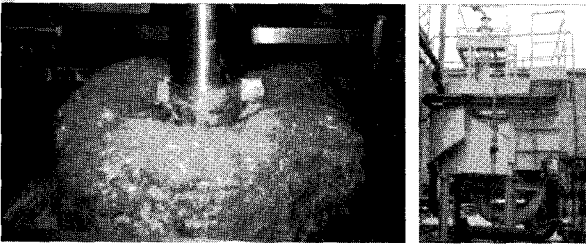


# 부상분리에 의한 폐수처리 기술



조장현 도오엔지니어링(주) 대표이사

## 1. 서론

수질오염이라는 용어가 자주 우리 주변에서 들려오게 된 것은 최근의 일로서 각종 우려의 소리와 함께 다가오는 21세기에 해결해야 할 과제이기도 하다. 수질오염은 이미 잘 알려진 바와 같이 자연의 자정용량 이상으로 매우 다양한 형태의 오염물질이 수용하천으로 유입하기 때문이다.

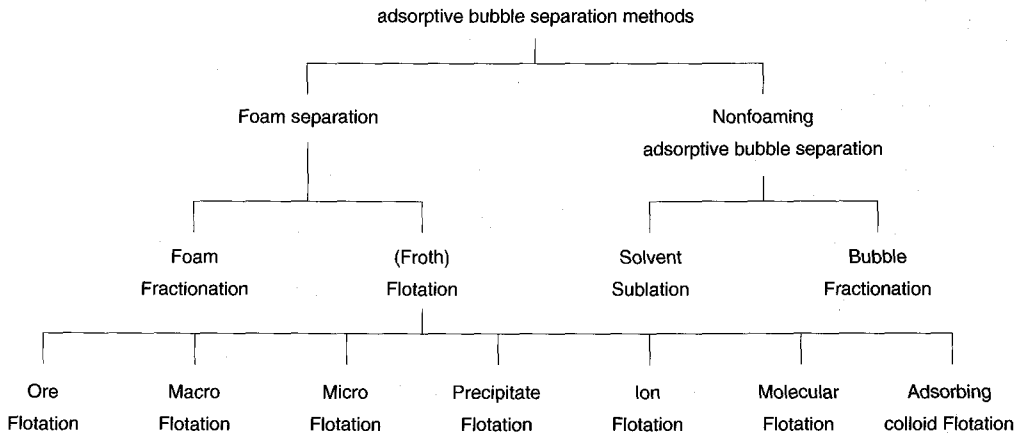
이러한 오염물질은 배출시설의 형태에 따라 종류 및 성상이 다양하고 복잡하므로 일일이 화학식으로 표현하기가

어려우므로 보통 생물화학적 (BOD), 화학적(COD)인 지표와 물리적인 지표로 표현하고 있다.

본 고는 수중에 함유된懸濁物질을 효과적으로 제거할 수 있는 거품부상법에 관하여 기술하고자 한다.

거품 분리법을 넓은 의미로 생각하면 기포를 분리 매체로 하는 분리법으로서 현재의 폐수 처리법에 많이 사용되고 있는 가압 부상법도 이에 포함된다. 또한 좁은 의미로는 Foam Fractionation을 가르키지만 이 경우에는 거품층의 형성이 필수 조건이므로 가압 부상과는 본질적으로

### 기포를 이용한 분리법의 분류



분리 방식이 다르다. 기포가 개제된 각종의 분리 방법을 Karger 씨의 분류에 의하면 다음과 같다.

## 2. JET FLOTE

### 2.1 개요

JET FLOTE는 Down Comer를 이용한 것으로 유체의 속도, 압력, 이상류의 혼합과 비중차에 의한 부상능력을 극대화한 기술로서 폐수중에 SS, Sludge, Algae 등을 제거함은 물론 Oil Water 분리에서도 탁월한 성능을 발휘하고 있다. 또한, 불순물 제거로 인하여 BOD, COD, N, P 가 동시에 극소량으로 되며 용해된 상태의 것만 잔존하게 된다.

이 기술은 기존의 DAF와 다른 것이며 Advanced 된 Technology로서 "Low Shear" 방법에 의해서 Flow 량을 안정화시키며 응집제와 Mixing 된 폐수는 정상류로 유동하여 Down Comer Top에서 하부로 유인된 공기가 응집된 Floc 과 함께 비중이 가벼워지고 부피가 팽대해짐으로서 최대의 부상조건이 되어 표면층으로 부상되어 안내기를 통하여 Dewatering된다.

또한, 흔히 볼 수 있는 것으로 세면대 수도꼭지에 Screen 을 부착시켜 미세한 물줄기를 형성하여 물을 담을 때 수많은 공기 Bubble이 발생함을 볼 수 있을 것이다. 이것은 물이 공기와 접촉하여 공기가 물통속으로 팔려 들어가는 자연현상 때문이다.

본 설비의 구조를 설명하면 (그림1)과 같은 기본형을 근간으로 하여 폐수의 조건에 따라 공기의 흡입 량과 폐수의 유동상태를 변경하는 것으로서 기본형 및 B형에 대한 이론적인 개요는 다음과 같다.

#### 1) 기본형

기본형은 다운코마 (Down Comer) 와 분리기로 구성 되어 있다. 다운코마는 상부로 부터 하부 (Bottom)로 유

동하는 중에 물리, 화학적인 변화와 반응이 이루어지는 파이프 (Pipe) 모양의 구조를 가진 것이며 분리기 (Separator)는 이곳에서 고액이 분리되어 진다.

유입된 폐수가 오리피스(Orifice)를 통과하면서 속도 (Velocity)가 빠르게 되고 이때 음압 (Vacuum)이 발생되면서 외부의 공기가 유인 (Induced) 되어 폐수와 함께 혼합 (Mixing) 된다. 이때 폐수중의 슬러지, 고형물, 기름 등이 에어버블 (Air Bubble)에 부착되거나 에어버블에 싸여 다운코마를 이탈하는 순간 체적이 팽창되어 부력에 의한 급격한 속도가 발생, 상부 방향으로 탈출하는 현상이 이루어진다. 그 후 상부로 부상된 슬러지와 공기버블은 안내관을 따라 넘쳐 흐르게 된다. 또한, 넘쳐 흐른 슬러지는 다음과 같이 두가지 방법에 의해 처리된다.

- 첫째 : 넘쳐흐른 슬러지에는 수분의 대부분이 결합수로 존재하는 것이 아니고 물과 혼합된 상태이므로 필터백 (Filter Bag)에 저장하여 수분이 자연방출 되도록하여 처리하는 방법이다.

- 둘째 : Filter Press 에 의하여 수분을 제거하는 방향으로 슬러지중에 수분의 함량이 적어 취급하는데 용이하나 고가의 장치를 해야하는 문제가 있다.

또한, 처리수(청정수)는 분리기의 하부로 배출되어 소기의 장소로 송출된다. 하부로 배출시 수두 차이를 조정하여 급격한 발출 없이 자연 수두로 발출되도록 하였다.

#### 2) B형에 대하여

B형은 다운코마 (Down Comer), 분리기 (Separator), 청수저장기 (clean Water Storage) 와 순환펌프 (Recycle Pump) 로 이루어져 있다.

B형의 다운코마 (Down Comer) 는 폐수의 흐름을 안정화시켜 응집된 부분이 손상없이 다운코마를 통과 하여야 하므로 처리된 청수를 순환시켜 다운코마 내부의 별도 오리피스를 통과시켜 고속의 유체 흐름으로 인하여 음압이 발생되므로 외부공기가 유인되어 폐수와 혼합되면서 발생

된 공기버블과 접촉하게 된다. 이로 인하여 공기버블에 쌓이거나 표면에 부착된 슬러지나 고형물이 다운코마를 이탈하는 순간 빠른속도로 상부로 부상하게 되어 안내판을 따라 넘쳐흐르게 된다. 넘쳐 흐른 슬러지의 처리는 기본형과 같은 방법으로 처리된다.

처리수는 저장조로 배출되어 분리조와 수위를 조정하면서 처리수조 내부의 웨어 (Weir) 를 통하여 넘쳐 처리수 송출구로 이송된다. 처리수조에 순환펌프의 흡입구가 연결되어 처리된 청정수가 순환펌프를 통하여 다운코마로 이송된다.

### 2.1.1 부상 조건

- 부력 (Buoyant Force)

정지유체속에 잠겨 있거나 떠 있는 물체의 작용하는 표면력과 결과력을 부력이라 말한다. 표면력의 수평성분은

$$\int s dF_{H1} - dF_{H2} = \int s \gamma (z_2 - z_1) dA_H = 0$$

이므로

$$F_x = F_y = 0$$

이다.

표면력의 연직분력을 계산하기 위하여 그림에 표시한 단면인  $dAz$ 인 프리즘의 양단에 작용하는 힘을 생각한다.

$$dF_{v1} = (P_0 + P_1) dAz = (P_0 + \gamma z_1) dAz$$

또한

$$dF_{v2} = -(P_0 + P_2) dAz = -(P_0 + \gamma z_2) dAz \text{이다.}$$

따라서 프리즘에 작용하는 표면력의 연직성분은

$$dF_z = dF_{v1} + dF_{v2} = (P_1 - P_2) dAz$$

$$= -\gamma (z_2 - z_1) dAz \text{이다.}$$

그런데  $(z_2 - z_1) dAz$  는 프리즘의 체적이므로 면적을  $dv$  로 표기하면, 물체 전표면에 작용하는 표면력의 결과력은 다음 적분으로 표시된다.

$$F_z = -\int \int_{AZ} \gamma (z_2 - z_1) dAz = -\int \int \gamma dv = -\gamma V$$

여기서  $V$ 는 유체속에 잠겨 있는 물체의 체적을 말하고, (-) 부호는 부력의 방향이  $z$  의 부방향 즉 연직상방을 향한다는 의미이다. 따라서 정의에 의하여 부력의 크기는

$$F_B = \gamma V$$

이다.

### 2.1.2 EJECTOR or EDUCTOR 의 이론과 설계

에젝타의 설계는 배누루이 정리에 의거하여 개발되었고, 노즐에 들어갈 때의 정압은 유체가 자유로이 유동할 수 있도록 설계된 노즐의 변환부분을 통과 함으로서 운동 에너지로 변환된다. 유체의 높은속도로 인하여 흡입유체가 흡입구로 유도되며 혼합유체는 중간 속도로 혼합 부분을 통과하여 디퓨저(Diffuser) 부분에서는 속도 에너지가 정압으로 변환된다. 이것은 작동유체가 에젝터 노즐을 지날 때의 배누루이 정리이다.

$$\frac{P_1}{W_1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_s}{W_1} + \frac{V_N^2}{2g}$$

$P_1$  = 입구의 정압 (Static Pressure UpStream)

$P_s$  = 노즐팁에서의 정압 (Static Pressure at Nozzle Tip)

$V_1$  = 노즐전에서의 속도 (Velocity Upstream of Nozzle)

$$\frac{V_N^2}{2g} = \frac{P_1 - P_s}{W_1}$$

$V_N$  = 노즐에서의 속도 (Velocity of Nozzle Orifice)

$W_1$  = 작동유의 비중 (Specific Weight of Motive Fluid)

운전헤드 (Operation Head)

디퓨저의 통과시 (Across the Diffuser)

$$\frac{P_s}{W_2} + \frac{V_T^2}{2g} = \frac{P_2}{W_2} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$P_s$  = 흡입시의 정압 (Static Pressure at Suction)

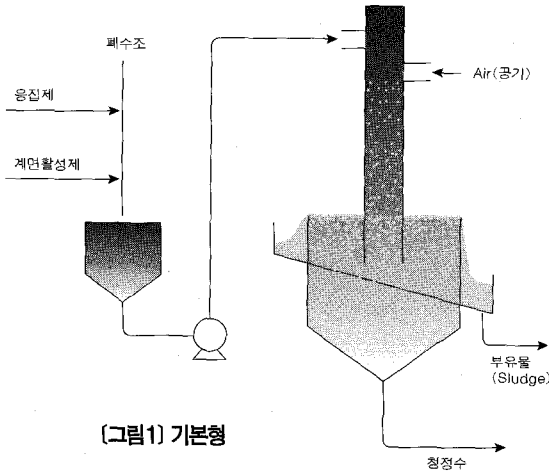
$P_2$  = 취출시의 정압 (Static Pressure at Discharge)

$V_T$  = 디퓨저 목에서 속도 (Velocity at Diffuser Throat)

$V_2$  = 취출시의 속도 (Velocity Down Stream)

$W_2$ =혼합유체의 비중 (Specific Weight of Mixed Flow)

취출시 정압으로 변환 했을 때의 속도를 생각하면  $V_2=0$ 이다.



(그림1) 기본형

## 2.2 처리공정 및 장치설명

본 Jet flote 에서 오염물질이 처리되는 공정을 설명하면 다음과 같다.

- 1) 응집제와 계면활성제 등 반응종을 첨가하여 수중의 오염물질을 Floc 화 한다.
- 2) 그 후 Down Comer 에서는 Jet 류에 의해서 유도된 Air 와 반응조로 부터 유입된 폐수 및 응집제를 혼합 하는데 저응력 방법이 사용된다.
- 3) 젯 (Jet) 를 발생하는 유체는 처리수를 이용하여 노즐 (Nozzle) 에 분사되며 응집제와 폐수를 안정적 유동이 되도록 한다.
- 4) 분리기에서는 조대 Floc과 Air Bubble 이 서로 부착 하면서 부력에 의해 상부로 부상 되어진다.
- 5) 부상된 슬러지는 분리기를 떠나 안내판을 거쳐 슬러지조로 이송한다.

- 6) 이송된 슬러지 (Sludge)는 자연발수식 Bag 에 저장 하여 발수된 후에 처리되거나 벨트프레스 (Belt Press)에 발수 처리된다.
- 7) 처리수는 부상조의 하부 및 청수저장소를 거쳐 처리수관에서 배출된다.

## 2.3 본 설비의 특징

본 설비의 특징을 설명하면 다음과 같다.

- 1) Down Comer 의 고효율로 장치의 크기가 현저히 작다.
- 2) Down Comer 사용으로 인한 Induce Air 로 별도의 Compressor 가 필요 없다.
- 3) 처리속도가 빨라 수리학적 체류시간이 작다.
- 4) 장치가 Compact 하다.
- 5) 슬러지의 함수율이 작아 슬러지 발생량이 작다.
- 6) 고온 (70℃) 폐수에 적용이 가능하다.
- 7) 슬러지 제거용 구동체가 없어 유지 관리가 간편하다.
- 8) 오염물질의 제거효율이 높다.

항목	제거효율	비고
녹조류(Green Algae)	99%	호소수
부유물 (Suspended Solid)	95%	제지폐수
기름류(Oil)	95%	정유폐수
BOD	60~80%	식품폐수
COD	60~80%	식품폐수
질소(N)	60%	식품폐수
인(P)	75%	식품폐수

## 2.4 타 설비와의 비교

본 설비를 기존의 타 설비와 비교하면 다음과 같은 장점이 있다.

### 타 설비와의 비교

	Jet flote(IAF)	DAF(Dissolued Air Floation)
처리속도	3분 이내	15분~30분
SS 처리효율	95% 이상	80~90%
조류제거	99% 이상	비효율적임
장치류	압축기, 벨트프레스 등이 없음	압축기, 벨트프레스 등이 필요
Lay Out	좁은 면적에서 가능	일정면적이 필요
처리형식	상부로 투입 하부로 배출	하부로 투입 하부로 배출
건설비	70%	100%
운전비	0.7	1

### 3. 맺음말

국내 폐수처리 기술로서 거품 분리법을 이용한 Jetflote는 다소 생소하다. 그러나, 외국에서는 거품 거품분리법이 다양한 폐수에 적용되고 있으며 특히 고도처리에서 광범위하게 사용되고 있는 분리법이다. 통상의 처리법에서 오히려 처리 처분의 부담을 경감시킬 수 있고 고효율성이 있어 향후 본 방식을 채택할 시 유리한 이점이 기대된다.

상담 및 문의전화 (0345) 433-2017

## '환경관리인의 배움마당'에서 주인을 찾습니다.

월간 <환경관리인>에서는 공부하는 환경인을 찾습니다. 어려운 현실에도 아랑곳하지 않고 현장을 지키는 환경파수꾼의 배움흔적을 찾아 '환경관리인의 배움마당'에 소개하고자 하오니 환경업무에 종사하면서 석·박사 과정을 이수한 환경인온 학위논문(석·박사)을 보내 주십시오. 여러분의 학위논문을 소중하게 다루어드리는 '환경관리인의 배움마당'에 환경인 여러분의 많은 참여 바랍니다.

- ♣ 원고는 수시로 받습니다.
- ♣ 학위논문 발표기간은 상관하지 않습니다.
- ♣ 보내주신 원고는 돌려드리지 않습니다.