บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 คุณภาพน้ำ

น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลสาบมาจากแม่น้ำ ลำคลอง น้ำไหลล้น น้ำบาดาล และน้ำฝน องค์ประกอบทางเคมีของน้ำในทะเลสาบมีความแตกต่างจากน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หรือห้วยที่ไหลลงทะเลสาบแห่งนั้นเล็กน้อย ความแตกต่างของคุณภาพน้ำในแม่น้ำที่ไหลลงทะเลสาบ และน้ำในทะเลสาบเกิดจากความเร็วของกระแสน้ำในแม่น้ำที่ลดลง จึงทำให้สารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำตกตะกอนลงสู่ใต้น้ำ และมีผลทำให้ความขุ่นของน้ำลดลง นอกจากนี้ช่วงเวลาการกักเก็บของน้ำในทะเลสาบซึ่งมีระยะนานจะช่วยทำให้ลดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแต่ละฤดูกาลลง (สมใจ, 2532)

โดยปกติคุณภาพของน้ำในแม่น้ำจะแตกต่างกับคุณภาพของน้ำในทะเลสาบ จะมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณที่มีการไหลลงทะเลสาบ ปริมาณของสารแขวนลอยจะตกตะกอนทับถมลงไปยังพื้นของทะเลสาบ เป็นผลมาจากการไหลของน้ำที่ลดความเร็วลง ในขณะที่สารละลายทางเคมีของน้ำในแม่น้ำลดการเคลื่อนที่และตกตะกอน (Wetzel, 1983; กนก, 2543)

ในการระบุปริมาณของสารอินทรีย์จะไม่มีการแยกชนิดของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปมักจะระบุในรูปของสารอินทรีย์ที่เป็นคาร์บอน (TOC) หรือระบุในลักษณะผลกระทบของสารอินทรีย์ต่อสิ่งแวดล้อม (BOD) (สมใจ, 2532) ซึ่งการศึกษานิเวศวิทยาของอ่างเก็บน้ำ ควรเลือกศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการ ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการติดตามตรวจสอบ แต่สามารถนำมาประเมินผลได้สมบูรณ์ (ศิริเพ็ญ, 2543)

2.2 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีบางประการของแหล่งน้ำ

2.2.1 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเป็นผลของอนุภาคแขวนลอยพวกสารอนินทรีย์ และของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น ดินเหนียว ดินโคลน อนุภาคคาร์บอเนต แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ต่าง ๆ ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำ พวกอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยเหล่านี้จะเป็นสาเหตุให้แสงที่ส่องลงในน้ำเกิดการกระจายออกจากน้ำ และดูดซึมแสงบางส่วนเอาไว้ทำให้แสงส่องลงไปในน้ำที่ระดับความลึกมากขึ้นมีปริมาณลดลง (นันทนา, 2539) ความขุ่นอาจเกิดจากของแข็งแขวนลอยนานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกันมาก ขนาดของสิ่งแขวนลอยขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนของน้ำ ยกตัวอย่างเช่น กรณีของอ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ หรือแหล่งน้ำที่อยู่ในสภาวะสงบนิ่ง ความขุ่นมักเกิดจากคอลลอยด์ (Colloid) ซึ่งมีขนาดเล็กมาก ของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่จะตกตะกอนในแหล่งน้ำประเภทนี้ ทำให้เหลือแต่ของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กเสมอ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ของแข็งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่น้ำได้ไหลไปสัมผัส อาจกล่าวได้ว่า ความขุ่นเป็นลักษณะเฉพาะของน้ำผิวดินเท่านั้น เนื่องจากมีการสัมผัสระหว่างน้ำผิวดินกับสิ่งต่าง ๆ บนผิวโลก น้ำใต้ผิวดินมักไม่มีความขุ่น ต้นกำเนิดของน้ำผิวดินมักเป็นน้ำซึมหรือมาจากแหล่งน้ำใต้ดิน ระยะแรกของน้ำผิวดินจึงใสหรือมีความขุ่นต่ำ ต่อมาเมื่อน้ำไหลลงในที่ต่ำและกลายเป็นแม่น้ำลำคลอง แหล่งน้ำก็จะได้รับหรือสัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ หลากหลาย ทำให้เกิดมีมลทินต่าง ๆ ในน้ำ บางสิ่งสามารถละลายได้ก็ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณสารละลายเพิ่มขึ้น สิ่งที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ก็จะปรากฏเป็นความขุ่นให้เห็น กิจกรรมทางเกษตร เช่น ฟาร์ม หรือการเพาะปลูกต่าง ๆ ก็ทำให้มีการชะล้างของดินและเพิ่มความขุ่นให้กับน้ำ นอกจากนี้ น้ำฝนที่เกิดขึ้นตอนต้นฤดูฝน อาจถือเป็นน้ำที่ใช้ในการทำความสะอาดพื้นดิน (ซึ่งมีความสกปรกสะสมมาตลอดทั้งปี) และไหลลงแหล่งน้ำผิวดิน ทำให้แม่น้ำลำคลองมีความขุ่นมาก ความขุ่นในกรณีนี้จึงเกิดจากฝุ่นละอองต่าง ๆ รวมทั้งหน้าดินที่หลุดออกมาด้วย ในกรณีนี้ความขุ่นมักเกิดจากสารอนินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็อาจมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในปริมาณสูงได้เช่นกัน (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ความขุ่นของแหล่งน้ำผิวดินจะมีค่าสูงและแปรปรวนไปตามฤดูกาล โดยมีความขุ่นสูงที่สุดในช่วงฤดูฝนและต่ำที่สุดในช่วงฤดูร้อนและหนาว ส่วนอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ หรือหนองน้ำขนาดใหญ่มักมีความขุ่นต่ำตลอดปี ค่าความขุ่นของน้ำมีหน่วยเป็น NTU (Nephelometric Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Nephelometer ซึ่งวัดปริมาณแสงสะท้อนในมุม 90° ที่เกิดจากลำแสงกระทบกับอนุภาคความขุ่นในน้ำ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำธรรมชาติ (หรือน้ำดี) นิยมวัดความขุ่นมากกว่าของแข็งแขวนลอยเพราะวัดได้ง่ายกว่ามาก โดยทั่วไป น้ำธรรมชาติมักมี “ตัวเลข” ค่าความขุ่นสูงกว่าค่าของแข็งแขวนลอย (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 สภาพนำไฟฟ้า (Electric Conductivity, EC)

