รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2555-2557

รายงานผลงานวิจัย
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
ประจำปี 2555-2557

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

รายงานผลงานวิจัย
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
ประจำปี 2555-2557

สารจาก ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม มีภารกิจหลักด้านการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการป้องกัน การควบคุมมลพิษ และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการศึกษาวิจัย ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศ รายงานผลงานวิจัยของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการในระหว่างปี พ.ศ. 2555-2557 ในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ด้านอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน ด้านน้ำและขยะ และผลงานวิจัยสถาบันไดออกซินแห่งชาติ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณสถาบัน องค์กร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงาน ภาครัฐ เอกชน สถานศึกษาและประชาชนทั่วไป เพื่อใช้ในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับพื้นที่และประกอบการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งการต่อยอดการศึกษาวิจัยในอนาคต อันจะเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การป้องกันและควบคุมมลพิษของประเทศต่อไป

(นายโสพส ขันธ์เครือ)
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ที่ปรึกษา

นางสาวภาวิณี ปุณณกันต์
อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

นายสากล ฐินะกุล
รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

นายเสริมยศ สมมั่น
รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

บรรณาธิการบริหาร

นายโสฬส ขันธ์เครือ
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กองบรรณาธิการ

นางนิตยา นักระนาด มิลน์
นางสาวศิรินภา ศรีทองทิม
นางสาวหทัยรัตน์ การีเวทย์
นายปัญจา ใยถาวร
นายเจนวิทย์ วงษ์ศานูน
นายรัฐ เรืองโชติวิทย์
นางสาวรุจยา บุณยทุมานนท์
นางจินดารัตน์ เรืองโชติวิทย์
นางสาวอาทิตยา พามี
นางสาวพรรณทิพา พุ่มเย็น

สารบัญ

สารบัญ

สารบัญ

1

การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง

Evaluation of Groundwater In-Situ Bioremediation Remediation System in Rayong Pollution Control Zone

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย ในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษ จังหวัดระยอง

Evaluation of Groundwater In-Situ Bioremediation Remediation System in Rayong Pollution Control Zone

แฟรดาซ์ มาเหล็ม[1] พีรพงษ์ สุนทรเดชะ[1] นภัสนันท์ จอกทอง[1] ศิริวรรณ พิมพ์อ่อน[1] และ จิรัฏฐ์ แสนทน[2]

Fairda Malem[1], Peerapong Soontondecha[1], Napassanan Jokthong[1],
Siriwan Pim-Aon[1] and Schradh Saenton[2]

[1]ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[1]Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion,
[2]Faculty of Science, Chiang Mai University (E-mail : mfairda@yahoo.com)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพระบบ In-Situ Bioremediation ซึ่งกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ออกแบบและติดตั้งระบบเพื่อบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยในพื้นที่ของสถานประกอบการในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดในปี 2554 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์ระเหยที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินรวมทั้งคุณสมบัติทางเคมีพื้นฐานของน้ำใต้ดิน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและนำไปสู่การพัฒนาระบบบำบัดนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งจากการตรวจสอบในบ่อเติมสารอาหารและบ่อสังเกตการณ์ก่อนและหลังการเติมสารอาหารประกอบด้วย 1) ก่อนเติมสารอาหาร (ธันวาคม พ.ศ. 2553) 2) เริ่มเติมสารอาหาร (เมษายน พ.ศ. 2554) 3) หลังเติมสารอาหาร 3 ครั้ง (มิถุนายน พ.ศ. 2554 กันยายน พ.ศ. 2554 และมีนาคม พ.ศ. 2555) พบว่า ปริมาณสารปนเปื้อน cis-Dichloroethylene (cis-DCE) และ Vinyl Chloride (VC) ซึ่งเป็นสารปนเปื้อนหลักมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยสาร cis-DCE ลดลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (จากความเข้มข้น 387 ug/L เป็น 10 ug/L) และ VC ลดลงได้ถึง 97 %

คำสำคัญ : ประเมินประสิทธิภาพ ระบบบำบัดโดยใช้จุลินทรีย์ น้ำใต้ดิน การปนเปื้อน สารอินทรีย์ระเหย

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the bioremediation system for volatile organic compounded (VOCs) contaminated groundwater at an industrial facility in Rayong Pollution Control Zone. The system was setup and operated by Department of Environmental Quality Promotion in 2010. Changes of groundwater chemical properties including VOCs are measured. The contaminated groundwater plume contains primarily cis-1, 2-dichloroethylene (cis-DCE) and vinyl chloride (VC) with concentrations much higher than Thailand's groundwater standard. The main controlling factor was nutrient addition which significantly increased microbial populations which in turn enhanced the efficiency of VOC removal. The remedial performance shows that after about 400 days of substrate injection, the treatment decreased concentration of cis-DCE from 387 ug/L to 10 ug/L below the remediation goal. VC removal was about 97%

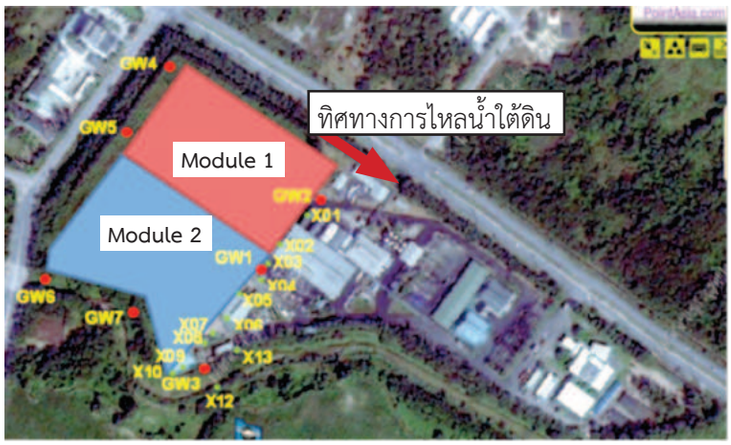
Keywords : evaluation bioremediation system, groundwater, contamination, volatile organic compounds

1. บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่มาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียงเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบในหลายด้านทั้งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ และกลายเป็นปัญหาระดับชาติที่ส่งผลกระทบต่อประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากส่งผลกระทบต่อภาพรวมเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งความเชื่อมั่นของต่างชาติในการเข้ามาลงทุนในประเทศไทย คณะอนุกรรมการเฉพาะกิจเพื่อแก้ปัญหามลพิษ และกำหนดการพัฒนาในพื้นที่จังหวัดระยอง ซึ่งตั้งขึ้นตามมติการประชุมของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2550 ได้มอบหมายให้กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ดำเนินการในส่วนของแผนแก้ไขฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมโดยรับผิดชอบในการศึกษาและแก้ไขปัญหาน้ำใต้ดิน น้ำบ่อตื้น ที่ปนเปื้อนมลพิษ ตามแผนปฏิบัติการลดและขจัดมลพิษในพื้นที่จังหวัดระยอง พ.ศ. 2550-2554 ต่อมาในปี พ.ศ. 2552 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติออกประกาศให้ท้องที่ตำบลมาบตาพุด ตำบลห้วยโป่ง ตำบลเนินพระ และตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง ทั้งตำบลมาบข่า อำเภอนิคมพัฒนา ทั้งตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง ทั้งตำบลในจังหวัดระยอง รวมทั้งพื้นที่ทะเลภายในแนวเขตเป็นเขตควบคุมมลพิษ โดยนายกรัฐมนตรี (นายอภิสิทธิ์ เวชชาชีวะ) ในฐานะประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ลงนามในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 32 (พ.ศ. 2552) เมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2552 และลงในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 65 ง หน้า 99 วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 และได้มีการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการลดและขจัดมลพิษเดิมเป็นแผนปฏิบัติการลดและขจัดมลพิษสำหรับเขตควบคุมมลพิษจังหวัดระยอง พ.ศ. 2553-2556 ซึ่งภายใต้แผนปฏิบัติการฯ ดังกล่าว ได้บรรจุ **"โครงการศึกษาวิจัยการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำใต้ดินและดินและวิธีการฟื้นฟู"** ไว้ในแผนงานศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติด้านคุณภาพน้ำ และกำหนดให้กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ดำเนินการศึกษาวิจัย

ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ออกแบบและติดตั้งระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย โดยใช้เทคนิคการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ (In-Situ Bioremediation) ในพื้นที่มาบตาพุด ซึ่งระบบบำบัดฟื้นฟูดังกล่าวเป็นระบบแรกในประเทศไทยที่ได้มีการติดตั้งในพื้นที่ปนเปื้อน ทั้งนี้ระบบ In-Situ Bioremediation ที่ได้ติดตั้งใช้หลักการในการเติมสารอาหารที่เหมาะสมลงในน้ำใต้ดิน เพื่อทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ระเหยที่ต้องการกำจัดทำให้น้ำใต้ดินมีคุณภาพดีขึ้น ระบบบำบัดดังกล่าวเป็นแบบ plume treatment (บำบัดน้ำเสียที่ไหลมาจากแหล่งกำเนิด) เนื่องจากติดขัดตรงที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งกำเนิดได้โดยตรง รวมทั้งได้มีการติดตั้งบ่อเติมอาหาร (Injection Well) เพื่อเพิ่มอาหารให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตและย่อยสลายสารอินทรีย์ระเหย (รูปที่ 1) โดยอาหารได้เลือกใช้ glucose เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอน และสารละลายบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) โดยสารอาหารดังกล่าวมีอัตราส่วนคาร์บอน:ไนโตรเจน:ฟอสฟอรัส หรือ C:N:P เท่ากับ 100:10:1 และมีปริมาณคาร์บอนโดยรวมประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในบ่อ X01-X10 และบ่อ GW3 (บ่อสังเกตการณ์ของสถานประกอบการที่มีอยู่แล้ว) จุลินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์ระเหยในระบบประกอบด้วย Pseudomonas sp., Rhodococcus sp., Burkholderia sp., Shewanella sp. ในระบบการเติมอาหารมีการ circulation ในระหว่างการเติมอาหาร เพื่อทำให้เกิด zone of mixing ทำให้เป็น bio-reactive barrier เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด สารอินทรีย์ระเหยที่ปนเปื้อนในปริมาณสูงในพื้นที่เป็นชนิด cis-Dichloroethylene (cis-DCE) และ Vinyl Chloride (VC) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม 2552, 2553)

งานวิจัยนี้เป็นผลงานที่ต่อยอดหลังจากการติดตั้งระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำใต้ดินในพื้นที่ติดตั้งระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย โดยใช้เทคนิคการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ (In-Situ Bioremediation) เพื่อการประเมินประสิทธิภาพระบบ



รูปที่ 1 แสดง X01-X13 (จุดสีเขียว) เป็นบ่อเติมสารอาหาร GW1-GW7 (จุดสีแดง) เป็นบ่อสังเกตการณ์ของสถานประกอบการ

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในบ่อเติมสารอาหาร (X01-X13) และบ่อสังเกตการณ์ของสถานประกอบการ (GW1-GW7) ทุกๆ บ่อ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณสารอินทรีย์ระเหย โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง ดังนี้ ก่อนเติมสารอาหาร 1 ครั้งในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งได้เติมสารอาหารในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 และได้เก็บตัวอย่างหลังเติมสารอาหารอีก (เพิ่ม) 4 ครั้ง ในเดือนเมษายน กรกฎาคม กันยายน พ.ศ. 2554 และ มีนาคม พ.ศ. 2555 ตัวอย่างน้ำนำไปวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร cis-DCE และ VC รวมทั้งปริมาณอิออนหลักในน้ำใต้ดิน การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน เป็นการเก็บตัวอย่างหลายระดับความลึก (multi-level sampling) โดยใช้ diffusion sampler (รูปที่ 2) โดยตัวอย่างถูกบรรจุในขวด VOA Vial ขนาด 40 ml. และรักษาตัวอย่างด้วยสาร $NaHSO_4$ 120 ไมโครลิตร (เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างโดยการควบคุม pH และยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์) ปิดฝาโดยไม่ให้มีฟองอากาศ แช่เย็นในคูเลอร์ ส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ การวิเคราะห์สาร VOCs ใช้เทคนิค Purge and Trap กับ Capillary-Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2543) โดยเครื่อง GC-MS ที่ใช้เป็นยี่ห้อ Agilent Technologies (Santa Clara, California, USA) โดย GC ใช้รุ่น 7890A และ MS ใช้รุ่น 5975C

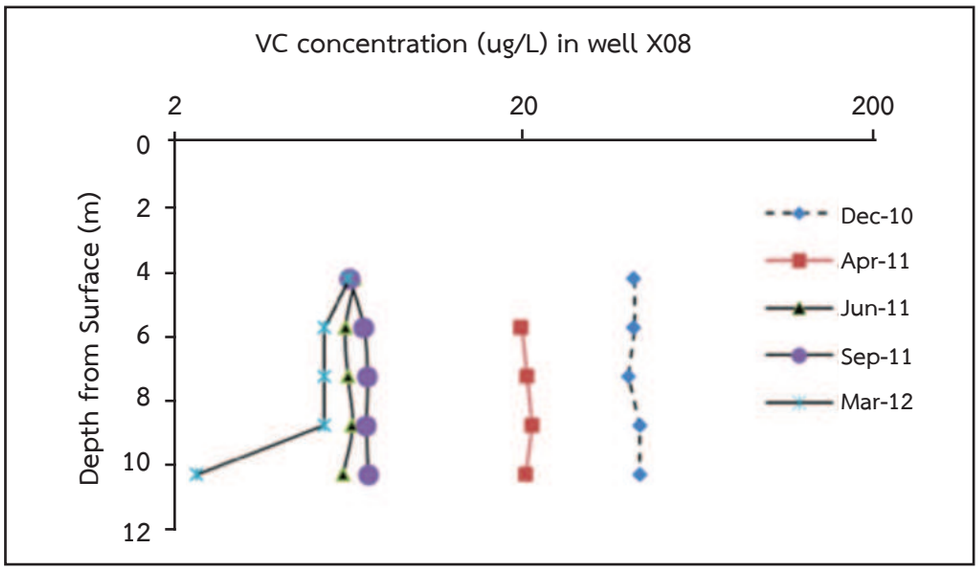
สำหรับตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ nitrate, chloride, sulfate ถูกเก็บในขวดขนาด 125 มิลลิลิตร และนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Ion Chromatograph และการตรวจวัดค่า Alkalinity ด้วยเทคนิคไตเตรชั่น

ในแต่ละจุดเก็บได้ดำเนินการตรวจวัดพารามิเตอร์พื้นฐาน (pH, Dissolved Oxygen, Oxidation-Reduction Potential) ด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำแบบ multi-parameter ยี่ห้อ In-Situ inc. รุ่น TROLL 9500

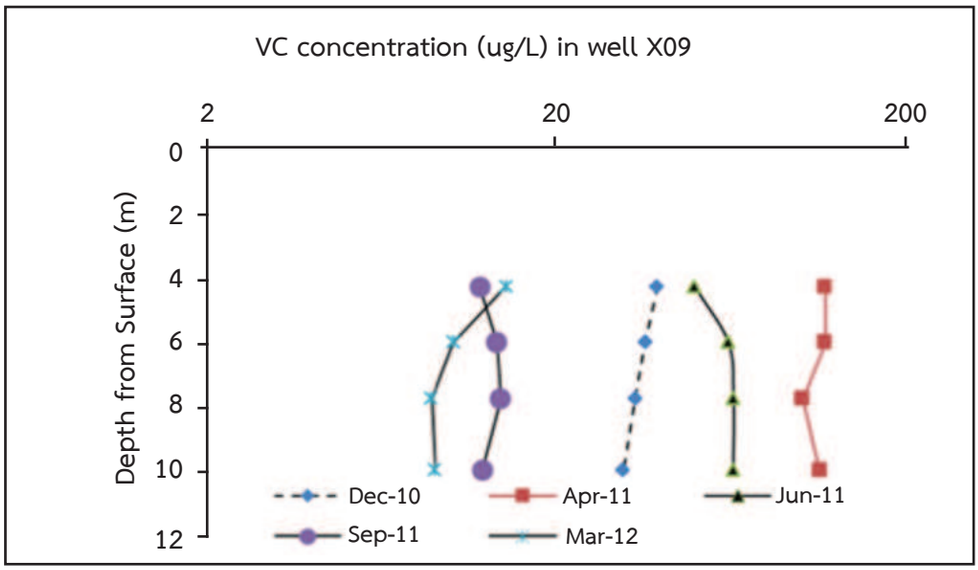
รูปที่ 2 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำแบบ multi-level sampling โดยใช้ diffusion sampler

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

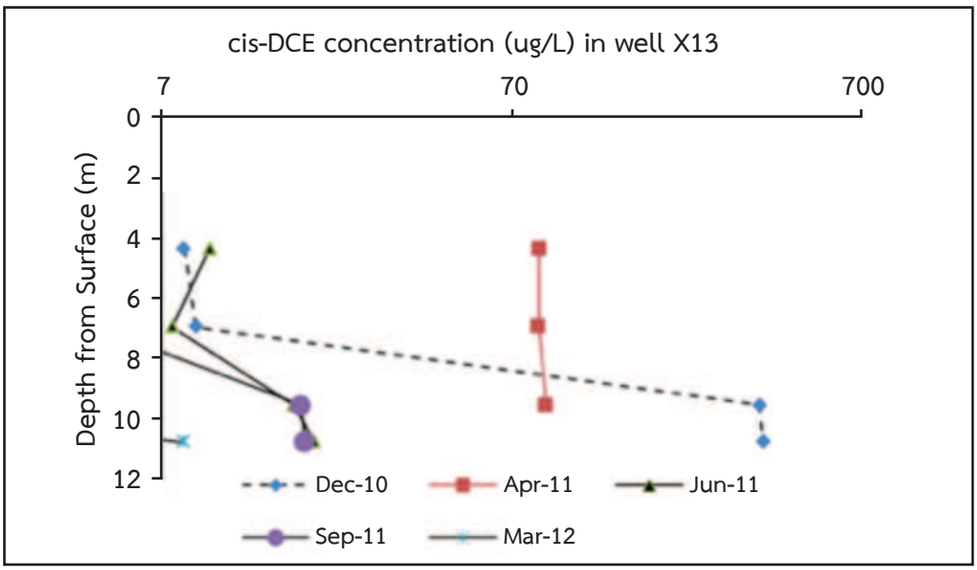
ปริมาณการปนเปื้อนของสาร cis-DCE และ VC ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2554 มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่ามีการย่อยสลายสารอินทรีย์ระเหยในกลุ่มนี้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ปริมาณสารปนเปื้อนดังกล่าวในบ่อเติมสารอาหารและบ่อสังเกตการณ์บางบ่อ พบว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งโดยสรุปสาร cis-DCE ลดลงจาก 387 ug/L เป็น 10 ug/L และ VC ลดลงจาก 610 ug/L เป็น 18 ug/L ซึ่ง cis-DCE ลดลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และถึงแม้ว่า VC ลดลงได้ถึง 97 % แต่ยังไม่สามารถลดลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำใต้ดิน (2 ug/L) แต่ทั้งนี้ระบบบำบัดยังแสดงให้เห็นการลดลงของสารดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 3-5)



รูปที่ 3 แสดงการลดลงของปริมาณสาร VC ในบ่อเติมสารอาหารและบ่อสังเกตการณ์ X08

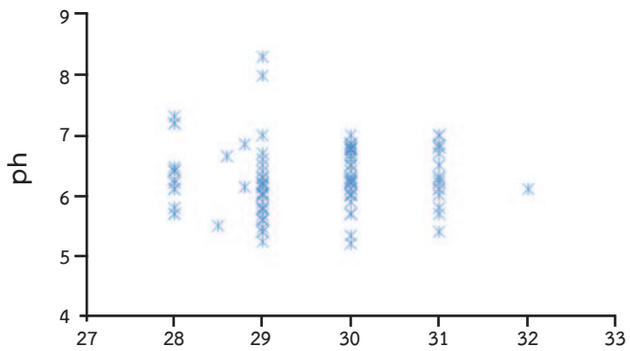


รูปที่ 4 แสดงการลดลงของปริมาณสาร VC ในบ่อเติมสารอาหารและบ่อสังเกตการณ์ X09

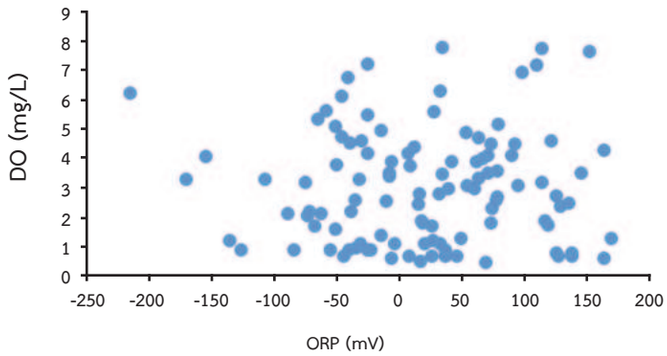


รูปที่ 5 แสดงการลดลงของปริมาณสาร cis-DCE และ VC ในบ่อเติมสารอาหารและบ่อสังเกตการณ์ X13

คุณสมบัติทางเคมีในน้ำในระบบพบว่าค่า pH ในบ่อเติมสารอาหารส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 5.5-7 และอุณหภูมิของน้ำใต้ดินส่วนใหญ่ 28-31 องศาเซลเซียส (รูปที่ 6) ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่า Dissolved Oxygen (DO) ในช่วงของการบำบัดมีปริมาณระหว่าง 0-8 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเมื่อพิจารณาตั้งแต่เริ่มใส่สารอาหารพบว่าค่า DO มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาและบางบ่อมีค่าลดลงจนเหลือน้อยกว่า 1 mg/L แสดงว่าระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบไร้อากาศ (Anaerobic Condition) ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายสารปนเปื้อนชนิด cis-DCE และ VC และสอดคล้องกับค่า Oxidation-Reduction Potential (ORP) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วง -150 ถึง 150 mv แสดงว่าระบบบำบัดเป็นแบบ Reductive Dechlorination (รูปที่ 7) ค่า Alkalinity มีค่าค่อนข้างสูงตามลักษณะทางเฟซีส์อุทกธรณีเคมี (hydrochemical facies) ของชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ทดสอบ ซึ่งเป็นแบบ Ca-Na-HCO_3-Cl ในระบบนี้มี sulfate เป็นตัวรับอิเล็กตรอนหลัก และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ chloride ในน้ำใต้ดินไม่มีรูปแบบที่ชัดเจนในการแสดงถึงปริมาณ chloride ที่มาจากการย่อยสลายของ cis-DCE และ VC



รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิและ PH ในระบบบำบัด



รูปที่ 7 แสดง DO และ ORP ในระบบบำบัด

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินโดยการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์สามารถลดการปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย cis-DCE และ VC ในพื้นที่ทดสอบได้ โดยสาร cis-DCE ลดลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำใต้ดิน และ VC ลดลงได้ถึง 97% ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดว่าระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย โดยใช้เทคนิคการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ (In-Situ Bioremediation) ในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีประสิทธิภาพดี แต่ทั้งนี้ข้อจำกัดสำคัญของระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยในพื้นที่ศึกษานี้เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ไหลมาจากแหล่งกำเนิด ซึ่งแหล่งกำเนิดยังไม่ได้รับการ กำจัดหรือจัดการ จึงมีโอกาสที่การปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดจะมีการปลดปล่อยสารปนเปื้อนต่อไป ซึ่งในระยะยาวระบบบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ระเหยในพื้นที่ศึกษานี้อาจไม่สามารถรองรับการปนเปื้อนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้จากความร่วมมือกันอย่างเข้มแข็ง ขอขอบคุณ รศ.ดร.อรพินท์ เจียรถาวร ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำเชิงวิชาการด้านเคมีวิเคราะห์ ขอบคุณสถาบันนิวเคลียร์แห่งประเทศไทยที่ได้ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการใช้เครื่องมือและให้คำแนะนำในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง ion chromatography ขอขอบคุณทีมงานวิจัยโครงการทุกคนที่ได้ร่วมมือกันปฏิบัติงานจนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้สนับสนุนด้านงบประมาณ และคำแนะนำต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง.

2. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2553). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาความเหมาะสมและติดตั้งระบบบำบัดการย่อยสลายสารอินทรีย์ระเหยในน้ำใต้ดินและการจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารในชั้นดินอุ้มน้ำและไม่อุ้มน้ำ.

3. คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20. (2543) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ออกตามความใน พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง ลงวันที่ 15 กันยายน 2543.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

2

การศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพของผงเหล็กสำหรับการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารไตรคลอโรเอทธิลีน

Quality and Efficiency of Iron Powder for the Remediation of Trichloroethylene-Polluted Groundwater

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพของผงเหล็กสำหรับการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนสารไตรคลอโรเอทธิลีน

Quality and Efficiency of Iron Powder for the Remediation of Trichloroethylene-Polluted Groundwater

พีรพงษ์ สุนทรเดชะ แฟรดาซ์ มาเหล็ม และ ศิริลักษณ์ สุคะตะ

Peerapong Soonthondecha, Fairda Malem and Sirilak Sukata

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

Environmental Research and Training Center, Department Environmental Quality Promotion. (E-mail : peerapong@deqp.go.th)

บทคัดย่อ

จากการศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพของผงเหล็กพบว่าประสิทธิภาพของผงเหล็กขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิว และความสามารถในการปลดปล่อยอิเล็กตรอนของผงเหล็ก ซึ่งจากการทดลองพบว่ามีผงเหล็กจำนวน 2 ชนิดจากผงเหล็กที่ทดสอบ 6 ชนิด (A, B, C, D, E และ F) มีประสิทธิภาพในการสลายสารไตรคลอโรเอทธิลีนได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งได้แก่ผงเหล็กชนิด B และ A และเมื่อนำผงเหล็กทั้ง 6 ชนิดมาประยุกต์ร่วมกับความร้อนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าและตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ปนเปื้อนสารไตรคลอโรเอทธิลีน พบว่า ผงเหล็กชนิด D สร้างความร้อนได้ดีที่สุด เนื่องมาจากผงเหล็ก D มีขนาดเล็กที่สุดจะถูกเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าและกระจายความร้อนได้ดีกว่า ทำให้อัตราการสลายตัวของสารไตรคลอโรเอทธิลีนรวดเร็วกว่าผงเหล็กชนิดอื่น

คำสำคัญ : ผงเหล็ก น้ำใต้ดิน สารไตรคลอโรเอทธิลีน

Abstract

This research found that iron powder efficiency for Trichloroethylene degradation depended on powder surface area and electron release capacity. There were 6 types of iron powder (type A, B, C, D, E, and F) were tested. Types A and B were the most effective for TCE degradation in which the degradation was more than 90% in 48 hrs. The iron powders were tested for electromagnetic induction heating to enhance TCE degradation in groundwater and found that the smallest size iron powder (type D) had the most effective.

Keywords : Iron Powder, Groundwater, Trichloroethylene (TCE)

1. บทนำ

ในประเทศที่มีความเจริญด้านอุตสาหกรรม มีการใช้สาร chlorinated ethylene โดยเฉพาะสารไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) โดยนำมาใช้ในการชะล้างคราบไขมัน การทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักร ใช้เป็นตัวทำละลายของ กาว สี และแลคเกอร์ โดยใช้ในอุตสาหกรรมซักแห้ง อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากคุณสมบัติในการเป็นพิษ และความสามารถในการคงทนในสิ่งแวดล้อมของสารไตรคลอโรเอทธิลีน ทำให้สารเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินในประเทศอุตสาหกรรมหลายประเทศ รวมทั้งในประเทศไทย ซึ่งมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว และมีการนำสารไตรคลอโรเอทธิลีนมาใช้ในกระบวนการผลิตในปริมาณที่สูง ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินในเขตอุตสาหกรรมบางแห่ง ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน โดยการปนเปื้อนสารดังกล่าวเกิดการรั่วไหล รวมทั้งการฝังกลบที่ผิดกฎหมาย ทั้งนี้เนื่องจากมาตรการในการควบคุมการใช้และการกำจัดไม่เพียงพอ (มีศักดิ์ และคณะ, 2544)

จากปัญหาข้างต้น ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ในการบำบัดฟื้นฟูการปนเปื้อนของสารเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน เทคนิค Permeable Reactive Barrier (PRB) จัดเป็นเทคนิคหนึ่งซึ่งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเทคนิคดังกล่าว เป็นเทคนิคการบำบัดฟื้นฟูที่ดำเนินการในภาคสนาม โดยประกอบด้วย พื้นที่บำบัดซึ่งประกอบด้วยสารที่สามารถกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน ในการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินด้วยเทคนิคนี้ ติดตั้งระบบบำบัดบริเวณทิศทางใต้น้ำของแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อน (plume) และตั้งฉากกับการไหลของน้ำใต้ดิน เพื่อสลายสารปนเปื้อนที่ละลายในน้ำใต้ดิน กระบวนการในการสลายสารไตรคลอเอทธิลีน โดยใช้ผงเหล็กรวมกับเทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อนทางไฟฟ้าในการเปลี่ยนสภาพของสาร chlorinated ethylene ที่ละลายน้ำและมีความเป็นพิษ ให้เป็นสาร ethylene ซึ่งไม่มีพิษ และสามารถย่อยสลายโดยธรรมชาติต่อไป ซึ่งเทคนิคดังกล่าว จะมีการพัฒนาให้มีการใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 ผงเหล็กสำหรับบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดิน ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 4 ชนิดคือ ผงเหล็ก A ผงเหล็ก B ผงเหล็ก C ผงเหล็ก D และผงเหล็กจากประเทศแคนาดา จำนวน 2 ชนิดคือ ผงเหล็ก E และผงเหล็ก F

2.1.2 สารที่ใช้ทดสอบคือสารไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene,TCE) ชนิด Analytical Grade (ความบริสุทธิ์ >99%) ผลิตจากบริษัท Sigma Aldrich

2.1.3 น้ำใต้ดินจากพื้นที่ปนเปื้อนในประเทศไทย 3 แห่งคือ 1) นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง 2) อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา และ 3) นิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน

2.1.4 น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water, DI)

2.1.5 หลอดทดลอง

2.1.6 เครื่องหมุนกวน

2.1.7 เครื่อง Gas Chromatography (GC)

2.1.8 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2.1.9 เครื่องกำเนิดการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2 วิธีการวิจัย

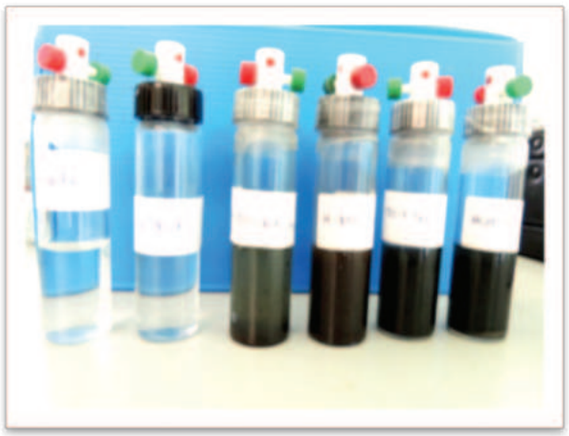
2.2.1 การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ ขนาดอนุภาค รูปร่างและองค์ประกอบทางเคมีของผงเหล็ก

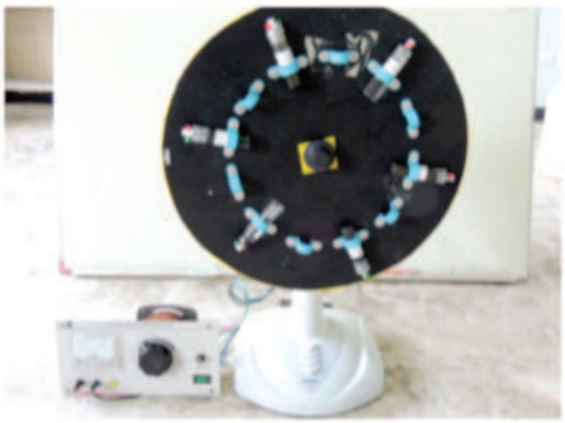
2.2.1.1 ศึกษาลักษณะและพื้นที่ผิวของผงเหล็ก (surface area) จำนวน 6 ชนิด ด้วยวิธี Single- Point BET

2.2.1.2 ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของผงเหล็ก จำนวน 6 ชนิด โดยเครื่อง AAS หรือ ICP-AES เช่น เหล็ก (Fe) ซัลเฟอร์ (S) คาร์บอน (C) ซิลิกอน (Si) ฟอสฟอรัส (P) และแมงกานิส (Mn)

2.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการสลายตัวของสาร TCE โดยใช้ผงเหล็กชนิดต่างๆ โดยใช้วิธีการแบบทีละเท (batch studies)

2.2.2.1 นำผงเหล็กชนิดต่างๆ 4 ชนิด ปริมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดวิเคราะห์ จากนั้นเตรียมน้ำใต้ดินปนเปื้อนสังเคราะห์โดยนำน้ำใต้ดินจากลำพูนเพิ่มความเข้มข้นสารไตรคลอโรเอทธิลีน 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่บรรจุเหล็กประจุศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 1 นำหลอดทดลองทั้ง 4 หลอดไปเข้าเครื่องหมุน (รูปที่ 2) โดยใช้ความเร็วรอบในการหมุน 35 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ





รูปที่ 1 และ 2 แสดงหลอดทดลองที่บรรจุผงเหล็กและเครื่องหมุนกวน

2.2.3 วิธีการทดสอบความสามารถในการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็ก ความสามารถในการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็กทั้ง 2 ชนิด ถูกศึกษาในขวดทำปฏิกิริยาที่มีน้ำใต้ดินหรือน้ำปราศจากไอออน 10 มิลลิลิตร โดยจะทำการวัดอัตราการสร้างความร้อนที่สภาวะต่างๆ ตั้งแต่ 0 ถึง ประมาณ 30 นาที หรือจนกว่าอุณหภูมิของขวดทดลองการเหนี่ยวนำจะเกิน 100 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองกับน้ำใต้ดินจากทั้ง 3 พื้นที่และน้ำปราศจากไอออน เพื่อทำความเข้าใจอิทธิพลของเคมีของน้ำใต้ดินต่อการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็ก และทำการทดลองโดยใช้ความถี่ของสนามแม่เหล็กกระแสสลับ 50 ถึง 180 กิโลเฮิร์ท ที่กระแส 18 แอมแปร์ และที่ความเข้มข้นของผงเหล็ก 10 กรัมต่อลิตร โดยทำการทดลอง 2 ครั้งสำหรับแต่ละสภาวะเพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2.4 วิธีการศึกษาการเร่งการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินโดยใช้ผงเหล็กร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ความสามารถในการเร่งการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดิน โดยใช้ผงเหล็กร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าถูกศึกษาโดยเปรียบเทียบกับการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดิน 2 ชนิด (น้ำใต้ดินจาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา และนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน) โดยใช้ผงเหล็กแต่ไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ขวดทดลอง

มีปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยใส่น้ำใต้ดิน 5 มิลลิลิตร ร่วมกับสาร TCE = 50 มก./ล. และ ผงเหล็ก = 50 ก./ล. ทำให้มีแก๊สในช่องว่างของขวดทดลอง (Headspace) = 15 มิลลิลิตร ขวดทดลองถูกปิดด้วยฝาที่มีวาวล์ปิด-เปิด สำหรับเก็บตัวอย่างแก๊สเพื่อการวิเคราะห์โดยเครื่อง Gas Chromatography สำหรับขวดทดลองที่ไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ตัวอย่างแก๊สในช่องว่างของขวดทดลองจะถูกเก็บที่เวลาต่างๆ กันหลังจากใส่ผงเหล็กลงไปในน้ำใต้ดินที่มีสาร TCE เพื่อศึกษาจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE โดยตัวอย่างแก๊สจะถูกวัดด้วยเครื่อง Gas Chromatography สำหรับขวดทดลองที่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า จะถูกนำไปเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าโดยสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 90 กิโลเฮิร์ท และกระแสไฟฟ้า 15 แอมแปร์ เป็นเวลา 3 นาที (จะได้อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส) และรอจนอุณหภูมิกลับมาที่อุณหภูมิห้องอีกครั้ง (ประมาณ 1 ชม.) ก่อนจะดำเนินวัฏจักรการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าซ้ำๆ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสลายสาร TCE ที่อุณหภูมิสูงซ้ำๆ ก่อนรอให้อุณหภูมิขวดทดลองกลับมาที่อุณหภูมิอีกครั้งและเก็บตัวอย่างแก๊สในช่องว่างของขวดทดลองและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography เพื่อศึกษาจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE ดังกล่าวข้างต้น สำหรับการทดลองควบคุมจะมีแต่ TCE = 50 มก./ล. โดยไม่มีผงเหล็ก การเปรียบเทียบอัตราการสลายสาร TCE โดยการทดลองทั้ง 2 ประเภทสามารถระบุอิทธิพลของการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่ 80 องศาเซลเซียส ต่อการเร่งการฟื้นฟูน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนด้วยสาร TCE

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ผลศึกษาโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ ขนาดอนุภาค รูปร่างและองค์ประกอบทางเคมีของผงเหล็ก

3.1.1 ผลการศึกษาพื้นที่ผิวของผงเหล็กที่แตกต่างกันจำนวน 6 ชนิด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง Surface Area ของผงเหล็ก

ลำดับที่	ชนิดของเหล็ก (เหล็กประจุศูนย์เข้มข้น 500 ก./ล.)	พื้นที่ผิว (ตร.เมตร/กรัม)	โออาร์พี (มิลลิโวล)
1	A	2.438	-146
2	B	1.142	-380
3	C	1.921	-323
4	D	3.093	-289
5	E	0.528	-58
6	F	0.285	68

จากการทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยอิเล็กตรอนของเหล็กประจุศูนย์ โดยการวัด Reduction – Oxidation Potential (ORP) ของเหล็กประจุศูนย์ที่แตกต่างกันจำนวน 6 ชนิด พบว่า เหล็กชนิด B, C, D และ A มีค่าความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระในน้ำสูง แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปลดปล่อยอิเล็กตรอนเหล็กประจุศูนย์เพื่อทำปฏิกิริยา ดังนั้นจึงเลือกเหล็กประจุศูนย์ทั้ง 4 ชนิดนี้ มาทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการสลายตัวของสาร TCE โดยใช้วิธีการแบบทีละเท (batch studies) ในข้อที่ 3.2

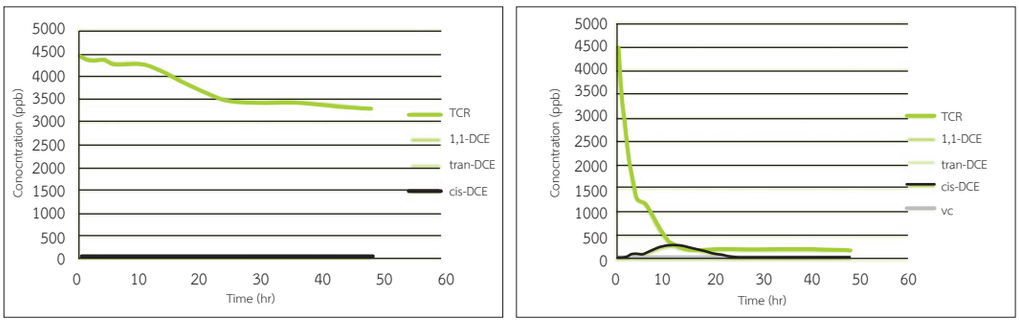
3.1.2 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของผงเหล็กแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของผงเหล็ก

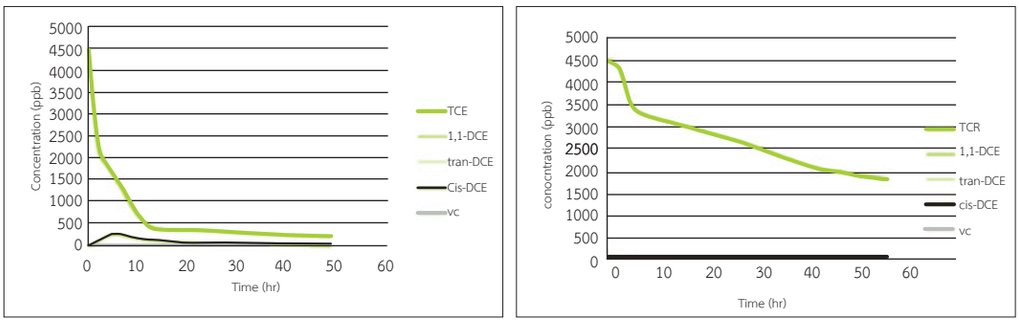
ชนิดผงเหล็ก	ขนาด ไมโครเมตร	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
		Fe	C	Si	S	P	Mn
A	45-152 (90%)	92-98	3	2.5	0.15	-	-
B	45-152 (90%)	92-98	3	2.5	0.15	1	0.5
C	45-250 (60-85%) <45 (15-40%)	94-95	3.5-4.5	1.5	0.05-0.15	-	-
D	45-152 (60-85%) <45 (15-40%)	93-97	1.75-4.5	1-2.5	0.01-0.15	-	-
E	75-300 (74%) >300 (19%) <75 (7%)	>93	3.2	0.01	0.01	0.01	0.01
F	75-212 (85%) <75 (15%)	>93	3.2	0.01	0.01	0.01	0.01

3.2 ผลศึกษาประสิทธิภาพการสลายตัวของสาร TCE โดยใช้ผงเหล็กชนิดต่างๆ โดยใช้วิธีการแบบทีละเท (batch studies)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของผงเหล็ก จำนวน 4 ชนิดๆ ละ 1 กรัม บำบัดสารไตรคลอโรเอทธิลีน ความเข้มข้น 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำใต้ดินจากพื้นที่จังหวัดลำพูน ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 3 และ 4 กราฟแสดงประสิทธิภาพของผงเหล็กชนิด D และ ผงเหล็กชนิด B



รูปที่ 5 และ 6 กราฟแสดงประสิทธิภาพของผงเหล็กชนิด B และผงเหล็กชนิด A

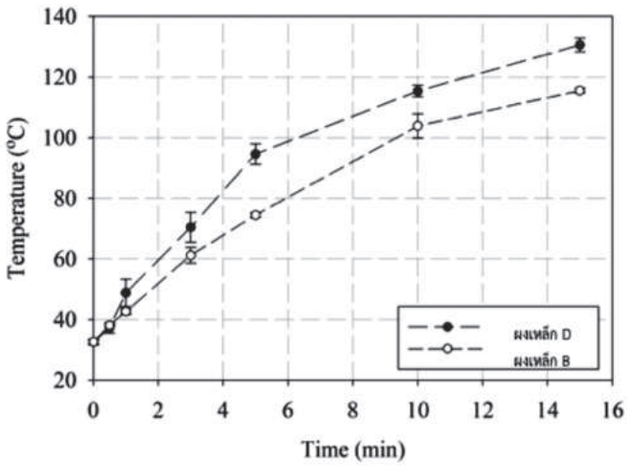
3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการสลายตัวของสาร TCE โดยใช้ผงเหล็กชนิดต่างๆ ร่วมกับแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วิธีการแบบทีละเท (batch studies)

ภาพรวมอิทธิพลของชนิดของผงเหล็ก ความถี่ของสนามแม่เหล็ก และชนิดของน้ำใต้ดินต่อความสามารถในการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็กในขณะที่ขวดทดลองควบคุม (ไม่มีผงเหล็ก) ไม่ตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับและไม่สามารถสร้างความร้อนจากการเหนี่ยวนำได้ (อุณหภูมิคงที่ ~ 29 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการทดลอง) ผงเหล็กทั้งสองชนิดไม่ว่าจะอยู่ในน้ำกลั่น หรือน้ำใต้ดินสามารถเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 130 องศาเซลเซียส ที่เวลาการเหนี่ยวนำ ~ 10 นาที อย่างไรก็ดีจากการศึกษาการเหนี่ยวนำในหลายสภาวะสามารถสรุปข้อสังเกตที่น่าสนใจได้ดังต่อไปนี้

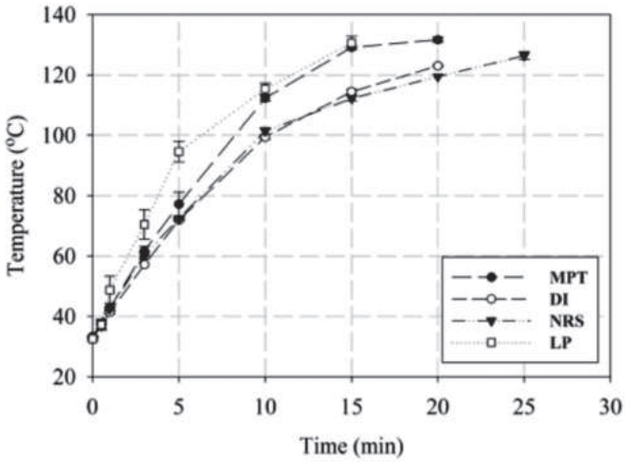
ผงเหล็ก D สร้างความร้อนได้ดีกว่าผงเหล็ก B ที่ความเข้มข้นของอนุภาคเท่ากับ 10 ก./ล. ความถี่ของสนามแม่เหล็กเท่ากับ 180 กิโลเฮิร์ท และขนาดของสนามแม่เหล็ก 18 แอมแปร์ ที่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 7 ผงเหล็ก D มีอัตราการสร้างความร้อนที่เร็วกว่า และได้สูงกว่า ผงเหล็ก B ประมาณ 4-23 องศาเซลเซียส (โดยเฉลี่ยประมาณ 13 องศาเซลเซียส) ซึ่งอาจเนื่องมาจากผงเหล็ก D มีขนาดเล็กกว่าและอาจจะถูกเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่า หรือกระจายความร้อนได้ดีกว่า (จากตารางที่ 2) อนึ่งความแตกต่างทางองค์ประกอบทางเคมีของผงเหล็กทั้งสองไม่น่าจะส่งผลต่อความสามารถในการสร้างความร้อนจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของผงเหล็กทั้ง 2 ชนิดค่อนข้างจะคล้ายกัน

การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็กจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดในน้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน (LP) และรองลงมาสำหรับน้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง (MPT) เมื่อเทียบกับน้ำกลั่นและน้ำใต้ดินจาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (NRS) ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของระบบน้อยที่สุด (ดังแสดงในรูปที่ 8) ที่ความเข้มข้นของอนุภาค (10 g/L) ความถี่ของสนามแม่เหล็ก (180 กิโลเฮิร์ท) และขนาดของสนามแม่เหล็ก (18 A) ที่เท่ากัน ซึ่งการเหนี่ยวนำความร้อนที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของไอออนในน้ำใต้ดินที่ทำให้น้ำใต้ดินมีค่าความร้อนจำเพาะ (c) ต่ำกว่าน้ำกลั่น ทำให้อุณหภูมิของน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นได้ง่ายกว่าน้ำกลั่นเมื่อมีปริมาณความร้อนที่ถูกเหนี่ยวนำเท่ากัน และยิ่งมีไอออนมากก็ยิ่งทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ง่ายเท่านั้น (ยกตัวอย่างเช่นค่า c ของน้ำทะเลที่มีไอออนอยู่ = 3.99 J.g-1.K-1 เมื่อเทียบกับค่า c ของน้ำบริสุทธิ์ = 4.181 J.g-1.K-1) ดังจะเห็นว่าน้ำใต้ดิน MPT มีปริมาณไอออนโดยเฉลี่ยสูงกว่า น้ำใต้ดิน NRS และ DI ซึ่งอาจทำให้มีอุณหภูมิของระบบหลังการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูงกว่ากันประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส สังเกตได้จากผลการทดลอง

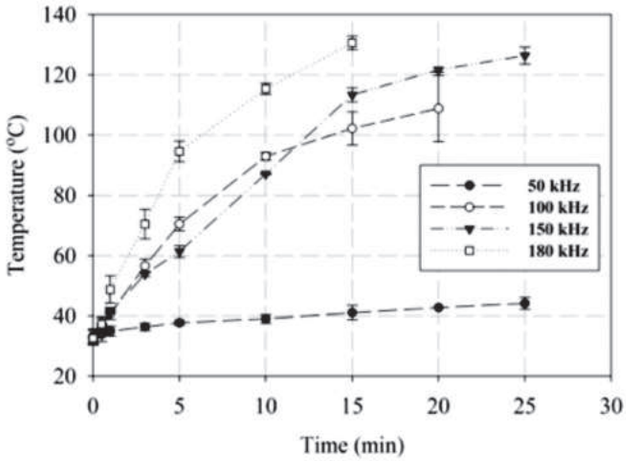
ความถี่ของสนามแม่เหล็กในช่วง 50-180 กิโลเฮิร์ท มีผลอย่างชัดเจนต่อการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของผงเหล็ก (รูปที่ 9) (ที่ความเข้มข้นของอนุภาค = 10 ก./ล.และขนาดของสนามแม่เหล็ก = 18 แอมแปร์ ในน้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน) จะสังเกตได้ว่าที่ความถี่ 50 กิโลเฮิร์ท ผงเหล็ก D สร้างความร้อนได้น้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส แม้เวลาจะผ่านไปนานกว่า 25 นาที ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มความถี่ของสนามแม่เหล็กในช่วง 100-150 กิโลเฮิร์ท ผงเหล็ก D สร้างความร้อนได้มากกว่า 100 องศาเซลเซียส ในเวลาน้อยกว่า 15 นาที และใช้เวลาน้อยกว่า 7 นาที ในการสร้างความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ที่ความถี่ของสนามแม่เหล็ก = 180 กิโลเฮิร์ท ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคือการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของอนุภาคแม่เหล็กแปรผันตรงกับความถี่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 7 แสดงอิทธิพลของชนิดของผงเหล็กต่อการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของอนุภาค = 10 ก./ล. ความถี่ของสนามแม่เหล็ก = 180 กิโลเฮิร์ท และขนาดของสนามแม่เหล็ก = 18 แอมแปร์



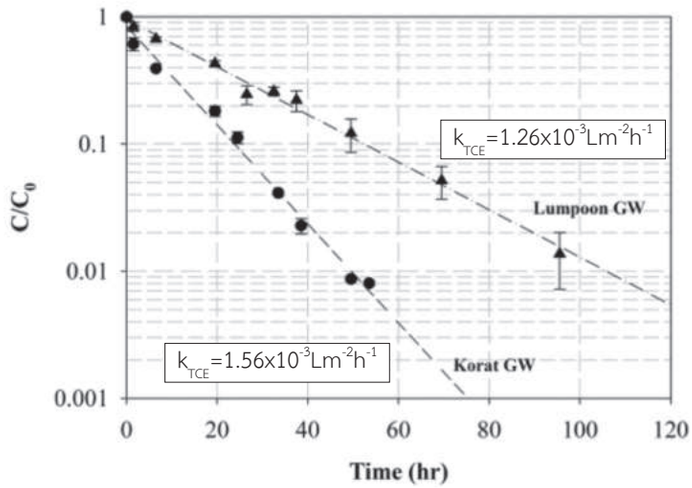
รูปที่ 8 แสดงอิทธิพลของชนิดของน้ำใต้ดินต่อการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของอนุภาค = 10 ก./ล. ความถี่ของสนามแม่เหล็ก = 180 กิโลเฮิร์ท และขนาดของสนามแม่เหล็ก = 18 แอมแปร์



รูปที่ 9 แสดงอิทธิพลของความถี่ของสนามแม่เหล็กต่อการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของอนุภาค = 10 ก./ล. ขนาดของสนามแม่เหล็ก = 18 แอมแปร์ ในน้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการสลาย TCE ในน้ำใต้ดินโดยใช้ผงเหล็ก



รูปที่ 10 แสดงจลศาสตร์ของการสลาย TCE ในน้ำใต้ดินสองแห่ง โดยผงเหล็ก B

จากรูปที่ 10 แสดงจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินสองแห่ง (น้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน (Lumpoon GW) และน้ำใต้ดินจาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (Korat GW)) โดยผงเหล็ก B (โดยไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า) แกน X เป็นเวลาหลังจากที่ผงเหล็กเริ่มทำปฏิกิริยากับสาร TCE ในน้ำใต้ดิน และแกน Y (C/C_0) แสดงความเข้มข้นของ TCE ในขวดที่เวลา t ใดๆ (C) หารด้วยความเข้มข้นของสาร TCE ในขวดที่เวลาเริ่มต้น (t = 0) (C_0= ~5 ppm)

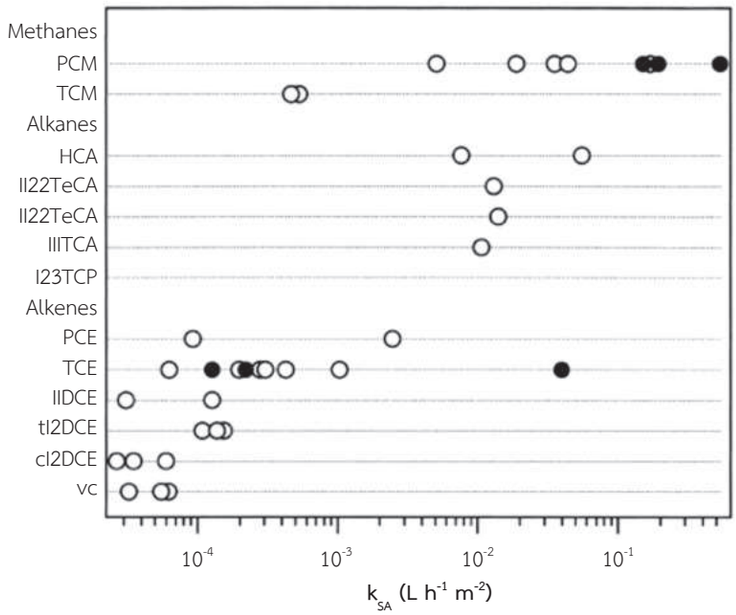
ในขวดทดลองแบบควบคุมซึ่งไม่มีการใส่ผงเหล็กลงไป ความเข้มข้นของสาร TCE ตลอดเวลา 150 ชั่วโมงที่ทำการศึกษาจะมีค่าประมาณ ~5 ppm (หรือ C/C_0 ~1 ไม่แสดงผลในรูปที่ 10) แสดงว่าไม่มีการหายไปของ TCE จากระบบไม่ว่าจะโดยการสลายตัวหรือรั่วออกจากขวดทดลอง

อย่างไรก็ดี ดังแสดงในรูปที่ 10 ผงเหล็ก B สามารถสลายสาร TCE ได้อย่างมีประสิทธิภาพในน้ำใต้ดินทั้งสองประเภท และพฤติกรรมของปฏิกิริยา Dechlorination เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (Pseudo First Order) ดังจะเห็นได้จากแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่าง C/C_0 กับ t ซึ่งสอดคล้องกับสมการ exponential (สมการที่ 4-1) หรืออีกนัยหนึ่งคือความสัมพันธ์เชิงเส้นเมื่อทำการแสดงผลในรูปของ log C/C_0 กับ t (รูปที่ 10)

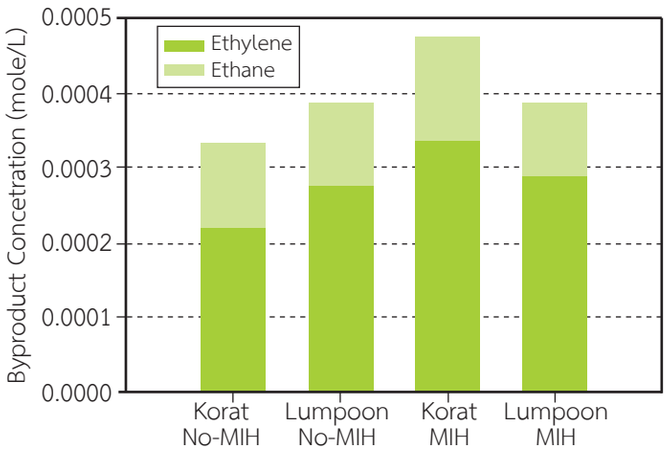
$$C = C_0 e^{-k_{TCE} t} \qquad (4\text{-}1)$$

ค่าอัตราการสลายสาร TCE (kTCE) ในน้ำใต้ดินของ Lumpoon GW และ Korat GW มีค่าเป็น 1.26×10^{-3} และ 1.56×10^{-3} $Lm^{-2}h^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงของค่าอัตราการสลายสาร TCE โดยผงเหล็กที่มีการศึกษาและรายงานมาก่อน (รูปที่ 11) ผลิตภัณฑ์ของการสลายสาร TCE โดยผงเหล็กคือสารเอททีน (Ethene) (~67-72%) และ เอทเทน (Ethane) (~28-33%) ไม่มีการตรวจพบสารอะเซทิลีน (Acetylene) ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ (ดูรูปที่ 12 ดู Korat No-MIH และ Lumpoon No-MIH สำหรับการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของ TCE ในน้ำใต้ดินของ Korat GW และ Lumpoon GW ตามลำดับ) และไม่มีการตรวจพบสารผลิตภัณฑ์ประเภทสารอินทรีย์ระเหยที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ค่า % Recovery จากการเปรียบเทียบสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นและสาร TCE ตั้งต้นที่ใส่ลงไปมีค่าระหว่าง 87 ถึง 101%

อนึ่งการที่อัตราการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินของ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา มีค่าสูงกว่าค่าอัตราการสลายสารพิษที่วัดในน้ำใต้ดินจาก จ.ลำพูน นั้นเนื่องมาจากผลของไอออนในน้ำใต้ดินของ จ.ลำพูน ซึ่งมีปริมาณมากกว่า (ดังจะเห็นได้จากที่น้ำใต้ดินจาก จ.ลำพูน สามารถสร้างความร้อนจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีกว่าน้ำใต้ดินจาก จ.นครราชสีมา) ซึ่งไอออนเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับพื้นผิว (Surface Complexation) ของเหล็กประจุศูนย์ และลดพื้นที่ผิวสำหรับทำปฏิกิริยาการปลดคลอรีนออกกับสาร TCE ได้ (Reactive Site Blocking)



รูปที่ 11 แสดงสรุปค่าอัตราการสลายสารปนเปื้อนชนิดต่างๆ โดยปฏิกิริยาปลดคลอรีนออกโดยเหล็กประจุศูนย์ (Johnson, 1996)



รูปที่ 12 แสดงอิทธิพลของความถี่ของสนามแม่เหล็กต่อการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ความเข้มข้นของอนุภาค = 10 ก./ล. ขนาดของสนามแม่เหล็ก = 18 แอมแปร์ ในน้ำใต้ดิน

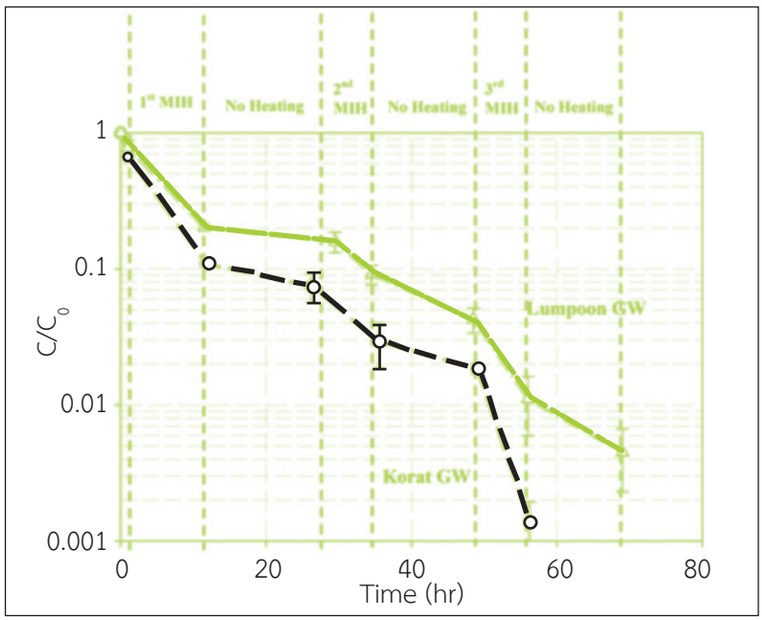
4.2. สรุปผลการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินโดยใช้ผงเหล็กร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

การศึกษาการเร่งการสลาย TCE โดยใช้ผงเหล็กร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทดลองทำการจ่ายสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 90 kHz และขนาดเท่ากับ 15 แอมแปร์ จำนวน 3 รอบใหญ่ดังสรุปในตารางที่ 3 โดยที่แต่ละรอบใหญ่จะประกอบด้วยการจ่ายสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับในลักษณะจ่ายๆ หยุดๆ เป็นจังหวะ (Pulse) โดยจะจ่ายเป็นรอบย่อยรอบละ 3 นาที (จะได้อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส) และรอจนอุณหภูมิกลับมาที่อุณหภูมิห้องอีกครั้ง (ประมาณ 1 ชม.) แล้วจึงจ่ายรอบย่อย (Pulse) ต่อไป ซึ่งการจ่ายรอบย่อยอย่างต่อเนื่องในหนึ่งวัน (ประมาณ 8 ชม. ต่อวัน) จะทำให้ได้หนึ่งรอบใหญ่ และทำการทดลองติดต่อกัน 3 วันจึงได้ 3 รอบใหญ่

ตารางที่ 3 แสดงสรุปการจ่ายสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับในการทดลอง

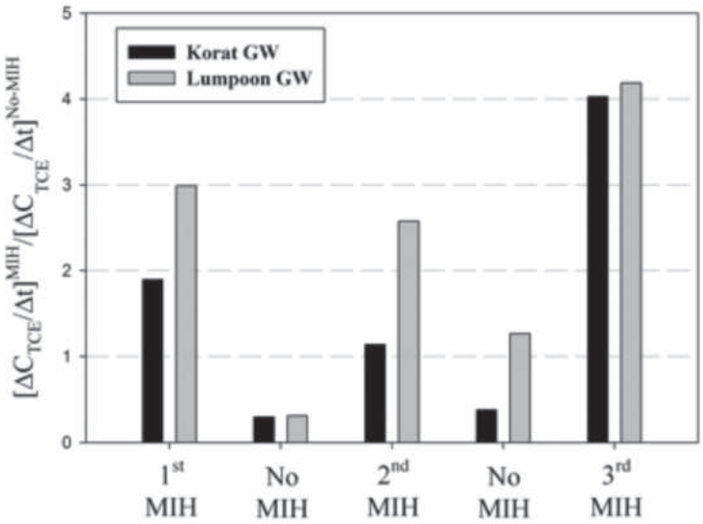
รอบใหญ่ที่	จำนวนรอบย่อย (Pulse)	เวลาที่ใช้ทำการทดลองในแต่ละรอบ (ชั่วโมง)	เวลาที่ทำการจ่ายสนามแม่เหล็กกระแสสลับ (นาที)
1	9	10.25	27
2	5	9.25	15
3	7	7.25	21

รูปที่ 13 แสดงจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินสองชนิด (น้ำใต้ดินจากนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จ.ลำพูน (Lumpoon GW) และน้ำใต้ดินจาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา (Korat GW)) โดยใช้ผงเหล็ก B ร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า แกน X เป็นเวลาหลังจากที่ผงเหล็กเริ่มทำปฏิกิริยากับสาร TCE ในน้ำใต้ดิน และแกน Y (C/C_0) แสดงความเข้มข้นของสาร TCE ในขวดที่เวลา t ใดๆ (C) หารด้วยความเข้มข้นของสาร TCE ในขวดที่เวลาเริ่มต้น (t = 0) (C_0= ~50 ppm) เหมือนรูปที่ 10 จะต่างกันก็ตรงที่ รูปที่ 13 มีเส้นประแนวตั้งสีน้ำเงินซึ่งแสดงช่วงเวลาที่มีการจ่ายสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับและเหนี่ยวนำความร้อน (1st, 2nd, 3rd MIH) และไม่มีการจ่ายสนามแม่เหล็กและไม่มีการเหนี่ยวนำความร้อน (No Heating) (ปล่อยให้ทำปฏิกิริยาปลดคลอรีนออกข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง)



รูปที่ 13 แสดงจลศาสตร์ของการสลาย TCE ในน้ำใต้ดินสองแห่ง โดยใช้ผงเหล็ก B ร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

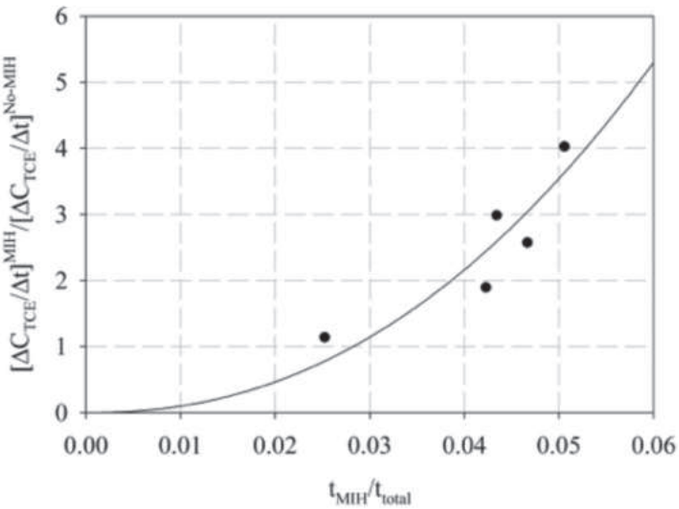
จากกราฟแสดงจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินสองชนิดจะเห็นได้ว่าช่วงที่มีการจ่ายสนามแม่เหล็กและเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าผงเหล็ก B จะสลายสาร TCE ได้ไวกว่าช่วงที่ไม่มีการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (โปรดสังเกตความชันของกราฟในช่วงที่มีการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจะชันกว่าช่วงที่ไม่มีการเหนี่ยวนำมาก) ความสามารถของการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าในการเร่งอัตราการสลายสาร TCE โดยผงเหล็ก จะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการสลายสาร TCE ($\Delta C_{TCE}/\Delta t$) เมื่อใช้และไม่ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสสลับ ดังแสดงในรูปที่ 14 แกน Y แสดงผลอัตราการสลายสาร TCE โดยใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (MIH) เทียบกับ (หารด้วย) อัตราการสลายสาร TCE โดยไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (No-MIH) ส่วนแกน X แสดงรอบของการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ถ้าขนาดของแท่งในแกน Y เท่ากับ 1 แปลว่าอัตราการสลายสาร TCE โดยใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (MIH) เท่ากับอัตราการสลาย TCE โดยไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าและไม่มีการเร่งการสลายสาร TCE โดยการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ในทางตรงกันข้ามถ้าขนาดของแท่งในแกน Y มากกว่า 1 แปลว่าอัตราการสลายสาร TCE โดยใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (MIH) ไวกว่าอัตราการสลายสาร TCE โดยไม่ใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า และมีการเร่งการสลายสาร TCE โดยการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 14 แสดงการเร่งการจลศาสตร์ของการสลายสาร TCE ในน้ำใต้ดินสองแห่ง โดยใช้ผงเหล็ก B ร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

จะสังเกตได้ว่าอัตราการเร่งการสลาย TCE โดยการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละรอบมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าอัตราการเร่งการสลายสาร TCE โดยการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าอาจจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ผงเหล็กถูกเหนี่ยวนำและสร้างความร้อนต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยาทั้งหมดในแต่ละรอบ เมื่อทำการประมวลผลดังรูปที่ 15 โดยพล๊อตสัดส่วนของเวลาที่ผงเหล็กถูกเหนี่ยวนำและสร้างความร้อน (t_{MIH}) ต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยาทั้งหมดในแต่ละรอบ (t_{total}) (แกน X) กับค่าสัดส่วนการเร่งการสลายสาร TCE เมื่อมีการใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าควบคู่กับผงเหล็ก (แกน Y) จะได้ความสัมพันธ์ตามกันระหว่างสองตัวแปรดังกล่าว สามารถอนุมานได้ว่าค่าสัดส่วนการเร่งการสลาย TCE จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเวลาการที่ผงเหล็กถูกเหนี่ยวนำและสร้างความร้อน (t_{MIH}) ต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยาทั้งหมดในแต่ละรอบ (t_{total})

เช่นเดียวกันกับกรณีที่ไม่ใช้สนามแม่เหล็กกระแสสลับ ผลิตภัณฑ์ของการสลายสาร TCE โดยใช้ผงเหล็กร่วมกับการเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าคือสารเอททีน (Ethene) (~70-74%) และ เอทเทน (Ethane) (~25-29%) ไม่มีการตรวจพบสารอะเซทิลีน (Acetylene) ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ (ดูรูปที่ 12 ดู Korat MIH และ Lumpoon MIH สำหรับการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของสาร TCE ในน้ำใต้ดินของ Korat GW และ Lumpoon GW ตามลำดับ) และไม่มีการตรวจพบสารผลิตภัณฑ์ประเภทสารอินทรีย์ระเหยที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ค่า % Recovery จากการเปรียบเทียบสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นและสาร TCE ตั้งต้นที่ใส่ลงไปมีค่าระหว่าง 101 ถึง 124%



รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผงเหล็กถูกเหนี่ยวนำและสร้างความร้อน (t_{MIH}) ต่อระยะเวลาทำปฏิกิริยาทั้งหมดในแต่ละรอบ (t_{total}) (แกน X) กับค่าสัดส่วนการเร่งการสลาย TCE เมื่อมีการใช้การเหนี่ยวนำความร้อนทางแม่เหล็กไฟฟ้าควบคู่กับผงเหล็ก (แกน Y)

4.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าการใช้ผงเหล็กร่วมกับเทคนิคการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้าในการบำบัดสาร TCE ที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินได้ผลดีกว่าการใช้ผงเหล็กเพียงอย่างเดียว และมีความเป็นไปได้ในอนาคตที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในพื้นที่ปนเปื้อนต่อไป แต่ทั้งนี้จะต้องมีงานวิจัยเพิ่มเติมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเครื่องกำเนิดการเหนี่ยวนำความร้อนจากแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีกำลังสูงที่สามารถส่งผ่านสู่ชั้นน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนได้

เอกสารอ้างอิง

1. จิน อโนทัย ดาริน จารุสังข์. 2547. จลนพลศาสตร์ของการกัดกร่อนโลหะเหล็กและการรีดักชั่นโครเมียม(VI). วารสารและวิจัย มจธ.

2. มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย, สีหนาถ ชาญณรงค์, พีรพงษ์ สุนทรเดชะ, วาลิกา เศวตโยธินและจีรนันท์ พันธจักร. 2544. การปนเปื้อนของสาร chlorinated ethylene ในดินและน้ำใต้ดินและกรณีศึกษาของประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

3. Alexandra J. Salter et al., 2010 "Degrasation of 1,2,3-Trichloropropane by Zero-Valent Zinc:Laboratory Assessment for field Application" International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcritrant Comounds.

4. Elizabert L. Cohen and Bradley M Patterson, (2009). Zero Valent iron remediation of a mixed brominated ethane contaminated groundwater. Journal of Contaminant Hydrology Volume 103 Issues 3-4, Pages 109-118.

5. Hardy, L.L and Gillham, R.W. (1996). Formation of Hydrocarbons from the Reduction of Aqueous CO2 by Zero-Valent Iron. Environmental Science and Technology 30(1) : 57-65.

6. Jim Mueller.et al.,(2004). Reductive dechlorination of solvents in groundwater using controlled-release carbon with microscale ZVI. International Conference of Remediation Cholorinated and Recalcritrant organics.

7. Paul G. tratnyek .et al,. (2008). Fate and Remediation of 1,2,3-Trichloropropane. International Conference onRemediation of Chlorinated and Recalcritrant Compounds.

3

การพัฒนานวัตกรรม เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน

Development of Innovative Smoke-free Biomass Reactor

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การพัฒนานวัตกรรมเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน
Development of Innovative Smoke-free Biomass Reactor

นิตยา นักระนาด มิลน์[1] เกษมสันต์ จิณณวาโส[2] วรรณา เลาวกุล[1]
อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์[1] สุนทร งดงาม[1] ภาฤทธิ์ดา สุวรรณี[1] และ นันท์ธีรา ศรีบุรินทร์[1]
Nittaya Nugranad Milne[1], Kasemsun Chinnavaso[2], Wanna Laowakul[1]
Onchan Krottrapong[1], Soonthorn Ngodngam[1], Pharidda Suwannee[1] and Nanthera Sriburin[1]

[1]ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
[2]กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
[1]Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : nittaya.milne2@gmail.com)
[2]Ministry of Natural Resources and Environment

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้ประดิษฐ์คิดค้น นวัตกรรม **"เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน"** ต้นทุนต่ำขึ้น โดยมีเป้าหมายการลดโลกร้อน ลดมลพิษหมอกควันจากการเผาในที่โล่ง เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน มีลักษณะโครงสร้างเป็นเตาทรงจรวด โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ เตาเผาล่าง เตาเผาบน และปล่องควัน โครงสร้างเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันทำด้วยเหล็ก โดยเตาเผาล่างรูปทรงกระบอกสองชั้นไม่ใส่ฉนวน ซึ่งเตาเผาล่างชั้นในจะวางบนขาตั้งเหล็ก และตะแกรงเหล็กที่สามารถดึงออกได้เพื่อชักเอาถ่านออกจากเตา โดยในเตาเผาล่างนี้จะมีการเผาไหม้แบบใช้ออกซิเจน (Combustion) และการเผาที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Pyrolysis) ในส่วนของเตาเผาบนรูปทรงกระบอกจะมีการเผาก๊าซไพโรไลซีส จากการเผาในเตาเผาล่าง ให้แตกตัวกลายเป็นก๊าซที่โมเลกุลเล็กลง (Gasification) มีปล่องควันทำจากเหล็กหนา 1.2 มิลลิเมตร ภายในปล่องควันมีตัวดักจับฝุ่นทรงกรวยที่เจาะรูโดยรอบ เมื่อวางปล่องควันลงบนเตาเผารูปทรงกระบอก ก็จะได้เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันที่มีลักษณะรูปทรงคล้ายจรวด ซึ่งรูปทรงนี้ได้ออกแบบมาเพื่อให้เกิดการเผาที่ไร้ควัน จากการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์พบว่า เตาเผานี้สามารถเผาขยะชีวมวลได้อย่างไร้ควันและได้ผลิตภัณฑ์ถ่าน 30-40% ภายใน 45 นาที จากการทดสอบการใช้งานพบว่า การเผาขยะชีวมวลในเตาเผานี้สามารถช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ลงได้ร้อยละ 97-98, 30-37 และ 50-78 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาขยะชีวมวลในที่โล่ง ผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย กลุ่มที่ก่อมะเร็งจากจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณเหนือลมและใต้ลมขณะทดสอบการเผาโดยใช้เครื่อง GC-MS พบการปลดปล่อยสาร benzene เฉลี่ยเพียง 0.28 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ไม่พบสาร 1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene และ styrene เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาขยะชีวมวลในที่โล่งตรวจพบ benzene, 1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene และ styrene เฉลี่ย 1,170, 4,850, 217 และ 263 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ได้มีการขยายผลนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์นี้สู่พื้นที่ 10 จังหวัดภาคเหนือตอนบนและภาคอีสาน เพื่อบรรเทาปัญหาหมอกควันจากการเผาในที่โล่ง กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ "เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน" แล้ว (วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556) ขณะนี้อยู่ในกระบวนการตรวจสอบการประดิษฐ์ทั่วโลก ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ขยายผลสู่สังคม คือ ได้มีการแจกจ่ายเตาต้นแบบจำนวนมากกว่า 650 ชุด (แต่ละชุดสามารถใช้เผาขยะชีวมวลอย่างต่อเนื่องได้ถึง 500 ตัน ต่อวัน) และจัดฝึกอบรมการใช้งานให้แก่ชุมชนในเขตภาคเหนือตอนบน ภาคอีสาน และภาคใต้ นอกจากนั้น มหาวิทยาลัยต่างๆ และชุมชนท้องถิ่นในภาคอีสานมีความประสงค์จะนำนวัตกรรม **"เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน"** ไปใช้ขยายผลในโรงเรียน ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการประสานงาน และมีแผนการขยายผลใช้ประโยชน์ในภูมิภาคอาเซียน

คำสำคัญ: เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน ไพโรไลซีส แกสซิฟิเคชั่น การเผาไหม้แบบใช้ออกซิเจน การเผาขยะชีวมวลควันน้อย

Abstract

A low cost innovative **"Smoke-free Biomass Reactor"** has been designed and built in order to prevent air pollution from biomass open burning. The reactor is made from steel and has three major components, the lower oven, the upper oven, and the chimney. The **"Smoke-free Biomass Reactor"** has a unique rocket-like shape. After ignition, combustion and pyrolysis processes occur in the inner lower oven. Then pyrolytic vapours are burnt in the upper oven as gasification processes occur. The reactor has a high efficiency chimney that can trap fine particles and fly ash. This innovative design has been scientifically proven to limit hazardous gaseous emissions. Biomass can be burnt safely in the reactor, and 30-40% char can be produced within 45 minutes. The reactor can reduce emissions of carbon monoxide, carbon dioxide, and nitrogen oxides gases by 97-98%, 30-37%, and 50-78%, respectively compared to open burning. Analysis of atmospheric concentrations of carcinogenic volatile organic compounds (VOCs) upwind and downwind using GC-MS confirmed that, benzene could be found at an average of only 0.28 μg/m^3, whilst 1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene and styrene were not detected. This compares to open burning where benzene, 1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene and styrene were found at average quantities of 1,170, 4,850, 217, 263 μg/m^3, respectively. The Department of Environmental Quality Promotion has applied for an Invention Patent (February 6, 2013). As an example of how this innovative research project can benefit Thai society, over 650 reactors, each capable of burning 500 kg/day, have already been provided to communities in Upper Northern, North Eastern and Southern Thailand, and training courses organised. Further outreach activities within Thailand at the request of the universities and many local communities in the North Eastern Region are in progress. Extending the benefits of the **"Smoke-free Biomass Reactor"** research to ASEAN countries are planned.

Keywords : Smoke-free Biomass Reactor, pyrolysis, gasification, combustion, smokeless biomass burning

1. บทนำ

ในประเทศไทยปัญหาหมอกควันทั้งที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ ไฟป่า การเผาในที่โล่งเพื่อกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะปลูก เผาวัชพืช เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก การเผามูลฝอยชุมชน การจุดไฟเผาป่าเพื่อบุกรุก ล่าสัตว์ ทำไม้ หาของป่า เป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ มีทิวเขาล้อมรอบ ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย ไดออกซิน รวมทั้งฝุ่นละออง เถ้า เขม่าควัน

จากรายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ในหลายจังหวัดทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา ลำปาง ลำพูน แพร่ และ น่าน ตรวจพบค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมหรือฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (พีเอ็ม 10) ในเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเกินมาตรฐานในหลายพื้นที่ (ซึ่งค่ามาตรฐานไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งพบว่า คุณภาพอากาศจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคตาอักเสบ และผิวหนังอักเสบ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และการท่องเที่ยว

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ตระหนักถึงปัญหามลพิษจากการเผาในที่โล่งดังกล่าว จึงได้ริเริ่มดำเนินการโครงการพัฒนาเตาเผาขยะชีวมวลสำหรับชุมชนอย่างง่าย ซึ่งมีการออกแบบและพัฒนาให้ได้เตาเผาที่ก่อมลพิษน้อยที่สุดและต้นทุนต่ำ สามารถนำไปขยายผลต่อยอดได้ในชุมชน โดยมีเป้าหมายการนำไปใช้กำจัดของเหลือทิ้งจากการเกษตรแทนการเผาในที่โล่ง

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ

2.1.1 วัสดุสร้างเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน

ถังน้ำมันใช้แล้วขนาด 200 ลิตร 2 ถัง ถังเหล็กขนาด 50 ลิตร 1 ถัง แผ่นเหล็กหนา 1.3 มิลลิเมตร แท่งเหล็ก เครื่องเชื่อม เครื่องเจาะ

2.1.2 เครื่องมือตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาและก๊าซที่ปล่อยออก TESTO Model 330-2LL

2.1.3 อุปกรณ์นิรภัยสำหรับปฏิบัติงาน

หมวกนิรภัย หน้ากากกันไอก๊าซ ถุงมือกันความร้อน ชุดและรองเท้ากันไฟ

2.2 วิธีการวิจัย

ทำการศึกษาพัฒนาเตาเผาขยะชีวมวลแบบไร้ควันสำหรับชุมชน จากวัสดุหาง่ายและวัสดุเหลือใช้ เป็นการออกแบบเตาเผาจากแนวคิดแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่ชุมชนสามารถนำไปใช้และจัดสร้างเองได้เพื่อกำจัดของเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรม เป้าหมายหลักเพื่อลดการเผาในที่โล่ง ป้องกันไฟป่า และลดปัญหาหมอกควัน โดยการส่งเสริมให้มีการนำวัตถุดิบประเภทขยะชีวมวลที่เป็นเศษไม้ ใบไม้ กากอ้อย กะลามะพร้าว แกลบ ฟางข้าว จากพื้นที่ต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาและก๊าซที่ปล่อยออก ตรวจวัดหาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศในบริเวณเหนือลมและใต้ลม เปรียบเทียบกับการเผาในที่โล่ง

2.3 การออกแบบ สร้างต้นแบบสิ่งประดิษฐ์เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน และทดสอบการใช้งาน

2.3.1 ออกแบบเบื้องต้น (Basic Design)

ออกแบบเบื้องต้นโดยใช้หลักการไหลเข้าของอากาศแบบธรรมชาติจากด้านล่างสู่บน (Upward Natural Draft Flow) และไม่พึ่งพาแหล่งพลังงานภายนอก ปฏิกิริยาการเผามีการผสมผสานกันของ combustion, pyrolysis และ gasification เพื่อเผาขยะชีวมวลโดยปล่อยก๊าซมลพิษและสารอินทรีย์ระเหยง่ายให้น้อยที่สุด ใช้กระบวนการ downward pyrolysis ทำให้ได้ผลผลิตถ่านชีวมวลนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อใช้ปรับปรุงคุณภาพดิน

2.3.2 จัดสร้างแบบจำลองเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน และทดสอบการใช้งาน

จัดสร้างแบบจำลองเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันโดยใช้กระป๋องอาหารสำเร็จรูป เจาะรูให้อากาศเข้า การกำหนดขนาดและจำนวนรูเป็นไปตามหลักวิชาการของกระบวนการ thermochemical conversion ที่ต้องมีการปล่อยให้และหรือจำกัดการไหลเข้าของอากาศอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้แบบจำลองที่สามารถใช้ทดสอบการเผาได้จริง ทดสอบการเผาชีวมวล (ฟางข้าว แกลบ ขี้เลื่อย เศษไม้ กากอ้อย) ปรับปรุงพัฒนาแบบ

2.3.3 ออกแบบ (Detail Design) และจัดสร้างต้นแบบเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน

ใช้ถังน้ำมันใช้แล้วขนาด 50 และ 200 ลิตร การพัฒนาเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันนี้ อยู่บนพื้นฐานการใช้เทคโนโลยีภูมิปัญญาชาวบ้านและต้นทุนต่ำ จึงจำเป็นต้องคิดค้นให้ได้นวัตกรรมที่สามารถนำไปขยายผลได้จริงในชุมชน ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการให้อากาศเข้าเป็นแบบ Upward Natural Draft Flow ซึ่งช่วยประหยัดพลังงาน เพราะไม่มี input energy ที่ต้องใช้ในการเผา ปฏิกิริยาการเผามีการผสมผสานกันของ combustion, pyrolysis และ gasification โดยการจุดไฟที่ส่วนบนของเชื้อเพลิงในเตาชั้นใน และการนำพาความร้อนสู่ส่วนล่างของเตา ทำให้เกิด downward pyrolysis ก๊าซ hydrocarbons จากการเผาเชื้อเพลิง (ที่เป็นสาเหตุของหมอกควัน) จะถูกเผาอีกครั้ง (secondary cracking) กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไอน้ำ ส่งผลให้ลดควันจากการเผา (คาร์บอนมอนอกไซด์เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศ จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์) ทดสอบการเผาชีวมวล (ฟางข้าว แกลบ ขี้เลื่อย เศษไม้ กากอ้อย) ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงพัฒนาแบบจนได้ต้นแบบที่ดีที่สุด

2.4 วิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย

มีการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็ง และกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคระบบประสาท และก่อให้เกิดก๊าซโอโซน โดยเก็บตัวอย่างอากาศเหนือลมและใต้ลม เปรียบเทียบการเผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันและการเผาในที่โล่ง

การเก็บตัวอย่างอากาศใช้ US-EPA Method TO-17 ใช้ air toxic stainless tube ขนาด ¼-inch O.D., 3.5-inch long tube (Supelco) สำหรับการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปล่อยออกที่ปลายปล่องเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน เก็บจากจุดศูนย์กลาง โดยใช้ถุงเก็บตัวอย่าง (Tedlar bag) ต่อกับ Pyrex glass probe ตามวิธีการเก็บใน U.S. EPA, Method 18 Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเครื่อง Shimadzu QP5000 Thermal Desorption-Gas Chromatography/ Mass Spectrometer เปรียบเทียบระหว่างการเผาในเตาเผานี้กับการเผาในที่โล่ง

2.5 ยื่นขอจดสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์

ผู้วิจัยได้โอนมอบสิทธิ และยื่นขอจดสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ **"เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน"** ในนามกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 โดยมีผลคุ้มครองย้อนหลังตั้งแต่วันที่เปิดเผยการประดิษฐ์ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา (คำขอเลขที่ 1301000630 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556) ซึ่งสำนักสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา ได้พิจารณาคำขอแล้ว และกำลังตรวจสอบการประดิษฐ์ทั่วโลกโดยมีกำหนดระยะเวลา 5 ปี

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

Detailed Design ของ "เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน" แสดงในรูป 1

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเผาและก๊าซที่ปล่อยออกแสดงในตาราง 1 สำหรับผลการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายแสดงในตาราง 2

จากการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า เตาเผานี้สามารถเผาขยะชีวมวลได้อย่างไร้ควันและได้ผลิตภัณฑ์ถ่าน 30-40% ภายในเวลา 45 นาที และผลการทดสอบการใช้งาน พบว่า การเผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันนี้ สามารถช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ ลงได้ร้อยละ 97-98, 30-37 และ 50-78 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาขยะชีวมวลในที่โล่ง

ผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่ก่อมะเร็งจากจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณเหนือลมและใต้ลมขณะทดสอบการเผาโดยใช้เครื่อง GC-MS พบการปลดปล่อยสาร benzene เฉลี่ยเพียง 0.28 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ไม่พบสาร 1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene และ styrene เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาขยะชีวมวลในที่โล่งตรวจพบ benzene,1,2-dichloropropane, tetrachloroethylene และ styrene เฉลี่ย 1,170, 4,850, 217 และ 263 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ รูป 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งในบรรยากาศบริเวณที่เผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน การจำลองการเผาในที่โล่ง และไอระเหยน้ำมันเบนซินจากรถยนต์ในห้องทดสอบยานยนต์ รูป 3 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อให้เกิดโรคระบบประสาทและเกิดก๊าซโอโซนในบรรยากาศบริเวณที่เผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน การจำลองการเผาในที่โล่ง และไอระเหยน้ำมันเบนซินจากรถยนต์ในห้องทดสอบยานยนต์

รูป 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จากปลายปล่องเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันและการเผาในที่โล่ง โดยการทดสอบกับขยะชีวมวลชนิดเดียวกันและปริมาณเท่ากัน (เศษไม้แห้ง 10 กิโลกรัม และชานอ้อย 2 กิโลกรัม) ในระยะเวลาเท่ากัน พบว่า การเผาในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายน้อยกว่าการเผาในที่โล่ง โดยการเผาในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันนี้สามารถลดการปลดปล่อย Benzene ลงจาก 1370 $\mu g/m^3$ เหลือ 36 $\mu g/m^3$ หรือลดได้ถึง 38 เท่า ลดการปลดปล่อย Toluene ลงจาก 856 $\mu g/m^3$ เหลือ 13 $\mu g/m^3$ หรือลด

ได้ถึง 66 เท่า ลดการปลดปล่อย Ethylbenzene ลงจาก 173 μg/m^3 เหลือ 12 μg/m^3 หรือลดได้ถึง 14 เท่าลดการปลดปล่อย m-, p-Xylene ลงจาก 116 μg/m^3 เหลือ 11 μg/m^3 หรือลดได้ถึง 11 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาในที่โล่ง

เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันตามการประดิษฐ์นี้ สามารถช่วยตอบโจทย์ในการลดสารก่อมะเร็งและสารพิษอื่นๆ จากการเผาขยะชีวมวลลงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกเหนือไปจากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะชีวมวลแบบเดิมๆ อย่างไรก็ตาม ขยะชีวมวลสามารถนำไปหมักทำปุ๋ยอินทรีย์ได้ หากมีการส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่ในช่องทางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอื่นๆ การลดการเผา หรือ หยุดเผาในที่โล่งจะช่วยให้ลดมลพิษจากการเผาที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ หากชุมชนยังต้องการเผา เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน คือ ทางเลือกที่ช่วยให้เผาได้อย่างปลอดภัยกว่า และเป็นการเพิ่มมูลค่าขยะชีวมวล ให้ได้มาซึ่งแหล่งพลังงานทดแทน คือ ถ่าน

เตาเผาขยะชีวมวลมีผู้ประดิษฐ์ใช้กันมานานทั้งในและต่างประเทศ มีทั้งที่ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยม รูปทรงกระบอกมีปล่องควันยาวสูงแบบเตาเผาทั่วไป (Incinerator) และเตาเผาศพ มีทั้งขนาดใหญ่ที่เผาขยะชีวมวลได้หลายตัน ลงมาถึงขนาดเล็กที่ใช้เผาขยะปริมาณน้อยๆ หรือใช้เป็นเตาหุงต้ม ประหยัดพลังงาน วัสดุที่ใช้ทำเตาเผาเป็นเหล็กแผ่นเชื่อมติดกันเป็นกล่องสี่เหลี่ยม หรือม้วนพับเหล็กเป็นรูปถังทรงกระบอก เตาเผาขยะที่ผลิตจากถังน้ำมันใช้แล้วขนาด 200 ลิตร และ 50 ลิตร หรือขนาดอื่นใดก็มีใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างประเทศมีการประดิษฐ์ขายกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีวัตถุประสงค์การใช้งานเพื่อใช้เผาขยะชีวมวล ที่เกิดจากการตัดแต่งสวนภายในบ้าน สำหรับในประเทศไทยชุมชนเมืองหรือกึ่งเมือง รถกำจัดขยะของเทศบาลมักไม่ประสงค์เก็บขนขยะเหล่านี้ไปกำจัด ทำให้มีการทิ้งขยะชีวมวลตามที่รกร้าง สุดท้ายถูกกำจัดโดยการเผาในที่โล่งที่ก่อมลพิษหมอกควันและอาจเกิดไฟไหม้ลุกลามได้

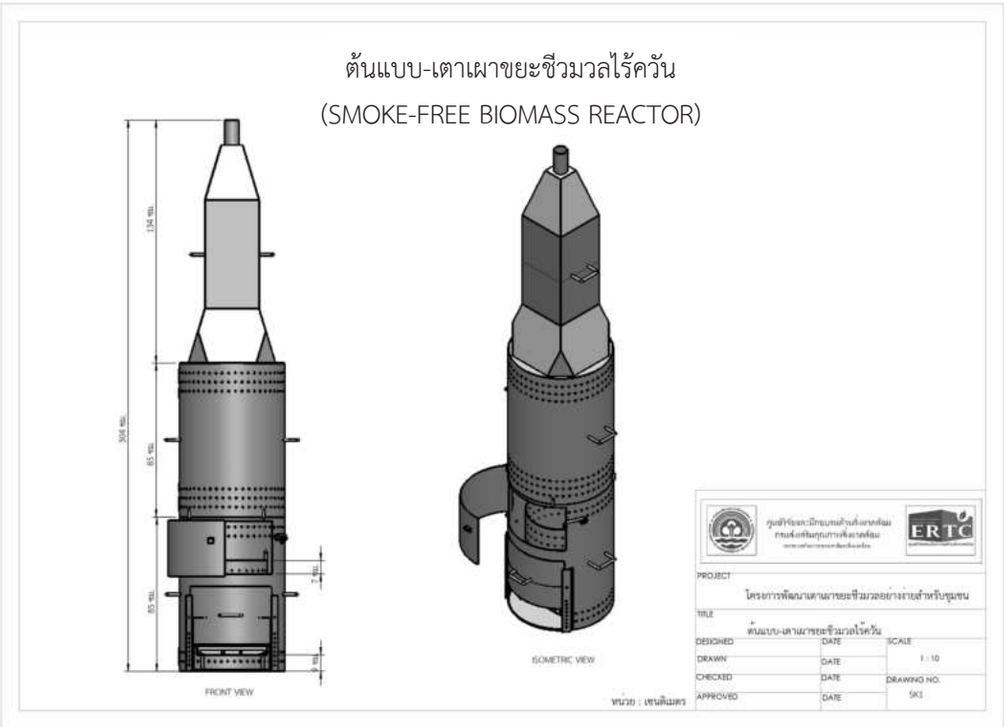
เตาเผาขยะชีวมวลส่วนใหญ่ที่มีใช้กันในปัจจุบัน มักมีข้อเสียหรือข้อจำกัด คือ มีต้นทุนการผลิตสูง ต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานจากภายนอก เช่น ติดพัดลมเป่าเพื่อเพิ่มออกซิเจนและอุณหภูมิการเผา การดูแลรักษายาก แยกชิ้นส่วนไม่ได้ทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย นอกจากนี้ เมื่อนำมาใช้งานมักมีควันและฝุ่นละอองจากการเผาไหม้ เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้ใช้ และก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากเป็นการเผาโดยใช้กระบวนการเผาไหม้แบบใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว (Combustion) อุณหภูมิไม่สูงมากนัก จึงไม่สามารถทำให้อินทรียสารแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์เป็นไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการเผาได้ขี้เถ้า และยังคงเกิดควันพิษ ควันดำจากการเผาไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 5-15 นาทีแรกของการเผา

นักวิจัยได้คิดค้นสร้างสรรค์นวัตกรรมเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันจากองค์ความรู้การแปรรูปของเสียชีวมวลด้วยความร้อนผ่านกระบวนการ 3 อย่าง คือ combustion, pyrolysis และ gasification โดยได้ออกแบบให้ทั้ง 3 กระบวนการเกิดขึ้นในเตาเผารูปแบบง่ายๆ เตาเดียวกัน ที่มีรูปทรงสูงคล้ายจรวด มีการออกแบบรูและช่องเติมอากาศที่เหมาะสม ไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากภายนอก ในปล่องควันมีตัวกรองไอและฝุ่นละอองก่อนปล่อยออก ทำให้สามารถลดมลพิษจากการเผาได้มาก และได้ถ่านไม้และกะลามะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากการเผาไม้และกะลามะพร้าว อย่างไรก็ตาม การนำต้นแบบและแบบเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันไปใช้ขยายผลในชุมชน ผู้ใช้ควรขยายหรือลดสเกลเพื่อสร้างเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันตามวัตถุประสงค์การใช้งานโดยพิจารณาจากขนาดและปริมาณขยะชีวมวลที่จะนำมาเผา สามารถเพิ่มจำนวนรูที่เจาะได้ แต่ต้องคงขนาดของรูไว้ตามเดิมที่ผู้ประดิษฐ์ได้ออกแบบไว้ และที่สำคัญถ้าจะเผาให้ไร้ควันควรทำตามคำแนะนำของผู้ประดิษฐ์ คือ (1) ใช้เผาขยะชีวมวลแห้ง ความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 (2) ใส่ขยะชีวมวลแห้งในเตาเผาล่างชั้นในให้พูนเป็นหลังเต่า (3) จุดไฟจากด้านบนของขยะชีวมวล (4) ควบคุมการไหลเข้าของอากาศโดยการปิด-เปิดประตูบนและประตูล่าง (5) ใช้เวลาเผา 45 นาทีต่อ 1 รอบการเผา เขี่ยถ่านออกจากเตาเพื่อดับถ่าน ถ้าต้องการเผาทิ้งเป็นขี้เถ้าก็ปล่อยให้ไหม้ต่อ (6) สามารถเผาต่อเนื่องได้วันละ 500 กิโลกรัม โดยเหลือถ่านไว้เลี้ยงไฟ และเติมขยะชีวมวลอย่างต่อเนื่องครั้งละ 2-3 ชิ้น

3.1 ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ “เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน”

เป็นเตาเผาขยะชีวมวลที่สร้างจากเหล็ก มีส่วนประกอบหลัก คือ เตาเผาล่าง เตาเผาบน และปล่องควัน เมื่อประกอบเข้าด้วยกันจะมีรูปทรงภายนอกคล้ายจรวด ซึ่งเตาเผาล่างรูปทรงกระบอกสองชั้นไม่ใส่ฉนวน โดยเตาเผาล่าง

ชั้นนอกมีประตูล่างและประตูบน มีรูอากาศเข้า ส่วนเตาเผาล่างชั้นในมีรูอากาศเข้า เป็นเตาใส่ขยะ ตั้งวางบนขาตั้งเหล็กและตะแกรงเหล็กซึ่งสามารถดึงออกได้เพื่อชักเอาถ่านออกจากเตา โดยเตาเผาล่างนี้มีการเผาไหม้แบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยเตาเผาบนรูปทรงกระบอกจะมีรูอากาศเข้า เพื่อเผาก๊าซไพโรไลซีสที่เกิดขึ้นจากเตาเผาล่างให้แตกตัวกลายเป็นก๊าซที่มีโมเลกุลเล็กลง โดยเตาเผาขยะนี้ในปล่องควันมีตัวดักจับฝุ่นละอองและเถ้าลอย ซึ่งประโยชน์ที่ได้ คือ ลดมลพิษจากการเผาขยะชีวมวล



รูป 1 ภาพวาดเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน

อันตรายจากการเผาในที่โล่งที่คนมักมองข้าม การเผาในที่โล่งเป็นการเผาที่ก่อมลพิษสูงมาก ทำให้เกิดสารพิษทั้งในกลุ่มที่เป็นสารก่อมะเร็ง สารพิษที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคระบบประสาท โรคตับและไต นอกจากนี้ การเผาในที่โล่งยังเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง

- พบสารชนิดที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง 3 ชนิด จากการเผาในที่โล่ง คือ 1,3-บิวทาไดอีน เบนซีน และ 1,2-ไดคลอโรโพรเพน หากประชาชนได้รับสารเหล่านี้เป็นระยะเวลานานๆ มีโอกาสเสี่ยงต่อโรคมะเร็งได้
- พบสารชนิดที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคระบบประสาท โรคตับ ไต และก่อให้เกิดก๊าซโอโซน 6 ชนิด จากการเผาในที่โล่ง คือ โทลูอีน เอทธิลเบนซีน เมทธาไซลีน พาราไซลีน 1,3,5-ไตรเมทธิลเบนซีน และ 1,2,4-ไตรเมทธิลเบนซีน
- อันตรายต่อหัวใจและสมอง
- ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ทำให้ร่างกายเกิดการขาดออกซิเจน ก่อให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะที่สำคัญ เช่น หัวใจและสมอง ทำให้เกิดอาการมึนงง คลื่นไส้ แน่นหน้าอก อาเจียน เสียการทรงตัว ภาวะสมองขาดเลือด หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ในระยะเวลาอันสั้น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นเพียง 667 ppm สามารถทำให้ร้อยละ 50 ของฮีโมโกลบินในร่างกายมนุษย์เปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบินได้ ผลที่ตามมา คือ หมดสติ โคม่า และเสียชีวิตในที่สุด (www.homesafe.com, www.arristx.org)

3.2 ความโดดเด่นของนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ “เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน”

(1) ผสมผสานกลไกการแปรรูปของเสียชีวมวลทั้ง 3 แบบ เข้าด้วยกัน คือ Combustion, Pyrolysis, และ Gasification

(2) ใช้ระบบการเติมอากาศตามหลักการธรรมชาติ (Upward Natural Draft Flow) เป็นการให้ออกซิเจนร้อนผ่านช่องว่างระหว่างเตาเผาชั้นนอกกับเตาเผาชั้นใน

(3) เตาเผาบนออกแบบให้มีขนาดและจำนวนรูที่เหมาะสมกับการเกิดกระบวนการ Gasification ของก๊าซที่เกิดจากกระบวนการ Pyrolysis

(4) ปล่องควันถูกออกแบบให้สามารถลดการปลดปล่อยสารพิษโดยหลักการทำให้ก๊าซจากการเผาไหลวนเวียนแบบการไหลของของเหลว (Fluid Flow) ช่วยเพิ่มระยะเวลาการอยู่ในระบบของอนุภาคก่อนปล่อยออก

(5) ทุกชิ้นส่วนสามารถประกอบและถอดออกจากกันได้ เคลื่อนย้ายสะดวก

(6) ทำจากวัสดุใช้แล้ว จัดสร้างง่าย ต้นทุนต่ำ

(7) การออกแบบถูกคิดค้นควบคู่ไปกับการทดลองใช้งานจริง เพื่อพัฒนาให้ได้ต้นแบบที่ดีที่สุด

(8) เป็นการเผาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาก

3.3 ประโยชน์การใช้งาน

เป็นเตาเผาขยะชีวมวลแบบเคลื่อนย้ายได้ นำไปใช้กำจัดของเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เป็นของเสียชีวมวล จำพวกเศษไม้ ใบหญ้า ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย กะลามะพร้าว กากปาล์ม

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ขยายผลสู่สังคม คือ ได้มีการแจกจ่ายเตาต้นแบบจำนวนมากกว่า 650 ชุด (แต่ละชุดสามารถใช้เผาขยะชีวมวลอย่างต่อเนื่องได้ถึง 500 ตันต่อวัน) และจัดฝึกอบรมการใช้งานให้แก่ชุมชนในเขตภาคเหนือตอนบน ภาคอีสาน และภาคใต้ นอกจากนั้น มหาวิทยาลัยต่างๆ และชุมชนท้องถิ่นในภาคอีสาน มีความประสงค์จะนำนวัตกรรม **“เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน”** ไปใช้ขยายผลในโรงเรียน ซึ่งกำลังอยู่ระหว่างการประสานงาน และมีแผนการขยายผลใช้ประโยชน์ในภูมิภาคอาเซียน

3.4 ผลการทดสอบการเผาและการตรวจวัด

ตาราง 1 เปรียบเทียบผลการตรวจวัดก๊าซที่ปล่อยออก (Emissinc Gases)

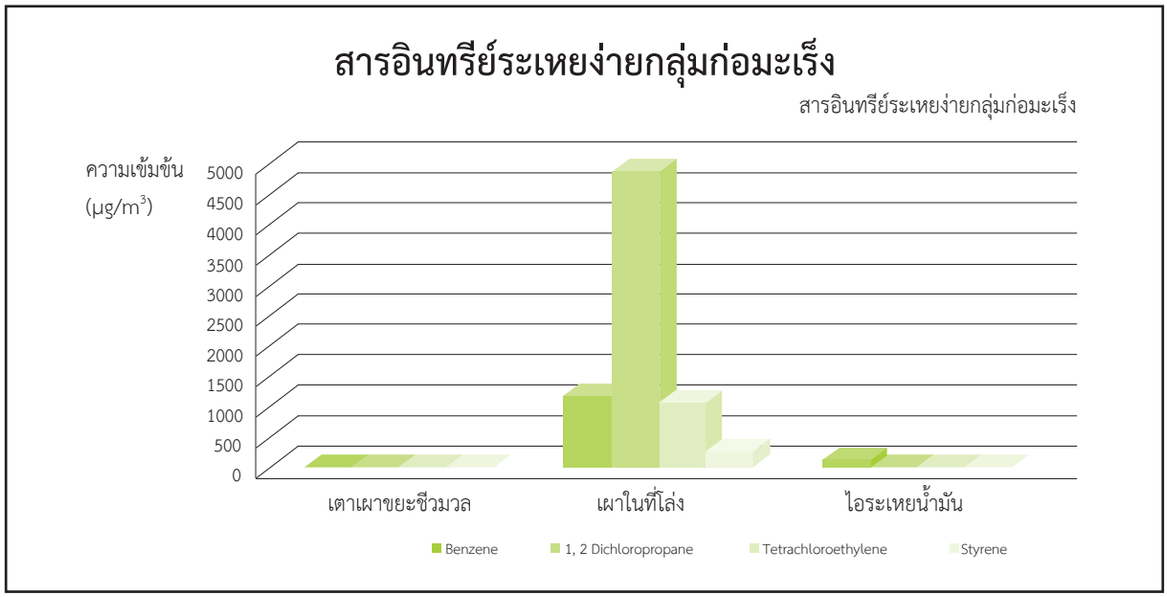
การทดสอบ	ค่า	อุณหภูมิการเผา (°C)	ปริมาณ Emission Gases (Unit)					หมายเหตุ
			O_2 (%)	CO (ppm)	CO_2 (%)	NO (ppm)	NO_x (ppm)	
เผาในที่โล่ง	Min	350.7	8.7	2156	4.70	58	61	• ทดสอบกับวัสดุชีวมวล - ไม้ฟืน 10 กิโลกรัม - เศษฟืน 1 กิโลกรัม - ชานอ้อย 0.5 กิโลกรัม • ค่าการตรวจวัดก๊าซที่ปล่อยออก - กรณีเผาในที่โล่ง-วัดที่เหนือเปลวไฟ (ซึ่งจะถูกเจือจางโดยอากาศโดยรอบ) - กรณีเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน-วัดที่ปลายปล่องควันก่อนปล่อยออก ค่า CO ที่สูงจากการเผาในที่โล่ง สะท้อนให้เห็นว่ามีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น • ค่า CO จากการเผาในเตาเผาชีวมวลไร้ควัน เกิดจากปฏิกิริยาแกสซิฟิเคชัน
	Max	576.5	16.2	62413	12.10	164	172	
	Avg	493.9	12.4	21180	8.51	109	114	
เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน	Min	314.4	6.3	61.8	3.28	13	14	
	Max	640.0	10.7	1161.6	7.65	82	86	
	Avg	488.5	8.3	467.7	5.60	49	52	
ลดการปลดปล่อยก๊าซลงได้ (%)		-	-	97-98	30-37	50-78	50-77	

หมายเหตุ : Min = ค่าต่ำสุดที่วัดได้ Max = ค่าสูงสุดที่วัดได้ Avg = ค่าเฉลี่ย
ppm = หนึ่งในล้านส่วน % = ร้อยละ °C = องศาเซลเซียส
ประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาขยะในพารามิเตอร์ NO_x as NO_2 และ CO

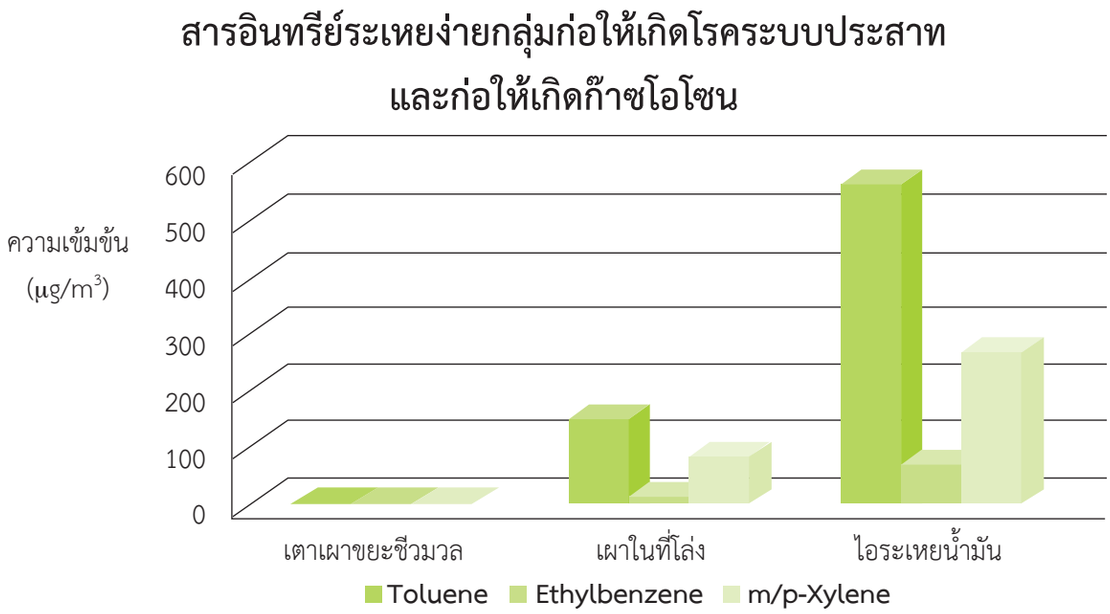
ตาราง 2 ข้อมูลผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศบริเวณที่มีการเผาขยะชีวมวล โดยใช้เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับการเผาในที่โล่งจำลอง

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน		เผาในที่โล่ง		เปรียบเทียบจำนวนเท่าการเผาในที่โล่ง/เตาเผา
	ppb	μg/m^3	ppb	μg/m^3	
Hexane	nd	nd	12909	45408	-
Benzene*	0.088	0.280	367	1170	4168
1,2-Dichloropropane*	nd	nd	1200	4846	-
Toluene	0.427	1.60	149	560	349
1,1,2-Trichloroethane	0.899	4.89	40	217	44
Tetrachloroethylene*	nd	nd	156	1058	-
Ethylbenzene	0.279	1.21	3.15	13.7	11
m/p-Xylene	0.106	0.461	19.4	84.2	183
o-Xylene	0.067	0.290	13.7	59.2	204
Styrene*	nd	nd	61.9	263	-

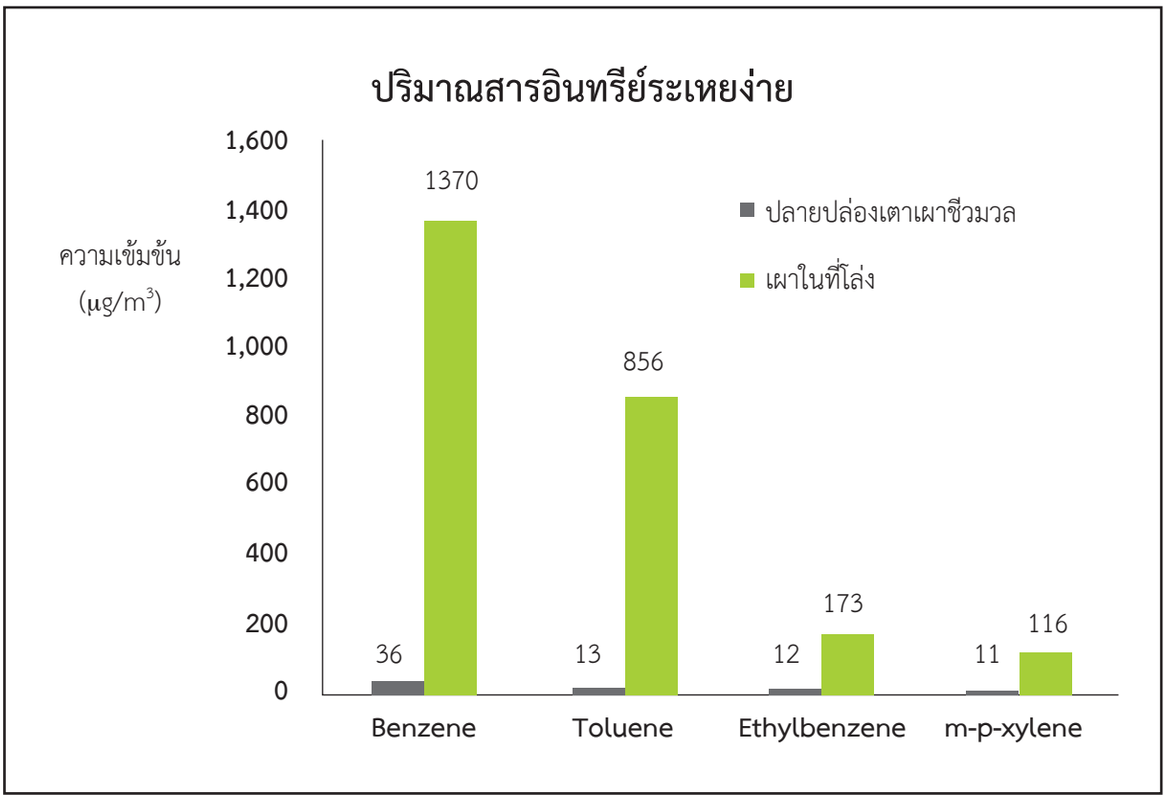
หมายเหตุ : เครื่องหมาย * หมายถึง สารก่อมะเร็ง
nd = non detectable (เป็นค่าต่ำกว่าระดับต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ 0.031 μg/m^3)
μg/m^3 = ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูป 2 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อมะเร็งในบรรยากาศบริเวณที่เผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน การจำลองการเผาในที่โล่ง และไอระเหยน้ำมันเบนซินจากรถยนต์ในห้องทดสอบยานยนต์



รูป 3 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มก่อให้เกิดโรคระบบประสาทและเกิดก๊าซโอโซน ในบรรยากาศบริเวณที่เผาขยะชีวมวลในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน การจำลองการเผาในที่โล่ง และไอระเหยน้ำมันเบนซินจากรถยนต์ในห้องทดสอบยานยนต์



รูป 4 เปรียบเทียบปริมาณ VOCs จากปลายปล่องเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันและการเผาในที่โล่ง

ตาราง 3 ค่ามาตรฐานการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

Pollutant	Gas Turbine	Furnace/Boiler/Cracking Unit (Non Catalyst Regeneration or Non Catalyst Type)			Cracking Unit (Coke Combustion Type)	Sulfur Recovery Unit
		Fuel Oil	Fuel Gas	Mixed Fuel		
1. Old Petroleum Refinery						
1.1 NO_x as NO_2 (ppm)	≤200	≤200	≤200	≤200	≤400	≤200
1.2 CO (ppm)	≤690	≤690	≤690	≤690	≤690	≤690
2. New Petroleum Refinery						
2.1 NO_x as NO_2 (ppm)	≤120	≤120	≤120	≤120	≤200	≤200
2.2 CO (ppm)	≤690	≤690	≤690	≤690	≤690	≤690

ที่มา : ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 121 วันที่ 12 ตุลาคม 2554

3.5 การขยายผลต่อยอดงานวิจัย

ได้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยผ่านสื่อโทรทัศน์ วิทยุ สิ่งพิมพ์ สัมมนาวิชาการ/ เสวนา รายงานทางวิชาการ การดูงานนิทรรศการ และให้สัมภาษณ์อย่างต่อเนื่อง

นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ "เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน" ได้นำไปขยายผลแจกแบบและต้นแบบเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน 300 ชุด ในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ภายใต้โครงการรณรงค์ลดหมอกควันในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ปีงบประมาณ 2557 และโครงการของขวัญปีใหม่สำหรับประชาชน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมแจกเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน 187 ชุด ให้กับพื้นที่นำร่อง โครงการเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน ลดหมอกควัน เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสทรงเจริญพระชนมายุ 87 พรรษา ปีงบประมาณ 2558 นอกจากนี้มีการแจกแบบและต้นแบบเตาเผาฯ และฝึกอบรมการใช้งานแก่หน่วยงานและประชาชนที่มีหนังสือขอความอนุเคราะห์ จนถึงสิ้นเดือนกันยายน 2558 รวมทั้งสิ้น 624 ชุด

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน สามารถใช้เผาขยะชีวมวลแห้งได้อย่างไร้ควัน

4.2 เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาขยะชีวมวลชนิดเดียวกันและปริมาณเท่ากันในที่โล่ง การเผาในเตาเผาขยะชีวมวลไร้ควันสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลงได้ถึงร้อยละ 97-98 ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ร้อยละ 30-37 และลดไนโตรเจนออกไซด์ลงได้ร้อยละ 50-78

4.3 ทุกชิ้นส่วนสามารถประกอบและถอดออกจากกันได้ เคลื่อนย้ายสะดวก เมื่อส่วนไหนชำรุดหรือหมดอายุการใช้งาน สามารถซ่อมหรือทำขึ้นใหม่เฉพาะส่วนได้ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

เอกสารอ้างอิง

1. เอกสารยื่นขอจดสิทธิบัตรสิ่งประดิษฐ์ “เตาเผาขยะชีวมวลไร้ควัน” กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม 6 กุมภาพันธ์ 2556

2.“Innovative Smoke-free Biochar Production Reactor” in International Conference of ASEAN Environmental Chemistry 2014, pp. 143-146, ISBN 2189-0137, Japan Society for Environmental Chemistry, 2014.

3. U.S. Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, Compendium of Method TO-17, Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling onto Sorbent Tubes, 2nd Edition, EPA/625/R-96/010b, January, 1999.

4. U.S. Environmental Protection Agency, Method 18 Measurement of Gaseous Organic Compound Emissions by Gas Chromatography, 40 CFR, Part 60, 1996.y

5. www.homesafe.com

6. www.arristx.org

4

การจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยชุมชนในประเทศไทย

Community-based management on climate change problem in Thailand

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยชุมชนในประเทศไทย
Community-based management on climate change problem in Thailand

อัศมน ลิ่มสกุล วิมลรัตน์ลี กถาเสนีย์ วุฒิชัย แพงแก้ว อัศดร คำเมือง และ นิดาลักษณ์ สิทธิพล
Atsamon Limsakul, Wimonratlee Katasaenee, Wutthichai Paengkaew, Asadorn Kammuang
and Nidalak Sitthipon

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail: atsamon@deqp.go.th)

บทคัดย่อ

การศึกษาการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปี 2556 บริเวณลุ่มน้ำท่าดีในพื้นที่ตำบลท่าซัก อำเภอเมือง และตำบลท่าดี อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นการศึกษาแนวทางการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเชิงบูรณาการ โดยใช้การมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเข้ากับแผนพัฒนาของหน่วยงานส่วนท้องถิ่น โดยตำบลท่าซักมีการจัดตั้งกลุ่มประมงพื้นบ้านเพื่อดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรและพื้นที่ป่าชายเลนในพื้นที่ มีการดำเนินงานจัดทำแนวกันการกัดเซาะชายฝั่งโดยไม้ไผ่ มีการสร้างจุดเรียนรู้การจัดการขยะอินทรีย์ด้วยการหมักก๊าซชีวภาพและริเริ่มโครงการธนาคารขยะชุมชน จัดทำชุดกรองน้ำสำหรับชุมชน ด้านพื้นที่ตำบลท่าดี เทศบาลตำบลท่าดีได้ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานระดับจังหวัดเพื่อเพิ่มพื้นที่กักเก็บน้ำและขุดลอกทรายออกจากคลองเพื่อใช้น้ำในฤดูแล้ง มีการจัดเวทีสร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์ต้นไม้ใหญ่ใกล้ลำน้ำ และการจัดตั้งธนาคารขยะใน 4 โรงเรียนนำร่องในพื้นที่เพื่อรองรับและแก้ไขปัญหาของชุมชน รวมทั้งการปลูกป่าบริเวณต้นน้ำเพิ่มเติมด้วยไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ จำนวน 200,000 ต้น คำนวณความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนในรอบ 1 ปี ได้จำนวนคาร์บอนเท่ากับ 127,705 kg CO_2 เทียบเท่า

จากผลการศึกษาในชุมชนนำร่อง พบว่า ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเชิงบูรณาการของชุมชนควรพิจารณาทั้งมิติการบรรเทาการลดก๊าซเรือนกระจกและมิติการหาแนวทางการปรับตัวต่อผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งจะตอบโจทย์การพัฒนาที่ยั่งยืนควบคู่กับการดูแลและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของชุมชนและสอดคล้องกับบริบทของชุมชน ทั้งนี้ กระบวนการมีส่วนร่วมมีความสำคัญในการขับเคลื่อนการดำเนินงานให้ประสบความสำเร็จ

คำสำคัญ : ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ภูมิปัญญาท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Abstract

The adaptation to the impacts of climate changes in 2013. In the watershed tha dee in the area Mueang districts and Lanska districts Nakhon Si Thammarat province. Approaches to tackle the problem climate change integrative. By using participation of communities and management model climate change issues with development plans of local agency. Have established local fishermen to the conservation of resources and the mangrove forest in the area has operations preparation line with coastal erosion by the bamboo. Have creation of learn to manage with organic waste fermentation biogas and recycling bank community initiated and preparation package water for the community. In the area tha dee by tha dee municipalities have collaborated with provincial authorities to increase the catchment area and the the dredging sand from the canal to use water in the dry season. Has forum to create awareness conservation trees near the river and the establishment of a recycling bank in the 4 schools in the area to support and problem solving of the community including reforestation seedling plants additional upstream economic trees amount 200,000. Calculated capacity of carbon sequestration in around 1 year amount of carbon 127,705 kg CO_2 equivalent.

The study found that climate change integration of community. Should consider the dimensions mitigation reduces greenhouse gas emissions and dimensional guidelines for adaptation to the effects that might be occur which will answer to sustainable development coupled the care and conservation of environmental quality of the community and consistent with contextual of community. However processes involved are important to propel operation to succeed.

Keywords: Sufficiency economy philosophy, Local Wisdom, Climate Changes

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับโลก แต่ส่งผลกระทบโดยตรงสู่ชุมชนระดับท้องถิ่นของแต่ละประเทศในรูปแบบที่หลากหลายและมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน (IPCC, 2007) โดยชุมชนในระดับรากหญ้าจัดเป็นกลุ่มเสี่ยงลำดับต้นๆ ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่การดำรงชีวิตโดยรวม ต้องพึ่งพาฐานทรัพยากรธรรมชาติและผลผลิต ที่มีความเปราะบางสูงต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรดินและผลผลิตทางการเกษตร (IGES, 2006; UNFCCC, 2007; ADB, 2009) นอกจากนี้ ชุมชนระดับรากหญ้า ยังมีศักยภาพและความสามารถในการปรับตัวและตั้งรับต่อภัยคุกคามดังกล่าวด้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุมชนเมืองและชุมชนอื่นๆ เนื่องจากปัญหาพื้นฐานของการดำรงชีวิตและการพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านความยากจนและคุณภาพชีวิต (UNDP, 2007)

แนวทางการตั้งรับและการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงเป็นมาตรการเร่งด่วนที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อทุกประเทศ (IPCC, 2007; UNFCCC, 2010) โดยการปรับตัวโดยชุมชน (Community-based adaptation; CBA) เป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับความเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Bass and Ramasamy, 2008; IIED, 2009; eldis, 2010) ทั้งนี้องค์ความรู้ท้องถิ่น (Local knowledge) และเทคโนโลยีชุมชนอย่างง่าย ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่ได้พัฒนาจากประสบการณ์และความเฉลียวฉลาดของชาวบ้าน รวมทั้งความรู้ที่สั่งสมมาแต่บรรพบุรุษสืบทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง ระหว่างการสืบทอดมีการพัฒนา ประยุกต์และเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของแต่ละชุมชน (ศูนย์กลางความรู้แห่งชาติ, 2553) เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของกรอบแนวคิดการปรับตัวโดยชุมชนที่เหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนาและประเทศที่ยากจน (IIED, 2009) เนื่องจากเป็นแนวทางที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีสมัยใหม่และเงินทุนจำนวนมาก อีกทั้งมีความยืดหยุ่นและสามารถตอบสนอง

ต่อความหลากหลายและความแตกต่างในแง่รูปแบบ และระดับความรุนแรงของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ ได้เป็นอย่างดี

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในประเทศกำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศ พบว่า CBA โดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน เป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความเข้มแข็งให้แก่ชุมชน ต่อการตั้งรับและปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทด้านเศรษฐกิจ สังคม การดำรงชีวิต และภูมิปัญญาท้องถิ่นของแต่ละชุมชน (UNDP, 2010) อีกทั้งเป็นแนวทางในเชิงรุก ที่สามารถบรูณาการรูปแบบการปรับตัวเข้ากับแผนการพัฒนาและแก้ไขปัญหาพื้นฐานด้านต่างๆ ของชุมชน ได้อย่างกลมกลืน ในช่วงที่ผ่านมา CBA ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ภายใต้บริบทภูมิปัญญาท้องถิ่น ยังไม่มีการศึกษาและดำเนินการในประเทศไทย ด้วยเหตุผลดังกล่าว สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในฐานะหน่วยงานกลางที่รับผิดชอบในด้านนโยบายและแผนการดำเนินงานของอนุสัญญาฯ ได้บรรจุหัวข้อ CBA ใน แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553-2562 (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ทั้งนี้ ได้ระบุให้กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมเป็นผู้ดำเนินการ เพื่อขยายผลการศึกษาวิจัยกระบวนการ รวมทั้งรูปแบบและแนวทาง CBA ในบริเวณพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งเป็นพื้นที่นำร่อง (Limsakul et al., 2010) สู่ชุมชนอื่นๆ ในแต่ละภูมิภาค ตลอดจนศึกษาแนวทางและรูปแบบการปรับตัวต่อความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยภูมิปัญญาและปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชนต่างๆ ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อรวบรวมองค์ความรู้และกรณีตัวอย่างที่เหมาะสมภายใต้บริบทสังคมไทย ในการเสริมสร้างศักยภาพและความสามารถในการตั้งรับและปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนที่มีความล่อแหลมสูง ทั้งนี้ ผลการศึกษาจะเป็นกรณีตัวอย่าง เพื่อกระตุ้นให้การดำเนินงานการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในลักษณะ Bottom up เป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ขอบเขตการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย การศึกษาและการพัฒนารูปแบบและแนวทาง CBA (รูปที่ 1) และการใช้กระบวนการมีส่วนร่วม ในพื้นที่ตำบลท่าซัก อำเภอเมือง และตำบลท่าดี อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 แสดงกระบวนการและขั้นตอน CBA ในภาพรวม

- คัดเลือกชุมชนนำร่อง ในลุ่มน้ำท่าดี 2 พื้นที่ คือ ตำบลท่าซัก อำเภอเมือง และตำบลท่าดี อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพิจารณาบนหลักเกณฑ์ภายใต้บริบทของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม สิ่งแวดล้อม ระดับความล่อแหลม ควบคู่กับความพร้อมและศักยภาพของชุมชน

- จัดทำหลักเกณฑ์และวิธีการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนการจัดการของเสียและการจัดการสิ่งแวดล้อมของชุมชน การวิเคราะห์ความล่อแหลมและประเมินการปรับตัวของชุมชน

- ประชุมหน่วยงานส่วนท้องถิ่น ผู้นำชุมชน และประชาชน เพื่อชี้แจงที่มาและวัตถุประสงค์ของโครงการ ในแต่ละชุมชนนำร่อง

- วิเคราะห์และประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ความล่อแหลมและความเสี่ยงจากภัยคุกคามทางภูมิอากาศของชุมชน โดยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน แหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจก ข้อมูลภัยพิบัติทางภูมิอากาศ ความเสียหายและผลกระทบจากภัยพิบัติด้วยเทคนิค Stakeholder participatory approaches

- สร้างจิตสำนึกและการสร้างความเข้าร่วมกันถึงสถานการณ์ปัญหาในปัจจุบันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของชุมชน ซึ่งเป็นการสร้างจิตสำนึกและความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของชุมชนนำร่อง

- วางแผนอนุวัติการลดก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวของชุมชน โดยเป็นการกำหนดแผนและแนวทางการศึกษาการปรับตัว ร่วมกับผู้นำชุมชนและหน่วยงานส่วนท้องถิ่น ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน

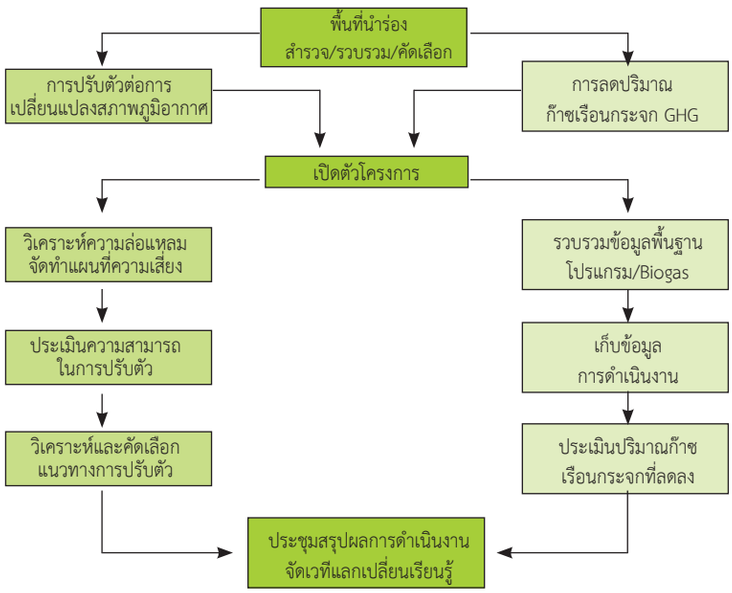
- วิเคราะห์และประเมินแนวทางและวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวในปัจจุบันของแต่ละชุมชนนำร่อง ด้วยเทคนิค Decision และ stakeholder participatory tools ควบคู่กับการวิเคราะห์โครงสร้างและแนวทางการดำเนินงานของหน่วยงานส่วนท้องถิ่น

- พัฒนาและคัดเลือกรูปแบบและแนวทางที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพปัญหาหลักของแต่ละชุมชนนำร่อง

- ดำเนินการตามรูปแบบและแนวทางที่พัฒนาและคัดเลือกในแต่ละชุมชนนำร่อง

- ติดตามและประเมินผล โดยนำการวิจัยด้วยวิธีการวิจัยไทบ้านมาประยุกต์ใช้ติดตาม สังเกตการณ์ เก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผลการดำเนินงานถึงแนวทางและวิธีการปรับตัวของแต่ละชุมชนนำร่อง

- จัดเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความคิดเห็น ซึ่งเป็นการจัดเวทีแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความคิดเห็นและข้อมูลข่าวสารระหว่างผู้นำชุมชนและหน่วยงานส่วนท้องถิ่นในชุมชน ตลอดจนประชุมปรึกษาหารือระหว่างผู้นำชุมชนและหน่วยงานส่วนท้องถิ่น ถึงการนำรูปแบบและแนวทางที่ได้ศึกษา บรรจุในแผนพัฒนาและแผนอื่นๆ ของชุมชน



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาสภาพปัญหา ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการสร้างกระบวนการเพื่อให้ผู้นำชุมชนและประชาชนในพื้นที่นำร่อง ร่วมกันดำเนินการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติของชุมชน ด้วยเทคนิคการมีส่วนร่วมและเครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงอย่างง่าย (Hazard mapping) การจัดทำแผนที่ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเบื้องต้น เป็นการสร้างกระบวนการเพื่อให้ผู้นำชุมชนและประชาชนในพื้นที่นำร่อง ร่วมกันดำเนินการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติของชุมชนด้วยตนเอง โดยในพื้นที่ตำบลท่าซักได้มีการจัดประชุมเพื่อระดมความคิด วางแผนการลงพื้นที่เพื่อสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ทำให้เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นเห็นประเด็นปัญหาของพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น อีกทั้ง ยังเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างหน่วยงานและภาคประชาชน ให้มีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน และสามารถวางแนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการทรัพยากรในพื้นที่ได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวทางการปฏิบัติงานในการสำรวจทรัพยากรพื้นฐานของชุมชนนั้นเน้นการให้ความสำคัญกับชุมชนเป็นหลัก เนื่องจากชุมชนเป็นผู้ได้รับผลประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรโดยตรง อีกทั้งเป็นผู้รับทราบสภาพของปัญหาเป็นอย่างดี จึงทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ชุมชนและมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ซึ่งกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน มีดังนี้

- สร้างความเข้าใจต่อชุมชนด้วยการประชาสัมพันธ์ให้แกนนำชุมชน และชาวบ้านได้รับทราบถึงวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยเน้นให้ได้รับทราบถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับชุมชนจากการดำเนินโครงการ จากนั้นจึงให้ชุมชนได้ร่วมกันตัดสินใจว่าจะยอมรับและเข้าร่วมโครงการหรือไม่ กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการมีส่วนร่วมที่เน้นชุมชนเป็นหลัก โดยอาศัยกลไกของเวทีชาวบ้านผ่านทางองค์การบริหารส่วนตำบลร่วมกับนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ขึ้นในชุมชน หลังจากการจัดเวทีชาวบ้านทำให้ได้รับการตอบรับจากแกนนำและชาวบ้านเป็นอย่างดี
- จัดประชุมระดมความคิดเห็น วิเคราะห์สภาพพื้นที่ ปัญหาและความเสี่ยงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยได้ร่วมกันพูดคุยถึงสภาพแวดล้อมในชุมชน รวมไปถึงปัญหา โดยมีการจัดทำแผนที่ทำมืออย่างง่ายเพื่อชี้จุดวิกฤติที่จะต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ยังได้มีการวิเคราะห์ถึงความต้องการการใช้ประโยชน์ทรัพยากรในชุมชนอีกด้วย ในขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการรวบรวมและประมวลผล ซึ่งสมาชิกในชุมชนและปราชญ์ชาวบ้านเต็มใจ และร่วมกันชี้แจงเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถประเมินสภาพปัญหาและความต้องการที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างถูกต้อง
- ข้อมูลที่ได้จากการร่วมกันจัดเวทีชาวบ้าน นำมาสู่กระบวนการวางแผนการทำงานในการลงสำรวจข้อมูลพื้นฐานของชุมชน โดยมีการทำงานร่วมกันทั้ง องค์การบริหารส่วนตำบล แกนนำชาวบ้านตลอดจนชาวบ้านผู้สนใจเข้าร่วมเป็นผู้ดำเนินงาน

จากการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงของพื้นที่ โดยการลงพื้นที่และประชุมระดมความคิดเห็นของชุมชนในพื้นที่ตำบลท่าซัก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ตำบลท่าซักไม่ได้มีการขุดลอกคูคลอง ทำให้เกิดการตื้นเขินและการถมดินทับเส้นทางน้ำ รวมทั้งได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2551 ทำให้บ้านเรือนได้รับความเสียหายหลายหลังและทำให้พื้นที่ทางด้านการเกษตรได้รับความเสียหาย การพัฒนาเศรษฐกิจและการเติบโตทางสังคมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการขยายตัวของชุมชนเมืองความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหาการปล่อยน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดจากในเขตเทศบาลนครนครศรีธรรมราช และได้ไหลลงมาสู่คลองท่าซักทำให้เกิดเป็นปัญหาน้ำเน่าเสีย และองค์การบริหารส่วนตำบลท่าซักก็มีข้อจำกัดในการให้บริการน้ำในพื้นที่ เพราะว่าต้องซื้อน้ำประปาจากเทศบาลนครศรีธรรมราช คุณภาพน้ำของคลองท่าซักซึ่งเป็นคลองสายหลักในการใช้น้ำร่วมกันของประชาชนชาวตำบลท่าซัก ก็ได้รับผลกระทบจากการปล่อยน้ำเสียจากเขตเทศบาลนครนครศรีธรรมราช การหมักหมมของสิ่งปฏิกูลการตื้นเขินของคลอง รวมถึงการทิ้งขยะในคลองท่าซักที่ประชาชนไม่เห็นความสำคัญมากนัก พื้นที่ป่าส่วนใหญ่สูญหายไป การเลี้ยงปลาที่ต้องใช้น้ำในคลองท่าซัก ซึ่งเป็นสายหลักในการใช้น้ำทางการเกษตรเพียงอย่างเดียว

แต่บางครั้งน้ำก็ไม่สามารถใช้ได้เพราะว่ามีสภาพกลิ่นเหม็นและเน่าเสียแต่ก็มีการใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างสิ้นเปลืองเกินขนาด โดยปราศจากการวางแผนที่ดีและมีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศอย่างกว้างขวาง ประกอบกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลก็มีปัญหาการถูกกัดเซาะและแนวโน้มจะเกิดน้ำท่วมอันเป็นผลจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นภายใต้รัฐธรรมนูญฉบับใหม่ที่ให้สิทธิชุมชนในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกับธรรมาภิบาลภาครัฐ โดยกระจายกระบวนการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อมออกไปจากส่วนกลางเป็นความริเริ่มอันดีที่ช่วยชะลอการเสื่อมถอยของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้กลับมาสู่สภาวะที่ดีขึ้น โดยการที่ให้ประชาชนในตำบลได้ร่วมกันตัดสินใจและวางแผนการใช้น้ำอย่างยั่งยืน และจากการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงของพื้นที่โดยการลงพื้นที่และประชุมระดมความคิดเห็นของชมชุน ในพื้นที่ตำบลท่าดี อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า พื้นที่ในตำบลท่าดีมีปัญหาเรื่องน้ำในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือจะเกิดภาวะแห้งแล้งขาดน้ำในฤดูฝนทิ้งช่วง และเกิดน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่ป่าต้นน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ประชาชนเข้ามาบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำเพื่อใช้ในการเกษตร ทำให้ระบบนิเวศน์ป่าต้นน้ำเสียสมดุล จึงเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาน้ำท่วมตามมา

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ความเสี่ยงต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภูมิอากาศทั้งในปัจจุบันและอนาคตต่อชุมชนในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามสภาพทางภูมิศาสตร์ โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละพื้นที่ ลักษณะอากาศแบบเดียวกันในระดับความรุนแรงทางกายภาพที่เท่ากันอาจจะทำให้ผลกระทบในแต่ละชุมชนมีความแตกต่างกันได้อย่างมาก ขึ้นอยู่กับความอ่อนไหวหรือความไว (Sensitivity) และขีดความสามารถในการรับมือกับความเสียหายที่เกิดขึ้น (Coping capacity) ของแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน โดยปกตินั้นชุมชนที่ตั้งอยู่ในแต่ละพื้นที่มักจะมีแนวทางหรือกลไกในระดับหนึ่งเพื่อลดความล่อแหลมหรือความเปราะบาง (Vulnerability) ต่อลักษณะอากาศที่ไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตามการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นทั้งในอดีต ปัจจุบันและอนาคตมักจะส่งผลต่อกลไกเหล่านี้ได้ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ จึงทำให้ความอ่อนไหวและขีดความสามารถในการรับมือของแต่ละสังคมและชุมชนเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ซึ่งอาจจะเป็นไปในทิศทางที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับภูมิอากาศในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลจากชุมชนต่างๆ จำนวนหนึ่งในประเทศไทยพบว่า ปัจจัยทั้งสอง คือ ความอ่อนไหวและขีดความสามารถในการรับมือนี้มักจะมีน้ำหนักความสำคัญต่อความเสี่ยงและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสภาพอากาศที่ไม่พึงประสงค์ไม่น้อยกว่าขนาดของความแปรปรวนของตัวแปรทางภูมิอากาศที่แต่ละชุมชนเปิดรับ (Exposure) ดังนั้น การปรับตัวจึงพึงที่จะมองปัจจัยทั้งสามนี้อย่างรอบด้าน เพื่อให้เกิดทางเลือกที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและระบบนิเวศในมิติอื่นๆ ให้น้อยที่สุด การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบริบทของการพัฒนาจะเป็นกลไกหรือกระบวนการที่จะต้องมีเพิ่มเติมขึ้นจากปัจจัยพื้นฐานเพื่อสนับสนุนแนวทางการพัฒนาในแต่ละแนวทางที่คาดว่าจะต้องมีหรือเกิดขึ้นโดยที่ยังไม่ได้นำประเด็นด้านภูมิอากาศในอนาคตเข้ามาเป็นส่วนประกอบในการวางแผน ดังนั้น ยุทธศาสตร์การปรับตัวสำหรับแนวทางการพัฒนาในแต่ละแนวทางจึงจะเกิดจากการวิเคราะห์และประเมินภาพฉายในอนาคตของพื้นที่และชุมชนแต่ละแห่ง โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้วยเทคนิคการมีส่วนร่วมสำหรับการวิเคราะห์ความล่อแหลมและการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Participatory approach for vulnerability analysis and Greenhouse gas reduction) การดำเนินงานใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินการวิจัย ซึ่งกระบวนการทำงานและการมีส่วนร่วมของแต่ละชุมชนจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการประสานงานระหว่างองค์การบริหารส่วนตำบล และการให้ความสำคัญกับโครงการของแกนนำและชาวบ้านในชุมชน ซึ่งในปัจจุบันกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนอยู่ในขั้นตอนของการร่วมรับผลประโยชน์จากการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์และประเมินแบบมีส่วนร่วมได้มีการพัฒนาและทดลองใช้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งในที่นี้ จะเป็นการสรุปแนวทางการปรับตัวของชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำท่าดี จังหวัดนครศรีธรรมราช 2 พื้นที่ คือ ตำบลท่าซัก อำเภอเมือง และตำบลท่าดี อำเภอลานสกา โดยที่การประเมินความเสี่ยง

และแนวทางการปรับตัวในพื้นที่ตำบลท่าซักและตำบลท่าดี ได้มาจากการจัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus group) หน่วยงานส่วนท้องถิ่น ผู้นำชุมชน และประชาชน เพื่อประเมินความเสี่ยงและแนวทางการตั้งรับและปรับตัว รวมทั้งการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของชุมชน จากการประชุมกลุ่มย่อยในพื้นที่ สามารถสรุปแนวทางในการปรับตัว ป้องกันความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

- การกัดเซาะชายฝั่ง มีการรวมตัวของชาวบ้านในพื้นที่ จัดตั้งกลุ่มรักษ์ป่าชายเลน ซึ่งเป็นแกนนำในการวางแนวกันคลื่น โดยใช้ต้นไผ่วางเรียงหน้าอ่าวตลอดแนวพื้นที่ ซึ่งจะช่วยป้องกันแนวคลื่นที่จะเข้ามากัดเซาะชายฝั่ง
- การจัดการขยะในครัวเรือน ได้มีการลงพื้นที่สาธิตการทำชุดก๊าซหมักชีวภาพระดับครัวเรือนให้กับกลุ่มชุมชนในพื้นที่ตำบลท่าซัก เพื่อนำไปใช้จริงในชุมชนช่วยลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
- การจัดการขยะในครัวเรือน มีการติดตามผลการดำเนินงานการทำชุดก๊าซหมักชีวภาพระดับครัวเรือนในพื้นที่
- แหล่งกักเก็บน้ำ ควรเพิ่มปริมาณแหล่งกักเก็บน้ำ ขุดลอกทรายออกจากคลองเพื่อใช้ในช่วงฤดูแล้งโดยเสนอให้มีการขุดลอกวังน้ำ ซึ่งเคยมีสภาพเป็นวังในสมัยก่อนซึ่งจะทำให้สามารถเก็บกักน้ำได้ในปริมาณเพิ่มขึ้น
- ในแต่ละลำคลอง มีลำห้วย และคลองสายเล็กจำนวนมาก เสนอให้ขุดลอกเพื่อเปิดเส้นทางให้น้ำจากคลองสายหลักไหลมายังคลองสายเล็ก พร้อมกับสร้างฝายชะลอน้ำ จะช่วยให้สามารถกักเก็บน้ำได้อีกทางหนึ่ง
- การลักลอบตัดไม้ ควรเชิญเจ้าของการจัดเวทีให้ความคิดเห็นเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและจิตสำนึกของการอนุรักษ์ต้นไม้ใหญ่ใกล้ลำน้ำ เนื่องจากมีการลักลอบตัดไม้ใหญ่จำนวนมาก
- การอนุรักษ์ต้นไม้ สร้างความเข้าใจในการอนุรักษ์ต้นไม้ใหญ่ใกล้ลำน้ำให้คงอยู่โดยการปลูกป่าเพื่อเพิ่มปริมาณป่าต้นน้ำในพื้นที่ และป้องกันการพังทลายของหน้าดินและเลือกพันธุ์ไม้ที่มีรากลึกเพื่อช่วยพยุงหน้าดิน โดยมีการประสานพันธุ์กล้าไม้ยืนต้นเศรษฐกิจ เพื่อแจกให้กับชาวบ้านและขึ้นทะเบียนกับสำนักงานป่าไม้จังหวัด จำนวน 200,000 ต้น ซึ่งคำนวณความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนในรอบ 1 ปี ได้ จำนวน 127,705 kg CO_2 เทียบเท่า

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าซัก และองค์การบริหารส่วนตำบลท่าดี สำหรับความร่วมมือด้านชุมชน และอาจารย์ ดร. ปกรณ์ ดิษฐกิจ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ สำหรับความร่วมมือและการสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ พ.ศ. 2553-2562. เอกสารเผยแพร่จัดทำโดย สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

2. ศูนย์กลางความรู้แห่งชาติ, 2553. ภูมิปัญญาท้องถิ่น. เว็บไซต์: http://www.tkc.go.th/ index.aspx?pageid=110&parent=0

3. Asian Development Bank (ADB), 2009. The Economics of climate change in Southeast Asia: A regional review. Manila, Philippines.

