

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

ความหลากหลายทางชีวภาพของสาหร่าย (Biodiversity of algae)

มีรายงานการศึกษาแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายยืคเกาะในคลองแม่ข่า พ.ศ. 2541 พบสาหร่ายที่จัดอยู่ในกลุ่มโปรโตซัว จำนวน 5 division คือ division Chlorophyta ได้แก่ *Chlamydomonas* sp., *Entosiphon ovatum*, *Gonium pactorale*, *Pandorina morum*, *Spondylomorom quaternarium*, division Euglenophyta ได้แก่ *Anisonema acinus*, *Euglena* spp., *Heteronema acus*, *Phacus* spp., *Paranema trichophorum*, *Trachelomonas* spp., division Pyrrophyta ได้แก่ *Gymnodinium aeruginosum* division Chrysophyta ได้แก่ *Synura uvella* และ division Cryptophyta ได้แก่ *Chilomonas paramecium* (อินทรีรา, 2542) การสำรวจสาหร่ายในคลองแม่ข่าระหว่างธันวาคม 2541-กุมภาพันธ์ 2542 จาก 5 division ได้แก่ division Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Cryptophyta และ Euglenophyta พบว่า *Oscillatoria* เป็น dominant species ทั้งในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) และสาหร่ายยืคเกาะ (benthic algae) ตลอดทั้งระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดย *Euglena* และ *Navicula* มีปริมาณมากรองลงมาในกลุ่มของแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายยืคเกาะ ตามลำดับ (วุฒินันท์ และศิริเพ็ญ, 2542)

จากผลการสำรวจแพลงก์ตอนพืชในน้ำทั้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ผ่านการบำบัดแล้วระดับหนึ่ง แต่ยังปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณสูง พบแพลงก์ตอนพืช 4 division ได้แก่ Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta และ Bacillariophyta โดยมี *Oscillatoria* และ *Chlorella* เป็นจำนวนมากที่สุด (Traichaiyaporn and Liangkriks, 1997) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในเมืองเชียงใหม่ ของห้วยแม่หยวก อ่างแก้ว และคูเมืองเชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนพืช 6 division ได้แก่ Chlorophyta, Chrysophyta, Cryptophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, และ Pyrrophyta โดยแพลงก์ตอนพืชที่มีแนวโน้มในการใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำเสียได้แก่ *Cryptomonas*, *Chlorococcum*, *Chlorella*, *Closterium*, *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus* และ *Cyclotella* (ธนศ, 2539; Mapairoj et al. 1998 ; Traichaiyaporn and Boonsai, 1998) นอกจากนี้ Prescott (1951) และ Palmer et al. (1977) ก็กล่าวว่า สาหร่าย *Euglena acus* สามารถทนต่อสภาวะน้ำเสียได้สูงสุด และรองลงมาคือ *Oscillatoria calybea* ส่วน *Nitzschia acicularis*, *Navicula cryptocephala*,

Phacus pyrum, *Melosira granulata*, *Cyclotella maneghiana*, *Closterium acerosum*, *Anabaena constricta* เป็นสกุลที่ทนต่อสภาวะน้ำเสียได้เป็นอันดับรองลงมา

สำหรับแพลงก์ตอนพืชที่มีแนวโน้มเพื่อเป็นดัชนีชีวภาพของน้ำที่มีอินทรียสารสูง ได้แก่ *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Euglena*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Oscillatoria*, *Phacus*, *Scenedesmus*, *Synedra* และ *Trachelomonas* ถ้าแหล่งน้ำใดมีองค์ประกอบของสาหร่ายสีเขียว โดยเฉพาะชนิดที่เป็นเส้นสายปนอยู่กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยมีจำนวนสกุลน้อย แต่มีปริมาณของแต่ละสกุลมากหรือเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) หมายความว่า สภาวะของแหล่งน้ำนั้นเป็นสภาวะน้ำเสีย Patrick (1977)

