อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Method)

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

(1) การเก็บตัวอย่างน้ำ (Water Sampling)

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

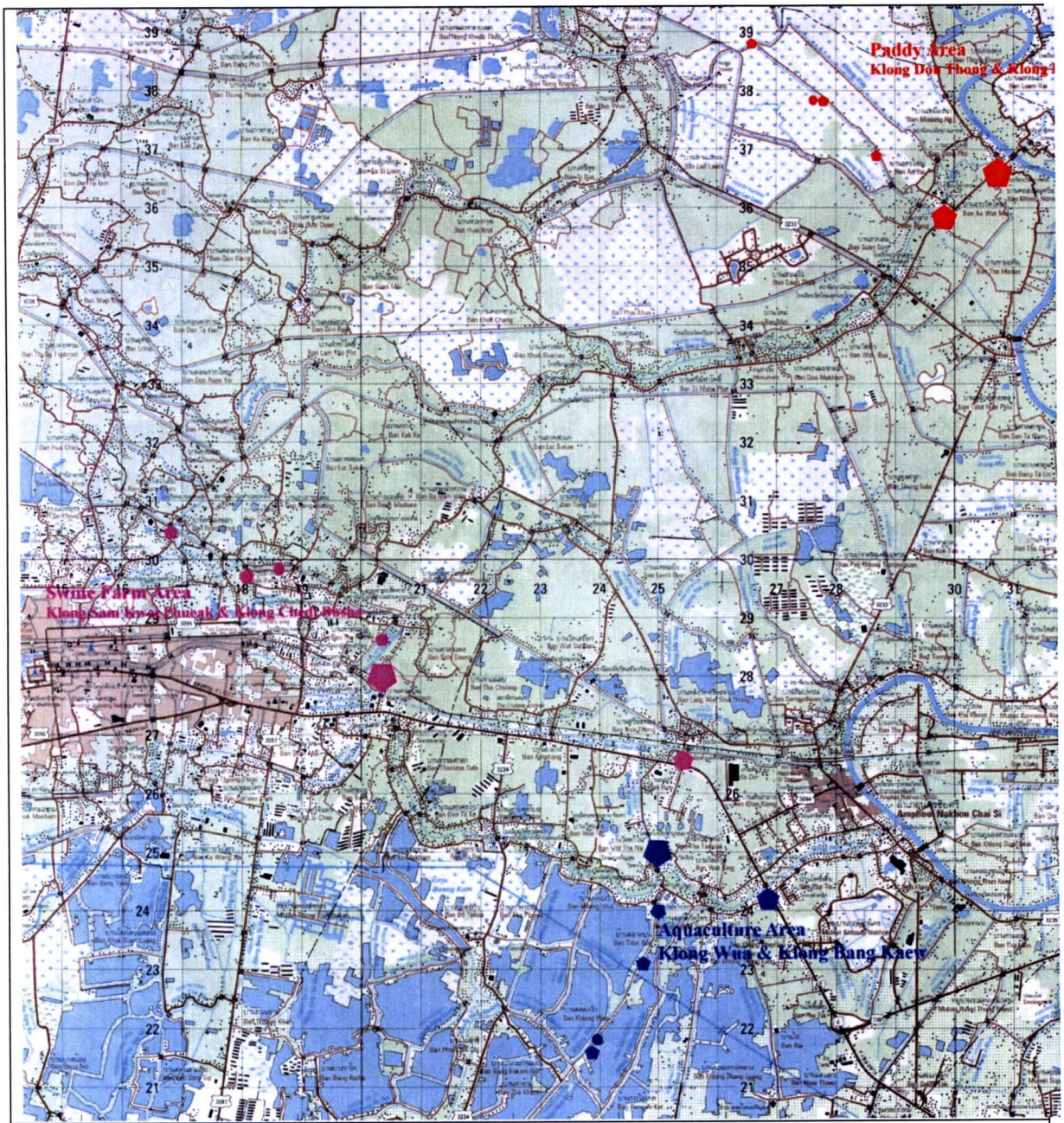
คณะผู้วิจัยได้เลือกคลองสาขา(คลองสาขาของแม่น้ำท่าจีน) 3 สาย ที่ไหลผ่านบริเวณที่มีการทำบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเลี้ยง ฟาร์มสุกร และนาข้าวเป็นที่ศึกษา พร้อมกับเลือกคลองสาขาย่อยขนาดเล็ก 3 สายซึ่งรับน้ำโดยตรงจากแหล่งต้นกำเนิดสารประกอบไนโตรเจนดังกล่าว ก่อนระบายลงสู่คลองสาขาที่เชื่อต่อกับแม่น้ำท่าจีน (ดูตารางที่ 1และรูปที่ 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 และนอกจากบ่อปลาและกุ้งตามที่กล่าวมาแล้วยังมีสวนผลไม้ขนาดเล็กที่ปลูกมะม่วง ฝรั่ง และชมพู่ คลองสาขาย่อยที่ศึกษาในพื้นที่ปลูก

