

บทที่ 5

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

5.1 แผนการทดลอง

การทดลองกระทำที่ห้องปฏิบัติการของ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้ถังยูเอเอสบีขนาดความจุของถังประมาณ 192 ลิตร จำนวน 2 ถัง ทำการทดลองทั้งสิ้น 6 การทดลอง โดยแบ่งเป็นการทดลอง 3 ชุด ๆ ละ 2 การทดลอง เปรียบเทียบกันระหว่างถังยูเอเอสบี ทั้ง 2 ถัง ซึ่งในแต่ละชุดการทดลอง จะทำการติดตั้งเครื่องมือทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.1

ตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษา คือ ความเข้มข้นของซีโอดี ที่เข้าสู่ถัง ยูเอเอสบี โดยให้มีความเข้มข้นที่เข้าสู่ถังมีค่าประมาณ 9,000 - 12,000 มก./ล. และให้เวลากักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) คงที่ประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งการเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของซีโอดี ทำให้ค่าออร์แกนิกโหลดดิ้ง (ORGANIC LOADING RATE, OLR) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังตารางที่ 5.1

สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรเปลี่ยนตามที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. ซีโอดีทั้งหมด (Total COD)
2. พีเอช และโออาร์พี (pH, ORP)
3. สภาพความเป็นด่างทั้งหมด (Total alkalinity)
4. กรดอินทรีย์ระเหย (Volatile Fatty Acid)
5. ความขุ่น
6. ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solids)
7. ปริมาณก๊าซทั้งหมด (Total gas volume)
8. เปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน (CH_4)

5.2 การเตรียมน้ำเสีย

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นน้ำสับประรดเข้มข้น จากโรงงานสับประรดกระป๋อง นำมาเจือจาง ให้มีค่า ซีโอดี ประมาณ 9,000 - 12,000 มก./ล. โดยเติมยูเรีย และ K_2HPO_4 เป็นสารอาหารเพื่อปรับค่า COD : N : P เท่ากับ 100 : 3 : 1 รวมทั้งได้เติม FeCl_3 เพื่อให้มีเหล็กในปริมาณ

อาหารเพื่อปรับค่า COD : N : P เท่ากับ 100 : 3 : 1 รวมทั้งได้เติม $FeCl_3$ เพื่อให้มีเหล็กในปริมาณ 1 มก. / ล. ตลอดจนการทดลอง พร้อมทั้งเติมโซดาแอช (Na_2CO_3) ในอัตราส่วนปริมาณ 1.28 กรัม ต่อ กรัมซีโอดีของน้ำเสียที่ป้อนเข้าถังยูเอเอสบี โดยเตรียมน้ำเสียวันละประมาณ 400 ลิตร ดังตารางที่ 5.2 รายละเอียดการเตรียมน้ำเสียแสดงดัง ภาคผนวก ก

ตารางที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงค่าออร์แกนิกโหลดคิงเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของน้ำเสียในการทดลอง

การทดลองชุดที่	ถังยูเอเอสบี	ความเข้มข้นซีโอดี (มก. / ล.)	เวลาที่กักน้ำ (ชม.)	การเติมนิเกิลและโคบอลท์	ออร์แกนิกโหลดคิง (กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน)
1/1	1	9,000	24	ไม่ได้เติม	9.0
1/2	2	9,000	24	ไม่ได้เติม	9.0
2/1	1	9,000	24	เติม	9.0
2/2	2	9,000	24	เติม	9.0
3/1	1	12,000	24	ไม่ได้เติมในช่วงแรก	12.0
3/2	2	12,000	24	เติม	12.0

ตารางที่ 5.2 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสีย

ส่วนประกอบ	ปริมาณที่ใช้ ต่อน้ำเสีย 400 ลิตร	
	ค่า ซีโอดี 9,000 มก./ล.	ค่า ซีโอดี 12,000 มก./ล.
น้ำสับประรดเข้มข้น	6.0 ลิตร	8.0 ลิตร
Na_2CO_3	4,608 กรัม	6,144 กรัม
ยูเรีย	240 กรัม	320 กรัม
K_2HPO_4	200 กรัม	267 กรัม
$FeCl_3$ (20 g/l)	58 มล.	58 มล.