น้ำมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ตามความเข้มข้นของอิออนต่าง ๆ น้ำที่มีอิออนมากจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าน้ำที่มีอิออนน้อย อัตราส่วนระหว่างสภาพนำไฟฟ้าต่อปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid, TDS) จะมีค่าสูงสำหรับน้ำที่มีพีเอชสูงมาก (เป็นด่างมาก) หรือพีเอชต่ำมาก (เป็นกรด) และมีค่าลดลงสำหรับน้ำที่มีพีเอชอยู่ในช่วงเป็นกลาง (เช่น 6 – 8) (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

สภาพนำไฟฟ้าของสารละลาย หมายถึง ความสามารถในการนำไฟฟ้า ซึ่งมีหน่วยเป็นโมห์ (mho) โดยเป็นปฏิภาคผกผันกับสภาพต้านทานไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นโอห์ม (ohm) ในน้ำธรรมชาติจะมีสภาพนำไฟฟ้าต่ำ จึงมีหน่วยเป็นไมโครโมห์ (micromho) ในการวัดจึงใช้ electrodes จุ่มลงในน้ำลึก 1 cm ดังนั้นค่าการนำไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นไมโครโมห์/ซม. (μmho/cm) ซึ่งค่านี้จะแปรผันตรงกับจำนวนและชนิดของอิออนที่อยู่ในสารละลาย นอกจากนั้นอุณหภูมิยังเป็นปัจจัยอีกอย่างที่มีผลต่อความเร็วของอิออน เช่น ในน้ำที่ปราศจากมลพิษ (unpolluted water) ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น 2.5% ทุก ๆ องศาของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงใช้อุณหภูมิที่ 25°C เป็นอุณหภูมิมาตรฐานในการวัดหาค่าการนำไฟฟ้า (นันทนา, 2539; มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

สภาพนำไฟฟ้า เป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมีประจุทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิขณะที่ทำการวัด (วิไลลักษณ์, 2533) น้ำที่มีพีเอชต่ำ (มี H^+ มาก) หรือมีพีเอชสูง (มี OH^- มาก) จะวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าได้สูงกว่าอิออนตัวอื่น เนื่องจาก H^+ และ OH^- สามารถนำไฟฟ้าได้มากกว่าอิออนอื่น ๆ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

2.2.3 ความเป็นกรด-เบส (Potential of Hydrogen Ion Activity, pH)

pH เป็นลักษณะสมบัติที่สำคัญมากของน้ำที่สามารถวัดได้ง่าย และมีบทบาทสำคัญไม่มากก็น้อยต่อกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางด้านน้ำดีและน้ำเสีย ในทางปฏิบัติ ถือว่า pH ของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 14 น้ำที่เป็นกลางถือว่ามี pH เท่ากับ 7 น้ำที่เป็นกรดและด่างถือว่ามี pH น้อยกว่า หรือมากกว่า 7 ตามลำดับ โดยทั่วไปมักถือว่าน้ำที่เป็นกลาง ต้องมี pH เท่ากับ 7 หลักเกณฑ์นี้จะถูกต้องก็ต่อเมื่อน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับ 25°C พอดี การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก $Kw = 10^{-14}$ ที่อุณหภูมิ 25°C (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

pH ของน้ำในธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 4.0 – 9.0 แต่ช่วง pH ที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำมักจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.0 – 8.0 น้ำธรรมชาติส่วนมากมักจะมีค่า pH มากกว่า 7 ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในน้ำมีปริมาณไอออนพวกไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (นันทนา, 2539) ระดับ pH ในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำมีความสำคัญมาก เนื่องจากเกี่ยวพันโดยตรงกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำ (ภาคผนวก) แหล่งน้ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยไม่มีปัญหาในเรื่อง pH ผิดปรกติ ยกเว้นในบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ อาจมีปัญหาการรั่วซึมของน้ำที่มี pH ต่ำเข้าสู่บ่อปลาตลอดจนแหล่งน้ำผิวดินอื่น ๆ เช่น ลำธาร หนอง บึง เป็นต้น (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

การวัดค่า pH โดยวิธีไฟฟ้า อาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า พีเอชมิเตอร์ (pH Meter) เครื่องวัดพีเอชหรือพีเอชมิเตอร์สามารถวัดความเข้มข้นของ H^+ ได้ โดยการวัดความต่างศักย์ที่เกิดจาก H^+ เปรียบเทียบกับความต่างศักย์มาตรฐาน (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

2.2.4 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissloved Oxygen, DO)

ออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนพื้นดินและในน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายอยู่ในน้ำและจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมากและไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งละลาย ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมี กายภาพ และกระบวนการชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต ค่าออกซิเจนละลายมีความสำคัญใช้บอกให้ทราบได้ว่า น้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย และมลภาวะทางน้ำ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ธรรมชาติของออกซิเจนในการละลายน้ำได้น้อย เป็นปัจจัยที่จำกัดขีดความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองของน้ำธรรมชาติ และเป็นเหตุผลที่ทำให้ต้องมีการบำบัดน้ำเสียชุมชนหรือน้ำเสียอุตสาหกรรมก่อนระบายทิ้งแหล่งน้ำต่าง ๆ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างที่สุดในการเพาะเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำ ความสำเร็จหรือล้มเหลวของการทำฟาร์มสัตว์น้ำ มักขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ประกอบการในการแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนออกซิเจนละลายน้ำ (ภาคผนวก) บ่อปลาที่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่น้อยเป็นเวลานาน ๆ อาจเป็นอันตรายต่อปลาได้ ในทางตรงกันข้าม ปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูงเกินระดับอิ่มตัวก็เป็นโรคได้ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ปลามักทนออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ดีในฤดูหนาวมากกว่าในฤดูร้อน โดยทั่วไปนั้นความเข้มข้นของ DO ในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ 5 มิลลิกรัม/ลิตร และปลาจะเริ่มตายเมื่อมี DO ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร (นันทนา, 2539; มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ DO ถือว่าเป็นพื้นฐานเพื่อการหาค่า Biochemical Oxygen demand (BOD) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดปัญหามลพิษของแหล่งน้ำ เพราะเป็นการวัดหาปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนของพวกจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลายในสภาพที่มีออกซิเจน (นันทนา, 2539)

2.2.5 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนในการหายใจ ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีมากเกินไปทำให้ออกซิเจนละลายน้ำในธรรมชาติมีไม่พอเพียง สภาวะขาดอากาศจึงเกิดขึ้นและมีผลทำให้เกิดการเน่าเหม็นของแหล่งน้ำและการเสียชีวิตของสัตว์น้ำต่าง ๆ ที่ขาดออกซิเจน (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

