



รายงานผลงานวิจัย ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2553-2555



กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



รายงานผลงานวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ปี 2553-2555





คำนำ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม มีภารกิจหลักด้านการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการป้องกัน การควบคุมมลพิษ และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการศึกษาวิจัย ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศ รายงานผลงานวิจัยของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมฉบับนี้ ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการในระหว่าง ปี 2553-2555 ในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านน้ำและขยะ อากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน ด้านนิเวศเศรษฐศาสตร์และสังคม ด้านไดออกซินและสารอันตราย

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณสถาบัน องค์กร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่ให้ความร่วมมือ และสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน สถานศึกษาและประชาชนทั่วไป เพื่อใช้ในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับพื้นที่ และประกอบการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งการต่อยอดการศึกษาวิจัยในอนาคต อันจะเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การป้องกันและควบคุมมลพิษของประเทศต่อไป

(นางสุวรรณา เตียรธสุวรรณ)

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม



ที่ปรึกษา

นายจตุพร บุรุษพัฒน์

อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

นางรัชนี เอมะรุจิ

รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

นางสาวภาวิณี ปุณณกันต์

รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

บรรณาธิการบริหาร

นางสุวรรณมา เตียรย์สุวรรณ

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

รศ.ดร.โยธิน แสงวงศ์

รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 สาขาวิจัยประชากรและสังคม

กองบรรณาธิการ

นายโสฬส ชันธุ์เครือ

นางนิตยา นักระนาด มิลน์

นางสาวศิรินภา ศรีทองทิพย์

นางสาวหทัยรัตน์ การ์เวทย์

นางสาวรุจยา บุญยทุฆมานนท์

นายปัญญา ไยถาวร

นางจินดารัตน์ เรืองโชติวิทย์

นางสาวอาทิตยา พามี

สารบัญ



8



20



32



46



58



66



76

ด้านน้ำและขยะ

6 การทดสอบประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป
เชิงพาณิชย์แบบไร้อากาศ : กรณีศึกษาดังขนาด
1,600 ลูกบาศก์เมตร

18 การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการนำน้ำ
ที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ใหม่ในเขตอุตสาหกรรมโดย
ใช้แบบที่เรียกว่าเนะ

30 การพัฒนาระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ โดย
กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่ออนุรักษ์
สิ่งแวดล้อม และพลังงานสำหรับชุมชนขนาดเล็ก

ด้านสารอันตราย

44 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สาร Polybrominated
diphenyl ethers ในตัวอย่างตะกอนดิน

56 การศึกษาการปนเปื้อนสาร Polychlorinated
Biphenyl (PCBs) ในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน

64 การศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษตกค้างยาวนาน
กลุ่ม Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) ใน
ตัวอย่างตะกอนดิน

74 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในซากบรรจุกุ้งที่
เค็มเคษตร



88



102

ด้านอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน

86

โครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ

100

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการขยายทางวิ่งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

116

การศึกษาคุณสมบัติการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของกลุ่มชุดดินเขตภาคกลางของประเทศไทย



118

ด้านนิเวศ เศรษฐศาสตร์และสังคม

126

การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้งและอุทกภัยในประเทศไทย

136

ลักษณะนิเวศ-อุทกวิทยาของแหล่งน้ำไหล : กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์



128



138



ด้านน้ำและขยะ



การทดสอบประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบไร้อากาศ :
กรณีศึกษาถังขนาด 1,600 ลูกบาศก์เมตร





การทดสอบประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป แบบไร้อากาศ : กรณีศึกษาถังขนาด 1,600 ลูกบาศก์เมตร

Efficiency testing of on-site anaerobic wastewater treatment tank : Cast study of 1600 liters anaerobic treatment tank size.

สุเทียบ ศรีลาชัย สุดา อิตติสุนทรรัตน์ พนมพร วงษ์ปาน วิวรรณ คุณาเอก ชวลา เสียงล้ำ ไกรสร วงศ์ริลา อนุพงษ์ ปุณโณทก
วิศรา สุนทรวัฒน์พงศ์ ปัญญา โยถาวร และมีศักดิ์ มิลินทวิสมัย

Sutaiab Srilachai, Suda Ittisupornrat, Panomporn Vongparn, Vivat Kunaek, Chavala Sianglum, Krisorn Wongsila, Anupong Punotok,
Varisara Suntornvatanapong, Panja Yaitavorn and Mesak Milintavisamai

บทคัดย่อ

การดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบไร้อากาศ ขนาด 1600 ลิตร ซึ่งเหมาะสำหรับครัวเรือนที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวน 5 คน ได้ดำเนินการใน 2 รูปแบบ คือรูปแบบที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปในโรงเรือนทดสอบ ซึ่งควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบครั้งที่ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (+10%) ทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ติดต่อกันเป็นเวลา 2 เดือน โดยมีบริษัทผู้ผลิตถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปขนาดดังกล่าวเข้าร่วมทดสอบ จำนวน 9 ราย ผลการทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดีในช่วงร้อยละ 27.7-81.9 ซึ่งมีประสิทธิภาพเฉลี่ยของทั้งหมดประมาณร้อยละ 64.62 โดยค่าของบีโอดีหลังการบำบัดอยู่ในช่วง 19-77 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่อีกรูปแบบเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของถังดังกล่าวเมื่อมีการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ จากการคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมทดสอบ จำนวน 8 ราย ทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างติดต่อกันเดือนละครั้ง เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดค่าบีโอดีของระบบดังกล่าวตลอดการทดสอบมีค่าประมาณร้อยละ 18.95 ส่วนค่าอื่นๆ เช่น ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) และไนโตรเจนในรูป TKN มีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 30.30, 9.18, และ 16.75 ตามลำดับ ในขณะที่การทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนของค่าดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 64.46, 9.88 และ 10.79 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบที่พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดีและสารแขวนลอยในโรงเรือนจะดีกว่าเมื่อมีการนำไปใช้จริง ในขณะที่ประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและไนโตรเจนในรูป TKN มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสาเหตุหลักที่ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงเมื่อมีการนำไปใช้จริงมาจากการบำรุงรักษาและดูแลระบบที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น ควรจะต้องมีการแนะนำในการดูแลและบำรุงรักษาถังบำบัดแก๊สชีวภาพจากผู้ผลิตในระหว่างที่ดำเนินการติดตั้งและการใช้งานที่ถูกต้อง และควรจะผนวกถังบำบัดดังกล่าวกับระบบบำบัดน้ำเสียอย่างอื่นด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดโดยเฉพาะบีโอดีที่ยังพบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังเกินค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

Abstract

Experiments were conducted to test the feasibility of applying 1600 liters anaerobic treatment tank for treating domestic wastewater collected from nearby community. The size of the treatment tank was appropriate for 5 persons. This system was postulated to be effective for domestic wastewater treatment through anaerobic process. Two experiments were done to investigate the performance of the treatment tank. The first experiment was performed at the station test site by controlling flow rate at 1 m³/day and sampling was done every 2 weeks for 2 months. The results obtained from the experiments showed that the effluent BOD content ranged from 19–77 mg/l with BOD removal efficiency ranging from 27.7–81.9 %, the average removal was about 64.62%. The second experiment was conducted under real condition with 8 anaerobic treatment tanks. The BOD removal was 18.95 %. The results showed that SS, TDS and TKN removal efficiencies were more than 30, 9 and 16%, respectively. The results also revealed that the station test with controlled flow rate at 1 m³/day produced higher treatment efficiencies for BOD and SS than the experiment using the real condition operations, however, TKN and TDS results showed the same removal efficiencies for both experiments maybe due to inappropriate operation and maintenances of end user during the experiment. The integrated system will increase the treatment tank efficiency including operating guidance for user to meet the discharge standards in Thailand and to prevent ground and surface water pollution.

บทนำ

1. ความสำคัญ น้ำทิ้งชุมชนเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คุณภาพน้ำผิวดินเสื่อมโทรม ซึ่งจากการประเมินคุณภาพน้ำรายสถานีตรวจวัดทั่วประเทศ ปี 2551 ในสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2551 โดยกรมควบคุมมลพิษ ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำเสียชุมชน เช่น การปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (FCB) การปนเปื้อนแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (TCB) แอมโมเนีย (NH₃) และความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (BOD) ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีมาตรการสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำหลายแนวทาง เช่น กำหนดมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบาย กำหนดเกณฑ์หรือแนวทางปฏิบัติที่ดีในการลดและป้องกันมลพิษจากแหล่งกำเนิด การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนรวมลดการใช้น้ำ ผลักดันการจัดการน้ำเสียที่ต้นทาง และเข้มงวดในการบังคับใช้กฎหมายให้แหล่งกำเนิดมลพิษต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียและระบายน้ำทิ้งให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนด⁽¹⁾

การติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับบ้านเรือน (Household Treatment Plant) และระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับอาคาร (Onsite Treatment Plant) เป็นหนึ่งในมาตรการหรือแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนก่อนที่จะปล่อยออกสู่ลำรางสาธารณะหรือสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยระบบดังกล่าวนี้มีทั้งการสร้างขึ้นมาเองและแบบสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด แต่ในข้อเท็จจริงแล้วยังไม่ได้มีการระบุดังชัดเจนถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเมื่อมีการนำไปใช้ในครัวเรือนจริงๆ

2. แหล่งกำเนิดน้ำเสีย ชุมชนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่ไม่มีมีการบำบัดหรือมีการบำบัดแต่ไม่มีประสิทธิภาพ โดยน้ำเสียชุมชนส่วนมากจะระบายมาจากอาคารประเภทต่างๆ เช่น บ้านเรือน บ้านจัดสรร หอพัก ร้านอาหาร ตลาดสด อาคารสำนักงาน เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูลที่ได้มีการสำรวจและรวบรวมไว้ พบว่าในแต่ละวันนั้น คนหนึ่งๆ จะมีการ

ขับถ่ายอุจจาระประมาณ 135 - 200 กรัม น้ำหนักเปียก หรือประมาณ 35 - 70 กรัม น้ำหนักแห้ง ปัสสาวะ 1,000 - 1,300 กรัม น้ำหนักเปียก โดยปริมาณของสิ่งขับถ่ายของร่างกายมีค่าไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่รับประทานของคนแต่ละท้องถื่นมีความแตกต่างกัน ซึ่งอุจจาระและปัสสาวะนั้นเป็นพวกกากที่เหลือจากการย่อยของร่างกาย ส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สารซึ่งจะย่อยสลายได้อีกต่อไปโดยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์⁽²⁾ ในขณะที่น้ำเสียดังกล่าว พ.ร.บ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึงของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น แต่โดยทั่วไปนั้น หมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปจากเดิมตามธรรมชาติ มักจะผ่านการใช้งานมาแล้วโดยมีมลสาร หรือสิ่งปฏิกูลที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเจือปนอยู่ เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่ทำให้เกิดฟอง กรด ด่าง น้ำร้อน สารแขวนลอย สีและจุลินทรีย์ เป็นต้น⁽³⁾ ซึ่งหากแบ่งประเภทของน้ำเสียตามแหล่งกำเนิด สามารถที่จะแบ่งได้ 3 ประเภทหลัก ซึ่งประกอบด้วย น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรม และน้ำเสียเกษตรกรรม⁽⁴⁾





วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้ดำเนินการใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนทดสอบ โดยการคัดเลือกผู้ผลิตถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปขนาด 1,600 ลิตร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมประจำวันของทัศนสถานวัยหนุ่มกลาง ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และอีกรูปแบบเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในภาคสนาม โดยทำการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการบำบัดของถังดังกล่าว เมื่อมีการนำไปใช้งานในพื้นที่จริง โดยรายละเอียดของวิธีการศึกษาทั้ง 2 รูปแบบ มีรายละเอียด ดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนทดสอบ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปขนาด 1,600 ลิตรของผู้ผลิตต่างๆ ที่มีการจำหน่ายและใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งขั้นต้นจากบ้านเรือน อาคาร สำนักงาน และสถานที่ต่างๆ ทั่วไปซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1.1. คุณสมบัติถังที่ใช้เข้าร่วมการทดสอบ เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปของบริษัทหรือผู้ผลิตที่เข้าร่วมโครงการ คือ เป็นถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบไร้อากาศที่ใช้บำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ภายในบ้าน โดยมีถังเกราะ (septic tank) และ ถังกรอง (filter tank) ในชุดเดียวกัน โดยถังเกราะทำหน้าที่เก็บกัก หมักกากตะกอน และไข ส่วนถังกรองทำหน้าที่บำบัดโดยแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งขนาดของถังมีความจุ 1600 ลิตร สำหรับบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีผู้อยู่อาศัยจำนวน 5 คน ที่มีค่าความสกปรกของสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดีไม่เกิน 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการดำเนินงานมีบริษัทผู้ผลิตที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 9 บริษัท

1.2. สถานที่และคุณลักษณะน้ำทิ้งในการทดสอบ สถานที่ตั้งโรงเรือนตั้งอยู่ที่ทัศนสถานวัยหนุ่มกลาง ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ซึ่งค่าความสกปรกของน้ำเสียในการ

ตรวจวิเคราะห์เมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2550 ในรูปของ BOD, COD, TKN, TS เท่ากับ 268 – 495 มิลลิกรัมต่อลิตร, 556 – 647 มิลลิกรัมต่อลิตร, 44 – 53 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 198 – 210 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กิจกรรมการใช้น้ำส่วนใหญ่เพื่อการทำความสะดวกสิ่งของต่างๆ ภายในเรือนจำ การล้างภาชนะหรือการปรุงอาหาร การอาบน้ำของผู้ต้องขัง และน้ำจากส้วม โดยมีน้ำเสียเกิดจากกิจกรรมประจำวันของผู้ต้องขังภายในเรือนจำประมาณ 3,000 คน ซึ่งคาดว่าจะมีน้ำเสียเกิดขึ้นวันละ 200 – 300 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียดังกล่าวโดยปกติ เมื่อเกิดขึ้นจะถูกปล่อยให้ไหลออกนอกเรือนจำ และถูกรวบรวมไว้ในบ่อพักขนาดกว้าง ยาว ลึก ประมาณ 3 X 8 X 3 เมตร ก่อนที่จะถูกสูบลงไปยังบ่อเติมอากาศของเรือนจำต่อไป ดังนั้น การทดสอบนี้ จึงทำการสูบน้ำเสียจากบ่อพักดังกล่าว เพื่อป้อนให้กับถังทดสอบ ซึ่งติดตั้งภายในโรงเรือนทดสอบ

1.3. การป้อนน้ำเสีย ในช่วงเริ่มแรกของการป้อนน้ำเสียจะใช้เวลาประมาณ 3 เดือน เพื่อเป็นการเริ่มเดินระบบ (Start up) เมื่อระบบสามารถที่จะเดินระบบได้อย่างปกติแล้วจะทำการเก็บและวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น บีโอดี (BOD) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) และไนโตรเจนในรูป TKN โดยจะทำการเก็บทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาดิตต่อกัน 2 เดือน

1.4. การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการเก็บน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบและที่ออกจากระบบเพื่อนำมาทดสอบ โดยเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งขณะที่น้ำทิ้งไหลออกจากถังตัวอย่างทางข้อต่อน้ำทิ้ง ทำการเก็บแบบ grab sampling ครั้งละ 500 มิลลิกรัมทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำตัวอย่างที่เก็บได้มาผสม (composite) ซึ่งจะเป็นตัวแทนของน้ำตัวอย่างในวันนั้นนำไปแช่ในตู้แช่ตัวอย่างที่รักษาอุณหภูมิให้คงที่ $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่างน้ำซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์

2. การทดสอบประสิทธิภาพในภาคสนาม การทดสอบดังกล่าวนี้เป็นการสอบเพื่อเปรียบเทียบและยืนยันผลและประสิทธิภาพในการบำบัดของถังขนาดดังกล่าวเมื่อมีการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ โดยมีรายละเอียดการศึกษา ดังนี้

2.1. การสำรวจและคัดเลือกตัวอย่าง ได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่เพื่อคัดเลือกครัวเรือนที่จะเข้าร่วมศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปสำหรับครัวเรือน จากครัวเรือนที่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนประมาณ 3-6 คน และมีถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของครัวเรือน ถังบำบัดน้ำเสียยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งครัวเรือนที่จะเข้าร่วมโครงการต้องเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ และพร้อมที่จะให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างจากถังบำบัดน้ำเสียตลอดระยะเวลาดำเนินการศึกษา ซึ่งสามารถคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมในการศึกษา จำนวน 8 ราย

2.2. การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการศึกษาในครั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างจากครัวเรือนที่เข้าร่วมโครงการทุกครัวเรือนๆ ละ 2 จุด คือ เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเกรอะของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียหรือก่อนการบำบัด เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่ผ่านการใช้จากครัวเรือน โดยเฉพาะจากชักโครกเป็นหลัก และยังไม่ได้รับการบำบัด จากนั้นจะเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปลายท่อน้ำออกจากถังบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยแล้ว ซึ่งส่วนมากจะเป็นบ่อเกรอะและถังกรองไร้อากาศ ตัวอย่างน้ำจากจุดนี้จะใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัด

ด้วยถังบำบัดน้ำเสียดังกล่าวแล้ว และในการเก็บตัวอย่างจะเก็บเดือนละครั้ง เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 8 เดือน

2.3. หลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำจากถังบำบัดน้ำเสียและทดสอบพารามิเตอร์บางพารามิเตอร์ในภาคสนามแล้ว ตัวอย่างทั้งหมดจะนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสำคัญและที่มีการกำหนดให้ต้องตรวจสอบตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร⁽⁵⁾ ที่จำเป็นต้องมีการตรวจวัดค่าต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ค่าบีโอดี (BOD) ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids) ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) และค่าไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูปทีเคเอ็น (TKN) ซึ่งการตรวจสอบค่าบีโอดีวิเคราะห์โดยใช้วิธีการอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย วิเคราะห์โดยใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) ค่าทีดีเอสวิเคราะห์โดยใช้วิธีการหอยแห้งระหว่างอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง และค่าทีเคเอ็น วิเคราะห์โดยใช้วิธีการเจลดาล์ (Kjeldahl) ซึ่งวิธีการทั้งหมดเป็นวิธีการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร โดยขั้นตอนของการวิเคราะห์ในแต่ละพารามิเตอร์ดำเนินการตาม Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater⁽⁶⁾

ผลการศึกษา

1. การทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนทดสอบ ในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างหลังจากการเดินระบบจนมีสภาวะปกติและคงที่แล้วพบว่าผลการวิเคราะห์และประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น บีโอดี (BOD) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) และไนโตรเจนในรูป TKN ที่ทำการเก็บทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 2 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าและออก และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแต่ละถังทดสอบ

พารามิเตอร์	ครั้งที่ทดสอบ	คุณภาพน้ำเข้า ถังทดสอบ	ลำดับที่ของถังที่ทดสอบ									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	เฉลี่ย
			คุณภาพน้ำออกจากถังทดสอบ									
BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1	186	62	44	63	47	66	44	61	44	46	53
	ประสิทธิภาพ (%)		66.7	76.3	66.1	74.7	64.5	76.3	67.3	76.3	75.3	71.51
	2	232	52	50	77	47	42	47	51	46	43	50.56
	ประสิทธิภาพ (%)		77.6	78.4	66.8	79.7	81.9	79.7	78.0	80.2	81.5	78.21
	3	65	47	33	27	31	25	33	34	24	23	30.78
	ประสิทธิภาพ (%)		27.7	49.2	58.5	52.3	61.5	49.2	47.7	63.1	64.6	52.65
	4	59	29	25	22	25	19	35	23	24	31	25.89
	ประสิทธิภาพ (%)		50.8	67.6	62.7	57.6	67.8	40.7	61.0	59.3	47.5	56.12
SS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1	132	35	32	44	34	39	37	42	32	37	36.89
	ประสิทธิภาพ (%)		73.5	75.8	66.7	74.2	70.5	72.0	68.2	75.8	72.0	72.05
	2	103	42	33	46	33	31	36	38	35	45	37.67
	ประสิทธิภาพ (%)		59.2	68.0	55.3	68.0	69.9	55.0	63.1	66.0	56.3	63.43
	3	52	23	23	21	23	22	22	22	18	15	21.00
	ประสิทธิภาพ (%)		55.8	55.8	59.6	55.8	57.7	57.7	57.7	65.4	71.2	59.62
	4	51	16	19	22	23	18	21	18	13	19	18.78
	ประสิทธิภาพ (%)		68.6	62.7	56.9	54.9	64.7	58.8	64.7	74.5	62.7	63.18
TDS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1	471	449	418	398	399	419	397	413	382	398	408.11
	ประสิทธิภาพ (%)		4.7	11.3	15.5	15.3	11.0	15.7	12.3	18.9	15.5	13.35
	2	552	515	502	507	440	487	489	497	483	502	491.33
	ประสิทธิภาพ (%)		6.7	9.1	8.2	20.3	11.8	11.4	10.0	12.5	9.1	10.99
	3	526	493	489	500	512	508	509	493	506	506	501.78
	ประสิทธิภาพ (%)		6.3	7.0	4.9	2.7	3.4	3.2	6.3	3.8	3.8	4.60
	4	581	558	544	526	519	524	495	509	492	510	519.67
	ประสิทธิภาพ (%)		4.0	6.4	9.5	10.7	9.8	14.8	12.4	15.3	12.2	10.56
TKN (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1	63	57	55	58	56	57	57	57	57	57	56.78
	ประสิทธิภาพ (%)		9.5	12.7	7.9	11.1	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.88
	2	79	67	67	69	69	66	66	68	69	67	67.56
	ประสิทธิภาพ (%)		15.2	15.2	12.7	12.7	16.5	16.5	13.9	12.7	15.2	14.49
	3	81	68	68	68	67	68	68	68	68	68	67.89
	ประสิทธิภาพ (%)		16.0	16.0	16.0	17.3	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.19
	4	72	71	69	70	71	72	70	71	71	66	70.11
	ประสิทธิภาพ (%)		1.4	4.2	2.8	1.4	0.0	2.8	1.4	1.4	8.3	2.62

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดป๊อติในแต่ละถัง

พารามิเตอร์	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	566.103	8	70.763	.360	.933
Within Groups	5308.208	27	196.600		
Total	5874.311	35			

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดป๊อติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.62 และเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของป๊อติในถังแต่ละถัง จำนวน 9 ถัง และแต่ละครั้ง จำนวน 4 ครั้ง ด้วยการใช้ ANOVA พบว่า ค่าประสิทธิภาพการบำบัดป๊อติของถังแต่ละถัง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังตารางที่ 2 ในขณะที่การทดสอบในแต่ละครั้งจะแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ ครั้งที่ 1 และ 2 จะแตกต่างจากการทดสอบในครั้งที่ 3 และ 4 ดังตารางที่ 3 ซึ่งอาจจะมีความแตกต่างจากน้ำเข้าระบบในครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 3 และ 4 ทำให้เมื่อคำนวณเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดแล้วมีความแตกต่างกันไปด้วย

สำหรับค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวน (SS) สารที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) และไนโตรเจนในรูป TKN มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.46, 9.88 และ 10.79 ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดของถังแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 ในขณะที่การทดสอบในแต่ละครั้งของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดป๊อติในถังแต่ละครั้ง

พารามิเตอร์	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3912.608	3	1304.203	21.275	.000
Within Groups	1961.703	32	61.303		
Total	5874.311	35			

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) ของประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ในถังแต่ละถัง

พารามิเตอร์ที่ทดสอบ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สารแขวนลอย (SS)	Between Groups	265.975	8	33.247	.687	.700
	Within Groups	1307.536	27	48.427		
	Total	1573.511	35			
สารละลายทั้งหมด (TDS)	Between Groups	153.258	8	19.157	.847	.571
	Within Groups	610.784	27	22.622		
	Total	764.042	35			
ไนโตรเจนในรูป TKN	Between Groups	24.193	8	3.024	.078	1.000
	Within Groups	1051.649	27	38.950		
	Total	1075.842	35			

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการบำบัด SS TDS และ TKN ในแต่ละครั้งโดยการใช้สถิติ Duncan ทดสอบ

Time	N	Subset for alpha = 0.05		Time	N	Subset for alpha = 0.05		Time	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2			1	2			1	2	3	4
3	9	59.614		3	9	4.6022		4	9	2.6244			
4	9	63.182		4	9	1.000	10.557	1	9		9.8744		
2	9	63.430		2	9		10.990	2	9			14.488	
1	9		72.053	1	9		13.352	3	9				16.188
Sig.		.140	1.000	Sig.			.117	Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

สารแขวนลอย (SS)

สารที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS)

ไนโตรเจนในรูป TKN

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอยในการทดสอบครั้งที่ 1 แตกต่างและดีกว่าครั้งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการทดสอบการบำบัดสารที่ละลายได้ทั้งหมดในครั้งที่ 3 มีค่าต่ำกว่าครั้งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนในแต่ละครั้งมีประสิทธิภาพไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนทดสอบ ในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างจากอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 8 หลัง เดือนละครั้ง เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 8 เดือน ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าและออกจากถัง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเข้าและออกจากถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่เข้าร่วมโครงการ

จุดเก็บ ตัวอย่าง	บิโอดี (บีลลิกรัมต่อลิตร)			สารแขวนลอย (บีลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำเข้าถัง	น้ำออกจากถัง	ประสิทธิภาพ (%)	น้ำเข้าถัง	น้ำออกจากถัง	ประสิทธิภาพ (%)
1	56 - 177	31 - 172	40.44	5 - 311	11 - 47	70.66
2	51 - 229	46 - 134	28.41	50 - 182	41 - 103	19.79
3	69 - 131	76 - 125	8.97	28 - 157	18 - 143	3.37
4	91 - 163	75 - 203	ไม่มี	30 - 260	22 - 94	40.21
5	37 - 163	75 - 205	ไม่มี	21 - 81	11 - 145	ไม่มี
6	130 - 331	33 - 290	3.53	65 - 259	25 - 196	12.12
7	68 - 145	64 - 106	19.22	20 - 437	22 - 78	58.31
8	103 - 233	49 - 104	51.04	22 - 75	19 - 41	37.90
เฉลี่ย	37 - 331	31 - 290	18.95	5 - 437	11 - 196	30.30

จุดเก็บ ตัวอย่าง	บิโอดี (บีลลิกรัมต่อลิตร)			สารแขวนลอย (บีลลิกรัมต่อลิตร)		
	น้ำเข้าถัง	น้ำออกจากถัง	ประสิทธิภาพ (%)	น้ำเข้าถัง	น้ำออกจากถัง	ประสิทธิภาพ (%)
1	521 - 746	430 - 837	11.08	28 - 224	10 - 196	16.76
2	596 - 878	368 - 823	13.46	45 - 193	52 - 178	22.56
3	432 - 799	397 - 649	16.05	41 - 205	35 - 199	12.69
4	407 - 726	417 - 700	6.31	39 - 196	30 - 189	15.00
5	334 - 707	343 - 517	20.59	16 - 185	15 - 118	31.23
6	616 - 817	430 - 890	ไม่มี	45 - 297	56 - 258	3.29
7	369 - 750	340 - 805	5.94	34 - 210	3 - 182	20.34
8	296 - 666	433 - 739	ไม่มี	9 - 246	37 - 221	12.14
เฉลี่ย	296 - 878	340 - 890	9.18	9 - 297	3 - 258	16.75

ผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) เกี่ยวกับคุณภาพน้ำเข้าและออกจากถัง พบว่า มีเพียงถังที่ 6 ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าและแตกต่างจากถังอื่นๆ ในขณะที่ประสิทธิภาพในการบำบัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังตารางที่ 7 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ทำการทดสอบ ประกอบด้วย สารแขวนลอย (SS) สารละลายทั้งหมด (TDS) และไนโตรเจนในรูป TKN ดังแสดงในตารางที่ 8 ซึ่งมีเพียงคุณภาพน้ำออกจากถังของสารแขวนลอย (SS) และสารละลายทั้งหมด (TDS) เท่านั้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดป๊อดี

พารามิเตอร์ที่ทดสอบ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
น้ำเข้าถัง	Between Groups	54901.750	7	7843.107	3.576	.004
	Within Groups	100884.343	46	2193.138		
	Total	155786.093	53			
น้ำออกจากถัง	Between Groups	82436.569	7	11776.653	4.321	.001
	Within Groups	125366.857	46	2725.366		
	Total	207803.426	53			
ประสิทธิภาพการบำบัด	Between Groups	17831.744	7	2547.392	1.583	.165
	Within Groups	74038.587	46	1609.534		
	Total	91870.330	53			

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบทางสถิติ (ANOVA) เพื่อดูความแตกต่างของพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์ที่ทดสอบ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
แขวนลอยเข้าสู่ถัง	Between Groups	31502.419	7	4500.346	.648	.714
	Within Groups	312392.033	45	6942.045		
	Total	343894.453	52			
สารแขวนลอยออกจากถัง	Between Groups	31476.728	7	4496.675	3.544	.004
	Within Groups	57099.348	45	1268.874		
	Total	88576.075	52			
สารแขวนลอยประสิทธิภาพการบำบัด	Between Groups	32422.422	7	4631.775	1.299	.278
	Within Groups	131952.086	37	3566.273		
	Total	164374.508	44			
สารละลายทั้งหมดเข้าสู่ถัง	Between Groups	178389.893	7	25484.270	1.866	.098
	Within Groups	614631.390	45	13658.475		
	Total	793021.283	52			
สารละลายทั้งหมดออกจากถัง	Between Groups	389565.746	7	55652.249	3.373	.006
	Within Groups	742507.462	45	16500.166		
	Total	1132073.208	52			
ประสิทธิภาพการบำบัดสารละลายทั้งหมด	Between Groups	4917.246	7	702.464	.832	.567
	Within Groups	37997.689	45	844.393		
	Total	42914.935	52			
ไนโตรเจนในรูป TKN เข้าสู่ถัง	Between Groups	34317.190	7	4902.456	1.185	.328
	Within Groups	219356.548	53	4138.803		
	Total	253673.738	60			
ไนโตรเจนในรูป TKN ออกจากถัง	Between Groups	48565.899	7	6937.986	1.900	.088
	Within Groups	193564.429	53	3652.159		
	Total	242130.328	60			
ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูป TKN	Between Groups	84303.273	7	12043.325	2.122	.057
	Within Groups	300846.831	53	5676.355		
	Total	385150.104	60			



การทดสอบความแตกต่างทางสถิติ (ANOVA) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของสารละลายทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนในรูป TKN มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ในขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและสารแขวนลอยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 9 ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและสารแขวนลอยในโรงเรือนทดสอบมีประสิทธิภาพดีกว่าการบำบัดสารดังกล่าวเมื่อมีการนำไปใช้ในพื้นที่จริง ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 แสดงความแตกต่างของประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ของการทดสอบทั้ง 2 รูปแบบ

พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย	Between Groups	8829.838	1	8829.838	47.607	.000
	Within Groups	2782.123	15	185.475		
	Total	11611.962	16			
ประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย	Between Groups	4944.600	1	4944.600	15.716	.001
	Within Groups	4719.358	15	314.624		
	Total	9663.958	16			
ประสิทธิภาพการบำบัด	Between Groups	1.940	1	1.940	.069	.797
	Within Groups	424.715	15	28.314		
	Total	426.655	16			
ประสิทธิภาพ	Between Groups	150.564	1	150.564	4.663	.047
	Within Groups	484.333	15	32.289		
	Total	634.897	16			

ตารางที่ 10 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดของพารามิเตอร์ในโรงเรือนทดสอบและพื้นที่จริง

รูปแบบการทดสอบ	พารามิเตอร์ที่ทดสอบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	จุดเก็บ	บีโอดี	สารแขวนลอย	สารละลายทั้งหมด	ไนโตรเจนในรูป TKN
ในโรงเรือน	น้ำเข้าถัง	59 – 232	51 – 132	471 – 581	63 – 81
	น้ำออกจากถัง	19 – 77	13 – 46	382 – 558	55 – 72
	ประสิทธิภาพ (%)	64.62	64.46	9.88	10.79
ในพื้นที่จริง	น้ำเข้าถัง	37 – 331	5 – 437	296 – 878	9 – 297
	น้ำออกจากถัง	31 – 290	11 – 196	340 – 890	3 – 258
	ประสิทธิภาพ (%)	18.95	30.30	9.18	16.75
มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท ⁽⁷⁾		50	50	-	40
มาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร ⁽⁵⁾		30	30	500	35

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปในโรงเรือนทดสอบที่มีการควบคุมปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ถังทดสอบจำนวน 9 ราย พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแต่ละถังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี สารแขวนลอย สารละลายได้ทั้งหมด และไนโตรเจนในรูป TKN เท่ากับร้อยละ 64.62, 64.46, 9.88 และ 10.79 ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกับผลการทดสอบประสิทธิภาพในพื้นที่จริงที่ไม่มีความแตกต่างของแต่ละถังที่เข้าร่วมโครงการ แต่หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของพารามิเตอร์ต่างๆ ระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนทดสอบกับเมื่อมีการนำไปใช้จริงในพื้นที่ พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสารละลายทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกัน ประสิทธิภาพการบำบัดการบำบัดไนโตรเจนในรูป TKN เมื่อมีการนำไปใช้ในพื้นที่จริงต่ำกว่าการทดสอบในโรงเรือนเล็กน้อย ในขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีและสารแขวนลอยของถังดังกล่าวเมื่อมีการนำไปใช้ในพื้นที่จริงจะต่ำกว่าการทดสอบในโรงเรือนอย่างมาก ซึ่งน่าจะมีสาเหตุหลักมาจากการบำรุงรักษาและดูแลระบบที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดของถังดังกล่าว ควรจะต้องมีการแนะนำในการดูแลและรักษาถังที่ถูกต้องแก่ผู้บริโภคจากผู้ผลิตในระหว่างที่ดำเนินการติดตั้งหรือใช้งานด้วย นอกจากนี้ อาจจะต้องมีการผนวกกับระบบบำบัดน้ำเสียอย่างอื่น เนื่องจากการบำบัดโดยใช้ถังดังกล่าวเพียงอย่างเดียว นั้น ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยเฉพาะค่าบีโอดียังคงต่ำเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและมาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร ซึ่งเป็นพื้นที่หลักที่ใช้ถังบำบัดน้ำเสียรูปแบบดังกล่าวในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2551). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2551. กษกร พับลิชชิง : กรุงเทพฯ
- [2] พิชิต สกุลพราหมณ์. 2525. การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : บารมีการพิมพ์
- [3] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. คู่มือการป้องกันน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- [4] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2548. คู่มือการจัดการน้ำเสียชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [5] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร. (2539, 28 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 113 ตอนพิเศษที่ 8 ง. หน้า 135 – 136.
- [6] Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, and Andrew D. Eaton, Eds.. (1998). Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th Edition. Maryland : United Book Press, Inc..
- [7] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. (2548, 29 ธันวาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 122 ตอนที่ 125 ง. หน้า 4 - 10.



ด้านน้ำและขยะ

การศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพจากการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว
มาใช้ใหม่ในเขตอุตสาหกรรมโดยใช้แบบที่เรียกใช้นะ:



การศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพ จากการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาใช้ใหม่ในเขตอุตสาหกรรมโดยใช้แบคทีเรียชี้แนะ

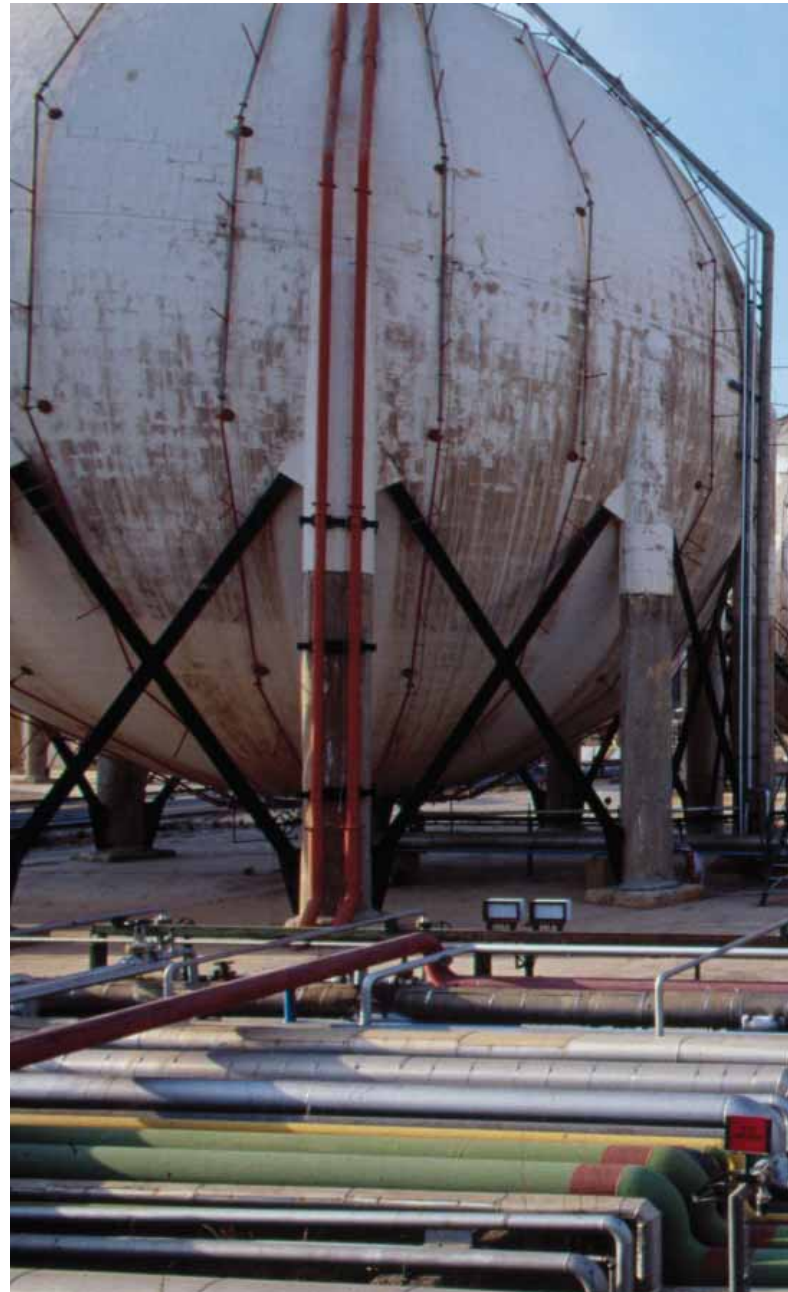
H Health Risk Study for Water Reuse
in Industrial Estate by using indicator
bacteria

ปันจา ไยทวร จิตติมา จารุธาธา ไกรสร วงศ์ริลา ชัยสกล ธนาดีลก
รุ่งอรุณ สุขสำราญ และ อนูปพงษ์ ปุณโณทก

**Panja Yaithavorn, Jittima Charudacha, Kraisorn Wongsrila,
Chatsakhon Thanadilok, Rungaroon Suksamran,
Anupong Poonnotok**

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณของแบคทีเรียชี้แนะที่ปนเปื้อนในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในเขตนิคมอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการพิจารณาความเสี่ยงทางสุขภาพในการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge และแหล่งรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จำนวน 1 ครั้งต่อเดือน เป็นจำนวน 12 เดือน นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ Total coliform, E. coli และ Enterococcus ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge เฉลี่ย 99.3 %, 99.5% และ 99% นอกจากนี้ยังพบว่าในบ่อกักน้ำใสที่มีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ Total coliform, E. coli และ Enterococcus เฉลี่ย 920 CFU/mL, 236 CFU/mL และ 21 CFU/mL และสระน้ำสาธารณะที่รับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อกักน้ำใส พบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ



Total coliform, E. coli และ Enterococcus เฉลี่ย 235 CFU/mL, 1 CFU/mL และ 2 CFU/mL. ส่วนน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้ในการนิคม พบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ Total coliform, E. coli และ Enterococcus เฉลี่ย 105 CFU/mL, 5 CFU/mL และ 4 CFU/mL. แสดงว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อกักน้ำใส และสระน้ำสาธารณะ ยังคงมีความเสี่ยงทางด้านสุขภาพที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เนื่องจากพบว่ายังมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในน้ำ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องศึกษารูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสมที่จะนำน้ำจากแหล่งดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำให้น้อยที่สุด

คำสำคัญ การศึกษาความเสี่ยงทางสุขภาพ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เขตอุตสาหกรรม แบคทีเรียชี้แนะ



Abstract

The study on the quantitative indicator bacteria in treated wastewater at industrial estate for health risk consider of reuse treated wastewater. Water samples were collected from wastewater treatment plant at the industrial estate every month for one year and analyzed indicator bacteria. The average removal efficiency of Total Coliform, E. Coli and Enterococcus in Activated sludge wastewater treatment plant were 99.3%, 99.5% and 99.0% respectively. The average of Total Coliform, E. Coli and Enterococcus in the polishing pond receive treated wastewater for reused activities were 920 CFU/ml, 236 CFU/ml and 21 CFU/ml respectively and the recreation pond that receive water from polishing pond inside the estate were 235 CFU/ml, 1 CFU/ml and 2 CFU/ml respectively. The average Total Coliform,

E. Coli and Enterococcus in tap water from Chao Pra Ya river were 105 CFU/ml, 5 CFU/ml and 4 CFU/ml respectively. Treated wastewater can reuse but proper reused activities and less health risks should be consider

Keyword : Health Risk Study, Water Reuse, Industrial Estate, Indicator bacteria



บทนำ

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว น้ำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ อาจจะทำให้เกิดปัญหาความเสี่ยงต่อโรคม หรือมลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติลงได้แล้ว ยังสามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติลงได้อีกด้วย ทั้งนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว และ น้ำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพด้านการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ เช่น เชื้อโรคที่จะก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ เชื้อบิด เชื้ออหิวาต์ เชื้อไทฟอยด์ เป็นต้น ซึ่งหากมีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัด และมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ใหม่อย่างไม่ต้อง และเหมาะสม อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ และผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณรอบๆ ได้ ทั้งนี้ การที่จะตรวจสอบเชื้อโรคแต่ละชนิดในน้ำจะยุ่งยาก เสียเวลา และค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงมักนิยมใช้แบคทีเรียชี้แนะพวก Coliform bacteria เป็นตัวชี้แนะการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ ในน้ำที่มากับอุจจาระของคน^[1,2]

นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน เป็นนิคมอุตสาหกรรมหนึ่งที่อยู่ภายใต้การดูแลของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 2,000 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เขตที่พักอาศัยประมาณ 75 ไร่ ประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรมประมาณ 80 โรงงาน เป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ และอื่นๆ ในปัจจุบันนิคมฯ มีโรงงานผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในพื้นที่เอง โดยจะสูบน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยามาใช้ในการผลิตน้ำประปาประมาณวันละ 12,000 – 14,000 ลูกบาศก์เมตร ระบบบำบัดน้ำเสียของการนิคมฯ เป็นระบบ Activated Sludge (AS) สามารถรองรับน้ำเสียได้ประมาณวันละ 18,000 ลูกบาศก์เมตร โดยประกอบด้วย

1. บ่อรวบรวมน้ำเสีย (Stabilization Pond) ขนาด 7,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 บ่อ
2. บ่อเติมอากาศ (Aerated Pond) ขนาด 6,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 บ่อ
 - บ่อเติมอากาศระยะที่ 1 ขนาด 6,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 บ่อ
 - บ่อเติมอากาศระยะที่ 2 ขนาด 6,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 บ่อ
3. บ่อพักน้ำใส (Polishing Pond) ขนาด 12,000 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 บ่อ



ภาพที่ 1 แสดงบ่อเติมอากาศ (Waste Water Treatment)



ภาพที่ 2 แสดงบ่อพักน้ำใส (PO)



ภาพที่ 3 แสดงสระน้ำสาธารณะ (LW)

น้ำจากบ่อกักน้ำใสจะปล่อยไหลลงสู่คลองขุดรอบการนิคมฯ และไหลไปกักเก็บไว้ในสระน้ำสาธารณะ ในปัจจุบันมีปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของการนิคมฯ ประมาณวันละ 10,000 - 11,000 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่น น้ำในบ่อกักน้ำใส น้ำในคูรอบการนิคมฯ และสระน้ำสาธารณะ ได้มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ในด้านต่างๆ เช่น ใช้ในการรดน้ำต้นไม้ใช้ในการล้างถนนใช้ในการล้างพื้นโรงงานใช้ในการล้างรถยนต์ และอื่นๆ ทำให้ประหยัดการใช้น้ำประปาลงไปได้ รวมถึงทำให้ไม่ต้องมีการปล่อยน้ำทิ้งออกนอกการนิคมฯ เอง ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดการใช้ทรัพยากรน้ำในธรรมชาติ และช่วยป้องกันการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำเนื่องจากปัญหามลพิษลงได้

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ ในน้ำที่ผ่านการบำบัด และได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ของการนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน เพื่อเป็นข้อมูลที่จะสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับกิจกรรมประเภทต่างๆ เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ และผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณรอบๆ ได้ จึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาปริมาณของเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน โดยใช้แบคทีเรียชี้แนะ
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดเชื้อโรคของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน
3. เพื่อศึกษาความเสี่ยงของการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ใหม่



ภาพที่ 4 แสดงการนำน้ำจากบ่อกักน้ำใส(PO)ไปใช้ในการรดน้ำต้นไม้ รดถนน ภายในการนิคมฯ

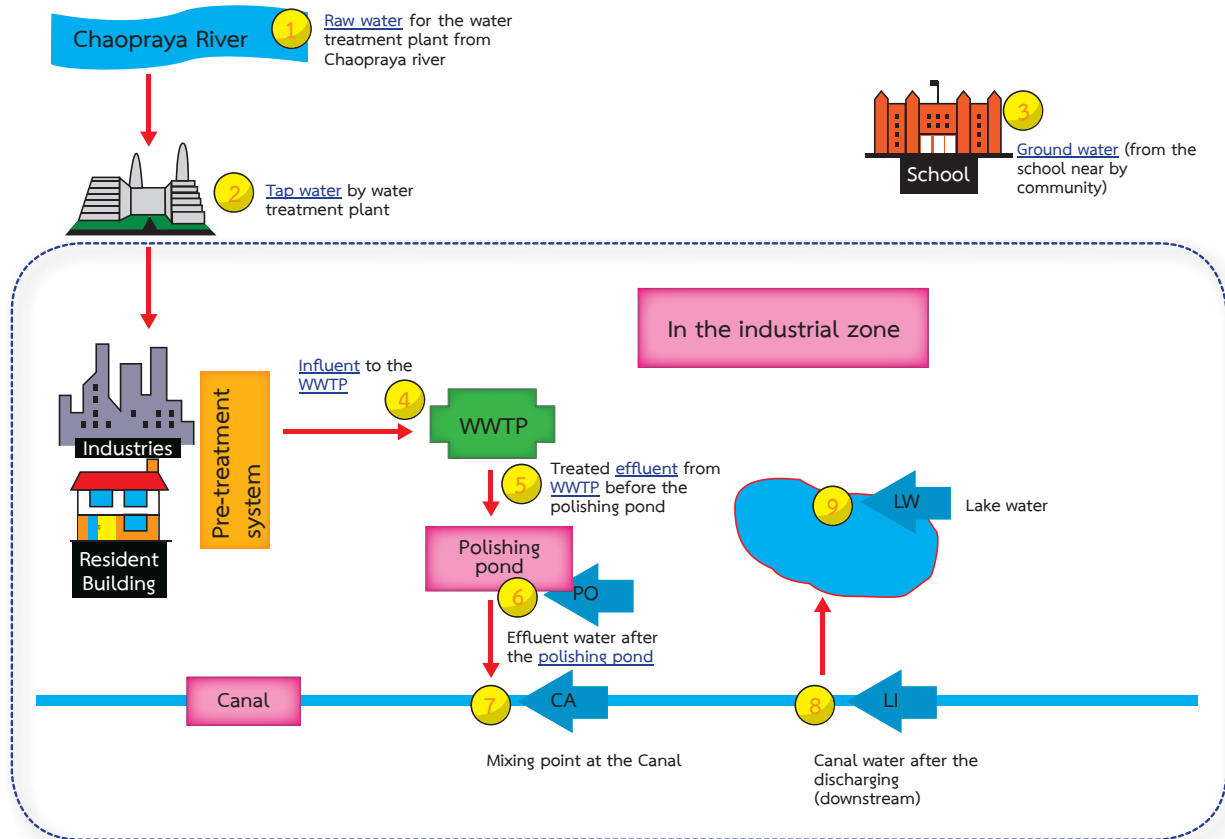


ภาพที่ 5 แสดงการใช้น้ำจากสระน้ำสาธารณะที่รับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการล้างรถยนต์



ในการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. เก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย และแหล่งรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จำนวน 9 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 1 ครั้งต่อเดือน จำนวน 12 ครั้ง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553-เดือนกันยายน 2554 ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

1. Raw Water (RW)
2. Tap water
3. Ground water
4. Waste Water influent (WW (inf))
5. Waste Water effluent (WW (eff))
6. Polishing Pond (PO)
7. Canal (CA)
8. Lake Inlet (LI)
9. Lake Water (LW)

จุดสูบน้ำดิบในแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาของนิคมฯ
 น้ำประปาที่ผลิตเพื่อใช้ในการนิคมฯ
 น้ำใต้ดินบริเวณนอกการนิคมฯ
 น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดของการนิคมฯ
 น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดของการนิคมฯ
 น้ำในบ่อกักน้ำใส
 น้ำในคลองขุดของการนิคมฯ จุดที่มีการปล่อยน้ำออกจากบ่อกักน้ำใส
 น้ำในคลองขุดของการนิคมฯ จุดที่มีการระบายน้ำเข้าสู่สาธารณะ
 น้ำในสระน้ำสาธารณะ

2. วิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ (coliform bacteria) จากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากทั้ง 9 สถานี การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ชี้แนะ 3 ชนิด คือ Total coliform, Escherichia coli, และ Enterococci โดยใช้วิธี membrane filtration technique โดยใช้กระดาษกรอง Cellulose Nitrate Membrane ขนาด 0.45 u 47 mm. และอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อดังนี้

- Total coliforms ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult Coliform Agar (Merck Microbiology)
- Escherichia coli ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult Coliform Agar (Merck Microbiology)
- Enterococci ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ m Enterococcus Agar (Difco)

3. ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาได้จะนำมาทำการเจือจาง และทำการกรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรอง Cellulose Nitrate Membrane ขนาด 0.45 u 47 mm. จำนวน 3 ซ้ำ คัดเลือกกระดับการเจือจางที่มีโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในงานเพาะเชื้ออยู่ระหว่าง 20-200 โคโลนี และนำจำนวนโคโลนีที่นับได้ทั้ง 3 ซ้ำมาหาค่าเฉลี่ยของเชื้อแบคทีเรียแต่ละชนิดที่พบในระดับการเจือจางนั้นๆ แล้วคำนวณเป็นปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ตรวจสอบพบเป็น CFU/ml.

ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว คุณภาพน้ำประปา และคุณภาพน้ำใต้ดิน ของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน โดยใช้แบคทีเรียชี้แนะพวก Total Coliform (TC.), E. coli (EC.) และ Enterococci (Ent.) ในแต่ละบริเวณจำนวน 9 จุดเก็บตัวอย่าง ในช่วงเดือน ตุลาคม 2553-กันยายน 2554 แสดงได้ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างช่วง เดือนตุลาคม 2553 - เดือนกันยายน 2554

จุดเก็บตัวอย่าง	ชนิดเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ	ปริมาณที่พบในช่วง 12 เดือน (CFU/ml.)	ค่าเฉลี่ย (CFU/ml.)	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)
Raw water (RW)	TC	13-330	105	101
	EC	1-11	5	3
	Ent	1-15	4	4
Tab water	TC	0	0	0
	EC	0	0	0
	Ent	0	0	0
Ground water	TC	0	0	0
	EC	0	0	0
	Ent	0	0	0
Waste water influent (WW (inf))	TC	52,000-248,000	129,083	49,135
	EC	35,000-104,000	50,250	19,597
	Ent	500-4,730	2,023	1,218
Waste water effluent (WW (eff))	TC	230-8,300	3,924	3,281
	EC	110-4,400	1,608	1,791
	Ent	9-166	73	56
Polishing Pond (PO)	TC	95-2,500	920	709
	EC	39-626	236	198
	Ent	4-60	21	18
Canal (CA)	TC	470-1,600	1,061	400
	EC	53-410	196	120
	Ent	9-83	28	22
Lake Inlet (LI)	TC	31-1,100	340	362
	EC	1-67	22	27
	Ent	1-21	6	6
Lake Water (LW)	TC	6-1,300	235	433
	EC	0-4	1	1
	Ent	0-8	2	2

TC = Total coliform EC = E. coli Ent = Enterococcus

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียชี้แนะในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพบว่า คุณภาพน้ำประปาที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในนิคม ฯ และคุณภาพน้ำใต้ดิน ไม่พบว่ามี การปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียชี้แนะดังกล่าวเลย ทั้งในระดับปริมาณน้ำตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 5 ml. และ 50 ml.

