บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจวัตรประจำวันต่างๆ ของมนุษย์ เช่น น้ำเสียจากการขับถ่าย น้ำจากการชำระร่างกาย น้ำจากครัว น้ำใช้ซักเสื้อผ้า และน้ำใช้ทำความสะอาดต่างๆ น้ำที่ถูกใช้แล้วเหล่านี้ในที่สุดถูกปล่อยทิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ โดยทั่วไปพบว่าน้ำเสียในท่อระบายน้ำมีความสกปรกในรูป BOD ต่ำแต่ TKN สูงเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ได้แก่

1. บ่อเกรอะบ่อซึมช่วยลดความสกปรก หรือ BOD ในน้ำเสีย ตามข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร ที่ได้กำหนดให้ใช้บ่อเกรอะบ่อซึมในการบำบัดน้ำเสียจากส้วมของอาคารบ้านเรือนต่างๆ จึงได้มีการใช้บ่อเกรอะบ่อซึมกันทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานคร อีกทั้งยังเป็นที่นิยมใช้ตามเขตชุมชนของเมืองต่างๆ น้ำเสียที่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมแล้วจะมีความสกปรกลดน้อยลง จริยา ทองจันทึก (1) ได้รวบรวมลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชาติไว้ ดังตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะน้ำเสียจากชุมชนที่ไม่ใช้บ่อเกรอะบ่อซึม และตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชาติที่ใช้บ่อเกรอะบ่อซึม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ชัดว่า SS, BOD และ COD ของน้ำเสียที่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมแล้วจะมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียที่ไม่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมเป็นอันมาก ดังนั้นเมื่อน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดบางส่วนด้วยบ่อเกรอะและบ่อซึมแล้วนี้รั่วซึมเข้าสู่เส้นท่อ หรือถูกทิ้งลงท่อโดยจงใจก็จะพบว่าไม่ทำให้น้ำในท่อระบายน้ำมีความสกปรกสูงมาก ดังเช่นระบบที่มีการทิ้งน้ำเสียจากส้วมลงสู่ท่อระบายน้ำเสีย โดยตรงซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว

2. การตกตะกอนและการบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติในเส้นท่อ ท่อระบายน้ำสาธารณะที่ใช้สำหรับระบายทั้งน้ำเสียและน้ำฝนมักจะเป็นท่อที่มีขนาดใหญ่ และโดยทั่วไปพบว่าสภาพการวางท่อไม่มีความลาดชัน (2) เป็นเหตุให้น้ำในท่อระบายน้ำไหลช้าและเกิดการตกตะกอนจึงทำให้ความเข้มข้นของ SS ในน้ำมีค่าลดลง และเป็นการกำจัด BOD ส่วนที่เป็นของแข็งด้วย

ตารางที่ 2.1 ลักษณะน้ำเสียของชุมชนที่ไม่ใช้ถังเกรอะ (1)

ลักษณะน้ำเสีย		ห้วยขวาง	ดินแดง 3	บางบัว	บางนา	ค่าเฉลี่ย
BOD	mg/l	139	146	105	107	124
COD	mg/l	317	340	265	284	302
TS	mg/l	686	543	871	1094	799
TVS	mg/l	303	289	311	328	308
SS	mg/l	136	186	172	70	141
pH	mg/l	7.48	6.63	7.77	7.56	318
PHOSPHATE	mg/l	4.15	1.45	3.95	-	7.36
Total N.	mg/l	23.58	26.10	30.8	25.20	26.42
Temp	C.	30-31	-	30-3	30-32	30-32

ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียของชุมชนที่ใช้ถังเกรอะ (1)

ลักษณะน้ำเสีย		รังสิต	หัวหมาก	ราม อินทรา	คลองจั่น	ท่าทราย	พิบูล วัฒนา	ประชา นิเวศน์ 2	ค่าเฉลี่ย
BOD	mg/l	73.0	30.0	38.5	27.3	41.0	43.0	36.0	41.3
COD	mg/l	134	159	145	192	207	121	151	158
TS	mg/l	490	1368	688	636	1116	311	1241	836
TVS	mg/l	168	293	243	204	258	85	206	208
SS	mg/l	43.3	27.3	53.4	27.3	34.0	28.0	18.5	31.0
pH		6.5-6.6	7.4	7.1	7.41	8.1	6.8	7.9	7.32
PHOSPHATE	mg/l	1.05	2.70	2.45	2.03	0.60	-	0.1	1.49
Total N.	mg/l	13.15	16.86	19.21	13.72	24.73	17.27	25.71	18.66
Temp	C.	-	29.31	29-32	30-32	-	29-31	31-34	29-34

ดังนั้นในน้ำเสียจะมี BOD ที่ละลายน้ำได้เป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งการย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิ-เจนที่เกิดขึ้นภายในเส้นท่อจะทำให้ความเข้มข้นของ BOD มีค่าลดลงไปอีก ในขณะที่ TKN ของน้ำเสียในท่อระบายน้ำมีค่าสูง เนื่องจากน้ำเสียจากส้วมที่ไหลท่อระบายน้ำเข้ามี TKN สูง และ TKN ไม่ถูกย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจนในท่อระบายน้ำ

3. การรั่วซึมของน้ำใต้ดินและการไหลเข้าของน้ำคลอง ทำให้น้ำในท่อระบายน้ำมีความสกปรกลดน้อยลง เนื่องจากน้ำใต้ดินในกรุงเทพมหานครมีระดับสูงมาก ประกอบกับท่อน้ำมีโอกาสรั่วซึมได้มาก ทำให้เกิดการเจือจางของน้ำใต้ดินกับน้ำเสียที่ไหลในท่อ เป็นผลให้ความเข้มข้นของน้ำเสียมีค่าลดลง นอกจากนี้การวางท่อให้มี Out Fall ลงคลองต่างๆ เป็นการเปิดโอกาสให้น้ำคลองไหลเข้าท่อระบายน้ำเสีย และเกิดการเจือจางได้เช่นกัน

ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสมบัติน้ำเสียชุมชนจากสถานที่ต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ถึง 2.7 ตารางที่ 2.3 แสดงค่าลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากท่อระบายน้ำโรงสูบน้ำและคลองต่างๆ (3) จะเห็นว่า SS และ BOD มีค่าต่ำคือมีค่าระหว่าง 5.7 ถึง 60.5 และ 12.0 ถึง 66.7 มก./ล. ตามลำดับ ส่วน TKN มีค่าสูงคือมีค่าระหว่าง 18.7 ถึง 57.7 มก./ล. ตารางที่ 2.4 แสดงลักษณะสมบัติน้ำเสียของ โครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา ของกรุงเทพมหานคร (4) ซึ่งพบว่า BOD และ TKN มีค่าระหว่าง 65 ถึง 67 และ 21 ถึง 33 มก./ล. ตามลำดับ ตารางที่ 2.5 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชนที่เก็บจากท่อระบายน้ำต่างๆในเขตเทศบาลเมืองนนทบุรี (2535) (5) พบว่า BOD และ TKN มีค่าระหว่าง 10.0 ถึง 60.0 และ 13.2 ถึง 38.0 มก./ล. ตามลำดับ ตารางที่ 2.6 แสดงค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสียจากท่อระบายน้ำของเทศบาลเมืองนนทบุรีและละแวกใกล้เคียง (6) พบว่า BOD และ TKN มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 20.6 ถึง 89.5 และ 2.5 ถึง 33.7 มก./ล. ตามลำดับ ตารางที่ 2.7 แสดงลักษณะน้ำเสียจากท่อระบายน้ำสาธารณะในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ (7) พบว่า BOD มีค่าระหว่าง 12.5 ถึง 282 มก./ล. ซึ่งค่าสูงสุดนี้เป็นค่าที่สูงผิดปกติเพียงค่าเดียว โดยความเข้มข้นของ BOD ที่ถัดลงมามีค่าเพียง 70 มก./ล. ส่วน TKN มีค่าระหว่าง 6.61 ถึง 44.4 มก./ล. จากข้อมูลทั้งหมดจะเห็นว่าถ้ายกเว้นค่า BOD ที่สูงผิดปกติที่มีเพียงค่าเดียวแล้วนอกนั้นมีค่าต่ำกว่า 100 มก./ล. ทั้งสิ้น ส่วน TKN มีค่าสูงสุดถึง 57.7 มก./ล.ซึ่งสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนที่จำเป็นต้องใช้ในระบบเอเอสซึ่งมีค่าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของ BOD เป็นอันมาก

ตารางที่ 2.3 สรุปผลวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด (3)

พารามิเตอร์	หน่วย	ท่อระบายน้ำจากเขตต่างๆ (ค่าเฉลี่ย)				โรงสูบพระราม 4		คลองสาธร*	คลองช่องนนทบุรี	
		บางรัก	สาธร	ยานนาวา	บางคอแหลม	ไม่ปิดประตูน้ำ	ปิดประตูน้ำ	ปิดประตูน้ำ	ไม่ปิดประตูน้ำ	ปิดประตูน้ำ
pH	-	6.9	7.1	7.4	7.2	7.0	6.9	7.0	7.5	6.8
ALKALINITY	mg/lCaCO3	211.3	308.3	425.8	649.1	340.3	243.9	264.8	248.9	221.9
SS	mg/l	23.8	7.3	39.0	60.5	31.5	16.3	6.6	19.9	5.7
TS	mg/l	348.0	478.0	557.3	536.7	350.0	380.0	326.0	332.7	287.1
DS	mg/l	324.2	405.0	517.7	476.2	318.5	363.7	319.4	314.8	281.4
CHLORIDE	mg/l	47.7	53.5	120.0	72.3	43.4	56.6	61.7	32.6	36.1
BOD	mg/l	64.7	66.7	14.0	18.7	55.0	12.0	14.2	16.0	28.0
COD	mg/l	108.7	142.1	63.5	175.9	86.0	59.4	64.7	71.8	76.6
TKN	mg/l N	20.8	32.8	37.6	57.7	34.3	19.2	25.7	21.9	18.7
PHOSPHATE	mg/l P	3.1	5.4	2.5	3.4	3.2	3.4	4.2	3.7	3.2
FOG	mg/l	0.5	0.5	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	4.0	0.2
SULFATE	mg/l	28.8	34.2	52.5	46.0	21.5	28.6	27.3	28.8	292.0

