

บทที่ 5

การทดลอง

การทดลอง เพื่อศึกษาถึงผลของสังกะสีต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เลี้ยงตะกอนแขวนลอย กระทำที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบ เลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทวนสมบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนกลับ ซึ่งสร้างขึ้นเป็นขนาดที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ (Lab scale Model) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.1

5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

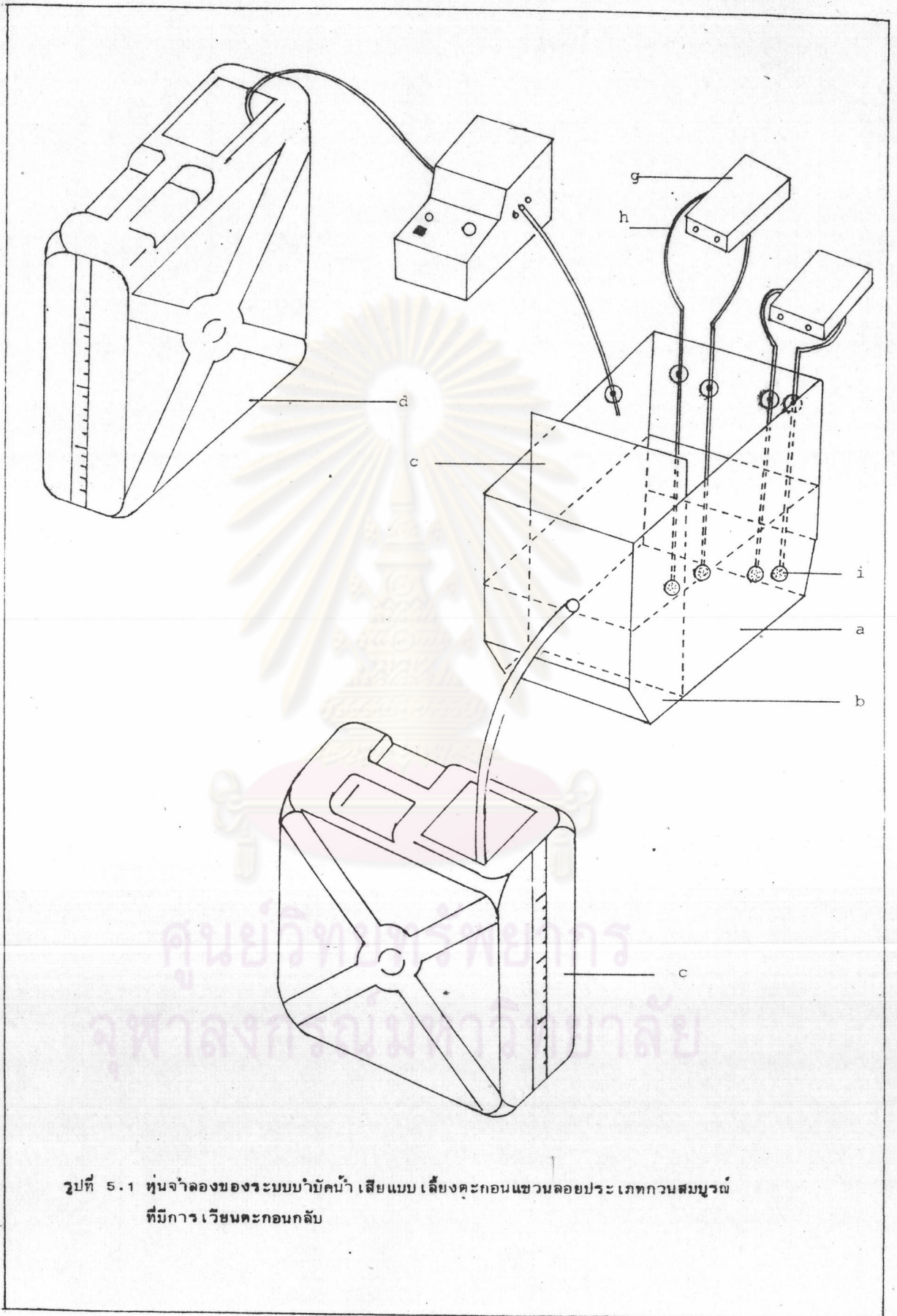
เครื่องมือสำหรับการทดลองประกอบไปด้วย

