

# 열적 처리방법을 적용한 산업폐수 정화와 생물학적 처리방법과 비교

김 장 호 / 동아대학교 환경공학과 부교수

## 1. 서론

산업발전의 고도화에 따라서 자원의 고갈과 환경오염이 심화되어가고 있는 현실에 있어서 산업공정에서 발생하는 부차적인 생성물을 폐수나 폐기물 자체로서만 생각해서 처리할 것이 아니라 재이용을 하는 측면에서 산업폐수를 정화하는 공정의 필요성이 증가되어지고 있다.

오늘날 산업폐수는 일반적으로 생물학적 처리방법에 의해서 폐수가 처리되어지고 있지만 산업현장에서 발생하는 폐수의 성장이나 농도에 따라서 물리적인 처리방법인 열분리기술을 적용 함으로써 단순한 생물학적 처리보다는 물리학적 처리단계가 포함된 처리공정의 비용이 더 경제적임을 볼 수 있었다.

일반적으로 유기물이 포함된 오염물은 완전하게 생물학적 분해가 되지 않거나 화학적 처리가 되지 않기 때문에 완벽한 폐수를 처리하기 위하여 전처리 단계로서 물리적인 처리방법이 필수적으로 포함되어져야 할 것이다. 이것은 유출수에 포함된 유기물을 안전하게 처리하기 위해서도 고려되어져야 할 것이다.

물리적인 처리방법은 증발, 결정화, 정유, 추출 등과 같은 열분리공정들이 단 하나의 공정만 사용하거나 여러 공정들을 복합시켜 산업공정에서 발생하는 오염물에 따라서 적용되어지고 있다. 이것은 생태학적으로 발생하는 자원의 오염과 고갈을 방지하기 위해서 산업폐수 물질의 재생은 필수불가결한 사실로서 연구되어져야 할 과제이다.

본 연구는 산업공정에서 발생하는 폐수와 오염물질의 재생공정방법으로서 열적 처리공정을 도입하여 산업폐수를 정화하는 공정들을 검토하여 생물학적 처리방법과 비교함으로써 그 우수성과 경제성을 규명하고자 한다.

## 2. 산업폐수 처리를 위한 처리공정 방법

물리적 처리방법에 의한 유출수를 처리하기 위해서 요구되는 시설투자 비용이나 에너지 비용은 처리방법에 따라서 결정되어진다. 일반적으로 이 설정 기준은 유출수를 구성하는 물리적 성질과 폐수처리장에 관계되는 운전상태, 공정의 조건, 처리방법의 선택, 장치 및 유출물의 양에 따라 결정되어진다.

이 인자들은 가장 경제적인 설계가 되도록 결정되어야 하고 공정상의 최적조건이 되도록 수학적 방법에 부합된 데이터가 결정되어야 한다.

정유는 유출수를 처리하기 위한 방법중 가장 값이 싼 방법이 열처리 방법이므로 최종적으로 채택되어지고 있다. <Fig. 1>은 몇가지 예를 들어 유출수를 처리하거나 유용한 물질재생을 위한 과정에서 발생하는 여러가지 문제점들을 해결하는 열분리 과정의 기술에 관하여 도시한 것이다.

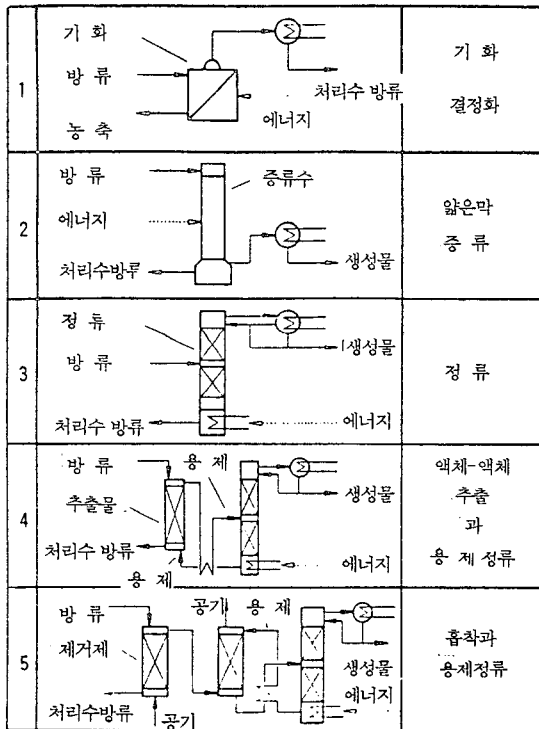


Fig. 1 산업폐수의 열처리

### 3. 물리적 방법에 의한 수처리에 있어 에너지 요구량

수처리를 위한 물리적 방법에 있어 대부분의 에너지 강도는 <Fig. 1>에서 도식적으로 나타낸 것과 같이 열분리 공정에 따라 결정되어지는 것이다. 에너지 요구량은 오염물질, 부하량, 처리의 강도요구, 유출수를 구성하는 물리적 성질 및 안정도에 따라 결정되어지고 오염물질을 제거할 수 있다.

증발기술에 있어서 요구되어지는 에너지 요구량 QD는 식(2)와 같이 농축되어진 곳의 용해성 물질  $X_f$ 와 부양에 의한 용해성 물질  $X_w$ 의 비율  $[(1-X_f)/(1-X_w)]$ 에 따라 결정되어진다. 이것은 증기수 N에 따라 상당히 감소될 것이고 그 효과사이에서 발생하는 증기압축에 의해서도 감소 될것이다. 비교적 물의 증발엔탈피  $h_o$ 가 높은 것에 의해서 이 기술은 열에너지 이용에 있어 최적 조건으로 나타나게 된다. 유출수와 물과 용해되지 않는 혼합물이 형성되어 있을 때는 운전되어지는 온도에서 무시할 정도로 증발압이 적거나 용해성물질이 없을 경우 열처리 방법으로 처리되는 유출수에 증발장치를 선택하여 주어야 한다.

상대 휘발성  $\alpha$ 가 큰 경우 제거되어져야 할 물질이 적거나 높은 비등점을 가지고 있다면 박층증류방법이 효과적으로 적용되어진다.

$j_D = F \left( \left( 1 - \frac{1-X_f}{1-X_w} \right) \Delta h_D + h_w \cdot h_f \right) \quad (1)$	기 질 결정화
$Q_D = F \left( 1 - \frac{1-X_f}{1-X_w} \right) \left( \Delta h_D \left  \frac{n+1}{n+1} - \frac{N-1}{N} \right  \Delta h_{D1} \right) \quad (2)$	
<p>Heat energy</p> $Q_D = F \left[ \frac{X_f - X_w}{X_D - X_W} (\Delta h_D + h_D - h_W + h_W - h_f) \right] \quad (3)$ $j_D = \frac{X_f - m X_w}{1 - m} \quad m = \frac{1}{\left( \frac{X_f}{X_w} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} - \left( \frac{1-X_f}{1-X_w} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}}} \quad (4)$	얇은막 증류
<p>Heat energy</p> $Q_D = F \left[ \frac{X_f - X_w}{X_D - X_W} \left\{ (r+1) \Delta h_D + n \left( \frac{r+1}{\alpha} \right) h_w + h_w - h_f \right\} \right] \quad (5)$ $r = \frac{v}{\alpha_f - 1} \left( \frac{X_D}{X_f} - \alpha_f \frac{1-X_f}{1-X_D} \right) \Big _{h_f = h_f} \quad (6)$	
<p>Heat energy for solvent rectifier</p> $Q_D = F X_f \left\{ \left( \frac{v}{\alpha_f - 1} \frac{1}{X_f} + 1 \right) \Delta h_D + h_D - h_w \right\} \quad (7)$ $Q_D = F \left\{ X_f \left[ \left( \frac{v}{\alpha_f - 1} \frac{1}{X_f} + 1 \right) \Delta h_D + h_D - h_w \right] + h_w \cdot h_f \right\} \quad (8)$	액체-액체 추출과 용제정류
<p>Heat energy for solvent rectifier</p> <p>with eq.(7), if product is lower boiling and <math>h_f = h_f = h_w</math>, <math>X_D = 1, X_W = 0</math></p> <p>with eq.(8), if solvent is lower boiling and <math>h_f = h_f</math>, <math>X_D = 1, X_W = 0</math></p>	

에너지 요구량 QD는 입구와 출구사이에서의 구성도율  $X_f/X_w$ 에 따라서 결정되어진다. 상대휘발성  $\alpha$ 가 클수록  $X_f/X_w$ 은 더 낮아지고 도달할 수 있는 청결도는 더 클 것이다. 물의 비등점과 용해성 기질이 밀접한 유

출수의 상대적 휘발성 $a$ 가 낮은 성장인 경우 청결도를 해결하는 데는 <Fig. 1>의 3및 식(5)와 같이 정유방법이 효과적이다. 정유에 의한 에너지 요구량 QD는 식(5)로부터 제거되어서야 할 유출수내의 기질의 XF농도 정유수내의 잔류농도 Xw, 농축되어진 XD농도 및 역류율r에 따라서 결정되어진다.

유출수내의 상대성 휘발성 $a$ 가 낮은 유기성 오염물질 때는 에너지 소비가 많이 발생하기 때문에 유출수의 성장에 따라서 선택적인 용매를 가지고, <Fig. 1>의 4및 식(7)과 같이 액-액 추출법을 적용하는 것이 경제적인 것이고 기질내의 용매가 농축되어질 때는 <Fig. 1>의 3과 같은 정유에 의해 재생시킬 수 있다. 추출된 상대 휘발성 $aR$ 는 평행상수에 의해 결정되어지면 변수에 의한 유기성 오염물질이 포함된 유출수보다는 더 높을 것이고 결과적으로 역류율이 더 적은 곳에 적용되어진다.

에너지 손실은 유기화합물의 비등점이 용매의 비등점보다 높고 낮음에 관계없이 감소되어지므로 정유시설의 식7과 8의 최고점과 최저점에서 얻어진다. 유기물질이 포함된 유출수는 직접적인 정유를 위한 것보다 <Fig. 1>의 5에 나타난 추출에 의한 정유가 훨씬 더 적은 에너지가 요구되어지기 때문에 유기물질의 증발엔탈피는 대개 물보다 상당히 적다. 유출수를 처리하는데 있어서 경제성의 평가는 에너지 비용만이 공정의 유연성을 평가하는 유일한 고려사항이 아니기 때문에 시설투자 비용이나 용매손실의 비용도 포함되어져야 한다. 유출수내에 포함된 물질의 성장과 농도를 파악할 수 있는 경우에는 오염물을 제거하거나 유용한 물질의 재생을 위해서 공기나 운반가스를 사용하여 탈착에 의한 공정으로서 효과적으로 제어 할 수 있다. 식7과 8에 나타난 바와 같이 스팀에 의해 발생하는 물질을 재생하기 위해서 활성화된 흡착에 의한 공정과 용매에 의한 흡수공정이 포함된 정유공정이 적용되어진다.

USA에서는 탈착에 의한 공정이 Hocl에 오염된 지하수를 효과적으로 처리함으로써 지하수에 포함된 아세트, 케톤 등과 같은 물질을 제거하기 위해서 적용되어졌다.

