

活性슬러지工法에 있어서 有機物の 性狀과 濃度에 따른 溫度影響

Temperature Effects on Type and Concentration of Substrate in Activated Sludge Process

崔	義	昭*
Choi,	Eui	So
閔	庚	碩**
Min,	Kyung	Sok

Abstract

This study was made to evaluate temperature effects on biological wastewater treatment particularly at the lower temperatures. Cell yield coefficients and other kinetic factors were compared by varying temperature for industrial wastes. Bench scale aeration-only complete mixing activated sludge(CMAS) units were operated at temperatures of 1°, 4°, 7° and 10°C with substrate concentrations of 5,000 and 200 mg/l COD.

The study results indicate that the cell yields were computed to be 0.5 to 0.6 grams VSS per grams BOD removed, and were not influenced by temperature variations. The synthesis/total energy ratios were computed to be 0.45 to 0.58 and had a tendency to become larger at lower temperatures. The endogenous respiration rates were computed to be 0.07 to 0.08/day, and seemed to be independent of temperature. In addition, very little temperature effects were observed when F/M ratio and substrate concentrations were reduced.

要 旨

本 研究는 生物學的 廢水處理時 溫度가 微生物의 生物學的 反應에 어떠한 影響을 미치는가를 調査하기 爲하여 實驗室 反應槽를 利用하였는데, 反應槽는 完全混合活性슬러지工法中 aeration-only system 을 이용하였으며, 溫度는 1°, 4°, 7° 및 10°C 이었다. 流入 COD 濃度를 5,000mg/l 와 200 mg/l 로 區分하여 各 溫度에서 曝氣時間을 變化시켜 遂行하였다.

曝氣時間이 120時間 내지 150時間 以下이거나, F/M 비가 約 0.4 以上인 경우에 有機物除去에 對한 溫度影響이 增大되었다. 細胞增殖係數는 大략 0.5~0.6으로 分析되었으며, 溫度에 따른 差異는

* 正會員 · 高麗大學校 工科學 教授

** 正會員 · 圓光大學校 工科學 助教授

매우 적었다. 微生物의 酸素當量은 10°C에서는 1.4로 나타나 一般的인 값과 같았으나, 1°, 4° 및 7°C에서는 약 1.6으로 나타나 低溫에서는 微生物의 性狀이 조금 달랐다. 內生呼吸係數는 溫度와 거의 無關한 것으로 나타났다. 低濃度廢水에 대한 실험결과와 既存下水處理場의 運轉資料를 分析한 結果, 운전 F/M비가 낮거나, 流入水의 有機物濃도가 낮은 경우 溫度影響은 없는 것같았다.

1. 序 論

一般的으로 好氣性 微生物을 利用한 生物學的 廢水處理에 影響을 주는 낮은 溫度는 10°C 以上으로 알려지고 있는데, 우리나라의 年平均氣溫은 地域에 따라 다르지만 대략 12°C로부터 16°C의 범위로써 연중 약 5개월가량이 年平均氣溫보다 낮을 뿐만 아니라, 특히 冬節期(11月中旬부터 3月中旬까지)에는 下水處理場의 水溫이 10°C 이하로 降下⁽¹⁾하고 있다.

活性슬러지工法에 있어서 溫度影響은 크게 두가지 主張으로 나누어 진다. Ludzack⁽²⁾, Eckenfelder와 Englande⁽³⁾, Benedick⁽⁴⁾ 등은 運轉溫度가 減少됨에 따라 有機物質 處理效率이 減少된다고 主張하고 있으며, Hunter⁽⁵⁾, Thomas⁽⁶⁾, Howland⁽⁷⁾ 등은 溫度에 依한 影響이 없다고 주장하고 있다. 이러한 相反되는 主張은 運轉溫度의 범위, 微生物의 適應與否, 有機物의 種類 및 濃度, 有機物 負荷率, 固形物 滯留期間 등에 따라 溫度影響이 增減되기 때문인 것 같다. 한편 崔等⁽⁸⁾의 研究에 의하면 10°C 이하에서 運轉溫度가 減少함에 따라 Synthesis/Total Energy(S/TE)의 比가 增大되었다. 또한, 有機物 除去效率은 溫度變化에 따라 큰 差異가 없었고, 微生物의 酸素當量이 슬러지를 返送시키는 活性슬러지의 경우의 약 1.4보다 적게 나타나 低溫에서는 微生物의 性狀이 다름을 나타내었다.

따라서 本 研究에서는 生物學的 廢水處理, 溫度影響에 미치는 要素中의 하나인 有機物質의 種類를 崔等⁽⁸⁾의 경우와 다르게 變化시켜 調查·研究함으로써 生物學的 處理時 溫度가 微生物의 生物學的 反應에 어떠한 影響을 미치는가에 대한 崔等⁽⁸⁾의 研究結果와 比較함과 동시에 微生物의 酸素當量이 어떻게 變化할 것인가를 調查하였다. 한편 상기 연구는 流入 COD 濃도가 약 5,000 mg/l로 高濃度인 경우이므로 下水處理

場의 流入下水의 有機物濃도와 많은 差異가 있다. 그러므로 有機物의 濃도를 下水處理場의 수준과 類似하게 變化시켜 有機物의 濃도의 變化에 따른 溫度影響을 調查하였다. 또한 既存下水處理場의 運轉資料⁽¹⁾를 分析하여 低溫에서의 溫度影響을 調查하였다.

2. 實 驗

本 研究는 完全混合活性슬러지 工法中에서 aeration-only system을 利用하여 運轉溫度 1°C, 4°C, 7°C 및 10°C에서 有機物濃度, 有機物負荷率(F/M) 및 曝氣時間 등의 活性슬러지의 設計要素를 變化시켜 遂行되었다.

實驗은 크게 두가지 경우로 區分되었는데, 流入 COD 濃도가 약 5,000mg/l인 高濃度의 경우와 下水處理場의 流入 COD濃도⁽¹⁾와 類似한 약 200mg/l인 低濃度의 경우이었다. 實驗에 使用된 廢水는 高濃度의 경우는 우유를, 低濃度의 경우는 분유를 稀釋한 것이었다.

實驗室 反應槽는 容量이 2l인 원통관으로 冷却水槽內에 設置하여 溫度를 一定하게 유지시켰다. 反應槽內의 水溫은 溫度調節裝置와 냉동기를 連동시켜 調整하였으며, 水槽內의 均一한 溫度를 유지시키기 위하여 수증펌프를 使用하여 水槽內의 물을 순환시켰는데 溫度變化의 幅은 ±1°C程度였다.

既存下水處理場으로부터 종균을 가져와 約 2~3日 간격으로 1°C씩 降下시키면서 運轉溫度에 적응시켰으며, 廢水의 注入은 連續的이었다. 高濃度 廢水를 處理하기 위한 實驗室 反應槽는 運轉溫度 각각에 대하여 曝氣時間을 60시간으로부터 240시간으로 變化시켜 運轉시켰으며, 低濃度 廢水의 경우는 4.5시간으로부터 52시간으로 變化시켜 運轉하였다.

流量과 溫度는 每日 測定하였고 流入 및 流出水의 COD, BOD, SS 등은, 약 2~3日 간격으로

測定하였으며, 모든 水質分析은 *Standard Methods*⁽⁹⁾에 준하여 이루어졌다.

低濃度 廢水의 경우 MLSS 濃度가 매우 낮아 測定誤差를 유발할 가능성이 있었으며, 流入流量이 時間적으로 一定하게 流入되지 못함으로 인하여 MLSS 濃度의 變化가 다소 심하였으므로 誤差가 내포될 가능성이 있었다. 또한, 曝氣時間에 따른 有機物 處理效率이 流入 및 流出水의 有機物濃度가 비교적 낮아 曝氣時間에 따른 有機物 處理效率이 뚜렷이 區分되지 않았으므로, 實驗結果의 分析이 용이하지 않았다. 따라서, 대부분의 實驗結果 分析은 高濃度 廢水가 경우에 대하여 실시하였다.

本 實驗은 1984年 9月부터 1985年 5월까지 高麗大學校 工科大學 環境工學實驗室에서 遂行되었다.

3. 實驗結果 및 分析

活性슬러지工法에 있어서 有機物의 性狀과 濃

도에 따르는 溫度影響을 分析하기 위하여 高濃度의 경우(유입 COD 5,000mg/l 내외)와 低濃度의 경우(유입 COD 200mg/l 내외)에 對하여 曝氣時間 및 F/M 比에 따르는 有機物 除去效率뿐만 아니라 所機物 除去速度, Synthesis/Total Energy의 比, 微生物의 增殖 및 內生呼吸係數 등이 比較되었다.

有機物의 性狀에 따르는 溫度影響은 高濃度의 경우(우유폐수)와 phenol과 formaldehyde가 混合된 廢水인 崔等⁽⁸⁾의 研究結果와 比較되었으며 有機物의 濃도에 따르는 溫度影響은 高濃度의 경우와 低濃度의 경우가 比較되었다. 더불어 低濃度의 경우는 既存下水處理場의 運轉結果와 比較되었다.

3.1 有機物의 性狀에 따른 溫度影響

(1) 有機物除去에 對한 溫度影響

各 溫度別 安定狀態下의 反應槽 運轉結果가 高溫度廢水의 경우 表 1에 나타나 있다. F/M 比는 0.26~0.81에 이르고 있으며, 曝氣時間은 60~240時間이었다.

表 1. 實驗室 反應槽의 運轉結果(高濃度廢水)

Temp. (°C)	t	Influent		Effluent						S/TE		
		TCOD	TBOD	TCOD	SCOD	TBOD	SBOD	MLSS	MLVSS	COD	BOD	F/M
10	60	5,563	3,257	2,321	298	635	75	1,745	1,374	0.42	0.20	0.75
	90			2,077	214	509	40	1,412	1,273	0.37	0.16	0.62
	120			1,801	161	459	27	1,394	1,185	0.32	0.14	0.47
	240			1,399	122	218	15	1,218	985	0.25	0.07	0.27
7	60	5,503	3,211	2,473	334	811	88	1,577	1,373	0.45	0.25	0.81
	90			2,342	229	625	55	1,516	1,275	0.43	0.19	0.56
	120			1,885	163	473	35	1,150	992	0.34	0.15	0.56
	240			1,480	101	289	16	1,016	898	0.27	0.09	0.32
4	60	5,563	3,257	2,683	441	945	99	1,722	1,410	0.48	0.29	0.76
	90			2,282	266	652	69	1,477	1,274	0.41	0.20	0.59
	120			1,918	254	502	53	1,357	1,126	0.34	0.15	0.48
	240			1,580	155	342	31	1,248	1,007	0.28	0.11	0.26
1	60	5,503	3,211	2,987	398	965	96	1,635	1,427	0.54	0.30	0.79
	90			2,571	296	796	95	1,597	1,384	0.47	0.25	0.54
	120			2,129	219	648	67	1,383	1,179	0.39	0.20	0.46
	240			1,686	173	459	40	1,201	1,017	0.31	0.14	0.27

Note : t=Aeration Time(hrs)

S/TE=Synthesis/Total Energy Ratio

F/M=gr BOD/gr MLSS/day All units, mg/l where applicable

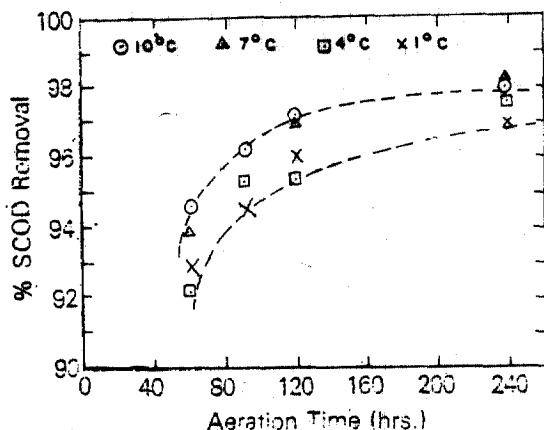


그림 1. 포기시간과 SCOD 제거효율(고농도폐수)

그림 1 과 그림 2 는 高濃度廢水에 있어서 포기시간에 따르는 SCOD 와 SBOD 除去效率를 각 溫度別로 나타낸 結果인데 대략 포기시간이 120 내지 150시간보다 짧게되면 온도영향이 증대되는 것으로 나타났다. 이것은 崔等⁽⁸⁾의 研究結果와 一致하는 것이다. 다만 崔等⁽⁸⁾의 結果에 依하면 各 曝氣時間別 溫度變化에 따른 有機物除去效率에 差異가 없었으나, 本 研究에서는 溫度變化에 따라 다소 差異가 있었다. 그러나 本 研究結果와 崔等⁽⁸⁾의 結果를 綜合하면 有機物除去效率는 溫度變化에 따라 差異가 거의 없는 것으로 사려된다. 또한 有機物의 性狀에 따른 溫度影響

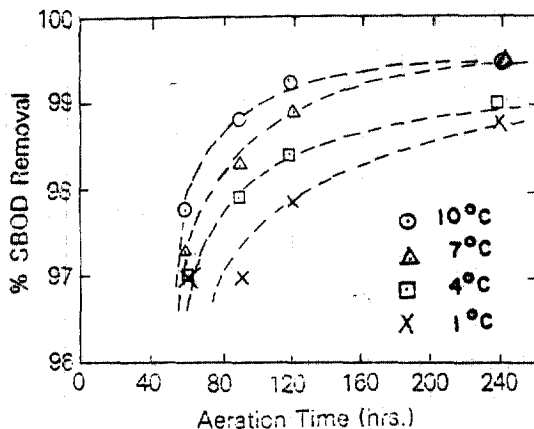


그림 2. 포기시간과 SBOD 제거효율(고농도폐수)

은 없는 것 같다.

그림 3 과 그림 4 는 高濃度廢水에 있어서 F/M 비와 SCOD 와 SBOD 除去效率를 나타내고 있는데 F/M 비가 減少됨에 따라 效率이 增大되고 있으나 溫度가 減少되면 약간 效率이 減少되는 것으로 나타나고 있다. 溫度影響이 比較的 적은 F/M 비는 약 0.4 이하로 나타나고 있는데, 이 값은 Benedick⁽⁴⁾이 主張하는 0.53 以下, Mavinic^(10,11)이 主張하는 0.35~0.39 以下, 崔等⁽⁸⁾이 主張하는 0.32~0.45 以下의 값과 비슷한 結果 이나, Clark⁽¹²⁾의 0.2 보다는 높았다.

各 溫度에 따르는 有機物除去速度를 調査하기

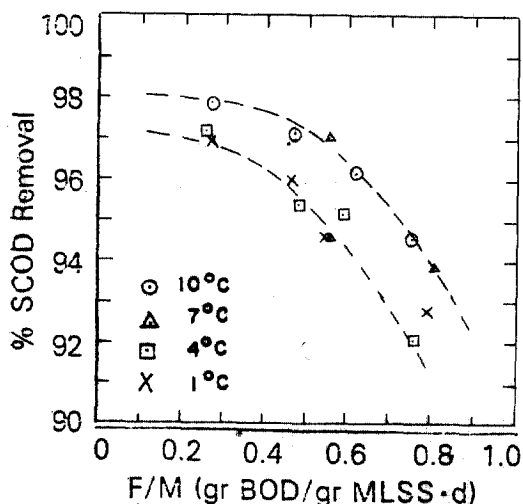


그림 3. F/M비와 SCOD 除去效率(高濃度廢水)

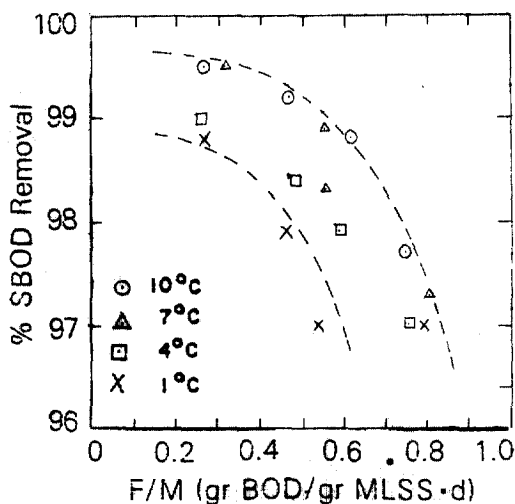


그림 4. F/M비와 SBOD 除去效率(高濃度廢水)

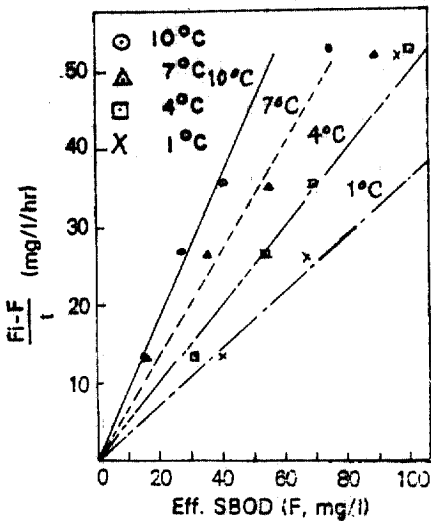


그림 5. 有機物 除去速度의 算出

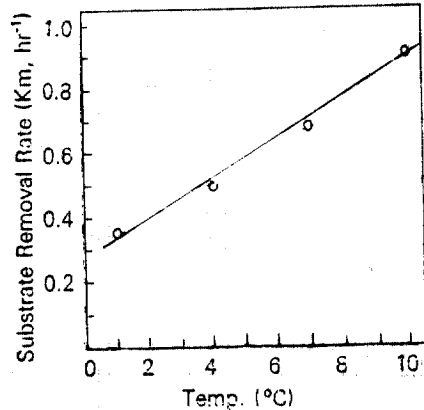


그림 6. 溫度와 有機物 除去速度

위하여 McKinney의 完全混合活性 슬러지에 대한 數學的 解法⁽¹³⁾을 利用하였는데, 미처리된 有機物 溫度, F 는 다음과 같이 定義된다.

$$F = \frac{F_i}{K_m \cdot t + 1} \dots\dots\dots(1)$$

여기서,

F =처리수내의 SBOD(mg/l)

F_i =流入 BOD(mg/l)

K_m =有機物 除去速度(hr^{-1})

t =曝氣時間(hr)

式(1)과 表 1의 實驗結果를 利用하여 各 溫度別 有機物 除去速度(K_m)를 求한 것이 그림 5인데, 10°C의 경우는 0.92hr⁻¹, 7°C의 경우는 0.68 hr⁻¹, 4°C의 경우는 0.50hr⁻¹, 1°C의 경우는 0.36hr⁻¹로 계산된다. 이것을 그림으로 나타낸 것이 그림 6이다. 溫度가 減少함에 따라 거의 直線의 線으로 減少하였다. 이것은 溫度變化에 따라 有機物 除去速度가 거의 變하지 않은 崔等⁽⁸⁾의 結果와 약간의 差異를 나타내고 있는데, 이는 有機物의 種類에 따라 溫度影響이 다르게 나타남을 알 수 있다. 그러나 유기물 제거 속도가 차이를 나타내어도 그 차이가 크지 못하여 장시간의 포기시간은 유기물 제거 효율에 그렇게 큰 영향을 나타내지 못함으로 溫度變化에 따른 有機物 除去 效率의 增減은 有機物의 種類에 따라 큰 差異를

나타내지는 않는 것으로 사려된다.

(2) Synthesis/Total Energy(S/TE)의 比

微生物에 공급된 먹이의 일부분은 細胞質을 形成하는데 必要한 에너지로 利用되며, 나머지는 細胞質로 合成된다. S/TE 比는 다음과 같이 定義된다.

$$S/TE = 1 - E/TE \dots\dots\dots(2)$$

여기서,

E/TE (Energy/Total Energy)

$$= \frac{\text{유입수의 TCOD} - \text{처리수의 TCOD}}{\text{유입수의 TCOD}} \dots\dots(3)$$

式(2)와 表 1의 實驗結果를 利用하여 S/TE를 求한 것이 그림 7이다. 內呼吸에 의한 細胞의 減量이 포함되지 않는 狀態, 즉 그림 7에서 曝氣時間이 0인 경우의 S/TE 값은 表 2에 나타난 바와 같이 0.45~0.58로 나타났다. 이 값은 Burkhead와 McKinney⁽¹⁴⁾의 값인 0.66보다 적었으나, 崔等⁽⁸⁾의 結果보다 약 1.5배 가량 크게 나타났다. 溫度가 減少됨에 따라 다소 增加하는 경향을 나타내었다. 즉 溫度가 變化됨에 따라 S/TE 값이 變하는데, 이것은, Shih와 Stack⁽¹⁵⁾의 主張과 一致하나, 溫度變化에 따라 S/TE 값이 一定하다는 崔等⁽⁸⁾, McKinney⁽¹³⁾, Sayigh와 Malina⁽¹⁶⁾, Benedek과 Farkas⁽¹⁷⁾의 主張과는 相反되고 있다. 이상의 기존 연구결과와 본

表 3. 온도변화에 따른 微生物의 酸素當量의 역수(K_2)

t	10°C		7°C		4°C		1°C	
	ICOD/ M_v	K_2	ICOD/ M_v	K_2	ICOD/ M_v	K_2	ICOD/ M_v	K_2
60	1.47	0.68	1.56	0.64	1.59	0.63	1.81	0.55
09	1.46	0.68	1.60	0.62	1.58	0.63	1.64	1.61
120	1.38	0.72	1.74	0.58	1.48	0.68	1.62	0.62
240	1.30	0.77	1.54	0.65	1.42	0.71	1.49	0.67
mean	1.40	0.71	1.61	0.62	1.52	0.66	1.64	0.61

註) M_v = MLVSS

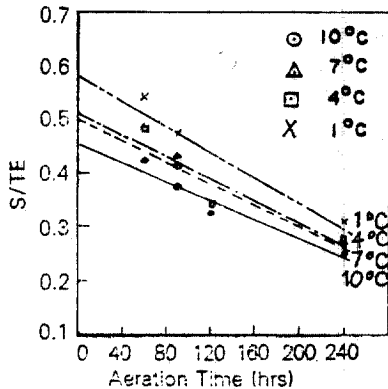


그림 7. 曝氣時間과 S/TE

表 2. Synthesis/Total Energy 의 比

Temperature (°C)	S/TE
10°	0.45
7°	0.50
4°	0.51
1°	0.58

연구결과에는 이용된 유기물질 종류가 각각 다르므로 S/TE 값은 유기물의 종류와 농도에 따라 온도影響이 다를 수 있을 것이다. 그러나 온도變化에 따른 S/TE 값의 變化幅은 비교적 적은 것으로 나타났다.

(3) 細胞增殖係數 및 內生呼吸係數

細胞增殖係數(Y)는 다음과 같이 定義⁽¹³⁾된다.

$$Y = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots \dots \dots (4)$$

여기서

$$K_1 = \text{ultimate BOD}/\text{BOD}_5$$

$$K_2 = \text{微生物의 酸素當量의 역수} (\text{MLVSS}/\text{ICOD})$$

$$K_3 = \text{微生物의 酸素當量의 역수} (\text{MLVSS}/\text{ICOD})$$

$$K_3 = \text{S/TE 의 比}$$

K_1 은 ultimate BOD/BOD₅의 比로써 流入水의 COD/BOD의 比로써 나타낼 수 있다. 本實驗에 이용된 廢水는 우유이므로 生物學的으로 分解 不可能한 물질이 없는 것으로 생각할 수 있다. K_1 은 表 1로부터 計算하면 1.71이 된다. K_2 는 表 1의 實驗結果로부터 溫度別로 구하

던 表 3과 같다. 10°C의 경우는 微生物의 酸素當量이 1.4로서 박테리아의 化學造成을 C₅H₇O₂N으로 하는 경우의 一般的인 값과 同一하였으나, 7°C, 4°C 및 1°C의 경우는 微生物의 酸素當量이 1.52~1.64로 나타나 10°C 以下の 低溫에서는 微生物의 性狀이 다소 變化되는 것 같다. 한편 崔等⁽⁸⁾의 研究結果에서는 微生物의 酸素當量이 0.78~1.18로 나타나 低溫에서는 微生物의 性狀이 대단히 複雜하게 바뀌게 됨을 알 수 있을 뿐만 아니라 有機物의 種類에 따라서도 微生物의 性狀이 다를 수 있을 것이다. K_3 는 3.2節에서 言及된 바와같이 表 2에 나타나 있다.

式(4)를 利用하여 細胞增殖係數(Y)를 求하면 表 4와 같다. 細胞增殖係數는 0.53~0.60이었으며, 溫度가 增加함에 따라 약간 減少하나 그 變化量은 매우 적으므로 거의 一定한 것 같다. 이것은 崔等⁽⁸⁾의 結果와 一致하고 있다.

表 4. 溫度變化에 따른 細胞增殖係數(Y) 및 內生呼吸係數(K_d)

Temperature (°C)	Cell yield coef. (Y) from		Cell Decay Coef. (K_d , hr ⁻¹)
	Equation (4)	Equation (5)	
10°	0.55	0.50	0.07
7°	0.53	0.55	0.11
4°	0.58	0.52	0.08
1°	0.60	0.54	0.07

WPCF의 活性슬러지에 對한 設計指針書⁽¹³⁾를 보면

$$\frac{1}{\text{SRT}} = Y \cdot \frac{dF/dt}{M_v} - K_d \dots \dots \dots (5)$$

로 나타내고 있는데, 여기서

$SRT = \text{固形物滯留期間(日)}$

$dF/dt = \text{단위시간당 BOD 제거량} = (F_i - F)/t$

$K_d = \text{內生呼吸係數(日}^{-1}\text{)}$

$M_v = \text{MLVSS(mg/L)}$

SRT는 aeration-only system에서는 曝氣時間(t)와 같다. 式(5)와 表 1의 資料를 利用하여 그림 8과 같이 나타내었는데, 각 直線의 기울기가 Y 값이며, 절편이 K_d 값이다. 各 溫度에 따른 Y 및 K_d 값이 表 4에 나타나 있다. Y 값은 0.50~0.55로써 溫度變化에 따른 差異가 別로 없었으며, 式(4)를 利用하여 求한 Y 값과 類似하였다. 式(4)와 式(5)로부터 구한 Y 값은 溫度에 따라 다소 差異가 있겠으나, 대체로 0.5~0.6의 범위로 나타낼 수 있을 것 같다. 이것은, 崔等⁽⁸⁾의 結果와 類似하게 나타났다. 한편, K_d 값은 7°C를 除外하고는 0.07~0.08day⁻¹로 溫度變化에 무관한 것으로 나타났다. 이 結果는 溫度가 減少됨에 따라 內生呼吸率이 減少된다는 Benedek과 Farkas⁽¹⁷⁾ 및 Clark等⁽¹²⁾의 主張과 相反되고 있다.

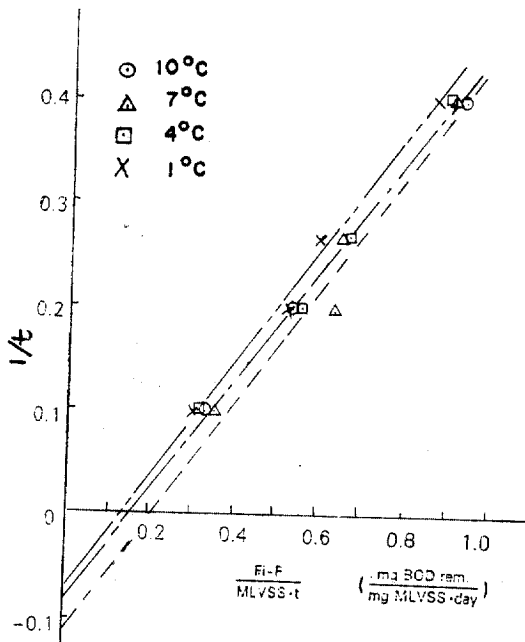


그림 8. 細胞增殖係數(Y) 및 內生呼吸係數(K_d)의 算定

(4) 微生物

高濃度廢水에 있어서 微生物의 樣相은 運轉初期에는 原生動物이 다수 관찰되었으나, 低溫으로 適應함에 따라 原生動物의 크기가 매우 작아졌으며, 그 수효가 많이 감소하였다. 또한 flocc 자체의 크기가 작아졌다. 특히, 섬유성미생물은 10°C에서는 관찰되지 않았으나, 1°C, 4°C 및 7°C의 경우는 F/M 비에 관계없이 모두 관찰되었다. 또한, F/M 비가 큰 경우에 보다 많이 관찰되었다. 슬러지 색깔은 저온으로 적응하면서 점점 엷어졌는데, F/M 비가 적은 경우가 F/M 비가 큰 경우보다 다소 짙은 색깔을 나타내었으며 flocc의 상태도 비교적 좋았다. F/M 비가 큰 경우중, 運轉溫度가 1°C의 경우 섬유성 미생물이 많이 관찰되어 微生物狀은 매우 좋지 않았으며, 약간의 엷은 초록색을 띄는 경우도 있었다.

3.2 有機物の 溫度에 따른 溫度影響

(1) 有機物除去에 對한 溫度影響

各 溫度別 安定狀態下의 反應槽 運轉結果가 低濃度廢水의 경우 表 5에 나타나 있는데, F/M 비는 1.1~16.2에 이르고 있다.

그림 9와 그림 10은 低濃度廢水에 있어서 曝氣時間에 따른 SCOD와 SBOD 除去効準을 各 溫度別로 나타낸 結果인데 高濃度廢水의 경우인 崔等⁽⁸⁾의 結果에서 나타난 바와 같이 溫度變化에 따라 有機物除去効準에 差異가 거의 없었다. 高濃度廢水인 本 研究結果와 比較하여 볼 때 高濃度廢水의 경우는 溫度變化에 따라 다소 差異가 있었으나 低濃度의 경우는 差異가 거의 없었다. 그러나 崔等⁽⁸⁾의 研究結果와 本 研究結果인 高濃度廢水와 低濃度廢水의 경우를 綜合하면 有機物除去効準은 溫度變化에 따라 差異가 거의 없는 것으로 사려된다. 즉 有機物の 濃度變化에 따른 濃度影響은 거의 없는 것 같다. 또한, 포기시간이 10時間 以下인 경우 有機物除去効準이 다소 減少하였으나 포기시간에 관계없이 有機物除去効準은 거의 一定하였다. 즉 流入濃도가 낮은 低濃度廢水의 경우 有機物除去効準은 溫度變化와 포기시간의 大小에 따라 差異가 거의 없는 것으로 사려된다.

그림 11과 그림 12는 F/M 비와 SCOD와 SBOD 除去効準을 나타내고 있는데, F/M 비가 1.1~16.2로 매우 높았음에도 불구하고 有機物除

表 5. 實驗室 反應槽의 運轉結果(低溫度廢水)

