



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2008년 2월
석사학위논문

하동지역 하상퇴적물의
지화학적 특성에 대한 연구

조선대학교 대학원

자원공학과

홍 인 희

하동지역 하상퇴적물의
지화학적 특성에 대한 연구

- The study of geochemical characteristic for
stream sediments in the Hadong area

2007년 12 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

홍 인 희

하동지역 하상퇴적물의
지화학적 특성에 대한 연구

지도교수 박 영 석

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2007년 12 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

홍 인 희

홍인희의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 박 천 영 인

위 원 조선대학교 교수 한 오 형 인

위 원 조선대학교 교수 박 영 석 인

2007년 12월 일

조선대학교 대학원

목 차

1. 서 론	1
2. 연구지역의 지형 및 지질	3
2.1. 연구지역의 지형	3
2.2. 연구지역의 지질개요	4
2.3. 암석기재.....	5
2.3.1. 괴상 화강암질 편마암.....	5
2.3.2. 반상변정 편마암.....	6
3. 시료채취 및 분석	8
3.1. 하상퇴적물의 채취	8
3.1.1. 하상퇴적물	10
3.2. 시료처리	11
3.3 시료분석	12
4. 하상퇴적물에 대한 지구화학적 분석	13

4.1. 주 성분 원소	13
4.1.1. 주 성분 원소의 평균 함량	14
4.1.2. 주 성분 원소의 분포 특성	15
4.1.3. SiO ₂ 함량에 따른 주 성분 원소의 거동 특성	17
4.2. 주 성분 원소별 지구화학적 특징	19
4.2.1. 철(Fe ₂ O ₃)	19
4.2.2. 칼슘(CaO)	21
4.2.3. 마그네슘(MgO)	23
4.2.4. 칼륨(K ₂ O)	25
4.2.5. 나트륨(Na ₂ O)	27
4.2.6. 티탄(TiO ₂)	29
4.2.7. 인(P ₂ O ₅)	31
4.3. 미량 원소 및 희토류 원소	32
4.3.1. 미량 원소 및 희토류 원소의 평균 함량	32

4.3.2. 미량원소 및 희토류원소의 분포 특성	34
4.3.3. SiO ₂ 함량에 따른 미량원소 및 희토류원소의 거동 특성	37
4.4. 미량원소 및 희토류원소별 지구화학적 특징	40
4.4.1. 구리(Cu)	40
4.4.2. 납(Pb)	42
4.4.3. 스트론튬(Sr)	44
4.4.4. 바나듐(V)	46
4.4.5. 리튬(Li)	48
4.4.6. 코발트(Co)	50
4.4.7. 크롬(Cr)	52
5. 결론	54
참고문헌	57
Appendix 1.	60
Appendix 2.	61

List of Tables

Table 1. Abundance of major elements for stream sediments in the
Hadong area.....13

Table 2. Correlation coefficients of major element with stream sediments
in the Hadong area.....17

Table 3. Abundance of minor elements for stream sediments
in the Hadong area.....33

Table 4. Correlation coefficients between SiO₂ and minor and rare earth elements
of the stream sediments in the Hadong area.....37

List of Figures

Fig. 1. Geological map of the study area.....	7
Fig. 2. Sampling sites map for stream sediments in the study area.....	9
Fig. 3. Histograms of major elements for stream sediments in the Hadong area.....	16
Fig. 4. Harker diagrams of major elements against SiO ₂ (wt.%) for stream sediments in the Hadong area.....	18
Fig. 5. Contour diagram for Fe ₂ O ₃ contents of stream sediments in the Hadong area.....	20
Fig. 6. Contour diagram for CaO contents of stream sediments in the Hadong area.....	22
Fig. 7. Contour diagram for MgO contents of stream sediments in the Hadong area.....	24
Fig. 8. Contour diagram for K ₂ O contents of stream sediments in the Hadong area.....	26
Fig. 9. Contour diagram for Na ₂ O contents of stream sediments in the Hadong area.....	28
Fig. 10. Contour diagram for TiO ₂ contents of stream sediments in the Hadong area.....	30
Fig. 11. Contour diagram for P ₂ O ₅ contents of stream sediments in the Hadong area.....	31
Fig. 12. Histograms of minor elements for stream sediments in the Hadong area.....	35

Fig. 13. Variation diagrams of trace elements(ppm) against SiO ₂ (wt.%) for stream sediments in the Hadong area.....	38
Fig. 14. Contour diagram for Cu contents of stream sediments in the Hadong area.....	41
Fig. 15. Contour diagram for Pb contents of stream sediments in the Hadong area.....	43
Fig. 16. Contour diagram for Sr contents of stream sediments in the Hadong area.....	45
Fig. 17. Contour diagram for V contents of stream sediments in the Hadong area.....	47
Fig. 18. Contour diagram for Li contents of stream sediments in the Hadong area.....	49
Fig. 19. Contour diagram for Co contents of stream sediments in the Hadong area.....	51
Fig. 20. Contour diagram for Cr contents of stream sediments in the Hadong area.....	53

ABSTRACT

The study of geochemical characteristic
for stream sediments in the Hadong area.

Hong, In-Hee

Advisor : Prof. Park, Young-Seog

Department of Resource Engineering

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study is to get geochemical characteristic of major, minor and rare Earth elements in Hadong area so we can estimate the environmental contamination and understand geochemical disaster.

Stream sediments samples are having no possibility of contamination effect and representing drainage basins composed of uniform geology. Stream sediments is reservoir for heavy metallic elements as a heterogeneous complex of several different particles. Also stream sediments is well reflected the natural environment. So we use stream sediments in this study.

The samples are got over 100g by wet sieving under 100mesh($\geq 150\mu\text{m}$) along the stream system and dried slowly in the laboratory and rub in to under 200mesh using the alumina mortar and through the XRF, ICP-AES, NAA analysis we earn contents of major elements, minor elements and rare earth elements for geochemical natural background.

1. Contents of major elements.

SiO_2 contents is 41.6~57.8wt.%, Al_2O_3 contents is 14.8~19.8wt.%, Fe_2O_3 is

5.84~10.8wt.%, K₂O contents is 1.60~3.79wt.%, MgO contents is 1.27~3.84wt.%, Na₂O contents is 0.37~2.14wt.%, CaO contents is 0.63~5.37wt.%, TiO₂ contents is 0.74~2.02wt.%, P₂O₅ contents is 0.14~0.63wt.% MnO contents is 0.07~0.16wt.%.

2. Contents of minor and rare earth elements.

Cu contents is 64.7~133ppm, Pb contents is 26.5~37.5ppm, Sr is 95.0~675ppm, V contents is 1.60~3.79wt.%, Zr contents is 51.0~135ppm, Li contents is 27.3~90.0ppm, Co contents is 15.7~29.5ppm, Cr contents is 79.6~153ppm, Hf contents is 6.66~29.7ppm, Sc contents is 13.4~27.1ppm, Ce contents is 102~360ppm, Th contents is 10.6~82.4ppm

1. 서 론

지구화학적 재해는 자연환경 속에서 연속적으로 이동되고 아주 오랜 시간에 걸쳐 사람 및 동식물에게 악영향을 누적 시키고, 눈에 잘 띄지 않고 서서히 진행되어 넓은 지역으로 확산 되는 경우가 많아 그 피해 심각성은 매우 커 이들에 대한 체계적이고, 정확한 기초조사와 방지대책의 수립이 필요하다. 또한 지구화학적 환경에서 주성분원소, 미량원소 및 희토류원소의 분산 특징은 인간의 삶과 밀접한 관련이 있으며, 특히 중금속의 이동, 부화, 분산은 암석과 광석으로부터 퇴적물, 토양 그리고 순환수를 따라 이동하며, 각각의 환경계가 자정능력을 초과할 때 유해한 물질이 부과되어 생태계에 좋지 않는 영향을 미칠수 있다(Davies and Ballinger, 1990). 또한 최근에 인간의 산업 활동에 따른 토양 환경 오염문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있어 이에 대한 연구와 관리가 필요한 실정이며, 토양 환경의 오염이 발생되었을 경우 대책을 세우기 위해서는 그 원인이 인간의 활동에 의한 것인지 아니면 자연 발생적인지를 확인하는 것이 필수적이다(오창환 외, 2000).

지구화학적 재해에 대한 정확한 평가를 위해서는 자연배경치 설정이 필요하며 이를 위해 지표지질의 특성을 집약시켜놓은 것으로 알려진 (Darnley, 1990; Darnley et., 1995; FOREGS, 1998) 하상퇴적물을 이용한 지구화학적 연구는 필수원소의 결핍이나, 환경유해원소의 과다농집 등과 같은 정보를 제공함으로써 향후에 발생 할 수 있는 지구화학적 재해 기준치로 활용되고 있다.

따라서 지구화학적 재해와 환경 오염에 대한 평가를 내리기 위해서는 먼저 이를 정량·정성적으로 평가할 수 있는 평가기준치를 확보하는 것이 가장 중요하며, 이러한 평가기준치 가운데 가장 근본적이고 중요한 것은 각 지질 단위(geologic unit)가 본래부터 가지고 있는 자연 배경치(natural background)를 설정하는 것이다.

자연배경치는 인위적인 영향이 완전히 배제된 기준치이므로, 지각을 구성하고 있는 암석의 종류에 따라 크게 다를 수 있으며, 지표의 자연배경치는 이러한 지구화학적 재해의 평가뿐만 아니라, 자원의 탐사, 지질학, 농업, 임업, 환경의 연구에 있어

서 중요한 수단이 될 수 있다(Bolviken et al., 1990; Darnley, 1990; McMillan et al., 1990; Darnley et al., 1995; Cooker, 1999).

본 연구에서는 1:50,000 하동지형도폭 내에 존재하는 1차 수계(일부 2차 수계)를 대상으로 하상퇴적물을 채취하여, 주성분원소(SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 등 10종)와 미량원소 및 희토류원소(Ce , Cr , Co , Cu , Eu , Hf , Li , Pb , Sc , Sr , Th , V , Yb , Zr 등 14종)를 XRF, ICP-AES, NAA를 이용하여 분석을 실시함으로써 각 원소가 가지는 함량특성을 파악하고, 추후 하동지역에 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 연구지역의 지형

연구지역은 1:50,000 하동지형도 북위 35°05' ~ 35°15', 동경 127°35' ~ 127°45' 구간이다. 경상남도 하동군과 화개도폭에 해당하는 지역으로서 지질도폭상으로는 화개도폭(손치무 외, 1964) 남동부와 하동도폭(남기상 외, 1989) 북동부지역에 걸쳐있으며, 경상남도 북서부지역에 위치하고 있다.

연구지역은 소백산맥의 남단부 도폭중앙 백운산(1,217m)을 최고봉으로 하여 험준한 산릉으로 연결되는 장년기 지형을 이루고 있다. 백운산에서 서쪽으로는 아솔봉(1,053m), 형제봉(1,125m), 등주리봉(862m), 속초봉, 갈미봉, 월출재로 연결되며, 남쪽으로는 역불봉(1,010m), 남동쪽으로는 매봉(867m), 천황재(520m), 갈미봉(520m), 쫓비산, 불암산(432m), 북동쪽으로는 구재봉(768m), 칠성봉의 고봉들이 발달되어 있다.

수계는 백운산을 중심으로 방사상의 하계망을 보이면서 동천, 수여천, 묵백천, 효곡천, 중대천이 전형적인 V자형 계곡을 이루고 있으며, 각각의 하천은 수치상 하계망을 발달시키고 있다. 북동부에는 섬진강이 부근의 지류를 합류시키면서 북서에서 남동방향으로 흐른다(손치무 외, 1960).

2.2. 연구지역의 지질개요

연구지역은 선캠브리아기의 변성암류가 대부분의 지역에 넓게 분포하며, 이들과 부정합적인 관계를 가지고 연구지역의 서부와 북서부에 중생대 경상계 퇴적암류가 분포한다. 중생대 화산암류가 관입 또는 분출하였으며, 심성암류가 상기한 암류를 관입하여 곳곳에 산재되어 있다.

선캠브리아기의 변성암류는 주로 퇴적암류가 광역변성작용을 받아서 형성되었으며 후에 화강암화작용을 받았다. 이들 변성암류는 호상편마암과 운모편마암, 반상변정화강암질 편마암, 미그마타이트질편마암, 안구상편마암, 화강편마암으로 나누어진다.

반상변정화강암질편마암은 연구지역에서 가장 넓은 분포를 보이며 미사장석이 반상변정으로 우세하게 발달되어 있고, 화강암질편마암과 경계를 이룬다.

상기한 화강암화작용과 혼성화작용이 있는 후에 중성내지 염기성암맥과 섬록암, 화강섬록암, 흑운모화강암 및 페그마타이트질화강반암등이 변성암류에 관입하였다 (손치무 외, 1964; 남기상 외, 1989).

2. 3. 암석기재

2.3.1. 괴상화강암질편마암

괴상화강암질편마암은 연구지역의 변성암류 중에서 화강암화작용을 받은 정도가 가장 높은 것으로서 외관상으로 화강암과 유사하다. 화강암질편마암에 비하여 들어 있는 잔류물의 양이 적어 거의 들어있지 않다고 할 정도다. 연구지역의 북부에 널리 분포하고 화강암질편마암 발달 구역 내에도 소규모로 상재한다. 현미경하에서 볼 때 괴상화강암질편마암을 구성하는 각 광물입자는 등입상이어서 granoblastic texture을 보이지만 유색광물은 파쇄 또는 재결정되어 무색광물에 비하여 그 형상이 균일하지 못하다. 때로는 유색광물이 무색광물입자 사이의 간극에 재배열되는 경우도 있다. 무색광물인 석영과 장석은 때때로 분쇄되어 소립자의 집합체로서 나타나며 모자이크조직을 보이기도 한다. 석영입자는 대체 sutured margin을 나타내고 있다.

흑운모와 백운모는 밀접하게 수반되고 흑운모에는 자형으로서 신선하게 보이는 것과 타형으로서 녹니석으로 변하여 오염된 것도 있다. 자형을 이루는 것은 적갈색을 보이며 오염된 흑운모를 교대하기도 한다. 그리하여 큰 입자인 후자의 흑운모 사이에 신선한 후기 흑운모의 소립자가 cluster를 이루고 있는 경우도 있다. 후기의 흑운모와 같이 파쇄된 무색광물 입자사이의 간극을 충전하고 있다.

괴상화강암질편마암에서 흔히 볼 수 있는 또 하나의 현상은 파쇄된 석영과 장석이 모르타르 조직을 이루는 것과 장석의 쌍정이 외곡 된다는 것이다. 유색광물이 외곡된 것과 아울러 이러한 사실은 괴상화강암질편마암이 파쇄작용을 받았다는 것을 말해준다. 장석은 대부분이 건운모화작용을 받아 그 성분을 측정하기 곤란하지만 신선한 것으로 조사한 결과에 의하면 andesine에 해당된다.

2.3.2. 반상변정 화강암질편마암

반상변정 화강암질편마암은 연구지역에서 가장 넓은 분포를 점하고 있다. 대표적인 분포지역은 하동군 하동리, 적량면, 악양면일대이다. 반상변정 화강암질편마암은 풍화·침식작용에 대한 저항이 강하며 노두의 산출도 양호하다.

반상변정 화강암질편마암의 특징은 미사장석이 반상변정으로 우세하게 발생되어 있으며, 반상변정 화강암질편마암이나 화강편마암과의 경계지역으로 갈수록 그 양도 감소하여 크기도 작아져 화강암질로 되며 미그마타이트질 화강암과도 점이적인 변화를 보인다.

반상변정은 엽리에 평행하게 발달하는 것이 우세하나 불규칙하게 교차 하기도 하고 어떤 것은 완전히 엽리에 직각을 이루는 것도 있다. 반상변정의 모양은 장방형, 타원형, 반타원형이 있으나 장방형이 단연 우세하다. 반상변정의 크기는 장축이 2~10cm, 단축 1~5cm인 것이 보통이나, 하동군 악양면 미정리와 하동군 흥룡리에서는 반상변정의 크기가 장경 10cm이상이 되는 것도 흔히 나타난다. 반상변정 화강암질편마암에는 점판암이나 운모편암의 성분을 가진 변성퇴적암의 잔류물이 포함되는 경우가 많다.

엽리의 방향은 N15°~60°E, 20°~40°NW나 SE, 또는 N10°~30°W, 15°~75°NE로 나타난다. 구성광물의 입자는 서로 불균일하며 석영, 사장석, 미사장석, 흑운도, 견운모, 녹니석과 석류석으로 되어 있다.

석영은 파동소광을 보이며 재결정된 미립의 결정들이 중립질 석영 주위에 발달한다. 미사장석은 격자상 쌍정을 보이며 반상변정으로 나타나며 화강암화 작용으로 인한 카리성분의 도입으로 형성되었다. 사장석의 성분은 올리고크레이스 내지 안데신이며, 특히 안데신 중에는 변형을 받아 쌍정이 구부러진 모양도 드물게 보인다. 사장석중 반상변정 주변의 것은 올리고크레이스나 여기서 멀어질수록 안데신으로 변하여 상당한 성분의 변화를 보인다. 그러므로 올리고크레이스는 화강암화작용으로 도입된 성분의 영향을 받아 형성된 것 같다.

