Water Quality

Sittichai HATACHOTE

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น

คุณภาพน้ำ (Water quality) หมายถึง ลักษณะจำเพาะของน้ำ ซึ่งรวมความถึงลักษณะจำเพาะทางฟิสิกส์ เช่น การส่องผ่านน้ำของแสง อุณหภูมิ คลื่น และกระแสน้ำ เป็นต้น ลักษณะทางเคมี เช่น ความเป็นด่าง พีเอช ออกซิเจนละลาย ไนไตรท์ ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต เป็นต้น และลักษณะจำเพาะทางชีวะ เช่น ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์

คุณภาพน้ำทางกายภาพ Physical Quality

- ลักษณะความสกปรกในน้ำที่ปรากฏให้เห็นได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5
- สี Color, กลิ่น Odor, รส Tastes
- ความขุ่น Turbidity, อุณหภูมิ Temperature

คุณภาพน้ำทางเคมี Chemical Quality

- มาจากแร่ธาตุและสารต่างๆ ที่ละลายปะปนอยู่ในน้ำ
- ระดับความเป็นกรด-ด่าง pH
- ความกระด้าง Hardness
- คลอไรด์ Chlorides
- แคลเซียม Calcium
- ไนเตรท Nitrate

คุณภาพน้ำทางชีวภาพ Biological Quality

- มาจากจุลินทรีย์ Micro-organisms สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ
- แบคทีเรีย ไวรัส รา โปรโตซัว โรติเฟอร์ ครัสเตเซียน สาหร่าย
- แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด เรียกว่า Coliform bacteria อุจจาระปรกติของคน 1 กรัม มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย 10^6-10^9 โคโลนี

Coliform bacteria

- Total Coliform กลุ่มโคลิฟอร์มทุกชนิดไม่ว่าจะมาจากสิ่งขับถ่ายแหล่งใด
- Feacal Coliform กลุ่มโคลิฟอร์มจากทางเดินอาหารมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น

วิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่ออะไร

1. *เพื่อการจัดการควบคุมคุณภาพน้ำ*
2. *เพื่อป้องกันและบรรเทาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ*

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

สามารถแบ่งประเภทการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ประเภท

1. การวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงชนิดของสารประกอบหรือธาตุที่มีอยู่ในน้ำ การวิเคราะห์ประเภทนี้ไม่คำนึงถึงปริมาณของสารประกอบหรือธาตุ

2. การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของสารประกอบชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำ สามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ได้ตามหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

2. การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (ต่อ)

2.1 การวิเคราะห์โดยใช้วิธีการไตเตรท (Titration Method)

ตัวอย่างคุณภาพน้ำที่ใช้หลักการไตเตรท

- การวัดปริมาณออกซิเจนละลาย
- การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ
- การวัดความเป็นด่าง
- การวัดความกระด้าง

2. การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ (ต่อ)

2.2 การวิเคราะห์โดยใช้วิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Method)

ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้หลักการนี้ เช่น

- ปริมาณสารแขวนลอย
- ปริมาณสารที่ตกตะกอนได้

3. การวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบความเข้มสี

(Colorimetric Method)

มีการใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ทำให้เกิดสีในตุวอย่างน้ำโดยการเติมสารเคมีที่จำเพาะลงไปตามวิธีการ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะทำให้สารประกอบที่เป็นตัวแปรคุณภาพน้ำเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเกิดขึ้น ซึ่งความเข้มสีจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารที่มีในตัวอย่างแล้วนำไปวัดกับเครื่องวัดการดูดกลืนแสง(Spectrophotometer) เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้เครื่องวัดที่จำเพาะเจาะจง

คุณภาพน้ำบางตัวแปรสามารถรายงานค่าปริมาณออกมาเป็นตัวเลขโดยการวัดด้วยหัววัด มาตรวัด (Scale) หรืออุปกรณ์ตรวจวัด (Detector) ที่จำเพาะเจาะจงต่อคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพบางอย่างของตัวแปรคุณภาพน้ำนั้นๆ เช่น pH DO

สีของน้ำ WATER COLOR

- เกิดจากสารที่แขวนลอยอยู่ เช่น แพลงก์ตอน เศษตะกอนดิน เศษตะกอนทราย TSS แสงอาทิตย์ส่องลงมาตกกระทบและสะท้อนกลับ และดูดกลืนคลื่นแสงบางช่วงเอาไว้ คลื่นที่ไม่ได้ถูกดูดกลืนก็จะสะท้อนกลับ ความยาวคลื่นที่สะท้อนกลับมาเข้าตาเราเป็นความยาวคลื่นไหนเราก็จะเห็นสีของความยาวคลื่นนั้น เรียกว่า **สีปรากฏ (appearance color)**
- สีจริง(true color) ต้องนำน้ำมากรองเอาอนุภาคต่างๆออกให้หมด

การวัดความเค็มของน้ำ(Salinity)

ความเค็มของน้ำเกิดจากเกลือต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ คำจำกัดความของความเค็ม คือ ปริมาณกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม ในทางปฏิบัติมักวัดค่าความเค็มโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า มาตรความเค็ม (Salinometer)หรือมาตรดรรชนีหักเห(Refractometer) มีหน่วยเป็น psu (practical salinity unit, %0)

การวัดความโปร่งใส (Transparency)

ความโปร่งใสเป็นการวัดระยะความลึกที่แสงสามารถส่องผ่านลงไปในน้ำได้ ความโปร่งใสของน้ำจะผันแปรตามสีและความขุ่นของน้ำ แต่บางครั้งความโปร่งใสอาจผันแปรตามความเข้มของแสงและทิศทางของแสง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดเรียกว่า Secchi disc

ค่าความนำไฟฟ้า Conductivity

- ความสามารถในการนำไฟฟ้า(ประจุมากความนำไฟฟ้าเร็วมาก) ธาตุที่อยู่ในรูปไอออน โดยส่วนมากจะอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ (สารอินทรีย์จะอยู่ในรูปสารประกอบไม่นำไฟฟ้า)
- หน่วยของ Conductivity มีหน่วยเป็น microsiemen/cm (µS/cm)

การวิเคราะห์หาสารแขวนลอยทั้งหมด

(Total Suspended Solid,TSS)

สารแขวนลอยประกอบด้วยอนุภาคของดิน(sand , silt และclay) สารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก แพลงก์ตอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กๆ อื่นที่อยู่ในน้ำ สารแขวนลอยจะบดบังการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งมีผลต่อผลผลิตขั้นจ้นของแหล่งน้ำ สารแขวนลอยในระดับสูงมากจะมีอันตรายต่อสัตว์น้ำโตยตรง โดยสารแขวนลอยจะเข้าไปอุดช่องเหงือก ทำให้การหายใจติดขัด ทำให้การเจริญเติบโตช้าลงกว่าปกติ การฟักตัวของไข่และการเจริญของตัวอ่อนหยุดชะงักหรือช้าลง

ปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 25- 80 mg/L นอกจากนี้จะทำให้แสงส่องลงไปได้ไม่ลึก และทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน

- การวิเคราะห์หาสารแขวนลอยทั้งหมดทำได้โดยกรองตัวอย่างผ่านแผ่นกรอง GF/C แล้วนำแผ่นกรองดังกล่าวไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ น้ำหนักของแผ่นกรองที่เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด

การวัด pH

- พีเอชหรือความเป็นกรด-ด่างของน้ำแสดงให้เห็นว่าน้ำนั้นมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง หากน้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีสภาพเป็นกรด แต่ถ้ามีพีเอชมากกว่า 7 ขึ้นไป แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นด่าง
- การวัดพีเอชของน้ำเป็นการวัดปริมาณไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำ
- ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำจะอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ค่าพีเอชที่ต่ำหรือสูงจนเกินไปจะทำให้สัตว์น้ำตายและเกิดความเครียด

ความเป็นด่าง(Alkalinity)

ความเป็นด่าง(Alkalinity) คือ ความสามารถของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากคาร์บอเนตอิออน (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนตอิออน (HCO_3^-) และไฮดรอกไซด์อิออน (OH^-) น้ำที่มีอิออนตัวใดตัวหนึ่งใน อิออน 3 ชนิดข้างต้นจะมีค่าความเป็นด่างอยู่ด้วยเสมอ แต่น้ำที่มีพีเอชต่ำกว่า 4.5 จะไม่พบค่าความเป็นด่างอยู่เลย ค่าความเป็นด่างมีความสำคัญต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงพีเอชของแหล่งน้ำ

ความเป็นด่าง(Alkalinity)

น้ำที่มีความเป็นด่างสูงโดยทั่วไปจะมีความสารถในการรักษาพีเอชของน้ำไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าน้ำที่มีค่าความเป็นด่างต่ำกว่า ความสารถนี้เรียกว่า buffering capacity น้ำธรรมชาติที่มีค่าความเป็นด่างต่ำกว่า 30 mg/L as $CaCO_3$ จัดว่าเป็นน้ำที่มีความสามารถในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของพีเอชได้ไม่ดี ในขณะที่น้ำทะเลมีค่าความเป็นด่างเฉลี่ย 116 mg/L as $CaCO_3$ น้ำทะเลจึงมีคุณสมบัติต้านการเปลี่ยนแปลงของพีเอชได้ดี (high buffering capacity) ทำให้พีเอชของน้ำทะเลไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ความเป็นด่าง(Alkalinity)

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำความเป็นด่างมีความสำคัญ เพราะความเป็นด่างไปมีปฏิสัมพันธ์กับคุณคุณภาพน้ำอื่นๆที่มีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ หรือความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ อิออนที่ไม่ได้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักบางชนิด(เช่น ทองแดง สังกะสี แคดเมียม นิกเกิล และอะลูมิเนียม) เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำอย่างรุนแรง ความสามารถในการละลายและความเข้มข้นของอิออนอิสระลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ดังนั้นความรุนแรงของความเป็นพิษของโลหะลดลงเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดยทั่วไปพีเอชเพิ่มขึ้นตามความเป็นด่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างกับพีเอชของแหล่งน้ำ

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้ดี คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำส่วนใหญ่จะไม่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำแต่จะรวมกับน้ำเป็นกรดคาร์บอนิคซึ่งเป็นกรดอ่อน เมื่อกรดคาร์บอนิคแตกตัว ได้ไฮโดรเจนอิออนและไบคาร์บอเนตอิออน ไบคาร์บอเนตอิออนจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอเนตอิออน ดังปฏิกิริยา

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3^-$$

$$H_2CO_3^- \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+$$

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นด่างกับพีเอชของแหล่งน้ำ

ปฏิกิริยาดังกล่าวย้อนกลับได้ กล่าวคือ มีทั้งการสร้างและลดไฮโดรเจนอิออนในน้ำนี้คือ ตัวการควบคุมความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของน้ำ ระบบกรดคาร์บอนิค-ไบคาร์บอเนต-คาร์บอเนตในน้ำจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีไฮโดรเจนอิออนมากเกินไปปฏิกิริยาจะเกิดไปทางซ้ายเพื่อลดปริมาณไฮโดรเจนอิออนลง

ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO)

ในบรรยากาศมีแก๊สออกซิเจนประมาณ 21 % แต่แก๊สออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยมาก สัตว์น้ำจึงต้องใช้พลังงานเพื่อการหายใจมากกว่าสัตว์บกเพื่อให้ได้ออกซิเจนเพียงพอต่อความต้องการ ความสามารถในการละลายน้ำของแก๊สออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิและความเค็มของน้ำ แก๊สออกซิเจนละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเค็มของน้ำลดลง

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{light}]{\text{phytoplankton}} C_6H_{12}O_6 + \text{พลังงาน} + O_2$$

Why Measure Dissolved Oxygen?

ทำไมต้องมีการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

Scientists want data for…

- Determine the mixing of air and water at the water's surface

- Determine what animals can live in the water

Dissolved Oxygen

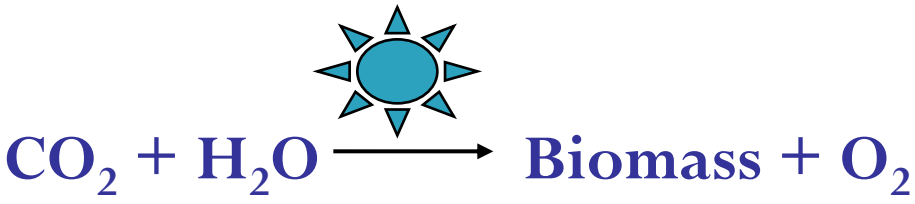
- Oxygen accounts for one of every five molecules in the air; on the other hand, in water, roughly five of every million molecules are dissolved oxygen, mg/L (ppm by mass)
- Test will measure the amount of free oxygen "gas" dissolved in your water sample in mg/L (ppm)
- Dissolved oxygen levels of at least 5 - 6 ppm (mg/L) are usually required for growth.
- Dissolved oxygen levels of below 3 ppm are stressful to most aquatic organisms.

The amount of oxygen that water can hold decreases with:

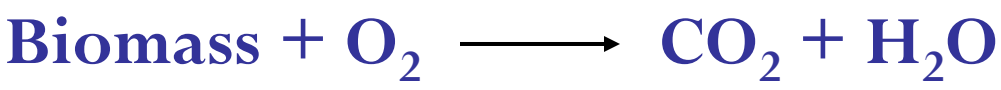
- Temperature increases
- Elevation increases (due to decreasing atmospheric pressure)
- Increasing amounts of dissolved substances (e.g., salts)

Biological Influences and Dissolved Oxygen

- **As photosynthesis increases, oxygen levels increase:**



- **As respiration increases due to decay or organic materials, oxygen levels decrease:**



ไนโตรเจนและสารประกอบไนโตรเจน

แบ่งไนโตรเจนที่พบตามแหล่งน้ำออกเป็น 2 ประเภท

1. ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ total dissolved nitrogen,TDN

2. ไนโตรเจนในอนุภาค particulate nitrogen,PN

แอมโมเนีย Ammonia

เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต อาหารที่ตกค้าง การย่อยสลายยูเรีย แอมโมเนียมีอยู่ 2 รูปคือ รูปที่มีประจุ (NH_4^+) และไม่มีประจุ (NH_3) ผลรวมเรียกว่า แอมโมเนียรวม (Total Ammonia Nitrogen, TAN)

แพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำใช้แอมโมเนียเพื่อสร้างโปรตีน(กรดอะมิโน) ส่วนแอมโมเนียที่เกินความต้องการถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ ในสภาวะที่มีออกซิเจนแอมโมเนียในแหล่งน้ำถูกออกซิไดซ์ โดย nitrosomonas bacteria และ nitrobactor bacteria ไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

ไนไตรท์ Nitrite

เป็นสารประกอบระหว่างกลางในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยทั่วไปจะไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำ เพราะไนไตรท์ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว แหล่งน้ำทั่วไปพบมีความเข้มข้นต่ำ เฉลี่ยน้อยกว่า 0.007 mg-N/L ไนไตรท์เป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยไปลดประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนของเลือดและทำลายเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำ ปริมาณคลอไรด์ในน้ำช่วยลดความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำได้

ไนเตรท Nitrate

ไนเตรทเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่พบเสมอในแหล่งน้ำธรรมชาติและในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากผลผลิตขั้นสุดท้ายของกระบวนการไนตริฟิเคชัน แต่ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำไนเตรทอาจได้มาจากการใช้ปุ๋ยไนเตรทเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชหรือการใช้ปุ๋ยไนเตรทตามพื้นบ่อเพื่อป้องกันสภาวะที่เป็นรีดิวซ์ที่จะนำไปสู่การผลิต H_2S ขึ้นมา ผลของไนเตรทคล้ายคลึงกับไนไตรท์