

回轉型 半固定網 活性슬러지 工法の 數學的 解法에 關한 研究

2. 슬러지 生産量 및 蓄積過程과 流出水의 水質에 對하여

韓 雄 傳* · 韓 英 鎬*

STUDIES ON THE MATHEMATICAL KINETICS FOR THE REMOVABLE
MOVING SCREEN MEDIA-ACTIVATED SLUDGE PROCESS

2. On the production and Accumulation of Sludge and Effluent Quality

Ung-Jun HAN* and Yeong-Ho HAN*

One of the major problems in the activated sludge system has been difficulty in separating the microbial solids from the treated effluent and in returning them to the aeration tank. Another problem has been the digestion of the excess activated sludge. In contrast, it has not been difficult to separate the microbial solids from the treated effluent from the biological fixed-film systems(RBC process, Trickling Filter, FAST process). These systems have also featured less sludge production.

Recently, it was proposed to experiment with the RESMAS process in order to eliminate the settling tank and sludge concentration facilities and to reduce the quantity of excess sludge for final disposal. The effluent quality could be predicted by the concept of the maximum accumulation capacity. However, the hydraulic characteristics of the screen media in the RESMAS reactor were not dynamic.

The object of the present study is to evaluate the sludge accumulation rate and effluent quality prediction in the RESMAS process designed in the dynamic hydraulic structure.

This process can eliminate the final sedimentation tank and sludge concentration tank needed in the RBC, CMAS, Trickling Filter and FAST processes. Also, the effluent quality is desirable to compare with other processes. It appeared that the value of the sludge holding capacity was higher than those of the RESMAS and FAST processes, and the periods of the critical operating time were proportional to the substrate hydraulic loadings.

裝置 및 實驗

裝置 및 實驗은 回轉型 半固定網 活性슬러지 工法の 數學的 解法에 關한 研究 (1. 有機物 除去速度에 對하여¹⁾)와 一致한다.

結果 및 考察

1. 結果

運轉期間中 流入水의 廢水의 濃度 및 流出水의 濃度等은 回轉型 半固定網 活性슬러지 工法の 數學的 解法에 關한 研究(1. 有機物 除去速度에 對하여¹⁾)의

* 부산수산대학, National Fisheries University of Busan

Table 3 및 4를 참조하였으며 限界運轉期日에 슬러지 除去에 關한 資料는 Table 1 에 나타내었다.

Table 1. Accumulated solids characteristics during operating time

Run. No.	Mean effective detention time (hr)	Operating time in steady-state condition (days)	Liquid volume after drain (l)	Accumulated wet sludge volume (l)	Sludge weight of 5 media screen removal (g)
Unit I	6.81	15	10.3	1.2	49.5
Unit II	11.50	23	10.5	1.0	45

2. 슬러지 生産量 및 蓄積過程

REMSMAS 工法의 슬러지 生産量은 完全 混合 活性슬러지의 슬러지 生産量과는 차이가 있다. 그러나 부유狀態의 微生物의 成長에 關한 點을 두어 解析되

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{反應槽內的} \\ \text{微生物의 數 변화} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{유입수의} \\ \text{미생물량} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{미생물의} \\ \text{성장량} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{유출수의} \\ \text{미생물의 減少량} \end{array} \right\} - \left\{ \begin{array}{l} \text{내 호흡으로 감소된} \\ \text{미생물량} \end{array} \right\}$$

$$\left(\frac{dX_v}{dt} \right)_{\text{net}} V = X_0 Q dt + V(dX_v)_g - X_v Q dt - K_d X_v dt \quad \dots\dots(1)$$

流入水의 微生物量은 無視하므로 무시하면

$$\left(\frac{dX_v}{dt} \right)_{\text{net}} = \mu X_v - K_d X_v - X_v \frac{1}{t} \quad \dots\dots\dots(2)$$

여기서

- X_0 : 流入水의 微生物濃도 (mg/l)
- Q : 流量 (l/day)
- X_v : 流出水 또는 反應槽內的 微生物 濃도 (mg/l)
- K_d : 內 호흡 係수

$$\left(\frac{dX_v}{dt} \right)_g : \text{微生物 成長속도 } (\mu \cdot X_v)$$

steady-state로 간주하면 식(2)는 식(3)과 같다.

$$\mu = K_d + \frac{1}{t} \quad (3)$$

有機物質에 對한 平衡方程式은

$$\left(\frac{ds}{dt} \right) = \frac{S_i}{t} - \frac{\mu X_v}{Y} - \frac{S_0}{t} \quad (4)$$

steady-state로 운전되면 식(4)는 식(5)로 표시된다.

$$X_v = \frac{Y(S_i - S_0)}{1 + K_d t} \quad (5)$$

식(5)의 체류시간 t 는 REMSMAS 工法에서 運轉期日이 경과한에 따라 액체狀態의 反應槽容積이 減少하므로 有效체류시간 t_i^* 로 계산되며 t_i^* 는 식(6)과 같이 계산된다.

$$t_i^* = \frac{V - \sum_{i=1}^i V_i}{Q_i} \times 24 = \frac{V_i^*}{Q_i} \times 24 \quad (6)$$

REMSMAS 工法에서는 식(5)를 수정한 경험식으로 계산된다.

어겨야 한다. 1) 따라서 單一曝氣 活性슬러지 工法의 有機物質과 微生物의 成長에 平衡方程式으로부터 유도된다.

微生物量에 對한 平衡方程式은

평균유효체류시간(t^*)로 계산된 슬러지 生産量을 X_v 라하고 슬러지를 廢棄시키지 않고 t_n 일까지 運轉되었다면 t_n 일까지 生産된 슬러지量을 X_n 라하면 t_n 일까지의 슬러지 生産量은 식(7)과 같이 나타낼수있다.

$$X_n @ t_n = \frac{X_v + X_n}{2} \times \frac{t_n}{t^*} \quad (7)$$

경험공식(7)을 利用하여 슬러지生産量을 계산하기 위한 상수는 회전형 반고정 활성슬러지 공법의 수학적 檢證에 關한 연구에 나타난 것과같이 Y 는 0.78, K_d 는 0.027/hr이고 t^* 는 Unit I에서 6.81hr, Unit II에서 11.50hr였으며 계산된 값은 Fig. 1에 나타내었다.

Screen media에 附屬된 슬러지의 축적속도는 生産된 量에서 流出水로 流出된 슬러지量을 減값으로 表示되며 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 나타난 바와 같이 生産된 슬러지가 固体表面에 附屬되어 축적되어 잡에 따라 더 이상 슬러지가 附屬될 表面積이 不足한 運轉期日은 한계 運轉期日(critical operating day)이며 이때 축적된 슬러지量을 最大축적용량(maximum accumulation capacity)이며 약 75~83g 정도 있으며 平均 screen의 表面當 約 9.9gr/ft²이며 FAST工法의 6.1gr/ft² 3), RESMAS 工法의 4.9gr/ft² 4)보다 큰 값을 나타내고 있다. 또한 슬러지 濃縮정도는 5~6%로 CMAS 工法의 最終沈澱池에서 反送되는 슬러지 濃度(1%)⁵⁾의 約 5~6배 크며 슬러지 濃축조의 슬러지의 濃도(4~5%) 보다 크기 때문에 濃축시설도 제거할수 있다. FAST 工法에서 使用한 KOCH media⁶⁾인 경우 4~5%보다 큰 값을 나타내고 있다. 또한 限界運轉 期日에 슬러지一部를

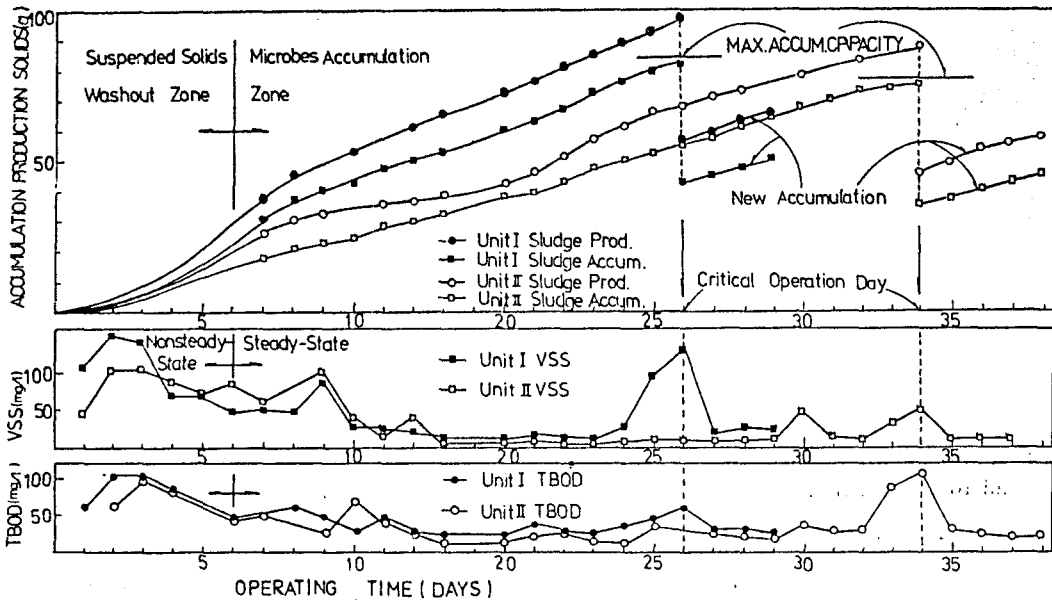


Fig. 1. Relationship between accumulated and produced solids versus effluent BOD₆, VSS in REMSMAS process.

除去하고 다시 運轉하였을때 슬러지 蓄積過程은 steady-state 상태에서 運轉하는 것과 같았으며 流出水의 水質도 良好하였다. Table 2는 限界運轉 期日

동안 實際 生産된 슬러지 量과 計算된 슬러지 量을 比較하였다.

Table 2. Comparison of the computed and observed values

Run. No.	Mean effective detention time (hr)	Observed values				Computed VSS (g)
		Accumulated TSS (g)	Accumulated VSS (g)	Effluent VSS (g)	Produced VSS (g)	
Unit I	6.81	99(49.5)	83(41.5)	16	96	90
Unit II	11.5	90(45)	75(37.5)	14	89	84

() screen media 10개 중 5개 제거한 슬러지 量

3. 流出水의 水質 및 水理學的 관찰

BOD 除去率은 平均有效滯留時間이 6.81 時間인 경우 約 93%, 11.5時間인 경우 95%였으며 流出水의 浮遊物質은 steady-state로 運轉될때 Unit I (6.81hr)인 경우 39mg/l, Unit II (11.50hr)인 경우 14mg/l로 現 환경보전법 시행규칙의 배출허용 기준치)보다 현저히 적다. 따라서 본공법에서는 별도로 沈澱施設을 設置할 必要가 없으며, 附着된 슬러지의 濃縮정도가 5~6%이므로 별도의 濃縮施設을 필요로 하지 않는다.

反應槽內에 微生物의 양상은 運轉初期에는 CMAS 工法에서 흔히 나타나는 微生物 있으나 運轉期日이 경과 후에 따라 섬유상미생물(filamentous microbes)이 우세하게 生長하였다. CMAS 工法에서 섬유상미생물의 生長으로 가장 문제되는 sludge bulking

문제물기 본공법에서는 해소 할수있었으며, CMAS 工法 보다 많은 原生動物(stalked ciliates, free sw-



Fig. 2. A nematod worm in filamentous microbial growth(400X).

要 約

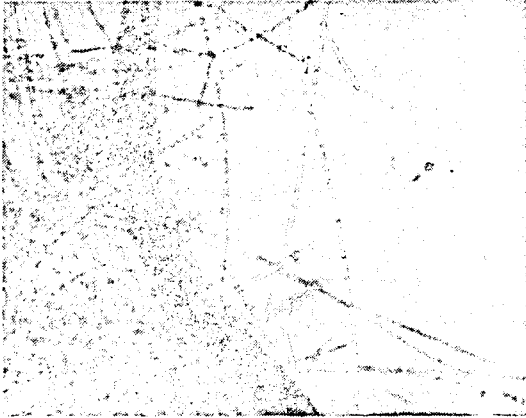


Fig. 3. Rotifers and protozoans in filamentous microbial growth(400X).

imming ciliates suctoria)과 高等動物(rotifers, crustaceans, nematodes)들이 發見되었다.

