

# 금강 유역의 수중, 토양, 쌀 및 주민의 뇨중 중금속 함량에 관한 연구

이 종 섭 · 유 일 수

원광대학교 의과대학 예방의학교실

## A Study on Contents of Heavy Metal in Water, Soil, Rice and Urine of inhabitants Along the KUM River

Lee Jong Sub · You Il Soo

*Dept. of Preventive Medicine, Wonkwang University*

### ABSTRACT

Authors investigated the heavy metals in water, soil, rice and Urine of residents along the KUM river.

Sample were analyzed by Varian Atomic absorption Spectrophotometer. The results obtained were as follows.

1. The Contents of cadmium and Lead in water were in the range of 0~2.15 $\mu\text{g/l}$ , 0~4.29 $\mu\text{g/l}$ , respectively.
2. The Contents of heavy metals in soil were in the range of 0.32~0.91mg/kg, 5.59~21.55mg/kg for Cd, Pb respectively.
3. Those in rice were in the range of 0.025~0.062mg/kg for Cd, Pb respectively.
4. The mean of Lead and Cadmium Concentration in Urine of residents of Munju Ri were 28.63 $\mu\text{g/l}$  and 1.66 $\mu\text{g/l}$  respectively, Those was also the highest level among the investigated group.

### I. 서 론

산업의 발달과 더불어 배출되는 산업 폐수는 자연 환경을 오염시키고 있으며 그 정도는 날로 심각한 상태에 직면하고 있다. 그 중 중금속은 광산 폐수 공장폐수, 중금속 농약제 사용으로 인하여 하천, 토양, 인근 연안 지역을 중금속으로 오염시키고 있으며 이로 인하여 그 지역의 농작물이나 해산물에 중금속 농축량을 가중시키고 있는 것으

로 보고하고 있다.<sup>1-3)</sup> Ratcliffe<sup>4)</sup>은 중금속 흡수되는 과정이 먹이사슬을 통하여 인체에 농축된다고 규명하였으며 List<sup>5)</sup>는 토양에 함유되어 있는 중금속은 토양에 천연 부존량, 비료에 의해서 유입되는 양, 대기 및 분진에 의해서 유입되는 양, 농업 용수에 의하여 유입되는 양 등에 의해서 토양내에 중금속 농축량을 가중시킨다고 하였다. 양<sup>6)</sup> 등은 국내산 현미중의 수은 및 카드뮴 농도에 관한 연구를 하였고 김<sup>7)</sup> 등은 한국 논 토양 및 현미중 중금속 천연 부존량에 관한 조사 연구를 하였으며,

김<sup>8)</sup>은 대기 및 수질 오염지역의 토양 및 수도체내 중금속 함량에 관한 조사 연구를 하는 등 많은 학자들은 오염 지역의 작물에 중금속의 농축과정, 농축량에 관심을 갖게 되었다.

박<sup>9)</sup> 등은 고속도로 톨게이트 근로자의 연 폭로 정도를 규명하고자 근로자 뇨중 연의 농도를 측정하였으며 박<sup>10)</sup> 등은 형광등 제조업체 근로자의 뇨중 수은의 농도를 측정하여 그 폭로 정도를 규명하였고, 조<sup>11)</sup> 등은 아연도금 작업장 근로자의 카드뮴 폭로 정도를 알아 내고자 뇨중 카드뮴 함량을 조사하였으며 소<sup>12)</sup> 등은 농작물 중금속 오염지역 주민뇨의 중금속 함량을 측정하여 그 오염 실태를 알아내고자 하였다.

본 연구는 금강유역의 수질, 토양 및 그 곳에서 생산되는 현미 및 주민의 뇨를 수거하여 중금속 함량을 측정함으로써 그 중금속 농축정도를 규명하고자 하였으며 그 대책을 위한 기초자료로 제공코자 한다.

## II. 실험 재료 및 방법

### 1. 실험재료 채취

금강유역을 1990년 10월 부터 1991년 7월에 걸쳐서 Fig. 1과 같이 조사지점을 선정하여 공해 공정법에 준하여 채수하였으며 인근 유역의 토양을 Zig-Zag(Z자형)으로 경작토(0~15cm)의 토양을 채취하였으며 동일한 조사지점의 수확직전의 벼를 채취하여 실험재료로 하였고 또한 인근 주민의 뇨를 채뇨하여 실험 대상으로 하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 수중의 중금속 함량

물 1,000ml를 취하여 비어커에 넣고 5ml의 Conc-HClO<sub>4</sub>를 가하여 분해하였다. 이와같은 부유액에 cone-HNO<sub>3</sub> 1ml를 가하여 기벽과 시계접시에 묻어있는 잔유물을 씻어 분해액에 첨가한 다음 동양여지 No.5B로 여과하여 전체 액량이 20ml가 되게 하여, Table 1과 같은 조건하에 원자 흡광분광광도계(Verian Spectra A.A-30)을 이용하여 분석하였으며 Blank test도 병행하였다.

#### 2) 토양내의 중금속 함량

토양을 105℃전기건조기에 12시간 건조시킨 후

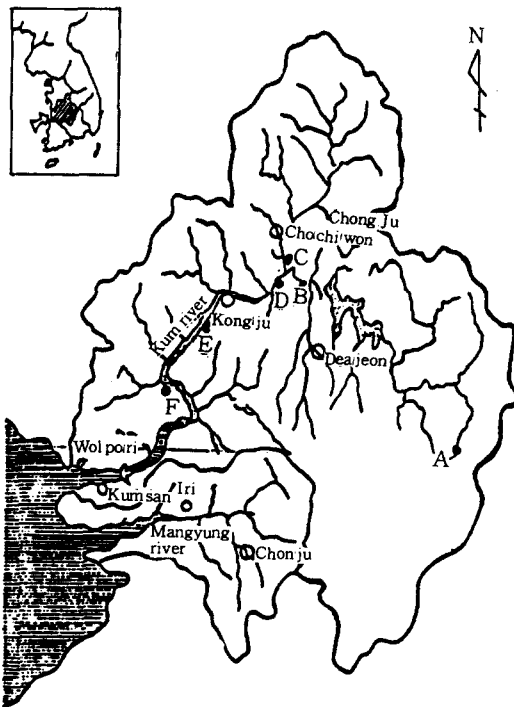


Fig. 1. Sampling sites along KUM river.

A: Worl ke-ri	D: Sin chon-ri
B: Dea dong-ri	E: Joo suk-ri
C: Moon ju-ri	F: Chil san-ri

건토 5g을 정확히 취하여 500ml 비어커에 넣고 1ml의 C-HNO<sub>3</sub>, 20ml의 C-HClO<sub>4</sub>를 가한 다음 시계접시를 덮고 150℃ 가열판에서 24시간 가열 분해 하였다. 비어커 속의 내용물이 백색으로 분해가 끝나면 시계접시를 열고 소량의 HClO<sub>4</sub>를 사용하여 시계접시에 묻어있는 내용물을 세척하여 비어커에 넣은 후 비어커 속의 내용물이 시럽상태가 될 때까지 가열 농축시키고 1N-HCL 30ml, 50℃의 H<sub>2</sub>O 50ml를 첨가하여 250℃의 가열판에서 비등직전까지 가열하였다.

이 시료를 동양여지 No.5B로 여과한 후 1N-HCL로서 비어커 속의 잔유물 및 여지를 수회 세척하여 전체의 양이 100ml가 되게 하였다. 다음 500ml 비어커에 넣고 50% ammonium citrate 20ml를 가한후 분액갈대기에 넣었다.

여기에 1% Sodium DDTc(Diethyldithio Carbamate) 10ml, MIBK(Methyl isobuthyl Ke-

tone) 20ml를 가한 후 3분간 강하게 진탕한 다음 정지한 뒤 MIBK층을 분취하여 HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>를 이용하여 증발 건조시킨 후 1N HNO<sub>3</sub>로 내용물을 용해하였으며 일정량이 되게 하여 Table 1와 같은 조건하에서 원자흡광 분광광도계(Verian Spectra 30)를 이용하여 시료를 분석하였다.

3) 쌀(현미)의 중금속 함량

채집된 벼를 45℃ 전기건조기에 48시간 건조시킨 후 나무 절구를 이용하여 현미로 만든 후 다시 45℃에서 전기 건조기를 이용하여 24시간 건조한 후 5g을 취하여 킬달플라스크에 넣고 250℃ Sand bath에서 황산-질산-과염소산을 가하여 가열판 상에서 유기물을 분해시킨 다음 증류수 100ml와 구연산 암모늄 5ml를 가하고 암모니아수를 이용하여 pH 9.5가 되게 한 후, 5% Sodium DDTc액 5 ml를 가하여 금속-킬레이트화물을 생성시키어 MIBK 20ml를 가하고 10분 동안 격렬하게 진탕시킨 다음 방치하여 MIBK 층을 분리한 후 가열판에서 Volatilization 한 후 0.1 N HCL를 이용하여 적당량 시료를 조작한 후 Table 1과 같은 조건에서 Varian Spectr A.A-30으로 중금속 함량을 분석하였다.

4) 뇨중 중금속 함량

채취한 뇨 100ml를 킬달플라스크에 넣고 과염소산-질산 분해 법에 의하여 유기물을 분해시킨후 Na-DDTC, MIBK 방법에 의하여 중금속을 추출하여 Table 1과 같은 조건에서 Varian Specer A-30으로 중금속 함량을 분석하였다.

Table 1. Analysis conditions in atomic absorption spectrophotometer

Condition Element	Lamp current (mA)	Slit width (nm)	wave length (nm)
Cd	4.0	0.5	228.8
Pb	10.0	0.7	217.0

III. 결 과

1. 금강유역 수중의 중금속 함량

대전의 생활하수 및 공장폐수의 영향을 받는 대동리(B)에서 Cd 0.57µg/l, Pb 2.16µg/l로 나타났으며 청주 및 조치원의 영향권에 있는 문주리(C)에서 Cd 2.15µg/l, Pb 4.29µg/l로 나타나 본 조사 지점 중 가장 높은 값을 보였다. 또한 저석리(E)에서 Cd은 검출되지 않았으나 Pb 1.17µg/l로 나타났고 금강 상류지역인 월계리(A)에서 Cd, Pb 모두 검출되지 않았다(Table 2).

2. 금강유역 토양내의 중금속 함량

토양내의 중금속 함량은 대동리(B)에서 Cd 함량이 0.91mg/kg으로 가장 높은 값으로 나타났으며 Pb함량은 문주리(C)에서 24.17mg/kg으로 제일 많은 값을 보였다. 또한 주위 오염원이 없는 월계리(A)에서 Cd 0.19mg/kg, Pb 2.95mg/kg으로 가장 낮은 값으로 나타났다(Table 3).

Table 2. The contents of heavy metal in water of KUM river

(Unit : µg/l)

Metal \ Area	A	B	C	D	E	F
Cd	ND	0.57±0.13	2.15±0.99	1.10±0.72	ND	-
Pb	ND	2.16±0.95	4.29±0.86	2.62±1.45	1.17±0.74	

Table 3. The contents of heavy metal in soil of KUM river area

(Unit : mg/kg)

Metal \ Area	A	B	C	D	E	F
Cd	0.19±0.11	0.91±0.24	0.89±0.31	0.51±0.15	0.32±0.11	0.36±0.25
Pb	2.95±1.43	21.55±7.69	24.17±5.66	17.62±4.31	6.90±2.25	5.59±1.14

### 3. 금강유역에서 생산되는 쌀(현미)의 중금속 함량

쌀(현미)의 Cd 함량은 토양의 Cd 함량이 제일 높은 대동리(B)지역에서 0.062mg/kg으로 가장 높은 값을 보였으며 비오염지역인 월계리(A)에서 0.025mg/kg으로 가장 낮은 값으로 나타났다. 또한 Pb함량은 대동리 0.521mg/kg, 문주리 0.495mg/kg, 신촌리 0.311mg/kg으로 각각 나타났다 (Table 4).

### 4. 금강유역 주민의 뇨중 중금속 함량

금강유역 주민의 뇨중 Cd함량은 토양 및 현미 내의 중금속 함량이 높은 문주리(C) 및 신촌리(D)에서 1.66 $\mu\text{g/l}$ , 1.61 $\mu\text{g/l}$ 로 높은 값을 보였으며 토양 및 현미내 Cd함량이 높은 대동리에서 1.53 $\mu\text{g/l}$ 로 비교적 낮은 값을 보인 것이 특이했다

(Table 5).

또한, 뇨중 Pb함량은 문주리(C)에서 28.63 $\mu\text{g/l}$ 로 가장 높은 값으로 나타났으며 월계리(A)에서 25.06 $\mu\text{g/l}$ 로 가장 낮은 값을 보였다(Table 6).

## IV. 고 찰

카드뮴은 주로 아연을 제련하는 공정에서 노출되어 금, 은, 비스무스 등과 합금할때 사용되며 카드뮴 축전지, 아말감, 합성도자기 원료, 합성수지 제조 공정에서 중합 촉매제로 사용하는 등 다양한 산업에 응용되며 납은 산업장에서 가장 많이 사용되고 있는 중금속의 하나로서 연제련업, 축전지제조업, 조선공업, 도료업, 도자기 공업 등에 이용된다.<sup>13-18)</sup> 이와같은 중금속은 생산과정중에 대기 및 수질에 노출되어 호흡기, 소화기, 피부 등을 통하여 인체에 농축되어 병변을 일으키는 독성 물질로

Table 4. The contents of heavy metal in rice of KUM river area

(Unit : mg/kg)

Metal \ Area	A	B	C	D	E	F
Cd	0.025±0.009	0.062±0.011	0.057±0.024	0.053±0.012	0.041±0.020	0.046±0.014
Pb	0.145±0.087	0.521±0.215	0.495±0.132	0.311±0.144	0.294±0.081	0.281±0.139

Table 5. The contents of cadmium in urine of KUM river area residents

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

Age \ Area	A	B	C	D	E	F
0~20	1.39±0.29	1.52±0.24	1.69±0.77	1.69±0.77	1.51±0.45	1.53±0.49
21~40	1.43±0.48	1.49±0.61	1.64±0.31	1.64±0.31	1.59±0.96	1.48±0.57
41~60	1.36±0.25	1.60±0.45	1.72±0.65	1.72±0.65	1.61±0.67	1.51±0.75
61~	1.35±0.40	1.51±0.69	1.59±0.60	1.59±0.60	1.54±0.54	1.49±0.40
Mean	1.38	1.53	1.66	1.61	1.56	1.50

Table 6. The contents of lead in urine of KUM river area residents

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

Age \ Area	A	B	C	D	E	F
0~20	25.51±7.79	29.94±6.27	29.91±12.21	27.70±11.11	25.31±13.35	26.69±4.36
21~40	24.36±6.16	26.86±7.77	28.15±2.98	28.24±6.69	29.66±10.21	28.17±6.24
41~60	26.25±5.25	29.91±6.20	28.69±9.90	26.25±10.24	24.31±17.98	26.31±11.70
61~	24.611±4.90	27.71±4.98	27.77±6.24	26.09±7.25	25.19±5.56	26.05±16.24
Mean	25.06	28.61	28.63	27.07	26.12	26.81

써 카드뮴 급성 중독은 고열을 동반하여 기도, 폐를 손상케 하여 인두부통증, 기침, 두통, 어지럽고 토하게 되어 흉부의 압박감, 호흡곤란 등을 초래하며 만성 중독은 기침, 담, 후각이상, 식욕부진, 위장장애, 체중감소 등을 일으킨다<sup>19-21)</sup> 또한, 납은 불면증, 두통, 변비, 식욕부진 등 일으키며 중증 납 폭로자들에게는 생식 능력이 감소되어 정자 무력증, 저정자증 및 기형 정자증 등을 일으킬 수 있다고 한다.<sup>23,24)</sup>

본 실험 조사지역인 금강은 대전, 청주, 조치원, 공주 등에서 노출되는 공장 폐수 및 생활 하수에 의하여 금강의 수중에 함유되어 있는 중금속은 이것을 농업용수로 이용할 경우 농작물에 농축되고 최종적으로 인근 주민에 영향을 줄 것으로 생각된다. 본 조사지점의 수중의 카드뮴 함량 0~2.15 $\mu$ g/l, 납함량 0~4.29 $\mu$ g/l로 환경기준치인 카드뮴 함량 0.01mg/l 이하, 납 0.1mg/l 이하로 규정하고 있는 값에 비하면 낮은 값을 보였다. 이<sup>24)</sup> 등은 금호강의 수중 카드뮴 함량이 1 $\mu$ g/l~3 $\mu$ g/l로 보고하고 있어 본 조사 값은 이 값에 비하여 약간 낮게 나타났으며 소<sup>12)</sup>은 만경강 수중의 카드뮴 함량을 0.32 $\mu$ g/l~3.39 $\mu$ g/l로 보고하고 있는데 이 값은 본 조사값과 비슷한 것을 볼 수 있었다. 김<sup>25)</sup> 등은 만경강 유역의 수중에 납함량에 2.5~10.3 $\mu$ g/l로 보고하고 있으며 소<sup>12)</sup> 등은 만경강 수중의 납함량이 0.06~21.07 $\mu$ g/l로 보고하고 있어 본 조사지점의 수중의 납함량 0~4.29 $\mu$ g/l와는 차이를 보이고 있다.

이<sup>24)</sup> 등은 금호강 하천 유역의 토양내 카드뮴 함량을 0.20~0.54mg/kg으로 본 조사 지점의 토양내 카드뮴 함량 0.19~0.91mg/kg에 비하여 낮게 보고하고 있으며 김<sup>8)</sup>은 장항유역 작토내의 평균 카드뮴 함량이 1.19mg/kg으로 본 조사값에 비하여 높게 보고하고 있다. 또한, 금강유역 토양내 납함량은 2.95~24.17mg/kg으로 나타나 비오염지역인 월계리(A) 2.95mg/kg에 비하여 청주, 조치원 영향권인 문주리(C) 24.17mg/kg의 값은 두 지역간에 큰 차이를 보이고 있다. 그러나 이 값은 토양 환경기준치인 125mg/kg에 비하여 아직 낮게 나타났으나 납은 인체에 치명적인 피해를 줄 수 있기에 앞으로 관심을 가지고 주시할 필요성이 있다. 이와같은 작토내에서 재배되는 쌀(현미)의 카

드뮴 함량은 0.025mg/kg(월계리)~0.062mg/kg(대동리)로 나타났으며 이 값은 소<sup>12)</sup>가 보고하는 만경강 유역에서 재배되는 현미내 카드뮴 함량 0.039~0.238mg/kg에 비하여 낮게 나타났으며 쌀(현미)의 납 함량은 0.145mg/kg(월계리)~0.521mg/kg(대동리)로 나타나 이 값은 양<sup>6)</sup> 등이 국내 산 현미중의 납 천연 부존량 0.44mg/kg에 비하여 크게 벗어나지 않고 있으나 비오염지역인 월계리와 대전 유역권인 대동리와는 큰 차이를 보이고 있어 수중에 납함량이 높은 지역에서 재배되는 쌀(현미)에 납함량이 높은 것을 볼 수 있었다. 인체에 흡수된 중금속은 뇨, 대변, 머리털, 분비선, 손톱 등을 통하여 배설되며 신장을 통하여 배설되는 양이 양적으로 많은 것으로 생각되나 금속이 체내에서 어떠한 형태로 존재하는가에 따라서 달라진다고 보고하고 있으며 인체내 중금속 오염 여부는 배설되는 중금속량, 혈액의 중금속량, 신장 기능장애 유무, 호흡기 기능장애 유무 등 다양한 검사를 시차별로 해야만 정확히 규명할 수 있다. 그러나 현실적 어려움에 의하여 비교적 실험 재료를 채취하기 쉬운 뇨를 채취하고 분석한 결과, 뇨중 카드뮴 함량은 비오염지역인 월계리에서 1.38 $\mu$ g/l로 가장 낮게 나타났으며 청주 및 조치원 영향권인 문주리에서 1.66 $\mu$ g/l로 가장 높게 나타났다. 이 값은 Hecher 등<sup>26)</sup>이 보고하는 남미의 Yanomamo 인디안의 산술 평균치인 1.2 $\mu$ g/l에 비하여 약간 높게 나타났으며 Iumbus<sup>27)</sup> 등이 보고한 미국인 뇨중 카드뮴농도 산술평균 1.59 $\mu$ g/l와 비슷한 값을 보였다. 또한, 뇨중 납함량은 25.06 $\mu$ g/l(월계리)~28.63 $\mu$ g/l(문주리)로 나타나 오염지역과 비오염지역간의 차이가 없었으며 소<sup>12)</sup> 등이 보고한 만경강유역 주민의 뇨중 납 함량 25.94~33.66 $\mu$ g/l에 비하여 약간 낮게 나타났다.

## V. 결 론

금강유역을 6개 지역으로 구분하여 1990년 10월부터 1991년 7월까지 금강의 수중, 토양, 현미, 주민의 뇨중 중금속 함량을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 수질중의 카드뮴 및 납의 함량은 주위에 오염원이 없는 진안군 동담면 월계리에서는 검출되지

않았으며 대전 유역권인 대동리에서 카드뮴  $0.57\mu\text{g/l}$ , 납  $2.15\mu\text{g/l}$ 로 나타났으며 청주 및 조치원 지역 오염 영향을 받는 문주리에서 카드뮴  $2.16\mu\text{g/l}$ , 납  $4.29\mu\text{g/l}$ 로 나타났다.

2. 토양내 카드뮴 및 납 함량은  $0.32\sim 0.91\text{mg/kg}$ ,  $5.59\sim 24.17\text{mg/kg}$ 으로 각각 나타나 수질내의 중금속 함량이 높은 대동리 및 문주리에서 높은 값을 보였다.

3. 쌀(현미)은 수질 및 토양중의 카드뮴 및 납 함량이 높은 대동리에서  $0.062\text{mg/kg}$ ,  $0.521\text{mg/kg}$ 으로 나타났고 문주리에서  $0.057\text{mg/kg}$ ,  $0.495\text{mg/kg}$ 을 보였다.

4. 노중 카드뮴 함량은  $1.38\mu\text{g/l}$ (월계리)~ $1.66\mu\text{g/l}$ (문주리)로 나타났으며 납 함량은  $25.06\mu\text{g/l}$ (월계리)~ $28.63\mu\text{g/l}$ (문주리)임을 보였다.

이상과 같은 결과에서 수질에 중금속 함량이 높은 지역에서 일반적으로 토양, 쌀 및 주민 노중의 중금속 함량이 높게 나타났다.

