

生物学的 流動層을 이용한 酒精廢水 處理에 關한 研究

鄭遇喆* · 金煥起** · 李福烈***

*全北大学校 工科大学 化学工学科

**全北大学校 工科大学 土木工学科

***群山開放大学 工業化学科

(1985년 2월 15일 접수, 1985년 7월 2일 채택)

A Study on Brewery Wastewater Treatment using Biological Fluidized Bed

Woo-Chul Jung*, Hwan-Gi Kim** and Bok-Yul Lee***

*Dept. of Chem. Eng. Chonbuk National Univ.

**Dept. of Civil Eng. Chonbuk National Univ.

***Dept. of Ind. Chem. Kunsan Open Univ.

(Received 15 February 1985; accepted 2 July 1985)

要 約

本 論文에서는 高濃度 酒精廢水處理에 生物学的 流動層 反應器를 應用하여 流動層 메디아로서 0.3~0.4mm 모래를 使用했으며 反應溫度는 28°C에서 F/M比 및 試料水の 稀釈比를 각각 0.2~0.5, 2~10배로 變化시켜 連續式 反應器에 依해서 施行되었다. 여기서 얻어진 結果로 모래는 좋은 流動特性을 갖는 메디아였으며 低稀釈 酒精廢水 處理에 對한 生物学的 流動層의 適用은 다른 生物学的 處理에 比해서 좋은 效果를 얻을 수 있었다.

本 研究에서 扱한 工程은 酸素接觸工程과 曝氣工程을 比較研究한 바 最適稀釈比는 7배, 최적 滯留時間은 5時間, F/M比는 0.3, 그리고 有機物 除去 效率은 93%로 나타났다. 또, 酸素接觸工程과 曝氣工程에서 有機物 除去速度는 各各 0.93hr⁻¹, 0.68hr⁻¹, 流動層 微生物量은 各各 11,000 mg/l, 10,500mg/l, 有機物 負荷는 各各 4,088mg/l.day, 3,830mg/l.day였다.

Abstract – The biological fluidized bed reactor was used to treat concentrated brewery waste-water by employing 0.3-0.4mm sand for the support media. The reactor was run continuously at 28°C by varying F/M ratio from 0.2 to 0.5 and dilution ratio from 2 to 10. The results showed that the sand was a good support, which had appropriate fluidization characteristics. This process was found more effective than other biological processes. Pure oxygen as well as aeration system were employed, and the results showed that the optimum dilution ratio was about 7 times, the optimum HRT was about 5 hrs, F/M ratio was 0.3, and organic removal efficiency was 93%.

The organic removal rate, BVS, and TOC loading of pure oxygen system and aeration system were 0.93 hr, 0.68 hr, 11,000mg/L 10,500mg/L and 4,088mg/L/day 3,830mg/L/day, respectively.

I. 序 論

生物學的 流動層은 微生物이 附着되어 있는 流動層으로서 反應器內에 微生物이 附着하여 살수 있는 모래와 같은 매디아에 活性슬러지를 殖種한 것이며 여기서 매디아로 하여금 流動狀態가 되도록 할 때 매디아에 附着된 高濃度の 微生物에 의하여 廢水中 有機物質[1~2]과 一部 窒素와 같은 無機物質[3]을 効果的으로 除去할 수 있는 方法[4]이다.

生物學的 流動層은 裝置가 간단하고 設置費와 運轉費가 적게드는 固相-液相 接觸反應器로서 流體의 滯留時間을 伸縮性있게 變化시킬 수 있는 流動特性和 反應器內에서 生物學的 物質에 낮은 剪斷力을 주는 物質傳達特性 및 混合 特性等の 利點이 있는 反面, 總括的인 反應速度에 影響을 미치는 因子들이 많고 反應器의 構造와 操作方法들이 多樣하여 最適條件을 淸明하기가 쉽지 않다는 等の 問題點[5]이 있다.

1-1. 研究의 背景

酒精廢水 處理法에는 物理的, 化學的 및 生物學的인 方法들이 있는데 처음 두가지는 生物學的 處理를 爲한 前處理 工程으로 쓰이고 生物學的 處理法에는 主로 好氣性 處理法과 嫌氣性 處理法이 있으나 後者는 維持 管理費가 적게들고 메탄 가스등의 有效가스를 얻을 수 있는 利點이 있는 反面, 處理場 面積이 크게 所要되고 稼動時 高度의 技術이 要請되므로써 運轉이 까다로운 短點[6]이 있다.

또 好氣性 處理法으로는 撒水濾床法과 活性슬러지法이 代表的으로 쓰인다. 撒水濾床法은 固定層을 使用함으로써 매디아에 附着된 微生物膜은 單位 體積當 많은 微生物量을 維持시킬 수 있으나 微生物膜에 依한 動的인 物質擴散 妨害등의 問題點[7]이 있다. 또한 活性슬러지法으로서는 BOD_5 , 200~500mg/l 程度の 下水處理에 主로 쓰이는 單位 工程이다. 그러나 本 研究에서 使用한 試料는 BOD_5 , 20,000mg/l 以上の 高濃度 有機廢水인 關係로 多量의 稀積水가 必要하며 따라서 處理場 面積이 크게 要求된다. 그러므로 在來式 方法으로는 處理가 어렵게 되어 生物學的 流動層을 導入하여 本 試料의 處理 可能性을 檢討해 보고자 한다.

1-2. 研究目的과 內容

生物學的 流動層에 依한 有機廢水 處理에 關하여 金[8]의 糞尿에 關한 連續工程과 金等[9]의 酸素移動에 關한 半連續工程에 의한 研究等이 있는데 上記 두 工程은 모두 매디아로서 不織布를 使用했다. 그러나 本 研究에서는 매디아로서 細砂를 利用했다. 그 理由는 不織布의 比重이 0.98程度로서 물보다 약간 낮은 關係로 流動促進이 좋고 多孔性인 點도 있으나 均一 流動이 어려운 경우가 있고 微生物이 附着할 때 큰 덩어리가 形成되므로써 그 内部에서는 嫌氣性 反應이 일어날 可能性이 있기 때문에 表面積이 넓고[1] 比重이 큰 모래를 採했다. 本 研究에서는 曝氣槽에서 必要한 酸素의 供給源을 다르게한 酸素接觸工程과 曝氣工程의 두가지 工程을 考案하여 이들에 對해 다음과 같은 內容으로 比較研究을 遂行하였다.

1. 試料의 諸特性
2. 流動特性 因子

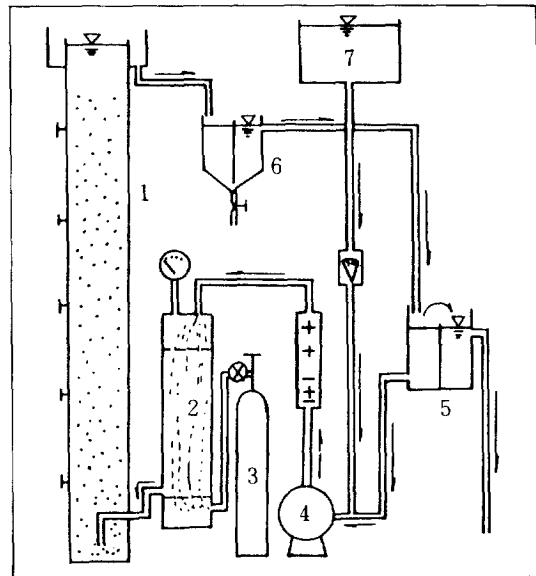


Fig. 1. Schematic diagram of continuous flow reactor.(pure oxygen system)

1. Fluidized Bed Reactor
2. Oxygenator
3. Oxygen Bomb
4. Recycle Flow Pump
5. Recycle Tank
6. Sand Trap
7. Feed Tank

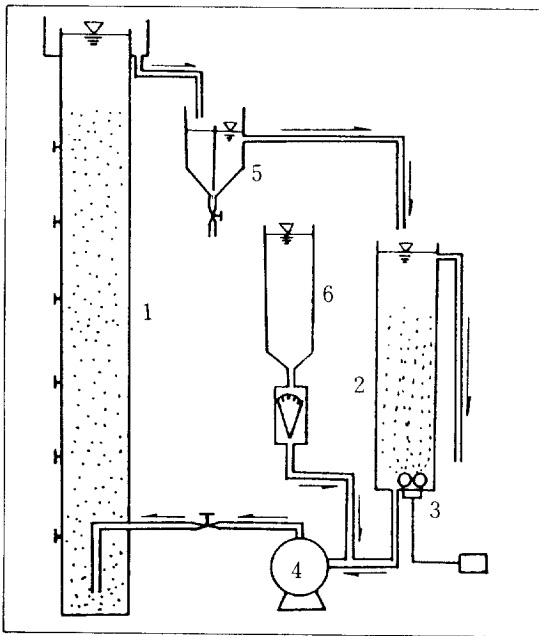


Fig. 2. Schematic diagram of continuous flow reactor.(aeration system)

