



แผนงานและการดำเนินการวิจัย

4.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งสิ้น 8 การทดลอง โดยกระทำพร้อมกันเป็นชุดชุดละ 2 การทดลอง แต่ละชุดการทดลองจะเปรียบเทียบระหว่างเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางเต็มถัง และครึ่งถังลอย

พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้คงที่ตลอดทุกการทดลองได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ซึ่งมีค่าซีไอดีคงที่ที่ 300 มก./ล. โดยมีตัวแปรอิสระที่ศึกษาได้แก่ ระยะเวลาที่เก็บน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) ซึ่งจะแปรเปลี่ยนค่า 4 ระดับคือ 3, 6, 9, - และ 12 ชม. การแปรเปลี่ยนระยะเวลาที่เก็บน้ำ เมื่อคงค่าซีไอดีไว้ จะมีผลให้ค่าออร์แกนิกโหลดคงแปรเปลี่ยนตาม ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ส่วนตัวแปรเปลี่ยนตามที่ทำการศึกษาได้แก่

1. พีเอช (pH)
2. สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity)
3. กรดไขมันอิสระ (Volatile Fatty Acid)
4. ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid)
5. ตะกอนแขวนลอยไขมันอิสระ (Volatile Suspended Solid)
6. ซีไอดี (COD)
7. ปริมาตรก๊าซรวม (Total Gas Volume)
8. เปอร์เซนต์มีเทน
9. เจลดีไนโตรเจนรวม (Total Kjeldahl Nitrogen)
10. ฟอสเฟตรวม (Total Phosphate)

นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเครื่องกรองไร้ออกซิเจน แต่ไม่สามารถควบคุมได้ตลอดการทดลองคือ อุณหภูมิที่แปรเปลี่ยนตามฤดูกาล

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงระดับออร์แกนิกไหลตึง เมื่อมีการแปรเปลี่ยน เวลาพัก เก็บน้ำ

ชุดการทดลองที่	เครื่องกรอง	เวลาพัก เก็บน้ำ (ชม.) *	ออร์แกนิกไหลตึง (กก.ซีไอดี/ม <sup>3</sup> -วัน) **	ปริมาณน้ำใช้ใน แต่ละถังกรอง (ล./วัน)
1.1	เครื่องล้าง	3	1.85	69.93
1.2	เต็มถัง	3	1.85	69.93
2.1	เครื่องล้าง	6	0.93	34.97
2.2	เต็มถัง	6	0.93	34.97
3.1	เครื่องล้าง	9	0.62	23.31
3.2	เต็มถัง	9	0.62	23.31
4.1	เครื่องล้าง	12	0.46	17.49
4.2	เต็มถัง	12	0.46	17.49