4. Bass, S. and Ramasamy, S. 2008. Community-based adaptation in Action: A case study from Bangladesh. Department of Agricultural Extension, Dhaka, Bangladesh.

5. Electronic Development and Environment Information System. (eldis), 2010. Community-based adaptation. Available via website:
http://www.eldis.org/index.cfm?objectid=63551B3B-FDA9-0941-1EAC7111660B5FC5.

6. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. Asian Aspirations for climate regime beyond 2012. Hayama, Japan.

7. International Institute for Environment and Development (IIED), 2009. 60 participatory learning and action: Community-based adaptation to climate change. Nottingham, UK.

8. IPCC, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and USA, 976 pp.

9. Limsakul, A., Kersuk, V., Mile, N.N. and Suttamanuswong, B. (2010). Community-based climate change adaptation: A case study of flood/drought affected villages in the Thung Kula Ronghai, Northeastern Thailand. Abstract presented in International Conference Workshop on Climate Change Livelihood and Health Impacts: Community Adaptation Strategies. Khon Kaen, Thailand, 24-25 August 2010.

10. UNDP, 2007. Human development report –Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. United Nations Development Programme, New York, USA.

11. UNFCCC, 2010. Adaptation. Available via website: http://unfccc.int/adaptation/items/4159.php

12. United Nations Development Programmer (UNDP), 2010. Community-based adaptation. http://www.undpadaptation.org/projects/websites/index.php?option=com_content&task=view&id=203.

13. United Nations Framework on Climate Change Convention (UNFCCC), 2007. Climate change: Impacts, vulnerability and adaptation in developing countries. Climate change Secretariat of UNFCCC.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

5

การศึกษาคุณลักษณะของสารพิษ (Air toxics) ในอากาศจากการจราจรและผลต่อการเกิดมลพิษทุติยภูมิในเขตเมือง

Study on characteristics of ambient air toxics from traffic emissions and their effects on secondary pollutants formation in urban air

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษาคุณลักษณะของสารพิษ (Air toxics) ในอากาศจากการจราจร และผลต่อการเกิดมลพิษทุติยภูมิในเขตเมือง

Study on characteristics of ambient air toxics from traffic emissions and their effects on secondary pollutants formation in urban air

หทัยรัตน์ การีเวทย์ เดซี่ หมอกน้อย เพลินพิศ พงษ์ประยูร อดุลย์เดช ปัดภัย สุธีระ บุญญาพิทักษ์ อรจีรียา ช่างเหล็ก
รุ่งระวี คงสงค์ นิรัน เปี่ยมใย อำนาจ มากมาย ดวงเดือน ชานะทร และ จันทิราพร ทั่งสุวรรณ
Hathairatana Garivait, Daisy Morknoy, Plernpis Pongprayoon, Aduldech Patpai,
Suteera Boonyapitaks, Onjeereeya Changlek, Rungrawee Kongsong, Nirun Premyai,
Amnad Makmai, Duangduean Chanatorn and Chanthiraporn Tangsuwan

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : deysimor@yahoo.com)

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้เลือกเก็บตัวอย่างอากาศจากสถานี 6 แห่ง ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 พบว่าในจำนวนสารพิษกลุ่มเป้าหมาย 18 ชนิด มีเพียง 14 ชนิด ที่สามารถตรวจวัดได้ ได้แก่ Benzene, 1,3-Butadiene, Ethylbenzene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, 1,2-Dichloropropane,Tetrachloroethylene, Dichloromethane, Trichloroethylene, Toluene, m,p-Xylene, o-Xylene, Formaldehydeและ Acetaldehyde โดยมีความเข้มข้นสูงที่สถานีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โชคชัย 4 ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ และพาณิชยการเชตุพน ซึ่งเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ริมถนนและมีการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งวัน นอกจากนี้ยังพบว่า สาร Benzene, 1,3-Butadiene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane และ Dichloromethane มีค่าเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ย 1 ปี สำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ในอากาศของประเทศไทย ในการศึกษาความเชื่อมโยงทางสถิติ พบว่า VOCs Acetaldehyde และ NO_x มีแหล่งกำเนิดที่มาจากการจราจรเป็นหลัก และพบว่าปฏิกิริยา Photochemical Reaction เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสาร Formaldehyde ในอากาศ สำหรับการประเมินผลต่อการเกิดมลพิษทุติยภูมิด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าโอโซนได้ใกล้เคียงกับค่าโอโซนที่ตรวจวัดได้ทั้งในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่วนก๊าซโอโซนที่มีค่าความเข้มข้นสูง ที่ตรวจวัดได้ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีนั้นได้รับอิทธิพลมาจากการเกิดปฏิกิริยา Photochemical Reaction กับสารพิษในเขตเมือง นอกจากนี้ แผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินศักยภาพการได้รับสัมผัสสารพิษจากการจราจรของประชากรในเขตเมืองในการศึกษานี้อีกด้วย

คำสำคัญ : สารพิษในอากาศ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล การจราจร มลพิษทุติยภูมิ ศักยภาพการได้รับสัมผัส

Abstract

Under this study air samples were collected in 6 sampling sites within Bangkok and its vicinity during January 2011 (B.E 2554) to February 2012 (B.E. 2555), in order to study the characteristics of ambient airtoxics from traffic emissions and their effects on the formation of secondary pollutants in urban air. There were 18 air toxics selected for this study but only 14 compounds were prevalent in Bangkok namely: Benzene, 1,3-Butadiene, Ethylbenzene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, 1,2-Dichloropropane, Tetrachlorethylene, Toluene, m, p-Xylene, o-Xylene, Formaldehyde and Acetaldehyde. The results revealed that these compounds showed high concentration in samples collected the sites near the Ministry of

Science, Chokchai 4, Samutprakarn Provincial Hall and Chetuphon College in which these sampling site were all located along roadside with high traffic density throughout the day. Aside from this, concentrations of Benzene, 1, 3-Butadiene, Chloroform and Dichlormethane exceeded the average annual Air Quality Standards for VOCs in Thailand. VOCs, Acetaldehyde and NO_x showed good statistical correlations which implies that these compound from traffic emissions while Photochemical reaction of Formaldehyde is the major factor in the formation of these compounds. By using mathematical model it was almost the same from the actual measurement obtained from the monitoring stations located in inner Bangkok and its vicinity. The highest concentration of ozone was found at Pathum Thani province which was influenced by the pollution emitted from the urban area. Moreover, Geographical Information System was also applied to assess the potential exposure of the people living in big urban areas to ambient air toxics.
Keywords : ambient air toxic, Bangkok and its vicinity, secondary air pollutants, potential exposure

1. บทนำ

สารมลพิษทางอากาศ (Air Pollutants) ถือเป็นปัญหาสำคัญในเขตเมือง เนื่องจากมีประชากรจำนวนมากที่ต้องสัมผัสกับมลพิษทางอากาศก่อให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย ทั้งนี้มลภาวะทางอากาศในเขตเมืองมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการจราจร ทั้งนี้ผลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงเกือบ 20 ปีที่ผ่านมา พบว่าคุณภาพทางอากาศในประเทศไทยมีคุณภาพดีขึ้น ความเข้มข้นของสารมลพิษส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน; PM-10) และก๊าซโอโซน (O_3) ยังเป็นสารมลพิษที่เป็นปัญหาในเขตเมือง เนื่องจากก๊าซโอโซน และละอองลอยทุติยภูมิ (Secondary Aerosols) เป็นสารมลพิษทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัล (Photochemical Reaction) ระหว่างสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ซึ่งจัดเป็นสารพิษในอากาศ (Air Toxics) และออกไซด์ของไนโตรเจน (No_x) โดยมีความร้อนและแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้สาร air toxics ยังสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในอากาศก่อให้เกิดสารกรดอินทรีย์ (Organic Acids) ในอากาศ ซึ่งเป็นผลทำให้ความเป็นกรดในน้ำฝนเพิ่มขึ้นอีกด้วย ปัจจุบันในประเทศไทยมีการนำสารตัวทำละลาย (Solvent) มาใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางอุตสาหกรรม และการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ในภาคคมนาคม เช่น การใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล มีผลทำให้เกิดสารพิษ air toxics ในอากาศ เนื่องจากสารพิษที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) หรือสารก่อมะเร็งร่วม (Co-Carcinogens) ด้วยเหตุนี้รัฐบาลจึงจัดตั้งค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปเฉลี่ย 1 ปี จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ Vinyl Chloride, 1,3-Butadiene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane, 1,2-Dichloropropane,Tetrachloroethylene, Dichloromethane, Trichloroethylene และ Benzene (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30, 2550) โดยให้ความสำคัญต่อสารอันตรายที่มีความเสี่ยงของการก่อให้เกิดมะเร็งในคน และที่มีปริมาณมากในบรรยากาศของประเทศไทยเป็นลำดับแรก นอกจากนี้รัฐบาลยังได้ประกาศค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง (ประกาศกรมควบคุมมลพิษ, 2552) อีกด้วย

ดังนั้นการควบคุมกำกับดูแลให้สารพิษ air toxics ให้อยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษทุติยภูมิในบรรยากาศ จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจคุณลักษณะของสารพิษ air toxics ในบรรยากาศ และแหล่งกำเนิดหลักที่ก่อให้เกิดสารเหล่านี้ ตลอดจนกลไกการเกิดมลพิษทุติยภูมิ ทั้งนี้ควรให้ความสำคัญต่อคุณภาพอากาศในเขตเมืองเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นที่ที่มีผู้อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงจัดทำโครงการศึกษาคุณลักษณะของสารพิษ air toxics จากการจราจรและผลต่อการเกิดมลพิษทุติยภูมิในเขตเมือง เพื่อหารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวเชิงพื้นที่ และตามฤดูกาล พร้อมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารพิษ air toxics ในอากาศ และศักยภาพการได้รับสัมผัส (Potential Exposure) ของประชากรในเขตเมือง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System; GIS) เพื่อสนับสนุนให้การเฝ้าระวังและการกำกับดูแลปัญหาคุณภาพอากาศอันเนื่องมาจากสารพิษ air toxics เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามค่ามาตรฐานที่วางไว้ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนในเขตเมือง

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการศึกษาได้แบ่งเป็น 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ (1) ศึกษาปริมาณสารพิษ air toxics ในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น และหารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวเชิงพื้นที่ และตามฤดูกาล (2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารพิษ air toxics และการเกิดมลพิษทุติยภูมิในอากาศ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ (3) ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารพิษ air toxics และศักยภาพการได้รับสัมผัสของประชากรในเขตเมืองโดยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ รายละเอียดวิธีการศึกษาในแต่ละกิจกรรมมีดังต่อไปนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้เลือกใช้พื้นที่ริมถนนในเขตเมืองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 5 สถานี (สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย 4 สถานี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถานีวิทยาลัยพณิชยการเชตุพน สถานีโรงไฟฟ้าบางกรวย และสถานีศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ) และพื้นที่ทั่วไปในเขตเมือง (City Background) จำนวน 1 สถานี (สถานีกรมอุตุนิยมวิทยาบางนา) โดยขอความอนุเคราะห์สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดงสถานีตรวจวัดในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลทั้ง 6 สถานี

2.2 อุปกรณ์และวิธีการตรวจวัดสารพิษในอากาศ (Air Toxics)

การศึกษานี้ได้แบ่งสารพิษ air toxics ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

กลุ่มที่ 1 สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (VOCs) ได้แก่ Benzene, Dichloromethane, Vinyl Chloride, Chloroform, 1,3 Butadiene, 1,2 Dicholoropropane, Tetracholoroethylene, m-Xylene, o-Xylene, p-Xylene, 1,2 Dichloroethane, Trichloroethylene, Ethylbenzene และ Toluene โดยเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างใช้วิธี Canister pre-concentrator gas chromatography/mass spectrometer ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (พ.ศ. 2550) เรื่องมาตรฐานสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ซึ่งมีแนวทางมาจากวิธีตรวจวัดของ US.EPA. Method TO-15

กลุ่มที่ 2 สารกลุ่ม Aldehydes ได้แก่ Acetaldehyde, Formaldehyde, Acetone, Propionaldehyde และ Acrolein เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมพัฒนาขึ้น โดยมีแนวทางจาก US.EPA. Method TO-11 คือ การเก็บตัวอย่างด้วยหลอดเก็บตัวอย่างชนิด DNPH active cartridge และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography

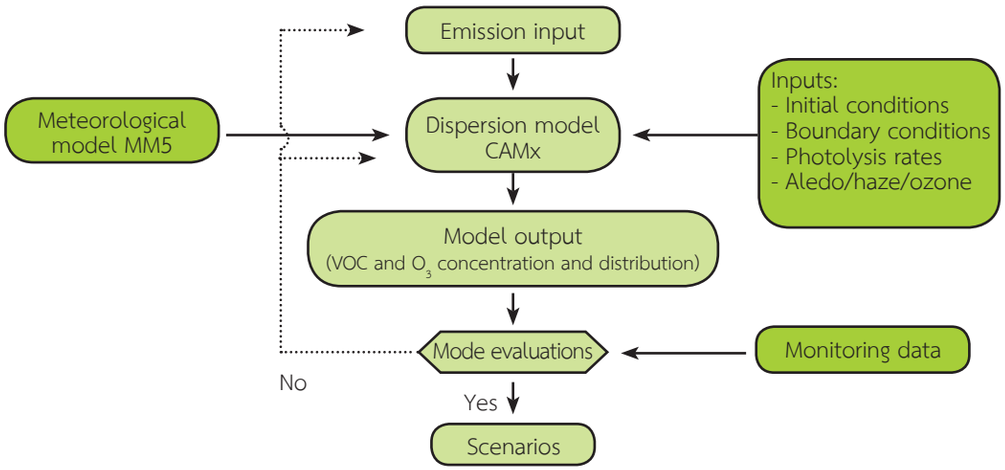
กลุ่มที่ 3 สารมลพิษทุติยภูมิในบรรยากาศได้แก่ก๊าซโอโซน และฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate; TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particulate matter less than 10 μm; PM-10) โดยเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างชนิด High volume air sampler

2.3 ประเมินการเกิดมลพิษทุติยภูมิจากสารพิษ air toxics ในอากาศ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้มีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยประเมินการกระจายตัวของสาร VOCs และก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้น ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิด Dispersion Model ซึ่งสามารถจำลองการกระจายตัวและประเมินปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นของสารมลพิษในอากาศโดยเฉพาะ Secondary Pollutant ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ CAMx (The Comprehensive Air quality Model with extensions) เนื่องจากมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาการกระจายตัวของสารมลพิษที่มีลักษณะเป็น Urban Scale สำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data Collection) ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้จากแบบจำลองทางด้านอุตุนิยมวิทยา MM5: The Mesoscale Meteorological Model ส่วนข้อมูลนำเข้า (Database Preparation) ในการ Input ใช้ค่า Emission และ Meteorological data โดยกำหนดค่า Grid ของพื้นที่ศึกษาอยู่ที่ 4×4 กม. ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการศึกษาและกำหนดจุดเริ่มต้นของพื้นที่ศึกษาที่ตำแหน่ง 47P 611286 1485252 (UTM System) ณ มุมด้านตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest Corner) ของพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 แสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษาและการกำหนดพิกัดของพื้นที่ศึกษา (Coordinate in UTM 47P)

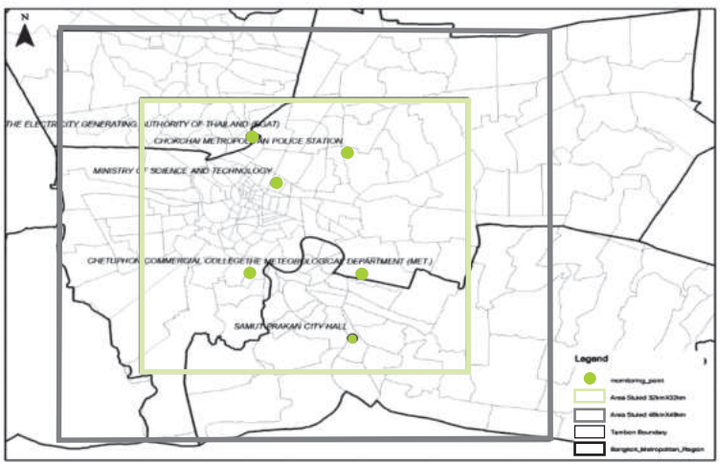
ขั้นตอนการใช้แบบจำลอง (Model Running) ในการศึกษาการกระจายตัวของสาร VOCs และก๊าซโอโซน แสดงในรูปที่ 3 โดยเลือกช่วงเวลาทำการศึกษาระหว่างวันที่ 9-14 มกราคม พ.ศ. 2553 ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนที่ตรวจพบปริมาณก๊าซโอโซนสูงกว่าช่วงเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงที่สภาพอากาศมีลักษณะนิ่ง และคงตัว (Stagnant) ด้วยความกดอากาศสูงที่แผ่กระจายมาจากทางตอนเหนือของประเทศไทยโดยลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ความสูงของชั้นผสม (Mixing Height) มีค่าต่ำ และส่งผลให้การกระจายตัวในแนวดิ่ง (Convection) ของมวลอากาศเกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นมลพิษส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่ในชั้นพื้นผิวและกระจายตัวในแนวนอน (Advection) ตามทิศทางลม ณ ขณะนั้น



รูปที่ 3 แสดง Schematic Diagram of Model Run

2.4 ความเชื่อมโยงของสารพิษ (Air Toxics) กับศักยภาพการได้รับสัมผัสของประชาชน

เป็นการประเมินศักยภาพการสัมผัสของประชาชนในเขตเมืองด้วยการประยุกต์ใช้ GIS สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ เพื่อศึกษาหาความเชื่อมโยงของสารพิษกลุ่ม air toxic กับการได้รับสัมผัสของประชาชนในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณสารพิษในบรรยากาศ (VOCs, Carbonyl Compounds, Rainwater และฝุ่นละออง) ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 25 ครั้ง กับประชาชนที่ได้รับสัมผัส โดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย โดยทำการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ชั้นใน (พื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของสารพิษในปริมาณเข้มข้นสูง) เป็นพื้นที่ขนาด 32X32 กม. มีพื้นที่รวม 1,024 ตร.กม. ส่วนพื้นที่ชั้นนอก (พื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของสารพิษในปริมาณเข้มข้นน้อย) เป็นพื้นที่ขนาด 48X48 กม. มีพื้นที่รวม 2,304 ตร.กม. แสดงดังรูปที่ 4 และแบ่งการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารพิษออกเป็นฤดูร้อน (Dry season) ตั้งแต่เดือนตุลาคม-พฤษภาคม และฤดูฝน (Wet season) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม



รูปที่ 4 แสดงการกำหนดพื้นที่ชั้นในและพื้นที่ชั้นนอกในแบบจำลองสารสนเทศภูมิศาสตร์

การนำข้อมูลความเข้มข้นของสารพิษแต่ละชนิดมาสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยซอฟต์แวร์ โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Inverse Distance Weight interpolation แล้วนำผลการประมาณค่าในช่วงของสารพิษมาซ้อนทับกับแผนที่การกระจายตัวของประชากรโดยใช้ Overlay Technique เพื่อวิเคราะห์ผลหาความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ปริมาณและการกระจายตัวของสารพิษ air toxics ในอากาศ

ผลจากการตรวจวัดสารพิษ air toxics ในอากาศ ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจาก 6 สถานี จำนวน 18 ชนิด พบว่ามี 14 ชนิด ที่มีปริมาณโดดเด่น ได้แก่ 1,3-Butadiene, Dichloromethane, Chloroform, Benzene, 1,2-Dichloroethane, Trichloroethylene, 1,2-Dichloropropane, Tetrachloroethylene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, o-Xylene, Toluene, Formaldehyde และ Acetaldehyde ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ไม่มีข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2554 เนื่องจากผลกระทบจากอุทกภัย) และพบว่าสารพิษที่มีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจร ได้แก่ Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene และ o-Xylene มีปริมาณสูงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยพบว่า Benzene, Dichloromethane, Chloroform, 1,3-Butadiene และ 1,2-Dichloroethane มีค่าเกินค่ามาตรฐานเฉลี่ย 1 ปี ทั้ง 6 สถานี โดยพบความเข้มข้นสูงสุดของสาร Benzene ที่สถานีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สน.โชคชัย 4 และสถานีศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวมีการจราจรคับคั่งและติดขัดเป็นเวลานานตลอดทั้งวัน นอกจากนี้ยังมีสารชนิดอื่นที่บ่งชี้แหล่งกำเนิดจากการจราจร เช่น Toluene, Ethylbenzene, m,p-Xylene, และ o-Xylene ก็พบในปริมาณสูงเช่นกัน ทั้งนี้ไม่ควรมองข้ามแหล่งกำเนิดโดยรอบของแต่ละสถานี เช่น สถานีบริการน้ำมัน อู่เคาะพ่นสี อู่ซ่อมรถยนต์/จักรยานยนต์ ที่มีการใช้น้ำมันเครื่อง และสารทำละลายที่เป็นแหล่งกำเนิดของสารพิษในอากาศเช่นกัน ในจำนวนสารพิษที่ตรวจพบทั้ง 14 ชนิด Toluene มีความเข้มข้นในอากาศสูงอยู่ตลอดเวลาในทุกสถานี ด้วยเหตุที่ Toluene ไม่ได้เกิดปฏิกิริยา Photolysis โดยตรงจึงมีการสะสมในอากาศได้ดีโดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิด

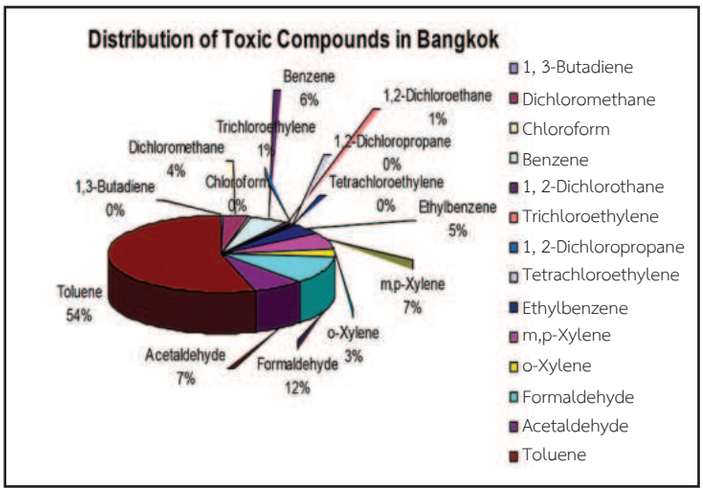
สำหรับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของสารพิษในอากาศ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างชัดเจนในฤดูแล้ง ทั้งนี้เป็นผลจากในฤดูแล้งมีอุณหภูมิสูง และมีความชื้นในอากาศน้อยทำให้สารพิษในอากาศซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสาร VOCs สามารถระเหยขึ้นมาในอากาศได้ง่าย และทำให้ปฏิกิริยา Photochemical Reaction เกิดขึ้นได้ดี มีผลต่อปริมาณมลพิษทุติยภูมิในอากาศ สารพิษ เช่น Formaldehyde และ Acetaldehyde พบในปริมาณสูงในฤดูแล้งและมีแนวโน้มลดลงในฤดูฝน เนื่องจากเป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ดี ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ ในต่างประเทศ (Grosjean, D. et al.,1992; Atkinson, R. 2000; Evangelos, B., et al., 2003 and K.F. Ho., et al., 2002)

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจวัดสารพิษในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (เดือนมกราคม พ.ศ. 2554-เดือนกันยายน พ.ศ. 2555)

No.	Compound	Concentration Range (μg/m³)	Mean	Std. Deviation	Number of samples
1	1,3-Butadiene	0.02 to 0.64	0.1852	0.24034	124
2	Dichloromethane	0.40 t0 9.9	2.6212	4.77043	106
3	Chloroform	0.21 to 1.3	0.2895	0.25032	127
4	Benzene	0.83 to 10.7	3.6466	2.38213	117
5	1,2-Dichloroethane	0.21 to 1.5	0.3506	0.36592	105
6	Trichloroethylene	0.21 to 1.17	0.3604	0.32754	123
7	1,2-Dichloropropane	ND to 0.50	0.1329	0.13685	116
8	Tetrachloroethylene	0.28 to 0.57	0.2150	0.16587	107
9	Ethylbenzene	0.45 to 7.55	2.7811	1.50120	119
10	m,p-Xylene	0.78 to 11.56	4.3507	2.72934	110
11	o-Xylene	0.66 to 4.19	1.7627	0.92887	123
12	Formaldehyde	0.22 to 14.9	6.6107	2.80793	140
13	Acetaldehyde	1.03 to 9.47	4.1668	2.09009	140
14	Toluene	8.07 to 68.77	32.8456	16.47594	122
15	Vinyl Chloride	ND	-	-	117
16	Propionaldehyde	ND	-	-	140
17	Crotonaldehyde	ND	-	-	140
18	Acrolein	ND	-	-	140

* ND : Not Detectable

ผลการศึกษาการกระจายตัวของสารพิษในอากาศที่ตรวจวัดได้จำนวน 14 ชนิด พบว่า Toluene มีปริมาณสูงที่สุดถึงร้อยละ 54 ดังแสดงในรูปที่ 5 และสังเกตเห็นได้ว่าตรวจพบ Benzene น้อยกว่า Formaldehyde และ Acetaldehyde ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ไบโอดีเซล LPG และ NGV ที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล



รูปที่ 5 แสดงการกระจายตัวของสารพิษ air toxics ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ระหว่างมกราคม พ.ศ. 2554 - กันยายน พ.ศ. 2555

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสารพิษ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) และก๊าซโอโซน (O_3) ในอากาศ

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ Pearson's Correlation ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษ ได้แก่ VOCs, Carbonyls, NO_X และ O_3 ซึ่งพบว่าสาร VOCs มีความสัมพันธ์สูงกับ NO_X บ่งชี้ว่าสาร VOCs ที่มีปริมาณสูงในอากาศมีแหล่งกำเนิดมาจากการระบายไอเสียจากการจราจร ส่วน Acetaldehyde มีความสัมพันธ์สูงกับ BTEX และ NO_X บ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดจากการจราจรเช่นกัน สำหรับ Formaldehyde พบว่าไม่มีความสัมพันธ์มากนักกับ VOCs แต่พบว่ามีความสัมพันธ์สูงกับ O_3 บ่งชี้ว่า Formaldehyde เกิดจากปฏิกิริยาแสงเป็นหลักทั้งนี้ Formaldehyde และ acetaldehyde มีความสัมพันธ์สูงซึ่งกันและกันบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดที่มาจากการจราจรเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารทั้งสองชนิดนี้ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

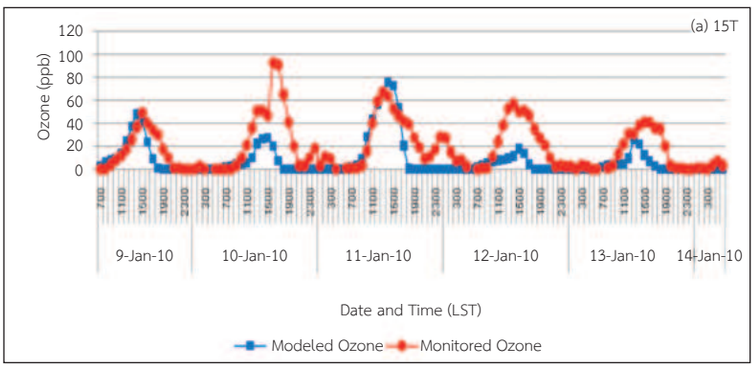
3.3 การศึกษาการกระจายตัวของสาร VOCs และก๊าซโอโซนโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

โดยทั่วไปก๊าซโอโซนมักจะมีค่าสูงในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคมของทุกปี เนื่องจากเป็นช่วงที่สภาพอากาศมีลักษณะนิ่ง และคงตัว (Stagnant) ด้วยความกดอากาศสูงที่แผ่กระจายมาจากทางตอนเหนือของประเทศไทยโดยลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ความสูงของชั้นผสม (Mixing Height) มีค่าต่ำ และส่งผลให้การกระจายตัวในแนวดิ่ง (Convection) ของมวลอากาศเกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นมลพิษส่วนใหญ่จึงสะสมอยู่ในชั้นพื้นผิวและกระจายตัวในแนวนอน (Advection) ตามทิศทางลม ณ ขณะนั้น

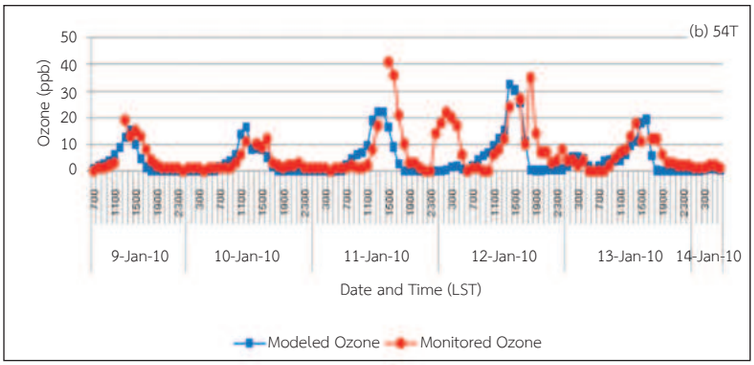
การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของก๊าซโอโซน

ผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (CAMx-MM5) พบว่าค่าที่ได้สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนได้ดีโดยเฉพาะช่วงเวลาที่ค่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนมีค่าสูงสุด (ช่วงเวลาประมาณ 12:00-14:00 น.) นอกจากนี้จากแผนภาพจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ผลจากแบบจำลองมีค่าสอดคล้องกับค่าตรวจวัดโดยปริมาณโอโซน โดยจะสูงขึ้นในเวลากลางวัน และมีค่าต่ำลงในเวลากลางคืน อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนที่ได้จากแบบจำลอง CAMx-MM5 ในเขตกรุงเทพมหานครมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัด (รูปที่ 6) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปริมาณของก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้นในเขตเมืองอาจถูกลดระดับความเข้มข้นได้ด้วยการเกิดปฏิกิริยา $O_3+NO \rightarrow O_2+NO_2$

ส่วนค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซโอโซนที่ได้จากแบบจำลอง CAMx-MM5 ในเขตปริมณฑลโดยรวมมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดเล็กน้อยและสามารถทำนายค่าสูงสุดของการเกิดก๊าซโอโซนได้ใกล้เคียงมากกว่าในเขตปริมณฑลเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้ในเขตกรุงเทพมหานคร



(a) สถานีมัธยมวัดสิงห์ (15T)



(b) สถานีดินแดง (54T)

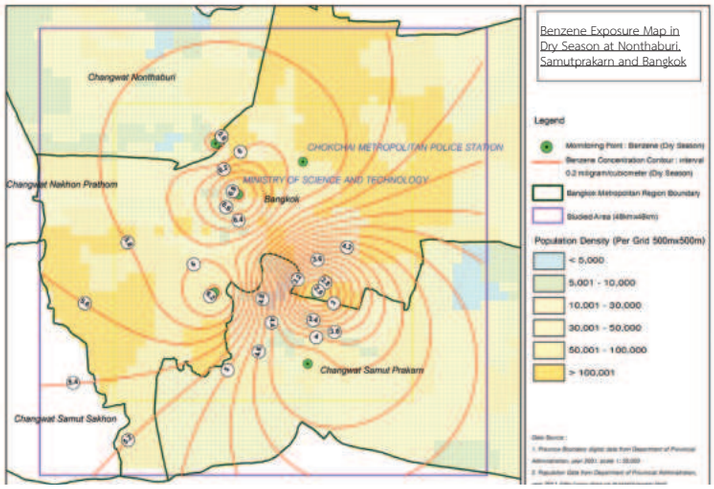
รูปที่ 6 แสดงความเข้มข้นของก๊าซโอโซนเปรียบเทียบระหว่างค่าจากแบบจำลอง CAMx-MM5 และการตรวจวัดในเขตกรุงเทพมหานคร

การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของก๊าซโอโซน

จากผลที่ได้พบว่าในเวลากลางคืนก๊าซโอโซนจะมีปริมาณต่ำเนื่องจากการเป็นช่วงเวลาที่ปราศจากแสงจากดวงอาทิตย์ แต่ในทางกลับกันตอนกลางวันบรรยากาศได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดปฏิกิริยา Photochemical Reaction ส่งผลให้พบก๊าซโอโซนปริมาณสูงขึ้น นอกจากนี้ก๊าซโอโซนเป็นสารทุติยภูมิต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นก๊าซโอโซนจึงมีปริมาณความเข้มข้นสูงในบริเวณไกลจากแหล่งกำเนิดในทิศทางใต้ลม อย่างไรก็ตามก๊าซโอโซนในบรรยากาศ มีอายุ (Lifetime) อยู่ระยะเวลาสั้นๆ ทำให้มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายในหนึ่งวัน (Diurnal Variation) เด่นชัด

3.4 การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารพิษ air toxics และศักยภาพการได้รับสัมผัสโดยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

ในการประเมินศักยภาพการได้รับสัมผัสนั้นจะเน้นสารพิษกลุ่มที่มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรและมีผลต่อสุขภาพของประชาชนโดยตรง ได้แก่ สารกลุ่ม BTEX หรือ Benzene Toluene Ethylbenzene และ Xylene ซึ่งจากการศึกษาพบ Benzene ในปริมาณที่สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ประมาณ 3-5 เท่า ในทุกสถานีตรวจวัด อีกส่วนหนึ่ง ได้แก่ สารกลุ่ม Carbonyls เช่น Formaldehyde และ Acetaldehyde พบว่ามีปริมาณสูงในทุกสถานี ทำให้ศักยภาพในการได้รับสัมผัสของประชากรสูงด้วยเช่นกัน จากการประเมินความสัมพันธ์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่าประชากรในเขตเมืองมีโอกาสได้รับสัมผัสสารพิษในอากาศในปริมาณสูงกว่าคนที่อาศัยอยู่บริเวณนอกเขตเมือง ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงแผนที่ GIS การได้รับสัมผัสสาร Benzene ในอากาศของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้พบสารพิษทั้ง 14 ชนิด มีความเข้มข้นสูงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยเฉพาะที่สถานีที่มีการจราจรหนาแน่น ความเข้มข้นของสารพิษ ได้แก่ Benzene, 1,3-Butadiene, Chloroform, 1,2-Dichloroethane และ Dichloromethane พบมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศเฉลี่ย 1 ปี ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ในส่วนของความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างสาร VOCs, Acetaldehyde และ NO_x บ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดที่มาจากการจราจร ในส่วนของสาร Formaldehyde พบว่าเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา Photochemical reactions เป็นหลัก และในจำนวนสารพิษทั้ง 14 ชนิด พบว่า Toluene มีปริมาณสูงสุด รองลงมา คือ Formaldehyde และ Acetaldehyde ตามลำดับ บ่งชี้ว่าการใช้น้ำมันทางเลือกในภาคคมนาคม เช่น แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล มีผลต่อปริมาณสารพิษในอากาศในเขตเมือง สำหรับการประเมินศักยภาพการได้รับสัมผัสโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถสร้างแผนที่ GIS ที่เชื่อมโยงความเข้มข้นของสารพิษกับความหนาแน่นของประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีสารพิษในปริมาณสูง การศึกษาพบว่าประชากรในเขตเมืองมีโอกาสได้รับสัมผัสสารพิษในอากาศในปริมาณสูงกว่าคนที่อาศัยอยู่บริเวณนอกเขตเมือง ในขณะที่ประชาชนที่อาศัยในเขตนอกเมืองจะมีผลกระทบจากสารมลพิษทุติยภูมิ เช่น ก๊าซโอโซน ที่มีผลมาจากปฏิกิริยาแสงของสารพิษในเขตเมืองนั่นเอง

เนื่องจากนโยบายด้านพลังงานของประเทศมีทิศทางในการสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานทางเลือก โดยเฉพาะการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ในภาคคมนาคม เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล ซึ่งจะทำให้เกิดสารพิษกลุ่ม Carbonyls เพิ่มมากขึ้นในอากาศ โดยเฉพาะ Formaldehyde และ Acetaldehyde ซึ่งเป็นสารพิษอันตรายต่อคน ดังนั้นจึงควรมีมาตรการในการควบคุมปริมาณสารกลุ่มนี้ในอากาศต่อไป เช่น การพิจารณาจัดตั้งค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศเพิ่มเติมสำหรับสารในกลุ่ม Carbonyls และควรมีการตรวจติดตามการบังคับใช้ Catalytic Converter ทั้งในรถยนต์และจักรยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพ ส่วนผู้ใช้รถยนต์ควรบำรุงรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดีอย่างสม่ำเสมอ ควรมีการติดตั้งระบบ Vapor Recovery Unit (VRU) ในสถานีบริการน้ำมันเพื่อป้องกันการระเหยของสารพิษจากน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือก

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาวิจัยในรายละเอียดกลไกการเกิดปฏิกิริยา Photochemical Reaction ในเขตเมืองเมื่อมีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเพื่อเป็นการประเมินการเกิดมลพิษทุติยภูมิ เช่น ก๊าซโอโซนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และควรมีการศึกษาด้านความเชื่อมโยงมลพิษทางอากาศในเขตเมืองอันเนื่องมาจากการจราจรกับผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่ต้องอยู่อาศัยในเมืองนั้น ซึ่งการศึกษาด้านนี้ยังคงมีอยู่น้อยมากในประเทศไทย และมีการติดตามตรวจสอบปริมาณสารพิษ air toxics ในอากาศอย่างต่อเนื่องมีความสำคัญและจำเป็นมากในการที่จะควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในอนาคต ไม่ให้มีผลกระทบต่อประชาชนในเขตเมือง

กิตติกรรมประกาศ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมขอขอบคุณ กรมควบคุมมลพิษ และวิทยาลัยพณิชยการเชตุพน ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้จัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ CAMx เพื่อประเมินการกระจายตัวสารอินทรีย์ระเหยง่ายและก๊าซโอโซนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารพิษ air toxics และศักยภาพการได้รับสัมผัส (Potential Exposure) ของประชาชนในเขตเมืองโดยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System; GIS) จนทำให้การศึกษาในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (2550) กำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนพิเศษ 143ง วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2550.

2. ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง ประกาศในราชกิจจานุเบกษา. วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2552.

3. Atkinson R. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. Atmospheric Environment 2000; 34: 2063-101.

4. Evangelos B, Bakeas AG, Economou PA, Siskos H Frank. Determination of chloroacetates in atmospheric particulate matter. Environmental Science Technology 2003; 37: 2336-9.

5. Grosjean D, Williams ll EL. Photochemical pollution at two Southern California smog receptor sites. Journal of the Air Waste Management Association 1992; 42: 805-9.

6. Ho KF, Lee SC, Louie PKK, Zou SC. Seasonal variation of carbonyl compound concentrations in urban area of Hong Kong. Environmental Science and Technology 2002; 36: 1259-65.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

6

การศึกษาปัญหากลิ่น ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

Study on offensive odor measurement using electronic nose

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษาปัญหากลิ่น ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ
Study on offensive odor measurement using electronic nose

วรรณา เลาวกุล[1] สิรพัฒน์ ประโทนเทพ[2] อนุรักษ์ สีดา[2] เพลินพิศ พงษ์ประยูร[1]
หทัยรัตน์ การีเวทย์[1] ศุภนุช รสจันทร์[1] สุธีระ บุญญาพิทักษ์[1] และ นิรัน เปี่ยมใย[1]
Wanna Laowagul[1], Sirapat Pratontep[2], Anooruk Seeda[2], Plernpis Pongprayoon[1],
Hathairatana Garivait[1], Supanut Rosjun[1], Suteera Boonyapitak[1] and Nirun Piemyai[1]

[1] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
[2]วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[1]Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : wlaowagul@yahoo.com)
[2]College of Nanotechnology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหากลิ่นด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ได้มีการจัดทำต้นแบบรูปแบบกลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิด เช่น สาร benzene, 1,2-dichloroethane, dichloromethane และ toluene โดยใช้สถิติ principal component analysis (PCA) และผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ควบคู่กับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ณ บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตำบลมาบตาพุด และศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง พบว่ามีความสอดคล้องหรือมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศที่เป็นวิธีมาตรฐาน นอกจากนี้ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติกับแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดกลิ่นจากฟาร์มหมู บ่อน้ำเสีย และกลิ่นจากบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติสามารถจำแนกกลิ่นจากแหล่งกำเนิดกลิ่นต่างๆ ได้ โดยใช้สถิติ PCA ในการจำแนกกลุ่มของแหล่งกำเนิด ซึ่งผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดกลิ่นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้

คำสำคัญ: ปัญหากลิ่น อุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ จมูกอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

The study on offensive odor measurement using electronic nose was carried out. From the study, the pattern of VOCs was classified such as benzene, 1,2-dichloroethane, dichloromethane and toluene using principal component analysis (PCA). The comparative study of electronic nose and reference method for ambient VOCs measurement namely canister –preconcentrator-GC/MS was evaluated. It was found that the measurement of odor at the domestic hospital of Map Ta Phut district and Rayong crop research center was comparable with the reference method. In addition, electronic nose can be applied to difference sources of offensive odor using PCA to classify the sources.

Keywords: Offensive odor problem, Electronic nose, E-nose

1. บทนำ

ปัญหากลิ่นเป็นปัญหามลพิษที่ได้รับการร้องเรียนมากที่สุด ส่วนใหญ่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทปิโตรเคมีและสารเคมี ปัญหากลิ่นเหม็นเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ แต่ในการศึกษานี้จะเน้นศึกษาปัญหากลิ่นบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เนื่องจากมีปัญหาต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ประชาชนได้รับกลิ่นสารเคมีจากโรงงานอุตสาหกรรม สัปดาห์ละ 2-3 วัน วันละ 1-3 ครั้ง ครั้งละไม่เกิน 30 นาที ส่วนใหญ่เป็นช่วงเช้า เย็น และกลางคืน กลิ่นสารเคมีที่ประชาชนส่วนใหญ่ได้รับมีมากกว่าหนึ่งกลิ่น ซึ่งประชาชนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมส่วนมากมีอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และปัญหาการร้องเรียนเรื่องกลิ่นยังคงมีข่าวเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน สารที่ทำให้เกิดกลิ่นมีหลายชนิดส่วนใหญ่มักเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป การรับรู้กลิ่นและการตอบสนองของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับความไวต่อการรับรู้กลิ่น ในการตรวจวัดกลิ่นมี 3 วิธี ได้แก่ (1) ตรวจวัดโดยวิธีทางเคมี ด้วยการเก็บตัวอย่างอากาศและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาชนิดของสารเคมี (2) ตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดในภาคสนามแบบพกพา (3) ตรวจวัดโดยวิธีการดมกลิ่น อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดโดยวิธีทางเคมีและเครื่องมือวัดในภาคสนามทุกตัวไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเสมอไป จำเป็นต้องมีการจำแนกชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ทำให้เกิดกลิ่นซึ่งต้องใช้เทคนิคขั้นสูงซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนานและเครื่องมือมีราคาแพง และแม้ว่าประเทศไทยจะมีกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบกลิ่นในอากาศจากโรงงาน พ.ศ. 2548 โดยวิธีการแต่งตั้งคณะกรรมการทดสอบกลิ่นดำเนินการตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นด้วยวิธีการดมกลิ่นกรณีที่มีการร้องเรียนก็ตาม แต่วิธีการดมกลิ่นนี้มีข้อจำกัดในเรื่องคุณสมบัติของผู้ที่ดมกลิ่น จมูกของแต่ละบุคคลมีความไวในการรับรู้กลิ่นต่างกัน ต้องคัดเลือกบุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นภูมิแพ้ ไม่เป็นหวัด ไม่สูบบุหรี่ ไม่ใส่น้ำหอม และมีข้อจำกัดจากปัจจัยกระตุ้นภายนอก เช่น สภาพอากาศ อารมณ์ของผู้ทดสอบ เป็นต้น เนื่องจากวิธีมาตรฐานนี้ยังไม่สามารถจำแนกกลิ่นแต่ละชนิดได้ และโรงงานที่กำหนดภายใต้กฎกระทรวงส่วนใหญ่เป็นโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำ เป็นต้น ไม่มีโรงงานประเภทปิโตรเคมีหรือโรงงานผลิตสารเคมี เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ดมกลิ่น ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ร่วมกับ “วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง” ทำการศึกษาปัญหากลิ่น อุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ (Electronic nose) เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ให้สามารถนำมาใช้ตรวจวัดกลิ่นจากโรงงาน ปิโตรเคมีหรือโรงงานผลิตสารเคมีอื่นๆ และมีราคาถูก ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวยังไม่มีในประเทศไทย

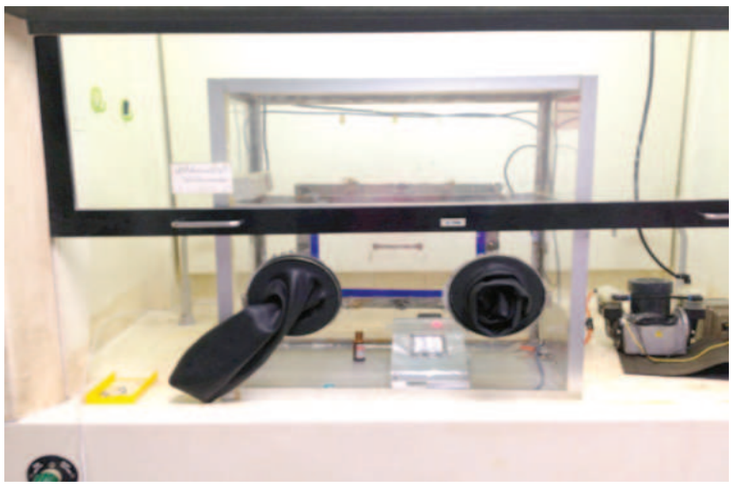
2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 จัดทำอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ชนิดสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ (metal oxide) สำหรับตรวจวัดกลิ่นในสิ่งแวดล้อม จำนวน 8 เซ็นเซอร์ ดังตารางที่ 1

2.2 ศึกษารูปแบบกลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิดในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยชั่งสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิดที่บรรจุอยู่ในขวด เช่น สาร benzene, 1,2-dichloroethane, dichloromethane และ toluene เป็นต้น แล้วนำไปไว้ในตู้ควบคุมที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยแก๊สไนโตรเจนและทำให้ตู้ควบคุมอยู่ในสภาพสูญญากาศ ซึ่งในตู้ควบคุมมีอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ทำการเปิดฝาขวดสารอินทรีย์ระเหยง่ายแล้วทำการตรวจวัดและบันทึกสัญญาณทางไฟฟ้าทุกๆ 1 นาที โดยทำซ้ำจำนวนอย่างน้อย 5 ครั้ง ดังรูปที่ 1 หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักสารแต่ละชนิด ในขณะเดียวกันทำการเก็บตัวอย่างด้วยถังเก็บตัวอย่างอากาศ และทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง preconcentrator-GC/MS เพื่อทราบความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแล้วจัดทำรูปแบบกลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิดโดยใช้สถิติ principal component analysis (PCA)

ตารางที่ 1 แสดงเซ็นเซอร์ที่ใช้ประกอบในอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

เซ็นเซอร์	ชนิด	สารที่ตรวจวัดได้	ความละเอียด
TGS825	H_2S	Hydrogen sulfide	5 ppm.
TGS830	CFCs	CFCs	100 ppm.
TGS2600	Air contaminants	VOCs, hydrogen, ethanol, iso-butane	1 ppm
TGS2610	LPG	Iso-butane/Propane, Methane, Hydrogen	100 ppm
TGS2602	Air contaminants	VOCs, Toluene, Hydrogen sulfide	0.1 ppm.
TGS2442	CO	Carbon monoxide, Hydrogen	5 ppm.
TGS2444	NH_3	Ammonia	0.5 ppm.
TGS4161	CO_2	Specific to carbon dioxide	350 ppm.



รูปที่ 1 แสดงเก็บข้อมูลรูปแบบกลิ่นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิด

2.3 ทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ควบคู่กับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ณ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตำบลมาบตาพุดและศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง ดังรูปที่ 2

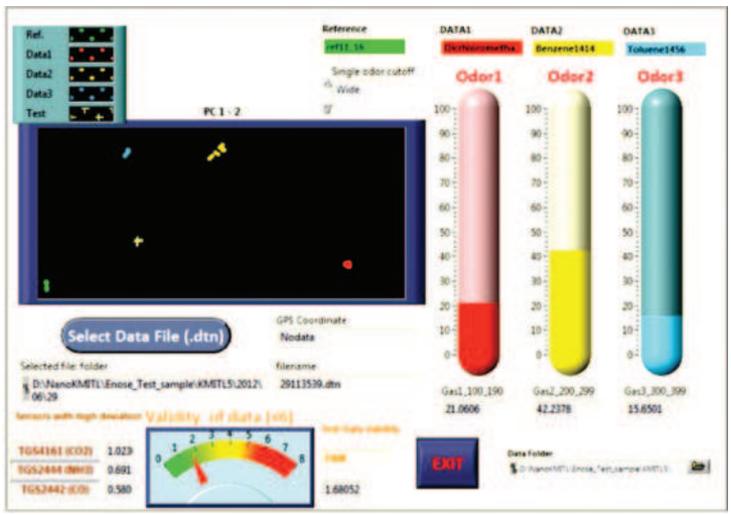
รูปที่ 2 แสดงทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ณ บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

2.4 นำอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติไปทดสอบกับแหล่งกำเนิดกลิ่น โดยการดมกลิ่นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดกลิ่นจากฟาร์มหมู บ่อขยะกรุงเทพมหานคร และกลิ่นจากบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 จัดทำต้นแบบรูปแบบของกลิ่น

เซ็นเซอร์ 8 ชนิดที่ประกอบอยู่ในอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ พบว่ามีความไวหรือการตอบสนองต่อไอระเหยของสารเคมีไม่เท่ากัน กล่าวคือ เซ็นเซอร์แต่ละชนิดส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมาต่างกัน ความแตกต่างของสัญญาณไฟฟ้าทำให้เกิดรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าเฉพาะ ในการศึกษานี้ ได้ใช้สถิติ principal component analysis ในการจำแนกความแตกต่างของรูปแบบหรือแพทเทิร์นการตอบสนองของเซ็นเซอร์ที่ต่างกัน โดยแสดงออกมาในรูปของ PCA score plot ซึ่งสามารถจำแนกโดยใช้สัญลักษณ์ของสีที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างรูปแบบกลิ่นสารอินทรีย์ระเหยง่าย benzene, 1,2-dichloroethane, dichloromethane และ toluene

หมายเหตุ: ช่วงที่ 1 สาร 1-2 Dichloroethane  ช่วงที่ 2 สาร Dicrhloromethane 
ช่วงที่ 3 สาร Benzene  ช่วงที่ 4 สาร Toluene  Ref คือ ช่วง Reference 

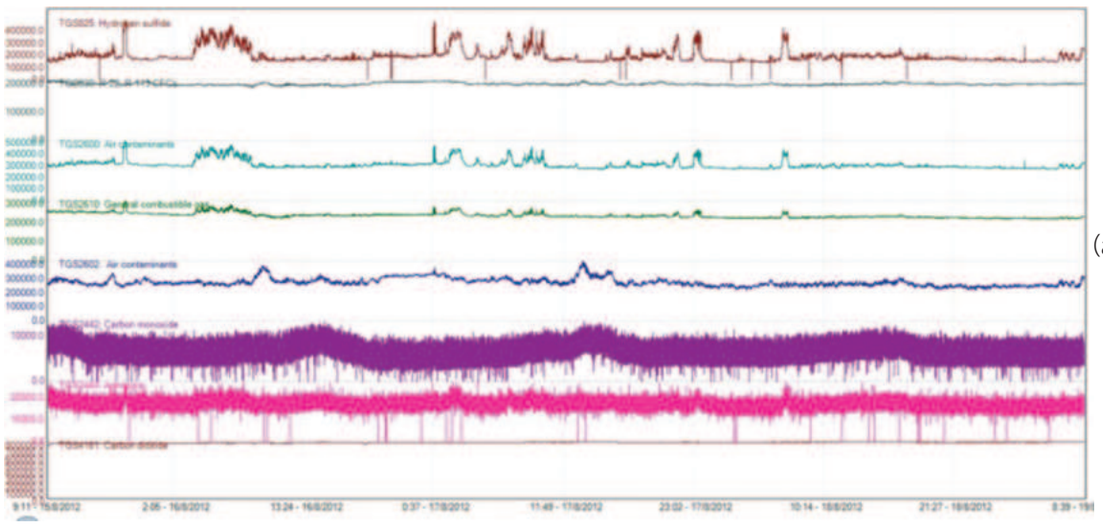
3.2 ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

จากการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ควบคู่กับเทคนิคการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ณ บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตำบลมาบตาพุดและศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง ระหว่างวันที่ 16-18 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

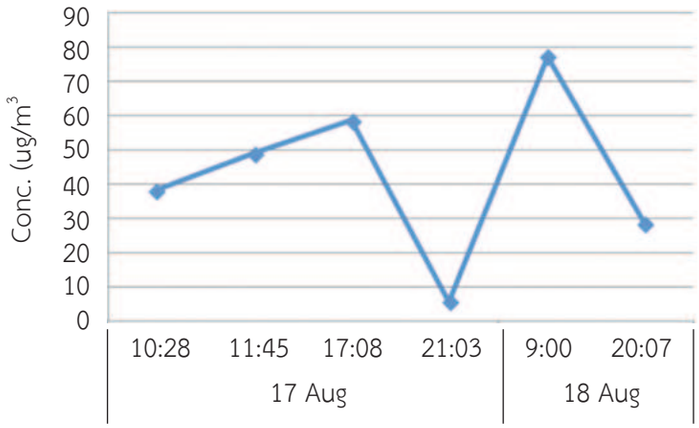
3.2.1 บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตำบลมาบตาพุด เมื่อวันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ช่วงเวลา 10:00-11:45 น. พบว่า อุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ มี 3 เซ็นเซอร์ ได้แก่ เซ็นเซอร์ TGS 825 กลุ่ม hydrogen sulfide, TGS 2600 air contaminant กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย และ TGS2610 general combustible กลุ่มก๊าซ LPG ให้สัญญาณไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS และช่วงเวลา 17:00 น. พบว่า เซ็นเซอร์ TGS 2602 air contaminant กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภท อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ให้สัญญาณไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ดังรูปที่ 4

3.2.2 บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง เมื่อวันที่ 16-17 สิงหาคม 2555 ช่วงเวลา 12:00 น. พบว่า อุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ มี 2 เซ็นเซอร์ ได้แก่ เซ็นเซอร์ TGS2442 ชนิด carbon monoxide (CO) และ TGS 2602 air contaminant กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายประเภทอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ให้สัญญาณไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS และช่วงเวลา 21:00 น. พบว่า เซ็นเซอร์ TGS 825 กลุ่ม hydrogen sulfide และ TGS 2600 air contaminant กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย ให้สัญญาณไฟฟ้าสูงในช่วงเวลาใกล้เคียงกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ดังรูปที่ 5

จากผลการตรวจวัดกลิ่นด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติควบคู่กับเทคนิคการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ทั้ง 2 บริเวณ ชี้ให้เห็นว่าผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติสอดคล้องกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS

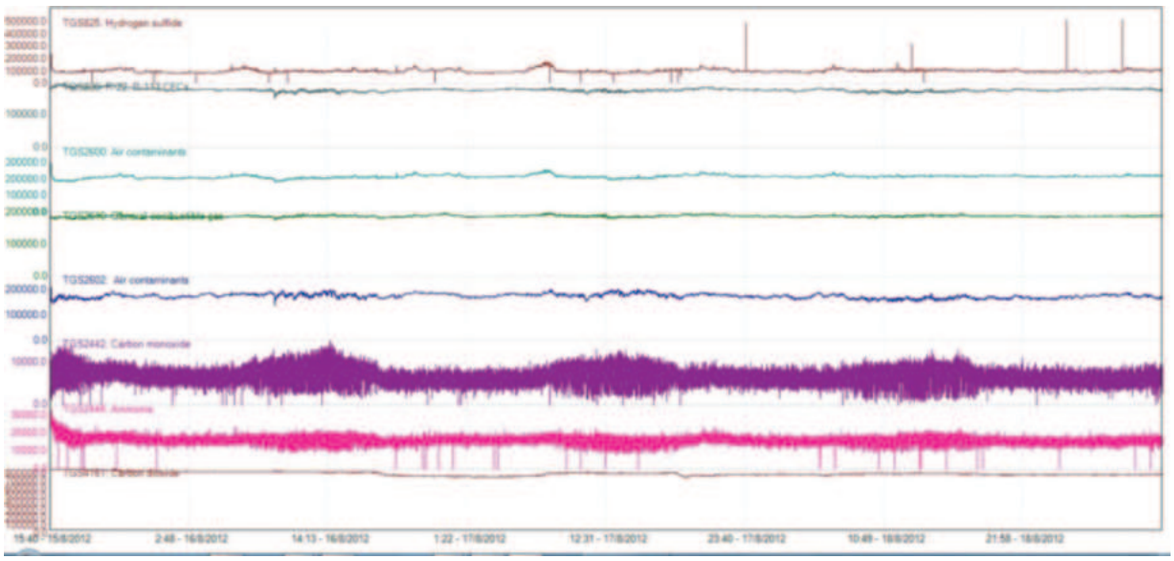


(a)

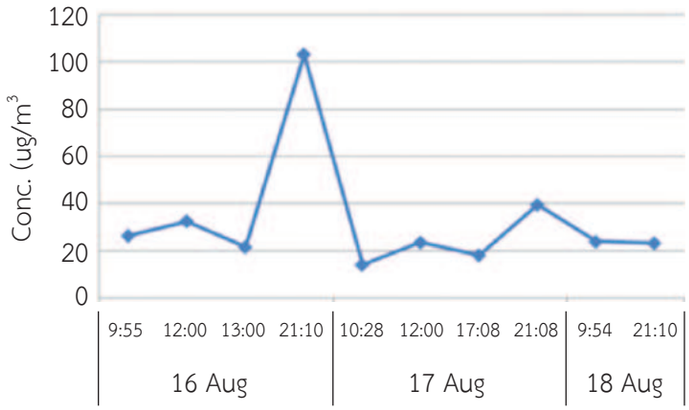


(b)

รูปที่ 4 แสดงผลการตรวจวัดกลิ่นบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตำบลมาบตาพุด ด้วยเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS และอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ
(a) ผลการตรวจวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ
(b) ผลการตรวจวัดด้วยเทคนิค canister-preconcentrator GC/MS



(a)



(b)

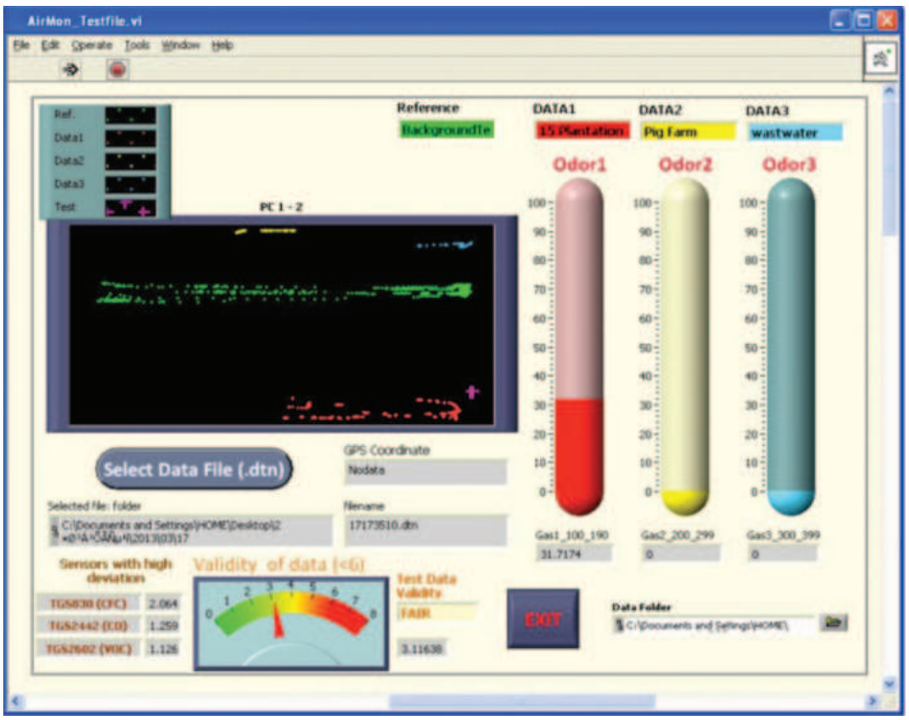
รูปที่ 5 แสดงผลการตรวจวัดกลิ่นบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง ด้วยเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS และอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

(a) ผลการตรวจวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

(b) ผลการตรวจวัด ด้วยการวัด preconcentrator-GC/MS

3.3 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติกับแหล่งกำเนิดกลิ่น

ในการศึกษานี้ ได้นำอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติไปทดสอบโดยการดมกลิ่นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดกลิ่นจากฟาร์มหมู บ่อน้ำเสีย และกลิ่นจากบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา และจัดทำต้นแบบกลิ่นจากแหล่งกำเนิดดังกล่าว แล้วนำไปติดตั้งบริเวณชุมชนห่างจากบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา ประมาณ 2 กิโลเมตร พบว่า PCA score plot บริเวณที่ตรวจวัดจุด A อยู่ในโซนกลิ่นจากบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงรูปแบบกลิ่นจากแหล่งกำเนิดกลิ่นจากฟาร์มหมู บ่อน้ำเสีย และบ่อขยะ ที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณ ตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปัญหากลิ่น ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1.1 ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ควบคู่กับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ณ บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตำบลมาบตาพุดและศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยองพบว่ามีความสอดคล้องหรือมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับเทคนิค canister-preconcentrator-GC/MS ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศที่เป็นวิธีมาตรฐาน

4.1.2 ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติกับแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ แหล่งกำเนิดกลิ่นจากฟาร์มหมู บ่อขยะกรุงเทพมหานคร และบ่อขยะที่มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมไปลักลอบทิ้งที่บริเวณตำบลหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า อุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกกลิ่นจากแหล่งกำเนิดกลิ่นต่างๆ ได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ในการตรวจวัดกลิ่นด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ ควรมีการพัฒนาการตรวจวัดกลิ่นในเชิงปริมาณ เพื่อให้สามารถทราบระดับของกลิ่นที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น

4.2.2 ควรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์รูปแบบการแสดงผลของรูปแบบกลิ่นในหน้าจอแสดงผลของอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติให้ได้มากกว่า 3 รูปแบบ เพื่อสะดวกในการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายแบบอัตโนมัติ ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตำบลมาบตาพุด และสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตำบลมาบตาพุด สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดระยอง และชุมชนหนองแหน จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่อำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศและตรวจวัดกลิ่นด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดกลิ่นแบบอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. 2548. สถิติการร้องเรียนปัญหามลพิษ ปี พ.ศ. 2548, 2549, 2550, 2551, 2552 (ออนไลน์) Available from http://www.pcd.go.th

2. Alphus D.Wilson and Manuela Baietto. 2009. Applications and Advances in Electronic-Nose Technologies. Sensors 9, 5099-5148; doi:10.3390/s90705099.

