

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

ลำน้ำสายสำคัญที่ไหลลงสู่อ่าวบ้านดอน คือ คลองพุมดวงและแม่น้ำตาปี โดยคลองพุมดวง มีต้นน้ำจากเทือกเขาภูเก็ด เริ่มต้นจากคลองสกบรจรกับคลองพระแสง ไหลผ่านอำเภอพนม อำเภอ บ้านตาขุน และอำเภอกีร์รัฐนิคม ก่อนจะไหลรวมกับแม่น้ำตาปีที่อำเภอพุนพิน มีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร กลุ่มน้ำพุมดวงมีพื้นที่ทั้งหมด 6,125 ตารางกิโลเมตร อัตราการไหลของน้ำขึ้นอยู่กับ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยมีค่าประมาณ 265×10^6 ลูกบาศก์ เมตรต่อปี ส่วนแม่น้ำตาปีต้นน้ำจากเขาหลวงจังหวัดนครศรีธรรมราช ไหลจากทิศใต้ไปยังทิศ เหนือ ผ่านอำเภอฉวางและอำเภอทุ่งใหญ่ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช กิ่งอำเภอชัยบุรี อำเภอพระ แสง อำเภอเวียงสระ อำเภอเคียนซา อำเภอบ้านนาสาร อำเภอพุนพิน และลงสู่อ่าวบ้านดอนที่อำเภอ เมืองสุราษฎร์ธานีมีความยาวประมาณ 232 กิโลเมตร กลุ่มน้ำตาปีมีพื้นที่ 5,460 ตารางกิโลเมตร การไหลของแม่น้ำนี้เป็นไปตามธรรมชาติ มีปริมาณน้ำท่าโดยเฉลี่ย 300×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (Wattayakorn *et al.*, 2001)

อ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาสร้างกั้นลำน้ำคลองแสงซึ่งอยู่ต้นกลุ่มน้ำพุมดวง และอยู่ในเขต อุทยานแห่งชาติเขาสกกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองแสง ในบริเวณอ่างเก็บน้ำเป็นแหล่งประมง น้ำจืด และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดสุราษฎร์ธานี น้ำที่ปล่อยออกจากอ่าง เก็บน้ำไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม บ้านเรือนหรือชุมชนที่ตั้งอยู่ริมน้ำ จนมาบรรจบกับคลองสกแล้ว ลงสู่คลองพุมดวง

บริเวณคลองพุมดวงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และหลังจาก บรรจบกับแม่น้ำตาปีจะไหลผ่านชุมชนเมือง คลังน้ำมัน ท่าเทียบเรือ ก่อนลงสู่อ่าวบ้านดอน และ ที่บริเวณอ่าวบ้านดอนเป็นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น หอยนางรม

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของซึลิกาละลายตั้งแต่อ่างเก็บน้ำ เขื่อนรัชชประภาจนถึงอ่าวบ้านดอน จึงได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 20 สถานี ดังรูป 2-1 โดยมี พิกัดของแต่ละสถานีดังตาราง 2-1

ตาราง 2-1 พิกัดสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและระยะห่างจากปากแม่น้ำ

สถานีเก็บตัวอย่าง	UTM		ระยะห่างจากปากแม่น้ำ (กม.)	
	X	Y		
ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา				
RJP-1	ปากคลองยี่	462697	999821	135
RJP-2	ปากคลองไหลลง	468811	998878	125
RJP-3	บ้านบางแก้ว	470900	996491	123
RJP-4	ปากคลองมุข	475662	1000040	121
RJP-5	หน้าเขื่อน*	478578	991765	107
ลำน้ำท้ายเขื่อน				
RJP-6	สะพานคลองพระแสง	479943	990308	105
RJP-7	สะพานคลองสก	484173	981361	97
RJP-8	สะพานวัดดาขุน	487778	985373	90
RJP-9	วัดอินทราวาศ	491731	992036	75
RJP-10	วัดชีฆาราม	500989	998435	62
RJP-11	วัดหาดน้อย	513745	1002080	42
RJP-12	สะพานแม่น้ำตาปี	524260	1002742	30
RJP-13	สถานีรถไฟพุนพิน	525603	1005867	25
RJP-14	แม่น้ำตาปี	538690	1013180	7
RJP-15	ปากแม่น้ำตาปี	536476	1011960	4.5
RJP-16	ปากคลองท่าทอง	541371	1014578	1.5
RJP-17	คลองท่าทอง	541883	1013996	3.5
RJP-18	ปากคลองฉนาก	535700	1011345	7.5
RJP-19	คลองฉนาก	536514	1013278	5
RJP-20	ปากอ่าวบ้านดอน	542162	1015956	0

* ห่างจากสันเขื่อน 50 เมตร

2.2 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภาและตามลำน้ำท้ายเขื่อน 2 ครั้ง ครั้งแรกในช่วงปลายฤดูแล้ง ระหว่างวันที่ 14-15 มิถุนายน พ.ศ. 2545 และครั้งที่ 2 ในช่วงปลายฤดูฝน ระหว่างวันที่ 21-23 ธันวาคม พ.ศ. 2545 โดยกำหนดวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ คือ สถานีในอ่างเก็บน้ำ (RJP-1 ถึง RJP-5) เก็บตัวอย่างน้ำตามความลึก เพื่อการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของคุณภาพน้ำ และสถานีตามลำน้ำ (RJP-6 ถึง RJP-20) เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับผิวน้ำลึก 1 เมตร

การเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำครั้งแรก ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545 ทำการเก็บตัวอย่างที่ 3 ระดับความลึก คือ ผิวหน้าน้ำ ถึงกลางความลึก และเหนือท้องน้ำ 1 เมตร ในทุกสถานี ยกเว้นสถานี RJP-5 (หน้าเขื่อน) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 เมตร และเก็บตัวอย่างทุก 1 เมตร ที่ระดับซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิชัดเจน เมื่ออุณหภูมิของน้ำเริ่มคงที่ จึงเก็บตัวอย่างน้ำทุก 3 เมตร จนกว่าจะถึงระดับลึก 25 เมตร เนื่องจากบางสถานีภายในอ่างเก็บน้ำมีความลึกมากกว่า 20 เมตร ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2545 จึงได้เพิ่มการเก็บตัวอย่าง เพื่อให้การศึกษาชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากสถานี RJP-2 (ปากคลองโหลง) RJP-3 (บ้านบางแก้ว) และ RJP-5 (หน้าเขื่อน) ทุก 3 เมตร จนถึงระดับลึกกว่า 10 เมตร จึงเก็บตัวอย่างทุก 5 เมตร จนกว่าจะถึงท้องน้ำ

2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิกาละลายในแหล่งน้ำ เช่น พีเอช (pH) อุณหภูมิ (temperature) การนำไฟฟ้า (conductivity) ความโปร่งใส (transparency) ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ความเค็ม (salinity) ไนเตรต (nitrate) ไนไตรต์ (nitrite) แอมโมเนีย (ammonia) ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) อัลคาไลน์ตี (alkalinity) และคลอโรฟิลล์ (chlorophylls) เลือกใช้วิธีการมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ดังสรุปไว้ในตาราง 2-2 สารเคมี วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้แสดงไว้ในภาคผนวก ค การตรวจวัดและวิเคราะห์ตัวอย่างมีหลักการดังต่อไปนี้

พีเอช อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า และความเค็มทำการตรวจวัดทันทีในขณะที่เก็บตัวอย่าง ด้วยเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (HORIBA[®] model U-22)

ความโปร่งใสวัดทันทีขณะเก็บตัวอย่างด้วยเซคชีดิส (secchi disc) สำหรับปริมาณออกซิเจนละลายเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ ถายน้ำตัวอย่างลงสู่ขวดบีโอดีโดยไม่ให้เกิดฟองอากาศและวิเคราะห์ด้วยวิธีวินด์เลอร์ (Winkler method) ซึ่งเป็นวิธีการไอโอโดเมตริกไทเตรชัน (iodometric titration) โดยเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต (manganous sulfate) ตามด้วยสารละลายอัลคาไลไนโอไอไอดี (alkaline iodide) ทันที ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะไปออกซิไดซ์ไอโอไอดีไอออน (iodide ions) ให้เป็นไอโอดีน (iodine) ด้วยการออกซิเดชันหลายขั้นตอน (multi-step oxidation) เพื่อตรึงออกซิเจนไว้ในรูปตะกอน ภายใน 12 ชั่วโมงหลังการตรึงตัวอย่างเดิมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. sulfuric acid) เพื่อละลายตะกอน เมื่อตะกอนละลายหมด บีเปิดสารละลายสีขามาไทเตรตซ้ำ 3 ครั้ง ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล ดังรายละเอียดวิธีการซึ่งอธิบายไว้ใน Strickland and Parsons (1972)

