

活性汚泥處理 障害의 解明과 그 制御에 關한 研究

최 택 열

대전보건전문대학 환경관리과

A Study on the Explanation of Activated Sludge Treatment Hindrance and its Control

Taek Ryul Choi

Department of Environmental Management, Taejon Medical Junior College

ABSTRACT

New problems have been recently posed on the abnormal foaming (Scum) in an aeration tank and the sludge flotation in a final sedimentation tank during the activated sludge process. However, the activities of the causing bacteria, *Nocardia-amarae* in an aeration tank have not been searched out at all. Therefore, in this article the activities of *Nocardia-amarae* in an aeration tank have been closely examined by means of the changes of (F/M) ratio, SRT and inflowing substrate using continuous type and fed-batch type. Summarized results of experiments are as follows.

1. Regrading continuous culture when synthetic wastewater was used substrate neither the increase in the number of *Nocardia-amarae* in the aeration tank nor the Occurrence of Scum was observed.
2. In the case of fed-batch culture, *Nocardia-amarae* in the aeration tank increased due to the partial change in substrate and the effect of SRT was significant.
3. Once the scum was formed and the quantity of added *Nocardia-amarae* and substrate were not changed, the effect of STR was not significant.

Keywords : Abnormal foaming, sludge flotation, *Nocardia-amarae*, (F/M) ratio, SRT, inflowing substrate.

I. 서 론

활성오니에 의한 하·폐수처리는 수중의 유기성 오염물질을 영양원으로 해서 세균 원생동물 기타 미생물의 혼합집단을 연속배양하는 것에 의하여 미생물세포의 생체접촉작용으로 유기성 오염물질을 산화분해 하는 방법이다. 미생물처리는 미생물의 성장속도로 조절할 수 있으며, 성장에는 온도, pH, 영양물질 및 산소공급 등의 인자에 의하여 영향을 받는다.¹⁻⁴⁾ 또 생물반응성과 관련된 질적구분으로는 유기물과 무기물, 영양물질과 독성물질, 이분해성(易分解性)과 난분해성(難分解性) 등으로 나눌 수 있다.

유기성 오염물질을 제거하는데는 그 대표적인 방법이 활성오니법으로서 가장 효율적이고 경제적인 방법으로 알려져 있으나 최근 폭기조에서 이상발포

(스컴)와 이것에 의한 2차 침전조(최종 침전조)에서 오니의 부상은 활성오니처리법의 새로운 장애로서 큰 문제점으로 대두되고 있다. 폭기조에서 이상발포물은 스컴(Scum)이라고 부르고 지금까지 그 제어법에 대해서 여러 가지 조사연구가 이루어져 왔다.⁴⁻²⁴⁾

그 결과 스컴원인 미생물은 토양유래균인 *Nocardia-amarae*, *Rhodocodus* spp. 등이 이상증식(異常增殖)하는 것이 원인이라고 알려져 있는데,^{2,3,25-28)} 이 *Nocardia-amarae*라는 種名은 Lechevalier에 의해 1974년 명명²⁵⁾되었으며 이 *Nocardia-amarae*는 탄화수소와 같은 소수성기질 및 방향족기질도 분해할 수 있다고 알려져 있고,^{20,29)} 또 이분해성기질(단당류, 저급지방산)과 소수성기질(헥사데칸 등) 혹은 난분해성기질(방향족화합물)을 선택적으로 이용하는 미생물로도 알려져 있으며^{12,30)} Dhaliwa²⁷⁾는 스컴 발

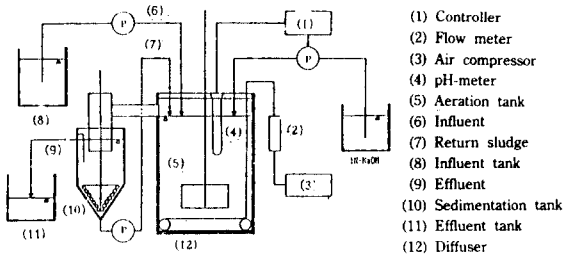


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus for continuous type.

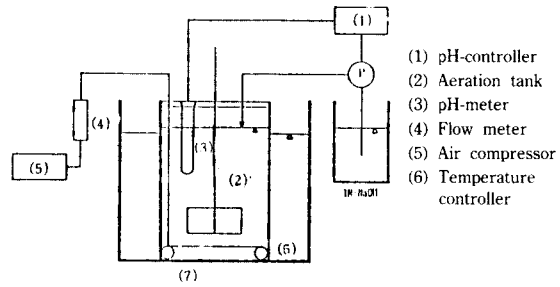


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus for batch type.

생이 *Nocardia-amarae*이 폭기조에서 존재량으로 주로 결정되고 그외의 인자에는 의존하지 않는다고 보고하고 있다. 스컴이 발생했을 때 처리장에서의 이에 관한 처리 및 문제점^{31, 36)}으로는 호기성 처리에 있어서는 유출수의 BOD₅증가 및 2차 침전지에서 SS의 유출로 처리 수질을 나쁘게 하고 폭기조의 free board에서 aerosol의 문제가 있으며 스컴의 제거방법으로는 (F/M)비를 낮게 하거나^{39, 40)} SRT를 5일 이하로 운전하는 것 등으로 알려져 있으나, 이것에 관해서는 아직 이론(異論)^{31, 33, 40, 46)}이 많으며 그밖의 방법으로는 MLSS나 RAS(Return Activated Sludge)의 염소소독, 소포제 사용, water spray 등이 사용되고 있다.