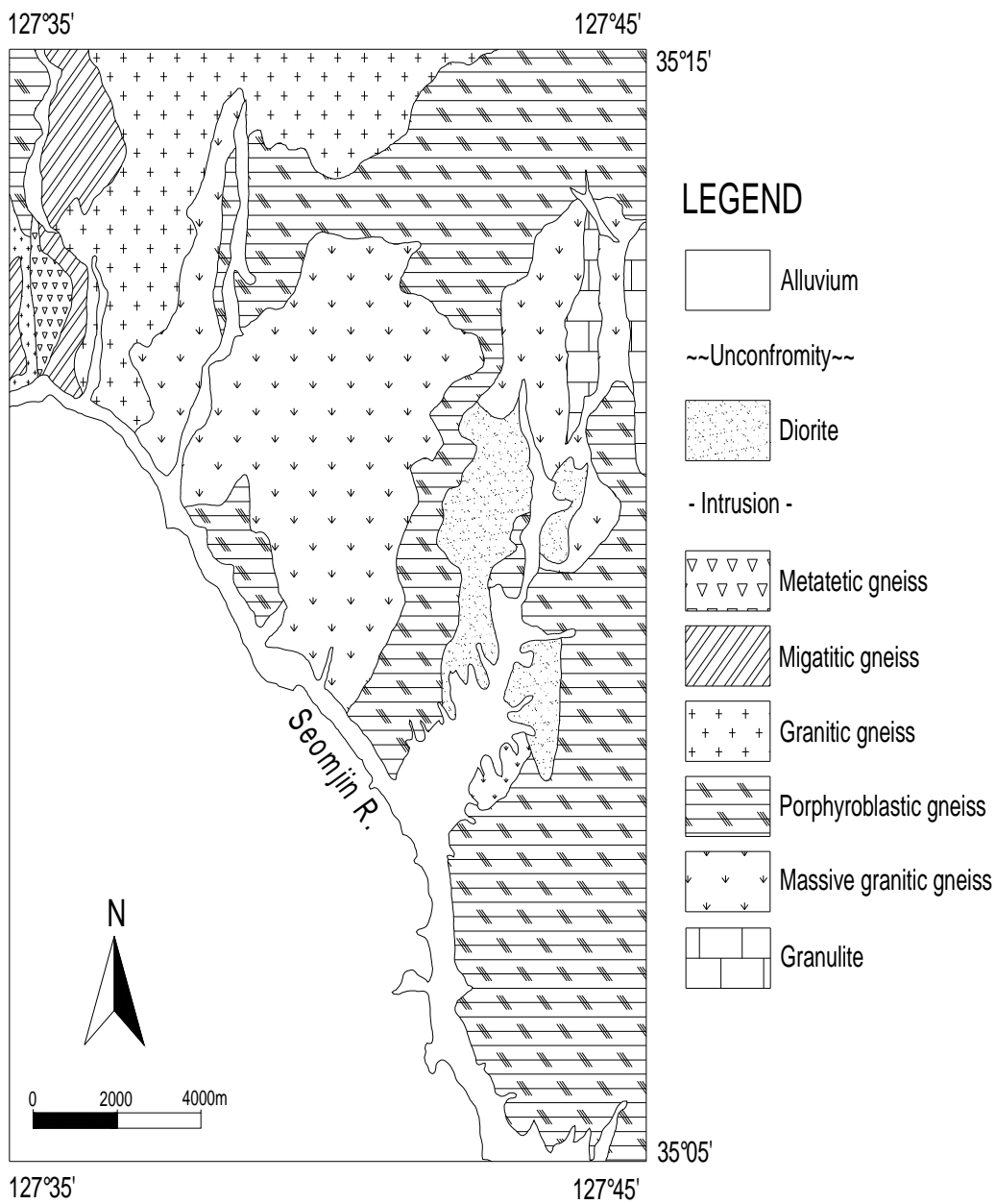


Fig. 1. Geological map of study area.

3. 시료채취 및 분석

3.1 하상퇴적물의 시료채취

시료채취 대상수계는 “국제 지구화학 지도 작성 프로그램”에서 제안하는 표준안 (Darney 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 하동지형도폭 지역에 대한 야외조사 와 함께 하상퇴적물 시료에 대한 채취가 이루어 졌다.

하상퇴적물의 채취 시에는 시료에 오염을 가할 수 있으므로 stainless steel로 만들어진 시료채취용 삽을 사용하였다.

본 연구의 시료채취에 있어서 가장 중요한 점은 채집한 시료가 상류의 집수분지를 대표할 수 있어야 한다는 점이다. 시료채취는 하류에서 상류로 올라가면서 약 50m 거리 내에 곳곳에 쌓여있는 하상퇴적물을 5~10군데에서 여러 번에 걸쳐 조금씩 채취(grab sampling)하여 복합시료(composite sample)로 만들어서 하상퇴적물의 대표성을 증가시켰으며, 시료채취시 제방의 형태나 좌우 지형 등도 고려되었다.

시료채취지점이 부근의 폐광산, 주거지, 산업시설, 쓰레기 처리장, 축산시설 등에 의해 인위적으로 오염이 이루어졌거나 오염이 의심되는 채취지점에서는 오염의 영향이 없는 쪽으로 이동하여 시료를 채취해 최대한 오염원을 배제 시켜 분석에 오차를 줄였다.

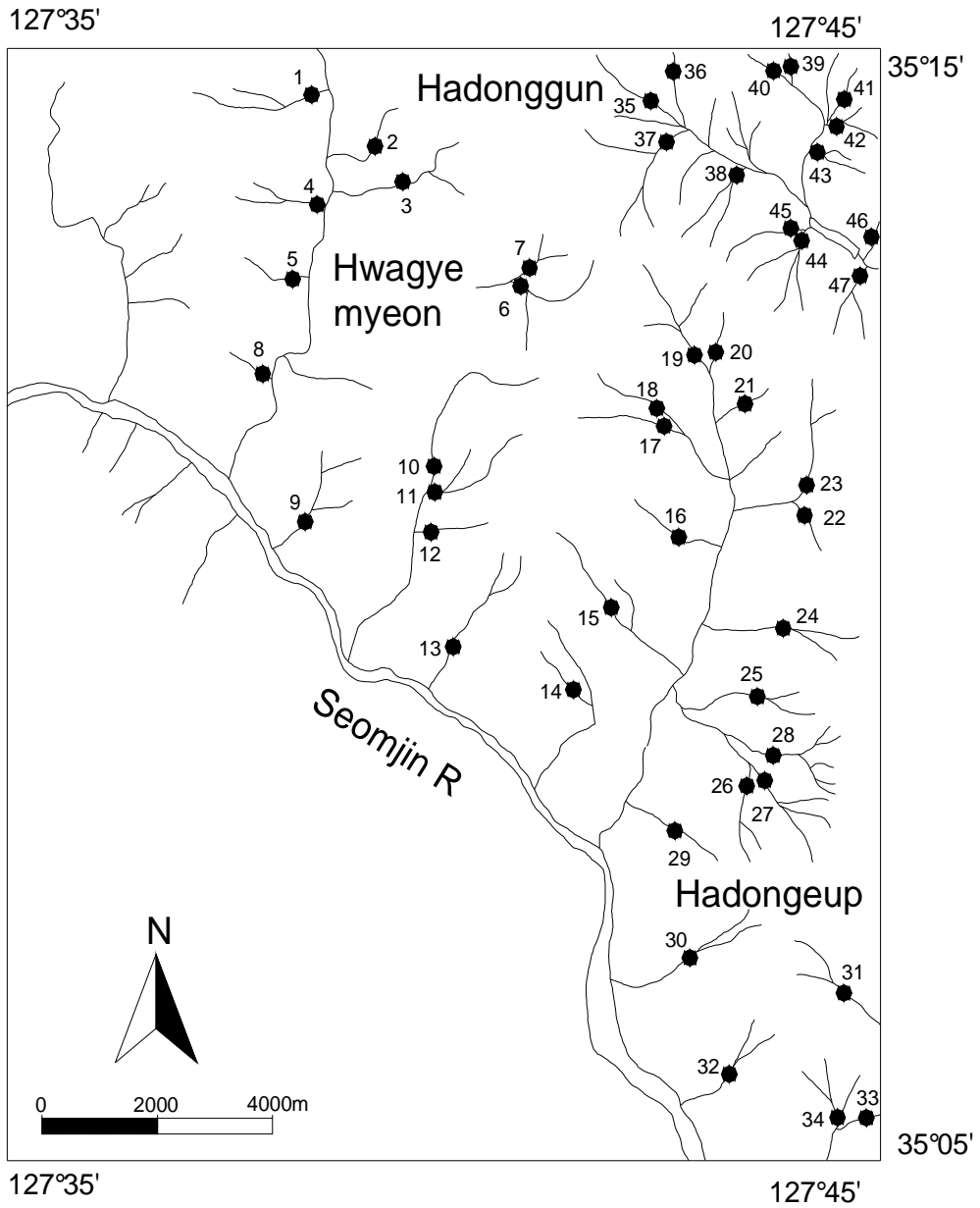


Fig. 2. Sampling sites map for stream sediments in the study area.

3.1.1. 하상퇴적물

일반적으로 연구 대상지역의 지구화학적 연구를 위한 시료는 목적에 따라 하상퇴적물의 중사 또는 표사, 암석, 토양, 빙하퇴적물, 호수퇴적물 등이 이용되며, 각 지질매체들은 그 형태와 존재특성에 따라 그들이 반영하는 범위와 대표성이 서로 다르게 된다.

집수분지(drainage basin)를 대표하는 소규모의 수계의 하상퇴적물들은 상류 집수분지 내에 발달되어있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 모인 것으로 연구지역의 지질(구성 암석)을 축약하여 집약시켜 놓은 것이나 다름없다는 점에서, 대표성이 뛰어난 것은 물론이고, 중금속과 미량원소를 잘 반영하고 있어(Darnley et al., 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998) 지표지질을 가장 잘 반영하는 대표적인 지질매체로 받아들여지고 있다.

하상퇴적물의 입도는 연구 목적에 따라 다양한 입도의 하상퇴적물을 이용할 수 있지만, 일반적으로 지구화학 지도 작성과 지구화학적 기준치 설정하는 데에 하상퇴적물의 입자의 크기는 100mesh 규격의 표준체로 체질하여 망을 통과하는 150 μ m 보다 미세한 실트-점토 크기의 무기질 입자를 대표시료로 하는 것이 효율적인 것으로 인정(Darnley, 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998; Eppinger et al., 2001)받고 있다. 수계가 비교적 균일하게 잘 발달되고 지표에 암석 노출과 토양 발달이 양호한 우리나라의 경우에도 다양한 입자 크기의 하상퇴적물 시료를 비교 연구한 결과, 150 μ m이하의 표사 시료가 가장 적합한 것으로 나타났다(이현구 외, 1999).

따라서, 이번 연구에서는 하동지역의 1차 수계를 대상으로 150 μ m이하의 하상퇴적물을 채취하였다.

3.2. 시료처리

하상퇴적물은 채취된 수계에서 100mesh의 표준체를 이용하여 바로 wet sieving을 실시하였으며, 체질 도중에 시료가 오염되는 것을 배제하기 고무장갑을 착용하였다. 반복적인 wet sieving에 의하여 100mesh의 표준체를 통과한 150 μ m이하의 세립질 입자를 50~100g 정도를 회수하였다. 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 따라내고 폴리에틸렌 병에 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)내지 53 μ m(270mesh) 정도가 될 때까지 연마하여 분석용 시료를 만들었다.

3.3. 시료분석

하상퇴적물의 화학분석은 한국지질자원연구원에서 실시하였으며, 분석은 세 가지 분야로 나누어 실시하였다. 주성분원소(SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 등 10종)는 X-선 형광분석기(X-ray fluorescence spectrometry: XRF)로 분석하였으며, 이 분석기기는 Shimadzu사의 MXF-2100 기종이다.

미량원소들 중에서 Cu, Li, Pb, Sr, V, Zr 유도결합 플라즈마 원자 방출 분광분석기(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry : ICP-AES)를 이용하여 분석을 실시하였고, 이 분석기기는 프랑스 Jovin-Yvon Equipment사의 Jovin Yvon JY-38 plus이다.

미량원소 및 희토류원소 중에서 Co, Th, Sc, Ce, Yb, Hf, Eu 등의 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 γ -ray 검출시스템을 이용하였으며, 감마스펙트럼분석은 EG & G사의 Ominigam 프로그램을 이용하였다.

4. 하상퇴적물에 대한 지구화학적 분석

4.1. 주성분원소

하동지역 하상퇴적물에 주성분원소들의 지구화학적 특성을 파악하기 위하여 본 연구지역에서 채취한 47개의 1차 수계 하상퇴적물에 대하여 화학 분석을 실시하였으며, 주성분원소의 화학분석 결과는 Appendix 1에 수록하였다.

하동지역의 하상퇴적물의 주성분원소의 함량을 살펴보면, SiO₂ 함량은 41.6~57.8wt.%의 범위를 보이고 있으며, Al₂O₃는 14.8~19.8wt.%, Fe₂O₃ 5.84~10.8wt.%, K₂O 1.60~3.79wt.%, MgO 1.27~3.84wt.%, Na₂O 0.37~2.14wt.%, CaO 0.63~5.37wt.%, TiO₂ 0.74~2.02wt.%, P₂O₅ 0.14~0.63wt.%, MnO 0.07~0.16wt.%의 범위를 보인다(Table 1).

Table 1. Abundance of major elements for stream sediments in the Hadong area(unit : wt.%).

Elements	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	41.6	14.8	5.84	0.63	1.27	1.60	0.37	0.74	0.07	0.14
Max	57.8	19.8	10.8	5.37	3.84	3.79	2.14	2.02	0.16	0.63
Average	49.5	17.5	8.70	1.90	2.34	2.60	1.08	1.10	0.12	0.25
STDEV	3.81	1.15	1.43	0.96	0.69	0.55	0.38	0.23	0.02	0.08
G.M	49.4	17.4	8.60	1.67	2.24	2.55	1.02	1.08	0.12	0.24
Median	49.3	17.5	9.02	1.91	2.47	2.44	1.00	1.08	0.13	0.23

Average : arithmetic average, STDEV : stand deviation,

G.M. : geometric mean

4.1.1. 주성분 원소의 평균 함량

주성분 원소들 간의 함량특성을 비교하기 위해서는 다수의 자료를 대표할 수 있는 하나의 단일한 값으로 나타내어야 하는데, 이때 가장 흔히 이용되는 통계 분석 기법으로는 주어진 그룹의 성격을 하나의 수치로 표시할 수 있는 평균값 분석 방법이다(허만형, 2001).

일반적으로 지구화학적 자료는 양 왜도 분포를 이루므로 배경 값을 설정할 때는 기하평균이 더 유용하다. 왜냐하면 산술평균은 수 개의 고함량을 갖는 시료가 존재할 때 산술평균은 이들 값의 영향을 크게 받지만, 기하평균은 산술평균에 비해 영향을 적게 받아 지구화학적 자료의 배경 값을 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.

주성분 원소들의 평균 함량은 SiO_2 49.4wt.%, Al_2O_3 17.4wt.%, Fe_2O_3 8.60wt.%, K_2O 2.55wt.%, Na_2O 1.02wt.%, MgO 2.24wt.%, TiO_2 1.08wt.%, CaO 1.67wt.%, P_2O_5 0.24wt.%, MnO 0.12wt.% 이다.

4.1.2. 주성분 원소의 분포 특성

연구지역 내에서 주성분 원소들의 함량을 관찰하기 위하여 각 주성분 원소들의 함량에 따른 빈도수를 이용하여 히스토그램으로 도시하였다(Fig. 3).

지화학 탐사 자료를 이용하여 히스토그램을 작성하였을 경우 대부분의 자료들이 최빈값의 주변에 밀집되어 분포하며, 빈도수는 최빈값을 중심으로 하여 좌우로 감소하는 정규 분포를 보이는 것이 가장 바람직하지만, 만약 이상치가 존재하는 경우에는 이러한 분포 패턴과는 상관없이 자료의 일반적인 범위보다 멀리 떨어져서 비정규적인 분포 패턴을 보이게 된다.

주성분 원소들의 히스토그램을 살펴보면 대부분의 원소들이 매우 정상적인 정규 분포를 이루고 있으나, CaO, MgO, TiO₂, P₂O₅ 등의 히스토그램에서는 이들 원소가 다른 지역에 비해 함량이 높거나 적은 시료가 존재하고 있음을 보여주고 있다.

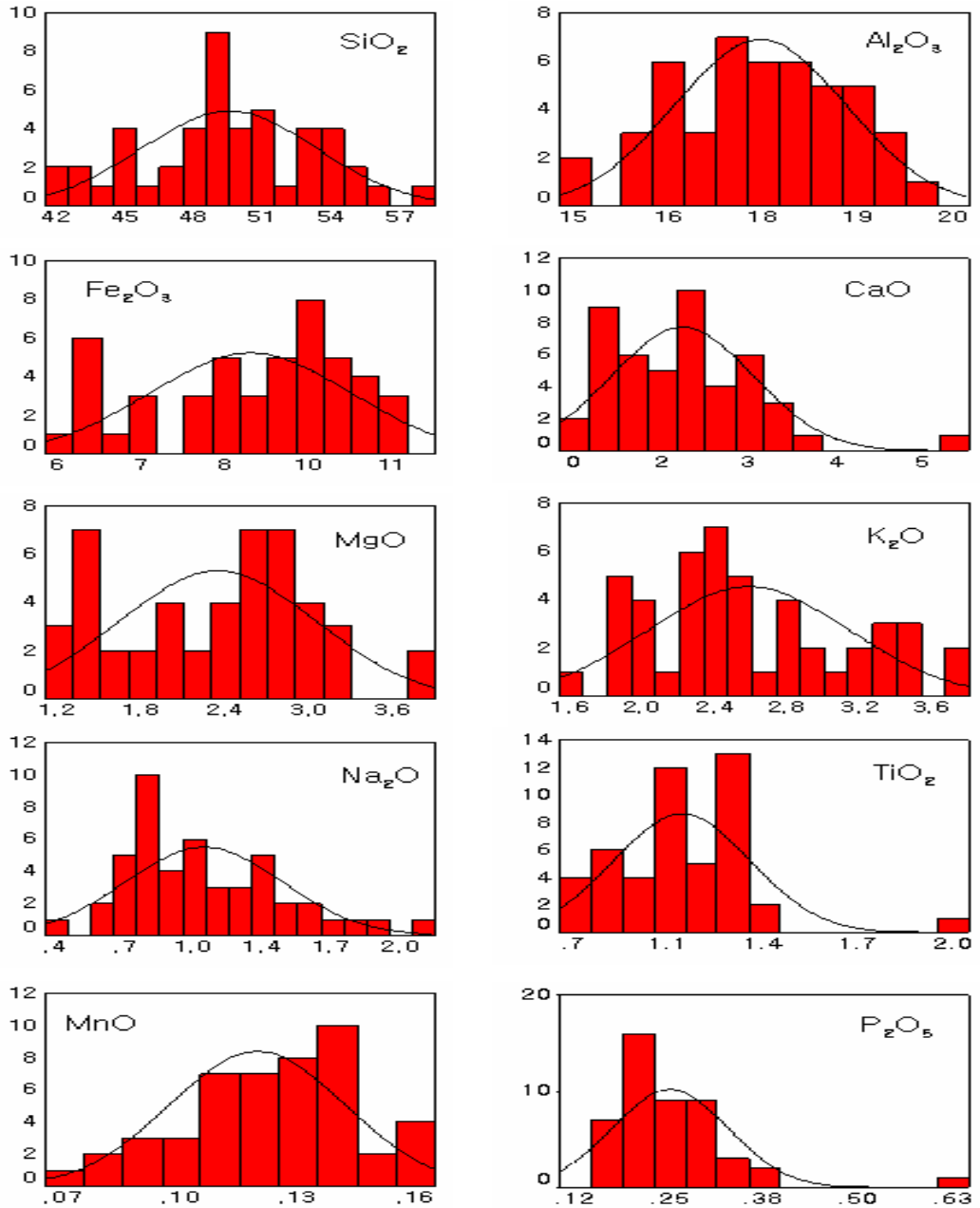


Fig. 3. Histograms of major elements for stream sediments in the Hadong area(unit : wt.%).