Temp. (°C)	t	Influent(mg/l)		Effluent(mg/l)				MLSS (mg/l)	S/TE		F/M
		TCOD	TBOD	TCOD	SCOD	TBOD	SBOD		COD	BOD	
10	4.5	188	97	71	23	29	5.0	32	0.38	0.30	16.2
	8.0	185	99	84	37	31	5.1	40	0.45	0.31	7.4
	15.0	188	97	63	18	26	5.1	29	0.33	0.27	5.4
	18.0	185	99	84	19	24	3.8	30	0.45	0.24	4.5
	34.0	188	97	90	21	26	3.0	30	0.48	0.27	2.3
	51.0	185	99	74	19	24	2.8	31	0.40	0.24	1.5
7	6.5	189	96	125	54	48	10	57	0.66	0.50	6.2
	8.1	216	128	146	53	58	8	69	0.45	0.45	5.4
	12.0	189	96	132	34	46	7	75	0.70	0.48	2.6
	17.8	216	128	126	34	67	7	55	0.58	0.52	3.1
	30.0	189	96	116	43	39	6	56	0.61	0.41	1.4
	50.0	216	128	132	65	38	7	52	0.61	0.30	1.2
4	4.9	188	97	104	45	57	7.2	43	0.55	0.59	11.0
	8.6	185	99	106	18	50	6.6	57	0.57	0.51	4.9
	11.7	188	97	100	13	45	9.4	54	0.53	0.46	3.7
	16.0	185	99	112	26	42	5.0	58	0.60	0.42	2.6
	33.0	188	97	77	19	34	5.0	52	0.41	0.35	1.4
	47.0	185	99	88	32	31	6.0	40	0.47	0.31	1.3
1	5.3	184	83	85	22	50	13.0	47	0.46	0.60	8.0
	8.4	184	83	73	25	46	8.7	45	0.40	0.55	5.3
	12.0	184	83	73	28	44	8.3	60	0.40	0.53	2.8
	17.0	184	83	88	33	34	5.8	37	0.47	0.41	3.2
	32.0	184	83	88	26	31	6.0	44	0.47	0.37	1.4
	52.0	184	83	73	31	31	5.7	34	0.40	0.37	1.1

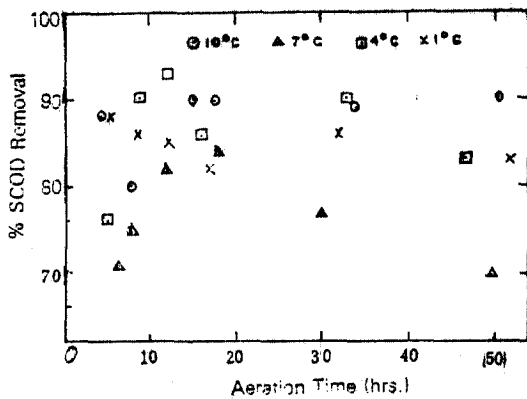


그림 9. 포기시간과 SCOD 제거효율(저농도폐수)

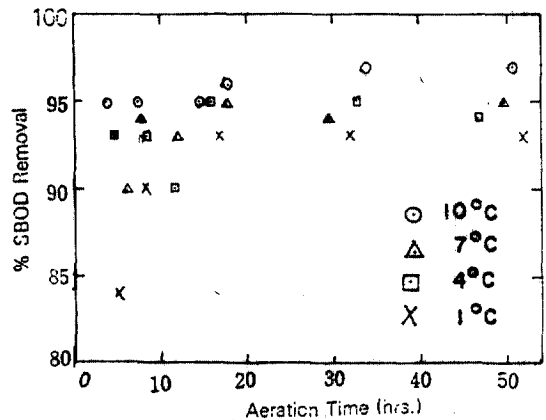


그림 10. 포기시간과 SBOD 제거효율(저농도폐수)

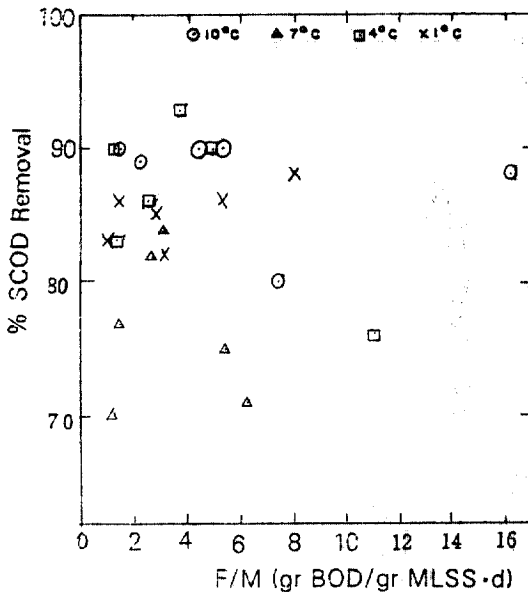


그림 11. F/M 비와 SCOD 除去効률(低濃度廢水)

去効率は F/M 비의 差異에 對하여 크게 변하지 않았다. 다만 SBOD 除去効率は F/M 비의 增加 및 溫度減少에 따라 다소 減少하였다. 低濃度廢水의 경우 流入 및 流出水의 有機物濃度가 비교적 낮아 曝氣時間에 따른 有機物除去効률이 區分되지 않았으나, 式(1)과 表 2의 實驗結果를 利用하여 各 溫度別 有機物除去速度(K_m)를 구하면 10°C의 경우 1.77(0.67~4.09), 7°C의 경우는 1.01(0.35~1.85), 4°C의 경우는 1.17(0.33~2.54), 1°C의 경우는 0.71(0.26~1.02)로 나타났다. 즉 대체적으로 溫度가 減少됨에 따라 有機物除去速度는 減少되어 高濃度廢水의 경우와 類似하였다.

(2) 微生物

低濃度廢水의 경우의 微生物狀은 高濃度廢水의 경우와 마찬가지로 floc의 크기가 매우 작았으며, 10°C의 경우도 F/M 비가 대단히 크므로 섬유성미생물이 다수 관찰되었다.

(3) 既存下水處理場의 運轉資料 分析

서울시 終末處理事業所內에 淸溪川 및 中浪川 下水處理場이 운영되고 있는데, 二次處理는 모두 活性슬러지工法이다. 淸계천하수처리장의 경우는 재래식 淸계천하수처리공법으로 曝氣時間은 約 10時間정도 되며, 淸계천하수처리장의 경우는

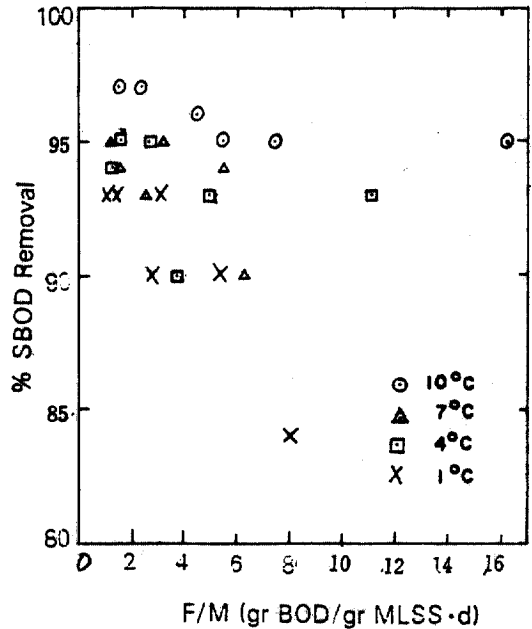


그림 12. F/M 비와 SBOD 除去効률(低濃度廢水)

完全混合活性슬러지工法으로 曝氣時間은 約 5時間가량 된다.