3. Alphus D. Wilson. 2011. Review of Electronic-Nose Technologies and Algorithms to Detect Hazadous Chemicals in the Environment. Procedia Technology, 1, 453-463; doi:10.1016/j.protcy.2012.02.101.

4. Frank Ro¨ck, Nicolae Barsan, and Udo Weimar. 2008. Electronic Nose: Current Status and Future Trends. Chem. Rev., 108, 705-725.

5. Romain, A.-C., Delva, J., Nicolas, J., 2008. Complementary Approaches to Measure Environmental Odours Emitted by Landfill Areas. Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 131, No. 1. pp. 18-23


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

7 การศึกษาขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทย

Threshold of Annoyance to Noise of Thai People

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษาขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทย
Threshold of Annoyance to Noise of Thai People

ณัฐพงศ์ จันทร์สมบัติ ธนาพันธ์ สุกสอาด ยุพิน บัวจันพอ
ภาวิณี นาคประเวศน์ มนตรี จั่นเล็ก ศิวฤทธิ์ โรจนสีมานนท์ และ อำนวยชัย คงดี
Nattapong Chansombat, Thanaphan Suksaard, Yupin Buajanpho,
Pavinee Nakpravate, Montri Chanlek, Sivarit Rojanasimanon and Amnuaychai Kongdee

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
The Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : nattpng@yahoo.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับของเสียงรบกวนที่เบาที่สุด ที่ทำให้รู้สึกถูกรบกวน (หรือรำคาญ) ซึ่งมีวิธีการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงประเภทต่าง ๆ รวม 7 ประเภท ได้แก่ เสียงจากการจราจรของรถยนต์ รถจักรยานยนต์ เสียงย่านการค้า เสียงรถไฟ เสียงเครื่องบิน เสียงจากอุตสาหกรรม เสียงเรือ และเสียงจากงานมหรสพ จากนั้นคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±1% และสุ่มตัวอย่างประชากรจากภาคต่าง ๆ ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สุพรรณบุรี สิงห์บุรี นครปฐม และสมุทรปราการ ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดแพร่ ลำปาง และเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และขอนแก่น ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช และภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ระยอง และชลบุรี รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 4,161 คน ทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการทดสอบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเบื้องต้นด้วยเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer) เพื่อคัดกรองแต่เฉพาะผู้เข้ารับการทดสอบที่มีสมรรถภาพการได้ยินปกติ คือ หูทั้งสองข้างมีการได้ยินเป็นปกติ แล้วรับการทดสอบความรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ในการนี้ได้ออกแบบห้องทดสอบฯ ให้มีค่าระดับเสียงสูงสุดที่ความถี่ต่าง ๆ เป็นไปตามที่ คณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยแห่งสหรัฐอเมริกา (OSHA) กำหนด ขั้นตอนที่สองสำรวจความรู้สึกต่อเสียงรบกวนด้วยแบบสอบถาม จำนวน 4,161 ชุด เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ภาค ทัศนคติที่มีต่อเสียงรบกวน และประเภทของเสียงรบกวน โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS) ผลการศึกษาพบว่า เพศและภาค มีความสัมพันธ์ต่อค่าระดับเสียงที่ทำให้กลุ่มตัวอย่างเริ่มรู้สึกถูกรบกวนหรือรำคาญ โดยภาคตะวันออก ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้มีค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงใกล้เคียงกัน โดยสรุปค่าระดับเสียงที่เป็นขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนสำหรับคนไทย มีค่าเท่ากับ 67 เดซิเบลเอ

คำสำคัญ : เสียงรบกวน ขีดเริ่มการถูกรบกวน

Abstract

Study of the threshold of annoyance to noise of Thai people was to study a lowest level of noise that a person still feel annoyed or disturbed. Samplers (persons who took the test) would be heard 7 testing noises samples randomly. Testing consist of traffic noise, noise in shopping mall, train, air plane, industrial, boat and noise from amusements. 4,161 persons who took the test and the most were secondary school students were selected from secondary school in the central part, northern and southern parts of Thailand. The result shown that the average of the threshold of annoyance to noise of persons in Thailand was 67 decibel (A). The genre and residence of person who took a test had some relationship to the average value.

Keywords : noise, threshold of annoyance

1. บทนำ

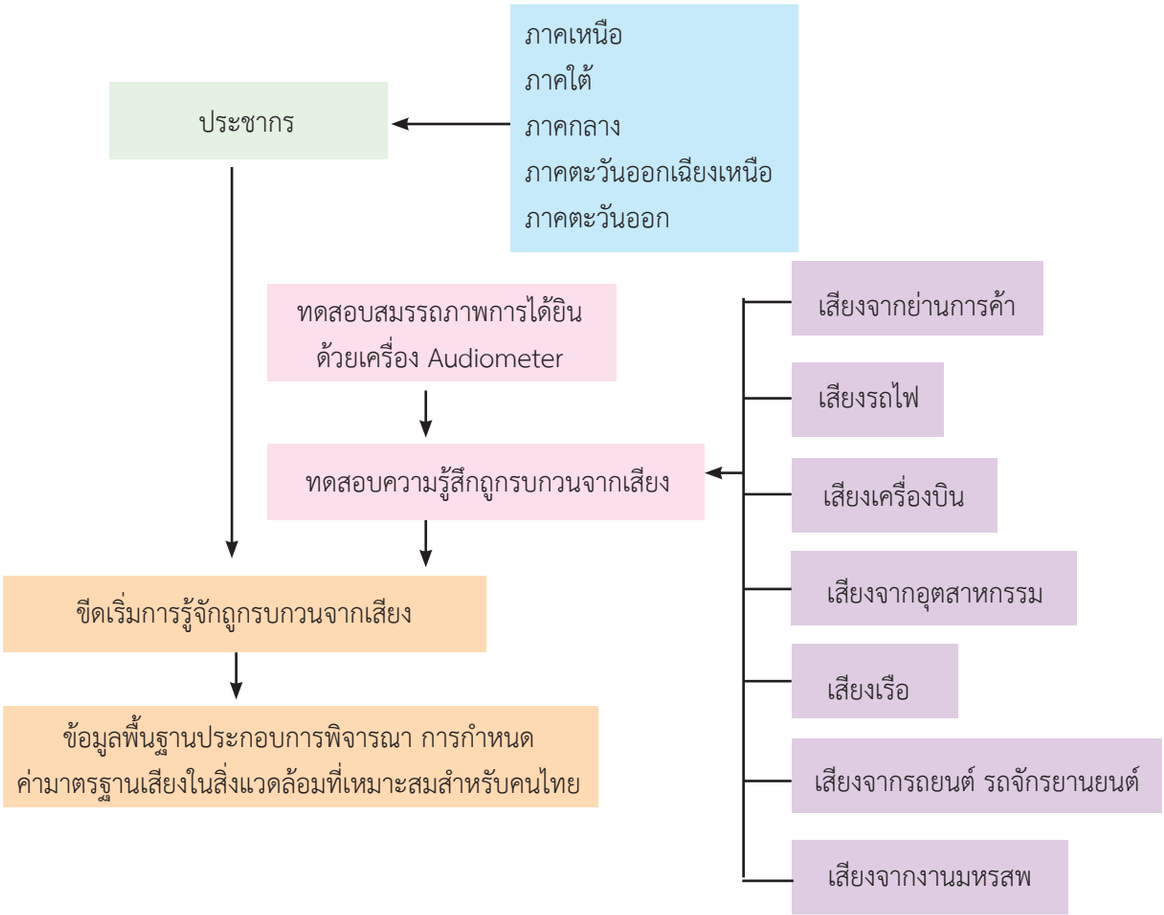
ปัจจุบันปัญหามลพิษทางเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น ชุมชน สถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม การจราจรทั้งทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ มีแนวโน้มเพิ่มความรุนแรงและขยายตัวไปในพื้นที่ต่าง ๆ (กรมควบคุมมลพิษ)[1] ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อประชาชนทั้งในด้านสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิต (กรมอนามัย)[2] ในการดำเนินงานเพื่อควบคุม ป้องกัน และแก้ไขปัญหา กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานระดับเสียงจากแหล่งกำเนิด ซึ่งคำนึงถึงระดับเสียงที่อาจเป็นอันตราย (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 พ.ศ. 2540 เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป) และระดับที่ทำให้เกิดความรบกวนจนเป็นเหตุเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชนที่ได้รับหรือสัมผัส (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 29 พ.ศ. 2550 เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน) [1] แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าเสียงที่มีระดับที่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดนั้นก็ยังส่งผลกระทบต่อการรบกวนประชาชนในด้านความรู้สึก สำหรับเรื่องการถูกรบกวนนี้ ในบางรายงานการศึกษาของต่างประเทศใช้วิธีสอบถามความรู้สึกที่มีต่อเสียงชนิดและระดับต่างๆ แล้วสรุปว่ามีจำนวนคนที่ถูกรบกวนหรือถูกรบกวนมาก (Highly annoyed)[3] ซึ่งอาจต่างจากการศึกษานี้บ้างตรงที่ผู้ได้รับเสียงได้รับความรำคาญหรือถูกรบกวนแล้วแต่ไม่ทราบว่าระดับของเสียงรบกวนที่เริ่มทำให้รู้สึกรำคาญนั้นเป็นเท่าไร การศึกษานี้เป็นการศึกษาระดับของเสียงรบกวนที่เบาที่สุด ที่ทำให้รู้สึกถูกรบกวน (หรือรำคาญ)

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

มีวิธีการศึกษาดังนี้

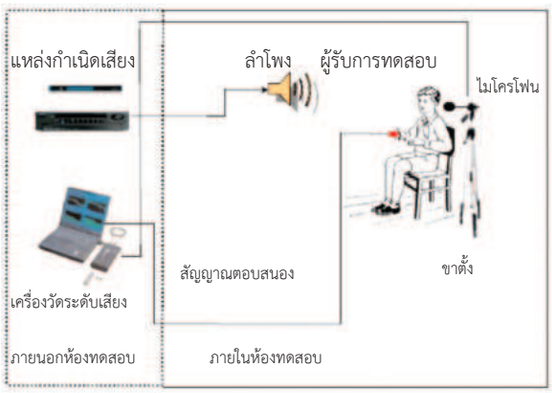
2.1 จัดทำเสียงรบกวน 7 ประเภท ได้แก่ เสียงจากการจราจรของรถยนต์ รถจักรยานยนต์ เสียงย่านการค้า เสียงรถไฟ เสียงเครื่องบิน เสียงจากอุตสาหกรรม เสียงเรือ และเสียงจากงานมหรสพ

2.2 คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±1% และสุ่มตัวอย่างประชากรจากภาคต่างๆ ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สุพรรณบุรี สิงห์บุรี นครปฐม และสมุทรปราการ จำนวน 681 คน ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดแพร่ ลำปาง และเชียงใหม่ จำนวน 524 คน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และขอนแก่น จำนวน 834 คน ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช จำนวน 953 คน และภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ระยอง และชลบุรี จำนวน 1,169 คน รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4,161 คน โดยขั้นตอนการวิจัยแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงผังกรอบแนวคิดการวิจัย

2.3 ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเบื้องต้นด้วยเครื่อง Audiometer[5] เพื่อคัดกรองแต่เฉพาะผู้เข้ารับการทดสอบที่มีสมรรถภาพการได้ยินปกติ คือ หูทั้งสองข้างมีการได้ยินเป็นปกติ และทดสอบความรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบห้องทดสอบฯ ให้สามารถกั้นเสียงจากภายนอกเพื่อให้มีระดับเสียงพื้นฐานในห้องทดสอบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และควบคุมสภาพแวดล้อมภายในห้องทดสอบ ได้แก่ แสงสว่างและอุณหภูมิ เพื่อให้ผู้เข้ารับการทดสอบรู้สึกสบาย ในขั้นตอนของการทดสอบ ก่อนทำการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งพักให้รู้สึกผ่อนคลาย จากนั้นอธิบายประเด็นต่างๆ ให้ผู้รับการทดสอบเข้าใจและเปิดโอกาสให้ได้ซักถามข้อสงสัยต่างๆ ซึ่งระหว่างทำการทดสอบเสียงรบกวนจะค่อยๆ เพิ่มระดับความดังขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ผู้เข้ารับการทดสอบสังเกตว่าเริ่มรู้สึกว่าถูกรบกวนจากเสียงนั้น ก็ให้กดสวิตซ์ให้สัญญาณผังการทดสอบการถูกรบกวนแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงผังการทดสอบการถูกรบกวน

2.4 ผู้รับการทดสอบจำนวน 4,161 คน ตอบแบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ภาค และทัศนคติที่มีต่อเสียงรบกวน

2.5 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS[4]

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาทัศนคติต่อเสียงรบกวนของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4,161 คน มีอายุ 12 ถึง 41 ปี (ชาย 1,759 คน) ซึ่งทดสอบความรู้สึกถูกรบกวนด้วยเสียงรบกวนรวม 7 ประเภท พบว่าค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงเท่ากับ 67 เดซิเบลเอ โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีทัศนคติไม่ชอบต่อเสียงรบกวนอย่างน้อยหนึ่งประเภทและรับการทดสอบด้วยเสียงรบกวนนั้น จำนวน 714 คน มีค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงเท่ากับ 66 เดซิเบลเอ ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่รู้สึกเฉยๆ จำนวน 3,447 คน ตารางที่ 1 และ 2 แสดงทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อเสียงรบกวนและค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการถูกรบกวนจากเสียง ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อเสียงรบกวน 7 ประเภท

จำนวนตัวอย่าง (คน)	ประเภทเสียงรบกวน						
	เสียงย่านการค้า	เสียงรถไฟ	เสียงเครื่องบิน	เสียงจากอุตสาหกรรม	เสียงเรือ	เสียงรถยนต์	เสียงจากมหรสพ
ทั้งประเทศ	633	589	603	603	629	634	470
ไม่ชอบ	97	110	102	148	86	96	75
เฉยๆ	536	479	501	455	543	538	395

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทย ของกลุ่มตัวอย่างตามทัศนคติต่อเสียงรบกวน 7 ประเภท

ค่าเฉลี่ยขีดเริ่ม	ประเภทเสียงรบกวน						
	เสียงย่านการค้า	เสียงรถไฟ	เสียงเครื่องบิน	เสียงจากอุตสาหกรรม	เสียงเรือ	เสียงรถยนต์	เสียงจากมหรสพ
ทั้งประเทศ	66.7	66.2	66.5	67.2	67.3	67.4	67.2
ไม่ชอบ	62.8	65.3	66.8	67.1	66.8	67.5	68.2
เฉยๆ	67.4	67.4	67.4	68.7	68.4	68.6	68.3

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงเท่ากับ 68 เดซิเบลเอ แสดงว่าทัศนคติต่อเสียงรบกวนทั้ง 7 ประเภท ของกลุ่มตัวอย่างไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายทางที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่าขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงไม่ขึ้นอยู่กับอายุ อาชีพ ประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและทัศนคติต่อเสียงรบกวน ส่วนเพศและภาคมีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง โดยภาคกลางและภาคเหนือมีค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง แตกต่างจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก

ตารางที่ 3 แสดงขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทยแยกเป็นเพศชาย เพศหญิง ในแต่ละภาค

หน่วย : เดซิเบลเอ

เพศ/ขีดเริ่มฯ	ภาค				
	กลาง	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ใต้	ตะวันออก
ชาย	66	61	70	71	71
หญิง	63	56	68	67	68
รวม	64	58	69	69	69
รวมทั้งประเทศ	67				

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาขีดเริ่มการถูกรบกวนจากเสียงซึ่งแยกตามเพศในภาคต่างๆ ขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงของผู้เข้ารับการทดสอบเพศชายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 70 71 และ 71 เดซิเบลเอ ตามลำดับส่วนในภาคกลางและภาคเหนือ มีค่าต่างกัน คือ 66 และ 61 เดซิเบลเอ และเช่นเดียวกันสำหรับเพศหญิงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก ขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงก็มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 68 67 และ 68 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ส่วนในภาคกลางและภาคเหนือมีค่าต่างกัน คือ 63 และ 56 เดซิเบลเอ และเนื่องจากประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนไม่มีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ดังนั้นค่าเฉลี่ยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงของคนไทยทั้งประเทศมีค่าเท่ากับ 67 เดซิเบลเอ

3.2 ผลการวิจารณ์

ค่าระดับขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการกำหนดค่ามาตรฐานเกี่ยวกับเสียงรบกวนต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันค่ามาตรฐานเกี่ยวกับเสียงรบกวนของประเทศไทยกำหนดโดยอิงตามมาตรฐานของต่างประเทศ ฉะนั้นประเทศไทยจึงควรศึกษาข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวเพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนของพฤติกรรมการตอบสนองต่อเสียงรบกวนของคนไทย

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 ผลการวิจัย

ขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงไม่ขึ้นอยู่กับ อายุ อาชีพ ประเภท ของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนและทัศนคติต่อเสียงรบกวน ส่วนเพศและภาคมีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง โดยขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงของเพศชายและเพศหญิง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในภาคกลางและภาคเหนือมีค่าต่างกัน

การทดสอบความรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงด้วยตัวอย่างเสียงรบกวนจากย่านการค้า เสียงรถไฟ เสียงเครื่องบิน เสียงจากอุตสาหกรรม เสียงเรือ เสียงรถยนต์ รถจักรยานยนต์และเสียงจากงานมหรสพ พบว่าขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 66.7, 66.2, 66.5, 67.2, 67.3, 67.4 และ 67.2 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเนื่องจากประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนไม่มีผลต่อขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียง ดังนั้นขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงสำหรับคนไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67 เดซิเบลเอ

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ค่าระดับขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนจากเสียงของผู้รับการทดสอบคนเดียวกันด้วยเสียงรบกวนเดียวกันอาจมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องมาจากสิ่งสำคัญในการตัดสินใจคือสภาพจิตใจในขณะนั้น หากผู้รับการทดสอบมีจิตใจปลอดโปร่ง ขณะรับการทดสอบระดับขีดเริ่มที่ได้จะเป็นตัวแทนที่ดี ระดับขีดเริ่มที่ได้จากการทดสอบที่ผู้รับการทดสอบมีสภาพจิตใจที่ไม่ปกติ หมายถึง มีความวิตกกังวลหรือคาดเดาสิ่งที่จะเกิดในห้องทดสอบล่วงหน้า ก็มีแนวโน้มที่ระดับขีดเริ่ม

ที่ได้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีหรือกล่าวได้ว่าเป็นผลการทดสอบในขณะที่ความรู้สึกของผู้รับการทดสอบมิได้เป็นปกติ ดังนั้นการอธิบายให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจ ไม่แคลงใจ ที่จะรับการทดสอบในห้องทดสอบมีความสำคัญยิ่ง ผู้วิจัยต้องมีวาทศิลป์เลือกสรรคำอธิบายที่ทำให้ผู้รับการทดสอบสบายใจ เชื่อใจ ในการทดสอบ

4.2.2 ที่ผ่านมาการกำหนดค่ามาตรฐานเสียงรบกวนของประเทศไทยเป็นการนำมาตรฐานของต่างประเทศมาพิจารณากำหนดใช้ มิได้คำนึงถึงความแตกต่างในการตอบสนองต่อเสียงรบกวนของคนไทย ตัวอย่างเช่น ลักษณะนิสัยและความอดทนต่อเสียงรบกวน เป็นต้น ดังนั้นหากมีความจำเพาะของคนไทยในข้อนี้ เราควรศึกษาลักษณะนิสัยต่อเสียงรบกวนของคนไทย ขีดเริ่มการรู้สึกถูกรบกวนต่อเสียง สามารถใช้ศึกษาลักษณะนิสัยของคนไทยที่มีต่อเสียงได้ โดยหน่วยงานราชการ เช่น กรมควบคุมมลพิษ กรมอนามัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม ควรร่วมมือกันศึกษาเพื่อหาการตอบสนองต่อเสียงรบกวนของคนไทยและจะได้ตั้งหรือปรับปรุงค่ามาตรฐานเสียงสำหรับคนไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ องค์การบริหารส่วนตำบล โรงเรียนมัธยมศึกษา ในจังหวัดต่าง ๆ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และบุคลากรในสังกัดเข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. (2553). รวมกฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงและความสั่นสะเทือน.
2. กรมอนามัย. มลพิษทางเสียง. http://advisor.anamai.moph.go.th/main.php?filename=env203
3. Position Paper On Dose Relationships Between Transportation Noise and Annoyance http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf
4. รสสุคนธ์ หังสพฤกษ์. 2542. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
5. การตรวจการได้ยินด้วยเครื่อง Audiometer : http://www.siamsafety.com/014.pdf


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

8

การศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

The Study Of Compatible Land Use Around Suvarnabhumi International Airport

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
The Study Of Compatible Land Use Around Suvarnabhumi International Airport

ธนาพันธ์ สุกสอาด[1] วิรัช เอื้อทรงธรรม[1] สุโรชา พูลสวัสดิ์[1] สุมาลี ปานมาศ[1] ณัฐพงศ์ จันทร์สมบัติ[1] ยุพิน บัวจันพอ[1]
ภาวิณี นาคประเวศน์[1] อำนวยชัย คงดี[1] สมศักดิ์ ชนะงาม[2] และ ศิวฤทธิ์ โรจนสีมานนท์[1]
Thanaphan Suksaard[1], Wirach Auesongtham[1], Surocha Phoolsawat[1], Sumalee Panmat[1],
Natthapong Chansombat[1], Yupin Buajunpho[1], Pavinee Nakpravate[1], Amnuaychai Khongdee[1],
Somsak Chanangam[2], and Sivarit Rodchanasimanon[1]

[1]ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
[2]สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ
[1]Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion
[2]Air Quality & Noise, Pollution Control Department (E-mail: suksaard4@yahoo.com, su_plong@hotmail.com)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียง Integrated Noise Model version 7.0d (INM 7.0d) รวมทั้งศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูลบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาโดยใช้เส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ผนวกรวมกับเส้นเท่าระดับเสียงกรณีท่าอากาศยานมีทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2582 และกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน โดยพิจารณาจาก 1) ผลกระทบด้านเสียง 2) เสียงความถี่ต่ำที่เกิดจากอากาศยาน 3) ปัญหาลมหมุนจากปลายปีกเครื่องบิน 4) ความเสี่ยงที่เกิดจากอากาศยาน 5) รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานตามหลัก FAA 6) เขตปลอดภัยในการเดินอากาศ และ 7) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวมกรุงเทพฯ และสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่าสถานการณ์ระดับเสียงประจำปี 2556 ยังอยู่ในกรอบตามมติคณะรัฐมนตรี (NEF 30) สำหรับแนวโน้มการขยายตัวของชุมชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ มีแนวโน้มขยายตัวตามแนวเส้นทางคมนาคมด้านใต้ของท่าอากาศยานฯ เนื่องจากยังมีพื้นที่ว่างสามารถสร้างเป็นที่อยู่อาศัยได้อีก สำหรับพื้นที่ด้านเหนือของท่าอากาศยานฯ ในเขตกรุงเทพฯ นั้นมีการขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีการขยายตัวของคลังสินค้าเพิ่มขึ้นในแนวเส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 นอกจากนี้ จากการจัดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันรอบท่าอากาศยาน ซึ่งพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินตามหลัก FAA พบว่าในพื้นที่กรุงเทพฯ มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานเท่ากับ 16.62 ตร.กม. ไม่เข้ากันกับท่าอากาศยานเท่ากับ 4.46 ตร.กม. และในพื้นที่สมุทรปราการ มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานเท่ากับ 25.04 ตร.กม. ไม่เข้ากันกับท่าอากาศยานเท่ากับ 1.18 ตร.กม. สำหรับผลการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานตามปัจจัยทั้ง 7 ดังกล่าวข้างต้น พบว่าในเขตพื้นที่ NEF<30 อาคารสิ่งปลูกสร้างทุกประเภทตามกฎหมายผังเมืองนั้นสามารถปลูกสร้างได้ และจัดเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยาน

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เส้นเท่าระดับเสียง การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน เขตปลอดภัยในการเดินอากาศ ลมหมุนจากปลายปีกเครื่องบิน

Abstract

The study of compatible land use around Suvarnabhumi International airport was conducted with emphasis on noise pollution presently caused by Suvarnabhumi International airport as well as to predict the trend of noise level in the future by using Integrated Noise Model (INM version 7.0d). The study also determined appropriate by land use around Suvarnabhumi International airport using GIS overlay technique. The study area was identified by the noise level contour agreed upon by the Members of the Cabinet on May 29, 2007 and August 31, 2010, in addition with predicted noise level in case runway 3 and 4 will be in full operation in the year 2039 to accommodate about 129 million passengers. The land use pattern around Suvarnabhumi International airport will be considered based on 7 factors namely ; 1) noise impact, 2) low frequency noise generated from aircraft 3) aircraft wake vortices, 4) aviation risks, 5) land use pattern for airport in accordance with FAA, 6) aviation safety zone, 7) land use plan for Bangkok and Samutprakarn. The study revealed that noise level for 2013 was within the scope agreed by the cabinet (NEF 30). The trend of expansion of more communities around Suvarnabhumi International airport will become wider especially along the south of the airport because there are still more vacant lands in this area which are suitable for residential construction. On the north path of the airport in Bangkok, more expansion is also expected especially for warehouses which will also produce noise level equal to NEF 30. Aside from this, present land use management at Suvarnabhumi International airport in accordance with FAA revealed that in Bangkok, some zones with airport land use compatibility were about 16.62 square kilometers while other zones with airport land use incompatibility are 4.46 square kilometers. In Samutprakarn, zone with airport land use compatibility were about 25.04 square kilometers while some zone with land use airport incompatibility were about 1.18 square kilometers. The study on land use pattern with airport compatibility based on the 7 factors stated above revealed that building construction of all types can be done in accordance with the law in areas with NEF <30, and land use pattern for airport compatibility can also be set.

Keywords : Geographic Information System, Noise Exposure Forecast, Airport Land use Compatibility, Air Safety Zones, Aircraft Wake Vortices

1. บทนำ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ตระหนักถึงปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จึงได้ริเริ่มทำการศึกษาวิจัยผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานฯ ระยะที่ 1 ก่อนเปิดดำเนินการท่าอากาศยานฯ เมื่อปี พ.ศ. 2548 ต่อมาเมื่อท่าอากาศยานฯ ได้เปิดดำเนินการเมื่อวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2549 จึงได้ศึกษาวิจัยมลพิษทางเสียงต่อเนื่องในระยะที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงหลังเปิดดำเนินการมากกว่าพื้นที่ที่ประเมินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากจำนวนเที่ยวบินที่เพิ่มมากขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551) ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงได้ดำเนินการศึกษาวางแผนป้องกันมลพิษทางเสียงที่อาจเกิดขึ้นจากการพัฒนาท่าอากาศยานฯ เมื่อปี พ.ศ. 2553 ด้วยการจำลองสถานการณ์ด้านเสียง (Scenario) โดยการคาดการณ์ระดับเสียงในกรณีท่าอากาศยาน มีจำนวนทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 ในระยะที่ 3 จากข้อมูลการศึกษาทั้งหมดที่ผ่านมา พบว่าการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานฯ จะครอบคลุมทุกมิติได้จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ รวมถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน (Airport Compatible Land Use) ประกอบด้วย ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินโครงการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการแก้ไขปัญหาผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานอย่างยั่งยืนและเพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีของประชาชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ ในระยะยาวต่อไป

จากการกำหนดพื้นที่ศึกษาโดยผนวกเส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2553) ที่ได้จากการศึกษาในระยะที่ 2 และเส้นเท่าระดับเสียงกรณีท่าอากาศยานมีทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2582 ซึ่งเป็นแผนการพัฒนาท่าอากาศยานตามแผนแม่บทพัฒนาท่าอากาศยานฉบับทบทวนปี 2552 ของบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) (Airports of Thailand PLC., 2009) โดยใช้สัดส่วนทางวิ่ง 50:50 ที่ได้จากการศึกษาในระยะที่ 3 พบว่า หากมีการขยายทางวิ่งจะมีจำนวนประชาชนผู้ได้รับผลกระทบด้านเสียงเพิ่มมากขึ้น และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันเป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่น (พื้นที่สีเหลืองและสีส้ม) และการพาณิชยกรรม (พื้นที่สีแดง) ประกอบกับแนวโน้มในอนาคตหากมีการขยายตัวของชุมชนเข้ามาใกล้กับพื้นที่ของท่าอากาศยานฯ จะเป็นปัญหาหลักต่อการพัฒนาท่าอากาศยานฯ ในระยะต่อไป นอกจากนี้ตามหลักการแก้ไขปัญหามลพิษด้านเสียงแก่ชุมชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานขององค์การการบินระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization ; ICAO) ได้เสนอแนวทางตามหลักมาตรการ “Balance Approaches” ซึ่งกำหนดให้การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการ (Land-use Planning and Management) เป็นหนึ่งในห้ามาตรการดังกล่าว ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายๆ ประเทศ (ICAO, 2004) ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้จัดทำโครงการศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานฯ ขึ้นเพื่อศึกษาสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานฯ ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต และศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมกับพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานฯ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำผลงานวิจัยไปช่วยกำหนดผังเมืองรวมของกรุงเทพมหานครและจังหวัดสมุทรปราการ ในอันที่จะลดปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยาน เพื่อสุขภาพอนามัยที่ดีของประชาชนสืบต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

2.1.1 เครื่องมือวัดระดับเสียง (Sound level meter) ตามมาตรฐาน IEC 61672 Class1 และอุปกรณ์ปรับเทียบเสียงมาตรฐาน (Sound Calibrator) ตามมาตรฐาน IEC 60942 Class1

2.1.2 สายสัญญาณวัดเสียง (extension cable)

2.1.3 เสาวัดระดับเสียง ความสูง 6 เมตร

2.1.4 เครื่องวัดพิกัดตำแหน่งโลก (จีพีเอส) Garmin รุ่น 60CSX จำนวน 2 เครื่อง

2.1.5 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา จำนวน 2 เครื่อง

2.1.6 Software ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.3

2.1.7 ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธเชิงสี เชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 กรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 39 ระวาง ครอบคลุมพื้นที่บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานทั้งในเขตกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ

2.1.8 ภาพถ่ายดาวเทียม Spot บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ บันทึกเมื่อปี พ.ศ. 2550

2.1.9 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ บันทึกเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

2.1.10 ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ บันทึกเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

2.1.11 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียง Integrated Noise Model Version 7.0d (INM 7.0d)

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 ศึกษาสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในปัจจุบัน ด้วยการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการตรวจวัดระดับเสียงอากาศยานในพื้นที่ชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, พ.ศ. 2556) โดยตรวจวัดจำนวน 3 ช่วงเวลา คือ 18-24 ธันวาคม พ.ศ. 2556, 8-14 มีนาคม พ.ศ. 2556 และ 7-13 มิถุนายน พ.ศ. 2556 รายละเอียดจุดตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 1

2.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลระดับเสียงโดยใช้พารามิเตอร์

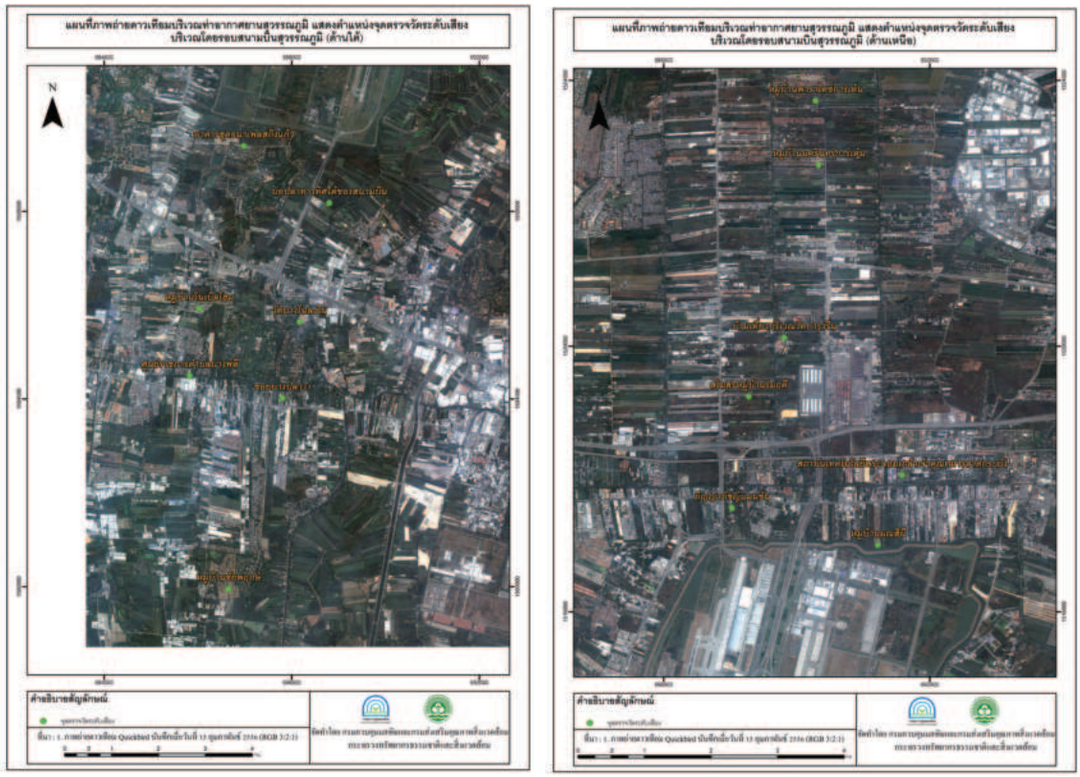
2.2.2.1 ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (Equivalent Continuous Sound Pressure Level: L_{eq24hr}) ในสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

2.2.2.2 ค่าระดับเสียง L_{dn} หรือ DNL วิเคราะห์เฉพาะเหตุการณ์เครื่องบินโดยใช้ค่า sound exposure level (SEL) ที่ได้จากการตรวจวัดเสียงของเครื่องบิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

2.2.2.3 ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของเหตุการณ์เฉพาะเครื่องบิน (หน่วยเป็น dB(A))

2.2.2.4 ค่า NEF จากค่า L_{dn} หรือ DNL

2.2.2.5 ค่า NEF จากค่า Effective Perceived Noise Level (EPNL) ที่ได้จากการตรวจวัด



รูปที่ 1 แสดงจุดตรวจวัดระหว่างวันที่ 18-24 ธันวาคม พ.ศ. 2556, 8-14 มีนาคม พ.ศ. 2556 และ 7-13 มิถุนายน พ.ศ. 2556 (ซ้าย) บริเวณทิศเหนือของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (ขวา) บริเวณทิศใต้ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2.2.3 ศึกษาสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอนาคต โดยนำข้อมูลการบินในช่วงเวลาเดียวกันกับช่วงเวลาที่ตรวจวัดเสียง ไปคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียง INM 7.0d (Integrated Noise Model Version 7.0d) และแสดงผลออกมาในรูปแบบเส้นเท่าระดับเสียง NEF และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn})

2.2.4 วิเคราะห์และแปลผลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2.2.4.1 วิเคราะห์และแปลผลสภาพการใช้ที่ดินบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอดีต

โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมย้อนหลัง ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข ปี 2545 มาตราส่วน 1 : 4,000 กรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 39 ระวาง ครอบคลุมพื้นที่บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานทั้งในเขตกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ ภาพถ่ายดาวเทียม Spot บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ บันทึกเมื่อ ปี 2550 ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS บันทึกเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 มาตราส่วน 1:4,000 จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Technique) บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.3

2.2.4.2. วิเคราะห์และแปลผลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (Existing Land use) บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

โดยสำรวจข้อมูลปฐมภูมิในภาคสนามของเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ร่วมกับการใช้เครื่องกำหนดพิกัดตำแหน่งโลก และ ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ปี 2556 บันทึกเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 จากนั้นนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเพิ่มเติมบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยซอฟต์แวร์ ArcGIS 9.3 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird บริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ปี พ.ศ. 2556 เป็นภาพอ้างอิง

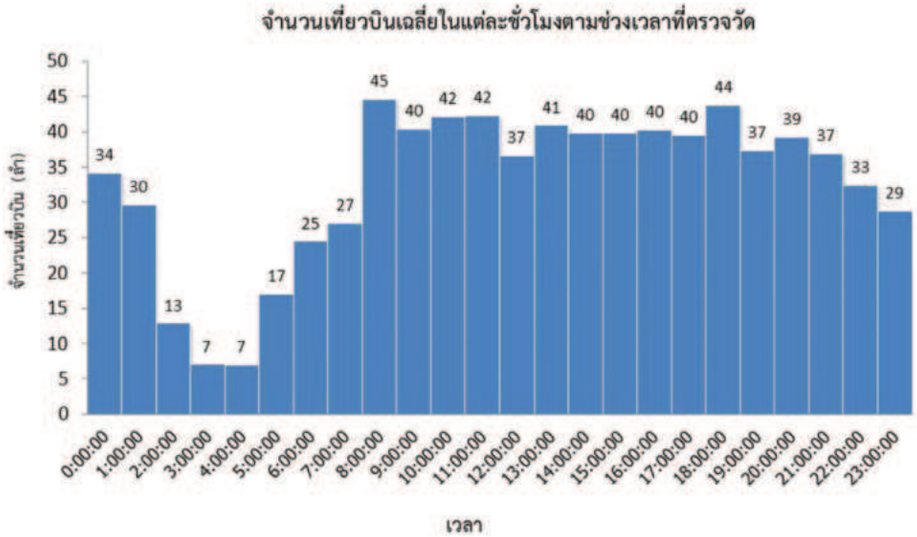
2.2.4.3 วิเคราะห์และแปลสภาพรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน (Compatible Land Use) และเข้ากันไม่ได้กับสนามบิน (Incompatible Land Use) โดยใช้เกณฑ์การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายผังเมืองและรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามข้อกำหนดของ FAA (Land Use Noise Sensitivity Matrix) และจัดทำแผนที่แสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้และเข้ากันไม่ได้กับท่าอากาศยาน บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

3.1.1 จำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดระดับเสียง

จำนวนเที่ยวบินในช่วงเวลา 08.00-09.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีการบินเฉลี่ยมากที่สุด คือ 45 เที่ยวบิน รองลงมาคือ 18.00-19.00 น. เป็นเวลาที่มีการบินรองลงมาคือ 44 เที่ยวบิน และในช่วงเวลากลางคืนระหว่าง 00.00-05.00 น. ยังมีการบินอยู่ โดยช่วงเวลาที่มีการบินน้อยที่สุด คือ 03.00-04.00 น. และ 04.00-05.00 น. มีการบินชั่วโมงละ 7 เที่ยวบิน สำหรับจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยต่อชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมง

3.1.2 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของจุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ได้กำหนดไว้ว่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{eq24hr}) ไม่เกิน 70 dB(A) ซึ่งจากการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบสนามบินสุวรรณภูมิ พบว่า มีสามจุดตรวจวัดที่มีค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เกิน 70 dB(A) คือ ภิญญาภัชญ์แมนชั่น อาคารชุดธนาเพลสกิ่งแก้ว และศูนย์ราชการตำบลบางพลี ซึ่งจุดที่ได้รับผลกระทบทางเสียงมากที่สุดคือ ภิญญาภัชญ์แมนชั่น เนื่องจากเป็นจุดตรวจวัดที่มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เกิน 70 dB(A)

3.1.3 ระดับเสียงสูงสุดของจุดตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่องกำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ได้กำหนดไว้ว่า ระดับเสียงสูงสุด (L_{max}) ไม่เกิน 115 dB(A) ซึ่งจากการตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ พบว่า ไม่มีจุดตรวจวัดใดมีค่าระดับเสียงสูงสุดเกินค่านี้

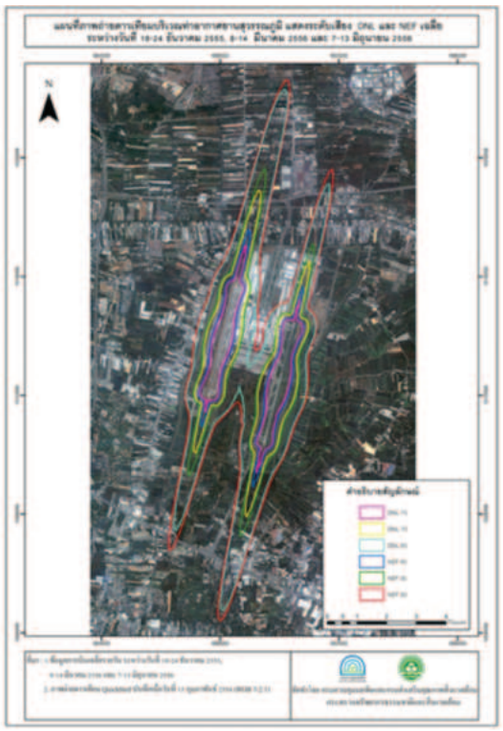
สำหรับรายละเอียดค่าระดับเสียงแต่ละจุดตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับเสียงเฉลี่ยในสิ่งแวดล้อม (L_{eq24hr}) ค่าระดับเสียงสูงสุด (L_{max}) ค่า L_{dn} และ NEF ของแต่ละจุดตรวจวัด

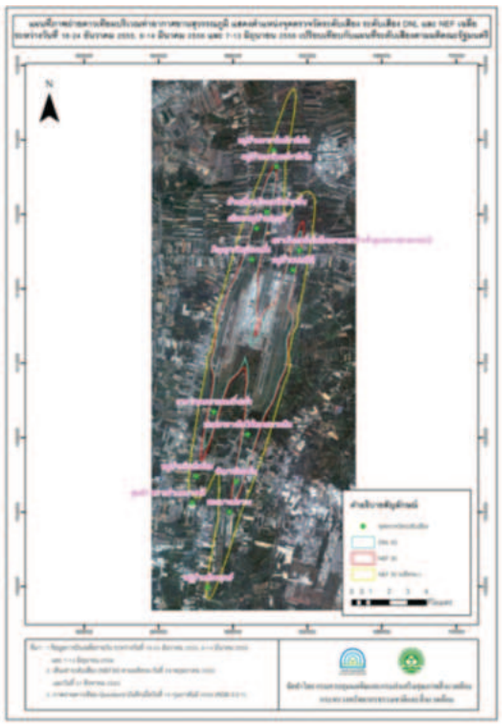
จุดตรวจวัด	L_{eq24hr}	L_{max}	L_{dn}	NEF
ภิญญาภัชญ์แมนชั่น	72.9	109.8	75.3	40.3
อาคารชุดธนาเพลสกิ่งแก้ว	70.8	103.2	69.7	34.7
สโมสรหมู่บ้านร่มฤดี	64.9	99	69.4	34.4
หมู่บ้านนครินทร์การ์เด้น	64.8	89.4	64.6	29.6
โรงเรียน/วัดบางโฉลงใน	64.3	98.7	67.2	32.2
บ่อปลาทางทิศใต้ของสนามบิน	63.8	97.8	67.2	32.2
หมู่บ้านมณสินี	63.6	101.6	68.2	33.2
ศูนย์ราชการตำบลบางพลี	72.0	111.7	60.8	25.8
บ้านเดี่ยวบริเวณวัดบำรุงรื่น	62.7	100.2	66.8	31.8
ซอยบางปลา 31	62.1	96.3	62.5	27.5
สถาบันเทคโนโลยีฯ	61.3	109.2	64.1	29.1
หมู่บ้านชัยพฤกษ์	61.2	97.2	61.6	26.6
หมู่บ้านพาราไดซ์การ์เด้น	61.1	101.6	64.4	29.4
หมู่บ้านโนเบิลโฮม	59.1	103	61.8	26.8

3.1.4 ผลการจัดทำแผนที่ระดับเสียงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียง (INM 7.0d)

ผลจากการนำข้อมูลเฉลี่ยการบินในช่วงระหว่างวันที่ 18-24 ธันวาคม พ.ศ. 2555, 8-14 มีนาคม พ.ศ. 2556 และ 7-13 มิถุนายน พ.ศ. 2556 จำนวนรวม 21 วัน แล้วคาดการณ์ระดับเสียงด้วยแบบจำลอง INM 7.0d โดยแสดงผลในรูปแบบแผนที่ระดับเสียง DNL และ NEF แสดงดังรูปที่ 3 เมื่อนำแผนที่ระดับเสียง DNL และ NEF มาเปรียบเทียบกับแผนที่ระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 (โดยแสดงเฉพาะ NEF 30) พบว่าแผนที่ระดับเสียง DNL และ NEF เฉลี่ยที่ได้จากการใช้ INM 7.0d ในการคาดการณ์ ยังมีค่าอยู่ในกรอบตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 แสดงแผนที่ระดับเสียง DNL และ NEF เฉลี่ย ระหว่างวันที่ 18-24 ธันวาคม พ.ศ. 2555, 8-14 มีนาคม พ.ศ. 2556 และ 7-13 มิถุนายน พ.ศ. 2556



รูปที่ 4 แสดงแผนที่ระดับเสียง DNL และ NEF เฉลี่ย ระหว่างวันที่ 18-24 ธันวาคม พ.ศ. 2555, 8-14 มีนาคม พ.ศ. 2556 และ 7-13 มิถุนายน พ.ศ. 2556 เปรียบเทียบกับแผนที่ตามมติคณะรัฐมนตรี

3.1.5 แนวโน้มการขยายตัวของชุมชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยรวมแล้วพบว่าหมู่บ้านจัดสรรพบมากในบริเวณด้านใต้ ที่เส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 ตามแนวถนนเทพารักษ์ เนื่องจากในพื้นที่ด้านใต้ถนนเทพารักษ์ ยังมีพื้นที่ว่าง และสามารถสร้างเป็นที่อยู่อาศัยได้อีก สำหรับด้านเหนือของท่าอากาศยานฯ ในเขตกรุงเทพฯ นั้นมีการขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีการขยายตัวของคลังสินค้าเพิ่มขึ้นในแนวเส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 นอกจากนี้ จากการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมของเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าในกรอบพื้นที่เส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรี ผนวกรวมกับเส้นเท่าระดับเสียงจากกรณีที่ท่าอากาศยานฯ มีทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 จะมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นพื้นที่อ่อนไหว และที่อยู่อาศัย

3.1.6 ผลติดตามตรวจสอบค่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2556 พบว่าเส้นเท่าระดับเสียงของท่าอากาศยานฯ ในปี พ.ศ. 2551 ปี พ.ศ. 2552 ปี พ.ศ. 2554 และปี พ.ศ. 2555 สถานการณ์ระดับเสียงจากอากาศยานอยู่ระหว่างคาบเกี่ยวและออกนอกกรอบเส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 (เส้นสีเหลือง : NEF 30) บ้างเล็กน้อย ซึ่งเป็นพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกบริเวณถนนกิ่งแก้ว ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ สำหรับปี พ.ศ. 2556 นั้น เส้นเท่าระดับเสียงยังอยู่ในกรอบตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553

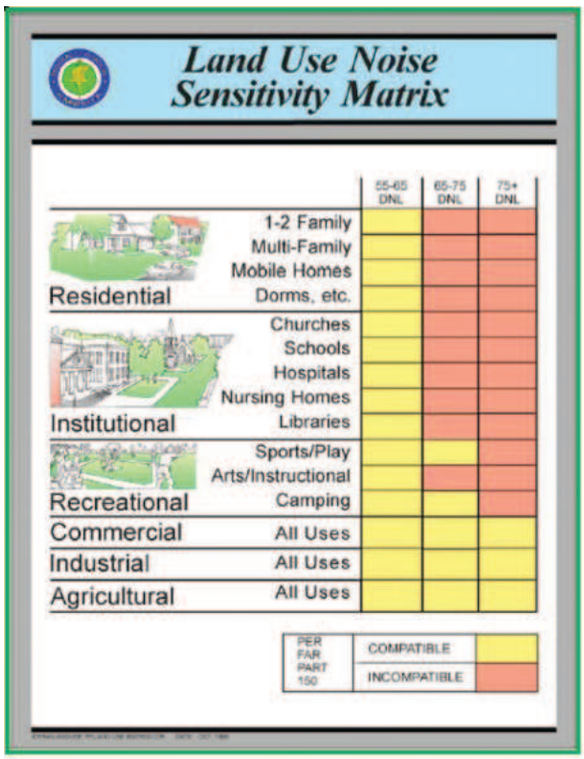
3.2 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้ (Compatible Land Use) และเข้ากันไม่ได้กับท่าอากาศยานฯ (Incompatible Land Use)

ตามข้อกำหนดของ FAA (Land Use Noise Sensitivity Matrix) (FAA, 2007) (รูปที่ 5) เปรียบเทียบกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวมของประเทศไทย (ตารางที่ 2) และจำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันโดยรอบท่าอากาศยานฯ พร้อมทั้งนำหลักเกณฑ์และให้ความสำคัญเรื่องมลพิษทางเสียง และความเสี่ยงที่เกิด

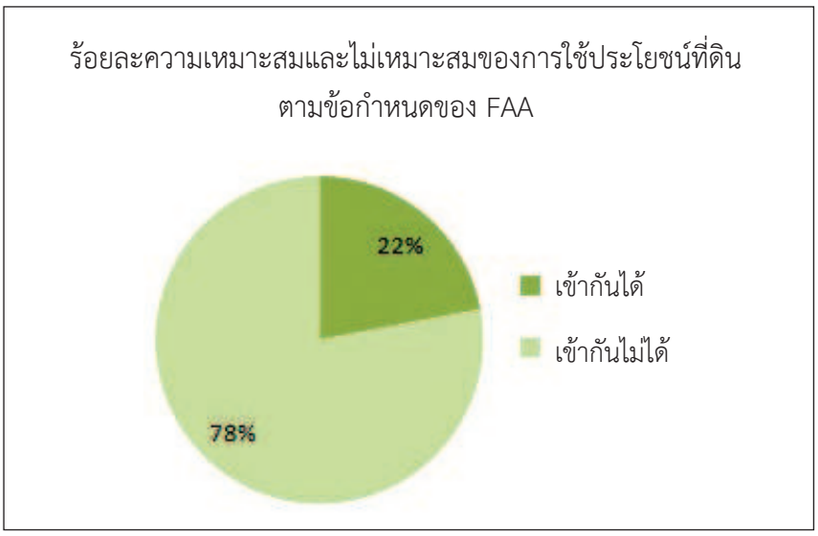
จากอากาศยาน (Aviation Risk) (FAA, 2011) มาพิจารณาร่วมด้วย ทำให้สามารถจำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้ และเข้ากันไม่ได้กับท่าอากาศยานฯ รวมทั้งผลการคำนวณพื้นที่ร้อยละความเข้ากันได้และเข้ากันไม่ได้กับท่าอากาศยาน บนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แสดงดังรูปที่ 6

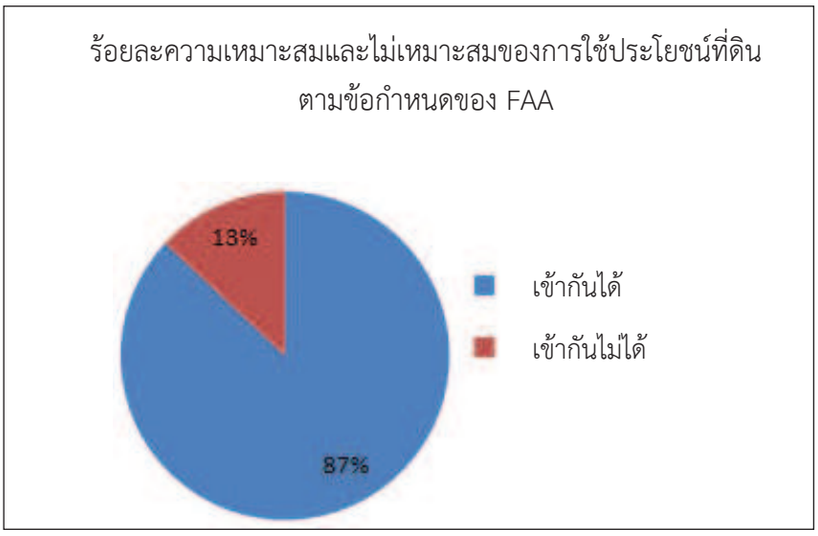
ตารางที่ 2 แสดงการจัดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวมกับข้อกำหนดตาม FAA

รหัส	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัญลักษณ์	ข้อกำหนดตาม FAA
1	ที่อยู่อาศัย		ไม่เข้ากันกับสนามบิน
2	พาณิชยกรรม		เข้ากันได้กับสนามบิน
3	คลังสินค้า		เข้ากันได้กับสนามบิน
4	อุตสาหกรรม		เข้ากันได้กับสนามบิน
5	ที่อยู่อาศัยกึ่งพาณิชยกรรม		เข้ากันได้กับสนามบิน
6	สาธารณูปโภค		เข้ากันได้กับสนามบิน
7	สถาบันการศึกษา		ไม่เข้ากันกับสนามบิน
8	สถาบันศาสนา		ไม่เข้ากันกับสนามบิน
9	สถานที่ราชการและสาธารณสุข		ไม่เข้ากันกับสนามบิน
10	นันทนาการ		เข้ากันได้กับสนามบิน
11	เกษตรกรรม		เข้ากันได้กับสนามบิน
12	พื้นที่ประเภทอื่นๆ		เข้ากันได้กับสนามบิน



รูปที่ 5 แสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้ (Compatible Land Use) และเข้ากันไม่ได้กับสนามบิน (Incompatible Land Use) ตามข้อกำหนดของ FAA





รูปที่ 6 แสดงร้อยละความเหมาะสมและไม่เหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามข้อกำหนดของ FAA (บน) พื้นที่กรุงเทพฯ (ล่าง) พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

3.3 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับอากาศยาน

ผลจากการดำเนินการจัดระดมความเห็นจากหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน สถาบันการศึกษาและประชาชนที่อยู่บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ เพื่อหารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับอากาศยาน จำนวน 4 ครั้ง ซึ่งทำให้ได้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการพิจารณาถึงผลกระทบหลายๆ ด้านที่จะเกิดกับประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ ได้แก่ เสียงความถี่ต่ำที่เกิดจากอากาศยาน ปัญหาลมหมุนจากปลายปีกเครื่องบิน ความเสี่ยงที่เกิดจากอากาศยาน โดยนำผลกระทบทั้ง 3 ประการดังกล่าวมาผนวกกับระดับเสียงในสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับอากาศยานตามหลัก FAA และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2557) ลักษณะอาคาร สิ่งปลูกสร้างที่ลดผลกระทบด้านเสียง รวมทั้งเขตปลอดภัยในการเดินอากาศ ทำให้ได้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในเขตเส้นเท่าระดับเสียง NEF<30, NEF30-35, NEF35-40 และ NEF>40

ตารางที่ 3 แสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากับท่าอากาศยานในเขตเส้นเท่าระดับเสียง NEF<30, NEF30-35, NEF35-40 และ NEF>40

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยาน

หมวด	หมวดย่อย	รายละเอียด	สัญลักษณ์*	ค่าระดับเสียงอ้างอิง หน่วย NEF			
				NEF <30	NEF 30-35	NEF35-40	NEF >40
1000		**ที่อยู่อาศัย**					
1100		ที่พักอาศัย (บ้าน หอพัก อาคารชุดเพื่อการอยู่อาศัย			(1)	(2)	
		โฮมเสตย์ คอนโดมิเนียม)			(1)	(2)	
	1102	บ้านพักพนักงานบริษัทพานิชยกรรม			(1)	(2)	
	1103	บ้านพักพนักงานในอุตสาหกรรม			(1)	(2)	
	1105	บ้านพักพนักงานรัฐวิสาหกิจ			(1)	(2)	
1200		วัง ตำหนัก และที่พระราชฐาน					
1300		บ้านพักข้าราชการ			(1)	(2)	
1600		อนุรักษ์เพื่อการอยู่อาศัย			(1)	(2)	
1800		ที่อยู่อาศัยอื่นๆ หรืออาคารประกอบการพักอาศัย			(1)	(2)	
2000		**พาณิชยกรรม**					
2100		สำนักงานและบริษัท โชว์รูมรถที่ไม่มีบริการซ่อม					
2200		ธุรกิจบริการ					
	2210	ตลาด					
	2220	โรงแรม บังกะโล รีสอร์ท เกสต์เฮาส์					
	2230	ห้างสรรพสินค้า					
	2240	สถานีบริการเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำมัน ปั๊มแก๊ส					
	2250	ร้านขายแก๊ส ธุรกิจบริการแก๊ส					
	2260	สถาบันสอนคอมพิวเตอร์ กวดวิชา สอนภาษา					
	2270	ธุรกิจประกันภัย ประกันชีวิต (สำนักงาน)			(3)	(3)	
2300		ธนาคารและสถาบันการเงิน					
	2301	ธนาคาร สถาบันการเงิน โรงรับจำนำ			(3)	(3)	
	2302	ลิสซิ่ง ธุรกิจการเงินอื่นๆ			(3)	(3)	
2400		ธุรกิจนันทนาการ					
	2410	โรงภาพยนตร์ โรงละคร และโรงมโหรสพ					
	2420	ไนต์คลับ คาราโอเกะ คาเฟ่ อาบอบนวด					
	2480	ธุรกิจนันทนาการอื่นๆ					
2800		พาณิชยกรรมอื่นๆ หรืออาคารประกอบการพาณิชยกรรม					
3000		**อุตสาหกรรม**					
3100		อุตสาหกรรม					
	3110	โรงงาน					
	3120	โรงฆ่าสัตว์					
	3130	อุตสาหกรรมที่เป็นอันตราย					
	3140	อุตสาหกรรมชุมชน					
3300		คลังสินค้า					
	3310	ไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร					
3400		อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ					
3800		อุตสาหกรรมอื่นๆ หรืออาคารประกอบการอุตสาหกรรม					
4000		การใช้ประโยชน์แบบผสม					
4100		ที่พักอาศัยกึ่งพาณิชยกรรม					
	4110	ที่พักอาศัยกึ่งอาคารสำนักงาน					
	4120	ที่พักอาศัยกึ่งธุรกิจบริการ					
	4121	ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง					
	4122	ร้านขายทอง เครื่องประดับอัญญมณี					
	4123	ร้านซื้อขายหรือเก็บเศษวัสดุ					
4200		พาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม					
4300		ที่พักอาศัยกึ่งอุตสาหกรรม					
5000		สาธารณูปโภค					

ตารางที่ 3 แสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากับท่าอากาศยานในเขตเส้นเท่าระดับเสียง NEF<30, NEF30-35, NEF35-40 และ NEF>40 (ต่อ)

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยาน							
หมวด	หมวดย่อย	รายละเอียด	สัญลักษณ์*	ค่าระดับเสียงอ้างอิง หน่วย NEF			
				NEF <30	NEF 30-35	NEF35-40	NEF >40
	5130	ท่าอากาศยาน		■	■	■	■
	5140	ท่าเรือ		■	■	■	■
	5150	สถานีขนส่ง ท่ารถประจำท้องถิ่น		■	■	■	■
	5160	สถานีรถไฟ		■	■	■	■
	5180	สถานีคมนาคมและขนส่งอื่นๆ และคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า		■	■	■	■
5200		โทรศัพท์		■	■	■	■
	5210	ที่ทำการโทรศัพท์		■	■	■	■
	5220	ชุมสายโทรศัพท์		■	■	■	■
	5230	ที่ทำการและชุมสายโทรศัพท์		■	■	■	■
5300		ไฟฟ้า					
	5310	ที่ทำการไฟฟ้า		■	■	■	■
	5320	สถานีย่อยไฟฟ้า		■	■	■	■
	5330	ที่ทำการและสถานีย่อยไฟฟ้า		■	■	■	■
5400		ประปา					
	5410	ที่ทำการประปา		■	■	■	■
	5420	สถานีสูบน้ำ โรงกรองน้ำ		■	■	■	■
	5430	ที่ทำการและสถานีย่อยประปา		■	■	■	■
	5440	ระบบประปาหมู่บ้าน		■	■	■	■
5500		รักษาคุณภาพและสิ่งแวดล้อม					
	5510	การจัดเก็บและกำจัดขยะ		■	■	■	■
	5520	การระบายน้ำและการบำบัดน้ำเสีย		■	■	■	■
5800		สาธารณูปโภคอื่นๆ		■	■	■	■
6000		สาธารณูปการ					
6100		สถาบันการศึกษา	■				
	6105	ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก สถานรับเลี้ยงเด็กก่อนเกณฑ์		■	■	■	■
	6110	โรงเรียนอนุบาล		■	■	■	■
	6121	โรงเรีนประถมศึกษา		■	■	■	■
	6130	โรงเรียนมัธยมศึกษา		■	■	■	■
	6140	โรงเรียนที่มีระดับการศึกษาแบบผสม		■	■	■	■
	6141	อนุบาล+ประถมศึกษา		■	■	■	■
	6142	อนุบาล+ประถมศึกษา+มัธยมศึกษา		■	■	■	■
	6143	ประถมศึกษา+มัธยมศึกษา		■	■	■	■
	6150	ระดับอาชีวศึกษา		■	■	■	■
	6160	ระดับอุดมศึกษา		■	■	■	■
	6180	สถาบันการศึกษาอื่นๆ		■	■	■	■
6200		สถาบันศาสนา	■				
	6210	วัด		■	■	■	■
	6220	สำนักสงฆ์		■	■	■	■
	6230	โบสถ์คริสต์		■	■	■	■
	6240	มัสยิด		■	■	■	■
	6250	ศาลเจ้า		■	■	■	■
	6260	ฌาปนสถาน		■	■	■	■
	6270	สุสาน		■	■	■	■
	6280	ศาสนาอื่นๆ		■	■	■	■
6300		สถาบันราชการ	■				
	6310	ศาลากลางจังหวัด		■	■	■	■
	6320	ที่ว่าการอำเภอ		■	■	■	■

ตารางที่ 3 แสดงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากับท่าอากาศยานในเขตเส้นเท่าระดับเสียง NEF<30, NEF30-35, NEF35-40 และ NEF>40 (ต่อ)

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยาน

หมวด	หมวดย่อย	รายละเอียด	สัญลักษณ์*	ค่าระดับเสียงอ้างอิง หน่วย NEF			
				NEF <30	NEF 30-35	NEF35-40	NEF >40
	6330	สำนักงานเทศบาล		■	■	■	■
	6340	สถานีตำรวจ และสถานที่ที่เกี่ยวข้องกับราชการตำรวจ		■	■	■	■
	6350	สถานีดับเพลิง					
	6360	ที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบล		■	■	■	■
	6370	ทัณฑสถาน		■	■	■	■
	6380	สถานที่ราชการอื่นๆ		■	■	■	■
	6381	องค์กรอิสระของรัฐ		■	■	■	■
	6382	สถานทูต สถานกงสุล		■	■	■	■
	6383	หน่วยงานต่างประเทศ		■	■	■	■
6400		รัฐวิสาหกิจ		■	■	■	■
6500		การสาธารณสุข	■				
	6510	สถานีอนามัยและศูนย์อนามัย		■	■	■	■
	6520	คลินิค		■	■	■	■
	6530	โรงพยาบาล		■	■	■	■
	6580	การสาธารณสุขอื่นๆ		■	■	■	■
6600		ศิลปวัฒนธรรม					
	6610	ศูนย์วัฒนธรรม		■	■	■	■
	6620	พิพิธภัณฑ์		■	■	■	■
	6630	ห้องสมุด		■	■	■	■
	6640	หอศิลป์		■	■	■	■
	6650	ศาลาประชาคม		■	■	■	■
6800		สาธารณูปการอื่นๆ					
	6830	สถานสงเคราะห์ สมาคมฌาปนกิจสงเคราะห์		■	■	■	■
		มูลนิธิเพื่อการศาสนา		■	■	■	■
	6831	มูลนิธิอื่นๆ ที่ไม่ใช่เพื่อการศาสนา		■	■	■	■
7000		นันทนาการ	■				
7200		พื้นที่อนุรักษ์เพื่อศิลปะและวัฒนธรรมไทย		■	■	■	■
	7210	โบราณสถาน		■	■	■	■
	7220	อนุสรณ์สถาน		■	■	■	■
7300		นันทนาการ					
	7310	สวนสาธารณะ จุดบริการนักท่องเที่ยว		■	■	■	■
	7320	การกีฬา		■	■	■	■
	7321	สนามกีฬากลางแจ้งที่ไม่มีอัฒจันทร์		■	■	■	■
	7322	สนามกีฬากลางแจ้งที่มีอัฒจันทร์		■	■	■	■
	7323	สนามกีฬาในร่ม		■	■ (3)	■ (3)	■
	7324	สนามกีฬากลางแจ้งและสนามกีฬาในร่ม		■	■	■	■
	7330	สวนสัตว์		■	■	■	■
	7340	สวนสนุก		■	■	■	■
	7380	นันทนาการอื่นๆ		■	■	■	■
8000		เกษตรกรรม	■				
	8180	เรือนเพาะชำ		■	■	■	■
	8190	ยุ้งฉาง		■	■	■	■
	8230	อาคารอนุบาลสัตว์น้ำ		■	■	■	■
	8310	คอกปศุสัตว์		■	■	■	■

■ เข้ากันได้กับท่าอากาศยาน ■ เข้ากันไม่ได้กับท่าอากาศยาน

(1) ไม่ควรให้มีการก่อสร้างอาคาร ยกเว้นอาคารสิ่งปลูกสร้างนั้นต้องติดตั้งวัสดุลดเสียงจากภายนอกสู่ภายใน (NLR) ได้ 25 เดซิเบลเอ และต้องไม่เป็นอาคารที่ทำด้วยไม้

(2) ไม่ควรให้มีการก่อสร้างอาคาร ยกเว้นอาคารสิ่งปลูกสร้างนั้นต้องติดตั้งวัสดุลดเสียงจากภายนอกสู่ภายใน (NLR) ได้ 30 เดซิเบลเอ และต้องไม่เป็นอาคารที่ทำด้วยไม้

(3) ต้องติดตั้งวัสดุลดเสียง

NLR = SELภายนอก - SELภายใน SEL (Sound Exposure Level) NLR (Noise Level Reduction)

* สัญลักษณ์สีตามประเภทการใช้ประโยชน์อาคารตามข้อกำหนดของผังเมือง

นอกจากนี้ ยังพบว่าในเขตพื้นที่ NEF<30 อาคารสิ่งปลูกสร้างทุกประเภทตามกฎหมายผังเมืองของไทยสามารถปลูกสร้างได้ และจัดเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

4.1.1 จากการติดตามตรวจสอบสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 -2556 พบว่าเส้นเท่าระดับเสียงของท่าอากาศยานฯ ในปี 2551 ปี 2552 ปี 2554 และปี 2555 สถานการณ์ระดับเสียงจากอากาศยานอยู่ระหว่างคาบเกี่ยวและออกนอกกรอบเส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 (เส้นสีเหลือง : NEF 30) บ้างเล็กน้อย สำหรับเส้นเท่าระดับเสียงที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองฯ ประจำปี พ.ศ. 2556 ยังอยู่ในกรอบตามมติคณะรัฐมนตรี

4.1.2 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยรวมแล้วหมู่บ้านจัดสรรพบมากในบริเวณด้านใต้ ที่เส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 ตามแนวถนนเทพารักษ์ เนื่องจากในพื้นที่ด้านใต้ถนนเทพารักษ์ ยังมีพื้นที่ว่างและสามารถสร้างเป็นที่อยู่อาศัยได้อีก สำหรับด้านเหนือของท่าอากาศยานฯ ในเขตกรุงเทพฯ นั้น มีการขยายตัวของชุมชนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีการขยายตัวของคลังสินค้าเพิ่มขึ้นในแนวเส้นเท่าระดับเสียง NEF 30

4.1.3 จากการจัดทำรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานทำให้ได้รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเส้นเท่าระดับเสียง NEF<30, NEF30-35, NEF35-40 และ NEF >40 โดยพบว่า ในเขตพื้นที่ NEF<30 อาคารสิ่งปลูกสร้างทุกประเภทตามกฎหมายผังเมืองของไทยนั้นสามารถปลูกสร้างได้ และจัดเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน และถึงแม้ว่าพื้นที่ NEF>30 จะมีปัญหาในเรื่องผลกระทบด้านเสียงที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน และไม่เหมาะเป็นพื้นที่อยู่อาศัย รวมถึงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อ่อนไหวต่อมลพิษทางเสียง เช่น สถานศึกษา สถานพยาบาล วัด เป็นต้น แต่สามารถพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวไปสู่รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นที่เข้ากันได้กับสนามบิน เช่น เขตอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบิน สถานีขนถ่ายสินค้า โกดังสินค้า เป็นต้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการจัดการปัญหามลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอย่างยั่งยืนและเป็นรูปธรรมนั้น ได้แก่

4.2.1 ควรติดตามตรวจสอบสถานการณ์ระดับเสียงจากอากาศยานบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ เป็นประจำทุกปีโดยให้ความสำคัญกับค่าระดับเสียงในพื้นที่สุ่มเสี่ยงที่จะออกนอกกรอบตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 และ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์ระดับเสียงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น หรือสัดส่วนการใช้ทางวิ่งทั้งทางด้านฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกที่เปลี่ยนไป หรือกรณีการปิดซ่อมบำรุงรักษาทางวิ่งด้านใดด้านหนึ่ง ดังนั้นควรมีการทบทวนหรือจัดทำเส้นเท่าระดับเสียงใหม่เพื่อเสนอคณะรัฐมนตรี ทั้งนี้เพื่อให้สถานการณ์ระดับเสียงสอดคล้องกับความเป็นจริงและเพื่อเป็นการปกป้องสุขภาพของประชาชนในระยะยาวด้วย

4.2.2 ควรนำเสนอรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบินต่อคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เพื่อประกาศเป็นแนวทาง (Guidelines) รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมต่อท่าอากาศยานต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมกับท่าอากาศยานอื่นๆ ทั่วประเทศ เพื่อการแก้ไขป้องกันปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานต่อประชาชนที่มีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมชัดเจน

4.2.3 ควรมีการแต่งตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานหลักจำนวน 3 หน่วยงาน ได้แก่ 1) กระทรวงคมนาคม 2) กระทรวงมหาดไทย และ 3) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อกำกับดูแลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าของสถานที่ทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียง ตลอดจนบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2557). **สัญลักษณ์ในผังเมืองรวม.** [Online]. Available from: http://www.dpt.go.th/knowledges/TCplanning/symbol/symbol.html (5 January, 2015)

2. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2553) . **การคำนวณระดับเสียงเฉลี่ยช่วงเวลากลางวัน เย็น กลางคืน (L_{dn} และ L_{den}).** [Online]. Available from: http://aqnis.pcd.go.th/node/4467. (30 July, 2013)

3. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2544). **มลพิษทางเสียง** (Noise pollution). กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

4. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2551). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง ผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.** กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปทุมธานี.

5. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2553). **รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการขยายทางวิ่งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.** กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ปทุมธานี.

6. Airports of Thailand PLC. (2009). **Revised Master Plan for Suvarnabhumi Airport, Final Report April 2009 Volume II.** Airport Development Options Airports of Thailand PLC. Bangkok.

7. Federal Aviation Administration (FAA) (2007). **Airport Incompatible Land Use** [Online]. Available from: http://www.faa.gov/airports/resources/publications/orders/compliance_5190_6/media/5190_6b_chap20.pdf (5 January 2015)

8. Federal Aviation Administration (FAA) (2011). **Land Use Compatibility and Airports, a Guide for Effective Land Use Planning.** [Online]. Available from: http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/noise_emissions/planning_toolkit/media/III.B.pdf (5 January 2015).

9. International Civil Aviation Organization (2004). **Guidance on the Balanced Approach to Aircraft** Noise Management_Ed1-04_OCR. [Online]. Available from: http://www.icao.int/Meetings/EnvironmentalWorkshops. (5 January 2015)

9

การศึกษาปัญหากลิ่นและสารพิษจากแหล่งทิ้งขยะชุมชน

Study on Odor and Toxic Compounds Emissions from Municipal Solid Waste

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษาปัญหากลิ่นและสารพิษจากแหล่งทิ้งขยะชุมชน
Study on Odor and Toxic Compounds Emissions from Municipal Solid Waste

วรรณา เลาวกุล ศิรพงษ์ สุขทวี เพลินพิศ พงษ์ประยูร ศุภนุช รสจันทร์
สุธีระ บุญญาพิทักษ์ อดุลย์เดช ปัดภัย รุ่งระวี คงสงค์ และ นิรัน เปี่ยมใย
Wanna Laowagul, Sirapong Sooktawee, Plernpis Pongprayoon, Supanut Rosjun,
Suteera Boonyapitak, Aduldech Padpai, Rungrawee Kongsong and Nirun Piamyai

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : wlaowagul@yahoo.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหากลิ่นและสารพิษจากแหล่งทิ้งขยะชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดและประเมินอัตราการระบายของสารพิษกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งทิ้งขยะชุมชน ต่อพื้นที่ ต่อเวลา รวมทั้งประเมินการกระจายตัวของกลิ่นโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ WRF-CALPUFF ในการศึกษานี้ได้เลือกแหล่งฝังกลบขยะเทศบาลหัวหิน เป็นโครงการนำร่อง ซึ่งแหล่งฝังกลบขยะนี้ประกอบด้วยขยะชุมชนและขยะอุตสาหกรรมการเกษตร และได้ติดตั้ง Static chamber เพื่อใช้ในการประเมินอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ ต่อเวลา ทำด้วยอะคริลิก ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 40 x 40 x 40 เซนติเมตร ครอบลงบนขยะ คิดเป็นพื้นที่ 0.16 ตารางเมตร และมีปริมาตร 0.064 ลูกบาศก์เมตร และทำการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระบายออกมาด้วยถังเก็บตัวอย่างอากาศทุกๆ 3 ชั่วโมง (9:00-12:00, 12:00-15:00, 15:00-18:00) จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเครื่อง preconcentrator - gas chromatography mass spectrometer ผลการศึกษาพบว่ามีสารอินทรีย์ระเหยง่าย 37 ชนิด แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน กลุ่มฮาโลจิเนเตทไฮโดรคาร์บอน กลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน และกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดย พบสาร ไอโซบิวทีน และ เพนเทน มีความเข้มข้นสูงในกลุ่มอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน สาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน และ ไดคลอโรมีเทน มีความเข้มข้นสูงในกลุ่มฮาโลจิเนเตทไฮโดรคาร์บอน สารอะซีโตน 2-เพนทาโนน และเฮกซาแนล มีความเข้มข้นสูง ในกลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน สารเมทธา-พาราไซลีน เอทธิลเบนซีน สไตรีน และออร์โธ-ไซลีน มีความเข้มข้นสูง ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และจากการศึกษานี้พบว่าสารอะซีโตนมีอัตราการระบายออกมาสูงที่สุดจากโซนขยะสด คิดเป็น 53.01% ของอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด 37 ชนิด รองลงมาเป็นสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน และเมทธา-พาราไซลีน คิดเป็น 14.44% และ 4.88% ตามลำดับ สำหรับโซนขยะเก่า พบว่า สาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน มีอัตราการระบายออกมาสูงที่สุด คิดเป็น 19.07% ของอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด 37 ชนิด รองลงมาเป็นสารไดคลอโรมีเทน และอะซีโตน คิดเป็น 15.70% และ 11.05% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากโซนขยะสดสูงกว่าโซนขยะเก่าประมาณ 7.9 เท่า นอกจากนี้ ได้ใช้อัตราส่วนของเบนซีนต่อโทลูอีนเพื่อประเมินชี้บ่งแหล่งกำเนิดจากแหล่งฝังกลบขยะ พบว่า อัตราส่วนของเบนซีนต่อโทลูอีน มีค่าอยู่ในช่วง 0.07-0.14 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของประเทศอื่นๆ เช่น ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศสเปน สำหรับการประเมินการกระจายตัวของกลิ่นจากแหล่งฝังกลบขยะ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ WRF-CALPUFF พบว่าการกระจายตัวของกลิ่นขึ้นอยู่กับอุตุนิยมวิทยา มีทิศทางการกระจายตัวเปลี่ยนแปลงในรอบรายวันตามลักษณะของลม โดยการกระจายตัวของกลิ่นในภาพรวมที่มีระดับความเข้มกลิ่นประมาณ 30 OU ซึ่งยังไม่เกินมาตรฐานค่าความเข้มกลิ่น จะอยู่ในรัศมี 2 กิโลเมตร โดยส่วนใหญ่กระจายตัวไม่ถึงชายหาดและไม่ส่งผลกระทบต่อนักท่องเที่ยว

คำสำคัญ: กลิ่น สารพิษ สารอินทรีย์ระเหยง่าย แหล่งทิ้งขยะชุมชน

Abstract

The study on odor and toxic compounds emissions from municipal solid waste was carried out in order to estimate emission flux of VOCs and evaluated the distribution of odor from municipal solid waste landfill using WRF-CALPUFF model. Hua Hin sanitary landfill was selected as pilot project. This landfill consists of domestic and agro-industrial wastes. Cubic static chamber was used to study the emission flux of VOCs from surface flux of landfill. The surface area and volume of static chamber are 0.16 m^2 and 0.064 m^3, respectively. VOCs samples were taken from the static chambers using evacuated canisters every 3 hours (9:00-12:00, 12:00-15:00, 15:00-18:00). All of samples were analyzed by preconcentrator and gas chromatography/mass spectrometer. From the result of this study was found 37 VOCs. These VOCs were classified into 4 groups; aliphatic hydrocarbons, halogenated hydrocarbons, oxygenated hydrocarbons and aromatic hydrocarbons. The findings from this study revealed that several VOCs were mainly contributors to the total emission profile such as isobutene and pentane in aliphatic hydrocarbons group, 1,2-dichlroethane and dichloromethane in halogenated hydrocarbons group, acetone, 2-penhtanone and hexanal in oxygenated hydrocarbon group, m-,p-xylene, ethylbenzene, toluene, styrene and o-xylene in aromatic hydrocarbons group. Acetone was highest contributed to the total emission flux of from fresh landfill zone accounting for 53.01%, followed by 1,2-dichloroethane and m-,p-xylene, accounting for 14.44% and 4.88%, respectively. For old landfill zone, 1,2-dichloroethane was highest contributed to the total emission flux of accounting for 19.07%, followed by dichloromethane and acetone, accounting for 15.70% and 11.05%, respectively. The finding of this study found that emission rate of VOCs from the fresh landfill zone was higher than old landfill about 7.9 times. In additional, benzene to toluene ratio (B:T) was evaluated as indicator of emission source from landfill . The result of B:T ratio was ranged from 0.07 to 0.14 that is compomparable to the other countries such as South Korea, USA and Spain. For evaluation of the distribution of odor from landfill using WRF-CALPUFF model, it was found that the distribution of odor depended on characteristic of wind. The distribution of the overall odor concentration of approximately 30 OU was within 2 kilometers which the distribution of odor did not reach to the beach and there was no affect to tourists.

Keywords: Odor, Toxic, Volatile organic compounds, Emission flux, Municipal Solid Waste landfill

1. บทนำ

รอบ 10 ปีที่ผ่านมา ปัญหาขยะยังคงทวีความรุนแรงมากขึ้น และกลายเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย อันเนื่องมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรของประเทศ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคของคนไทย ทำให้แนวโน้มขยะเพิ่มขึ้นทุกปี ในการจัดการขยะมีทั้งกฎหมายและแผนการจัดการขยะแห่งชาติ เพื่อใช้เป็นกรอบและแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจัดการขยะในภาพรวมของประเทศ และมีการกำหนดนโยบายให้มีการบริหารจัดการขยะแบบครบวงจรโดยใช้เทคโนโลยีผสมผสานหลายวิธี ตั้งแต่การควบคุมอัตราการเกิดขยะให้น้อยลง พร้อมทั้งส่งเสริมให้มีการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนสนับสนุนให้ภาคเอกชนและประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการระบบและแก้ไขปัญหามากขึ้น อย่างไรก็ตาม การจัดการขยะอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลเมื่อปี 2556 มีเพียงประมาณ 7.4 ล้านตัน หรือร้อยละ 27 ของปริมาณขยะทั่วประเทศ และมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ ประมาณ 5.1 ล้านตัน หรือ ร้อยละ 19 สาเหตุอันเนื่องมาจากการดำเนินงานจัดการขยะ การให้บริการเก็บขน และการกำจัดขยะในประเทศไทยยังขาดประสิทธิภาพ และไม่สามารถดำเนินการได้อย่างทั่วถึง ระบบกำจัดขยะบางแห่งยังไม่ถูกหลักสุขาภิบาล การดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการบริหารจัดการขยะประสบปัญหาขาดแคลนงบประมาณและกำลังคนในการจัดการ ขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการและการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม รวมทั้ง

เกิดความขัดแย้งในการดำเนินงาน และปัญหาขยะนอกเขตเทศบาล ยังคงใช้วิธีเก็บรวบรวมจากแหล่งชุมชนมากองรวมบนพื้นดินในพื้นที่ว่างๆ แล้วปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติ ไม่มีการกำจัดตามหลักการสุขาภิบาล หรืออาจมีการเผากลางแจ้ง จากปัญหาการจัดการแหล่งทิ้งขยะชุมชนที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและขาดประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการหมักหมมและเน่าสลายของขยะ ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นและสารพิษ เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่มซัลไฟด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนไตร แอลกอฮอล์ คีโตน เอสเตอร์ และอะโรมาติก สารบางชนิดก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนและบางชนิดมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน นอกจากนี้ยังมีก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก ส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินการศึกษากลิ่นและสารพิษจากแหล่งฝังกลบขยะชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และอัตราการระบายของสารพิษกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จากแหล่งทิ้งขยะชุมชน และศึกษาการกระจายตัวของกลิ่น โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษานี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างความตระหนักและปลูกจิตสำนึกให้แก่ประชาชนและผู้ที่เกี่ยวข้องลดการทิ้งขยะหรือจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพและถูกหลักสุขาภิบาล

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ใช้แหล่งฝังกลบขยะของเทศบาลหัวหิน เป็นพื้นที่ศึกษานำร่อง ตั้งอยู่ที่ละติจูด (Latitude) 12.572603 ลองติจูด (Longitude) 99.95853 ขนาดพื้นที่ฝังกลบ 90 ไร่ (144,000 ตารางเมตร) แบ่งเป็น 4 โซน คือ โซน A เท่ากับ 9.3 ไร่ (14,880 ตารางเมตร) โซน B เท่ากับ 18.3 ไร่ (29,280 ตารางเมตร) โซน C เท่ากับ 27.1 ไร่ (43,360 ตารางเมตร) และ โซน D เท่ากับ 35.3 ไร่ (56,480 ตารางเมตร) ระยะเวลาดำเนินการประมาณ 19 ปี สามารถรองรับขยะได้ประมาณ 120-150 ตัน/วัน เป็นขยะจากชุมชนและอุตสาหกรรมการเกษตร จำนวนชั้นของการฝังกลบ 4 ชั้น สูงชั้นละ 1.7-2.0 เมตร องค์ประกอบขยะ มีสัดส่วนของขยะเปียกประมาณ 48.36% กระดาษ 31.77% พลาสติก 17.12% โลหะ 0.35% และอื่นๆ 2.4% (เทศบาลหัวหิน, 2548)

2.2 ทดสอบหาชนิด ปริมาณ และอัตราการระบาย (Emission Hux) ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ต่อเวลาจากแหล่งฝังกลบขยะ

การศึกษาหาชนิด ปริมาณ และอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ต่อเวลาจากแหล่งฝังกลบขยะ ทำโดยติดตั้ง Static chamber ทำด้วยอะคริลิก ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 40 x 40 x 40 เซนติเมตร ครอบลงบนพื้นผิวขยะ คิดเป็นพื้นที่ 0.16 ตารางเมตร และมีปริมาตร 0.064 ลูกบาศก์เมตร ดังรูปที่ 1 จำนวน 2 โซน คือ โซน A เป็นโซนที่มีการนำขยะสดมาทิ้งทุกวัน และ โซน B เป็นโซนที่มีขยะเก่าสะสมเป็นส่วนใหญ่ประมาณ 10 ปี และมีขยะสดบริเวณริมโซน B แต่ละโซนทำการติดตั้ง Static chamber ครอบบนพื้นผิวแหล่งฝังกลบขยะจำนวน 2 จุด โดยเปิดพัดลมและปิดวาล์วที่อยู่ส่วนบน Static chamber ประมาณ 15 นาที เพื่อให้สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระเหยออกมาจากพื้นผิวบ่อขยะฝังกลบมีการผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำการเปิดวาล์วและเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายทุก 3 ชั่วโมง (9:00-12:00, 12:00-15:00, 15:00-18:00) ด้วยการต่อท่อเทฟลอน (Teflon) เข้ากับถังเก็บตัวอย่างอากาศ (Canister) พร้อมวัดอุณหภูมิภายใน chamber แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง Preconcentrator-GC/MS ดังรูปที่ 2 จากนั้นประเมินอัตราการระบาย (Emission Flux) ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ต่อเวลาจากสมการที่ 1 และ 2

$$E = (V/A) \times (dc/dt) \qquad \text{..... (1)}$$

โดยที่ E = อัตราการระบาย (Emission flux) หน่วย ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง

V = ปริมาตรของ Static chamber (ลูกบาศก์เมตร)

A = พื้นที่ผิวของ Static chamber (ตารางเมตร)

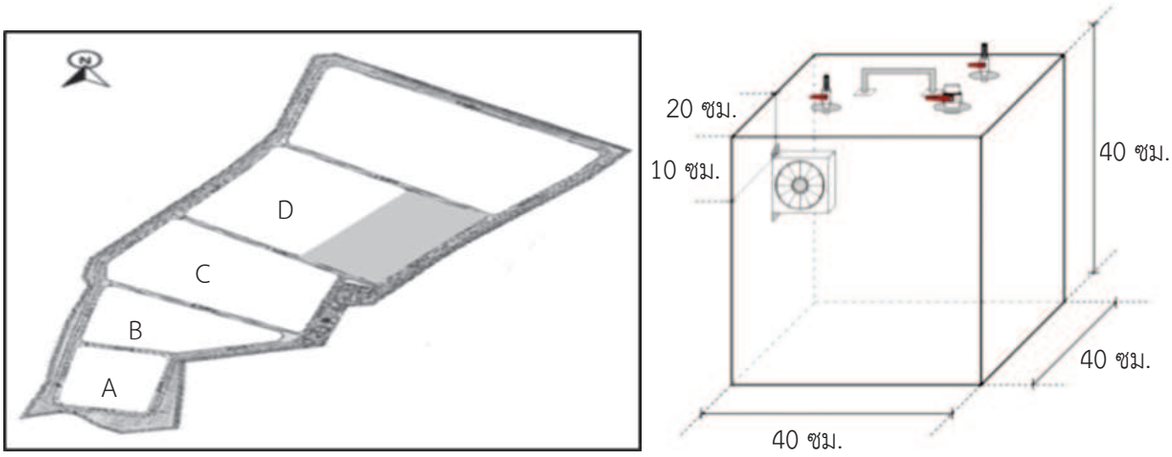
dc/dt = ความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

$$E' = \left(\frac{273}{T + 273}\right)\left(\frac{P}{1013}\right) \qquad \text{.....(2)}$$

โดยที่ E' = อัตราการระบาย (ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)

T = อุณหภูมิใน Static chamber (องศาเซลเซียส)

P = ความดันบรรยากาศ (มิลลิบาร์)



รูปที่ 1 แสดงแหล่งฝังกลบขยะ และ Static chamber

รูปที่ 2 แสดงเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งฝังกลบขยะ

2.3 ประเมินการกระจายตัวของกลิ่นจากแหล่งฝังกลบขยะ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตุนิยมวิทยาร่วมกับแบบจำลองคุณภาพอากาศ

ในการศึกษานี้ใช้แบบจำลอง WRF-CALPUFF (WRF model version 3.5.1 และ CALPUFF model version 3.6) ในการจำลองการกระจายตัวของกลิ่น โดยที่แบบจำลอง WRF ได้ใช้ตัวเลือกทางฟิสิกส์ ในแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย (Kaewmesri P., 2012) โดยทำการจำลองเพื่อสร้างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมประเทศไทย ด้วยแบบจำลอง WRF โดยมีจำนวนกริดเซล 100x100 151x151 และ 73x73 ตามลำดับ และขนาดความละเอียดเท่ากับ 54 18 และ 6 กิโลเมตร ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ความละเอียด 6 กิโลเมตร นำเข้าแบบจำลอง CALPUFF โดยทำการจำลองที่ความละเอียด 500x500 เมตร มีจำนวน 150x150 กริดเซล และใช้ข้อมูลอัตราการระบายที่อยู่ในหน่วยกลิ่น (OU) จากการศึกษาของ Sironi S., et al., (2005) เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาอัตราการระบายที่อยู่ในรูป Odor Unit (OU) นอกจากนี้ได้ทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศและตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยา ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่

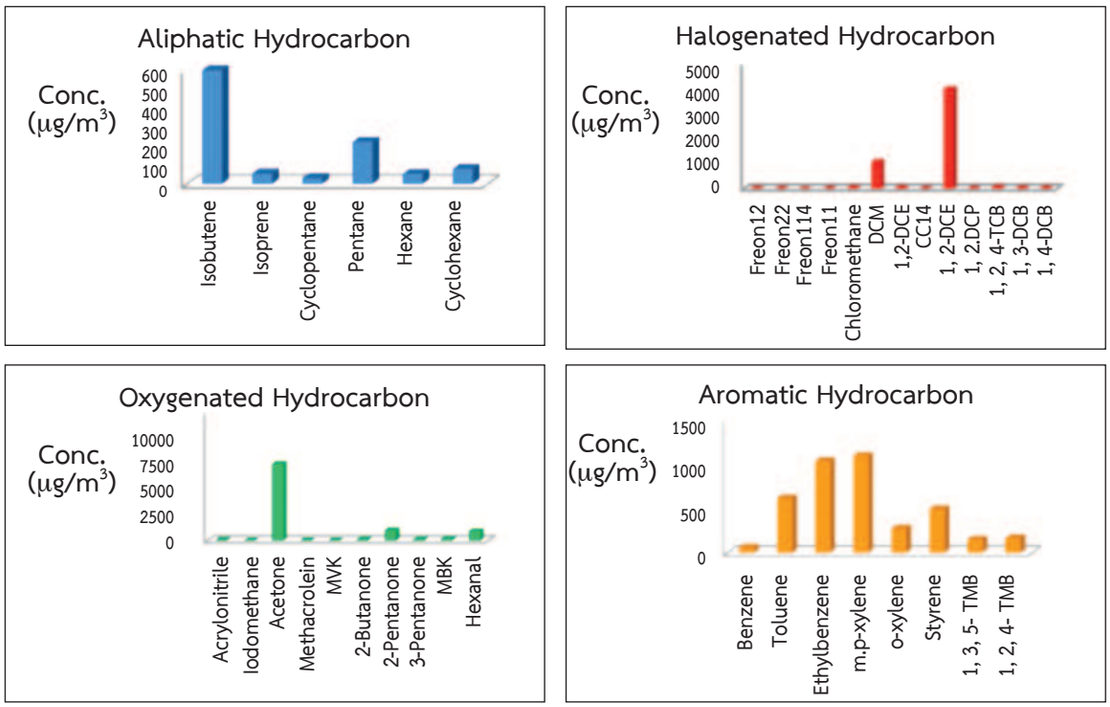
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ชนิด ปริมาณ และค่าอัตราการระบายของสารพิษกลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ต่อเวลา

ผลการศึกษาพบว่ามีสารอินทรีย์ระเหยง่าย 37 ชนิด แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (2) กลุ่มฮาโลจิเนเตทไฮโดรคาร์บอน (3) กลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน (4) กลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบเด่นๆ และมีความเข้มข้นสูงในแต่ละกลุ่ม สรุปได้ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 4 และอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อพื้นที่ต่อเวลา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจพบจากแหล่งฝังกลบขยะชุมชน

กลุ่มสารอินทรีย์ระเหยง่าย	ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบเด่นๆ และมีความเข้มข้นสูง
กลุ่มสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน	Isobutene และ Pentane
กลุ่มฮาโลจิเนเตทไฮโดรคาร์บอน	1,2-Dichloroethane และ Dichloromethane
กลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน	Acetone, 2-Pentanone และ Hexanal
กลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	m-p-Xylene, Ethylbenzene, Styrene และ o-Xylene



รูปที่ 4 แสดงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้จากพื้นผิว (Surface area) ของแหล่งฝังกลบขยะที่ระเหยเข้าสู่ Static chamber

จากตารางที่ 2 พบว่า สารอะซีโตนมีอัตราการระบายออกมาสูงที่สุดจากโซน A ซึ่งเป็นโซนขยะสด คิดเป็น 53.01% ของอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด 37 ชนิด รองลงมาเป็นสาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน และเมทธา-พาราไซลีน คิดเป็น 14.44% และ 4.88% ตามลำดับ สำหรับโซน B ซึ่งเป็นโซนขยะเก่า พบว่า สาร 1,2-ไดคลอโรอีเทน มีอัตราการระบายออกมาสูงที่สุด คิดเป็น 19.07% ของอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด 37 ชนิด รองลงมาเป็นสารไดคลอโรมีเทน และอะซีโตน คิดเป็น 15.70% และ 11.05% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของประเทศสเปน และเมื่อเปรียบเทียบโซนขยะสด (โซน A) และโซนขยะเก่า (โซน B) พบว่า อัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดที่ตรวจวัดได้บริเวณโซนขยะสดมีอัตราการระบายสูงกว่าบริเวณโซนขยะเก่าประมาณ 7.9 เท่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโซนขยะเก่า (โซน B) มีจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์จากแหล่งฝังกลบขยะเป็นระยะเวลานานประมาณ 10 ปี จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายลดลง นอกจากนี้ ได้ใช้อัตราส่วนของเบนซีนต่อโทลูอีนเพื่อประเมินชี้บ่งแหล่งกำเนิดจากแหล่งฝังกลบขยะพบว่า อัตราส่วนของเบนซีนต่อโทลูอีน มีค่าอยู่ในช่วง 0.07-0.14 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของประเทศอื่นๆ เช่น ประเทศเกาหลีใต้ (0.10-0.20) ประเทศสหรัฐอเมริกา (0.10) ประเทศสเปน (0.2±0.1) เป็นต้น (E. Gallego, 2014, Kim, 2002, 2008, Durmusoglu, 2010)

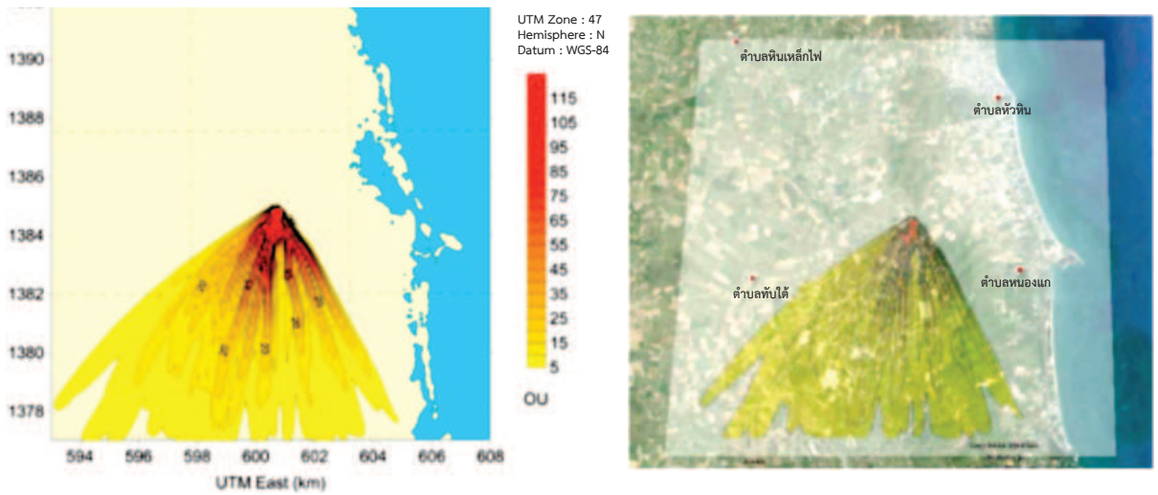
ตารางที่ 2 แสดงอัตราการระบายสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากพื้นผิวแหล่งฝังกลบขยะ

No.	ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	อัตราการระบายเฉลี่ย โซน A (โซนขยะสด) (ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการระบายเฉลี่ย โซน B (โซนขยะเก่า) (ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)
1	1,2,4-Trichlorobenzene	3.34	1.27
2	1,2,4-Trimethylbenzene	4.44	2.75
3	1,2-Dichloroethane	170.79	28.40
4	1,2-Dichloroethene	0.60	4.00
5	1,2-Dichloropropane	0.99	0.00
6	1,3,5-Trimethylbenzene	2.18	3.99
7	1,3-Dichlorobenzene	0.62	0.71
8	1,4-Dichlorobenzene	0.58	1.07
9	2-Butanone	1.47	4.50
10	2-Pentanone	52.87	1.40
11	3-Pentanone	5.10	0.84
12	Acetone	626.84	16.46
13	Acrylonitrile	1.54	0.68
14	Benzene	3.54	0.59
15	Carbon tetrachloride	0.12	0.26
16	Chloromethane	1.85	1.71
17	Cyclohexane	2.18	2.30
18	Cyclopentane	1.76	0.00
19	Dichloromethane	35.34	23.38
20	Ethylbenzene	44.26	14.05
21	Freon11	0.17	0.46
22	Freon114	0.10	0.22
23	Freon12	0.33	0.98
24	Freon22	0.14	0.48
25	Hexanal	45.05	6.50
26	Hexane	2.79	1.62
27	Iodomethane	0.31	0.22
28	Isobutene	29.76	7.47
29	Isoprene	1.65	1.46
30	m,p-xylene	57.66	4.04
31	Methacrolein	1.44	0.33
32	Methyl vinyl ketone	0.92	0.63
33	MIBK	8.28	0.82

No.	ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)	อัตราการระบายเฉลี่ย โซน A (โซนขยะสด) (ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการระบายเฉลี่ย โซน B (โซนขยะเก่า) (ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง)
34	o-xylene	12.68	2.92
35	Pentane	9.74	0.71
36	Styrene	24.99	2.92
37	Toluene	25.98	8.82
อัตราการระบายสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมดที่ตรวจวัดได้		1182.43	148.95

3.2 ประเมินการกระจายตัวของกลิ่นจากแหล่งฝังกลบขยะ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตุนิยมวิทยาร่วมกับแบบจำลองคุณภาพอากาศ

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตุนิยมวิทยา (WRF domain4 ขนาด 100x100 ความละเอียด 16x16 กิโลเมตร) ร่วมกับแบบจำลองคุณภาพอากาศ (CALPUFF) (Jeong S. J., 2011 และ Prueksakorn K., 2014) พบว่า การกระจายตัวของกลิ่นที่ได้จากแบบจำลอง WRF-CALPUFF โดยกำหนดให้มีค่าการปลดปล่อยกลิ่นคงที่ มีการกระจายตัวของกลิ่นขึ้นกับอุตุนิยมวิทยา มีทิศทางการกระจายตัวเปลี่ยนแปลงในรอบรายวันตามลักษณะของลม เช่น ลมบก ลมทะเล รวมทั้งกลิ่นในระดับพื้นผิวกระจายตัวตามลักษณะพื้นที่ไปตามพื้นที่ระหว่างช่องเขา และโดยส่วนใหญ่กระจายตัวไม่ถึงชายหาด โดยการกระจายตัวของกลิ่นในภาพรวมที่มีระดับความเข้มข้นประมาณ 30 OU ซึ่งยังไม่เกินมาตรฐานค่าความเข้มกลิ่น จะอยู่ในรัศมี 2 กิโลเมตร ดังตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 5 ก. ซึ่งเป็นการกระจายตัวของกลิ่นจากแหล่งฝังกลบที่ได้มาจาก Calcuff Model และ ในรูปที่ 5 ข. เป็นการนำผลจาก Model ที่ได้นำมาระบุลงในแผนที่ Google Earth โดยใช้พิกัด UTM เดียวกัน



ก. ข.

รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการกระจายตัวของกลิ่นจากแหล่งฝังกลบขยะหัวหิน

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 ผลการวิจัย

ในการศึกษานี้พบว่ามีสารอินทรีย์ระเหยง่าย 37 ชนิด แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน กลุ่มฮาโลจิเนเตทไฮโดรคาร์บอน กลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน และกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน และสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ตรวจวัดได้มีหลายชนิดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน สไตรีน ไดคลอโรมีเทน 1,2-ไดคลอโรอีเทน และบางชนิดเป็นสารกดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ตับอักเสบ เป็นโรคไต และระบบทางเดินหายใจ เช่น สารอะซีโตน โทลูอีน เอทธิลเบนซีน เป็นต้น และพบว่าอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากโซนขยะสดสูงกว่าโซนขยะเก่าประมาณ 7.9 เท่า ดังนั้น ควรที่จะหันมาช่วยกันลด ละ เลิกการทิ้งขยะ โดยเฉพาะขยะเปียกควรนำไปทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากขยะเปียกเมื่อหมักหมม จุลินทรีย์จะย่อยสลายและทำให้เกิดสารกลุ่มออกซิเจเนเตทไฮโดรคาร์บอน เช่น อะซีโตน แอลกอฮอล์ 2-เพนทาโนน และ เฮกซาแนล เป็นต้น ซึ่งสารในกลุ่มนี้จะออกซิไดซ์ขยะอินทรีย์อื่นๆ ที่มีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน เช่น กระดาษ พลาสติก เป็นสารกลุ่มอะโรมาติก เช่น เบนซิน โทลูอีน ไซลีน เป็นต้น นอกจากนี้จุลินทรีย์ย่อยพลาสติก โฟม ยาง ทำให้เกิดสารสไตรีน เป็นต้น ส่วนสารไดคลอโรมีเทนเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ล้างคราบสี 1,2-ไดคลอโรอีเทนเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่มีสารล้างคราบไขมัน คราบสี ทำความสะอาดหนัง และอิเล็กทรอนิกส์ ยาฆ่าแมลง เป็นต้น (Tassi, 2009)

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุปสรรคในการนำแนวทาง/นโยบายการจัดการขยะของภาครัฐและแผนการจัดการขยะแห่งชาติหรือนโยบายที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่มีอยู่ไปใช้ในทางปฏิบัติ เพื่อหาสาเหตุหลักของอุปสรรคดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาบ่อขยะหรือแหล่งทิ้งขยะหลายพื้นที่ยังขาดการจัดการที่ดีพอ แม้ว่าจะมีทั้งกฎหมายและแผนการจัดการขยะแห่งชาติ

4.2.2. ในการศึกษาการกระจายตัวของกลิ่นโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีข้อจำกัดเนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลอัตราการระบายกลิ่น ในการศึกษานี้จึงได้ใช้ค่าอัตราการระบายจากต่างประเทศ และเป็นการทดลองเพื่อดูความเป็นไปได้ที่จะนำแบบจำลองมาใช้ในการบริหารจัดการปัญหาของกลิ่นจากบ่อขยะชุมชน เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพหรือระดับการยอมรับได้ของแบบจำลอง ดังนั้น ควรมีการศึกษาถึงค่าอัตราการระบายกลิ่น (Emission Factor) สำหรับประเทศไทย และควรมีเครื่องมือ Olfactometer สำหรับตรวจวัดระดับกลิ่น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณนายกเทศมนตรีและเจ้าหน้าที่เทศบาลหัวหิน ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการเข้าพื้นที่ทดสอบหาชนิดและอัตราการระบายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากแหล่งฝังกลบขยะเทศบาลหัวหิน และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของ บริษัทพาราไซแอนติฟิก จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์นำเครื่องมือ TridionTM-9 GCMS ไปตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเบื้องต้น บริเวณแหล่งฝังกลบขยะเทศบาลหัวหิน

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2556. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2556. ISBN 978-616-316-197-0.

2. Health Protection Agency. 2011. Impact on Health of Emissions from Landfill Sites. Advice from the Health Protection Agency. Documents of the Health Protection Agency. July 2011. ISBN 978-0-85-951-704-1.

3. Jeong S. J. (2011). “Calpuff and Aermod Dispersion Models for Estimating Odor Emissions from Industrial Complex Area Sources.” Asian Journal of Atmospheric Environment 5: 1-7.

4. Hua Hin Municipality Records. (2005); Feasibility Study and Detailed Design of Integrated Waste Management of Hua Hin Municipality (in Thai), Hua Hin, Thailand.

5. Prueksakorn K., Kim T.-H., Vongmahadlek C. (2014). “Applications of WRF/CALPUFF Modeling System and Multi-Monitoring Methods to Investigate the Effect of Seasonal Variations on Odor Dispersion: A Case Study of Changwon City, South Korea.” Air Quality, Atmosphere & Health 7: 13-27.

6. Sironi S., Capelli L., Céntola P., Del Rosso R., Il Grande M. (2005). “Odour Emission Factors for Assessment and Prediction of Italian Msw Landfills Odour Impact.” Atmospheric Environment 39: 5387-5394.

7. E.Gallego, J.F.Perales, F.J.ROCA and X,Guardino. (2014). Surface Emission Determianation of Volatile Organic Compounds (VOC) from a Closed Industrial Waste Landfill using a Self-Designed Static Chamber. Science of the Total Environment 470-471: 587-589.

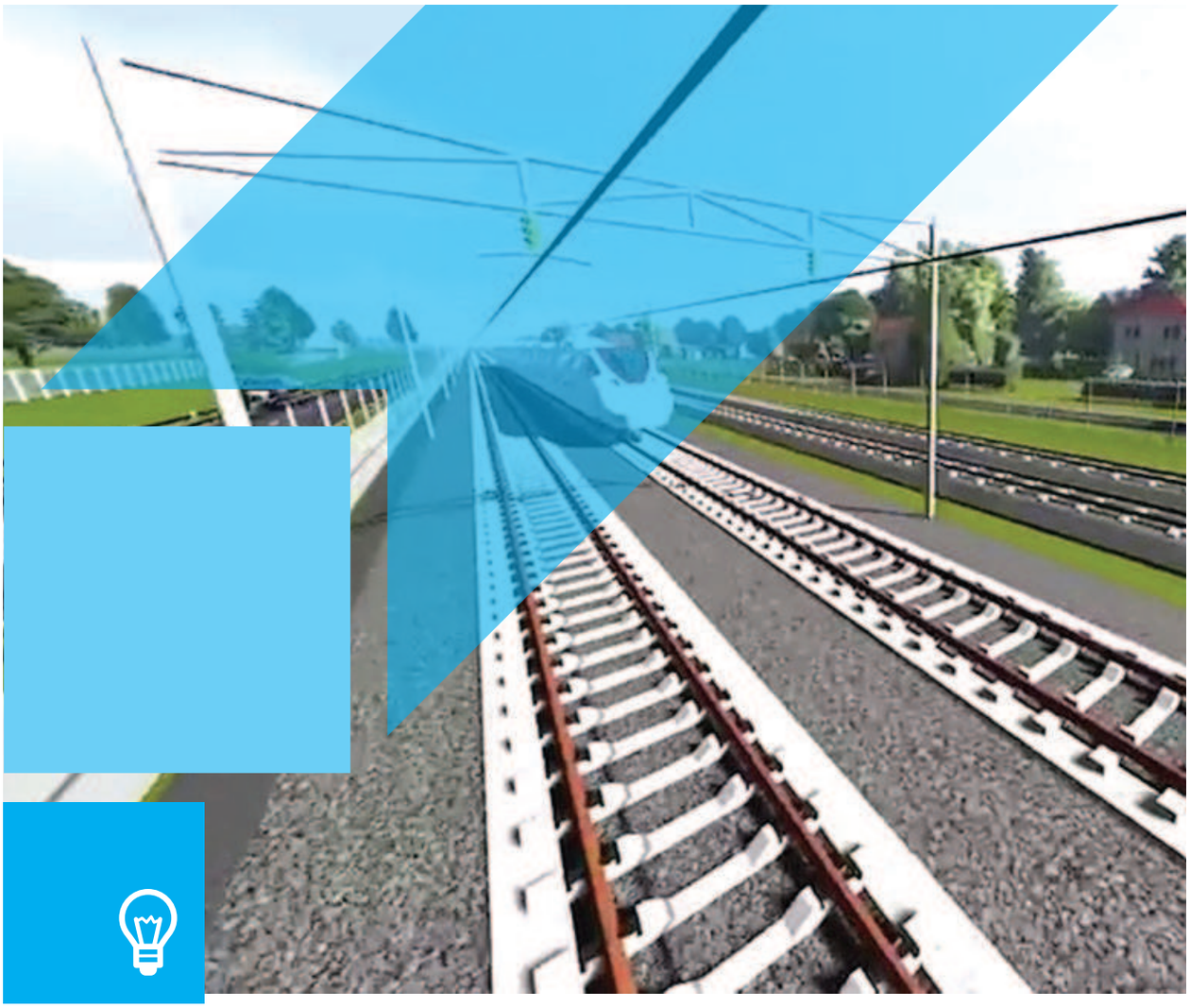
8. Kim K-H, Kim M-Y. (2002). The Distribution of BTEX Compounds in the Ambient Atmosphere of the Nan-Ji-Do Abandoned Landfill Site in Seoul. Atmos Environ 36: 2433-46.

9. Kim K-H, Shon Z-H, Kim M-Y, Sunwoo, Y, Jeon E-C, Hong J-H. (2008). Major Aromatic VOC in the Ambient Air in the Proximity of an Urban Landfill facility. J. Hazard Mater 150:754-64.

10. Durmusoglu, E, Taspinar F, Kardemir A. (2010). Health Risk Assessment of BTEX Emission in the Landfill Environment. J. Hazard Mater 176:870-7.

11. Tassi F, Montegrossi G, Vasseli O, Liccioli C, Moretti S, Nisi B. (2009). Degradation of C2-C5 Volatile Organic Compounds in a Landfill Cover Soil. Sci.Total Environ 407:4513-25.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION



10

การศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟรางคู่ที่มีต่อชุมชน

Study on the Noise Impact of the Double Track Railway System on Community

กลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน

การศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟรางคู่ที่มีต่อชุมชน
Study on the Noise Impact of the Double Track Railway System on Community

วิรัช เอื้อทรงธรรม เจษฎาพร รอดพิพัฒน์ อำนวยชัย คงดี และ ศิวฤทธิ์ โรจนสีมานนท์
Wirach Auesongtham, Jadsadaporn Rodpipat, Amnouychai Kongdee
and Sivarit Rochanasimanon

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : wirachh@hotmail.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟรางคู่ที่มีต่อชุมชน เป็นการศึกษาค่าระดับเสียงจากรถไฟที่อาจส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเส้นทางรถไฟ โดยศึกษาค่าระดับเสียง ประเภทของรถไฟ (รถโดยสารหรือขนส่งสินค้า) ความเร็วและขนาดความยาวของขบวนรถไฟที่ใช้ในปัจจุบัน และได้ดำเนินการออกเก็บข้อมูลใน 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมเส้นทางรถไฟในอำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา และอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม โดยผลการศึกษาที่ได้จะทำให้ทราบผลกระทบของเสียงจากรถไฟในปัจจุบันและข้อมูลระดับเสียงสามารถนำไปใช้ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้คาดการณ์ค่าระดับเสียงรถไฟได้ ข้อมูลการศึกษาพบว่าค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่บริเวณริมเส้นทางรถไฟในอำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและนครปฐม ที่วัดได้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาตรวจวัดค่าระดับเสียงได้ 64.3 และ 65.1 เดซิเบลเอ จังหวัดนครปฐมตรวจวัดค่าระดับเสียงได้ 65.9 และ 66.6 เดซิเบลเอ สำหรับค่าระดับเสียงที่จังหวัดฉะเชิงเทราสามารถวัดได้ 73.9 และ 72.9 เดซิเบลเอ ซึ่งผลการวัดค่าระดับเสียงที่จังหวัดฉะเชิงเทราทั้งสองครั้งจะได้ค่าระดับเสียงเกินมาตรฐานค่าระดับเสียงโดยทั่วไป เนื่องจากมีรถไฟขนส่งสินค้าจำนวนมากกว่าที่อยุธยาและนครปฐม ดังนั้น ควรมีการควบคุมปริมาณการให้บริการรถไฟขนส่งสินค้าหรือติดตั้งอุปกรณ์กั้นเสียงในพื้นที่ที่มีค่าระดับเสียงเกินมาตรฐาน สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับเสียงกับความเร็วของรถไฟแต่ละชนิดนั้นมีค่าน้อยมาก ควรมีการศึกษาและเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

คำสำคัญ : รถไฟรางคู่ ระดับเสียงเฉลี่ย รถไฟขนส่งสินค้า

Abstract

Study on the noise impact of the double track railway system on community was a study of the noise level from trains. Type of train (passenger/cargo), speed and train length were included in the study to find their relationships. Three lines of difference areas were selected to study; Meung Phranakornsriayuthya, Meung Chacherngsao and Meung Nakornpathom. From this study we would know the impact of train noise and its data could be applied to make a noise prediction mathematical model. The result was found that the 24-hr average sound levels at Phranakornsriayuthya and at Nakornpathom were 64.3, 65.1 decibel(A) and 65.9, 66.6 decibel(A) which lower than the Thailand general noise standard that defines the 24-hr noise level should not greater than 70 decibel(A). While for at Chacherngsao such noise level were 73.9, 72.9 decibel (A) which higher than the standard. There might be there were many cargo trains which generated higher noise levels on that day, a good management is needed, for example, controlling amount of train or using noise barrier. And more data should be gathered to study the relationship between noise level and speed of trains.

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบการเดินรถไฟในประเทศไทยเป็นระบบเดินรถไฟแบบรางเดียว (single track) เป็นส่วนใหญ่ประมาณ 92% ของระบบทั้งหมด ที่เหลืออีก 8% เป็นระบบเดินรถไฟแบบรางคู่ (dual tracks) แต่เนื่องมาจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้เกิดความต้องการด้านการใช้รถไฟสำหรับขนส่งสินค้าและการเดินทางมากขึ้น ทำให้การเดินรถไฟด้วยระบบรางเดียวไม่เพียงพอต่อความต้องการขนส่งสินค้าในแต่ละวัน เนื่องจากต้องรอเวลาสับรางทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทางและขนส่งสินค้าและเสี่ยงต่ออุบัติเหตุที่รถไฟจะชนกันมากขึ้น รัฐบาลในอดีตที่ผ่านมาจึงมีนโยบายและแผนในการพัฒนาและก่อสร้างรางรถไฟระบบรางคู่เพิ่มขึ้น

การเดินรถไฟในระบบรางคู่นั้น รถไฟสามารถวิ่งได้ 2 รางโดยไม่จำเป็นต้องรอเวลาสับราง จึงทำให้ปริมาณรถไฟที่วิ่งผ่านรางในแต่ละวันมีเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ผลกระทบด้านเสียงรบกวนจากรถไฟที่วิ่งผ่านชุมชนที่อาศัยใกล้รางรถไฟ ประกอบกับในปัจจุบันมีการขยายตัวของสังคมมาก ทำให้มีผู้ที่พยายามจะเข้าไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้รางรถไฟมีเพิ่มขึ้นทุกวัน เหล่านี้ล้วนทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากเสียงรถไฟต่อบุคคลเหล่านั้น ผลกระทบด้านเสียงหากได้รับในปริมาณที่มากเกินกำหนดจะก่อให้เกิดผลเสียทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ เช่น การสูญเสียการได้ยิน ประสิทธิภาพการรับรู้ลดลง เครียด นอนไม่หลับ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการลดผลกระทบด้านเสียงต่อชุมชน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน จึงจำเป็นต้องมีมาตรการเพื่อลดผลกระทบด้านเสียง อาทิเช่น การออกแบบเครื่องป้องกันเสียง การออกแบบอาคารป้องกันเสียง การกำหนดรูปแบบพื้นที่ใช้สอย การกำหนดความเร็วรถไฟเมื่อผ่านพื้นที่ต้องการความเงียบ เช่น โรงเรียน เป็นต้น เหล่านี้จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ค่าระดับเสียงจากรถไฟ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประกอบการพิจารณาเพื่อวางแผนป้องกันและหามาตรการสำหรับแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งในหลายๆ ประเทศ ในยุโรป เช่น สหราชอาณาจักร เยอรมัน ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับคาดการณ์ระดับเสียงจากรถไฟมาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยกลุ่มอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน จึงได้มีการจัดทำโครงการศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟรางคู่ที่มีต่อชุมชน เพื่อศึกษาผลกระทบของเสียงจากรถไฟที่มีต่อประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเส้นทางรถไฟ และข้อมูลระดับเสียงสามารถนำไปพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้คาดการณ์ค่าระดับเสียงได้ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟที่มีต่อประชาชนที่อาศัยโดยรอบเส้นทางรถไฟรางคู่ และข้อมูลระดับเสียงยังสามารถนำไปพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับรถไฟรางคู่ โดยการศึกษาครั้งนี้จะได้นำวิธีการของประเทศอังกฤษมาเป็นแนวทางการศึกษา เนื่องจากมีรูปแบบ วิธีการที่เข้าใจง่าย นั่นคือ “Calculation of Railway Noise” (CRN) มาศึกษาร่วมกับ “ISO 9613 – 2 วิธีการทำนายระดับเสียงในสิ่งแวดล้อม” เพื่อให้สามารถพัฒนาแบบจำลองคาดการณ์ระดับเสียงรถไฟที่เหมาะสมกับประเทศไทย โดยในการศึกษานี้จะทำการเก็บข้อมูลระดับเสียงจากรถไฟ พร้อมเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและลักษณะของรถไฟในประเทศไทย ดังนี้

- ชนิดหัวรถจักรที่มีใช้งานในปัจจุบันมี 3 ยี่ห้อ คือ ALSTHOM, HITACHI และ GE
- ชนิดของรถดีเซลราง มีดังนี้ THN, NKF, Sprinter และ Daewoo
- ประเภทรถไฟ แบ่งเป็น ขบวนรถโดยสารกับขบวนรถสินค้า
- ความยาวหรือจำนวนโบกี้รถไฟ
- ความเร็วรถไฟ
- ประเภทหมอนรองรถไฟ แบ่งเป็นไม้กับคอนกรีต

โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์ผลเพื่อให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับคาดการณ์ระดับเสียงรถไฟรางคู่และสามารถใช้คำนวณหาค่าระดับเสียงจากรถไฟในพารามิเตอร์ LAeq 1 ชั่วโมง และ Leq ในรูปแบบ octave band ได้ โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

1. เครื่องวัดระดับเสียง 01dB รุ่น Duo	จำนวน	3	เครื่อง
2. เครื่องวัดระดับเสียง 01dB รุ่น Blue SOLO	จำนวน	2	เครื่อง
3. เครื่องวัดระดับเสียง RION รุ่น NL-31	จำนวน	3	เครื่อง
4. เครื่องวัดความเร็วและระยะทางแบบ Laser	จำนวน	1	เครื่อง
5. ขาตั้งสำหรับไมโครโฟนความสูง 6 เมตร	จำนวน	1	อัน
6. ขาตั้งสำหรับไมโครโฟนความสูง 3 เมตร	จำนวน	4	อัน
7. เทปวัดระยะทาง	จำนวน	1	อัน

และมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาข้อมูลรายละเอียดชนิดของหัวรถจักร ชนิดของตู้โดยสาร ตู้ขนส่งสินค้า ขนาดรางรถไฟและข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

2. วางแผนและสำรวจพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลระดับเสียงในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยที่มีรถไฟรางคู่วิ่งผ่าน ได้แก่ นครปฐม ฉะเชิงเทรา และพระนครศรีอยุธยา

3. จัดเตรียมเครื่องมือ แบบสอบถามและวางแผนการเก็บตัวอย่างข้อมูลระดับเสียง

4. เก็บข้อมูลเป็นค่าระดับเสียง L_p ในรูปแบบ Octave band ใช้การถ่วงน้ำหนักเวลาแบบ fast ตรวจวัดในขณะรถไฟวิ่งผ่านแต่ละขบวน บันทึกข้อมูลระดับเสียงของขบวนรถไฟแต่ละชนิด จำนวนตู้โดยสารหรือตู้สินค้า ประเภทและชนิดหมอนราง ความเร็วของรถไฟขณะแล่นผ่านจุดตรวจวัด โดยติดตั้งไมโครโฟนวัดเสียงที่ระยะ 25 เมตร ในแนวตั้งฉากกับรางรถไฟ สูงจากพื้นประมาณ 1.2 เมตร และรอบแนวรัศมีไมโครโฟนในระยะ 50 เมตร ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางหรือสิ่งสะท้อนเสียง

5. วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลระดับเสียงที่ได้จากการตรวจวัด

6. นำผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และประมวลผลจากข้อ 5) มาประเมินผลกระทบที่มีต่อชุมชนโดยรอบเส้นทางรถไฟและศึกษาการคาดการณ์ค่าระดับเสียงจากรถไฟ

7. สรุปและจัดทำรายงานผลการศึกษา

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

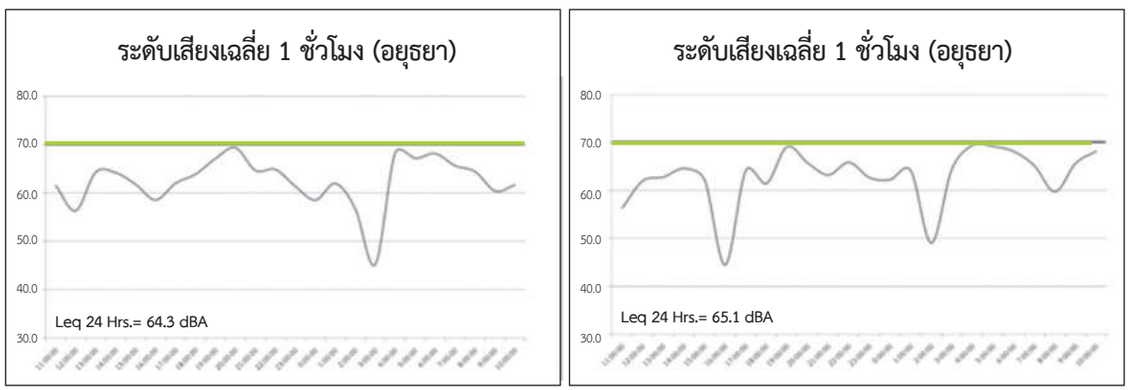
ในปี 2557 การรถไฟแห่งประเทศไทยมีรางรถไฟแบบรางคู่ที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมด 4 เส้นทาง คือเส้นทางสายเหนือตั้งแต่รังสิตถึงสถานีลพบุรีมีระยะทางประมาณ 104 กิโลเมตร สายตะวันออกเฉียงเหนือจากชุมทางบ้านภาชีถึงสถานีรถไฟมาบกะเบา ระยะทางประมาณ 44 กิโลเมตร สายตะวันออกจากกรุงเทพฯ ถึงสถานีแหลมฉบัง ระยะทางประมาณ 123 กิโลเมตร และเส้นทางสายใต้จากสถานีบางซื่อถึงสถานีนครปฐมมีระยะทางประมาณ 56 กิโลเมตร รวมเป็นระยะทางทั้งหมด 327 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 8.4 ของเส้นทางรถไฟที่มีทั่วประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟจึงได้มีการออกเก็บข้อมูลระดับเสียงในเบื้องต้น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่จุดตรวจวัดเสียงริมเส้นทางรถไฟในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พื้นที่จุดตรวจวัดเสียงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา และพื้นที่จุดตรวจวัดเสียงในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

รูปที่ 1 แสดงเส้นทางรถไฟรางคู่ที่มีใช้งานในประเทศไทย

ผลการศึกษาค่าระดับเสียง

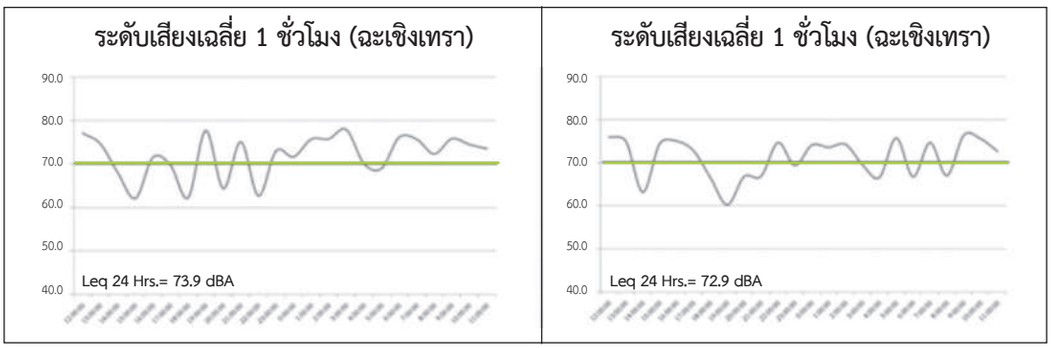
ในการศึกษาค่าระดับเสียงได้มีการตรวจวัดระดับเสียงและเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ความเร็วของขบวนรถไฟ จำนวนตู้โดยสารหรือตู้สินค้า ชนิดของหัวรถจักร เป็นต้น ของรถไฟแต่ละขบวนที่แล่นผ่านจุดตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

1) จุดตรวจวัดระดับเสียงเขตอำเภอเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถตรวจวัดระดับเสียงและเก็บข้อมูลรถไฟได้จำนวนทั้งสิ้น 126 ขบวน โดยแบ่งเป็นขบวนรถไฟโดยสารจำนวน 122 ขบวน และขบวนรถไฟขนส่งสินค้าจำนวน 4 ขบวน และค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 64.3 เดซิเบลเอ และ 65.1 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2



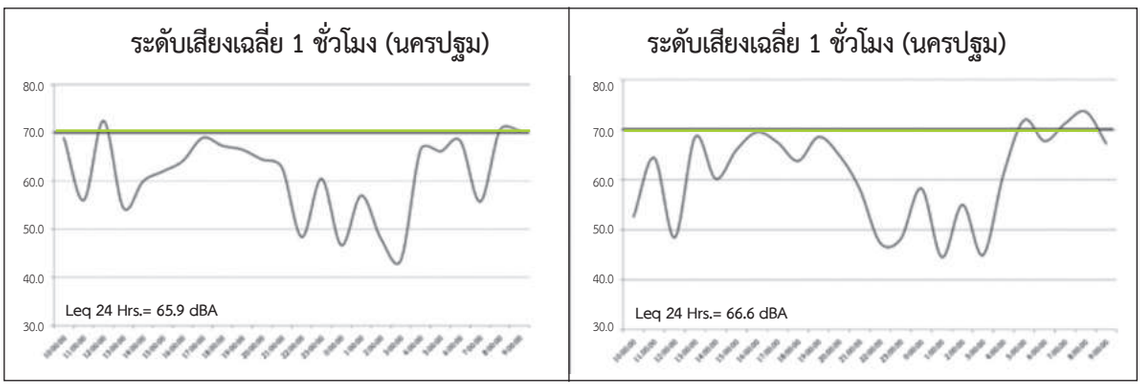
รูปที่ 2 แสดงค่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ของจุดตรวจวัดจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

2) จุดตรวจวัดระดับเสียงเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถตรวจวัดระดับเสียงและเก็บข้อมูลรถไฟได้จำนวนทั้งสิ้น 123 ขบวน โดยแบ่งเป็นขบวนรถไฟโดยสารจำนวน 69 ขบวน และขบวนรถไฟขนส่งสินค้าจำนวน 54 ขบวน และค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 73.9 เดซิเบลเอ และ 72.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงค่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมงของจุดตรวจวัดจังหวัดฉะเชิงเทรา

3) จุดตรวจวัดระดับเสียงเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม สามารถตรวจวัดระดับเสียงและเก็บข้อมูลรถไฟได้จำนวนทั้งสิ้น 99 ขบวน โดยแบ่งเป็นขบวนรถไฟโดยสารจำนวน 96 ขบวน และขบวนรถไฟขนส่งสินค้าจำนวน 3 ขบวน และค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 73.9 เดซิเบลเอ และ 72.9 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4



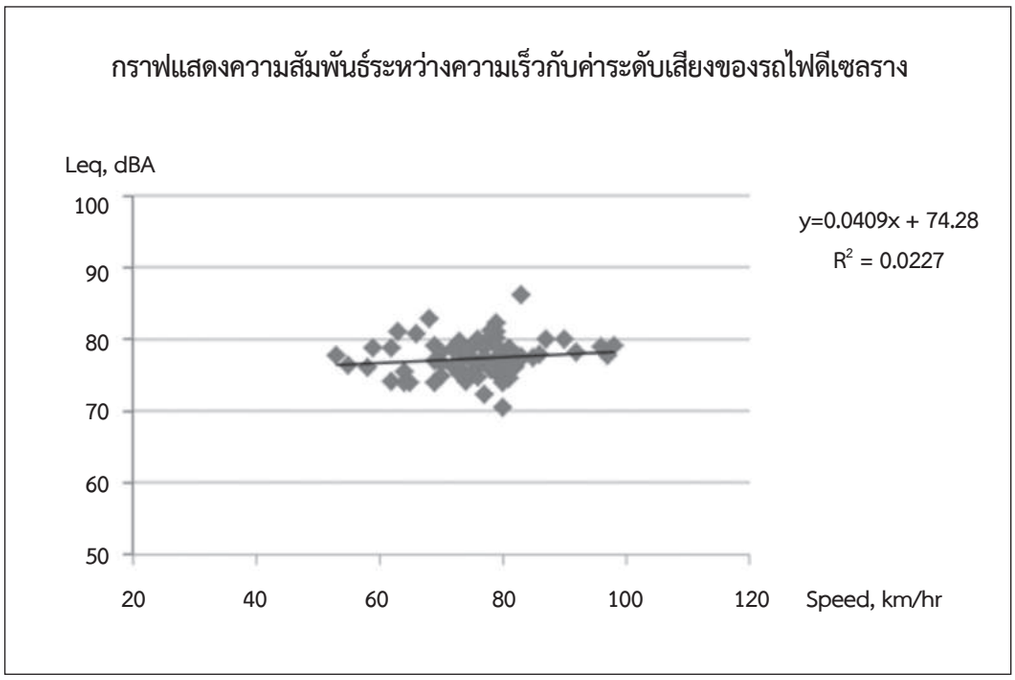
รูปที่ 4 แสดงค่าระดับเสียงเฉลี่ย 1 ชั่วโมงของจุดตรวจวัดจังหวัดนครปฐม

ผลการศึกษาการคาดการณ์ค่าระดับเสียงจากรถไฟ

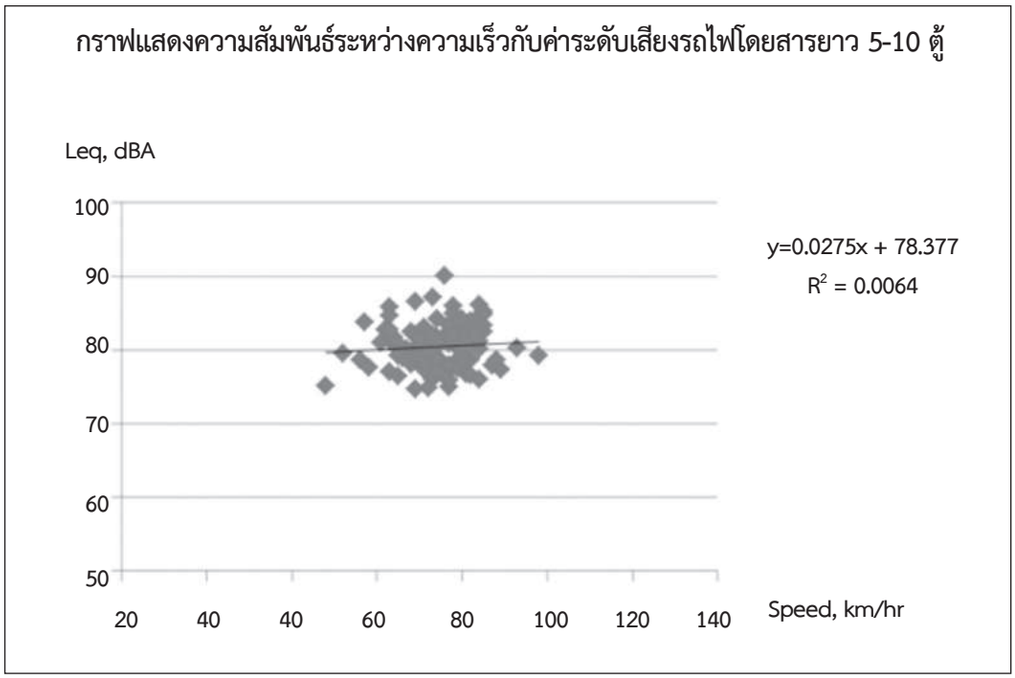
จากข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงจำนวนเที่ยวรถไฟและจำนวนตู้โดยสารของรถไฟแต่ละประเภทที่ได้ทำการเก็บข้อมูลระดับเสียงและความเร็วของรถไฟแต่ละขบวนรวม 348 ขบวน และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เบื้องต้น จะได้ข้อมูลระดับเสียงรถไฟที่สามารถนำมาใช้ศึกษาการคาดการณ์ค่าระดับเสียงจากรถไฟได้ทั้งหมด จำนวน 319 ขบวน แบ่งเป็นรถไฟโดยสารที่เป็นรถดีเซลราง จำนวน 80 ขบวน รถไฟโดยสารแบบมีหัวรถจักรลากจูง จำนวน 173 ขบวน และขบวนรถไฟขนส่งสินค้าจำนวน 66 ขบวน และได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าระดับเสียงของรถไฟแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 5 ถึง 8

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนตู้โดยสารและจำนวนเที่ยวของรถไฟในการศึกษา

