

2008년 2월
석사학위논문

남해 · 돌산지역 하상퇴적물의
지화학적 자연배경치에 대한 연구

조선대학교 대학원

자원공학과

임 성 태

남해 · 돌산지역 하상퇴적물의 지화학적 자연배경치에 대한 연구

- The study of geochemical natural background
for stream sediments in the Namhae · Dolsan area

2007년 12 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

임 성 태

남해 · 돌산지역 하상퇴적물의
지화학적 자연배경치에 대한 연구

지도교수 박 영 석

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2007년 12 월 일

조선대학교 대학원

자원공학과

임 성 태

임성태의 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

List of tables	i
List of figures	ii
Abstract	iii
1. 서 론	1
2. 연구지역의 지형 및 지질	3
2.1. 연구지역의 지형	3
2.2. 연구지역의 지질	4
2.3. 지질집단의 분류	6
2.4. 암석기재	7
2.4.1. 화강암류	7
2.4.2. 안산암류	8
2.4.3. 퇴적암류	9
3. 시료채취 및 분석	12
3.1. 하상퇴적물	12
3.2. 하상퇴적물의 채취 및 수계의 현장 조사	13
3.3. 시료 처리	15
3.4. 시료 분석	15

4. 하상퇴적물에 대한 지구화학적 분석	17
4.1. 주성분원소	17
4.1.1. 주성분원소의 평균 함량	18
4.1.2. 주성분원소의 분포 특성	18
4.1.3. 지질 집단별 주성분원소의 함량 특성	21
4.2. 미량원소 및 희토류원소	29
4.2.1. 미량원소 및 희토류원소의 평균 함량	29
4.2.2. 지질집단별 미량원소 및 희토류원소의 함량 특성	31
4.2.3. SiO ₂ 함량에 따른 미량원소 및 희토류원소의 거동 특성	36
5. 미량원소 및 희토류원소의 분산 특성	41
6. 잠재적 독성원소의 분산 특성	50
7. 결 론	55
참고문헌	58
Appendix 1	62
Appendix 2	65

List of Tables

Table 1. Abundance of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	17
Table 2. General statistics of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	23
Table 3. Abundance of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	30
Table 4. General statistics of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	33
Table 5. Mean concentrations of toxic elements in the stream sediments and the ratio of these concentrations to the mean concentration in the earth sediments, EPA, Tolerable level	53

List of Figures

Fig. 1. Geological map of study area	11
Fig. 2. Sampling sites map of study area	14
Fig. 3. Histograms of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area(unit :wt.%)	20
Fig. 4. Comparison diagram of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	25
Fig. 5. Variation diagrams of major elements against SiO ₂ (wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	28
Fig. 6. Average abundance of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	35
Fig. 7. Variation diagrams of trace elements(ppm) against SiO ₂ (wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	38
Fig. 8. Variation diagrams of rare earth elements(ppm) against SiO ₂ (wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	40
Fig. 9. Histograms of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area(unit :ppm)	48
Fig. 10. Variation diagrams of toxic elements against Cu(ppm) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area	51
Fig. 11. Comparison of element concentrations in stream sediments of the Namhae · Dolsan area and earth sediments EPA guideline, Tolerable level	54

ABSTRACT

The study of geochemical natural background
for stream sediments in the Namhae · Dolsan area

Lim, Sung-Tae

Advisor : Prof. Park, Young-Seog

Department of Resource Engineering

Graduate School of Chosun University

It is necessary to make the geochemical map for working out a countermeasure about change of the earth environment and understanding about a serious problem of environment.

The purpose of this study is to get geochemical natural background in Namhae · Dolsan area so we can estimate the environmental contamination and understand geochemical disaster.

In this study, we separate three group as granite rock area(group I), andesite rock area(group II) and sedimentary rock area(group III) according to geology and the total 118 samples are collected in 1: 50,000 Namhae, Sesang area map in consideration of the connection of the geochemical environment and contamination.

Stream sediments is not only the transfer media of the contaminated materials but the function as a latent contamination, and 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 major elements, minor elements and rare earth elements for geochemical natural background.

In chemical analysis of major elements, SiO_2 contents is 47.75~73.16wt.%, Al_2O_3 contents is 11.62~21.18wt.%, Fe_2O_3 is 2.78~10.38wt.%, K_2O contents is 1.43~4.27wt.%, MgO contents is 0.03~2.71wt.%, Na_2O contents is 0.19~1.88wt.%, CaO contents is 0.21~5.38wt.%, TiO_2 contents is 0.34~1.55wt.%, P_2O_5 contents is 0.03~0.78wt.% MnO contents is 0.03~0.29wt.%.

In histogram for toxic elements and essential elements, Cu, Li, Co, Cr saw over concentrated, so constant management is required for contamination prevention.

1. 서 론

지구시스템에서 암석은 지속적인 화산활동, 조산활동, 퇴적작용, 변성작용과 같은 다양한 형태의 지질과정의 영향을 받아 물리적, 화학적 풍화에 의해 계속적으로 부서지고, 그 쇄설물들은 낮은 곳으로 이동되어 진다. 이러한 지질과정은 인간이 삶을 영위하는 데에 필요한 여러 가지 요소들을 제공하기도 하지만, 다양한 형태의 지질 재해(geologic hazard)를 야기 시킴으로서 인간과 동식물에게 피해를 입히고 있다. 일반적으로 인간의 삶은 자연환경에서 발생하는 유해원소의 과다 농집이나 필수원소의 이상 결핍과 같은 지화학적 재해(geochemical hazard)에 노출되어 있다. 이러한 지화학적 재해는 지표환경에서 계속적으로 이동하거나 확산되기 때문에 우리 인체에 매우 심각한 영향을 주는 경우가 많다.

이러한 지구화학적 재해의 근본적인 원인에 대해 정량적이고 정성적인 관측과 평가 및 방지대책을 위해서는 보다 체계적이고 정확한 기초 조사가 이루어 져야 한다.

자연 배경치는 인위적인 영향이 완전히 배제된 기준치로, 지각을 구성하고 있는 암석의 종류에 따라 크게 다를 수 있으며, 지표의 자연배경치는 이러한 지구화학적 재해의 평가뿐만 아니라, 자원의 탐사, 지질학, 농업, 임업, 환경의 연구에 있어서 중요한 수단이 될 수 있다(Bolviken et al., 1990; Darnley, 1990; McMillan et al., 1990; Darnley et al., 1995; Cooker, 1999).

자연 배경치는 인간의 활동에 의하여 인위적으로 발생한 오염이 아닌, 조사지역의 구성 암석으로부터 유래된 원소의 분포 및 함량을 파악함으로써 얻어지는 것으로, 이차 오염에 대한 평가를 정량, 정성적으로 할 수 있는 잣대인 지구화학적 기준치를 설정할 수 있게 해준다(Darnley, 1990).

집수분지(drainage basin)를 대표하는 소규모의 1차 수계(일부2차 수계)에 분포하는 하상퇴적물은 상류 집수분지 내에 발달되어 있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 수계를 타고 이동하여 모인 것으로, 인근지역의 지질특성을 축약하여 집

약시켜 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).

하상퇴적물이 보여주는 정보는 서로 다른 지질학적 환경 하에서의 원소들이 분산 특성과 중금속원소, 방사능원소 그리고 여러 가지 오염물질의 이동들을 이해할 수 있게 하고 보다 자세한 오염이동도를 알 수 있게 한다.

본 연구에서는 남해·돌산지역 내에 존재하는 1차 수계(일부 2차 수계)를 대상으로 하상퇴적물을 채취하고, XRF, ICP-AES, NAA를 이용한 화학분석을 통해, 지질 집단별 주성분원소, 미량성분원소 및 희토류원소에 대해 각 원소가 가지는 함량특성을 파악하고 연구지역내의 지질과 이들 원소의 상호 연관성 및 각 원소들의 자연 배경치를 확보하는데 목적이 있다.

2. 연구지역의 지형 및 지질

2.1 연구지역의 지형

연구지역은 1:50,000 남해·돌산지형도폭 지역으로 북위 34°43' ~ 35°00', 동경 127°45' ~ 128°00'이며 지질도폭에서는 남해도폭 전 지역과 서상도폭 일부를 포함한다. 남해군 남해읍이 연구지역의 중심이 되어 있으며 하동군, 사천시, 전라남도 여수시, 광양시 및 여천군이 일부 포함된다.

연구지역에서의 최고봉은 금오산(849m)이며 남해도로 건너와서는 망운산(785.9m), 송등산(617.2m), 응봉산(472.7m)등이 솟아 남해도의 남북방향성 지형을 지배하고 있다. 서상도폭 동변에는 명산인 금산(665.6m)이 솟아 있다. 평야의 발달은 빈약하고 산록에 소규모 페디먼트가 발달한다.

골짜기의 다수는 동서 내지 서북서-동남동 방향으로 발달하고 있는데 이는 단층기타의 선상구조(Lineament)에 기인한다. 고봉을 중심한 방사상모양(Radial Pattern)의 수계가 발달한다.

퇴적암류 및 화산암류로 이루어진 본 지형은 지형이비교적 험준하며 역암, 화강암 등의 애추가 금오산, 망운산, 삼봉산, 금웅산, 송등산, 천황산, 괴음산을 중심으로 산사면에 넓게 발달하고 있다.

산동면 상주리 부근에는 화강암의 풍화물이 해변의 사장을 이루었다(상주리 해수욕장). 그 외에도 해안퇴적물은 육지구성암석에 따라 남면 석교리에서는 자갈과 왕자갈로 구성된 퇴적물이 우세하고 화포리 일대에는 소규모 해변사가 퇴적되어 있다. 창선면 서측 해안에는 전형적인 선상지가 수처에 발달하고 있다. 본 연구지역의 지형은 대체로 장년기에 해당한다.

2.2. 연구지역의 지질

연구지역의 북서단부에 분포하는 선경상 기반암은 이른바 지리산 편마암복합체의 연장부로서 연구지역에서는 각섬석 편마암, 반상변정화강암질 편마암, 안구상 편마암 및 우백질 화강편마암으로 분류 된다. 이들은 선캠브리아 빙대층에 속한다.

이 변성암류 위에 경상속의 신동층군이 퇴적되어 있다. 낙동층은 기상 있는 지형 위에 퇴적되어 있고 어떤 지점에서는 낙동층의 퇴적을 결한 채 하산동층이 기반암 위에 직접 퇴적되어 있다. 대체로 연구 지역의 서단부에서 낙동층은 소멸한다.

연구지역의 신동층군은 그 북동 연속부보다 비교적 조립질로 낙동층의 소멸 현상과 더불어 연구지역이 본층군의 퇴적분지의 연변부 이었음을 시사한다.

이들 저층 위에 유천층군이 부정합적으로 놓여 있다. 이는 중성 및 산성 화산암류로 주로 구성되나 퇴적암류도 많이 포함되어 있다. 안산암 속에 렌즈상으로 협제된 퇴적암은 안산암과 함께 능방산층으로 분류함을 원칙으로 하였으나 일부는 능방산층 상위의 화산원 퇴적암층인 신성리층에 포함되는 것으로 지질도가 만들어진 곳도 있다. 신성리층 위에 오는 당항리층은 그 입자의 상당부분이 규암, 편마암, 등 비화산원 물질이어서 화산원인 신성리층과 구별된다.

연구지역의 선경상기반암과 경상누층군(신동층군, 하양층군 및 유천층군)을 관입하는 불국사관입암군은 휘록암, 섬록암, 섬록반암, 각섬석흑운모화강암(반화강암질) 우백색 화강암, 알카리장석 화강암 그리고 중성, 염기성 및 산성 맥암류로 구성되어 있다.

휘록암은 운천면 일대 여러 곳에서 진주층을 관입하고 있다. 섬록암은 돌산도와 남면 가천리에 소규모로 분포한다. 흑운모각섬석 화강암은 산체나 섬의 중심부를 이루고 있으며 본 도폭 북부의 하동군 금남면에서는 낙동층과 하산동층을 암주(Stock)상으로 관입하고 남해군 운천면, 고현면 및 서면 일대에서는 진주층을 관입하고 있으며 남면 및 창선도에서는 유천층군의 안산암류 및 당항리층을 관입하고 있다. 본 암의 관입시기는 휘록암보다는 후기로 생각된다. (반화강암질) 우백색 화

강암은 12km²의 암주상으로 남면 임포리 일대에 당항리층 및 안산암류를 관입하고 있다. 그리고 알카리장석 화강암은 삼동면 상주리, 신전리 일대에 저반상으로 넓게 분포하고 있으며 삼일읍 일대에도 분포한다.

2.3. 지질 집단의 분류

남해·돌산지역의 하상퇴적물에 대한 지질집단별 주성분원소와 미량성분원소 및 희토류원소 등의 분포특성을 알아보기 위해 1차 수계(일부 2차 수계)에서 시료를 채취하였고, 1:50,000 남해·서상지질도폭(동력자원연구소,1989)의 지질도와 야외조사를 통해 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 화강암류 지역, 안산암류 지역, 퇴적암류 지역으로 지질 집단을 분류하였다.

분류된 3개의 지질 집단을 요약하면 다음과 같다.

제 1집단(group I) : 화강암류 지역(Kagr, Khgr, Klgr)

(기반암으로는 알카리장석 화강암, 각섬석-흑운모화강암, 우백색 화강암 등이 존재한다.)

제 2집단(group II) : 안산암류 지역(Kuan)

(기반암으로는 괴상안산암, 화산각력암, 각력안산암, 화산원역암등이 존재한다.)

제 3집단(group III) : 퇴적암류 지역(Knh, Kt, Khj)

(기반암으로는 사암, 역암, 역암질사암, 녹회색 및 암회색 세일, 각력질사암, 이회암, 녹회색이암, 적색세일, 등이 존재한다.)

2.4. 암석기재

2.4.1. 화강암류 (Khgr, Klgr, Kagr)

2.4.1.1. 각섬석흑운모 화강암 (Khgr)

하동군 금남면 및 남해도의 중부인 망운산과 설천면 남치리, 용강, 상촌, 덕신리, 연대봉 등지를 중심으로 그리고 남해읍 남부의 송등산 및 창선도의 대방산을 중심으로 암주상으로 관입 분포하고 있다. 암색은 유색광물 함유량의 다과에 따라 다소의 차이를 나타낸다. 주로 조립내지 중립질로 석영, 정장석, 사장석, 각섬석, 흑운모 등으로 구성되어 있으며 소량의 미사장석, 자철석, 소량의 저어콘이 관찰된다. 사장석은 알바이트 쌍정을 이루며 누대구조가 잘 나타난다. 각섬석은 주상결정이 많으며, 쌍정을 이루기도 하며, Basal cleavage가 잘 발달한다.

2.4.1.2. 우백색 화강암 (Klgr)

남해군 남면 임포리 일대에 분포하는 반상화강질암으로 침식에 약하여 타암류와의 경계는 지형상에 뚜렷이 나타난다. 유색광물이 적어 우백색이고 세립질이 특징이며 곳에 따라 장식 등이 반상조직을 나타내기도 한다. 현미경관찰에 의하면 본암은 주로 석영, 사장석, 정장석, 녹색의 각섬석, 갈색의 흑운모로 구성되어 있다. 석영은 자형 내지 반자형을 나타내며 각섬석은 쪼개짐이 잘 발달하고 사장석은 누대구조가 잘 나타난다. 흑운모는 부분적으로 녹니석화 되었으며 자철석이 주로 유색광물과 밀접히 관련되어 산출된다.

2.4.1.3. 알카리장석 화강암 (Kagr)

연구지역 남동부인 금산, 상주리 일대에 넓게 분포하며 주위 퇴적암류 및 화산암류의 경계가 암색 및 지형에 뚜렷이 나타난다.

본 암석은 종래 마산암으로 대별되던 것으로, 유색광물의 함유량이 적고 조립내

지 중립질이며 작은 정동들(Druses)이 많이 발달되어 있다. 특징적으로 나타나는 마이알로라이트조직(Miarolitic texture)으로 보아 비교적 관입암체의 상부에서 냉각된 것으로 예상된다. 정동내에는 저온형 작은 결정의 수정들이 관찰된다. 암색은 암색광물이 적고 핑크색의 장석이 많아 핑크색을 띠는 우백색이다.

현미경관찰에 의하면 주성분광물의 90%이상이 석영과 정장석에 의해 형성된 미분상조직을 나타낸다. 석영은 자형 내지 반자형으로 되어 있고 소량의 흑운모와 자철석도 관찰된다. 흑운모는 부분적으로 녹니석으로 변질되어 있다. 마이알로라이트 조직과 미분상조직의 발달로 보아 본암은 비교적 천부에서 냉각되었으며 풍화 침식의 심도가 깊지 않음을 시사하고 있다.

2.4.2. 안산암류(Kuan)

안산암류는 용암류기원의 괴상안산암과 안산암질 화산각력암으로 구성된다. 안산암류가 대부분을 점하나 이들 속에 렌즈상 또는 활상으로 들어있는 화산원 퇴적암류도 포함한다. 남해도에서 층후는 250m 이다. 안산암은 대체로 괴상이며 연구지역의 중심부인 송등산을 중심으로 대정리, 남해읍, 무림리 등지를 연하여 반원형으로 분포하고 있다. 암색은 주로 녹회색, 자색 또는 음회색을 띠며 녹염석화작용(Propylitization)의 변질을 받아 녹염석, 녹니석이 많이 관찰되어 전체적인 암색이 녹회색을 띄고있다. 본암은 조사지역내에서 최고기의 화산암으로 생각된다. 본 암체중에서도 부분적으로 각력질화 된 부분이 평현리등 각지에서 관찰된다. 또 동면다정리 일대와 남면 향촌리 동측해안에서는 주상인 각섬석이 우세한 각섬석안산암으로 특징 지워진다.

각력안산암 및 안산암질 집괴암으로된 본 암층은 남면 덕월리, 장항, 고실치, 평산리 둔전리 일대의 주로 해안가와 삼동면 난음리, 지족리, 창선도, 옥주리, 서대리 일대에 넓게 분포하고 있다. 본 암류는 진주층, 칠곡층 및 신라역암층 위에 부정합으로 놓인다. 지질은 안산암질 또는 응회암질로 되어 있으며 역은 주로 안산암으로

되어 있다. 암색은 적갈색, 자색, 녹회색을 띤다. 이같이 적갈색, 저색을 띤 안산암은 분출시의 지표에서의 풍화작용으로 기인하는 것으로 생각된다. 서상-장항리간 노두가 양호하며 안산암의 기질에 안산암의 역으로 구성되어 있다. 분급이 불량하고 역은 원형내지 아원형을 이루며 크기는 직경 50~0.2cm 이다. 서상부근의 역중에는 소량의 화강암질 역이 관찰되나 대부분 자색과 녹회색의 안산암역으로 되어 있고 지역에 따라 역의 양의 다소는 불규칙적이다.

2.4.3. 퇴적암류(*Knh, Kt, Knj*)

2.4.3.1. 하산동층(*Knh*)

낙동층 위에 정합적으로 놓이며 상·하립층에 없는 붉은(Purple내지 dusky red) 색의 저색층을 협재하는 본 층은 사천시 서포면과 남해군 설전면의 중심부를 중심으로 남서방향으로 대상으로 넓게 분포하고 있다. 유백색 내지 담회색의 중립질 내지 조립질 사암, 함력조립질 사암, 역암, 역질 사암, 자색 내지 녹회색의 사질 이암, 세일 및 이질 세일과 암회색 세일과 실트스톤으로 구성되어 있으며 드물게 박층의 석회질암층을 협재 하고 있다.

2.4.3.2. 진주층(*Knj*)

남해도의 중앙부를 지나 남서, 북동방향으로 길게 분포하고 있으며 상하립층과는 대조적으로 저색층의 부재가 특징이다. 본 층은 아래의 하산동층과는 정합적인 관계를 가지며 상부의 칠곡층과도 정합적인 관계를 가지는 것으로 해석된다. 남해읍, 연죽리, 서당리 일대에서는 유천화산암류에 의해 부정합적으로 피복되고 있다. 주로 담백색, 담회색, 및 회색사암, 녹회색, 흑색 및 암회색의 사질 세일, 이암 및 세일, 담회색의 함력조립사암, 역암질 사암 및 음회색 내지 녹회색의 이회암등으로 구성되어 있다.

2.4.3.3. 당항리층(Kt)

남해군 남면의 용소리, 당항리, 죽전리, 율곡(율곡리), 평산리, 석교리 및 송등산 일대에 분포하며 당항리 남쪽해안을 따라 잘 노출되어 있고 당항리, 죽전리, 율곡 부근에서 능방산층 위에 경사부정합으로 놓여 있다.

본 층의 층후는 400m 이상이며 녹회색, 회색, 혹은 담회색을 띠는 두꺼운 함력조립사암, 조립사암, 역질사암, 역암 및 미사암(간혹 자색)으로 구성되어 있다. 이중 녹회색, 회색 내지 담회색의 함력조립사암과 조립사암이 압도적으로 우세하다. 전체적으로 볼 때 본 층은 녹회색 내지 회색 및 담회색을 띠고 조립사암층 내에 역이 많이 함유되고 박층의 적색층이 수매 협재되어 있음이 특징인데 하부에는 함력조립사암, 역질사암 및 조립사암이 우세하고 중부에는 회색 내지 암회색의 셰일과 미사암이 자주 협재되는 경향을 보이다가 상부에서 다시 조립사암 내지 함력조립사암층이 우세해지는 양상을 보인다. 함력조립사암의 두께는 4~6m, 때로는 20m 이상에 달한다. 퇴적구조로는 간혹 소규모의 판상 사층리가 발견된다.

역의 성분은 담색 내지 암회색의 규암, 안산암과 반암, 석영반암, 장석반암, 규장암, 화강암류, 편마암류 및 변성퇴적 암류인데 이들 중 안산암질 암과 석영반암등의 화산암류의 역이 다른 종류의 역보다 훨씬 우세하게 함유되어 있다(약 3~4배). 그러나 상부로 감에따라 차츰 규암이나 화강암류의 함유비가 하부나 중부보다 다소 증가하는 양상을 보인다. 어떤 단면에서는 역의 장축이 층리면과 대략 평행한 방향으로 놓이는 Imbrication을 보이기도 한다.

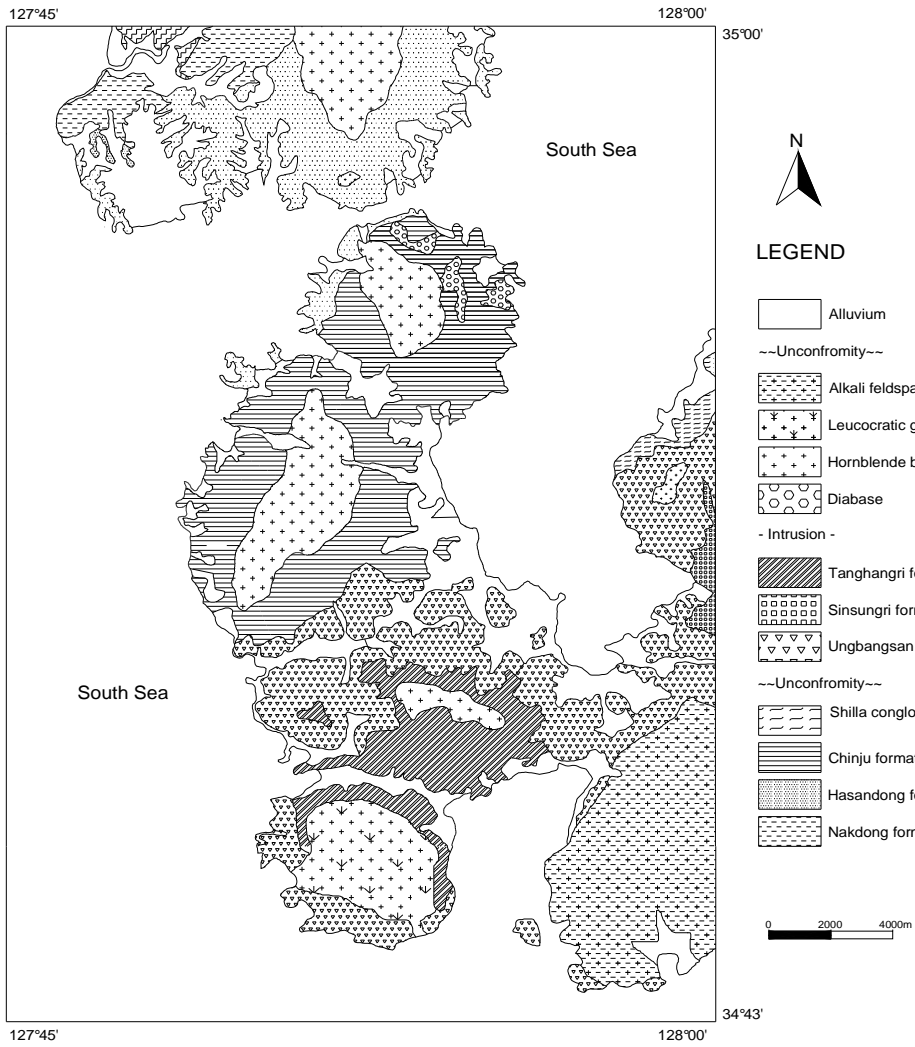


Fig. 1. Geological map of study area.

3. 시료채취 및 분석

3.1. 하상퇴적물

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

1차 수계(일부2차 수계)의 하상퇴적물들은 상류 집수분지 내에 발달되어있는 암석과 토양으로부터 유래된 입자들이 모인 것으로, 연구지역지질 및 주변지질(구성암석)을 축약하여 집약시켜 놓은 것이나 다름없다는 점에서, 대표성이 뛰어난 것은 물론이고 중금속과 미량원소를 잘 반영하고 있다(Darnley et al., 1990; Darnley et al., 1995; FOREGS, 1998).

지구화학 지도 작성과 지구화학적 기준치를 설정하는 데에는 하상퇴적물 입자의 크기는 100mesh 표준체로 체질하여 통과하는 150 μ m보다 미세한 실트-점토 크기의 무기질 입자를 대표시료로 하는 것이 효율적인 것으로 인정(신성천 등, 2000; Darnley et al., 1995)받고 있으며, 수계가 비교적 균일하게 잘 발달되고 지표에 암석 노출과 토양 발달이 양호한 우리나라의 경우에도 다양한 입자 크기의 표사 시료를 비교 분석한 결과 100mesh이하의 입자들이 원소함량을 반영하는데 가장 적합한 것으로 나타났다(이현구 등, 1999).

3.2. 하상퇴적물의 채취 및 수계의 현장 조사

남해·돌산지역 하상퇴적물의 지구화학적 자연 배경치에 대한 연구를 위해 1:50,000 남해·돌산도폭 내에서 선정된 118개의 수계를 대상으로 하상퇴적물 채취와 현장 관찰 조사가 이루어 졌다. 시료채취는 여름철 우기를 피해 하천조건이 정상적이고 가능하면 조건이 유사한 봄철이나 가을철과 같은 짧은 기간 내에 실시하는 것이 중요하다.

하상퇴적물의 채취 시에는 녹이 나는 일반철제나 구리 등으로 만들어진 삽은 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. 따라서 대상수계의 하천 바닥에서 그 하천의 상류지역을 대표하는 시료를 채취하기 위하여 하류에서 상류로 올라가면서 약 50m 거리 내에 곳곳에 쌓여있는 하상퇴적물을 5~10군데에서 여러 번에 걸쳐 조금씩 채취(grab sampling)하여 복합시료(composite sample)로 만들어 채취된 하상퇴적물의 대표성을 증가시켰다.

또한 시료채취에 있어서 제방의 형태나 좌우 지형 등도 고려되었다. 예를 들어 수계 양쪽의 지형이 가파른 경우에는 제방의 물질이 수계 쪽으로 붕괴되거나 미끄러져 내림으로서 상류 집수분지에서 유래되지 않은 하상퇴적물을 채취할 우려가 있으므로 대부분의 시료는 수계의 중앙부에서 채취하였다.

본 연구에서는 남해·돌산지역의 하상퇴적물에 존재하는 원소들의 자연 배경치(natural background)에 대한 연구이므로 시료채취지점의 상류 또는 부근에 폐광산, 주거지, 산업시설, 쓰레기 처리장, 축산 시설 등과 같이 인위적으로 수계의 오염이 이루어졌거나 오염이 의심되는 지역에서는 이러한 시설물의 영향이 없는 상류 쪽으로 이동하여 시료채취와 현장 관찰 조사를 실시하였다(Fig. 2.).

