

대기환경의 문제와 대책(3)

대기 오염 대책

設 樂 正 雄
번 역 / 국 민 대 학 교
명 현 국

지난호(제8권 제2호, 1995)에 '대기환경의 문제와 대책'이란 제목의 연속강좌중 두번째로 일본 공기조화·위생공학회지에 1994년 7월호에 게재된 일본 三菱工業(株) 冷熱業務部에 근무하는 池本 幸信씨가 쓴 "특정 프레온대책"에 대해 번역소개하였다. 이번호에서는 세번째로 일본 明治大學 교수였다가 퇴직한 設樂 正雄씨가 일본 공기조화·위생공학회지 1994년 8월호에 게재된 "大氣汚染對策"에 대해 소개한다. 대기오염대책은 현재 전세계적으로 중요한 문제로, 국내에서도 여기에 대한 정부 및 산업체의 관심이 매우 높으며, 또한 본고에서는 일본의 대기오염문제에 대한 정부 각 부처 및 산업계의 이해관계에 따른 대응책 등의 변천사가 비교적 자세히 기술되어 있어, 회원들에게도 상당히 유익하리라고 생각된다.

1. 서 론

필자는 큐우슈(九州)의 八幡제철소 열관리 과장으로 오랫동안 종사한 후, 동경본사로 와서 일본철강연맹(日本鐵鋼連盟)의 초대 대기오염방지대책 위원장을 겸임하다가 메이지(明治)대학 교수로 전직했다.

연소기술자로서 오키카시(四日市) 천식사건 이래 대기오염문제에 관계하여, 통산성(注: 국내의 통산산업부에 해당)이나 환경청(注: 국내의 환경부에 해당)의 위원 등도 역임하

여 오랜 경험을 갖고 있다. 이런 경험을 토대로 하여 대기오염대책에 대해 기술해 보고자 한다.

"대기오염 방지법"에 대해 개설하기 전에 1993년 11월의 임시국회에서 가결된 "환경기본법"에 대해 언급할 필요가 있다.

환경기본법의 성립은 환경청의 염원이기도 하였으나 별로 햇빛을 보지 못하고 제자리에서 맴돌고 있었으나, 브라질에서 개최된 "지구 서밋트"에 힘입어 일거에 해결되었다. 따라서, 당연히 이것들의 경위에 대해서도 이해

해들 필요가 있다고 생각되어진다.

“환경기본법” 중에서 착목된 것은 기초가 확고해진 “환경기준”, 일부 실시되고 있는 “환경 어세스먼트(영향평가)” 및 현재 기업이 반대하고 있는 “환경세” 등이다.

한편, “대기오염방지법”에 따라 배연(排煙)의 규제가 “배출기준”으로 행하여지고 있다. 그러나, “배연발생시설”마다 배출기준이 다르기 때문에 “보일러”를 예로 들어 설명한다.

“대기오염방지 대책”에 대해서는 연소를 주체로 하는 “매진(매연 및 분진)”, “SO_x”, “NO_x”의 발생기구, 억제기술 및 제거기술에 대해서만 기술한다.

2. 브라질에서 개최된 “지구 서밋”

“환경과 개발에 관한 국제회의(지구 서밋)”가 처음으로 전세계 약 172개국의 수뇌가 참가하여 1992년 6월 3일부터 14일까지 브라질의 리오데자네이로에서 개최되어 일본 정부의 수석대표로써 나가무라(中村) 환경청 장관이 출석하였다.

공업선진국과 개발도상국, 부국과 빈국, 동서냉전은 해소되기 시작했으나, 남북의 경제격차에 따른 다툼 등 여러가지로 의견이 분분하였으나, “환경보존”에 대한 열의는 모두 같아서 “리오선언”과 “어젠더 21” 등에 의해 결론지어졌다.

2.1 환경과 개발에 관한 “리오 선언”

세계적 규모의 환경과 개발 시스템의 통합성을 보존하기 위해 27개의 원칙을 선언하였

다. 주된 내용은 아래와 같다.

- 1) 각국은 자국의 자원을 개발할 권리를 갖는다.
- 2) 각국은 효과적인 ‘환경법’을 제정한다.
- 3) 환경에 피해를 초래하는 물질의 타국으로의 이동을 방지한다.
- 4) 환경보존을 위한 경제적 수단을 도입한다.

2.2 행동계획 “어젠더 21”

환경문제에의 대처가 부담스러운 나라(특히 개발도상국)를 지원하기 위한 자금을 제공하는 방법과 수단을 실시하기 위하여 아래와 같이 제창하였다.

- 1) 선진국은 ODA(정부개발원조)를 GNP(국민총생산)의 0.7%까지 올린다.
- 2) 선진국은 개발도상국으로의 기술이전 정책을 취한다.
- 3) 어젠더 21의 실시를 계속적으로 관리감독하기 위해 국내에 “지속가능(持續可能)개발위원회”를 설치한다.

