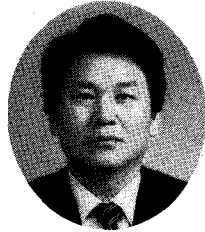


환경관리 기술사 문제 해설

〈대기분야 1986년도 시행〉



魯鍾植

〈고려환경컨설턴트 대표,
환경(수질·대기) 기술사〉

〈1986년 시행〉 (제2교시) 지난호에 이어 계속

6. 오염 저감대책 강구와 처리 / 처분 대안 설정

효과적인 오염저감대책이 수립되어야 하며, 과학적이고, 경제적인 여러가지 오염저감대책이 강구되어야 한다.

7. 저감대책 실시에 따른 영향의 재평가와 최종 대안의 선정

환경영향의 평가에 따른 사업지역의 위치, 규모 등에 대한 대안의 최종 선정이 이루어진다.

8. 운영감시 및 사후관리

사전환경영향평가의외에 지속적인 사후 환경영향 평가를 하고, 이를 보고함으로써 이후의 개발사업과 장기적 영향에 대한 자료축적이 이루어져야 한다. 영향평가 절차단계에서 가정한 여러 사항들에 대한 평가가 이루어지고, 이들을 feedback함으로써 보다 나은 평가를 도출해 낼 수 있게 된다.

평가를 위한 기본자료로서는 Emission Inventory(오염물 비산량조사) Meteorological Data(기상 및 격산자료)그리고 Air Quality Monitoring Data(대기오염도 조사)들이 반드시 수집되어야 한다.

Emission Inventory를 위한 오염원들로서는 우선 Point Source(점오염원)Area Source(면 또는 지역오염원)그리고 Mobile Source하면 발전소, 대규모 공장 및 산업시설 대형 보일러를 갖고 있는 관공소, 아파트 단지, 학교, 호텔, 공공건물들이 손꼽힐 수 있을 것이다.

Area Source들로서는 난방용 연료를 사용하는 일반 주택, 상업용 소규모 보일러나 소각로 그리고 소규모의 공장이나 산업시설들을 칭하게 된다. 이 두가지 오염원들은 실제로 고정된 위치에서 오염물을 방출하는 정지 오염원들이라 말할 수 있으며 그와는 다른 이동 오염원들이 또한 조사되어야 한다. 이동 오염원으로는 승용차, 트럭, 버스 등을 포함한 각종차량, 기관차, 선박, 비행기 등이 이 범주에 속하게 된다.

Meteorological data로서는 풍속, 풍향, 지상온도 대기의 혼합층을 계산하기 위한 수직온도분포, 일조도, 일출 일몰 시간 등이며 연구자로부터의 Plume Rise를 계산하기 위하여 연구 및 배출가스의 자료들이 또한 요구된다. 대기오염도의 조사에 있어서는 실제로 조사성분을 정한 후 그 오염물들의 측정지점을 선택하는 것이 제일 중요하다.

총 부유분진(TSP), 이산화유황(SO₂), 질소산

화물(NO_x), 이산화탄소(CO_2), 탄화 수소(HC), Ozone이 주요 조사성분으로 널리 알려져 있다. 중요 측정지점에서의 측정빈도는 모든 주요 조사성분에 대해 24시간, 365일 연속측정을 원칙으로 하며 그외의 측정지점에서는 계절별, 월별 또는 일정기간 동안 선정된 조사성분에 한해서만 측정한다.

〈문제 4〉 근래에 대도시의 대기오염도가 날로 심하여지고 있다. 대도시의 대기오염 관리대책에 대하여 논하시오.

어떠한 대책이 반드시 어떠한 오염물질 하나에 대하여 추진되는 것은 아니지만 편의상 주안점 위주로 하여 오염물질별로 대책을 설명하고자 한다.

가. 아황산가스

아황산가스 대책으로는 ① 저유황유 공급확대 ② 탈황시설대책 ③ 청정연료공급대책 ④ 연탄대책 ⑤ 기타로 구분한다.

