บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton)

เป็นสาหร่ายที่ล่องลอยอยู่ในน้ำ มีขนาดเล็กมาก ซึ่งไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จนถึงขนาดใหญ่มาก (กาญจนภาชน์, 2527) การจัดหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืชโดยยึดถือขนาดของแพลงก์ตอนเป็นเกณฑ์ดังนี้ โดย Dussart (ศิริเพ็ญ, 2537)

Ultra nanoplankton	< 2	µm
Nanoplankton	2 - 20	µm
Microplankton	20 - 200	µm
Mesoplankton	200 - 2,000	µm
Megaplankton	> 2,000	µm

สำหรับ ultra nanoplankton และ nanoplankton นิยมเรียกรวมกันว่า nanoplankton ส่วน microplankton mesoplankton และ megaplankton นั้นนิยมเรียกรวมกันว่า net-plankton หรือ filterable plankton โดยจะพบแพลงก์ตอนพืชในที่ต่าง ๆ เช่น ในน้ำจืด น้ำเค็ม บนหิน ในดิน หรือแม้กระทั่งบนบกที่มีความชื้นเพียงพอ ซึ่งสาหร่ายที่เจริญอยู่ในน้ำ (aquatic algae) แบ่งเป็นสาหร่ายพวกที่ไม่ยึดเกาะ (unattached หรือ suspended form) ได้แก่ สาหร่ายที่ล่องลอยตามผิวน้ำ คือ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) ซึ่งเป็นเซลล์เดียว โคโลนี หรือเป็นเส้นสาย และสาหร่ายพวกที่ยึดเกาะ(attached form)โดยจะยึดเกาะกับพืชน้ำ หรือยึดเกาะกับดิน หิน อาจเป็นเซลล์เดี่ยวโคโลนี หรือเส้นสาย แพลงก์ตอนพืชจะเคลื่อนที่โดยอาศัยคลื่นลมหรือกระแสน้ำ การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แนวดิ่ง (vertical distribution) และแนวราบ (horizontal distribution) โดยมากแพลงก์ตอนพืชจะมีการแพร่กระจายบริเวณใกล้ผิวน้ำ (ลัดดา, 2538 ; อักษร, 2527 ; Chopra, 1978 ; Lee, 1980 และ Gupta, 1981)

Bold and Wynne (1978) ได้จัดจำแนกแพลงก์ตอนพืชไว้เป็น 6 division คือ

Division Chlorophyta

Division Chrysophyta

Division Cryptophyta

Division Cyanophyta

Division Euglenophyta

Division Pyrrophyta

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (Diversity of phytoplankton)

มีรายงานการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย (oligo-mesotrophic) เช่น ศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง พบแพลงก์ตอนพืชที่เด่น (dominant species) ได้แก่ *Staurastrum* sp., *Ceratium hirundinella* Schrank., *Ankistrodesmus* sp., *Cylindrospermopsis raciborskii* , *Microcystis aeruginosa* และ *Peridinium cinetum* (Muller) Ehrenerg เป็นต้น (ชลินดา, 2539 ; ปริญญา, 2540 และธีรศักดิ์, 2541) จากรายงานการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายยึดเกาะในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล ซึ่งสาหร่ายที่พบมากได้แก่ *Navicula* sp., *Synedra sp.*, *Achnanthes* sp., *Gomphonema* sp., *Spirogira* sp. และ *Oscillatoria* sp. (พรศิริ และศิริเพ็ญ, 2542) ส่วนในการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ พบแพลงก์ตอนพืช 6 division 40 genera คือ พบ division Cyanophyta มากที่สุด รองลงมาคือ division Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Cryptophyta และPyrrophyta (ธำรงค์ และคณะ, 2540) สำหรับการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำอ่างแก้ว พบแพลงก์ตอนพืชที่เด่น คือ *Teilungasstadium* sp., *Attheya* sp., *Chlorella* spp., *Coelastrum* sp., *Gymnodinium* spp., *Gomphonema* spp., *Navicula* sp.และ *Cymbella* sp. (หทัยทิพย์, 2539 ; มานิดา, 2541 และโฉมยง, 2541) จากรายงานการสำรวจแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำนิ่ง จังหวัดเชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ *Cryptomonas* sp., *Chlorococcum* sp., *Chlorella* sp., *Closterium* sp., *Euglena* sp., *Ankistrodesmus* sp., *Scenedesmus* sp. Cyclotella sp. (Mapairoj, P., *et.al.*1998), ปรัชญา (2539) ได้ศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำห้วยตึงเฒ่า แพลงก์ตอนพืชที่พบมากได้แก่ *Staurastrum* spp., *Aulacosera granulata*, *Staurodesmus* spp., *Pleurotaenium* sp. และ *Peridinium* sp. ยังมีรายงานการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำหนองบัวพระเจ้าหลวง พบแพลงก์ตอนที่เด่น ได้แก่ *Cosmarium* sp., *Planktolyngbya* sp. และ *Athrodesmus* sp. (คมสันและคณะ, 2540) การศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำของสำนักงานพัฒนาต้นน้ำ เชียงใหม่ พบแพลงก์ตอนพืช 6 division 10 order 11 family 31 genera 66 species ได้แก่ *Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Trachelomonas* sp. และ *Euglena* sp. (ตรัย และศิริเพ็ญ, 2540) มีรายงานการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำสำนักงานเกษตรภาคเหนือ พบแพลงก์ตอนพืช 2 division 5 order 8 family 11 genera โดยแพลงก์ตอนพืชที่พบส่วนใหญ่อยู่ใน division Chlorophyta ได้แก่ *Ulothrix variabilis*, *Pediastrum* sp., *Peridinium* sp., *Scenedesmus* sp. และ *Trachelomonas* sp.(ปรัชญา และศิริเพ็ญ, 2538 ; ประเสริฐ และศิริเพ็ญ, 2540)

นอกจากนี้มีผู้ศึกษาแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก (eutrophic) หรือน้ำเสีย เช่น การศึกษาแพลงก์ตอนพืชในคูเมืองเชียงใหม่ แพลงก์ตอนพืชที่พบมาก ได้แก่ *Euglena* spp., *Cryptomonas* sp., *Phacus* sp., *Rhodomonas* sp. และ*Trachelomonas* sp. (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539 ; ทัตพร และคณะ, 2540 ; ธีรศักดิ์ และศิริเพ็ญ, 2540 และศิริเพ็ญ และคณะ, 2542) มีการศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ พบสาหร่าย 5 division 34 genera 22 species สาหร่ายที่เป็นชนิดเด่น ๆ คือ *Oscillatoria* sp., *Euglena* spp. และ *Navicula* sp. (วุฒินันท์ และศิริเพ็ญ, 2542) จากการสำรวจความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แพลงก์ตอนพืชที่พบมากได้แก่ *Chlorella* sp. และ *Oscillatoria* sp. (Traichaiyaporn, S. and J. Liangkrilas, 1998.) มีรายงานจากต่างประเทศในการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณ Makkah ซาอุดิอาระเบีย (El-Naggar-M-E-E, 1994) โดยแพลงก์ตอนพืชที่พบมากได้แก่ *Oscillatoria* spp., *Spirogyra* spp., *Navicula* spp., *Gloeocapsa* sp., *Euglena* sp., *Merismopedia elegans*, *Nitzchia* sp. และ*Oedogonium gracilis* เป็นต้น

การประเมินคุณภาพของน้ำโดยใช้ Diversity Index

สาหร่ายหลายชนิดใช้เป็นดัชนี (indicator) คุณภาพน้ำ ซึ่งมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางว่าควรใช้สาหร่ายเพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ สาหร่ายเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ว่าน้ำสะอาดหรือมีมลพิษจากอินทรีย์สาร (organic pollution) โดยสาหร่ายที่จะพบในน้ำสะอาด เช่น *Lemanea, Stigeoclonium, Micrasterias* (บาง species), *Staurastrum, Pinnularia* และ*Surirella* เป็นต้น ส่วนสาหร่ายที่พบในน้ำที่มีมลภาวะได้แก่ *Euglena, Oscillatoria, Chlamydomonas, Scenedesmus, Chlorella* และ *Nitzschia* เป็นต้น (ศิริเพ็ญ, 2537 ; Palmer, 1969) ดัชนีความหลากหลายของชนิด (Species Diversity Index : SDI) เป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นถึงสภาวะของชุมชนนั้น (community) แต่ไม่สามารถชี้ให้เห็นสภาวะแวดล้อมทั้งหมดได้ เนื่องจากค่าของดัชนีความหลากหลายของชนิดของแพลงก์ตอนพืช นอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาวะมลพิษของน้ำแล้วยังอาจจะขึ้นอยู่กับสาเหตุอื่น ๆ ได้เช่นกัน การมีค่าดัชนีต่ำอาจเกิดจากการที่น้ำมีมลพิษสูงหรือเกิดจากการไหลแรงของกระแสน้ำในบริเวณต้นน้ำลำธารซึ่งมีคุณภาพน้ำดีเยี่ยมก็ได้ สมมุติว่าในชุมชนนั้นมีเพียง 1 species สิ่งมีชีวิตที่พบในที่นั้นก็จะเป็น species เดียวกันทั้งหมด ถ้าสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเกิดขึ้นกับชุมชนนี้ ก็อาจจะทำให้สิ่งมีชีวิตนี้ถูกกำจัดออกไปหมด ชุมชนนั้นก็จะสลายไปเพราะไม่มี species อื่น ๆ เจริญขึ้นมาแทนที่

ปัจจัยทางกายภาพ

แสง (Light)

แสงเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ความเข้มแสงจะเปลี่ยนไปตามสถานที่ ฤดูกาล เวลาของวัน และตามระดับความลึกของน้ำ แสงส่วนที่ส่องผ่านลงไปในน้ำนั้น น้ำจะดูดซับรังสีของแสงไว้เป็นบางส่วน และส่วนที่เหลือนั้นสาหร่ายจะรับไว้เพื่อการสังเคราะห์แสง อัตราการสังเคราะห์แสงจะมากที่สุดในบริเวณผิวน้ำ และจะลดลงไปตามลำดับ เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น สาหร่ายแต่ละชนิดต้องการความเข้มแสงแตกต่างกัน (กรรณิการ์, 2529 ; Moss, 1980 และ Smith, 1950) บางชนิดชอบความเข้มแสงสูง เช่น *Cyclotella meneghiana* , *Fragilaria capcina* , *Navicula cryptocephala* , *Melosira granulata* , *Melosira varians* , *Melosira nyassensis* และ *Melosira agassizill* บางชนิดอาศัยอยู่ได้ในสภาวะที่มีแสงต่ำมาก เช่น *Melosira roeseana*, *M. italica* และสกุล *Surirella* เป็นต้น (Patrick, 1977 ; Werner, 1977) ปริมาณ และความเข้มของแสงจำกัดการสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ ถ้าความเข้มของแสงพอเหมาะสาหร่ายจะมีปริมาณมาก แต่ถ้าความเข้มแสงมากเกินไป สาหร่ายจะเคลื่อนย้ายลงสู่ที่ลึก ในฤดูหนาวไดอะตอมมีการเจริญเติบโตในแหล่งน้ำตื้นได้มากกว่าฤดูร้อน อาจเนื่องมาจากปริมาณแสงที่ส่องผ่านไปในน้ำมีน้อย (บานเย็น, 2534 ; ลัดดา, 2538 และ Lorensen, 1963)

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีความสำคัญในการศึกษาทางนิเวศวิทยา เพราะอุณหภูมิจะมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ ทั้งในเชิงกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ซึ่งอุณหภูมินี้ยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต โดยเป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโต และการแพร่พันธุ์ของพืชและสัตว์ อุณหภูมิของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศของแต่ละท้องถิ่น และตามฤดูกาล เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำได้รับอิทธิพลโดยตรงจากพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ (นคร, 2532 ; นันทนา, 2539) อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มแสงมากมีผลทำให้อุณหภูมิผิวน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดจากการที่แสงส่องผ่านลงไปในน้ำ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อนทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิแตกต่างกัน อุณหภูมิของน้ำจะมีผลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อแพลงก์ตอนพืช ผลโดยตรงคือ ความสามารถในการดำรงชีวิตอยู่ของแพลงก์ตอนพืชแตกต่างกันตามชนิด โดยทั่วไปแพลงก์ตอนพืชจะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30°C ซึ่งแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะมีการ

เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน เช่นที่อุณหภูมิ 20-28°C จะมีไดอะตอมมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 30-35°C จะมีแพลงก์ตอนพืชสีเขียวมากที่สุด และที่อุณหภูมิ 35-45°C จะมีแพลงก์ตอน-พืชสีเขียวแกมน้ำเงินมากที่สุด ผลโดยอ้อม คือ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะส่งผลให้สิ่งแวดล้อมในน้ำเปลี่ยนไปด้วย เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นดังนั้นอุณหภูมิของน้ำจึงมีผลอย่างมากต่อความชุกชุม หรือปริมาณของแพลงก์ตอนในแม่น้ำ (เปี่ยมศักดิ์, 2539 ; ลัดดา, 2538 ; Boney, 1975 และ Welch, 1952)

ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำ เกิดจากการที่น้ำนั้นมีสิ่งแขวนลอยอยู่ เช่น ดินละเอียด อาจเป็นพวกอินทรียสาร แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจาย และดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง น้ำที่มีความขุ่นมากจะกั้นไม่ให้แสงผ่านลงไปได้ลึก และมีความเข้มของแสงน้อยมีผลทำให้สาหร่ายไม่เจริญเท่าที่ควร เพราะปริมาณแสงที่ส่องลงไปในน้ำไม่เพียงพอในการสังเคราะห์แสง (กรรณิการ์,2525 ; Mc Neely *et al.*, 1979) นอกจากนี้ความขุ่นของน้ำยังฝันแปรไปตามฤดูกาล คือ มีค่าต่ำในฤดูร้อนและฤดูหนาว แต่มีค่าสูงสุดในฤดูฝน ความขุ่นของน้ำเป็นปัจจัยที่จะชี้บอก หรือจำกัดกำลังการผลิตของแหล่งน้ำ เมื่อความโปร่งใสเพิ่มขึ้นแพลงก์ตอนพืชจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความขุ่นของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนของไดอะตอม ถ้าน้ำมีความขุ่นมากจำนวนไดอะตอมก็จะมีน้อย มาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวงอนุญาตให้มีความขุ่นได้ 5 JTU สำหรับมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค ยอมให้มีค่าความขุ่นของน้ำได้ 20 JTU (เปี่ยมศักดิ์, 2539 ; สถาบันประมงแห่งชาติ, 2529 ; Chapman and Chapman, 1973 และ Kawecka, 1980)

ปัจจัยทางเคมี

ค่าพีเอช (pH)

pH คือ ค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน ณ เวลานั้น pH ของน้ำ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชในแหล่งน้ำนั้น ๆ พืชน้ำจะสามารถใช้ธาตุอาหารในน้ำได้ดีหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำด้วย เช่น ที่ pH 7 หรือ ต่ำกว่า 7 แอมโมเนีย ไนเตรท และสารประกอบอินทรีย์ของไนโตรเจน จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของไดอะตอม แต่ถ้า pH สูงกว่า 7 แอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นพิษต่อไดอะตอม ค่า pH ในแหล่งน้ำ

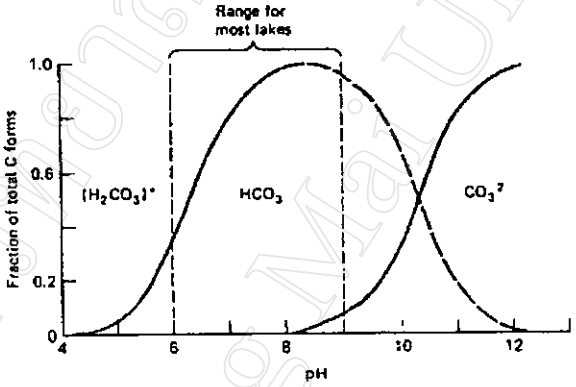
ธรรมชาติอาจแปรเปลี่ยนไปได้ โดยขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ เช่น น้ำฝนละลายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศกลายเป็นกรดคาร์บอนิก หรือการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ เกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้ pH ต่ำลงได้ นอกจากนี้อาจเกิดการเจริญเติบโตของสาหร่ายอย่างรวดเร็ว แล้วนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ทำให้ pH ของแหล่งน้ำกลับอยู่ในสภาพปกติ (นคร, 2532 ; สวง, 2526) โดยปกติแหล่งน้ำธรรมชาติจะมี pH อยู่ระหว่าง 4-9 ซึ่งถูกควบคุมโดยคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ช่วง pH ดังกล่าวสิ่งมีชีวิตเจริญเติบโตได้ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะสามารถทนต่อ pH ในช่วง 6.8-9.6 พวก desmids ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ pH 7 แต่ desmids บางชนิด เช่น *Micraterias denticulata* เจริญได้ดีที่สุดที่ pH 7.65-8.1 ส่วน *Cosmarium, Closterium, Staurastrum, Zygnema* และ, *Mougeotia* ชอบขึ้นอยู่ในน้ำสภาพเป็นกรด จึงพบมากในน้ำที่มีสภาพเป็นกรด นอกจากนี้ pH ของน้ำอาจใช้เป็นดัชนีชี้สภาพความเน่าเสียของน้ำได้ มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคอนุญาตให้มีค่า pH 6.5-9.2 และมาตรฐานน้ำผิวดินอนุญาตให้มีค่า pH 5.0 - 9.0 (เปี่ยมศักดิ์, 2539; จงจินต์, 2524 ; Brook, 1981; EPA, 1973 ; Mcneely *et. al.,* 1979 ; Pinkayan, 1978 ; Round, 1969 และSmith, 1950)

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC)

เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำ รวมทั้งอุณหภูมิน้ำขณะที่ทำการวัดสารประกอบอนินทรีย์ เช่น กรดอนินทรีย์ เบส และเกลือ เช่น HCl Na_2CO_3 และ NaCl เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี ตรงข้ามกับสารอินทรีย์ซึ่งไม่แตกตัวในน้ำ ดังนั้นจึงไม่นำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกแต่เพียงว่ามีการเพิ่มขึ้น หรือลดลงของสารในน้ำเท่านั้น (กรรณิการ์, 2522 ; สุรจิต, 2530) จึงเป็นปัจจัยบ่งบอกถึงปริมาณเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยเฉพาะของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และ pH ของน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ หรือลุ่มน้ำ เช่น ลักษณะทางธรณีเคมี ดิน และหิน ภูมิประเทศ ฝน การระเหยของน้ำ ปริมาตรน้ำ ขบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ และกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น น้ำที่มีค่า pH สูงกว่า 9 หรือต่ำกว่า 5 จะมีผลต่อการนำไฟฟ้ามาก และถ้ายิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นสารต่าง ๆ จะแตกตัวได้ดี ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีจะมีการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-300 µS/cm ถ้ามีค่าสูงกว่า 300 µS/cm แสดงว่าน้ำมีมลพิษ มีผลต่อการอยู่รอดของพืชน้ำ (ชาญณรงค์, 2532 ; EPA, 1973)

ความเป็นด่างของน้ำ (Water alkalinity)

ความเป็นด่าง (alkalinity) เป็นค่าซึ่งบอกถึงปริมาณอิออนของคาร์บอเนต(CO^{-2}_3) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ที่มีอยู่และอาจรวมไปถึงปริมาณของบอเรท (borates), ฟอสเฟต (phosphate) และซิลิเกต (silicates) ค่า alkalinity มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณแคลเซียม (Ca) และ ค่า pH ถ้า alkalinity สูง ปริมาณของ Ca ก็จะมาก ในบางสภาวะน้ำธรรมชาติอาจมีพวก CO_3^{-2} และ OH^- อยู่ในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดินซึ่งมีสาหร่ายมาก สาหร่ายจะนำเอา CO_2 จากน้ำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้นมากกว่าปกติจนได้ pH ≅ 9-10 น้ำที่มีค่า alkalinity สูง จะมีรสไม่น่าดื่ม น้ำที่เหมาะสมในการนำมาทำน้ำประปา ควรมีค่า alkalinity ระหว่าง 30-500 mg/l (กรรณิการ์, 2525 ; ศิริเพ็ญ, 2537) (ภาพ 1)



ภาพ 1 วัฏจักรคาร์บอน (ที่มา : Goldman and Horne, 1983)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen : DO)

DO เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณ DO ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความเร็วของกระแสน้ำ อัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำนั้น (Maitland, 1978) การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำโดยเฉพาะพวกสาหร่ายจะทำให้ DO เพิ่มขึ้นได้ ในทางกลับกันการหายใจของพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำก็จะทำให้ DO ลดลงไปเช่นกัน ปริมาณ DO ในแหล่งน้ำแต่ละแห่งจะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับระดับของน้ำ ซึ่งปริมาณออกซิเจนจะมีอยู่มากบริเวณผิวน้ำ ยิ่งลึกลงไปปริมาณออกซิเจนยิ่งน้อยลง การไหลของน้ำที่มีการไหลเร็ว และมีการม้วนตัว (convection) เกิดขึ้นมาก จะมีปริมาณ

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำมากกว่าน้ำที่อยู่นิ่ง ๆ หรือไหลช้ากว่า นอกจากนี้ DO ยังเป็นดัชนีแสดงคุณภาพน้ำที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งด้วย DO จะมีผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสาหร่ายต่างกัน เช่น *Oscillatoria* , *Spirulina* และ *Polycystis* สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ (บัญญัติ, 2525 ; เปี่ยมศักดิ์, 2525 ; อักษรและคณะ, 2530 และ Palmer, 1969) จึงใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายการเน่าเสียของน้ำได้ สาหร่ายใน division Euglenophyta เช่น *Euglena*, *Trachelomonas* และ*Phacus* เป็นสกุลที่ทนทานต่อแหล่งน้ำเสียซึ่งมีปริมาณ DO ในแหล่งน้ำน้อย สำหรับน้ำทั่วไปไม่ควรมี DO ต่ำกว่า 3 mg/l เนื่องจากปลาจะเริ่มตาย แหล่งน้ำตามธรรมชาติควรมี DO อย่างน้อย 5 mg/l ปลาจึงจะมีชีวิตอยู่ได้อย่างเป็นปกติ ส่วนในน้ำที่มีมลพิษสูงมี DO น้อยมากจนเป็นศูนย์จะไม่พบสาหร่ายเลยยกเว้นไดอะตอม เช่น *Nitzschia* และ*Pleurosigma* สามารถอาศัยอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ โดยการสร้างเมือกหุ้มตัวไว้ แหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทยมีออกซิเจน 4.0-6.0 mg/l ส่วนปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำของต่างประเทศ มักมีค่าสูงกว่าในเขตร้อน คือ 6.5-13.0 mg/l (พิมล และชัยวัฒน์, 2525 ; มั่นสิน และไพพรรณ, 2539 ; ศักดิ์ชัย, 2536 ; เสริมพล และไชยยุทธ, 2524 ; Campos *et. al.*, 1992 ; Green, 1968 ; และ Round, 1973) มีการศึกษาคุณภาพน้ำในคูเมืองเชียงใหม่พบว่า ปริมาณ DO มีค่าอยู่ในช่วง 1.53-26.53 mg/l (ถาวร, 2538 ; ธเนศ, 2539) และชลินดา (2539) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง พบว่าปริมาณ DO มีค่าระหว่าง 0-8.2 mg/l

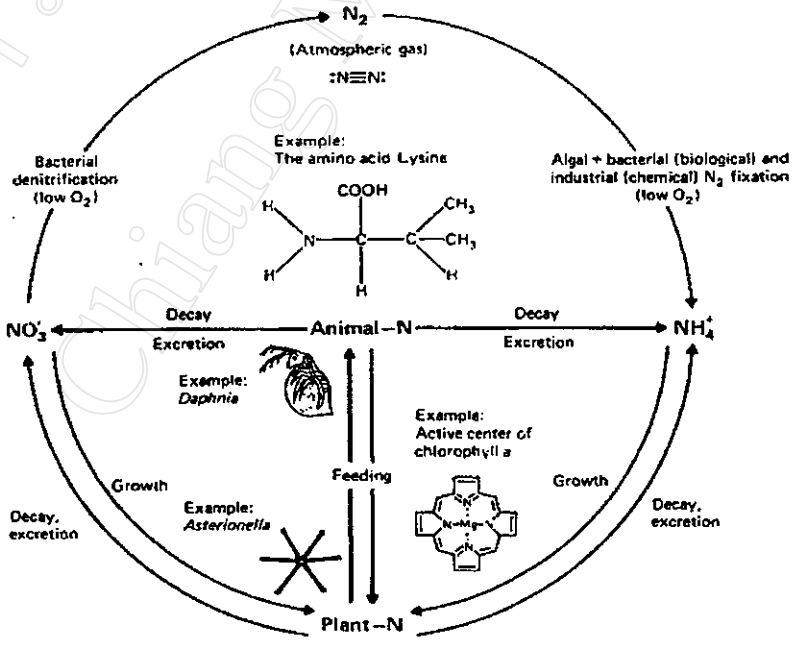
ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical oxygen demand ; BOD)

BOD_5 คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายอินทรียสารชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20 °C ในเวลา 5 วัน ค่า BOD นี้ บอกให้ทราบถึงปริมาณการเจือปนของอินทรียสารที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ และใช้ในการควบคุมความสามารถของแหล่งน้ำได้ โดยทั่วไปการหาค่า BOD จะวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ DO ในวันเริ่มต้นลบด้วยค่า DO ที่เหลืออยู่ภายหลัง 5 วัน BOD จัดเป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดปัญหามลพิษของแหล่งน้ำ ถ้าน้ำที่จะหาค่า BOD เป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือน้ำโสโครกจากบ้านเรือน การหาค่า BOD จะมีวิธีที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น เช่น อาจต้องมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไปช่วยย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ หรือการทำน้ำที่จะวัดค่า BOD นั้นให้เจือจางก่อน (กรรณิการ์, 2525; นันทนา, 2539 และ Goulden, 1970) มีรายงานการศึกษาคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา พบว่า BOD มีค่าในช่วง 4.0-5.9 mg/l (ชลินดา, 2539) และค่า BOD ในคูเมืองเชียงใหม่มีค่าอยู่ระหว่าง 1.33-23.60 mg/l (ธเนศ, 2539)

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง และน้ำในแม่น้ำลำคลอง กำหนดค่า BOD ว่าถ้าเกินกว่า 10 mg/l ถือว่าน้ำนั้นเสีย และจากพระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดว่าน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง ต้องมีค่า BOD ไม่เกิน 20 mg/l ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ อนุญาตให้แหล่งน้ำธรรมชาติ มีค่า BOD ได้ไม่เกิน 6 mg/l (เปี่ยมศักดิ์, 2539 ; ศิริเพ็ญ, 2530)

ไนโตรเจน (Nitrogen)

เป็นธาตุที่สำคัญมากชนิดหนึ่งที่สาหร่ายต้องการใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีน ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบในน้ำธรรมชาติในปริมาณน้อย ซึ่งบางส่วนเกิดจากแบคทีเรียเปลี่ยนรูปอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน และกรดอะมิโน มาเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรทในที่สุด (ภาพ 2) (Alexopoulos and Bold, 1967 ; De Marco *et. al.*, 1967) ไนเตรทเข้าสู่แหล่งน้ำได้หลายทาง ส่วนใหญ่มักมาจากการชะล้างของน้ำผิวดิน การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ น้ำเสีย และปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตร (มั่นสิน, 2526) ดังนั้นการตรวจพบไนโตรเจนในรูปที่แตกต่างกันในน้ำ จึงสามารถบอกให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นถูกปนเปื้อนใหม่ ๆ หรือนานแล้ว กล่าวคือ ถ้าตรวจพบอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนในปริมาณมาก แสดงว่ามีการปนเปื้อนใหม่ ๆ แต่ถ้าน้ำนั้นมีไนเตรทไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่



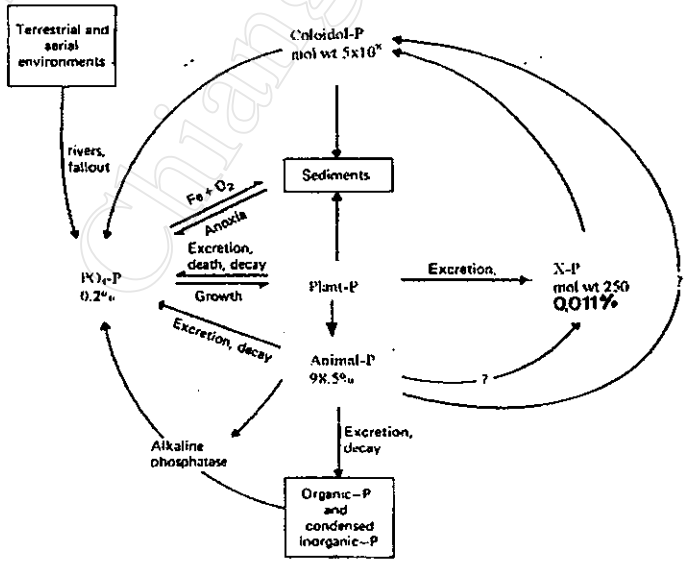
ภาพ 2 วัฏจักรไนโตรเจน (ที่มา : Goldman and Horne, 1983)

แสดงว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนนานแล้ว ที่ pH 7 หรือต่ำกว่า แอมโมเนีย และสารประกอบไนโตรเจน เช่น ไนเตรท จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของไดอะตอม แต่ถ้า pH สูงกว่า 7 แอมโมเนียจะอยู่ในรูป แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นพิษต่อไดอะตอม น้ำที่มีไนเตรทสูง 2-3 mg/l จะพบไดอะตอมพวก *Melosira varian* , *Synnedra ulva, Navicula viridula* , *Navicula mutaca* , *Cocconeis placentula* และ *Cyclotella pseudostelliger* พวก *Navicula cryptoceptal* และ *Nitzschia palea* เจริญได้มาก ในน้ำที่ได้รับมลพิษ ซึ่งมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคาร์บอนสูง *Pediastrum* , *Staurastrum* และสกุลอื่น ๆ จะมีการเจริญเติบโตที่จำกัด เมื่อมีแอมโมเนียและไนเตรทในอาหารต่ำกว่า 0.1 mg/l แต่จะสูงขึ้น ที่ 1-10 mg/l และสูงผิดปกติ เมื่ออยู่ระหว่าง 10-100 mg/l นอกจากนี้ความหนาแน่นของสาหร่าย สีเขียวแกมน้ำเงิน ยังมีความสัมพันธ์กับ ความเข้มข้นสูงของสารละลายอินทรีย์ในน้ำ และสาหร่ายเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ เช่น ไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำต่ำลง เพราะธาตุอาหารจะถูกใช้ และเก็บสะสมอยู่ในเซลล์ของสาหร่าย มาตรฐานน้ำดื่มของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดปริมาณไนเตรทไม่เกิน 4 mg/l องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดมาตรฐานแหล่งน้ำให้มีปริมาณไนเตรทไม่เกิน 1 mg/l และแอมโมเนียไม่เกิน 0.5 mg/l ในน้ำสะอาดกำหนดให้มีแอมโมเนียไม่เกิน 0.1 mg/l และ ไนเตรทไม่เกิน 4 mg/l ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยของน้ำในประเทศไทยอยู่ในช่วง 0.2-0.8 mg/l (กรรณิการ์, 2522 ; ณรงค์, 2525 และReynolds, 1984)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญ จำเป็นอย่างมากในกระบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีฟอสฟอรัสที่สาหร่ายนำมาใช้ได้ในปริมาณค่อนข้างจำกัด แหล่งฟอสเฟตธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดของโลก อยู่ในสภาพของหินฟอสเฟตที่มีสารประกอบของเฟอริกฟอสเฟต (ferric phosphate) และแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) สารประกอบทั้ง 2 ชนิด จะละลายได้น้อยมาก จึงมีการหมุนเวียนนำมาใช้ในวัฏจักรช้ามาก และในการละลายออกมาใช้ได้มักจะเกิดโดยปฏิกิริยาของกรดไนตริกเจือจางที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีมากกว่าปกติ ในแหล่งน้ำเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ของเสียจากบ้านเรือน การเกษตรกรรม เป็นต้น (ภาพ 3) ฟอสฟอรัสอาจพบได้ในรูปสารละลายน้ำ หรืออนุภาคแขวนลอย ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ มีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ มักเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืช หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

ส่วนสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมักเป็นออร์โธฟอสเฟต อนุภาคแขวนลอยที่มีฟอสฟอรัส ได้แก่ แพลงก์ตอนต่าง ๆ แบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของสารละลาย หรือตะกอนแขวนลอยให้กลายเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ (จงจินต์, 2524 ; มั่นสิน และไพพรรณ, 2539) ในปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ทำให้ฟอสฟอรัสในรูปต่าง ๆ เข้ามาปะปนในแหล่งน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น การใช้ผงซักฟอก ในการชำระล้าง การชะล้างของปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น ถ้าปริมาณของฟอสฟอรัสเกินกว่า 0.15 mg/l และไนโตรเจนเกินกว่า 0.3 mg/l จะมีแนวโน้มทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และฟอสเฟตเป็นปัจจัยที่จำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำจืดทั้งหลาย จึงนับว่าฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งของแพลงก์ตอนพืช (Campos *et. al.*, 1992 ; Palmer and PA, 1977) สารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) โดยพบสาหร่าย *Oscillatoria rubescus*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena spiroides* และ *Microcystis aeruginosa* สำหรับฟอสเฟตสามารถใช้เป็นดัชนีคุณภาพน้ำได้เช่นกัน (Goulden *et. al.*, 1970) จำแนกว่าในแหล่งน้ำใดที่มีปริมาณฟอสเฟตน้อยกว่า 0.01 mg/l จัดเป็น oligotrophic ซึ่งมีธาตุอาหารพืชอยู่น้อยเกินไป ถ้าแหล่งน้ำใดมีปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 0.01 mg/l จัดเป็น eutrophic lake จะมีธาตุอาหารพืชมากเกินไปจนเป็นอันตราย ผงซักฟอกมีผลทำให้สาหร่ายพวก ไดโนแฟลกเจลเลต (dinoflagellates) เจริญเติบโตได้มากมีผลต่อสัตว์น้ำ เพราะสาหร่ายพวกนี้สามารถผลิตสารพิษ (toxin)ที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ (Pavoni, 1977 ; Southwich, 1972)



ภาพ 3 วัฏจักรฟอสฟอรัส (ที่มา : Goldman and Horne, 1983)

ในการควบคุมและป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ จึงกำหนดมาตรฐานไว้ โดยไม่ควรมีปริมาณฟอสฟอรัสเกิน 0.03 mg/l (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528 ; นันทนา, 2539 ; สุภาภรณ์, 2524 และ Mckee and Wolf, 1971)

ปัจจัยทางชีวภาพ

คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll-a)

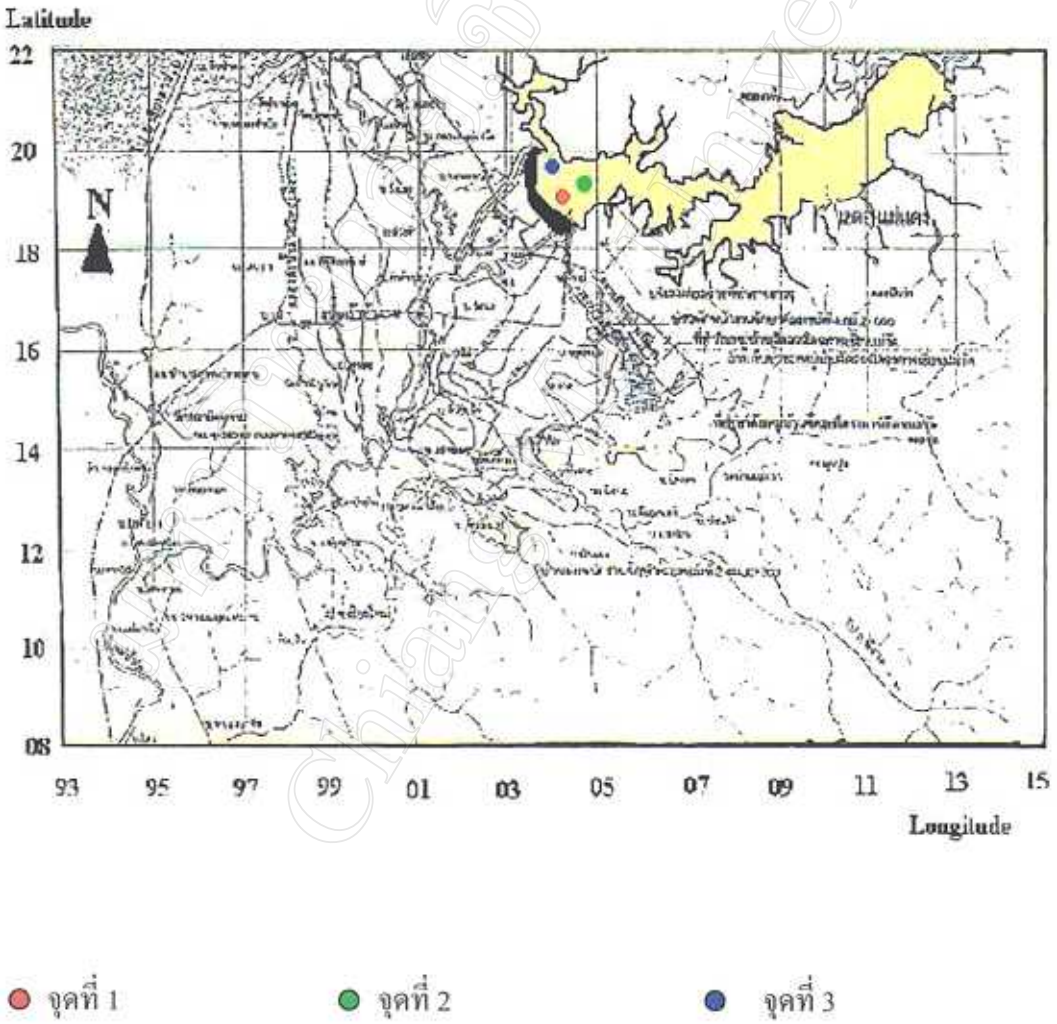
คลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุหลักที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงขั้นต้น ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ร้อนหรือเย็น อะซีโตนปิโตรเลียมสปิริต หรือส่วนผสมของเมธานอล และปิโตรเลียมอีเธอร์ (นันทนา, 2539 ; ลัดดา, 2538) มีรายงานคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวง ค่าคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าระหว่าง 0.1-20.13 µg/l (ชลินดา, 2539) สาหร่ายทุกชนิดประกอบด้วยคลอโรฟิลล์-เอ ในการวัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ จึงสามารถหาความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายในเชิงของมวลชีวภาพ (biomass) ได้ สาหร่ายบางชนิดมีคลอโรฟิลล์บีและซี เป็นองค์ประกอบเสริม ซึ่งปริมาณคลอโรฟิลล์จะแปรผันตามชนิด สภาพแวดล้อมและปัจจัยทางด้านสารอาหารในแหล่งน้ำนั้น ๆ ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ จะชี้ให้ทราบถึงลักษณะ และโครงสร้างของกลุ่มสังคม คุณสมบัติ biomass ของแพลงก์ตอนพืช และอัตราการสังเคราะห์แสง จึงนิยมใช้คลอโรฟิลล์-เอ เป็นตัววัดมาตรฐานที่ให้เห็นถึงกำลังการผลิตของแหล่งน้ำ

สถานที่ศึกษา (study area)

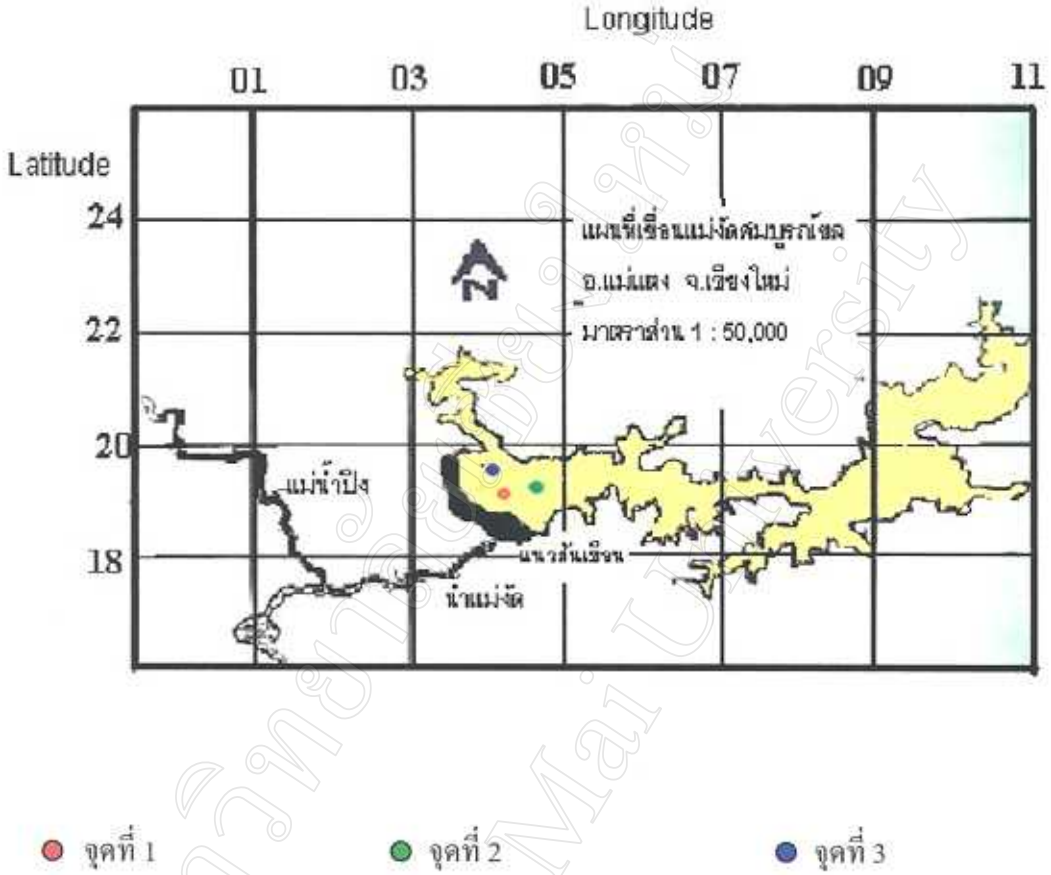
อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ภาพ 4.1 และ 4.2) ตั้งอยู่ที่ตำบลช่อแล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ห่างจากตัวเมืองจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 70 กิโลเมตร โดยอยู่ที่พิกัด 47 Q 044-185 ระวาง 4847 111 Lat. 19° 09' 29" N Long 99° 02' 23" E เกิดจากลำน้ำแม่งัด ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาใหญ่ที่สำคัญของต้นแม่น้ำปิง มีต้นน้ำอยู่ที่อำเภอพร้าว มีความยาวประมาณ 94 กิโลเมตร เป็นเขื่อนดินแกนดินเหนียว สันเขื่อนยาว 1,950 เมตร สูง 59 เมตร ฐานเขื่อนมีช่วงกว้างที่สุด 339 เมตร เก็บกักน้ำได้ 265 ล้านลูกบาศก์เมตร ก่อสร้างเสร็จและเปิดการระบายน้ำสู่ระบบชลประทาน เมื่อปี พ.ศ. 2528 โดยส่งน้ำช่วยเหลือการเกษตรในเขตโครงการชลประทานแม่แฝก โครงการชลประทานแม่ปิงเก่า และฝายของราษฎรต่าง ๆ ได้ 188,000 ไร่ และยังผลิตกระแสไฟ

ฟ้าได้ 9,000 กิโลวัตต์ ใช้ในเขตอำเภอแม่แตง อำเภอเชียงดาว และอำเภอสันทรายบางส่วน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ การประมงน้ำจืด และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ การเฝ้าระวังติดตามตรวจสอบ (monitoring) ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรกระทำอย่างต่อเนื่อง และในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีการทำการประมง ดังนั้นผลผลิตเบื้องต้น ซึ่งเกิดจากแพลงก์ตอนพืชจึงจะเป็นอาหารของสัตว์น้ำ

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จึงเป็นแหล่งน้ำที่เหมาะสมในการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำควบคู่กันไปเพื่อจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดการแหล่งน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ต่อไป



ภาพ 4 แผนที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ที่มา : โครงการชลประทานเขื่อนแม่งัด ฯ)



ภาพ 5 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล
(ที่มา :โครงการชลประทานเขื่อนแม่งัด ฯ)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University