วิธีการหาค่าบีโอดีนั้น ทำได้โดยการวิเคราะห์ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำเริ่มต้นและที่เหลือภายหลังจากการเก็บน้ำตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน ค่าบีโอดีที่หาได้นี้คือค่า BOD_5 ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของค่าบีโอดีทั้งหมด ในกรณีของน้ำเสียจากชุมชนส่วนใหญ่และจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด BOD_5 ของน้ำเหล่านี้จะมีค่าประมาณ 70 – 80 % ของค่าบีโอดีทั้งหมด (วิไลลักษณ์, 2533)

ค่าบีโอดีที่ได้ หมายถึง สารอินทรีย์ในน้ำเสีย (อาจเรียกว่าเป็นความสกปรก) ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (โดยใช้ออกซิเจน) ถ้าวัดพบบีโอดีเข้มข้นมากแสดงว่ามีความสกปรกมาก ถ้าวัดพบบีโอดีเข้มข้นต่ำแสดงว่ามีความสกปรกน้อย ความสกปรกในที่นี้ หมายถึง ความสกปรกที่เกิดจากสารอินทรีย์ซึ่งทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเหม็นได้ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545) ค่าบีโอดีนี้จะบอกให้ทราบถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำที่จะต้องถูกใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์เมื่อน้ำในแหล่งน้ำถูกปนเปื้อน บอกให้ทราบถึงภาระของเสีย (waste loading) ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ และยังบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าวด้วย (วิไลลักษณ์, 2533)

สำหรับแหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลองต่าง ๆ รวมทั้งอ่างเก็บน้ำ ค่าบีโอดีมีค่าต่ำกว่าของน้ำเสียมาก ระดับความสกปรกของแหล่งน้ำผิวดินซึ่งเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติเปรียบเทียบไม่ได้กับของแหล่งน้ำเสีย แหล่งน้ำผิวดินที่สะอาดต้องมีบีโอดีได้ไม่เกิน 1 – 2 มิลลิกรัม/ลิตร หรือต้องไม่ตรวจพบบีโอดีเลย ถ้าพบว่าบีโอดีสูงถึง 3 – 5 มิลลิกรัม/ลิตร ในแหล่งน้ำผิวดินก็ถือว่าแหล่งน้ำมีความสกปรกมาก (แสดงว่ามีการปนเปื้อนจากน้ำเสียอยู่ในระดับสูง) (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.6 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

การวิเคราะห์หาซีโอดี (COD) เป็นวิธีวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ที่นิยมกันอย่างแพร่หลายและจัดเป็นวิธีสากลทั่วไป วิธีนี้เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำเสีย เพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดี คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing Agent) อย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและมีอุณหภูมิสูง ค่าซีโอดีนี้บอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545) ดังนั้นค่าซีโอดีของน้ำจึงแสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือการเน่าเสียเช่นเดียวกับค่าบีโอดี แต่ค่าซีโอดีไม่ได้บ่งบอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นปริมาณสารอินทรีย์ที่จะถูกย่อยสลายจริงในธรรมชาติ อย่างไรก็ตามค่าซีโอดีก็ยังเป็นที่นิยมใช้ และมักใช้แทนค่าบีโอดีบ่อยครั้งทั้งนี้เนื่องจากการหาค่าซีโอดีนี้ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วกว่าการหาค่าบีโอดีมาก (วิไลลักษณ์, 2533) กล่าวคือ การวิเคราะห์หาซีโอดีใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ในขณะที่บีโอดีต้องใช้เวลานานถึง 5 วันจึงจะรู้ผล (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ในระหว่างการวิเคราะห์หาค่าซีโอดี (COD) สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยไม่เกี่ยงว่าสารอินทรีย์สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีเพียงใด ด้วยเหตุนี้ ค่าซีโอดีสูงกว่าค่าบีโอดี และอาจสูงกว่ามากถ้าน้ำมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยากอยู่เป็นจำนวนมาก ซีโอดีจึงไม่ได้บอกผู้วิเคราะห์ให้รู้ถึงความยากหรือง่ายในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

ซีโอดี (COD) และบีโอดี (BOD) ล้วนเป็นตัวแปรที่ใช้แสดงหรือบอกถึงค่าความเข้มข้นของความสกปรก (หมายถึงสารอินทรีย์ที่เน่าเหม็นได้) ถ้าซีโอดีและบีโอดีมีค่าสูง แสดงว่าความสกปรกมีมาก แต่ถ้าตัวแปรทั้งสองมีค่าต่ำ ก็แสดงว่าความสกปรกมีน้อย หากจะกล่าวว่า บีโอดีเป็นความต้องการออกซิเจนที่วัดโดยวิธีชีวภาพ ก็ต้องกล่าวว่า ซีโอดีเป็นความต้องการออกซิเจนที่วัดโดยวิธีเคมี หรืออาจกล่าวว่า บีโอดีเป็นความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

อัตราส่วนของค่าซีโอดีและค่าบีโอดีสำหรับน้ำเสียชนิดต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากันเนื่องจากส่วนประกอบของน้ำเสียแตกต่างกัน อัตราส่วนระหว่างบีโอดีและซีโอดี (BOD : COD) อาจเป็นได้ตั้งแต่ 0.1 – 0.8 (หรืออยู่นอกช่วงดังกล่าวก็ได้) แต่มักไม่เกิน 1 น้ำเสียที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีควรมี BOD/COD ไม่น้อยกว่า 0.5 อัตราส่วน BOD/COD ยิ่งต่ำก็ยิ่งแสดงว่า การย่อยสลายทางชีวภาพเกิดขึ้นได้ยาก บีโอดีและซีโอดีก็ยังมีความสัมพันธ์กันและเป็นความสัมพันธ์เฉพาะของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบนั้นเท่านั้น เนื่องจากซีโอดีเป็นตัวแปรที่มีความหมายเช่นเดียวกับบีโอดี ประโยชน์ของซีโอดีจึงสามารถใช้เหมือนกับของบีโอดี กล่าวโดยสรุป ข้อมูลซีโอดีมีประโยชน์ดังนี้ (มั่นสิน และมั่นรักษ์, 2545)

- เมื่อใช้พิจารณาร่วมกับค่าบีโอดี ทำให้บอกได้ว่า น้ำเสียมีแนวโน้มในการย่อยสลายโดยทางชีวภาพ ได้ยากหรือง่ายเพียงใด
- ใช้ในการประมาณค่าบีโอดีอย่างคร่าว ๆ ถ้ารู้แหล่งกำเนิดหรือที่มาของตัวอย่างน้ำ การประมาณค่าบีโอดีจากค่าซีโอดี จะสามารถทำได้แม่นยำขึ้น
- เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย
- เป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ สำหรับการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