사무국이 제안한 매년 1250억 달러(약 100조원)에 달하는 개발도상국에의 지원은 결국 선진국의 승인을 얻지 못했다.

2.3 구체적 성과

환경청은 다음의 8가지 항목에 대해 성과를 얻었다고 발표하였다.(상세한 것은 생략)

- 1) 자금 조달 : IDA(세계은행기관) 등
- 2) 대기 : 지구온난화 방지
- 3) 삼림원칙성명 : 삼림조약
- 4) 생물다양성 보호 : 바이오 테크놀로지
- 5) 사막화 방지 : 1994년 6월까지 준비작업

- 6) 기술이전 : 민간에 축적되어 있는 기술
- 7) 국제기구 : UN에 사무국 설치
- 8) 국제법 : 환경보호를 목적으로 한 무역제한

3. 환경기본법

1967년에 “공해대책 기본법”이 제정된 이래 오랜만에 “지구환경문제”가 의제의 중심으로 나왔기 때문에 좀더 넓은 의미로의 기본법이 필요하게 되었다.

1992년 환경청의 중앙공해대책과 자연환경보전의 양쪽 심의회가 합동으로 환경기본법에 관한 답신(答申)을 발표했다.

정부는 이것을 근거로 하여 “환경기본법안”을 국회에 제출하여 1993년 6월 참의원(注: 미국 상원에 해당)의 특별위원회에서는 가결되었으나, 들연 중의원(注: 미국 하원에 해당) 해산의 여파로 인해 심의미필 폐안이 되고, 재제안되어 1993년 11월 임시국회 회기 중에 성립되었다.

이 법률은 46조로 구성되어 있으며, “환경보전에 대하여 기본이념을 정하고 총합적이

며 동시에 계획적인 시책을 추진하여 현재 및 장래 국민의 건강하고 문화적인 생활확보에 기여함과 함께 인류복지에 공헌한다”는 것을 목적으로 한다.

제1장 총칙(1~13조), 제2장 환경 보전에 관한 기본적 시책(14~40조), 제3장 환경심의회 등(41~46조)과 부칙으로 구성되어 있으며 자세한 것은 생략한다.

3.1 환경기준

제16조에서 “인간의 건강을 보호하고 생활환경을 보전함과 함께 유지되는 것이 바람직한 기준”을 “환경기준”으로 하고, 대기오염, 수질오염, 토양오염 및 소음 등에 대해 정하고 있다.

대기의 기준에 대해 보이면 표 1과 같으며, 오염농도는 시시각각으로 변하기 때문에 일정시간의 평균값으로 나타내는 것으로 된다. 대개 연간 평균값을 1로 하면, 1일 평균은 2배, 1시간 값은 6배로 환산된다.

표 1. 주요 국가의 대기환경기준(평균값)

	SO ₂ [ppm]	CO [ppm]	부유입자 [mg/m ³]	NO ₂ [ppm]	O _x [ppm]
일 본	1일 0.04 1시간 0.1	1일 10 8시간 20	1일 0.10 1시간 0.20	1일 0.04~0.06	1시간 0.06 (옥시던트)
미 국	1년 0.03 1일 0.14	8시간 9 1시간 35	1년 0.05 1일 0.15	1년 0.05	1시간 0.12 (오 존)
독 일	1년 0.05 30분 0.15	1년 9 30분 26	1년 0.15 30분 0.30	1년 0.04 30분 0.11	없 음

미국, 독일의 기준값도 참고로 같이 기재하였다.(일본의 농도표시로 환산하여)

- 1) SO₂농도 : 일본의 기준은 “연평균 0.05ppm”이었으나, 1973년 5월에 “1일 평균 0.04ppm”으로 개정되어 2.5배나 엄격해졌다. 유럽 및 미국과 비교하여 매우 엄격하나 일본에서의 대기환경농도는 대체로 이것 이하로 되어 있다.
- 2) CO 농도 : 연료의 불완전 연소로 인해 발생하는 것으로, 기준값은 각국에 따라 상당히 다르나 일본에서는 별로 문제를 일으키고 있지는 않다.
- 3) 분진(부유입자상물질) : 일본의 기준이 가장 엄격하며, 그래도 최근에 문제가 되기 시작했다.
- 4) NO₂ 농도 : 일본의 기준은 “1일 평균 0.02ppm”이었으나, 도저히 맞출 수 없기 때문에 1978년 7월 “0.04 ~ 0.06ppm의 영역이내 또는 그 이하”로 3배나 완화되었지만, 대기환경 농도는 별로 개선되어 있지 않다. 격증하는 자동차의 배기가 주된 원인이다.
- 5) 옥시던트(O_x) 농도 : 광화학 스모그의 원인물질로 단시간에 발생하기 때문에, 1시간값으로 나타내고 있다. 미국과 일본에서는 측정물질이 다르며, 독일에서는 필요가 없다하여 설정하지 않고 있다.

3.2 환경 어세스먼트(영향평가)

1974년 환경청으로부터 “환경영향평가의 운용상 지침”이 나와서, 여러가지로 토의한 결과 비로서 1981년에 “환경어세스먼트 법안”이 국회에 제출되었으나 심의미필로 폐안

되었다. 이렇게 된 주된 원인은 각부처의 의견불일치로 공장을 소관하는 통산성은 이 법안을 별로 내켜하지 않고, 항만축조를 담당하는 국토청도 반대하고, 건설성은 “이것을 남용한 소송의 남발”을 우려하였다.

기본법의 제20조에 “환경영향평가의 추진”으로서 “토지의 형상 변경, 공작물의 신설 등을 행하는 사업자가 그 사업을 실시함에 있어서 사전에 환경에의 영향에 대하여 스스로 적정하게 조사, 예측 또는 평가를 행하여 그 결과에 기초하여 환경보전에 대해 적정한 배려를 하고 필요한 조치를 강구하는 것으로 한다”로 기술되었다.

국가가 이 기준법의 책정에 있어 행한 배려로서 아래와 같은 것을 들 수 있다.

- 제21조 : 환경보전상의 지장을 방지하기 위한 규제
- 제22조 : 지장을 방지하기 위한 경제적 조치
- 제23조 : 환경보전에 관한 시설 정비
- 제24조 : 환경에의 부하저감에 이바지하는 제품 등의 이용촉진
- 제26조 : 민간단체의 자발적 활동촉진
- 제29조 : 감시 등의 체제정비
- 제31조 : 공해에 관계되는 분쟁의 처리와 피해 구제

이 법안작성에 따르는 “각서(覺書)”의 단계에서, 각 부처의 의견이 일치하지 않아 1993년 3월말 “당분간 행하지 않는 것으로 한다”로 내정했다고 듣고 있다.

3.3 환경세(예를 들면 탄소세)

환경을 보전하기 위해서는 막대한 비용이 들기 때문에, 그 일부를 원인제공자(제37조)

와 수익자(제38조)에게 부담시키려고 하고 있다.

환경상 바람직하지 못한 행위에 대해서는 “무엇인가 부담을 지워 경제적으로 불이익”을 당하게 하여 그것을 억제하고자 하는 수단으로서 “환경세(環境稅)”가 초안되었다.

또한 “지구온난화”의 주된 요인이 되는 CO₂의 배출을 억제하기 위해, 화석연료(석탄, 석유 등)의 연소시에 배출하는 CO₂의 양에 따라 “탄소세(炭素稅)”로서 과세하면 환경대책의 재원도 되며 소비억제의 효과도 기대할 수 있다.

탄소세는 이미 핀란드, 스웨덴 등 북유럽 국가가 도입을 단행하고, OECD(경제협력 개발기구)도 환경세의 채택을 권고하고 있으나, OPEC와 같은 석유수출국은 맹렬히 반대하고 있다.

국내에서도 에너지 소비나 경제성장을 억제하는 것 같은 세의 조기도입에는 통산성이나 산업계가 강하게 반발하고 있기 때문에, 1993년 3월 상순 결정한 정부안에서는 “환경보전 효과나 경제에의 영향을 충분히 조사연구한 후에 국민의 이해와 협력을 얻는 것이 전제조건이 된다”라고 결론짓고 있다.

4. 대기오염 방지법

공해방지에 관하여 최초로 제정된 것은 1962년의 “매연의 배출규제 등에 관한 법률(매연 규제법)”으로 주로 “매진”과 “유황산화물(SO_x)”에 중점이 두어졌다.

1967년 8월 “공해대책 기본법”이 발포된 것을 기회로 발본적으로 재검토하여, 1968년 6월 “대기오염방지법”으로서 새롭게 제정되

어 현재까지 7차례 내용상의 개정이 행하여졌다.

“법률”은 국회의 의결이 필요하기 때문에 그 “골격”의 제정에 그치고, “살붙임”은 각 의(閣議)에서 승인되는 “정령(政令, 시행령)”에 맡기고, “세목(細目)”은 성의(省議, 注: 부처의 의결)로 끝나는 “성령(省令, 시행규칙)”에 따르고 있다. 법률, 정령, 성령의 3가지로 일체가 되기 때문에, “법령” 또는 “법규”로 총칭된다.

이 법률의 목적은 “공장, 사업장에서 발생하는 매연의 배출을 규제하고, 자동차 배출가스에 관한 허용한도를 정하므로서 국민의 건강을 보호함과 함께 생활환경을 보전하기 위해서”로 37조로 구성되어 있다.

“대기오염방지 시행령”은 1968년 11월에 시행되어 현재까지 22차례 개정되고 13조로 구성되어 있으며, “대기오염방지 시행규칙”은 1971년 6월부터 시행되어 20조로 되어 있으며, 19차례 개정되었다.