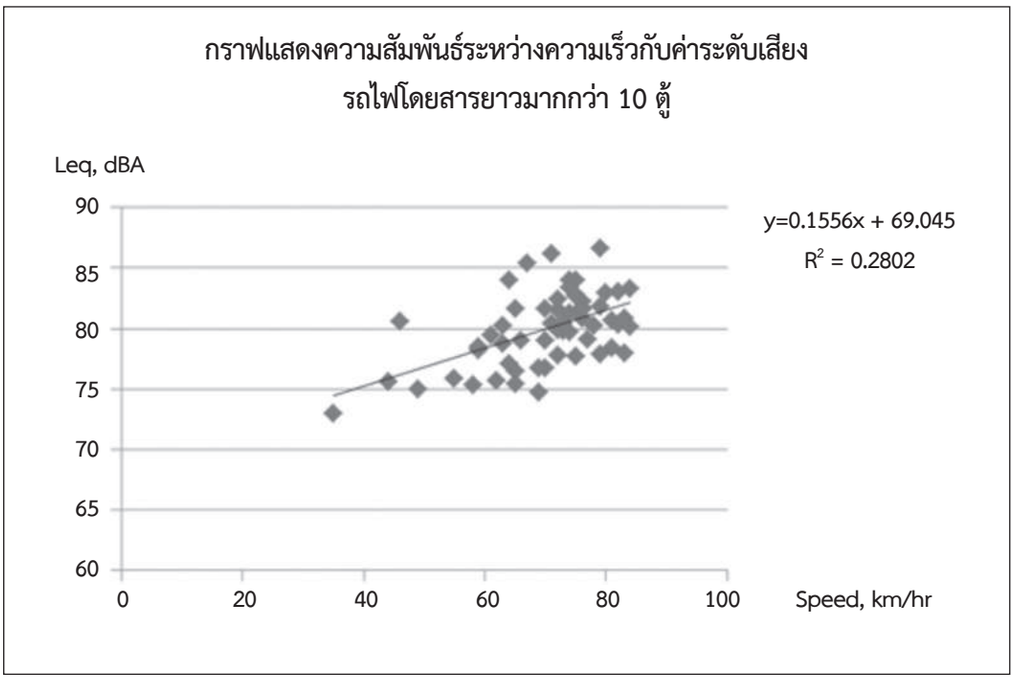
ประเภทรถไฟ	จำนวนตู้โดยสาร/สินค้า	จำนวนเที่ยว	ร้อยละ
โดยสาร(ดีเซลราง)	3	23	6.6
โดยสาร(ดีเซลราง)	4	43	12.4
โดยสาร	5	46	13.2
โดยสาร	6	43	12.4
โดยสาร	7	22	6.3
โดยสาร	8	10	2.9
โดยสาร	9	14	4.0
โดยสาร	10	13	3.7
โดยสาร	11	21	6.0
โดยสาร	12	8	2.3
โดยสาร	13	10	2.9
โดยสาร	14	9	2.6
โดยสาร	15	6	1.7
โดยสาร	16	1	0.3
โดยสาร	17	11	3.2
โดยสาร	18	1	0.3
โดยสาร	19	2	0.6
โดยสาร	20	1	0.3
โดยสาร	22	2	0.6
โดยสาร	28	1	0.3
โดยสาร	29	2	0.6
โดยสาร	30	2	0.6
สินค้า	31	57	16.4
รวม		**348**	**100**



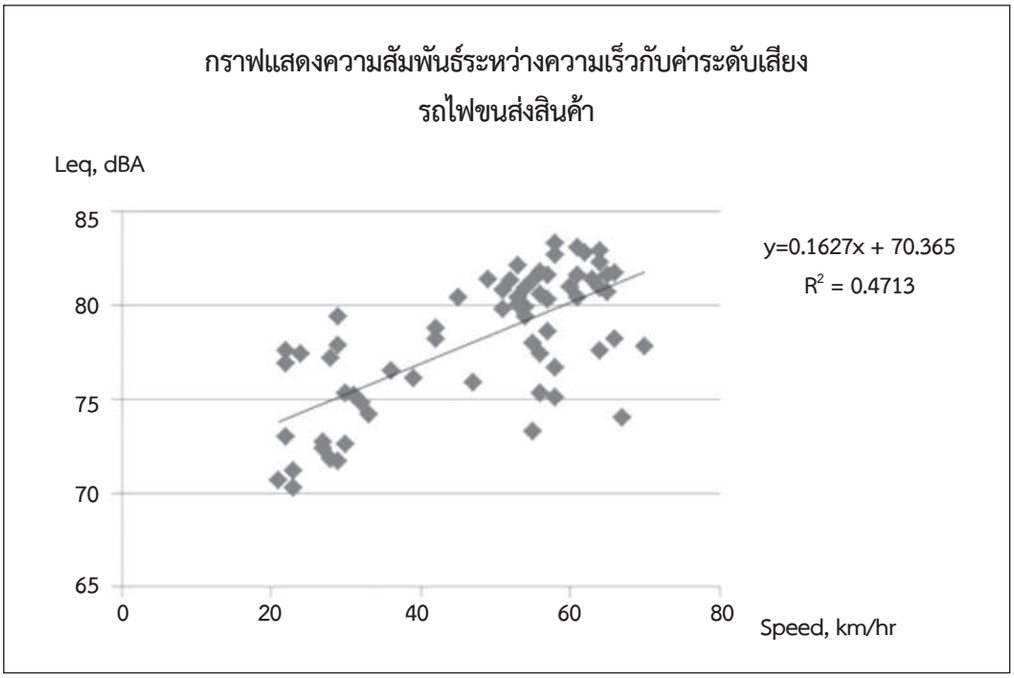
รูปที่ 5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าระดับเสียงของรถไฟโดยสาร (ดีเซลราง)



รูปที่ 6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าระดับเสียงของรถไฟโดยสารยาว 5-10 ตู้



รูปที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าระดับเสียงของรถไฟโดยสารยาวมากกว่า 10 ตู้



รูปที่ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าระดับเสียงของรถไฟขนส่งสินค้า

พิจารณากราฟในรูปที่ 5 ถึง 8 จะพบว่าความเร็วของรถไฟโดยสารแบบดีเซลรางและรถไฟโดยสารที่ยาว 5 ถึง 10 ตู้ มีผลต่อค่าระดับเสียงของรถไฟน้อยมาก สำหรับรถไฟโดยสารที่ยาว 10 ตู้ขึ้นไป และรถไฟขนส่งสินค้านั้น ความเร็วมีผลต่อค่าระดับเสียงของรถไฟบ้างเล็กน้อย

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลกระทบของระดับเสียงจากรถไฟที่มีต่อชุมชนนั้นเมื่อพิจารณาข้อมูลผลการศึกษาพบว่าขบวนรถไฟที่ให้บริการในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นรถไฟโดยสารประเภทที่ใช้หัวรถจักรในการลากเพื่อขับเคลื่อนขบวนรถไฟคิดเป็นร้อยละ 81 โดยแบ่งเป็นรถไฟโดยสารร้อยละ 64.6 และรถไฟขนส่งสินค้าร้อยละ 16.4 สำหรับรถไฟประเภทดีเซลรางมีใช้งานประมาณร้อยละ 19 และเมื่อพิจารณาค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่ได้จากการตรวจวัดจะพบว่าค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ที่จุดตรวจวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าสูงกว่ามาตรฐานค่าระดับเสียงทั่วไป (ค่ามาตรฐานระดับเสียงทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ) สำหรับจุดตรวจวัดที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดนครปฐมนั้น ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมงยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน โดยระดับเสียงที่เกิดขึ้นที่จุดตรวจวัดจังหวัดฉะเชิงเทรานั้นมาจากระดับเสียงของรถไฟสินค้าที่มีจำนวนเที่ยวค่อนข้างมากกว่าจุดตรวจวัดอื่นๆ โดยหัวรถจักรที่ใช้ลากเพื่อขับเคลื่อนขบวนรถไฟสินค้านั้นจะต้องใช้กำลังเครื่องยนต์มากกว่ารถไฟโดยสารทั่วไป จึงทำให้เกิดเสียงที่ดังมากกว่า ดังนั้น ในอนาคตถ้าระบบรถไฟรางคู่มีใช้งานครอบคลุมทั่วประเทศก็จะทำให้มีจำนวนเที่ยวรถไฟมากขึ้นทั้งรถไฟโดยสารและรถไฟสินค้า โดยเฉพาะขบวนรถไฟสินค้าที่มีเสียงค่อนข้างดังก็จะส่งผลกระทบด้านเสียงกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเส้นทางรถไฟ ดังนั้นควรมีมาตรการป้องกันระดับเสียงที่อาจจะสูงขึ้นโดยควบคุมจำนวนรถไฟขนส่งสินค้า ติดวัสดุป้องกันเสียง เช่น กำแพงกั้นเสียงตลอดแนวที่ผ่านแหล่งชุมชน เป็นต้น สำหรับในส่วนของการศึกษาการคาดการณ์ค่าระดับเสียงนั้นควรจะต้องมีการศึกษาและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. พจมาน ท่าจีน. (2545). **มลภาวะทางเสียงในสิ่งแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เมเชอร์โทรนิกซ์ จำกัด

2. International organization for standardization. (1996), **ISO 9613-2 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors part 2: General method of calculation**

3. M. Reiter and B. Kostek. (2008). **Comparing railway noise prediction results for passenger trains using various models.** Paris: Gdansk University of Technology

4. Hans J.A. van Leeuwen. **Railway Noise Prediction models – A Comparison.** Netherland: dgmr consulting engineer b.v.

5. การรถไฟแห่งประเทศไทย. (2557). เข้าถึงได้จาก http://www.railway.co.th/home/view content.aspx?id=time002&lang=TH. (15 สิงหาคม 2557)

11

การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชน เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

Improvement of domestic wastewater treatment for irrigation in drought area

กลุ่มน้ำ และขยะ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนเพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง
Improvement of domestic wastewater treatment for irrigation in drought area

สุเทียบ ศรีลาชัย จิตติมา จารุเดชา ชัชชัย โทปัญญา ชวลา เสียงล้ำ อนุพงษ์ ปุณโณทก และ ปัญจา ใยถาวร
Sutiab Srilachai, Chitttima Charudacha, Chatchai Topanya, Chawala Sienglum,
Anupong Poonnotok and Panja Yaithavorn

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail :ssrilachai@gmail.com)

บทคัดย่อ

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยทั่วไปมักจะบำบัดน้ำทิ้งเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งเป็นหลัก แต่หากต้องการที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยเฉพาะภาคการเกษตรจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยตามเกณฑ์ของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทย ผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนขนาดใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8 แห่ง พบว่ามีหลายแห่งมีศักยภาพที่จะพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยอาจจะต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มเติมให้เป็นไปตามเกณฑ์แนะนำสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบทรายกรองช้าเป็นอีกระบบหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทรายกรองช้าที่ติดตั้ง ณ ระบบบำบัดน้ำทิ้งของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ โดยใช้น้ำจากบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกับบ่อผึ่งของระบบฯ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมของระบบทรายกรองช้าดีกว่าบ่อผึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบทรายกรองช้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในรูปของ ซีโอดี บีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด ทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท ได้เฉลี่ยร้อยละ 47.07, 57.09, 61.18, 72.75, 64.08, 26.11 และ 66.32 ตามลำดับ ในขณะที่บ่อผึ่งเดิมสามารถลดได้ร้อยละ 7.44, 16.85, 35.26, 11.45, 46.51, 17.05 และ -24.20 ตามลำดับ ในส่วนของประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) นั้น พบว่าทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระบบทรายกรองช้ามีประสิทธิภาพในการบำบัดระหว่าง 0.51 log – 1.80 log ในขณะที่เมื่อผ่านบ่อผึ่งแล้วมีประสิทธิภาพระหว่าง 0.26 log – 1.19 log ซึ่งน้ำทิ้งที่ผ่านระบบทรายกรองช้าแล้วมีค่าอยู่ในเกณฑ์แนะนำของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคการเกษตรของประเทศไทย และเมื่อนำน้ำที่ผ่านระบบทรายกรองช้าแล้วมาทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวา ซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกในท้องถิ่นดังกล่าว พบว่า พืชทั้งสองชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ปกติและไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในผลผลิตที่ได้

คำสำคัญ : ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ระบบทรายกรองช้า การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

Abstract

Generally domestic wastewater treatment systems often treat wastewater to meet effluent standards. It is useful to return back for new benefit such as reuse for agriculture. It is therefore very important that it must be improved so that it is appropriate and safe for water reuse. The survey of 8 domestic wastewater treatment in larger communities was performed at the Northeast of Thailand and it was found that many of these facilities have potential to be developed and enhanced for a source of agricultural water reuse. But there are needs for further improvement to suit the activities to be undertaken. The slow sand filtration system is another system that can be applied to improve water quality. The effectiveness of slow sand filtration system installed at the Buriram municipality domestic wastewater treatment system was tested by using wastewater from the pond No. 2 the aeration pond of treatment system and was compared to the stabilization pond of treatment system. It was found that the efficiency treatment of COD, BOD, suspended solids, total phosphorus, TKN, nitrite and nitrates of slow sand filtration system showed better results than the stabilization pond by statistically significant. The slow sand filtration system is effective in treating at an average percentage of 47.07, 57.09, 61.18, 72.75, 64.08, 26.11 and 66.32 respectively, while stabilization pond can reduce with the percentage of 7.44, 16.85, 35.26, 11.45, 46.51, 17.05 and -24.20 accordingly. The removal efficiency of total coliform from the two systems did not differ significantly, slow sand filtration system performance between 0.51 log - 1.80 log. At a time when the stabilization efficiency between 0.26 log - 1.19 log. The quality of effluent from slow sand filtration was accept of water reuse guideline and not effected for long been and cucumber crop.

Keywords : Domestic wastewater treatment system, Slow sand filtration system, Water reuse

1. บทนำ

ปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำสำหรับใช้ในภาคการเกษตรนั้น นับเป็นปัญหาที่ต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ที่มักประสบปัญหาภัยแล้งอย่างซ้ำซาก อันมีสาเหตุมาจากสภาพของภูมิประเทศ (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ, 2549) ประกอบกับพื้นที่ชลประทานที่มีประมาณร้อยละ 10 ซึ่งน้อยกว่าภูมิภาคอื่นๆ (กรมชลประทาน, 2553) ในขณะที่พื้นที่หลายแห่งโดยเฉพาะชุมชนเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นมา เพื่อบำบัดน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) แต่จากการสำรวจกลับพบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วส่วนมากก็จะปล่อยทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า อันอาจจะเนื่องมาจากผู้ที่เกี่ยวข้องและเกษตรกรยังขาดข้อมูลหรือแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของเทศบาลต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ โดยน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วนั้น นับเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติน้ำที่มีความสำคัญอย่างสูงแหล่งหนึ่งที่สามารถจะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เนื่องจากน้ำทิ้งชุมชนเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำอยู่อย่างสม่ำเสมอ สามารถเกิดขึ้นได้ทุกวันจากกิจกรรมการใช้ของมนุษย์และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามการขยายตัวของชุมชนเมือง เพียงแต่ในปัจจุบันนี้ เทศบาลต่างๆ เน้นการบำบัดเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งเท่านั้น โดยยังไม่ให้ความสำคัญกับเกณฑ์หรือแนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทยที่ได้มีค่าแนะนำหรือเกณฑ์สำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคส่วนต่างๆ โดยเฉพาะภาคการเกษตร

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ร่วมมือกับเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนและมักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับภาคการเกษตรเป็นประจำ ดำเนินการติดตั้งและทดสอบระบบทรายกรองช้าสำหรับนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วของเทศบาลมาปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมเพื่อให้มีความปลอดภัยและมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเกษตรได้ตามเกณฑ์แนะนำสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตรกรรม

ของประเทศไทย ซึ่งน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดอย่างปลอดภัยและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้แล้ว สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของน้ำ ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ และลดการปล่อยมลพิษลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ในประเด็นของการใช้เป็นแหล่งน้ำทางเลือกในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำในภาคการเกษตรนั้น สามารถช่วยทำให้เกษตรกรมีแหล่งน้ำและเพิ่มระยะเวลาในการประกอบอาชีพนอกฤดูกาลให้ได้ยาวนานขึ้น ส่งผลให้มีรายได้และสภาพเศรษฐกิจดีขึ้น ลดการเคลื่อนย้ายแรงงาน และลดปัญหาด้านสังคมอื่นๆ ที่อาจจะตามมา

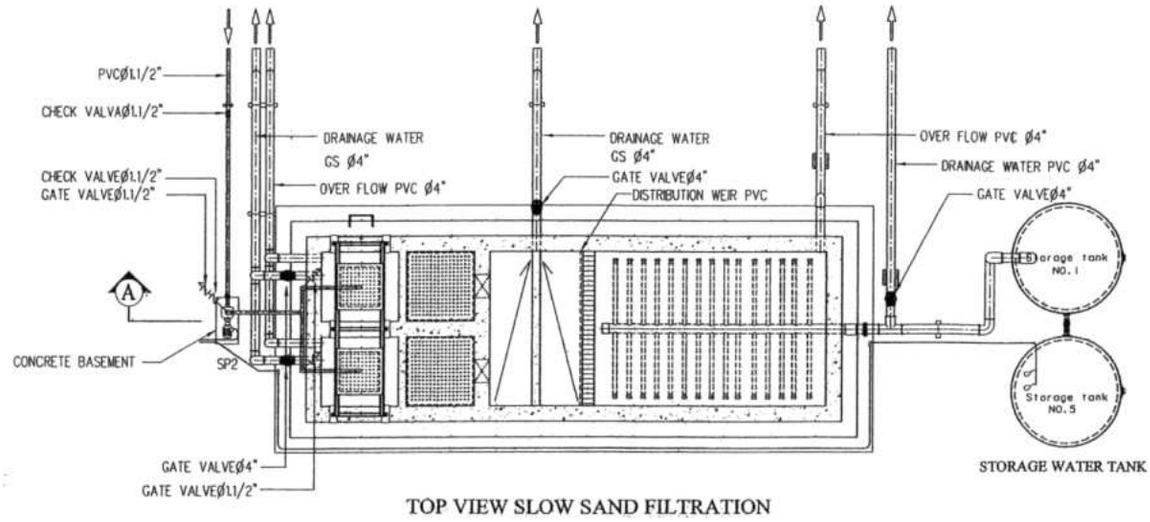
2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินงานใน 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมเพื่อคัดเลือกเป็นพื้นที่นำร่องในการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนของการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนเพิ่มเติม โดยได้ติดตั้งระบบทรายกรองช้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ให้มีความเหมาะสม และขั้นตอนที่ 3 เป็นการนำน้ำที่ผ่านทรายกรองช้าแล้วทดสอบปลูกพืช 2 ชนิด คือ แตงกวา และ ถั่วฝักยาว รายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

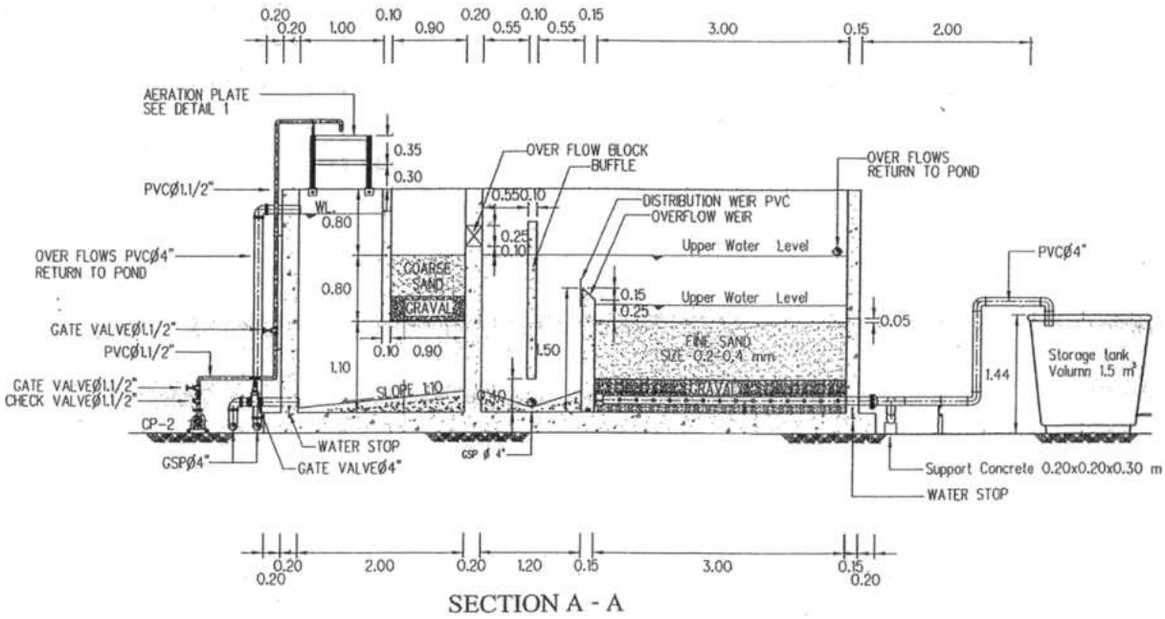
2.1 การสำรวจพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูลของเทศบาลต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้มากกว่า 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จำนวน 8 แห่ง โดยการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องต่างๆ รวมทั้งข้อมูลของสภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อมต่างๆ ของพื้นที่ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเพื่อวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ สำหรับใช้ประกอบการคัดเลือกพื้นที่นำร่องในการศึกษา ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณาประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด คือ ปริมาณของน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ประสิทธิภาพของระบบ ความเหมาะสมของที่ตั้งระบบ ความขาดแคลนน้ำ และองค์ประกอบอื่นๆ เช่น ความต้องการใช้น้ำของเกษตรกร ความสนใจของหน่วยงานหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ รวมทั้งพื้นที่มีงบประมาณหรือแผนงานสนับสนุน

รูปที่ 1 แสดงการสำรวจพื้นที่ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งเพิ่มเติม การศึกษาในครั้งนี้ได้คัดเลือกพื้นที่ของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์เป็นพื้นที่นำร่องในการศึกษา โดยได้ดำเนินการออกแบบและติดตั้งระบบทรายกรองช้า (Slow sand filtration) ณ ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศ เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของบ่อที่ 3 ซึ่งเป็นบ่อผึ่งของระบบเดิม โดยรายละเอียดของระบบทรายกรองช้าที่ทำการติดตั้งและทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 แสดงมุมมองด้านบนของระบบทรายกรองช้า (บริษัท S. TEAM ENVIRONTECH จำกัด, 2553)



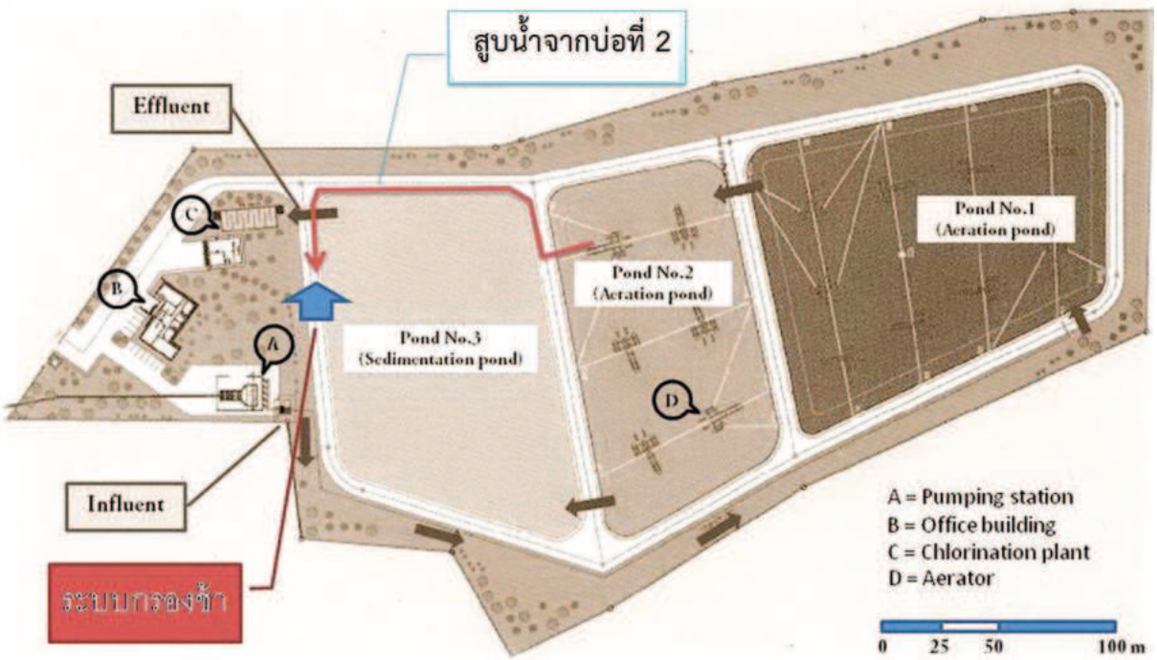
รูปที่ 3 แสดงมุมมองด้านข้างของระบบทรายกรองช้า (บริษัท S. TEAM ENVIRONTECH จำกัด, 2553)

การกรอง (Filtration)

เป็นการแยกสารปนเปื้อนขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำออกจากน้ำ โดยการให้น้ำไหลผ่านตามช่องว่างของตัวกลางพรุน (ทวีศักดิ์ วังไพศาล, 2554) ระบบทรายกรองช้า (Slow Sand Filtration) หรือเครื่องทรายกรองช้าเป็นเครื่องกรองที่มีระบบไม่ซับซ้อน อัตราการกรองต่ำอยู่ในช่วงประมาณ 100 - 400 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง (ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ, 2551) ซึ่งระบบทรายกรองช้านี้อาจเรียกว่าระบบกรองชีวภาพ (Bio Filtration)

เนื่องจากกระบวนการในการกำจัดความขุ่นและความสกปรกในน้ำต้องอาศัยแบคทีเรียและจุลชีพในการดักจับความสกปรกในน้ำเพื่อการเจริญเติบโตเกิดเป็นชั้นเมือกบนผิวทราย ชั้นเมือกดังกล่าวจะทำหน้าที่เสมือนชั้นกรองที่ดักจับความสกปรกในน้ำ ระยะเวลาของรอบการใช้งานของระบบขึ้นอยู่กับความสกปรกของน้ำดิบและอัตราการกรอง

เมื่อระบบเกิดการอุดตันจะทำความสะอาดโดยการระบายน้ำออกจากถังแล้วทำการขูดลอกผิวหน้าทรายออก ในขณะที่อัตราการกรองสำหรับการทดสอบครั้งนี้ประมาณ 100 - 300 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง พื้นที่หลักในการกรองมีขนาด 6 ตารางเมตร และใส่วัสดุในการกรองประกอบด้วยชั้นล่างสุดใส่กรวดแม่น้ำขนาด 1 นิ้ว หนา 15 เซนติเมตร และตามด้วยกรวดแม่น้ำขนาด 1/2 นิ้ว หนา 20 เซนติเมตร และชั้นบนสุดใส่ทรายละเอียด หนา 60 เซนติเมตร โดยในการทดสอบได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำจากบ่อที่ 2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบทรายกรองช้าเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำจากบ่อที่ 3 รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสีย เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ และแผนผังระบบทรายกรองช้า

หลังจากการติดตั้งระบบทรายกรองช้า (Slow sand filtration) แล้วเสร็จก็ได้ดำเนินเดินระบบและทดสอบประสิทธิภาพของระบบฯ โดยการทดสอบในครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 จากบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศ มีพื้นที่ประมาณ 10,000 ตารางเมตร ลึกประมาณ 2.5 เมตร และรับน้ำเสียที่ผ่านจากบ่อ 1 ประมาณวันละ 5,000 – 7,000 ลูกบาศก์เมตร ใช้เป็นตัวแทนของน้ำก่อนการทดสอบ จุดที่ 2 น้ำที่ผ่านจากบ่อที่ 3 ซึ่งเป็นบ่อผึ่งเดิมของระบบบำบัดฯ มีพื้นที่ใกล้เคียงกับบ่อที่ 2 ใช้เป็นตัวแทนของระบบเดิมสำหรับเปรียบเทียบ และจุดที่ 3 น้ำที่ผ่านการกรองจากระบบทรายกรองช้าที่ติดตั้งใหม่ โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ เดือน ติดต่อกัน 5 เดือน ซึ่งในการเก็บครั้งที่ 1 นั้น ยังไม่ได้ทำการเก็บน้ำจากระบบทรายกรองช้าเนื่องจากยังไม่ได้เดินระบบ

รูปที่ 5 แสดงการติดตั้งและทดสอบเดินระบบทรายกรองช้า (Slow sand filtration)

ตัวอย่างน้ำที่เก็บแล้วจะทำการวิเคราะห์ ณ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยดัชนีที่วิเคราะห์ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์พื้นฐานกลุ่ม ซีโอดี บีโอดี และสารตะกอนแขวนลอย พารามิเตอร์กลุ่มธาตุอาหารพืชประกอบไปด้วยฟอสฟอรัสทั้งหมด ไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ไนไตรท์ และไนเตรท และดัชนีในกลุ่มของแบคทีเรียทำการวิเคราะห์โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) โดยวิธีการวิเคราะห์เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1998)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบทั้งสองโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการบำบัดพารามิเตอร์ที่ทำการวัดโดยการใช้การทดสอบทางสถิติต่างๆ เช่น T-Test

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการปลูกพืชด้วยการใช้น้ำและพืชที่มีความแตกต่างกัน โดยได้ดำเนินการปรับปรุงพื้นที่ว่างของระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ เพื่อทำเป็นแปลงทดสอบการเพาะปลูกพืช โดยได้ทำแปลงทดสอบปลูกพืชที่มีขนาด 1 x 20 เมตร จำนวน 8 แปลง ทำการปลูกพืชสองชนิด คือ ถั่วฝักยาว และแตงกวา ชนิดละ 4 แปลง และใช้น้ำที่แตกต่างกัน 2 แหล่ง คือ น้ำประปาใช้เป็นตัวแทนของน้ำทั่วไปที่ไม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกและธาตุอาหาร และน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยระบบทรายกรองช้า เป็นตัวแทนของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วและนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ในการเพาะปลูกจะมีการรดน้ำตามปริมาณที่มีการใช้ทั่วไป คือประมาณวันละ 20 – 40 ลิตรต่อแปลง และตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูกจะไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม หรือการใช้ยาปราบศัตรูพืชใดๆ ทั้งสิ้น

ในระหว่างที่ทำการทดสอบการเพาะปลูก ได้ทำการสังเกตและวัดการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิดเป็นระยะ หลังจากพืชทั้งสองชนิดเจริญเติบโตเต็มที่และออกผลผลิตแล้ว ได้ทำการเก็บและวัดปริมาณผลผลิตที่ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเพื่อเปรียบปริมาณของผลผลิตที่ได้ และนำผลผลิตที่ได้บางส่วนทำการวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) และแบคทีเรียบ่งชี้การปนเปื้อนอุจจาระ (E. coli)

รูปที่ 6 แสดงพื้นที่ว่างของระบบบำบัดฯ ที่ปรับปรุงเป็นแปลงสำหรับทดสอบปลูกพืช

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการสำรวจพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูลของเทศบาลต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้มากกว่า 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อพิจารณาคัดเลือกพื้นที่นำร่องในการดำเนินงาน พบว่าพื้นที่ของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยระบบบำบัดน้ำทิ้งของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์เป็นระบบบำบัดแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) 2 บ่อ ต่อด้วยบ่อผึ่งซึ่งเป็นบ่อที่ 3 ก่อนที่จะปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกสู่ลำรางสาธารณะ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐานน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าค่อนข้างดี ระบบมีความสามารถที่จะรองรับการบำบัดน้ำเสียได้ประมาณวันละ 13,000 ลูกบาศก์เมตร ในปัจจุบันนี้สามารถที่จะรวบรวมน้ำเสียที่เกิดขึ้นมาบำบัดได้ประมาณครึ่งหนึ่งของความสามารถของระบบ ที่ตั้งหรือทำเลของระบบมีสภาพความเหมาะสมดีมาก คือ ระบบตั้งอยู่สูงกว่าพื้นที่โดยรอบที่เป็นพื้นที่ทางการเกษตร ดังนั้น หากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้ สามารถที่จะจัดทำระบบส่งน้ำได้โดยแรงโน้มถ่วงได้เลย พื้นที่ทางเกษตรโดยรอบของระบบมีการขาดแคลนน้ำในบางช่วงของฤดูฝน และจะขาดแคลนน้ำเพื่อใช้ทางการเกษตรเป็นอย่างมากในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ เกษตรกรที่มีพื้นที่ทางการเกษตรโดยรอบของระบบมีความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรอย่างมาก

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์จะอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำทิ้ง แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์แนะนำของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคการเกษตรของประเทศไทย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2556) พบว่ายังมีการปนเปื้อนของพารามิเตอร์พื้นฐานบางชนิดรวมทั้งการปนเปื้อนของธาตุอาหารและการปนเปื้อนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับใช้ทางการเกษตร จึงได้ดำเนินการติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มเติม โดยได้ติดตั้งระบบทรายกรองช้า (Slow sand filtration) รายละเอียดตามที่กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์คุณภาพน้ำทิ้งเพื่อนำมาใช้ใหม่สำหรับเพาะปลูกพืชอาหาร (food and feed crop)

ดัชนี	หน่วย	ค่าแนะนำสำหรับปลูกพืช	
		ทานใบหรือหัว	ทานผลหรือเมล็ด
สี	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
กลิ่น	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
ค่ากรด-ด่าง	-	6-9	6-9
ค่าความนำไฟฟ้า	ไมโครซีเมนส์/ซม.	<2,000	<2,000
ความขุ่น	NTU	<5	<20
บีโอดี	มก./ล.	<10	<20
ไนเตรท-ไนโตรเจน	มก./ล.	<10	<35
คลอรีนอิสระ	มก./ล.	0.1-1	ไม่กำหนด
ฟีคัลโคลิฟอร์ม	โคโลนี/100 มล.	ไม่พบ	<1,000
ไข่พยาธิ	ไข่/ล.	≤1	≤1

ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2556

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบทรายกรองช้าที่ติดตั้งใหม่โดยการนำน้ำจากบ่อที่ 2 ซึ่งเป็นบ่อเติมอากาศเป็นน้ำเริ่มต้นในการกรองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบเดิมที่เป็นเพียงบ่อผึ่งอย่างเดียว ทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 5 ครั้ง ผลการทดสอบดังนี้

3.2.1 ค่าดัชนีพื้นฐานที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ค่า ซีโอดี บีโอดี และตะกอนแขวนลอย และปริมาณของดัชนีในกลุ่มของธาตุอาหารพืชได้แก่ ค่าของฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ค่าของไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ค่าของไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ที่ตรวจพบในน้ำของบ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศก่อนที่จะนำไปทดสอบ) บ่อที่ 3 (บ่อผึ่งเดิมของระบบ) และระบบทรายกรองช้าที่ติดตั้งใหม่ มีค่าที่แตกต่างกันไปตามชนิดของดัชนีและจุดเก็บตัวอย่าง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าดัชนีพื้นฐานและธาตุอาหารที่ทำการวิเคราะห์ตามจุดต่างๆ

ค่าดัชนี	จุดเก็บตัวอย่าง	ครั้งที่เก็บตัวอย่าง				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	46.64	58.33	36.14	37.95	40.71
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	39.63	56.14	31.53	36.55	39.91
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	42.31	22.15	12.29	18.54
บีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	33.74	36.67	37.03	27.38	48.71
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	17.41	30.88	34.12	18.87	57.89
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	27.81	11.85	11.21	11.12
สารแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	25.33	32.33	22.29	18.40	14.63
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	12.00	14.67	18.75	11.20	12.57
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	13.50	7.80	3.00	9.10
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	0.66	1.08	0.76	0.46	0.42
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	0.54	0.84	0.73	0.40	0.42
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	0.15	0.09	0.13	0.23
ทีเคเอ็น (TKN) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	5.88	20.79	37.86	3.25	4.37
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	3.62	8.98	4.84	2.00	3.86
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	4.56	2.72	1.96	2.36
ไนไตรท์ (NO_2^-) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	3.32	1.62	1.75	1.20	0.60
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	2.30	0.61	1.95	0.87	0.74
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	2.55	0.02	0.06	0.79
ไนเตรท (NO_3^-) (มิลลิกรัมต่อลิตร)	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	30.00	21.07	31.95	21.56	12.76
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	29.76	30.58	35.50	26.48	18.21
	ผ่านทรายกรองช้า	NA	11.98	1.28	5.74	6.02

NA = ยังไม่ได้เดินระบบ

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลของการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะแตกต่างกันออกไปตามจุดที่เก็บ ชนิดของดัชนี และช่วงเวลาที่ทำการเก็บ ซึ่งเมื่อนำค่าของทุกช่วงเวลามาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละดัชนี จำแนกตามจุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีต่างๆ ที่ทำการวิเคราะห์ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 3 ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบทรายกรองช้าเมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่ 3 และผลการทดสอบทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป excel ในฟังก์ชั่น t-Test รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของดัชนีต่างๆ จำแนกตามจุดเก็บตัวอย่างจากระบบที่ทำการทดสอบ

ค่าดัชนี	บ่อที่ 2 (บ่อเติมอากาศ)	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	ทรายกรองช้า
	มิลลิกรัมต่อลิตร		
ซีโอดี	43.93 ± 8.96	40.75 ± 9.24	23.82 ± 2.98
บีโอดี	36.71 ± 7.75	31.84 ± 16.29	15.50 ± 8.21
ตะกอนแขวนลอย	22.60 ± 6.77	13.84 ± 3.03	8.35 ± 4.32
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.68 ± 0.27	0.59 ± 0.19	0.15 ± 0.06
ทีเคเอ็น (TKN)	14.43 ± 14.91	4.66 ± 2.62	2.90 ± 1.15
ไนไตรท์ (NO_2^-)	1.70 ± 1.01	1.29 ± 0.77	0.86 ± 1.18
ไนเตรท (NO_3^-)	23.47 ± 7.73	28.11 ± 6.41	6.26 ± 4.39

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดดัชนีต่างๆ และค่า t-test เปรียบเทียบของทั้งสองระบบ

ดัชนี	ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัด (ร้อยละ)		p one-tail*
	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)	ทรายกรองช้า	
ซีโอดี	7.44 ± 5.99	47.07 ±7.62	0.0020
บีโอดี	16.85 ± 25.27	57.09 ± 23.17	0.0108
ตะกอนแขวนลอย	35.26 ± 19.48	61.18 ± 18.96	0.0338
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	11.45 ± 9.52	72.75 ± 19.83	0.0007
ทีเคเอ็น (TKN)	46.51 ± 27.90	64.08 ± 25.52	0.2370
ไนไตรท์ (NO_2^-)	17.05 ± 34.74	26.11 ± 82.33	0.3968
ไนเตรท (NO_3^-)	- 24.20 ± 19.87	66.32 ± 23.47	0.00033

* p one-tail คือ ค่าทางสถิติที่คำนวณได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป excel

การทดสอบครั้งนี้กำหนดค่าความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 หรือ α เท่ากับ 0.05 ดังนั้น หากค่า p one-tail ใดที่คำนวณได้แล้วมีค่าน้อยกว่า α หรือ 0.05 แสดงว่าประสิทธิภาพในการบำบัดดัชนีนั้นๆ ของระบบทรายกรองช้ามีมากกว่าบ่อผึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่า p one-tail ของดัชนีใดที่คำนวณได้แล้วมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าประสิทธิภาพในการบำบัดของทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากตารางที่ 4 พบว่าค่า p one-tail ของ ซีโอดี บีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนเตรท มีค่าน้อยกว่าค่า α หรือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการบำบัดดัชนีดังกล่าวของระบบทรายกรองช้ามีประสิทธิภาพดีกว่าบ่อผึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็น และไนไตรท์ของทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากค่า p one-tail ที่คำนวณได้แล้วมีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งเกณฑ์แนะนำ

สำหรับการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์ใหม่ในภาคการเกษตรของประเทศไทยมีค่าดังแสดงในตารางที่ 1 ในขณะที่คำแนะนำของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการนำน้ำทิ้งชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น Environmental Protection Agency (EPA) หรือ World Health Organization (WHO) แนะนำว่าความสกปรกในรูปของบีโอดีและสารแขวนลอย ต้องไม่เกิน 30.00 และ 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2556) ซึ่งพบว่าระบบทรายกรองช้าที่ทำการทดสอบสามารถลดความสกปรกดังกล่าวให้อยู่ในเกณฑ์ที่แนะนำได้

3.2.2 ในส่วนของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่างนั้น ได้ทำการวิเคราะห์แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) พบว่า ค่าเฉลี่ยของแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) ตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา และประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดของทั้งสองระบบที่ทำการทดสอบรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและประสิทธิภาพในการบำบัดของโคลิฟอร์มทั้งหมดจากจุดเก็บตัวอย่าง

รายละเอียด	บ่อที่ 2	ทรายกรองช้า	บ่อที่ 3 (บ่อผึ่ง)
ค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มทั้งหมด (CFU/mL)	$6.7 \times 10^3 \pm 4.2 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3 \pm 1.7 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3 \pm 6.3 \times 10^3$
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	0.76 ± 0.35 log	1.03 ± 0.63 log	p one-tail = 0.1293

จากการทดสอบทางสถิติโดย t-Test เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดโคลิฟอร์ม โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 หรือ α เท่ากับ 0.05 พบว่าค่า p one-tail เท่ากับ 0.1293 ซึ่งมากกว่าค่า α หรือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าระบบทั้งสองมีประสิทธิภาพในการบำบัดโคลิฟอร์มทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3.2.3 การดูแลและบำรุงรักษาระบบทรายกรองช้านั้น เมื่อกรองไปได้ระยะหนึ่ง อัตราการกรองลดลงตามคุณลักษณะของน้ำที่ไปกรอง ดังนั้นจะต้องทำการขูดลอกหน้าทรายออกแล้วมีการนำทรายมาเติมเป็นระยะ โดยระบบที่ทำการทดสอบในครั้งนี้ พบว่า เมื่อทำการกรองไปแล้วประมาณ 30 – 60 วัน อัตราของการกรองจะลดต่ำกว่า 100 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง จำเป็นต้องทำการขูดหน้าทรายออกประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร และเติมทรายใหม่เพื่อให้ประสิทธิภาพการกรองเหมือนเดิม ซึ่งระยะในการอุดตันจะขึ้นอยู่กับความสกปรกของน้ำในการกรองเป็นหลัก

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อทดสอบปลูกพืช ในการศึกษาได้ทำการทดสอบปลูกพืชจำนวน 2 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว และ แตงกวา โดยการใช้น้ำที่มีความแตกต่างกันจาก 2 แหล่ง คือ น้ำประปาและน้ำที่ผ่านระบบทรายกรองช้าแล้ว พบว่า แหล่งน้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสองชนิด ในขณะที่ชนิดของพืชที่ปลูกนั้น พบว่า ถั่วฝักยาว มีการให้ผลผลิตที่ดีกว่า แตงกวา โดยถั่วฝักยาวให้ผลผลิตตลอดระยะเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 20 – 40 กิโลกรัมต่อแปลง ในขณะที่แตงกวาที่ทดสอบปลูกให้ผลผลิตในปริมาณน้อยกว่า โดยให้ผลผลิตประมาณ 10 – 20 กิโลกรัมต่อแปลง และผลผลิตทั้งหมดที่ได้นั้นไม่พบว่ามีการตกค้างของแบคทีเรียกลุ่ม Total coliform และ E. coli ในผลผลิตแต่อย่างใด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำที่ผ่านทรายกรองช้าแล้วสามารถนำไปเพาะปลูกได้และไม่เกิดผลกระทบต่อผลผลิตที่ทำการเพาะปลูก

รูปที่ 7 แสดงผลผลิตที่ทดสอบปลูกโดยการใช้น้ำประปาและน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านระบบทรายกรองช้าแล้ว

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 ระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชนที่มีการดูแล บำรุงรักษา และเดินระบบอย่างเหมาะสม สามารถที่จะปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สามารถนำน้ำที่ผ่านบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทางการเกษตร เช่น พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยอาจจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์แนะนำสำหรับการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตรกรรม

4.2 การติดตั้งและทดสอบระบบทรายกรองช้า (Slow sand filtration) ณ เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ สามารถที่จะระบุได้ว่าระบบทรายกรองช้าเป็นอีกแนวทางที่สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นแล้วสำหรับใช้ประโยชน์ในภาคการเกษตรได้

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกโดยรวมของระบบทรายกรองช้าดีกว่าบ่อผึ่งเดิมของระบบที่ใช้อยู่ โดยประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในรูปของ ซีโอดี บีโอดี ตะกอนแขวนลอย ฟอสฟอรัสทั้งหมด และไนเตรท ของระบบทรายกรองช้า ดีกว่าบ่อผึ่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 หรือ α เท่ากับ 0.05 ในขณะที่ประสิทธิภาพในการบำบัด ไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) และแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total coliform) ของทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นดังกล่าว

4.4 ระบบทรายกรองช้าดังกล่าวนี้จะต้องมีการขูดหน้าทรายออกและเติมใหม่ประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร ทุก 30 - 60 วัน แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการบำบัดดังกล่าวนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ทดสอบอีก เช่น ฤดูกาล ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ เป็นต้น

4.5 เมื่อนำน้ำทิ้งที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยทรายกรองช้าแล้วนำไปปลูกแตงกวา และถั่วฝักยาว ซึ่งเป็นพืชที่นิยมปลูกทั่วไปในพื้นที่ดังกล่าว พบว่า การเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวไม่แตกต่างจากการปลูกโดยใช้น้ำปกติ และผลผลิตที่ได้ไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม Total coliform และ E. coli

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. 2551. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2551.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

2. กรมชลประทาน. 2553. **รายงานสรุป โครงการจัดทำแผนพัฒนา กรมชลประทาน ระดับลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบ (กรอบน้ำ 60 ล้านไร่).** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

3. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2556. **โครงการจัดทำแนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทย.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.

4. ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ. 2549. **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อการพัฒนา.** ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

5. ทวีศักดิ์ วังไพศาล. 2554. **วิศวกรรมการประปา.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

6. บริษัท S. TEAM ENVIRONTECH จำกัด. 2553. **Additional work drawing for water reuse pilot project, Buriram municipality, Buriram province.** กรุงเทพฯ.

7. ปราโมทย์ เชี่ยวชาญ. 2551. **ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (WATER TREATMENT PLANT)**, (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/1_2551/Enronment.htm [7 ตุลาคม 2557]

8. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998). 20th edition**, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

12

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจ

Study on the efficiency of wastewater treatment by water hyacinth in Rong Jae canal

กลุ่มน้ำ และขยะ

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจ

Study on the efficiency of wastewater treatment by water hyacinth in Rong Jae canal

จิตติมา จารุเดชา ชญานิน น้ำเยื้อง สุเทียบ ศรีลาชัย ชวลา เสียงล้ำ อนุพงษ์ ปุณโณทก
กรณิการ์ ยิ่งยวด สุไพลิน ศรีกงพาน และ ปัญจา ใยถาวร
Chittima charudacha, Chayanin namyuang, Sutiab srilachai, Chawala sienglum,
Anupong poonnotok, Gornniga yingyuad, Supailin srikongpan and Panja yaithavorn

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : jjarudacha@hotmail.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจ ได้ดำเนินการในพื้นที่คลองโรงเจ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้มีแผนสำหรับการดำเนินการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมภายใต้โครงการตำบลเตรียมความพร้อมรับมือภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยพบว่าคลองโรงเจเป็นคลองที่เชื่อมระหว่างคลองมหาสวัสดิ์และแม่น้ำท่าจีน และมีการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนขนาดใหญ่โดยรอบลงสู่คลองโรงเจ จึงทำให้สภาพน้ำในคลองโรงเจเสื่อมโทรม เน่าเสีย และส่งกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งผลกระทบกับประชาชนที่อยู่อาศัยโดยรอบ จึงได้มีการนำผักตบชวาซึ่งเป็นพืชที่พบอยู่ในคลองโรงเจ มาศึกษารูปแบบการใช้ผักตบชวาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเพื่อการฟื้นฟูคุณภาพน้ำในคลองโรงเจ

ในการศึกษาได้จัดทำแพผักตบชวาขนาด 1 ตารางเมตร นำไปวางไว้ในคลองโรงเจ และใส่ผักตบชวาในแพจำนวน 4 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ต่อแพ วางแพให้มีระยะห่างกันประมาณ 10 เมตร จำนวน 15 แพ รวมระยะทางทั้งหมดประมาณ 180 เมตร และทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในคลองโรงเจในพื้นที่ที่ได้มีการวางแพผักตบชวา พบว่าแพผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ BOD, TKN และ TP ในน้ำลงได้ 58.5%, 53.5% และ 45% ตามลำดับ และแพผักตบชวาจะสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ โดยจะสัมพันธ์กับปริมาณ BOD ที่ลดลง และพบว่าถ้าปริมาณของผักตบชวาที่ใส่ในแพเป็น 4 กิโลกรัม น้ำหนักผักตบชวา ต่อ 1 กิโลกรัม BOD ระยะเวลาที่จะสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จะประมาณ 40 วัน แต่ถ้าปริมาณของผักตบชวาในแพเป็น 8.5 กิโลกรัม น้ำหนักผักตบชวา ต่อ 1 กิโลกรัม BOD ระยะเวลาที่จะสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จะประมาณ 16 วัน ซึ่งหลังจากระยะเวลาที่แพผักตบชวาสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้แล้ว ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแพผักตบชวาจะลดลง จึงจะต้องมีการกำจัดผักตบชวาในแพที่มากเกินพอออกไป ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเพื่อใช้แพผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย สำหรับการฟื้นฟูคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพ การบำบัดน้ำเสีย ผักตบชวา

Abstract

Study on the efficiency of wastewater treatment by water hyacinth in Rong Jae canal was action in the area of the Rong Jae canal, Amphur Nakornchaisi, Nakorn Prathom province. This area was where Department of Environmental Quality Promotion has a plan to restore environmental under the Natural disaster preparedness district. The Rong Jae canal is connecting between Maha Sawat canal and Tha Chin River and the wastewater from a large community around there is drainaged into it. Therefore, the water quality in Rong Jae canal worsens, rotten and smells which affects the people living around. Then selected water hyacinth which is a plant found in Rong Jae canal to study on appropriate and efficiency of water hyacinth raft model treatment for treated wastewater in order to restore of the canal.

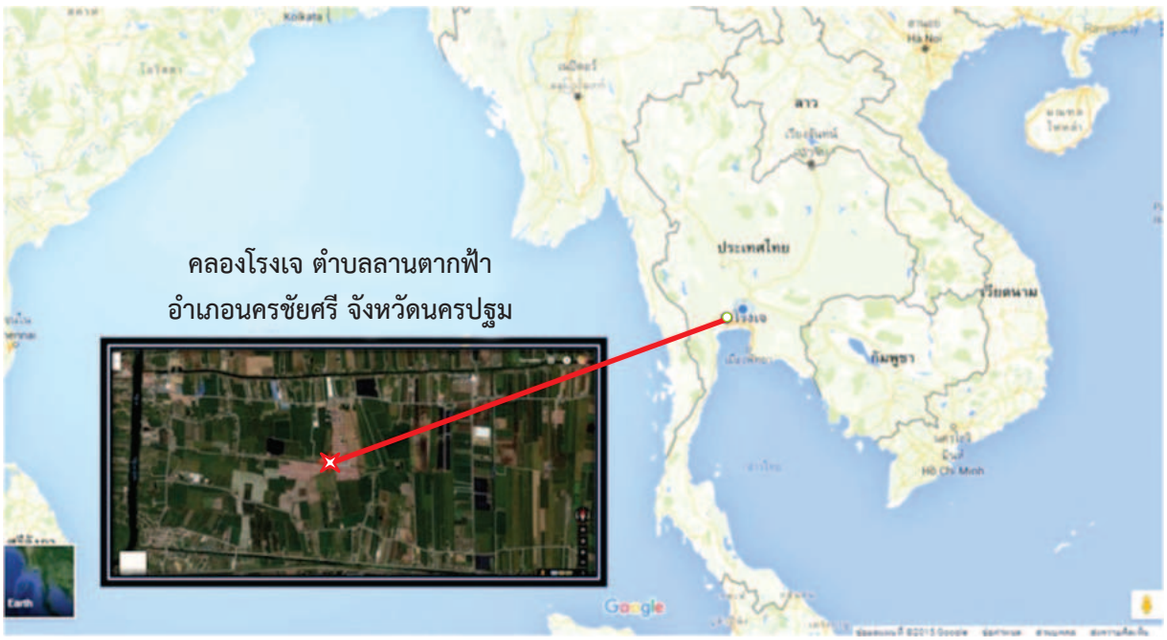
The raft of water hyacinth size was 1 square meters, placed in the Rong Jae canal and put on 4 kilograms (wet weight) of water hyacinth on the raft. Put the raft to distance approximately 10 meters long were totally 15 rafts in a total distance about 180 meters. Measuring of water quality which had the water hyacinth rafts in Rong Jae canal. Water hyacinth raft has reducing efficiency of BOD, TKN TP in water around 58.5%, 53.5% and 45% respectively. Found that the water hyacinth raft can increase the amount of oxygen in the water which is related with the amount of BOD decreases. And found that if the amount of water hyacinth to put in the raft as 4 kilograms per 1 kilograms BOD will have wastewater treatment period about 40 days. But if the amount of water hyacinth in the raft as 8.5 kilograms per 1 kilograms BOD will have wastewater treatment period about 16 days. Efficiency treatment of water hyacinth raft is reduced after a period of water hyacinth raft can be used in wastewater treatment. It will be need to remove of water hyacinth in the raft that was more than enough. The result of this study can be used as guidelines to use the water hyacinth raft in wastewater treatment for management and restoration of water quality effectively.

Keywords : Efficiency, Wastewater treatment, Water hyacinth

1. บทนำ

คลองโรงเจเป็นคลองที่เชื่อมต่อระหว่างคลองปฏิรูปและแม่น้ำท่าจีน โดยมีความยาวประมาณ 3.45 กิโลเมตร ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของตำบลลานตากฟ้า อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการ **"ตำบลเตรียมพร้อม"** เพื่อการป้องกันอุทกภัยในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานคร (รูปที่ 1) ปัจจุบันคลองโรงเจ มีวัชพืชน้ำเกิดขึ้นอย่างหนาแน่น (รูปที่ 2) และได้มีการสร้างประตูกั้นน้ำในคลองโรงเจ จึงทำให้น้ำในคลองโรงเจไม่สามารถไหลเวียนถ่ายเทได้อย่างสะดวก รวมถึงมีการระบายน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดจากหมู่บ้านโดยรอบลงสู่คลองโรงเจโดยตรง เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของหมู่บ้านชำรุด และไม่ได้ทำการซ่อมแซมเพื่อให้ใช้งานได้ตามปกติ จึงทำให้คุณภาพน้ำในคลองโรงเจมีสภาพค่อนข้างเสื่อมโทรมลงมาก น้ำเน่าเสีย มีสีดำ มีกลิ่นเหม็น ซึ่งทำให้ชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบๆ คลองโรงเจได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำเน่าเสีย กลิ่นเหม็น และได้มีข้อร้องเรียนปัญหาดังกล่าวขึ้น

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาน้ำเน่าเสียในคลองโรงเจ เพื่อช่วยลดหรือบรรเทาปัญหาดังกล่าว โดยได้ดำเนินโครงการศึกษาการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยฟื้นฟูคุณภาพน้ำในคลองโรงเจ ตามแนวทางพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการใช้พืชน้ำมาช่วยในการบำบัดน้ำเสียของชุมชน



รูปที่ 1 แสดงแผนที่คลองโรงเจ

รูปที่ 2 แสดงสภาพคลองโรงเจที่มีพืชน้ำขึ้นหนาแน่น

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจ ได้มีการดำเนินการซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 สำรวจพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพบริเวณคลองโรงเจ

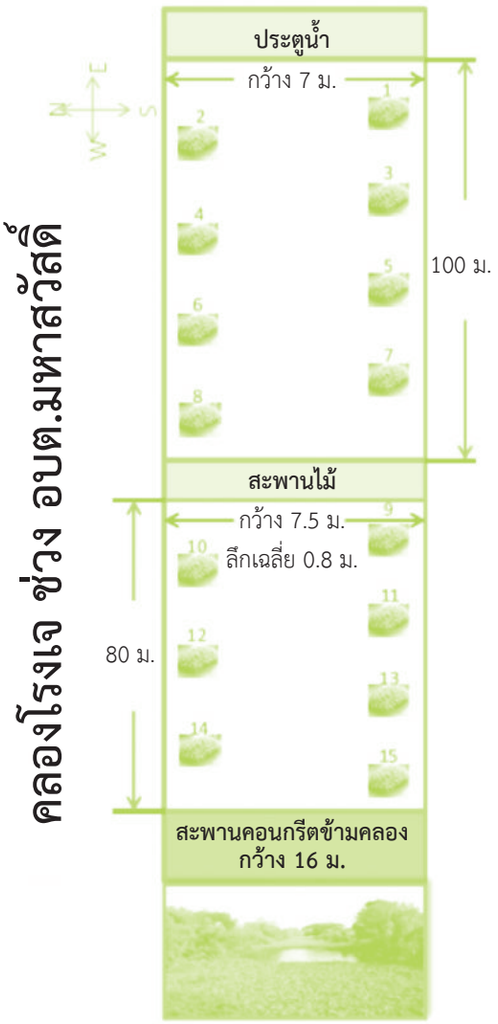
2.2 สำรวจและตรวจวัดคุณภาพน้ำในคลองโรงเจ

2.3 ประชุมชี้แจงโครงการกับประชาชนในพื้นที่ เพื่อเสนอแนวทางการใช้พืชน้ำในการช่วยบรรเทาความเน่าเสียของน้ำในคลองโรงเจและรับฟังความคิดเห็นของประชาชน เพื่อให้มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาแพผักตบชวาในคลองโรงเจ

2.4 ระดมชุมชนลอกคลองกำจัดพืชน้ำที่ขึ้นอย่างหนาแน่นในคลองโรงเจ เนื่องจากในคลองโรงเจมีพืชน้ำ เช่น จอก แหน ผักบุ้ง และผักตบชวาขึ้นอย่างหนาแน่นจนเต็มพื้นที่ผิวน้ำ องค์การบริหารส่วนตำบลมหาสวัสดิ์และลานตากฟ้าจึงได้ระดมกำลังคนงานและประชาชนในชุมชน พร้อมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ มาช่วยกำจัดพืชน้ำ เพื่อลอกคลองก่อนที่จะนำแพผักตบชวาลงไปติดตั้ง

2.5 กำหนดพื้นที่ที่จะติดตั้งแพผักตบชวาในคลองโรงเจ

การติดตั้งแพผักตบชวาในพื้นที่คลองโรงเจ ได้เลือกพื้นที่บริเวณตั้งแต่ประตูระบายน้ำด้าน อบต. มหาสวัสดิ์ จนถึงบริเวณสะพานปูนข้ามคลอง รวมระยะทางประมาณ 180 เมตร โดยลำคลองมีความกว้างเฉลี่ย 7 เมตร และมีความลึกเฉลี่ย 0.8 เมตร (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งแพผักตบชวาในคลองโรงเจ

2.6 ติดตั้งแพผักตบชวา

จัดทำแพผักตบชวาขนาด 1 ตารางเมตร โดยแพผักตบชวาจะกว้าง 1 เมตร และยาว 1 เมตร ทำด้วยวัสดุท่อพีวีซี (PVC) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หลังจากนั้นทำการติดตั้งแพผักตบชวาโดยใช้เสาไม้ยูคาลิปตัสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 3 เมตร ปักยึดแพไว้ทั้ง 4 ด้าน วางแพสลับฟันปลา ระยะห่างระหว่างแพประมาณ 10 เมตร จำนวน 15 แพ โดยในแต่ละแพจะใส่ผักตบชวาน้ำหนัก 4 กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) (รูปที่ 4-5)

รูปที่ 4-5 แสดงติดตั้งแพผักตบชวา

2.7 ตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก 15 วัน เพื่อประเมินคุณภาพน้ำในคลองโรงเจ

จากนั้นก็ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 15 วัน เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำและประเมินคุณภาพน้ำในคลองโรงเจ โดยมีจุดเก็บตัวอย่างคือ จุดที่ 1 ประตูระบายน้ำ จุดที่ 2 สะพานไม้ และจุดที่ 3 สะพานคอนกรีต รวมระยะทาง 180 เมตร และนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่า DO, BOD, TKN และ TP

2.8 วิเคราะห์และประมวลผลประสิทธิภาพของแพผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียในคลองโรงเจ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

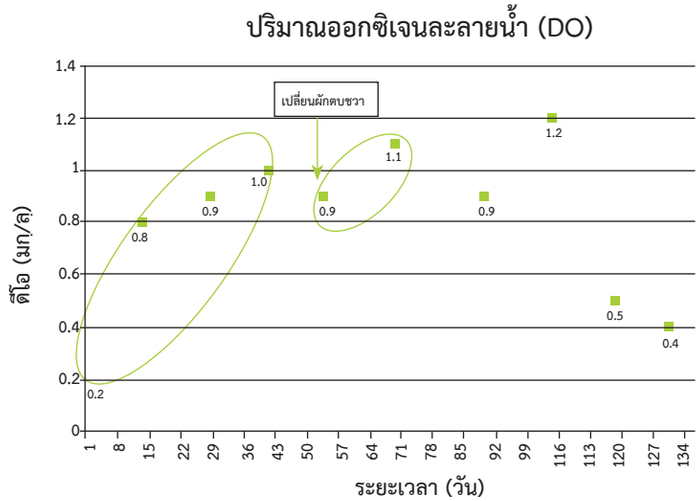
ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองโรงเจ ระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2557 แสดงในตารางที่ 1 โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ 4 พารามิเตอร์ คือ ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (BOD) ค่าปริมาณไนโตรเจนในรูป TKN และค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 - เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2557

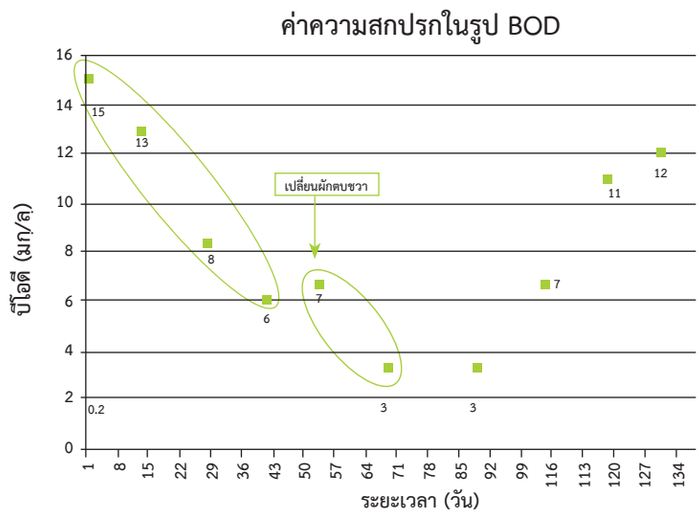
วันที่เก็บตัวอย่าง	ระยะเวลา (วัน)	DO	BOD	TKN	TP	หมายเหตุ
24 ม.ค.57	1	0.2	15	7	0.7	เริ่มใส่แพผักตบชวา
5 ก.พ.57	13	0.8	13	7	0.6	
20 ก.พ.57	28	0.9	8	4	0.4	
5 มี.ค.57	41	1.0	6	3	0.3	
17 มี.ค.57	53	0.9	7	4	0.3	เปลี่ยนผักตบชวาในแพ
3 เม.ย.57	69	1.1	3	2	0.2	
23 เม.ย.57	89	0.9	3	5	0.2	
8 พ.ค.57	104	1.2	7	2	0.4	
22 พ.ค.57	118	0.5	11	11	0.9	
3 มิ.ย. 57	130	0.4	12	14	1.2	

จากค่าในตารางที่ 1 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป การเพิ่มขึ้นของค่า DO และการลดลงของค่า BOD, TKN และ TP หลังจากติดตั้งแพผักตบชวา เมื่อเวลาผ่านไป 53 วัน ค่าของพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดได้เริ่มเปลี่ยนไปในทางตรงกันข้าม โดยค่าของ DO เริ่มลดลง ส่วนค่าของ BOD, TKN, และ TP เริ่มสูงขึ้น จึงได้ทำการตัดหรือรื้อถอนผักตบชวาในแพออก เพื่อให้มีผักตบชวาในแพเหลือประมาณ 4 กิโลกรัมต่อแพเท่าเดิม และทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำต่อไปอีก และพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า DO และการลดลงของค่า BOD, TKN และ TP หลังการเปลี่ยนผักตบชวาแล้วจะใช้เวลาประมาณ 16 วัน ก็เริ่มมีแนวโน้มที่ค่าที่วัดได้จะเปลี่ยนไปในทางตรงกันข้ามเช่นเดียวกับการตรวจวัดในครั้งแรก และก็เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงประมาณ 130 วัน

จากรูปที่ 6 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในคลองโรงเจ พบว่าค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในคลองโรงเจก่อนติดตั้งแพผักตบชวามีค่าประมาณ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อมีการติดตั้งแพผักตบชวา ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นถึง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 40 วัน แล้วจะลดลงเหลือ 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อได้มีการเปลี่ยนผักตบชวา ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำก็เพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 16 วัน (วันที่ 53-69) แล้วหลังจากนั้นค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำก็จะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือ 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร

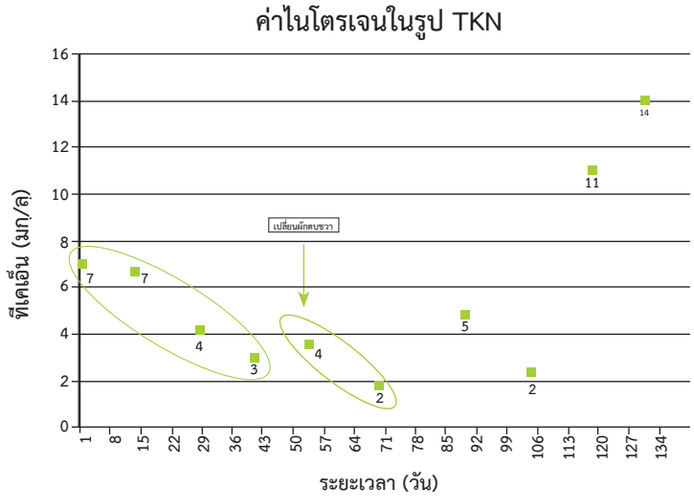


รูปที่ 6 แสดงค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในคลองโรงเจ



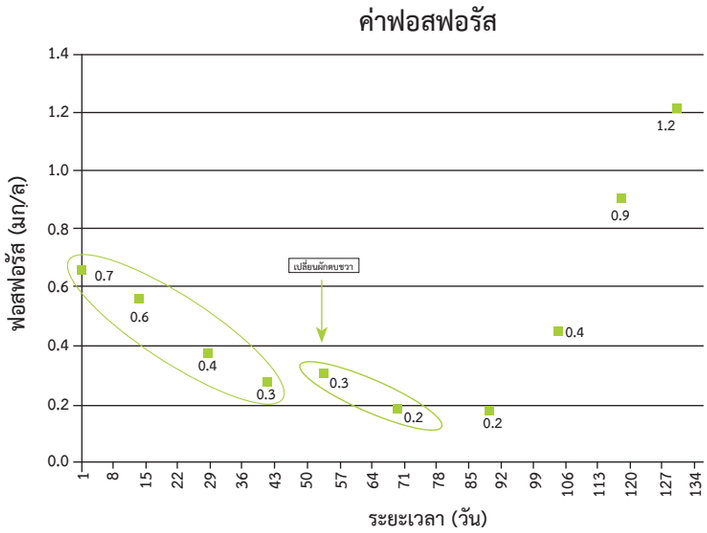
รูปที่ 7 แสดงค่า BOD ในคลองโรงเจ

จากรูปที่ 7 แสดงค่า BOD ในคลองโรงเจ พบว่าค่า BOD ในคลองโรงเจก่อนติดตั้งแพผักตบชวามีค่าประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อมีการติดตั้งแพผักตบชวา ค่า BOD จะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 40 วัน แล้วจะเริ่มเพิ่มขึ้นเป็น 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อได้มีการเปลี่ยนผักตบชวาในแพ ค่า BOD ก็จะเริ่มลดลงเหลือประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 16 วัน (วันที่ 53-69) แล้วหลังจากนั้นค่า BOD ก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 12 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 8 แสดงค่า TKN ในคลองโรงเจ

จากรูปที่ 8 แสดงค่า TKN ในคลองโรงเจ พบว่าค่า TKN ในคลองโรงเจก่อนติดตั้งแพผักตบชวามีค่าประมาณ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อมีการติดตั้งแพผักตบชวา ค่า TKN จะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 40 วัน แล้วจะเริ่มเพิ่มขึ้นเป็น 4 มิลลิกรัมต่อลิตรและเมื่อได้มีการเปลี่ยนผักตบชวาในแพ ค่า TKN ก็จะเริ่มลดลงเหลือประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 16 วัน (วันที่ 53-69) แล้วหลังจากนั้นค่า TKN ก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 14 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 9 แสดงค่า TP ในคลองโรงเจ

จากรูปที่ 9 แสดงค่า TP ในคลองโรงเจ พบว่าค่า TP ในคลองโรงเจก่อนติดตั้งแพผักตบชวามีค่าประมาณ 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อมีการติดตั้งแพผักตบชวา ค่า TP จะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 40 วัน และเมื่อได้มีการเปลี่ยนผักตบชวาในแพ ค่า TP ก็จะเริ่มลดลงเหลือประมาณ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 16 วัน (วันที่ 53-69) แล้วหลังจากนั้นค่า TP ก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 ประสิทธิภาพของแพผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

ครั้งที่	ระยะเวลา (วัน)	ความหนาแน่นของผักตบชวา	ประสิทธิภาพในการบำบัด (%)		
			บีโอดี (BOD)	ทีเคเอ็น (TKN)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)
ครั้งที่ 1 (วันที่ 41-1)	40 วัน	4 kg ผักตบชวา/kg BOD	60 %	57 %	57 %
ครั้งที่ 2 (วันที่ 69-53)	16 วัน	8.5 kg ผักตบชวา/kg BOD	57%	50 %	33 %
ค่าเฉลี่ย (Average)			**58.5 %**	**53.5 %**	**45 %**

จากตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของแพผักตบชวา ในการบำบัดน้ำเสียในคลองโรงเจ พบว่าสามารถลดปริมาณค่า BOD ลงได้ 58.5 % ปริมาณ TKN ลงได้ 53.5 % และปริมาณ TP ลงได้ 45 % จากการศึกษาพบว่าปริมาณความหนาแน่นของผักตบชวาจะมีผลต่อระยะเวลาในการใช้บำบัดน้ำเสีย ถ้าปริมาณความหนาแน่นของผักตบชวาเป็น 4 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกของผักตบชวาต่อกิโลกรัมบีโอดี (4 kg ผักตบชวา/kg BOD) จะใช้ได้ในช่วงเวลา 40 วัน ส่วนปริมาณความหนาแน่นของผักตบชวาที่ 8.5 กิโลกรัม น้ำหนักเปียกของผักตบชวาต่อกิโลกรัมบีโอดี (8.5 kg ผักตบชวา/kg BOD) จะใช้ได้ในช่วงเวลาเพียง 16 วัน ซึ่งหลังจากระยะเวลาดังกล่าวแล้วประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแพผักตบชวาจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณผักตบชวาที่เจริญเติบโตอย่างหนาแน่นในพื้นที่จำกัด จะเป็นปัจจัยในการจำกัดการเจริญเติบโตของผักตบชวาในแพ รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำก็อาจมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา จึงทำให้ผักตบชวาเริ่มตายลง และทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแพผักตบชวาลดลง นอกจากนั้นผักตบชวาที่เริ่มตายลงก็จะเป็นการเพิ่มปริมาณบีโอดีให้กับแหล่งน้ำด้วย จึงทำให้ปริมาณบีโอดีในน้ำสูงขึ้นเรื่อยๆ

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการศึกษา

4.1.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแพผักตบชวาพบว่า สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (BOD) ไนโตรเจน (TKN) และฟอสฟอรัส (TP) ได้เท่ากับร้อยละ 58.5 53.5 และ 45 ตามลำดับ

4.1.2 การใช้แพผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย จะต้องพิจารณาถึงความหนาแน่นของผักตบชวาและระยะเวลาที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ โดยพบว่าถ้าใช้อัตราความหนาแน่นของผักตบชวาที่ 4 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อกิโลกรัมบีโอดี ระยะเวลาที่จะสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จะประมาณ 40 วัน แต่ถ้าใช้อัตราความหนาแน่นของผักตบชวาที่ 8.5 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อกิโลกรัมบีโอดี ระยะเวลาที่จะสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จะประมาณ 16 วัน ซึ่งหลังจากระยะเวลาที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้แล้ว ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแพผักตบชวาจะลดลง

เนื่องจากผักตบชวาในแพไม่สามารถเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไปได้ในพื้นที่จำกัดและเริ่มตายลง จึงต้องมีการจัดการเก็บเกี่ยว หรือลดปริมาณผักตบชวาในแพออก จึงจะสามารถคงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 การใช้แพผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสีย เพื่อช่วยฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ จะต้องคำนึงถึงความเน่าเสียของน้ำในแหล่งน้ำ ปริมาณความหนาแน่นของผักตบชวาที่จะใช้ และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกจากแพ จึงจะทำให้การฟื้นฟูคุณภาพน้ำแหล่งน้ำได้ผลดีมีประสิทธิภาพ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ควรใช้ความหนาแน่นของผักตบชวาที่ 4 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อกิโลกรัมบีโอดี ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผักตบชวาประมาณ 40 วัน ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องใช้เจ้าหน้าที่จำนวนมากนักในการควบคุมและดูแลรักษาแพผักตบชวาให้คงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียคลองโรงเจ

4.2.2 การใช้แพผักตบชวาในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในคลองโรงเจเป็นการช่วยลดความสกปรก และความเน่าเสียของน้ำลงได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น การแก้ปัญหาคุณภาพน้ำในคลองโรงเจที่จะได้ผลดี จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป

4.2.3 พื้นที่ต่างๆ สามารถคัดเลือกพืชน้ำชนิดอื่นที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่มาใช้ในการบำบัดและฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้ แต่จะต้องมีการศึกษาวิธีการจัดการพืชน้ำนั้นอย่างเหมาะสมด้วย มิฉะนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียมากยิ่งขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ เทศบาลตำบลมหาสวัสดิ์ เทศบาลตำบลลานตากฟ้า ประชาชนหมู่บ้านพฤกษา 14 สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 และเจ้าหน้าที่กลุ่มน้ำและขยะ ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดี จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. APHA, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed. American Public Health Association and Water Environmental Foundation EPS Group, Inc., Maryland, USA.