ในขณะที่ Antoine (1983) ได้ทำการสังเกตการณ์ทางชลชีววิทยา ในเรื่องปัจจัยทางกายภาพและเคมี กำลังการผลิตเบื้องต้น คลอโรฟิลล์ เอ และประชากรของแพลงก์ตอนพืชในคลอง Rabat ที่มีมลภาวะและผลกระทบต่อ Shatt al-Arab River Basrah ในประเทศอิรักในเดือนกรกฎาคม ค.ศ.1977 ถึงเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1978 ซึ่งของเสียต่างๆและของเสียจากอุตสาหกรรมได้ไหลเข้าในคลอง ทำให้มีผลต่อน้ำในคลองและบริเวณที่ทำการศึกษ พบสาหร่าย 164 taxa ซึ่งแบ่งเป็น Bacillariophyta 93 taxa, Chlorophyta 39 taxa, Myxophyta 19 taxa, Pyrrophyta 5 taxa, Euglenophyta 5 taxa, Chrysophyta 2 taxa และ Rhodophyta 1 taxa

และนอกจากนี้ Massoud *et al.* (1983) ทำการศึกษาผลกระทบของมลภาวะต่อแพลงก์ตอนพืชในคลอง Ashar ในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ค.ศ. 1976 น้ำมีอุณหภูมิสูงในเดือนมิถุนายนและขุ่นมาก เนื่องมาจากการผสมกันกับแพลงก์ตอนพืชใน Shatt al-Arab estuary และมีน้ำเสีย และน้ำท่วมในเดือนมิถุนายนทำให้ของเสียต่างๆปนเปื้อนลงในคลอง ทำให้ค่า DO ต่ำลง โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ ในเดือนมิถุนายน รวมทั้งการที่น้ำมีอุณหภูมิสูง ค่า pH โดยทั่วไปสูงกว่าใน estuary ซึ่งในเดือนมิถุนายน จะสูงกว่าเดือนมีนาคม พบสาหร่าย 86 taxa และพบ ไดอะตอม 45 taxa จะพบแพลงก์ตอนพืชมากในเดือนมีนาคม จากความขุ่นของน้ำ อุณหภูมิที่สูง รวมทั้งการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ทำให้พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหนาแน่นในเดือนมิถุนายน สำหรับสาหร่าย division Chrysophyta ซึ่งพบมากในปากแม่น้ำ ในเดือนมีนาคมและไม่พบเลยในเดือนมิถุนายน แพลงก์ตอนพืชที่พบในคลอง Ashar มีความแตกต่างกันใน 2 ฤดู ประการหนึ่งมาจากความสกปรกของของเสียในครัวเรือนและของเสียจากการเกษตรกรรม ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละฤดูที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ของเสียจากการเกษตร จะทำให้สาหร่ายกลุ่มอื่นพบเป็นชนิดเด่นกว่า ไดอะตอม อันเกิดจากการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ในคลอง จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ Myxophyta ในเดือนมิถุนายน นอกจากนี้การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของ *Chlamydomonas* sp และ *Euglena acus* ทำให้จะพบความหนาแน่นมากขึ้นในเดือนมีนาคมบริเวณสถานีที่ 2 และ4

Palmer *et al.* (1977) กล่าวว่าสาหร่ายที่พบในแหล่งน้ำสะอาดได้แก่ *Phormidium inundatum*, *Cladophora glomerata*, *Cyclotella botanica*, *Cymbella cesati*, *Navicula gracilis*, *Nitzschia linearis* และ *Euglena ehrenbergii* และ *Phacus longicauda* ตามลำดับ

คุณภาพน้ำบางประการ

สีของน้ำ (Colour)

สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงจากสารแขวนลอยในน้ำ พื้นท้องน้ำ และจากท้องฟ้า ส่วนสีจริงเกิดจากสารละลายต่างๆ โดยอาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารพืชหรือสารอนินทรีย์เช่น แร่ธาตุต่างๆ สีของน้ำอาจเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปน้ำที่มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล มักมีความอุดมสมบูรณ์และกำลังผลิตสูง เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่มาก ส่วนแหล่งน้ำที่มีสีค่อนข้างเขียวไปจนถึงสีน้ำเงินจะมีกำลังผลิตต่ำ เนื่องจาก มีสารอินทรีย์น้อย ซึ่งไม่ได้พิจารณาเกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก และสารอินทรีย์ อาทิเช่น ไดอะตอม (diatom) ทำให้น้ำมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล สาหร่ายสีเขียว แกมน้ำเงิน (blue - green algae) ทำให้น้ำมีสีเขียวเข้ม แพลงก์ตอนสัตว์ (zooplankton) มักจะทำให้น้ำมีสีแดง (ไมตรีและจารูวรรณ, 2528)

อุณหภูมิ (Temperature)

ในประเทศไทยอุณหภูมิของน้ำ จะผันแปรอยู่ในช่วง 23 - 32 °C ซึ่งจะมีค่าต่ำลงหรือสูงขึ้นขึ้นอยู่กับเวลากลางวันและกลางคืนแล้วแต่ปริมาณแสงที่ได้รับและฤดูกาล และอุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ และระดับความเป็นพิษของสารพิษหลายชนิด อุณหภูมิ 20-29°C และ pH 6.0-7.5 เป็นสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายหลายชนิด (กุศยา, 2529; เปี่ยมศักดิ์, 2539 ; Smith, 1950) จากผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบว่า อุณหภูมิมีค่า 18.5-33.1°C (นิวัตร, 2540 ; อินทิตรา, 2542) สำหรับคูเมืองเชียงใหม่ อุณหภูมิมีค่า 19.5-34.5 °C (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

สารแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid ; TSS)

ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำมีสารแขวนลอย (suspended matter) อยู่มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะขัดขวางไม่ให้แสงสว่างส่องลงไปใต้น้ำได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะสะท้อนหรือดูดซับเอาแสงไว้ สารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดซึมหรือสะท้อนแสงต่างกัน ดังนั้นระดับความขุ่นของน้ำจึงไม่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของสารแขวนลอยในน้ำ เพราะสารแขวนลอยมีหลาย

ชนิด และมีคุณสมบัติต่างกัน แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีค่า TSS 25-80 mg/l แต่ถ้าอยู่ในช่วง 80-400 mg/l จะให้ผลผลิตที่ลดลงและถ้ามากเกินไป 400 mg/l ขึ้นไป จะเลี้ยงปลาไม่ได้ผล (ไมตรีและจารูวรรณ, 2528)

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity ; EC)

ความนำไฟฟ้าของน้ำ (EC) หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อกระแสไฟฟ้า ตัวการที่เป็นสื่อในการนำไฟฟ้าในน้ำ คือ อีออน (ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ (inorganic substances) เช่น กรดอนินทรีย์ ค่าง และเกลือ สารเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้อีออน ซึ่งจะแตกต่างจากสารประกอบอินทรีย์ (organic substances) โดยสารเหล่านี้จะไม่แตกตัวให้อีออนในน้ำ จึงไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ดังนั้น EC ของน้ำจะมีปริมาณมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของสารประกอบอนินทรีย์ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการแตกตัวเป็นอีออนของสารต่างๆ ทำให้ EC เปลี่ยนแปลงไป เมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น EC ของน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในการวัด EC จึงต้องทราบถึงระดับอุณหภูมิของน้ำในขณะนั้นด้วย และนอกจากนี้ค่า EC ยังมีความสัมพันธ์กับค่า TDS และค่าความเค็มของน้ำ (Salinity) โดยทั่วไปจะมี EC อยู่ในช่วง 150-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (หรือประมาณ 100-200 mg/l เมื่อคิดในรูปของ TDS หรือ แต่ในบางแห่งก็อาจมีค่าสูงกว่านี้ถึง 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ EC ของแม่น้ำจะแตกต่างกันไปตามระยะทาง โดยบริเวณต้นน้ำจะมี EC ต่ำ และค่อย ๆ มีระดับสูงขึ้นเมื่ออยู่ติดต่อกับทะเล ซึ่งการที่พบค่าความนำไฟฟ้าสูง อาจมาจากระยะทางที่กระแสน้ำพัดผ่าน และชะล้างนำสารแขวนลอยจากธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์สะสมเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ EC มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการบริโภค อุปโภค การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์และมีอิทธิพลต่อแหล่งน้ำอย่างสำคัญโดยสามารถทำให้โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศในแหล่งน้ำนั้น ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่วนชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ จะเป็นตัวชี้บอกคุณภาพทางเคมี และความสัมพันธ์ระหว่างคินกับน้ำซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของพืช และสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ หรือกำลังผลิตของแหล่งน้ำ ค่า TDS มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ 2 ประการ คือ ควบคุมขบวนการขับถ่าย และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำกับแพลงก์ตอนพืช ค่าสูงสุดของ TDS ที่เป็นขีดจำกัดต่อขบวนการขับถ่ายของปลาน้ำจืดอยู่ในช่วงระหว่าง 5,000-10,000 mg/l ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความสามารถในการปรับตัวลดจนความเค็มของปลา (ไมตรีและจารูวรรณ, 2528) จากการศึกษาค่า EC ในคลองแม่ข่าพบมีค่า 280-920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (อินทรี, 2542) และผลการศึกษาในคูเมืองเชียงใหม่ มีค่า 10-670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

