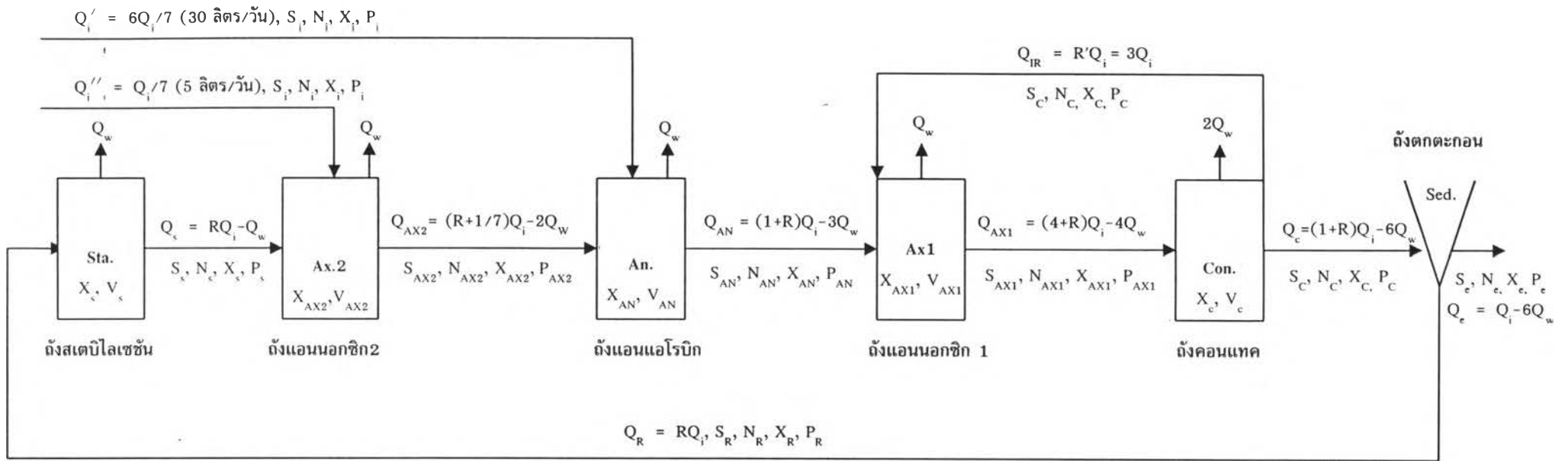


บทที่ 5

การหาค่าพารามิเตอร์จลน์และแบบจำลองคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งของการวิจัยนี้ คือ การหาค่าพารามิเตอร์จลน์ รวมทั้งแบบจำลองและสมการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบโดยการหาค่าพารามิเตอร์จลน์ รวมทั้งแบบจำลองและสมการทางคณิตศาสตร์จะต้องมีพื้นฐานจากการสมมูลของมวลและสารอาหารต่างๆในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดยสัญลักษณ์ต่างๆ ในรูปที่ 5.1 มีความหมายดังนี้

Q_i	= อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ	ลิตร/วัน
Q'_i	= อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังแอนแอโรบิก	ลิตร/วัน
Q''_i	= อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าสู่ถังแอนนออกซิก 2	ลิตร/วัน
Q_R	= อัตราการหมุนเวียนตะกอน	ลิตร/วัน
Q_{IR}	= อัตราการหมุนเวียนน้ำตะกอนจากถังคอนแทคกลับมาถึงแอนนออกซิก 2	ลิตร/วัน
Q_w	= อัตราการทิ้งตะกอน	ลิตร/วัน
M	= มวลของจุลินทรีย์	มก.
X	= ความเข้มข้นของจุลินทรีย์	มก./ล.
S	= ความเข้มข้นของซีโอดี	มก./ล.
N	= ความเข้มข้นของแอมโมเนีย	มก./ล.
P	= ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมด	มก./ล.
V	= ปริมาตรของถัง	ลิตร
i	= ของน้ำเสียเข้าระบบ	
S	= ของถังสเตบิไลเซชัน	
AX_2	= ของถังแอนนออกซิก 2	
$AN.$	= ของถังแอนแอโรบิก	
AX_1	= ของถังแอนนออกซิก 1	



สัญลักษณ์

- 1) Q_i = อัตราการไหลรวมของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ
= 35 ลิตร/วัน
 - 2) Q_w = อัตราการทิ้งตะกอน
- | อายุตะกอน (วัน) | Q_w (ลิตร/วัน) |
|-----------------|------------------|
| 3 | 0.97 |
| 6 | 0.48 |
| 10 | 0.29 |
| 16 | 0.18 |

- 3) R = Recycle Ratio = 1
- 4) R' = Internal Recycle Ratio = 3
- 5) S = ความเข้มข้นของ COD, มก./ล.
 N = ความเข้มข้นของ NH_3-N , มก./ล.
 P = ความเข้มข้นของ Total Phosphorus, มก./ล.
 X = ความเข้มข้นของ MLVSS, มก./ล.

- 6) S = ของดั่งสเตบิไลเซชัน
AX2 = ของดั่งแอนนอกซิก 2
AN = ของดั่งแอนเอโรบิก
AX1 = ของดั่งแอนนอกซิก 1
C = ของดั่งคอนแทค
e = ของน้ำทิ้ง
i = ของน้ำเสียเข้าระบบ
R = ของตะกอนเวียนกลับ

รูปที่ 5.1 แสดงการสมดุลมวลของระบบ

C	=	ของถังคอนแทค
e	=	ของน้ำทิ้ง
T	=	คิดทั้งหมดของระบบ

5.1 แบบจำลองสำหรับกระบวนการกำจัดสารอาหาร

จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าซีโอดีที่วัดได้ในแต่ละถังมีค่าใกล้เคียงกัน อันเนื่องมาจากสารอาหารส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในถังแอนแอโรบิกจนเกือบหมด ดังนั้น แบบจำลองสำหรับกระบวนการกำจัดสารอาหารจะพิจารณาใน 2 กรณี คือ ของระบบทั้งหมด และในถังแอนแอโรบิก

5.1.1 สมดุลย์ของปริมาณจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก

กำหนด dX/dt เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ต่อระยะเวลา ซึ่งสามารถแสดงสมการสมดุลย์ของปริมาณจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก ได้ดังนี้

$$V_{AN} \cdot (dX/dt) = Q_{AX2} X_{AX2} + Q_i X_i + \mu_{AN} X_{AN} V_{AN} - Q_{AN} X_{AN} - Q_w X_{AN} \dots (5.1)$$

โดย μ_{AN} คือ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในถังแอนแอโรบิก (วัน^{-1})

ที่สภาวะคงตัว $dX/dt = 0$ และ $X_i = 0$

$$0 = (R+1/7)Q_i X_{AX2} / V_{AN} + \mu_{AN} X_{AN} - (1+R)Q_i X_{AN} / V_{AN} - 2Q_w \frac{(X_{AX2} - X_{AN})}{V_{AN}}$$

กำหนด t_{AN} คือ เวลาเก็บกักในถังแอนแอโรบิก = V_{AN}/Q_i

$$\mu_{AN} = [(1+R)X_{AN} - (R+1/7)X_{AX2}] / t_{AN} X_{AN} + (2Q_w(X_{AX2} - X_{AN}) / V_{AN} X_{AN}) \dots (5.2)$$

$$X_{AN} = [(R+1/7)Q_i - 2Q_w] X_{AX2} / [(1+R)Q_i + 2Q_w - \mu_{AN} V_{AN}] \dots (5.3)$$

5.1.2 สมดุลย์ของสารอาหารในถังแอนแอโรบิก

กำหนด dS/dt เป็นอัตราการการใช้สารอาหารต่อระยะเวลา ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{AN} \cdot (dS/dt) = Q_{AX2} S_{AX2} + Q_i S_i - Q_{AN} S_{AN} - (\mu_{AN}/Y_{AN}) X_{AN} \cdot V_{AN} - Q_w S_{AN} \dots (5.4)$$

โดย Y_{AN} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Yield) ในถังแอนแอโรบิก (มก.MLVSS/ มก.COD)

ที่สภาวะคงตัว $dS/dt = 0$

$$0 = \frac{(R+1/7)Q_i S_{AX2}}{V_{AN}} + \frac{6Q_i S_i}{7V_{AN}} - \frac{2Q_w S_{AX2}}{V_{AN}} - \frac{(1+R)Q_i S_{AN}}{V_{AN}} + \frac{2Q_w S_{AN}}{V_{AN}} - \frac{\mu_{AN} X_{AN}}{Y_{AN}}$$

$$S_{AN} = \frac{(R+1/7)Q_i S_{AX2} + 6Q_i S_i / 7 - 2Q_w S_{AX2} - \mu_{AN} X_{AN} V_{AN} / Y_{AN}}{(1+R)Q_i - 2Q_w} \dots (5.5)$$

5.1.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการพื้นฐานสำหรับแสดงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และอัตราการใช้สารอาหาร จะเป็นไปตามสมการของ Lawrence และ McCarty (1970) ซึ่งได้แสดงในสมการที่ 5.6 และ 5.8

$$dX/dt = Y(dS/dt) - kd \cdot X \dots (5.6)$$

หารสมการ 5.6 ด้วย X

$$\mu = 1/\theta_c = YU - kd \dots (5.7)$$

โดย μ = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในระบบ (วัน⁻¹)
 θ_c = ค่าอายุตะกอน = $X / (dX/dt)$ (วัน)

$$U = \text{อัตราการใช้สารอาหารต่อมวลจุลินทรีย์} = (dS/dt)/X \quad (\text{วัน}^{-1})$$

$$kd = \text{ส.ป.ส. อัตราการตายของจุลินทรีย์} \quad (\text{วัน}^{-1})$$

$$dS/dt = K_0 X S / (K_s + S) \quad \dots\dots\dots(5.8)$$

$$K_0 = \text{อัตราการใช้สารอาหารสูงสุดต่อมวลจุลินทรีย์} \quad (\text{วัน}^{-1})$$

$$K_s = \text{ค่าคงที่การอิ่มตัว (Saturated Constant)} \quad (\text{มก./ล.})$$

หารสมการ 5.8 ด้วย X

$$U = (1/X)dS/dt = K_0 S / (K_s + S) \quad \dots\dots\dots(5.9)$$

$$U = Q (S_i - S_c) / M \quad \dots\dots\dots(5.10)$$

สมการ 5.9 เท่ากับ สมการ 5.10

$$\begin{aligned} Q (S_i - S_c) / M &= \frac{K_0 S_c \cdot Q_i / M}{K_s + S_c} \cdot \frac{Q_i / M}{Q_i / M} \\ U &= \frac{K_0 Q_i S_c / M}{(K_s + S_c) Q_i / M} \quad \dots\dots\dots(5.11) \end{aligned}$$

$$\eta = (S_i - S_c) / S_i \quad \dots\dots\dots(5.12)$$

$$S_c = (1 - \eta) S_i$$

$$\frac{Q_i S_c}{M} = (1 - \eta) \frac{Q_i S_i}{M} \quad \dots\dots\dots(5.13)$$

โดย $\eta = \text{ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอาหารของระบบ} \quad (\%)$

$M = \text{มวลของจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ} \quad (\text{มก.})$

แทนค่าสมการ 5.13 ลงในสมการ 5.11

$$U = \frac{K_0 Q S_i / M}{K_i Q_i / (1 - \eta) M + Q S_i / M}$$

$$U = K_0 C / \gamma + C \dots\dots\dots(5.14)$$

โดย $C =$ ภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ $= Q S_i / M \dots\dots\dots(5.15)$

$\gamma =$ Constant $= K_i Q / (1 - \eta) M \dots\dots\dots(5.16)$

ให้ $M_T =$ มวลทั้งหมดของจุลินทรีย์ในระบบ (มก.)

$$M_T = V_s X_s + V_{AX1} X_{AX1} + V_{AN} X_{AN} + V_{AX2} X_{AX2} + V_c X_c \dots\dots(5.17)$$

สมการ 5.7 เท่ากับสมการ 5.10

$$1/\theta_c = Y Q_i (S_i - S_c) / M_T - kd \dots\dots\dots(5.18)$$

$$M_T = \theta_c Y Q_i (S_i - S_c) / 1 + kd \theta_c \dots\dots\dots(5.19)$$

จากสมการ 5.10, 5.12 และ 5.15

$$U_T = \eta_T C_T \dots\dots\dots(5.20)$$

และสำหรับถังแอนแอโรบิก

$$U_{AN} = \eta_{AN} C_{AN} \dots\dots\dots(5.21)$$

$$U_{AN} = \frac{[(R+1/7)S_{AX2} + 6S_i/7 - (1+R)S_{AN}]Q_i + (2S_{AX2} - 2S_{AN})Q_w}{M_{AN}} \dots\dots(5.22)$$

$$C_{AN} = \frac{[(R+1/7)S_{AX2} + 6S_i/7]Q_i - 2Q_w S_{AX2}}{M_{AN}} \dots\dots\dots(5.23)$$

$$\eta_{AN} = 1 - \left[\frac{(1+R)S_{AN}}{(R+1/7)S_{AX2} + 6S_i/7} \right] \dots\dots\dots(5.24)$$

จากสมการ 5.14 เมื่อค่า U เป็นของระบบทั้งหมดและของถังแอนแอโรบิก

$$U_T = (K_o)_T C_T / \gamma_T + C_T \dots\dots\dots(5.25)$$

$$U_{AN} = (K_o)_{AN} C_{AN} / \gamma_{AN} + C_{AN} \dots\dots\dots(5.26)$$

จากสมการ 5.20, 5.25, 5.21 และ 5.26 จะได้

$$\eta_T = (K_o)_T / (\gamma_T + C_T) \dots\dots\dots(5.27)$$

$$\eta_{AN} = (K_o)_{AN} / (\gamma_{AN} + C_{AN}) \dots\dots\dots(5.28)$$

จากสมการ 5.25

$$U_T = \frac{(K_o)_T C_T}{\gamma_T + C_T} \cdot \frac{(S_c/C_T)}{(S_c/C_T)}$$

เมื่อเทียบกับสมการ 5.9

$$(K_s)_T = \gamma_T S_c / C_T \dots\dots\dots(5.29)$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$(K_s)_{AN} = \gamma_{AN} S_{AN} / C_{AN} \dots\dots\dots(5.30)$$

