แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5
เรื่อง การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. สีของน้ำ
2. กลิ่นของน้ำ
3. อุณหภูมิ
4. ความโปร่งใสของน้ำ
5. ของแข็งในน้ำ
6. สรุป
7. แบบฝึกหัดบทที่ 5
8. เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อนักศึกษาเรียนบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายลักษณะคุณภาพน้ำทางกายภาพได้
2. ทำการวัดค่าความโปร่งใสของน้ำได้
3. อธิบายลักษณะของแข็งในน้ำประเภทต่างๆ ได้
4. ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพได้

วิธีการสอน

1. ศึกษาเอกสารประกอบการสอนบทที่ 5
2. ทำปฏิบัติการเกี่ยวกับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ
3. อภิปรายกลุ่ม ตอบข้อซักถาม
4. ทำแบบฝึกหัดท้ายบท พร้อมอภิปรายร่วมกัน
5. สรุปผลการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาอีกครั้ง

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. สื่อประกอบการสอน (Power point)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
4. แบบฝึกหัดท้ายบท

การวัดผลและประเมินผล

1. ประเมินผลจากการอภิปรายกลุ่ม
2. ประเมินผลจากการตอบแบบฝึกหัดท้ายบท
3. ประเมินผลจากการทำปฏิบัติการและการอภิปรายผล
4. ประเมินผลจากการสอบประจำภาคการศึกษา

บทที่ 5
การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เป็นวิธีการตรวจสอบลักษณะของน้ำหรือแหล่งน้ำเพื่อบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำนั้นว่าเหมาะสมต่อการนำไปใช้หรือการปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือไม่ โดยทั่วไปวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมักใช้วิธีการเดียวกับที่กรมควบคุมมลพิษใช้ในการตรวจวิเคราะห์เพื่อบอกคุณภาพของแหล่งน้ำนั้นว่ามีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใดเมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของน้ำต่างๆ จากที่คุณลักษณะของน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านชีวภาพ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำจึงตรวจสอบแยกตามคุณลักษณะของน้ำเช่นเดียวกัน คือ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพ การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านเคมี และการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านชีวภาพ ซึ่งการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพนั้นเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น ซึ่งได้ผลมาจากการรับรู้จากประสาทสัมผัสของผู้ตรวจเป็นหลัก และมีการใช้เครื่องมืออย่างง่ายในการทดสอบ โดยการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพสามารถตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำได้ดังนี้

สีของน้ำ

สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น น้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลืองซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำที่มีใบไม้ทับถมจะมีสีน้ำตาล หรือถ้ามีตะไคร่น้ำจะมีสีเขียว ซึ่งการตรวจดูสีของน้ำสามารถทำได้โดยการใช้การสังเกตจากสายตาของผู้ตรวจ หรือการนำตัวอย่างน้ำมาเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน

1. สารละลายสีมาตรฐาน

สีของน้ำตามธรรมชาติเป็นสีเหลืองออกน้ำตาล ซึ่งจากการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอโรแพลตทีเนต (Potassium chloroplatinate: K_2PtCl_6) ผสมกับผลึกโคบอลตัสคลอไรด์ (Cobaltous chloride: $CoCl_2.6H_2O$) จำนวนหนึ่งจะให้สีใกล้เคียงกับสีน้ำธรรมชาติมากที่สุด โดยเฉดสีของน้ำเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของโคบอลตัสคลอไรด์ที่ใช้ ซึ่งหน่วยมาตรฐานสำหรับวัดสี คือ ความเข้มข้นแพลตทีนัม (Pt) 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูป K_2PtCl_6 จะมีสีเท่ากับ 1 หน่วยของสี (Unit of color) หมายความว่า หากเตรียมสารละลายแพลตทีนัมเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วเติมโคบอลตัสคลอไรด์ลงไปให้สีคล้ายธรรมชาติที่สุด สารละลายนี้จะมี 500 หน่วยสี (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

การวัดสีจริงนั้นน้ำที่มีความขุ่นหรือมีสารแขวนลอยในน้ำจะขัดขวางการวัดสีจริงในแหล่งน้ำนั้น ดังนั้นต้องมีการกำจัดสารแขวนลอยออกโดยการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ไม่ใช้การกรองผ่านกระดาษกรองเพราะสีอาจถูกกระดาษกรองดูดซับไว้ ส่วนการวัดสีปรากฏสามารถวัดสีได้เลย ซึ่งหากตัวอย่างน้ำมีความเข้มสีมากกว่า 70 หน่วย ควรมีการเจือจางน้ำก่อนเปรียบเทียบสีกับสารละลายมาตรฐาน แล้วคูณผลกลับด้วยค่าการเจือจาง (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

