

## RBC의 實際適用을 위한 實驗研究

金熙正\*·安永泰\*

(1984년 11월 8일 접수)

## An Experimental Study for Practical Application of RBC

Hee-Jeong Kim\* and Yong-Tae Ahn\*

### Abstract

Recently the method using fixing biological contactor in treatment of sewage and wastewater has been propelling on the ground that it has advantages of reducing both motive and man power and applied treatment plants of this method are increasing gradually in Korea.

After analysing the results from which real structure pilot plant had operated in the field with RBC sewage wastewater system—one of the fixing biological contact methods—for five months, this study was performed to investigate how to apply the standard of establishment that provided in article of sewage disposal facilities notified (act 8 of art 84) by the office of environment on May 16, 1984, to real treatment plant.

The rotating velocity and the staying time of rotating disc have interrelation on removal efficiency of BOD. When circumferential velocity of rotating disc was ranged from 18 to 20 m per minute, economical price was the best. When the staying time was even about 120 minutes for that of home RBC facilities showed 90% or above of BOD removal efficiency of high concentration sewage also showed excellent efficiency ranged from about 85% to 90%.

### 序 論

最近 固定生物膜法을 利用한 汚廢水處理에 對한 研究가 處理場 運轉에 要求되는 動力 및 人力의 節減이라는 長點으로 해서, 活潑히 推進되어 오고 있으며 歐美諸國에서의 實際適用도 이미 4半世紀의 歷史를 가지고 있다.

回轉生物膜 接觸體法(rotating biological contactor: RBC)이란 直徑이 2~5 m인 主로 plastic製의 板을 여러 장 겹쳐 水平方向의 shaft에 固定시켜 그 板體의 一

部가 水面下에 沈積되어 shaft와 함께 棼棼히 回轉하게 되고, 汚水中에 存在하는 生物들이 板表面에 附着하여 增殖을 始作, 通常 1~2週間に 回轉板 全體가 生物膜으로 덮히게 되며 時間의 경과에 따라 그 두께는 1.5~3.0 mm 程度가 된다.

이와 같이 處理의 媒體(media)가 되는 回轉板은 多量의 生物群(50,000~60,000 mg/l)이 發生하는 固體表面으로 生物과 汚水의 接觸, 汚수에 酸素의 供給, 過剩의 生物을 脫落시키고 混合液의 攪拌으로 脫落된 固形物의 堆積防止 등의 機能을 가진다.

在來式의 活性슬러지法은 汚水中的의 微生物群이 曝氣

\* (株)三和技術團 (Samwha Engineering Group, Inc., Jinju)

에 의해 浮遊生存함에 따라 그 微生物群의 계속적인 管理가 要求되는데 反해, RBC法은 回轉板이 槽內를 通過할 때 過剩의 生物群은 前斷力에 의해 板體로부터 떨어져 나가게 되므로 生物量이 항상 一定하게 維持될뿐만 아니라 酸素供給을 爲한 曝氣施設이 不必要하게 된다.

1982. 4. 2에 汚物清掃法이 3次 改正公布되고 이에 따른 同施行令이 同年 12월에, 그리고 '83. 2. 19에는 그 施行規則이 制定됨에 따라 特히 汚水處理를 爲한 汚水淨化施設의 設置 및 管理를 의무적으로 施行토록 定하게 되었다. 이에 따라, 環境廳에서는 汚水淨化施設의 設置基準을 制定告示(第83~2號 및 83~13號)하였는 바, 告示된 各 處理方法(6가지)別로는 各기 長短點을 內包하고 있으나, 特히 維持管理面에서는 여러 問題點을 內包하고 있는 것이 事實이다.

汚水淨化施設 設置의 무자가 汚水處理에 對한 知識을 지니고 있지 않을 뿐만 아니라, 小規模 施設에 專門技術者를 고용키도 어려운 實情이고, 過多한 動力費의 支出, blower의 騒音等은 解決되어야 할 問題들이라 하겠다.

금번 環境廳에서 回轉圓板接觸方法의 設置基準을 新設, 告示(告示 第84~8號)케 되었는 바, 本 實驗研究의 目的도 告示된 RBC方法의 設置基準에서 定하는 細部事項들에 對한 實規模 pilot plant의 製作 運轉을 통한 調査를 行하여 實際適用上의 問題點들을 分析키 爲해서이다.

### 實 驗

#### 1. 實驗裝置와 方法

本 實驗을 爲한 裝置中 가장 重要한 回轉圓板을 表 1의 仕様으로 設計, 當社 工場에서 2臺를 製作하였고

表 1. RBC의 仕様

區 分	規 格	備 考
圓板의 直徑	2.0 m	高密度 P.E무늬板
回 轉 速 度	圓周速度可變	
圓板의 間隙	25 mm	
圓板의 厚 度	1.4 mm	
圓板의 枚數	槽 當 100枚	
槽 數	2 槽	2槽×100枚/槽=200枚
圓板 全面積	1,256 m <sup>2</sup>	
接觸槽 容量	4.63 m <sup>3</sup>	2.1 m×1.2 m×1.05 m
圓板 浸漬率	40%	

驅 動 裝 置 VS모타(3相), 3HP 槽間의 回轉속은 coupling 연결

pilot plant設置를 爲한 附帶設備은 그림 1의 處理系統圖上에 나타낸 바와 같이 取水 및 計量設備, RBC槽(2段) 및 沈殿分離槽로 構成하였다.

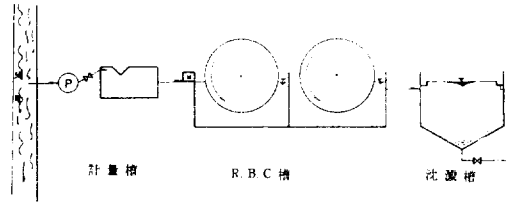


그림 1. RBC 實驗系統圖

現場設置는 晉州市 상대동 일대의 家庭下水가 排出되어 南江으로 放流되는 最下端 河川敷地上에 設置하였으며 處理對象 下水는 河川으로부터 pump에 의해 取水 處理토록 하였다.

實驗期間은 1982年 11월부터 1983年 3월까지 5個月間 行하였으며 RBC槽는 冬期間 保溫을 爲해 假建物을 지어 室內에 設置하였다.

流入下水量은 取水 pump의 吐出管에 받브를 附着, 計量槽를 통해 調整토록 하였으며, 圓板의 回轉速度는 V.S모우타 구동裝置를 附着, 任意調整 可能토록 하였고, 圓板의 流入水 水質變動에 따른 處理效率 檢討를 爲해 인근 糞尿終末處理場의 消化槽 脫離液을 混合 使用하였다.

### 實驗結果 및 考察

#### 1. 流入水의 水質

河川으로부터 取水되는 下水의 水質 및 그 變動을 把握키 爲해 實驗期間동안의 平均 日間 BOD, COD變動과 月別 pH 및 水溫과 SS 그리고 BOD 및 COD變化를 晉州市 所在 當社 實驗分析室에서 調査分析하여 그 結果를 그림 2, 3, 4에 各各 나타내었다.

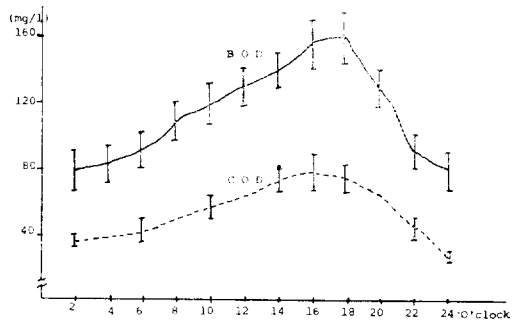


그림 2. 流入水의 BOD, COD 日間變動

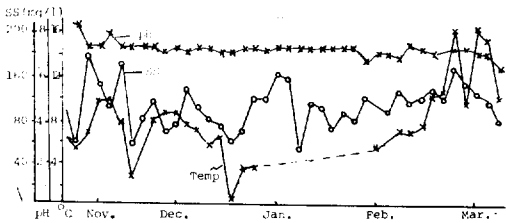


그림 3. 流入水の pH, SS 및 水温變動

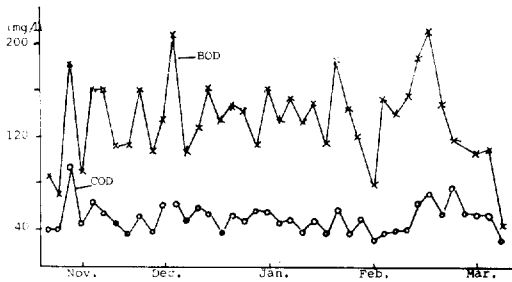


그림 4. 流入水の BOD, COD變動

2. 圓周速度와 BOD除去效率

回轉圓板 接觸法에서 圓板의 圓周速度는 酸素供給能力과 攪拌效果의 2가지 面에서 대단히 重要한 事項이 된다.

河川으로부터 取水되어 RBC槽로 流入되는 1,2段階의 RBC槽를 通하여 最終沈澱池까지 흘러가게 되는데, 稼動後 1~2日間은 回轉板 表面에는 生物의 性狀은 나타나지 않았으나 回轉板의 攪拌 및 附着效果로 10% 程度의 BOD除去效果가 發生하였다.

2~3일이 經過된 後, 生物群은 볼 수 없었으나 回轉板 表面이 끈적끈적한 것을 손의 觸感으로 느낄 수 있었고, 그 후 7~10日 後에는 生物群이 明確히 나타나고 BOD除去는 持續的인 狀態에 가깝게 되었다.

約 2週後에는 圓板 表面에 灰白色의 生物群이 形成되고 時間 經過에 따라 板에 附着된 生物群은 2~3mm 程度로 두터워져서 一部는 剝離되기 始作하였다.

BOD 除去效率이 定常狀態에 到達한 後, 圓周速度를 12.57 m/分 (2 rpm), 18.85 m/分 (3 rpm), 25.13 m/分 (4 rpm)으로 各各 變速시켜 여러 滯留時間의 條件들에서 BOD除去率을 調査하여 이를 그림 5에 나타내었다.

그림 5에 依하면 BOD 除去率은 回轉速度와 密接한 關係가 있음을 알 수 있는데, 滯留時間이 40分의 경우에는 圓周速度의 增加에 對한 BOD除去率은 約 76% 程度로 거의 變化가 없고, 以後 60分, 80分, 120分까지 段階的으로 滯留時間을 길게 하여 본 結果, BOD除去率도 增大하였다.

滯留時間이 80分의 경우는 3 rpm(圓周速度: 8.85 m/

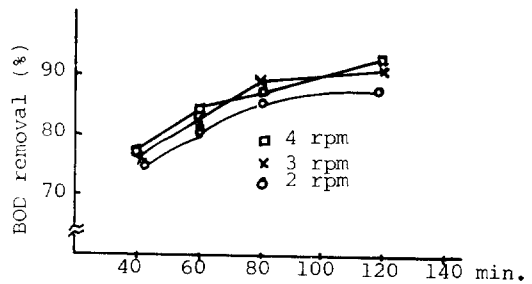


그림 5. 各 滯留時間別 圓周速度와 BOD除去率

分)의 경우가 오히려 4 rpm(25.13 m/分)보다 낮은 除去率을 나타내었으며, 滯留時間이 2時間의 경우 各 圓周速度(2, 3, 4 rpm)에서 各各 88%, 91%, 92%의 除去率로서 處理水의 잔류 BOD가 各各 15, 10, 8 mg/l이었다.

이와 같이 圓周速度는 酸素供給과 攪拌(混合)效果의 2가지 面에서 대단히 重要한 項目으로서, Pöpel<sup>(2)</sup>이 提示한 最適 周邊速度는 18 m/分이나 이것은 槽內混合 程度에 따라 決定된 것으로 어느 한도에서는 周邊速度가 큰 쪽이 效率이 좋게됨은 事實이다. 그러나, 周邊速度 增加는 많은 動力을 消費하게 되는데 Hartman의 研究<sup>(1)</sup>에 依하면, BOD 除去速度는 周邊速度의 0.1乘에 比例한다고 하나, 周邊速度의 增加에 따른 所要動力費는 指數的으로 增加(周邊速度의 2乘)하므로 經濟的인 效果는 적다.

本 實驗을 하는 동안 回轉速度와 電力消費量을 點檢 그림 6에 나타내었는데 이것은 本 實驗研究에 使用된 RBC에 해당되는 것으로 各種 RBC의 機械의 特性과 附着되는 生物群의 程度에 따라 多少 差異가 있을 것으로 판단된다.

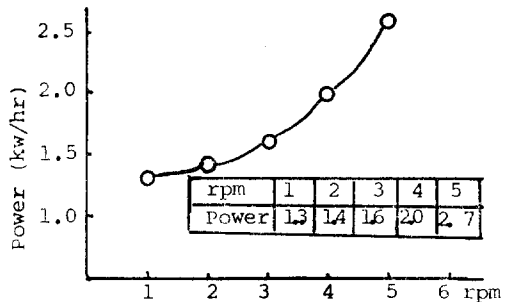


그림 6. 回轉速度와 消費動力

參考로 그림 7에 除去 BOD kg當 Ps-h의 關係를 나타내었는데 2.0 rpm에서는 4.6 rpm의 約 1/3의 動力으로 같은 BOD量을 除去하고 있다.

3. 滯留時間과 處理效率

平均滯留時間은 BOD負荷와 같이 處理效率을 決定하

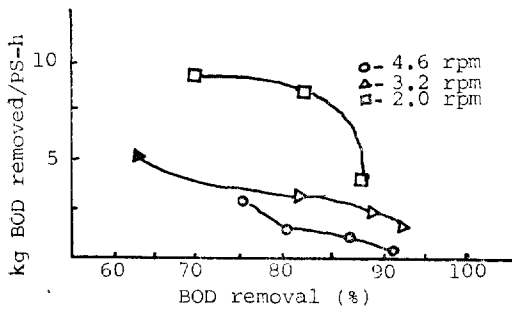


그림 7. 除去 BOD kg/PS-h와의 관계

는 重要因子로서 汚水와 板이 接觸하는 機會와 時間을 意味하며 또한, 回轉數, 浸漬率, 回轉板密度에 關係하는데 回轉數와 浸漬率은 裝置上의 問題로 大部分 一定하게 하므로 回轉板 密度와 流入水量에 直接 關係하게 된다.

이와 같은 負荷條件에 關한 項目을 式으로 簡략히 表示하면 다음과 같다.

G(回轉板密度, 液量面積比:  $l/m^2$ )  
 $= V/A \times 10^3 \dots\dots\dots ①$   
 H.L(水量面積負荷:  $l/m^2 \cdot 日$ ) =  $Q/A \times 10^3 \dots\dots ②$   
 $T_R$ (平均滯留時間: hr) =  $V/Q \times 24 = G/H.L \times 24 \dots\dots ③$   
 $H.L = G/T_R \times 24 \dots\dots\dots ④$

여기서 V; RBC槽의 實容積( $m^3$ )  
 A; 回轉板 全面積( $m^2$ )  
 Q = 處理水量( $m^3$ )

위의 式④로부터 回轉板密度가 다르면, 같은 時間에 서도 水量負荷는 다른 값을 가지게 되나, 本 實驗을 爲해 製作 使用된 RBC의 G값은 一定( $G=3.7 l/m^2$ )하고, 水量負荷는 流入水量의 調整에 따라 滯留時間과 直接 關係하므로 本 實驗은 圓周速度의 增加와 함께 여러 滯留時間의 變化에서 BOD 除去效率를 調査하여 그 結果를 그림 8에, 그리고 각 주어진 回轉速度에서 滯留時間別로 段階別 잔류 BOD를 그림 9, 10, 11에 各各 나타

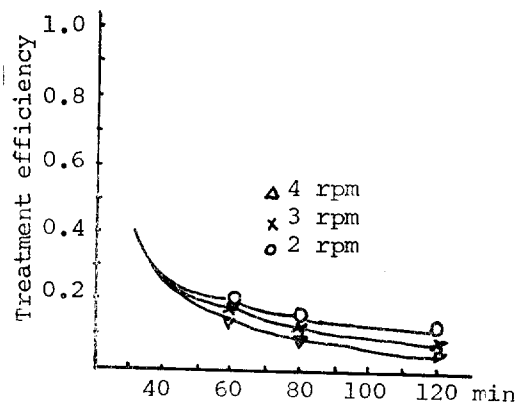


그림 8. 滯留時間과 處理效率

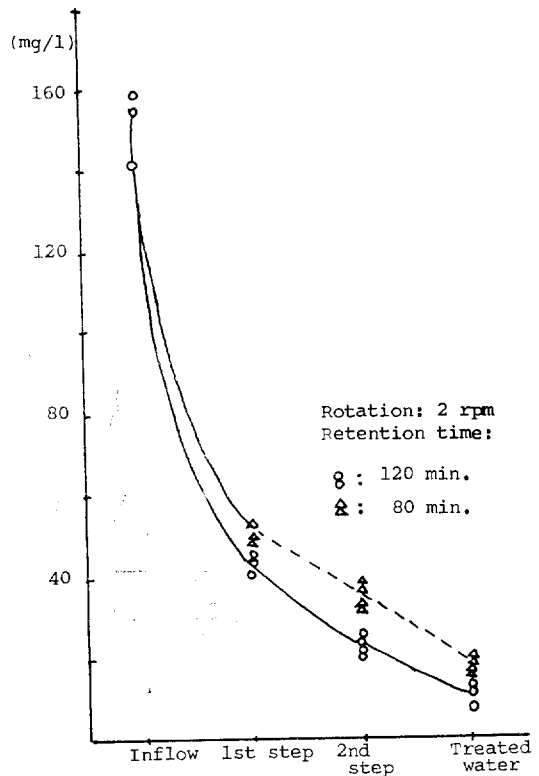


그림 9. 各 滯留時間別 段階別 잔류 BOD

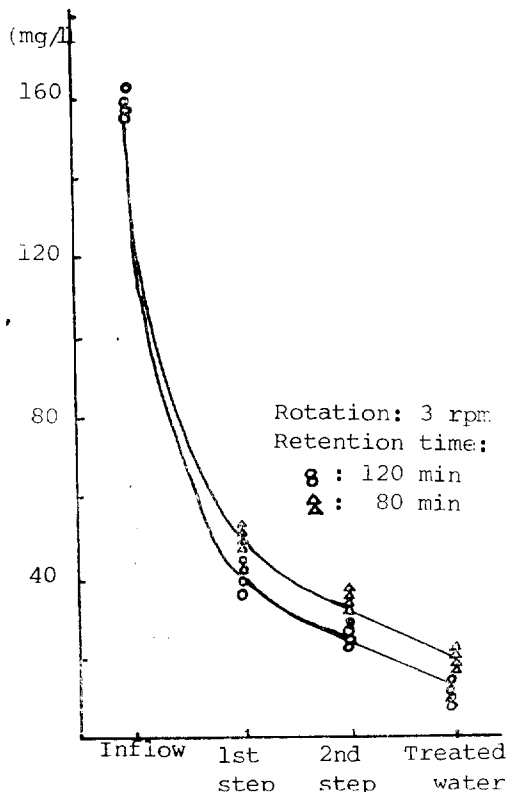


그림 10. 各 滯留時間別 段階別 잔류 BOD

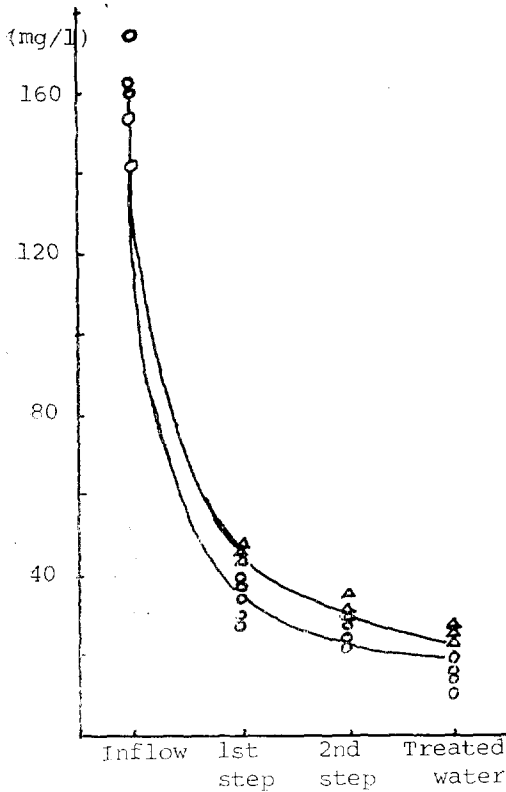


그림 11. 各 滯留時間別 段階別 잔류 BOD

내었다.

調査結果를 나타낸 各 圖로부터 滯留時間이 增加할 수록 BOD 除去效率는 增加하여 2時間의 滯留時間에서 平均 90% 程度의 높은 效率를 얻을 수 있었다.

大體로 活性슬러지法의 平均 滯留時間과 比較하여 1/3~1/4 程度로는 充分하지만 構造上 水深이 淺어지지 않으므로 所要 敷地面積의 축소는 기대하기 어려운 것 으로 판단된다.