1. Fluidized Bed Reactor
2. Aeration Basin
3. Air Stones
4. Recycle Flow Pump
5. Sand Trap
6. Feed Tank

3. 反應速度論의 考察

II. 裝置 및 實驗

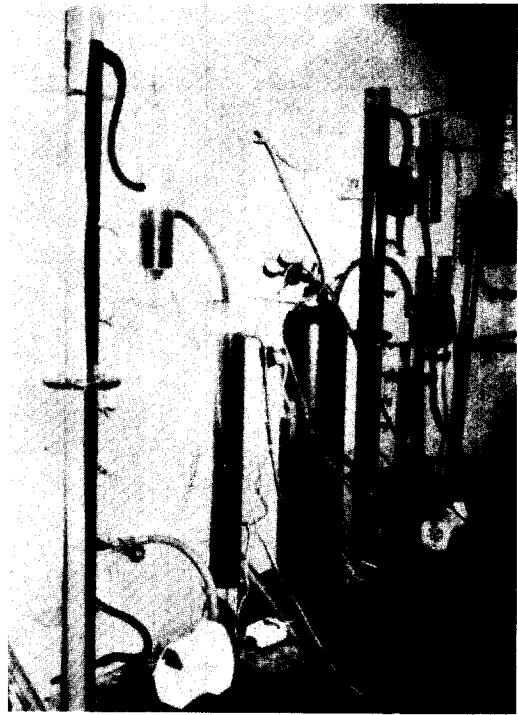
2-1. 實驗裝置

本 研究에서 考案한 實驗裝置는 酸素 供給源을 다르게한 두가지 工程으로 하나는 酸素接觸工程으로 Fig.1 과 같고 다른 하나는 曝氣工程으로 Fig.2 와 같다. 또, 사진- 1은 實驗裝置 模型이다.

2-2. 實驗方法

酸素接觸工程과 曝氣工程의 實驗裝置를 各各 製作 設置하고 連續式으로 運轉하였다. 試料은 國內에서 最大의 酒精 生産業체인 全州市 所在 西湖酒精의 蒸溜廢液을 用하였다.

殖種用 微生物은 全州市 衛生處理場의 返送슬러지를 利用하여 # 125 號로 걸러서 微生物 馴養槽



Phot. 1. Photograph of both systems.

에 넣고 曝氣하면서 酒精廢水를 서서히 注入하여 微生物이 酒精廢水 基質에 適應하도록 10日程度 馴養했다. 反應器에는 微生物 成長을 爲한 미디어로서 모래를 1.2l 까지 넣고 水導水로 채운 다음 馴養된 슬러지를 循環탱크 및 曝氣槽에 서서히 供給하면서 運轉을 시작하였다.

모든 流体는 上向 흐름으로 하고 이때의 流速은 10~20 m/hr 이었으며 流速調節은 순환 펌프 出口에 設置된 게이트 밸브에 依하였다. 酸素接觸工程은 試料 給水槽에서 1.0~2.0 l/hr 로 펌프에 流入되었다. 이어서 酸素處理器로 보내어 200~500 ml/hr 酸素 전달을 시킨후 分散器를 거쳐 反應器에 注入되었다. 여기서 3~15時間 反應後 返送시킴으로써 一部는 流出시켰다. 그러나 曝氣工程은 曝氣槽에서 未反應상태로 流出될 可能性이 크기 때문에 試料 給水槽에서 1.0~2.0 l/hr 로 循環 pump 에 注入되어 直接 分散器를 通하여 反應器에서 反應後 一部는 流出되면서 廢水 處理工程이 이루어진다. 이와 같이 하여 10日 程度가 되면 定常狀態에

Table 1. Summary of operational conditions and performance data.

RUN NO.	1			2			3			4		
	Max.	Min.	Mean.	Max.	Min.	Mean.	Max.	Min.	Mean.	Max.	Min.	Mean.
Room Temp. (°C)	22	20	21	21	20	21	23	21	22	23	21	22
Reactor Temp. (°C)	30	28	29	30	28	29	30	28	29	30	28	29
pH inf.	—	—	3.3	—	—	3.3	—	—	3.4	—	—	3.4
pH eff.	6.6	6.5	6.6	7.2	7.0	7.1	7.0	6.6	6.8	7.06	6	6.5
DO eff. mg/L	1.0	0.2	0.6	2.0	0.6	1.3	0.8	0.4	0.6	2.0	1.2	1.6
Bed High cm	156	139	147	155	145	150	161	150	155	165	160	163
Feed rate L/hr	1.0	0.5	0.75	1.0	0.5	0.75	1.3	0.5	0.9	1.0	0.6	0.8
Flow rate L/hr	75	65	70	82	76	79	75	72	73	80	76	78
TOC inf. mg/L	—	—	1300	—	—	1300	—	—	1300	—	—	1300
TOC eff. mg/L	123	76	100	95	55	75	87	82	85	137	50	90
Dil. rate, waste:H ₂ O	—	1:7	—	—	1:7	—	—	1:7	—	—	1:7	—
BVS mg/L	—	—	11000	—	—	10500	—	—	11000	—	—	10500
F/M TOC	—	—	0.5	—	—	0.5	—	—	0.5	—	—	0.5
BVS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Removal eff. (%)	—	—	92	—	—	95	—	—	92	—	—	93

도달하는데 이때부터 稀釈倍率, 滯留時間, F/M 比를 變化시키면서 水處理 工程을 관찰 실험했으며 그 運轉條件을 Table 1에 나타내었다.

上記 Table 은 定常狀態에 도달했을 때를 基準으로 1984년 8월 16일부터 23일까지의 工程別 운전 平均値이다. 이때의 流出水 TOC는 60~90mg/l, 滯留時間은 5~10시간, BVS는 10,000mg/l 程度, 그리고 pH는 7.0 근처이었다.

2-3. 分析方法

實驗에 使用한 試料의 流入水와 流出水의 TOC, BOD₅, COD, SS 및 BVS를 測定하였다. TOC, 測定은 SYBRON-PHOTO Chem Organic Carbon Analyzer에 依하였고, BOD₅는 Standard Methods [10]에 準하였고 DO測定은 Azide Winkler 方法中 Membrane Electrode Method에 依한 DO meter (YSI. B.05896-A)를 使用하였다. COD는 과망간 산加里法으로 측정하였다. SS는 0.45 μ Gelman Type, Flass Filter paper를 使用하였고 濾過器는 진공여과기 (Siu-6, 314000, Japan)을 使用하였고 濾過한 SS의 乾燥는 105°C 건조기 및 550 \pm 50°C 電氣爐 (SHINKO, No. 71291, Japan)를 使用하였다.

BVS測定은 完全 流動狀態에 있는 流動層 試料를 各 試料 採取點에서 取한後 混合試料로 만든다음 10ml를 定量 取하여 600°C까지 加熱 했을때 損失된 건조 重量 [11]을 BVS로 하였다. 微生物은 顯微鏡的 (Olympus, VANOX, Japan) 觀察에 依하였다.

III. 實驗結果 및 考察

3-1. 酒精廢水의 特性

本 研究에 使用한 酒精廢水는 타피오카를 主原料

Table 2. Characteristics of brewery wastewater.

pH	3.10
TOC	9,800
TBOD ₅	17,300
TCOD	16,600
SS	898
BVSS	974
NBDVSS	355
k ₁₀	0.147
k	0.338

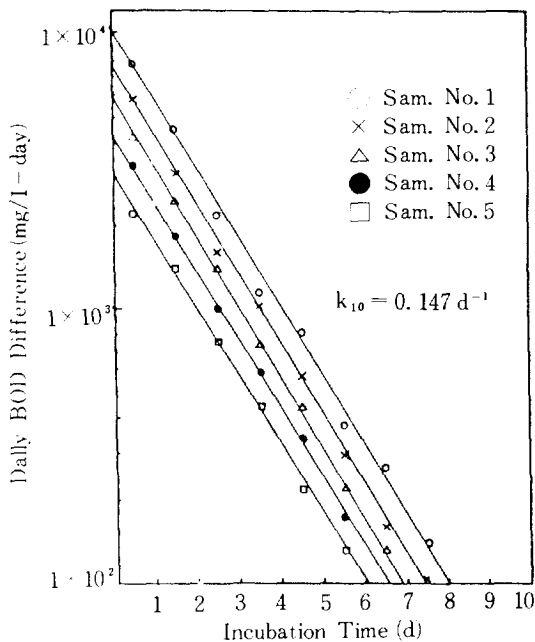


Fig. 4. Estimation of deoxygenation coefficients K_{10} .

로 하여 32~33°C에서 72시간 醱酵한 原液을 100~105°C에서 蒸溜한 廢液으로서 그 特性値는 Table 2와 같다.

3-1-1. 脱酸素 係數

好氣性 條件下에서 微生物이 有機物을 分解할 때 酸素 要求率은 다음과 같은 一次 反應式(12)으로 表現된다.

$$\frac{dL}{dt} = -kL \quad (1)$$

$$y = L_0 (1 - 10^{-k_{10}t}) \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = r = L_0 k e^{kt} \quad (3)$$

$$\log r = \log L_0 k - k_{10}t \quad (4)$$

式(4)의 t 와 $\log r$ 을 直交 座標상에 나타내면 k_{10} 은 기울기가, $\log L_0 k$ 는 絶片이 된다. 脱酸素 係數와 最終 BOD를 求한 것이 Fig. 4와 같다.

이 값은 家庭下水의 平均값인 0.104/day보다 크다. 그 理由로 本 試料는 酒精工程에서 糖化過程을 거쳐서 알콜 生成을 시킨후의 炭化物 내지는 有機酸으로 이루어져 있기 때문으로 생각된다.

3-1-2. TOC, BOD₅ 및 COD關係

이들의 關係에 對하여 本 實驗에서 얻은 結果는

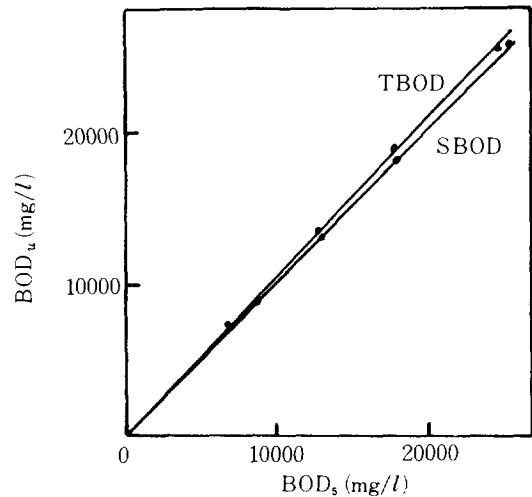


Fig. 5. Relationships between BOD_5 and BOD_u .

다음과 같다.

$$BOD_5/TOC = 1.76$$

$$COD/TOC = 1.69$$

酒精廢水에서 BOD_5/TOC 의 값은 家庭下水와 비슷하나, COD/TOC 의 값은 家庭下水에 比하여 40% 程度의 낮은 값이 되는데 이것은 酒精廢水의 特性이 COD 값보다는 BOD 값에 더욱 유사한 關係에 놓여있는 것으로 判斷된다.

3-1-3. BOD_u와 BOD₅의 關係

BOD_u 와 BOD_5 의 關係는 다음과 같다.

$$BOD_u = k' BOD_5 \quad (5)$$

k' 는 換算係數로서 家庭下水일 때는 보통 1.5를 취한다. 이들의 關係는 Fig. 5에 나타내었다.

여기서 얻은 k' 는 TBOD일 때 1.03, SBOD일 때 1.07로 거의 같았으며 本 試料는 5日 程度면 分解가 完了됨을 나타내었다.

3-2. 反應速度論의 考察

3-2-1. 酸素伝達

有機物 除去, 內呼吸 및 酸化反應에 必要한 酸素 伝達을 알기 위하여 曝氣工程에 對하여 考察하면 酸素 伝達 速度(M)와 總括 酸素 轉達係數($K_L a$)는 다음과 같은 式(15)으로부터 求할 수 있다.

$$\log \left(\frac{C_s - C_0}{C_s - C} \right) = \frac{K_L a}{2.3} t \quad (6)$$

또한 $K_L a$ 變化 要因을 알기 爲하여 氣體의 流速(U_g), 液體의 流速(U_L) 및 $K_L a$ 의 關係를 Fig. 6에 나타

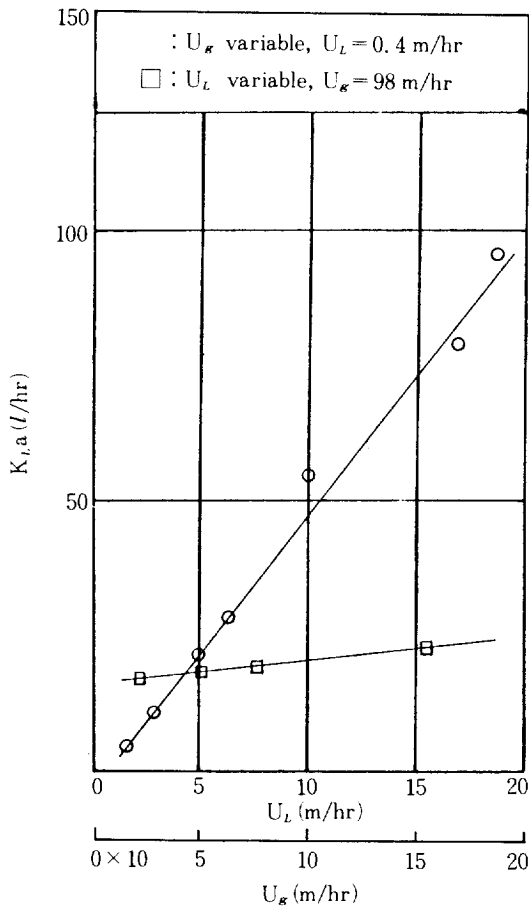


Fig. 6. The relationship between U_g , U_L and K_La .

내었다. U_g 는 K_La 에 크게 영향을 주고 U_L 은 K_La 에 크게 영향이 없는 것으로 나타났는데 이것은空氣의流量增加에 따라서 K_La 값이增加함을 보여주었다.

反應器에서 酸素伝達 特性을 考察할 때, 一般的으로 反應器 溶存酸素로 0.5mg/l 以上을 維持해야 [16] 하는 것으로 알려져 있으나 本 研究에서 酸素伝達は Fig. 7 과 같이 反應器의 20~40cm 近處에서 거의 完了됨을 알 수 있다. 또한 流出水쪽의 DO에서 供給되는 酸素가 n 의 反應에 關여하고 있음을 나타내는 한편, 두 工程 모두 酸素供給 能力의 限界性을 보여주고 있다.

3-3-2. 有機物 除去速度

有機物 除去速度를 求하기 爲하여 Mckinney [17]에 의한 完全混合 活性슬러지 모델을 택했다.

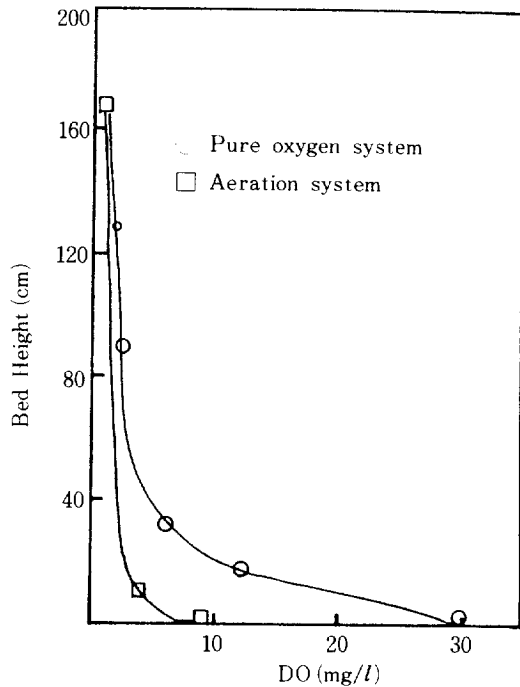


Fig. 7. Oxygen consumption in the reactor.

여기서 物質収支式을 取하면,

$$QF_i = QF + K_m FV \quad (7)$$

$$F = F_i / (1 + K_m t) \quad (8)$$

式 (7), (8)을 利用하여 運轉時 各基 다른 滯留時間으로 有機物 除去速度 (K_m)을 求하면 Fig. 8 과 같다. 이들 K_m 값은 運轉溫度에서의 값이므로 式 (10)에 의하여 換算한 K_m 값을 求하면 酸素接觸式에서는 0.93hr^{-1} , 曝氣式에서는 0.68hr^{-1} 이다.

$$K_m(T) = K_m(20) \cdot \theta^{(T-20)} \quad (9)$$

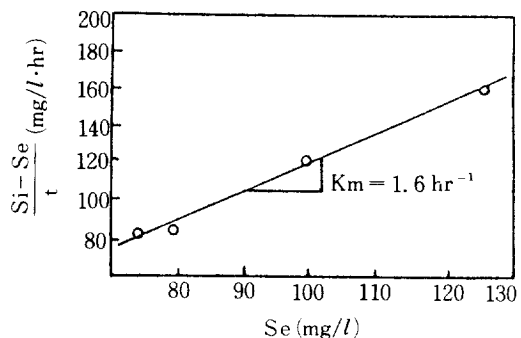


Fig. 8. The substrate removal rate on brewery wastewater treatment by pure oxygen system.

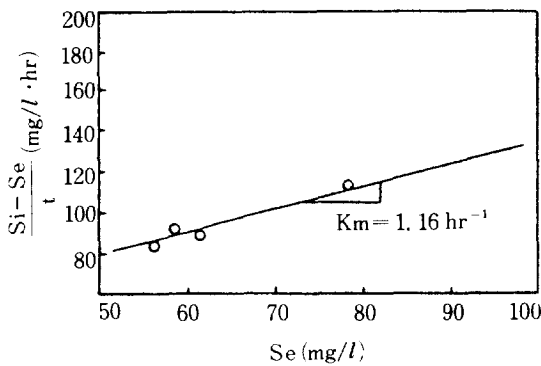


Fig. 9. The substrate removal rate on brewery wastewater treatment by aeration system.

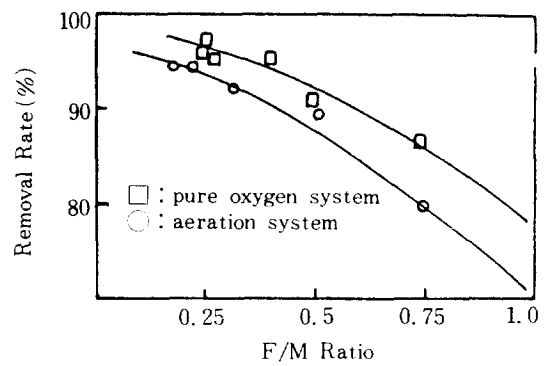


Fig. 10. The relationships between F/M ratio and substrate removal rate in both system.

(9)式에서 $K_m(T)$ 는 $T^\circ\text{C}$ 에서 K_m 값, $K_m(20)$ 은 20°C 에서 K_m 값이고 θ 는 온도보정계수이다. 이들 K_m 의 값은鄭[18]의糞尿好氣性消化時 0.34hr^{-1} 에 비해서 대단히 큰 값이다. 이것은高濃度微生物에 의한流動層反應器의 우수한特性으로 고려된다.

3-3-3. F/M比 및 HRT变化와 有機物 除去率

두 工程의 F/M比变化에 對한 有機物 除去率을 Fig. 10에 滯留時間变化에 對한 有機物 除去率 關係를 Fig. 11에 나타내었다.

有機物 除去率은 F/M比와 函數關係가 있으며 酸素接觸工程에서는 F/M比가 0.28일때 有機物 除去率은 93%, 0.56일때 87%, 曝氣工程에서는 0.25일때 93%, 0.5일때 87%로서 F/M比를 두배로 增加시켜도 有機物 除去率은 10%以內의 差異에 不過하였다.

또 F/M比를 增加시킬수록 有機物 除去率은 減

소되었으며 適正 F/M比는 0.3~0.4인데 이 값은 活性슬러지法과 거의 비슷한 값이나 生物學的 流動層法에서는 微生物 濃度가 $10,000\text{mg/l}$ 以上 이므로 前者보다 2倍以上 큰 값에 해당한다. 그리고 有機

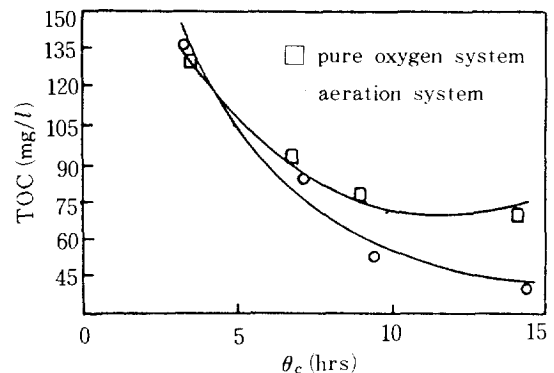


Fig. 11. The relationships between eff. TOC and hydraulic retention time in both system.

Table 3. Summary of loading and operational parameters for aeration processes [19].

Process	BOD Loading g BOD m ³ · d	F/M g BOD g MLSS	Aeration Period (h)	Return Sludge Rates (percent)	BOD Removal Efficiency (percent)
Extended aeration	150 to 500	0.05 to 0.2	20 to 30	100	85 to 95
Conventional	500 to 650	0.2 to 0.5	6.0 to 7.5	30	90 to 95
Step aeration	500 to 800	0.2 to 0.5	5.0 to 7.0	50	85 to 95
Contact stabilization	500 to 800	0.2 to 0.5	6.0 to 9.0	100	85 to 90
High rate	1,300 up	0.5 to 1.0	2.5 to 3.5	100	80 to 85
High purity oxygen	1,900 up	0.6 to 1.5	1.0 to 3.0	50	90 to 95

Table 4. Experimental results of pure oxygen system.

Feed Rate ⁽¹⁾	S _i ⁽²⁾	S _r ⁽²⁾	S _r /S _i	TOC Loading ⁽³⁾	BVS ⁽²⁾	F/M ⁽⁴⁾
0.8	900	837	0.93	2.61	11,000	0.24
2.0	900	720	0.80	6.64	11,000	0.6
0.5	1,300	1,200	0.94	2.4	11,000	0.21
1.0	1,300	1,170	0.9	4.76	11,000	0.43
1.32	1,300	1,086	0.84	5.73	11,000	0.52
0.5	1,300	1,200	0.94	2.4	11,000	0.21

(1) [1/hr]

(2) [mg/l] in TOC

(3) [g · TOC/L exp. bed · day]

(4) [g · TOC/L · g-BVS]

物除去率は滯留時間과 函数關係가 있었으며, 滯留時間 3~6時間에서 有機物除去率は 90~95%였다. 그러나 滯留時間이 增加하면 流出水濃도는 낮아지나 現想的인것은 아니다.

3-3-4. 本 研究와 他處理法과의 比較

在來式 活性슬러지法 및 그 變化들의 變數값을 Table 3 [19]에 나타내고 本 研究에서 얻은 結果를 Table 4 및 Table 5에 나타냈다.

Table 4에서 既存 活性슬러지法에서는 BOD 負荷가 平均 575mg/l. day 高純度 酸素工程은 1900mg

Table 5. Experimental results of aeration system.

Feed Rate ⁽¹⁾	S _i ⁽²⁾	S _r ⁽²⁾	S _r /S _i	TOC Loading ⁽³⁾	BVS ⁽²⁾	F/M ⁽⁴⁾
0.8	900	840	0.93	2.65	10,500	0.25
2.0	900	770	0.86	6.64	10,500	0.63
0.5	1,300	1,230	0.94	2.4	10,500	0.22
1.0	1,300	1,170	0.9	4.8	10,500	0.45
0.8	1,300	1,210	0.93	3.8	10,500	0.37
0.6	1,300	1,250	0.96	2.86	10,500	0.27
0.5	2,000	1,650	0.82	3.7	10,500	0.35

(1) [1/hr]

(2) [mg/l] in TOC

(3) [g · TOC/L exp. bed · day]

(4) [g · TOC/L · g-BVS]

/l. day 인데 Table 4 및 5에 의하면 生物學的 流動層에서 TOC 負荷는 酸素接觸工程에서 平均 4,088 mg/l. day, 曝氣工程에서 平均 3,830mg/l. day 이므로 BOD 負荷로는 각각 7,100mg/l. day, 6,600mg/l. day 이나 이것은 活性슬러지法과 比較하면 12배, 高純度 酸素工程에 比較하면 3~4배가 크다. 한편 活性슬러지法에서 F/M比는 平均 0.35g. BOD/d. MLVSS 인데 生物學的 流動層에서는 酸素接觸工程에서 0.636g. BOD/d. g-BVS, 曝氣工程에서 0.626 g-BOD/d. g-BVS가 되었다. 따라서 F/M比에 있어서 두 工程은 모두 在來式 活性슬러지法 보다도 2倍以上의 높은 값을 얻음으로써 高純度 酒精廢水 處理에 生物學的 流動層 反應器를 應用함으로써 處理가 可能하였다.