#### 4. 유출수 처리를 위한 경제적으로 열적 처리 방법 적용을 위한 설정기준

유출수의 정화는 일반적으로 생물학적 처리와 물리적인 처리방법에 의해 처리되거나 물질이 재생되어지고 종종 화학적 처리방법도 사용되어진다. 유출수에 포함된 여러가지 기질을 순환하여 재생하는 이유는 폐수 처리장의 부하감소에 필수적이고 생태계에 잇점을 주게된다.

생물학적 처리와 물리적 처리방법이 결합된 처리공정은 특히 화학단지나 산업단지에서 발생하는 유출수를 처리하는데 있어서는 생물학적 처리비용은 TOC(전체유기성탄소)에 의해 결정되어지기 때문에 효과적일 것이다.

순수한 생물학적 처리보다는 물리적인 처리방법이 결합된 생물학적인 처리가 더 경제적임을 수학적 최적화에 의해서 결정 할 수 있다. 식(9)에서 나타난 것과 같이 두시스템이 결합된 전체 처리비용은 CT, 물리적인 처리비용은 Cph, 생물학적 처리비용은 CB이다. 식(10)에서 나타난 바와 같이 물리적 처리비용 Cph는 시설설치비용 C1과 운전비용 C0가 포함된다. 식(11)에 나타난 시설투자 비용 C1은 유출수 톤당 처리되어지는 비용이다.

폐수처리의 비용모델	
$C_T = C_{ph} + C_B$	(9)
$C_{ph} = C_1 + C_0$	(10)
$C_1 = i \cdot Z \cdot (1-Z) \cdot \frac{10^3}{t_a \cdot F \cdot \mu_F}$	(11)
$C_0 = f(Q_0, x_F, x_W, x_D, \alpha)$	(12)
$C_B = i(1-q) \left( \mu_W \cdot C_W \cdot x_W \cdot \mu_C \cdot t_C \cdot C_C \right) \cdot \frac{t_0}{t_a} \cdot \frac{1}{\mu_F}$	(13)
$q = \frac{x_C - x_W}{x_D - x_W} \rightarrow (x_F)_{x_D=1, x_W=0}$	(14)
$q = i - \frac{x_C - x_W}{x_D - x_W} \rightarrow (1-x_F)_{x_D=1, x_W=0}$	(15)
$C_1 = f(x_F, x_W, x_D, \alpha, i_C)$	(16)

CA는 물리적 처리장의 시설설치에 필요한 비용이고 Z는 처리시설에서 얻어지는 이익율이고  $t_a$ 는 시간당 발생하는 감가상각이며 F는 분자질량  $\mu_F$ 를 가지는 유출수의 시간당 몰흐름속도이다. 운전비용 C0는 물리적 처리장에서 에너지 요구량 QD에 의해서 결정되어진다.

물과 함께 용해성 혼합물이 형성된 유기성 물질을 분리하기 위해서 열분리 기술을 적용하는 경우에는 식(12)에서 나타낸 바와 같이 상대 휘발성 $\alpha$ , 물분율 $X_F, X_W$ 나  $X_D$ 에 따라서 결정된다.

유기성 오염물이 미세하게 포함된 유출수를 처리하기 위한 생물학적 처리비용  $C_B$ 는 물리적 처리방법에 의해 처리되는 유출수 톤당 기본적 비용  $C_W$ 와 유출수 내 포함된 유기성 탄소 톤당 prorate비용  $C_C$ 의 구성이 필수적이다. prorate비용은 기본적으로 식(13)에 의해서 결정되어진다.

q : 물리적 처리에 관계되는 식(14), (15)에 의해서 분리 정도를 위한 특성적인 농도계수

$\mu_F$ 와  $\mu_W$  : 물리적 처리후나 전의 유출물의 분자량

$M_e$  : 유기성탄소 분자질량

$t_0/t_a$  : 운전시간과 감각상각시간의 비율이다. 만일 유기성 화합물이 비등점이 더 높을때 식(14)에 따라서 q를 결정하고 물이 혼합물보다 비등점이 더 높을때는 식(15)에 의해서 q가 결정되어진다. 결과적으로 유출수 처리를 위한 결합된 처리의 전체비용  $C_T$ 는 식(16)에 구성되어지는 함수에 따라 결정되어지고 전산화된 시뮬레이션 모델에 의해서도 숫자적으로 평가할 수 있다.

<Fig. 2>에서는 최초로 증발단계의 공정이 필요로 하는 유출수 처리단계를 정량적으로 평가하여 나타내어 놓았다.

<Fig. 2>의 윗부분은 비교적 상대성 휘발성 $\alpha$ 가 높은 시스템에서는 유기성 오염물이 형성되어 있을때 순수한 생물학적 처리보다는 여러 가지 열적 처리방법이 결합된 처리가 더 경제적이라는 것을 도식적으로 나타내어 놓았다.

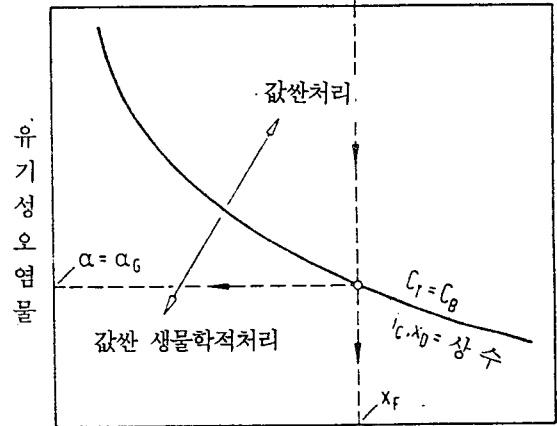
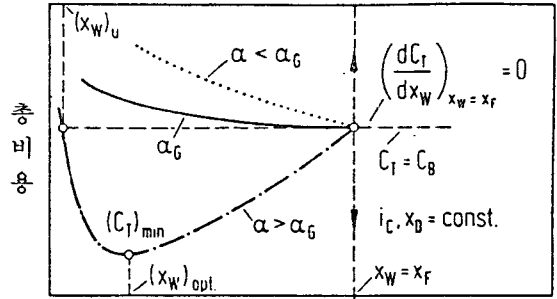
전체비용곡선은 최소의 전체비용( $C_T$ )min을 통해서 통과되어진다. 그리고 유기성화합물의 양분율은 열처리 결과에 의해 최적값( $X_W$ )opt가 감소되어진다.

여기에서 전체비용  $C_T$ 가 순수한 생물학적 처리비용  $C_B$ 를 초과하는 이유는 물분율( $X_W$ ) $\mu$ 가 감소되어지는 것에 의해서 높은 비용의 소비가 초래 되기 때문이다.

실제적으로 이것은 더 낮은 비용을 기대할 수 있는 결정조건을 이룬것이 가장 중요하다.

결합된 처리비용의 한계조건하에서는 식(17)과 (18)

### 열처리후 유기물질의 잔류



### 폐수내 유기물질의 잔류

Fig. 2. 기오염물질의 복합처리를 위한 기준

비용결정 산정기준	
$C_T = (C_B)_{X_W=X_F}$	(17)
$(C_B)_{X_W=X_F} = (\mu_W \cdot C_W + X_F \cdot \mu_C \cdot i_C \cdot C_C) \cdot \frac{t_0}{t_a} \cdot \frac{1}{\mu_F}$	(18)
$\left(\frac{dC_T}{dX_W}\right)_{X_W=X_F} = 0 \rightarrow (C_T)_{X_W=X_F}$	(19)
$\alpha = f(X_F)_{X_W=X_F, X_D, i_C}$	(20)
$\frac{\Delta C_{max}}{(C_B)_{X_W=X_F}} = \left\{ 1 - \frac{(C_T)_{min}}{(C_B)_{X_W=X_F}} \right\} i_C \cdot \alpha \cdot X_F$	(21)

에서 나타낸 생물학적 처리를 위한 방법과 비용이 같다.

<Fig. 2>의 윗부분에 나타낸 그래프는 식(19)에

나타낸 미분계수에 의해서 결정되어진다. 식(20)은 기본적으로 드는 비용을 결정하는 설정기준으로서 역할을 하고 이것은 <Fig. 2>의 밑부분의 한계곡선으로써 정량적으로 나타내었다.

유기성오염물이 포함된 유출수나 한계곡선위에서 동등하게 위치한  $a, X_F$ 는 여러가지 공정이 결합된 방법에 의해 낮은 비용으로써 처리할 수 있다. 이들 한계곡선의 정량적인 평가는 <Fig. 3>에 나타내었다.

유출수 처리의 첫 단계에 정유공정이 적용되어질 경우에는 처리용량, 운전기간, 감각상각시간등과 같은 비용을 결정하는데 필요한 매개변수가 엄격하게 인용되어야 한다.

$$\begin{aligned} \dot{F} &= 18 \text{ t/h, Plant carbon steel} \\ C_c &= 1000 \text{ DM/t, } t_a = 43200 \text{ h} \\ C_w &= 0.10 \text{ DM/t, } t_0 = 40000 \text{ h} \end{aligned}$$

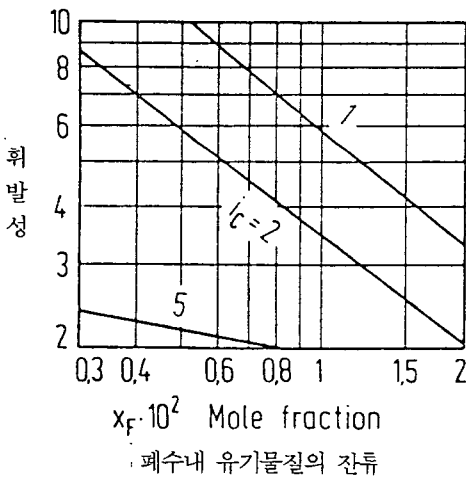


Fig. 3. Boundary curves for effluents

<Fig. 3>에서 나타낸 예는 식(22)에서 나타낸 조건을 만족할 때 식(21)에서 정의되어진 최대의 비용절약을 결정하기 위해서 허락되어진다.

유기성오염물  $a$ 값이 높은 유출수는 순수한 생물학적 처리방법에 의해 처리되는 것보다 여러공정이 결합된 처리시설에 의해 처리되는 비용이 작은 비용으로 처리할 수 있는 몇가지 결과들을 <Table 1>에 나타내어 놓았다.

비교적 높은 것은 낮은 부하를 가지는 오염물과 다른 유출수와 혼합하는 것에 의해 한계조건에서 폐수처리장에 유입되는 양은 초과되지 않는다.

Table. 1 복합산업 폐수처리 비용 절감.

$i_r$	1			
	4		10	
$x_F \cdot 10^2$	1	2	1	2
$\Delta C_{max} / (C_a)_{xw \cdot xF}$	-	0.2	0.4	0.68
$(x_w)_{opt} \cdot 10^2$	0.03-0.01		0.01-0.005	

유출수에 포함된 상대휘발성  $a$ 가 극도로 높은 값을 가지게 되는 시스템에서 오염물이 형성되어진다면 오염된 부하의 성장은 여러개의 증발효과와 같은 열처리에 의해서 balance의 변화가 생기게 될 것이다. 여러가지 경우에 있어서 오염물은 완전하게 생물학적 분해를 할 수 없기 때문에 유출수 처리를 위해서는 어떤 경우에 있어서도 물리적 처리방법이 첨가되어야 됨을 볼 수 있다.

## 5. 산업폐수의 열처리를 위한 장치

유출수 처리는 산업공정에서 발생하는 폐수나 세정장치에 발생하는 폐가스, 생산물에서 부차적으로 발생하는 오염물을 처리하는데서 부터 시작되어졌다.(Fig.4)

<Fig. 4>에 나타낸 열처리 방법의 채택은 오염물의 성장, 농도, 지역적 조건, 경제적 관점, 법률에 따라서 결정되어진다. 화학물질을 생산하는 장치에 흡수되어지는 폐가스로부터 유출수의 여러 가지 액체가 재생되어질 때 증유나 정유에 의해서 재발생 할 수 있다. 흡수된 폐수에 감분이 용해성이라면 결정화와 증발이 결합된 공정에 의해서 제거할 수 있다. 폐가스 흐름에서 부터 제거하기 위한 것이 용해성가스나 증기일 경우에는 허용 가능한 증기 방출량이 크기 때문에 물속에서 흡수가 항상 실행가능하다. 휘발성  $a$ 가 낮고 증기압이 무시할 정도로 적은 특별한 오일(oil)의 경우에는 물 대신에 흡수제를 사용하게 된다. 이와같은 경우에는 방출물이 거의 발생하지 않으므로 유출수를 전체적으로 처리할 필요가 없다. 산업폐수를 열처리하기 위한 장치설계 단계에 있어 지역적인 생산조건이 특별히 고

려되어져야 한다. 다시 말해서 유출수 처리문제는 용액 자체에서 발생되거나 장치설계는 설계용량이나 폐수량에 따라 기본적으로 결정되어진다. 예를 들어 여러가지

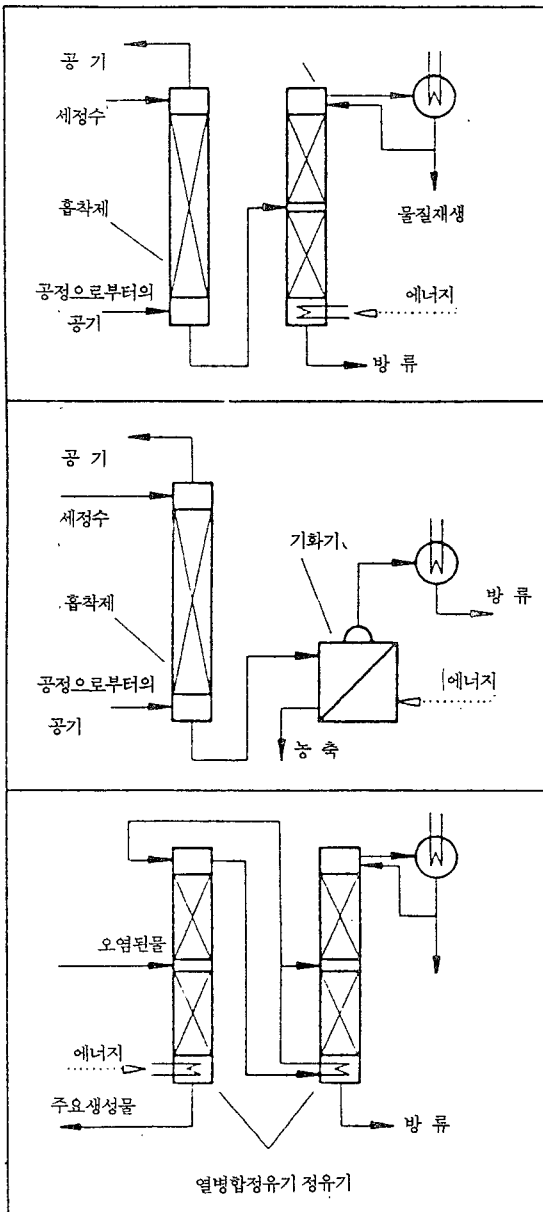


Fig. 4 오염물방류와 물리적처리 공정 예

효과에 의한 자연적인 순환이나 Falling-막 증발장치를 구성하는 시설은 이미 앞에서 언급되어졌고 금속세공시설에서 유화제는 오일/물의 3%로 떨어지게 설계되어져야 한다. 오일이 95%로 포함되어 농축된 것은

연료로서 사용할 수 있다. 물에 포함된 것은 잔류오일이 20PPM보다 더 적으므로 배수구로 방류할 수 있다.

이와같은 성질의 장치는 유화제가 소비되는양이 2-3 t/h가 공급되어지도록 설계되어졌다. <Fig. 5>에 나타난 여러개로 연결된 증발장치는 아크릴 생산공정에서 발생하는 유출수를 처리하기 위한 장치를 나타내었으며 에너지 손실은 높은 온도에서 방출되는 유출수의 열재생에 의해 감소되어지게 된다.

<Fig. 6>에서 나타난 열은 방해되는 더러운 것을 사이클론내에 여러개의 증발장치에 의해서 발화에 의해 유출수가 가열되어져서 회수되어진다. 열은 증발장치내에서 이용할 수 있고 순환을 위해 응축물을 재생하기 위해서도 사용할 수 있다. 여러 경우에 있어서 뜨거운 유출수는 폐수처리장 안으로 유입되기 전에 경각되어져야 된다. 열을 재생하는 것이 경제적이지만 폐수는 <Fig. 7>에 나타난 장치를 가지고 순간증발이나 냉각에 의해서 열을 추출하여 냉각시키고 잔류물질은 농축하여 제거한다. 폐수가 폐가스나 더러운 공기를 가지고 증발하여 제거하는 경우에는 표면교환기는 Scaling이나 더러움 때문에 고려할 필요는 없으며 가스상과 액체상사이에서 직접접촉에 의해 증발성 냉각이 되도록 작동되어져야 한다.

<Fig. 8>에 나타난 장치의 흐름도는 뜨거운 가스 흐름 안으로 폐수가 주입되어져 처리되어지고 가스가 부분적으로 정화될 수 있는 장치이다.

용매 재생을 위해서 증유에 의한 액-액 추출법이나 정유법에 대한 예를 그림9에 나타내었다.

정유에 의한 방법으로 메탄올을 제거하기 위해 요구되는 에너지나 여러 가지 메탄올 농도에 대한 용매량의 함수로서 정유에 의한 결과로써 발생하는 2-옥탄에 의한 액-액추출에 요구되는 에너지를 그림에 나타내었다. 실제 산업에 있어서 정적인 추출장치가 유출수로부터 액체재생을 위해 극도로 효과적임이 판명되어졌다. 가스소오다로부터 벤젠알콜이 제거되어질 때 추출용매는 크실렌이 사용되어진다.

유출수나 지하수나 오염물을 처리하기 위해서 고효율의 탈착장치가 적용되어진다. 물속에 Hocl이 포함된 경우 온도가 적당할 때 충전탑에 현대 플라스틱 충전물을 사용하여 탈착으로 제거하면 우수한 결과가 나타

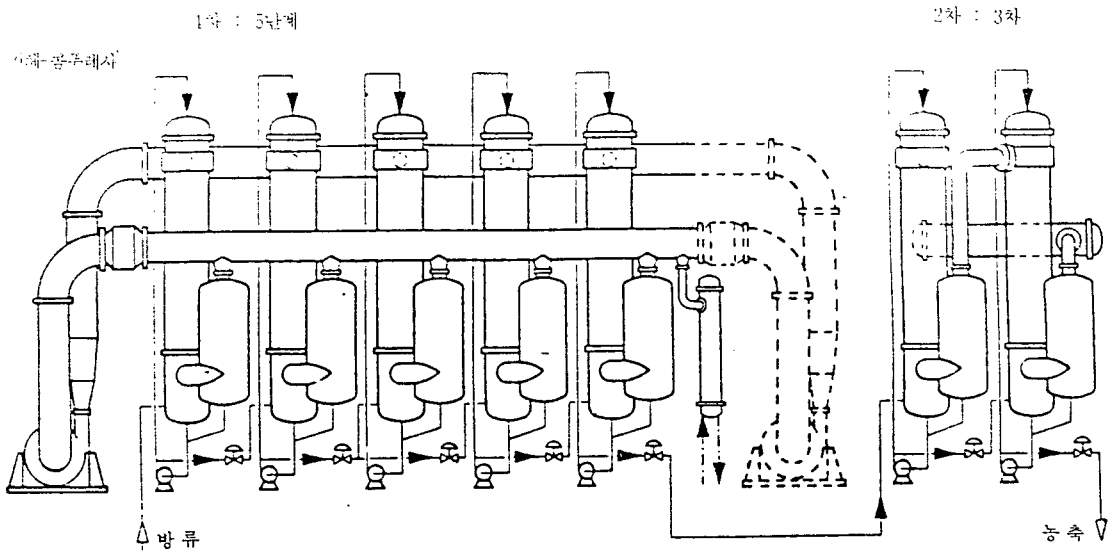


Fig. 5 아크릴생산을 위한 프랜트의 방류처리수의 다단계회화기

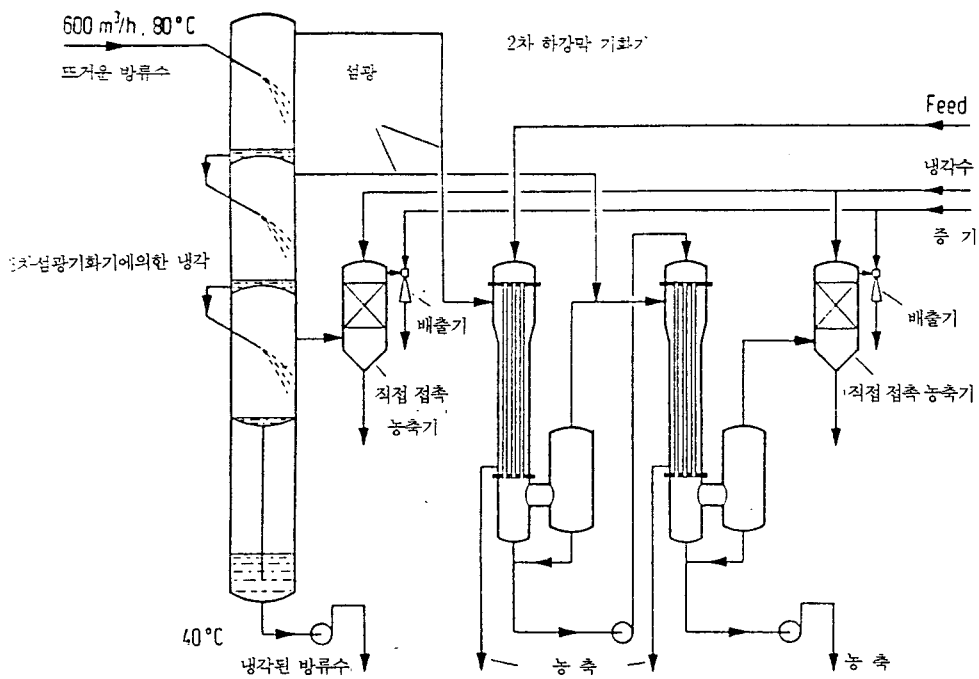


Fig. 6 다단 섬광기화에 의한 방류수의 열재생

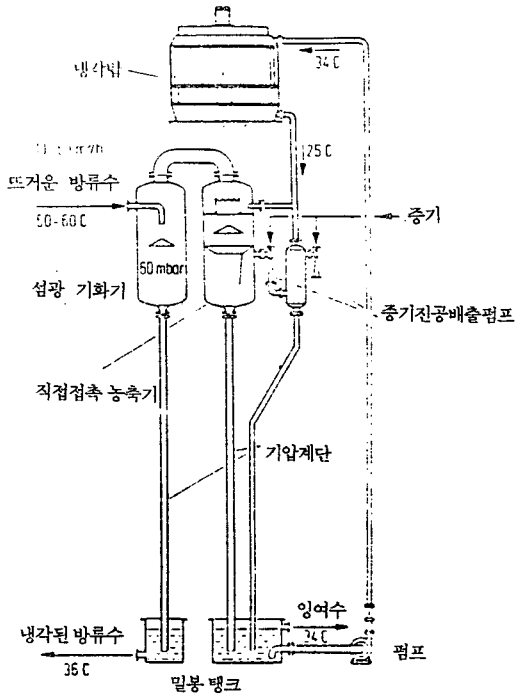


Fig. 7 방류된 뜨거운 공기기화와 설팅기화에 의한 방류수의 냉각

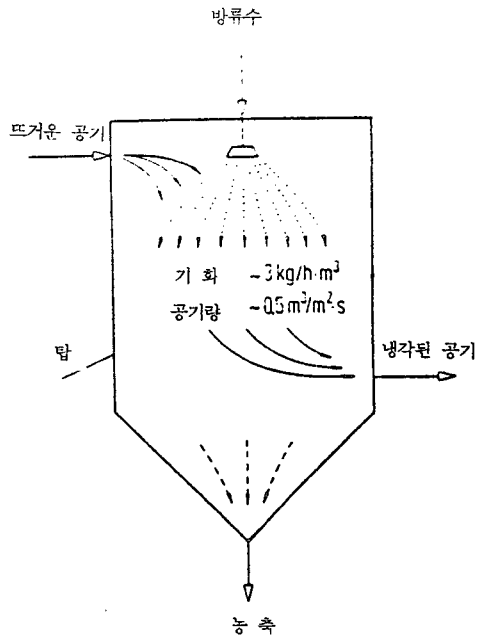


Fig. 8 뜨거운공기 또는 방류가스에 의한 폐수농축

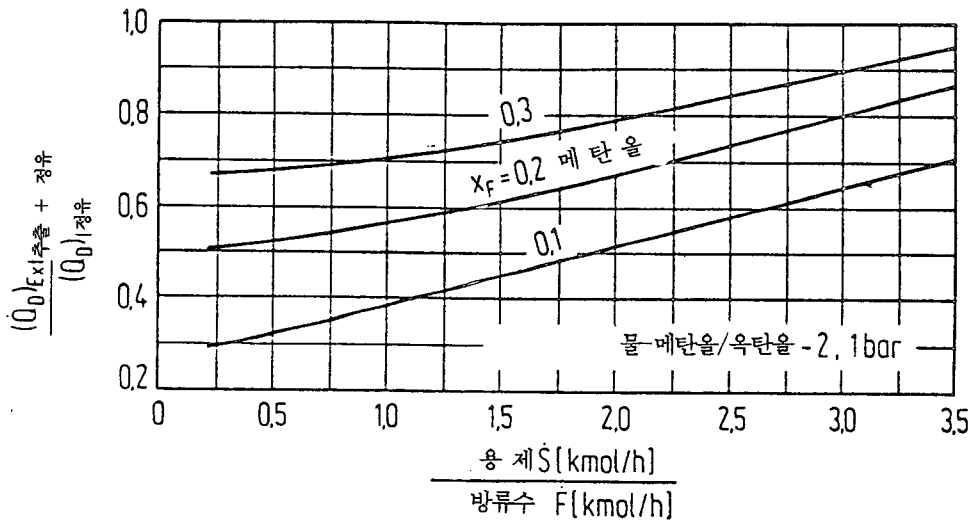


Fig. 9 정유의 재생과 액체-액체추출에 의한 방류수 유기물질의 재생비교



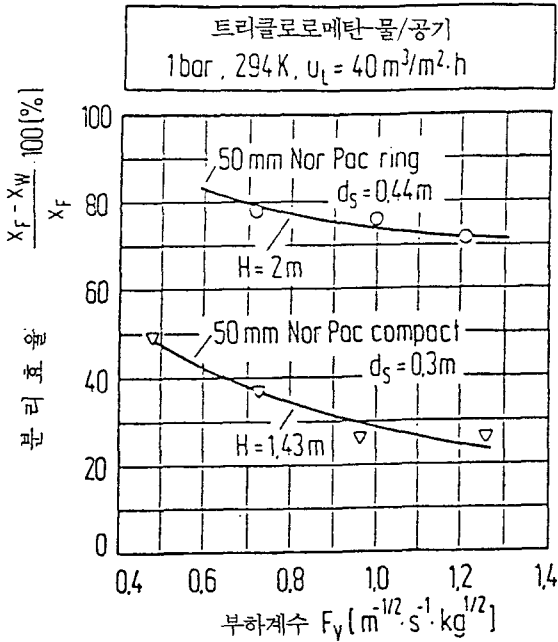
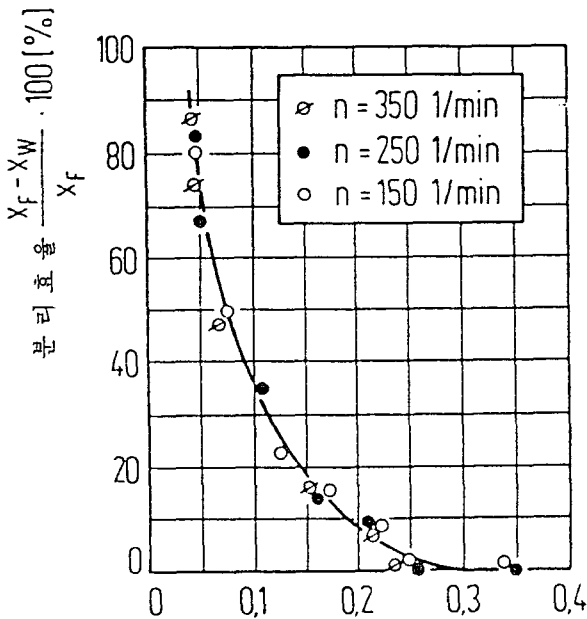


Fig. 10 공기와 desorption과  $\text{HCl}$ 에 의한 폐수처리 효율

Ammonia - Water, 1 bar  
 $x_F = 100 \div 3000 \text{ ppm NH}_3$   
 $t_F = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_H = 103^\circ\text{C}$   
 $q = H \cdot Q_D / F \cdot d_V = 10^2 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^4$



$$\text{Spec. feed rate} \frac{F}{d_V \cdot \pi} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}} \right]$$

Fig. 11 얇은막 기화에 의한 방수로부터 암모니아 탈기

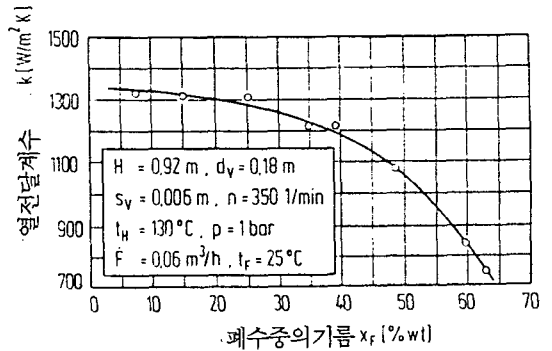


Fig. 12 방류수증기름의 얇은 막 기화의 열전달

나게 된다. 클로로포름-물/공기의 유체의 시스템 결과는 <Fig. 10>에 나타내었다. 어떤 경우에 있어서 유출수내의 가스를 제거하는 것은 환경보호를 위해서 큰 관심사가 된다.

유출수내의 가스를 제거하기 위해서 탈착방법을 적용할 수 없는 경우에는 falling-막 증발장치나 박층모 증발장치가 사용되어진다. 유출수로부터 암모니아가스를 제거하기 위한 고효율은 운전조건에 따라 결정되어진다.

<Fig. 11>에 나타낸 박층 증발장치는 오일이 포함된 유출수의 농도를 처리하기 위해서 또한 성공적으로 적용할 수 있다. <Fig. 12>는 기대되어지는 열전달계수에 대해 이상적인 것을 나타내고 있다. 이 논문에서 나타내고자 한 것은 장치설계를 위해 특이할 만한 결과로서 부대적인 생태학적 과제에는 단위공정의 영역이 아주 광범위함을 나타내고자 한 것이 주목적이다.

## 6. 결론

생물학적 처리방법에서 사전에 열적 처리방법인 물리적 처리방법을 적용함으로써 산업폐수를 정화하는데 있어서 폐수의 성장과 농도에 따라서 가장 효과적이고 경제적으로 처리할 수 있는 다음과 같은 결과를 얻었

---

다.

1) 유출수가 물과 용해되지 않는 혼합물이 형성되어 있을 때는 처리되어지는 온도에서 무시할 정도로 공기 압이 적거나 용해성기질이 없을 경우 증발에 의한 공정이 경제적이고 효과적으로 적용되어진다.

2) 휘발성 성분이 큰 유출수인 경우 비등점이 높고 제거되어야 할 기질이 적을 경우 박층정유가 효과적으로 적용되어진다.

3) 물의 비등점과 용해성기질이 밀접한 유출수의 상대성 휘발성 $a$ 가 낮은 성장인 경우 유출수를정화하는데 정유가 경제적으로 적용되어진다.

4) 유출수내에 상대성 휘발성 $a$ 가 낮은 오염물질 때에

는 선택적인 용매를 가지고 액-액 추출법으로 효과적으로 제거하고 용매가 농축되어질 때는 정유에 의한 재생방법이 가장 경제적으로 처리할 수 있다.

5) 물질전달이 상반되는 성분의 기질이 있을 때에는 탈착과 흡수에 의해서 효과적으로 적용되어진다. 산업 공정에서 부차적으로 발생하는 폐수내의 여러 기질을 정화하고 재생하기 위해서 열적처리 방법의 단위공정은 아주 광범위하게 적용되어질 것이며 산업발전의 고도화에 따라서 자원의 고갈과 환경오염의 심화에 따른 문제점을 해결하는데 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.\*

---

UNEP '90년 제18회 世界環境의 날 주제

## 아동과 환경

The Children and the Environment