สมการ 5.30 หาด้วยสมการ 5.29

$$(K_s)_{AN} / (K_s)_T = \gamma_{AN} S_{AN} C_T / \gamma_T S_c C_{AN} \dots\dots\dots(5.31)$$

จากสมการ 5.16

$$(K_s)_T = \gamma_T (1 - \eta_T) M_T / Q_i \dots\dots\dots(5.32)$$

ในทำนองเดียวกันจะได้

$$(K_S)_{AN} = \gamma_{AN}(1-\eta_{AN})M_{AN}/[(1+R)Q_i-2Q_w] \quad \dots\dots\dots(5.33)$$

สมการ 5.33 ทหารด้วยสมการ 5.32 และกำหนดให้ $D = Q_i/[(1+R)Q_i-2Q_w]$

$$(K_S)_{AN}/(K_S)_T = D \cdot \gamma_{AN}(1-\eta_{AN})M_{AN}/\gamma_T(1-\eta_T)M_T \quad \dots\dots\dots(5.34)$$

สมการ 5.34 เท่ากับสมการ 5.31

$$\frac{\gamma_{AN}S_{AN}C_T}{\gamma_T S_c C_{AN}} = \frac{\gamma_{AN}(1-\eta_{AN})M_{AN} \cdot D}{\gamma_T(1-\eta_T)M_T}$$

$$\eta_{AN} = 1 - (S_{AN}C_T(1-\eta_T)/S_c C_{AN} \cdot \alpha \cdot D) \quad \dots\dots\dots(5.35)$$

โดย $\alpha = M_{AN}/M_T$

แทนค่าสมการ 5.10 ลงในสมการ 5.7

$$S_c = (K_S)_T(1+kd \cdot \theta_c)/(\theta_c[Y(K_O)_T-kd]-1) \quad \dots\dots\dots(5.36)$$

แทนค่าสมการ 5.29 ลงในสมการ 5.36

$$C_T = \gamma_T(1+kd \cdot \theta_c)/(\theta_c[Y(K_O)_T-kd]-1) \quad \dots\dots\dots(5.37)$$

5.2 แบบจำลองสำหรับกระบวนการไนโตรฟิกเคชัน

กระบวนการไนโตรฟิกเคชันจะเกิดขึ้นเฉพาะในถังคอนแทคและถังสเตบิลไลเซชัน ดังนั้นแบบจำลองสำหรับกระบวนการไนโตรฟิกเคชัน จะพิจารณาในถังคอนแทคและถังสเตบิลไลเซชัน โดยมีพื้นฐานมาจากสมการที่เสนอโดย Gujer และ Jenkins (1975) ดังนี้

$$\mu_{NT} = \alpha\mu_{NC} + \beta\mu_{NS} - (\alpha+\beta)kdn \quad \dots\dots\dots(5.38)$$

$$\mu_{NS} = (\mu_{NT} - \alpha\mu_{NC} + k_{dn})/\beta \quad \dots\dots\dots(5.39)$$

$$\begin{aligned} \text{โดย} \quad \mu_{NC} &= (Y_N/F) q_C \\ \mu_{NS} &= (Y_N/F) q_S \\ q_C &= (\mu_{NC}/\mu_{NS}) q_S \quad \dots\dots\dots(5.40) \end{aligned}$$

เมื่อ q = อัตราการเกิดไนตริฟิเคชันต่อมวลจุลินทรีย์ (มก.NH₃-N/มก.MLVSS-วัน)

F = Nitrifier Fraction (%)

Y_N = ค่า Yield ของ Nitrifier (มก.NVSS/มก.NH₃-N)

μ_N = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ Nitrifier (วัน⁻¹)

k_{dn} = สัมประสิทธิ์อัตราการตายของ Nitrifier (วัน⁻¹)

α = สัดส่วนของ MLVSS ในถังคอนแทค

$$= V_C X_C / (V_C X_C + V_S X_S) = M_C / (M_S + M_C) \quad \dots\dots\dots(5.41)$$

β = สัดส่วนของ MLVSS ในถังสเตบิลไลเซชัน

$$= V_S X_S / (V_C X_C + V_S X_S) = M_S / (M_S + M_C) \quad \dots\dots\dots(5.42)$$

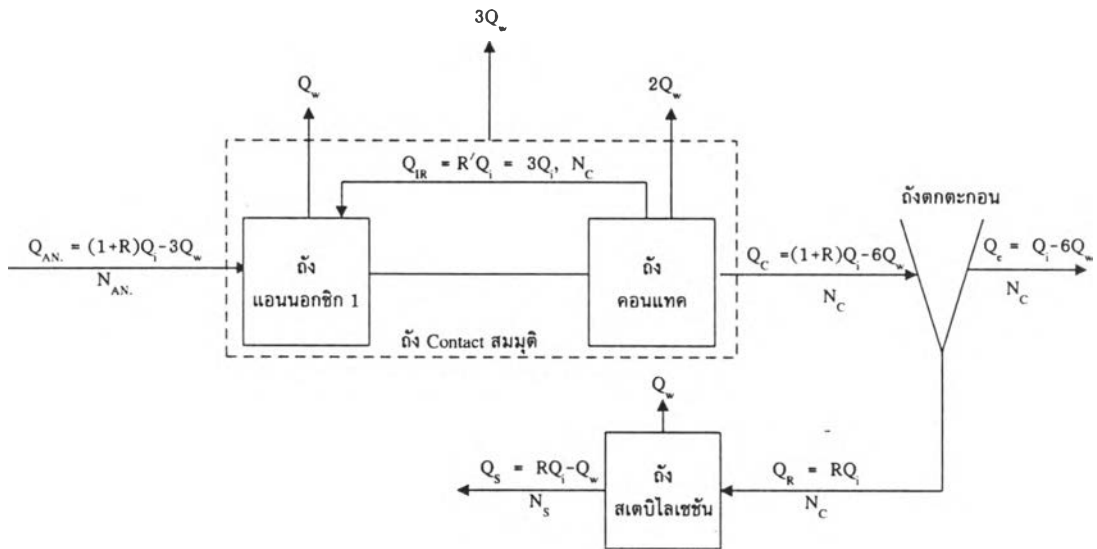
พิจารณารูปที่ 5.2 ซึ่งแสดงการแยกส่วนถังแอนน็อกซิก 1 คอนแทค และสเตบิลไลเซชัน เพื่อหาแบบจำลองของกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยการเกิดไนตริฟิเคชันจะเกิดเฉพาะในถังคอนแทคและสเตบิลไลเซชันเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถกำหนดถังแอนน็อกซิกและถังคอนแทคเป็นถังคอนแทคสมมุติถังหนึ่ง โดยมีอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าถังคอนแทคสมมุตินี้ เท่ากับ $(1+R)Q_i - 3Q_w$ โดยกำหนด

N_{OC} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์ และไนเตรทในถังคอนแทค

$$= N_{AN} - N_C \quad \text{มก./ล.}$$

N_{OS} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์ และไนเตรทในถังสเตบิลไลเซชัน

$$= N_C - N_S \quad \text{มก./ล.}$$



รูปที่ 5.2 แสดงการสมดุลย์มวลรอบถังคอนแทคสมมุติและถังสเตบิโลเซชันของแอมโมเนีย

$$q_T = Q (N_{OC} + N_{OS}) / V_C X_C + V_S X_S \quad \dots\dots\dots(5.43)$$

$$q_C = [(1+R)Q_i - 3Q_w] N_{OC} / V_C X_C \quad \dots\dots\dots(5.44)$$

$$q_S = RQ_i N_{OS} / V_S X_S \quad \dots\dots\dots(5.45)$$

5.2.1 สมดุลย์ของแอมโมเนียรอบถังคอนแทคสมมุติ

กำหนด dN/dt เป็นอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทต่อระยะเวลา ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_C(dN/dt) = (1+R)Q_i N_{AN} - 3Q_w N_{AN} - 3Q_w N_C - (1+R)Q_i N_C + 6Q_w N_C - \frac{\mu_{NC}}{Y_N} F.X_C.V_C \quad (5.46)$$

ที่สภาวะคงตัว $dN/dt = 0$ และ $t_c = V_c/Q_i$

$$N_C = \frac{(1+R)Q_i N_{AN} - 3Q_w N_{AN} - \mu_{NC} F \cdot X_c V_c / Y_N}{(1+R)Q_i - 3Q_w}$$

$$N_C = N_{AN} \left[\frac{\mu_{NC} F \cdot X_c \cdot t_c}{Y_N} \frac{Q_i}{(1+R)Q_i - 3Q_w} \right]$$

กำหนดให้ $D = Q_i / [(1+R)Q_i - 3Q_w]$

$$N_C = \frac{N_{AN} - D \mu_{NC} F \cdot X_c \cdot t_c}{Y_N} \dots \dots \dots (5.47)$$

5.2.2 สมดุลย์ของแอมโมเนียรอบถังสเตบิลไลเซชัน

กำหนด dN/dt เป็นอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทต่อระยะเวลา ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_S (dN/dt) = RQ_i N_C - RQ_i N_S - \frac{\mu_{NS} F \cdot X_s \cdot V_S}{Y_N} \dots \dots \dots (5.48)$$

$$\frac{dN/dt}{V_S} = \frac{RQ_i N_C}{V_S} - \frac{RQ_i N_S}{V_S} - \frac{\mu_{NS} F \cdot X_s}{Y_N}$$

ที่สภาวะคงตัว $dN/dt = 0$ และ $t_s = V_s/Q_i$

$$N_S = \frac{N_C - \mu_{NC} F \cdot X_s \cdot t_s}{RY_N} \dots \dots \dots (5.49)$$

แทนค่า N_C จากสมการ 5.47 ลงในสมการ 5.49

$$N_S = \frac{N_{AN} - D\mu_{NC} F \cdot X_C \cdot t_C - \mu_{NS} F \cdot X_S \cdot t_S}{Y_N R Y_N}$$

$$Q(N_{AN} - N_S) = \frac{D\mu_{NC} F \cdot M_C}{Y_N} + \frac{\mu_{NS} F \cdot M_S}{R Y_N}$$

$$Q(N_{AN} - N_S)/M_T = \frac{D\mu_{NC} F \cdot M_C}{Y_N M_T} + \frac{\mu_{NS} F \cdot M_S}{R Y_N M_T}$$

$(N_{AN} - N_S) =$ ความเข้มข้นแอมโมเนียที่ถูกออกซิไดซ์เป็นไนโตรท์ และไนเตรท
ในถังคอนแทค และสเตบิไลเซชัน

$$= N_{OC} + N_{OS}$$

$$Q(N_{OC} + N_{OS})/M_T = \frac{Dq_C M_C}{M_T} + \frac{q_S M_S}{R M_T}$$

$$q_T = \alpha D q_C + \beta q_S / R \quad \dots\dots\dots(5.50)$$

แทนค่า q_C จากสมการ 5.40

$$q_T = \frac{(\alpha D \mu_{NC} + \beta) q_S}{\mu_{NS} R} \quad \dots\dots\dots(5.51)$$

กำหนดให้ $A = \frac{\alpha D}{\beta} \frac{\mu_{NC}}{\mu_{NS}} + 1 \quad \dots\dots\dots(5.52)$

แทนค่า μ_{NS} จากสมการ 5.39 ลงในสมการ 5.52

$$A = \frac{(\alpha D)}{\frac{\mu_{NT} - \alpha + kdn}{\mu_{NC}}} + 1 \quad R$$

จากสมการ 5.51 และสมการ 5.52

$$q_T = q_S A \beta \quad \dots\dots\dots(5.53)$$

จากสมการ 5.42, 5.43, 5.44 และสมการ 5.53

$$\frac{N_{OC}}{N_{OS}} = AR - 1 \quad \dots\dots\dots(5.54)$$

กำหนดให้ $\eta_{nit} = N_{OC}/N_{OS} \quad \dots\dots\dots(5.55)$

ดังนั้น $\eta_{nit} = AR - 1 \quad \dots\dots\dots(5.56)$

จากสมการ 5.39, 5.52 และ 5.56 จัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\mu_{NC} = \frac{(\mu_{NT} + kdn)}{\alpha} \left(\frac{\eta_{nit}}{\eta_{nit} + R.D} \right) \quad \dots\dots\dots(5.57)$$

โดย $D = Q_i / [(1+R)Q_i - 3Q_w]$

ในระบบนี้จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์หลายกลุ่ม เช่น พวก Poly-P Bacteria, Nitrifying Bacteria, Denitrifying Bacteria เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้ไม่สามารถหาสัดส่วนของจุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่มเหล่านี้ได้ ดังนั้นการหาค่าพารามิเตอร์จลน์ รวมทั้งแบบจำลองและสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ในการวิจัยนี้จะแสดงโดยเปรียบเทียบกับมวลทั้งหมดของกลุ่มจุลินทรีย์ผสม (Mixed Culture) ในระบบ

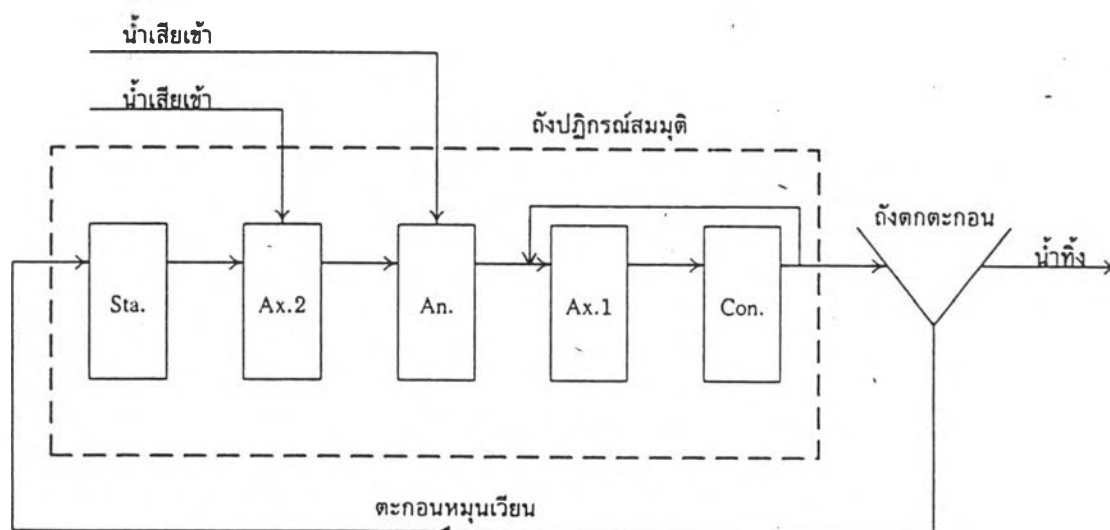
5.3 พารามิเตอร์จลน์ของกระบวนการกำจัดสารอาหาร