5.1.1 ถังปฏิกริยาซึ่งทำจาก Polyglass Acrylic Sheet มีปริมาตร 10 ลิตร ในถังปฏิกริยาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของถังเติมอากาศ (a) และส่วนของถังตกตะกอน (b) มีปริมาตร 8.44 ลิตร และ 1.56 ลิตรตามลำดับ ถังเติมอากาศและถังตกตะกอนกั้นระหว่างถังด้วยแผงกั้น (c) ด้านบนของถังตกตะกอนเจาะเป็นรูเพื่อให้ น้ำทิ้งไหลลง เข้าสู่ถังเก็บน้ำทิ้ง แผนผังของถังปฏิกริยาแสดงไว้ในรูปที่ 5.2

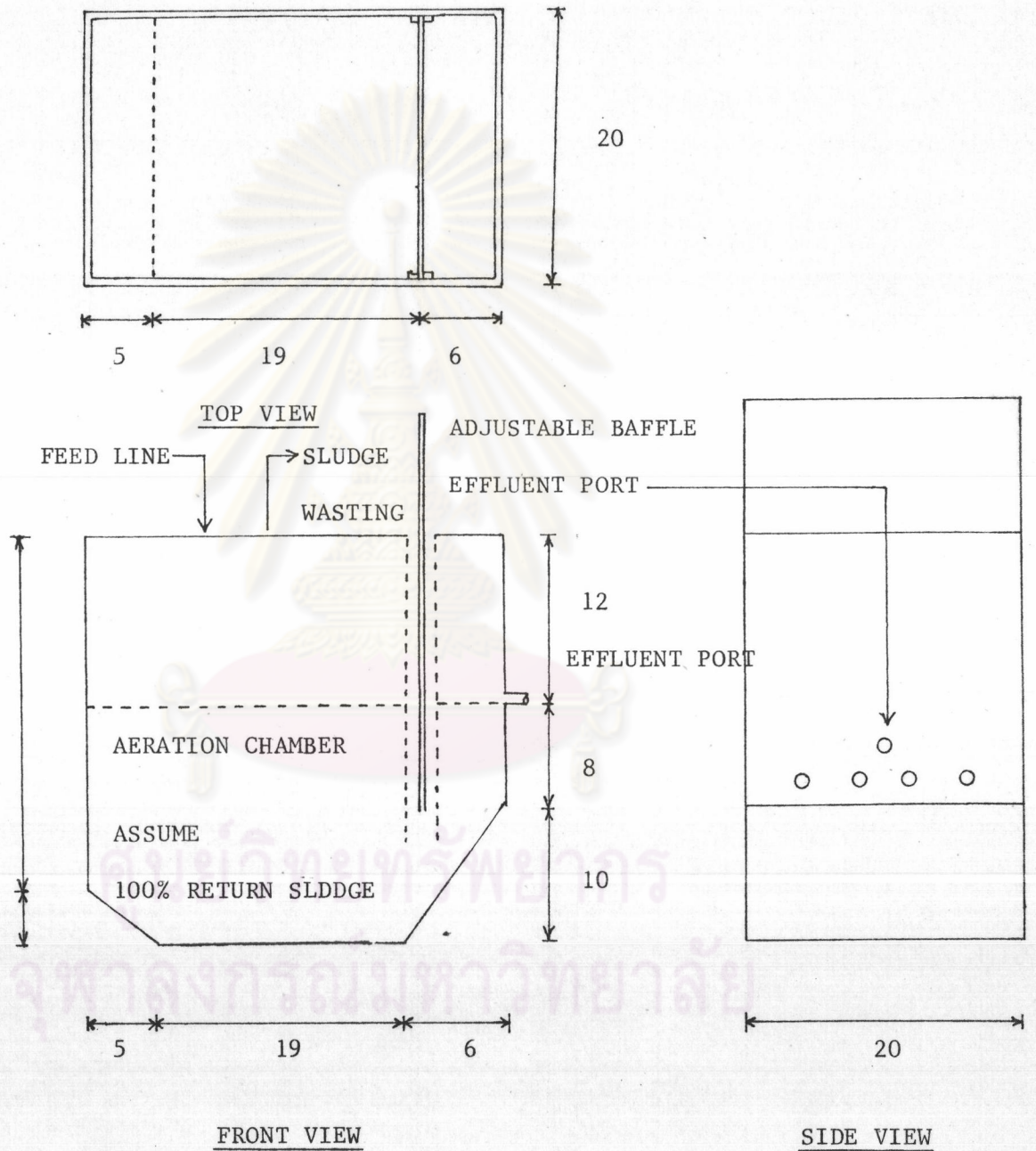
5.1.2 ถังเก็บน้ำเสียสังเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ (d) และถังเก็บน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ (e) ใช้ถัง plastic สีขาว ปริมาตรจ 20 ลิตร ทำเครื่องหมายแสดงความเป็นลิตรไว้ข้างถัง

