เอกสารอ้างอิง

1. McCary, P.L., " Anaerobic Waste Treatment Fundamentals : Part One "Public Works, September (1964) : 107-112.

2. Bisselli, C., et. al., " Urban Trash Methanation-Background for a Proof-of-Concept Experiment, NSF-RA-N-75-002 Mitre Corporation, Mclean, VA (1975).

3. Dagley, S., and Nicholson, D.E., "An Introduction to Metabolic Pathways" John Wiley & Sons, Inc., New York, (1970).

4. Weng, C., and Jeris, J.S., "Biochemical Machanisms in the Methane Fermentation of Glulamic and Oleic Acid" Weter Res., Vol. 10, (1976) : 9-18.

5. Thimann, K.V. "The Life of Bacteria", The McMillan Co., New York, (1963) : 167-178.

6. Zehnder, A.J.B., and Ingvorsen, K., and Marti, T., "Microbiology of Methane Bacterria" Proc. 2 Symposium on Anaerobic Digestion, Elsevier Biomediacal Press, New York, (1982) : 45-68.

7. Gosh, S., et. al. "Anaerobic Process - Literature Review" J. WPCF, Vol 50, No.10, (1978).

8. Jeris, J.S. And Mc Carty, P.L., " The Biochemistry of Methane Fermentation Using C Tracers" J. WPCF, Vol.37, No.2, (1962) : 178-192.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. Zeikus, J.G., "Microbial Intermediary Metabolism in Anaerobic Digestion" Proc. 2 International Symposium on Anaerobic Digestion, Elsevier Biomediacal Press, new York, (1982) : 23-36.

10. Cheremisinoff, P.N. and Morresi, A.C., "Energy From Solid Wastes", Marcel Dekker, New York, (1975).

11. Dugan, P.R., "Biochemical Ecology of Water Pollution", Plenum Press, New York, (1972).

12. Haug, A.T. Wsludge Processing to Optimige Digesibility and Energy Production" J.WPCF, Vol. 49, No. 7, (1977).

13. Albertson, O.E., " Ammonia Nitrogen and the Anaerobic Environment" J. WPCF, Vol.33, No.9, (1961) : 978-995.

14. Pholand, F.G., " High Rate Digestion Control-3-Acid-Base Equilibrium and Buffer Capacity" Proc. 23 Ind. Wastes Conf., Purdue University, (1969) : 275-284.

15. Kirsh and Sykes " Anaerobic Digestion in Biological Waste Trestment" Progrees in Industrial Microbiology, Vol.9, (1970).

16. Mitchell, R., " Introduction to Environmental Microbiology" Enylewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, Inc., (1974).

17. Hatlingh, W.H.J., et. al., "Biological Changes during the adaptstion of an Anaerobic Digestion to a synthetic substrate" Water Res., Vol.1, (1967) : 255.

18. Speece, R.E. and McCarty, P.L., "Nutrients Requirements and Biological Solid Accumulation in Anaerobic Digestion" Advances in Watter Pollution Research", Vol. 2, Pergamon Press, London (1964) : 305.

19. Sander, F.A. and Bloodgood, D.E., "The Effect of Nitrogen to Carbon Ratio on Anaerobic Decomposition" J. WPCF, Vol. 37, No. 12, (1965) : 1741-1752.

20. Schroepfer, G.J., et. al. "The Anaerobic Contact Process as applied to Packinghouse Wastes" Sewage of Industrial Wastes, Vol. 27, (1955).

21. Eckenfelder, W.W.Jr., and Santanam, C.J.,"Sludge Trestment" Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, (1978).

22. Kotze, J.P., et. al., " Anaerobic Digestion-II-The Charecteristic and Control of Anaerobic Digestion" Water Res., Vol. 10, (1969) : 170-176.

23. Price, E.C. and Cherermisinoff, P.N., "Biogas-Production and Utilization" Ann Arbor Science Public, Inc., (1981).

24. พิพัฒน์ ชื่นชมชาติ, "การนำเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่มีตัวกลางครึ่งถัง และเต็มถังมาประยุกต์ใช้กับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

25. McCarty, P.L. and McKinney, R.E., "Salt Toxicity in Anaerobic Digestion" J.WPCF, Vol. 33, No. 4, (1961) : 399-415.

26. Lawrence, A.W., and McCary, P.L.,"The Role of Sulfide in Preventing Heavy Metal Toxicity in Anaerobic Trestment" J.WPCF, Vol. 37, (1965) : 392.

27. Hayes, T.P., and Theis, T.L., " The Distribution of Heavy Metals in Anaerobic Digestion." J.WPCF, Vol 50, No. 1, (1978).

28. McCarty, P.L., "One hundred years of Anaerobic Treatment" Proc.2 Symposium on Anaerobic Digestion, Elsevier Biomedical Press, New York, (1982) : 3-22.

29. Metcalf, L., and Eddy, H.P., "American Sewage Practice, part III Disposal of Sewerage", 1 ed. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, (1915).

30. Buswell, A.M. and Neave, S.L. "Laboratory Studies of Sludge Digestion", State Water Supply, Bulletin No. 30, State of Illinois, (1930).

31. Imhoff, K. WSedimentation and Digestion in Germany" Lancaster Press, (1938).

32. Morgan, P.F., " Studies of Accelerated Digestion of Sewage Sludge", Sewage and Industrial Waste, (1954).

33. Torpay, W.N., " Loading to Failure of a Pilot High Rate Digester" Sewage and Industrial Waste, (1955).

34. Stander, G.J. "A key to Wastewater Management" J.WPCF, Vol.38, (1966).

35. Young, J.C. And McCarty, P.L., " The Anaerobic Filter for Waste Treatment" J.WPCF, Vol. 41, No. 5, (1969) : R160-R173.

36. Taylor, D.W., "Full - Scale Anaerobic Trickling Filter Evaluation" Proe. 3 National Symposium on Food Processing Wastes, IPA-R2-72-018, (1972).

37. Switzenbaum, M.S., and Jewell, W.J., "Anaerobic Attrached Film Expended - Bed Reactor Treatment", J. WPCF, Vol. 52, (1980).

38. Lettinga, G., et. al. " Feasibility of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Process", Proe. National Conference on Environmental Engineers, New York, (1979) : 35.

39. Lettinga, G., et. al. " Feasibility of the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Process", Proe. National Conference on Environmental Engineers, New York, (1979) : 35.

40. Gosh, S., et. al. "Anaerobic Acidogenesis of Wastewater Sludge" J. WPCF, Vol.47, No.1. (1975) : 30-45.

41. Ullrich, A.H., and Smith, M.W.," The Biosorption Process of Sewage and Waste Treatment" J.WPCF, Vol. 23, No. 10, (1951) : 1248-1253.

42. Gujer, W., and Jenkins, D., "The Contact Stabiligation Activated Sludge Process-Oxygen Utiligation, Sludge Production and Efficiency."

43. Goodar, J.E. WContact Stabiligation : A Process with a Future" Weter Services, (1974) : 16-17.

44. Alexander, W.V., et.al., W The Activated Sludge Part II - Application of the general kinetic model to the Contact Stabiligation Process" Water Res., Vol 14, (1980) : 1737-1740.

45. สุรพล สายพานิช, "ขยวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชันแบบแอนแอโรบิคที่มีตัวกลางอยู่กับที่," โครงการวิจัย เลขที่ 18G-SA-2525 งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2524 สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

46. ศักดิ์ชัย โอภาสวัตชัย, "การย่อยสลาย และ การผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียชนิดชอบความร้อน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

47. "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater" 15 Edv. Amer. Public Health Ass...., Washington D.C., 1980.

48. Dilallo, R., and Albertson, O.E., "Volatile Acids by Direct Titration" J.WPCF, Vol. 33, No.4, (1961) : 356-365.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

จลน์ศาสตร์วิศวกรรมของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่น

จลน์ศาสตร์วิศวกรรมของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชั่นนี้นำมาจาก "Anaerobic Contact Stabiligation", Training course on Biogas Reactor Disign and Development, Hosted by KMIT Thonburi เสนอโดย รศ.ดร.สุรพล สายพานิช ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MASS BALANCE IN THE PROCESS

Figure 2 shows the process diagram with a completely-mixed reactors and assumed no biochemical reaction occurred in the settling tank.

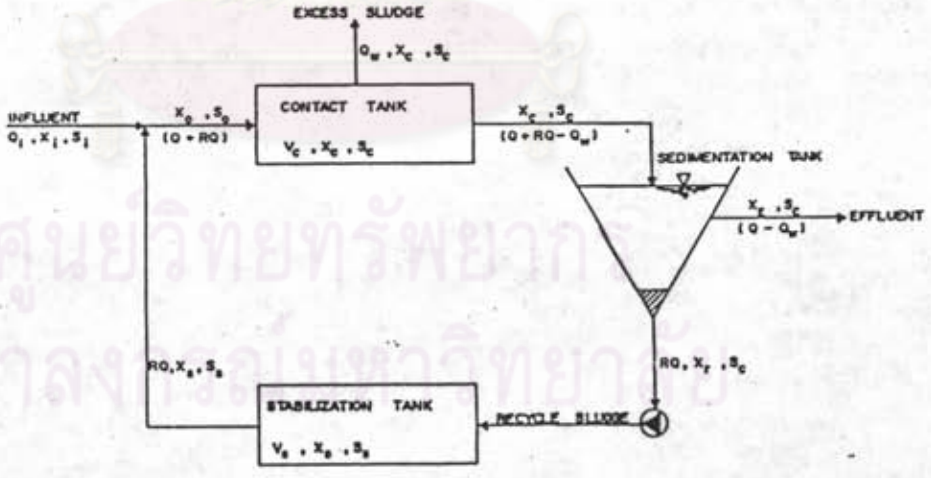

Figure 2 Flow deagram of a completely mixed contact stabilization process

The symbols' meanings are as followed.

k	=	Microorganism growth rate	T^{-1}
Q	=	Influent flow rate	L^3T^{-1}
Q_w	=	Wasted sludge flow rate	L^3T^{-1}
R	=	Recycle ratio	% or no unit
S	=	Substrate concentration	ML^{-3}
t	=	Retention time	T
V	=	Reactor volume	L^3
X	=	Concentration of microorganisms	ML^{-3}
Y	=	Growth yield	-

The subscripts are used to denote location as followed.

i	=	Feed influent
o	=	Influent to contact tank
c	=	Contact tank
r	=	Return sludge
s	=	Stabilization tank

1 MASS BALANCE OF MICROORGANISMS IN CONTACT TANK

If accumulation rate of microorganisms in contact tank equals to $\left(\frac{dX}{dt}\right)_c$ the following equation will result.

$$V_c\left(\frac{dX}{dt}\right)_c = RQX_s + QX_i + k_cX_cV_c - (Q+RQ)\,X_c \qquad \text{.....(1)}$$

If concentration of biomass in influent is assumed to be small and negligible ;

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_c = \frac{RQ}{V_c}X_s + k_cX_c - (1+R)\,\frac{QX_c}{V_c} \qquad \text{.....(2)}$$

Under steady state condition : $\left(\frac{dX}{dt}\right)_c = 0$

$$k_c = \frac{(1+R)\,X_c - RX_s}{X_c\,t_c} \; ; \; t_c = \frac{V_c}{Q} \qquad .....(3)$$

$$X_c = \frac{RX_s}{(1+R) - k_c t_c} \qquad .....(4)$$

2 MASS BALANCE OF MICROORGANISMS IN STABILIZATION TANK

If accumulation rate of microorganisms in reactor equals to $\left(\frac{dX}{dt}\right)_s$, the following equation will result.

$$V_s\left(\frac{dX}{dt}\right)_s = RQX_r + k_s X_s V_s - RQX_s$$

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_s = \frac{RQX_r}{V_s} + k_s X_s - \frac{RQX_s}{V_s} \qquad .....(5)$$

Under steady state condition ; $\left(\frac{dX}{dt}\right)_s = 0$

$$k_s = D_s\left(1 - \frac{X_r}{X_s}\right) \; ; \; D_s = \frac{RQ}{V_s} \qquad .....(6)$$

$$X_s = \frac{X_r}{1-k_s t_s} \; ; \; t_s = \frac{V_s}{RQ} \qquad .....(7)$$

3 MASS BALANCE OF MICROORGANISMS IN CLARIFIER

Suppose that the clarifier can receive total biomass loading , the following equation will result.

$$(Q + RQ - Q_w)\,X_c = RQ\,X_r + (Q - Q_w)\,X_e$$

Assume Q_w and X_e are very small to be negligible

$$X_r = \frac{(1+R)\,X_c}{R} \qquad .....(8)$$

4 MASS BALANCE OF SUBSTRATE IN CONTACT TANK

Suppose that $(\frac{dS}{dt})_c$ is the accumulation of substrate in contact tank, the following equation will result.

$$V_c\left(\frac{dS}{dt}\right)_c = QS_i + RQS_s - (1+R)QS_c - \frac{k_c}{Y_c} X_c V_c$$