ในการทดลองนี้จะพบว่า การกำจัดสารอาหารส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังแอนแอโรบิก ดังนั้น การหาค่าพารามิเตอร์จลน์สำหรับกระบวนการกำจัดสารอาหารจะพิจารณาใน 2 กรณี คือ

- สำหรับระบบทั้งหมด
- สำหรับถังแอนแอโรบิก

5.3.1 พารามิเตอร์จลน์ของกระบวนการกำจัดสารอาหารของระบบทั้งหมด

การหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการกำจัดสารอาหารของระบบทั้งหมด สามารถทำได้โดยการตั้งสมมุติฐานให้ระบบเป็นเสมือนถังปฏิกรณ์ถังหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงสมมุติฐานในการหาค่าพารามิเตอร์จลน์ของกระบวนการกำจัดสารอาหารของระบบทั้งหมด

5.3.1.1 การหาค่า Y_T และ k_d

การหาค่า Y_T และ k_d มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.7 และ 5.10 ดังนี้

$$1/\theta_c = Y_T U_T - k_d \quad \dots\dots\dots(5.7)$$

$$U_T = Q_i(S_i - S_c)/M_T \quad \dots\dots\dots(5.10)$$

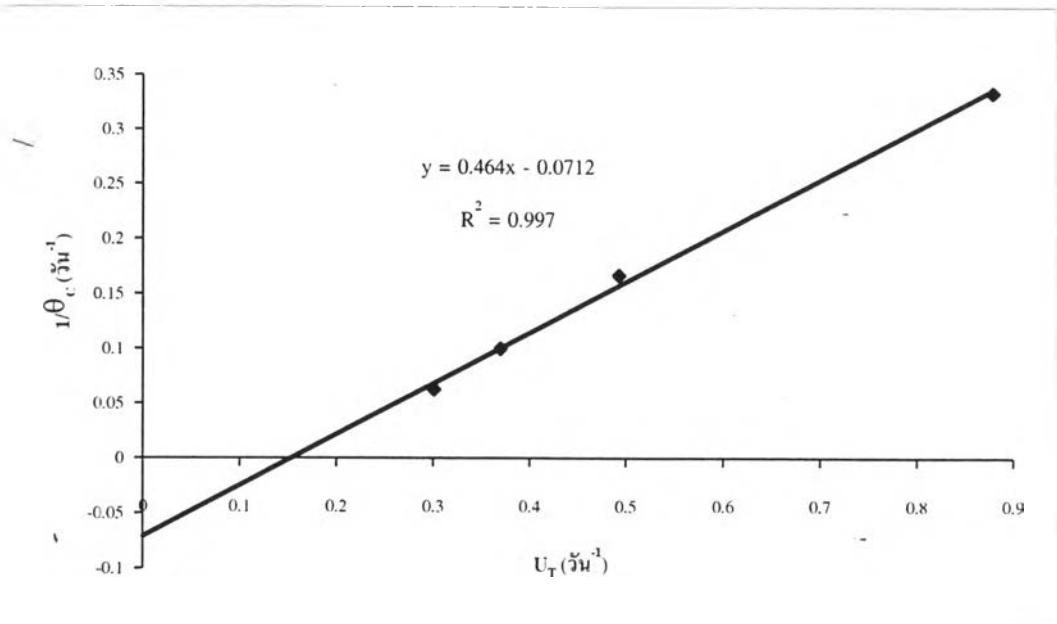
จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณหาค่า U_T ในแต่ละอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการคำนวณค่า U_T ตามอายุตะกอน

θ_c (วัน)	$1/\theta_c$ (วัน ⁻¹)	S_i (มก./ล.)	S_c (มก./ล.)	$M_T^{(1)}$ (มก.)	U_T (วัน ⁻¹)
3	0.3333	598	34	22,480	0.8784
6	0.1667	602	32	40,507	0.4926
10	0.1000	597	20	54,584	0.3700
16	0.0625	602	22	67,512	0.3008

(1) M_T = มวลของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ

จากตารางที่ 5.1 นำผลการคำนวณที่ได้มาเขียนกราฟระหว่าง $1/\theta_c$ กับ U_T จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_T กับ $1/\theta_c$

จากรูปที่ 5.4 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\theta_c$ เป็นฟังก์ชันของ U_T โดยมีลักษณะเส้นตรงตามสมการ $1/\theta_c = 0.464 U_T - 0.0712$ โดยที่

ค่าความชัน	= Y_T =	0.464	มก. MLVSS/มก. COD
จุดตัดแกน y	= $-kd$ =	-0.0712	
ดังนั้น	kd =	0.0712	วัน ⁻¹

5.3.1.2 การหาค่า K_{OT} และ γ_T

การหาค่า K_{OT} และ γ_T มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.15 และ 5.25

ดังนี้

$$C_T = Q_i S_i / M_T \quad \dots\dots\dots(5.15)$$

$$U_T = K_{OT} C_T / (\gamma_T + C_T) \quad \dots\dots\dots(5.25)$$

เมื่อจัดรูปสมการใหม่จะได้

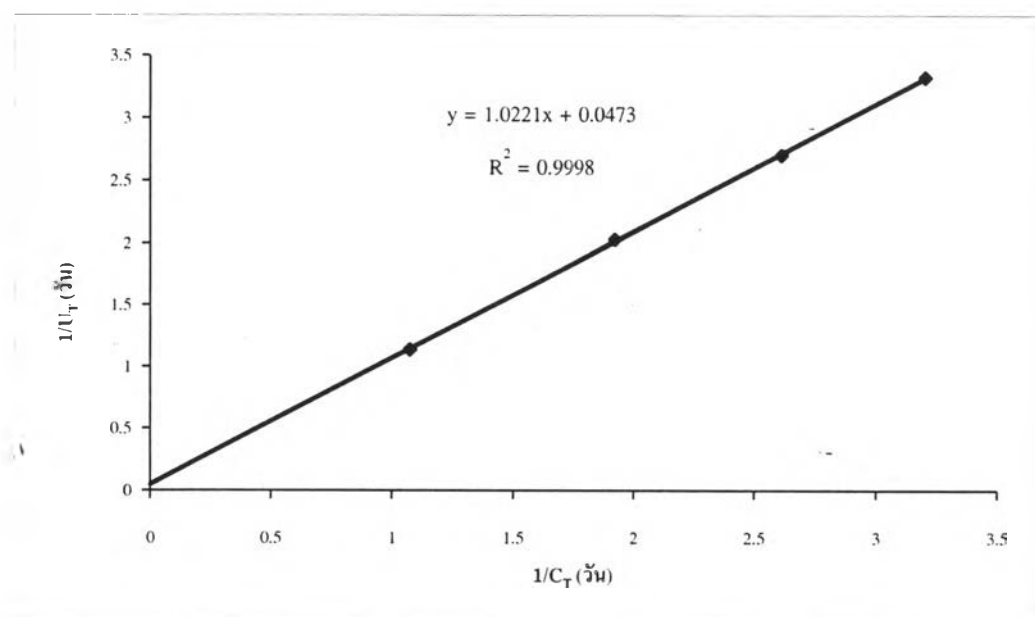
$$1/U_T = (\gamma_T/K_{OT}) (1/C_T) + (1/K_{OT})$$

จากสมการข้างต้นสามารถสรุปการคำนวณค่า $1/U_T$ และ $1/C_T$ ได้ตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการคำนวณค่า $1/C_T$ และ $1/U_T$ ตามค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	C_T (วัน ⁻¹)	U_T (วัน ⁻¹)	$1/C_T$ (วัน)	$1/U_T$ (วัน)
3	0.9314	0.8784	1.074	1.138
6	0.5202	0.4926	1.922	2.03
10	0.3828	0.37	2.612	2.703
16	0.3122	0.3008	3.203	3.324

จากตารางที่ 5.2 นำผลการคำนวณมาเขียนกราฟระหว่าง $1/C_T$ และ $1/U_T$ จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_T$ กับ $1/U_T$

จากรูปที่ 5.5 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_T$ กับ $1/C_T$ มีลักษณะเส้นตรง ตามสมการ $1/U_T = 1.0221 (1/C_T) + 0.0473$ โดยที่

$$\text{จุดตัดแกน } y = 1/K_{OT} = 0.0473$$

$$\text{ดังนั้น } K_{OT} = 21.14 \text{ วัน}^{-1}$$

$$\text{ความชันเส้นตรง} = \gamma_T/K_{OT} = 1.0221$$

$$\text{ดังนั้น } \gamma_T = 21.61 \text{ วัน}^{-1}$$

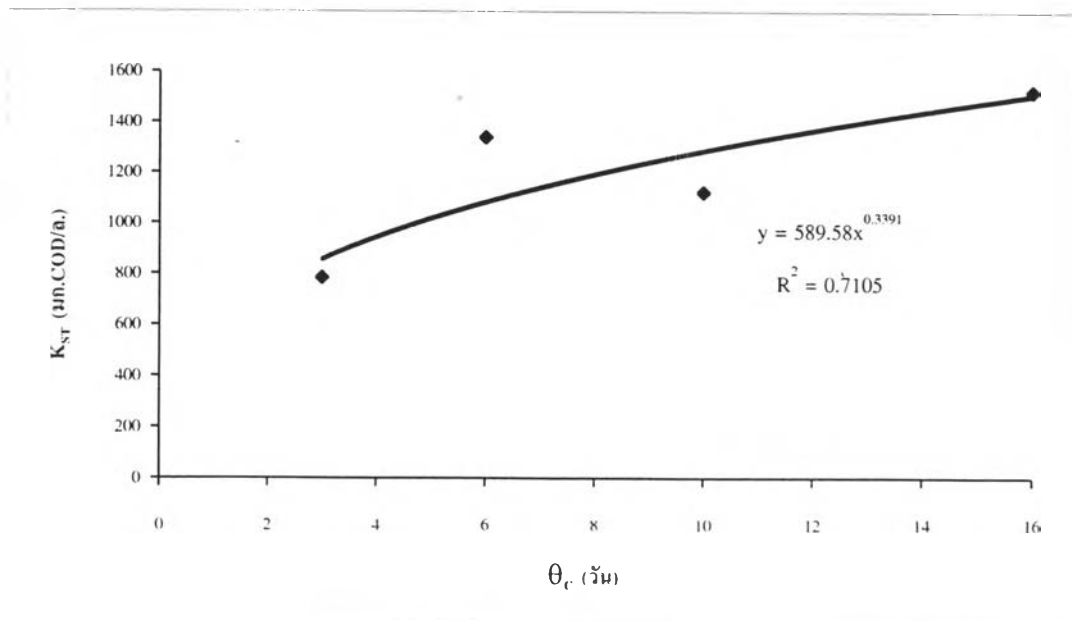
5.3.1.3 การหาค่า K_{ST}

การหาค่า K_{ST} มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.9 ดังนี้

$$U_T = K_{OT} S_C / (K_{ST} + S_C) \dots\dots\dots(5.9)$$

จากสมการข้างต้นและการคำนวณค่า K_{OT} และ U_T ในหัวข้อ 5.3.1.3 และ 5.3.1.2 สามารถคำนวณค่า K_{ST} ที่อายุตะกอน 3, 6, 10 และ 16 วัน ได้เท่ากับ 784, 1,341, 1,123 และ 1,524 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{ST} กับ θ_C จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.6 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่าง K_{ST} กับ θ_C เป็นสมการดังนี้

$$K_{ST} = 589.58 \theta_C^{0.3391} \dots\dots\dots(5.58)$$



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{ST} กับ θ_C

5.3.2 พารามิเตอร์จลนของกระบวนการกำจัดสารอาหารในถังแอนแอโรบิก

ในถังแอนแอโรบิก การกำจัดสารอาหารจะเป็นลักษณะของการดูดซึมเอาสารอาหารเข้าไปในเซลล์ของพวก Poly-P Bacteria เพื่อทำการย่อยสลายต่อไปในถังคอนแทค

5.3.2.1 การหาค่า Y_{AN} และ kd_{AN}

การหาค่า Y_{AN} และ kd_{AN} มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.7 และ 5.22 โดยแทนค่า $R = 1$ ในสมการ 5.22 จะได้

$$1/\theta_C = Y_{AN} \cdot U_{AN} - kd_{AN} \quad \dots\dots\dots(5.7)$$

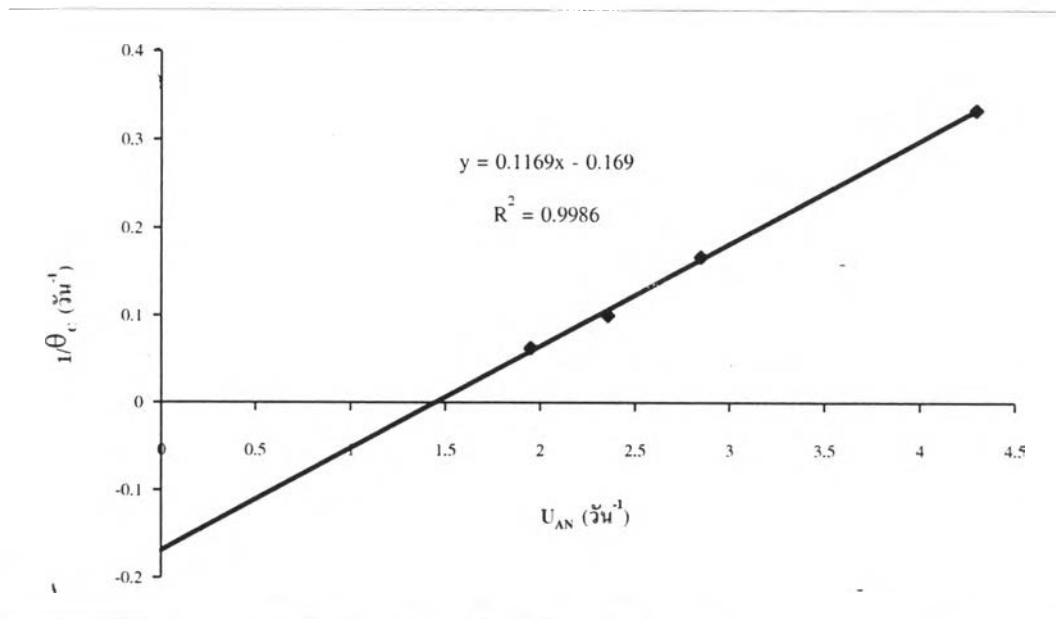
$$U_{AN} = [(8S_{AX2}/7 + 6S_i/7 - 2S_{AN})Q_i + (2S_{AX2} - 2S_{AN})Q_w] / M_{AN} \dots(5.22)$$