구체적으로 나타내면 “법률”로 “매연의 배출을 규제”하고, “정령”으로 “매연발생시설”을 지정하고, “성령”으로 “배출기준값”을 정하고 있다.

4.1 대기오염물질 규제법

대기오염물질은 공장으로부터의 매연과 자동차로부터의 배기가 대상이 되며, 그 규제법으로는 “농도규제”, “K값규제”, “총량규제” 및 “처리기준” 등이 있으며 표 2에 그 판례를 나타냈다.

- (1) 고정발생원(공장에서 발생하는 매연 등)
 - 1) 매연

- a) 유황산화물(SO_x) : K값에 의한 규제
 - b) 매진(그을음) : 농도규제[g/Nm³]
 - c) 질소산화물(NO_x) : 농도규제[ppm]
 - d) 유해물질(Cl₂ 등 5종) : 농도규제[mg/Nm³]
- 2) 특정물질(H₂S, NH₃, HF, HCN, CS₂ 등 28종) : 규제값은 없고 사고시의 조치를 지정
- 3) 분진(퇴적장, 파쇄기로부터 발생) : 규제값은 없고 구조, 사용상의 처리기준

- (2) 이동발생원(자동차로부터의 배출가스)
- 1) 일산화탄소(CO) : 주행거리 당 배출량
 - 2) 탄화수소(HC) : [g/km] (10모드)
 - 3) NO_x : 10모드

4.2 배출 기준값

- 1) 일반 배출기준(농도와 K값) : 전국의 “매연발생시설”이 규제대상으로 된다.
- 2) 특별 배출기준(농도와 K값) : 오염이 심한 지역에 한하여 “신증설되는” 매연발생 시설에 대하여 더욱 엄격한 기준을 정한다.
- 3) 상승기준(조건에 의한 상승, 농도만) : 국전기준으로는 사람의 건강을 보호하기에 충분하다고 볼 수 없는 경우는 도지사가 “조례”에 의해 더욱 엄격한 허용농도를 정할 수 있다.
- 4) 총량규제기준(SO_x와 NO_x만) : 공장이 밀집되어 있어 환경기준 확보가 어려운 지역에 한하여 더욱 공장전체의 배연총량을 규제한다.

표 2a. 대기오염물질과 규제

		규제법	비 고
고정발생원	매연	SO _x 매진 NO _x 유해물질	K 값 농도 " " $q = K \times 10^{-3} \times He^2$ [g/Nm ³] [ppm] [mg/Nm ³]Cd, Pb, F, Cl ₂
	특정물질	사고시조치	H ₂ S, NH ₃ , HF 등 28종
	분진	처리기준	구조사용관리
이동원	CO		[g/km]
	HC	주행거리당	10 모드
	NO _x	배출량	

주 : 분진은 일반분진과 특별분진(석면 등)으로 나누어진다(1989년 6월부터).

표 2b. 배출기준

일반배출기준	농도, K 값	일반시설
특별배출기준	농도, K 값	신증설 시설
상승기준	농도	도 조례
총량규제기준	배출총량	공장전체[Nm ³ /h]

5. 배연 규제

고정발생원으로부터의 배연규제는 전술한 바와 같이 “농도”와 “K값”에 의해 행하여진다. 대상이 되는 것은 정령에 의한 “매연발생 시설”로부터 배출되는 “매진”, “SO_x”, “NO_x”와 “유해물질”이다.

5.1 매연발생시설

보일러, 가스발생로, 가열로, 용광로, 회전

로부터 폐기물소각로까지 13종과 유해물질을 방생하는 각종 14시설에, 코크스로, 가스 터빈 및 디젤기관이 더해져서 30종이 발생시설로서 지정되어 있다.

“보일러”는 “전열면적 10m² 이상”인 것이 규제 대상으로 되어 있으나, 최근에는 10m² 이하라도 증기발생량이 큰 것이 개발되었기 때문에 “버너의 연소능력이 중유환산으로 1시간당 50리터 이상”인 것은 규제되게 되었다.

다른 발생시설에서도 정령으로 나타내는 규모 이하의 것은 (상세한 것은 생략) 규제 대상외로 된다.

5.2 매진 규제

1962년 “매연규제법”의 제정에 따라, 1963년 매진의 배출기준값이 공포되어 15종의 매연 발생시설에 대해 각각 설정되었다. 예를 들면 보일러에서는 “수관식 1.0” “그 외 1.2g/Nm³”으로 극히 완만한 것이었다.

농도는 표준상태로 환산한(0°C, 1기압) 매연량(Nm³ 또는 m³N) 중에 포함되는 매진의 중량[g]으로 [g/Nm³]으로 나타낸다.

1968년 “대기오염방지법”으로 새롭게 발족했으나 보일러 등의 기준값은 그대로 계승되었다.

1971년 6월 근본적인 개선이 행하여져서 기준값이 세분화되었다.

