

# 加壓浮上法에 의한 活性슬러지 混合液의 固液分離에 관한 研究

A Study on the Separation of Activated Sludge by Dissolved Air Flotation

梁	相	鉉*
Yang,	Sang	Hyun
羅	德	寬**
Ra,	Deog	Gwan

## Abstract

An effective technique of sludge separation is required for concentrated activated sludge process. The dissolved-air flotation (DAF) has been shown to be efficient process for sludge separation. The factors affecting DAF process for activated sludge separation are type and concentration of sludge, air/solid ratio, ratio of pressurized water flow, pressure, sludge detention time, temperature, sludge and hydraulic loading rate, recycle flow rate of sludge and type and quantity of chemical aid.

In order to study the optimal operation condition for sludge separation, the influence factors such as type and concentration of sludge, ratio of pressurized water flow and pressure are investigated by the batch and continuous reactor experiments of DAF and sedimentation test.

By the experimental investigation, the results are as follows;

1. For the bulking and concentrated sludge, DAF is more effective than sedimentation for the sludge separation.
2. In DAF, the critical ratio of pressurized water flow exist. The critical value varies with the pressure in the tank. That is, according to the pressure changes from 3 to 5kg/cm<sup>2</sup>, the critical value varies from 0.25 to 0.67 accordingly.
3. Pressure affects the ratio of pressurized water flow, but it does not show any influence upon the DAF efficiency directly.
4. Continuous experimental results was not better than those of batch.

## 要 旨

活性슬러지가 膨化를 하였거나 曝氣槽內의 MLSS 濃度가 높은 경우, 從來의 重力沈澱法으로는 슬러지의 分離가 어렵다. 이 問題의 해결책으로 加壓浮上法을 利用하는 方法을 研究하였다.

加壓浮上法の 效果에 影響을 주는 因子中 重要하다고 생각되는 曝氣槽內의 MLSS 濃度, 슬러지의 性狀, 加壓水量比, 壓力의 變化에 따른 加壓浮上法の 效率에 關하여 回分式 實驗과 連續式 實驗을

\*正會員·全北大學校 工科大學 教授, 土木工學科

\*\*正會員·全北大學校 大學院 博士過程

실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

活性슬러지 混合液의 分離가 從來의 重力沈澱法으로는 어려운 경우에도 加壓浮上法은 매우 좋은 효과를 나타낸다. 加壓浮上法에는 限界 加壓水量比가 存在하며 이 限界値는 壓力에 따라 變化한다. 壓力은 단지 加壓水量比에만 影響을 미치고 그 外의 加壓浮上 效率에는 거의 影響이 없다. 連續式 實驗이 回分式 實驗 보다 다소 效率이 떨어진다.

## 1. 序 論

活性슬러지法은 높은 BOD 除去率을 얻을 수 있으나 슬러지管理가 나쁘면 最終流出水에 슬러지가 포함되어 處理效率이 떨어지게 된다. 그러므로 活性슬러지法의 處理效率은 슬러지 混合液의 固液分離 操作에 依하여 支配된다고도 생각할 수 있다.

活性슬러지가 膨化를 하였거나 또한 슬러지가 膨化를 하지 아니하였다 할지라도 活性슬러지 處理工程의 한 方法으로, 曝氣槽內의 MLSS 濃度가 높은 경우(例, 10,000 mg/l 內外), 從來의 重力沈澱法으로는 最終沈澱池에서 슬러지 混合液의 固液分離가 잘 이루어지지 않는다. 이런 경우 슬러지 混合液의 效率인 固液分離를 시도할 目的으로 重力沈澱法의 最終沈澱池를 加壓浮上法의 浮上分離槽로 代用하기 위한 問題點들에 關하여 研究한 바를 本論文에서 記述하는 바이다.

最初의 DAF(dissolved-air flotation)裝置는 主로 종이工場 廢水淨化에 利用되었으며 Seveen-Pederson system<sup>(1,2)</sup>이 그 효시이다. 그 후 1960年代부터 活性슬러지法에 加壓浮上法이 利用되기 시작했다. 加壓浮上法은 活性슬러지法에서 슬러지 混合液의 固液分離와 濃縮에 主로 適用<sup>(3,4,5,6)</sup>되고 있다. 關川泰弘<sup>(7)</sup>等은 回分式 實驗을 通하여 MLSS 濃度 7,000 mg/l 以下에서는 壓力 3 kg/cm<sup>2</sup>에서 加壓水量 25%로 슬러지 混合液의 固液分離가 可能하다고 하였으며, Katz와 Geinopolos<sup>(8)</sup>는 DAF 裝置를 利用하여 슬러지를 濃縮시켰을 경우 digester의 消化能力이 增大되며 슬러지를 燒却할 때 에너지가 적게 들어 經濟的이라 했다.

加壓浮上法에서 슬러지 混合液의 固液分離에 影響의 주는 因子<sup>(4,9)</sup>는 슬러지의 性狀과 濃度, 流

入廢水의 質과量, A/S比, 壓力, 滯溜時間, 溫度, 返送 슬러지量, 凝集劑의 種類와 量 等이다.