5.1.3 เครื่องสูบน้ำที่ใช้สูบน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบ ใช้เครื่องสูบน้ำแบบเพอริสทอลติก (peristaltic pump) และเครื่องสูบน้ำแบบมีเตอริง (metering pump)

5.1.4 เครื่องเติมอากาศ (g) ชนิดที่ใช้กับอ่างเลี้ยงปลา ท่อนำอากาศต่อกับสายยางพลาสติก (h) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เป่าอากาศผ่านหัวหินปูนชนิดกลม (i) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร



รูปที่ 5.1 หุ่นจำลองของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทควมสมบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนกลับ



รูปที่ 5.2 รูปจำลองระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย
(มาตราส่วนเป็นเซนติเมตร)

5.2 น้ำเสียสังเคราะห์ (Synthetic Waste)

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำเสียแบบสังเคราะห์ขึ้นเอง ซึ่งได้ค่า COD ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สารอินทรีย์คาร์บอนได้มาจากนมถั่วเหลืองชนิดจืด สารไนโตรเจนได้มาจากแอมโมเนียซัลเฟตและฟอสฟอรัสได้จากโปตัสเซียมไดไฮโดรเจนพอสเฟตกับไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนพอสเฟต เพื่อให้การกำจัดน้ำเสียได้ผลสมบูรณ์จึงเติมปริมาณอาหารเสริม (Nutrient) คิดเทียบดังนี้ COD : N : P เท่ากับ 150 : 5 : 1 ตลอดการทดลอง น้ำเสียสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงแบคทีเรียประกอบด้วยสารดังแสดงในตารางที่ 5.1

5.3 สังกะสีที่ใช้เติมในการทดลอง

สังกะสีที่ใช้เติมในการทดลองเพื่อประเมินหาผลของสังกะสีต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยได้จากสารละลายของสังกะสีคลอไรด์

5.4 ขั้นตอนการทดลอง

5.4.1 นำเอาจุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้จนคุ้นเคยกับน้ำเสียสังเคราะห์แล้ว โดยเอาส่วนที่ใสซึ่งมีจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมากมาประมาณ 5 ลิตร เทใส่ในถังปฏิกริยาแล้วเติมน้ำจนครบเป็น 10 ลิตร เติมอากาศให้แก่จุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศชนิดที่ใช้ในอ่างเลี้ยงปลาโดยผ่านหัวหินพรุน จำนวน 4 หัว จัดหัวหินพรุนให้อยู่ในตำแหน่งที่เกิดการกวนได้ดี วัด D.O ในถังปฏิกริยาโดยให้มี D.O สูงกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับแฉกกันระหว่างถังเติมอากาศและถังตกตะกอนโดยสมมติให้มีการเวียนตะกอนกลับ 100 เปอร์เซ็นต์

5.4.2 การดำเนินการทดลอง ทำโดยต่อเนื่องตลอดทุกวันของการทดลอง ในแต่ละวันจะใช้ช่วงเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อควบคุมระบบและดำเนินการ จะทำในช่วงเวลาประมาณ 17.00-19.00 น.ของทุกวัน เริ่มการทดลองจากการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีสังกะสีโดยเตรียมตามปริมาณดังแสดงในตารางที่ 5.1 กวนให้เข้ากัน น้ำเสียสังเคราะห์จะไหลเข้าสู่ระบบโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบเพอริสทอลติกและเครื่องสูบน้ำแบบมีเตอรัง ซึ่งสามารถปรับอัตราการไหลได้ ทำการควบคุมระบบให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบ 4 ชั่วโมงในช่วงระหว่าง 3 ถึง 20 วัน โดยการยกแฉกกันระหว่างถังเติมอากาศและถังตกตะกอนออกกวนน้ำ-ตะกอนให้เข้ากัน หลังจากนั้นระบายตะกอนส่วนเกินออกจากถังปฏิกริยาโดยวิธีก้าน้ำตามปริมาตรที่คำนวณว่าควรจะได้ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบที่ต้องการ หลังจากนั้น นำเอาแฉกกันระหว่างถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเหมือนเดิมโดยปรับแฉกกันโดยสมมติให้มี

