

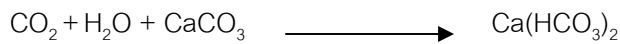
## บทที่ 8

### สภาพต่าง(Alkalinity)

โดย ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข  
นักวิทยาศาสตร์ 8ว กรมโรงงานอุตสาหกรรม

#### 8.1 บทนำ

สภาพต่างของสารละลายใด ๆ คือ ความสามารถของสารละลายนั้นในการรับโปรตอน สภาพต่างของน้ำมักเกิดจากเกลือของกรดอ่อน เช่น คาร์บอเนต โบเรต ฟอสเฟตและซิลิเกต เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเกลือของกรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดฮิวมิก เป็นต้น แต่โดยทั่วไปสภาพต่างของน้ำมักเกิดจากไบคาร์บอเนตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาในดิน ดังสมการ



เบสแก่และเบสอ่อน เช่น ไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนต ซึ่งอาจจะมีปริมาณสูงในแหล่งน้ำบางแหล่ง เนื่องจากการมีสาหร่ายในน้ำมาก ทำให้สาหร่ายนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์มาปรุงอาหารมากและทำให้น้ำในบริเวณนั้นมีค่าความเป็นกรดและด่างเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 9 – 10 ได้

สภาพต่างของน้ำธรรมชาติหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคเกิดขึ้นจากองค์ประกอบของสารละลายไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ ดังนั้นสภาพต่างของน้ำจึงมีความสำคัญในแง่ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้กิจกรรมต่างๆ เช่น การทำน้ำประปา น้ำในกระบวนการอุตสาหกรรม เป็นต้น

น้ำทิ้งที่มีสภาพต่าง คำนวณเป็น มก./ลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) จะมีพีเอชสูงกว่า 4 การเก็บตัวอย่างควรใช้ขวดโพลีเอทิลีน หรือขวดแก้วไฟเร็กซ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อกันการกัดกร่อน และควรทำการวิเคราะห์โดยทันทีหรืออย่างช้าภายใน 1 วัน โดยเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมเพื่อการวิเคราะห์ได้แนะนำไว้ในตารางถัดไป

#### 8.2 การวิเคราะห์หาสภาพต่าง

การหาสภาพต่างทำได้โดยวิธีการติเตตรตตัวอย่างน้ำกับกรดแร่ที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ( $\text{H}^+$ ) สูง เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน เป็นต้น

การวิเคราะห์หาสภาพต่างของน้ำ นิยมใช้อยู่ 2 วิธี คือ

1. วิธีอินดิเคเตอร์ (Indicator Method) เป็นการหาสภาพต่างโดยการติเตตรตตัวอย่างน้ำกับกรด เมื่อถึงจุดสมมูล (equivalent point) จะสังเกตได้จากสีของอินดิเคเตอร์ที่จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแสดงว่าความเป็นด่างในน้ำนั้นทำปฏิกิริยาได้หมดพอดีกับกรดที่ใช้ติเตตรต วิธีนี้เหมาะสำหรับน้ำทิ้งที่ไม่มีสีและความขุ่นไปรบกวนสีของอินดิเคเตอร์ในการไทเทรต

2. วิธีโพเทนชิอเมตริก (Potentiometric Method) มีลักษณะเช่นเดียวกับวิธีการใช้อินดิเคเตอร์ แต่ใช้การวัดค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำเป็นตัวบ่งชี้จุดยุติ วิธีนี้เหมาะสำหรับน้ำทิ้งที่มีสีและความขุ่นมากจนไม่สามารถจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ได้

ตารางที่ 8.1 แสดงพีเอชของจุดยุติสำหรับการหาสภาพต่างของตัวอย่างน้ำ

สภาพต่าง (มก./ลิตร CaCO <sub>3</sub> )	พีเอชของสารละลายที่จุดยุติ	
	สภาพต่างรวม	สภาพต่างฟีนอล์ฟธาเลิน
30	4.9	8.3
150	4.6	8.3
500	4.3	8.3
มีหรือสงสัยว่าจะมีซิลิเกต ฟอสเฟต	4.5	8.3
การวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ	4.5	8.3
น้ำทิ้งอุตสาหกรรมหรือน้ำทิ้งจากระบบที่ซับซ้อน	4.5	8.3