ตารางที่ 2.4 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียของโครงการบำบัดน้ำเสียยานนาวา (4)

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น
pH		6.9-7.1
ALKALINITY	มก./ล.CaCO3	211-308
SS	มก./ล.	24-73
TS	มก./ล.	348-478
DS	มก./ล.	324-504
CHLORIDE	มก./ล.	48-54
BOD	มก./ล.	65-67
COD	มก./ล.	109-142
TKN	มก./ล. N	21-33
PHOSPHATE	มก./ล. P	3.1-5.4
FAT, OIL, GREASE	มก./ล.	0.5
SULFATE	มก./ล.	29-34

ตารางที่ 2.5 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียชุมชนที่เก็บจากท่อระบายน้ำต่างๆ ในเขตเทศบาลเมืองนนทบุรี (2535) (5)

พารามิเตอร์	Average	Std.dev.	Std.dev. %	max	min
pH	7.1	0.2	2	7.6	6.8
Solids, Suspended	13.9	8.9	64	49	2
Solids, Total	374.3	62	17	540	260
Chloride	40.5	8.8	22	62.5	24.5
BOD 5 Days	26.8	11.2	42	60	10
COD, Total	122.3	45.5	37	223	43
Alkalinity, M.O.	224.5	30.2	13	288	170
Nitrogen, TKN	26.6	7.3	27	38	13.2
Nitrogen, Ammonia	19.7	6.2	31	30.1	9.2
Nitrogen, Organic	6.9	4.7	68	23	0.6
Phosphate, Total	3.3	2.9	90	13	0.44
Fat, Oil & Grease	1.4	2.3	163	10.8	0
Sulfate	46.5	20.0	43	118	26

ตารางที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสียจากท่อระบายน้ำของเทศบาลเมืองนนทบุรีและละแวกใกล้เคียง (6)

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำ	Temperature °C	pH	TS mg/l	SS mg/l	COD mg/l	BOD mg/l	TKN mg/l
คลองบางธรณี	29.0	7.4	521.2	29.8	102.7	71.2	11.1
คลองบางซื่อน้อย	28.5	7.5	877.3	131.2	166.7	89.5	3.7
คลองบางซื่อน้อย	27.5	7.5	654.3	39.7	60.0	31.0	2.5
คลองบางซื่อน้อย	27.5	7.4		33.6	45.2	20.6	3.0
คลองบางซื่อน้อย	28.5	7.2	898.3	32.8	72.0	45.7	7.8
คลองบางแพรกเหนือ	29.5	7.2	766.7	22.2	108.7	51.5	4.2
ท่าพิบูล 2 (ฝั่งทิศเหนือ)	29.0	7.3	396.3	25.0	105.0	45.0	12.8
ท่าพิบูล 2 (ฝั่งทิศใต้)	28.5	7.2	639.4	128.4	83.0	43.3	11.2
	28.5	7.3	679.1	55.3	92.9	49.7	10.2

ตารางที่ 2.7 ลักษณะน้ำเสียน้ำเสียจากท่อระบายน้ำสาธารณะในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ (7)

พารามิเตอร์	จุดเก็บตัวอย่างน้ำจากท่อระบายน้ำสาธารณะ *					
	1	2	3	4	5	6
pH	7.1	7.2	6.9	7.1	7.0	7.2
COD, mg/l	58.8	49.1	404	30.2	37.7	86.8
BOD5, mg/l	27.8	34.2	282	12.5	19.5	70.0
TKN, mg/l N	8.5	13.4	44.4	9.29	6.6	10.9
NO2,3-N, mg/l N	0.1	0.1	0.03	0.08	0.0	0.05
TP, mg/l P	2.6	2.5	5.37	1.32	1.3	2.53
SS, mg/l	128.0	19.0	177	58.1	19.9	124

* 1. ท่อระบายน้ำลงลำคูไหว ถนนทิพย์เนตร

2. ท่อระบายน้ำลงสู่คลองแม่ข่า ถนนศรีดอนชัย

3. ท่อระบายน้ำลงสู่แม่น้ำปิง บริเวณลานจอดรถหลังตลาดต้นลำใย

4. ท่อระบายน้ำลงสู่คลองชลประทาน ถนนห้วยแก้ว

5. รางเปิดระบายน้ำ ถนนสุเทพ

6. รางเปิดระบายน้ำ ถนนสันนาลุง

2.2 ลักษณะทั่วไปของระบบเอเอส

ระบบเอเอสเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวะเคมี โดยใช้จุลินทรีย์แบบแขวนลอยในน้ำ ในการกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นความสกปรกในน้ำเสีย ในสภาวะที่มีออกซิเจน จุลินทรีย์สามารถใช้สารอินทรีย์เป็นอาหาร เพื่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น น้ำที่ผ่านการบำบัดจึงมีความสกปรกลดน้อยลง การบำบัดน้ำเสียสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

สารอินทรีย์ (ในน้ำเสีย) + จุลินทรีย์ + ออกซิเจน ——> จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น + กาซคาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำสะอาด

ทั้งนี้จุลินทรีย์แขวนลอยในน้ำต้องสามารถจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่หรือฟล้อค เพื่อทำให้สามารถตกตะกอนได้ดี ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอเอสนี้ต้องอาศัยปัจจัยดังต่อไปนี้คือ (8)

1. ต้องมีจุลินทรีย์มากเพียงพอในการกำจัดความสกปรก
2. ต้องมีออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) เพียงพอ
3. ต้องสามารถแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำ เพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่สะอาด

2.3 จุลชีวะของระบบเอเอส

จุลินทรีย์ชนิดต่างๆที่มีอยู่ในระบบเอเอสสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (9)

2.3.1 จุลินทรีย์สร้างฟล้อค (Floc Forming Organisms) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย ที่สามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามรถตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำ และได้น้ำทิ้งใส

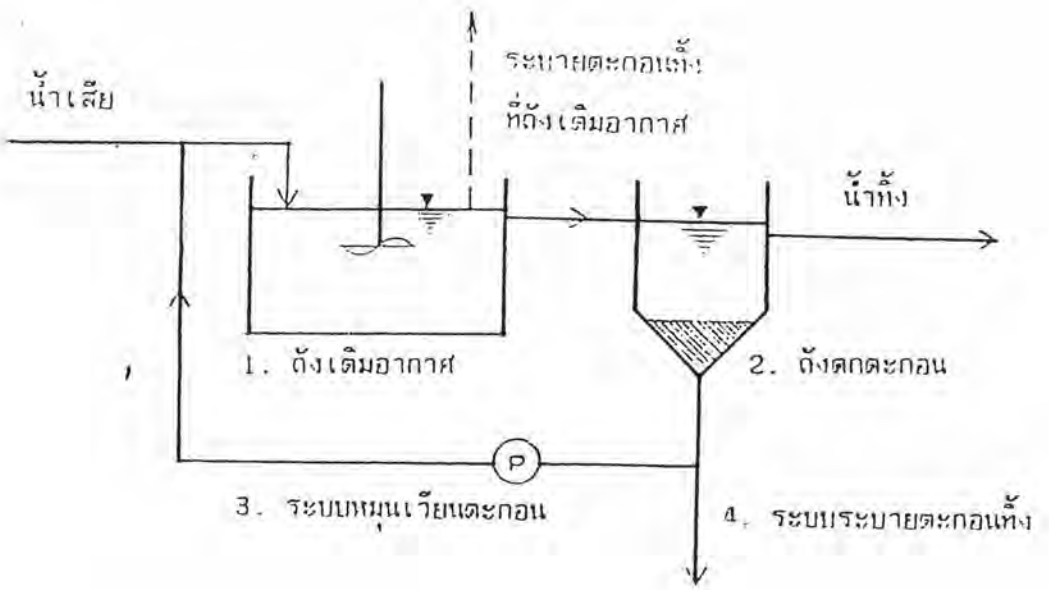
2.3.2 แซพโปรไฟท์ (Saprophytes) จุลินทรีย์กลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย มีหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลง แซพโปรไฟท์ปฐมภูมิจะย่อยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง จากนั้นแซพโปรไฟท์แบบปฐมภูมิจะย่อยสารอินทรีย์ดังกล่าวให้เล็กลงไปอีก ระบบบำบัดน้ำเสียที่ดีควรจะมีแซพโปรไฟท์หลายๆ ชนิด เพื่อที่จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างกว้างขวาง

2.3.3 จุลินทรีย์ทำลาย (Predators) เป็นจุลินทรีย์ที่กินจุลินทรีย์ที่เล็กกว่าเป็นอาหาร ระบบเอเอสที่มีจุลินทรีย์ทำลายมาก มักจะทำให้ได้น้ำทิ้งใส และมีประสิทธิภาพสูง จุลินทรีย์ทำลายที่สำคัญได้แก่ ซิลิเอต ที่คลานหากินบนฟล็อค (Crawling Ciliate) และซิลิเอทแบบกิ่งก้านสาขา (Stalked Ciliate)

2.3.4 จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance Organisms) เป็นจุลินทรีย์ที่คอยก่อกวนการทำงานของระบบเอเอสให้มีประสิทธิภาพลดน้อยลง จุลินทรีย์ก่อกวนที่พบบ่อยได้แก่จุลินทรีย์แบบเส้นใย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอน

2.4 ส่วนประกอบของระบบเอเอส

ระบบเอเอสต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญอย่างน้อย 4 อย่าง คือ ถังเติมอากาศ ถังตกตะกอน ระบบหมุนเวียนตะกอนและระบบระบายตะกอนทิ้ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบเอเอส (11)

2.4.1 ถังเติมอากาศ หรือถังเลี้ยงเชื้อ น้ำเสียที่เข้าสู่ถังเติมอากาศ จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียเพื่อให้เป็นอาหาร ภายในถังต้องมีการเติมออกซิเจน ให้จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีพ และเจริญเติบโต นอกจากนี้ในการเติมอากาศต้องทำให้เกิดการกวนน้ำอย่างเพียงพอ เพื่อที่จะให้จุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา เพื่อกระจายความสกปรกให้สม่ำเสมอทั่วทั้งถัง และเพิ่มโอกาศสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์กับความสกปรกซึ่งจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหาร จุลินทรีย์และตะกอนสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้รวมกันเรียกว่า Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) ในการเติมอากาศต้องเติมให้เพียงพอไม่ให้ออกซิเจนเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยควรให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ไม่น้อยกว่า 2 มก./ล. และถ้าควบคุมระบบให้มีเวลากักตะกอนนานแบคทีเรียก็จะต้องการออกซิเจนมากขึ้น โดยปกติเมื่อน้ำเสียมีความสกปรกมากเพียงพอ การเติมอากาศเพื่อให้ออกซิเจนจะให้พลังงานในการกวนน้ำที่เพียงพอ