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_c = \frac{Q}{V_c} S_i + \frac{RQS_s}{V_c} - \frac{(1+R)Q}{V_c} S_c - \frac{k_c X_c}{Y_c} \quad ....(9)$$

Under steady state condition ; $\left(\frac{dS}{dt}\right)_c = 0$

$$S_c = \frac{S_i + RS_s - k_c X_c t_c / Y_c}{(1+R)} \quad .....(10)$$

5 MASS BALANCE OF SUBSTRATE IN STABILIZATION TANK

Suppose that $\left(\frac{dS}{dt}\right)_s$ is the accumulation rate of substrate in stabilization tank, the following equation will result.

$$V_s\left(\frac{dS}{dt}\right)_s = RQS_c - RQS_s - \frac{k_s}{Y_s} X_s V_s$$

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_s = D_s S_c - D_s S_s - \frac{k_s}{Y_s} X_s \; ; \; D_s = \frac{QR}{V_s} \quad .....(11)$$

Under steady state condition ; $\frac{dS}{dt} = 0$

$$S_s = S_c - \frac{k_s X_s t_s}{Y_s} \; ; \; t_s = \frac{V_s}{RQ} \quad .....(12)$$

Substitute S_s from equation (12) into equation (10) results in

$$S_c = S_i - \frac{k_c}{Y_c} X_c t_c - \frac{k_s}{Y_s} X_s t_s R \quad .....(13)$$

ภาคผนวก ข.

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี ของกระบวนการและอัตราการสูบตะกอนกลับ

จากรูปที่ 1 แสดงไดอะแกรมการไหลของกระบวนการคอนแทกต์สเตบิไลเซชัน สมมติให้ไม่มีปฏิกริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังตกตะกอน ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบ กับประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์และถังสเตบิไลเซชันกับอัตราการสูบตะกอนกลับ คิดเฉพาะซีโอดีที่ละลายน้ำสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

กำหนดให้ Ecs = ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของระบบ (%)

Ec = ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังคอนแทกต์ (%)

Es = ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของถังสเตบิไลเซชัน (%)

$$Ecs = \frac{Si-Sc}{Si} = 1 - \frac{Sc}{Si} \qquad (1)$$

$$Ec = \frac{So-Sc}{So} = 1 - \frac{Sc}{So} \qquad (2)$$

$$Es = \frac{Sc-Ss}{Sc} = 1 - \frac{Ss}{Sc} \qquad (3)$$

จากสมดุลย์ซีโอดีของน้ำที่เข้าถังคอนแทกต์

$$So = \frac{QSi + RQSs}{Q+RQ} = \frac{Si + RSs}{(1+R)} \qquad (4)$$

จาก (3) $Ss = Sc\,(1+Es)$ (5)

แทน (5) ใน (4) $$So = \frac{Si}{(1+R)} + \frac{R\ (Sc)(1-Es)}{(1+R)}$$ (6)

จาก (2) $Sc = So(1-Ec)$ (7)

แทน (6) ใน (7)

$$Sc = \frac{Si\ (1-Ec)}{(1+R)} + \frac{R\ Sc(1-Es)(1-Ec)}{(1+R)}$$ (8)

$$\frac{Sc}{Si} = \frac{(1-Ec)}{(1+R)} + \frac{R\quad Sc\ (1-Es)(1-Ec)}{(1+R)\ Si}$$ (9)

$$\frac{Sc}{Si} = \frac{1-Ec}{(1+R)} \cdot \left[\frac{1}{1 - \frac{R(1-Es)(1-Ec)}{(1+R)}} \right]$$ (10)

$$\frac{Sc}{Si} = \frac{1}{(1+R)} \left[\frac{1}{\frac{1}{(1-Ec)} - \frac{R\ (1-Es)}{(1+R)}} \right]$$ (11)

แทน (10) ใน (1)

$$Ecs = 1 - \frac{1}{(1+R)} \left[\frac{1}{\frac{1}{(1-Ec)} - \frac{R\quad (1-Es)}{(1+R)}} \right]$$ (12)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายประสงค์สุข ตรีพรชัยศักดิ์

เกิด 5 กุมภาพันธ์ 2503 ลพบุรี

การศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (โยธา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524

ที่ทำงาน -

ที่อยู่ 15 ถ. คูเมือง ต.ท่าหิน อ.เมือง จ.ลพบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย