

# 染色工団

## 綜合廢水處理에 관하여<sup>②</sup>

영남대학교 환경공학과 교수  
공학박사 朴 承 圭

### 5. 活性汚泥 處理工程

#### 5-1 실험장치와 처리결과

실험에 사용한 反應槽는 Fig.4와 같이 두께 5%의 투명 아크릴판으로 제작하여 曝氣槽의 용

積은 6ℓ, 沈澱槽의 용적은 1ℓ로 하였고, 폭기조와 침전조 사이는 可變性 整流板을 장치하여 서로 분리시켰다.

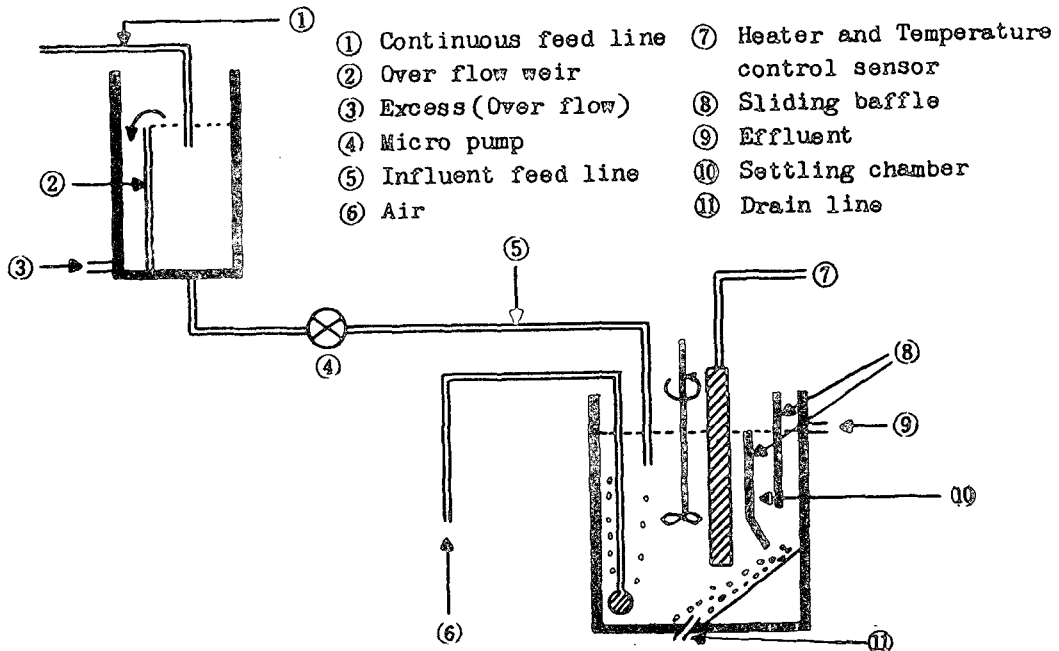


Fig. 4. Schematic diagram of continuous flow reactor (Bench-Scale)

反應槽는 4基를 사용하였으며 폭기는 반응조마다 소형 공기펌프와 散氣石을 장치하고 전압 조절장치를 부착하여 반응조 내의 溶存酸素의 농도가  $2\sim 3\text{mg}/\ell$ 가 되도록 조절하여 24시간 계속 曝氣하였다. 또한 슬러지를 완전히 혼합시키기 위해서 각 반응조마다 變速攪拌器를 장치하였다. 반응조의 온도는  $30^\circ\text{C}$ 로 일정하게 유지

하였다. 반응조 내의 微生物 增殖은 屜색공장 폐수처리장의 汚泥를 殖種으로 하여 약 3주간 적응시킨 후 정상상태에 도달한 후 試料를 분석하였다. 原廢水를 活性汚泥法으로 처리한 결과는 Table 3과 같으며, 또 擬集處理 후 활성오니법으로 처리한 결과는 Table 4와 같다.

**Table 3. Laboratory data by the raw waste water with the bench scale experiment**

Reactor No	Influent average concentration $\text{BOD}_5$ $S_0$ (ppm)	Effluent average concentration $\text{BOD}_5$ $S_e$ (ppm)	Average MLVSS concentration $X_{va}$ (ppm)	Flow rate $Q$ ( $\ell/\text{day}$ )	Residence time (day)	Oxygen uptake rate $R_r$ ( $\text{O}_2\text{mg}/\ell\cdot\text{d}$ )	Sludge yield $\Delta X$ t/v Sludge ( $\text{mg}/\ell\cdot\text{d}$ )
1	850	125	2500	31.5	2	463	78
2	850	287	2800	7	1	594	195
3	850	318	3000	10	0.7	870	364
4	850	400	3100	14	0.5	1039	465
5	850	453	3200	20	0.35	1152	712

**Table 4. Laboratory data by the effluent of the coagulation with Bench scale experiment**

Reactor No	Influent average concentration $\text{BOD}_5$ $S_0$ (ppm)	Effluent average concentration $\text{BOD}_5$ $S_e$ (ppm)	Average MLVSS concentration $X_{va}$ (ppm)	Flow rate $Q$ ( $\ell/\text{day}$ )	Residence time (day)	Oxygen uptake rate $R_r$ ( $\text{O}_2\text{mg}/\ell\cdot\text{d}$ )	Sludge yield $\Delta X$ t/v Sludge ( $\text{mg}/\ell\cdot\text{d}$ )
1	510	32	2580	3.5	2	284	23
2	510	68	3000	70	1	510	131
3	510	82	2900	10	0.7	537	222
4	510	102	2900	14	0.5	725	284
5	510	128	3000	20	0.35	801	494

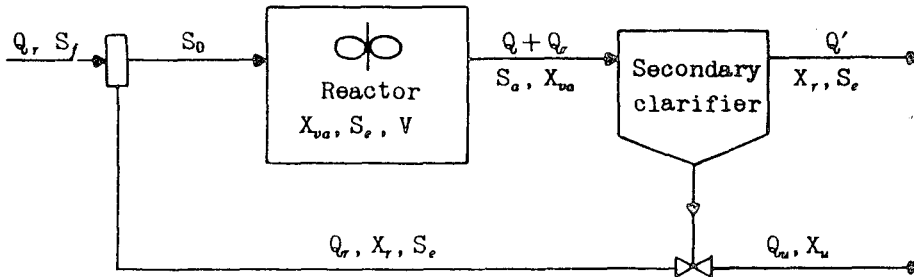
5-2 활성오니공정의 최적화 이론

활성오니공정을 최적화하기 위한 制御因子로서는 주로  $F/M$ 비, 생물학적 固形物 滯留時間 ( $\theta_c$ ) 및 반응조 내의 溶存酸素 ( $\text{DO}$ ) 등이 있다.

여기서는 정상상태하에서 독립적으로 사용할

수 있고 또 水理學的 체류시간( $\theta$ )에 의하여 조절될 수 있는 생물학적 固形物 체류시간( $\theta_c$ )를 이용하여 原廢水와 응집공정을 거친 流出水를 대상으로 하여 System 설계에 필요한 諸條件을 최적화하였다.

활성오니공정의 공정도와 物質收支를 적용하



- |                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| $Q$ : fresh feed         | $S_f$ : fresh feed substrate    |
| $Q_r$ : recycle feed     | $S_0$ : combined feed substrate |
| $Q'$ : effluent          | $S_e$ : effluent substrate      |
| $Q''$ : wastage          | $X_{va}$ : MLSS in reactor      |
| $X_r$ : MLSS in effluent | $X_u$ : MLSS in underflow       |

Fig. 5. Schematic diagram of completely mixed-solids recycle system.

기 위해 필요한 變數들을 Fig.5에 나타내었다. 공정의 최적화를 위한 數學的 모델을 적용하기 위해서 반응조는 다음과 같이 假定한다. 첫째, 반응조 내는 완전혼합이 되고 流入水의 基質濃度는 항상 일정하다. 둘째, 二次沈澱槽에서는 생물학적 활동이 일어나지 않고, 미생물 蓄積도 없으며 전 공정이 정상상태하에서 運轉된다. 이와 같은 假定下에서 미생물 체류시간은 식(1)과 같이 표시할 수 있다.

$$\theta_c = \frac{(X)_T}{(\Delta X/\Delta t)_T} \quad (1)$$

$(X)_T$  : 공정내의 활성미생물 總量

$(\Delta X/\Delta t)_T$  : 매일 제거되는 활성미생물 총량  
전 공정내의 미생물에 관한 물질수거를 적용하면 식(2)와 같이 된다.

$$\left[ \begin{array}{l} \text{微生物的} \\ \text{純變化量} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{l} \text{微生物} \\ \text{生成量} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{微生物} \\ \text{流出量} \end{array} \right]$$

$$\left( \frac{dx}{dt} \right) V = \left[ Y \left( \frac{ds}{dt} \right) - K_d X_{v.a} \right] V - [Q_u X_r + Q' X_e] \quad (2)$$

$Y$  : 오니합성계수

$K_d$  : 內生 호흡계수

정상상태하에서 식(1)과 식(2) 및 Lawrence,

McCarty의 식으로부터 流出水基質濃度  $S_e$  는 식(3)으로 된다.

$$S_e = \frac{K_s(1 + k_d \theta_c)}{\theta_c(Y q_{max} - K_d) - 1} \quad (3)$$

$k_s$  : 半速度常數

$q_{max}$  : 최대 基質利用速度

그리고 반응조내 미생물의 총량은 식(4)와 같다.

$$(X_{v.a})(V) = \frac{Y \theta_c Q (S_0 - S_e)}{1 + K_d \theta_c} \quad (4)$$

여기서 반응조내 미생물 농도는 식(5)로 나타낼 수 있다.

$$X_{v.a} = \frac{Y(S_0 - S_e)}{1 + K_d \theta_c} \left( \frac{\theta_c}{\theta} \right) \quad (5)$$

공정의 처리효율( $E_p$ )은 식(3)에서  $S_e$  값을 알면 식(6)과 같다.

$$E_p = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \times 100 \quad (6)$$

생활오니공정에서는 미생물이 폐수내의 基質을 분해하기 위해서는 일정한 시간 동안 System내에 체류하여야 한다. 그러므로 미생물반응이 일어날 수 있는 최소 미생물 체류시간( $\theta_c^m$ )은 식(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(\theta_c^m)^{-1} = Y q_{max} - K_d \quad (7)$$

또한 정상상태하에서는 반응조내의 미생물 농

도가 일정해야 하므로 매일 제거되어야 할 미생 물량은 새로이 생성되는 미생물량과 같다. 그러므로 1日 除去微生物量( $P_x$ )는 식(8)과 같다.

$$P_x = \frac{YQ(S_0 - S_e)}{1 + K_d \theta_c} \quad (8)$$

返送率에 따른 미생물에 관한 物質收支를 적용하여 정상상태에서 정리하면 식(9)와 같이 된다.

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Q}{V} \left[ 1 + r - r \left( \frac{X_r}{X_{v,a}} \right) \right] \quad (9)$$

여기서  $r (= Q_r/Q)$ 은 반송율이며,  $X_r/X_{v,a}$ 는 2차침전조내의 오니침전성을 나타낸다.

5-3 파라메타  $Y$ ,  $K_d$ ,  $K_s$  및  $q_{max}$  결정 활성오니의 純增加量( $\Delta X_v$ )은 합성된 오니와 內生呼吸에 의해 산화된 오니 사이의 差와 같다.

$$\mu = Y \cdot q - K_d \quad (10)$$

$$\mu : \text{比成長速度 } (\Delta X_v \cdot V / X_{v,a})$$

$$q : \text{比基質除去速度 } (S_0 - S_e / X_{v,a} \cdot \theta)$$

Table 3, 4의 값으로부터 식(10)에 의해 계산한 결과를 圖示하면 Fig. 6과 같다. 여기서 직선의 기울기와 절편으로부터 구한 原廢水와 凝集流出

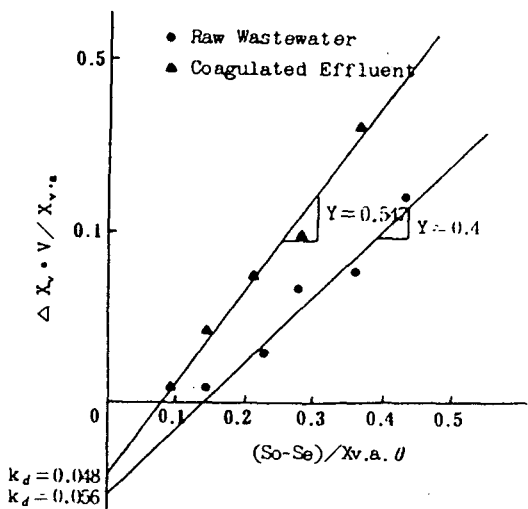


Fig. 6. Graphical determination of the parameter  $Y$  and  $k$

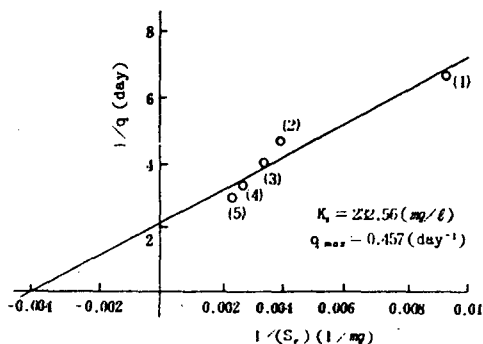


Fig. 7. Graphical determination of  $K_s$  and  $q_{max}$  of the raw wastewater.

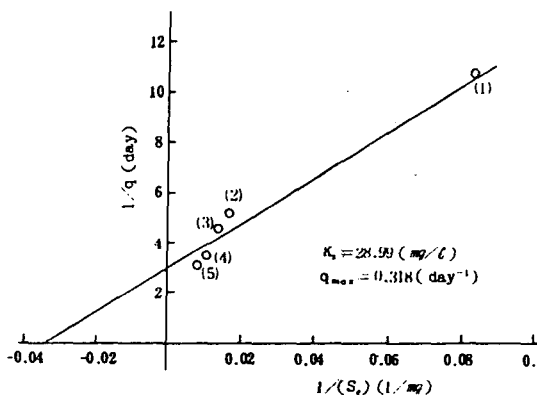


Fig. 8. Graphical determination of  $K_s$  and  $q_{max}$  of the effluent treated with coagulation process.

水的 경우 각각의 汚泥合成係數는 0.400 및 0.547이고, 또 內生呼吸係數는 0.056 및 0.048이었다.

이 결과에서 응집처리 후 활성오니법으로 처리한 경우는 다소 독성이 제거되므로 미생물의 활동이 활발하고 미생물로서 분해가능한 BOD가 많기 때문에 오니합성계수가 크게 되는 것을 알 수 있다.

최대 기질이용속도  $q_{max}$ 와 半速度係數  $K_s$ 를 구하기 위하여 非基質利用 속도와 관계를 Monod식으로 나타내면 식(11)과 같다.

$$q = q_{max} \left( \frac{S_e}{K_s + S_e} \right) \quad (11)$$

식(11)의 역수를 취하면 식(12)가 된다.

$$\frac{1}{q} = \left(\frac{K_s}{q_{max}}\right)\left(\frac{1}{S_e}\right) + \left(\frac{1}{q_{max}}\right) \quad (12)$$

Table 3, 4의 값을 이용하여 공정최적화에 필요한  $q_{max}$ 와  $K_s$ 를 구하기 위하여 원폐수와 응집유출수의 경우를 Fig. 7 및 Fig. 8에 圖示하였다.

여기서도 원폐수의  $K_s$ 값이 응집유출수의  $K_s$ 값보다 매우 적은 것은 독성으로 미생물반응이 느리기 때문이다.

#### 5-4 미생물 체류시간에 따른 처리효율

미생물 체류시간  $\theta_c$ 를 조절변수로 하여 1日에서 30日까지 변화시키면서 1日 폐수량 30,000 $m^3$ 인 대구 염색공업공단 폐수에 적용하여 설계에 기본이 되는 값들을 Computer [P. D.P-(11/VO3)]로 계산하였다.

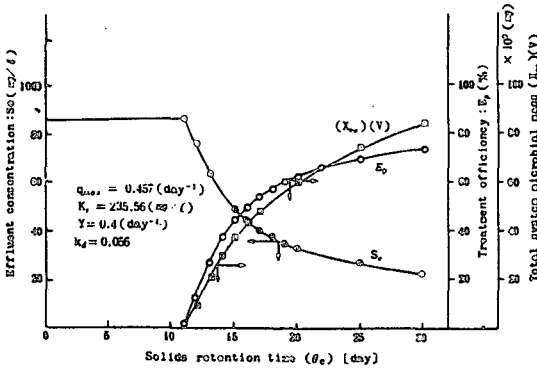


Fig. 9. Steady-state relationships between solid retention time and effluent concentration or treatment efficiency in case of dyeing waste water treated directly by the activated sludge process.

오니반송이 일정한 연속반응조에서의  $\theta_c$ 에 따른 유출수의 기질농도 및 처리효율은 원폐수의 경우는 Fig. 9에 응집유출수의 경우는 Fig. 10에 나타내었다. 여기서 특정의  $\theta_c$  값 이하에서는 기질이 분해되지 않고 있음을 알 수 있다. 이 때의  $\theta_c$  값이 最少固形物 체류시간( $\theta_c^m$ )이다.

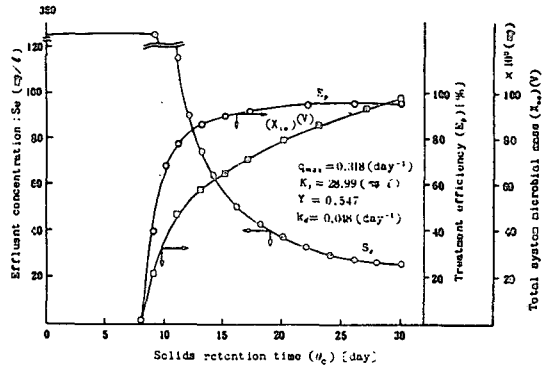


Fig. 10. Steady-state relationships between solid retention time and effluent concentration or treatment efficiency in the case of dyeing waste water treated by the activated sludge process following the coagulation process.

원폐수의 경우  $\theta_c^m$ 은 11日이며 그후 기질이 분해되기 시작하여  $\theta_c$ 가 27日이 될 때 70%의 처리효율이 얻어지고 그 후로는 거의 일정하다. 이 현상은 원폐수내에 미생물 增殖에 독성을 미치는 물질이 많이 포함되어 있기 때문이다.

응집유출수의 경우는  $\theta_c^m$ 이 8日이 되며,  $\theta_c$ 가 11日이 될 때 약 77%의 처리효율을 얻을 수 있고  $\theta_c$ 가 16日일때 처리효율이 90% 도달하며 그 이후는 거의 일정하게 된다.

#### 5-5 오니 再循環率에 따른 오니생성량

최적화한 적당한  $\theta_c$  값에서 반송율과 여러 가지 返送汚泥濃度에 따른 反應槽容積 및 반응조 내의 미생물 농도를 구하면 활성오니공정의 설계시 중요한 자료를 얻을 수 있다.

반송율( $r$ )에 따라 반응조에 유출되는 流入水의 기질농도와 그 때의  $F/M$ 比 및 미생물 생성량을 Fig. 11, Fig. 12에 나타내었다. 반송율( $r$ )이 증가하면 유입기질농도 및  $F/M$ 比가 다 같이 감소하고 1日 生成汚泥量도 적어진다. 원폐수의 경우는 60% 이상이 되면  $F/M$ 比가 최적치인 0.3 이하가 되어 미생물 생성량은 거의 없어진다. 이것은 폐수내의 독성으로 인하여 생성량보다 감소량이 더 커지기 때문이다. 그러므

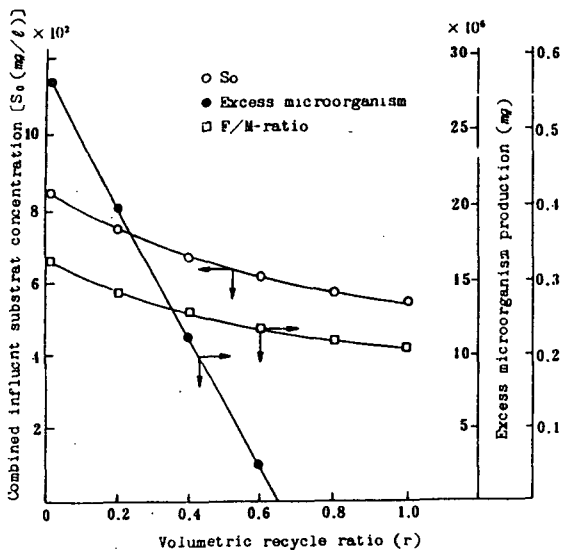


Fig. 11. Relationships between volumetric recycle ratio and combined substrate concentration, excess microorganism production or F/M ratio of dyeing waste water treated directly with activated sludge process at  $\theta_c = 27$  days.

로 원폐수의 경우는 반송율을 60% 이상으로 하면 처리효율이 떨어진 것으로 예상된다.

Fig.12의 응집유출수는 반송율이 증가하면 유입기질농도, F/M比, 오니생성량이 다같이 감소하여 F/M比가 0.3 이하가 되더라도 응집공정에 의해 독성물질이 많이 제거되므로 잉여오니가 생성되고 있다.

### 5-6 曝氣槽 容量과 汚泥濃度

原廢水는  $\theta_c$ 를 27일, 응집처리수의 경우는  $\theta_c$ 를 11일로 선정하여 반송율(r)과 반송오니농도( $X_r$ )에 따른 返應槽容積(V) 및 그때의 반응조내 미생물농도( $X_{v,a}$ )와의 관계를 Fig.13 및 Fig.14에 나타내었다.

반송율을 0.1~1.0의 범위로 하고 반송오니농도를 10,000~14,000 mg/l로 변화시킬 경우를 고찰해 보면 반송율이 증가하나 반송오니농도가 증가하면 반응조容積은 적어진다. 그리고 이 때의 반응조내의 미생물농도는 차츰 증가하

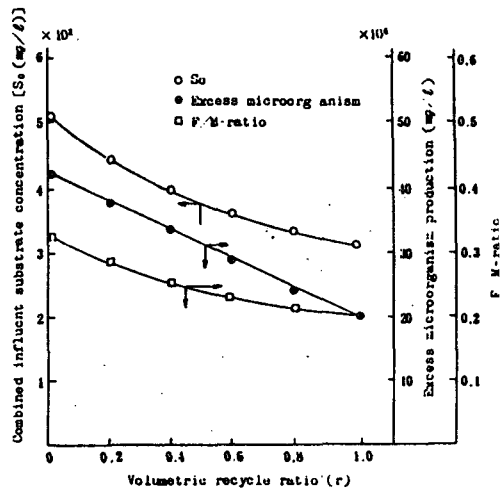


Fig. 12. Relationships between volumetric recycle ratio and combined influent substrate concentration, excess microorganism production or F/M ratio of the effluent treated with coagulation process at  $\theta_c = 11$  days.

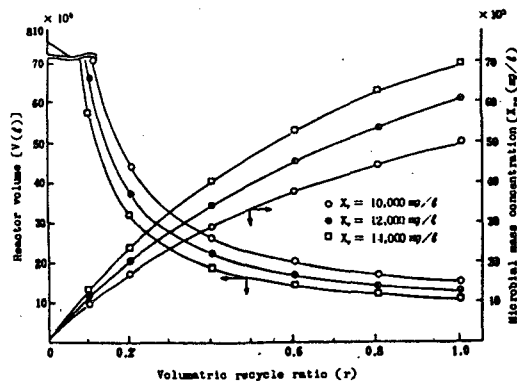


Fig. 13. Steady-state relationship between volumetric recycle ratio and reactor volume or microbial mass concentration of dyeing waste water treated directly by the activated sludge process at  $\theta_c = 27$  days.

고 있다.

1일 유입수량이 30,000 m<sup>3</sup>인 염색공단 폐수 처리에서 원폐수에 대하여는 반송오니농도를

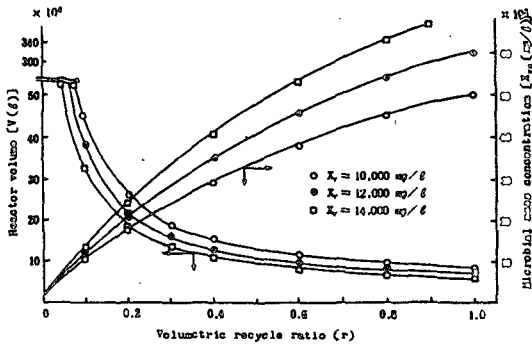


Fig. 14. Steady-state relationships between volumetric recycle ratio and reactor volume or microbial mass concentration of the effluent treated with the coagulation process at  $\theta_c =$

11 days.

10,000 mg/l, 반송율을 60%로 했을 때 반응조용적은 21,500 m<sup>3</sup> 및 반응조내의 미생물 농도는 약 3,800 mg/l 가 되고, 응집유출수의 경우는 반응조용적이 15,000 m<sup>3</sup>, 반응조내의 미생물 농도는 3,850 mg/l 가 됨을 알 수 있다.

Fig.13에서 원폐수의 경우 이론상으로는 반송율이 100%가 될 때까지 반응조용적이 계산되지만 Fig.11에 따라 60% 이상은 생성미생물이 없으므로 실제 처리가 불가능하다.

Fig.12에서 응집유출수의 경우는 반송율을 100%까지 증가시켜도 미생물이 생성되므로 실제 처리가 가능하다.

< 다음호에 계속 >

## '87년도 환경관리기사·기술사시험일정

### 환경관리기사

회별	급 수	원서접수	필기시험	필기시험합격 예정자발표(예정)	실기시험	합격자 발표(예정)
1 회	1, 2 급	필기시험면제자(필기시험에 합격한 자 등)			2월 8일~ 2월 10일	3월 2일
3 회	1 급	3월 9일~ 3월 12일	4월 5일	4월 27일	5월 24일~ 5월 26일	6월 15일
5 회	2 급	6월 29일~ 7월 2일	7월 26일	8월 17일	9월 13일~ 9월 15일	10월 19일
7 회	1 급	8월 10일~ 8월 13일	9월 6일	9월 28일	10월 25일~ 10월 27일	11월 6일
8 회	2 급	9월 21일~ 9월 24일	10월 18일	11월 9일	12월 6일~ 12월 8일	12월 28일

### 환경관리기술사

회별	종 목	원서접수	필기시험	필기시험합격 예정자발표 (예정)	구비서류 제 출	경력심사 발 표	면접시험	합격자발표 (예정)
	대기 관리 수질 관리 소음 진동	3월 19일~ 3월 23일	4월 26일~ 5월 2일	6월 1일	6월 8일~ 6월 10일	6월 29일	7월 13일~ 7월 21일	8월 4일

응시자격 : 국가기술자격법 시행령 제 11 조 제 1 항에 정한 해당자

