

บทที่ 5

สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) และความเค็ม (Salinity)

โดย ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข

นักวิทยาศาสตร์ 8ว กรมโรงงานอุตสาหกรรม

5.1 สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

สภาพนำไฟฟ้าเป็นคุณลักษณะหรือดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญชนิดหนึ่ง โดยจะบ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า สภาพนำไฟฟ้านี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายชนิด ตัวอย่างเช่น ความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำขณะทำการตรวจวัด ชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิดซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนี้จำนวนประจุของสารที่มีประจุก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำนั้นด้วย

ก. ความสัมพันธ์ระหว่างสารที่ละลายได้กับสภาพนำไฟฟ้า

ในกรณีของสารละลายที่เจือจางสภาพนำไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งหรือสารที่ละลายน้ำได้โดยประมาณ ดังนี้

$$K = \text{TDS}/\text{COND} \quad \dots\dots (1.1)$$

หรือ

$$\text{TDS} = K (\text{COND}) \quad \dots\dots (1.2)$$

เมื่อ K = ค่าคงที่ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง COND และ TDS

COND = สภาพนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid)

มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวอย่างความสัมพันธ์ของสภาพนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สามารถละลายในน้ำได้ของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงไว้ดังตารางที่ 5.1

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง TDS และ COND ได้ความสัมพันธ์สำหรับสารละลายเจือจางโพแทสเซียมคลอไรด์ (กรณีความเข้มข้นน้อยกว่า 800 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังนี้

$$\text{COND} = (1.894)\text{TDS} + 4.477 \quad \dots\dots (1.3)$$

(r-square = 0.9999)

เมื่อ COND = สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)

TDS = ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ตารางที่ 5.1 แสดงสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 25 องศาเซลเซียส¹

ความเข้มข้น (นอร์มัล)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)
0.0001	7.455	14.94
0.0005	37.28	73.90
0.001	74.55	147.0
0.005	372.8	717.8
0.01	745.5	1,413
0.02	1,491	2,767
0.05	3,728	6,668
0.1	7,455	12,900
0.2	14,910	24,820
0.5	37,280	58,640
1	74,550	111,900

จากข้อมูลและสมการข้างต้น ในกรณีการหาความสัมพันธ์โดยประมาณ (K) ระหว่างสภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ได้ดังนี้

$$TDS = K \times COND$$

จาก COND \cong 1.894 TDS

ดังนั้น K \cong 1/1.894

$$K \cong 0.53$$

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่วัดสภาพนำไฟฟ้าได้ เท่ากับ 500 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร เมื่อแทนค่าสภาพนำไฟฟ้านี้ลงในสมการ COND = (1.894)TDS + 4.477 จะได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ประมาณ 262 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตัวอย่างในตารางที่ 5.2

¹ ดัดแปลงจาก Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater by APHA, AWWA, and WPCF, 16th Ed., 1985, หน้า 78

ตารางที่ 5.2 แสดงการประมาณค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารละลายเจือจาง
โพแทสเซียมคลอไรด์

สภาพน้ำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
50	24.0
100	50.4
150	76.8
200	103.2
250	129.6
300	156.0
400	208.8
500	261.6
600	314.4
700	367.2
800	420.0
900	472.8
1000	525.6

อย่างไรก็ตาม การวัดสภาพน้ำไฟฟ้าก็จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของสารละลายด้วย เนื่องจากสภาพน้ำไฟฟ้าจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ตามที่แสดงในตาราง 5.3

ตาราง 5.3 แสดงสภาพน้ำไฟฟ้าของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 M
ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สภาพน้ำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)
21	1305
22	1332
23	1359
24	1386
25	1413
26	1441
27	1468
28	1496

ข. การประมาณสารที่ละลายได้ในแหล่งน้ำ

ในกรณีที่เป็นสารละลายเจือจางของสารประกอบเคมีหรือน้ำทิ้งหรือน้ำจากแหล่งน้ำเดียวกันหรือเป็นน้ำที่มีลักษณะอย่างเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน เมื่อทำการวัดสภาพน้ำไฟฟ้าของน้ำหลายๆครั้ง

แล้วนำมาหาความสัมพันธ์โดยการเขียนกราฟระหว่าง TDS และ COND เราก็จะสามารถทราบค่า K ของน้ำตัวอย่างได้จากค่าความชันของกราฟนั้น เมื่อทราบค่า K แล้ว (ซึ่งโดยทั่วไปค่า K จะประมาณ 0.55 - 0.9) เราก็จะสามารถหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่สามารถละลายในน้ำโดยประมาณได้โดยการคำนวณจากค่าสภาพนำไฟฟ้าที่วัดได้โดยใช้เครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

ในกรณีของแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป อาจจะใช้สมการความสัมพันธ์ของสารที่ละลายได้กับสภาพนำไฟฟ้าซึ่งสามารถนำสมการนี้ไปใช้ในการประมาณปริมาณสารที่ละลายได้ในน้ำได้ด้วย

$$\text{Dissolved Solid(mg/L)} = (0.45)(1.02)^{t-25}(K)$$

เมื่อ t = อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเป็นองศาเซลเซียส

K = สภาพนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร

ค. ประโยชน์ของการหาค่าสภาพนำไฟฟ้า

สภาพนำไฟฟ้านี้มีประโยชน์ในการประเมินหรือคาดคะเนปริมาณสารบางชนิดหรือคุณภาพของน้ำได้หลายประการ ตัวอย่างเช่น

1. สามารถใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของน้ำในกรณีที่ได้รับผลกระทบจากการประกอบกิจการอุตสาหกรรมที่มีการระบายน้ำทิ้งที่มีสารที่มีประจุอยู่มากลงสู่แหล่งน้ำ
2. ใช้ในการคาดคะเนปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างน้ำกรณีที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดและสภาพนำไฟฟ้าแล้ว
3. ใช้ในการคาดคะเนผลของประจุไฟฟ้าต่างๆที่มีต่อสมดุลทางเคมี ผลทางกายภาพที่มีต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ และผลกระทบต่ออัตราการกักตัวของสารต่างๆ
4. ใช้ในการประเมินหรือตรวจสอบความบริสุทธิ์ของน้ำที่ผ่านการบำบัดต่างๆ เช่น การกลั่น การกรองหรือการบำบัดแบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reversed Osmosis) เป็นต้น เพื่อให้ทราบว่าน้ำนั้นมีคุณภาพเหมาะที่จะใช้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่
5. ใช้ในการคาดคะเนจำนวนสารประกอบอินทรีย์ที่จะใช้ในการตกตะกอนและการทำให้สารละลายเป็นกลาง

ง. การวัดสภาพนำไฟฟ้า

การวัดสภาพนำไฟฟ้าและความเค็มจะใช้เครื่องมือในการวัดโดยจะวัดสภาพนำไฟฟ้าในหน่วยของไมโครซีเมนต่อเซนติเมตรหรือไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร เครื่องมือที่ใช้

1. Conductivity Meter, YSI Model 33 S-C-T Meter, YSI Incorporated, Yellow Spring Instrument Co., Ltd., Yellow Spring, OH, USA
 2. Water Quality Monitor, Solomat Model WP803, Solomat Neotronics, USA
- สารเคมีที่ใช้

1. โพแทสเซียมคลอไรด์(Potassium Chloride, AR Grade, Merck)

ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานตามความเข้มข้นที่แสดงในตาราง 5.1 เพื่อใช้ในการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพนำไฟฟ้าและความเค็มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. น้ำลดแร่ธาตุ (Demineralized Water) ที่มีสภาพนำไฟฟ้า ไม่เกิน 1 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

นอกจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ขึ้นใช้เองในห้องปฏิบัติการแล้ว ในบางครั้งจะใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ซื้อจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องมือ

วิธีการวัด

1. ส่วนมากจะใช้เครื่องมือในข้อ 1 และ ข้อ 2 ในการตรวจวัดสภาพนำไฟฟ้ารวมทั้งจะทำการวัดอุณหภูมิไปพร้อมๆด้วย

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์

ให้เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ (Standard Potassium Chloride Solution) เข้มข้น 0.100 นอร์มัล โดยการอบโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous Potassium Chloride) ให้แห้ง แล้วชั่งมา 7.456 กรัม ละลายในน้ำลดแร่ธาตุ(น้ำที่มีสภาพนำไฟฟ้า น้อยกว่า 1 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร) แล้วปรับปริมาตรให้ได้สารละลาย 1 ลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.001, 0.005 และ 0.010 นอร์มัล นั้นใช้วิธีเจือจางโดยการเตรียมจากสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.100 นอร์มัล

3. ปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือโดยการใส่สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ ในตารางที่เตรียมได้ตามข้อ 2 ข้างต้น ตามวิธีที่ระบุไว้ในคู่มือการใช้งานของเครื่องมือ

4. วัดค่าสภาพนำไฟฟ้ารวมทั้งอุณหภูมิของน้ำ