บทที่ 2
เรื่อง การตรวจสอบและการวิเคราะห์ของเสีย

2.1 **การตรวจสอบและการวิเคราะห์ของเสีย** สามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ทางชีวภาพ เป็นการตรวจสอบสารที่เป็นพิษหรืออันตรายที่มีต่อสิ่งมีชีวิต โดยการเลือกใช้สิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวชี้วัดที่มีความจำเพาะ และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์นั้นได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้น
2. การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ เช่น การตรวจวัดความขุ่น ปริมาณสี อุณหภูมิ เป็นต้น
3. การวิเคราะห์ทางเคมี เช่น การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ปริมาณแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ เป็นต้น

2.2 **การวิเคราะห์ทางชีวภาพ**

จุลินทรีย์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวชี้วัด ควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. สามารถเจริญได้ในแหล่งที่อยู่เดียวกับจุลินทรีย์ที่ก่อโรค
2. สามารถเพิ่มจำนวนได้ ในลักษณะแปรผันกับจุลินทรีย์ที่ก่อโรค
3. สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ง่าย
4. ไม่สามารถพบในน้ำบริสุทธิ์และอาหาร

จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัด เช่น

1. จุลินทรีย์กลุ่ม Coliform โดยเฉพาะฟีคัลโคลิฟอร์ม (fecal Coliform) เช่น *E.coli* *Klebsiella* spp. เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นที่ปนมากับอุจจาระ ถ้าพบเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้แสดงว่าน้ำและอาหารที่ใช้บริโภคหรืออุปโภคนั้นไม่ปลอดภัย และมีการระบาดของโรคระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ *E.coli* เพื่อการตรวจสอบปริมาณโอโซนได้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้มข้นและระยะเวลาในการสัมผัส ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณ

E.coli ลดลงและตายได้ในที่สุด การวิเคราะห์โคลิฟอร์ม หรือ *E.coli* สามารถวิเคราะห์ได้ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number, MPN) วิธีเยื่อกรอง (Membrane filter) หรือวิธีตรวจนับจากจานเพาะเชื้อมาตรฐาน (Standard Plate Count) ส่วนนันฟิคัลโคลิฟอร์ม (non-fecal Coliform) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยในดินและพืช แม้จะมีความเป็นอันตรายที่น้อยกว่ากรณีแรก แต่สามารถใช้เป็นแบคทีเรียชี้วัดความไม่สะอาดของน้ำได้ เช่น *Enterobacter aerogenes*

2. Luminescent Bacteria เป็นแบคทีเรียที่เรืองแสงได้ เช่น Genus Photobacterium ได้แก่ *Photobacteria phosphoreum*, *Photobacterium fisheri* Genus Vibrio ได้แก่ *Vibrio fisheri* *Vibrio logei* Genus Xenorhabdus ได้แก่ *Xenorhabdus luminescens* เมื่อมีปริมาณสารพิษ จะทำให้การเรืองแสงของจุลินทรีย์เหล่านี้มีปริมาณที่น้อยลง โดยปริมาณสารพิษนี้ขึ้นกับชนิดและปริมาณสารพิษ เช่น การใช้ *Photobacterium fisheri* ในการตรวจสารพิษ methylparathion
3. โปรโตซัว สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สารก่อมะเร็ง เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนตรัส เป็นต้น โดยโปรโตซัวที่ใช้ เช่น *Paramecium aurella*, *Paramecium caudatum* การใช้ *P.caudatum* เพื่อการตรวจสอบปริมาณ 3,4-benzapyrene
4. แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. เช่น *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. oligocarbophilus* จากการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง เมื่อมีการปนเปื้อนของสาร 3,4-benzapyrene
5. แบคทีเรีย กลุ่ม *Spirillum volutans* ใช้เป็นตัวบ่งชี้สารโลหะหนักที่ปนเปื้อน เช่น สารปรอท ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง โดย *Spirillum spp* จะหยุดการเคลื่อนที่

2.3 การวิเคราะห์ทางฟิสิกส์

2.3.1 สี (Colour)

สีแท้จริง (true colour) เป็นสีที่เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายของพืชต่างๆ ได้เป็นกรดฮิวมิค (humic acid) กรดฟัลวิค (fulvic acid) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีความคงตัวสูง การวิเคราะห์จะเป็นการนำตัวอย่างน้ำมากรองหรือหมุนเหวี่ยง เพื่อเอาสารแขวนลอยออก แล้วมาเปรียบเทียบสีกับสีมาตรฐานของแพลทตินัมโคบอลต์มาตรฐาน (Platinum Cobalt Standard) ซึ่งได้จากการเจือจางของสารโปแตสเซียมคลอโรแพลทติเนต (Potassium chloroplatinate ,K_2PtCl_6)

และโคบอลตัสคลอไรด์ (Cobaltous chloride,$COCl_2 \cdot 6\ H_2O$) ส่วนสีที่ปรากฏ (apparent colour) เป็นสีที่เกิดจากสารที่มีขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ สีของน้ำประเภทนี้สามารถกำจัดออกได้ โดยการตกตะกอนหรือการกรอง เป็นต้น

2.3.2 ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอย ดิน และสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กๆ การวัดความขุ่นโดยวิธีเนฟิโลเมตริก (Nephelometric methods) เป็นการเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่ส่องผ่านตัวอย่างกับความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลายที่มีความขุ่นมาตรฐาน (Standard Reference Turbidity Suspension) มีหน่วยเป็น เอ็นทียู (Nephelometric Turbidity Units, NTU) สารละลายความขุ่นมาตรฐาน ได้แก่ ไฮดราซีนซัลเฟต (Hydrozine sulfate, $(NH_2)_2H_2SO_4$) เฮกซาเมทิลลีนเตตรามีน (Hexamethylenetetramine, $(CH_2)_6N_4$) เป็นต้น

2.3.3 การนำไฟฟ้า (Conductivity)

การนำไฟฟ้าของสารละลาย ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอนินทรีย์ เช่น เกลือแร่ต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยค่าการนำไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ หน่วยการนำไฟฟ้า คือ ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร (microsiemen per centrimeter)

2.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

2.4.1 พีเอช (pH)

พีเอช เป็นส่วนกลับลอการิทึมความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ในหน่วยที่เป็นกรัมของไฮโดรเจนไอออนต่อสารละลายหนึ่งลิตร

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

การวัดพีเอชสามารถทำได้ โดยการใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) หรือการใช้กระดาษวัดพีเอช โดยค่าพีเอชจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำ และมีส่วนสำคัญในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น กระบวนการตกตะกอน กระบวนการย่อยสลาย เป็นต้น

2.4.2 **ความเป็นกรด** (Acidity)

ความเป็นกรด เป็นความสามารถของน้ำที่จะให้โปรตอน หรือไฮโดรเจนไอออน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของกรดแก่ (mineral acid) เช่น กรดไนตริก หรือกรดอ่อน เช่น กรดคาร์บอนิก เป็นต้น ค่าความเป็นกรดจะได้จากการไตเตรตกับสารละลายด่างมาตรฐาน เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เมทิลออเรนจ์และฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ หรือโดยวิธีโพเทนชิออเมตริก (Potentiometric method) ซึ่งเหมาะกับน้ำที่มีสีและความขุ่น หน่วยของความเป็นกรดมักจะแสดงในรูปของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.3 **ความเป็นด่าง** (Alkalinity)

ความเป็นด่าง เป็นความสามารถของน้ำในการรับโปรตอน ซึ่งเนื่องจากในน้ำมีไบคาร์บอเนตไอออน (bicarbonate ion, HCO_3^-) คาร์บอเนตไอออน (carbonate ion, CO_3^{-2}) และไฮดรอกไซด์ไอออน (hydroxide ion, OH^-) ค่าความเป็นด่างจะได้จากการไตเตรตกับสารละลายกรดมาตรฐาน เช่น กรดไฮโดรคลอริก โดยใช้เมทิลออเรนจ์และฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ หน่วยของความเป็นด่าง มักจะแสดงในรูปของเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.4 **ความกระด้างของน้ำ** (Hardness)

2.4.4.1 ความกระด้างชั่วคราว (Carbonate hardness)

ความกระด้างชั่วคราวหรือความกระด้างคาร์บอเนต ซึ่งเกิดจากเกลือคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและมักเนเซียมที่ละลายอยู่ น้ำประเภทนี้สามารถทำให้หายกระด้างได้โดยวิธีการให้ความร้อน

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow[\Delta]{} CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

2.4.4.2 ความกระด้างถาวร (Non-carbonate hardness)

ความกระด้างถาวรเกิดจากเกลือของซัลเฟตและคลอไรด์ของแคลเซียมและมักเนเซียม วิธีทำให้น้ำหายกระด้างจะต้องใช้สารปูนขาว (CaO) โซดาแอช (Na_2CO_3) หรือโซดาไฟ (NaOH) เพื่อทำให้เกลือเหล่านี้ตกตะกอนลงมา

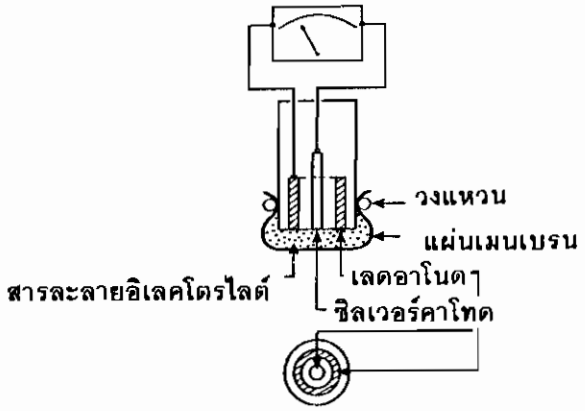
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2 + CaSO_4$$

วิธีการวัดความกระด้างของน้ำ ทำได้โดยวิธีอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric method) เป็นการไตเตรตด้วยสารละลายไดโซเดียมเอทิลลีนเตตราอะซิเตตไดไฮเดรต [$CH_2N(COOH)CH_2COONa]_2 \cdot 2H_2O$] โดยใช้ Eriochrome Black T เป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีน้ำเงิน

2.4.5 **ออกซิเจนที่ละลายน้ำ** (Dissolved Oxygen, DO)

การวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ โดยทั่วไปความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนในน้ำ จะขึ้นกับอุณหภูมิ ปริมาณคลอไรด์และสิ่งที่เจือปนในน้ำ โดยการละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิหรือปริมาณคลอไรด์ในน้ำมีเพิ่มขึ้น ค่าของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะวัดได้จากเครื่องดีโอมิเตอร์ (DO meter) หรือ ออกซิเจนมิเตอร์ (Oxygen meter) ซึ่งเป็นเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร หรือใช้วิธีทางเคมี เช่น วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชันของไอโอเมตริก (Azide Modification of Iodometric method)



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องออกซิเจนมิเตอร์

ที่มา Verilind, P.A., 1997

2.4.6 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

บีโอดี เป็นความต้องการปริมาณออกซิเจนทางชีวเคมี หรือแสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่ถูกแบคทีเรียใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปะปนในน้ำ โดยการวิเคราะห์จากผลต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้เริ่มต้นกับเมื่อเวลาที่ผ่านไป 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าบีโอดีจะมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของออกซิเจนต่อลิตร

