ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC)

อังสนา ฉั่วสุวรรณ์

คุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนในน้ำ เช่น แร่ธาตุ อิออน และก๊าซต่างๆ ข้อมูลคุณภาพน้ำสามารถนำมาใช้เป็นกลไกในการเลือกแหล่งน้ำเพื่ออุปโภค บริโภคได้ การพิจารณาว่าน้ำนั้นเป็นน้ำสะอาดเหมาะสำหรับบริโภคหรือไม่ อาจพิจารณาเบื้องต้นจากลักษณะทางกายภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสจากคนเรา เช่น น้ำต้องใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่ในโลกปัจจุบันที่มีการพัฒนาทางด้านต่างๆ อย่างไม่หยุดยั้งทำให้มีสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น การพิจารณาคุณภาพน้ำจากลักษณะทางกายภาพอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความมั่นใจได้ ดังนั้นการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านเคมี และจุลินทรีย์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับประกอบการพิจารณาเกณฑ์คุณภาพน้ำอุปโภค บริโภค

ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำที่สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้ จึงนิยมใช้ค่านี้ในการประเมินปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำอย่างคร่าวๆ เนื่องจากเป็นค่าที่วัดได้ง่าย และปัจจุบันมีเครื่องวัดค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ง่ายและสะดวก ถ้าค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีสิ่งเจือปนในน้ำมาก **ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า** หมายถึง ความสามารถในการนำไฟฟ้าหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายที่อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดอันละ 1 ซม.^{2} และระยะระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองคือ 1 ซม. เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductance) ซึ่งมีความหมายตรงข้ามกับความต้านทานไฟฟ้า (resistivity) หรือความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (specific resistance) ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (μmho/cm) หรือมิลลิซีเมนส์ต่อเมตร (mS/m) ในหน่วยเอสไอ (International System of Unit)

ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าในน้ำแต่ละประเภทมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

1. ความเข้มข้นของอิออนที่แตกตัวได้ ถ้าในน้ำมีปริมาณสารที่สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้ (ionizable matter)มาก ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าก็สูง ได้แก่ กรด เบส เกลืออนินทรีย์ เช่น H^+, Na^+, K^+, Ca^+, Cl^-, CO_3^{2-}, OH^- ฯลฯ ซึ่งหมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ยกเว้นโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส เบนซีน ฯลฯ ซึ่งไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่มีผลต่อค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า

2. ชนิดของอิออน ถ้าเป็นอิออนที่เกิดจากอนุมูลกรดแก่ หรืออนุมูลเบสแก่จะให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงกว่าอิออนของอนุมูลกรดอ่อน หรือเบสอ่อน

3. การเคลื่อนที่ของอิออน (ionic mobility) ถ้าอิออนมีการเคลื่อนที่มากก็มีผลทำให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูง

4. อุณหภูมิ มีผลต่อการเคลื่อนที่ ถ้าอุณหภูมิสูงอิออนต่างๆ มีการเคลื่อนที่มากทำให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงด้วย ดังนั้นการรายงานค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า จึงต้องระบุอุณหภูมิด้วย เช่น Electrical conductivity at 25°C

5. ความเป็นกรด-ด่าง ถ้าน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 9 หรือน้อยกว่า 5 จะมีผลต่อค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้ามาก ทั้งนี้เพราะไฮโดรเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกไซด์อิออน (OH^-) มีการเคลื่อนที่ของอิออน(ionic mobility)สูงกว่าอิออนตัวอื่น กล่าวคือ ไฮโดรเจนอิออนมีการเคลื่อนที่ของอิออนเท่ากับ 350 ไฮดรอกไซด์-อิออนเท่ากับ 278 และ โซเดียมอิออนเท่ากับ (Na^+) 20-60 เป็นต้น ดังนั้นค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ได้จะมาจาก ไฮโดรเจนอิออน และไฮดรอกไซด์อิออน ซึ่งมาจากค่า

ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมากกว่ามาจากอิออนอื่น

ประโยชน์ของค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า

1. ใช้เป็นเกณฑ์ในการดูองศาของการแตกตัว (degree of mineralization) ซึ่งปกติใช้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพื่อประเมินผลของความเข้มข้นของอิออนทั้งหมดต่อสมดุลเคมี ต่อการกัดกร่อน และผลทางสรีระศาสตร์ต่อพืชและสัตว์

2. ใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของน้ำ เช่น น้ำกลั่น น้ำปราศจากอิออน ในน้ำกลั่นที่กลั่นใหม่ๆ จะมีค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าประมาณ 0.5-3 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร และค่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำไว้ เนื่องจากการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ รวมทั้งก๊าซแอมโมเนียด้วย

3. ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ละลายในน้ำดิบและน้ำโสโครกอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากฤดูกาลซึ่งพบในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะตรงข้ามกับการขึ้นๆ ลงๆ ในแม่น้ำบางสายซึ่งสกปรก นอกจากนี้ค่านี้จะบอกถึงความแปรผันของคุณภาพน้ำ หรือน้ำทิ้งในแต่ละวัน

4. ใช้เป็นค่าในการประมาณปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์สารต่างๆ ทางเคมี เช่น ถ้าค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าต่ำแสดงว่ามีเกลือแร่ต่างๆ น้อย จึงต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมากเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด ความกระด้าง คลอไรด์ ฯลฯ และใช้ตรวจสอบหรือประเมินผลการวิเคราะห์ทางเคมี

5. ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารเคมีของน้ำในหม้อต้ม (boiler waters) ตรวจดูการรั่วใน stream condenser ควบคุมการกำจัดความกระด้างของน้ำ ตลอดจนในเครื่องกำจัดเกลือแร่ (demineralizing plant)

6. ใช้ตรวจแหล่งของน้ำที่มีการรั่วหรือปะปนกัน เช่น ในท่อประปาเพราะค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าจะต่างกัน

7. ใช้บอกสัดส่วนของน้ำที่มาผสมกันโดยวัดค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำแต่ละแหล่ง และค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำที่ผสมกัน แล้วประเมินสัดส่วนในการผสมกัน

8. ใช้ประมาณค่ามิลลิอิควิวาเลนท์ต่อลิตร (milliequivalents/L) ของอิออนบวกหรืออิออนลบในตัวอย่างน้ำโดยคูณค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร) ด้วย 0.01

9. ใช้ประมาณค่าความเข้มข้นของสารที่ละลายในน้ำ (dissolved solids) และแตกตัวเป็นอิออน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในตัวอย่างโดยคูณค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร) ด้วย empirical factor ซึ่งแปรผันในช่วง 0.55-0.9 ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ละลายในน้ำและอุณหภูมิที่ทำการวัด

10. ใช้ในการตรวจความถูกต้องของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ

10.1 การคำนวณอย่างคร่าวๆ สำหรับน้ำธรรมชาติทั่วไปพบว่า

EC (in (μmho/cm) = total dissolved solids (mg/L) x factor (0.55-0.9)

สำหรับน้ำที่มีค่ากรดอิสระ หรือความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์ (caustic alkalinity) ในปริมาณมากพอ แฟคเตอร์นี้อาจจะต่ำกว่า 0.55 และสำหรับน้ำที่มีความเค็มสูงหรือน้ำในหม้อต้ม (boiler waters) แฟคเตอร์นี้อาจจะสูงกว่า 0.7 การตรวจสอบคร่าวๆ โดยอาศัยหลักดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้

10.2 การคำนวณอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนของค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าจึงต้องเจือจางตัวอย่างน้ำเพื่อให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงแคบๆ โดยใช้น้ำกลั่นที่ต้มเดือดและปล่อยให้เย็นโดยปิดด้วยกระจกนาฬิกาในการเจือจางตัวอย่าง จนกระทั่งค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 90-120 μmho/cm ในการทดลองต้องพยายามเจือจางให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม เพราะค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าไม่ได้แปรผันในอัตราส่วนที่แน่นอนกับการทำเจือจาง อัตราส่วนการเจือจางที่แน่นอน (D) คือ

$$D = \frac{V_s + V_w}{V_s}$$

เมื่อ V_s = ปริมาตรตัวอย่าง, มิลลิลิตร

V_w = ปริมาตรน้ำกลั่น, มิลลิลิตร

วัดค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำกลั่นซึ่งควรจะน้อยกว่า 2 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร วัดความเป็นตัวนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำแล้วคำนวณค่า diluted conductivity (K_d) จากสมการ

$$K_d = \frac{AD \times 10^6}{R_d} - (D-1)\,K_w$$

เมื่อ A = ค่าคงที่ของเซล (cell constant)

R_d = ค่า resistance ที่วัดได้ของตัวอย่างที่ทำการเจือจางแล้ว (diluted sample), (ohm)

K_w = ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น, μmho/cm

ต่อไปให้คำนวณค่า K_d จากการวิเคราะห์ทางเคมี โดยคูณค่าความเข้มข้นที่พบ (ไม่ว่าจะเป็น meq/Lหรือ mg/L) โดยแฟคเตอร์ที่เหมาะสมจากตารางที่ 1 โดยให้รวมผลที่ได้เข้าด้วยกัน ถ้าค่า K_d ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 1.5% หรือน้อยกว่า 2% ของค่า K_d ที่วัดได้ แสดงว่าอาจมีการผิดพลาดในการวิเคราะห์ทางเคมีและควรที่จะทำการตรวจดูใหม่

การตรวจสอบโดยวิธีนี้เรียกว่า diluted conductivity method ไม่ใช้กับตัวอย่างที่มีค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าต่ำกว่า 90 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร หรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 5 หรือมากกว่า 9 หรือกับตัวอย่างที่มีอิออนซึ่งไม่มีรายชื่อในตารางที่ 1 อยู่ในปริมาณสูง เพราะค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าเนื่องจากไฮโดรเจนอิออน และไฮดรอกไซด์-อิออน จะมากกว่าค่าเนื่องจากอิออนอื่น จึงทำให้วิธีนี้ใช้ไม่ได้ผลกับตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่นอกช่วง 5 -9

ตารางที่ 1 ค่า conductivity factors ของอิออนที่พบบ่อยในน้ำ

อิออน	ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ 25° C, μmho/cm	
	Per meq/L	Per mg/L
ไบคาร์บอเนต	43.6	0.715
แคลเซียม	52.0	2.6
คาร์บอเนต	84.6	2.82
คลอไรด์	75.9	2.14
แมกนีเซียม	46.6	3.82
ไนเตรท	71.0	1.15
โปแทสเซียม	72.0	1.84
โซเดียม	48.9	2.13
ซัลเฟต	73.9	1.54

อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งในการประเมินคุณภาพน้ำเบื้องต้นเท่านั้น น้ำที่มีค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงไม่ได้หมายความว่าคุณภาพของน้ำนั้นไม่ดี แต่บ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำมาก ซึ่งอาจเป็นแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์หรือเป็นโทษต่อร่างกายก็ได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วย เช่น แหล่งน้ำ การนำไปใช้งาน ดังนั้นเราควรจะวิเคราะห์คุณภาพของน้ำทางกายภาพ เคมี สารเป็นพิษ และจุลินทรีย์เพิ่มเติมตามความเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington, DC : American Public Health Association, 1998. p.2-44 - 2-47.

American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM standards**. section 11, vol.11.01. Philadelphia, PA : ASTM, 1999. p.81-87.

กรรณิการ์ สิริสิงห. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 3, แก้ไขเพิ่มเติม. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544. หน้า 57-65.