บริเวณจุดสูบน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อนำน้ำมาผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในนิคม ฯ (Raw water) พบว่ามี การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 105 CFU/ml., 5 CFU/ml. และ 4 CFU/ml. ตามลำดับ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของนิคม ฯ (WW (inf)) พบว่ามี การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 129,083 CFU/ml., 50,250 CFU/ml. และ 2,023 CFU/ml. ตามลำดับ และน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของนิคม ฯ (WW (eff)) พบว่ามี การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 3,924 CFU/ml., 1,608 CFU/ml. และ 73 CFU/ml. ตามลำดับ ส่วนน้ำในบ่อ Polishing pond (PO) พบว่ามี การปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 920 CFU/ml., 236 CFU/ml. และ 21 CFU/ml. ตามลำดับ

บริเวณคลองชุด (CA) จุดที่มีการระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อ PO ของนิคมฯ พบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียซีเน TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 1,061 CFU/ml., 196 CFU/ml. และ 28 CFU/ml. ตามลำดับ ส่วนในบริเวณคลองชุดที่ห่างออกไปจากจุดที่มีการระบายน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วประมาณ 700 เมตร (LI) พบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียซีเน TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 340 CFU/ml., 22 CFU/ml. และ 6 CFU/ml. ตามลำดับ ส่วนในบริเวณคลองชุดที่ห่างออกไปจากจุดที่มีการระบายน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วประมาณ 1,000 เมตร (LF) พบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียซีเน TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 966 CFU/ml., 122 CFU/ml. และ 17 CFU/ml. ตามลำดับ

บริเวณจุด LB ซึ่งเป็นบ่อน้ำสาธารณะ และมีการปรับปรุงโดยรอบบริเวณให้เป็นสวนสำหรับพักผ่อนหย่อนใจของประชาชน พบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียซีเน TC, EC และ Ent. ในปริมาณเฉลี่ย 235 CFU/ml., 1 CFU/ml. และ 2 CFU/ml. ตามลำดับ โดยที่น้ำในบ่อน้ำสาธารณะนี้จะรับน้ำมาจากคลองชุดบริเวณ (LI) ซึ่งจะไหลเข้าสู่บ่อตามระดับความสูงของน้ำที่แตกต่างกัน ทำให้น้ำที่อยู่ในบ่อบริเวณ LB มีระยะเวลาในการพักที่นาน จึงพบว่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียซีเนทั้ง 3 ชนิดน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1 ข้างต้น



สำหรับในด้านประสิทธิภาพของการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. ของระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมฯ ที่เป็นแบบถังเติมอากาศ 2 ถัง (Activated Sludge, AS) และมีบ่อพักน้ำใส (PO) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. เป็น 99.3%, 99.5% และ 99% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเนของระบบบำบัดน้ำเสีย

ชนิดแบคทีเรีย	WW (Inf) เฉลี่ย CFU/ml.	PO (eff) เฉลี่ย CFU/ml.	ประสิทธิภาพการบำบัด
Total Coliform	129,083	920	99.3%
E. coli	50,250	236	99.5%
Enterococci	2,023	21	99%

หากพิจารณาถึงด้านประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. ของระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมฯ โดยถ้าแยกออกเป็น 2 ขั้นตอน จะพบว่าขั้นตอนของถังเติมอากาศ 2 ถัง (Activated Sludge, AS) ขนาดถังละ 6,000 ลบ.ม. จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. เป็น 97%, 96.8% และ 96.4% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเนของระบบ AS

ชนิดแบคทีเรีย	WW(Inf) เฉลี่ย CFU/ml.	WW(eff) เฉลี่ย CFU/ml.	ประสิทธิภาพการบำบัด
Total Coliform	129,083	3,924	97%
E. coli	50,250	1,608	96.8%
Enterococci	2,023	73	96.4%

ในด้านประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. ของขั้นตอนของบ่อพักน้ำใส (PO) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเน TC, EC. และ Ent. เป็น 76.6%, 85% และ 71% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดแบคทีเรียซีเนของบ่อพักน้ำใส (PO)

ชนิดแบคทีเรีย	WW(eff) เฉลี่ย CFU/ml.	PO(eff) เฉลี่ย CFU/ml.	ประสิทธิภาพการบำบัด
Total Coliform	3,924	920	76.6%
E. coli	1,608	236	85%
Enterococci	73	21	71%

ขณะที่ปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียที่ตรวจสอบพบในบ่อกักน้ำใส (PO) ที่ได้มีการนำน้ำจากบ่อดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการรดต้นไม้ภายในบริเวณของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน ล้างถนนบริเวณที่มีการก่อสร้าง และสระน้ำสาธารณะ (LW) ได้มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในการสัณทานการ และการจับสัตว์น้ำ โดยคุณภาพน้ำทั้งสองแหล่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าคุณภาพน้ำจากบ่อกักน้ำใส (PO) มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประเภท 3 ส่วนคุณภาพน้ำจากสระน้ำสาธารณะ (LW) มีคุณภาพใกล้เคียงกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประเภท 3 ส่วนคุณภาพน้ำดิบจากแม่น้ำเจ้าพระยา (RW) ที่มีการนำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในนิคมฯ มีคุณภาพน้ำอยู่ระหว่างมาตรฐานคุณภาพน้ำประเภท 2 และประเภท 3 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณแบคทีเรียชี้แนะตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน

เชื้อแบคทีเรีย	มาตรฐาน	มาตรฐาน	น้ำในแม่น้ำ	บ่อกักน้ำใส	สระน้ำสาธารณะ
ชี้แนะ	ประเภท 2	ประเภท 3	เจ้าพระยา(RW)	(PO)	สาธารณะ(LW)
Total coliform	<5,000 MPN/100ml	<20,000 MPN/100ml	10,500 CFU/100ml	92,000 CFU/100ml	23,500 CFU/100ml
E. coli	<1,000 MPN/100ml	<4,000 MPN/100ml	500 CFU/100ml	23,600 CFU/100ml	100 CFU/100ml

ทั้งนี้โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 2 เป็นแหล่งน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และใช้ประโยชน์ทางด้านการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและการกีฬา^[4]

มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 3 เป็นแหล่งน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร^[4]





สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดเชื้อ Total Coliform (TC), E. coli (EC) และ Enterococci (Ent.) ของบ่อเติมอากาศ (AS) จะเป็น 97% 96.8% และ 96.4% ตามลำดับ ส่วนบ่อพักน้ำใส (PO) จะเป็น 76.6% 85% และ 71% ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge ของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอินในการบำบัดเชื้อ Total Coliform (TC), E. coli (EC) และ Enterococci (Ent.) จะเป็น 99.3%, 99.5% และ 99% ตามลำดับ

ผลการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน โดยใช้แบคทีเรียชี้แนะพวก Total Coliform (TC), E. coli (EC) และ Enterococci (Ent.) พบว่าคุณภาพน้ำจากบ่อพักน้ำใส (PO) ที่มีการนำน้ำไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปใช้รดต้นไม้ต่างๆ ไร่นาถนนในบริเวณที่มีการก่อสร้าง ยังคงมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณที่สูง โดยพบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 92,000 CFU/100ml., 23,600 CFU/100/ml. และ 2,100 CFU/100ml. ตามลำดับ ซึ่งถ้านำน้ำดังกล่าวไป

ใช้ประโยชน์โดยตรง อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้ได้มาก ส่วนคุณภาพน้ำจากสระน้ำสาธารณะ (LW) ที่มีการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในการล้างรถยนต์ สันทนาการทางน้ำ และจับสัตว์น้ำต่างๆ พบว่ามีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชี้แนะ TC, EC และ Ent. ในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก โดยพบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 23,500 CFU/100ml., 100 CFU/100ml. และ 200 CFU/100ml. ตามลำดับ

ในขณะที่คุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณที่มีการสูบน้ำมาใช้ในการนิคมฯ พบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียชี้แนะ Total coliform, E. coli และ Enterococcus เฉลี่ย 10,500 CFU/100ml., 500 CFU/100ml. และ 400 CFU/100ml. ตามลำดับ ถ้าพิจารณาแบคทีเรียชี้แนะเฉพาะ EC ซึ่งเป็นดัชนีชี้ถึงการปนเปื้อนของอุจจาระของสัตว์เลือดอุ่นจะพบว่าคุณภาพของน้ำจากสระน้ำสาธารณะ (LW) จะมีปริมาณการปนเปื้อนซึ่งพบน้อยกว่าในแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นการใช้น้ำจากสระน้ำสาธารณะ (LW) จะมีความเสี่ยงต่อการทำให้เกิดโรคกับมนุษย์น้อย หรือมีความปลอดภัยค่อนข้างมาก



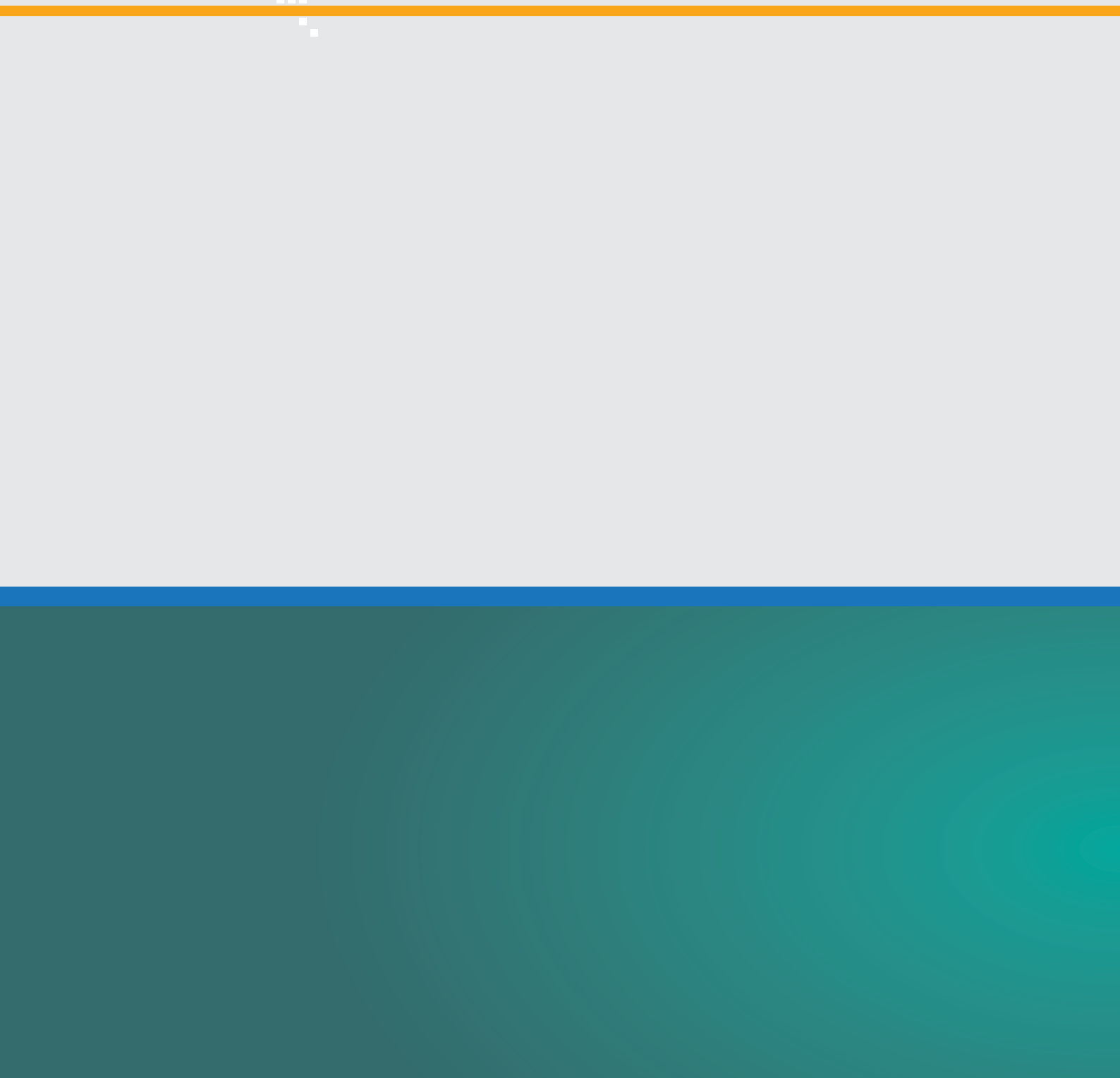
แต่อย่างไรก็ตามอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคบางกลุ่มในน้ำที่ก่อให้เกิดโรคได้ในมนุษย์ แต่ไม่สามารถใช้เชื้อแบคทีเรียชี้แนะ EC เป็นตัวบ่งบอกได้ เช่น กลุ่มพวกไวรัส (Enteric virus, Rotavirus, Hepatitis virus และอื่นๆ) กลุ่มพวกโปรโตซัว (Entamoeba, Cryptosporidium, Microsporidia) และอื่นๆ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องมีการติดตามตรวจสอบเชื้อโรคชนิดอื่นๆ ด้วย เพื่อให้การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีความปลอดภัยกับผู้ใช้อย่างยิ่งขึ้น^[3] นอกจากนั้นควรมีการศึกษารูปแบบของกิจกรรมต่างๆ ที่เหมาะสม หรือปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อโรคในน้ำที่พอเหมาะ โดยใช้แบบจำลองการประเมินความเสี่ยง (Quantitative Microbial Risk Assessment, QMRA) เพื่อให้การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำในแต่ละประเภท เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้น้ำให้น้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Anderson KL, Whitlock, JE and Harwood, VJ(2005). Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(6), 3041-3048
- [2] APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 20th Edition.
- [3] US-EPA (2004) *Guidelines for Water Reuse*. EPA625/R-04/108, 450 p.
- [4] คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2537) กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)



ด้านน้ำและขยะ



การพัฒนาาระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ โดยกระบวนการ
ย่อยสลายแบบไร้อากาศเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงาน
สำหรับชุมชนขนาดเล็ก





การพัฒนากระบวนการบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ โดยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงานสำหรับชุมชนขนาดเล็ก

Development of Digester Prototype for Anaerobic Digestion of Municipal Organic Waste for Conserving Environment and Energy

มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย และ อนุพงษ์ปูลณโฑก

Mesak Milintawisamai and Anupong Poonnotok

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยการคัดแยกขยะนั้นว่ามีความสำคัญยิ่ง ดังนั้นจึงดำเนินการศึกษาทัศนคติต่อการคัดแยกขยะ ปริมาณขยะที่คัดแยกได้ และกระบวนการหมักขยะอินทรีย์แบบ SEBAC ในท้องที่ 3 ตำบล คือ องค์การบริหารส่วนตำบลสองพี่น้อง เทศบาลตำบลเนินสูง และเทศบาลตำบลหนองคล้า อำเภอบางบาล จังหวัดจันทบุรี พบว่าประชาชนในพื้นที่ศึกษามีความสนใจและสนับสนุนในกระบวนการคัดแยกขยะของชุมชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ร้อยละ 51-73% และเมื่อทำการทดลองคัดแยกขยะจากชุมชนพบว่าสามารถนำขยะมาสร้างมูลค่าเพิ่มในรูปของขยะรีไซเคิลได้ประมาณ 10 บาทต่อคนต่อเดือน และจากการทดลองหมักขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ 10 ชนิด เพื่อนำผลผลิตที่ได้มาเป็นพลังงานไฟฟ้า ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพพบว่าขยะประเภทเศษปลาจะให้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดและขยะประเภทเปลือกมังคุดจะให้ค่าพลังงานต่ำสุด และเมื่อนำขยะดังกล่าวมาผลิตไฟฟ้าจะได้ค่าไฟฟ้า 168 บาทต่อตันของขยะ

รายงานผลงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำเลย 2553-2555

Abstract

In the process of municipal waste management, waste separation at household is the most important step. This study was therefore done in 3 small local communities: Orbotor Songpeenong, Nernsoong Municipality and Nongkla Municipality of Thamai District, Chanthaburi Province to survey opinions of villagers on waste separation at sources, production rate of various types of waste and stabilization of organic waste by SEBAC process. The survey result shows that 51-73 % of population in the study areas supports waste separation program in order to manage waste more effectively and environmental friendly. By cost estimation of recycled waste, it was found that villagers can increase income by 10 baht per person per month if they separate recyclable waste and sell to the local waste vendors. Generation of electricity from organic waste by SEBAC process can increase value of the waste up to 168 bath per ton. Different types of organic waste can create different values of electricity for example fish scrap creates the highest while mangosteen peel creates the lowest. The study shows that successful waste management of small communities can be done through waste separation at sources and increase its value by appropriate process like recycle, compose production and electricity generation etc.

บทนำ

จังหวัดจันทบุรีเป็นแหล่งเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ แหล่งใหญ่ที่มีปริมาณผลผลิตมากเป็นอันดับต้นๆแห่งหนึ่งของประเทศ พืชที่เพาะปลูกส่วนใหญ่เป็นไม้ผลเช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด ลองกอง สับปะรด โดยไม้ผลเกือบทุกชนิดจะมีฤดูกาลเก็บเกี่ยวเป็นช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดปัญหาขยะอินทรีย์จากเปลือกผลไม้ที่เพิ่มขึ้นและขยะมูลฝอยตกค้างในพื้นที่เนื่องจากการเข้ามารับซื้อ-ขายผลไม้เป็นจำนวนมากของประชากรต่างพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่ขยะต่างๆมักจะรวบรวมไว้อย่างไม่ถูกสุขลักษณะในบริเวณใกล้ๆที่มีการซื้อ-ขายผลไม้ทำให้เกิดเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนจำเป็นต้องได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชีวภาพจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการกำจัดขยะอินทรีย์และขยะชุมชน จึงมุ่งเน้นที่จะมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เพื่อเป็นทางเลือกในการวางแผนการจัดการและแก้ไขปัญหาขยะอินทรีย์และของเสียในชุมชนให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยใช้ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) ที่สามารถบำบัดขยะอินทรีย์ด้วยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ใช้อากาศ โดยระบบดังกล่าวมีการนำมาใช้มากในต่างประเทศ แต่การพัฒนาและนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทยมากนักซึ่งระบบนี้มีข้อดีคือ

ใช้พลังงานน้อยแต่ต้องดูแลรักษาระบบโดยผู้ที่มีความชำนาญ ผลผลิตที่ได้ของการบำบัดขยะและของเสียอินทรีย์นี้ นอกจากจะเป็นการลดการปนเปื้อนความสกปรกของสารอินทรีย์ออกมาจากน้ำชะขยะแล้ว ยังได้สารอินทรีย์เพื่อใช้ในการปรับปรุงดิน และก๊าซชีวภาพที่มีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน 60-65% ที่สามารถให้ค่าพลังงานความร้อนสูงถึงประมาณ 9,000 Kcal/m³ หรือผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 10 kW ต่อขยะ 1 ตันต่อวัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนในยุคของการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมาก นอกจากนี้ยังทำให้ยืดอายุของหลุมฝังกลบขยะที่ต้องรองรับขยะและของเสียจากชุมชนให้นานมากขึ้น ที่สำคัญเป็นการลดผลกระทบการปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากหลุมฝังกลบขยะที่มีการจัดการไม่เหมาะสมอันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ซึ่งทวีความรุนแรงต่อบรรยากาศของโลกได้อีกทางหนึ่ง

การวิจัยและพัฒนาการหมักขยะอินทรีย์โดยใช้วิธีการแบบ Sequential Batch Anaerobic Composting (SEBAC) นั้นได้รับการพัฒนาโดยคณะนักวิจัยของมหาวิทยาลัยฟลอริดา สหรัฐอเมริกา (Chynoweth et al., 1991) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะใช้การเปลี่ยนถ่ายระบบน้ำชะขยะระหว่างถังหมักกรดและถังหมักก๊าซชีวภาพ ซึ่งระบบดังกล่าวจะมีข้อเสียคือการแลกเปลี่ยนน้ำชะขยะจากถังหมักก๊าซชีวภาพกับถังหมักกรดโดยตรงหากมีน้ำชะขยะจากถังหมักกรดเป็นสัดส่วนมากเกินไปเมื่อเทียบกับน้ำชะขยะจากถังหมักก๊าซชีวภาพ อาจทำให้ถังหมักก๊าซชีวภาพสูญเสียประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซลงไป ได้ M. Milintawisamai and S. Ittisupornrat (2007)⁽¹⁾ ได้ทำการวิจัยการบำบัดน้ำเสียแบบ Anaerobic Filter โดยใช้เปลือกหอยเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ⁽²⁾ พบว่าระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียและระบบสามารถรับภาระบรรทุกของสารอินทรีย์ได้สูง และระบบดังกล่าวมีต้นทุนก่อสร้างต่ำ ดูแลระบบง่ายเหมาะกับการส่งเสริมให้ชุมชนขนาดเล็กนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ดังนั้นหากนำระบบดังกล่าวมาพ่วงเข้ากับระบบ SEBAC จะทำให้ได้ระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ที่มีการเดินระบบที่เสถียรและมีประสิทธิภาพและสูงดูแลระบบได้ง่าย เหมาะกับการส่งเสริมให้ชุมชนขนาดเล็กนำไปใช้งานบำบัดขยะชุมชนของตนเองได้ โดยกระบวนการย่อยสลายขยะและของเสียที่เป็นอินทรีย์สารด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศอาศัยจุลินทรีย์หลายชนิดทำการย่อยสลายขยะอินทรีย์มีดังนี้^{(3) (4) (5)}



1. กระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์และของเสียที่เป็นของแข็งหรือสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กละลายน้ำได้ เช่น คาร์โบไฮเดรต, กรดอะมิโน, กรดไขมัน

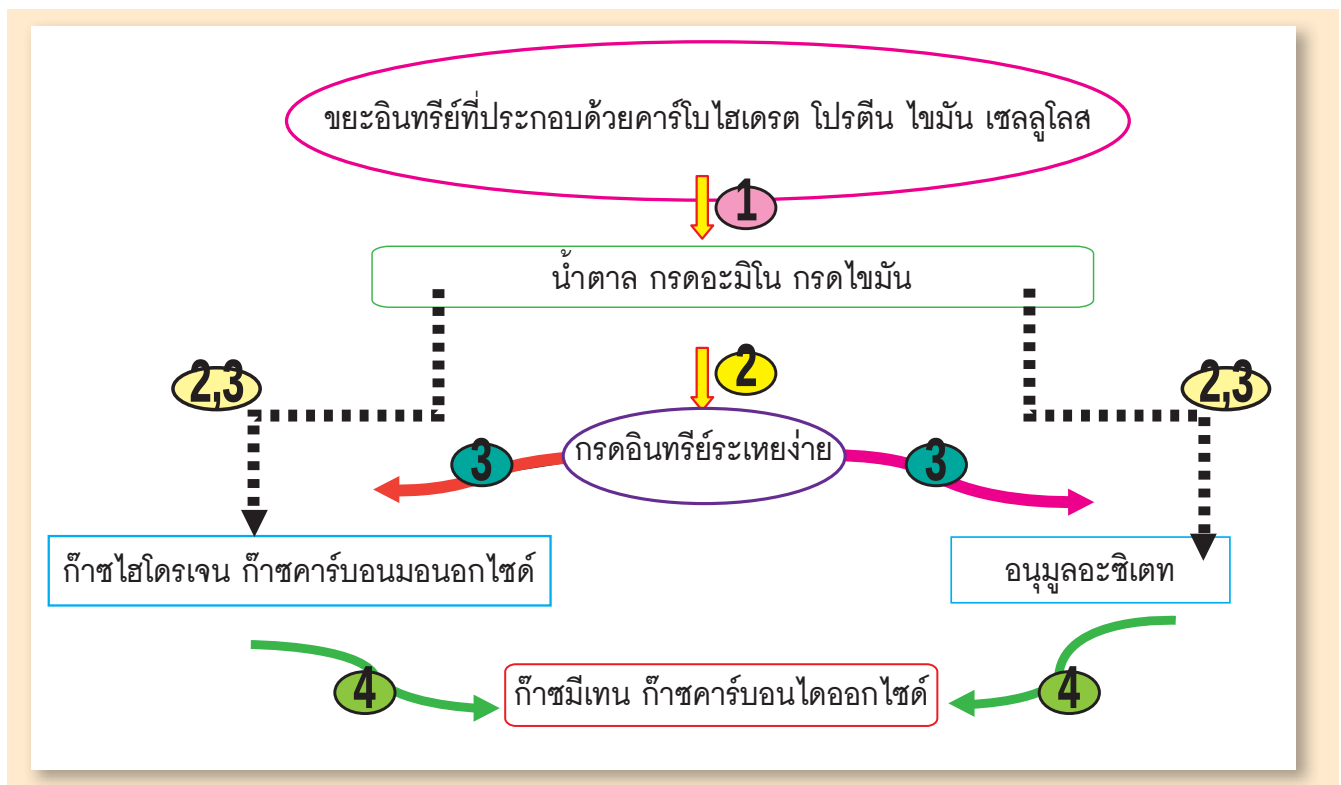
2. กระบวนการสร้างกรด (Acidogenesis) การย่อยสลายในขั้นตอนนี้ จุลินทรีย์จะนำสารที่ได้จากการย่อยสลายในขั้นต้นแรกเป็นสารตั้งต้น และนำมาเปลี่ยนให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็กหรือกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid) ได้แก่ กรดอะซิติก, กรดโพรไพโอนิก, กรดวาเลอริก, กรดแลคติก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์

3. กระบวนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenesis) คือ กระบวนการที่กลุ่มของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายกรดไขมันระเหยง่าย ที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ที่ได้จากกระบวนการในขั้นตอนที่ 2 ให้กลายเป็นกรดอะซิติก ผลผลิตที่ได้คือ กรดอะซิติก, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

4. กระบวนการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenesis) คือ

กระบวนการที่จุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทน (Methanogen) โดยใช้ผลผลิตที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถนำผลผลิตที่ได้ คือ กรดอะซิติก, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนไปใช้ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนต้องการสารอาหารที่มีความจำเพาะสูงและไม่สามารถใช้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม เช่น กรดโพรไพโอนิก, กรดบิวทริก, กรดแลคติก และกรดวาเลอริกเป็นสารอาหารในการผลิตก๊าซมีเทนโดยตรงได้จึงต้องอาศัยผลผลิตของจุลินทรีย์ในขั้นตอนที่ 3 เสียก่อน ทั้งนี้จุลินทรีย์สามารถผลิตก๊าซมีเทนโดยใช้ปฏิกิริยา 2 แบบคือ เปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทนและเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าและค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ ดังนั้นกลุ่มจุลินทรีย์สร้างก๊าซมีเทนจะเป็นกลุ่มหลักในการควบคุมความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาทั้งหมดของระบบ ซึ่งสามารถแสดงปฏิกิริยาเคมีได้และแสดงขั้นตอนการเกิดกระบวนการต่างๆ ได้ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ



ในกระบวนการของปฏิกิริยาทั้งหมดนี้ อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์หลายชนิดที่แต่ละชนิดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การทำระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ที่ดีจะต้องควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมและเอื้อประโยชน์ให้กับจุลินทรีย์ทุกกลุ่มสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในกลุ่มจุลินทรีย์ทั้งหมดนี้มีกลุ่มจุลินทรีย์พวกที่ผลิตก๊าซมีเทนในปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียมากที่สุดเพราะเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศและเจริญเติบโตช้า นั่นคือจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายประเภท เช่น Methanosarcinales, Methanomicrobials, Methanococales, Methanobacteriales เป็นต้น ในแต่ละชนิดก็จะเกิดขึ้นมากขึ้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารอินทรีย์⁽⁶⁾

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินการศึกษามีขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา ทำการศึกษาในเขตพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลสองพี่น้อง, เทศบาลตำบลเนินสูงและเทศบาลตำบลหนองคล้า อำเภอบางบาล จังหวัดจันทบุรี เนื่องจากในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวผลไม้ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงมิถุนายนของทุกปีจะมีผลผลิตเป็นปริมาณมากทำให้ประชากรต่างพื้นที่เข้ามาเพื่อซื้อ-ขายผลไม้เป็นจำนวนมาก กอปรกับจำนวนขยะอินทรีย์มีมากจากเปลือกผลไม้ ทำให้การเกิดปัญหาขยะตกค้างเพราะระบบขนถ่ายขยะขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่นยังไม่เพียงพอต่อการกำจัดและยังไม่มีมีการจัดการคัดแยกขยะที่เป็นรูปธรรม โดยเหตุผลในการคัดเลือกพื้นที่ทั้ง 3 แห่งเป็นพื้นที่ที่ศึกษาวิจัยเพราะทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะเป็นชุมชนชนบท และชนบททั้งเมือง สามารถใช้เป็นตัวแทนของชุมชนส่วนใหญ่ของประเทศ สภาพพื้นที่ทั่วไปขององค์การบริหารส่วนตำบลสองพี่น้อง เป็นพื้นที่ชุมชนตั้งบ้านเรือนกระจัดกระจายระหว่างสวนผลไม้ ในส่วนเทศบาลตำบลหนองคล้ามีลักษณะของชุมชนเป็นตลาดที่มีกิจการขายส่งผลไม้ ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้ และเทศบาลตำบลเนินสูงจะเป็นชุมชนตลาดที่มีกิจกรรมการขายส่งผลไม้ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้คล้ายเทศบาลตำบลหนองคล้า นอกจากนั้นยังเป็นตลาดขายปลีกผลไม้ซึ่งมีการซื้อขายกันตลอดทั้งปีอีกด้วย ทั้งนี้ปัจจัยที่จะทำให้การศึกษานี้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะประเภทต่างๆให้มีประสิทธิภาพ จึงต้องศึกษาพฤติกรรมในการทิ้งขยะของพื้นที่ศึกษา โดยการสำรวจข้อมูลความคิดเห็นจากแบบสอบถามสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างและสำรวจปริมาณและชนิดของขยะจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้มีข้อมูลการอัตราเกิดขยะมูลฝอยในพื้นที่ และประเมินมูลค่าของขยะประเภทต่างๆ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ประชาชนคัดแยกขยะและจัดทำแผนการจัดการคัดแยกขยะชุมชนโดยกระบวนการดังกล่าวจะสามารถทำให้ระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบมีประสิทธิภาพและนำไปสู่การกำหนดแนวทางสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยได้เหมาะสม

การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน จากจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 14,257 คน มีจำนวนครัวเรือนรวมทั้งหมด 5,162 ครัวเรือน จึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างใช้โดยสูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 389 ครัวเรือน ทำการเก็บ



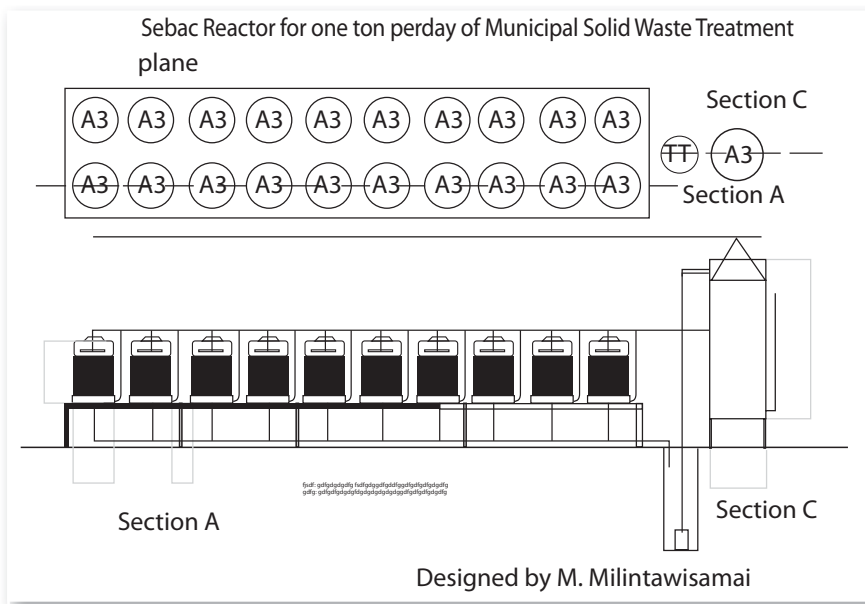
รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ทราบถึงความสนใจในกิจกรรมการมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาขยะชุมชนด้านต่างๆ เช่น การคัดแยกขยะประเภทต่างๆ การคัดแยกขยะอินทรีย์เพื่อป้อนเข้าระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ การใช้ถังขยะแบบแยกประเภทขยะ การรับซื้อขยะรีไซเคิล และการทำปุ๋ยจากของเสียที่เหลือจากระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจความคิดเห็นด้านกิจกรรมต่างๆจะเป็นปัจจัยในการวางแผนการจัดการคัดแยกขยะเพื่อนำมาป้อนในระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบและใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากครัวเรือนในการดำเนินการสำรวจชนิดและปริมาณขยะต่อไป

การสำรวจชนิดและปริมาณขยะ นี้เริ่มต้นจากการทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากครัวเรือนที่ได้ทำแบบสอบถามสัมภาษณ์ในลักษณะการเก็บข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างโดยเลือกจากการกระจายตัวของการครัวเรือนในชุมชน และความสมัครใจเป็นจำนวน 130 ครัวเรือน ซึ่งมีผู้อยู่อาศัยทั้งหมด 489 คน โดยทำการสำรวจเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงนอกฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้ และช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้ เป็นระยะเวลา 7 วันต่อเนื่อง โดยในช่วงที่ 1 นอกฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้สำรวจพื้นที่เทศบาลตำบลเนินสูง เทศบาลตำบลหนองคล้าระหว่างวันที่ 2 ถึง 8 มีนาคม 2553 จำนวน 27 และ 43 ครัวเรือน ตามลำดับ และองค์การบริหารส่วนตำบลสองพี่น้องระหว่างวันที่ 22 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2553 จำนวน 60 ครัวเรือน แต่ในช่วงที่ 2 ฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้สำรวจพื้นที่เทศบาลตำบลเนินสูง เทศบาลตำบลหนองคล้าระหว่างวันที่ 28 พฤษภาคม ถึง 3 มิถุนายน 2553 จำนวน 27 และ 43 ครัวเรือน และองค์การบริหารส่วนตำบลสองพี่น้อง ระหว่างวันที่ 19 ถึง 25 พฤษภาคม 2553 จำนวน 60 ครัวเรือน ต่อมาทำการสำรวจปริมาณขยะและชนิดของขยะมูลฝอยโดยแจกถังขยะ 2 ประเภท คือ ถังขนาด 45 ลิตร สำหรับใส่ขยะทั่วไป และถังขนาด 15 ลิตร สำหรับใส่ขยะอินทรีย์ที่ให้กลุ่มตัวอย่างทิ้งขยะมูลฝอยจากครัวเรือนตามปกติ ซึ่งจะต้องให้คัดแยกชนิดขยะต่างๆ ตามประเภทของถังที่รองรับ จะทำการชั่งน้ำหนักของขยะที่ได้ในแต่ละครัวเรือนทุกวัน โดยแยกเป็นชนิดของขยะ ข้อมูลทั้งหมดจะทำให้ทราบถึงอัตราการผลิตขยะชนิดต่างๆเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของขยะอินทรีย์ในพื้นที่ที่จะนำมาทดสอบระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบรวมถึงการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อแสดงรายได้ที่เกิดขึ้นถ้ามีการขายขยะรีไซเคิลเพื่อเป็นการจูงใจให้ครัวเรือนคัดแยกขยะ



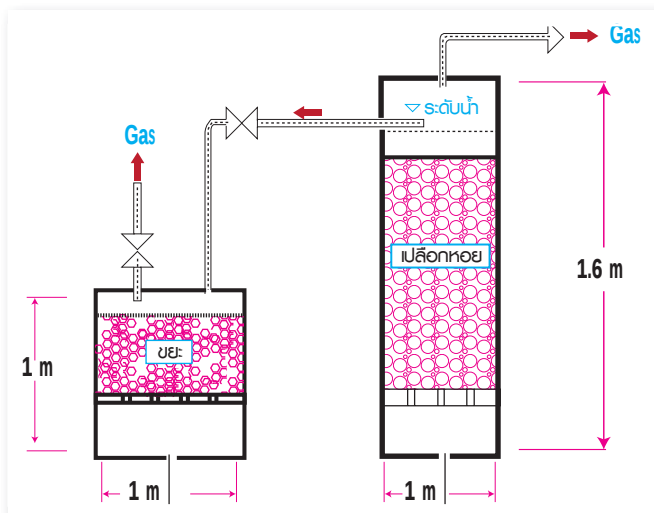
การทดสอบระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ โครงการทดสอบระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบได้ใช้เทคโนโลยี SEBAC (Sequential Batch Anaerobic Composting หรือ Leach Bed Anaerobic Composting) ที่มีความสามารถที่จะเปลี่ยนผลผลิตที่ได้ออกมาในรูปของก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ ซึ่งเป็นระบบบำบัดที่มีขนาดเล็กเหมาะกับการนำไปใช้กับชุมชนขนาดเล็กและ Sludge ที่เหลือจากระบบนั้นนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ หรือสารปรับปรุงดิน โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศที่ทำให้ขยะและของเสียอินทรีย์สามารถย่อยสลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทดสอบหาอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพในระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพ จากการทดลองขั้นแรกได้ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาการย่อยสลายขยะอินทรีย์ประเภทเศษอาหารและขยะจากเศษพืชในถังหมักกรดโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศเป็นระบบต้นแบบที่สามารถรับขยะอินทรีย์ได้ในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อวันพบว่า การย่อยสลายขยะดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้น เพื่อให้สามารถพัฒนาระบบให้ใช้ได้กับชุมชนระดับท้องถิ่นจึงต้องสร้างระบบบำบัดขยะอินทรีย์ต้นแบบ SEBAC เพื่อบำบัดขยะและของเสียอินทรีย์ของชุมชนในระดับกิ่งโรงงานต้นแบบ (Pilot Scale Reactor) ได้จำนวน 20 หน่วย ที่เป็นระบบบำบัดขนาดต้นแบบที่สามารถรับและบำบัดขยะอินทรีย์ได้ในอัตรา 1 ตันต่อวัน โดยมีแบบก่อสร้างดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงแบบก่อสร้างระบบบำบัดขยะแบบ SEBAC ขนาด 1,000 กิโลกรัมต่อวัน



โดยตัวอย่างที่ใช้หมักและกระบวนการหมักในการทดสอบการหมักแบบไร้อากาศแบบ SEBAC ทำการหมักโดยใช้ถังหมัก 2 แบบ คือถังแบบแรกทำด้วยถังพลาสติกโพลีเอทิลีน (P.E.) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร และสูง 1 เมตร ทำให้มีปริมาตรในการบรรจุขยะอินทรีย์ขนาด 0.7 ลูกบาศก์เมตร ถังชนิดนี้จะทำการบรรจุขยะอินทรีย์ที่คัดแยกและบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดไฟฟ้า สำหรับตัวอย่างขยะที่นำมาศึกษาทดลองมีทั้งหมด 10 ประเภท คือ เศษอาหาร เปลือกทุเรียน เปลือกเงาะ เปลือกมังคุด เปลือกสับปะรด เปลือกลองกอง เศษหญ้า เศษผัก เศษกระดาก และเศษของเสียจากปลา ส่วนถังแบบที่ 2 เป็นถังหมักแบบไร้อากาศชนิด Anaerobic Filter ที่มีความเสถียร ทำด้วยบ่อซีเมนต์กลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เมตร และ สูง 1.6 เมตร ภายในบ่อบรรจุเปลือกหอยนางรมเพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน ที่มีปริมาตรของเปลือกหอยประมาณ 2.3 ลูกบาศก์เมตร ดังกล่าวนี้นำมาทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศที่เก็บหัวเชื้อจากโรงงานผลิตแอมโมเนีย ชลเจริญ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ผสมกับหัวเชื้อจากฟาร์มสุกรในอำเภอนาโพธิ์ จังหวัดจันทบุรี ซึ่งรูปแบบของการไหลเวียนน้ำชะขยะของถังหมักทั้งสองชนิด แสดงดังรูปที่ 3 และถังหมักที่ใช้ในการทดลองในพื้นที่ตำบลสองพี่น้อง อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดจันทบุรี แสดงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 3 แสดงถังหมักแบบไร้อากาศ 2 ประเภทที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 4 แสดงถังหมักแบบ SEBAC ติดตั้งที่โรงงานปุ๋ยชีวภาพในหมู่ที่ 2 ตำบลสองพี่น้อง อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดจันทบุรี



นำขยะอินทรีย์ที่คัดแยกได้แต่ละประเภทมาชั่งน้ำหนัก แล้วจึงบดด้วยเครื่องบดขยะ ให้มีขนาดเล็กลง แล้วทำการบรรจุขยะอินทรีย์แต่ละชนิดลงในถังที่ 1 แล้ว จึงทำการถ่ายน้ำหมักจุลินทรีย์ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์แบบไร้อากาศที่เลี้ยงไว้ในถังที่ 2 จนน้ำหมักท่วมขยะอินทรีย์ในถังที่ 1 จนท่วม จากนั้นทำการปิดฝาถังให้สนิท และต่อเชื่อมผาถังเข้ากับเครื่องวัดปริมาณก๊าซชีวภาพแบบการแทนที่เพื่อวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน แล้วทำการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH)โดยใช้เครื่อง pH meter ปริมาณอินทรีย์สารในรูปของซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) และอัลคาไลน์ตี (Alkalinity) ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานทุกวันต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 วันซึ่งในกรณีที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำหมักมีค่าต่ำกว่า 6 จะทำการถ่ายน้ำขยะจากถังแรกออกและนำน้ำหมักจากถัง Anaerobic Filter มาเปลี่ยนแทน ส่วนตัวอย่างขยะอินทรีย์ที่เป็นของแข็งเมื่อทำการบดแล้ว จึงนำมาชั่งน้ำหนักเปียก จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างที่บดแล้ว เพื่อนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 °C จนได้น้ำหนักคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณความชื้นในตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างของแข็งที่เหลือจากการหมักเป็นเวลา 30 วันแล้ว ก็จะทำให้นำมาชั่งน้ำหนักและสุ่มตัวอย่างเพื่อหาปริมาณความชื้นในตัวอย่างโดยวิธีเดียวกันและน้ำหมักชีวภาพที่เหลือจากการหมักหลังจาก 30 วันแล้ว จะนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณสารอาหารของพืชในรูปของปริมาณไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไนเตรต ฟอสเฟต และโพแทสเซียม โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ ไอออนโครมาโตกราฟี เพื่อประเมินความเหมาะสมที่จะใช้น้ำหมักที่ได้จากกระบวนการหมักเป็นปุ๋ยหรือวัสดุบำรุงดินต่อไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การสำรวจความคิดเห็นของประชาชน ผลการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนเรื่องการจัดการปัญหาขยะชุมชนในพื้นที่ทั้ง 3 ตำบล พบว่าประชาชนให้ความสนใจในกิจกรรมการคัดแยกขยะประเภทต่างๆ มากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 73 รองลงมาคือ การรับซื้อขยะรีไซเคิลเท่ากับ ร้อยละ 70 การใช้ถังขยะแบบแยกประเภทขยะเท่ากับ ร้อยละ 69 การคัดแยกขยะอินทรีย์เพื่อป้อนเข้าระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบเท่ากับ ร้อยละ 65 และการทำปุ๋ยจากของเสียที่เหลือจากระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบเท่ากับ ร้อยละ 51 ตามลำดับ จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าประชาชนในพื้นที่ให้ความสนใจในเรื่องการจัดการปัญหาขยะชุมชนเป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการดำเนินทดสอบระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบต่อไป

การสำรวจชนิดและปริมาณขยะ จากครัวเรือนในทั้ง 3 ตำบล แยกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ช่วงที่ 1 คือช่วงนอกฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันได้แก่ ขยะอินทรีย์และขยะอื่นๆมีมากที่สุดในพื้นที่ตำบลหนองคล้า สองพี่น้องและเนินสูงตามลำดับ ปริมาณขยะรีไซเคิลมีมากที่สุดในพื้นที่ตำบลสองพี่น้อง หนองคล้า และเนินสูงตามลำดับ ปริมาณขยะอันตรายมีมากที่สุดในพื้นที่ตำบลสองพี่น้อง เนินสูง และหนองคล้า ช่วงที่ 2 ช่วงคือฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้ มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันทั้ง 4 ชนิดมากที่สุดในพื้นที่ตำบลสองพี่น้อง หนองคล้า และเนินสูงตามลำดับ โดยกระบวนการคัดแยกขยะดังกล่าว ประชาชนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ซึ่งข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ทั้ง 2 ช่วงเวลา

ช่วงเวลา ชนิดขยะ	ช่วงที่ 1 นอกฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้			ช่วงที่ 2 ฤดูเก็บเกี่ยวผลไม้		
	ต.เนินสูง (กก.)	ต.หนองคล้า (กก.)	ต.สองพี่น้อง (กก.)	ต.เนินสูง (กก.)	ต.สองพี่น้อง (กก.)	ต.สองพี่น้อง (กก.)
ขยะอินทรีย์	731	1,848	1,833	785	1,454	2,902
ขยะอื่นๆ	403	824	589	307	354	623
ขยะรีไซเคิล	76	371	547	25	154	726
ขยะอันตราย	2	1	5	0	0	22
รวม	1,202	3,044	2,974	1,117	1,962	4,273

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีปริมาณมากพอที่นำไปป้อนเข้าระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบฯ และเมื่อนำข้อมูลปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลารวมกันเพื่อคำนวณหาอัตราการผลิตขยะของพื้นที่ทั้ง 3 ตำบล พบว่าประชากร 1 คน ผลิตขยะในแต่ละวันเป็นปริมาณทั้งหมด 0.51 กิโลกรัม แยกเป็นปริมาณขยะอินทรีย์เท่ากับ 0.33 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 65.54 ของขยะทั้งหมด ปริมาณขยะอื่นๆเท่ากับ 0.11 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 23.66 ของขยะทั้งหมด ปริมาณขยะรีไซเคิลเท่ากับ 0.07 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 10.65 ของขยะทั้งหมดและปริมาณขยะอันตรายเท่ากับ 0.001 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 0.15 ของขยะทั้งหมด เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนได้ดังตารางที่ 2 ในการประเมินมูลค่าขยะรีไซเคิลโดยใช้อัตราการซื้อขายของบริษัทวังษ์พานิช ซึ่งเป็นบริษัทที่ทำธุรกิจขยะรีไซเคิลที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทย ส่วนขยะที่รีไซเคิลไม่ได้และย่อยได้ยาก เช่น ถุงพลาสติก จะคำนวณมูลค่าโดยการใช้ในการผลิตความร้อนของเชื้อเพลิงทดแทน (Refuse Derived Fuel หรือ RDF) ซึ่งขายในอัตรามูลค่าตันละ 2,900 บาท

ตารางที่ 2 แสดงมูลค่าของขยะรีไซเคิลที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ตำบล

ชนิดขยะ	ราคากลาง* (บาท/กิโลกรัม)	ร้อยละของปริมาณ ขยะทั้ง 3 ตำบล	มูลค่าของขยะรีไซเคิล (บาท/เดือน)
พลาสติกPET	14.5	0.53	19,300
พลาสติกขุน	26	0.15	11,350
พลาสติกรวม	11	0.82	21,381
พลาสติกแข็ง	2.5	0.08	324
กระดาษหนังสือพิมพ์	5.3	0.04	561
กระดาษขาว-ดำ	7.8	0.02	409
กระดาษลัง	6.2	0.14	1,835
กระดาษเล่ม	7.8	0.53	15,398
กระดาษย่อย	3.1	0.76	5,395
แก้วใส	1.4	2.56	9,501
แก้วสี	0.95	4.42	11,550
อะลูมิเนียม	50	0.39	48,335
เหล็ก	17.2	0.08	3,051
ถุงปุ๋ย	2.5	0.15	260
ยาง	7	0.04	330
วงจรไฟฟ้า	30	0.02	5,525
สายไฟฟ้า	6	0.06	70
ท่อPVC	8	0.01	249
รวมมูลค่า			154,823

มูลค่าเฉลี่ยต่อคน 10.86

*ราคากลางอ้างอิงจาก คู่มือคัดแยกขยะประจำบ้านวงษ์พานิชกรูป

จากมูลค่าเฉลี่ยของขยะที่ขายได้ต่อเดือนเท่ากับ 154,823 บาท และเมื่อนำมาหามูลค่าเฉลี่ยคิดเป็นรายได้ต่อคนเท่ากับ 10.86 บาทต่อเดือน ทั้งนี้ถ้ามีการวางแผนการจัดการด้านขยะมูลฝอยชุมชนที่ดีสามารถสร้างมูลค่าให้กับชุมชนโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมและเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรได้อีกด้วย



รายงานผลงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันสิ่งแวดล้อมปี 2553-2555

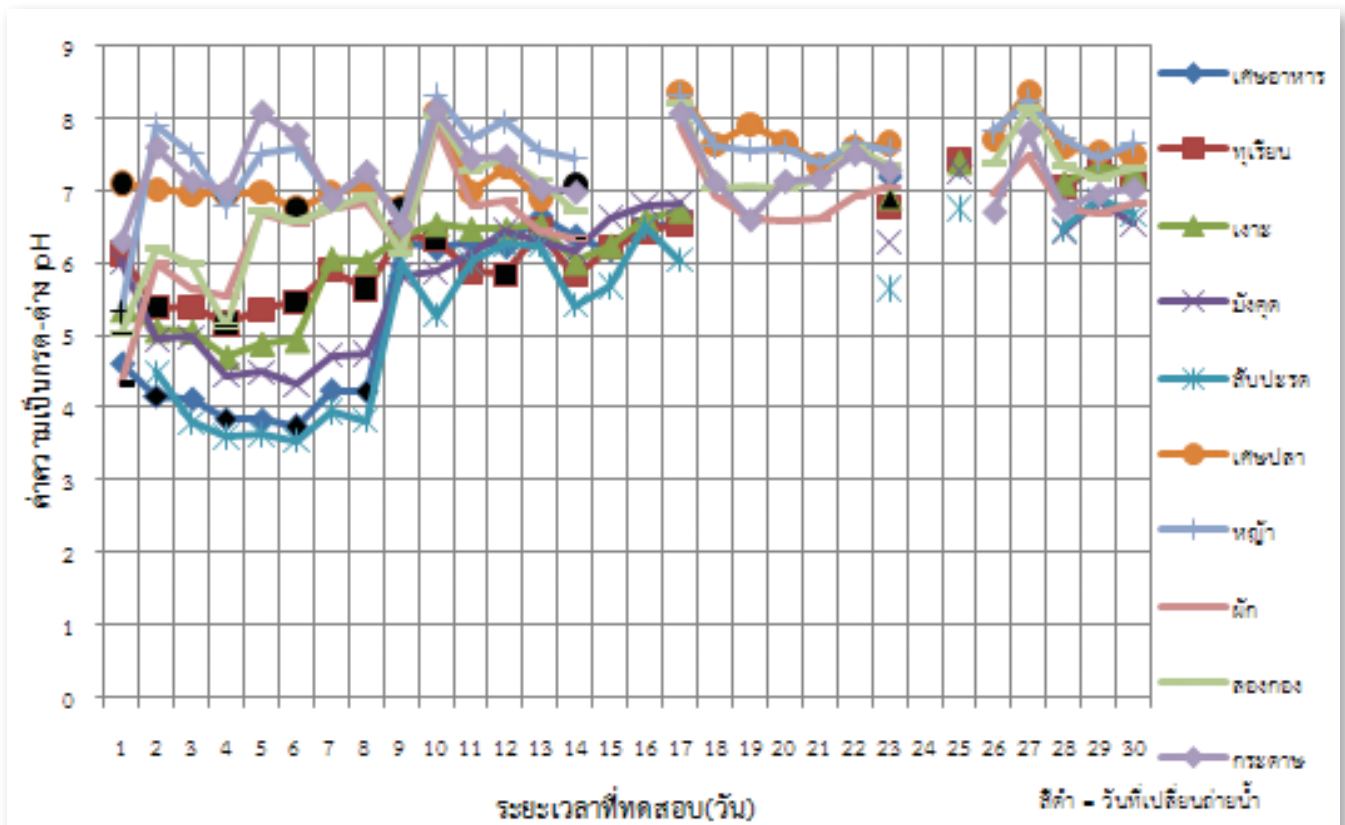


การทดสอบระบบบำบัดของเสียอินทรีย์ต้นแบบ

จากการทดสอบระบบถังหมักขยะอินทรีย์ประเภทต่างๆ 10 ประเภท โดยทำการทดสอบค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ pH Alkalinity และ COD ตลอดระยะเวลา 30 วัน สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ได้ดังแผนภูมิที่ 1, 2 และ 3 โดยแยกชนิดดังนี้

1. เศษอาหาร พบว่าในขณะที่เริ่มต้นหมักค่า Alkalinity จะต่ำจนไม่สามารถวิเคราะห์หาค่าได้ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 4 และค่า COD ของถังหมักค่อยๆ เพิ่มขึ้น แสดงว่าขั้นตอนนี้ถังหมักจะอยู่ในสภาพเป็นกรดและไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงไม่เกิดขึ้น เมื่อทำการถ่ายเทน้ำชะขยะจากถังกรองไร้อากาศมาแทนที่ 2 ครั้ง ทำให้ถังหมักสามารถเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพได้และค่า COD ของถังก็ลดลงจากค่าประมาณ 65,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 8,700 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา อีก 5 วัน และถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงและลดลงในเวลาเดียวกัน ดังนั้นถังหมักเศษอาหารสามารถเดินระบบจนเข้าภาวะเสถียรภายในเวลาประมาณ 10 วัน หลังจากวันที่เริ่มบรรจุขยะลงถัง

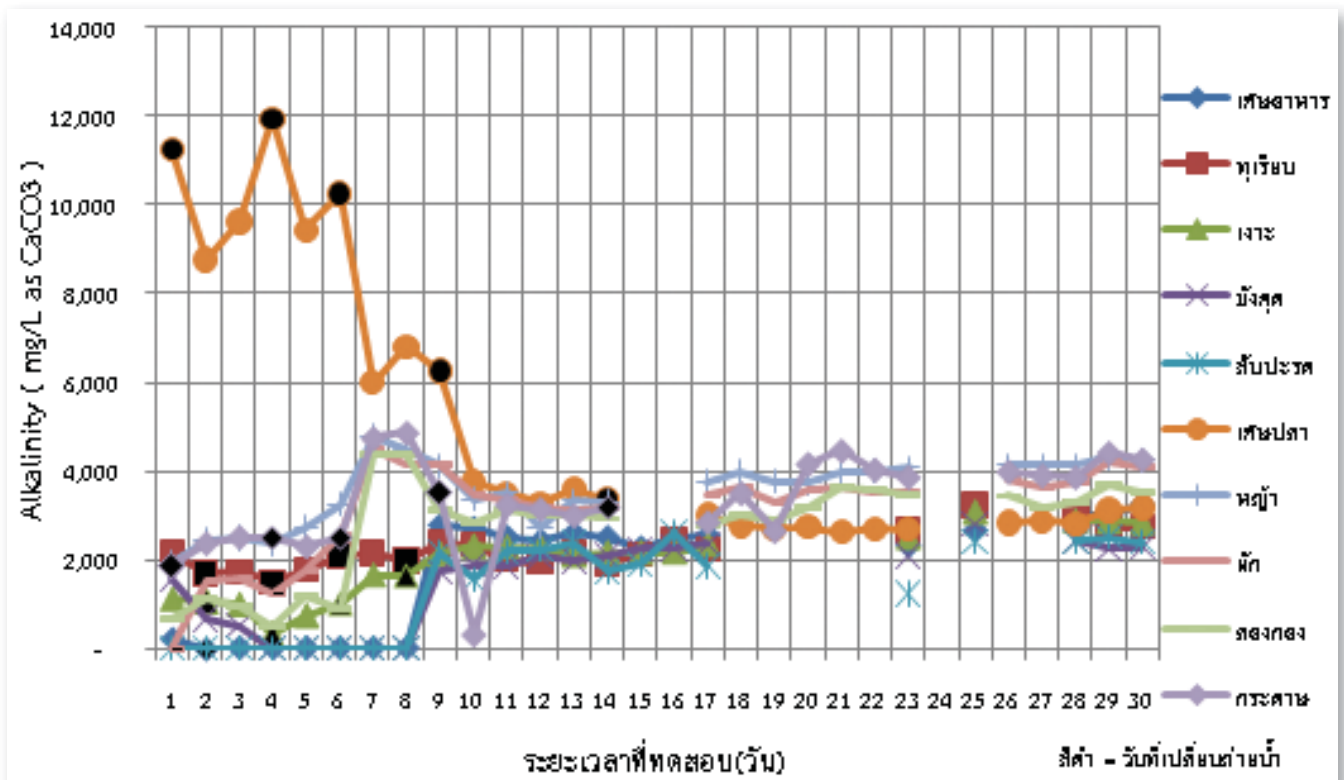
2. เปลือกทุเรียน พบว่าในขณะที่เริ่มหมักเปลือกทุเรียนค่า Alkalinity จะต่ำสอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 5.6 และค่า COD ของถังหมักค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 3 แสดงว่าขั้นตอนนี้ถังหมักจะอยู่ในสภาพเป็นกรดและไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงไม่เกิดขึ้น เมื่อทำการถ่ายเทน้ำชะขยะจากถังกรองไร้อากาศมาแทนที่ 2 ครั้ง ทำให้ถังหมักสามารถเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพได้และค่า COD ของถังก็ลดลงจากค่าประมาณ 14,720 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 1,280 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา อีก 25 วัน และถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงในวันที่ 18 และลดลงในเวลาเดียวกัน ดังนั้นถังหมักทุเรียนจะสามารถเดินระบบจนเข้าภาวะเสถียรภายในเวลาประมาณ 20 วัน หลังจากวันที่เริ่มบรรจุขยะลงถัง



แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด-ด่างของขยะอินทรีย์แต่ละประเภทในถังหมัก SEBAC

3. เปลือกเงาะ พบว่าในขณะเริ่มหมักเปลือกเงาะ ค่า Alkalinity จะต่ำประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 5 และค่า COD ของถังหมักค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 3 แสดงว่าขั้นตอนนี้ถังหมักจะอยู่ในสภาพเป็นกรดและไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงไม่เกิดขึ้น เมื่อทำการถ่ายน้ำชะขยะจากถังกรองไร้อากาศมาแทนที่ 4 ครั้ง ทำให้ถังหมักสามารถเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพได้และค่า COD ของถังก็ลดลงจากค่าประมาณ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 2,700 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 10 วัน และถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงในวันที่ 10 และลดลงในเวลาเดียวกัน ดังนั้นถังหมักเงาะจะสามารถเดินระบบจนเข้าภาวะเสถียรภายในเวลาประมาณ 10 วัน หลังจากวันที่เริ่มบรรจุขยะลงถัง