활성오니에 의한 하·폐수 처리에서 최근 새롭게 처리의 장애요인으로 되어 있는 스컴원인 미생물인 방선균 *Nocardia-amarae*는 어떤 요인에 의해 폭기조에서 이상증식해서 스컴이 발생한다고 생각할 수 있지만 실제 폭기조 내에서의 거동에 대해서는 거의 연구되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 활성오니처리에서 장애요인으로 알려진 스컴생성 원인균인 *Nocardia-amarae*의 폭기조내 거동을 규명하고자 실험실규모의 2개의 실험장치(연속배양장치, fed-batch)를 사용하여 연속배양장치에서는 약 2개월간 활성오니가 정상상태가 되도록 순양시켰으며, 양 실험장치 모두 유입기질의 농도변화, SRT(체류시간), (F/M)비, *Nocardia-amarae*의 투입농도를 변화시키면서 처리장애요인인 스컴생성 원인균 *Nocardia-amarae*의 폭기조내 거동을 연구 검토했다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장치 설명

실험에 사용한 장치는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. Fig. 1의 연속실험장치에서 폭기조는 원통형으로

Table 1. Run condition continuous type

培養日數 (日)	Run 1 (1~26)	Run 2 (27~67)	Run 3 (68~90)
<i>N. amarae</i> 投入量 (CFU/ml)	約 10 ⁶	約 10 ⁷	
流入水 (mg-TOC/l)	合成下水 150		合成下水 300
SRT (日)	30		
HRT (時間)	8		
pH (-)	6.5~7.5		

유효용적 3l와 침전조는 상부 원통, 하부 원추형으로 유효용적 1l로써 아크릴판을 사용했다. 합성하수를 일정 유량으로 유입시키기 위해서 syringe pump를 사용했으며 폭기조에서는 호기성 미생물균이 공기와 함께 폭기되면서 합성하수와 잘 혼합되어 유기물의 제거와 슬러지의 증식이 일어나도록 충분한 산소(1.5 l/min)를 air compressor를 사용하여 공급했으며, 스컴이 발생했을 때 폭기조 중앙에 스컴이 모일 수 있도록 impeller를 사용했다. 처리된 합성하수는 침전조에 자연 유입되어 고액분리되고 상징수는 유출되어 처리수조에, 유입수의 30%에 해당하는 침전 슬러지는 micro tubing pump를 이용하여 폭기조에 반송하고 처리온도는 실온(室溫)으로 했다. Fig. 2의 fed-batch 장치에서는 원통형 유효용적 2l의 아크릴판을 사용했으며 air compressor를 사용 1.5l/min의 공기를 공급하고, 스컴이 발생했을 경우를 고려해서 장치의 중앙에 스컴이 모일 수 있도록 impeller를 사용했다. fed-batch에서는 25℃의 일정온도를 유지하기 위해 폭기조를 항온조에 침적했다.

2. 실험방법

실험방법은 Table 1 및 Table 2와 같은 조건하

Table 2. Run condition fed-batch type

培養日數 (日)	Run 1 (1~38)	Run 2 (39~88)	Run 3 (89~129)	Run 4 (130~159)
<i>N. amarae</i> 投入量 (CFU/ml)	約 10 ⁶	約 10 ⁷		
流入水 (mg-TOC/日)	合成下水 400		合成下水 Hexadecane	200 200
SRT (日)	20			5
pH (-)	6.5~7.5			

Table 3. Composition of MS medium

Peptone	5.0 g
Yeast extract	2.5 g
Glucose	1.0 g
Sodium propionate	4.5 g
Deionized	1.0 l
	TOC 5400 mg/l pH 7.5

에서 행했으며 Table 1의 연속처리에서 처음 유입 기질 TOC 농도는 Run 1(1~26일), Run 2(27~67일)까지는 150 mg/l, Run 3(68~90일)에서는 TOC 농도를 300 mg/l로 하고 합성하수 유입량은 9l/day를 syringe pump를 이용하여 공급했다. *Nocardia-amarae* 투입농도는 Table 3의 MS액체배지에서 배양한 *Nocardia-amarae*를 농축세정한 후 Run 1(1~26일)에서는 10⁶ CFU/ml(CFU : Colony Foaming Unit), Run 2(27~67일), Run 3(68~90일)은 *Nocardia-amarae* 농도를 1-order높여 10⁷ CFU/ml를 투입하고 SRT가 30일이 되도록 매일 일정한 시간에 폭기조에서 소정량의 MLSS를 제거했다. HRT는 8시간으로 pH는 pH-starter를 사용하여 6.5~7.5로 조절했다. 한편 Run 2, Run 3에서 *Nocardia-amarae*의 농도를 10⁶ CFU/ml에서 10⁷ CFU/ml로 한 것은 10⁶ CFU/ml의 *Nocardia-amarae*의 농도에서 스킴이 관찰되지 않았기 때문이며, SRT를 최초에 30일로 설정 운전한 것은 폭기조에서 이상발포(스킴)는 긴 SRT^{32, 33, 39, 46)}에 의해 발생한다고 보고되어 있기 때문이다. 또한 유입농도⁴⁰⁾에 의해서도 스킴이 발생한다고 보고되어 있기 때문이다.

Table 2의 fed-batch 장치에서 유입 합성하수의 용적부하를 0.2 kgTOC/m³·day로 설정해서 Run 1(1~38일), Run 2(39~88일)까지 운전하고 MS액체

Table 4. Composition of octadecane medium

Octadecane	5.93 g	Tween 80	0.593 g
Yeast extract	1.0 g	NaCl	0.303 g
KCl	0.14 g	CaCl ₂	0.18 g
NH ₄ Cl	0.35 g	MgSO ₄	0.2 g
Narscic acid	0.02 g	Agar	17.0 g
Deionized water	1 l		
		TOC 5000 mg/l pH 7.5	

배지에서 배양한 *Nocardia-amarae*를 농축세정한 후 Run 1에서 10⁶ CFU/ml Run 2, Run 3, Run 4에서는 10⁷ CFU/ml로 해서 운전했다. 한편 Run 3, Run 4에서는 유입기질의 1/2을 Hexadecane으로 투입했다.

또 SRT는 Run 1에서 Run 3까지를 20일, Run 4에서는 5일로 했으며, SRT를 20일, 5일로 하기 위해서 매일 일정한 시간에 폭기조에서 소정량의 MLSS를 제거했으며 폭기조의 pH는 pH-starter를 이용하여 pH 6.5~7.5로 조절했다. SRT의 변화, 유입기질의 변화 *Nocardia-amarae*의 농도변화는 이들의 요인에 의해 폭기조에서 스킴이 발생하는지를 규명하기 위해서이다.

3. 사용배지 및 분석방법

1) 공시미생물(供試微生物)

Nocardia-amarae : MS에서 6일간 120 rpm 28°C에서 회전배양하여 사용했으며 MS배지는 Table 3과 같다.

2) 공시배지

옥타데칸배지 : 옥타데칸배지는 Table 4와 같다.

3) 합성하수

합성하수 : 합성하수의 조성은 Table 5와 같다.

Table 5. Composition of synthetic waste water

Meat extract	40.0 g/l
Pepton	60.0 g/l
Urea	10.0 g/l
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	50.4 g/l
Cation	
NaCl	6.0 g/l
KCl	2.8 g/l
CaCl ₂ ·2H ₂ O	3.708 g/l
MgSO ₄ ·7H ₂ O	4.1 g/l
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	50.4 g/l

4) *Nocardia-amarae*의 농축세정

MS액체배지에서 배양된 것을 1200 rpm에서 10 분간 원심농축한 후 증류수를 이용 같은 방법으로 2회 세정한 후 30초간 초음파처리(275 μA)한 후 OD₆₀₀ (Optical Density)을 측정하여 사용했다.

5) OD₆₀₀에 의한 MLSS측정

폭기조에서 취한 ML(Mixed Liquor)를 2분간 초음파처리(275 μA)한 후 OD₆₀₀을 측정하고, 또 MLSS를 실측해서 검량선을 작성하여 구했으며 이는 매주 1회 실측해서 보정했다.

6) TOC

합성하수의 총유기탄소(TOC)는 TOC analyzer (Shimadzu社, Model TOC-500)로 분석하였다.

III. 실험결과 및 고찰

활성오니에 의한 하·폐수처리에서 새로운 처리장해요인으로 대두되고 있는 폭기조에서 스크의 원인인 *Nocardia-amarae*의 거동을 규명하기 위해 연속장치에서는 약 2개월의 활성오니가 정상상태가 되도록 순양한 후 유입기질농도의 변화, SRT, (F/M) 비, *Nocardia-amarae*의 투입농도 등을 변화시켜 ① fed-batch 및 연속배양의 폭기조에서 24시간과 1주일간의 생균수의 변화, ② fed-batch에서 *Nocardia-amarae* 10⁶ CFU/ml, 10⁷ CFU/ml의 생균수 잔존량의 변화, ③ 연속배양에서 생균수의 변화, ④ fed-batch에서 생균수의 변화, ⑤ 폭기조(fed-batch)에서 생균수의 실측량과 계산값과의 관계 등을 검토했다.

1. Fed-batch 및 연속배양의 폭기조에서 24시간, 1주일간의 생균수 변화

폭기조에서 24시간, 1주일간의 생균수 변화는 Fig. 3~5와 같다.

Fig. 3과 4에서 알 수 있듯이 fed-batch에서 24시

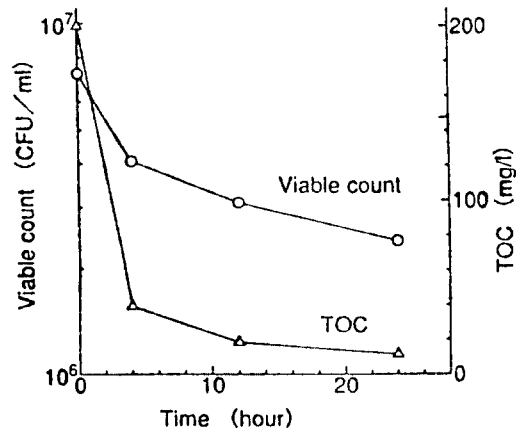


Fig. 3. Remain of *N. amarae* in fed-batch culture.

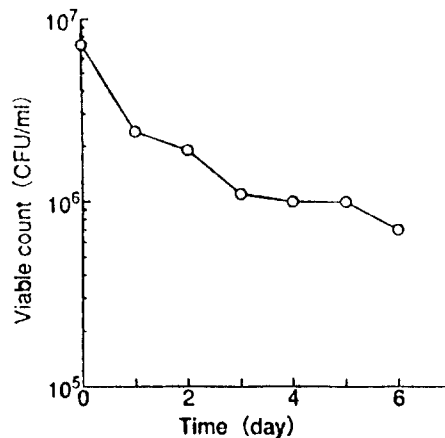


Fig. 4. Viable count of *N. amarae* in fed-batch culture.

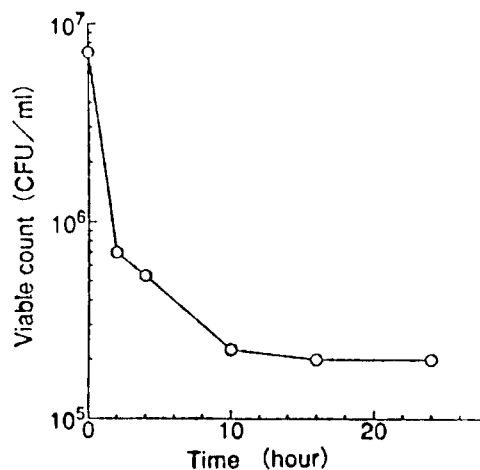


Fig. 5. Remain of *N. amarae* in continuous culture.

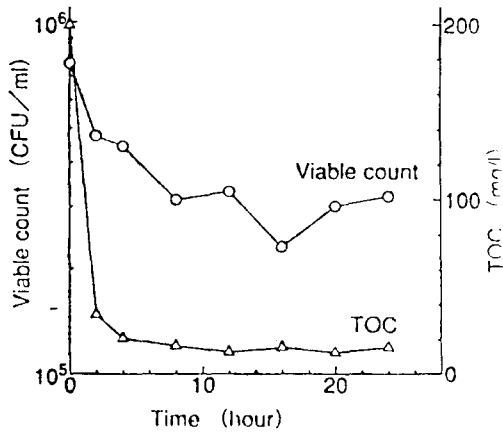


Fig. 6. Remain of *N. amarae* in fed-batch culture.

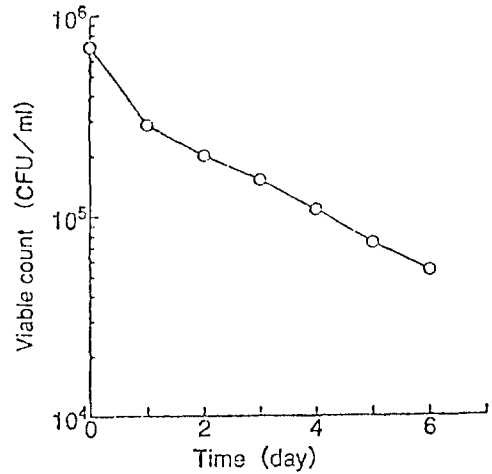


Fig. 7. Survival of *N. amarae* in fed-batch culture.