2. วิธีวัดสี

การวัดสีนิยมนำมาใช้วัดกับแหล่งน้ำธรรมชาติมากกว่าน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำจากโรงงานมักมีสารสังเคราะห์ที่ทำให้มีสีผิดไปจากธรรมชาติ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานของแพลตทีนัมโคบอลต์ได้ สีของน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอช โดยเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจะมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้น ดังนั้น ในการรายงานสีต้องมีการวัดและระบุค่าพีเอชด้วย ซึ่งการวัดสีสามารถทำได้ 2 วิธี คือ เปรียบเทียบสีด้วยตา และการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 วิธีเปรียบเทียบสีด้วยตา

วิธีการเปรียบเทียบสีเป็นการใช้การเตรียมสารละลายสีมาตรฐานให้เกิดสีที่หน่วยสีต่างๆ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมาเปรียบเทียบกับสีที่เกิดขึ้น ซึ่งมีอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

2.1.1 อุปกรณ์

2.1.1.1 หลอดเนสเลอร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

2.1.1.2 เครื่องวัดพีเอช

2.1.2 สารเคมี

เตรียมสต๊อค (Stock) สารละลายสีมาตรฐานความเข้มข้นสี 500 หน่วยสี โดยชั่งโพแทสเซียมคลอโรแพลตทีเนต (K_2PtCl_6) 1.246 กรัม และผลึกโคบอลตัสคลอไรด์ ($CoCl_2.6H_2O$) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่มีกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

<u>หมายเหตุ</u> โพแทสเซียมคลอโรแพลตทีเนต สมมูลกับ 500 มิลลิกรัมแพลตทีนัม และผลึกโคบอลตัสคลอไรด์ สมมูลกับ 250 มิลลิกรัมโคบอลต์

2.1.3 วิธีการทดลอง (สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540 และ กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544)

2.1.3.1 เตรียมอนุกรมของสาระลายสีมาตรฐานความเข้มข้นสี 5-70 หน่วยสีที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตามตารางที่ 5.1 เก็บในภาชนะที่สะอาดและปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยและการปนเปื้อน ดังภาพที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเตรียมอนุกรมสารละลายสีมาตรฐานที่ความเข้มสี 5-70 หน่วยสี

หน่วยความเข้มสี	**ปริมาตรการเจือจางสารละลายสีมาตรฐาน (มิลลิลิตร) (ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร)**
0	0.0
5	0.5
10	1.0
15	1.5
20	2.0
25	2.5
30	3.0
35	3.5
40	4.0
45	4.5
50	5.0
60	6.0
70	7.0

ที่มา (สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540)

2.1.3.2 หากต้องการดูสีจริงให้นำน้ำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยง เพื่อตกตะกอนของแข็งแขวนลอยในน้ำ จากนั้นดูดส่วนใสใส่ในหลอดเนสเลอร์ แต่หากต้องการดูสีปรากฏให้นำตัวอย่างน้ำใส่หลอดเนสเลอร์มาเปรียบเทียบสีกับสารละลายสีมาตรฐานได้โดยตรง

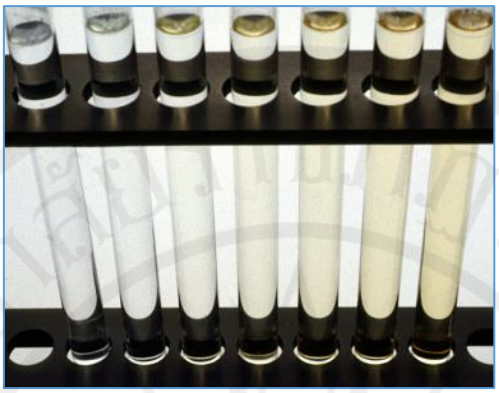
<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นสีเกินกว่า 70 หน่วยให้ทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นก่อนนำมาเปรียบเทียบสี

2.1.3.3 ดูสีจากด้านบนของปากหลอดไปหาฉากสีขาวที่เอียงทำมุมตกกระทบกันหรืออาจใช้กระดาษขาววางรองด้านล่างหลอด

2.1.3.4 วัดค่าพีเอชของน้ำ

2.1.3.5 รายงานผลเป็นหน่วยสีโดยรายงานเป็นจำนวนเต็มของการคำนวณดังนี้

$$\text{หน่วยสี} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากการเปรียบเทียบสี} \times 50}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่นำมาเจือจาง (มิลลิลิตร)}}$$



ภาพที่ 5.1 อนุกรมสารละลายมาตรฐานสีสำหรับการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างน้ำที่มา (Hunter Associates Laboratory, 2012)

2.2 วิธีวัดค่าการดูดกลืนแสง

วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อวัดสีของน้ำเป็นการใช้เครื่องมือเข้ามาช่วยลดปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการอ่านสีด้วยสายตาของแต่ละบุคคล ซึ่งต้องใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) มาอ่านค่าจากความยาวคลื่นที่กำหนด โดยมีวิธีการดังนี้

2.2.1 อุปกรณ์

2.2.1.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

2.2.1.2 ควิเวต (Cuvette)

2.2.2 สารเคมี

เหมือนกับวิธีการเปรียบเทียบด้วยตา

2.2.2 วิธีการทดลอง

2.2.2.1 หาค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงที่ดีที่สุดของสารละลายสีมาตรฐานที่นำมาเจือจางเป็นอนุกรมแต่ละหน่วยสี จากนั้นใช้ค่าความยาวคลื่นนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละอนุกรม

2.2.2.2 นำตัวอย่างน้ำมาหาค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ความยาวคลื่นเดียวกับการวัดสารละลายสีมาตรฐาน อ่านค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มสีต่างๆ รายงานผลเป็นจำนวนเต็ม

กลิ่นของน้ำ

กลิ่นของน้ำเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ในน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนสามารถทำให้เกิดกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide: H_2S) หรือก๊าซไข่เน่า สามารถใช้จมูกในการดมกลิ่นของน้ำเพื่อบ่งบอกการเน่าเสียของน้ำได้เบื้องต้น

ตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษเรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (Sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2554 ระบุไว้ว่า ผู้ทดสอบกลิ่นต้องเป็นผู้ที่ได้ขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ หรือกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานที่กรมควบคุมมลพิษมอบหมาย หรือรับรอง จำนวนไม่น้อยกว่า 6 คนผู้ที่จะเข้ารับการคัดเลือกเป็นผู้ทดสอบกลิ่นจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีอายุระหว่าง 18-60 ปี
2. มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นโรคภูมิแพ้ หรือโรคระบบทางเดินหายใจ และมีสุขภาพจิตดี
3. มีประสาทสัมผัสรับรู้กลิ่น สามารถตรวจจับกลิ่น แยกแยะกลิ่นและจดจำกลิ่นได้ และผ่านการทดสอบการรับรู้กลิ่นตามวิธีการที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด
4. ไม่เป็นผู้ที่ตื่นเต้น ตื่นตระหนก หรือตกใจง่าย
5. ไม่ดื่มเหล้า และไม่สูบบุหรี่
6. ไม่อยู่ในระหว่างตั้งครรภ์
7. ไม่ทำงานหรืออาศัยอยู่ในหรือใกล้โรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบกิจการที่อาจทำให้เกิดความคุ้นเคยกับกลิ่นหรืออาจทำให้เกิดผลกระทบต่อประสาทสัมผัสรับรู้กลิ่น
8. มีความอดทนและเต็มใจทำการทดสอบกลิ่น แม้ว่าจะต้องใช้ระยะเวลานานในการทดสอบ

จากประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษข้างต้นจะเห็นว่าการตรวจสอบกลิ่นของแหล่งน้ำเป็นเรื่องที่มีขั้นตอนมาก ตรวจสอบได้ยากเพราะเป็นเรื่องของความรู้สึกและประสิทธิภาพของประสาทรับความรู้สึกของผู้ตรวจสอบ เช่นเดียวกับการตรวจสอบสีของแหล่งน้ำ ดังนั้นค่ามาตรฐานของแหล่งน้ำโดยทั่วไปจึงระบุแค่ไม่เป็นที่น่ารังเกียจเท่านั้น

อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำมีผลในด้านการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ รวมถึงเพิ่มกระบวนการเมตาบอลิซึมและการทำงานของจุลินทรีย์ในน้ำด้วย อุณหภูมิของน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ ความลึก กระแสลม ปริมาณสารแขวนลอย เป็นต้น

โดยปกติอุณหภูมิของสภาพแหล่งน้ำธรรมชาติมักสูงจนเกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำมากนัก แต่ส่วนใหญ่อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มสูงกว่าปกติเกิดจากการปล่อยน้ำที่ผ่านกระบวนการหล่อเย็นโดยไม่ผ่านการพักน้ำของโรงงานอุตสาหกรรมออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้งอุณหภูมิสูงนี้ได้รับผลกระทบจนอาจถึงตายได้ ดังนั้นตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) จึงได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ให้มีค่าไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันอันตรายและผลกระทบที่อาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป

วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิสามารถใช้เครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติที่แสดงผลแบบดิจิตอลหรือใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงไปในน้ำลึกประมาณ 15 เซนติเมตร แช่ไว้ประมาณ 5 นาที จากนั้นอ่านค่าที่ได้ ซึ่งการวัดอุณหภูมิของน้ำต้องทำการวัดในพื้นที่ทันทีเพื่อให้ได้ผลของสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด (ภาพที่ 5.2)

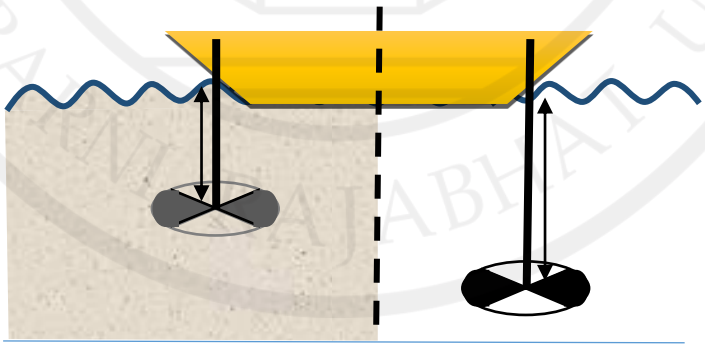
ภาพที่ 5.2 การวัดอุณหภูมิของน้ำ
(ที่มา: Utah Water Watch, 2012)

ความโปร่งใสของน้ำ

ความโปร่งใส (Transparency) ของน้ำเป็นการวัดระยะความลึกที่แสงสามารถส่องลงไปในน้ำได้ ซึ่งความโปร่งใสจะแปรผันตามสีของน้ำและความขุ่นของน้ำ โดยสามารถวัดได้ง่ายด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าเซคคิดิสก์ (Secchi disc) เป็นแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20-30 เซนติเมตร ทำจากไม้ พลาสติกหรือโลหะที่แบ่งเป็น 4 ส่วน ทาสีขาวสลับสีดำ มีจุดกึ่งกลางแผ่นสำหรับผู้เชือกเพื่อใช้ในการหย่อนลงน้ำ (ภาพที่ 5.3) ซึ่งหากแผ่นเซคคิดิสก์ มีน้ำหนักเบาอาจมีตุ้มถ่วงน้ำหนักไว้ที่ใต้แผ่นเพื่อให้เกิดการจมตัวได้ดีขึ้น

ภาพที่ 5.3 เซคคิดิสก์

วิธีการวัดความโปร่งใสทำได้โดยการหย่อนเซคคิดิสก์อย่างช้าๆ ลงไปในน้ำ จนกระทั่งมองไม่เห็นแผ่นเซคคิดิสก์ แล้วบันทึกความยาวของเชือกที่ได้ (S1) จากนั้น หย่อนเชือกลงไปอีกเล็กน้อย แล้วดึงเชือกขึ้นจนกระทั่งเริ่มเห็นแผ่นเซคคิดิสก์ บันทึกความยาวเชือก (S2) ค่าความโปร่งใสของแหล่งน้ำนั้น คือ ค่าเฉลี่ยของความยาวที่วัดได้ [(S1+S2)/2] (ภาพที่ 5.4) ซึ่งถ้าแหล่งน้ำมีความขุ่นมาก เมื่อหย่อนเซคคิดิสก์ ลงไปในน้ำจะสังเกตเห็นสีที่อยู่บนแผ่นจานได้ในความลึกไม่มาก ระดับความยาวของเส้นเชือกที่หย่อนจะสั้น แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีความโปร่งใสน้อยหรือมีความขุ่นมากนั่นเอง

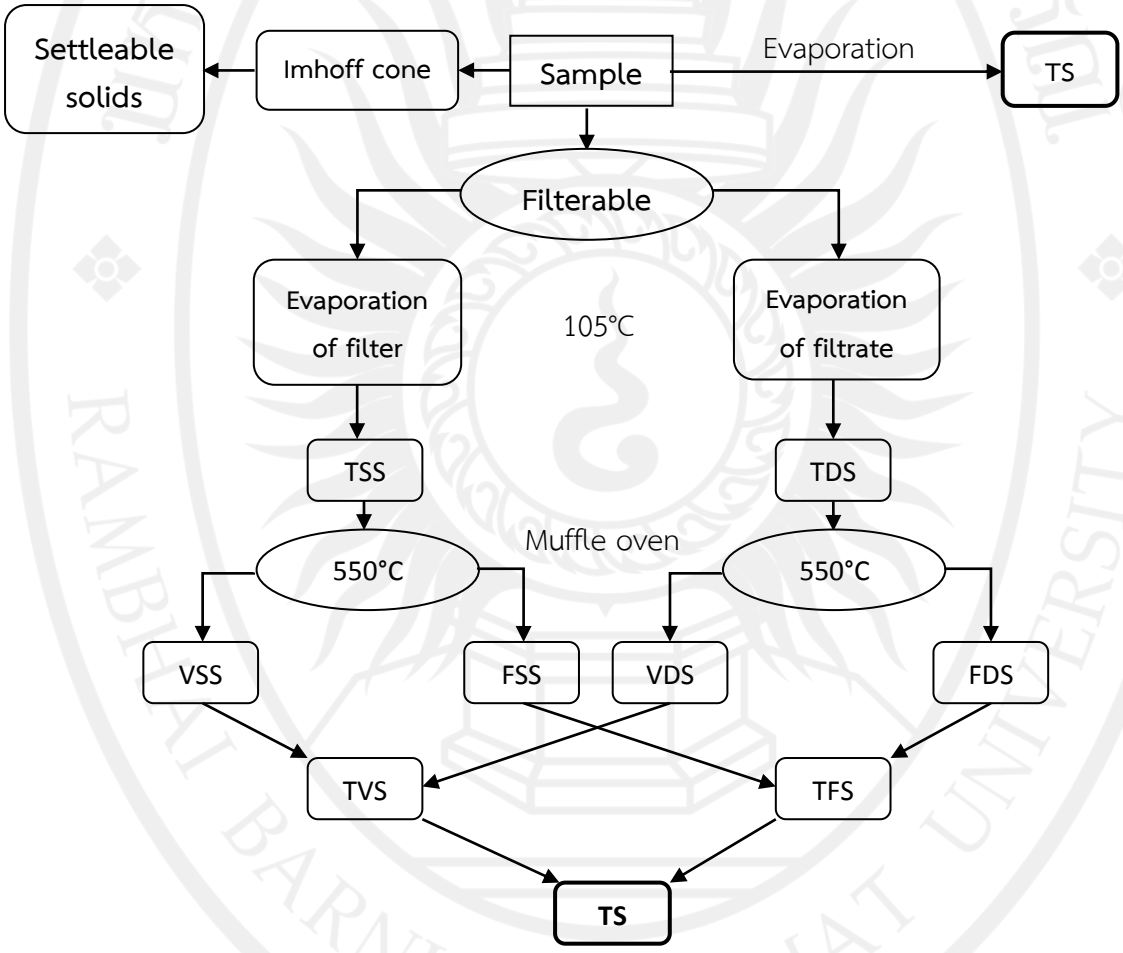


ภาพที่ 5.4 วิธีการวัดความโปร่งใสของน้ำโดยใช้เซคคิดิสก์

ของแข็งในน้ำ

ของแข็ง (Solids) ในน้ำเป็นของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย ตะกอน และสารที่ละลายน้ำได้ ของแข็งที่อยู่ในน้ำอาจเป็นทั้งสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่ละลายหรือไม่ละลายน้ำ เป็นของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) หรือของแข็งจมตัว (Settleable solids)

ของแข็งทั้งหมด (Total solids: TS) คือ ของแข็งที่เหลืออยู่หลังจากการระเหยเอาน้ำออกจนหมดภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด ซึ่งเป็นผลรวมของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solids, TSS) ที่ตกค้างบนกระดาษกรอง กับของแข็งละลายทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) ที่เป็นส่วนที่ผ่านกระดาษกรองลงมา ซึ่งอาจแยกของแข็งทั้งหมดออกได้ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 5.5)



ภาพที่ 5.5 การแยกประเภทของแข็งในน้ำ

1. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids: TDS) คือ ส่วนที่ละลายน้ำและสามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber paper: Whatman GF/C) ขนาดรูพรุน 0.45 ไมครอนได้ จากนั้นนำมาระเหยเอาน้ำออกจนหมดที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักที่ได้ คือ ของแข็งละลายน้ำ ส่วนใหญ่เป็นเกลือของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นต้น

2. ของแข็งไม่ละลายน้ำ (Insoluble solids) คือ ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น

2.1 ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids: SS) คือ ส่วนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำโดยที่ไม่ตกตะกอนจมตัวลงด้านล่าง หาได้โดยกรองน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้ว แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้โถดูดความชื้น (Desiccator) ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรองที่เพิ่มขึ้น

2.2 ของแข็งจมตัว (Settleable solids) คือ ส่วนที่มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก สามารถจมตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ หาได้โดยนำน้ำมาใส่ในอุปกรณ์ที่เรียกว่า อิมฮอฟโคน (Imhoff cone) (ภาพที่ 5.6) มีขนาด 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 60 นาที จากนั้นอ่านค่าจากขีดบอกปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลิตรต่อชั่วโมง (ลบ.ซม./ลิตร/ชม.) หรืออาจอ่านค่าเป็นเอสวี 60 (Sludge volume 60, SV60) แต่หากตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีจะอ่านค่าเป็นเอสวี 30 (SV30)

ภาพที่ 5.6 อิมฮอฟโคน

3. ของแข็งระเหยได้ (Volatile solids: VS) คือ ของแข็งที่ระเหยได้เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550±50 องศาเซลเซียส ซึ่งได้แก่สารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ที่ถูกเผาจะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็น

3.1 ของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile solids: TVS) คือ ของแข็งทั้งหมดที่ถูกเผาแล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

3.2 ของแข็งแขวนลอยระเหยได้ (Volatile suspended solids: VSS) คือ ของแข็งแขวนลอยที่ถูกเผาแล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

4. ของแข็งจมตัวไม่ระเหย (Fixed settleable solids: FSS) คือ ของแข็งส่วนที่เหลืออยู่หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 550±50 องศาเซลเซียส

ปริมาณของแข็งในน้ำรูปแบบต่างๆ เหล่านี้ทำให้น้ำมีลักษณะขุ่นไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ การตรวจวัดหาของแข็งในน้ำจึงเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งเพื่อสามารถนำไปใช้ในการหาวิธีการกำจัดของแข็งเหล่านี้ก่อนการนำไปในการผลิตน้ำประปาหรือน้ำดื่มได้ ซึ่งมีวิธีการตรวจวัดต่างๆ ดังนี้

1. การหาของแข็งแขวนลอย (SS)

ของแข็งแขวนลอยเป็นปริมาณของแข็งที่ติดอยู่บนกระดาษกรองใยแก้ว มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร

1.1.2 กรวยบุคเนอร์ ความจุ 100 มิลลิลิตร

1.1.3 ปั้มสุญญากาศ

1.1.4 ตู้อบลมร้อน

1.1.5 โถดูดความชื้น (Desiccator)

1.1.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.7 ปากคีบ

1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 อบกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง (ทำซ้ำจนกว่าจะชั่งกระดาษกรองจนได้น้ำหนักคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4) บันทึกน้ำหนักเป็น A

1.2.2 ประกอบชุดกรองโดยวางกระดาษกรองในกรวยบุคเนอร์และต่อเข้ากับปั้มสุญญากาศ จากนั้นใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกและแนบติดกับกรวยบุคเนอร์

1.2.3 เทตัวอย่างน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในชุดกรอง จากนั้นเปิดปั้มสุญญากาศเพื่อดูดตัวอย่างน้ำ ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดข้างกรวยจนหมด แล้วปิดปั้ม

1.2.4 ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้ง จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งหาน้ำหนักของกระดาษกรอง บันทึกน้ำหนักเป็น B

1.2.5 คำนวณหาปริมาณของแข็งแขวนลอยจากสูตร

$$\text{ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(B - A) \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

2. การหาของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

ของแข็งละลายน้ำเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ สามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และเมื่อนำน้ำที่ผ่านกระดาษกรองไประเหยออกจะได้ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ ซึ่งมีวิธีการทดลองดังนี้

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 จานระเหย (Evaporating dish)

2.1.2 เครื่องอังไอน้ำ (Water bath)

2.1.3 ตู้อบลมร้อน

2.1.4 โถดูดความชื้น

2.1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 นำจานระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นนำมาชั่งหาน้ำหนักจานระเหย (ทำซ้ำจนกว่าจะชั่งกระดาษกรองจนได้น้ำหนักคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4) บันทึกผลเป็น A

2.2.2 กรองตัวอย่างน้ำผ่านกระดาษกรองใยแก้ว จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรอง (Filtrate) มา 50 มิลลิลิตร ใส่ในจานระเหย แล้วนำไปวางในเครื่องอังไอน้ำจนน้ำในจานระเหยแห้ง

2.2.3 นำจานระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นนำมาชั่งหาน้ำหนักจานระเหย (ทำซ้ำจนกว่าจะชั่งกระดาษกรองจนได้น้ำหนักคงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 4) บันทึกผลเป็น B

2.2.4 คำนวณหาปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากสูตร

$$\text{ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(B - A) \times 1,000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)}}$$

3. การหาของแข็งทั้งหมด (TS)

ของแข็งทั้งหมดสามารถหาได้จากการนำปริมาณของแข็งละลายน้ำ (TDS) มารวมกับของแข็งแขวนลอย (SS) หรือทำการทดลองคล้ายคลึงกับการหาของแข็งละลายน้ำทั้งหมด แต่ต่างกันที่ตัวอย่างน้ำสามารถนำมาวิเคราะห์โดยใส่ในจานระเหยได้เลย ไม่ต้องนำไปผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว

4. วิธีการหาสารช่วยตกตะกอนของแข็งในน้ำ

การปล่อยให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยตัวเองอาจใช้เวลานาน การใช้สารช่วยเร่งการตกตะกอนจึงเป็นอีกวิธีที่สามารถลดเวลาในการตกตะกอนได้ การทำจาร์เทสต์ (Jar test) เป็นการทดสอบเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารเคมีที่เหมาะสมในการกำจัดของแข็งแขวนลอย บีโอดี ฟอสฟอรัส และโลหะหนักจากน้ำเสีย มักนำมาใช้ในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียโดยการหาปริมาณของสารสร้างรวมตะกอนที่เหมาะสมในการตกตะกอนอนุภาคที่มีขนาดเล็กตกตะกอนได้ยาก ทำให้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ดีขึ้นโดยการเข้ารวมตัวกับสารสร้างรวมตะกอน เช่น อะลูมิเนียมซัลเฟต (Aluminium sulfate, $Al_2(SO_4)_3$) เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride, $FeCl_3$) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate, $CaCO_3$)

การเติมสารสร้างรวมตะกอน ถ้าหากใช้ปริมาณของสารรวมตะกอนน้อยเกินไปการรวมตะกอนจะเกิดขึ้นไม่ดีหรือไม่เกิดเลย แต่ถ้าหากเติมสารรวมตะกอนในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งปริมาณของสารรวมตะกอนที่เหมาะสมในการรวมตะกอนนั้นจะต้องทำการทดลองเพื่อหาปริมาณสารดังกล่าวดังนี้

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ใบ

4.1.2 ปิเปต ขนาด 1 และ 5 มิลลิลิตร

4.1.3 จุกยาง

4.1.4 แท่งแก้วคน

4.1.5 ถังสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ

4.1.6 กระบอกตวง ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.2 สารเคมี

4.2.1 อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) ความเข้มข้น 1, 0.5 และ 0.2 นอร์มอล ความเข้มข้นละ 50 มิลลิลิตร

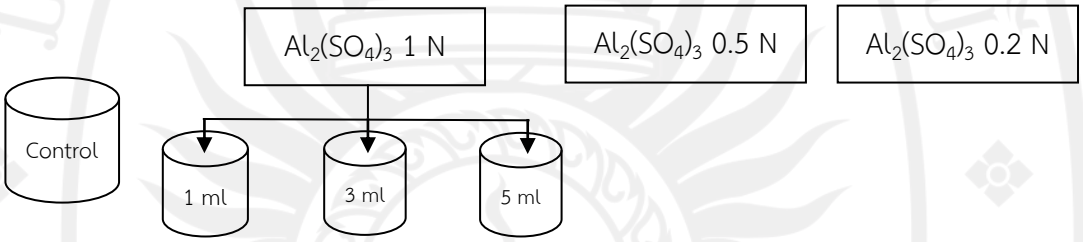
4.2.2 แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ความเข้มข้น 1, 0.5 และ 0.2 นอร์มอล ความเข้มข้นละ 50 มิลลิลิตร

4.2.3 เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ความเข้มข้น 1, 0.5 และ 0.2 นอร์มอล ความเข้มข้นละ 50 มิลลิลิตร

4.3 วิธีการทดลอง (สำหรับการใช้สารสร้างรวมตะกอนอะลูมิเนียมซัลเฟต)

4.3.1 ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ใบ (สำหรับใส่สารเคมี 3 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 บีกเกอร์ และบีกเกอร์ที่ไม่ใส่สารเคมี จำนวน 1 บีกเกอร์ เป็นบีกเกอร์ ควบคุม)

4.3.2 เติมสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ใส่ลงในบีกเกอร์ จำนวน 1 3 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 5.7) ในแต่ละบีกเกอร์ ให้คนน้ำด้วยความเร็วคงที่ เป็นเวลาประมาณ 1 นาที จากนั้นหยุดคนและตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 15-20 นาที



ภาพที่ 5.7 แผนภาพการทดลองการเติมสารเร่งการตกตะกอนของอะลูมิเนียมซัลเฟต

4.3.3 สำหรับอะลูมิเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 0.5 และ 0.2 นอร์มอล ทำเช่นเดียวกับข้อ 2.3.2

4.3.4 สังเกตและจดบันทึกเวลาที่เห็นตะกอน (ฟล๊อค) ของแต่ละบีกเกอร์ ตลอดจนขนาดและปริมาณของฟล๊อค (ฟล๊อคที่ดีจะมีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดและทิ้งตัวจมเร็ว)

4.3.5 สำหรับสารสร้างรวมตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตและเฟอร์ริกคลอไรด์ ทำเช่นเดียวกับสารสร้างรวมตะกอนอะลูมิเนียมซัลเฟต จากนั้นนำผลของแต่ละสารสร้างรวมตะกอนมาเปรียบเทียบลักษณะของตะกอน ปริมาตรสารสร้างรวมตะกอนที่ใช้ และเวลาการตกตะกอน เพื่อหาชนิดของสารสร้างรวมตะกอนที่เหมาะที่สุดในการใช้ตกตะกอนสารแขวนลอยในน้ำ

สรุป

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพเป็นการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นโดยใช้การสังเกตจากสายตา การดมกลิ่น อุณหภูมิ และการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย มีขั้นตอนไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก ส่วนใหญ่ต้องทำการวัดในพื้นที่ที่ต้องตรวจสอบเพื่อให้ได้ผลที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมจริง จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประเภทต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการจัดการคุณภาพน้ำต่อไป อย่างไรก็ตามการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพไม่สามารถสรุปผลของคุณภาพของน้ำได้ชัดเจนนัก ดังนั้นจึงควรมีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้พารามิเตอร์อื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านชีวภาพและด้านเคมีช่วยในการสรุปผลคุณภาพน้ำนั้นๆ

แบบฝึกหัดบทที่ 5

<u>คำชี้แจง</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. สีของน้ำเกิดจากอะไร และแบ่งออกได้เป็นกี่แบบ อะไรบ้าง
2. การตรวจวัดสีของน้ำมีกี่วิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียต่างกันอย่างไร
3. กลิ่นของน้ำเกิดจากอะไร
4. อุณหภูมิของน้ำสามารถส่งผลต่อพารามิเตอร์ใดได้บ้าง
5. การวัดความโปร่งใสของน้ำใช้อุปกรณ์อะไร และมีวิธีการวัดอย่างไร
6. การหาปริมาณของแข็งจมตัวใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าอะไร และมีวิธีการอย่างไร
7. ให้นักศึกษาอธิบายลักษณะของของแข็งแบบต่างๆ มาพอเข้าใจ
8. การตรวจวัดของแข็งละลายน้ำและของแข็งคงตัวมีขั้นตอนการวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างไร
9. เพราะเหตุใดหลังจากการอบกระดาษกรองหรือจานระเหยต้องทิ้งให้เย็นก่อนการชั่งน้ำหนัก
10. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพสามารถนำมาบ่งชี้คุณภาพน้ำได้อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห (2544). **เคมีของน้ำ: น้ำโสโครกและการวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539.

ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ. เรื่อง วิธีตรวจวัดค่าความเข้มกลิ่นโดยการวิเคราะห์กลิ่นด้วยการดม (Sensory test) และการขึ้นบัญชีรายชื่อผู้ทดสอบกลิ่นของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 128 ตอนพิเศษ 89 ง วันที่ 11 สิงหาคม 2555. หน้า 18-19.

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2540). **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

Hunter Associates Laboratory (2012). **What Path Length Cell should I use for APHA/Pt-Co/Hazen Color Measurement?** Retrieved July 9, 2013 from http://measuretruecolor. hunterlab.com/2012/06/18/best-cell-path-length-for-aphaptcohazen-color-measurement.

Utah Water Watch (2012). **Temperature**. Retrieved August 2, 2013 from http://extension.usu.edu/utahwaterwatch/htm/tier-1/temperature.