4. เปลือกมังคุด พบว่าในขณะเริ่มหมักเปลือกมังคุด ค่า Alkalinity จะต่ำประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 4.7 และค่า COD ของถังหมักค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 3 แสดงว่าขั้นตอนนี้ถังหมักจะอยู่ในสภาพเป็นกรดและไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นก๊าซชีวภาพจึงไม่เกิดขึ้น เมื่อทำการถ่ายน้ำชะขยะจากถังกรองไร้อากาศมาแทนที่ 4 ครั้ง ทำให้ถังหมักสามารถเริ่มผลิตก๊าซชีวภาพได้และค่า COD ของถังก็ลดลงจากค่าประมาณ 22,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 25 วัน และถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงในวันที่ 10 และลดลงในเวลาเดียวกัน ดังนั้นถังหมักมังคุดจะสามารถเดินระบบจนเข้าภาวะเสถียรภายในเวลาประมาณ 18 วัน หลังจากวันที่เริ่มบรรจุขยะลงถัง



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Alkalinity ของขยะอินทรีย์แต่ละประเภทในถังหมัก SEBAC

5. เปลือกสับปะรด พบว่าในขณะเริ่มหมักเปลือกสับปะรด ค่า Alkalinity จะต่ำจนไม่สามารถวัดได้ สอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 4 และค่า COD ของถังหมักค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงเปลือกสับปะรดสามารถย่อยสลายกลายเป็นกรดอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากวัสดุมีองค์ประกอบของน้ำตาลมากเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกผลไม้ชนิดอื่นๆ และจะผลิตก๊าซชีวภาพอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 3 หลังจากการหมัก และค่า COD ของถังก็ลดลงจากค่าประมาณ 64,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือประมาณ 5,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 8 วัน และถึงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงในวันที่ 9 และลดลงในเวลาเดียวกัน ดังนั้นถังหมักสับปะรดจะสามารถเดินระบบจนเข้าภาวะเสถียรภายในเวลาประมาณ 10 วัน หลังจากวันที่เริ่มบรรจุขยะลงถัง

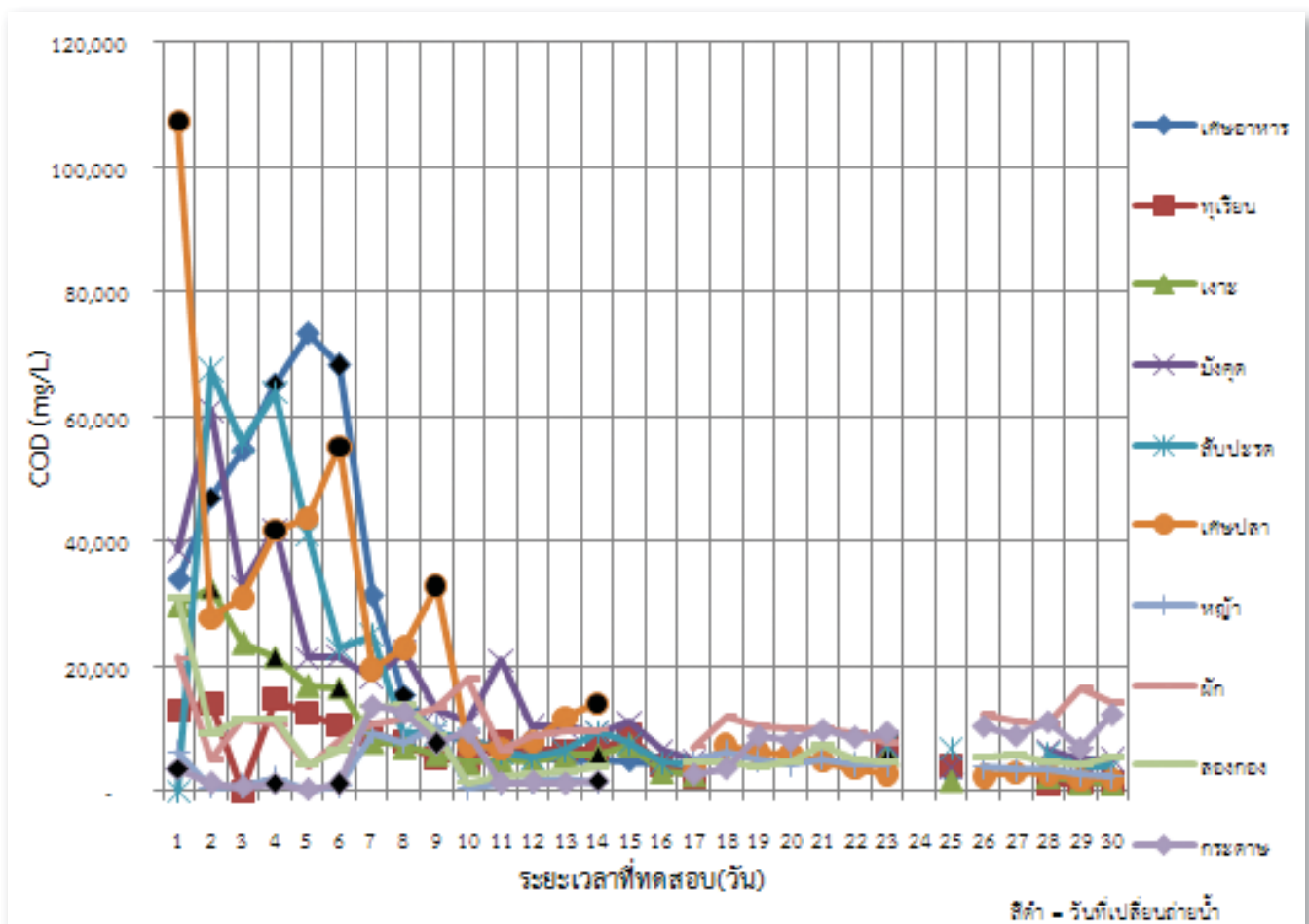
6. เศษปลา พบว่าในขณะเริ่มหมักเศษปลา ค่า Alkalinity จะมีค่าสูงอย่างรวดเร็วประมาณ 11,250 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าสูงประมาณ 5.5 แสดงว่าในการหมักเศษปลา จะมีการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปกรดอินทรีย์ ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ประเภทผลิตก๊าซชีวภาพ ค่า COD จึงสูงในตอนเริ่มหมัก จากนั้นค่า COD จึงค่อยลดลงด้วยพร้อมกับการผลิตก๊าซชีวภาพที่สูงในตอนแรกและลดลงทันทีในระยะเวลา 3 วัน หลังการหมัก อย่างไรก็ตามค่า Alkalinity ซึ่งมีค่าสูงถึง 11,250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะแรกของการหมัก จะลดลงเหลือเพียง 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ pH ยังคงเป็น 7 ซึ่งถือว่าถังหมักยังอยู่ในสภาพเสถียร

7. เศษหญ้า พบว่าในขณะที่เริ่มหมักเศษหญ้า ค่า Alkalinity จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 3 วัน มีการถ่ายเทน้ำชะขยะเพียง 1 ครั้ง เท่านั้น หลังจากนั้น ค่า Alkalinity จะเพิ่มสูงขึ้นจาก 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 8 วัน พร้อมกับการเพิ่มของ pH จาก 5.3 เป็น 8.3 ในระยะเวลาเดียวกัน และการผลิตก๊าซชีวภาพจะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่มีแนวโน้มลดลงแม้กระทั่งครบเวลาของการหมัก 30 วันแล้ว

8. เศษผัก พบว่าในขณะที่เริ่มหมักเศษผัก ค่า Alkalinity จะต่ำจนไม่สามารถวัดค่าได้ หลังจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำชะขยะครั้งที่ 1 ค่าก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจาก 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 4,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นจะค่อยๆลดลงมาและคงที่ๆประมาณ 3,900 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า pH ส่วนปริมาณ COD จะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงถึง 21,298 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากนั้นจะมีค่าคงที่อยู่ที่ 12,977 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการผลิตก๊าซชีวภาพอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลา 30 วัน และจากการพิจารณา ค่า Alkalinity และ pH พบว่าถึงหมักมีความเสถียรในวันที่ 8 หลังจากการเริ่มเดินระบบ

9. เปลือกลองกอง พบว่าในขณะที่เริ่มหมักเปลือกลองกอง ค่า Alkalinity จะต่ำประมาณ 650 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้องกับค่า pH ที่มีค่าประมาณ 5 หลังจากนั้น ค่า COD ของถังหมักค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงวันที่ 3 มีค่า 11,700 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นค่า COD จะค่อยๆลดลงจนถึง 1,400 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ค่า Alkalinity และ pH ค่อยๆเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สภาวะเสถียรที่เวลา 10 วัน ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิต จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการหมัก 30 วัน

10. เศษกระดาษ พบว่าในขณะที่เริ่มหมักเศษกระดาษ ค่า Alkalinity จะต่ำจนไม่สามารถวัดค่าได้ แต่หลังจากมีการถ่ายเทน้ำชะขยะ 1 ครั้ง ค่า Alkalinity จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและลดลงเหลือค่าประมาณ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตลอดการหมักสอดคล้องกับค่า pH ที่มีการปรับค่าจาก 6.3 ในระยะเริ่มต้น จนเป็นค่าประมาณ 7 ตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนค่า COD ของถังหมักค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 3 และมีค่าไม่ลดลงตลอดการทดลอง พร้อมกับการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นช่วง แสดงว่าวัสดุที่ใช้ทำกระดาษซึ่งเป็น Cellulose สามารถย่อยสลายและเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพโดยระบบ SEBAC อย่างช้าๆและต่อเนื่อง

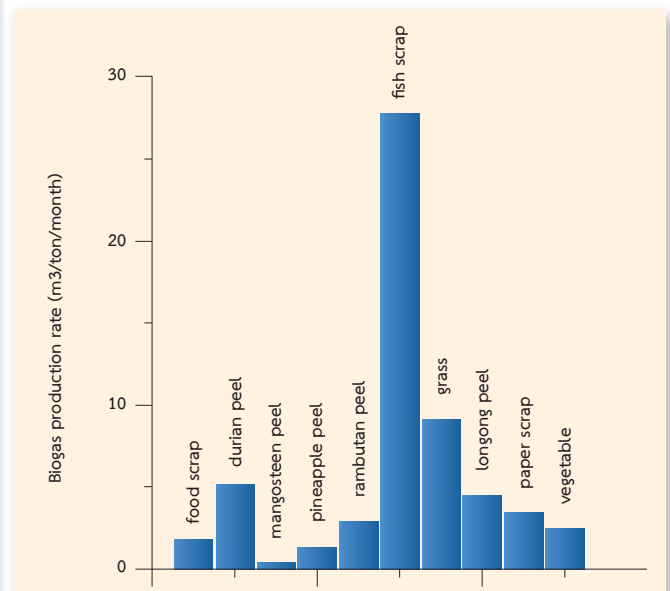


แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ COD ของขยะอินทรีย์แต่ละประเภทในถังหมัก SEBAC



อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพโดยขยะแต่ละประเภทจะเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอในแต่ละวันตลอดระยะเวลาการหมักขยะ 1 เดือน ดังนั้นจึงทำการรวบรวมก๊าซที่ผลิตตลอดเวลาของการหมักมาเปรียบเทียบกับ โดยใช้อัตราการผลิตก๊าซต่อน้ำหนักสดของขยะชนิดนั้นๆ ในระยะเวลาการหมัก 1 เดือน ซึ่งถือว่ากระบวนการหมักของขยะอินทรีย์ทุกประเภทที่ทำการทดลองเกิดขึ้นได้เกือบ 100 % จะเห็นได้ว่าเมื่อขยะประเภทเศษปลาซึ่งมีโปรตีนสูงสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้สูงสุดคือ 27.7 ลูกบาศก์เมตรต่อตันต่อเดือน ในขณะที่ขยะอินทรีย์ที่เป็นเปลือกมังคุดจะผลิตก๊าซชีวภาพได้ต่ำสุด คือ 0.35 ลูกบาศก์เมตรต่อตันต่อเดือน สำหรับเศษขยะรวม จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 1.77 ลูกบาศก์เมตรต่อตันต่อเดือน อย่างไรก็ตามในการหมักขยะอินทรีย์ที่เก็บจากขยะรวมจากครัวเรือนซึ่งไม่มีการแยกประเภทของวัสดุจะมี อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพแตกต่างไปจากนี้ ซึ่งอัตราดังกล่าวขึ้นอยู่กับสัดส่วนของขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายกว่ามีอยู่สูงเท่าใด ถ้าขยะดังกล่าวมีสัดส่วนของวัสดุที่สลายได้ง่าย เช่น ขยะประเภทแป้งและน้ำตาลหรือโปรตีนอยู่ในสัดส่วนที่สูงก็จะทำให้อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพเกิดได้มากขึ้นและที่น่าสนใจขยะประเภทกระดาษก็สามารถย่อยสลายและผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างต่อเนื่องเมื่อทำการหมักโดยระบบ SEBAC ได้ดีเช่นเดียวกันแม้ว่าจะมีอัตราการผลิตก๊าซไม่สูงมากนักคือ 3.45 ลูกบาศก์เมตรต่อตันต่อเดือน ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดขยะอินทรีย์แบบ SEBAC สามารถนำไปกำจัดขยะประเภทกระดาษและผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้เช่นเดียวกัน ดังแสดงแผนภูมิที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะอินทรีย์แต่ละประเภท



สำหรับปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ต่อตันจะเป็น 5.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยมีสมมุติฐานว่าองค์ประกอบของขยะอินทรีย์ประกอบด้วยวัสดุที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ 10 ประเภทละ 100 กิโลกรัม และทำการหมักในถังหมัก SEBAC เป็นเวลา 30 วันอย่างต่อเนื่อง สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซชีวภาพได้ 28 kw.h จะมีมูลค่าในเชิงการผลิตไฟฟ้า 168 บาทต่อตัน ส่วนปริมาณของของแข็งที่เหลือจากการหมัก (Sludge) จากการวิเคราะห์น้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของตัวอย่างขยะทั้ง 10 ชนิด ระบบบำบัดของเสียอินทรีย์แบบ SEBAC สามารถลดมวลของขยะแต่ละประเภทได้ตั้งแต่ 60 – 95 % ของน้ำหนักแห้งของขยะ โดยกากของเสียที่เกิดจากการหมักจะทำการประเมินในอัตราการขายปุ๋ยอินทรีย์

ที่ทำการซื้อขายในพื้นที่ คือ 3 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนมูลค่าของน้ำหมักชีวภาพไม่นำมาคิดในงานวิจัยนี้เพราะไม่ทราบราคาซื้อขายในตลาดคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพหลังการหมัก 30 วันจากการวิเคราะห์คุณภาพในแง่สารอาหารพืชสามารถพบว่าสารอาหารไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 2 – 465 ppm. ส่วนฟอสเฟตอยู่ในช่วง 2 – 70 ppm. สำหรับโปแตสเซียมอยู่ในช่วง 34 – 473 ppm. ที่จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยน้ำอินทรีย์ที่จำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นหากเกษตรกรประสงค์จะนำน้ำหมักชีวภาพที่ได้ไปใช้เป็นปุ๋ยน้ำให้ได้ประสิทธิภาพดี ต้องเติมปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มสารอาหารพืชให้อยู่ในระดับที่ต้องการ



เอกสารอ้างอิง

- [1] D.P. Chynoweth, G. Bosch J.F.K. Earle, Robert Legrand and Kexim Liu (19) A Novel Process for Anaerobic Coposting of Municipal Solid Waste. The Human Press Inc.
- [2] Mesak Milintawisamai and Suda Ittisupornrat. Use of natural media as fixed film supports in anaerobic filter reactors for high COD wastewater treatment. Congress of the fifth international symposium on Southeast Asia Water Environment. (2007)
- [3] Malina, J. F. and Pohland, F. G. 1992. Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. CRS Press. 214 p.
- [4] Alvarez, J. 2003. Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. IWA Publishing. 323p.
- [5] Viotti, P., Genova, P. D., and Falcioli, F. 2004. Numerical analysis of the anaerobic co-digestion of the organic fraction from municipal solid waste and wastewater: prediction of the possible performances at Olmeto plant in Perugia (Italy). Waste Manage. Res. 22: 115-128.
- [6] Karakashev, D., Batstone, D.J. and Angelidaki, I. 2004. Influence of Environmental Conditions on Methanogenic Compounds in Anaerobic Biogas reactors. Applied and Environmental Microbiology. V. 71 No. 1 .pp 331-338.



ด้านสารอันตราย

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สาร Polybrominated diphenyl ethers
ในตัวอย่างตะกอนดิน





การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สาร Polybrominated diphenyl ethers ในตัวอย่างตะกอนดิน

รุชยา บุญยทุมานนท์ และอารีรัตน์ จากสกุล

Ruchaya Boonyatumanond and Areerat Jaksakul

บทคัดย่อ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนห้องปฏิบัติการ ได้ออกชิ้น และสารอันตราย ดำเนินการการศึกษาและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารกลุ่มโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเทอร์ในปีงบประมาณ 2553-2554 โดยทำการพัฒนาและเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โดยอ้างอิงจาก 1) วิธีมาตรฐานของ EPA1614 2) วิธีการวิเคราะห์ของ Center of Environmental Science in Saitama (CESS) ประเทศญี่ปุ่น และ 3) วิธีการวิเคราะห์ของมหาวิทยาลัย Ehime ประเทศญี่ปุ่น โดยมีเป้าหมายให้ได้วิธีการที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย เทคนิคที่ใช้การสกัดตัวอย่างคือ 1) Sonication Extraction และ 2) Accelerate Solvent Extraction (ASE) รวมถึงมีการทดสอบความเหมาะสมของการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคดังนี้ 1) Multilayer silica gel column chromatography, 2) Silica gel column chromatography และ 3) Active carbon column chromatography การทดสอบคุณภาพวิเคราะห์และ

ปริมาณวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC-MS (quadrupole) ซึ่งผลจากการทดสอบที่ผ่านมาพบว่าวิธีการสกัดใช้วิธี sonication และวิธีการกำจัดสิ่งสกปรกใช้คอลัมน์ multilayer silicagel column chromatography ร่วมกับเทคนิค silica gel column chromatography เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนานี้สามารถประหยัดเวลาในการวิเคราะห์จากวิธีมาตรฐานเดิมนั้นใช้เวลา 1 อาทิตย์ สามารถวิเคราะห์ได้ภายในเวลา 3 วัน และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: พัฒนาการวิเคราะห์ สารกลุ่มโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเทอร์ พืชีตติ ตะกอนดิน

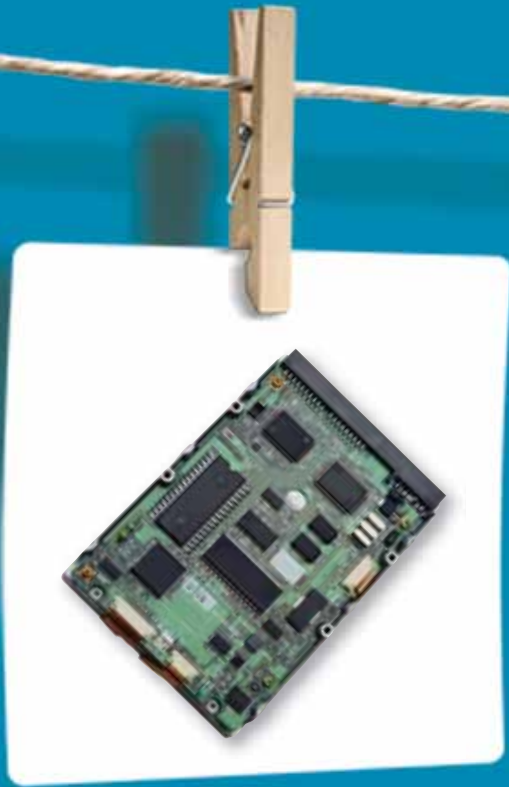


Abstract

Environmental Research and Training Centre, Dioxin Laboratory and Hazardous chemical section developed a methodology of polybrominated diphenyl ether (PBDE) in sediment sample. Comparisons of methods were 1) EPA 1614 2) Center of Environmental Science in Saitama (CESS), Japan and 3) Ehime University, Japan. The main objective is safe time of analyse and low cost. The extraction procedures are selected as follow 1) sonication and 2) Accelerate Solvent Extraction (ASE). The clean-up step was compared 1) multilayer silica gel column chromatography, 2) silica gel column chromatography and 3) active carbon column chromatography.

The quantification use gas chromatography-Mass spectrometer (quadrupole). The appropriate method is sonication and multilayer silica gel column chromatography and silica gel column chromatography; those are high efficiency method for PBDE. This new methodology can save the analyse time from 1 week to 3 days and save the cost over 50 percent.

Keywords: Development-methodology, polybrominated diphenyl ether, PBDE, sediment



ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของ

PBDEs

“สาร Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 3 ทางเหมือนสารเคมีอื่นๆ คือ ทางการสูดดมหรือหายใจเข้าสู่ปอด ทางการสัมผัสที่ผิวหนังและซึมเข้าสู่กระแสโลหิตและทางปากโดยการรับประทานเข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร สารPBDEs กระจายไปในอากาศ น้ำและดินเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ การใช้เครื่องใช้ภายในครัวเรือนและสำนักงาน สารPBDEsมีคุณสมบัติที่ละลายในน้ำได้น้อย เมื่อสารPBDEs ลอยอยู่ในน้ำจะเกาะติดกับตะกอนขนาดเล็กๆ และตกลงสู่พื้นน้ำในที่สุด”

บทนำ

สารโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเทอร์ เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ผลิตเพื่อนำมาใช้งานด้านอุตสาหกรรม โดยนำมาเติมลงในขบวนการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจรไฟฟ้า จอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ และสิ่งทอ เช่น พรม ฝ้าย และโซฟา เพื่อให้การติดไฟช้าลงหรือเรียกว่าสารหน่วงการติดไฟ สารชนิดนี้ผลิตในทางการค้า สาร Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ 3 ทาง เหมือนสารเคมีอื่นๆ คือ ทางการสูดดมหรือหายใจเข้าสู่ปอด ทางการสัมผัสที่ผิวหนังและซึมเข้าสู่กระแสโลหิตและทางปากโดยการรับประทานเข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร สารPBDEs กระจายไปในอากาศ น้ำ และดินเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ การใช้เครื่องใช้ภายในครัวเรือนและสำนักงาน สารPBDEs มีคุณสมบัติที่ละลายในน้ำได้น้อย เมื่อสารPBDEs ลอยอยู่ในน้ำจะเกาะติดกับตะกอน



ขนาดเล็กๆ และตกลงสู่พื้นน้ำในที่สุด นอกจากนี้การสะสมในตะกอนดินยังมีส่วนทำให้เกิดการสะสมของสารPBDEs ในสัตว์น้ำ เนื่องจากบริเวณพื้นน้ำเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำนั้นเอง สารPBDEs ถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารพิษตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) ดังนั้นจึงสามารถสะสมในห่วงโซ่อาหาร และถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของสารรบกวนระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine Disruptor Compounds; EDCs) หลายประเทศในกลุ่มประเทศยุโรป มีการห้ามนำเข้าสารบางชนิดในกลุ่มนี้มาใช้ เช่น ในประเทศสวีเดน และนอร์เวย์ ปัจจุบันสารกลุ่มPBDEs คือ PentaBDEs และ OctaBDEs ได้ถูกบรรจุเข้าไว้ในอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคุ้มครองสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษตกค้างยาวนาน

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยส่วนห้องปฏิบัติการได้ออกซินเห็นความสำคัญและเพื่อเก็บข้อมูลการแพร่กระจายและการสะสมของสารPBDEs จึงทำการศึกษาและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับศักยภาพที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยฯ โดยการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ของหน่วยงาน 1) Center of Environmental Science in Saitama (CESS) 2) วิธีของมหาวิทยาลัย Ehime ประเทศญี่ปุ่น และ3) วิธีมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (EPA1614) และนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนข้างต้น มาเปรียบเทียบโดยมีวัตถุประสงค์ให้ได้มาซึ่งวิธีที่เหมาะสมกับศักยภาพที่ห้องปฏิบัติการมีอยู่ มีหลักเกณฑ์การเลือกการทดสอบ คือ เลือกวิธีที่ใช้สารเคมีที่มีความเป็นพิษต่ำเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ใช้ปริมาณสารในการวิเคราะห์น้อยลง ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย เป็นวิธีที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการศึกษา

1 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.1. ค้นหาข้อมูลพื้นฐานเช่น การสะสม การกระจายตัว แหล่งปลดปล่อยสารPBDEs สู่สิ่งแวดล้อม ความเป็นพิษ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ของสาร PBDEs และ วิธีการวิเคราะห์สาร PBDEs ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม
 - 1.2. วางแผนการวิจัย โดยคัดเลือก 1) วิธีมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา EPA1614 2) วิธีของมหาวิทยาลัยEhime และ3) วิธีของCESS ประเทศญี่ปุ่น นำมาเปรียบเทียบ และกำหนดกลุ่มเป้าหมายของสารPBDE ทั้งหมด 23 ชนิดที่จะทำการวิเคราะห์ โดยคัดเลือกจากแนวโน้มความเป็นไปได้ของการสะสมของสารPBDEs ในสิ่งแวดล้อม และศักยภาพของห้องปฏิบัติการที่มีอยู่
 - 1.3. การหาสภาวะที่เหมาะสมของการแยกสาร PBDEs ทั้งหมด 23 ชนิดโดยใช้เครื่อง GC-MS รุ่น QP2010 คอลัมน์ DB-5 ความยาว 30 เมตร และทำการทดสอบเปรียบเทียบในขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง ขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่างตะกอนดิน(cleanup) ด้วย column chromatography ประเภทต่างๆ คือ 1) multilayer silica gel column chromatography 2) silica gel column chromatography และ 3) Activated carbon column chromatography
 - 1.4. สรุปผลการเปรียบเทียบ ในขั้นตอนการ cleanup ด้วย silica gel และ multilayer column
 - 1.5. ทดสอบวิธีวิเคราะห์ทั้งขบวนการเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สาร PBDEs ในตัวอย่างตะกอนดิน ทั้ง 23 ชนิด (รวม internal standard และ native standard)
- โดยการศึกษาครั้งนี้มีชนิดของเอกสารมาตรฐานต่างๆ ดังต่อไปนี้



ชนิดของสารมาตรฐาน

- สารมาตรฐาน (cleanup spike) PBDE-139L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',6- Hexabromodiphenyl ether)
- สารมาตรฐาน (internal standard) ดังนี้ PBDE-PCB52L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl), PBDE-PCB138L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',5' Hexachlorobiphenyl)
- สารมาตรฐาน (Native standards) ดังนี้ PBDE-28 (2,4,4'-Tribromodiphenyl ether), PBDE-47 (2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether), PBDE-66 (2,3',4,4'- Tetrabromodiphenyl ether), PBDE-77 (3,3',4,4',- Tetrabromodiphenyl ether), PBDE-85 (2,2',3,4,4'- Pentabromodiphenyl ether), PBDE-99 (2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl ether), PBDE-100 (2,2',4,4',6-Pentabromodiphenyl ether), PBDE-138 (2,2',3,4,4',5- Hexabromodiphenyl ether), PBDE-139 (2,2',3,4,4',6-Hexabromodiphenyl ether), PBDE-153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabromodiphenyl ether), PBDE-154 (2,2',4,4',5',6-Hexabromodiphenyl ether), PBDE-183 (2,2',3,4,4',5',6-Heptabromodiphenyl ether)
- สารมาตรฐาน (Surrogate standards) ดังนี้ PBDE-3L ($^{13}\text{C}_{12}$ -4-monobromodiphenyl ether), PBDE-28L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,4,4'- Tribromodiphenyl ether), PBDE-47L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4'- Tetrabromodiphenyl ether), PBDE-99L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4',5- Pentabromodiphenyl ether), PBDE-100L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4',6- Pentabromodiphenyl ether), PBDE-153L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4',5,5'- Hexabromodiphenyl ether), PBDE-154L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',4,4',5',6- Hexabromodiphenyl ether), PBDE-183L ($^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,4,4',5',6- Heptabromodiphenyl ether)



สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

- Accelerate solvent extractor
- Ultrasonic extractor
- เครื่องลดปริมาตรด้วยสุญญากาศ (rotary evaporator)
- เครื่องลดปริมาตรด้วยก๊าซไนโตรเจน
- เครื่องผสมสาร (Vortex)
- Glass Column
- Gas chromatography-mass spectrometer



ขั้นตอนการเลือกวิธีการสกัดตัวอย่าง

การเลือกเทคนิคการสกัดตัวอย่างมีเกณฑ์ในการเลือกวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาสั้นแต่ยังมีความสามารถในการสกัดตัวอย่างอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

- การเลือกเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับการสกัดมีแบบ 2 เทคนิคที่นำมาทดสอบดังนี้

1 เทคนิค Sonication ใช้ hexane:actone (1:1) 50 ml สกัด 2 ครั้ง

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตะกอนดินเปียก 10 กรัมลงใน plate เติมสารมาตรฐาน labeled standard sample และผสมจนเป็นเนื้อเดียว ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-4 วัน ดำเนินการ pre-extraction ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และสกัดโดยใช้ sonication extraction ด้วย acetone และ hexane และลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร และใช้เทคนิค clean up ในลำดับต่อไป

2 เทคนิคใช้ความร้อนและความดัน (Accelerated Solvent Extraction, ASE) hexane:actone

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตะกอนดินเปียก 10 กรัมลงใน plate เติมสารมาตรฐาน labeled standard sample และผสมจนเป็นเนื้อเดียว ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-4 วัน ดำเนินการ pre-extraction ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และสกัดโดยใช้เทคนิค Accelerated Solvent Extraction, ASE ด้วย acetone และ hexane (1:1) 50 ml และลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร และใช้เทคนิค clean up ในลำดับต่อไป

ขั้นตอนการเตรียม clean up ด้วยเทคนิคของ multilayer silica gel column ดังนี้

- 1 นำคอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร มาติดตั้งกับ stand ให้ตรง
- 2 ใช้ glass wool อุดรูที่ปลายคอลัมน์พอดี rinse glass wool ด้วย hexane ลงในคอลัมน์ ให้สูงประมาณ 2 เซนติเมตร
- 3 เป็นการเตรียมคอลัมน์แบบเปียก โดย ชั่ง silica gel 0.5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 30 มิลลิตร แล้วนำ hexane เทลงในบีกเกอร์จนท่วม silica gel คนให้ผสมกันดีไม่มีฟองอากาศ แล้วนำไปเทใส่ลงในคอลัมน์ (เปิดก๊อกด้านล่างของคอลัมน์ ขณะเท) และเติมสารชั้นต่อไปตามลำดับดังนี้ ชั่ง KOH silica gel 3 กรัม, silica gel 0.5 กรัม, 44% H_2SO_4 silica gel 2 กรัม, 22% H_2SO_4 silica gel 6 กรัม, anhydrous sodium sulfate 0.5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 30 มิลลิตร และชั้น sodium sulfate ประมาณ 1 มิลลิเมตรและทำผิวหน้าของ sodium sulfate เรียบ
- 4 เติสสารละลาย 20% Dichloromethane ใน hexane จำนวน 100 มิลลิตร ปรับอัตราการไหล 1 หยด ต่อ 1 วินาที แล้วให้สารละลายไหลจนหมด
- 5 ลดปริมาตรให้เหลือ 1 มิลลิตร โดยการเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99.999%
- 6 นำสารละลายในหลอดทดลองไปฉีดเครื่อง GC/MS เพื่อหาปริมาณของสาร PBDE

ขั้นตอนการเตรียม clean up ด้วยเทคนิคของ silica gel column ดังนี้

- 1 ชั่ง silica gel 4 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
- 2 นำ column ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร มาติดตั้งบน stand
- 3 ใช้เข็มค้ำ glass wool จำนวนเล็กน้อยใส่ลงในคอลัมน์แล้วใช้แท่งเหล็กดันให้ glass wool จุกปลายด้านล่างของคอลัมน์พอดี
- 4 หลังจากอบ silica gel ครบ 3 ชั่วโมงให้นำบีกเกอร์ออกจากเตาอบมาไว้ในโถ desicator นานประมาณ 15 นาที
- 5 หลังจาก 15 นาที นำบีกเกอร์ออกมาจากโถ desicator เติมหexane ลงในบีกเกอร์ให้ท่วม silica gel แล้วใช้แท่งแก้วคนจนไม่มีฟองอากาศ
- 6 วางกรวยกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร บนคอลัมน์ แล้วค่อยๆ เท silica gel ที่อยู่ในสารละลาย hexane ลงในคอลัมน์ โดยใช้ hexane ล้าง silica gel จากนั้นรอให้ silica gel อยู่ตัวและผิวด้านบนเรียบ (ระหว่างเท silica gel ให้เปิดก๊อกคอลัมน์ด้านล่างแล้วนำบีกเกอร์เปล่ามารองรับสารละลายที่หยดจากคอลัมน์ สารละลายที่ได้ให้ทั้งไป)
- 7 ชั่ง sodium sulfate 0.5 กรัม ถ่ายลงในคอลัมน์ และเคาะคอลัมน์เบาๆ ให้ผิวหน้าของ sodium sulfate เรียบ ระวังอย่าให้ชั้นของ sodium sulfate อยู่เหนือชั้นสารละลาย hexane
- 8 ปลอยสารละลาย hexane ให้อยู่เหนือชั้น sodium sulfate เล็กน้อย สารละลายที่หยดจากก๊อกให้ทั้งไป

ขั้นตอนการเตรียม clean up ด้วยเทคนิคของ activated carbon column ดังนี้

การเตรียม Activated carbon silica gel column

- 1 นำคอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ความยาว 20-25 เซนติเมตร มาติดตั้งกับ stand ให้ตรง
- 2 ด้านปลายคอลัมน์อุดด้วย glass wool
- 3 เปิดก๊อกด้านล่างของคอลัมน์ แล้วนำกรวยกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร วางบนคอลัมน์
- 4 ชั่ง Activated carbon silica gel 2 กรัมลงไปในบีกเกอร์ขนาด 30 มิลลิตร แล้วนำไปเทใส่ลงในคอลัมน์
- 5 ชั่ง anhydrous sodium sulfate 0.5 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 30 มิลลิตร แล้วนำไปเทใส่ลงในคอลัมน์
- 6 ใช้ลูกยางเคาะที่คอลัมน์เบาๆ ให้สารเคมีแต่ละชั้นเรียงตัวเป็นชั้นๆ และผิวหน้าของ sodium sulfate เรียบ
- 7 เตรียมสารละลาย 20% Dichloromethane ใน hexane จำนวน 200 มิลลิตร ถ่ายลงใน flask ขนาด 300 มิลลิตร



- 8 นำสารที่ผ่านขั้นตอนการสกัดที่อยู่ในหลอดทดลองนำมาถ่ายลงในคอลัมน์ค่อยๆ หยดสารสกัดลงบนผิวหน้าของ sodium sulfate โดยใช้ pasture pipette ระวังอย่าให้สารสกัดเปียกขอบด้านข้างของคอลัมน์
- 9 ล้างหลอดทดลองด้วย hexane ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายที่ล้างหยดลงบนคอลัมน์ โดยทำการล้างทั้งหมด 3 ครั้ง
- 10 นำสารละลาย 20% Dichloromethane ใน hexane ที่บรรจุอยู่ใน flask ถ่ายลงใน separatory funnel ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 11 นำ flask ขนาด 500 มิลลิลิตร มารองด้านล่างคอลัมน์ จากนั้นค่อยๆ ปลอ่ยสารละลายจาก Separatory funnel หยดลงในคอลัมน์ระวังอย่าให้ผิวหน้าของ sodium sulfate กระจาย หยดสารละลายลงในคอลัมน์จนกระทั่งสารละลายที่อยู่ในคอลัมน์ชุ่มและมีสารละลายไหลผ่านคอลัมน์ หยดลงใน flask ที่รองรับด้านล่าง ปลอ่ยให้สารละลายอยู่สูงเหนือระดับสาร sodium sulfate ประมาณ 1.5 นิ้ว จากนั้นสวม Separatory funnel เข้ากับด้านบนคอลัมน์ ให้ปรับความเร็วประมาณ 1 หยด ต่อวินาที
- 12 รอจนสารละลายใน separatory funnel หยดลงในคอลัมน์ จนหมดให้นำ separatory funnel ออกจากคอลัมน์ ระวังอย่าให้ชั้นสารละลายอยู่ต่ำกว่าชั้น sodium sulfate ให้สารละลายอยู่นเหนือชั้น sodium sulfate ประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วปิดก๊อกด้านล่างคอลัมน์ นำ flask ที่รองอยู่ด้านล่างปิดจุก
- 13 รอจนสารละลายจาก separatory funnel หมด และสารละลายหยดผ่านคอลัมน์จนหมด จึงนำ flask ที่รองอยู่ด้านล่างคอลัมน์ออกแล้วปิดจุก
- 14 นำสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ มาลดปริมาตรด้วยเครื่อง Rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 1 มิลลิลิตร ถ่ายใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ล้างแต่ละ flask ด้วย hexane 3 ครั้งละ 0.5 มิลลิลิตร
- 15 ทำให้สารละลายในหลอดทดลองผสมกันดีด้วยเครื่อง vortex จากนั้นนำสารละลายมาปรับปริมาตรให้เหลือ 1 มิลลิลิตร ด้วย hexane เพื่อนำไปผ่านขั้นตอนต่อไป



ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสาร PBDEs จำนวน 23 ชนิด โดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น QP 2010 พบว่า column ชนิด DB-5 ความยาว 29.1 เมตร มีประสิทธิภาพในการแยกสาร PBDEs ได้ครบทั้ง 23 ชนิด โดยใช้สภาวะเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ ดังนี้

Column oven temp. 100 °C,

Injection temp. 300 °C,

Ion source temp. 250 °C,

Interface temp. 320 °C,

Injection mode splitless,

Sampling 1 min., Total flow 43.1 mL/min,

Linear velocity 55.6 cm/sec,

Purge flow 10.0 mL/min

2. การเปรียบเทียบในขั้นตอนการ cleanup แต่ละขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นตอน Multilayer silica gel column chromatography

และ silica gel column chromatography ขั้นตอน Activated carbon silica gel column chromatography โดยวิธี Ehime และวิธีมาตรฐาน(EPA1614) ดังนี้

2.1 ขั้นตอน Activated silica gel column chromatography เป็นขั้นตอนที่ไม่สามารถนำ PBDEs กลับออกจากคอลัมน์ได้โดยง่าย คือ ผงคาร์บอนจับกับสาร PBDEs ได้ดีมากดังนั้น recovery ของขั้นตอนสุดท้ายนี้ไม่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นของวิธีใดๆก็ตาม ดังนั้นผู้วิจัยจึงข้ามขั้นตอนนี้ไป และหากตัวอย่างไม่สกปรกมากนักก็ไม่จำเป็นสำหรับขั้นตอนนี้

2.2 ขั้นตอน Multilayer silica gel column chromatography สามารถแยกสารได้ทั้งหมด 21 ชนิดและ silica gel column chromatography สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงเลือกขั้นตอนนี้ใช้เป็นขั้นตอนสุดท้ายแทน Activated carbon silica gel column chromatography และสามารถลดขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่างได้



สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ซึ่งนำหนักตัวอย่างตะกอนดินเปียก 10 กรัมลงใน plate เติมสารมาตรฐาน labeled standard sample และผสมจนเป็นเนื้อเดียว ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-4 วัน ดำเนินการ pre-extraction ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และสกัดโดยใช้ sonication extraction ด้วย acetone และ hexane และลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร และใช้เทคนิค Multilayer silica gel column chromatography และลดปริมาตรตัวอย่างด้วยเครื่อง rotary evaporator และเป่า ก๊าซไนโตรเจน ความบริสุทธิ์ 99.999% เปลี่ยนตัวทำละลายเป็น nonane ให้เหลือ 80 ไมโครลิตร เติม Labeled internal standard sample 10 ไมโครลิตร ลงในตัวอย่างจากนั้นปรับปริมาตรตัวอย่างให้ได้ 100 ไมโครลิตร ก่อนนำเข้าเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ และนำฉีดเข้าเครื่อง GC/MS ได้วิธีวิเคราะห์สาร PBDEs ทั้งขบวนการที่สามารถแยกสารได้ทั้งหมด 23 ชนิด รวมถึงการหาชนิดและปริมาณวิเคราะห์ โดยได้ตรวจสอบความแม่นยำและประสิทธิภาพของวิธีใหม่ ด้วยการใช่วิธีการ Spiking technique ได้ผล % Recovery 79-99 และค่า SD อยู่ในช่วง 4.8-65.2 กรณีตัวอย่างเป็นตะกอนดินอาจจำเป็นต้องมีขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกเพิ่มเติมด้วยเม็ดแร่ทองแดง หรือ ลวดทองแดง ก่อนนำฉีดเข้าเครื่อง GC/MS ซึ่งการพัฒนาการวิเคราะห์ครั้งนี้สามารถลดขั้นตอนการวิเคราะห์ให้สั้นลงได้ สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ลงได้มากกว่าร้อยละ 50 และประหยัดค่าใช้จ่ายได้ร้อยละ 40 สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์ได้มากกว่าร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน EPA 1614 อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ ระบบแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความละเอียดสูง (GC/HRMS) ตามวิธีของ EPA 1614 จะสามารถช่วยให้ความสามารถในการวิเคราะห์สูงขึ้นได้แต่จะมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการเลือกใช่วิธีการทดสอบใดนั้นคงต้องขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำผลวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเทคนิคการวิเคราะห์และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ Ehime University และ Center of Environmental Science in Saitama (CESS) ประเทศญี่ปุ่น



เอกสารอ้างอิง

- Gevao, B., Jaward, F.M., MacLeod, M., and Jones, K.C., 2010. Diurnal Fluctuations in Polybrominated Diphenyl Ether Concentrations During and After a Severe Dust Storm Episode in Kuwait City, Kuwait 44, 8114–8120.
- Hooper, K. and McDonald, T.A., 2000. The PBDEs: an emerging environmental challenge and another reason for breast-milk monitoring programs. *Environ Health Prospect* 108, 387–392.
- Ronald, A.H., 2004. Polybrominated Diphenyl Ethers in the Environment and in People: A Meta-Analysis of Concentrations. *Environmental Science and Technology* 38, 945–956.
- US.EPA 1614 Polybrominated Diphenyl Ethers in water, soil, sediment and tissue by HRGC/HRMS
- Tomohiko Isobe a*, Shigeko Serizawa a, Toshihiro Horiguchi a, Yasuyuki Shibata a, Satoshi Managaki b, Hideshige Takada b, Masatoshi Morita a, Hiroaki Shiraishi (2006) Horizontal distribution of steroid estrogens in surface sediments in Tokyo Bay, *Environmental Pollution*, 144, 632–638
- Nguyen Hung Minh a,b, Tomohiko Isobe a, Daisuke Ueno c, Keizo Matsumoto d, Masayuki Mined, Natsuko Kajiwar a, Shin Takahashi a, Shinsuke Tanabe a (2007). Spatial distribution and vertical profile of polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecanes in sediment core from Tokyo Bay, *Japan Environmental Pollution*, 148, 409–417



ด้านสารอันตราย

การศึกษาการปนเปื้อนสาร Polychlorinated Biphenyl (PCBs) ในแหล่งน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน

Study on polychlorinated biphenyl residues in aquatic environment from the upper Gulf of Thailand

รุษยา บุญยทุมานนท์ สุนิตรา ทองเกลี้ยง จุริกรณ์ เชื้อดวงผุย

Ruchaya Boonyatumanond, Sunitra Tongkreang, Jureporn Chuerduangphui

บทคัดย่อ

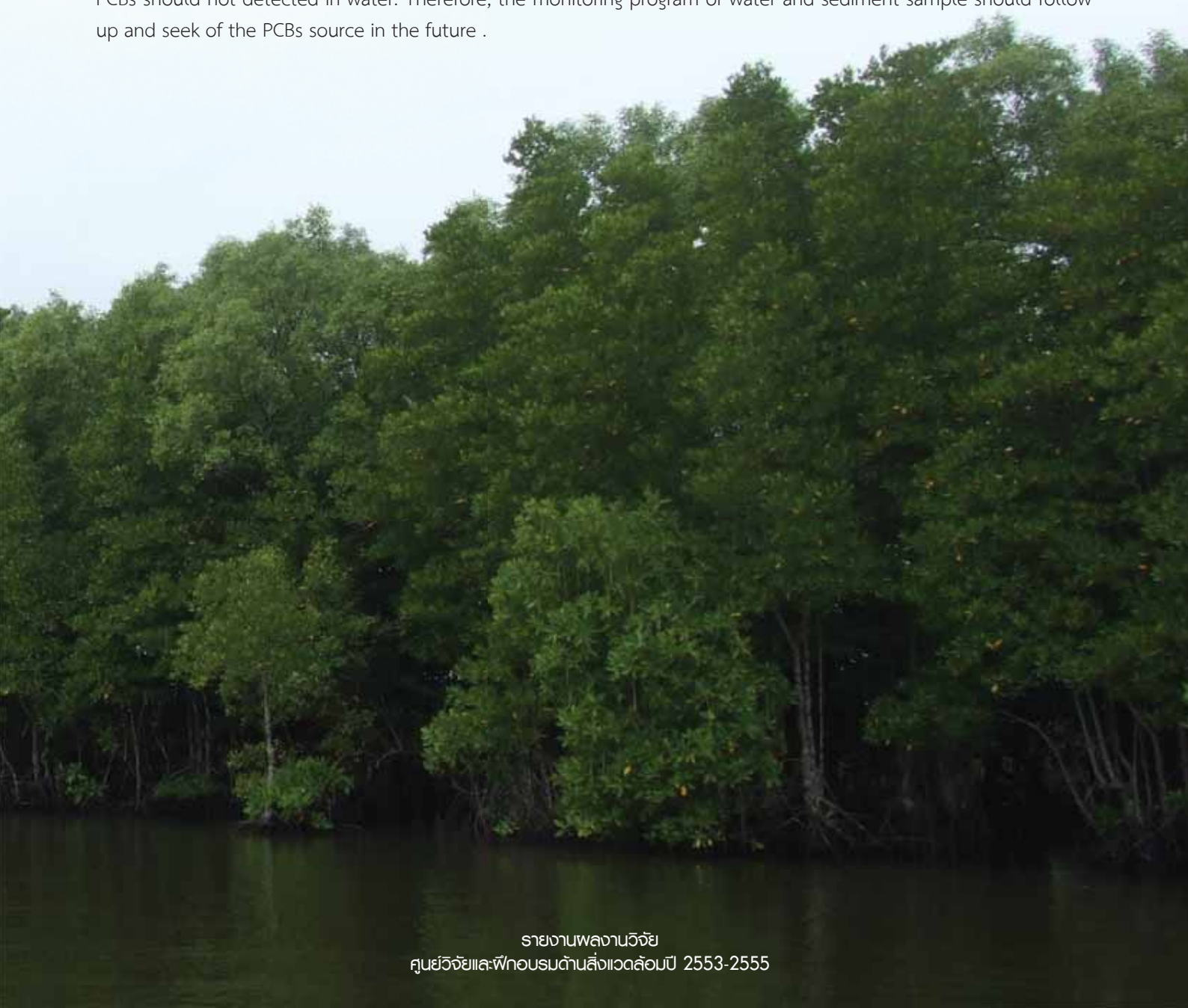
การศึกษาปริมาณสารตกค้าง Polychlorinated Biphenyl: PCBs ในปีงบประมาณ 2553 ในพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำ 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำแม่กลอง และบริเวณชายฝั่งทะเลตอนบนของอ่าวไทย ตัวอย่างน้ำทั้งหมด 12 ตัวอย่าง จาก 8 จุดเก็บตัวอย่าง ทำการสกัดตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิค liquid-liquid extraction โดยใช้สารเฮกเซน (hexane) วัดปริมาณสาร PCBs โดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี – แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC/MS) ผลการทดสอบการควบคุมคุณภาพ Recovery ของ surrogate สำหรับ carbon 13 ของ penta-PCBs – deca-PCBs มี เปอร์เซ็นต์ช่วง 85 – 110% ผลการวิเคราะห์พบว่าในแหล่งน้ำมีปริมาณของสารที่รายงานเป็นค่า total PCBs ในปริมาณที่สูงที่สุดคือ 4,821 พิโคกรัม ต่อ ลิตร บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง และปริมาณต่ำสุดที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบสาร total PCBs 263 พิโคกรัม ต่อ ลิตร ซึ่งปริมาณที่พบเป็นปริมาณที่น้อย เมื่อเทียบกับปริมาณสารตกค้างในต่างประเทศ เช่น พบ PCBs ตกค้างในน้ำปริมาณ 91,100 ถึง 1,355,000 พิโคกรัม ต่อ ลิตร ที่ อ่าวตายา ประเทศจีน หรือพบว่า PCBs 490 ถึง 12,490 พิโคกรัม ต่อ ลิตร ที่ Houston Ship Channel มลรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยมีกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลว่าต้องไม่พบการปนเปื้อนสาร PCBs ในแหล่งน้ำ ดังนั้นการที่สามารถตรวจพบการปนเปื้อนสาร PCBs ถึงแม้ว่าจะพบในปริมาณน้อยก็ตาม การพบสาร PCBs ครั้งนี้จึงเป็นสัญญาณว่าควรมีการเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำและหาแหล่งที่มาของสาร PCBs หรือทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ : Polychlorinated Biphenyl, POP, พีซีบี, PCBs, น้ำทะเล, อ่าวไทย



Abstract

Study on Polychlorinated Biphenyl residues in riverine : river mouth of the Bangpakong, the Chao Phraya, the Thachin, the Maeklong and coastal area from the upper Gulf of Thailand were collected 12 samples from 8 stations. The water samples were extracted by liquid-liquid extraction with hexane and analysed by Gas Chromatograph-Mass Spectrometer. The quality assurance and quality control of PCBs was applied with surrogate carbon 13 and recovery test of penta-PCBs – deca-PCBs with the range of 85 – 110%. The water samples were detected polychlorinated biphenyl residue in total PCBs unit with the range of 263 pg/L to 4821 pg/L. The highest concentration was detected at river mouth of the Maeklong river and the lowest concentration was Prachub-kirikan province. The PCBs concentration in water column from Daya Bay in China ranged 91.1 – 1,355.3 ng/L and 490 – 12,490 pg/L in Houston Ship Channel, Texas, The United State of America. The concentration of PCBs is quite low if compared with other country. Although PCBs concentration in riverine and sea water are detected at low level in this time, this detection show that there are source somewhere or transfers from other places. The Coastal water quality Standard for Thailand regulated PCBs residue that PCBs should not detected in water. Therefore, the monitoring program of water and sediment sample should follow up and seek of the PCBs source in the future .



บทนำ

สาร Polychlorinated biphenyls (PCBs) เป็นสารก่อมะเร็ง สาร PCBs เริ่มใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งใช้เป็น Industrial uid ใน hydraulic system, gas turbine และปั๊มสุญญากาศ ใช้ในระบบความร้อน ใช้ผสมน้ำมันหล่อลื่น ใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงช่วงปี 1970 มีการปนเปื้อนของสาร PCBs ในสิ่งแวดล้อมทั่วโลกโดยไม่คาดคิด (Eljarrat et al., 2001, Kennish et al., 1996, Safe, S. 1987)

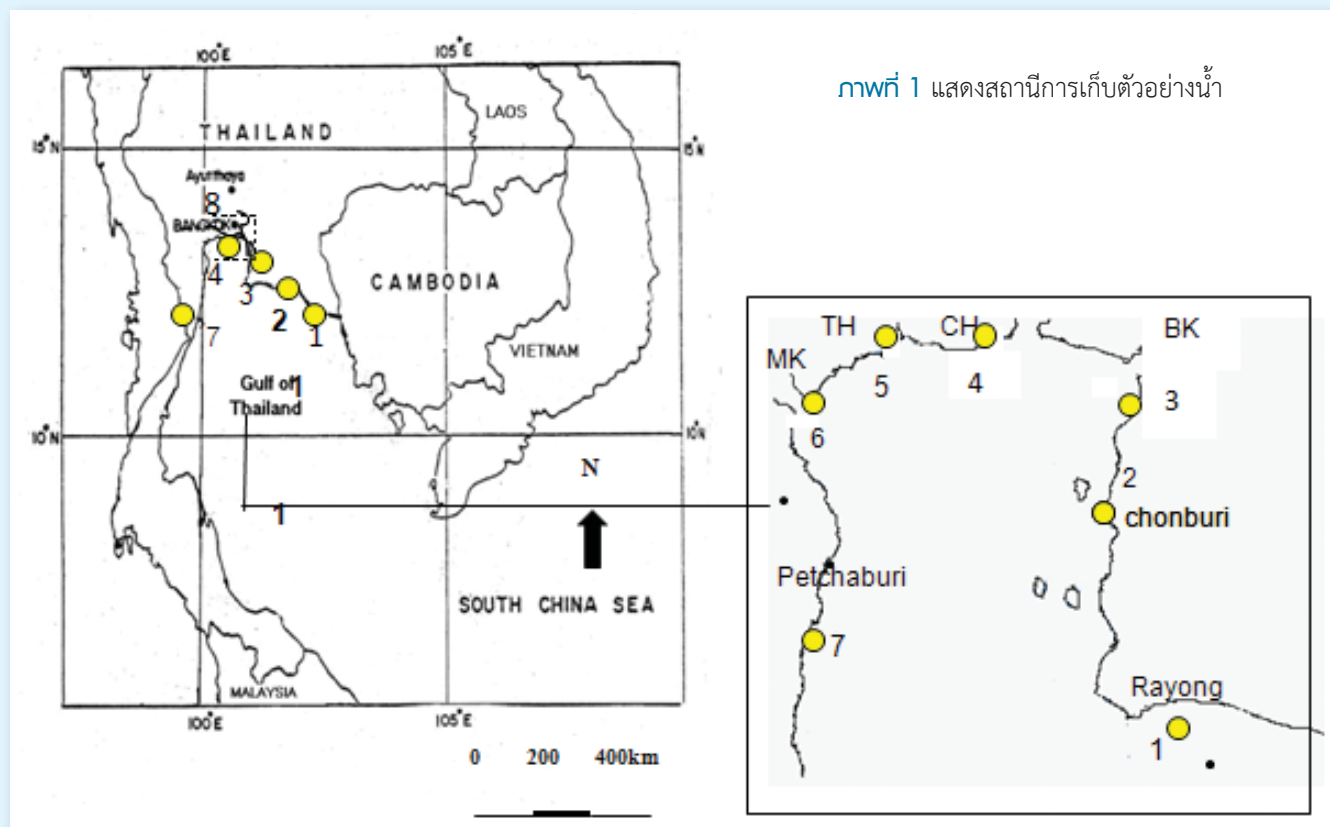
PCBs เป็นกลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบจึงสามารถสะสมในตะกอนดินได้ดีพอๆกับในสิ่งมีชีวิต (Erickson et al., 1997) ประเทศไทยเริ่มใช้สาร PCBs ในปี ค.ศ. 1955 จนถึงปี ค.ศ. 1975 ประเทศไทยมีข้อกำหนดห้ามการใช้สาร PCBs ทั้งหมด ในปี ค.ศ. 1975 เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุจากการรั่วไหลของสาร PCBs ที่ประเทศไต้หวัน โดยมีสาเหตุมาจากรถบรรทุกความเย็นในโรงงานผลิตน้ำมันรำข้าว (Watanabe et al., 1996) อุบัติเหตุในครั้งนั้นทำให้ผู้ได้รับสาร PCBs ป่วยเป็นโรคมะเร็งตับและเกิดสิวเม็ดใหญ่ที่บริเวณผิวหนังโดยเฉพาะบริเวณใบหน้า เนื่องจากตับมีหน้าที่ผลิตน้ำดีให้ถุงน้ำดี ส่งเลือดเข้าสู่ร่างกาย ล้างสารพิษ ฟอกเลือด ช่วยย่อยอาหาร ดังนั้นเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย ตับจะต้องทำหน้าที่ฟอกสารพิษนั้น

จึงเป็นอวัยวะที่ต้องทำหน้าที่อย่างหนักที่จะพยายามกำจัดสารพิษ จึงเป็นเหตุให้เกิดมะเร็งที่ตับเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นสาร PCBs สามารถถ่ายทอดทางห่วงโซ่อาหารได้เนื่องจากสาร PCBs สามารถละลายได้ดีในไขมัน ห่วงโซ่อาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบจึงเป็นทางผ่านของการได้รับสารพิษจากอาหาร ในหลายประเทศทั่วโลกจึงประกาศห้ามผลิตและห้ามใช้สาร PCBs ตั้งแต่ ค.ศ. 1975 เป็นต้นมา มีการศึกษาเพื่อประเมินหาสาร PCBs ที่ตกค้างในชั้นตะกอนดินเพื่อที่จะกำหนดเป็นค่ามาตรฐานในประเทศไทย (Ruchaya et al., 2007) วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนสาร PCBs ในตัวอย่างน้ำตามธรรมชาติในพื้นที่ต่างๆ เช่น ตามพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณชุมชน และบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้มีหลักเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่โดยพิจารณา พื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ที่เคยมีการปนเปื้อนในอดีต เปรียบเทียบกับพื้นที่ชุมชนทั่วไปและพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติซึ่งมีโอกาสที่จะปนเปื้อนสารนี้น้อยที่สุด

1. พื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 1 แสดงสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ

จากภาพที่ 1 แสดงที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่าง ดังนี้ หมายเลข 1-7 คือจุดเก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเล คือ 1. ระยอง 2. ชลบุรี 3. ปากแม่น้ำบางปะกง 4. ปากแม่น้ำเจ้าพระยา 5. ปากแม่น้ำท่าจีน 6. ปากแม่น้ำแม่กลอง 7. เพชรบุรี 8. พระราม 7 (ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 60 กิโลเมตร) และ 9. ออยุธยา (ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 150 กิโลเมตร) ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสะพานพระราม 7



ภาพที่ 3 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำและอุปกรณ์

ตารางที่ 1 แสดงรายชื่อของสารมาตรฐาน d12 ที่ใช้ทดสอบความสามารถในการสกัดตัวอย่างโดยใช้สาร PCB homologue เป็น Surrogate

PCB homologue	IUPAC No.
4-chloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	3
4,4'-dichloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	15
2,4,4'-trichloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	28
2,2',5,5'-trichloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	52
2,3',4,4',5,-pentachloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	118
2,2',4,4',5,5'-hexachloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	153
2,2',3,4,4',5,5'-heptachloro	180
2,2',3,3',4,4',5,5'-octachloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	194
2,2',3,3',4,5,5',6,6'-nonachloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	208
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-decachloro [$^{13}\text{C}_{12}$] biphenyl	209

2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

2.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างจะทำในฤดู เช่น ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่เรียกว่า Water sampler ขนาด 2 ลิตร ดังภาพที่ 3 โดยการเก็บตัวอย่างน้ำจะจุ่มอุปกรณ์เก็บตัวอย่างให้ลึกจากผิวน้ำประมาณ 1 ฟุต และเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 3.5 ลิตร ใส่ในขวดสีชา ขนาด 4 ลิตร หลังจากนั้นเก็บไว้ในที่เย็นหรือแช่แข็งเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างก่อนถึงห้องปฏิบัติการ

2.2 การสกัดตัวอย่าง

ในการสกัดตัวอย่างน้ำเริ่มต้นจากการตวงตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ใส่ลงใน Separatory funnel ขนาด 2 ลิตร เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 50 กรัม นำไปเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมเฮกเซน (hexane) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม Surrogate C_{13} solution ความเข้มข้น 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นเขย่านาน 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นนาน 30 นาที เทชั้นเฮกเซน (hexane) ทำซ้ำ 2 ครั้ง แล้วเติมโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ประมาณ 10 กรัม และลดปริมาตรด้วยไนโตรเจนให้เหลือ 1 มิลลิลิตร และทำขั้นตอนกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่อไป โดยนำสารสกัดผ่านคอลัมน์ 44% H_2SO_4 Silica-gel (Supelco) ชะสารสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลดปริมาตรเหลือ 1-2 มิลลิลิตร ถ่ายใส่หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร ต่อจากนั้นนำไปลดปริมาตรด้วยก๊าซไนโตรเจนเหลือ 100 ไมโครลิตร แล้วดูดสารสกัดใส่ลงในขวดขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วเติม Internal standard d12 ความเข้มข้น 20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ppb) จำนวน 100 ไมโครลิตร และฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

2.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเครื่อง GC/MS

ขั้นตอนหาชนิดและปริมาณสาร PCBs โดยสารสกัดที่ได้ฉีดเข้าไปในเครื่อง Gas-Chromatograph-model 17-A (Shimadzu)/ Mass Spectrometer model QP-2010 (Shimadzu) โดยมีสถานะการทำงานของเครื่องดังนี้

GC condition: column ชนิด Rtx®-PCB (60 m x 0.25 mm I.D., 0.25 μm),

Injection mode = splitless, ,

Injection temperature = 280°C,

Column Oven Temp. = 110°C (3 นาที) → 15°C / นาที → 210°C → (3°C / นาที) → 310°C → (5°C / นาที) → 320°C → (10 นาที), Carrier Gas = ฮีเลียม

นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ใช้สารมาตรฐาน d12 เพื่อทดสอบความสามารถในการสกัดตัวอย่าง (Surrogate) ดังตารางที่ 1



แม่น้ำกวัง

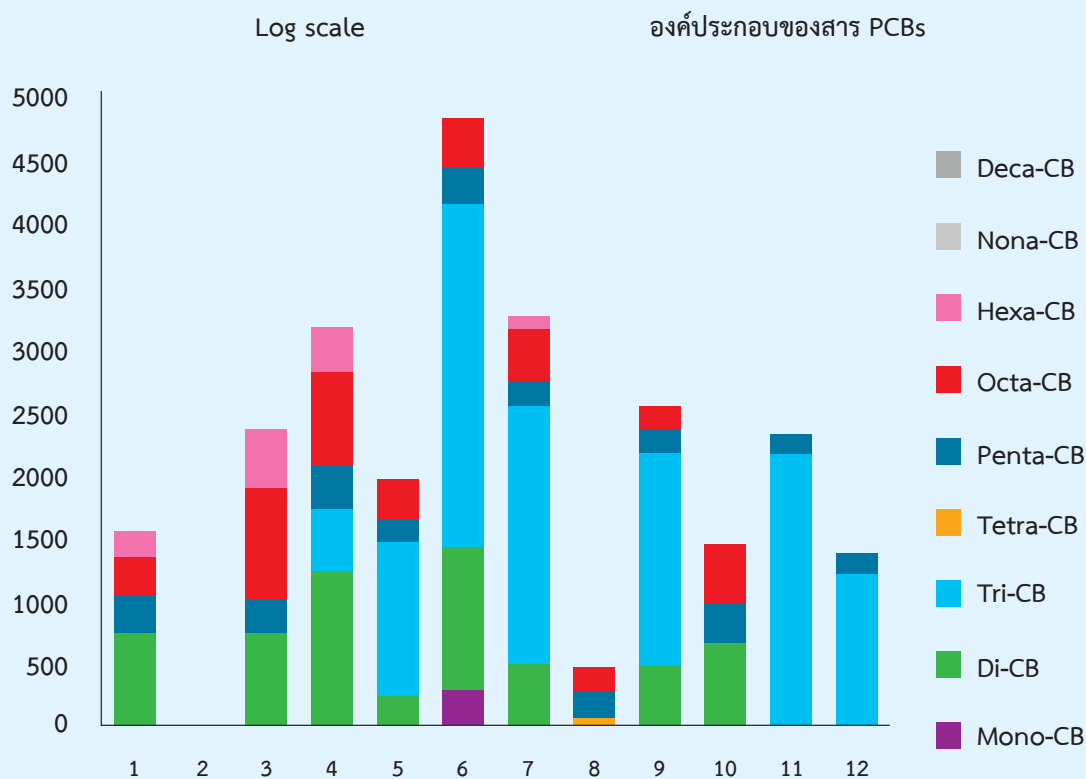
ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์

จากตัวอย่างน้ำ 12 ตัวอย่าง จาก 8 จุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพที่ 1 และผลการทดสอบเมื่อทำ GC Performance check ที่พิจารณาการสลายตัวของ DDT เพื่อตรวจสอบ liner และ GC column ว่าสะอาดเพียงพอหรือมีสิ่งสกปรกเกาะติดอยู่หรือไม่ และทำ Blank Test, Recovery Test เพื่อทดสอบความสามารถของการวิเคราะห์ (Surrogate, C13 – Labelled Mono-Deca PCBs) เพื่อตรวจสอบการสลายตัวของ PCBs ใน liner และคอลัมน์ของ GC ที่พบว่าผลการทดสอบการสลายตัวของ DDT มีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ คือสถานะของ linear และคอลัมน์อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

จากการศึกษาการปนเปื้อนของสาร PCBs ที่ผ่านมาระยะหนึ่ง เก็บเครื่องเก็บประจุไฟฟ้าและเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ขอยสุขสวัสดิ์ 34 เมื่อปีพ.ศ.2520 พบว่าสาร PCBs มีแนวโน้มลดลงจนถึงตะกอนดินผิวหน้า พบว่าการปนเปื้อนของสาร PCBs ในชั้นดินต่างๆ น้ำฝนที่ชะหน้าดิน (runoff) กล่าวคือ ในน้ำฝนพบสาร PCBs สูงช่วง 1-5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บริเวณโรงเก็บของเก่าของการไฟฟ้านครหลวง เป็นแหล่งปนเปื้อนสาร PCBs และจากการสำรวจตัวอย่างธรรมชาติมีค่า Total PCBs ประมาณ 300 พิโคกรัมต่อกรัม ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการตกค้างของสาร PCBs เนื่องจากมีการใช้แนวโน้มการตกค้างลดลง อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ข้อมูลการพบสาร PCBs ลดลงอาจเป็นผลเนื่องจาก มาตรการ

ทางกฎหมายที่ห้ามใช้สาร PCBs ตั้งแต่ พ.ศ. 2515 ทั้งนี้เพราะพบว่าดินที่ปนเปื้อนสาร PCBs มีการกระจายสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ อาทิ การชะหน้าดินด้วยน้ำฝน (runoff) น้ำท่วม หรือ การระเหยและพัดพาโดยลมหรือบรรยากาศ (atmospheric transport) การเคลื่อนตัวของตะกอนดินและการพัดพาของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการกระจายและการสะสมของสาร PCBs แม้อยู่ห่างจากฝั่ง ดังนั้น ผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจ

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในพื้นที่เป้าหมายตามที่ระบุด้วยภาพที่ 1 พบสาร PCBs อยู่ในช่วง 263 - 4821 พิโคกรัมต่อลิตร ปริมาณตัวอย่างน้ำที่ใช้สกัดถือว่าน้อยสำหรับตัวอย่างน้ำธรรมชาติ จึงทำให้ตัวอย่างน้ำพบสาร PCBs ต่ำมาก ซึ่งปริมาณที่พบนั้นเป็นปริมาณที่น้อย เมื่อเทียบกับต่างประเทศ เช่น พบ PCBs ตกค้างในน้ำปริมาณ 91.1 - 1355.3 นาโนกรัมต่อลิตร ที่ อ่าวตายา ประเทศจีน (J.L.Zhou et al., 2001) หรือพบ PCBs 490 ถึง 12,490 พิโคกรัมต่อลิตร ที่ Houston Ship Channel มลรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา (Nathan.L et al.,2008) สำหรับการทดสอบวิธีการวิเคราะห์ใช้ Recovery test โดยผลการทดสอบของ penta-PCBs - deca-PCBs มีเปอร์เซ็นต์ช่วง 85 - 110% และ surrogate standard ตั้งแต่ mono-PCBs-deca-PCBs มีค่าความเบี่ยงเบนอยู่ในระหว่าง 8.6 - 14.8 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ดังข้อมูลในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบของสาร PCBs ที่พบในตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ต่างๆ

สถานีเก็บตัวอย่างหมายเลข 1. ระยอง 2. ชลบุรี 3. ปากแม่น้ำบางปะกง 4 - 6. ปากแม่น้ำเจ้าพระยา 7. ปากแม่น้ำท่าจีน 8. ปากแม่น้ำแม่กลอง 9. เพชรบุรี 10. พระราม 11. (ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 60 กิโลเมตร) และ 12. ออยุธยา (ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 150 กิโลเมตร) ตามลำดับ



สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมา การวิเคราะห์เพื่อประเมินหาสาร PCBs ในตัวอย่างน้ำธรรมชาติบริเวณแม่น้ำและชายฝั่งทะเลของประเทศไทย พบว่า ตรวจไม่พบสาร PCBs นอกจากนั้นยังมีผลการศึกษาที่สอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้คือ การศึกษาการปนเปื้อนของสาร PCBs ของผิวหน้าตะกอนดินและชั้นตะกอนดิน มีความเข้มข้นของสาร PCBs มีแนวโน้มลดลง (Ruchaya et al., 2007) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากอดีตที่ผ่านมาในช่วงปี ค.ศ. 1975 ประเทศไทยมีการห้ามใช้สาร PCBs และมีการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ การนำ PCBs ที่อยู่ใน Transformer และ Capacitor กำจัดยังต่างประเทศ และมีการออกมาตรการทางกฎหมายเพื่อกำหนดให้สาร PCBs เป็นสารอันตรายลำดับต่างๆ ตามสมควร นอกจากนี้การตรวจสอบหาสาร PCBs ในปลายยุค 1970 ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องเก็บประจุไฟฟ้าเก่า และกำจัดโดยการเผาทำลาย ทำให้มีการปนเปื้อนของสาร PCBs ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งคุณสมบัติของสาร PCBs เป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ จึงเป็นอนุภาคที่คงทนและสามารถปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมทางน้ำยาวนาน ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในตะกอนดิน นอกจากนี้สาร PCBs ยังปนเปื้อนอยู่ในน้ำฝนและผิวหน้าตะกอนดินบริเวณรอบๆ คลอง ดังนั้นเพื่อที่จะประเมินความเสี่ยงของการสะสมสาร PCBs ในตะกอนดินและในสิ่งมีชีวิต จึงควรมีการสำรวจ และเก็บตัวอย่างตะกอนดินและสิ่งมีชีวิต เช่น ปลา หอยแมลงภู่ ที่อาศัยใกล้ชายฝั่งเพื่อศึกษาการตกค้างของสาร PCBs เนื่องจากประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลว่าต้องไม่พบการปนเปื้อนสาร PCBs ในแหล่งน้ำไว้แล้ว ดังนั้นจากการที่สามารถตรวจพบการปนเปื้อนสาร PCBs ในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะพบในปริมาณน้อยก็ตาม จึงเป็นสัญญาณว่านับแต่บัดนี้ไปควรมีการเฝ้าติดตามคุณภาพน้ำและหาแหล่งที่มาของสาร PCBs หรือทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Eljarrat, E., Caixach, J., Rivera, J. (2001). Toxic potency Assessment of Non- and Mono- ortho PCBs, PCDDs and PAHs in Northwest Mediterranean sediment (Cataonia, Spain). *Environmental Science and Technology*. Vol 35, p3589-3594
- Erickson, M.D. (1997). *Analytical Chemistry of PCBs*, second ed CRC. Boca Raton, pp 667
- Kennish, M.J., (1996). *Particle Handbook of Estuarine and Marine Pollution* CRC Press, Boca Raton.
- J.L Zhou, K.Maskaoui, Y.M.Qiu, H.S.Hong, Z.D.Wang.(2001). Polychlorinated biphenyl congeners and organochlorine insecticides in the water column and sediment of Daya Bay, China. *Environmental Pollution*, vol 113, issue 3, p 373-384
- Nathan L. Howell, Monica P, Suarez o, Hanadi S, Rifai Larry Koenig. (2008) Concentration of Polychlorinated biphenyl (PCBs) in water, sediment, and aquatic biota in the Houston Ship Channel, Texas *Chemosphere*, vol 70, issue 4, p 593-606
- Ruchaya, B., Gullaya, W., Atsuko, A., Yoshio, I., Hideshige, T. (2007). 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*, 54, p554-565
- Safe, S., Safe, L., Mullin, M. (1987). *Polychlorinated biphenyls (PCBs): mammalian and Environmental Toxicology*. Safe, S. (Ed), Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1-13
- Watanabe, S., Laovakul, W., Boonyatumanond, R., Tabucanon, M.S. (1996). 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*. Vol 92, No3, p239-297





ด้านสารอันตราย

การศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษตกค้างยาวนานกลุ่ม Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) ในตัวอย่างตะกอนดิน

การศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษตกค้างยาวนาน กลุ่ม Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) ในตัวอย่างตะกอนดิน Study on Contamination of Persistent Organic Pollutants residue on Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental Sample

รุษยา บุญยทุมานนท์ อารีรัตน์ จากสกุล จุรีภรณ์ เชื้อดวงผุย

Ruchaya Boonyatumanond, Areerat Jaksakul, Jureporn Chuerduangphui

บทคัดย่อ

“สำหรับข้อมูลในประเทศไทย นั้นยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการสะสมและการแพร่กระจายตัวในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากยังไม่มีหน่วยงานใดในประเทศไทย ศึกษาและวิจัยสารกลุ่มนี้อย่างเด่นชัด ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยส่วนห้องปฏิบัติการไดออกซินและสารอันตรายเล็งเห็นความสำคัญและเพื่อเก็บข้อมูลการแพร่กระจายและการสะสมของสาร PBDEs โดยสำรวจและตรวจสอบการปนเปื้อนสาร PBDEs ในตะกอนดินในประเทศไทย โดยเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีโอกาสจะใช้สารกลุ่ม PBDEs และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารกลุ่มนี้”

การติดตามตรวจสอบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานที่เรียกว่าสาร Persistent Organic Pollutants (POPs) ซึ่งเป็นโครงการร่วมมือระหว่างกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมเป็นผู้ดำเนินการ ร่วมกับ The United Nations University ตั้งแต่ พ.ศ. 2553-2554 โดยเน้นการศึกษาสารตกค้างกลุ่มโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเธอร์ (Polybrominated Diphenyl Ethers, PBDEs) ในตัวอย่างตะกอนดิน จำนวน 16 จุดเก็บตัวอย่าง จากพื้นที่ต่าง ๆ กัน กล่าวคือ บริเวณชายฝั่งทะเลตอนบนของอ่าวไทย พื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนคือพื้นที่เขตอุตสาหกรรมคือ พื้นที่อุตสาหกรรมนิคมมาตาพุด นิคมอุตสาหกรรมลำพูน นิคมอุตสาหกรรมบางปู โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า soxhlet extraction และวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโดยใช้เครื่องก๊าซโครมาโตกราฟี - แมสสเปกโตรมิเตอร์ แบบ Quadrupole ทำการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วย standards label-BDE (C13 from Tri-BDE to Deca-BDE) จำนวน 9 ชนิด and Native-BDEs (from Tri-BDE to Deca-BDE) จำนวน 8 ชนิด โดยผลทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ช่วง 91-127%. จากผลการตรวจสอบในตัวอย่างตะกอนดิน ไม่พบสารตกค้างประเภทสารกลุ่ม PBDEs โดยค่า Limit of quantitation (LOQ) ค่า LOQ ของ Tri-BDE - Deca-BDE อยู่ในช่วงระหว่าง 0.11-18.12 ng/g

คำสำคัญ การติดตามตรวจสอบ ตะกอนดิน โพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเธอร์ มลพิษ อ่าวไทย

รายงานผลงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2553-2555



Abstract

The monitoring of persistent organic pollutants (POPs) is cooperative project between the Environmental Research and Training Center and the United Nations University in Japan during the year 2011 – 2012. It focused on monitoring of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) residue in sediment collected from 16 locations from coastal areas and industrial areas (Maptaput industrial area, Lampoon industrial area, Bangpoo industrial area) were. The sediments were extracted by soxhlet extraction and analyzed with Gas Chromatography-Mass Spectrometer (Quadrupole). The recovery test was carried out with spiking 9 standards with label-BDE (C13 from Tri-BDE to Deca-BDE) and 8 Native-BDEs (from Tri-BDE to Deca-BDE), The results of the recovery test should the recovery was 91-127%. The PBDE were not detected in sediment samples. The Limit of quantitation (LOQ) of Tri-BDE - Deca-BDE ranged 0.11-18.12 ng/g

Keyword: monitoring, sediment, PBDE, Pollution, Gulf of Thailand

ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของ

PBDEs

Polybrominated



บทนำ

สารโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเทอร์ เป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารพิษตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) PBDEs เป็นสารชนิดใหม่ที่อนุสัญญาสตอกโฮล์มได้บรรจุไว้ในตั้งแต่ พ.ศ. 2552 เพิ่มเติมจากสาร POPs เดิม 12 ชนิดก่อนหน้านี้ กล่าวคือ aldrin chlordane DDT dieldrin endrin heptachlor mirex toxaphene polychlorinated biphenyls hexachlorobenzene dioxins และ furans ปัจจุบันมีสาร POPs ตัวใหม่ได้ถูกบรรจุไว้ในอนุสัญญาสตอกโฮล์มเพิ่มเติม เมื่อพฤษภาคม 2552 ให้บรรจุรายชื่อสารเคมี 9 ชนิดภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์มดังนี้ 1. alpha-hexachlorocyclohexane (alpha-HCH) 2. beta-hexachlorocyclohexane (beta-HCH) 3. chlordecane 4. lindane 5. hexabromobiphenyl (HBB) 6. pentachlorobenzene (PeCB) 7. commercial pentabromodiphenyl ether (c-Penta-BDE) 8. perfluorooctane sulfonate (PFOS) และ 9. commercial octabromodiphenyl ether (c-Octa-BDE) ปัจจุบันสารกลุ่ม PBDEs คือ Penta-BDEs และ Octa-BDEs ได้ถูกบรรจุเข้าไว้ในอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคุ้มครองสุขภาพและอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากสารมลพิษตกค้างยาวนาน สาร PBDEs มีผลกระทบต่อสุขภาพคล้ายกับสาร POPs โดยจะไป

ก่อกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า “สารก่อกวนระบบต่อมไร้ท่อ (Endocrine disruptors)” โดยเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้ว สาร POPs บางชนิดสามารถเลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนได้ และ/หรือบางชนิดสามารถขัดขวางการทำงานของฮอร์โมนในร่างกาย ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของระดับฮอร์โมนและระบบต่อมไร้ท่อในร่างกายและก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพตามมา และยิ่งไปกว่านั้นยังมีผลต่อระบบประสาทคือ ทำให้การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ เป็นสารก่อมะเร็งรวมถึงมีความสัมพันธ์กับการเป็นโรคมะเร็งเต้านม มะเร็งระบบสืบพันธุ์ ปริมาณและคุณภาพของสุติต่ำลง เกิดความผิดปกติของระดับฮอร์โมนเพศและฮอร์โมนไทรอยด์โดยทั่วไป มนุษย์และสัตว์มักได้รับสารกลุ่มนี้ผ่านทางสัมผัสทางผิวหนัง ซึ่งทำให้เกิดการระคายเคืองบริเวณผิวหนัง การหายใจ และการกินอาหาร ประเทศในกลุ่มประเทศยุโรปมีการห้ามนำสารบางชนิดในกลุ่มนี้มาใช้ เช่น ในประเทศ สวีเดน และนอร์เวย์ห้ามนำสาร Deca-PBDEs มาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตสิ่งทอ และอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนประเทศทางแถบเอเชีย เช่น ประเทศจีนห้ามนำสาร PBDEs ชนิด Octa และ Penta-PBDEs มาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า สารโพลีโบรมิเนเตด ไดเฟนิล อีเทอร์ ผลิตเพื่อนำมาใช้งานด้านอุตสาหกรรมในขบวนการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจรไฟฟ้า จอภาพ

ted diphenyl ethers



ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ และสิ่งทอ เพื่อให้การติดไฟช้าลง หรือเรียกว่าสารหน่วงการติดไฟ สารชนิดนี้ผลิตในทางการค้าเมื่อปี พ.ศ. 2513 ในประเทศเยอรมันมีสาร Penta-BDEs Octa-BDEs และ Deca-BDEs ซึ่งเป็นสารที่ผลิตเพื่อการค้าสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 Penta-BDEs ใช้เติมลงในการผลิต เฟอร์นิเจอร์ ที่นอน แก้วสำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้า กลุ่มที่ 2 Octa-BDEs ใช้เติมลงในการผลิต จอคอมพิวเตอร์ จอโทรทัศน์และแผงวงจรไฟฟ้า และกลุ่มที่ 3 Deca-BDEs ใช้เติมลงในการผลิต เครื่องใช้ไฟฟ้า สิ่งทอ และสายเคเบิล สาร Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ทางการสูดดมหรือหายใจเข้าสู่ปอด ทางการสัมผัสที่ผิวหนังและซึมเข้าสู่กระแสโลหิตและทางปากโดยการรับประทาน เข้าสู่ระบบทางเดินอาหาร สาร PBDEs กระจายไปในอากาศ น้ำและดิน เกิดขึ้นในระหว่างขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ การใช้เครื่องใช้ภายในครัวเรือนและสำนักงาน และแหล่งที่มีการนำผลิตภัณฑ์เก่า นำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงแหล่งที่ทิ้งผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งาน เมื่อสารชนิดนี้อยู่ในอากาศ PBDEs จะอยู่ในรูปของฝุ่นและตกลงสู่พื้นดินและน้ำด้วยขบวนการชะล้างโดยฝน คุณสมบัติของสาร PBDEs นั้นละลายในน้ำได้น้อย ดังนั้นจึงไม่ค่อยพบว่ามีค่าเข้มข้นสูงในน้ำแต่ักพบว่ามีสารสะสมในตะกอนดินเพราะเมื่อสาร PBDEs ลอยอยู่ในน้ำ

จะเกาะติดกับตะกอนขนาดเล็กๆ และตกลงสู่พื้นน้ำในที่สุด นอกจากนี้การสะสมในตะกอนดินยังมีส่วนทำให้เกิดการสะสมของสาร PBDEs ในสัตว์น้ำ เนื่องจากบริเวณพื้นน้ำเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำนั่นเอง

สำหรับข้อมูลในประเทศไทยนั้นยังไม่มีกฎหมายห้ามใช้หรือห้ามนำเข้า และยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับการสะสมและการแพร่กระจายตัวในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากยังไม่มีหน่วยงานใดในประเทศไทยศึกษาและวิจัยสารกลุ่มนี้อย่างเด่นชัด ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยส่วนห้องปฏิบัติการไดออกซินและสารอันตรายเล็งเห็นความสำคัญ และเพื่อเก็บข้อมูลการแพร่กระจายและการสะสมของสาร PBDEs โดยสำรวจและตรวจสอบการปนเปื้อนของสาร PBDEs ในตะกอนดินในประเทศไทย โดยเลือกพื้นที่ศึกษาที่มีโอกาสจะใช้สารกลุ่ม PBDEs และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารกลุ่มนี้ เช่น ประเภทอุตสาหกรรมพลาสติกและอิเล็กทรอนิกส์ คือพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมบางปูและพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมลำพูน พื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความเสี่ยงน้อยต่อการปนเปื้อน เช่น บริเวณชายฝั่งทะเลและแม่น้ำสายหลัก

วิธีการศึกษา

1. สํารวจข้อมูลเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนในประเทศไทย และวางแผนการเก็บตัวอย่างดังนี้

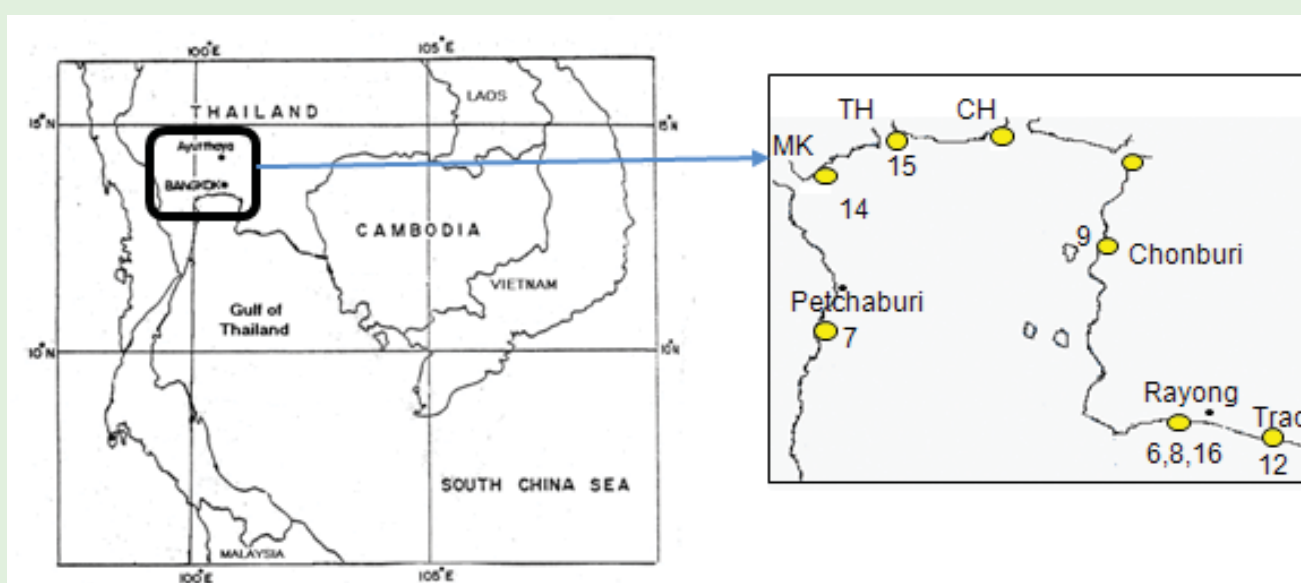
- พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสาร PBDEs เช่น บริเวณนิคมอุตสาหกรรม ชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ระยอง นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมลำพูน นิคมอุตสาหกรรมบางปู บริเวณปากแม่น้ำ 4 สาย (ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปากแม่น้ำแม่กลอง ปากแม่น้ำบางปะกง และ แม่น้ำท่าจีน)
- พื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อยต่อการปนเปื้อน เช่น ชายฝั่งทะเลจังหวัดห่างจากเขตอุตสาหกรรม จังหวัดเพชรบุรี ปากแม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง
- สรุปพื้นที่เก็บตัวอย่างจำนวน 16 จุด คือ ชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง จังหวัดชลบุรี จังหวัดเพชรบุรี ปากแม่น้ำ 4 สาย นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมลำพูนบริเวณแม่น้ำกวัง และแม่น้ำปิงท่า นิคมอุตสาหกรรมบางปู จังหวัดสมุทรปราการ แม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระราม 7

2. ทำการทดสอบขั้นตอน วิธีการวิเคราะห์ที่ได้รับการฝึกอบรมจาก ประเทศ ญี่ปุ่น ตามโครงการความร่วมมือระหว่างกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและThe United Nations University (UNU): เรื่องตรวจติดตามสารมลพิษตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants; POPs) ดังนี้

- ทดสอบสภาวะเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์ ที่เหมาะสมในการแยกสาร PBDEs จำนวน 23 ชนิด โดยใช้ GC column ชนิด Rtx-1614 ความยาว 30 เมตร มีประสิทธิภาพในการแยกสารPBDEs ได้ครบทั้ง 19 ชนิด โดยใช้สภาวะเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์ โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้ Column oven temp. 100 °C, Injection temp. 300 °C, Ion source temp. 250 °C, Interface temp. 320 °C, Injection mode splitless, Total flow 43.1 ml/min, Linear velocity 55.6 cm/sec
- ทดสอบขั้นตอนการสกัดใช้วิธี soxhlet extraction ดังนี้

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างตะกอนดินเปียกให้เพียงพอต่อน้ำหนักแห้ง 10 กรัม ลงใน plate เติมสารมาตรฐาน labeled standard sample ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และผสมจนเป็นเนื้อเดียว ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-4 วัน ดำเนินการ pre-extraction ใช้เวลา 3 ชั่วโมง และสกัดโดยใช้ Soxhlet extraction อีก 20 ชั่วโมง ด้วย toluene ลดปริมาตรให้เหลือ 2 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างดังกล่าวมาผ่านขั้นตอน back-extraction ด้วยกรดและเบส กรองด้วย sodium sulfate จากนั้นทำให้ตัวอย่างเข้มข้นอีกครั้งจนเหลือปริมาตร 1 มิลลิลิตรใน hexane แล้วนำไปผ่านขั้นตอนการ cleanup ด้วย Florisil column และลดปริมาตรตัวอย่างด้วยการเป่า ก๊าซไนโตรเจน ความบริสุทธิ์ 99.999% เปลี่ยนตัวทำละลายเป็น nonane ให้เหลือ 80 ไมโครลิตร เติม Labeled internal standard sample 10 ไมโครลิตร ลงในตัวอย่าง จากนั้นปรับปริมาตรตัวอย่างให้ได้ 100 ไมโครลิตร ก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS

พื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งและสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ



ภาพที่ 2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลใกล้นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง



ภาพที่ 3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแม่น้ำกวังและแม่น้ำปิงห่างจ.ลำพูน

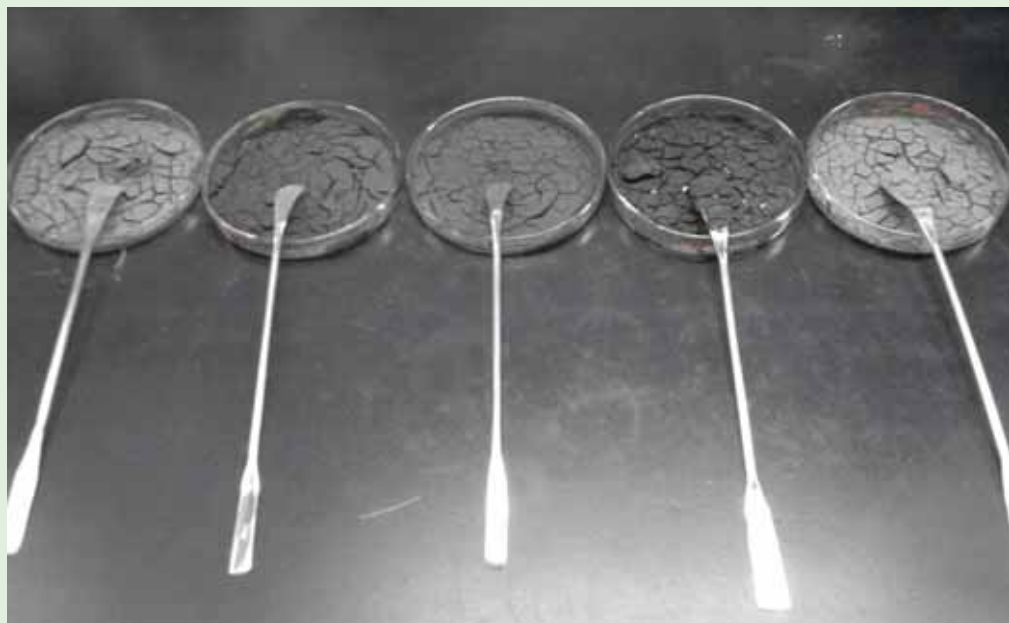
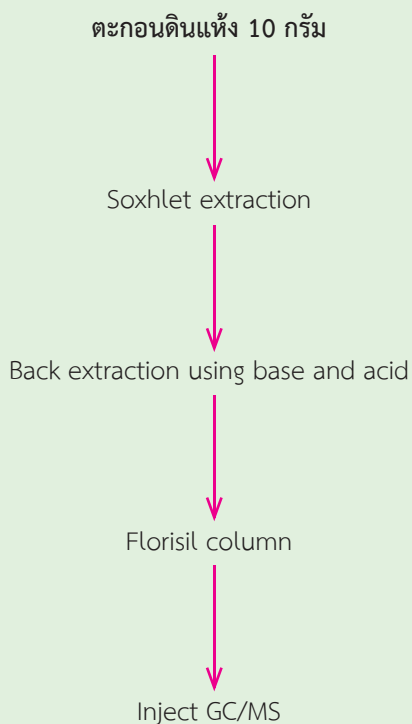
วิธีการเก็บตัวอย่าง

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างชนิด Ekman sampler และใช้ช้อนปาดเฉพาะส่วนบนของหน้าดิน โดยมีความหนาไม่เกิน 2 เซนติเมตร
2. เก็บตัวอย่างตะกอนดินใส่ขวดแก้วปากกว้างสีขาว โดยเก็บตัวอย่างประมาณ 300 - 500 กรัมเปียก แล้วปิดฝาและเก็บในที่เย็นประมาณ 15 - 20 องศาเซลเซียส

วิธีการเตรียมตัวอย่างตะกอนดิน

1. นำตัวอย่างตะกอนดินเปียกมาเทลงในถาด ใช้ช้อนเกลี่ยตะกอนดินให้แผ่ออกเพื่อให้อากาศสัมผัสกับตะกอนดินมากที่สุด
2. ปิดถาดด้วยกระดาษอลูมิเนียม และเจาะรูเป็นระยะๆ เพื่อระบายอากาศและวางในตู้ดูดควัน
3. ใช้ช้อนกลับและคลุกตะกอนดินทุกวันจนกว่าจะแห้ง

วิธีการวิเคราะห์



ภาพการตากตะกอนดิน

ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์

1. ผลการทดสอบการควบคุมคุณภาพ เปอร์เซนต์ recovery of cleanup spike ซึ่งถูกเติมลงในตัวอย่างในขั้นตอนก่อนการสกัด คือ 147.38% ด้วย % RSD 16.62. และค่าเฉลี่ยของ % recovery of native-BDE และ labeled-BDE อยู่ในช่วง 90-127% และ 77-159% ตามลำดับ ค่า LOQ ของ Tri-BDE - Deca-BDE อยู่ในช่วงระหว่าง 0.11-18.12 ng/g

2. ผลการติดตามตรวจสอบสารกลุ่ม PBDEs ในตัวอย่างตะกอนดินจากบริเวณอ่าวไทยและรอบนอกนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการ ลำพูนและระยอง ดำเนินการเก็บทั้งหมด 28 จุด และทำการวิเคราะห์หาสารกลุ่ม PBDEs ในกลุ่มTri-BDE ถึง Deca-BDE. โดย 8 ตัวอย่างดำเนินการเก็บจากปากแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลอง และบางปะกง และบริเวณชายฝั่งทะเล ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จันทบุรี ตราด และเพชรบุรี ส่วนบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยองดำเนินการเก็บตัวอย่างตะกอนดินทั้งหมด 3 จุด บริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดสมุทรปราการเก็บตัวอย่างตะกอนดินทั้งหมด 4 จุด และบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมจังหวัดลำพูนดำเนินการเก็บตะกอนดินทั้งหมด 8 จุด จากผลการวิเคราะห์พบว่าไม่มีการปนเปื้อนสารกลุ่ม PBDEs ในตัวอย่างตะกอนดินในบริเวณปากแม่น้ำสายหลัก 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลอง และบางปะกง และบริเวณชายฝั่งทะเล ได้แก่ จังหวัด ชลบุรี จันทบุรี ตราด และเพชรบุรี และบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรม จังหวัดระยอง และในบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรม จังหวัด สมุทรปราการ ไม่พบการตกค้างของสาร PBDEs เช่นกัน โดยค่าต่ำสุดที่สามารถหาพบได้ด้วยวิธีนี้ (Limit Of Quantitation) ของ Tri-BDE ถึง Deca-BDE อยู่ในช่วงระหว่าง 0.11-18.12 ng/g

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

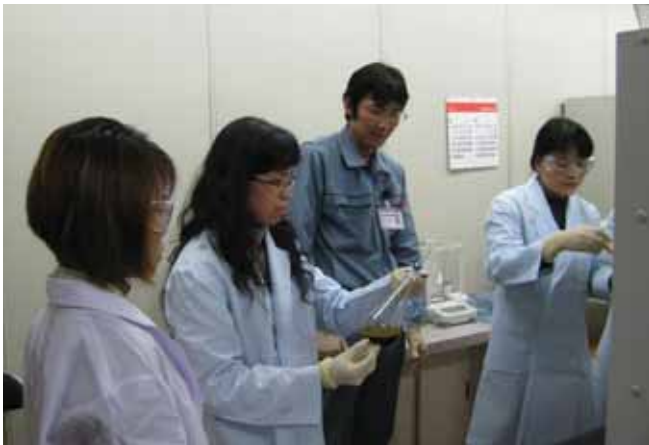
งานวิจัยเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สารกลุ่ม PBDEs ในตัวอย่างตะกอนดินนั้น ประกอบส่วนสำคัญสรุปดังนี้ ขั้นตอนการแยกสารกลุ่ม PBDEs ทั้ง 23 ชนิด รวมสารที่ใช้เป็น surrogate ด้วยเครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์ และการเลือกใช้ GC คอลัมน์ที่เหมาะสม ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพ การคำนึงถึงความถูกต้องและน่าเชื่อถือในผลการวิเคราะห์โดยใช้สารที่เรียกว่า surrogate มาช่วยในการควบคุมคุณภาพทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ และความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นสิ่งสำคัญทุกขั้นตอน และหากมีข้อผิดพลาดระหว่างการทำงานนั้นก็จำเป็นต้องทวนสอบซ้ำแม้จะทำให้มีความล่าช้าแต่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงานวิจัย รวมทั้งการวางแผนการเก็บตัวอย่างและการเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนงานวิจัยก็เป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถอธิบายผลการติดตามตรวจสอบและเพื่อสามารถนำผลการวิเคราะห์วิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้เป็นการใช้เครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์แบบ Quadrupole ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวิเคราะห์เพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟแมสสเปกโตรมิเตอร์ที่มีความละเอียดสูง เรียกว่า Gas Chromatograph - High Resolution Mass Spectrometer จะสามารถทำให้ค่า detection limit ต่ำลงได้และช่วยกำจัดสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ออกไปได้ดีกว่าแบบ Quadrupole แต่จะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงควรพิจารณาจุดประสงค์ของงานวิจัยร่วมด้วย



การสกัดตัวอย่างโดยชุดสกัด แบบ SOXHELT

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณและความช่วยเหลือด้านเทคนิคจากโครงการความร่วมมือระหว่างกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และ The United Nations University (UNU) และ Shimadzu co., Ltd (Japan) ที่สนับสนุนด้านเทคนิคการวิเคราะห์ การฝึกอบรมและงบประมาณ



เอกสารอ้างอิง

- Gevao, B., Jaward, F.M., MacLeod, M., and Jones, K.C., 2010. Diurnal Fluctuations in Polybrominated Diphenyl Ether Concentrations During and After a Severe Dust Storm Episode in Kuwait City, Kuwait 44, 8114–8120.
- Hooper, K. and McDonald, T.A., 2000. The PBDEs: an emerging environmental challenge and another reason for breast-milk monitoring programs. Environ Health Prospect 108, 387–392.
- Ronald, A.H., 2004. Polybrominated Diphenyl Ethers in the Environment and in People: A Meta-Analysis of Concentrations. The United Nations University and Shimadzu Corporation, 2010. Training Workshop; Testing method for brominated diphenyl ethers (BDEs) in sediment by GC/MS manual.





ด้านสารอันตราย



[illegible]

การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ในซากบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตร

Analyses of residue in pesticide containers

วรรณวิมล ภัทรสิริวงศ์ วิชาญ แก้วประสม เรียม ยินดี และ สุชีรา พุ่มพวง
V. Patarasiriwong, W. Kaewprasom, R. Yindee and S. Pumpoung

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมนำซากบรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชไปขายให้กับผู้รับซื้อของเก่าเพื่อเข้าสู่กระบวนการนำไปใช้ซ้ำหรือนำไปผลิตใหม่ ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนี้อาจนำไปสู่การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชที่ยังหลงเหลือตกค้างอยู่ในซากบรรจุภัณฑ์เหล่านั้นได้ การศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชคงเหลือในซากบรรจุภัณฑ์จากการปฏิบัติโดยทั่วไปของเกษตรกรชี้ให้เห็นว่ามีสารคงเหลือตกค้างในปริมาณที่สูง ดังนั้นการนำซากบรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชไปจำหน่าย จึงเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายของสารอันตรายไปในวงกว้าง จะนำไปสู่การได้รับผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การทดสอบวิธีการล้างบรรจุภัณฑ์ด้วยวิธีที่ประยุกต์จากคำแนะนำขององค์การอนามัยโลกด้วยการล้าง 3 ครั้ง พบว่าสามารถนำไปปฏิบัติได้โดยเกษตรกรและไม่ยุ่งยาก ทั้งนี้จะต้องให้คำแนะนำและสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องในวิธีการล้าง เพื่อให้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการล้าง เนื่องจากจะต้องใช้เวลาในการล้างนานขึ้นกว่าที่เคยปฏิบัติ รวมไปถึงการให้ความรู้ด้านผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากมีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตรายในสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ซากบรรจุภัณฑ์ สารกำจัดศัตรูพืช ผู้รับซื้อของเก่า การล้าง 3 ครั้ง

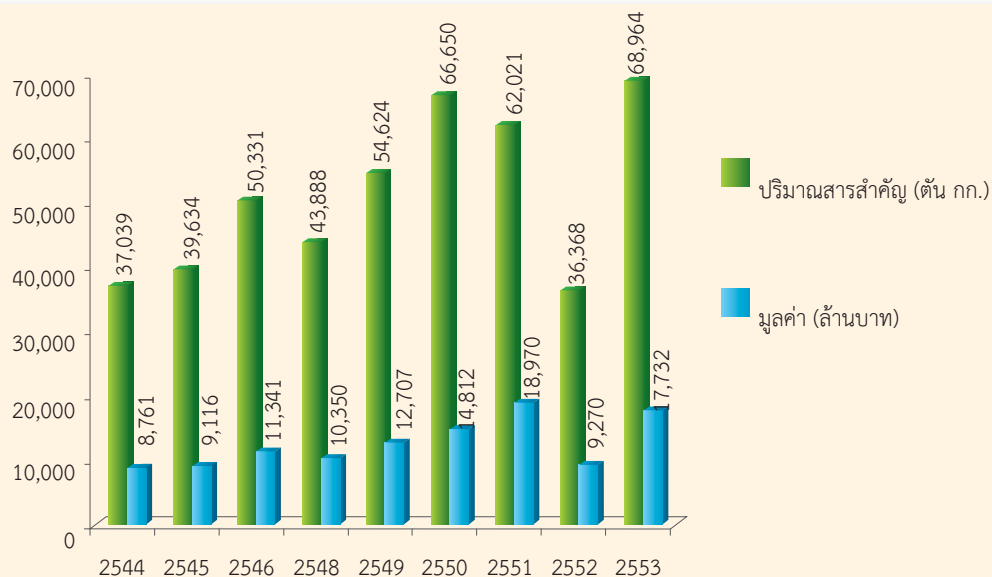
Abstract

Pesticide containers have been sold to recycling business, presently, of which distributing pesticide residues to the environment vastly. Pesticide residue analyses in empty pesticide containers collected from farmers practiced generally indicated high level of pesticide residues which reflects higher risk of pesticide distribution in broaden areas and adverse impact to human health and the environment. Modified pesticide container rinsing method (according to triple rinsing suggested by FAO/WHO) has potential of practical and possible to apply. However, farmers and relating people should be informed and educated on properly rinsing method and behavioral changing to time consuming practice, and including adverse impact to human health by pesticide contamination in the environment.

Keywords: Pesticide containers, recycling business, triple rinsing

บทนำ

ในประเทศไทยที่มีการผลิตทางการเกษตรเป็นผลิตผลหลักของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ สิ่งที่มีจะพบเสมอ ได้แก่ การใช้สารเคมีทั้งปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มและรักษาผลผลิต จากสถิติการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทย ซึ่งรายงานโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าการนำเข้าสารเคมีของประเทศไทยในรอบทศวรรษที่ผ่านมา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แม้ว่าในบางปีจะมีสถิติการนำเข้าลดลง อย่างไรก็ตามการนำเข้าในปีถัดมาจะกลับมาสู่ระดับเดิมหรือเพิ่มขึ้นทุกปี ดังจะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2553 มีการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 68,964 ตัน คิดเป็นมูลค่า 17,732 ล้านบาท ขณะที่ปี พ.ศ. 2544 มีการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 37,039 ตัน และคิดเป็นมูลค่า 8,761 ล้านบาท⁽¹⁾ (ภาพที่ 1) เมื่อมีการใช้มากย่อมก่อให้เกิดขยะมาก โดยเฉพาะขยะที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีเหล่านั้น ซึ่งซากบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตรที่เหลือทิ้งจากการใช้ในไร่นาเหล่านี้จัดเป็นขยะอันตรายประเภทหนึ่งที่เกษตรกรมักทิ้งปะปนไปกับขยะทั่วไป และบางส่วนถูกนำไปขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า เช่น ขวด แกลลอน และ ถัง เป็นต้น เพื่อนำไปผ่านกระบวนการนำกลับไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำไปผลิตใหม่ (Recycle)



ภาพที่ 1 ปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2544-2553

ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์⁽¹⁾

ในอดีตมีคำแนะนำให้กำจัดซากบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ด้วยวิธีการฝังในดิน แต่เนื่องจากปัจจุบันมีกระแสของการนำขยะมาใช้ซ้ำ (reuse) หรือ ผลิตใหม่ (recycle) ซากบรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชบางส่วน โดยเฉพาะ ขวดแก้ว และ ขวดพลาสติก จึงถูกนำเข้าสู่กระบวนการทางธุรกิจรับซื้อของเก่าอย่างหลีกเลี่ยงมิได้⁽²⁾ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้

ผลกระทบที่สำคัญและอาจเกิดขึ้นโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ ได้แก่ การได้รับสัมผัสพิษจากสารเคมีเกษตรที่เป็นอันตรายที่ตกค้างอยู่ในซากบรรจุภัณฑ์เหล่านั้น โดยผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสพิษเหล่านั้น ได้แก่ มนุษย์และสัตว์เลี้ยงในพื้นที่ที่มีการใช้หรือเก็บรวบรวมซากบรรจุภัณฑ์ ประชาชนที่มีโอกาสสัมผัสกับสารไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรผู้ใช้สารและบุคคลในครอบครัว ผู้รับซื้อของเก่าและบุคลากรในกระบวนการรับซื้อของเก่า รวมทั้งชุมชนในพื้นที่ข้างเคียงอาจได้รับอันตรายจากการแพร่กระจายของสารตกค้างผ่านทางน้ำ ดิน และอากาศ เนื่องจากประชาชนผู้เกี่ยวข้องยังขาดความตระหนักในอันตรายที่อาจได้รับจากสารตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์

คำแนะนำจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization:

WHO) เรื่องการล้างด้วยน้ำสะอาดจำนวน 3 ครั้ง รายงานว่าสามารถลดปริมาณสารตกค้างลงเหลือเพียง 0.00035% ของสารตกค้างที่เหลืออยู่เมื่อเริ่มต้น นอกจากนี้ องค์การ Croplife International ยังรายงานผลการศึกษาปริมาณสารตกค้างในบรรจุภัณฑ์ทั้งในส่วนที่เคลือบอยู่บนผิววัสดุและแทรกซึมลงในเนื้อวัสดุ พบว่ามีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสหภาพยุโรป (EU) ได้กำหนดเกณฑ์เพื่อจำแนกวัสดุไม่เป็นอันตราย (Non-hazardous) ว่าจะต้องมีส่วนประกอบของสารที่มีอันตรายร้ายแรงในระดับที่ไม่เกินร้อยละ 0.1 ของบรรจุภัณฑ์⁽³⁾

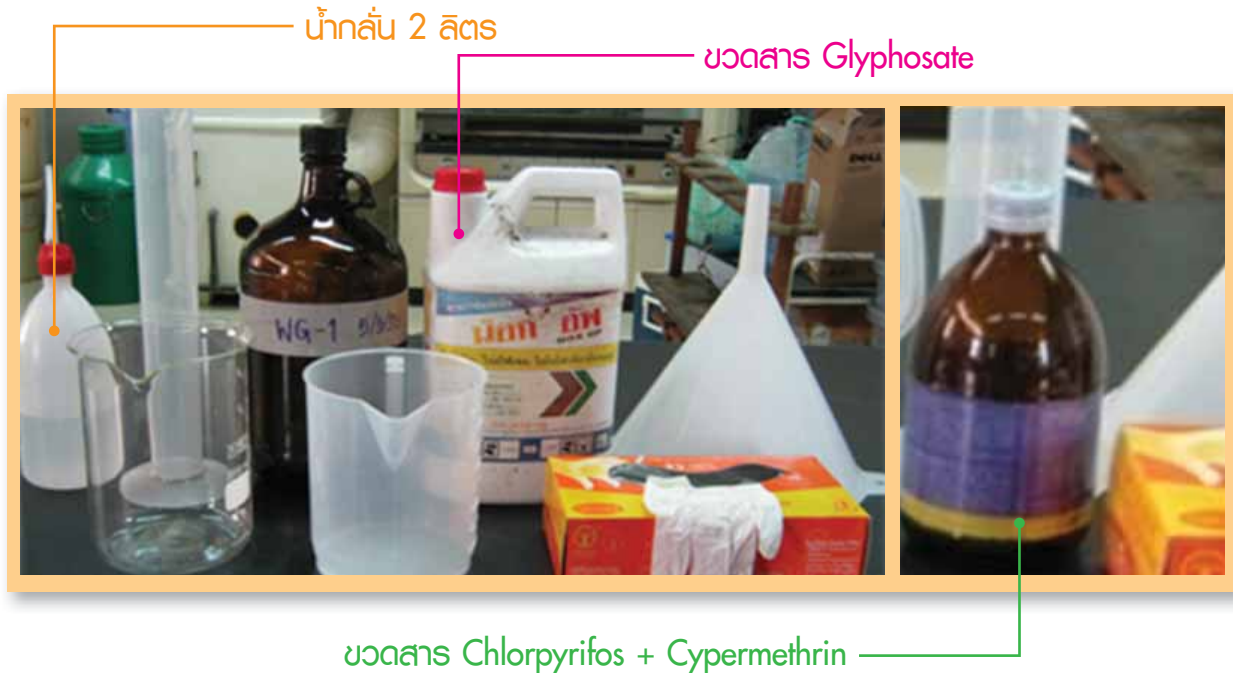
อย่างไรก็ตามการปฏิบัติตามคำแนะนำดังกล่าวจำเป็นต้องดำเนินการด้วยความเคร่งครัดและด้วยความถูกต้องตามหลักวิชาการที่มีการแนะนำไว้ ซึ่งอาจไม่เหมาะสมหรือปฏิบัติได้ยากสำหรับเกษตรกรไทย การศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์เคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในกรณีทั่วไปจากการปฏิบัติโดยเกษตรกร เปรียบเทียบกับผลจากการปฏิบัติตามขั้นตอนที่มีการแนะนำ ทั้งนี้ในขอบเขตและบริบทที่เกษตรกรไทยจะสามารถดำเนินการได้โดยไม่ยุ่งยาก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและแนะนำให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบและปฏิบัติได้อย่างปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

วิธีการศึกษา

1. การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในซากบรรจุกุ้งที่สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

เก็บรวบรวมตัวอย่างซากบรรจุกุ้งที่สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้หมดแล้ว จำนวนชนิดละ 3 ตัวอย่าง คือ ขวดแก้วสีขาวบรรจุน้ำสาร Chlorpyrifos + Cypermethrin (50+5 % EC) ขนาดบรรจุ 500 มล. และ ขวดพลาสติกสีขาวบรรจุน้ำสาร Glyphosate 48% SL

ขนาดบรรจุ 4 ล. ใช้น้ำกลั่น (Deionised distilled water) จำนวน 2 ล./ตัวอย่าง ล้างภายนอกขวดด้วยกระบอกฉีดน้ำ และแกว่งในน้ำสะอาด ล้างภายในขวดโดยการเติมน้ำประมาณ 1/3-1/4 ส่วนของขวด เขย่าแล้วเทออก 3 ครั้ง ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 นำน้ำล้างทั้งหมดมารวมกันและส่งวิเคราะห์ยังบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง จำกัด