간, 1주일간 모두가 폭기조에서 *Nocardia-amarae*의 생균수는 증가하지 않고 오히려 감소하고 있다. 따라서 어떤 비율로 감소하는가를 규명하기 위해서 먼저 *Nocardia-amarae* 10⁷ CFU/ml을 폭기조에 식종한 후에 24시간의 생균수 변화를 조사했으며 그 결과가 Fig. 3이다.

Fig. 3에서 알 수 있는 것은 *Nocardia-amarae*는 폭기조에서 24시간 식종량 7×10⁶ CFU/ml에서 2.8×10⁶ CFU/ml으로 약 60%가 감소했고 또한 식종 후 6시간까지는 급격히 감소했고, 그 후에는 완만히 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 *Nocardia-amarae* 생균수 변화는 1일과 2일 이후의 감소비율은 다르다는 것을 생각할 수 있기 때문에 1주일간의 생균수 변화를 조사하기 위해 최초로 약 10⁷ CFU/ml. *Nocardia-amarae*를 투입하고 그후에는 투입하지 않고 오니의 제거와 기질의 투입만을 1일 1회 실시, 그 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 24시간 후에는 60% 감소, 그후에는 1일당 약 25%의 감소를 보이고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3에서 TOC변화는 투입 후 4시간까지는 급격히 감소했으며 10시간 이후에는 거의 감소하지 않는다는 것도 알 수 있다. 연속배양 폭기조에서 10시간 이후에는 거의 감소하지 않는다는 것도 알 수 있다. 연속배양 폭기조에서 24시간 생균수 변화는 Fig. 5와 같으며 Fig. 5에서는 Fig. 3보다 더 급격히 감소하는 경향을 보이고 있으며 식균 1시간까지의 급격한 변화는 일부가 침전조로의 유출로 인한 것으로 생각된다. Fig. 6, 7은 *Nocardia-amarae*의 최초 식균량의 차에 의한 거동을 규명하기 위한 것으로 Fig. 3, 4와 같은 경향을 나타내고 있기 때문에 최초

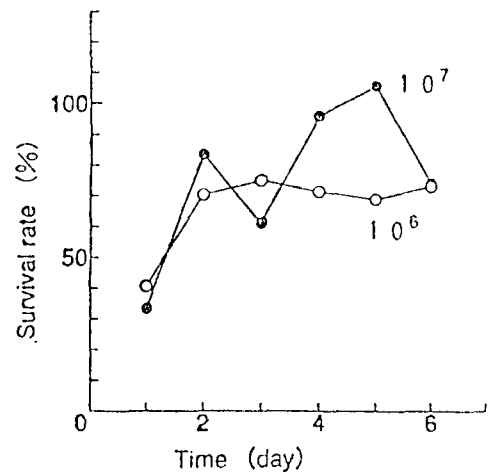


Fig. 8. Remain of *N. amarae* in fed-batch culture.

의 식균량과 감소율과의 관계는 무관하다는 것을 알 수 있다.

2. Fed-batch에서 *Nocardia-amarae* 10⁶ ml, 10⁷ CFU/ml의 생균수 잔존량의 변화

Fed-batch에서 10⁶ CFU/ml 및 10⁷ CFU/ml을 투입한 후 24시간의 생균수의 거동을 조사했으며 그 결과 Fig. 8과 같다.

식종 1일 후에는 10⁶, 10⁷ CFU/ml 모두가 40% 정도의 잔존량으로 대단히 낮지만 2일째부터는 1일째에 비해 잔존량이 높고 또한 거의 일정하다. 이는 Fig. 3과 잘 일치했다. 한편 10⁶ CFU/ml보다는 10⁷ CFU/ml에서 잔존량의 변화가 심한 것으로 나타났

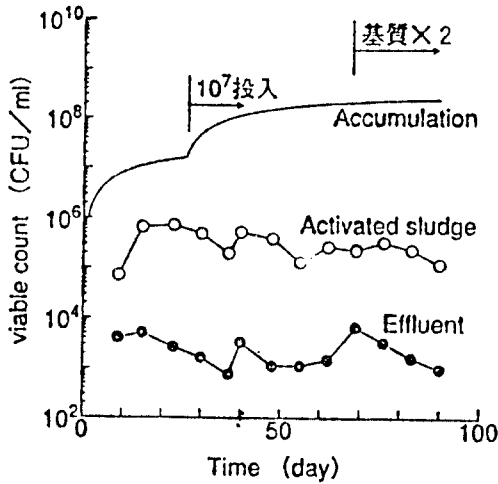


Fig. 9. Viable count of *N. amarae* in continuous culture.

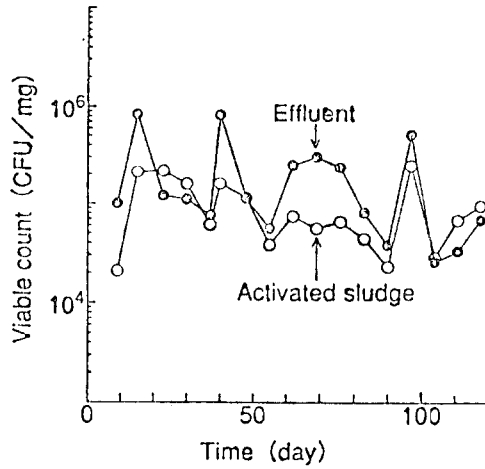


Fig. 10. Viable count of *N. amarae* in continuous culture.

다.

3. 연속배양에서 생균수의 변화

연속배양에서 폭기조내 활성오니와 처리수에서의 생균수 및 축적량에서의 *Nocardia-amarae*의 거동을 조사한 것이 Fig. 9이다.

Fig. 9에서 축적량은 투입한 *Nocardia-amarae*가 증식도 감소도 하지 않는다고 생각했을 때의 계산량이며 활성오니와 처리수에 있어서는 처음 배양 26일까지는 *Nocardia-amarae*를 10^6 CFU/ml, 배양 27일째부터는 *Nocardia-amarae* 투입량을 1-order 높여 10^6 에서 10^7 CFU/ml로 투입했으며 배양 68일째에서는 유입수의 기질농도를 TOC 150 mg/l에서 300 mg/l로 증가시켰다.