① 저유황유 공급확대 : 정부는 80년대 초부터 당시의 심각한 대도시 아황산가스오염에 대하여 대책을 강구하고자 저유황유공급을 시도하였다.

이 시도전에 우리가 사용하는 병커C유는 유황분4%, 경유는 1%분으로서 상당히 고유의 유황이 함유된 상태이었다.

최초로 시도한 것은 서울화력발전소의 연료인 병커C유를 0.3%황함유 병커C유로 인도네시아로부터 직수입한 것이며 그 효과는 대단히 커서 서울의 SO_2 농도 0.094ppm('80평균)을 '81에는 0.086ppm으로 낮출 수 있었다.

이후 타 배출시설에 공급되는 병커C유와 경유도 기본적으로 1.6%, 0.4%로 낮춘다는 목표하에 저황유를 지속적으로 확대공급한 결과 '83년에는 서울의 SO_2 를 0.051ppm까지 저감시킬 수 있었다. 그런데 연료사용량의 증가는 저황유공급에 따른 효과를 감쇄시키고 있다.

어떻든 현재 병커C유의 경우 황분 4%분은 41%이고 저황유가 59%공급되며 경유는 23%가 1%황함유분으로, 77%는 0.4%황함유분으로 공급되고 있다. 또한 병커C유의 경우는 오염이 심한 지역에 우선하여 19개시 9개군에 경유는 전국의 모든 자동차와 주요도시에 공급하고 있다.

② 탈황시설대책 : 우리가 구상·추진하고 있는 탈황시설은 정유회사의 원유정제공정상에서 탈황하는 이른바 중탈시설을 말한다.

정유회사로서는 이 방법외에 증질유를 촉매, 수소, 열 등을 이용하여 고부가가치의 경질유로 전환시키는 시설을 설치하여 저황유를 만들기도 한다.

우리나라의 증질유분해시설은 '85년. 3가동을 개시한 조유의 비스브레이크가 처음이고, 현재 극동석유가 서산에 1일 3만 4천배럴규모의 증질유분해시설을 연말 준공목표로 건설중에 있다.

정부는 그동안 많은 어려움이 있었으나 '87년 3월 「증질유분해 및 탈황시설 설치추진방안」을 마련하여 업계와 차질없이 추진하고 있다.

탈황·분해시설은 그간 막대한 비용이 소요되므로 엄두를 내기가 어려웠으나 그간 유류의 수급이 종전의 증질유 위주에서 경질유로 변환하는 점과 도시대기오염저감을 위하여는 저황유공급이 불가피한데 저황원유확보가 현실적으로 어렵다는 데에서 그 의의를 찾을 수 있다. 사실 우리의 소득수준이 배증된다면 그에 따라 유류소비도 그에 비례되게 증가할 것이고 이 경우 현재와 같은 수준의(1.6% 또는 0.4%등)유류를 공급한다면 대기질 개선은 매우 어려울 것이고, 더구나 외국의 경우 0.3~0.8%분이 저황유로 통칭되고 있음을 생각할 때 탈황시설은 반드시 필요한 것이다.

③ 청정연료공급 : 생활수준의 향상에 따라 에너지 소요는 증가되게 마련이고 또한 연료의 고급화가 이루어지는 것이 당연한 추세라 하겠다.

문제는 지금 우리가 쓰고 있는 연료를 어떻게 함으로써 대기오염을 적도록 하느냐에 있으며 그 일환으로 생각케 된 것이 청정연료라 할 수 있는 LNG를 확대공급하는 것이다.

그러나 LNG공급의 확대는 LNG의 편리성과 무해성이 아무리 강조된다 하더라도 쓰기에 부담이 별로 가지 않는 정도의 가격이 아니면 사용이 많아지리라고 기대하기는 어려운 것이다.

여기에 청정연료공급의 큰 한계가 있다. 뿐만 아니라 LNG의 관망에 의하여 소비자에게 도달되고 기체용버너에 의하여 연소되므로 관망의 설치와 적정한 버너의 구득이 또 하나의 전제가 된다.

우리나라는 '87년부터 매년 200만톤의 LNG를 인니로부터 도입하기로 확정되었으며, 그 대부분은 발전소에서 사용키로 되어 있다.

