

상·하수처리를 위한 고효율 가압부상 (지하수의 탈오염을 중심으로)

Application of high-rate innovative air floatation
(for ground water decontamination)

金 亨 泰*
Kim, Hyung Tae

1. 개 론

산업문명이 발달하고 인류사회의 복지가 향상될수록 용수의 사용량은 많아지기 마련이다. 용수에는 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 기타 용수로 대별할 수 있는 바, 사용목적에 따라 물의 질과 양이 정하여지며 향후에는 갈수록 용수의 질은 떨어지면서 양 또한 제한적이 될 수밖에 없다.

특히 우리나라의 경우, 상수채취는 대부분을 지표수에만 의존하였으나, 앞으로는 지하수 수요가 증가될 것으로 전망한다.(하천표류수 약 60%, 저수지수 약 29%, 하천복류수 약 9%, 지하수 약 1%)

본 란에 소개코저 하는 고효율 가압부상조는 점차 증가일로가 예상되는 지하수 정화(탈오염)의 전처리 공정으로 최적이라 생각되어 이의 기능 및 사용실적을 외국의 예를들어 보고저 한다.

지하수의 주요오염물을 살펴보면, TDS, 농도, 색도, 대장균류, Fe, Mn, 경도, 중금속류, COD, TSS, Benzen, Total THM, 1.1 Dichloroethylen, 1.2 Trans dichloroethylen, Methylen chloride, Tetrachloroethylen, Toluene, Trichloroethylen, 1.1.1 Trichloroethylen, 1.1 Dichloro-

thane, Freon, Phenol 등이다.

2. 지하수의 사용량, 오염원 및 농도

선진국, 개발도상국을 막론하고 지하수의 음료수화는 날로 증가하는 추세이다. 미국의 경우 음료수중 약 70%를 지하수로 공급받으며 우리나라의 경우는 정확한 통계는 없으나 약 1~1.5%로 추산되며 향후 5년내의 사용량은 약 10% 내외로 추정한다.

지하수의 오염원은 화학약품의 유출이나, 지하 TANK 저장 유해물질의 Leak 등의 산업사고, 철도나 자동차의 약품사고 및 침출수의 오염사고등 3가지로 대별할 수 있다. 우리나라의 경우는 아직 통계자료가 없어서 정확한 사고비율은 알 수 없으나, 미국의 경우, 산업사고가 71%, 철도, 자동차 사고가 16%, 침출수 사고가 3%로 나타나고 있다.

지하수의 정화 주요 목적은, 첫째 음료수로서의 사용 목적, 둘째 지하수 오염확산의 방지 목적, 셋째 공업용수 및 산업용수의 이용 목적으로 어떠한 사용목적이든지 유해 유기오염물질은 꼭 제거하여야 하며 둘째 목적인 지하수에 오염이 확산되면 그 피해가 아주 크기 때문에 이의 방지가 대단히 중요하다.

지하수중에서 검출될수 있는 유독성 유기화합물은 다음 표 1과 같다.

* 지하자원개발기술사. (주)대호종합환경 회장

표 1. 지하수중 유독 유기물질 및 농도범위

유 독 유 기 물 질	발생제거율(%)	농 도 범 위	비 고
Carbon tetrachloride	5	130ug / ℓ - 10mg / ℓ	
Chloroform	7	20ug / ℓ - 3.5mg / ℓ	
Dibromochloropropane	1	2 - 5mg / ℓ	
DDD	1	1ug / ℓ	
DDE	1	1ug / ℓ	
DDT	1	4ug / ℓ	
CIS-1, 2-dichloroethylene	11	5ug / ℓ - 4mg / ℓ	
Dichloropentadiene	1	450ug / ℓ	
Diisopropyl ether	3	20 - 34ug / ℓ	
Tertiary methyl-butylether	1	33ug / ℓ	
Diisopropyl methyl phosphonate	1	1,250ug / ℓ	
1, 3-dichloropropene	1	10ug / ℓ	
Dichlorethyl ether	1	1.1mg / ℓ	
Benzene	3	0.4 - 11mg / ℓ	
Acetone	1	10 - 100yug / ℓ	
Ethyl acrylate	1	200mg / ℓ	
Trichlorotrifloroethane	1	6mg / ℓ	
Methylene chloride	3	1 - 21mg / ℓ	
Phenol	3	63mg / ℓ	
Orthochlorophenol	1	100mg / ℓ	
Tetrachloroethylene	13	5ug / ℓ - 70mg / ℓ	
Trichloroethylene	20	5ug / ℓ - 16mg / ℓ	
1,1,1-trichloroethane	8	60ug / ℓ - 25mg / ℓ	
Vinylidene chloride	3	5ug / ℓ - 4mg / ℓ	
Toluene	1	5 - 7mg / ℓ	
Xylenes	4	0.2 - 10mg / ℓ	
EDB	1	10ug / ℓ	
Others	1	Not Available	

기타 독성 유기물질(발생율 1% 이상)은 PCB, CFC, 2,4-D, 2,4,5-TP(Silvex), Texaphene, Methoxychlor, Lindane, Endrin 등이며 이중 2,4D와 Silvex는 통상 수초나 잡초의 실상에 사용한다. 무기성 독성물질로는 Pb, As, Cu, Cd, Ba, Cr, Hg, Se, Ag, N 등이며, 독

성은 아니나 제거해야 할 항목은 Fe, Mn, TDS, 색도이다.

지하수의 탈오염 방법은,

- 1) 폭기, 화학응집, 침전과 여과방법으로 중금속류, 색도, TDS, Fe, Mn, 대장균류 및 경도를 제거,

- 2) 탈기법에 의한 휘발성 유기물질 제거,
- 3) 초음파를 이용한 Ozon법으로 휘발성 유기물질 제거,
- 4) 활성탄의 습식혼합흡착법에 의한 휘발성 유기물질 제거,
- 5) 과산화수소법에 의한 휘발성 유기물질 제거,
- 6) 생물학적 처리에 의한 여러가지 오염 유기물질 및 질산의 제거이다.

3. 부상조에 의한 지하수 탈오염(정화)

1) 재래식 부상

공기부상법이란 SS의 걸보기 비중을 1보다 작게 하여 부상제거시키거나, 산화, 탈기 및 표면 흡착방법에 의하여 용존성 철, 휘발성 유기물(VOC), 기름, 표면활성제 등을 부상제거시킨다.

따라서 부상기술은 음료수 정화, 지하수 탈오염, 공장폐수처리등의 가장 중요한 처리기술의 하나로 부각되고 있다.

재래식 부상법은 유입수 전량 혹은 그 일부를 2-5kg/cm²의 공기압력하에 약 3분 크기의 압력 TANK내에서 혼합용존시킨 다음 부상조에 보내 압력을 갑자기 감소시키면 미세한 기포가 발생되면서 Fe⁺⁺은 불용성 Fe⁺⁺⁺로 되고 이 기포 표면에 휘발성 유기물, 계면활성제, 기름 및 SS는 덩어리화되고, 탈기되며 부착된다.

결국 휘발성 유기물은 탈기에 의해 제거(이때 활성탄을 후처리에 이용하면 더욱 효과적임)되고, TSS, 계면활성제, 유분등 부유물은 15-60cm/분의 속도로 부상되면 이를(SCUM)을 제거(SCOOP, SCRAPER, SKIMMER 등 이용)시킨다. 이때의 부상조내 체류시간은 20~60분이다.

부상법에서의 제거효율 향상여부는 공기산화와 기포표면에서의 부착력 및 고액분리이다.

부상현상은,

- (1) 전기적 인력에 의하여 기포와 불용성 입

자와의 부착력

(2) 불용성 입자의 물리 흡착에 의하여 기포의 응집력

(3) 불용성 입자의 화학흡착에 의한 응집력 등의 3가지 방식에 의하며, 이때 오탁 물질과 기포간의 결합력은 입자의 표면전하와 세립기포의 발생분포에 따른다.

즉, 유입수와 미립의 기포가 보다 세립이고, 균일하면 할수록 부상조는 보다 작게(낮은 높이)할 수 있다.

2) SUPER DAF

최근에 혁신적으로 개발한 부상조 기술은 재래에 비하여 보다 효율적이고 유지비도 작게 드는데 있다. 뿐만아니라 화학적, 생물학적 오염물 제거까지도 겸하는 기술이다. 더우기 많은 휘발성 유기물군도 제거를 시킬수가 있다.

혁신적 부상조의 깊이는 1M에서 3M 정도이고 몸체의 형은 원형, 사각형, 직사각형등이나 임의로 할수 있으며, 주로 원형을 사용한다..

공기대신에 GAS를 사용할 수 있으며 화염 예방을 위하여 질소 GAS를 사용한다든지, 용해성 철분이나 휘발성 유기물질을 효과적으로 감소시키기 위하여 OZONE을 공기와 같이 병용도 할수있다. 즉, 혁신적 부상조의 분리가능한 불용성내지 용해성 오탁물은 휘발성 유기화합물, 활성오니, 섬유질, 유지류, Emulzon된 기름, Lignin, 단백질, 휴민산, Tannin, 조류, BOD, TOC, Fe iON, Mg ion, 경도, TiO₂, 인(P), 중금속류등(표 2참조)이다.

3) SUPER DAF 부상조의 특징

(1) 구조

SUPER DAF 부상조의 단면을 보면 Fig.1과 같다.

<그림설명>

A : 응집제 투입구(별도 약품 혼합조가 필요치 않음) B : 유입수 PIPE

C : 유입수통

D : FLOC 형성 내부경

표 2. SUPER 부상법에 의한 회수가능한 오염물질 및 제거율

오염물질	제거율(%)	오염물질	제거율(%)
BOD	68	Cr	52
COD	66	Cu	75
TSS	88	CN	10
T-P	98	Pb	98
T-Phenol	12	Hg	75
Oil	79	Ni	73
Sb	76	Se	NM
As	45	Ag	45
Xylene	97	Zn	89
Cd	98	Dichloro bromomethane	> 99
Phthalate	72	Di-n-butyl phthalate	97
Butyl benzen phthalate	> 99	Diethyl phthalate	> 99
Carbon tetrachloride	75	Di-n-octyl phthalate	78
Chloroform	58	N-nitrosodiphenylamine	66
2,4-Dimethyl phenol	> 99	Phenol	57
Dichlorobenzene	76	Ethyl benzene	65
Toluen	39	Naphthalene	77
Anthracene	81		

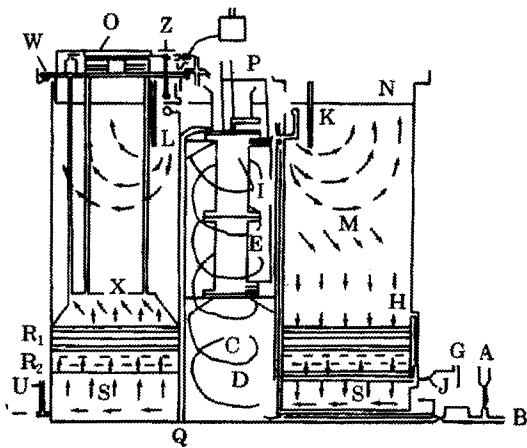


Fig1. Super DAF(부상조) 구조

: 공기분리장치
: 압축공기

H : SLUDGE RELEAF PIPE
I : 원심된 물
J : COMPRESSOR(AIR)
K : 방출 RING
L : FLOC 형성통 외부의 액체
M : 외부 TANK(통)
N : SCUM(수면)
O : SCOOP(수저기)
Q : SCUM 제거통
R₁ : SAND FILTER
R₂ : SAND FILTER
S : 여과수 저장 TANK
T : 처리수 PIPE
U : 소독 PIPE
V : BACK WASHING PUMP
W : 이동판

X : 이동식 FOOD

Z : 분리기

(2) 작동원리

응집약품(A)과 혼합시킨 폐수(B)는 중심의 FLOC 형성통(D)내에서 원심력에 의하여 압축공기(G, J)과 함께 FLOC 형성통(E)의 작용으로 MICRO-SIZE의 BUBBLE을 형성시켜 외부 부상 TANK(M)로 OVER 되면서 SCUM이 형성된다.

SCUM(N)은 회전 SCOOP(O)에 의하여 배출 PIPE(θ)를 통하여 제거되고, 부상이 완료된 처리수는 BOTTOM의 SAND FILTER (R₁, R₂)에서 여과되어 저장(S)되었다가 처리수 PIPE(T)를 통하여 처리수 TANK로 이송된다.

(3) 특징

- 응집제의 혼합 TANK(반응조)를 별도로 설치할 필요없이 직접 LINE MIXIER을 활용할 수 있다.(간편한 시설)
- BUBBLE의 SIGE가 미세(80μ)하여 비표면적이 월등하므로 오탁물의 부착면적이 크므로 단위시간당 처리효율이 우수하다.(3~5분간의 체류시간)
- BUBBLE의 부상속도가 빠르면서도 난류를 이르지 않으므로 모든 10N성 SS까지도 BUBBLE에 부착하여 부유할 수 있는 기회

를 갖는다.(처리효율 우수)

-SAND FILTER를 병용시킬수 있다.(여과기 겸용)

-ACTIVATED CARBON, OZON, 질소GAS 와도 병용시켜 사용할 수 있다.(다목적)

4) SUPER DAF 부상조에 의한 지하수 탈오염

지하수의 탈오염방법은 상기에서 기술한바와 같이 폭기방법, 화학응집방법, 침전및 여과방법, 탈기방법, OZON 처리방법, 활성탄 흡착방법, 과산화수소방법, 생물처리방법등의 단독 내지 혼합처리방식이 지금까지 통용되어 왔다.

그러나 여기 소개되는 혁신적 SUPER DAF 부상조는 전처리공정으로서 상기 단위공정보다 더욱 효과적이고 저렴한 투자로 응용될수 있다.

사용약품은 재래식과 별차없으며 지하수의 오염특성에 따라 일반약품 이외 분말 활성탄을 병용시킬수 있으며 압축공기와 함께 OZON을 병용시킬 수도 있으며, 공기대신 질소(N)을 사용시킬수도 있다. 미국의 경우, DAF에 분말 활성탄을 병용시 오염물 제거율을 조사한 DATA를 살펴보면 표 3.과 같다.

표 3. 분말활성탄 병용시 DAF의 오염물 제거율

오염물질	초기농도(mg/ℓ)	제거율(%)	비고
색도	25cu	100	40ℓ / 분(PILOT TEST) POLYMER(ANION) : 1.5mg/ℓ ALUM : 2.5mg/ℓ pH=NATURAL SAMPLE : 지하수 P.A.C : 250mg/ℓ 체류시간 : 15분
Fe	0.025	100	
Humic 산	3.2mg/ℓ	98	
EDB	0.0012mg/ℓ	100	
Total THM	1.27mg/ℓ	98	
냄새	500TON	99.6	
Mercaptans	0.73S	100	
Pb	0.006	100	
As	1.0	100	

참고. 지하수 정화방법에

-Super DAF 활용법

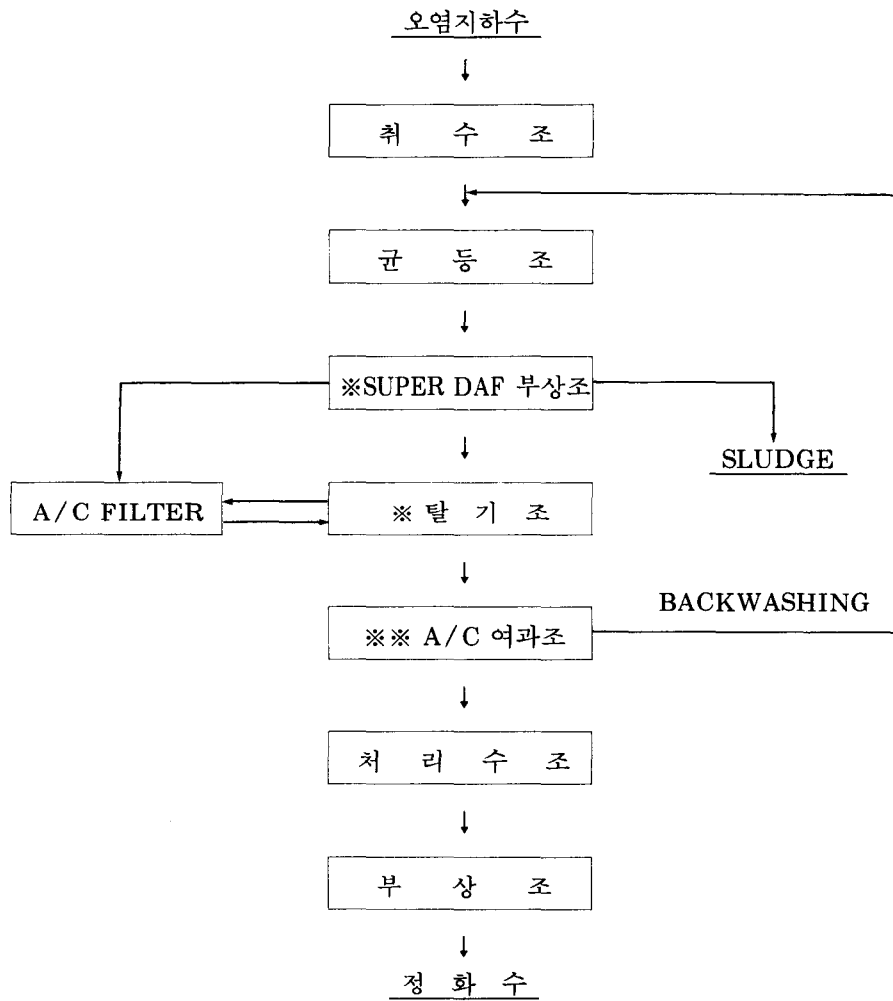


Fig3. SUPER DAF 부상조에 의한 지하수 정화 FLOW-SHEET

※ SUPER DAF 부상조 : 중급속, SS제거

※※ 탈기시설 : 휘발성 유기물질 제거

※※※ A/C 여과시설 : 잔류 휘발성 유기물 제거

☆ A/C FILTER : 배기 GAS로부터 휘발성 유기물 제거

4. 결 론

우리나라 뿐만아니라 세계적으로 관심이 되고있는 지하수의 탈오염(정화) 문제는

1) 탈오염의 주요목적은 음료수로서의 사용, 지하수의 점진적인 오염확산방지 및 농업용이나 상업용으로 이용하기 위함이다.

2) 지하수중에 검출되는 오염원은 독성 유기물질과 무기물질로 이루어지고 있다.(표1)

3) 지하수의 탈오염의 단위공정은 지금까지는 폭기, 응집, 침전여과, 탈기, OZON, 활성탄 흡착, 과산화수소 및 생물학 처리등으로 특징에 따라 단독 내지 2단위공정 이상 혼합활용되어 왔다.

4) 상기의 단위 처리공정은 향후에는 고효율 혁신적 가압부상식(SUPER DAF 부상)을 이

용하게 되어 보다 쉽게, 그리고 효율적으로 정화시킬수 있게 되었다.

5) SUPER DAF 부상방식은 특수한 구조의 미세기포 발생장치를 갖고 있어 체류시간 3~10분 사이에 물의 난류없이 미세기포 부상이 가능하므로 모든 SS는 물론 휘발성 유기화합물을 비롯하여 무기성 물질을 제거시킬 수 있다.

지하수의 탈오염방식을 예로들어 SUPER DAF 부상조를 소개하였으나 본 부상조는 모든 폐수처리시설에도 활용할 수 있어 폐수의 본처리는 물론이고, 폐수의 재이용시설에도 활용시킬수 있어 향후 폐수처리의 전처리 및 3차 고도처리에 크게 이바지할 수 있으리라 사료된다.