4.1.3. SiO₂의 함량에 따른 주성분원소의 거동 특성

주성분원소가운데 풍화, 속성 및 변성작용에 안정한 비유동원소로 SiO₂를 이용하였다(Hendricks et al., 1968). 주성분원소 각 원소들간의 상관관계를 도시 하여보았다(Fig. 4). SiO₂ 와 주성분 원소의 상관관계를 살펴보면 Fe₂O₃, MnO, MgO CaO, TiO₂, P₂O₅ 는 0.5부(-)의 관계를 보이며, K₂O 는 0.8로 높은 정(+의 관계를 보이며 Al₂O₃성분은 특별한 관계를 보이지 않았다(Table. 2)

Table 2. Correlation coefficients of major elements with stream sediments in the Hadong area.

	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
SiO ₂	1.000	-0.162	-0.633 **	-0.528	-0.529 **	0.808 **	-0.320 *	-0.493 **	-0.685 **	-0.483 **
Al ₂ O ₃		1.000	0.396 **	0.176 **	0.210	-0.143	0.058	0.373 **	0.046	0.258
Fe ₂ O ₃			1.000	0.493 **	0.715 **	-0.722 **	0.363 *	0.743 **	0.756 **	0.132
CaO				1.000	0.881 **	-0.656 **	0.920 **	0.452 **	0.560 **	0.504 **
MgO					1.000	-0.689 **	0.815 **	0.614 **	0.703 **	0.336 *
K ₂ O						1.000	-0.503 **	-0.491 **	-0.699 **	-0.380 **
Na ₂ O							1.000	0.329 *	0.489 ****	0.415 **
TiO ₂								1.000	0.581 **	0.224
MnO					*				1.000	0.341 *
P ₂ O ₅										1.000

** Correlation is significant at the 0.01 level.

* Correlation is significant at the 0.05 level.

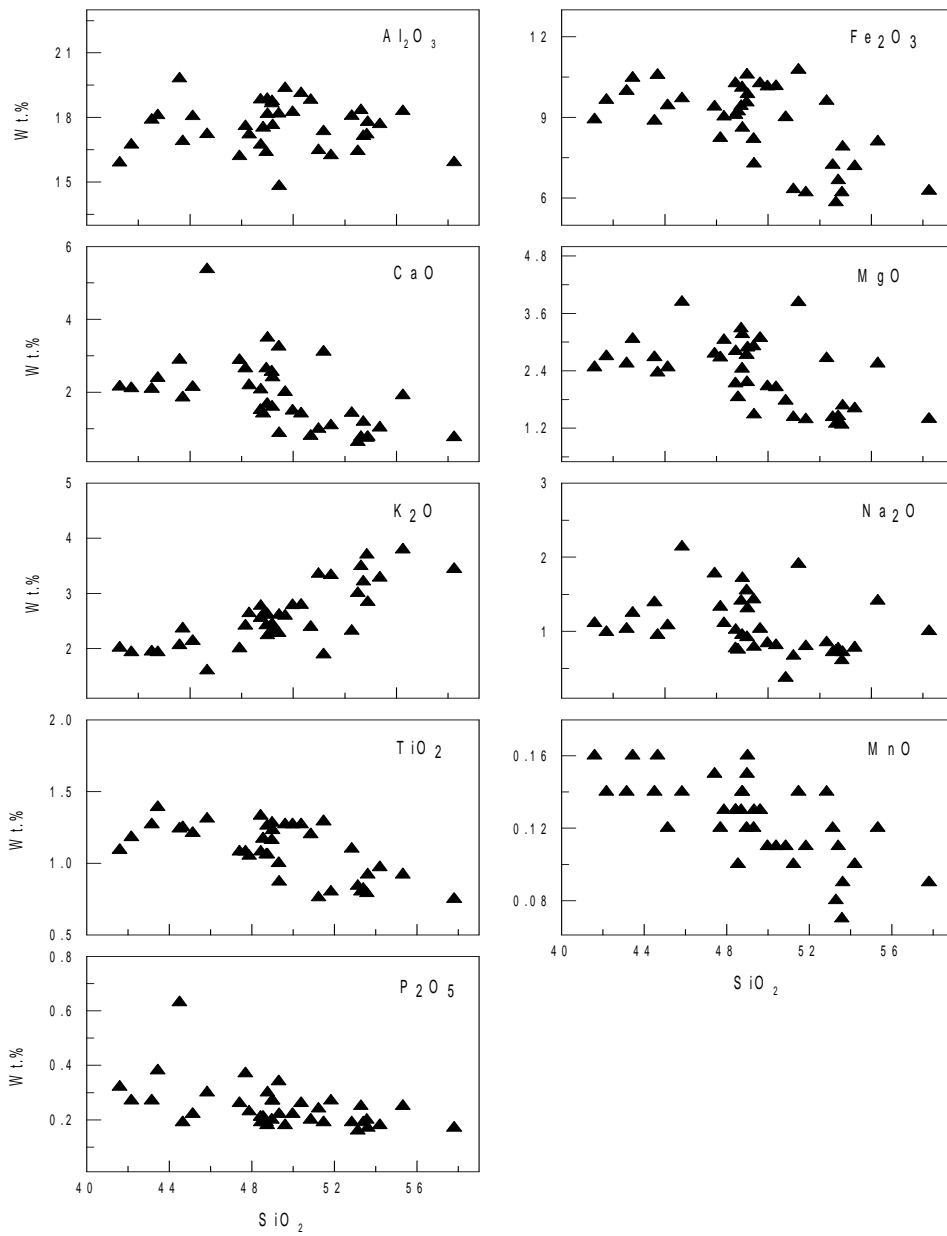


Fig. 4. Harker diagrams of major elements against SiO_2 (wt.%) for stream sediments in the Hadong area.

4.2. 주성분원소별 지구화학적 특징

4.2.1. 철(Fe_2O_3)

철(Fe_2O_3)는 마그마작용 중에 중간단계의 분별작용으로 생긴 물질에 농집되며, 일반적으로 산성·중성·초염기성암에 비해 염기성암에 농집된다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Turekian and Wedehol, 1961). 상부 대륙지각 함량은 5%정도이다.(Taylor and McLennan, 1995) 일반적인 상황에서 철(Fe_2O_3)의 결핍현상은 비교적 적게 발생하나, 필요에 따라서는 과수에 자주 $FeSO_4$ 를 뿌려야 한다(최석원과 김억수, 1996).

각 시료위치에 따라 자연배경치는 5.84~10.8wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 8.60wt.%이다.

철(Fe_2O_3)원소가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-37(하동군 관음봉 부근)에서 채취한 시료로서 철(Fe_2O_3)의 함량은 10.8wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 철(Fe_2O_3)의 기하평균인 8.60wt.%보다 높은 함량(1.2배)을 보이고 있다(Fig. 5).

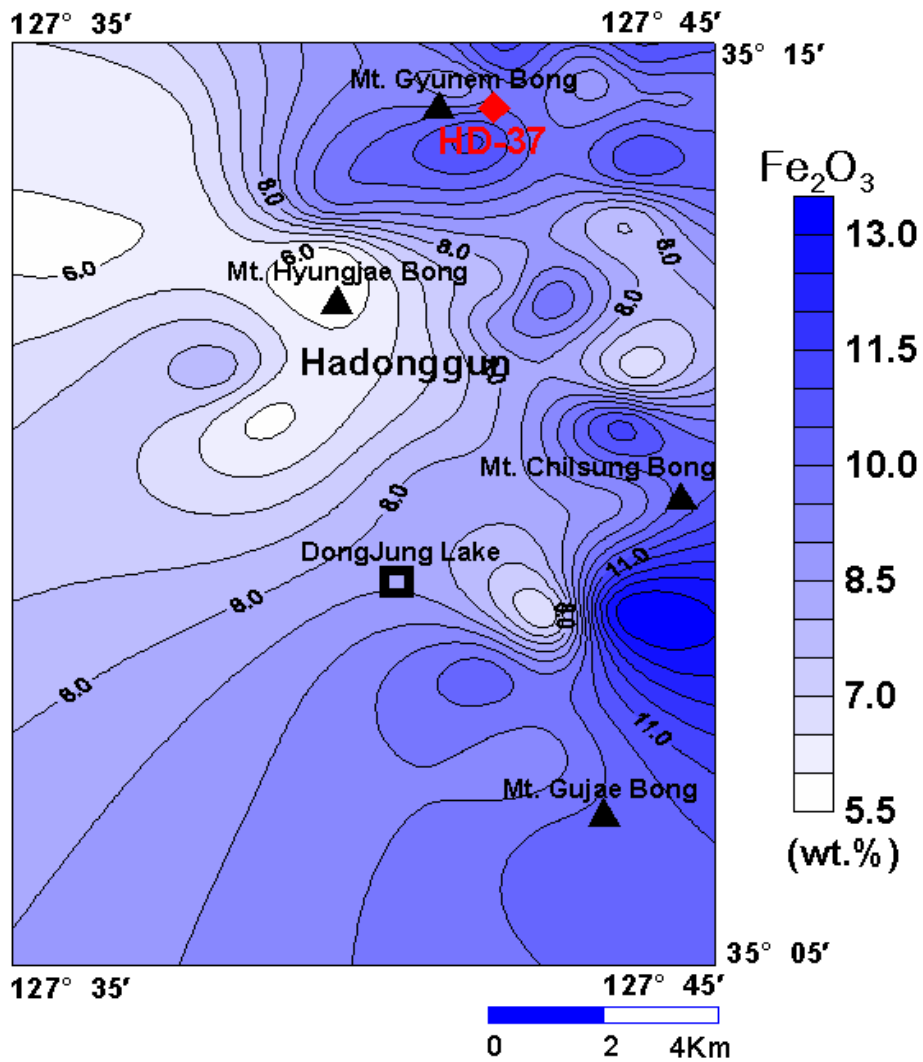


Fig. 5. Contour diagram for Fe_2O_3 contents of stream sediments in the Hadong area.

4.2.2. 칼슘(CaO)

칼슘(CaO)는 사장석과 투회석 등 기본적인 조암광물의 주성분을 이루므로 염기성암과 초염기성암에 부화되어 있다(Levinson, 1974; Taylor, 1964). 상부 대륙지각 함량은 4.2% 주요 광물로는 anorthite, pinitadotite, scolecite, mayenite, grossular, monticellite, 방해석 등이 있으며, 각 시료위치에 따라 자연배경치는 0.63~5.37wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 1.91wt.%이다.

칼슘(CaO)원소가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이 부근)에서 채취한 시료로서 칼슘(CaO)의 함량은 5.37wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 칼슘(CaO)의 기하평균인 1.67wt.%보다 높은 함량(3배이상)을 보이고 있다(Fig. 6).

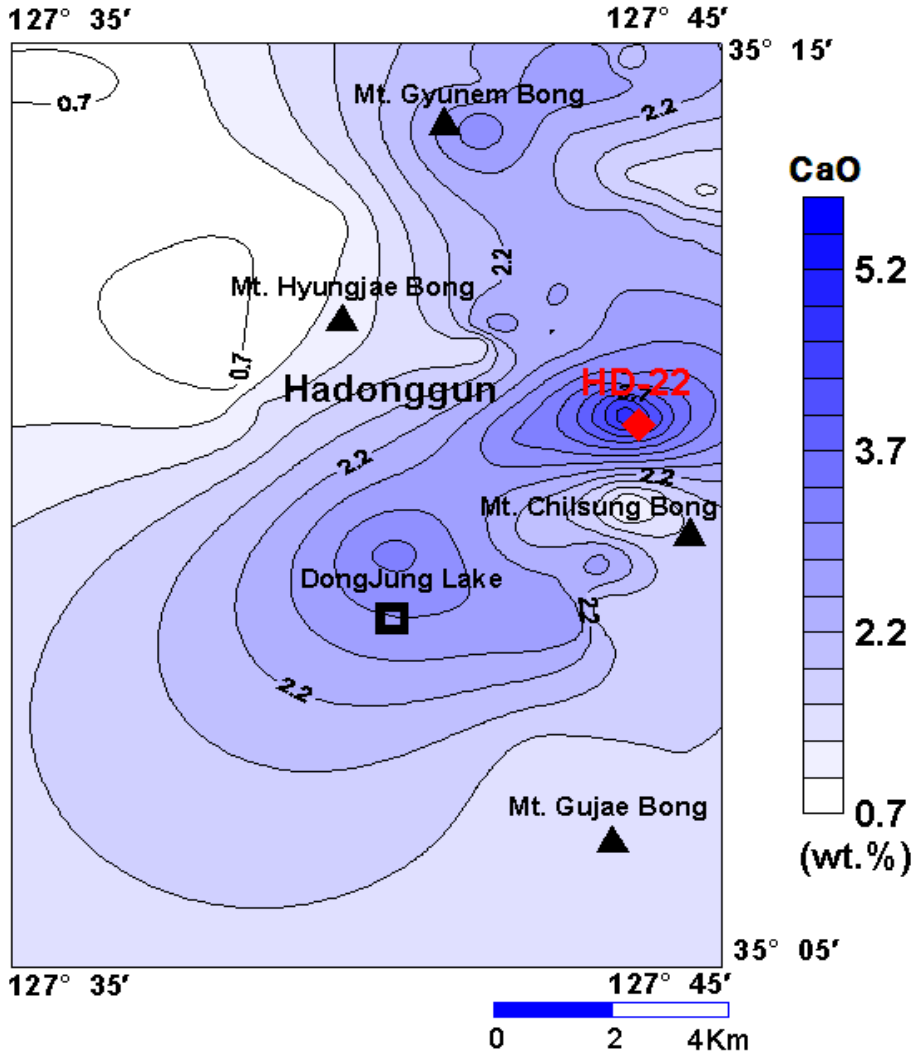


Fig. 6. Contour diagram for CaO contents of stream sediments in the Hadong area.

4.2.3. 마그네슘(MgO)

마그네슘(MgO)는 사장석과 투회석 등 기본적인 조암광물의 주성분을 이루므로 염기성암과 초염기성암에 부화되어 있다 (Levinson, 1974; Taylor, 1964). 상부 대륙지각 함량은 4.2% 주요 광물로는 anorthite, pinitadotite, scolecite, mayenite, grossular, monticellite, 방해석 등이 있으며, 각 시료위치에 따라 자연배경치는 1.27~3.84wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 2.24wt.%이다.

마그네슘(MgO)원소가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이 부근), HD-37(하동군 관음봉 부근)의 시료로서 각 시료의 함량이 3.84wt.%, 3.83wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 마그네슘(MgO)의 기하평균인 2.24wt.%보다 1.7배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 7).

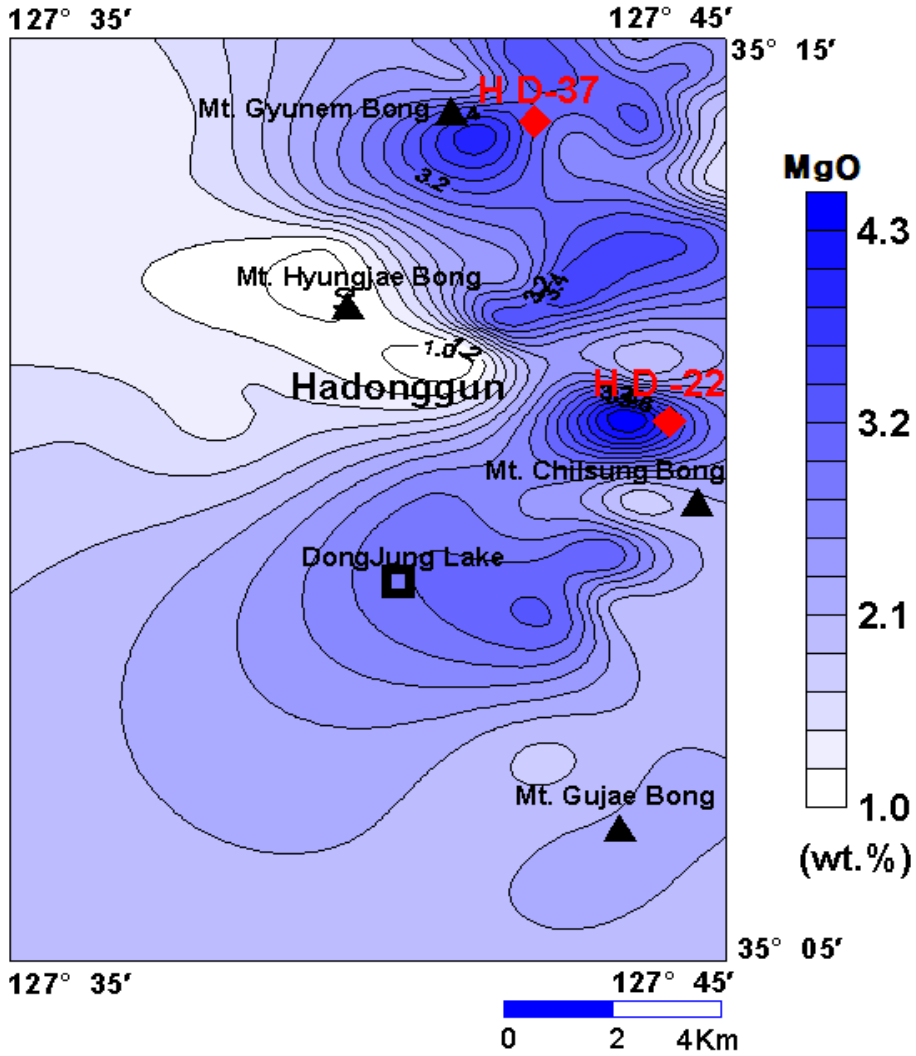


Fig. 7. Contour diagram for MgO contents of stream sediments in the Hadong area

4.2.4. 칼륨(K_2O)

칼륨(K_2O)은 알칼리 금속이며 친석원소로, 암석을 구성하는 많은 광물 중에서 바륨, 루비듐과 함께 산출되는 경우가 많고, 마그마 분화작용 중에 점진적으로 농집되므로 염기성 화성암보다 산성암에 더 부화된다(Levinson, 1974; Taylor, 1964). 칼륨은 작물성장에 유용하며, 인체에 칼륨(K_2O)이 부족하거나 효과적으로 이용할 수 없으면 칼륨(K_2O)결핍을 야기시켜 피로, 어지러움, 구토, 식욕부진이 생기는 저혈칼륨증이 생길 수 있다(최석원과 김억수, 1996).

칼륨(K_2O)은 모든 생명체가 대량으로 필요로하는 필수원소로 분류되며, 독성은 없으나 칼륨(K_2O)의 농도가 지나치게 높으면 식물에게는 매우 유독하다(Merian, 1991; Reimann and Caritat, 1998). 상부 대륙지각 함량은 3.4% 화강암에서 4%를 함유하고 있다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995).

각 시료위치에 따라 자연배경치는 1.60~3.79wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 2.55wt.%이다.

칼륨(K_2O)다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-47(하동군 청암면 삼거리 부근)의 시료로서 각 시료의 함량이 3.31wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 칼륨(K_2O)의 기하평균인 2.55wt.%보다 1.3배 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 8).

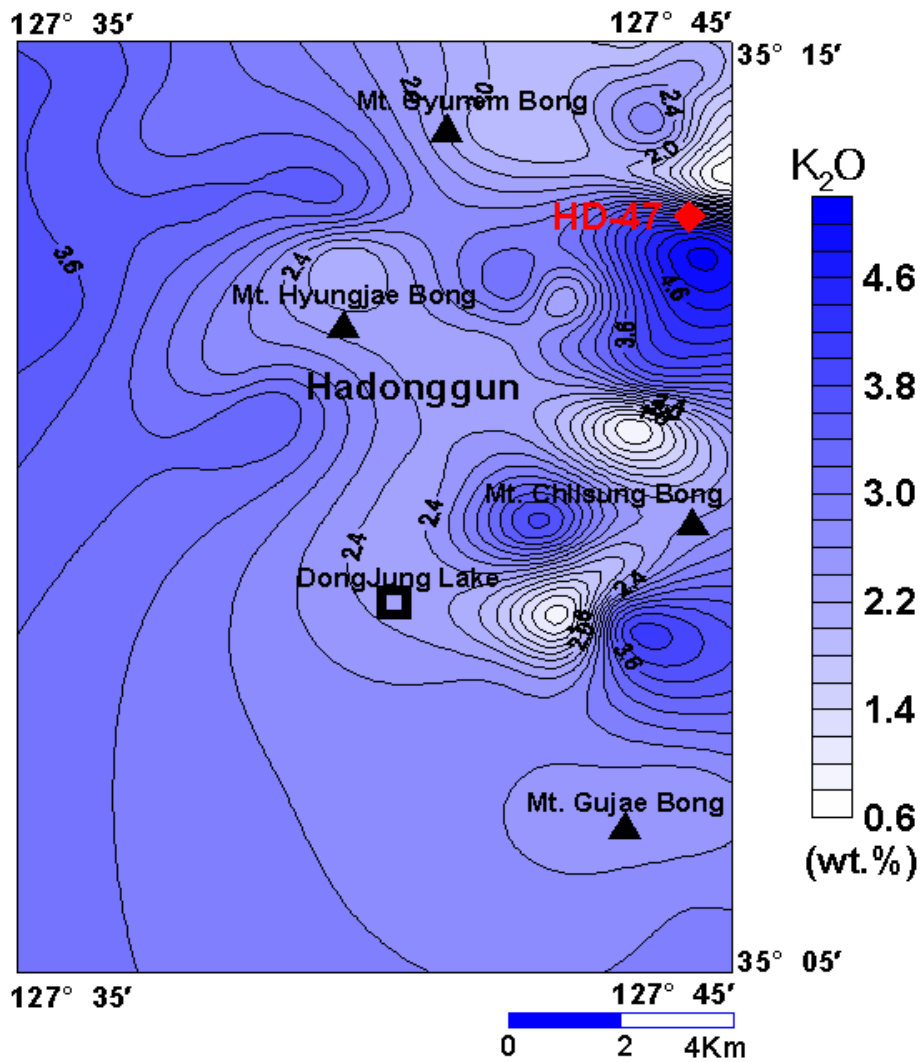


Fig. 8. Contour diagram for K₂O contents of stream sediments in the Hadong area.

4.2.5. 나트륨(Na_2O)

나트륨(Na_2O)은 생물체에 필요하다고 여겨지는 원소이며, 중금속으로 분류되지만 지각 함량은 3.9%(Taylor and McLennan, 1995)이다. 나트륨(Na_2O)은 체액 안의 중요한 양이온 성분으로, 나트륨의 섭취가 부족하면 연약 무력, 식욕부진, 어지러움 등의 증상이 나타나고, 장기간의 나트륨(Na_2O) 결핍은 성장 발육에 영향을 주나 대량의 나트륨 섭취는 인체에 유해하다(최석원과 김억수, 1996). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 0.37~2.14wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 1.02wt.%이다

나트륨(Na_2O)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이 부근)의 시료로서 각 시료의 함량이 2.10wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 나트륨(Na_2O)의 기하평균인 1.02wt.%보다 1.7배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 9).

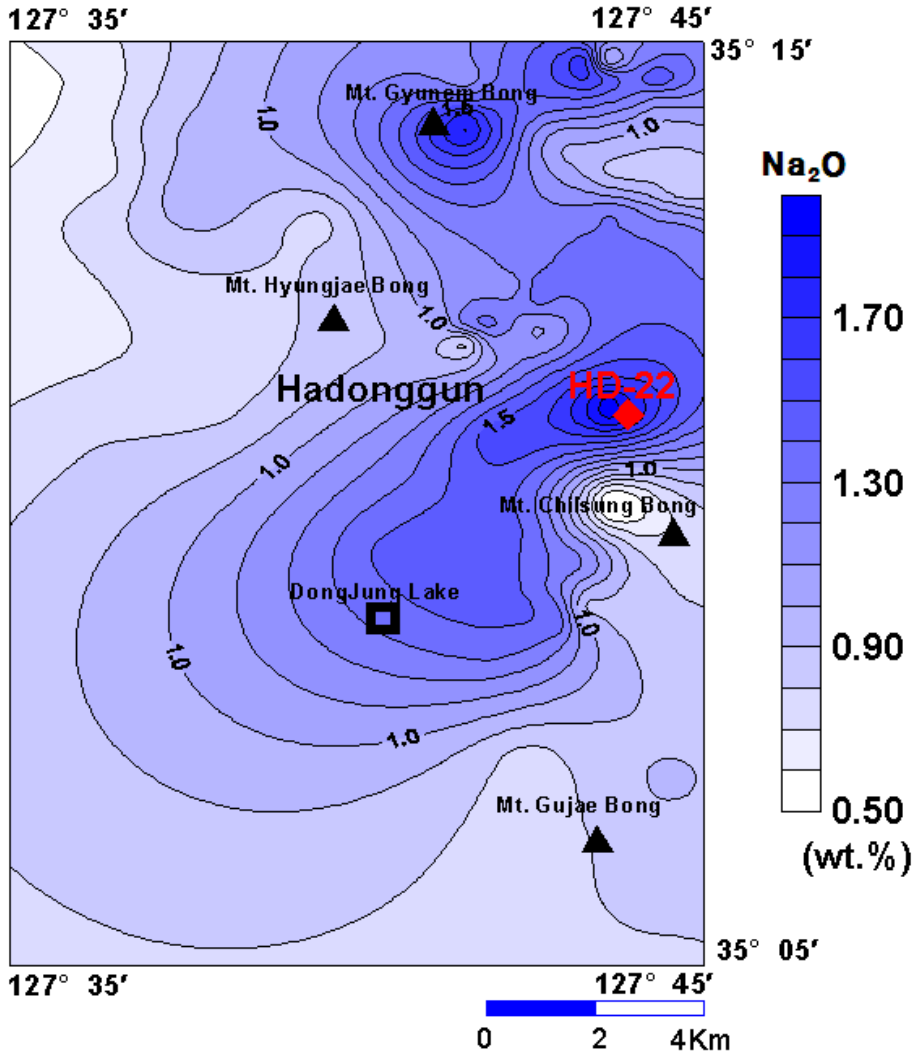


Fig. 9. Contour diagram for Na₂O contents of stream sediments in the Hadong area.

4.2.6. 티탄(TiO_2)

티탄(TiO_2)은 생물체에 필요하다고 여겨지는 원소이며, 중금속으로 분류되지만 실제로는 가벼운 금속소재로 이용되는 경우가 많다. 티탄(TiO_2)은 곡식의 성장률에 좋은 영향을 주며(Merian, 1991; Reimann and Caritat, 1998) 상부 대륙지각에 0.5% 함유 된다(Taylor and McLennan, 1995).

티탄(TiO_2)이 분포하는 지역에서는 티탄(TiO_2)의 유동도가 증가하고(Hutton et al., 1972), 지각의 풍화작용 중에 티탄(TiO_2)은 철알루미늄 규산염 잔적층 내에 비교적 많이 잔존해 있으며 이는 천연수내에서 전이의 강도가 크지 않음을 시사한다(최석원과 김억수, 1996). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 0.74~2.02wt.% 범위를 보인다. 기하평균은 1.08wt.%이다.

티탄(TiO_2)원소의 함량이 다른 지역 보다 높게 나타난 시료는 HD-44(하동군 청암면 회남골 부근)에서 채취된 시료로서 티탄(TiO_2)의 함량이 2.02wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 함유되어있는 티탄(TiO_2)의 기하평균인 1.08wt.%보다 2배정도 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 10).

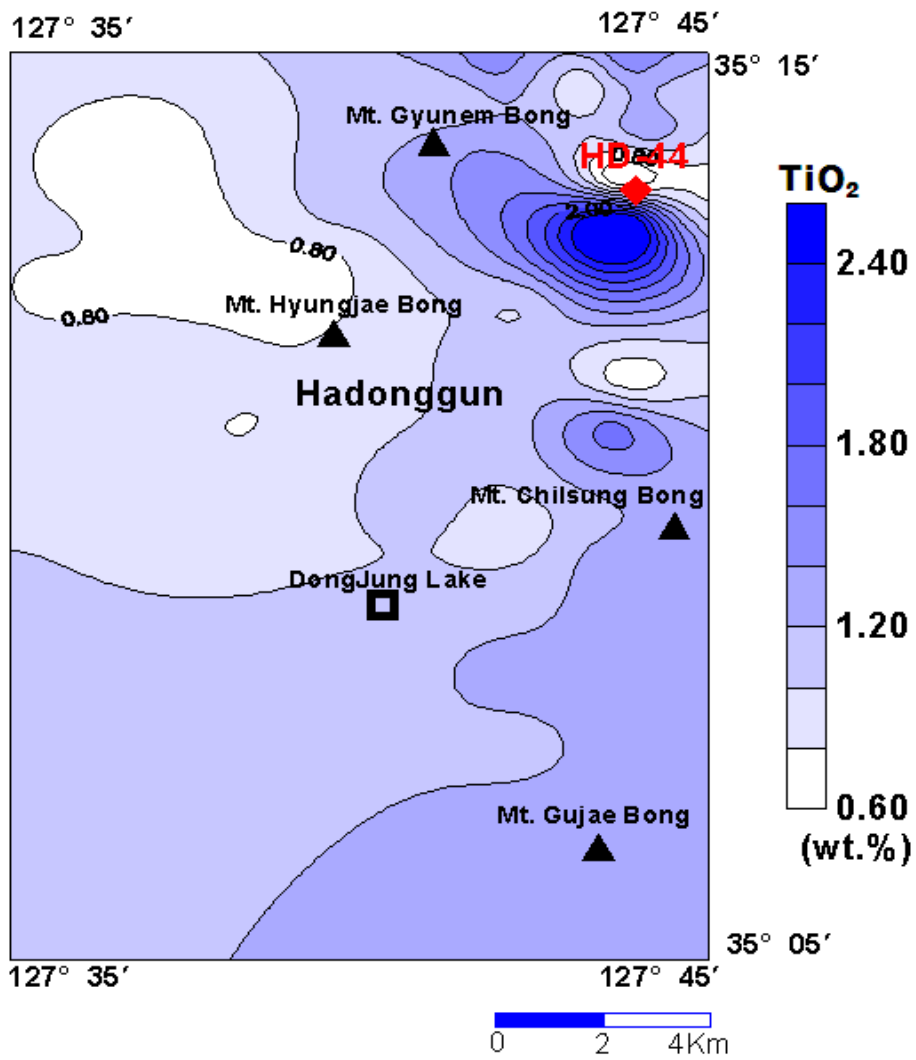


Fig. 10. Contour diagram for TiO_2 contents of stream sediments in the Hadong area.

4.2.7. 인(P_2O_5)

인(P_2O_5)함량이 전체시료에서 가장 높게 나타난 지역은 HD-26(하동군 신대리 부근)이며 함량은 0.63wt.%로 하동지역 하상퇴적물의 평균 기하평균인 0.24wt.%보다 2.5배이상 높은 함량을 보이는 것으로 관찰되었다(Fig. 11).

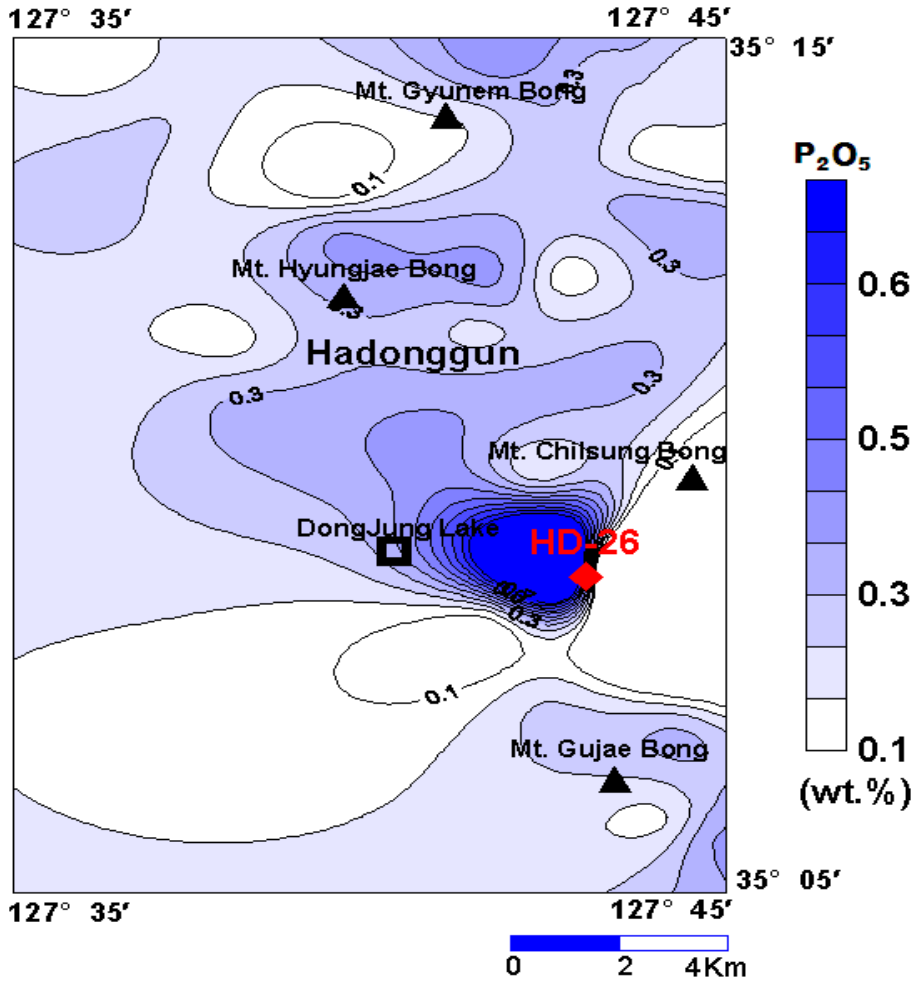


Fig. 11. Contour diagram for P_2O_5 contents of stream sediments in the Hadong area.

4.3. 미량원소 및 희토류원소

본 연구에서는 지역의 하상퇴적물 내에 존재하는 미량 및 희토류원소의 분포 특징을 고찰하기 위하여 유도결합 플라즈마 원자 방출 분광분석(ICP-AES)을 이용하여 총 47개의 시료에 대해 분석을 실시하였고, 미량원소 및 희토류원소에 대한 분석 결과는 Appendix 2에 수록하였다.

4.3.1. 미량원소 및 희토류원소의 평균 함량

하동지역 하상퇴적물의 미량원소들 함량을 살펴보면 Cu 16.4~41.2ppm, Pb 26.5~37.5ppm, Sr 95.0~675ppm, V 64.7~133ppm, Zr 51.0~135ppm, Li 27.3~90.0ppm, Co 15.7~29.5ppm, Cr 79.6~153ppm, Hf 6.66~29.7ppm, Sc 13.4~27.1ppm, Th 10.6~82.4ppm 정도의 범위를 보이며, 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 원소들은 각각 102~360ppm, 1.08~2.06ppm, 1.57~8.74ppm 을 보이고 있다(Table 2).

하동지역 하상퇴적물의 미량원소의 함량을 원소들의 기하평균 값을 이용하여 비교해본 결과(Table 2), Sr 원소가 평균 203ppm으로 가장 많은 함량을 보이고 있으며, 그 다음으로는 Ce 157ppm Cr 121ppm, Zr 93.6ppm, V 93.4ppm, Li 57.5ppm, Pb 32.3ppm, Cu 27.4ppm, Th 26.4ppm, Co 21.3ppm, Sc 18.0ppm, Hf 11.2ppm 순으로 분포하고 있는 것으로 조사되었다.

하동지역 하상퇴적물에서 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 원소들의 평균함량은 각각 157ppm, 1.53ppm, 3.54ppm으로 관찰되었다.

Table 3. Abundance of minor elements for stream sediments in the Hadong area(unit of ppm).

Element	Min	Max	Average	STDEV	G.M.	Median
Cu [*]	16.4	41.2	27.8	27.4	27.4	27.7
Pb [*]	26.5	37.5	32.4	2.25	32.3	32.0
Sr [*]	95.0	675	230	125	203	205
V [*]	64.7	133	94.9	16.5	93.4	97.2
Zr [*]	51.0	135	95.8	20.1	93.6	95.8
Li [*]	27.3	90.0	59.9	16.2	57.5	66.4
Ce ^{**}	102	360	167	61.8	157	157
Co ^{**}	15.7	29.5	22.3	3.85	21.9	22.4
Cr ^{**}	79.6	153	123	19.2	121	123
Eu ^{**}	1.08	2.06	1.55	0.23	1.53	1.61
Hf ^{**}	6.66	29.7	11.9	5.03	11.2	10.2
Th ^{**}	10.6	82.4	29.4	15.3	26.4	27.2
Sc ^{**}	13.4	27.1	18.5	4.27	18.0	17.9
Yb ^{**}	1.57	8.74	3.87	1.72	3.54	3.70

Average : arithmetic average, STDEV : stand deviation

G.M. : geometric mean

* Number of samples = 38

** Number of samples = 20

4.3.2. 미량원소 및 희토류원소의 분포 특성

연구지역 내에서 주성분원소들의 함량이 과다 농집되어 있거나 이상 결핍된 지역의 존재 여부를 관찰하기 위하여 각 주성분원소들의 함량에 따른 빈도수를 이용하여 히스토그램으로 도시하였다(Fig. 12).

지화학 탐사 자료를 이용하여 히스토그램을 작성하였을 경우 대부분의 자료들이 최빈값의 주변에 밀집되어 분포하며, 빈도수는 최빈값을 중심으로 하여 좌우로 감소하는 정규 분포를 보이는 것이 가장 바람직하지만, 만약 이상치가 존재하는 경우에는 이러한 분포 패턴과는 상관없이 자료의 일반적인 범위보다 멀리 떨어져서 비정규적인 분포 패턴을 보이게 된다. 따라서 이러한 지역은 주위의 다른 지역보다 해당 원소가 어떤 원인에 의하여 이상 결핍 또는 과다 농집되어 있다고 해석할 수 있다(GNHPR, 2001).

미량 및 희토류원소의 히스토그램을 살펴보면 대부분의 원소들이 정규 분포를 이루고 있으나, Sr, Hf, Th, Yb, Ce 등의 히스토그램에서는 이들 원소가 다른 지역에 비해 과다 농집된 시료가 존재하고 있음을 보여주고 있다.

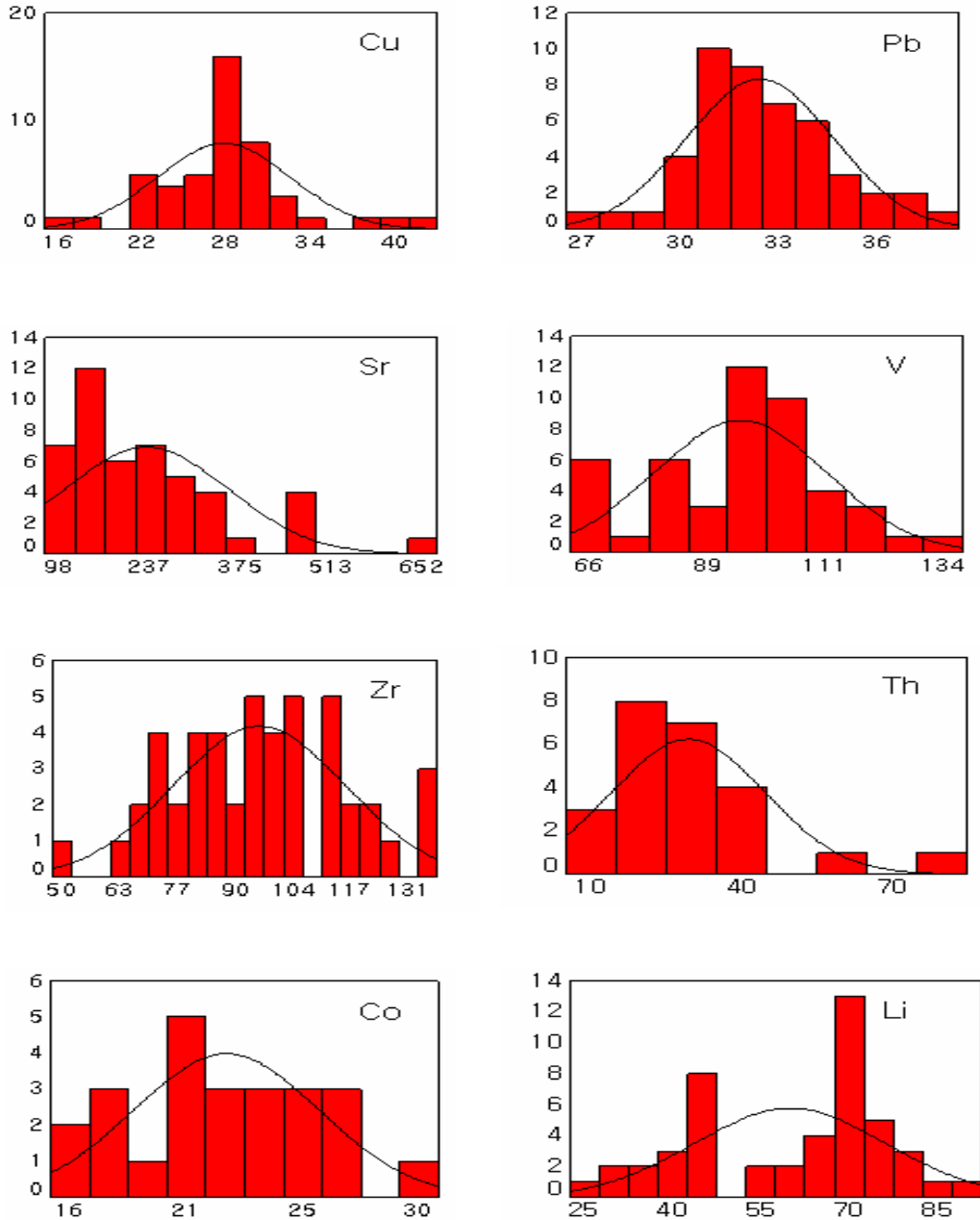
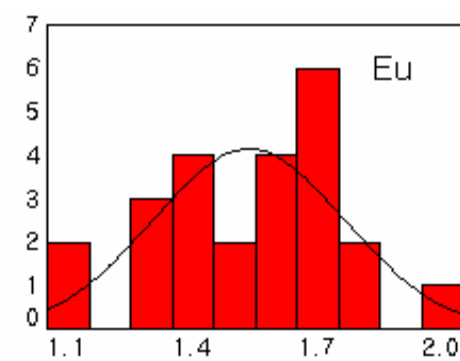
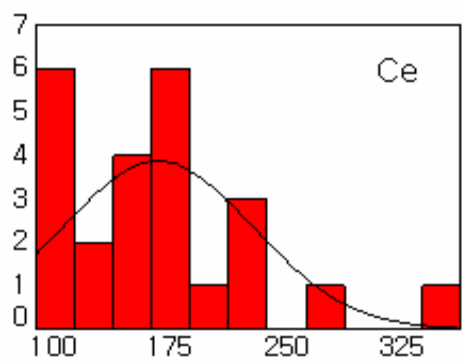
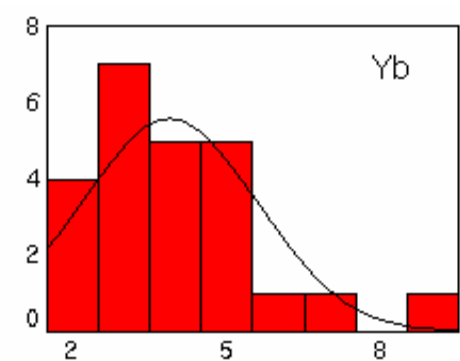
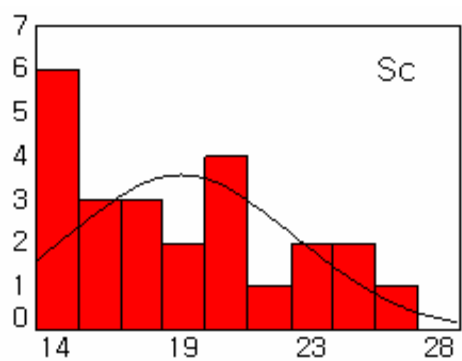
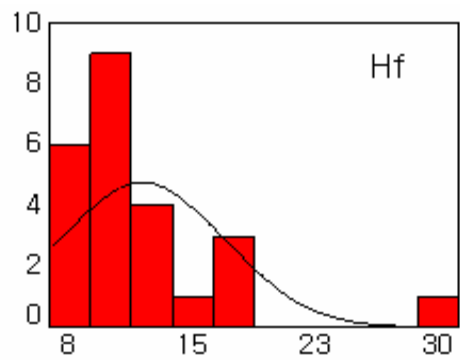
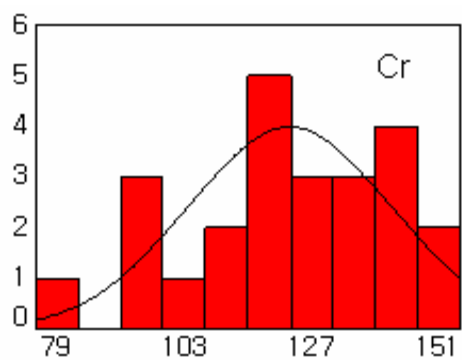


Fig. 12. Histograms of minor elements for stream sediments in the Hadong area(unit : ppm).

continued Fig. 12.



4.3.3. SiO₂의 함량에 따른 미량원소 및 희토류원소의 거동 특성

하동지역 하상퇴적물의 일부 미량원소 및 희토류원소들을 주성분원소인 SiO₂의 함량에 따른 변화를 살펴보았다. 일반적인 화성암은 SiO₂의 함량이 증가함에 따라 Rb, Zr의 함량은 증가하며, Ba, Ni, Sc 및 Sr의 함량은 상대적으로 감소하는 경향을 갖는다(이현구 외, 1999).

미량원소 및 희토류원소와 비유동원소인 SiO₂와 미량원소 및 희토류원소의 상관관계를 살펴보면 Co, V, Sc, Cu, Sr, Li, Yb, 성분은 0.4~0.5의 부(-)의 관계를 보이며 Pb, Zr, Ce, Th, Cr, Hf, Eu 성분은 특별한 관계를 보이지 않았다(Table 4).

Table 4. Correlation coefficients between SiO₂ and minor and rare earth elements of the stream sediments in the study area.

	Cu	Li	Pb	Sr	V	Zr	Ce
SiO ₂	-0.381 **	-0.447 **	0.092	-0.465 **	-0.684 **	-0.074	-0.286
	Yb	Th	Cr	Hf	Sc	Co	Eu
	-0.392	-0.073	-0.029	-0.029	-0.479 *	-0.617	0.059

** Correlation is significant at the 0.01 level.

* Correlation is significant at the 0.05 level.

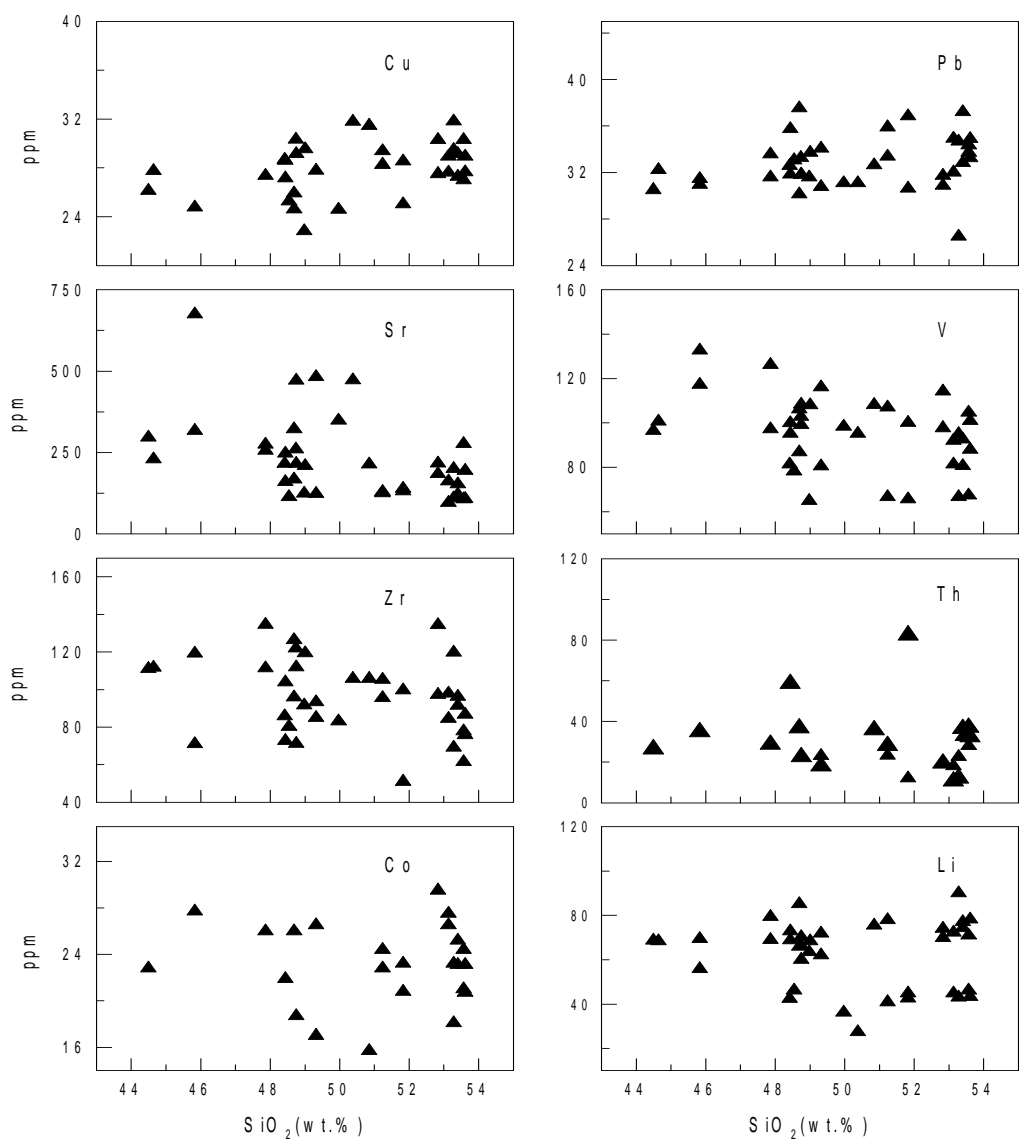
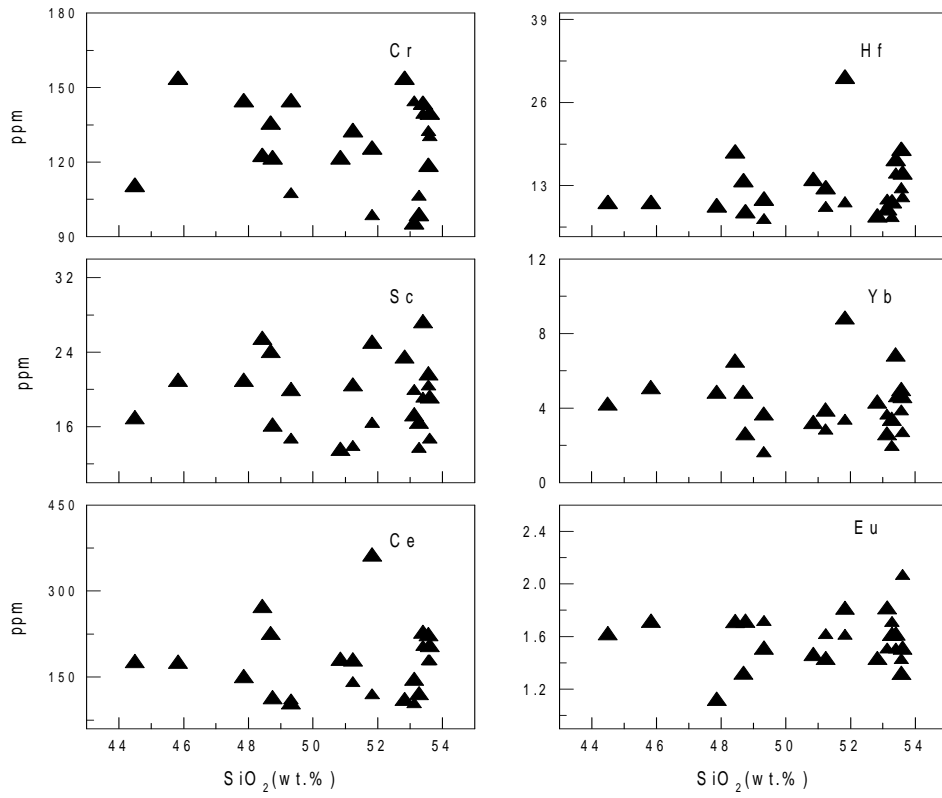


Fig. 13. Variation diagrams of trace elements(ppm) against SiO₂(wt.%) for stream sediments in the Hadong area.

continued Fig. 13.



4.4. 미량원소 및 희토류원소별 지구화학적 특징

4.4.1. 구리(Cu)

구리(Cu)는 대표적인 친동원소의 중금속으로 염기성 마그마의 초기 결정단계에서 마그마로부터 유리 되어 나오므로 규산염 광물에는 들어갈 수 없는 특징을 가진다(Wager and Mitchell, 1951).

구리(Cu)는 모든 생물체에 필요한 미량원소로 분류되지만 다량 섭취하면 독성이 있고, 반대로 토양내에 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).

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

상부 대륙지각에서 25ppm, 토양에서 2~100ppm, 화강암에서 10ppm, 셰일에서는 50ppm(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995; Turekian and Wedephol, 1961) 정도 함유되어 있다. 각 시료위치에 따라 자연배경치는 16.4~41.2ppm 범위를 보인다. 기하평균은 27.4ppm이다. 토양 중의 평균 함량은 20ppm 정도이다. 토양중의 평균 함량보다 높은 함량을 보이고 있다..

구리(Cu)가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-26(하동군 신대리 부근), HD-36(하동군 청암면 진주암 부근)에서 각 시료의 함량이 41ppm, 40ppm로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 구리(Cu)의 함량 평균인 27.4ppm보다 1.5배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 14).

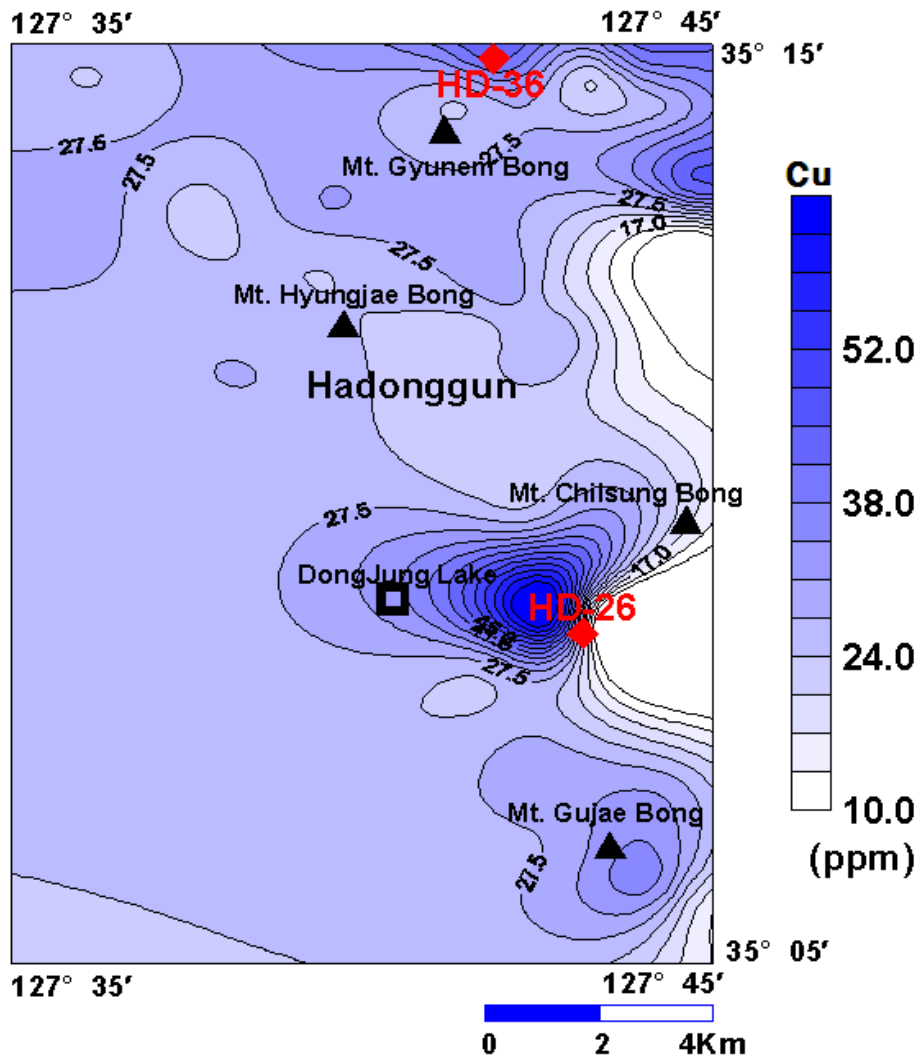


Fig. 14. Contour diagram for Cu contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.2. 납(Pb)

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

각 시료위치에 따라 자연배경치는 26.5~37.5ppm 범위를 보인다. 기하평균(G.M.)은 32.3ppm이다(Table. 2). 퇴적물의 오염기준치인 40ppm보다 낮은 함량을 보이고 있다.

납(Pb)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-31(하동군 우계리 산촌 부근)시료가 함량이 37.2ppm으로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 납(Pb)의 평균 함량인 32.33ppm보다 높은 함량을 보이고 있으며 퇴적물의 오염기준치인 40ppm보다는 낮지만 지속적인 관찰이 필요하다(Fig. 15).

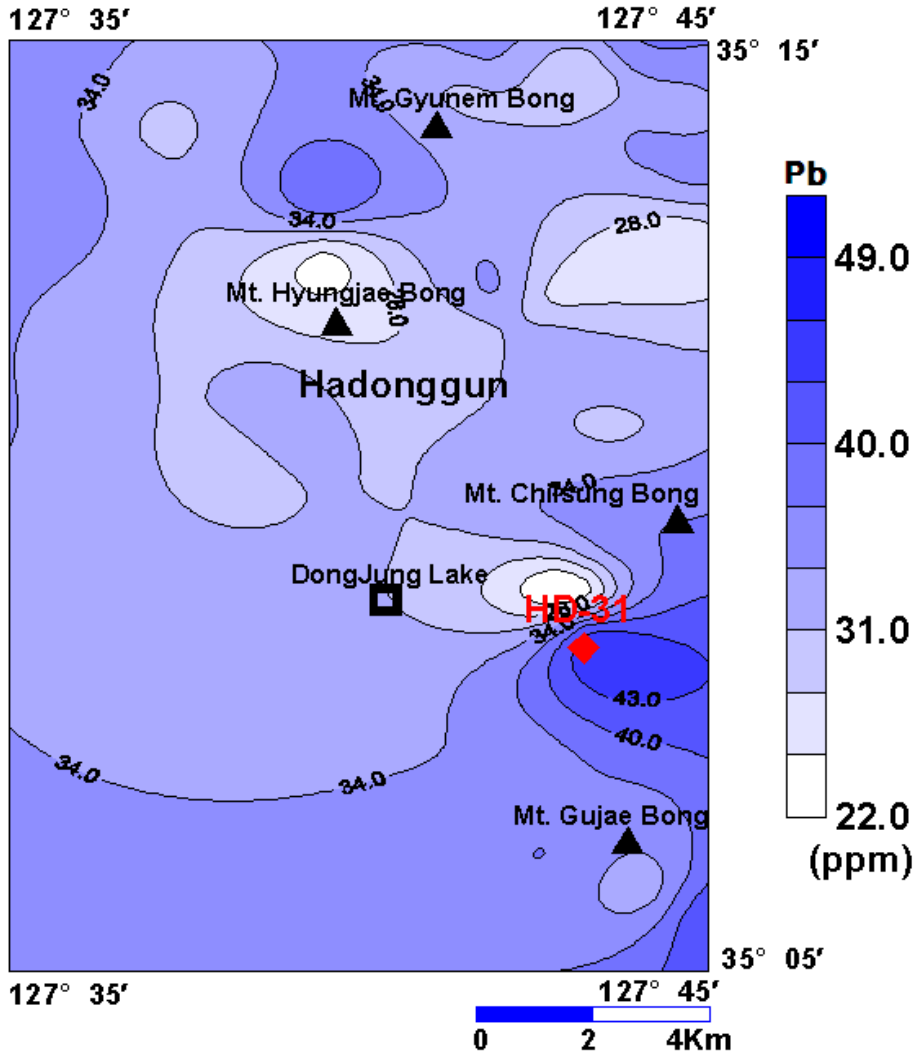


Fig. 15. Contour diagram for Pb contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.3. 스트론튬(Sr)

스트론튬(Sr)의 이온반경은 Ca^{2+} (1.21 Å)와 K^+ (1.46 Å)의 중간크기 이므로 칼슘광물에 허용 또는 칼륨광물에 포획된다(Mason and Moore, 1982) 마그마 작용중에 스트론튬(Sr)은 중간 단계에 분별 결정된 물질에 분배 되므로 진화된 화강암 (<300ppm)이나 염기성암(<450)보다는 중성암(약 500ppm)에 부화되는 경향이 있으며, 특히 사장암에서 높은(약 1000ppm)것으로 알려져 있다(Wedephol, 1978). 백악기 중성 화산암의 국내 자연배경치인 144ppm(신성천 등, 2001e). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 95.0~675ppm 범위를 보인다. 기하평균은 205ppm이다.

스트론튬(Sr)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-14(하동군 봉대리 봉대 부근), HD-16(하동군 중대리 청약약수터 부근), HD-22(하동군 동매리 와 신대리 사이 부근), HD-23(하동군 동매리 와 신대리 사이 부근), HD-26(하동군 신대리 부근)으로 각 시료의 함량이 473ppm, 458ppm, 675ppm, 471ppm, 482ppm로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 스트론튬(Sr)의 평균 함량인 203ppm 보다 2~3.37배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 16)

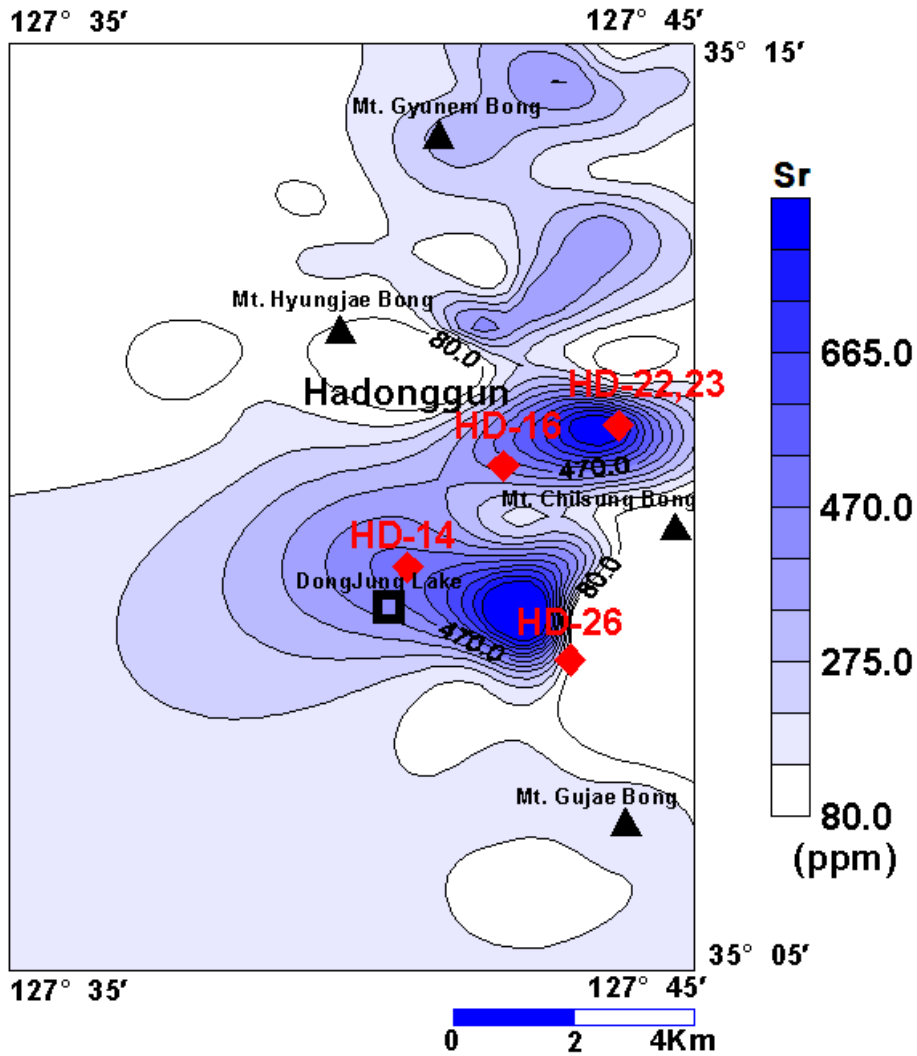


Fig. 16. Contour diagram for Sr contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.4. 바나듐(V)

바나듐(V)은 친석원소로 보통은 자연에서 금속으로 거의 존재하지 않으며 주로 황화물이나 산화된 상태로 존재하며 변성작용 중에는 대부분 유동성이 없다.(Condie, 1976; Eade and Fahrig, 1973; Nicollet and Adriambololona, 1980).

V^{3+} 의 이온반경은(0.61Å) Fe^{3+} (0.65Å)와 거의 같아서, 초기 마그마 작용중에 형성된 자철석과 철·마그네슘 규산염 광물 내의 철을 흔히 치환한다(Curtis, 1964). 바나듐은 중성암과 산성암에 비해 염기성암에 특징적으로 부화되고, 칼크알카리형·알칼리형·쉴레아이트형을 위시한 초기 마그마형은 대체로 유사한 함량을 가진다(Taylor, 1964).

바나듐(V)은 사암(20ppm)과 석회암(15ppm)에서 낮고, 세일(130ppm)등 이질암에서 현저하게 높고 화강암(20ppm)에는 적게 함유된다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Turekian and Wedephol, 1961). 바나듐은 동식물과 인체내 지방에 광범위하게 존재하며 유기체내 적당량의 바나듐은 지방 신진대사와 콜레스테롤의 분해에 유리하고, 바나듐의 결핍은 동물과 조류의 성장에 영향을 끼치며 헤모그로빈의 농도를 저하시킨다(최석원과 김억수, 1996). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 64.7~133ppm 범위를 보이며 기하평균값은 97.2ppm이다.

바나듐(V)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22시료의 함량이 133ppm으로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 바나듐(V)의 평균 함량인 93.4ppm보다 1.4배 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 17).

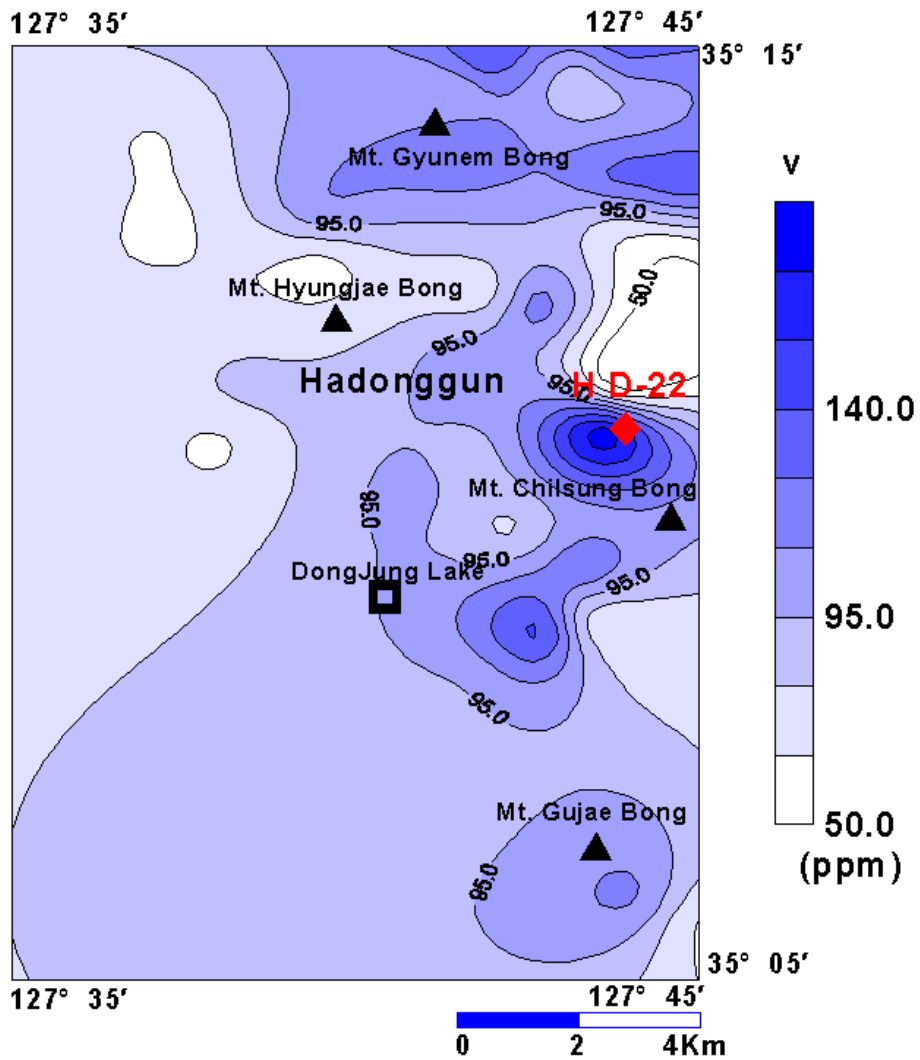


Fig. 17. Contour diagram for V contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.5. 리튬(Li)

리튬(Li)은 알칼리 금속으로서 친석원소이다. 관입 화성암체가 동원마그마 계열 일 때는 염기성암에서 산성암으로 갈수록 리튬함량이 점차적으로 증가하는 경향을 가진다(Vlasov, 1966). 리튬이 풍부한 환경은 인간의 신경을 진정시키는 작용을 하나, 심각한 경우 도리어 사람에게 우울증을 유발시킬 수도 있다(최석원과 김억수, 1996). 리튬은 생물체에 필요한 미량원소로 분류되며, 다른 중금속에 비해 독성은 약한 편이다(Merian, 1991; Reimann and Caritat, 1998).

상부 대륙지각에서 20ppm, 화강암에서 30ppm, 토양에서 5~00ppm, 사암에서 15ppm, 석회암에서 5ppm, 셰일에서 60ppm의 함량을 갖는다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Turekian and Wedephol, 1961). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 27.3~90ppm 범위를 보인다 기하평균은 57.5ppm이다.

리튬(Li)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-6(하동군 호강골 부근), HD-11(하동군 부춘리 부근), HD-28(하동군 신대리 부근), HD-29(하동군 축지리 부근) 각 시료의 함량 72ppm, 77ppm, 90ppm, 71ppm으로 하동지역 하상 퇴적물에 존재하는 리튬(Li)의 평균 함량인 57.5ppm보다 1.2~1.5배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 18).

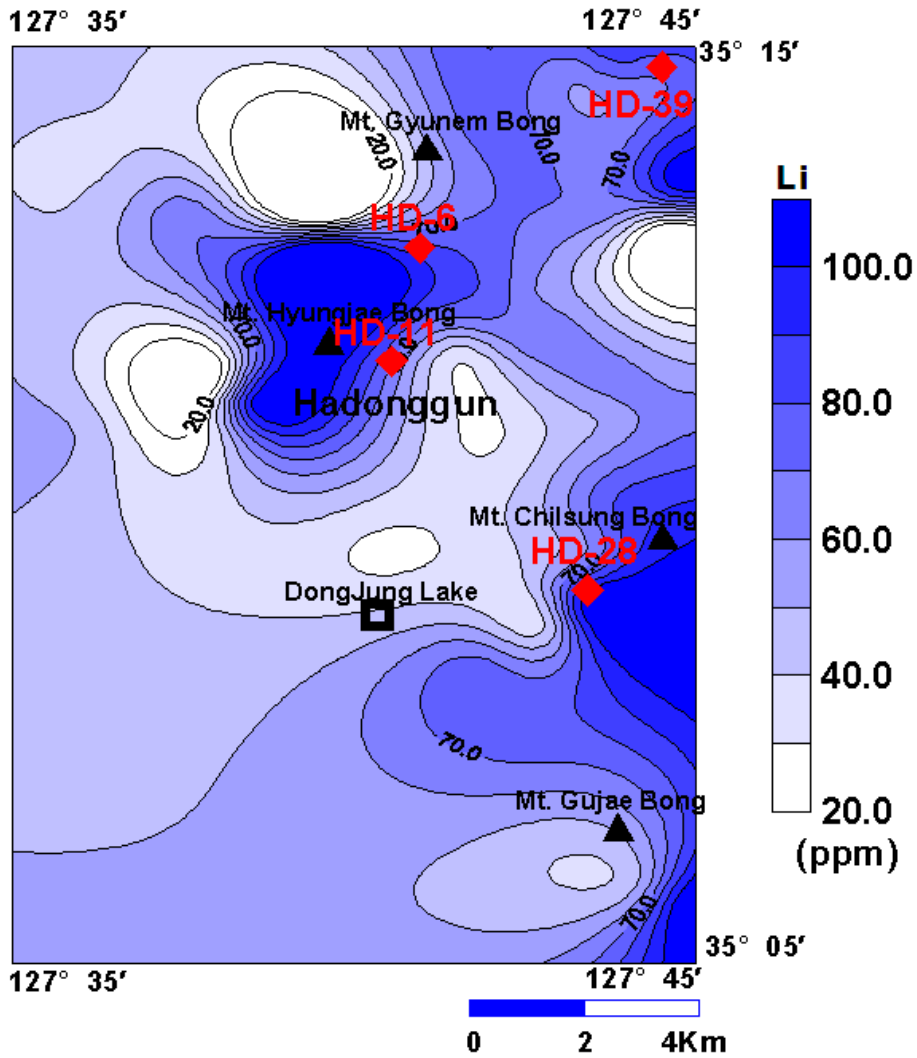


Fig. 18. Contour diagram for Li contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.6. 코발트(Co)

코발트(Co)는 중금속이며 희유원소이다. Co^{2+} 이온의 이온크기(0.74\AA)는 Fe^{2+} 이온(0.77\AA)과 거의 같으므로 Co^{2+} 는 Fe^{2+} 화합물속에 위장되어 있다. 그러나 Co:Fe의 비율은 마그마 분화초기에 만들어진 광물에서 가장 크고 분별작용이 진행됨에 따라 점차 감소하는 경향이 있으며(Mason and Moore, 1982), 토양과 목초지에서 Co가 결핍되면 신장을 통해 배는 유기체의 신진대사에 장애를 초래하는 것으로 알려져 있다(최석원과 김억수). 상부 대륙지각에서 10ppm, 토양중의 평균함량은 8ppm정도이며, 비교적 염기성암에서 풍부하다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Taylor and McLennan, 1995, Turekian and Wedephol. 1961). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 15.7~29.5ppm 범위를 보인다. 기하평균은 21.9ppm이다. 토양중의 평균함량은 8ppm 보다 약 3배정도 높은 함량을 보이고 있다.

코발트(Co)가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-26(하동군 신대리 부근), HD-37(하동군 청암면 관음봉 부근)에서 각 시료의 함량 27.5ppm, 29.5ppm으로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 코발트(Co)의 평균 함량인 21.9ppm 보다 1.2~1.5배 이상 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 19).

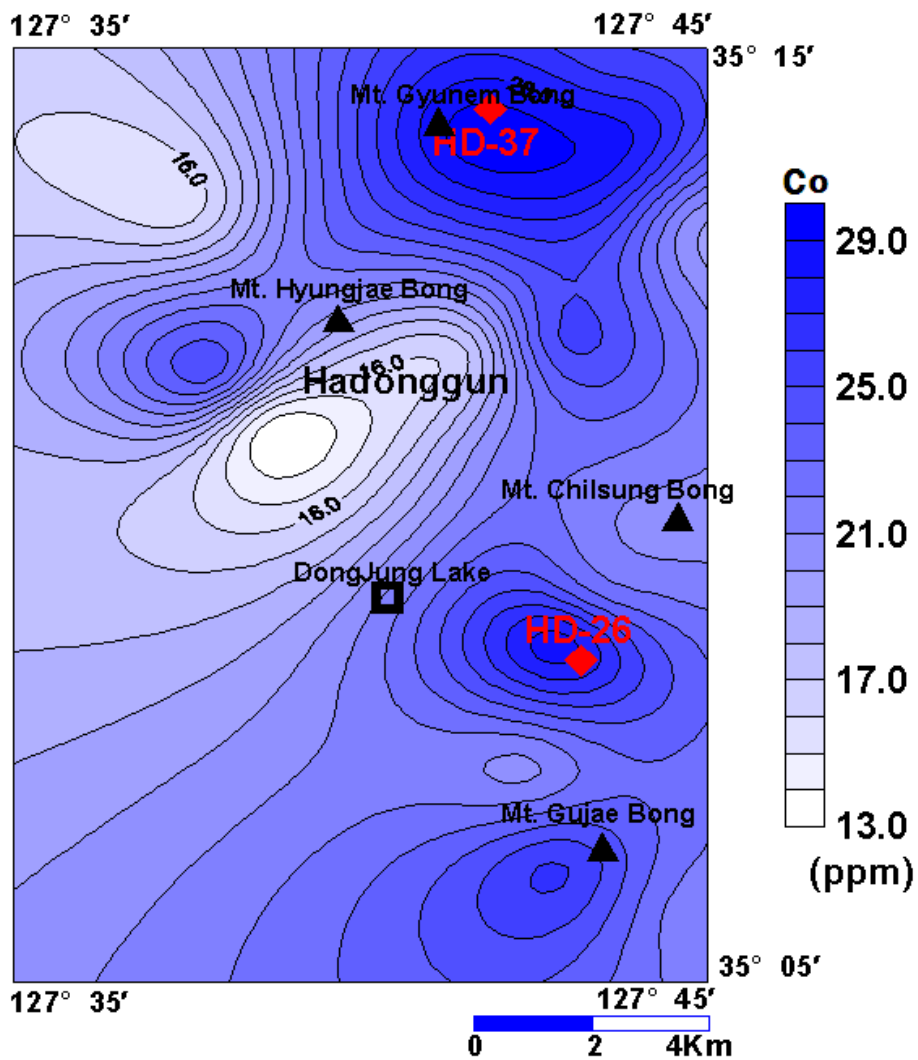


Fig. 19. Contour diagram for Co contents of stream sediments in the Hadong area.

4.4.7. 크롬(Cr)

크롬(Cr)은 인간과 동물에게 필요불가한 원소이다. Cr은 소위 포도당 내독성의 인자로서 중요하며, 혈액 중 포도당의 농도가 과잉인 상태를 정상적인 농도로 조절하는 작용을 하고 있다.

지각에서는 110ppm, 토양에서 100ppm으로 지각 중의 함량과 토양에서의 함량은 대체로 일치한다. 암석에서는 비교적 초염기성암에 많이 분포한다. 토양과 천연수 중에 존재하는 적당량의 크롬은 인류 건강에 필수적인 원소이다. 크롬은 생물학적 성질 및 독성은 그 원자가 상태와 관계가 있어, Cr⁺³는 세포막을 통과하는 양이 매우 적어서 독성이 비교적 적고, Cr⁺⁶는 세포막에 대해 비교적 강한 침투력과 산화능력을 가지고 있으며 독성이 있어 과다한 양은 건강에 해를 끼친다. Cr⁺⁶는 구강과 피부를 통해 인체에 들어와 눈의 결막증, 인후피양을 일으키는데 심한 경우 비중격피양이나 천공을 유발시킨다(최석원과 김억수, 1996). 각 시료위치에 따라 자연배경치는 79.6~153ppm 범위를 보인다. 기하평균은 121ppm이다.

크롬(Cr)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-6(하동군 호강골 부근), HD-28(하동군 신대리 부근), HD-37(하동군 청암면 관음봉 부근), HD-43(하동군 청암면 회남 부근)에서 각 시료의 함량 132ppm, 143ppm, 153ppm, 153ppm으로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 크롬(Cr)의 평균 함량인 121ppm보다 높은 함량을 보이고 있다. 이 중에서 HD-37(하동군 청암면 관음봉 부근), HD-43(하동군 청암면 회남 부근)에서 시료가 1.2배 높은 함량으로 가장 높은 함량을 보이고 있다(Fig. 20).

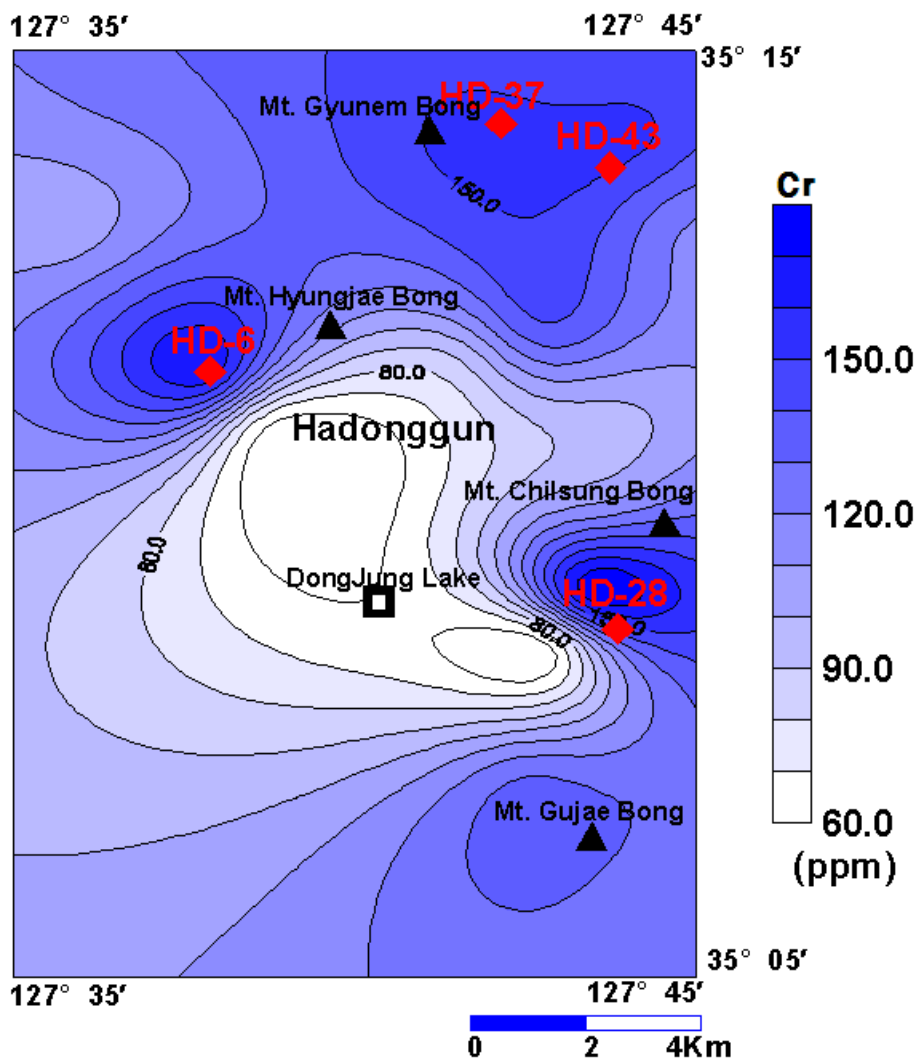


Fig. 20. Contour diagram for Cr contents of stream sediments in the Hadong area.

5. 결론

1:50,000 하동지형도폭에서 채취한 하상퇴적물 시료에 대한 지구화학적 특성연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다

1. 하상퇴적물의 주성분원소의 함량은,

SiO₂ 함량이 41.6~57.8wt.%의 범위를 보이고 있으며, Al₂O₃ 14.8~19.8wt.%, Fe₂O₃ 5.84~10.8wt.%, K₂O 1.60~3.79wt.%, MgO 1.27~3.84wt.%, Na₂O 0.37~2.14wt.%, CaO 0.63~5.37wt.%, TiO₂ 0.74~2.02wt.%, P₂O₅ 0.14~0.63wt.%, MnO 0.07~0.16wt.%의 범위이며 각 위치별 자연배경치는 Appendix 1에 제시한다.

2 하상퇴적물의 미량성분원소 및 희토류원소의 함량은,

Cu 16.4~41.2ppm, Pb 26.5~37.5ppm, Sr 95.0~675ppm, V 64.7~133ppm, Zr 51.0~135ppm, Li 27.3~90.0ppm, Co 15.7~29.5ppm, Cr 79.6~153ppm, Hf 6.66~29.7ppm, Sc 13.4~27.1ppm, Th 10.6~82.4ppm 정도의 범위를 보이며 희토류원소인 Ce, Eu, Yb 원소들은 각각 102~360ppm, 1.08~2.06ppm, 1.57~8.74ppm의 범위이며 각 위치별 자연배경치는 Appendix 2에 제시한다.

3. 주성분 원소의 과다농집과 이상 결핍지역,

칼슘(CaO) HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이부근)에서 채취한 시료로서 칼슘(CaO)의 함량은 5.37wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 칼슘(CaO)의 기하평균인 1.67wt.%보다 높은 함량(3배이상)을 보이고 있다.

마그네슘(MgO)원소가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이부근), HD-37(하동군 관음봉 부근)의 시료로서 각 시료의 함량이 3.84wt.%, 3.83wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 마그네슘(MgO)의 기하평균인 2.24wt.%보다 1.7배 이상 높은 함량을 보이고 있다.

나트륨(Na_2O)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이부근)의 시료로서 각 시료의 함량이 2.10wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 나트륨(Na_2O)의 기하평균인 1.02wt.%보다 1.7배 이상 높은 함량을 보이고 있다.

티탄(TiO_2)원소의 함량이 다른 지역 보다 높게 나타난 시료는 HD-44(하동군 회남골 부근)에서 채취된 시료로서 티탄(TiO_2)의 함량이 2.02wt.%로 하동지역 하상퇴적물에 함유되어있는 티탄(TiO_2)의 기하평균인 1.08wt.%보다 2배정도 높은 함량을 보이고 있다.

인(P_2O_5)함량이 전체시료에서 가장 높게 나타난 지역은 HD-26(하동군 신대리 부근)이며 함량은 0.63wt.%로 하동지역 하상퇴적물의 평균 기하평균인 0.24wt.%보다 2.5배이상 농축되어 있는 것으로 관찰되었다

4. 미량원소 및 희토류원소의 과다농집과 이상 결핍지역,

구리(Cu)가 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-26(하동군 신대리 부근), HD-36(하동군 청암면 진주암 부근)에서 각 시료의 함량이 41ppm, 40ppm로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 구리(Cu)의 함량 평균인 27.4ppm보다 1.5배 이상 높은 함량을 보이고 있다.

납(Pb)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-31(하동군 우계리 산촌 부근)시료가 함량이 37.2ppm으로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 납(Pb)의 평균 함량인 32.33ppm보다 높은 함량을 보이고 있으며 퇴적물의 오염기준치인 40ppm보다는 낮지만 지속적인 관찰이 필요하다

스트론튬(Sr)이 다른 지역에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-14(하동군 봉대리 봉대 부근), HD-16(하동군 중대리 청약 약수터 부근, HD-22(하동군 동매리와 중대리 사이부근), HD-23(하동군 동매리와 중대리 사이부근), HD-26, 각 시료의 함량이 473ppm, 458ppm, 675ppm, 471ppm, 482ppm로 하동지역 하상퇴적물에 존재하는 스트론튬(Sr)의 평균 함량인 203ppm%보다 2~3.37배 이상 높은 함량

을 보이고 있다.

리튬(Li)이 다른 지역에 비해 낮은 함량을 보이고 있는 지역은 HD-16(하동군 중대리 청약 약수터 부근), HD-14(하동군 봉대리 봉대) 지역에서는 평균함량 보다 낮은 27.4ppm, 28.5ppm을 보이고 있다.

크롬(Cr)은 독성원소이면서 필수원소에 해당하는 원소로서 본 연구대상의 시료는 전체적으로 높은 함량을 보이고 있다. 그러나 Cr 외에 다른 독성원소들은 특이사항이 없는 것으로 나타나, 인위적인 오염에 의해 Cr이 농집 되었다기 보다는 이 지역의 기반암인 편마암이 광화작용을 받아서 Cr의 함량이 높아진 것으로 판단된다.

하프늄(Hf)는 HD-30(하동군 흥용리 먹점 부근)에서 29.7ppm으로 하동지역의 평균 함량인 11.2ppm보다 약 2.7배정도 높은 함량을 보이고 있다.

이번 연구를 통해 얻어진 결과를 하동지역 하상퇴적물의 주성분원소, 미량원소 및 희토류원소에 대한 각 시료위치에 따른 자연배경치로 설정하였고, 이를 토대로 환경오염이 발생하였을 때, 이를 정확히 평가할 수 있는 기준치를 제공 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 남기상, 이종덕, 유환수 “하동도폭 지질보고서”. 한국동력자원연구소. 1989.
2. 박영석, 김종균, 한민수, 김용준, 장우석, 신성천. “장흥지역 1차 수계 하상퇴적물 의지질 집단별 지구화학적 특성과 하천수에 대한 연구”. 자원환경지질.제 35권 6 호.p.509~521. 2002..
3. 박영석, 장우석, 김종균. “구례지역 하상퇴적물의 지질집단별 자연배경치에 대한 연구”. 자원환경지질학회지, 36권, p. 275~284. 2003.
4. 박영석, 박대우. “곤양지역 하상퇴적물에 대한 지구화학적 특성”. 자원환경지질학 회지, 39권, p. 329~342. 2006.
5. 손치무, 이상만, 원종관. 강기홍, 김영추 “화개도폭 지질보고서”. 한국 경상남도. 1964.
6. 이현구, 조애란, 이찬희. “입도분포에 따른 하상퇴적물의 지구화학적 분산 및 부화”. 자원환경지질학회지, 32권, p. 247-260. 1999.
7. 전효택, “광물탐사를 위한 암석지구화학”기전연구사. p. 23. 1991.
8. 전효택, 민경원, 윤정환, 김옥배, 박영석, 김종대. “응용지구화학”. 서울대학교 출판부, 380p. 1993.
9. 전효택, 문희수, 김규환, 정명채. “환경지질학” 서울대학교 출판부, 521p. 1998.
10. 최석원, 김억수. “의학환경 지구화학”. 도서출판 춘광. 1996
11. 최종성. “SPSS Ver 10을 이용한 현대통계분석”. 북두출판사, 514p. 2000.
12. 허만형. “SPSS 10.0 for Windows 통계분석론”. 법문사, 728p. 2001.
13. 환경부. “토양환경보전법”. 1999
14. Darnley, A.G., “International geochemical mapping: a new global project”, Journal of Geochemical Exploration, vol. 39, p. 1-14. 1990.
15. Darnley, A.G., Björklund, A., Bölviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steenfelt., Tauchid, M. and Xie Xuejing., “A Global

- Geochemical Database for Environmental and Geochemical Mapping”, Final report of IGCP Project 259. UNESCO Publishing. 1995.
16. Davis, B. D. and Ballinger, R. C. "Heavy metal soil 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.
 17. Fergusson, J.E. *Journ. Agric. sci.*, v.33.pp44~51. 1943
 18. FOREGS (Fourm of Euroupean Geological Surveys), "FOREGS Geochemical mapping field manual", Geological Survey of Finland Guide 47, p. 1-36. 1998.
 19. GNHPR (Group for Natural Hazard Prevention Research)
<http://gis.paichai.ac.nj/geochem>. Korea Institute of Geoscience and Mineral Research. 2001.
 20. Hendricks, D.M., Whittig, L.D., "Andesite weathering II. Geochemical changes from andesite to saprolite". *Journal of Soil Science*, vol. 19, p. 147-153. 1968.
 21. Hutton, C.R., Twidal e, A,R., Milnes, A.R. and Rosser, H., Composition and genesis of silcrete skins from the beda Valley, S. Acrrona Plateau, S. Australia *Jour. Geol. Soc. Australia* 19, 31-53. 1972.
 22. Levinson. A.A. "Introduction to Exploration Geochemistry": Applied Publishing Ltd., Maywood. p.614. 1974.
 23. Mason , B and Moore, C.B. "Principles of geochemistry", John Wiley Sons. Inc. New York, 1982.
 24. Merian, E.(ed). "Metal and Their compounds in Environment: Occurrence, Analysis and biological Relevance". VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany, 1438p. 1991
 25. Reimann, C. and Caritat, P. "Chemical Elements in the Environment":

Springerverlag, p. 398. 998

26. Taylor, S., J., "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. 1977.
27. Taylor, S.R., McLennan, S.M., "The geochemical evolution of the continental crust". *Rev. Geophys.* 33, 241-265. 1995.
28. 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.
29. Vlasov, K.A. "Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits", Israel program for scientific translation Ltd, p.688. 1996.
30. Wager, L.R and Mitchell, R.L. "The distribution of trace elements during strong fractionation of basic magma", *Geochim, Cosmochim. Acta.* V.1, pp.1~27. 1951.

Appendix 1. Major element abundances for stream sediments in the Hadong area. (unit in wt.%)

시료	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
HD-01	56.4	17.76	6.31	0.64	1.3	3.48	0.62	0.81	0.08	0.14
HD-02	55.15	14.85	6.17	0.88	1.33	3.08	0.87	0.74	0.09	0.22
HD-03	57.8	15.9	6.27	0.76	1.39	3.44	1	0.75	0.09	0.17
HD-04	51.23	16.47	6.32	0.99	1.43	3.35	0.67	0.76	0.1	0.24
HD-05	53.28	18.33	5.84	0.77	1.29	3.49	0.74	0.8	0.08	0.25
HD-06	49.32	14.81	7.28	0.88	1.48	2.61	0.79	0.87	0.13	0.22
HD-07	53.61	17.78	7.91	0.77	1.67	2.84	0.72	0.92	0.09	0.17
HD-08	53.57	17.19	6.21	0.75	1.27	3.7	0.61	0.79	0.07	0.2
HD-09	54.19	17.67	7.18	1.03	1.61	3.28	0.78	0.97	0.1	0.18
HD-10	53.13	16.43	7.23	0.63	1.43	3	0.72	0.84	0.12	0.16
HD-11	53.4	17.12	6.66	1.19	1.45	3.21	0.77	0.82	0.11	0.19
HD-12	51.83	16.23	6.21	1.09	1.38	3.33	0.8	0.8	0.11	0.27
HD-13	55.31	18.28	8.1	1.91	2.55	3.79	1.41	0.92	0.12	0.25
HD-14	49.3	18.17	8.19	3.25	2.91	2.28	1.43	1	0.12	0.34
HD-15	47.68	17.58	8.23	2.65	2.67	2.41	1.33	1.08	0.12	0.37
HD-16	46.76	19.24	8.21	3.15	2.52	2.43	1.6	1.06	0.11	0.32
HD-17	51.31	16.29	8.04	1.27	2.08	2.33	0.78	1.04	0.11	0.24
HD-18	51.22	16	8.38	2.82	2.84	2.43	1.42	1.03	0.12	0.28
HD-19	47.86	17.19	9.02	2.19	3.04	2.64	1.11	1.05	0.13	0.23
HD-20	48.69	16.38	9.42	2.65	3.28	2.42	1.41	1.06	0.13	0.19
HD-21	48.43	16.72	9.09	2.07	2.81	2.77	1.02	1.08	0.13	0.19
HD-22	45.83	17.21	9.7	5.37	3.84	1.6	2.14	1.31	0.14	0.3
HD-23	48.75	18.15	8.61	3.49	3.16	2.24	1.72	1.06	0.14	0.3
HD-24	50.85	18.81	9	0.8	1.77	2.39	0.37	1.2	0.11	0.2
HD-25	45.16	17.45	10.21	2.76	3.19	1.92	1.22	1.26	0.14	0.3
HD-26	44.49	19.8	8.87	2.89	2.68	2.06	1.39	1.24	0.14	0.63
HD-27	48.74	18.85	10.1	1.68	2.44	2.62	0.95	1.26	0.14	0.18
HD-28	44.64	16.89	10.57	1.85	2.36	2.36	0.95	1.25	0.16	0.19
HD-29	49	17.63	9.86	2.41	2.88	2.34	1.31	1.23	0.16	0.27
HD-30	48.54	17.52	9.21	1.41	1.84	2.61	0.75	1.17	0.1	0.21
HD-31	48.98	18.74	10.58	1.6	2.16	2.44	0.92	1.28	0.15	0.27
HD-32	48.42	18.82	10.26	1.51	2.13	2.55	0.77	1.33	0.13	0.21
HD-33	50.38	19.12	10.15	1.41	2.05	2.79	0.81	1.27	0.11	0.26
HD-34	49.97	18.24	10.14	1.49	2.07	2.78	0.84	1.27	0.11	0.22
HD-35	41.59	15.89	8.92	2.15	2.47	2.01	1.11	1.09	0.16	0.32
HD-36	43.44	18.09	10.46	2.39	3.06	1.93	1.25	1.39	0.16	0.38
HD-37	51.47	17.35	10.76	3.11	3.83	1.89	1.91	1.29	0.14	0.19
HD-38	42.16	16.72	9.64	2.11	2.7	1.93	0.99	1.18	0.14	0.27
HD-39	43.15	17.89	9.98	2.09	2.55	1.94	1.03	1.27	0.14	0.27
HD-40	47.4	16.18	9.4	2.88	2.75	2	1.78	1.08	0.15	0.26
HD-41	48.96	18.64	9.55	2.56	2.73	2.29	1.55	1.16	0.12	0.2
HD-42	45.13	18.05	9.44	2.14	2.47	2.13	1.08	1.21	0.12	0.22
HD-43	49.61	19.36	10.26	2	3.08	2.59	1.03	1.27	0.13	0.18
HD-44	50.24	17.13	8.52	2.22	2.87	3.01	1.27	2.02	0.13	0.24
HD-45	52.83	18.06	9.61	1.43	2.66	2.32	0.85	1.1	0.14	0.19
HD-46	45.18	16.99	9.61	1.18	2.05	2.02	0.81	1.01	0.13	0.19
HD-47	53.83	16.16	9.24	1.96	2.62	3.31	1.19	1.23	0.14	0.26

Appendix 2. Minor and elements abundances for stream sediments in the Hadong area(unit in ppm).

시료	Cu	Li	Pb	Sr	V	Zr	Ce	Yb	Th	Cr	Hf	Sc	Co	Eu
HD-01	24.02	41.19	34.02	112.7	73.11	93.28	102	1.95	19.4	123	8.78	14.3	16.4	1.7
HD-02	27.74	37.32	30.26	108.2	64.71	73.82	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-03	22.83	63.42	31.6	123.5	64.84	91.59	178	3.14	35.8	121	13.7	13.4	15.7	1.45
HD-04	28.26	40.88	33.38	128.6	66.54	95.47	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-05	29.48	42.92	34.66	109.4	66.64	119.7	109	1.57	23	107	7.57	14.6	17	1.709
HD-06	27.78	71.85	30.76	123.4	80.41	84.87	139	2.79	23.2	132	9.46	13.8	22.8	1.608
HD-07	28.92	43.27	33.24	106.8	87.96	86.59	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-08	27	46.18	33.72	106.2	67.32	61.39	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-09	25.26	46.11	33.06	113	78.05	80.11	111	2.53	22.6	121	8.63	16	18.7	1.704
HD-10	27.62	44.88	32.02	95.02	81.3	97.93	177	2.65	32.5	130	11	14.6	20.7	2.06
HD-11	27.29	76.98	32.82	121.2	80.59	96.22	118	1.9	22.5	106	7.89	13.6	18.1	1.702
HD-12	25.01	44.76	30.62	130.9	65.54	99.5	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-13	28.68	42.32	32.58	215.9	81.31	85.71	174	4.12	26.4	110	10.1	16.8	22.8	1.608
HD-14	31.8	27.33	31.1	472.5	95.17	105.7	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-15	24.58	36.23	31.1	348.3	98.31	82.99	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-16	21.71	28.5	32	458.1	94.7	66.82	108	2.07	12.6	79.6	6.66	13.6	21.1	1.43
HD-17	22.43	42.92	29.34	150.6	101.1	82.38	147	2.81	22.6	96.4	8.02	13.9	17.4	1.27
HD-18	22.63	54.56	29.92	341.6	97.41	113.2	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-19	27.36	68.91	31.58	255.9	97.15	111.4	202	4.52	32.3	139	14.7	19	23.1	1.5
HD-20	25.93	65.84	30.14	321.8	106.2	126.3	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-21	27.14	68.78	31.84	247	100	103.8	177	3.81	28	132	12.4	20.3	24.4	1.42
HD-22	17.49	55.82	30.96	674.9	132.7	70.95	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-23	16.44	59.94	31.84	470.8	99.09	71.17	118	3.31	12.1	98.2	10.2	16.3	23.2	1.604
HD-24	29.37	77.83	35.9	124.8	107	105.2	221	4.91	37	118	18.4	21.5	21	1.308
HD-25	38.58	63.77	30.7	365.4	119.4	79.21	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-26	41.16	61.96	34.06	481.6	116	93.23	143	2.53	10.6	94.8	9.09	17.1	27.5	1.805
HD-27	27.65	78.18	34.88	193.6	101	75.7	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-28	31.82	90.01	26.5	199.3	95.04	69.01	225	6.76	36.4	143	16.8	27.1	25.2	1.607
HD-29	30.28	70.98	34.34	276.3	104.7	77.73	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-30	28.93	72.24	34.92	161.3	92.06	84.41	360	8.74	82.4	125	29.7	24.9	20.8	1.803
HD-31	29.14	74.3	37.2	152.3	92.55	91.44	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-32	28.54	42.52	36.86	138.9	100.1	50.95	22-3	4.76	36.7	135	13.5	23.9	26	1.309
HD-33	24.61	85.11	37.54	167	86.76	95.82	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-34	28.58	72.76	35.74	159.3	95.15	72.62	270	6.44	58.6	122	18	25.3	21.9	1.702
HD-35	27.5	73.98	30.86	216.1	97.69	97.18	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-36	40.11	79.34	33.58	274.5	126.2	134.6	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-37	24.77	69.38	31.46	317	117.2	119.1	108	4.24	19.4	153	7.98	23.3	29.5	1.42
HD-38	29.15	70.19	31.8	215.1	108.3	111.8	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-39	31.46	75.42	32.62	213.6	108.2	105.8	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-40	26.12	68.7	30.5	295.9	96.49	111	148	4.76	28.7	144	9.57	20.8	26	1.11
HD-41	30.33	66.37	33.26	259.9	102.8	121.9	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-42	27.76	68.35	32.22	229.4	100.7	111.7	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-43	29.54	68.29	33.7	208.9	108	119.3	173	5.01	34.8	153	10.1	20.8	27.7	1.704
HD-44	26.01	68.35	30.42	268.6	96.59	135.2	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-45	30.29	69.88	31.72	184.3	114.2	134.4	102	3.59	18	144	10.6	19.8	26.5	1.5
HD-46	33.97	68.37	31.2	169	107.4	102.4	-	-	-	-	-	-	-	-
HD-47	21.57	30.22	28.46	204.6	84.88	100.5	165	3.92	29.4	121	13.5	18.6	20.5	1.08

감사의 글

어느덧 시간이 흘러 2006년에 시작한 석사과정을 부끄럽게도 지금에서야 마무리 지으며, 그동안의 배움과 노력을 모아서 하나의 작은 결실을 이렇게 여러분 앞에 내놓게 되었습니다. 학문과 대학원 생활에 있어 늘 부족하고 서투른 학생에 불과한 저였지만, 주위의 많은 분들의 애정 어린 관심과 격려가 있었기에 이러한 소중하고도 값진 결실을 얻을 수 있었습니다. 직장과 내 미래에 대한 또다른 시작을 준비하며 그동안 저를 아껴 주셨던 많은 분들에게 감사를 전합니다.

학부 때부터 지금까지 큰 가르침과 사랑으로 저를 돌봐주신 박영석 지도교수님께 이 자리를 빌어 다시 한번 감사 드립니다. 부족한 점이 많은 논문 이었지만 소중한 결실을 얻을 수 있도록 꼼꼼히 살펴주신 한오형 교수님과 박천영 교수님께 감사 드리며, 학부 때부터 늘 한결같은 사랑으로 돌봐주신 서동우 교수님과 양해승 교수님, 강추원 교수님, 고진석 교수님께 감사 드립니다.

(별 지)

저작물 이용 허락서

학 과	자원공학과	학 번	20067081	과 정	석 사
성 명	한글: 홍 인 희 한문 : 洪 忍 熹 영문 : Hong In Hee				
주 소	광주광역시 남구 주월1동 426-55번지				
연락처	E-MAIL : redinhee@hanmail.net				
논문제목	한글 : 하동지역 하상퇴적물의 지화학적 특성에 대한 연구 영문 : The study of geochemical characteristic for stream sediments in the Hadong area				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2007 년 12월 일

저작자: 홍 인 희 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하