



기 준 학  
현대환경연구소 수석연구원  
이학박사

# 월경성 대기오염 규제 동향: 유럽 및 북미 (마지막회)

## 사. 7차 의정서

잔류성 유기오염물질에 관한 1998년 의정서 역시 6차 의정서와 함께 6월에 덴마크의 아러스에서 제정되었다. 7차 의정서의 주요 목표는 자연환경에서 잘 분해되지 않고 잔류하는 유기화합물 중 위험기준에 따라 선별된 16개 물질의 투기, 배출, 손실을 방지하는데 두고 있다. 당장 생산 및 이용을 중지해야 하는 물질에는 Aldrin, Chlordane, Chlordecone, Dieldrin, Endrin, Hexabromobiphenyl, Mirex, Toxaphene 등이 포함되었고 시간을 두고 제한하는 물질로는 DDT, Heptachlor, Hexachlorobenzene, PCBs 등이 선정되었다. Dioxins, Furans, PAHs, HCB 등은 사용을 강력히 제한해 1990년(혹은 1985년에서 1995년 사이의 한 해) 배출량 기준 이하로 배출량을 감축하도록 규정하였다.

## (5) 8차 의정서 : 산성화, 부영양화, 지표오존 감소에 관한 1999년 의정서

### 가. 체결 상황

지난 1999년 12월 1일에 유럽과 북미 35개 국가의 환경 장관들은 스웨덴의 고텐부르크(Gothenburg)에서 만나 장거리 월경성 대기오염에 관한 유엔 유럽경제위원회(UN/ECE; United Nations Economic Commission for Europe) 협약에서 마련한 새로운 의정서를 검토해 27개

국가가 서명하였다. 이것은 협약이 체결된 뒤 지난 20년 간에 이루어진 여덟 번째의 의정서로서 이제까지 체결된 그 어떤 오염저감방안보다 세밀하고 종합적인 것으로서 실질적인 대응을 할 수 있도록 구성되었다. 또한 투자효과를 극대화하기 위해 오염물 배출로 인해 보건이나 자연에 가장 크게 악영향을 받고 있거나 비용편익분석 등 경제적인 도구를 활용하여 배출량을 줄이는데 가장 비용 효과적인 나라가 가장 많은 양을 저감하도록 설정하고 있다.

### 나. 목표

월경성 대기오염물질 규제협약에서 추구하는 일관된 목표는, 에너지 생산, 산업공정, 자동차, 농사 및 제반 인위적인 활동에 의해 발생하며 산성화, 부영양화 또는 지표오존 등 인간, 자연생태, 자연자원에 부정적인 영향을 끼치는 황산화물, 질소산화물, 암모니아, 휘발성유기화합물 등 대기 순환과정에 따라 장거리를 이동하는 월경성 대기오염물질의 배출량을 줄이는데 있다.

유럽경제위원회 가입국가들은 협약의 제정에 따라 환경 개선이 상당 부분 이루어졌으나 국경을 넘나드는 대기오염물질의 배출량은 여전히 높은 상태로 판단하고 있다. 따라서 8차 의정서에는 네 가지 오염물의 새로운 저감목표를 담고 있는데 유럽의 경우에는 2010년까지 1990년 기준으로 황산화물 63%, 질소산화물 41%, 휘발성유기화합물 40%, 암모니아 17%를 줄이도록 규정하고 있으며 국가별로 공중에 미치는 위해 정도와 환경 상태를 감

안해 개별상한을 규정하였다.

의정서에는 연소시설, 발전소, 드라이클리닝, 승용차, 화물차와 같은 특정 배출원들에 대한 배출제한치가 적용되고 있으며 배출량을 줄이기 위해 최적방지기술(Best Available Technologies)을 적용하도록 하고 있다. 그러므로 페인트나 에어러졸 제품에서 발생하는 휘발성유기화합물의 배출량도 줄여야 하며 농부들은 천연비료나 인조비료에서 발생하는 암모니아를 억제해야 한다.

**다. 배경**

협약이 준수됨에 따라 <표 2>에서 보이는 바처럼 EU 국가 내에서 발생하는 대표적인 대기오염물질인 이산화황의 경우, 성공적으로 배출량이 저감되어 1997년에는 1980년에 비해 66%의 배출량이 저감되었다.

그러나 지표권에서 햇빛에 의해 광분해 되면서 오존을 발

< 표 2 > EU 국가의 연도별 이산화황 및 이산화질소 배출량 변화

| 연도<br>항목        | 1980                     | 1990       | 1997                     | 1980년 대비<br>감축비율 |
|-----------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------------|
| SO <sub>2</sub> | 26,456,000               | 16,436,000 | 9,088,000 <sup>1)</sup>  | 65.6%            |
| NO <sub>2</sub> | 13,088,000 <sup>2)</sup> | 13,161,000 | 11,011,000 <sup>3)</sup> | 15.9%            |

- 1) 이탈리아, 포르투갈, 스페인, 1995년 기준; 프랑스, 그리스, 1996년 기준
- 2) 그리스, 1985년 기준; 포르투갈, 1991년 기준
- 3) 이탈리아, 포르투갈, 스페인, 1995년 기준; 프랑스, 그리스, 룩셈부르크; 1996년 기준

생시키는 이산화질소는 그 배출량이 1980년 대비 16% 줄어드는데 그치고 있다. 이러한 광산화반응을 촉진시키는 역할을 하고 자체로 유해성을 띄기도 하는 휘발성유기화합물에 대한 규제 성과 역시 미약하였다. 이에 따라 현재 지표 오존의 농도는 산업혁명 이전에 비해 세 배에서 네 배까지 높아 사람의 건강과 예민한 식물에 영향을 미치는 경우가 자주 발생하고 있다. 그러므로 이들 하이테크 오염물에 대한 종합적인 규제방안이 여전히 필요하게 되었다.

**라. 기대 효과**

8차 의정서에서 설정한 목표를 달성하게 될 경우에 유럽의 산성화 위험지역은 1990년도에 930,000km<sup>2</sup>에 이르렀던 것이 2010년도에는 150,000km<sup>2</sup>로 줄어들 것으로 전망하고 있다. 그리고 1990년도에 1,650,000km<sup>2</sup>에 이르렀던 부영양화 위험 자연환경이 2010년에는 1,080,000km<sup>2</sup>로 축소될 것이다. 지표에서 기준 이상으로 오존농도가 상승하는 경우도 반으로 줄어 47,500명의 영아를 오존으로 인한 사망으로부터 구해낼 수 있으며 식물이 과다 오존에 노출되는 정도도 1990년도에 비해 44%가 감소하여 성장률이 상승할 것으로 예상하고 있다.

이렇게 자연환경이 개선됨에 따라 사람의 건강이 좋아지고 농작물 생산성이 향상되며 건물피해가 줄어드는 이득은 오염저감설비를 설치하거나 에너지효율을 올리기 위한 방안을 시행하는데 소요되는 비용에 비해 3배 이상 효과가 큰 것으로 산정하고 있다. 오염물 배출목표를 달성하기 위해 소요되는 총비용은 유럽의 경우 연간 750억 달러 정도로서 1인당 연간 107 달러가 소요되며 이득은 연간 2,140억 달러에 이를 것으로 추정된다.

**마. 향후 전망**

자기들 스스로도 야심적인 계획이라고 부를 만큼 8차 의정서에서 담고 있는 오염물질에 대한 배출억제 목표는 광범위하고 높게 설정되었다. 하지만 목표년도인 2010년까지 1990년 기준으로 황산화물 63%, 질소산화물 41%, 휘발성유기화합물 40%, 암모니아 17%를 감축하겠다는 계획은 달성하기 쉽지 않을 것으로 보인다. 더구나 여기에서 제시된 수치는 관련 당사국의 평균치로서 특정국가에서는 이보다 더 높아질 수 있다. 이같이 어려운 목표를 달성하기 위해서는 적절한 투자재원이 마련되어야 할뿐만 아니라 실용성 있는 제거기술이 뒷받침이 되어야 한다. 그러나 상대적으로 경제력이 낮은 동유럽 국가들의 경우 충분한 시설투자가 어려울 것이고 질소산화물과 휘발성유기화합물 제거기술 등은 비교적 상용화 역사가 짧아 응용범위가 다양하지 못하기 때문에 차량에서 배출되

는 오염물을 저감하는데 많은 어려움이 예상된다. 휘발성 유기화합물의 저감을 규정한 4차 의정서에 대한 이행여부를 살펴보면 자료가 제시된 12개 국가 중에서 불가리아와 헝가리의 경우, 각각 52%와 30%의 감축목표를 설정했으나 실제 저감실적은 각각 21%와 16%를 기록해 목표치를 달성하지 못하고 있다.