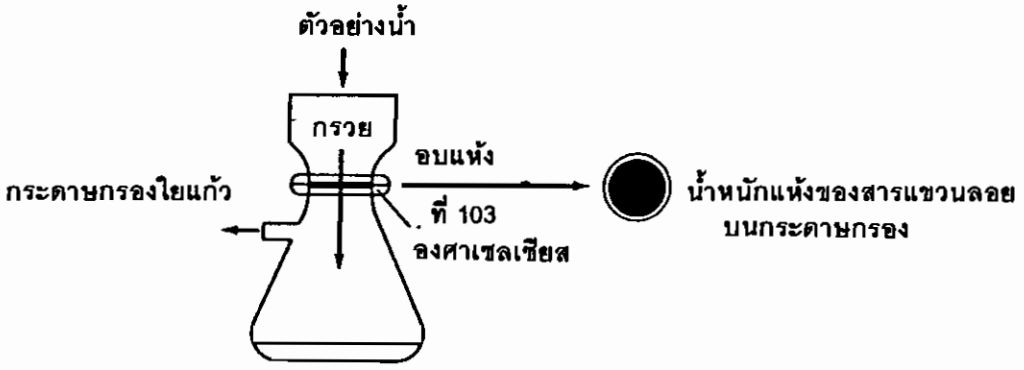
รูปที่ 2.2 แสดงขวดที่ใช้วัดบีโอดี

2.4.7 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ซีโอดี เป็นค่าความต้องการออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี มักนิยมใช้โปแตสเซียมไดโครเมต (Potassium dicromate, $K_2Cr_2O_7$) ซึ่งเป็นสารออกซิไดส์ ในการย่อยสารอินทรีย์ในสารละลายของกรดอย่างแรง ที่อุณหภูมิสูง ที่มีการกลั่นกลับคืน โดยปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือ จะนำมาไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานเฟรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6\ H_2O$) โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ที่ประกอบด้วย 1,10–ฟีแนนโทรลีนมอนอไฮเดรต (1,10-Phenanthroline monohydrate) กับไอร์ออน(II)ซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$) ที่จุดยุติจะมีการเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีน้ำเงินเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง ค่าที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีซีโอดีจึงมักมีค่าที่สูงกว่าค่าบีโอดี

2.4.8 ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

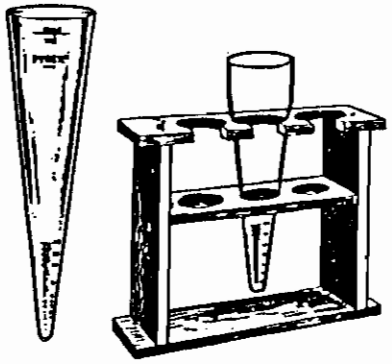
ปริมาณสารแขวนลอยเป็นสารเจือปนที่เป็นทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) ก่อนนำกระดาษกรองไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่ได้เป็นปริมาณสารแขวนลอยมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 2.3 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณสารแขวนลอย

2.4.9 **ตะกอนหนัก** (Settleable Solids)

ตะกอนหนัก เป็นปริมาณตะกอนที่สามารถจมตัวได้เอง เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ในกรวยอิมฮอฟฟ์ (Imhoff cone) ซึ่งเป็นกรวยขนาดใหญ่ และมีขีดบอกปริมาตรไว้ มีความจุเป็น 1 ลิตร ค่าของตะกอนหนักที่ได้จะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตร



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของกรวยอิมฮอฟฟ์

2.4.10 **ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** (Total Dissolved Solids, TDS)

สารละลายทั้งหมดหลังจากได้กรองเอาส่วนที่เป็นสารแขวนลอยออกไปแล้ว โดยส่วนน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้วแล้วจะนำไประเหย น้ำหนักที่ได้จะเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.11 **ปริมาณของแข็งทั้งหมด** (Total Solids, TS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นปริมาณสารที่เหลืออยู่หลังจากได้ระเหยเอาน้ำออกจากตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์ ดังนั้นปริมาณของแข็งทั้งหมดจึงเป็นปริมาณที่รวมทั้งของแข็งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.12 **ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้และสารคงตัว** (Volatile Solids, VS and Fixed Solids, FS)

