

## 국가산단지역(광양, 여수) 일부 주민들의 소변 중 카드뮴 농도에 관한 연구

박희진<sup>1</sup> · 강택신<sup>2</sup> · 이종대<sup>1</sup> · 김근배<sup>2</sup> · 유승도<sup>2</sup> · 장봉기<sup>1</sup> · 이종화<sup>1</sup> · 손부순<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>순천향대학교 환경보건학과, <sup>2</sup>국립환경과학원

### Urinary Cadmium Concentration of Residents around Industrial Complex in Gwangyang and Yeosu

Heejin Park<sup>1</sup> · Tack-Shin Kang<sup>2</sup> · Jong-Dae Lee<sup>1</sup> · Geun-Bae Kim<sup>2</sup> ·  
Seungdo Yu<sup>2</sup> · Bong-Ki Jang<sup>1</sup> · Jong-Wha Lee<sup>1</sup> · Bu-Soon Son<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Korea

<sup>2</sup>Environmental Health Research Division, National Institute of Environmental Research (NIER), Korea

#### ABSTRACT

**Objectives:** The objective of this study was to evaluate the distribution of urine cadmium levels of residents in the surrounding areas of an industrial complex.

**Methods:** During the period of three month from August to October 2012, informed consent was obtained from a total of 362 residents in Kwangyang and Yeosu. We collected urine sample from all subjects and their demographic characteristics, including alcohol drinks and smoking habits, using a questionnaire. The urine samples were analyzed using atomic absorption spectrometer.

**Results:** The urinary cadmium geometric mean concentration of total participants was 0.87  $\mu\text{g/g cr}$ . The results of this study showed that higher urine cadmium levels were observed in females and some subjects with a higher level of education level and a lower BMI. Also, those subjects who preferred to take vegetables and took fish 3 days before urine sampling procedure revealed higher urine cadmium concentrations. The urine cadmium concentrations of subjects in the exposed area(0.91  $\mu\text{g/g cr}$ ) were significantly higher than those in the control area(0.78  $\mu\text{g/g cr}$ ).

**Conclusions:** An additional study is needed to assess health risks of residents in the vicinity of environment-unfriendly areas, coupled with endeavors to examine possible heavy metals contamination factors that may affect the human body.

**Key words:** Cadmium, industrial complex, heavy metal, urine

## I. 서 론

최근의 기후변화 및 예상치 못한 빈번한 자연재해 등의 문제는 대기환경과 오염문제에 대한 관심을 더욱 불러일으키고 있으며, 지구 온난화와 기후변화로 인하여 세계 각지에서는 이전에 경험하지 못한 급속한 기상변화를 겪고 있다. 우리나라 또한 산업화 진행에 따른 화석연료 사용의 급증으로 인하여 다양한

형태의 지엽적인 환경문제와 보건 및 환경적인 피해와 영향을 받고 있다(Jung et al., 2010). 이를 위한 노력의 일환으로 우리나라에서는 대기환경보전법, 토양환경보전법, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 등 여러 가지 환경 관련 개별 법률을 제정하여 시행함으로써 환경을 깨끗하고 쾌적하게 보전하기 위한 노력을 기울이고 있고(Baek, 2012), 유해환경으로부터 국민건강 및 생태계를 보호하기 위해 환경성 질

\*Corresponding author: Bu-soon Son, Tel: +82-41-530-1270, E-mail: sonbss@sch.ac.kr

Seongnam District Employment and Labor Office, 146, Seongnam-daero, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do

Received: September 1, 2015, Revised: September 21, 2015, Accepted: September 22, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

환에 대한 감시체계 구축, 산모·영유아 등 환경오염 민감계층과 폐광, 산단 주변지역 주민의 건강보호를 위한 사전예방적 환경보건정책을 적극 추진·시행하고 있다(ME, 2014).

건강 결정요인은 유전적 요인으로부터 사회·경제적 요인, 생활습관 및 행태 요인, 환경적인 요인 등에 이르기까지 다양하고 광범위하다(KSPM, 2010). 그 중 특히, 환경적 요인으로 산업의 발달은 각종 화학물질과 중금속 등이 대기오염, 수질오염 등의 원인으로 작용하였고, 그에 따른 식품오염을 초래하여 일상생활에서 인간에게 쉽게 노출될 수 있으며(Shin, 2012), 노출 될 경우 급·만성적 중독현상을 유발하여 인체의 정상적인 기능에 장애를 일으킨다(Ahn, 2008). 이처럼 환경과 관련된 건강영향에 대한 관심이 증가하고 있으나 환경오염으로 인한 건강영향이 주로 만성적이고 광범위한 노출인구 집단, 오염피해에 대한 사후관리의 어려움 및 환경요인과 건강영향의 상관성 규명에 있어 어려움을 가지고 있다(Baek, 2012). 또한, 인체내 중금속 농도는 건강한 사람이라 할지라도 생활 습관, 인종, 지리적 조건, 환경오염 등 다양한 인자들에 의해 차이가 큰 것으로 알려져 있으며, 중금속 중에서도 카드뮴은 환경오염원의 영향을 민감하게 받는 물질로서 이들의 체내 중금속 농도는 유해 중금속에 대한 노출자료로서 많이 이용되어 왔다(Kim et al., 2010; Zhang et al., 2014).

인체에 중금속이 노출될 수 있는 경로는 매우 다양하고 개인마다 흡수 및 대사, 노출시간 등이 다르므로 식품 및 환경에서 직접 정량하는 방법이 생체내 노출량을 반영한다고 보기는 어렵다. 따라서, 중금속에 노출된 정도를 파악하기 위해서는 생물학적 지표를 이용하여 더욱 정확한 노출 정도를 예측하고 위험도를 평가할 필요성이 있다(Park et al., 2005).

중금속 물질 중 카드뮴은 흡연, 어패류, 동물의 내장, 채소 등의 음식물 섭취와 도시지역과 산업단지 주변의 대기가 일반인들에게 있어 주요 노출원으로 알려져 있다(Tellez-Plaza et al., 2008). 카드뮴에 급성 중독될 경우 발열, 오한, 구토 등의 소화기 증상과 기침, 두통, 호흡 곤란 뿐만 아니라 폐렴 등의 호흡기계 증상까지 유발할 수 있고(Liu et al., 2015), 저농도로 장기간 노출될 경우에는 신장장해, 만성 호흡기 질환, 골격 및 심혈관 장애를 가져오는 것으로 나타

났다(Swaddiwudhipong et al., 2015).

카드뮴은 생활환경 중에 적은 농도이지만 상시 존재하고 있고, 본 연구대상 지역인 국가산단에서는 노출이 심히 우려되고 있는 환경오염 물질 중 하나로 소변 중 중금속 농도는 인체 노출수준의 일부분에 해당되지만 현재 중금속에 노출되고 있는 사람의 건강상태를 알 수 있는 자료가 되기도 한다(Kim et al., 2009).

산업단지는 공업용으로 개발되어 산업시설이 들어서는 일정한 지역으로 수많은 시설이 밀집되어 산업 폐수, 폐기물, 매연, 약취 등 각종 환경오염물질을 더 많이 배출하는 주요 오염원이 되므로 산업단지 주변은 다른 지역에 비해 환경오염물질에 대한 노출 가능성이 더 높은 것으로 보고되고 있다(Nadal et al., 2011).

본 연구대상 지역인 광양만권역은 우리나라의 대표적인 국가산업단지 지역으로서 광양컨테이너 부두와 광양제철, 여수국가산업단지와 울춘지방 산업단지 등 석유화학과 철강관련 산업이 집중 배치되어 있는 지역이다(NIER, 2008).

따라서, 본 연구에서는 환경심화 지역인 산업단지에 거주하는 주민들을 대상으로 소변 중 카드뮴 농도를 조사함으로써 인근 지역주민의 체내 카드뮴 농도 분포를 파악하여 국가산업단지 중심의 환경보건 정책 관리를 위한 기초자료로 제공하고자한다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상 및 기간

본 연구는 2012년 8월부터 2012년 10월까지 산단 배출 대기오염물질의 영향을 받을 수 있는 광양과 여수지역 주민을 노출지역으로 선정하였고, 대조지역은 산업단지가 위치한 연안으로부터 약 10 km 떨어져 있는 지역에 위치하고 중요한 영향권에서 거리를 두고 있는 지역을 선정하였다. 주민들 중 설문조사 및 생체시료 채취에 동의한 주민은 총 421명 이었으며, 이중 크레아틴 농도 0.5~3.0 g/L의 범위를 벗어난 시료 56명을 제외한 총 362명을 대상으로 하였다. 소변 중 카드뮴 농도에 영향을 줄 수 있는 영향요인을 파악하기 위하여 사전에 충분히 교육된 조사요원의 직접 면접을 통해 설문조사를 실시하였고, 인

구학적 특성, 음주력과 흡연력 등의 생활형태 등에 대한 정보를 수집하였다.

본 연구의 연구 내용 및 수행에 대한 학문적, 윤리적 측면에 대하여 순천향대학교 생명윤리심의위원회(IRB)로부터 검토 및 승인을 받았다.

## 2. 시료채취 및 분석

소변 중 카드뮴 농도 분석 및 건강평가를 위하여 조사 대상자들로부터 일시 요를 채취하였고, 신장과 체중을 측정하였다.

소변 중 카드뮴 분석은 희석법으로 전처리한 후 원자흡광광도기(graphite furnace-atomic absorption spectrophotometer; GF-AAS)를 이용하여 분석하였다. 5 mL 용기에 요 100  $\mu$ L, 0.2%  $\text{HNO}_3$  100  $\mu$ L, 희석액(0.2%  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  & 0.2% Triton X-100) 800  $\mu$ L를 넣고, vortex mixer를 이용하여 충분히 혼합한 후 GF-AAS(AA-600, Perkin-Elmer, USA)로 분석하였으며, LOD는 0.06  $\mu\text{g/L}$  이었다. 소변 중 카드뮴의 최종 결과는 크레아티닌 농도로 보정한 후  $\mu\text{g/g creatinine}$  (이하 cr)으로 나타내었다.

## 3. 통계분석

설문조사, 소변 중 카드뮴 농도의 자료 정리는 Excel(Microsoft office)을 이용하였으며, 통계분석은 SPSS(ver. 21.0)를 이용하였다. 연구대상자들의 일반적 특성, 소변 중 카드뮴 농도는 산술평균과 기하평균으로 나타내었고, 각 요인에 대한 소변 중 카드뮴 농도의 평균차이 검정은 Student's t-test와 ANOVA를 사용하였다. 소변 중 카드뮴 농도에 영향을 미치는 관련변수를 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 일반적 특성에 따른 소변 중 카드뮴 농도

일반적 특성에 따른 소변 중 카드뮴 농도를 Table 1에 나타내었다. 카드뮴의 소변 중 배설은 장기간의 카드뮴 노출 및 체내축적량의 좋은 지표로 알려져 있다(Satarut et al., 2010). 전체 대상자의 소변 중 카드뮴의 기하평균 농도는 0.87  $\mu\text{g/g cr}$ 으로 나타났다. 국외의 연구결과와 비교하였을 때, 미국 질병관리본부의 건강영양조사(NHANES)의 20세 이상 성인의

Table 1. General characteristics of subjects

(Unit :  $\mu\text{g/g cr}$ )

Variable	Group	N	AM*	GM†	95% CI‡	p-value
Overall		362	1.06	0.87	0.81 - 0.93	
Sex	Male	121	0.96	0.83	0.75 - 0.91	0.322
	Female	241	1.11	0.89	0.81 - 0.98	
Age	20 - 59	69	0.94	0.76	0.66 - 0.89	0.055
	60 - 69	160	1.06	0.85	0.77 - 0.93	
	$\geq 70$	362	1.02	0.87	0.81 - 0.93	
BMI( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$< 16$	156	1.07	0.90	0.82 - 0.99	0.653
	16 - 20	101	1.06	0.84	0.73 - 0.95	
	$\geq 21$	362	1.04	0.87	0.81 - 0.93	
Education level	Uneducated	112	1.03	0.83	0.73 - 0.94	0.376
	Elementary school	152	1.09	0.90	0.81 - 0.99	
	Middle school	46	1.17	0.99	0.83 - 1.17	
	High school	37	0.91	0.79	0.65 - 0.96	
	Over college	15	0.93	0.76	0.53 - 1.11	

\*Arithmetic mean, † Geometric mean, ‡ Confidence interval

농도는  $0.22 \mu\text{g/g cr}$ (CDC, 2015), 캐나다 보건조사(Health Canada)에서의 농도  $0.42 \mu\text{g/g cr}$ (Health Canada, 2010), 성인 18~69세를 대상으로 한 독일의 환경조사(GerES)에서는  $0.44 \mu\text{g/L}$ (Becker et al., 2003)로 본 연구에서의 농도가 높은 수준으로 나타났다. 국내의 국민환경보건기초조사의 소변 중 카드뮴 농도는  $0.76 \mu\text{g/g cr}$ (NIER, 2008), 환경적 카드뮴 노출이 없는 일본인을 대상으로 한 연구에서는  $1.3 \mu\text{g/g cr}$ 으로 본 연구결과와 비슷하거나 높은 수준으로 나타났다. 체내 카드뮴 농도의 주요인은 식생활 습관으로(Aguilera et al., 2008) 쌀 등의 섭취가 카드뮴 노출의 중요한 요인으로 보고되고 있어(Kim et al., 2010), 우리나라와 일본을 비롯한 아시아 국가의 경우 쌀이 주식인 만큼 다소 높은 카드뮴 농도 분포는 식생활 패턴의 특이성과 관련이 있는 것으로 생각된다.

성인을 대상으로 한 기존의 연구결과에서, 소변 중 카드뮴 농도는 대부분 여성에서, 그리고 연령이 높을수록 증가하는 경향을 나타내었고(ATSDR, 2012), 본 연구에서도 같은 경향을 보였다. 성별에 따른 농도는 남성  $0.83 \mu\text{g/g cr}$ , 여성  $0.89 \mu\text{g/g cr}$ 로 여성이 다소 높았다. Im et al.(2013)의 연구에서는 남성과 여성 각각  $0.539 \mu\text{g/L}$ ,  $0.632 \mu\text{g/L}$ 로 본 연구결과와 같이 여성이 다소 높은 수준으로 보고하고 있고, Shin et al.(2011)의 연구에서도 남성  $0.48 \mu\text{g/g cr}$ , 여성  $0.64 \mu\text{g/g cr}$ 로 여성이 높게 나타났다. 이러한 차이는 여성이 임신과 월경 중의 철 저장의 감소가 일어나 철이 결핍될 경우 카드뮴의 흡수가 증가되는 것과 관련이 있는 것으로 판단된다(Kim et al., 2010).

중금속은 체내에 축적되는 성질로 인하여 연령이 증가함에 따라 장기들의 기능저하로 배출시간이 지연되어 연령이 높을수록 체내 중금속 농도가 높게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Shin et al., 2012). 본 연구에서도 20 - 59세  $0.76 \mu\text{g/g cr}$ , 60 - 69세  $0.85 \mu\text{g/g cr}$ , 70세 이상  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ 으로 연령이 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 따라서 노인인구의 급증과 더불어 고연령층을 대상으로 체내 카드뮴 저감을 위한 교육의 필요성이 있는 것으로 생각된다.

체질량지수(Body Mass Index, 이하 BMI)에 의한 소변 중 카드뮴 농도를 살펴보면,  $16 \text{ kg/m}^2$  미만  $0.90 \mu\text{g/g cr}$ ,  $16 - 20 \text{ kg/m}^2$   $0.84 \mu\text{g/g cr}$ ,  $21 \text{ kg/m}^2$  이상  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ 으로 BMI가 가장 낮은 그룹에서 높은 농도

분포를 나타냈고, Peters et al.(2010)의 연구에서도 BMI가 낮을수록 체내 카드뮴 농도가 높게 나타나 본 연구와 같은 경향을 보였다.

교육수준을 무학력, 초등학교 졸업, 중학교 졸업, 고등학교 졸업, 전문대학 졸업 이상으로 구분하여 분석한 결과, 각각  $0.83 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.90 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.99 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.79 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.76 \mu\text{g/g cr}$ 으로 중학교 졸업이하의 대상자 보다 고등학교 졸업 이상자들의 농도가 낮은 수준으로 나타나 학력이 높을수록 카드뮴 농도가 낮은 경향을 보였다. 기존의 연구에서도 본 연구결과와 같이 교육수준이 높을수록 소변 중 카드뮴 농도가 감소하는 경향을 나타냈다(Aguilera et al., 2008; Peters et al., 2010). 교육수준은 식이패턴, 생활형태 및 직업적 노출과 연관되어 있기 때문에 이러한 요인들은 소변 중 중금속 농도에 잠재적인 혼란을 줄 수 있으며, 환경오염 물질에 대한 노출 수준에 영향을 미친 것으로 생각된다(Brulle & Pellow, 2006).

## 2. 생활습관 및 식습관에 따른 소변 중 카드뮴 농도

생활습관 및 식습관에 따른 소변 중 카드뮴 농도를 Table 2에 제시하였다. 흡연여부에 따른 소변 중 카드뮴의 기하평균 농도는 한 번도 흡연한 적이 없는 군, 흡연 경험은 있지만 현재 흡연하지 않는 군, 현재 흡연군 각각  $0.89 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.64 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ 으로 흡연을 하지 않았을 시에 높은 농도를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 음주 유무에 따른 농도 결과, 음주군  $0.88 \mu\text{g/g cr}$ , 비음주군  $0.86 \mu\text{g/g cr}$ 으로 음주군에서 다소 높은 농도로 분석되었다. Tellez-Plaza et al.(2008)의 연구에서도 혈중 카드뮴 농도와 흡연과의 관련성은 나타났으나 본 연구에서와 같이 소변 중 카드뮴 농도와 흡연과의 관련성은 나타나지 않았다. 산업단지를 대상으로 연구한 Shin et al.(2011)과 미국 NHANES의 연구결과, 음주를 하는 경우 그렇지 않은 경우에 비하여 소변 중 카드뮴 농도가 높은 것으로 나타나(Peters et al., 2010) 본 연구결과와 같은 경향을 보였다. 일반 인구집단에서의 흡연과 음주는 카드뮴 노출의 주요한 원인으로 보고되고 있으며(Zhang et al., 2014) 본 연구결과, 음주의 경우는 카드뮴 노출의 가능성을 나타내고 있어, 흡연에 대한 소변 중 카드뮴과의 상관성을 체계적으로 검증하기 위해서는 지속적인 데이터 확충을 위한 연구가 필요

**Table 2.** Statistical data of urinary cadmium for different lifestyle and diet(Unit :  $\mu\text{g/g cr}$ )

Variable		N	AM <sup>*</sup>	GM <sup>†</sup>	95% CI <sup>‡</sup>	p-value
Smoking status	Never	302	1.09	0.89	0.83 - 0.96	0.032
	Former	26	1.06	0.64	0.50 - 0.81	
	Current	326	0.73	0.87	0.81 - 0.93	
Alcohol status	Never	235	1.08	0.86	0.79 - 0.94	0.726
	Current	127	1.02	0.88	0.80 - 0.97	
Food preference	Vegetable	329	1.07	0.87	0.81 - 0.94	0.411
	Meat	18	1.06	0.69	0.53 - 0.91	
	Fish	361	0.80	0.87	0.81 - 0.93	
Seafood consumption within last 3 day	No	186	1.07	0.86	0.78 - 0.94	0.643
	Yes	173	1.04	0.88	0.81 - 0.97	

\*Arithmetic mean, †Geometric mean, ‡Confidence interval

할 것으로 판단된다.

즐거먹는 음식 형태에 따른 카드뮴 농도는 채식  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ , 고기(육류)  $0.69 \mu\text{g/g cr}$ , 생선섭취  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ 로 채식과 생선섭취와 관련성이 높은 것으로 분석되었다. 요시로 채취전 3일 동안의 생선섭취 여부에 따른 농도에서는 생선섭취를 하였을 경우( $0.88 \mu\text{g/g cr}$ )가 그렇지 않은 경우( $0.86 \mu\text{g/g cr}$ )에 비하여 다소 높은 농도를 보였다. 스페인들을 대상으로 시료 채취 전 7일 동안의 농도를 분석한 결과에서도 생선섭취군과 비섭취군 각각  $0.52 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.45 \mu\text{g/g cr}$ 로 섭취군에서 유의하게 높게 나타났다( $p < 0.001$ )(Aguilera et al., 2008).

Liu et al.(2015)의 연구결과, 지역 주민들이 매일 섭취하는 주 음식 재료인 잎채소에서의 카드뮴 농도가 가장 높게 분석되었고, kim et al.(2010)의 연구에서도 채식을 주로 하는 사람들에서의 카드뮴 농도가 높은 것으로 보고하고 있어 본 연구결과와 같은 경향을 보였다. 일반적으로 음식물 중 농작물의 섭취는 체내 카드뮴 노출의 가장 중요한 경로로(Järup & Åkesson, 2009) 식이를 통한 노출이 많은 부분을 차지하는 것으로 알려져 있으나 본 연구에서는 설문조사에서의 응답률을 통하여 식습관에 따른 소변 중 카드뮴 농도를 분석한 값으로 식이를 통한 체내 노출수준의 보다 더 확실한 결과값을 얻기 위해서는 (Kim et al., 2010) 음식군별 지역에서 소비되는 카드

뮴 함량과 주민 개개인의 섭취에 따른 분석이 추진되어야 할 것으로 생각된다.

### 3. 노출/대조 지역별 소변 중 카드뮴 농도

노출지역과 대조지역에 거주하는 주민들의 농도는 각각  $0.91 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.78 \mu\text{g/g cr}$ 으로 노출지역 거주자들의 소변 중 카드뮴 농도가 높은 수준으로 분석되었고, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Table 3).

폐금속광산 인근지역주민(노출지역)과 대조지역을 대상으로 조사한 연구결과, 노출지역  $1.85 \mu\text{g/L}$ , 대조지역  $1.51 \mu\text{g/L}$ 이었고(NIER, 2012), 일본에서 환경적 노출이 있는 지역과 농촌지역을 대상으로 조사한 연구에서도 노출지역(남성  $4.6 \mu\text{g/g cr}$ , 여성  $7.1 \mu\text{g/g cr}$ )이 농촌지역(남성  $1.5 \mu\text{g/g cr}$ , 여성  $1.5 \mu\text{g/g cr}$ )에 비해 높은 농도수준을 나타냈다( $p < 0.001$ )(Suwazono et al., 2011). 태국의 카드뮴 노출지역과 대조지역에 거

**Table 3.** Statistical data of urinary cadmium for exposure and control residents (Unit :  $\mu\text{g/g cr}$ )

Variable	N	AM <sup>*</sup>	GM <sup>†</sup>	95% CI <sup>‡</sup>	p-value
Exposure	253	1.10	0.91	0.84 - 0.98	0.030
Control	109	0.97	0.78	0.69 - 0.98	

\*Arithmetic mean, †Geometric mean, ‡Confidence interval

주하는 어린이들을 대상으로 한 연구에서는 노출지역과 대조지역 각각  $0.70 \mu\text{g/g cr}$ ,  $0.41 \mu\text{g/g cr}$ 으로 노출지역이 유의하게 높게 조사되었고( $p<0.001$ ) (Swaddiwudhipong et al., 2015), 중국의 천연자원에서의 카드뮴 노출로 인한 노출지역과 대조지역에 거주하는 지역주민의 소변 중 카드뮴의 산술평균 농도 값은 노출지역  $4.3 \mu\text{g/L}$ , 대조지역  $0.61 \mu\text{g/L}$ 로 노출지역이 높은 농도로 나타났다( $p<0.05$ ) (Liu et al., 2015). 본 연구결과와 같이 산업단지처럼 환경심화지역의 경우는 환경적 노출로 인하여 오염된 농작물 등의 섭취가 체내 카드뮴 농도에 영향을 주었을 것으로 생각되며, 지역 주민들의 체내 중금속을 저감시킬 수 있는 지자체차원의 환경보건 교육 프로그램과 중금속에 대한 관리대책이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 회귀분석

카드뮴 농도에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해 성별, 연령, BMI, 교육수준, 흡연 및 음주상태, 음식 선호도, 조사전 3일 동안의 생선섭취, 지역(노출, 대조)를 독립변수로 하여 다중회귀 분석을 실시한 결과, 흡연상태와 지역(노출, 대조)이 소변 중 카드뮴 농도에 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 4).

지속적으로 폐광, 산단 및 화력발전소 지역 등 환경심화지역에서의 환경보건학적 관리가 확대될 경우 국민건강에 중요한 소변 중 카드뮴 노출 농도 저감에 효과가 있을 것으로 판단되며, 이들 요인 외에도 흡연 및 음주 등 인체 중금속 농도에 영향을 줄 수 있는 영향인자를 조사하고 국민 인체 노출수준을 파

악하여 저감대책을 수립을 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## IV. 결 론

본 연구는 광양, 여수의 산업단지 주변지역에 거주하는 주민들을 대상으로 소변 중 카드뮴 농도를 분석하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1. 연구대상자의 소변 중 카드뮴 농도는  $0.87 \mu\text{g/g cr}$ 로 나타났다.
2. 여성에서, 그리고 연령과 교육수준이 높을수록, BMI가 낮을수록 소변 중 카드뮴 농도가 증가하였다.
3. 음주와 흡연에 따른 농도는 비흡연자( $0.89 \mu\text{g/g cr}$ )와 비음주군( $0.86 \mu\text{g/g cr}$ )의 농도가 높았고, 식이의 경우 채식( $0.87 \mu\text{g/g cr}$ )을 선호하는 경우와 시료채취 전 3일 동안의 생선 섭취를 한 경우( $0.88 \mu\text{g/g cr}$ )에서 높은 농도분포를 보였다.
4. 지역별 카드뮴 농도는 노출지역( $0.91 \mu\text{g/g cr}$ )이 대조지역( $0.78 \mu\text{g/g cr}$ )보다 유의하게 높았다( $p<0.05$ ).
5. 다중회귀 분석을 실시한 결과 흡연과 지역이 영향을 미치는 요인으로 나타났다.

따라서, 산업단지와 같은 취약지역에 거주하는 지역주민을 대상으로 한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립환경과학원과 순천향대학의 지원에 의해 진행되었습니다.

## References

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for cadmium. 2012. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta
- Aguilera I, Daponte A, Gil F, Hernández AF, Godoy P, Pla A, Ramos JL. Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population

**Table 4.** Multiple linear regression analysis result of urinary cadmium and investigated factors

Factors	$\beta$	Standard error	p-value
Constant	0.031	0.161	0.848
Sex	-0.011	-0.189	
Age	0.071	1.366	
BMI	-0.077	-1.481	
Education level	-0.012	-0.229	
Smoking	-0.165	0.064	0.010
Drinking	0.036	0.657	
Food preference	-0.039	-0.738	
Seafood consumption	-0.004	-0.004	
Area	0.172	0.079	0.031
$R^2$		0.025	

- of Andalusia, Spain. Science Of The Total Environment 2008;407:669-678
- Ahn YH. Effect of arsenic exposure on the metal distribution in hair, blood and central nervous system(CNS) in mice. 2008. Ph.D dissertation. Keimyung University
- Baek US. Case analysis of health damage relief due to environmental stressors and development of health damage relief regulation. 2012. Ph.D dissertation. Seoul National University
- Becker K, Schulz C, Kaus S, Seiwert M, Seifert B. German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in the urine of the German population. International Journal Of Hygiene And Environmental Health 2003; 206:15-24
- Brulle RJ, & Pellow DN. Environmental justice: human health and environmental inequalities. Annual Review Of Public Health 2006;27:103-124
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. 2015
- Health Canada. Report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada: results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 1 (2007-2009). 2010. Minister of Health, Ottawa
- Im JY, Chung EK, Park HJ, Yu SD, Jang BK, Son BS. A Study on Concentrations of Heavy Metal in Blood and Urine of Local Area in Korea. Journal of Environmental Sciences 2013;22(1):59-72
- Järup L., & Åkesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. Toxicology And Applied Pharmacology 2009;238:201-208
- Jung JH, Choi BW, Moon KN, Seok SJ, Kim HG, Shon BH. Risk factors for health and environmental disease in Gyeongju, Pohang, and Ulsan. J. Ev. Hlth. Sci 2010;36(2);82-94
- Kim HJ, Kim BG, Kim DS, Seo JW, Yu BC, Kim YW, Hong YS. Blood and Urinary Cadmium Concentration of Residents around Abandoned Metal Mines in Busan and Gyeongsangnam-do. Korean J Occup Environ Med 2010;22(1):1-10
- Kim HJ, Hogn YS, Lee KE, Kim DS, Lee MJ, Yeah BJ, Yoo CI, Kim YW, Yu BC, Kim YH, Kim JM, Kim JY. The levels of blood lead and cadmium in urban and rural population in Korea. 2009;19(4);472-478
- Liu Y, Xiao T, Baveye PC, Zhu J, Ning Z, Li H. Potential health risk in areas with high naturally-occurring cadmium background in southwestern China. Ecotoxicology And Environmental Safety 2015;112: 122-131
- Ministry of Environment(ME). White paper of environment. 2014
- Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. Long-term environmental monitoring of persistent organic pollutants and metals in a chemical/petrochemical area: Human health risks. Environmental Pollution 2011;159:1769-1777
- National Institute of Environmental Research(NIER). Comprehensive Evaluation for the result of 1<sup>st</sup> phase Health Effects Survey of Abandoned Metal Mines. 2012
- National Institute of Environmental Research(NIER). Monitoring on exposure level and biomarker of environmental pollutants for industrial residents (Gwangyang). 2008
- Park HR, Kim MH, Kwun KS, Kim SK, Heo SJ, Kim KJ, Yeom TK, Choi KS, Kim SY. The monitorinf of heavy metals in human bloods on middle school student. J. Fdhyg. Safety 2005;20(2)-83-88
- Peters JL, Perlstein TS, Perry MJ, McNeely E, Weuve J. Cadmium exposure in association with history of stroke and heart failure. Environmental Research 2010;110:199-206
- Satarug S, Garrett S, Sens M, Sens D. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. Environmental Health Perspectives 2010;118(2): 182-190
- Shin JY, Kim JM, Kim YR. The association of heavy metals in blood, fish consumption frequency, and risk of cardiovascular diseases among Korean adults: The Korean National Health and Nutrition Examination Survey (2008-2010). Korean J Nutrition 2012;45(4): 347-361
- Shin M, Paek D, Yoon C. The relationship between the bone mineral density and urinary cadmium concentration of residents in an industrial complex. Environmental Research 2011;111:101-109
- Suwazono Y, Nogawa K, Uetani M, Nakada S, Kido T, Nakagawa H. Application of the hybrid approach to the benchmark dose of urinary cadmium as the reference level for renal effects in cadmium polluted and non-polluted areas in Japan. Environmental Research 2011;111:312-314
- Swaddiwudhipong W, Mahasakpan P, Jeekeeree W, Funkhiew T, Sanjum R, Apiwatpaiboon T, Phopueng I. Renal and blood pressure effects from environmental cadmium exposure in Thai children. Environmental Research 2015;136:82-87
- Tellez-Plaza M, Navas-Acien A, Crainiceanu CM, Guallar E. Cadmium Exposure and Hypertension in the

- 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). Environmental Health Perspectives 2008;116(1);51-56
- The Korean Society for Preventive Medicine(KSPM). Preventive medicine and public health. 2010.
- Gyeochuk Cultural history
- Zhang W, Du Y, Zhai M, Shang Q. Cadmium exposure and its health effects: A 19-year follow-up study of a polluted area in China. Science Of The Total Environment 2014;470-471:224-228