

GA5) 대기 중 미량독성 유해물질의 특성과 현황 Characteristics and Status of Toxic Trace Substances in Ambient Air

김영성 · 김영주 · 임은정
한국과학기술연구원 지구환경연구센터

1. 서 론

미량독성 유해물질은 크게 중금속 성분과 잔류성 유기오염물질 (POPs, persistent organic pollutants)로 나눌 수 있다. 아직은 우리 사회의 관심이 직접 주변에서 확인할 수 있는 국내 배출에 머물고 있으나 미량독성 유해물질로 분류되는 많은 물질들이 분해가 어렵고 대기 중 체류시간이 길어 장거리 이동의 가능성이 매우 크다. 실제 오염물질 배출이 거의 없는 북극의 북극곰, 물개, 물고기에서도 미량독성 유해물질 검출이 보고되고 있는데, 다른 지역에서 배출된 독성물질들이 침적과 휘발을 반복하며 이동하는 가운데 기온이 낮은 극지방에 축적됨으로써 나타난 현상이다. 뿐만 아니라 이들 물질들은 물에 잘 녹지 않고 지방조직에 축적되는 경향이 있어 생태계의 먹이사슬을 따라 위로 올라갈수록 농축되기 때문에 먹이사슬의 상부에 위치한 인간에게 특히 유해하다.

2001년 5월 스톡홀름에서는 92개국이 DDT, 다이옥신 등 12개 잔류성 유기오염물질에 대한 유엔협약인 이른바 스톡홀름 협약에 서명하였다 (표 1). 이들 물질들은 대부분 국내에서 이미 사용이 금지 혹은 제한되었거나 배출이 규제되고 있는 물질들이다. 우리 나라의 미량독성 유해물질 문제에서는 DDT와 같이 사용이 금지된 물질의 잔류성 확인과 다이옥신과 같이 배출이 규제되고 있는 물질의 거동 조사 외에도 장거리 이동의 영향 파악이 중요하다. 우리 나라에서 오염물질의 장거리 이동이 중요한 것은 잘 알려진 바와 같이 주풍인 편서풍의 상류에 위치한 중국 때문이다. 중국의 오염물질 배출은 황산화물, 질소산화물의 경우 세계 1, 2위를 다투는 만큼 막대하며, 이들 오염물질의 70% 이상이 석탄 연소과정에서, 양은 작지만 훨씬 유해한 수은 등 중금속과 PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) 등 유기오염물질과 함께 배출되고 있다.

2. 잔류성 유기오염물질 (POPs)

POPs는 화학적 조성을 기준으로 크게 다환방향족 탄화수소 (PAHs)와 할로겐화 탄화수소로 구분할 수 있다. 할로겐화 탄화수소 중에서는 특히 염소화합물들이 잔류성이 강한 뿐 아니라 물에 대한 용해도가 낮고 지방에 친화력이 커 생체 농축이 용이하다. 표 1의 스톡홀름 협약 대상 12개 화학물질은 다이옥신/퓨란이 1-8, PCBs가 1-10까지 염소를 포함하며, 나머지 물질도 5개 (DDT)부터 12개 (mirex)까지 염소를 함유하고 있다. 스톡홀름 협약 대상 POPs는 분자량이 대략 200-500 사이이며 다환구조이다. 분자량 200 이하의 염화탄화수소에는 지방족 화합물도 상당수 포함되며 급성 독성은 거의 없고 독성이 있더라도 회복이 가능하며 환경이나 생체내 반감기도 짧은 것이 보통이다 (Ritter et al., 1995). 물질에 따라 기체 혹은 입자상에 주로 분포할 수 있으나 반휘발성의 특성 때문에 기체와 입자상 모두에 존재하는 것이 보통이다. 보편적으로 기체로 존재할 때 광분해 등이 용이하여 배출원 주변에서 농도가 높는데 비하여 입자상에 존재할 때 보다 잔류성이 강하여 장거리 이동의 가능성이 크다. UNECE (1998)는 1998년 6월 덴마크 아루스에서 스톡홀름 협약에 앞서, 장거리 이동 대기오염 협약의 일환으로 배출 최소화 물질에 PAHs를 포함시키는 등 16개 POPs에 관한 의정서를 체결하였다. PAHs는 둘 이상의 방향족 고리가 융합된 물질의 총칭으로 탄소와 수소만으로 구성되어, 100개 이상의 물질이 확인되고 있다. PAHs는 석탄, 석유, 목재 등 모든 유기물질이 불완전 연소되는 가운데 생성되기 때문에 실질적으로 차량 이용과 흡연, 산불 등 거의 모든 연소 과정에서 배출된다. 또한 원유와 coal tar, oil shale 등 자연 상태의 화석 연료에도 포함되어 있다. 순수한 PAHs는 일반적으로 무색이나 백색, 약한 황색 혹은 녹색의 고체이며, 약한 상쾌한 냄새가 있을 수 있다. 분자량의 변화 범위가 큰 만큼 증기압의 변화도 커서 고리수 2-3개의 저분자 물질은 주로 기체상에, 고리수 5-6개의 고분자 물질은 주로 입자상에 존재하며, 고리수 4개의 중간 물질은 온도에 따라 분포가 다르다.

3. 중금속

UNECE (1998)는 1998년 6월 덴마크의 아루스에서 POPs에 관한 의정서와 함께 수은, 카드뮴, 납 등 3개 중금속에 관한 의정서를 체결하였다. 이 의정서에서는 중금속을 안정되고 비중이 4.5 g/cm³ 이상인 금속 혹은 일부 반금속과 이들의 화합물로 정의하였다. 중금속 중 수은 등 3개의 물질이 주목을 받는 이유는 배경농도보다 크게 높지 않은 수준에서도 독성이 있기 때문이다. POPs 등 유기오염물질이 지방 조직에 주로 축적되는데 반하여 중금속은 단백질 조직이나 뼈에 축적된다. 인체에서 배출될 수 있는 이상 흡수될 때 중금속은 각각 특정 부위에 축적되는 경향이 있는데, 카드뮴은 콩팥에, 수은은 간에, 납은 뼈에 축적되어 만성적 독성을 일으키게 된다.

중금속의 인위적 배출은 최근 대부분 감소 추세이다. 그러나 중금속은 자연 배출의 비중도 작지 않아 카드뮴의 경우 침식 후 토양 입자의 비산에 의한 발생이 지구 전체 배출의 절반을 넘는 것으로 추산하고 있다. 카드뮴과 수은은 화산 활동에 의한 배출도 적지 않다. 수은의 주요 인위적 배출원은 화석연료 연소, 카드뮴은 비철금속 생산, 납은 유연 휘발유 사용이다. 수은의 배출에서는 강한 휘발성으로 말미암아 토양이나 지표수로부터 재배출도 중요하다. 유럽에서는 이와 같은 재배출 비중을 인위적 배출의 평균 20% 정도로 추정하고 있으며, 이에 따라 인위적 배출에 대한 규제가 엄격한 지역에서는 재배출의 비중이 오히려 클 수 있다 (MSC-E, 2002).

표 1. 스톡홀름 협약 대상 12개 유해화학물질과 국내 규제 현황

물질명	용도 및 발생	협약 내용	국내 규제현황	물질명	용도 및 발생	협약 내용	국내 규제현황
DDT	살충제	취급 제한	유해화학물질법 (금지)	Mirex	살충제, 화염억제제	근절 ^{a,b}	국내 도입 사실이 없음.
				HCB	살충제, 폭죽, 탄약 제조, 합성 고무 등에 사용.	근절 ^{a,b} , 배출 최소화	
Aldrin	살충제	근절 ^a	농약 관리법 (등록 취소)	PCBs	변압기와 대형 축전기의 유전액 등, 부적절한 폐기물 처리	근절 ^a , 배출 최소화	전기사업법 (사용금지)
Chlordane	살충제	근절 ^{a,b}			유해화학물질법 (금지)		
Dieldrin	살충제	근절 ^a					폐기물관리법 (지정폐기물)
Endrin	살충제, 쥐약	근절					
Heptachlor	살충제	근절 ^a		Dioxins	폐기물 소각, 석탄, 목재 연소, 차량	배출 최소화	폐기물 관리법 (소각시설 배출규제)
Toxaphene	살충제	근절		Furans			

^a특정용도 사용의 한시적 허용; ^b등록한 경우 한시적 생산 가능

감사의 글

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

참고 문헌

- UNECE (United Nations Economic Commissions for Europe) (1998) The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs), URL http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm; The 1998 Aarhus Protocol on Heavy Metals, URL http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.htm (accessed in January 2002).
- Ritter, L., K.R. Solomon, J. Forget, M. Stemeroff, and C. O'Leary (1995) Persistent Organic Pollutants: An Assessment Report on DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Heptachlor, Hexachlorobenzene, Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins and Furans, International Programme on Chemical Safety (IPCS), URL <http://www.chem.unep.ch/pops/ritter/ritter.htm> (accessed in January 2002).
- MSC-E (Meteorological Synthesizing Centre-East) (2002) POPs (Persistent Organic Pollutants), URL <http://www.msceast.org/pops>; HMs (Heavy Metals), URL <http://www.msceast.org/hms> (accessed in February 2002).