ตารางที่ 5.1 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์

สารที่ใช้	ความเข้มข้นของสารละลาย (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณที่ใช้ในการผสม (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้นของสารใน น้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
FeCl ₃ ·6H ₂ O	4	9	2	0.41 ในค่าของ Fe
CaCl ₂	15	9	7.5	2.71 " Ca
MgSO ₄ ·7H ₂ O	100	9	50	4.93 " Mg
MnSO ₄ ·H ₂ O	10	9	0.5	1.62 " Mn
(NH ₄) ₂ SO ₄	270	20	300	63.61 " N
KH ₂ PO ₄ *	108	50	300	192.75 " P
K ₂ HPO ₄ *	252	50	700	
NaHCO ₃ **	90	100	500	pH buffer 7.2
ZnCl ₂ ***	4.17	50	6.44	5 ในค่าของ Zn ²⁺
	4.17	100	10.12	10 " Zn ²⁺
	4.17	150	15.48	15 " Zn ²⁺
น้ำนมถั่วเหลือง****	120-100ในค่าของCOD	75-85	500ในค่าของCOD	
น้ำประปา		เติมให้เป็น18ลิตร		

* เป็นสารควบคุม pH และใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัส

** เป็นสารควบคุม pH

*** เติมตามปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีที่ต้องการ

**** วิเคราะห์ค่า COD ของสารละลายทุกครั้งและคำนวณปริมาณที่ใช้ในการผสมให้น้ำเสียมักค่า COD ประมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเรียงตะกอนกลับ 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำ-ตะกอนส่วนเกินที่ถูกระบายออกนี้ส่วนหนึ่งจะนำไปวิเคราะห์หาค่า pH ค่าตะกอนแขวนลอยและค่าตะกอนจุลินทรีย์ทันที เมื่อทำการควบคุมระบบเรียบร้อยแล้วก็ปรับให้น้ำเสียส่งเคราะห์ไหลเข้าสู่ระบบในอัตรา 18 ลิตรต่อวัน น้ำทิ้งที่ออกจากระบบซึ่งเป็นน้ำใสจะไหลล้นออกทางตอนบนของถังตกตะกอนสู่ถังเก็บน้ำทิ้ง ทำการทดลองเช่นนี้ทุกวันจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จึงเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลา 6 วัน เพื่อวิเคราะห์ตามตารางที่ 5.2 แล้วทำการทดลองโดยเติมสารสังกะสี ผสมสังกะสีเข้าไปในน้ำเสียส่งเคราะห์จนให้เข้ากัน เริ่มทดลองจากปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีที่ค่าต่ำก่อนคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการควบคุมระบบให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบคงที่จำนวน 4 ค่า ซึ่งอยู่ระหว่าง 3 ถึง 20 วัน วัดค่าตะกอนแขวนลอยทุกวัน เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ข้อมูลตามตารางที่ 5.2 ทำการทดลองอย่างเดิมโดยเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีขึ้นเป็น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

5.5 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากถังเก็บน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกริยาเมื่อในการทดลองแต่ละครั้งระบบได้เข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว จะเก็บตัวอย่างน้ำเป็นเวลา 6 วัน เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 5.2 และเก็บตัวอย่างน้ำตามวิธีใน Standard Method(1975)

ตัวอย่างน้ำที่เก็บเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและอินทรีย์-ไนโตรเจน เก็บจากถังน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองและน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้วโดยแยกเก็บในขวดพลาสติกขนาด 250 มิลลิเมตร แต่ละขวดแล้วเติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงไปในช่วงประมาณขวดละ 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4° ซ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บเพื่อวิเคราะห์หาค่าไนเตรต-ไนโตรเจน เก็บจากน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้วโดยเก็บในขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิลิตร แล้วเติมปรอทคลอไรด์ประมาณ 5 มิลลิกรัม ลงในขวด เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4° ซ

ตัวอย่างน้ำที่เก็บเพื่อวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสังกะสี เก็บจากน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้ว น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกริยา โดยแยกเก็บในขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร แต่ละขวดแล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปในช่วง

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์	ชนิดของตัวอย่าง			
ความเข้มข้นของสารอินทรีย์	* *	ก	ข	ค	ง
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	* *	ก	ข	ค	-
อินทรีย์-ไนโตรเจน	* *	ก	ข	ค	-
ไนเตรต-ไนโตรเจน	* *	-	ข	-	-
ความเข้มข้นของสังกะสี	* *	ก	ข	ค	ง
สภาพความเป็นด่าง	*	ก	-	ค	ง
pH	*	ก	-	ค	ง
ตะกอนแขวนลอย	*	-	-	ค	ง
ตะกอนจุลินทรีย์	*	-	-	ค	ง
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	* * *	-	-	-	ง

ก คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ

ข คือ น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง

ค คือ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง

ง คือ น้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยา

* คือ วิเคราะห์ทุกวันของการทดลอง

** คือ วิเคราะห์ 6 วันติดต่อกันในช่วงที่ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่

*** คือ 1-2 ครั้งต่อการทดลองแต่ละสภาวะคงที่

ขวดละประมาณ 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4° ซ

เก็บตัวอย่างน้ำในน้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยาและในน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง นำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำในถังน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง และน้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยา นำไปวิเคราะห์หาค่า pH และสภาพความเป็นด่างทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำ

5.6 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงที่จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากถังน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองเป็นเวลา 6 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ตามตารางที่ 5.2 ซึ่งทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดังนี้

ความเข้มข้นของสารอินทรีย์

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากถังน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง วิเคราะห์ตาม Standard Method (1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 20 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยวิธีโปตัสเซียมไดโครเมท

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากถังเก็บน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง วิเคราะห์ตาม Standard Method (1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 100-200 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยวิธีการกลั่นและไตเตรชัน

อินทรีย์-ไนโตรเจน

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากถังเก็บน้ำเสียส่งเคราะห์ที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง วิเคราะห์ตาม Standard Method (1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 100-200 มิลลิลิตร วิเคราะห์ต่อจากการวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนแล้ว โดยการย่อยสลายแล้วทำการกลั่นและไตเตรชัน

ไนเตรต-ไนโตรเจน

วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากน้ำทิ้งที่ผ่านการกรองแล้ว วิเคราะห์ตาม Standard



Method(1975) ใช้ตัวอย่างน้ำ 0.5-5 มิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยบลูซัน

pH

วัดค่า pH ในตัวอย่างน้ำเสียสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองตาม Standard Method(1975) โดยใช้เครื่องวัด pH แบบ Zerometer SS-33 ของบริษัท Backman

ค่าความเป็นด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นด่างในตัวอย่างน้ำเสียสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบ และน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองตามวิธี Standard Method(1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร ใต้เตา และวัดจุดสิ้นสุดของปฏิกิริยาที่ pH 4.5 ด้วยเครื่องวัด pH

ตะกอนแขวนลอย

วิเคราะห์หาปริมาณตะกอนแขวนลอยในตัวอย่างน้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยา และในน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองตามวิธีใน Standard Method(1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วอบที่อุณหภูมิ 110° ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ตะกอนจุลินทรีย์

วิเคราะห์หาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ-ตะกอนในถังปฏิกิริยา และในน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรองตามวิธีใน Standard Method(1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 20-25 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C แล้วเผาที่อุณหภูมิ 550° ซ เป็นเวลา 15-20 นาที

ความเข้มข้นของสังกะสี

วิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสังกะสีในตัวอย่างน้ำเสียสิ่งแวดล้อมที่เข้าสู่ระบบ น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการกรอง น้ำทิ้งที่ผ่านการกรอง และน้ำ-ตะกอน ตามวิธีใน Standard Method (1975) โดยใช้ตัวอย่างน้ำ 25 มิลลิลิตร ทำการย่อยสลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้นก่อน และวัดหาค่าความเข้มข้นของสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry. (Unican SP 90B series 2)