2.4.2 ถังตกตะกอน จะทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำให้ได้น้ำทิ้งใส น้ำเสียที่มีตะกอนจุลินทรีย์จะถูกส่งจากถังเติมอากาศมายังถังตกตะกอน เพื่อให้ตะกอนเกิดการจมตัวลงสู่ก้นถังและเกิดการอัดตัวได้ตะกอนที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ส่วนน้ำใสที่ผ่านการตกตะกอนแล้วจะล้นออกทางขอบบนของถังตกตะกอน และปล่อยทิ้งออกจากระบบ ซึ่งคุณสมบัติในการตกตะกอน และการอัดตัวของตะกอน จะขึ้นกับค่าเวลากักตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.4.3 ระบบหมุนเวียนตะกอน จะทำหน้าที่สูบตะกอนจุลินทรีย์เข้มข้นจากก้นถังตกตะกอนให้หมุนเวียนส่งคืนกลับไปยังถังเติมอากาศ เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศให้เพียงพอตามที่ออกแบบไว้ อัตราการหมุนเวียนตะกอนจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตะกอนที่หมุนเวียน และความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศที่ต้องการ

2.4.4 ระบบระบายตะกอนทิ้ง จะทำหน้าที่ควบคุมระบบให้มีเวลากักตะกอน หรือ SRT ตามที่ต้องการ เนื่องจากแบคทีเรียมีการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนขึ้นตลอดเวลาจึงต้องมีการระบายตะกอนแบคทีเรียทิ้งบางส่วน เพื่อไม่ให้มีการสะสมของตะกอนมากเกินไปจนเป็นปัญหาต่อการตกตะกอน การระบายตะกอนทิ้งสามารถทำได้ 2 ทางคือ ระบายทิ้งออกทางก้นถังตกตะกอน และระบายทิ้งทางถังเติมอากาศ

2.5 ระบบเอเอสที่นิยมใช้ในประเทศไทย

2.5.1 Conventional Activated Sludge (CAS)

ระบบ CAS หรือระบบเอเอสธรรมดาที่มีการกวนอย่างสมบูรณ์ภายในถังเติมอากาศ การกวนอาจใช้แอเรเตอร์ใบพัด หรือแบบเป่าอากาศก็ได้ การกวนสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ต้องมีการให้พลังงานแก่การกวนน้ำอย่างเพียงพอ

การกวนสมบูรณ์ภายในถัง ทำให้น้ำเสียและตะกอนจุลินทรีย์ที่หมุนเวียนกลับคืนมาเข้าถังเติมอากาศจะถูกกระจายไปทั่วทุกแห่งของถังทันที ทำให้จุลินทรีย์ได้รับอาหารและออกซิเจนอย่างทั่วถึง ลักษณะของการกวนอย่างสมบูรณ์ทำให้ระบบนี้สามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจมีสารพิษติดมาด้วย ทั้งนี้เพราะการเจือจางจะเกิดขึ้นทันที ทำให้พิษมีความเข้มข้นลดน้อยลงเป็นอันมาก

ระบบ CAS นี้ถือว่าเป็นระบบเอเอสแบบธรรมดาซึ่งมีเวลากักตะกอน หรือ SRT ประมาณ 5-10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดตะกอนที่ระบายทิ้งด้วยวิธีหมัก ก่อนนำไปตากแห้ง แห้งหรือดึงน้ำออกด้วยวิธีอื่น ถ้านำตะกอนระบายทิ้งไปตากโดยตรงจะมีการเหม็นเน่าเกิดขึ้น เนื่องจากตะกอนยังไม่คงตัว

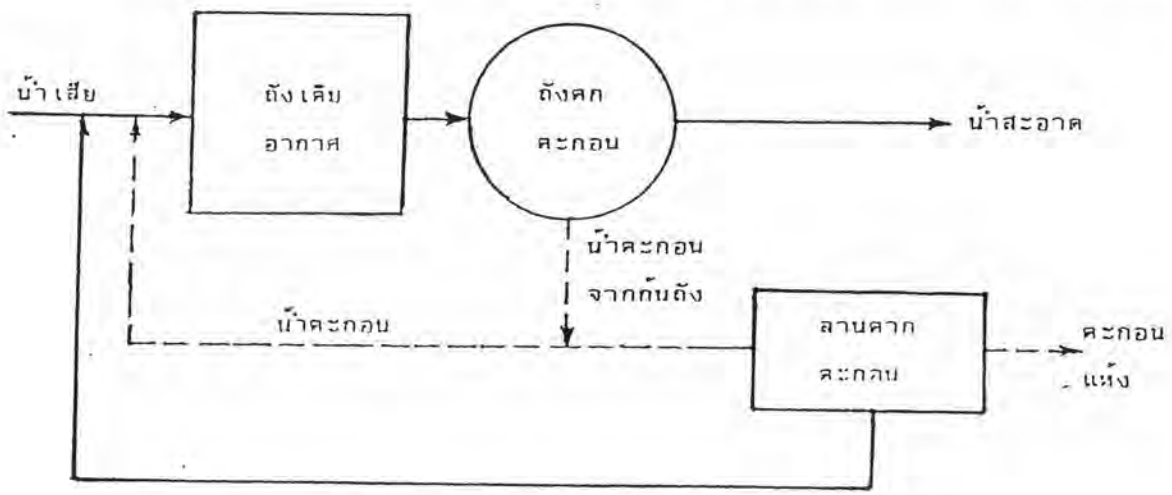
2.5.2 Extended Aeration Activated Sludge (EAAS)

ระบบ EAAS หรือระบบเอเอสแบบหมักในตัว ได้ถูกพัฒนาเพื่อให้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ง่ายและสะดวก โดยตัดถังหมักออกไปจากระบบ ถังเติมอากาศของระบบ EAAS จึงทำหน้าที่ 2 อย่าง คือกำจัดน้ำเสียและย่อยสลายตะกอน ระบบ EAAS จะมีการควบคุมที่แตกต่างจากระบบ CAS โดย EAAS จะควบคุมให้มีระดับ SRT, เวลากักน้ำ และ MLSS สูงกว่า CAS แต่ EAAS มี F/M หรืออัตราส่วนระหว่างอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำกว่า CAS

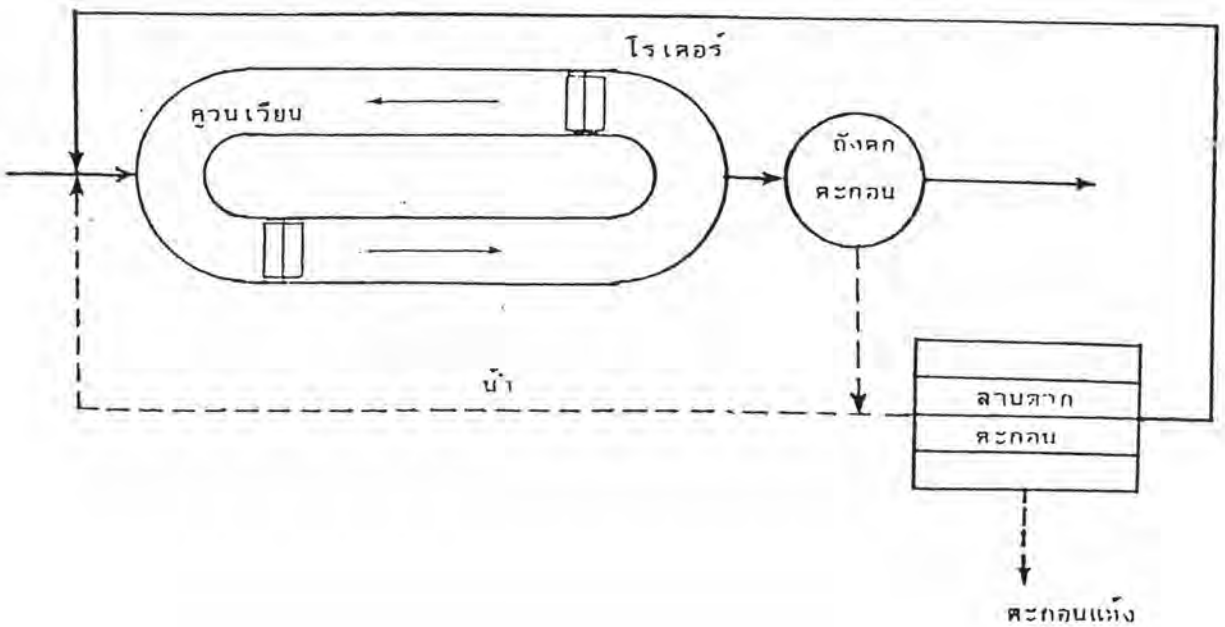
การควบคุมระบบ EAAS ให้แบคทีเรียอยู่ในถังเติมอากาศนาน และได้รับอาหารน้อย เพื่อให้เกิดการย่อยสลายตัวเอง เป็นผลให้มีตะกอนส่วนเกินที่ต้องระบายทิ้งเกิดขึ้นน้อย และอยู่ในสภาพที่คงตัวจนสามารถนำไปตากได้โดยไม่เกิดกลิ่นเหม็น จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ถังหมัก

ระบบเอเอสแบบหมักในตัวที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ แบบธรรมดา และแบบควบเวียน ระบบ EAAS แบบธรรมดาได้แสดงในภาพที่ 2.2 ระบบ EAAS แบบ

คูวนเวียน ได้แสดงในภาพที่ 2.3 (8) เป็นแบบที่มีถังเติมอากาศสร้างเป็นคูน้ำลึกสามารถ 1.2 -1.5 เมตร และมักจะใช้เครื่องเติมอากาศแบบโรเตอร์ ซึ่งคล้ายระหัดวิดน้ำระบบคูวนเวียนได้รับความนิยมมากในประเทศไทยเนื่องจากเครื่องเติมอากาศสามารถสร้างได้ง่าย และมีราคาไม่แพง และเนื่องจากถังเติมอากาศสามารถสร้างโดยการก่ออิฐได้จึงช่วยประหยัดค่าก่อสร้างได้



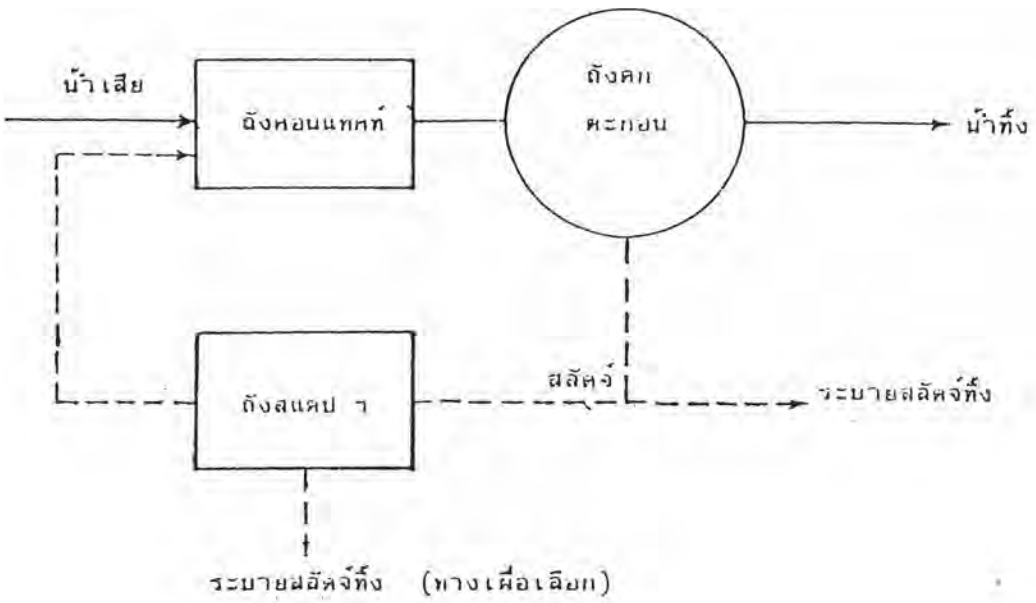
ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบเอเอสแบบหมักในตัวแบบธรรมดา (8)



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของระบบเอเอสแบบหมักในตัวแบบคูวนเวียน (8)

2.5.3 Contact Stabilization Activated Sludge (CSAS)

ระบบ CSAS เป็นระบบเอเอสได้พัฒนาให้สามารถ แต่บำบัดน้ำเสียได้ดีกว่าระบบเอเอสแบบอื่นที่มีขนาดถังเท่ากัน ส่วนประกอบของระบบ CSAS ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของระบบ CSAS (8)

จากภาพที่ 2.4 จะเห็นว่าระบบ CSAS มีถังเติมอากาศ 2 ใบ ได้แก่ ถังคอนแทคท์ (Contact Tank) และถังสแต็ปบิลไลเซชัน (Stabilization Tank) น้ำเสียและตะกอนหมุนเวียนจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศใบแรก หรือถังคอนแทคท์ ซึ่งมีเวลากักน้ำต่ำประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดความสกปรก และสร้างเซลล์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น จากนั้นน้ำตะกอนก็จะไหลไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกน้ำที่บำบัดแล้วทิ้งออกไปจากระบบ และแยกได้ตะกอนเข้มข้นที่ก้นถังตกตะกอน ตะกอนเข้มข้นนี้ ส่วนหนึ่งจะถูกระบายทิ้ง เพื่อควบคุมระดับ SRT ของระบบ และตะกอนอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังถังเติมอากาศใบที่สอง หรือถังสแตปบิลไลเซชัน ซึ่งมีเวลากักน้ำประมาณ 4-8 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการหมัก หรือย่อยสลายตัวเองของตะกอนจุลินทรีย์

จากนั้นตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพหิวโหยนี้ ก็จะถูกส่งหมุนเวียนกลับไปที่ถังคอนแทคท์ และกำจัดความสกปรกในน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว อนึ่งการระบายตะกอนทิ้ง อาจจะระบายออกที่ถังสแตปบิลไลเซชั่น ก็ได้

2.6 โมเดลทางจลศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นผลมาจากการทำลายความสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์ใช้สารอินทรีย์เป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ด้วยเหตุนี้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (dX/Xdt) จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการทำลายสารอินทรีย์ (dS/Xdt) ซึ่งเป็นความสกปรกหรือ BOD ในน้ำเสีย ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำลายความสกปรก (dS/Xdt) กับปริมาณความสกปรกหรือบีโอดี (S) แสดงได้ด้วย สมการที่ดัดแปลงมาจากสมการของโมโนด ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับสมการของ Michaelis Menten ที่ใช้อธิบายจลศาสตร์ของเอนไซม์

$$q = \frac{dS}{Xdt} = \frac{q_m S}{K_s + S} \qquad \text{---(2.2)}$$

q = อัตราจำเพาะของการทำลายบีโอดี เพื่อใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ มีค่าเท่ากับ ความเข้มข้นบีโอดีที่ถูกทำลายต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยความเข้มข้นของจุลินทรีย์ เวลา$^{-1}$

q_m = อัตราสูงสุดที่จะเป็นไปได้ของ q

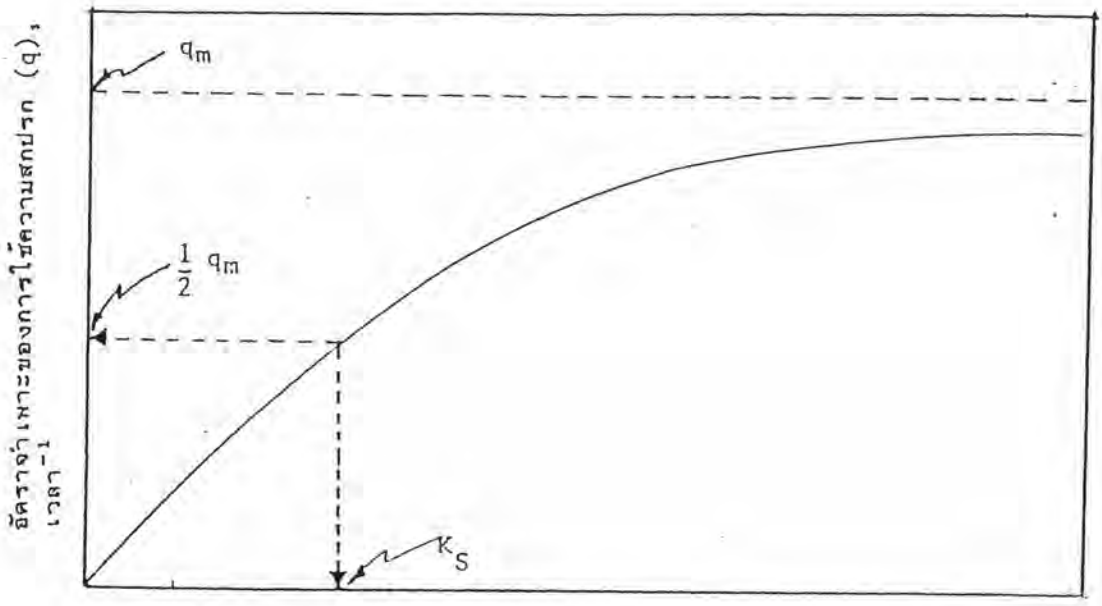
S = ความเข้มข้นของบีโอดี, มก./ล.

X = ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์, มก./ล.

K_s = สัมประสิทธิ์ ครึ่งอัตราเร็ว (Half Velocity Coefficient) มีค่าเท่ากับความเข้มข้นของบีโอดี (S) เมื่อ $q = 0.5\ q_m$, มก./ล.

ความสัมพันธ์ระหว่าง q กับ S แสดงไว้ในภาพที่ 2.5

อัตราสุทธิของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นผลต่างระหว่างอัตราการสร้างเซลล์ กับอัตราการย่อยสลายตัวเอง แสดงได้ด้วยสมการ ดังนี้



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง q และ S

$$u = \frac{dX}{Xdt} = Yq - b \qquad ---(2.3)$$

u = อัตราสุทธิ ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีค่าเท่ากับความเข้มข้นจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยความเข้มข้นของจุลินทรีย์ต่อหน่วยเวลา, เวลา$^{-1}$

Y = สัมประสิทธิ์ ของการเติบโต หรือยีล (Yield) มีค่าเท่ากับมวลจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นต่อมวลบีโอดีที่ถูกกำจัด หรือใช้ไปโดยจุลินทรีย์, มวลต่อมวล (ไม่มีหน่วย)

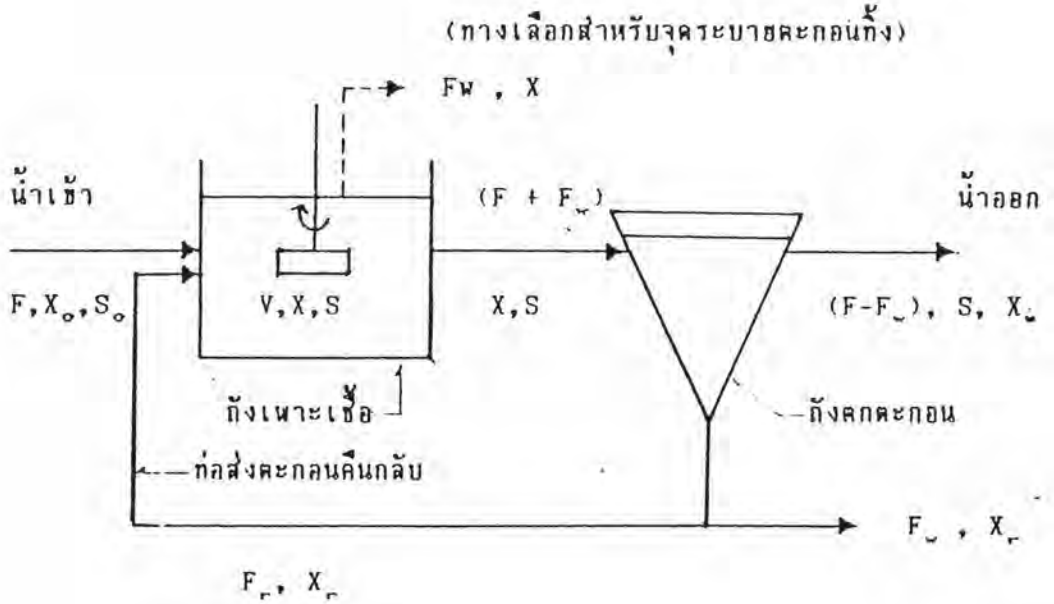
b = อัตราการตายและการย่อยสลายตัวเองของจุลินทรีย์, เวลา$^{-1}$

