

산성우의 예방조치를 위한

신기술소개

문승수 / 고려환경기술 (주) 상무이사. 기술사

John D. Chambers / Vice President, Environetics Inc. U. S. A.

1. 서 론

공업의 발전에 따라서 배출되는 갖가지 형태의 오염 물질의 축적에 기인하여 온 세계는 기상 이변이 속출하고 있는 형편이나, 에너지 위기에 몰린 중진국 또는 후진국에서는 다만 생산만을 강조하고 있으며, 배출되는 오염물질에 대한 저감 조치는 극히 미미하거나 아예 강구하지도 않는 현황이다.

또한 유럽의 삼림고사에 이어 우리나라 산성비에 대한 식물의 피해가 극심하여 생태계에서 생산자에 속하는 식물이 고사될 때의, 탄산가스 과잉에 따른 온실효과는, 더욱 가속화 될 것이므로 노스트라다무스의 1999년이 현실로 다가오지 않는가 하는 우려속에, 근착 미국의 Environetics사의 신기술을 소개하여 산성 가스의 배출을 저감시켜, 산성비의 수소이온 농도를 조정하고 아울러 저급 에너지의 사용에 대하여도 산성가스 및 분진의 배출 억제에 크게 기여할 것으로 사료되어, 본 기술을 소개 하고자 한다.

2. 산성비의 원인

인간의 생활과 생활에 필요한 도구, 소비재 등을 만들기 위한 에너지를 대부분 연료의 연소과정에서 발생하는 연소열을 이용하고 있는데, 인간이 불을 발견한 이래 계속된 이 에너지 습성은, 20세기 후반기에 이르러서야 원자력 에너지, 수력에 의한 발전 또는 직접적인 태양에너지 이용 등의 형태로 바뀌고 있기는 하지만, 아직도 대부분 연소열을 이용하고 있는 실정이다.

연소과정에서 연료를 구성하고 있는 탄소, 수소, 질소, 산소, 유황 등의 기연성 원소는 공기중 산소와 고온 반응에서 산화물로 바뀌는데 이때 발생하는 기체상 물질인 CO₂, CO, NO_x, SO_x 등이 전부 산성가스에 속한다. 특히 근래에 도시 폐기물의 매립지 부족으로, 소각하여 폐열을 이용하고 있는 추세인데 열화비닐수지 등 플라스틱류의 연소는 다량의 그을음과 염소 또는 염화수소 가스를 발생하게 된다.

이러한 기체상의 산성가스는 상온 또는 저온에서의 응축이 일어나지 않고, 공기와 쉽게 확산 혼합되어 증발하는 물에 흡수된 채로 구름이 되고, 다시 비가 되어 내릴때에 다시 흡수과정이 반복되어 빗물은, 거의 시판

탄산성 음료수의 수소이온 농도인 pH3-4까지 내려가서 식물의 잎 또는 줄기등의 부식은 물론 호흡기관을 파괴하여 고사하도록 한다. 또한 지표상에 존재하는 안정한 상태의 금속산화물로 구성된 암석 또는 금속을 미량 용해시켜 하천 및 상수원의 중금속 오염이 증가되고 있는데에 대하여도 심각하게 걱정해야할 시기가 도래한 것이다.

산성비를 만드는 오염물질은 탄산가스, SOx, NOx, HCl, HF, Cl₂ 등의 가스 이지만 지금까지 탄산가스에 대하여는 연소열을 이용하던 에너지 습관에서 배출은 당연한 것으로 여겨 왔기 때문에 각국에서 저항이 일어나고 있기는 하나 최근 미국에서 탄산가스 규제 움직임에 대하여 전 세계가 이를 주시하고 있으며 만약 이러한 국제협약이 결정된다면 화력발전, 스팀보일러 등에는 제약이 따르게 될 것이다.

3. 대기오염 물질의 종류 및 배출 방지 시설

대기오염 물질중 가장 양이 많고 가장 문제가 되는 것은 SOx, NOx로 여기고 있으나 실은 탄산가스는 이 두개의 오염물질 보다 훨씬 큰 세계적 기상 이변의 원인제공 물질로서 주목해야 한다.

우루과이 라운드가 농업경제 기반을 가지고 있고 그 경제 구조가 취약한 우리나라 등의 중진국 및 후진국에 압력이 점차 증대되고 있으며 만약 이것이 타결된다면 국내의 농업은 가격 구조상 완전히 손을 들어야 하는 입장이다. 그러나 농업과 임업은 식물에 의존하는 것으로서 가장 큰 오염물질인 탄산가스를 저감시켜줄 유일한 방법이므로 이에 대한 정부의 자세도 사고의 대전환이 필요하리라고 본다.

농민에 대한 보조금 형태의 지원 또는 이종곡가의 유지등으로 지금까지 농업의 명맥을 유지 시켰으면 앞으로는 이러한 계도를 철회하고 자연계의 탄소 순환 과정인 탄산가스를 태양에너지의 도움을 받아 탄수화물로 전환시킬수 있는 산업에 대한 오염물질 저감의 입장에서, 오염물질 배출자의 사용 연료에 비용을 부가시켜서 이를 농민 또는 산림업을 영위하는 사람에게 정당하게 돌려 주어야 한다는 것이 필자의 생각이다.

아울러 세계각국 중에서 공업 발전에 따라 얻어지는

부가가치의 일부는 아마존 밀림등 자국의 삼림을 개발하고자 하는 나라에 대한 당연한 배상으로서 비용을 부담하여 증으로서 탄산가스를 일정한 형태의 탄수화물로서 지상에 남아 있도록 하는 조치가 필요하리라 여겨진다. 탄산가스에 대하여 이를 저감시키려고 하는 것은 현재의 경제여건으로 감당할 만한 위치가 아니나 종래에는 이를 강구하여야만 할 것으로 사료된다.

다음의 문제는 분진이다.

분진은 입자상 오염물질로서 상온에서 고체인 것으로서, 상온에 액체인 것은 미스트라 한다. 분진은 입자의 크기에 따라 포집하여 제거할 수 있는 설비가 여러가지로 고안되어 사용되고 있으나 형태로 보아 원심력 집진시설, 여과 집진시설, 전기 집진시설, 습식 세정시설, 건식 세정시설 등으로서 각자의 특성과 구조에 따라 우수한 능력을 발휘하고 있고, 현재 광범위하게 사용되고 있다. 다만 입자의 영역이 극히 적은 경우에는 공기중에 부유하는 시간이 오래 걸리고 거의 기체와 같은 작용을 하기 때문에 특수 설계된 습식 세정시설을 이용한다. 도심에 가면 분수가 설치되어 분수가 작동하게 되면 마음도 같이 시원해진다. 그러나 우리나라에서는 분수가 곧 자동차 배연 또는 미립자 분진 또는 가스등의 세정에 유효한 것임을 간과하고 있는것 같다. 특히 공간 부족으로 인하여 지하시설이 증대되고 있음에 비추어 지하에는 분수 형태의 공기 세정시설이 가장 효력이 있음을 알아야 할 것이며 공간마다 또는 도심의 공간마다 분수 설치를 의무화 하여야 할 것이다.

큰 건물에 미술품인 조각등의 비치 보다도 분수 하나가 예술과 생활환경의 조화를 이루는 더 큰 역할을 할 것으로 본다. SOx라고 알려진 황 산화물은 가장 산성이 큰 황산을 제조하는 원료물질로서 이의 피해는 극히 소량이라 할지라도 생체의 부식 또는 물분자가 개재된 동식물의 생체물질에서 물을 빼앗아서 조직을 탄화시키는 아주 무서운 물질임을 알아야 할 것이다. 시청앞의 오염농도 전광판에 표시된 이황산가스 농도는 공포의 대상이 되고 있으며 겨울에 연탄을 사용하는 도시의 SOx농도는 생활환경 기준을 훨씬 상회할 것이라는 것은 누구도 알고 있는 것이나 지금까지 대책은 없다.

이황산가스는 유황이 타게되면 발생하는 가스로서

중학교 과정에서 꽃잎의 탈색시험에 사용해본 경험이 있는 환원성이 있는, 화학적으로 활성이 큰 가스나 증류를 연료로 이용하는 증기 보일러 또는 화력발전소에서 연료중에 함유된 유헴분(약 1.6%)이 연소되는 만큼의 SO₂ gas는 약 85ppm이하 수준에서 배출되고 있으며 현재 적용 법규에서는 아무 문제도 없게 되지만 시설의 규모에 따른 배출량의 막대함에 따른 생활 환경 기준에 미치는 영향에 대하여는 법적으로 연료 사용의 제한만으로 보호할수 있는 수단만을 구비하고 있는 실정이다.

SO₂ gas는 더욱 산화되면 황산가스가 되는데 이는 물에 흡수되면 황산이 되어 산성이 강화됨은 물론 환경에 미치는 피해가 가장 눈에 띄게 크게 나타나는 물질이 된다. 이를 저감시키는 기구로서는 알칼리 수용액에 의한 습식 세정 방식이 있으며 간혹 전식 세정 방식도 유효하게 대처하고는 있지만 전식 세정 방식에 있어서 분진의 집진 기구에 많은 부하(load)문제로 특별히 유익한 점은 없다 하겠다.

NOx라 알려진 질소 산화물에 대하여 관심이 부각된 것은 각종 가스 연료를 사용하면서 부터이나 아직도 그 피해라던지 그 위험성에 대하여 크게 경계하고 있지 않는것 처럼 보이나 이것 또한 SOx에 못지 않은 위험성 gas 성분임을 주목 하여야 한다.

질소 산화물은 연료에 포함된 질소성분 또는 암모니아 등이 연소될때 발생하는 가스로서 반응율이 낮아서 alkali 세정으로 쉽게 흡수, 제거되는 gas가 아니기 때문에 세정장치도 단수가 많고 탑고도 높아야 하며 이에 따라 송풍기에 걸리는 압력손실도 추가 됨을 유의하여야 한다. Gas 연료를 사용하면서 종래 고체 연료 또는 액체연료로서 탈할수 없는 연소 불꽃의 가장 뜨거운 곳의 온도가 1500℃ 이상에 쉽게 달할수 있게 되어 이 온도에서는 공기중의 79 vol%에 달하는 질소가 21 vol%에 달하는 산소와 연소 반응을 일으켜 NOx를 생성하기가 훨씬 용이해졌다는 점을 주목하여야 한다.

가정용 또는 서비스 업소에서 사용하고 있는 gas를 적절한 Vent없이 열 이용에 사용하는 것은 상당한 NOx가 포함된 공기를 사람의 폐속에 집어 넣는 경우가 되므로 환기등의 제반 조치를 항상 강구하여야 할 것이다. NOx는 250ppm 정도의 규제치로서 증류에 포함

된 질소분의 연소로 인하여 대개 200ppm정도의 NOx가 발생한다. 그러나 1500-1600℃에서 NOx는 공기 중 질소의 연소만으로 약 200ppm이 더 추가가 된다는 점이 주목해야 할 점이다.

기타 HCl, Cl₂, F₂, HF등은 특수한 경우에 해당하나 전체적으로 NOx의 제거보다는 간단한 장치로서 해결이 가능한 오염물질이다. 이상 열거한 물질중 SOx 및 Dust를 제거하기 위한 지금까지 출현된 시스템중 이상적인 EDSS 전식 세정장치를 소개한다.

4. EDSS 건식 세정기

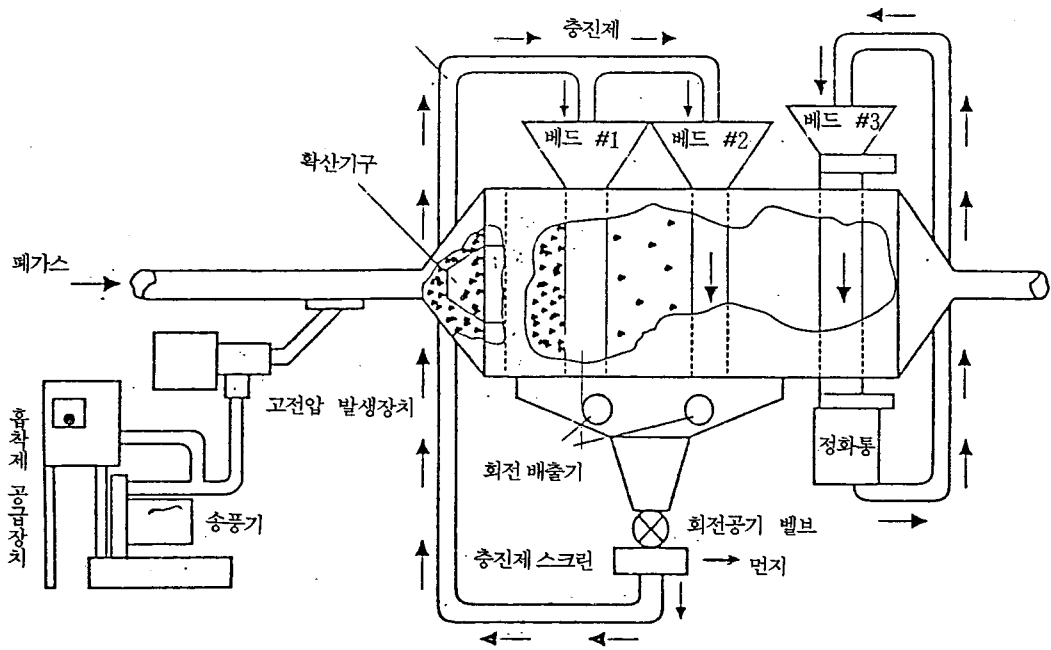
Alanco group의 자회사인 Environetics에서 개발된 EDSS 건식 세정기는 12년간의 Pilot Test를 거쳐 무려 9,000,000\$의 개발 경비가 소요된 장치로서 Environetics는 이 시스템을 Total Solution 이라고 자랑하고 있다.

대기오염 물질도 이미 생산 기술의 진보에 따라 다량의 대기오염 물질이 배출되고 있어 그 성분에 관한 연구만으로도 앞으로 수년간 더 연구가 필요한 과제이지만 현재까지 위에서 언급된 Dust 및 산성가스의 제거에 탁월하고 간단하면서 Operating Cost가 적게 드는 장점을 가진 공법이 EDSS 건식 세정기 이다.

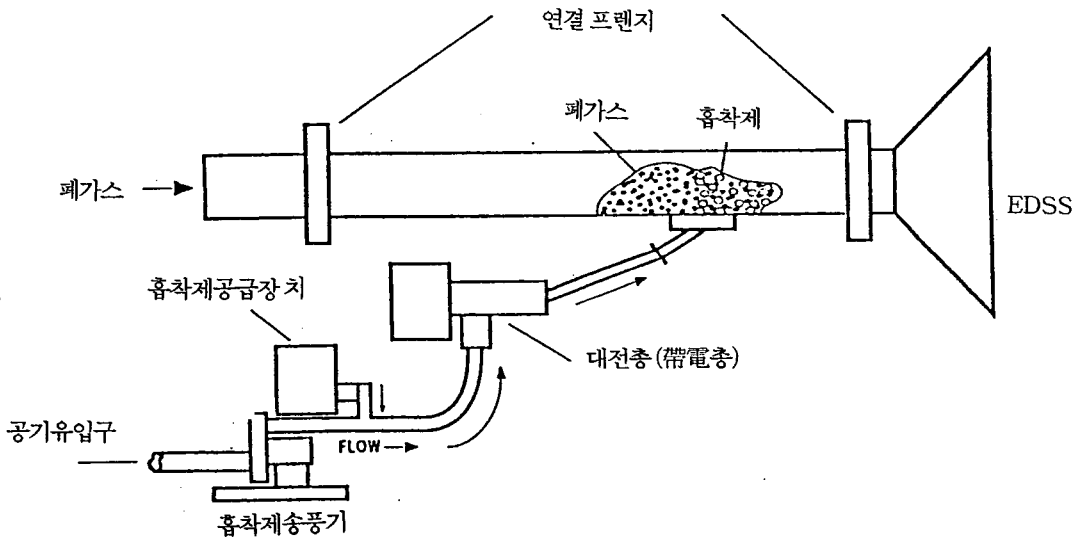
이 시스템에 관한 개념도를 Fig-1에 표시 하였다.

그림에서 보인바와 같이 Dust (Particulate)와 Acid gas(SOx, NOx 등)가 포함된 Dirty gas는 왼쪽 유입구쪽에 도입된다. Sorbent인 lime(소석회, 생석회)Hopper에서 고압 송풍기에 의하여 Feed된 Sorbent는 High Voltage(60000 Volt 정도)Low Ampere(0.01 mA)전기를 Charge시켜 정전기를 Sorbent에 부착시킨 형태로 gas 도입관에 주입된다.

Diffusion Cone에서 Dust와 Sorbent가 Suspension된 상태에서 정전기가 부착된 Sorbent는 SOx등 Acid gas와 반응하여 CaSO₄ 또는 CaSO₃상태로 전환하고 lime의 표면적과 SOx gas가 반응하여 생성된 CaSO₄는 정전기를 유지한 상태로서 dirty gas중에 존재하는 Particulate를 부착시켜서 2단의 Moving Bed의 Media(석회석, 자갈)에 부착되어 하방의 Rotary Discharge에 의하여 이동 속도를 조정하면서 Rotary Airlock 장치를 거쳐 Media Screen에서 Media보다



- 그림 1 - EDSS 계통도



- 그림 2 - 흡착제 공급 흐름도

입자가 작은 size는 계 밖으로 배출된다. 이 두단계의 Media Moving Bed를 통과한 가스는 가스의 종류에 따라 유기물 가스의 경우 Activated Carbon 또는 규조토 fixed bed를 통과하여 Polishing 단계를 거쳐 취기를 제거할수 있다.

따라서 종래의 Dust Collector로서 Cyclone 또는 Bag Filter (house), 전기집진기 등을 이용한 Dust만의 제거에 나타난 단점을 보완할수 있는 장점으로 높은 고온가스를 냉각하지 않고 그대로 처리 가능하여 Operating Cost의 절감과 생성된 Gypsum등의 종말처리에 별도의 처리없이 매립을 할 수 있는점이 유리하며 산성가스 제거에 세정장치를 이용할 경우 발생하는 폐수처리의 필요성이 없어지는 등의 좋은점이 있다.

Fig-2에 Sorbent Feed Schematic을 표시하였다.

5. EDSS의 이용방안

EDSS는 종래의 대기오염 방지 설비와는 달리 Multipurpose 기구이며 현재까지 특히 중점, 관리하고 있는

SOx, Dust 등의 제거에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 지금까지 연료의 유황함량에 기초한 배출허용 농도를 배출량이 많은 거대업소부터 SOx gas농도 규제를 강화하여 이 EDSS 시스템을 국책과제로서 단계적 이용이 바람직 할 것으로 사료된다. 특히 우리나라에는 석회석이 풍부한 관계로 소석회 또는 생석회는 향후 수십년간 비교적 저렴한 가격으로 공급 받을수 있는 입장이므로 Sorbent 또는 Meida 공급에 대한 우려는 필요가 없을 것이다.

저대 배출업소에서 부터의 규제는 전반적인 환경오염치 저하에 가장 현시적으로 나타날수 있는 좋은 사례가 될 것이며 이에따라 중소 배출업소에의 EDSS의 적용으로 SOx gas 규제 및 분진의 규제치를 훨씬 더 낮게 설정하여 쾌적한 환경유지의 첩경이 될 것이다. 또한 NOx, CO₂, CO 등의 가스의 Sorbent를 전기 저항이 큰 물질을 개발하여 이용하므로써 대기오염 물질의 종류에 따른 Sorbent 개발 부분에도 중요한 전기를 마련할수 있을 것으로 본다.

6. EDSS Pilot Test 결과

· SO₂의 경우(New Cornelia Smelter Test)

Test	유 입 lb/hr	유 출 lb/hr	제 거 율 %
1	0.77	0.120	84.0
2	0.48	0.094	80.0
3	0.75	0.035	95.0

· Steel Industry의 경우

SO ₂	유 입 ppm	유 출 ppm	% 제 거 율
SO ₂	159	50	68.55
	129	15	88.37
	128	4.7	96.33
	125	34	72.80
F ₂	281	0.6	99.79
	27	5.4	80.00

· Power Utility의 경우

SO ₂	유 입 ppm	유 출 ppm	% 제 거 율
		5102	998
입자상 물질	Inlet Grain/ft ³ (mg/Nm ³)	Outlet Grain/ft ³ (mg/Nm ³)	
	1.11 (2539mg/Nm ³)	0.03 (68.6mg/Nm ³)	97.30
*참고 : Grain = 0.0648g ft ³ = 28.32ℓ			

· Copper Industry의 경우

SO ₂	유 입 ppm	유 출 ppm	% 제 거 율
	7593	1590	79.06
	7989	1052	86.83
	8138	1146	85.92
	10689	576	94.61
	7566	1217	83.91
	4154	769	81.49
입자상 물질	유 입 gr/ft ³ (mg/Nm ³)	유 출 gr/ft ³ (mg/Nm ³)	
	0.754(1725)	0.017(39)	97.75
	1.239(2834)	0.007(16)	99.44
	0.504(1153)	0.007(16)	98.61
	0.855(1956)	0.005(11)	99.42
	0.94(2150)	0.008(18)	99.15
	0.31(709)	0.005(11)	98.39

· 총 Pilot Test 결과의 오염물질 제거 효율 평균치

· 입자상 물질 97.41%

· HCl 82.36%

· SO₂ 84.64%

· F₂ 89.89%

7. EDSS 의 문제점

EDSS로서 지금까지 시도하여보지 못한 가스중 NOx 및 CO₂제거에 관한 것은 현재까지도 적절한 Sorbent와 Media의 개발이 진행중 이므로 좋은 결과를 기대할수 있으리라 본다.

그러나 지금까지 노출된 단점으로는

가. 생성되는 Gypsum의 량이 오염물질 농도의 양에 따라서 정량적으로 반응하므로 고품 폐기물의 양이 급증할 것으로 예상되어 Gypsum의 매립 또는 재이용의 방법을 강구하여야 할 것이며,

나. 고압 전류를 이용하므로 안전상 문제가 항상 개재된다는 점을 들 수 있다. 그러나 이러한 문제점은 미국에서 시도하고 있는 산성비에 기인한 호수의 물의 pH가 낮으므로 인하여 어족, 수서식물이 고사함에 따라서 뒤늦게 lime으로 중화시키는 방법 보다는 훨씬 경제적이고 오염물질 배출시설에 설치함으로써 원천 봉쇄가 가능한 점이 유리한 점이다. 또한 EDSS 시스템에서 SOx의 제거에는 100%제거가 되지 않고 대략 80%수준에서 제거되는 것으로 보고 되어 있지만 Sorbent의 양, Voltage, Media Bed의 속도

조정 등 가변적인 요인이 많으므로 배출허용 기준을 임의로 조정할수 있는 가장 큰 장점이 있다.

중공에는 전력이 부족하여 값싼 자국산 석탄 등을 이용한 화력발전을 계획하고 있다고 한다. 만약 무방비 상태로 SOx 등을 배출하게 되면 황사현상과 같이 대륙의 고기압에 확산, 혼합되어 우리나라에 미치는 영향이 지극할 것으로 예상 되는데, 오염방지를 위한 국제협력이 절실한 입장인 점도 당국자에게 주의를 환기 시키고 싶다.

8. 결 어

기술은 시대적 요청에 따라 수요가 있을때 크게 발전해온 역사를 우리는 잘 알고있다. 특히 환경보전을 위한 기술은 아무리 강조해도 지나침이 없을 정도로 생활 및 생존에 위협을 받고 있는 실정에서 이러한 기술을 12년간의 긴 시험끝에 성공시킨 Environetics의 Jones 회장에게 감사 드리고 본 기술이 어떠한 다른 제약에 의하여 주저 되거나 멈춰져서는 안된다는 것이 필자의 소견이며, 널리 보급될수록 인간의 생활환경, 자연환경에 유익하다는 점 때문에 본 소개를 드리게 되었음을 양지하기 바랍니다. *



분리수거 쓰레기통 개발

전국이 날로 쌓이는 쓰레기더미로 환경오염에 시달리고 있어 쓰레기처리 정책의 주요현안으로 등장하고 있다.

이처럼 날로 심각해지고있는 쓰레기문제를 다소나마 덜어주기위해 한 중소기업이 쓰레기를 분리, 수거할 수 있는 아이디어상품을 자체 개발해 이색적인 판촉활동에 나서고있어 화제가 되고 있다.

홍우무역(대표 이철성)이 화제의 업체로 지난 3월 쓰레기를 버릴때부터 폐기용과 재생용을 분리할 수 있는「분리수거용 쓰레기통」을 개발, 8개월동안 한푼의 매출실적없이 생산한 전량을 신상품전시회, 북경아시아안계임, 전국체전등 각종공식행사에 출품 또는 기증하면서 쓰레기 분리수거의 중요성을 인식시켜 나가고 있다.

이회사는 북경아시아안계임기간중 분리수거용 쓰레기통 2천7백여개를 중국정부에 기증했고 제71회 전국체전때는 청주시에 1백50개를 무료로 공급하기도 했다.

이밖에도 환경오염방지기기전등 각종전시전람회에 빠짐없이 출품했는데 여기에 들어간 비용만해도 자그마치 2억5천만원에 달하고 있다.

분리수거형 쓰레기통은 종래의 옥외용 쓰레기통을 개량한 것으로 쓰레기 투입구와 내부를 2~3개로 구분, 빈병 깡통등 재생가능한 쓰레기와 젖은쓰레기, 일반폐



기물등을 따로따로 수거하도록 고안돼 있다.

홍우무역은 현재 옥외용쓰레기통만 공급하고 있지만 이미 가정용분리수거용 쓰레기통도 개발, 내년부터 아파트등 각가정에 본격적으로 공급할 계획이다.

이 쓰레기통의 각가정 및 공공장소 보급확대가 성공한다면 93년 대전엑스포와 세계잼버리대회등 국제행사의 특수를 기대할수 있다고 이사장은 털어놨다.

한편 이회사는 이제품의 보급사업을 공익차원에서 전개해나간다는 뜻으로 앞으로 청소미화원 자녀와 소년소녀가장 10명에게 장학금을 지원해줄 계획도 세워 놓고 있다. * (매일경제 11월17일자 참조)

「수중폭기」로 상수원 정화

대청호엔 지난10월 국내최초로 수중폭기장치가 설치돼 가동되고 있다.

수질개선의 획기적인 기술혁신으로 받아들여지고 있는 이 폭기장치는 청주 취수탑에서 2백m 떨어진 곳에 1백50m 간격으로 3대가 세워져 있다.

한국수자원공사가 총9천만원을 들여 설치한 길이9m, 직경0.5m크기의 이 폭기장치는 1대가 하루 7천9백톤의 물을 순환시켜 물을정화하고 있다.

국내에선 낯선 이 시설은 옥상에 설치된 컴프레서에서 송기관을 통해 압축공기를 보내 공기실에 채워지면

공기가 일시에 양수통 위쪽으로 분출되면서 도너츠형의 기포가 원통내로 올라간다.

통안의 물은 기포상승에 의해 상층부로 올라가고 저층에 있는 물도 흡수구를 통해 상승, 양수효과가 발생한다.

이같은 작용이 분당3~4회씩 간헐적으로 반복, 저층수와 표층수가 혼합돼 산소가 공급되는 동시에 수온이 상승해 표층부분의 물이 사방으로 확산돼 상하수의 순환이 촉진되는 것이다.

이미 일본에서는 70년대초부터 폭기장치를 설치, 상수도원의 수질을 개선시키고 있다.

일본은 상수원관리에 있어 지금까지의「깨끗한 물」개념을 넘어서「맛있는 물」차원의 수질연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

일본의 연구결과에 의하면 수중폭기장치는 저층수의 수질개선및 인의 용출, 조류증식을 억제하는등 부영양화를 막고 물비린내(악취)도 제거해주는 효과가 있는 것으로 밝혀지고 있다.

대청호에 설치된 수중폭기장치는 1대당 반경2백m에



직접적인 효과를 미치고있는데 컴프레서의 동력이 7.5마력으로 연간 동력비가 모두 1천5백만원이 소요된다.

한국수자원공사 김도한 환경부장(43)은「일본등 외국의 사용분석결과 조류와 악취억제등에 상당한효과를 보고있는 것으로 나타났다」며「그러나 각댐의 지형등 특성에 따라 효과가 차이나기 때문에 최소한 1년이상 가동한뒤에야 정확한 효과분석이 가능할것」이라고 말했다.

수자원공사는 이폭기장치의 수질개선효과가 좋을경우 다른다목적댐에도 추가설치할 계획이다.*

(한국일보 11월18일자 참조)

UNEP '90년 제18회 世界環境의 날 주제

아동과 환경

The Children and the Environment