ตาราง 2-2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ทำการวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	วิธีการ
pH	Electrometric method ⁽¹⁾
Temperature	Temperature sensor ⁽¹⁾
Conductivity	Electrometric method ⁽¹⁾
Transparency	Secchi disc ⁽²⁾
Dissolved oxygen	Iodometric titration (Winkler method) ⁽³⁾
Salinity	Salinometer sensor ⁽¹⁾
Dissolved silica	Colorimetric method ⁽²⁾
Nitrate	Colorimetric method ⁽²⁾
Nitrite	Colorimetric method ⁽²⁾
Ammonia	Colorimetric method ⁽²⁾
Orthophosphate	Colorimetric method ⁽²⁾
Alkalinity	Potentiometric titration – Gran evaluation ⁽²⁾
Chlorophylls	Spectrophotometric method ⁽³⁾

(1) Grasshoff *et al.* (1999), HORIBA[®] model U-22

(2) Grasshoff *et al.* (1999)

(3) Strickland and Parsons (1972)

ตัวอย่างน้ำสำหรับทำอัลคาไลน์ตี (alkalinity) แยกเก็บใส่ขวดโพลีเอทิลีน (polyethylene) โดยบรรจุให้เต็มขวดเพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศ ปิดฝาให้สนิท นำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน (potentiometric titration) จากนั้นคำนวณค่าอัลคาไลน์ตีด้วยวิธีแกรนอีเวลูเอชัน (Gran evaluation) ดังรายละเอียดวิธีการซึ่งอธิบายไว้ใน Grasshoff *et al.* (1999)

ตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์สารอาหารอนินทรีย์ (แอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต ออร์โธฟอสเฟต และซิลิกอน) กรองด้วยแผ่นกรอง Whatman[®] GF/C (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร) เก็บในขวดโพลีเอทิลีน ไม่แช่เย็น เนื่องจากซิลิกอนจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแบบที่ไม่ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ (reagent) ทำการวิเคราะห์แอมโมเนีย ไนไตรต์ ออร์โธฟอสเฟต และซิลิกอนภายใน 12 ชั่วโมง ด้วยวิธีคัลเลอร์ิเมตริก (colorimetric method) ตัวอย่างส่วนที่เหลือเก็บแช่เย็นเพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ไนเตรตเมื่อกลับถึงห้องปฏิบัติการ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีคัลเลอร์ิเมตริก ดังรายละเอียดวิธีการซึ่งอธิบายไว้ใน Grasshoff *et al.* (1999) โดยมีหลักการวิเคราะห์ ดังนี้

แอมโมเนีย

แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับไฮโปคลอไรต์ (hypochlorite) ได้โมโนคลอรามิน (monochloramine) จากนั้นทำปฏิกิริยากับฟีนอล (phenol) โดยมีไนโตรพรัสไซด์ไอออน (nitroprusside ions) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้สารประกอบเชิงซ้อนอินโดฟีนอลบลู (indophenol blue) ซึ่งมีสีน้ำเงิน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร

ไนไตรต์และไนเตรต

ไนไตรต์จะถูกรีดิวซ์ (reduce) ไปเป็นไนไตรต์ โดยผ่านตัวอย่างน้ำลงในคอลัมน์ที่มีโลหะแคดเมียมซึ่งเคลือบด้วยคอปเปอร์ (copper-coated cadmium granules) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาแบบเฮเทอโรจีนัส (heterogeneous reaction) ซึ่งสถานะของตัวรีดิวซ์ (reductor) ถูกควบคุมให้เป็นต่างด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) เพื่อป้องกันไม่ให้ไนไตรต์ที่ได้ถูกรีดิวซ์ต่อไปอีก จากนั้นวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวกับไนไตรต์ หลักการวิเคราะห์ไนไตรต์อาศัยปฏิกิริยาไดอะโซไทเซชัน (diazotization) กับซัลฟานิลามีน ไฮโดรคลอไรด์ (sulphanilamine hydrochloride) ได้เป็นสารประกอบไดอะโซเนียม (diazonium compound) ซึ่งจะจับคู่ (couple) กับเอ็นวันแนฟทิวเอทิลีนไดอามีน ไนไฮโดรคลอไรด์ (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเรียกว่าอาโซไดร์ (azo dye) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ฟอสเฟต

ออร์โธฟอสเฟตซึ่งเป็นไอออนของฟอสเฟตอนินทรีย์ (inorganic phosphate ions) ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate) และโปแตสเซียมแอนติโมนิมาตาร์ทเรต (potassium antimonyl tartrate) ในสารละลายที่เป็นกรด เกิดเป็นฟอสโฟโมลิบเดตเฮเทอโรโพลีแอซิด (phosphomolybdate heteropoly acid) ซึ่งถูกรีดิวซ์ด้วยแอสคอร์บิก แอซิด (ascorbic acid) ได้โมลิบดินัมบลู (molybdenum blue) วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร เพื่อให้การเกิดสารประกอบที่มีสีนี้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และลดการรบกวน (interfere) จากซิลิเกต ปฏิกิริยาจะต้องเกิดขึ้นที่พีเอช ≤ 1 และสัดส่วนโมล (molar ratio) ของกรดซัลฟิวริกกับโมลิบเดตอยู่ในช่วง 230-330

