

การวางแผนการทดลองและวิจัย

การทดลองวิจัยนี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัย ของภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 แผนการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยนี้ มีจุดประสงค์ในการศึกษาสมรรถนะของกระบวนการ และศึกษา
พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แสดงถึงพฤติกรรมของระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนา
กระบวนการนี้ในการใช้งานจริง การวิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมระบบ
จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองด้วยกัน โดยการควบคุมการบรรทุก การไหลของน้ำ
(Hydarulic loading) ไหลคงที่ ใช้อัตราการป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 60 ลิตรต่อวัน และใช้
อัตราการสูบตะกอนกลับ (Return sludge ratio) 100% เปลี่ยนแปลงค่าการบรรทุก
สารอินทรีย์ของระบบ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของน้ำเสีย แผนการการวิจัยรวมทั้ง
ระยะเวลาในการดำเนินงานแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงแผนการวิจัยและระยะเวลาที่ทดลอง

ข้อมูล	การทดลองที่			
	1	2	3	4
Influent COD (mg/l)	500	2,000	8,000	16,000
Influent flow rate (l/d)	60	60	60	60
Recycle flow rate (l/d)	60	60	60	60
System Organic loading (kg.COD/cu.m.-day)	0.59	2.36	9.45	16.8
Period (day)	160	51	53	15

4.2 การเตรียมน้ำเสีย

เพื่อความสะดวกในการจัดเตรียมน้ำเสีย และสามารถควบคุมความเข้มข้นของน้ำเสียได้ง่าย จึงใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ประกอบด้วย น้ำตาล และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ สูตรสำหรับการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์นี้แสดงในภาพที่ 4.1 และในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

สารประกอบ	ความเข้มข้น (มก./ล.)
1. Sugar คิดเป็นค่า COD	500 ⁽¹⁾
2. Urea	75
3. KH_2PO_4	25
4. CaCl_2	15
5. $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5
6. FeCl_3	2.5
7. $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2.5
8. NaHCO_3	800 ⁽²⁾

หมายเหตุ

(1) หมายถึง เปลี่ยนแปลงตามแผนการวิจัย

(2) หมายถึง เปลี่ยนแปลงตามผลการทดลอง

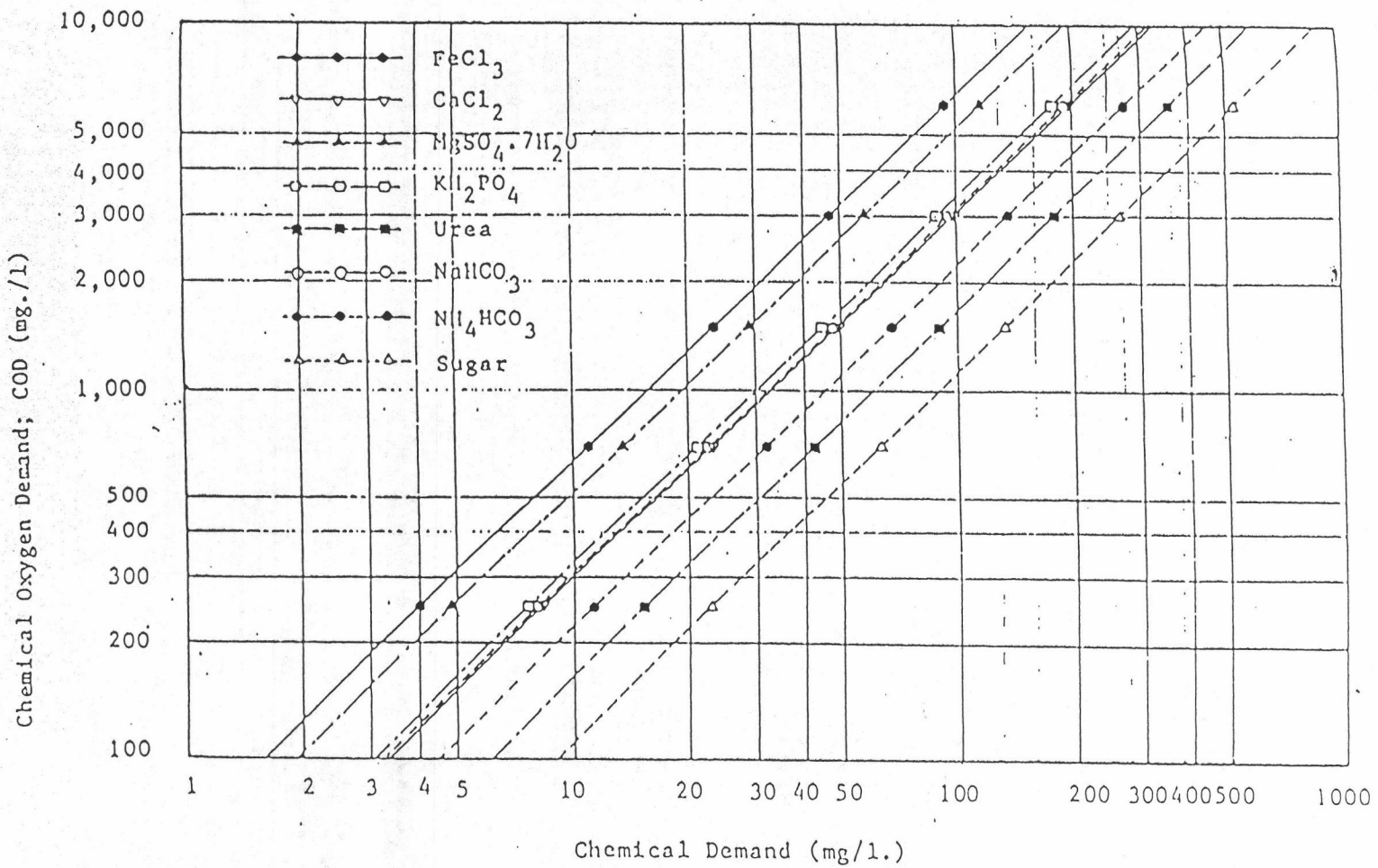
ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารอื่น ๆ จะเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มข้นของค่า COD แต่จะควบคุมไม่ให้ถึงระดับที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์

4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์และการติดตั้งของระบบ ฯ แสดงในภาพที่ 4.2

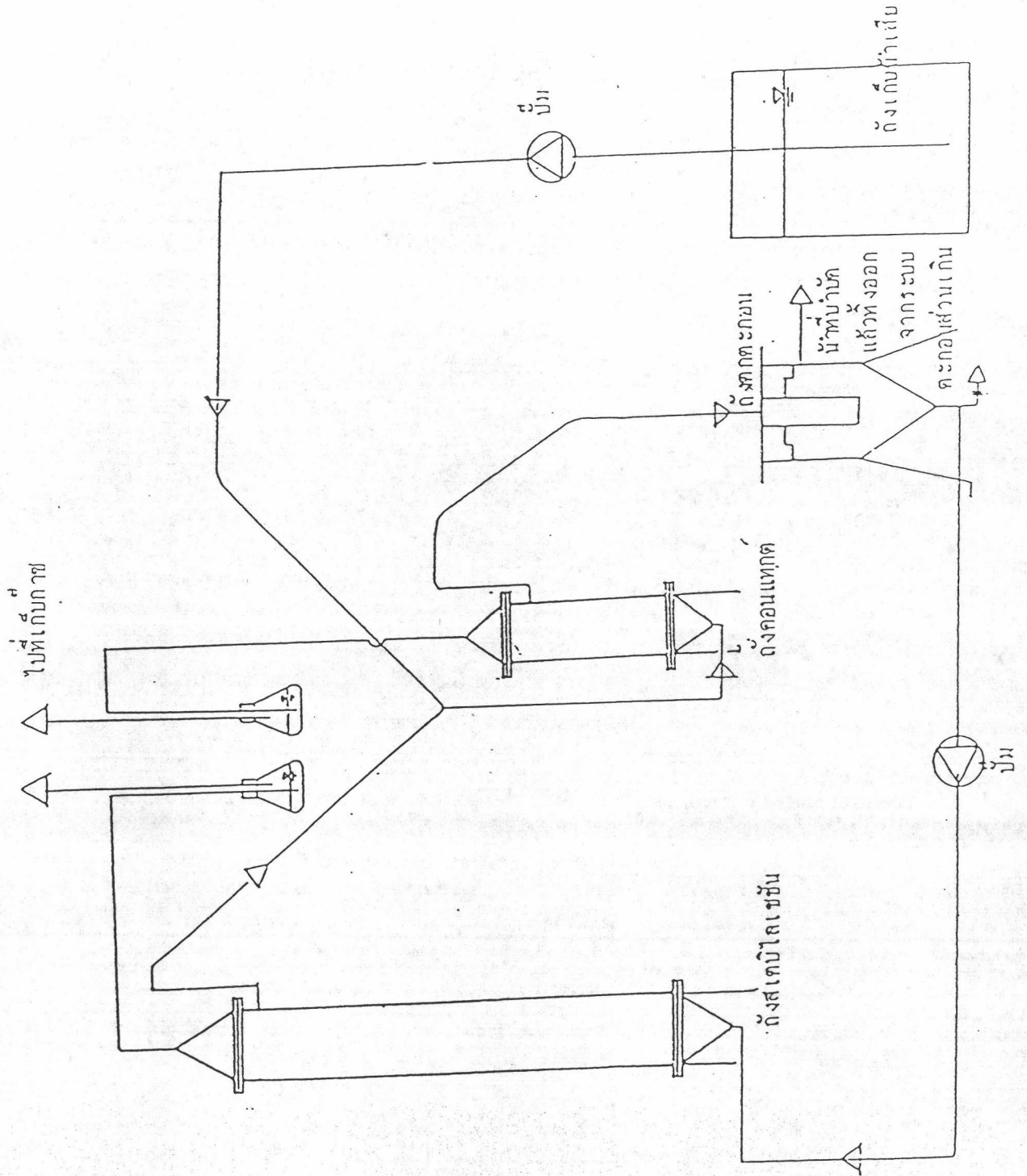
4.3.1 ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์

ถังพักน้ำเสียสังเคราะห์เป็นถังเหล็กโรสนิมของ ALFA-LAVA ขนาด 200 ลิตร



- หมายเหตุ
- Chemical Demand (mg/l) สำหรับ FeCl_3 , CaCl_2 (เต็มทิม) ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วย 10^{-1}
 - Chemical Demand (mg/l) สำหรับ NaHCO_3 , NH_4HCO_3 และ Sugar (จกไข่ปลา) ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วย 10

ภาพที่ 4.1 สูตรผสมน้ำเสียสังเคราะห์ (87)



ภาพที่ 4.2 การติดตั้งเครื่องมือทดลอง

สามารถควบคุมอุณหภูมิเอาไว้ที่ $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ พร้อมทั้งเครื่องกวนน้ำเสียเพื่อให้มีส่วนผสมของน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบคงที่ ถังพักนี้สามารถเตรียมน้ำเสียได้ครั้งละ 3 วัน และจะทำความสะอาดกอนนำมาใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ในครั้งต่อไป

4.3.2 เครื่องสูบน้ำเข้าระบบและเครื่องสูบลดตะกอนกลับ

น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกสูบน้ำเข้าสู่ระบบ โดยจะไปผสมกับตะกอนที่ออกจากถังสเปคัลไลเซชันแล้วเข้าถังคอนแทกต์ทางคานกลางเป็นไปแบบต่อเนื่อง ส่วนเครื่องสูบลดตะกอนกลับจะสูบลดตะกอนจากถังตกตะกอนเข้าสู่ถังสเปคัลไลเซชันทางคานกลาง เครื่องสูบน้ำทั้งสองที่ใช้เป็นชนิด Peristaltic Pump ของบริษัท WATSON - MARLOW

4.3.3 ถังคอนแทกต์ และ ถังสเปคัลไลเซชัน

ถังคอนแทกต์ทำด้วยแผ่นอาร์คิลิกใส เป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. มีปริมาตรที่ใช้ในส่วนเก็บตะกอนจุลินทรีย์ 9.5 ลิตร คานบนและล่างของถังเป็นรูปกรวย โดยคานล่างมีช่องทางน้ำเข้าสู่ถัง ส่วนคานบนใช้เป็นที่เก็บก๊าซขึ้นมาพองส่งไปถึงหัววัดก๊าซ

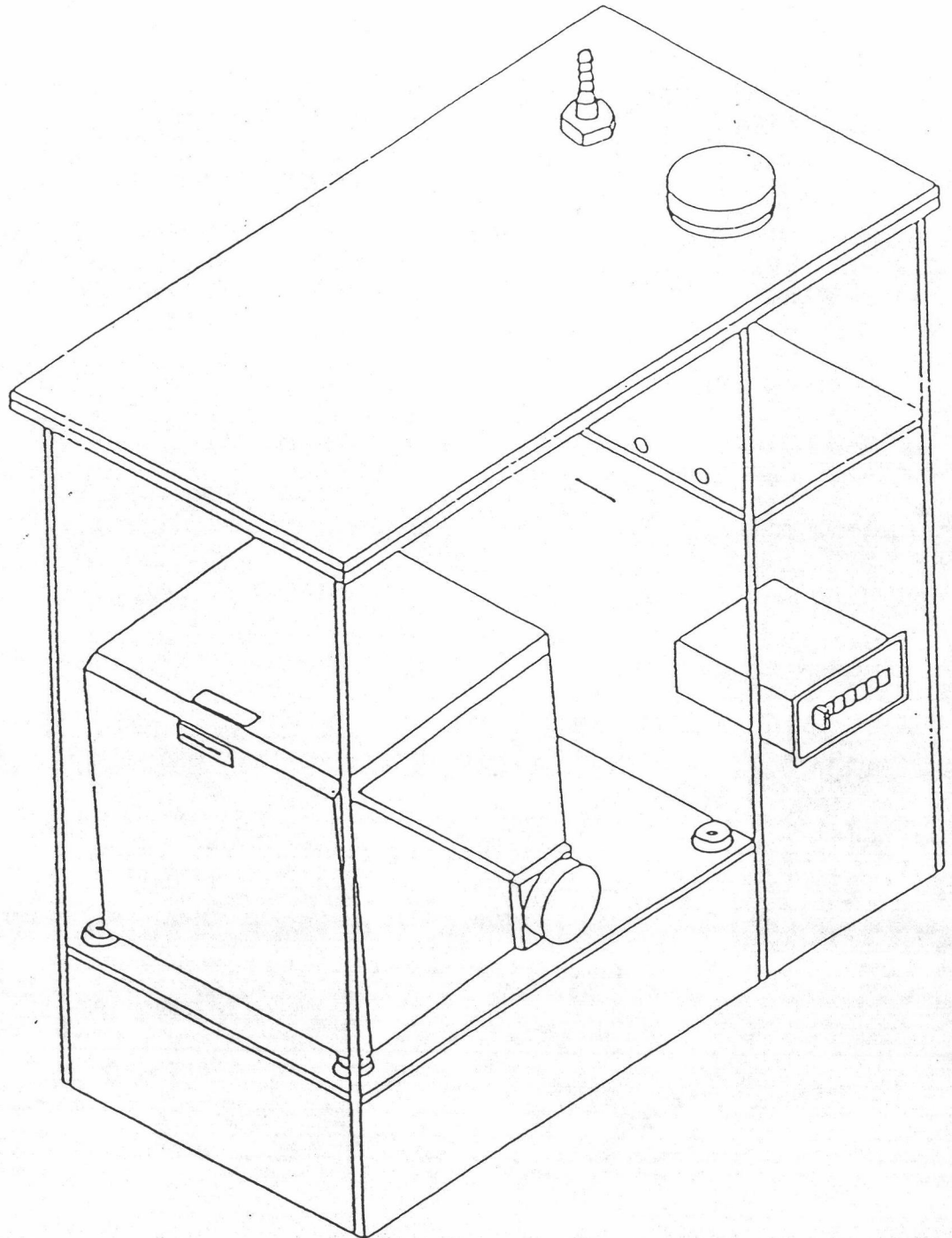
ถังสเปคัลไลเซชันมีรูปร่างและลักษณะเหมือนถังคอนแทกต์ แต่ขนาดใหญ่กว่า โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. มีปริมาตรส่วนที่ใช้ในการเก็บตะกอนจุลินทรีย์ 41.3 ลิตร

4.3.4 ถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนทำด้วยแผ่นอาร์คิลิกใส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. มีปริมาตร 6 ลิตร พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องกวาดตะกอนไว้ที่ก้นถัง หมุนด้วยความเร็ว 1 รอบต่อนาที

4.3.5 เครื่องวัดก๊าซ

เครื่องวัดก๊าซนี้จะวัดผลรวมของปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนเครื่องวัด (Counter meter) ซึ่งสร้างตามแบบของ ศักดิ์ชัย⁽⁸⁶⁾ โดยก๊าซจะเข้ามาตอนล่างของตัวเครื่องวัดก๊าซ และถูกระบายทิ้งออกสู่ภายนอกตอนบนของเครื่อง (ดูรูปที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 เครื่องวัดปริมาณก๊าซ (86)

4.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

4.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์หาค่าทางเคมี จะเก็บที่ทางน้ำทั้งเข้าและออกจากถังถังคอนแทคต์และถังสเติมไลเซชัน จุกละ 1 ตัวอย่าง รวม 4 ตัวอย่าง และเก็บที่ทางน้ำทิ้งของระบบ (Effluent) ซึ่งออกจากถังตกตะกอนอีก 1 ตัวอย่าง การเก็บจะเก็บไลจากบนลงล่าง ปริมาตรที่เก็บในแต่ละจุดประมาณ 100 มล. โดยก่อนเก็บจะปล่อยน้ำทิ้งเสียก่อนประมาณ 30 มล. ทุกครั้ง จากนั้นจึงเก็บตัวอย่าง

ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าการบรรทุสารอินทรีย์ จะเก็บตัวอย่างถี่ขึ้นกว่าที่วางแผนไว้ประมาณ 33% ในช่วงที่ค่าการระบบเริ่มเข้าสภาวะทรง (Steady state) จะเก็บตัวอย่างตามแผนที่วางไว้

การวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญของระบบและความถี่ของการจัดเก็บตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 4.3

4.4.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณตะกอนแขวนลอยในระบบ

วิธีการเก็บตัวอย่างนี้ ใช้วิธีการเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยจัดเก็บไปพร้อม ๆ กัน แต่ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณตะกอนแขวนลอยจะมีมากกว่า โดยการเก็บจากตัวถังคอนแทคต์ 4 ตัวอย่าง และถังสเติมไลเซชัน 5 ตัวอย่างตามแนวความสูงของถังทั้งสองที่ระดับต่าง ๆ กัน และที่ทางเข้าและออกของถังทั้งสอง

4.4.3 การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน

ปริมาตรของก๊าซชีวภาพวัดโดยตรงจากเครื่องวัดก๊าซ โดยอ่านตัวเลขจากเครื่องนับ (Counter meter) ซึ่งติดอยู่ที่เครื่องวัดก๊าซ สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทน จะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Orsat Gas Analyzer พร้อมกับจัดเก็บก๊าซส่งไปวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซด้วยวิธี Gas Chromatography Analysis แล้วนำค่าทั้งสองมาทำ Calibration curve เพื่อใช้ปรับค่าที่วัดจากเครื่อง Orsat Gas Analyzer

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรตามและค่าในกำรวเคราะห์

ตัวแปรตาม	ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง				
	น้ำเสีย	ถังคอนแทกต์	ถังสเตรตา	น้ำทิ้ง	ก๊าซ
Filter COD	B	B	B	B	-
pH	A	B	B	A	-
VFA	-	B	B	B	-
Total Alk	-	B	B	B	-
SS	-	B(1)	B(1)	B	-
VS ₈	-	B(1)	B(1)	B	-
% Methane	-	-	-	-	A
Vol. Gas	-	-	-	-	A
Microbio Ex.	-	C	C	-	-

- หมายเหตุ
- A หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์ทุกวัน
 - B หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์อาทิตย์ละ 2 ครั้ง
 - C หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง
 - (1) หมายถึง ตัวแปรที่วิเคราะห์โดยการทำให้ Solid Profile

4.4.4 เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ค่าพีเอช (pH) วิเคราะห์โดยการวัดด้วยเครื่อง pH METER ของ Beck Man
2. สหาคความเป็นค่างและกรดไหลวิเคราะห์โดยวิธี Direct Titration ของ Diallo & Albertson (88)

3. ค่าซีโอดี (COD) ปริมาณตะกอนแขวนลอย วิเคราะห์ตาม Standard Methods⁽⁸⁹⁾

4. ค่าเปอร์เซ็นต์ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น วิเคราะห์โดยใช้ Orsat Gas Analyzer และปรับแก้ค่าโดยการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์โดยเครื่องวัดก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ที่ผลิตโดยบริษัท Shimadzu Co., Ltd. รุ่น GC-7AG ภายใต้สภาวะ

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

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

1. สำหรับ CO₂ ใช้ Colume Porapak QS 80/100 mesh, 1/8" x 7" ss. 50 °C
2. สำหรับ N₂ ใช้ Column MS-5A 60/80 mesh 1/8" x 7" ss. 50 °C