ของแข็งที่ระเหย เป็นปริมาณของสารที่สามารถสลายหรือระเหยไปได้ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ ส่วนตะกอนที่เหลืออยู่ไม่ระเหยไปเรียกว่าปริมาณสารคงตัว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์

ตัวอย่างที่ 2.1 ในการวิเคราะห์น้ำเสีย โดยปริมาตรตัวอย่างที่ใช้เท่ากับ 50 มิลลิลิตร จงคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ระเหย และปริมาณสารแขวนลอย

เมื่อ น้ำหนักของจานระเหย เท่ากับ 53.5433 กรัม

น้ำหนักของจานระเหยกับส่วนของเศษที่เหลือหลังจากการระเหยที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เท่ากับ 53.5793 กรัม

น้ำหนักของจานระเหยกับส่วนของเศษที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เท่ากับ 53.5772 กรัม

น้ำหนักของกระดาษ Whatman GF/C เท่ากับ 1.5433 กรัม

น้ำหนักของกระดาษ Whatman GF/C กับส่วนของเศษที่เหลือหลังจากการระเหยที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.5553 กรัม

วิธีทำ

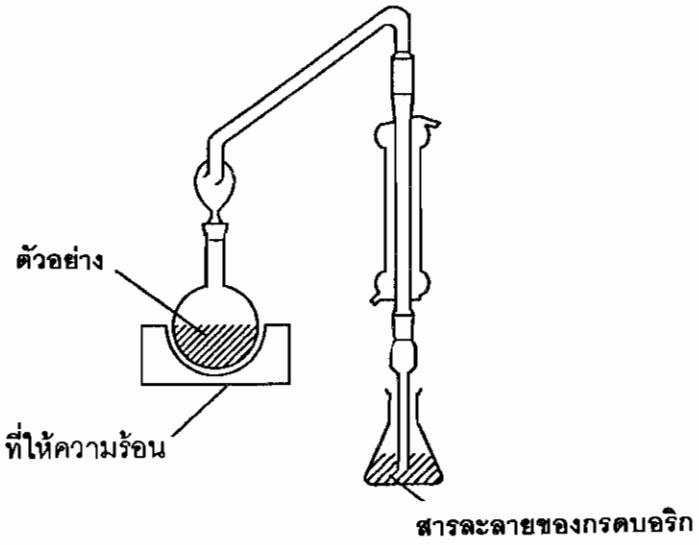
1. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) $= \dfrac{(53.5793 - 53.5433) \times 1{,}000 \text{ mg/g}}{0.050 \text{ l}} = 720 \text{ mg/l}$

2. ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (VS) $= \dfrac{(53.5793 - 53.5772) \times 1{,}000 \text{ mg/g}}{0.050 \text{ l}} = 42 \text{ mg/l}$

3. ปริมาณสารแขวนลอย (SS) $= \dfrac{(1.5553 - 1.5433) \times 1{,}000 \text{ mg/g}}{0.050 \text{ l}} = 240 \text{ mg/l}$

2.4.13 **แอมโมเนีย-ไนโตรเจน** (Ammonia-Nitrogen)

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน จะหาได้โดยการกลั่นในสภาพที่เป็นด่าง โดยปริมาณแอมโมเนียที่ถูกกลั่นได้จะผ่านลงไปในสารละลายของกรดซัลฟูริกหรือกรดบอริก (H_3BO_3) ก่อนนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน หรือวิธีเนสสเลอร์ไรเซชัน (Nesslerization) โดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายเนสสเลอร์ ทำให้ได้สารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายแอมโมเนียมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน



รูปที่ 2.5 แสดงการกลั่นตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน
ที่มา Reeve, R.N., 1994

2.4.14 **สารอินทรีย์-ไนโตรเจน** (Organic-Nitrogen)

สารอินทรีย์ไนโตรเจนหรือปริมาณเจลดาห์ลไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) เป็นการย่อยสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจนก่อน โดยการใช้กรดแก่ ภายใต้อุณหภูมิที่สูง โดยวิธีเจลดาห์ล ก่อนทำให้สารละลายเป็นด่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปกลั่นโดยมีกรดบอริกเป็นสารที่จับกับปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่เกิดขึ้น และไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ดังนั้นค่า TKN จึงเป็นค่ารวมระหว่างสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน

2.4.15 **ไนเตรต-ไนโตรเจน** (Nitrate-Nitrogen)

การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของไนเตรตกับสารละลายบรูซีน (Brucine) ภายใต้สภาพที่เป็นกรดและอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดสารสีเหลืองของซัลเฟอร์ ซึ่งสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

2.4.16 **ไนไตรต์-ไนโตรเจน** (Nitrite-Nitrogen)

การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของไนไตรต์กับกรดซัลฟานิลิกและแอลฟาแนพทิลลามีนไฮโดรคลอไรด์ เกิดสีอะโซ (azo dye) เป็นสารประกอบสีม่วงแดง ซึ่งสามารถวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายไนไตรต์มาตรฐาน

2.4.17 **เอ็มแอลเอสเอส** (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS)

เอ็มแอลเอสเอส เป็นปริมาณหรือความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศในระบบเอคติเวเตดสลัดจ์ คิดเป็นปริมาณของผสมของน้ำทิ้งกับตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอาหาร เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราส่วนของอาหารต่อมวลจุลินทรีย์ (food to mass ratio, F/M) คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างบีโอดีที่ทางเข้าสู่ถังเติมอากาศกับปริมาณเอ็มแอลเอสเอสที่อยู่ในถังเติมอากาศนั้น ซึ่งอัตราส่วนนี้จะใช้เป็นตัวกำหนดและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

2.4.18 **ปริมาตรของสลัดจ์** (Sludge Volume, SV)

ปริมาตรของสลัดจ์ มีหน่วยเป็นปริมาตรของสลัดจ์ต่อตัวอย่างน้ำทิ้ง 1 ลิตร

2.4.19 **เอ็มแอลวีเอสเอส** (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids, MLVSS)

เอ็มแอลวีเอสเอส หมายถึงปริมาณอินทรีย์สารที่เป็นของแข็ง เป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบและการควบคุมการทำงานของระบบบำบัด และใช้เป็นค่าที่แสดงปริมาณของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าค่าเอ็มแอลเอสเอส ค่าเอ็มแอลวีเอสเอสมักมีค่าประมาณ 50-80 ของค่าเอ็มแอลเอสเอส

2.4.20 **สลัดจ์วอลุมอินเด็กซ์** (Sludge Volume Index, SVI)

สลัดจ์วอลุมอินเด็กซ์ คือ ปริมาณของแอคติเวเตดสลัดจ์ 1 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลานาน 30 นาที โดยมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม

2.4.21 **กรดระเหย** (Volatile Acid)

กรดระเหย เป็นกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็กๆ เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดโพรพิออนิก (propionic acid) เป็นต้น ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต โดยแบคทีเรียประเภทแอซิดฟอร์เมอร์ส (acid formers) ในกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ โดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งปริมาณกรดที่ระเหยนี้สามารถวิเคราะห์ได้โดยการไตเตรต หรือวิธีโพเทนซิออเมตริก

2.4.22 **ปริมาณฟอสฟอรัส** (Phosphorus)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส ในกรณีที่เป็นอินทรีย์ฟอสเฟตจำเป็นต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของออร์โทฟอสเฟตที่ละลายน้ำก่อน โดยการใช้กรดเปอร์คลอริก หรือกรดไนตริก ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณออร์โทฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้นั้นมีหลายวิธี เช่น วิธีการเทียบกับสีมาตรฐาน โดยวิธีกรดวานาโดโมลิบโดฟอสฟอริก (vanadomolybdophosphoric acid) ซึ่งทำให้ได้สารละลายสีเหลือง ที่สามารถวัดการดูดกลืนแสงในช่วง 400 420 และ 470 นาโนเมตร โดยการเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต ในช่วง 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4-18 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนวิธีสแทนนัสคลอไรด์ (stannous chloride) นั้น ปริมาณฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมโมลิบเดต $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4\ H_2O)]$ ได้เป็นแอมโมเนียมฟอสฟอโมลิบเดต ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ได้สารละลายสีน้ำเงิน

$$PO_4^{3-} + 12\ (NH_4)_2MoO_4 + 12\ H^+ \longrightarrow (NH_4)PO_4\ 12\ MoO_3 + 21\ NH_4^+ + 12\ H_2O$$

$$(NH_4)_3PO_4\ 12\ MoO_3 + Sn^{2+} \longrightarrow (\text{molybdenum blue}) + Sn^{4+}$$

2.4.23 **ปริมาณคลอรีนอิสระ** (Free Chlorine)

เนื่องจากคลอรีนอิสระที่มีในน้ำนั้นสามารถละลายและทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆได้ง่าย โดยเฉพาะในน้ำที่มีสารอินทรีย์อยู่เป็นปริมาณมาก เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับแอมโมเนียได้เป็นคลอรามีน (chloramine) ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนอิสระจึงควรรีบวิเคราะห์ทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่างน้ำ การวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนอิสระมีได้หลายวิธี เช่น วิธี

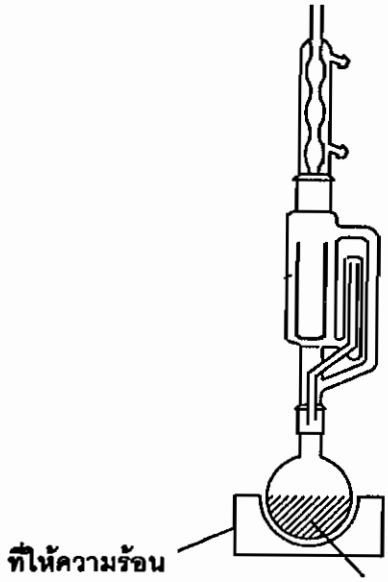
ไอโดเมตริก (Idometric method) วิธีออโทโทลิดีน (Orthotolidine method) วิธีไดเอทิลพาราฟีนีลีน ไดอามีน (ดีพีดี) (Diethyl-p-phenylenediamine(DPD) method)

2.4.24 ปริมาณคลอไรด์ (Chloride)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ มักใช้วิธีซิลเวอร์ไนเตรต โดยการไตเตรตตัวอย่างน้ำกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต และใช้โปแตสเซียมโครเมตเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติจะได้ตะกอนสีอิฐในสารละลายสีเหลือง ส่วนวิธีเมอร์คิวรี (II) ไนเตรต จะเป็นการไตเตรตตัวอย่างน้ำกับสารละลายมาตรฐานเมอร์คิวรี (II) ไนเตรต โดยใช้ไดฟีนิลคาร์บาโซน (diphenyl carbazone) เป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าม่วง

2.4.25 ปริมาณน้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease, FOG)

ปริมาณน้ำมันและไขมัน หมายถึงปริมาณน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำ โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ โดยวิธีสกัดด้วยกรวยแยก (Separatory Funnel Extraction) หรือวิธีสกัดด้วยซอกฮ์เลต (Soxhlet Extraction) เช่น ไตรคลอโรไตรฟลูโอโรอีเทน (trichlorotrifluoro ethane) แล้วระเหยตัวทำละลายออกไป น้ำหนักแห้งที่ได้มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 2.6 แสดงวิธีการสกัดด้วยซอกฮ์เลต