คุณภาพน้ำทางเคมีบางประการ

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือ pH เป็นการวัดปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ pH ที่สูงขึ้นจะทำให้ความเป็นพิษของแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เพราะการแทรกซึมของสารพิษบางชนิดเข้าสู่ร่างกายของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายนั้น ๆ อีกด้วย ระดับ pH ของน้ำผันแปรตามระดับ pH ของดิน และยังมีผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินประกอบด้วย นอกจากนี้อิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น จุลินทรีย์ และแพลงก์ตอนพืช ก็ยังสามารถทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528; เกษม, 2530) pH 6.0-7.5 จึงเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายหลายชนิด และสาหร่ายส่วนใหญ่จะสามารถทนทานต่อ pH ในช่วง 6.8-9.6 ได้ (อรัธสา, 2524 ; Smith, 1950) มีผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบว่า pH มีค่า 5.45-8.48 (นิวัตร, 2540 ; อินทรา, 2542) และในคูเมืองเชียงใหม่พบว่า pH มีค่า 6.2-9.7 (ถาวร, 2538 ; ชเนศ, 2539)

ความกระด้างของน้ำ (Water hardness)

ความกระด้างของน้ำเกิดจากตะกอนแคลเซียมของโลหะแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะวัดออกมาเป็นปริมาณ calcium carbonate ($CaCO_3$) ความกระด้างของน้ำมีผลเสียต่อสุขภาพและมีข้อเสียในแง่เศรษฐกิจคือ ในการซักผ้าต้องใช้ปริมาณสบู่มากขึ้นจึงจะเกิดฟองและทำให้เกิดตะกอนในหม้อน้ำ ซึ่งจะทำให้ต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น (วิจิตร และคณะ, 2533; ศิริเพ็ญ, 2543) ความกระด้างของน้ำยังช่วยลดมลพิษหลายชนิด เช่น พวกโลหะหนักต่าง ๆ ได้แก่ ปรอท ตะกั่วและแคดเมียม ดังนั้นน้ำที่มีความกระด้างปานกลางหรือสูงประมาณ 50-250 mg/l มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แต่น้ำอ่อนโดยเฉพาะน้ำฝนไม่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ประเทือง, 2534) สำหรับในคลองแม่ข่า พบค่าความกระด้างของน้ำมีค่า 47.16-195.06 mg/l as $CaCO_3$ (นิวัตร, 2540) และการสำรวจในคูเมือง มีค่า 26-116 mg/l as $CaCO_3$ (ชเนศ, 2539)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen ; DO)

ออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญต่อสัตว์น้ำทุกชนิดเพราะจำเป็นต้องใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการหายใจ ซึ่งแหล่งของก๊าซออกซิเจนจากอากาศที่ละลายน้ำและการสังเคราะห์แสง ที่ความดันหนึ่ง ความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของเกลือแร่ที่ละลายในน้ำ ถ้าอุณหภูมิและเกลือแร่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ DO มีค่าต่ำลง สัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะปลา

สามารถทนทานต่อการขาดออกซิเจนในระดับที่ต่ำได้ในระดับต่ำ 0.1-2.4 mg/l (ประมาณ, 2531; วิไลลักษณ์, 2540) การสังเคราะห์แสงและการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ธรรมชาติสามารถรักษาสมดุลของ DO อยู่ได้ แต่ถ้าการหายใจและการสังเคราะห์แสงที่ไม่สมดุลจะมีผลกระทบ ซึ่งจะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ และทางเคมีที่เรียกว่ามลภาวะ (pollution) (มโนวดี, 2532 ; เปี่ยมศักดิ์, 2539) น้ำที่มีมลภาวะสูงจะมีค่า DO เป็นศูนย์หรือต่ำมากจนไม่อาจวัดได้ ปริมาณ DO ในแหล่งน้ำจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณที่อิ่มตัว ขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์แสงมากจะมีปริมาณ DO สูง มีการละลายดีขึ้น แต่ถ้ามีการสลายตัวของสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนละลายในน้ำถูกใช้ไป ปริมาณ DO จะลดลง

