

유해가스처리기술

::연재

I. 유해가스처리기술

1. 유해가스 처리개론

유해가스는 종류도 많고 물리 화학적 특성이 다양하므로 가스 성분과 성상을 정확하게 파악하는 것이 중요하다.

유해가스는 가스 종류에 따라 인체에 독성이 강하여 급성이나 만성중독을 가져오는 물질이 있는데 이러한 유해가스가 발생하는 작업장에서는 작업자의 건강 보호와 주위 주민들에게 피해가 발생되지 아니하도록 유해가스 처리에 주의를 기울여야 한다.

인화성이 큰 휘발성 유기화합물질(Volatile Organic Compound)은 화재나 폭발의 위험성이 상존하므로 유해가스의 농도가 폭발 범위에 이르지 아니하도록 방지시설을 운전하여야 하며 전기 설비는 방폭구조로 설치하고 스파크 발생 방지와 화기 등의 점화원을 차단하여야 한다.

악취가 강한 유해가스는 작업장내로 확산되어 작업환경을 오염시키고 창문이나 출입문을 통하여

외부로 누출되어 악취가 멀리까지 발생되므로 작업환경을 쾌적하게 유지하도록 하며 방지시설에서 유해가스 처리후에도 미량의 미처리가스가 주위로 확산되어 악취민원을 일으키기도 하므로 악취가스 처리시는 고효율의 방지시설을 설치하고 항상 정상가동을 유지하도록 관리하여야 하겠다.

유해가스를 처리하는 기술에는 물리적인 방법, 화학적인 방법, 생물학적인 방법, 연소방법 등의 다양한 처리방법이 있으며 한가지 방지시설 설치로 처리하는 경우 또는 2가지 이상의 방지시설을 병렬로 설치하여 유해가스를 처리하는 방법 등이 있으며 복수의 처리시설을 설치 운영시에는 압력 손실에 높게 되어 송풍기 마력이 커지게 되며 또한 배기풍량이 적어져서 방지시설 효율 저하를 발생하기도 한다. 유해가스를 처리할 때에는 단일성분의 유해가스 혹은 여러성분의 복합 유해가스인가에 따라 방지시설을 선정하여야 하며 방지 시설 설치비용 및 운전비용, 유지 보수비용을 조사하여 효율적이고 경제적인 유해가스 처리가 이루어지도록 하여야 하겠다



〈표 1〉 유해가스 처리방법 장·단점 비교

처리방법	원 리	장 점	단 점
연소법	직접 연소는 650~850℃의 온도에서 산화시키고 촉매를 사용시에는 200~400℃의 온도에서 유해물질을 산화시키는 방법	- 처리 효율이 높다 - 농도가 높을 경우 운전비용이 저렴	- 화재 위험성이 상존 - 농도가 낮을 경우 운전 비용이 많다
흡착법	활성탄, 제올라이트 등 흡착제를 이용하여 유해가스를 흡착 제거하는 방법	- 적응성이 높다 - 설치비용이 적다	- 탈착시설 설치 - 흡착제 주기적 교환
흡수법	수용성 유해가스를 흡수제로서 중화 흡수하는 방법	- 악취가스 처리에 적응성이 높다 - 설치, 운전비용이 저렴하다	- 폐수가 발생된다 - 비수용성 악취 제거 곤란
미생물 처리법	박테리아 등 미생물을 양생시켜 유해가스를 생물학적으로 처리하는 방법	- 환경 친화적이다 - 설치비용이 저렴하다	- 독성 가스 존재시 처리 곤란 - pH, 온도, 습도 등 미생물 생성 조건 유지
오존 산화법	오존의 산화력을 이용하여 유해가스를 처리하는 방법	- 황화합물 계통의 악취가스 제거	- 저급 아민류에는 저효율적이며 2차오염 대책 필요
냉각 응축법	냉매를 이용하여 유해가스를 저온도에서 액화시켜 분리 회수하는 방법	- 반응기 등 고농도 VOC 처리에 경제적	- 저농도, 다량의 VOC 처리에 비경제적

2. 유해가스의 성상과 유해성

2-1. 암모니아(NH₃)

강한 자극성의 기체로 가압하면 쉽게 액화된다. 비점은 -33.4℃, 증기압은 0, 15, 35에서 각각 4.2, 7.2, 13.3atm이다. 상부호흡기도에 대한 자극이 강하고, 눈의 점막을 자극한다. 노동위생상 허용농도는 50ppm이다. 공기에 대한 비중은 0.58, 공기중에서 연소가 어렵지만 폭발성의 혼합기체를 만든다. 폭발한계는 하한 16%, 상한 27%, 발화점은 651℃이다.

2-2. 불화수소(HF)

비점 19.4℃로 내압용기에 액체로서 취급된다. 비중은 0.987이다. 증기압은 7.17℃에서 각각 496 및 681mmHg로 높다. 불화수소는 피부를 녹이고 흡수되기 쉬우며 눈 및 코의 점막에 닿으면 격심한 통증을 수반하는 상처를 일으킨다.

허용농도는 3ppm이다. 불화수소증기의 공기에 대한 비중은 0.69이고, 공기에 접촉하면 백연을 발생한다. 불연성으로 폭발성은 없지만 금속과 반응하여 수소를 발생하고 이것이 폭발의 원인이 되는 경우가 있다. 물에 대한 용해도는 무한대고, 용해열은 11.5kcal/mol(20℃, 200mol H₂O)로 큰 편이다.

2-3. 시안화수소(HCN)

비중 0.687, 비점 26℃의 무색 투명한 휘발성의 액체로 0, 11.9, 16.8℃에서 증기압은 각각 265, 443, 540mmHg, 인화점은 -17.8℃이다. 치사량 50~100mg의 독물로 급성의식상실과 경련을 일으키고, 5분 이내에 사망한다. 공기중의 허용농도는 10ppm이다. 증기의 공기에 대한 비중은 0.93이고, 폭발성의 혼합기체를 만든다. 하한 6%, 상한 41%, 발화점은 538℃이다. 물에 대한 용해도는 무한대이고 수용액은 약산성이다.

2-4. 일산화탄소(CO)

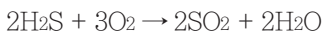
무색, 무미, 무취의 기체 비점 -192.2℃이다. 탄소 또는 탄소함유물질의 불완전 연소에 의하여 생긴다. 혈액에 작용하여 CO-헤모글로빈을 만들어 조직체에 산소 공급능력을 감소시키는 화학적 질식성을 가진다. 허용농도는 50ppm이다. 비중은 0.98, 공기와의 혼합물은 대단히 폭발성으로 하한 12.5%, 상한 74%, 발화점은 651℃이다. 폭발한계는 포름알데히드 다음으로 넓다. 물에 대한 용해도는 대단히 작다.

2-5. 포름알데히드(HCHO)

자극취를 가지는 기체(비점 -21.1℃)이다. 반응성이 좋고 또 중합이 쉽다. 상부호흡기도에 자극이 강하고 또 눈의 점막을 자극한다. 허용농도는 5ppm이다. 비중은 1.07, 공기와의 혼합물은 폭발성이 대단하고, 하한 7.0%, 상한 73%, 발화점 430℃로서, 특정물질 중에서 폭발한계가 가장 넓다. 포름알데히드는 물에 용해하여 포르말린으로 사용되는 경우가 많다. 포르말린은 37wt%의 포름알데히드와 0~15wt%의 메탄올을 포함한다.

2-6. 황화수소(H₂S)

계란 썩는 냄새를 가지는 기체이다. 비점은 -60.2℃ 0, 10, 20, 40℃에서 증기압은 각각 10.2, 13.3, 17.2, 27.8기압으로 내압용기에 사용되는 경우도 있다. 황화수소는 눈이나 호흡기계를 자극하여 심한 통증을 일으키고 고농도 가스를 다량 흡입하는 경우는 즉사한다. 허용농도는 10ppm이다. 공기에 대한 비중은 1.17로 연소에 의하여 이산화유황을 생성한다.



공기와 폭발성의 혼합기체를 만들고, 하한 4.3%, 상한 45%, 발화점은 260℃이다.

수용액은 약한 2염기산으로 알칼리와 반응하여 황화물을 생성한다.

2-7. 염화수소(HCl)

심한 자극취의 기체(비점 -85℃)이다. 상부호흡기도에 자극이 강하고 또 눈점막을 자극한다. 허용농도는 5ppm이다.

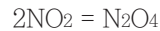
비중 1.26, 불연성으로 폭발성은 없지만 수분이 존재하면 금속과 반응하여 수소를 발생하고, 이것이 공기와 혼합하여 폭발을 일으키는 경우가 있다.

염화수소 분압이 760mmHg일 때, 물에 대한 용해도는 0, 12, 20, 30℃에서 각각 82.3, 76.3, 71.9, 63.3/100g H₂O이다

용해열은 17.7kcal/mol(25℃, 20mol H₂O)로 높은 편이다. 염화수소는 물에 용해하여 염산(염화수소 35%이상)으로 쓰여지는 경우도 있다. 염화수소 36%를 포함하는 염화수소 분압은 20℃에서 105.5mmHg이다.

2-8. 이산화질소(NO₂)

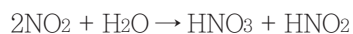
이산화질소는 낮은 온도에서 산화질소가 된다.



비점 21.3℃로 액상에서는 거의 전부(21.15℃에서 99.9%) N₂O₄이다. 증기압은 10, 15℃에서 각각 454, 569mmHg이고 기체상태에 있는 이산화질소의 평형 농도는 21.15, 27, 135℃에서 각각 15.9, 20, 99%이다. 이산화질소는 기관지 및 폐포에 자극 작용을 미친다.

허용농도는 5ppm이다. 불용성으로 폭발성은 없지만, 다른 물질에 대한 산화성이 강하다.

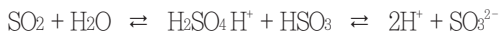
다량의 물과 반응하면 질산과 아질산을 생성하지만, 질산농도가 높아지면 일산화질소를 생성한다. 이산화질소와 물의 반응은 질산농도 약 40%까지는 급속하게 진행하지만, 차차 감소하여 68% 이상의 질산농도는 얻어지지 않는다. 질산을 가열하면 이산화질소가 생성된다.





2-9. 이산화유황(SO₂)

비점 -10℃ 상온에서 자극취를 가진 기체이다. 20℃에서의 증기압은 3.3기압, 가압하면 쉽게 액화하여 압력용기로 상용되는 경우도 있다. 이산화유황은 상부호흡기도에의 자극이 강하고, 또 눈의 점막을 자극한다. 허용농도는 5ppm이다. 공기에 대한 비중은 2.22, 불연성으로 폭발성도 없다. 전압(P_{SO₂ + P_{H₂O}}) 760mmHg일 때, 물에 대한 용해도는 0, 10, 20, 30℃에서 각각 22.83, 16.21, 11.28, 7.80g/100g H₂O이다. 수용액 중에서는 약산성을 나타낸다.



2-10. 염소(Cl₂)

황록색의 자극취를 가지는 기체이다.(비점 -34.1℃), 10.3℃에서 5기압의 증기압을 가지고 액체염소를 내압용기에 넣어서 사용되는 경우도 있다.

기관지 및 폐포에 자극을 준다. 허용농도는 1ppm이다. 공기에 대한 비중은 2.49로 무겁고, 불연성으로 폭발성도 없지만 화학적으로 대단히 활성이기 때문에 수소와의 혼합기체는 수소농도 5.5~89%에서 폭발적으로 반응한다. 전압(P_{Cl₂ + P_{H₂O}}) 760mmHg일 때 물에 대한 용해도는 0, 10, 20, 30℃에서 각각 1.46, 0.997, 0.729, 0.572g/100H₂O이다. 염소는 물과 반응하여 차아염소산과 수소 및 염소이온을 생성한다.



2-11. 황산(H₂SO₄ - SO₃를 포함)

무색의 액체로 농도가 높아지면 비중, 점도가 증가한다. 농황산의 비중은 황산분 95%에서 1.839, 98%에 1.841, 비점은 95%에서 297℃ 98%에서는 327℃이다. 발연황산은 유리 SO₃를 22%이상 함유된다. SO₃ 25%일 비중 1.913, 비점은 133℃이다 발연황산은 공기중에서 백연을 발생한다. 농후한 황산에 접촉하게 되면 생체조

직이 파괴된다. 공기중에 있어서 황산미스트의 허용농도는 1mg/m³이다. 황산은 인화성, 폭발성은 없지만 금속과 반응하여 수소를 발생한다. 황산은 물에 희석할 때는 약 20kcal/mol의 다량의 열을 발생한다.

3. 배연탈황기술

3-1. 기술현황

배연탈황기술은 크게 흡수제의 형태에 따라 습식법과 건식법으로 나누어진다.

습식법은 물, 알칼리용액 등으로 배기가스를 세정하여 SO₂를 흡수하는 방법으로 1차생성물이 용액 또는 슬러리형태로 되며 기체와 액체간의 반응으로써 반응속도가 빠르고 장치도 비교적 간단하여 필요한 부지가 적은 이점이 있으나 제거 후 배출되는 가스의 온도가 낮아 연돌에서 상승력을 가지기 위해서는 재가열이 필요하고 폐수가 생성된다는 단점이 있다.

건식법은 배기가스를 분말이나 펠렛형태의 촉매층을 통과시키거나 노내 또는 덕트에 반응제를 분사하는 방식으로 건식 반응제를 사용하므로 습식법에 비해 용수 사용량이 적고 아황산가스가 제거된 후 배기가스의 온도 저하가 거의 없어 재가열이 필요없다는 장점이 있으나 반응속도가 느리고 장치가 대형으로 되며 Plugging, 집진기 성능저하 등이 문제점으로 현재 연구개발 단계에 있다.

3-2. 습식 배연탈황기술

습식 배연탈황공정의 기본원리는 집진기에서 분진이 제거된 배기가스가 scrubber 내에서 흡수반응제인 액상의 알칼리슬러리와 접촉하고 여기에서 아황산가스와 알칼리가 반응하여 calcium sulfite(CaSO₃), calcium sulfate(CaSO₄)와 같은 고형집진물을 포함하는 슬러지를 생성시켜 탈수공정을 거쳐 매립하거나 재활용하는 공정이다.

〈표 2〉 Technical classification of FGD process

Classification		FGD process
Wet	Throwaway	<ul style="list-style-type: none"> • Wet Limestone Scrubbing • Wet Lime Scrubbing • Davy S-H(Saarberg-Holter) • Dual Alkali Scrubbing • DOWA Basic Aluminium Sulfate • Seawater Scrubbing
	Recovery	<ul style="list-style-type: none"> • Wellman-Lord • Citrate • COSONOx • Magnesium Oxide • SULF-X
Dry	Throwaway	<ul style="list-style-type: none"> • Spray Drying • Dry Sorbent Injection
	Recovery	<ul style="list-style-type: none"> • Aqueous Carbonate • Shell Flue Gas Treatment (SOx/NOx 동시제거) • Adsorption • NOx, SOx

따라서 이 공정은 크게 3단계로 분류되며 주요반응이 일어나는 아황산가스 흡수과정, 반응후 생성된 침전물을 슬러리로부터 분리하는 분리과정과 분리된 고형분을 처리하는 폐기물 처리과정이다.

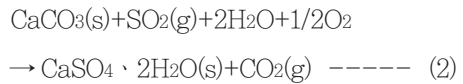
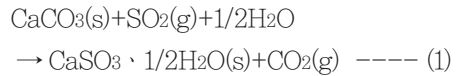
3-2-1. 배기가스 전처리

SO₂ 흡수과정에 앞서 흡수가 용이하도록 배기가스를 냉각시키고 분진, SO₃, HCl, HF 등을 제거하기 위해 prescrubber를 설치하기도 하는데 이러한 system을 two loop system(double loop system)이라 한다. 이는 HCl, HF 등 산성가스에 의한 scrubber의 효율저하, 부식방지 및 분진에 의한 부산물의 품질저하를 방지하기 위해 별도의 loop를 구성하기 때문이다. Prescrubber의 설치위치는 scrubber 전 또는 scrubber 내부가 되는데 scrubber 내부에 prescrubber를 설치할 경우 하나의 scrubber로 분진, HCl, SO₂등을 동시에 제거하는 장점이 있으나 scrubber 내에 고형분이 증가되어 흡수효율을 저하시킬 우려가 있다.

3-2-2. 흡수탑의 화학반응

Prescrubber에서 냉각된 배기가스는 알칼리슬러리와 기·액 접촉을 통해 아황산가스는 수분에 흡수되고

흡수된 아황산가스는 아래와 같은 총괄 반응에 의해 제거된다.



반응(1)과 반응(2)의 상대적인 진행정도는 배기가스 중의 O₂ 농도에 따라 좌우되는데 일반적으로 산화방식에 따라 달라진다.

산화방식은 별도의 산소를 주입하지 않는 natural oxidation과 scrubber내에서 calcium sulfate에 의한 scale을 방지하기 위한 목적으로 inhibitor를 주입하는 inhibited oxidation 그리고 scrubber 하부에 공기를 분사하여 (2)반응을 유도하는 forced oxidation으로 구분된다.

3-2-3. 흡수제

습식 배연탈황설비는 흡수제로 limestone, lime, MgO, NaOH, Na₂CO₃ 등을 사용하며 이들의 선택에 있어서는 반응성, 경제성, 2차오염 여부 등이 중요하게 작용한다. lime은 반응성에 있어서 limestone보다 유리하지만 가격이 약 4배정도 고가이며 MgO,



NaOH, Na₂CO₃는 수용성으로 반응성 및 흡수효율이 훨씬 우수하나 폐수처리 및 2차오염등의 문제점을 가지고 있어 Dual alkali process 등에서 1차흡수제로 사용된다. 현재의 대부분 상용화 설비에서는 비교적 풍부하고 값이 저렴하기 때문에 limestone을 단독으로 사용하는 배연탈황설비의 효율이 95% 이상 달성되고 있다.

3-2-4. 폐기물 및 폐수처리

배연탈황공정에서 흡수제로 limestone 또는 lime을 사용할 때 부산물로서 석고가 생성되는데 이때 부산되는 석고는 미국과 같은 국토가 광활하고 부존자원이 풍부한 경우에는 폐기물로 매립하거나 ponding 등으로 처리하고 일본과 같이 국토가 좁고 석고를 수입하는 경우는 시장성이 있는 품질의 석고를 생산하여 매각 처리하고 있는 실정이다. 그러나 석고보드용 외에도 시멘트 첨가제, 토지개량제 등 수요가 개발되면서 시장성 있는 석고를 생산하여 재이용하는 추세이며 탈황부산석고는 인산비료 부산석고등 기타 다른 화학공정의 부산석고에 비해 품질 면에서 우수하여 재활용면에서 유리하다. 탈황폐수에는 각종 중금속, 부유고형물, sulfite, COD 물질 등이 포함되어 있어 일반적으로 다단계의 처리과정을 거치게 되는데 산화에 의한 sulfite 제거, 중화, 중금속의 제거, 고형부유물질의 제거, COD 제거 등이 이루어진다.

3-3. 탈황(FGD)시스템의 운전상 문제점과 설비특성

Wet lime/limestone FGD는 흡수제의 세계적 인 분포, 많은 기술개발, 다양한 적용 실적, 높은 제거효율 등으로 가장 보편화되어 적용되어 왔으나 설비내의 scaling, 낮은 흡수제 이용률, 큰 전력소모량 등의 문제점이 있어 설비의 개선 및 화학 첨가제 등의 개발이 진행되고 있다.

3-3-1. Prescrubber

Prescrubber에서는 배기가스의 냉각 및 포화가 1차적인 역할이다. Prescrubber의 설계는 입

구 배기가스 유량 및 온도와 출구가스의 조건, 사용 nozzle의 성능 조건에 의해 결정되며 prescrubber의 size는 배기가스의 속도, nozzle의 분사능력에 따른 배열, 증발속도에 따른 단 사이의 간격 등에 의해 영향을 받는다.

일반적으로 설치되는 prescrubber에서의 가스속도는 3~5m/s이며 사용되는 수량은 이론증발량의 약 200%이다. Prescrubber 내에서는 배기가스 중의 SO₂가 상당 부분 제거되고 HCl, HF 등 산성가스의 대부분이 제거되어 pH가 낮게 유지되므로 prescrubber 재질 선정시 부식 대책이 가장 중요하게 고려되어야 한다.

3-3-2. Main Scrubber

Scrubber는 SO₂의 기상·액상의 물질전달을 용이하게 하기 위하여 기·액 접촉면적을 제공하는 설비이며 물질전달속도는 상호 접촉면적에 의존한다. Scrubber는 내부형태에 따라 형식이 분류되며 설계개념과 운전상 발생하는 문제점이 각기 다르다. 운전비를 결정하는 요인은 압력강하와 L/G비이다.

3-3-3. Scrubber 형식

• Packed Tower

Packed tower는 scrubber 내부에 특정의 충전물질을 충전하여 배기가스를 scrubber 하부로 유입하고 액체슬러리를 scrubber 상부에서 분사 또는 유입하여 충전층에서 상호 기·액접촉이 이루어지도록 하는 공정이다.

Packed tower는 기·액접촉이 커서 SO₂ 제거 효율이 좋으나 scale 및 부식에 취약한 특성을 가지고 있다. Packed tower에서의 충전물은 표면적이 크고, 비중은 작고, 강도가 크고, 화학적으로 불활성이어야 하며 가격이 저렴하여야 한다.

3-3-4. Tray Tower

Tray tower는 scrubber를 가로질러 구멍이 뚫린 금속판으로 된 여러단의 tray로 구성되어 있다. 이 scrubber에서 배기가스는 하부에서 hole를 통해 상부로 유입되며 액체슬러리는 상부로 부

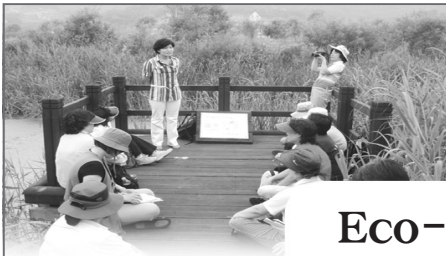
터 tray에 공급되어 진다. 액상슬러리는 배기가스와 tray상부에서 격렬하게 접촉하여 forth로 되며 큰 기·액접촉면적을 제공한다. 다단의 tray tower에서는 상단에서 반응된 액상슬러리는 액하강관(downspout or downcomer)을 통해 아래단으로 내려와서 다시 기·액접촉을 반복하게 된다. SO₂ 제거효율을 높이기 위해서는 tray 내의 세정액의 깊이를 크게 하고 가스속도를 높여 기·액접촉면적을 크게해야 하나 이로 인해 높은 압력손실 및 flooding 현상, 비말동반을 일으킬 수 있다.

분사하는 흡수장치이다. Spray scrubber 내의 액상슬러리는 scrubber 상단에 위치한 일련의 노즐을 통해 분사되며, 배기가스는 scrubber하부로부터 유입되어 상단을 통해 배출된다. Spray Scrubber의 중요한 설계기준 변수로는 L/G비, 가스 및 분무된 액상슬러리의 분포를 들 수 있다. 기·액비가 크면 물질전달에 대한 표면적이 증가하고, 액막저항이 감소하므로 SO₂ 제거효율이 증가된다. 또한 유입 배기가스와 액상슬러리 분포를 일정하게 유지시키므로써 SO₂ 제거효율이 증가된다.

3-3-5. Spray Tower

Spray scrubber는 습식 scrubber의 가장 간단한 형식으로서 액상슬러리를 분사 노즐로부터 가스상에

자료제공 : 환경보전협회 환경연수부
다음호에 계속...



Eco-Academy 제7기 교육생 모집 안내

환경부 한강유역환경청과 환경보전협회에서는 수도권에 거주하는 성인 남·녀를 대상으로 환경에 대한 폭넓은 지식을 습득하고 지역사회에서 주체적으로 활동할 수 있는 환경일꾼을 양성하기 위하여 이론교육과 현장체험 교육을 병행한 환경교육프로그램을 개설·운영하며 아래와 같이 『제7기 교육생』을 모집하오니 관심있는 분들의 많은 참여를 바랍니다.

□ 모집개요

- 모집인원 : 55명 내외
- 모집대상 : 수도권지역에 거주하는 만22세이상 60세이하의 성인 남·녀
- 선발기준 : 환경에 큰 관심이 있으며 11주 교육과정 이수 가능한 시민

□ 교육개요

- 교육기간 : 2008년 4월 ~ 6월 (주 1회) • 교육비 : 무료
- 교육횟수 : 총 12주 19강좌 (실내이론교육 11회 / 야외체험교육 4회 / 분임토의 4회)
- 교육장소 : 한강유역환경청 강당 (경기도 하남시 소재) 및 야외체험학습장
※ 추후 변동 가능

□ 교육수료생에 대한 혜택

- 명예환경감시원증 발급
- 다양한 환경보전 행사프로그램 우선 참여혜택 부여
- 환경분야별로 각계 전문가들이 집필한 환경교육교재 제공
- Eco-Academy 수료증 수여
- 각종 환경자료 지속적 제공

□ 참가신청서 제출

- 우편 또는 팩스 제출 (양식은 홈페이지에서 다운 받아 사용)
- ▷ 한강유역환경청 지역협력과
경기도 하남시 망월동 231 (TEL : 031-790-2464 FAX : 031-790-2469)
- ▷ 환경보전협회 기획홍보과
서울시 동대문구 답십리 5동 497-66 (TEL : 02-2249-5265 FAX : 02-2249-5267)

※ 교육과정 등 보다 자세한 사항은 홈페이지를 참고하시기 바랍니다. (<http://hg.me.go.kr>, <http://www.epa.or.kr>)