### 8.3 การวิเคราะห์หาสภาพต่างโดยวิธีใช้อินดิเคเตอร์

ก. สารละลายมาตรฐาน Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.01 โมล/ลิตร หรือ 0.02 N

#### วิธีการเตรียม

เตรียมได้โดยการอบ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ที่ 260 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น แล้วชั่งมา 1.060 กรัม ละลายในน้ำ 1000 มิลลิลิตร

#### การคำนวณความเข้มข้น

Molarity ของ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> =  $\frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง(กรัม)}}{[\text{มวลโมเลกุล(กรัมต่อโมล)} \times \text{ปริมาตรของสารละลาย(ลิตร)}]}$

มวลโมเลกุลของ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 106 กรัมต่อโมล

Normality ของ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 2 x Molarity

ข. สารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.01 โมล/ลิตร หรือ 0.02 N

#### วิธีการเตรียม

ก) เตรียมสารละลายกรดซัลฟูริก 1 นอร์มัล หรือ 0.5 โมลต่อลิตร(โมลาร์) จากกรดซัลฟูริก เข้มข้น (98%, 1.84 kg/L) ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 36 นอร์มัลหรือ 18 โมลาร์ โดยปิเปตกรดเข้มข้นมา 28.3 mL ละลายในน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

ข) ปิเปตสารละลายในข้อ ก) มา 10 mL ละลายในน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะมี กรดซัลฟูริก เข้มข้นประมาณ 0.01 โมล/ลิตร หรือ 0.02 N

#### การปรับเทียบมาตรฐาน

-ปิเปต (0.01 โมล/ลิตร)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  จำนวน 20 mL เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป 80 mL หยด Methyl Orange ลงไป 2 - 3 หยด ตีเทรต ด้วยสารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.01 โมล/ลิตร หรือ 0.02 N จนได้จุดยุติซึ่งสีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนจากเหลืองเป็นสีส้ม)

การคำนวณความเข้มข้น

$$\text{Normality } \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{ml } \text{Na}_2\text{CO}_3)(\text{Normality of } \text{Na}_2\text{CO}_3)/(\text{ml } \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\text{Normality ของ } \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \times \text{Molarity}$$

ค. การวิเคราะห์หาสภาพต่างในตัวอย่างน้ำ

เลือกใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างที่เหมาะสม(ดูตารางที่ 8.2) เพื่อที่จะใช้สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกไม่เกิน 25 มิลลิลิตร ในการตีเทรต โดยทั่วไปจะใช้ 50 มิลลิลิตรหรือ 100 มิลลิลิตร และควรใส่คลอรีนอิสระที่อาจจะมีอยู่ในตัวอย่างน้ำ โดยหยดสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 โมล/ลิตร ลงไป 1 หยด (0.05 มิลลิลิตร)

ตารางที่ 8.2 การเลือกปริมาณตัวอย่างน้ำทิ้งที่เหมาะสมเพื่อการวิเคราะห์สภาพต่าง

สภาพต่างของตัวอย่างน้ำ (มก./ลิตร $\text{CaCO}_3$ )	โมล/ลิตร ของ กรดซัลฟิวริก	ปริมาณตัวอย่างน้ำที่ใช้ (มิลลิลิตร)
0 - 500	0.0100	100
400 - 1,000	0.0100	50
500 - 1,250	0.0250	100
1,000 - 2,500	0.0250	10
1,000 - 2,500	0.0500	100
2,000 - 5,000	0.0500	50
4,000 - 10,000	0.0500	25

ก) ปิเปตหรือตวงตัวอย่างน้ำมา 100 มิลลิลิตร (หรือปริมาตรที่เหมาะสมแล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ใส่ลงในขวดเออร์เลนเมเยอร์และเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดเออร์เลนเมเยอร์อีกใบหนึ่ง

ข) หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ลงไปในขวดละ 3 หยด ถ้าตัวอย่างน้ำมีสีชมพู ตีเทรตด้วย กรดซัลฟิวริก 0.02 N จนกระทั่งสีชมพูหายไป (ค่าที่อ่านได้ = P1)