그러나 폭기조의 활성오니 및 유출수 모두가 *Nocardia-amarae*의 생균수 변화는 보이지 않았고, 활성오니에서 *Nocardia-amarae*의 농도는 대개 10^5 CFU/ml 정도로 일정한 값을 나타내고 있으며, 처리수에서는 10^3 CFU/ml 정도의 일정한 값을 나타내고 있다. 따라서 연속배양에서는 30일이라는 긴 SRT에서도, *Nocardia-amarae*의 투입농도, 유입기질 농도 및 (F/M)비를 변화시켜도 *Nocardia-amarae*는 활성오니 및 처리수 중에서 일정한 값을 나타내고 있었으며 또한 스크럼현상은 전혀 관찰되지 않았다. Fig. 9에서 알 수 있는 것은 *Nocardia-amarae*는 유입기질이 합성하수일 때는 연속장치의 폭기조 중에서 전혀 증식하지 않는다고 생각할 수 있다. 한편 Fig. 9에서 축적량과 측정치(실험값) 사이에서 큰

차가 있다는 것을 알 수 있고 그것은 다음의 2가지로 이유를 추정했다.

- ① 처리수로 *Nocardia-amarae*가 유출한다.
- ② 폭기조에서 *Nocardia-amarae*가 감소한다는 추정하에 이를 규명하기 위해 폭기조 및 처리수 중의 각각 SS 1 mg당 생균수를 조사했으며 그 결과가 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 알 수 있듯이 폭기조나 처리수 중에서 *Nocardia-amarae* 농도는 거의 비슷하며 특별히 처리수 중에서 *Nocardia-amarae*의 농도가 높지 않은 것으로 보아 폭기조 중에서 *Nocardia-amarae*가 감소한다는 것을 알 수 있으며 이는 Fig. 5와도 잘 일치한다.

4. Fed-batch에서 생균수의 변화

Fed-batch에서 계산에 의한 *Nocardia-amarae*의 축적량 실측에 의한 생균수의 변화, SRT의 변화, 유입기질의 변화에 대한 *Nocardia-amarae*의 거동 및 scum level에 관한 것이 Fig. 11이다.

여기에서 축적량은 투입한 *Nocardia-amarae*가 증가도 감소도 하지 않는다고 생각하고 계산한 값이다. Fig. 12에서 알 수 있듯이 *Nocardia-amarae*의 농도를 처음 10^6 CFU/ml 투입했을 때 *Nocardia-amarae*의 생균수의 축적은 없었으며 스크럼도 전혀 관찰되지 않았기 때문에 Run 2(39일째)에서는 *Nocardia-amarae* 투입량을 1-order 높여 매일 10^7 CFU/ml를 투입했다. 이때에는 폭기조 중에서 *Nocardia-amarae*도 10^7 CFU/ml로 되었고 여기서는 약간의 스크럼도 관

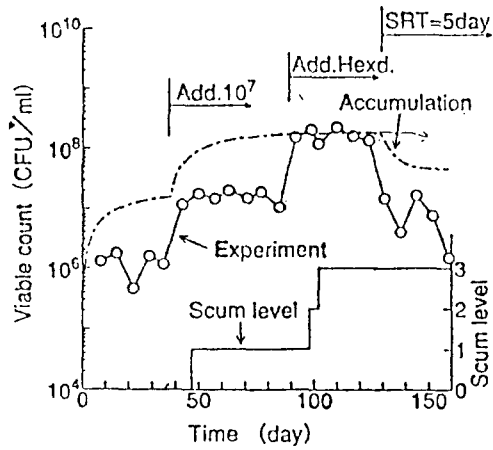


Fig. 11. Viable count of *N. amarae* in fed-batch culture.

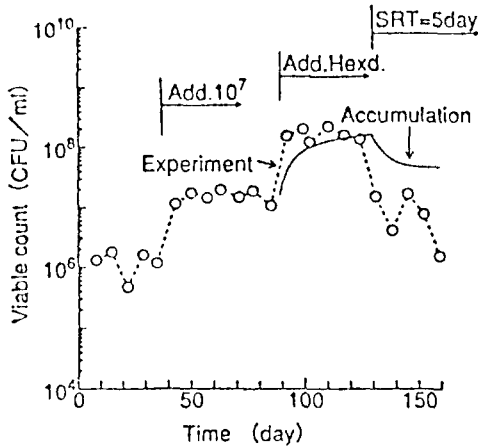


Fig. 12. Viable count of *N. amarae* in fed-batch culture.

찰되었다. 그러나 이때까지는 축적량에 대해서 측정치가 대단히 낮은 값을 나타내고 있으며 폭기조 중에서 *Nocardia-amarae*는 증식하지 않는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 Run 3(89일째) 이후에는 유입기질농도의 1/2을 Hexadecane으로 바꾸었으며 이는 *Nocardia-amarae*는 소수성기질인 Hexadecane 등을 선택적으로 이용²⁹⁾하여 대단히 높은 비증식속도를 갖기 때문이며 이때에는 *Nocardia-amarae* 농도가 급격히 상승하고 있기 때문에 여기에서는 *Nocardia-amarae* 증식이 일어나고 있는지를 알아보기 위한 것으로서 배양 89일째 이후 *Nocardia-amarae*는 급격히 증가하고 있으며 이것은 *Nocardia-amarae*의 감소가 중단되었기 때문이 아니고 증식이 일어나고

Table 6. Type of scum

Level	<i>N. amarae</i> 投入 24時間後 汚泥浮上
0	없 음
1	조금 있음
2	曝氣槽表面 半分
3	曝氣槽全面



Level 1



Level 2



Level 3

Photograph of Scum

있다고 생각할 수 있다.

Fig. 12에서 축적량은 배양 89일째에 있어서 배양 39일에서 배양 88일까지의 평균치인 1.55×10^7 CFU/ml의 *Nocardia-amarae*가 존재하고 있는 것으로 생각하고 그 이후의 축적을 고려했을 때의 값이다. 여기에서 *Nocardia-amarae*의 실측치는 축적량보다 높은 값을 나타내고 있기 때문에, 여기에서는 *Nocardia-amarae*의 증식이 일어나고 있다는 것을 알 수 있다. 한편 Fig. 11에서 스크임의 상태를 4단계로 나누어 평가했으며 level 0은 스크임이 전혀 관찰되지 않은 상태이고 level 1에서 level 3으로 됨에 따라 스크임이 심한 상태를 나타낸다. 이들의 level은 Table 6과 같으며 level 1에서 level 3까지의 폭기조에서 스크임의 상태는 아래의 사진과 같으며 level 3에서는 사진에서 처럼 폭기조전면에 스크임이 덮인 상태가 언제나 관찰되었다. 또 Fig. 11에서 Run 4(130일~)에서는 SRT를 20일에서 5일로 했다.

