(Sub Research)

Final report

ประจำปีงบประมาณ 2552

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การค้นหาพื้นที่วิกฤตและระยะเวลาการสะสมไนโตรเจนและการประเมินการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนภายในแนวคลองและคลองย่อยของแม่น้ำท่าจีนในเขตจังหวัดนครปฐมและการใช้เครื่องสูบน้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

(ภาษาอังกฤษ) Identification of critical area and time of nitrogen loading in Tha Chin River in Nakhon Pathom province, and application of hydraulic pump to improve water quality

ส่วน ก: องค์ประกอบของข้อเสนอโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ ประกอบด้วย

1.1 หัวหน้าโครงการ

ชื่อ	รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์
	Assoc. Prof. Dr. Varawoot Vudhivanich
หน่วยงาน	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
หมายเลขบัตรประชาชน	3-1605-00002-83-9
สถานที่ติดต่อ	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตกำแพงแสน
หมายเลขโทรศัพท์	0-3435-1897
โทรสาร	0-3435-1404
E-mail	fengvwv@ku.ac.th

1.2 ผู้ร่วมงานวิจัย (Principal Investigator of the sub research project)

ชื่อ	Dr. Tamao Kasahara
หน่วยงาน	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
สถานที่ติดต่อ	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ตรวจพิจารณาโครงการ ที่ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำในการปรับปรุงการออกแบบกระบวนการวิจัย และคุณสุวรรณ นันทศรุต ผู้อำนวยการสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 5 สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพคลองและคุณภาพน้ำในที่ลุ่มท่าจีน ผู้ช่วยวิจัยภาคสนามได้แก่ Anh Thi Tuyet จากมหาวิทยาลัยมหิดล คุณระวี อยู่สำราญ คุณฉลอง มาตรทอง คุณจำลอง บุตรทะสี และคุณวิเชียร อี้พุก จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายาที่ให้การสนับสนุนด้านบุคลากร สถานที่และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย

บทคัดย่อ

แม่น้ำท่าจีนประสบปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ และการปล่อยสารอาหารลงในน้ำมากเกินไปเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่ง

ในการศึกษานี้เราทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นระยะจากคลองที่ได้รับน้ำทิ้งจากนาข้าว ฟาร์มสุกร และบ่อเลี้ยงปลา เพื่อดูว่ากิจการประเภทใดที่มีผลกระทบต่อปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้นในลุ่มแม่น้ำท่าจีนจากนั้นเราจึงทำการประเมินผลของการเติมอากาศลงในน้ำในคลองระบายน้ำเพื่อรักษาระดับของปริมาณไนโตรเจนที่สูงเกิน โดยใช้การทดลองแบบ stream tracer และใช้โปรแกรมการคำนวณ one-dimensional transport model with inflow and storage (OTIS) ไนโตรเจนอนินทรีย์ส่วนมากอยู่ในรูปของแอมโมเนียมในน้ำคลอง และความเข้มข้นของแอมโมเนียมในน้ำคลองที่รับน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร คลองที่ไหลผ่านนาข้าวและบ่อเลี้ยงปลามีระดับแอมโมเนียมต่ำเกือบตลอดปี แต่มีระดับสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงหน้าแล้ง (ธันวาคม-มกราคม) ได้มีการศึกษาและตรวจวัดอย่างต่อเนื่องถึงตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนและคลองสายหลัก แต่การศึกษาและการตรววจวัดนี้เน้นเฉพาะคลองขนาดใหญ่และแม่น้ำสายหลักและค่าความเข้มข้นที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่เราวัดได้จากคลองขนาดเล็กในเขตลุ่มน้ำนี้ ผลการตรวจสอบของเราแสดงให้เห็นว่า จำเป็นต้องมีการให้ความสำคัญกับคลองขนาดเล็กมากขึ้นซึ่งคลองเหล่านี้เป็นแหล่งน้ำที่ผู้พักอาศัยที่ตั้งบ้านเรือนอยู่ริมคลองใช้น้ำโดยตรงจากคลองและทำการเกษตร และยังเป็นแหล่งพักอาศัยของสัตว์น้ำ เราพบว่าการเติมอากาศลงในน้ำคลองมีผลต่อระดับความเข้มข้น DO เพียงเล็กน้อยในช่วงต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร การเติมอากาศลงในน้ำคลองโดยใช้เครื่องสูบน้ำช่วยเพิ่มการเก็บกักแอมโมเนียมในคลอง ความเข้มข้นของไนเตรตในคลองมีค่าต่ำอย่างสม่ำเสมอขณะที่เราทำการทอลอง tracer ดังนั้นการทำ nitrification จึงไม่ใช่สาเหตุของการลดระดับของความเข้มข้นของแอมโมเนียม การเก็บแบบชั่วขณะจะเพิ่มขึ้นหลังการเติมอากาศและนั่นอาจทำให้มีการเพิ่มของการเก็บกักแอมโมเนียม ในการทดลองนี้เราไม่ได้ทำการวัดกระบวนการเก็บกักไนโตรเจน ในการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเราจะศึกษาขบวนการที่จะเชื่อมโยงเก็บกักแอมโมเนียมกับสมบัติของคลอง

คำสำคัญ

การเก็บกักแอมโมเนียม OTIS แม่น้ำท่าจีน

สารบัญ

บทนำ (Introduction) 1
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
ปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีน 5
การเก็บกักชั่วครู่ (Transient Storage) 5
การเติมตัวติดตามลงในลำธาร (Stream Injection Tracer) 6
การเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampling) 8
การศึกษาผลของการใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานต่อการเก็บกักไนโตรเจนและต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในทางน้ำ 12
ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion) 15
การเก็บตัวอย่างน้ำ (Water sampling) 15
ผลของเครื่องสูบน้ำไฮดรอลิกต่อการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ และความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (Effects of hydraulic pump on ammonium retention and DO concentration) 19
การวิจารณ์ผล (Discussion) 24
สรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendations) 28
เอกสารอ้างอิง (References) 30
ส่วน ข : ประวัติคณะผู้วิจัย 32

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่ 1 Water sampling locations in Nalhon Pathom Province in the Tha Chin River basin

ตารางที่ 2 Transport parameters determined in tracer injection in a drainage canal at Kasetsart University - Kamphaengsaen campus

สารบัญภาพ (List of Illustration)

รูปที่ 1 Locations of the water sampling points in Nakhon Pathom Province. Smaller symbols identify the sampling points in small canals, and larger symbols identify the points in larger canals.

รูปที่ 2 A diagram showing the design of tracer injection experiment. Flow was concentrated right downstream of the injection to ensure the mixing of solute and canal water. b) a picture showing the air injection into the canal and c) pump used for this experiment.

รูปที่ 3 Flow of the studied small drainage canals in 2011. There was no measurement taken during the first sampling trip. Average of the measurements taking at 3 sampling locations is reported.

รูปที่ 4 DO concentration in small drainage canals in swine farm, rice paddy and aquaculture pond areas. Error bar shows 1 standard deviation.

รูปที่ 5 Averaged specific conductance of water in the canals studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The bar indicates 1 standard deviation.

รูปที่ 6 Averaged turbidity of water in the canals studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The error bar indicates 1 standard deviation.

รูปที่ 7 Averaged ammonium concentration measured in the drainage canal studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The error bar indicates 1 standard deviation.

รูปที่ 8 Breakthrough curve of chloride and ammonium concentrations measured at downstream boundary (210 m downstream of the injection point) for the co-injection experiment carried out on Nov. 2, 2010 without air injection. Predicted concentration indicates estimated ammonium concentration if there was no retention of ammonium.

รูปที่ 9 Breakthrough curve of chloride and ammonium concentrations measured at downstream boundary (210 m downstream of the injection point)m for the co-injection experiment carried out on No3. 2, 2010 with air injection. Predicted concentration indicates estimated ammonium concentration if there was no retention of ammonium.

รูปที่ 10 DO concentration measured during the co-injection experiment on Nov 3, 2010. Air injection was at 55-60 m.

รูปที่ 11 Simulated and observed breakthrough curve of chloride for the experiment 1) without and 2) with air injection.

รูปที่ 12 Predicted ammonium concentration if there was no retention, and the ammonium retention during observed during the co-injection experiment carried out on a) Nov. 2, 2010 with no air injection and b) Nov. 3, 2010 with air injection. Air was injected 60 m downstream of the upstream boundary during the experiment.

บทนำ (Introduction)

แม่น้ำท่าจีนเริ่มมีปัญหาคุณภาพน้ำในบริเวณตอนกลางลุ่มน้ำ ซึ่งเริ่มมาจากบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี จนถึงจังหวัดนครปฐม ในบริเวณนี้มีการทำฟาร์มสุกร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเพาะปลูกอย่างเข้มข้น มีคลองระบายน้ำจำนวนมากระบายน้ำจากพื้นที่เหล่านี้ลงสู่มาน้ำท่าจีน พร้อมกับนำภาวะมลพิษ (Pollution) ลงสู่แม่น้ำ และส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรม การใช้สารอาหารเช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่มากเกินความจำเป็น เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม แหล่งที่ปล่อยสารอาหารลงสู่ทางน้ำแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ (1) แหล่งที่ปล่อยเป็นจุด (Point Source) เช่น ฟาร์มสุกรและฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์และ (2) แหล่งที่ปล่อยแบบกระจาย (Non-Point Source) เช่น นาข้าว ไร่อ้อย และสวนผลไม้เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสภาวะการมีสารอาหารในน้ำที่มากเกินไป (Eutrophication) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย และเป็นสาเหตุของการเพิ่มปริมาณ Libile Organic Carbon และสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ลดลง และสาเหตุที่ทำให้สัตว์น้ำตายได้ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องลดปริมาณสารอาหารที่ระบายจากคลองลงสู่แม่น้ำ และฟื้นฟูคุณภาพน้ำในแม่น้ำให้เหมาะสมกับความเป็นอยู่ของปลาและสัตว์น้ำ และการใช้ประโยชน์จากน้ำในแม่น้ำในด้านต่างๆ ทั้งการเพาะปลูก การอุตสาหกรรมและการอุปโภคบริโภค

กระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนและคาร์บอนในทางน้ำ ที่เรียกว่า In-Channel Processing of Nitrogen and Carbon มีส่วนสำคัญในการลดปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Antropogenic Nitrogen) ในทางน้ำทั่วไป แต่อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำในเขตร้อนน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลุ่ม ซึ่งเชื่อว่าน้ำมีอุณหภูมิสูงและไหลช้า ซึ่งน่าที่จะเป็นปัจจัยทำให้มีการการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำมากขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีตามธรรมชาติที่ทำให้สามารถลดการเกิดสภาวะการมีสารอาหารที่มากเกินไป ซึ่งเกิดจากการใช้สารอาหารที่มากเกินไปภาคการเกษตร ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำ จะเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน แต่การเร่งให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำเพียงอย่างเดียว อาจไม่พอต่อการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำ ต้องมีมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยสารอาหารทั้งจาก Point Source และ Non-point Source ลงสู่ทางน้ำ และมีการพัฒนาเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน จึงจะสามารถบริหารจัดการคุณภาพน้ำในแม่น้ำได้อย่างประสบผล

แม่น้ำท่าจีนคือแม่น้ำที่แยกสาขามาจากแม่น้ำเจ้าพระยา ที่จังหวัดชัยนาท ไหลมามาทางทิศตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และจังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำน้ำท่าจีนมีพื้นที่ลุ่มน้ำ 11,000 ตารางกิโลเมตร ในปี 2546 มีรายงานว่ามีประชากรประมาณ 2.5 ล้านคน ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ (กระทรวงมหาดไทย, 2546) กรมชลประทานได้สร้างประตูน้ำในแม่น้ำท่าจีนเพื่อควบคุมการส่งน้ำให้คลองสาขาต่างเพื่อส่งน้ำสำหรับการการปลูกข้าว อ้อย ผลไม้ ฟาร์มสุกร และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปลดปล่อยมลพิษลงสู่น้ำที่แม่น้ำจึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงได้ยาก ดังนั้นแม่น้ำจึงประสบปัญหาคุณภาพน้ำอย่างรุนแรงจากปริมาณสารเคมีและพิษสารเจือปนซึ่งนำไปสู่การพร่องของออกซิเจนในน้ำและความต้องการออกซิเจน (BOD) ทำให้เกิดการเสียชีวิตของสัตว์น้ำ ในปี 2000 รายงานการจัดอันดับสิ่งแวดล้อมจัดให้ที่แม่น้ำท่าจีนเป็นบริเวณที่มีมลพิษสูงสุดในประเทศไทย (Simachaya, 2000) และการปรับปรุงคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

แม่น้ำท่าจีนตอนกลางเริ่มจากจังหวัดสุพรรณบุรีจนถึงอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ในบริเวณพื้นที่นี้มีคลองระบายน้ำจำนวนมากซึ่งระบายน้ำลงสู่แม่น้ำท่าจีน ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของมลพิษในน้ำที่ระบายลงสู่แม่น้ำจะอยู่ในระดับปานกลาง แต่น้ำที่ระบายมีปริมาณมากทำให้ปริมาณมลพิษที่ถูกระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีนมีปริมาณมาก พอสมควร (Bieri, 2005) ถ้าเปรียบเทียบกับบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนซึ่งปริมาณมลพิษที่ระบายลงสู่แม่น้ำมีปริมาณน้อย จะเห็นได้ว่าน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีคุณภาพต่ำกว่า กรมควบคุมมลพิษกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้จัดประเภทแม่น้ำท่าจีนตอนกลางเป็นแม่น้ำลำดับที่ 3 ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำ ซึ่งกำหนดว่า DO ต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร และ BOD มากกว่า 2.0 มิลลิกรัม / ลิตร และไม่แนะนำให้มีการใช้น้ำเพื่อการสันทนาและการประมง

ปริมาณสารอาหารที่มากเกินไปที่ถูกปล่อยลงสู่ทางน้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ DO ในทางน้ำลดลง แหล่งที่ปล่อยสารอาหารเป็นจุด (Point Sources) ได้แก่การฟาร์มหมู ไก่และบ่อปลา และแหล่งที่ปล่อยสารอาหารแบบกระจายได้แก่ นาข้าว พื้นที่ปลูกอ้อย ผักและผลไม้ อาหารปลาซึ่งมีส่วนน้อยที่ปลากินเข้าไป แต่ส่วนที่เหลือจะถูกปล่อยลงสู่คลองระบายน้ำและจากนั้นจะระบายลงสู่แม่น้ำ ซึ่งประมาณว่ามีมากถึง 15,000 ตันของไนโตรเจนถูกระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีนในแต่ละปี ในส่วนของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ บ่อปลาดุก (Catfish) เป็นแหล่งมลพิษที่ใหญ่ที่สุดที่ระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีน (Schaffner and Wittmer, 2007) การใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกแบบเข้มข้น (Intensive Farming) คือแหล่งที่ปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแม่น้ำเช่นกัน การปล่อยสารอาหารที่มากเกินไปลงสู่ทางน้ำ สามารถส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ทางน้ำมีสารอาหารมากเกินไปที่เรียกว่า Eutrophication ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ DO ลดลง และส่งผลทำให้เกิดการตายของสัตว์น้ำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง

มีการศึกษาเพื่อระบุพื้นที่และเวลาที่มีการปล่อยสารอาหารมากเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำ พร้อมกับหาแหล่งต้นกำเนิดหลักที่ปล่อยสารอาหารลงสู่ทางน้ำ

กระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนและคาร์บอนในทางน้ำ ที่เรียกว่า In-Channel Processing of Nitrogen and Carbon มีส่วนสำคัญในการลดปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Antropogenic Nitrogen) ในทางน้ำทั่วไป (Triska *et al.*, 1989; Grim *et al.*, 2005; Kasahara and Hill 2007) การศึกษาส่วนใหญ่เกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำเป็นการศึกษาในเขตอบอุ่น (Temperate Regions) (Jones และ Holmes 1996) มีการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำในเขตร้อน (Tropical Rivers) น้อยมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลุ่ม น้ำในคลองและสาขาที่ระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีอุณหภูมิสูงและไหลช้า จึงน่าที่จะเป็นปัจจัยทำให้มีการการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในทางน้ำมากขึ้น ในการจัดการคุณภาพน้ำ สิ่งสำคัญที่ส่งเสริมกระบวนการตามธรรมชาติ คือสภาพแวดล้อมที่น้ำไหลช่วยลดปริมาณสารอาหาร และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจน จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการกำหนดกลยุทธ์ในการจัดการคุณภาพน้ำในพื้นที่ และกระบวนการทางอุทกวิทยาที่สำคัญ ที่ส่งเสริมกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนและคาร์บอนในทางน้ำ คือการแลกเปลี่ยนน้ำระหว่างทางน้ำและตะกอนท้องน้ำ (Bencala 1993).