5.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5.3.1 ถังยูเอเอสบี (UASB Reactor)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ถังยูเอเอสบี จำนวน 2 ถัง โดยมีปริมาตรถังละ 192 ลิตร มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม และให้น้ำเสียป้อนเข้าทางด้านล่างของถังซึ่งเป็นรูปกรวย ท่อน้ำเสียเข้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว และตอนบนของถังเป็นอุปกรณ์แยก 3 สถานะ (GSS) ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละถังปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 5.2 และ 5.3 อุปกรณ์แยก 3 สถานะ มีไว้เพื่อแยกตะกอนแขวนลอย ก๊าซ และน้ำทิ้ง ออกจากกัน อุปกรณ์แยก 3 สถานะ ในแบบที่ 1 มีลักษณะที่เรียบง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถสร้างได้ง่าย ที่เก็บก๊าซสามารถถอดแยกมาทำความสะอาดได้สะดวก ส่วนอุปกรณ์แยก 3 สถานะ ของถังยูเอเอสบีที่ 2 มีลักษณะเป็นแผ่นเอียงทำมุมจำนวน 2 แผ่น หากก๊าซที่เกิดขึ้นนำพาตะกอนจุลินทรีย์ลอยขึ้นมากระทบกับแผ่นเอียง จะทำให้ก๊าซแยกตัวออกมาจากตะกอนจุลินทรีย์ ตะกอนที่มีน้ำหนักสูงจะตกกลับสู่ถังยูเอเอสบี ส่วนก๊าซที่แยกออกมาจะไปยังที่เก็บก๊าซต่อไป ลักษณะเฉพาะของถังยูเอเอสบี ทั้ง 2 ถัง แสดงไว้ในตาราง 5.3

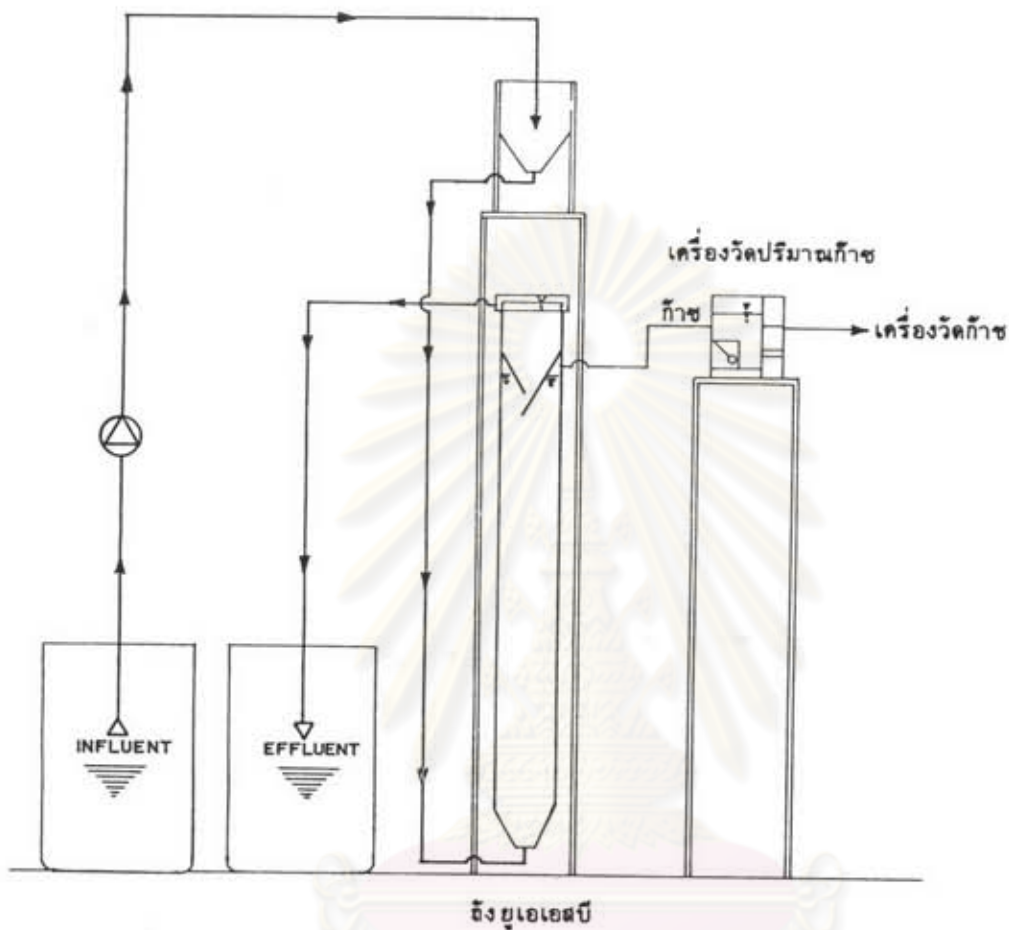
ก๊าซที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านอุปกรณ์แยก 3 สถานะ (GSS) จะไหลผ่านท่อขนาด 1/4 นิ้ว เพื่อเข้าสู่เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (GAS METER) เพื่อวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น ส่วนน้ำทิ้งจะไหลลงสู่ถังเก็บน้ำทิ้งต่อไป

ตารางที่ 5.3 แสดงลักษณะเฉพาะของถังยูเอเอสบีแต่ละถังที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะเฉพาะ	ถังที่ 1	ถังที่ 2
ความสูงทั้งหมด (เมตร)	2.0	2.3
ปริมาตรของถังทั้งหมด (ลิตร)	192	192
พื้นที่ผิวเมื่อใส่ที่เก็บก๊าซ (ซม. ²)	900	900
อัตราน้ำล้นผิว (ม. / ซม.)	0.09	0.09

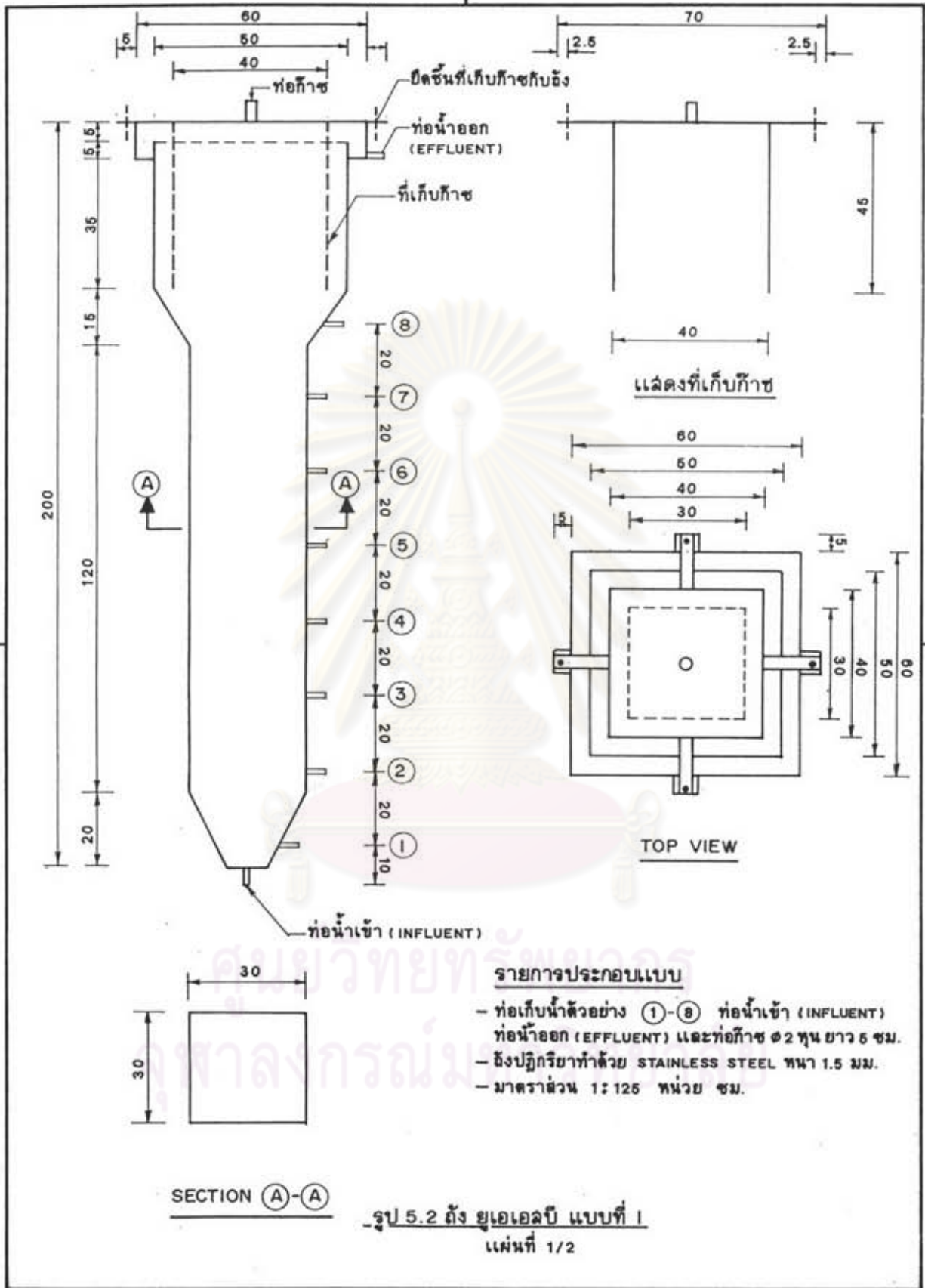
5.3.2 เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถังยูเอเอสบี

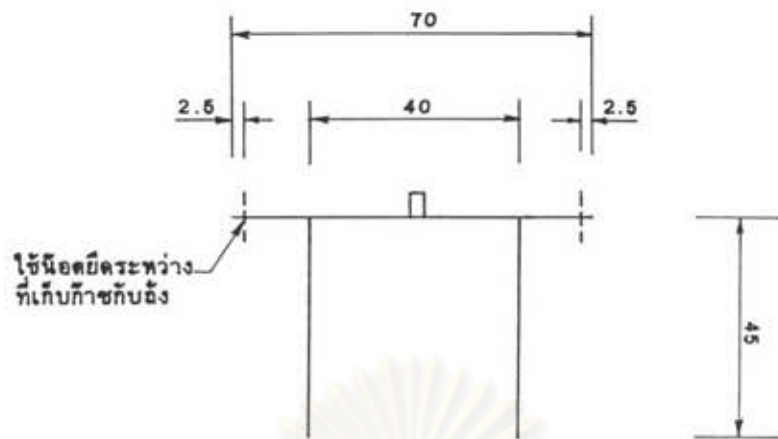
น้ำเสียจะถูกป้อนเข้าสู่ทางด้านล่างของถังปฏิกิริยา โดยใช้เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristaltic pump) ยี่ห้อ WAISON - MARLOW รุ่น 604 U/R โดยใช้สายยางซิลิโคน (Silicone Tube) และทำการปรับปุ่มความเร็ว (Speed Control Knob) เพื่อให้ได้ปริมาตรน้ำเสียตามต้องการ



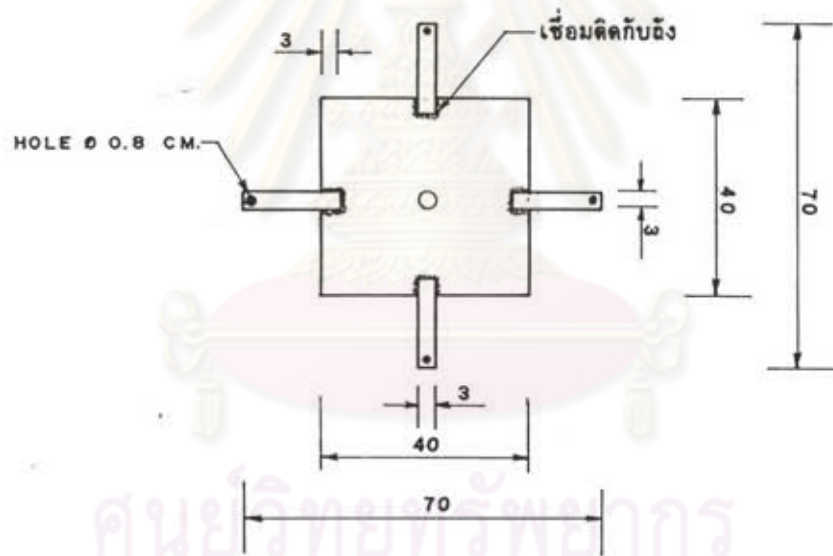
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 5.1 การติดตั้งเครื่องมือทดลอง



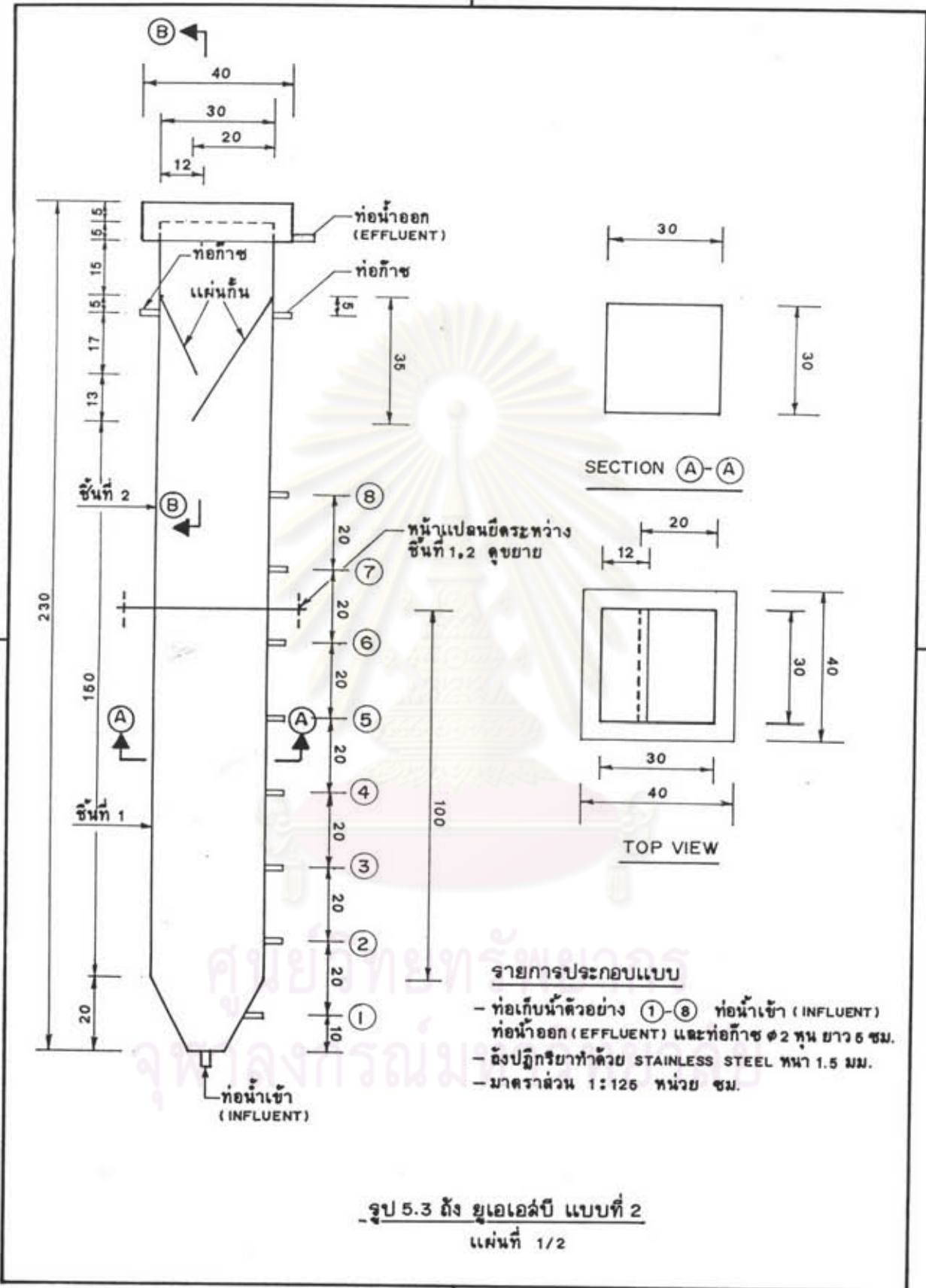


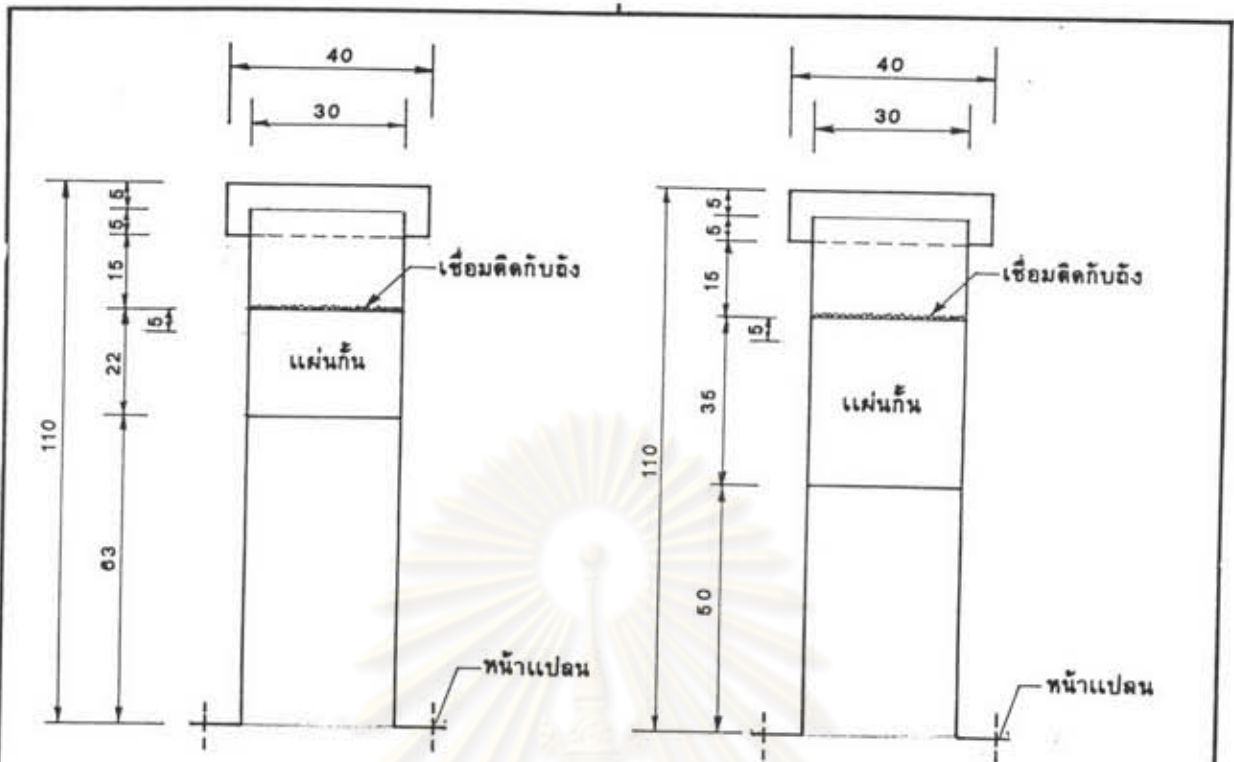
รูปด้านข้างที่เก็บก๊าซ



รูปด้านบน

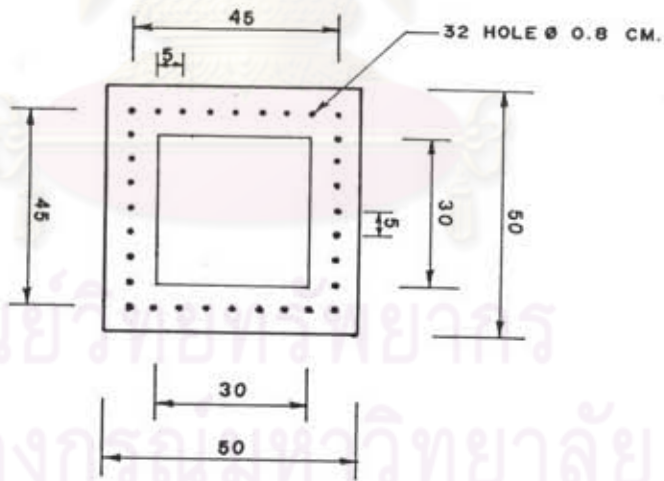
รูป 5.2 ถึง ยูเอแอลบี แบบที่ 1
แผ่นที่ 2/2





SECTION (B - B)

การยึดแผ่นกั้นกับผนังฉิ่ง
กับชั้นที่ 2



แบบขยายหน้าแปลน

รูป 5.3 ดัง ยูเอแอลบี แบบที่ 2
แผ่นที่ 2/2

5.3.3 เครื่องวัดปริมาตรก๊าซ (gas meter)

ใช้ในการวัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้น ตามแบบที่ศักดิ์ชัยใช้ในการวิจัย (9) ดังมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.4

5.4 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

5.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

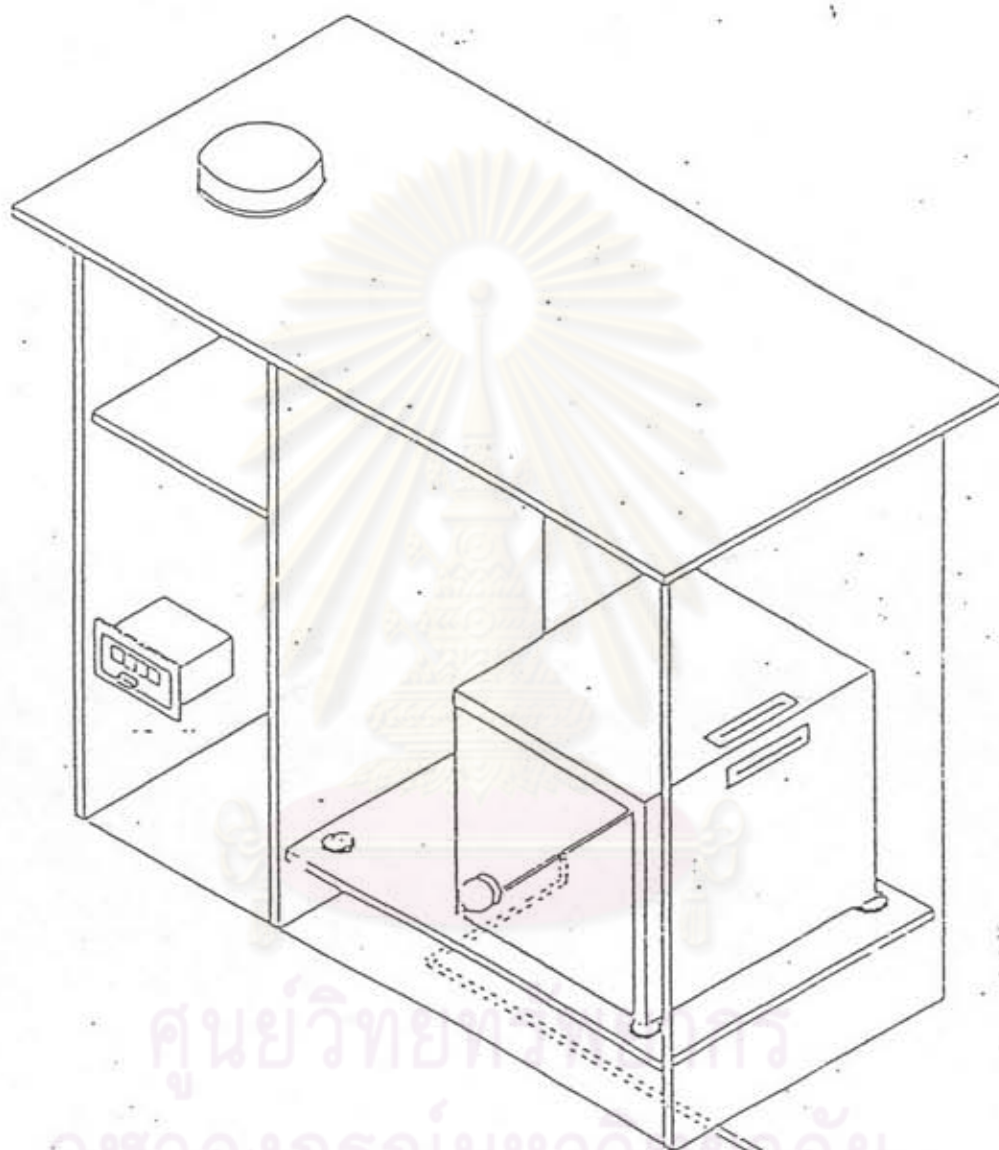
สำหรับจุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการทดสอบจะมีทั้งหมด 10 จุด คือ ในถังเก็บน้ำเสียที่บ่อน้ำเข้าสู่ถัง , ถังเก็บน้ำทิ้ง (ผ่านการบำบัดแล้ว) และตามความสูงของถังยูเอเอสบีอีก 8 จุด ดังรูปที่ 5.2 และ 5.3 สำหรับ 8 จุด ตามความสูงของถังนั้นจะทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเมื่อจะทำการเปลี่ยน อัตราบำบัดอินทรีย์ เพื่อศึกษาแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในถังยูเอเอสบี โดยในการเก็บตัวอย่างน้ำตามความสูงของถังจะทำการเก็บจากจุดบนลงมาสู่จุดล่าง เพื่อป้องกันการรบกวนชั้นของน้ำตัวอย่าง และจะปล่อยให้น้ำทิ้งออกประมาณ 50 มล. ทุกครั้งก่อนทำการเก็บตัวอย่างจริงซึ่งจะเก็บครั้งละประมาณ 200 - 250 มล. ในแต่ละจุดแล้วนำไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ทันที

5.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ จะวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพของน้ำได้แก่ พีเอช , ไออาร์พี , สภาพความเป็นด่างรวม , กรดอินทรีย์ระเหย , ตะกอนแขวนลอย, ซีไอดี , ความขุ่น รวมทั้งการตรวจดูลักษณะภายนอกของเมือจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ แสดงไว้ในตารางที่ 5.4

วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์ตามหนังสือ Standard Methods ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พีเอช วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องพีเอช
2. ไออาร์พี วิเคราะห์โดยเครื่องวัดไออาร์พี
3. สภาพความเป็นด่าง วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ Dilallo & Albertson
4. ซีไอดี วิเคราะห์โดย Closed Reflux Method
5. ตะกอนแขวนลอย วิเคราะห์โดยการใช้กระดาษกรอง GF / C



ศูนย์วิทยพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 6.4 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ [9]

ตารางที่ 5.4 แผนการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

ตัวแปรตาม	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง			ก๊าซชีวภาพ	ตำแหน่งตาม ความสูงของ ถังยูเอเอสบี
	น้ำเสียเข้าถัง	น้ำเสียในถัง	น้ำทิ้งจากถัง		
1. พีเอช	ก	ก	ก	-	จ
2. ไออาร์พี	-	ก	-	-	จ
3. ซีไอดีรวม	ข	-	ข	-	จ
4. สภาพความเป็นด่างรวม	ข	-	ข	-	จ
5. กรดอินทรีย์ระเหย	-	ข	ข	-	จ
6. ตะกอนแขวนลอย	-	ข	ข	-	จ
7. ความขุ่น	-	-	ก	-	-
8. ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	-	-	ก	-
9. เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทน	-	-	-	ค	-
10. การส่งดูจุลินทรีย์	-	-	-	-	-

หมายเหตุ

- ก = ตัวแปรที่ต้องต้องวิเคราะห์ทุกวัน
 ข = ตัวแปรที่ต้องต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 วัน
 ค = ตัวแปรที่ต้องต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
 ง = ตัวแปรที่ต้องต้องวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง
 จ = ตัวแปรที่ต้องต้องวิเคราะห์เมื่อถึงสภาวะคงตัว (steady state)

6. ความชื้น วิเคราะห์โดยเครื่องวัดความชื้น

7. กรดอินทรีย์ระเหย วิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ Dilallo & Albertson
และใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC)

2. การวัดและวิเคราะห์ก๊าซ

ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน จะทราบได้จากเครื่องวัดปริมาตรก๊าซ ตามแบบ
ของศักดิ์ชัย (9) ส่วนประกอบของก๊าซต่าง ๆ จะใช้เครื่องมือวัดแบบ ORSAT



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย