หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย จัดอยู่ในขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนประเภทที่มีจุลินทรีย์อยู่ในลักษณะแขวนลอย เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการพัฒนามากที่สุด เกิดเป็นแบบปลีกย่อยใหม่อีกหลายชนิดเรียกชื่อต่าง ๆ กัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 แต่ทุกชนิดจะมีหลักการเหมือนกัน แตกต่างบ้างก็ที่วิธีการสร้างสภาพแวดล้อมให้กับจุลินทรีย์ในระบบเท่านั้น

สำหรับการศึกษานี้จะเน้นที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทกวนส่มบูรณ์ที่มีการเวียนตะกอนกลับ ซึ่งเป็นระบบทางชีวภาพชนิดที่เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียที่มีสารพิษ ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยได้ดีที่สุด

3.1 ลักษณะทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย

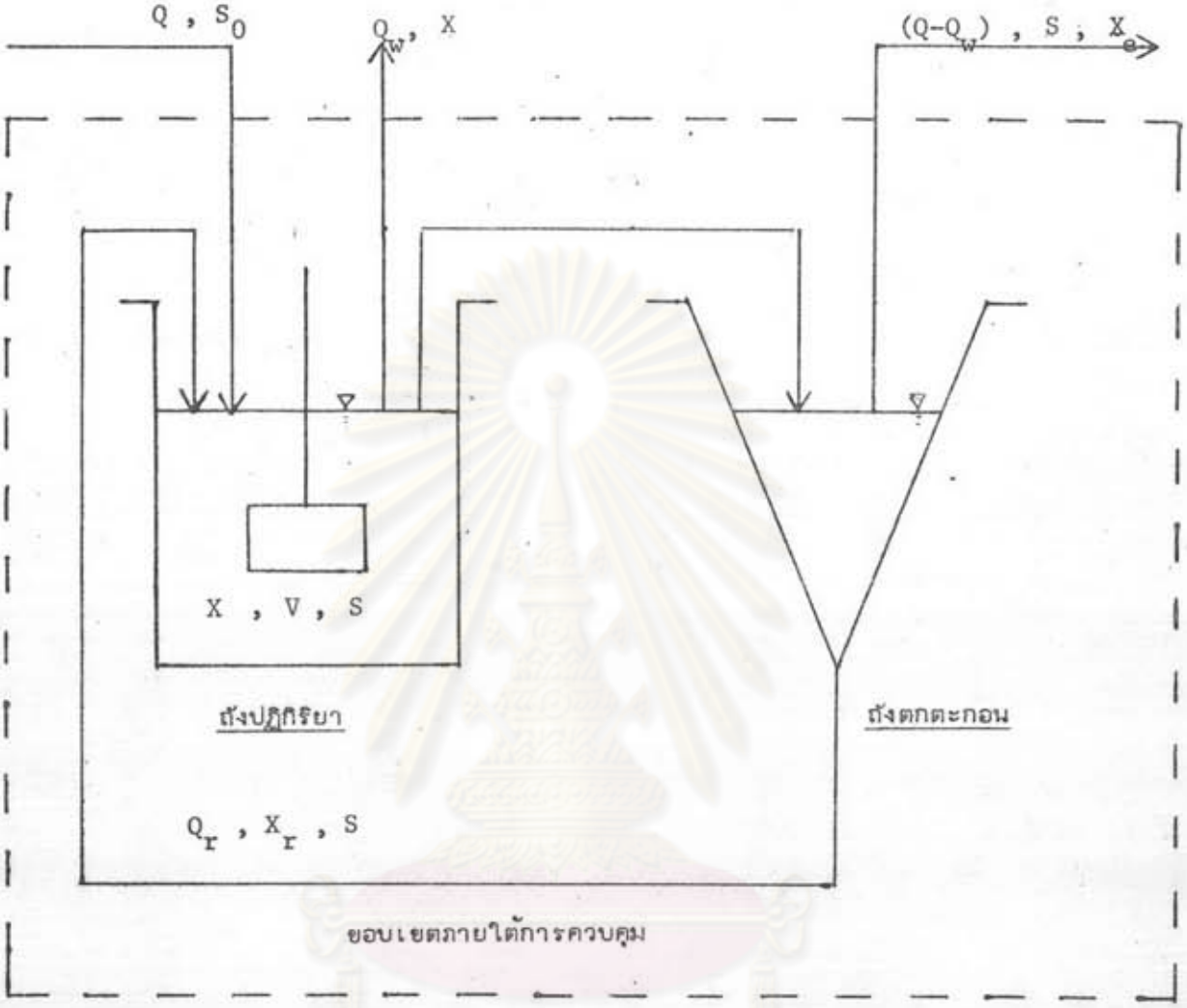
หลักการบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวกลางกำจัดและลดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน โดยมีการผสมและคนให้เข้ากันระหว่างน้ำเสียและจุลินทรีย์ พร้อมทั้งเติมให้มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น เกิดเป็นตะกอนจุลินทรีย์ที่สามารถแยกออกได้ด้วยการตกตะกอน ทำให้น้ำทิ้งสะอาดขึ้น ด้วยเหตุนี้ลักษณะทั่วไปของระบบจึงประกอบด้วย ถังปฏิกิริยาซึ่งมีการเติมอากาศ และถังตกตะกอน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 เมื่อน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกิริยาซึ่งมีจุลินทรีย์ ทำการกวนและเติมอากาศ การกำจัดความสกปรกด้วยจุลินทรีย์จะเกิดขึ้น อนุภาคคอลลอยด์และสารอนินทรีย์ที่ปนอยู่ในน้ำเสียจะถูกดูดซับทำให้รวมตัวกัน ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน เกิดเป็นตะกอนจุลินทรีย์ปนอยู่ในน้ำ เรียกว่าน้ำ-ตะกอน (Mixed Liquor Suspended Solid) น้ำ-ตะกอนจะถูกปล่อย