งานวิจัยนี้จะศึกษาแหล่งกำเนิดของสารอาหารที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อระบุแหล่งที่มาและระยะเวลาที่มีการปล่อยสารประกอบไนโตรเจนปริมาณมากลงสู่แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง และการประยุกต์ใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานในการเติมออกซิเจนให้กับน้ำ เพื่อบรรเทาปัญหาการลดลงของมีออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในแม่น้ำ พร้อมกับการประเมินกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในคลองระบายน้ำขนาดเล็กและการประเมินปัจจัยที่ควบคุมอัตราการลดสารประกอบไนโตรเจนตามธรรมชาติ โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในรายละเอียดดังนี้

(1) เพื่อระบุพื้นที่และระยะเวลาที่มีการปล่อยสารประกอบไนโตรเจนปริมาณสูงถึงขั้นวิกฤตลงสู่แม่น้ำท่าจีน ในจังหวัดนครปฐมสูง และมีผลต่อค่า DO และคุณภาพน้ำ โดยพิจารณาจากประเภทการใช้พื้นที่

(2) เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานในการเติมอากาศลงในน้ำต่อปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน และต่อความเข้มข้นของ DO ของน้ำคลองระบายน้ำ

ตามข้อเสนอโครงการวิจัย ได้เสนอใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานในการเติมอากาศและน้ำลงในคลองเพื่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำ แต่เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานยังอยู่ในขั้นการพัฒนาและยังไม่สามารถใช้ฉีดน้ำได้ จึงทำการทดสอบเฉพาะผลของการเติมอากาศโดยเครื่องสูบลม (Air Pump) ต่อคุณภาพน้ำเท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีน

ลุ่มแม่น้ำท่าจีนตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทย การใช้ที่ดินทำกิจกรรมต่างๆในเขตลุ่มน้ำนี้ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างมากผิดปกติเนื่องจากปริมาณสารอาอาหารของพืชที่ถูกปล่อยลงในน้ำ การเพาะปลูก การปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างปี คศ. 2523-2538 เนื่องจากความเจริญทางเศรษฐกิจ (Schaffner et al., 2009) เป็นผลให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว และปริมาณอ็อกซิเจนในน้ำลดต่ำลงจนอยู่ในสภาวะวิกฤติ และความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารอาหารในน้ำสูงเกินกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของชาติอย่างสม่ำเสมอ (Schaffner and Wittmer, 2007) กรมควบคุมมลพิษได้รายงานว่านอกจากปัญหาปริมาณอ็อกซิเจนในน้ำแล้ว แม่น้ำท่าจีนตอนกลางและตอนล่างรวมทั้งคลองที่ไหลลงสู่แม่น้ำท่าจีนในปัจจุบันมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมและฟอสฟอรัสสูงเกินกว่ากำหนด ในบางพื้นที่ที่ประสบปัญหาอย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่มีการทำฟาร์มสุกร บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำและนาข้าว ความเข้มข้นของอ็อกซิเจนในน้ำเกือบเป็นศูนย์ และความเข้มข้นแอมโมเนียมและฟอสฟอรัสสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของไทยตั้งแต่ 2-10 เท่า ในเดือนพฤษภาคม 2543 น้ำเสียที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสารอาหารสูงถูกปล่อยออกมาจากนาข้าวในอำเภอสองพี่น้อง แล้วทำให้เกิดการตายของปลาและสัตว์น้ำจำนวนมากและส่งผลกระทบต่อปริมาณของสิ่งมีชีวิตอื่นๆในน้ำ ผลเสียที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากและส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำ (Simachaya, 2003) ในช่วงปี 2543-2545 แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำที่มีปัญหามลภาวะมากที่สุดในประเทศไทย ทำให้รัฐบาลและสังคมหันมาให้ความสำคัญกับปัญหาของแม่น้ำสายนี้(Simachaya, 2003; Schaffner et al., 2009)

การเก็บกักชั่วครู่ (Transient Storage)

การเก็บกักชั่วครู่เป็นการเก็บกักสารในน้ำที่ไหลมาจากแม่น้ำสายหลัก ที่เกิดขึ้นในคลองและตะกอนที่ก้นคลอง การเพิ่มของเวลาที่น้ำคงอยู่ในคลองทำให้โอกาสที่สารที่ละลายอยู่ในน้ำและตะกอนที่มีสิ่งมีชีวิต อยู่ด้วยกันมากขึ้น ดังนั้นบริเวณที่มีการเก็บกักชั่วครู่จึงทำหน้าที่สำคัญในวงจรไนโตรเจนของแม่น้ำลำธาร(Valett et al., 1996; Harvey et al. 2003; Gucker and Boechat, 2004; Storey et al., 2004; Ensign and Doyle, 2005)

การเก็บกักชั่วครู่ที่ผิวหน้าหรือภายในคลองเกิดขึ้นเมื่อมีการต้านการไหลที่เกิดจากพืชน้ำ ก้อนหิน ใบไม้ที่ตกทับถม ที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำช้าลง(Gooseff, 2005; Ensign and Doyle, 2005) บริเวณที่น้ำหยุด

นิ่ง (Dead zone) และที่ริมขอบของคลองก็เป็นบริเวณที่มีการเก็บกักชั่วครู่ที่ผิวหน้าเช่นกัน dead zone และบริเวณที่ทางไหลของน้ำถูกขวางทำให้เกินการเอ่อ (backwater) อาจจะอยู่ในสภาวะขาดอ็อกซิเจนเนื่องจากการหยุดนิ่งของกระแสน้ำ ทำให้เกิดขบวนการ Denitrification พืชที่มีสายระยางใต้น้ำลดความเร็วของกระแสน้ำและเพิ่มการเกิดตะกอนและการเก็บกักไนโตรเจน การแลกเปลี่ยนระหว่างคลองที่มีกระแสน้ำความเร็วสูงกับคลองที่มีการไหลช้าในบริเวณที่มีการเก็บกักชั่วครู่ทำให้มี เวลาที่น้ำคงอยู่ในคลองนานขึ้น (residence time) ทำให้มีเวลาที่น้ำและพื้นผิวตะกอนและ biofilm สัมผัสกันมากขึ้น ทำให้จุลชีวันสามารถจับเก็บและตรึงไนโตรเจนไว้ได้ (Triska et al., 1989b; Salehin et al., 2003; Gucker and Boechat, 2004) การเก็บกักชั่วครู่จะแปรผันไปทางด้านระยะเวลา ขนาด ตามสภาพของคลอง พืชพรรณ และการไหลของน้ำ(Triska et al., 1989b; Salehin et al., 2003; Gucker and Boechat, 2004; Ensign and Doyle, 2005)บริเวณเก็บกักชั่วขณะที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งมักจะถูกเรียกว่า hyporheic zone คือบริเวณใต้ดินที่อิ่มตัวข้างใต้และติดๆกับคลองที่น้ำใต้ดินและน้ำเหนือผิวดินมาผสมกัน (Triska et al., 1989a; Jones and Holmes, 1996; Morrice et al., 1997) การเก็บกักแบบ hyporheic เป็นแบบไม่หยุดนิ่ง (dynamic) และไม่สม่ำเสมอ และขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของลำธารหรือคลอง กระแสน้ำ และเนื้อดินในบริเวณที่คลองไหลผ่าน (Triska et al. 1989a; Jones and Holmes, 1996; Morrice et al., 1997; Stofleth et al., 2008). กระบวนการทางชีวธรณีเคมี (biogeochemical) ของบริเวณ hyporheic มีอิทธิพลต่อน้ำในลำธารในหลายๆระบบ และผลกระทบนั้นสามารถวัดได้จากอัตราของกระบวนการทาง biogeochemical ใต้ดินและร้อยละของน้ำที่ผิวดินที่ไหลผ่านดินตะกอนที่อยู่ระหว่างทางเดินน้ำ(Findlay, 1995)

Hyporheic zone สามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งหรือที่กำจัดของไนโตรเจนอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับสมดุลของขบวนการสร้างหรือสลายไนเตรต (nitrification และ denitrification) (Jones and Holmes, 1996) ในระบบนิเวศน์ของลำธารที่มีไนโตรเจนมาก hyporheic zone มักจะขาดอ็อกซิเจน (anaerobic) และมีความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์สูง จุลินทรีย์พวกที่บริโภคสารอินทรีย์จะสลายไนเตรตทำให้ hyporheic zone ทำหน้าที่เป็นที่กำจัดไนเตรต(Jones and Holmes, 1996; Hill et al., 1998; Storey et al., 2004) ในทางตรงข้าม hyporheic zone ในลำธารที่ขาดไนโตรเจน และมีอ็อกซิเจนละลายอยู่มาก มักจะเกิดการสร้างไนเตรตมาก มันจึงทำหน้าที่เป็นแหล่งของไนเตรต (Jones and Holmes, 1996; Valett et al., 1996).

<u>การเติมตัวติดตามลงในลำธาร (Stream Injection Tracer)</u>

บริเวณเก็บกักชั่วขณะได้รับความสนใจศึกษาเนื่องจากมันอาจทำให้เกิดการเก็บกักไนโตรเจน และมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาในเชิงปริมาณเกี่ยวกับบริเวณเก็บกักชั่วขณะ วิธีการหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการใช้ตัวติดตาม (tracer) และการวิเคราะห์ด้วยโมเดลที่เรียกว่า one dimensional transport ที่มี inflow และ storage model (OTIS) (Stream Solute Workshop, 1990; Runkel et al., 1998) Ensign และ Doyle (2005) ใช้ OTIS

model เพื่อศึกษาผลกระทบของพืชพรรณและเศษซากไม้ชิ้นใหญ่ๆต่อบริเวณเก็บกักชั่วขณะในช่องทางน้ำและผลต่อการเก็บกักไนโตรเจนในลำธารที่อยู่ในบริเวณที่มีการปลูกต้นไม้ทำการเกษตรและในลำธารใต้ร่มเงาที่มีกรดฮิวมิกสูงและสารอาหารน้อย (shaded black water stream) ผลกระทบขององค์ประกอบทางธรณีวิทยา อย่างเช่น หินที่กลายมาเป็นวัตถุที่พบที่พื้นลำธารและลักษณะของตะกอนที่ทับถมอยู่ ต่อการเก็บกักไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในน้ำ ถูกตรวจสอบได้ด้วย OTIS ในลำธารภูเขาระดับที่หนึ่งและลำธารต้นน้ำ (Valett et al., 1996; Morrice et al., 1997) Harvey และคณะ (2003) ใช้ OTIS ในการหาปริมาณของการเก็บกักทางน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องทางน้ำ การไหลของน้ำ และพืชน้ำ ภายในระยะเวลา 5 ปีในลำธารที่มีตะกอนในเขตกึ่งแล้ง OTIS เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองการเป็นไปและการเคลื่อนย้ายสารอาหารและสารอินทรีย์ในระบบนิเวศน์ทางน้ำที่เกิดจากกระบวนการทางอุทกศาสตร์และเคมีธรณี (hydrologic และ geochemical processes (Runkel, 1998))

เทคนิคการใช้ตัวติดตามในลำธาร (stream tracer) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาเชิงปริมาณของการทางการเคลื่อนไหวในน้ำและกระบวนการทางเคมีของไนโตรเจน โดยใช้การเติมตัวติดตามทั้งที่เป็นแบบว่องไวต่อปฏิกิริยาและแบบที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีพร้อมๆกันลงในลำธาร ระหว่างการทดลองความเข้มข้นของตัวถูกละลายจะถูกวัดที่ปลายน้ำเพื่อหาเส้นกราฟที่แสดง breakthrough (Breakthrough curve, BTC) จากนั้นใช้โมเดลจำลองการเคลื่อนย้ายของตัวถูกละลายเพื่อหาปริมาณตัวแปรของกระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การไหลในทางราบ การแพร่ และ การเก็บกักชั่วครู่ (Stream Solute Workshop. 1990; Gooseff et al., 2005)

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Method)

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่หนึ่งคือการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ เป็นช่วงๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและตามพื้นที่ (Temporal and Spatial Variation) ของพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ เช่น อนินทรีย์ไนโตรเจน และ DO ส่วนที่สองคือการทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานต่อการเก็บกักไนโตรเจน (Nitrogen Retention) และต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในทางน้ำ ค่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่วัดได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในส่วนที่หนึ่ง จะถูกนำมาใช้เป็นกรอบ (Boundary Condition) ในการทดลอง

<u>การเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampling)</u>

ตามรายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนและคลองสาขา ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมเขต 5 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนและ DO ในแม่น้ำท่าจีนอยู่ในช่วงวิกฤตอย่างต่อเนื่อง บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ฟาร์มสุกร และนาข้าวคือแหล่งหลักที่ปล่อยสารประกอบไนโตรเจนลงสู่แม่น้ำในพื้นที่นี้ (Schaffner และ Wittmer 2007) ดังนั้น จึงเลือกแหล่งต้นกำเนิดสารประกอบไนโตรเจนทั้ง 3 แหล่งข้างต้น ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง อนินทรีย์ไนโตรเจน และพารามิเตอร์คุณภาพน้ำอื่นๆ เป็นพื้นที่ศึกษา

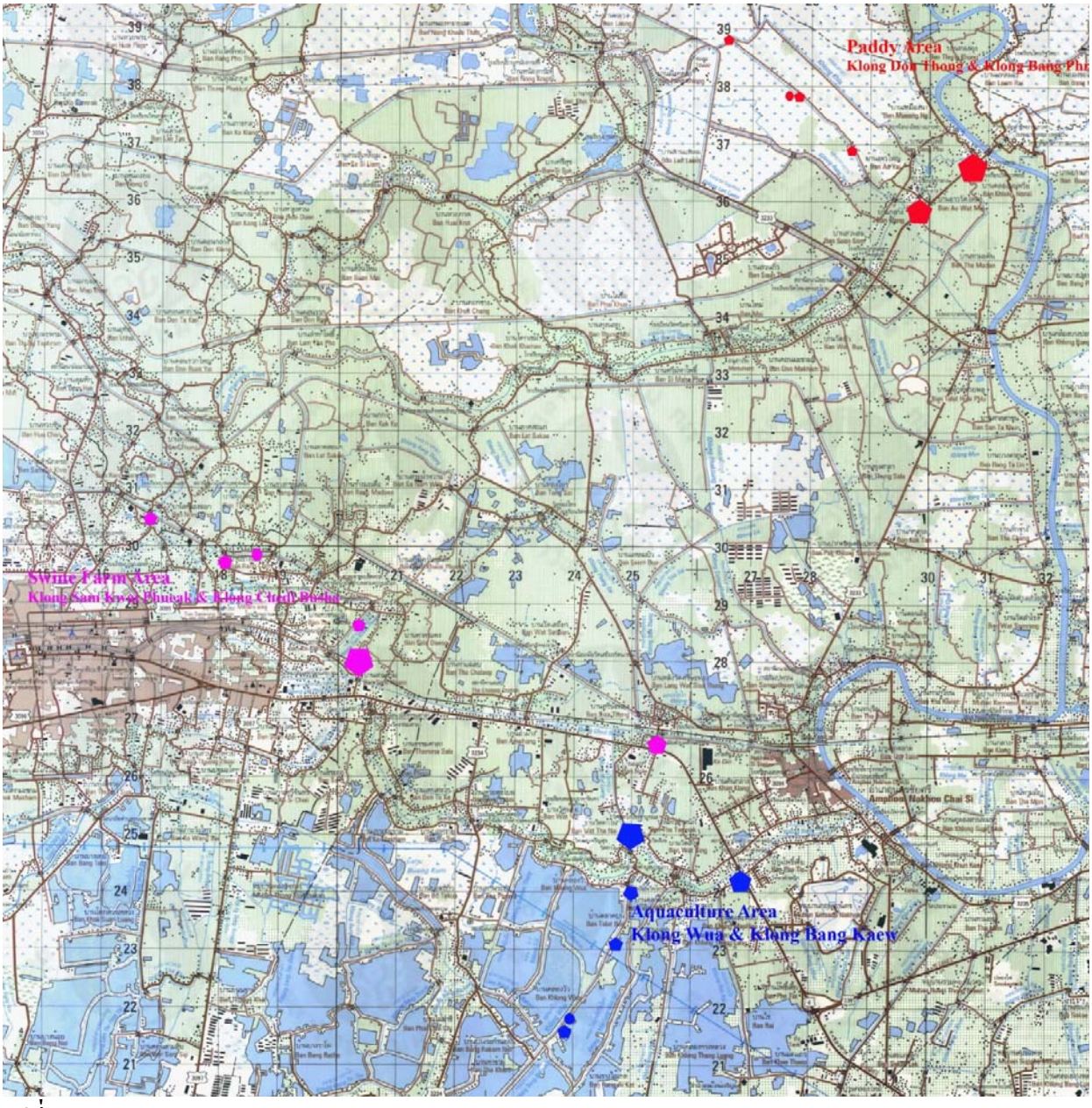
คณะผู้วิจัยได้เลือกคลองสาขา(คลองสาขาของแม่น้ำท่าจีน) 3 สาย ที่ไหลผ่านบริเวณที่มีการทำบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเลี้ยง ฟาร์มสุกร และนาข้าวเป็นที่ศึกษา พร้อมกับเลือกคลองสาขาย่อยขนาดเล็ก 3 สายซึ่งรับน้ำโดยตรงจากแหล่งต้นกำเนิดสารประกอบไนโตรเจนดังกล่าว ก่อนระบายลงสู่คลองสาขาที่เชื่อต่อกับแม่น้ำท่าจีน (ดูตารางที่ 1 และ รูปที่ 1) กำหนดให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ตัวอย่างจากคลองสาขาย่อยแต่ละสาย เก็บตัวอย่างน้ำ 2 ตัวอย่างจากคลองสาขา และเก็บ 1 ตัวอย่างจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ฟาร์มสุกรและนาข้าว

ในบริเวณพื้นที่ฟาร์มสุกรที่ทำการศึกษา มีฟาร์มเลี้ยงสุกรจำนวน 31 แห่ง และมีโรงงานผลิตอาหาร 3 แห่ง มีพื้นที่รวมกันประมาณ 200 ไร่ และมีสุกรรวมกันประมาณ 61,000 ตัว ซึ่งตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของคลองสาขาย่อย (คลองสามควายเผือก) ที่ศึกษา จากการสำรวจพื้นที่พบว่ามีฟาร์มสุกรเพียง 11 แห่ง หรือประมาณ 35% เท่านั้น ที่มีบ่อพักน้ำเสีย (Waste Water Pond) ก่อนระบายลงสู่คลองสามควายเผือก ส่วนฟาร์มสุกรอื่นๆ ที่เหลือปล่อยน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดลงในคลองสาขาย่อยโดยตรง ทำให้มีกลิ่นเหม็นอย่างแรง และทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในคลองสูงมาก คลองสาขาย่อยขนาดเล็กที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือคลองวัวซึ่งมีบ่อปลาและบ่อกุ้งรวม 52 บ่อ มีพื้นที่รวมกันประมาณ 900 ไร่ และนอกจากบ่อปลาและกุ้งตามที่กล่าวมาแล้วยังมีสวนผลไม้ขนาดเล็กที่

ปลูกมะม่วง ฝรั่ง และชมพู่ คลองสาขาย่อยที่ศึกษาในพื้นที่ปลูกข้าวคือคลองดอนทองซึ่งสองฝั่งคลองล้อมรอบด้วยแปลงนา และสวนขนาดเล็กที่ปลูกดอกรัก กล้วยไม้ มะลิ มะม่วง และว่านงาช้าง (หรือว่านงู) ซึ่งสวนขนาดเล็กมีพื้นที่รวมกันประมาณ 232 ไร่

จากการวิเคราะห์รูปแบบการตกของฝนในพื้นที่ ได้กำหนดการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 6 ครั้งตลอดระยะเวลาที่ทำกี่ศึกษา โดยให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 กลางเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง ครั้งที่ 2 ปลายเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของฤดูฝน ครั้งที่ 3 กลางเดือนมิถุนายนเป็นช่วงฝนตกหนักครั้งแรก ครั้งที่ 4 ต้นเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงฝนทิ้งช่วง ครั้งที่ 5 ปลายเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงฝนตกหนักช่วงที่สอง และครั้งที่ 6 ต้นเดือนธันวาคมที่เป็นช่วงเริ่มต้นฤดูแล้ง

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบไนโตรเจนเช่น NH_4-N และ NO_3-N ในห้องปฏิบัติการ ได้ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำอื่นๆด้วยเช่น อุณหภูมิน้ำ ค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) ค่าความขุ่น (Turbidity) ค่าความเค็ม (Salinity) และ DO ไปพร้อมกันโดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบถือพกพา YSI85 และ Oakton Turbidimeter และทำการวัดอัตราการไหลของน้ำ (Discharge) ณ จุดตรวจวัดโดยใช้วิธี Velocity-Area Method ก่อนที่จะออกทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำจะทำการปรับเทียบค่ามาตรฐาน (Calibrate) เครื่องมือตรวจวัดพารามิเตอร์น้ำแบบถือพกพาทุกครั้ง ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จะแช่ในน้ำแข็งระหว่างขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ และทำการกรองภายใน 24 ชั่วโมง ตัวอย่างน้ำที่กรองแล้วจะถูกแช่ในตู้เย็นก่อนส่งไปวิเคราะห์ที่คลินิกสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา ค่าอัตราการไหลของน้ำในคลองได้ถูกวัดระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2-6 เท่านั้น



รูปที่ 1 Locations of the water sampling points in Nakhon Pathom Province. Smaller symbols identify the sampling points in small canals, and larger symbols identify the points in larger canals.

ตารางที่ 1 Water sampling locations in Nakhon Pathom Province in the Tha Chin River basin

กิจกรรมในพื้นที่	ชื่อคลอง	พิกัดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ
ฟาร์มสุกร	คลองสาขาย่อย	
	คลองสามควายเผือก	13°50’33.0”, 100°4’51.7”
		13°50’10.3”, 100°4’33.1”
		13°49’27.4”, 100°6’45.9”
	คลองสาขา	
	คลองเจดีย์บูชา	13°48’58.3”, 100°6’48.7”
		13°49’28.1”, 100°9’37.2”
บ่อเลี้ยงปลา	คลองสาขาย่อย	
	คลองวัว	13°45’58.8”, 100°8’53.3”
		13°46’37.3”, 100°9’16.0”
		13°47’5.8”, 100°9’20.9”
	คลองสาขา	
	คลองบางแก้ว	13°47’20.6”, 100°9’22.5”
		13°47’11.9”, 100°10’22.5”
นาข้าว	คลองสาขาย่อย	
	คลองดอนทอง	13°55’0.1”, 100°10’18.3”
		13°54’36.0”, 100°10’48.1”
		13°53’54.7”, 100°11’28.8”
	คลองสาขา	
	คลองบางพระ	13°53’30.7”, 100°12’5.7”
		13°53’52.7”, 100°12’31.7”

<u>การศึกษาผลของการใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานต่อการเก็บกักไนโตรเจนและต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในทางน้ำ</u>

ในการประเมินผลการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงาน ต่อการเก็บกักไนโตรเจนและต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในทางน้ำ ได้ทำการทดลองแบบ Slug Co-injection ด้วยการฉีด NaCl และ NH_4Cl พร้อมกันลงในคลองระบายน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในเดือนพฤศจิกายน 2553 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคลองสาขาและคลองสาขาย่อยต่างๆ ของแม่น้ำท่าจีนแสดงให้เห็นว่าสารประกอบไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอมโมเนี่ยม (Ammonium) ดังนั้นในการทดลอง จึงเลือกแอมโมเนี่ยม เป็นสารสำหรับการติดตาม (Reactive Tracer) ที่ฉีดลงในคลองระบายน้ำ โดยทำทดลองการฉีด Tracer 2 ครั้ง ครั้งที่หนึ่งไม่มีการเติมอากาศลงไปในทางน้ำ และครั้งที่สองมีการเติมอากาศ ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบผลของการเติมอากาศต่อการเก็บกักไนโตรเจน (Nitrogen Retention) และต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในทางน้ำ ทำการทดลองสองวันต่อเนื่องกันเพื่อให้แน่ใจว่าสภาพคลองที่ใช้ในการทดลองไม่แตกต่างกันในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง

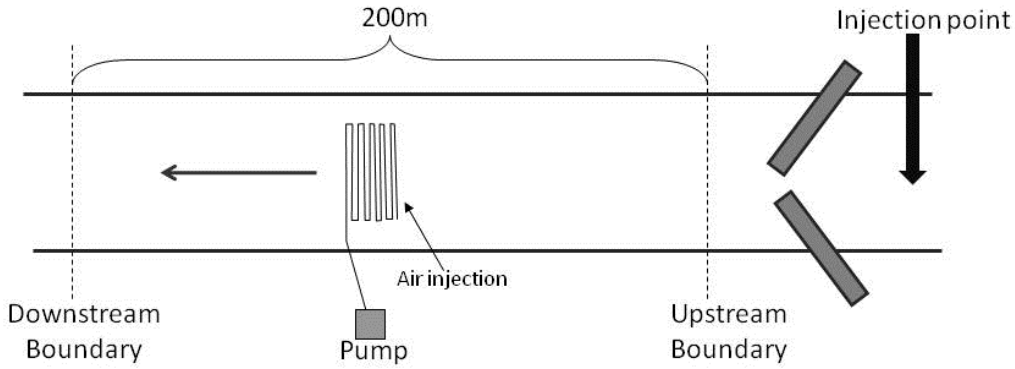
ความยาวช่วงคลองที่ทำการทดลอง Slug Co-injection คือ 200 เมตร มีการติดตั้งแผ่นไม้เพื่อทำให้ทางน้ำแคบลงบริเวณที่ปล่อย Tracer ซึ่งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของช่วงคลองที่ทดลอง เพื่อให้มั่นใจว่าสารละลาย NaCl และ NH_4Cl จะผสมกับน้ำในคลองอย่างสมบูรณ์ ได้คำนวณหาปริมาณ Tracer ที่ฉีดลงไปที่จุดเหนือน้ำของช่วงคลองที่ทดลอง เพื่อให้ค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) เพิ่มขึ้นอย่างน้อยสองเท่าของค่า Background และค่าความเข้มข้นของแอมโมเนี่ยมเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จากคลองสาขาและคลองสาขาย่อยของแม่น้ำท่าจีน (ดูรูปที่ 2)

หลังจากเติมสารละลายเข้มข้นของ NaCl และ NH_4Cl ลงไปในคลองพร้อมๆกัน ได้ทำการตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) และเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของช่วงคลองที่ทดลองเพื่อนำไปสร้าง Breakthrough Curve โดยทำการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างน้ำเป็นระยะๆ ตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นปล่อย Tracer จนกระทั่งมวล (Slug) ของ Tracer ไหลผ่านช่วงคลองที่ทำการทดลองและค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) กลับคืนสู่ค่า Background ก่อนการทดลองได้สร้างเส้นกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration Curve) ระหว่างคลอไรด์ (Chloride) และค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อนำมาใช้ในการแปลงค่ากราฟค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) ที่วัดได้ระหว่างการทดลองเป็นกราฟค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ต่อไป(Gooseff and McGlynn 2005)

คลอไรด์เป็นสารประกอบที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (Conservative) ในขณะที่แอมโมเนียมเป็นสารประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางชีววิทยาได้ เช่นถูกพืชและจุลินทรีย์จับไปใช้ได้ ถ้าไม่เกิดปฏิกิริยาทางชีววิทยากับ

NH_4-N อัตราส่วนระหว่าง Cl ต่อ NH_4-N จะคงที่เท่ากับสารละลายที่ฉีดลงไปในคลอง แต่ถ้าหากอัตราส่วนนี้ที่วัดได้ปลายคลองที่ทดลองเปลี่ยนไป จะสรุปได้ว่ามีการเก็บกักแอมโมเนียด้วยกระบวนการทางชีววิทยาในคลอง ตามสมมติฐานนี้จะสามารถประมาณความสามารถในการเก็บกัก NH_4-N ของคลอง ค่าความจุในการเก็บกักชั่วครู่ (Transient Storage) จะสามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟ Breakthrough ของความเข้มข้นของ Cl ซึ่งวิเคราะห์ได้จากค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ ที่วัดได้ที่จุดสุดท้ายของช่วงคลองที่ทดลอง โดยใช้แบบจำลอง One-dimensional Transport of Inflow and Storage หรือ OTIS (Runkel, 1998) แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเราเติมตัวติดตาม (tracer) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ลงไปด้วย เราจะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ เนื่องจากเราเติมตัวติดตาม ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ลงไปพร้อมกับคลอไรด์ เราจะทำการวิเคราะห์การเก็บกักชั่วครู่และการเก็บกักแอมโมเนียที่เกิดขึ้นตามมาอีกครั้งด้วยการหาความเข้มข้นของคลอไรด์เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

(a)



(b) (c)

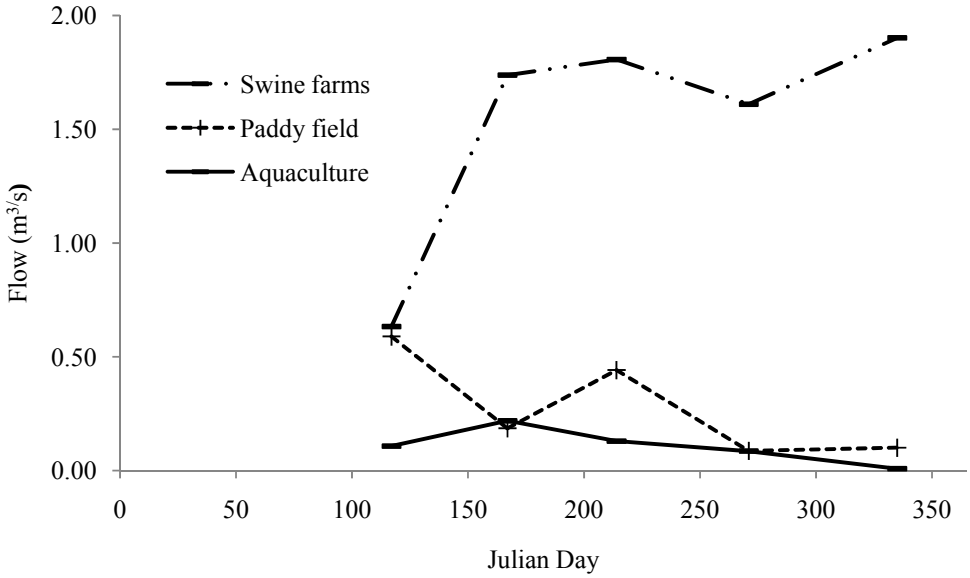
รูปที่ 2 a) A diagram showing the design of tracer injection experiment. Flow was concentrated right downstream of the injection to ensure the mixing of solute and canal water. b) a picture showing the air injection into the canal and c) pump used for this experiment.

ในการทดลองได้เติมอากาศลงไปในน้ำ โดยใช้เครื่องอัดอากาศธรรมดาแทนเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงาน เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานตามที่เสนอไว้ในข้อเสนอโครงการวิจัย ยังคงอยู่ระหว่างการพัฒนาในขณะนั้น อากาศถูกเติมลงในน้ำโดยท่อที่มีรูพรุน (Porous Tube) ซึ่งติดตั้งบนแผ่นอะคริลิคแล้ววางลงบนพื้นคลอง โดยจุดที่เติมอากาศห่างจากจุดที่ปล่อย Tracer ประมาณ 55-60 เมตร และช่วงคลองที่เติมอากาศมีความยาวประมาณ 5 เมตร เติมอากาศด้วยอัตรา 2.59 ลิตรต่อวินาที โดยการเติมอากาศจะเริ่ม 30 นาทีก่อนการฉีด Tracer จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 2)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

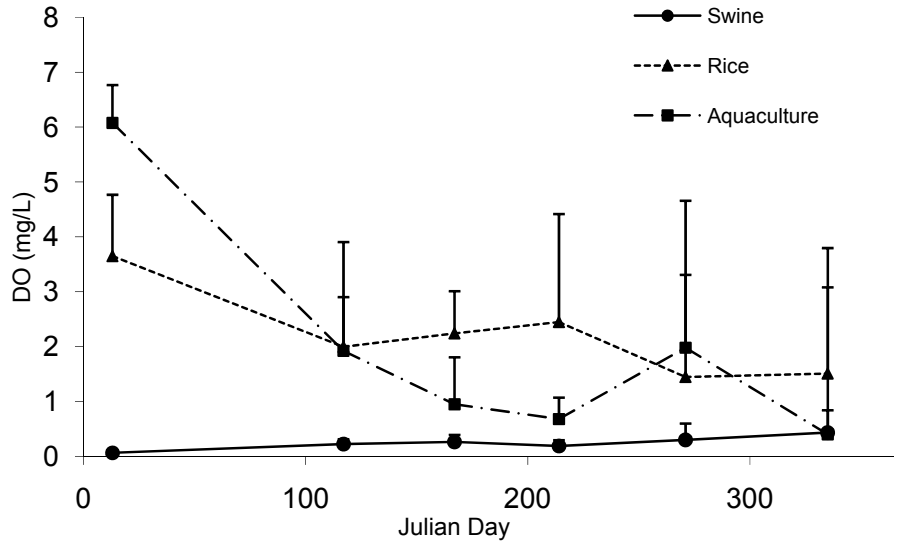
<u>การเก็บตัวอย่างน้ำ (Water sampling)</u>

แผนการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีน ได้พิจารณาจากรูปแบบการตกของฝนในพื้นที่ โดยกำหนดให้มีการเก็บตัวอย่างน้ำ 6 ครั้ง ในช่วงเวลาต่างๆตลอดทั้งปี ดังนี้คือ (1) ช่วงกลางฤดูแล้ง (2) ต้นฤดูฝน (3) ช่วงฝนตกหนักครั้งที่ 1 (4) ช่วงฝนทิ้งช่วงในช่วงฤดูฝน (5) ช่วงฝนตกหนักครั้งที่ 2 และ (6) ช่วงเริ่มต้นฤดูแล้ง ผลจากการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำในคลองที่ระบายน้ำลงแม่น้ำท่าจีน พบว่า อัตราการไหลของน้ำในคลองต่างๆ ในรูปที่ 3 ไม่ได้สะท้อนการตกของฝน ทั้งนี้เนื่องจากจุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ คือคลองระบายซึ่งใช้งานแบบเอนกประสงค์ ซึ่งปริมาณน้ำคลองระบายขึ้นอยู่กับอัตราการระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรม ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพื้นที่ และคลองมีประตูระบายปากคลอง เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคลอง คลองระบายทั้ง 3 สายที่มีที่ตรวจวัดน้ำทั้งหมด ระบายน้ำลงสู่แม่น้ำท่าจีน คลองที่ระบายน้ำจากฟาร์มสุกรมีอัตราการไหลสูงกว่าคลองระบายจากพื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยกเว้นช่วงฤดูแล้ง (เดือนเมษายน) ดังรูปที่ 3



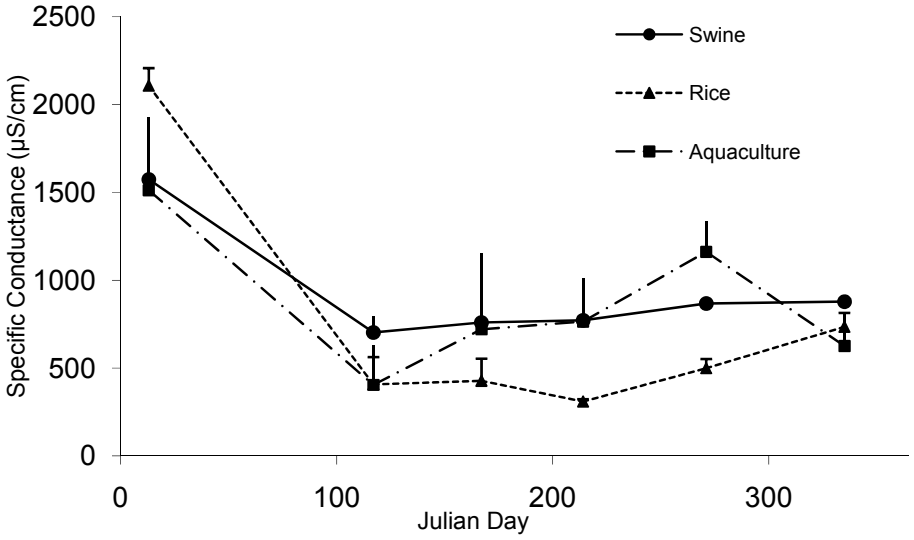
รูปที่ 3 Flow of the studied small drainage canals in 2011. There was no measurement taken during the first sampling trip. Average of the measurements taking at 3 sampling locations is reported.

ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ของตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคลองระบายในแต่ละพื้นที่มีรูปแบบที่แตกต่างกัน คลองที่ระบายน้ำจากเขตฟาร์มสุกรมีความเข้มข้นของ DO ต่ำกว่า 1 mg/l ซึ่งถือเป็นเกณฑ์ต่ำวิกฤตตลอดทั้งปี ดังแสดงในรูปที่ 4 และโดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของ DO จากน้ำที่ระบายจากเขตฟาร์มสุกร(Swine Farm) ต่ำกว่า 0.2 mg./L แบบคงที่ตลอดทั้งปี ซึ่งถือว่าต่ำมาก ส่วน DO ของน้ำในคลองที่ระบายน้ำจากเขตพื้นที่ปลูกข้าว (Rice Paddy Area) มีแนวโน้มลดลงจาก 0.65 mg./l ในเดือนมกราคม เป็น 1.51 mg./l ในเดือนธันวาคม โดยมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 1.74-9.37 mg./l และมีค่าเฉลี่ย 5.02 mg./l น้ำจากคลองที่ระบายจากเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquaculture Pond Area) มีค่าความเข้มข้นของ DO สูงในเดือนมกราคม และค่าค่อยๆ ลดลงตามเวลา โดยมีค่าต่ำสุดที่ 0.4 mg./l ณ วันที่ 1 ธันวาคม 2010 คุณภาพน้ำจากเขตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าความเข้มข้นของ DO สูงสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 7.69 mg./l



รูปที่ 4 DO concentration in small drainage canals in swine farm, rice paddy and aquaculture pond areas. Error bar shows 1 standard deviation.

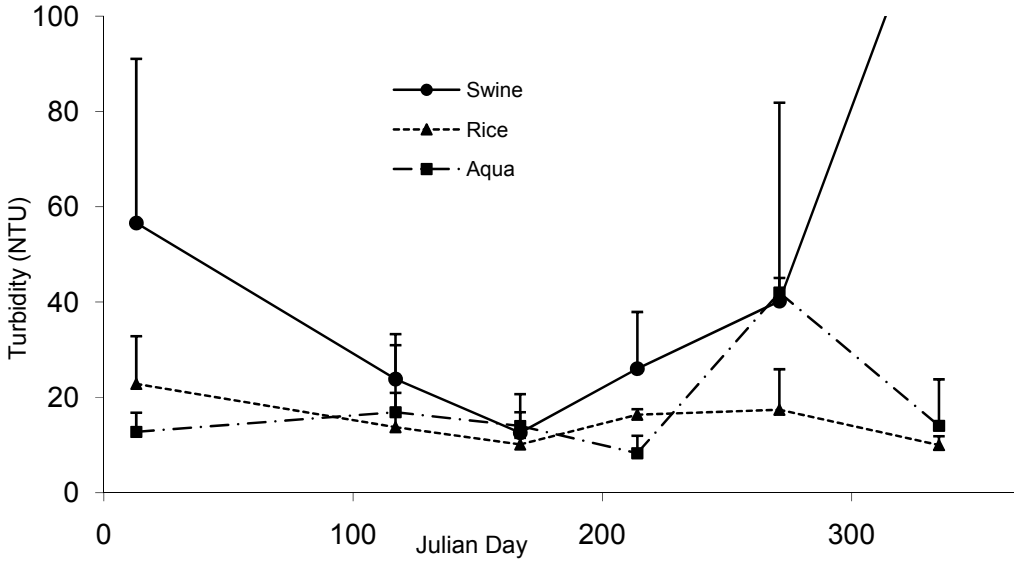
ค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) ของทุกจุดที่เก็บตัวอย่างมีค่าสูงในเดือนมกราคม และเริ่มมีค่าคงตัวในเดือนเมษายนจนถึงเดือนธันวาคม ดังรูปที่ 5 น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะสูง โดยมีค่าเฉลี่ย 1,258 μS/cm ขณะที่น้ำที่ระบายจากฟาร์มสุกร และนาข้าวมีค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ 777 และ 861 μS/cm ตามลำดับ



รูปที่ 5 Averaged specific conductance of water in the canals studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The bar indicates 1 standard deviation.

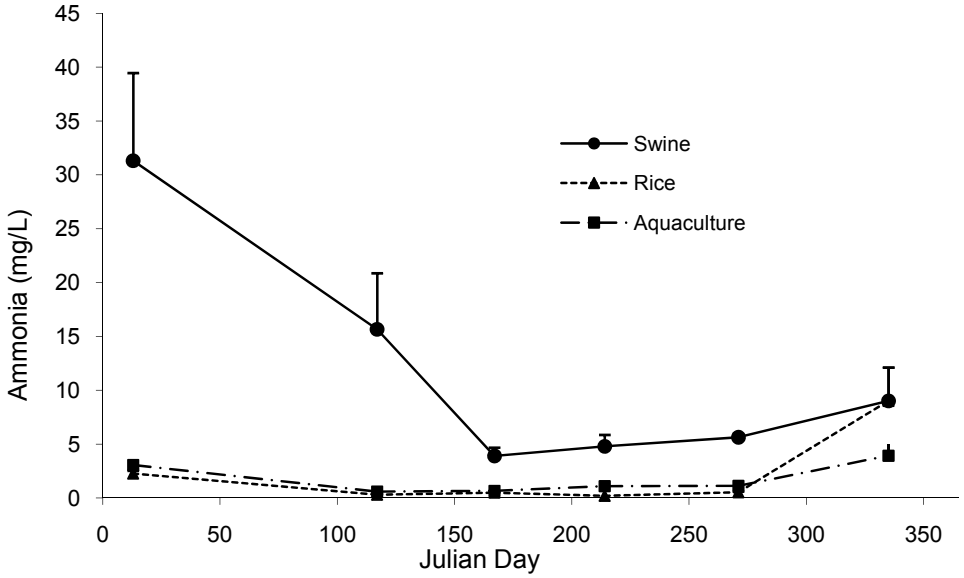
ค่าความขุ่น (Turbidity) ของน้ำจากทั้ง 3 แหล่ง โดยทั่วไปถือว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้ำในคลองที่ระบายออกจากพื้นที่ฟาร์มสุกรมีค่าความขุ่นโดยเฉลี่ยสูงอย่างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 6 ค่าความขุ่นเฉลี่ยของน้ำในคลองระบายออกจากเขตพื้นที่ฟาร์มสุกรในเดือนธันวาคม มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าช่วงอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (130 NTU) ทั้งนี้เนื่องจากมีการขุดลอกคลองก่อนหน้าที่จะเข้าตรวจวัดคุณภาพน้ำ

คลองที่ระบายจากพื้นที่ฟาร์มสุกร มีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียเฉลี่ยสูงกว่าน้ำที่ระบายจากพื้นที่ปลูกข้าว และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ยกเว้นค่าที่จรวจวัดในเดือนธันวาคม (รูปที่ 7) ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำที่ระบายจากพื้นที่ฟาร์มสุกรในเดือนมกราคมมีค่าเฉลี่ย 31.3 mg./l น้ำที่ระบายออกจากฟาร์มสุกรโดยตรงมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 271 mg./l น้ำในคลองที่ระบายจากพื้นที่ปลูกข้าวมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียน้อยกว่า 2 mg./l ยกเว้นในเดือนธันวาคม ส่วนน้ำในคลองที่ระบายออกจากพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีความเข้มข้นน้อยกว่า 1 mg./l ในทุกครั้งที่ตรวจวัดคุณภาพน้ำ คลองระบายน้ำหลัก (Larger Canal) ที่รับน้ำจากคลองระบายสายซอย (Smaller Canal) ก่อนระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีน มีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียมของน้ำที่ระบายออกจากพื้นที่ฟาร์มสุกรสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ย 6.1 mg./l ขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 0.6 mg./l



รูปที่ 6 Averaged turbidity of water in the canals studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The error bar indicates 1 standard deviation.

ความเข้มข้นของไนเตรตมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในคลองปล่อยน้ำขนาดเล็กในทุกๆแหล่งเก็บตัวอย่าง ในคลองขนาดใหญ่กว่า ความเข้มข้นของไนเตรตมักจะมีค่าต่ำไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นแหล่งที่อยู่ในบริเวณบ่อเลี้ยงปลาและกุ้ง ในเดือนเมษายนที่มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร



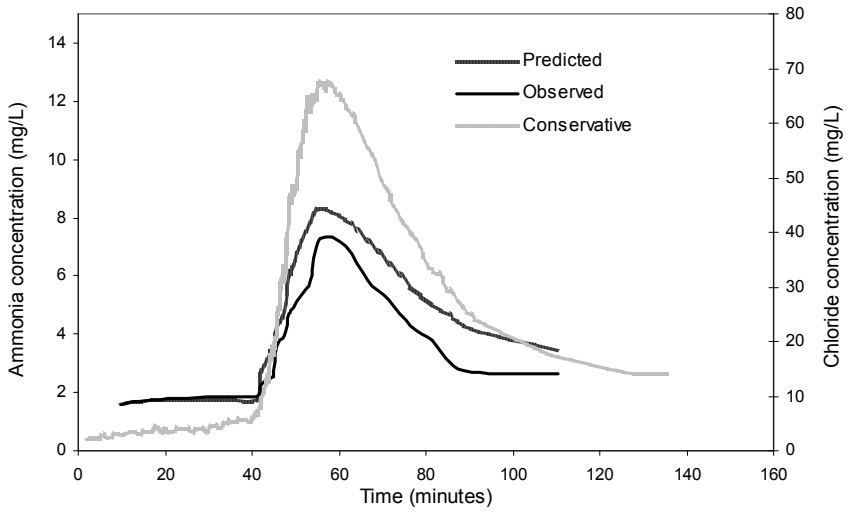
รูปที่ 7 Averaged ammonium concentration measured in the drainage canal studied in swine farm, rice paddy and aquaculture area in 2010. The error bar indicates 1 standard deviation.

ผลของเครื่องสูบน้ำไฮดรอลิกต่อการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ และความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ (Effects of hydraulic pump on ammonium retention and DO concentration)

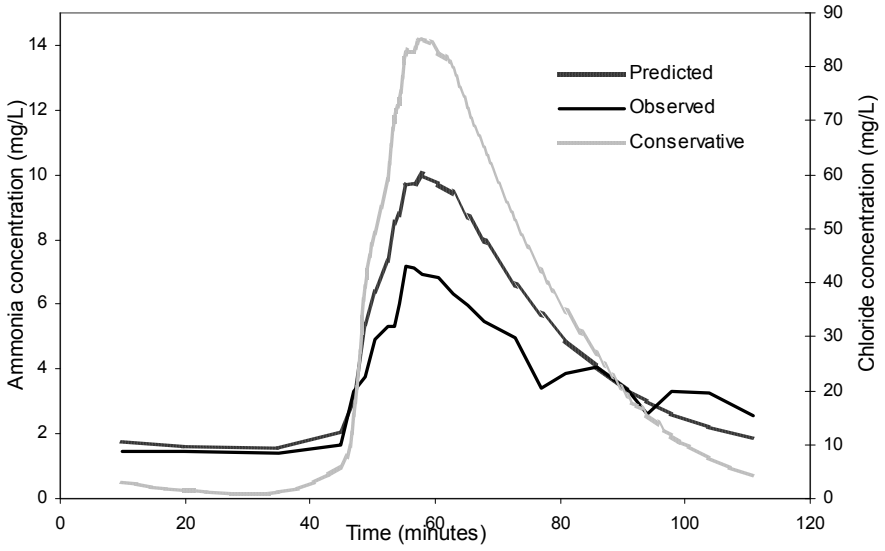
อิทธิพลของเครื่องสูบน้ำไฮดรอลิกที่มีต่อการเก็บกักแอมโมเนียม (Ammonium Retention) ในทางน้ำ และความเข้มข้นของ DO ได้ถูกทดลองโดยการเติม (Co-injection) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ลงในทางน้ำระหว่างวันที่ 2-3 พฤศจิกายน 2553 เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบ 2 การทดลอง คือกรณีที่ไม่มีการเติมอากาศลงในทางน้ำ และกรณีที่มีการเติมอากาศลงในทางน้ำ กราฟเปรียบเทียบ (Breakthrough Curve) ของคลอไรด์และแอมโมเนียของทั้ง 2 การทดลอง (กรณีไม่เติมอากาศและกรณีเติมอากาศ) แสดงอยู่ในรูปที่ 8 และ 9 ซึ่งพบว่ากราฟของทั้ง 2 กรณีมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน คลอไรด์เคลื่อนที่ไปถึงจุดวัดท้ายน้ำภายใน 40-45 นาที และอัตราความเข้มข้นสูงสุด (Peak) ของคลอไรด์ เกิดที่เวลา 60 นาที และลดลงเท่าก่อนเติมคลอไรด์ (Background) ลงไปในทางน้ำ ภายใน 2 ชั่วโมงหลังจากการเติมคลอไรด์

ความเข้มข้นของคลอไรด์ในการทดลองกรณีที่มีการเติมอากาศในวันที่ 3 พฤศจิกายน 2554 มีค่าสูงกว่าผลการทดลองกรณีไม่เติมอากาศ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำในคลองในวันที่ 3 พฤศจิกายน มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียแสดงรูปแบบที่คล้ายคลึงกับคลอไรด์ แต่ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียลดลงจนมีค่าคงตัวเร็วกว่า คือ ภายใน 80-90 นาทีหลังการเติม NH_4CL ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงสุด (Peak) ที่วัดได้ในวันที่ 2 และ 3 พฤศจิกายน คือ 7.2 และ 7.3 mg./l ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย ถ้าพิจารณาว่าไม่มีการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ (No Retention) สามารถคำนวณจากกราฟความเข้มข้นของคลอไรด์และอัตราส่วนคลอไรด์ต่อแอมโมเนียในสารที่เติมลงในน้ำ (Injection Solution) ซึ่งค่าความเข้มข้นนี้เรียกว่า Predicted Concentration

ความสามารถในคงอยู่ของแอมโมเนีย (Ammonium Retention) ในทางน้ำสามารถประมาณได้จากผลต่างระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียที่วัดได้ (Observed) และที่คำนวณได้ (Predicted) ในกราฟในรูปที่ 8 และ 9 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่วัดได้ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้ แสดงให้เห็นถึงการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ

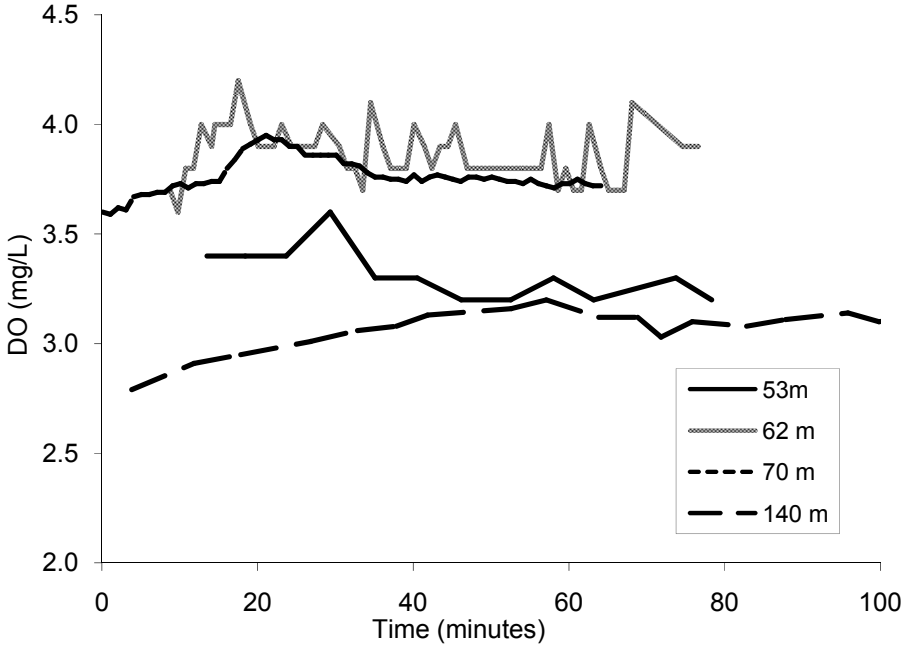


รูปที่ 8 Breakthrough curve of chloride and ammonium concentrations measured at downstream boundary (210 m downstream of the injection point) for the co-injection experiment carried out on Nov. 2, 2010 without air injection. Predicted concentration indicates estimated ammonium concentration if there was no retention of ammonium.



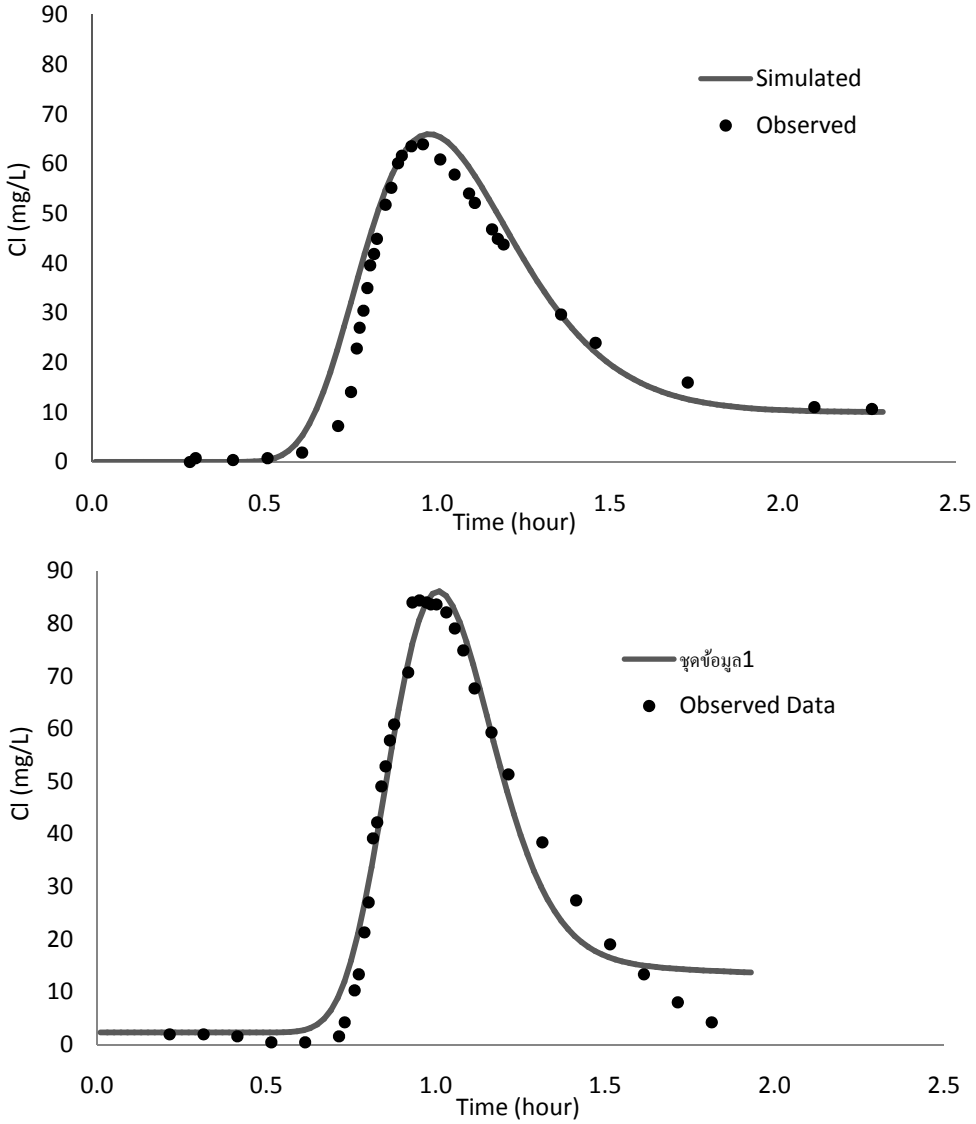
รูปที่ 9 Breakthrough curve of chloride and ammonium concentrations measured at downstream boundary (210 m downstream of the injection point)m for the co-injection experiment carried out on No3. 2, 2010 with air injection. Predicted concentration indicates estimated ammonium concentration if there was no retention of ammonium.

การทดลองกรณีที่มีการเติมอากาศ (Air Injection) แสดงให้เห็นถึงผลของการเติมอากาศต่อค่าความเข้มข้นของ DO ในคลอง ผลจากการวัดค่า DO ที่ 4 จุด คือ 2 เมตรเหนือน้ำจุดที่เติมอากาศ และ 2, 10, 80 เมตรท้ายน้ำของจุดที่มีการเติมอากาศ พบว่าถึงแม้ว่าค่า DO ที่วัดได้ไม่แตกต่างกันมาก แต่พอจะสังเกตเห็นได้ว่า DO ที่วัดได้ที่ระยะ 2 และ 10 เมตร ท้ายจุดที่เติมอากาศมีค่าสูงกว่าจุดอื่น (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 DO concentration measured during the co-injection experiment on Nov 3, 2010. Air injection was at 55-60 m.

ผลการประมาณความจุเก็บกักชั่วคราวของทางน้ำ (Reach Averaged Transient Storage) โดยวิธี OTIS พบว่าผลการจำลองค่า Concentration Breakthrough Curve ของคลอไรด์ที่ใช้ในการทดลอง (Conservative Tracer) สอดคล้องกับค่าที่ตรวจวัดได้(Observed) ดังรูปที่ 11 ผลจากการฟิตกราฟดังกล่าว ทำให้สามารถประมาณขนาดพื้นที่ความจุ (Size of Storage Area) กรณีที่มีการเติมอากาศและไม่เติมอากาศ ได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมอากาศสามารถเพิ่มพื้นที่เก็บกักเพิ่มมากขึ้นเป็นอย่างมาก



รูปที่ 11 Simulated and observed breakthrough curve of chloride for the experiment 1) without and 2) with air injection.

ตารางที่ 2 Transport parameters determined in tracer injection in a drainage canal at Kasetsart University - Kamphaengsaen campus

	Without air injection	With air injection
Date	Nov 2	Nov 3
Discharge (L/s)	11.7	14.5
Stream dispersion, D* (m^2/s)	0.211	0.172
Storage area, As* (m^2)	0.024	0.846
Storage exchange, α* (s^{-1})	1.10E-03	3.10E-04

* are simulated values

การวิจารณ์ผล (Discussion)

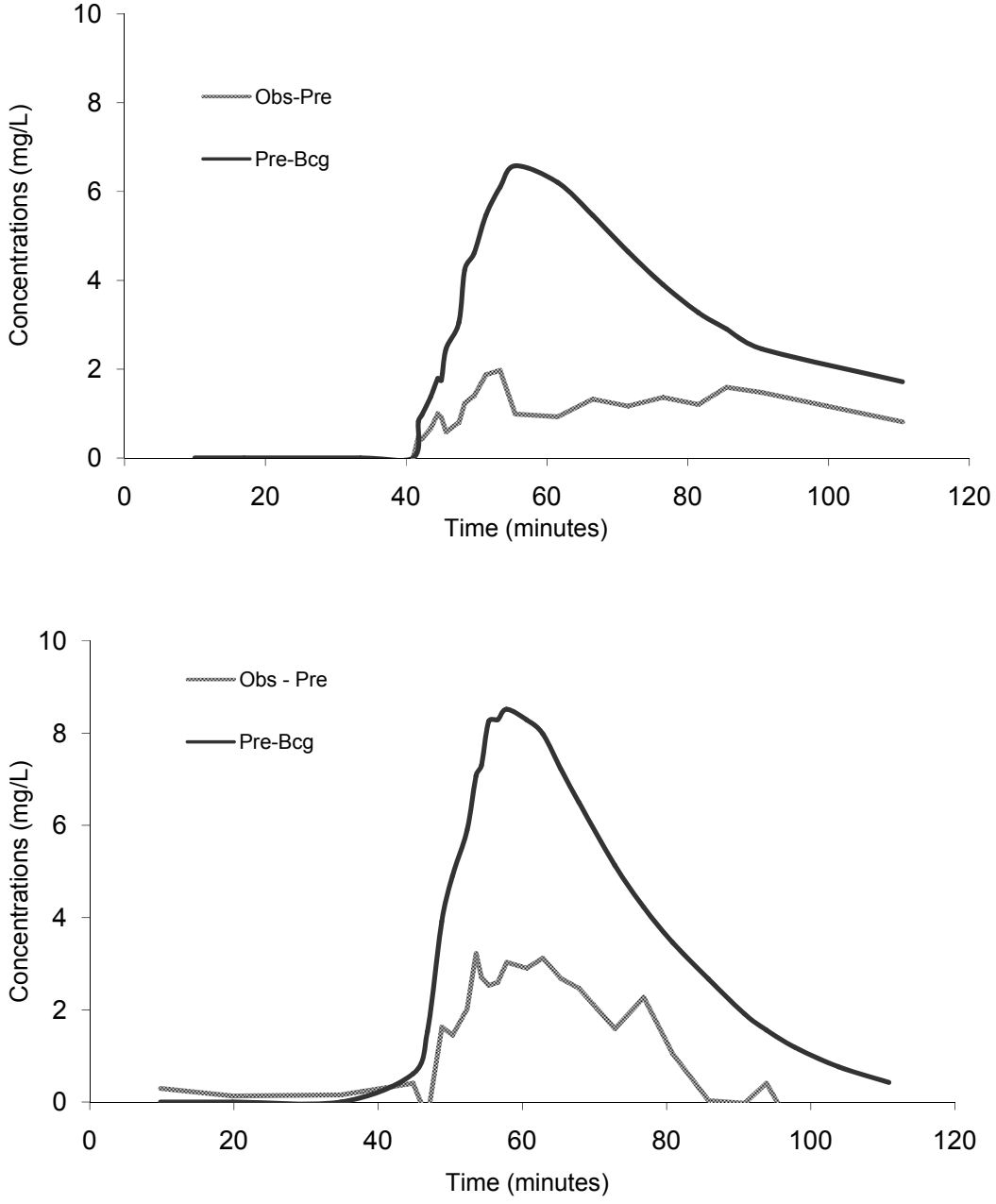
ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของการใช้พื้นที่ (Land Use) ต่อคุณภาพน้ำ รูปแบบของอนินทรีย์สารไนโตรเจน (Inorganic Nitrogen) ที่สำคัญของทุกพื้นที่คือ แอมโมเนีย ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในคลองสาขาที่ระบายน้ำจากพื้นที่ฟาร์มสุกรสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญคือ ประมาณ 10 ถึง 20 เท่าของค่าความเข้มข้นที่วัดได้จากคลองสาขาที่ระบายน้ำจากพื้นที่ปลูกข้าวและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในช่วงฤดูแล้ง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน ของ Schaffer *et al.* (2009) ซึ่งสรุปว่าฟาร์มสุกรคือหนึ่งในแหล่งที่ปล่อยไนโตรเจนแบบจุด (Point Source) ที่ใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคลองสาขาย่อย (คลองสามควายเผือก) ที่รับน้ำเสียโดยตรงจากฟาร์มสุกรกับคลองสาขา (คลองเจดีย์บูชา) ที่รับน้ำจากคลองสาขาย่อยอีกทีหนึ่ง พบว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในคลองสาขาย่อย (คลองสามควายเผือก) สูงกว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในคลองสาขา (คลองเจดีย์บูชา) อย่างมีนัยสำคัญ ผลการตรวจวัดในเดือนมกราคม 2553 พบว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่วัดได้จากคลองเจดีย์บูชา มีค่าเฉลี่ย 8.51 mg/l ซึ่งต่ำกว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่วัดได้จากคลองสามควายเผือก 4 เท่า ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในแม่น้ำท่าจีน และคลองสาขาขนาดใหญ่ที่มีการตรวจวัดและรายงานโดยกรมควบคุมมลพิษมีค่าต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากการศึกษาครั้งนี้มาก ตามรายงานของกรมควบคุมมลพิษ ค่าความเข้มข้นสูงสุดของแอมโมเนียในแม่น้ำท่าจีนที่อำเภอนครชัยศรี ระหว่างปี 2543 ถึง 2552 มีค่า 2.1 mg/l จึงเห็นได้ว่าคลองสาขาย่อยซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานแบบเอนกประสงค์ทั้งเพื่อการเกษตร การอุปโภค-บริโภค การสันทนาการและเป็นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์น้ำ(Habitat for Aquatic Organisms) กำลังประสบปัญหาคุณภาพน้ำรุนแรงกว่าแม่น้ำท่าจีน จึงควรมีมาตรการเพื่อแก้ไขปรับปรุงคุณภาพน้ำในคลองสาขาย่อย

ความเข้มข้นข้นของแอมโมเนียมีผลโดยตรงต่อรูปแบบของค่าความเข้มข้นของ DO ค่า DO ที่วัดได้จากพื้นที่ฟาร์มสุกรมีค่าต่ำที่สุดและต่ำกว่าค่า DO ที่วัดได้จากพื้นที่ปลูกข้าวและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมาก การที่ DO มีค่าต่ำ สะท้อนการเกิดกระบวนการแปลงไนโตรเจนเป็นไนเตรด (Nitrification) ในคลองสาขา และสามารถอธิบายได้ว่าแอมโมเนียคือรูปแบบหลักของอนินทรีย์สารไนโตรเจนในคลองสาขา วิธีการเขตกรรมและการจัดการบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลอย่างสำคัญต่อค่าความเข้มข้นของ DO ของพื้นที่ปลูกข้าวและพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ค่าความเข้มข้นของ DO จากน้ำที่ระบายจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแปลงนามีค่าค่อนข้างสูง ผลิตผลหลักของบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ศึกษาคือ กุ้งขาว (White leg Shrimp) ซึ่งต้องมีการระบายน้ำออกจากบ่อก่อนที่จะมีการจับกุ้งขาย

ค่าการเก็บกักแอมโมเนียม (Ammonium Retention) เป็นผลจากทั้งกระบวนการชีวนะ (Biotic Processes) เช่น การเปรียบแปลงของไนโตรเจนเป็นไนเตรท (Nitrification) พืชจับเอาเอาไปใช้ (Plant Uptake) และการย่อยสลายของจุลินทรย์ (Microbial Immobilization) (Gucker and Boechat, 2004) และกระบวนการอชีวนะ (Abiotic processes) เช่นการระเหยและการดูดซับ (Uolatization and Sorption) (Triska *et al*., 1994) ค่าความเข้มข้นของไนเตรด–ไนโตรเจนได้ถูกวัดเป็นช่วงๆ ตลอดการทดลอง และพบว่ามีค่าน้อยกว่า 0.1 mg/l ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจะไม่เกิดกระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนเตรด (Nitrification) ในทางน้ำที่ DO มีค่าต่ำกว่า 3.2 mg/l น้ำในคลองที่มี pH 7.2 จะไม่มีผลทำให้เกิดการระเหย (Volatilization) ระหว่างการทดลองได้มีการสำรวจตรวจสอบพืชที่ขึ้นในคลองและวัชพืชที่ลอยมากับน้ำตลอดแนวคลอง ซึ่งพบว่าพืชในคลองและในน้ำมีความหนาแน่นค่อนข้างมากในช่วง 70 เมตรแรกของช่วงคลองที่ทดลอง พืชในคลองและในน้ำจะช่วยเพิ่มความจุเก็บกักชั่วคราว (Transient Storage) ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการเก็บกักแอมโมเนียมในทางน้ำ โดยโดยกระบวนการพืชจับเอาไปใช้และการย่อยสลายของจุลินทรีย์ (Gucker and Boechat, 2004) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมในระหว่างการทดลอง ตะกอนดินท้องคลองจะดูดซับแอมโมเนียมได้มากขึ้น (Triska *et al.* , 1994)

เมื่อนำค่าการเก็บกักแอมโมเนีย (Ammonium Retention) ไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่คำนวณได้ (Predicted) พบว่าค่าการเก็บกักแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเมื่อแอมโมเนียที่ปล่อยลงน้ำเคลื่อนที่มาถึง แต่ค่าการเก็บกัก (Retention) จะมีค่าคงตัวอย่างรวดเร็วที่ประมาณ 1 mg/l ดังรูปที่ 12(a) ในคลองสาขาย่อยที่ระบายน้ำจากพื้นที่ฟาร์มสุกร ซึ่งพบว่ามีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงสุดที่คือ 40 mg/l ในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงกลางฤดูแล้ง น้ำเสียที่ท่อระบายน้ำของฟาร์มสุกรก่อนระบายลงสู่คลองมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงกว่า 125 mg/l จึงเป็นผลทำให้น้ำในคลองสาขาย่อยมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียสูง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ถึงแม้ว่ายังไม่สามารถนำข้อสรุปจากคลองสาขาย่อยไปใช้ในคลองสาขาขนาดใหญ่ได้ แต่ผลการศึกษาแนะนำว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่สูงถึง 40 mg/l น่าจะเกินขีดความสามารถในการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ (In-Channel Ammonium Retention) และการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำจะลดลงเมื่อแอมโมเนียมีค่าความเข้มข้นสูง นอกจากนี้คลองสาขาขนาดใหญ่มีอัตราส่วนพืชน้ำต่อปริมาณน้ำไหลในทางน้ำน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับคลองสาขาขนาดเล็ก ดังนั้นจึงคาดได้ว่าคลองระบายสาขาขนาดใหญ่จะมีความจุเก็บกักชั่วคราว (Transient Storage) น้อยกว่า และมีผลทำให้ความสามารถในการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ เนื่องจากการที่พืชดูดจับไปใช้และการย่อยสลายของจุลินทรีย์จะลดลงตามไปด้วย

ผลการทดลองโดยการเติมอากาศทำให้การเก็บกักแอมโมเนีย (Ammonium Retention) ในทางน้ำมีค่าสูงกว่าการทดลองโดยไม่เติมอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 12 ความสามารถในการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำมีค่าสูงกว่า 2 mg/l ในช่วงที่ Tracer มีค่าสูงสุดของการทดลองแบบการเติมอากาศ ขณะที่ค่าการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำมีค่าต่ำกว่า 2 mg/l ในการทดลองแบบไม่เติมอากาศ ถึงแม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้มุ่งสืบหาสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำเพิ่มขึ้น แต่สามารถบอกได้ว่าการเพิ่มค่าความจุเก็บกักชั่วคราว (Transient Storage) และความเข้มข้นของ DO จะมีผลต่อค่าการเก็บกักแอมโมเนียในทางน้ำ การทดลองโดยการเติมอากาศทำให้ค่าความจุเก็บกักชั่วคราวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สามารถเพิ่มระยะเวลาการเก็บกักแอมโมเนียของทางน้ำ (Residence Time) และมีผลทำให้แอมโมเนียถูกจับมากขึ้น ความจุเก็บกักชั่วคราวขนาดใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มค่าการเก็บกักไนโตรเจนในทางน้ำ (Vallet *et al*., 1996) ถึงแม้ว่าการเติมอากาศจะเพิ่มค่าความเข้มข้นของ DO เพียงเล็กน้อย แต่การเติมอากาศมีผลต่อการเพิ่มค่าความเข้มข้นของ DO เป็นระยะทางหลายเมตรท้ายน้ำของจุดที่เติมอากาศ ค่าความเข้มข้นของ DO ที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มกระบวนการเปลี่ยนไนโตรเจนเป็นไนเตรท (Nitrification) และส่งผลให้เกิดการกำจัดไนโตรเจนออกจากทางน้ำตามกระบวนการเปลี่ยนไนเตรดเป็นไนโตรเจน (Denitrification) นอกเหนือจากการจับไนโตรเจนของพืชและสัตว์น้ำ



รูปที่ 12 Predicted ammonium concentration if there was no retention, and the ammonium retention during observed during the co-injection experiment carried out on a) Nov. 2, 2010 with no air injection and b) Nov. 3, 2010 with air injection. Air was injected 60 m downstream of the upstream boundary during the experiment.

สรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendations)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในคลองขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับแม่น้ำท่าจีนอยู่ในระดับที่สูงมาก ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าความเข้มข้นที่มีการรายงานไว้สำหรับสายหลักของแม่น้ำท่าจีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีการทำฟาร์มสุกรอย่างหนาแน่นระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนอยู่ในสภาวะที่เลวร้าย ประชาชนที่อาศัยอยู่ริมคลองขนาดเล็กเหล่านี้ใช้น้ำคลองในการทำการเกษตรขนาดเล็ก ซักล้าง และ กิจกรรมยามว่างอื่นๆ นอกจากนั้นคลองเหล่านี้ก็เป็นถิ่นอาศัยของสัตว์น้ำต่างๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำของคลองขนาดเล็กเหล่านี้ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของแม่น้ำท่าจีนสายหลักด้วยในที่สุด การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่ทำกันอยู่ในปัจจุบันมักจะเน้นเฉพาะแม่น้ำสายหลักและคลองขนาดใหญ่ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ตรวจคุณภาพน้ำของคลองขนาดเล็กด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อศึกษาผลของน้ำที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมเฉพาะทางต่างๆ เช่น ฟาร์มสุกร บ่อเลี้ยงปลา กุ้ง และนาข้าว

การเติมอากาศลงในคลองช่วยปรับสภาวะความเข้มข้นของ DO และเพิ่มค่าการเก็บกักแอมโมเนีย (Ammonium Retention) ในคลองที่ศึกษา คลองหลายๆสายประสบปัญหาค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงมาก การเติมอากาศโดยเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองการเติมอากาศที่อัตราเร็ว 2.59 ลิตรต่อวินาที แต่ผลของการทดลองที่ได้ยังไม่สามารถลดระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียให้ลงมาอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยต่อไปเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของการเติมอากาศ การไหลของน้ำ และ ค่าการกักเก็บไนโตรเจน เพื่อการนำการเติมอากาศด้วยเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานมาใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ

ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำคลองที่สำรวจในการศึกษานี้มีค่าสูงกว่าค่าการเก็บกักแอมโมเนียที่ประเมินไว้ แม้จะมีความพยายามที่จะฟื้นฟูสภาพของคลองเพื่อเพิ่มการเก็บกักชั่วครู่ ค่าการเก็บกักแอมโมเนียในลำคลองก็ไม่น่าจะพอที่จะเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียของน้ำในคลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีฟาร์มเลี้ยงสุกร ในการเก็บตัวอย่างน้ำของเรา เราได้พบว่ามีการปล่อยน้ำเสียลงในคลองโดยไม่ได้ทำการบำบัดก่อน ขั้นแรกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำคือการบำบัดน้ำที่จะปล่อยทิ้งลงคลอง หากความเข้มข้นของไนโตรเจนในน้ำยังสูงอยู่ อาจจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่นๆนอกจากการเพิ่มความสามารถในการเก็บกักตามธรรมชาติภายในคลองดังเห็นได้จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ซึ่งได้แก่ การใช้ผักตบชวาในการเพิ่มการดูดซับตามธรรมชาติ (Mahujchariyawong และ Ikeda 2001) การเพิ่มปริมาณแบคทีเรียชนิดพิเศษเพื่อเพิ่มการกำจัดไนโตรเจน (Jiao และคณะ 2011) และการใช้บึงประดิษฐ์ (constructed wetland) เพื่อกรองน้ำผิวดิน (Xiong และคณะ 2011) แต่การใช้สิ่งมีชีวิตที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติของระบบนิเวศน์เดิมก็จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และมักไม่นิยมปฏิบัติ

ผลการวิจัยบางส่วนจะถูกตีพิมพ์ในเอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ (proceeding) Environmental Asia Conference

เอกสารอ้างอิง (References)

Bencala, KE. 1993. A perspective on stream-catchment connections. *Journal of North American Benthological Society* **12**: 44-47

Bieri, F. 2005. Water quality assessment and analysis in Tha Chin River Basin, Thailand. Dissertation, 121pp. Geographical Institute, Universitat Bern, Switzerland.

Gooseff, MN, McGlynn. BL. 2005. A stream tracer technique employing ionic tracers and specific conductance data applied to the Maimai catchment, New Zealand. Hydrological processes **19**: 2491 – 2506.

Grimm, NB, Sheibley, RW, Crenshaw, CL, Dahm, CN, Roach, WJ and Zeglin, LH. 2005. N retention and transformation in urban streams. Journal of the North American Benthological Society **24**: 626-642

Gücker, B and Boëchat, IG. 2004. Stream morphology controls ammonium retention in tropical headwaters. Ecology **85**: 2818–2827.

Hill, AR, Labadia, CF, Sanmugadas, K. 1998. Hyporheic zone hydrology and nitrogen dynamics in relation to the streambed topography of a N-rich stream. Biogeochemistry **42**: 285–310.

Jiao, Y, Zhao, Q, Jin, W, Hao, X, You S. 2011. Bioaugmentation of a biological contact oxidation ditch with indigenous nitrifying bacteria for in situ remediation of nitrogen-rich stream water. Bioresource Technology 102: 990-995

Jones, JB, Holmes, RM. 1996. Review: Surface-subsurface interactions in stream ecosystems Trends in Ecology & Evolution 11: 6

Kasahara, T and Hill, AR. 2007. Stream Restoration: Its effects on Lateral Stream-Subsurface Water Exchange. doi: 10.1002/rra/1010 *River Research and Application* **23**: 801-814

Mahujchariyawong , J. and Ikeda, S. Modelling of environmental phytoremediation in eutrophic river — the case of water hyacinth harvest in Thachin River, Thailand. Ecological Modelling 2001; 14: 121–134.

Morrice, JA, Valett, HM, Dahm, CN and Champana, ME. 1997. Alluvial characteristics, groundwater-surface water exchange and hydrological retention in headwater streams. Hydrological Processes **11**:253-267

Runkel, RL. 1998. One-dimensional transport with inflow and storage (OTIS): a solute transport model for streams and rivers. US Geological Survey Water Resource Investigations Report 98-4018

Salehin, M, Packman, AI, Worman, A. 2003. Comparison of transient storage in vegetated and unvegetated reaches of a small agricultural stream in Sweden: seasonal variation and anthropogenic manipulation. Advances in Water Resources **26**: 951-964

Schaffner, M, Bader, HP, Scheidegger, R. 2009. Modeling the contribution of pig farming to pollution of the Thachin River. Clean Techinical Environment Policy; DOI 10.1007/s 10098-009-0255-y: 19pp.

Schaffner, M and Wittmer, I. 2007. The Thachin River is overloaded with nutrients. Research report, Eawag News 62e

Simachaya, W. 2003. Lessons learned on integrated watershed and water quality management in the Thachin River Basin, Thailand. In: Proceedings from the first Southeast Asia water forum; Chiang Mai, Thailand.

Storey, RG, Williams, DD, Fulthorpe, RR. 2004. Nitrogen processing in the hyporheic zone of a pastoral stream. Biogeochemistry **69**:285–313.

Stream Solute Workshop. 1990. Concepts and methods for assessing solute dynamics in stream ecosystems', J. N. Am. Benthol. Soc., **9**: 95-119.

Triska, FJ, Kennedy, VC, Avanzino, RJ, Zellweger, G, Bencala, KE. 1989. Retention and transport of nutrients in a third-order stream: channel process. Ecology **70**: 1877- 1892.

Triska, FJ, Jackman, AP, Duff, JH and Avanzino, RJ. 1994. Ammonium sorption to channel and riparian sediments – a transient storage pool for dissolved inorganic nitrogen. Biogeochemistry **26**: 67–83.

Valett, HM, Morrice, JA, Dahm, CN, Campana, ME. 1996. Parent lithology, surface-groundwater exchange, and nitrate retention in headwater streams. *Limnology and Oceanography* **41**: 333-345

Xiong J. Guo G, Mahamood Q, Yue M. 2011. Nitrogen removal from secondary effluent by using integrated constructed wetland system. Ecological Engineering 37: 659-662

<u>ส่วน ข</u> : ประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ (ภาษาไทย) รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

(ภาษาอังกฤษ) Assoc. Prof. Dr. Varawoot Vudhivanich

เลขประจำตัวประชาชน 3-1605-00002-83-9

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

โทร 0-3435-1897

แฟกซ์ 0-3435-1404

Email : fengvwv@ku.ac.th

ประวัติการศึกษา

2518 วศ.บ. (วิศวกรรมชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2521 M.Eng (Irrigation Engineering) Asian Institute of Technology, Thailand

2529 Ph.D. (Water Resources Planning and Management) Colorado State University, USA

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

(1) วิศวกรรมชลประทาน

(2) การจัดการน้ำ

(3) อุทกวิทยา

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานของประเทศไทย (โครงการ 3 ปี 2549-2551 กำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

1) การพัฒนาสโตคลาสติกโมเดลสำหรับปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำแม่กลอง " ทุนอุดหนุนวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มก. ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2534
2) การประเมินผลการปฏิบัติงานในเชิงเทคนิคของโครงการพัฒนาเกษตรชลประทาน ทุนอุดหนุนวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มก. ระหว่างปี พ.ศ. 2537-2538
3) การพัฒนากลยุทธในการจัดสรรน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำของโครงการชลประทาน ทุนอุดหนุนวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ระหว่างปี พ.ศ. 2537-2540
4) การประยุกต์ระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ในการประเมินปริมาณการไหลของน้ำเข้าอ่างก็บน้ำลำตะคอง ทุนอุดหนุนวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มก. ปี พ.ศ. 2545.
5) การประยุกต์ระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ในการประเมินปริมาณการไหลของน้ำเข้าอ่างก็บน้ำ ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปี พ.ศ. 2546.

ผู้ร่วมวิจัย

1) การวิจัยและพัฒนาระบบชลประทานแบบไมโคร ทุนอุดหนุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ระหว่างปี พ.ศ. 2535-2537
2) การประเมินผลการใช้งานอ่างเก็บน้ำกลางคืน สำหรับพื้นที่การปลูกอ้อย ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2544
3) โครงการวิจัย KU-Tsukuba Joint Research Program เรื่อง Engineering Aspects of Modern Agricultural Infrastructures in Thailand ทุนอุดหนุนวิจัย Monbusho Grant-in-Aid for International Scientific Research, Japan. ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2541
4) โครงการวิจัย KU-Tsukuba Joint Research Program เรื่อง Sustainable Management of Mae Klong River Basin, Thailand ทุนอุดหนุนวิจัย Tien Lo Fund for International Academi Research, Univ.of Tsukuba. ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543
5) โครงการวิจัย KU-Tsukuba Joint Research Program เรื่อง Elucidation of Casual Chains and Restoration Applying Agricultural Engineering Approaches for Watershed Degradation of The Lam Phachi River, Thailand ทุนอุดหนุนวิจัย Monbusho Grant-in-Aid for International Scientific Research, Japan. ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2545.
6) การวินิจฉัยการจัดการลุ่มน้ำท่าจีน ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2548.

7) การบริหารจัดการน้ำโครงการชลประทานระบบท่อในพื้นที่การปลูกอ้อยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2548

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว (เฉพาะผลงานระหว่างปี 2543- ปัจจุบัน)

(1) Vudhivanich, V., Kaewkulaya, J., Sopaphun, P., Suidee, W., and P. Sopsathien.2000. Development of Water Allocation Strategy to Increase Water Use Efficiency of Irrigation Project. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 34:145-158.

(2) Kawabata, A., Satoh, M., Vudhivanich, V. and N. Cherdchanpipat. Reservoir Operation Principles of Multipurpose reservoirs for Stable Water Supply in Mae Klong River Basin. Proceedings of the International Conference on The Chao Phraya Delta : Historical Development , Dynamics and Challenges of Thailand's Rice Bowl. Held at Kasetsart University , Bangkok, Thailand. 12-15 December 2000. p.453-469.

(3) Konoksing, P., Vudhivanich, V. and P. Unjukchun. 2001. Evaluation of the Overnight Storage Reservoir Utilization for Sugarcane Cultivation. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 35(1):23-33.

(4) Vudhivanich, V. and S. Roongsri. 2001. Steady State Gate Operation Model for Mun Bon Irrigation System. Kasetsart J. (Nat. Sci) 35(1):85-92.

(5) Sakuma, T., Satoh, M., Sopapun, P., Kwanyuen, B. and V. Vudhivanich, 2001. An Analysis of Land Consolidation Projects in Thailand Compared with the Japanese Experiences. Trans of JSIDRE: 213:109-118.

(6) สุประพล วัตตะสิริชัย และ วราวุธ วุฒิวณิชย์. การคาดคะเนอัตราการระเหยจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ โดยใช้แบบจำลอง Autoregressive. วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 44 ปีที่ 15 สิงหาคม - พศจิกายน 2544. น. 97-110.

(7) ทองเปลว กองจันทร์ และ วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2544. สภาวะการขาดน้ำของลุ่มน้ำมูลตอนบน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 1 20-21 ธันวาคม 2544 ณ วิทยาลัยการชลประทาน. 9 น.