2.3 การสำรวจระยะไกล

ข้อมูลสัมผัสระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์จากเครื่องบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการเก็บบันทึกข้อมูล (Lillesand and Kiefer, 1994; ถาวร, 2540ก; สมพร, 2543)

การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกในระบบข้อมูลระยะไกล เป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีการบันทึกภาพ (image technology) และเทคโนโลยีการสื่อสาร (communication technology) เข้าด้วยกัน โครงการดาวเทียม Landsat เดิมเป็นโครงการขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) ต่อมาได้มีการโอนกิจการดาวเทียม Landsat ให้โครงการดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก EOSAT (Earth Resource Technology Satellite) ถูกจัดตั้งเมื่อ ค.ศ. 1967 ต่อมาโครงการฯ ได้เปลี่ยนชื่อเป็น โครงการ "ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแผ่นดิน" หรือ "Landsat" ดาวเทียมดวงแรกที่ถูกส่งออกปฏิบัติการ คือ ERTS-1 หรือต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น Landsat-1 (สุวิทย์, 2533; ถาวร, 2540ก) ระบบเก็บข้อมูล MSS (Multispectral Scanner) ของดาวเทียม Landsat มี 4 ช่วงคลื่น คือ แบนด์ 4 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความตื้นลึกของน้ำ และการกระจายของตะกอนน้ำ แบนด์ 5 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ ทางน้ำ ถนน แหล่งชุมชน การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ ป่าไม้ พื้นที่เพาะปลูก แบนด์ 6 และ 7 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ พื้นที่น้ำท่วม ธรณีสัณฐาน ธรณีโครงสร้าง ข้อมูล MSS 1 ภาพ ครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร มีรายละเอียดข้อมูล 80 เมตร x 80 เมตร ระบบเก็บข้อมูลของดาวเทียม Landsat อีกระบบหนึ่งที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้รับการปรับปรุงให้ได้รายละเอียดดีกว่า MSS คือ ระบบ TM (Thematic Mapper) โดยมี 7 ช่วงคลื่น ช่วงคลื่นที่ 1 หรือ แบนด์ 1 ใช้ในการทำแผนที่ชายฝั่ง ความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณ แบนด์ 2 ใช้ประเมินความแข็งแรงของพืช แบนด์ 3 ใช้แยกชนิดของพืชพรรณ แบนด์ 4 ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ (Biomass) และจำแนกแหล่งน้ำ แบนด์ 5 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างเมฆกับหิมะ แบนด์ 6 ใช้หาแหล่งความร้อน แบนด์ 7 ใช้จำแนกชนิดของหิน และการทำแผนที่แสดงบริเวณ Hydrothermal รายละเอียดของข้อมูล 30 เมตร x 30 เมตร (สุวิทย์, 2533)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล และการพัฒนาประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ทั้งทางด้านโปรแกรม (software) และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (hardware) (สิทธิเดช, 2543) ทำให้ข้อมูลสัมผัสระยะไกล (Remote Sensing) เป็นแหล่งข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ในงานสาขาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะให้ข้อมูลที่ทันสมัย และสามารถทำงานกับระบบคอมพิวเตอร์ได้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลรีโมทเซนซิง มีข้อได้เปรียบที่สำคัญคือ ลดต้นทุน (สมพร, 2543)

2.3.1 คุณสมบัติของภาพดาวเทียม

ภาพดาวเทียม (Remote Sensing Image) เป็นภาพที่ได้จากการบันทึกภาพภูมิประเทศหรือพื้นที่ทางอากาศโดยวิธีการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม ซึ่งเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคในการเก็บบันทึกข้อมูลของวัตถุต่าง ๆ ที่กระทำในระยะไกลโดยไม่สัมผัสวัตถุนั้น การถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องถ่ายรูปธรรมดาสามารถกระทำได้เฉพาะเวลากลางวันที่มีแสงสว่างเพียงพอ ในขณะที่การบันทึกข้อมูลในระบบ Remote Sensing นั้น ไม่จำเป็นต้องอาศัยแสงสว่าง แต่อาศัยการรับรังสีที่แผ่ออกจากวัตถุหรือสะท้อนจากวัตถุ จึงสามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่กล้องธรรมดาบันทึกไม่ได้ โดยข้อมูลที่ได้รับมีรายละเอียดภาพ (Spatial Resolution) แตกต่างกันไป และข้อมูลภาพดาวเทียมที่ได้บันทึกสามารถส่งมายังสถานีรับภาคพื้นดินได้ทันที (ศิริ, 2545ข)

ข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่น มีข้อมูลอยู่ในลักษณะตัวเลข (Digital Data) คือ ข้อมูลที่ได้จากการแปลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ ตัวเลข ลายเส้น ตลอดจนรูปภาพ หรือแผนที่ต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบรหัสตัวเลขที่สามารถดำเนินกรรมวิธีข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ โดยแต่ละจุดภาพจะมีค่าตัวเลขที่ใช้แทนความสว่างของข้อมูล มีค่าตั้งแต่ 0 – 255 (256 ระดับ) โดย 0 จะแทนสีดำ และค่าตัวเลขเหล่านี้จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีความสว่างมากขึ้นซึ่งค่าสูงสุด คือ 255 จะแทนสีขาว ค่าตัวเลขซึ่งแตกต่างกันระหว่างสีดำจนถึงสีขาวนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เรียกว่า ค่าความเข้มสีเทา ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมากเหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและภาพสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2532; ถาวร, 2540ก; ศิริ, 2545ข)

วัตถุบนพื้นผิวโลกแต่ละชนิด มักมีลักษณะการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการดูดซับ ส่งผ่าน และสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลให้ค่าพลังงานที่ถูกเก็บบันทึกแตกต่างกันไป ข้อมูลระยะไกลได้จากการเก็บบันทึกค่าพลังงานแสงที่สะท้อนกลับจากวัตถุแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยกำหนดช่วงคลื่น (spectral range) ในการรับข้อมูลออกเป็นแบนด์ (band) ทำให้วัตถุที่ปรากฏบนภาพข้อมูลในแบนด์ต่าง ๆ มีค่าพลังงานที่ถูกเก็บบันทึกแตกต่างกันไป ความแตกต่างของค่าพลังงานถูกเก็บบันทึกไว้ในลักษณะของ “ค่าระดับสีเทา” (grey level) ที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างในระดับของสีนี้มีส่วนช่วยในการจำแนกรายละเอียดเป็นอย่างมาก (วินิตา, 2531; ถาวร, 2540ก) และยังสามารถแสดงลักษณะความหยาบละเอียด (texture) และลักษณะเงา (shadow) ที่แตกต่างกัน ซึ่งความหยาบละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับรายละเอียดในเนื้อหาของวัตถุ และลักษณะของเงาขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวัตถุนั้น ๆ ที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (ถาวร, 2540ก)

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมด้านการเกษตร ส่วนใหญ่ใช้ศึกษาหาพื้นที่เพาะปลูก ความชื้นในดิน การเปลี่ยนแปลงบริเวณเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ การประเมินความเสียหายจากศัตรูพืช เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ทันต่อเหตุการณ์และมีความต่อเนื่อง ประกอบกับดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ดาวเทียม SPOT และ MOS-1 ที่ให้ข้อมูลรายละเอียดสูง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมยิ่งขึ้น และเนื่องจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน ข้อมูลภาพจากดาวเทียมจะถูกบันทึกซ้ำพื้นที่เดิมโดยการโคจรกลับมาของดาวเทียมแต่ละดวงอย่างเป็นระบบ เช่น LANDSAT ทุก ๆ 16 วัน MOS ทุก ๆ 17 วัน และ SPOT ทุก ๆ 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลาย ๆ ช่วงเวลาที่ทันสมัย สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของภาพบริเวณเดียวกัน ซึ่งถ่ายภาพในวันและฤดูต่างกันได้เป็นอย่างดีและช่วยให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม (สุรชัย, 2533; ถาวร, 2540ก; ศิริ, 2545ก; ศิริ, 2545ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 ลักษณะการสะท้อนพลังงานของน้ำ

ลักษณะการสะท้อนพลังงานของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวช่วงคลื่น ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นผลเนื่องจากธรรมชาติของน้ำเอง และเนื่องจากสภาพต่าง ๆ ของน้ำว่ามีสิ่งต่าง ๆ เจือปนอยู่มากน้อยเพียงใด การใช้ข้อมูลด้านรีโมทเซนซิง ทำการสำรวจแหล่งน้ำสามารถทำได้ง่ายในช่วงคลื่น Near Infrared เพราะว่าเป็นคุณสมบัติการดูดกลืนของช่วงคลื่นนี้ ในขณะที่การศึกษาสภาวะของน้ำจะทำได้ดีในช่วง Visible ซึ่งที่ช่วงคลื่นนี้ ปฏิกิริยาของพลังงานที่เกิดขึ้นค่อนข้างสลับซับซ้อน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เช่น พลังงานน้ำที่สะท้อนจากน้ำอาจเนื่องมาจากการสะท้อนที่ผิวหน้าน้ำ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำหรือจากก้นบ่อน้ำ (Lillesand and Kiefer, 1994; พร้อมจิตร์, 2533) ในน้ำลึกที่ก้นบ่อน้ำมีผลกระทบน้อยมาก คุณสมบัติการสะท้อนแสงของน้ำไม่ได้เกิดขึ้นจากเฉพาะน้ำนั้นเอง แต่เกี่ยวเนื่องจากสสารในน้ำนั้น (Lillesand and Kiefer, 1994)

ลักษณะการสะท้อนพลังงานของน้ำขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ ความลึกของน้ำ การดูดกลืนพลังงานของน้ำจะมีค่ามากที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ จึงทำให้งานทำแผนที่แหล่งน้ำโดยใช้รีโมทเซนซิงทำได้ง่ายในช่วงคลื่นดังกล่าว อย่างไรก็ตามสภาพของแหล่งน้ำที่มีอยู่มากมายนี้ ทำให้เกิดความลำบากในการแบ่งแยกในช่วงคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและสสารในช่วงคลื่นเหล่านี้มีความซับซ้อน และขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีความเกี่ยวพันกันหลายอย่าง เช่น ค่าสะท้อนจากแหล่งน้ำแห่งหนึ่ง อาจเป็นผลเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวหน้าน้ำกับสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำ หรือท้องน้ำ ถึงแม้ว่าน้ำจะลึกมาก แต่ก็ยังได้รับอิทธิพลจากสารแขวนลอยที่อยู่เหนือผิวหน้าน้ำ (สมพร, 2543)

การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะที่แตกต่างจากลักษณะของวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ สามารถเขียนเส้นขอบเขตของน้ำได้ง่าย น้ำที่ปรากฏบนผิวโลกมีหลายสภาพด้วยกัน เช่น น้ำขุ่น น้ำใส น้ำที่มีวัชพืชปะปนจะมีค่าแตกต่างกัน บางครั้งพื้นที่ที่รองรับน้ำอาจจะมีผลต่อการสะท้อนพลังงานของน้ำ น้ำใสจะดูดกลืนพลังงานเล็กน้อยที่ช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.6 μm และสะท้อนแสงต่ำมากในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ การส่งผ่านพลังงานจะเกิดขึ้นสูงในช่วงแสงสีน้ำเงินและเขียว แต่น้ำที่มีตะกอนหรือสิ่งเจือปนการสะท้อนและการส่งผ่านพลังงานจะเปลี่ยนไป เช่น น้ำที่มีตะกอนดินแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดิน จะสะท้อนพลังงานในช่วง Visible มากกว่าน้ำใส ถ้ามีคลอโรฟิลล์ในน้ำมากขึ้น การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงินจะลดลง และในช่วงคลื่นสีเขียวจะเพิ่มขึ้น เป็นประโยชน์ในการติดตามและคาดคะเนปริมาณสาหร่าย นอกจากนี้ ข้อมูลการสะท้อนพลังงาน ยังเป็นประโยชน์ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การสำรวจคราบน้ำมันและมลพิษจากโรงงาน ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือปริมาณเกลือในน้ำ ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงจากการสะท้อนพลังงานของน้ำนอกจากบางกรณีเท่านั้น (Lillesand and Kiefer, 1994; พร้อมจิตร์, 2533; สมพร, 2543; ศิริ, 2545ข)

ลักษณะการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำขึ้นอยู่กับธรรมชาติของน้ำเอง และคุณภาพของน้ำด้วยว่ามีสิ่งเจือปนอยู่มากน้อยเพียงใด โดยธรรมชาติของน้ำ น้ำจะสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่น 0.4 – 0.75 μm และจะดูดซับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดีในช่วงคลื่น 0.8 μm (infrared) เป็นต้นไป ซึ่งจะทำให้แหล่งน้ำปรากฏในภาพช่วงคลื่น infrared เป็นสีเข้ม แตกต่างจากทรัพยากรพืชและดินอย่างชัดเจน (ถาวร, 2540ก) สำหรับบริเวณแม่น้ำและแหล่งน้ำมีค่าการสะท้อนสูงในแบนด์ 1, 2 และ 3 โดยมีค่าการสะท้อนต่ำในแบนด์ 4, 5 และ 7 (ศิริ, 2545ข)

สิ่งเจือปนในน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของน้ำ และพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติของน้ำ สิ่งเจือปนต่าง ๆ ในน้ำ เช่น ตะกอนดิน ตะกอนแร่ สารเคมีบางชนิด จะทำให้เกิดการกระจัดกระจายกลับ (back scattering) ของพลังงานที่ตกกระทบ มากกว่าแหล่งน้ำที่อยู่ในสภาพปกติ ซึ่งจะมีผลทำให้ได้ข้อมูลภาพแตกต่างจากแหล่งน้ำที่ไม่มีสิ่งเจือปน (ถาวร, 2540ก)

2.3.3 ศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยภาพดาวเทียม

แม้ว่าเครื่องส่งสัญญาณ (sensor) ระบบ Thematic Mapper (TM) จะได้รับการออกแบบมาเพื่อศึกษาเกี่ยวกับพื้นโลกและมักมีข้อจำกัดในการศึกษาลักษณะรูปร่างแหล่งน้ำ แต่ดาวเทียม Landsat-5 TM ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถศึกษาน้ำในทะเลสาบได้ (Brivio *et al.*, 2001) จากการศึกษาของ Giardino *et al.* (2001) พบว่าข้อมูล TM มีประสิทธิภาพในการระบุการกระจายของตัวแปรที่กำหนดคุณภาพน้ำบริเวณผิวหน้าน้ำของแหล่งน้ำจืด เช่น ความโปร่งแสง ความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ และอุณหภูมิน้ำ

TM แบนด์ 1 – 4 อยู่ในช่วงที่คลื่นแสงผ่านน้ำได้ ทำให้ทราบข้อมูลบางตัวเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ (Giardino *et al.*, 2001) ช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาหาพื้นที่แหล่งน้ำ ได้แก่ ช่วงคลื่น reflective infrared (10.4 – 12.5 และ 2.08 – 2.35 μm) และช่วงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำ ได้แก่ ช่วงคลื่น 0.5 – 0.6 μm (ถาวร, 2540ก) ซึ่งสามารถส่องลงไปในน้ำใสได้ลึกถึง 15 – 20 เมตร (Lillesand and Kiefer, 1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (เช่น ค่าการสะท้อนแสง) ของน้ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและลักษณะของตะกอนแขวนลอย แพลงก์ตอนพืช และอินทรียวัตถุที่ละลายในน้ำ เครื่องส่งสัญญาณ (sensor) สามารถวัดรังสีดวงอาทิตย์ที่หลายความยาวคลื่นที่สะท้อนกับผิวน้ำมีความสัมพันธ์กับตัวแปรคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณของแข็งแขวนลอยรวม (Total suspended solids, TSS) ได้ (Hellweger *et al*., 2004)

ภาพถ่ายดาวเทียมจึงมีศักยภาพที่น่าสนใจสำหรับตรวจสอบขอบเขต และประเมินคุณภาพน้ำในทะเลสาบและสภาพน้ำ นอกจากนี้หากรวมเวลาที่ครอบคลุม (temporal coverage) ความละเอียดของจุดภาพดาวเทียม (spatial resolution) และข้อมูลที่เป็นประโยชน์เข้าด้วยกันจะทำให้ระบบดาวเทียม Landsat เป็นประโยชน์โดยตรงในการประเมินทะเลสาบ (Kloiber *et al*., 2002) ซึ่งข้อมูล remote sensing สามารถใช้เตรียมข้อมูลในการวัดตัวแปรอุทกวิทยาที่ยังไม่เคยเป็นไปได้โดยวิธีดั้งเดิม และสามารถเตรียมข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันสำหรับใช้ในการศึกษาทางอุทกวิทยาได้ (Engman, 1995)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนในทะเลและคุณภาพของน้ำบริเวณชายฝั่ง โดยสังเกตจากระดับความขุ่นของน้ำ ซึ่งปรากฏในภาพจากดาวเทียม LANDSAT ซึ่งให้ผลดี โครงการที่ศึกษา ได้แก่ การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยบริเวณรอบเกาะภูเก็ตซึ่งเป็นบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุก จากเทคนิคการเน้นภาพจากดาวเทียมทำให้แยกระดับตะกอนที่มีระดับความขุ่นต่าง ๆ กันออกได้ และการเปรียบเทียบภาพจากดาวเทียมต่างระยะเวลาที่ถ่ายภาพในช่วงหลายปี นอกจากการศึกษาตะกอนในทะเลแล้ว ยังได้ศึกษาการแพร่กระจายตัวของตะกอนในบริเวณปากแม่น้ำต่าง ๆ ของอ่าวไทยตอนบนปากแม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง และท่าจีน ระบบข้อมูลของดาวเทียม SPOT ให้ประโยชน์ในการศึกษาด้านสมุทรศาสตร์และชายฝั่ง การพังทลายและการตกตะกอน สำหรับ MOS-1 มีระบบเก็บข้อมูล VTIR ซึ่งมีช่วงคลื่น Visible Thermal Infrared สามารถทะลุผ่านน้ำ ประมาณ 40 – 50 เมตรได้ ซึ่งก็นับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่งในทางสมุทรศาสตร์ และการประมง (สุวิทย์, 2533)

ภาพดาวเทียม Landsat-5 TM (Thematic Mapper) ถูกเลือกเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล broadband reflectance ใช้ทุกแบนด์ของ TM ตั้งแต่แบนด์ 1 (TM 1) ถึง แบนด์ 7 (TM 7) และที่ใช้มากคือ TM 1 – TM 4 และ TM 6 สำหรับ TM แบนด์ 1 – 4 เป็นแบนด์ visible-near infrared เป็นช่วงคลื่นที่แสงส่องผ่านน้ำได้ ซึ่งเป็นการเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพน้ำบางประการ (Giardino *et al*., 2001; Kloiber *et al*., 2002; Wang *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Wang *et al*. (2004) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ ปี ค.ศ. 1988 และ 1996 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Thematic Mapper (TM) และข้อมูลบนพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่า การประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการวัดค่าการสะท้อนแสงที่ผิวน้ำในพื้นที่มีความสัมพันธ์กันสูงมาก และความแตกต่างรากที่สอง (root mean square) ระหว่างดัชนี 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่างค่า 0.02 – 0.03 ของแต่ละแบนด์ของ TM ในช่วงคลื่น Visible-Near Infrared (VI-NIR) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการสะท้อนแสงของ TM แบนด์ 1 – 4 และการวัดมลพิษอินทรีย์ (organic pollution) ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (TOC) ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) และปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์ (COD) มีความสัมพันธ์กันสูง และพบว่าคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่แย่ลง แหล่งที่มาของมลพิษที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม และบ้านเรือน