ข้าวคือคลองดอนทองซึ่งสองฝั่งคลองล้อมรอบด้วยแปลงนา 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 NakhonPathomProvince. Smaller symbols identify the sampling points in small canals, and larger symbols identify the points in larger canals.

ตารางที่ 1บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในจังหวัดนครปฐม ในลุ่มน้ำท่าจีน

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"

(2) การศึกษาผลของการใช้เครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงานต่อการเก็บกักไนโตรเจนและต่อค่าความเข้มข้นของ DOในทางน้ำ

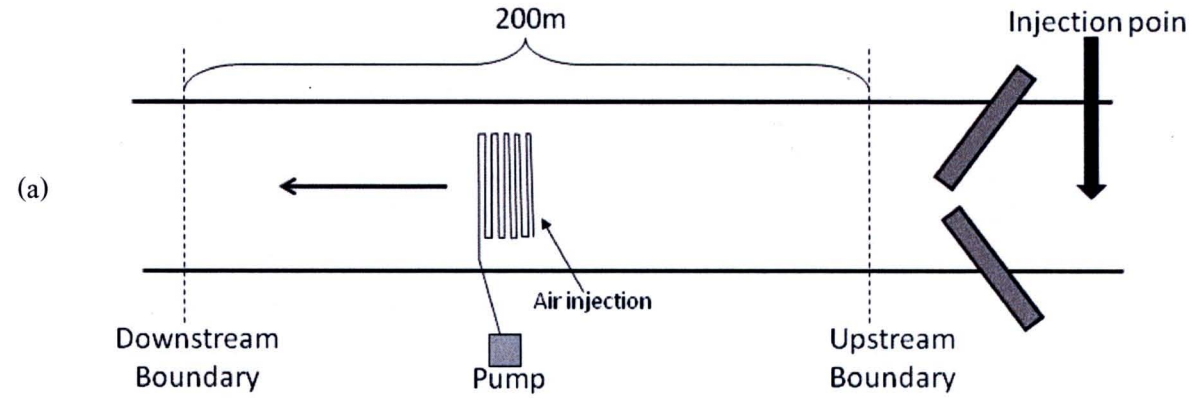
ในการประเมินผลการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบไม่ใช้พลังงาน ต่อการเก็บกักไนโตรเจนและต่อค่าความเข้มข้นของ DOในทางน้ำได้ทำการทดลองแบบ Slug Co-injection ด้วยการฉีด NaClและ NH_4Cl พร้อมกันลงในคลองระบายน้ำในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในเดือนพฤศจิกายน 2553 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากคลองสาขาและคลองสาขาย่อยต่างๆ ของแม่น้ำท่าจีนแสดงให้เห็นว่าสารประกอบไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอมโมเนี่ยม(Ammonium) ดังนั้นในการทดลอง จึงเลือกแอมโมเนี่ยม เป็นสารสำหรับการติดตาม (Reactive Tracer) ที่ฉีดลงในคลองระบายน้ำ โดยทำทดลองการฉีด Tracer 2 ครั้ง ครั้งที่หนึ่งไม่มีการเติมอากาศลงไปในทางน้ำ และครั้งที่สองมีการเติมอากาศ ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบผลของการเติมอากาศต่อการเก็บกักไนโตรเจน (Nitrogen Retention) และต่อค่าความเข้มข้นของ DOในทางน้ำทำการทดลองสองวันต่อเนื่องกันเพื่อให้แน่ใจว่าสภาพคลองที่ใช้ในการทดลองไม่แตกต่างกันในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง

ความยาวช่วงคลองที่ทำการทดลอง Slug Co-injectionคือ 200 เมตร มีการติดตั้งแผ่นไม้เพื่อทำให้ทางน้ำแคบลงบริเวณที่ปล่อย Tracer ซึ่งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของช่วงคลองที่ทดลองเพื่อให้มั่นใจว่าสารละลาย NaClและNH_4Cl จะผสมกับน้ำในคลองอย่างสมบูรณ์ ได้คำนวณหาปริมาณ Tracer ที่ฉีดลงไปที่จุดเหนือน้ำของช่วงคลองที่ทดลอง เพื่อให้ค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) เพิ่มขึ้นอย่างน้อยสองเท่าของค่า Background และค่าความเข้มข้นของแอมโมเนี่ยมเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของตัวอย่างน้ำที่เก็บได้จากคลองสาขาและคลองสาขาย่อยของแม่น้ำท่าจีน (ดูรูปที่ 2)

หลังจากเติมสารละลายเข้มข้นของ NaClและNH_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) และค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะเพื่อนำมาใช้ในการแปลงค่ากราฟค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Conductance) ที่วัดได้ระหว่างการทดลองเป็นกราฟค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ต่อไป(Gooseff and McGlynn 2005)

คลอไรด์เป็นสารประกอบที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (Conservative) ในขณะที่แอมโมเนี่ยมเป็นสารประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางชีววิทยาได้ เช่นถูกพืชและจุลินทรีย์จับไปใช้ได้ ถ้าไม่เกิดปฏิกริยา

ทางชีววิทยากับ NH_4-N อัตราส่วนระหว่าง Clต่อ NH_4-N จะคงที่เท่ากับสารละลายที่ฉีดลงไปในคลอง แต่ถ้าหากอัตราส่วนนี้ที่วัดได้ปลายคลองที่ทดลองเปลี่ยนไป จะสรุปได้ว่ามีการเก็บกักแอมโมเนียมด้วยกระบวนการทางชีววิทยาในคลอง ตามสมมติฐานนี้จะสามารถประมาณความสามารถในการเก็บกักNH_4-N ของคลอง ค่าความจุในการเก็บกักชั่วคราว (Transient Storage) จะสามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟ Breakthrough ของความเข้มข้นของ Clที่วัดได้ที่จุดสุดท้ายของช่วงคลองที่ทดลอง โดยใช้แบบจำลอง One-dimensional Transport of Inflow and Storage หรือOTIS (Runkel, 1998)



(b) (c)

รูปที่ 2 (a) ผังการทดลองฉีด Tracer ลงไปในคลองระบายน้ำ การติดตั้งแผ่นไม้เพื่อบีบทางน้ำให้แน่ใจว่า Tracer จะผสมกับน้ำในคลองอย่างรวดเร็วและไหลเข้าสู่พื้นที่ทดลองตามแนวศูนย์กลางคลอง และการติดตั้งเครื่องเติมอากาศ (b) รูปแสดงการเติมอากาศลงในคลอง (c) เครื่องอัดอากาศ (Air Pump) ที่ใช้ในการทดลอง

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