本 研究에서는 위와 같은 影響因子中에서 重要하다고 생각되는 曝氣槽內의 MLSS 濃度, 슬러지의 性狀, 加壓水量比, 壓力을 變化시키면서 깨끗한 處理水를 얻을 수 있는 加壓浮上 條件을 究明해 보고져 한다. 먼저 回分式 實驗을 實施하여 適合한 影響因子들의 條件을 求한 후 連續式 實驗을 수행하였다.

## 2. 浮上 分離法

一般的으로 浮上法(flotation)이란 分散媒(dispersed medium)에 分散된 浮遊相(suspended phase)에 空氣를 附着시켜 分散媒와 空氣가 接하고 있는 境界面까지 浮上시키는 現象<sup>(10,11)</sup>이다.

浮上分離法에는 大氣浮下에서 空氣를 orifice나 多孔板을 通해서 불어 넣는 分散空氣浮上法(dispersed-air flotation), 大氣壓下에서 空氣를 飽和시켜서 減壓된 密閉槽에 집어 넣은 후 空氣의 溶解度를 감소시켜서 氣泡를 發生시키는 眞空浮上法(vacuum flotation)과 液體에 壓力을 加하여 空氣를 溶解시킨 후, 이것을 大氣壓狀態에 放出시키면 壓力이 감소되어 과잉용해 되어 있던 空氣가 發生하도록 하는 加壓浮上法(dissolved-air flotation)等 3種類<sup>(12,13,14,15)</sup>가 있다. 分散空氣浮上法은 主로 鑛山이나 冶金 分野<sup>(16)</sup>에서 많이 使用되며, 眞空浮上法은 利用할려는 空氣量이 大氣壓下에서의 溶解量에 미치지 못하므로 별도로 高價인 減壓 分離槽를 만들어야 하므로 거의 使用되지 않는다. 한편, 加壓浮上法은 廢水處理에 많이 利用되는데 空氣의 加壓溶解 및 原水 添加 方法에 따라서 全原水 加壓法(total flow pressurization), 原水分流 加壓法(partial flow pressurization) 및 循環水加壓法(total

flow pressurization)으로 分類<sup>(15)</sup>된다. 活性슬러지를 利用한 廢水處理工程에서는 主로 循環水 加壓法을 많이 使用한다.

本 實驗에서는 加壓浮上法中, 回分式 實驗에서는 循環水를 使用하는 대신 수도물을 使用하였으며 連續式 實驗에서는 循環水 加壓法을 使用하였다.

### 3. 實驗裝置 및 方法

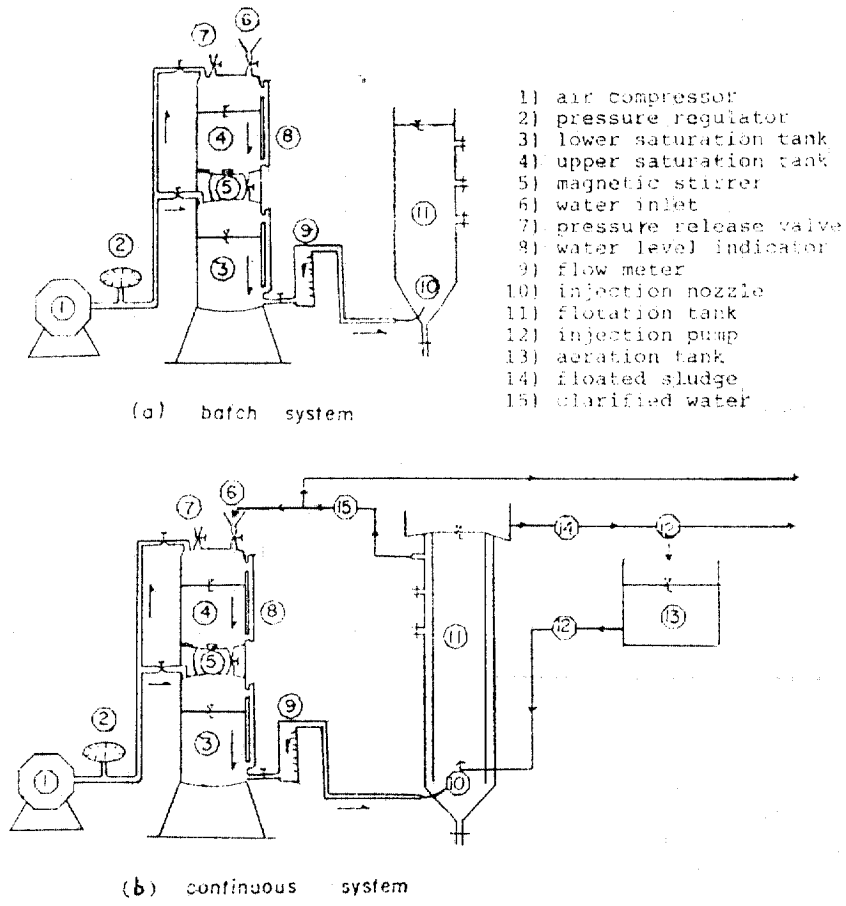
活性슬러지 混合液의 浮上特性을 알아보기 위

하여 回分式과 連續式에 依하여 實驗을 수행하였다.

#### 3.1 實驗裝置

本 實驗에 使用한 回分式 및 連續式 加壓浮上 實驗裝置는 그림 1과 같으며 浮上槽의 容量은 回分式의 경우 1L, 連續式의 경우 13.8L이며 透明 Arcyl로 製作하였다.

浮上槽의 밑 部分은 加壓水의 效果的인 分散을 위하여 원추형상으로 하였으며 그 아래에 加壓水 入口와 沈澱物을 除去할 수 있는 排出口



- 1) air compressor
- 2) pressure regulator
- 3) lower saturation tank
- 4) upper saturation tank
- 5) magnetic stirrer
- 6) water inlet
- 7) pressure release valve
- 8) water level indicator
- 9) flow meter
- 10) injection nozzle
- 11) flotation tank
- 12) injection pump
- 13) aerator tank
- 14) floated sludge
- 15) clarified water

그림 1. 加壓浮上 實驗裝置

를 만들고 浮上槽 上部에 10 cm 間隔으로 處理水를 取할수 있도록 取水弁을 設置하였다.

Compressor로 加壓된 空氣를 水中에 溶解시키기 위하여 上, 下 2段으로 加壓槽를 만들어 同時에 空氣를 溶解시키되 上段槽에서 效率的으로 加壓溶解된 물은 下段槽로 供給貯藏된다. 또

한 加壓水 貯藏槽의 低部 側面에 Flow meter를 附着시켜서 加壓水량을 調節할수 있도록 하였으며 加壓水는 0.9 mm의 주사바늘을 通하여 浮上槽에 注入된다.

Compressor는 壓力이 1~10 kg/cm<sup>2</sup>까지 調節 可能한 것을 使用하였으며 [加壓水 貯藏槽에

는 加壓水의 狀態를 觀察할 수 있도록 透明유리가 裝置되어 있다.

### 3.2 實驗方法

슬러지 固液分離法의 效果를 비교하기 위하여 重力沈澱法과 加壓浮上法에 對한 實驗을 시행하였다.

實驗에 使用한 슬러지는 다음 A, B, C 型 3가지이다.

A 型 슬러지: 酒精廢水 處理場의 活性슬러지를 種植한 후, 酒精廢水を F/M = 0.3 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS day 로 feeding 하여 養生한 슬러지이며, 酒精廢水의 成分은 表 1 과 같다.

B 型 슬러지: 糞尿處理場의 活性슬러지를 種植한 후, 合成下水를 F/M 比=0.5 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS day 로 feeding 하여 養生한 슬러지이며, 合成下水 成分은 表 2 와 같다.

C 型 슬러지: F/M 比=0.3 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS day 로 養生한 슬러지이며 기타 條件은 B 型과 同一하다.

表 1. 酒精廢水의 成分

項 目	測 定 值
pH	3.10
TOC	10,000 mg/l
TBOD	17,300 mg/l
TCOD <sub>M</sub>	16,600 mg/l

表 2. 合成下水 原液 1l 中の 成分含量

成 分	含量(g)
Skim milk	100.0
Urea, (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	10.0
Sodium chloride, NaCl	3.0
Sodium phosphate, Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	10.0
Potassium chloride, KCl	1.4
Calcium chloride, CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1.4
Magnesium sulfate, MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	1.0

※ 原液 1l 의 COD : 132,000 mg/l  
BOD : 112,250 mg/l

#### 1) 重力沈澱法

1l 의 mess cylinder 에 슬러지 混合液(MLSS 濃度 2,000~10,000 mg/l)을 넣고 沈降時間 경

과에 따른 슬러지沈降容積 및 上澄液의 SS 를 測定하였다.

#### 2) 加壓浮上法

##### (가) 回分式 實驗

活性슬러지 混合液의 슬러지分離를 回分式으로 加壓浮上 分離시키는데 있어서 水溫을 15°C, 浮上槽內 滯溜時間을 15 分으로 定하고, 슬러지 性狀, 슬러지 濃度, 加壓水量比, 加壓槽內 壓力을 變化시킬때의 浮上特性을 測定한다(實驗 ①~④).

回分式 加壓浮上 實驗은 다음 단계<sup>(17),(18)</sup>로 실시하였다.

① 浮上槽에 슬러지 混合液을, 加壓槽에 수도 물을 채운다.

② Compressor 을 利用하여 加壓槽에 적정 壓力을 유지시키고 空氣와 물을 電磁石 攪拌器에 依하여 約 15~30 分 程度 잘 攪拌시킨다.