วิกฤตการณ์การขาดออกซิเจนจะเกิดได้ โดยมีอิทธิพลมาจากสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำแห่งนั้น เช่น หลังจากเกิด algal bloom และมีการตายเกิดขึ้น หรือเนื่องมาจากการปล่อยน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม (ศิริเพ็ญ, 2543 ; Round, 1975) ผลการศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า DO มีค่าอยู่ในช่วง 7.1 - 12.0 mg/l และแพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น *Achnanthes minutissima* ต้องการ DO สูงในการดำรงชีวิตแต่บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มี DO ต่ำ เช่น *Navicula seminulum* และ *Nitzschia amphibia* ส่วนในน้ำที่มีมลพิษสูงมีปริมาณ DO ที่ละลายในน้ำต่ำมากจนไม่อาจวัดค่าได้ หรือมีค่าเป็นศูนย์อาจจะไม่พบแพลงก์ตอนพืชเลย พบว่ามีไคอะตอม เช่น *Nitzschia* sp และ *Pleurosigma* sp ซึ่งจะสร้างเมือกหุ้มตัวไว้ (ชาญณรงค์, 2532 ; Yano et al. 1984)

จากการตรวจวัดค่า DO ในคลองแม่ข่า มีค่า 0.1-8.50 mg/l และ 0.2-2.6 mg/l (นิวัตร, 2540; อินทรี, 2542) และผลการศึกษาในคูเมืองเชียงใหม่พบ DO มีค่า 1.0-17.6 mg/l และ 1.53-26.56 mg/l (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539)

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand ; BOD)

ค่า BOD เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีวิต ค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ถ้ามีสิ่งโสโครกที่เป็นอินทรีย์สารมากก็จะทำให้มีการย่อยสลายมากขึ้น และออกซิเจนก็จะลดปริมาณลงไปตามด้วย (กรรณิการ์, 2522)

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2528) กำหนดค่า BOD ของแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค และบริโภคประเภทที่ 1-5 ดังนี้

แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมี BOD น้อยกว่า 1.5 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 1.5 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 2.0 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 4 ต้องมี BOD ไม่มากกว่า 4.0 mg/l

แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ต้องมี BOD มากกว่า 4.0 mg/l

จากผลการศึกษาในคลองแม่ข่าพบค่า BOD มีค่า 5.4-66.4 mg/l (นิวัตร, 2540) และปริมาณ BOD เฉลี่ยของน้ำคูเมืองเชียงใหม่ มีค่า 1.33-31.0 mg/l (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539) และในบริเวณใกล้เคียงกับที่กำจัดขยะตำบลแม่เหียะ พบว่ามีค่า BOD 0.68-48 mg/l (วชิราภรณ์ และ สังวาล, 2533)

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand ; COD)

การวิเคราะห์หาค่า COD เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสีย ซึ่งเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ โดยใช้สารเคมีซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดส์สูงในสารละลายที่เป็นกรด สำหรับน้ำเสียต่างๆ มีค่า COD ไม่เท่ากัน เพราะส่วนประกอบของน้ำเสียไม่เหมือนกัน COD มักมีค่าสูงกว่า BOD เสมอ (มันสิน, 2540 ; ธงชัยและวิบูลย์ลักษณ์, 2540) ผลการศึกษาค่า COD ในคลองแม่ข่าพบ 14.1-104.4 mg/l (นิวัตร, 2540)

การปนเปื้อนของตะกั่วในสาหร่ายและตะกอน

ตะกั่วเป็นธาตุชนิดหนึ่ง ในหมู่ที่ 4 ในตารางธาตุ ซึ่งได้แก่ C, Si, Ge, Sn และ Pb ตะกั่วเป็นโลหะที่แท้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์บอนและซิลิคอน (Moore and Ramamoorthy, 1984) แหล่งที่พบตะกั่วที่สำคัญ ได้แก่

1. ในดิน ตะกั่วที่พบในดินส่วนใหญ่มาจากยาฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ในรูปของตะกั่วอาร์ซีเนต (lead arsenate)

2. ในอากาศ แหล่งกำเนิดของตะกั่วในบรรยากาศคือ ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเบนซินที่มีตะกั่วผสมในรูปของ lead alkyl compounds ซึ่งได้แก่ tetramethyl lead และ tetraethyl lead

3. ในน้ำ ตะกั่วที่พบในน้ำที่สำคัญที่สุด คือ กาลีนา (galena) หรือตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งอยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ แต่จะถูกออกซิไดส์จากอากาศอย่างช้าๆ ทำให้ได้สารละลายของตะกั่ว

ซัลเฟต (lead sulfate) ซึ่งละลายน้ำได้ อีกทั้งยังพบว่าแร่ของ ธาตุโพแทสเซียม เช่น orthoclase (KAISi_3O_8) mica ฯลฯ จะมีตะกั่วแทนที่โพแทสเซียมประมาณ 2-25 mg/l

4. โรงงานอุตสาหกรรม ระดับตะกั่วสูงสุดพบในบริเวณที่มีอุตสาหกรรมหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมจำนวนมากที่ต้องใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ โรงงานแบตเตอรี่

โรงงานถลุงแร่ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตสี ซึ่งพบว่าโรงงานถลุงแร่มีตะกั่วในอากาศในระดับ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่บริเวณห่างไกลออกไป พบตะกั่วในอากาศ $0.000076 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (เปี่ยมศักดิ์, 2539)

ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในตะกอนดินในแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในปี พ.ศ. 2520 มีค่า 15.92-131.98, 18.20-225.00, 11.93-150.00, 50.00-195.00 และ 14.03-84.51 $\mu\text{g}/\text{g}$ ตามลำดับ และปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืช ในแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยาและในอ่าวไทยตอนบน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 63.79, 227.23, และ 59.76 $\mu\text{g}/\text{g}$ ตามลำดับ (Polprasert *et al.* 1979) ส่วนปริมาณตะกั่วในตะกอนที่ตรวจพบในคูเมืองเชียงใหม่ 32-235 mg/kg (ถาวร, 2538) จากการศึกษาในแม่น้ำ Leine ประเทศเยอรมันพบตะกั่วโดยเฉลี่ยในพืช 14 ชนิดมี 2-49 mg/kg ในขณะที่พืชน้ำที่เติบโต ในแหล่งน้ำที่มีมลพิษมีตะกั่วสูงถึง 16,000 mg/kg ส่วนทะเลสาบบางแห่งของประเทศอังกฤษ พบว่าในพืชน้ำมีปริมาณตะกั่วถึง 100,000 mg/kg ในช่วงฤดูร้อน ส่วนสาเหตุที่มีการเตือนภัยทางชีวภาพ (biomonitor) เนื่องจากแพลงก์ตอนมีการปนเปื้อนของตะกอนดินที่อยู่ก้นแหล่งน้ำ ในระหว่างฤดูหนาวและลอยปนอยู่ในน้ำ ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ เพราะบ่อยครั้งเห็นความสัมพันธ์กันระหว่างระดับตะกั่วในน้ำ และในเนื้อเยื่อพืชในชนิดต่างๆ รวมทั้งสาหร่าย ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ *Erodia*, *Cladophora* และ *Myriophyllum* ในน้ำจืดและ *Fucus*, *Laminaria* และ *Ascophyllum* ในปากแม่น้ำเชื่อมต่อกับทะเล มีความหลากหลายในการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำ และพืช แต่ก็ยังมีการศึกษากันน้อยในเรื่องปฏิกิริยาของตะกอน และการปนเปื้อนของตะกั่วในเนื้อเยื่อพืช (กฤษณะ, 2527 ; Moore and Ramamoorthy, 1984)

นอกจากนี้ Yang (1995) ใช้พืชลอยน้ำหลายชนิดเพื่อเฝ้าระวังและทำการประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักจากระบบนิเวศในแหล่งน้ำเมืองเชียงใหม่โดยศึกษาพบปริมาณ Cd, Cu, Pb และ Zn ในคลองแม่ข่า มีค่าสูงกว่าแม่น้ำปิงเพราะมีการแพร่กระจายโดยที่ไม่รู้แหล่งที่มาของโลหะหนักเหล่านี้ ตะกอนของโลหะเหล่านี้ สูงกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งมีปริมาณที่พบในหินแกรนิตโดยทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งเชียงใหม่ ค่าโลหะหนักนี้มีการปนเปื้อนในผักตบชวา มากกว่าในผักบุ้ง โลหะหนักในคลองแม่ข่าและแม่น้ำปิงมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ของกระทรวงสาธารณสุขของไทย ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าน้ำในคลองแม่ข่าและแม่น้ำปิง ยังคงมีการปนเปื้อนของโลหะหนักอยู่ตลอด ส่วนQuynh (1997) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก (ตะกั่ว

และสังกะสี) ในดินบริเวณเหมือง ในอำเภอแม่แตง จ. เชียงใหม่ ทำการศึกษา โดยเก็บตัวอย่างดินที่อยู่รอบเหมืองคิดเป็นพื้นที่ 9 ตารางกิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของตะกั่วมีค่า 31-5,266 ppm ส่วนปริมาณของสังกะสีมีค่า 52-5,439 ppm โดยที่มากกว่า 50% ของตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณตะกั่วและสังกะสีสูงมากกว่า 100 ppm และบริเวณที่มีปริมาณตะกั่วและสังกะสีมากที่สุด (มากกว่า 1,000 ppm) คือบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ และชนนศ (2526) ศึกษาปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำธรรมชาติจากแหล่งน้ำต่างๆในตัวเมืองเชียงใหม่พบ $1.80-6.98 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ในขณะที่นิภากร (2537) ทำการหาปริมาณของตะกั่วในตะกอนตะกอนท้องน้ำที่เก็บจากแม่น้ำปิงและน้ำแม่กลาง ในเดือนเมษายน สิงหาคมและธันวาคม พ.ศ. 2536 พบมีค่า $7.05-50.34 \mu\text{g}/\text{g}$

มาตรฐานน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม พ.ศ. 2525 ได้กำหนดค่าปริมาณตะกั่วที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องไม่มากกว่า $0.2 \text{ mg}/\text{l}$ และอุตสาหกรรมซึ่งใช้โลหะหนักในกระบวนการผลิต ถ้าปล่อยน้ำทิ้งในปริมาณมากกว่า 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีปริมาณของโลหะหนัก (ตะกั่ว) ในน้ำเสียที่ปล่อยออกไปในปริมาณมากกว่า $10,000 \text{ mg}/\text{l}$ ต้องมีที่ปรึกษาและผู้ควบคุมเครื่องจักรเพื่อรับผิดชอบต่อการควบคุมมลภาวะ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินได้กำหนดปริมาณตะกั่วที่มีในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ไว้ไม่เกิน $0.05 \text{ mg}/\text{l}$ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2528)

การใช้สาหร่ายเป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพน้ำ

สาหร่ายหลายชนิดใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ (indicator) คุณภาพน้ำ ซึ่งได้มีการศึกษากันกว้างขวางว่าควรใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดเป็นดัชนีชี้คุณภาพน้ำ (Shubert, 1984) ซึ่ง Palmer (1959) ได้ให้ข้อสรุปว่า สาหร่ายเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ว่าน้ำสะอาดหรือมีมลพิษจากอินทรีย์สาร (organic pollution)

Benson-Evans *et al.* (1985) ได้แนะนำวิธีประเมินทางชีวภาพดังนี้

- น้ำมีมลพิษมาก อาจพบ ไคอะตอม สาหร่ายสีแดง สีเขียว น้อยกว่า 50% และไม่พบปลาหรือแมลง
- น้ำมีมลพิษ อาจพบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินคือ *Stigeoclonium*, *Spirogyra* และ *Tribonema* 50% หรือมากกว่า และไม่พบปลาหรือแมลง
- น้ำค่อนข้างสะอาด อาจพบ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน คือ *Stigeoclonium*, *Spirogyra* และ *Tribonema* 50% หรือมากกว่า และพบปลาหรือแมลง น้อยกว่า 50%
- น้ำที่สะอาด พบ ไคอะตอม สาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีแดง

การประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี

ในการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีนั้น จะต้องทำการศึกษาปัจจัยต่างๆทั้งทางกายภาพ และทางเคมี เพราะปัจจัยเหล่านี้ เมื่อนำมาพิจารณาควบคู่กัน จะทำให้สามารถประเมินน้ำในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษาได้ดีเพราะปัจจัยต่าง ๆ ก็มีความสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งจะพิจารณาเพียงปัจจัยเดียวย่อมเป็นไปได้