그러나 다 아는 바와 같이 화력발전소가 입지한 곳은 대부분 해안이나 오지로서 대기오염이 별 문제가 없는 주변 조건이므로 이러한 곳에 벙커C유보다 SO₂는 2백만분의 1, 먼지는 1만분의 1정도밖에 배출되지 않는 LNG를 사용하느니 대기오염이 심한 대도회지에 사용하는 것이 환경대책상 바람직한 것이며, 더욱이 버너의 생산보급은 언제든 가능하고 다행히 수도권에는 평택인수기지에서부터 출발하여 서울의 경우만 하더라도 간선도로에는 이미 관망매설이 완료되어 있는 등 약 2,000km의 관망매설이 되어 있는 상태에서 LNG를 서울지역에 공급한다면 시설에 이미 투입된 자금의 활용은 물론 환경보전상 매우 바람직한 일이라 아니할 수 없는 것이다.

문제는 LNG의 가격이 벙커C유에 비하여 매우 비싼 점이다. 이것이 합리적인 선에서 해결되지 않는한 그 보급확대는 크게 기대하기 어려운 것이다.

다각적인 조사와 실수요자대표와의 협의를 거쳐 LNG의 공급가격은 경유가격에 상응한 수준이 되어야 할 것으로 판단되었으며, 끊임없는 관계부처의 협의 조정을 통하여 가격조정을 마무리 짓게 되었다.

이에 따라 서울시내에 위치한 업무용·공공용 및 영업용시설로서 그 열공급시설의 합이 시간당 126×10⁴kcal이상인 보일러시설은 '88년 9.1부터 벙커C유 등 종전의 연료대신에 LNG사용을 의무화하게 되었다.

한편, 이러한 고시와 함께(고시일: '87.9.11) 공한발송, 회의, 홍보 등을 통하여 '88년 9.1이전에 충분한 여유를 가지고 준비토록 수용대상자에게 협조를 구하는 한편 기히 사용하던 유류버너는 가스버너공급자로 하여금 유상환토록 하고, 시설 대체비는 5%의 저리로 융자혜택을 누릴 수 있도록 한 결과 총 대상시설 933개소중 68%에 해당하는 640개업소가 4월말 현재 대체작업을 추진중에 있다.

이로써 서울시는 SO₂문제는 '88년 9월 이후 획기적으로 개선될 것으로 기대하며 예컨대 '88년 9~12월중에 서울 시내에서 LNG를 18만톤 사용하는 경우 벙커C유 23만톤의 사용역세효과를 가져와 유류에 의한 아황산가스의 약 6분의 1이 저감될 것으로 추정되어 금년도 및 올림픽기간중의 목표달성은 가능할 것으로 보인다.

④ 연탄대책: 서울의 경우 연탄사용가구는 총 가구의 82%에 달하고 있으며 서울지역 전체 SO₂의 60%정도가 탄에 기인하고 있는 것으로 추정된다.(물론, 이에 관하여 상당량이 Dust의 형태 등으로 배출되므로 과다 추계치로 보는 입장도 있다.)

우리나라는 무연탄의 질이 점점 저하되어 수입탄과 제합하여 연탄을 제조하는 경우가 많다.

어떻든 연탄사용의 억제에는 SO₂저감에 기여하는 것은 틀림없으며 따라서 이를 추진할 가치가 있다. 그러나 연탄은 가장 값싼 연료로서 이른바 서민연료라고 불리워지고 있어 이를 타연료로 전환코자하는데에는 당장 가격비교상 설득력이 문제된다.

그러나 우리입장에서 연탄가격에 상응하는 연료는 없는 것이 현실이므로 대체방향을 자발적인 협조로 유도하는 수밖에 없다고 생각한다. 따라서 현단계에서는 홍보·계도를 통하여 비교적 여유계층이 협조토록 유도하는 한편, 신규주택(대체로 40평 이상)건축시에는 이를 권장내지 조건으로 하는 경우도 있다.

나. 분진

각종 건설, 산업활동, 비포장도로와 나대지, 저탄장, 원료야적장, 쓰레기매립장 등등.....