ตารางที่ 6 รายชื่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทต่าง ๆ (Steward,1971;Metcalf & Eddy,Inc,1979)

1. Conventional Activated Sludge.
2. Step Aeration Activated Sludge.
3. Tapered Aeration Activated Sludge.
4. Extended Aeration Activated Sludge.
5. Contact Stabilization Activated Sludge.
6. Pure Oxygen Activated Sludge.
7. Completely Mixed Activated Sludge.
8. Hatfield - Kraus System.
9. Activated Aeration.
10. Short Term Aeration.
11. Aerated Lagoon.
13. Water Cooling Tower.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5 แผนภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย ประเภทกวนส่วนสมบูรณ์ที่มีการหมุนเวียนตะกอนกลับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้ไหลเข้าถังตกตะกอน ตะกอนจุลินทรีย์จะแยกตัวตกตะกอนลงก้นถังตกตะกอน ได้น้ำใสที่ละอาดยิ่งไหลออกจากตอนบนของถังตกตะกอน ตะกอนจุลินทรีย์ในก้นถังตกตะกอนบางส่วนจะถูกส่งเข้าถังปฏิกิริยาเพื่อคงความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยานั้น ตะกอนส่วนเกินจะถูกระบายทิ้ง

ความสำเร็จของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยอยู่ที่การใช้จุลินทรีย์กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียแล้วรวมตัวเป็นตะกอนแยกออกจากน้ำได้ด้วยวิธีการตกตะกอนตามธรรมชาติ จะเห็นว่าจุลินทรีย์มีความสำคัญต่อระบบมาก

3.2 <u>นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย</u>

ในขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจะประกอบด้วยฝูงมวลจุลินทรีย์ของ แบคทีเรีย (Bacteria) โปรโตซัว (Protozoa) โรติเฟอร์ (Rotifer) รา (Fungi) สาหร่าย (Algae) บางครั้งก็พบพวกหนอน (Nematodes) ปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดองค์ประกอบของประชาคมจุลินทรีย์คือ ลักษณะของน้ำเสีย สภาวะแวดล้อม การควบคุมและการทำงานของระบบ ทั้งนี้แบคทีเรียและโปรโตซัวเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อระบบที่สุด แบคทีเรียจะเป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยตรงด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจน เขียนสมการได้ดังนี้

สารเฉื่อย + สารอินทรีย์ + ออกซิเจน + สารอาหาร + จุลินทรีย์
(Inert matter) (Organic Matter) (Oxygen) (Nutrients) (Microorganisms)

→ จุลินทรีย์เกิดใหม่ + คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + สารเฉื่อยที่เพิ่มขึ้น
(New Microorganisms) (Carbondioxide) (Water) (Additional inert-matter)