2. โครงการบำบัดน้ำเสียบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.http://km.rdpb.go.th/Project/View/6639.

3. Kasem Chunkao, Chatri Nimpee, Kittichai Duangmal. 2012. The King's initiatives using water hyacinth to remove heavy metals and plant nutrients from wastewater through Bueng Makkasan in Bangkok, Thailand. Ecological Engineering. 39, 40-52

13

การศึกษาการปนเปื้อนของสาร Polychlorinated Biphenyl ในตะกอนดินและหอยแมลงภู่

Study on Contamination of Polychlorinated Biphenyl in Sediment and Green mussel

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ

การศึกษาการปนเปื้อนของสาร Polychlorinated Biphenyl ในตะกอนดินและหอยแมลงภู่
Study on Contamination of Polychlorinated Biphenyl in Sediment and Green mussel

รุจยา บุณยทุมานนท์ และ สุนิทรา ทองเกลี้ยง
Ruchaya Boonyatumanond and Sunitra Thongklerng

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion (E-mail : ruchaya2007@gmail.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณสารตกค้างโพลีคลอรีเนตเตดไบเฟนิล (พีซีบี, PCBs) ในตัวอย่างตะกอนดินและหอยแมลงภู่ในแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำแม่กลอง และบริเวณชายฝั่งทะเลตอนบนของอ่าวไทย การสกัดตัวอย่างตะกอนดินด้วยเทคนิค soxhlet extraction และหาปริมาณสาร PCBs จะใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี – แมสสเปคโตรมิเตอร์ (GC/MS) ผลการทดสอบในตัวอย่างตะกอนดิน และหอยแมลงภู่พบปริมาณการตกค้างของสาร PCBs น้อย แม้ว่าในขณะนี้สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับการปนเปื้อนของสาร PCBs ในตะกอนดินหรือสิ่งมีชีวิต แต่สามารถใช้ข้อมูลในการติดตามการปนเปื้อนของสาร PCBs โดยใช้หอยแมลงภู่เป็นดัชนีชีวภาพสถานการณ์บริเวณชายฝั่งของประเทศได้

คำสำคัญ : โพลีคลอรีเนตเตดไบเฟนิล หอยแมลงภู่ ตะกอนดิน แม่น้ำ

Abstract

The study on contamination of Polychlorinated Biphenyl in sediment and green mussel from four main revers, which are the Chao phraya river, the Tha-chin river, the Bang-pakong river, the Maeklong river and coastal area on the upper Gulf of Thailand. The samples were extracted by using soxhlet extraction and quantified by gas chromatography-mass spectrometer (GC/MS). The results were detected the PCBs at very low concentration in sediment and green mussels. Although Thailand didn't have standards regulation of detection limit in sediment now, the result can be used as monitoring data of contamination of PCBs by using green mussel as bio-indicator around coastal area of Thailand.

Keywords : Polychlorinated Biphenyl, green mussel, sediment, river

1. บทนำ

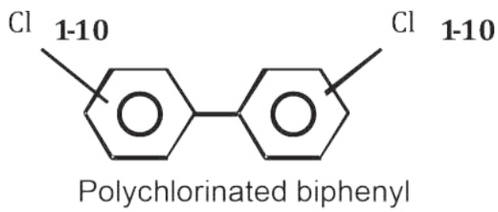
ตามที่ประเทศไทยได้ลงนามในสัตยาบรรณอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548 ซึ่งอนุสัญญาดังกล่าวมีเป้าหมายในการลด/เลิกการผลิต การใช้ และการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นคณะอนุกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮล์มและได้รับมอบหมายในแผนปฏิบัติการระดับชาติว่าด้วยเรื่องการปรับลดและการตรวจสอบการตกค้างของสาร POPs โดยเฉพาะกรณีการตกค้างของสาร PCBs และให้นำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าตามแผนที่ได้รับมอบหมายในคณะอนุกรรมการอนุสัญญาฯ ด้วย ดังนั้นเพื่อสนับสนุนข้อมูลให้กับคณะอนุกรรมการอนุสัญญา ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงทำโครงการเพื่อติดตามผลการตกค้างของสารพีซีบี เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่เคยดำเนินการบริเวณโรงเก็บประจุไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงในอดีต ซึ่งขณะนั้นมีการศึกษาสารพีซีบีตกค้าง ตัวอย่างอากาศ น้ำ และตะกอนดิน [Watanabe et al., 1996]

สาร Polychlorinated biphenyls (PCBs) เป็นสารที่มนุษย์ผลิตขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม และได้รับการจัดอยู่ในกลุ่มสารตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants, POPs) เป็นสารก่อมะเร็ง สาร PCBs เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเริ่มใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 จากปฏิกิริยาการเติมคลอรีนและสารไบเฟนิล (biphenyl) กับสารคลอรีนที่ปราศจากน้ำ (anhydrous chlorine) โดยมีเหล็กหรือสารประกอบเหล็ก (ferric chloride) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา มีการใช้สาร PCBs อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีชื่อทางการค้าแตกต่างกันตามประเทศผู้ผลิต เช่น Kaneclor (ญี่ปุ่น) Aroclor (สหรัฐอเมริกา) Clophen (เยอรมันนี) เป็นต้น และรหัสตัวเลข 4 ตัวท้ายผลิตภัณฑ์จะบอกถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของคลอรีนโดยน้ำหนักในผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น Aroclor 1260 คือ ตัวเลข 12 หมายถึง “Biphenyl” และเลข 60 หมายถึง สาร PCBs ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 60 เป็นต้น ที่มีส่วนประกอบของ สาร PCBs นำมาใช้เป็น Industrial fluid ใน hydraulic system, gas turbine และปั๊มสุญญากาศเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี นำความร้อนสม่ำเสมอและคงที่ เฉื่อยต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ใช้ในระบบความร้อน ใช้ผสมน้ำมันหล่อลื่น ใช้เป็น Plasticizer ในน้ำยาขัดเงา สี หมึก กาว กระดาษสำเนา สารกันรั่วซึมและพลาสติก เป็นต้น สาร PCBs ใช้อย่างแพร่หลายจนถึงช่วงปี ค.ศ. 1970 มีการปนเปื้อนของสาร PCBs ในสิ่งแวดล้อมทั่วโลกโดยไม่คาดคิด [Safe, S., 1987, Eljarrat et al., 2001, Kennish et al., 1996]

สาร PCBs มีสมบัติละลายน้ำได้น้อย สามารถละลายได้ดีในสารอินทรีย์ น้ำมัน ไขมัน ไม่ไวไฟ ระเหยยาก จุดเดือดประมาณ 325-366 องศาเซลเซียส สาร PCBs เป็น precursor ของการเกิดสารฟิวแรน หากนำไปเผาที่อุณหภูมิ 250-450 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดสารฟิวแรนซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษและอยู่ในสารกลุ่มที่ตกค้างยาวนาน (persistent organic pollutants, POPs) ในมนุษย์มีวงจรครึ่งชีวิต (half life cycle) 7.8-132 ปี [Safe, 1987] ความเป็นพิษของสาร PCBs ในคนทำให้เกิดอาการ เช่น ระคายเคืองต่อตา เซื่องซึม ปวดศีรษะ ผิวหนังและเล็บดำ ผิวหนังหยาบกร้าน มีการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังเกิดบริเวณใบหน้า ลำคอ และลำตัวท่อนบน อาจเกิดฝีหรือตุ่มเล็กๆ เรียกว่า “Chloracne” ดังรูปที่ 1 มีงานวิจัยในสัตว์ทดลองพบว่า ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลัน แต่อาการจะเกิดขึ้นเมื่อรับสาร PCBs เข้าไปสะสมในร่างกายและก่อให้เกิดมะเร็งในตับของหนู PCBs เป็นกลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบจึงสามารถสะสมในตะกอนดินได้ดีพอๆ กับในสิ่งมีชีวิต (Erickson et al., 1997) ประเทศไทยเริ่มใช้สาร PCBs ในปี ค.ศ. 1955 จนปี ค.ศ. 1975 ประเทศไทยมีข้อกำหนดห้ามการใช้สาร PCBs ทั้งหมด ในปี ค.ศ. 1975 เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของสาร PCBs ที่ประเทศไต้หวัน โดยมีสาเหตุมาจากเครื่องหล่อความเย็นในโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว อุบัติเหตุในครั้งนั้นทำให้ผู้ได้รับสาร PCBs ป่วยเป็นโรคมะเร็งตับและเกิดสิวเม็ดใหญ่ที่บริเวณผิวหนัง โดยเฉพาะบริเวณใบหน้า ในหลายประเทศทั่วโลกจึงประกาศห้ามผลิตและห้ามใช้สาร PCBs ตั้งแต่ ค.ศ. 1975 เป็นต้นมา มีการศึกษาเพื่อการประเมินหาสาร PCBs ที่ตกค้างในชั้นตะกอนดินเพื่อที่จะกำหนดเป็นค่ามาตรฐานในประเทศไทย [Ruchaya et al., 2007] วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนสาร PCBs ในตัวอย่างตะกอนดินและหอยแมลงภู่ ในพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณชุมชน และบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม

รูปที่ 1 แสดงอาการของโรคผิวหนังของผู้ได้รับพิษของสาร พีซีบี ที่ปนเปื้อนในน้ำมันรำข้าว ประเทศญี่ปุ่น

การเปลี่ยนแปลงรูปและการสลายตัวและการเคลื่อนย้ายสู่สิ่งแวดล้อม ขึ้นอยู่กับจำนวนคลอรีนในโมเลกุลของสาร PCBs ในอากาศ สาร PCBs สามารถสลายตัวได้ด้วยกระบวนการการสลายตัวโดยแสงอาทิตย์ (photolysis) โดยจะมีค่าระยะเวลาครึ่งชีวิตที่แตกต่างกัน สาร PCBs ที่มีคลอรีน 5 อะตอม (pentachlorobiphenyl) มีระยะเวลาครึ่งชีวิต เท่ากับ 41-83 วัน (WHO., 2003) ในน้ำ สาร PCBs สามารถสลายตัวได้ด้วยแสงอาทิตย์ระยะเวลาครึ่งชีวิตของสาร PCBs ที่มีองค์ประกอบของคลอรีนตั้งแต่ 1-4 อะตอม เมื่ออยู่ในน้ำตื้นระดับ 0.5 เมตร จะสลายตัวได้ในช่วง 17-210 วัน ในตะกอนดิน กระบวนการสลายตัวทางชีวภาพ (biodegradation) เป็นกระบวนการหลักของการสลายตัวของสาร PCBs สามารถเกิดได้ทั้งมีอากาศและไร้อากาศ โครงสร้างโดยทั่วไป สาร PCBs ประกอบด้วย benzene ring 2 ring ต่อกัน และมีคลอรีนประกอบด้วยตั้งแต่ 1 -10 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลสาร PCBs

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านสารพิษ ทำการศึกษาปริมาณการตกค้างของสารพิษประเภท PCBs เนื่องจากสาร PCBs สามารถตกค้างได้ยาวนานในสิ่งแวดล้อม โดยมีช่วงอายุการสลายตัวนาน ละลายได้ดีในไขมัน และสามารถกระจายหรือถูกพัดพาไปได้ระยะไกล ๆ สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษเมื่อตกค้างในสิ่งมีชีวิต มีผลต่อระบบประสาท ทำให้การผลิตฮอร์โมนที่ต่อมใต้สมองผิดปกติ เป็นสารที่ถูกระบุในอนุสัญญาสตอกโฮล์ม งานติดตามตรวจสอบสาร PCBs ตกค้างโดยใช้หอยแมลงภู่เป็นดัชนีชี้วัด (bio-indicator) นั้นทั่วโลกยอมรับว่าหอยแมลงภู่สามารถใช้เป็นดัชนีชีวภาพในสิ่งแวดล้อม [Connor, 2002] เนื่องจากหอยแมลงภู่เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลและเป็นสัตว์ที่เลี้ยงโดยอาศัยอาหารบริเวณชายฝั่งนั่นเอง อาหารของหอยแมลงภู่จะผ่านเนื้อเยื่อของหอยแมลงภู่ดังนั้นจึงเป็นการสะสมของสารอาหารและสารพิษประเภทต่างๆ ด้วย นอกจากนั้นผู้วิจัยสามารถกำหนดได้ว่าจะใช้หอยแมลงภู่อายุเท่าไรตามความเหมาะสม การตกค้างในตะกอนดินก็เป็นการศึกษาเพื่อสนับสนุนข้อมูลด้านการสะสมของสาร PCBs และ

การเคลื่อนย้ายสาร PCBs จากแผ่นดินสู่แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงถ่ายสารพิษเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสัตว์หน้าดินและถ่ายสู่อาหารของมนุษย์ในที่สุด โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ศึกษาการปนเปื้อนของสารพีซีบีในตัวอย่างหอยแมลงภู่และตะกอนดิน ที่บริเวณพื้นที่เสี่ยง เช่น เขตอุตสาหกรรม เขตชุมชนเมือง และบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศ และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนแผนปฏิบัติการระดับชาติภายใต้อนุสัญญาสัญญาสตอกโฮล์ม

จากข้อมูลการใช้สาร PCBs ในประเทศไทยพบว่า สาร PCBs นำเข้ามาพร้อมหม้อแปลงไฟฟ้าหรือหม้อเก็บประจุไฟฟ้าเท่านั้น และปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบได้รวบรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีสาร PCBs ปนเปื้อนไปกำจัดยังต่างประเทศ อย่างไรก็ตามแม้กฎหมายได้ยกเลิกการใช้และนำเข้าสาร PCBs แล้ว แต่ยังสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของสาร PCBs บริเวณตะกอนชั้นบนอาจเนื่องจากขบวนการพัดพาและเคลื่อนที่ของอินทรียวัตถุตามธรรมชาติลงสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดินที่ปนเปื้อนสาร PCBs ซึ่งการกระจายสู่สิ่งแวดล้อมเกิดได้หลายทาง เช่น การชะของน้ำฝน (runoff) น้ำท่วม หรือ การระเหยและพัดพาโดยลมหรือบรรยากาศ (atmospheric transport) การเคลื่อนตัวของตะกอนดินและการพัดพาของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการกระจายและการสะสมของสาร PCBs แม้อยู่ห่างจากชายฝั่ง จากข้อมูลการศึกษาของศูนย์วิจัยฯ [Santschi et al., 2001, Columbo, et al., 2005] พบว่าตะกอนดินบริเวณคลองซอยต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาตรวจพบสาร PCBs ช่วง 0.11 - 0.93 นาโนกรัมต่อกรัม-น้ำหนักแห้ง ตะกอนดินบริเวณแม่น้ำพบสาร PCBs ช่วง 0.01 - 0.22 นาโนกรัมต่อกรัม-น้ำหนักแห้ง บริเวณที่ไม่พบสาร PCBs (N.D = non detectable) คือบริเวณ จ.นนทบุรี – จ.อยุธยา และพบสาร PCBs ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นบริเวณ จ.สมุทรปราการ (st.2) ตะกอนดินบริเวณแม่น้ำพบสาร PCBs ช่วง 0.02 – 0.05 นาโนกรัมต่อกรัม-น้ำหนักแห้ง และตะกอนดินบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบสาร PCBs ตกค้างช่วง ND-0.02 นาโนกรัมต่อกรัม-น้ำหนักแห้ง บริเวณที่ตรวจไม่พบสาร PCBs คือบริเวณที่ไกลจากปากแม่น้ำมากกว่า 96 กิโลเมตร [Ruchaya B. et al., 2007]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมก็เป็นหน่วยงานหนึ่งที่เคยดำเนินการเรื่อง MUSSEL WATCH มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522-2535 [Eljarrat, et al., 2001, Erickson M.D.,1997] แต่ขณะนั้นมีการเก็บข้อมูลเฉพาะสารฆ่าแมลงเท่านั้น นอกจากนั้นได้มีการศึกษาการตกค้างสารพีซีบีในตะกอนดินจากแหล่งที่ปนเปื้อนบริเวณโรงเก็บหม้อแปลงไฟฟ้าเก่าของการไฟฟ้านครหลวงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523-2525 [Watanabe et al., 1996] ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จะสามารถใช้หาความสัมพันธ์หรือแนวโน้มของการตกค้างเมื่อเทียบกับในอดีตได้อีกด้วย

งานวิจัยที่ใช้หอยประเภทต่างๆ ในการติดตามตรวจสอบสถานการณ์การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ คือ สาร POPs เช่น สารพีซีบี สารฆ่าแมลง สารไดออกซิน-ฟิวแรน สารเอเอช สารพีบีดีอี มีอยู่มากมายหลายประเภท เช่น หอยแครง หอยนางรม หอย Zebra mussel [Jones S et al., 2001, Jon D. et al., 2011] การใช้หอยเป็นดัชนีชีวภาพเพื่อบ่งชี้การสะสมของสารพิษในตัวอย่างสิ่งมีชีวิตห่วงโซ่อาหารการสะสมของสารพิษ

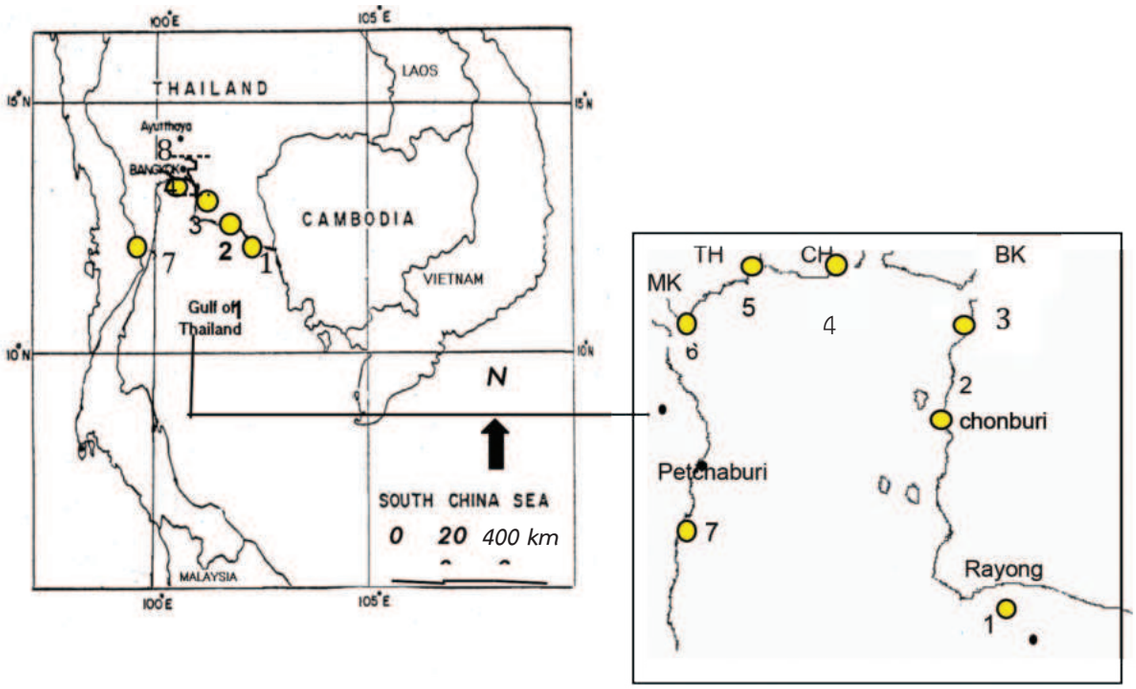
รูปที่ 3 แสดงหอยแมลงภู่ชนิด Perna Viridis และอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างตะกอนดิน (Grab sample)

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ดำเนินการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่เป็นเขตอุตสาหกรรม 2 พื้นที่ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและนิคมอุตสาหกรรมบางปู และบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศ

สถานที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

พื้นที่เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งและสถานที่เก็บตัวอย่างตะกอนดินและหอย หมายเลข 1-7 คือ 1. ระยอง 2. ชลบุรี 3. แม่น้ำบางปะกง 4. ปากแม่น้ำเจ้าพระยา 5. ปากแม่น้ำท่าจีน 6. ปากแม่น้ำแม่กลอง 7. เพชรบุรี

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ทำการทบทวนเอกสารและศึกษาหาวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างหอยแมลงภู่ โดยใช้วิธีการทดสอบ ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหอยแมลงภู่

2.1.1 นำหอยแมลงภู่มาล้างน้ำและขัดเอาเพลียงออกหรืออาจต้องใช้มีดสับเพลียงที่ติดออก

2.1.2 วัดความยาวของเปลือกหอยทุกชิ้นและใช้มีดงัดเปลือกหอยออกและใช้น้ำกลั่นฉีดล้างภายในเพื่อชะตะกอนดินติดอยู่ออก นำเนื้อหอยที่แกะได้ชั่งน้ำหนักแต่ละตัวและบันทึกน้ำหนัก

2.1.3 นำหอยทั้งหมดมารวมกันจนได้น้ำหนักประมาณ 200 กรัม และนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (homogenizer) จนละเอียด

2.1.4 นำหอยที่ปั่นได้เก็บในภาชนะสแตนเลสปิดฝาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส

2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างตะกอนดิน

2.2.1 นำตะกอนดินเปียกมาคลุกให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

2.2.2 แบ่งดินเป็น 4 ส่วน และคลุกตะกอนดินของส่วนที่ 1+4 และ 2+3 แล้วคลุกซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อเป็นการผสมตัวอย่างและเก็บตะกอนดินทั้งหมดในภาชนะสแตนเลสปิดฝาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 5

ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2
ส่วนที่ 3	ส่วนที่ 4

รูปที่ 5 แสดงการแบ่งดินเป็น 4 ส่วนและคลุกซ้ำหลายๆ ครั้ง

2.3 วิธีการสกัดตัวอย่างตะกอนดิน

2.3.1 นำตัวอย่างตะกอนดิน 10 กรัม เติมเฮกเซน (hexane) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม Surrogate C_{13} solution ความเข้มข้น 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร สกัดด้วย soxhlet นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นกำจัดสิ่งสกปรกต่อไป

2.3.2 เทชั้นเฮกเซน (hexane) ลดปริมาตรด้วยไนโตรเจนให้เหลือ 1 มิลลิลิตร และทำขั้นตอนกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่อไปโดยนำสารสกัดผ่าน silica gel column chromatography และฉีดเข้าเครื่องแก๊ซโครมาโตรกราฟ-แมสสเปคโตรมิเตอร์

2.3.3 กำจัด sulfur ที่ปนในตะกอนดินด้วย เม็ด copper ก่อนฉีดเข้าเครื่องแก๊ซโครมาโตรกราฟ-แมสสเปคโตรมิเตอร์

2.4 วิธีการสกัดตัวอย่างหอยแมลงภู่

2.4.1 นำหอยแมลงภู่ 20 กรัม ชั่งใส่หลอดแก้วขนาด 100-150 มิลลิลิตร เติม sodium sulfate เพื่อกำจัดน้ำจากหอยแมลงภู่ คลุกให้ sodium sulfate ทั่วๆ และเติม Surrogate C_{13} solution ความเข้มข้น 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร

2.4.2 เติมเฮกเซน (hexane) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สกัดด้วย homogenizer และแยกตะกอนเนื้อหอยออกโดยใช้เครื่อง centrifuge

2.4.3 นำ solvent ที่ได้จากการสกัดตัวอย่างมาลดปริมาตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้ปริมาตรเหลือ 2 มิลลิลิตร

2.5 การกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย Gel permeation chromatography

2.5.1 Gel permeation chromatography pack ด้วย bio-bead SX-3 จากนั้นเติมสารที่สกัดได้ลงในคอลัมน์ ไขมันจะกำจัดทิ้งไป ด้วย 50:50 cycloheaxane: ethyl acetate และลดปริมาตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนปริมาตรเหลือ 1 มิลลิลิตร

2.5.2 นำสารที่ลดปริมาตรจากการสกัดมาเติมในคอลัมน์ เก็บสาร PCBs ที่สนใจ และแยกผ่านขั้นตอนสุดท้ายด้วย Silica gel chromatography elute ด้วย 100% hexane จำนวน 100 มิลลิลิตร ลดปริมาตรและฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography-Mass Spectrometer

2.6 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเครื่อง GC/MS

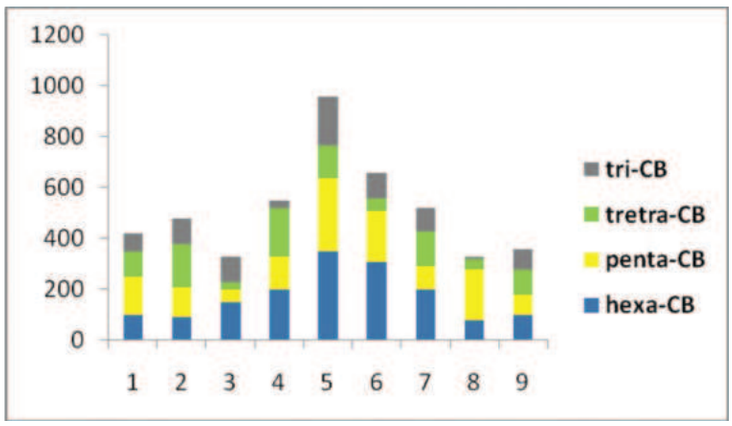
สารสกัดที่ได้ฉีดเข้าไปในเครื่อง Gas-Chromatography model 17-A (Shimadzu)/ Mass Spectrometer model QP-2010 (Shimadzu) โดยมีสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้ GC condition: column ชนิด Rtx®-PCB (60 m x 0.25 mm I.D., 0.25 μm)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์สาร PCBs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่

จากการเก็บตัวอย่างในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ตัวอย่างตะกอนดิน ตัวอย่างหอยแมลงภู่ และตัวอย่างน้ำ ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม และบริเวณปากอ่าวไทย ดำเนินการเก็บตัวอย่างตะกอนดิน 12 ตัวอย่าง จาก 7 จุดเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 6 ผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนดินในพื้นที่ต่างๆ พบสาร Total PCBs อยู่ในช่วง 330-957 นาโนกรัมต่อกรัม จุดที่พบ Total PCBs สูงสุดใน 3 ลำดับแรก ดังนี้ ปากแม่น้ำท่าจีน ปากแม่น้ำแม่กลอง และปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามลำดับ จุดเก็บตัวอย่างที่พบ PCBs ตกค้างในตะกอนดินปริมาณสูงสุด คือ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบ Total PCBs เท่ากับ 957 นาโนกรัมต่อกรัม นอกจากนั้นยังพบ Tri-PCBs congener และ พบ Tetra-PCBs ปริมาณ 350 นาโนกรัมต่อกรัม และ 289 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งพบ Total-PCBs ในปริมาณสูงสุดเมื่อเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างอื่นเช่นกัน พื้นที่ที่พบปริมาณ Total PCBs ในลำดับรองลงมา คือ พื้นที่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง พบ Total PCBs เท่ากับ 660 นาโนกรัมต่อกรัม และลำดับที่ 3 คือ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบ Total PCBs 550 นาโนกรัมต่อกรัม รายละเอียดดังรูปที่ 6

หน่วย : นาโนกรัมต่อกรัม



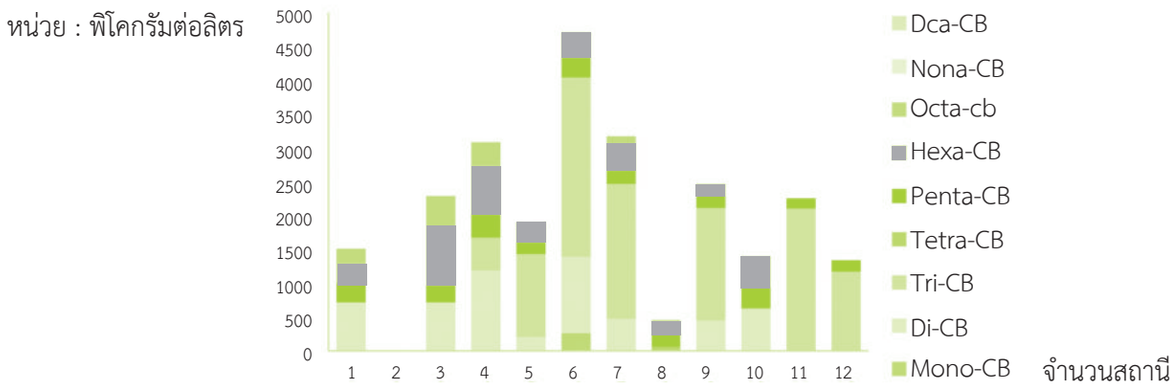
จำนวนสถานี

รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบของสาร PCBs ที่พบในตัวอย่างตะกอนดิน

จากงานวิจัยในอดีต ตรวจตะกอนดินบริเวณอ่าวไทยตอนบน และบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเท่านั้น และพบว่าบริเวณตะกอนดินแนวดิ่งที่ความลึก 20 เซนติเมตร มีความเข้มข้นของ Total PCBs ช่วง 900-1,200 นาโนกรัมต่อกรัม และพบว่า Total PCBs ในตะกอนดินแนวดิ่งที่ลึกกว่า 30-80 เซนติเมตรนั้น มีความเข้มข้นของ Total PCBs มีแนวโน้มลดลงจนถึงความลึกที่ 50 เซนติเมตร (ค.ศ. 1975-ค.ศ. 1950) ก็จะพบ Total PCBs ในปริมาณสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (Ruchaya et al., 2007) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอดีตที่ผ่านมาในช่วงปี ค.ศ. 1975 ประเทศไทยได้มีการห้ามใช้สาร PCBs และมีการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การนำ PCBs ที่อยู่ใน Transformer และ Capacitor ไปกำจัดยังต่างประเทศ และออกมาตรการทางกฎหมายเพื่อกำหนดให้สาร PCBs เป็นสารอันตรายประเภทที่ 4 จากการตรวจสอบหาสาร PCBs ในช่วงปลายยุค ค.ศ.1970 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเลิกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องเก็บประจุไฟฟ้าระบบเก่า และกำจัดโดยการเผาทำลาย ทำให้มีการปนเปื้อนของสาร PCBs ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งคุณสมบัติของสาร PCBs เป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ มีความคงทนที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมทางน้ำยาวนาน จึงทำให้เกิดการสะสมอยู่ในตะกอนดิน นอกจากนี้ สาร PCBs ยังปนเปื้อนอยู่ในน้ำฝนและผิวหน้าตะกอนดินบริเวณรอบๆ คลอง เพื่อที่จะประเมินความเสี่ยงของการสะสมสาร PCBs ในตะกอนดินและในสิ่งมีชีวิต การสำรวจควรที่จะเลือกตะกอนดินและสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณใกล้ชุมชนในการวิเคราะห์ครั้งต่อไป การตรวจสอบครั้งนี้แสดงให้ทราบว่ายังคงมีการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายของสาร PCBs อยู่ในตะกอนดินใกล้ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งการปนเปื้อนสาร PCBs มีการกระจายสู่สิ่งแวดล้อมเกิดได้

หลายทาง เช่น การชะด้วยน้ำฝน (runoff) หรือน้ำท่วม หรือการระเหยและพัดพาโดยลมหรือบรรยากาศ (atmospheric transport) การเคลื่อนตัวของตะกอนดินและการพัดพาของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการกระจายและการสะสมของสาร PCBs แม้อยู่ห่างจากฝั่ง

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของสาร PCBs ที่พบในตัวอย่างน้ำที่เคยศึกษาบริเวณชายฝั่งทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยโครงการความร่วมมือ The United Nations University (UNU) เมื่อ พ.ศ. 2552 นั้น ดังรูปที่ 7 และการศึกษาองค์ประกอบในตัวอย่างตะกอนดิน ดังรูปที่ 6 พบว่าองค์ประกอบของสาร PCBs ในน้ำและในตะกอนดินมีความแตกต่างกันแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของ PCBS กล่าวคือ องค์ประกอบของ PCBs พบในตัวอย่างน้ำจะพบองค์ประกอบ คือ Di-CB, Tri-CB, เป็นส่วนมากหรือมีปริมาณสูงกว่า Penta-PCB, Hexa-PCB ซึ่งแตกต่างกันกับองค์ประกอบของ PCBs ในตะกอนดิน กล่าวคือ จะพบองค์ประกอบของ Tetra-PCB, Penta-PCB และ Hexa-PCB เป็นส่วนมากหรือมีปริมาณสูงกว่า Di-CB, Tri-PCB สำหรับผลการตรวจสอบครั้งนี้ก็มีผลในทำนองเดียวกันคือ จะพบองค์ประกอบและปริมาณ PCBs ในตัวอย่างน้ำ คือ Di-PCB และ Tri-CB ในทุกตัวอย่างน้ำ แต่สำหรับตะกอนดินจะพบ Penta-CB และ Hexa-CB ในทุกตัวอย่าง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงองค์ประกอบของสาร PCBs ที่พบในตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลและบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จำนวน 12 ตัวอย่าง (แกน X) และ ความเข้มข้นของสาร PCBs (pg/L) (แกน Y)

การทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพสำหรับตัวอย่างหอยแมลงภู่ ผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างหอยแมลงภู่ในพื้นที่ต่างๆ นั้น ไม่พบสาร PCBs อยู่ตัวอย่างหอยแมลงภู่หรือพบในปริมาณที่ต่ำกว่าค่า method detection limit ดังนั้นผู้วิจัยจึงเปลี่ยนวิธีทดสอบโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟ และ electron capture detector เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบ ซึ่งผลการตรวจซ้ำปรากฏว่า รูปแบบของ PCBs pattern ไม่ใช่ pattern ของสาร PCBs ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดสอบในครั้งนี้ไม่พบสาร PCBs ตกค้างในตัวอย่างหอยแมลงภู่ เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ใช้วิเคราะห์แบบน้ำหนักเปียก ดังนั้นอาจต้องเพิ่มปริมาณน้ำหนักหอยแมลงภู่ในการสกัดตัวอย่าง เช่น วิธี freeze dry ตัวอย่างหอยในการสกัด ซึ่งอาจต้องใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการวิเคราะห์ต่อไป

การศึกษาการตกค้างของสาร PCBs ในประเทศไทยนั้นได้เคยมีการศึกษาที่แหล่งของการปนเปื้อนมาแล้วเมื่อ พ.ศ. 2538-2340 เนื่องจากการปนเปื้อนบริเวณที่เก็บหม้อแปลงของการไฟฟ้านครหลวง ถนนสุขสวัสดิ์ ซึ่งขณะนั้นเก็บตัวอย่างอากาศ ดิน ตะกอนดิน น้ำฝนชะหน้าดิน (runoff) และว่ามีการสะสมสาร PCBs ในทุก media ขบวนการพัดพาและเคลื่อนที่ของอินทรีย์วัตถุตามธรรมชาติลงสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดินที่ปนเปื้อนสาร PCBs ซึ่งการกระจายสู่สิ่งแวดล้อมเกิดได้หลายทาง เช่น การชะด้วยน้ำฝน (runoff) น้ำท่วม หรือ การระเหยและพัดพาโดยลมหรือบรรยากาศ (atmospheric transport) การเคลื่อนตัวของตะกอนดินและการพัดพาของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการกระจายและการสะสมของสาร PCBs แม้อยู่ห่างจากฝั่ง โดยปริมาณที่พบสาร PCBs ตกค้าง ณ พื้นที่ของโรงเก็บหม้อแปลง ในตัวอย่าง runoff

ช่วงความเข้มข้น 0.028 – 2.7 ไมโครกรัมต่อลิตร และพบสาร PCBs ในตัวอย่างตะกอนดิน 2.1 – 34 นาโนกรัมต่อกรัม โดยที่ผ่านมาประเทศไทยมีมาตรการทางกฎหมายที่ห้ามใช้ตั้งแต่ พ.ศ. 2515 และขณะนี้ได้ประกาศให้เป็นสารอยู่ในการควบคุมระดับ 4 คือ ห้ามผลิต ห้ามนำเข้า ห้ามใช้และห้ามมีสาร PCBs ไว้ในครอบครอง โครงการติดตามตรวจสอบการตกค้างของสาร PCBs เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ต้องดำเนินการตามแผนปฏิบัติการระดับชาติ ตามอนุสัญญาสตอกโฮล์ม จากการดำเนินการแสดงว่าแม้เวลาห่างจาก พ.ศ. 2538-2340 เป็นเวลามากกว่า 15 ปี แต่ยังพบการตกค้างในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาการตกค้างโดยใช้ตะกอนดินแนวดิ่ง โดยตะกอนดินมีอายุตะกอนดินประมาณ พ.ศ. 2510 ถึงอายุตะกอนดินประมาณ พ.ศ. 2525 ซึ่งพบว่าแนวโน้มที่พบสาร PCBs ในอายุตะกอนดิน พ.ศ. 2508 ตรวจพบการตกค้างของสาร PCBs ในอดีตเนื่องจากมีการใช้และมีแนวโน้มการตกค้างลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 ความเข้มข้นของ PCBs สูงสุดมีค่า Total PCBs = 313 พิโคกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) จากนั้นสาร PCBs มีแนวโน้มความเข้มข้นลดลงจนถึงตะกอนดินผิวหน้า มีค่า Total PCBs ประมาณ 200-500 พิโคกรัมต่อกรัม จากผลการศึกษา GT15 (Lathitude 13°21.86′N, Longtitude 100°34.60′E) แสดงว่าการปนเปื้อนสาร PCBs มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ทั่วโลก เช่น การศึกษานี้ได้นำส่งรายงานให้คณะกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮล์มเพื่อกำหนดมาตรการทางกฎหมายและการจัดการสิ่งแวดล้อมต่อไป

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้แสดงถึงปริมาณสารตกค้างประเภท PCBs ในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งและอ่าวไทยตอนบนของประเทศไทย โดยใช้หอยแมลงภู่เป็นดัชนีชี้วัดในการศึกษาสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้สามารถปรับใช้ดัชนีชีวภาพชนิดอื่นในการติดตามตรวจสอบ เช่น หอยแครง หอยกาบ หรือหอยนางรม และอาจทำการเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตที่อยู่ไกลชายฝั่ง เช่น ปลาหมึก ปลากะพง ที่อาศัยอยู่ไกลฝั่งทะเล หรือสัตว์หน้าดินประเภทอื่น เช่น ปลากระเบน สิ่งมีชีวิตประเภทต่างๆ ที่กล่าวแล้วนั้นได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ [Jon Dodrill et al., 2011, Jarvis et al., 2007] นอกจากนั้นอาจใช้ตัวกลางประเภทอื่นที่มิใช่สิ่งมีชีวิต เช่น เม็ดพลาสติก (plastic pallet) เป็นตัวกลางหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากแหล่งที่มาของสาร PCBs อาจมิใช่มาจาก PCBs ในประเทศนั้นๆ เท่านั้นแต่อาจมาจากการพัดพาจากประเทศใกล้เคียง ดังนั้นคณะวิจัยพยายามหาแหล่งที่มาและการพัดพาสาร PCBs โดยใช้เม็ดพลาสติกที่ได้จากเรือสินค้าระหว่างประเทศ ซึ่งเม็ดพลาสติกเหล่านั้น สามารถล่องลอยอยู่ในทะเลและจากคุณสมบัติของเม็ดพลาสติกที่สามารถดูดซับสารอินทรีย์ได้ นักวิจัยจึงเก็บเม็ดพลาสติกที่ล่องลอยและพัดพามาตกค้างชายหาดของหลายๆ ประเทศ ผู้วิจัยได้เคยสำรวจพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย พบว่ามีเม็ดพลาสติกตกค้างที่ชายหาดและบางชายหาดก็มีตกค้างอยู่มากพอสมควร เช่น สิชล สมิหลา และบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยเคยส่งเม็ดพลาสติกไปวิเคราะห์สาร PCBs ที่ประเทศญี่ปุ่น และพบว่าสามารถตรวจพบสาร PCBs ในเม็ดพลาสติกมีการสะสมอยู่แต่พบในปริมาณน้อย [Emma et al., 2009, Takada et al., 2008] ดังนั้นการศึกษาการตกค้างของสาร PCBs โดยใช้เม็ดพลาสติกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถใช้บอกปริมาณสาร PCBs ตกค้างได้

ตามที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการตกค้างสาร PCBs ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมและพบว่าประเทศไทยถือเป็นประเทศที่พบสาร PCBs ตกค้างในสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับที่ต่ำเมื่อเทียบกับต่างประเทศ อาจเนื่องจากในอดีตนั้นการใช้สาร PCBs ในประเทศไทยมีผู้นำเข้าเพื่อใช้เฉพาะภาคอุตสาหกรรมรายใหญ่และเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเท่านั้น ทำให้สามารถควบคุมและกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การศึกษาปริมาณและแหล่งที่มีสาร PCBs นั้นทำให้ทราบว่ายังมี PCBs คงค้างอยู่ในสภาพวัตถุดิบอีกหลายแหล่ง ดังนั้นมาตรการที่จะช่วยสนับสนุนให้กำจัดสาร PCBS ให้หมดไปจากประเทศไทยนั้นอาจต้องพึ่งภาครัฐในการสนับสนุนเงินทุนช่วยอุดหนุนเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเปิดเผยแหล่งกักเก็บที่ผิดกฎหมายหรือมีมาตรการช่วยเหลือด้านเทคนิคในการกำจัดอย่างถูกต้อง และการออกกฎหมายควรคำนึงถึงประเด็นต่างๆ และการมีส่วนร่วมสำหรับภาคเอกชนด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Eljarrat, E., Caixach, J., Rivera, J. Toxic potency Assessment of Non- and Mono-ortho PCBs, PCDDs and PAHs in Northwest Mediterranean sediment (Cataonia, Spain). Environmental Science and Technology. 2001, 35, 3589-3594.

2. Erickson, M.D. Analytical Chemistry of PCBs, second ed CRC. Boca Raton, 1997, pp 667.

3. Kennish, M.J., Particle Handbook of Estuarine and Marine Pollution CRC Press, Boca Raton 1996.

4. Ruchaya, B., Gullaya, W., Atsuko, A., Yoshio, I., Hideshige, T. Reconstruction of pollution history of organic contaminants in the upper Gulf of Thailand by using sediment cores: First report from Tropical Asia Core (TACO) project. Marine Pollution Bulletin, 2007, 54, 554-565.

5. Safe, S., Safe, L., Mullin, M. Polychlorinated biphenyls (PCBs): mammalian and Environmental Toxicology. Safe, S. (Ed), Spring-Verlag, Berlin, Germany, 1987, 1-13.

6. Thomas P.O'Connor. National distribution of Chemical concentrations in mussel and oysters in the USA. Marine Environmental Research, 2002, 53, 117-143.

7. Watanabe, S., Laovakul, W., Boonyatumanond, R., Tabucanon, M.S. Concentrations and composition of PCBs congeners in the air around stored used capacitors containing PCB insulator oil in a suburb of Bangkok, Thailand. Environmental Pollution. 1996, 92, No3, 239-297.

8. Jones S.H., M. Chase, J. Sowles, P. Hennigar, N. Landry, P.G. Wells, G.C.H. Harding, C. Krahforst, and G.L. Brun. Monitoring for toxic contaminants in Mytilus edulis from New Hampshire and the Gulf of Maine. Journal of Shellfish Research 2001: 1203-1214.

9. Jon Dodrill, Keith Mille, and Bill Horn. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Artificial Reef Program, Division of Marine Fisheries Management 2011.

10. Jarvis E, Schiff K, Sabin L, Allen MJ. Chlorinated hydrocarbons in pelagic forage fishes and squid of the Southern California Bight. Environ Toxicol Chem. 2007 Nov; 26(11):2290-8.

11. Emma L. Teuten, Jovita M. Saquing, Detlef R. U. Knappe, Morton A. Barlaz, Susanne Jonsson, Annika Bjorn, Steven J. Rowland, Richard C. Thompson, Tamara S. Galloway, Rei Yamashita, Daisuke Ochi, Yutaka Watanuki, Charles Moore, Pham Hung Viet, Touch Seang Tana, Maricar Prudente, Ruchaya Boonyatumanond, Mohamad P. Zakaria, Kongsap Akkhavong, Yuko Ogata, Hisashi Hirai, Satoru Iwasa, Kaoruko Mizukawa, Yuki Hagino, Ayako Imamura, Mahua Saha, Hideshige Takada. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. Philosophical Transactions of The Royal Society B, 2009.

12. Takada et al., International Pellet Watch : Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) using Beached Plastic Resin Pellets), 2008.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

14

การตรวจสอบข้อมูลพื้นฐานการปนเปื้อนของสารไดออกซินบริเวณรอบอาคารปฏิบัติการไดออกซินและพื้นที่สะอาด

Monitoring of Background Concentration of Dioxins Surrounding Dioxin Laboratory and Clean Area

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ

การตรวจสอบข้อมูลพื้นฐานการปนเปื้อนของสารไดออกซิน บริเวณรอบอาคารปฏิบัติการไดออกซินและพื้นที่สะอาด
Monitoring of Background Concentration of Dioxins Surrounding Dioxin Laboratory and Clean Area

ชวนพิศ บุญย่อย เมธวัจน์ รุ่งศิริวรพงศ์ ณพวุฒิ ประวัติ วิวรรธน์ คูนาเอก
ฐิติมา สุจินพรัหม สุทธิศักดิ์ ณรงค์ศักดิ์ และ รุจยา บุณยทุมานนท์
Chuanpit Boonyoy, Methawaj Rungsiriworapong, Noppavut Pravat, Viwatana Kuna-ake,
Titima Sujinapram, Suttisak Narongsak and Ruchaya Boonyatumanond

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
The National Institute of Dioxin (Thailand), Department of Environmental Quality Promotion
(E-mail : chuanpit@deqp.mail.go.th, ruchaya 2007@gmail.com)

บทคัดย่อ

การติดตามสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซินบริเวณรอบอาคารสถาบันไดออกซิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานการปนเปื้อนบริเวณรอบอาคาร จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณรอบๆ อาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน รวม 3 จุด เพื่อตรวจวิเคราะห์สารไดออกซิน/ฟิวแรนอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มดำเนินการวิเคราะห์สารไดออกซินของห้องปฏิบัติการไดออกซิน ในปี พ.ศ. 2556 พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 ผลการวิเคราะห์พบสารไดออกซิน/ฟิวแรนในปริมาณที่ใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง 0.073-0.088 pg-TEQ/m^3, 0.062-0.066 pg-TEQ/m^3 และ 0.066-0.083 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่สะอาดบริเวณอุทยานแห่งชาติ จังหวัดชุมพร ระนองและนครราชสีมา พบว่าคุณภาพอากาศบริเวณรอบอาคารสถาบันไดออกซินแห่งชาติมีความเข้มข้นสูงกว่าพื้นที่สะอาด แต่ปริมาณความเข้มข้นที่พบอยู่ในระดับที่ปลอดภัยเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดาซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3

คำสำคัญ : ไดออกซิน/ฟิวแรน TEQ พื้นที่สะอาด อุทยานแห่งชาติ

Abstract

In order to monitor the situation of Dioxins/Furans contamination in ambient air, surrounding the National Institute of Dioxin as background concentration, the project has continuously been processed for the analysis in 2013, 2014 and 2015 by collecting ambient air samples of 3 chosen points. The results show that the ranges of Dioxins/Furans quantities of each year are not different, which are 0.073-0.088 pg-TEQ/m^3, 0.062-0.066 pg-TEQ/m^3 and 0.066-0.083 pg-TEQ/m^3, respectively. The Dioxins/Furans found around the institute are higher than those of the clean areas, which are the national parks in Chumphon and Ranong and Nakhon Ratchasima province. However, all measured concentrations are acceptable, compared to the Dioxins/Furans standard regulation for ambient air of Canada, which is less than or equal to 0.1 pg-TEQ/m^3.

Keywords : Dioxins/Furans, TEQ, Clean Area, National Park

1. บทนำ

ประเทศไทยได้ลงนามในสัตยาบรรณอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548 ซึ่งอนุสัญญาดังกล่าวมีเป้าหมายในการลด/เลิก การผลิต การใช้ และการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน เพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ได้กำหนดสารไดออกซิน/ฟิวแรน อยู่ในการควบคุมของอนุสัญญาฯ สตอกโฮล์ม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการตามแผนปฏิบัติการระดับชาติตามอนุสัญญาเพื่อสนับสนุนข้อมูลพื้นฐานให้กับประเทศไทยตามมติคณะรัฐมนตรี โดยมีมติเห็นชอบให้ดำเนินโครงการจัดตั้งห้องปฏิบัติการไดออกซิน มีภารกิจด้านงานวิเคราะห์และวิจัยเพื่อการสำรวจสถานการณ์การปนเปื้อนสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย เพื่อสนับสนุนข้อมูลให้กับคณะอนุกรรมการสัญญาฯ สตอกโฮล์ม และจำเป็นต้องดำเนินโครงการศึกษาสภาพการปนเปื้อนของสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ และงานบริการตรวจวิเคราะห์เพื่อให้การบังคับใช้กฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพตามกฎหมาย

เนื่องจากสารไดออกซินและฟิวแรน เป็นชื่อย่อของสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) และสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzofuran (PCDF) ได้รับพิจารณาเป็นสารอันตรายชั้นที่ 1 (Class 1) จากสถาบัน The International Agency For Research On Cancer ซึ่งหมายถึงสารอันตรายที่มีความเป็นพิษสูงสุดและเป็นสารก่อมะเร็ง (IARC, 1987) และเป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ซึ่งถูกย่อยสลายได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นพิษ สะสมในสิ่งมีชีวิต ตกค้างยาวนานและสามารถเคลื่อนย้ายได้ไกลในสิ่งแวดล้อมและปรับปรุงขบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดสารไดออกซินกระจายสู่สิ่งแวดล้อม สารไดออกซินเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และขบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมที่มีสารคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Fiedler, 1996) เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปได้ในระยะไกล สามารถถ่ายทอดสู่สิ่งแวดล้อมและสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิต (Jaarsveld and Schutter, 1993; Corsolini et al., 2002; Gouina et al., 2004) เป็นสาเหตุกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ เกิดความผิดปกติในต่อมใต้สมองซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนในร่างกาย เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ และเนื่องจากสารไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งจึงทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดความผิดปกติทางพันธุกรรมได้ (Mukerjee, 1988; Wu et al., 2001) สารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรนมีทั้งหมด 210 ชนิด ซึ่งมีความเป็นพิษแตกต่างกันตามลักษณะของพันธะเคมีขององค์ประกอบคลอรีน ชนิดที่มีพิษมากที่สุด คือ 2,3,7,8 TCDD มีการวัดค่าความเป็นพิษของ PCDDs, PCDFs และ PCBs เทียบกับ TCDD เพื่อแสดงค่าเป็น Toxicity equivalency factors (TEF) โดยค่าความเป็นพิษของแต่ละตัวแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารไดออกซิน (WHO, 2015)

PCDDs/PCDFs	WHO TEF 1998	WHO TEF 2005
2378- TetraCDD	1.0	1.0
12378- PentaCDD	0.5	1.0
123478- HexaCDD	0.1	0.1
123678- HexaCDD	0.1	0.1
123789-HexaCDD	0.1	0.1
1234678-HeptaCDD	0.01	0.01
OctaCDD	0.0001	0.0003
2378-TetraCDF	0.1	0.1
12378-PentaCDF	0.05	0.03
23478-PentaCDF	0.5	0.3
123478-HexaCDF	0.1	0.1
123678-HexaCDF	0.1	0.1
123789-HexaCDF	0.1	0.1
234678-HexaCDF	0.1	0.1
1234678-HeptaCDF	0.01	0.01
1234789-HeptaCDF	0.01	0.01
OctaCDF	0.0001	0.0003

การรายงานปริมาณ dioxins รายงานเป็น Toxicity equivalents (TEQ) ของ TCDD ซึ่งคิดได้จาก
TEQ = ผลรวมของ (TEF x ปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนที่ตรวจพบ)

ไดออกซิน/ฟิวแรน ไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายอย่างทันทีแต่อาการจะค่อยๆ เกิดและเพิ่มความรุนแรงจนถึงตายได้ อาการเฉียบพลันที่ปรากฏ คือ ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เรียกว่า **"Chloracne"** คือ มีผิวหนังขึ้นเป็นสิวหัวดำ มีถุงสีน้ำตาลอมเหลืองของผิวหนังบริเวณหลังใบหู ขอบตา หลัง ไหล่ และบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลองและปริมาณของสาร ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้และเพศเมีย มีรายงานว่าเกิดโรคระบบประสาทในคนงานที่ได้รับสารนี้จากการหกรดหรือปนเปื้อนในอุตสาหกรรม โดยมีอาการกล้ามเนื้อมือเสื่อมไม่มีกำลัง มีการแสดงอาการโรคประสาท เช่น การสูญเสียความรับรู้บนเส้นประสาทปลายมือและปลายเท้าอ่อนเพลีย เป็นต้น

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้จัดตั้งห้องปฏิบัติการไดออกซินขึ้นและเริ่มดำเนินกิจกรรมการตรวจวัดสารไดออกซิน/ฟิวแรน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องเฝ้าระวังรอบอาคารโดยศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของสารไดออกซินบริเวณห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามสารไดออกซินที่ปนเปื้อนบริเวณใกล้เคียงและสามารถอธิบายสถานการณ์แก่ภาคประชาชนเกี่ยวกับพื้นที่ตั้งก่อนการเปิดใช้ห้องปฏิบัติการและจำเป็นต้องติดตามตรวจสอบเป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันก็ทำการติดตามตรวจสอบพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดซึ่งใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่สะอาดเพื่อทำการเปรียบเทียบผลไปพร้อมกันด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

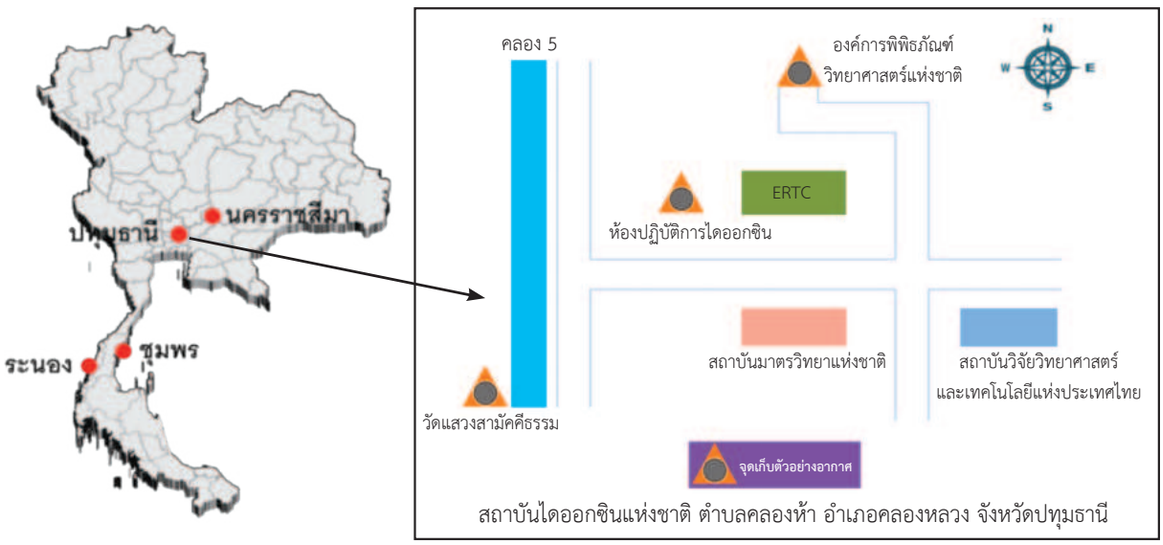
2.1 สำรวจและเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่สะอาด โดยพื้นที่นั้นจะต้องอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดสารไดออกซิน ในการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะชุมพร จังหวัดชุมพร และพื้นที่บริเวณ ศูนย์วิจัยป่าชายเลนหงาว จังหวัดระนอง และเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 ดังรูปที่ 1

2.2 เลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน โดยเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณรอบๆ อาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน โดยเลือกจุดเก็บตัวอย่างรวม 3 จุด ได้แก่ บริเวณด้านทิศเหนือลมของอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน คือ บริเวณวัดแสวงสามัคคีธรรม บริเวณดาดฟ้าของอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน และบริเวณด้านทิศใต้ลมของอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน คือ อาคารพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างทำตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น โดยการดูดอากาศด้วยปั๊มผ่านกระดาษกรอง (Quartz Fiber Filter) ซึ่งทำการเติม sampling spike และโพลียูรีเทนโฟม (PUF) ด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Sibata รุ่น HV1000R เป็นการเก็บต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2

2.3 ทำการสกัดด้วยวิธี Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วลดปริมาตรด้วย rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 2 ml และผ่าน Multilayer silica gel column โดยใช้ด้วย hexane 150 ml นำสารละลายที่ผ่านคอลัมน์แล้วไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 0.5 ml เพื่อทำขั้นตอนต่อไป

2.4 กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย Active Carbon Silica gel Column และใช้ด้วย toluene 300 ml และนำมาลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ถ่ายใส่หลอดทดลอง เติม nonane 60 µl ลดปริมาตรด้วยไนโตรเจนให้เหลือประมาณ 60 µl แล้วถ่ายใส่ vial เติม syringe spike 20 µl แล้วผสมให้เข้ากัน

2.5 สารที่สกัดและผ่านขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกแล้วจะถูกวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบทางคุณภาพและปริมาณโดยเทคนิค Gas Chromatography-High Resolution Mass Spectrometer โดยใช้ HRMS แบบ Double Focusing Magnetic Sector ยี่ห้อ JEOL รุ่น JMS-800D พ่วงต่อกับ GC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890A แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณโดยใช้โปรแกรม DIOK



รูปที่ 1 แสดงแผนที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณรอบอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินและพื้นที่สะอาดบริเวณ จังหวัดชุมพร ระนอง และนครราชสีมา

รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศบริเวณใกล้เคียงอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินในปี พ.ศ. 2556-2557 และ พ.ศ. 2558 บริเวณจุดเก็บตัวอย่างวัดแสวงสามัคคีธรรม ดาดฟ้าอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน และอาคารพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เพื่อเป็นการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษไดออกซินสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกและใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินสถานการณ์และระบบการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการด้วยอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นโครงการที่ต้องดำเนินการทุกปีตามมาตรฐานของห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์สารที่มีความเป็นพิษ จากการตรวจคุณภาพอากาศรอบอาคาร พบว่าในปี พ.ศ.2556 มีค่าการปนเปื้อนสารไดออกซินปริมาณรวมในช่วง 6.5-10pg/m^3 ซึ่งเมื่อคำนวณผลในรูปของความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (PCDD/Fs as Toxic Equivalent :TEQ) มีค่าการปนเปื้อนของสารไดออกซินในช่วง 0.073-0.088 pg-TEQ/m^3 ส่วนผลการวิเคราะห์สารไดออกซินในพื้นที่สะอาด (clean area) บริเวณพื้นที่จังหวัดชุมพรและจังหวัดระนอง พบว่าความเข้มข้นคำนวณในรูปของความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์มีค่าเท่ากับ 0.008 pg-TEQ/m^3 และ 0.007 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ สำหรับผลการตรวจวัดในปี พ.ศ. 2557 สถาบันไดออกซินแห่งชาติเพิ่มพื้นที่สะอาดอีก 1 แห่ง คือ พื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพื้นที่สะอาดในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ปริมาณที่พบการปนเปื้อนของสารไดออกซินรอบอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินอยู่ในช่วง 0.062-0.066 pg-TEQ/m^3 ส่วนในพื้นที่จังหวัดชุมพร ระนอง และอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบความเข้มข้นคำนวณในรูปของความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์มีค่าเท่ากับ 0.034 pg-TEQ/m^3 0.010 pg-TEQ/m^3 และ 0.014 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ในทุกพื้นที่ปรากฏว่า ยังไม่พบสารไดออกซินที่มีความเป็นพิษสูงที่สุด คือ 2,3,7,8-TCDD (ค่า TEF = 1) แต่ก็สามารถพบ congener 1,2,3,7,8-PeCDD ในบางจุดของบริเวณรอบอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน

ในปี พ.ศ. 2558 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เก็บในพื้นที่รอบอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินอยู่ในช่วง 0.066-0.083 pg-TEQ/m^3 ส่วนในพื้นที่จังหวัดชุมพร ระนอง และอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พบการปนเปื้อนของสารไดออกซินจำนวน 0.039 pg-TEQ/m^3 0.008 pg-TEQ/m^3 และ 0.014 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าการปนเปื้อนของสารไดออกซินบริเวณรอบอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2558 ของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เช่นเดียวกันกับพื้นที่สะอาดบริเวณจังหวัดระนองและอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ก็มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากในแต่ละปี ส่วนพื้นที่จังหวัดชุมพรพบว่ามีปริมาณสารไดออกซินเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาครั้งที่ 1 (เมษายน – พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2556)

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณที่พบ (pg/m^3)	ปริมาณ เทียบเคียงความเป็นพิษ ($pg\text{-}TEQ/m^3$)
จังหวัดชุมพร	1.3	0.008
จังหวัดระนอง	1.0	0.007
วัดแสวงสามัคคีธรรม จ.ปทุมธานี	10	0.088
สถาบันไดออกซินแห่งชาติ จ.ปทุมธานี	8.2	0.085
พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ จ.ปทุมธานี	6.5	0.073

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาครั้งที่ 2 (เมษายน ปี พ.ศ. 2557)

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณที่พบ (pg/m^3)	ปริมาณ เทียบเคียงความเป็นพิษ ($pg\text{-}TEQ/m^3$)
จังหวัดชุมพร	3.0	0.034
จังหวัดระนอง	1.2	0.010
อช.เขาใหญ่ จ.นครราชสีมา	2.0	0.014
วัดแสวงสามัคคีธรรม จ.ปทุมธานี	5.1	0.066
สถาบันไดออกซินแห่งชาติ จ.ปทุมธานี	5.1	0.062
พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ จ.ปทุมธานี	5.4	0.065

ตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษาครั้งที่ 3 (เมษายน ปี พ.ศ. 2558)

สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณที่พบ (pg/m^3)	ปริมาณ เทียบเคียงความเป็นพิษ ($pg\text{-}TEQ/m^3$)
จังหวัดชุมพร	2.7	0.039
จังหวัดระนอง	1.1	0.008
อช.เขาใหญ่ จ.นครราชสีมา	2.3	0.014
วัดแสวงสามัคคีธรรม จ.ปทุมธานี	5.0	0.078
สถาบันไดออกซินแห่งชาติ จ.ปทุมธานี	5.5	0.083
พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ จ.ปทุมธานี	4.0	0.066

การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศบริเวณใกล้เคียงอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซินและเปรียบเทียบกับพื้นที่สะอาดของประเทศไทยนั้น มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นในพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมที่ทำให้เกิดสารไดออกซิน ปริมาณที่พบสารไดออกซินที่หมู่เกาะชุมพรและป่าชายเลนหงาว จ.ระนอง นั้น ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558 มีความแตกต่างกันคือ ในปี พ.ศ. 2556 พบปริมาณปนเปื้อนช่วง 0.007-0.008 pg-TEQ/m^3 และในปี พ.ศ. 2557-2558 พบปริมาณ 0.008-0.039 pg-TEQ/m^3 โดยทุกปีจะพบว่าปริมาณไดออกซินที่ จ.ระนองในช่วง 0.008-0.010 pg-TEQ/m^3 ซึ่งเป็นพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน จะพบน้อยกว่า จ.ชุมพร ซึ่งเป็นพื้นที่ฝั่งทะเลอ่าวไทย มีปริมาณปนเปื้อนช่วง 0.034-0.039 pg-TEQ/m^3 จากช่วงฤดูกาลที่ทำการเก็บตัวอย่างนั้นจะเป็นฤดูร้อน ซึ่งพอจะคาดการณ์ได้ว่าปริมาณในฤดูฝนจะพบปริมาณที่น้อยกว่าที่รายงานนี้หรืออาจจะตรวจไม่พบเลย จากการสำรวจพื้นที่ใกล้เคียงกับอุทยานแห่งชาติ จ.ระนอง เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับต่างประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษ การตรวจสอบในพื้นที่ห่างไกลจากเมืองพบไดออกซิน-ฟิวแรน มีความเข้มข้นช่วง 0.033-0.0.88 pg-TEQ/m^3 ในงานนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลของ NDAMN เฉพาะฤดูร้อนมาเปรียบเทียบ (NDAMN 1998-2013) นอกจากนี้มีงานวิจัยของประเทศออสเตรเลีย ศึกษาปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนและสารโพลคลอรีเนเตดไบเฟนิล กรณีเกิดไฟป่าจะมีการปลดปล่อยสารไดออกซิน/ฟิวแรนออกมา 72-1700 pg-TEQ ต่อปี โดยเกิดเป็นไดออกซินมากถึง 70% รองลงมาเป็น furan และ PCBs ในระดับ 20% และ 10% ตามลำดับ (Dr Carl Meyer., 2004) จากการศึกษานี้จึงเก็บตัวอย่างเฉพาะฤดูร้อนสำหรับพื้นที่อุทยานแห่งชาติ อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2557-2558 การศึกษาได้เพิ่มพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ในภาคกลางอีก 1 พื้นที่ คือ พื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีกิจกรรมที่เสี่ยงต่อการเผาเนื่องจากอยู่ในพื้นที่ป่าแต่เนื่องจากเป็นพื้นที่อุทยานแห่งชาติจึงเป็นพื้นที่ที่คาดว่าการปลดปล่อยสารไดออกซินจากกิจกรรมมนุษย์ ปริมาณการปนเปื้อนที่ตรวจพบในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่พบว่า ในปี 2557 และ 2558 มีค่าที่ตรวจพบเท่ากันคือ 0.014 pg-TEQ/m^3

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีค่ามาตรฐานของปริมาณไดออกซินในอากาศ จึงต้องเทียบปริมาณกับค่ามาตรฐานของต่างประเทศ โดยใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดาซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3 (Ontario Ministry of the Environment, 2012) จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าไดออกซินที่ตรวจพบในทุกจุดทั้งบริเวณรอบอาคารไดออกซินและพื้นที่สะอาดยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดา

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตามที่สถาบันไดออกซินแห่งชาติเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 โดยมีภารกิจหลักด้านการวิเคราะห์-วิจัยวิเคราะห์สารไดออกซิน/ฟิวแรนในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม โดยตัวอย่างในแต่ละปีมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งงานวิจัยภายใต้สถาบันฯ และโครงการความร่วมมือกับหน่วยงานอื่น จากการติดตามผลการปนเปื้อนของสารไดออกซิน/ฟิวแรน ในฤดูร้อนและฤดูฝนในทิศเหนือลมและใต้ลม บริเวณใกล้เคียงอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน พบความเข้มข้นของสารไดออกซิน/ฟิวแรน ในแต่ละปีมีปริมาณที่แตกต่างกันบ้าง พื้นที่ใกล้เคียงทั้ง 3 จุด จุดเก็บตัวอย่างวัดแสวงสามัคคีธรรม ดาดฟ้าอาคารห้องปฏิบัติการไดออกซิน และอาคารพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ แม้ว่าจะพบปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนอยู่บ้างซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัยและอยู่ภายใต้มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับกิจกรรมของพื้นที่ใกล้เคียง เช่น มีการเผาขยะในช่วงที่เก็บตัวอย่าง หรือขึ้นอยู่กับทิศทางของลมและฝนด้วย ซึ่งสังเกตเห็นควันจากการเผาอยู่เป็นประจำ และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่เป็นตัวแทนพื้นที่สะอาดในประเทศไทย พบว่าพื้นที่เทคโนธานี จังหวัดปทุมธานี มีปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรน สูงกว่าพื้นที่สะอาด อย่างไรก็ตามค่าการปนเปื้อนที่ตรวจพบยังมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศแคนาดาซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3 ทั้งนี้ควรมีการติดตามตรวจวัดการปนเปื้อนของสารไดออกซินในพื้นที่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งการศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศของประเทศไทยนี้จะสามารถนำข้อมูลไปประกอบในการกำหนดค่ามาตรฐานในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานของคณะผู้วิจัยจะไม่สามารถเสร็จลงได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ วัดแสวงสามัคคีธรรม หัวหน้าศูนย์วิจัยป่าชายเลนหงาว จังหวัดระนอง หัวหน้าอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะชุมพร จังหวัดชุมพร และหัวหน้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ พร้อมกับเจ้าหน้าที่ทุกท่านของหน่วยงาน ที่อำนวยความสะดวกทั้งระบบไฟฟ้าและการเข้าพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Corsolini, S., Kannan, K., Imagawa, T., Forcardi, S., Giesy, J.P. Polychloronaphthalenes and Other Dioxin-like Compounds in Arctic and Antarctic Marine Food Webs. **Environmental Science and Technology.** (2002). 36, 3490-6.

2. Fiedler, H. Sources of PCDD/PCDF and Impact on the Environment. **Chemosphere.** (1996). 32, 55-64.

3. Gouina, T., Mackaya, D., Jonesb, K.C., Meilerb, S.N. Evidence for the “Grasshopper” Effect and Fractionation during Long-range Atmospheric Transport of Organic Contaminants. **Environmental Pollution.** (2004). 128, 139-148.

4. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans (1987). Overall Evaluation of Carcinogenity. **IAPC Monographs.** 1-42.

5. Jaarsveld, J.A., Schutter, M.A.A. Modelling the Long-range Transport and Deposition of Dioxins; First Results for NW Europe. **Chemosphere.** (1993) 27, 131-9.

6. Meyer, C., Beer, T., Muller, J. **Dioxin Emission from Bushfires from Australia Technical Report No.1.** Dioxin Emission from Bushfires from Australia Technical Report (2004). No.1. [Online]. Available from https://www.environment.gov.au/protection/publications/dioxins-technical-.report-01. (1 August 2015)

7. Mukerjee, D. Health Impact of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins: A Critical Review. **Journal of the Air & Waste Management Association.** (1998). 48.

8. Ontario Ministry of the Environment (2012). Ontario’s ambient air quality criteria.

9. The National Air Monitoring dioxin Network (NDAMN). (1998). Report of the Results of Atmospheric Measurement Polychlorinated benzo-p-dioxin (PCDD), Polychlorinated furan (PCDF) and Dioxin-like-polychlorinated biphenyl (PCBs) in Rural and Remote Area of The United State from June – November 2004. (EPA/600/R-13/183 F August 2013).

10. World Heatlh Organization. Dioxins and their Effects on Human Health. [Online]. Available from http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en. (3 August 2015)

11. Wu, W.Z., Li, W. Xu, Y., Wang, J.W. Long-Term Toxic Impact of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo -p-dioxin on the Reproduction, Sexual Differentiation, and Development of Different Life Stages of Gobiocypris rarus and Daphnia magna. Ecotoxicology and Environmental Safety. (2001). 48, 293-300.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

15

สถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน-ฟิวแรนในอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดสมุทรปราการ

Current Situation of Ambient Air Contamination

by Dioxins-Furans in Rayong Province and Samutprakan Province area

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ

สถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน-ฟิวแรนในอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดสมุทรปราการ

Current Situation of Ambient Air Contamination by Dioxins-Furans in Rayong Province and Samutprakan Province area

เมธวัจน์ รุ่งศิริวรพงศ์ ชวนพิศ บุญย่อย วิวรรธน์ คูนาเอก ฐิติมา สุจินพรัหม
สุทธิศักดิ์ ณรงค์ศักดิ์ และ รุจยา บุณยทุมานนท์
Methawaj Rungsiriworapong, Chuanpit Boonyoy, Viwatana Kuna-ake, Titima Sujinapram,
Suttisak Narongsak and Ruchaya Boonyatumanond

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
The National Institute of Dioxin (Thailand), Department of Environmental Quality Promotion
(E-mail : methawaj@gmail.com, ruchaya2007@gmail.com)

บทคัดย่อ

การศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน/ฟิวแรนในอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองและสมุทรปราการซึ่งเป็นเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมในปี 2556-2557 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานการณ์คุณภาพอากาศเรื่องการปนเปื้อนของสารไดออกซิน/ฟิวแรนในพื้นที่ดังกล่าว โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในจังหวัดระยองและสมุทรปราการในช่วงฤดูฝนและช่วงนอกฤดูฝนรวม 2 ครั้งเพื่อเปรียบเทียบกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนที่ตรวจวัดได้ในจังหวัดระยองทั้ง 8 จุด มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น โดยช่วงฤดูฝนตรวจพบสารไดออกซิน/ฟิวแรน มีค่าระหว่าง 0.010-0.058 pg-TEQ/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝน (0.043-0.140 pg-TEQ/m^3) และพบว่า อ.เมืองตรวจพบปริมาณสูงสุดทั้งสองช่วง ส่วนจังหวัดสมุทรปราการพบว่ามีปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนในช่วงฤดูฝน 0.028-0.18 pg-TEQ/m^3 ซึ่งต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝน (0.091-0.57 pg-TEQ/m^3) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่มีความเป็นพิษสูงสุด ปรากฏว่าทั้ง 8 จุดในจังหวัดระยองไม่พบสาร 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-PeCDD (TEF = 1) แต่ตรวจพบสาร 2,3,4,7,8-PeCDF (TEF = 0.3) ในบางพื้นที่ ส่วนจังหวัดสมุทรปราการตรวจพบ 1,2,3,7,8-PeCDD และ 2,3,4,7,8-PeCDF

คำสำคัญ : ไดออกซิน อากาศในบรรยากาศ พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง จังหวัดสมุทรปราการ

Abstract

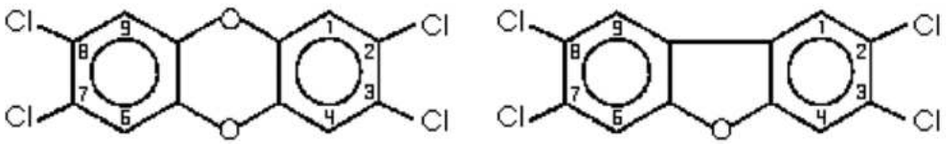
Current situation of ambient air contamination by Dioxins/Furans in various points of Rayong and Samutprakan province, considered distinct industrial estate areas, was studied in 2013-2014. The objective is to evaluate the ambient air quality, regarding the contamination of Dioxins/Furans in those provinces. The samples were collected in 2 periods, wet and dry season, for comparison. The results show that the measured Dioxins/Furans quantities of all 8 points in Rayong province do not exceed the Japan standard value, which there are around 0.010-0.058 pg-TEQ/m^3 in wet season and 0.043-0.140 pg-TEQ/m^3 in dry one. The max values of both seasons are at Amphoe Muang Rayong. The Dioxins/Furans quantities of Samutprakan province are in the range of 0.028-0.18 pg-TEQ/m^3 in wet season and 0.091-0.57 pg-TEQ/m^3 in dry season. Moreover, 2,3,7,8-TCDD and 1,2,3,7,8-PeCDD, two most toxic isomers with TEF = 1, were not found in any sample points of Rayong province,

while there was 2,3,4,7,8-PeCDF with TEF = 0.3 in some areas. For Samutprakan province, both 1,2,3,7,8-PeCDD and 2,3,4,7,8-PeCDF were also found.
Keywords : Dioxins/Furans, Ambient Air, Industrial Estate Areas, Rayong Province, Samutprakan Province

1. บทนำ

กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางดิน น้ำ และอากาศ โดยเฉพาะกิจกรรมการเผาก่อให้เกิดสารพิษหลายชนิดรวมทั้งไดออกซินกระจายสู่สิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดของสารไดออกซินอยู่หลายประเภท เช่น การจราจร เตาเผาประเภทต่างๆ เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะชุมชน เตาเผาสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส รวมทั้งเตาเผาศพที่มีปริมาณมากกระจายอยู่ทั่วไปทั้งเขตเมืองและทั่วทุกจังหวัด นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ โรงงาน recycle โลหะ ประเภทต่างๆ โรงงานเคมีที่มีสารคลอรีนในขบวนการผลิต เช่น สารฆ่าแมลง โรงงานฟอกย้อม โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ หรือแม้แต่ภาคเกษตรกรรมที่มีการเผาในที่โล่งหรือใช้สารเคมีที่มีสารคลอรีนเป็นองค์ประกอบก็สามารถทำให้เกิดสารไดออกซินได้ (Meyer et al., 2004; U.S.EPA, 2005) กิจกรรมเหล่านี้เป็นเหตุให้เกิดสารไดออกซินได้หลายชนิดและปริมาณที่ต่างกัน

ไดออกซินเป็นชื่อย่อของสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) และสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzofuran (PCDF) ได้รับพิจารณาเป็นสารอันตรายชั้นที่ 1 (Class 1) จากสถาบัน The International Agency For Research On Cancer ซึ่งหมายถึงสารอันตรายที่มีความเป็นพิษสูงสุดและเป็นสารก่อมะเร็ง (IARC, 1987) สารไดออกซินเป็นหนึ่งในสารกลุ่มที่เรียกว่าสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) ซึ่งสารที่ย่อยสลายได้ยาก เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปได้ในระยะไกล สามารถถ่ายทอดสู่สิ่งแวดล้อมและสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิต (Van Jaarsveld and Schutter, 1993; Corsolini et al., 2002; Gouina et al., 2004) เป็นสาเหตุกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ เกิดความผิดปกติในต่อมใต้สมองซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนในร่างกาย เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ และเนื่องจากสารไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งจึงทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดความผิดปกติทางพันธุกรรมได้ (Wu et al., 2001) สารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรนมีทั้งหมด 210 ชนิด ซึ่งมีความเป็นพิษแตกต่างกันตามลักษณะของพันธะเคมีขององค์ประกอบคลอรีน ซึ่งทำให้ความเป็นพิษมีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 1



TCDO TCDF

รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างไดออกซิน (TCDD) และฟิวแรน (TCDF)

สารไดออกซิน/ฟิวแรน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลองและปริมาณของสาร ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้และเพศเมีย มีการเปลี่ยนแปลงของระดับภูมิคุ้มกัน และมีรายงานว่าเกิดโรคระบบประสาทในคนงานที่ได้รับสารนี้จากการหกรดหรือปนเปื้อนในอุตสาหกรรม โดยมีอาการกล้ามเนื้อมือเสื่อมไม่มีกำลัง มีการแสดงอาการโรคประสาท เช่น การสูญเสียความรับรู้บนเส้นประสาทปลายมือ เกิดความผิดปกติที่ตับ เซลล์ตับตาย และเกิดอาการโรคผิวหนังอักเสบ เป็นต้น

จังหวัดระยองถือเป็นหนึ่งในเขตอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมมากมายหลายประเภท เช่น โรงแยกก๊าซธรรมชาติ กลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ยาง พลาสติก กลุ่มอุตสาหกรรมโลหะ การผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น จังหวัดระยองมีนิคมอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ร่วมดำเนินการกับเอกชน เขตประกอบการอุตสาหกรรม ชุมชนอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม รวมทั้งสิ้น 23 แห่ง มีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 1,944 แห่ง ซึ่งสร้างมูลค่ารวมในแต่ละปีเกือบ 1 ใน 3 ของงบประมาณรายจ่ายประเทศไทย (สำนักงานอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง ปี 2555) ทำให้มีการขยายเมืองอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมาได้แก่ มลพิษทางอากาศ น้ำ ดิน เสียง ปัญหาด้านขยะ มลพิษจากกากอุตสาหกรรม มลพิษจากการจราจร โดยเฉพาะมลพิษด้านอากาศไม่ว่าจะเป็นกลิ่นรบกวนจากสารเคมี ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากอุตสาหกรรมและการจราจร รวมถึงสารไดออกซินที่เกิดจากเตาเผาและกิจกรรมต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยของคนในชุมชนตามมา จังหวัดสมุทรปราการเป็นจังหวัดที่มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ มีจำนวนโรงงานที่จดทะเบียนกับกระทรวงอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 8,439 แห่ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2557) มีนิคมอุตสาหกรรมหลัก 2 แห่งคือ นิคมอุตสาหกรรมบางปูและนิคมอุตสาหกรรมบางพลี โดยมีอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ยานยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์ เคมีภัณฑ์ เครื่องจักร ผลิตภัณฑ์โลหะ อุปกรณ์ไฟฟ้า/ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอ ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป ยางและพลาสติก เป็นต้น จังหวัดสมุทรปราการมีอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทและเปิดดำเนินการมาเป็นเวลาหลายปี ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ไม่ว่าจะเป็นอากาศ น้ำ ดิน เสียง ปัญหาขยะชุมชน ขยะติดเชื้อ ขยะอุตสาหกรรม รวมถึงมลพิษจากการจราจร

โครงการนี้ได้เลือกจังหวัดระยองและสมุทรปราการเป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นหนึ่งในเขตพื้นที่อุตสาหกรรมของประเทศซึ่งมีกิจกรรมมากมายที่สามารถก่อให้เกิดสารไดออกซินได้โดยจะทำการหาปริมาณการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองเปรียบเทียบระหว่างช่วงฤดูฝนและนอกช่วงฤดูฝน และเปรียบเทียบกับพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการเพื่อเป็นข้อมูลสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซินในพื้นที่ดังกล่าว และสามารถอธิบายและสร้างความเข้าใจแก่ภาคประชาชนได้รวมทั้งสนับสนุนให้เกิดการบังคับใช้กฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 สำรวจและเลือกพื้นที่บริเวณจังหวัดระยอง โดยเลือกเขตพื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ใกล้เคียง และพื้นที่ที่ห่างจากเขตอุตสาหกรรมรวม 8 จุด ได้แก่ อ.ปลวกแดง (จุดที่ 1) อ.บ้านค่าย (จุดที่ 2) อ.เมือง (จุดที่ 3-6) อ.แกลง (จุดที่ 7) และ อ.วังจันทร์ (จุดที่ 8) ดังรูปที่ 2 และจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ รวม 4 จุด ได้แก่ อ.เมือง (จุดที่ 1-3) และ อ.บางเสาธง (จุดที่ 4) ดังรูปที่ 3

2.2 เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้วิธีตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น โดยการดูดอากาศด้วยปั๊มผ่านกระดาษกรอง (Quartz Fiber Filter) ซึ่งทำการเติม sampling spike เรียบร้อยแล้ว และโพลียูรีเทนโฟม (PUF)) ด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Sibata รุ่น HV1000R เป็นการเก็บต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

2.3 เตรียมตัวอย่างอากาศโดยนำกระดาษกรองและ PUF มาเติม cleanup spike แล้วสกัดด้วยวิธี soxhlet extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้โทลูอีนเป็นตัวสกัด จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดได้มากำจัดสิ่งเจือปนโดยใช้ multilayer silica gel chromatography column และ activated carbon column

2.4 วิเคราะห์ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีความละเอียดสูง (Gas Chromatography High Resolution Mass spectrometer, GC/HRMS) โดยใช้ HRMS ยี่ห้อ JEOL รุ่น JMS-800D

2.5 คำนวณผลจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/HRMS โดยใช้โปรแกรม DIOK

2.6 วิเคราะห์และรายงานผลการศึกษา

รูปที่ 2 แสดงแผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณจังหวัดระยอง

รูปที่ 3 แสดงแผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณจังหวัดสมุทรปราการ

รูปที่ 4 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดสมุทรปราการ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนในตัวอย่างอากาศจากจังหวัดระยอง

ตัวอย่างอากาศ	ผลการตรวจวัดไดออกซิน/ฟิวแรน	
	ครั้งที่ 1 (pg-TEQ/m^3)	ครั้งที่ 2 (pg-TEQ/m^3)
จุดที่ 1 (อ.ปลวกแดง)	0.017	0.088
จุดที่ 2 (อ.บ้านค่าย)	0.012	0.043
จุดที่ 3 (อ.เมือง)	0.039	0.043
จุดที่ 4 (อ.เมือง)	0.058	0.140
จุดที่ 5 (อ.เมือง)	0.034	0.102
จุดที่ 6 (อ.เมือง)	0.010	0.054
จุดที่ 7 (อ.แกลง)	0.011	0.093
จุดที่ 8 (อ.วังจันทร์)	0.011	0.086

หมายเหตุ - ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556) และครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่างในช่วงนอกฤดูฝน (เดือนมกราคม พ.ศ. 2557)
- TEQ: ค่าที่คำนวณร่วมกับปัจจัยสมมูลความเป็นพิษ (toxicity equivalence factor: TEF)
- ค่ามาตรฐานของคุณภาพอากาศของประเทศญี่ปุ่นไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองทั้ง 8 จุด พบว่า จากตารางที่ 1 ปริมาณรวมของสารไดออกซิน/ฟิวแรน ซึ่งคำนวณผลในรูปของความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (PCDDs/PCDFs as International Toxic Equivalent : I-TEQ) ของช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝนทุกจุด โดยช่วงฤดูฝนมีค่าระหว่าง 0.010-0.058 pg-TEQ/m^3 ในขณะที่ช่วงนอกฤดูฝนมีค่าระหว่าง 0.043-0.140 pg-TEQ/m^3 เนื่องจากฝนที่ตกจะชะล้างสารไดออกซิน/ฟิวแรน ออกจากบรรยากาศทำให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บในช่วงที่ฝนตกจะมีปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนน้อยกว่าช่วงอื่น จุดที่ตรวจพบปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนสูงสุดทั้งสองช่วง คือ อำเภอเมืองในจุดที่ 4 รวมถึงพื้นที่ใกล้เคียง ได้แก่ จุดที่ 3 และจุดที่ 5 ซึ่งอยู่ในอำเภอเมืองเช่นเดียวกันก็ตรวจพบในปริมาณที่ค่อนข้างสูง โดยทั้งสามจุดนี้เป็นจุดที่อยู่ใกล้เขตอุตสาหกรรมและอยู่ในตัวเมือง มีการจราจรหนาแน่น รวมทั้งกิจกรรมอื่นๆ ที่อาจก่อให้เกิดไดออกซิน ส่วนในกรณีของจุดที่ 1 (อ.ปลวกแดง) จุดที่ 7 (อ.แกลง) และจุดที่ 8 (อ.วังจันทร์) พบว่าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนค่อนข้างต่ำ แต่ในช่วงนอกฤดูฝนจะพบในปริมาณสูง ทั้งนี้เนื่องจากสารไดออกซิน/ฟิวแรนสามารถกระจายตัวในอากาศและถูกพัดพาไปได้ไกลตามกระแสลม นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่ตรวจพบทั้ง 8 จุด ยังมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของคุณภาพอากาศของประเทศญี่ปุ่นที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3 (เนื่องจากประเทศไทยยังไม่กำหนดค่ามาตรฐานของสารไดออกซินในบรรยากาศ จึงต้องนำค่ามาตรฐานของต่างประเทศมาเปรียบเทียบ)

ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจวัดปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนในตัวอย่างอากาศจากจังหวัดสมุทรปราการ

ตัวอย่างอากาศ	ผลการตรวจวัดไดออกซิน/ฟิวแรน	
	ครั้งที่ 1 (pg-TEQ/m^3)	ครั้งที่ 2 (pg-TEQ/m^3)
จุดที่ 1 (วว.บางปู)	0.18	0.57
จุดที่ 2 (รร.วัดศรีจันทร์ประดิษฐ์)	0.065	0.43
จุดที่ 3 (อ.เมืองสมุทรปราการ)	0.028	0.091
จุดที่ 4 (รร.บดินทร์เดชาสมุทรปราการ)	0.029	0.15

หมายเหตุ - ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างในช่วงนอกฤดูฝน (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557) และครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558)

สำหรับผลวิเคราะห์ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการจำนวน 4 จุดเก็บ จากตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณรวมของสารไดออกซิน/ฟิวแรนของช่วงฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝนค่อนข้างมาก โดยช่วงฤดูฝนมีค่าระหว่าง 0.028-0.18 pg-TEQ/m^3 ในขณะที่ช่วงนอกฤดูฝนมีค่าระหว่าง 0.091-0.57 pg-TEQ/m^3 เมื่อพิจารณาปริมาณไดออกซินที่ตรวจพบของจุดที่ 1 ทั้งช่วงในและนอกฤดูฝนพบว่ามีค่าสูงกว่าจุดอื่นมากแม้ว่าจะยังไม่เกินมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นแต่ก็ต้องเฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนของคอนเจเนอร์ (congener) ที่มีค่าปัจจัยสมมูลความเป็นพิษ (TEF) สูงสุดในตัวอย่างอากาศจากจังหวัดระยอง

ตัวอย่างอากาศ	2,3,7,8-TCDD (pg-TEQ/m^3)		1,2,3,7,8-PeCDD (pg-TEQ/m^3)		2,3,4,7,8-PeCDF (pg-TEQ/m^3)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดที่ 1 (อ.ปลวกแดง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.008	N.D.
จุดที่ 2 (อ.บ้านค่าย)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.023
จุดที่ 3 (อ.เมือง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.019	0.014
จุดที่ 4 (อ.เมือง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.025	0.045
จุดที่ 5 (อ.เมือง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.012	0.027
จุดที่ 6 (อ.เมือง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
จุดที่ 7 (อ.แกลง)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.030
จุดที่ 8 (อ.วังจันทร์)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.005	0.029

หมายเหตุ - 2,3,7,8-TCDD มีค่า TEF = 1, 1,2,3,7,8-PeCDD มีค่า TEF = 1 และ 2,3,4,7,8-PeCDF มีค่า TEF = 0.3
- N.D. หมายถึง ไม่พบสารดังกล่าว

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนของคอนเจเนอร์ (congener) ที่มีค่าปัจจัยสมมูลความเป็นพิษ (TEF) สูงสุดในตัวอย่างอากาศจากจังหวัดสมุทรปราการ

ตัวอย่างอากาศ	2,3,7,8-TCDD (pg-TEQ/m^3)		1,2,3,7,8-PeCDD (pg-TEQ/m^3)		2,3,4,7,8-PeCDF (pg-TEQ/m^3)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดที่ 1 (วว.บางปู)	N.D.	N.D.	0.020	0.078	0.039	0.130
จุดที่ 2 (รร.วัดศรีจันทร์ประดิษฐ์)	N.D.	N.D.	0.010	0.055	0.011	0.075
จุดที่ 3 (อ.เมืองสมุทรปราการ)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.007	0.023
จุดที่ 4 (รร.บดินทร์เดชาสมุทรปราการ)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.009	0.048

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่มีค่าปัจจัยสมมูลความเป็นพิษ (TEF) ทั้ง 17 ชนิด โดยเลือกพิจารณาคอนเจเนอร์ที่มีความเป็นพิษสูงสุดสามอันดับแรก ได้แก่ 2,3,7,8-TCDD (ค่า TEF = 1)1,2,3,7,8-PeCDD (ค่าTEF = 1) และ 2,3,4,7,8-PeCDF (ค่า TEF = 0.3) จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่จังหวัดระยองทั้ง 8 จุดไม่พบคอนเจเนอร์ 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-PeCDD ซึ่งมีความเป็นพิษสูงที่สุด ส่วนคอนเจเนอร์ 2,3,4,7,8-PeCDF มีการตรวจพบในบางจุดทั้งสองฤดูกาล ยกเว้นจุดที่ 6 ที่ไม่พบทั้งสองช่วง โดยในช่วงนอกฤดูฝนจะพบในปริมาณที่สูงกว่า

ส่วนจังหวัดสมุทรปราการ (ตารางที่ 4) พบปริมาณองค์ประกอบ 2 congener ที่แตกต่างกันกับพื้นที่ จ.ระยอง ดังนี้ ความเข้มข้นของ 1,2,3,7,8-PeCDD นอกช่วงฤดูฝนของจุดที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.078 และ 0.055 pg-TEQ/m^3 และช่วงฤดูฝนเท่ากับ 0.020 และ 0.010 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ และพบความเข้มข้นของ 2,3,4,7,8-PeCDF นอกช่วงฤดูฝนของจุดที่ 1-4 เท่ากับ 0.13, 0.075, 0.023 และ 0.048 pg-TEQ/m^3 และช่วงฤดูฝนเท่ากับ 0.039, 0.011 0.007 และ 0.009 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ ซึ่งผลของการเก็บตัวอย่างจะเห็นได้ว่าไม่พบคอนเจเนอร์ 1,2,3,7,8-PeCDD ในจังหวัดระยอง ส่วนคอนเจเนอร์ 2,3,4,7,8-PeCDF มีปริมาณในช่วงนอกฤดูฝนที่ค่อนข้างสูงกว่าพื้นที่จังหวัดระยองในบางจุด ส่วนในช่วงฤดูฝนทั้งสองจังหวัดมีค่าใกล้เคียงกัน จะสังเกตได้ว่า จ.สมุทรปราการ บริเวณ อ.เมืองซึ่งเป็นที่ตั้งนิคมอุตสาหกรรมบางปู มีปริมาณไดออกซินใกล้มาตรฐานของคุณภาพอากาศของประเทศญี่ปุ่นที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3 หากพิจารณาลักษณะของอุตสาหกรรมที่ตั้งในพื้นที่ จ.ระยองเป็นอุตสาหกรรมใหม่ด้านปิโตรเคมี แต่พื้นที่อุตสาหกรรม จ.สมุทรปราการเป็นอุตสาหกรรมเก่าและส่วนมากเป็นอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์ จึงอาจก่อให้เกิดไดออกซินได้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อสร้างมาตรการการเฝ้าระวังหรือจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมต่อไป

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการปนเปื้อนของสารไดออกซิน/ฟิวแรนบริเวณพื้นที่จังหวัดระยองพบว่าปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนที่ตรวจวัดได้ทั้ง 8 จุดมีค่าไม่เกินมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น โดยช่วงฤดูฝนตรวจพบสารไดออกซิน/ฟิวแรนมีค่าระหว่าง 0.010-0.058 pg-TEQ/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝน (0.043-0.140 pg-TEQ/m^3) และพบว่า พื้นที่ในเขตอำเภอเมืองตรวจพบปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนสูงสุดทั้งสองช่วง ส่วนจังหวัดสมุทรปราการพบว่ามีปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรนในช่วงฤดูฝน 0.028-0.18 pg-TEQ/m^3 ซึ่งต่ำกว่าช่วงนอกฤดูฝน (0.091-0.57 pg-TEQ/m^3) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่มีความเป็นพิษสูงสุด ปรากฏว่าทั้ง 8 จุดในจังหวัดระยองไม่พบสาร 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-PeCDD (TEF = 1) แต่ตรวจพบสาร 2,3,4,7,8-PeCDF (TEF = 0.3) ในบางพื้นที่ ส่วนจังหวัดสมุทรปราการตรวจพบ 1,2,3,7,8-PeCDD และ 2,3,4,7,8-PeCDF ทั้งนี้ประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ การศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศนี้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดค่ามาตรฐานในอนาคตได้ รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นที่มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดสารไดออกซิน/ฟิวแรนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษ ผู้กำกับการ สภ.บ้านค่าย ผู้กำกับการ สภ.แกลงและผู้กำกับการ สภ.วังจันทร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกในภาคสนามและข้อมูลประกอบการทำงาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้คณะวิจัยสามารถดำเนินงานได้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีการประสานงานร่วมกันในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Corsolini S., Kannan K., Imagawa T., Focardi S.,Giesy J.P.(2002). Polychloronaphthalenes and Other Dioxin-like Compounds in Arctic and Antarctic Marine Food Webs. Environmental Science & Technology, 36(16), 3490-3496.

2. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans (1987). Overall Evaluation of Carcinogenity. IAPC Monographs. 1-42.

3. Gouina T., Mackaya D., JonesbK C., Harnerc T., Meijerb S.N.(2004). Evidence for the "grass-hopper" effect and fractionation during long-range atmospheric transport of organic contaminants. Environmental Pollution, 128(1-2), 139–148.

4. Meyer C., Beer T., Maller J. (2004). Dioxins emissions from bushfires in Australia. Technical report No.1 Department of the Environment and Heritage.

5. U.S. Environmental Protection Agency (2005). The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update.

6. Van Jaarsveld J.A. and Schutter M.A.A. (1993). Modeling the long-range transport and deposition of dioxins; First results for NW Europe. Chemosphere, 27(1–3), 131–139.

7. Wu W.Z., Li W., Xu Y., Wang J.W. (2001). Long-Term Toxic Impact of 2,3,7,8-Tetrachlorodiben-zo-p-dioxin on the Reproduction, Sexual Differentiation, and Development of Different Life Stages of Gobiocyprisrarus and Daphnia magna. Ecotoxicology and Environmental Safety, 48(3), 293–300.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

16

การปนเปื้อนของสารไดออกซิน ในอากาศบริเวณบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ ณ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

The Contamination of Dioxins in Ambient Air around the E-waste Recycling Landfill, located in Khongchai District, Kalasin Province

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ

การปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศบริเวณบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ ณ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

The Contamination of Dioxins in Ambient Air around the E-waste Recycling Landfill, located in Khongchai District, Kalasin Province

เมธวัจน์ รุ่งศิริวรพงศ์ ณพวุฒิ ประวัติ วิวรรธณ์ คูนาเอก สุทธิศักดิ์ ณรงค์ศักดิ์ และ รุจยา บุณยทุมานนท์
Methawaj Rungsiriworapong, Noppavut Pravat, Viwatana Kuna-ake,
Suttisak Narongsak and Ruchaya Boonyatumanond

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
The National Institute of Dioxin (Thailand) Department of Environmental Quality Promotion
(E-mail : noppavut.pr@hotmail.com, ruchaya2007@gmail.com)

บทคัดย่อ

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ คือ ขยะที่เกิดจากชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น จอมอนิเตอร์ ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยในปัจจุบันการบริโภคสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ขยะอิเล็กทรอนิกส์มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเลิกใช้แล้วส่วนมากจะถูกนำไปเผาในที่โล่ง เพื่อเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารไดออกซิน/ฟิวแรน ดังนั้นทางสถาบันไดออกซินแห่งชาติจึงได้ทำการตรวจวัดอากาศในพื้นที่ของ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ บริเวณพื้นที่ริมถนนขอนแก่น-โพนทอง โรงเรียนบัวสะอาดส่งเสริม และโรงเรียนโคกประสิทธิ์วิทยา ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ที่เป็นบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นระยะทาง 1, 2 และ 6 กิโลเมตรตามลำดับ ค่าที่ตรวจวัดได้ อยู่ในช่วง 0.015-0.095 pg-TEQ/m^3 ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งค่ามาตรฐานที่กำหนดของสารไดออกซินและฟิวแรนในบรรยากาศ ที่ยอมรับได้คือ ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3 (มาตรฐานของประเทศแคนาดา) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้คนโดยรอบ อย่างไรก็ตาม การเฝ้าระวังเพื่อตรวจสอบปริมาณสารพิษเหล่านี้ยังมีความจำเป็น เนื่องจากมีการนำขยะมาเผาทำลายในพื้นที่บริเวณนี้เพิ่มมากขึ้นทุกปี

คำสำคัญ : ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ไดออกซิน/ฟิวแรน

Abstract

Electronic waste or e-waste can be considered discarded components from various electrical and electronic appliances such as computer monitor, television, mobile phone, etc. Because of the rapid increase of electronic product use, there has been, in consequence, the rise of electronic waste quantity. E-waste recycling process is mostly done through the open burning, one of the basic methods, which results in a range of toxic chemicals, especially Dioxins/Furans (PCDDs/PCDFs). Therefore, the National Institute of Dioxin (Thailand) measured and evaluated these compounds in ambient air from 3 risky points, Khonkaen-Pothong Road, Buasa-ard Songserm School, and Kokprasitwittaya School, which are 1, 3, and 6 kilometres close to the e-waste recycling landfill in Khongchai District, Kalasin Province, respectively. The analysed results are in a range of 0.015-0.095 pg-TEQ/m^3, which remains less than 0.1 pg-TEQ/m^3 (The Canada's standard value), not being environmentally harmful. There should, however, still be the alertness regarding this issue owing to the increase in e-waste open burning around this area in every single year.

Keywords : E-waste, Dioxins/Furans

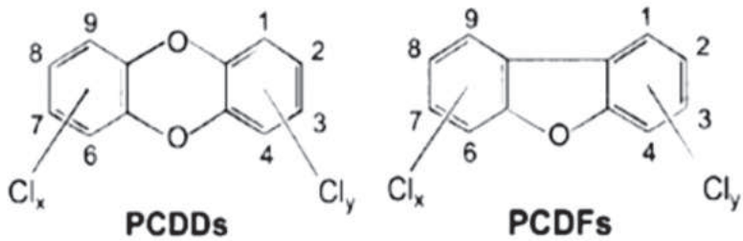
1. บทนำ

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือ e-waste เป็นของเสียที่ประกอบด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายหรือไม่เป็นที่ต้องการแล้ว ประเด็นเรื่องขยะอิเล็กทรอนิกส์กำลังเป็นที่วิตกกังวล เนื่องจากหลายชิ้นส่วนในอุปกรณ์เหล่านั้น มีความเป็นพิษ และไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ความก้าวล้ำทางเทคโนโลยีทุกวันนี้ทำให้เกิดสินค้าอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในสภาพตกรุ่นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนเครื่องบ่อยที่สุด โดยอายุการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน อยู่ระหว่าง 3-5 ปี ขณะที่โทรศัพท์มือถือมีอายุใช้งานเฉลี่ย 18 เดือน อายุการใช้งานบวกกับจำนวนผู้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือซึ่งปัจจุบันมีมากกว่า 1 พันล้านคนทั่วโลกนั้น กำลังเป็นปัจจัยที่เพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปพร้อมๆ กัน

จากข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2557) ได้รายงานว่าในปี พ.ศ. 2556 มีการเพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศ มีปริมาณสูงกว่า 20 ล้านเครื่อง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือมีปริมาณสูงถึง 9.2 ล้านเครื่อง ซึ่งถือว่ามากเป็นอันดับ 1 รองลงมา คือ อุปกรณ์เล่นภาพ/เสียง 3.3 ล้านเครื่อง โทรทัศน์ 2.5 ล้านเครื่อง คอมพิวเตอร์ 2 ล้านเครื่อง เครื่องพิมพ์/โทรสาร 1.5 ล้านเครื่อง กล้องถ่ายภาพ/วิดีโอ 7 แสนเครื่อง เครื่องปรับอากาศ 7 แสนเครื่อง และตู้เย็น 8 แสนเครื่อง โดยปัจจุบันโรงงานในประเทศที่มีกระบวนการคัดแยกและบดย่อยชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ยังมีจำนวนน้อยและไม่เพียงพอกับปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

จากการลงสำรวจพื้นที่เพื่อทำการตรวจสอบขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าในจังหวัดมีการคัดแยกขยะแบบผิดวิธี ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายจากสารเคมีที่ซึมออกมาจากตัวขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพราะชาวบ้านโดยส่วนใหญ่ได้ทำการคัดแยกขยะด้วยมือเปล่าโดยไม่มีเครื่องป้องกัน เช่น ถุงมือ ผ้าปิดจมูก และเสื้อแขนยาว เราได้ทำการสำรวจและตรวจวัดปริมาณสารพิษกลุ่มไดออกซินและฟิวแรน บริเวณพื้นที่บ้านโคกสะอาด อบต.โคกสะอาด ต.โคกสะอาด อ.ฆ้องชัย จ.กาฬสินธุ์ ส่วนใหญ่พื้นที่ ต.โคกสะอาดมีอาชีพทำนาเป็นส่วนใหญ่ โดยจะมีการตกทอดมาตั้งแต่สมัยโบราณ แต่ในปัจจุบันการทำนาเริ่มลดน้อยลง ชาวบ้านในพื้นที่หันมาประกอบอาชีพที่สร้างรายได้ให้งอกงามมากกว่าการทำนา ซึ่งชาวบ้านในรุ่นปัจจุบันไปประกอบอาชีพ “ค้าของเก่า” จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและจุดประกายให้ชาวบ้านรายอื่นๆ ทำตามกันอย่างแพร่หลาย โดยอาชีพค้าของเก่าสามารถสร้างรายได้ที่มากกว่าการทำนาที่เคยทำกันมาตั้งแต่อดีต โดยทางหมู่บ้านได้มีกระบวนการคัดแยกของเก่าที่รับซื้อมาจากชาวบ้าน ซึ่งชาวบ้านจะดำเนินการคัดแยกขยะในบริเวณบ้านพักของตนเองด้วยเครื่องมือที่มีอยู่ เช่น ไขควง มีด และค้อน ทำให้การคัดแยกวัสดุจากของเก่าที่มีสารอันตรายรวมอยู่ด้วยนั้นจึงไม่สามารถทำได้อย่างปลอดภัยเพียงพอ เช่น โทรทัศน์ ชาวบ้านต้องการเอาเหล็กและโลหะมีค่าไปขาย ส่วนจอภาพที่มีสารตะกั่วประกอบอยู่ด้วยก็จะถูกทุบทิ้ง ขณะที่สายไฟก็จะถูกแยกเอาส่วนที่เป็นทองแดงออกมา เช่นเดียวกับการแยกเอาน็อต ตะปู ออกจากส่วนที่เป็นพลาสติกเศษที่เหลือก็ถูกนำมากองรวมกันและเผา ยิ่งนานวันกิจการค้าของเก่าของชาวบ้านโคกสะอาดก็ยิ่งเฟื่องฟู ขณะเดียวกันการคัดแยกของเก่าที่ไม่ถูกวิธีก็กลายเป็นเรื่องน่าวิตกกังวล ทั้งปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษลงสู่ดิน น้ำ และอากาศ รวมทั้งอันตรายต่อสุขภาพของผู้คัดแยกวัสดุและเพื่อนบ้านที่อยู่ใกล้เคียง

สารไดออกซิน หรือ Dioxins (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) เป็นสารประกอบในกลุ่มคลอริเนตเตทอะโรมาติก (Chlorinated Aromatic Compounds) ที่มีออกซิเจน (O) และคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบ 1 ถึง 8 อะตอม มีชื่อเรียกเต็ม คือ โพลีคลอริเนตเตท ไดเบนโซ พาราไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-para-dioxins : PCDDs) สารในกลุ่มไดออกซินมีทั้งหมด 75 ชนิด สารประกอบที่คล้ายคลึงกับกลุ่มไดออกซินอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ฟิวแรน (Furans) หรือมีชื่อเรียกเต็มว่า โพลีคลอริเนตเตท ไดเบนโซ ฟิวแรน (polychlorinated dibenzo furans : PCDFs) มีอยู่ 135 ชนิด สารฟิวแรน (PCDFs) แตกต่างจากกลุ่มไดออกซิน (PCDDs) ก็โดยมีออกซิเจนน้อยกว่าอยู่ 1 อะตอม โดยทั่วไปมักเรียกรวมกันว่า ไดออกซิน/ฟิวแรนหรือ PCDDs/PCDFs เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันอย่างมากทั้งด้านคุณสมบัติ ความเป็นพิษ และแหล่งกำเนิด



รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างไดออกซิน (PCDDs) และฟิวแรน (PCDFs)

สารไดออกซิน/ฟิวแรน มีทั้งหมด 210 ชนิด (75+135) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่สารคลอรีน (Cl) ไปประกอบอยู่บนวงแหวนเบนซีน (benzene ring) สาร 210 ชนิดนี้ส่วนใหญ่ไม่มีผลร้ายกับสุขภาพมนุษย์มากนักมีอยู่เพียง 17 ชนิด เท่านั้นที่มีรายงานว่ามีพิษร้ายแรงและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และชนิดที่มีความเป็นพิษมากที่สุด ได้แก่ 2,3,7,8 TCDD ดังนั้นจึงมีการวัดค่าความเป็นพิษของ PCDDs และ PCDFs โดยเทียบกับ TCDD เพื่อแสดงค่าเป็น Toxicity Equivalency Factors (TEF) ซึ่งหมายถึงปริมาณของ TCDD ที่ทำให้เกิดการเป็นพิษเท่ากับปริมาณของสารที่ออกฤทธิ์คล้าย TCDD นั่นเอง และการรายงานปริมาณสารในกลุ่มไดออกซินจะรายงานเทียบเป็น Toxicity Equivalents (TEQ) ของ TCDD

สารกลุ่มไดออกซินได้รับการขึ้นทะเบียนโดยองค์การอนามัยโลก (WHO, 2015) ให้เป็นสารสนับสนุนการเกิดมะเร็ง (tumor promoter) ในอวัยวะต่างๆ ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตับที่มีความรุนแรงมากที่สุด ซึ่งสารในกลุ่มนี้สามารถหมุนเวียนอยู่ได้ในห่วงโซ่อาหารโดยจะสะสมในชั้นไขมันของสัตว์ได้ดี นอกจากนี้ยังมีผลต่อระบบประสาท ภูมิคุ้มกันและระบบสืบพันธุ์อีกด้วย ที่ผ่านมามีหลากหลายเหตุการณ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของสารกลุ่มนี้ที่มีต่อผู้คนในชุมชนทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รวมไปถึงระบบสิ่งแวดล้อม อาทิ การรั่วไหลของสารไดออกซินเนื่องมาจากอุบัติเหตุทางอุตสาหกรรมในเมือง Ludwigshafen ประเทศเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1953 (Thiess et al., 1982) และในเมือง Seveso ประเทศอิตาลี ในปี ค.ศ.1976 (Assennato et al., 1989) นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์ฝนเหลือง ในสงครามเวียดนามช่วงปี ค.ศ.1960 (Steele et al., 1990) ซึ่งยังคงส่งผลกระทบเรื้อรังจนถึงปัจจุบัน สารไดออกซิน/ฟิวแรน โดยปกติจะไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายในทันที แต่อาการจะค่อยๆ เกิดและเพิ่มความรุนแรงจนถึงตายได้ อาการเฉียบพลันที่ปรากฏ คือ ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เรียกว่า “Chloracne” คือ มีผิวหนังขึ้นเป็นสิวหัวดำ มีถุงสีน้ำตาลอมเหลืองของผิวหนังบริเวณหลังใบหู ขอบตา หลัง ไหล่ และบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ อาจมีขนขึ้นในบริเวณที่ปกติจะไม่มีขึ้น ผิวหนังมีสีเข้มขึ้น สีของเล็บเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เยื่อบุตาอักเสบ ตัวอย่างของผู้ที่มีอาการเหล่านี้ คือ Victor Yushchenko อดีตประธานาธิบดีของประเทศยูเครน ซึ่งถูกวางยาในปี ค.ศ. 2004 (Ryan, 2005) มีงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติถึงพิษภัยของสารในกลุ่มไดออกซิน ซึ่งตรวจพบในตัวอย่างดิน พืช และตัวอย่างทางชีวภาพ (bio-sample) ในบริเวณรีไซเคิลไซต์ (Wen et al., 2009) สารพิษเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายและสะสมได้ผ่านทางระบบทางเดินหายใจซึ่งจะลอยปนอยู่ในฝุ่นละออง และระบบทางเดินอาหารผ่านการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบ นอกจากนี้มีบางงานวิจัยได้ตรวจพบการสะสมของสารกลุ่มนี้ ในเปลือกของต้นไม้ (Liu et al., 2008) และในน้ำนมของคุณแม่ที่อาศัยอยู่บริเวณรีไซเคิลไซต์ต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน (Tue et al., 2014)

แหล่งที่มาของสารไดออกซิน/ฟิวแรน (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) ซึ่งสามารถตกค้างได้ยาวนานในสิ่งแวดล้อมมีได้หลายทาง คือ จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการปนด้วยสาร PVC พลาสติกประเภทต่างๆ การเผาป่า เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะชุมชน อุตสาหกรรมที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น pentachlorophenol, hexachlorophenol ถึงแม้ว่าไม่ทำให้เกิดสารไดออกซินและฟิวแรน แต่เมื่อสารเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารอื่นๆ ก็อาจทำให้เกิดสารพิษเหล่านี้ได้ เช่น สาร bromobenzene, chlorobenzene, 2, 4, 5-trichloronitrobenzene, chlorohydroquinone เป็นต้น

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 สำรวจพื้นที่ของ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ บริเวณรอบบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ และเลือกบริเวณที่เจ้าของพื้นที่ชี้เป้าว่าทิศทางลมเหมาะสม และมีความสะดวกในการใช้กระแสไฟฟ้า นั่นคือ ริมถนนขอนแก่น-โพนทอง โรงเรียนบัวสะอาดส่งเสริม และโรงเรียนโคกประสิทธิ์วิทยา ซึ่งอยู่ห่างจากบ่อเผาขยะนี้เป็นระยะทาง 1, 2 และ 6 กิโลเมตร ตามลำดับ ในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรน

2.2 ทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งทำตามมาตรฐานของกระทรวงสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เครื่อง High Volume Air Sampler รุ่น HV1000R ทำการดูดอากาศผ่านกระดาษกรองและพอลิยูรีเทนโฟม (PUF) ต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยอัตราเร็ว 700 ลิตรต่อนาที บริเวณพื้นที่ที่ได้คัดเลือกไว้ในข้อ 1 เป็นจำนวน 1 ตัวอย่างต่อพื้นที่

2.3 นำตัวอย่างอากาศที่เก็บได้ ทั้งในกระดาษกรองและโพลียูรีเทนพัฟ มาทำการสกัดด้วยโทลูอีนเป็นเวลา 8-24 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการไดออกซิน

2.4 กำจัดสารปนเปื้อนและสิ่งสกปรกออกด้วย Multilayer Column Chromatography และ Active Carbon Column Chromatography

2.5 ฉีดตัวอย่างวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง Gas Chromatograph/High resolution Mass Spectrometer รุ่น JEOL JMS-800D

2.6 ประมวลผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Diok ในรูปของ Chromatogram และตัวเลขเชิงปริมาณ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการลงพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาในกลุ่มสารไดออกซิน/ฟิวแรน บริเวณรอบบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ ณ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่ามีปริมาณของสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่สนใจ (ซึ่งมีค่าความเป็นพิษ)

รูปที่ 2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อการวิเคราะห์สารไดออกซิน/ฟิวแรน ณ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ รายละเอียดภาพแผนที่แสดงบริเวณบ่อขยะอิเล็กทรอนิกส์และจุดเก็บตัวอย่าง

A : บ่อขยะอิเล็กทรอนิกส์

B : ถนนขอนแก่น-โพนทอง (ห่างจากจุด A 1 กิโลเมตร)

C : โรงเรียนบัวสะอาดส่งเสริม (ห่างจากจุด A 2 กิโลเมตร)

D : โรงเรียนโคกประสิทธิ์วิทยา (ห่างจากจุด A 6 กิโลเมตร)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนในอากาศบริเวณรอบบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ จังหวัดกาฬสินธุ์

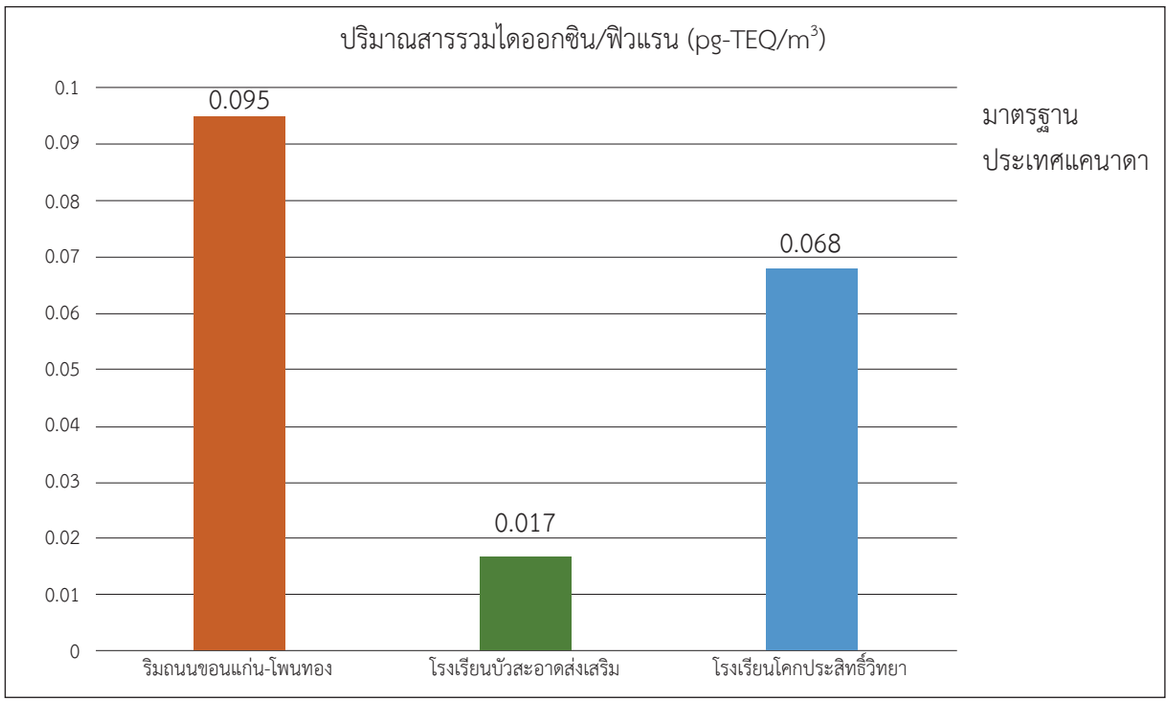
สารประกอบ	ปริมาณไดออกซิน/ฟิวแรน (pg-TEQ/m^3)		
	ถ.ขอนแก่น-โพนทอง	รร.บัวสะอาดส่งเสริม	รร.โคกประสิทธิ์วิทยา
2,3,7,8-TCDD	-	-	-
1,2,3,7,8-PeCDD	-	-	-
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.0009	0.0003	0.0004
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.0023	0.0006	0.0011
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.0027	0.0007	0.0005
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.0009	0.0003	0.0003
OCDD	0.00004	0.00003	0.00001
2,3,7,8-TCDF	0.0048	0.0009	0.0047
1,2,3,7,8-PeCDF	0.0018	0.0003	0.0012
2,3,4,7,8-PeCDF	0.0310	0.0050	0.0230
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.0107	0.0019	0.0093
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.0113	0.0018	0.0083
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.0140	0.0025	0.0079
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.0086	0.0012	0.0078
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.0043	0.0009	0.0029
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.0010	0.0002	0.0006
OCDF	0.0001	0.0000	0.0001
ไดออกซิน/ฟิวแรนทั้งหมด	0.095	0.017	0.068

หมายเหตุ

1. วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เก็บตัวอย่างบริเวณ ถนนขอนแก่น-โพนทอง และวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2557 เก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบัวสะอาดส่งเสริม และโรงเรียนโคกประสิทธิ์วิทยา
2. อุณหภูมิเฉลี่ยของวันที่เก็บตัวอย่าง 32.0^{0}C, ความดันเฉลี่ย 987.3 hPa ความชื้นในอากาศเฉลี่ย 63%

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ค่าที่ได้จากการตรวจวัดหาปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรน ในอากาศบริเวณพื้นที่ อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ นั้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยประเทศแคนาดา (Government of Canada, 2012) นั่นคือ 0.1 pg-TEQ/m^3 ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยรอบบ่อเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว แต่มีโอกาสเสี่ยงที่ในอนาคตปริมาณสารดังกล่าวนี้จะเกินมาตรฐานที่กำหนดได้



รูปที่ 3 แสดงปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนรวมของแต่ละพื้นที่

อย่างไรก็ตาม ปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดนั้น อาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุอื่นๆ อาทิ ฝุ่นควัน และความเสี่ยงของการเกิดการปนเปื้อนของตะกั่ว ปรอท และโลหะหนักอื่นๆ ได้ โดยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว และเป็นอันตรายต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารพิษโลหะหนักที่มาจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ และหอบหืด

ตัวอย่างแนวทางการแก้ไขปัญหาและการรณรงค์ลดปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ (โทรศัพท์มือถือ) ควรเริ่มตั้งแต่การจัดการกับต้นทางของขยะ ซึ่งกำลังเป็นปัญหาสำคัญและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2552) มีดังนี้

1) ภาครัฐ ได้เล็งเห็นความเสี่ยงในอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ จึงได้ริเริ่มโครงการสนับสนุนการเรียกคืนซากแบตเตอรี่และโทรศัพท์มือถือ โดยขอความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ผู้ประกอบการ ผลิต จำหน่าย และให้บริการโทรศัพท์มือถือ

- กำหนดจุดตั้งวางรับซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพ โดยอาศัยร้านค้าตัวแทนจำหน่ายโทรศัพท์มือถือ จุดจำหน่าย หรือสถานที่รับชำระค่าบริการโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ
- รวบรวมซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ส่งไปกำจัดโดยโรงงานผู้รับบริการกำจัดสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (โรงงานประเภทที่ 101 105 และ 106) ซึ่งขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องตามกฎหมาย

- ผู้ประกอบการให้บริการโทรศัพท์มือถือร่วมมือกับบริษัทผู้ผลิต ผู้นำเข้าโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ในลักษณะหุ้นส่วน (Partnership Cooperation) รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม โดยโรงงานผู้รับบริการกำจัดสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (โรงงานประเภทที่ 101 105 และ 106) ซึ่งขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องตามกฎหมาย
- ส่งเสริมและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าและประชาชนทั่วไป ร่วมมือร่วมใจกันนำซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ที่ไม่ใช้แล้วหรือเสื่อมสภาพมาทิ้งในจุดที่กำหนด
- ส่งเสริมและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือมีความรู้และสามารถใช้โทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีอายุการใช้งานยืนยาวขึ้น

2) ประชาชนให้ความร่วมมือในการคัดแยกซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว หรือเสื่อมสภาพ ไม่ทิ้งปะปนกับขยะมูลฝอยทั่วไป โดยนำมาทิ้งในจุดที่กำหนด

นอกจากนี้ในต่างประเทศกำลังมีการพัฒนาโมเดลและวิธีการปรับเปลี่ยนการใช้ชิ้นส่วนวัสดุในการผลิตเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเป็นการลดปัญหาสารตกค้าง และให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งมีชีวิต รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (Abdollahi et al., 2015) ส่วนทางภาครัฐเอง อาจเพิ่มการลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบข้อมูลการปนเปื้อนในชุมชนมากขึ้น

แม้ว่าเราจะมีวันสิ่งแวดล้อมโลก (World Environment Day) ในวันที่ 5 มิถุนายน ของทุกปี เพื่อรณรงค์ให้คนรักษ์สิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาเกี่ยวกับขยะอิเล็กทรอนิกส์คงไม่สามารถจบลงได้ด้วยการรณรงค์เพียงแค่ปีละ 1 วัน หากแต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการสร้างจิตสำนึกในการใช้งานเทคโนโลยี ทั้งในส่วนของผู้ผลิตและผู้บริโภคไม่ว่าจะเป็นการซื้อคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ก็ดี การเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือตามแฟชั่นก็ดี การผลิตสินค้าไอทีที่ต่ำกว่ามาตรฐานออกมาวางจำหน่ายก็ดี ถ้าเป็นเช่นนี้ต่อไปสักวันหนึ่งขยะอิเล็กทรอนิกส์ก็คงจะล้นเมือง โปรดช่วยกันก่อนที่ประเทศไทยจะเต็มไปด้วยขยะอิเล็กทรอนิกส์

กิตติกรรมประกาศ

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ ขอขอบคุณโรงเรียนบัวสะอาดส่งเสริมและโรงเรียนโคกประสิทธิ์วิทยา อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่และกระแสไฟฟ้าในการติดตั้ง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างอากาศ ซึ่งทำให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสำเร็จลุล่วงตามกำหนด

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. (2552). **แนวทางการจัดการของเสียและสารอันตราย.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_dioxin.html. (13 กันยายน 2558)

2. กรมควบคุมมลพิษ. (2552). **มหันตภัยไดออกซิน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก, http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_dioxin.html. (9 กันยายน 2558)

3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2557). **รายงานภาวะสังคมไทยไตรมาส 3 ประจำปี 2557.** สำนักงาน สศช, กระทรวงอุตสาหกรรม.

4. Abdollahi,Y. et al. (2015). Enhancement of electric protection to reduce e-waste. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry.** 29, 400-407.

5. Assenato, G., Cervino, D., Emmett, E.A., Longo, G., Merlo, F. (1989). Follow-up of subjects who developed chloracne following TCDD exposure at Seveso. **American Journal of Industrial Medicine.** 16, 119-125.

6. Liu, H., Zhou, Q., Wang, Y., Zhang, Q., Cai, Z., Jiang, G. (2008). E-waste recycling induced polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans pollution in the ambient environment. **Environment International.** 34, 67-72.7. Ontario Ministry of the Environment, Government of Canada. (2012). **Ontario's Ambient Air Quality Criteria.** [Online]. Available from http://www.ontario.ca/ministry-environment. (20 August 2015)

7. Ryan, J.J. (2005). Human Poisonings and the Yushchenko Case. **Organohalogen Compounds.** 67, 1699-1701

8. Steele, E.J., Bellett, A.J., McCullagh, P.J., Selinger, B. (1990). Reappraisal of the findings on Agent .Orange by the Australian Royal Commision. **Toxicology Letters.** 51, 261-268.

9. Thiess, A.M., Frentzel-Bryme, R., Link, R. (1982). Mortality Study of persons exposed to Dioxin in a Trichlorophenol-process accident that occurred in the BASF AG on November 17, 1953. **American Journal of Industrial Medicine.** 3, 179-189.

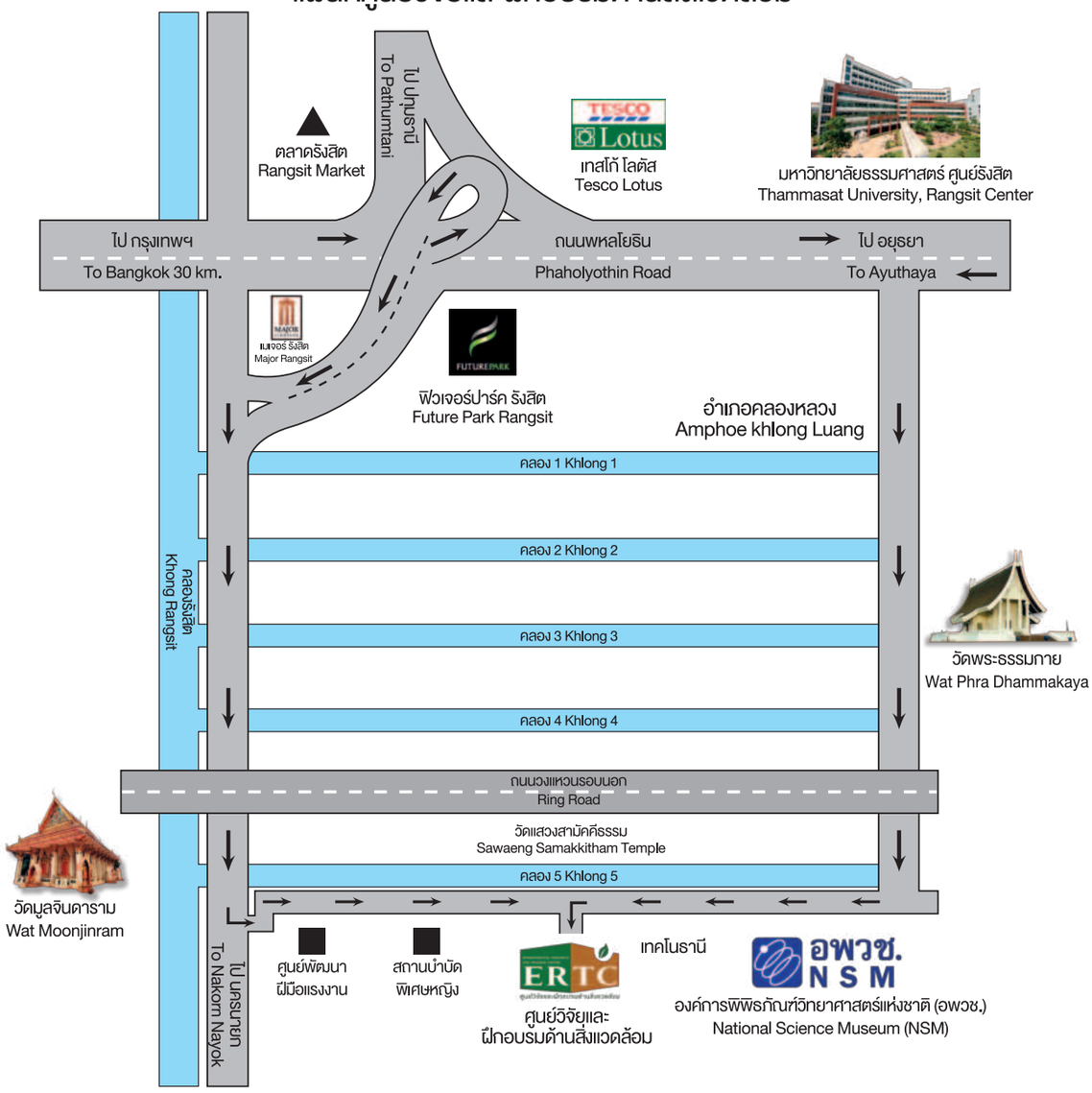
10. Tue, N.M., Katsura, K., Suzuki, G., Tuyen, L.H., Takasuga, T., Takahashi, S., Viet, P.H., Tanabe, S. (2014). Dioxin-related Compounds in Breast Milk of Woman from Vietnamese E-waste Recycling Sites: Levels, Toxics Equivalents and Relevance of Non-dietary Exposure. **Ecotoxicology and Environmental Safety.** 106, 220-225.

11. Wen, S., Yang, F., Li, J.G., Gong, Y., Zhang, X.L., Hui, Y., Wu, Y.N., Zhao, Y.F., Xu, Ying. (2009). Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofurans (PCDD/Fs), Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), and Polychlorinated biphenyls (PCBs) Monitored by Tree Bark in an E-waste Recycling.Area. **Chemosphere.** 74, 981-987.

12. World Heatlh Organization. (2015). **Dioxins and their Effects on Human Health.** [Online]. .Available from http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en. (10 August 2015)


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

แผนที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม



ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (ศวฝ.)
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.)

เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทร. 0 2577 4182-9 โทรสาร 0 2577 1138

Environmental Research and Training Center (ERTC)
Department of Environmental Quality Promotion (DEQP)
Technopolis, Tumbon Khlong 5, Amphoe Khlong Luang, Pathumthani 12120, Thailand Tel. 66 2577 4182-9 Fax 66 2577 1138 www.deqp.go.th

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (ศวฝ.)
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.)
เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทร. 0 2577 4182-9 โทรสาร 0 2577 1138
Environmental Research and Training Center (ERTC)
Department of Environmental Quality Promotion (DEQP)
Technopolis, Tumbon Khlong 5, Amphoe Khlong Luang, Pathumthani 12120, Thailand
Tel. 66 2577 4182-9 Fax 66 2577 1138 www.deqp.go.th