4. 流入水 水質과 處理效率

滯留時間이 一定한 경우, 즉 一定한 水量負荷에서, 流入水質을 變化시키는 것은 BOD負荷의 變動을 意味하는데 通常 回轉板接觸法에서 BOD負荷라 함은 面積負荷를 말하며 理論의 意味에서 가장 重要한 類值가 된다.

즉, BOD負荷=回轉板 單位面積當 1日에 負荷되는 BOD量(BOD gr/m<sup>2</sup>日)

$$= Q/A \times Co = Co \times H.L \dots\dots\dots ⑤$$

여기서, Co; 流入 BOD濃度(mg/l)

이것은 活性슬러지法과 같이 酸素供給能力에 限界가 있으므로 BOD負荷도 上限이 있게 된다.

本 實驗에서는 滯留時間을 40分, 60分, 80分, 120分

(水量負荷 各各 132.7 l/m<sup>2</sup>·日, 88.5 l/m<sup>2</sup>·日, 66.4 l/m<sup>2</sup>·日, 44.2 l·日)으로 하여 流入水質을 100~500 mg/l(BOD負荷 66.35 gr/m<sup>2</sup>·日~4.42 gr/m<sup>2</sup>·日)의 범위로 變化시켰을 때, BOD除去率과 잔류 BOD의 關係를, 250 mg/l 以下の 경우와 그 以上の 경우로 나누어 調査하여 그 結果를 그림 12, 13에 各各 나타내었다.

그림 12, 13에 나타난 바와 같이 低濃度 流入水質의 경우 滯留時間이 80分(HL=66.4 l/m<sup>2</sup>·日, BOD負荷=8.85~16.60 gr/m<sup>2</sup>·日)에서 BOD除去率이 平均 85%

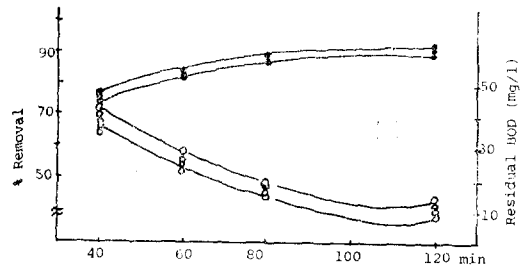


그림 11. 滯留時間別 BOD除去率과 잔류 BOD (低濃度の 경우)

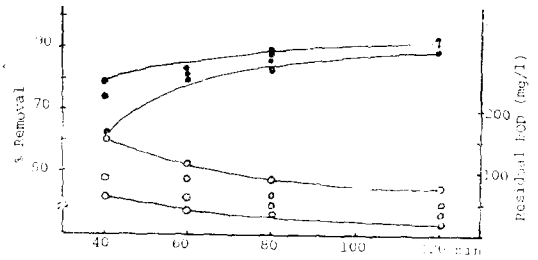


그림 13. 滯留時間別 BOD除去率과 잔류 BOD

以上을 나타내었고, 高濃度の 場合は 滯留時間이 80分 以上에서도 除去效率는 그다지 上昇하지 않았으며 大體로 잔류 BOD의 범위의 폭이 넓게 나타났다.

그리고 低濃度の 경우 2時間의 滯留時間에서 90% 以上の 除去率과 잔류 BOD 10~14 mg/l을 얻을 수 있었 다.

이와 같은 實驗과 함께 2時間의 滯留時間에 있어서 流入水量을 100~500 mg/l 범위로 變化시켜 運轉하였던 바, 그림 14에 나타낸 바와 같이 流入水質濃도가 400 mg/l(BOD 負荷=17.68 gr/m<sup>2</sup>·日) 以下の 범위에서는 BOD除去率이 90% 以上이 될을 알 수 있었고, 流入水 水質이 그 以上の 경우 除去率이 減少하는 경향을 나타내었다.

本 實驗이 특히, 冬期間동안 行하여진 것을 고려하여 室內保溫에 유 의한 結果, RBC槽內의 水溫이 最低 5°C 以上 維持하였던 바, 處理效率에 큰 變化를 일으키지 않았으나 停電에 의해 停止된 圓板表面이 氷結되

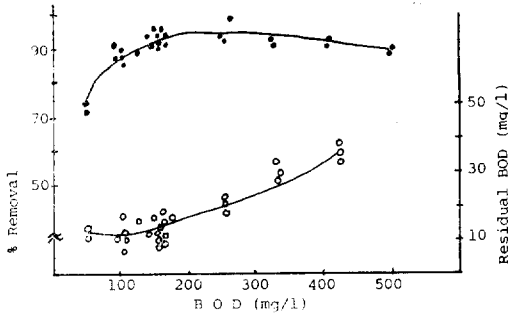


그림 14. 流入 BOD에 對한 除去 BOD(%)와 잔류 BOD(mg/l)

어 附着되었던 生物膜이 다시 녹아내려, 再生하는데 3~4日間이 所要되었다.

따라서, 冬節期 外氣에 依한 圓板表面의 生物群이 氷結되지 않도록 保溫에 對한 管理가 要求되었다.

### 結 論

本 實驗研究를 通하여 다음과 같은 結果를 얻을 수 있었다.

- 1) BOD 除去效率은 圓周速度와 滯留時間에 關係하며 RBC의 經濟的 圓周速度는 18~20m/分임을 알았다.
- 2) 一般家庭下水의 경우, 2時間의 滯留時間에서도 90% 以上の 處理效率을 얻을 수 있었다.
- 3) 高濃度(BOD 250~400 mg/l) 流入汚水도 만족할 만한 處理結果(BOD除去率 85~90%)를 얻을 수 있었다.
- 4) 運轉管理가 活性슬러지法에 比해 아주 容易하여 省人力의 程度檢討를 行할 價値가 있다.

### 要 約

最近 汚·廢水處理에 있어서 固定生物膜을 利用한 方法이, 處理場 運轉에 要求되는 動力 및 人力의 節減이라는 長點으로 해서, 活潑히 推進되어 오고 있으며 또 國內에서도 이를 適用한 處理場이 점차 增加하고 있다.

本 研究는 固定生物膜法의 하나인 RBC(rotating biological contactor; 回轉生物膜 接觸體)에 依한 汚水處

理方法을 實規模의 pilot plant를 現場에 設置, 5個月間의 運轉에 依해 얻어진 結果를 分析, 1984. 5.16 環境廳에서 告示(第84~8號)한 汚水淨化施設中, 回轉圓板 接觸方法에서 定하는 設置基準을 實際 處理場에 어떻게 適用할 것인지에 對한 檢討를 해보기 爲해서였다.

回轉圓板의 回轉速度와 滯留時間은 汚水의 BOD除去效率에 큰 相關關係를 가지며 回轉圓板의 圓周速度가 18~20 m/分인 경우가 經濟性이 있는 것으로 나타났으며 一般 家庭下水에 對한 RBC槽內의 滯留時間은 120分(2時間)程度에서도 BOD除去率이 90% 以上이 됨을 알 수 있었다.

그리고 高濃度 汚水(BOD 250~400 mg/l)에 對해서도 除去率 85~90%程度로 양호하였다.

### 參 考 文 獻

1. Hartman, H.(1960) : *Development and Operation of Rotating Biological Contactors*, GWF (Wasser-Abwasser).
2. Pöpel, F.(1964) : *Aufbau Abbauleistung und Bemessung Von Tauchtropfkörper, Schweizerische Zeite Zur Siedlungs Wasserwirtschaft*, 11.
3. 渡邊義公, 石黑政儀外 (1978) : 回轉圓板法의 淨化機構에 關する 研究, 下水道協會誌, 9(6), 24.
4. 石黑政儀 (1979) : エネルギー消費의 觀點からみた 下水處理技術, 月刊水道, 2(1), 100.
5. 鄭泰鶴 (1981) : 微生物膜을 이용한 廢水處理의 數學的 모델에 關한 研究, 大韓土木學論文集, 1(1).
6. 韓泳教外 (1982) : 回轉圓板生物膜法에 關한 研究, 公害對策, 13(6),
7. Torpey, W. N. et al.(1971) : Rotating discs with biological growths prepare waste water for disposal or reuse, *Journal WPCF*, 43(11).
8. Antonie, R. L. et al.(1974) : Evaluation of a rotating disk for wastewater treatment plant, *Journal WPCF*, 46, (3).
9. 加藤善盛 (1980) : 下水處理의 省エネルギー化と 回轉圓板法, 環境技術, 9(8).
10. 土屋隆夫 (1981) : 回轉板接觸方式 淨化槽의 構造と性能, 用水と廢水, 23(1).