ส่วนโปรโตซัวกินแบคทีเรียเป็นอาหาร ช่วยกำจัดจำนวนแบคทีเรีย ซึ่งมีผลต่อการตกตะกอนทำให้ได้น้ำใสขึ้น

จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยอาจจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย (Saprophytes Microorganisms)
2. จุลินทรีย์ที่สร้างกลุ่มตะกอน (Flocforming Microorganism)

3. จุลินทรีย์ทำลาย (Predator Microorganisms)

4. จุลินทรีย์ก่อกวน (Nuisance Microorganisms)

1. จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย เป็นจุลินทรีย์ที่รับผิดชอบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรีย Gram-Negative Bacilli แต่ก็มีราและโปรโตซัวรวมอยู่ด้วย จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ จุลินทรีย์แบบปฐม (Primary) และจุลินทรีย์แบบทุติยะ (Secondary) จุลินทรีย์แบบปฐม จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ แล้วจุลินทรีย์แบบทุติยะจะทำการย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ นั้นต่อไปจนสมบูรณ์ สิ้นสุดของปฏิกิริยาการย่อยสลายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

2. จุลินทรีย์สร้างกลุ่มตะกอน ประกอบด้วยแบคทีเรีย Zoogloea ramigera เป็นสำคัญ ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียช่วยในการย่อยสลายด้วย แต่ก็พบว่าโปรโตซัวและราสามารถทำให้เกิดการรวมกลุ่มเป็นตะกอนจุลินทรีย์ได้

3. จุลินทรีย์ทำลาย ประกอบด้วยโปรโตซัวที่จับแบคทีเรียกินเป็นอาหาร ได้แก่ พวก Crawling Ciliates และ Stalked Ciliates บางครั้งก็พบ Amoeba และ Flagellates ปะปนอยู่ด้วย

4. จุลินทรีย์ก่อกวน เป็นจุลินทรีย์ที่มีเส้นใย ก่อกวนการทำงานของระบบขัดขวางการแยกตัวของตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำ ทำให้เกิดการจมไม่ลงของตะกอน จุลินทรีย์พวกนี้ประกอบด้วยรา และ Filamentous Bacteria

ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยต้องรักษาสภาพแวดล้อมให้เหมาะแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อระบบมากที่สุด การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนจะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม และอาหารอันประกอบด้วย

1. pH pH ต้องไม่เป็นกรดเกินไปหรือด่างเกินไป ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 7.5 ถ้า pH ต่ำกว่า 6.5 ราจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย pH สูง

กว่า 9.0 จะลดอัตราการเผาพลาญอาหารในเซลล์

2. อาหาร สูตรทั่วไปของแบคทีเรีย คือ $C_5H_7O_2NP_{0.2}$ ซึ่งเป็นเซลล์ที่ประกอบด้วยน้ำ 80% และเนื้อ 20% ส่วนที่เป็นเนื้อประกอบด้วยสารอินทรีย์ 90 % ซึ่งจะเป็นคาร์บอน 53% โดยน้ำหนัก และประกอบด้วยสารอนินทรีย์อีก 10% ซึ่งมี Fe 1% as Fe_2O_3 K 6% as K_2O Mg 8% as MgO Ca 9% as CaO N 11% as N_3O S 15% as SO_3 P 50% as P_2O_5 ดังนั้นสารอาหารของแบคทีเรียอาจแบ่งเป็น อาหารที่ใช้เป็นพลังงานในการสร้างเซลล์ (Food) ได้แก่ สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ และอาหารเสริมสร้าง (Nutrient) ใช้เป็นส่วนน้อยแต่จำเป็นในการดำรงชีวิต ได้แก่ สารประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โปรตัสเซียม แคลเซี่ยม ฯลฯ ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยทั่วไปกำหนดให้มีอัตราส่วนสารอาหารในค่าของ COD:N:P ไม่น้อยกว่า 150:5:1

3. อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการถ่ายเทออกซิเจน และการเผาพลาญอาหาร อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงจุด ๆ หนึ่งก็จะลดลง และในที่สุดถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปแบคทีเรียก็จะตายหมด อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยควรมีค่าประมาณ 30^oC.

4. ออกซิเจน การย่อยสลายสารอินทรีย์ การสร้างเซลล์และการย่อยสลายตัวเองของแบคทีเรีย จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยต้องเติมอากาศให้มีออกซิเจนอิสระเพียงพอแก่การดำรงชีพของ Aerobic Bacteria และ Facultative Bacteria เพื่อให้ได้ผลสิ้นสุดของปฏิกิริยาชีวเคมีเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่มีกลิ่นรบกวน

3.3 <u>ผลน์ค่าสัตร์ของจุลินทรีย์</u>

สภาพแวดล้อม pH อุณหภูมิ อาหาร ออกซิเจน รวมถึงธรรมชาติและชนิดของน้ำเสียและจุลินทรีย์ ล้วนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ได้รวมแสดงไว้ในค่าสัมประสิทธิการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Micro-organism cell yield) ซึ่งหมายถึงมวลจุลินทรีย์หรือปริมาณของเซลล์ที่ถูกสร้างขึ้นจาก

หนึ่งหน่วยของสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดออกจากน้ำเสีย หรือเป็นอัตราส่วนระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีความสำคัญต่อการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ทำให้ทราบสถานภาพของจุลินทรีย์ และปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินอันเป็นผลจากปฏิกิริยาชีวเคมีของการบำบัดน้ำเสีย

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ อธิบายได้ด้วยสมการของโมโนด (Monod Equation) หรือจากสมการสมดุลย์ของมวลสาร (Mass Balance Equation)

Sherrard et al., (1973), Lawrence and McCarty (1970) ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย-ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยประเภทกวนสมบูรณ์ซึ่งมีแผนผังดังรูปที่ 5

โดยสมการแสดงความสมดุลย์ของมวลจุลินทรีย์ในระบบเขียนได้ ดังนี้

$$\begin{bmatrix}\text{อัตราการเปลี่ยน-}\\ \text{แปลงของมวล}\\ \text{จุลินทรีย์ในถัง}\\ \text{ปฏิกิริยา}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\text{อัตรายองมวล}\\ \text{จุลินทรีย์ที่เข้า}\\ \text{สู่ถังปฏิกิริยา}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\text{อัตราการเกิด}\\ \text{สุทธิของมวล}\\ \text{จุลินทรีย์ในถัง}\\ \text{ปฏิกิริยา}\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}\text{อัตรายองมวล}\\ \text{จุลินทรีย์ที่ออก-}\\ \text{จากถังปฏิกิริยา}\end{bmatrix}$$

หรือ

$$V\left(\frac{dX}{dt}\right) = Q.X_o + \left[(Y_{max}.U.X - b.X)\ V\right] - \left[Q_w.X + (Q - Q_w).\ X_e\right] \quad .....(1)$$

ภายใต้การควบคุมให้ระบบอยู่ในสภาวะคงที่ $\left(\frac{dX}{dt} = 0\right)$ และสมมติว่าไม่มีจุลินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ $(X_o = 0)$ สมการที่ 1 สามารถเขียนได้เป็น

$$\frac{1}{\theta_c} = Y_{max}.\ U - b \quad .....(2)$$

เมื่อ

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X + (Q - Q_w) X_e} \qquad \text{.....(3)}$$

$$= \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกิริยา}}{\text{อัตราการระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งออกจากระบบบำบัด}}$$

$=$ ระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบบัด, เวลา

$\frac{1}{\theta_c}$ $=$ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์, เวลา$^{-1}$

Y_{max} $=$ สัมประสิทธิการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์, น้ำหนัก/น้ำหนัก

$=$ อัตราส่วนระหว่างอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของจุลินทรีย์ ซึ่งไม่รวมการย่อย

: สลายตัวของเซลล์ต่ออัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์, น้ำหนัก/น้ำหนัก

$$U = \frac{Q (S_o - S)}{VX} \qquad \text{.....(4)}$$

$=$ อัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ, เวลา$^{-1}$

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

V $=$ ปริมาตรถังปฏิกิริยา, ปริมาตร

Q $=$ อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าถังปฏิกิริยา, ปริมาตร/เวลา

Q_w $=$ อัตราการระบายตะกอนทิ้ง, ปริมาตร/เวลา

X $=$ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังปฏิกิริยา, น้ำหนัก/ปริมาตร

X_e $=$ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ, น้ำหนัก/ปริมาตร

X_r $=$ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ที่หมุนเวียนกลับเข้าสู่ถังปฏิกิริยา, น้ำหนัก/ปริมาตร

S_o $=$ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ, น้ำหนัก/ปริมาตร

S $=$ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ, น้ำหนัก/ปริมาตร

และ $$Y_{obs} = \frac{Y_{max}.U - b}{U} = \frac{Y_{max}}{1 + b\theta_c} \qquad \text{.....(5)}$$

$$Y_{obs} = \left(\frac{1}{\theta_c}\right).\left(\frac{1}{U}\right) = \frac{Q_w . X + (Q - Q_w).X_e}{Q.(S_o - S)} \qquad \text{.....(6)}$$

เมื่อ

Y_{obs} = สัมประสิทธิการเจริญเติบโตปรากฏของจุลินทรีย์, น้ำหนัก/น้ำหนัก

= อัตราส่วนระหว่างอัตราการเจริญเติบโตปรากฏซึ่งรวมการย่อยสลายของเซลล์ด้วย ต่ออัตราส่วนการย่อยสลายสารอินทรีย์, น้ำหนัก/น้ำหนัก

ประสิทธิภาพในการบำบัดแสดงโดยสมการ

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพการกำจัด, เปอร์เซ็นต์

S_o = ความเข้มข้นของสารในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ, น้ำหนัก/ปริมาตร

S = ความเข้มข้นของสารในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ, น้ำหนัก/ปริมาตร

ปริมาณตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดแสดงโดยสมการ

$$P_x = \frac{Y_{max} \cdot Q(S_o - S)}{1 + b.\theta_c} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

หรือ $$P_x = \frac{VX}{\theta_c} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

เมื่อ P_x = ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน, น้ำหนัก/เวลา

3.4 <u>การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย</u>

การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยให้อยู่ในสภาวะคงที่ โดยทั่วไปนิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ

1. การควบคุมโดยรักษาให้อัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์มีค่าคงที่
2. การควบคุมโดยให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทั้งสองวิธีต่างก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันดังแสดงในสมการที่ 2

1. การควบคุมโดยรักษาให้อัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์มีค่าคงที่ ทำได้โดยการระบายตะกอนออกจากระบบในปริมาตรที่จะรักษาไว้ตามค่าคงที่ของอัตราส่วนสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์ที่ต้องการ เหมาะสำหรับระบบที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบไม่คงที่ แต่เป็นวิธีที่ต้องเสียเวลาในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และมวลของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ

2. การควบคุมให้มีระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบคงที่ โดยการระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งออกจากระบบ เป็นวิธีที่สะดวกและเหมาะสมที่สุด เพียงวิเคราะห์หาค่าตะกอนจุลินทรีย์ในระบบเท่านั้น

3.5 <u>ไนตริฟิเคชั่น</u>

ไนตริฟิเคชั่น เป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรต ส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดย Nitrifying Autotrophic Bacteria ที่มีชื่อเรียกว่า <u>Nitrosomonas spp.</u> และ <u>Nitrobactor spp.</u> ปฏิกิริยาของไนตริฟิเคชั่นอาจเขียนเป็นสองขั้นตอน เริ่มด้วย <u>Nitrosomonas spp.</u> จะออกซิไดซ์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และอินทรีย์-ไนโตรเจน ให้เป็นไนไตรต-ไนโตรเจน ดังสมการที่ 10

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas spp.}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ \quad \text{.....(10)}$$

แล้ว <u>Nitrobactor spp.</u> จะออกซิไดซ์ ไนไตรต-ไนโตรเจนไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobactor spp.}} 2NO_3^- \quad \text{.....(11)}$$

สมการปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นเขียนรวมได้ดังสมการที่ 12

$$NH_4^+ + 2O_2 \xrightarrow{\text{Nitrifiers}} NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad \text{.....(12)}$$

จากสมการที่ 12 ของการเกิดไนตริฟิเคชั่น ปรากฏว่า ในการออกซิเดชันของ-แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 1 มิลลิกรัม ต้องการความเป็นด่างสูงถึง 7.4 มิลลิกรัมในค่าของแคล-เซียมคาร์บอนเนต และต้องการใช้ออกซิเจนสูงถึง 4.57 มิลลิกรัม

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยโดยทั่วไปใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอน แต่ไนตริฟิเคชันอาจเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการทำลายสารอินทรีย์คาร์บอน ถ้ามีการ-ควบคุมระบบให้เหมาะสม มีออกซิเจนพอเพียง พีเอชเหมาะสม และไม่มีสารที่เป็นพิษ ค่าระยะเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์ถูกเก็บกักอยู่ในระบบและค่า BOD : TKN ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย