

## 심포지움 3) 우리나라 장거리 이동 연구의 목적과 의의 Objectives and Significance of the Long-range Transport Research in Korea

김영성

한국과학기술연구원 대기자원연구센터

### 1. 역 사

우리나라에서 장거리 이동 연구가 본격화되기 시작한 것은 1990년대 이후이다. 1980년대에도 황사시기에 오염물질의 변화를 관찰하는 등 (이민희 등, 1988) 장거리 이동에 관한 연구가 없었던 것은 아니나 국지배출에 의한 1차 오염이 지배적인 상황에서 주목받기가 쉽지 않았다. 그러나 1990년대 청정연료 보급 등 정부 정책에 따라 세계 1, 2위를 다투던 1차오염이 해결의 실마리가 잡히고, G-7 환경공학기술개발사업의 일환으로 산성비 연구가, NASA의 PEM-West (Pacific Exploratory Mission in the western Pacific) 사업의 일환으로 제주도 고산에서 측정이 진행되면서 (Chen et al., 1997) 우리나라 장거리 이동 연구는 틀을 갖추게 되었다.

1990년대 중반 이후 장거리 이동 연구는 대기환경의 여러 연구분야 중에서도 가장 빠르게 영역을 확장하였다. 1996년에는 국립환경연구원의 지원으로 고산, 태안, 강화 등 배경농도 지역에서 측정이 시작되었고, 이후 환경부 국가배경 측정망의 근간이 되었다. 이들 측정은 1년에 2, 3차례 황해상 항공 측정을 동반하였으며 (Kim et al., 2001), 1990년대 후반에는 황해를 가로지르거나 우리나라 해안을 따라 선박 측정이 시도되었다 (김진영 등, 2003). 2001년 봄에는 ACE-Asia (Asian Pacific Regional Aerosol Characterization Experiment) 사업이 제주도 고산을 super site로 진행되면서 2003년 가을 현재도 가장 최신 연구분야의 하나인 'aerosol forcing'이 우리나라 대기환경 연구의 한 분야로 도입되었다. 2001년 가을부터는 또한 잔류성 유기오염물질과 중금속의 장거리 이동을 파악하기 위한 측정이 차세대핵심환경기술개발사업의 일환으로 제주도 고산에서 실시되고 있다.

### 2. 고 찰

우리나라에서 장거리 이동은 월경 이동을 의미하고 장거리 이동 연구는 기본적으로 국제적 성격을 지닌다. 우리나라의 장거리 이동 연구가 빠르게 외연을 확장할 수 있었던 데에는 어떠한 형태로든 국제적 요구에 부응하지 않으면 안되었던 원인도 작지 않다. 그러나 외형이 모습을 갖추었어도 그 내용이 우리의 필요를 얼마나 반영하였고, 얼마만한 성과를 거두었으며, 향후 무엇을 지향하고 있는지에 대한 점검은 또 다른 문제이다. 우리의 상황과 비교하기 위하여 유럽과 미국의 예를 살펴보면 다음과 같다.

1978년 채택되어 1983년 발효된 장거리 월경 대기오염에 관한 제네바 협약은 광역 대기오염을 대상으로 한 최초의 국제협약일 뿐 아니라, 조사연구와 국가정책, 국제협력이 효과적으로 결합되어 실질적 성과를 거두고 있다는 점에서 모델이 될 수 있다 (<http://www.unece.org/env/lrtap/>). 협약을 뒷받침하기 위하여 8개 의정서가 체결되었으며, 목적에 따라 (1) 모니터링과 평가 (EMEP, European Monitoring and Evaluation Program), (2) 배출 저감 - 황, NO<sub>x</sub>, VOCs, (3) 독성 물질 - 중금속, POPs (persistent organic pollutants), (4) 복합오염 (산성화, 부영양화, 지표 오존)으로 분류할 수 있다. EMEP의 이름 아래 오늘날 24개국 약 100개의 측정소가 운영되고 있고, POPs에 관한 의정서는 2001년 스톡홀름 협약의 모태가 되었다. 아직 발효되지 않았으나 중금속 의정서는 카드뮴, 납, 수은 등 3개 성분의 배출을 1990년 수준으로 줄일 것을 목표로 하고 있으며, 산성화, 부영양화, 지표 오존 감소를 위한 의정서에서는 1990년 배출 기준 황 최소 63%, NO<sub>x</sub> 41%, VOC 40%, 암모니아 17% 저감을 목표로 하고 있다.

미국은 2002년 봄부터 샌프란시스코에서 북쪽으로 400 km 떨어진 태평양 연안의 Trinidad Head에서 아시아로부터 오염물질 유입을 모니터링하고 있다. 최근 2, 3년 사이 ACE-Asia를 비롯하여 TRACE-P (TRANsport and Chemical Evolution over the Pacific), ITCT 2K2 (Intercontinental Transport and Chemical Transformation 2002) 등 동북아시아 혹은 북태평양을 대상으로 하는 미국 주도의 대규모 조사사업이 이어지고 있다. Hansen et al. (2000) 이후 CO<sub>2</sub> 외 온난화 기체와 에어로솔 특히 BC (black

carbon)에 의한 기후변화 연구가 활발하며, 이의 중심에는 중국이 자리하고 있다 (Streets et al., 2001). Holloway et al. (submitted)은 CO<sub>2</sub> 위주의 기존 기후변화 협약보다 지구규모 오염물질 장거리이동 협약이, 기후변화에 보다 효과적으로 대응할 수 있을 뿐 아니라 자국의 대기질 개선에도 기여할 수 있기 때문에 많은 나라의 참여를 유도할 수 있다고 주장하고 있다.

### 3. 겹 토

USEPA의 Keating (2002)은 최근 동북아시아에 대한 높은 관심은 1998년 4월 중국의 황사가 미국 서해안에 도달하는 모습을 관찰한 위성 사진과 중국 배출의 영향으로 미국의 오존 농도가 높아질 수 있다는 Jacob et al. (1999)에 의하여 촉발되었음을 밝히고 있다. 장거리 이동 등 오늘날의 대기환경 문제는 구체적 연구결과가 뒷받침되지 않는 한 실질적 대응이 어려움을 보여주는 단적인 예이다.

동북아시아에서 환경분야 국제협약이 지연된 원인으로는 중국의 소극적 태도가 거론되는 것이 보통이다. 그러나 중국이 경제 성장과 함께 환경문제에도 적극적으로 대응하기 시작하면서 상황이 바뀌고 있으며, 1990년대 초 우리나라의 예를 볼 때 경제력만 뒷받침된다면 변화는 예상보다 빠를 수 있다. 그동안 우리나라의 장거리 이동 연구는 향후 동북아지역 환경협상에서 중국과 일본에 맞서 구체적 대응이 가능한 결과를 제시하고 있는지? 국제협약에서 실질적으로 의미 있는 요소는 장거리 이동이 우리나라 환경에 미치는 영향이다. ACE-Asia 등 대규모 국제사업의 결과 동북아 대기질의 물리, 화학적 변화에 대하여 상당 부분이 밝혀진 상황이라면, 제네바 협약의 초기 단계를 지나 복합오염들이 논의의 대상이 될 수 있다. 중국으로부터 오염물질 유입이 서울의 광화학 오존과 시정장애, 미세먼지에 얼마나 기여하고 있는지? 중국으로부터의 장거리 이동과 함께 우리 사회에서 가장 먼저 떠올리는 황사는 우리에게 얼마나 어떻게 영향을 미치는지? 이들 문제들은 기후변화 협약이 CO<sub>2</sub> 위주에서 벗어나 오존, 에어로솔 등 오염물질을 포함하여 지역단위로 진행될 경우 더욱 중요하다.

### 사 사

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업인 "미량독성 유해물질의 장거리 이동특성 분석과 영향평가 기술" (과제번호 2001-44001-8) 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

- 김진영, 김영성, 이승복, 문길주 (2003) 황해 지역의 질소와 황 침적 추정, 한국대기환경학회지, 19, 217-229.
- 이민희, 한의정, 신찬기, 한진석 (1988) 황사현상시 분진의 입도분포와 화학조성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 4(2), 57-66.
- Chen, L.-L. et al. (1997) Influence of continental outflow events on the aerosol composition at Cheju Island, South Korea, J. Geophys. Res., 102, 28,551-28,574.
- Hansen, J.E., M. Sato, R. Ruedy, A. Lacis, and V. Oinas (2000) Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 97, 9875-9880.
- Holloway, T., A. Fiore, and M.G. Hastings, Intercontinental transport of air pollution: Will emerging science lead to a new hemisphere treaty? Environ. Sci. Technol. (submitted).
- Jacob, D.J., J.A. Logan and P.P. Murti (1999) Effect of rising Asian emissions on surface ozone in the United States, Geophys. Res. Letters, 26, 2175-2178.
- Keating, T.J. (2002) The chicken and egg: policy questions and research priorities at the U.S. EPA, Eos. Trans. AGU, 83(19), Spring Meet. Suppl., Abstract A41E-02.
- Kim, B.-G., J.-S. Han, and S.-U. Park (2001) Transport of SO<sub>2</sub> and aerosol over the Yellow sea, Atmospheric Environment, 35, 727-737.
- Streets, D.G., K. Jiang, X. Hu, J. Sinton, X.-Q. Zhang, D. Xu, M.Z. Jacobson, and J.E. Hansen (2001) Recent reductions in China's greenhouse gas emissions, Science, 294, 1835-1837.