### 참 고 문 헌

- 1) Suzuki, S., Taguchi, T., and Yokohashi, G.: Dietary factors influence upon the retention rate of orally administered  $^{115}\text{CdCl}_2$  in mice with special reference to calcium and protein concentrations in diet, *Ind. Health.*, **7**, 155~162, 1969.
- 2) Banis, R. J., W. G., Pond, E. F., Walker Jr and O'conner, J. R., Dietary cadmium iron and zinc interactions in the growing rat. *Proc. Sor. Exp. Biol. Med.*, **130**, 802~806, 1969.
- 3) Hemilton, D. L. and L. S., Valberg, Relationship between cadmium and iron absorption, *Am. J. Physiol.*, **227**, 1033~1037, 1974.
- 4) Ratcliffe, Lead in man and the environment. Ellis Morwood Ltd., New York, 34~56, 1981.
- 5) Lisk, D. J. Trace metals in soils, plants and animals, in "advances in agronomy" (Brady, N. C. Ed), Academic press, New York, N. Y. **24**, 267~325, 1972.
- 6) 양재승, 이석대, 노재식: 국내산 현미중 수은 및 카드뮴 및 아연 함량에 관한 조사, 학술원 논문집 자연과학편, **19**, 255, 1980.
- 7) 김복영, 김재규, 이민효: 한국 논 토양 및 현미중 중금속의 천연 부존량에 관한 조사, 농사시험 연구보고, **24**, 51, 1981.
- 8) 김성조: 대기 및 수질오염 지역의 토양 및 수도체중의 중금속 함량, 전북대학교 박사학위논문, 1984.
- 9) 박정임, 구정완, 노영만, 이승한: 고속도로 통게이트 근로자들의 연 폭로 및 자각증상에 관한 연구, 대한산업의학회지, **2**(2), 142~151, 1990.
- 10) 박승희, 김광종, 장성훈, 차철환: 모 형광등 제조 업체에 있어서 공기중 수은 농도 및 노중 수은량 조사, 대한산업의학회지, **1**(2), 197~203, 1989.
- 11) 조수현, 김현, 김선민: 아연 용융 도금 작업 근로자의 카드뮴 폭로 가능성에 관한 조사 연구, 대한산업의학회지, **3**(2), 153~165, 1991.
- 12) 소진탁, 만경강 수질오염이 유역 농작물: 수중 생물 및 주민 건강에 미치는 영향, 한국과학재단 연구보고서, 139~146, 1991.
- 13) Baker, E. L. Jr. Landrigan: Occupational lead poisoning in the united states; Clinical and biochemical findings related to blood lead levels, *Brit. J. Industr. Med.* **36**, 314~322, 1979.
- 14) Mac Lean, A. J. & A. j. Dekker: Availability of zinc, copper and nickel to plants grown in sewage-treated soil, *Can. J. Soil Sci.*, **58**(3), 381~389, 1978.
- 15) Jacobs, M. B., Ladd, A. C. and Goldwater, L. J.: Absorption and Excretion of mercury in man: VI. Significance of mercury in urine, *arch environ health*, **9**, 454, 1964.
- 16) Komsta-Szumaska E, Chmielnicka J, Piotrowski JK: Binding of imorganic mercury by subcellular fraction and proteins of rat kidneys. *Arch toxicol*, **37**, 57, 1976.

- 17) Lilis R, Valciukas JA, Malkin J, Weber JP : Effects of low-level lead and arsenic exposure on copper smelter workers, arch environ healath, **138**~47, 1985.
- 18) H. Stephan Stoker, Spencer L. Seager : Environmental chemistry: Air and water pollution., scott, foresman and company glenview Illinois London, 90~117, 1974.
- 19) Parizek, J. and J., Zahor, Effect of cadmium on salts on testicular tissue, nature., **177**, 1036, 1956.
- 20) Hill, D. H., G., Matrone, W. L., Payne and Barber, C. W. : In vivo interactions of cadmium with copper, zinc and iron, J. Nutr., **80**, 227~235, 1963.
- 21) Winegar DA, Levy RS, Andrews JS, landrign PJ, Scruton WH, Krause MJ: Chronic occupational exposure to lead: An evaluation of the health of smelter workers, J. Occup Med, **19**, 603~606, 1977.
- 22) Francis, C. P., Birge, J., Roberts, B. L. and Black, J. A., Mercury content on human hair : A survey of dental personnel. J. Toxicol Environ Health, **10**, 667~672, 1982.
- 23) Kazantzis, G., Renal tubular dysfunction and abnormalities of calcium metabolism in cadmium workers. Environ. Health perspect, **28**, 155~160, 1979.
- 24) 이정재 : 금호강 지류의 중금속오염, 경북대학교 석사학위논문, 1982.
- 25) 김남송 : 만경강 담수어중 중금속 함량에 관한 연구, 대한 예방의학회지, **21**, 121~131, 1988.
- 26) Hecher LH., Allen HE, Dinman BD, etal heavy metal Levels in acculturated and unacculturated populations Arch Environ Health, **29**, 181~185, 1974.
- 27) Lumbus MR, Cholalc J, Miller LH, etal : Boron, cadmium, chromium and Nickel in blood and urine Arch Environ Health, **6**, 112~121, 1963.