IV. 結 論

實驗에서 模型으로 製作한 酸素接觸工程과 曝氣工程에 依한 生物學的 流動層工程을 高濃度 酒精廢水 處理에 適用하여 比較分析한 바 高濃度 酒精廢水 處理에 生物學的 流動層을 利用함으로써 處理可能性을 確認하고 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 反應速度에서 有機物 除去速度 常數값은 酸素接觸工程이 0.93hr⁻¹, 曝氣工程이 0.68hr⁻¹로서 前者가 더 높았다. F/M比는 TOC基準으로 0.3~0.4에서 두 工程 모두 有機物 除去效率이 90% 이상이었다.

2. 生物學的 流動層의 BVS는 10,000mg/l 程度 維持할 수 있으므로 處理能力이 우수하였고 두 工程 모두 酸素傳達 能力의 限界性으로 비슷한 微生物量에 依한 處理 效率을 얻었다.

3. 메디아로서 細砂는 附着特性과 流動 特性이 우수하였다.

4. 稀釈倍數는 1:7로 할때 理想的 處理가 可能했다.

5. 本 研究에서 다음과 같은 變數값을 얻었다. 脫酸素係數는 0.147day⁻¹, BOD/TOC=1.76, C-OD/TOC=1.69, 酸素接觸工程과 曝氣工程에서 T-OC 負荷는 平均으로 各各 4,088mg/l. day, 3,830 mg/l. day, BVS는 각각 11,000mg/l, 10,500mg/l, F/M比와 HRT는 0.3~0.4, 5시간으로서 서로 비슷하였다.

NOMENCLATURE

C : concentration of oxygen of the liquid
 C_s : concentration of oxygen for pure water
 C_o : concentration of oxygen at $t=0$
 θ : temp. activity coeff.
 θ_c : mean residence time
d : days
F : influent organic concentration
 F_i : effluent organic concentration
 $K_L a$: overall coeff. of O_2 transfer
 k' : conversion coeff. BOD_5 and BOD_u
 k_{10} : deoxygenation const.
 K_m : metabolism const.
 $K_m(T)$: metabolism const. at $T^\circ C$
 $K_m(20)$: metabolism const at $20^\circ C$
 L_o : ultimate BOD
L : concn. of BOD remaining
Q : flow rate
 S_i : influent organic conc.
 S_e : effluent organic conc.
 U_g : velocity of gas
 U_l : velocity of liquid

REFERENCES

1. Jeris, J.S., et al.: *J of WPCF*, **49** (5), 816 (1977).
2. Sehic, O.A.: Fluidized sand recycle reactor for aerobic biological treatment of sewage, *WRC* (1981).
3. Jeris, O.A., et al.: Secondary treatment of municipal wastewater with fluidized bed technology, *WRC* (1981).
4. Atkinson, A., et al.: The characteristics of solid supports and biomass support particles when used in fluidized bed, *WRC* (1981).

5. Shah, Y.H., et al.: *Chem. Eng. J.*, **26**(2), 95 (1981).
6. 鄭遇喆, 環境工学, 螢雪出版社, p. 167 (1980).
7. 鄭遇喆, 金煥起, 李福烈, 대한환경공학회지, 5 권, 2 호 (1983).
8. 金煥起, 李永同, 대한토목학회지, 3 권, 2 호 (1983).
9. 金煥起, 李永東, 대한환경공학회지, 5 권, 2 호 (1983).
10. WPCF, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, WPCF, 15th ed. (1981).
11. Cooper, P.F. (editor), Glossary of terms, BFB treatment of Water and Wastewater, *WRC* (1981).
12. Eckenfelder, W.W.: Principles of Water Quality Management, CBI publishing, pp. 15-22 (1980).
13. Eckenfelder, W.W.: Principles of Water Quality Management, CBI publishing, pp. 35-37 (1980).
14. Shieh, W.K., et al.: *J. of WPCF*, Vol. 53, No. 11 (1981).
15. Benefiel, L.D., et al.: Biological Process Design for Wastewater Treatment Prentice-Hall, Inc. pp. 284 (1980).
16. Mckinney, R.E., et al.: Microbiology for Sanitary Engineers, McGraw-Hill, pp. 221 (1962).
17. Mckinney, R.E., et al.: Engineering and Architecture Bulletin No. 62. 32 (1969).
18. 鄭兌鎮, 活性슬러지에 의한 분뇨처리, 고려대학교 대학원 석사학위논문(1981).
19. Hammer, M.J.: Water and Wastewater Technology, Johnwiley & Sons Inc., 385 (1977).