

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน



อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

ขวดเก็บน้ำแบบแนนเสน

ถังพลาสติกพร้อมเชือกผูกถัง ใช้สำหรับตักน้ำ

ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร, 5 ลิตร ขวดแก้วขนาด 1 ลิตร ขวดเหล่านี้นี้อย่างสะอาดด้วย cleaning solution และน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง

ขวด BOD ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์หา D.O.

ถังเก็บความเย็น

แผนที่บริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่าง

Thermometer

เครื่อง Spectrophotometer ของ HACH (DR-E1/2)

ซึ่งใช้ตรวจหาองค์ประกอบของคุณภาพน้ำบางตัวในสนาม เช่น pH, conductivity

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองน้ำ

vacuum pump

Suction flask ขนาด 1,000 มล.

fritted glass funnel

กระดาษกรอง Millipore ขนาด 45 μ

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารเคมี

Beaker ขนาด 50, 250, 500, 1,000 มล.

กระบอกตวงขนาด 100, 250 มล.

volumetric flask ขนาด 50, 100, 250,
1,000 มล.

ขวดฉีกน้ำกลั่น

ปิเปตขนาด 1, 2, 5, 10, 25, 50 มล.

ขวดพลาสติกขนาด 250, 500, 1,000 มล.

ขวดแก้วสีชาขนาด 250, 500, 1,000 มล.

เครื่องชั่งชนิดละเอียดแบบ Bosch S2000

ตุ้มน้ำหนักที่มีอุณหภูมิสูงถึง 200 °C.

dessiccator

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

Beaker ขนาด 50, 250, 500, 1,000 มล.

กระบอกตวงขนาด 100, 250 มล.

Erlenmeyer flask ขนาด 125, 250 มล.

volumetric flask ขนาด 100, 250, 1,000 มล.

ปิเปตขนาด 1, 2, 5, 10, 25, 50 มล.

Buret ขนาด 50 มล.

ขวดฉีกน้ำกลั่น

ลูกแก้วหยคน้ำ

Magnetic stirrer

magnetic rod

hot plate

Reduce Column

ขาตั้งและคลิป

กรวย

เครื่องชั่งชนิดละเอียดแบบ Bosch S 2000

ตูบที่มีอุณหภูมิสูงถึง 200 °ซ.

dessicator



2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาปริมาณ

Spectrophotometer ของ Pye Unicam

Flame Photometer

Turbidimeter

Spectrophotometer HACH (DR-EL/2)

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการหาความเป็นกรด (Acidity)

Standard sodium hydroxide 0.02N

Standard hydrochloric acid 0.02N

Methyl orange indicator

Phenolphthalein indicator

น้ำกลั่น

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการหาความเป็นด่าง (Alkalinity)

Standard hydrochloric acid (HCl) 0.02N

Primary standard sodium carbonate (Na_2CO_3)

Phenolphthalein indicator

Mixed bromocresol green-methyl red indicator

น้ำกลั่น

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการหาคลอไรด์ (Chloride)

deionized distilled water

Potassium chromate indicator

Standard silver nitrate titrant 0.0141N

Standard Sodium chloride 0.0141N

Aluminum hydroxide suspension

Phenolphthalein indicator solution

Sodium hydroxide 1N

Sulfuric acid 1N

Hydrogen peroxide 30%

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการหาความกระด้าง (Hardness)

disodium salt of ethylenediamine
tetraacetate dihydrate (EDTA) (ethylenedinitrilo)-
tetraacetic acid disodium salt.

Sodium sulfide $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

dye Eriochrome Black T

hydroxylamine hydrochloride

95% ethyl alcohol

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

NH_4Cl

NH_4OH

Standard EDTA titrant 0.01M

Standard calcium carbonate solution

HCl (1+1)

methyl red indicator

3.5 สารเคมีที่ใช้ในการหาเหล็ก (Iron)

Hydrochloric acid (concⁿ)

Hydroxylamine hydrochloride ($N_2HOH.HCl$)

Ammonium acetate ($NH_4C_2H_3O_2$)

acetic acid

1, 10-phenanthroline monohydrate

Ferrous ammonium sulfate [$Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$]

H_2SO_4 (conc)

Potassium permanganate

3.6 สารเคมีที่ใช้ในการหาไนเตรต (Nitrate)

distilled water

Ammonium chloride (NH_4Cl)

pure cadmium metal

Mercuric chloride ($HgCl_2$)

HNO_3 (conc)

HCl (conc)

sulfanilamide reagent

N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydro-
chloride

Standard Potassium nitrate (KNO_3)

3.7 สารเคมีที่ใช้ในการหาไนไตรต์ (Nitrite)

Nitrite-free water

disodium ethylenediamine tetracetate

dihydrate (EDTA)

Sulfanilic acid

Naphthylamine hydrochloride

Sodium acetate ($\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Sodium nitrite (NaNO_2)

3.8 สารเคมีที่ใช้ในการหาออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)

Managanous sulfate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Sodium hydroxide (NaOH)

Sodium iodide (NaI)

Sodium azide (NaN_3)

H_2SO_4 (conc) Sulfuric acid

Starch

Standard Sodium Thiosulfate 0.025N

Standard Potassium Chromate 0.025N

Potassium iodide

3.9 สารเคมีที่ใช้ในการหาโปแตสเซียม (Potassium)

deionized distilled water

Standard Potassium Chloride

3.10 สารเคมีที่ใช้ในการหาโซเดียม (Sodium)

deionized distilled water

Standard Sodium Chloride

3.11 สารเคมีที่ใช้ในการหาฟอสเฟต (Phosphate)

Phenolphthalein indicator

Sulfuric acid (H_2SO_4)

Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$)

Sodium hydroxide (NaOH)

95% Ethyl alcohol

Antimony potassium tartrate $[K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2}H_2O]$

Ascorbic acid

Standard Potassium dihydrogen phosphate

Ammonium molybdate $[(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$

3.12 สารเคมีที่ใช้ในการหาซัลเฟต (Sulfate)

glycerol

Hydrochloric (conc)(HCl)

95% ethyl alcohol

distilled water

Sodium chloride (NaCl)

Barium chloride ($BaCl_2$)

anhydrous sodium sulfate Na_2SO_4 .

วิธีดำเนินงาน

1. การกำหนดสถานที่

ได้มีการสำรวจเพื่อวางแผนการตั้งสถานีเก็บตัวอย่างในบริเวณโครงการชลประทานป่าสักใต้ในเคื่อนเมษายน 2520 โดยเริ่มสำรวจตั้งแต่บริเวณประตูระบายน้ำพระนารายณ์ จังหวัดสระบุรี ลงมาทางโครงการชลประทานป่าสักใต้จนถึงบริเวณคลองแสนแสบ อำเภอมีนบุรี กรุงเทพมหานคร จากนั้นจึงได้กำหนดสถานที่ที่จะเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

หมายเลขสถานีบริเวณที่ตั้งสถานีนั้น ๆ

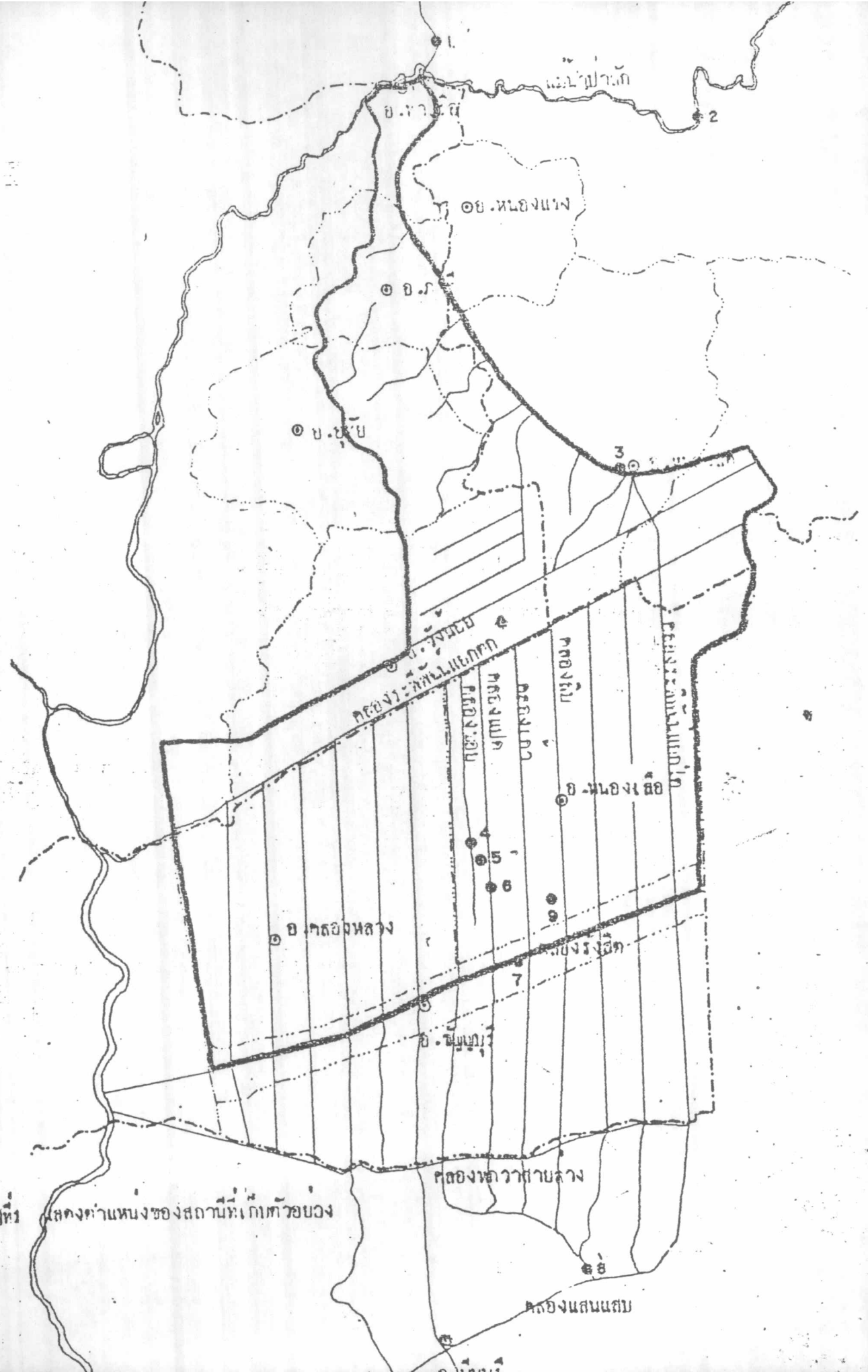
- 1 ตั้งอยู่ในคลองลำน้ำชยันนาท - ป่าสัก เยื้องกับโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ อำเภอเสนาให้ จังหวัดสระบุรี
- 2 สะพานรถไฟข้ามแม่น้ำป่าสักตอนเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี
- 3 คลองระพีพัฒน์ แยกตกเหนือประตูน้ำพระศรีศิลป์ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี
- 4 คลองซอย 3
- 5.1 ในนาข้าวระหว่างคลองซอย 3 และคลอง 8
- 5.2 ในบ่อเลี้ยงปลาระหว่างคลองซอย 3 และคลอง 8
- 6 คลองระบายน้ำสายที่แปด
- 7 คลองรังสิตซึ่งเป็นคลองระบายน้ำรวมของน้ำทั้งหมดที่ใช้ในโครงการชลประทานป่าสักใต้
- 8 คลองสามวา ในคลองแสนแสบตอนเหนือ อำเภอมีนบุรี กรุงเทพมหานคร

ตั้งแสดงในแผนที่ประกอบรูปที่ 1

- | | |
|------------------|-------------------------------------|
| สถานีที่ 1 และ 2 | เป็นสถานีที่ตั้งอยู่เหนือโครงการ |
| สถานีที่ 3 - 7 | เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณโครงการ |
| สถานีที่ 8 | เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ที่โครงการ |

2. การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2520 ถึงเดือนเมษายน 2521



พื้นที่ แสดงตำแหน่งของสถานีโทรทัศน์ของ

อ.เมืองกาญ

อ.บ้าน

อ.บ้าน

จังหวัดกาญจนบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี

อ.เมืองสุ

อ.กลาง

อ.บ้าน

อ.ท่า

อ.สน

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

3. ตัวอย่างที่เก็บ

เก็บตัวอย่างน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งมักจะเก็บที่ระดับผิวน้ำ โดยใช้ขวด
 แนนเสน และใช้ถังพลาสติกช่วยเก็บน้ำที่ต้องใช้ปริมาณมาก ๆ ตัวอย่างที่เก็บมาจะต้อง
 ทำการเก็บรักษา (Preserved) ทันที การเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างน้ำที่จะนำมา
 วิเคราะห์มักแตกต่างกัน ซึ่งจะแยกวิธีให้เห็นชัด ๆ ดังนี้

องค์ประกอบคุณภาพน้ำ	วิธีที่ใช้เก็บ	ระดับน้ำ	ชนิดของขวดที่ ใช้เก็บตัวอย่าง	การเก็บรักษา (Preserved)
1. อุณหภูมิ	ขวดแนนเสน	ผิวน้ำ	—	วัดทันทีที่สถานีนั้น ๆ โดยใช้ Thermometer
2. ความเป็นกรดกลาง	"	"	—	วัดทันทีที่สถานีนั้น ๆ โดยใช้ Spectrophotometer ของ HACH
3. การนำไฟฟ้าได้ ของน้ำ	"	"	—	วัดทันทีที่สถานีนั้น ๆ โดยใช้ Spectrophotometer ของ HACH
4. ออกซิเจน	"	"	BOD ขนาด 300 ml.	fix ด้วย $MnSO_4$ 2 มล. Alkali-iodideazide 2 มล.
5. ความเป็นกรด	ถังพลาสติก	"	ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร	แช่เย็นทันที
6. ความเป็นกลาง	"	"	"	แช่เย็นทันที
7. เหล็ก	"	"	ขวดแก้วสีชา ขนาด 1 ลิตร	conc. HNO_3 5 มล.

องค์ประกอบคุณภาพน้ำ	วิธีที่ใช้เก็บ	ระคัมน้ำ	ชนิดของขวดที่ ใช้เก็บตัวอย่าง	การเก็บรักษา (Preserved)
8. ไนไตรต์ ไนเตรต ฟอสเฟต	ถังพลาสติก	ฉนวน	ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร	HgCl ₂ 0.8 กรัม และแซเย็น
9. ความขุ่น	"	"	ขวดแก้วสีชา ขนาด 1 ลิตร	HgCl ₂ 1 กรัม
10. ซัลเฟต	"	"	ขวดพลาสติก ขนาด 1 ลิตร	แซเย็น
11. โซเดียม ไฮดรอกไซด์	"	"	"	คลอโรฟอร์ม 2 มล.
12. ความกระด้าง	"	"	"	คลอโรฟอร์ม 2 มล.
13. ของแข็ง	"	"	"	แซเย็นทันที
14. คอลไรด์	"	"	"	แซเย็นทันที

หมายเหตุ การเก็บรักษาที่ใช้วิธีแซเย็นนั้นถ้าเป็นไปได้ควรทำการแช่แข็งทันที

จากความสำเร็จอันนี้จึงเห็นว่าควรจะกล่าวถึงการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์
แต่ละชนิดดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) ให้รีบวัดทันทีเมื่อเก็บตัวอย่างได้ เพราะ
ถ้าเก็บไว้คาที่วัดโดยอมเปลี่ยนแปลง

2. ความขุ่น (Turbidity) ควรจะหาค่าความขุ่นในวันเดียวกับที่ทำการ
เก็บตัวอย่าง ถ้าหาในวันนั้นไม่ได้ก็ควรเก็บตัวอย่างไว้ในที่มืด แต่ไม่ควรเกิน

24 ชั่วโมง แต่ต้องการเก็บตัวอย่างไว้นานกว่านั้นอีกก็ต้องเก็บรักษาตัวอย่างน้ำด้วย
Mercuric Chloride ($HgCl_2$) 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

3. ความเป็นกรดและด่าง (Acidity & Alkalinity) เพื่อให้
ได้ผลที่ดี ควรจะเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในขวดพลาสติกหรือ Pyrex bottles แล้วให้
รีบทำการวิเคราะห์ทันทีหรืออย่างช้าภายใน 1 วัน

4. ของแข็งที่แขวนลอยและละลายน้ำ (Suspended Solid & Filtrable
Solid (Total Dissolved Solid) เนื่องจากน้ำมักจะทำปฏิกิริยากับแก้ว
และปริมาณแร่ธาตุ (mineral content) ของตัวอย่าง จะมีเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บน้ำไว้
ในขวด ซึ่งทำมาจาก Non-resistant glass ดังนั้นควรจะใช้ Resistant-
glass bottle หรือขวดพลาสติก

5. ความกระด้าง (Total hardness) ควรเก็บไว้ใน Polyethy-
lene bottle และ fix ด้วย Chloroform 2 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร

6. โลหะ (Metals (Ca, Mg, Na) ควรเก็บไว้ในขวด Poly-
ethylene เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้มีการรั่วไหลมาจากผนังที่เป็นแก้ว แล้ว fix
ด้วย Chloroform 2 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร

7. ซัลเฟต (Sulfate) ควรจะคำนึงว่าการที่มี organic matter
certain bacteria อาจจะมี reduce ซัลเฟต ให้เป็นซัลไฟด์ได้ เพื่อที่จะ
ป้องกันการเจริญ ก็ควรเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หรือ fix ด้วย formal-
dehyde

8. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) ถ้าเราไม่สามารถตรวจ
วิเคราะห์ได้ทันทีแล้วให้ fixed ตัวอย่างน้ำก่อนจะนำเข้าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
โดย fixed ด้วย Manganous sulfate, Alkaline iodide azide
และกรดซัลฟูริกตัวอย่างที่ fixed แล้วนี้ควรจะทำการศึกษาวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง
เพื่อให้เกิดการผิดพลาดน้อยที่สุด

9. ไนไตรต์ - ไนโตรเจน (Nitrite-N) การวิเคราะห์ควรดำเนินการทันทีเมื่อเก็บตัวอย่าง เพื่อป้องกันการที่แบคทีเรียเปลี่ยนไนไตรต์ไปเป็นไนเตรต หรือแอมโมเนีย ถ้าทำทันทีไม่ได้ก็สามารถเก็บรักษาไว้ได้โดยการแช่แข็งที่ -20°C . หรือโดยการเติม Mercuric chloride (HgCl_2) 40 มก. ต่อน้ำ 1 ลิตร และแช่แข็งที่ -4°C .

10. ฟอสฟอรัส (Phosphorous compound) เพื่อไม่ให้เกิดฟอสเฟตมากควรกรองตัวอย่างน้ำทันที เมื่อเก็บขึ้นมาแล้วแช่แข็งที่อุณหภูมิ -10°C . หรือต่ำกว่า และถ้าจะเก็บตัวอย่างไว้นาน ๆ ก็ให้เติม HgCl_2 40 มก. ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร

ถ้าตัวอย่างน้ำมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำ ไม่ควรเก็บตัวอย่างน้ำควยขวดพลาสติกเพราะอาจจะมีการ absorb phosphate ที่ผนังขวดได้ ให้เก็บตัวอย่างในขวดแก้วที่ล้างสะอาดแล้วควยกรกเกลือเจือจางและน้ำกลั่น

การรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำ อาจทำได้โดยวิธีง่าย ๆ เช่น การควบคุม pH เติมสารเคมีบางอย่าง การแช่เย็น ในตารางจะเป็นตัวอย่างของการเก็บรักษาตัวอย่างบางวิธี



วิธีการ	ปัญหา	ประโยชน์
การเติม Mercuric Chloride	ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
การเติมกรดไนตริก	เป็นตัวทำลายสารประกอบโลหะ ลดการตกตะกอนของโลหะ	ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของโลหะ
การเติมกรดซัลฟูริก	ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์, ลดการระเหยของสารบางอย่าง	ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์, ป้องกันการระเหยของสารประกอบพวกแอมโมเนีย อะมีน
การเติมค่าง	ลดการระเหยของสารประกอบบางชนิด	ป้องกันการระเหยเป็นไอของสารประกอบไซยาไนด์ กรดอินทรีย์
การแช่เย็น	ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสารบางอย่าง ซึ่งเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางชีววิทยา เช่น ความเป็นกรด ความเป็นค่าง สารอินทรีย์ สารประกอบฟอสฟอรัส ซี กลิ่น และปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ

การที่จะเลือกใช้วิธีใดในการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำนั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นด้วย เช่น การเติมสาร Mercuric Chloride ($HgCl_2$) ลงในตัวอย่างน้ำ เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ แต่ตัวอย่างน้ำนี้จะไม่สามารถวิเคราะห์หาค่า BOD ได้ ดังนั้นตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์หาค่า BOD จะใช้ $HgCl_2$ ในการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำไม่ได้ การที่จะเติมสารใดลงไปเพื่อการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำจะต้องไม่มีผลเสียในการวิเคราะห์ เนื่องจากสารเคมีชนิดหนึ่ง ๆ ที่ใช้เติมลงไปนั้นไม่สามารถจะรักษาคุณภาพของตัวอย่างน้ำได้ทุกกรณี โดยทั่วไปนิยมการรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการเก็บแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 0 - 4 °C.

4. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์นั้นให้กรองผ่าน millipore ก่อนเพื่อจะหาในรูปของ soluble ให้หมด ยกเว้นตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หา Iron & Solids ซึ่งต้องการหาในรูปของ Total Iron และ Total Solids ไม่ต้องการกรอง แล้วทำการวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์

5. การวิเคราะห์

องค์ประกอบของคุณภาพน้ำต่าง ๆ ที่จะทำการตรวจวิเคราะห์ทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการมีทั้งหมดด้วยกัน 19 ตัวคือ อุณหภูมิ ความเป็นกรดค่า การนำไฟฟ้าไคของน้ำ ความเป็นกรด ความเป็นด่าง ออกซิเจนละลาย คลอไรด์ เหล็กทั้งหมด ความกระด้าง ไนโตรเจน ไนเตรต ฟอสเฟต โซเดียม โปแตสเซียม ซัลเฟต ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่แขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความขุ่น องค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ในสนามจะใช้ Spectrophotometer ของ HACH เป็นเครื่องมือตรวจหาปริมาณ ส่วนองค์ประกอบที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการอาศัยวิธีใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 13th ed. 1971 เป็นหลัก ดังนั้นจะกล่าว

ถึงวิธีที่ใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบแต่ละตัวนั้นอย่างย่อ ๆ โดยถือหลักสำคัญของวิธีนั้น ๆ มากล่าวถึง

หมายเหตุ

องค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง มีดังนี้ อุณหภูมิ
ความเป็นกรดค่าง การนำไฟฟ้า ความเป็นกรด ความเป็นค่าง ออกซิเจนละลาย

องค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ภายใน 48 ชั่วโมง มีดังนี้ ไนเตรต
ไนไตรต์ ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของแข็งที่แขวนลอย

องค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ภายใน 72 ชั่วโมง มีดังนี้ ฟอสเฟต
คลอไรด์ เหล็ก ความกระด้าง

องค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์ มีดังนี้ โซเดียม
โปแตสเซียม ซัลเฟต

5.1 อุณหภูมิ (Temperature) ทำการวัดทันทีในสนาม โดยใช้
Thermometer

5.2 ความเป็นกรดค่าง (pH) ทำการวัดทันทีในสนาม โดยใช้
Spectrophotometer ของ HACH

5.3 การนำไฟฟ้าได้ของน้ำ (Conductivity) ทำการวัดทันที
โดยใช้ Spectrophotometer ของ HACH

5.4 ความขุ่น (Turbidity) ทำการวัดภายใน 48 ชั่วโมง
ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ Turbidimeter

หมายเหตุ ข้อมูลคุณภาพน้ำทั้ง 4 ชนิดสามารถทราบปริมาณได้จากการวัด

5.5 ความเป็นกรด (Acidity)

สำหรับ Methyl orange acidity

1. นำตัวอย่างน้ำที่แช่แข็งเอาไว้มาละลายที่อุณหภูมิห้องจนหมด
2. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
3. เติม 0.1N sodium thiosulfate solution

0.05 มล. (1 หยด)

4. เติม methyl orange indicator 0.1 มล. (2 หยด)
5. ไทเตรตกับ standard sodium hydroxide 0.02N

จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีส้มจาง ๆ

สำหรับ Phenolphthalein acidity

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติม 0.1N sodium thiosulfate solution

0.05 มล. (1 หยด)

3. เติม Phenolphthalein indicator

0.15 มล. (3 หยด)

4. ไทเตรตกับ standard sodium hydroxide 0.02N

จนกระทั่งสารละลายมีสีชมพู

5.6 ความเป็นด่าง (Alkalinity)

สำหรับ Phenolphthalein alkalinity

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำที่ละลายแล้ว 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask

2. เติม 0.1N sodium thiosulfate solution 0.05 มล.

3. เติม Phenolphthalein indicator 0.1 มล.

4. ไทเตรตกับ standard hydrochloric 0.02N

สำหรับ Total alkalinity

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติม 0.1N sodium thiosulfate solution 0.05 มล.
3. เติม mixed bromocresol green-methyl red indicator 0.15 มล.
4. ไตเตรตกับ standard hydrochloric 0.02N

5.7 คลอไรด์ (Chloride)

การเตรียมตัวอย่างน้ำ

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติม Aluminium hydroxide suspension 3 มล.
ผสมให้เข้ากัน ปล่อยให้ตกตะกอน กรองผ่านกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น
3. ปรับ pH สารละลายที่ได้ให้เป็นกลางด้วย sodium hydroxide 1N โดยใช้ Phenolphthalein เป็น indicator
4. เติม 1N hydrogen peroxide 1 มล. ผสมให้เข้ากัน แล้วทำให้เป็นกลางด้วย sulfuric acid 1N

การ Titrate

1. ปรับ pH ตัวอย่างน้ำที่เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้วให้มี pH 7 - 10 ก่อน โดยใช้ sulfuric acid หรือ sodium hydroxide
2. เติม Potassium chromate indicator 1 มล.
3. ไตเตรตกับ standard silver nitrate 0.0141N จนกระทั่งได้สีเหลืองชมพู ทำการไตเตรต 2 - 3 ครั้ง
4. หา blank ด้วยวิธีเดียวกับ sample แต่ให้ใช้น้ำกลั่นแทน

5.8 ความกระด้าง (Total Hardness)

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่นำใน Erlenmeyer flask
2. เติม Inhibitors 1 มล.
3. เติม Buffer solution 1 มล.
4. เติม indicator 6 หยด
5. ไทเตรตกับ Standard EDTA

5.9 ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) โดยวิธี Azide Modification of Iodometric

1. จากตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในขวด 300 มล. เติมสารละลาย Manganous Sulfate 2 มล.
2. เติม Alkali-Iodide-Azide solution 2 มล. ปิพจกระวังอย่าให้มีฟองอากาศติดอยู่ในขวด เขย่า ตั้งปล่อยทิ้งไว้ให้ตะกอนที่เกิดขึ้นนอนก้น
3. รอนจนได้สารละลายใสส่วนบนประมาณ 100 มล. ค่อย ๆ เบิกจุก แล้วเติมกรก้ามะถันเข้มข้น 2 มล. เขย่า จนกระทั่งตะกอนละลายหมด
4. ปิเปตสารละลายที่ได้ 100 มล. ใส่นำใน flask ขนาด 500 มล.
5. ไทเตรตกับ standard sodium thiosulfate 0.025N จนได้สีเหลืองอ่อน ๆ
6. เติมน้ำแข็ง 1 - 2 มล. และไทเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

5.10 ไนไตรต์ ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)

โดยวิธีการ coupling ของ diazotized sulfanilic acid กับ naphthylamine hydrochloride ซึ่งพอเหมาะ กับ nitrite nitrogen จะได้สารละลายสีม่วงแดง

1. ปรับตัวอย่างน้ำให้มี pH = 7 ก่อนโดยใช้กรดเกลือ 1N หรือ sodium hydroxide 1N
2. เติม EDTA solution 1 มล. และ sulfanilic acid 1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 3 - 10 นาที
3. เติม naphthylamine hydrochloride 1 มล. และ sodium acetate buffer solution 1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
4. วัด absorbance ของสารละลายที่ wavelength 520 μ โดยใช้ 1 cm - cell

5.11 ไนเตรต (Nitrate) ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)

โดยวิธีของ Cadmium Reduction เปลี่ยน Nitrate ให้เป็น Nitrite ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ Sulfanilamide และ N-(1)-Naphthyl ethylene diamine ได้สารละลายสีม่วงแดง

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask แล้วเติม conc. NH_4Cl 2 มล.
2. นำไปผ่าน Cadmium Reduction Column
3. สารละลายที่ผ่านมาได้ 40 มล. แรกให้ทิ้ง แล้วเก็บสารละลายหลัง 50 มล.
4. เติม Sulfanilamide 1 มล. เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที
5. เติม N-(1)-Naphthyl ethylenediamine 1 มล. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที - 2 ชั่วโมง
6. วัด absorbance ของสารละลายที่ wavelength 543 μ โดยใช้ 1 cm-cell

5.12 ฟอสเฟต (Phosphate) ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)

Persulfate Digestion Method

1. บีเปิดตัวอย่างน้ำ 100 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติม Phenolphthalein indicator 1 หยด
3. ถ้าสารละลายมีสีชมพูเกิดขึ้นให้เติม H_2SO_4 5N ที่ละหยด จนกระทั่งสารละลายไม่มีสีให้เติมลงไปอีก 1 มล.
4. เติม Potassium Persulfate solution 15 มล.
5. คอย ๆ ต้มให้เกิดคอกอย่างน้อย 90 นาที ถ้าปริมาตรลดลงให้เติมน้ำกลั่นเพื่อให้มีปริมาตรประมาณ 25 - 50 มล.
6. ทิ้งสารละลายไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
7. เติม Phenolphthalein indicator 1 หยด และทำให้เป็นกลางด้วย sodium hydroxide 1N จนกระทั่งใส่สารละลายสีชมพูจาง ๆ
8. สารละลายที่ได้ทำให้มีปริมาตร 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปหา Phosphate โดยวิธี Ascorbic acid

Ascorbic Acid Method

1. บีเปิดสารละลายที่ digest แล้วมา 20 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
 2. เติม ethyl alcohol 1 มล. ผสมให้เข้ากัน
 3. เติม combined reagent 1 มล. ผสมให้เข้ากัน
- ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
4. วัด absorbance ของสารละลายที่ wavelength

880 μ

5.13 ซัลเฟต (Sulfate) โดยวิธี Turbidimetric

Method

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 100 มล. ใส่ใน Beaker ขนาด 250 มล.
2. เติม Conditioning reagent 5 มล. ใส่ในตัวอย่าง แล้วใช้ stirrer ผสมให้เข้ากัน
3. ขณะที่กำลังคนอยู่นั้นให้เติม Barium Chloride crystal เติม 1 ขอนดวงพอดี แล้วเริ่มจับเวลาทันที คนต่อไปจนครบ 1 นาทีพอดี ควบคุมความเร็วคงที่
4. วัด absorbance ของสารละลายที่ wavelength 420 m μ โดยใช้ 4 cm - cell.

5.14 เหล็ก (Total Iron) โดยวิธี Phenanthroline

Method

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask
2. เติม conc. Hydrochloric 2 มล. และ Hydroxylamine solution 1 มล.
3. ใส่ glass beads 2 - 3 อัน แล้ว heat สารละลาย จนเดือด heat ต่อไป จนกระทั่งปริมาตรลดเหลือ 15 - 20 มล.
4. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเทสารละลายใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล.
5. เติม Ammonium acetate buffer solution 10 มล.
6. เติม Phenanthroline solution 2 มล. แล้ว dilute ให้มีปริมาตร 100 มล. ควบคุมน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันปล่อยให้ทิ้งไว้ 10 - 15 นาที
7. นำไปวัดค่า absorbance ที่ wavelength 510 m μ โดยใช้ 1 cm - cell

5.15 ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

1. อบ Beaker ให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ตวงตัวอย่างน้ำ 100 มล. ใส่ใน Beaker ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว
3. ตั้ง Beaker บน Hot Plate เมื่อไอน้ำระเหยออกหมด นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นใน Dessicator
4. ชั่ง Beaker เมื่อเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก็คือน้ำหนักของ Total Solids

5.16 ของแข็งที่แขวนลอย (Total Suspended Solids)

1. อบกระดาษกรอง GF/C ให้น้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. แล้วชั่งน้ำหนัก
2. กรองตัวอย่างน้ำ 100 มล. ผ่านกระดาษกรองโดยใช้ Vacuum pump
3. คีบกระดาษกรองใส่ภาชนะแก้วทนไฟ เช่น Petri Dish นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง
4. ปล่อยให้เย็นใน Dessicator แล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

5.17 ของแข็งที่ละลายน้ำ (Filtrable Solids) (Total Dissolved Solids)

1. อบ Beaker ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. ประมาณ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก
2. นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรองแล้ว 100 มล. รินใส่ใน Beaker ที่ตั้งบน Hot Plate
3. เมื่อไอน้ำระเหยออกหมด นำ Beaker ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105 °ซ. จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นใน dessicator

4. ชั่ง Beaker ทันทีที่เป็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก็คือ น้ำหนักของ Filtrable Solids

5.18 โซเดียมและโปแตสเซียม (Sodium & Potassium)

ใช้ Flame Photometer วัด optical density ของตัวอย่างน้ำเทียบกับ Standard Sodium Chloride และ Standard Potassium Chloride

6. การคำนวณหาปริมาณของขอมูลแต่ละชนิด

6.1 การคำนวณหาปริมาณ Acidity

$$\text{จากสูตร} \quad \text{Acidity as mg/1 CaCO}_3 = \frac{A \times N \times 50,000}{\text{ml. sample}}$$

A = ปริมาตร sodium hydroxide ที่ใช้ไทเทรตเป็น มล.

B = ความเข้มข้นของ sodium hydroxide เป็น normality

6.1.1 การหาความเข้มข้นของ Sodium Hydroxide 0.02N

Standard sodium hydroxide 0.02N เตรียมได้จากการ dilute sodium hydroxide 1N 20 มล. ด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร แล้วนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเทรตกับสารละลาย Potassium biphthalate 0.020N ซึ่งเตรียมได้จากการละลาย anhydrous $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ (อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 - 110° ซ. อย่างน้อย 1 - 2 ชั่วโมง) 4.085 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ และเติมน้ำจนมีปริมาตรเป็น 1 ลิตร การหาทำเช่นเดียวกับการหา Acidity แต่ใช้ Potassium biphthalate แทนตัวอย่างน้ำ ปริมาตรของ hydroxide ที่ใช้ในการไทเทรตนำมาหาความเข้มข้น

$$\text{ได้จากสูตร } N_1 V_1 = N_2 V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของ sodium hydroxide

V_1 = ปริมาตรของ sodium hydroxide

N_2 = ความเข้มข้นของ Potassium biphthalate = 0.020N

V_2 = ปริมาตรของ Potassium biphthalate

6.2 การคำนวณหาปริมาณ Alkalinity

$$\text{จากสูตร } \text{Phenolphthalein alkalinity as mg/l CaCO}_3 = \frac{A \times N \times 50,000}{\text{ml. sample}}$$

$$\text{Total alkalinity as mg/l CaCO}_3 = \frac{B \times N \times 50,000}{\text{ml. sample}}$$

A = ปริมาตรของ Standard hydrochloric acid เมื่อใช้ Phenolphthalein indicator เป็น มล.

B = ปริมาตรของ standard hydrochloric acid เมื่อใช้ mixed indicator เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของ hydrochloric acid เป็น normality

6.2.1 การหาความเข้มข้นของ Standard hydrochloric acid 0.02N

Standard hydrochloric acid 0.02N เตรียม
 ได้จากการ dilute hydrochloric acid 0.1N 200 มล. ให้เห็น 1 ลิตร
 ด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำมาหาความเข้มข้นแน่นอนด้วยการไตเตรต
 กับ standard sodium carbonate 0.020N ซึ่งเตรียมได้จากการละลาย anhy-
 drous Na_2CO_3 (อบให้แห้งที่ 140°ซ.) 1.060 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจาก

คาร์บอนไดออกไซด์และเติมให้เป็น 1 ลิตร โดยใช้ Volumetric flask
จากนั้นคำนวณหาความเข้มข้นได้จากสูตร $N_1 V_1 = N_2 V_2$

N_1 = ความเข้มข้นของ hydrochloric acid

V_1 = ปริมาตรของ hydrochloric acid

N_2 = ความเข้มข้นของ sodium carbonate = 0.020N

V_2 = ปริมาตรของ sodium carbonate

6.3 การคำนวณหาปริมาณ Chloride

จากสูตร $\text{mg/l Cl} = \frac{(A-B) \times N \times 35,450}{\text{ml. sample}}$

A = ปริมาตร standard silver nitrate ที่ใช้สำหรับตัวอย่างน้ำเป็น มล.

B = ปริมาตร standard silver nitrate ที่ใช้สำหรับน้ำกลั่นเป็น มล.

N = ความเข้มข้นของ standard silver nitrate เป็น normality

6.3.1 การหาความเข้มข้นของ Standard silver

nitrate 0.0141N

Standard silver nitrate 0.0141N

เตรียมได้จากการละลาย AgNO_3 แล้วนำมาหาความเข้มข้น

6.4 การคำนวณหาปริมาณ Total Hardness

จากสูตร $\text{Hardness (EDTA) as mg/l CaCO}_3 = \frac{A \times B \times 1,000}{\text{ml. sample}}$

A = ปริมาณ EDTA ที่ใช้สำหรับ sample เป็น มล.

B = มก. CaCO_3 equivalent กับ 1.00 มล. EDTA titrant

6.4.1 การหาความเข้มข้นของ Standard EDTA titrant

0.01M

ละลาย A.R. grade disodium ethylenediamine tetracetate dihydrate (EDTA) 3.723 กรัม ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. นำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยการไทเทรตกับ Standard calcium solution ซึ่งเตรียมได้จากการละลาย anhydrous calcium carbonate 1,000 กรัม ใน (1 + 1) HCl พอสมควรจนกระทั่ง CaCO_3 ละลายหมด แล้วเติมน้ำกลั่น 200 มล. ทิ้งให้แก๊สออก 2 - 3 นาที เพื่อไล่ CO_2 ทิ้งไว้ให้เย็น เติม methyl red indicator 2 - 3 หยด แล้ว adjust ให้เป็น intermediate orange color ด้วย 3N NH_4OH หรือ (1 + 1) HCl แล้วเอาสารละลายนี้ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1 ลิตร

Standard solution นี้ 1.00 มล. = 1.00 มก. CaCO_3

6.5 การคำนวณหาปริมาณ Dissolved Oxygen

โดยใช้สมการ 1 ml. 0.025 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 1 mg/1 D.O.

6.5.1 การหาความเข้มข้นของ Standard Sodium

Thiosulfate 0.025N

ละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 6.205 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดใหม่ ๆ และปล่อยให้เย็น แล้วเติมจนปริมาณเป็น 1 ลิตร นำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยใช้ Standard Potassium Dichromate ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. ละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่อบแห้งแล้ว 1.226 กรัม
ในน้ำกลั่นและเติมจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร
2. ละลาย KI 2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask
ควายน้ำกลั่น 100 - 150 มล.
3. เติม H_2SO_4 (1+9) 10 มล.
4. เติม Standard Potassium Dichromate 20 มล.
5. ตั้งไว้ในที่มืด 5 นาที
6. เจือจางควายน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 400 มล.

โดยประมาณ

7. ไทเทรต ไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วย Sodium

Thiosulfate Solution

8. Normality ของ Sodium Thiosulfate

$$= \frac{a \times N}{20}$$

a = มล. ของ sodium thiosulfate ที่ใช้

N = Normality ของ standard Potassium
dichromate

6.6 การคำนวณหาปริมาณ Nitrite-Nitrogen ($NO_2^- - N$)

ปริมาณ Nitrite เป็น ppm นี้สามารถคำนวณหาได้จาก
Calibration Curve ซึ่งต้องใช้ Standard Solution ช่วยในการสร้าง
curve นี้

การเตรียม Stock standard Nitrite

ละลาย $NaNO_2$ 1.232 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากไนไตรต์แล้ว
เจือจางให้มีปริมาตร 1,000 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1.00 มล. =

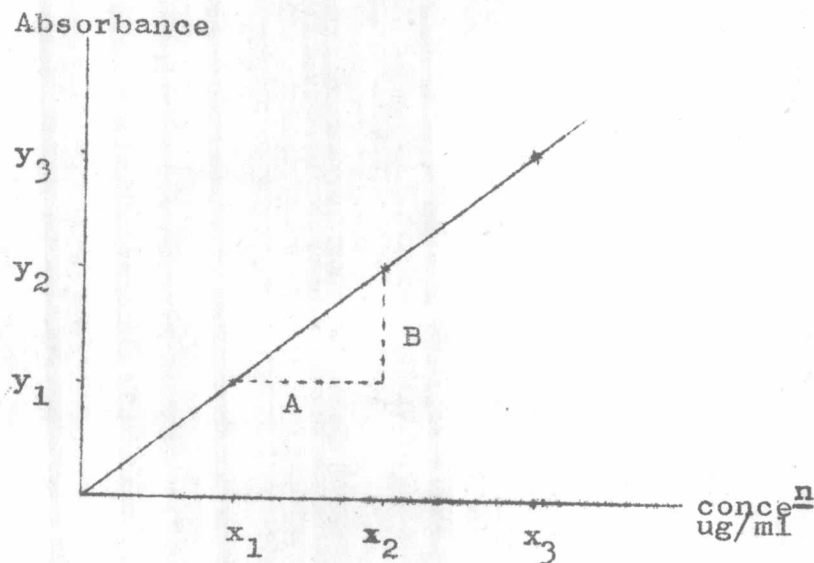
250 μg N

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำ solution ที่ dilute แล้วมาทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ ค่า absorbance ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้นซึ่งมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml}$. (ppm) curve ที่ได้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้จะหา convert factor ซึ่งใช้หาความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำได้

6.6.1 หลักทั่ว ๆ ไปที่ใช้หา convert factor จาก Calibration curve

ให้แกน x เป็นแกนที่แสดงความเข้มข้นมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml}$ หรือ mg/l (ppm.)

แกน y เป็นแกนที่แสดงค่า absorbance ที่วัดได้



จากค่าทั้ง 3 นี้ นำมา plot curve จะได้ curve เส้นตรง
ผ่าน origin ดังในรูป

สมมติให้ standard	ที่มีความเข้มข้น	x_1	วัดค่า absorbance	ได้	y_1
"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"
		x_2			y_2
		x_3			y_3

จาก curve นี้ เลือกจุดที่อยู่บน curve โดยตรงมา 2 จุด
ลากมาตัดกันดังในรูป

$$\begin{aligned} \text{สมมติให้เส้นที่ขนานกับแกน } x \text{ มีความเข้มข้น} &= A \text{ } \mu\text{g/ml.} \\ \text{" " } y \text{ มีค่า absorbance} &= B \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\text{slope} = \frac{y}{x}$ ดังนั้น slope ของ Calibration curve $= \frac{B}{A}$
ค่า slope นี้จะใช้เป็น convert factor ได้ดังนี้

สมมติค่า absorbance ของ sample วัดได้ $= c$
จาก curve

$$\begin{aligned} \text{ถ้า standard วัดค่า absorbance ได้ } = B \text{ จะมีความเข้มข้น} &= A \text{ } \mu\text{g/ml.} \\ \text{ดังนั้นถ้า sample วัดค่า absorbance ได้ } C \text{ จะมีความเข้มข้น} &= \frac{A \times C}{B} \text{ } \mu\text{g/ml.} \end{aligned}$$

ค่า $\frac{A}{B}$ นี้ คือ ส่วนกลับของค่า slope

ดังนั้น convert factor ที่ใช้คำนวณหาความเข้มข้นก็ คือ ส่วนกลับ
ของค่า slope นั่นเอง จากหลักอันนี้สามารถใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของ
สารที่ใช้วิธีของการ Calibration curve ได้

6.7 การคำนวณหาปริมาณ Nitrate-Nitrogen ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)

ปริมาณ Nitrate-Nitrogen เป็น ppm. นี้สามารถคำนวณหาได้จาก Calibration curve ซึ่งต้องใช้ Standard solution ช่วยในการสร้าง curve นี้

การเตรียม Stock standard Nitrate

ละลาย anhydrous KNO_3 721.8 มก. ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1.00 มล. = 100 $\mu\text{g N}$

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำ solution ที่ dilute แล้วมาทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ ค่า absorbance ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้นซึ่งมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml. (ppm.)}$ curve ที่ได้นี้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้ใช้หา convert factor ซึ่งนำไปหาความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำได้ตามหลักการที่กล่าวไว้ใน 6.6.1

6.8 การคำนวณหาปริมาณ Phosphate-Phosphorus ($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)

ปริมาณ Phosphate-Phosphorus เป็น ppm. นี้สามารถคำนวณหาได้จาก Calibration curve ซึ่งต้องใช้ standard solution ช่วยในการสร้าง curve นี้

การเตรียม stock standard Phosphate

ละลาย anhydrous potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) 219.5 มก. ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1.00 มล. = 50.0 $\mu\text{g PO}_4^{3-} - \text{P}$

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันแล้ว นำ solution ที่ dilute แล้วมาทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ ค่า absorbance ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้น ซึ่งมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml. (ppm.)}$ curve ที่ได้นี้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้ใช้หา convert factor ซึ่งนำไปหาความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำได้ตามหลักการที่กล่าวไว้ใน 6.6.1

6.9 การคำนวณหาปริมาณ Sulfate

ปริมาณ Sulfate เป็น ppm. นี้สามารถคำนวณหาได้จาก Calibration Curve ซึ่งต้องใช้ Standard Solution ช่วยในการสร้าง curve นี้เช่นกัน

การเตรียม stock standard sulfate

ละลาย anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) 147.9 มก. ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น $1.00 \text{ ml.} = 100 \mu\text{g SO}_4$

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำ solution ที่ dilute แล้วมาทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ ค่า turbidity ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้น ซึ่งมีหน่วยเป็น มล./ล. (ppm.) curve ที่ได้นี้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้ใช้หา convert factor ซึ่งนำไปหาความเข้มข้นตัวอย่างน้ำได้ตามหลักการที่กล่าวไว้ใน 6.6.1

6.10 การคำนวณหาปริมาณ Total Iron

ปริมาณ Total Iron เป็น ppm. สามารถคำนวณหาได้

จาก Calibration curve ซึ่งต้องใช้ Standard solution ช่วยในการสร้าง curve

การเตรียม stock standard Iron

ละลาย ferrous ammonium sulfate 1.404 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มล. ซึ่งผสมกับ conc. H_2SO_4 20 มล. แล้วค่อย ๆ เติม 0.1 N $KMnO_4$ ที่ละลายจนกระทั่งมีสีชมพูจาง ๆ เกิดขึ้น จึง dilute ด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มล. จากนั้นก็ทำการทดลองเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ใน 5.14

6.11 การคำนวณหาปริมาณ Total Solids

คำนวณได้จากสูตร

$$\text{mg/l Total Solids} = \frac{\text{mg. Total Solids} \times 1,000}{\text{ml. sample}}$$

6.12 การคำนวณหาปริมาณ Total Suspended Solids

$$\text{จากสูตร mg/l Total suspended solids} = \frac{\text{mg. Suspended Solids} \times 1,000}{\text{ml. sample}}$$

6.13 การคำนวณหาปริมาณ Filtrable Solids

$$\text{จากสูตร mg/l Filtrable solids} = \frac{\text{mg. Filtrable solids} \times 1,000}{\text{ml. sample}}$$

6.14 การคำนวณหาปริมาณ Potassium

ปริมาณ Potassium เป็น ppm. สามารถคำนวณหาได้จาก Calibration curve ซึ่งต้องใช้ Standard solution ช่วยในการสร้าง curve.

การเตรียม stock standard solution

ละลาย anhydrous Potassium chloride (KCl) 1.907 กรัม ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น
 $1.00 \text{ ml.} = 1.00 \text{ mg K}$

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปวัดค่า absorbance ได้เลย จากค่า absorbance ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้นซึ่งมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml. (ppm.)}$ curve ที่ได้นี้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้ใช้หา convert factor ซึ่งนำไปหาความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำได้ตามหลักการที่กล่าวไว้ใน 6.6.1

6.15 การคำนวณหาปริมาณ Sodium

ปริมาณ Sodium เป็น ppm. สามารถคำนวณหาได้จาก Calibration curve ซึ่งต้องใช้ standard solution ช่วยในการสร้าง

การเตรียม stock standard solution

ละลาย anhydrous sodium chloride 2.542 กรัม ในน้ำกลั่นแล้ว dilute ให้มีปริมาตร 1,000 มล. จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น
 $1.00 \text{ ml.} = 1.00 \text{ mg Na}$

จาก stock standard solution นี้ นำมา dilute ให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำไปวัดค่า absorbance ได้เลย จากค่า absorbance ที่วัดได้นำมา plot curve เทียบกับความเข้มข้นซึ่งมีหน่วยเป็น $\mu\text{g/ml. (ppm.)}$ curve ที่ได้นี้เรียกว่า Calibration curve จาก curve นี้ใช้หา convert factor ซึ่งนำไปหาความเข้มข้นของตัวอย่างน้ำได้ตามหลักการที่กล่าวไว้ใน 6.6.1



7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

7.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean)

หาปริมาณเฉลี่ยขององค์ประกอบแต่ละชนิด โดยคำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (\text{Garrett, 1966:27})$$

\bar{X}	คือ	ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบแต่ละชนิด
$\sum X$	คือ	ผลรวมขององค์ประกอบแต่ละชนิด
N	คือ	จำนวนตัวอย่างที่นำมาตรวจ

7.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากสูตร
$$S.D. = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

$S.D.$	คือ	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานขององค์ประกอบแต่ละชนิด
$\sum X$	คือ	ผลรวมขององค์ประกอบแต่ละชนิด
$\sum X^2$	คือ	ผลรวมขององค์ประกอบแต่ละชนิดยกกำลังสอง
N	คือ	จำนวนตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

7.3 ทดสอบความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ ในแต่ละเดือน
และแต่ละสถานี

7.3.1 โดยใช้ Analysis of Variance for the
Two-Way Classification with a Single
Observation per cell (Ronald E. Walpole)

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square	Computed f
Row means	SSR	$r-1$	$S_1^2 = \frac{SSR}{r-1}$	$f_1 = \frac{S_1^2}{S_3^2}$
Column means	SSC	$c-1$	$S_2^2 = \frac{SSC}{c-1}$	$f_2 = \frac{S_2^2}{S_3^2}$
Error	SSE	$(r-1)(c-1)$	$S_3^2 = \frac{SSE}{(r-1)(c-1)}$	
Total	SST	$rc-1$		

Two- Way Classification with One Observation per Cell

(สถานี) แถว Row	Columns (สถานี)				Total	Mean		
	1	2	..... j	..... c				
1.	x_{11}	x_{12}	.....	x_{1j}	.....	x_{1c}	$T_{1.}$	$\bar{x}_{1.}$
2.	x_{21}	x_{22}	.....	x_{2j}	.....	x_{2c}	$T_{2.}$	$\bar{x}_{2.}$
.
.
i	x_{i1}	x_{i2}	.....	x_{ij}	.....	x_{ic}	$T_{i.}$	$\bar{x}_{i.}$
.
.
r	x_{r1}	x_{r2}	.....	x_{rj}	.....	x_{rc}	$T_{r.}$	$\bar{x}_{r.}$
Total	$T_{.1}$	$T_{.2}$	.....	$T_{.j}$	.....	$T_{.c}$	$T_{..}$	
Mean	$\bar{x}_{.1}$	$\bar{x}_{.2}$	.....	$\bar{x}_{.j}$	.....	$\bar{x}_{.c}$		$\bar{x}_{..}$

- $x_{11} \dots x_{1j} \dots x_{1c}$ = ข้อมูลในแต่ละสถานีของแต่ละเคื่อน
- $x_{11} \dots x_{i1} \dots x_{r1}$ = ข้อมูลในแต่ละเคื่อนของแต่ละสถานี
- $T_{1.} \dots T_{i.} \dots T_{r.}$ = ผลรวมของข้อมูลในแต่ละเคื่อน
- $T_{.1} \dots T_{.j} \dots T_{.c}$ = ผลรวมของข้อมูลในแต่ละสถานี
- $\bar{x}_{1.} \dots \bar{x}_{i.} \dots \bar{x}_{r.}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละเคื่อน
- $\bar{x}_{.1} \dots \bar{x}_{.j} \dots \bar{x}_{.c}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละสถานี

$T_{..}$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$\bar{x}_{..}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

$SST = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^C x_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{rc} = \text{Total sum of squares}$

$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^C x_{ij}^2$ = ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

$T_{..}^2$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง

r = จำนวนข้อมูลในแต่ละสถานี

c = จำนวนข้อมูลในแต่ละเคื่อน

$SSR = \frac{\sum_{i=1}^M T_{i.}^2}{c} - \frac{T_{..}^2}{rc} = \text{sum of squares for row means}$

$\sum_{i=1}^M T_{i.}^2$ = ผลรวมของค่า Total ของข้อมูลในแต่ละเงื่อนไข
ยกกำลังสอง

$SSC = \frac{\sum_{j=1}^M T_{.j}^2}{r} - \frac{T_{..}^2}{rc}$ = sum of squares for column means

$\sum_{j=1}^M T_{.j}^2$ = ผลรวมของค่า Total ของข้อมูลในแต่ละสถานี
ยกกำลังสอง

$$SSE = SST - SSR - SSC$$

7.3.2 เปิดตาราง Points for the Distribution of F. ที่ degree of freedom (r-1) กับ error (r-1) (c-1) และที่ degree of freedom (c-1) กับ error (r-1) (c-1) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P = .05) หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (P = .01)

7.3.3 ถ้าค่า f ที่คำนวณมากกว่าค่า f จากตารางที่ P ใด ๆ แสดงว่าเรามีความเชื่อมั่นที่ระดับนั้นว่า องค์ประกอบของน้ำในแต่ละสถานีและในแต่ละเงื่อนไขมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ถ้าค่า f ที่คำนวณน้อยกว่าค่า f จากตารางที่ P ใด ๆ แสดงว่าเรามีความเชื่อมั่นที่ระดับนั้นว่าองค์ประกอบของน้ำในแต่ละสถานีและในแต่ละเงื่อนไขไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทดสอบความแตกต่างขององค์ประกอบของน้ำในกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

โดยใช้ t-test แบบแจกสองทาง (The distribution of t (Two-tailed test))

1. หาค่า t จากสูตร

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\left(\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (\text{Snedecor:1967})$$

$$S^2 = (\text{S.D.})^2$$

$$\bar{X}_1 = \text{ปริมาณเฉลี่ยของข้อมูลของตัวอย่างกลุ่มที่ 1}$$

$$\bar{X}_2 = \text{ปริมาณเฉลี่ยของข้อมูลของตัวอย่างกลุ่มที่ 2}$$

$$S_1^2 = \text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของตัวอย่างกลุ่มที่ 1}$$

$$S_2^2 = \text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลของตัวอย่างกลุ่มที่ 2}$$

$$n_1 = \text{จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 1}$$

$$n_2 = \text{จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 2}$$

2. เปิดตาราง t ที่ degree of freedom $(n_1 + n_2 - 2)$
(Probability of a larger Value, Sign Ignored) ที่ $P = 0.100$
(ระดับความเชื่อมั่น 90%) หรือ $P = 0.050$ (ระดับความเชื่อมั่น 95%)

3. ถ้าค่า t ที่คำนวณมากกว่าค่า t จากตารางที่ P ใด ๆ แสดงว่าเรามีความเชื่อมั่นที่ระดับนั้นว่า องค์ประกอบของน้ำในตัวอย่างสองกลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ถ้าค่า t ที่คำนวณน้อยกว่าค่า t จากตารางที่ P ใด ๆ แสดงว่าเรามีความเชื่อมั่นที่ระดับนั้นว่า องค์ประกอบของน้ำในตัวอย่างสองกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