

## 우리나라 일부 여성의 카드뮴과 납 섭취량 및 노출경로 평가

문찬석<sup>†</sup>

부산가톨릭대학교 응용과학대학 산업보건학과  
(2007. 10. 8. 접수/2007. 10. 24. 채택)

### Evaluation of Cd and Pb Intake and Exposure Routes in Some Korean Women

Chan-Seok Moon<sup>†</sup>

Dept. of Industrial Health, College of Applied Science, Catholic University of Busan, Busan 609-757, Korea  
(Received October 8, 2007/Accepted October 24, 2007)

#### ABSTRACT

The publications on dietary intake, respiratory intake and blood concentration of cadmium and lead in some Korean women are reviewed. Reported values of dietary Cd intake as geometric mean were 17.1 µg/day in 1986, 21.2 µg/day in 1994, 16.7 µg/day in 2000, and blood concentration were 1.45 µg/l in 1986, 1.27 µg/l in 1994 and 2.74 µg/l in 2000, respectively. In case of Pb, the dietary intake were 33.1 µg/day in 1986, 20.5 µg/day in 1994, and 18.4 µg/day in 2000 and the blood concentration were 51.5 µg/l in 1986, 44.3 µg/l in 1994, 37.3 µg/l in 2000, respectively. Dietary intake is an almost exclusive route of Cd exposure, however respiratory intake in case of Pb is thought to affective exposure route in Korean women. When compared with the values reported in the literature, both of dietary Cd and Pb intake levels appear to be similar to or somewhat higher than the levels in east and south-east Asia.

**Keywords:** cadmium, lead, intake, exposure route, Korean women

#### I. 서 론

카드뮴(Cd)과 납(Pb)은 주거 환경에 흔히 존재하고, 인간이 가장 흔히 노출되기 쉬우며, 다른 금속들에 비해 체내축적이 쉽게 이루어지고, 생물학적 반감기가 비교적 긴 특징을 가진다.<sup>1-9)</sup> 이 두 금속은 일반인을 대상으로 한 노출 및 그 경로에 관해 가장 많이 연구되었으며, 환경보건학의 측면에서 가장 이슈가 되어 온 유해 중금속이다.<sup>10-13)</sup> 인체 유해 중금속으로서의 Cd와 Pb는, 고농도 또는 장기간의 직업적 노출에서 Cd의 경우 신장해와 발암성을 나타내며, Pb의 경우는 신경계 장애와 헤파성 장애를 일으킨다.<sup>14-16)</sup>

국내의 경우, 환경오염의 규제가 원활히 진행되어 오고 있으며 공장근로자를 대상으로 한 Cd와 Pb의 고농도 폭로에 관한 연구는 산업보건학적 연구에서 다수 있는 편이나,<sup>14,15)</sup> 백그라운드 노출로서의 일반 국민을 대

상으로 한 저농도 장기폭로를 중심으로 한 환경보건학적인 관점에서의 연구나 환경과 연관된 인체노출 평가는 거의 없는 실정이다.<sup>17)</sup> 최근에 환경보건법이 새로이 제정되어 일반인의 환경 유해물 노출에 대한 국가적인 관리와 감시를 강화하고 있으며, 환경부에서 시행하고 있는 조사연구 동향을 볼 때, 산업단지를 중심으로 그 주변의 거주민에 대한 환경적 노출과 생체부하에 대한 조사가 진행 중에 있고, 폐광산 주변에 거주하고 있는 일반인들의 중금속 폭로에 관한 조사가 활발히 이루어지고 있는 실정이다.<sup>18,22,49)</sup> 현 시점에서 볼 때, 백그라운드 노출로서의 국내 일반인을 대상으로 한 Cd와 Pb의 과거 노출자료의 선별적인 검토는 현시점의 일반인 노출을 평가하기 위한 참고자료로서 큰 의미를 가진다고 판단된다.<sup>19)</sup>

본 연구는 음식을 통한 Cd와 Pb의 섭취량과 인체 모니터링 마커로서의 혈중 농도를 동시에 파악할 수 있는 자료를 이용하여 일반인이 1일간 경구섭취하고 있는 중금속(Cd, Pb)의 농도와 노출수준을 혈중 농도를 통하여 검토하였으며, 음식물과 대기를 통한 노출경로를 추정 평가하였다. 국내 일반인의 섭취량을 우리나라

<sup>†</sup>Corresponding author : Dept. of Industrial Health, College of Applied Science, Catholic University of Busan  
Tel: 82-51-510-0633, Fax: 82-51-510-0638  
E-mail: csmoon@cup.ac.kr

주변 국가들과 비교하여 국내 섭취량의 수준을 비교 검토하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 참여자 및 식사조사 자료의 비교

대상으로 한 자료는 국내 일반인이 대상이 된 Cd와 Pb의 섭취량에 대한 조사로서 Watanabe 등<sup>23)</sup>에 의하여 1986년에 조사가 시행되었다. 여주지역에 거주하고 있는 중년여성을 주 대상으로 하였으며, 1994년에 문 등<sup>17,19)</sup>에 의하여 국내의 4개지역[대도시 2개 지역(서울, 부산), 중도시 1개 지역(천안) 및 농촌 1개 지역(함안)]의 141명의 여성을 대상으로 하여 수행되었다(Table 1). 또한 2000년에 와서 다시 문 등<sup>24)</sup>에 의하여 2000년에 부산지역의 38명의 여성을 대상으로 하여 조사되었다. 이들 조사보고는 동일한 연구그룹에 의해 일정한 기간을 두고 수행되었으므로, 연구참여자의 선정과정, 음식물 시료의 채취 및 처리과정, 분석과정이 동일하고, 실험실 내부의 정도관리를 행하였으므로 연구결과를 상호 비교할 수 있었다.

이들 음식물 섭취량에 관한 자료는 국제적으로 인정된 자료(Science Citation Index급 등재지)를 대상으로 한정하였다. 연구 자료내의 연구대상자들은 직업적 노출력이 없고, 비흡연자이며 습관적으로 음주를 하지 않는 여성이었다.<sup>17,19)</sup> 연령은 30대 및 40대의 가정주부가 주 대상(75% 이상)이었다.<sup>20,21)</sup> 음식물 섭취조사에 앞서 연구참여자와 연구조사에 대한 취지와 조사의 내용을 충분히 주지시키고, 참여동의를 받았다. 대상자들에게 24시간 복제 음식물을 담을 수 있는 용기를 배부하였다. 음식물 채취 용기는 모두 질산(30%) 처리 후 증류수로 세척된 용기가 배부되었으며 조사 시작일 1일 전에 음식물을 복제 용기에 오염되지 않게 담아 조사 당일 가져오게 하였다. 대상자들이 준비해 온 1일 복제 음식물은 음식물 조사 연구를 수회 수행한 경험을 가진 숙련된 영양사에 의하여 확인 절차를 거쳐 1일 음식물로서의 타당여부를 확인한 후 혼합기(Homogenizer)를 이용하여 균질화 한 후 냉동 보관하

여 실험실로 이송되었다. 이들 자료에 나타난 음식물 복제 및 수집에 관한 세부절차는 여러 연구자들에 의해 오랜기간 동안 음식물조사에 사용되어 오고 있는 방법이다.<sup>50,51)</sup> 음식물의 균질화 및 보관에 이르기까지의 모든 과정은 중금속의 오염에 각별히 유의하여 행하였으며,<sup>7,19,24-28)</sup> 조사 당일에는 24시간 음식물을 참여자 각자가 준비하여 가져왔으며, 자기문진표를 작성하고 신장, 체중, 혈압 및 체혈과 최종적으로 의사 검진이 수행되었다. 참여자들은 모두 신체적으로 건강하다고 판단되는 사람들이었다.<sup>21)</sup>

### 2. 시료의 분석전처리 및 정량 분석

조사 자료내의 24시간 복제음식물 및 혈액시료는 습식탄화 처리하였다. 시료 일정량을 테프론 튜브(균질화된 음식물의 경우) 및 마이크로제달튜브 (MicroKjedahl tube; 혈액의 경우)에 넣고 질산-과염소산을 사용하여 전기열판에서 160°C 이하에서 탄화 처리하였다. 최종 탄화액이 약 0.3 ml가 될 때까지 가열한 후, 탄화액을 10 ml 부피가 되도록 증류수로 맞추고 이것을 원자흡수분광계(AAS) 분석용 시료로서, 분석 시에 적량 희석하여 사용하였다. 원자흡수분광계는 지만-백그라운드 보정(Zeeman background correction)을 행하고 표준첨가법(Standard addition method)에 의하여 농도를 정량한 후 24시간 음식물 중의 Cd와 Pb의 농도 및 혈액의 Cd와 Pb의 농도를 산출해 내었다.

### 3. 음식물 및 대기호흡을 통한 Cd 및 Pb 섭취량 산정

자료의 음식물을 통한 Cd와 Pb의 섭취량은 1일간 전체 음식물 중에 포함된 Cd와 Pb의 함량 중 가장 흔히 이용되는 5-10%의 소화관 흡수량(uptake) 중 본 연구에서는 7.5%의 흡수를 가정하여 계산하였다. 대기의 경우는, 15 m<sup>3</sup>/day의 호흡량과 이 중 50%의 흡수를 가정하여 계산하였다.<sup>7,17,24)</sup>

1990년대 중반의 경우(1994년 조사), 대기 중의 Cd와 Pb측정 결과는 국내의 대기질 관련 학회에서 발간된 논문들 중 유용한 보고서를 모아서 지역에 따른 측정 평균치의 범위를 구하였다. 2000년대 초반의 경우(2000년

Table 1. Number of Participants, age and survey sites in Korean survey

Survey	Site	No.	Sex	Age <sup>1)</sup>	Reference
Survey in 1986 <sup>23)</sup>	Yeosu	46	female	- (25-49)	Watanabe <i>et al.</i> (1988)
Survey in 1994 <sup>17)</sup>	Seoul, Busan, Chunan, Haman	141	female	39.2 (21-56)	Moon <i>et al.</i> (1995)
Survey in 2000 <sup>24)</sup>	Busan	44	female	35.1 (28-46)	Moon <i>et al.</i> (2003)

<sup>1)</sup>Arithmetic Mean (Minimum-Maximum).

조사)에는, 정부에서 지역별 대기 중 Cd와 Pb 농도를 대기환경연보로 출간하였으므로 이 자료를 참고로 하였다. 단, 1980년대 중반의 경우(1986년 조사)는 지역별 중금속 대기질 자료에 관한 논문이나 정부출간 보고서가 없어 음식물 섭취량 및 혈중농도와 비교하지 못하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 한국인의 Cd와 Pb의 경구 섭취량

국내인을 대상으로 한 연구보고서 중 일반인에 있어 Cd와 Pb의 경구 섭취량 및 이들 섭취량에 대응하는 혈중 농도를 Table 2에 나타내었다. 유용한 자료로서 1986년에 농촌지역으로서 여주에서 46명의 여성을 대상으로 한 보고와 1994년 조사에서 국내 4개(서울 천안, 함안, 부산)의 대도시, 중소도시 및 농촌지역을 대상으로 한 보고와 2000년에 부산지역에서 38명의 중년 여성을 대상으로 조사된 보고이다. Cd의 섭취량은 1986년 조사에서 17.1 µg/day, 21.2 µg/day 및 16.7 µg/day로서 섭취량의 기하 평균치에서 볼 때 16.7 µg/day에서 21.2 µg/day로서 큰 폭의 변동은 보이지 않았다. 혈중 Cd의 경우도 기하 평균치에서 1.45 µg/l, 1.27 µg/l 및 2.74 µg/l로서 1.27-2.74 µg/l의 범위를 나타내었다. Pb의 경우는 음식물 섭취량에서 1986년에 33.1 µg/day, 1994년에 20.5 µg/day, 2000년 조사에서 18.4 µg/day로 18.4 µg/day에서 33.1 µg/day의 섭취량의 범위를 나타내었으며, 혈중 Pb의 경우도 1986년 조사에서 51.5 µg/l, 1994년 조사에서 44.3 µg/l, 2000년 조사에서 37.3 µg/l로 일반 여성에 있어 혈중 Pb의 농도는 37.3-51.5 µg/l의 범위임을 알 수 있었다.

Pb의 경우는 1986년 조사에서 1994년 조사를 거쳐 2000년 조사에 이르러 섭취량과 혈중농도 모두 감소하고 있는 현상을 나타내었다( $p < 0.01$ ). Pb의 경우는 무연휘발유의 사용이 의무화된 시기와 일치하고 있음을 보이고 있고, 대기중의 Pb의 농도가 점진적으로 감소하는 시점과 일치하고 있다. 국내의 경우 1991년 2월 2일

공포된 대기환경보전법 시행령 제 86조 및 동시행규칙 별표 24의 자동차 연료 또는 첨가제의 제조 기준에 의하여 '93년 1월 1일부터는 무연휘발유만을 공급하도록 의무화되어 우리나라에서 무연휘발유가 사라지고 무연휘발유를 사용하게 되는 시점과 섭취량 및 혈중농도의 감소가 상호 연관성을 가지고 있다고 생각된다. 단, 본 연구의 자료가 2000년까지의 자료로서 2007년 현재의 시점에서의 변화에 관한 결과를 필요로 하고 있으며 섭취량과 혈중농도가 현재에 와서 더욱 감소되었는지에 관한 연구가 필요하다.

또한 일반인의 혈중 Pb의 농도는 Cd에서와는 달리 대기의 호흡이 주요인으로 작용하고 있다는 다수의 보고를 통하여 과거 20년의 시간이 흘러오면서 점진적인 혈중 농도의 감소가 일어났다는 추정을 해 볼 수 있으나,<sup>29,32)</sup> 연구 참여자가 각각 거주하는 지역이 다르고, 일반인의 식습관의 변화에 관해 연구된 과거자료가 충분하지 못한 점과, 섭취량 자체의 연구 자료의 양이 적으므로 경년변화에 따른 명확한 감소를 설명하기 위해서는 섭취량과 관련된 지속적인 연구가 필요하다. 단, 대상이 된 연구 참여자의 경우는 동일한 백그라운드 노출을 받고 있는 사람들이라는 점과 직업적으로 노출된 경력이 없고, 연구 참여자가 생활하는 지역 주변에 산업단지 등에 의한 특정한 오염을 받지 않는다고 판단된 사람들로써 비록 연구결과를 직접적으로 비교하기에는 일부 제한점을 가지고 있으나, 내국인의 음식물을 직접 분석한 가장 유일한 기록으로서 동일한 연구그룹에 의해 행해진 결과이므로 이에 대한 충분한 연구적 의의는 있다고 생각된다.

#### 2. 음식물 및 대기를 경유한 섭취량, 흡수량

특정 노출을 받지 않는 일반인에 있어 대기와 음식물을 통한 Cd와 Pb의 섭취량 및 흡수량을 Table 3에 나타내었다. Cd의 소화관 흡수의 경우(1994년 조사), 전체 흡수량은 음식물에 의한 섭취량과 대기 호흡에 의한 섭취량을 합한 1일 총 흡수량으로서 1.10-2.42 µg/day이며, 음식물을 통한 섭취량이 75.2-97.3%로서 대부분의 경우

Table 2. Cd and Pb intake and blood concentration

Survey	Site	No.	Cd-D	Cd-B	Pb-D**	Pb-B**
Survey in 1986 <sup>23)</sup>	Yeoju	46	17.1(1.58) <sup>a)</sup>	1.45(1.41)	33.1(1.80)	51.5(1.30)
Survey in 1994 <sup>17)</sup>	Seoul, Chunan Haman, Busan	141	21.2(1.72)	1.27(1.69)	20.5(1.66)	44.3(1.41)
Survey in 2000 <sup>24)</sup>	Busan	38	16.7(1.84)	2.74(1.75)	18.4(1.78)	37.3(1.70)

Cd-D: Dietary Cd intake, Cd-B: Blood Cd concentration, Pb-D: Dietary Pb intake, Pb-B: Blood Pb concentration.

<sup>a)</sup>; geometric mean(geometric standard deviation).

\*\*;  $p < 0.01$  by one way analysis of variance.

가 음식을 통하여 체내 섭취 및 흡수가 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 2000년 조사에서는 음식물 섭취가 98.2%를 차지하고 있으며 전체 흡수량도 1.27 µg/day로서 1994년 조사와 차이를 나타내지 않았다. 그러므로 일반인의 경우 Cd의 노출은 대부분이 (75% 이상) 음식을 통하여 이루어지고 있는 것임을 알 수 있었다.

Pb의 경우(1994년 조사), 음식을 통한 흡수량이 12.5-89.0%로서 경구섭취에 의한 노출량은 변동의 폭이 컸다. 전체 흡수량도 1.55-13.68 µg/day로서 섭취량과 함께 큰 폭의 변동을 보였다. 음식을 통한 소화관의 흡수량은 1.38-1.71 µg/day로서 범위의 폭이 크지 않았으나 대기로 부터의 흡수량은 0.11-11.97 µg/day로서 흡수범위의 폭이 넓게 나타났다. 따라서 Pb의 노출은 음식물 섭취에 의해서는 저농도의 섭취 및 좁은 범위의 비교적 일정한 범위의 섭취가 일어나고 있으므로 대기호흡에 의한 흡수로서 전체 흡수치가 결정되는 결과를 나타내었다. 이 조사에서는 4개 조사지역 중 부산지역이 대기 중 Pb의 농도가 가장 높았으며, 서울지역 역시 대기 중 Pb의 농도가 높아 대도시의 Pb 흡수량은 대기 중의 Pb 농도가 결정적인 요인으로 작용함으로써 인체흡수량도 높아지는 현상을 보였다. 대기 중 Pb이 높게 나타난 원인으로서 당시의 지하철 공사가 진행됨

에 따라 분진이 상당량 대기 중에 존재하였다고 보고하고 있다.<sup>25)</sup> 2000년 조사에 와서는 변화된 현상을 보인다. 즉, 음식물에 의한 흡수량이 1.38 µg/day이고 대기의 호흡에 의한 흡수량이 0.75 µg/day로서 음식물에 의한 흡수량이 전체 중 64.8 %를 차지하고 있음을 알 수 있다. 이는 지하철 공사의 분진과 같은 대기에 큰 영향을 미칠만한 요소가 없어지고, 차량의 무연휘발유의 사용이 상당기간 지속된 후이므로 대기의 요인이 상대적으로 낮아지는 현상이라 생각된다.

3. 동아시아 국가간의 섭취량 및 혈중농도의 비교

현재까지 보고된 결과를 우리나라와 인접한 국가들과 비교하여 Table 4에 나타내었다. Cd 섭취량의 경우는 일본에 비하여 2/3 정도 섭취되고 있고, 중국이나 타이완에 비해서는 약 2배 정도 높게 섭취되고 있었다. 혈중 농도는 음식물 섭취량에 대응하는 농도 수준을 나타내었다. 말레이시아, 태국, 필리핀의 경우는 섭취량 및 혈중 농도 모두 낮은 수준을 보였다. Pb의 경우는 일본이 가장 낮은 섭취량과 혈중 농도를 나타내었으며 우리나라와 비교하였을 때 3배 정도 낮은 수준이었다. 중국의 경우와 타이완의 경우는 섭취량 및 혈중농도 모두 우리나라와 비슷한 수준이었다.

Table 3. Daily Cadmium and Lead exposure (µg/day) and adsorption (µg/day) among general Korean population

	Cadmium				Lead			
	Food/ (air+food) (%)	Total Absorption	Dietary Absorption (Dietary Intake)	Air Absorption (Ambient air)	Food/ (air+food) (%)	Total Absorption	Dietary Absorption (Dietary Intake)	Air Absorption (Ambient air)
Survey in 1986	-	-	1.07 (17.1)	-	-	-	2.48 (33.1)	-
Survey in 1994	75.2~97.3	1.10~2.42	1.07~1.82 <sup>a)</sup> (14.3~24.3)	0.00~0.60 <sup>b)</sup> (0.0~80.0) <sup>33-43)</sup>	12.5~89.0	1.55~13.68	1.38~1.71 <sup>a)</sup> (18.4~22.8)	0.11~11.97 <sup>b)</sup> (14~1596) <sup>33-43)</sup>
Survey in 2000	98.2	1.27	1.25 <sup>a)</sup> (16.7)	0.023 <sup>b)</sup> (0.045) <sup>44)</sup>	64.8	2.13	1.38 <sup>a)</sup> (18.4)	0.75 <sup>b)</sup> (1.51) <sup>44)</sup>

<sup>a)</sup>; Dietary absorption per capita per day was assumed as 7.5%<sup>7)</sup>

<sup>b)</sup>; Ambient air absorption per capita per day was calculated from 15 m<sup>3</sup>/day for respiration of ambient air and 50% for their uptake<sup>7)</sup>.

Table 4. Cadmium and lead Intable and blood concentration in east and south-east Asia

Region	Cd-D (µg/day)	Cd-B (µg/l)	Pb-D (µg/day)	Pb-B (µg/l)	Remarks
Korea <sup>17)</sup>	21.2	1.27	20.5	44.3	Moon <i>et al.</i> , 1995
Japan <sup>30)</sup>	30	1.9	6	23	Watanabe <i>et al.</i> , 1996
China <sup>45)</sup>	8.8	0.61	24.6	45.8	Zhang <i>et al.</i> , 1999
Taiwan <sup>46)</sup>	10	1.1	22	45	Ikeda <i>et al.</i> , 1996
Malaysia <sup>30)</sup>	7	0.7	10	46	Moon <i>et al.</i> , 1996
Thailand <sup>47)</sup>	7.1	0.41	15.1	32.3	Zhang <i>et al.</i> , 1999
Philippines <sup>48)</sup>	14.2	0.47	11.1	37.0	Zhang <i>et al.</i> , 1998

Cd-D: Dietary Cd intake, Cd-B: Blood Cd concentraion, Pb-D: Dietary Pb intake, Pb-B: Blood Pb concentration.

#### IV. 결 론

Cd와 Pb의 백그라운드 노출을 국내 일반인을 대상으로 하여 음식을 통한 섭취량 및 혈중농도를 현재까지의 발표 자료를 중심으로 하여 검토하였다. Cd의 섭취량은 기하 평균치에서 볼 때 16.7 µg/day에서 21.2 µg/day로서 큰 폭의 변동은 보이지 않았다. 혈중 Cd의 경우도 1.27-2.74 µg/l의 범위를 나타내었다. Pb의 경우는 음식물 섭취량에서 18.4 µg/day에서 33.1 µg/day의 섭취량의 범위를 나타내었으며, 혈중 Pb의 경우도 37.3-51.5 µg/l의 범위임을 알 수 있었다. 흡수량에서 볼 때 Cd은 75% 이상이 음식물 섭취에 의해 이루어지므로 음식물섭취가 Cd 흡수의 주경로이며, Pb의 경우는 대기 중의 농도가 체내 흡수의 가장 높은 영향을 주는 요인으로 생각된다.

#### 참고문헌

- Buchet, J. P., Lauwerys, R., Vandevorode, A. and Pycke, J. M. : Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: A duplicate meal study. *Food and Chemical Toxicology*, **21**, 19-24, 1983.
- Nogawa, K. and Ishizaki, A. : A comparison between cadmium in rice and renal effects among inhabitants of the Jinzu River basin. *Environmental Research*, **18**, 410-420, 1979.
- Muller, M. and Anke, M. : Distribution of cadmium in the food chain (soil-plant-human) of a cadmium exposed area and the health risk of the general population. *The Science of Total Environment*, **156**, 151-158, 1994.
- Ikeda, M., Watanabe, T., Koizumi, A., Fujita, H., Nakatsuka, H. and Kasahara, M. : Dietary intake of lead among Japanese farmers. *Archives of Environmental Health*, **44**, 23-29, 1989.
- Ikeda, M., Moon, C.-S., Zhang, Z.-W., Iguchi, H., Watanabe, T., Iwami, O., Imai, Y. and Shimbo, S.: Urinary  $\alpha_1$ -microglobulin,  $\beta_2$ -microglobulin, and RBP levels in general populations in Japan with references to cadmium in urine, blood and 24-hour food duplicates. *Environmental Research*, **70**, 35-46, 1995.
- Alessio, L. and Foa, V. : Lead. In: Alessio, L., Berlin, A., Roi, R., Boni, M.(eds.) Human Biological Monitoring of Industrial Chemicals Series. Joint. research. Centre. Ispra. Establishment. Ispra. Italy 23-44, 1983.
- Ikeda, M. : Biological monitoring of the general population for cadmium. In: Nordberg GF, Herker RFM, Alessio L (eds.) Cadmium in the Human Environment: Toxicity and Carcinogenicity. IARC. Lyon. 65-72, 1992.
- Bono, R., Pignata, C., Scursatone, E., Rovere, R., Natale, P. and Gilli, G. : Updating about reduction of air and blood lead concentrations in Turin, Italy, following reductions in the lead content of gasoline. *Environmental Research*, **70**, 30-34, 1995.
- Ikeda, M., Zhang, Z.-W., Shimbo, S., Watanabe, T., Nakatsuka, H., Moon, C.-S., Matsuda, Inoguchi, N. and Higashikawa, K. : Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. *The Science of Total Environment*, **249**, 272-384, 2000.
- International Programme on Chemical Safety : Environmental health criteria 134. Cadmium. Geneva: World Health Organization, 1992.
- International Programme on Chemical Safety : Environmental health criteria 135. Cadmium-environmental aspects. Geneva: World Health Organization 1992.
- International Programme on Chemical Safety : Environmental health criteria 165. Inorganic lead. Geneva: World Health Organization 1995.
- International Programme on Chemical Safety : Environmental health criteria 85. Lead-environmental aspects. Geneva: World Health Organization 1989.
- International Agency for Research on Cancer : Lead and lead compound. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Human*, **23**, 325-415, 1980.
- International Agency for Research on Cancer : Cadmium and cadmium compounds. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Human*, **58**, 119-237, 1993.
- 윤중식, 백도현 : 유아교육시설의 표면 및 공기 중 납 농도 평가. *한국환경보건학회지*, **32(1)**, 1-7, 2006.
- Moon, C.-S., Zhang, Z.-W., Shimbo, S., Watanabe, T., Moon, D.-H., Lee, C.-U., Lee, B.-K., Ahn, K.-D., Lee, S.-H. and Ikeda, M. : Dietary intake of cadmium and lead among general population in Korea. *Environmental Research*, **71**, 46-54, 1995.
- 이경준, 한정오, 조덕현, 한심희 : 아연폐광산 주변 토양의 중금속(Cd, Cu, Zn, Pb) 오염에 따른 5개 수종의 부위별 중금속 축적. *한국임학회지*, **87(3)**, 466-474, 1998.
- Moon, C.-S., Zhang, Z.-W., Shimbo, S., Watanabe, T., Moon, D.-H., Lee, C.-U., Lee, B.-K., Ahn, K.-D., Lee, S.-H. and Ikeda, M. : Evaluation of urinary cadmium and lead as markers of background exposure of middle-aged women in Korea. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **71**, 251-256, 1998.
- Moon, C.-S., Zhang, Z.-W., Watanabe, T., Shimbo, S., Noor, Hassim, I., Jamal, H.H. and Ikeda, M. : Nonoccupational exposure of Malay women in Kuala Lumpur, Malaysia, to cadmium and lead. *Biomarkers* **1**, 81-85, 1996.
- 문찬석, 백종민 : 음식을 통한 어린이와 그들의 어머니에 대한 PCDDs/PCDFs 섭취량 평가. *한국환경보건학회지*, **33(1)**, 11-15, 2007.
- 최봉욱, 정종현, 최원준, 전창재, 손병현 : 발생원에 근거한 울산지역의 대기중금속 분포특성 및 발암위해성 평가. *한국환경보건학회지*, **32(5)**, 522-531, 2006.
- Watanabe, T., Cha, C. W., Song, D. B. and Ikeda, M. : Pb and Cd levels among Korean populations.

- Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **38**, 189-195, 1987.
24. Moon, C.-S., Paik, J.-M., Choi, C.-S., Kim, D.-H. and Ikeda, M. : Lead and cadmium levels in daily foods, blood and urine in children and their mothers in Korea. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **76**, 282-288, 2003.
  25. Moon, C.-S., Zhang, Z.-W., Shimbo, S., Watanabe, T., Moon, D.-H., Lee, C.-U., Lee, B.-K., Ahn, K.-D., Lee, S.-H. and Ikeda, M. : Evaluation of urinary cadmium and lead as markers of background exposure of middle-aged women in Korea. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **71**, 251-256, 1998.
  26. Watanabe, T., Fujita, H. and Ikeda, M. : A semi automated system for analysis of metals in biological materials and its application to mass determination of cadmium in blood. *Toxicology Letters*, **13**, 231-238, 1982.
  27. Watanabe, T., Fujita, H., Koizumi, A., C. Chiba, Miyasaka, M. and Ikeda, M. : Baseline level of blood lead concentration among Japanese farmers. *Archives of Environmental Health*, **40**, 170-176, 1985.
  28. Watanabe, T., Koizumi, A., Fuzita, H., Kumai, M. and Ikeda, M. : Cadmium levels in the blood of inhabitants in non-polluted areas in Japan with special references to aging and smoking. *Environmental Research*, **31**, 472-483, 1983.
  29. Watanabe, T., Zhang, Z.-W., Moon, C.-S., Shimbo, S., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K. and Ikeda, M. : Cadmium exposure of women in general population in Japan during 1991-1997 compared with 1977-1981. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **73**, 26-34, 2000.
  30. Watanabe, T., Nakatsuka, H., Shimbo, S., Iwami, O., Imai, Y., Moon, C.-S., Zhang, Z.-W. and Ikeda, M. : Reduced cadmium and lead burden in Japan in the past 10 years. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **68**, 305-314, 1996.
  31. Zhang, Z.-W., Moon, C.-S., Shimbo, S., Watanabe, T., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K. and Ikeda, M. : Further reduction in lead exposure in women in general populations in Japan in the 1990s, and comparison with levels in east and south-east Asia. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, **73**, 91-97, 2000.
  32. Watanabe, T., Nakatsuka, H. Satoh, H., Yamamoto, R. and Ikeda, M. : Reduced dietary cadmium intake in past 12 years in a rural area in Japan. *The Science of Total Environment*, **119**, 43-50, 1992.
  33. 정용, 장제연, 주의조 : 도시 대기중 중금속에 관한 연구. 한국대기보전학회지, **3**(2), 18-26, 1987.
  34. 임영옥, 정용 : 호흡성 분진중의 중금속 오염도에 관한 조사 연구. 한국대기보전학회지, **5**(1), 68-78, 1989.
  35. 손동헌, 신혜숙, 정성윤, 정원태 : ICP법에 의한 도시 대기중 중금속 농도 측정. 한국대기보전학회지, **9**, 222-229, 1993.
  36. 이종석, 유일수, 노범진 : 전북지역 대기중의 중금속 함량에 관한 연구. 원광대학교 대학원논문집, **12**, 351-359, 1993.
  37. 이채연, 문덕환, 조병만, 김준연, 배기철 : 부산지역 지하상가의 대기오염도에 관한 조사연구. 한국대기보전학회지, **5**(1), 22-32, 1989.
  38. 박봉철, 이수일 : 부산시 일부지역의 부유분진양과 부유분진속의 금속 분포에 관한 조사연구. 부산의대학술지, **29**(2), 99-107, 1989.
  39. 문덕환, 이채연 : 부산시내에 대기중 중금속오염도에 관한 연구. 인제의학, **13**(2), 61-91, 1992.
  40. 고현규, 김희강, 현용범 : 대기부유분진중 Pb와 가로수잎중 Pb와의 상관성에 관한연구. 한국대기보전학회지, **2**(3), 11-18, 1986.
  41. 손동헌, 강춘원 : 대기중 중금속의 입경분포에 관한 연구. 한국대기보전학회지, **2**(3), 57-63, 1986.
  42. 김동일, 김용규, 김정만, 정갑열, 김준연, 장형심, 이영호, 최안홍 : 건강한 일부도시 주민의 혈중연 및 Zinc Protoporphyrin 농도. 예방의학회지, **25**(3), 287-302, 1992.
  43. 이동수, 이용근, 허주원, 이상일, 손동헌, 김만구 : 서울 대기중 납농도의 농도별변화(1984-1993). 한국대기보전학회지, **10**(3), 170-174, 1994.
  44. 환경부, 국립환경연구원 : 대기환경연보(2000), 등록번호 11-1480000-000532-10, 2000.
  45. Zhang, Z.-W., Qu, J.-B., Watanabe, T., Shimbo S., Moon, C.-S. and Ikeda, M. : Exposure of citizens in China and in Japan to lead and cadmium: a comparative study. *Toxicology Letters*, **108**, 167-172, 1999.
  46. Ikeda, M., Zhang, Z.-W., Moon, C.-S., Imai, Y., Watanabe, T., Shimbo, S., Ma, W.-C. and Guo, Y.-L. L. : Background exposure of general population to cadmium and lead in Tainan city. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **30**, 121-126, 1996.
  47. Zhang, Z. W., Shimbo, S., Watanabe, T., Srianjata, S. Banjong, O., Chitchumroonchokchai, C., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K. and Ikeda, M. : Non-occupational lead and cadmium exposure of adult women in Bangkok, Thailand. *The Science of Total Environment*, **226**, 65-74, 1999.
  48. Zhang, Z.-W., Subida, R. D., Agetano, M. G., Nakatsuka, H., Inoguchi, N., Watanabe, T., Shimbo, S., Higashikawa, K. and Ikeda, M. : Non-occupational exposure of adult women in Manila, the Philippines, to lead and cadmium. *The Science of Total Environment*, **215**, 157-165, 1998.
  49. 환경부 : 환경부 공고 제2007-192호 환경보건법제정 법률안. 2007.
  50. Acheson, K. J., Campbell, I. T., Edholm, O. G., Miller, D. S. and Stock, M. J. : The measurement of food and energy intake in man-an evaluation of some techniques. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **33**, 1147-1154, 1980.
  51. Yamada, Y., Hirata, H., Fujimura, K., Ohtsuji, K., Tani, Y., Shimbo, S., Imai, Y., Watanabe, T., Moon, C.-S. and Ikeda, M. : Disappearance of differences in nutritional intake across two local cultures in Japan: A comparison between Tokyo and Kyoto. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **180**, 1-15, 1996.