Y หรือสัมประสิทธิ์ ของการเจริญเติบโต เป็นพารามิเตอร์ที่หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกำจัดบีโอดี และอัตราการเพิ่มหรือเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนี้

$$Y = \frac{dx/dt}{ds/dt} = \frac{dx}{ds} \qquad ---(2.4)$$

สมการที่ (2.2), (2.3) และ (2.4) เป็นสมการที่ใช้อธิบายถึงการกำจัดบีโอดี และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศที่มีการเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยน้ำเสีย แต่อย่างไรก็ตามถังปฏิกิริยาที่มีความแตกต่างทางชลศาสตร์จะมีรายละเอียดทางจลศาสตร์ที่แตกต่างกัน

ระบบเอเอสโดยทั่วไปเป็นถังกวนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอนดังแสดงในภาพที่ 2.6 (11) สามารถเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ให้อยู่ในถังเติมอากาศได้นานกว่าเวลากักน้ำ



ภาพที่ 2.6 สัญญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณจลน์ศาสตร์ของถังกวนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอน (11)

เวลากักน้ำ และเวลากักตะกอนสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$\text{เวลากักน้ำ } (\ ) = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่อยู่ในถัง}}{\text{อัตราการไหลของน้ำออกจากถัง}}$$

$$= V/F \qquad \text{---(2.5)}$$

$$\text{เวลากักตะกอน (SRT)} = \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศ}}{\text{อัตราการระบายตะกอนออกจากถัง}} \qquad \text{---(2.6)}$$

จากภาพที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าการระบายตะกอนจุลินทรีย์สามารถทำได้ 2 ทางคือ ทางก้นถังตกตะกอน หรือทางถังเติมอากาศ ในกรณีการระบายตะกอนทิ้งทางก้นถังตกตะกอนจะเห็นได้ว่า SRT หรือ θ_c มีค่าเท่ากับ

$$\theta_c = \frac{VX}{F_w X_r + (F - F_w) X_e} \qquad \text{---(2.7)}$$

โดยที่

V = ปริมาตรของถังปฏิกิริยาหรือถังเติมอากาศ

X = ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์

F = อัตราการไหลเข้าของน้ำ

F_w = อัตราการระบายตะกอนทิ้ง

X_r = ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่ถูกส่งกลับคืนมาเข้ากับถังเติมอากาศ

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนในน้ำออก

ในกรณีที่ถังเติมอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ X_e จะมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ X_r ดังนั้น สมการที่ (2.7) จึงอาจแทนได้ด้วยสมการใหม่ดังนี้

$$\theta_c = \frac{VX}{F_w X_r} \qquad \text{---(2.8)}$$

สำหรับกรณีที่มีการระบายตะกอนทิ้งทางถังเติมอากาศ สมการที่ (2.9) จะกลายเป็น

$$\theta_c = \frac{VX}{F_w X + (F - F_w)X_e} \qquad ---(2.9)$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อ X_e มีค่าน้อยจะได้

$$\theta_c = \frac{V}{F_w} \qquad ---(2.11)$$

สำหรับถังกวนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอน สามารถเขียนสมการแสดงสมดุลย์ของมวลจุลินทรีย์ได้ดังนี้

อัตราการเปลี่ยนแปลงมวลจุลินทรีย์ = อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ - อัตราการตายของจุลินทรีย์

$$\frac{dX}{Xdt} = \frac{YdS}{Xdt} - b \qquad ---(2.12)$$

$$\frac{1}{\theta_c} = \mu = Yq - b \qquad ---(2.13)$$

แทนค่าสมการที่ (2.2) ลงในสมการที่ (2.13) จะได้

$$S = K_s (1+b\theta_c)/\{\theta_c(Yq_m - b)-1\} \qquad ---(2.14)$$

$$X = (\theta_c/t)\{Y(So-S)/)1+b\theta_c)\} \qquad ---(2.15)$$

$$V = YF\theta_c(So-S)/X(1+b\theta_c) \qquad ---(2.16)$$

2.7 พารามิเตอร์ที่สำคัญในการออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบเอเอส

ระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge, CMAS) ที่มีการหมุนเวียนตะกอน มีพารามิเตอร์สำคัญที่ต้องพิจารณา ดังนี้คือ

2.7.1 เวลากักตะกอนจุลินทรีย์ (Solid Retension Time, SRT)

เวลากักตะกอนจุลินทรีย์ หมายถึงเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บอยู่ในระบบ สามารถคำนวณได้โดย

$$\text{เวลากักตะกอน (SRT)} = \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกิริยา}}{\text{อัตราการระบายตะกอนออกจากระบบ}}$$

เวลากักตะกอน (SRT) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการออกแบบและควบคุมระบบ CMAS ทั้งนี้เนื่องจากค่า SRT มีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ เช่น Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสีย อัตราการระบายตะกอนทิ้ง อัตราการหมุนเวียนตะกอน อัตราความต้องการออกซิเจน ฯลฯ นอกจากนี้ SRT ยังมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในด้านการตกตะกอนให้ได้น้ำใส และการอัดตัวของตะกอน ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอสโดยทั่วไปมี SRT ประมาณ 3-15 วัน ถ้าระดับ SRT ต่ำกว่า 3 วันจะเกิดการเจริญเติบโตแบบเซลล์โดด (Dispersed Growth) จุลินทรีย์จะไม่รวมตัวเป็นฟล็อค (Floc) ทำให้น้ำทิ้งมีตะกอนจุลินทรีย์ปะปนออกไปมาก และอีกทั้งทำให้ตะกอนไม่สามารถอัดตัวได้แน่น ถ้าระดับ SRT สูงกว่า 15 วัน จะเกิดฟล็อคปลายเข็ม (Pin Point Floc) ซึ่งจะปะปนออกไปกับน้ำทิ้งสุดท้ายได้มากทำให้น้ำทิ้งขุ่น และถ้าระดับ SRT สูง 20-30 วัน ตะกอนจุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายตัวเอง ทำให้มีตะกอนเหลือน้อย ส่วนความสกปรก หรือบีเอส ที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้ง จะขึ้นกับอิทธิพลของระดับ SRT ดังแสดงในภาพที่ 2.7 (11) แต่ในช่วงที่ระบบเอเอสที่มี SRT ระหว่าง 3-15 วัน จะสามารถบำบัดให้มีความสกปรก (BOD) ในน้ำทิ้งต่ำตามที่ต้องการเสมอ และมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นการเลือกระดับของ SRT จึงจุดประสงค์เพื่อให้ตะกอน

จุลินทรีย์ตกตะกอนได้ดี และถ้ามีระดับ SRT สูงขึ้นจะมีการระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งน้อยลง ระบบ EAAS ซึ่งมีระดับ SRT สูงคือมีค่า SRT ระหว่าง 20-30 วัน จะลดปริมาณตะกอนที่ต้องระบายทิ้งให้เหลือน้อย แต่คุณสมบัติด้านการตกตะกอนและการอัดตัวของตะกอนจุลินทรีย์จะไม่ดี นอกจากนี้เมื่อระดับ SRT สูงขึ้นจะทำให้มีอัตราความต้องการออกซิเจน, ความเข้มข้นของตะกอนจุลิยทรีย์ (MLSS) และอัตราการหมุนเวียนตะกอน สูงขึ้น นอกจากนี้ระบบเอเอสที่มี SRT สูงจะมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล และความเข้มข้นของน้ำเสียในระยะสั้นได้ดีกว่าระบบที่มี SRT ต่ำ

การควบคุมการทำงานของระบบ ควรรักษาระดับ SRT ให้คงที่ตลอดเวลาแม้ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ สามารถทำได้โดยการควบคุมอัตราการระบายตะกอนทิ้ง

2.7.2 Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

MLSS หมายถึงตะกอนแขวนลอยทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำภายในถังเติมอากาศ ซึ่งประกอบด้วยตะกอนจุลินทรีย์และตะกอนอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ ความเข้มข้นของ MLSS จะแสดงถึงปริมาณแบคทีเรียที่อยู่ในน้ำเสีย ถ้าระบบเอเอสออกแบบให้มีระดับ MLSS ต่ำจะมีความเข้มข้นแบคทีเรียน้อยต้องใช้ถังเติมอากาศขนาดใหญ่ และใช้พลังงานในการกวนและถ่ายเทออกซิเจนสูง แต่ถ้าออกแบบให้มีระดับ MLSS สูงตะกอนแบคทีเรียจะอยู่อย่างหนาแน่นกว่าจึงใช้ถังเติมอากาศที่มีขนาดเล็กกว่า แต่อาจจะต้องใช้ถังตกตะกอนขนาดใหญ่ขึ้น ระบบเอเอสโดยทั่วไปหรือ CAS จะมีค่าความเข้มข้น MLSS น้อยกว่า 3000 มก./ล. ส่วนระบบเอเอสแบบหมักในตัวหรือ EAAS มีความเข้มข้น MLSS ระหว่าง 3000-5000 มก./ล. ในการควบคุมระบบไม่ควรที่จะควบคุม MLSS ให้คงที่เพราะถ้าหาก MLSS มีค่าคงที่ ในขณะที่น้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความสกปรกจะทำให้อัตราส่วนระหว่างอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการควบคุมการทำงานของระบบควรควบคุม SRT ให้คงที่จะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

2.7.3 F/M Ratio

F/M Ratio หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความสกปรกหรืออาหารต่อจำนวนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ F/M Ratio นี้ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและควบคุมระบบเอเอสได้ ถ้าออกแบบระบบเอเอสให้มี F/M ต่ำ ดังนั้นจะมีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์หรือ MLSS ในถังเติมอากาศมาก และมี SRT สูงในทางตรงกันข้ามถ้าหากออกแบบให้ระบบมี F/M

สูงก็จะมีระดับ MLSS และ SRT ต่ำ โดยทั่วไประบบเอเอสแบบ CAS จะมี F/M ประมาณ 0.3-0.5 ส่วน EAAS มีค่า F/M ต่ำกว่าคือประมาณ 0.05-0.1

2.7.4 **อัตราส่วนการหมุนเวียนตะกอนกลับคืน (Recycle Ratio,α)**

อัตราส่วนการหมุนเวียนตะกอนกลับคืน หมายถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการสูบตะกอนจากก้นถังตกตะกอนหมุนเวียน กลับคืนไปยังถังเติมอากาศต่ออัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย การหมุนเวียนตะกอนกลับคืน มีจุดประสงค์เพื่อเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ให้อยู่ในถังปฏิกิริยานานขึ้น และเพื่อรักษาระดับ MLSS ให้เหมาะสม อัตราการหมุนเวียนตะกอนกลับคืนนี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตะกอนที่ก้นถังตกตะกอน ถ้าตะกอนนี้มีความเข้มข้นสูงก็จะมีอัตราหมุนเวียนตะกอนกลับคืนต่ำ แต่ถ้าตะกอนมีความเข้มข้นต่ำก็จะต้องมีอัตราการหมุนเวียนตะกอนสูง การเปลี่ยนแปลงอัตราการหมุนเวียนตะกอนนี้ไม่มีผลโดยตรงต่อขนาดของถังตกตะกอน ถ้าใช้อัตราการหมุนเวียนตะกอนสูง ต้องใช้ระบบหมุนเวียนตะกอนที่ใหญ่ขึ้น ในการควบคุมระบบควรรักษาระดับอัตราการหมุนเวียนตะกอนให้คงที่ แม้ว่าน้ำเสียจะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณ หรือความเข้มข้นก็ตาม

2.7.5 **อัตราการระบายตะกอนทิ้ง (Fw)**

อัตราการระบายตะกอนทิ้ง เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบให้มีระดับ SRT ตามที่ต้องการ ระบบที่มีระดับ SRT สูงจะมีการระบายตะกอนทิ้งน้อย ส่วนระบบที่มีระดับ SRT ต่ำ ต้องระบายตะกอนทิ้งมาก

2.8 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบเอเอส</u>

ระบบเอเอสจะทำงานได้ดีต้องมีปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม 4 ประการ ดังนี้ (11)

2.8.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ หรือดีโอ ระบบเอเอสจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพน้ำในถังเติมอากาศ ต้องมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ เพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงค์ชีวิตและการเจริญเติบโตขยายพันธุ์ ภายในถังเติมอากาศควรมีดีโอประมาณ 0.5-2.0 มก./ล. ถ้าดีโอต่ำกว่า 0.5 มก./ล.จะทำให้โปรโตซัวตาย น้ำทิ้งขุ่น และทำให้แบคทีเรียเส้นใยเพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่ถ้ามีดีโอมากเกินไปจะเป็นการสูญเสียพลังงานในการเติมอากาศโดยเปล่าประโยชน์

2.8.2 อาหารเสริม จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริมที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุอื่นๆ อีกเช่น เหล็ก โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ปกติแร่ธาตุเหล่านี้จะมีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน ถ้าขาดสารอาหารเหล่านี้ จะทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งไม่สามารถตกตะกอนได้ เป็นผลให้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมีลักษณะขุ่น และยังเป็นการเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์ชนิดเส้นใยเจริญเติบโตได้ดีกว่าจุลินทรีย์สร้างฟล้อคซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอน (Sludge Bulking) อีกทั้งยังทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำลง ระบบเอเอสโดยทั่วไปต้องการน้ำเสียที่มีอัตราส่วนระหว่าง BOD:N:P ประมาณ 100:5:1

2.8.3 พีเอช แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับพีเอชระหว่าง 6.5 ถึง 8.5 ถ้าพีเอชในถังเติมอากาศมีค่าต่ำกว่า 6 เป็นเวลานาน จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดลง ทั้งนี้เพราะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ อีกทั้งยังเปิดโอกาศให้จุลินทรีย์ชนิดเส้นใยเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ได้ดีจนเกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนได้ แต่ถ้า pH สูงกว่า 8.5 แบคทีเรียจะมีความสามารถในการทำลายบีโอดีได้ช้าลง

2.8.4 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราการถ่ายเทออกซิเจนของน้ำและการเผาผลาญอาหารของแบคทีเรีย อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงระดับประมาณ 37 °ซ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้น้อยลงอย่างรวดเร็ว และถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปแบคทีเรียก็จะตายหมด

2.9 ไนตริฟิเคชัน

ไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียมีอยู่ 4 ชนิดคือ สารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen), แอมโมเนีย (NH_3), ไนไตรต์ (Nitrite) และ ไนเตรต (Nitrate) โดยเริ่มจาก สารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสีย จะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนียโดยปฏิกิริยา Ammonification จากนั้นแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกกำจัดได้ 2 ทางคือ ถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นสารอาหารเพื่อการสร้างเซลล์ และถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และไนเตรต โดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) สามารถแสดงได้ตามสมการต่อไปนี้

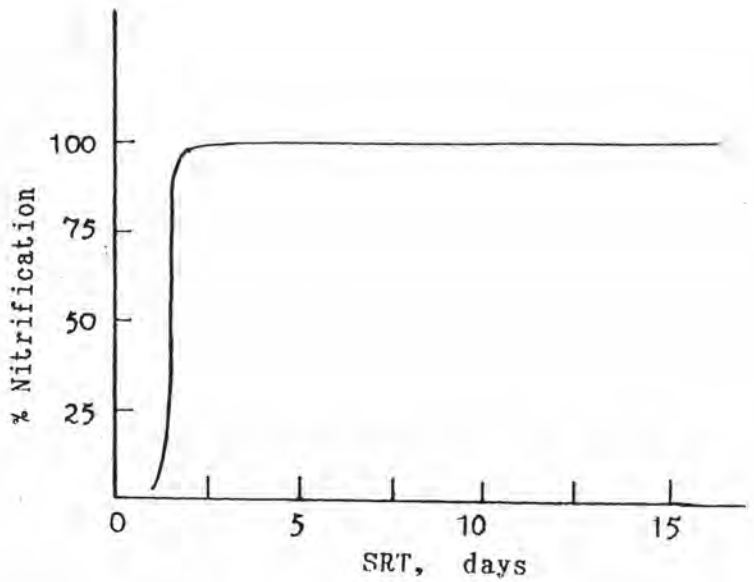
$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O \quad ---(2.17)$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad ---(2.18)$$

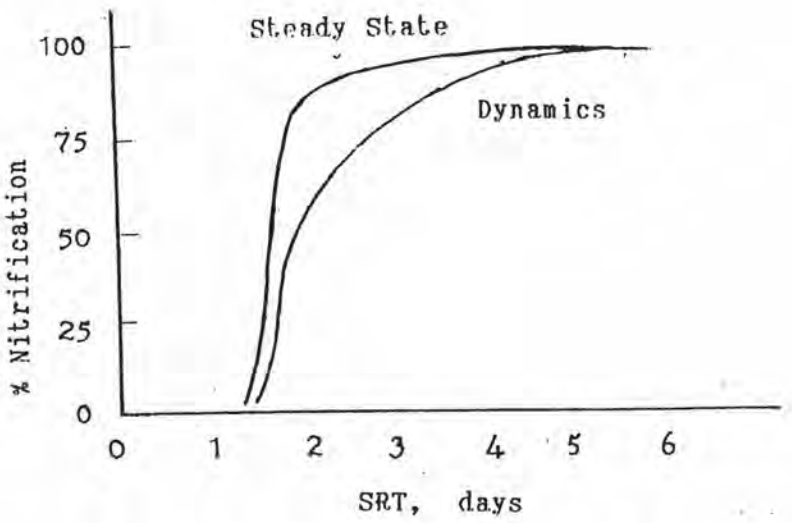
ไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทั้งสองนี้ ได้แก่ ไนโตรโซโมนาส (Nitrosomonas) และไนโตรแบคเตอร์ (Nitrobacter) ตามลำดับ จากปฏิกิริยาจะเห็นว่าเกิดไฮโดรเจนอิออน (H^+) ซึ่งทำให้น้ำเสียมีสภาพเป็นกรดจึงต้องการสภาพด่าง (Alkalinity) เพื่อสร้างสภาพความเป็นกลาง (Neutralization) ให้แก่น้ำเสีย โดยแอมโมเนีย 1 กรัมต้องการสภาพด่างในรูปไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ถึง 8.64 กรัม ถ้าหากน้ำเสียมี Buffer Capacity ไม่เพียงพอก็จะทำให้เกิด pH ต่ำในถังเติมอากาศ ซึ่งเมื่อ pH ต่ำอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันจะลดลง ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของระบบควรรักษาระดับของ pH ให้เหมาะสมคือประมาณ 7.2

M.E.Ssalvador (12) ได้ศึกษาพบว่า ถ้าสภาพด่างมีค่าลดลงจนต่ำกว่า 20 มก./ล แล้วแสดงว่า Buffer Capacity ของน้ำเสียกำลังจะหมด

ไนตริฟิเคชันสามารถเกิดขึ้นได้ในถังเติมอากาศของระบบเอเอส พร้อมกับการกำจัดสารอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียให้กลายเป็นไนเตรตหรือการเกิดไนตริฟิเคชั่นจะขึ้นอยู่กับ SRT ดังแสดงในภาพที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าการเกิดไนตริฟิเคชันในระบบเอเอสภายใต้สภาวะคงที่จะเป็นแบบสมบูรณ์หรือไม่เกิดเลย ไนตริฟิเคชันจะเกิดได้เกือบ 100% หรือไม่ก็ถูกวัชเอาท์ออกจากถังไปเลย ส่วนอิทธิพลของ SRT ต่อผลงานทำงานในสภาวะที่ไม่คงที่ (Dynamic Performance) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.8 จะเห็นว่าที่ SRT ต่ำอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันในสภาวะไม่คงที่จะต่ำกว่าในสภาวะคงที่ และไนตริฟิเคชันสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ต้องมี SRT นานกว่าในกรณีของสภาวะคงที่ โอกาสอีกอย่างหนึ่งซึ่งไม่อำนวยให้เกิดปรากฏการณ์ของไนตริฟิเคชันแบบเกิดอย่างสมบูรณ์หรือไม่เกิดเลยได้แก่ กรณีที่น้ำเสียมีความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงมากเกินไป ทำให้มีความเข้มข้นของไนไตรต์ และไนเตรตที่สร้างขึ้นมีแนวโน้มที่เกิดมากเกินไปจนสามารถยับยั้งแบคทีเรียมิให้มีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แม้ว่าจะมี SRT สูงมากก็ตาม



ภาพที่ 2.7 อิทธิพลของ θ_c ที่มีต่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในถังกวนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอน และทำงานที่สภาวะคงที่ (11)



ภาพที่ 2.8 การเปรียบเทียบปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันที่สภาวะคงที่และสภาวะไดนามิคส์ ใน ถังกวนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอน (11)

2.10 ดีไนตริฟิเคชัน

ไนเตรตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซไนโตรเจนหนีขึ้นสู่อากาศโดยอาศัยปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ในกรณีนี้ไนเตรตเป็นสารรับอีเลคตรอนและมีสารอินทรีย์คาร์บอนเป็นตัวให้อีเลคตรอน ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทได้ตามชนิดของคาร์บอน ดังนี้ (11)

1. Substrate nitrate denitrification จุลินทรีย์จะใช้แหล่งคาร์บอนจากภายนอกเซลล์เช่นบีโอดีที่อยู่ในน้ำเสีย และได้ออกซิเจนจากไนเตรต และเกิดการเจริญเติบโตของเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งแสดงสมการได้ ดังนี้

$$C_{10}H_{19}O_3N + 10NO_3^- \longrightarrow 5N_2 + NH_3 + 3H_2O + 10HCO_3^- \quad ---(2.19)$$

2. Endogeneous nitrate denitrification เป็นการย่อยสลายตัวเองของจุลินทรีย์โดยใช้แหล่งคาร์บอนภายในเซลล์ และใช้ออกซิเจนจากไนเตรต แสดงสมการได้ดังนี้

$$C_5H_7O_2N + NO_3^- \longrightarrow CO_2 + NH_3 + 2N_2 + 4HCO_3^- \quad ---(2.20)$$

จากสมการทั้งสองจะเห็นว่ามีไบคาร์บอเนต เกิดขึ้นในปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ทำให้น้ำเสียมีสภาพด่าง (Alkalinity) เพิ่มขึ้นโดยในการกำจัดไนเตรต 1 กรัม ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน จะได้สภาพด่างในรูปไบคาร์บอเนต (HCO_3) 3.5 กรัม จึงทำให้ pH ของน้ำเสียมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันนี้ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ ของตะกอนในถังตกตะกอน เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนที่ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำจะพาตะกอนให้ลอยขึ้นมาด้วย และอาจทำให้มีตะกอนปะปนออกไปกับน้ำทิ้งได้ จึงทำน้ำทิ้งมีความสกปรก และตะกอนแขวนลอยสูง และถ้าหากมีตะกอนปะปนออกไปกับน้ำทิ้งมาก อาจทำให้ SRT มีค่าต่ำได้ ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นได้ดีถ้าระดับของดีโอต่ำมาก และเข้าใกล้ศูนย์ นอกจากนี้ pH และอุณหภูมิยังมีผลต่อการเกิดดีไนตริฟิเคชันอีกด้วย ช่วง pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ 7.0 ถึง 7.5 ถ้า pH สูงกว่า 8 หรือต่ำกว่า 6 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจะลดลง ส่วนอุณหภูมินั้นถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °ซ จะส่งผลกระทบให้อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันลดลงได้มากกว่ากรณีที่อุณหภูมิสูง กว่า 15 °ซ

2.11 ปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอนของระบบเอเอล

ในระบบเอเอลที่มีประสิทธิภาพสูง ตะกอนแขวนลอยในถังเติมอากาศควรมีสีน้ำตาลเข้ม และจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนซึ่งสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว และได้น้ำทิ้งที่ผ่านการตกตะกอนแล้วจะมีลักษณะใส การตกตะกอนที่ดีจะพบว่าค่า V_{30} ควรอยู่ในช่วง 200-800 มล. และค่า SVI หรือ Sludge Volume Index ควรอยู่ในช่วง 75-200 นอกจากนี้ถ้าตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบโปรโตซัวชนิดต่างๆ เป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (10) และจะพบด้วยว่าแบคทีเรียจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ ส่วนการตกตะกอนอย่างมีปัญหาจะเกิดขึ้นถ้าสภาวะในถังเติมอากาศไม่เหมาะสม ตะกอนไม่อาจจมตัวได้อย่างปกติทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากถังตะกอนมีตะกอนแขวนลอยออกไปมาก เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดลงไป ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอนต่างๆ ได้แก่

2.11.1 การตกตะกอนของเซลล์ที่มีอายุน้อย

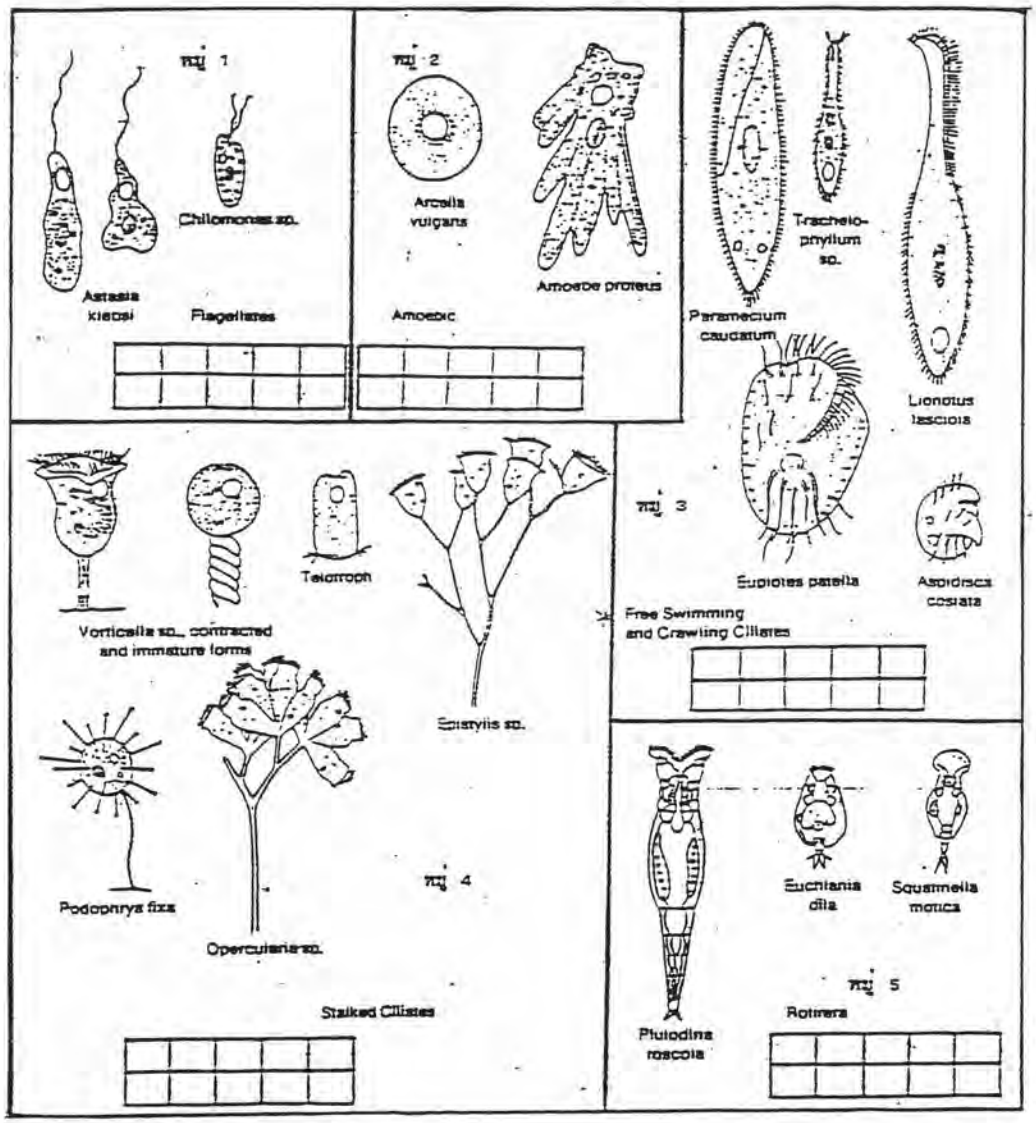
ในระบบเอเอลที่มีระดับ SRT ต่ำ หรือระบบที่เริ่มเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในถังเติมอากาศจะมีอายุน้อยเกินไปจึงไม่จับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน และแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยไม่ตกตะกอนจึงได้น้ำทิ้งขุ่น เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จะไม่พบโปรโตซัวเลย การแก้ไขปัญหานี้ทำโดยเพิ่ม SRT ให้มีระดับน้อยกว่า 5 วัน

2.11.2 การตกตะกอนของแบคทีเรียที่ไม่สมบูรณ์

แบคทีเรียที่มีสภาพไม่สมบูรณ์แม้ว่าจะมีอายุเพียงพอแล้ว อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น ได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ได้รับฟอสฟอรัสน้อยเกินไป และพีเอชในถังเติมอากาศมีค่าต่ำเกินไป แบคทีเรียที่ไม่สมบูรณ์นี้จะไม่สามารถตกตะกอนได้หมด แม้ว่าตะกอนส่วนใหญ่จะจมตัวได้ก็ตามจึงทำให้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนแล้วมีลักษณะขุ่น การแก้ไขทำได้โดยรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

2.11.3 การตกตะกอนแบบปกติแต่มีตะกอนลอยในภายหลัง

ปัญหาตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของถังตกตะกอน มักเกิดขึ้นกับน้ำเสีย



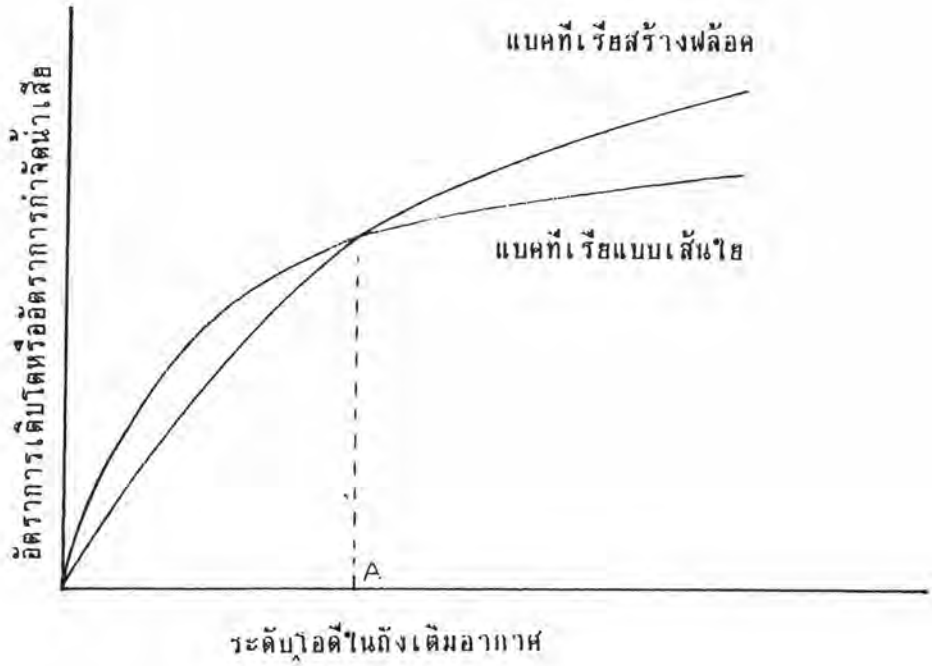
รูปที่ 2.9 โปรโตซัวและจุลินทรีย์ ที่มักพบในระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ (10)

ที่มีไนโตรเจนสูง เนื่องจากในเตคดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไตฟิเคชั่นในถังเติมอากาศ ได้ถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซในโตรเจน โดยปฏิกิริยาดี ไนตริฟิเคชั่นในถังตกตะกอน ก๊าซในโตรเจนจะลอยขึ้นสู่ข้างบน และพาตะกอนให้ลอยตัวขึ้นปกคลุมผิวน้ำของถังตกตะกอน อาจมีตะกอนบางส่วนหลุดออกไปกับน้ำทิ้งได้ น้ำทิ้งจึงมีคุณภาพต่ำ การแก้ไขอาจทำได้โดย เพิ่มอัตราการหมุนเวียนตะกอน เพิ่มดีโอในถังเติมอากาศ และวิธีป้องกันที่ดีที่สุดคือ ควบคุมให้มี SRT ไม่เกิน 5-7 วัน

2.11.4 โรคจมตัวไม่ลงของตะกอน (Sludge Bulking) (13)

ในระบบเอเอสที่เป็นโรคจมตัวไม่ลงของตะกอน การตกตะกอนในถังตกตะกอนจะเกิดขึ้นได้ช้ามาก จนตะกอนไม่สามารถแยกออกจากน้ำได้หมด และจะได้น้ำทิ้งขุ่น ในระบบเอเอสที่มีการตกตะกอนเป็นปกติ ควรจะมี SVI ประมาณ 75-200 ถ้าหาก SVI มีค่าต่ำกว่า 75 มักจะเป็นการตกตะกอนของเซลล์อิสระ ซึ่งสามารถตกตะกอนได้เร็วแต่จะได้น้ำทิ้งขุ่น สำหรับระบบเอเอสที่เป็นโรคจมตัวไม่ลงของตะกอน จะมี SVI สูงกว่า 200 เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่ามีแบคทีเรียเส้นใยเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ตะกอนที่เป็นโรคจมตัวไม่ลง V_{30} จะมีค่าสูง ซึ่งถ้ารุนแรงมากจน V_{30} มีค่าสูงถึง 980 หรือ 990 มล. จะทำให้ตะกอนละลมตัวลูงขึ้น จนล้นออกจากถังตกตะกอนพร้อมกับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งจึงมีความลกปรกสูงขึ้น อีกทั้งการสูญเสียตะกอนออกไปกับน้ำทิ้ง จะทำให้ระดับ MLSS ในถังเติมอากาศมีค่าลดลง ถ้าหากการสูญเสียตะกอนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจทำให้เหลือตะกอนในถังเติมอากาศน้อยมาก จนกระทั่งระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โรคจมตัวไม่ลงของตะกอนในระบบเอเอส เกิดขึ้นเนื่องจากมีแบคทีเรียพวกเส้นใยเป็นจำนวนมากแบคทีเรียพวกเส้นใยสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดสร้างฟล้อคเกิดขึ้นได้ทั้งในถังเติมอากาศที่มีสภาวะแวดล้อมเป็นปกติ และผิดปกติ ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นปกติ แบคทีเรียพวกเส้นใยจะเจริญเติบโตได้ดี เมื่อมีระดับอาหารในถังเติมอากาศต่ำ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.10 (13) จากกราฟอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย กับระดับอาหารในถังเติมอากาศ ซึ่งได้มาจากสมการของโมโนด จะเห็นว่าเมื่อระดับอาหารในถังเติม-อากาศมีค่าน้อยกว่า A แบคทีเรียเส้นใยจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียนชนิดสร้างฟล้อค แต่



ภาพที่ 2.10 อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับระดับสารอาหาร ในถังเติมอากาศ ซึ่งได้มาจากสมการของโมโนด (13)

เมื่อระดับอาหารสูงกว่า A แบคทีเรียสร้างฟล้อคจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดเส้นใย ดังนั้นระบบเอเอสที่ทำงานได้ดี สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีบีโอดีต่ำได้ จึงมีโอกาสที่จะเกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนได้ ส่วนสภาวะแวดล้อมที่ผิดปกติ ซึ่งสนับสนุนให้แบคทีเรียพวกเส้นใยเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียสร้างฟล้อคจนทำให้เกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอน ได้แก่ น้ำเสียมีพีเอชต่ำ น้ำเสียที่มี N และ P น้อยเกินไป น้ำเสียที่ขาดแร่ธาตุบางชนิด น้ำเสียที่มีแป้งและ

น้ำตาล ถังเติมอากาศบีโอดี และพีเอชต่ำ ออร์กานิคโหลดสูงเกินไป หรือต่ำเกินไป และอุณหภูมิต่ำเกินไป

D.M.D Gabb Et.al (14) พบว่าการเกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนที่พบในแบบจำลอง จะเป็นแบคทีเรียเส้นใยชนิด Sphaerotitus Natans ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่พบในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป โดยแบคทีเรียเส้นใยชนิดนี้ ถูกเพาะเลี้ยงให้เกิดขึ้นได้ดี จาก S.Natans ที่เจริญเติบโตเกาะอยู่บนผิวของท่อส่งน้ำเข้าระบบ และเกาะบนพื้นผิวของถังเติมอากาศ ซึ่งอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิว ต่อปริมาตรของระบบของแบบจำลองจะมีค่าสูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียจริงมาก จึงพบเกิดโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนจาก S.Natans ได้มากกว่า

การแก้ปัญหาโรคจมตัวไม่ลงของตะกอนสามารถทำได้โดยป้องกันมิให้แบคทีเรียเส้นใยเกิดขึ้น โดยรักษาสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วให้เหมาะสม เพื่อให้แบคทีเรียสร้างฟล้อคเจริญเติบโตได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังจะต้องรักษาระดับบีโอดีในถังเติมอากาศ มิให้ต่ำจนเกินไป จนแบคทีเรียเส้นใยเจริญเติบโตได้ดี แต่ในขณะเดียวกันต้องได้น้ำทิ้งที่มีบีโอดีต่ำ ซึ่งการรักษาระดับบีโอดีนี้ สามารถทำได้ 3 วิธีคือ

1. การใช้ถังคัดพันธุ์ หรือถัง Selector ตามวิธีของ Chudoba วิธีนี้ใช้ถังเติมอากาศหลายใบต่อกันอย่างอนุกรม ถังใบแรกเรียกว่าถังคัดพันธุ์แบคทีเรีย ถังนี้ต้องออกแบบให้รับออร์กานิคโหลดสูงมาก เพื่อให้แบคทีเรียชนิดสร้างฟล้อคได้รับอาหารทั้งหมด และเจริญเติบโตจนเป็นแบคทีเรียหลัก แบคทีเรียชนิดสร้างฟล้อคที่เติบโตในถังคัดพันธุ์จะถูกส่งไปยังถังใบอื่นๆ ทำให้ทั้งระบบมีแต่แบคทีเรียชนิดสร้างฟล้อคเป็นส่วนใหญ่ ถังเติมอากาศใบต่อไปสามารถออกแบบให้รับออร์กานิคโหลดระดับปกติ ซึ่งมี F/M ไม่เกิน 0.3

2. ใช้ถังเติมอากาศแบบปลั๊กโฟลว (Plug Flow) มีหลักการเช่นเดียวกับวิธีแรก นั่นคือพยายามให้บริเวณต้นถังได้รับน้ำเสียมากจนมีระดับอาหารที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียชนิดสร้างฟล้อคและถูกส่งต่อไปยังท้ายถังจนกระทั่งเป็นแบคทีเรียหลักของระบบ

3. วิธีป้อนน้ำเสียแก่ถังเติมอากาศเป็นช่วงๆ อย่างไม่ต่อเนื่อง ลักษณะเช่นนี้ทำให้ถังเติมอากาศมีระดับอาหารสูงในขณะที่เริ่มป้อนน้ำเสีย แบคทีเรียชนิดสร้าง

ฟล้อคซึ่งมีความสามารถแย่งอาหารได้รวดเร็วกว่าเมื่อมีอาหารอยู่ในระดับสูงจะเติบโตได้ดีกว่า แต่วิธีนี้ไม่สามารถควบคุมให้มีระดับบีโอดีสูงได้อย่างต่อเนื่อง และจัดเป็นวิธีที่ไม่แน่นอน บางครั้งก็ได้ผลบางครั้งก็ไม่ได้ผล จึงเป็นวิธีที่ไม่น่าเชื่อถือ