หมายเหตุ \* ระยะเวลาพัก เก็บน้ำคิดจากปริมาตรสุทธิ (Net Volume) ภายในเครื่องกรอง

\*\* ออร์แกนิกไหลตึงคิดจากปริมาตรรวม (Total Volume) ภายในเครื่องกรอง

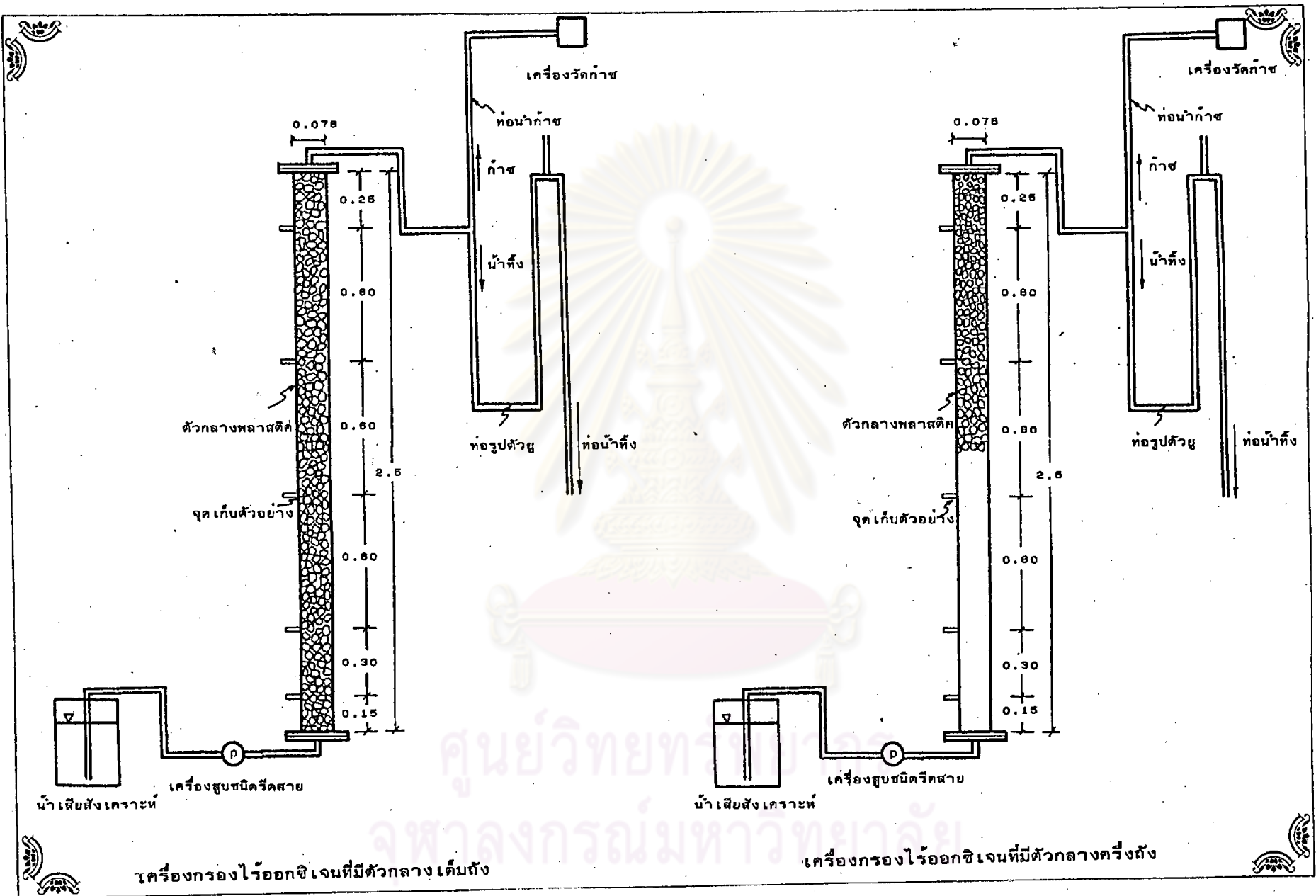
4.2 การเตรียมน้ำ เสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมขึ้นให้มีความเข้มข้นซีไอดี 300 มก./ล. โดยมีส่วนประกอบของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

4.3.1 ถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter Reactor)

ในการทดลองนี้จะใช้เครื่องกรองไร้ออกซิเจนขนาดต้นแบบ (Pilot Scale) สองเครื่อง (ดังภาพที่ 4.1) ถังกรองทำด้วยพีวีซีใสรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3 นิ้ว (7.6 ซม.) โดยมีความสูง 2.5 เมตร และมีปริมาตร 11.3 ลิตร ด้านล่างและด้านบนของถังกรองเป็นฝาเปิดปิดได้ประกอบด้วยแผ่นพีวีซี และปะเก็นยางกันการไหลซึมของน้ำ โดยมีนอตขันรอบหน้างาน ท่อน้ำเข้าอยู่ทางด้านล่างของฝาปิด ส่วนท่อน้ำออกและท่อน้ำก๊าซจะอยู่ทางด้านบนของฝาปิด ซึ่งจะต่อเข้ากับท่อรูปตัวยู (U-Tube) เพื่อแยกก๊าซและน้ำทิ้ง



ภาพที่ 4.1 แสดงเครื่องกรองไธออกซิเจนที่มีตัวกลาง เต็มถังและครึ่งถัง

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี 300 มก./ล.

ส่วนประกอบ	เข้มข้น (มก./ล.)	ปริมาณ (มก./วัน)			
		OL=1.85	OL=0.93	OL=0.62	OL=0.46
FeCl <sub>3</sub>	0.48	33.57	16.79	11.19	8.40
CaCl <sub>2</sub>	1.00	69.93	34.97	23.31	17.49
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	5.80	405.59	202.83	135.20	101.44
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	9.00	628.37	314.73	209.79	157.41
Urea	18.00	1258.74	628.46	419.58	314.82
NaHCO <sub>3</sub>	98.00	6853.14	3427.06	2284.38	1714.02
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	137.00	9580.41	4790.89	3193.47	2398.13
Sugar	270.00	18881.10	9441.90	6293.70	4722.30
น้ำประปา (ล./วัน)	-	69.93	34.97	23.31	17.49

หมายเหตุ น้ำเสียสังเคราะห์มีอัตราส่วน COD:N:P = 100:10.89:0.68

OL = ออร์แกนิกโหลดตึง (กก./ม<sup>3</sup>-วัน)

นอกจากนี้ ท่อนำก๊าซจะต่อไปยังขวดดักก๊าซ เพื่อแยกก๊าซกับน้ำเสียอีกทีหนึ่งก่อนที่ก๊าซจะผ่านเข้าสู่เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (Gas Meter) เนื่องจากหน้าตัดของท่อมีขนาดเล็กจึงไม่มีการติดแผ่นกระจายน้ำเพิ่มเติม นอกจากนี้แล้ว ที่ด้านข้างของเครื่องกรองจะติดท่อเก็บตัวอย่างน้ำ (Tap Sample) ซึ่งเป็นท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว จำนวน 5 ท่อ ซึ่งมีระยะสูงจากกันถึง 0.15, 0.45, 1.05, 1.65, และ 2.25 เมตร ตามลำดับ ภายในถังกรองจะบรรจุตัวกลางพลาสติก (Plastic Media) เต็มถังกรองตัวหนึ่ง และครึ่งถังกรองตอนบนอีกตัวหนึ่ง

#### 4.3.2 เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristaltic Pump)

การป้อนน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่เครื่องกรองจากถังรับน้ำเสีย จะใช้เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย ของบริษัท Watson-Marlow จากประเทศอังกฤษ รุ่น 501S ซึ่งจะใช้สายยางซิลิโคน (Silicone Tube) 2 ขนาด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.5 มม. สำหรับช่วงอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำ (ที่เวลากักเก็บน้ำ 9 และ 12 ชม.) และขนาด 4.0 มม. (ที่

เวลากักเก็บน้ำ 3 และ 6 ซม.) โดยการปรับปุ่มความเร็ว (Speed Control Knob) เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเสียตามต้องการและเพื่อรักษาอายุการใช้งานของเครื่องสูบล้าง จึงจัดเวลาให้บีบ-เดินเครื่องวันละ 20 ซม. โดยติดตั้งเครื่องควบคุมเวลา (Timer Switch) ของ Kawamura Electric Industrial Co., Ltd.

#### 4.3.3 ตัวกลางพลาสติก (Plastic Media)

ใช้โรลม้วนผสมพลาสติกแบบหยาบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ยาว 6 ซม. ซึ่งมีความพรุน (Porosity) ประมาณ 90 %

#### 4.3.4 ขวดดักก๊าซ

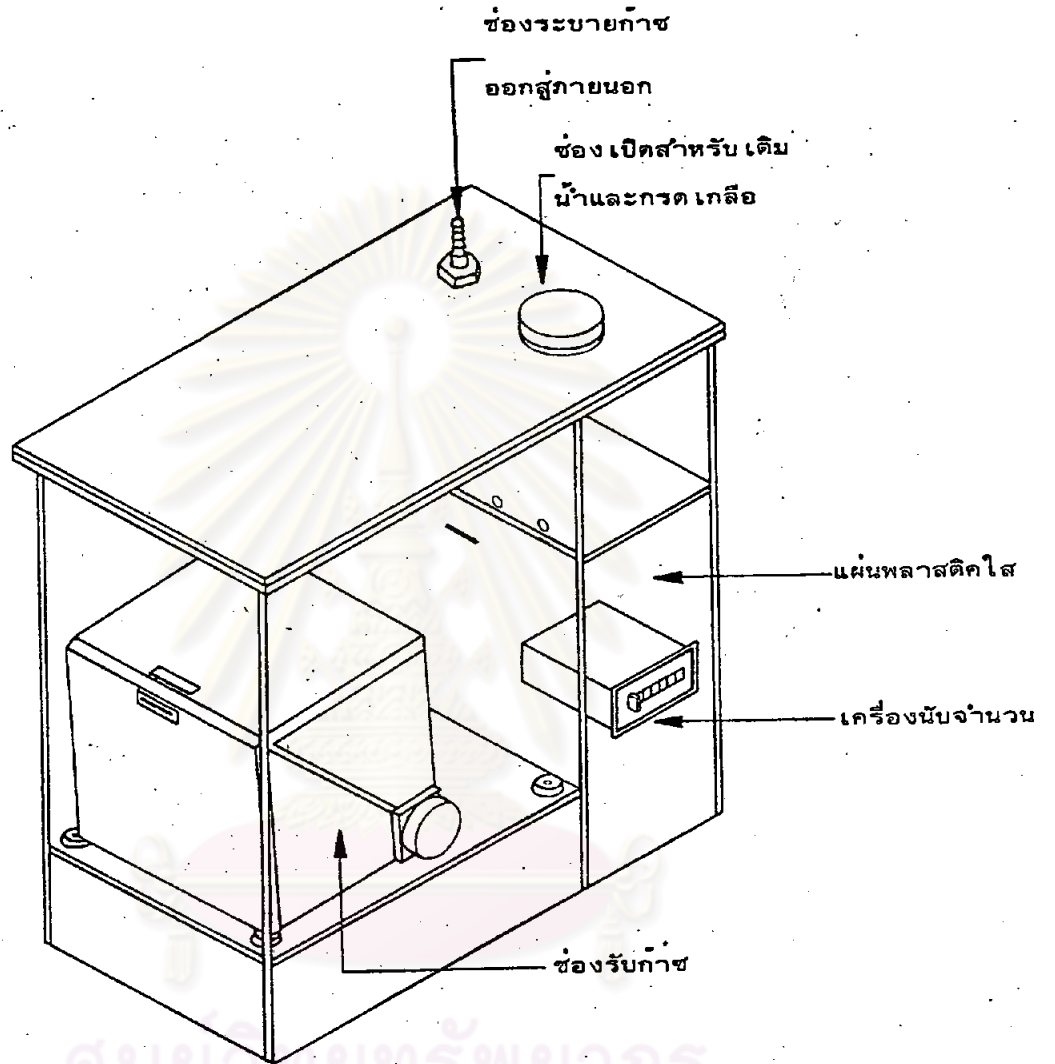
ในกรณีที่ก๊าซถูกแยกออกจากน้ำเสียตรงบริเวณท่อรูปตัวยู (U-Tube) ที่หนึ่ง แล้วนั้น ก๊าซที่ออกมาถ้ามีแรงดันสูงหรือมีความชื้นมาก อาจทำให้มีก๊าซปนกับน้ำเสียเข้าสู่เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (Gas Meter) ได้ จึงใช้ขวดดักก๊าซเพื่อแยกก๊าซกับน้ำเสียอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ขวดขนาด 2.5 ลิตร ตอนบนเสียบด้วยจุกยางมีหลอดแก้วขนาด 3 มม. สองแห่งเสียบอยู่ โดยมีปลายด้านหนึ่งอยู่ใต้น้ำ ส่วนปลายของอีกหลอดหนึ่งอยู่เหนือผิวน้ำ เพื่อต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณก๊าซ

#### 4.3.5 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (Gas Meter)

ใช้แบบที่สร้างและออกแบบโดยศักดิ์ชัย (11) (ดังภาพที่ 4.2)

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 4.3

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

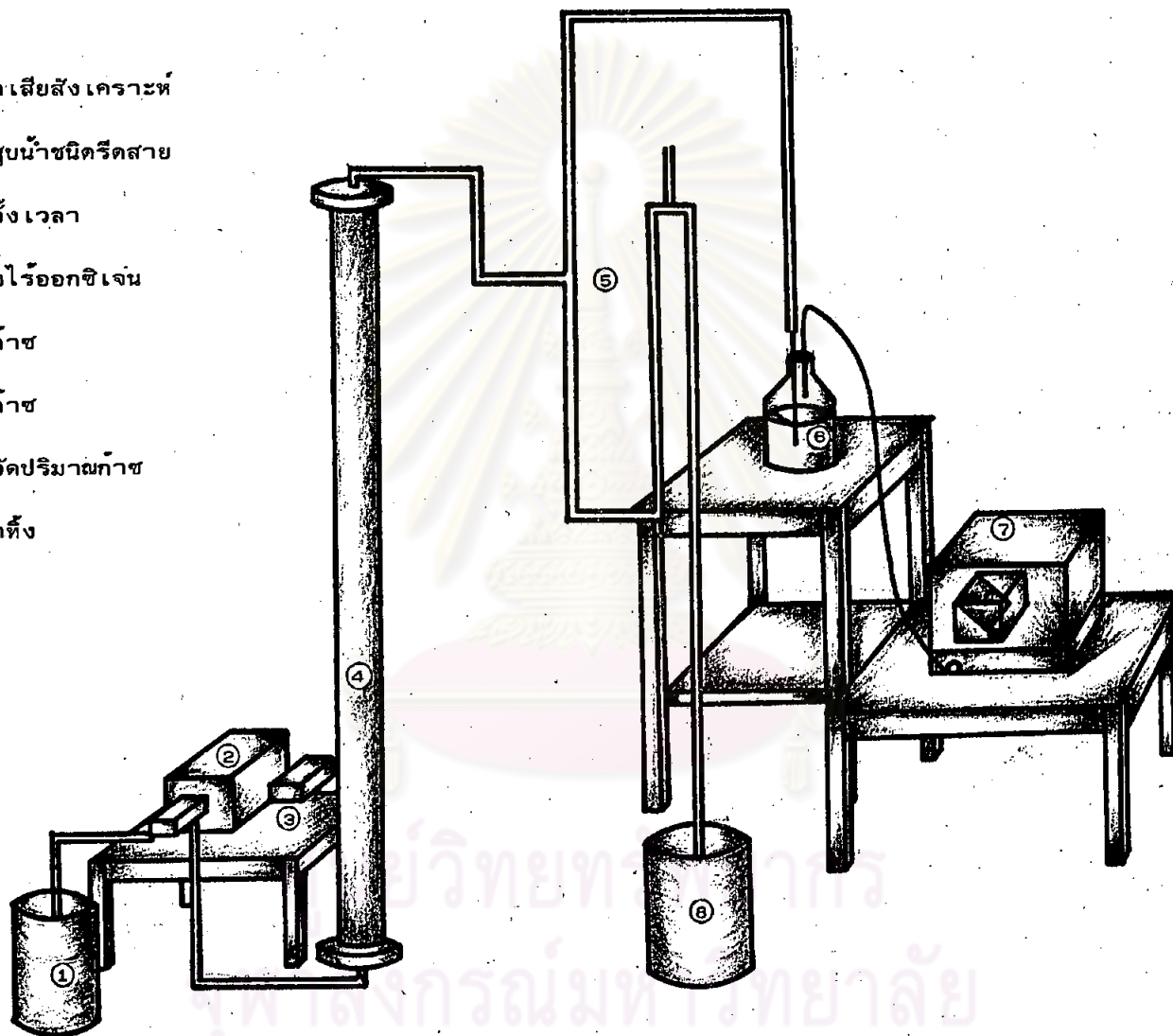


ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.2 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (11)



1. ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์
2. เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย
3. เครื่องตั้งเวลา
4. ถังกรองไร้ออกซิเจน
5. ท่อแยกก๊าซ
6. ขวดดักก๊าซ
7. เครื่องวัดปริมาณก๊าซ
8. ถังรับน้ำทิ้ง



ภาพที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งในการวิจัย

#### 4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

##### 4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างภายในเครื่องกรองมีด้วยกัน 5 จุด อยู่ที่ระดับวัดจากกันดั้มกรองขึ้นมา 0.15, 0.45, 1.05, 1.65, และ 2.25 เมตร ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะเริ่มเก็บจากจุดบนสุดก่อนจุดที่อยู่ด้านล่าง เพื่อกันการรบกวนชั้นของตัวอย่างน้ำ และจะปล่อยให้ น้ำทิ้งในแต่ละจุดไหลทิ้งไปก่อนประมาณ 50 มล. ทุกครั้ง ส่วนน้ำเข้าเครื่องกรอง (Influent) - จะเก็บตัวอย่างจากถังเก็บน้ำเสียซึ่ง เครื่องเมื่อมีการผสมของสารประกอบดีแล้ว การเก็บน้ำทิ้งที่ออกจากเครื่องกรอง (Effluent) จะเก็บตัวอย่างแบบรวม (Composite Sample) ในแต่ละวัน เพื่อให้ได้ตัวแทนของน้ำที่ออกมาใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บครั้งละประมาณ 100-200 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

##### 4.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะวิเคราะห์ทั้งลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพของน้ำ อันได้แก่ พีเอช, ไออาร์พี, สภาพความเป็นต่าง, กรดโวล่าไทล์, ตะกอนแขวนลอย, ตะกอนแขวนลอยโวล่าไทล์, ซีไอดี, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส รวมทั้งตรวจดูลักษณะภายนอกด้วยกล้องจุลทรรศน์ จุดเก็บตัวอย่างน้ำและความถี่ในการเก็บและการวิเคราะห์จะแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3

##### วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. พีเอชวิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชของ Beckman
2. ไออาร์พีวิเคราะห์โดยเครื่องวัดไออาร์พีของ Beckman (โดยใช้ Platinum Electrode)
3. สภาพความเป็นต่างและกรดโวล่าไทล์ วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ DiLallo & Albertson (31)
4. ซีไอดี, ตะกอนแขวนลอย, ไนโตรเจน, และฟอสฟอรัส วิเคราะห์ตามหนังสือ Standard Methods (๑๘)



ตารางที่ 4.3 แผนการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ตัวแปร เปลี่ยนตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง			
	น้ำเสีย	ภายในถังกรอง	น้ำทิ้ง	ก๊าซชีวภาพ
ซีไอดี	ก**	ก*	ก*	-
พีเอช	ก	ก	ก	-
กรดเวลาไทล์	ก	ก	ก	-
ความเป็นต่างรวม	ก	ก	ก	-
ตะกอนแขวนลอย	-	ข	ก	-
ตะกอนแขวนลอยเวลาไทล์	-	ข	ก	-
เจลดัลไนโตรเจนรวม	ข	-	ข	-
ฟอสเฟตรวม	ข	-	ข	-
ปริมาตรก๊าซทั้งหมด	-	-	-	ค
เปอร์เซนต์มีเทน	-	-	-	ง
การล่องจูลซีฟ	-	ข	ข	-

- หมายเหตุ
- ก = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 วัน
  - ข = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง
  - ค = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์ทุกวัน
  - ง = ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์การทดลองละ 2 ครั้ง
  - \*\* = ซีไอดีรวม
  - \* = ซีไอดีของสารละลาย

4.5 การวัดและวิเคราะห์ก๊าซ

ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน จะทราบได้จากเครื่องวัดปริมาณก๊าซ(Gas Meter) ส่วนองค์ประกอบของก๊าซต่าง ๆ จะใช้เครื่องวัดก๊าซโครมาโตกราฟฟี (Gas Chromatography) ที่ผลิตโดยบริษัท Shimadzu Co., Ltd. รุ่น GC-7AG โดยจะวัดเปอร์เซนต์ก๊าซ - (ปริมาตร/ปริมาตร) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน ภายใต้สภาวะดังนี้

Detector TCD, 50 mA. ; Detector Temp. 100°C

Injector Temp. 100°C ; Carrier Gas He 50 ml./min.

1. สำหรับ CO<sub>2</sub> ใช้ Column Porapak QS 80/100 mesh,

1/8"X7' SS. 50°C

2. สำหรับ N<sub>2</sub> ใช้ Column MS-5A 60/80 mesh,

1/8"X7' SS. 50°C



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย