

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองโคกช้าง เขตอำเภอเมือง  
จังหวัดพิษณุโลก

The Analysis of Water Quality of Kokchang Canal  
at Muang Distric Phitsanuloke

ผู้ทำกรวิจัย

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก  
สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม  
ปีงบประมาณ 2543

## คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้เกิดมลพิษเนืองปน ในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ควรได้รับการพิจารณาคุณภาพ ซึ่งการพัฒนาคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสของคนเราอย่างเดียวไม่พอที่จะทำให้คนเราเกิดความมั่นใจได้ เพราะสารบางชนิดที่ ปนเปื้อนอยู่ในน้ำที่เราไม่สามารถสังเกตได้ ดังนั้นน้ำสะอาดสำหรับการบริโภคต้อง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่มีสิ่งเจือปน หรือสารมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ผู้ที่ใช้น้ำหรือผู้บริโภคจึงจะใช้ความพอใจของตนเป็นเครื่องวัดเท่านั้นไม่ได้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพหรือมาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาคุณภาพน้ำว่ามีคุณภาพเหมาะสมกับการอุปโภคและบริโภคหรือไม่

รายงานการวิจัยฉบับนี้ ได้รายงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ในบึงโลกข้างในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ค่าความเป็นกรด - ด่าง ค่า DO ค่า BOD โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว และสังกะสีและปริมาณฟอสเฟต ในไตรด-ในไตรเจน ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกน้ำสำหรับการอุปโภค ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับประชาชนต่อไป

ประภรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล



## ประกาศคุณูปการ

งานวิจัยวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองโคกช้างในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลกนี้ ประสบความสำเร็จลงได้ด้วยติดตามวัตถุประสงค์ ต้องขอขอบคุณ โปรแกรมวิชาเคมี เจ้าหน้าที่ และคณาจารย์ทุกท่าน สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม และผู้บริหารทุกหน่วยงานและสำนักงานวิจัย ของสถาบัน ที่ให้การสนับสนุนเงินงบประมาณ

สุดท้าย กราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

โปรแกรมวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

21 เมษายน 2544

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

รายงานการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองโคกช้างเขตอำเภอเมือง  
จังหวัดพิษณุโลก

ผู้วิจัย นายประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล

โปรแกรมวิชา เคมี

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบัน ราชภัฏพิบูลสงคราม

ปีการศึกษา 2543

## บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองโคกช้าง โดยใช้วิธีการตรวจสอบ 7 วิธี โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำตามฤดูกาล โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 5 สถานีรอบ ๆ บึงโคกช้าง ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยเก็บในฤดูฝนช่วงเดือนเมษายน 2543 ฤดูหนาวช่วงเดือน ธันวาคม 2543 และช่วงฤดูร้อนเดือนเมษายน 2544 ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ในช่วง  $26.2 - 28.7^{\circ}\text{C}$   $7.2 - 7.9$  ตามลำดับ ค่าปริมาณ DO และ BOD พบอยู่ในช่วง  $3.10 - 6.40$  และ  $1.00 - 2.21$  มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสเฟตและไนโตรเจน-ไนโตรเจน หาโดยเทียบสี (UV - Visible Spectrophotometry) พบว่าอยู่ในช่วง  $1.61 - 2.60$  และ  $2.10 - 3.60$  ส่วนในล้านส่วน (พีพีเอ็ม) สำหรับปริมาณเหล็กและตะกั่วหาโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี พบ อยู่ในช่วง  $0.01 - 0.03$  และ  $0.00 - 0.021$  ส่วนในล้านส่วน (พีพีเอ็ม) ตามลำดับ

ผลจากการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพ DO และ BOD อยู่ในเกณฑ์สูงส่วนคุณภาพ ของน้ำอื่นๆ ในน้ำคลองโคกช้าง อยู่ในเกณฑ์ปกติตามมาตรฐานน้ำในแหล่งผิวดินตามพระราช บัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

**Research Title**    **The Analysis of Water Quality of Kokchang canal at Muang District, Phitsanulok**

**Name**                **Mr. Prakorn Iertsuwanpisan**

**Department**        **Chemistry**

**Faculty**             **Science and Technology**

**Institute**            **Rajabhat institute Pibulsongkram**

**Year**                 **2000**

### **ABSTRACT**

**Water quality of Kokchang were determined by 7 parameters. Three samples had been collected from 5 stations along Kokchang canal Muang District, Phitsanulok Province during three seasons, since 2000; rainy (August), winter (December) and summer (April) seasons in 2001. Temperature, pH and turbidity were in the range of 26.2 – 28.7 °C 7.2 - 7.9 respectively. DO and BOD were in the range of 3.10 – 6.40 and 1.00 – 2.21 mg/l respectively. Upon using colorimetric method, the phosphate and nitrite – nitrogen concentration were in the range of 1.61 – 2.60 ppm and 2.10 - 3.60 ppm. The determination of cation of lead and zinc by an atomic absorption spectrophotometer had been showed that the cation of iron and lead in the water samples were in the range of 0.10 – 0.021 and 0.10 – 0.03 ppm respectively.**

**According to the water quality parameters studies. The turbidity value and cation of iron were higher than the standard level. The water quality of Kokchang canal were met the standard requirement of the national promotion and Environmental Protection Organization the standard qualities in 1992.**

## สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
ประกาศคุณูปการ	(2)
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพประกอบ	(10)
รายการอักษรย่อ	(11)
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2. จุดมุ่งหมายของการวิจัย	2
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
<b>บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร</b>	<b>3</b>
2.1 การตรวจเอกสาร	3
2.2 น้ำ	6
2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ	7
2.4 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ	9
2.5 อุปกรณ์และภาชนะบรรจุในการเก็บตัวอย่างน้ำ	10
2.6 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ	11
<b>บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์</b>	<b>21</b>
3.1 อุณหภูมิ (Temperature)	21
3.2 ความเป็นกรด-เบส (pH)	21
3.3 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)	25
3.4 BOD (Biochemical Oxygen Demand)	28
3.5 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet and Visible Spectroscopy)	

3.7 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy)	37
<b>บทที่ 4 การทดลองและบันทึกผลการทดลอง</b>	46
4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ในการศึกษา	46
4.2 การหาค่า pH ของตัวอย่างน้ำ	47
4.3 การหาค่าอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ	52
4.4 การหาค่า DO ของน้ำโดยวิธี Azide Modification Method	56
4.5 การหาค่า BOD ของน้ำโดยวิธี Azide Modification Method	61
4.6 การหาปริมาณไนไตรต์ - ไนโตรเจน โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	71
4.7 การหาปริมาณฟอสเฟตโดยใช้ UV-Visible Spectrophotometer	78
Atomic Absorption Spectrophotometer	85
<b>บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย</b>	96
บรรณานุกรม	101
ภาคผนวก	103

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สรุปลักษณะตัวอย่างที่ต้องการ	19
ตารางที่ 3.1 แสดงการละลายของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ	26
ตารางที่ 3.2 แสดงการใช้เปลวไฟที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ	41
ตารางที่ 4.1 สถานีหรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้าง	46
ตารางที่ 4.2 แสดงค่า pH ของน้ำในฤดูฝน	48
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า pH ของน้ำในฤดูหนาว	49
ตารางที่ 4.4 แสดงค่า pH ของน้ำในฤดูร้อน	50
ตารางที่ 4.5 แสดงค่า pH เฉลี่ย ของน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	51
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในฤดูฝน	52
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในฤดูหนาว	53
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำในฤดูร้อน	54
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำตลอดปี	55
ตารางที่ 4.10 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในฤดูฝน	57
ตารางที่ 4.11 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในฤดูหนาว	58
ตารางที่ 4.12 แสดงค่า DO ในตัวอย่างน้ำในฤดูร้อน	59
ตารางที่ 4.13 แสดงค่า DO เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างตลอดปี	60
ตารางที่ 4.14 แสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในฤดูฝน	64
ตารางที่ 4.15 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในฤดูฝน	65
ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในฤดูหนาว	66
ตารางที่ 4.17 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในฤดูหนาว	67
ตารางที่ 4.18 แสดงค่า DO <sub>1</sub> และ DO <sub>2</sub> ในตัวอย่างน้ำในฤดูร้อน	68
ตารางที่ 4.19 แสดงค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในฤดูร้อน	69

## สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.20 แสดงค่า BODของน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	70
ตารางที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ - ไนโตรเจนกับ ค่าการดูดกลืนแสง	73
ตารางที่ 4.22 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนของน้ำในฤดูฝน	74
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนของน้ำในฤดูหนาว	75
ตารางที่ 4.24 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณไนไตรต์-ไนโตรเจนของน้ำในฤดูร้อน	76
ตารางที่ 4.25 แสดงปริมาณไนไตรต์ - ไนโตรเจนในน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	77
ตารางที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตกับการดูดกลืนแสง	79
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูฝน	81
ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูหนาว	82
ตารางที่ 4.29 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของฟอสเฟตของน้ำในฤดูร้อน	83
ตารางที่ 4.30 แสดงปริมาณฟอสเฟตของน้ำในน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	84
ตารางที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายมาตรฐานตะกั่วกับค่าการดูดกลืนแสง	86
ตารางที่ 4.32 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูฝน	88
ตารางที่ 4.33 แสดงปริมาณตะกั่วในน้ำบึงโคกช้างในฤดูฝน	88
ตารางที่ 4.34 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูหนาว	89
ตารางที่ 4.35 แสดงปริมาณตะกั่วในน้ำบึงโคกช้างในฤดูหนาว	89
ตารางที่ 4.36 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของตะกั่วของน้ำในฤดูร้อน	90
ตารางที่ 4.37 แสดงปริมาณตะกั่วในน้ำบึงโคกช้างในฤดูร้อน	90
ตารางที่ 4.38 แสดงปริมาณตะกั่วในน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	91
ตารางที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ของสารละลายมาตรฐานสังกะสีกับค่าการดูดกลืนแสง	92
ตารางที่ 4.40 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของสังกะสีของน้ำในฤดูฝน	92
ตารางที่ 4.41 แสดงปริมาณสังกะสีของน้ำบึงโคกช้างในฤดูฝน	93
ตารางที่ 4.42 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของสังกะสีของน้ำในฤดูหนาว	93
ตารางที่ 4.43 แสดงปริมาณของสังกะสีของน้ำบึงโคกช้างในฤดูหนาว	94
ตารางที่ 4.44 แสดงค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของสังกะสีของน้ำในฤดูร้อน	94
ตารางที่ 4.45 แสดงปริมาณสังกะสีของน้ำบึงโคกช้างในฤดูร้อน	95



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.46 แสดงปริมาณสังกะสีในน้ำบึงโคกช้างตลอดปี	95
ตารางที่ 5.1 แสดง อุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ในไตรต์-ไบโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสีในน้ำบึงโคกช้างในฤดูฝน	96
ตารางที่ 5.2 แสดง อุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ในไตรต์-ไบโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสีในน้ำบึงโคกช้างในฤดูแล้ง	96
ตารางที่ 5.3 แสดง อุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ในไตรต์-ไบโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสีในน้ำบึงโคกช้างในฤดูร้อน	97

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University



## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sample)	12
รูปที่ 3.1 เครื่องมือพีเอชมิเตอร์	24
รูปที่ 3.2 เครื่องมือออกซิเจนมิเตอร์	27
รูปที่ 3.3 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสี	30
รูปที่ 3.4 แสดง electronic energy levels และ transitions	31
รูปที่ 3.5 แสดงการเกิดแทรนซิชั่นของโมเลกุล	32
รูปที่ 3.6 แสดงรังสีที่ผ่านสารทดสอบในเครื่อง Spectronic	34
รูปที่ 3.8 แสดงระดับพลังงานของอะตอมโซเดียม	38
รูปที่ 3.9 แสดง transition diagram	38
รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer	40
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร	42
รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐานในโครด์-ไนโครเจน กับค่าการดูดกลืนแสง	73
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตกับค่าการดูดกลืนแสง	80
รูปที่ 4.3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายมาตรฐานตะกั่วกับค่าการดูดกลืนแสง	87

## รายการตัวย่อ

$^{\circ}\text{C}$  = degree celsius

ppm = part per million

% = percent

mg/g = milligram per gram -

$\text{cm}^3$  = ลูกบาศก์เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

จากการพัฒนาสังคมของประเทศไทยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจ ได้พัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้า สังคมเมืองได้พัฒนาขึ้นอย่างมาก ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมก็ได้พัฒนาตัวเองขึ้นมาด้วย ไม่ว่าจะเป็นปัญหา น้ำเสีย อากาศเป็นพิษ ปัญหาขยะล้นเมือง ฯลฯ ตามนโยบายการพัฒนาประเทศชาติ โดยเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจให้ก้าวหน้า สังคมไม่มีปัญหา และพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนี้ได้กลายเป็นปัญหาที่รุนแรงและมีความจำเป็นต้องการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จะต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายในการจัดการแก้ไข บึงโลกข้างเขื่อนบึงขามขนาดใหญ่ที่รองรับน้ำทิ้งจากชุมชนเมืองฝั่งตะวันออก จากน้ำทิ้งของเทศบาล โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรมในครัวเรือน และเป็นที่อยู่ของชุมชนชาวแพที่ย้ายจากแพมาอยู่รอบบึงดังกล่าว บึงโนบึงโลกข้างมีความสำคัญหลายประการ ใช้ทางด้านอุปโภคบริโภค และทางด้านเกษตร และใช้เป็นแหล่งน้ำเป็นที่พักผ่อน และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ

บึงโลกข้างเป็นบึงที่ควรจะได้รับการศึกษาและตรวจวิเคราะห์ทางคุณภาพของน้ำ ตลอดจนโลหะหนัก หรือสารตกค้างจากยาฆ่าแมลง ฝอยที่ปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะทำให้เรงทราบถึงคุณภาพ ยังประโยชน์การศึกษา การวิเคราะห์ซึ่งจะนำมาทำนายซึ่งปัญหาในอนาคต เพื่อที่จะได้หาแนวทางและมาตรการปรับปรุงแก้ไขและวางแผนในการบำบัดรักษาคุณภาพน้ำในบึงดังกล่าวต่อไป

ในกรณีวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้ชาวเมืองพิษณุโลก ได้รับทราบถึงข้อมูลของคุณภาพของน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำบริโภคและอุปโภคเป็นที่พักผ่อน และแนวทางในการจัดการกับสภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่าและมีคุณภาพสืบไป

## 1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำในบึงโกช้าง บริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ มาตรฐานของคุณภาพ น้ำในบึงโกช้างกับน้ำทั่วไป
3. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาค้นคว้าและวิจัย
4. เพื่อเป็นแหล่งความรู้สำหรับประชาชน ในจังหวัดพิษณุโลก ตลอดจนเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังดูแลรักษาคุณภาพน้ำต่อไป

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาคุณภาพน้ำในบึงโกช้างจำนวน 5 จุด
2. ทำการวิเคราะห์ศึกษาเกณฑ์มาตรฐานของน้ำ โดยศึกษาค่า
  - 1) อุณหภูมิ
  - 2) พีเอช
  - 3) DO
  - 4) DOE
  - 5) ปริมาณ  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเฝ้าระวังดูแลคุณภาพน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค และเป็นที่พักผ่อน
2. เป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการแก่ชุมชนและนักศึกษา
3. เป็นงานบริการแก่ชุมชนในท้องถิ่น

## บทที่ 2

### บทตรวจเอกสาร

#### 2.1 การตรวจเอกสาร

อุไรวรรณ วิจารณ์กุล ; 2540 ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการกำจัดน้ำทิ้งชุมชนเทศบาลเมืองพิษณุโลกและชุมชนชาวแพต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำน่านบริเวณเมืองพิษณุโลก โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน ตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2542 ถึง 30 กรกฎาคม 2542 ใช้วิธีมาตรฐานในการหาค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (ดีไอ) บีโอดี และปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย พบว่ามีค่าดีไออยู่ในช่วง 5.34 - 6.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า บีโอดี อยู่ในช่วง 0.06 - 1.69 มิลลิกรัมต่อลิตรและปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง 20 - 1100 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร จากผลการศึกษาพบว่า ค่า ดีไอ และ บีโอดี อยู่ในระดับมาตรฐานของน้ำผิวดินประเทศไทย แต่ปริมาณแบคทีเรียไม่อยู่ในมาตรฐาน ดังนั้นผลกระทบที่สำคัญของการกำจัดน้ำทิ้งคือปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงมาก ทำให้ไม่สามารถใช้น้ำน่านเพื่อการอุปโภคบริโภค โดยมีผ่านการบำบัด

ชัยวัฒน์ สุขดี ; 2542 ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแม่น้ำน่าน โดยใช้วิธีการตรวจสอบ 7 วิธี โดยทำการสุ่มตัวอย่างน้ำตามฤดูกาล โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 5 สถานีตลอดแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยเก็บตัวอย่างในฤดูฝนช่วงเดือนสิงหาคม 2541 ฤดูหนาวช่วงเดือนธันวาคม 2541 และช่วงฤดูร้อนช่วงเดือนเมษายน 2542 ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเบส ค่าความขุ่น อยู่ในช่วง 28.30-30.72-31.77 และ 4.94-6.94 NTU ปริมาณ DO และ BOD พบอยู่ในช่วง 6.33-21 และ 1.00 - 1.70 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับและปริมาณฟอสเฟตและไนโตรเจนโดยวิธีเทียบสีพบอยู่ในช่วง 1.61 -3.89 และ 2.50 -3.70 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าคุณภาพของน้ำในแม่น้ำน่านที่ศึกษาทั้งสามฤดูอยู่ในเกณฑ์ปกติตามมาตรฐานน้ำผิวดิน ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่ง พ.ศ. 2535

ศรัณย์ เพ็ชรพิรุณ และคณะ ; 2530 โครงการสถานะแวดล้อมทางทะเลในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ปี 2529 - 2530 ได้ศึกษาจากบริเวณช่องแสม ช.ชลบุรี ถึงคลองใหญ่ จ.ตราด ทั้งหมด 21 สถานี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2529 - เมษายน 2530 รวม 4 ครั้ง โดยศึกษาปัจจัยต่อไปนี้ ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความนำไฟฟ้า ความโปร่งใส ไนโตรเจน ไนเตรด ฟอสเฟต พบว่า มีค่าในช่วง 18 - 34‰, 27.3 - 33.2 °C, 6.5- 8.3 mg/l, 32.9 - 54.5  $\mu$  siemens, 4 -12 m, 0.01-1 mol/l, 0.20 - 32.91  $\mu$  mol/l และ 0.03- 8.42  $\mu$  mol/l ตามลำดับ ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก



สุทธิพงษ์ เสถียรนพเก้า ; 2535 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่ย  
จังหวัดตาก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิชา  
นุ่นหอม

การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก เพื่อ  
พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและฤดูกาล ได้ดำเนินการเก็บตัว  
ตัวอย่างระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2533 ถึงเดือนกันยายน 2534 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำตามชั้นคุณภาพ  
ลุ่มน้ำจำนวน 20 ลุ่มน้ำ พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0.84 - 236.10  
มิลลิกรัมต่อลิตร และร้อยละ 0.10 - 8.40 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.76 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อย  
ละ 1.52 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ได้กำหนดขึ้น เมื่อ  
พิจารณาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนเฉลี่ยตามฤดูกาลสามารถเรียงลำดับจากค่าสูงสุดไป  
ค่าต่ำสุดได้ดังนี้ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน โดยมีค่าเท่ากับ 16.31 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 2.10,  
9.66 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 1.41, 9.32 มิลลิกรัมต่อลิตรและร้อยละ 1.06 ตามลำดับ ปัจจัยสำคัญที่มี  
อิทธิพลต่อปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและในดินตะกอนได้แก่ ปริมาณความเร็วน้ำ กิจกรรมการใช้  
ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ประสิทธิภาพการระบายน้ำของลุ่มน้ำขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำและชนิดของเนื้อ  
ดิน

บุญเต็ม แซ่บั้ง ; 2536 ปริมาณตะกัว แคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอน  
จากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์  
สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการ  
ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิไล สันติโสภาศรี

การศึกษาปริมาณของ ตะกัว ทองแดง แคลเซียม และสังกะสี ในน้ำและดินตะกอน จากชั้น  
คุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ จำนวน 5 ชั้น รวม 20 ลุ่มน้ำย่อย จากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ย จังหวัดตาก ทำการเก็บ  
ตัวอย่างในเดือน พฤศจิกายน 2533 มกราคม มีนาคม พฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน 2534 มา  
วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่าปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ฤดูกาล และสภาพ  
การใช้ที่ดินมีความแตกต่างกัน โดยตะกัวในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 แคลเซียม  
และสังกะสีในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 และทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดใน  
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ปริมาณตะกัวในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 ส่วน  
แคลเซียม ทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ฤดูหนาวมี  
ปริมาณตะกัวและแคลเซียมในน้ำสูงสุด ทองแดงในน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูฝน และสังกะสีในน้ำมี  
ปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในฤดูร้อน ปริมาณตะกัว แคลเซียม ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอนมีปริมาณเฉลี่ย  
สูงสุดในฤดูร้อน และสภาพการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่อื่น ๆ มีปริมาณแคลเซียมและสังกะสีในน้ำและดิน

ตะกอนสูงกว่าสภาพการไหลที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งได้ผลตรงกันข้ามกับปริมาณตะกั่วในน้ำและดินตะกอน

พัชรา วงศ์ชุมพิศ ; 2536 คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเลย จังหวัดเลย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิชา นิยม

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการ ได้แก่ อุณหภูมิ สี ความขุ่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้าง ของแข็งทั้งหมดในน้ำและความนำไฟฟ้า ของน้ำตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเมษ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำในลุ่มน้ำจำนวน 15 ตัวอย่าง จาก 5 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ๆ ละ 3 ซ้ำทุก ๆ 8 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2533 ถึงเดือนกันยายน 2534 พบว่า ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความกระด้างในทุกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสูงสุดในแหล่งน้ำตามธรรมชาติของประเทศไทย ( 20 - 35 °C, 6 - 8, 100 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ) ตามลำดับ ยกเว้นค่า สีของน้ำและความนำไฟฟ้า ( 10 - 25 หน่วย และ 150 - 300 ไมโครโมต่อเซนติเมตร ) ส่วนค่าความขุ่นของน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 เท่านั้น และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 ( 25 - 75 เจทียูและ 100 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร )

วิบูลย์ มหาสินไพศาล ; 2539 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการระหว่างพื้นที่ ป่าไม้ กับพื้นที่การเกษตรที่ห้วยแม่ระเร็ว อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สามัคคี บุญชะวีพงษ์

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำบางประการ ในห้วยแม่ระเร็วอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ระหว่างเดือนสิงหาคม 2537 ถึงเดือน มกราคม 2538 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ กับพื้นที่การเกษตรมีค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ 23.5 และ 22.5 °C ความเป็นกรดเป็นด่าง 5.63 และ 6.81 ความขุ่น 40.33 และ 18.67 JTU สี 6.33 และ 3.83 หน่วย ความกระด้าง 275.97 และ 306.1 mg/l ของแข็งทั้งหมดในน้ำ 418.26 และ 452.19 mg/l ความนำไฟฟ้า 600 และ 663 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ออกซิเจนละลายในน้ำ 11.27 และ 13.6 mg/l ปริมาณทองแดงในน้ำ 0.005 และ 0.005 mg/l ปริมาณสังกะสีในน้ำ 0.018 และ 0.021 mg/l ตามลำดับ พอสรุปได้ว่าสภาพภาพของคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่การเกษตรที่ห้วยแม่ระเร็ว มีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำตามแหล่งน้ำในธรรมชาติ ยกเว้นค่าความนำไฟฟ้า และความกระด้างบางเดือนที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

อาภรณ์ ยิ่งง ; 2539 การบำบัด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ( วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา :

อาจารย์ไมตรี ดวงสวัสดิ์

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด BOD และ COD ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยใช้ดิน ในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ที่ระยะเวลาบำบัด 3.5 และ 7 วัน สลับกแห้ง 3 วัน ใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลม และรูปฤาษี วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design จำนวน 3 ซ้ำ ทำการวิจัย ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2538 ถึง กุมภาพันธ์ 2539

ผลการศึกษาพบว่าระยะเวลาขังน้ำ มีผลต่อการบำบัด BOD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาขังน้ำ 5 และ 7 วัน สลับกแห้ง 3 วัน สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระยะเวลาขังน้ำ 3 วัน สลับกแห้ง 3 วัน แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD นอกจากนี้พบว่าผลการบำบัด BOD โดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช และดินเพียงอย่างเดียวในสภาพน้ำขังสลับแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบที่มีการใช้ดินร่วมกับพืช สามารถบำบัด BOD ได้ดีกว่าระบบที่ใช้ดินเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อการบำบัด COD ส่วนชนิดพืชที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการบำบัด BOD และ COD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาขังน้ำและชนิดพืช ที่มีผลต่อการบำบัด BOD และ COD ผลการทดลองสรุปได้ว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัด BOD และ COD คือระยะเวลาขังน้ำ 5 วัน สลับกแห้ง 3 วัน และ กกกลม เป็นพืชที่เหมาะสมที่สุด

## 1.2 iii

น้ำเป็นสารประกอบที่มีจำนวนมากที่สุดของโลก น้ำครอบคลุมพื้นที่ราว 2 ใน 3 ของผิวโลก และเป็นองค์ประกอบร้อยละ 70 ในร่างกายของเรา สมบัติพิเศษหลายประการของน้ำ เช่น การเป็นสารละลายที่มีประสิทธิภาพที่สุด การดำรงอยู่ได้ทั้ง 3 สถานะ พร้อมกันในโลก ช่วยทำให้น้ำกลายเป็นแหล่งกำเนิดชีวิต เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย และโอบอุมมวลชีวิตบนพิภพนี้ น้ำจัดเกิดจากวงจรน้ำ เป็นน้ำที่มนุษย์และสัตว์อื่น ๆ อีกหลายชนิดใช้บริโภคได้ โดยน้ำจัด ทั้งที่อยู่บนผิวดินและใต้ดินมีปริมาณร้อยละ 3 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในโลกนี้ ส่วนใหญ่ราวร้อยละ 75 อยู่ในรูปของ น้ำแข็งขั้วโลกและธารน้ำแข็ง จนทุกวันนี้มนุษย์ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกจากร้อยละ 22.5 เป็นน้ำใต้ดิน หรือบาดาลมีการขุดเจาะใช้กันทั่วโลก น้ำบนผิวดิน ได้แก่ น้ำในทะเลสาบ หนองบึง และ แม่น้ำลำคลอง มีเพียงร้อยละ 0.33 ของปริมาณน้ำจัดทั้งหมดเท่านั้น

ปริมาณน้ำจัดในโลกที่รำนำมาใช้สอยกัน พื้นที่น้ำใต้ดินราว 3,740,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร ส่วนหนึ่งที่อยู่ในระดับความลึกต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 เมตร ถึงเกิน 500 เมตร อีกส่วนหนึ่งเป็นน้ำผิวดินราว 126,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร แบ่งเป็นน้ำในแม่น้ำ 15,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร นอกนั้นเป็นน้ำในทะเลสาบ และหนองบึง เป็นความชื้นในดินที่ต้นไม้ใช้รากดูดซึบมาปรุงอาหารได้รวมราว 69,000 ลูกบาศก์กิโลเมตร เป็นไอน้ำในบรรยากาศราว 13,500 ลูกบาศก์กิโลเมตร

ส่วนต่าง ๆ ของโลกนั้นได้รับน้ำฝนไม่เท่ากัน จากสถิติที่บันทึกไว้ สามารถสรุปปริมาณของน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ได้แตกต่างกันเช่นทวีปยุโรป พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝน 500 - 1,000 มม./ปี แต่แอฟริกาตอนเหนือมีปริมาณน้ำฝน เพียง 0 - 250 มม./ปี การกระจายของน้ำฝนอย่างไม่สมดุล หรือ



จำนวนไทยว่า “ฝนตกไม่ทั่วฟ้า” นี้เป็นสาเหตุหนึ่งของความขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ และในขณะที่บาง  
ส่วนมีน้ำมาก บางครั้งจนเกิดอุทกภัยดังนั้นถ้าเรามีวิธีการใช้น้ำอย่างถูกต้องและเหมาะสม ตลอดจนมี  
ความร่วมมือระหว่างประเทศในการนี้แล้ว เราจะมีน้ำจืดใช้อย่างเพียงพอสำหรับทุกคน และน้ำยังเป็น  
ทรัพยากร

ธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในด้านการคมนาคม การ  
เกษตร การประมง และการพัฒนาอุตสาหกรรม

## 2.3 การเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาต้องเป็นตัวแทนของน้ำที่ต้องการจะศึกษา หรือวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบ  
ถึงคุณภาพ ในการนี้ต้องคำนึงถึงปริมาณของน้ำที่จะเก็บ เวลา ชนิด และแหล่งของน้ำที่จะเก็บว่าเป็นน้ำคิ  
หรือน้ำเสีย การบรรยายถึงวิธีการเก็บตัวอย่างอย่างละเอียด เพื่อนำไปใช้กับตัวอย่างทุกชนิด และทุกที่  
นั้นเป็นไปได้ยาก เพราะความแตกต่างกันของวัตถุประสงค์ และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงขอล่าถึง  
โดยทั่ว ๆ ไปเท่านั้น

### 2.3.1 ชนิดของตัวอย่าง

1. ตัวอย่างแยก ( grab or catch samples ) โดยทั่วไปหมายถึงตัวอย่างที่เก็บ ณ  
เวลาและสถานที่แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆ ไป ตัวอย่างแยกนี้ จะเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำนั้น  
เฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำมากกว่า ณ เวลาและจุดที่ทำการเก็บ  
ในกรณีนี้ ตัวอย่างแยกเพียงตัวอย่างเดียว อาจใช้เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำบางแห่งได้เลย เช่น น้ำประปา  
น้ำผิวดิน และน้ำบ่อลึก

ถ้าแหล่งน้ำ มีคุณภาพแปรผันตามเวลา การเก็บตัวอย่างแยกในช่วงเวลาที่เหมาะ  
สมมาทำการวิเคราะห์จะช่วยให้ทราบถึงขอบเขต ความถี่และช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงได้ ช่วงเวลาในการ  
เก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับความถี่ของการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น จึงอาจจะแปรผันได้ตั้งแต่ 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง  
หรือนานกว่านี้ในกรณีที่คุณภาพของแหล่งน้ำแปรผันตามระยะทางแทนที่จะแปรผันตามเวลา ใช้  
เก็บชุด (set) ของตัวอย่างจากจุดที่เหมาะสมโดยให้มีการเจาะจงเวลาน้อยที่สุด เพื่อจะได้ข้อมูลที่มี  
ประโยชน์มากที่สุด

ในการเก็บตัวอย่างที่เป็นสลัดจ์ (sludges) และโคลนตม (muds) จะต้องใช้ความ  
ระมัดระวังอย่างมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมด

2. ตัวอย่างแบบรวม composite (composite samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัว  
อย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกัน แต่ต่างเวลา บางครั้งใช้คำว่า time composite samples มีประโยชน์  
สำหรับการใช้งานที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย เช่น ในการคำนวณความสามารถที่จะกำจัดน้ำเสีย  
หรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานกำจัดน้ำเสีย แทนที่จะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแยกทุกตัว

อย่างแล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของผล อาจทำได้ตัวอย่างรวมของตัวอย่างแยกเหล่านี้ แล้วทำการวิเคราะห์ครั้งเดียว เป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างมาก สำหรับการวิเคราะห์ทั่วไปมักใช้ตัวอย่างรวมในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงเป็นมาตรฐาน แต่ถ้าต้องการผลเฉพาะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำทิ้ง อาจต้องการตัวอย่างรวมที่เป็นตัวแทนของตัวอย่างในช่วงที่มีการปล่อยน้ำทิ้งนั้น ตัวอย่างรวมที่ได้ถือเป็นตัวอย่างเฉลี่ย ภายใต้สภาวะดังกล่าวจะตัดปัญหาเกี่ยวกับเวลาเก็บ (detention time) ไปได้ โดยที่แต่ละตัวอย่างน้ำที่เก็บอยู่ขึ้นกับแฟกเตอร์เดียว คือ อัตราการไหล  $Q$  เวลานั้น (คือผสมกันตามอัตราส่วนปริมาตรไหล)

ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบบางอย่างของน้ำ เช่น แก๊สที่ละลายในน้ำ คลอรีนตกค้าง อุณหภูมิและพีเอช ค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างไว้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ตัวอย่างรวม ตัวอย่างรวมแบบ composite ใช้เฉพาะการหาค่าส่วนประกอบที่ทราบได้แน่นอนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะของการเก็บและรักษาตัวอย่างเท่านั้น ให้นำแต่ละส่วนของตัวอย่างที่ทำการเก็บโดยใช้ขวดปากกว้าง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 3s มิลลิเมตร และสูงได้อย่างน้อย 120 มิลลิเมตร เก็บแต่ละส่วนเหล่านี้ทุกชั่วโมง บางกรณีอาจจะทุกครึ่งชั่วโมง หรือทุก 5 นาที และนำมาผสมกันในขวดใบใหญ่ขวดเดียวเมื่อสิ้นสุดเวลาการเก็บตัวอย่างแล้ว ก็ต้องการให้สารช่วยรักษา (preservatives) ให้เติมลงในขวดเริ่มต้นทุกขวดก่อนทำการเก็บ ปกติมักทำการรวมแต่ละตัวอย่างในปริมาตรที่เป็นสัดส่วนกับปริมาตรที่ไหล สำหรับน้ำโสโครก (sewage) น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสีย (effluent) และน้ำเสีย (wastes) แล้วปริมาตรสุดท้าย 2-3 ลิตรนับว่าพอเพียง ถ้าจะใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างชนิดอัตโนมัติควรเติมสารช่วยรักษาไปก่อน ทำความสะอาดเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างรวมทั้งขวดในแต่ละวัน เพื่อกำจัดความเจริญเติบโตทางชีวและและการเกาะของตะกอน

3. ตัวอย่างรวมแบบ integrated (integrated samples) หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างที่แยกเก็บจากจุดต่าง ๆ กัน ในเวลาเดียวหรือในเวลาใกล้เคียงกันที่สุด ตัวอย่างที่จำเป็นต้องเก็บโดยวิธีนี้ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ซึ่งคุณภาพแปรผันตามความกว้างและลึก ในการประเมินค่าส่วนประกอบเฉลี่ยหรือปริมาณสารทั้งหมด (total loading) ก็ต้องใช้ของผสมของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของจุดต่าง ๆ ในส่วนตัด (cross section) ของแหล่งน้ำจึงเป็นสัดส่วนกับการไหล

การเตรียมตัวอย่างรวมแบบ integrated นี้ต้องการเครื่องมือพิเศษในการเก็บตัวอย่างจากจุดที่ทราบความลึก โดยไม่มีการปะปนจากน้ำเบื้องบนนอกจากนี้ควรทราบเกี่ยวกับปริมาตร การเคลื่อนไหล และส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำที่จะทำการเก็บก่อนด้วย จะเห็นได้ว่าการเก็บตัวอย่างรวมแบบนี้ยุ่งยากและมีขั้นตอนพิเศษกว่าแบบอื่น

### 2.3.2 ปริมาณ

ในการตรวจหาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนั้น โดยทั่วไปแล้ว ปริมาตร 2 ลิตร นับว่าเพียงพอ แต่ถ้าจะทำการหาส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมก็ต้องใช้ปริมาตรมากกว่านี้

ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ข้อควรจำคือ อย่าพยายามใช้ตัวอย่างเดียวกัน สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีทางแบบที่เรีย และด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์ เพราะวิธีที่ใช้ในการเก็บและปฏิบัติต่อตัวอย่างจะแตกต่างกัน

### 2.3.3 ช่วงระยะเวลาระหว่างการเก็บและการวิเคราะห์

เป็นการยากที่จะบอกว่าช่วงเวลานี้ควรจะเป็นเท่าไร เพราะช่วงเวลานี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่าง สารที่จะวิเคราะห์และวิธีในการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเพราะยิ่งทิ้งไว้นาน ส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนไปเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำ ความผิดพลาดข้อนี้ อาจลดลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำ ( $4^{\circ}\text{C}$ ) จนถึงเวลาที่จะวิเคราะห์ ระยะเวลาที่ยอมรับได้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีเป็นดังนี้

น้ำสะอาด (unpolluted water)	72 ชั่วโมง
น้ำค่อนข้างสกปรก (slightly polluted water)	48 ชั่วโมง
น้ำสกปรก (polluted water)	24 ชั่วโมง

ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวนี้นานพอที่จะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นหรือสภาพทางกายภาพของส่วนประกอบที่จะทำการวัด ให้ทำการเก็บรักษาตัวอย่างตามตารางที่ 1.1 อย่างรัดกุมจนเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง เวลาที่ทำการวิเคราะห์ และสารช่วยรักษาที่ใช้

### 2.3.4 วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาตัวอย่างทำได้ยาก สารช่วยรักษามีเกือบทุกตัวขัดขวางการหาสารบางตัว ดังนั้น ทำการวิเคราะห์ในวันถัดมาจัดว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ถ้าเป็นไปได้ควรทำการวิเคราะห์ทันที กรณีที่ไม่ทำการวิเคราะห์ทันที ควรเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ ( $4^{\circ}\text{C}$ ) และเติมสารเคมีในการเก็บรักษา ชนิดที่ไม่ขัดขวางการวิเคราะห์ และให้เติมลงในขวดตัวอย่างก่อนทำการเก็บเพื่อว่าทุกส่วนของตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาทันที ที่ทำการเก็บเลือกสารช่วยรักษาให้ถูกกับสารที่จะทำการวิเคราะห์ ฟอรั่มลดีไฮด์มีผลมากต่อการวิเคราะห์สารเกือบทุกตัว จึงไม่ควรใช้

จุดประสงค์ในการเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยา ชะลอการเกิดไฮโดรไลซิสของสารเคมีและสารเชิงซ้อน (complex) และเพื่อลดการระเหยตัวของส่วนประกอบของสาร วิธีที่ใช้ในการเก็บรักษาตัวอย่างทำได้โดยการควบคุมพีเอช การเติมสารเคมี การแช่เย็น และสารแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

## 2.4 สรุปข้อควรปฏิบัติทั่วไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ



1. ขวดที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรทำด้วยพลาสติกชนิดพอลิเอทรีน (polyethylene) เพราะขนส่งสะดวกไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในน้ำ ข้อสำคัญต้องล้างให้สะอาดก่อนใช้ คือล้างด้วยกรดโครมิก น้ำก๊อกและน้ำกลั่นตามลำดับ และก่อนทำการเก็บให้ล้างด้วยน้ำตัวอย่าง ที่จะเก็บก่อนสัก 2-3 ครั้ง

2. เขียนฉลากติดที่ขวดตัวอย่างให้เรียบร้อย บอกชื่อผู้เก็บ เวลา สถานที่ วันที่เก็บ อุณหภูมิของน้ำ ชนิดของสารช่วยรักษา

3. ควรวัดอุณหภูมิ พีเอช แก๊สที่ละลายน้ำ เช่น  $\text{CO}_2$  และ  $\text{O}_2$  ทันทีที่เก็บ เพราะค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

4. บางกรณีการเก็บตัวอย่างไว้มีผลต่อการวิเคราะห์มาก เช่น ไอออนบวก บางตัวจะสูญหายไปโดยการดูดซับ ( adsorption ) หรือโดยการแลกเปลี่ยนของไอออน ( ion exchange ) กับผิวของภาชนะที่ทำด้วยแก้ว ไอออนบวกเหล่านั้นได้แก่ Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Ag และ Zn จึงควรทำการเก็บแยกต่างหาก โดยใช้ขวดที่สะอาด และทำให้เป็นกรดด้วยกรดเกลือเข้มข้น หรือกรดอินทรีย์เข้มข้นจนพีเอชต่ำกว่า 2 เพื่อลดการตกตะกอน และการดูดซับบนผิวภาชนะ

5. แอมโมเนียไนโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ในน้ำถ้าพีเอชสูงไปจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) ทำให้ค่าลดลง ฉะนั้นควรเก็บแยกขวดและปรับพีเอชให้ต่ำลง

6. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากทุก ๆ จุดที่ปล่อยน้ำออกมาหรือที่จุดรวมของน้ำทิ้ง

7. น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำไฮโดรค

8. น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสียให้เก็บจากจุดต่าง ๆ ตามขั้นตอน

9. น้ำประปอบีโบลิ่งให้เก็บก่อนเก็บ

10. น้ำบ่อควรเก็บภายหลังจากบ่อนั้นถูกดูดน้ำขึ้นระยะหนึ่งแล้ว ควรจดอัตราเร็วของการดูดน้ำด้วย

11. แม่น้ำและลำธาร ควรเก็บน้ำจากฝัวจจนถึงก้นแม่น้ำตรงใจกลางแม่น้ำแล้วเอามารวมกันเป็นตัวอย่างรวมแบบ integrated ถ้าจะเก็บเป็นตัวอย่างแยกให้เก็บจากใจกลางแม่น้ำที่จุดกึ่งกลางของความลึกจึงจะนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด

12. น้ำในทะเลสาบมักจะมีการแปรผันในคุณภาพทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน แต่ในภาพทั่ว ๆ ไปแล้ว เราไม่สนใจการรวมหรือเฉลี่ยของสภาพเหล่านี้ สนใจแต่การเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเท่านั้น ดังนั้นจึงควรใช้ตัวอย่างแยกมากกว่า

## 2.5 อุปกรณ์และภาวะบรรจุกในการเก็บตัวอย่างน้ำ

อุปกรณ์และภาวะบรรจุกนับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่อาจจะทำให้ตัวอย่างที่เก็บมาได้รับการปนเปื้อน อันเนื่องมาจากความสกปรกของอุปกรณ์และภาวะบรรจุกที่ใช้ ซึ่งต้องมี

การพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษ ที่มีอยู่ในปริมาณต่ำ เช่น โลหะหนัก สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ รวมถึงการเลือกอุปกรณ์และภาชนะบรรจุ

## 2.6 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เครื่องมืออุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำ อาจทำด้วยพลาสติก เหล็กกล้าไร้สนิม สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก เครื่องใช้ที่ใช้ควรทำด้วยพลาสติก และมีส่วนประกอบของโลหะน้อยที่สุด ส่วนที่สัมผัสน้ำโดยตรงก็ไม่ควรเป็นโลหะ กระบอกเก็บตัวอย่างและน้ำหนักถ่วงควรหุ้มด้วยพลาสติก สายสลิงที่ใช้หย่อนเครื่องมือดังกล่าวควรทำจากพลาสติกหรือลวดที่เคลือบด้วยพลาสติก เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำที่นิยมใช้ได้แก่ ชนิด Van Dorn, Niskin, Nansen ฯลฯ

สำหรับการวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ (pesticide) เครื่องมือควรทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม และภาชนะบรรจุที่ใช้แตกต่างกันโดยคำนึงถึง

- วัสดุ
- รูปร่างและขนาด
- สี
- การเตรียมภาชนะบรรจุก่อนใช้

วัสดุ วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำกรด ด่าง และมลพิษในตัวอย่างน้ำ มีความแข็งแรงทนทาน ไม่เปราะหรือแตกง่าย สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่ายมีฝาปิดสนิท โดยทั่วไปนิยมใช้ขวดแก้ว หรือพลาสติกอย่างดีที่แข็งและทนความร้อน เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน แต่วัสดุที่ดีที่สุด คือ ควอตซ์ ( quartz ) หรือ เทฟลอน ( teflon ) แต่ราคาแพง รูปร่างและขนาดควรจะมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุตัวอย่างน้ำได้พอเพียง สำหรับการวิเคราะห์และไม่ใหญ่เกินไปที่จะถือหรือตั้งได้สะดวก และควรเป็นรูปทรงที่ไม่มีขอบมุมทั้งเพื่อความสะอาดยาก เช่น ขวดทรงกระบอก สูงปากกว้างเป็นต้น

สี โดยทั่วไปควรใช้วัสดุที่ไม่มีสี นอกจากนี้ในกรณีที่ต้องการสีเข้ม เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างน้ำถูกแสงแดด นิยมใช้พลาสติกขาวขุ่นหรือขวดแก้วสีชา เป็นต้น

### 2.6.1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกภาชนะบรรจุ

1. การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ เช่น ไขมัน ( grease ) น้ำมัน ( oil ) ควรใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้ว ไม่ควรใช้ภาชนะที่ทำด้วยพลาสติก เนื่องจากเกิดขบวนการดูดซับสารที่ผิวผนังของภาชนะบรรจุได้ง่าย สำหรับวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ มีข้อควรคำนึง ดังนี้

ก. ขวดแก้วสีชา ขวดแก้วสีชาเป็นภาชนะบรรจุที่เหมาะสมที่สุด ในการบรรจุตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ แต่อาจแตกง่ายและมีน้ำหนักมาก ซึ่งไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายในกรณีที่ไม่มีขวดแก้วสีชาอาจใช้ขวดแก้วใสห่อด้วยอะลูมิเนียม หรือกระดาษ

เพื่อกันแสง ทั้งนี้เนื่องจากแสงอาจทำให้สารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์สลายตัวได้ ขวดแก้วที่อาจนำมาบรรจุของเหลวได้ดี คือ ขวดสีชาที่บรรจุตัวทำละลาย (solvent) เช่น อะซิโตน (acetone) เฮกเซน (hexane) คลอโรฟอร์ม (chloroform) ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ฯลฯ สำหรับฝาจุปิดขวดควรเป็นฝาแก้วหรือฝาพลาสติกที่เคลือบด้วยเทฟลอน หรือใช้อะลูมิเนียมที่ผ่านการล้างด้วยอะซิโตนหุ้มก่อนปิดฝาพลาสติก

ข. ขวดพลาสติก ไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลว ประเภท สารอินทรีย์โดยเฉพาะพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE) เนื่องจากอาจเกิดการปนเปื้อนจาก พอลิเอทิลีน แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่จำเป็นอาจ อนุโลมให้ใช้พลาสติกคุณภาพดี (inert or non degradable) ซึ่งผ่านการตรวจวิเคราะห์แล้วว่าไม่มี สารแปลกปลอม (interferences) ออกมาระหว่างการบรรจุตัวอย่างในระดับที่วิเคราะห์ได้ (limit of detection) ภาชนะบรรจุดังกล่าวได้แก่ พลาสติก ชนิดเทฟลอนหรือพลาสติกนาไลอัน (nalgene) ชนิดพอลิโพรพิลีน

ค. ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรง เช่น บรรจุ ตัวอย่างน้ำ ขวดพลาสติกจะใช้ได้กับตัวอย่างที่เป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็ง ซึ่งห่อด้วยอะลูมิเนียม ๐ เปลวก่อนแล้วชั้นหนึ่ง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ และไม่สามารถบรรจุในขวด แก้ว ขวดพลาสติกหรือห่อด้วยอะลูมิเนียมแก้ว เช่น ผลไม้ อนุโลมให้ใช้ขวดพลาสติกได้ แต่ต้อง เป็นขวดพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารที่พิมพ์และสะอาดเท่านั้น

ง. ภาชนะโลหะ ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ นอกเหนือจากภาชนะเหล็กกล้าไร้ สนิม ไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างโดยตรง เนื่องจากอาจมีสารปนเปื้อน เช่น วัสดุเคลือบผิวประเภท แลคเคอร์ (oil film lacquer) หรือเรซิน (resin) จากตะกั่วบรอม



รูปที่ 2.1 เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sample)



2. การวิเคราะห์โลหะหนัก เช่น ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โครเมียม แคดเมียม ตะกั่ว อะลูมิเนียม เป็นต้น ข้อควรคำนึงในการเลือกดังนี้

ก. ขวดพลาสติกเป็นภาชนะที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ทั้งในแง่ของสารปนเปื้อนและอายุการใช้งาน พลาสติกที่ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างโลหะหนักได้แก่ พลาสติกชนิดพอลิฟลูออโรคาร์บอน พอลิเอทิลีน พอลิเมทิลเมทาไครเลต (polymethyl-metacrylates) และเทฟลอน ปัจจุบันภาชนะพลาสติกที่นิยมใช้กันมากเป็นชนิดพอลิเอทิลีน

ข. ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกไม่ควรนำมาใช้ในการบรรจุตัวอย่างที่เป็นของเหลวโดยตรง อาจนำมาใช้ใส่ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง หรือกึ่งของแข็งได้ อย่างไรก็ตามขวดพลาสติกที่ใช้ควรเป็นขวดพลาสติกชนิดสำหรับบรรจุอาหารใหม่และสะอาดเท่านั้น

ค. ขวดแก้ว ไม่ค่อยเหมาะในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก เนื่องจากมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุสูง (high ion-exchange capacity) และมีสารโลหะหนักปนเปื้อนอยู่สูง นอกจากนี้ยังแตกเสียหายได้ง่าย ขวดแก้วที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ ขวดแก้วชนิดบอโรซิลิเกต แต่ขวดประเภทนี้มีราคาค่อนข้างสูง

ง. ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ ไม่ควรนำมาบรรจุตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โลหะหนัก นอกจากนี้การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียม ซีลีเนียม โบรอน ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมควรทำด้วยพลาสติกเช่นเดียวกัน เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนไอออนที่ผิวของภาชนะ

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ ห้ามใช้ภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแก้ว เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยากับแก้วได้โดยตรง

การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียใช้ขวดที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างนั้น เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรีย ให้สามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้เพียงพอสำหรับตรวจวิเคราะห์ในแต่ละวิธี ปกติแล้วนิยมใช้ขวดแก้วปากกว้าง ที่มีฝาจากแก้วอุดปิดสนิท (ground glass stoppered bottles) ขวดพลาสติกก็ใช้ได้ถ้าทำจากวัสดุที่ไม่เป็นพิษ เช่น พอลิโพรพิลีน (polypropylene) และต้องนำภาชนะมาล้างก่อนทำการฆ่าเชื้อให้ปิดปากขวดจนถึงคอขวดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ หรือกระดาษหุ้ม

#### 2.6.2 การทำความสะอาดเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำและภาชนะบรรจุ

การเตรียมเครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุก่อนใช้ โดยทั่วไปควรจะต้องล้างทำความสะอาดด้วยผงซักฟอกหรือน้ำยาล้างแก้ว ล้างด้วยน้ำสะอาดและล้างด้วยน้ำกลั่นในครั้งสุดท้าย แล้วทำให้แห้งในห้องที่ปราศจากฝุ่นละอองก่อนที่จะนำไปใช้ นอกจากนี้บางกรณีจะต้องมีกรรมวิธีพิเศษ เช่น ภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ สารป้องกันและฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์ทางด้านแบคทีเรีย ซึ่งมลพิษดังกล่าวโดยทั่วไปมีปริมาณน้อย (trace) การปน

เป็อนที่เกดข้ันจ้งม้ควมสำค้ญค้ผลการว้เคราะห้ การล้างคร้องม้ือเก้บค้ว้อย่างและภาชนะบรรจ ม้ข้ันค้อนและว้ธีการที่แตกค้่างก้ัน ค้งน้ี

1.การว้เคราะห้หาปร้มาณล้โหะที่ค้กค้้าง ข้ันค้อนและว้ธีการล้างคร้องม้ือ เม้ือเก้บค้ว้อย่างและภาชนะบรรจข้้ันก้บล้กข้ณะของการค้ึกษาและปร้มาณล้โหะหน้กที่ม้ในค้ว้อย่างที่ค้องการค้รวงจ้ำแนกออกค้ได้ 2 ล้ท้ี ค้งน้ี

1) การล้างคร้องม้ือเก้บค้ว้อย่างและภาชนะบรรจโดยท้ัวไป ให้ค้ำเน้ินการค้งน้ี

- ล้างค้ว้ผงข้กฟอก
- ให้น้้ำประปาไหลค้่าน
- ล้างภาชนะบรรจค้ว้กรค้ในค้ร้ก 50% ชนิดที่ม้ควมบร้สุท้ห้สูง

(analytical reagent grade) ถ้่าเป็นไปค้ได้ให้แ่ค้้างค้ีนไว้

- ล้างค้ว้น้้ำกล้ันที่บร้สุท้ห้หร้ือน้้ำที่ปราศจากไอออน
- ทำให้แห้งโดยวางในห้องที่สะอาค้ ปราศจากฝุ่นละออง

2) การล้างคร้องม้ือเก้บค้ว้อย่างและภาชนะบรรจเพ้ือการว้จ้ย

(ก) คร้องม้ือเก้บค้ว้อย่าง

1. คร้องม้ือเก้บค้ว้อย่างค้ำหรับว้เคราะห้ล้โหะหน้กท้ัวไป

- ล้างค้ว้ผงข้กฟอก
- ล้างค้ว้ค้ด้วยน้้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water)
- บรรจกรค้กล้ือชนิดอัลตราเพ้ียวร์ 1 ไมลาร์ ท้ั้งไว้ 2-3 วัน
- ล้างค้ว้ด้วยน้้ำกล้ันบร้สุท้ห้ แล้้วห้องค้ว้พลาสติก

2. คร้องม้ือเก้บค้ว้อย่างค้ำหรับว้เคราะห้ปร้รท

- ล้างค้ว้ผงข้กฟอก
- ล้างแล้้วบรรจกรค้ในค้ร้ก 0.5 ไมลาร์ ท้ั้งไว้ 24 ช้้วโมง
- ล้างแล้้วบรรจค้ว้ด้วยส้วนผสมของกรค้ในค้ร้ก 0.5 ไมลาร์และ

โพแทสเซียมเปอร์มังกานค้ (KMnO<sub>4</sub>) 0.1% และ โพแทสเซียมเปอร์ออกซ้ไดซ้ลเฟค้ (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) 0.01% ท้ั้งไว้ 24 ช้้วโมงแ้ิมไฮค้รอกซ้ค้แ้มีนไฮค้รค้ลอไรค้ (NH<sub>4</sub>OHCl) 12% ลงไป

- ล้างแล้้วบรรจกรค้ซ้ลฟิวร์ค้ 0.1 ไมลาร์ ท้ั้งไว้ 24 ช้้วโมง
- ล้างค้ว้ด้วยน้้ำกล้ันบร้สุท้ห้ แล้้วห้ค้ว้ด้วยค้ว้พลาสติก

(ข) ภาชนะบรรจ

1.ภาชนะพลาสติก พลาสติกเป็นภาชนะบรรจที่เหมาะสมในการเก้บค้ว้อย่าง แต่ในการผล้ค้อาจม้ีอนุภาคล้โหะขนาดเล็กฝ้งค้ว้อยู่บร้แ้วมได้ค้ิวหรือถูกคู้ดค้บบนค้ิวนอจากน้ีสารแ้ิมแ้่ง (additive) ในพลาสติก ซึ่งอาจจะบรค้วณผลการว้เคราะห้โดยทำป้ฏ้กัร้ยาค้บล้โหะในน้้ำ ค้ง



นั้น ภาชนะใหม่จึงควรล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม และล้างตามด้วยน้ำกลั่น ส่วนวิธีการล้างอนุภาคโลหะที่ปนเปื้อนอยู่ใช้วิธีการของ Patterson และ Settle ดังนี้

(1) ภาชนะพลาสติกชนิดเพฟลอน

- ล้างด้วยกรดไนตริกเข้มข้นแช่กรดไนตริกเข้มข้นใน acid bath ที่ 70 °C เป็นเวลา 3-5 วัน

- ล้างด้วยน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์
- เปลี่ยนกรดแล้วทำซ้ำอีกครั้ง
- แช่กรดไนตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% ใน acid bath

ที่ 70 °C เป็นเวลา 3 วัน

- ล้างด้วยน้ำกลั่น

ภาชนะบรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุกรดไนตริกชนิดอัลตราเพียวร์ 0.1% แล้วห่อด้วยถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนจนกว่าจะใช้

(2.) ภาชนะพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน

- เดิมกรดเกลือในภาชนะบรรจุ
- ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์
- เดิมกรดเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1% ให้ความร้อนที่ 55 °C

เวลา 3 วัน

- ล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์
- เดิมกรดเกลือชนิดอัลตราเพียวร์ 1% อีก 3 วัน
- ล้างด้วยน้ำกลั่น
- ภาชนะบรรจุที่เป็นขวดให้บรรจุน้ำกลั่น แล้วห่อด้วย

ถุงพอลิเอทิลีนจนกว่าจะใช้

(3) ภาชนะแก้วชนิดไพเรกซ์ใช้สำหรับบรรจุตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปรอท ให้ล้างโดยวิธีของ Bothner และ Robertson (1975) ดังนี้

- เดิมสารละลายผสมระหว่างโพแทสเซียมเปอร์มันกานेट 0.1% และ โพแทสเซียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต 0.1% ในกรดไนตริก 2.5% ให้ความร้อน 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วทิ้งไว้เย็น

- เดิมไฮดรอกซิลเอมีนไฮโดรคลอไรด์ 12% จำนวน 2 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
- เดิมสแตนเนสคลอไรด์ ( $\text{SnCl}_2$ ) 10% ลงไป 10 ลูกบาศก์

เซนติเมตร

- ผ่านแก๊สไนโตรเจนเพื่อไล่สแตนเนสคลอไรด์ที่ทำปฏิกิริยา

ไม่หมด

- ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง

- เครื่องแก้วใหม่ให้ล้างด้วยวิธีการดังกล่าว 2-3 ครั้ง ก่อนใช้

หมายเหตุ การล้างภาชนะซึ่งแนะนำให้เติมสารลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนใน

water bath อาจจะต้องแปลงเป็นการแช่ภาชนะบรรจุลงในสารต่างๆ ใน acid bath แทนได้

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันและสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ มีขั้นตอนดังนี้

- ชะด้วยน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น hexane

- ล้างด้วยผงซักฟอกชนิดที่ปราศจากสารอินทรีย์หรือมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่น้อย

ที่นิยม เช่น alconox

- ล้างด้วยน้ำประปา

- ล้างด้วยน้ำกลั่น

- ชะด้วย hexane ชนิด pesticide grade

- ทำให้แห้งและเก็บในที่ๆ ไม่มีฝุ่น

3. การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรีย ขวดเก็บตัวอย่าง ขวดแก้วปากกว้าง ความจุ

ประมาณ 125 ลูกบาศก์เซนติเมตรพร้อมฝาจุกแก้ว ผ่านการล้างให้สะอาด คว่ำหรืออบให้แห้ง ปิดฝาจุก

ให้สนิท ใช้กระดาษอะลูมิเนียมหุ้มจุกขวดไว้ สำหรับจับเวลาเปิด บรรจุลงในกระป๋องโลหะเพื่อป้องกันการ

ปนเปื้อน นำไปอบที่อุณหภูมิ 160-180°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับตัวอย่างน้ำประปา หรือน้ำดื่มบางชนิดที่มีคลอรีนตกค้างอยู่ในตัวอย่างน้ำ จะมีผลในการทำลายแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ จำเป็นต้องกำจัดเสียก่อน โดยเติมสารละลายโซเดียมไทโอ

ซัลเฟต ซึ่งมีความเข้มข้น 10% จำนวน 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดเปล่าก่อนนำไปอบฆ่าเชื้อ

2.6.3 การถนอมคุณภาพตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำนั้น หากไม่ได้ทำการ

วิเคราะห์ทันทีแล้ว ส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเติบโตของสิ่งมีชีวิตใน

น้ำ มลพิษหลายชนิดที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เช่น แบคทีเรีย ความเป็นกรด-ด่าง สาร

ประกอบไนโตรเจน สารอินทรีย์ และอื่น ๆ เป็นต้น จึงได้มีการศึกษาวิธีการถนอมหรือรักษาคุณภาพตัว

ตัวอย่างน้ำให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เพื่อลดหรือหยุดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่ง

จำแนกออกได้ดังนี้คือ

1. การแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C หรือแช่แข็ง เช่น การตรวจหาปริมาณความเป็นกรด ความ

เป็นด่าง ซัลเฟต คลอไรด์ เป็นต้น ผลของการแช่เย็น ก็คือ

- ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์

- ลดอัตราเร็วของการเกิดขบวนการทางกายภาพและเคมี

- ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่มีสารรบกวน (interference) ในการวิเคราะห์

## 2. การเติมสารเคมี

ก) เติม biocides เพื่อยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ เช่น  $HgCl_2$  เติมในปริมาณ 20-40 mg/l

ข) เติมกรด เช่น  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  เป็นการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการควบคุม  $pH < 2$  เพื่อวัตถุประสงค์คือ

- ป้องกันการดูดซับไอออนที่ผิวภาชนะบรรจุและการตกตะกอน

- ยับยั้งการทำงานของพวกจุลินทรีย์

เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ ควบคุม  $pH < 2$  โดยการเติมกรด  $HNO_3$  (ดังตารางที่ 1.1) อาจใช้ 1.5 มิลลิลิตร กรด  $HNO_3$  เข้มข้น หรือ 3 โมล/ลิตร ของ 1+1  $HNO_3$  คือน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร แต่กรณีตัวอย่างน้ำเป็นด่างมากอาจต้องใช้ถึง 5 มิลลิลิตร กรด  $HNO_3$  เข้มข้น และถ้าตัวอย่างน้ำนำไปแช่เย็นด้วย การรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำจะเก็บได้นานถึง 6 เดือน ยกเว้นในกรณีของ  $Hg$  ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นกว่าโลหะอื่น

3. สารเคมีเฉพาะข้อมูล สารเคมีอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ รักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำได้โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้  $pH$  อยู่ในช่วง 10-11 การวิเคราะห์หา  $Hg$  นอกจากรักษาคุณภาพโดยการเติมกรดแล้ว อาจรักษาคุณภาพได้โดยการเติม 2 มล. 20% (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไดโครเมต ในตัวทำละลาย 4+1 กรด  $HNO_3$  คือน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร หรือเติม 1 มิลลิลิตร กรด  $H_2SO_4$  เข้มข้น และ 1 มิลลิลิตร 5% (น.น. โดยปริมาตร) ของโพแทสเซียมไดโครเมตต่อตัวอย่างน้ำ 100 มล.

การเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำเฉพาะข้อมูลหนึ่ง ๆ นั้น ควรทำได้ยากและถึงแม้จะมีการเติมสารเคมีลงไปในตัวอย่างไม่ก็รักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำเป็นกลุ่มแล้ว ก็ยังอาจมีผลกระทบต่อ การวิเคราะห์ได้ หากตัวอย่างน้ำนั้นมีสารแขวนลอยหรือความขุ่นอยู่ด้วย

นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำหลังจากเติมสารเคมี เพื่อรักษาคุณภาพก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน เนื่องจากในช่วงที่เก็บรักษาคุณภาพน้ำนั้น อาจเกิดขบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้ส่วนประกอบหรือมวลสารต่าง ๆ ในน้ำเปลี่ยนแปลง ขบวนการดังกล่าว ได้แก่

### (1.) ขบวนการทางชีววิทยา

- ปฏิริยาเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ในน้ำ

### (2.) ขบวนการทางเคมี

- การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน :  $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$

- การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีผลให้  $pH$  ค่า

ความเป็นกรดต่างที่เปลี่ยนแปลง

- การเกิดขบวนการ depolymerization

(3.) ขบวนการทางกายภาพ

- การดูดซึมของพวกคอลลอยด์
- การดูดซับสารที่ผิวภาชนะบรรจุ ตะกอนดินที่มีอยู่ในน้ำ
- การรวมตัวเป็นตะกอนของพวกคอลลอยด์ สารแขวนลอย

ดังนั้นในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ไม่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ควรทำการวิเคราะห์ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามเวลา เช่น อุณหภูมิ pH ค่าความนำไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับมลพิษบางชนิดในน้ำเป็นสารที่ไม่คงตัว มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จำเป็นต้องใช้วิธีการถนอมคุณภาพที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาควบคู่ไปด้วย หากเก็บตัวอย่างไว้นานเกินไปจะทำให้เกิดการสลายตัวของมลพิษบางชนิด เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปวิธีเก็บตัวอย่างที่ต้องการ

Determination	Container	Minimum Sample Size (ml)	Storage and/or Preservation
Acidity	P, G(B)	100	24 hr; refrigerate
Alkalinity	P, G(B)	200	24 hr; refrigerate
BOD	P, G	1,000	6 hr; refrigerate
Boron	P	100	-
Carbon, organic, total	G(brown)	100	Analyze as soon as possible refrigerate or add HCl to pH $\leq$ 2
Carbon dioxide	P, G	100	Analyze immediately
COD	P, G	100	Analyze as soon as possible add H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> to pH $\leq$ 2
Chlorine dioxide	P, G	500	Analyze immediately
Chlorine, residual	P, G	500	Analyze immediately



Determination	Container <sup>+</sup>	Minimum Sample Size( ml)	Storage and/or Preservation
Color	G	500	-
Cyanide	P, G	500	24 hr; add NaOH to pH 12; refrigerate
Fluoride	P	300	-
	Calibrated	1,000	Add HCl to pH $\leq 2$
Iodine	P, G	500	Analyze immediately
Metals	P, G	-	For dissolved metals separate By filtration immediately add 5 ml conc HNO <sub>3</sub> /l
Nitrate	P, G	100	Analyze as soon as possible; Add 0.8 ml conc H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l Refrigerate
Nitrite	P, G	100	Analyze as soon as possible; Add 40 mg HgCl <sub>2</sub> /l and refrigerate On freeze at - 20 C
Organic	P, G	500	Analyze as soon as possible; Refrigerate or add 0.8 ml conc H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /l
Odor	G	500	Analyze as soon as possible; RE
	G, BOD bottle	300	Analyze immediately
Ozone	G	1,000	Analyze immediately
Pesticides (organic)	G (s)	-	-
PH	P, G(B)	-	-
Phenol	G	500	24 hr; add H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> to pH $\leq 4.0$ and 1 g CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O/l;

Determination	Container <sup>+</sup>	Minimum Sample Size (ml)	Storage and/or Preservation
Phosphate	G (A)	100	For <b>dissolved</b> phosphates
			Separate by filtration
			Immediately ; freeze at $\leq -10\text{ C}$
			And/ or add 40 mg $\text{HgCl}_2/l$
Residue	P, G(B)	-	-
Salinity	G, was seal	240	<b>Analyze</b> immediately or use wax
Sulfate	P, G	-	Refrigerate
Sulfide	P, G	100	Add 4 drops 2N zinc acetate/ 100 ml
Sulfite	P, G	-	Analyze immediately
Taste	G	500	Analyze as soon as possible
			Refrigerate
Temperature		-	Analyze immediately
Turbidity	P, G	-	Analyze same day : store in dark
			For up to 24 hr
Silica	P		

+ see text for additional details, for determinations not listed, no special requirements have been set: use glass or plastic containers, preferably refrigerate during storage, and analyze as soon as possible.

+p = plastic (polyethylene or equivalent); G = glass, G(A) or P(A) = rinsed with 1+1  $\text{HNO}_3$ ; G(B) = glass, borosilicate; G(S) = glass, rinsed with organic solvents.

(ที่มา : Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 14<sup>th</sup> Edition, 1975, p.42.)

## บทที่ 3

### ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์

สมบัติของน้ำในการศึกษาทางเคมีมีหลายอย่างได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ความขุ่น ค่า DO BOD ฯลฯ

#### 3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับความร้อน อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธาร สาธารณะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยที่สิ่งมีชีวิตในน้ำอาจถึงตายได้ในกรณี ที่อุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินไป และยังมีผลให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ตาม ประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมยอมให้อุณหภูมิของน้ำที่ปล่อยลงสู่สาธารณะได้ไม่เกิน 40° C

#### 3.2 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรดของน้ำเป็นความสามารถของน้ำที่จะให้โปรตอนหรือ หนึ่งรวมถึงกรด อ่อนที่แตกตัวได้น้อย (weakly ionizing acids) เช่น กรดคาร์บอนิก กรดแอมโมเนีย ตลอดจนพวกเกลือ ซึ่งไฮโดรไลสได้ เช่น เฟอร์ริลซัลเฟต อะลูมิเนียมซัลเฟต และ พวกกรดแร่ เหล่านี้ล้วนมีส่วนเพิ่ม ความเป็นกรดเมื่อตัวอย่างน้ำมีค่าพีเอชต่ำ ความเป็นกรดมีความสำคัญเพราะเป็นคัวที่ทำให้ น้ำ เกิด การกักกรอน และมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมีและทางชีววะ การหาความเป็นกรดของน้ำได้ โดยการไทเทรตน้ำนั้นด้วยด่างที่แก่ และเพราะความเข้มข้นแน่นอน เช่น NaOH จนถึงพีเอชที่ กำหนด ซึ่งความเป็นกรดเบส ของน้ำทำให้เราทราบถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ ความเป็นกรดเป็น เบสในน้ำที่สำคัญคือ

##### 1. Carbon Dioxide Acidity

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำตามธรรมชาติทั่ว ๆ ไป สำหรับน้ำผิวดินจะได้รับแก๊สนี้จากบรรยากาศโดยการดูดซึม แต่ในกรณีนี้จะเป็น ไปก็ต่อเมื่อ ปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำน้อยกว่าในอากาศ คาร์บอนไดออกไซด์อาจเกิดขึ้นจากการ

๖

๒๙.๑๖

ปกแอก - 138437

๑.๑

ออกซิเดชันทางชีวของสารอินทรีย์ในน้ำ โดยเฉพาะในน้ำไฮโดรอก ในกรณีนี้ ถ้าการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นน้อย ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำจะสูงกว่าในอากาศ ก็จะหนีสู่บรรยากาศ จะเห็นได้ว่าการดูดและคายคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างน้ำ และอากาศ จะมีอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาปริมาณของมันให้คงที่ คือให้อยู่สมดุลกับน้ำ

สำหรับน้ำบาดาลและน้ำจากชั้นล่างของทะเลสาบ หรือ อ่างเก็บน้ำที่มีการแบ่งชั้นของน้ำเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ(thermal stratification) จะมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงกว่าน้ำผิวดิน ทั้งนี้การออกซิเดชันของสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ตอนเริ่มต้นปกติมักพบน้ำใต้ดินมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง 30 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นของดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ แมกนีเซียมคาร์บอเนต ไม่พอที่จะสะเทินคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อให้เกิดความเป็นไบคาร์บอเนต ดังสมการ



ความเป็นกรดของน้ำที่เกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์เรียกว่า carbon dioxide acidity ซึ่งพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดคาร์บอนิกอย่างเดียวจะไม่ทำให้พีเอชของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5

## 2. Mineral Acidity

ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นเนื่องจากกรดแร่ที่เป็นกรดแก่ น้ำที่มีความเป็นกรดชนิดนี้จะมีพีเอชต่ำกว่า 4.5 พบในน้ำทิ้งจากโรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตพวกสารอินทรีย์ แต่ในธรรมชาติอาจมี mineral acidity ได้ เช่น ในกรณีที่น้ำไหลผ่านเบรอนต์แร่ ๆ ซึ่งมักจะมีพวกกรดกำมะถัน แกลกของกรดกำมะถัน ซัลไฟด์เหล็กไพไรต์ (FeS<sub>2</sub>) สำหรับ 2 ตัว หลังอาจถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดกำมะถัน และซัลเฟต โดยอาศัย sulfur oxidizing bacteria ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ดังสมการ



เกลือของโลหะหนักโดยเฉพาะพวกที่มีเวเลนซ์ 3 เช่น Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> จะถูกไฮโดรไลส์ในน้ำปล่อยพวก mineral acidity ออกมา เช่น



ซึ่งในกรณีที่มีสารนี้จะเกิดเป็นตะกอนขึ้น เมื่อพีเอชของสารละลายเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาสะเทินสำหรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่มีกรดอินทรีย์อยู่จะทำการหาปริมาณกรดได้ดีโดยใช้ electrometric titration curve



ความเป็นกรดมีความสำคัญเพียงเล็กน้อยทางด้านสุขภาพและสาธารณสุขและปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องดื่มต่าง ๆ จัดว่าสูงกว่าที่มีอยู่ตามธรรมชาติมากแต่ยังไม่มียารักษาเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพของคนเลย น้ำที่มี Mineral Acidity โดยทั่วไปจะมีรสไม่น่าบริโภคแต่ก็ยังไม่เคยมีปัญหาทางด้านสุขภาพ ความเป็นกรดในน้ำนั้นมีสมบัติในการกัดกร่อน ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำใช้ในการคำนวณหาปริมาณปูนขาวที่จะใช้เพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำโดยวิธี lime soda นอกจากนี้ในการกำจัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวจะต้องควบคุมพีเอชให้อยู่ในระหว่าง 6 - 8.5 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสม ในกรณีนี้ต้องใช้สารเคมีซึ่งการหาค่าคำนวณปริมาณที่จะใช้ต้องอาศัยค่าความเป็นกรดด้วย

ความเป็นด่างเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอนหรือเป็น quantitative capacity ของน้ำนั้นสะท้อนกรดแก่จนถึงพีเอชที่ต้องการ ค่าที่วัดอาจแตกต่างกันไปตามสภาวะ (end point) พีเอช ที่ใช้ในการหาความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติมักเกิดจาก

1. เกลือของกรดอ่อน (salt of weak acids) เช่น คาร์บอเนต บอเรต ฟอสเฟต ซิลิเกต ตลอดจนเกลือของกรดอินทรีย์บางตัวที่มีความทนทานต่อการออกซิเดชันบางตัว เช่น กรดฮิวมิก ส่วนใหญ่แล้วจะได้แก่ พวกไบคาร์บอเนตซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  และสารที่เป็นด่างที่มีอยู่ค้างสมการ



2. เบสแก่และเบสอ่อน (strong and weak base) เช่น ไฮดรอกไซด์ ในบางสภาวะธรรมชาติอาจมีพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์อยู่ในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดิน ซึ่งมีสาหร่ายมาก สาหร่ายมีผลผลิตก๊าซ  $\text{CO}_2$  จากน้ำไปใช้ในการปรุงอาหาร (photosynthesis) ทำให้พีเอชของน้ำสูงขึ้นประมาณ 9 - 10 น้ำที่ใส่น้ำร้อน (boiler water) จะมีพีเอชสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อต้มไบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้เป็นคาร์บอเนตและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ และถูกขับออกไปเมื่อน้ำเดือดเหลือไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นด่างแก่ ฉะนั้นในบางสภาวะจะทำให้พีเอชสูง

น้ำที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมี โดยเฉพาะการทำให้หายกระด้าง (water softening) โดยใช้ไลม์โซดา เมื่อน้ำพวกนี้จะมีพีเอชสูง เพราะมีไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ในน้ำ สรุปแล้วความเป็นด่างสาเหตุส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกัน ซึ่งจะเรียงกันไป โดยพิจารณาสารที่มันทำให้น้ำมีค่าพีเอชสูงจากมากไปหาน้อย คือ

1. ไฮดรอกไซด์
2. คาร์บอเนต
3. ไบคาร์บอเนต

น้ำที่มีความเป็นด่างสูงจะมีรสไม่น่าดื่ม ซึ่งถ้าเกิดขึ้นกับน้ำประปาจะทำให้ประชาชนหันไปใช้น้ำอื่น ซึ่งอาจจะไม่ปลอดภัยแทนน้ำที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ ทางเคมีจะมีพีเอชสูงเนื่องจาก alkalinity ค่าความเป็นด่างในน้ำควรจะมีเพียงพอสำหรับการเกิด floc ระหว่างขบวนการตกตะกอนไม่สูงมากจะทำให้เกิด physiological distress ในคนกฏเกณฑ์ในการพิจารณาค่าต่ำสุด สูงสุดเป็นเด่น ในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณ  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$  และ  $\text{HCO}_3^-$  ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความเป็นด่างของแข็งที่ละลายน้ำและแคลเซียม ทั้งนี้เพราะข้อบังคับซึ่งอนุญาตให้มีค่าของที่ละลายน้ำมีลิทริ่มต่อลิตร และพีเอช 6 - 8.5 จะต้องมีความเป็นด่างอย่างต่ำ 30 mg/l ส่วนค่าด่างสูงสุดเป็นด่าง ในน้ำประปาขึ้นอยู่กับปริมาณด่าง ถ้าสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่เหมาะจะทำน้ำประปา น้ำที่จะทำน้ำประปามีค่าความเป็นด่างระหว่าง 30 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง มีความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำธรรมชาติ และน้ำเสียต่าง ๆ ใช้การรีดอกถึงความเข้มข้นของ  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  และ  $\text{OH}^-$  ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความเป็นด่างในน้ำธรรมชาติ ครึ่งที่วัดได้โดยรวมทั้งส่วนที่มาจากบอระเพ็ดซิลิเกต หรือฟอสเฟตที่อยู่ในกรณีที่มี alkaline earth ในความเข้มข้นสูง อาจใช้ค่าความเป็นด่างในการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำนั้นในการชลประทาน ค่าความเป็นด่างยังใช้ในกรณีแปลงผลและควบคุมขบวนการปรับปรุงน้ำเสีย น้ำเสียโครกดิบจากอาคารบ้านเรือนมีความเป็นด่างสูงกว่าน้ำประปาเพียงเล็กน้อย การทำ anaerobic digest ที่เหมาะจะทำให้มีความเป็นด่างในช่วง 2,000 - 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่าความเป็นด่างจะชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ถ้าแหล่งของตัวอย่างที่เกิดขึ้นมาในระดับความเป็นด่างที่ค่อนข้างคงตัว



รูปที่ 3.1 เครื่องมือพีเอชมิเตอร์

### 3.3 ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ออกซิเจนนับว่าเป็นแก๊สที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืช เพราะต้องถูกนำไปใช้ในขบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ขบวนการต่าง ๆ ที่ต้องการออกซิเจนเรียก aerobic process แก๊สต่าง ๆ ในบรรยากาศละลายน้ำได้มกน้อยต่างกันแล้ว แต่ละชนิดของแก๊ส สำหรับไนโตรเจนและออกซิเจนเป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้น้อยมาก และเนื่องจากไม่ได้ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ดังนั้นการละลายจึงขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศ (partial pressure) ความเค็ม (salinity) และอุณหภูมิ

ค่าการละลาย (solubility) ของออกซิเจนในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 0 °C และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 35 °C ภายใต้ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศซึ่งจะเห็นว่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความจริงข้อนี้สำคัญมากเพราะอัตราของการออกซิเดชันทางชีวจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยลง ความจริงข้อนี้จะเห็นได้ชัดในต่างประเทศ หรือแม้แต่ในประเทศไทยเอง คือในฤดูร้อนปริมาณออกซิเจน (DO) ละลายในน้ำน้อยลงเพราะว่าอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการเน่าเหม็นของน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง เนื่องจากออกซิเจนไม่พอสำหรับทำให้เกิด aerobic process เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในเรื่องนี้

low solubility ของออกซิเจนเป็นแฟกเตอร์สำคัญที่จำกัดความสามารถในการที่จะฟอกตัวเองให้บริสุทธิ์ของน้ำธรรมชาติ จึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดสารสกปรกในน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงแม่น้ำ ลำคลอง ปริมาณของออกซิเจนในน้ำจะมากหรือน้อยกว่าปริมาณที่อิ่มตัวขึ้นอยู่กับสภาวะของน้ำ เช่นถ้ามีการสังเคราะห์แสงมากจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง มีการละลายดีขึ้น แต่ถ้ามีการสลายตัวของสารอินทรีย์ทำให้ออกซิเจนในน้ำถูกใช้ไปดังนั้น ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ การออกซิเดชันของโลหะต่าง ๆ เช่น  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $S^{2-}$  ในน้ำเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง

การละลายของออกซิเจนในน้ำที่มีเกลือแร่จะน้อยกว่าในน้ำสะอาด ดังนั้น ณ อุณหภูมิ จุดหนึ่งการละลายของออกซิเจนในน้ำจืดจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อน้ำนั้นเข้าใกล้ทะเลทุก ๆ ที่ คือ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับทั้งอุณหภูมิและปริมาณคลอไรด์ในน้ำ (คลอไรด์ในน้ำทะเลมีประมาณ 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) และในทำนองเดียวกันในน้ำเสีย ค่าอิ่มตัวของออกซิเจนที่ละลายจะน้อยกว่าในน้ำสะอาด

ตารางที่ 3.1 แสดงการละลายของออกซิเจนในน้ำภายใต้สภาวะต่าง ๆ

อุณหภูมิ °C	ปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	Chlorinity : 0	5	15	25
0	14.621	13.728	12.097	10.657
5	12.770	12.024	10.656	9.441
10	11.288	10.656	9.493	8.545
15	10.084	9.541	8.540	7.642
20	9.092	8.621	7.749	6.964
25	8.263	7.850	7.083	6.390
30	7.559	7.194	6.513	5.896
35	6.950	6.624	6.017	5.464
40	6.412	6.121	5.576	5.078
45	5.927	5.665	5.174	4.724
50	5.477	5.242	4.799	4.392

$$\text{Salinity} = 1.80855 \times \text{Chlorinity}$$

จากตารางปริมาณ salinity และ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ออกซิเจนละลายได้น้อยลง  
(ที่มา : คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2537 )

ความสำคัญของ DO

1. DO ในน้ำเสียเป็นตัวชี้วัดปฏิกิริยาทางชีวะที่เกิดขึ้น จะเกิดโดยจุลินทรีย์ aerobic หรือ anaerobic organism ประเภท aerobic organism ใช้ ออกซิเจนอิสระเพื่อออกซิไดส์ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตราย ในขณะที่ anaerobic organism ทำให้เกิดออกซิเดชันโดยควรรีดิคท์แก๊สอินทรีย์บางตัว เช่น  $\text{SO}_4^{2-}$  เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเหม็น จุลินทรีย์ ทั้งสองชนิดพบทั่วไปในธรรมชาติ จึงจำเป็นที่จะต้องรักษาสภาวะที่พวก aerobic organism ชอบไว้ (คือมีออกซิเจน) มิฉะนั้น anaerobic organism จะเข้ามาแทนที่ การหาค่า DO เพื่อที่จะรักษาสภาพ aerobic condition ในน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะสามารถรับสิ่งสกปรกจากแหล่งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการรักษาสภาวะที่เหมาะสมในขบวนการ aerobic treatment process ด้วย

2. ค่า DO มีความสำคัญในการที่จะรักษาสภาวะของน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ คือให้มี DO ปริมาณพอเหมาะ เช่น ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้น



3. ค่า DO เป็นพื้นฐานของค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) เพื่อหาค่าถึงความสกปรกของน้ำเสีย และอัตราของการออกซิเดชันทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาค่า DO ที่เหลือ ณ เวลาต่าง ๆ

4. ค่า DO เป็นแฟกเตอร์สำคัญในการควบคุมการกักตรอนของเหล็ก โดยเฉพาะในท่อน้ำประปาและในหม้อต้มน้ำ โดยเฉพาะในหม้อต้มน้ำไม่ควรมี DO เลย แต่ถ้าความดันต่ำกว่า 250 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (psi) มี DO ได้ 0.015 พีพีเอ็ม

5. ค่า DO ช่วยในการควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาใน aerobic treatment process เพื่อให้แน่ใจว่ามีออกซิเจนพอที่จะรักษาสภาวะ aerobic ไว้ได้อีกทั้งป้องกันการให้อากาศเกินควร



รูปที่ 3.2 เครื่องมือออกซิเจนมิเตอร์

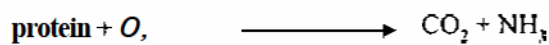
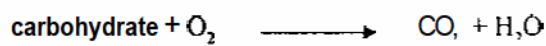


### 3.4 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร

การใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในการย่อยสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ซึ่งอาจแสดงได้ด้วย BOD curve

ระยะที่ 1 เป็นการออกซิไดส์ของสารประกอบคาร์บอน



ค่าของออกซิเจนในตัวอย่างที่ลดลงเนื่องจากแบคทีเรียใช้ไปคือค่า BOD นี้หาได้

ระยะที่ 2 เป็นการออกซิไดส์ของ  $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$  ตามลำดับโดยพวก autotrophic bacteria ซึ่งมีชื่อว่า nitrifying bacteria ซึ่งมีอยู่น้อยใน raw sewage การแบ่งตัวของมันที่  $20^\circ\text{C}$  ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า BOD น้อยมาก ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียพวกนี้ใช้ในชั้ระยะ 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการหาค่า BOD จึงน้อยมาก หลังจาก 10 วัน แบคทีเรียเหล่านี้จะมีจำนวนมากพอที่จะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดส์สาร  $\text{NH}_3$  ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณของไนเตรตในตัวอย่างซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

ค่า BOD จะบอกถึงกำลังความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ในเทอมของออกซิเจน ซึ่งต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำลำคลองซึ่งมีสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ การหาค่า BOD ยังมีความสำคัญในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำต่าง ๆ เพราะค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำนั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบในการกำจัดน้ำเสียด้วย

การหา BOD เป็น bioassay procedure ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้เพื่อย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้เฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือ ค่า BOD มาตรฐานจะใช้ incubate ที่อุณหภูมิ  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน สาเหตุที่ใช้อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวก็เพราะที่  $20^\circ\text{C}$  เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับน้ำทั่วไป และ nitrifying bacteria เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมินี้ ส่วนการเลือกใช้เวลาที่ incubate 5 วัน ก็เพราะถ้าเวลาน้อยกว่านี้ ปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจะน้อยมากและเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้  $\text{O}_2$  ในระยะที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น ประการสุดท้าย ถ้าเวลา incubate นานเกินไปอาจไม่ทันกับการที่จะปล่อยน้ำเสียต่าง ๆ ลงแม่น้ำลำคลอง มักเขียนสัญลักษณ์ของค่า BOD ที่ใช้เวลา incubate 5 วัน ว่า BOD<sub>5</sub>

ในการหาค่า BOD ของน้ำควรคำนึงถึงแฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่จะทำให้ค่า BOD ที่ได้มีค่าแน่นอนเชื่อถือได้ โดยยึดหลักทั่วไปดังนี้

1. ใช้อุณหภูมิ  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ในการ incubate เป็นเวลา 5 วัน
  2. ไม่ควรให้ตัวอย่างสัมผัสกับอากาศและแสงสว่างเพื่อป้องกันการเติมออกซิเจนและการสังเคราะห์แสง (โดย incubate ในตู้มืด จุกขวดปิดให้แน่นและใช้น้ำกลั่นหล่อบนจุกขวดเสมอ)
  3. น้ำบางชนิดมีความสกปรกมากจะต้องทำให้เจือจางก่อน มิฉะนั้นออกซิเจนในน้ำอาจไม่พอตลอดช่วงของการทดลอง ( ออกซิเจนเป็นแก๊สที่ละลายน้ำได้น้อยคือ ประมาณ 9 มิลลิกรัมต่อลิตรที่  $20^{\circ}\text{C}$  ) ปกติสำหรับ raw sewage ใช้ 1 - 5% การทำเจือจาง ส่วนน้ำธรรมชาติทั่ว ๆ ไป ใช้ 25 - 100% การทำเจือจาง ด้วยน้ำสำหรับใช้เจือจาง ซึ่งจะกล่าวต่อไปภายหลัง นอกจากนี้จะต้องให้ปริมาณของออกซิเจนลดน้อยลงไปอย่างน้อย 2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเหลือออกซิเจน 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของแต่ละตัวอย่าง
  4. น้ำสำหรับใช้เจือจางควรปราศจากสารซึ่งไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เช่น ทองแดง คลอรีน นอกจากนี้ควรมีพีเอชที่เหมาะสมคือ 7 และประกอบด้วย ธาตุอาหารที่จำเป็นตลอดจนสารอื่น ๆ ที่แบคทีเรียต้องการ เช่น ฟอสฟอรัส ใน ไตรเจน เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ข้อสำคัญจะต้องอิมตัวด้วยออกซิเจน
  5. การเติมเชื้อ (seeding) เนื่องจากในน้ำตัวอย่างบางชนิดมีแบคทีเรียที่ย่อยสลายอาหารไม่เพียงพอ ดังนั้น จึงต้องเติมแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ซึ่งพบมากในน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนลงไปด้วย เรียกแบคทีเรียที่เติมลงไปว่าน้ำเชื้อ (seed)
  6. เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำสำหรับใช้เจือจางไม่มีสารหรือสิ่งที่จะไปหยุดยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทุกครั้งที่ทำควรมีตัวอย่างที่มาตรฐาน เช่น ใช้กลูโคส หรือกรดกลูตามิกทำควบคู่ไปกับตัวอย่างน้ำด้วย
- ประโยชน์ของค่า BOD
1. เพื่อศึกษา sewage และ industrial waste ในทอมของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์
  2. ใช้หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปหาอัตราการออกซิไดส์ที่เกิดหรือเพื่อหาอัตราที่ BOD จะถูกใช้ไป
  3. ใช้ในการควบคุมความสกปรกของน้ำทิ้ง แม้ว่า จะควรกำจัดสารอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำแต่ไหน เพื่อที่จะให้มีระดับของออกซิเจนในน้ำเหลืออยู่ตามต้องการ

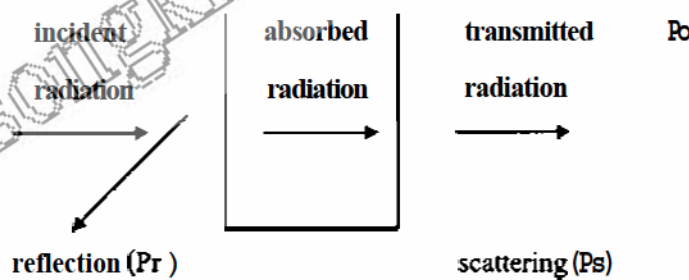
4. ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
5. ใช้ตรวจคุณภาพของ effluent ที่ปล่อยทิ้งลงน้ำ
6. ใช้หาประสิทธิภาพของโรงบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (BOD) เป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียในเทอมของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน การหาบีโอดีเป็นกระบวนการทดสอบทางชีววิทยา เพื่อหาปริมาณค่าออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายใต้สภาวะที่เหมือนกับที่เกิดในธรรมชาติที่สุด เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์เป็นปริมาณวิเคราะห์ จึงต้องทำให้แฟกเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายคงที่ นั่นคือค่าบีโอดีมาตรฐานต้อง incubate ที่อุณหภูมิ  $20 \pm 1^\circ \text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน

### 3.5 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet and Visible Spectroscopy)

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190 - 800 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือ สารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งปริมาณและคุณภาพอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำและสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลเล็กก็ได้ แต่ในกรณีที่จะนำไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นอะไร มีโครงสร้างเป็นอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความสนใจ เช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR Spectroscopy เป็นต้น

โดยทั่วไป เทคนิคการวิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมตริ แต่สำหรับสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสี สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลเลอร์ิเมตริ (colorimetry)

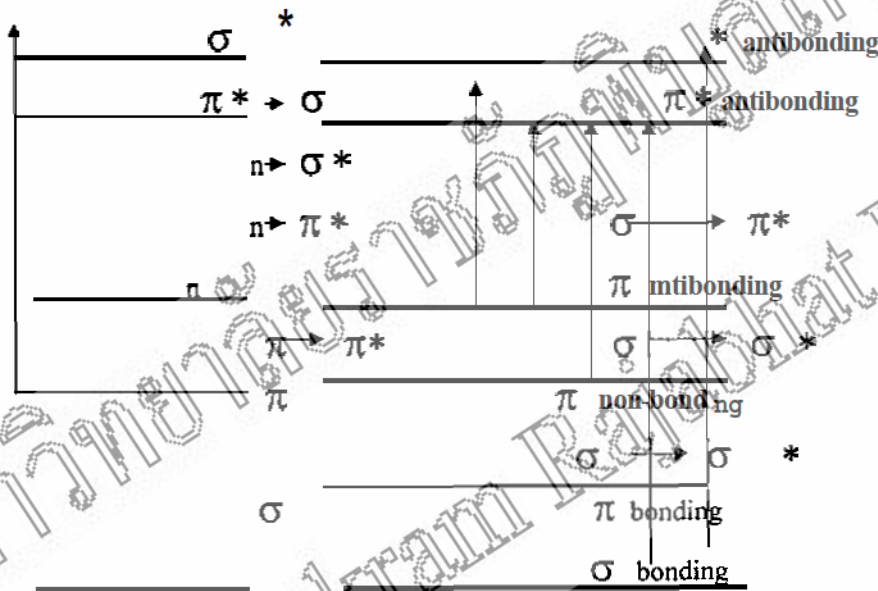


รูปที่ 3.3 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสี

เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัสดุจะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนทะลุออกไป ดังแสดงในรูป 3.4 ถ้าให้แสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (ปริซึมหรือเกรตติง) จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่งส่วนที่หายไปนี้เรียกว่า สเปกตรัมดูดกลืนแสง (absorption spectrum) พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) ดังรูปที่ 3.5

### 3.5.2 สาเหตุของการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี - วิสิเบิล (UV-VIS Absorption)

เมื่อแสงที่อยู่ในช่วงยูวี - วิสิเบิล ผ่านเข้าไปในโมเลกุลของสาร สารนั้นจะดูดกลืนแสงเฉพาะบางช่วงทำให้เกิดมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (electronic transition) ซึ่งโดยมากจะใช้พลังงานประมาณ 30-150 kcal / mol และอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องคืออิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดหรืออิเล็กตรอนที่เกิดพันธะแล้ว หรืออิเล็กตรอนที่ยังไม่เกิดพันธะ (non-bonding electron) ซึ่งแต่ละชนิดจะมีพลังงานสูงขึ้นนี้เรียกว่า antibonding orbitals ดังแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แสดง electronic energy levels และ transitions

การดูดกลืนแสงของโมเลกุลของสารนั้นมักจะเกิดขึ้นในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างและยุ่งยากกว่าการดูดกลืนแสงของอะตอมของธาตุต่าง ๆ เนื่องจากอะตอมไม่มี vibrational และ rotational energy level แต่ของโมเลกุลยังประกอบด้วย energy levels เหล่านี้ด้วย ดังนั้น

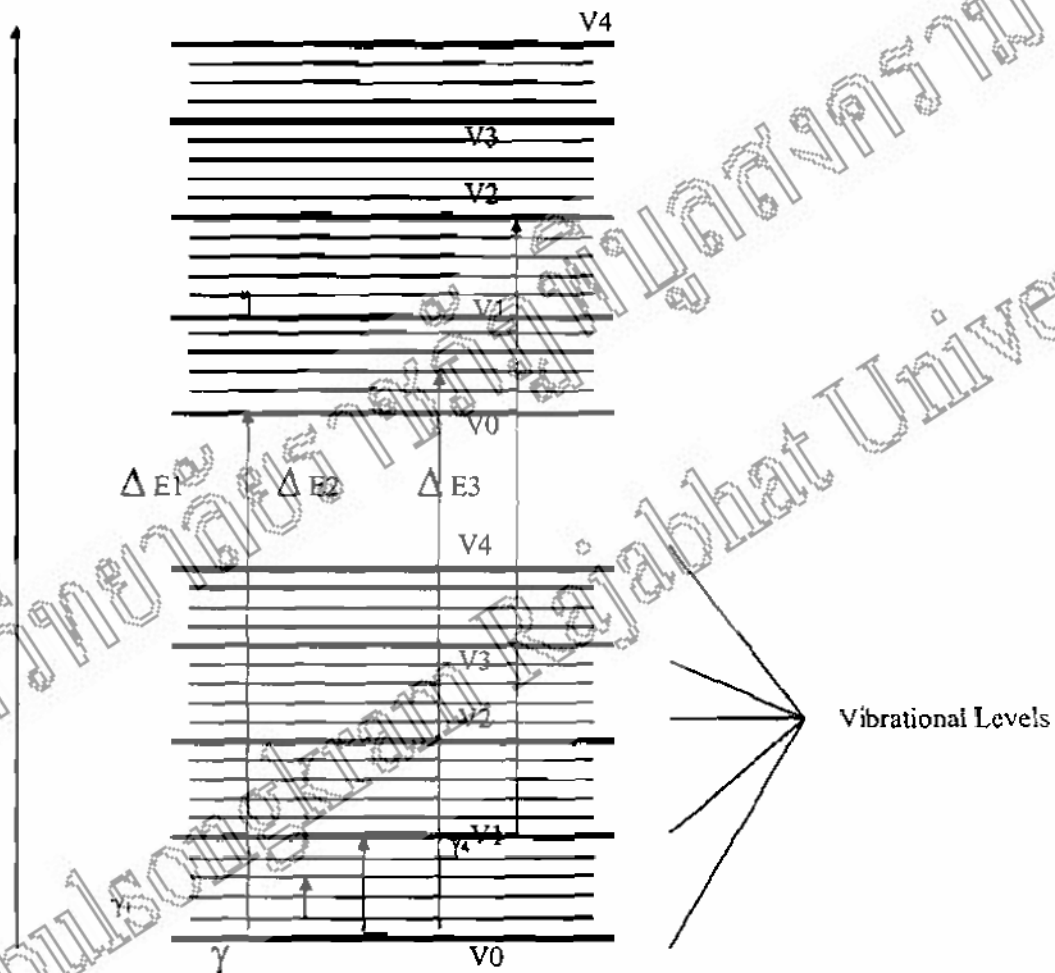
$$E_{\text{total}} = E_{\text{el}} + E_{\text{rot}} + E_{\text{vib}}$$

$E_{\text{el}}$  = electronic energy ของโมเลกุล

$E_{\text{rot}}$  = rotational energy ของโมเลกุล

$E_{\text{vib}}$  = vibration energy ของโมเลกุล

$E_{\text{el}}$  จะมีค่ามากกว่า  $E_{\text{rot}}$  และ  $E_{\text{vib}}$  ดังนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง electronic energy levels มักจะมีการเปลี่ยนแปลง vibration energy และ rotational energy ควบคู่กันไปด้วยเสมอ แต่เนื่องจาก energy level เหล่านี้ อยู่ใกล้กันมาก ทำให้  $E_{\text{el}}$  absorption spectra มีลักษณะเป็น sharp lines ดังรูป



รูปที่ 3.5 แสดงการเกิดแทรนซิชันของโมเลกุล

a เกิด electronic transitions

b และ c เกิด rotation และ vibrational และ vibrational transitions



สารอินทรีย์ใดที่มี unsaturated functional group สามารถดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิสิเบิล ได้ซึ่งแสดงลักษณะสมบัติของมัน นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Witt ได้เรียกชื่อกลุ่มเหล่านี้ว่า โครโมฟอร์ (chromophore) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1879

โครโมฟอร์อย่างง่าย มีด้วยกัน 3 แบบคือ

1. โครโมฟอร์ที่มี multiple bond ระหว่าง 2 อะตอมของธาตุ โดยที่ไม่มี lone pair electrons เช่น สารประกอบที่มีกรุป  $=C=C<$

2. โครโมฟอร์ที่มี multiple bond ระหว่าง 2 อะตอมของธาตุ โดยที่อะตอมของธาตุหนึ่งมี lone pair of electrons เช่น สารประกอบที่มีกรุป  $=C=C:$

3. โครโมฟอร์ที่มี benzene ring ได้แก่ สารประกอบ aromatic ไฮโดรคาร์บอนซึ่งจะให้ absorption spectra ถึง 3 bands อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงพลังงาน



ผลของตัวทำละลายต่อการดูดกลืนของแสง (solvent effects)

เมื่อนำโครโมฟอร์ที่มีขั้ว เช่น สารอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอนิลไปละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว (polar solvent) ปรากฏว่าการเกิดอันตรกิริยาระหว่างสารทั้งสอง ตัวทำละลายจะเข้าไป

กระตุ้น การเกิดอันตรกิริยานี้ทำให้เกิด  $n \rightarrow \pi^*$  แทรนซิชันต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ถ้าทำให้เกิด  $\pi \rightarrow \pi^*$  ใช้พลังงานน้อยลง ดังนั้น ถ้าจะทำให้เกิด  $\pi \rightarrow \pi^*$  และ

$n \rightarrow \pi^*$  ของโครโมฟอร์ที่มีขั้วใช้พลังงานเข้ามาใกล้เคียงกัน ให้ใช้วิธีเพิ่มโพลาไรตี ของตัวทำละลายให้มากขึ้น เช่นตัวอย่างจากปรากฏการณ์เกิด solvent shift ของการเกิดแทรนซิชัน  $n \rightarrow \pi^*$

ไปในทางลดพลังงานในการศึกษา UV-spectrum ของ *n*-nitroso-dimethylamine สำหรับตัวทำละลายต่าง ๆ ที่ใช้เรียงลำดับการลดพลังงานในการเกิดแทรนซิชัน  $n \rightarrow \pi^*$  ได้ดังนี้

cyclohexane > dioxane > ethanol > water สำหรับตัวทำละลายที่เป็นไฮโดรคาร์บอน ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับ  $\lambda_{min}$  และ  $\lambda_{max}$  มีน้อยมากจนธรรมดาแล้วสามารถตัดทิ้งได้

ผลของการสเตอริกต่อการดูดกลืนแสง (steric effects)

ในบางกรณีผลของการสเตอริกอาจทำให้เกิดอันตรกิริยาของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น หรือลดลงได้ ยังผลให้เกิดอันตรกิริยาใหม่ขึ้น การมี conjugation  $\pi$  orbitals ต่อกันมาก ๆ จะช่วยทำ

ให้  $\pi$  cloud เกิด delocalization เพื่อให้เกิด resonance interaction มากที่สุด สารประกอบที่มีกรุปใหญ่ ๆ ต่อกันจะทำให้เกิดความยุ่งยากใน coplanarity ของ  $\pi$  system แล้วจะทำให้  $\lambda_{max}$  เคลื่อน

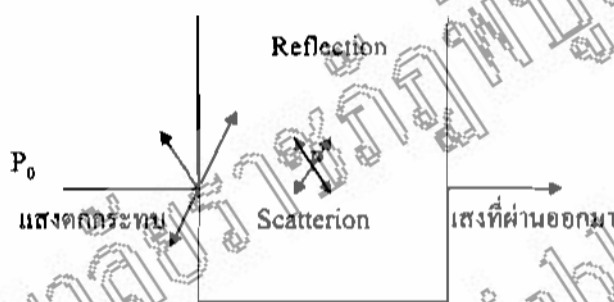
ที่ทางความยาวคลื่นที่สั้นกว่า และค่า  $\epsilon_{min}$  จะลดลง เช่น diphenyl มีค่า  $\lambda_{max}$  ที่ 246 nm และค่า  $\epsilon_{max} = 20,000$  ซึ่งเป็น coplanar ring จะมีค่า molar absorptivity สูงกว่าอนุพันธ์ของ

มันคือ 0,0 -dialkyl diphenyl ซึ่งไม่เป็น planar ring มีค่า  $\lambda_{\max}$  ที่ 250 nm และให้  $\lambda_{\max}$  nm ที่ 250 nm และ  $\epsilon_{\min}$  มีค่า 2,000 mol<sup>-1</sup> . cm<sup>-1</sup>

### 3.5.3 การใช้เครื่อง Spectronic สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยเครื่อง spectronic เมื่อแสงซึ่งเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) หรือ (electromagnetic spectra) ฉายผ่านเข้าไปในสารหรือตัวกลาง (medium) จะเกิดปรากฏการณ์ดังนี้

1. แสงอาจเดินทางทะลุออกไปได้บ้าง และมีสารบางส่วนที่ถูกดูดกลืน (absorbed) จึงทำให้พลังงาน (radiant energy) ของแสงนั้นลดลงบางส่วน
2. ทิศทางของแสงอาจเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเกิดการสะท้อนกลับ (reflection) หรือการกระเจิง (scattering)
3. พลังงานของแสงอาจถูกดูดกลืนไว้ทั้งหมดหรือบางส่วน การดูดกลืนนี้รวมไปถึงการถ่ายเทพลังงานสู่สารหรือตัวกลาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสาร



รูปที่ 3.6 แสดงรังสีที่ผ่านสารทดสอบในเครื่อง Spectronic

ถ้าให้  $P_0$  แทน radiant energy ที่แสงมีอยู่ก่อนถูกดูดกลืน (absorbed)

$P$  แทน radiant energy ที่เหลือจากการถูกดูดกลืนไปแล้วโดยตัวกลางหรือภาชนะ radiant power ดังกล่าวคือ  $P$  เป็นปริมาณ (quantity) ที่สามารถวัดได้ หรือ detect ได้ โดยการใช้ photocell หรือ phototube

$b$  แทน ความยาวของระยะทางที่แสงผ่านในระบบหรือเป็นความหนาของสารละลาย

อัตราส่วนของ  $P$  (unabsorbed) ที่ผ่านออกมาจากตัวอย่าง (sample) ต่อ  $P_0$

ที่ตกกระทบ คือค่า transmittance (T) ซึ่งไม่ใช่ transmittancy หรือ transmission ตามปกติโดยทั่วไป

$$\text{ดังนั้น } P/P_0 = T$$

และค่า logarithm ฐาน 10 ของส่วนกลับค่า transmittance นิยมเรียกว่าค่า A หรือ absorbance หรือ A ซึ่งไม่ใช่ optical density หรือ absorbancy หรือ extinction ตามปกติ

$$\text{ดังนั้น } \log 1/T = A$$

$$\text{หรือ } \log P_0/P = A$$

### 3.5.4 กฎต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธี Photometry

#### 1. Bouguer's law หรือ Lambert's law

กฎนี้มีความโดยสรุปว่าเมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะค่านิ่งผ่านเข้าไปในตัวกลางหรือ ตัวอย่างในแนวตั้งฉาก พลังงานที่ลดลงต่อระยะทางที่แสงผ่านตัวกลางหรือตัวอย่างนั้น จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ radiant power ของแสงนั้น เมื่อแสงผ่านสารละลาย แสงที่ถูกดูดกลืนไว้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาของสารละลายนั้น

ถ้า b แทน thickness of solution

$$\frac{-dP}{db} = KP$$

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \int_0^b Kdb$$

$$\ln P_0/P = Kb$$

#### 2. Beer law หรือ Bernard law

กฎนี้มีความโดยสรุปว่า Radiant power ที่แสงผ่านในสารตัวกลางหรือสารตัวอย่างจะมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของสารตัวกลางหรือสารตัวอย่างนั้น อาจกล่าวอีกในหนึ่งว่า แสงที่ถูกดูดกลืนไว้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$\log P_0/P = Kc$$

เมื่อ  $c$  แทน ความเข้มข้นของสารละลาย

และเมื่อรวมกฎทั้งสองนี้เข้าด้วยกันตามหลักของ variation จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\log P_0/P &= K \cdot bc \\ &= abc \quad (a = \text{absorptivity}) \\ &= A \quad (A = \text{absorbance}) \\ &= \log I/T\end{aligned}$$

การวิเคราะห์วิธีนี้อาจวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 2 แบบ ดังนี้

1. วัดเป็นค่า % Transmittance หรือ %T

2. เป็นค่า Absorbance หรือ A

ค่าทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\begin{aligned}A &= \log \frac{I_0}{I} \\ &= \frac{\log 100.1}{100 T} \\ &= -\log \frac{100 T \cdot 1}{100 T} \\ &= -\log \% T + 2 \\ &= 2 - \log \% T\end{aligned}$$

ดังนั้นค่า absorbance จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 2 โดยทั่วไปแล้วในเครื่องมือที่ใช้การดูดกลืนแสงจะสามารถอ่านค่าได้ทั้ง 2 แบบ

สารต่างๆ จะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือระดับพลังงานใน โมเลกุลหรืออะตอมของสาร สารบางอย่างอาจดูดกลืนพลังงานความยาวคลื่นค่าหนึ่งได้ดี ขณะที่สารอีกชนิดหนึ่งสามารถดูดกลืนได้ดีในอีกความยาวคลื่นหนึ่ง อาศัยหลักการนี้ทำให้สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารได้ในการ

วัดจะต้องหาค่าความยาวคลื่นที่สารที่ต้องการทดสอบมีการดูดกลืนดีที่สุด แสดงถึงคุณสมบัติของสารนั้นว่ามีการดูดกลืนแสงดีที่สุดเมื่อนำสารที่ต้องการทดสอบ (ต้องทำให้สารอยู่ในรูปของสารละลายจึงจะสามารถหาค่าการดูดกลืนได้) มาทดสอบเครื่องจะแสดงค่า A หรือ %T mud ต้องการบอกให้ทราบถึงความสามารถในการดูดกลืนของสาร ค่าที่ได้ควรที่จะหักค่าการดูดกลืนของสารอื่นดังนั้นจึงควรหาค่ามาตรฐาน blank (ในการทดลองนี้ใช้น้ำกลั่นเป็น blank ) เพื่อหักเอาค่าการดูดกลืนของสารอื่นออกไป

### 3.5.5 การวิเคราะห์หาสารเชิงปริมาณ

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมเป็นการหาเชิงคุณภาพแต่การหาสารใบเชิงปริมาณต้องทำ standard curve ซึ่งทำได้โดยการสร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนต่อค่า A หรือ % T ซึ่ง จะได้กราฟที่เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง เมื่อนำสารที่ต้องการทราบค่าความเข้มข้นมาวิเคราะห์และวัดค่าการดูดกลืน A หรือ %T (ค่าที่ได้ไม่ควรเกิน กราฟของสารมาตรฐาน ถ้าเกินควรลดปริมาณของสารที่สกัดลง)แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบในกราฟสารละลายมาตรฐานก็สามารถที่จะทราบปริมาณของสารที่ทดสอบว่ามีปริมาณสารอยู่เท่าใด แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นต่อไป

## 3.6 อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)

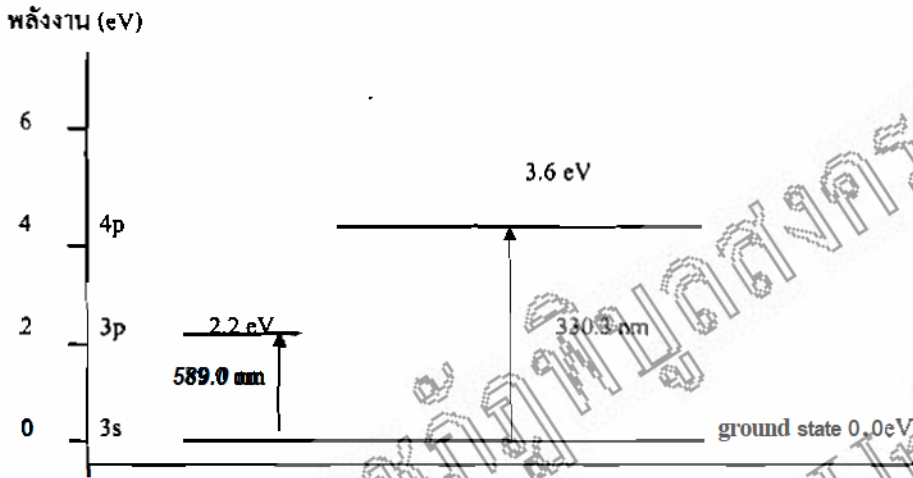
เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ทั้งทางเชิงปริมาณและคุณภาพที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะที่ตีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่สูงมาก และเทคนิคในปัจจุบันนี้สูงมาก เพราะสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับได้ว่ามากพอควร สำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้ควรทำงานเป็น ไปอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ

### 3.7.1 หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Principle of Atomic Absorption )

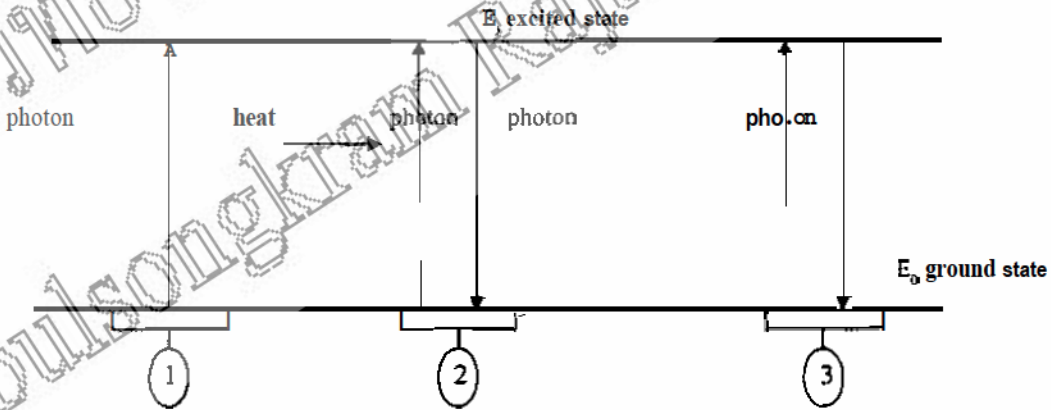
อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น อันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร เพราะแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูป 3.8 ซึ่งเห็นว่า



ความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิกลสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีนั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไปซึ่งอาจจะเข้าไปอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่นพลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้าเป็นต้น ทำให้เกิดการแตกตัว (dissociation) หรือการเปลี่ยนเป็นไอ (vaporization) หรือ อาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมตกอยู่ในสถานะกระตุ้น หรือกลายเป็นไอออนก็ได้



รูปที่ 3.7 แสดงระดับพลังงานของอะตอม โซเดียม  ${}_{11}\text{Na}^0 (1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1)$



รูปที่ 3.8 แสดง transition diagram

1. อะตอมมิกลแอบซอร์พชัน
2. อะตอมมิกลอิมิตชัน
3. อะตอมมิกลฟลูออเรสเซนซ์

การเกิดอะตอมมิกแอมบอร์พจน์และฟลูออเรสเซนซ์นั้นลักษณะดังแสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นการเกิดแทรนซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก (first excited state) มีอยู่ด้วยกัน 3 แบบคือ

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรกโดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตอนเป็นอะตอมมิกแอมบอร์พจน์

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นในระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมาเมื่อกลับสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าอะตอมมิกมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโปรตอนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นเมื่อกลับมาสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

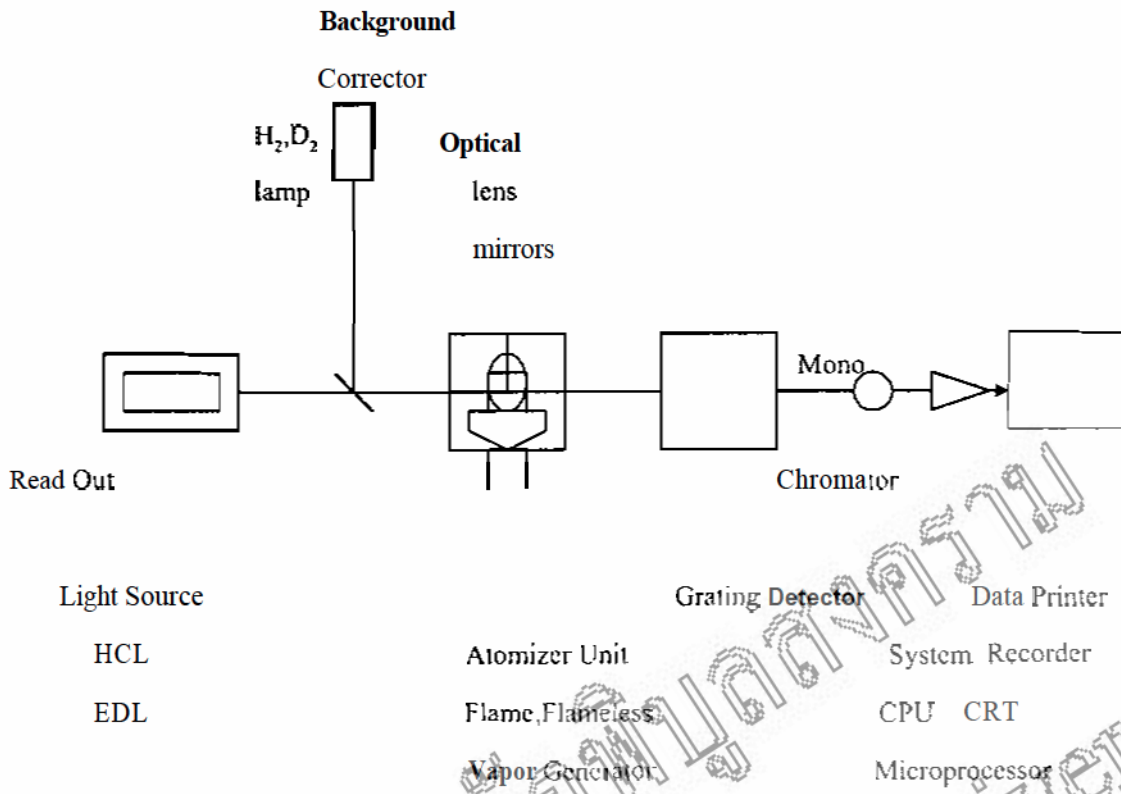
### 3.6.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

1. ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้ตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม

2. ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการที่คล้ายตัวอย่างให้สลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผาที่มีค่าต่างๆกันและใช้เวลาที่ต่างกัน

3. ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนเป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 1 และ 2 ไม่ได้แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่าย ๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮไดรเจน

4. ใช้ Cloud Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ๆ ซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อย โดยเฉพาะ



รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

### 3.6.3 องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิคแบบเซอร์พจน์สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

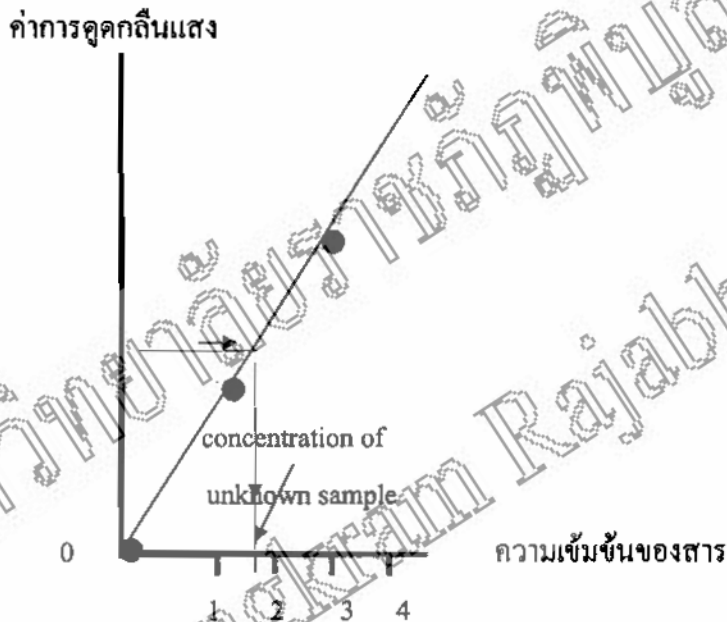
1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครเมเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทกเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out unit)



3.6.4 การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS (Quantitative Analysis) สามารถทำได้หลายวิธี

#### 1. Calibration Method

ในกรณีตัวอย่างไม่ค่อยมีสิ่งรบกวนและตัวอย่างเจือจาง อาจจะทำการวิเคราะห์ได้ง่าย โดยเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอนแล้ว วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยปรับสัญญาณที่ได้จาก blank ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดค่าแอมพลิจูดของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างกัน (4 - 5 ความเข้มข้น) เมื่อใช้ flameless atomization technique อาจวัด peak area หรือความสูงของพีค (peak height) แล้วนำผลมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลาย จะได้ calibration curve ซึ่งอาจเป็นเส้นตรง ใช้ least squares fit แต่ถ้าเป็นเส้นโค้ง อาจใช้เครื่องลากเป็นเส้นโค้งให้ได้ พร้อมคำนวณหาค่าความเข้มข้นได้ด้วยจากค่าที่วัดได้ของตัวอย่างซึ่งสะดวกมาก ลักษณะ curve ดังรูปที่แสดง



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนของแสงกับความเข้มข้นของสาร

สิ่งที่สำคัญจะต้องไม่ลืมว่า calibration curve ที่ได้ ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เมื่อจะวิเคราะห์ใหม่จะต้องทำใหม่ ทั้งนี้เพราะ parameters ต่าง ๆ ที่ใช้ อาจเปลี่ยนแปลงได้



## 2. ใช้ Factor Method

วิธีนี้จะใช้ได้เมื่อ calibration curve เป็นเส้นตรง ซึ่งทำให้วิธีนี้ทำได้ง่ายขึ้น โดยนำสารละลายตัวอย่าง มา 2 ส่วนเท่า ๆ กัน (X และ Y) และปริมาตรเป็น  $V_z$  นำส่วน X มาเติมสารละลายมาตรฐาน ลงในปริมาตร  $V_s$  แล้วนำสารละลายทั้งสองส่วนไปวัดค่าแอบซอร์เบ้นซ์ได้เป็น  $A_x$  และ  $A_y$  ตามลำดับ ถ้า

$$C_u = \frac{A_y V_s C_s}{(A_x - A_y) V_z}$$

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ดีที่สุด สภาวะต่าง ๆ ที่ควรจะต้องคำนึงถึง คือ

1. calibration curve จะต้องเป็นเส้นตรง
2. ค่าแอบซอร์เบ้นซ์ที่วัดได้คือค่า  $A_x$  ควรจะต้องเป็นประมาณ 2 เท่าของ  $A_y$
3.  $V_s$  ควรน้อยกว่า  $V_z$  มาก ๆ เพื่อมิให้เกิดการเจือจางของสารละลายตัวอย่างมากเกินไปเนื่องจากการเติมสารมาตรฐาน
4. ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน  $C_s$  ควรจะต้องมากกว่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง  $C_u$  มาก ๆ

## 3. ใช้ Standard Addition Method

จะเห็นว่าการทำการวิเคราะห์หาปริมาณ calibration curve ในการวิเคราะห์ สารนั้น สัญญาณที่วัดได้ไม่ใช่เป็นแต่เพียงสารที่ทำการวิเคราะห์เท่านั้น แต่มันรวมถึงสัญญาณที่วัดได้จากสารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น ในการแก้ไขปัญหาก็เกี่ยวกับ matrix effects และ interference จึงควรใช้ standard addition method ซึ่งทำได้โดยแบ่งสารละลายตัวอย่างออกเป็น 4-5 ส่วน นำแต่ละส่วนมาเติมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันลงไป ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \dots$ ) จำนวนปริมาตรเท่ากัน ส่วนสารละลายสุดท้าย นำมาเติมเฉพาะตัวทำละลายให้มีปริมาตรเท่ากัน นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าแอบซอร์เบ้นซ์ แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป ด้วย least-square fit ดังรูป 3.11 ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างหาได้จาก extrapolating ไปตัดแกนความเข้มข้น การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะเห็นว่าสารละลายทั้งหมดทุกขวดมีลักษณะเหมือนกันค่าความผิดพลาดจึงหักล้างกันหมดไป และการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถหาได้ว่าสารตัวอย่างมี matrix effects มากน้อยเพียงใดได้ด้วย โดยเทียบค่าของ slope ของ curve ทั้งสอง (เส้นที่ป็น standard

addition method เส้นประเป็นของ standard solution ) ซึ่งไม่มี interferences ถ้าทั้งสองเส้นมีค่า slope เท่ากัน แสดงว่าสารละลายทั้งสองชุดนั้น ไม่มี interferences

#### 4. ใช้วิธีเจือจาง (Dilution Method)

วิธีนี้จะใช้ได้ดีกับการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มี interference โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการเกิด enhancement คือค่าแอมพลิจูดเบนซ์จะวัดได้มากกว่าค่าปกติ เนื่องจากเกิดไอออไนเซชัน วิธีนี้สามารถทำได้โดยการเติมสารละลายที่ประกอบด้วยธาตุที่ไอออไนซ์ได้ง่ายลงไปในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานมากเกินพอและมีปริมาตรจำกัดไม่ควรเติมมากเกินไปทำให้สารละลายเจือจางมากจนวัดค่าไม่ได้

#### 5. ใช้วิธีการ Internal Standard Method

วิธีการวิเคราะห์นี้อาศัยหลักการเติมสารมาตรฐาน (reference element) ซึ่งเป็นคนละธาตุกับสารที่ทำกรวิเคราะห์ลงไปในตัวอย่าง และ blank หลังการวัดค่าแอมพลิจูดเบนซ์แล้วหาอัตราส่วนของแอมพลิจูดเบนซ์ ระหว่างสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน (Au / As) จากนั้นนำไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นของธาตุที่ทำกรวิเคราะห์จะได้ calibration curve เพื่อใช้หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างต่อไป สำหรับวิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ

1. ตัวอย่างจะต้องไม่มีธาตุที่ใช้เป็นมาตรฐาน (reference element)

2. ทั้งตัวอย่างและสารมาตรฐานจะต้องมีลักษณะและคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน

เทคนิคนี้ยังคงค่อนข้างลำบากในการทำ แต่สามารถทำได้ง่ายถ้าเป็นเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ชนิดที่มี 2 channel

3.5 ประโยชน์ ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี (Applications of AAS)

เนื่องจากเทคนิคทาง AAS นั้นเป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์ธาตุในแทบทุกชนิดของตัวอย่างไม่ว่าจะเป็นของแข็งหรือ ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (Agricultural and Biochemistry) เช่นการวิเคราะห์ดิน พืชและปัส เป็นต้น

2. ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และทางชีวเคมี (Clinical and Biochemistry) เช่น การหาปริมาณของธาตุ Ca Cu Pb Na K Fe Zn As และอื่น ๆ ในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ

3. ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการหาโลหะกรรม (Metallurgy) เช่นการตรวจวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ หาปริมาณสารเจือปนต่าง ๆ ในโลหะบริสุทธิ์

4. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกน้ำมัน และเพื่อการปิโตรเลียม ( Oil and Petroleum ) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง

5. ใช้ในงานวิเคราะห์พวกแร่และวัสดุต่าง ๆ (Mineral and Materials)

6. ใช้ในการวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำบาดาล น้ำเสีย น้ำทิ้ง น้ำแร่ จากแหล่งธรรมชาติ

7. ใช้ในงานวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม

8. ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา

9. ใช้ในการวิเคราะห์หาสารอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

## บทที่ 4

### การทดลองและบันทึกผลการทดลอง

#### 4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ในการศึกษา

##### 4.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและการรักษาตัวอย่าง

###### 1. บริเวณสถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ

น้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำจากบึงโคกช้าง บริเวณอำเภอเมือง โดยได้ทำการสุ่มคัดเลือกตัวอย่างน้ำจำนวน 5 จุด และเก็บตัวอย่างน้ำ ในบึงโคกช้าง ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำครบสามฤดู คือเริ่มจากฤดูฝน (เดือนสิงหาคม 2543) ฤดูหนาว ( ธันวาคม 2543) และฤดูร้อน ( เดือนเมษายน 2544) ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สถานที่หรือจุดเก็บตัวอย่างน้ำดำเนินาน้ำน่านในเขตอำเภอเมือง

รหัสสถานี	บริเวณหรือสถานที่เก็บตัวอย่าง
KC1	ที่รองรับน้ำทิ้ง
KC2	บริเวณครัวโคกช้าง
KC3	บริเวณร้านระเบียบน้ำ
KC4	บริเวณหมู่บ้านเรือนแพ
KC5	บริเวณกลางบึง

2. การเก็บรักษาตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น น้ำในบึงโคกช้าง จะต้องเก็บรักษาหรือถนอมรักษาคุณภาพให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ parameter ต่าง ๆ ตามตารางที่ 2.2 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (grab sampling) แล้วเก็บในขวดบรรจุในขวดน้ำ พีวีซี ชนิดใสแต่ละครั้ง ไม่น้อยกว่า 5 ลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ไปหาค่าต่าง ๆ โดยกำหนด

รหัสตัวอย่างน้ำ.....

สถานที่เก็บตัวอย่าง.....

วันที่เก็บ..... เวลา.....

ชื่อผู้เก็บ.....



## 4.2 การหาค่า pH ของตัวอย่างน้ำ

### 4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. มาตรฐานวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter) model 602 ผลิตโดย Execth International Boston, U.S.A.

2. บีกเกอร์ (Beaker)

3. สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.0, 7.0

### 4.2.2 วิธีการทดลอง

1. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วไฟฟ้า (electrode) ให้สะอาด ใช้กระดาษชำระซับน้ำให้แห้ง

2. ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องนั้น ๆ ด้วย สารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH ใกล้เคียงกับค่าของตัวอย่างน้ำที่จะวัด (pH4 และ pH7)

3. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างขั้วไฟฟ้าอีกครั้ง ซับน้ำให้แห้ง

4. วัดค่า pH ของตัวอย่างน้ำ (ตัวอย่างน้ำที่จะนำมาหาค่า ต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียง หรือเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานในข้อ 2

5. เมื่ออ่านค่าที่ได้จากข้อ 4 บนบันทึกผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.2 pH ของน้ำในตุ่ม

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH (°C)	ค่า pH	ค่า pH เฉลี่ย
KC1	27.0	7.6	7.6
	27.0	7.6	
	27.0	7.6	
KC2	27.2	7.5	7.5
	27.3	7.5	
	27.4	7.5	
KC3	27.7	7.9	7.9
	27.8	7.9	
	27.7	7.9	
KC4	27.3	7.6	7.6
	27.0	7.6	
	27.1	7.6	
KC5	27.8	7.6	7.6
	27.0	7.6	
	27.0	7.6	

ตารางที่ 4.3 pH ของน้ำในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH (°C)	ค่า pH	ค่า pH เฉลี่ย
KC1	26.7	7.3	7.3
	26.8	7.3	
	26.9	7.3	
KC2	26.8	7.4	7.4
	26.8	7.4	
	26.8	7.4	
KC3	26.2	7.3	7.3
	26.1	7.3	
	26.3	7.3	
KC4	26.7	7.3	7.3
	26.8	7.3	
	26.7	7.3	
KC5	26.3	7.2	7.2
	26.3	7.2	
	26.3	7.2	

ตารางที่ 4.4 pH ของน้ำในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด pH (°C)	ค่า pH	ค่า pH เฉลี่ย
KC1	28.0	7.6	7.6
	28.0	7.5	
	28.0	7.6	
KC2	28.5	7.7	7.7
	28.5	7.7	
	28.5	7.7	
KC3	28.7	7.6	7.6
	28.7	7.6	
	28.7	7.6	
KC4	28.5	7.5	7.5
	28.6	7.6	
	28.6	7.4	
KC5	28.1	7.6	7.6
	28.0	7.6	
	28.1	7.6	



ตารางที่ 4.5 pH ของน้ำในบึงโคกช้างจังหวัดพิษณุโลก

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	pH จุดฝน	pH จุดหนาว	pH จุดร้อน
KC1	7.6	7.3	7.6
KC2	7.5	7.4	7.7
KC3	7.9	7.3	7.6
KC4	8.6	7.3	7.5
KC5	7.6	7.2	7.6

### 4.3 การหาค่าอุณหภูมิของน้ำ

#### 4.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. เทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านอุณหภูมิได้ในช่วง 0 -100 องศาเซลเซียส

#### 4.3.2 วิธีทำการทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำเทใส่ลงในบีกเกอร์ 200 cm<sup>3</sup> (วัดในขณะที่เก็บตัวอย่าง )
2. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในสารตัวอย่างน้ำ 3 นาที
3. อ่านอุณหภูมิที่คงที่จากเทอร์โมมิเตอร์
4. บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4. 6 อุณหภูมิของน้ำในบึงโคกช้างในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิขณะทำการวัด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
KC1	27.0	27.0
	27.0	
	27.0	
KC2	27.2	27.3
	27.3	
	27.4	
KC3	27.7	27.7
	27.7	
	27.7	
KC4	27.3	27.2
	27.2	
	27.1	
KC5	27.0	27.0
	27.0	
	27.0	

ตารางที่ 4.7 อุณหภูมิของน้ำในบึงโคกช้างในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
KC1	26.7	26.8
	26.8	
	26.9	
KC2	26.8	26.8
	26.8	
	26.8	
KC3	26.2	26.2
	26.1	
	26.3	
KC4	26.7	26.7
	26.8	
	26.6	
KC5	26.3	26.3
	26.3	
	26.3	

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิของน้ำในบึงโคกช้างในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	อุณหภูมิ (°C)	ค่า อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
KC1	28.0	28.0
	28.0	
	28.0	
KC2	28.5	28.5
	28.5	
	28.5	
KC3	28.7	28.7
	28.7	
	28.7	
KC4	28.5	28.5
	28.4	
	28.6	
KC5	28.3	28.3
	28.3	
	28.3	



ตารางที่ 4.9 อุณหภูมิของน้ำในบึงโคกข้างจังหวัดพิษณุโลก

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน (°C)	ฤดูหนาว(°C)	ฤดูร้อน (°C)
KC1	27.0	26.8	28.0
KC2	27.3	26.8	28.5
KC3	27.7	26.2	28.7
KC4	27.2	26.7	28.5
KC5	27.0	26.3	28.3

#### 4.4 การหาค่า DO ของน้ำ โดยวิธี Azide Modification Method

##### 4.4.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 1.ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 2.ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร
- 3.บิวเรต (burette)
- 4.ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- 5.โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
- 6.น้ำกลั่น
- 7.กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ )
- 8.น้ำแข็ง
- 9.โพแทสเซียมไบโอไอเดต ( $(KH(IO_3)_2$ )
- 10.โพแทสเซียมฟลูออไรด์ไดไฮเดรต ( $KF \cdot 2H_2O$ )
- 11.โซเดียมไธโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ )
- 12.แมงกานีสซัลเฟต

##### 4.4.2 วิธีการทดลอง

การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำ ซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร  
ทำได้ดังนี้

1. เติมน้ำละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และอัลคาไลน์ไอโอไดด์เอไซด์ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำโดยให้ปลายบิวเรตอยู่เหนือผิวตัวอย่างน้ำเล็กน้อย ปิดจุกขวด รวบรวมให้มีฟองอากาศ ผสมให้เข้ากัน โดยคว่ำขวดขึ้นลง 15 ครั้ง
2. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสของขวด
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (oxidised floc) จะล้นออกจากปากขวดเขย่ากลับไปที่ประมาณ 15 ครั้ง
4. ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุ 300 มิลลิลิตร ตวงตัวอย่างน้ำจากขวดในข้อ 3 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไทเทรต (ปริมาตรตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างน้ำซึ่งใช้ในการไทเทรตจึงควรเท่ากับ

$$\frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

5. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไโครเมต 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อนเติมน้ำเป้ง 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไทเทรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป อ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไโครเมตที่ใช้สำหรับการไทเทรตตัวอย่างน้ำ 201 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมไโครเมต 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l หรือ ppm)

6. บันทึกผลการทดลองในตาราง

ตารางที่ 4.10 ค่า DO ในตัวอย่างน้ำในบึงโลกช้างช่วงฤดูฝน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO (mg/l) เฉลี่ย
KC1	6.20	6.21
	6.23	
	6.20	
KC2	6.40	6.40
	6.40	
	6.40	
KC3	6.10	6.10
	6.00	
	6.20	
KC4	6.40	6.40
	6.40	
	6.40	
KC5	6.20	6.20
	6.20	
	6.20	

ตารางที่ 4.11 ค่า DO ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูหนาว

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO (mg/l) เฉลี่ย
KC1	4.70	4.70
	4.70	
	4.70	
KC2	5.00	5.00
	5.00	
	5.00	
KC3	4.20	4.20
	4.20	
	4.20	
KC4	5.00	5.00
	5.00	
	5.00	
KC5	5.20	5.20
	5.20	
	5.20	

ตารางที่ 4.12 ค่า DO ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูร้อน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO (mg./l) เฉลี่ย
KC1	3.10	3.10
	3.10	
	3.10	
KC2	3.20	3.20
	3.20	
	3.20	
KC3	3.30	3.30
	3.30	
	3.30	
KC4	3.40	3.40
	3.40	
	3.40	
KC5	3.40	3.40
	3.40	
	3.40	



ตารางที่ 4.13 ค่า DO ของตัวอย่างน้ำในน้ำในบึงโคกช้างตลอดทั้งปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ DO จุดผืน ( mg/l)	ปริมาณ DO จุดหนาว ( mg/l)	ปริมาณ DO จุดร้อน ( mg/l)
KC1	6.21	4.70	3.10
KC2	6.40	5.00	3.20
KC3	6.10	4.20	3.40
KC4	6.40	5.00	3.40
KC5	6.20	5.20	3.40

#### 4.6 การหาค่า BOD. ของน้ำ โดยวิธี Azide Modification Method

##### 4.6.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 1.ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร
- 2.ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 200 มิลลิลิตร
- 3.บิวเรต (burette)
- 4.ขวดเออร์เลนเมเยอร์ (erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- 5.โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
- 6.น้ำกลั่น
- 7.กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ )
- 8.น้ำเป้ง
- 9.โพแทสเซียมไบโอเดต ( $(KH(IO_3)_2)$ )
- 10.โพแทสเซียมฟูสอโรไดไฮดรต ( $KF_2H_2O$ )
- 11.โซเดียมไรโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ )
- 12.แมงกานีสซัลเฟต ( $MnSO_4$ )

##### 4.6.2 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

การหาค่าออกซิเจนละลายจากตัวอย่างน้ำ ซึ่งเก็บไว้ในขวดบีโอดีขนาด 300 มิลลิลิตร ทำได้ดังต่อไปนี้

1. เติมน้ำละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตร และอีตาไลต์ไอโอไดด์ไฮไซด์ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดบีโอดีที่ใส่ตัวอย่างน้ำโดยให้ปลายบิวเรตอยู่เหนือผิวตัวอย่างน้ำเล็กน้อย ปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศผสมให้เข้ากันโดยคว่ำขวดขึ้นลง 15 ครั้ง
2. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใสของขวด
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดก่อนตะกอน (oxidised flocc) จะดันออกจากปากขวดเขย่ากลับไปกลับมามาประมาณ 15 ครั้ง
4. ถ้าใช้ขวดบีโอดีที่มีความจุ 300 มิลลิลิตร ดวงตัวอย่างจากขวดในข้อ 3 ปริมาตร 201 มิลลิลิตร เพื่อนำไปไทเทรต (ปริมาตรตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับปริมาตรตัวอย่างน้ำเริ่มต้น 200 มิลลิลิตร) เนื่องจากมีการสูญเสียตัวอย่างน้ำจากขวดบีโอดีโดยการแทนที่ของสารละลายเคมีที่เติมลงไปทั้งสิ้น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นปริมาตรตัวอย่างซึ่งใช้ในการไทเทรตจึงควรเท่ากับ

$$\frac{200 \times 300}{(300 - 2)} = 201 \text{ มิลลิลิตร}$$

5. ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อน เดิมน้ำแข็ง 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไทเทรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไปอ่านปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้สำหรับการไทเทรตตัวอย่าง

201 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 1 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับออกซิเจนละลาย 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l หรือ ppm)

### 3.6.3 การเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี

1.ขวดอินคิวบัท (incubation bottles) หรือขวดบีโอดี (BOD)(ซึ่งมีจุกปิดเป็นจุกแก้วปิดสนิท) ก่อนที่จะนำขวดบีโอดีมาใช้จะต้องนำขวดมาล้างให้สะอาดปราศจากสารอินทรีย์ ต่าง ๆ การล้างควรล้างด้วยสารละลายของกรดซัลฟิวริกเข้มข้นผสมกับสาร โซลิวชันโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (cleaning solution) หลังจากนั้นนำขวดมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ครึ่งสุดท้ายล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่งแล้วทำให้แห้ง

2.ตู้อบ (incubator) ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองโดยอัตโนมัติ  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  และต้องเป็นตู้ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้

3.อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวด เออร์เลมเบอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร กระบอกตวง 1,000 มิลลิลิตร

4.น้ำกลั่นจะต้องมีคุณภาพดีที่มีปริมาณของทองแดง (copper) น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และต้องปราศจากคลอรีน (chlorine) ความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์ (caustic alkalinity) สารอินทรีย์และกรด

5.สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate solution) ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 33.4 กรัม แอมโมเนียมคลอไรด์ ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วทำให้เจือจาง เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.2

6.สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate solution) ละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เฮปตาไฮเดรต ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

7.สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride solution) ละลายแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 36.4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

8.สารละลายไอรอน (III) คลอไรด์ (ละลายไอรอน (III) คลอไรด์เฮกซาไฮเดรต ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

9.สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 N (ปีเปตต์สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2.8 มิลลิลิตร ละลายในกลั่น แล้วทำให้เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร)

10.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N (โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจาง เป็น 100 มิลลิลิตร)

11.สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulphite solution) 0.025 นอร์มัล ละลาย

แวนไฮดรอสโซเดียมซัลไฟด์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร (สารละลายนี้ไม่อยู่ตัว ต้องเตรียมในวันที่จะใช้นั้น)

#### 4.6.5. วิธีการวิเคราะห์

##### 1. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment)

1) ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำไม่เป็นกลางจะต้องทำให้เป็นกลางโดยเติมกรดซัลฟิวริก 1 N หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N เพื่อปรับ pH ตัวอย่างน้ำให้มี pH อยู่ระหว่าง 6.5-7.5

2) ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีคลอรีนตกค้าง (residual chlorine) จะต้องกำจัดออกก่อนโดยปฏิกิริยาคลอรีนตกค้างจะลดลงเองเมื่อดังตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมงแต่ในตัวอย่างน้ำซึ่งมีคลอรีนตกค้างปริมาณมาก ๆ จะต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ซึ่งจะทราบปริมาณว่าต้องเติมไปเท่าใด โดยนำตัวอย่างน้ำมาในปริมาณที่เหมาะสม (ระหว่าง 100-1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร) เติมกรดซัลฟิวริก 1+50 (กรด 1 มิลลิลิตร + น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร) 10 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 มิลลิลิตร (ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.025 นอร์มัล โดยเติมน้ำแป้ง (starch) เป็นอินดิเคเตอร์จะทราบปริมาณของโซเดียมซัลไฟด์ที่เติมลงไปในตัวอย่างไม่เกิน 10 มิลลิลิตร) หลังจากเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์ตามปริมาณที่คำนวณได้ลงในตัวอย่างแล้วควรรวให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10-20 นาที หรือ ตัวอย่างน้ำปริมาณจุดก่อนเติมคลอรีน

##### 2. การวิเคราะห์ Direct Method

ใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีค่าบีโอดีน้อยกว่า 7 มิลลิกรัม/ลิตร ได้แก่ น้ำประปา แม่น้ำ คลอง บึง สระ ฯลฯ แต่ถ้าตัวอย่างน้ำดังกล่าวเป็นปูนปลาสเตอร์ สกปรก สีดำคล้ำ ให้วิเคราะห์โดยวิธีที่ 2 เลือกทำ dilution 10-100 %

- 1) นำตัวอย่างน้ำที่ปรับปรุ้งแล้วตามข้อ 1 ประมาณ 1 ลิตร มาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ  $20^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}$
- 2) เติมอากาศให้ม้ออกซิเจนละลายอิ่มตัว (ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที)
- 3) รินตัวอย่างน้ำลงในขวดบีโอดีจนเต็ม 3 ขวดปิดจุกให้สนิทดูให้แน่ใจว่า มีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลายก่อนน้ำอีกสองขวด นำไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 5 วัน
- 4) หลังจาก 5 วันแล้ว นำตัวอย่างน้ำมาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่
- 5) การคำนวณ ค่า บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) =  $\text{DO}_0 - \text{DO}_5 = \text{BOD}$   
 เมื่อ  $\text{DO}_0$  = ค่าออกซิเจนที่ละลายที่ไทเทรตวันแรก  
 $\text{DO}_5$  = ค่าออกซิเจนที่ละลายที่ไทเทรตในวันที่ 5

ตารางที่ 4.14 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูฝน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ $\text{DO}_1$ (mg/l)	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ $\text{DO}_5$ (mg/l)
KC1	6.20	6.21	4.00	4.00
	6.23		4.00	
	6.20		4.00	
KC2	6.40	6.40	4.30	4.30
	6.40		4.30	
	6.40		4.30	
KC3	6.10	6.10	4.10	4.10
	6.00		4.10	
	6.20		4.10	
KC4	6.40	6.40	4.00	4.00
	6.40		4.00	
	6.40		4.00	
KC5	6.20	6.20	4.10	4.10
	6.20		4.10	
	6.20		4.10	



ตารางที่ 4.15 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูฝน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD( mg/l)
KC1	2.21
KC2	2.10
KC3	2.00
KC4	2.00
KC5	2.10

ตารางที่ 4.16 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูหนาว

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O (cm <sup>3</sup> )	ปริมาณ DO, (mg/l)	ปริมาตรสารละลาย Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O (cm <sup>3</sup> )	ปริมาณ DO, (mg/l)
KC1	5.25	5.25	3.80	3.80
	5.27		3.80	
	5.23		3.80	
KC2	5.40	5.40	4.10	4.10
	5.40		4.10	
	5.40		4.10	
KC3	5.50	5.50	4.00	4.00
	5.50		4.00	
	5.50		4.00	
KC4	5.55	5.54	4.00	4.00
	5.54		4.00	
	5.53		4.00	
KC5	5.40	5.40	4.15	4.15
	5.40		4.15	
	5.40		4.15	

ตารางที่ 4.17 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูหนาว

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD ( mg/l)
KC1	1.45
KC2	1.30
KC3	1.50
KC4	1.54
KC5	1.25

ตารางที่ 4.18 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูร้อน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO, (mg/l)	ปริมาตรสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , ( $\text{cm}^3$ )	ปริมาณ DO, (mg/l)
KC1	3.10	3.10	2.00	2.00
	3.10		2.00	
	3.10		2.00	
KC2	3.20	3.20	2.00	2.00
	3.20		2.00	
	3.20		2.00	
KC3	3.30	3.30	2.10	2.10
	3.30		2.10	
	3.30		2.10	
KC4	3.40	3.40	2.20	2.20
	3.40		2.20	
	3.40		2.20	
KC5	3.40	3.40	2.20	2.20
	3.40		2.20	
	3.40		2.20	

ตารางที่ 4.19 ค่า BOD ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูร้อน

ตัวอย่างน้ำ	ปริมาณ BOD (mg/l)
KC1	1.10
KC2	1.20
KC3	1.20
KC4	1.20
KC5	1.20



ตารางที่ 4.20 ค่า BOD ของน้ำในน้ำในบึงโคกช้างตลอดทั้งปี (mg/l)

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
KC1	2.21	1.45	1.10
KC2	2.10	1.30	1.20
KC3	2.00	1.50	1.20
KC4	2.00	1.54	1.20
KC5	2.10	1.25	1.20

#### 4.7 การหาปริมาณไนไตรต์ - ไนไตรต์-ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสโดยใช้ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ในสารละลายกรดแก่  $\text{HNO}_3$  ทำปฏิกิริยากับสาร sulphanilamide ได้ผลิตภัณฑ์ คือ diazonium compound ซึ่งทำปฏิกิริยากับ N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride จะเกิด Azocompound ซึ่งให้สีที่มีความเข้มข้นสูง ถ้ามี  $\text{NO}_2^-$  อยู่ด้วยสีดังกล่าวจะถูกทำลาย ดังนั้นจึงไม่เห็นสีดังกล่าว และในตัวอย่างแทบจะไม่มี  $\text{NO}_2^-$  เหลืออยู่เดิม ammonium sulphamate เพื่อทำลาย  $\text{NO}_2^-$  ก่อนที่จะเติม N-(1-naphthyl) ethylenediamine di - hydrochloride ต้องทำ reagent blank ด้วย เติม ด้วย ammonium sulphamate ลงในตัวอย่างน้ำก่อนที่จะเติม reagent อื่น ๆ ลงไป เพื่อทำลาย  $\text{NO}_2^-$  ก่อนที่จะมีสีเกิดขึ้น

4.7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร และขนาด เซลล์ 1 มิลลิเมตร หรือมากกว่า

##### 4.7.2 สารเคมีที่ใช้และวิธีเตรียม

###### 1. สารละลาย buffer solution

ใช้ ammonium chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	100 กรัม
sodium tetraborate	20 กรัม
EDTA (disodium dihydrate)	1 กรัม

###### 2. สารละลาย sulphanilamide solution

คั่ง ๆ กรด HCl เข้มข้น 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ที่มีน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร คน ให้เข้ากัน ชั่ง sulphanilamide 5 กรัม แล้วนำมาละลายในสารละลายกรด HCl แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

###### 3. N-1-(naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NNED)

ใช้ NNED 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีชมพู หรือไม่มีสี เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาล ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู หรือสีน้ำตาล เข้มต้องเตรียมใหม่

###### 4. nitrite standard ( $\text{NO}_2^-$ -N)

ใช้ sodium nitrite ( $\text{NaNO}_2$ ) ที่อบแห้ง 0.4926 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร ครบ 1000 มิลลิลิตร

สารละลายนี้ จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 100 ppm หรือ 1 มิลลิลิตร ของสารละลายเท่ากับ 100 ไมโครกรัมของ  $\text{NO}_2^-$ -N

#### 4.7.3 การทำกราฟมาตรฐาน

1. คูณสารละลาย  $\text{NO}_2\text{-N}$  มาตรฐาน 100 ppm จำนวน 0.01, 0.025, 0.1, 0.25 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น 10, 25, 50, 100, และ 250 ppb  $\text{NO}_2\text{-N}$  ตามลำดับ

2. แบ่งสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นอย่างละ 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นอย่างละ 50 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบ ใส่ลงในขวดแก้วมีจุก ความจุประมาณ 80-100 มิลลิลิตร 6 ขวด

3. เติม buffer solution ลงในตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน เติม sulphanimide solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน และตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้น นำค่า absorbance ที่ลบค่า blank ออกแล้ว มา plot กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับ ลากเส้นตรงที่ผ่านจุดในแนวตั้งฉากมากที่สุด เส้นตรงนี้จะใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความเข้มข้นของไนเตรตต่อไป

#### 4.7.4 วิธีวิเคราะห์

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง

2. คูณตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น blank เปรียบเทียบใส่ขวดแก้วมีจุกขนาด 80-100 มิลลิลิตร

3. เติม buffer solution ลงไปตัวอย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน

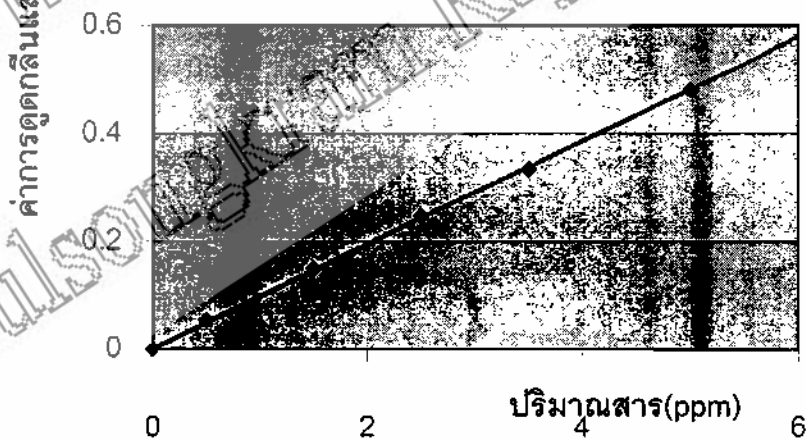
4. เติม sulphanimide solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกันและตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

5. เติม NNED solution ลงไปตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 543 nm ใช้ cell ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร บันทึกค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้น นำค่า absorbance ที่วัดได้หลังจากนั้น นำค่า absorbance ที่ลบออกแล้ว ไปหาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่ทำไว้และในการหาปริมาณฟอสเฟตก็ใช้วิธีการเดียวกัน

ตารางที่ 4.251 ปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UVvisible Spectrophotometer ด้วยวิธี Addition

ปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจนในสารละลาย (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0
.50	0.055
1.50	0.151
2.50	0.247
3.50	0.335
5.00	0.481

กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับ  
ปริมาณไนโตรต์-ไนโตรเจน ในสารละลาย



ตารางที่ 4.22 ค่าการดูดกลืนแสงไนโตรต์-ไนโตรเจนของน้ำในบึงโคกช้างฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
KC1	0.246	0.247	2.47
	0.247		
	0.248		
KC2	0.210	0.210	2.10
	0.210		
	0.210		
KC3	0.256	0.256	2.56
	0.257		
	0.255		
KC4	0.247	0.245	2.45
	0.246		
	0.245		
KC5	0.256	0.256	2.56
	0.256		
	0.256		



ตารางที่ 4.23 ค่าการดูดกลืนแสงของไนโตรต-ไนโตรเจนของน้ำบึงโคกช้างในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
KC1	0.29	0.28	2.80
	0.28		
	0.27		
KC2	0.29	0.29	2.90
	0.29		
	0.29		
KC3	0.32	0.32	3.20
	0.32		
	0.32		
KC4	0.33	0.32	3.20
	0.33		
	0.33		
KC5	0.29	0.29	2.90
	0.29		
	0.29		

ตารางที่ 4.24 ค่าดูดกลืนแสงของไนไตรต์-ไนโตรเจนของน้ำในบึงโคกช้างอุดรธานี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
KC1	0.32	0.32	3.40
	0.32		
	0.32		
KC2	0.35	0.35	3.50
	0.35		
	0.35		
KC3	0.34	0.34	3.40
	0.34		
	0.34		
KC4	0.34	0.36	3.60
	0.34		
	0.34		
KC5	0.33	0.34	3.40
	0.33		
	0.33		

ตารางที่ 4.25 ค่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำในบึงโคกช้างตลอดทั้งปี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน (ppm/l)	ฤดูหนาว (ppm/l)	ฤดูร้อน (ppm/l)
KC1	2.47	2.80	3.20
KC2	2.10	2.90	3.50
KC3	2.56	3.20	3.40
KC4	2.45	3.20	3.60
KC5	2.56	2.90	3.40

## การหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้ UV visible Spectrophotometer

### 4.8.1 เครื่องมือ

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร ขนาดเซลล์ 1 เซนติเมตร

### 4.8.2 สารเคมีที่ใช้ และวิธีการเตรียมสารละลาย

#### 1. acid molybdate-antimony

ใช้น้ำกลั่น (deionize water) 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรเติม ammonium paramolybdate  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  7.5 กรัม แล้วใส่ Antimony potassium tartrate 0.114 กรัมและเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc) 88 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมสารทั้งหมดตามลำดับ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บในขวดทึบแสง

#### 2. ascorbic acid Solution

ใช้ L -ascorbic acid 5.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionize water) จนได้ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายนี้เมื่อเตรียมแล้วต้องใช้เวลา 24 ชั่วโมง หากแช่เย็นสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเวลา 2-3 วัน

#### 3. mixed molybdate

ใช้ acid molybdate antimony 4 ส่วน ผสมกับ ascorbic acid solution 1 ส่วน สารละลายนี้ ใช้ได้ภายใน 24 ชั่วโมง

#### 4. phosphate standard

ใช้ potassium dihydrogen phosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 0.2197 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (deionize water) 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมด้วยน้ำกลั่นอีกด้วย chloroform จนได้ปริมาตรครบ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้สารที่มีความเข้มข้นคือ

1 ลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลายมาตรฐาน = 50 ไมโครกรัมของฟอสเฟต ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )

### 4.8.3 การนำกราฟมาตรฐานสำหรับฟอสเฟต

1. ใส่อัตราละลายมาตรฐานของฟอสเฟต 0.01, 0.05, 1.0, 0.2, 0.3, และ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่น (deionize water) จนได้ปริมาตร ครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายฟอสเฟตที่ได้มีความเข้มข้นฟอสเฟต ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) เท่ากับ 5, 25, 100, 150 และ 250 ส่วน ในพันล้านส่วน (ppb) ตามลำดับ

2. คูณสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และน้ำกลั่นอย่างเดียวก่อน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อใช้เป็น blank ขนาด 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. เติม mixed molybdate ที่เตรียมใหม่ ๆ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในแต่ละความเข้มข้นตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยสารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน นำไปวัดค่า absorbance ของแต่ละค่าความเข้มข้น แล้ว plot ค่า absorbance ที่ได้ (หลังจากนั้นหักค่า absorbance ของน้ำกลั่นหรือ blank แล้ว) กับค่าความเข้มข้นในแต่ละระดับบนกระดาษกราฟ ลากเส้นตรงผ่านจุดที่อยู่ในแนวเดียวกันมากที่สุด เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบเพื่อหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำต่อไป โดยสามารถใช้ได้จนกว่าจะเปลี่ยนสารละลายชุดใหม่

#### วิธีการทดลอง

1. คูณน้ำกลั่นเพื่อทำ blank และตัวอย่างน้ำ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน flask ขนาด 125 ลูกบาศก์เซนติเมตร

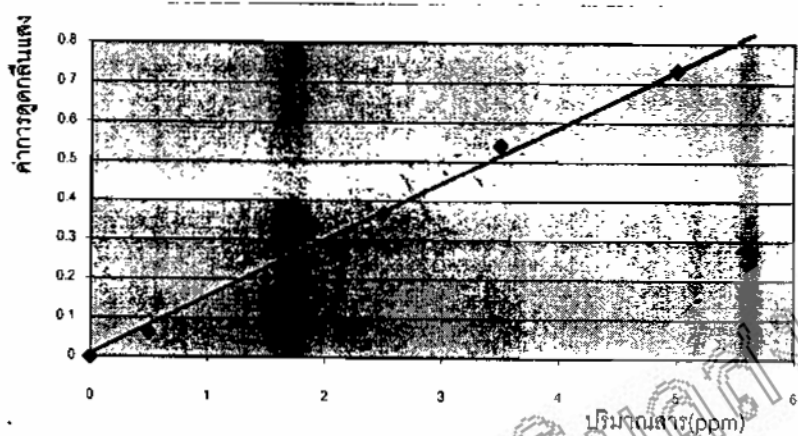
2. เติม mixed molybdate ตัวอย่างละ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ แล้วนำไปหาค่าการดูดกลืน โดยใช้เครื่อง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 885 nm ใช้ cell กว้างขนาด 1 เซนติเมตร ค่อยๆ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่วัดโดยหักค่า blank ออก แล้วไปหาความเข้มข้นจาก standard curve ที่ทำไว้

ตารางที่ 4.26 ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UV-visible Spectrophotometer ด้วยวิธี Addition

ปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลาย (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0
.50	0.063
1.50	0.202
2.50	0.368
3.50	0.541
5.00	0.732



กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับ  
ปริมาณฟอสเฟต ในสารละลาย



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.27 ค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟตของน้ำในน้ำในบึงโคกช้างในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
KC1	0.897	0.897	1.79
	0.897		
	0.897		
KC2	0.817	0.817	1.63
	0.816		
	0.818		
KC3	0.836	0.837	1.67
	0.837		
	0.838		
KC4	0.942	0.942	1.88
	0.942		
	0.942		
KC5	1.10	1.10	2.20
	1.12		
	1.08		

ตารางที่ 4.28 ค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟตในน้ำในบึงโคกช้างในฤดูหนาว

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ปริมาณ (ppm)
KC1	1.23	1.22	2.44
	1.24		
	1.22		
KC2	1.05	1.05	2.10
	1.04		
	1.06		
KC3	0.936	0.935	1.87
	0.935		
	0.934		
KC4	1.09	1.08	2.16
	1.08		
	1.07		
KC5	1.00	1.00	2.00
	1.00		
	1.00		

ตารางที่ 4.29 ค่าการดูดกลืนแสงของฟอสเฟตของน้ำในน้ำในบึงโลกข้างในฤดูร้อน

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ค่าการดูดกลืนแสง	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย	ความเข้มข้น (ppm)
KC1	1.57	1.17	2.34
	1.57		
	1.57		
KC2	1.20	1.20	2.40
	1.20		
	1.20		
KC3	1.15	1.15	2.30
	1.15		
	1.15		
KC4	1.14	1.14	2.28
	1.13		
	1.15		
KC5	1.30	1.30	2.60
	1.30		
	1.30		

ตารางที่ 4.30 ปริมาณฟอสเฟตของน้ำในน้ำในบึงโคกข้างตลอดทั้งปี ( ppm )

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
KC1	1.79	2.44	2.34
KC2	1.63	2.10	2.40
KC3	1.67	1.87	2.30
KC4	1.88	2.16	2.28
KC5	2.20	2.00	2.60

## 4.9 การวิเคราะห์หาปริมาณ ตะกั่วและสังกะสีในน้ำ โดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometer

### 4.9.1 เครื่องมือ

1. เครื่อง atomic absorption spectrophotometer
2. air-acetylene burner head
3. hollow - cathode lamps

### 4.9.2 สารเคมี และอุปกรณ์

1. lead (II) nitrate (A.R. grade)
2. nitric acid (conc)
3. สารละลายมาตรฐานสังกะสี
4. สารละลายมาตรฐานตะกั่ว
5. ปิเปตต์
6. แท่งคนสาร
7. ชุดกรองสารละลาย
8. ขวดพลาสติก
9. บีกเกอร์
10. น้ำกลั่นปราศจากโลหะหนัก (deionize distill water)

### 4.9.3 วิธีการทดลอง

#### 1. เตรียมสารละลาย

1) เตรียมสารละลายกรดไนตริก โดยการผสมกรดไนตริกเข้มข้นกับน้ำในอัตราส่วน 1:100 ( $\text{HNO}_3$  :  $\text{H}_2\text{O}$ )

2) เตรียมสารละลายกรดไนตริก 0.1 M (เตรียมจากการตวงกรดไนตริก 6.3  $\text{cm}^3$  แล้วเติมน้ำให้ครบ 1000  $\text{cm}^3$ )

3) เตรียมสารละลายตะกั่ว ละลายตะกั่ว 0.1923 กรัม ลงใน  $\text{HNO}_3$  conc 10  $\text{cm}^3$  ทำให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (1  $\text{cm}^3$  = 100 ไมโครกรัม)

4) เตรียมสารละลาย ละลายสังกะสี 0.100 กรัม ลวดสังกะสีบริสุทธิ์ ในกรดเกลือ  $\text{HCl}$  10  $\text{cm}^3$  และ conc  $\text{HNO}_3$  3  $\text{cm}^3$  แล้วทำให้ มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (1  $\text{cm}^3$  = 100 ไมโครกรัม)

5) สารละลายมาตรฐานตะกั่ว 10 ppm, 20 ppm, 100 ppm

6) สารละลายมาตรฐานสังกะสี 10 ppm, 20 ppm, 100 ppm



## 2. การสกัด (Extraction) สารตะกั่วในน้ำ

บีเปิดกรดไนตริก (0.1 M) 50 cm<sup>3</sup> แล้วทำให้ร้อน จนมีอุณหภูมิ 70 °C แล้วเทกรดไนตริกดังกล่าว ลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บมา 25 cm<sup>3</sup> แล้วเขย่าประมาณ 30 นาที แล้วเทสารละลายลงในขวดพลาสติก แล้วนำตัวอย่างน้ำมากรอง จนได้สารละลายใส แล้วนำสารดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์

## 3 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ หาปริมาณตะกั่วโดยวิธี standard addition

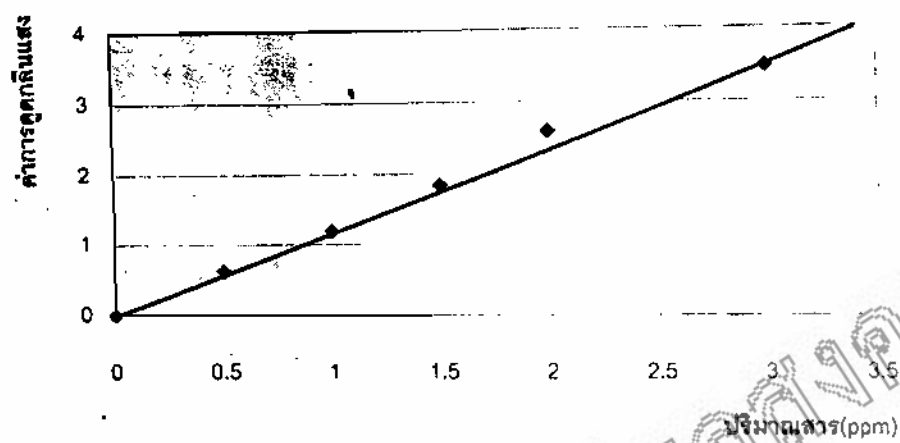
1. บีเปิดสารละลายตะกั่วครั้งละ 5 cm<sup>3</sup> ใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 cm<sup>3</sup> 6 ใบ แล้วบีเปิด สารละลาย มาตรฐาน 20 ppm ที่เตรียมไว้ 0.0, 0.05, 1.0, 2.0, 3.0 cm<sup>3</sup> ลงในขวดวัดปริมาตรแล้วเติมกรดไนตริก 1:100 จนมีปริมาตร 25 cm<sup>3</sup> จากนั้น นำไปหาปริมาณตะกั่วโดยวิธี atomic absorption spectrophotometer

2. สำหรับการหาปริมาณ สังกะสีทำได้โดยใช้วิธีเดียวกันกับการหาปริมาณตะกั่วในน้ำ

ตารางที่ 4.31 ปริมาณตะกั่วในตัวอย่างน้ำโดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy

ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (ppm)	Absorbance
0.00	0.00
0.50	0.633
1.00	1.196
1.50	1.835
2.00	2.59
3.00	3.48

รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนแสงของสารกับปริมาณตะกั่วในสารตัวอย่าง



มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในสารละลาย (ppm)  
ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างฤดูฝนกับค่าการดูดกลืนแสง

สถานที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
KC1	0.014	0.01
KC2	0.014	0.01
KC3	0.025	0.02
KC4	0.025	0.02
KC5	0.025	0.02

ตารางที่ 4.33 ปริมาณตะกั่วในน้ำในบึงโคกช้างที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลกในช่วงฤดูฝน

สถานที่	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
KC1	0.01
KC2	0.01
KC3	0.02
KC4	0.02
KC5	0.02

ตารางที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในสารละลาย (ppm) ในตัวอย่างน้ำ  
ในบึงโคกช้างช่วงฤดูหนาวกับค่าการดูดกลืนแสง

สถานที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
KC1	0.025	0.025
KC2	0.023	0.028
KC3	0.022	0.024
KC4	0.024	0.026
KC5	0.021	0.021

ตารางที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณตะกั่วใน  
ฤดูหนาว

สถานที่	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
KC1	0.025
KC2	0.028
KC3	0.024
KC4	0.026
KC5	0.021

ตารางที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในสารละลายในตัวอย่งน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูร้อนกับค่าการดูดกลืนแสง

สถานที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณตะกั่ว (ppm)
KC1	0.020	0.020
KC2	0.021	0.021
KC3	0.024	0.026
KC4	0.026	0.028
KC5	0.024	0.026

ตารางที่ 4.37 ปริมาณตะกั่วในน้ำในบึงโคกช้างที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลกในช่วงฤดูร้อน

สถานที่	ปริมาณตะกั่ว ( ppm)
KC1	0.020
KC2	0.021
KC3	0.026
KC4	0.028
KC5	0.026

ตารางที่ 4.38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่ว(ppm) ในตัวอย่างน้ำบึงโคกช้างตลอดปี

ตัวอย่างน้ำ	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
KC1	0.010	0.025	0.020
KC2	0.010	0.028	0.026
KC3	0.020	0.024	0.028
KC4	0.020	0.026	0.028
KC5	0.021	0.024	0.026

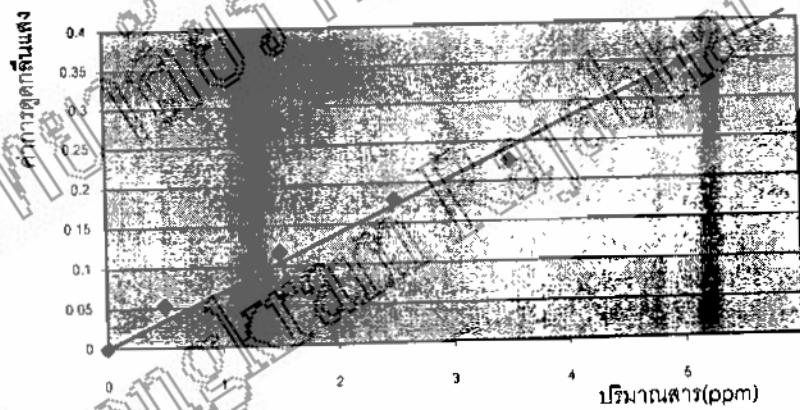
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University



ตารางที่ 4.39 การหาปริมาณสังกะสีในตัวอย่างน้ำโดยวิเคราะห์ด้วย  
เทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy มาตรฐาน

ปริมาณสังกะสีในสารละลาย (ppm)	Absorbance
0.00	0.00
0.50	0.053
1.00	0.117
1.50	0.179
2.00	0.226
3.00	0.345

กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับ  
ปริมาณสังกะสี ในสารละลาย



ตารางที่ 4.40 ปริมาณสังกะสีในน้ำในบึงโคกช้างที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลกในช่วงฤดูฝน

สถานที่	ปริมาณสังกะสี (ppm)
KC1	ND
KC2	ND
KC3	ND
KC4	ND
KC5	ND

ตารางที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีในสารละลาย (ppm)

ในตัวอย่างน้ำในบึงโคกช้างช่วงฤดูหนาวกับค่าการดูดกลืนแสง

สถานที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณสังกะสี (ppm)
KC1	0.001	0.011
KC2	0.004	0.003
KC3	0.000	0.000
KC4	0.017	0.015
KC5	0.015	0.013

ตารางที่ 4.42 ปริมาณสังกะสีในน้ำในบึงโคกช้างที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลกในช่วง  
ฤดูหนาว

สถานที่	ปริมาณสังกะสี ( ppm)
KC1	0.011
KC2	0.003
KC3	0.000
KC4	0.015
KC5	0.013

ตารางที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสีในสารละลาย (ppm)  
ในตัวอย่างน้ำในช่วงฤดูร้อนกับค่าการดูดกลืนแสง

สถานที่	ค่าการดูดกลืนแสง	ปริมาณสังกะสี (ppm)
KC1	0.002	0.021
KC2	0.005	0.004
KC3	0.000	0.000
KC4	0.018	0.016
KC5	0.017	0.015

ตารางที่ 4.44 ปริมาณสังกะสีในน้ำในบึงโลกช้างที่ไหลผ่านจังหวัดพิษณุโลกในช่วงฤดูร้อน

สถานที่	ปริมาณสังกะสี (ppm)
KC1	0.021
KC2	0.004
KC3	0.000
KC4	0.016
KC5	0.015

ตารางที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสังกะสี (ppm) ในตัวอย่างน้ำในบึงโลกช้างตลอดปี

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
KC1	ND	0.011	0.021
KC2	ND	0.003	0.004
KC3	ND	0.000	0.000
KC4	ND	0.015	0.016
KC5	ND	0.013	0.015

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในบึงโคกช้าง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 5 แห่ง ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ไนโตรเจน-ไนโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสีในบึงโคกช้าง ในฤดูฝน

สถานที่เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
หน้าบึง	27.0	7.6	6.21	2.21	2.47	1.89	0.01	ND
ครัวโคกช้าง	27.3	7.5	6.40	2.10	2.10	1.61	0.01	ND
ร้านระเบียบน้ำ	27.7	7.9	6.10	2.00	2.60	1.67	0.02	ND
หมู่บ้านเรือนแพ	27.2	7.6	6.40	2.00	2.45	2.04	0.02	ND
กลางบึง	27.0	7.6	6.20	2.10	2.36	2.61	0.02	ND

ตารางที่ 5.2 แสดง อุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ไนโตรเจน-ไนโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสี ในบึงโคกช้างในฤดูแล้ง

สถานที่เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Pb (mg/l)	Fe (mg/l)
หน้าบึง	26.8	7.3	4.70	1.45	2.80	2.54	0.02	0.011
ครัวโคกช้าง	26.8	7.4	5.00	1.30	2.90	2.44	0.03	0.003
ร้านระเบียบน้ำ	26.2	7.3	4.20	1.50	3.20	2.05	0.02	ND
หมู่บ้านเรือนแพ	26.7	7.3	5.00	1.54	3.20	2.58	0.03	0.015
กลางบึง	26.3	7.2	5.20	1.25	2.90	2.28	0.02	0.013

ตารางที่ 5.3 แสดง อุณหภูมิ pH ความขุ่น DO BOD ในไตรต์-ไนโตรเจน ฟอสเฟต ตะกั่วและสังกะสี  
ในบึงโคกช้างในฤดูร้อน

สถานที่ เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	pH	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
ท่อน้ำทิ้ง	28.0	7.6	3.10	1.10	3.20	2.34	0.02	0.021
ครัวโคกช้าง	28.5	7.7	3.20	1.20	3.50	2.40	0.02	0.004
ร้านระเบียบน้ำ	28.7	7.6	3.40	1.20	3.40	2.30	0.03	ND
หมู่บ้านเรือนแพ	28.5	7.5	3.40	1.20	3.60	2.28	0.03	0.016
กลางบึง	28.3	7.6	3.40	1.20	3.40	2.60	0.03	0.015

ผลจากการศึกษาคุณภาพของน้ำในบึงโคกช้างได้ผลสรุปโดยทั่วไปดังนี้

อุณหภูมิ	26.2 - 28.7	องศาเซลเซียส (°C)
pH	7.2 - 7.9	
DO	3.10 - 6.40	มิลลิกรัม / ลิตร
BOD	1.10 - 2.21	มิลลิกรัม / ลิตร
NO <sub>2</sub> -N	2.10 - 3.60	มิลลิกรัม / ลิตร
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1.61 - 2.60	มิลลิกรัม / ลิตร
Pb	0.01 - 0.03	มิลลิกรัม / ลิตร
Zn	0.00 - 0.021	มิลลิกรัม / ลิตร

อุณหภูมิ จากการศึกษพบว่าน้ำมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.2 – 28.7 องศาเซลเซียสซึ่งจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำแปรตามฤดูกาล ดังนั้น อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิต่ำสุด บริเวณร้านระเบียบน้ำ 26.2 องศาเซลเซียสและสูงสุดในฤดูร้อนที่บริเวณร้านระเบียบน้ำ 28.7 องศาเซลเซียส (จากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ของน้ำไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส) ผู้มีภาระวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและการละลายของออกซิเจนในน้ำ

ค่าความเป็นกรดและเบส (pH) จากการศึกษาคุณภาพของน้ำในบึงโคกช้างพบว่ามีค่า pH อยู่ในช่วง 7.2 - 7.9 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติของน้ำทั่วไป และพบว่าปริมาณ pH มากที่สุดในฤดูฝน pH 7.9 ที่บริเวณครัวโคกช้าง และต่ำสุดในฤดูแล้ง pH 7.2 ที่บริเวณกลางบึง (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมี pH (6.5 - 8.5) คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537) จากค่า pH ของน้ำในบึงโคกช้างสามารถนำไปใช้อุปโภคบริโภคได้ ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเล็กน้อย เพราะการละลายของสารเคมีในดินน้ำบางตัวอาจละลายได้ เมื่อน้ำเป็นตัวทำละลายแร่ธาตุในดินได้ดี

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก ออกซิเจนเป็นตัวควบคุมการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ที่ต้องการออกซิเจนในการหายใจและยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำอีกด้วย ปริมาณการละลายของออกซิเจนในสิ่งแวดล้อมเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความดันอากาศ และความเค็ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีปริมาณ 3.10 - 6.40 มิลลิกรัมต่อลิตร DO มากที่สุดในฤดูฝนที่อุณหภูมิ 27.3 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า DO 6.40 มิลลิกรัมต่อลิตรที่บริเวณครัวโคกช้าง และปริมาณ DO น้อยที่สุดในฤดูแล้งที่อุณหภูมิ 28.80 องศาเซลเซียสมีค่า DO 3.10 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณที่รองรับน้ำทิ้ง (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมีค่า DO มากกว่า 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการศึกษาพบว่ามีค่า DO ของน้ำอยู่ในระดับต่ำกว่าปกติโดยทั่วไป ซึ่งจากมาตรฐาน ค่า DO มากกว่า 6.00 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่า DO น้อยกว่ามาตรฐาน บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำในบริเวณดังกล่าวในฤดูแล้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามก่อนจะนำไปใช้ต้องผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นก่อน

BOD เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้โดยแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่า 1.10 - 2.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการศึกษาคุณภาพของน้ำพบว่ามีค่าสูงสุดในฤดูแล้งที่บริเวณท่อน้ำทิ้งมีค่า 2.21 มิลลิกรัมต่อ ลิตร และต่ำสุดในฤดูแล้ง 1.10 มิลลิกรัมต่อลิตรที่บริเวณท่อน้ำทิ้ง ( จากมาตรฐานคุณภาพของน้ำตามผิวดินควรมีไม่เกิน 15.00 มิลลิกรัมต่อลิตร คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)



**ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน** ในการศึกษาคุณภาพของน้ำ ในบึงโคกช้างพบว่า มีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 2.10- 3.60 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีปริมาณสูงสุด 3.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูร้อนที่บริเวณท่อน้ำทิ้งและมีค่าต่ำสุด 2.10 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนที่บริเวณครัวโคกช้าง (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมีปริมาณไนโตรเจนในเตรต ไม่เกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เกณฑ์มาตรฐานระดับคุณภาพมาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย กองการจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม 2538 )

จากค่าที่ได้ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไนโตรเจน-ไนโตรเจนมาจากสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ที่อยู่ในน้ำได้เสียชีวิตลง และไนโตรเจนยังเป็นสื่อกลางสภาวะวัฏจักรไนโตรเจน ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาทั้งที่มีการให้และรับอิเล็กตรอนและไนโตรเจนยังเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชน้ำ

**ปริมาณฟอสเฟตรวม** ในการศึกษาคุณภาพของน้ำพบว่า มีปริมาณ ฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1.61 - 2.60 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งจากการศึกษาพบว่า มีค่าสูงสุด 2.60 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูร้อน ที่บริเวณกลางบึงและต่ำสุดในฤดูฝนที่ครัวโคกช้าง มีค่า 1.61 มิลลิกรัมต่อลิตร(ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้ แต่ไม่ควรมีมากเกินไป)

ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดเกิดจากฟอสเฟตจากน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนหรือการชักล้างเป็นส่วนใหญ่ ผงซักฟอกและสารชักล้างต่างๆมีปริมาณฟอสเฟตที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งจะ เป็นปัญหา ในการไหลของน้ำและการบดบังแสงสว่างลงสู่ในแม่น้ำ ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งที่มีชีวิตที่อยู่ในน้ำหรือเมื่อพืชเหล่านี้ตายลง ก็จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในน้ำซึ่งอาจจะทำให้น้ำเสียได้ซึ่งจากเกณฑ์มาตรฐานไม่ได้กำหนดไว้ แต่ไม่ควรมีมากเกินไป

**ปริมาณตะกั่ว** ในการศึกษาคุณภาพของน้ำพบว่า มีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่า มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวมี 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ ครัวโคกช้าง หมู่บ้านเรือนแพ และในฤดูร้อนและมีค่าต่ำสุดในฤดูฝนมีค่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ครัวโคกช้างและท่อน้ำทิ้ง (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมีปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537) จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า มีปริมาณตะกั่ว น้อยมาก และอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ

เป็นข้อดีของบึงโคกช้างที่ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่ในแหล่งดังกล่าว จึงไม่พบปริมาณตะกั่ว และคุณภาพน้ำยังสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภคได้ลำดับหนึ่ง

ปริมาณสังกะสีในการศึกษาคุณภาพของน้ำพบว่าปริมาณสังกะสี อยู่ในช่วง 0.00 – 0.021 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่ามีความสูงสุด 0.021 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนที่ท่อน้ำทิ้งและมีค่าต่ำสุด 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูหนาวทุกที่ (จากมาตรฐานเกณฑ์น้ำดื่มของอนามัยโลก ปี 2527 และเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคในชนบทของคณะกรรมการบริหารโครงการจัดให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร 2531 น้ำดื่มควรมีปริมาณเหล็ก 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร คู่มือการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2537)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณค่า DO ... ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดในและอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งจากการศึกษาทางคุณภาพน้ำในฤดูร้อนมีคุณภาพค่าความเค็ม ที่กำหนด แต่ยังไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น แต่มีคุณภาพน้ำในฤดูฝนมีคุณภาพดีพอที่จะสามารถนำไปใช้ในการอุปโภคแต่ คือนำไปทำการบำบัดขั้นต้นก่อนนำไปใช้

ในการศึกษาวิเคราะห์ครั้งนี้ ผลการศึกษาทำให้เราทราบถึงคุณภาพของบึงโคกช้างในเขตอำเภอเมือง และจำเป็นต้องสร้างโรงบำบัดน้ำเสียอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะน้ำในฤดูร้อน ซึ่งเราสามารถนำข้อมูล ไปเสนอให้กับประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับบึงโคกช้าง ในการดูแลรักษาคุณภาพของบึงโคกช้าง เพื่อเป็นการส่งเสริมคุณภาพ และความจำเป็นในการดูแลรักษา เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมต่อไป

### บรรณานุกรม

1. บุญพฤกษ์ จามาระ . เคมีบรรยาย. พิมพ์ครั้งที่ 5 .กรุงเทพมหานคร :อักษรเจริญทัศน์,  
2535.
2. อนามัย,กรม, กระทรวงสาธารณสุข .การควบคุมน้ำบริโภค. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์  
ธรรมศาสตร์ , 2535.
3. สมาคมสิ่งแวดล้อมไทยแห่งประเทศไทย .การควบคุมน้ำบริโภค .กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์  
เรือนแก้วการพิมพ์ ,2540.
4. อนามัย,กรม,กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพมหานคร,  
โรงพิมพ์ธรรมศาสตร์ , 2537.
5. อรอนงค์ ปัญญ . เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเคมีด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ .  
เชียงใหม่ :มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2539.
6. ชงชัยพรรณสวัสดิ์และคณะ.วิเคราะห์น้ำเสีย.กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์ ,2540.
7. ชัยวัฒน์ สุขดี .การศึกษาคุณภาพทางเคมีและมลภาวะของน้ำในเขตเทศบาลเชียงใหม่. เชียงใหม่ :  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2524.
8. สุทธิพงศ์ เสถียรนพเก้า .ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณอู่เลี้ยงนํ้ามยจังหวัดตาก.  
กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.
9. บุญเต็ม แซ่ปึ้ง .วิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในดินตะกอน  
อู่เลี้ยงนํ้ามย จังหวัดตาก. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.
10. พิชรา วงศ์ชุมพิศ . คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญอย่างประการอู่แม่ นํ้ามย . กรุงเทพมหานคร  
: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.
11. อาภรณ์ ยิ่งยง .การบำบัด BODและ COD ในน้ำเสียของชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยใช้ดินแห้งสลับ  
ร่วมกับพืช . กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2536.
12. R.D.Bran. **Introduction to Instrument Analysis**. Newyork : MC Graw-Hill Book,1987.
13. American Public Healt Association. **Standard Methods for the Examination of Waste-  
water**. Newyork, 1985.

ภาษาอังกฤษ

American Public Health Association. **Standard Methode for the Examination of Waste – water.**

New york :1985.

R.D.Bran. **Introduction to Instrument Analysis.** New York :Mc Graw – Hill Book. Co.,1987.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

# ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏบดสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

## ภาคผนวก

### วิธีการคำนวณและรายงานผลที่ได้จากการวิเคราะห์

#### The Evaluation of the Reliability of Analytical Data

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หา คือ ปริมาณค่าที่วัดได้เช่น น้ำหนัก ปริมาตร ค่าความเข้มข้น ค่าการนำไฟฟ้า อุณหภูมิ pH ค่าการดูดกลืนแสง เป็นต้น เมื่อได้ข้อมูลเหล่านี้ จากผลการทดลองแล้วต้อง รู้จักวิธีการนำเสนอข้อมูลเหล่านั้นเพื่อการรายงาน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. เนื่องจากในการวิเคราะห์ข้อมูลทุกครั้งจะต้องทำการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง (ปกติจะทำการทดลองระหว่าง 2-5 ครั้ง) การรายงานผลการทดลองจะใช้ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) และก่อนที่จะนำค่าแต่ละค่ามาหาค่าเฉลี่ยควรมีการทดสอบค่าที่ผิดปกติที่มากหรือน้อยเกินไปว่าควรนำมาหาค่าเฉลี่ยด้วยหรือไม่

2. การบันทึกผลการทดลองและการคำนวณจะต้องคำนึงถึงตัวเลขนัยสำคัญ (significant figure) พร้อมทั้งต้องแสดงว่าการทดลองมีความถูกต้อง (accuracy) หรือความผิดพลาด (error) อย่างไร และถ้าทำการทดลองซ้ำหลายครั้งควรแสดงด้วยว่าค่าที่แน่นอน (precision) หรือ reproducibility ของวิธีการทดลองเป็นอย่างไร

3. ผลจากการศึกษาที่คำนวณได้แล้วตามหลักการข้างต้น สามารถใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปอีก เพื่อให้ทราบผลที่ได้ว่ามีความถูกต้องแค่ไหนและตอบในระดับมั่นใจเท่าไร

#### ค่า Mean

ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

X = ผลที่ได้จากการทดลอง

$\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมด

N = จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

**ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ**  
**ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537)**  
**ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพ**  
**สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535**  
**เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน**

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ไว้ดังต่อไปนี้

หมวด 1  
บททั่วไป

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“แหล่งน้ำผิวดิน” หมายถึง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำสาธารณะอื่น ๆ ที่อยู่ในพื้นแผ่นดิน ซึ่งหมายความรวมถึงแหล่งน้ำสาธารณะที่อยู่ในพื้นแผ่นดินบนเกาะด้วย แต่ไม่รวมถึงน้ำบาดาล และในกรณีที่แหล่งน้ำนั้นอยู่ติดกับทะเลให้หมายความรวมถึงแหล่งน้ำที่อยู่ในปากแม่น้ำหรือปากทะเลสาบ

ปากแม่น้ำและปากทะเลสาบให้ถือแนวเขตตามที่กรมเจ้าท่ากำหนด

หมวด 2

ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ 2 ให้แหล่งน้ำผิวดินออกเป็น 5 ประเภทคือ แหล่งน้ำประเภทที่ 1 แหล่งน้ำประเภทที่ 2 แหล่งน้ำประเภทที่ 3 แหล่งน้ำประเภทที่ 4 และแหล่งน้ำประเภทที่ 5

(1) แหล่งน้ำประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(ข) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(ค) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

(2) แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(ข) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(ค) การประมง



(ง) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

(3) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(ข) การเกษตร

(4) แหล่งน้ำประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(ก) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(ข) การอุตสาหกรรม

(5) แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ข้อ 3 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมีสภาพตามธรรมชาติ และสามารถใช้ประโยชน์ได้ตามข้อ 2 (1)

ข้อ 4 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ต้องมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

(1) ไม่มีวัตถุหรือสิ่งของที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งจะทำให้สี กลิ่น และรสของน้ำเปลี่ยนไปตามธรรมชาติ

(2) อุณหภูมิ (Temperature) ไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

(3) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 5.0 - 9.0

(4) ออกซิเจนละลาย (DO) มีค่าไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) บีโอดี (BOD) มีค่าไม่เกินกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกินกว่า 5,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิตร

(7) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลลีฟอร์มทั้งหมด (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกินกว่า 1,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิตร

(8) ไนเตรต ( $\text{NO}_3^-$ ) ในหน่วยไนโตรเจน มีค่าไม่เกินกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ในหน่วยไนโตรเจน มีค่าไม่เกินกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอล (Phenols) มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) ทองแดง (Cu) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) นิกเกิล (Ni) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(13) แมงกานีส (Mn) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (14) สังกะสี (Zn) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (15) แคดเมียม (Cd) ในน้ำมีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อ ลิตร มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำที่มีความกระด้างในรูปของ  $\text{CaCO}_3$  ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (16) โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (17) ตะกั่ว (Pb) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (18)ปรอททั้งหมด (Total Hg) มีค่าไม่เกินกว่า 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (19) สารหนู (As) มีค่าไม่เกินกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (20) ไซยาไนด์ (Cyanide) มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (21) กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มีค่ารังสีแอลฟา (Alpha) ไม่เกิน 0.1 เบคเคอเรลต่อลิตร และรังสีเบตา (Beta) ไม่เกิน 1.0 เบคเคอเรลต่อลิตร
- (22) สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides) มีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (23) ดีดีที (DDT) มีค่าไม่เกินกว่า 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร
- (24) บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC) มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร
- (25) ดีลด์ริน (Dieldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร
- (26) อัลดริน (Aldrin) มีค่าไม่เกินกว่า 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร
- (27) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) และเฮปตาคลอร์อีพ็อกไซด์ (Heptachlorepoxide) มีค่าไม่เกินกว่า 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร
- (28) เอนดริน (Endrin) ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด
- ข้อ 5 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ต้องมีมาตรฐานตาม ข้อ 4 เว้นแต่
- (1) ออกซิเจนละลาย มีค่าไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
  - (2) บีโอดี มีค่าไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
  - (3) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า 2,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิตร
  - (4) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าไม่เกินกว่า 4,000 เอ็ม.พี.เอ็น ต่อ 100 มิลลิตร
- ข้อ 6 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4 ต้องมีมาตรฐานตามข้อ 4 (1) ถึง (5) และ (8) ถึง (28) เว้นแต่
- (1) ออกซิเจนละลาย มีค่าไม่น้อยกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(2) บีโอดี มีค่าไม่น้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 7 คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ต้องมีมาตรฐานต่ำกว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำประเภทที่ 4

ข้อ 8 การกำหนดให้แหล่งน้ำผิวดินแหล่งใดแหล่งหนึ่งเป็นประเภทใดตามข้อ 2 ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

### หมวด 3

#### วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ข้อ 9 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อ 3 ถึงข้อ 7 ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(1) แหล่งน้ำไหล ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบ เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

(2) แหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ ทะเลสาบ หนอง บึง อย่างเก็บน้ำ เป็นต้น ให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร และให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก ณ จุดตรวจสอบสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดและแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้เก็บที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ณ จุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบตาม (1) และ (2) ของแหล่งน้ำที่กำหนดตามข้อ 8 ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ข้อ 10 การตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ 3 ถึงข้อ 7 ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบอุณหภูมิ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(2) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่าง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH meter) ตามวิธีการหาค่าแบบอิเล็กโตรเมตริก (Electrometric)

(3) การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลาย ให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification)

(4) การตรวจสอบค่าบีโอดีให้ใช้วิธีอะไซด์โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน

(5) การตรวจสอบหาแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ให้ใช้วิธีมัลติเทิล ทิวป์ เฟอ์เมนเตชัน เทคนิค (Multiple Tube Fermentation Technique)

(6) การตรวจสอบค่าไนเตรดในหน่วยไนโตรเจน ให้ใช้วิธีแคดเมียมรีดักชัน (Cadmium Reduction)

- (7) การตรวจสอบค่าแอมโมเนียในหน่วยไนโตรเจน ให้ใช้วิธีดีสทิลเลชัน เนสส์เลอร์ไรเซชัน (Distillation Nesslerization)
- (8) การตรวจสอบค่าฟีนอล ให้ใช้วิธีดีสทิลเลชัน 4 - อะมิโน แอนติไพรีน (Distillation, 4-amino antipyrine)
- (9) การตรวจสอบค่าทองแดง นิกเกิล แมงกานีส สังกะสี แคดเมียม โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ และตะกั่ว ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน-ไดเร็กต์แอสไพเรชัน (Atomic Absorption-Direct Aspiration)
- (10) การตรวจสอบค่าปรอททั้งหมด ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน โคลด์เวปเปอร์เทคนิค (Atomic Absorption-Cold Vapour Technique)
- (11) การตรวจสอบค่าสารหนู ให้ใช้วิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชัน แก๊สซัลไฟไดไรด์ (Atomic Absorption-Gaseous Hydride)
- (12) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีไพรีดีน บาร์บิทูริก แอซิด (Pyridine-Barbituric Acid)
- (13) การตรวจสอบค่ากัมมันตภาพรังสี ให้ใช้วิธีโพรพอร์ชันนอล แลนแดอร์ (Low Background Proportional Counter)
- (14) การตรวจสอบค่าสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีนทั้งหมด ดีดีที บีเอชซีชนิดแอลฟา ดีลดีริน อีลดีริน เฮปตาคลอโรอีพอกไซด์ และ ไดอบริน ให้ใช้วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas-Chromatography)

ข้อ 11 การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลายให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 20 (20<sup>th</sup> Percentile Value) ส่วนการตรวจสอบค่าบีโอดี แบบที่เรียกกลุ่มโกลีฟอรัมทั้งหมด และแบบที่เรียกกลุ่มฟิคอลโคอีฟอรัมให้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 โดยจำนวนและระยะเวลาสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าว ให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

ข้อ 12 การเก็บตัวอย่างน้ำตามข้อ 9 และการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามข้อ 10 จะต้องเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) ซึ่ง American Public Health Association และ American Water Works Association กับ Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ประกาศ ณ วันที่ 20 มกราคม 2537

ชวน หลีกภัย

นายกรัฐมนตรี

ประธานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