③ 주사바늘(直徑 0.9 mm)로 必要量의 加壓 空氣 吸收水を 浮上槽에 집어 넣고 活性슬러지 混合液과 잘 混合시킨다. 이때 混合比는 循環比(加壓水量/流入廢水量)와 같다.

④ 15~20 分 程度 경과 한후 下澄液과 浮上된 슬러지를 取하여 分析을 실시한다.

浮上特性을 알아보기 위하여 실시한 實驗項目 및 條件은 다음과 같다.

##### 實驗 ① 슬러지 性狀의 影響

슬러지 形態에 따른 浮上 分離性을 알아보기 위하여 다음 條件으로 實驗을 하였다.

슬러지	實 驗 條 件			測定項目
	MLSS(mg/l)	R	P(kg/cm <sup>2</sup> )	
A 型	2,286	1.0	3.0	浮上速度
	4,190	1.0	3.0	
C 型	4,970	1.0	3.0	
	7,000	1.0	3.0	

##### 實驗 ② 슬러지 濃度의 影響

슬러지 濃度變化에 따른 浮上界面 높이를 알아보기 위하여 壓力을 3~5 kg/cm<sup>2</sup>, R=1.0 으로 하고, C 型 슬러지로 MLSS 濃度 2,000~10,000 mg/l 까지 變化시키면서 浮上界面 높이 및 流出水 SS 를 測定하였다.

### 實驗 ③ 加壓水量比의 影響

加壓水量比(R)에 따른 浮上界面 높이와 浮上 슬러지의 濃度を 알아 보기 위하여 壓力을  $4 \text{ kg/cm}^2$ , MLSS 濃度  $7,662 \text{ mg/l}$  로 하고  $R=0.43 \sim 1.5$  까지 變化시키면서 C型 슬러지의 浮上界面 높이를 測定하였으며, R의 變化에 따른 浮上 슬러지 濃도는 MLSS  $7,662 \text{ mg/l}$ ,  $R=0.2 \sim 1.5$ ,  $P=3 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ 의 條件下에서 浮上된 슬러지의 濃度を 測定하였다.

### 實驗 ④ 壓力(P)의 影響

壓力變化에 따른 浮上界面 높이를 알아 보기 위하여  $R=1.0$ , 滯溜時間 15分, MLSS 濃度  $7,297 \text{ mg/l}$  로 하고, C型 슬러지로  $P=3 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$  까지 變化시키면서 浮上界面 높이를 測定하였다.

#### (나) 連續式 實驗

그림 1(b)와 같은 裝置를 利用하여 實驗을 하였다. 暴氣槽內의 슬러지 混合液(A型, MLSS 濃度  $3,088 \text{ mg/l}$ )을 流量  $Q=300 \text{ ml/分}$ 으로 浮上槽에 流入시킴과 同時에 加壓槽( $P=3 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ )에서 加壓水가 流量  $Q=300 \text{ ml/分}$ 으로 浮上槽에 流入된다. 이때 浮上槽內의 滯溜時間은 23分이며 浮上된 슬러지의 濃度 및 流出水의 SS를 測定하였다.

## 4. 實驗結果 및 考察

### 4.1 重力沈澱法

重力沈澱法에 依한 實驗結果를 整理하면 다음과 같다.

① 本 實驗에 使用한 A, C型 슬러지의 沈澱性狀을 實驗한 結果는 그림 2와 같다.

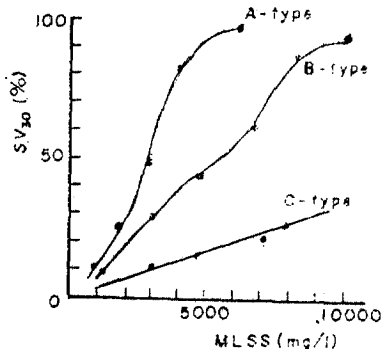


그림 2. 슬러지의 沈澱性狀

그림에서 보는 바와 같이 C型 슬러지는 MLSS 濃度  $3,000 \text{ mg/l}$  일때  $SVI=33$  으로서 非正常的인 程度로 슬러지의 沈澱性이 良好하고  $SV_{30}(\%)$  (30分 沈澱後의 슬러지 容積)은 24%에 불과하였다. 이 C型 슬러지에 對하여 현미경 관찰을 해본 結果 大型의 슬러지 worm이 多量 存在하였는데 이 슬러지 worm의 影響으로 因하여 沈澱性이 非正常的으로 良好하였다고 생각된다.

A型 슬러지는 MLSS 濃度  $3,000 \text{ mg/l}$  일때  $SVI=200$  으로서 膨化를 일으키기 시작한 狀態이며 沈澱性이 不良하고 슬러지 濃도가 커짐에 따라  $SV_{30}$ 은 급격이 增加하고 沈澱이 거의 不可能해진다. 이 A型 슬러지는 pH 3.1의 주정페수로 feeding하였기 때문에 슬러지 混合液의 pH가 酸性으로 變化하여 팽화가 일어났기 때문이라 생각된다.

B型 슬러지는 MLSS 濃度  $3,000 \text{ mg/l}$  일때  $SVI=97$  로서 正常 狀態의 슬러지이며 濃도가 커짐에 따라 沈澱性이 떨어진다.

② 슬러지의 沈澱時間 및 슬러지 濃도와 沈澱容積과의 關係는 그림 3과 같다.

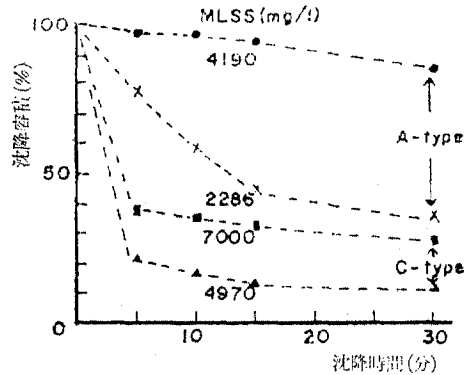


그림 2. 슬러지의 沈澱時間 및 슬러지 濃도와 沈澱容積 關係

C型 슬러지는 沈澱性이 우수하며 沈澱時間 5分內에 上澄液이 차지하는 부피는 62~78%이나 A型 슬러지는 沈澱性이 不良하여 沈澱時間 增加에 따라 슬러지 沈澱率은 매우 완만하다. 또한 같은型的 슬러지 일지라도 슬러지 濃도가 커지면 그 沈澱性은 감소되며 특히, 이 傾向은 沈澱性이 不良한 슬러지일수록 뚜렷이 나타남을 알 수 있다.

③ 슬러지 농도와沈降分離率 및 上澄液의 SS 關係는 그림 4와 같다.

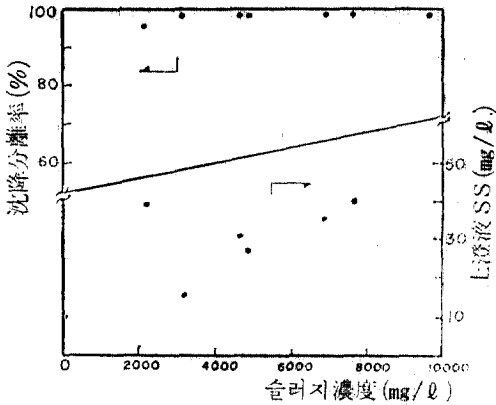


그림 4. 슬러지 농도와沈降分離率 및 上澄液 SS 關係

그림 4에서 슬러지(C型) 混合液의 分離率은 99% 정도이며 上澄液의 SS는 16~40 mg/l이다.

#### 4.2 加壓浮上 實驗

##### (가) 回分式 實驗

##### 實驗 ① 슬러지 性狀의 影響

實驗 ①의 結果를 整理하여 表示하면 그림 5와 같다.

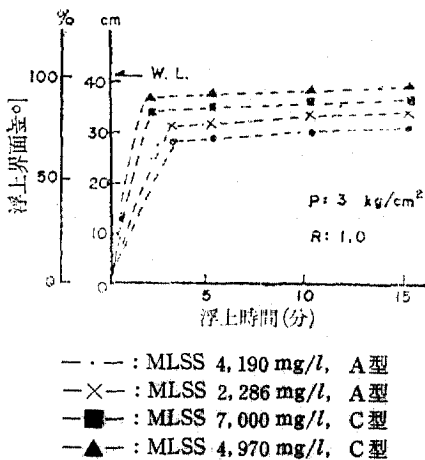


그림 5. 슬러지 浮上時間과 浮上界面 높이 關係

그림 5에 있어서 C型 슬러지가 A型 슬러지보다 浮上 分離性이 우수하며 짧은 時間(3分)內에 상당한 높이(A型 슬러지 58~75%, C型 슬러지 83~90%)로 浮上함을 알 수 있다. C型 슬

러지는 flocc의 응집력이 강하기 때문에 flocc의 密度가 커져서 溶存空氣가 석출되어 상승할때 氣泡의 浮力이 커지는 反面, A型 슬러지는 팽화가 일어나 flocc의 응집력이 약하고 flocc 사이에 공극이 存在하기 때문에 상승氣泡의 浮力이 적어져 C型 슬러지에 比하여 浮上分離性이 떨어진다.

##### 實驗 ② 슬러지 濃度의 影響

實驗 ② 中 슬러지 濃度和 浮上速度에 대한 結果를 整理하여 表示하면 그림 6과 같다.

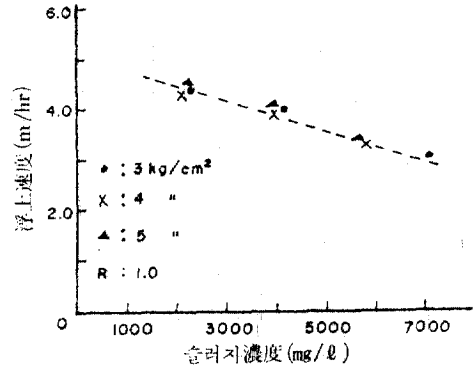


그림 6. 슬러지 濃度和 浮上速度 關係

그림 6에 있어서 浮上速度는 슬러지 濃度에 따라 直線的으로 變化하며 슬러지 濃度가 클수록 浮上速度가 늦어진다. 이것은 加壓水量과 壓力이 一定한 條件下에서 슬러지의 濃도가 클수록 flocc이 차지하는 單位重量이 濃도가 낮을때에 比하여 커지기 때문이다. 또, 그림 5에서도 슬러지의 濃도가 큰편이 浮上슬러지의 界面높이가 낮아짐을 알 수 있는데 이것은 슬러지의 濃도가 클수록 flocc 自體가 차지 하는 부피가 濃도가 낮을때에 比하여 많기 때문이다.

實驗 ② 中의 슬러지 濃도와 浮上分離率에 대한 結果를 整理하여 表示하면 그림 7과 같다.

그림 7에서 浮上分離率은 98%程度이고 流出水의 SS는 52~88 mg/l이었으며 濃度の 增加가 浮上分離率이나 流出水의 SS에 미치는 影響은 뚜렷이 나타나지 않았다. 한편, 流出水의 SS가 상당히 不規則한 値를 나타낸 것은 浮上槽에 加壓水를 注入할時 加壓水 混合狀態의 不規則에 기인한 것이며 加壓浮上 實驗에 있어서 注意를 要하는 點이다.

##### 實驗 ③ 加壓水量比의 影響

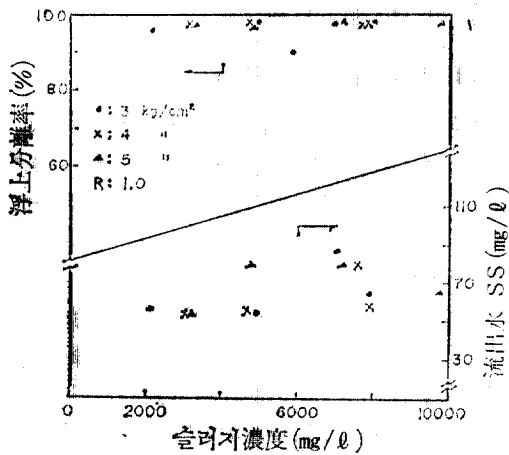


그림 7. 슬러지의 농도와 부상분리률 및流出水の SS 關係

實驗 ③의 結果를 整理하여 表示하면 그림 8 과 같다.

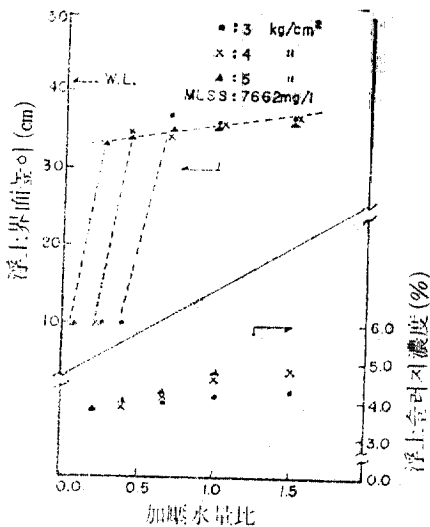


그림 8. 加壓水量比와 浮上界面 높이 및 浮上슬러지 濃度 關係

그림 8에 있어서 加壓水量이 어떤 限界值 以下로 적을 때는 슬러지의 浮上分離가 잘 일어나지 않고 그 限界值 以上에서는 加壓水量이 클수록 浮上界面 높이가 높아져서 浮上分離 效果가 增大됨을 알 수 있다. 그 限界加壓水量比는 加壓水槽 內 壓力이 감소함에 따라 다소 增加하는

경향을 나타내는데 이것은 壓力이 감소함에 따라 溶解된 空氣量이 적어지기 때문이며 壓力變化에 따른 限界 加壓水量比는 壓力 3 kg/cm<sup>2</sup> 때 0.67, 4 kg/cm<sup>2</sup> 때 0.43, 5 kg/cm<sup>2</sup> 때 0.25임을 알 수 있다. 이와 같이 加壓浮上分離에 있어서 가장 重要한 因子는 加壓水量比이고 그 다음 重要한 因子는 加壓水槽 內 壓力이라 할 수 있다. 限界 加壓水量比 以上에서는 加壓水量이 增加함에 따라 浮上슬러지 濃도가 直線的으로 增加함을 알 수 있다.

한편, A/S비는 다음식으로 求할 수 있다.

$$A/S = \frac{1.3 S_a (fP - 1)}{S_i}$$

여기서, A/S: 氣-固比, ml(air)/mg(solid)

$S_a$ : 空氣의 溶解度, ml/l

f: 0.8

P: 壓力, atm.

$S_i$ : 流入 슬러지 濃度, mg/l

그러므로 그림 8을 A/S비를 利用하여 圖示하면 그림 9와 같다.

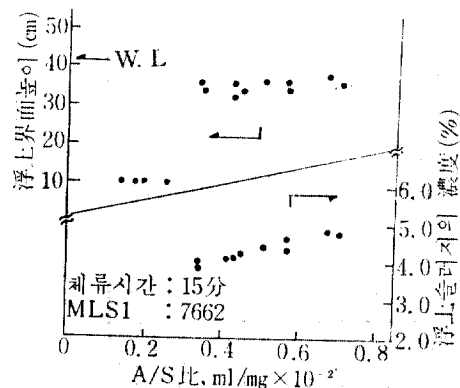


그림 9. A/S비에 따른 浮上슬러지 濃도와 浮上界面 높이 關係

그림 9에 의하면 A/S비가 클수록 浮上슬러지 濃도가 增加하는데 이것은 加壓水 內에 溶解된 空氣量이 많아지기 때문이다.

#### 實驗 ④ 壓力의 影響

實驗 ④의 結果를 整理하여 表示하면 그림 10과 같다.

그림 10에 있어서 加壓水量比가 一定할(R=1.0) 경우 壓力變化는 슬러지의 浮上界面 높이에 거의 影響을 미치지 않음을 알 수 있다. 또,

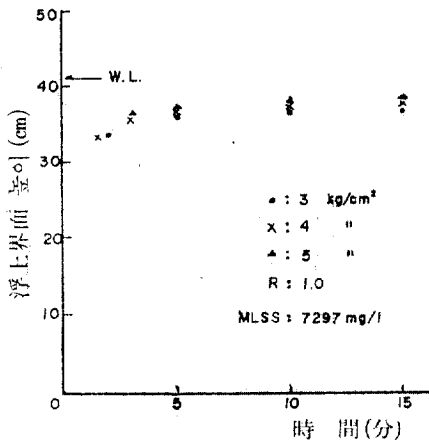


그림 10. 壓力變化와 浮上界面 높이 關係

그림 6에서도 壓力變化가(3~5 kg/cm<sup>2</sup>) 浮上速度에 미치는 영향도 거의 없음을 알 수 있고 그림 7에서는 壓力의 變化가 浮上 分離率이나 流出水の SS에 미치는 영향이 거의 없음을 알 수 있다.

(나) 連續式 實驗

既述한 回分式 實驗에서는 主로 슬러지의 浮上分離에 미치는 因子와 浮上分離效果와의 關係를 研究한 것이다.

實際의 處理場에서는 連續式으로 浮上處理를 하므로 이를 감안하여 連續式 加壓浮上 實驗을 하였다.

連續式 實驗의 結果는 表 3에 表示한 바와 같다.

表 3. 連續式 加壓浮上 實驗結果

流入슬러지濃度 (mg/l)	加壓槽內壓力 (kg/cm <sup>2</sup> )	流出水 SS (mg/l)	浮上슬러지濃度 (%)	슬러지分離率 (%)	備 考
3,088	3	455	2.3	85	A型 슬러지 SVI=269 R=1.0 滯溜時間=23分
	4	220	2.8	93	
	5	240	3.2	92	

表 3에서 보는 바와 같이 A型 슬러지(MLSS濃度 3,088 mg/l, SVI=269)를 R=1.0, 浮上槽內 滯溜時間 23分, 加壓水 壓力 3~5 kg/cm<sup>2</sup>의 條件下에서 連續式 浮上實驗을 한 結果, 슬러지 分離率 85~93%, 浮上 슬러지 濃度 2.3~3.2%를 얻었으며 이것은 回分式 實驗에 比하여 약간

效率이 떨어지나(回分式 處理時 슬러지 分離效率 98%內外, 浮上 슬러지 濃度 3.5~4.8%) 良好한 處理結果를 얻었다고 볼 수 있다.

4.3 重力沈澱法과 加壓浮上法の 比較

그림 2에서 非正常的으로 沈降性이 좋은 슬러지를(C型) 除外하고, 普通 슬러지나(B型), 膨化를 일으킨 슬러지(A型)는 濃度가 增加함에 따라 슬러지가 거의 沈降하지 않으며 固液分離가 不可能해진다.

그림 3과 그림 5를 比較할때 沈降性이 良好한 슬러지가(C型) 浮上 分離性도 良好함을 알 수 있다. 또한 A型 MLSS濃度 4,190 mg/l의 슬러지는 重力沈澱法에 依하면 거의 沈降되지 아니하나 加壓浮上 分離法으로는 3分內에 50%, 15分內에 78%의 界面 높이로 浮上하는 것으로 미루어 보아 重力沈澱法으로 沈降分離가 곤란한 슬러지라 할지라도 浮上法으로는 分離가 可能함을 알 수 있다. 그러나 그림 4와 그림 7을 比較하여 볼때 슬러지 分離率은 重力沈澱法이나 加壓浮上法이 다같이 높으나(98%內外) 處理水 SS는 重力沈澱法の 경우가(16~40 mg/l) 加壓浮上法の 경우(52~88 mg/l) 보다 작아서 맑은 처리수를 얻을 수 있다.

5. 結 論

서로 다른 性狀의 슬러지를 使用하여 重力沈澱實驗과 加壓浮上 實驗을 하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 活性슬러지가 膨化를 일으켰을때(SVI 200以上)나 普通 슬러지(SVI 100內外)라도 濃度가 높을때(8,000 mg/l以上)는 重力沈澱法에 依한 슬러지 分離가 어려우나 加壓浮上法에 依하면 쉽게 分離할 수 있다.

2) 加壓浮上法에 依하여 活性슬러지 混合液을 分離하고자 할때, 가장 重要한 因子는 加壓水量比이며 加壓浮上의 成敗를 가름하는 限界加壓水量比가 存在한다. 이 限界 加壓水量比는 壓力에 따라 差異가 있으며 슬러지濃度가 7,662 mg/l일때, 加壓水槽內의 壓力 3 kg/cm<sup>2</sup>, 4 kg/cm<sup>2</sup>, 5 kg/cm<sup>2</sup>에서 各各 0.67, 0.43, 0.25이었다.



3) 加壓水槽內 壓力的 變化(3~5 kg/cm<sup>2</sup>)는 上述한 바와 같이 限界 加壓水量比에는 影響을 미치나 그 外的 浮上分離 效果에는 直接的인 影響을 거의 미치지 아니 하였다.

4) 活性슬러지 濃도가 增加하여도 浮上分離 效果는 良好하였으며 높은 슬러지 濃度(例, 10,000 mg/l 內外)에서도 슬러지 分離率은 높았다.

5) 加壓浮上法은 重力沈澱法에 比하여 슬러지 分離率은 거의 같았으나, 處理水의 SS는 높았다.

6) 連續式 加壓浮上法은 回分式 加壓浮上法에 比하여 處理效率이 약간 낮으나 슬러지 分離率은 90% 程度이고, 浮上 슬러지 濃度는 2.8% 程度이었다.

### 參 考 文 獻

1. D.J. Hahm, J.J. Jende, T.F. Rich, and F.J. Tremel, *A New Flotation Aid in a Paper Mill White Water System*, *Wat. Sewage Works*, 11 6, 1969, pp. 321~324.
2. E.S. Chase, *Flotation Treatment of Sewage and Industrial Wastes*, *Sewage and industrial wastes*, Vol. 30, No. 6, 1958, pp. 783~791.
3. J. Bratby and G.V.R. Marais, *Dissolved Air Flotation in Activated Sludge*, *Prog. Wat. Tech.*, Vol. 9, 1977, pp. 311~322.
4. 奥村憲 外, 活性汚泥의 加壓浮上 分離法, 下水道協會誌, Vol. 16, No. 181, 1979, pp. 9~20.
5. M.C. Mulbarger and D.D. Huttman, *Mixed Liquor Solids Separation by Flotation*, *J. of Sanitary Eng. Div., ASCE*, Vol. 96, No. SA4, 1 970, pp. 861~871.
6. G.A. Ettelt, *Activated Sludge Thickening by Dissolved Air Flotation*, *Proceeding 19th Industrial Waste Conf.*, Purdue University, 1964, pp. 210~244.
7. 關川泰弘 外, 加壓空氣를 利用した 活性汚泥 處理, 第2回 衛生工學 討論會, 1965, pp. 119~139.
8. W.J. Katz and A. Geinopolos, *Sludge Thickening by Dissolved-Air Flotation*, *WPCF*, Vol. 3 9, No. 6, 1967, pp. 946~957.
9. K.L. Roberts, D.W. Weeter, and R.O. Ball, *Dissolved-Air Flotation Performance*.
10. A.A. Kalinske and R.R. Evans, *Comparison of Flotation and Sedimentation in Treatment of Industrial Wastes*, *Proc. ind. Wastes. Conf. 8th Conf.*, 1954, pp. 64~71.
11. M.G. Biesinger, T.S. Vining, and G.L. Shell, *Industrial Experience with Dissolved-Air Flotation*.
12. R.A. Baum and Hurst, *Treatment of Municipal and Industrial Wastes by Flotation*.
13. 丹保憲仁, 浮上處理(1), 水處理技術, Vol. 10, No. 5, 1969, pp. 53~58.
14. R.A. Hyde, D.B. Miller, and R.F. Packham, *Water Clarification by Flotation*, *Water Research Centre*, paper No. 14~5, 1979.
15. R.F. Packham and W.N. Richards, *Water Clarification by Flotation-1*, WRC TP 87, 1972.
16. H. Hopper, *Water Purification by Flotation*, *J. Am. Wat. Wks. Ass.*, 37, 1945, p. 302.
17. 丹保憲仁, 浮上處理(2), 水處理技術, Vol. 10, No. 6, 1969, pp. 59~64.
18. 丁泰燮, 加壓浮上法에 依한 水中藻類 除去時 氣泡가 미치는 影響, 全北大學校 大學院, 1984.

(接受: 1985. 4. 10)