ซิลิกอน

ซิลิกาละลายในน้ำอยู่ในรูปของซิลิซิกแอซิด (silicic acid; H_4SiO_4) หรือซิลิเกต (silicate; SiO_3^{2-}) ซิลิกาละลายทั้งสองรูปแบบจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมโมลิบเดตในสภาวะกรด ได้สารประกอบเชิงซ้อนซิลิโคโมลิบเดตเฮเทอโรโพลีแอซิด (silicomolybdate heteropoly acid) ซึ่งมีสี

เหลือง จากนั้นรีควิชด้วยแอสคอบิก ให้ได้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีสีน้ำเงิน แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 810 นาโนเมตร

คลอโรฟิลล์

ตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์คลอโรฟิลล์กรองด้วยแผ่นกรอง Whatman[®] GF/C (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร) โดยเติมแมกนีเซียมซัลเฟตก่อนกรอง เพื่อควบคุมไม่ให้คลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในแหล่งกักตอนพืชกลายเป็นกรดเนื่องจากการย่อยสลาย เก็บแผ่นกรองใส่ตลับแช่แข็ง นำมาสกัดด้วยอะซิโตน (acetone) ที่มีความเข้มข้น 90% และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่สกัดได้ที่ความยาวคลื่น 665, 645 และ 630 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตร Parsons-Strickland equation ใน Strickland and Parsons (1972) ดังรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

2.4 การคำนวณฟลักซ์ของซิลิกาละลาย

ฟลักซ์ของสารอาหาร คือ ปริมาณของสารอาหารที่ผ่านจุดๆ หนึ่งของลำน้ำ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (U.S. Geology Survey, 2003) ดังนั้น

ฟลักซ์ของสารอาหาร = ปริมาณการไหลของน้ำ (streamflow or discharge) X ความเข้มข้นของสารอาหาร (concentration)

โดย ปริมาณการไหลของน้ำ หมายถึง ปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านรูปตัดขวางของลำน้ำ ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา เช่น ลบ.ม./วินาที ซึ่งวัดด้วยวิธีความเร็ว-พื้นที่หน้าตัด ซึ่งวิธีนี้ใช้หลักของสมการต่อเนื่อง คือ ปริมาณการไหลของน้ำเท่ากับผลคูณของความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับพื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน ดังสมการ (วีระพล แต่สมบัติ, 2538)

$$Q = AV$$

โดย Q = ปริมาณการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางความเร็วเฉลี่ย (ตารางเมตร)

V = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (เมตรต่อวินาที)

สำหรับการศึกษาคั้งนี้จะดูฟลักซ์ที่เข้าอ่างเก็บน้ำ ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ คลองพุมดวง และแม่น้ำตาปี โดยข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำที่ใช้ในการคำนวณฟลักซ์ที่เข้าและปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำเป็นข้อมูลของโรงไฟฟ้าเขื่อนรัชชประภาตั้งแต่ พ.ศ. 2533-2544 ในเดือนมิถุนายนและธันวาคม (พิภพ หนูสง่าง, ติดต่อส่วนบุคคล) ส่วนคลองพุมดวงและแม่น้ำตาปีใช้ข้อมูลจากศูนย์

อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ จังหวัดพัทลุง (ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้, 2546) ซึ่งเป็นข้อมูลในช่วงปีเดียวกันกับในอ่างเก็บน้ำ ส่วนข้อมูลความเข้มข้นของซิลิกาละลายที่ใช้ในการคำนวณฟลักซ์ที่เข้าอ่างเก็บน้ำเป็นข้อมูลความเข้มข้นเฉลี่ยของทุกสถานีที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ส่วนฟลักซ์ที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำใช้ข้อมูลความเข้มข้นเฉลี่ยของสถานี RJP-5 ที่ระดับความลึกที่ถูกลอยลงสู่ลำน้ำท้ายเขื่อน ฟลักซ์ของคลองพุมดวงใช้ข้อมูลความเข้มข้นเฉลี่ยของสถานี RJP-8 ถึง RJP-11 และแม่น้ำตาปีใช้ข้อมูลความเข้มข้นของสถานี RJP-12