ที่มา Reeve, R.N., 1994

2.4.26 ปริมาณโลหะปนเปื้อน (Metals)

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะปนเปื้อนต่างๆในตัวอย่างน้ำ จะเป็นการวิเคราะห์โดยอะตอมมิกแอบซอร์ชัน สเปกโทรโฟโตเมตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ได้แม้มีปริมาณโลหะปนเปื้อนน้อยๆ

2.4.27 ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO_2)

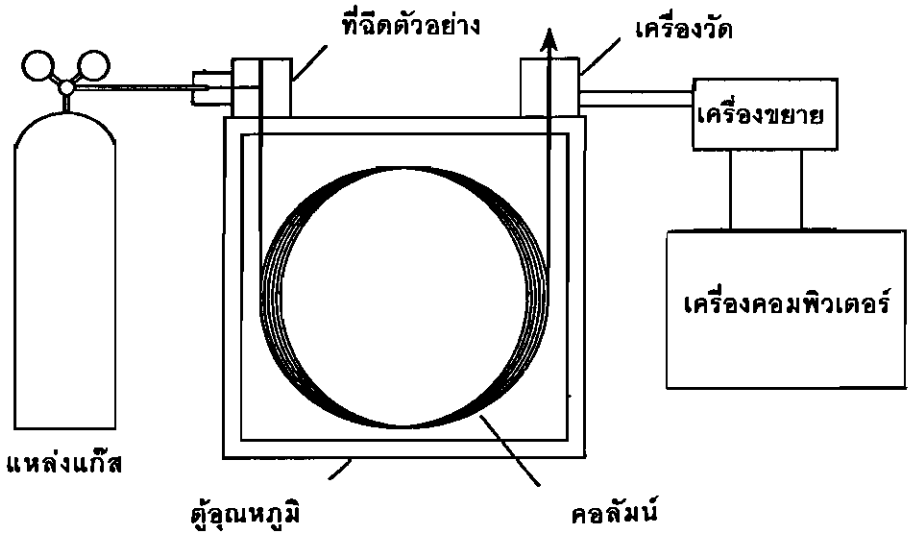
ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีในอากาศ สามารถวัดได้โดยวิธีพาราโรซานิลีน (pararosaniline) โดยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีในตัวอย่างอากาศที่เก็บได้ จะทำปฏิกิริยากับสารละลายโปตัสเซียมเตตราคลอโรเมอคิวเรต (potassium tetrachloromercurat, TCM) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ 1,2-ไดคลอโรซัลฟิโตเมอคิวเรต (1,2-dichlorosulfitomercurate) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารพาราโซซานิลีน (Pararosaniline) และฟอร์มัลดีไฮด์ (formadehyde) เกิดเป็นกรดพาราโรซานิลีน เมทิลซัลโฟนิก (pararosaniline methyl sulfonic acid) ได้เป็นสารละลายสีม่วงแดง ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร

2.4.28 ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide, NO_2)

ปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ สามารถวัดได้โดยวิธี Griess-Saltman โดยแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีในตัวอย่างอากาศที่เก็บได้ จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นไนไตรท์ไอออน (NO_2^-) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟานิลิก (sulfanilic acid, $NH_2C_6H_4SO_3H \cdot H_2O$) ในกรดอะซิติก ได้เป็นสารประกอบไดอะโซเนียม (diazonium) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแนพทิลเอทิลีนไดเอมีนไดไซโคลคลอไรด์ (N-(-naphthyl-ethylenediamine dicycrochloride) ได้สารละลายสีอะโซเป็นสีชมพู ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

2.4.29 สารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon, HC)

การวิเคราะห์ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน จะใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) และเครื่องตรวจวิเคราะห์เป็นแบบเฟรมไอออไนเซชัน ดีเทคเตอร์ (Flame Ionization Detector, FID)



รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

ที่มา Reeve, R.N., 1994