ค) หยดเมทิลออเรนจอินดิเคเตอร์ 3 หยดลงในแต่ละขวด ถ้าตัวอย่างมีสีเหลืองหรือ ๗ ตีเทรตต่อไปด้วยกรดซัลฟิวริก 0.02 N กระทั่งสังเกตเห็นสีเริ่มเปลี่ยนเป็นสีส้ม โดยเทียบสีกับสีในขวดที่มีน้ำกลั่น แสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว

จดปริมาตรกรดซัลฟิวริก 0.02 N ทั้งหมดที่ใช้(รวมปริมาตรกรดที่ใช้ตั้งแต่เริ่มตีเทรตซึ่งใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์) (ค่าที่อ่านได้ = T1)

ง) ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ ก) – ค) อีก 2 ครั้ง จะได้ปริมาตรกรดเมื่อใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์ คือ P1 P2 และ P3 (หาค่าเฉลี่ยจะได้ P) และเมื่อใช้เมทิลออเรนจ์ คือ T1 T2 และ T3 (หาค่าเฉลี่ยจะได้ T)

ง. การคำนวณ

$$\text{สภาพด่างทั้งหมด (มก./ลิตร CaCO}_3\text{)} = \frac{[\text{mL H}_2\text{SO}_4\text{ ที่ใช้ทั้งหมด(T)}][\text{Normality of H}_2\text{SO}_4] \times 50,000}{\text{มิลลิลิตร ของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพด่างฟีนอล์ฟธาไลน์(มก./ลิตร CaCO}_3\text{)} = \frac{[\text{mL H}_2\text{SO}_4\text{ ที่ใช้(P)}][\text{Normality of H}_2\text{SO}_4] \times 50,000}{\text{มิลลิลิตร ของตัวอย่างน้ำ}}$$

ให้ P = มิลลิลิตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไตเตรตเมื่อใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์

T = มิลลิลิตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไตเตรตทั้งหมด(เมทิลออเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์)

#### 8.4 ความสัมพันธ์ของสภาพด่าง

ในกรณีที่สภาพด่างของน้ำเกิดจากไบคาร์บอเนต คาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ และสมมติว่า ในตัวอย่างน้ำไม่มีกรดอ่อนทั้งในรูปของกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ เช่น Silicic acid Phosphoric acid และ boric acid และอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ไฮดรอกไซด์และไบคาร์บอเนตจะไม่อยู่รวมกัน ทำให้เราสามารถสรุปได้ดังนี้

$$1. \text{ ถ้า } P = T, \quad \text{สภาพด่างไฮดรอกไซด์} = \frac{P \times (\text{Normality of H}_2\text{SO}_4) \times 50,000}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพด่างคาร์บอเนต} = 0$$

$$\text{สภาพด่างไบคาร์บอเนต} = 0$$

$$2. \text{ ถ้า } P > T/2, \quad \text{สภาพด่างไฮดรอกไซด์} = \frac{(2P-T)(\text{Normality of H}_2\text{SO}_4)(50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพด่างคาร์บอเนต} = \frac{2(T-P)(\text{Normality of H}_2\text{SO}_4)(50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพด่างไบคาร์บอเนต} = 0$$

$$3. \text{ ถ้า } P = T/2, \quad \text{สภาพด่างคาร์บอเนต} = \frac{2P (\text{Normality of H}_2\text{SO}_4) (50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพต่างไบคาร์บอเนต} = 0$$

$$\text{สภาพต่างไบคาร์บอเนต} = 0$$

4. ถ้า  $P < T/2$ ,

$$\text{สภาพต่างคาร์บอเนต} = \frac{2P (\text{Normality of H}_2\text{SO}_4) (50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพต่างไบคาร์บอเนต} = \frac{(T-2P)(\text{Normality of H}_2\text{SO}_4)(50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพต่างไฮดรอกไซด์} = 0$$

5. ถ้า  $P = 0$ ,

$$\text{สภาพต่างไบคาร์บอเนต} = \frac{T(\text{Normality of H}_2\text{SO}_4)(50,000)}{\text{มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

$$\text{สภาพต่างคาร์บอเนต} = 0$$

$$\text{สภาพต่างไฮดรอกไซด์} = 0$$