

4C1) 수은의 인체노출과 건강영향에 대한 국내연구 현황

Studies on the Human Exposure and Health Influence of Mercury in Korea

김 근 배

환경부 국립환경과학원

1. 서 론

오랫동안 인류의 생활에 필수적인 금속으로 이용되어왔고, 현재에도 의학과 산업분야에서 널리 사용되고 있는 수은은 금속원소, 무기 결정체, 그리고 유기화합물의 3가지 형태로 대기 및 수계, 토양등 대부분의 환경매체에 존재하는 것으로 알려져 왔다. 다른 환경오염물질과는 달리 환경 중으로 배출된 수은은 지속적으로 환경매체간을 이동할 수 있을 뿐 아니라 배출원과 대단히 멀리 떨어진 지역의 오염도에도 영향을 미칠 수 있는 장거리 이동오염물질로서 지구적인 오염물질로 인식되고 있다.

환경과 생태계에 유입된 수은은 화합물의 종류에 상관없이 미치는 영향이 치명적인 것으로 인간의 경우, 중추신경계와 순환기계 등에 주로 영향을 미치며 태아 및 가입여성과 같은 민감집단과 일반성인등에 광범위한 건강위해성을 보일 뿐 아니라 발암위해성도 있는 것으로 알려져 있다. 또한 생명유지의 근간인 생태계 구성요인들에 유입되어 생물농축 및 생물종의 사멸 등을 유발하여 궁극적으로 인간의 건강에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

이러한 이유로 2001년 2월 열린 제 21차 UNEP 정부간 회의에서는 최근 수은배출에 의한 환경생태계 파괴 및 경제적 중요성을 배경으로 수은에 관한 지구규모의 조사사업 추진결의안(decision21/5)을 채택하였으며, UNEP의 Mercury Program에서는 별도의 Global Mercury Assessment Project를 만들어 2002. 9월, 미국, EU 국가 등 66개국과 UNIDO, WHO, EU 등 5개 국제기구, 그린피스, Basel Action Network 등 9개 비정부기구가 참여하는 Working Group meeting을 진행하였다. 이러한 국제적 관심과 협력을 바탕으로 발간된 UNEP의 지구수은분석사업(Global mercury assessment, 2002) 보고서를 통해 지구규모의 수은오염정도가 위험수위에 노출되어 있다는 사실이 알려지기 시작하였으며, 특히 우리나라와 인접한 중국등 아시아 지역의 수은 배출량이 전 세계 배출량의 절반에 육박하고 있다는 점은 2000년 이후 수은의 사용량이 급속히 감소되어 오염 피해에 대한 우려가 거의 없었던 우리나라에서도 큰 관심을 끌게 되었으며 국가적인 오염피해 우려도 제기되었다(국립환경과학원, 2007).

본 발표는 이러한 국제적인 움직임과 국민적 우려에 대처하기 위하여 환경부와 국립환경과학원이 우리나라 국민의 일인당 수은노출량과 인체노출실태 등 2005년부터 현재까지 조사하고 있는 각종 조사결과를 종합한 것이다.

2. 연구 방법

우리나라 국민의 수은 인체노출수준을 파악하기 위하여 국내 전국 26개 지역 초등학교 어린이 2,000명의 혈액과 요, 20세 이상 성인 1,000명의 혈중 수은농도, 산모 200명의 혈액과 제대혈 중의 수은노출실태, 석탄화력발전소와 생활폐기물 소각장 주변지역의 인체수은노출 수준비교조사를 실시하였으며 이를 선진국 등에서 제시하고 있는 가이드라인과의 비교를 통해 노출수준의 정도를 평가하였다. 특히 어린이의 경우 주요노출원인을 파악하기 위하여 고노출 집단과 저노출 집단을 구분하여 수은노출과 관련된 설문조사내용을 비교, 검토하였으며, 그동안 분석방법의 부재로 국내에서는 제대로 조사되지 못하였던 수은화합물인 메틸수은의 노출수준을 어린이와 함께 대표적인 민감집단으로 알려진 산모의 혈액 및 제대혈을 대상으로 분석하였다. 그리고 국내에서 진행된 각종 환경매체와 식품중의 수은농도, 일반인의 평균 호흡량 및 식품섭취량 등을 조사하여 국민 일일 수은노출량을 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

수은오염피해에 취약한 것으로 알려진 어린이의 국내노출조사결과는 표 1과 같다. 평균 수은농도는 혈액 2.42ppb, 요 2.53 $\mu\text{g/g}$ -creatinine로서 독일등 선진국에서 제시하고 있는 가이드라인의 약 60% 정도 수준을 보이고 있다. 그러나 상위 5%에 해당하는 어린이들의 경우 가이드라인을 육박하거나 초과하고 있는 것으로 조사되었다.

Table 1. Biological mercury concentrations of schoolchildren in Korea(2006).

구 분	평균농도 (N=2,000)	백 분 위 수			
		50	75	90	95
혈액(ppb)	2.42	2.28	2.92	3.75	4.20
요($\mu\text{g/g}$ -creatinine)	2.53	2.06	3.06	4.56	5.97

표 2는 우리나라 성인의 혈액 내 존재하는 총수은농도 조사결과로서 남성의 경우, 5.01ppb로 여성의 3.76ppb보다 높게 조사되었으며 40대 이후 농도가 눈에 띄게 높은 것으로 나타났다. 특히 상위 5%의 경우 11.69ppb로서 건강에 영향을 미치는 것으로 제시된 가이드라인 농도인 15ppb에 이르는 것으로 나타났다.

Table 2. Biological mercury concentrations of adults in Korea(2005).

구 분	혈중수은농도(ppb)	백 분 위 수				
		50	75	90	95	
전 체(1,000명)	4.34	4.65	6.89	9.35	11.69	
연 령	20 - 29	3.98	4.21	6.19	8.54	9.35
	30 - 39	4.18	4.55	6.68	6.21	10.69
	40 - 49	4.79	5.23	7.6	9.91	12.75
	50 - 59	4.52	4.82	7.22	9.73	12.52
	60세 이상	4.06	4.38	6.39	9.05	12.07
성 별	남 자	5.01	5.33	7.98	10.16	12.75
	여 자	3.76	4.03	5.98	8.03	9.77

수은에 가장 민감한 것으로 알려진 임신부 및 제대혈의 수은농도 조사 결과는 표 3과 같다. 임신부의 경우 3.99ppb로서 일반성인의 평균치보다 낮게 조사되었으나 대상자의 10%가 미국 EPA에서 제시한 수준 5.8ppb값을 초과하였으며, 태아의 노출수준을 반영하는 제대혈 중 수은농도는 5.87ppb로서 대상자의 41%가량이 주의수준을 초과하는 것으로 조사되었다. 수은화합물중 가장 인체에 독성이 큰 것으로 알려진 메틸수은이 총수은에서 차지하는 비율은 산모혈과 제대혈이 각각 84%, 90%에 이른 것으로 나타났다.

Table 3. Hg concentrations in blood of Pregnant Women and Cord blood(2007).

구 분	산 모 혈		제 대 혈	
	총 수 은(N=141)	메틸수은(N=36)	총 수 은(N=141)	메틸수은(N=36)
평균농도(ppb)	3.99	3.06(84.5%)	5.87	4.70(90.8%)

국내에서 수은이 배출되는 것으로 알려진 시설은 석탄화력발전소, 소각장, 제철 및 비철 금속산업 등이 있으며, 이들 시설의 인체노출 영향을 확인하기 위하여 석탄화력 발전소와 생활폐기물 소각시설 주변지역에 거주하는 주민과 그렇지 않은 대조지역 거주 주민의 생체시료 중 수은농도를 조사한 결과 뚜렷

한 증가영향을 확인하지 못하였다. 조사결과는 표 4와 같다.

Table 4. Hg concentrations in Biological Samples of Schoolchildren living near the Hg Emission facilities (2006, 2007).

	석탄화력발전소		생활폐기물 소각장	
	소재지	대조지역	소재지	대조지역
혈 액(ppb)	2.34	2.40	2.48	2.77
요($\mu\text{g/g-creatinine}$)	2.20	2.95	0.76	0.78

우리나라 국민의 수은노출에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 어류를 포함한 식이요인에 의한 것으로 조사에 참여한 대상자의 설문조사 결과 나타나고 있다. 이러한 사실은 국내 환경매체와 식품등에 대하여 실시된 수은함유량과 섭취량을 근거로 산출된 국민 일인당 일일 섭취량조사에서도 증명되고 있다. 평균적인 섭취량은 18.8 μg /일로서 이중 식품이 차지하는 18.71로서 절대 다수를 차지하고 있다. 그러나 국내 환경매체 중 수은 농도에 대한 측정결과가 일부지역에 국한되어 있고, 특히 대기 중 수은의 절대량을 차지하는 가스상 수은에 대한 측정이 최근에 와서야 이루어지고 있음을 고려할 때, 환경오염으로 인한 노출량은 표 5에서 제시된 양보다 증가할 것으로 판단된다.

Table 5. Daily Amount of Hg exposures and Calculations(2006).

산출개요		Intake(mg/day)=Occurrence(mg/kg) \times consumption(kg/day)
산출근거	문헌조사	환경 - 대기: 4.6~6.9ng/m ³ (1997~2002년, 서울양재동 관측소) - 수질: 1998년~2002년 총 5개년 동안 18,729 측정샘플에 대한 조사 결과 95.5% 불검출 : 하천, 호소에서는 100% 불검출이며, 공단배수 또는 도시관류 등에서만 검출 - 토양: 1998년~2002년 총 5개년 동안 6,988측정샘플에 대한 조사결과 평균값은 0.043 \pm 0.233mg/kg 범위
		식품 - 곡류: 0.0017ppm(쌀, 밀가루, 옥수수) (2000, 한국소비자 보호원) - 쌀: 0.002-0.010ppm(1992, 1995, 1996, 2002, 식약청) - 어패류: 다랑어(참치)-0.83ppm, 참치통조림-0.09ppm, 옥돔-0.13ppm(2004, 식약청) - 야채류: 버섯-0.015ppm, 배추-0.0017ppm, 상추-0.0027ppm, 파-0.0038ppm
	노출계수	환경 - 대기: 호흡량을 20m ³ 으로 계상 - 물: 일일 음용수 섭취량 2L로 계상 - 토양: 미국환경청 일일 토양섭취량 0.05g/day,
		식품 - 한국인의 식품소비량(위해성평가를 위한 한국인의 노출인자 규명, 2004, 식품의약품안전청, 단위 g/day) 곡류: 314, 채소류: 295, 어패류: 77g/day 등
노출량 산정	환경	- 대기: 6.9ng/m ³ \times 20m ³ /day=0.106 μg /day - 수질: not calculated - 토양: 43 μg /kg \times 0.05g/day/60kg/10-3g/kg=0.002 μg /day
	식품	- 곡류: 1 μg /kg \times 314g/day=0.314 μg /day, - 두류 및 음료, 가공품: 0.016+0.015+0.020=0.051 μg /day - 채소류: 1 μg /kg \times 294.7g/day=0.295 μg /day, - 버섯류: 54 μg /kg \times 23.5g/day=1.269 μg /day - 패류: 269 μg /kg \times 0.077kg/day \times 0.22=0.2 μg /day, -어류: 269 μg /kg \times 0.077kg/day=16.570 μg /day
한국인 성인 1일 수은 노출량		18.8 μg /day=식품 18.71 μg /day+환경 0.108 μg /day

이상과 같이 우리나라 국민의 인체 수은노출수준은 전체적으로 국민의 건강을 우려할 만한 수준에는 미치지 않은 것으로 나타나고 있다. 그러나 일부 노출군은 수은의 노출이 건강에 영향을 미칠 수 있는 가이드라인에 육박하는 것으로 나타나 추가노출에 따른 건강피해의 가능성도 존재하는 것으로 조사되고 있다. 노출수준 조사와 함께 수은오염에 따른 피해를 확인하고 향후 발생할 수도 있는 건강상의 피해를 예방하기 위하여 조사 참여자를 대상으로 혈액검사, 채위반응검사, 컴퓨터 신경행동검사 등이 시도되고 있으나, 현재까지 일부 요인에서 영향이 추측될 뿐 뚜렷한 상관관계는 볼출되지 않고 있다.

수은 인체노출량의 대부분은 대기오염 뿐 아니라 생태계에 유입된 수은이 그 형태를 달리하여 어류에 축적되고 이를 섭취함으로써 기인하는 것으로 알려져 있다. 어류 섭취량이 다른 국가에 비하여 높은 우리나라의 경우도 예외는 아니어서 각종 조사결과에서도 유사한 결과가 보고되고 있다. 비록 우리 국민의 인체 수은노출 수준이 현재는 비교적 안전한 수준에 있긴 하나 우리나라 국민의 식습관등을 고려할 때 추가적인 인체노출은 국민건강의 큰 위해 요인이 아닐 수 없다. 따라서 이를 유발하는 수은오염의 원인규명과 국제사회의 수은오염저감방안 마련을 위한 연구는 지속적으로 진행되어야 할 필요성이 있으며 이런 이유로 수은오염의 가장 기본적인 자료를 제공하는 대기 환경 중 수은오염에 대한 연구는 그 의미가 크다고 하겠다.

참 고 문 헌

- 국립환경과학원 (2005) 수은의 인체노출 및 건강영향에 관한 연구(I).
- 국립환경과학원 (2006) 수은의 인체노출 및 건강영향에 관한 연구(II).
- 국립환경과학원 (2007) 수은의 인체노출 및 건강영향에 관한 연구(III).