이렇듯 예상되는 어려움에도 불구하고 지속적인 검토와 분석을 거쳐 8차 의정서의 실현 가능성을 판단하였기 때문에 유럽경제위원회는 기술분과위원회에서 8차 의정서가 가장 효과적으로 작용하기 위해서는 2002년까지 발효되어야 할 것이라는 권고를 받아들일 가능성이 매우 높다. 앞서의 경험으로 비록 일부 국가에서 목표치를 달성하지 못한다 해도 EU 국가를 중심으로 목표치를 초과 달성하게 되면 지역 전체적으로는 배출허용기준을 맞출 수 있을 것이라는 기대 역시 의정서의 발효를 앞당기게 하는 요소로 작용할 전망이다.

**(6) 시사점**

매년 반복되는 황사현상과 중국 동부의 산업공단에서 배출되는 각종 오염물질이 편서풍에 의해 운반되면서 우리나라와 일본에 영향을 미치고 있어 유럽 및 북미국가들간의「월경성 대기오염물질 규제협약」은 정부 차원의 대책을 마련하는데 시급성이 되고 있다. 또한 EU권 국가들의 환경정책이 제품의 환경성까지 고려하는 높은 수준임을 생각해 볼 때 우리에게 다가오는 또 다른 도전이 될 수 있다.

**가. 차량의 배출량 제한기준이 강화됨에 따라 자동차 산업계의 대비가 필요함**

「월경성 대기오염물질 규제협약」에서 최근에 가장 중점을 두고 있는 질소산화물과 휘발성유기화합물의 최대 배출원은 차량운행으로서 OECD 및 우리나라의 경우 전체 배출량의 50~70%를 차지하는 것으로 알려지고 있다. 따라서 협약의 성공적인 준수를 위해서는 이들에 의한 배출량을 억제하지 않으면 안되기 때문에 차량에 대한 배출

〈 표 3 〉 8차의정서 중 승용자동차에 대한 배출제한 기준

| 오염물        | 차종  | 배출제한량 g/km |          |
|------------|-----|------------|----------|
|            |     | 2001년 기준   | 2006년 기준 |
| 일산화탄소      | 휘발유 | 2.3        | 1.0      |
|            | 경유  | 0.64       | 0.50     |
| 탄화수소       | 휘발유 | 0.2        | 0.1      |
|            | 경유  | -          | -        |
| 질소산화물      | 휘발유 | 0.15       | 0.08     |
|            | 경유  | 0.50       | 0.25     |
| 탄화수소+질소산화물 | 휘발유 | -          | -        |
|            | 경유  | 0.56       | 0.30     |
| 분진         | 경유  | 0.05       | 0.025    |
| 적용시기       |     | 1/1/2001   | 1/1/2006 |

자료 : United Nations Economic Commission for Europe, www.unece.org, 2000

주 : 1) 캐나다와 미국을 제외한 유럽지역 적용 기준

량 억제 정책은 지속적으로 강화될 것이다(참고 <표 3>). 결국 우리의 주요 자동차 수출 대상이 되는 이들 국가들의 자동차에 대한 오염물 배출 규제 동향을 주목하지 않을 수 없다. 이는 기후변화협약에 의한 이산화탄소 배출 규제와 맞물려 그 효과가 증폭될 것이기 때문에 궁극적으로는 연료전지차 등 청정자동차를 개발해 대응해야 하겠지만 단기적으로는 연비향상에 주력하면서 배출저감장치의 개발에 주력해야 할 것이다.

**나. 개별국가의 규제동향에 대한 추가 분석이 요구됨**

협약은 관련 당사국들에 공동으로 적용되는 조약이기는 하지만 국가별 환경상황이나 경제개발 수준에 따라 배출제한치를 차등 적용하고 목표를 달성하기 위한 도구도 국가의 상황에 맞게 적용할 수 있도록 융통성을 두고 있으므로 개별 국가의 상황에 따른 환경정책의 변화를 파악하는 것이 필요하다. 예로서 독일, 프랑스, 영국 등 주요 EU 국가들의 배출억제선은 타국가들에 비해 월등히 높아 NO<sub>2</sub>의 경우 1990년 대비 평균 감축비가 41%이나 이들 국가는 54~60%를 감축목표로 하고 있고 휘발성유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds)의 경우 평균 감축율이 40%이지만 53~69% 감축을 목표로 각각 설정하고 있다.(참고 <표 4, 5>)

따라서 제한목표에 따라 개별국가들의 세밀한 추진방향

< 표 4 > 독일, 프랑스, 영국의 이산화황 및 이산화질소 배출제한 목표량

| 국가   | SO <sub>2</sub> (1,000 tonnes/year) |       |       |      | NO <sub>x</sub> (1,000 tonnes/year) |       |       |               |
|------|-------------------------------------|-------|-------|------|-------------------------------------|-------|-------|---------------|
|      | 오염물질                                | 1980  | 1990  | 2010 | 감축률(% 1990대비)                       | 1990  | 2010  | 감축률(% 1990대비) |
| 독일   |                                     | 7,514 | 5,313 | 550  | -90                                 | 2,693 | 1,081 | -60           |
| 프랑스  |                                     | 3,208 | 1,269 | 400  | -68                                 | 1,882 | 860   | -54           |
| 영국   |                                     | 4,863 | 3,731 | 625  | -83                                 | 2,673 | 1,181 | -56           |
| 전체평균 |                                     |       |       |      | -63                                 |       |       | -41           |

자료 : United Nations Economic Commission for Europe, www.unece.org, 2000

< 표 5 > 독일, 프랑스, 영국의 암모니아 및 휘발성유기화합물(VOCs) 배출제한 목표량

| 국가   | NH <sub>3</sub> (1,000 tonnes/year) |      |      | VOCs (1,000 tonnes/year) |       |       |               |
|------|-------------------------------------|------|------|--------------------------|-------|-------|---------------|
|      | 오염물질                                | 1990 | 2010 | 감축률(% 1990대비)            | 1990  | 2010  | 감축률(% 1990대비) |
| 독일   |                                     | 764  | 550  | -28                      | 3,195 | 995   | -69           |
| 프랑스  |                                     | 814  | 780  | -4                       | 2,957 | 1,100 | -63           |
| 영국   |                                     | 333  | 297  | -11                      | 2,555 | 1,200 | -53           |
| 전체평균 |                                     |      |      | -17                      |       |       | -40           |

자료 : United Nations Economic Commission for Europe, www.unece.org, 2000

이나 방법은 달라질 수 있으므로 이에 대해 지속적인 관심을 기울여야 할 것이다.

**다. 우리나라에도 유사한 영향을 미칠 가능성이 높아  
점진적인 대비가 요청됨**

앞에서 언급한 것처럼 우리 나라에서도 중국, 일본과 함께 대기오염물의 월경효과로 인한 환경문제가 최근에 이슈가 되고 있다. 이를 해결하기 위해 정부와 민간차원에서 다양한 방안이 모색되고 있으므로 비교적 성공을 거둔 유럽경제위원회 협약의 큰 틀이 좋은 본보기로서 작용할 가능성이 높다. 하지만 이러한 방향으로의 전환에서 가장 중요한 흐름은 결국 규제 강화로 귀착되기 때문에 고정발생원에 대한 배출제한 조치가 강화될 수 있다. 환경정책의 국제적인 공조 현상은 최근의 조류로서 기업의 입장에서 이에 대해 점진적인 대비를 갖추으로써 충격을 줄일 필요가 있다.

즉, 보다 청정한 생산기법을 도입하거나, 오염물 배출이 적은 청정연료로의 전환 혹은 에너지효율을 높이는 등 청정생산기술의 확대 적용이 요구된다. 환경관리의 청정화를 통한 접근은 보다 용이한 것으로서 석유류 보관방법의 개선을 통한 배출량 저감이 좋은 사례가 될 수 있다.

최근의 기술개발에 따라 발생원에서의 오염물 배출 방지 역시 현실적인 방안이 되고 있다. 황의 배출량을 줄이기 위한 방법의 하나가 IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle Technology)로서 효율향상과 함께 연료 세정이 복합적으로 이루어 지므로 발전과정에서의 배출량을 저감할 수 있다. 모든 연료에 적용할 수 있는 재연소기술이 질소산화물 발생억제를 위한 기술적인 대안으로 떠올라 대형 정유시설 등에 적용되고 있다. 그리고 주요 이동발생원으로 지목되고 있는 디젤차량의 오염물은 대개 분진과 함께 배출되므로 머플러에 분진거르개를 설치해 이를 제거할 수 있다. 수성 도료나 수성 세정제 같이 석유기원의 유기성 용제를 대체하는 제품의 사용을 확대하는 것도 휘발성유기화합물의 발생을 저감하는데 있어 고려해 볼 가치가 있는 방안들이다. 현재 우리 나라에서도 일부 업체에서 수성도료를 이용해 차량도장을 수행하고 있는데 색상의 질, 효율, 오염물발생 억제 등 여러 면에서 좋은 평가를 받고 있다. ◀

기존학 연구위원(jhki@hri.co.kr, ☎ 3669-4097)