生物學的 固定膜을 利用한 生物學的 處理工法에서 附着된 슬러지는 水理學的 두지역으로 나눌 수 있다. 한 지역은 有機物質과 溶存酸素가 微生物 活動에 利用될 수 있는 有効容量 部分과 또다른 지역은 media의 表面과 슬러지의 限界部分으로 內呼吸 및 嫌氣性 消化역할을 하는 非有効部分으로 나눌 수 있다.

撤水濾過床이나 RBC工法과 本工法の 슬러지 蓄積 상태를 Fig. 4에 나타내었다.

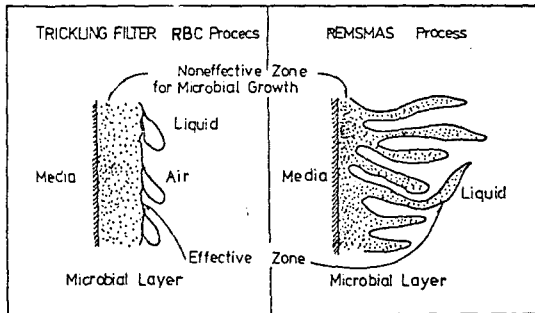


Fig. 4. Comparative shapes of solids growth on the surfaces.

本工法은 附着된 슬러지가 역상속에 진부분이 취수되어 있고 screen망이 水平方向으로 이동하기 때문에 附着된 微生物 flocc이 진동하게 되며 微生物 成長에 必要한 有効容量이 살수여과상법이나 RBC工法보다 크다.

대체로 活性슬러지 工法에서 가장 큰 問題點은 處理後의 微生物의 分離, 슬러지 反送, 잉여슬러지의 消化이다. 반면에 生物學的 固定膜을 利用한 RBC, 살수여과상, 고정층환성슬러지 工法들은 이와같은 問題가 減소된다.

最近 침전시설 및 농축조를 設치한 必要가 없는 半固定網 活性슬러지 工法이 開發되었다. 이 工法은 최종 處分할 슬러지量도 減소되며, 流出水의 水質도 良好하고 最大축적용량으로 流出水의 水質을 추정할 수 있으나, 反應槽가 動的인 水理學的 양상의 결여 되어있었다.

따라서 本 研究에서는 反應槽가 좀더 動的인 水理學的 양상이 되도록 設計하여 運轉하였으며 그 運轉結果는 다음과 같다.

REMSMAS 工法은 침전시설 및 농축시설없이도 양호한 유출수문 얻을 수 있었으며 슬러지 부착능력도 RESMAS 工法이나 FAST 공법 보다 크게 나타났으며 최대축적용량에 도달되는 한계운전기일은 대략 유기물부하량에 비례하였다.

謝 辭

本 研究은 産學協同財團에서 主管하는 「産學協同 研究費」에 依해 可能했습니다.

또한 實驗期間동안 廢水를 南營에서 수송해준 금성계분의 張社長님에게 감사드리며 아울러 反應槽의 運轉과 水質分析을 하여준 環境工學實驗室的 오원근, 정세영君의 努力이 있었습니다.

文 獻

- 1) Famularo, J.(1978): Application of mass transfers to rotating biological contactors. J. Water. Poll. Con. Fed. 50,653-671.
- 2) Choi, E.(1973): A fixed media complete mixing activated sludge. Ph.D thesis. Univ. Kansas. Lawrence. Kansas.
- 3) Choi, E. and C. Burkhead(1974): Kinetics of a fixed media activated sludge process. 7th. Int. Assn. Water. Poll. Res. Paris.
- 4) 韓雄傳(1976): 半固定網 活性슬러지法에 關한 研究. 한국화학공학회지 14(4), 239-248.

回轉型 半固定網 活性슬러지 工法の 數學的 解法에 關한 研究

- 5) Garrison, W. E. (1978): Pilot plant studies of waste activated sludge processing. J. Water. Poll. Con. Fed. 50, 2374--2379.
- 6) 환경보전법 (1978): 환경보전법 시행규칙. 보사부
- 7) Pipes, W. O. (1978): Actinomycete scum production in activated sludge process. J. Water. Poll. Con. Fed. 50, 628--634.
- 8) 韓雄傳·韓英鎬(1979): 回轉型半固定網 活性슬러지 工法の 數學的 解法에 關한 研究.