淸溪川 및 中浪川下水處理場의 最近 2년간(1982년 및 1983년)의 運轉資料의 月平均値가 그림 13 및 그림 14에 나타나 있으며, 같은 기간의 年平均水質(二次處理)이 表 6에 나타나 있다. 水溫은 年平均 대략 15.5°C를 보이고 있으며, F/M 비는 淸계천의 경우 0.07~0.1, 淸계천의 경우는 0.14~0.15로 두 경우 모두 F/M 비는 비교적 낮게 運轉되었다. 曝氣槽의 流入 BOD濃度는 淸계천의 경우 平均 95~105 mg/l이었으며, 淸계천의 경우는 平均 112~119 mg/l이었다. BOD 除去効率は 淸계천의 경우 77~79%, 淸계천의 경우는 78~80%로 거의 대동소이하였다. 그림 13과 그림 14에 나타난 바와같이 BOD 除去効率は 두 경우 모두 流入 BOD濃度에 따라 一定하게 變하고 있다. 즉, BOD 除去効率は Lin과 Heinke⁽¹⁰⁾의 主張과 같이 流入 BOD濃度에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타나고 있다. 한편 處理水의 BOD濃度는 年中 다소 差異는 있으나 거의 一定하게 나타나고 있다. 따라서 BOD 除去効率は 流入 BOD濃度에 따라

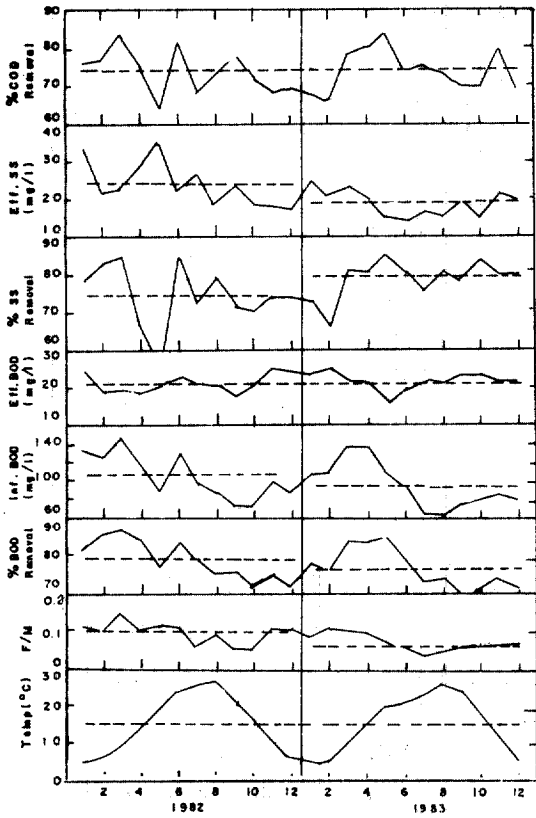


그림 13. 淸溪川下水處理場의 運轉資料(月平均值)

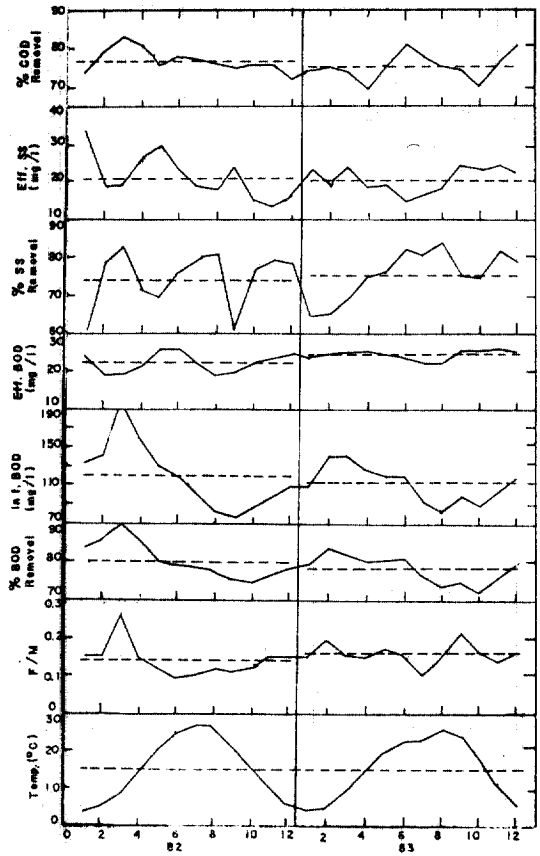


그림 14. 中浪川下水處理場의 運轉資料(月平均值)

表 6. 淸溪川 및 中浪川 下水處理場의 二次處理에 對한 年平均水質

Sewage Treatment Plant	Inf. (mg/l)			Eff. (mg/l)			Org. Removal Efficiency (%)			Water Temp (°C)	F/M
	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS		
Chung Gye Chun											
1982	194	105	100	50	21	24	74	79	74	15.4	0.10
1983	173	95	92	44	21	19	74	77	79	19.6	0.07
Joong Rang Chun											
1982	222	119	85	50	22	21	77	80	74	15.4	0.14
1983	220	112	86	54	24	20	75	78	75	15.5	0.15

變하나 溫度變化에 따라서는 거의 一定함을 알 수 있다. 이것은 Townshend⁽²⁰⁾의 연구 결과와 一致하고 있다. 또한 淸계천과 中浪川하수처리 장의 운전 F/M 비가 Clark⁽¹²⁾와 Benedick⁽⁴⁾ 등이 주장하는 온도영향이 없는 F/M 비보다 대체로 적었기 때문인 것으로 사려된다. 低濃度廢水

에 對한 本實驗結果와 비교하여 볼 때 低濃度廢水의 경우 운전 F/M 비가 매우 큰데도 溫度影響이 없었으므로 流入 BOD 濃도가 낮은 低濃度影響이 없는 것으로 사려된다. 以上의 結果를 綜合하여 볼 때 F/M 비가 낮거나, 流入濃도가 낮은 경우 有機物除去效率에 對한 溫度影響은 없

는 것으로 사려된다. 참고적으로 低濃度에 있어서는 測定誤差가 크므로 사실상 이러한 誤差를 배제시킨 溫度影響은 分離測定하기가 어렵다는 것을 여기에 밝혀둔다.

4. 結 論

低溫에서의 有機物の 微生物細胞質로의 轉換量과 微生物에 의한 處理程度를 測定하기 위하여 實驗室反應槽를 利用하였다. 處理實驗은 有機物の 濃度를 高濃度인 경우와 低濃度인 경우로 區分하여 遂行되었는데, 高濃度の 경우는 有機物の 性狀이 다른 既存研究結果⁽⁶⁾와 比較하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

(1) 曝氣時間이 120 時間 내지 150 時間 以下이거나, F/M 比가 約 0.4 以上인 경우에, 有機物除去에 대한 溫度影響이 增大되었다. 그러나, 溫度變化에 따른 有機物除去變化는 그렇게 크지 않았다. 또한 有機物除去에 있어서 有機物の 性狀에 따른 溫度影響은 없는 것 같다.

(2) Synthesis/Total Energy (S/TE)의 比는 0.45~0.58 로 나타났으며, 溫度가 減少됨에 따라 漸次 增加되었다. 또한, S/TE 값은 有機物の 性狀에 따라 溫度影響이 달랐다. 그러나, 溫度變化에 따른 S/TE 값의 變化幅은 比較的 적은 것으로 나타났다.

(3) 微生物의 酸素當量은 10°C 에서는 1.4 로 나타나 一般的인 값과 같았으나, 10°C 以下에서는 約 1.6 으로 나타나 低溫에서는 微生物의 性狀이 조금 달랐다. 또한, 지온에 있어서 微生物의 酸素當量은 有機物の 性狀에 따라 크게 差異를 나타내었다.

(4) 細胞增殖係數는 대략 0.5~0.6 으로 分析되었으며, 溫度에 따른 差異는 거의 없었다. 또한, 細胞增殖係數는 有機物の 性狀에 따라 거의 變化하지 않았다.

(5) 內生呼吸係數는 0.07~0.08 day⁻¹ 로 나타났으며, 溫度와 거의 無關한 것으로 나타났다. 또한 有機物の 性狀에 따른 內生呼吸係數는 거의 類似하였다.

低濃度の 경우는, 高濃度の 경우와 既存下水處理場의 운전결과와 比較하여 다음과 같은 結果

를 얻었다.

(6) 有機物除去效率은 운전온도 보다는 流入 有機物濃度の 變化에 影響을 받고 있었다. 즉 溫度影響을 거의 받지 않았다.

(7) 低濃度廢水의 경우 운전 F/M 比가 낮거나, 流入濃도가 낮은 경우 有機物除去에 대한 溫度影響은 없는 것 같다. 이러한 경우 有機物除去 효율은 流入濃도에 좌우된다.

謝 辭

本 研究는 1984年度 韓國學術振興財團의 研究費 支援으로 遂行되었다.

參 考 文 獻

1. 淸溪川 및 中浪川 下水處理場의 運轉資料, 서울시 終末處理事業所 提供(1982~1983)
2. Ludzack, F.J. *et al.*, "Temperature and Feed as Variables in Activated Sludge Process", *J WPCF*, 33, 141(1961).
3. Eckenfelder, W.W. Jr. and Englands, A.T., "Temperature Effects on Biological Waste Treatment Process", *International Symp. on Water Pollution Control in Cold Climate*, 180, EPA, (1971).
4. Benedick, A.H., "Organic Loading and Temperature in Biooxidation", Ph. D. Thesis, Univ. of Washington, Seattle(1968).
5. Hunter, T.V., *et al.*, "Temperature and Retention Time Relationships in the Activated Sludge Process", *Proc. 21st Industrial Waste Conf.*, Purdue(1966).
6. Thomas, H.A. Jr., "Sewage Treatment in Low Temperature Areas", *Sewage and Ind. Wastes*, 23, 1(1951).
7. Howland, W.F., "Effect of Temperature on Sewage Treatment Processes", *Sewage and Ind. Wastes*, 25, 161(1953).
8. 崔義昭外 "環境汚染物質의 低溫에서의 微生物學的 轉換에 關한 研究", 文敎部 研究報告(1980).
9. *Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater*, APHA, AWWA, WPCF (1976).

10. Mavinic, D.S. and Zaft-Gilje, R., "Temperature Effects on Two-stage Biotreatment of Leachate", Paper presented at 1979 ASCE National Conference on Env. Eng., San Francisco, California (1979).
11. Uloth, V.C. and Mavinic, D.S., "Aerobic Biotreatment of a High-strength Leachate", *JEED, ASCF*, EE4, 647(1977).
12. Clark, S.E. *et al.*, "Design Considerations for Extended Aeration in Alaska", *International Symposium on Water Pollution Control in Cold Climates*, 213, EPA(1971).
13. McKinney, R.E., "Mathematics of Complete Mixing Activated Sludge", *JSED, ASCE*, 87~113(1969).
14. Burkhead, C.E. and McKinney, R.E., "Application of Complete Mixing Activated Sludge Design Element to Industrial Waste", *JWPCF, Vol.* 20, 40, 557(1968).
15. Shih, C.S. and Stack, V.T. Jr., "Temperature Effect on Energy Oxygen Requirement in Biological Oxidation", *JWPCF*, Vol. 41, No. 11, Part 2, R461(1969).
16. Sayigh, A.A. and Malina, J.F. Jr., "Temperature Effects on the Activated Sludge Process", *JWPCF*, Vol. 50, No. 2, 678(1978).
17. Benedek, P. and Farkas, P., "The Influence of Temperature on the Reactions of the Activated Sludge Process", *International Symposium on Water Pollution Control in Cold Climates*, 164, EPA(1971).
18. MOP 8, *Wastewater Treatment Plant Design*, WPCF(1977).
19. Lin, K.C. and Heinke, G.W., "Plant Data Analysis of Temperature Significance in the Activated Sludge Process", *JWPCF*, Vol. 49, No. 2, pp. 286~295(1977).
20. Townshend, A.R., "Statistical Analysis of the Effluent Quality of Biological Sewage Treatment Processes", *Proc. 3rd Canadian Symposium on Water Pollution Research*, 272(1968).

(接受：1985. 8. 28)