- 1) 석유, 석탄, 가스 태움과 연료의 종류별
- 2) 시설의 규모(1시간당 배연량으로 구별)별
- 3) 특정지역의 신시설에는 “특별배출기준”을 적용한다. 예를 들어 중유를 태우는 대형 보일러(배연량 20만 Nm³/h 이상)에 대

해서는 “1.0g에서 0.1g”으로 엄격해졌다. 1982년 6월 제3차규제에서 상기 보일러는 “0.05g”으로 개정되었다.

- 4) 배연을 공기로 희석시켜 의도적으로 농도를 낮게 억제하는 폐해를 방지하기 위해서 연소시의 “표준산소농도(O_n%)”에 따라 매진농도를 보정하는 방식이 도입되었다.

$$C = \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_s \quad [g/Nm^3]$$

여기서

C : 규제대상이 되는 매진량(보정값)

C_s : 실측한 매진량 [g/Nm³]

O_n : 시설별 표준산소농도 [%]

O_s : 실측한 배가스 중의 산소농도 [%]

- 5) 전열면적 10m² 이하의 소형보일러에서도 중유환산으로 50리터/h 이상의 버너능력이 있는 것은 규제 대상으로 된다.

현재 시행되고 있는 배출기준값은 표 3과 같으며, 5종의 보일러로 구별되어 규제가 행해지고 있다. 마지막으로 고체연소는 폐기물소각로 등에 적용된다.

5.3 유황산화물(SO_x)의 규제

매진에 대해서는 “농도규제”만 행하여졌으나 SO_x 규제에는 각종 방법이 시행되었다.

(1) 농도 규제

“매연규제법” 당시의 SO_x의 배출기준값은 “일반시설에서 0.22% 이하”로 극히 느슨하였다. 0.22%란 2,200ppm에 해당한다.

(2) K값 규제

대기오염방지법이 제정되고 부터 “매연 중

표 3. 보일러 매진 배출기준

보일러종류	매 연 량 [×10 ⁴ Nm ³ /h]	표준 O _n [O ₂ /%]	배출기준 [g/Nm ³]	
			일반	특별
가스전용 연소	> 4	5	0.05	0.03
	< 4		0.10	0.05
액체연소	> 20	4	0.05	0.04
	4~20		0.15	0.05
	1~4		0.25	0.15
	< 1	O _x	0.20	0.15
소형	0.30		0.15	
펠프 혹은 연소	> 20	O _x	0.15	0.10
	4~20		0.20	0.15
	< 4		0.20	0.15
	소형		0.30	0.15
석탄연소	> 20	6	0.10	0.05
	4~20		0.20	0.10
	< 4		0.30	0.15
	소형		0.30	0.15
고체연소	> 4	O _x	0.20	0.15
	< 4		0.20	0.20

주 : O_x는 표준 O₂%로 환산하지 않는다.

의 SO_x의 용량규제”로 되어, “K값규제”로 바뀌었다. 지역마다 K 값을 정하고 연돌의 유효 높이 H로부터 산출한 q가 SO_x의 배출 허용한도로 된다.

$$q = K \times 10^{-3} \times H_e^2 [\text{Nm}^3/\text{h}]$$

상세한 것은 표 4에 나타냈으나, 요점을 말하자면 연돌은 높게 하면 할수록 대기 중으로 확산되기 때문에 SO_x의 배출량은 증대하여도 허용되는 것이 된다.

표 4. SO_x값 규제

$q = K \times 10^{-3} \times H_e^2 [\text{Nm}^3/\text{h}] \quad \dots\dots(1)$ <p>q : 연돌로부터 배출되는 SO_x 규제량 [Nm³] K : 지역마다 정해진 규제계수 H_e : 연돌의 유효높이 [m] $H_e = H_o + 0.65(H_m + H_i) \quad \dots\dots(2)$ </p>
$H_m = \frac{0.795\sqrt{QV}}{1 + 2.58/V}$
$H_i = 2.01 \times 10^{-3} Q (J - 288) (2.3 \log J + \frac{1}{J} - 1)$
$J = \frac{1}{\sqrt{QV}} (1460 - 296 \times \frac{V}{T - 288}) + 1$
<p>H_o : 연돌의 실제 높이 [m] H_m : 배가스의 운동량에 의한 상승높이 [m] H_i : 배가스 온도에 따른 상승높이 [m] Q : 배가스량 [Nm³/S] V : 배가스 토출속도 [m/S] T : 배가스 온도 (= 273+t) [°K] $K = 5.84 \times 10^2 \times C_{\max} \quad \dots\dots(3)$ C_{max} : 착지 최고농도 [ppm]</p>

실제 연돌의 높이를 H_o로 하면 H_e는 다음 식으로 된다.

$$H_e = H_o + 0.65(H_m + H_i)$$

“유효 높이 H_e”는 배가스의 “운동량에 의한 상승 높이”와 “농도에 의한 부력상승 높이”와의 합으로 된다. 공장의 조업이 활발하게 행해지면 H_e는 높아지고, 투자하여 고연돌화하면 H_e는 더욱 높아져서 허용한도는

증대된다. K값 규제는 일본의 독특한 방법이다.

규제되는 K값은 1968년 12월부터 8차례에 걸쳐 개정되어, 현재 적용되는 것은 16지역으로 분류되며 그 중요한 것을 나타내면 다음과 같다.

- 1) 도오쿄(東京)·오사카(大阪) 등 6개 지역 : $K=3.0(K'=1.17)$
 - 2) 치바(千葉)·기따큐우슈(北九州) (21지역) : $K=3.5(K'=1.75)$
 - 3) 삿보로(札幌) (1지역) : $K=4.0$ (가고시마(鹿島) $K'=2.34$)
 - 4) 무로란(室蘭)·히다치(日立) (4지역) : $K=4.5$ (K' 는 특별기준값)
 - 15) 아오모리(青森)·구마모도(熊本) (20지역) : $K=14.5$
 - 16) 그 외 지역 : $K=17.5$
- (3) 연료 사용 조치

연료 사용량에 현저하게 변동이 있는 공장이 밀집되어 있는 지역에서는 도지사가 “연료사용 기준(연료 중의 S%)”를 정하도록 되어 있다.(S%, 0.5~1.2%의 범위).

1972년 6월에 “기준값”이 설정되고부터 4차례의 개정이 행해져서 현재 14지역에 대해 시행되고 있다.

(4) 총량규제

1974년 6월부터 “대기오염방지법” 중에 “총량규제기준”이 추가되어서 “지정지역”에 한하여 “공장 전체에서부터 배출되는 SO_x 의 총량”에 대한 허용한도가 설정되었다.

규제방법에는 “원연료(原燃料)사용량으로부터”와 “최대착지농도로부터”의 산출방식이 있고 “일반총량규제기준”과 “특별총량규제기준”으로 나누어져, 신·증설시설이 있으면 후

자가 적용된다.(상제한 것은 생략)

1974년 11월부터 “지역이 지정”되고 제3차로 추가되어 현재는 도오쿄·치바·요코하마(横浜)·나고야·오사카·기따큐우슈 등 28지역에 이르고 있다.

5.4 질소산화물(NO_x)의 규제

“광화학 옥시던트”의 원인물질로서 NO_x 가 문제가 되기 시작하였기 때문에, 그 규제는 꽤나 늦게 시행되었다. 환경청의 “ NO_x 규제 위원회”에는 저자도 참가하여 SO_x 와 마찬가지로 “K값 규제”로 할까, “농도규제”를 채택할 것인가 수회에 걸쳐 토의한 결과 후자에 의한 것으로 되었다.

(1) 농도 규제

1973년 8월에 기준값이 설정되었으나 우선 대형 보일러·가열로(금속 및 석유용), 초산제조시설에 한하고, 10만 Nm^3/h 이상의 대형 중유보일러에 대해서는 “일반기준 230ppm”, “특별기준 180ppm”이하로 규제되었다.

대기 중의 NO_2 농도는 환경기준값보다 매우 높고, 한꺼번에 개선되지 않기 때문에 규제를 엄격하게 해야만 하나, 그 기술적 대책은 개발도상에 있으며 한번에 개정되지 않고 7차의 개정에 머무르고 있다.

보일러에 대한 NO_x 배출기준값을 표 5에 나타내었다. 석유나 타르연료의 장치나 배연탈황·배연탈초장치가 있는 것은 약간 느슨하게 되어 있다. 또 일반기준과 특별기준의 구별은 그 시설의 설치 연월에 의하는 것으로 했으므로 극히 복잡하게 되어 있다. 소형 보일러란 전열면적 $10m^2$ 이하이고 중유환산

50리터/h 이상의 것이다.

표 5. 보일러의 NO_x 배출기준

보일러 종 류	배 연 [×10 ⁴ m ³ /h]	표준 [O ₂ %]	설 치 년 / 월						
			1973/8 까지	1973/8 ~ 1975/12	1975/12 ~ 1977/6	1977/6 ~ 1979/8	1979/8 ~ 1983/9	1983/9 ~ 1987/3	1987/4 이후
			배 출 기 준 [ppm]						
가 스 전 용 연 소	> 50	5	130	130	100	60	60	60	60
	10~50		130	130	100	100	100	100	100
	4~10		130	130	130	100	100	100	100
	1~4		150	150	130	130	130	130	130
	< 1 소 형		150	150	150	150	150	150	150 당분간 적용안함
액 체 연 소	> 50	4	180	180	150	130	130	130	130
	10~50		190	180	150	150	150	150	150
	4~10		190	180	150	150	150	150	150
	1~4		230	230	150	150	150	150	150
	< 1 소 형		250	250	250	180	180	180	180
고 체 연 소	> 70	6	400	300	300	300	300	300	200
	50~70		420	300	300	300	300	300	250
	20~50		420	300	300	300	300	300	250
	10~20		450	350	300	300	300	300	250
	4~10		450	350	300	300	300	300	250
	0.5~4		450	380	350	350	350	350	300
	< 0.5 소 형		480	480	480	380	380	350	300
								350	

(2) 총량규제

1981년 6월부터 NO_x의 총량이 규제되기로 되어 있으나 현재 아래의 3지역에 한정되어 있다.

- 1) 도오쿄도 특별구와 인접한 5시
- 2) 요고하마시·가와사카(川崎)시·요코스카(横須)시
- 3) 오사카시·사카이(境)시·후키다(吹田)

시 등 18시군

규제방법은 SO_x의 경우 [5.3(4)항 참조]와 같다.

6. 매진대책

연료의 연소과정에서는 탈수소·분해·중합 반응이 행하여져 최후에 탄소가 생성되어 “그을음”으로 되고 “매진”으로서 배출된다. 공급공기가 충분히 있으면 생성탄소는 억제 될 수 있다.

6.1 매진의 억제기술

- 1) 그을음이 발생하기 어려운 연료의 선택 : C/H가 큰 것은 피한다.(타르→중유→석탄→경질유→가스)
- 2) 공기비 m>1로 하여 불완전 연소를 피한다. 너무 과잉의 공기를 공급하면 연소온도가 저하된다.
- 3) 가스연료의 경우는 “예혼합연소”로 한다.
- 4) 기름연료에서는 버너와의 “무화(霧化)”를 충분하게 한다.
- 5) 석탄의 경우는 “미분탄연소”가 바람직하다.

표 6. 분진 장치 비교

이용원리	형식	처리법	입자직경 [μ]	압력손실 [mmH ₂ O]	집진율 [%]
중력	중력침강식	건식	50~1000	10~15	40~60
관성력	충돌식·반전식	건식	10~100	30~70	50~70
원심력	사이클론·멀티클론	건(습)식	5~100	100~200	85~95
세정	유수식·가압수식	습식	0.1~100	300~800	80~90
여과	백필터	건식	0.1~20	100~200	90~99
전기	코로나 방전	건(습)식	0.1~20	10~20	80~99

다.

- 6) 통풍을 충분하게 하면 연소도 양호하게 된다.

6.2 매진의 제거기술

연소기술만으로는 완전한 “매진방지”는 되지 않으므로, 연도(燃道)에 “매진장치”를 설치하여 대부분의 매진을 제거한 후 연도를 통해 배출한다.

집진장치에는 그 성능에 따라 표 6과 같이 분류한다.(저자가 일본철강연맹의 대기오염 방지 위원 시절에 종합한 것)

- 1) 중력을 이용한 것 : 중력침강식·다단침강식
- 2) 관성력에 의한 것 : 충돌식·반전식
- 3) 원심력에 의한 것 : 사이클론·멀티클론
- 4) 물에 세정하는 것 : 유수식·가압수식
- 5) 천으로 여과하는 것 : 백필터
- 6) 고압방전에 의한 것 : 전기집진기

가격이 비싸기는 하나 집진효율이 높은 것은 “전기식(코트렐)”으로 저온의 배가스에는 “백필터”가 적당하다. 세정식에는 “벤츄리·스크러버”가 많이 이용되고, 염가로 설치될 수 있는 것은 “사이클론”이다.

7. SO_x 대책

연소 후의 배연으로부터 SO_x를 제거하는데에는 물이나 수용액을 분무하는 “혼식법”과, 배가스를 혼합하지 않고 처리하는 “건조식”이 있다. 구체적인 방법으로는 아래와 같다.(표 7)

- 1) 알칼리 중화법 : 석탄, 백운석, 암모니아, 물 등을 이용하여 SO_x(산성가스)를 중화 흡수한다.
- 2) 흡착법 : 활성탄, 반성코크스 등으로 흡착시킨다. 탈리(脫離)작용이 필요하다.
- 3) 산화·흡수법 : SO₂를 산화하여 SO₃로 하여 물에 흡수시킨다.(유산의 제조법과 같다.)
- 4) 전자선조사(照射)법 : 암모니아를 첨가하고 전자선을 조사하여 “유안(硫安)”으로 회수한다.

표 7. 배연 탈황

방 법	탈황제	부산물	방식	
흡 착 법	입자상활성탄 반성 코크스	회황산 농축SO ₂	건식	
흡수법	분진상	활성산화망간 석회	석고 석고	건식
	슬러리	마그네시아 소다	농축SO ₂ 빙초산	습식
	액 상	암모니아	유안	습식
환 원 법	H ₂ S	황	건식	
전자선조사	암모니아	유안		
접촉산화법	V ₂ O ₅ 촉매	황산	습식	

1990년 3월 말의 환경청조사에서는 배연

탈황장치는 1914기 설치되고, 처리능력은 1.9억Nm³/h로 커졌으며, 보일러용이 많고 그중 78.1%는 “알칼리계 흡수법”에 의하며, 평균탈황율은 85.6%로 되었다. 석회석 슬러리에 의해 흡수하고 석고로 회수하는 방법이 보급되고 있다.

8. NO_x 대책

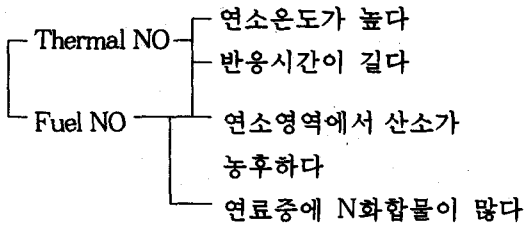
대도시에서는 자주 “광화학 스모그 주의보”가 발령된다. 그 기준은 “광화학 옥시던트 농도가 0.12ppm 이상”이 된 때이며, 0.4ppm 이상이 되면 “경보”로 된다.

“광화학 옥시던트”란 광화학 반응에 의해 생성되는 “산화성물질의 총칭”으로, 중성 요오드카리온액으로부터 요오드를 유리하는 것에 한정되며, NO₂를 제거한다고 정의되어 있다. 일반적으로 탄화수소와 NO₂가 자외선의 작용으로 광화학 반응을 일으키어, 오존 → 알데히드 → 카르본산 → 아시르기 → PAN (Peroxy-Acyl-Nitrate) 등으로 변화한다.

따라서 광화학 스모그를 방지하기 위해서는 NO₂의 삭감에 진력해야 하는 것으로 되어 NO_x의 규제가 강화되었다.

8.1 NO_x의 발생

연소로 인해 발생하는 NO_x는 주로 NO이며, 고온에 기인하는 “Thermal NO”와 연료 중의 N 화합물에 의한 “Fuel NO”로 구별되며, 생성 상황은 아래와 같다.



연소되면 반드시 NO가 발생하고 그 후 NO₂로 되기 때문에 공장의 매연, 자동차의 배기가 모두 함께 규제되는 것이다.

8.2 NO_x 억제기술

위의 원리를 이해하여 NO_x의 발생을 억제하기 위해서 아래와 같은 일을 행한다.

- 1) 연소온도를 낮게하여 국소적 고온역을 피한다.
 - a) 이단연소·농담(濃淡)연소
 - b) 공기, 연료의 예열 온도 저하
 - c) 연료 배가스의 재순환
 - d) 로 내의 수증기 또는 물의 흡입
 - e) 에멀전 연료의 사용
- 2) 연소영역의 (O₂)%를 저하한다.
 - a) 저산소 연소(m-1)
 - b) 메탄올을 연료로 한다.
- 3) 연소반응 시간을 단축시킨다. : 모서리 연소(Corner Firing)
- 4) N 화합물이 적은 연료를 사용한다. : 석탄 → 중유 → 경질유 → 가스
- 5) 높은 연돌에 의해 대기 중으로의 확산효과를 피한다.

8.3 NO_x 제거 기술

NO_x는 SO_x와 같이 간단하게 제거되지 않

기 때문에 “환원”하여 N₂로 하던가, “산화”하여 NO₂로 하여 물에 흡수하던가 하지 않으면 안된다. 그 요지를 표 8에 나타내었다.

- 1) 환원법 : 접촉환원(선택식·비선택식), 무촉매환원
- 2) 산화법 : 산화·흡수, 산화·환원
- 3) 분해법 : 접촉분해·전자선조사
- 4) 흡수법 : 등물흡수·착염생성흡수
- 5) 흡착법 : 활성탄

SO_x의 경우와 마찬가지로 처리방법으로는 “건식”과 “습식”이 있고, 1990년에 538기가 설치되어 있으며, 처리능력은 2.0억 Nm³/h, 대부분이 보일러용으로 과반수는 “선택식 접촉 환원법”으로 평균 탈초(脫硝)율은 64.8%로 낮으며 유효한 촉매를 개발 중이다.

표 8. 배연탈초

방식	방 법	탈조제	개 요
건식	선택식 접촉환원	NH ₃	NO _x 만 촉매 이용
	비선택식 접촉환원		NO ₂ 이외도 환원
	무촉매환원		탈초율 40~60%
습식	접촉분해	-	1000℃ 이상
	흡착	활성탄	실용화 곤란
	전자선조사	NH ₃	분말상, 탈초, 탈황도 가능
습식	산화흡수	O ₃	NO → NO ₂ 알칼리 흡수
	산화환원		NO ₂ 와 N-S화합물
	착염생성	EDTA -Fe	NO ₂ 을 직접흡수
	등물흡수	O ₃	NO와 NO ₂ 을 같은 농도로