

## 구례지역 하상퇴적물의 지질집단별 자연배경치에 대한 연구

박영석\* · 장우석 · 김종균

조선대학교 자원공학과

### The Study of Natural Background of Geologic Units for Stream Sediments in the Gurye Area

Young Seog Park\*, Woo Seog Jang and Jong Kyun Kim

Dept. of Mineral Resource Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

We collected the samples of stream sediments from primary channels in order to establish natural background of major and minor elements for geologic units in the Gurye area. Stream sediments samples having no possibility of contamination effect and representing drainage basins composed of uniform geology, were collected from April to May in 1999, the chemical analysis of which was carried out. The tolerable level was used to investigate the enrichment degree of harmful elements. The contents of Ni and Cr exceeded the tolerance level in some sections. The tolerance level excess of those elements was regarded as the effect of the metamorphic rock which constituted the bed rock of the area. In order to identify the comprehensive enrichment pattern, the tolerable level was used in calculating the enrichment index. The enrichment index of harmful heavy metals showed that Granite gneiss area is 0.39, Porphyroblastic granite gneiss area 0.32, Biotite gneiss area 0.42, Migmatitic gneiss area 0.41, Tuff area 0.30, Andesite area 0.46, Conglomerate area 0.42, and Granite area 0.26. Those results showed that natural background of Gurye area had not been exposed to harmful heavy metal elements.

**Key words** : Gurye area, stream sediments, geologic units, natural background, tolerable level

구례지역의 1차 수계를 대상으로 하상퇴적물을 채취하여 지질집단별 주성분 및 미량성분원소의 자연배경치를 설정하고자 하였다. 하상퇴적물은 구례지형도에서 오염의 우려가 없고 단일지질로 구성된 집수분지를 대표할 수 있는 시료를 1999년 4월과 5월에 걸쳐 채취하였고 화학분석을 실시하였다. 유해원소들의 부화정도를 알아보기 위해 tolerable level을 이용하여 살펴본 결과 일부 지역에서 Ni와 Cr의 함량이 tolerable level의 허용한계치를 초과하는 것으로 나타나는데, 이는 이들 지역의 기반암인 변성암류의 영향으로 인한 것으로 판단된다. 유해금속원소의 종합적인 부화양상을 규명하기 위하여 tolerable level을 이용하여 부화지수를 산출한 결과, 화강편마암지역은 0.39, 반상변정질화강편마암지역은 0.32, 흑운모편마암지역은 0.42, 혼성편마암지역은 0.41, 응회암지역은 0.30, 안산암지역은 0.46, 역암지역은 0.42, 화강암지역은 0.26으로 매우 낮은 부화지수를 보여주고 있는 것으로 보아 연구지역의 자연배경치는 유해금속원소의 오염에 노출되지 않은 것으로 판단된다.

**주요어** : 구례지역, 하상퇴적물, 지질집단별 자연배경치, 허용기준치

### 1. 서 론

현대 사회는 산업의 발달로 생활수준이 크게 향상되면서, 더 나은 환경에서 건강한 삶을 영위하고자 하는 욕구가 더욱 커지고, 건강에 악영향을 미칠 수 있는

주변의 오염 유발시설에 대한 기피현상이 두드러지고 주변 자연환경에 대한 사회적 관심은 날로 증가하고 있으며, 더 나아가 자연 환경을 아끼고 보존하기 위한 많은 노력도 하고 있다. 자연환경의 오염 요인으로는 산업시설에서 발생한 오폐수의 방류로 인한 하천의 오

\*Corresponding author: yspark@chosun.ac.kr

염, 광산활동으로 인한 주변 환경의 오염, 산업활동으로 인한 대기오염, 생활쓰레기로 인한 환경오염 등과 같은 인위적인 것과 지질환경에 의한 자연발생적인 독성원소들의 농집이나 필수원소들의 결핍 등으로 인해 발생하는 자연적인 것으로 나뉘어 진다. 전자의 경우는 대부분 육안으로 확인가능하기 때문에, 오염원과 오염정도의 파악과 그에 대한 대책마련이 용이하나, 후자의 경우에는 눈에 잘 띄지 않고, 서서히 넓은 지역으로 확산되는 경우가 많아 오랜 시간에 걸쳐 사람이나 동식물에 악영향을 누적시킴으로서 그 피해의 심각성은 더욱 크다고 할 수 있다(신성천 등, 2001).

독성원소들의 농집이나 필수원소의 결핍으로 인한 피해에 대한 정확한 평가를 내리기 위해서는 먼저 이를 정량·정성적으로 평가할 수 있는 평가기준치를 확보하는 것이 가장 중요하며, 이를 위해 각 지질단위(geologic unit)가 본래부터 가지고 있는 자연배경치(natural background)를 설정하는 것이 필요하다.

자연배경치는 인위적인 영향이 완전히 배제된 기준치로, 지각을 구성하고 있는 암석의 종류에 따라 크게 다를 수 있으며, 자원의 탐사, 지질학, 농업, 임업, 환경의 연구에도 중요한 수단이 된다(Bolviken *et al.*, 1990; Darnley, 1990; McMillan *et al.*, 1990; Darnley *et al.*, 1995; Cocker, 1999).

자연배경치를 설정하는데 이용되는 시료는 무엇보다도 지표 지질환경을 대표할 수 있어야 한다(Darnley *et al.*, 1995; Eppinger *et al.*, 2001). 이러한 점에 있어서 집수분지(drainage basin)를 대표하는 소규모의 1차 수계에 분포하는 하상퇴적물들은 상류 집수분지 내에 발달되어있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 모인 것이므로, 연구지역의 지질(구성 암석)을 축약하여 집적시켜 놓은 것이나 다름없다는 점에서, 대표성이 뛰어나고, 중금속과 미량원소를 잘 반영하고 있어(Darnley, 1990; Darnley *et al.*, 1995; FOREGS, 1998) 연구지역의 지표지질을 가장 잘 반영하는 대표적인 지질매체로 받아들여지고 있다.

본 연구에서는 1:50,000 구례지형도 내에 존재하는 1차 수계를 대상으로 하상퇴적물을 채취하여, 주성분원소( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ )와 미량성분원소( $\text{Ba}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Sc}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Zr}$ )에 대해 XRF, ICP-AES, NAA를 이용한 분석을 실시함으로써 하상퇴적물의 지구화학적 특성을 파악하고, 지질집단별 주성분 및 미량원소들의 자연배경치를 설정하는데 그 목적이 있다.

## 2. 연구지역의 지형 및 지질

### 2.1. 연구지역의 지형과 수계

연구지역은 1:50,000 지형도에서 전라남도 구례군에 해당하는 동경  $127^\circ15'00'' \sim 127^\circ30'00''$ , 북위  $35^\circ00'00'' \sim 35^\circ15'00''$ 의 지역으로서 구례도폭(홍승호와 황상구, 1984)의 남부지역과 괴곡도폭(유환수 등, 1993)에 걸쳐 있으며, 전라남도 북동부지역에 위치하고 있다. 구례지역은 태백산맥에서 분기한 소백산맥의 남서부에 해당되는 험준한 산세를 보이고, 편마암류의 분포지역에는 높은 산능들이 이 지역의 주 지질구조선인 북북동-남남서 방향에 따라 연봉을 이루고 있으며 연장성이 뚜렷하고, 퇴적암류와 화산암류의 분포지역인 동부지역은 동서 방향의 산능들이 발달되어 있고 높은 산지들이 용립되어 있다.

연구지역의 수계는 북동-남서와 동서의 산능의 지형과 분포암석 및 지질구조에 의하여 규제를 받고 있으며, 순천도폭, 북내도폭, 동북도폭에서 발원한 보성강 및 섬진강과 승주군 월등면 소치재와 계월리, 황전면 평촌리에서 발원한 월등천, 황전천, 동천 등의 1차 지류 부분에는 크고 작은 인공저수지가 있고, 수리치와 송치를 기점으로 대소의 각 하천은 북류와 남동류하는 방향으로 분수 한다. 연구지역의 각 대소하천들은 북류하여, 보성강과 섬진강으로 합류하고, 남동류하는 동천은 남해의 평양만으로 유입된다. 주암면과 송광면 일대의 대소하천은 남서, 남동, 서, 북류하여 주암담으로 유입된다(유환수 등, 1993).

### 2.2. 연구지역의 암석기재

#### 2.2.1. 변성암류

변성암류는 고기의 니질암과 사질암이 광역변성작용을 받아 형성된 준편마암류가 대부분이며, 석회질암은 소규모로 곳곳에 산재되어 있다. 변성암류는 편마암화의 정도가 심하고, 변성작용, 화강암류의 관입 및 화강암화 작용을 거치는 동안 심하게 교란되었으며, 접촉부는 대체로 점이적으로 변한다. 화강암화 작용에 의해 동화 또는 교대되지 않은 잔유물인 규암, 운모편암, 각섬석편암, 결정질석회암 등은 도처에 소규모로 분포되어 있으며, 세립질흑운모편마암과 흑운모편마암은 석영질이 많은 고기의 사질암이 변성작용을 받아 형성된 것이다(홍승호와 황상구, 1984; 유환수 등, 1993).

변성암류는 혼성암질편마암, 세립질흑운모편마암, 화강편마암, 반상변정질편마암, 우백질편마암 등이 존재하고 있으며, 이 중에서 화강편마암이 가장 넓게 분포

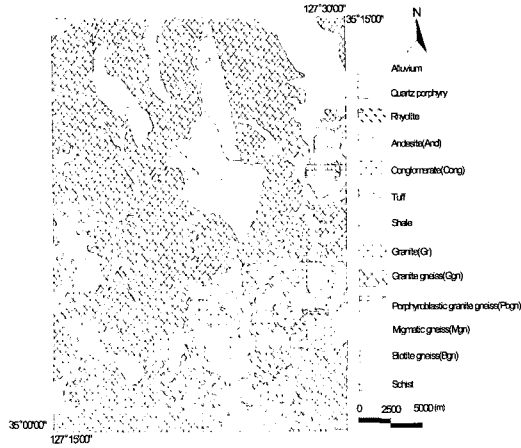


Fig. 1. Geological map of study area.

하고 있다(Fig. 1).

2.2.2. 중생대 암층 및 화산암류

중생대 암층 및 화산암류는 세일 및 사암, 안산암, 응회암, 역암으로 구성되어 있으며, 도폭의 남동부지역인 순천시 서면, 황전면, 월등면 일대와 북동부지역인 문척면 중산리일대에 발달되어있다. 퇴적암류는 편마암류와 화강암류 및 관입암류를 부정합으로 덮고 있으며, 화산암류인 안산암과 유분암에 의하여 관입을 당하였으며, 응회암과 안산암은 국부적으로 점이적인 양상을 보여주는 곳도 있다. 화산암류인 안산암과 유분암은 편마암류, 화강암 및 관입암류를 관입 또는 용류하고 있고 이 중에서 안산암류는 분포지역에서 국부적으로 퇴적암류를 관입하고 있으며, 응회암 및 역암과는 혼화 조합되어 있으며, 화산암류에는 세일 및 사암, 응회암, 역암 등의 퇴적암류가 소규모로 내재되어있다(유환수 등, 1993).

2.2.3. 심성암류

심성암류는 시대미상의 우백질화강암, 페그마타이트, 흑운모화강암, 각섬암화강암으로 구성되어있는 중생대 백악기의 불국사화강암, 남원군 대강면 일원에 잘 발달되어있는 대강염리상화강암 및 석영반암 등이 있다(홍승호와 황상구, 1984; 유환수 등, 1993).

3. 시료채취 및 분석

3.1. 하상퇴적물의 채취 및 수계의 현장 조사

하상퇴적물은 1:50,000 구례지형도에서 선정된 233개의 1차 수계를 대상으로 1999년 4월 2일부터 1999년 5월 10일까지 약 한달 간에 걸쳐서 수계에 대한 현장 관찰조사와 함께 시료의 채취가 이루어졌다(Fig. 2).

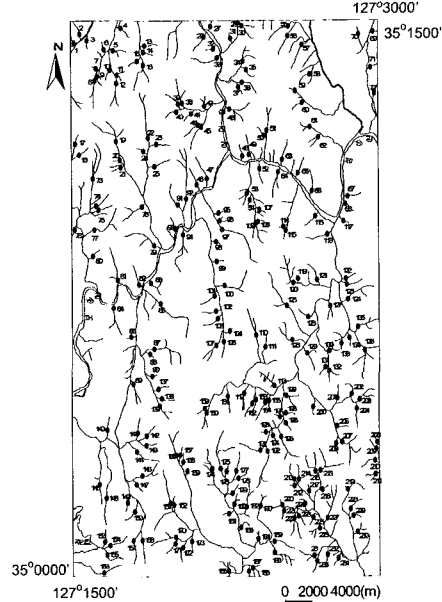


Fig. 2. Sampling sites map for stream sediments in the study area.

하상퇴적물의 입도는 연구목적에 따라 다양한 입도의 하상퇴적물을 이용할 수 있으며, 본 연구에서는 150 μm이하의 하상퇴적물을 채취하였다. 일반적으로 연구지역의 지표지질 환경을 대표할 수 있는 하상퇴적물의 입자의 크기는 100 mesh 규격의 표준체를 채질하여 망을 통과하는 150 μm보다 미세한 실트-점토 크기의 무기질 입자를 대표시료로 하는 것이 효율적인 것으로 인정받고 있으며(Darnley, 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998; Eppinger et al., 2001), 수계가 비교적 균일하게 잘 발달되고 지표에 암석노출과 토양 발달이 양호한 우리나라의 경우에도 다양한 입자크기의 하상퇴적물 시료를 비교 연구한 결과, 150 μm이하의 표시시료가 가장 적합한 것으로 나타났다(이현구 등, 1999).

시료채취에 있어서 가장 중요한 점은 채집한 시료가 상류의 집수분지를 대표할 수 있어야 한다는 점이다. 이를 위해 하류에서 상류로 올라가면서 약 50 m 거리 내에 곳곳에 쌓여있는 하상퇴적물을 5~10군데에서 여러 번에 걸쳐 조금씩 채취(grab sampling)하여 하나의 복합시료(composite sample)로 만들어 줌으로써, 대표성을 증가시켰다.

3.2. 시료 처리

채취된 하상퇴적물은 100 mesh의 표준체를 이용하

여, 채취된 수계에서 곧바로 wet sieving을 실시하였으며, 체질도중 시료가 오염되는 것을 완전히 배제하기 위하여 stainless steel로 제작된 100 mesh의 표준체를 이용하였고, 고무장갑을 착용하였다. 반복적인 wet sieving에 의하여 100 mesh의 표준체를 통과한 150  $\mu\text{m}$ 이하의 세립질 입자를 50~100g 정도를 회수하여, 폴리에틸렌 병에 담아서 실험실로 운반하였으며, 바람이 잘 통하는 실내에서 약 한 달간 자연 건조를 시킨 후, 전체가 균질하게 되도록 잘 섞은 다음 20g 정도를 골고루 나눠 취하여 알루미늄 몰탈을 이용하여 74  $\mu\text{m}$ (200 mesh)내지 53  $\mu\text{m}$ (270 mesh) 정도가 될 때까지 연마하여 분석용 시료를 만들었다.

### 3.3. 시료 분석

하상퇴적물의 화학분석은 한국지질자원연구원에서 실시하였다. 주성분원소( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  등 10종)는 X-선 형광분석기(XRF)로 분석하였고, 이 분석기기는 Shimadzu사의 MXF-2100 기종이다.

미량성분원소는 유도결합 플라즈마 원자방출 분광분석기(ICP-AES)를 이용하여 Ba, Be, Cu, Ni, Pb, V, Sr, Zr에 대한 분석을 실시하였고, 이 분석기기는 프랑스 Jovin-Yvon Equipment사의 Jovin Yvon JY-38 plus이며, Co, Cr, Sb, Rb, Zn, Sc등의 원소들은 중성자 방사화 분석(NAA)에 의해 분석하였다. 이때, 중성자 발생은 하나로 원자로(Hi-flux Advanced Neutron Application Reactor)를 이용하였고, 고분해능 감마선 검출기는 HPGe  $\gamma$ -ray 검출시스템을 이용하였으며, 감마스펙트럼분석은 EG & G사의 Ominigam 프로그램을 이용하였다.

## 4. 지질집단별 원소들의 자연배경치

지표환경에서 원소별 함량의 높고 낮음을 제대로 평가하기 위해서는 무엇보다도, 각 지질집단이 본래부터 갖는 자연배경치 부터 이해되어야 한다. 예를 들어, 특정성분의 존재량이 유사한 수준이라 할지라도, 본래의 지질집단이 가지는 자연배경치의 수준에 따라 이차적인 농집 정도가 매우 다르게 평가될 수 있다(신성천 등, 2001). 따라서, 구례지역 하상퇴적물내 주성분 및 미량성분 원소들의 시료채취지역 지질집단에 따른 분포특성을 관찰하기 위하여 하상퇴적물을 채취할 당시 수계 주변에 대한 현장 관찰조사 결과로 획득한 시료채취지역의 지질과 1:50,000의 구례지질도폭, 괴

**Table 1.** The sample number of geologic units.

Geologic units	Sample number(ea)
Granite gneiss	61
Porphyroblastic granite gneiss	7
Leucocratic gneiss	1
Biotite gneiss	6
Migmatitic gneiss	20
Rhyolite	1
Andesite	9
Tuff	4
Conglomerate	3
Granite	4
Total	116

목지질도폭, 1:250,000의 광주지질도폭을 바탕으로 하여 기반암 및 수계 상부지역의 지질집단을 파악하였다. 따라서, 총 233개의 하상퇴적물을 각 지질집단으로 분류한 후, 그 중에서 오염의 우려가 없고, 단일지질로 구성된 집수분지를 대표할 수 있는 116개의 하상퇴적물 시료가 지질집단별 자연배경치 설정을 위한 자료로 선정되었다.

그 결과 구례지역을 구성하고 있는 지질집단은 총 10개로 구분되었으며, 각 지질집단별 시료수는 Table 1과 같다.

연구지역은 화강편마암이 넓게 분포하고 있어 하상퇴적물 시료 역시 다른 지질집단 시료보다 화강편마암의 시료가 더 많은 양을 차지하고 있다. 그러나, 우백질편마암이나 유문암지역에서는 하상퇴적물이 1개밖에 채취되지 못하여, 자료의 신뢰성이 떨어지므로 본 연구에서는 제외하였다.

### 4.1. 주성분 원소

각 지질집단별 주성분 원소의 평균함량을 비롯한 통계자료는 Table 2와 같다. 일반적으로 지구화학적 자료는 양왜도 분포를 이루므로 배경값을 설정할 때는 기하평균이 더 유용하다. 왜냐하면, 산술평균은 수 개의 고 함량을 갖는 시료가 존재할 때 산술평균은 이들 값의 영향을 크게 받지만, 기하평균은 산술평균에 비해 영향을 적게 받아 지구화학적 자료의 배경값을 설정하는데 더 유용한 지시자가 되기 때문이다(전효택, 1991). 따라서, 본 연구에서는 지구화학적 자료들의 평균값을 구하는 방법으로 산술평균(arithmetic average)이 아닌 기하평균(geometric mean)을 이용하였다.

구례지역 주성분원소들의 자연배경치를 지질집단별로 살펴보면,  $\text{SiO}_2$ 는 응회암, 역암, 화강암지역에서 다른 지질집단에 비해 더 높은 함량을 보이고 있으며,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 는

**Table 2.** General statistics of major elements for stream sediments in the Gurye area(unit in wt.%).

Geologic units	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Ggn.	Min	49.34	13.56	4.03	0.39	0.77	2.32	0.59	0.47	0.04	0.06
	Max	66.77	24.75	10.62	3.09	3.18	4.84	2.40	1.24	0.19	0.35
	Mean	58.32	16.41	6.79	1.32	1.61	3.37	1.32	0.84	0.10	0.15
	S.D.	3.48	1.52	1.32	0.62	0.52	0.55	0.40	0.17	0.03	0.06
	<b>G.M.</b>	<b>58.21</b>	<b>16.34</b>	<b>6.67</b>	<b>1.19</b>	<b>1.44</b>	<b>3.32</b>	<b>1.26</b>	<b>0.83</b>	<b>0.10</b>	<b>0.14</b>
Pbgn.	Min	54.84	16.32	5.16	0.72	1.14	2.68	1.08	0.72	0.07	0.12
	Max	60.57	19.06	8.56	2.95	2.02	4.85	2.65	1.17	0.11	0.21
	Mean	58.46	17.44	6.69	1.67	1.53	3.55	1.72	0.88	0.09	0.15
	S.D.	2.07	0.85	1.11	0.73	0.37	0.76	0.57	0.16	0.01	0.04
	<b>G.M.</b>	<b>58.46</b>	<b>17.42</b>	<b>6.61</b>	<b>1.54</b>	<b>1.45</b>	<b>3.48</b>	<b>1.65</b>	<b>0.82</b>	<b>0.09</b>	<b>0.15</b>
Bgn.	Min	51.77	15.84	5.94	0.61	0.75	2.92	0.77	0.62	0.05	0.08
	Max	61.13	17.70	7.51	0.83	1.70	4.80	1.85	1.08	0.12	0.15
	Mean	57.54	16.38	6.84	0.73	1.42	3.50	1.10	0.88	0.10	0.12
	S.D.	3.39	0.69	0.59	0.09	0.34	0.67	0.40	0.18	0.02	0.03
	<b>G.M.</b>	<b>57.45</b>	<b>16.37</b>	<b>6.81</b>	<b>0.73</b>	<b>1.38</b>	<b>3.46</b>	<b>1.05</b>	<b>0.87</b>	<b>0.09</b>	<b>0.12</b>
Mgn.	Min	44.69	14.19	4.35	0.57	1.09	2.82	0.80	0.62	0.07	0.09
	Max	63.02	19.67	8.52	3.00	2.75	4.10	2.19	1.14	0.16	0.34
	Mean	56.08	16.19	6.53	0.85	1.50	3.29	1.13	0.90	0.10	0.14
	S.D.	5.08	1.29	0.89	0.52	0.33	0.38	0.33	0.14	0.02	0.05
	<b>G.M.</b>	<b>55.85</b>	<b>16.14</b>	<b>6.47</b>	<b>0.78</b>	<b>1.48</b>	<b>3.27</b>	<b>1.09</b>	<b>0.89</b>	<b>0.10</b>	<b>0.13</b>
Andesite	Min	54.74	14.99	4.97	0.75	1.17	1.45	0.61	0.73	0.14	0.08
	Max	63.92	17.13	9.10	3.61	1.79	2.76	1.72	1.14	0.20	0.21
	Mean	58.80	15.96	7.54	2.36	1.48	2.07	0.99	0.95	0.16	0.14
	S.D.	3.19	0.68	1.33	1.04	0.22	0.42	0.34	0.15	0.02	0.04
	<b>G.M.</b>	<b>58.73</b>	<b>15.95</b>	<b>7.43</b>	<b>2.09</b>	<b>1.46</b>	<b>2.03</b>	<b>0.95</b>	<b>0.94</b>	<b>0.16</b>	<b>0.13</b>
Tuff	Min	55.72	14.50	4.58	0.61	1.15	2.61	0.99	0.78	0.12	0.10
	Max	63.91	21.19	6.89	1.36	1.35	3.18	1.18	0.94	0.15	0.15
	Mean	60.50	16.31	5.39	0.85	1.26	2.92	1.06	0.88	0.14	0.13
	S.D.	3.84	3.26	1.03	0.35	0.08	0.26	0.09	0.07	0.01	0.02
	<b>G.M.</b>	<b>60.41</b>	<b>16.09</b>	<b>5.32</b>	<b>0.80</b>	<b>1.25</b>	<b>2.91</b>	<b>1.06</b>	<b>0.88</b>	<b>0.14</b>	<b>0.13</b>
Cong.	Min	54.01	13.45	5.44	0.66	1.07	2.63	0.56	0.78	0.09	0.10
	Max	64.86	15.65	6.12	1.16	1.20	3.23	0.78	0.80	0.16	0.33
	Mean	61.11	14.25	5.82	0.89	1.14	2.88	0.65	0.79	0.12	0.18
	S.D.	6.15	1.22	0.35	0.25	0.07	0.31	0.11	0.01	0.04	0.13
	<b>G.M.</b>	<b>60.90</b>	<b>14.21</b>	<b>5.81</b>	<b>0.87</b>	<b>1.14</b>	<b>2.87</b>	<b>0.65</b>	<b>0.79</b>	<b>0.12</b>	<b>0.15</b>
Gr.	Min	55.29	15.65	3.47	0.29	0.50	2.89	1.55	0.50	0.04	0.05
	Max	67.12	18.11	8.31	1.62	1.45	4.28	2.81	1.00	0.11	0.15
	Mean	60.78	17.10	5.35	1.03	0.91	3.54	2.02	0.72	0.08	0.11
	S.D.	4.90	1.13	2.29	0.60	0.44	0.60	0.58	0.25	0.04	0.04
	<b>G.M.</b>	<b>60.63</b>	<b>17.07</b>	<b>5.00</b>	<b>0.85</b>	<b>0.83</b>	<b>3.50</b>	<b>1.96</b>	<b>0.69</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>

Ggn.: Granite gneiss, Pbgn.: Porphyroblastic granite gneiss, Bgn.: Biotite gneiss, Mgn.: Migmatitic gneiss, Cong.: Conglomerate, Mean : arithmetic average, S.D.: standard deviation, G.M.: geometric mean

역암지역에서 14.21 wt.%로 다른 지질집단에 비해 상대적으로 낮은 자연배경치를 가지는 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 구례지역의 안산암과 동시대 화산활동의 산물로 보고되고 있는 화산암은 안산암보다 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 더 우세하며, 안산암에서는 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 CaO가 더 높은 함량을 나타내고 있다(Table 2).

Fig. 3은 연구지역 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 편마암류 지역의 자연배경치를 도시한 것으로 화성기원인 화강편마암과 반상변질절편마암지역과 퇴적기원의 흑운모편마암과 혼성암절편마암지역의 자연배경치를 비교하여 보기 위한 것이다. 이들 지질의 자연배경치에 있어서 큰 차이는 나지 않지만, 화성기원 편마

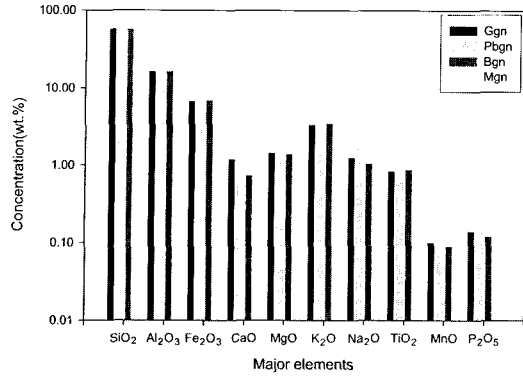


Fig. 3. The comparison diagram of natural background in the area underlain by gneiss.

암의 SiO<sub>2</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 자연배경치가 퇴적기원의 편마암보다 약간 더 많은 함량을 보이고 있다.

또한, 반상변정질편마암의 CaO와 Na<sub>2</sub>O의 자연배경치가 다른 편마암들에 비해 더 우세함을 알 수 있다.

#### 4.2. 미량원소

연구지역의 지질집단별 미량원소 평균값 및 통계자료는 Table 3에 제시하였다. 단 응회암과 화강암의 경우 일부원소들에 대해서만 분석을 실시하였으며, 미량원소의 지질집단별 자연배경치도 주성분원소와 마찬가지로 기하평균을 이용하여 설정하였다.

미량원소의 경우 지질집단별로 자연배경치가 다소 차이가 나는 것을 볼 수 있으며, 특히 Zn의 경우 안산암지역에서 34 ppm으로 가장 낮은 자연배경치를 보이고 있으나, 역암지역에서는 이보다 약 7배정도 높은 231 ppm을 보이고 있는 것으로 나타나 가장 많은 함량 차이를 보여주고 있다.

미량성분들은 주성분과는 달리 함량의 변화 폭이 심하였으며, 그 중에서 Ba의 함량변화가 가장 심한 것으로 나타났다. 생물이 필요로 하는 미량원소는 인체무게의 0.025%를 차지한다. 비록 함량이 적더라도 이것은 인류 생명과정에서 매우 중요한 영향을 미치게 되며, 이 원소들이 인체 내에서 부족하게 되거나 과잉되면 건강에 영향을 미치게 된다(최석원과 김억수, 1996). 본 연구에서는 이상결핍이나 과잉농축으로 인하여 인간의 건강에 영향을 미칠 수 있는 일부원소에 대해 살펴보고 있다.

토양중의 Be평균함량은 6 ppm정도로 매우 낮은 함량을 보이지만, 암을 유발할 수 있으며 소량으로도 Be 중독을 일으킬 수 있는 유독원소에 해당된다. 구례지역 Be의 자연배경치는 대부분 2 ppm 미만으로 낮은

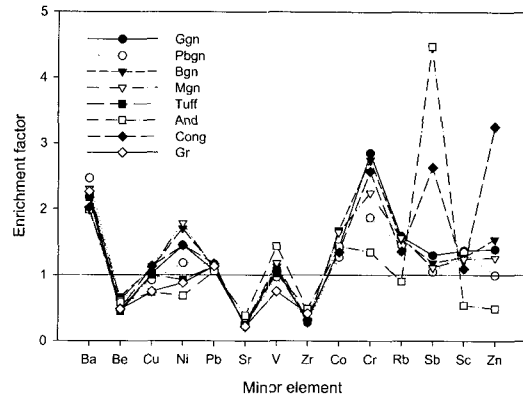


Fig. 4. Enrichment factor diagrams of minor elements in stream sediments normalized by upper continental crust(Taylor and McLennan, 1985).

함량을 보이고 있으며, 흑운모편마암지역에서 2.02 ppm으로 가장 높은 값을 보이고 있다.

Cu는 결핍되거나 과잉되면 각종 질병을 야기시킬 수 있는 필수원소이자 유독원소에 해당되며, 토양중의 평균함량은 20 ppm정도이다. 구례지역에서는 안산암지역에서 18 ppm으로 가장 낮은 평균함량을 보이고 있으며, 혼성암질편마암지역에서 28 ppm으로 가장 높은 함량을 보이고 있다.

Ni도 Cu와 마찬가지로 필수원소이자 유독원소에 해당되는 원소로서 퇴적물의 최저오염기준치는 20 ppm이며, 구례지역에서는 변성암류지역과 역암지역에서 이를 초과하는 함량을 보이고 있으며, 퇴적기원인 우백질편마암과 혼성암질편마암에서 각각 34 ppm, 35 ppm으로 다소 높은 함량을 보이고 있다.

Pb는 매우 유독한 원소로서 구례지역 모든 지질집단에서 대체로 비슷한 자연배경값을 보이고 있으며, 가장 높은 함량을 나타낸 지역은 반상변정질편마암지역에서 23 ppm으로 퇴적물의 오염기준치인 40 ppm보다는 낮은 함량을 보여주고 있다.

Co의 토양 중 평균함량은 8 ppm정도이고, 구례지역에서는 12~16 ppm 정도의 자연배경치를 보이고 있다. 이 원소는 결핍되면 건강에 영향을 미치게 되며, 신장을 통해 배설이 용이하므로 Co의 농축현상은 드물지만, 과량의 Co는 유기체의 신진대사에 장애를 초래하는 것으로 알려져 있다(최석원과 김억수, 1996).

Zn은 식물과 동물에 있어서 성장발육과 건강에 중요한 역할을 하는 필수미량원소에 해당되며, 독성이 낮아 자연계에서 Zn의 중독현상은 적게 나타나며, 그 독성은 그리 크지 않은 것으로 보고되고 있다(최석원과

**Table 3.** General statistics of minor elements for stream sediments in the Gurye area(unit in ppm).

Geologic units	Ba	Be	Cu	Nb	Ni	Pb	Sr	V	Zr	Li	Co	Cr	Cs	Hf	Rb	Sb	Sc	Zn	Pa	
Ggn.	Min	710	1.30	13	12	13	49	34	30	19	7	43	2.85	5.70	109	0.33	9.05	57	12.20	
	Max	1720	5.50	39	37	54	180	115	138	54	20	235	10.80	255.00	290	0.18	21.80	184	188.00	
	Mean	1222	2.05	26	25	30	21	87	67	60	37	14	105	6.45	28.84	184	2.24	15.35	102	53.25
	S.D.	225	0.69	6	6	9	4	24	16	20	7	3	37	2.01	44.33	48	0.43	2.87	28	39.95
<b>G.M.</b>	<b>1201</b>	<b>1.40</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>84</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>36</b>	<b>14</b>	<b>99</b>	<b>6.14</b>	<b>18.73</b>	<b>177</b>	<b>0.26</b>	<b>15.08</b>	<b>98</b>	<b>42.02</b>	
Pbgn.	Min	970	1.50	18	21	15	48	48	36	24	9	42	3.93	7.88	130	0.21	11.80	58	26.40	
	Max	1750	2.30	29	30	36	137	80	95	41	16	101	4.60	27.30	204	0.22	18.70	86	40.80	
	Mean	1382	1.91	23	24	24	23	89	59	55	33	71	4.27	17.59	167	0.21	15.25	72	33.60	
	S.D.	288	0.32	3	3	7	3	35	12	20	5	4	41	0.47	13.73	52	0.01	4.88	19	10.18
<b>G.M.</b>	<b>1355</b>	<b>1.89</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>83</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	<b>65</b>	<b>4.25</b>	<b>14.67</b>	<b>162</b>	<b>0.21</b>	<b>14.85</b>	<b>70</b>	<b>32.82</b>	
Bgn.	Min	560	1.70	18	26	17	18	76	36	31	15	92	5.90	8.54	154	0.22	12.70	105	14.90	
	Max	1450	3.20	36	35	41	31	94	90	67	18	98	6.75	11.80	206	0.25	14.90	115	28.90	
	Mean	1140	2.07	28	31	35	22	84	70	54	38	16	96	6.21	10.18	174	0.24	14.00	109	22.47
	S.D.	314	0.56	5	2	9	4	6	18	12	7	1	3	0.47	1.63	27	0.02	1.15	5	7.07
<b>G.M.</b>	<b>1092</b>	<b>2.02</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>22</b>	<b>84</b>	<b>67</b>	<b>52</b>	<b>38</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	<b>6.20</b>	<b>10.09</b>	<b>172</b>	<b>0.24</b>	<b>13.97</b>	<b>109</b>	<b>21.66</b>	
Mgn.	Min	980	1.30	20	20	28	18	69	49	38	10	53	4.15	5.94	137	0.20	10.80	73	11.40	
	Max	1640	2.60	37	33	47	29	126	88	87	54	24	111	9.90	19.30	221	0.23	18.00	115	47.40
	Mean	1283	1.91	28	27	36	21	90	71	59	42	16	81	7.20	10.24	177	0.22	13.84	90	23.36
	S.D.	213	0.40	3	4	4	3	14	10	12	5	4	22	2.17	4.78	31	0.01	2.30	14	12.07
<b>G.M.</b>	<b>1266</b>	<b>1.87</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>21</b>	<b>89</b>	<b>70</b>	<b>58</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>78</b>	<b>6.90</b>	<b>9.44</b>	<b>174</b>	<b>0.22</b>	<b>13.68</b>	<b>89</b>	<b>21.09</b>	
Tuff	Min	900	1.10	19	22	14	19	75	56	62	25									
	Max	1640	1.60	44	26	35	35	106	66	112	38									
	Mean	1225	1.35	26	24	20	23	86	61	93	32									
	S.D.	308	0.21	11	1	10	7	13	4	23	5									
<b>G.M.</b>	<b>1196</b>	<b>1.34</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>85</b>	<b>61</b>	<b>91</b>	<b>32</b>										
Andesite	Min	820	1.20	14	20	10	19	87	61	57	20	38	3.15	5.19	81	0.20	0.21	1	9.22	
	Max	1440	2.20	25	28	17	29	234	115	116	41	16	55	7.55	7.81	128	60.80	20.80	112	65.70
	Mean	1106	1.79	18	23	13	21	139	87	94	27	14	47	4.60	6.72	102	15.37	13.78	74	24.96
	S.D.	178	0.35	3	2	2	3	44	16	17	7	1	7	2.02	1.14	23	30.29	9.24	50	27.22
<b>G.M.</b>	<b>1093</b>	<b>1.76</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>133</b>	<b>86</b>	<b>92</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>47</b>	<b>4.32</b>	<b>6.65</b>	<b>100</b>	<b>0.90</b>	<b>5.94</b>	<b>34</b>	<b>17.48</b>	
Cong.	Min	1020	1.40	24	28	26	20	65	61	55	29	12	81	5.93	11.90	123	0.23	11.20	207	42.60
	Max	1200	1.60	36	30	31	28	82	65	67	36	14	99	5.52	28.80	188	1.20	13.00	258	82.00
	Mean	1113	1.47	28	29	29	23	75	63	60	33	13	90	5.93	20.35	155	0.72	12.10	232	62.30
	S.D.	90	0.12	6	1	2	4	8	2	6	4	1	12	0.57	11.95	45	0.69	1.27	36	27.86
<b>G.M.</b>	<b>1110</b>	<b>1.46</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>74</b>	<b>62</b>	<b>59</b>	<b>33</b>	<b>13</b>	<b>90</b>	<b>5.91</b>	<b>18.51</b>	<b>152</b>	<b>0.53</b>	<b>12.07</b>	<b>231</b>	<b>59.10</b>	
Gr.	Min	1150	1.20	16	18	15	21	51	31	59	24									
	Max	1330	2.30	21	42	20	24	98	65	113	54									
	Mean	1247	1.50	18	28	17	22	79	46	81	36									
	S.D.	91	0.54	2	10	2	1	20	14	22	13									
<b>G.M.</b>	<b>1244</b>	<b>1.44</b>	<b>18</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>77</b>	<b>45</b>	<b>79</b>	<b>35</b>										

\*Blank is no data.

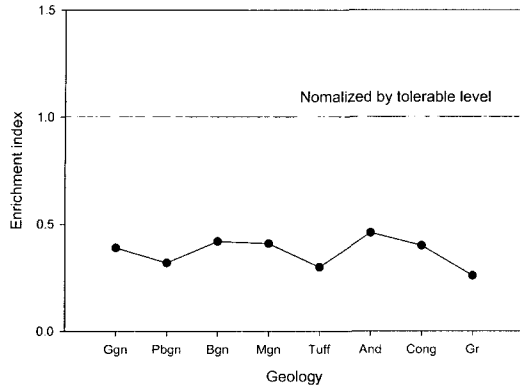


Fig. 5. Enrichment index diagram of natural background in the Gurye area normalized by tolerable level(Kabata-Pendias and Pendias, 1984).

김역수, 1996). 토양중의 평균함량은 50 ppm정도로 매우 낮은 함량을 보이고 있으며, 구례지역에서는 34~231 ppm정도의 범위를 보여주고 있다.

질소족으로 강산화성을 가진 Sb는 과다섭취시 암을 유발할 수 있는 독성원소에 해당된다.

안산암지역에서 Sb의 자연배경치가 다른 지질집단보다 더 높은 0.9 ppm을 보이고 있으며, 이것은 일반적인 퇴적물의 오염 한계값인 5 ppm(Anon, 1977)보다 낮은 수준이다. 그러나, 177번 시료에서 Sb함량은 60.80 ppm으로 오염한계치의 10배를 초과하고 있으며, Zn 역시 이지역에서 1.52 ppm으로 이상결핍현상이 보이는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서, 이 지역에 대해서는 향후 추가적인 조사가 이루어질 예정이다.

Fig. 5는 구례지역 미량원소의 자연배경치를 상부대륙지각에서 이들 원소의 평균함량(Taylor and McLennan, 1985)과 비교한 것이다.

Ba, Co, Cr, Sb 등의 자연 배경치는 모든 지질집단에서 상부대륙지각의 평균함량보다 더 높은 함량을 보이고 있으며, Be, Sr, Zr 등의 자연배경치는 모든 지역에서 상부대륙지각의 평균함량보다 낮은 값을 보이고 있다. 또한 변성암류지역에서 Ni와 Cr의 함량은 상부대륙지각은 물론 다른 지질집단의 자연배경치보다 약간 더 우세하였으며, 역암에서는 Zn의 자연배경치가, 안산암에서는 Sb의 자연배경치가 상부대륙지각의 평균함량보다 큰 차이를 보였다.

## 5. 유해금속원소의 부화지수

지구화학적인 환경에서 원소들의 분산은 일반적으로

Table 4. Tolerable level of toxic elements(unit in ppm).

Elements	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
Ggn	99	25	28	21	0.26	98
Pbn	65	23	23	23	0.21	70
Bgn	96	27	34	22	0.24	109
Mgn	78	28	35	21	0.22	89
Tuff	-	24	18	22	-	-
And	47	18	13	21	0.90	34
Cong	90	28	28	23	0.53	231
Gr	-	18	17	22	-	-
Tolerable Level	100	100	50	100	5	300

- : no data

암석-토양-자연수-식물-동물 및 인간으로 진행되고 있다(전효택 등, 1998). 따라서, 암석이나 토양 중에 분포하는 원소들은 지표수 및 지하수 또는 대기에 의해 이동, 분산되면서 동식물의 성장에 영향을 주며, 동식물과 인체에 축적됨으로써 심각한 건강장해를 일으킬 수 있으며(Brooks, 1983; 전효택, 1995), 하상퇴적물은 이러한 독성원소들이 물 속에 재용출 될 수 있는 궁극적인 공간이다.

연구지역의 지구화학적 원소들이 가지는 자연배경치의 오염 여부에 대한 판단이 필요하나, 현재 토양에 대한 오염 기준치는 설정되어 있지만 하상퇴적물에 대한 구체적인 오염기준치를 찾아보기는 어렵다. 따라서, 연구지역이 농촌지역임을 감안하여, 하상퇴적물 내에 존재하는 일부 미량성분의 함량을 토양에서 농작물을 재배할 경우 이 농작물의 섭취로 인해 인간과 동물의 건강과 질병에 영향을 줄 수 있는 토양 중의 금속원소 허용한계치인 Tolerable level(Kabata-Pendias and Pendias, 1984)과 비교하여 보았다(Table 4).

모든 지질집단에서 tolerable level보다는 낮은 함량을 보이고 있으나, Cr의 경우 구례지역에서 가장 넓게 분포하고 있는 화강편마암지역에서 tolerable level의 100 ppm과 비슷한 수준이었으며 시료별로 함량을 살펴보면 Cr과 Ni는 기준치를 초과하는 지역이 있는 것으로 관찰되었다.

Cr의 허용한계치는 100 ppm이지만, 총 116개의 조사 지역중 14개 지역에서 허용한계치인 100 ppm초과하였고, Ni의 경우 1곳에서 허용한계치인 50 ppm을 초과하는 지역이 있는 것으로 나타났다.

Cr과 Ni의 함량이 tolerable level을 초과하는 것으로 조사된 지역의 지질집단을 살펴보면, 모두 편마암류 지역에 해당되며, 이들 원소의 자연배경치 역시 편마암류 지역에서 높은 함량을 보이고 있다. 이는 구례지역



에 분포하는 편마암류를 정량분석한 결과 Cr과 Ni가 높은 함량을 가지는 것(남기상 등, 1991)과 일치한다.

그러나, 일부 특정성분의 부화만을 가지고 구례지역 하상퇴적물 자연배경치의 종합적인 오염정도를 규명하기에는 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 tolerable level을 이용하여 부화지수를 산출하여 보았다.

부화지수는 다변수자료를 단순화시키기 위한 방법으로 각 지질집단별 시료의 분석치를 tolerable level을 이용하여 표준화시킨 후, 산술평균치로 하였으며, 1이상인 경우는 오염지역, 1이하의 비오염지역으로 나눌 수 있다. 화강편마암지역은 0.39, 반상변정질편마암지역은 0.32, 흑운모편마암지역은 0.42, 혼성편마암지역은 0.41, 응회암지역은 0.30, 안산암지역은 0.46, 역암지역은 0.42, 화강암지역은 0.26으로 매우 낮은 부화지수를 보이고 있다(Fig. 5).

Tolerable level의 금속원소 허용한계치는 토양에 대한 기준치이므로 연구지역 하상퇴적물시료에 이 기준을 적용하기에는 다소 어려움이 있을 수 있으나, 연구지역이 농촌지역으로 과수농사나 밭작물 및 논농사 활동이 활발한 지역이고, 가축을 기르는 곳이 많이 존재하고 있으므로 tolerable level의 기준치를 초과하는 것으로 나온 지역에 대해서는 재조사 및 지속적인 관리가 필요하다고 판단된다. 또한, 구례지역의 지질환경으로 볼 때 편마암류지역에서 기반암의 영향으로 인하여 Cr, Ni의 함량이 높아지는 것으로 관찰됨에 따라 이차적인 오염에 의하여 이들 원소들이 부화되는 일이 없도록 유의하여야 할 것이다.

## 6. 결 론

구례지역 233개의 1차 수계에 대해 하상퇴적물을 채취하여 각 지질집단별 주성분 및 미량원소의 자연배경치를 규명하였으며 지질환경에 따른 이들 원소의 분포특성과 미량원소들의 부화지수를 파악하였으며, 이러한 연구를 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 구례지역 주성분원소들의 자연배경치를 지질집단별로 살펴보면, SiO<sub>2</sub>는 응회암, 역암, 화강암지역에서 다른 지질에 비해 더 높은 함량을 보이고 있으며, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 역암지역에서 14.21 wt.%로 다른 지질에 비해 상대적으로 낮은 자연배경치를 가졌고, 구례지역의 안산암과 동시대 화산활동의 산물로 보고되고 있는 화산암은 안산암보다 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 더 우세하며, 안산암에서는 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 CaO가 더 높은 함량을 나타내고 있다. 변성암류에서는 화성기원 편마암인 화강편마

암과 반상변정질편마암의 SiO<sub>2</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 자연배경치가 퇴적기원인 흑운모편마암과 혼성질편마암보다 약간 더 높은 함량을 보였다.

2. 미량원소의 경우 지질집단별로 자연배경치가 다소 차이가 나는 것을 볼 수 있으며, 특히 Zn의 경우는 안산암지역에서 34 ppm으로 가장 낮은 자연배경치를 보이고 있으나 역암지역에서는 이보다 약 7배정도 높은 231 ppm으로 가장 많은 함량 차이를 보여주고 있다. 안산암지역에서 0.9 ppm으로 다른 지질집단의 자연배경치에 비해 더 높은 함량을 보이고 있는 Sb는 일반적인 퇴적물의 오염 한계값인 5 ppm보다 낮은 함량을 보이고 있어 크게 우려할만한 수준은 아니지만, 안산암지역에서 Sb의 자연배경치가 다른 지질보다 더 높은 0.9 ppm을 보이고 있으며, 이것은 일반적인 퇴적물의 오염 한계값인 5 ppm(Anon, 1977)보다 낮은 수준이다. 그러나, 177번 시료에서 Sb의 함량은 60.80 ppm으로 오염한계치의 10배를 초과하고 있으며, Zn 역시 이 지역에서 1 ppm으로 이상결핍현상이 보이는 것을 관찰되어 이 지역에 대해서는 향후 추가적인 조사가 필요하다.

3. Ba, Co, Cr, Sb 등은 모든 지질집단에서 상부대륙지각의 평균함량보다 더 높은 함량을 보이고 있으며, Be, Sr, Zr 등은 모든 지역에서 상부 대륙지각의 평균함량보다 낮은 값을 보이고 있다. 변성암류 지역에서 Ni와 Cr의 함량은 상부 대륙지각은 물론 다른 지질의 자연배경치보다 약간 더 우세하였으며, 역암에서는 Zn의 자연배경치가 안산암에서는 Sb의 자연배경치가 상부대륙지각의 평균함량보다 큰 차이를 보여주었다.

4. 구례지역의 유해원소들의 부화정도를 알아보기 위해 tolerable level을 이용하여 살펴본 결과 일부 지역에서 Ni와 Cr의 함량이 tolerable level의 허용한계치를 초과하는 것으로 나타났다. 이들 지역은 모두 기반암인 변성암류의 영향으로 Cr과 Ni 성분이 부화된 것으로 판단된다. 이는 구례지역에 분포하는 편마암류를 정량분석한 결과 Cr과 Ni가 높은 함량을 가지는 것과 일치한다

5. 유해금속원소의 종합적인 부화양상을 규명하기 위하여 tolerable level을 이용하여 부화지수를 산출한 결과, 화강편마암지역은 0.39, 반상변정질화강편마암지역은 0.32, 흑운모편마암지역은 0.42, 혼성편마암지역은 0.41, 응회암지역은 0.30, 안산암지역은 0.46, 역암지역은 0.42, 화강암지역은 0.26으로 매우 낮은 부화지수를 나타내, 연구지역의 자연배경치는 유해금속원소의 오염에 노출되지 않은 것으로 판단되지만 구례지역의 지질

환경으로 볼 때 편마암류지역에서 기반암의 영향으로 인하여 Cr, Ni의 함량이 높아지는 것으로 관찰됨에 따라 이차적인 오염에 의하여 이들 원소들이 부화되는 일이 없도록 유의 하여야 할 것이다.

본 연구를 통하여 구례지역의 지표 지질환경을 대표하는 233개의 1차 수계 하상퇴적물을 대상으로 화학분석을 통하여, 구례지역의 지질집단별 조성분과 미량원소의 자연배경치를 설정하였으며, 이를 바탕으로 구례지역의 지표환경에 대한 오염의 평가 기준과 향후 연구지역의 지표환경에 오염이 발생되었을 경우, 오염원의 파악 및 오염에 대한 대책 마련에 유용한 자료가 될 것이다.

## 사 사

본 논문을 읽고 유익한 조언을 해주신 충남대학교 지질학과 이현구 교수님과 서울대학교 지구환경시스템 공학부 전효택 교수님께 깊이 감사드립니다. 이 연구는 2000년 조선대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 남기상, 송영미, 조규성 (1991) 지리산 서부 일대에 분포하는 편마암류의 미량성분. 한국지구과학회지, 12권, p. 123-131.
- 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 이수제, 송윤구, 박영석, 김용준, 진명식, 홍영국, 이병대, 김연기, 이진수, 김용욱, 윤옥, 박덕원, 김인준, 이재호, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주 (2001) 전라남도 지구화학 지도책. 한국지질자원연구원, 76p.
- 유환수, 김용준, 박배영 (1993) 괴목도폭 지질보고서. 한국자원연구소. 19p.
- 이현구, 조애란, 이찬희 (1999) 입도분포에 따른 하상퇴적물의 지구화학적 분산 및 부화. 자원환경지질학회지, 32권, p. 247-260.
- 전효택 (1991) 광물탐사를 위한 암석지구화학. 기전연구사, p. 247-260.
- 전효택 (1995) 토양에서의 잠재적 독성금속원소들의 분산과 오염평가. 제11회 공동 학술경연회 발표논문집: 대한지질학회, 대한자원환경지질학회, p. 8-31.
- 전효택, 문희수, 김규환, 정영채 (1998) 환경지질학. 서울대학교 출판부, 512p.
- 최석원, 김역수 (1996) 의학환경과 지구화학. 도서출판 춘광. 434p.
- 홍승호, 황상기 (1984) 구례도폭 지질보고서. 한국동력자원연구소. 22p.
- Anon, J. (1977) Ecological evaluation of proposed discharge of dredged or fill material into navigable water. Interim Guidance for Implementation of Section 404 (b) of Public Law., p. 92-500.
- Bolviken, B., Kullreud, G. and Loucks, R.R. (1990) Geochemical and metallogenic provinces: a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia. Journal of Geochemical Exploration, v. 39, p. 44-90.
- Brooks, R.R. (1983) Biological methods of prospecting for minerals. John Wiley and Sons Inc., 321p.
- Cocker, M.D. (1999) Geochemical mapping in Georgia, USA: a tool for environmental studies, geological mapping and mineral exploration. Journal of Geochemical Exploration, v. 67, p. 345-360.
- Darnley, A.G. (1990) International geochemical mapping: a new global project. Journal of Geochemical Exploration, v. 39, p. 1-14.
- Darnley, A.G., Bjorklund, A., Bolviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steenfelt, Tauchid, M. and Xie, X. (1995) A Global Geochemical Database for Environmental and Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project 259, UNESCO Publishing.
- Eppinger, R.G., Briggs, P.H., Brown, Z.A., Crock, Meier, A., Theodorakos, P.M. and Wilson, S.A. (2001) Baseline geochemical data for stream sediment and surface water sample from Panter Creek, the Middle Fork of the Salmon River, and the Main Salmon River from North Fork to Corn Creek, collected prior to the severe wildfires of 2000 in central Idaho. USGS, open file report, 01-161, p. 4-10.
- FOREGS(Fourm of European Geological Surveys)(1998) FOREGS Geochemical mapping field manual. Geological Survey of Finland Guide 47, p. 1-36.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1984) Trace elements in soil and plants. CRC Press INC., 315p.
- McMillan, WJ, Day, S. and Matysek, P.F. (1990) Tecton terranes, metallogeny and regional geochemical surveys: an example from northern British Columbia. Journal of Geochemical Exploration, v. 38, p. 175-194.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985) The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Scientific Publ. Oxford, England, 312p.

2003년 7월 15일 원고접수, 2003년 8월 11일 게재승인.