จากสมการข้างต้น สามารถคำนวณหาค่า U_{AN} ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการคำนวณค่า U_{AN} ตามค่าอายุตะกอน

θ_C (วัน)	$1/\theta_C$ (วัน ⁻¹)	S_{AX2} (มก./ล.)	S_i (มก./ล.)	S_{AN} (มก./ล.)	M_{AN} (มก./ล.)	U_{AN} (มก.ซีโอดี/ มก.MLVSS-วัน)
3	0.3333	24	598	76	3,138	4.296
6	0.1667	30	602	56	5,380	2.847
10	0.1000	18	597	30	7,015	2.355
16	0.0625	22	602	28	8,709	1.95

จากตารางที่ 5.3 นำผลการคำนวณที่ได้มาเขียนกราฟระหว่าง $1/\theta_c$ กับ U_{AN} จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{AN} กับ $1/\theta_c$

จากรูปที่ 5.8 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\theta_c$ เป็นฟังก์ชันของ U_{AN} โดยมีลักษณะเป็นเส้นตรงตามสมการ $1/\theta_c = 0.1169 U_{AN} - 0.169$ โดยที่

$$\begin{aligned} \text{ค่าความชัน} &= Y_{AN} = 0.1169 && \text{มก.MLVSS/มก.COD} \\ \text{จุดตัดแกน } y &= -kd_{AN} = -0.169 \\ \text{ดังนั้น} &kd_{AN} = 0.169 && \text{วัน}^{-1} \end{aligned}$$

5.3.2.2 การหาค่า K_{OAN} และ γ_{AN}

การหาค่า K_{OAN} และ γ_{AN} มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.26 และ 5.23 โดยแทนค่า $R = 1$ ในสมการ 5.23 จะได้

$$U_{AN} = K_{OAN} C_{AN} / (\gamma_{AN} + C_{AN}) \quad \dots\dots\dots(5.26)$$

$$C_{AN} = [(8S_{AX2}/7 + 6S_i/7)Q_i - 2Q_w S_{AX2}] / M_{AN} \quad \dots\dots\dots(5.23)$$

จัดรูปสมการ 5.26 ใหม่จะได้

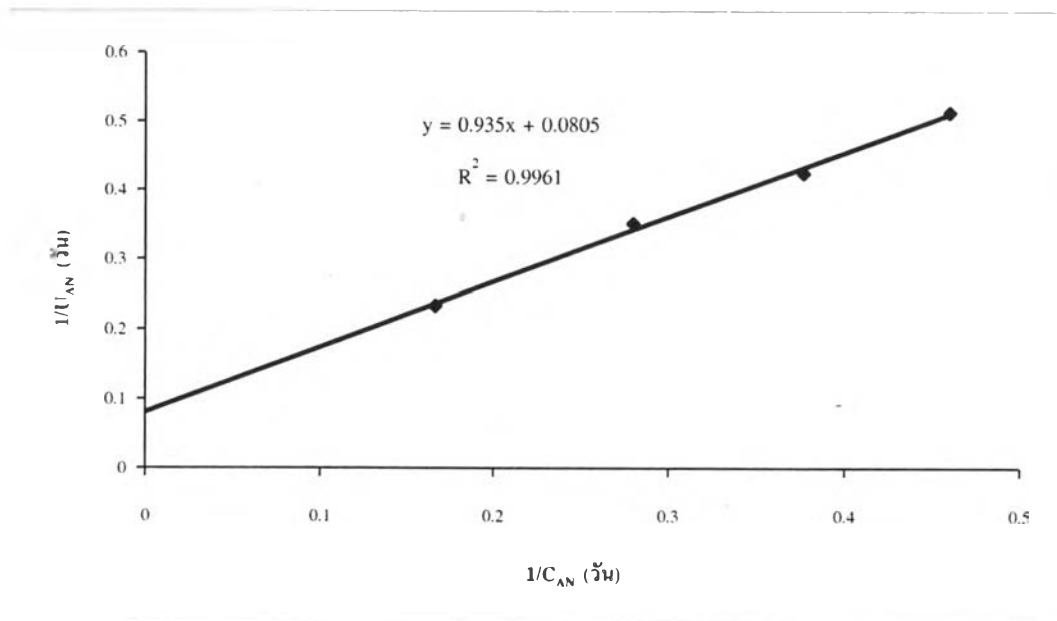
$$1/U_{AN} = (\gamma_{AN}/K_{OAN}) (1/C_{AN}) + (1/K_{OAN})$$

จากสมการ 5.22 และ 5.23 สามารถคำนวณค่า $1/U_{AN}$ และ $1/C_{AN}$ ได้ตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการคำนวณค่า $1/C_{AN}$ และ $1/U_{AN}$ ในแต่ละค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	C_{AN} (วัน)	U_{AN} (วัน)	$1/C_{AN}$ (วัน)	$1/U_{AN}$ (วัน)
3	4.008	4.296	0.1664	0.2328
6	3.575	2.847	0.2798	0.3512
10	2.655	2.355	0.3767	0.4246
16	2.174	1.95	0.4600	0.5129

จากตารางที่ 5.4 เมื่อนำผลการคำนวณมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_{AN}$ กับ $1/U_{AN}$ จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_{AN}$ กับ $1/U_{AN}$

จากรูปที่ 5.8 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_{AN}$ กับ $1/C_{AN}$ เป็นลักษณะกราฟเส้นตรงตามสมการ $1/U_{AN} = 0.935 (1/C_{AN}) + 0.0805$ โดยที่

$$\begin{aligned} \text{จุดตัดแกน } y &= 1/K_{OAN} = 0.0805 \\ \text{ดังนั้น} & K_{OAN} = 12.42 \text{ วัน}^{-1} \\ \text{ค่าความชัน} &= \gamma_{AN}/K_{OAN} = 0.935 \\ \text{ดังนั้น} & \gamma_{AN} = 11.61 \text{ วัน}^{-1} \end{aligned}$$

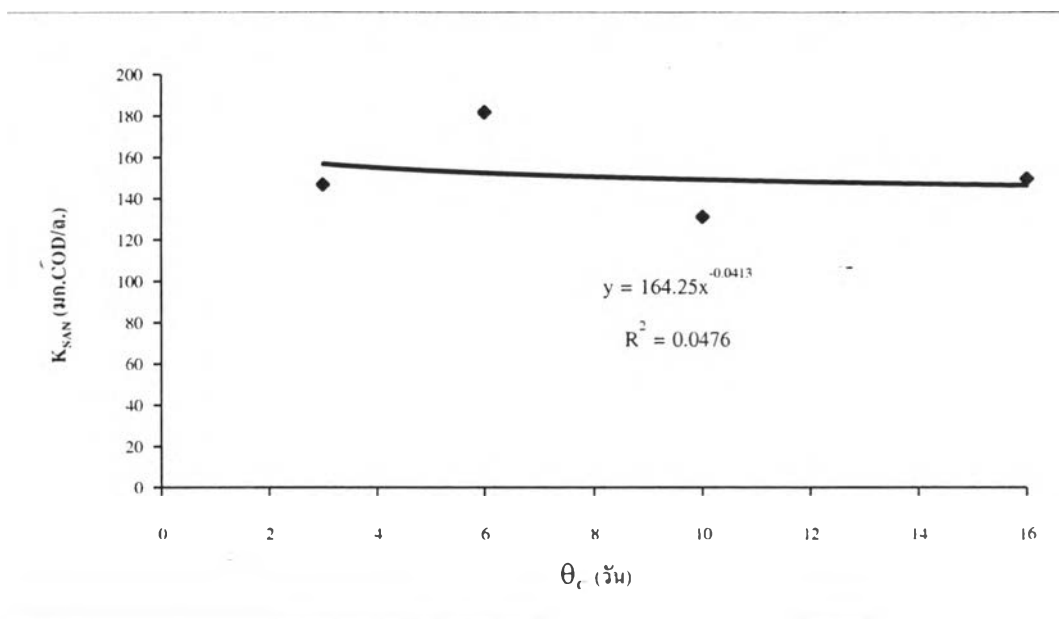
5.3.2.3 การหาค่า K_{SAN}

การหาค่า K_{SAN} มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.9 ดังนี้

$$U_{AN} = K_{OAN} S_{AN} / (K_{SAN} + S_{AN})$$

จากสมการข้างต้น และการคำนวณค่า K_{OAN} และ U_{AN} ในหัวข้อ 5.3.2.1 และ 5.3.2.2 สามารถคำนวณค่า K_{SAN} ที่อายุตะกอน 3, 6, 10 และ 16 วัน ได้เท่ากับ 146.86, 181.86, 131.19 และ 149.53 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{SAN} กับ θ_C จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.10 โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$K_{SAN} = 162.09 \theta_C^{-0.0351} \dots\dots\dots(5.59)$$



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_{SAN} กับ θ_C

5.4 พารามิเตอร์จลน์ของกระบวนการไนตริฟิเคชันของระบบทั้งหมด

การหาค่าพารามิเตอร์จลน์ของกระบวนการไนตริฟิเคชัน สามารถหาได้โดยการตั้งสมมุติฐานให้ระบบเป็นเสมือนถังปฏิกรณ์สมมุติถังหนึ่ง เช่นเดียวกับกระบวนการกำจัดสารอาหารของระบบ ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 5.3 แล้ว โดยในระบบนี้กระบวนการไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นในถังคอนแทคและสเตบิไลเซชันเท่านั้น ดังนั้นการคิดมวลของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในการหาค่าพารามิเตอร์จลน์และสมการต่างๆ จะคิดเฉพาะในถังทั้งสองเท่านั้น

5.4.1 การหาค่าyield และ ส.ป.ส. อัตราการตายของ Nitrifier ในระบบ (Y_N & k_{dn})

การหาค่า Y_N และ k_{dn} สามารถประยุกต์มาจากสมการที่ 5.7 สำหรับกระบวนการกำจัดสารอาหาร ดังนี้

$$1/\theta_c = Y_N U_{NT} - k_{dn}$$

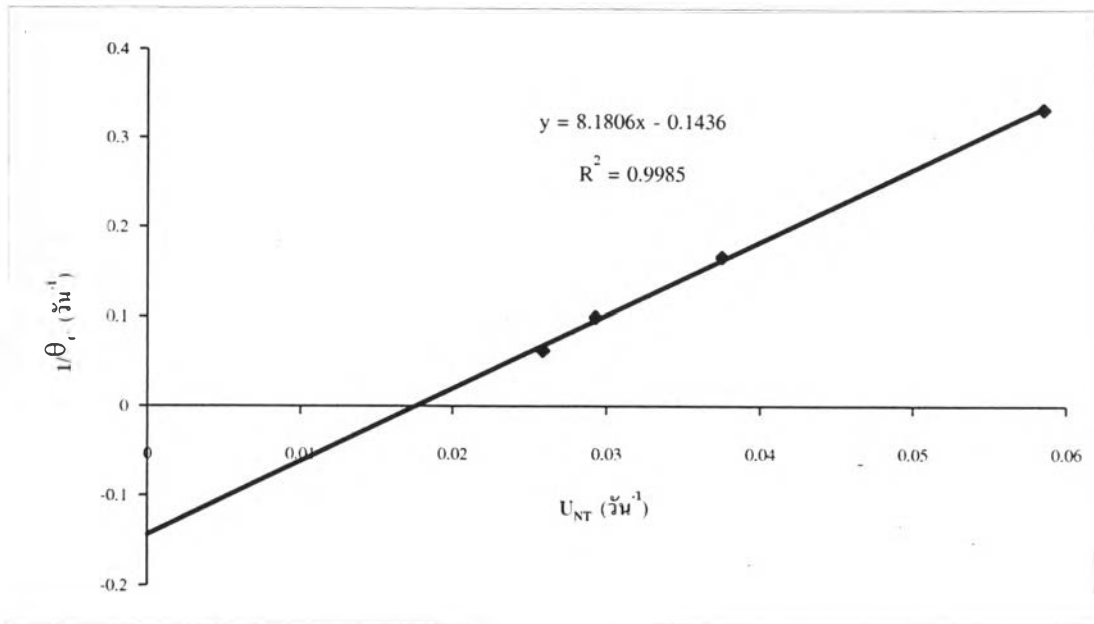
$$\text{โดย } U_{NT} = Q_i(N_i - N_c)/(M_s + M_c)$$

จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณค่า U_{NT} ในแต่ละอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการคำนวณค่า U_{NT} ตามอายุตะกอน

θ_c (วัน)	$1/\theta_c$ (วัน ⁻¹)	N_i (มก./ล.)	N_c (มก./ล.)	$M_s + M_c$ (มก.)	U_{NT} (วัน ⁻¹)
3	0.3333	29.12	9.05	12,000	0.0585
6	0.1667	29.2	6.80	20,892	0.0375
10	0.1000	28.98	4.63	29,107	0.0293
16	0.0625	29.21	3.36	34,887	0.0259

จากตารางที่ 5.5 นำผลการคำนวณที่ได้มาเขียนกราฟระหว่าง $1/\theta_c$ กับ U_{NT} จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{NT} กับ $1/\theta_C$

จากรูปที่ 5.10 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\theta_C$ เป็นฟังก์ชันของ U_{NT} โดยมีลักษณะเป็นเส้นตรงตามสมการ

$$1/\theta_C = 8.1806 U_{NT} - 0.1436$$

$$\text{หรือ } 1/\theta_C = [8.1806 Q_i (N_i - N_C) / (M_S + M_C)] - 0.1436$$

จากสมการข้างต้น ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำทิ้ง (N_C) สามารถหาได้โดยการจัดรูปสมการใหม่ ดังนี้

$$N_C = \frac{N_i - [(1/\theta_C + 0.1436) \times (M_S + M_C)]}{8.1806 Q_i} \dots (5.60)$$