ภาพที่ 1 ตัวอย่างซากบรรจุกุ้งที่เกษตรกรใช้แล้ว

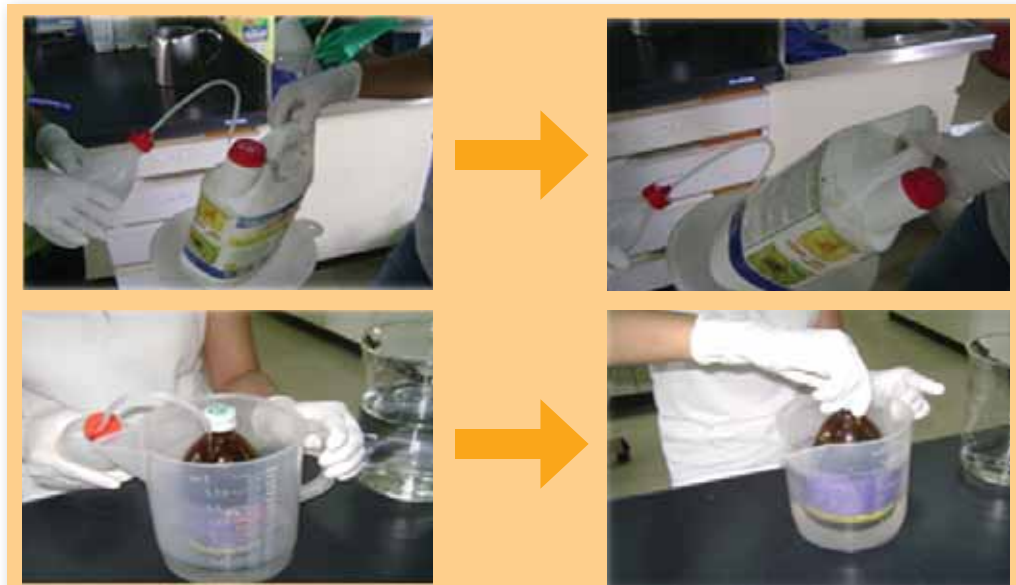
2. การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างหลังการล้าง 3 ครั้ง

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการทดสอบ 3 สูตร ได้แก่ Chlorpyrifos + Cypermethrin (50+5 % EC) ในขวดแก้วสีขาว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท เทพวัฒนา จำกัด Glyphosate 48% SL ในขวดพลาสติกสีขาว ผลิตภัณฑ์ของบริษัท เทพวัฒนา จำกัด และ Hexaconazole 5% SC ในขวดพลาสติกสีขาว ผลิตภัณฑ์ของบริษัท ชินเจนทา ครอป โปรเทคชั่น จำกัด (ภาพที่ 3) แหล่งน้ำที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ น้ำบาดาล และ น้ำคลองชลประทาน ในพื้นที่ อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี (ภาพที่ 4) ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการที่ประยุกต์มาจากคำแนะนำขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (ภาพที่ 5) ดังนี้

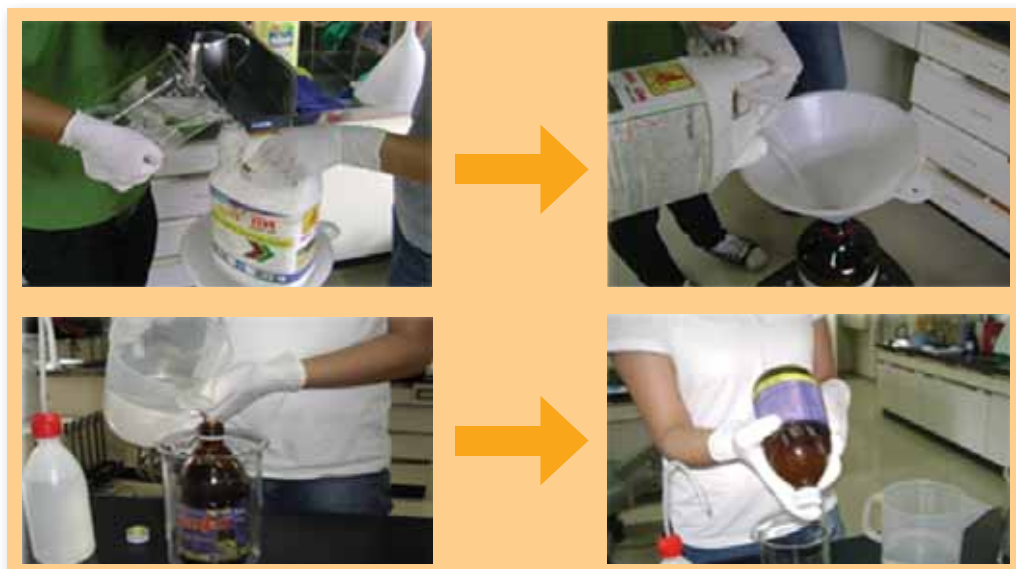
- ใช้ผลิตภัณฑ์สารเคมี จำนวนอย่างละ 1 ขวด แบ่งใส่ขวดเปล่าชนิดเดียวกันอย่างละ 2 ขวด (รวมเป็น 3 ขวด) กลั้วสารให้เคลือบทั่วขวดทั้งไว้ 1 คืน กลั้วสารให้เคลือบทั่วขวดอีกครั้ง แล้วนำไปทดสอบในพื้นที่ของเกษตรกร อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
- เติมน้ำจำนวน 300 มล. สำหรับขวดแก้วและขวดพลาสติก และจำนวน 500 มล. สำหรับแกลอน ปิดฝาขวดแล้วเขย่านาน 30 วินาที เทน้ำออกใส่ขวดตัวอย่าง ทำซ้ำโดยการเติมน้ำใหม่แล้วเขย่า จำนวน 5-6 ครั้ง นำน้ำจากการเขย่าขวดสารเคมีไปส่งวิเคราะห์ยังบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง จำกัด



ล้างภายนอก



เขย่าล้าง 3 ครั้ง



ภาพที่ 2 วิธีการทดสอบสารตกค้างในตัวอย่างซากบรรจุภัณฑ์ที่เกษตรกรใช้แล้ว



1. chlorpyrifos + cypermethrin

2. glyphosate - isopropylammonium

3. hexaconazole

ภาพที่ 3 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการทดสอบการล้าง 3 ครั้ง

น้ำบาดาล ต.วังขนาย อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี



น้ำคลองหนองปลวก อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี



ภาพที่ 4 แหล่งน้ำที่ใช้ในการทดสอบการล้าง 3 ครั้ง



เติมน้ำ 300 มล. ใส่ขวดสารกำจัดศัตรูพืชที่เคสเคมื่ออกแล้ว

เขย่าประมาณ 30 วินาที



เทน้ำจากการเขย่าใส่ขวด ส่งไปวิเคราะห์ยังบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง จำกัด

ภาพที่ 5 วิธีการทดสอบการล้าง 3 ครั้ง

รายงานผลงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมปี 2553-2555



ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่พบตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์หลังจากการใช้และการปฏิบัติในด้านการทำความสะอาดซากบรรจุภัณฑ์ของเกษตรกรแสดงในตารางที่ 1 พบว่าสารตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากเกษตรกรแต่ละรายมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมาก โดยพบว่าสาร chlorpyrifos cypermethrin และ glyphosate ที่ตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์นั้น มีความแปรปรวนของระดับความเข้มข้นตามเกษตรกรแต่ละราย นอกจากนี้ยังพบว่าสารตกค้างบางชนิดยังคงมีความเข้มข้นในระดับสูง โดยพบสาร Glyphosate มีความเข้มข้น ตั้งแต่ 49.73 – 415.07 มก./ล. และพบสาร chlorpyrifos มีความเข้มข้น ตั้งแต่ 5.12 – 20.85 มก./ล. ซึ่งให้เห็นว่าเกษตรกรมีวิธีปฏิบัติในการล้างขวดต่างกัน หรือไม่ได้ปฏิบัติ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างในซากบรรจุภัณฑ์หลังการใช้ของเกษตรกร

ตัวอย่างที่	ปริมาณสารตกค้าง (มก./ล.)		
	chlorpyrifos	cypermethrin	glyphosate
1	6.06	0.79	415.07
2	5.12	0.73	49.73
3	20.85	2.10	94.74
Control* (น้ำกลั่น)	nd**	nd	nd
LOD***	0.005	0.005	0.005

* Control หมายถึง กรรมวิธีควบคุม

** nd (Non-detectable) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

*** LOD (Limit of Detection) หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้

2. การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างหลังการล้าง 3 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีตกค้างในน้ำล้างขวดบรรจุสาร chlorpyrifos cypermethrin glyphosate และ hexaconazole แสดงในตารางที่ 2 - 5 ตามลำดับ พบว่าในการล้างแต่ละครั้งจะตรวจพบสารตกค้างลดลงประมาณ 10-100 เท่า ขึ้นกับความเข้มข้นเริ่มต้นในการล้างครั้งที่ 5 และ 6 ยังสามารถตรวจพบสารได้ในระดับความเข้มข้นระหว่าง 0.02-1.21 มก./ล. โดยน้ำบาดาลและน้ำคลองที่ใช้ทดสอบไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชทั้ง 4 ชนิด (LOD 0.005 มก./ล.)

การเปรียบเทียบผลของการกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบตกค้างในซากบรรจุกุ้งของเกษตรกรทั่วไป ซึ่งพบสาร chlorpyrifos cypermethrin และ glyphosate มีความเข้มข้น 5.12-20.85 0.73-2.10 และ 49.73-415.07 มก./ล. ตามลำดับ กับผลของการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในน้ำจากการล้างตามวิธีการที่ประยุกต์มาจากคำแนะนำขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลกนั้น พบว่าปริมาณสารตกค้างในซากบรรจุกุ้งจากการปฏิบัติของเกษตรกรอยู่ในระดับใกล้เคียง และเทียบเท่ากับปริมาณสารตกค้างจากการล้างด้วยวิธีประยุกต์ในน้ำล้างครั้งที่ 2 หรือ หลังการล้าง 1 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับการสัมภาษณ์เกษตรกรในภาคสนามส่วนใหญ่ที่ระบุว่ามีการเติมน้ำลงในขวดสารเคมีเพื่อละลายสารเคมีส่วนสุดท้ายที่ติดกับขวดประมาณ 1-2 ครั้ง เท่านั้น

ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในน้ำจากการล้างตามวิธีการที่ประยุกต์จากคำแนะนำขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก ชี้ให้เห็นว่าการล้างขวดสารกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีดังกล่าวนี้เพียง 2 ครั้ง ไม่เพียงพอ เพราะยังพบสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำล้างครั้งที่ 3 ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง คือ มากกว่า 1 มก./ล. ทั้งนี้ยังมีข้อสังเกตว่าชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์อาจมีผลต่อการดูดซับของสารกับบรรจุภัณฑ์ได้ เช่น กรณีของสาร hexaconazole พบว่าในซ้ำที่ 1 ที่เป็นขวดสารเคมีตั้งต้นที่รับจากโรงงานผู้ผลิต มีปริมาณสารตกค้างสูงกว่าซ้ำที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นขวดที่แบ่งสารเคมีมาจากซ้ำที่ 1 ในขณะทำการทดสอบ



ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ chlorpyrifos (มก./ล.) ในบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตรหลังการล้าง 3 ครั้ง

น้ำล้าง ครั้งที่	น้ำคลอง				น้ำบาดาล			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
1	1996.46	1824.35	1346.12	1722.3	209523	40053.8	2641.26	84072.7
2	12.18	7.2	15.89	11.8	1833.19	1726.42	11.52	1190.4
3	1.61	0.71	1.16	1.16	10.18	9.44	1.13	6.92
4	1.91	0.59	1.04	1.18	1.29	1.04	0.95	1.093
5	1.21	0.32	0.3	0.61	0.8	0.71	0.59	0.7
6	-	-	-	-	0.42	0.71	-	0.565
Control* (น้ำกลั่น)	nd**				nd			
LOD***	0.005							

* Control หมายถึง กรรมวิธีควบคุม

** nd (Non-detectable) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

*** LOD (Limit of Detection) หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ cypermethrin (มก./ล.) ในบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตรหลังการล้าง 3 ครั้ง

น้ำล้าง ครั้งที่	น้ำคลอง				น้ำบาดาล			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
1	188.64	163.31	127.08	159.7	16029.6	3008.41	301.78	6446.6
2	0.79	0.55	1.09	0.81	166.72	165.39	0.82	111.0
3	0.15	0.06	0.08	0.097	0.67	0.66	0.03	0.453
4	0.1	0.01	0.03	0.047	0.03	0.05	0.03	0.037
5	0.1	0.009	0.006	0.038	0.02	0.03	0.02	0.023
6	-	-	-	-	0.03	0.03	-	0.03
Control* (น้ำกลั่น)	nd**				nd			
LOD***	0.005							

* Control หมายถึง กรรมวิธีควบคุม

** nd (Non-detectable) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

*** LOD (Limit of Detection) หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้



ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ glyphosate (มก./ล.) ในบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตรหลังการล้าง 3 ครั้ง

น้ำล้าง ครั้งที่	น้ำคลอง				น้ำบาดาล			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
1	5844.27	3959.01	7021.65	5608.3	6832.78	4931.44	4443.25	5402.5
2	43.72	136.41	94.13	91.4	234.59	107.93	89.36	144.0
3	1.82	6.81	3.06	3.897	7.14	5.3	1.8	4.75
4	0.51	0.05	0.51	0.34	0.25	0.63	0.68	0.52
5	0.42	0.23	0.14	0.26	0.33	0.03	0.03	0.13
Control* (น้ำกลั่น)	nd**				nd			
LOD***	0.005							

* Control หมายถึง กรรมวิธีควบคุม

** nd (Non-detectable) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

*** LOD (Limit of Detection) หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ hexaconazole (มก./ล.) ในบรรจุภัณฑ์เคมีเกษตรหลังการล้าง 3 ครั้ง

น้ำล้าง ครั้งที่	น้ำคลอง				น้ำบาดาล			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
1	2096.42	1883.91	2066.26	2015.5	2520.62	2133.68	1140.78	1931.7
2	22.74	19.48	13.81	18.7	20.97	12.82	14.45	16.1
3	5.85	1.37	1.2	2.81	5.1	1.43	1.35	2.627
4	1.84	0.89	0.7	1.143	2.89	0.66	1	1.517
5	1.09	0.51	0.54	0.713	2.91	0.65	0.74	1.433
Control* (น้ำกลั่น)	nd**				nd			
LOD***	0.005							

* Control หมายถึง กรรมวิธีควบคุม

** nd (Non-detectable) หมายถึง ไม่สามารถตรวจวัดได้

*** LOD (Limit of Detection) หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างเหลือในข้าวบรรจุภัณฑ์จากการปฏิบัติโดยทั่วไปของเกษตรกรชี้ให้เห็นว่า เกษตรกรมีวิธีการปฏิบัติในเรื่องการล้างขวดสารกำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกัน หากมีปริมาณสารตกค้างในปริมาณที่สูงจะทำให้การนำข้าวบรรจุภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชไปจำหน่ายต่อในธุรกิจรับซื้อของเก่าเพื่อนำไปใช้ซ้ำและผลิตใหม่ มีความเสี่ยงต่อการทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้มาก การทดสอบวิธีการล้างบรรจุภัณฑ์ด้วยวิธีที่ประยุกต์จากคำแนะนำขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก พบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปปฏิบัติได้โดยเกษตรกรและไม่ยุ่งยากมากนัก แต่จะต้องให้คำแนะนำและสร้างความเข้าใจให้กับเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องในวิธีการล้าง เพื่อให้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การล้าง เนื่องจากต้องใช้เวลาในการล้างนานขึ้นกว่าที่เคยปฏิบัติ รวมถึงการให้ความรู้ด้านผลกระทบร้ายแรงที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องหากมีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอันตรายในสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งให้ความอนุเคราะห์แก่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทั้งในด้านทรัพยากรบุคคล ข้อมูลความรู้ต่างๆ ตลอดจนวัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ดังนี้ ดร.รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นางสาววัลย์ จิระพงษ์ กรมส่งเสริมการเกษตร นางณัญญา ลือตระกูล กรมวิชาการเกษตร สมาคมอารักขาพืช สมาคมคนไทยธุรกิจเกษตร บริษัท เทพวัฒนา จำกัด และ บริษัท ชินเจนทา ครอป โปรเทคชั่น จำกัด



เอกสารอ้างอิง

- ^[1] สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ข้อมูลสถิติ สรุปการนำเข้าวัตถุอันตราย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://m.doa.go.th/ard/stat2.php?cat=2>. (วันที่ค้นข้อมูล: 10 มกราคม 2555)
- ^[2] วรรณวิมล ภักธรสิริวงศ์ ลาวัลย์จิระพงษ์ และ นุชิตา รุ่งถาวรวงศ์. 2551. การจัดการซากบรรจุภัณฑ์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรไทย. วารสารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม Green Research ปีที่ 5 ฉบับที่ 10 เดือนสิงหาคม 2551 น.26-29
- ^[3] EU. 2001. European Waste Catalogue, European Commission Decision 2001/118/EC (as amended by 2001/119/EC). อ้างถึงโดย The Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). 2008. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticide: Guidelines on Management Options for Empty Pesticide Containers. หน้า 15.



ด้านอากาศ เสี่ยง และความสิ้นสะท้อน

โครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของ
สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ



โครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของ สารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ Study on Fate and Distribution of Volatile Organic Compounds in Ambient Air

วรรณ ลาเวกุล เพลินพิศ พงษ์ประยูร เดซี่ หมอกน้อย หทัยรัตน์ การ์เวทย์

ศุภนุช รสจันทร์ สุธีระ บุญญาพิทักษ์ อรจิรียา รินสาร และ นิรัน เปี่ยมโย

Wanna Laowagul, Plermpis Pongprayoon, Daisy Morknoy, Hathairatana Gareevait,

Supanut Roschan, Suteera Boonyapitaks, Onjeereeya Rinsarn and Nirun Premyai

บทคัดย่อ

การศึกษการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ได้ดำเนินการศึกษาปี 2552-2553 มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบถึงพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศและประเมินการกระจายตัวของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเชิงพื้นที่และเวลาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะของสารอินทรีย์ระเหยง่ายขึ้นอยู่กับกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลาในแต่ละพื้นที่ และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อการเกิดก๊าซไอโซน พบว่า อัตราส่วนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่า 5.5 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ OH-NO_2 มีโอกาสสูงกว่า OH-VOC ใน oxidation cycle และ OH-NO_2 จะทำหน้าที่กำจัด radical ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ ไปเรื่อยๆ โดยมีปฏิกิริยาที่มีความซับซ้อนจนเกิดก๊าซไอโซน นอกจากนี้การศึกษการประเมินการแพร่กระจายตัวของสาร

อินทรีย์ระเหยง่ายได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Meteorological Model 5-Comprehensive Air Quality Model with Extensions (MM5-CAMx) ในพื้นที่ศึกษา พบว่าสารเบนซินและไอโซนรายชั่วโมงที่ประเมินได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลที่ตรวจวัด อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของสารเบนซินและไอโซนที่ประเมินได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังคงมีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด และในการศึกษานี้ได้ประเมินการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ formaldehyde acetaldehyde isoprene toluene xylene และไอโซนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นกรณีศึกษา

คำสำคัญ: สารอินทรีย์ระเหยง่าย การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การแพร่กระจาย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5-CAMx

Abstract

Fate and distribution of volatile organic compounds (VOCs) in ambient air was carried out in 2009-2010. The objectives of the study are to study the behavior of VOCs in ambient air as well as their spatial and temporal distribution in the atmosphere. The results indicated that characteristic of VOCs depend on activities in each area. From the study of fate of VOCs to ozone formation, it was found that the VOC-to-NO₂ ratio was less than 5.5 which implied that the reaction of OH with NO₂ predominates over reaction of OH with VOCs. The OH-NO₂ reaction removes OH radicals from the active VOC oxidation cycle, retarding the further production of O₃. Moreover, the study of distribution of VOCs using Meteorological Model 5-Comprehensive Air Quality Model with Extensions (MM5-CAMx) indicated that benzene and ozone in hourly basis showed similar pattern of diurnal hourly average between model and measurement. However, the evaluated value of benzene and ozone concentration by model was higher than measured value. The distribution of formaldehyde, acetaldehyde, isoprene, toluene, xylene and ozone were also evaluated.

Keyword: VOCs, Fate, Distribution, MM5-CAMx Model



บทนำ

สารอินทรีย์ระเหยง่าย หรือ วีโอซี (Volatile Organic Compounds; VOCs) เป็นสารที่สามารถระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง อยู่ในรูปของไอหรือก๊าซ และแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรงหรือทางอ้อม ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิด กระบวนการจัดการและการจัดเก็บ ปัญหาสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศเป็นปัญหาที่ขยายวงกว้างในหลายพื้นที่ในเขตเมือง จากการศึกษาของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมพบว่า มีสารอินทรีย์ระเหยง่ายบริเวณเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549-เดือนกุมภาพันธ์ 2551 จำนวน 53 ชนิด ทั้งในบริเวณริมถนน (Roadside) บริเวณที่พักอาศัย (Residential) และบริเวณทั่วไป (Background) ประกอบด้วยสารในกลุ่มของอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbons) อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons) ฮาโลเจนเตด

ไฮโดรคาร์บอน (Halogenated Hydrocarbons) และออกซิเจนเตดไฮโดรคาร์บอน (Oxygenated Hydrocarbons) โดยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่มดังกล่าวมีสารบางชนิดมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็งและบางชนิดทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนออกไซด์ในภาวะที่มีแสงแดดทำให้เกิดก๊าซโอโซน และหากปริมาณก๊าซโอโซนมีปริมาณมากในบรรยากาศจะก่อให้เกิดอาการแสบตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ (วรรณ และคณะ, 2551-2552, Colls J., 1997) ในการควบคุมและจัดการแก้ไขปัญหาสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่าย จำเป็นต้องมีข้อมูลหลายด้านประกอบ เช่น ความเป็นพิษ คุณสมบัติทางเคมีของสาร ปริมาณของสารที่พบในสิ่งแวดล้อม ข้อมูลด้านการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เทคโนโลยีการควบคุมที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการ



แพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ก็เป็นข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นต้องทราบ เพื่อสามารถควบคุมหรือจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ขึ้นอยู่กับศักยภาพในการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ระเหยง่ายกับสารมลพิษตัวอื่นในตัวกลางต่างๆ (Potential reactivity) อายุของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่คงตัวอยู่ในบรรยากาศ (Age of air mass) สารอินทรีย์ระเหยง่ายแต่ละชนิดมีผลต่อการเกิดโอโซนด้วยความว่องไวที่แตกต่างกัน เนื่องจากประเทศไทยมีข้อมูลน้อยมากเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงได้ทำการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย

ในบรรยากาศและประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการกระจายตัวของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5-CAMx โดยอาศัยทฤษฎีของการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคลอออกซิแดนทีในบรรยากาศ ระหว่างสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายกับไนโตรเจนออกไซด์ชนิดที่มีแสงแดดและเกิดก๊าซโอโซนประโยชน์มีค่าที่จะได้รับ เพื่อนำองค์ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ มาใช้ประโยชน์ในการพิจารณาควบคุมแหล่งกำเนิดหลักในแต่ละพื้นที่ และทำให้ทราบถึงการกระจายตัวของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเชิงพื้นที่ (Spatial distribution) และคุณลักษณะของสารอินทรีย์ระเหยง่ายตามการเปลี่ยนแปลงเวลา (Diurnal variation) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่กำกับดูแลด้านสิ่งแวดล้อม ในการนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการจัดการและควบคุมแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อไป





วิธีการศึกษา

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ แบ่งออกเป็น

(1) ศึกษาพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเชิงพื้นที่

การศึกษากิจกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเชิงพื้นที่ ได้ทำการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ เดือนกรกฎาคม 2552 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (บริเวณชานเมือง) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมืองใหม่ (บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง (บริเวณริมถนน) ด้วยถังเก็บตัวอย่างอากาศ 24 ชั่วโมง แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Preconcentrator-GC/MS

(2) ศึกษาพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเชิงเวลา

การศึกษากิจกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเชิงเวลา ได้ทำการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Ion Molecular Reaction Mass Spectrometer (IMR-MS) แบบอัตโนมัติ และเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ด้วยถังเก็บตัวอย่างอากาศทุกๆ 3 ชั่วโมง แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Preconcentrator-GC/MS ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2552 ถึง มีนาคม 2553 ครอบคลุมฤดูฝนและฤดูแล้ง บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศคลองจั่น (บริเวณที่อยู่อาศัย) และบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง (บริเวณริมถนน)

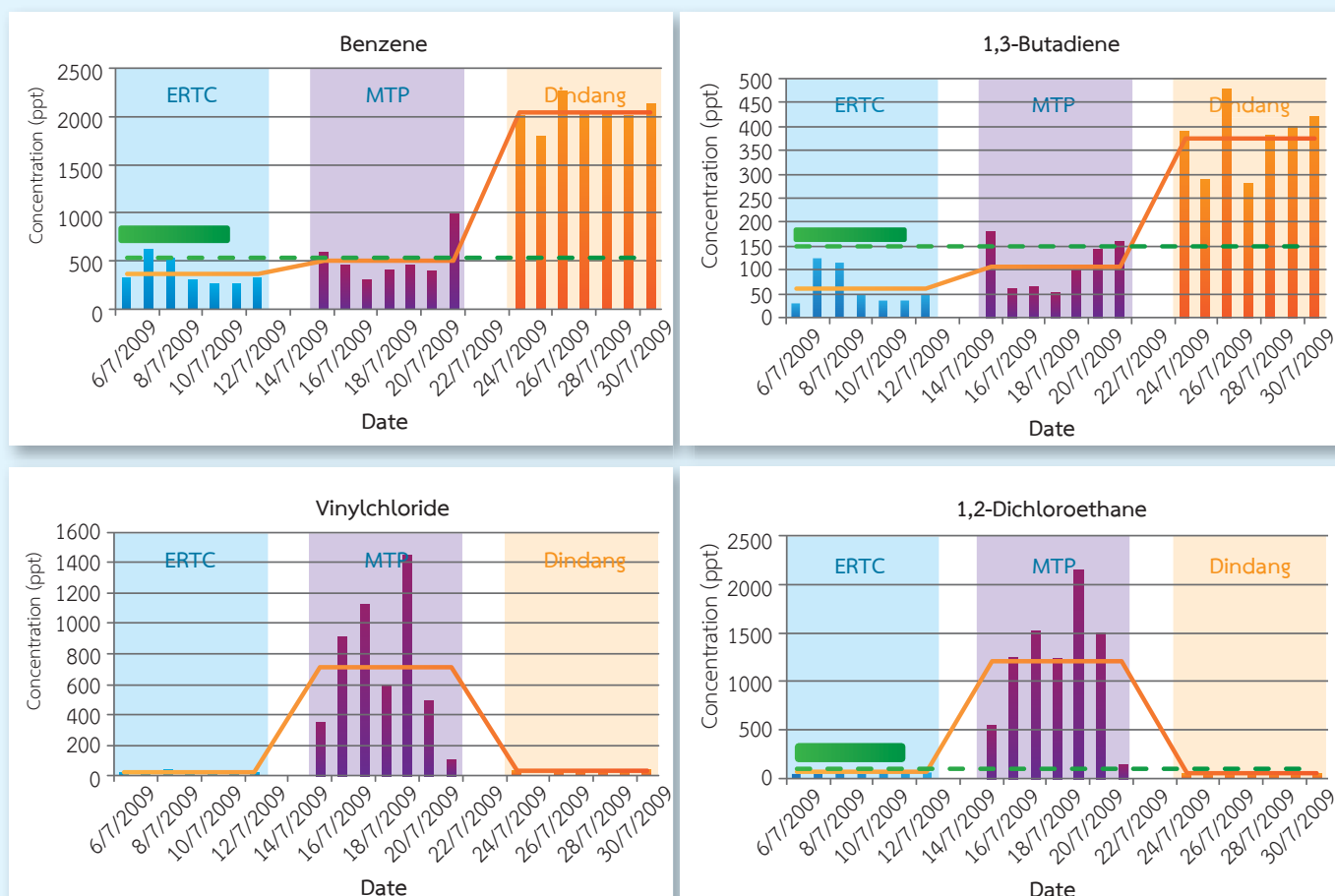
(3) ประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายและไอโซนในอากาศ เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Meteorological Model 5-Comprehensive Air Quality Model with Extensions (MM5-CAMx) เป็นแบบจำลองด้านอากาศชนิด Photochemical Eulerian Dispersion Model ที่คำนึงถึงขบวนการทางเคมีและฟิสิกส์ (Chemical and physical process) ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ โดยประมวลรวมกันกับแบบจำลองอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Model; MM5) (Environ, 2010) ข้อมูลที่นำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลคุณภาพอากาศรายชั่วโมงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลปี พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ ได้แก่ PM_{10} , CO, NO, NO_2 , SO_2 , O_3 , CH_4 และ NMHC ข้อมูลสารอินทรีย์ระเหยง่ายปี 2552 ส่วนข้อมูล Emission inventory ของประเทศไทย มีฐานข้อมูลจำกัด ในการศึกษานี้จึงใช้ฐานข้อมูลกรมควบคุมมลพิษปี 2540 ฐานข้อมูล AIRVIRI ปี 2543 (PCD, 2000) และฐานข้อมูลของ Center of Global and Regional Environmental Research (CGRER) ของมหาวิทยาลัย IOWA (CGRER (2006, GEIA, 2004) และการประเมิน ครอบคลุมพื้นที่ 4×4 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ในการเปรียบเทียบผลการประเมินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการตรวจวัดจริง ได้ทำการเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง IMR-MS (Ion Molecular Reaction-Mass Spectrometer) บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ระเหยง่ายเชิงพื้นที่พบว่า บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ดินแดงซึ่งเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร Benzene 1,3-Butadiene สูงกว่าบริเวณศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (บริเวณชานเมือง) ประมาณ 5 เท่า และ 6 เท่า ตามลำดับ โดยสารดังกล่าวส่วนใหญ่มาจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ ส่วนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมืองใหม่ (บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) พบความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร 1,2-Dichloroethane และ Vinyl chloride สูงสุดเท่ากับ 1.2 ppb และ 0.72 ppb สารทั้งสองชนิดนี้น่าจะมาจาก

กิจกรรมที่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายส่วนใหญ่มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสาร Benzene 1,3-Butadiene 1,2-Dichloroethane และ Vinyl chloride มีค่าเท่ากับ 0.37 ppb 0.063 ppb 0.099 ppb และ 0.022 ppb ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1 ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า คุณลักษณะของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในพื้นที่ศึกษาแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดหลักหรือกิจกรรมหลักที่มีการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย



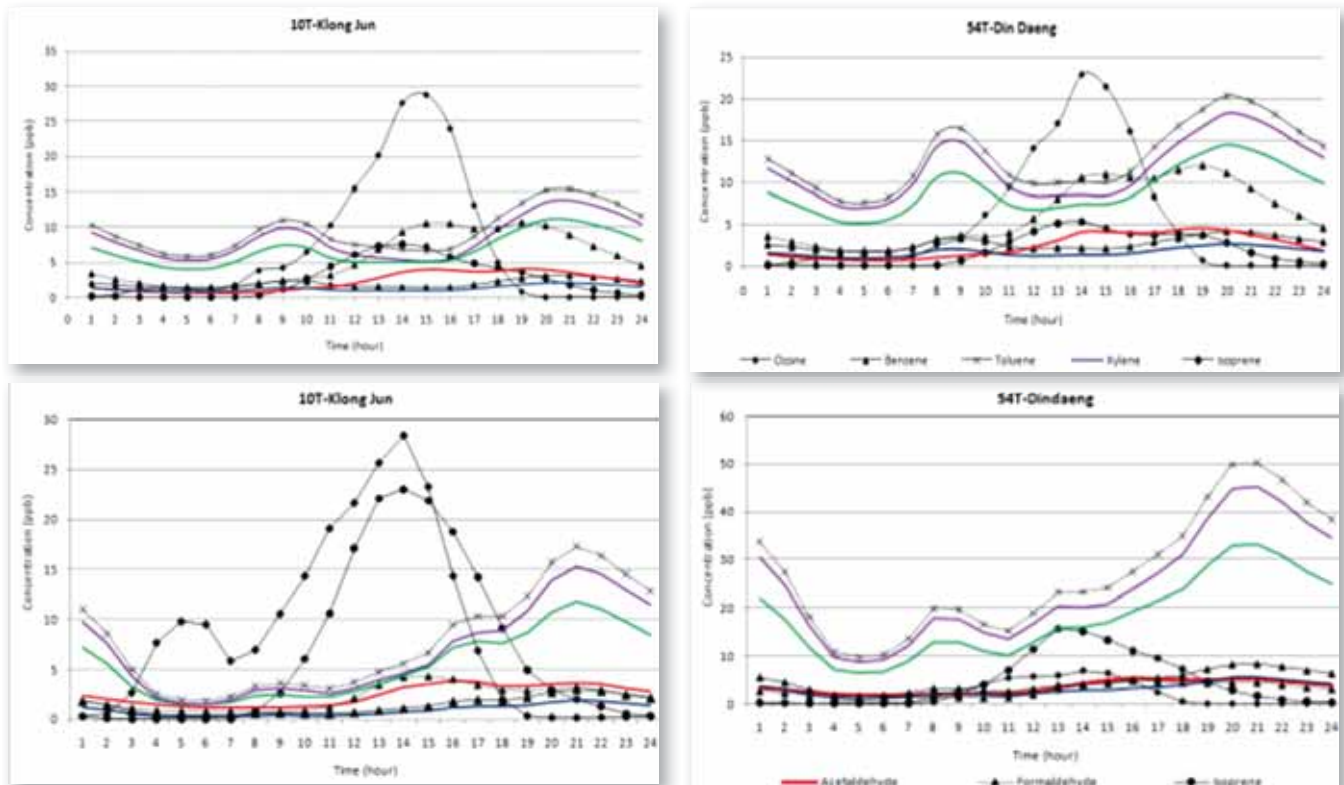
ภาพที่ 1 แสดงสาร Benzene 1,3 Butadiene Vinyl chloride 1,2-Dichloroethane บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม สถานีเมืองใหม่มาบตาพุด และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง

จากการศึกษาพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลา พบว่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ 1,3 Butadiene Pentane Hexane Benzene Ethylbenzene m-,p-Xylene o-Xylene Formaldehyde Acetaldehyde บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดงและคลองจั่นทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 6.00-9.00 น. และช่วงเวลา 18.00-23.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนและมีการจราจรหนาแน่น และมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในเขตเมืองของหลายประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และฮ่องกง (Laowagul, W

และคณะ, 2009, Na.K และคณะ, 2003, Ho. K.F. และคณะ, 2004) ในขณะที่ Isoprene และก๊าซโอโซน ทั้ง 2 สถานี มีความเข้มข้นสูงในช่วงเวลา 12.00-15.00 น. กล่าวคือ Isoprene เกิดจากการสังเคราะห์แสงในช่วงกลางวันที่มีความเข้มของแสงสูง จึงทำให้ Isoprene มีความเข้มข้นสูงขึ้นในช่วงบ่าย ส่วนก๊าซโอโซนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมเกิดขึ้นในช่วงบ่ายที่มีแดดจัด อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาของไนโตรเจนออกไซด์กับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในภาวะที่มีแสงแดด ดังนั้น จึงพบว่าความเข้มข้นของก๊าซโอโซนสูงขึ้นในช่วงบ่าย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang 2002 และนักวิจัยหลายประเทศ เช่น ประเทศ

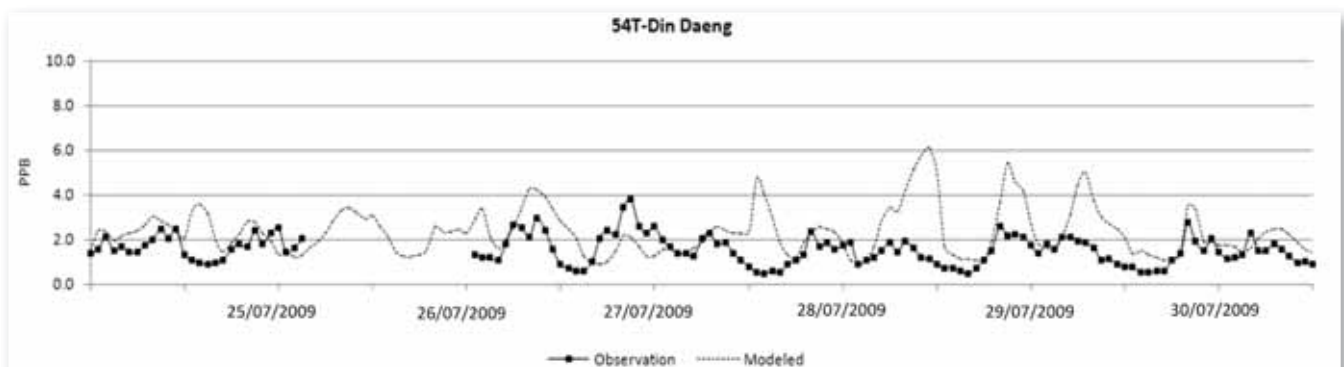
สหรัฐอเมริกา ประเทศอังกฤษ ประเทศไต้หวัน เป็นต้น (Seinfeld, J.H.,1989,1998, Wallace, J.M.,2006) ดังภาพที่ 2 และในการศึกษานี้ได้คำนวณอัตราส่วนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อไนโตรเจนไดออกไซด์เพื่อพิจารณาปฏิกิริยาการเกิดก๊าซโอโซน พบว่าอัตราส่วนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าต่ำกว่า 5.5 กล่าวคือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาของ OH-NO₂ มีโอกาสสูงกว่า OH-VOC ใน oxidation cycle และ OH-NO₂ จะทำหน้าที่กำจัด radical ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ ไปเรื่อยๆ โดยมีปฏิกิริยาที่มีความซับซ้อนจนเกิดก๊าซโอโซน (John H.และคณะ 1998)

ดังตัวอย่างสมการปฏิกิริยาการเกิดก๊าซโอโซน

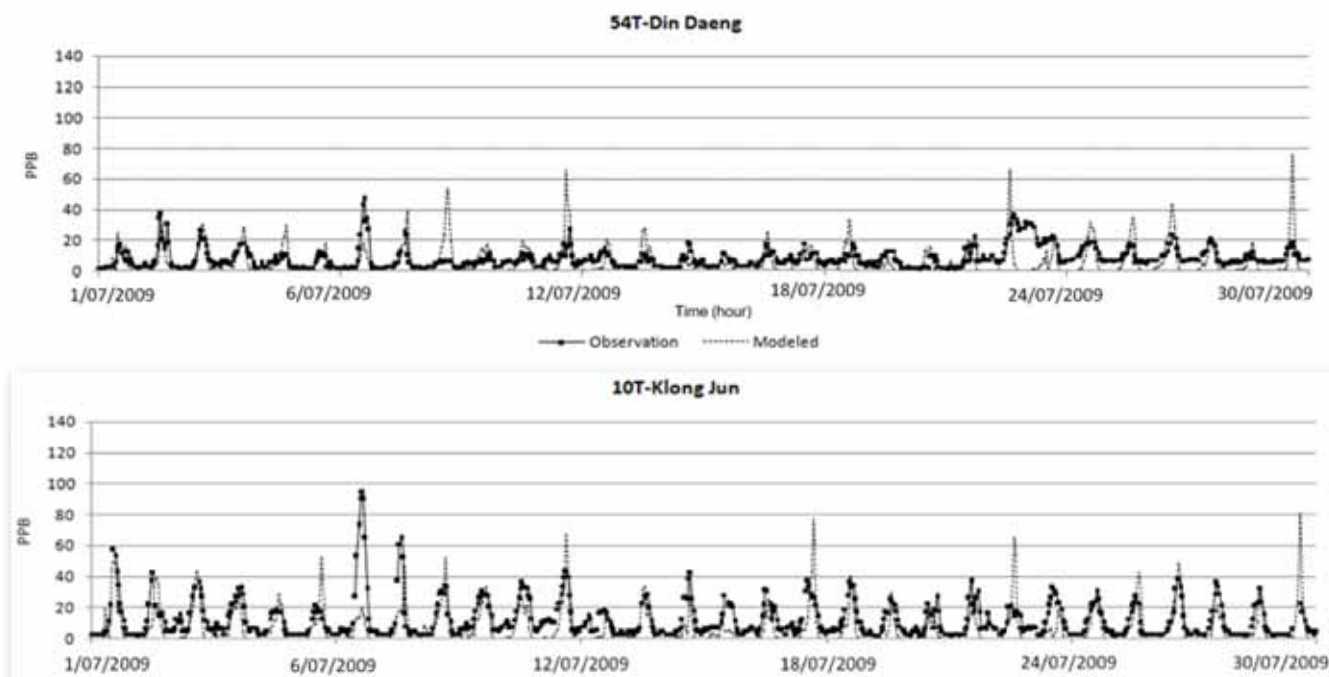


ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างDiurnal variation ของ ozone และ VOC species เดือนกรกฎาคม และธันวาคม 2552

ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร Benzene และโอโซนรายชั่วโมงในแต่ละวันในช่วงเดือนกรกฎาคม 2552 บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5-CAMx และการตรวจวัด พบว่าสารเบนซินและโอโซนที่ประเมินได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด อย่างไรก็ตามสารเบนซินและโอโซนที่ประเมินได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลการตรวจวัดส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ดังตัวอย่างเช่นโอโซนในช่วงกลางคืนมีค่าความเข้มข้นต่ำส่วนในช่วงบ่ายโอโซนมีค่าความเข้มข้นสูง ดังแสดงในภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4



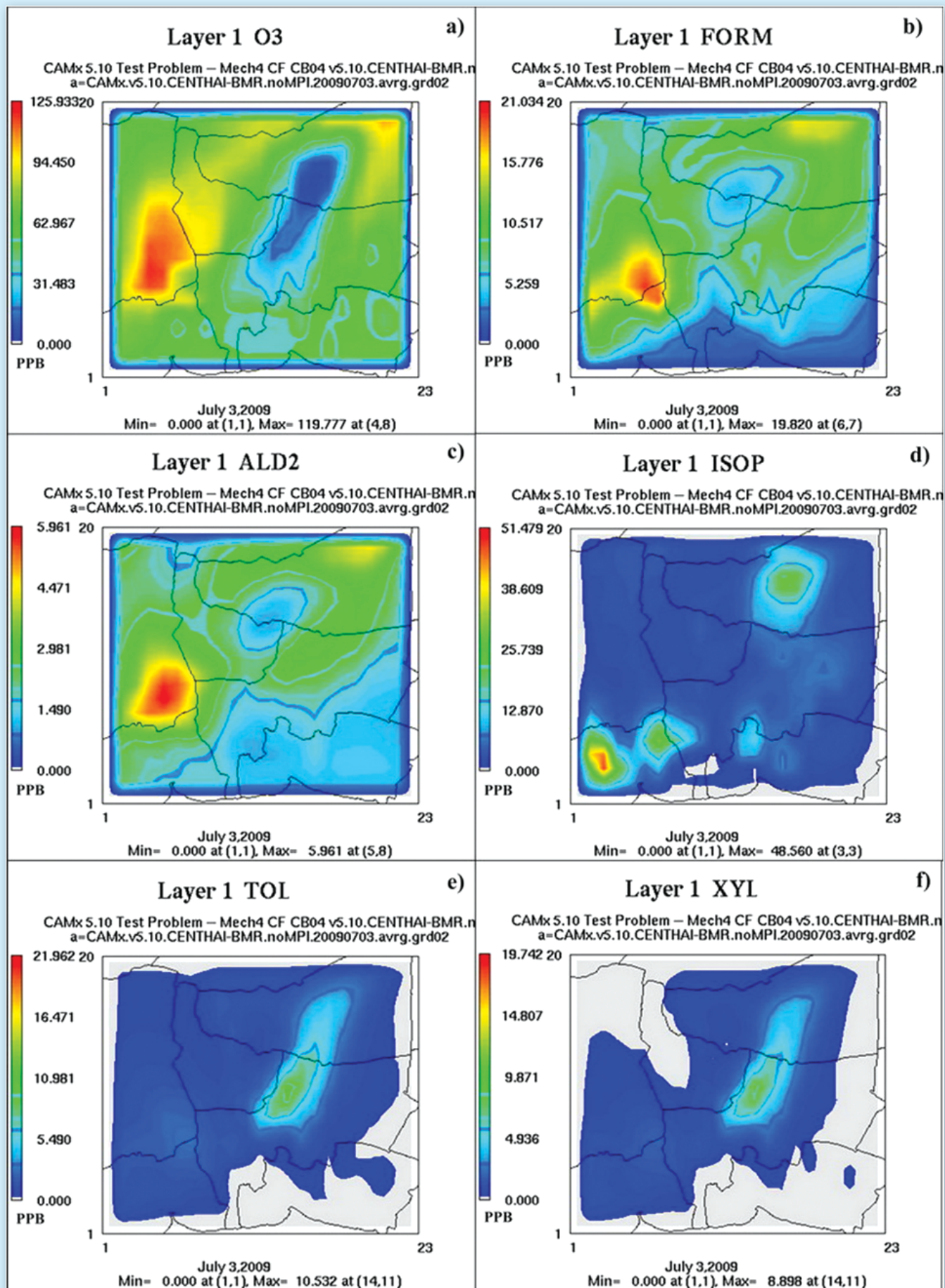
ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบสาร Benzene ที่ประเมินจาก Model และจากการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง ระหว่างวันที่ 24-30 กรกฎาคม 2552 (หมายเหตุ: วันที่ 26/07/2009 ไม่ได้ทำการตรวจวัดเนื่องจากไฟฟ้าดับ)



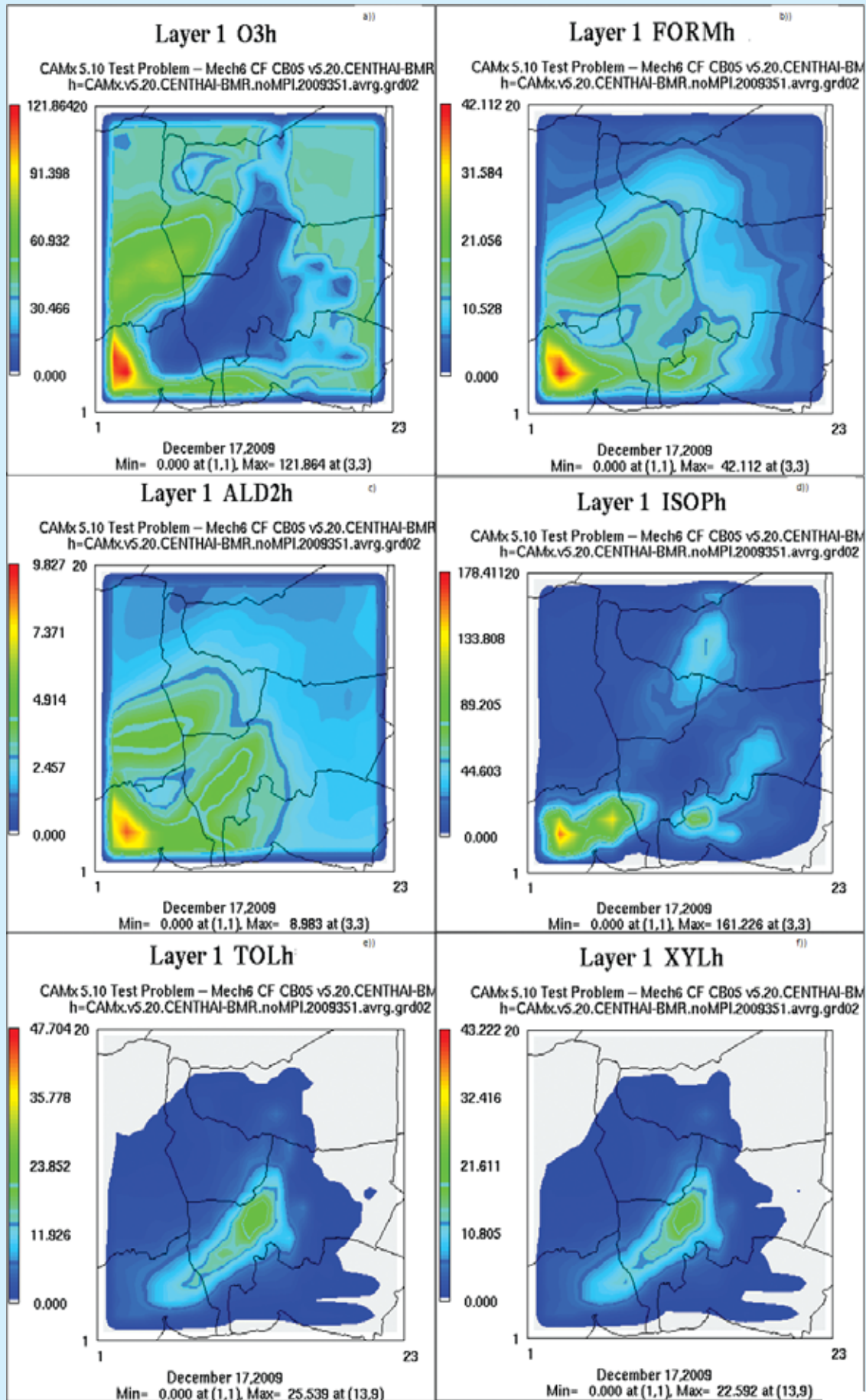
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบ Ozone ที่ได้จาก Model และผลการตรวจวัดบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศคลองจั่น และดินแดง เดือนกรกฎาคม 2552

นอกจากนี้ในการศึกษานี้ได้ประเมินการแพร่กระจายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ Formaldehyde Acetaldehyde Isoprene Toluene Xylene และโอโซนด้วย MM5-CAMx model ยกตัวอย่างในฤดูฝนเมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2552 เวลา 14.00 น. พบว่าค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ประเมินได้จาก model กับผลการตรวจวัดไปในทิศทางเดียวกัน โดยโอโซนมีค่าความเข้มข้นสูงสุดด้านทิศตะวันตกของเขตกรุงเทพและปริมณฑล (BMR) ประมาณ 120 ppb และพบ Formaldehyde Acetaldehyde Isoprene มีค่าความเข้มข้นประมาณ 20, 6 และ 50 ppb ด้านทิศตะวันตกของเขตกรุงเทพและปริมณฑลเช่นเดียวกัน ส่วน Toluene และ Xylene มีค่าความเข้มข้นสูงบริเวณศูนย์กลางของเขตกรุงเทพและปริมณฑล ซึ่งอาจมีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจรหรือกิจกรรมอื่นในบริเวณนั้น ดังแสดงในภาพที่ 5 และตัวอย่างในฤดูแล้ง เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2552 เวลา 14.00 น. ซึ่งเป็นวันที่โอโซนมีค่าความเข้มข้นสูง (Episodic ozone day) พบว่าค่าความเข้มข้นของโอโซนที่ประเมินได้จาก Model มีค่าความเข้มข้นสูงสุดประมาณ 122 ppb ซึ่งอยู่ใต้ทิศทางลมของลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และพบ Formaldehyde Acetaldehyde Isoprene มีค่าความเข้มข้นประมาณ 4.0 9.8 และ 133 ppb ซึ่งอยู่ใต้ทิศทางลมของลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเช่นเดียวกัน ส่วน Toluene และ Xylene มีค่าความเข้มข้นสูงบริเวณศูนย์กลางของเขตกรุงเทพและปริมณฑล ดังแสดงในรูปที่ 6





ภาพที่ 5 Spatial distribution of ของ ozone และ VOC species เดือนกรกฎาคม 2552 ณ เวลา 14:00 น. a) ozone, b) formaldehyde, c) acetaldehyde, d) isoprene, e) toluene and f) xylene



ภาพที่ 6 Spatial distribution ของ VOCs species และ Ozone วันที่ 17 ธันวาคม 2552 ณ เวลา 14.00น. (หน่วย ppb) (a) ozone (b) formaldehyde (c) acetaldehyde (d) isoprene (e) toluene (f) xylene

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5-CAMx ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา (temporal variation) ของสาร Benzene และก๊าซโอโซน พบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผลที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และความเข้มข้นอยู่ในช่วงเดียวกัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MM5-CAMx สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของสารอินทรีย์ระเหยง่ายและโอโซนในเขตเมืองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้มีเพียง 2 สถานี และผลการเปรียบเทียบ temporal variation ระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการตรวจวัดในบางช่วงเวลามีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นผลกระทบมาจากฐานข้อมูล Emission inventory ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งมีข้อมูลจำกัด ต้องใช้ฐานข้อมูลของต่างประเทศ อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และข้อมูล Diurnal variation ยังมีน้อยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ในการศึกษานี้ได้ใช้ CB IV mechanism ซึ่งจะเน้นการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกลุ่มหลักเท่านั้น ดังนั้นในการที่จะประเมินการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเขตเมืองจำเป็นต้องมีการ Update ฐานข้อมูล Emission inventory ของสารอินทรีย์ระเหยง่าย และข้อมูลการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง เพื่อนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายและโอโซน และเพื่อหามาตรการในการจัดการและควบคุมสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความอนุเคราะห์เก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอากาศ ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง และคลองจั่น ขอขอบพระคุณการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและเจ้าหน้าที่ห้องสมุดเคหะคลองจั่นที่อำนวยความสะดวกให้แก่เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ และขอขอบพระคุณนายศักดิ์ชัย ทิพาพงษ์ผกาพันธ์ ที่เข้าร่วมเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่าย พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ Prof. Nguyen Thi Kim Oanh, Mr. Didin Agustian Permadi และนายธงชัย ขนบแก้ว จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประมวลผลด้านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์





เอกสารอ้างอิง

- [1] วรณนา เลาวกุล เพลินพิศ พงษ์ประยูร เตชี หมอกลิ่นน้อย หทัยรัตน์ การิเวทย์ ศุภนุช รสจันทร์ สุธีระ บุญญาพิทักษ์ และ นิรัน เปี่ยมโย “สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศและความเชื่อมโยงต่อภาวะโลกร้อน” รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2551-2552 หน้า 30-41
- [2] Colls.J 1997. Towards Better Human Exposure Estimates for Setting Air Quality Standards. Atmospheric Environment. 4253-4254.
- [3] ENVIRON. 2010. User’s Guide: Comprehensive Air Quality Model with Extensions (CAMx) Version 5.20. Environ International Corporation.
- [4] PCD, (2000). Air Emission Source Database Update and Ambient Air Quality Impact Assessment in Bangkok Metropolitan Region. PCD 03-034. ISBN 974-7879-12-3.
- [5] CGRER (2006). Emission Data: 2006 Asia Emissions for INTEX-B. Center for Global and Regional Environmental Research, University of Iowa.
- [6] GEIA, (2004). Natural Volatile Organic Compound Emissions. Global Emission Inventory Activity.
- [7] W. Laowagul and K. Yoshizumi. 2009. Behavior of benzene and 1,3-butadiene concentrations in the urban atmosphere of Tokyo, Japan. Atmospheric Environment 43 (2009) 2052–2059.
- [8] Na, K., Kim, Y.P., Moon, K.C., 2003. Diurnal characteristics of volatile organic compounds in the Seoul atmosphere. Atmospheric Environment 37, 733–742.
- [9] Ho, K.F., Lee, S.C., Guo, H., Tsai,W.Y., 2004. Seasonal and diurnal variations of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Hong Kong. Science of the Total Environment 322, 155–166.
- [10] Zhang B.N. and Kim Oanh N.T. 2002. Photochemical Smog Pollution in the Bangkok Metropolitan Region of Thailand in Relation to O₃ Precursor Concentrations and Meteorological Conditions. Atmospheric Environment 36, 4211-4222.
- [11] John H. Seinfeld. Urban Air Pollution: State of the Science. Science, Volume 243, Issue 4892, pp. 745-752, 1989.
- [12] Wallace, John M., & Peter Hobbs. Atmospheric Science, an Introductory Survey, Second Edition, Academic Press 2006.
- [13] John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis. 1998. Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change.



ด้านอากาศ เสี่ยง และความสิ้นสะท้อน

การศึกษาผลกระทบด้านเสี่ยงจากการขยายทางวิ่งท่าอากาศยาน สุวรรณภูมิ



ทำอากาศยาน การศึกษาผลกระทบด้านเสียง จากการขยายทางวิ่งสุวรรณภูมิ

ธนาพันธ์ สุกสาอด สุมาลี ปานมาศ ณัฐพงศ์ จันทร์สมบัติ วิรัช เอื้อทรงธรรม อำนวยชัย คงดี ยูพิน บัวจันพอ มนตรี จันเล็ก
Thanaphan Suksaard, Sumalee Panmat, Nattapong Chansombat, Virach Auesongtham, Amnuaychai Kongdee,
Yupin Buajanpho, Montri Chunlek

บทคัดย่อ

ปัญหามลพิษทางเสียงจากการขึ้นและลงของเครื่องบินที่ทำอากาศยานสุวรรณภูมิได้ส่งผลกระทบต่อระบบการได้ยินและการพักผ่อนนอนหลับของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบทำอากาศยาน และเป็นปัญหายืดเยื้อยาวนานที่ต้องได้รับการแก้ไขที่ตรงจุดและถูกวิธี โดยแนวโน้มของปัญหามลพิษทางเสียงในอนาคตจะมีความซับซ้อนมากขึ้นหากจำนวนผู้โดยสารและจำนวนเที่ยวบินเพิ่มมากขึ้น กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นว่า การศึกษาเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำรอยเดิมเป็นสิ่งที่ควรเร่งดำเนินการ โดยให้ความสำคัญกับประเด็นการจัดทำผังเมืองบริเวณโดยรอบทำอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรองรับการขยายตัวของทำอากาศยานในอนาคตและป้องกันการขยายตัวของเมืองเข้ามาทับซ้อนกับพื้นที่ที่จะมีการขยายทำอากาศยาน ซึ่งการจัดทำผังเมืองดังกล่าวนั้นจำเป็นต้องมีแผนที่แนกเส้นระดับเสียงที่เกิดจากการขยายทางวิ่ง (runways) เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 ทางวิ่งเป็น 3 และ 4 ทางวิ่ง กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมจึงได้ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการขยายทางวิ่งทำอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการพัฒนาโครงการทำอากาศยานสุวรรณภูมิของ บริษัททำอากาศยานไทย จำกัด(มหาชน) เป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ในอนาคตทำอากาศยานสุวรรณภูมิจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นและจำเป็นต้องขยายทางวิ่งเพิ่มเป็น 3 และ 4 ทางวิ่งเพื่อรองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคนในปี พ.ศ. 2582 จะทำให้แนวโน้มของปัญหาเพิ่มมากขึ้น

หากไม่มีการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดี ซึ่งปัจจุบันผลกระทบด้านเสียงที่เกิดจากทางวิ่งสองเส้นก็ยังเป็นปัญหาอยู่ จะเห็นได้จากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากทำอากาศยานบางส่วนเป็นพื้นที่ประเภทชุมชนหนาแน่นน้อย (พื้นที่สีเหลือง) และหนาแน่นปานกลาง (พื้นที่สีส้ม) ในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ปี 2549 และผังเมืองรวมสมุทรปราการ ปี 2544 และมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากขึ้นหากมีจำนวนทางวิ่งเป็น 4 ทางวิ่ง ซึ่งแสดงว่าผังเมืองในปัจจุบันนั้นยังไม่เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพราะมีพื้นที่ที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อยและที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง ซ้อนทับอยู่ในแนวเส้นเสียงที่ได้รับผลกระทบทั้งในปัจจุบันและอนาคต ดังนั้นจึงควรพิจารณาปรับปรุงผังเมืองรวม เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบทำอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยพิจารณาการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่ออุตสาหกรรมการบิน อุตสาหกรรมขนส่งและเปลี่ยนถ่ายสินค้า และพื้นที่เขตเกษตรกรรม มากกว่าจะใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย เพราะฉะนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน จึงเป็นมาตรการเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรเข้ามาร่วมกันวางแผน เพราะถ้าหากแก้ปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เข้ากันได้กับสนามบินและตรงจุด ก็จะทำให้สนามบินอยู่คู่กับชุมชนและเป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศต่อไป

คำสำคัญ : มลพิษทางเสียง เส้นเท่าระดับเสียง, เสียงจากเครื่องบิน, เสียงสุวรรณภูมิ



Abstract

Noise from departure and arrival aircrafts at Suvarnabhumi airport affect on hearing of the people around airport. This problem has been more seriously due to the number of flights and passengers has increased rapidly. In order to protect the problems would be occur in the future, the Department of Environmental Quality Promotion (DEQP) planned to study the noise pollution from Suvarnabhumi airport in case of expansion of runways and focused on land use compatibility around the airport to decelerate the expansion of communities in the noise impact areas by using Noise mapping. Environmental Research and Training Centre under DEQP had cooperated with the relevant agencies studied the noise effect from expansions of runways of Suvarnabhumi airport based on the Revised Master Plans of Suvarnabhumi and Donmueang International airports in the final report on April, 2009 by Airports of Thailand Public Company Limited. As the result, the runways of Suvarnabhumi airport will be expanded to 3rd and 4th runway and handled up to 129 million passengers a year in 2039. The noise impacts of runway

expansion is also going to increase if there is no appropriate mitigation. Since there are still some problems at the present such as the conflict between the noise impact areas and city plan. The city plan allowed some noise impact areas to be low and moderate density communities which was not compatible with airport land use. Therefore, the local governments that have collaborated with airports to implement noise compatibility regulations have worked to encourage, incentivize, or otherwise promote alternative utility of residential development around airports, such as industrial parks, logistic area, or retail centers, before encroachment could occur into noise-affected areas in order to reduce and prevent the noise problems in the future. The noise compatibility program should be the first priority mitigation which can be applied to noise management of Suvarnabhumi airport.

Keywords : Noise Pollution, Noise Exposure Forecast, Aircraft Noise, Noise pollution from Suvarnabhumi airport



บทนำ

“โดยแนวโน้มของปัญหามลพิษทางเสียงในอนาคตจะมีมากขึ้นหากจำนวนผู้โดยสารและจำนวนเที่ยวบินเพิ่มมากขึ้น กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นว่าการศึกษาเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำรอยเดิมเป็นสิ่งที่ควรเร่งดำเนินการ โดยให้ความสำคัญกับประเด็นการจัดทำผังเมืองบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรองรับการขยายตัวของท่าอากาศยานในอนาคตและป้องกันการขยายตัวของเมืองเข้ามามีซ้อนทับพื้นที่ที่จะมีการขยายท่าอากาศยาน ซึ่งการจัดทำผังเมืองดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประเมินพื้นที่แนวเส้นระดับเสียงที่เกิดจากการขยายทางวิ่ง (runways) เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 ทางวิ่งเป็น 3 และ 4 ทางวิ่ง”

ปัญหามลพิษทางเสียงจากการขึ้นและลงของเครื่องบินที่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้ส่งผลกระทบต่อระบบการได้ยินและการพักผ่อนนอนหลับของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบท่าอากาศยาน และเป็นปัญหายืดเยื้อยาวนานที่ต้องได้รับการแก้ไขที่ตรงจุดและถูกวิธี โดยแนวโน้มของปัญหามลพิษทางเสียงในอนาคตจะมีมากขึ้นหากจำนวนผู้โดยสารและจำนวนเที่ยวบินเพิ่มมากขึ้น กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นว่าการศึกษาเพื่อป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำรอยเดิมเป็นสิ่งที่ควรเร่งดำเนินการ โดยให้ความสำคัญกับประเด็นการจัดทำผังเมืองบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรองรับการขยายตัวของท่าอากาศยานในอนาคตและป้องกันการขยายตัวของเมืองเข้ามามีซ้อนทับพื้นที่ที่จะมีการขยายท่าอากาศยาน ซึ่งการจัดทำผังเมืองดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประเมินพื้นที่แนวเส้นระดับเสียงที่เกิดจากการขยายทางวิ่ง (runways) เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 ทางวิ่งเป็น 3 และ 4 ทางวิ่ง ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงได้ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการขยายทางวิ่งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการพัฒนาโครงการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิของ บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)^[1] เป็นแนวทางในการศึกษา โดยศึกษาพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบด้านเสียงในอนาคตจากการขยายท่าอากาศยาน ตลอดจนศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการปัญหามลพิษทางเสียงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อสุขภาพที่ดีของประชาชนและการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยใส่ใจปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมรวมถึงการเตรียมพร้อมรองรับกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิจัยเพื่อจัดทำแนวเส้นระดับเสียงที่เกิดจากการขยายท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กรณีการสร้างทางวิ่งที่ 3 และ 4
2. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันบริเวณพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

วิธีการวิจัย

1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาแผนพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอนาคตในประเด็นการสร้างทางวิ่งเพิ่มขึ้น เก็บข้อมูลพื้นฐานโดยแบ่งเป็น

1.1 ข้อมูลการบิน

- ข้อมูลสถานการณ์การบินในปัจจุบัน (จำนวนเที่ยวบิน, ชนิด ของเครื่องบิน ที่ให้บริการ, สัดส่วนการใช้และเส้นทางการบิน)

- ข้อมูลการจัดการทางวิ่งในอนาคต กรณีมีการสร้างทางวิ่งเพิ่มขึ้น

1.2 ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารและจำนวนเที่ยวบินที่คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นในปีต่าง ๆ

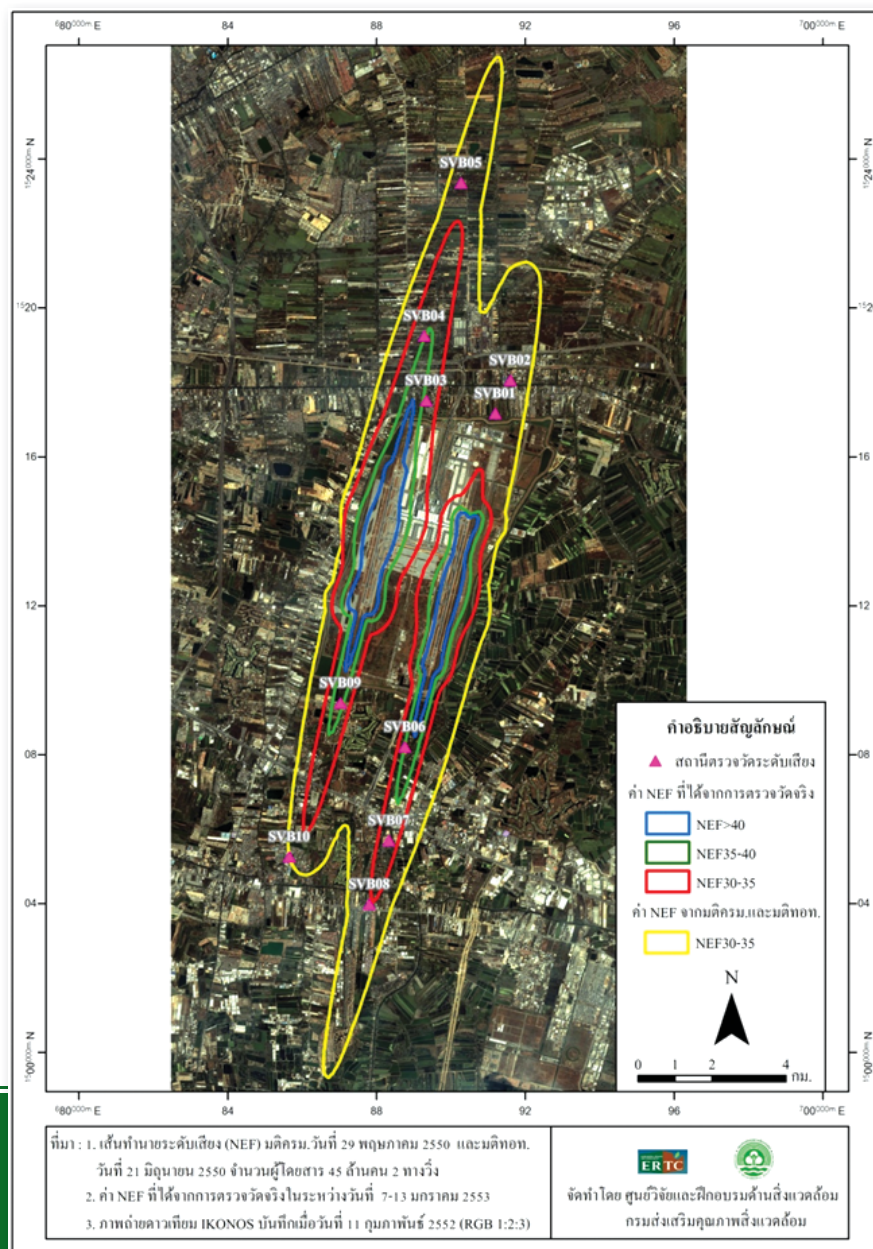
1.3 ข้อมูลระดับเสียงในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในปัจจุบัน

2. จัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ผลกระทบด้านเสียงที่เกิดขึ้นจากการจำลองสถานการณ์การบินในกรณีสร้างทางวิ่งที่ 3 และกรณีสร้างทางวิ่งที่ 4

3. จัดทำแผนที่เส้นระดับเสียงโดยนำแผนที่ที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2 มาลงบนภาพถ่ายทางอากาศ

4. ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

5. สรุปผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์



ผลการศึกษา

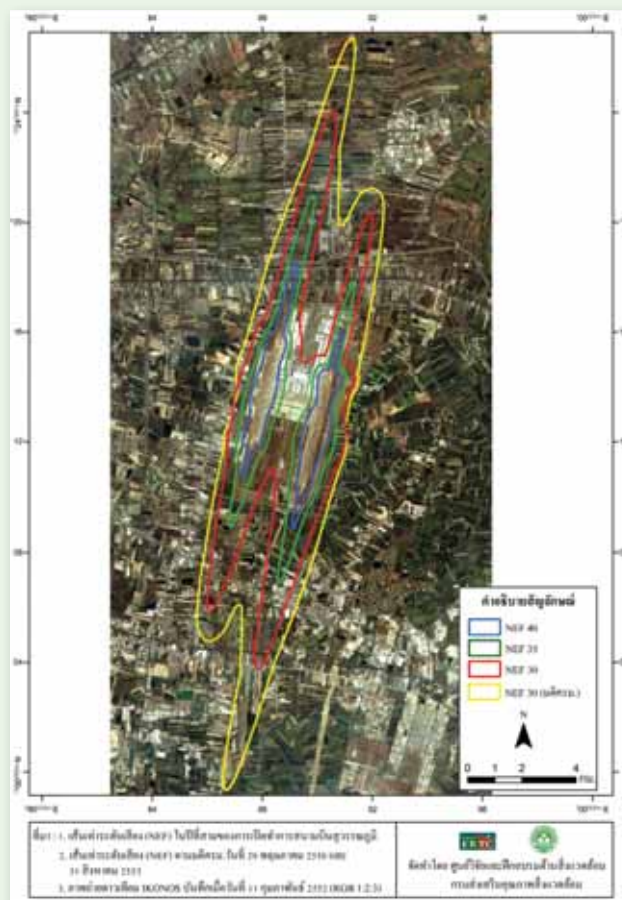
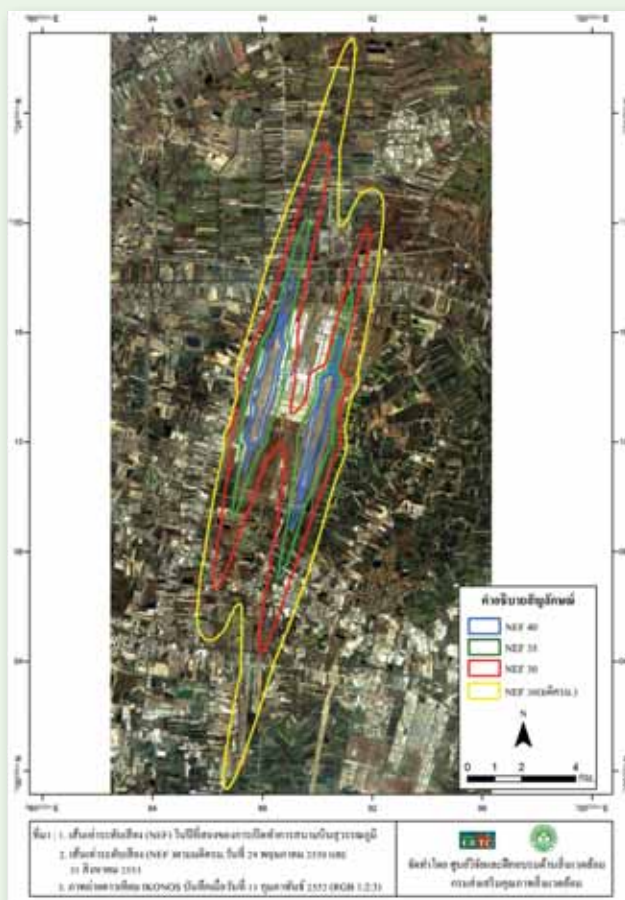
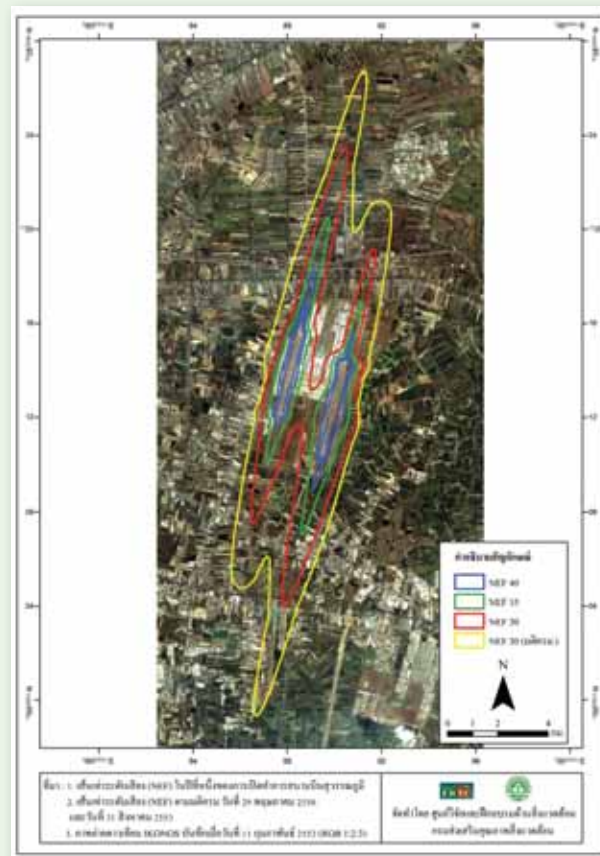
1. สถานการณ์มลพิษทางเสียงของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

จากข้อมูลการจราจรทางอากาศของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในช่วงวันที่ 7-13 มกราคม 2553 นำมาป้อนเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ระดับเสียงจากอากาศยาน INM Version 7.0b โดยใช้ข้อมูลจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยใน 7 วัน ของช่วงเวลาที่ตรวจวัด ซึ่งมีจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ย 753 เที่ยวบินต่อวัน พบว่า พื้นที่ที่อยู่ในเส้นเท่าระดับเสียง (NEF) มากกว่า 30 คิดเป็นพื้นที่โดยประมาณ 29.04 ตารางกิโลเมตร ซึ่งรวมพื้นที่ทั้งในท่าอากาศยานและพื้นที่ชุมชนโดยรอบ พื้นที่ที่อยู่ในเส้นเท่าระดับเสียง (NEF) ระหว่าง 30 ถึง 40 คิดเป็นพื้นที่โดยประมาณ 23.27 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่อยู่ในเส้นเท่าระดับเสียง (NEF) มากกว่า 40 คิดเป็นพื้นที่โดยประมาณ 5.77 ตารางกิโลเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับกรอบแนวเส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2550 และมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 31 สิงหาคม 2553 พบว่ายังมีพื้นที่น้อยกว่ากรอบตามมติคณะรัฐมนตรีที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานการณ์การบินในปัจจุบันส่งผลกระทบด้านเสียงแต่ไม่เกินจากที่คาดการณ์ไว้ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2550 และมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 31 สิงหาคม 2553 ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เส้นเท่าระดับเสียง (NEF) จากสถานการณ์การบินในช่วง วันที่ 7-13 มกราคม 2553 เปรียบเทียบกับมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2550 และมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 31 สิงหาคม 2553

2. การคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในรอบ 3 ปีที่ผ่านมา

การคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียง (NEF) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการติดตามปัญหาสถานการณ์มลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานในแต่ละปี โดยการนำไปเปรียบเทียบกับกรอบแนวเส้นเสียงที่ได้รับความเห็นชอบก่อนเปิดดำเนินโครงการท่าอากาศยานหรือก่อนการเปลี่ยนแปลงโครงการ ทั้งนี้การคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิจะใช้ข้อมูลการบิน จำนวนเที่ยวบิน เส้นทางการบิน โดยจำนวนเที่ยวบินนั้นจะใช้เที่ยวบินเฉลี่ยรายวันซึ่งมาจากข้อมูลการบินในรอบหนึ่งปี สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ การคาดการณ์ระดับเสียงจากท่าอากาศยานในปีที่ 1 หลังเปิดดำเนินการใช้ข้อมูลจำนวนเที่ยวบิน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2550 และปีที่ 2 ใช้ข้อมูลจำนวนเที่ยวบินตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2551 สำหรับปีที่ 3 ใช้ข้อมูลจำนวนเที่ยวบินตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2552 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงเส้นเท่าระดับเสียง (NEF) จากสถานการณ์การบินย้อนหลัง 3 ปี เปรียบเทียบกับมติคณะรัฐมนตรี

3. การจัดทำแผนที่เส้นเสียงของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอนาคต

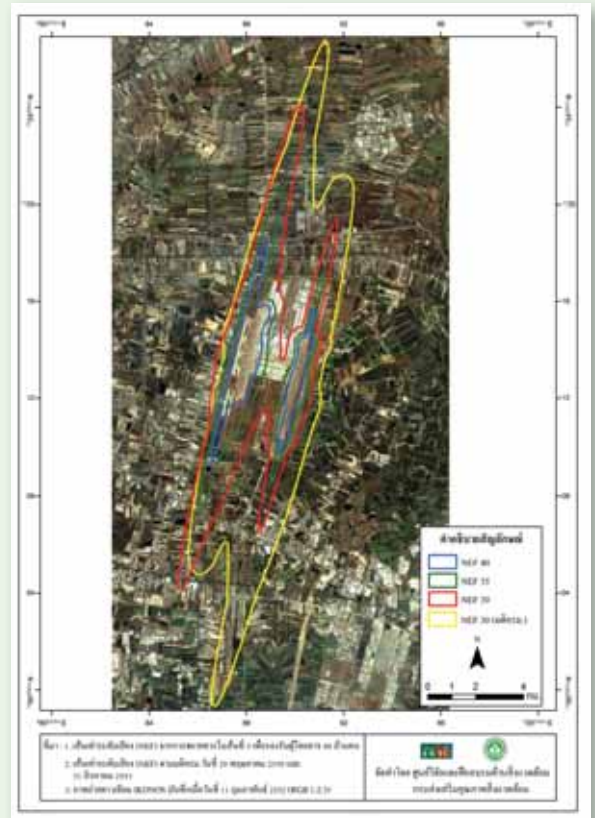
การจัดทำแผนที่เส้นเสียงของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอนาคต ในการศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นในเรื่องขอบเขตพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบในอนาคตจากการเพิ่มขึ้นของเที่ยวบิน และทางวิ่ง โดยใช้ผลการศึกษาตามแผนแม่บทการพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและดอนเมืองฉบับทบทวน (Revised Master Plans for Suvarnabhumi and Don Muang International airports) ปี 2009 ของบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้วางองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศศึกษา และรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ปี 2548 เป็นแนวทางศึกษาในงานวิจัยนี้ โดยกำหนดเป็นทางเลือกต่างๆ ดังนี้

3.1 แนวทางเลือกที่ 1 การขยายทางวิ่งที่ 3 รองรับผู้โดยสาร 80 ล้านคน การใช้สัดส่วนทางวิ่ง 80:20 พื้นที่ผลกระทบด้านเสียงดังแสดงในรูปที่ 3

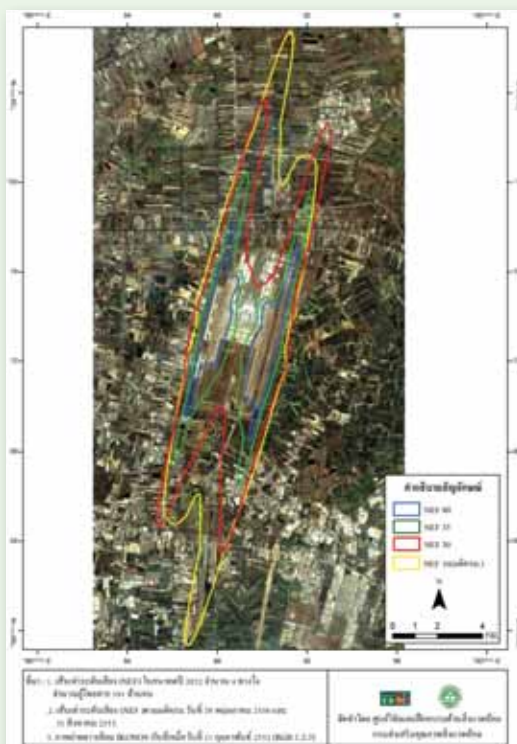
3.2 แนวทางเลือกที่ 2 การขยายทางวิ่งที่ 4 รองรับผู้โดยสาร 100 ล้านคน ตามรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2548^[3] การใช้สัดส่วนทางวิ่ง 50:50 พื้นที่ผลกระทบด้านเสียงดังแสดงในภาพที่ 4

3.3 แนวทางเลือกที่ 3 การขยายทางวิ่งที่ 4 รองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคน (ตามรายงานแผนแม่บทพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ICAO final report 2009) การใช้สัดส่วนทางวิ่ง 50:50 พื้นที่ผลกระทบด้านเสียงดังแสดงในภาพที่ 5

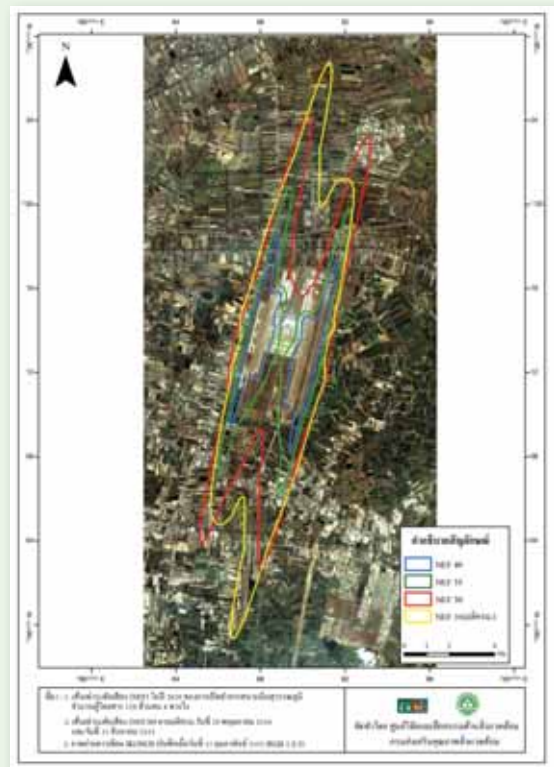
สำหรับปัจจัยหลักที่มีผลต่อการจัดทำแผนที่เส้นเสียงสำหรับอนาคต ประกอบด้วย เส้นทางการบิน จำนวนเที่ยวบิน และ ชนิดหรือประเภทของเครื่องบิน



ภาพที่ 3 เส้นเท่าระดับเสียงจากการขยายทางวิ่งเส้นที่ 3 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 80 ล้านคน



ภาพที่ 4 เส้นเท่าระดับเสียงจากการขยายทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 101 ล้านคน



ภาพที่ 5 เส้นเท่าระดับเสียงจากการขยายทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคน

4. การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินอันเนื่องจากการเปิดใช้สนามบินสุวรรณภูมิ และเพื่อทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปิดสนามบิน รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมกับสนามบินต่อไปในอนาคต โดยการกำหนดพื้นที่ศึกษานั้นใช้เส้นเท่าระดับเสี่ยงตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 29 พฤษภาคม 2550 และมติบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) วันที่ 31 สิงหาคม 2553 โดยนำเส้นเท่าระดับเสี่ยงดังกล่าว ซ้อนทับกับข้อมูลขอบเขตการปกครองในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งพื้นที่ที่คาดการณ์ว่าจะได้รับผลกระทบด้านมลพิษทางเสียงนั้น อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ ได้แก่ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี แขวงลำปลาหัว แขวงคลองสามประเวศ แขวงคลองสองต้นนุ่น แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง และเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่ ตำบลบางโฉลง ตำบลหนองปรือ ตำบลราชาเทวะ ตำบลบางพลีใหญ่ ตำบลบางปลา และตำบลศีรษะจรเข้น้อย

1. การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (Existing Land Use) บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานปี 2553

การดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบดิจิทัลไฟล์จากสำนักงานโยธาธิการและผังเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ.2547^[4] สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2549^[5] และกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2549^[6] รวมทั้งดำเนินการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติมร่วมกับการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT ปี 2544^[7] และภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS บันทึกเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ ปี 2552 ผลการศึกษาพบว่า จากการจัดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 25 ประเภท พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบตามเส้นเท่าระดับเสี่ยงตามมติคณะรัฐมนตรี ได้แก่ พื้นที่ประเภทเพาะเลี้ยงปลา/กุ้ง ประมาณ 92.02 ตร.กม. หรือ ประมาณ 57,515 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 28.25 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ที่อยู่อาศัยหมู่บ้านต่างๆ ประมาณ 84.43 ตร.กม.หรือ ประมาณ 52,768 ไร่ หรือร้อยละ 25.91 ซึ่งรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ แสดงดังภาพที่ 6 และตารางที่ 1

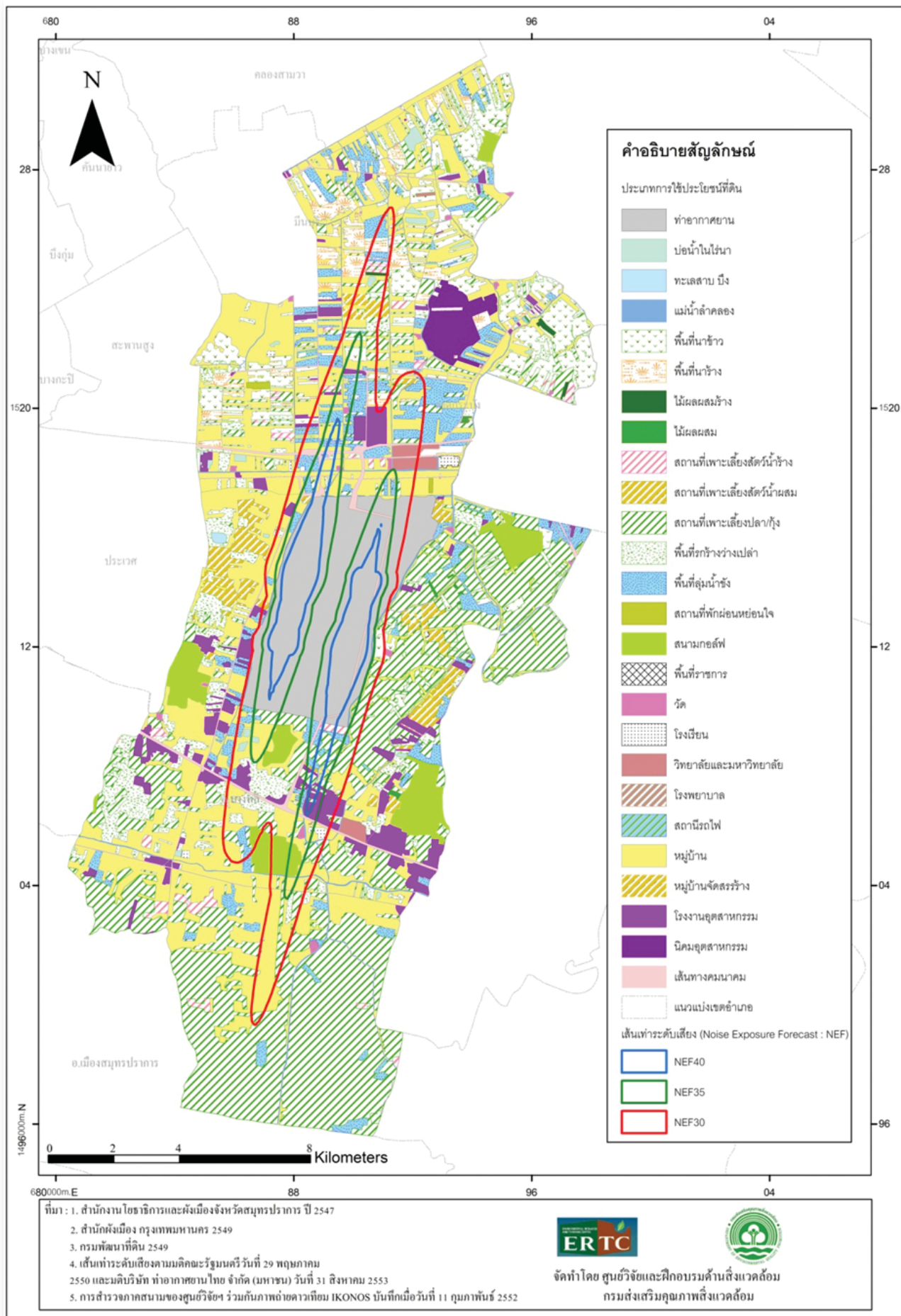


รายงานผลงานวิจัย



4.2 ผังเมืองรวมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

หากพิจารณาตามข้อกำหนดผังเมืองรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทตามท้ายกฎกระทรวง จะเห็นว่า พื้นที่รอบสนามบินสุวรรณภูมิ ได้แก่ ย่านถนนบางนา-ตราด ถนนกิ่งแก้ว ถนนลาดกระบัง ถนนหลวงแพ่ง ถนนฉลองกรุง ถนนร่มเกล้า เป็นพื้นที่ที่เป็นรอยต่อของกรุงเทพมหานครกับจังหวัดสมุทรปราการ การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่เดิมนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณด้านเหนือของสนามบิน ตามข้อกำหนดของผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ปี 2549 ได้กำหนดให้พื้นที่ในย่านนี้เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (พื้นที่สีเขียว) และอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม (พื้นที่สีเขียวมีกรอบเส้นทแยงสีเขียว) อย่างไรก็ตามพื้นที่ข้างต้นในช่วงหลังจากเปิดใช้สนามบินก็มีการพัฒนาบ้านจัดสรรอยู่พอสมควร โดยเฉพาะบ้านเดี่ยว เนื่องจากไม่มีข้อกำหนดผังเมืองห้ามไว้ รวมทั้งการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ได้แก่ คลังสินค้า นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังและคลังเก็บสินค้าบนถนนเจ้าคุณทหาร [8] ซึ่งหากพิจารณาถึงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันแล้ว พื้นที่โดยส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่ด้านใต้ ด้านตะวันออก กำลังจะกลายเป็นที่อยู่อาศัย เนื่องจากได้มีการขยายตัวของโครงการหมู่บ้านจัดสรรต่างๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่วนในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการและด้านตะวันตก ของสนามบิน มีการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ผสมผสานกันระหว่างด้านอุตสาหกรรม พาณิชยกรรมและเกษตรกรรม เนื่องจากข้อกำหนดของผังเมืองรวมสมุทรปราการปี 2544 กำหนดไว้ค่อนข้างหลากหลาย พื้นที่ด้านตะวันตกบริเวณถนนกิ่งแก้ว เป็นที่ดินประเภทพาณิชยกรรม (พื้นที่สีแดง-แต่เดิมเป็นพื้นที่สีม่วงหรือประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ย่านนี้จึงยังมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่มาก) ด้านทิศใต้บริเวณถนนบางนา-ตราด ส่วนใหญ่เป็นที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (พื้นที่สีเขียว) และด้านตะวันออก ได้กำหนดไว้สลับกันระหว่างพื้นที่สีเขียว พื้นที่สีเหลือง (ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย) และพื้นที่สีม่วงในย่านวัดศรีวาน้อย บางเสาธง บางพลีและบางบ่อ รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทตามข้อกำหนดผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ แสดงดังภาพที่ 7



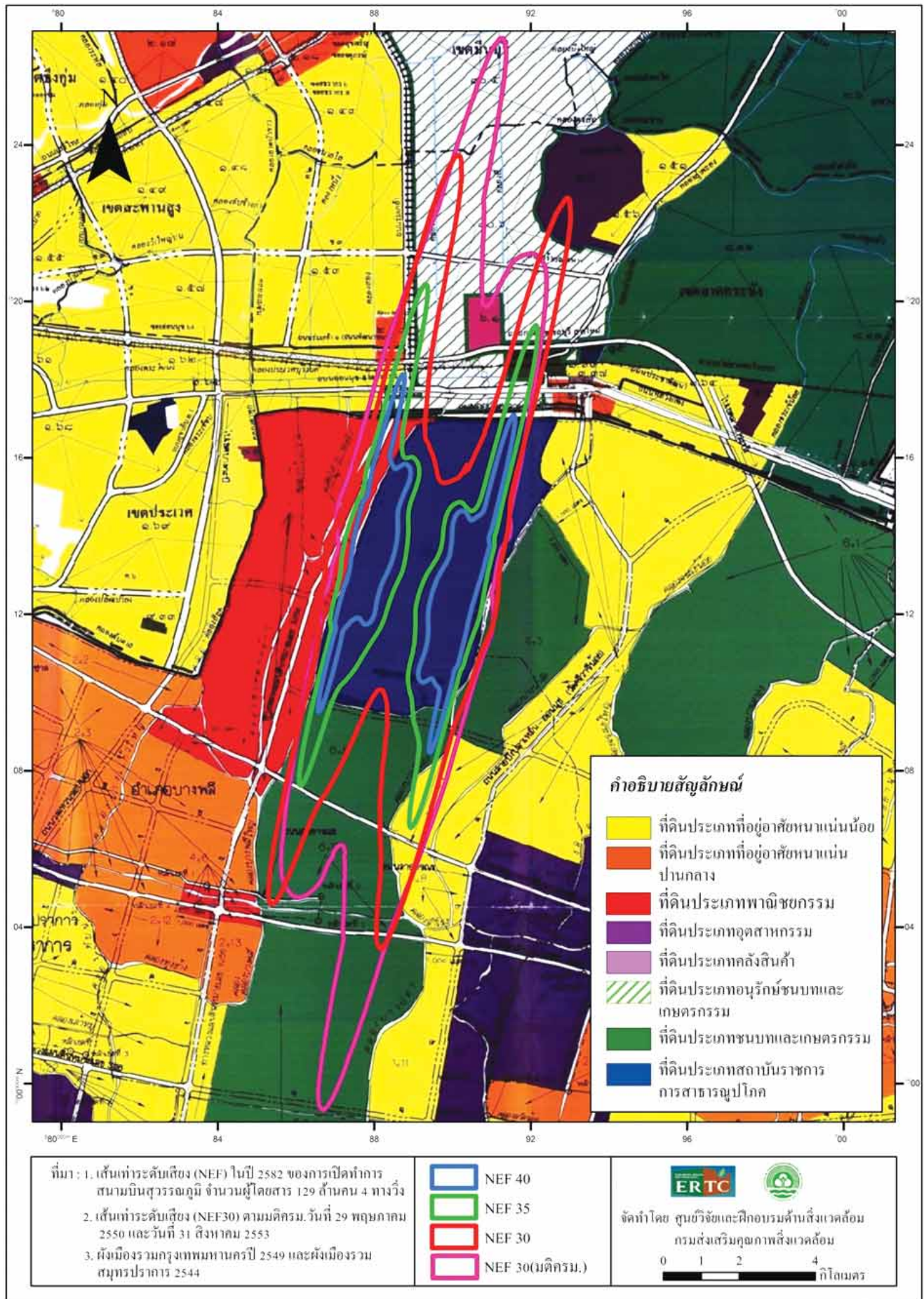
ภาพที่ 6 แสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (Existing Land Use) บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานปี 2553

ตารางที่ 1 แสดงขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (Existing Land Use) บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานปี 2553

ลำดับที่	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
1	หมู่บ้าน	84.43	52,769	25.91
2	พื้นที่นาข้าว	20.94	13,088	6.43
3	พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	17.29	10,809	5.31
4	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา/กุ้ง	92.02	57,516	28.25
5	บ่อน้ำในไร่นา	1.41	880	0.43
6	พื้นที่ลุ่มน้ำขัง	20.07	12,542	6.16
7	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	8.49	5,306	2.61
8	พื้นที่นาร้าง	6.43	4,017	1.97
9	โรงงานอุตสาหกรรม	12.70	7,940	3.90
10	วิทยาลัยและมหาวิทยาลัย	1.62	1,012	0.50
11	สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ	0.51	318	0.16
12	โรงเรียน	0.68	425	0.21
13	ไม้ผลผสมร้าง	0.29	178	0.09
14	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	0.25	159	0.08
15	แม่น้ำลำคลอง	4.75	2,972	1.46
16	วัด	0.70	436	0.21
17	หมู่บ้านจัดสรรร้าง	2.21	1,380	0.68
18	สถานีรถไฟ	0.01	6	0.00
19	ไม้ผลผสม	0.26	163	0.08
20	สนามกอล์ฟ	10.84	6,776	3.33
21	นิคมอุตสาหกรรม	4.03	2,516	1.24
22	เส้นทางคมนาคม	5.81	3,629	1.78
23	ทะเลสาบ บึง	0.16	101	0.05
24	ท่าอากาศยาน	29.84	18,649	9.16
25	โรงพยาบาล	0.06	36	0.02
	รวม	325.80	203,622	100.00

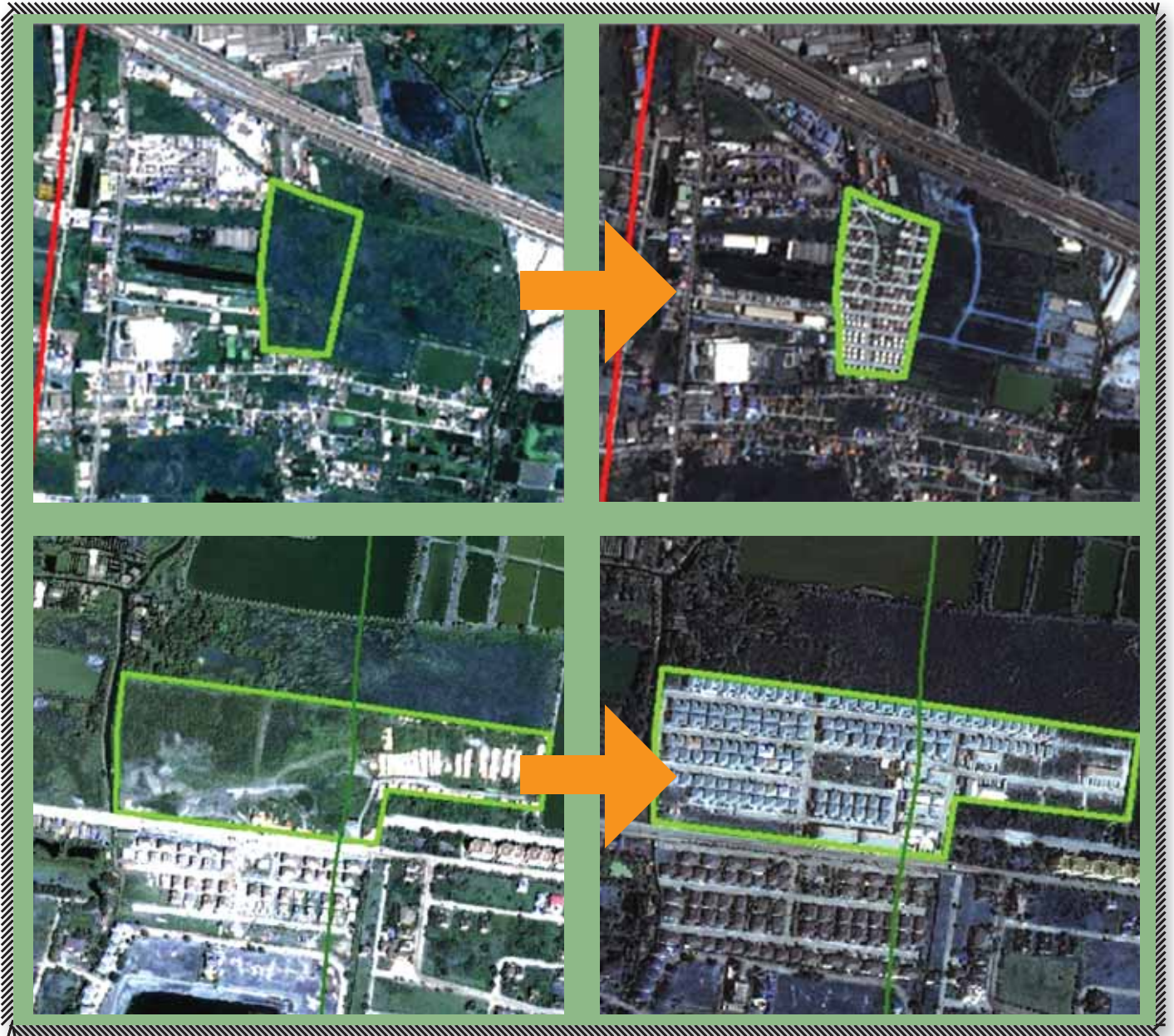
ที่มา : ขนาดพื้นที่คำนวณจาก Digital file ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์





ภาพที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทตามข้อกำหนดผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า หากสนามบินมีการขยายทางวิ่งเป็น 4 ทางวิ่งแล้ว เส้นเท่าระดับที่เสียงที่คาดการณ์ไว้จะขยายไปทางแนวตะวันตก และตะวันออกมากยิ่งขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็จะหดสั้นลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ตามเส้นเท่าระดับเสียงตามมติคณะรัฐมนตรี (สีชมพู) ดังนั้น หากกฎหมายผังเมืองรวมไม่สามารถบังคับใช้ได้ และยังมีการอนุญาตให้มีการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ผู้ได้รับผลกระทบด้านเสียงจะขยายเพิ่มมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พบว่ายังมีการอนุญาตให้ก่อสร้างบ้านจัดสรรอยู่ดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 8 แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นนาร้างในปี 2544 (รูปซ้าย) และแสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นหมู่บ้านในปี 2552 (รูปขวา)

สำหรับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมกับการพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในอนาคต ควรจัดการพื้นที่ที่เป็นคลังสินค้า การคมนาคมขนส่ง การขนถ่ายสินค้ามากกว่าจะจัดเป็นที่อยู่อาศัย เพื่อเป็นการป้องกันมิให้ประชาชนได้รับผลกระทบมลพิษทางเสียงจากการขึ้นลงของเครื่องบิน ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงเขตพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบด้านเสียงจากกิจกรรมการบิน และการบังคับใช้กฎหมายผังเมืองให้เป็นรูปธรรมมากที่สุด

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการขยายทางวิ่งท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ พบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากสถานการณ์การบินปัจจุบันในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาอยู่ในกรอบแนวเส้นเท่าระดับเสียง(NEF)ตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 29 พฤษภาคม 2553 และวันที่ 31 สิงหาคม 2553 แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์การบินปัจจุบัน มีได้เพิ่มจำนวนผู้ได้รับผลกระทบ แต่หากจำนวนเที่ยวบินมากกว่าในปัจจุบัน (700 เที่ยวบิน) อาจจะทำให้เส้นเท่าระดับเสียงออกนอกกรอบตามที่ คณะรัฐมนตรีกำหนด โดยในอนาคตจะต้องเผชิญกับปัญหานี้อย่างแน่นอน ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้กำหนดแนวทางเลือกเกี่ยวกับการพัฒนาท่าอากาศยาน โดยใช้ข้อมูลจากแผนแม่บทพัฒนาท่าอากาศยานฉบับทบทวนปี 2552 ของบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด(มหาชน) เป็นข้อมูลหลักในการจัดทำแนวทางเลือก 3 แนวทาง คือ สถานการณ์ที่ 1 เมื่อเพิ่มทางวิ่งเส้นที่ 3 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 80 ล้านคน สถานการณ์ที่ 2 เมื่อเพิ่มทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 101 ล้านคน โดยสถานการณ์นี้ใช้สัดส่วนการใช้ทางวิ่ง 50:50 และสถานการณ์ที่ 3 เมื่อเพิ่มทางวิ่งเส้นที่ 3 และ 4 เพื่อรองรับผู้โดยสาร 129 ล้านคน โดยสถานการณ์นี้ใช้สัดส่วนการใช้ทางวิ่ง 50:50 จะมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบดังแสดงในรูปที่ 25 ในกรณีนี้จำนวนผู้โดยสารจะเป็นไปตามรายงานในแผนพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิฉบับทบทวนเมื่อเมษายน 2552 ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ สำหรับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของสนามบินสุวรรณภูมิ หากพิจารณาตามหลักการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน ตามหลักของ (FAA) ยังไม่เหมาะสมมากนัก เพราะบริเวณโดยรอบสนามบินมีชุมชน โรงเรียน วัด เข้ามาจัดตั้งอยู่โดยรอบ ทำให้การบังคับใช้กฎหมายผังเมืองในส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร กล่าวคือในต่างประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโดยรอบสนามบิน ส่วนใหญ่จะเป็นไปตามกฎหมายผังเมือง ในขณะที่สนามบินสุวรรณภูมิเต็มไปด้วยชุมชนที่นับวันจะยิ่งเพิ่มขนาดขึ้น ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับสนามบิน จึงเป็นมาตรการเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้ง รัฐบาล กรมโยธาธิการและผังเมือง บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม ควรเข้ามาร่วมกันวางแผน เพราะเมื่อพิจารณาจากต้นแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สามารถเข้ากันได้กับสนามบินของ FAA แล้ว หากประเทศไทยเรานำมาใช้ควรคำนึงถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ด้วย เนื่องจากพื้นที่บริเวณโดยรอบสนามบินสุวรรณภูมิเป็นพื้นที่ลุ่ม น้ำท่วมขังมาก่อน หากจัดให้พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยส่วนใหญ่ที่มีระดับเสียงดังมากกว่า 75+DNL เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น บ่อปลา ในขณะที่มีนกประจำถิ่น หรือนกที่อพยพย้ายถิ่นในช่วงฤดูหนาวออกมาหากิน อาจจะอุปสรรคต่อการขึ้นและลงของเครื่องบิน





อนึ่ง หากสามารถแก้ปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เข้ากันได้กับท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้จะสามารถนำไปเป็นต้นแบบให้กับสนามบินอื่นๆ ภายในประเทศได้ เช่น สนามบินหาดใหญ่ สนามบินเชียงใหม่ หรือสนามบินภูเก็ต เป็นต้น เพราะไม่ว่าอย่างไรสนามบินก็เปรียบเสมือนเศรษฐกิจหลักของประเทศ ถ้าหากแก้ปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เข้ากันได้กับสนามบินและตรงจุด ก็จะทำให้สนามบินอยู่คู่กับชุมชนได้เป็นอย่างดี ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยาน ตามที่ได้แนะนำไว้ในมาตรฐานระหว่างประเทศและแนวปฏิบัติที่ดี ตามภาคผนวกที่ 16 เล่มที่ 1 เรื่อง เสียงจากอากาศยาน ตามที่บัญญัติไว้ในอนุสัญญาว่าด้วยการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ค.ศ. 1944 (The Convention on Civil Aviation 1944) และมติสมัชชาขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization) ที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยมาตรการลดผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานในกิจกรรมการบินพลเรือนระหว่างประเทศที่ได้รับการยอมรับ และนำไปปฏิบัติในประเทศภาคีแห่งอนุสัญญาในลักษณะที่ยืดหยุ่นและปรับให้เหมาะสมกับสภาพปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานในแต่ละสนามบินอย่างเหมาะสม ที่เรียกว่า “Balanced Approaches” ประกอบด้วยมาตรการที่สำคัญ 5 มาตรการ ได้แก่ (1) การลดเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียง (2) การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการ (3) วิธีการปฏิบัติการบินที่ลดเสียง (4) ข้อจำกัดในการปฏิบัติการ และ (5) มาตรการทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการติดตามตรวจสอบระดับเสียงจากอากาศยานอย่างต่อเนื่องและอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งเป็นมาตรการที่สามารถนำไปปรับใช้เพื่อส่งเสริมและตรวจสอบประสิทธิภาพการบังคับใช้ของมาตรการที่กล่าวมาแล้วี่มาตรการ จึงเป็นแนวปฏิบัติที่ดีต่อการปรับใช้กับการจัดการปัญหามลพิษทางเสียงจากอากาศยานกรณีท่าอากาศยานสุวรรณภูมิด้วย



เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). รายงานการศึกษาและวิเคราะห์โครงการพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (ปีงบประมาณ 2554-2559). กรุงเทพฯ: บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน). (2553).
- [2] แผนแม่บทการพัฒนาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและดอนเมืองฉบับทบทวน (Revised Master Plans for Suvarnabhumi And Don Muang International airports) ปี 2009 ของบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) จัดทำโดย องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO)
- [3] บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด. การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (สืบเนื่องจากการเพิ่มจำนวนผู้โดยสารในปีดำเนินการ) ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมนเนจเม้นท์ จำกัด. (2548).
- [4] สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดสมุทรปราการ.การใช้ประโยชน์ที่ดิน.ดิจิทัลไฟล์.สมุทรปราการ.(2547).
- [5] สำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร.การใช้ประโยชน์ที่ดิน.ดิจิทัลไฟล์.กรุงเทพมหานคร. (2549).
- [6] กรมพัฒนาที่ดิน. การใช้ประโยชน์ที่ดิน.ดิจิทัลไฟล์. กรุงเทพมหานคร. (2549)
- [7] บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน).ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT.ดิจิทัลไฟล์ (TIFF) (2544).
- [8] กรมโยธาธิการและผังเมือง. เอกสารสรุปโครงการวางและจัดทำผังเมืองเฉพาะสุวรรณภูมิมหานคร. [Online] Available from: <http://eservices.dpt.go.th/eservices/project/suvarnabhumi/project.pdf> [Access September 20, 2010].



ด้านอากาศ เสี่ยง และความสิ้นสะท้อน

คุณสมบัติการลดทอนความสิ้นเปลืองตามระยะทางของกลุ่มชุดดิน เขตภาคกลางของประเทศไทย



คุณสมบัติการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของกลุ่มชุดดินเขตภาคกลางของประเทศไทย

Vibration Attenuation Characteristics in Soils for Central Region in Thailand

วิรัช เอื้อทรงธรรม อำนวยชัย คงดี และเจษฎาพร รอดพิพัฒน์

บทคัดย่อ

คุณสมบัติการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของกลุ่มชุดดินนั้นว่าเป็นประเด็นที่สำคัญซึ่งในปัจจุบันนี้การวิจัยศึกษาการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของดินโดยการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรวมทั้งจังหวัดในภาคกลางตอนล่าง



โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนของดินในแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับคำนวณหาค่าระดับลดลงของความสั่นสะเทือนของดินในพื้นที่และใช้ประเมินผลกระทบในเบื้องต้นเพื่อประกอบการจัดทำรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้จากการศึกษาพบว่า ขนาดของเม็ดดินที่ได้ทำการศึกษาในแต่ละพื้นที่จะมีขนาดเล็กมากๆ เกือบทุกจุดตรวจวัดเม็ดดินสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้มากกว่าร้อยละ 93 แสดงว่าพื้นที่ที่ทำการศึกษาเกือบทั้งหมดจะเป็นดินเหนียวที่ละเอียดมากๆ ส่วนผลการทดสอบความแน่นของดินในช่วงระยะ 20 เซนติเมตรจากผิวดิน พบว่าพื้นที่จุดตรวจวัดที่ผิวดินมีความอ่อนนุ่มมากๆ (Very soft) มี 6 จุดตรวจวัด ผิวดินที่มีความอ่อน (Soft) มี 8 จุดตรวจวัด ผิวดินที่มีความแน่นปานกลาง (Medium stiff) มี 9 จุดตรวจวัด ผิวดินที่แน่น (Stiff) มี 2 จุดตรวจวัด และผิวดินที่ดินแน่นมาก (Very stiff) มี 2 จุดตรวจวัด สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนกับขนาดเม็ดดินหรือความแน่นของดิน เมื่อพิจารณาจำนวนข้อมูลขนาดเม็ดดินและความแน่นของดิน เป็นตัวแปรต้นในการศึกษานี้ พบว่าข้อมูลในแต่ละแห่งที่ได้ทำการศึกษาค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้จำกัดอยู่เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น และพบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ($R^2 = 0.4$) กล่าวคือขนาดของเม็ดดินและความแน่นของดินมีผลต่อการลดทอนความสั่นสะเทือนน้อยมาก อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้คำนวณหาค่าการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางได้ในเบื้องต้น สำหรับใช้ประเมินผลการลดทอนความสั่นสะเทือนในพื้นที่ใกล้เคียงกับจุดตรวจวัดที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้นต่อไป

Abstract

The vibration attenuation characteristic of soil is quite important due to it is a basic information for calculation of vibration attenuation in soil. And it will also use for evaluation of the effects from vibration in EIA. The study covers the areas of Bangkok Metropolitan and suburbs and some provinces in the lower part of central region. As the result shows that almost of the measurement points, the soil sizes were rather small which could pass through the no.200 mesh of about 93%. This indicates that the soil in almost of the measurement points is clay but varies for the stiffness. The relationship between vibration attenuation coefficient and the size or stiffness of soil shows a very small significant ($R^2 = 0.4$). However, the study can calculate the vibration attenuation to estimate its effects in the point and beside. The further study should be confirmed the results of this study to make completion.

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน คือ ปัญหาความสั่นสะเทือนจากการก่อสร้างและการจราจร นอกจากจะมีผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนแล้ว ยังมีผลกระทบต่อตัวโครงสร้างของอาคารและโบราณสถานต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร โดยในอนาคตอันใกล้จะมีโครงการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนขนาดใหญ่หลายเส้นทาง เพื่อให้ครอบคลุมการเดินทางในกรุงเทพมหานคร ที่บางเส้นทางจำเป็นต้องพาดผ่านไปยังโบราณสถานและพื้นที่ที่ไวต่อเสียง เช่น วัดและโรงเรียน เป็นต้น โดยส่วนใหญ่โครงสร้างของรางรถไฟฟ้าจะเป็นแบบยกระดับที่จำเป็นต้องมีการตอกเสาเข็ม วางฐานรากและใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในการก่อสร้าง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลักของความสั่นสะเทือน ที่ก่อให้เกิดปัญหาภัยพิบัติโดยรอบในระหว่างการก่อสร้างและระยะดำเนินการ โดยปกติก่อนการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ จะต้องมีการจัดทำรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดทำมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมทั้งในระยะการก่อสร้างและระยะการดำเนินการ



สำหรับการศึกษาความสั่นสะเทือนในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ในรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม จะศึกษาแหล่งกำเนิดของความสั่นสะเทือนและระดับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมขณะก่อสร้างและระยะดำเนินการ และศึกษาการแพร่กระจายของความสั่นสะเทือนผ่านตัวกลางคือดิน ไปยังจุดที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบซึ่งอาจจะเป็นโบราณสถานหรืออาคารบ้านเรือนต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับบริเวณที่จะก่อสร้าง โดยวิธีคำนวณทั่วไปจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนของความสั่นสะเทือนในตัวกลางคือดิน ซึ่งค่าดังกล่าวจะขึ้นกับชุดดินที่แบ่งตามคุณสมบัติทางวิศวกรรม ได้แก่ ขนาดของเม็ดดิน เปอร์เซ็นต์ของ Plastic City Index ในดิน1 แต่ในประเทศไทยมีการศึกษาด้านนี้อยู่ในพื้นที่เฉพาะกรุงเทพมหานคร โดยดินของประเทศไทยมีการจำแนกชุดดินออกเป็นกลุ่มๆ หลายกลุ่มตามระบบทางวิศวกรรม อนุกรมวิธานดินตามลักษณะกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี โครงสร้างของดิน การยึดเกาะของเนื้อดิน วัตถุต้นกำเนิด ฯลฯ จึงทำให้การส่งผ่านความสั่นสะเทือนในดินกลุ่มต่างๆ มีความแตกต่างกัน ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงมีโครงการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของกลุ่มชุดดินในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรวมทั้งจังหวัดในภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย เน้นการศึกษาเฉพาะชุดดินที่แบ่งตามระบบทางวิศวกรรมของชุดดินเหนียว Soft Bangkok Clay ในเขตภาคกลางตอนล่างในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ฉะเชิงเทราและพระนครศรีอยุธยา เพื่อให้ได้ข้อมูลสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนที่เป็นตัวแทนของดินแต่ละพื้นที่ ไปใช้คำนวณเพื่อกำหนดมาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจากโครงการก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อสุขภาพที่ดีของประชาชนและอนุรักษ์โบราณสถานให้ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างต่างๆ น้อยที่สุด

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้มีการออกสำรวจพื้นที่ที่จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลระดับความสั่นสะเทือนและเก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน โดยเลือกพื้นที่ที่เป็นดินซึ่งไม่มีการถมหรือปรับปรุงหน้าดิน ไม่มีส่วนประกอบของทรายและหิน หลังจากได้พื้นที่ที่ต้องการศึกษาแล้วจะมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำหัววัดความสั่นสะเทือน (Accelerometer) จำนวน 4 ตัว ต่อเข้ากับเครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน (Harmonie) ทั้ง 4 ช่อง สัญญาณโดยผ่านสายสัญญาณ และต่อสายจากเครื่องวัดความสั่นสะเทือนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา
2. ทำการปรับเทียบค่าระดับความสั่นสะเทือนของหัววัดความสั่นสะเทือนทั้ง 4 ตัว กับเครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน โดยใช้เครื่อง Vibration Exciter ปรับค่าระดับความสั่นสะเทือนให้ได้เท่ากับ 139.8 เดซิเบล (dB) ดังภาพที่ 2 ต่อไปนี้
3. ติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดแรงสั่นสะเทือนพร้อมตุ้มเหล็กขนาด 30 กิโลกรัมพร้อมแผ่นรองตุ้มเหล็ก ในตำแหน่งที่ต้องการทำการศึกษาดังภาพที่ 3 ต่อไปนี้
4. นำหัววัดความสั่นสะเทือนทั้ง 4 ตัว ต่อเข้ากับลิ้มขนาดความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ในแนวแกน Z (แนวตั้งฉากกับพื้นดิน) ปักลงดินในตำแหน่งที่ต้องการตรวจวัด คือที่ระยะ 2 เมตร 3 เมตร 4 เมตร และ 5 เมตร จากจุดกำเนิดแรงสั่นสะเทือน ดังภาพที่ 4 ต่อไปนี้
5. เก็บข้อมูลระดับความสั่นสะเทือนโดยปล่อยลูกตุ้มเหล็กลงพื้นเป็นจำนวน 30 ครั้ง (1 ครั้งคือ 1 ชุดข้อมูล) บันทึกค่าความสั่นสะเทือนลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นหน่วยของความเร่ง (m/s^2)
6. ตรวจสอบความหนาแน่นของดินโดยใช้อุปกรณ์สำหรับทดสอบ (Kunzelstap Penetration) โดยนับจำนวนครั้งที่มีการทุบจนแท่งเหล็กจมลงทุก ๆ 20 เซนติเมตร จนถึง 60 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5 ต่อไปนี้
7. เก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม บริเวณใกล้กับจุดกำเนิดแรงสั่นสะเทือนเพื่อส่งวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดิน
8. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้บันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนและสมการการลดทอนของพื้นที่ที่ได้ทำการศึกษา
9. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา
10. จัดทำและเผยแพร่รายงานการศึกษา



ภาพที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความสั่นสะเทือนพร้อมคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 2 แสดงการปรับค่าระดับความสั่นสะเทือนก่อนเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3 แสดงอุปกรณ์กำเนิดแรงสั่นสะเทือนพร้อมตุ้มเหล็กขนาด 30 กิโลกรัม



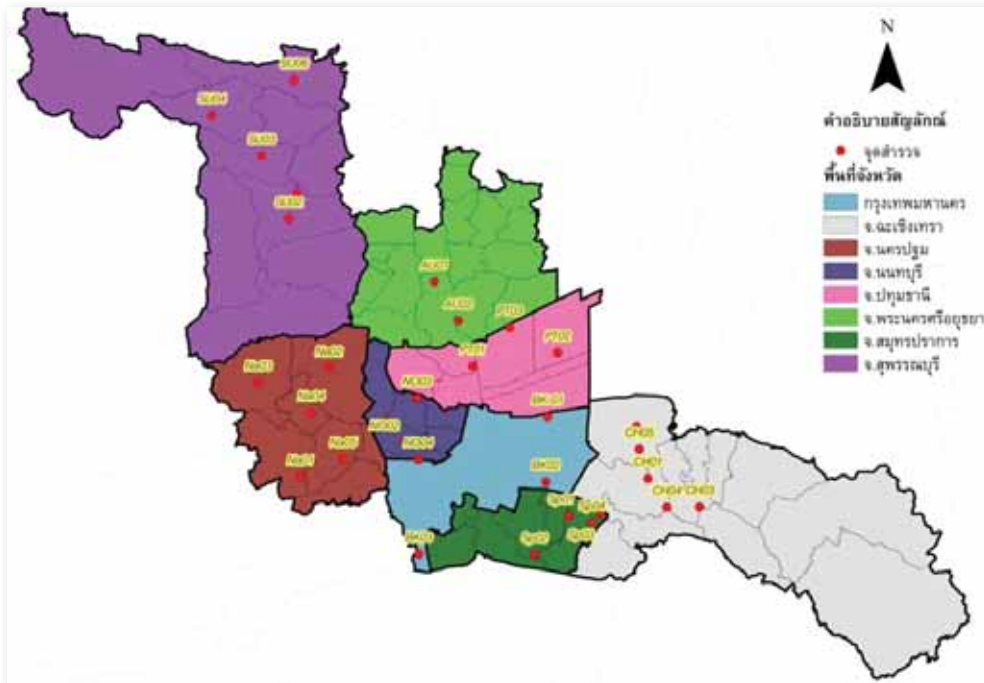
ภาพที่ 4 แสดงหัววัดความสั่นสะเทือนที่ยึดกับลิ้มและปักลงดิน



ภาพที่ 5 แสดงวิธีการใช้อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบความแน่นของดิน

พลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการออกสำรวจพื้นที่ในเขตจังหวัดภาคกลางตอนล่าง เพื่อหาสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลความสั่นสะเทือน โดยพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษานั้นต้องเป็นพื้นที่ดินเดิม ๆ ที่ไม่มีการถมดินเพิ่มเติม ไม่มีส่วนประกอบของทรายและหินมากจนเกินไป จากการออกสำรวจพื้นที่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ปทุมธานี นนทบุรี ฉะเชิงเทรา พระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรีและนครปฐม คณะผู้วิจัยจึงเลือกพื้นที่สำหรับทำการศึกษาเก็บข้อมูลความสั่นสะเทือน ดังแสดงในภาพที่ 6 ต่อไปนี้



ภาพที่ 6 แสดงพื้นที่จุดตรวจวัดในเขตจังหวัดภาคกลางตอนล่าง

การศึกษาการลดทอนระดับความสั่นสะเทือนจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อการลดทอนระดับความสั่นสะเทือน เช่น ค่าความถี่ของแรงสั่นสะเทือน ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงจุดรับแรงสั่นสะเทือน ความหนาแน่นของชั้นดิน โดยการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำตุ้มเหล็กน้ำหนัก 30 กิโลกรัม มาทุบลงดินเพื่อทดสอบค่าแรงสั่นสะเทือนที่ลดทอนลงตามระยะทาง ที่ทำการเก็บข้อมูลระดับความสั่นสะเทือนที่ระยะ 2-5 เมตร โดยที่ระยะมากกว่านี้จะไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดมีไม่มากพอที่จะตรวจวัดได้ หากต้องการวัดที่ระยะมากกว่า 5 เมตร จะต้องเพิ่มน้ำหนักให้มากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อทำการวิเคราะห์ผลข้อมูลโดยใช้ Exponential regression analysis จะได้สมการสำหรับทำนายค่าการลดทอนระดับความสั่นสะเทือน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนและสมการการลดทอนความสั่นสะเทือนของจุดตรวจวัด

จังหวัด	จุดตรวจวัด	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือน, α	สมการการลดทอนความสั่นสะเทือน
กรุงเทพมหานคร	คลองสามวา	0.23	$Y = 1.3136e^{-0.198x}$, $R^2 = 0.48$
	ลาดกระบัง	0.38	$Y = 1.7731e^{-0.276x}$, $R^2 = 0.67$
	บางขุนเทียน	0.15	$Y = 0.9505e^{-0.127x}$, $R^2 = 0.43$
สมุทรปราการ	อ.บางเสาธง	0.27	$Y = 1.0255e^{-0.285x}$, $R^2 = 0.82$
	อ.บางบ่อ 1	0.51	$Y = 2.2506e^{-0.508x}$, $R^2 = 0.79$
	อ.บางบ่อ 2	0.3	$Y = 1.4372e^{-0.193x}$, $R^2 = 0.69$
ปทุมธานี	อ.สามโคก	0.21	$Y = 1.4846e^{-0.216x}$, $R^2 = 0.72$
	อ.หนองเสือ	0.21	$Y = 1.214e^{-0.22x}$, $R^2 = 0.75$
	อ.คลองหลวง	0.21	$Y = 1.9211e^{-0.246x}$, $R^2 = 0.74$

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนและสมการการลดทอนความสั่นสะเทือนของจุดตรวจวัด (ต่อ)

จังหวัด	จุดตรวจวัด	ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือน, α	สมการการลดทอนความสั่นสะเทือน
นนทบุรี	อ.ไทรน้อย	0.35	$Y = 1.2823e^{-0.263x}$, $R^2 = 0.76$
	อ.บางใหญ่	0.2	$Y = 1.2153e^{-0.146x}$, $R^2 = 0.36$
	อ.บางบัวทอง	0.34	$Y = 1.8459e^{-0.315x}$, $R^2 = 0.58$
	อ.บางกรวย	0.3	$Y = 2.0706e^{-0.377x}$, $R^2 = 0.47$
ฉะเชิงเทรา	อ.บางคล้า	0.5	$Y = 1.5558e^{-0.464x}$, $R^2 = 0.92$
	อ.เมือง 2	0.63	$Y = 2.0923e^{-0.628x}$, $R^2 = 0.96$
	อ.บางน้ำเปรี้ยว 2	0.56	$Y = 1.4968e^{-0.551x}$, $R^2 = 0.93$
พระนครศรีอยุธยา	อ.บางไทร	0.3	$Y = 1.0925e^{-0.304x}$, $R^2 = 0.73$
	อ.บางปะอิน	0.54	$Y = 4.1717e^{-0.625x}$, $R^2 = 0.68$
สุพรรณบุรี	อ.เมือง	0.33	$Y = 1.527e^{-0.34x}$, $R^2 = 0.72$
	อ.ดอนเจดีย์	0.33	$Y = 2.4803e^{-0.308x}$, $R^2 = 0.67$
	อ.หนองหญ้าไซ	0.5	$Y = 2.9604e^{-0.479x}$, $R^2 = 0.85$
	อ.เดิมบางนางบวช	0.54	$Y = 2.6336e^{-0.475x}$, $R^2 = 0.72$
นครปฐม	อ.กำแพงแสน	0.27	$Y = 1.7294e^{-0.279x}$, $R^2 = 0.62$
	อ.บ้านแพ้ว	0.23	$Y = 1.5567e^{-0.224x}$, $R^2 = 0.73$
	อ.บางเลน	0.4	$Y = 1.7245e^{-0.324x}$, $R^2 = 0.64$
	อ.ดอนตูม	0.33	$Y = 2.3824e^{-0.295x}$, $R^2 = 0.69$
	อ.นครชัยศรี	0.2	$Y = 1.7601e^{-0.202x}$, $R^2 = 0.52$

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนที่คำนวณได้จากพื้นที่ศึกษาทั้งหมดจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 – 6.3 โดยที่จุดตรวจวัดเขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.5 นั้นแสดงว่า ค่าระดับความสั่นสะเทือนสามารถลดทอนได้น้อยในพื้นที่นี้และที่จุดตรวจวัดอำเภอเมือง 2 จังหวัดฉะเชิงเทรา จะมีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.3 แสดงว่าดินในพื้นที่นี้สามารถลดทอนค่าระดับความสั่นสะเทือนได้มากกว่าจุดอื่นๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้ และจุดตรวจวัดในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเฉลี่ยสูงสุด กล่าวคือพื้นที่จุดตรวจวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนที่น้อยกว่า 0.2 มีจำนวน 1 จุดตรวจวัด ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.2 – 0.29 มีจำนวน 9 จุดตรวจวัด ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 – 0.39 มีจำนวน 9 จุดตรวจวัด และที่เท่ากับหรือมากกว่า 0.4 มีจำนวน 8 จุดตรวจวัด

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินของพื้นที่ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 27 พื้นที่ พบว่าดินใน 18 พื้นที่ มีขนาดเม็ดดินเล็กมากๆ โดยสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้มากกว่าร้อยละ 95 แสดงว่าเป็นดินเหนียวที่ละเอียดมากๆ สำหรับดินในพื้นที่หนองหญ้าไซ เดิมบางนางบวชและดอนตูม จะมีขนาดเม็ดดินที่ใหญ่กว่าเนื่องจากเม็ดดินสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้ร้อยละ 33.8 44.5 และ 56.9 ตามลำดับ และผลการทดสอบความแน่นของเม็ดดินในช่วงระยะ 20 เซนติเมตร จากผิวดินพบว่า พื้นที่จุดตรวจวัดที่ผิวดินมีความอ่อนนุ่มมากๆ (Very soft) หรือมีจำนวนครั้งของการตอกน้อยกว่า 4 ครั้ง มี 6 จุดตรวจวัด คือจุดตรวจวัดคลองสามวา ลาดกระบัง บางเสาธง บางบ่อ2 บางใหญ่และบางบัวทอง ผิวดินที่มีความอ่อน (Soft) มีจำนวนครั้งของการตอก 4-5 ครั้ง มี 8 จุดตรวจวัด คือ จุดตรวจวัดบางขุนเทียน สามโคก ไทรน้อย บางไทร บางปะอิน บ้านแพ้ว บางเลนและนครชัยศรี ผิวดินที่มีความอ่อนนุ่มปานกลาง (Medium soft) จำนวนครั้งของการตอก 6-20 ครั้ง มีจำนวน 9 จุดตรวจวัด คือจุดตรวจวัดบางบ่อ1 หนองเสือ คลองหลวง บางกรวย บางน้ำเปรี้ยว2 เมืองสุพรรณบุรี ดอนเจดีย์ กำแพงแสนและดอนตูม ผิวดินที่มีความแข็ง (stiff) มีจำนวนครั้งของการตอกตั้งแต่ 21-27 ครั้ง มี 2 จุดตรวจวัด คือที่บางคล้าและเมืองฉะเชิงเทรา ผิวดินที่ดินแน่นมาก (Very stiff) มีจำนวนครั้งของการตอกมากกว่า 27 ครั้งขึ้นไป มี 2 จุดตรวจวัด คือจุดตรวจวัดหนองหญ้าไซ และเดิมบางนางบวช ดังแสดงตามตารางที่ 2

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาพบว่าขนาดของเม็ดดินที่ได้ส่งวิเคราะห์เพื่อหาขนาดเม็ดดินนั้นจะมีขนาดเล็กมากๆ เกือบทุกจุดตรวจวัดเม็ดดินสามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้มากกว่าร้อยละ 93 แสดงว่าจุดตรวจวัดที่ได้ทำการศึกษาเกือบทั้งหมดจะเป็นดินเหนียว ที่จุดตรวจวัดอำเภอหนองหญ้าไซและอำเภอดอนเจดีย์ เม็ดดินที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะมีไม่เกินร้อยละ 50 แสดงว่าทั้งสองจุดตรวจวัดนี้มีเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่กว่าปะปนอยู่มากกว่าจุดอื่นๆ สำหรับผลการทดสอบความแน่นของดินในช่วง 20 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่าจุดตรวจวัดที่ผิวดินมีความอ่อนนุ่มมากๆ (Very soft) มี 6 จุดตรวจวัด ผิวดินที่มีความอ่อน (Soft) มี 8 จุดตรวจวัด ผิวดินที่มีความแน่นปานกลาง (Medium stiff) มี 9 จุดตรวจวัด ผิวดินที่แน่น (Stiff) มี 2 จุดตรวจวัด และผิวดินที่แน่นมาก (Very stiff) มี 2 จุดตรวจวัด พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนขนาดของเม็ดดินและความแน่นของดินของการศึกษาครั้งนี้ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนกับขนาดเม็ดดินหรือความแน่นของ



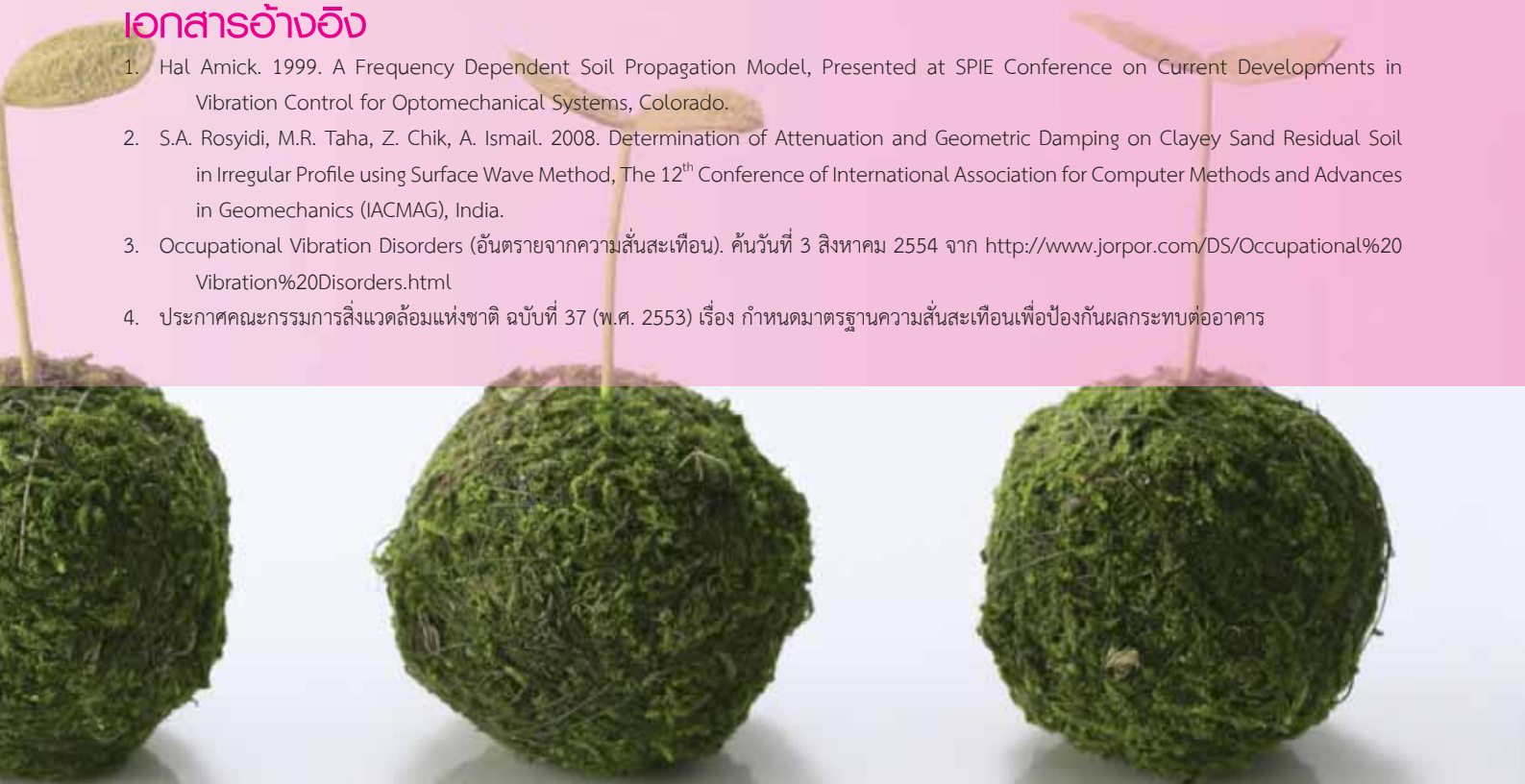


ดินมีน้อยมาก กล่าวคือ ขนาดของเม็ดดินและความแน่นของดินมีผลต่อการลดทอนความสั่นสะเทือนน้อยมาก ($R^2 = 0.4$) เนื่องจากว่าจำนวนข้อมูลขนาดเม็ดดินและความแน่นของดิน ซึ่งเป็นตัวแปรต้นในการศึกษานี้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากจึงทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้จำกัดอยู่เฉพาะในการศึกษานี้เท่านั้น อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนความสั่นสะเทือนที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้คำนวณหาค่าการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางได้ในเบื้องต้น สำหรับใช้ประเมินผลการลดทอนความสั่นสะเทือนในพื้นที่ใกล้เคียงกับจุดตรวจวัดที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้

การศึกษานี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของดินในเบื้องต้น การเก็บข้อมูลระดับความสั่นสะเทือน ข้อมูลดินและสภาพแวดล้อมอาจยังมีไม่มากพอ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยเห็นว่าถ้าต้องการให้ผลการศึกษา มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ควรจะมีการศึกษาและเก็บข้อมูลในแต่ละพื้นที่ให้มากกว่านี้ ซึ่งอาจต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาการศึกษามากขึ้น คณะผู้วิจัยหวังว่าคงจะได้มีโอกาสทำการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าการลดทอนความสั่นสะเทือนตามระยะทางของดินในเขตภาคกลางตอนล่างของประเทศไทยมีความสมบูรณ์มากขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Hal Amick. 1999. A Frequency Dependent Soil Propagation Model, Presented at SPIE Conference on Current Developments in Vibration Control for Optomechanical Systems, Colorado.
2. S.A. Rosyidi, M.R. Taha, Z. Chik, A. Ismail. 2008. Determination of Attenuation and Geometric Damping on Clayey Sand Residual Soil in Irregular Profile using Surface Wave Method, The 12th Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), India.
3. Occupational Vibration Disorders (อันตรายจากความสั่นสะเทือน). ค้นวันที่ 3 สิงหาคม 2554 จาก <http://www.jorpor.com/DS/Occupational%20Vibration%20Disorders.html>
4. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 37 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคาร





ด้านนิเวศ เศรษฐศาสตร์และสังคม

การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้ง และอุทกภัยในประเทศไทย



การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้ง และอุทกภัยในประเทศไทย

Spatial and Temporal Change in droughts and floods in Thailand



อัศมน ลิ่มสกุล วุฒิชัย พวงแก้ว อัศกร คำเมือง และวิมลรัตน์ลี กทาเสนีย์

Atsamon Limsakul Wutthichai Paengkaew Asadorn Kummuang and Wimonratlee Katasaenee

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้ เป็นการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้งและอุทกภัยในประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สำหรับวิเคราะห์ฐานข้อมูลหตุยภูมิ และพื้นที่วิกฤติของภัยแล้งและอุทกภัย รวมทั้งจำนวนราษฎรผู้ประสบภัยระดับอำเภอในภาพรวมของประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 ผลการศึกษา พบว่า ภัยแล้งและอุทกภัย เกิดขึ้นในทุกภูมิภาคของประเทศไทย และมีผลกระทบที่แตกต่างกันทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ฐานข้อมูล Dartmouth Flood Observatory และEM-DAT พบว่าอุทกภัยในประเทศไทย มีแนวโน้มเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคมของทุกปี ซึ่งเป็นผลมาจากภาวะ Monsoonal rain และHeavy rain โดยหลังปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะประสบอุทกภัยเพิ่มขึ้น ดังนั้น ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ รวมถึงผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตของประชาชน และอาจจะส่งผลกระทบรุนแรงขึ้นตามลำดับในอนาคตอันใกล้ อันเนื่องมาจาก Enhanced hydrological cycle ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากกิจกรรมของมนุษย์

คำสำคัญ: ภัยแล้ง; อุทกภัย; พื้นที่วิกฤติ

Abstract

The objectives of this study were to describe spatial-temporal changes in droughts and floods in Thailand based on data base analysis, and to identify their hotspot areas using the Geographic Information System (GIS). The results revealed that hotspot areas of droughts and floods and the number of victims at district level during 2005-2007 occurred in all areas of Thailand which varied greatly over time and space. This was in line with the findings derived from analysis of Dartmouth Flood Observatory and EM-DAT data bases, indicating that most of floods each year occurred during the months of August, September and October, and major causes of floods were heavy rain and monsoonal rain. Since the year 2000 to the present, flood events in Thailand have seemingly increased. Hence, drought and flood-associated disasters can contribute to the impacts on social and economic development of the country and the people's livelihood. It is expected that these effects will intensify in the future, due to anthropogenic enhanced hydrological cycle.

Keywords: Droughts, Flood, Hotspot areas

บทนำ

ภัยแล้งและอุทกภัย จัดเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Natural disaster) ในรูปของสภาวะความรุนแรง (Extreme event) ทางด้านอุทก-อุตุนิยมวิทยา (Hydro-meteorology) ในกลุ่ม More complex event - driven extreme ซึ่งมีต้นกำเนิดจากความแปรปรวนของระบบภูมิอากาศ และวัฏจักรของน้ำ (Hydrological cycle) ทั้งในระยะสั้นและยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความผันแปรของปริมาณฝนในแง่ความถี่ ความรุนแรงและระยะเวลา โดยทั่วไปความรุนแรงและความถี่ของการเกิดเหตุการณ์มักเชื่อมโยงกับกระบวนการตามธรรมชาติที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นดิน มหาสมุทร และบรรยากาศ ในรูปแบบพลังงานความร้อน ความชื้น และโมเมนตัม มีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศโลกที่สำคัญ เช่น North Atlantic Oscillation (NAO), El Nio - Southern Oscillation (ENSO), Global Monsoon, Pacific - North American (PNA) pattern, Pacific Decadal Oscillation (PDO) และ Indian Ocean Dipole (IOD) ^[1] นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่เป็นสาเหตุหลักของการสะสมและเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศหลังจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ยังเป็นปัจจัยเสริมที่ส่งผลให้ภัยแล้งและอุทกภัยมีแนวโน้มความรุนแรงและความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีความแปรปรวนสูงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา เนื่องจากภายใต้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ส่งผลให้ความสามารถในการรองรับความชื้นและไอน้ำของชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ประกอบกับเป็นปัจจัยเร่งการเคลื่อนย้ายมวลน้ำ ความชื้นและพลังงานความร้อนในแต่ละองค์ประกอบของวัฏจักรน้ำให้มีอัตราที่เร็วขึ้นกว่าปกติที่เกิดขึ้นในอดีต

ภัยแล้งและอุทกภัย เป็นภัยพิบัติที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจและสังคม นับเป็นมูลค่ามหาศาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศหนึ่งในทวีปเอเชียที่มีความอ่อนแอต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศความเสียหายที่เกิดขึ้นนับว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาความยากจนและการพัฒนาประเทศในภาพรวม ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมได้มุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยได้จัดทำชุดโครงการวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551-2556 เป็น 4 โครงการย่อย ประกอบด้วย (1) การประเมินสภาวะความรุนแรงและผลกระทบจากอุทกภัยและภัยแล้งในประเทศไทย อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก (2) การวิเคราะห์ความอ่อนแอและความเสี่ยงจากภัยพิบัติ/สภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่วิกฤติ (3) การจัดทำโปรแกรมการวิเคราะห์และประมวลผลดัชนีความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติในระดับจังหวัดและท้องถิ่น และ (4) โครงการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยชุมชน ภายใต้บริบทภูมิปัญญาท้องถิ่นและปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งโครงการดังกล่าวมีความสัมพันธ์ สอดคล้อง และเหมาะสมกับบริบทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย



ที่มา: <http://www.siamrath.co.th/web/?q=category/importance/today-highlights&page=75>



ที่มา: <http://203.155.220.217/samphanthawong/mainspdo.asp?pg=16>

บทความเรื่อง การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้งและอุทกภัยในประเทศไทย เป็นส่วนหนึ่งของผลการศึกษาภายใต้โครงการย่อยที่ 1 การประเมินสภาวะความรุนแรงและผลกระทบจากอุทกภัยและภัยแล้งในประเทศไทย อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้งและอุทกภัยในประเทศไทย จากฐานข้อมูลทุติยภูมิ และวิเคราะห์พื้นที่วิกฤติของภัยแล้งและอุทกภัยโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการวิเคราะห์จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษ การพัฒนาดัชนีความเสี่ยงต่ออุทกภัยและภัยแล้ง รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ประมวลผลดัชนีความอ่อนแอในระดับชุมชน รวมถึงการเตรียมการรองรับ การปรับตัว รวมทั้งแนวทางการลดผลกระทบจากภัยแล้งและอุทกภัยต่อไป

วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้มีขั้นตอนต่างๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. รวบรวมฐานข้อมูลพื้นที่ประสบภัยจากรายงานสถานการณ์สถิติการเกิด ความถี่ ความรุนแรงของภัยแล้ง และอุทกภัย รวมทั้งพื้นที่เสียหายและมูลค่าความเสียหายทางด้านชีวิตและทรัพย์สินในระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2550 จากสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยทุกจังหวัด^[2] ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รวบรวมสถิติและข้อมูลความเสียหายจากภัยแล้งและอุทกภัยที่เกิดขึ้นในแต่ละจังหวัด การรวบรวมข้อมูลได้ดำเนินการคัดลอกโดยตรงจากฐานข้อมูลของแต่ละสำนักงาน พร้อมทั้งสอบถามและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ถึงรายละเอียดของข้อมูล และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลและข้อมูลผิดพลาดหรือสงสัย เพื่อให้เกิดความมั่นใจ ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเทคนิคการสนเทศภูมิศาสตร์

2. รวบรวม คัดลอกสถิติภัยแล้งและอุทกภัยจากฐานข้อมูล EM-DAT และฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory เพื่อ

นำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาในแง่ความถี่ ความรุนแรงและความเสียหายจากภัยแล้งและอุทกภัยในภาพรวมของประเทศไทย สถิติข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งและอุทกภัยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) จนกระทั่งถึงปัจจุบัน ที่ถูกรายงานและบันทึกในฐานข้อมูล EM-DAT^[3] (ฐานข้อมูล EM-DAT เป็นฐานข้อมูลภัยพิบัติระดับโลกที่เปิดให้สาธารณชนทั่วไปนำไปใช้ในด้านต่างๆ และอยู่ภายใต้การดูแลของ Center for Research on the Epidemiology of Disaster) และฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory^[4] (ฐานข้อมูลของเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลด้านต่างๆ เช่น วัน/เวลาที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม ระดับความรุนแรง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ) ถูกสกัดและคัดแยก ตลอดจนนำไปประมวลผลและวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ฐานข้อมูลทั้งสองแหล่งนับเป็นฐานข้อมูลมาตรฐานระดับโลก ที่ถูกนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างกว้างขวาง



ที่มา: <http://www.rd1677.com/branch.php?id=88073>



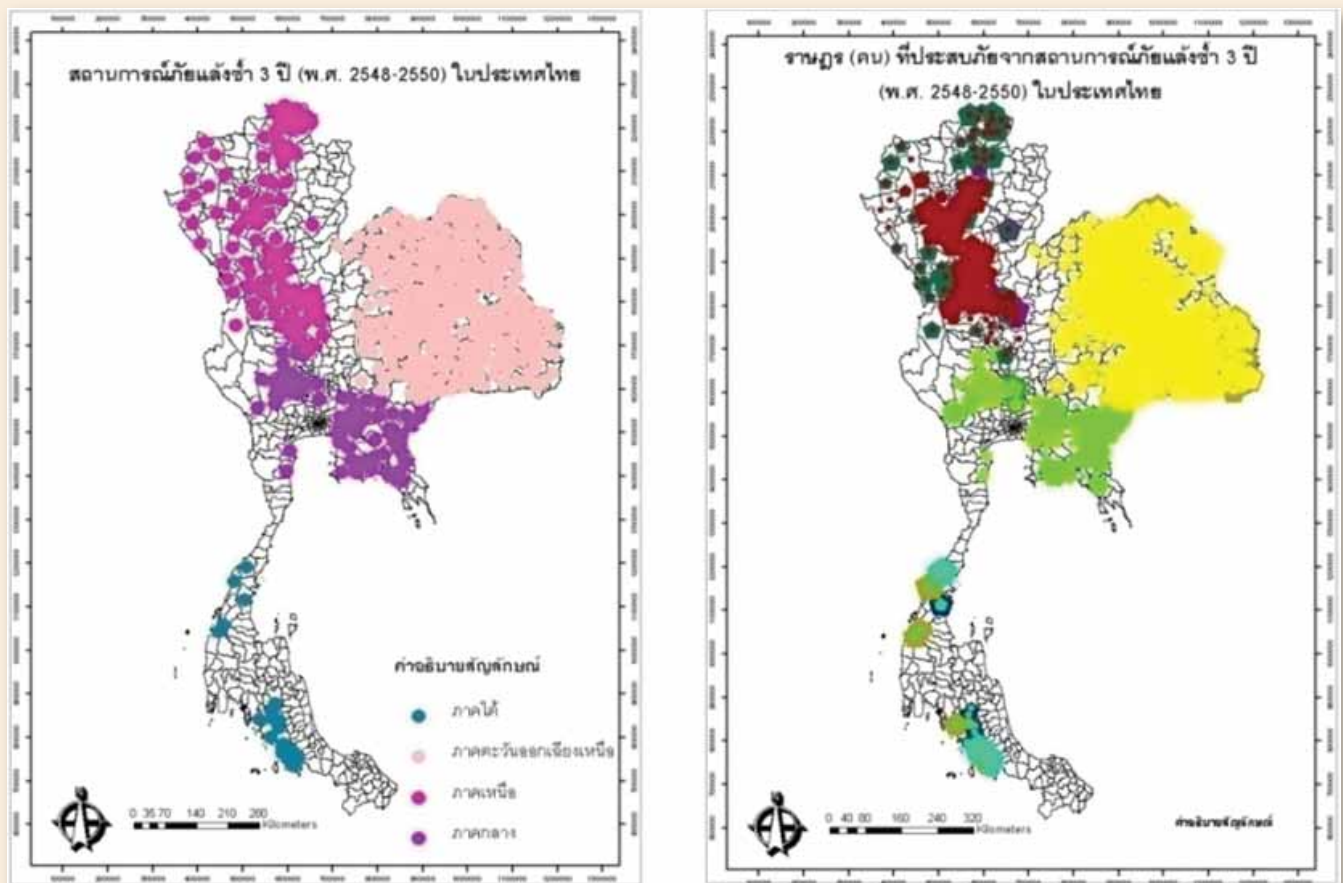
ที่มา: <http://news.mthai.com/general-news/157405.html>

ผลการศึกษาและวิจารณ์

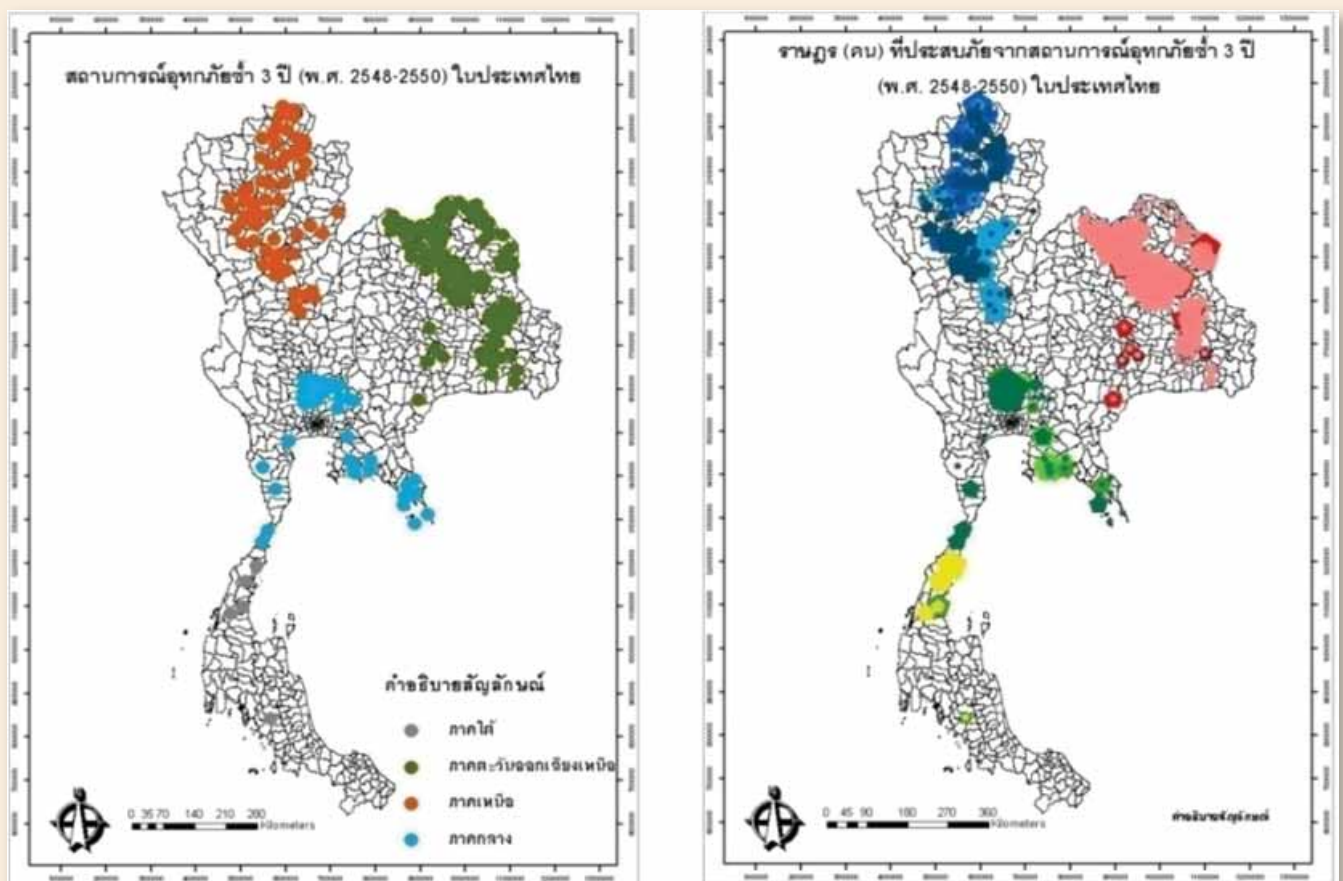
1. การวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ของการเกิดภัยแล้งและอุทกภัย รวมทั้งจำนวนราษฎรผู้ประสบภัยในระดับอำเภอ โดยทำการซ้อนทับข้อมูลทั้งหมดด้วยเทคนิค GIS

ภาพที่ 1 และภาพที่ 2 แสดงพื้นที่ที่มีการเกิดภัยแล้งและอุทกภัยซ้ำสามปีหรือเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดสามปี และจำนวนราษฎรผู้ประสบภัยแล้งและอุทกภัยในช่วงปี พ.ศ. 2548-2550 ในภาพรวมของประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พบว่า ภัยแล้งและอุทกภัยเกิดขึ้นทุกภาคของประเทศไทย โดยจำนวนพื้นที่ที่เกิดมีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละปี รวมทั้งพื้นที่การเกิดซ้ำทั้งสามปีมีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค นอกจากนี้ราษฎรผู้ประสบภัยมีจำนวนที่แตกต่างกันทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา พื้นที่เกิดภัยซ้ำทั้งสามปีในภาพรวมทั้งประเทศ (ภาพที่ 1) ซึ่งพื้นที่เสี่ยงที่เกิดภัยซ้ำซ้ำซาก ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จำนวน 298 อำเภอ รองลงมา คือ ภาคเหนือและภาคกลาง จำนวน 97 และ 66 อำเภอ โดยจำนวนราษฎรผู้ประสบภัยแล้ง มีสัดส่วนสอดคล้องกับจำนวนพื้นที่ประสบภัยแล้ง ส่วนภาพรวมของอุทกภัย ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และภาคกลาง เป็นที่เสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมต่อเนื่องทุกปี โดยจำนวนพื้นที่ประสบภัย 91 อำเภอใน 9 จังหวัดบริเวณตอนเหนือและบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพื้นที่ประสบอุทกภัยในภาคกลางทั้งสิ้น 46 อำเภอ พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มน้ำเจ้าพระยา บริเวณจังหวัดอ่างทองและจังหวัดอยุธยา โดยจะส่งผลให้ราษฎรในพื้นที่นั้นๆ ได้รับผลกระทบเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ (ภาพที่ 2) นอกจากนี้ ตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งและอุทกภัยในแต่ละภูมิภาคและภาพรวมทั้งประเทศ



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ที่ประสบอุทกภัย 3 ปี และราษฎรประสบภัยแล้งซ้ำทั้ง 3 ปี



ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่ที่ประสบอุทกภัย 3 ปี และราษฎรประสบภัยแล้งซ้ำทั้ง 3 ปี

ตารางที่ 1 แสดงพื้นที่ประสบภัยแล้งในแต่ละภูมิภาคและภาพรวมทั้งประเทศ

ภัยแล้ง	ปี 48		ปี 49		ปี 50		ภัยแล้งซ้ำ 3 ปี	
	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด
ภาคกลาง	163	20	93	17	104	15	66	13
ตะวันออกเฉียงเหนือ	321	19	298	19	320	19	298	19
ภาคเหนือ	165	17	162	17	126	12	97	12
ภาคใต้	111	14	26	6	40	6	19	4
ประเทศไทย	760	70	579	59	590	52	480	48

ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่ประสบอุทกภัยในแต่ละภูมิภาคและภาพรวมทั้งประเทศ

อุทกภัย	ปี 48		ปี 49		ปี 50		อุทกภัยซ้ำ 3 ปี	
	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด	อำเภอ	จังหวัด
ภาคกลาง	80	13	174	25	115	18	46	10
ตะวันออกเฉียงเหนือ	109	9	270	16	252	19	91	8
ภาคเหนือ	67	7	183	17	114	10	57	7
ภาคใต้	52	6	54	9	87	11	5	2
ประเทศไทย	308	35	681	67	568	58	199	27

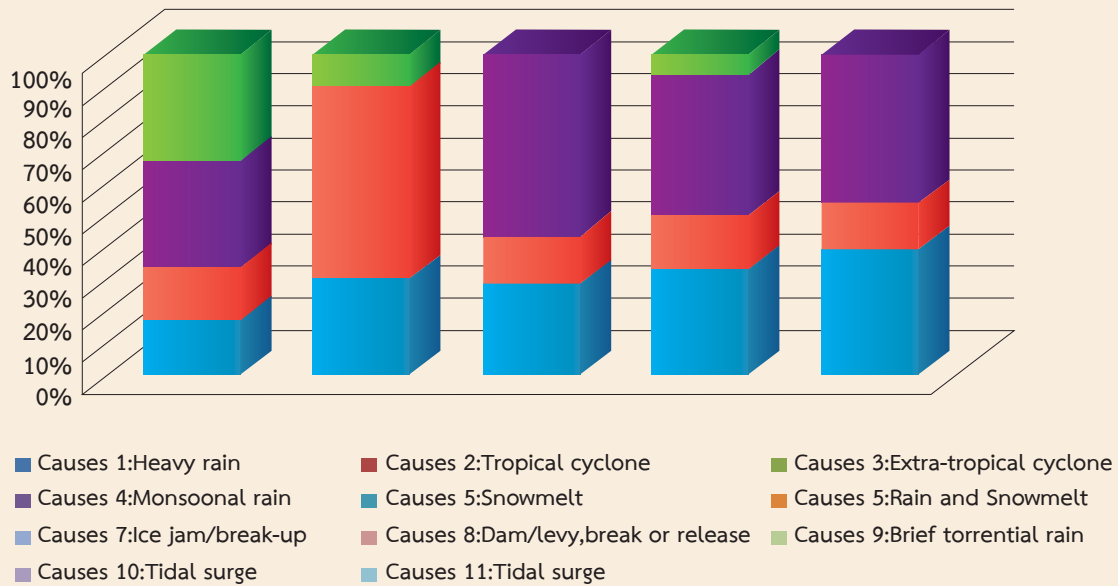
2. การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของอุทกภัยและภัยแล้งจากฐานข้อมูล Dartmouth Flood Observatory และ EM-DAT พบว่า เหตุการณ์น้ำท่วมในประเทศไทย มีสาเหตุหลักจาก Heavy rain, Monsoonal rain, Tropical rain และ Brief torrential rain ซึ่งน้ำท่วมในระหว่าง ปี พ.ศ. 2533–2537 (ค.ศ. 1990–1994) เกิดจาก Tropical rain เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่น้ำท่วมหลังปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) มีสาเหตุหลักจาก Heavy rain และ Monsoonal rain (ภาพที่ 3) ในระหว่างปี พ.ศ. 2528–2551 (ค.ศ. 1985–2008) เหตุการณ์น้ำท่วมส่วนใหญ่ในประเทศไทย เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคมของแต่ละปี อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์น้ำท่วมยังพบเกิดขึ้นในช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม) และช่วงปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน) อีกด้วยเมื่อพิจารณาถึงระดับความรุนแรงซึ่งแบ่งตามนิยามของ Dartmouth Flood Observatory พบว่า น้ำท่วมส่วนใหญ่ในระหว่าง

ปี พ.ศ. 2528–2547 (ค.ศ. 1985–2004) มีความรุนแรงจัดอยู่ใน Class 1 แต่ระดับความรุนแรงของน้ำท่วมใน Class 1.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างปี พ.ศ. 2547–2551 (ค.ศ. 2004–2008) (ภาพที่ 4) พ.ศ. 2528–2551 (ค.ศ. 1985–2008) เหตุการณ์น้ำท่วมส่วนใหญ่ในประเทศไทยเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคมของแต่ละปี อย่างไรก็ตามเหตุการณ์น้ำท่วมยังพบเกิดขึ้นในช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม) และช่วงปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน) อีกด้วยเมื่อพิจารณาถึงระดับความรุนแรงซึ่งแบ่งตามนิยามของ Dartmouth Flood Observatory พบว่าน้ำท่วมส่วนใหญ่ในระหว่างปี พ.ศ. 2528–2547 (ค.ศ. 1985–2004) มีความรุนแรงจัดอยู่ใน Class 1 แต่ระดับความรุนแรงของน้ำท่วมใน Class 1.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างปี พ.ศ. 2547–2551 (ค.ศ. 2004–2008) (ภาพที่ 4)



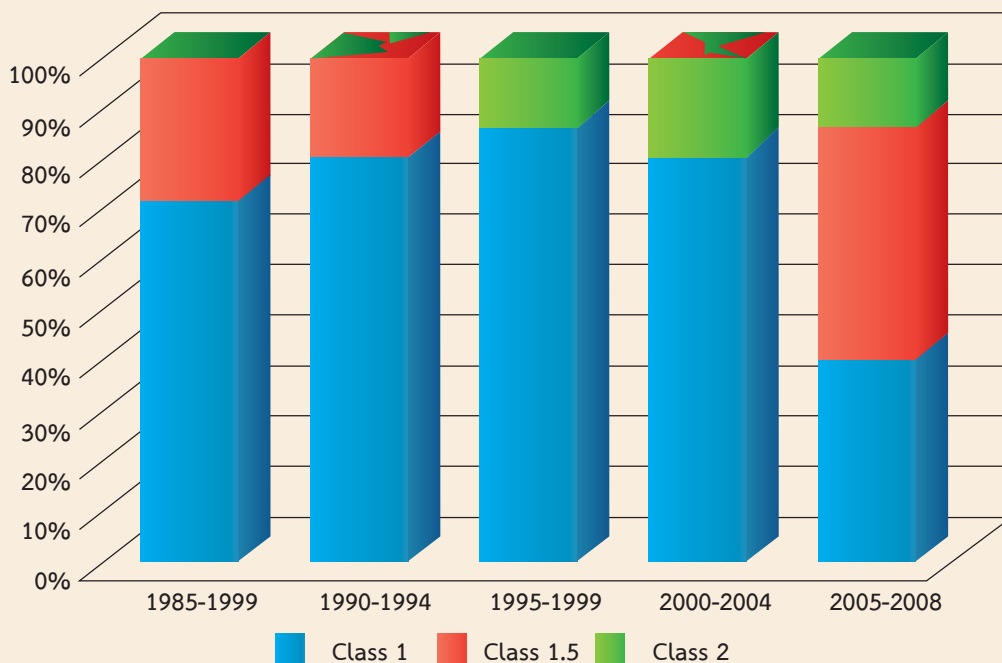
ที่มา: <http://kasamaplust.blogspot.com/2011/10/2554.html>

Main Causes



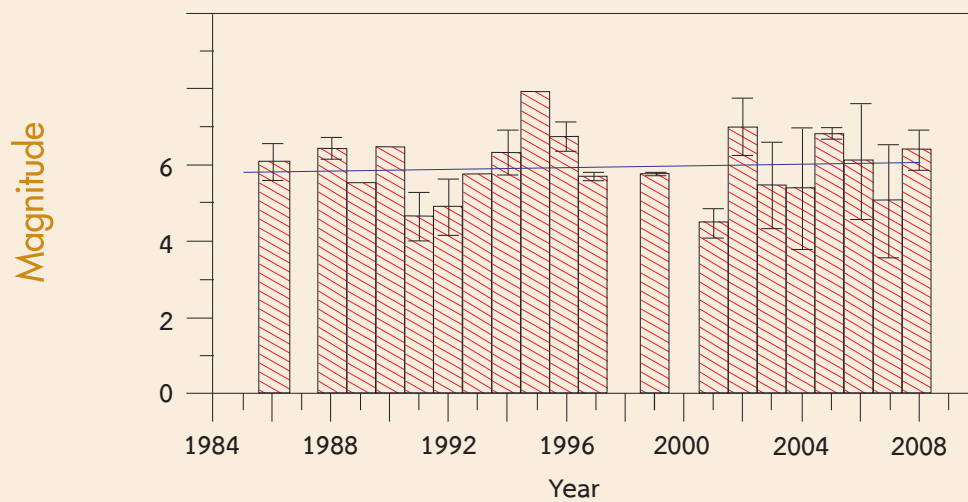
ภาพที่ 3 แสดงสาเหตุของอุทกภัยในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2528-2551 (ค.ศ. 1985 - 2008) วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory

Severity Class

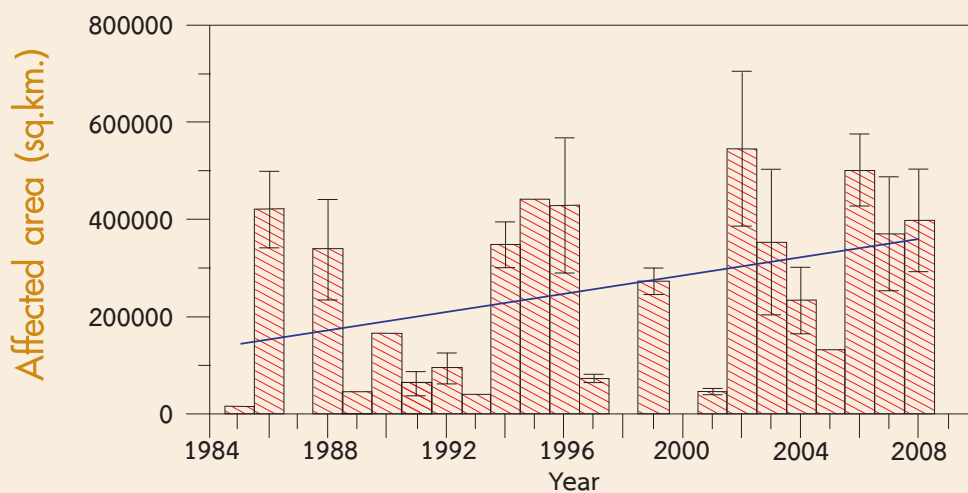


ภาพที่ 4 แสดงระดับความรุนแรงของอุทกภัยในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2528-2551 (ค.ศ. 1985-2008) วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory

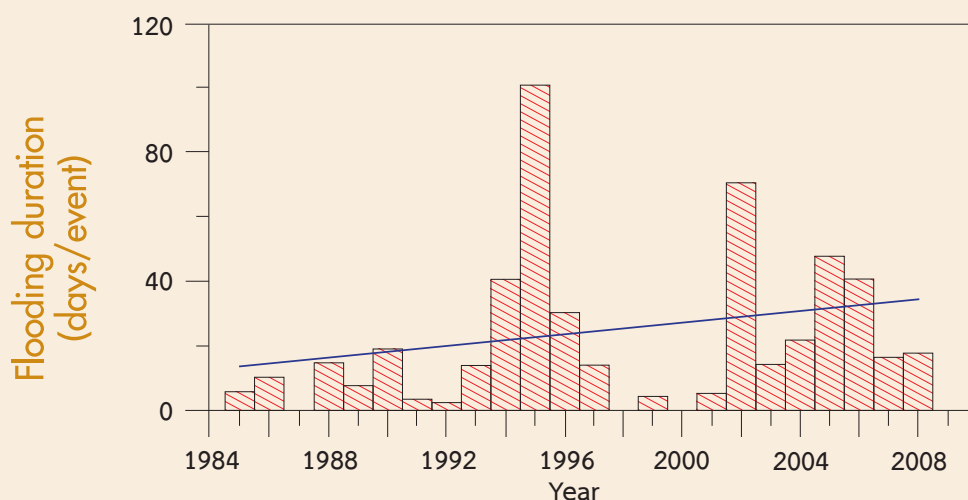
สำหรับ Flood magnitude ซึ่งประมาณจากตัวแปรด้านระยะเวลา ระดับความรุนแรง และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงซึ่งมีค่าเฉลี่ยแกว่งอยู่ในช่วง 4.5 - 8.0 โดยเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) มี magnitude สูงสุด (ภาพที่ 5) อย่างไรก็ตาม พื้นที่รวมที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทยกลับมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความถี่การเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมหลังปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ภาพที่ 7 แสดงถึงเหตุการณ์น้ำท่วมในแต่ละครั้งมีระยะเวลายาวนานขึ้น สอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ทั้งนี้ เหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ไม่เพียงมี magnitude สูงสุดเท่านั้น แต่มีระยะเวลาการเกิดที่ยาวนานที่สุด กล่าวคือ 101 วัน รองลงมา คือ เหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2548 (ค.ศ. 2005) โดยมีระยะเวลา 48 วัน



ภาพที่ 5 แสดง Magnitude ของเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทย ในระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2551 (ค.ศ. 1985 - 2008) โดย Flood magnitude = $\text{LOG}(\text{Duration} \times \text{Severity} \times \text{Affected Area})$



ภาพที่ 6 แสดงขอบเขตพื้นที่รวมที่ได้รับผลกระทบต่อเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2551 (ค.ศ. 1985 - 2008) วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory



ภาพที่ 7 แสดงจำนวนวันเฉลี่ยต่อเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2551 (ค.ศ. 1985 - 2008) วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของ Dartmouth Flood Observatory

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการวิเคราะห์พื้นที่วิกฤติของภัยแล้งและอุทกภัย รวมทั้งจำนวนราษฎรผู้ประสบภัยในระดับอำเภอ จากข้อมูลที่รวบรวมจากสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของแต่ละจังหวัด ในช่วงปี พ.ศ. 2548–2550 พบว่า ภัยแล้งและอุทกภัย เกิดขึ้นทุกภาค โดยจำนวนพื้นที่ที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่ต่างกันในแต่ละปี รวมทั้งพื้นที่การเกิดซ้ำทั้งสามปี มีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค นอกจากนี้ ราษฎรผู้ประสบภัย มีจำนวนที่ต่างกันในเชิงพื้นที่และเวลา ส่วนผลการวิเคราะห์ฐานข้อมูล Dartmouth Flood Observatory และ EM – DAT ได้แสดงถึง เหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจาก Heavy rain และ Monsoonal rain เหตุการณ์น้ำท่วมส่วนใหญ่ในประเทศไทยเกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายน และ ตุลาคมของแต่ละปี พื้นที่รวมที่ได้รับผลกระทบความถี่และระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในประเทศไทย หลังปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันระหว่างฐานข้อมูลของประเทศไทยและฐานข้อมูลระหว่างประเทศ ที่บ่งชี้ถึงความถี่และความรุนแรงของการเกิดภัยแล้งและอุทกภัย ความเสียหายต่อเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจสรุปได้ว่า ภัยพิบัติที่เกิดขึ้นจากทั้งสองเหตุการณ์มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งการดำรงชีวิตของประชาชนไทย อาจส่งผลกระทบตามลำดับในอนาคตอันใกล้ เนื่องจาก Enhanced hydrological cycle ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic – induced climate change)

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของทุกจังหวัดในประเทศไทย สำหรับการให้ข้อมูลและการให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอกล่าวคำขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้ จะเป็นประโยชน์แก่การศึกษา งานวิจัย และผู้ที่สนใจทั่วไปไม่มากนัก



ที่มา: <http://www.chanpixs.com/forums/index.php?action=dlattach;topic=2615.0;attach=31189;image>

เอกสารอ้างอิง

- [1] IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and USA, 996 pp.
- [2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2552. รายการสรุปสาธารณภัยประจำปี 2551. (3 มีนาคม 2552). สืบค้นจาก <http://www.disaster.go.th>.
- [3] EM-DAT: Emergency Events Database. 2008. Disaster Trend. (28 August 2009). Available from : URL : <http://www.emdat.be/>
- [4] Dartmouth Flood Observatory. 2008. Active Archive of Large Floods in 1985–Present. (20 August 2009). Available from: URL: <http://www.dartmouth.edu/~floods/index.html>



ด้านนิเวศ เศรษฐศาสตร์และสังคม

ลักษณะนิเวศ-อุทกวิทยาของแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาเปรียบเทียบ
ระหว่างเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนอุบลรัตน์



ลักษณะนิเวศ-อุทกวิทยาของแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง เขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่าน ปราการชลและเขื่อนอุบลรัตน์

Stream eco-hydrology: Comparative study of Ratchaprabha, Kundan and Ubonrat Dams

อัศมน ลิมสกุล อัศดร คำเมือง

วุฒิชัย แปงแก้ว และวิมลรัตน์ลี ทาสาณีย์

Atsamon Limsakul, Asadorn Kammuang,

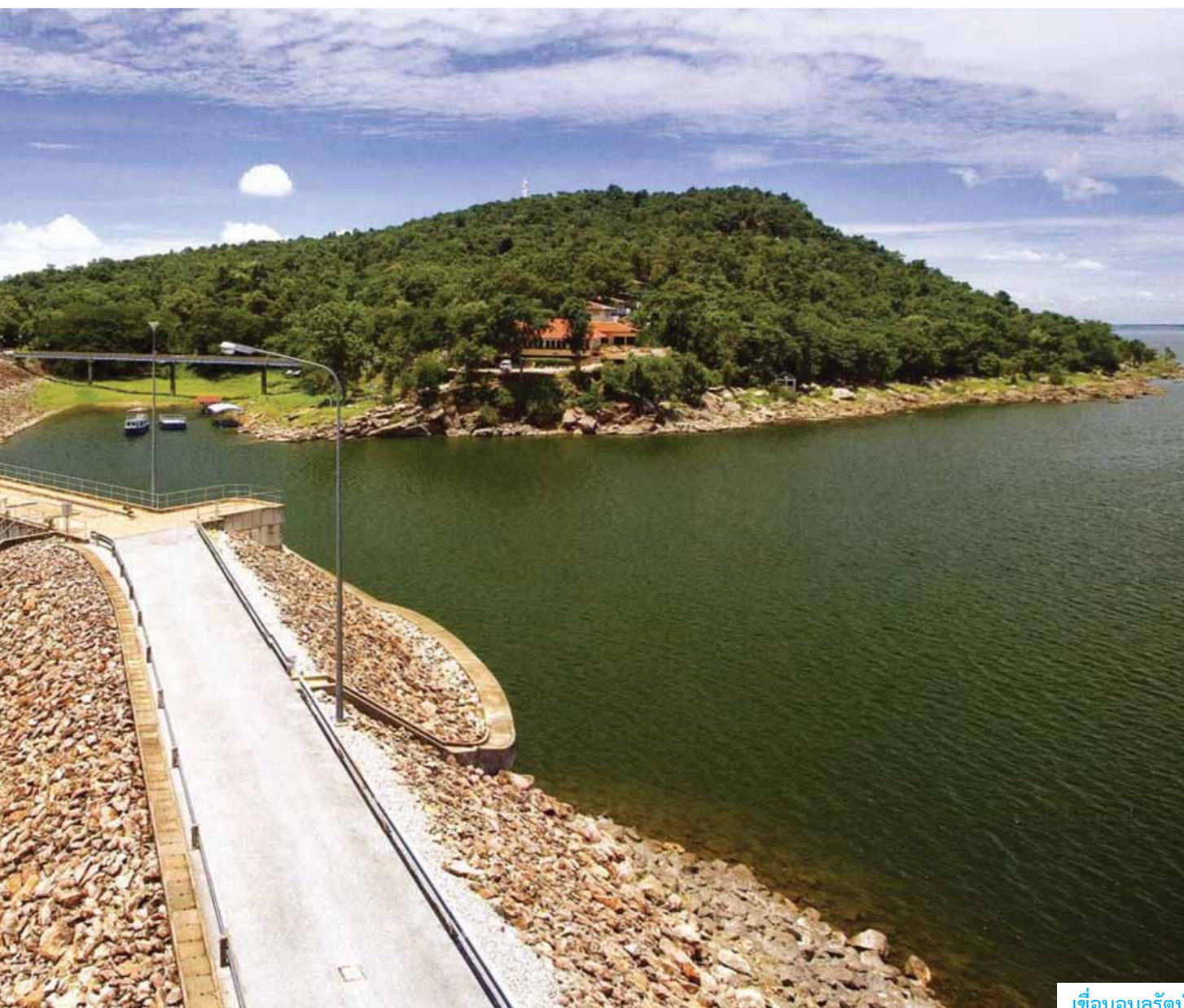
Wutthichai Paengkaew, and Wimonratlee Katasaenee



บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางอุทก-นิเวศของแหล่งน้ำไหล บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา ในฤดูแล้งและฤดูฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2554 พบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่า เป็นปัจจัยทางอุทก-อุทกวิทยาพื้นฐานที่กำหนดความแปรปรวน และพลวัตของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ผลกระทบเชิงอุทกวิทยาประการหนึ่งจากการสร้างเขื่อนปิดกั้นทางน้ำ คือ น้ำที่ไหลออกจากเขื่อน สูญเสียสัญญาณวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปีซึ่งส่งผลกระทบแบบลูกโซ่ต่อลักษณะทางนิเวศขั้นพื้นฐาน วงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนฟลักซ์ของตะกอนและสารอินทรีย์ ทั้งนี้ คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน มีลักษณะที่ต่างกัน ในหลายมิติ โดยความแตกต่างในเชิงพื้นที่ สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลเชิงโครงสร้างและฟังก์ชันของลำน้ำ พื้นที่รับน้ำ และนิเวศป่าโดยรอบ ส่วนการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา พบว่า คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ในบริเวณต้นน้ำ และท้ายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี อันเกิดจากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และปัจจัยทางอุทก-อุทกวิทยาของลำน้ำ ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ มีลักษณะเป็น Heterotrophic ซึ่งแสดงถึงการย่อยสลายด้วยกระบวนการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกระบบ (Allochthonous source) มาเป็นพลังงานหลักที่หล่อเลี้ยงในห่วงโซ่อาหารของระบบ โดยตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก Coarse Particulate Organic Matter (CPOM)/Fine Particulate Organic Matter (FPOM) ถูกย่อยสลายตามลำดับขั้นโดยสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ ทั้งนี้ สัดส่วน C:N:P ของ CPOM และ FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารพืช และยังเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดองค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM ที่เข้าสู่ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล

คำสำคัญ : ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล, อุทก-นิเวศวิทยา, แหล่งกำเนิดนอกระบบ



เขื่อนอุบลรัตน์

Abstract

The study on eco-hydrological characteristics of the upstream and downstream of the Rajjaprabha, Khundan and Ubonrat Dams carried out during wet and dry seasons in 2010-2011 revealed that amount rainfall and runoff were basis hydro-meteorological factors determining the variability and dynamics of these stream ecosystems. One of ecological impacts from dam construction was that water discharges from the dams lost seasonal reoccurrence signals which then exerted chain effects on fundamental characteristics of stream ecosystem, life cycles of living organisms as well as fluxes of sediments and organic matter. From an ecological point of view, water quality, organic matter and nutrients in the upstream and downstream showed remarkable distinction in different dimensions. On a spatial respect, they reflected the diversity of running ecosystems in terms of structures and functions of stream, catchment areas and surrounding forests. While water quality, organic matter and nutrients in the upstream and downstream exhibited seasonally and interannually in response to the change in physical and hydro-meteorological regimes of stream. The upstream ecosystem is characterized as the heterotrophic system whereby decomposition by community respiration is a key mechanism to convert allochthonous organic matter to main energy source for supporting the stream food web. Coarse and Fine Particulate Organic Matter (CPOM/FPOM) is subsequently decomposed by the primary trophic organisms. As a consequence, C:N:P ratios of CPOM and FPOM are important for nutrient cycling and indicatives of source, composition and structure of organic matter entering into stream ecosystem.

Keywords: Stream ecosystem, Eco-hydrology, Allochthonous source



เขื่อนขุนด่านปราการชล

บทนำ

ลแหล่งน้ำไหล (Running water หรือ Lotic) เป็นระบบนิเวศแบบเปิดที่มีความซับซ้อนและความหลากหลายสูง โดยเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนพลั๊กกับระบบอื่นๆ โดยรอบ ทั้งนี้ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล เป็นส่วนหนึ่งของระบบสิ่งแวดล้อมโลกที่มีความเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับพื้นดิน บรรยากาศ และอุทกภาค ในกระบวนการแลกเปลี่ยนและถ่ายเทพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารอินทรีย์ที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในรูปคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส^{[1],[2]} ด้วยเหตุที่แหล่งน้ำไหล เป็นระบบนิเวศแบบเปิดที่พึ่งพาและมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบในพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่งผลให้แหล่งน้ำไหลเป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบางสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอก ในปัจจุบันแหล่งน้ำไหลของโลกกำลังถูกคุกคามอย่างสูงจากปัจจัยต่างๆ ที่ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของลำน้ำ การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และมลพิษจากพื้นดิน เป็นต้น^{[3],[4]} สองในสามของแม่น้ำขนาดใหญ่ จำนวน 292 สาย ได้ถูกปิดกั้นและแยกจากกันในระดับปานกลางและระดับสูงจากการสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ^[5] นอกจากนั้น ในปัจจุบัน ได้มีการสร้างเขื่อนที่มีความสูง 15 เมตร มากกว่า 945,000 แห่งทั่วโลก ซึ่งสามารถรองรับน้ำทั้งหมดได้มากกว่า 15% ของปริมาณน้ำท่ารวมของโลก ทั้งนี้ มากกว่า 300 แห่ง จัดเป็นเขื่อนขนาดใหญ่^[6] เมื่อพิจารณาภาพรวมทั่วโลกแล้ว พบว่ามากกว่าครึ่งของแม่น้ำขนาดใหญ่ ได้รับผลกระทบจากเขื่อน^[7]

การประเมินลักษณะอุทก-นิเวศวิทยาของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในแง่คุณภาพน้ำ ความหลากหลายทางชีวภาพและกระบวนการเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศขั้นปฐมภูมิ ตลอดจนกระบวนการชีวธรณีเคมีที่ควบคุมการหมุนเวียนของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช นับเป็นสิ่งสำคัญต่อการสร้างความรู้ความเข้าใจด้านการตอบสนองของระบบนิเวศลุ่มน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาและสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุผลดังกล่าว การวิจัยนี้ ได้ดำเนินการศึกษาระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก และเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปี ด้านโครงสร้างและฟังก์ชันของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลของทั้ง 3 เขื่อน และอธิบายกลไกปฏิสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างและฟังก์ชันของระบบนิเวศต้นน้ำและท้ายน้ำ ที่เกิดจากการสร้างเขื่อนกั้นลำน้ำและการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาและสิ่งแวดล้อม ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะช่วยสร้างความเข้าใจถึงความเหมือนและความต่างของลักษณะทางอุทก-นิเวศวิทยาแหล่งน้ำไหลในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีในแง่โครงสร้างและฟังก์ชันของระบบนิเวศต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์
2. เพื่อวิเคราะห์และศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างและฟังก์ชันของระบบนิเวศต้นน้ำและท้ายน้ำ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาและสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการสร้างเขื่อนกันลำนํ้า
3. เพื่อศึกษากาลไกและกระบวนการชีวธรณีเคมีของการหมุนเวียนและถ่ายเทสารอินทรีย์และพลังงาน ภายในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลและความเชื่อมโยงกับระบบนิเวศป่า

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์ ดังแสดงในภาพที่ 1 ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ปี พ.ศ. 2553-2554 จำนวน 2 ครั้ง และฤดูแล้ง ระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน ปี พ.ศ. 2553-2554 จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งในแต่ละเขื่อนและแต่ละฤดูกาลมีลักษณะทางกายภาพ อุทกวิทยา ภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมของลำน้ำ ที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งได้สำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสำรวจและตรวจวัดประกอบด้วย

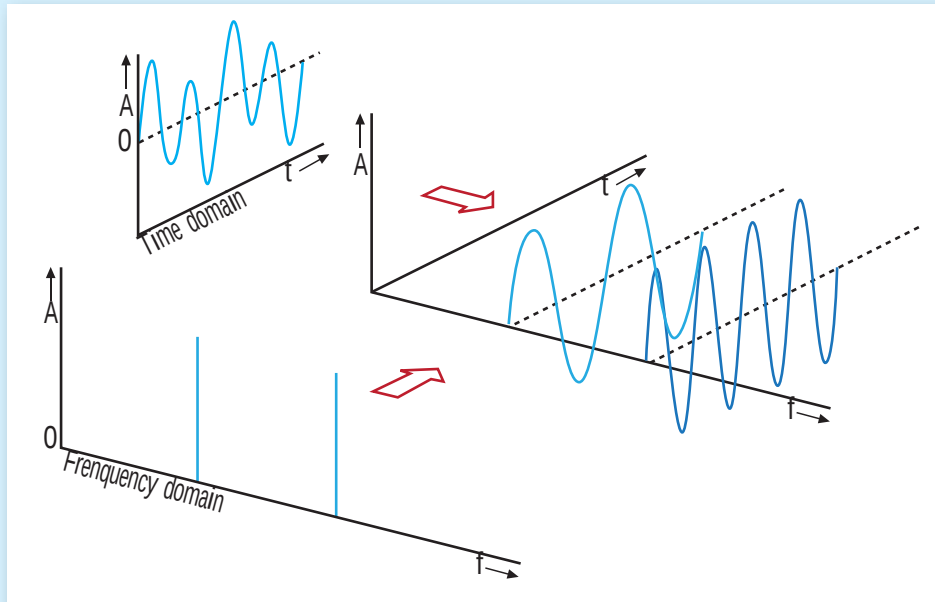


ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่ศึกษา เขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก และเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี



เขื่อนรัชชประภา

1. ตรวจวัดลักษณะทางกายภาพและเคมีของลำน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และสภาพการนำไฟฟ้า
2. สำรวจข้อมูลด้านอุทกวิทยา (ปริมาณฝน ปริมาณน้ำไหลเข้าและปริมาณน้ำไหลออกจากเขื่อน)
3. เก็บตัวอย่างตะกอนอินทรีย์ในลำน้ำและใบไม้ร่วงบริเวณริมลำน้ำ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณและองค์ประกอบของ Coarse Particulate Organic Matter (CPOM; ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร) และ Fine Particulate Organic Matter (FPOM; ตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร) รวมทั้งปริมาณและองค์ประกอบของสารอินทรีย์ของใบไม้ร่วง ซึ่งวิธีการเก็บและการวิเคราะห์อธิบายใน Hauer and Lamberti (2007) ^[8]
4. วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและลักษณะทางชีววิทยาของลำน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$), ไนไตรท์ ($\text{NO}_2\text{-N}$), ไนเตรท ($\text{NO}_3\text{-N}$) ฟอสฟอรัสรวม (TP), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (DIP), อนินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (DIC), ซิลิกา (Silica), และคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a) โดยใช้วิธีวิเคราะห์มาตรฐานดังระบุใน Hauer and Lamberti, 2007 ^[8] และ Strickland and Parson, 1972 ^[9]
5. การตรวจวัดอัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในลำธาร ด้วยเทคนิค Open water oxygen diurnal method ^[8]



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นสัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่



6. วิเคราะห์ข้อมูลอุทกวิทยา และคุณภาพน้ำด้วยสถิติเชิงพหุ เพื่ออธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และฤดูกาล โดยได้ประยุกต์ใช้ Spectral Analysis เพื่อวิเคราะห์รูปแบบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำตามธรรมชาติของปัจจัยทางอุทกวิทยาในคาบเวลาตั้งแต่รอบเดือนถึงปีและหลายๆ ปีของปริมาณฝน ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน และปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากเขื่อนบนพื้นฐานของอนุกรมข้อมูลรายวัน Spectral Analysis นับเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อแยกความแปรปรวนของอนุกรมข้อมูลซึ่งอยู่ในโดเมนเวลาให้อยู่ในรูปฟังก์ชันความถี่ของคาบเวลาต่างๆ ในโดเมนความถี่ โดยความแปรปรวนของแต่ละคาบเวลาแสดงในรูป Power Spectral Density (PSD) ซึ่งเป็นฟังก์ชันคู่ของไซน์และโคไซน์^[10] ที่สามารถบ่งชี้ถึงความแปรปรวนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาต่างๆ ได้ ทั้งนี้ การแปลงความแปรปรวนระหว่างโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ของฐานอนุกรมข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 2

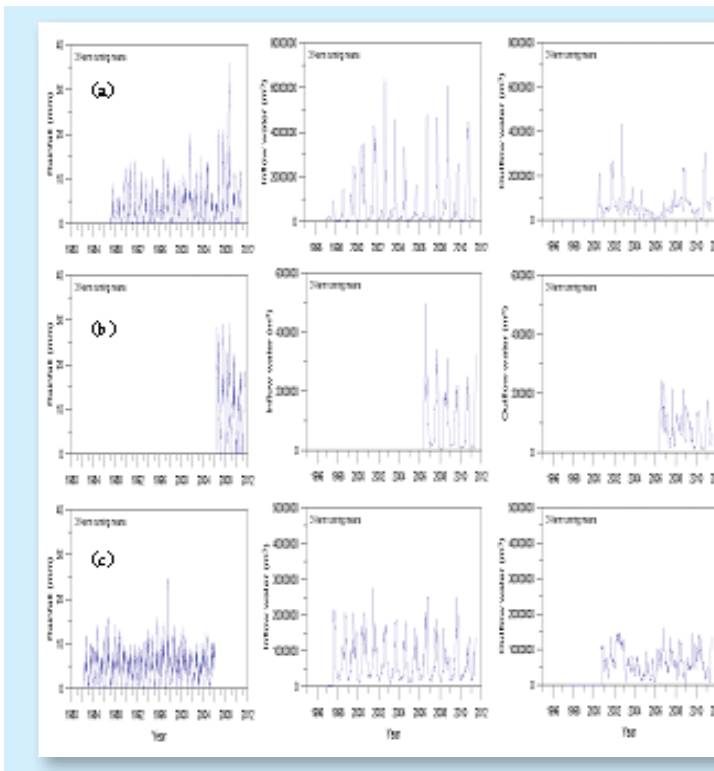
ผลการทดลอง

1. ลักษณะและความแปรปรวนทางอุทกวิทยา

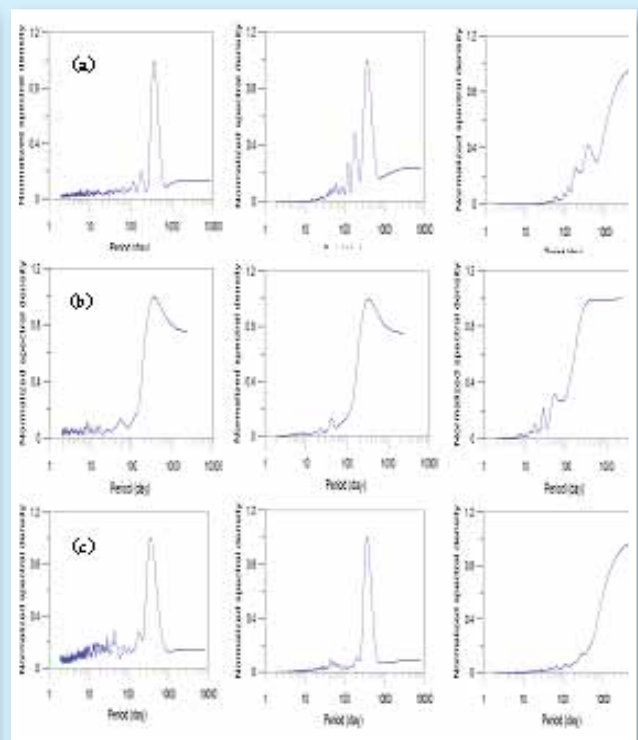
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในคาบเวลาตั้งแต่เดือนถึงปีของปริมาณน้ำฝน น้ำท่าไหลเข้าเขื่อนและน้ำไหลออกจากเขื่อนของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา พบว่าลักษณะโดยทั่วไปของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อนมีความแปรปรวนสูง โดยค่าสูงสุด (Peak) ในแต่ละปีแตกต่างกันอย่างมาก การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จาก 31-term smoothed series (ภาพที่ 3) ของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน พบว่า ความแปรปรวนในคาบเวลาตั้งแต่เดือนถึงปีของทั้งสองตัวแปร มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเขื่อนขุนด่านปราการชลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด ในขณะที่เขื่อนอุบลรัตน์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำสุด (ตารางที่ 1) ในแง่ น้ำไหลออกจากเขื่อนมีรูปแบบความแปรปรวนรายเดือนและรายปีเช่นกัน แต่ไม่ปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน ภาพที่ 4 แสดง Normalized Power Spectral Density (PSD) ซึ่งประมาณ Peak ในโดเมนความถี่ที่บ่งชี้ถึงเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาต่างๆ ในรูปฟังก์ชันคู่ของไซน์และโคไซน์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่าไหลลงสู่เขื่อน ปรากฏ Peak ของเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาหนึ่งปี เมื่อพิจารณา น้ำที่ไหลออกจากเขื่อน ไม่ปรากฏ Peak ซึ่งเป็นสัญญาณตามธรรมชาติของปัจจัยทางอุทกวิทยา โดยเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นซ้ำในคาบเวลาหนึ่งปีมีบทบาทสำคัญต่อฟลักซ์ของตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก สารอินทรีย์ละลายน้ำและธาตุอาหารพืช ดังนั้น หากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลถูกควบคุมหรือรบกวนจนทำให้เกิดเหตุการณ์เกิดขึ้นซ้ำทางอุทกวิทยาเสียสมดุล ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศท้ายน้ำในระยะยาว

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ 31-term smoothed series ระหว่างปริมาณฝนและน้ำท่าไหลเข้าเขื่อน

Rainfall & Inow runoff (31-term series)	N	N _{eff}	r	p-value
1. เขื่อนอุบลรัตน์	4779	476	0.43	<0.001
2. เขื่อนขุนด่านปราการชล	1977	194	0.84	<0.001
3. เขื่อนรัชชประภา	3237	343	0.62	<0.001



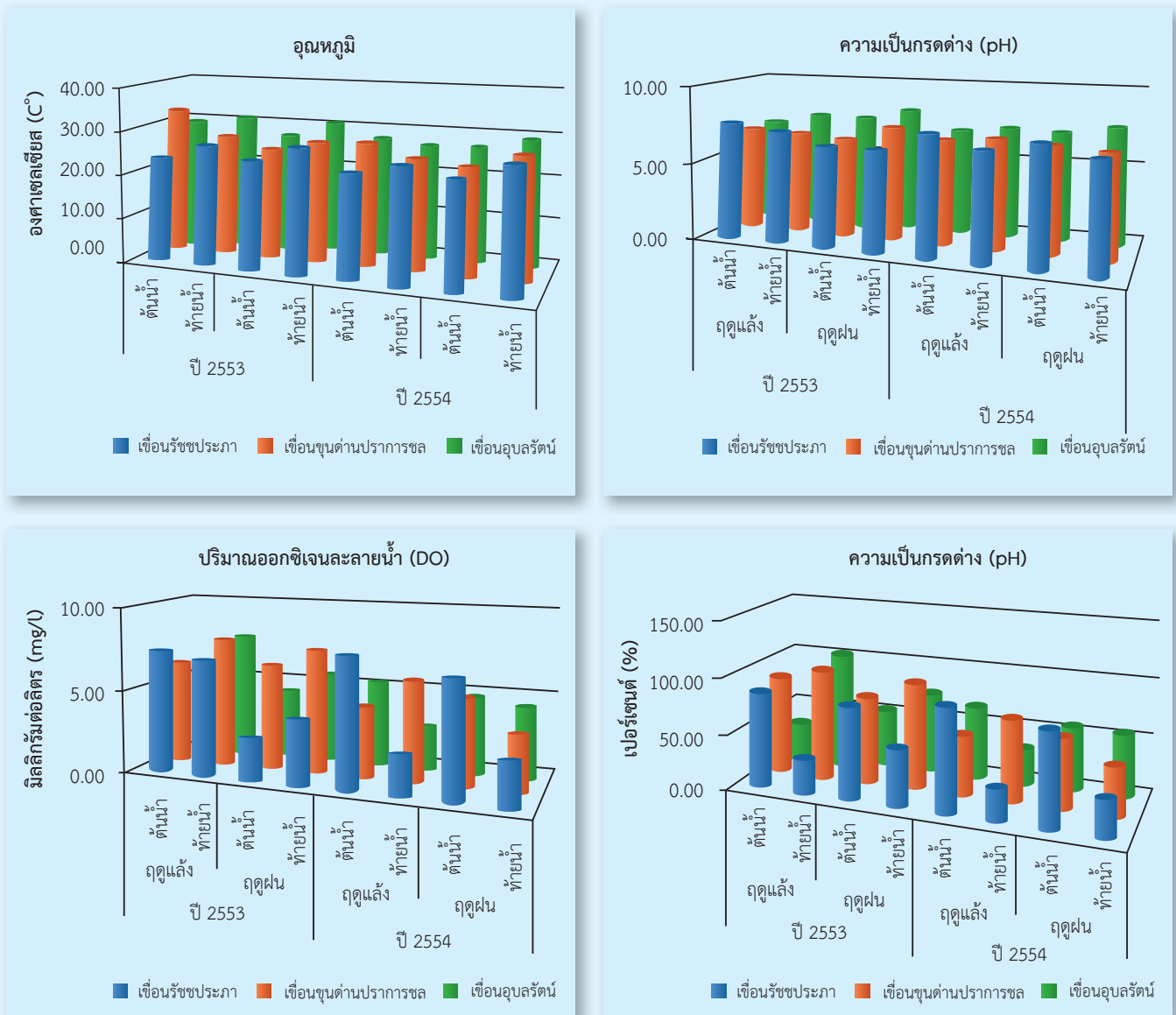
ภาพที่ 3 แสดงความแปรปรวนของปริมาณฝน น้ำท่าไหลเข้าเขื่อน น้ำไหลออกจากเขื่อน ในคาบเวลา 1 เดือน (31-day running means) (a) เขื่อนอุบลรัตน์ (b) เขื่อนขุนด่านปราการชล และ (c) เขื่อนรัชชประภา



ภาพที่ 4 แสดง Normalized Power Spectral Density (PSD) ของปริมาณฝน น้ำท่าไหลเข้าเขื่อน น้ำไหลออกจากเขื่อน (a) เขื่อนอุบลรัตน์ (b) เขื่อนขุนด่านปราการชล และ (c) เขื่อนรัชชประภา

2. ลักษณะคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง ที่ตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554 แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ น้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และเปอร์เซ็นต์ การอิมตัวของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554

- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาที่ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขื่อนรัชชประภา ซึ่งบ่งชี้ถึงความแตกต่างกันในแง่ของกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับพลวัตของออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ต้นน้ำมีค่าประมาณ 7.4 ± 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ท้ายน้ำมีค่าประมาณ 2.9 ± 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา อยู่ในลำดับต่ำสำหรับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนขุนด่านปราการชล ไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ มีค่าแตกต่างกันประมาณ ± 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณต้นน้ำ มีค่าต่ำกว่าบริเวณท้ายน้ำ หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปี พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ มีการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองเขื่อน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ตั้งแต่ช่วงปี 2553 - 2554

เขื่อน	ต้นน้ำ	ต้นน้ำ	ท้ายน้ำ
อุบลรัตน์	อุณหภูมิน้ำ (°C)	27.5 (1.1)	29.2 (1.9)
	pH	7.0 (0.31)	7.5 (0.35)
	DO (mg/l)	4.2 (1.3)	5.1 (2.1)
	DO saturation (%)	52.6 (15.4)	66.6 (29.8)
	ความเหนียวไฟฟ้า $\mu\text{s cm}^{-1}$	176.9 (52.9)	176.2 (8.8)
ขุนด่านปราการชล	อุณหภูมิน้ำ (°C)	28.0 (4.2)	27.2 (1.2)
	pH	6.7 (0.20)	6.9 (0.37)
	DO (mg/l)	5.6 (0.96)	6.2 (2.0)
	DO saturation (%)	71.4 (14.5)	78.2 (25.8)
	ความเหนียวไฟฟ้า $\mu\text{s cm}^{-1}$	55.8 (22.5)	53.4 (16.2)
รัชชประภา	อุณหภูมิน้ำ (°C)	24.1 (0.51)	27.5 (0.86)
	pH	7.3 (0.56)	6.8 (0.32)
	DO (mg/l)	7.4 (0.4)	2.9 (0.7)
	DO saturation (%)	87.6 (4.4)	36.5 (9.8)
	ความเหนียวไฟฟ้า $\mu\text{s cm}^{-1}$	108.6 (8.8)	98.9 (4.0)

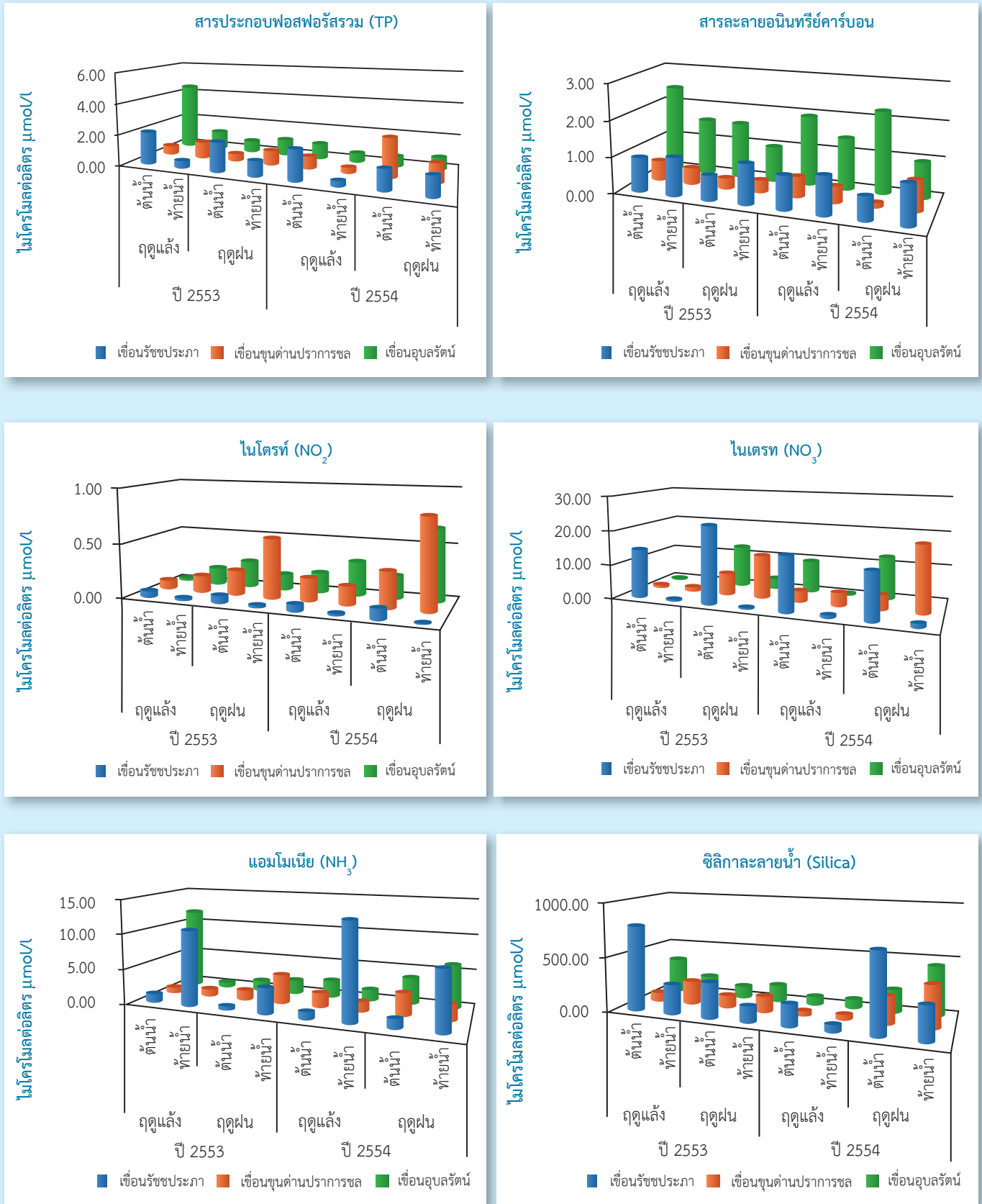


- ความเป็นกรด-ด่าง ในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสามเขื่อน และมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอยู่ในช่วงแคบ โดยลักษณะความเป็นกรด-ด่างของน้ำทั้งสามเขื่อน แสดงถึงสภาพความเป็นกลาง (7 ± 0.5) ความเป็นกรด-ด่างในบริเวณต้นน้ำมีค่าสูงกว่าบริเวณท้ายน้ำ ยกเว้นเขื่อนรัชชประภาที่มีลักษณะตรงกันข้าม

ที่มา : http://4.bp.blogspot.com/_srs5xdCvuj0/SweM8efx9ql/AAAAAAAAAF0/jn_S3kLgz5w/s1600/P1010457.JPG

3. ลักษณะของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554 แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2553 - 2554

- ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus; TP) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสารฟอสฟอรัสบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน ซึ่งมีสัดส่วนตั้งแต่ 51-77% ของสารฟอสฟอรัสทั้งหมด อย่างไรก็ตาม อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ กลับเป็นองค์ประกอบหลักของระบบนิเวศต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา ซึ่งมีสัดส่วน 59% ของสารฟอสฟอรัสทั้งหมด

- สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Phosphorus; DIP) ที่พบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกันระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำและมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปี โดยบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีปริมาณ DIP ที่แตกต่างกันสูงสุด กล่าวคือ DIP บริเวณต้นน้ำ มีค่าสูงประมาณ 16 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับท้ายน้ำ ความเข้มข้นของ DIP ที่แตกต่างกันสะท้อนให้เห็นความแตกต่างของกระบวนการชีวธรณีเคมี เมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ สารอินทรีย์จากใบไม้ร่วง ตะกอนแขวนลอยขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาแล้ว พบว่า ปริมาณ DIP บริเวณต้นน้ำมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนและระหว่างปีสูงกว่าบริเวณท้ายน้ำ



- ในเขตรท มีปริมาณสูงในบริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภา ประมาณ 40 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับท้ายน้ำ และประมาณ 2-4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำของอีกสองเขื่อน สำหรับเขื่อนขุนด่านปราการชล สารไนเตรทมีค่าสูงบริเวณท้ายน้ำ โดยเฉพาะฤดูฝน ปี พ.ศ. 2554 กรณีของเขื่อนอุบลรัตน์ การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของสารไนเตรทไม่มีรูปแบบที่แน่นอนชัดเจน การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีของสารไนเตรทมีรูปแบบที่แปรผกผันกับสารแอมโมเนีย ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาวะ Reduction และ Oxidation ของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล

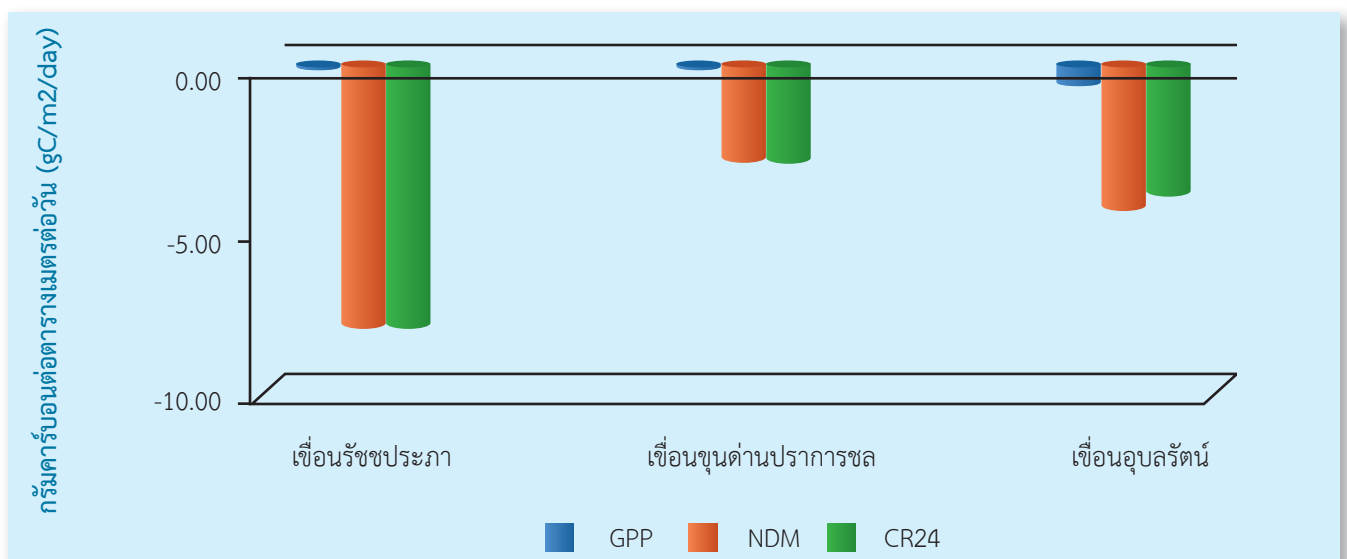
- แอมโมเนีย ที่สูงในบริเวณท้ายเขื่อนของเขื่อนรัชชประภาเป็นลักษณะที่โดดเด่นของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำของทั้งสามเขื่อน โดยแอมโมเนียในบริเวณท้ายเขื่อนของรัชชประภา มีค่าสูงประมาณ 9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำ ในขณะที่แอมโมเนียบริเวณต้นน้ำเขื่อนอุบลรัตน์และท้ายน้ำเขื่อนรัชชประภา มีการเปลี่ยนแปลงสูงในเชิงเวลา ปริมาณแอมโมเนียในระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลที่สูงกว่าปกติ อาจสะท้อนให้เห็นถึงช่องทางการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นสารแอมโมเนียแทนไนเตรท ซึ่งมักเกิดในภาวะที่แหล่งน้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำ

- ซิลิกาละลายน้ำ มีปริมาณที่แตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างต้นน้ำและท้ายน้ำและระหว่างเขื่อน รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและระหว่างปีสูง บริเวณต้นน้ำของเขื่อนรัชชประภาเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของซิลิกา โดยมีความเข้มข้นสูงกว่าบริเวณต้นน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนขุนด่านปราการชล 2-3 เท่า แต่ความเข้มข้นของซิลิกาละลายน้ำ กลับลดลงบริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา ความเข้มข้นของซิลิกาละลายน้ำบริเวณท้ายน้ำมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นน้ำ



4. อัตราการสังเคราะห์แสงของผู้ผลิตขั้นต้น และอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต

อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำ



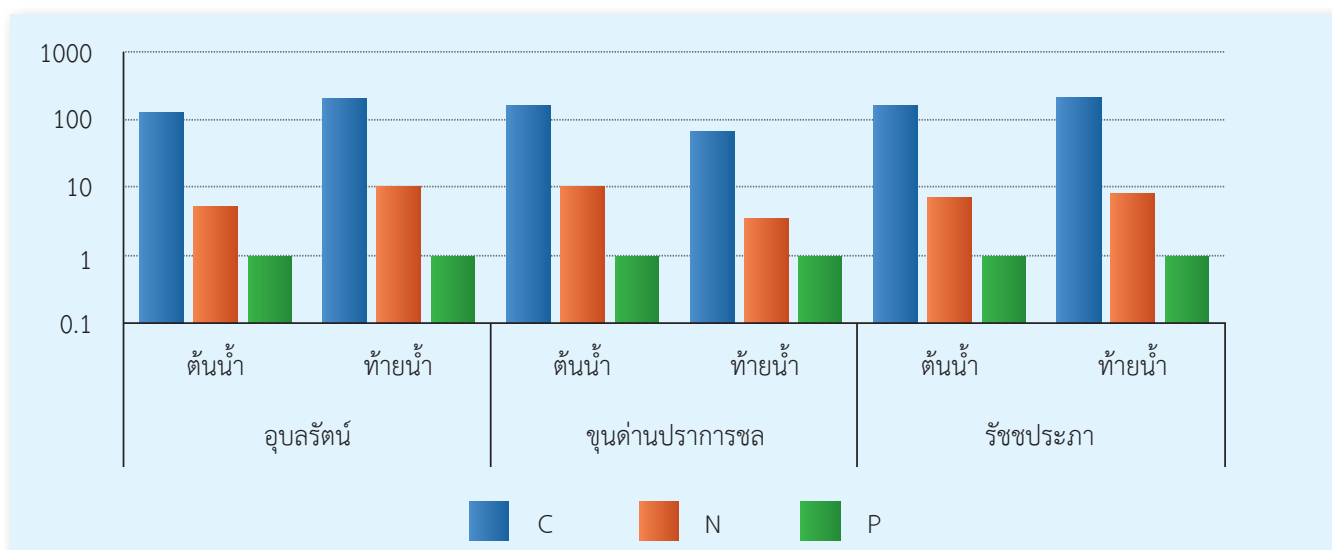
ภาพที่ 7 แสดงอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำ

จากภาพที่ 7 พบว่า เมตาบอลิซึมสุทธิของระบบนิเวศ (Net Ecosystem Metabolism) บริเวณต้นน้ำของทั้ง 3 เขื่อน มีค่าต่ำกว่าศูนย์ ส่งผลให้ความสมดุลระหว่างกระบวนการสร้างและทำลายสารอินทรีย์ ในรูปอัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อการหายใจของระบบนิเวศทั้งระบบ (Whole-Ecosystem Gross Productivity/Respiration หรือ P/R) บริเวณต้นน้ำของเขื่อนเป็นระบบนิเวศแบบ Heterotrophic ที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตสูงกว่าการสังเคราะห์สารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยสารประกอบอินทรีย์จากแหล่งภายนอกระบบนิเวศ (Allochthonous Source) เป็นแหล่งพลังงานหลักของระบบนิเวศ โดยเฉพาะเขื่อนรัชชประภา มีอัตราการย่อยสลายสูงกว่าเขื่อนอื่นๆ



5. เพอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และปริมาณ CPOM/FPOM

C:N:P ratios of CPOM/FPOM



ภาพที่ 8 แสดงสัดส่วน C:N:P ของ CPOM และ FPOM

- เพอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM/FPOM พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง โดยเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM บริเวณท้ายน้ำ จะมีสัดส่วนต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ CPOM บริเวณต้นน้ำ สำหรับเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของ FPOM มีค่าต่ำกว่า CPOM ประมาณ 1-2 เท่า โดยค่าต่ำสุดพบที่ท้ายน้ำของเขื่อนขุนด่านปราการชล นอกจากนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์ของทั้ง CPOM/FPOM มีความแปรปรวนสูงตามฤดูกาล ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CPOM/FPOM ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพของลำน้ำ

- เปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ของ CPOM/ FPOM พบว่า ตัวอย่าง CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำมีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สูงกว่าตัวอย่าง CPOM/FPOM บริเวณต้นน้ำ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเขื่อน พบว่า เขื่อนรัชชประภา มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สูงกว่าอีกสองเขื่อน เป็นที่น่าสังเกตว่า เปอร์เซ็นต์คาร์บอนบริเวณท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์และเขื่อนรัชชประภา มีความแปรปรวนตามฤดูกาลสูง เมื่อคำนวณสัดส่วน C:N:P พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง (ภาพที่ 8) โดย CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา อุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในขณะที่ CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของ เขื่อนอุบลรัตน์ อุดมสมบูรณ์ไปด้วย ธาตุไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและฟอสฟอรัส สัดส่วน C:N:P ของ CPOM/FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศผ่านกระบวนการย่อยสลายตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อีกทั้ง ยังเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดองค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM อีกด้วย

- ปริมาณ CPOM/FPOM บริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง เป็นตะกอนอินทรีย์ที่มีความหลากหลายทั้งขนาดและองค์ประกอบ โดย CPOM ในรูปน้ำหนักแห้งบริเวณต้นน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.84 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณท้ายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย CPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าสูงสุด สำหรับ FPOM พบว่า บริเวณต้นน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.13-1.21 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบริเวณท้ายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.32-1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดย FPOM บริเวณต้นน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์มีค่าสูงสุด เมื่อพิจารณาความแปรปรวนตามฤดูกาล พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CPOM และ FPOM ขึ้นอยู่ปัจจัยทางกายภาพของลำน้ำเป็นหลัก รวมทั้งลักษณะทางอุทกนิเวศวิทยาของพื้นที่โดยรอบ โดยทั่วไปพบว่าฤดูฝนจะมีปริมาณ CPOM ในบริเวณต้นน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง



สรุป

ผลการศึกษาลักษณะทางอุทก-นิเวศของแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนขุนด่านปราการชลและเขื่อนรัชชประภา สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณฝนและน้ำท่า เป็นปัจจัยพื้นฐานต่อการกำหนดความแปรปรวนและพลวัตของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล โดยพบว่า ปริมาณฝนและน้ำท่าไหลลงสู่เขื่อนมีวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปีตามปกติ ซึ่งเป็นวงจรทางอุทก-อุทกวิทยาตามธรรมชาติที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบลมมรสุมระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปีดังกล่าว นับเป็นการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดความแปรปรวนและพลวัตของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล

โดยปกติตามธรรมชาติผลการวิเคราะห์ทางสถิติพรรณนาเชิงพหุแสดงถึงผลกระทบเชิงอุทกวิทยาที่ปรากฏชัดเจนในกรณีของทั้งสามเขื่อนคือ น้ำที่ไหลออกจากเขื่อนสูญเสียสัญญาณวงจรการเกิดซ้ำในคาบเวลารอบปี โดยเหตุการณ์ทางอุทกวิทยานี้มีบทบาทสำคัญอย่างสูงต่อพลวัตของระบบนิเวศ และส่งผลกระทบแบบลูกโซ่ต่อลักษณะทางนิเวศขั้นพื้นฐานหลายประการ ตลอดจนฟังก์ชันของตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก สารอินทรีย์ละลายน้ำและธาตุอาหารพืช ทั้งนี้ หากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลถูกควบคุมหรือรบกวนจนทำให้วงจรการเกิดซ้ำทางอุทกวิทยาเสียสมดุล ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศท้ายน้ำซึ่งท้ายที่สุดอาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสิ้นเชิงทั้งระบบ

2. คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีลักษณะแตกต่างกันในหลายมิติ โดยความแตกต่างในเชิงพื้นที่สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในบริบทของสภาพทางกายภาพของลำน้ำและพื้นที่รับน้ำและป่าอุทกวิทยา กระบวนการชีวธรณีเคมีเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ วัฏจักรของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช ธรณีสัณฐาน ลักษณะของดิน ตลอดจนระบบการไหลของน้ำส่งผลให้คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืช ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละเขื่อน ส่วนการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา พบว่า คุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ในบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาลและระหว่างปี ซึ่งมีสาเหตุจากระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล ตอบสนองต่อรูปแบบและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางอุทกวิทยาของลำน้ำ ทั้งนี้ ความแปรปรวนของคุณภาพน้ำ สารอินทรีย์ และธาตุอาหารพืชบริเวณต้นน้ำและท้ายน้ำของทั้งสามเขื่อน มีค่าอยู่ในช่วงที่สามารถเปรียบเทียบได้กับระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลในภูมิภาคต่างๆ

3. ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ พบว่ามีลักษณะเป็นแบบ Heterotrophic โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมในแง่อัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต มีค่าสูงกว่าการสังเคราะห์สารอินทรีย์

ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งแสดงถึงการย่อยสลายด้วยกระบวนการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต เป็นกลไกที่สำคัญในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากนอกระบบ (Allochthonous source) เป็นพลังงานหลักที่หล่อเลี้ยงในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ โดย CPOM/FPOM ถูกย่อยสลายตามลำดับขั้นโดยสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิในห่วงโซ่อาหาร และพบว่า CPOM/FPOM บริเวณต้นน้ำของทั้งสามเขื่อน มีความหลากหลายทั้งขนาดและองค์ประกอบ อย่างไรก็ตาม ยังพบอีกว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CPOM/FPOM ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพและอุทกวิทยาของลำน้ำ และสัดส่วน C:N:P ของ CPOM/FPOM มีค่าอยู่ในช่วงกว้าง โดย CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนรัชชประภา อุดมไปด้วยธาตุคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในขณะที่ CPOM/FPOM บริเวณท้ายน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์ อุดมไปด้วยธาตุไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและฟอสฟอรัส ทั้งนี้ สัดส่วน C:N:P ของ CPOM/FPOM นับว่ามีความสำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารพืช และยังเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิด องค์ประกอบและโครงสร้างของ CPOM/FPOM ที่เข้าสู่ระบบนิเวศแหล่งน้ำไหล



เอกสารอ้างอิง

- [1] Falkowski, P.G. & Raven, J.A. (1997). Aquatic photosynthesis. Blackwell Science, Oxford. 375 pp.
- [2] Sigeo, D.C. (2005). Freshwater microbiology. John Wiley & Sons Ltd., England. 524 pp.
- [3] Poff, N.L. and Zimmerman, J.K.H. (2010). Ecological response to altered flow regimes: A literature review to inform the science and management of environment flow. *Freshwater Biology*, 55, 194-205, doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x.
- [4] Cardinale, B.J. (2011). Biodiversity improves water quality through niche partitioning. *Nature*, 472, 86-89, doi:10.1038/nature09904.
- [5] Secretariat of the Convention on Biological Diversity, (2010). Global Biodiversity Outlook 3. Montréal, 94 pp.
- [6] Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. and Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the World's large river systems. *Science*, 308, 405-408.
- [7] Jansson, R., Nilsson, C. and Renöfält, B. (2000). Fragmentation of riparian floras in rivers with multiple dams. *Ecology*, 81, 899-903.
- [8] Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (2007). Methods in stream ecology. Elsevier Inc. USA. 877 pp.
- [9] Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. (1972). A Practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 310 pp.
- [10] Emery, W.J. and Thomson, R.E. (1997). Data analysis methods in physical oceanography. Pergamon Press, New York, USA. 634 pp.



ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
เทคโนโลยี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0-2577-4182-5
โทรสาร 0-2577 1138
<http://www.ertc.deqp.go.th>





ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-4182-5

โทรสาร 0-2577 1138

<http://www.ertc.deqp.go.th>



ISBN 978-616-316-030-0