(8) Fujiki,T., Satoh,M., Sopaphun,P. and V.Vudhivanich.2001. Water Management Practice in Upper Chao Phraya Delta, Thailand - Analysis of water use in the Borommathad Irrigation Project. Trans. of JSIDRE. 216:707-713.

(9) วราวุธ วุฒิวณิชย์ และ โกศล สจิรวัฒนากุล. 2545. การพัฒนาระบบการจัดสรรน้ำตามลำดับความสำคัญของการใช้น้ำสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำ. วิศวกรรมสาร มก. 46:30-39.

(10) Vudhivanich,V., Pajongkitkran,S. , Bunpian,A. and N. Cherdchanpipat.2002. Irrigation Enfficiency of The Greater Chao Phraya and The Greater Mae Klong Irrigation Projects. Kasetsart J.36(1):110-118.

(11) วราวุธ วุฒิวณิชย์ และ พีระชาติ อุดาการ. 2545. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ่ง. วิศวกรรมสาร มก.(48):54-65.

(12) Sugiyama,H.,Vudhivanich,V.,Lorsirirat,K. and A.C.Whitaker.2003. Factors Affecting Hydrological Characteristics in the Lam Phachi River Basin. Proceedings of the Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River basin, Thailand. Held at Bangkok, Thailand. November 29,2002. p.25-34.

(13) Maita,H., Higo,M., Kimura,M., Lorsirirat,K., Kumlungkeng,S., Marutani.T., Vudhivanich,V. and B. Kwanyuen.2003. Human Impact on Soil Erosion of the Lam Phachi River Basin – From a View Point of Infiltration Capacity-. Proceedings of the Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River basin, Thailand. Held at Bangkok, Thailand. November 29,2002. p.35-52.

(14) Sakuma,T., Ogawa,S., Satoh,M., Toyomitsu,Y., Vudhivanich,V., Kwanyuen,B., Usaborisut,P. and S. Kumlungkeng.2003. Development of Agricultural Land in Hilly Area of the Tha Khoi Basin. Proceedings of the Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River basin, Thailand. Held at Bangkok, Thailand. November 29,2002. p.89-100.

(15) Sakuma,T., Toyomitsu,Y., Ogawa,S., Satoh,M., Maita,H., Kimura,M., Vudhivanich,V., Kwanyuen,B., Usaborisut,P. and S. Kumlungkeng.2003. Soil Erosion in the Pineapple Fields of the Ban Kha Subdistrict. Proceedings of the Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River basin, Thailand. Held at Bangkok, Thailand. November 29,2002. p.101-108.

(16) Kongjun, T. and V. Vudhivanich.2003. Multicriteria Decision Making for Multireservoir Water Allocation During Shortage : A Case Study of Upper Mun Basin. 4th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engieering (RSID4). April 2003. Bangkok. Thailand. P.B6(17-25).

(17) Sugiyama, H.,Vudhivanich, V., Whitaker, A.C. and K. Lorsiririrat. 2003. Stochastic Flow Duration Curves for Evaluation of Flow Regimes in Rivers. Journal of The American Water Resources Association. 39(1):47-58.

(18) วราวุธ วุฒิวณิชย์ และ พรรณพร สุวรรณ. 2546. การวางแผนชลประทานฤดูแล้ง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำพระเพลิง. วิทยาสารกำแพงแสน. 1(1):40-48.

(19) Vudhivanich, V. and A. Rittima. 2003. Development of Probability Based Rule Curves for a Reservoir. Kasetsart J.(Nat.Sci.). 37:234-242.

(20) Kongjun, T. and V. Vudhivanich. 2003. Multicriteria Decision Making for Multireservoir Water allocation During Shortage: A Case Study of the Upper Mun Basin. Journal of Suranaree J. Sci.Technol.11:30-38.

(21) Kongjun, T. and V. Vudhivanich. 2003. Artificial Neural Networks Model for Multireservoir Water Allocation. Kasetsart J.(Nat.Sci.) 37:523-533.

(23) Satoh, M., Kawabata, A., Vudhivanich, V., Kwanyuen, B. and N. Cherdchanpipat. 2003. Development of Operation Rule for Multipurpose Reservoirs to Secure Water Supply in The Mae Klong River Basin, Thailand. Trans of JSIDRE. 228: 17-24.

งานวิจัยที่กำลังทำ

(1)เป็นผู้อำนวยชุดโครงการวิจัย"แผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชลประทานของประเทศไทย " โดยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปี พ.ศ. 2548-2551.

(2) เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย "การพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติ" ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปี พ.ศ. 2548-2551.

2. ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ Dr.TAMAO KASAHARA
ตำแหน่ง Foreign Expert
หน่วยงาน Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University
Salaya, Nakhon Pathom 73210, Thailand
โทรศัพท์ : 02-441-5000 ext1326 (Office)
0843178008 (mobil)
E-mail: entamao@mahidol.ac.th

Professional Experience

2005 - 2008: Assistant Professor

Department of Watershed Sciences, Utah State University, Logan, Utah, USA

2009-2009: Foreign Specialist

Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University-Kamphaengsaen Campus, Nakohn Pathom, Thailand

2009-Present: Foreign Expert

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

Education

2005: Ph.D. (Physical Geography) Dept. of Geography, York University, Canada

2000: M.S. (Forest Ecology) Dept. of Forest Science, Oregon State University, USA

1997: B.S. (Forest Science) Dept. of Forest Science, Hokkaido University, Japan

Graduate Students

Le Thi Tuyet Anh (M.S. candidate in Natural Resource Management, Mahidol U.)

Wattanapon Tiempathom (M.S. candidate in Natural Resource Management, Mahidol U.)

Kennedy, Patrick (M.S. in Watershed Sciences, Utah State U.): Defended in April 2009

Burke, Amy (M.S. in Watershed Sciences, Utah State U.): Defended in December 2008

Publications

Refereed Journals

Kasahara, T, Datry T, Boulton, A.J., and Mutz, M. 2009. Treating causes not symptoms: restoration of surface-groundwater interactions in rivers. *Marine and Freshwater Research* 60: 976-981.

Boulton, A.J., Datry T, Kasahara, T, Mutz, M., and Stanford, JA. 2010. Ecology and management of the hyporheic zone: stream– groundwater interactions of running waters and their floodplains. *Journal of the North American Benthological Society* 29: 26-40.

Burke, A.R. and Kasahara, T. (*In Press*) Subsurface Lateral Flow Generation in Aspen and Conifer-Dominated Hillslopes of a First Order Catchment in Northern Utah. *Hydrological Processes*

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2008. Modeling the effects of individual features of lowland stream restoration projects on hyporheic exchange flow. *Ecological Engineering* 32: 310-319

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2007. Lateral hyporheic zone chemistry in an artificially constructed gravel bar and a re-meander stream channel, Southern Ontario, Canada. *Journal of American Water Resources Association* 43:1257-1269

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2007. Stream Restoration: Its effects on Lateral Stream-Subsurface Water Exchange. doi: 10.1002/rra/1010 *River Research and Application* 23: 801-814

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2006. Hyporheic exchange flows induced by constructed riffles and steps in lowland streams. *Hydrological Processes* 20: 4278-4305

Kasahara, T. and Y. Yano. (Invited). 2006. Introduction of field station – HJ Andrews experimental forest, Oregon. *Japanese Journal of Ecology* Vol. 56(1):91-94

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2006. Effects of riffle/step restoration on hyporheic zone chemistry in N-rich lowland streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* Vol. 63: 120-133

Shibata, H., Sugawara, O., Toyoshima, H., Wondzell, S.M., Nakamura, F., Kasahara, T., Swanson, F.J., and Sasa, K. 2004. Nitrogen dynamics in the hyporheic zone of a forested stream during a small storm, Hokkaido, Japan. *Biogeochemistry* Vol. 69: 83-104

Kasahara, T. and Wondzell, S.M. 2003. Geomorphic controls on hyporheic exchange flow in Mountain Streams. *Water Resources Research* Vol. 39, No. 1, SH3-1-14

Non Refereed Journals

Kasahara, T. Construction of riffle-pool sequences and gravel bars: their effects on hyporheic exchange flow (Invited). 2007. *Kasen* (Japanese River Engineering Journal) 735: 95-97

Reports

Edited by Watanabe, M. and Inahara, S. Translated by Inahara, S., Kasahara, T. Kumagai, Y., Kouketsu, W., Takahashi, M., Tanaka, K., and Watanabe, M. 2006. Translation of "Water Allocation in the Klamath Reclamation Project, 2001 (Oregon State University Extension Service)."

Manuscripts in Review

Schmadel, N.M., Neilson, B.T. and Kasahara, T. Data collection strategy to support and test longitudinal channel water balances in a high gradient mountain stream. Submitted to *River Research and Application*

Manuscripts in Preparation

Nunokawa, M, Etori, M and Kasahara, T. Changes in lateral stream-subsurface water interaction after partial removal of sediment trap dams.

Scientific Presentations

National Meeting

Le A.T.T., Kasahara T, V. Vudhivanich V. 2011. In-channel nitrogen retention in a small tropical stream in Thachin River Basin, Central Thailand. Bangkok, Thailand. March 22-25

Burke, A. and Kasahara T. 2008. Comparison of soil moisture patterns between conifer and aspen hillslopes in northern Utah in low and average precipitation years. American Geophysical Union- Fall Meeting. San Francisco, CA, December 15-19

Schmadel, N., Neilson B.T., and Kasahara T. 2008. Comparison of Approaches used to Characterize Stream Water-Groundwater Exchange. American Geophysical Union- Fall Meeting. San Francisco, CA, December 15-19

Kasahara, T. and Nielson B. Spring high flow and summer water temperature in a restored reach of the provo river in northern2008. Utah. Annual Meetings of the North American Benthological Soceity. Salt Lake City, UT. May 25-30

Burke, A. and Kasahara T. 2007. Soil Moisture Patterns on Conifer and Aspen Hillslopes in an Alpine Catchment of Northern Utah. American Geophysical Union- Fall Meeting. San Francisco, CA, December 10-14

Kasahara, T. 2006. A Case Study: Effects of Constructed Secondary Channels and Groundwater on Water Temperature in a Restored Gaining River in Northern Utah. American Geophysical Union- Fall Meeting. San Francisco, CA, December 11-15

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2006. Use of groundwater modeling to identify stream restoration designs that maximize hyporheic exchange. American Society of Limnology and Oceanography-Summer Meeting. Victoria, BC, Canada. June 4-9

Kasahara, T. and Hill, A.R (Invited). 2005. Channel restoration projects and stream hyporheic interaction. Geological Society of America, Annual Meeting. Salt Lake City, UT, October 15-17

Etori, M., Kikuchi, S., Kasahara, T. and Nunokawa, M. 2005. Difference in hyporheic flow-path and flow-rate in gravel bars between upstream and downstream of a sediment-trap dam. Ecology and Civil Engineering Society (in Japan). Tokyo, Japan, September 30- October 2.

Kasahara, T. and Hill, A.R. 2004. Restored riffle-pool sequences as a driving force of hyporheic exchange flow and nitrate reduction. North American Benthological Society, Annual Meeting. Vancouver B.C. Canada, June 6-10

Kasahara, T and Hill, A.R. 2003. Stream restoration projects: Effects on stream-subsurface water interaction and nitrate dynamics. American Geophysical Union, Fall Meeting. San Francisco CA. December 8-12

Wondzell, S.M. and Kasahara, T. 2002. Influence of channel morphology on hyporheic zone in mountain streams. North American Benthological Society, Annual Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, May 28 - June 1

Kasahara, T. and Wondzell, S.M. 2001. Geomorphic controls on hyporheic exchange flow in mountain streams. Annual meeting of Canadian Geophysical Union. Ottawa, ON. May 14-17

Kasahara, T. and Wondzell, S.M. 2000. Geomorphic controls on hyporheic exchange flow in two different sized mountain streams. The long-term ecological research network, All Scientist Meeting, Snowbird, UT. August 2-4

Kasahara, T. and Wondzell, S.M. 2000. Geomorphic controls on hyporheic exchange vary between two different sized mountain streams. Japanese Ecological Society, Annual meeting. Hiroshima, Japan. March 23-26

Kasahara, T. and Wondzell, S.M. 1999. Geomorphic controls on hyporheic exchange flow shift with stream order and channel constraint. American Geophysical Union, Fall Meeting, San Francisco, CA. December 13-17

*Regional Meetin*g

Burke, A., and Kasahara, T. 2007. Hillslope-stream connectivity in Aspen and Conifer Stands in Northern Utah. Spring Runoff Conference, Logan, Utah. April 5-6

Kasahara, T., Ryel, R., and Van Miegroet, H. 2007. Deseret Ranch Paired Watersheds: Studies of dynamic connections between vegetation, soil and water. Spring Runoff Conference, Logan, Utah. April 5-6

Kasahara T. and Hill, A.R 2006. Stream restoration: Its effects on stream-subsurface water interaction, March 27-28

Kasahara, T., Wondzell, S.M., and Swanson, F.J.. 1998. Predict subsurface flow using groundwater model in mountain streams. The Society for Ecological Restoration-Northwest Chapter, Conference and Annual Meeting Tacoma, WA. October 28-30

Invited Seminars

2009 "Stream restoration and stream-groundwater linkages" Presented on February 4th, 2009 in the Department of Environmental Science at Silpakorn University at Nakon Pathom, Thailand

2009 "Stream restoration and stream-groundwater linkages" Presented on January 24th, 2009 in the Department of Environmental Engineering, Kasetsart University-Bangkhen Campus

2006 "Stream Restoration & Hyporheic Zone" Presented on June 2nd, 2006. Stream Restoration Short Courses, Department of Watershed Sciences, Utah State University

2005 "Impacts of Stream Restoration Projects on Stream-Subsurface Water Interaction" Presented on July 19th, 2005 in Department of Environmental Science at Silpakorn University at Nakon Pathom, Thailand

2005 "Effects of Stream Restoration Projects on Hyporheic Exchange Flow" Presented on April 11th, 2005 in Department of Forestry at Southern Illinois University at Carbondale, Carbondale, Illinois

2005 "Do Reach-Scale Stream Restoration Projects Enhance Hyporheic Functioning?" Presented on April 1, 2005 in Department of Aquatic, Watershed and Earth Resources at Utah State University, Logan Utah

Journal Article Review

Water Resources Research, Journal of North American Benthological Society, Journal of American Water Resources Association, Journal of Hydrology, Journal of Hydrogeology, Science of the Total Environment,

Hydrological Processes, Japanese Journal of Civil and Environmental Engineering, North American Journal of Fisheries Management, Biogeochemistry

Professional Affiliation

American Geophysical Union

North American Benthological Society