이런 것들이 모두 먼지 발생원이 된다.

매년 3월에서 5월사이에 몰아닥치는 황사는 자연적인 것으로 현재로서는 어찌할 수 없다 손치더라도 우리주변에 산책하고 있는 오염원에서 생기는 먼지는 국민, 국가, 기업이 조금씩만 관심을 가지고 협조와 대책을 강구한다면 우리의 먼지공해는 한결 저감시킬 수 있는 것이다.

먼저 산업활동에서 생기는 먼지다. 배출시설에서 발생하는 먼지는 그 입경이나 성분이 인체에 위해를 주는 정도가 크므로 집진시설의 설치, 가

동이 가장 중요하다. 그간 먼지문제에 대한 홍보 계도가 지속된 결과 집진시설은 거의 대부분의 배출시설이 갖추고 있는 것으로 집계되고 있으나 그 가동에 있어서는 아직 미흡한 부분이 많고 특히 야간에 집진시설을 가동치 않는 예가 많은 것으로 분석된다.

정부로서는 집진시설의 가동을 정상화시키기 위하여 기술지도와 점검을 지속하고 있지만 2만여 개소의 배출시설에 대하여 항상 감시를 한다는 것은 현실적으로 한계가 있다.

집진시설의 설치를 촉진시키기 위하여 특별감 가상각, 과세표준에서의 제외, 장기거리의 시설 자금융자를 실시하는 한편, 그 정상가동을 위하여 주야간 구별없이 점검활동을 계획적으로 실시하고 있다.

원료야적장, 저탄장 등에 대하여는 분진방정시설기준을 마련하여 싸이로·상옥시설 등의 방진시설을 설치하도록 하는 한편, 도시내의 연탄공장, 레미콘 시설 등에 대하여는 도외곽이전을 유도하고 있다.

건설공사장먼지를 방지하기 위하여 살수, 세차, 세륜시설을 일정규모 이상 공사장 경우 의무화하고 있다.

나대지에 대하여는 코스모스 등 화초와 잔디의 식재, 경우에 따라서는 작물 재배를 통하여 먼지발생을 억제하고, 도로상의 비산먼지에 대하여는 살수차와 진공청소차를 활용, 먼지발생을 억제하고 인도포장을 투수콘이나 아스콘으로 하고 있다. 연탄사용억제를 위한 홍보, 쓰레기 수거체계의 강화, 도로청소방법의 개선, 비포장도로의 포장, 주차장이나 버스종점의 포장의무화, 분리대 설치 방법의 개선, LNG 공급의 확대 그리고 도로굴착차의 포장의무화 등은 모두 먼지저감을 위한 정부차원의 대책들이다.

그러나 이러한 노력만으로 먼지공해가 만족스럽게 개선될 수는 없는 것이며 각 가정의 협조와 이해가 무엇보다 요망되는 것이 먼지저감대책이라 하겠다. 쓰레기의 적절한 관리, 청소할 때에 물청소를 한다든지 자기집앞에 흘러내린 흙모래를 스스로 제거한다든지 쓰레기를 함부로 태우지

않는다든지 하는 어찌보면 아주 사소한 일이 먼지저감을 위하여는 크게 소망스러운 것임을 이해하고 일상생활에서 협조가 요망되는 것이다.

다. 옥시단트대책

주로 자동차배기가스로 공기중에 배출되는 질소산화물과 탄화수소 등이 햇빛과 작용하여 광화학 스모그현상을 일으키는 옥시단트는 아직은 자동차대수가 많지 않기 때문에 외국의 경우와 같이 심각하지는 않다.

한시간 평균치 0.1ppm의 환경기준치를 초과하는 지역은 서울과 같이 교통량이 많은 지역에서 어떤 기상조건하에서 국지적으로 나타날 뿐이다.

자동차가 아주 많고 일조량이 많은 LA의 경우는 세계적으로 가장 엄격한 자동차 배출가스 규제를 행하고 있음에도 세계에서 가장 광화학 스모그 현상이 심한 곳으로 알려져 있으며 일본동경의 경우에도 이미 73년 한햇동안에 43회의 옥시단트 주의보를 발한 기록이 있다.

우리나라의 현재 자동차 보유대수는 170만대에 이르고 있으며 이중 약 절반이 경유를 사용하는 자동차이지만 경유 자동차의 배기가스저감기술은 세계적으로 크게 진척되지 못한 것이 현실이므로 우리나라는 우리 스스로가 그 저감기술을 개척한다는 자세로 내외의 기술정보를 수집 연구하고 있다.

휘발유자동차의 경우는 그러나 세계적으로 많은 기술이 개발되고 있고, 우리나라도 이미 수년 전부터 저공해자동차를 수출하고 있는 실정이며, 금년 1월부터는 신규제작자동차(휘발유, LPG)는 저공해자동차로 생산하게 되었다.

자동차배출가스에 관한 종전상태를 간략히 살펴본다면 우리나라 자동차의 하루주행거리는 '83년기준으로 47km로서 미·일에 비하여 7~8배가 많다. 이는 도시의 자동차증가와 더불어 먼지않아 스모그문제를 초래하기에 충분한 것이다.

이에 능동적으로 대처하고자 한 것이 저공해 자동차의 생산보급이며, 그 저공해화 정도는 대체로 미국의 연방기준과 동일하다.

이에 맞추어 저공해자동차가 필연적으로 요구하게되는 무연휘발유의 전국적인 공급망체계를

완비하였으며, 유무연에 관계없이 유가도 동가로 하여 저공해자동차시대를 4년에 배가되는 것이 현재의 우리나라 실태다.

기존의 유연휘발유차는 아마 92년까지는 운행되리라고 판단되며 동기간중에 자동차보유대수는 350만대를 초과하리라고 생각한다. 따라서 옥시단트대책으로서는 차량의 철저한 정비가 필수적이라고 생각하며 앞으로 자동차공해검사소를 설치하는 등 다각적 대책을 강구코져 한다.

제3교시

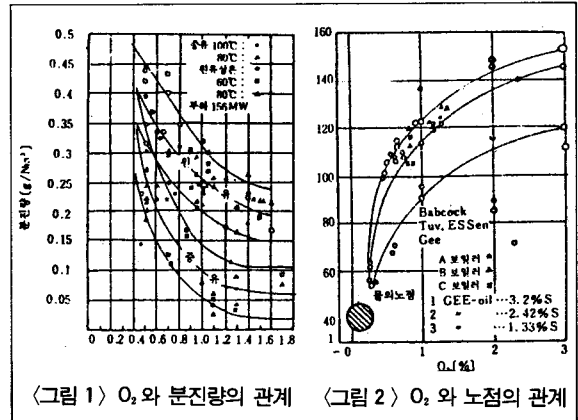
〈문제1〉 보일러의 적절한 연소관리에 의한 공해물질 방지기술에 대하여 설명하시오

중유 보일러에서의 공해 물질은 황산화물과 분진을 포함하는 검댕이, 질소산화물이라고 할 수 있는 바 그 중 황산화물은 유류중에 황 함량이 적은 저유황 중유를 사용함으로써 배출량을 줄일 수 있으므로 여기서는 다만 연소관리에 의해서 방지가 가능한 분진과 질소산화물의 저감 기법에 대하여 논하고자 함.

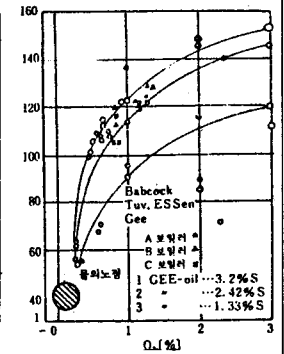
(1) 분진(검댕) 문제

미연분의 대소는 잘 알려진 바와 같이 보일러의 효율과의 관계가 있으며 물론 연돌로부터 폐가스의 성질에도 크게 영향을 주게 된다. 일반적으로 최적의 정상 운전만 한다면 중유와 가스의 경우는 일단은 큰 문제는 없다. 그러나 실질적으로, 가령 보일러 연소과정에서 보면 분진량만 하더라도 〈그림-1〉과 같이 과잉공기에 따라 결정되는데 과잉공기율이 10%(O₂양으로는 2%) 이하로 되면 분진은 급격히 증가하는 경향을 나타낸다.

이와같은 저공기과잉을 운전에서는 0.5μm 정도의 "후리카본"이 현저히 증가하고 분진은 20μm 전후의 다공질 또는 회분의 콕크분진과 "후리카본"이 엉킨 입자로 구성된다. 그렇기 때문에 중유연소 보일러는 대부분 가압연소방식을 채용하고 공기 과잉율 10%(O₂ 2%)로 설계된다. 또한 중유중 포함된 황분 때문에 내식재료가 필요하며



〈그림 1〉 O₂와 분진량의 관계



〈그림 2〉 O₂와 노점의 관계

공기 예열부에서는 내식성강을 사용해야 하고 중기식 공기예열기의 사용에 의하여 공기예열부의 저온부의 금속온도를 100~110°C로 유지하도록 해야한다. 그러나 실제 운전해 보면 1년간 공기예열기의 감량은 10~30%나 되어서 1~2년 후에는 교체할 필요가 생기는 경우가 많다.

이것은 배기가스중 아황산가스로 부터 생성된 황산의 작용에 의한 것으로 가스 중 산소량(%)에 따라 〈그림-2〉와 같이 노점이 크게 증가하기 때문이다.

여기서 보면 O₂ 1% 이하가 되면 노점은 급격히 내려 가기 때문에 일반적으로 보일러는 O₂ 1% 이하에서 운전되는 것이 바람직하다. 그래서 O₂가 0.6~0.8% 정도이면 부식 문제가 크게 개선될 수 있다. 그러나 실제 O₂를 줄이기 위해 이론량 근처로 가져가면 불완전 연소에 의하여 CO가 발생하고 분진량이 급격히 증가함과 동시에 화염이 불안정해지며 연돌에서 흑연을 내뿜는다. 뿐만 아니라 부하·공기량·버너튜브의 상태 등 운전조건의 소폭의 변동에도 연소를 극단적으로 악화시키게 된다. 그렇기 때문에 문제는 O₂ 1% 이하로 하면서 어떻게 운전할 것인가 하는 것이 보일러 오염저감에서 중요한 인자이다. 이를 위하여서는 버너구조를 개량한다든가 버너의 연료량을 균일하게 화실내에 분무하기 위한 중유배관 시스템의 설치, 각 버너의 공기 배분을 댐퍼에 의하여 조절하는 방식의 공기배분구조 그리고 부하변동시 매연의 발생을 적게 하기 위한 자동제어시스템의 설치가 중요한 것이고 현재 이의 설치로부터 큰 성

과를 얻고 있다.

(2) NO_x의 문제

산화질소는 광화학 Smog와 관련하여 보일러 연소시에도 신경을 써야할 큰 과제이다. 종래에는 미연소분의 탄화수소에 집중하다 보니 자연히 연료와 공기의 균일한 혼합으로 연소온도를 올려 효율의 증가는 물론이거니와 미연분 감소에 노력해 왔다고 하겠다. 그러나 미연분의 감소라는 것은 반대로 NO_x의 증가를 초래하고 있는 것이다. 배출가스 중 NO_x는 연료중 포함된 질소분에서 배출되는 Fuel NO_x와 연소과정 중 고온에 의하여 발생하는 Thermal NO_x가 모두 보일러의 운전조건과 연소방법, 연소실의 개선으로 역제가 상당한 폭으로 가능한 것이다.

① 운전조건

a. 공/연비:NO_x의 생성은 저공/연비에서 O₂량이 저하하면 Fuel 및 Thermal NO_x 모두 생성이 크게 억제된다. 그러나 CO와 HC의 미연소발생에는 충분한 주의가 필요하며 더구나 이것만으로 대폭적인 NO_x의 저감은 불가능하다.

b. 연소실내 혼합특성 : 연소실내에서 국부적으로 연소온도가 상승하지 않도록 유체혼합을 잘 유지시켜야 Thermal NO_x를 억제할 수 있다. 더구나 국부적인 고온이 형성되었다고 하더라도 체류시간을 최소한 단축시켜 생성을 줄이는 방법이 바람직하다. 그러나 Fuel NO_x면에서 보면 혼합이 양호해지기 때문에 반응성에서 볼때 그의 생성율이 증가한다. 따라서 적절한 혼합특성이 필요한데 어떠한 균일한 혼합이 바람직하다.

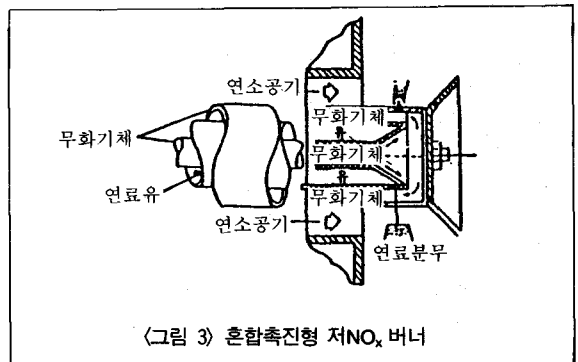
c. 열부하의 저감 : 연소실의 부하가 커지면 온도가 자연히 상승하고 NO_x가 증가하게 된다. 그러나 출력저하는 열효율을 감소시키기 때문에 그렇게 바람직스러운 대책은 될 수 없다.

d. 공기예열의 저하 : 공기를 예열한다는 것은 결국 연소온도를 상승시키는 것으로서 NO_x발생 억제를 위해서는 예열온도를 낮추는 것이 필요하나 열부하 저감때와 같이 에너지 이용면에서 불리하게 된다.

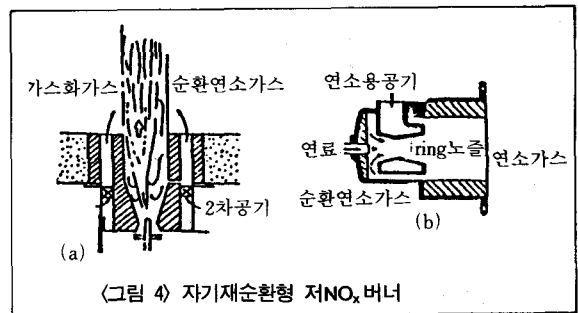
② 새로운 연소법

최근에는 저NO_x 버너가 메이커에서 개발 실용화 되고 있다. 대개 원리는 ① 혼합 촉진형(그림-3) (연료와 공기의 혼합을 양호하게 하는 것) ② 분할 화염형 ③ 자기 재순환형(그림-4) (공기와 연료의 분류에 의하여 생긴 흐름에 연소가스를 강제 순환시켜 O₂의 농도를 저하시킴) 그리고 4단계적 연소법(그림-5)와 같이 1단계에서 저O₂로 연소하고 2단계에서 미연소분을 재차 연소케함으로써 연소온도를 저하시켜 NO_x 생성을 억제)이 있다. 여기서 ④의 단계 연소법에는 비화학량론적 연소라는 농염연소법이 있는데 이것은 버너를 여러개 사용하면서 연료를 과량으로 일단 공급하고 그의 주위에 공기 과잉 버너를 설치함으로써 이중 연소의 효과를 내는 것이다. (다음호에 계속)

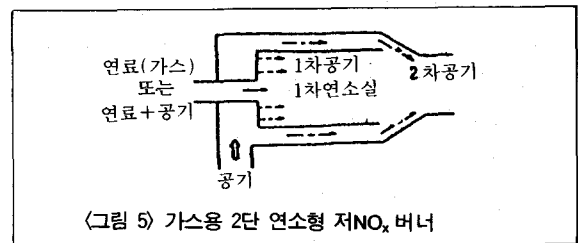
상담 및 문의전화 484-1867



〈그림 3〉 혼합촉진형 저NO_x 버너



〈그림 4〉 자기재순환형 저NO_x 버너



〈그림 5〉 가스용 2단 연소형 저NO_x 버너