이것은 Jakins 등에 의하면 짧은 SRT(일반적으로 5일 이하)로 하는 것에 의해 *Nocardia-amarae*의 농도도 감소시키고 스크임도 제거할 수 있다고 보고했기 때문에 이를 규명하기 위해서였다. 이때에는 역시 *Nocardia-amarae* 농도는 10^7 CFU/ml에서 10^6 CFU/ml로 감소되었으며, 이는 Jekins의 연구와 매우 잘 일치했다. 그러나 스크임의 발생상태와 발생한 스크임의 상태는 변화가 없었다. 여기에서 알 수 있는 것은 폭기조 중에서 *Nocardia-amarae*의 농도는 유입기질 조성, 그리고 SRT의 영향을 받는다는 것과 일단 스크임이 발생하면 투입 *Nocardia-amarae*의 양 및 유입기질에 변화가 없을 때에는 스크임제거에 SRT의 영향은 반드시 크지 않다는 것을 알 수 있다.

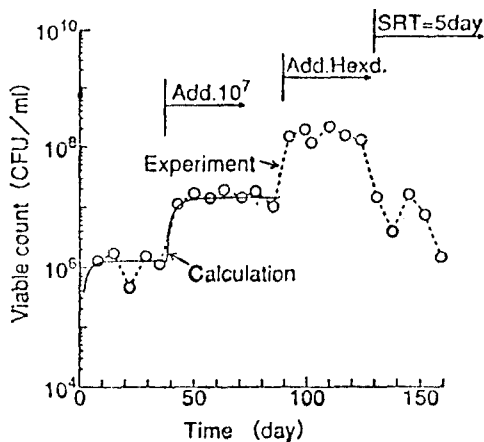


Fig. 13. Viable count of *N. amarae* in fed-batch culture.

5. Fed-batch에서 생균수의 실측량과 계산값과의 관계

Fed-batch에서 생균수의 실측량과 계산값과의 관계는 Fig. 13과 같다.

여기에서 계산값은 처음 10^6 CFU/ml의 *Nocardia-amarae*를 투입하고 그후에는 투입하지 않고 오니의 인출과 기질의 투입만을 1일 1회 했을 때 Fig. 3, 4에서 처럼 투입 1일 후에는 60% 감소, 1일 이후에는 1일당 생균수의 약 25%의 감소율과 오니 인출량과를 89일째 까지의 조건으로 계산한 것이 계산값이며 여기에서 이렇게 계산한 계산값은 실측값과 매우 잘 일치했다.

6. TOC, MLSS, MLVSS, SS의 측정

배양과정 중에서 활성오니의 상태, 처리성을 조사하기 위해서 연속배양 처리과정 중에서 처리수의 SS, 연속 및 fed-batch에서 MLSS, MLVSS, TOC를 측정했으며 그 결과가 각각 Fig. 14~19와 같다.

Fig. 14는 연속배양에서 처리수의 TOC 농도이며 67일째 까지는 유입 TOC 농도를 150 mg/l로 했을 때 처리수의 TOC는 15~17 mg/l 정도로 90% 정

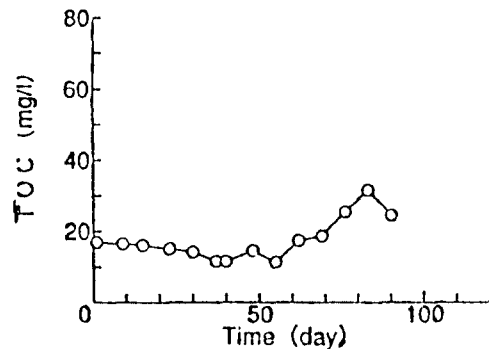


Fig. 14. Concentration of TOC in continuous culture.

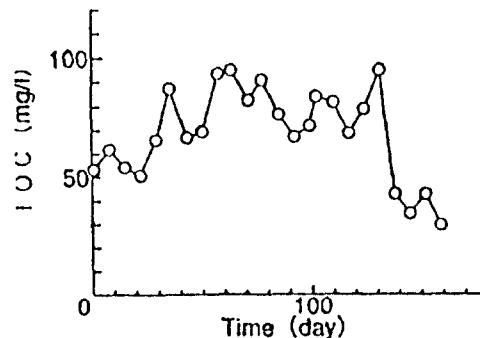


Fig. 15. Concentration of TOC in fed-batch.

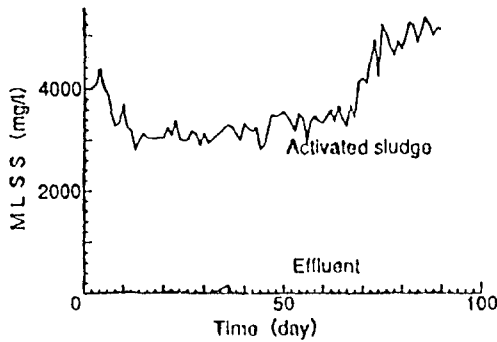


Fig. 16. Concentration of MLSS in continuous culture.

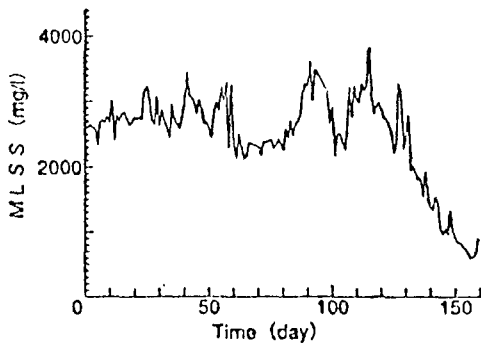


Fig. 17. Concentration of MLSS in fed-batch.

도의 제거율을 보였으며, 68일째부터는 유입기질 TOC 농도를 300 mg/l로 했을 경우에도 유출 TOC 농도가 25~30 mg/l로 90% 이상의 제거율로서 안정된 값을 보이고 있다. Fig. 15는 fed-batch에서 TOC 제거율에 관한 것으로서 TOC 제거율은 높지 않다. 이는 연속처리에 비해 분해되지 않는 물질이 조내 축적에 의한 것으로 생각되며 본 실험의 목적은 TOC 제거율보다는 폭기조에서 *Nocardia-amarae*의 거동과 스크와의 관계를 규명하기 위한 것으로 이는 별문제가 되지 않으며 활성슬러지는 정상이었다. Fig. 16, 17은 MLSS, MLVSS 처리수의 SS에 관한 것으로 MLSS는 spectrophotometer을 이용 OD_{600} 에 의해 측정된 것으로 연속배양에서 배양 67일째까지는 유입 TOC농도가 150 mg/l, 이때 MLSS는 3000 mg/l로 했을 경우 MLSS가 4600 mg/l 정도의 높은 값을 보이고 있다. 한편 SS는 4~8 mg/l 정도였다. Fig. 17은 fed batch에서 MLSS값으로 약 2000~3000 mg/l 정도를 보였고 130일에서 159일까지는 SRT를 5일로 했을 경우이고 이때에는 MLSS가 약 1000 mg/l 정도를 보였다. Fig. 18과 19는 MLSS 및

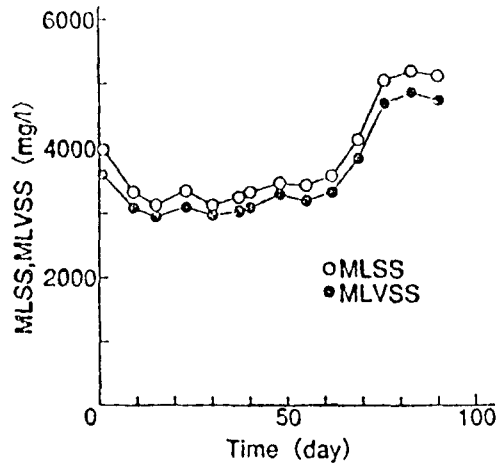


Fig. 18. Concentration of MLSS and MLVSS in continuous culture.

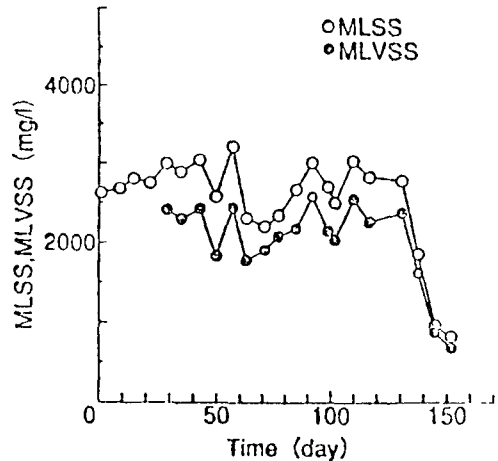


Fig. 19. Concentration of MLSS and MLVSS in fed-batch culture.

MLVSS를 1주일에 1회 실측한 값으로서 OD_{660} 에 의한 측정값과 잘 일치했으며 MLVSS는 MLSS의 85~90% 정도로 양호한 상태를 보이고 있다.

IV. 결 론

최근 활성오니법의 폭기조에서 스크와 이것에 의한 2차 침전조에서 슬러지의 부상은 활성오니 처리에서 새로운 장애요인으로 대두되고 있으나, 그 원인균인 *Nocardia-amarae*의 폭기조에서의 거동에 대해서는 전혀 해명되어 있지 않았다.

따라서 본 연구에서는 연속장치와 fed-batch를 사용하여 (F/M)비의 변화, SRT의 변화, 유입기질의

변화에 의한 *Nocardia-amarae*의 폭기조내 거동을 해명했으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 연속배양에 있어서는 합성하수를 기질로 했을 때 긴 SRT에서도 폭기조 중에서 *Nocardia-amarae*의 증식은 보이지 않고, scum의 발생도 보이지 않았다.
- ② Fed batch 배양에 있어서는 폭기조 중의 *Nocardia-amarae*는 기질조성에 의해 증식하며 SRT의 영향을 받는다.
- ③ 일단 발생된 스크임은 투입 *Nocardia-amarae*량, 유입기질이 변화하지 않을 때는 SRT의 영향은 반드시 크지 않았다.

감사의 글

본 연구는 교육부 대학교수 국비해외파견 연구지원에 의해 1992. 12~1993. 12까지 日本 大阪大學 環境工學科 水質管理研究室에서 수행되었으며, 이에 교육부 및 大阪大學 環境工學科 藤田正憲 教授께 깊은 感謝를 드립니다.

참고문헌

- 1) 崔澤烈: 活性 Sludge 工程에 依한 有機磷系 農藥 廢水處理에 관한 研究. 단대원 박사논문 6, 1986.
- 2) 森忠洋, 堺好雄: 下水處理場における活性汚泥浮上について. 公害と對策, **19**(6), 522-526, 1983.
- 3) 堺好雄: 活性汚泥法における放射菌障害とその制御に関する研究. 1988. 12.
- 4) Godderd, A. J. and Fórat, C. F.: Stable foams in activated sludge. *Microbios*, **50**, 29-42, 1987.
- 5) 堺好雄, 森忠洋, 飯田光晴, 本多和彦, 松本利通: 放線菌(*Nocardia sp.*)による活性汚泥浮上の原因と對策. 下水道協會誌, **19**(214), 56-65, 1982.
- 6) Goodfellow, M., Minikin, D. E., Todd, C., Alderson, G., Minikin, S. M. and Collins, M. D.: Numerical and Chemical Classification of *Nocardia amarae*. *J. Gen. Microbiol.*, **128**, 1283-1297, 1982.
- 7) 堺好雄, 森忠洋, 本多和彦, 橋本獎: 活性汚泥法における放線菌障害とその制御に関する研究. 下水道協會誌, **25**(194), 35-40, 1988.
- 8) Cairns, W. L., Copper, D. G., Zajic, J. E., Wood, J. M. and Kosaric, N.: Characterization of *Nocardia amarae* as a potent biological coalescing agent of oil-water emulsions. *Appl. Environ. Microbiol.*, **43**, 362-366, 1982.
- 9) 本多和彦, 森忠洋, 矢野郁也, 堺好雄, 松本利通: 放線菌細胞壁中の強疎水性物質の同定と汚泥浮上との關係について. 下水道協會誌, **21**(237), 31-38, 1984.
- 10) Lemmer, M. and Kroppenstedt, R. M.: Chemotaxonomy and Physiology of Some Actinomycetes isolated from Scumming Activated Sludge. *System. Appl. Microbiol.*, **5**, 124-135, 1984.
- 11) Hiraoka, M. and Tsumura, K.: Control of actinomycete scum on aeration basins and clarifiers. *Wat. Sci. Tech.*, **16**, 83-90, 1984.
- 12) Lemmer, H.: The Ecology of Scum Causing Actinomycetes in Sewage Treatment Plants. *Water Res.*, **20**(4), 531-535, 1986.
- 13) Sezgin, M. and Kan, P. R.: Activated sludge characteristics in relation to stable foam formation. *J. WPCF*, **58**(10), 972-977, 1986.
- 14) Goddard, A. J. and Forester, C. F.: Surface tension of activated sludges in relation to the formation of stable foams. *Microbiol.*, **50**, 29-42, 1987.
- 15) 笹井晋一, 野村隆夫: 放線菌(*Nocardia amarae*)の基礎実験と薬剤による殺菌効果. 第25回 下水道研究 発表會講演集, 231-233, 1987.
- 16) 北川政美, 外村啓生: 放線菌の定量法と増殖特性に対する検討. 第25回 下水道研究 発表會講演集, 635-637, 1987.
- 17) 古賀みな子, 森忠洋, 米倉義和: *Nocardia sp.*による活性汚泥浮上の原因と對策. 下水道協會誌, **25**(290), 41-44, 1988.
- 18) 秋谷傳, 佐島和夫, 宮本晃充, 川上滋: 活性汚泥法における放線菌障害とその制御に関する研究 - 原因生物に関する分類学的研究 -. 用水と廢水, **30**(7), 41-49, 1987.
- 19) Pretorius, W. A. and Laubscher, C. J. P.: Control of Biological Scum in Activated Sludge Plants by Means of Selective Flotation. *Wat. Sci. Tech.*, **1p Rio.**, 1003-1011, 1987.
- 20) Baumann, M., Lemmer, H. and Riese, H.: Microbiology of foaming in activated sludge. *Water Res.*, **22**(6), 755-759, 1988.
- 21) Lemmer, H. and Baumann, M.: Scum Actinomycetes in Sewage Treatment Plants - Part I Growth Kinetics of *Nocardia amarae* in Chemostat Culture. *Water Res.*, **22**(6), 761-763, 1988.
- 22) Lemmer, H. and Baumann, M.: A Comparative Study of Some Strains Received as Nocardiae. *Water Res.*, **22**(6), 765-767, 1988.
- 23) 鹿田丰二, 福村功, 近藤和幸: 分流式下水道における放線菌の舉動. 第26回 下水道協會講演集, 304-306, 1988.

- 24) 古賀みな子, 堺好雄, 森忠洋: 流入下水水質と障害微生物増殖の関係について. 第26回下水道研究発表會講演集, 421-423, 1988.
- 25) Lechvalier, M. P. and Lechevalier, H. A. : *Nocardia amarae* sp. nov., an Actinomycete Common in Foaming Activated Sludge. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **24**(2), 278-288, 1974.
- 26) Pipes, W. O. : Actinomycete scum production in activated sludge process. *J. WPCF.*, **sv**(4), 628-634, 1978.
- 27) Dhaliwal, B. S. : *Nocardia amarae* and Activated Sludge Foaming. *J. WPCF.*, **51**(2), 344-350, 1979.
- 28) Goodfellow, M., Minnikin, O. E., Todd, C., Alderson, G., Minikin, S. M. and Collins, M. D. : Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming. *J. Gen. Microbiol.*, **128**, 1283-1297, 1982.
- 29) Banmann, M., Lenmer, H. and Ries, H. : Scum Actinomycetes in Sewage Treatment Plants-Part (1). Growth Kinetics of *Nocardia-amarae* in Chemostat Culture. *Water Res.*, **22**(6), 755, 1988.
- 30) Chudoba, J. and Gran, P., Ottova : Control of Activated Sludge Bulking—II. Selection of Microorganisms by Means of a Selector. *Water Res.*, **7**(8), 1389-1406, 1973.
- 31) Pipes, W. O. : "Actinomycete Scum Production in Activated Sludge Process". *J. Water Pollut. Control Fed.*, **50**, 628, 1978.
- 32) Segin, M. and Karr, P. R. : "Control of Actinomycetes Scum on Aeration Basins and Clarifier". *J. Water Pollut Control Fed.*, **58**, 972, 1986.
- 33) Pantano, J. J. and Watts, M. W. : "Techniques for *Nocardia* spp. Control in Activated Sludge". *J. Water Pollut Control Assoc. Pa. Magazine*, May, 1984.
- 34) Van Hiekerk, A. M. *et al.* : "Foaming in Anaerobic Digesters, a Survey and Laboratory investigation." *J. Water Pollut Control Fed.*, **59**, 249, 1987.
- 35) Pitt, P. A. : Causes and Control of Nocardia Foaming in Activated Sludge. Ph. D. Thesis of Univ. of Calif. Berkeley, 1988.
- 36) Hao, O. J. *et al.* : The Role of Nocardia in Activated Sludge Foaming. *Environ. Technol. Lett.* (Submitted) June, 1986.
- 37) Paul Pitt and David Jenkins : *Research Journal WPCF.*, **62**(2), 143-150, 1990.
- 38) 藤田正憲, 干関: 下水処理施設における処理障害のアンケート調査. 日本水処理生物學會誌, **13**, 87, 1993.
- 39) Milwaukee Mystery : Unusual Operating Problem. *Develops. Water Sew Works.*, **116**, 293, 1969.
- 40) Lechevalier, H. A. : Actinomycetes of Sewage Treatment Plant EPA-600/2-75-031, U.S. EPA, Cincinnati Ohio, 1975.
- 41) Dhaliwal, B. S. : *Nocardia-amarae* and Activated Sludge Foaming. *J. Water Pollut. Control Fed.*, **51**, 344, 1979.
- 42) Operating Report-July 1987 June 1988. East Bay Munic. Util, Dist Water Pollut Control Plant. San Francisco, Calif, 1988.
- 43) Yearly Operating Data : "Southeast Water Pollut, Control Plant, San Francisco, Calif" Unpublished Report, 1988.
- 44) Yearly Operating Data Sacramento Reg. Waste Water Treatment Plant Unpublished Report, 1988.
- 45) Lechevalier, H. A. *et al.* : Actinomycetes of Sewage Treatment Plant EPA-600/2-77-145, U.S. EPA, Cincinnati Ohio, 1977.
- 46) Blackall, L. L. *et al.* : Biological Foam and Scum Formation of an Activated Sludge Treatment Systems. Final Rep. No. 10, Dep. Chem. Eng. Univ. of Queensland Aust (Nov. 1984).