Koukal *et al*. (2004) พบว่าคุณภาพน้ำในแม่น้ำที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เขตเมืองและพื้นที่อุตสาหกรรมเป็นมลพิษรุนแรง ซึ่งปัญหาคุณภาพน้ำหลัก ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ต่ำ น้ำมีความขุ่นสูง ประกอบไปด้วยอินทรียวัตถุและแอมโมเนีย และปนเปื้อนด้วยโลหะบางชนิด

ระบบดาวเทียมสำหรับข้อมูลสัมผัสระยะไกล ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อวัดคุณสมบัติการมองเห็นด้วยตาเปล่าของตะกอนในน้ำ (Harrington *et al*., 1992) การใช้ฐานข้อมูลดาวเทียมประเมินคุณภาพน้ำ จะได้มาจากความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างช่วงคลื่นการสะท้อนแสงของมลพิษ (เช่น ตะกอนแขวนลอย) ใกล้กับผิวน้ำและความสัมพันธ์กับข้อมูลจริง (ตัวอย่างน้ำ) (Nellis *et al*., 1998)

2.3.4 การอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

การทำงานด้านรีโมทเซนซิงมักจะใช้ข้อมูลอ้างอิงประกอบด้วยเสมอ ข้อมูลอ้างอิงได้จากการเก็บรวบรวม การสังเกตเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์ทั้งหลายที่สามารถตรวจได้ด้วยเครื่องบันทึก ข้อมูลเหล่านี้อาจแสดงได้ในหลายรูปแบบ และอาจจะได้มาจากหลายแหล่ง ข้อมูลอ้างอิงอาจจะหมายถึง การวัดอุณหภูมิ และคุณสมบัติทางด้านเคมีและฟิสิกส์ของวัตถุ ขณะที่ทำการเก็บข้อมูลก็จะมีการบันทึกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของวัตถุพร้อมกันไปด้วย เพื่อหาความสัมพันธ์กับตำแหน่งของวัตถุดังกล่าวในภาพข้อมูล ในปัจจุบันนี้ เครื่องกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System, GPS) ได้ถูกนำมาใช้มากขึ้น เพื่อช่วยบันทึกตำแหน่งของวัตถุในพื้นที่ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อช่วยวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลรีโมทเซนซิง เพื่อช่วยในการแก้ไข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อบกพร่องจากระบบบันทึกข้อมูล และเพื่อช่วยตีความข้อมูลที่แยกออกจากข้อมูลรีโมทเซนซิงให้ถูกต้องยิ่งขึ้น (สมพร, 2543)

การสำรวจข้อมูลภาคพื้นดินมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงสภาพจริงของพื้นที่ว่ามีสภาพสิ่งปกคลุมดินในบริเวณต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลภาพดาวเทียมมีลักษณะเป็นอย่างไร แล้วใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดินไปเป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์จำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมต่อไป (ศิริ, 2545ข)

ข้อมูลภาคสนาม และ/หรือ ข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ ที่สามารถใช้อ้างอิงในความถูกต้องของรายละเอียดสิ่งที่ต้องการจำแนกและประเมินค่าความถูกต้อง โดยเรียกในส่วนนี้ว่า "Reference data" ซึ่งโดยทั่วไป "Reference data" ต้องสามารถบอกพิกัดตำแหน่งที่แน่นอนและให้คุณลักษณะของจุดที่ต้องการพิสูจน์ทราบได้ เช่น ข้อมูลการตรวจสอบภาคสนามที่ได้จากการรังวัดพิกัดจากดาวเทียม GPS เป็นต้น (ถาวร, 2540ข)

2.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินภายในขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำกับคุณภาพน้ำ

น้ำย่อมไหลจากสันเขาลงที่ต่ำและทางน้ำเสมอ และขอบเขตลุ่มน้ำต่อเนื่องเชื่อมโยงจากลุ่มน้ำขนาดเล็กไปหาขนาดที่ใหญ่ขึ้นโดยไม่ทับกัน และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ตรวจวัดได้ที่ปากทางน้ำไหลออก (outlet) พื้นที่ลุ่มน้ำจึงเป็นหน่วยพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด ที่จะใช้เป็นฐานในการพัฒนาแบบจำลองทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับภาวะมลพิษทางน้ำ ทั้งนี้เพราะอะไรที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำจะออกมาที่ปากทางออกของน้ำ (outlet) แห่งเดียวเท่านั้น (นิพนธ์, 2545) ซึ่งในการศึกษานี้ ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำของลำน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบริเวณผิวน้ำ การเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้และคุณภาพน้ำจะช่วยในการทำนายศักยภาพของมลภาวะทางน้ำและพัฒนาการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ เพื่อขจัดหรือลดความเสี่ยงในการเกิดมลภาวะทางน้ำ (Xiao and Ji, 2005) การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านพื้นผิวภูมิประเทศจะพัดพานำเศษซากต่าง ๆ มลพิษ และอินทรียวัตถุไปกับน้ำด้วย (Demers, 2002) ซึ่งน้ำจะเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวภูมิประเทศโดยการไหลแบบอิ่มตัว (saturated flow) ไปจนกระทั่งไหลลงสู่ลำธาร (Hall and Olson, 1991)

2.4.1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

GIS ใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการสนับสนุนการศึกษาปริมาณและคุณภาพน้ำ โดย GIS และ DEM (Digital Elevation Model) สามารถใช้สร้างขอบเขตลุ่มน้ำไปยังจุด หรือพื้นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สนใจ (Maidment and Djokic, 2000) ซึ่งรูปร่างของพื้นผิวจะเป็นตัวกำหนดว่าน้ำจะไหลผ่านพื้นที่นั้นอย่างไร เป็นวิธีการอธิบายลักษณะทางฟิสิกส์ของพื้นผิว โดยการใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) เป็นข้อมูลตั้งต้นในการวาดเค้าโครงระบบระบายน้ำและกำหนดปริมาณลักษณะของระบบนั้น (ESRI, 2002) ซึ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้นเนื่องจากความสัมพันธ์ของการได้มาของข้อมูล DEM มีมูลค่าที่สมเหตุสมผลกับราคาและมีระดับความถูกต้องที่สัมพันธ์กับแผนที่ที่ใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน (FAO, 1997) โดยจะใช้ DEM ในการสร้างแบบจำลองพื้นที่ลุ่มน้ำและโครงข่ายลำธาร ซึ่งจะถูกออกแบบเพื่อแสดงว่าน้ำจะเริ่มต้นที่ใดและจะไหลไปที่ใด (Demers, 2002)

แบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Surface Model) คือ แบบจำลองภูมิประเทศที่ถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศ โดยข้อมูลเส้นชั้นความสูงหรือข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่าง ๆ ที่มีการแสดงค่าพิกัดทางตำแหน่ง และค่าความสูง (ถาวร, 2540ก) โดยส่วนมากโครงสร้างข้อมูล DEM เป็นโครงสร้างราสเตอร์ (raster) หรือโครงสร้างกริด (Grid) ที่ใช้แทนพื้นผิวต่อเนื่อง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโลก (Maidment and Djokic, 2000; Demers, 2002; ESRI, 2002)

ขอบเขตลุ่มน้ำ (Watershed) และโครงข่ายลำน้ำที่สร้างมาจาก DEM เป็นข้อมูลเบื้องต้นของแบบจำลองพื้นผิวอุทกวิทยาเกือบทั้งหมด แบบจำลองเหล่านี้ใช้สำหรับกำหนดความสูง เวลา และน้ำไหลท่วม เช่นเดียวกันกับการหาพื้นที่ที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อลำน้ำ หรือทำนายผลกระทบอื่นต่อสภาพภูมิประเทศ (ESRI, 2002)

2.4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินกับคุณภาพน้ำ

น้ำเป็นพื้นฐานสำคัญของชีวิตมนุษย์ และมีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ (Maidment, 2002) การกระทำของมนุษย์ส่งผลต่อภูมิอากาศของโลก และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบโดยตรงต่อน้ำและวงจร biogeochemical โครงสร้างของพืช และผลผลิตพืช (Krysanova *et al.*, 2000) ปัญหาเรื่องคุณภาพของน้ำมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการเติบโตของชุมชน การเพิ่มขึ้นของประชากร การพัฒนาทางการเกษตรและอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียที่ไร้ประสิทธิภาพ ล้วนส่งผลต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำต่าง ๆ ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง จนเกินกว่าที่ธรรมชาติจะทำความสะอาดให้ได้เหมือนเดิม (เผด็จ, 2544) ดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อผลผลิตทางการเกษตรนั้น เมื่อใช้ไม่ถูกวิธีหรือปราศจากการอนุรักษ์ก็จะเป็นตัวกำเนิดภาวะมลพิษของน้ำได้มาก แม่น้ำเกือบทุกสายในประเทศไทยเกิดภาวะมลพิษในน้ำเนื่องมาจากตะกอนดิน ทั้งนี้เพราะแหล่งที่ดินที่มีความอุดม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบูรณ์ก็เป็นพื้นที่เกษตรกรรมมักอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ตะกอนดินนับว่าเป็นทั้งตัวก่อให้ดินเสื่อมค่าและทำให้คุณภาพน้ำเลวลง ซึ่งปัจจุบันงานวิจัยที่เน้นหนักถึงตัวการที่ทำให้เกิดมลพิษของน้ำที่มาจากลุ่มน้ำเกษตรกรรมมีมากขึ้นและสรุปได้ว่า ตัวการใหญ่ดังกล่าวก็คือ ดินตะกอนและสารเคมีการเกษตร (นิพนธ์, 2545)

การที่คุณภาพน้ำต่ำลงสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การใช้ที่ดินที่ผิดประเภท ขาดการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขาดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ประชาชนบนพื้นที่สูงขาดความรู้ ความตระหนักและจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (เผด็จ, 2544) หากพื้นที่บริเวณต้นน้ำมีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะงานด้านการเกษตรหรือมีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่แบบอื่น ๆ ย่อมก่อให้เกิดภาวะไม่สมดุลตามธรรมชาติเดิมและมีผลกระทบต่อพื้นที่รับน้ำที่รวบรวมน้ำเข้าสู่จุดรวมน้ำ และทำหน้าที่ในการส่งน้ำให้กับลุ่มน้ำตอนล่างถัดไป (ปิ่นเพชร, 2547) เนื่องจากน้ำเป็นทรัพยากรประเภทที่ใช้แล้วหมุนเวียนให้มีใช้ตลอดเวลามีคุณสมบัติที่พิเศษ เช่น ไหลลงสู่ที่ต่ำ ตัวทำละลายที่ดี อุ้มความร้อนได้มาก เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ของแข็ง และไอได้ เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เป็นตัวชี้ (Indicator) ที่สำคัญ ไม่ว่าอะไรจะเกิดขึ้นบนพื้นที่ต้นน้ำหรือที่สูงจะถูกนำสู่พื้นล่างทั้งปริมาณที่ไหล ความสม่ำเสมอในการไหล และคุณภาพของน้ำ ทำให้ผู้ที่อยู่ในพื้นราบหรือพื้นที่ตอนล่าง ได้พบว่าความผิดถูกในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติหรือกิจกรรมใดก็ตามที่มนุษย์สร้างขึ้นบนที่สูงนั้น มีผลต่อพื้นที่ข้างเคียง หรือพื้นที่ตอนล่าง น้ำจึงเป็นทรัพยากรหลักที่ใช้เป็นเครื่องชี้ เป็นจุดเด่นสำคัญในผลหรือประสิทธิภาพของแผนการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ (เผด็จ, 2544)

ความหลากหลายของลักษณะภูมิประเทศ มักมีผลต่อความหลากหลายของสภาพนิเวศวิทยาและอุทกวิทยาและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของมลพิษทางน้ำที่ส่งไปยังทะเลสาบ ลำธารและแม่น้ำ (Xiao and Ji, 2005) นอกจากนี้ผู้ที่ทำการศึกษาผลกระทบจากการใช้ที่ดินต่อคุณภาพน้ำพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท ขนาด และความเข้มข้นของกิจกรรมที่ต่างกันไป เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม แหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าว และการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่แตกต่างกันไป (เผด็จ, 2544) รวมไปถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมในท้องถิ่นและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นต่างส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของทะเลสาบและคุณภาพน้ำในนั้น (Giardino *et al.*, 2001) โดยการศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมีส่วนใหญ่ จะทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ ซึ่งมักพบว่าพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรโดยเฉพาะปศุสัตว์หรือการเพาะเลี้ยงชายฝั่งมีอิทธิพลทำให้ค่า BOD สูง ส่งผลให้คุณภาพน้ำแย่ลงลง (พจนา, 2536; ปราโมทย์, 2538; เสาวนีย์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved