



산업폐기물 이용기술

이 자료는 산업폐기물의 에너지이용 문제점을 분석하고, 그 보급 확대를 위한 기술방안을 제시한 것으로, 지난해 에너지관리공단에서 발간한 「폐기물 에너지자원화」 중 「산업폐기물 이용기술」을 정리한 것이다. <편집자 註>

1. 머리말

각종 공장 및 산업체에서는 점차 폐기물에 대하여 환경공해분야뿐 아니라 자원화하는 문제도 검토하고 있으며, 특히 에너지로 이용하는 방법을 깊이있게 연구, 검토하고 있는 실정이다.

산업폐기물은 그 종류가 다양하여 그 수는 수백종에 이르며, 그 분류방법은 여러가지가 있으나 결국 소각로를 중심으로 한 분류가 일반적이며, 또한 산업폐수의 여러 유형 중 동식물을 원료로 사용케 되는 식품관련 제조업의 폐수는 대개 특정의 유독성분은 포함하고 있진 않지만 고농도 유기물질 폐수란 공통된 특징을 갖고 있다.

모든 가연성폐기물의 소각처리시 맞는 만능형의 다목적 소각로는 현재에는 없어 그 각각의 폐기물 종류에 해당하는 소각로를 선정하고, 공정을 설계하여 폐열이용, 대기오염방지, 폐수처리 등의 공통부분을 유기적으로 고려하여 합리적인 폐기물이용시설을 설치해야 할 것이다.

2. 산업폐기물 에너지 이용상 문제점

산업폐기물은 연료로서의 이용 가능성이 매우 높고, 실제로 정확한 현황을 파악할 수는 없지만

(주로 음성적으로 사용), 많은 양의 산업폐기물을 공장의 보일러에 사용하고 있으나 현재와같이 비과학적인 사용방법으로는 오히려 대기오염만 가중시키는 결과를 초래한다해도 과언이 아닐 것이다.

따라서 이들 산업폐기물을 연료로 이용하기 위해서는 다음과 같은 사항들을 충분히 검토하여 문제점을 해결해야 할 것이다.

가. 열 이용 형태

산업폐기물을 연료로 이용하려고 하는 목적은 폐기물의 처리를 위한 감량화와 연료절감을 위한 에너지로서의 재활용이 주된 것이지만 2차적으로 발생할 수 있는 여러가지 환경문제도 고려해야 함은 물론이다.

따라서 폐기물을 연료로 재활용할 경우 우선발생되는 열을 어떠한 형태로 이용할 것인가를 생각해야 한다. 폐기물의 예열이용 형태로는 증기생산, 운수공급, 발전 등이 있으며, 폐기물의 종류, 발생량, 수요량 등을 검토하여 어떠한 형태로 이용하는 것이 좋을 것인가를 결정한다.

나. 폐기물의 연료로서의 규격화

산업폐기물은 발생업소의 업종이나 공정에 따라 종류가 다르고, 고형, 액상 또는 슬러지상 등 형태가 다르며, 공장규모나 발생공정에 따라 폐기물의 수집방법이나 체계가 다르기 때문에 연료로서의 이용방법도 달라지게 된다.

또한 가연성 폐기물이라 해도 연소시 별다른 문제가 없이 연소가 잘되는 것(종이류, 목재류, 섬유류 등)의 연소는 가능하나, 매연 등의 공해문제가 발생하는 것(폐유, 타르핏치유, 플라스틱류 등)과 액상 그대로는 연소가 잘 되지 않는 것(슬러지류, 폐액 등)으로 구분할 수 있으며, 이것들을 더욱 효과적으로 이용하기 위해서는 입대(粒大)한 폐기물을 일정한 크기로 만들기 위한 파쇄, 절단 슬러리와 같이 수분이 많은 폐기물에 대한 탈수, 농축, 건조 등 일정한 연료의 조건을 맞추기 위한 전처리가 필요하다.

다. 적정연소시설의 선정

산업폐기물은 일반 도시 쓰레기와 달리 그 종류, 성상 등이 다양하기 때문에 소각방식을 선정함에 있어서는 폐기물의 조정, 성상 등에 대한 사전 조사가 필요하며, 유사한 실시 예가 없을 경우에는 벤치테스트(Bench Test)나 파일롯플랜트(Pilot Plant)에 의한 연소실험을 통하여 연소성을 파악하고, 소각방법, 2차공해의 방지 등에 관한 설계자료를 얻어야 함은 물론, 완전 연소와 함께 로내의 수냉벽 구조, 수관식 로터리 키른(Rotary Kiln)의 개발, 유해가스 성분에 의한 보일러관군의 부식이나 폐색 등에 대한 대책이 강구되어야 한다.

라. 적정한 공해 방지시설의 설치운영

전술한 바와 같이 폐기물을 연소할 경우에는 석탄이나 중유를 연소할 때보다도 훨씬 많은 양의 대기오염물질과 각종 2차공해문제가 발생하기 때문에 이를 방지하고 최소한 법(환경보전법 등)에서 규제하고 있는 각종 기준을 초과하지 않기 위해서는 전기집진기나 백필터 등 효과적인 공해 방지시설의 설치운영이 반드시 필요하다.

3. 소각열 회수

가. 소각로 설치시 유의사항

산업폐기물은 성상이 다양 각색의 것이 혼합되어 있는 경우가 많으므로 악취, 매연, 소음, 수질오염 등에 대한 공해방지대책은 소각로 설치를 계획함에 있어 우선 신중히 고려하여야 하며, 에너지로 이용하기 위해서는 폐기물의 질량조사, 성분 및 발열량조사, 가연성 산업폐기물에 대한 에너지이용 가능성, 공해물질 배출 가능성 등에 대하여 사전검토가 충분하여야 한다.

나. 소각로 선정

각종 산업폐기물을 소각처리하기 위해서는 폐기물에 대하여 최적의 소각형식을 선정하는 것이 소각효율의 향상을 위하여 극히 중요한 사항이며, 선택할 수 있는 소각형식의 종류를 보면, 고정상로, 기계로, 로터리키른, 유동상로, 회전상로, 단로, 분열로, 열분해로 등이 있으므로 폐기물의 특성에 가장 적합한 로를 선택하여야 한다.

또한 로의 형식 선정에 있어서 유의하여야 할 사항을 살펴보면, 설비운전비용, 소각효율, 열이용성, 주변환경영향, 설치장소, 로의 수명, 공해 및 작열감량, 보수비용 등이며, 상기 제반 요소를 신중히 검토하여 그 중 어느 요소를 가장 중요시해야 할 것인가를 기본적으로 선정하여야 한다.

다. 소각로 형식별 특징

각 형식의 소각로가 그 각각의 제조업에 따라 연구개발이 진행되고 있는 단점을 보완하기 위해 많은 노력을 하고 있기 때문에 대상폐기물의 종류에 따라 적응력이 확대되고 있으며, 소각로의 형식별 특징은 다음과 같다.

(1) 고정상로(FIXED BED INCINERATION)

현재 폐기물 소각로로서 가장 많이 설치되어 있는 형식으로서 화실구조와 고안 개량과 가동화 격자의 선택, 예비건조기의 선택 등에 따라 각종 폐기물에 대한 적용범위도 특히 넓어지고 있다.

고정상로는 다른 형식에 비하여 구조가 비교적 간단하며, 따라서 고장도 적어 운전이 용이하고

배기가스온도의 조절도 용이하여 혼합 잡개의 소각에 광범위하게 적용되고 있다.

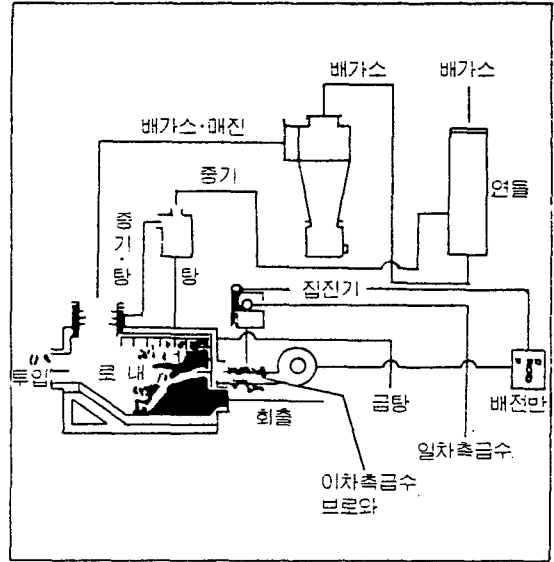
고정상로의 단점은 통상 육면체로 되어 있어 상하 8개소의 코너에 Dead Space가 있어 타형식에 비하여 연소실부하를 약간 크게 잡아야 하고, 특히 Dead Space는 로의 크기가 작을수록 점유비율이 커지게 된다.

가장 효율적인 소각량은 혼합 잡개에 있어서 $500 \text{ kg/H} \sim 1,500 \text{ kg/H}$ 이며, 가연성 일반폐기물에 있어서는 $500 \text{ kg/H} \sim 1,200 \text{ kg/H}$ 이다. 또 고정상로는 화격자 하부로부터의 1차 공기에 의하여 연소가 지배되어 소각된 재도 화격자를 통해 배출되므로 소각물의 질에 따라 소각로내의 온도가 $1,000^\circ\text{C}$ 를 초과하는 경우, 소각된 재(Ash)의 CLINKER화 현상이 발생되며, 화격자에 부착하여 연소를 저해하는 경우가 있으므로 이 방지대책에 여러가지 방식이 고안되고 있다.

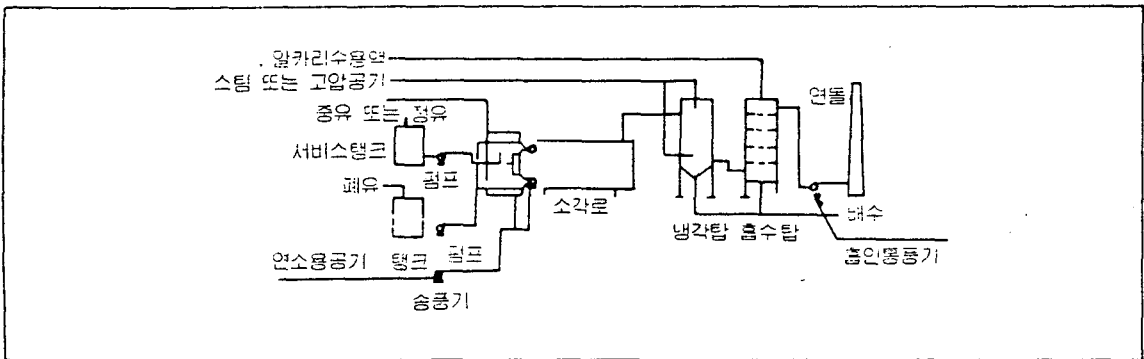
소각처리온도는 $750^\circ\text{C} \sim 1,100^\circ\text{C}$ 이며, 작열감

량은 각종 소각로 중 가장 작다고 볼 수 있다.

〈그림 1〉 고정상로 소각장치



〈그림 2〉 분무연소식 폐유소각장치



(2) 분연로 (SPRAY COMBUSTION INCINERATOR)

폐수 및 수처리가 곤란한 유해, 폐액의 처리에 대하여 채택되고 있다.

폐유의 경우는 유수분리장치에 의해 될수 있는 한 함유물을 작게하고, FILTER를 통하여 협잡물을 제거한 후 폐유버너에 의하여 분산 연소하나 폐유의 질에 따라서는 보조 버너를 병설하여 역속소각을 용이하게 하는 대책을 세우고 있다.

발열량이 많은 경우폐열보일러를 부착하여 최대한 열을 활용할 수 있다.

이때 중요한 점은 폐유가 연소할 시 고온의 연소가스로 인한 각 소재, 재질 등의 부식, 열화현상을 어떻게 방지하느냐와 충분히 견딜 수 있는 재질을 선택하는 것이다.

(3) 다단로 (MULTY STEP FURNACE)

폐수처리장에서 나오는 슬러지를 소각하기 위하여 채택되고 있다.

다단로는 로 내의 상부로부터 협잡물을 투입하여 단계적으로 하단으로 낙하되게 되면서 건조와 소각이 연속적으로 발생되도록 제작된 것이다.

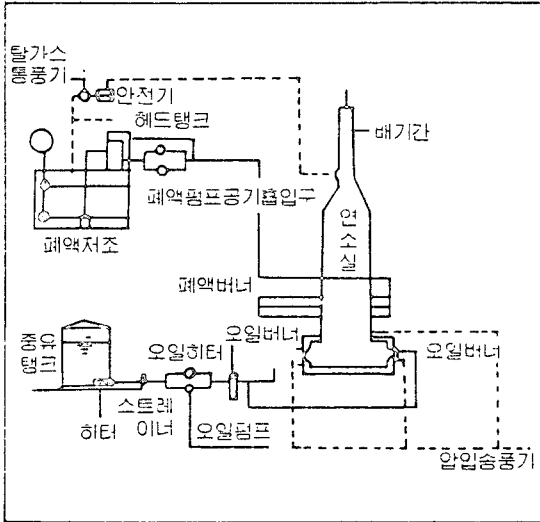
이 때 중요한 것은 로 중심에 설치되어야 하는구

동장치류이다.

예로 중심축, 레이커감속기어 등이며, 또한 로 내부의 구조중 각단과 로벽의 재질의 선택이 무엇보다 중요하다.

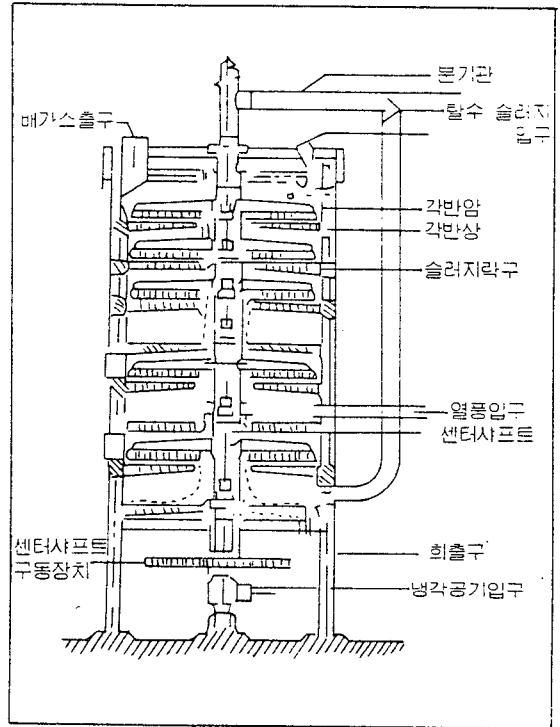
장점으로는 적은 면적으로 설치가 가능하고, 열손실이 적은 점이다. 그러나 기계적 구동 장치와 로 내부에 내장된 부분이 내화내산에 강한 소재

〈그림 3〉 폐액의 분무연소로



이어야 하고, 운전기술의 숙련이 필요하다.

〈그림 4〉 다단로 연소장치



(4) 기계로 (MACHINERY INCINERATOR)

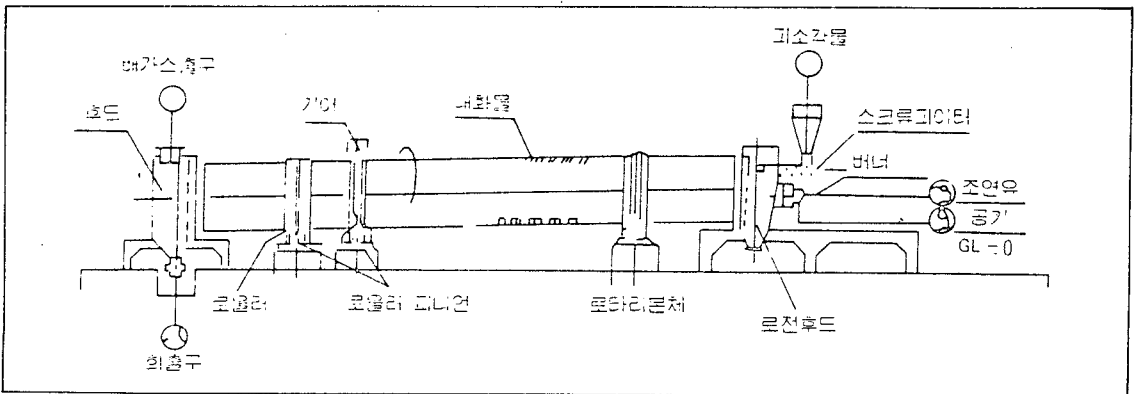
대규모 도시쓰레기 전용소각로이며, 24시간연속가동을 원칙으로 한다.

1기당의 처리능력은 50TON/일~60TON/일의 범위의 것이 많으며, 연소효율, 배열이용,

2차공해설비에 대하여 완전에 가까운 대책이 취해지고 있다.

도시쓰레기는 계절에 따라 그 배출량과 함유율이 다르고 쓰레기 등에 함유되어 있는 물질의 종류도 복잡하여 전처리설비, 건조설비, 2차용해처리설비의 대책이 중요시되고 있다.

〈그림 5〉 병류식 로타리킬른 연소장치



(5) 로타리 킬른 (ROTARY KILN)

고정상로와 함께 가장 오래된 역사를 가지고 있으며, 로 내에서 건조와 소각을 계속적으로 수행할 수 있으며, 함수율이 높은 폐기물이나 형상의 균일화가 된 폐기물의 소각에 적당하다.

다만, 방열면적이 크고 내화물의 두께를 일정 이상으로 축조하는 일이 곤란하여 배기가스 온도도 낮기 때문에 폐열이용을 목적으로 하는 소각 장치로서는 적당치 않다.

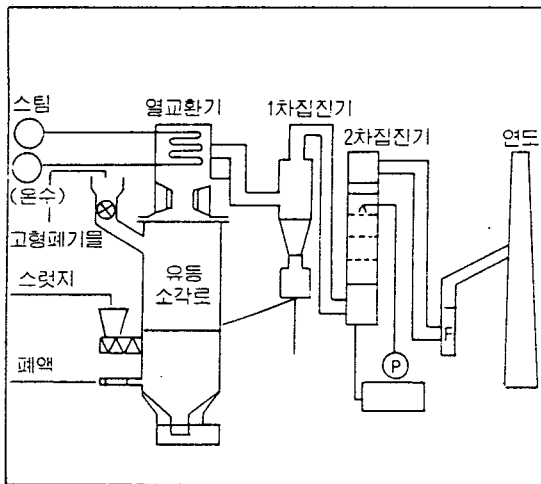
또한 설치면적과 운전, 보수, 관리 측면에서는 좀 더 개선되어야 할 것이다.

(6) 유동상로 (FLUIDIZED BED)

소각로 가운데서 규소사를 매체로 하여 이용하는 방식으로 로 하부에 1 m 미만의 규소사층을 형성시켜 연소용 공기에 의해 하부에서 상부로 유동을 시켜 폐기물의 건조와 연소를 하는 방식으로 최근 실용화되어 있다.

폐기물은 사전에 폐쇄, 선별 등의 전처리를 실시하여 로내 규소사층에 유입되나, 규소사층은 로 하부에서 산기장치에 의해 200℃~300℃로 예열된 공기에 의해 유동상태로 유지된다.

〈그림 6〉 유동상로 연소장치



그렇기 때문에 폐기물은 충분히 교반, 혼합되어 소각 잔사층에 미연소물이 적다.

이 방식의 장점은 단위 면적당 소각량이 큰 것과 배기가스 중의 염화수소가스, 황화수소 가스 등을 제거하는데 알카리 분말을 투입함으로써 용

이하게 효과를 거둘 수 있는 것이 특징이다.

그러나 전처리 설비와 비교적 균일한 투입조건 등과 유동암의 조절 등 운전의 기술이 많이 필요하다.

4. 열분해 연료화

가. 열분해 가스(건류가스)의 정의

열분해 (PYROLYSIS)는 오래전부터 화학공업분야에서 실용화하고 있는 것으로 주로 목재나 식물성을 이용하여 알콜을 생산해 왔다.

그러나 최근에는 국내외에서 산업폐기물을 대상으로 연구 개발하여 열회수는 물론 환경공해문제를 극복하고 있다.

건류가스(열분해)란 폐기물의 가연성 부분을 무산소 또는 저산소의 상태에서 열을 가하여 탄화시키는 것을 말하는 것으로서 산화에 의한 연소의 개념과는 다르다.

즉, 고분자 유기물에 열을 가하여 분자구조를 파괴시키고 발생된 가스를 보다 간단한 저분자 물질로 전환시키는 것을 말한다.

이것을 석탄이 열에 의하여 코크스가 되거나 목재가 숯상태로 탄화되어 가는 과정과 비교할 수 있다.

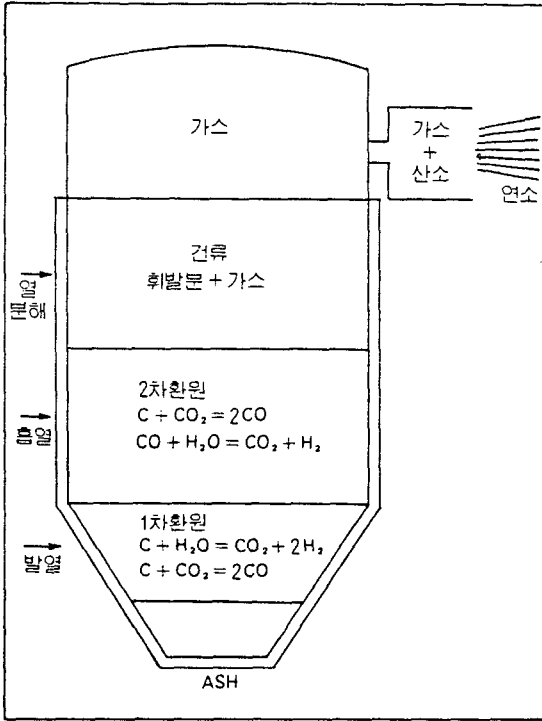
나. 열분해가스(건류가스)의 연소방법

가연성 폐기물을 연소시키는 방법으로 직접소각 방식과 열분해 방식으로 구분할 수 있다. 직접소각 방식이 연소실 내부에 적절한 산소를 공급시켜 가연성 물질을 연소시키는 것이라면, 열분해 방식이란 가연성 물질을 밀폐된 용기 안에서 산소가 결핍된 상태로 직접 또는 간접으로 열을 가하여 화학적 변화를 일으켜 생성되는 건류가스(분해가스)를 연소실로 보내 연소실 내부에서 최적의 산소와 혼합하여 연소시키는 것이다.

폐기물을 열분해할 때 사용하는 가열방법으로 직접가열방법을 택하는데 이것은 열분해 하는데 필요한 열을 폐기물 자체에서 얻는 방법으로 간접가열방법보다 경제적이다.

실용화된 건류가스기가 1중 탱크로 설치된 것은 여러가지 목적이 있지만, 특히 열분해 과정에

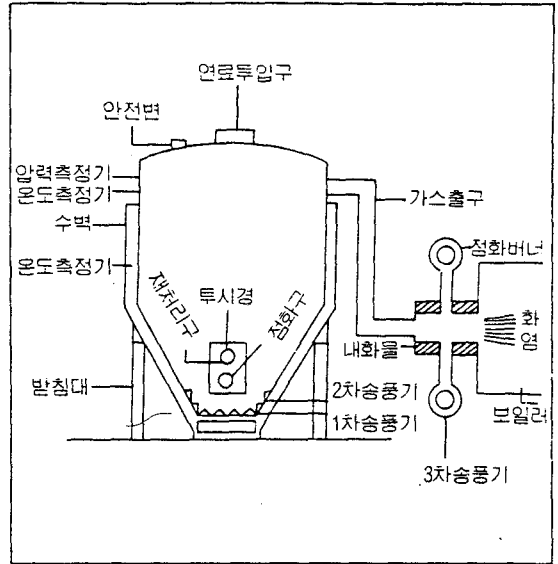
〈그림 7〉 열분해도



서 발생하는 열과 재처리 과정에서 발생하는 열을 온수로 이용하는 데 있다.

장점으로는 단일한 성분의 폐기물을 대상으로 했을 시 열분해 온도가 균일하여 제어하기 용이하며, 매연이나 먼지가 대단히 적다고 할 수 있

〈그림 8〉 열분해로 연소장치



어 고무류, 비닐류, 합성수지류, 페타이어 등에는 적용이 가능하고, 설계·제작사의 고도의 제어기술에 대한 운전자의 숙달이 필요하다.

단점으로는 혼합폐기물의 분류문제, 적용 대상 물질의 성분, 화학적 변화요소, 유해가스 방출, 유무확인 등이며, 특히 사전에 파이롯시험에 의해 분해가스 발생량에 대한 온도와 압력의 제어 관련사항을 충분히 검토하여야 안전하게 사용할 수 있다.*

회 고

각 회원사에서 일어나고 있는 일들, 연구·개발현황, 공지사항, 제언 그리고 시·수필 등을 200자원 고지에 적어 보내주시면 본지에 선별·게재하고 게재된 원고는 소정의 고료를 드립니다. 단, 보내 주신 원고는 일체 반환치 않습니다.

보내실곳 : 서울시 중구 남대문로 4가 45 상공회의소 1221호
(사) 환경보전협회 홍보부

T E L : 753-7640, 7669