โดยที่ ค่าความชัน = $Y_N = 8.1806$ มก. MLVSS/มก. NH_3-N

จุดตัดแกน y = $-kdn = -0.1436$

ดังนั้น $kdn = 0.1436$ วัน⁻¹

5.4.2 การหาสัดส่วนของ Nitrifier ในระบบ (Nitrifier Fraction)

จากค่า Y_N และ k_{dn} ซึ่งได้แสดงไว้ในหัวข้อ 5.4.1 จะเห็นว่ามีความสูงมาก ($Y_N = 8.1806$ และ $k_{dn} = 0.1436$) อันเนื่องมาจากการคำนวณนี้จะเปรียบเทียบกับมวลของตะกอนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ โดยไม่ได้เปรียบเทียบกับค่า Nitrifier ที่แท้จริงในระบบ

การหาค่า Nitrifier Fraction ในระบบสามารถหาได้โดยการกำหนดค่า Y_N และ k_{dn} ที่เหมาะสม พร้อมทั้งทำการปรับแก้กราฟในรูปที่ 5.10 เพื่อให้ได้ค่าความชันของเส้นตรงเท่ากับ Y_N และจุดตัดแกน y เท่ากับ $-k_{dn}$ ที่กำหนดขึ้นมา

Metcalf และ Eddy (1991) ได้ทำการรวบรวมและสรุปค่าพารามิเตอร์จลน์สำหรับ Nitrifier จากการศึกษาที่ผ่านมา ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 สรุปค่าพารามิเตอร์จลน์สำหรับ Nitrifier (Metcalf และ Eddy, 1991)

ค่าพารามิเตอร์	หน่วย	Range	ค่าที่เสนอแนะ
μ_{mn}	วัน ⁻¹	0.3-3.0	1.0
K_N	มก.NH ₃ -N/ลิตร	0.2-5.0	1.4
Y_N	มก.NVSS/มก.NH ₃ -N	0.1-0.3	0.2
k_{dn}	วัน ⁻¹	0.03-0.06	0.05

จากตารางที่ 5.6 สามารถกำหนดค่า Y_N และ k_{dn} ที่เหมาะสมได้โดยให้

$$Y_N = 0.20 \quad \text{มก.NVSS/มก.แอมโมเนีย}$$

$$k_{dn} = 0.05 \quad \text{วัน}^{-1}$$

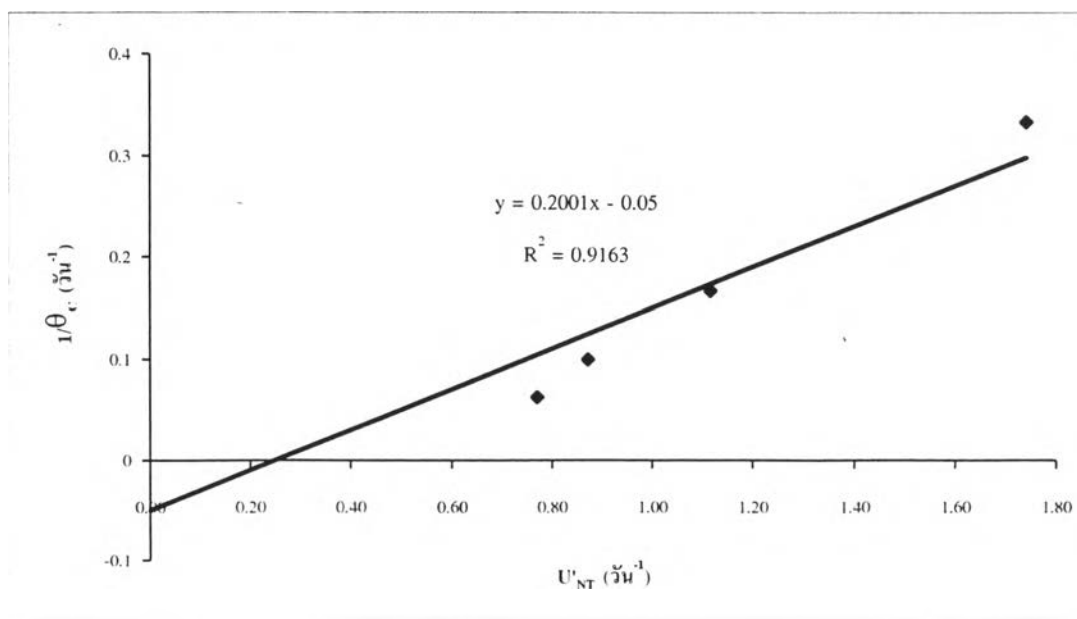
จากค่า Y_N และ k_{dn} ที่กำหนดสามารถหาความสัมพันธ์ของ $1/\theta_C$ กับ U_{NT} ที่ทำการปรับแก้แล้ว (U'_{NT}) ได้ดังนี้

$$1/\theta_C = 0.20 U'_{NT} - 0.05 \quad \dots\dots\dots(5.61)$$

โดย $U'_{NT} = Q_i (S_i - S_C) / (M_S' + M_C')$ (5.62)

เมื่อ $M_S' + M_C' = \text{Nitrifier Fraction } (M_S + M_C)$

การปรับแก้กราฟในรูปที่ 5.10 ทำได้โดยการกำหนดให้กราฟมีจุดตัดแกน y เท่ากับ -0.05 ($-k_{dn}$) หลังจากนั้นให้ทำการทดลองเลือกค่า Nitrifier Fraction หลายๆ ค่า เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\theta_C$ กับ U'_{NT} มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรงตามสมการที่ 5.61 ซึ่งจะเห็นว่าค่า Nitrifier Fraction เท่ากับ 3.36 % จะทำให้ได้กราฟเส้นตรงมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 5.61 ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\theta_C$ กับ U'_{NT} ที่ทำการปรับแก้แล้ว

Randall และคณะ (1992) ได้รวบรวมผลจากการศึกษาของผู้วิจัยหลายท่าน และสรุปว่า ค่า Nitriker Fraction ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 2-5% ซึ่งสอดคล้องกับค่า Nitriker Fraction ที่คำนวณได้จากการทดลองนี้ ซึ่งเท่ากับ 3.36%

5.4.3 การหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ Nitriker ในถังคอนแทค (μ_{NC})

การหาค่า μ_{NC} มีพื้นฐานมาจากสมการที่ 5.57 ดังนี้

$$\mu_{NC} = \frac{(\mu_{NT} + k_{dn}) (\eta_{nit})}{\alpha \eta_{nit} + DR} \quad \dots\dots\dots(5.57)$$

โดยที่ $D = Q_i / [(1+R)Q_i - 3Q_w]$

โดยปกติค่า Q_w จะน้อยมากเมื่อเทียบกับ Q_i ดังนั้นจะสามารถตัดทิ้งได้ และเมื่อแทนค่า $R = 1$ จากการทดลองจะได้

$$\mu_{NC} = \frac{(\mu_{NT} + k_{dn}) (\eta_{nit})}{\alpha \eta_{nit} + 0.5} \quad \dots\dots\dots(5.63)$$

โดย $\mu_{NT} = 1/\theta_c$

และกำหนด $k_{dn} = 0.05 \text{ วัน}^{-1}$

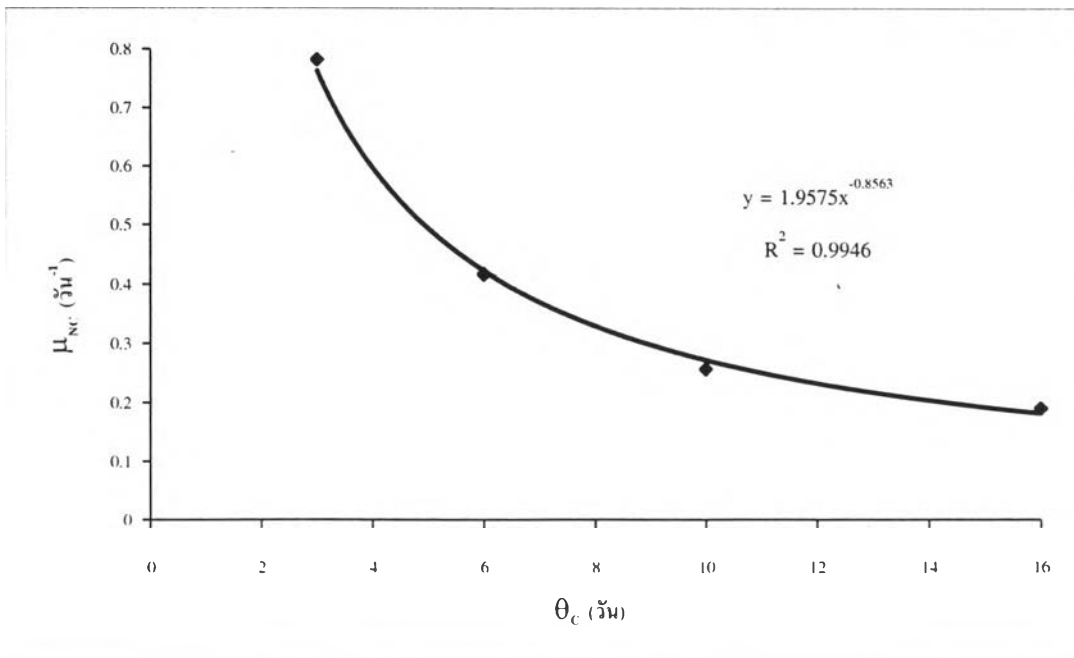
จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณค่า μ_{NC} ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการคำนวณค่า μ_{NC} ตามค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	μ_{NT} (วัน ⁻¹)	α	η_{nit}	U_{NC} (วัน ⁻¹)
3	0.3333	0.49	2	0.7823
6	0.1667	0.52	2	0.4167
10	0.1000	0.53	5.08	0.2573
16	0.0625	0.53	4.50	0.1909

จากตารางที่ 5.7 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ_{NC} กับ θ_c ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.12 โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\mu_{NC} = 1.9575 \theta_c^{-0.8563} \dots\dots\dots(5.64)$$



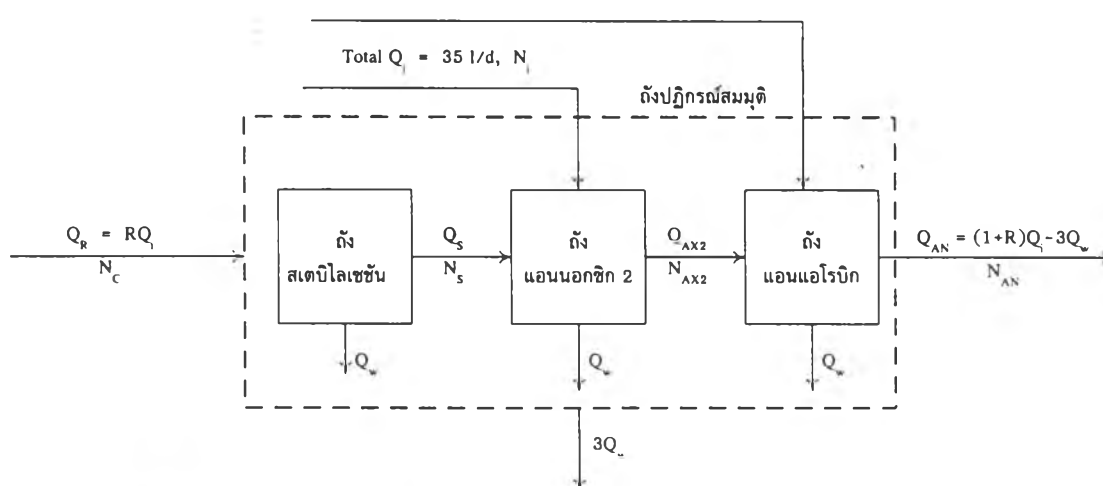
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง μ_{NC} กับ θ_c

5.4.4 การหาปริมาณแอมโมเนียที่เข้าสู่ถังคอนแทค

จากหัวข้อ 4.2.8.4 ในบทที่ 4 จะเห็นว่าแอมโมเนียที่เข้าสู่ระบบบางส่วนจะถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสร้างเซลล์ (Assimilation) ซึ่งปริมาณแอมโมเนียที่ถูกใช้ไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณการใช้สารอาหารที่เข้าสู่ระบบ และได้พบว่ามีการใช้แอมโมเนียในกระบวนการ Assimilation ในถังสเตบิลไลเซชัน, แอนนออกซิก 2 และถังแอนแอโรบิก

ในการคำนวณเกี่ยวกับการเกิดไนตริฟิเคชันในถังคอนแทคนั้น จำเป็นจะต้องทราบความเข้มข้นแอมโมเนียที่เหลือจากการใช้ในกระบวนการ Assimilation ซึ่งเมื่อพิจารณารูปที่ 5.1 ก็คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำตะกอน (Mixed Liquor) ที่ออกจากถังแอนแอโรบิก (N_{AN}) และเข้าสู่ถังแอนนออกซิก 1 และถังคอนแทคนั่นเอง

ค่า N_{AN} นี้สามารถหาได้อย่างง่ายโดยการพิจารณาแยกส่วนถังสเตบิลไลเซชัน ถังแอนนออกซิก 2 และถังแอนแอโรบิก ซึ่งเป็นถังที่เกิดการใช้แอมโมเนียในกระบวนการสร้างเซลล์ ออกจากระบบรวมและตั้งสมมติฐานให้ถังปฏิกรณ์สมมุติถังหนึ่ง ดังรูปที่ 5.13 ดังนี้



เมื่อ N_1, N_C, N_{AN} = ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำเสียเข้า, ถังคอนแทค และในถังแอนแอโรบิก (มก./ล.)

รูปที่ 5.13 แสดงสมมติฐานในการหาค่า N_{AN}

เมื่อสมมูลย์มวลรอบดั่งปฏิกรณ์สมมุติของแอมโมเนียและแทนค่า $R = 1$ สามารถหาปริมาณของแอมโมเนียที่ลดลงจากการถูกใช้ในกระบวนการ Assimilation ของทั้ง 3 ถัง (ΔN_{AS}) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Delta N_{AS} &= Q_i N_i + Q_i N_C - 2Q_i N_{AN} \\ &= (N_i + N_C - 2N_{AN})Q_i \quad \dots\dots\dots(5.65)\end{aligned}$$

และเมื่อกำหนด U_{AS} = อัตราการใช้แอมโมเนียในกระบวนการ Assimilation ต่อมวลจุลินทรีย์ (มก.NH₃-N/มก. VSS-วัน)

$$U_{AS} = \frac{dN_{AS}/dt}{X} = \frac{\Delta N_{AS}}{(M_S + M_{AX2} + M_{AN})} \quad \dots\dots\dots(5.66)$$

โดย M_S, M_{AX2}, M_{AN} = มวลของจุลินทรีย์ในถังสเตบิลไลเซชัน ถังแอนน็อกซิก 2 และถังแอนแอโรบิก ตามลำดับ (มก.)

อัตราการใช้แอมโมเนียในกระบวนการ Assimilation (dN_{AS}/dt) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการใช้สารอาหาร (dS/dt) ดังนี้

$$dN_{AS}/dt = A \frac{dS}{dt} \quad \dots\dots\dots(5.67)$$

ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{AS} กับอายุตะกอนสามารถหาได้โดยการประยุกต์จากสมการที่ 5.7 ดังนี้

$$1/\theta_C = \frac{Y(dS/dt) - kd}{X} = YU - kd \quad \dots\dots\dots(5.7)$$

จากสมการ 5.66 และ 5.67 จะได้

$$1/\theta_C = AU_{AS} - B$$

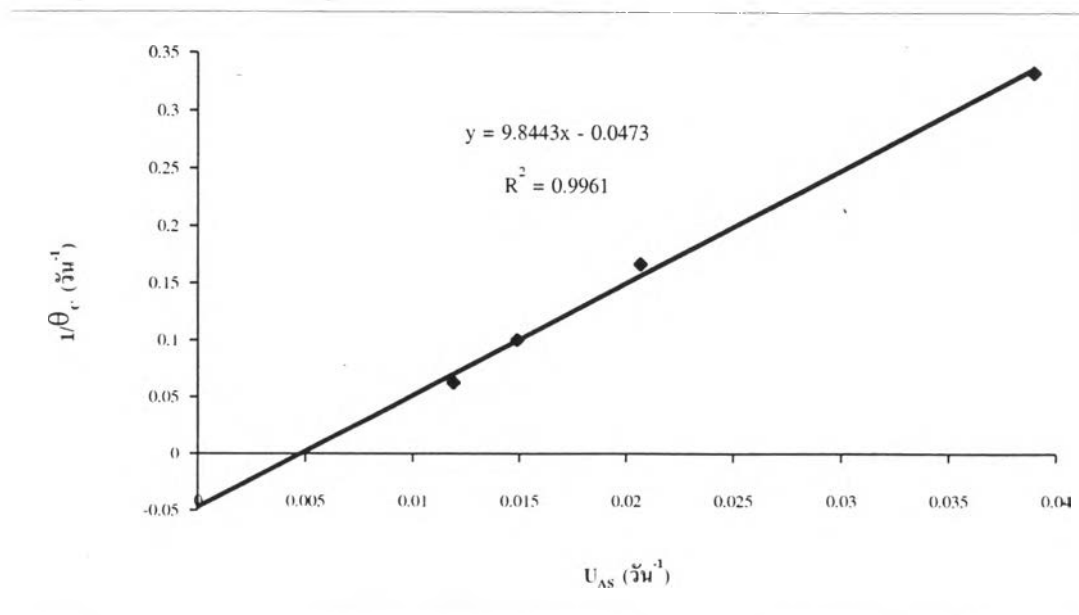
โดย A, B = ค่าคงที่

จากสมการ 5.65 และ 5.66 สามารถคำนวณค่า U_{AS} ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการคำนวณค่า U_{AS} ในแต่ละอายุตะกอน

θ_c (วัน)	$1/\theta_c$ (วัน ⁻¹)	N_i (มก./ล.)	N_c (มก./ล.)	N_{AN} (มก./ล.)	$M_s+M_{AX1}+M_{AN}$ (มก.)	U_{AS} (มก.NH ₃ -N/มก. MLVSS-วัน)
3	0.3333	29.12	9.05	11.44	13,705	0.0390
6	0.1667	29.20	6.80	10.84	24,256	0.0207
10	0.1000	28.98	4.63	10.01	31,883	0.0149
16	0.0625	29.21	3.36	9.57	39,544	0.0119

จากตารางที่ 5.8 เมื่อนำค่า U_{AS} มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับ $1/\theta_c$ จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.14 ดังนี้



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{AS} กับ $1/\theta_c$

จากรูปที่ 5.14 จะได้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{AS} กับ $1/\theta_C$ ดังนี้

$$1/\theta_C = 9.8443 U_{AS} - 0.0473$$

จากสมการที่ 5.65 และ 5.66 จะได้

$$1/\theta_C = \left[\frac{9.8443 Q_i (N_i + N_C - 2N_{AN})}{M_S + M_{AX2} + M_{AN}} \right] - 0.0473$$

ค่า N_{AN} สามารถหาได้จากสมการข้างต้น ดังนี้

$$N_{AN} = \frac{(N_i + N_C) - (1/\theta_C + 0.0473) \times (M_S + M_{AX2} + M_{AN})}{2} \dots (5.68)$$

5.5 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN})

ในระบบนี้กระบวนการดีไนตริฟิเคชันจะเกิดขึ้นในถังแอนนออกซิก 1 และแอนนออกซิก 2 ดังนั้น การศึกษาถึงอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชัน (U_{DN}) จะทำการศึกษาใน 2 กรณี คือ

U_{DN} ในถังแอนนออกซิก 1 (U_{DN1})

U_{DN} ในถังแอนนออกซิก 2 (U_{DN2})

5.5.1 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 1 (U_{DN1})

กลไกหลักในการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 1 จะเกิดจากการย่อยสลายสารอาหารที่ได้ทำการดูดซึมไว้แล้วในถังแอนแอโรบิก โดยใช้แหล่งออกซิเจนจากไนเตรท ซึ่งแสดงว่า อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้สารอาหารของระบบต่อมวลจุลินทรีย์ (U_T) จากหัวข้อ 4.2.9.1 ในบทที่ 4 และตารางที่ 5.1 สามารถสรุปค่า U_{DN1} และ U_T ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.6

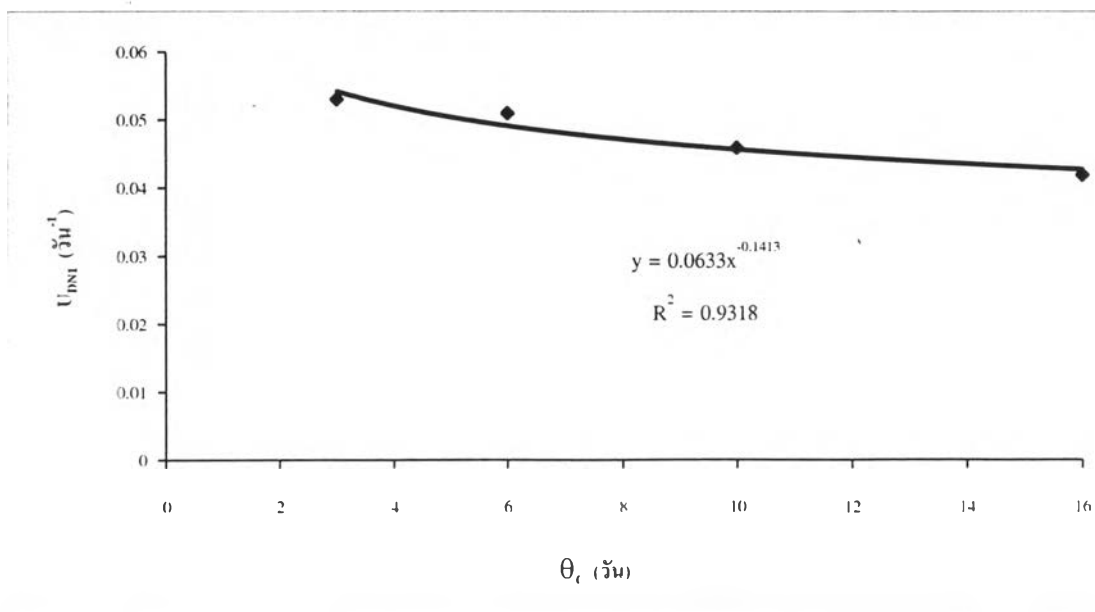
ตารางที่ 5.9 สรุปค่า U_{DN1} และ U_T ตามอายุตะกอน

θ_c (วัน)	U_T (วัน ⁻¹)	U_{DN1} (วัน ⁻¹)
3	0.8784	0.053
6	0.4926	0.051
10	0.3700	0.046
16	0.3008	0.042

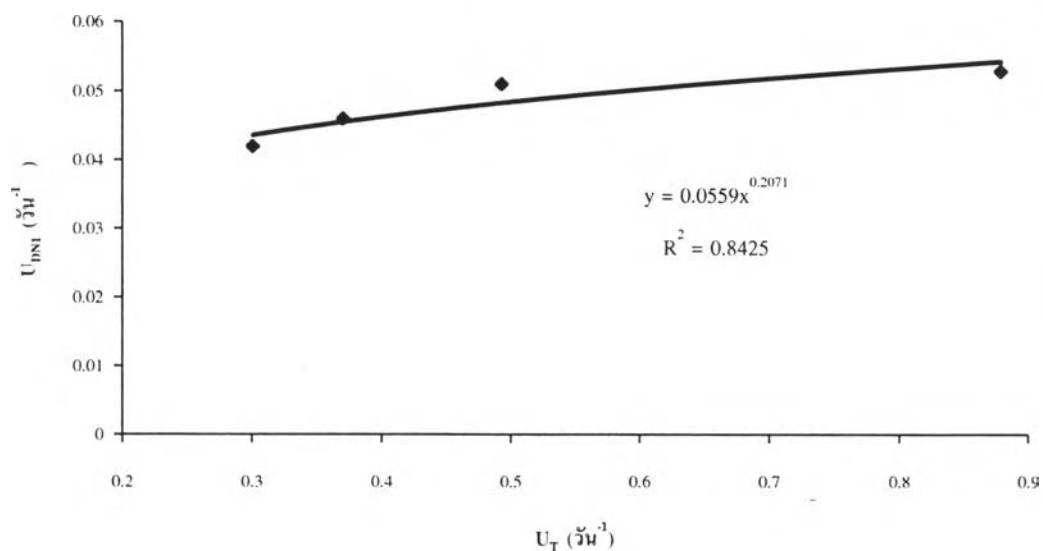
จากตารางที่ 5.9 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN1} กับ θ_c และ U_{DN1} กับ U_T ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.15 และ 5.16 โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$U_{DN1} = 0.0633 \theta_c^{-0.1413} \dots\dots\dots(5.69)$$

$$U_{DN1} = 0.0559 U_T^{0.2071} \dots\dots\dots(5.70)$$



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN1} กับ θ_c



รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN1} กับ U_T

จากรูปที่ 5.16 พบว่า ค่า U_{DN1} จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่า U_T ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลไกหลักในการเกิดดีไนตริฟิเคชัน น่าจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารที่ได้ดูดซึมไว้ในถังแอนแอโรบิกโดยใช้แหล่งออกซิเจนจากไนเตรท โดยที่ปริมาณสารอาหารที่เข้าสู่ระบบจะเป็นตัวจำกัดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 1

5.5.2 อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนนออกซิก 2 (U_{DN2})

จากหัวข้อ 4.2.9.2 ในบทที่ 4 และตารางที่ 5.1 สามารถสรุปค่า U_{DN2} และ U_T ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.10

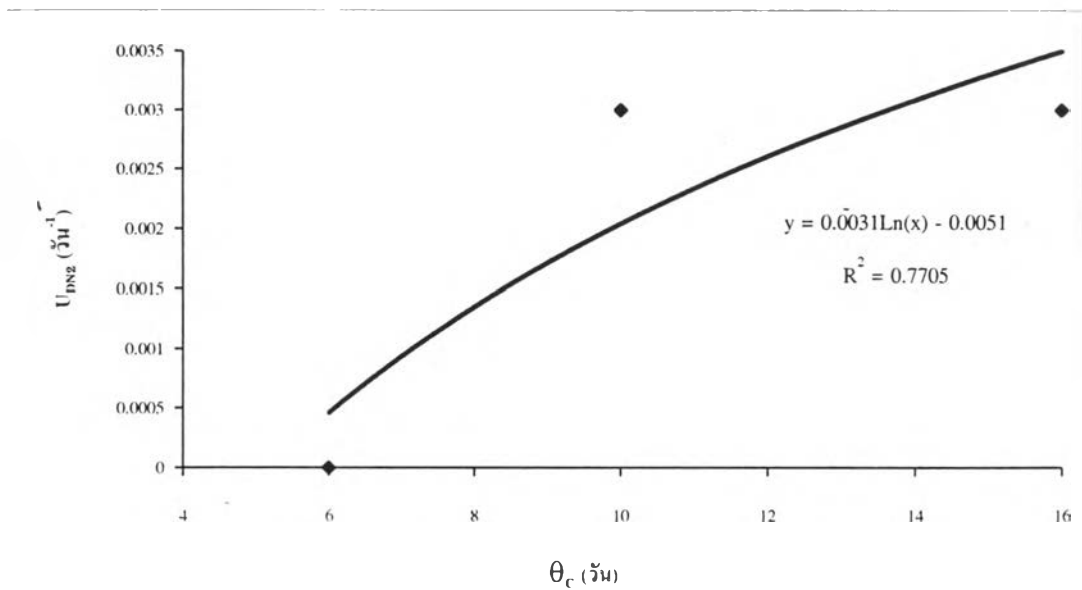
ตารางที่ 5.10 สรุปค่า U_{DN2} และ U_T ตามอายุตะกอน

θ_c (วัน)	U_T (วัน ⁻¹)	U_{DN1} (วัน ⁻¹)
3	0.8784	0
6	0.4926	0
10	0.3700	0.003
16	0.3008	0.003

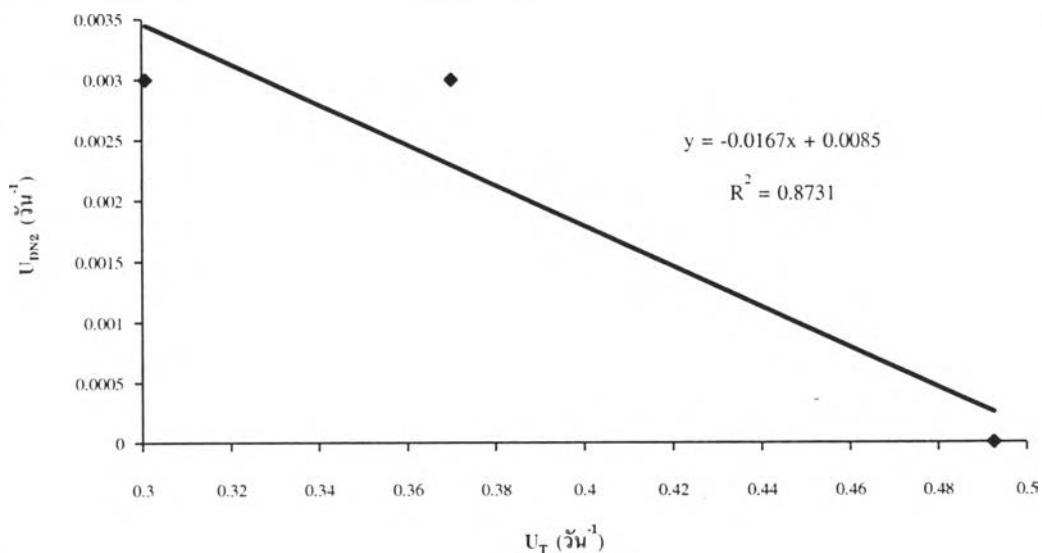
จากตารางที่ 5.10 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN2} กับ θ_C และ U_{DN2} กับ U_T ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.17 และ 5.18 โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$U_{DN2} = 0.0031 \ln \theta_C - 0.0051 \quad \dots\dots\dots(5.71)$$

$$U_{DN2} = -0.0167 U_T + 0.0555 \quad \dots\dots\dots(5.72)$$



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN2} กับ θ_C



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U_{DN2} กับ U_T

จากรูปที่ 5.18 พบว่า ค่า U_{DN2} มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า U_T เพิ่มขึ้น แสดงว่าค่า U_{DN2} ไม่ขึ้นกับอัตราการใช้อาหารต่อมวลจุลินทรีย์ในระบบ (U_T) โดยที่ปริมาณสารอาหารจะไม่เป็นตัวจำกัดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังนี้

เมื่อพิจารณารูปที่ 5.17 พบว่าค่า U_{DN2} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าอายุตะกอน อันเนื่องมาจากเมื่อค่าอายุตะกอนเพิ่มขึ้น การเกิดไนตริฟิเคชันในถังสเตบิลิเซชันเพิ่มขึ้น ทำให้มีไนเตรทเข้าสู่ถังแอนน็อกซิก 2 มากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวจำกัดอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันในถังแอนน็อกซิก 2 นี้ คือ ปริมาณไนเตรทที่เข้าสู่ถัง

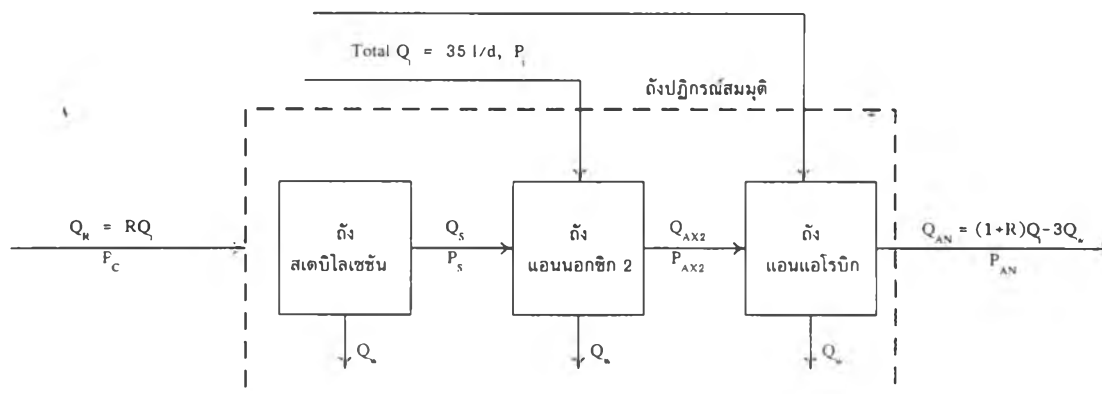
5.6 การหาค่าฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก และถังคอนแทค

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่า กลไกในการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ ได้แก่ การสร้างสภาวะที่เปลี่ยนแปลงระหว่างแอนแอโรบิกและแอโรบิก เพื่อให้เกิดการคายฟอสฟอรัส (Phosphorus Release) ในสภาพแอนแอโรบิก และเกิดการจับเอาฟอสฟอรัสเข้าไปภายในเซลล์

มากกว่าปกติ(Phosphorus Uptake)ในสภาพแอโรบิก ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับการกำจัดฟอสฟอรัสของระบบจะต้องทราบปริมาณของฟอสฟอรัสที่คายออกมาและที่ถูกจับเข้าไปในเซลล์ในถังแอนแอโรบิก และในถังคอนแทค

5.6.1 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก (P_{AN})

ในการคำนวณเพื่อออกแบบระบบจำเป็นต้องทราบค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก (P_{AN}) ที่เกิดจากการคายออกมาของ Poly-P Bacteria ในถัง โดยการหาค่า P_{AN} นี้สามารถหาได้อย่างง่าย โดยใช้สมมติฐานเช่นเดียวกับการหาค่า N_{AN} ดังแสดงในรูปที่ 5.19 ดังนี้



เมื่อ P_i, P_c, P_{AN} = ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียเข้าใน ถังคอนแทค และในถังแอนแอโรบิก (มก./ล.)

รูปที่ 5.19 แสดงสมมติฐานในการหาค่า P_{AN}

จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.11.1 บทที่ 4 พบว่าจะเกิดการคายฟอสฟอรัสในถังแอนน็อกซิก 2 และแอนแอโรบิกเท่านั้น ดังนั้นการคิดมวลจุลินทรีย์ของถังปฏิกรณ์สมมุตินี้จะคิดเฉพาะในถังทั้งสองนี้เท่านั้น

เมื่อสมมุติว่ามวลรอบถังปฏิกรณ์สมมุติขึ้นของฟอสฟอรัสและแทนค่า $R = 1$ สามารถหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นจากการคายออกมาของพวก Poly-P Bacteria ในระบบ (ΔP_{rel}) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\Delta P_{rel} &= 2Q_i P_{AN} - Q_i P_i - Q_i P_C \\ &= (2P_{AN} - P_i - P_C)Q_i \quad \dots\dots\dots(5.73)\end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ $U_{prel} =$ อัตราการคายฟอสฟอรัสต่อมวลจุลินทรีย์
(มก.P/มก.MLVSS-วัน)

$$\text{ดังนั้น} \quad U_{prel} = \frac{dP_{rel}/dt}{X} = \frac{\Delta P_{rel}}{(M_{AX2} + M_{AN})} \quad \dots\dots(5.74)$$

อัตราการคายฟอสฟอรัส (dP_{rel}/dt) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการใช้สารอาหาร (dS/dt) ดังนี้

$$d P_{rel}/dt = A' dS/dt \quad \dots\dots\dots(5.75)$$

ดังนั้นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง U_{prel} กับอายุตะกอนสามารถหาได้โดยการประยุกต์จากสมการที่ 5.7 ดังนี้

$$1/\theta_C = \frac{Y(dS/dt) - kd}{X} = YU - kd \quad \dots\dots\dots(5.7)$$

จากสมการที่ 5.74 และ 5.75 จะได้

$$1/\theta_C = AU_{prel} - B$$

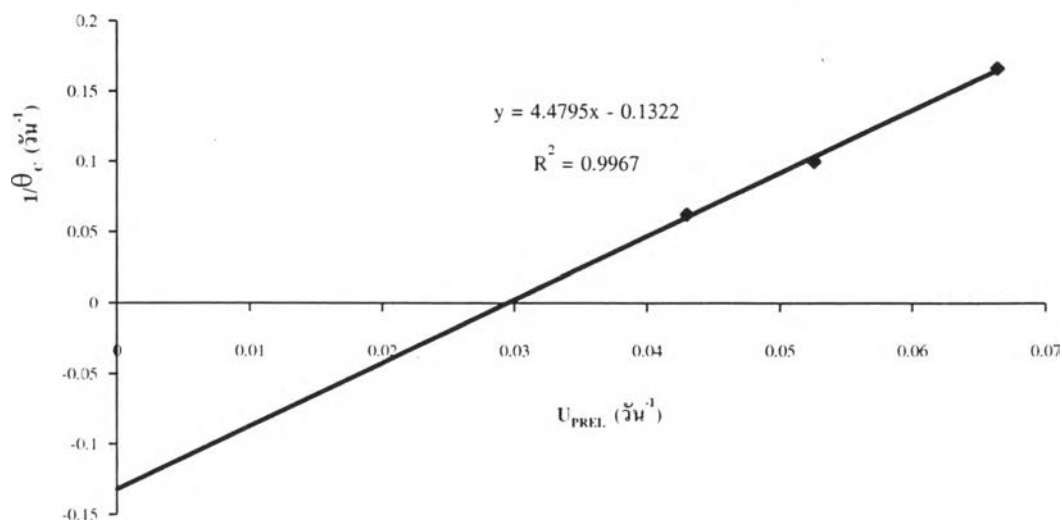
กำหนด $A, B =$ ค่าคงที่

จากสมการที่ 5.73 และ 5.74 สามารถคำนวณค่า U_{prel} ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 แสดงผลการคำนวณ U_{prel} ตามค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	$1/\theta_c$ (วัน ⁻¹)	P_i (มก./ล.)	P_c (มก./ล.)	P_{AN} (มก./ล.)	$M_{AX1}+M_{AN}$ (มก.)	U_{prel} (มก.P/มก. MLVSS-วัน)
3	0.3333	10.01	6.14	13.66	7,540	0.0519
6	0.1667	10.37	2.78	20.00	14,158	0.0664
10	0.1000	10.01	3.68	20.54	18,215	0.0526
16	0.0625	10.34	3.59	21.27	23,287	0.0430

จากหัวข้อ 4.2.11.1 ในบทที่ 4 พบว่า อัตราการคายฟอสฟอรัสที่อายุตะกอน 3 วัน จะมีค่าต่ำลงมาก อันเนื่องมาจากการทิ้งตะกอนมากเกินไปทำให้พวก Poly-P Bacteria ซึ่งปกติจะเจริญเติบโตได้ช้าถูกทิ้งออกจากระบบมากจนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆในระบบ ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{prel} กับ θ_c จะพิจารณาเฉพาะที่อายุตะกอน 6-16 วันเท่านั้น โดยจากตารางที่ 5.11 เมื่อนำค่า U_{prel} มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับ $1/\theta_c$ จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.20 ดังนี้



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{prel} กับ $1/\theta_c$

จากรูปที่ 5.20 จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{perl} กับ $1/\theta_C$ ดังนี้

$$1/\theta_C = 4.4795 U_{perl} - 0.1332$$

จากสมการที่ 5.73 และ 5.74 จะได้

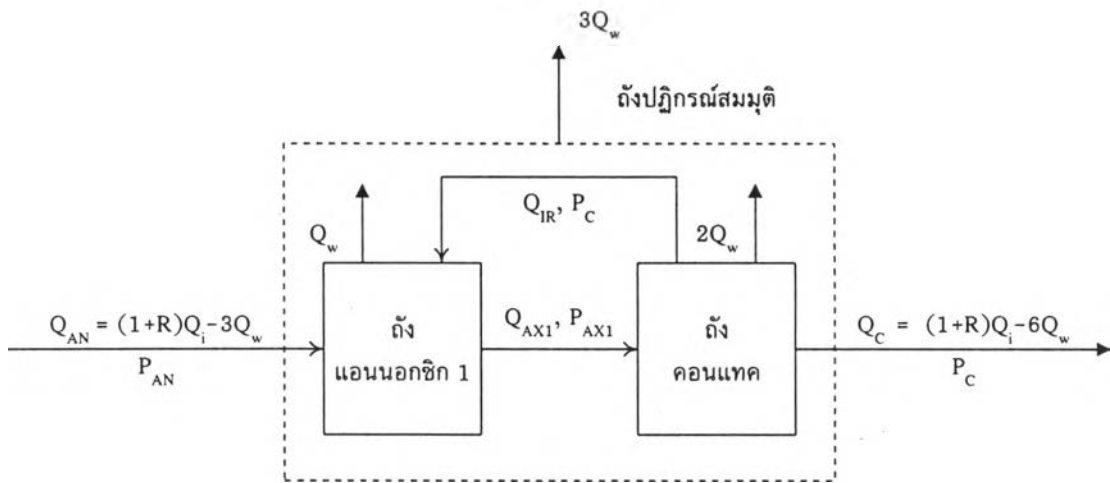
$$1/\theta_C = \frac{4.4795 Q_i (2P_{AN} - P_i - P_C) - 0.1332}{M_{AX1} + M_{AN}}$$

ค่า P_{AN} สามารถหาได้จากสมการข้างต้น ดังนี้

$$P_{AN} = \frac{(1/\theta_C + 0.1332) \times (M_{AX1} + M_{AN}) + (P_i + P_C)}{8.959 Q_i} \quad \dots\dots(5.76)$$

5.6.2 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในถังคอนแทค (P_C)

ในถังคอนแทค จะเกิดการย่อยสลายสารอาหารที่ถูกดูดซึมไว้ภายในเซลล์ในถังแอนแอโรบิก พร้อมทั้งจับเอาฟอสฟอรัสที่ถูกลายออกมาในถังแอนแอโรบิก (P_{AN}) เข้าไว้ภายในเซลล์มากกว่าที่คายออกมา สำหรับการหาค่า P_C สามารถหาได้อย่างง่ายโดยพิจารณาแยกส่วนถังแอนน็อกซิก1 และถังคอนแทคออกจากระบบและตั้งสมมติฐานให้เป็นถังปฏิกรณ์สมมุติถังหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5.21 ดังนี้



เมื่อ P_{AN}, P_C = ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในถังแอนแอโรบิก และถังคอนแทค (มก./ล.)

รูปที่ 5.21 แสดงสมมุติฐานในการหาค่า P_C

ในการเกิดกระบวนการ Phosphorus Uptake นั้นจะเกิดเฉพาะในถังคอนแทค ซึ่งมีการเติมอากาศเท่านั้น ดังนั้นการคิดมวลจุลินทรีย์ของถังปฏิกรณ์สมมุตินี้จะคิดเฉพาะในถังคอนแทคเท่านั้น

เมื่อทำการสมดุลมวลรอบถังปฏิกรณ์สมมุติของฟอสฟอรัส และแทนค่า $R = 1$ สามารถหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลงเนื่องจากกระบวนการ Phosphorus Uptake ในถัง (ΔP_{up}) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \Delta P_{up} &= (2Q_i - 3Q_w)P_{AN} - 3Q_w P_C - (2Q_i - 6Q_w)P_C \\ &= 2Q_i (P_{AN} - P_C) - 3Q_w (P_{AN} - P_C) \dots\dots\dots(5.77) \end{aligned}$$

เมื่อกำหนดให้ U_{pup} = อัตราการจับฟอสฟอรัสต่อมวลจุลินทรีย์ (มก.P/มก.MLVSS-วัน)

$$\text{ดังนั้น } U_{\text{pup}} = \frac{d P_{\text{up}}/dt}{X} = \Delta P_{\text{up}}/M_C \dots\dots\dots(5.78)$$

อัตราการจับฟอสฟอรัส ($d P_{\text{up}}/dt$) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการใช้สารอาหาร (dS/dt) ดังนี้

$$dP_{\text{up}}/dt = A' dS/dt \dots\dots\dots(5.79)$$

ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ระหว่าง U_{pup} กับอายุตะกอน สามารถหาได้โดยการประยุกต์จากสมการที่ 5.7 ดังนี้

$$1/\theta_C = \frac{Y dS/dt - kd}{X} = YU - kd \dots\dots\dots(5.7)$$

จากสมการที่ 5.77 และ 5.78 จะได้

$$1/\theta_C = A U_{\text{pup}} - B$$

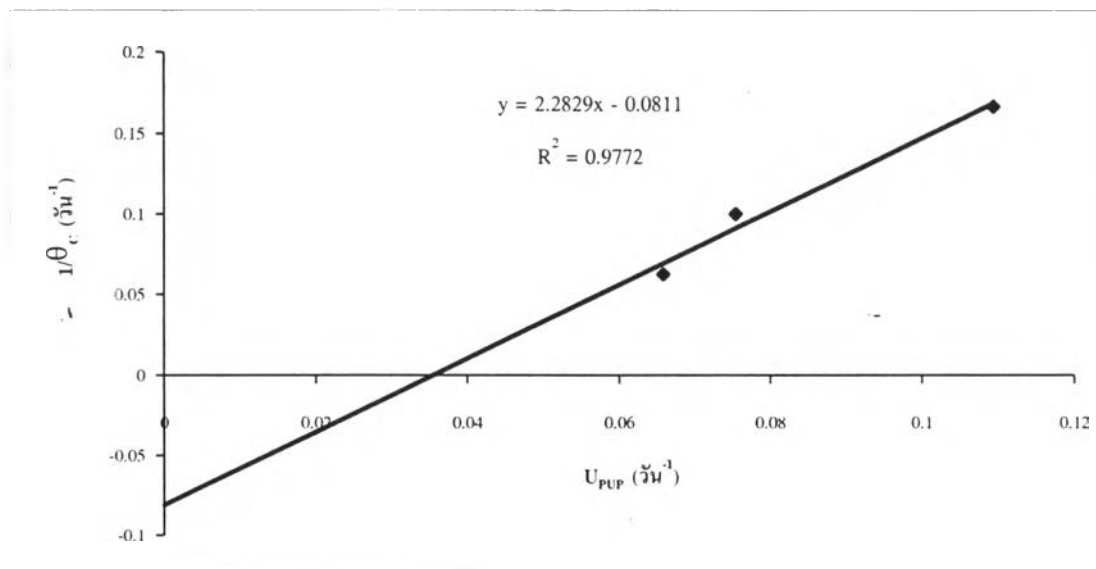
โดยกำหนด $A, B =$ ค่าคงที่

จากสมการที่ 5.77 และ 5.78 สามารถคำนวณค่า U_{pup} ในแต่ละค่าอายุตะกอนได้ตามตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการคำนวณค่า U_{pup} ตามค่าอายุตะกอน

θ_C	$1/\theta_C$	P_{AN}	P_C	M_C	U_{pup}
3	0.3333	13.66	6.14	5,835	0.0865
6	0.1667	20.00	2.78	10,794	0.1094
10	0.1000	20.54	3.68	15,440	0.0755
16	0.0625	21.27	3.59	18,630	0.0659

จากตารางที่ 4.2.11 ในบทที่ 4 พบว่า อัตราการจับฟอสฟอรัสที่ค่าอายุตะกอน 3 วัน จะมีค่าต่ำลงมาอันเนื่องมาจากการทิ้งตะกอนมากเกินไปทำให้ปริมาณของ Poly-P Bacteria ลดลงอย่างมาก ดังนั้น การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{pup} กับ θ_c จะพิจารณาเฉพาะที่อายุตะกอน 6-16 วัน เช่นเดียวกับการหาค่า P_{AN} โดยจากตารางที่ 5.12 เมื่อนำค่า U_{pup} มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กับ $1/\theta_c$ จะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 5.22 ดังนี้



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{pup} กับ $1/\theta_c$

จากรูปที่ 5.22 จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า U_{pup} กับ $1/\theta_c$ ดังนี้

$$1/\theta_c = 2.2829 U_{pup} - 0.0811$$

จากสมการ 5.77 และ 5.78 จะได้

$$1/\theta_c = \frac{2.2829 [2Q_i(P_{AN} - P_c) - 3Q_w(P_{AN} - P_c)] - 0.0811}{M_c}$$

โดยปกติค่า Q_w มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Q_i จึงสามารถตัดทิ้งได้ ดังนั้น การหาค่า P_C สามารถหาได้จากสมการข้างต้นดังนี้

$$P_C = \frac{P_{AN} - (1/\theta_C + 0.0811)M_C}{4.5658 Q_i} \quad \dots\dots(5.80)$$

5.7 การหาค่ามวลของจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ต่างๆ

ในการออกแบบกระบวนการนี้จำเป็นต้องหามวลของจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ต่างๆ ในระบบ ซึ่งในการวิจัยนี้จะหาในรูปของสัดส่วนของมวลในถังใด ๆ ต่อมวลของจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ (M_T) โดยมีพื้นฐานมาจากสมการดังนี้

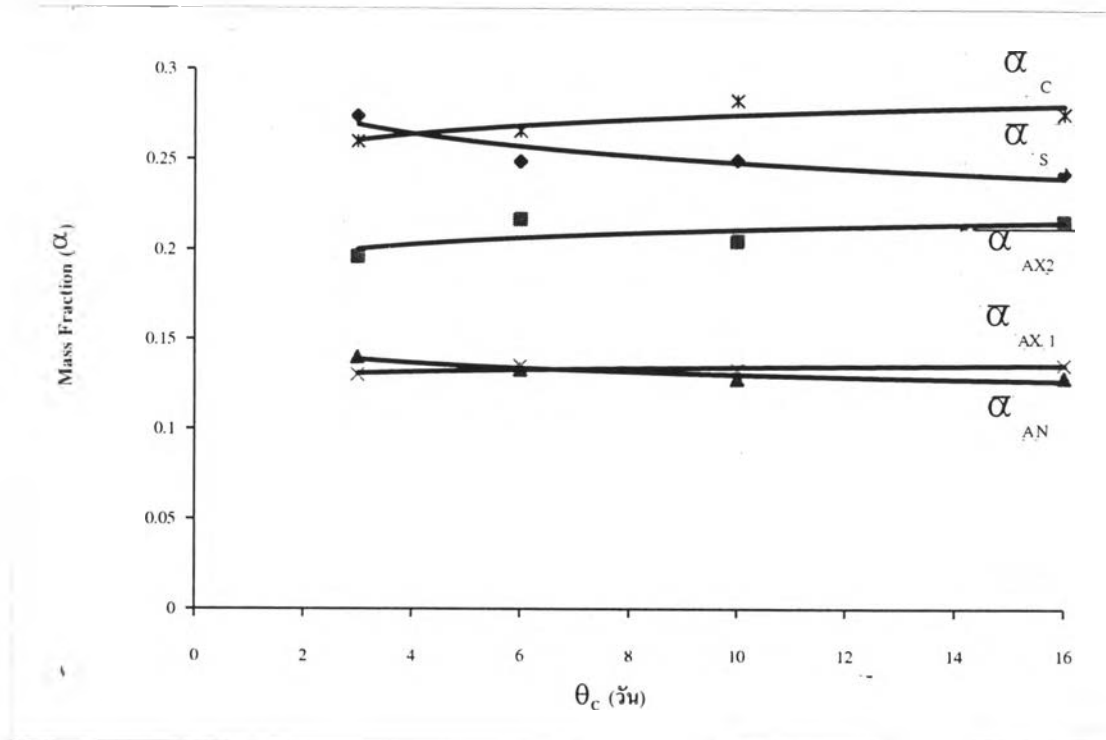
$$\begin{aligned} \alpha_x &= \text{สัดส่วนของมวลจุลินทรีย์ในถังใด ๆ ต่อมวลทั้งหมดในระบบ} \\ &= M_x/M_T \end{aligned}$$

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 บทที่ 4 สามารถคำนวณค่า α ในถังต่างๆ ของระบบตามค่าอายุตะกอนได้ดังแสดงในตารางที่ 5.13 ดังนี้

ตารางที่ 5.13 แสดงค่า α ในถังปฏิกรณ์ต่างๆ ตามค่าอายุตะกอน

θ_c (วัน)	α_s	α_{AX2}	α_{AN}	α_{AX1}	α_c
3	0.274	0.196	0.140	0.130	0.260
6	0.249	0.217	0.133	0.135	0.266
10	0.250	0.205	0.128	0.133	0.283
16	0.243	0.216	0.129	0.136	0.276

จากตารางที่ 5.13 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า α ของ
ถึงปฏิกิริยาต่างๆ ตามค่าอายุตะกอน ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า α ในถึงปฏิกิริยาต่างๆ
ตามค่าอายุตะกอน

จากรูปที่ 5.23 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า α ในถึงปฏิกิริยาต่างๆ ตามค่าอายุ
ตะกอนได้ดังแสดงในสมการต่างๆ ดังนี้

$$\alpha_s = M_s/M_T = -0.0173 \ln \theta_c + 0.2884 \quad \dots\dots(5.81)$$

$$\alpha_{AX2} = M_{AX2}/M_T = 0.0092 \ln \theta_c + 0.1901 \quad \dots\dots(5.82)$$

$$\alpha_{AN} = M_{AN}/M_T = -0.0071 \ln \theta_c + 0.1466 \quad \dots\dots(5.83)$$

$$\alpha_{AX1} = M_{AX1}/M_T = 0.003 \ln \theta_c + 0.1275 \quad \dots\dots(5.84)$$

$$\alpha_c = M_c/M_T = 0.012 \ln \theta_c + 0.2474 \quad \dots\dots(5.85)$$

จากการคำนวณทั้งหมดที่ผ่านมาสามารถนำมาสรุปค่าพารามิเตอร์จลน์ และสมการต่างๆ
ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 สรุปค่าพารามิเตอร์จลน์และสมการต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบบ

พารามิเตอร์	ค่าหรือสมการที่ใช้	หน่วย
Y_T	0.464	มก.MLVSS/มก.COD
k_d	0.0712	วัน ⁻¹
K_{OT}	21.14	วัน ⁻¹
γ_T	21.61	วัน ⁻¹
K_{ST}	$589.58 \theta_C^{0.3391}$	มก.COD/ลิตร
Y_{AN}	0.1169	มก.MLVSS/มก.COD
$k_{d_{AN}}$	0.169	วัน ⁻¹
K_{OAN}	12.42	วัน ⁻¹
γ_{AN}	11.61	วัน ⁻¹
K_{SAN}	$162.09 \theta_C^{-0.0351}$	มก.COD/ลิตร
Y_N	0.20	มก.NVSS/มก.NH ₃ -N
$k_{dn.*}$	0.05	วัน ⁻¹
Nitrifier Fraction	3.36	%
μ_{NC}	$1.9575 \theta_C^{-0.8563}$	วัน ⁻¹
U_{DN1}	$0.0633 \theta_C^{-0.1413}$	มก.NO ₃ ⁻ /มก.MLVSS-วัน
U_{DN1}	$0.0559 U_T^{0.2071}$	มก.NO ₃ ⁻ /มก.MLVSS-วัน
U_{DN2}	$0.0031 \ln \theta_C - 0.0051$	มก.NO ₃ ⁻ /มก.MLVSS-วัน
U_{DN2}	$-0.0167 U_T + 0.0085$	มก.NO ₃ ⁻ /มก.MLVSS-วัน
N_C	$\frac{N_i - [(1/\theta_C + 0.1436) \times (M_S + M_C)]}{8.1806 Q_i}$	มก./ล.
N_{AN}	$\frac{(N_i + N_C) - (1/\theta_C + 0.0473) \times (M_S + M_{AX2} + M_{AN})}{2}$	มก./ล.
P_C	$P_{AN} - [(1/\theta_C + 0.0811) M_C / 4.5658 Q_i]$	มก./ล.

ตารางที่ 5.14 สรุปค่าพารามิเตอร์จลน์และสมการต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบบ (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าหรือสมการที่ใช้	หน่วย
P_{AN}	$\frac{(1/\theta_C + 0.1332) \times (M_{AX2} + M_{AN}) + (P_i + P_C)}{8.959 Q_i \quad 2}$	มก./ล.
α_S	$-0.0173 \ln \theta_C + 0.2884$	-
α_{AX2}	$0.0092 \ln \theta_C + 0.1901$	-
α_{AN}	$-0.0071 \ln \theta_C + 0.1466$	-
α_{AX1}	$0.003 \ln \theta_C + 0.1275$	-
α_C	$0.012 \ln \theta_C + 0.2474$	-

* ค่า Y_N และ k_{dn} . เป็นค่าที่กำหนดขึ้นจากการศึกษาที่ผ่านมา