

### บทที่ 3

#### แผนงาน และการดำเนินการวิจัย

##### 3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เดิมมีขอบเขตของงานที่จะใช้ระบบยูเอเอสบี ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อกรดแบบไร้ออกซิเจน ที่อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ 7.5 และ 15 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน โดยทำการทดลองในภาคสนามจริง ณ โรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง แต่เนื่องจากพบอุปสรรคในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการของโรงงานมีไม่เพียงพอ จึงมากระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการเก็บน้ำเสียจริง ( น้ำทิ้งจากบ่อกรดแบบไร้ออกซิเจน ) จากโรงงานดังกล่าวมาสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละประมาณ 800 ลิตร เพื่อทำการทดลองที่อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ 10, 15 และ 20 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เมื่อทำการทดลองไปถึงวันที่ 78 สามารถป้อนอัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบได้ประมาณ 3 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน พบว่าค่าซีโอดีของน้ำเสียจริง มีค่าไม่สูงพอที่จะเพิ่มอัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ให้ได้ตามขอบเขตของงาน เนื่องจากเป็นช่วงโรงงานหยุดประจำปี จึงใช้น้ำเสียจริงดังกล่าวผสมกับน้ำสับปะรดเข้มข้นจากโรงงานเดียวกัน เพื่อปรับเพิ่มค่าซีโอดี และสามารถเพิ่มอัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ให้กับระบบได้ถึง 10 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน เพื่อรอให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียจริงมีค่าเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 5000 มก./ล. ตามต้องการ เมื่อทำการทดลองไปถึงวันที่ 203 ค่าซีโอดีของน้ำเสียจริงก็ยังมีค่าไม่ได้ตามต้องการ เนื่องจากเป็นปีที่โรงงานลดปริมาณการผลิตลง จึงได้เปลี่ยนขอบเขตของงานวิจัย โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากน้ำสับปะรดเข้มข้น และเพิ่มถึงกรดให้กับระบบยูเอเอสบี ทำการทดลองที่อัตราการบำบัดทุกสารอินทรีย์ 10, 15, 20 และ 25 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน จากลักษณะการใช้ น้ำเสียต่างกัน ข้างต้น จึงได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนดังนี้

การทดลองส่วนที่ 1 ( ไม่มีถึงกรด )

ใช้ระบบยูเอเอสบีทดลองบำบัดน้ำเสีย ที่เตรียมจากน้ำเสียจริงผสมกับน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยให้ค่าซีโอดีมีค่าประมาณ 5000 มก./ล. ตลอดการทดลอง ตัวแปรอิสระ คือ อัตราการบำบัดทุก

สารอินทรีย์ ทำการศึกษาที่ค่าเท่ากับ 8 และ 10 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน การเพิ่มค่าอัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ กระทำโดยการลดเวลากักน้ำ การทดลองส่วนนี้ใช้ถังยูเอเอสบีจำนวน 2 ถัง ที่เหมือนกัน ในแต่ละค่าอัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์

การทดลองส่วนที่ 2 ( มีถังกรด )

ใช้ระบบยูเอเอสบีแบบมีถังกรด ทดลองบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมจากน้ำสับปะรดเข้มข้น โดยให้เวลากักน้ำของถังกรด และถังยูเอเอสบีมีค่าเท่ากับ 12 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ คงที่ตลอดการทดลอง ตัวแปรอิสระ คือ อัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ทำการศึกษาที่ค่าเท่ากับ 10 , 15 , 20 และ 25 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยเตรียมน้ำเสียให้มีค่าซีไอดีประมาณ 3300 , 5000 , 6700 และ 8300 มก./ล. ตามลำดับ รายละเอียดแต่ละชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดแต่ละชุดการทดลอง

ส่วนที่	การทดลองที่	ถังยูเอเอสบีชุดที่	เวลากักน้ำ ( ชม. )		ซีไอดีน้ำเสีย ( มก./ล. )	อัตราภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ ( กก.ซีไอดี / ลบ.ม.-วัน )	อัตราสูบน้ำเสีย ( ลิตร/วัน )
			ถังสร้างกรด	ถังยูเอเอสบี			
1	1	1	-	15	5000	8	28
	2	2	-	15	5000	8	28
	3	1	-	12	5000	10	35
	4	2	-	12	5000	10	35
2	5	1	12	8	5000	15*	52.5
	6	2	12	8	3300	10*	52.5
	7	1	12	8	8300	25*	52.5
	8	2	12	8	6700	20*	52.5

\* ค่าอัตราภาวะบรรทุกอินทรีย์ของการทดลองส่วนที่ 2 คิดจากค่าซีไอดีเริ่มต้นและ เวลากักน้ำของถังยูเอเอสบี

ตัวแปรตามที่ทำการศึกษา ได้แก่

1. พีเอช ( pH )
2. โออาร์พี ( ORP )
3. สภาพด่างทั้งหมด ( total alkalinity )

4. กรดไขมันระเหย ( volatile fatty acid )
5. ตะกอนแขวนลอย ( suspended solid )
6. ปริมาณก๊าซทั้งหมด ( total gas volume )
7. เปอร์เซนต์ก๊าซมีเทน ( % methane )
8. ซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีกรอง ( total COD & filtrated COD )

### 3.2 การเตรียมน้ำเสีย

การทดลองส่วนที่ 1 ( ไม่มีดักกรด ) ใช้ น้ำเสียที่เตรียมจากน้ำเสียจริง ( น้ำทิ้งจากบ่อกรดแบบไร้ออกซิเจน ) ของโรงงานผลิตสัปะรดกระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ผสมกับน้ำสัปะรดเข้มข้นจากโรงงานเดียวกัน น้ำสัปะรดเข้มข้นดังกล่าวมีค่าซีโอดีประมาณ 800000 มก./ล. ผสมกันจนได้ค่าซีโอดีประมาณ 5000 มก./ล.

การทดลองส่วนที่ 2 ( มีดักกรด ) ใช้ น้ำเสียที่เตรียมจากน้ำสัปะรดเข้มข้นดังกล่าว มาเจือจางด้วยน้ำประปา จนได้ค่าซีโอดีประมาณ 3300, 5000, 6700 และ 8300 มก./ล. ที่อัตราภาวะบรรจุทุกสารอินทรีย์ 10, 15, 20 และ 25 กก.ซีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ และเพิ่มสภาพต่างทั้งหมดโดยเติมโซเดียมคาร์บอเนต และเติมสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสีย

สารเคมี	ปริมาณที่เติม ( กรัม/ลิตร ) สำหรับชุดการทดลองที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.5	1.5	3.0	1.5	3.0	2.0	5.0	4.0
Urea	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.11	0.27	0.22
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.07	0.18	0.14

- COD : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 1 : 0.6, COD : N : P = 100 : 1.5 : 0.3

- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ที่ใช้เป็นสารเคมีเกรดอุตสาหกรรม ( industrial grade )

### 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

#### ถังยูเอเอสบี

ในการทดลองนี้ใช้ถังยูเอเอสบี 2 ถังที่เหมือนกัน ทำด้วยพลาสติกอะคริลิกใสทรงสี่เหลี่ยม ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 ลักษณะเฉพาะของถังยูเอเอสบีที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะเฉพาะ	ถังยูเอเอสบีชุดที่ 1 และ 2
ความสูงทั้งหมด ( เมตร )	1.45
พื้นที่หน้าตัด ( กว้าง x ยาว )	100 ( 10 x 10 )
ปริมาตรทั้งหมด ( ลิตร )	20.7
ปริมาตรใช้งาน ( ลิตร )	17.5
ส่วนรวบรวบก๊าซ	
- ความสูง ( ซม. )	27.5
- พื้นที่หน้าตัด ( ซม. <sup>2</sup> ) ( กว้าง * ยาว )	156.25 ( 12.5 * 12.5 )
- ปริมาตรทั้งหมด ( ลิตร )	4.3
- ปริมาตรจุ่มน้ำ ( ลิตร )	3.2
- พื้นที่ผิวช่องว่าง ( ซม. <sup>2</sup> )	217



### ถังกรด

ในการทดลองนี้ใช้ถังกรด 2 ถังที่เหมือนกัน ซึ่งทำขึ้นจากถังน้ำพลาสติกขนาดปริมาตร 28 ลิตร โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2

### เครื่องสูบน้ำชนิดไดอะแฟรม

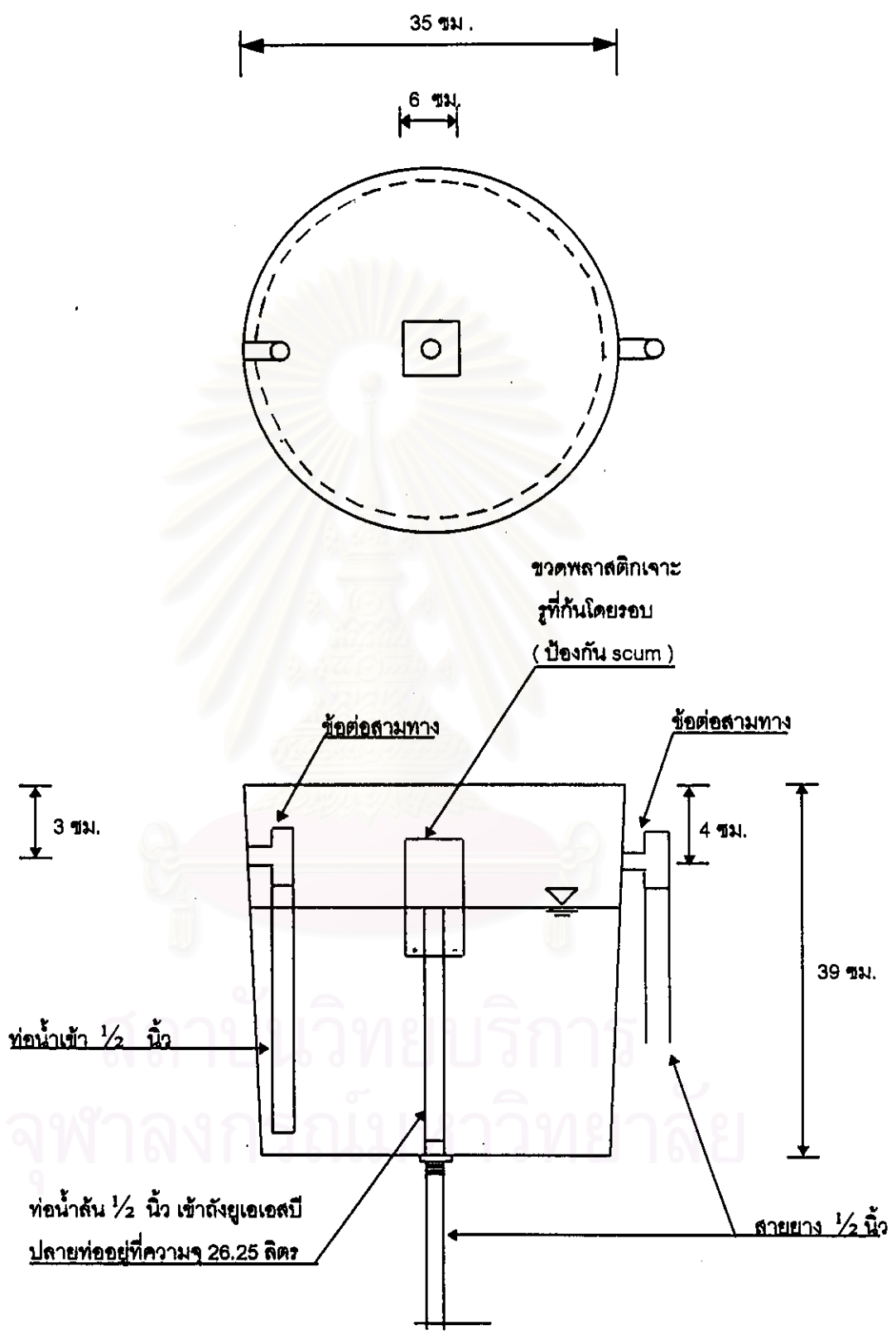
การป้อนน้ำเสียเข้าระบบ ใช้เครื่องสูบน้ำชนิดไดอะแฟรม ยี่ห้อ LMI รุ่น P163-162 จำนวน 2 ตัว

### อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ

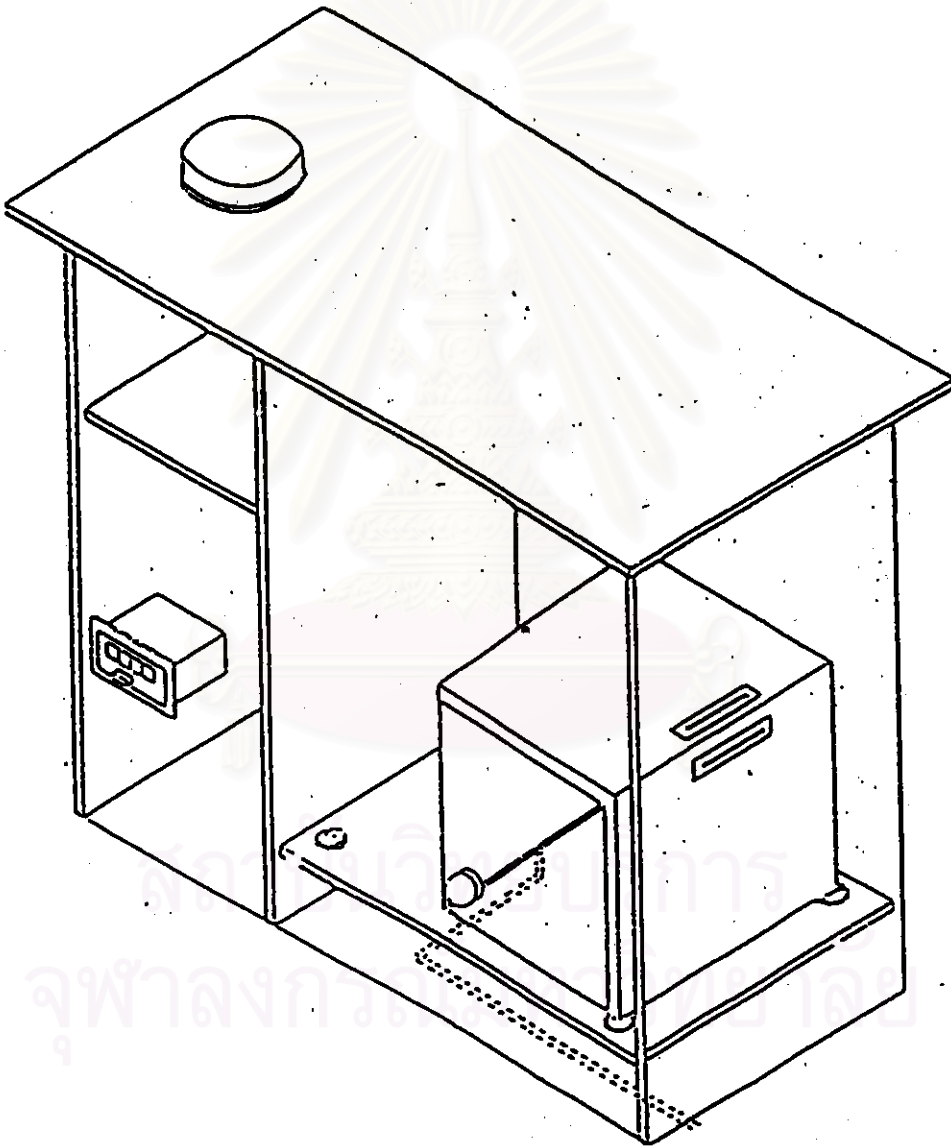
ใช้ในการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจำนวน 2 ตัว ตามแบบของศักดิ์ชัย โอภาสวัตรชัย (2527) โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.3

### รายละเอียดการเดินระบบ

การเดินระบบของถังยูเอเอสพีทั้ง 8 การทดลองมีรายละเอียดดังนี้ การทดลองชุดที่ 1 , 2 , 3 และ 4 เป็นการเดินระบบแบบ 1 ขั้นตอน ( ไม่มีถังกรด ) เปลี่ยนค่าอัตราภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์ โดยเปลี่ยนเวลากักน้ำ ส่วนค่าซีไอดีของน้ำเสียคงไว้ที่ประมาณ 5000 มก./ล. ดังรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ในรูปที่ 3.4 การทดลองชุดที่ 5 , 6 , 7 และ 8 เป็นการเดินระบบแบบ 2 ขั้นตอน ( มีถังกรด ) เปลี่ยนค่าอัตราภาวะบรรทุกลสารอินทรีย์โดยเปลี่ยนค่าซีไอดีของน้ำเสีย ส่วนระยะเวลาการกักน้ำคงที่ตลอดการทดลอง ดังรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ในรูปที่ 3.5

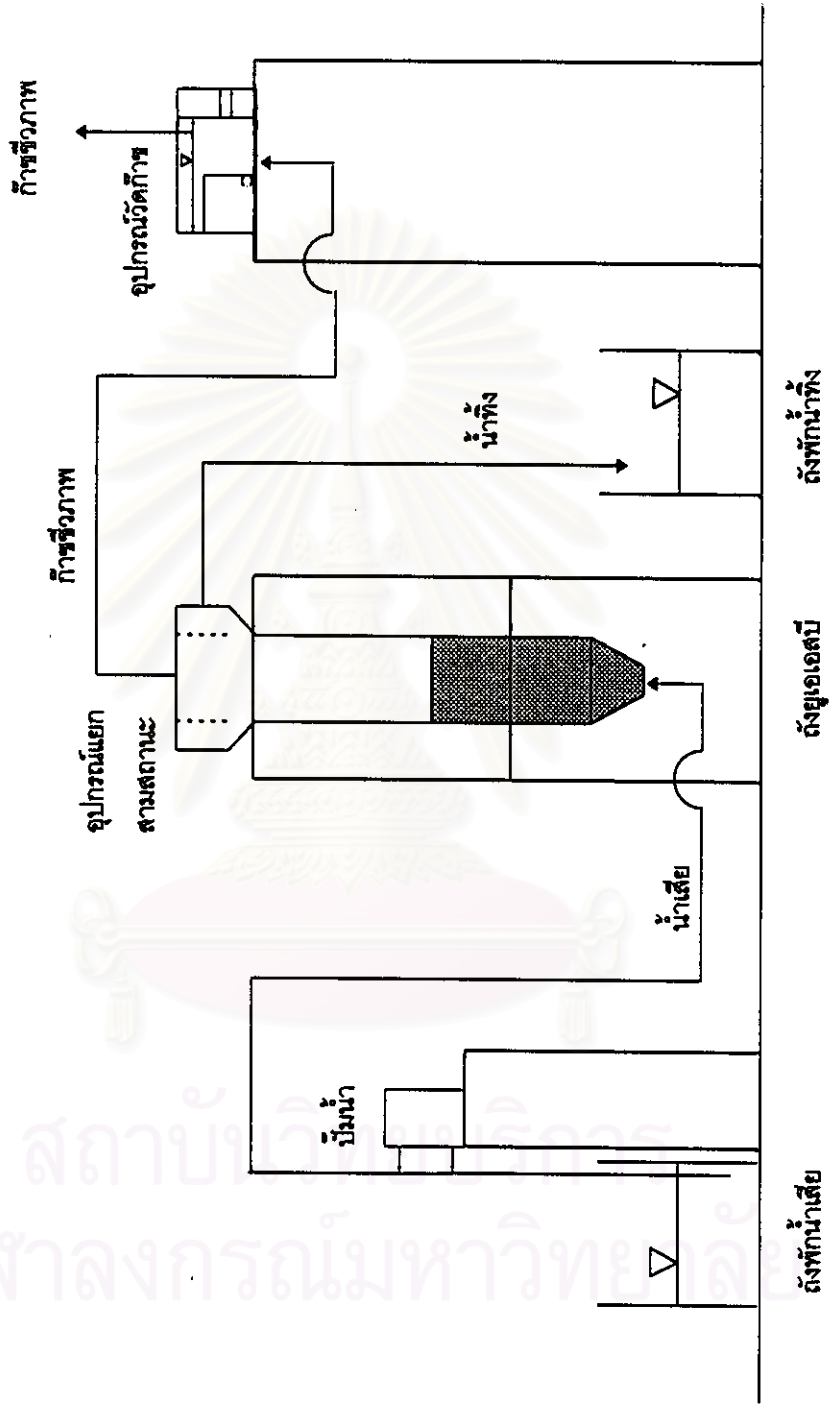


รูปที่ 3.2 ลักษณะเฉพาะของถังสร้างกรด



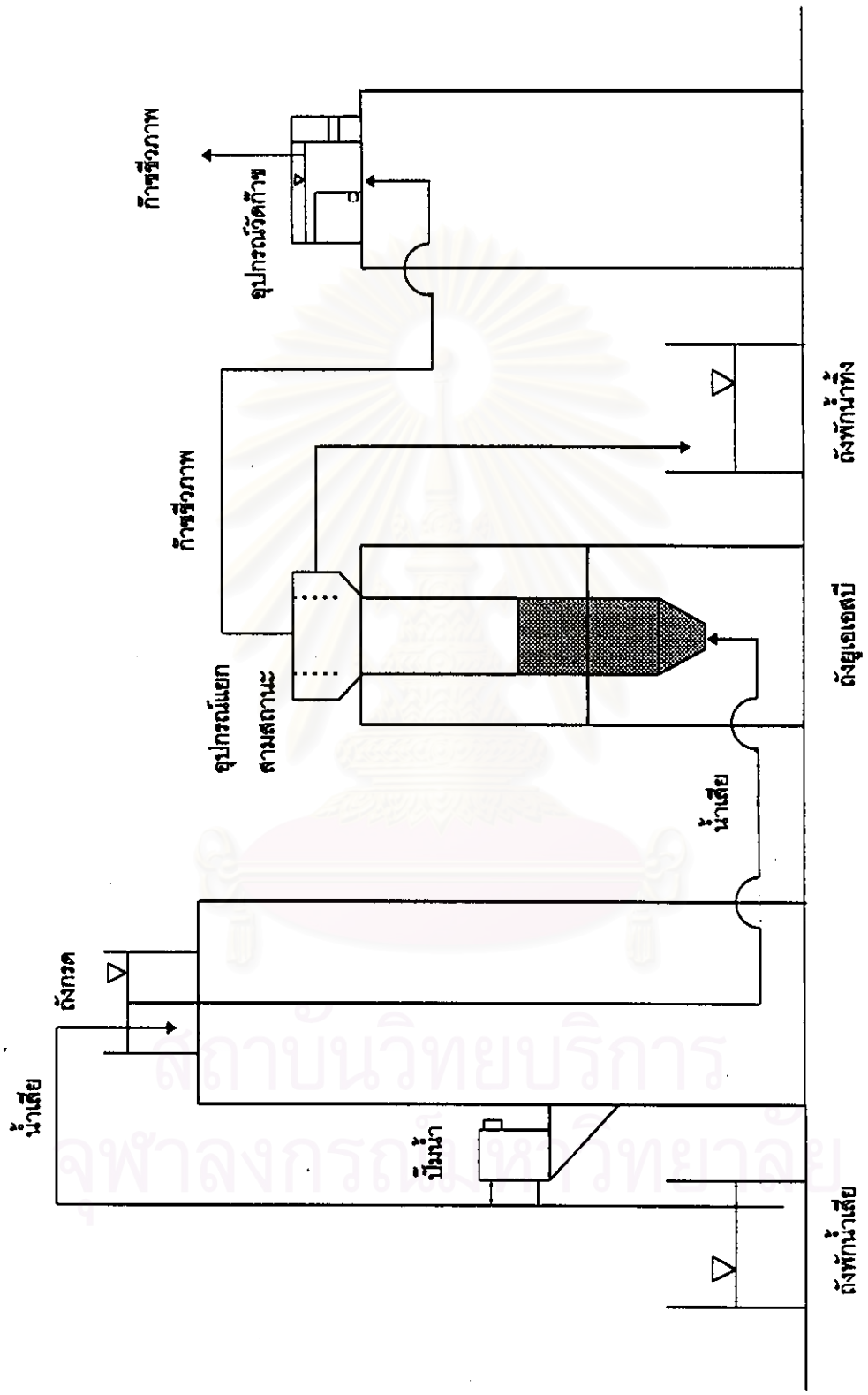
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ ( ศักดิ์ชัย , 2527 )





รูปที่ 3.4 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ถังยูเอสบีในการทดลองส่วนที่ 1 (ไม่มีถังกรด)

สถาบันวิจัยและพัฒนา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ระบบยูเอเอสบีในการทดลองส่วนที่ 2 ( มีถังกรวด )

### 3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ทำการเก็บ ได้แก่

- น้ำเสียที่เตรียมในแต่ละวัน
- น้ำออกจากถังกรด
- น้ำออกจากถังยูเอเอสบี
- ภายในถังยูเอเอสบี

สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำภายในถังยูเอเอสบี มีจุดเก็บตัวอย่างอยู่ 9 จุด ( ยกเว้นจุดต่ำสุด ) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างจะเริ่มจากจุดบนสุดก่อนลงมาทีละจุด เพื่อป้องกันการรบกวนชั้นของตัวอย่างน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บครั้งละประมาณ 100-200 มล. แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ทันที ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พีเอช วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัดพีเอชของ HORIBA รุ่น F-13
2. ไออาร์พี วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่องวัดไออาร์พีของ Methohm รุ่น 744
3. สภาพต่างทั้งหมด และ ปริมาณกรดไขมันระเหย วิเคราะห์โดยวิธี Direct titration ของ Dilallo & Albertson
4. ซีไอดี และ ตะกอนแขวนลอย วิเคราะห์ตามวิธีในหนังสือ Standard Methods

แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซแสดงในตารางที่ 3.4

### 3.5 การวัดและวิเคราะห์ก๊าซ

ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน จะวัดได้โดยอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซตามแบบของ ศักดิ์ชัย โภกาสวัตรชัย ( 2527 ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนหาได้โดยการเก็บตัวอย่างก๊าซจากถังยูเอเอสบีด้วยถุงเก็บตัวอย่างก๊าซจนได้ปริมาตรเพียงพอ แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ก๊าซแบบ ORSAT

ตารางที่ 3.4 แผนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและก๊าซ

ตัวแปร	ถังกรด		ถังยูเอสบี	ก๊าซชีวภาพ	ตำแหน่งตามความสูง ของถังยูเอสบี
	เข้า	ออก			
พีเอช	ก	ก	ก	-	จ
ไออาร์พี	ก	ก	ก	-	จ
อุณหภูมิ	ก	ก	ก	-	จ
สภาพต่างทั้งหมด	ข	ข	ข	-	จ
กรดไขมันระเหย	ข	ข	ข	-	จ
ซีโอดีทั้งหมด	ข	-	-	-	-
ซีโอดีกรอง	-	ข	ข	-	จ
ตะกอนแขวนลอย	ข	ข	ข	-	จ
ปริมาณก๊าซทั้งหมด	-	-	-	ก	-
เปอร์เซนต์มีเทน	-	-	-	ค	-
การส่องจุลชีพ	-	-	ง	-	-

- ก คือ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์วันจันทร์ถึงศุกร์
- ข คือ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 3 วัน
- ค คือ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์สัปดาห์ละ 1 วัน
- ง คือ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์เดือนละ 1 วัน
- จ คือ ตัวแปรตามที่ต้องวิเคราะห์จากจุดเก็บตัวอย่าง 9 จุด ตามความสูงของถังยูเอสบีที่สภาวะคงที่