

2006年 2月

碩士學位論文

淸豐地域 河床堆積物에 對한
地球化學的 特性

朝鮮大學校 大學院

資源工學科

宋 映 尙

淸豐地域 河床堆積物에 對한
地球化學的 特性

- Geochemical characteristics for stream sediments
in the Cheongpung area, Korea

2006年 2 月 日

朝鮮大學校 大學院

資源工學科

宋 映 尙

淸豐地域 河床堆積物에 對한
地球化學的 特性

指導教授 朴 永 錫

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함

2005年 10 月 日

朝鮮大學校 大學院

資源工學科

宋 映 尙

宋映尙의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 韓 五 炯 印

委 員 朝鮮大學校 教授 朴 天 永 印

委 員 朝鮮大學校 教授 朴 永 錫 印

2005年 11月 日

朝鮮大學校 大學院

목 차

List of Tables	i
List of Figures	ii
Abstract	IV
1. 서 론	1
2. 연구지역의 지형 및 지질	3
2.1. 청풍지역의 지형 및 수계	3
2.2. 청풍지역의 지질	4
2.3. 청풍지역 지질집단의 분류	4
2.4. 청풍지역의 암석기재	5
2.4.1. 선캠브리아기 화강암질편마암	5
2.4.2. 메타텍틱 편마암	5
2.4.3. 다도응회암	6
2.4.4. 유치역암	7
2.4.5. 능주용암	8
3. 하상퇴적물의 채취 및 분석	10
3.1. 하상퇴적물	10
3.2. 시료채취 대상수계의 선정 및 하상퇴적물 채취	10

3.3. 시료 처리	11
3.4. 시료 분석	13
4. 결과 및 고찰	14
4.1. 하상퇴적물의 주성분원소	14
4.1.1. 주성분원소의 함량특성	14
4.1.2. 주성분원소의 지질집단별 특성	15
4.2. 미량성분원소 및 희토류원소	28
4.2.1. 미량성분원소 및 희토류원소의 함량특성	28
4.2.2. 지질집단별 미량원소 및 희토류원소 특성	28
4.3. 유해원소의 지구화학적 특성	35
4.3.1. 베릴륨(Be)	35
4.3.2. 구리(Cu)	37
4.3.3. 니켈(Ni)	39
4.3.4. 납(Pb)	41
4.3.5. 코발트(Co)	43
4.3.6. 크롬(Cr)	45
4.3.7. 안티몬(Sb)	47

4.3.8. 아연(Zn)	49
5. 결 론	51
참고문헌	55
Appendix	61

List of Tables

Table 1. Contents(wt.%) of major elements for stream sediments in the Cheongpung area	14
Table 2. Contents(wt.%) of major elements for geological group of stream sediments in the Cheongpung area	24
Table 3. Contents(ppm) of trace and rare earth elements for stream sediments in the Cheongpung area	29
Table 4. Contents(ppm) of trace and rare earth elements for geological group of stream sediments in the Cheongpung area.	32

List of Figures

Fig. 1. Geological map of the Cheongpung area	9
Fig. 2. Sampling sites map of the Cheongpung area	12
Fig. 3. Contour diagram for SiO ₂ contents of stream sediments in the Cheongpung area	16
Fig. 4. Contour diagram for Al ₂ O ₃ contents of stream sediments in the Cheongpung area	17
Fig. 5. Contour diagram for Fe ₂ O ₃ contents of stream sediments in the Cheongpung area	18
Fig. 6. Contour diagram for MgO contents of stream sediments in the Cheongpung area	19
Fig. 7. Contour diagram for K ₂ O contents of stream sediments in the Cheongpung area	20
Fig. 8. Contour diagram for MnO contents of stream sediments in the Cheongpung area	21
Fig. 9. Contour diagram for Na ₂ O contents of stream sediments in the Cheongpung area	22
Fig. 10. Comparison diagram for geological groups in the Cheongpung area ...	27
Fig. 11. Contour diagram for Be contents of stream sediments in the Cheongpung area	36
Fig. 12. Contour diagram for Cu contents of stream sediments in the Cheongpung area	38
Fig. 13. Contour diagram for Ni contents of stream sediments in the Cheongpung area	40
Fig. 14. Contour diagram for Pb contents of stream sediments in the Cheongpung area	42
Fig. 15. Contour diagram for Co contents of stream sediments in the Cheongpung area	44

Fig. 16. Contour diagram for Cr contents of stream sediments in the
Cheongpung area 46

Fig. 17. Contour diagram for Sb contents of stream sediments in the
Cheongpung area 48

Fig. 18. Contour diagram for Zn contents of stream sediments in the
Cheongpung area 50

ABSTRACT

Geochemical characteristics for stream sediments in the Cheongpung area, Korea

Song, Young Sang

Advisor : Prof. Park, Young Seog

Department of Resource Engineering

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study is to determine geochemical characteristics for stream sediments in the Cheongpung area.

We collected the stream sediments samples by wet sieving along the primary channels from April to June in 1999, and dried these samples slowly in the laboratory and rubbed in to under 200mesh using the alumina mortar for chemical analysis. Major elements, trace and rare earth elements were determined by XRF, ICP-AES, NAA analysis methods. For geochemical characteristics on geological group of stream sediments, we separated geologic groups which are derived from granitic gneiss area, metatic gneiss area, dado tuff area, yuchi conglomerate area, neungju flow area in the Cheongpung area.

Contents of major elements for stream sediments in the Cheongpung area range are SiO₂ 47.31~72.81wt.%, Al₂O₃ 11.26~21.88wt.%, Fe₂O₃ 2.83~8.39wt.%, CaO 0.342~7.54wt.%, MgO 0.55~3.59wt.%, K₂O 1.71~4.31wt.%, Na₂O 0.56~

2.28wt.%, TiO₂ 0.46~1.24wt.%, MnO 0.04~0.27wt.%, P₂O₅ 0.02~0.45wt.%.

Contents of trace and rare earth elements for stream sediments in the Cheongpung area range are Ba 700ppm~8990ppm, Be 1.0~3.50ppm, Cu 6.20~60ppm, Nb 12~28ppm, Ni 4.4~61ppm, Pb 13~34ppm, Sr 65~787ppm, V 4~98ppm, Zr 32~164ppm, Li 21~827ppm, Co 3.68~65ppm, Cr 16.7~409ppm, Cs 2.72~37.1ppm, Hf 4.99~49.2ppm, Rb 71.9~649ppm, Sb 0.16~5.03ppm, Sc 4.97~52ppm, Zn 26.3~375ppm, Pa 7.48~64.7ppm, Ce 60.6~373ppm, Eu 0.82~6ppm, Yb 0.71~10ppm.

1. 서 론

지구시스템에서 주성분원소, 미량성분원소 및 희토류원소의 분산특성은 인간의 삶과 밀접한 관련이 있으며, 특히 중금속과 같은 유해원소의 이동, 분산, 부화는 암석과 광석으로부터 퇴적물, 토양 그리고 순환수를 따라 이동하며, 각각의 환경계가 자정능력을 초과할 때 유해한 물질이 부화되어 생태계에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다(Davies and Ballinger, 1990).

집수분지(drainage basin)를 대표하는 소규모의 1-2차 수계에 분포하는 하상퇴적물들은 상류 집수분지 내에 발달되어있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 수계를 타고 이동하여 모인 것으로, 인근지역의 지질특성을 축약하여 집약시켜 놓은 것이나 다름없고, 대표성이 뛰어나며, 중금속과 미량원소를 잘 반영하고 있어, 주변 지표지질환경을 가장 잘 반영하는 대표적인 지질매체로 받아들여지고 있다(Darnley, 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998).

하상퇴적물을 이용해 작성된 지구화학도는 각 지질단위별 자연배경치 설정과 각 원소의 분산특성에 대한 정보를 제공하며, 토양오염 및 지구화학적 재해발생시 이를 정확히 평가할 수 있는 기준치로서의 역할을 한다.

우리나라에서는 한국지질자원연구원을 중심으로 경기도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도 지구화학 지도책을 완성하여(신성천 등, 2001a; 2001b; 2001c; 2001d; 2001e) 훌륭한 정보를 제공하고 있다.

최근의 하상퇴적물을 이용한 연구는 광역적인 지구화학도 작성뿐만 아니라, 지질집단별 지구화학적 특성 연구(김종균과 박영석, 2005; 박영석 등, 2002), 지질집단별 자연배경치 연구(박영석 등, 2003), 하상퇴적물의 중금속 오염현황과 거동특성 연구(염승준 등, 2004), 희토류 원소를 이용한 하상퇴적물의 기원지 연구(이승구 등, 2003) 등으로 연구의 범위가 확대되어 지고 있다.

이번 연구에서는 1:50,000 청풍지형 도폭에 해당하는 화순군- 장흥군 -나주시 - 강진군 일부 지역에 대해, 지질도폭과 기존의 연구 그리고 야외조사를 통해 이 지

역에서 넓게 분포하고 있는 암석을 기준으로 지질집단으로 분류하고, 주성분원소, 미량성분원소 및 희토류원소에 대한 지질집단별 함량특성을 알아보았으며, 이들 함량분포를 시료위치에 따른 자연배경치로 제시 하고자 한다.

그리고 청풍지역에서의 주성분 원소들에 대해 contour diagram을 작성하여, 시료 위치에 따른 함량분포를 제시하였으며, 유해원소들에 대한 contour diagram을 통해 과다농집이나 이상결핍과 같은 이상대가 나타나는 지역에 대해서는 광화작용과 같은 지질환경에 기인하여 일차적으로 발생한 것인지, 아니면 산업화에 따른 인간의 활동에 의한 이차적인 오염에 의한 것인지를 제시하여, 추후 청풍지역에서 지구화학적 재해나 토양오염과 같은 환경오염이 발생하였을 때 이를 정확히 평가할 수 있는 정성적이고 정량적인 자연 배경치를 제공하고자 한다.

2. 연구지역의 지형 및 지질

2.1 청풍지역의 지형 및 수계

청풍지역은 1:50,000지형도 중 청풍도폭에 해당하며, 화순군과 장흥군을 주로 포함하며 북서부에 나주시 일부, 남서부에 강진군 일부를 포함하는, 동경 126°45' ~ 127°00', 북위 34°45' ~ 35°00' 지역으로 한반도의 남서단 부근에 위치하여 있다. 이 지역 내의 산지는 대부분이 해발 400m이상으로 여러 곳에서 400~500m의 고지를 가진 봉들이 발견된다. 남부에서는 해발 300~350m의 높이를 가진 평단면의 존재가 주목된다.

수계의 대부분은 영산강의 지류인 대초천과 지식천에 의하여 개척되고 있으며 영산강의 지류들은 전부가 북류 내지 북서류 한다. 동서측 금정면의 지류는 나주 평야 쪽으로 북서류 하며 탐진강 평단면의 남서방 사면을 개척하고 있으며 평단면으로 향하여 두부침식을 일으키고 있는 곡두부근은 V자곡으로 되고 곡우구배는 급하여 탐진강 상류의 유역과 대조적인 지형을 보여준다. 지역의 서북쪽의 구릉지대도 북서류하는 다수의 영산강 소지류들로 개척되었으나 하간지는 구릉화 되어 노년곡에 가까운 상태에 있다. 본 지역 중앙부 넓은 면적을 덮고 있는 하계는 북류하는 영산강의 지류인 대초천이며 그 남쪽 곡두들은 탐진강 평단면에 달해있다. 또한 이지역의 수계는 산계의 방향을 따르는 것과 이를 횡단하는 것이 있다. 전자에 속하는 것으로 대표적인 것은 남동부에 발달된 보성강 지류의 상류로서 장흥군 유치면 병동리에서 시작하여 봉림리에 이르는 것과 장흥군 장평면 계곡에서 시작하여 장평면 녹양리에 이르는 것이다 이외에 탐진강의 지류로서 영암군 영암읍과 장흥군 작천면 경계에서 기원하여 작천면 개산리 서쪽에 이르는 것이 있다. 산계를 횡단하는 것의 대표적인 것은 서남부인 영암면 활성산에서 기원하여 엄천면 개산리와 유치면 오복리를 지나 부산면 기천리 부근에서 탐진강에 합류하는 하천이 있다.

산계의 방향보다 지질경계선을 따른 하천으로는 탐진강이 있으며, 이 하천은 대체로 중생층와 화강암질 편마암의 경계선에 따라 흐르고 있다. (정창희와 김길승, 1966; 최유구와 윤형대, 1968)

2.2 청풍지역의 지질

청풍지역은 50,000분지 1 능주지질도폭과 장흥지질도폭의 일부에 해당하며, 지질을 개략해보면 선캠브리아기 화강암질편마암, 메타텍틱편마암, 능주용암, 다도응회암, 유치역암, 선운산층, 용암산층, 그리고 궁원리 유문암 등으로 구분된다(정창희와 김길승, 1966).

청풍지역을 구성하고 있는 암석은 편마암류, 변성퇴적암류, 퇴적암류, 심성암류 및 암맥과 석영맥이다. 남동쪽과 남서쪽에는 편마암류가 분포되어 있고, 북서우의 저구릉 지대에는 화강암이 분포되어 있으며 중앙부에는 역암, 화산암 등을 주로 한 퇴적암류로 되어있다. 변성 퇴적암으로서의 규암과 편암은 남동쪽에 분포되며 함탄대를 협재한다. 본 지역의 중생대의 퇴적 기반이 되어 있는 암석은 변성 퇴적암류인 규암, 편암, 슬레이트, 화강암질 편마암, 메타텍틱 편마암이다. 그중 남동부의 화강암질편마암은 적어도 그 일부가 변성 퇴적암의 화강암화 작용으로 생성된 것으로 생각된다. 남서부의 메타텍틱편마암도 화강암질편마암과 동시대의 것으로 생각되나 좀더 오랜 퇴적암을 원암으로 한 부분이 포함되어있을 가능성도 있다(정창희와 김길승, 1966; 최유구와 윤형대, 1968).

2.3. 청풍지역 지질집단의 분류

청풍지역의 1차 수계(일부 2차 수계)에서 채취한 하상퇴적물에 대해 지질집단별 주성분원소와 미량성분원소 및 회토류원소의 특성을 알아보기 위해, 능주지질도폭(최유구와 윤형대, 1968)과 장흥지질도폭(정창희와 김길승, 1966), 그리고 야외조사

를 통해 연구지역의 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 연구지역에서 비교적 넓게 분포하고 있는 화강암질편마암 지역, 메타텍틱편마암 지역, 다도응회암 지역, 유치역암 지역, 능주용암 지역으로 지질집단을 분류하였다.

2.4. 청풍지역의 암석기재

2.4.1. 선캠브리아기 화강암질편마암

화강암질편마암이 발달되어있는 지역은 가지산과 용두산을 잇는 산계와 청풍면 봉미산을 중심으로 한 넓은 지역이며 또한 금성산, 화악산, 국사봉, 삼계봉등을 연한 선 부근에서 서쪽의 용암산층과 접하고 그 외에 서남부 장흥면 북동쪽과 강진군 군동면 까치내재 부근 및 강진도폭과 경계에 소규모로 분포되어 있다. 화강암질편마암은 청풍지역 천산면 운치에서는 우백화강암질편마암과 점이적 관계를 갖고, 장평면 북흥리 부근에서는 메타텍틱편마암으로 점변하여 점이적인 관계를 나타내지만 서측의 용암산층과의 관계는 비교적 명료한 편이다. 곳에 따라서는 편암의 대개(수m)가 포획되어 있는데 이들은 N30°~60°W, N20°~30°E등의 방향이다.

또한 대체로 괴상으로 조립질이며 엽리나 편마구조를 관찰하기가 어렵고, 엽상구조의 발달이 미약하여, 메타텍틱편마암과의 구별이 가능하지만 풍화가 심한 산록부에서는 메타텍틱편마암과의 구별이 곤란하다. 청풍면 봉미산 부근에서는 화강암에 흡사하며 흑운모의 배열성이 조금 현저함이 다르며, 뚜렷한 절리의 발달은 볼 수 없다. 또한, 화강암질 편마암은 전체로 담회색을 띄며, 구성하고 있는 광물은 백색 내지 담홍색의 장석, 석영, 미사장석, 사장석, 흑운모 및 소량의 백운모이며 부성분 광물로 Zircon, 자철석, 견운모들을 포함하고 있다.

2.4.2. 메타텍틱 편마암

메타텍틱편마암은 금정면 입석 용흥리에서 오봉리, 영암군 금정면 활성산 일대와 장평면 내동리 부근으로 분포하고 있으며, 활성산 남측 영암읍 한대리 부근에서는

천운산층에 접이한다. 유치면 학송 부근에서는 유치 역암에 의해 부정합으로 피복되어 있으며, 영암읍 월송정 부근에서는 복운모화강암에 의하여 관입 당하고 있다.

메타텍틱편마암의 엽리의 주향은 오복리, 운곡리 부근에서 $N5^{\circ}-30^{\circ}E$ 이며 $30^{\circ}-60^{\circ}$ 서경한다. 용흥리와 입석부근에서는 그 주향이 $N30^{\circ}-80^{\circ}W$ 로 변하며 $10^{\circ}-50^{\circ}$ 남동경 한다. 그러나 곳에 따라서는 엽리의 발달이 불규칙하다.

색깔은 백색내지 담황의 장석 무색의 석영 및 흑운모로 되어 있으며 이들로 인하여 전체적으로는 담황회색을 보여준다. 또한 대체로 고상구조를 보이거나 때로는 중립 내지 조립의 석영, 장석 입자들을 흑운모가 포위하여 안구상구조를 나타내기도 한다. 흑운모의 양이 증가하여 흑운모편마암의 상을 나타내기도 하며, 또한 본암 속에는 백운모편암, 규암, 녹니석편암등을 협재하여 전체적으로 미그마틱한 편마암상을 나타내기도 한다. 본층의 엽리의 방향은 서북우 한대리에서는 $N60^{\circ}E$, $30^{\circ}NW$ 북동우 내동리 부근에서는 $N40^{\circ}E$, $35^{\circ}NW$ 이다. 현미경에서의 관찰에 의하면 석영, 사장석, 흑운모 및 백운모로 구성되어 있고 고상구조를 잘 보여 주며 일반적으로 세립질이다.

2.4.3. 다도응회암

청풍지역 남반서부에 큰 분포면적을 차지한 응회암으로, 다도면의 거의 전면적을 덮으며 그 남방의 금정면 동부, 유치면 북부에서 더 남쪽까지 분포된다. 이 큰 분포지는 북쪽을 향한 완향사를 형성한다. 그 동쪽 연장은 갑자기 좁아져서 도암면 지월리를 지나 천태리, 원동, 문치에까지 이르며 더 좁아져서 거의 소실된다.

또한 유치역암을 정합으로 덮으며 유치역암의 발달이 없는 남서부에서는 인곡응회암과의 경계를 명백히 할 수 없다. 북서부에서는 궁원리유문암을 덮는다. 천태산 북쪽의 천태리와 문치 사이에서는 월평리와 남덕동 부근에서 역암층이 발달되므로 대체로 경계선을 상상하여 연결시킬 수 있다. 남쪽의 유치면 봉덕리, 조양리에서 유치역암을 정합적으로 덮고 있고 서측에서는 무등산 용암에 의하여 부정합으로 덮여있다.

다도응회암의 주향은 곳에 따라 달라서 분포의 북서부에서는 N30°E 내외이고 5°~15°남동쪽으로 경사지며, 다도면 남부의 주요 분포지에서는 약간의 굴곡이 있다. 남동부에서는 일반 주향이 NS이고 10°~20°서쪽으로 경사져 천태산 부근에서는 동서로 주향하고 20°~40° 북경하여 전체로는 큰 향사를 형성하였으며 북쪽으로 침강한 모양을 보여준다. 주로 자회색의 응회암으로 구성되어 있으나 암색의 변화는 불규칙하여 회색, 회백색, 자색등을 띄우는 곳도 있다. 세립의 응회질 각력을 함유하며 이들의 크기는 0.5mm-2mm 정도이며 사쇄되어 있는 경우가 많다. 파리질 이거나 각력질응회암이라 불려야 할 부분도 곳곳에서 관찰되며, 견고 치밀하여 풍화에 강하므로 용결성 응회암으로 인정된다.

2.4.4. 유치역암

유치역암은 호암리와 암천리 부근에서 N40°E에서 N20°W의 주향변화를 가지며 10°-20°로 북서 내지 남서경한다. 청룡리와 증산 부근에서는 N10°내지 30°W의 주향을 가지나 경사는 북동 또는 남서로 20°까지이며 부분적으로는 수평에 이르는 곳이 많다. 서쪽의 인곡과 용천사이의 좁은 대상 분포지대에서는 그 주향이 N10°E에서 N40°W로 변하며 5°내지 15° 동경 또는 동북경한다. 또한 유치면의 옥사봉에서 관동리, 신월리, 단산리, 송정리, 보림사, 숙통을 이어 활 모양의 분포를 보여 향사 구조를 이루고 있다.

화강암질 암석에서 유도된 역은 대체로 홍색을 띄는데 이는 그 구성 광물속의 철분이 퇴적당시에 또는 그 후에 산화되어 나타내는 색으로 생각된다. 개중에는 우백질 화강암으로 보이는 역도 있고 조립질 담색 화강암 역도 있으나 그 양은 극히 적다. 유치역암지역의 최하부는 역암으로 구성되며 그위에 응회암층이 놓이고 응회암위에 화산각력이 쌓여있다. 이와 같이 퇴적이 반복되어 역암, 응회암, 응회암질 세일, 각력암등이 오층을 이룬다. 역 내지 각력의 크기는 2-3cm에 달하는 것에서 26cm이상의 것 등이 있으며 화강암질편마암 및 하위의 응회암등으로 된 것들이 있어 다양하며 동시역도 포함되어 있다. 본층은 비교적 풍화에 대하여 강하며 따라서

높은 산의 중턱을 이루고 있다.

2.4.5. 능주용암

능주용암은 청풍지역 북동부에 넓게 분포되어있는 용암류로서 능주면 석고리, 도곡면 월곡리, 도암면의 운월리 등에 걸쳐 거의 원형의 분포를 보여준다. 유리면의 국부적인 변화는 있으나 대체로 N20°~60°E의 주향을 가지며 5°~15°남동경한다. 이러한 방향은 궁원리 유문암의 주향 경사와 비슷한 것으로 능주용암도 그 북서방에 분출구를 가진 화산에서 남동쪽으로 유동한 용암이 고화한 것으로 생각된다.

석영의 입자와 장석의 입자를 반정으로 다수 산포시킨 부분과 반정이 많지 않은 부분이 있다. 석기는 대체로 괴상이나 유상구조를 잘 보여주는 부분이 있으며 틈에 따라 석영맥이 생겨있는 일이 있다.

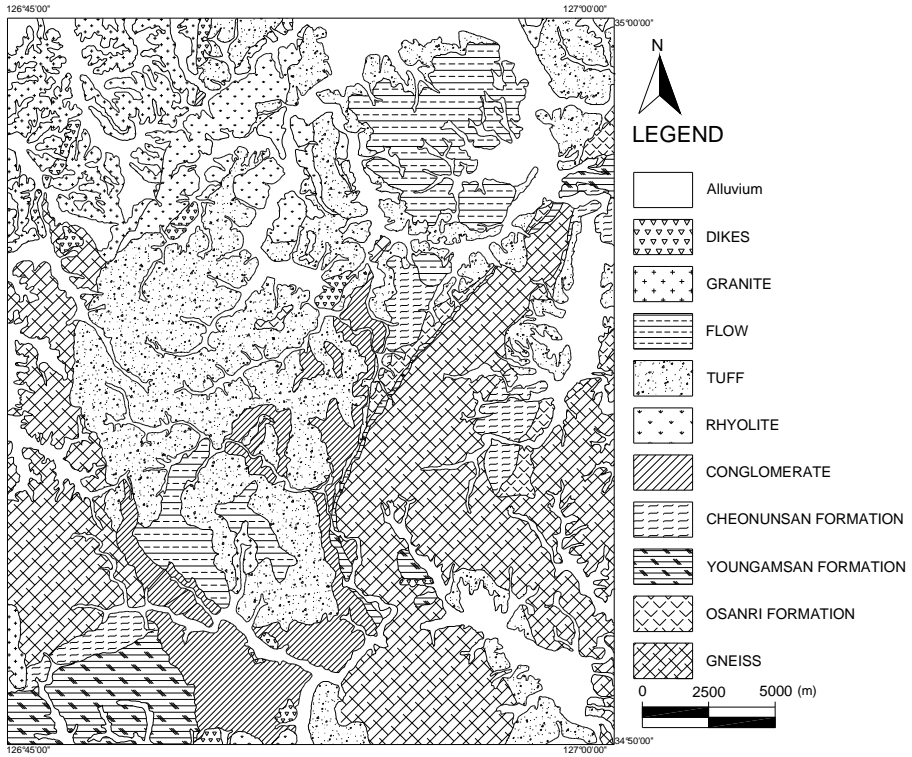


Fig. 1. Geological map of the Cheongpung area.
 (Choi and Yoon, 1968; Jung and Kim, 1966)

3. 하상퇴적물의 채취 및 분석

3.1. 하상퇴적물

1차 수계의 하상퇴적물은 상류 집수분지 내에 발달되어있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 모인 것으로, 주변지역의 지질(구성 암석)을 축약하여 집약시켜 놓은 것이나 다름없어, 대표성이 뛰어난 것은 물론이고, 중금속과 미량원소를 잘 반영한다(Darnley, 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998).

지구화학 지도 작성과 지구화학적 기준치 설정하는 데에는 하상퇴적물 입자의 크기는 100mesh 표준체로 체질하여 통과하는 150 μ m보다 미세한 무기질 실트-점토 입자를 대표시료로 하는 것이 가장 효율적인 것으로 알려져 있고(신성천 등, 2000; Darnley et al., 1995), 다양한 크기의 표사시료를 비교 분석한 결과 우리나라의 경우에도 100mesh이하의 입자들이 원소함량을 반영하는데 가장 적합한 것으로 나타났다(이현구 등, 1999),

3.2. 시료채취 대상수계의 선정 및 하상퇴적물 채취

시료채취 대상수계는 “국제 지구화학 지도 작성 프로그램”에서 제안한 표준안(Darnley et al., 1995; UNESCO, 1990)을 준수하여, 발원지에 가까운 현재 물이 흐르고 있는 1차 수계(일부 2차 수계)를 대상으로 함을 원칙으로 하였다.

1:50,000 청풍지형도폭 시료에 대해 1999년 4월부터 1999년 6월까지, 야외조사 및 하상퇴적물 시료에 대한 채취가 이루어 졌다.

하상퇴적물의 시료채취 시에는 stainless steel로 만들어진 시료채취용 삽을 사용하여 오염을 피하였고, 시료의 대표성을 높이기 위하여 가능하면 여러 군데에서 조금씩 채취하여 하나의 복합시료로 만들었다.

시료채취지점이 부근의 폐광산, 주거지, 산업시설, 쓰레기 처리장, 축산 시설 등에 의해 인위적으로 오염이 이루어졌거나 오염이 의심되는 채취지점에서는 오염의 영향이 없는 쪽으로 이동하여 시료를 채취해 최대한 오염원을 배제시켰다.

3.3. 시료 처리

채취된 하상퇴적물시료는 100mesh의 표준체를 이용하여, 채취된 수계에서 바로 wet sieving을 하였으며, 체질 중에 시료가 오염되는 것을 완전히 배제하기 위하여 stainless로 제작된 100mesh의 표준체를 이용하였으며, 고무장갑을 착용하였다.

반복적인 wet sieving에 의하여 100mesh의 표준체를 통과한 150 μ m이하의 세립질 입자만을 50~100g 정도 수집하였다. 체질과정에서 발생하는 콜로이드상 부유물들은 부피에 비해 표면적이 매우 커 많은 양의 금속을 운반할 수 있는 것으로 알려져 있어(Thornton, 1983), 이 미립의 부유물을 제거하기 위해, 일정 시간 가라앉힌 후 물을 따라 내고, PET병에 담았다.

채취된 하상퇴적물은 바람이 잘 통하는 실내에서 자연건조 시킨 후 전체가 균질하게 되도록 잘 섞은 다음 20g 정도를 골고루 나눠 취하여 알루미늄 몰탈을 이용하여 74 μ m(200mesh) 정도가 될 때까지 연마하여 화학분석용 시료를 만들었다.

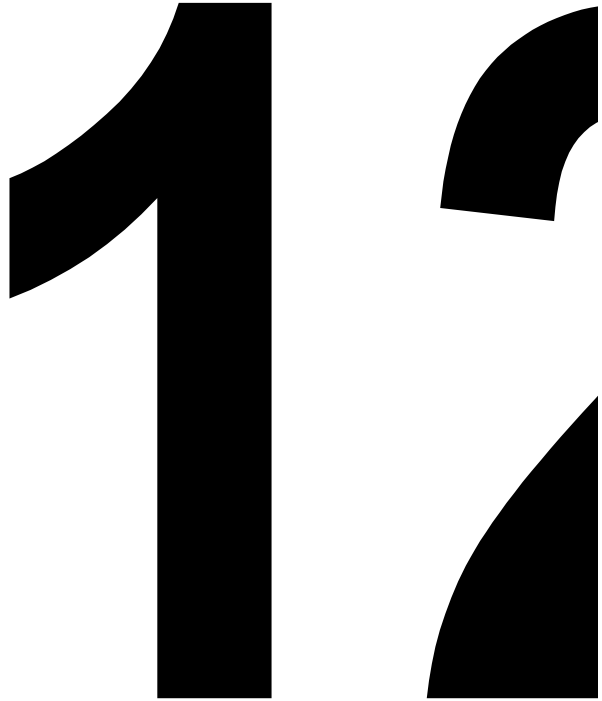


Fig. 2. Sampling sites map of the Cheongpung area.

3.4. 시료 분석

하상퇴적물에 대한 화학분석은 한국지질자원연구원에서 실시하였다.

주성분원소인 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 는 X-선형광 분광법(XRF)으로 분석하였고, 사용된 기기는 일본 Shimadzu사 MXF-2100의 다중 채널 형식이고, X-선 발생장치의 튜브는 OEG-76H형이며 표적은 로듐(Rhodium Rh)이다.

미량성분원소 가운데 As, Ba, Be, Cd, Cu, Li, Mo, Nb, Ni, Pb, Sr, V, Zr 등은 유도결합 플라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES)으로 분석하였고, 사용된 ICP 분광기는 Labtest UV25(미국 Labtest Equipment Co.)과 Jovin Yvon JY-38 plus(프랑스 Jovin-Yvon Equipment Co.)이다.

방해효과가 비교적 적은 원소들인 Ba, Sr, V, Be, Cu, Mo, Ni, Pb, Nb, Zr 등은 Labset UV 25를, 방해효과가 매우 큰 As, Bi, Cd, Li 등은 JY-38 plus을 사용하여, 표준용액에 대한 검량곡선을 작성한 후, 시료용액과 표준시료 용액에 대한 농도를 구하였다.

미량성분원소 가운데 Co, Cr, Cs, Sb, Rb, Zn, Th, Sc, Ce, Yb, Hf, Eu 등은 중성자 방사화분석법(NAA)에 의하여 실시하였다.

중성자 발생을 위한 조사(照射)는 한국원자력연구소에 있는 HANARO 원자로(Hi-flux Advanced Neutron Application Reactor)를 이용하였고, NAA 분석에서는 여러 종류의 방사선 가운데 감마선을 이용하였다.

하상하천퇴적물 시료의 감마선 검출은 한국지질자원연구원의 HPGe Y-ray 검출 시스템을 이용하였다. 이 검출기는 에너지 분해능은 1.9 keV이며 감마스펙트럼의 분석을 위해 EG & G社의 Ominigam 소프트웨어를 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 하상퇴적물의 주성분원소

4.1.1. 주성분원소의 함량특성

1:50,000 청풍지형도폭 지역 하상퇴적물에 존재하는 주성분원소들의 지구화학적 특성을 파악하기 위하여, 청풍지역 1차 수계(일부 2차 수계)에서는 228개의 하상퇴적물 시료에 대해 X-선 형광 분광법(XRF)을 이용하여 분석하였다.

청풍지역 하상퇴적물의 주성분원소 함량은, SiO₂ 47.31~72.81wt.%, Al₂O₃ 11.26~21.88wt.%, Fe₂O₃ 2.83~8.39wt.%, CaO 0.342~2.81wt.%, MgO 0.55~3.59wt.%, K₂O 1.71~4.31wt.%, Na₂O 0.56~2.28wt.%, TiO₂ 0.46~1.24wt.%, MnO 0.04~0.27wt.%, P₂O₅ 0.02~0.45wt.%의 범위를 보인다(Table 1).

Table 1. Contents(wt.%) of major elements for stream sediments in the Cheongpung area. Number of samples=228.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Min	47.31	11.26	2.83	0.32	0.55	1.71	0.56	0.46	0.04	0.02
Max	72.81	21.88	8.39	2.81	3.59	4.31	2.28	1.24	0.27	0.45
Mean	59.76	14.82	5.42	0.81	1.20	3.03	1.14	0.85	0.12	0.14
STD	4.64	1.61	1.17	0.40	0.38	0.44	0.23	0.13	0.035	0.05
G.M.	59.71	14.78	5.31	0.73	1.15	3.01	1.12	0.84	0.11	0.13
Median	59.52	14.53	5.36	0.72	1.13	3.00	1.16	0.85	0.11	0.14

Min : minimum. Max : maximum. Mean : arithmetic average.

STD : standard deviation. G.M. : geometric mean.

4.1.2. 주성분 원소의 지질집단별 특성

1: 50,000 능주지질도폭(정창희와 김길승, 1966)과 장흥지질도폭(최유구와 윤형대, 1968), 그리고 야외조사를 통해 연구지역의 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 화강암질편마암 지역, 메타테틱편마암 지역, 유치역암 지역, 다도응회암 지역, 능주용암 지역으로 지질집단을 분류하였다.

각 지질집단별 하상퇴적물의 시료수는 화강암질편마암 지역에서 57개, 메타테틱편마암 지역에서 14개, 다도응회암 지역에서 55개, 유치역암 지역에서 25개, 능주용암 지역에서 11개이다.

SiO₂함량은 화강암질편마암 지역에서 47.31~69.58wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 49.57~62.22wt.%, 다도응회암 지역에서 53.73~72.81wt.%, 유치역암 지역에서 54.53~68.14wt.%, 능주용암 지역에서 57.5~67.56wt.%이다(Table 2). 시료위치에 따른 SiO₂함량 contour diagram은 Fig. 3.과 같다.

Al₂O₃함량은 화강암질편마암 지역에서 12.17~19.53wt%, 메타테틱편마암 지역에서 13.91~19.43wt%, 다도응회암 지역에서 11.26~18.43wt%, 유치역암 지역에서 12.44~15.97wt%, 능주용암 지역에서 14.45~17.14wt%이다(Table 2). 시료위치에 따른 Al₂O₃함량 contour diagram은 Fig. 4.과 같다.

12

Fig. 3. Contour diagram for SiO_2 contents of stream sediments in the Cheongpung area.

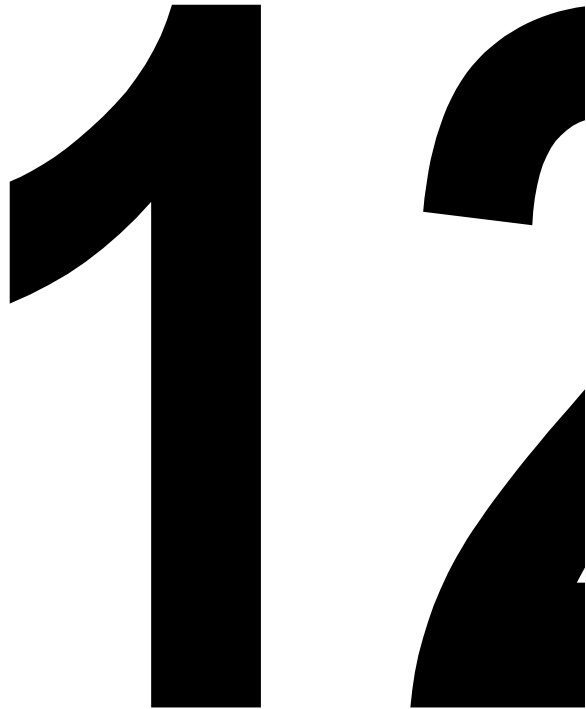


Fig. 4. Contour diagram for Al₂O₃ contents of stream sediments in the Cheongpung area.

Fe₂O₃함량은 화강암질편마암 지역에서 3.75~8.39wt%, 메타테틱편마암 지역에서 5.02~7.98wt%, 다도응회암 지역에서 2.83~8.22wt%, 유치역암 지역에서 3.59~5.61wt%, 능주용암 지역에서 4.33~8.05wt%이다(Table 2). 시료위치에 따른 Fe₂O₃ 함량 contour diagram은 Fig. 5.과 같다.



Fig. 5. Contour diagram for Fe₂O₃ contents of stream sediments in the Cheongpung area.

MgO함량은 화강암질편마암 지역에서 0.83~3.59wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 1.05~31.96wt.%, 다도응회암 지역에서 0.57~2.50wt.%, 유치역암 지역에서 0.71~1.19wt.%, 능주용암 지역에서 0.61~1.64wt.%이다(Table 2). 시료위치에 따른 MgO 함량 contour diagram은 Fig. 6.과 같다.

12

Fig. 6. Contour diagram for MgO contents of stream sediments in the Cheongpung area.

K₂O 함량은 화강암질편마암 지역에서 2.60~4.02wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 2.84~3.80wt.%, 다도응회암 지역에서 1.71~4.04wt.%, 유치역암 지역에서 2.67~3.84wt.%, 능주용암 지역에서 2.63~3.69wt.%이다(Table 2). 시료위치에 따른 K₂O 함량 contour diagram은 Fig. 7.과 같다.

The image displays the numbers '12' in a very large, bold, black, sans-serif font. The '1' is a simple vertical bar with a slightly curved top. The '2' is a thick, rounded shape with a curved top and a horizontal base.

Fig. 7. Contour diagram for K₂O contents of stream sediments in the Cheongpung area.

MnO함량은 화강암질편마암 지역에서 0.04~0.27wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 0.07~0.13wt.%, 다도응회암 지역에서 0.05~0.22wt.%, 유치역암 지역에서 0.06~0.19wt.%, 능주용암 지역에서 0.08~0.26wt.%이다(Table 2). 시료위치에 따른 MnO 함량 contour diagram은 Fig. 8.과 같다.

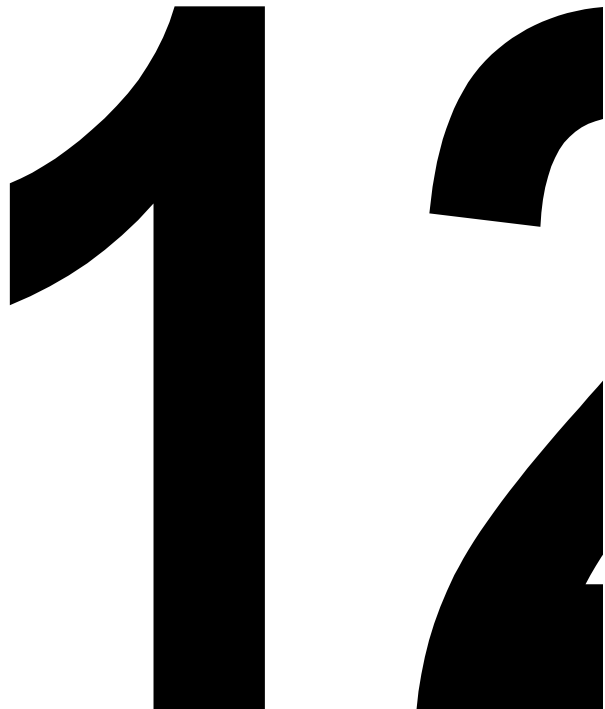


Fig. 8. Contour diagram for MnO contents of stream sediments in the Cheongpung area.

Na₂O함량은 화강암질편마암 지역에서 0.56~1.45wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 0.85~1.65wt.%, 다도응회암 지역에서 1.02~1.66wt.%, 유치역암 지역에서 0.81~1.29wt.%, 능주용암 지역에서 0.63~1.54wt.%이다(Table 2). 시료위치에 따른 Na₂O 함량 contour diagram은 Fig. 9.과 같다.



Fig. 9. Contour diagram for Na₂O contents of stream sediments in the Cheongpung area.

CaO 함량은 화강암질편마암 지역에서 0.35~1.62wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 0.42~1.18wt.%, 다도응회암 지역에서 0.32~2.81wt.%, 유치역암 지역에서 0.40~1.31wt.%, 능주용암 지역에서 0.35~1.3wt.%이다(Table 2).

TiO₂ 함량은 화강암질편마암 지역에서 0.62~1.15wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 0.67~1.06wt.%, 다도응회암 지역에서 0.46~1.13wt.%, 유치역암 지역에서 0.65~0.89wt.%, 능주용암 지역에서 0.7~1.24wt.%이다(Table 2).

P₂O₅ 함량은 화강암질편마암 지역에서 0.06~0.27wt.%, 메타테틱편마암 지역에서 0.10~0.207wt.%, 다도응회암 지역에서 0.02~0.31wt.%, 유치역암 지역에서 0.09~0.20wt.%, 능주용암 지역에서 0.05~0.23wt.%이다(Table 2).

Table. 2. Contents(wt.%) of major elements for geological group of stream sediments in the Cheongpung area.

Elements	Geological groups	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
SiO ₂	I	47.31	69.58	55.93	4.54	55.76	56.38
	II	49.57	62.22	57.43	3.35	57.34	57.87
	III	53.73	72.81	60.96	4.00	60.84	59.98
	IV	54.53	68.14	60.19	3.84	60.90	61.01
	V	57.5	67.56	63.58	2.87	63.53	63.30
Al ₂ O ₃	I	12.17	19.53	15.89	1.65	15.80	15.87
	II	13.91	19.43	16.09	1.66	16.01	15.90
	III	11.26	18.43	14.49	1.34	14.43	14.33
	IV	12.44	15.97	14.32	0.90	13.78	13.76
	V	14.45	17.14	15.47	0.85	15.45	15.09
Fe ₂ O ₃	I	3.75	8.39	6.34	1.00	6.26	6.32
	II	5.02	7.98	6.53	0.83	6.48	6.46
	III	2.83	8.22	5.09	0.99	4.99	5.01
	IV	3.59	5.61	5.04	0.46	4.47	4.49
	V	4.33	8.05	5.55	1.10	5.46	5.28
CaO	I	0.35	1.62	0.66	0.22	0.63	0.61
	II	0.42	1.18	0.78	0.25	0.74	0.81
	III	0.32	2.81	1.02	0.49	0.93	0.91
	IV	0.40	1.31	1.01	0.27	0.68	0.63
	V	0.35	1.3	0.74	0.28	0.70	0.71
MgO	I	0.83	3.59	1.49	0.40	1.44	1.44
	II	1.05	1.96	1.55	0.23	1.53	1.58
	III	0.57	2.50	1.18	0.31	1.14	1.13
	IV	0.71	1.19	1.16	0.13	0.91	0.89
	V	0.61	1.64	0.86	0.30	0.82	0.80
K ₂ O	I	2.60	4.02	3.28	0.36	3.26	3.28
	II	2.84	3.80	3.23	0.33	3.22	3.16
	III	2.83	4.04	2.77	0.41	2.74	2.72
	IV	2.67	3.84	2.76	0.28	3.02	3.01
	V	2.63	3.69	3.17	0.36	3.15	3.24
Na ₂ O	I	0.56	1.45	1.08	0.20	1.06	1.11
	II	0.85	1.65	1.16	0.22	1.14	1.16
	III	1.02	1.66	1.29	0.17	1.28	1.25
	IV	0.81	1.29	1.27	0.11	1.08	1.07
	V	0.63	1.54	1.12	0.30	1.08	1.04

- continued -

Elements	Geological groups	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
TiO ₂	I	0.62	1.15	0.88	0.11	0.88	0.90
	II	0.67	1.06	0.83	0.13	0.82	0.77
	III	0.46	1.13	0.88	0.12	0.87	0.89
	IV	0.65	0.89	0.87	0.06	0.78	0.79
	V	0.70	1.24	0.94	0.19	0.92	0.91
MnO	I	0.04	0.27	0.11	0.04	0.11	0.11
	II	0.07	0.13	0.09	0.02	0.09	0.09
	III	0.05	0.22	0.12	0.03	0.12	0.12
	IV	0.06	0.19	0.12	0.03	0.11	0.12
	V	0.08	0.26	0.13	0.05	0.12	0.11
P ₂ O ₅	I	0.06	0.27	0.15	0.04	0.15	0.15
	II	0.10	0.20	0.16	0.03	0.16	0.17
	III	0.02	0.31	0.14	0.05	0.13	0.14
	IV	0.09	0.20	0.14	0.03	0.12	0.11
	V	0.05	0.23	0.10	0.05	0.09	0.09

I : granitic gneiss area. Number of samples= 57.

II : metatic gneiss area. Number of samples= 14.

III : dado tuff area. Number of samples= 55.

IV: yuchi conglomerate area. Number of samples=25.

V neungju flow area. Number of samples= 11.

하상퇴적물에 대한 지질집단별 비교(Fig. 10.)에서 SiO_2 함량에서 중앙값은 능주용암 지역 유치역암 지역 > 다도응회암 지역 > 메타테틱편마암 지역 > 화강암질편마암 지역 순이지만 그 차이지 크지 않고, 화강암질편마암 지역과 메타테틱편마암 지역이 상대적으로 작은 값을 보이는 것은, 기계적 풍화에 강한 석영입자가 상대적으로 큰 입자로 존재하므로 100mesh(150 μm)이하의 체를 이용한 wet sieving 과정에서 석영입자가 체를 통과하지 못하고 제외 되어버려 낮은 값을 보이는 것으로 예상된다.

주성분원소의 함량비교에서 Al_2O_3 , P_2O_5 함량 중앙값은 메타테틱편마암 지역, Fe_2O_3 , K_2O 함량 중앙값은 화강암질편마암 지역, CaO , MgO , Na_2O , MnO 함량 중앙값은 다도응회암 지역, TiO_2 함량 중앙값은 능주용암 지역에서 높은 값을 나타낸다(Table 2, Fig. 10.).

Na_2O 와 TiO_2 함량은 능주용암 지역에서는 비교적, 함량범위가 넓게 분산되고 있음을 알 수 있고, 화강암질편마암 지역과 메타테틱편마암 지역에서는 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 의 함량특성이 두 지역에서 거의 비슷함을 나타낸다(Fig. 10.).

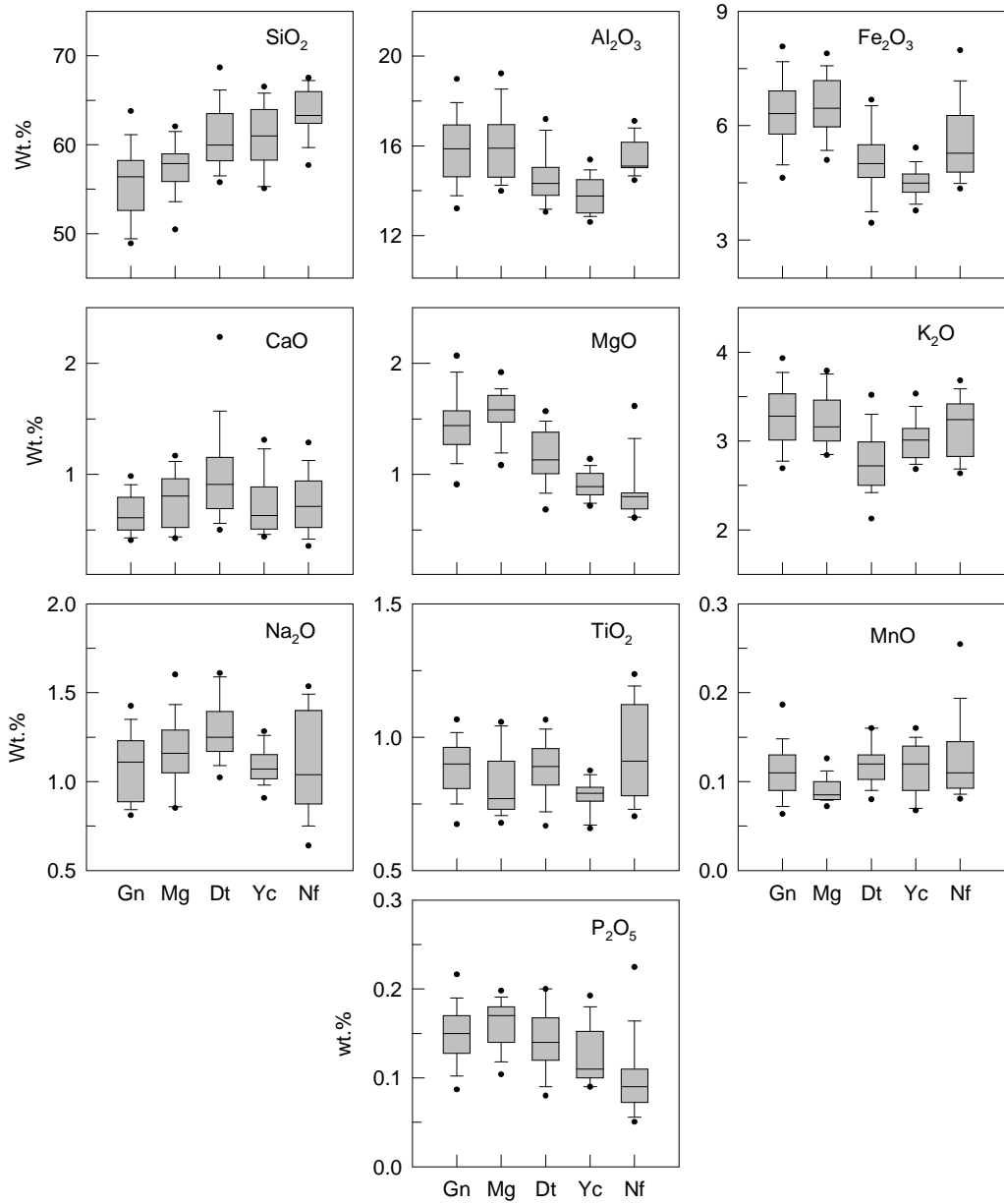


Fig. 10. Comparison diagram for geological groups in Cheongpung area.

4.2. 미량성분원소 및 희토류원소

4.2.1. 미량성분원소 및 희토류원소의 함량특성

하상퇴적물에 대한 미량원소들의 지구화학적 특성을 파악하기 위하여 채취한 하상퇴적물 시료에 대해 유도결합 플라즈마 원자방출 분광법(ICP-AES)과 중성자 방사화 분석법(NAA)을 이용하여 분석하였다.

청풍지역 하상퇴적물에서 미량성분원소 함량은 Ba 700ppm~8990ppm, Be 1.0~3.5ppm, Cu 6~60ppm, Nb 12~28ppm, Ni 4~61ppm, Pb 13~34ppm, Sr 65~787ppm, V 4~98ppm, Zr 32~164ppm, Li 21~83ppm, Co 3.7~65.0ppm, Cr 16~409ppm, Cs 2.7~37.1ppm, Hf 4.9~49.2ppm, Rb 71~649ppm, Sb 0.1~5.1ppm, Sc 4.9~52.0ppm, Zn 26~375ppm, Pa 7.4~64.7ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 60~373ppm, 0.8~6.0ppm, 0.7~10.0ppm이다(Table 3).

4.2.2. 지질집단별 미량원소 및 희토류원소 특성

1: 50,000 능주지질도폭과 장흥지질도폭, 기존의 암석에 대한 지구화학적 연구와 야외조사를 통해 연구지역의 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 주성분 원소의 특성에서와 동일하게 화강암질편마암 지역, 메타테틱편마암 지역, 다도응회암 지역, 유치역암 지역, 능주용암 지역으로 지질집단을 분류하였다.

화강암질편마암 지역에서 미량성분원소 함량은 Ba 900~8990ppm, Be 1.4~3.5ppm, Cu 12~57ppm, Nb 14~287ppm, Ni 15~61ppm, Pb 14~24ppm, Sr 65~787ppm, V 41~87ppm, Zr 46~144ppm, Li 31~80ppm, Co 7.2~65.0ppm, Cr 35~409ppm, Cs

Table 3. Contents(ppm) of trace and rare earth elements for stream sediments in the Cheongpung area. Number of samples=228.

	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
Ba	700	8990	1199	540	1199	1150
Be	1.0	3.5	1.7	0.5	1.6	1.5
Cu	6	60	17	6	16	16
Nb	12	28	20	3	20	20
Ni	4	61	18	9	16	14
Pb	13	34	17	3	17	17
Sr	65	787	139	57	139	126
V	4	98	56	14	55	55
Zr	32	164	92	27	92	91
Li	21	83	43	13	42	40
Co	3.7	65.0	12.9	8.6	11.5	10.5
Cr	16	409	73	62	72	51
Cs	2.7	37.1	10.3	5.1	9.5	9.4
Hf	4.9	49.2	10.1	5.2	9.4	8.8
Rb	71	649	154	88	153	134
Sb	0.1	5.1	0.5	0.7	0.3	0.2
Sc	4.9	52.0	13.2	6.9	12.3	11.8
Zn	26	375	96	53	96	85
Pa	7.4	64.7	16.0	7.2	15.2	14.3
Ce	60	373	100	41	100	89
Eu	0.8	6.0	1.5	0.7	1.5	1.4
Yb	0.7	10.0	2.9	1.3	2.7	2.6

4.2~ 37.1ppm, Hf 4.9~31.5ppm, Rb 97~649ppm, Sb 0.1~3.9ppm, Sc 6.5~52.0ppm, Zn 43~375ppm, Pa 11.2~64.7ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 68~373ppm, 0.8~6.0ppm, 1.5~10.0ppm이다(Table 4).

메타테틱편마암 지역에서 미량성분원소 함량은 Ba 950~1350ppm, Be 1.4~3.2ppm, Cu 15~35ppm, Nb 16~24ppm, Ni 15~38ppm, Pb 15~31ppm, Sr 96~199ppm, V 42~79ppm, Zr 35~85ppm, Li 31~74ppm, Co 10.3~21.5ppm, Cr 60~141ppm, Cs 6.7~14.0ppm, Hf 6.2~13.3ppm, Rb 91~205ppm, Sb 0.2~0.9ppm, Sc 10.6~ 18.1ppm, Zn 57~121ppm, Pa 10.4~18.8ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 60~120ppm, 0.8~1.9ppm, 1.8~4.3ppm이다.

다도응회암 지역에서 미량성분원소 함량은 Ba 700~1700ppm, Be 1.1~3.4ppm, Cu 6~25ppm, Nb 14~28ppm, Ni 8~29ppm, Pb 13~34ppm, Sr 68 ~357ppm, V 19~98ppm, Zr 69~162ppm, Li 21~59ppm, Co 3.8~23.2ppm, Cr 25~86ppm, Cs 3.2~12.9ppm, Hf 5.5~12.5ppm, Rb 71~234ppm, Sb 0.1~ 2.8ppm, Sc 4.9~21.9ppm, Zn 35~268ppm, Pa 7.4~19.7ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 62~181ppm, 0.9~2.4ppm, 1.0~5.3ppm이다(Table 4).

유치역암 지역에서 미량성분원소 함량은 Ba 900~1410ppm, Be 1.1~1.7ppm, Cu 10~21ppm, Nb 17~7ppm, Ni 9~19ppm, Pb 14~19ppm, Sr 97~196ppm, V 4~62ppm, Zr 70~164ppm, Li 23~41ppm, Co 4.6~9.8ppm, Cr 16~51ppm, Cs 2.7~19.1ppm, Hf 6.9~14.7ppm, Rb 83~183ppm, Sb 0.1~1.7ppm, Sc 5.2~11.7ppm, Zn 39~136ppm, Pa 11.5~23.9ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 74~129ppm, 1.0~2.2ppm, 0.7~4.5ppm이다(Table 4).

능주용암 지역에서 미량성분 원소 함량은 Ba 830~1370ppm, Be 1.2~1.8ppm, Cu 11~18ppm, Nb 12~21ppm, Ni 4~10ppm, Pb 15~18ppm, Sr 68~207ppm, V 42~89ppm, Zr 74~115ppm, Li 23~80ppm, Co 7.0~16.3ppm, Cr 22~36ppm, Cs 6.3~26.0ppm, Hf 7.4~49.2ppm, Rb 72~150ppm, Sb 0.2~2.3ppm, Sc 8.4~13.2ppm, Zn 44~123ppm, Pa 12.5~17.1ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 66~103ppm, 0.8~1.8ppm, 1.3~4.6ppm이다(Table 4).

Ba, Ni, Pb, V, Co, Cr, Rb, Sc, Zn, Ce, Eu 함량의 중앙값은 화강암질편마암 지역이 다른 지질집단 지역보다 높고, Be, Cu, Li, Yb 함량의 중앙값은 메타테틱편마암 지역이 Sr 함량의 중앙값은 다도응회암 지역이, Nb, Zr 함량의 중앙값은 유치역암 지역이, Cs, Hf, Sb 함량의 중앙값은 능주용암 지역이 다른 지질집단 지역보다 높다(Table. 4).

Table 4. Contents(ppm) of trace and rare earth elements for geological group of stream sediments in the Cheongpung area.

Elements	Geological groups	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
Ba	I	900	8990	1384	1043	1278	1230
	II	950	1350	1141	158	1131	1140
	III	700	1700	1166	182	1152	1120
	IV	900	1410	1153	136	1090	1080
	V	830	1370	1117	175	1104	1120
Be	I	1.4	3.5	2.1	0.5	2.0	1.9
	II	1.4	3.2	2.2	0.6	2.1	2.0
	III	1.1	3.4	1.5	0.4	1.4	1.4
	IV	1.1	1.7	1.5	0.2	1.4	1.4
	V	1.2	1.7	1.4	0.2	1.4	1.4
Cu	I	12	57	21	6	21	21
	II	15	35	22	5	22	22
	III	6	25	15	4	15	14
	IV	10	21	15	3	13	12
	V	11	18	13	2	13	12
Nb	I	14	28	21	2	21	21
	II	16	24	21	2	21	22
	III	14	28	19	3	19	18
	IV	17	27	19	3	22	23
	V	12	21	17	3	17	18
Ni	I	15	61	29	8	28	28
	II	15	38	27	6	26	28
	III	8	29	13	4	13	12
	IV	9	19	13	2	12	12
	V	4	10	7	2	7	7
Pb	I	14	24	19	2	19	19
	II	15	31	19	5	19	18
	III	13	34	17	4	17	16
	IV	14	19	17	1	16	16
	V	15	18	16	1	16	15
Sr	I	65	787	132	91	122	119
	II	96	199	128	30	125	119
	III	68	357	151	47	145	148
	IV	97	196	150	26	129	126
	V	68	207	131	43	125	136

- continued -

Elements	Geological groups	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
V	I	41	87	63	11	62	62
	II	42	79	60	14	59	59
	III	19	98	58	15	56	58
	IV	4	62	57	10	39	41
	V	42	89	57	16	55	47
Zr	I	46	144	72	18	71	71
	II	35	85	54	15	53	51
	III	69	162	106	20	104	108
	IV	70	164	105	25	114	120
	V	74	115	100	11	99	102
Li	I	31	80	53	9	52	53
	II	31	74	53	13	52	54
	III	21	59	36	9	35	33
	IV	23	41	35	5	31	31
	V	23	80	42	16	39	42
Co	I	7.2	65.0	20.5	12.8	17.9	15.9
	II	10.3	21.5	14.1	3.1	13.8	13.4
	III	3.8	23.2	10.2	2.9	9.8	9.7
	IV	4.6	9.8	10.1	1.4	7.3	7.1
	V	7.0	16.3	9.1	2.6	8.8	8.3
Cr	I	35	409	135	97	114	104
	II	60	141	94	23	91	91
	III	25	85	48	12	47	46
	IV	16	51	47	8	36	39
	V	22	35	28	4	27	27
Cs	I	4.2	37.1	13.7	6.9	12.2	11.8
	II	6.7	14.0	10.4	2.3	10.2	10.3
	III	3.2	12.9	7.9	2.2	7.6	7.7
	IV	2.7	19.1	7.9	3.2	8.7	8.9
	V	6.3	26.0	14.6	6.2	13.3	14.6
Hf	I	4.9	31.5	11.7	6.2	10.6	9.3
	II	6.2	13.3	9.5	2.4	9.2	8.5
	III	5.5	12.5	8.2	1.5	8.1	7.9
	IV	6.9	14.7	8.1	1.7	9.1	9.2
	V	7.4	49.2	18.8	14.1	15.0	10.5

- continued -

Elements	Geological groups	Min	Max	Mean	STD	G.M.	Median
Rb	I	97	649	227	136	201	173
	II	91	205	146	36	142	142
	III	71	234	124	36	119	119
	IV	83	183	124	25	122	116
	V	72	150	128	23	125	137
Sb	I	0.1	3.9	0.6	0.8	0.4	0.2
	II	0.2	1.0	0.3	0.2	0.3	0.2
	III	0.1	2.8	0.4	0.4	0.3	0.2
	IV	0.1	1.7	0.4	0.3	0.2	0.2
	V	0.2	2.2	0.9	0.8	0.6	0.9
Sc	I	6.5	52.0	18.7	10.9	16.7	14.7
	II	10.6	18.1	13.6	2.2	13.5	13.2
	III	4.9	21.9	11.8	2.6	11.5	11.5
	IV	5.2	11.7	11.6	1.6	9.4	9.6
	V	8.5	13.2	10.1	1.4	9.9	9.9
Zn	I	43	375	126	82	108	94
	II	57	121	78	17	77	77
	III	35	268	89	40	82	80
	IV	39	136	89	28	77	75
	V	44	123	81	20	79	77
Ce	I	68	373	124	67	112	101
	II	60	120	85	21	82	78
	III	62	181	88	18	86	84
	IV	74	129	88	16	97	98
	V	66	103	84	12	83	84
Eu	I	0.8	6.0	1.9	1.2	1.7	1.5
	II	0.8	1.9	1.3	0.3	1.3	1.3
	III	0.9	2.4	1.4	0.3	1.4	1.4
	IV	1.1	2.2	1.4	0.3	1.4	1.4
	V	0.8	1.7	1.2	0.2	1.2	1.2
Yb	I	1.5	10.0	3.4	2.0	3.0	2.6
	II	1.8	4.4	3.2	0.7	3.1	3.0
	III	1.0	5.4	2.6	0.7	2.5	2.7
	IV	0.7	4.5	2.6	0.8	2.4	2.6
	V	1.3	4.7	2.6	0.9	2.5	2.2

I: granitic gneiss area, II: metatic gneiss area, III: dado tuff area
 IV: yuchi conglomerate area, V: neungju flow area

4.3. 유해원소의 지구화학적 특성

4.3.1. 베릴륨(Be)

베릴륨(Be)은 생물에 비필수 원소로 분류되며, 우리나라에서는 옛날부터 베릴륨의 화합물을 “감토”라는 이름으로 불렀는데, 이는 베릴륨이 포함된 흙에 단맛이 있기 때문이다(최석원과 김억수, 1996). 지각에서는 2.8ppm, 토양에서는 6ppm 정도로 비교적 자연환경에서는 적게 포함하고 있지만(Levinson, 1974), 아주 적은 양이라도 베릴륨 중독현상을 일으킬 수 있다. 특히 보크사이트와 Be광상부근의 토양 중에 베릴륨이 대량으로 집중되어 있어 곰사병을 초래할 수 있고, 동물에 행한 실험에서 베릴륨은 돌연변이와 발암작용을 일으킬 수 있는 것으로 나타났다(최석원과 김억수, 1996).

청풍지역 하상퇴적물에서 베릴륨의 함량은 시료의 위치에 따라 1.0~3.5ppm범위이다. 시료번호 187(영암군 금천면 용천마을과 학동마을, 3.4ppm), 시료번호 188(영암군 금천면 다보마을, 3.2ppm), 시료번호 191(영암읍 신월동, 3.2ppm), 시료번호 203(장흥군 장평면 어곡마을, 3.5ppm), 시료번호 206(화순군 이양면 복흥제 부근, 3.2ppm)에서는 3ppm이상으로 다른 지역에서보다 높은 함량을 보이지만, 토양에서의 평균치인 6ppm보다는 적어 크게 우려할 수준은 아닌 것으로 판단된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 베릴륨함량에 대한 contour diagram은 Fig. 11.과 같다.



Fig. 11. Contour diagram for Be contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.2. 구리(Cu)

구리(Cu)는 모든 생물체에 필요한 미량원소로 분류되지만 다량 섭취하면 독성이 있고, 반대로 토양 내에 구리함량이 너무 낮으면(5ppm 이하) 농작물이나 나무에 결핍현상이 생길 수 있으며, 반추동물에서는 흑색소 결함 또는 골격 및 연결조직 결함이 생길수도 있다(최석원과 김억수, 1996; Merian, 1991).

구리는 몰리브덴과 깊은 관련이 있어, 몰리브덴의 과다한 함량은 상대적으로 구리의 결핍을 초래할 경우 소에서는 체중이 감소하고 설사가 잦게 되어 우유생산이 떨어지는 'teart' 질병을 발생시키기도 한다(Fergusson, 1943).

상부 대륙지각에서 25ppm, 토양에서 2~100ppm(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995; Turekian and Wedephol, 1961)정도 함유되어 있다.

청풍지역 하상퇴적물에서 구리의 함량은 시료의 위치에 따라 6~60ppm이다. 모든 지역에서 결핍현상 한계인 5ppm을 넘어 결핍현상은 나타나지 않은 것으로 예상된다. 시료번호 94(화순군 춘양면 하곡마을, 60ppm), 시료번호 221(장흥군 장평면 중구마을 부근, 57ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 17ppm, 토양의 평균함량인 20ppm 보다 3~4배 높은 함량특성을 보인다. 이들은 토양의 Tolerable level인 100ppm보다는 낮은 수준이나, 향후 이들 지역에 대해서는 구리의 과잉농집 현상이 나타나지 않도록 세심한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 구리함량에 대한 contour diagram은 Fig. 12.과 같다.



Fig. 12. Contour diagram for Cu contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.3. 니켈(Ni)

니켈(Ni)은 몇몇 효소들의 신진대사 과정에 참여하여 인체의 정상적인 대사를 유지시키는데 필수원소이지만, 과량의 니켈은 인류와 동물에게 모두 독이 되며, 소와 양에서 나타나는 니맹증은 니켈이 각막에 가라앉아서 일어나는 현상이다(최석원과 김억수, 1996). 상부 대륙지각에서 20ppm, 토양에서 5~100ppm(Levinson, 1974)정도 함유한다.

청풍지역 하상퇴적물에서 니켈의 함량은 시료의 위치에 따라 4~61ppm이다. 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 61ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 18ppm 보다 3배이상 높았으며, Tolerable level인 50ppm 보다도 높은 함량을 나타내어 점오염원일 가능성이 높은 것으로 추정된다. 시료번호 203(장흥군 장평면 어곡리 부근, 44ppm), 시료번호 215(장흥군 장평면 여의제 부근, 41ppm), 시료번호 217(장흥군 장평면 축내리 부근, 40ppm), 시료번호 206(장흥군 장평면 북흥제 부근, 40ppm)에서도 비교적 높은 함량특성을 보였으며, 이들 지역은 특별한 오염원이 없는 것으로 추정되어 지질적인 특성에 의한 것으로 예상되며, 이들 지역에 대해서는 니켈이 과다농집 되지 않도록 지속적인 관리가 필요하다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 니켈함량에 대한 contour diagram은 Fig. 13.과 같다.



Fig. 13. Contour diagram for Ni contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.4. 납(Pb)

납(Pb)은 중금속으로 친동원소이다. 상부 대륙지각에서 20ppm(Taylor and McLennan, 1995)이지만 분포는 상대적으로 집중되어 광상에 많이 모여 있다.

청풍지역 하상퇴적물에서 납의 함량은 시료의 위치에 따라 13~34ppm이다. 시료번호 187(영암군 금정면 용천마을 부근, 34ppm), 시료번호 186(영암군 금정면 학동마을 부근, 32ppm), 시료번호 188(영암군 금정면 다보리 부근, 31ppm), 시료번호 190(영암읍 고려시멘트 연료 채석장 부근, 30ppm)에서 청풍지역의 평균함량인 17ppm보다 상대적으로 많은 30ppm이상의 함량특성을 보이지만, 퇴적물의 오염기준치인 40ppm, Tolerable level인 100ppm 보다 훨씬 낮은 값으로, 안전한 것으로 판단된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 납함량에 대한 contour diagram은 Fig. 14.과 같다.

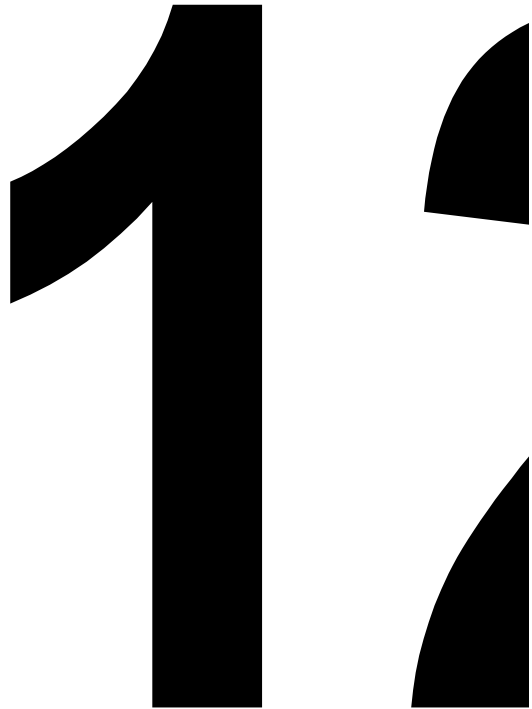


Fig. 14. Contour diagram for Pb contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.5. 코발트(Co)

코발트(Co)는 독성원소이면서 필수원소에 해당하는 원소로서 결핍되면 건강에 영향을 미치게 된다. 신장을 통해 배설이 용이하므로 코발트의 농축현상은 드물지만, 과량의 코발트는 유기체의 신진대사에 장애를 초래하는 것으로 알려져 있다(최석원, 1996). 토양과 목초지에서 코발트가 결핍되면 양들의 빈혈과 체중감량을 야기 시키는, 관목병이 발병하고, 반대로 코발트 함량이 과다한 경우에는 철과 구리의 결핍을 초래하는 수가 많다(Merian, 1991; Reimann and Caritat, 1998).

상부 대륙지각에서 10ppm, 토양중의 평균함량은 8ppm정도이며, 비교적 염기성암에서 풍부하다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995, Turekian and Wedephol, 1961).

청풍지역 하상퇴적물에서 코발트의 함량은 시료의 위치에 따라 3.7~65.0ppm이다. 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 65ppm) 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 54ppm, 56ppm)에서 아주 높은 함량을 보인다. 이 지역은 산골마을에 해당하는 지역으로 특별히 코발트 함량이 높을 수 있는 원인이 발견되지 않아, 지하심부에 광화대가 존재하는 것으로 판단되어, 추후 정밀 재조사가 필요한 것으로 추정된다. 시료번호 122(화순군 청풍면 회수교 부근, 39ppm), 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 44ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 54ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 13ppm 보다 3~4배 높은 함량을 보여 과다농집 되어 있고, 시료번호 45(나주시 다도면 나주호 부근, 4ppm), 시료번호 148(장흥군 유치면 송림부근, 5ppm), 시료번호 197(장흥군 유치면 신월리 부근, 5ppm)에서는 5ppm 이하의 낮은 함량 값으로 결핍되어 있어, 이들 과다농집지역과 결핍지역에 대해서는 추후 집중적인 관리가 필요하다고 여겨진다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 코발트함량에 대한 contour diagram은 Fig. 15.과 같다.

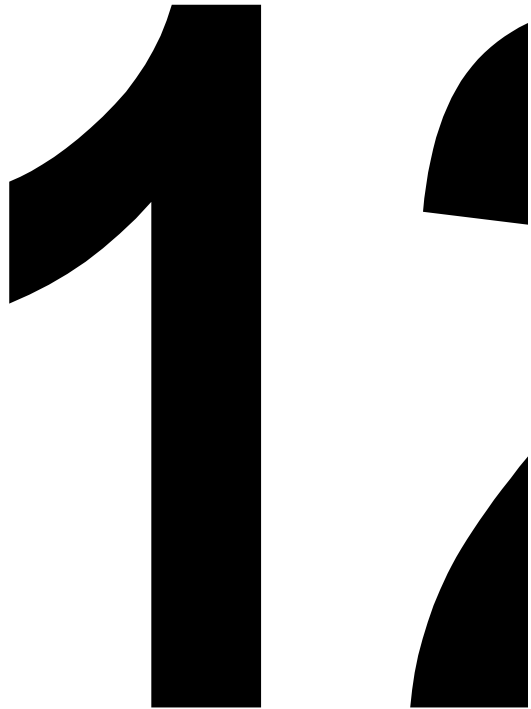


Fig. 15. Contour diagram for Co contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.6. 크롬(Cr)

크롬(Cr)은 지각에서 110ppm, 토양에서 100ppm으로 지각 중의 함량과 토양에서의 함량이 대체로 일치하며, 암석에서는 비교적 초염기성암에 많이 분포한다. 토양과 천연수 중에 존재하는 적당량의 크롬은 인류 건강에 필수적인 원소이다. 크롬의 생물학적 성질 및 독성은 그 원자가 상태와 관계가 있어, Cr^{3+} 는 세포막을 통과하는 양이 매우 적어서 독성이 비교적 적고, Cr^{6+} 는 세포막에 대해 비교적 강한 침투력과 산화능력을 가지고 있으며 독성이 있어 과다한 양은 건강에 해를 끼친다. Cr^{6+} 는 구강과 피부를 통해 인체에 들어와 눈의 결막증, 인후피양을 일으키는데 심한 경우 비중격괴양이나 천공을 유발시킨다(최석원과 김억수, 1996).

청풍지역 하상퇴적물에서 크롬의 함량은 시료의 위치에 따라 16~409ppm이다. 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 397ppm), 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 377ppm, 409ppm)에서 아주 높은 함량을 보이며, 이 지역은 산골마을에 해당하는 지역으로 특별히 크롬 함량이 높을 수 있는 원인이 발견되지 않아, 지하심부에 광화대가 존재하는 것으로 판단되어, 추후 정밀 재조사가 필요한 것으로 추정된다. 시료번호 122(화순군 청풍면 회수교 부근, 202ppm), 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 318ppm), 시료번호 125(화순군 청풍면 진전마을 부근, 256ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 376ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 73ppm 보다 3~5배 높고, 토양의 평균함량인 100ppm보다 3~4배 높은 특성을 보여 이들 지역도 역시 광화대의 영향으로 추정되며, 이들 지역에 대해서도 집중적인 관리가 필요 할 것으로 추정된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 크롬함량에 대한 contour diagram은 Fig. 16.과 같다.

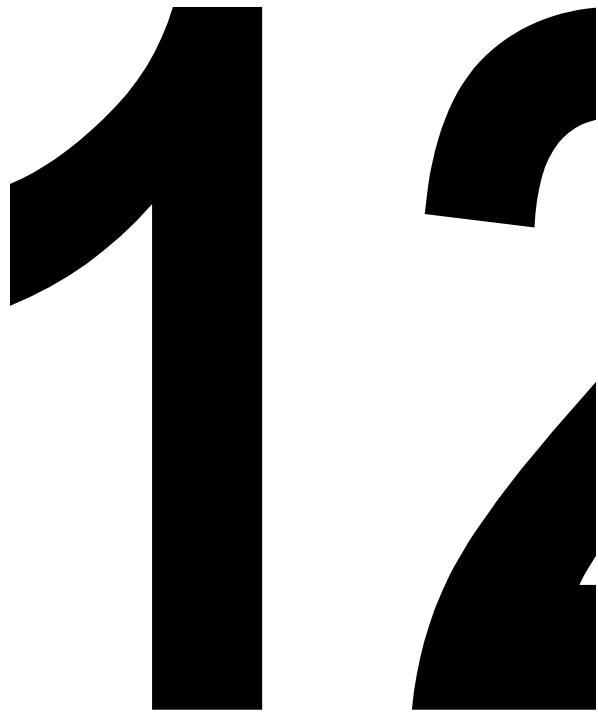


Fig. 16. Contour diagram for Cr contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.7. 안티몬(Sb)

안티몬(Sb)은 질소족으로 강한 독성을 가져 과다 섭취 시 암을 유발할 수 있는 독성원소에 해당하는 원소이며, 비필수 미량원소로 분류된다. 천연수 안의 안티몬 함량은 아주 낮아 해수에는 $0.33\mu\text{g/L}$, 하천수는 $0.1\sim 0.5\mu\text{g/L}$ 이다(최석원과 김억수, 1996).

청풍지역 하상퇴적물에서 안티몬의 함량은 시료의 위치에 따라 $0.1\sim 5.1\text{ppm}$ 이다. 시료번호 105(화순군 청풍면 순지동 부근, 5.1ppm), 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 3.92ppm), 시료번호 123(청풍면 신석리 신석제 부근, 3.51ppm), 시료번호 122(화순군 청풍면 회수정 회수교 부근, 3.47ppm), 시료번호 120(화순군 청풍면 신리 부근, 3.15ppm)등 화순군 청풍면과 이양면 경계의 비교적 해발이 높은 지역에서 높이 나타나 인위적인 현상이 아니라, 지질학적인 특성에 의해 높이 나타나는 것으로 추정되며, 청풍지역의 평균함량이 0.5ppm 보다는 매우 높은 값을 보였으나, 시료번호 105(5.1ppm)를 제외하고는 퇴적물의 오염한계인 5ppm 보다는 낮아 오염의 우려는 없는 것으로 판단된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 안티몬함량에 대한 contour diagram은 Fig. 17.과 같다.



Fig. 17. Contour diagram for Sb contents of stream sediments in the Cheongpung area.

4.3.8. 아연(Zn)

아연(Zn)은 생물에게 매우 중요한 필수 미량원소로 분류되며, 독성은 매우 낮아서 농도가 높아도 독성은 그다지 크지 않다. 아연 함량이 심하게 높은 지역은 가축이나 식물성장에 해로울 수 있으나, 오히려 지나치게 결핍되면 사람이나 동식물에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다(Merian, 1991).

상부 대륙지각에서 70ppm(Taylor and McLennan, 1995), 토양에서 50ppm이다(Levinson, 1974; Turekian and Wedephol, 1961).

청풍지역 하상퇴적물에서 아연의 함량은 시료의 위치에 따라 26~375ppm이다. 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 375ppm) 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 337ppm, 369ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 350ppm)에서 청풍지역 아연의 평균함량인 97ppm, 토양의 평균함량인 50ppm보다 높게 나타나나, 아연의 독성이 그다지 크지 않다는 성질과, Tolerable level인 300ppm과 비교하면 그다지 높지 않은 것으로 나타나 크게 문제되지 않을 것으로 여겨진다. 오히려 시료번호 32(나주시 다도면 준적동 부근, 26ppm), 시료번호 97(화순군 춘양면 남덕동 부근, 26ppm), 시료번호 172(영암읍 학송마을 상류부근, 36ppm)에서 아연의 결핍현상이 우려된다.

청풍지역 하상퇴적물의 시료위치에 따른 아연함량에 대한 contour diagram은 Fig. 18.과 같다.

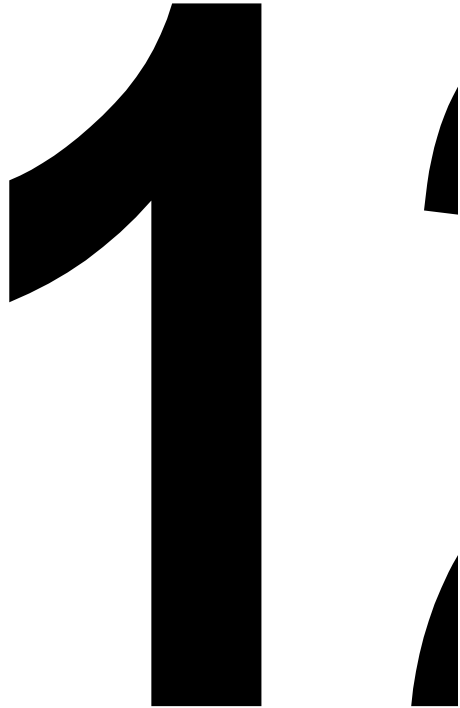


Fig. 18. Contour diagram for Zn contents of stream sediments in the Cheongpung area.

5. 결 론

1:50,000 청풍지형도폭내 1차 수계(일부 2차수계)에서 인위적인 오염의 영향을 받지 않은 하상퇴적물(228개 시료)에 대한 지질집단별 지구화학적 특성 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 청풍지역 하상퇴적물의 주성분원소 함량은, SiO_2 47.31~72.81wt.%, Al_2O_3 11.26~21.88wt.%, Fe_2O_3 2.83~8.39wt.%, CaO 0.342~2.81wt.%, MgO 0.55~3.59wt.%, K_2O 1.71~4.31wt.%, Na_2O 0.56~2.28wt.%, TiO_2 0.46~1.24wt.%, MnO 0.04~0.27wt.%, P_2O_5 0.02~0.45wt.%의 범위이다. 각 시료위치에 따라 자연배경치는 Appendix 1에, 통계값은 Table 1과 Table 2 에 제시한다.

2. 지질집단에 대해서 SiO_2 함량 중앙값은 능주용암 지역 유치역암 지역 > 다도응회암 지역 > 메타테틱편마암 지역 > 화강암질편마암 지역 순이다. Al_2O_3 , P_2O_5 함량 중앙값은 메타테틱편마암 지역, Fe_2O_3 , K_2O 함량 중앙값은 화강암질편마암 지역, CaO , MgO , Na_2O , MnO 함량 중앙값은 다도응회암 지역, TiO_2 함량 중앙값은 능주용암 지역에서 높은 값을 나타낸다. Na_2O 와 TiO_2 함량은 능주용암 지역에서는 비교적, 함량범위가 넓게 분산되고, 화강암질편마암 지역과 메타테틱편마암 지역에서는 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 의 함량특성이 두 지역에서 거의 비슷하다.

3. 청풍지역 하상퇴적물에서 미량성분원소 함량은 Ba 700ppm~8990ppm, Be 1.0~3.50ppm, Cu 6.20~60ppm, Nb 12~28ppm, Ni 4.4~61ppm, Pb 13~34ppm, Sr 65~787ppm, V 4~98ppm, Zr 32~164ppm, Li 21~827ppm, Co 3.68~65ppm, Cr 16.7~409ppm, Cs 2.72~37.1ppm, Hf 4.99~49.2ppm, Rb 71.9~649ppm, Sb 0.16~5.03ppm, Sc 4.97~52ppm, Zn 26.3~375ppm, Pa 7.48~64.7ppm, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 60.6~373ppm, 0.82~6ppm, 0.71~10ppm의 범위이다. 각 시료

위치에 따라 자연배경치는 Appendix 2에, 통계값은 Table 3과 Table 4에 제시한다.

4. 유해원소의 과다농집과 이상결핍지역은,

베릴륨(Be)은 시료번호 187(영암군 금천면 용천마을과 학동마을, 3.4ppm), 시료번호 188(영암군 금천면 다보마을, 3.2ppm), 시료번호 191(영암읍 신월동, 3.2ppm), 시료번호 203(장흥군 장평면 어곡마을, 3.5ppm), 시료번호 206(화순군 이양면 복흥제부근, 3.2ppm)에서는 3ppm이상으로 다른 지역에서보다 높은 함량을 보이지만, 토양에서의 평균치인 6ppm보다는 적어 크게 우려할 수준은 아닌 것으로 판단된다.

구리(Cu)는 모든 시료위치에서 결핍현상 한계인 5ppm을 넘어 결핍현상은 나타나지 않은 것으로 예상된다. 시료번호 94(화순군 춘양면 하곡마을, 60ppm), 시료번호 221(장흥군 장평면 중구마을 부근, 57ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 17ppm, 토양의 평균함량인 20ppm 보다 3~4배 높은 함량특성을 보인다. 이들은 토양의 Tolerable level인 100ppm보다는 낮은 수준이나, 향후 이들 지역에 대해서는 구리의 과잉농집 현상이 나타나지 않도록 세심한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

니켈(Ni)은 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 61ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 18ppm 보다 3배이상 높았으며, Tolerable level인 50ppm 보다도 높은 함량을 나타내어 점오염원일 가능성이 높은 것으로 추정된다. 시료번호 203(장흥군 장평면 어곡리 부근, 44ppm), 시료번호 215(장흥군 장평면 여의제 부근, 41ppm), 시료번호 217(장흥군 장평면 축내리 부근, 40ppm), 시료번호 206(장흥군 장평면 복흥제 부근, 40ppm)에서도 비교적 높은 함량특성을 보였으며, 이들 지역은 특별한 오염원이 없는 것으로 추정되어 지질적인 특성에 의한 것으로 예상되며, 이들 지역에 대해서는 니켈이 과다농집 되지 않도록 지속적인 관리가 필요하다.

납(Pb)은 시료번호 187(영암군 금정면 용천마을 부근, 34ppm), 시료번호 186(영암군 금정면 학동마을 부근, 32ppm), 시료번호 188(영암군 금정면 다보리 부근, 31ppm), 시료번호 190(영암읍 고려시멘트 연료 채석장 부근, 30ppm)에서 청풍지역

의 평균함량인 17ppm보다 상대적으로 많은 30ppm이상의 함량특성을 보이지만, 퇴적물의 오염기준치인 40ppm, Tolerable level인 100ppm 보다 훨씬 낮은 값으로, 안전한 것으로 판단된다.

코발트(Co)는 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 65ppm) 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 54ppm, 56ppm)에서 아주 높은 함량을 보인다. 이 지역은 산골마을에 해당하는 지역으로 특별히 코발트 함량이 높을 수 있는 원인이 발견되지 않아, 지하심부에 광화대가 존재하는 것으로 판단되어, 추후 정밀 재조사가 필요한 것으로 추정된다. 시료번호 122(화순군 청풍면 회수교 부근, 39ppm), 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 44ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 54ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 13ppm 보다 3~4배 높은 함량을 보여 과다농집 되어 있고, 시료번호 45(나주시 다도면 나주호 부근, 4ppm), 시료번호 148(장흥군 유치면 송림부근, 5ppm), 시료번호 197(장흥군 유치면 신월리 부근, 5ppm)에서는 5ppm 이하의 낮은 함량 값으로 걸뺐되어 있어, 이들 과다농집지역과 걸뺐지역에 대해서는 추후 집중적인 관리가 필요하다고 여겨진다.

크롬(Cr)은 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 397ppm), 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 377ppm, 409ppm) 에서 아주 높은 함량을 보이며, 이 지역은 산골마을에 해당하는 지역으로 특별히 크롬 함량이 높을 수 있는 원인이 발견되지 않아, 지하심부에 광화대가 존재하는 것으로 판단되어, 추후 정밀 재조사가 필요한 것으로 추정된다. 시료번호 122(화순군 청풍면 회수교 부근, 202ppm), 시료번호 124(화순군 청풍면 학송리 부근, 318ppm), 시료번호 125(화순군 청풍면 진전마을 부근, 256ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 376ppm)에서는 청풍지역의 평균함량인 73ppm 보다 3~5배 높고, 토양의 평균함량인 100ppm보다 3~4배 높은 특성을 보여 이들 지역도 역시 광화대의 영향으로 추정되며, 이들 지역에 대해서도 집중적인 관리가 필요 할 것으로 추정된다.

안티몬(Sb)은 시료번호 105(화순군 청풍면 순지동 부근, 5.1ppm), 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 3.92ppm), 시료번호 123(청풍면 신석리 신석제 부근,

3.51ppm), 시료번호 122(화순군 청풍면 회수정 회수교 부근, 3.47ppm), 시료번호 120(화순군 청풍면 신리 부근, 3.15ppm)등 화순군 청풍면과 이양면 경계의 비교적 해발이 높은 지역에서 높이 나타나 인위적인 현상이 아니라, 지질학적인 특성에 의해 높이 나타나는 것으로 추정되며, 청풍지역의 평균함량이 0.5ppm 보다는 매우 높은 값을 보였으나, 시료번호 105(5.1ppm)를 제외하고는 퇴적물의 오염한계인 5ppm보다는 낮아 오염의 우려는 없는 것으로 판단된다.

아연(Zn)은 시료번호 126(화순군 청풍면 이만리 부근, 375ppm) 시료번호 127, 128(화순군 청풍면 목동마을 부근, 337ppm, 369ppm), 시료번호 129(장흥군 장평면 노루목 부근, 350ppm)에서 청풍지역 아연의 평균함량인 97ppm, 토양의 평균함량인 50ppm보다 높게 나타나나, 아연의 독성이 그다지 크지 않다는 성질과, Tolerable level인 300ppm과 비교하면 그다지 높지 않은 것으로 나타나 크게 문제되지 않을 것으로 여겨진다. 오히려 시료번호 32(나주시 다도면 준적동 부근, 26ppm), 시료번호 97(화순군 춘양면 남덕동 부근, 26ppm), 시료번호 172(영암읍 학송마을 상류부근, 36ppm)에서 아연의 결핍현상이 우려된다.

이번 연구를 통해 얻어진 결과를 통해 청풍지역 하상퇴적물에 대한 주성분원소, 미량성분 원소 및 희토류원소에 대한 각 시료위치에 따른 자연배경치로 설정하였고, 이를 토대로 청풍지역에서 지구화학적 재해나 토양오염과 같은 환경오염이 발생하였을 때, 이를 정확히 평가할 수 있는 정성적이고 정량적인 기준치를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김종균, 박영석, “광주지역 하상퇴적물에 대한 지질집단별 지구화학적 연구” 자원환경지질. 제38권 4호. p.481-492. 2005.
2. 박영석, 김종균, 한민수, 김용준, 장우석, 신성천. “장흥지역 1차 수계 하상퇴적물의 지질집단별 지구화학적 특성과 하천수에 대한 연구” 자원환경지질. 제35권 6호. p.509-521. 2002.
3. 박영석, 장우석, 김종균. “구례지역 하상퇴적물의 지질집단별 자연배경치에 대한 연구” 자원환경지질. 제36권 4호. p.275-284. 2003.
4. 신성천, 염승준, 황상기. “ 지구화학적 재해 평가를 위한 지화학도 작성 및 기준치 설정” 지질재해 관측 및 방지기술 심포지엄, 2000년도 지질재해방재기술개발사업단·대한지질공학회·대한지질공학회 공동학술발표회 논문집.p. 215-233. 2000.
5. 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 문상호, 유장한, 이현구, 윤성택, 홍영국, 지세정, 진명식, 이진수, 염병우, 김통권, 박중권, 김용욱, 이한영, 고상모, 이창범, 박덕원, 김연기, 조병욱, 이병대, 홍세선, 김인준, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주. 경기도 지구화학 지도책: 한국 지구화학 지도책(1:700,000), 제 1집. 한국지질자원연구원. p78. 2001a.
6. 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 문상호, 유장한, 이현구, 윤성택, 홍영국, 지세정, 진명식, 이진수, 염병우, 김통권, 박중권, 김용욱, 이한영, 고상모, 이창범, 박덕원, 김연기, 조병욱, 이병대, 홍세선, 김인준, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주. 충청북도 지구화학 지도책: 한국 지구화학 지도책(1:700,000), 제 2집. 한국지질자원연구원. p82. 2001b.

7. 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 문상호, 유장한, 이현구, 윤성택, 홍영국, 지세정, 진명식, 이진수, 염병우, 김통권, 박중권, 김용욱, 이한영, 고상모, 이창범, 박덕원, 김연기, 조병욱, 이병대, 홍세선, 김인준, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주. 충청남도 지구 화학 지도책: 한국 지구화학 지도책(1:700,000), 제 3집. 한국지질자원연구원. p76. 2001c.
8. 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 이수재, 송윤구, 김옥배, 오창환, 진명식, 홍영국, 이병대, 김연기, 이진수, 김용욱, 윤욱, 박덕원, 김인준, 이재호, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주. 전라북도 지구화학 지도책: 한국 지구화학 지도책(1:700,000), 제 4집. 한국지질자원연구원. p79. 2001d.
9. 신성천, 황상기, 염승준, 이평구, 박성원, 이수재, 송윤구, 박영석, 김용준, 진명식, 홍영국, 이병대, 김연기, 이진수, 김용욱, 윤욱, 박덕원, 김인준, 이재호, 최상훈, 김건한, 양명권, 심상권, 박진태, 이길용, 윤윤열, 천상기, 문상원, 박석록, 유연희, 강민주. 전라남도 지구화학 지도책: 한국 지구화학 지도책(1:700,000), 제 5집. 한국지질자원연구원. p70. 2001e.
10. 염승준, 이평구, 강민주, 신성천, 유연희. “주암댐 집수구역 내 하상퇴적물의 중금속 오염현황 및 거동특성” 자원환경지질. 제37권 3호. p.311-324. 2004.
11. 이승구, 양동윤, 홍세선, 곽재호, 오근창. “희토류원소를 이용한 순창지역 섬진강 수계내 하상퇴적물의 기원지 연구” 지질학회지. 제39권 제1호. p.81-97. 2003.
12. 이현구, 조애란, 이찬희. “입도분포에 따른 하상퇴적물의 지구화학적 분산 및 부화”. 자원환경지질, 32권, p. 247-260. 1999.
13. 정창희, 김길승, “한국지질도 능주도폭”, 국립지질조사소. 1966.
14. 최석원, 김억수. “의학환경 지구화학”. 도서출판 춘광. 1996.
15. 최유구, 윤형대. “지질도폭 설명서 장흥도폭”, 국립지질조사소. 1968.

16. Darnley, A. G., "International geochemical mapping: a new global project" *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 39, p. 1-14. 1990.
17. Darnley, A. G., Bjorklund, A., Bolviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, K.A., Steenfelt, A., Tauchid, M., Xie Xuejing, Garrett, R.G. and Hall, G.E.M. "A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management-Recommendations for International Geochemical Mapping.": Final Report of IGCP Project 259, Earth Sciences 19, UNESCO Publishing, 122p. 1995.
18. Davis, B. D. and Ballinger, R. C. "Heavy metal soils in north Somerset, England, with special reference to contamination from base metal mining in the Mendips", *Environ Geochem. Health*, v.12. p.291-300. 1990.
19. Fergusson, J.E. *Journ. Agric. Sci.*, V.33. pp.44-51. 1943.
20. FOREGS (Forum of European Geological Surveys), "FOREGS Geochemical mapping field manual", Geological Survey of Finland Guide 47, p. 1-36. 1998.
21. Levinson. A.A. "Introduction to Exploration Geochemistry": Applied Publishing Ltd., Maywood. p.614. 1974.
22. Merian, E.(ed), "Metal and Their Compounds in the Environment: Occurrence, Analysis and biological Relevance". VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany, 1438p. 1991.
23. Reimann, C. and Caritat, P. "Chemical Elements in the Environment": Springer-Verlag, p. 398. 1998.
24. Taylor, S.R., "Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table". *Geochim. Cosmochim. Acta* 28, p1273-1285.1964.
25. Taylor, S.R., McLennan, S.M., "The geochemical evolution of the continental crust". *Rev. Geophys.* 33, 241-265. 1995.

26. Turekian, K.K. and Wedephol, K.H., "Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Geol. Soc. America Bull. 72, 175-192. 1961.
27. Thronton, I. Applied Environmental Geochemistry, Academic Press, p.501. 1983
28. UNESCO, "Geological Map of the World.(Scale 1:25,000,000; edited by O.Dottin.) Commission for the geological Map of the World, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. 1990.