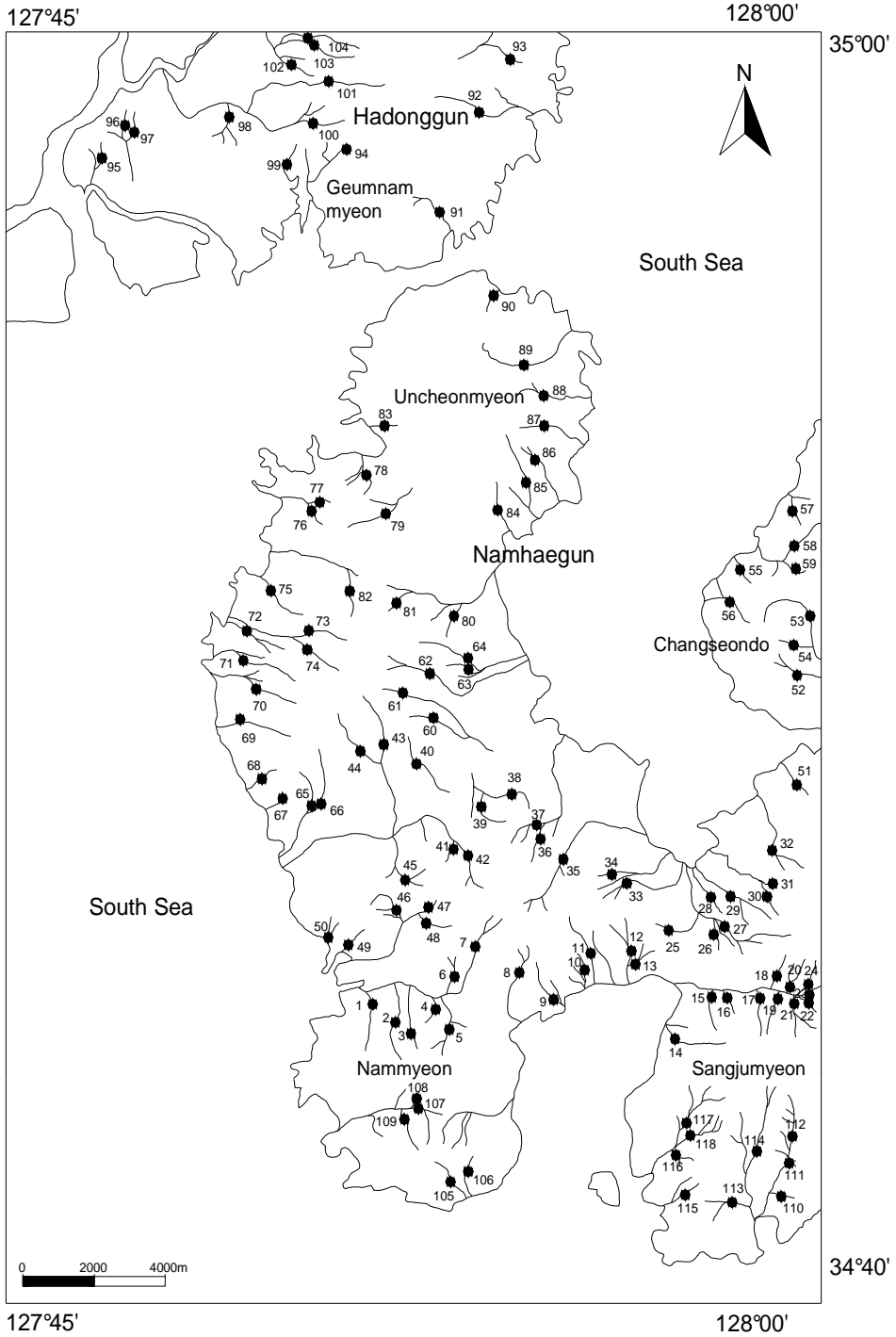


Fig. 2. Sampling sites map for stream sediments in the study area.

3.3. 시료 처리

하상퇴적물시료는 100mesh의 표준체를 이용하여 채취된 수계에서 바로 wet sieving을 실시하였으며 체질 중에 시료가 오염되는 것을 완전히 배제하기 위하여 stainless로 제작된 것을 이용하였고, 고무장갑을 착용하였다. 반복적인 wet sieving에 의하여 100mesh의 표준체를 통과한 150 μ m이하의 세립질 입자를 50~100g 정도를 수집하였다. 체질과정에서 발생하는 콜로이드상 부유물들은 부피에 비해 표면적이 커 많은 양의 금속을 운반할 수 있는 것으로 알려져 있어(Thornton, 1983), 이 미립의 부유물을 제거하기 위해, 일정 시간 가라앉힌 후 물을 따라 내고, 폴리에틸렌병에 담았다.

채취된 하상퇴적물은 바람이 잘 통하는 실내에서 자연 건조 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.

3.4. 시료 분석

하상퇴적물에 대한 화학분석은 한국지질자원연구원에서 실시하였다.

주성분원소인 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅는 X-선 형광분석기(X-ray fluorescence spectrometry: XRF)로 분석하였으며, 이 분석기기는 일본 Shimadzu사의 MXF-2100의 다중 채널 형식이고, X-선 발생장치의 튜브는 OEG-76H형이며 표적은 로듐(Rhodium, Rh)이다.

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

미량성분 원소 가운데 Co, Cr, Th, Sc, Ce, Yb, Hf, Eu은 중성자 방사화 분석(NAA)에 의해 분석하였다. 이때 중성자 발생은 하나로 원자로(Hi-flux Advanced Neutron Application Reactor)를 이용하였고, 고분해능 감마선 검출기는 HPGe gamma-ray 검출시스템을 이용하였으며, 감마스펙트럼분석은 EG & G社의 Ominigam 소프트웨어를 이용하였다.

4. 하상퇴적물에 대한 지구화학적 분석

4.1. 주성분원소 함량특성

1:50,000 남해·돌산지형도폭 지역 하상퇴적물에 존재하는 주성분원소들의 지구화학적 특성을 파악하기 위하여 채취한 118개 하상퇴적물에 대하여 화학 분석을 실시하였으며, 주성분원소의 화학분석 결과는 Appendix 1에 수록하였다.

남해·돌산지역의 하상퇴적물을 구성하는 주성분원소들의 함량을 살펴본 결과, SiO₂ 함량은 47.75~73.16wt.%의 범위를 보이고 있으며, Al₂O₃ 11.62~21.18wt.%, Fe₂O₃ 2.78~10.38wt.%, K₂O 1.43~4.27wt.%, MgO 0.30~2.71wt.%, Na₂O 0.19~1.88wt.%, CaO 0.21~5.38wt.%, TiO₂ 0.34~1.55wt.%, P₂O₅ 0.03~0.78wt.%, MnO 0.03~0.29wt.%의 범위를 보인다(Table 1).

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

Elements	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Min.	47.75	11.62	2.78	1.43	0.30	0.21	0.19	0.34	0.03	0.03
Max.	73.16	21.18	10.38	4.27	2.71	5.38	1.88	1.55	0.29	0.78
Aver.	59.52	16.11	6.31	2.65	1.25	1.63	1.01	0.89	0.14	0.14
S.D.	5.99	2.01	2.00	0.60	0.52	1.12	0.35	0.23	0.05	0.08
G.M.	59.23	15.98	5.97	2.58	1.12	1.24	0.94	0.86	0.13	0.12
Median	59.41	16.37	6.41	2.63	1.30	1.39	0.97	0.87	0.14	0.14

4.1.1. 주성분 원소의 평균 함량

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

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

주성분 원소들의 기하평균 함량은 SiO_2 59.23wt.%, Al_2O_3 15.98wt.%, Fe_2O_3 5.97wt.%, K_2O 2.58wt.%, Na_2O 0.94wt.%, MgO 1.12wt.%, TiO_2 0.86wt.%, CaO 1.24wt.%, P_2O_5 0.12wt.%, MnO 0.13wt.% 이었으며, 이 중에서 TiO_2 , P_2O_5 , MnO , Na_2O 평균 함량이 1wt.%미만으로 매우 적은 함량을 보이고 있다.

4.1.2. 주성분 원소의 분포 특성

남해·돌산지역에서 주성분 원소들의 함량이 과다 농집 되어 있거나, 이상 결핍된 지역의 존재 여부를 관찰하기 위하여 각 주성분 원소들의 함량에 따른 빈도수를 이용하여 히스토그램으로 도시 하였다(Fig. 3).

지구화학 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 경

우에는 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 농집 되어 있다고 해석할 수 있다(GNHPR, 2001).

주성분원소들의 히스토그램에서 대부분의 원소들이 매우 정상적인 정규 분포를 나타내고 있다. CaO, MgO, Na₂O, P₂O₅ 등의 히스토그램에서는 이들 원소가 다른 지역에 비해 2~6배 과다 농집된 시료가 존재하고 있음을 보여주고 있으며, 이들을 지역별로 살펴보면 다음과 같다.

CaO의 함량이 다른 지역 보다 높게 나타난 시료는 남해군 창선면 서대마을지역 (시료번호: NH-59) 시료로 CaO의 함량이 5.38wt.%로 남해·돌산지역 하상퇴적물에 함유되어있는 CaO의 평균 함량인 1.24wt.%보다 4배 정도 높은 함량을 보이고 있다.

Na₂O의 함량이 다른 지역 보다 높게 나타난 시료는 하동군 금남면 대송마을지역 (시료번호: NH-101)에서 1.88wt.%로 가장 높은 수치를 보이며, 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균 함량인 0.94wt.%보다 2배 정도 높은 함량을 보이고 있다.

MgO의 함량이 전체시료에서 가장 높게 나타난 지역은 남해군 삼동면 영지마을 (시료번호: NH-31)이며 함량은 2.71wt.%로 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균 함량인 1.12wt.%보다 2배 이상 많은 것으로 관찰되었다.

P₂O₅의 함량이 전체시료에서 가장 높게 나타난 지역은 남해군 상주면 영지마을 (시료번호: NH-14)이며 함량은 0.78wt.%로 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균 함량인 0.12wt.%보다 6배 이상 많은 것으로 관찰되었다.

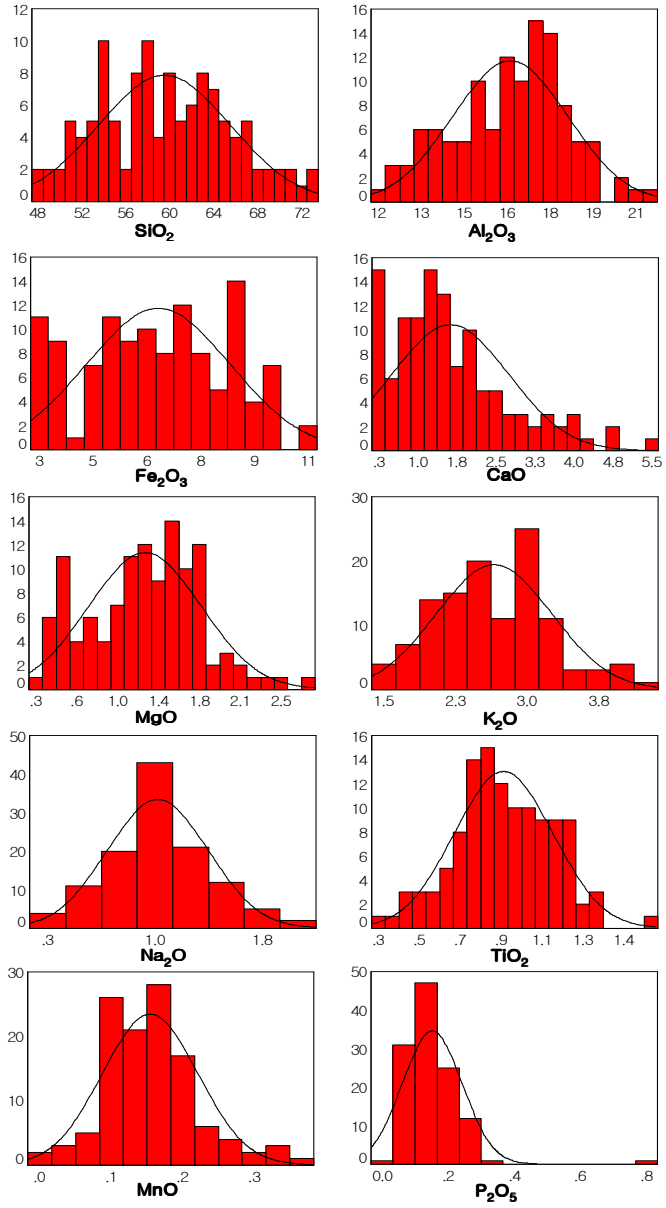


Fig. 3. Histograms of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area(unit :wt.%).

4.1.3. 지질 집단별 주성분원소의 함량 특성

남해·돌산지역 하상퇴적물의 주성분원소들을 시료채취지역의 지질에 따른 분포 특성을 관찰하기 위하여 하상퇴적물을 채취할 당시 수계 주변에 대한 현장 관찰 조사와 1:50,000의 지질도를 바탕으로 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 화강암류 지역, 안산암류 지역, 퇴적암류 지역으로 지질 집단을 분류 하였다.

분류된 지질집단은 다음과 같이 요약될 수 있다.

제 1집단(group I) : 기반암이 백악기 화강암류에 해당하는 지역으로, 알카리장석, 화강암, 각섬석-흑운모화강암, 우백색화강암 등이 존재하며, 이 집단의 시료 수는 총 32개이다.

제 2집단(group II) : 기반암이 백악기 안산암류에 해당하는 지역으로, 괴상안산암, 화산각력암, 각력안산암, 화산원역암등이 존재하며, 이 집단의 시료 수는 총 30 개이다.

제 3집단(group III) : 기반암이 퇴적암류에 해당하는 지역으로, 사암, 역암, 역암질, 사암, 녹회색 및 암회색세일, 각력질사암, 이회암, 녹회색이암, 적색세일, 등이 존재하며, 이 집단의 시료 수는 총 46개 이다.

Table 2에서는 하상퇴적물의 주성분에 대한 분석을 실시한 결과를 각 지질 집단 (group I, II, III) 별로 분류한 후, 통계 처리하여 산술평균(Average), 기하평균 (geometric mean), 중앙값(median), 표준편차(standard deviation)를 수록하였다.

화강암류 지역 (group I)에서 주성분원소 함량은 SiO_2 47.75~72.83wt.%, Al_2O_3 11.62~20.52wt.%, Fe_2O_3 2.78~6.98wt.%, K_2O 2.21~4.27wt.%, CaO 0.21~2.38wt.%, Na_2O 0.52~1.53wt.%, MgO 0.30~1.78wt.%, TiO_2 0.34~1.55wt.%, P_2O_5 0.03~0.78wt.%, MnO 0.09~0.28wt.% 이었다.

안산암류 지역 (group II)에서 주성분원소 함량은 SiO_2 49.19~65.93wt.%, Al_2O_3 14.95~20.05wt.%, Fe_2O_3 4.77~10.38wt.%, K_2O 1.43~3.19wt.%, Na_2O 0.64~1.80wt.%, CaO 0.86~5.38wt.%, MgO 0.73~2.71wt.%, TiO_2 0.75~1.33wt.%, MnO 0.08~0.29wt.%, P_2O_5 0.05~0.28wt.% 이었다.

퇴적암류 지역 (group III)에서 주성분원소 함량은 SiO_2 48.05~70.24wt.%, Al_2O_3 12.58~21.18wt.%, Fe_2O_3 3.60~9.52wt.%, K_2O 2.04~3.86wt.%, Na_2O 0.29~1.88wt.%, MgO 0.73~2.50wt.%, CaO 0.41~3.22wt.%, TiO_2 0.56~1.21wt.%, P_2O_5 0.06~0.31wt.%, MnO 0.04~0.24wt.% 이었다.

Table 2. General statistics of major elements for stream sediments in the
 Namhae · Dolsan area(unit :wt.%).

Elements		Min.	Max.	Aver.	S.D.	G.M.	Median
SiO ₂	I	47.75	72.83	63.37	5.38	63.13	63.57
	II	49.19	65.93	55.66	3.92	55.53	54.55
	III	48.05	70.24	59.06	5.81	58.78	59.44
Al ₂ O ₃	I	11.62	20.52	14.97	2.46	14.78	14.21
	II	14.95	20.05	17.40	1.23	17.36	17.50
	III	12.58	21.18	16.13	1.69	16.04	16.21
Fe ₂ O ₃	I	2.78	6.98	4.34	1.33	4.16	3.72
	II	4.77	10.38	8.10	1.31	7.99	8.39
	III	3.60	9.52	6.54	1.48	6.37	6.60
K ₂ O	I	2.21	4.27	3.21	0.49	3.18	3.14
	II	1.43	3.19	2.05	0.36	2.02	1.99
	III	2.04	3.86	2.69	0.39	2.66	2.71
MgO	I	0.30	1.78	0.74	0.41	0.65	0.60
	II	0.73	2.71	1.50	0.40	1.45	1.55
	III	0.73	2.50	1.46	0.39	1.42	1.40
CaO	I	0.21	2.38	0.73	0.52	0.58	0.69
	II	0.86	5.38	2.62	1.25	2.33	2.43
	III	0.41	3.22	1.62	0.68	1.47	1.58
Na ₂ O	I	0.52	1.53	0.99	0.25	0.96	0.96
	II	0.64	1.80	1.10	0.32	1.05	1.06
	III	0.29	1.88	1.00	0.37	0.93	0.94
TiO ₂	I	0.34	1.55	0.71	0.23	0.68	0.74
	II	0.75	1.33	1.08	0.14	1.07	1.08
	III	0.56	1.21	0.89	0.16	0.88	0.87
MnO	I	0.09	0.28	0.14	0.05	0.14	0.13
	II	0.08	0.29	0.18	0.04	0.17	0.17
	III	0.04	0.24	0.12	0.04	0.12	0.13
P ₂ O ₅	I	0.03	0.78	0.11	0.13	0.08	0.08
	II	0.05	0.28	0.18	0.06	0.17	0.17
	III	0.06	0.31	0.15	0.06	0.14	0.14

I : Granite area. II : Andesite area. III : Sedimentary area.

주성분원소들의 기하평균값을 지질 집단(group I, II, III)별로 비교해본 결과 화강암류 지역(group I)에서 채취된 시료들은 SiO_2 , K_2O 함량이 다른 집단(group II, III)보다 높으며, 안산암류 지역(group II)에서는 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , P_2O_5 , MnO , TiO_2 함량이(group II, III)보다 높으며, 퇴적암류 지역(group III)에서는 다른 지역의 시료에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역이 없다.

Fig. 4에서는 Box plot 를 이용하여 주성분원소들의 각 지질 집단별 기하평균 함량을 도시하였다.

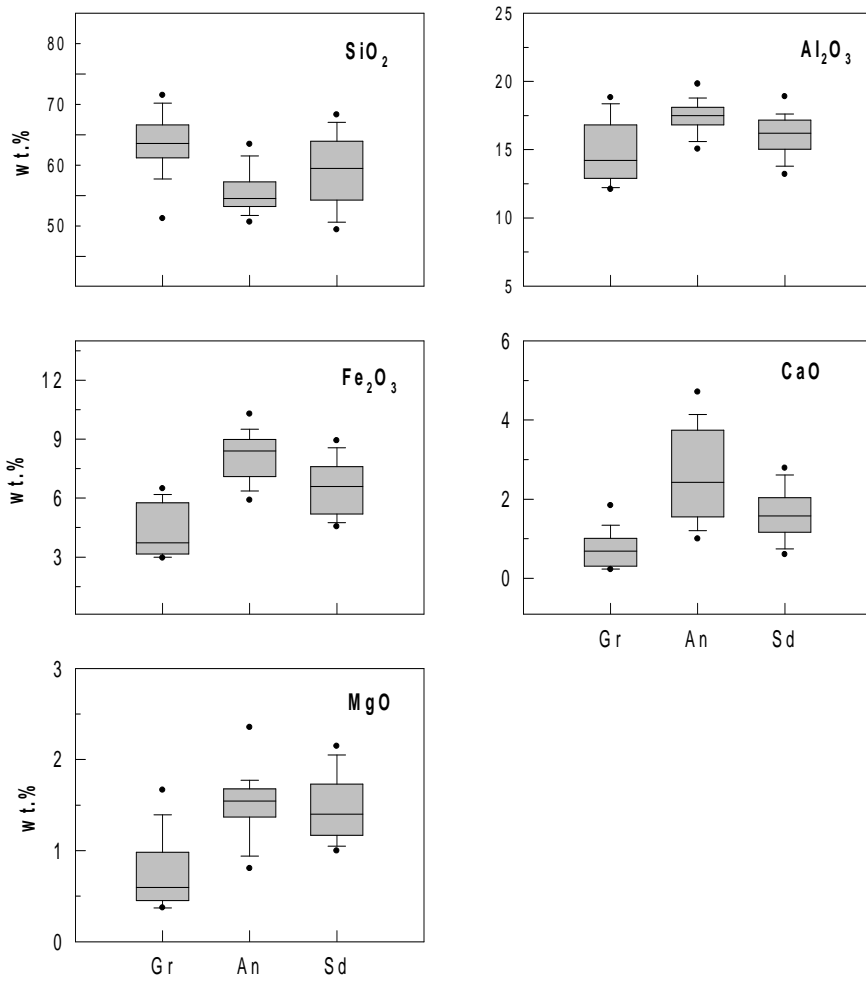
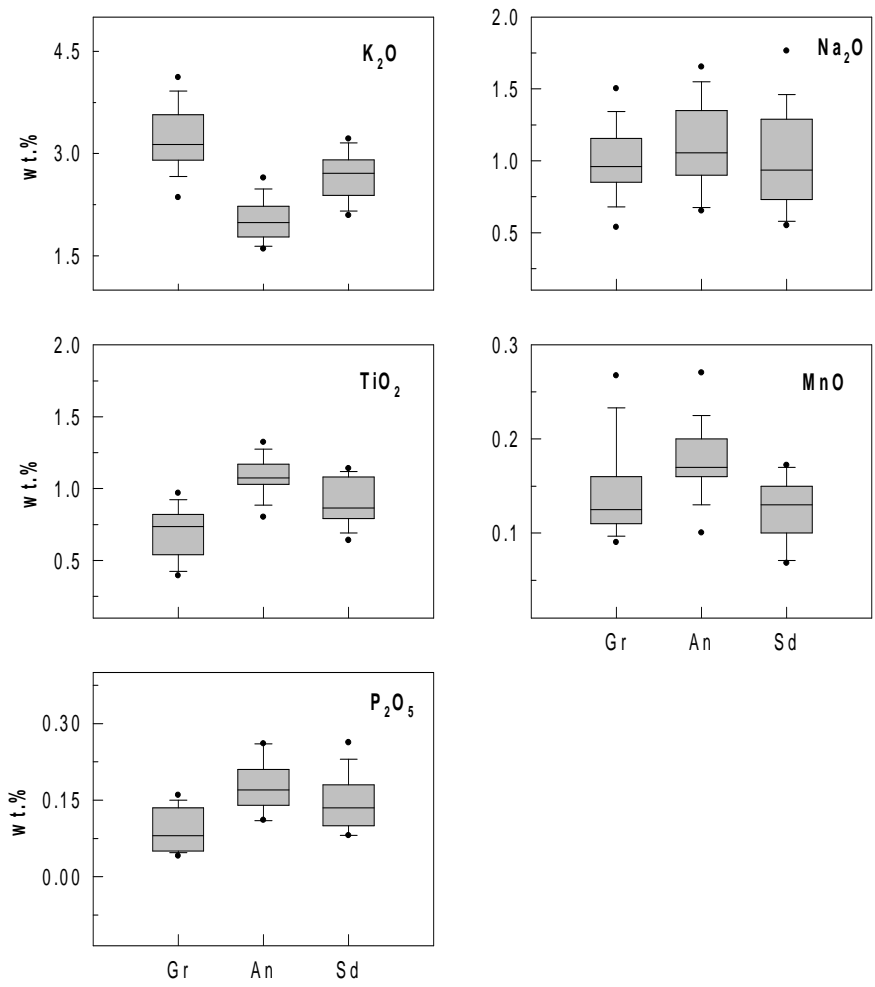


Fig. 4. Comparison diagram of major elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area.

Continued Fig. 4.



주성분원소 가운데 풍화, 숙성 및 변성작용에 안정한 비유동원소로 SiO_2 를 이용하여 각 원소들의 상관관계를 Fig. 5에 제시하였다.

Al_2O_3 는 화강암류 지역에서 채취된 시료(group I)에서 SiO_2 함량이 증가할수록 Al_2O_3 의 함량이 감소하는 상관관계를 보이고 있으며, Fe_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 등도 SiO_2 의 함량이 증가할수록 함량이 감소한다. 특정 함량대에 집중되는 현상은 보이고 있지 않는다. 그 외 주성분원소들은 SiO_2 의 함량 변화에 따라 분산의 정도가 심하여 어떤 특별한 상관관계를 관찰하기에는 어려웠다.

안산암류 지역(group II)에서 채취된 시료들의 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , P_2O_5 , TiO 는 SiO_2 의 함량이 증가할수록 그 원소들의 함량이 함께 감소하는 상관관계를 보여주고 있으며, K_2O 는 SiO_2 의 함량변화에 따른 특별한 상관관계를 보여주지 않고 일정한 함량을 나타내고 있다.

퇴적암류 지역(group III)시료들의 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , P_2O_5 , MnO , TiO_2 는 SiO_2 의 함량이 증가할수록 이들 원소의 함량은 감소하는 상관관계를 보이고 있으며, K_2O 는 SiO_2 의 함량이 증가할수록 증가하는 정의상관관계를 가지고 있는 것으로 관찰되었다.

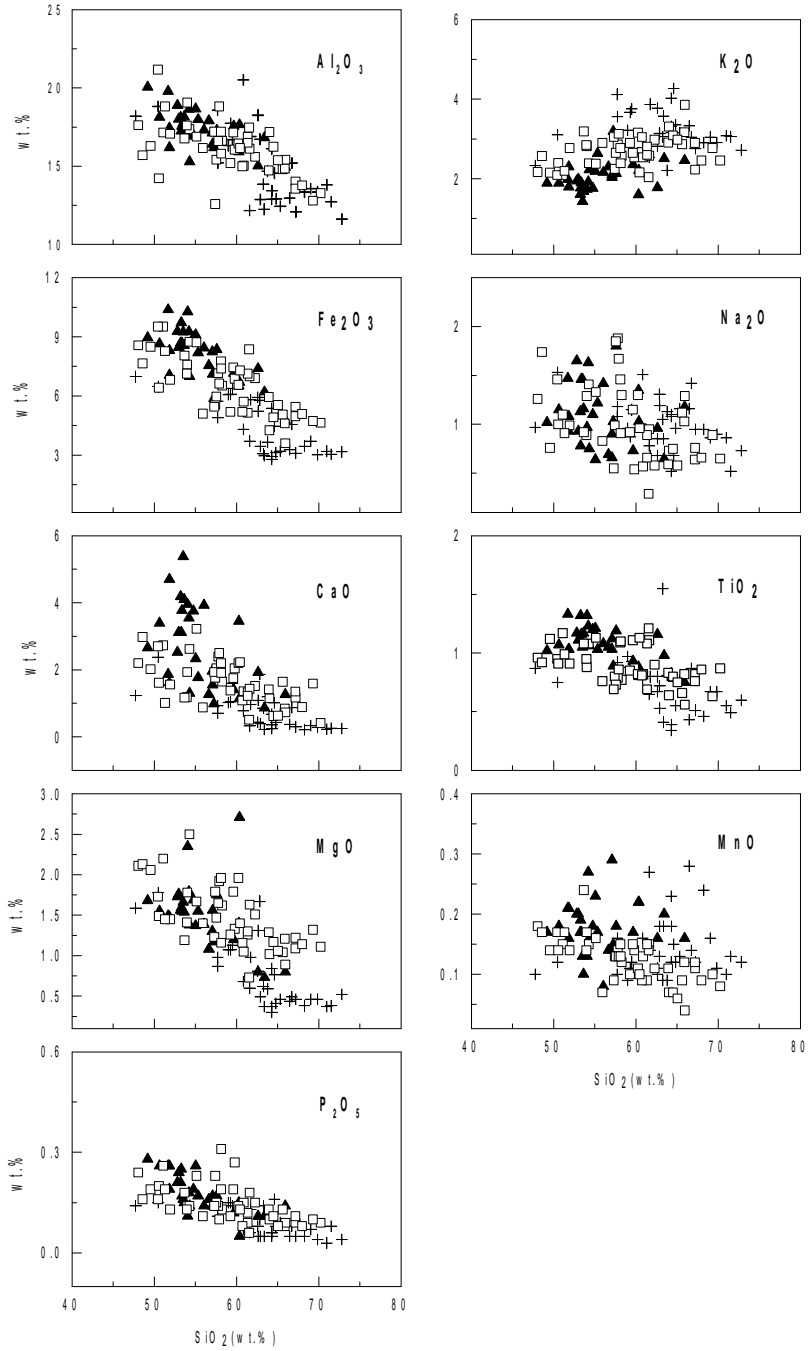


Fig. 5. Variation diagrams of major elements against SiO_2 (wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area.

(+ : group I, ▲ : group II, □: group III)

4.2. 미량원소 및 희토류원소

희토류원소는 물리·화학적 성질이 매우 유사하여 암석학적 또는 광물들의 분결 과정에 따라 서로 다른 거동을 가지므로 지각 또는 맨틀의 부분용융, 분별작용 및 마그마의 혼화와 같은 과정을 포함하는 화성암의 분화 과정을 밝히는데 매우 중요하게 이용된다(Henderson, 1984).

남해·돌산지역의 하상퇴적물 내에 존재하는 미량원소 및 희토류원소의 분포 특징을 관찰하기 위하여 ICP-AES 분석법을 이용하여 총 118개의 시료에 대해 Cu, Pb, Sr, V, Zr, Li 분석을 실시하였고, Ce, Co, Cr, Eu, Hf, Sc, Yb, Th 등의 원소들은 총 118개의 시료 중에서 55개의 시료를 선정하여 중성자 방사화 분석(NAA)을 실시하였고 미량원소 및 희토류원소에 대한 분석 결과는 Appendix 2에 수록하였다.

4.2.1. 미량원소 및 희토류원소의 함량특성

남해·돌산지역 하상퇴적물의 미량원소 함량은 Cu 5.66~168ppm, Pb 18.0~40.7ppm, Sr 44.4~645ppm, V 23.6~200ppm, Zr 43.7~171ppm, Li 14.5~106ppm, Co 4.86~25.3ppm, Cr 21.6~147ppm, Hf 4.50~20.7ppm, Sc 8.13~21.9ppm, Th 9.26~27.2ppm이다. 희토류 원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 43.1~175ppm, 0.63~1.86ppm, 1.28~6.49ppm이다. 미량원소들 중에서 Sr는 조사 지역 별로 볼 때, 최소 44.4ppm에서 최고 645ppm까지 함유되어 있는 것으로 나타나, 분석된 미량원소들 중에서 가장 많은 함량을 가진 것으로 조사되었다(Table 3).

미량 성분 및 희토류원소들의 함량은 주성분원소와 달리 지역별로 원소들의 함량 변화가 매우 심한 것을 볼 수 있다.

Table 3. Abundance of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area(unit :ppm).

Elements	Min.	Max.	Aver.	S.D.	G.M.	Median
Cu*	5.66	168	27.2	17.6	23.8	24.2
Pb*	18.0	40.7	27.3	4.64	26.9	27.1
Sr*	44.4	645	205	220	173	177
V*	23.6	200	90.2	40.1	80.5	81.6
Zr*	43.7	171	87.4	22.8	84.5	87.1
Li*	14.5	106	45.8	19.5	41.7	43.0
Ce**	43.1	175	90.5	31.6	85.5	79.8
Co**	4.86	25.3	14.8	5.04	13.9	14.5
Cr**	21.6	147	63.8	23.5	59.7	61.5
Eu**	0.63	1.86	1.25	0.29	1.22	1.17
Hf**	4.50	20.7	8.61	2.97	8.19	8.16
Sc**	8.13	21.9	14.2	3.68	13.7	14.1
Yb**	1.28	6.49	2.90	1.34	2.62	2.59
Th**	9.26	27.2	15.8	4.54	15.2	14.5

Min. : Minimum abundance

Max. : Maximum abundance

G.M.: Geometric mean

* Number of samples = 118

** Number of samples = 55

연구지역 하상퇴적물의 미량성분의 함량을 원소들의 기하평균 값을 이용하여 비교해본 결과(Table 3), Sr 원소가 평균 173ppm으로 가장 많은 함량을 보이고 있으며, 그 다음으로는 Zr 84.5ppm, V 80.5ppm, Cr 59.7ppm, Li 41.7, Pb 26.9ppm, Cu 23.8ppm, Th 15.2ppm, Co 13.9ppm, Sc 13.7ppm, Hf 8.19ppm 순으로 분포하고 있는 것으로 조사되었다.

남해 · 돌산지역 하상퇴적물에서 희토류원소인 Ce, Yb, Eu 원소들은 각각 85.5ppm, 2.62ppm, 1.22ppm으로 Ce 의 함량이 가장 높은 것으로 관찰되었다.

4.2.2. 지질집단별 미량원소 및 희토류원소의 함량 특성

1:50,000 남해·돌산지역 기존의 암석에 대한 지구화학적 연구와 야외조사를 통해 연구 지역의 기반암 및 수계 상부지역의 지질을 파악한 후, 주성분원소와 마찬가지로 3개의 지질집단, 화강암류 지역, 안산암류 지역, 퇴적암류 지역으로 지질집단을 분류 하였다(group I, II, III).

각 지질 집단의 자료 수에 있어서는 다소 차이가 있는데, 전체 시료를 분석하여 얻은 Cu, Li, Pb, Sr, V, Zr 원소들의 함량에 대한 자료는 각 지질 집단별(group I, II, III)로 32개, 30개, 46개로 동일하지만, Ce, Co, Cr, Eu, Hf, Sc, Yb, Th 원소들은 50개 지역만 선정하여 분석하였기 때문에 이들 원소들의 함량에 대한 자료는 화강암류 지역(group I) 16개, 안산암류 지역(group II) 10개, 퇴적암류 지역(group III) 24개로 다소 차이가 있다.

Table 4에서는 하상퇴적물의 미량 원소 및 희토류원소 대한 분석을 실시한 결과를 각 지질 집단 별(group I, II, III)로 분류한 후, 통계 처리하여 산술평균(Average), 기하평균(geometric mean), 중앙값(median), 표준편차(standard deviation), 최소값(Min.), 최대값(Max.)등을 수록하였다.

Table 4에서 보면 미량성분 중에서 Sr성분은 연구지역의 모든 지질에서 그 함량의 변화 폭이 가장 심하였으며, 그 다음으로는 희토류원소인 Ce의 함량의 변화가 큰 것으로 나타났다. 전체적으로 보면 Cu, Sr, V, Zr, Li, Ce, Cr 등의 원소가 비교적 높은 함량을 보이고 있다.

Cu, V, Zr, Li, Ce, Cr등 일부 미량원소들의 산술평균값과 기하평균의 값의 차이가 큰 것을 볼 수 있는데, 앞서 말한바와 같이 고(高) 함량이나 저(低) 함량을 갖는 시료가 존재함으로써, 이들이 원소들의 산술평균 함량에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 차이가 심한 원소들을 해당 원소들의 중앙값과 비교해 보면 산술평균보다는 기하평균이 그 원소의 중앙값과 가까운 값을 나타냄으로서 남해·돌산지역 하상퇴적물 내의 미량 원소 및 희토류원소들의 자연 함량에 대한 평균값을 제시하

기 위해서는 산술평균 보다는 기하평균을 이용하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

각 지질 집단 별 미량원소와 희토류원소 함량을 살펴보면 화강암류지역(group I)에서는 Pb, Zr, Ce, Hf, Yb, Th 등의 함량이 다른 지질 집단(group II, III)에 비해 높은 함량을 보이고 있으며, 이중에서 Ce등의 원소가 다른 지질 집단에 비해 특히 더 높은 함량을 보이고 있는 것으로 관찰되었다.

안산암류지역(group II)에서는 Cu, Li, Sr, V, Co, Eu, Sc 등의 함량이 다른 지질 집단(group I, III)에 비해 높은 함량을 보이고 있으며, 이중에서 Sr, V 등의 원소가 다른 지질 집단에 비해 특히 더 높은 함량을 보이고 있는 것으로 관찰되었다. 퇴적암류 지역(group III)에서는 Cr의 함량이 각각 다른 지질 집단보다 높은 함량을 보이고 있는 것으로 관찰되었다.

Table4. General statistics of minor elements for stream sediments in the Namhae ·
Dol-san area(unit :ppm).

Elements		Min.	Max.	Aver.	S.D.	G.M.	Median
Cu*	I	5.66	168	23.1	27.9	17.6	18.8
	II	14.5	73.4	30.6	12.8	28.4	29.2
	III	10.8	53.4	29.5	10.8	27.6	28.1
Pb*	I	20.5	40.7	29.1	5.16	28.6	28.2
	II	25.0	37.0	28.9	2.99	28.8	28.3
	III	18.0	39.2	25.8	4.40	25.4	25.1
Sr*	I	47.2	212	104	42.1	96.1	100
	II	96.9	645	326	122	302	330
	III	78.1	372	198	61.6	189	179
V*	I	23.6	94.4	50.1	20.2	46.4	40.6
	II	60.3	200	125	27.6	122	128
	III	45.1	178	95.2	33.0	89.8	89.4
Zr*	I	47.1	171	102	26.3	98.8	100
	II	69.3	118	96.3	13.0	95.4	96.2
	III	43.7	104	72.3	15.9	70.5	71.6
Li*	I	14.5	74.7	36.6	14.8	33.7	30.2
	II	20.8	80.7	58.0	19.8	53.8	67.5
	III	23.9	106	46.0	18.5	42.9	39.1
Ce**	I	68.7	175	120	29.2	116	119
	II	54.5	125	85.4	22.7	82.7	86.7
	III	51.8	139	74.1	19.9	72.1	70.8

I : Granite area(*Number of samples = 32, **Number of samples = 16)

II : Andesite area(*Number of samples = 30, **Number of samples = 10)

III : Sedimentary area(*Number of samples =46, **Number of samples = 24)

Continued Table 4.

Element		Min.	Max.	Aver.	S.D.	G.M.	Median
Co**	I	4.86	14.6	9.80	3.47	9.20	9.77
	II	14.4	25.3	18.8	3.28	18.5	18.3
	III	10.5	25.3	16.5	4.27	16.0	16.0
Cr**	I	21.6	64.9	45.6	13.1	43.6	44.4
	II	39.7	93.0	63.9	17.6	61.7	59.8
	III	36.0	147	74.7	25.5	70.7	67.9
Eu**	I	0.63	1.67	1.13	0.30	1.09	1.05
	II	1.17	1.85	1.55	0.20	1.53	1.51
	III	0.78	1.86	1.21	0.25	1.18	1.15
Hf**	I	7.09	20.7	10.9	3.62	10.4	10.2
	II	4.89	9.87	6.67	1.54	6.52	6.37
	III	4.50	10.3	7.91	1.81	7.70	7.98
Sc**	I	8.13	16.2	12.2	2.66	11.9	11.8
	II	13.1	21.9	16.8	2.67	16.6	16.3
	III	9.15	21.0	14.7	3.94	14.2	15.1
Yb**	I	1.37	6.49	4.20	1.37	3.93	4.13
	II	1.71	4.64	2.88	0.88	2.75	2.93
	III	1.28	4.54	2.19	0.84	2.06	1.87
Th**	I	13.50	27.2	19.7	4.26	19.2	19.2
	II	9.65	20.6	13.4	3.27	13.0	12.3
	III	9.97	19.4	14.1	2.53	13.9	13.6

I : Granite area(*Number of samples = 32, **Number of samples = 16)

II : Andesite area(*Number of samples = 30, **Number of samples = 10)

III : Sedimentary area(*Number of samples =46, **Number of samples = 24)

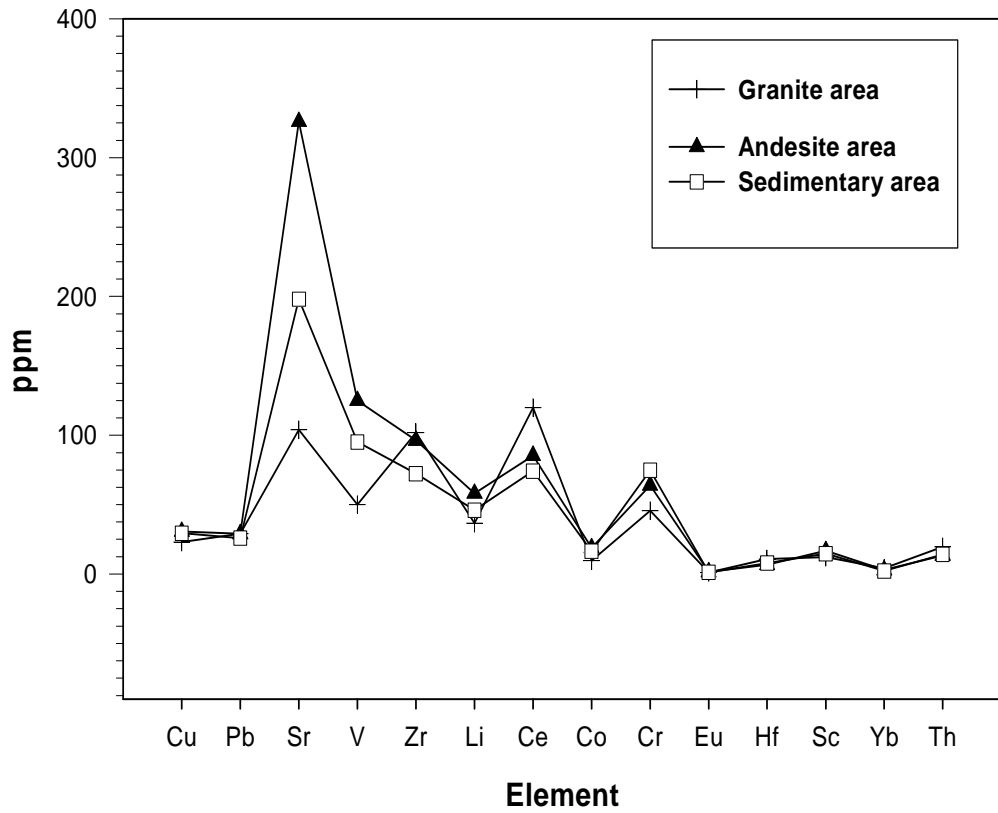


Fig. 6. Average abundance of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area.

4.2.3. SiO₂ 함량에 따른 미량원소 및 희토류원소의 거동 특성

연구지역 하상퇴적물의 일부 미량원소 및 희토류원소들을 주성분원소인 SiO₂의 함량에 따른 변화를 관찰하여 보았다.

화강암류 지역에서 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 Cu, Sr, V, Li, Co, Cr, Sc은 대체로 감소하는 부(-)의 상관관계를 보이고 있으며 일부분에 집중되거나 분산되는 경향을 보이고 있다. Li 는 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 감소하다가 증가하는 경향을 보인다. 희토류 원소인 Ce, Eu, Yb는 특별한 상관관계를 보이지는 않지만 Ce는 대체로 분산되는 경향을 보이고 Eu, Yb 는 대체로 일정한 경향을 보인다.

안산암류 지역에서 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 Cu, Pb, Sr, V, Li, Co가 대체로 감소하는 부(-)의 상관관계를 보이고 있으며 일부분에 집중되거나 분산되는 경향을 보이고 있다. 반면 Zr, Hf, Th는 증가하는 정(+)의 상관관계를 보이고 있다. 희토류 원소인 Ce, Eu, Yb는 특별한 상관관계를 보이지는 않지만 Ce는 대체로 분산되는 경향을 보이고 Eu, Yb 는 대체로 일정한 경향을 보인다.

퇴적암류 지역에서 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 Cu, Pb, Sr, V, Li, Co, Sc가 감소하는 부(-)의 상관관계를 보고 있으며 일부분에서는 집중되거나 분산되는 경향을 보이고 있다. Pb, Zr, Th는 SiO₂ 함량이 증가함에 따라 감소하다가 증가하는 경향을 보이고 있다. 희토류 원소인 Ce, Eu, Yb는 특별한 상관관계를 보이지는 않지만 Ce는 대체로 분산되는 경향을 보이고 Eu, Yb 는 대체로 일정한 경향을 보인다.

다른 원소들보다 이동성이 큰 Cu는 SiO₂의 함량이 증가할수록 Cu의 함량도 증가하는 정의 거동을 보이는 것이 일반적인 특징이지만(이현구 외, 1999), 본 연구에서는 분산의 정도가 심하여 특별한 상관관계를 살펴보기에는 어렵지만 비교적 정(+) 보다는 부(-)의 상관관계에 가까운 양상을 보이고 있다.

Co와 Sc는 염기성암석에 풍부한 원소들로 SiO₂가 증가함에 따라 낮은 함량을 갖는 것으로 알려져 있는데(Taylor et al., 1985), 본 연구에서도 SiO₂에 대하여 이들 원소들은 비교적 부의 상관성(-)을 보여 주고 있다(Fig. 7).

Ce, Eu, Yb는 SiO₂의 함량이 증가할수록 이들 희토류원소들의 함량은 감소하는 것이 일반적(이현구 외, 1999)이나, 본 연구에서 이들 희토류원소는 Eu를 제외하고는 SiO₂와 어떠한 상관성도 보여주지 않고 있다(Fig 8).

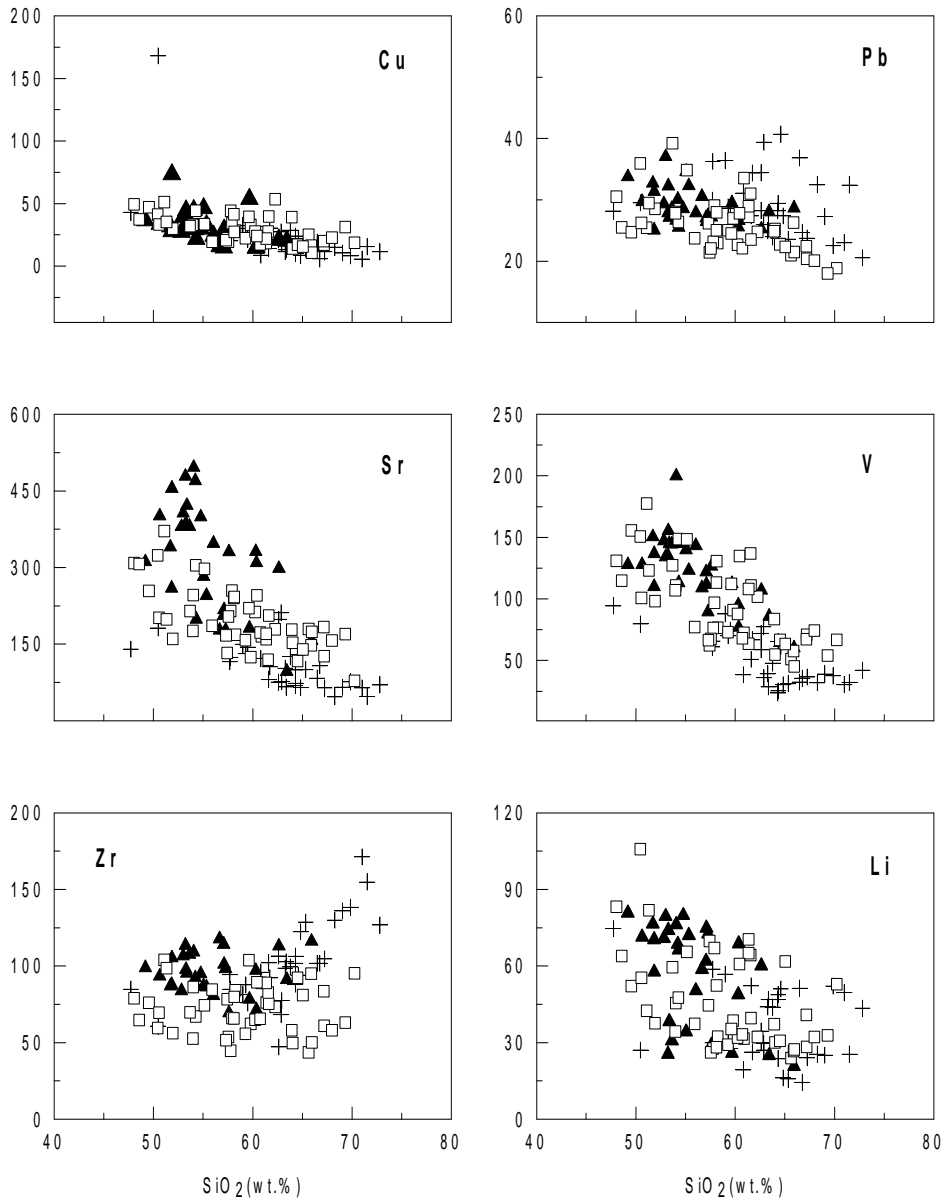
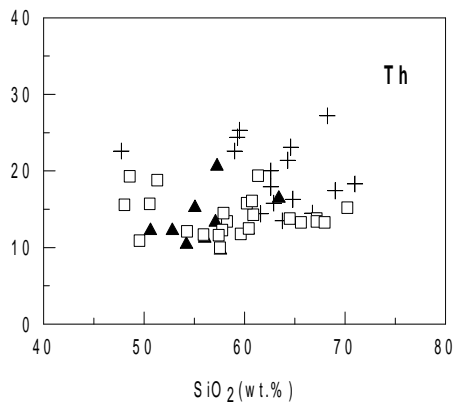
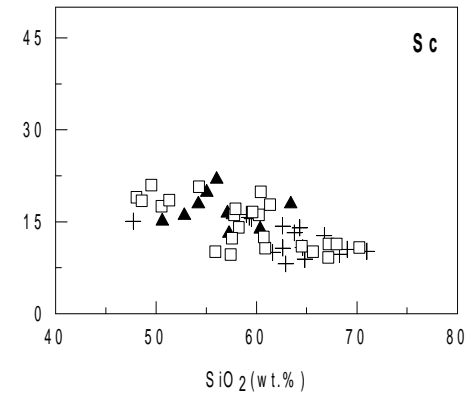
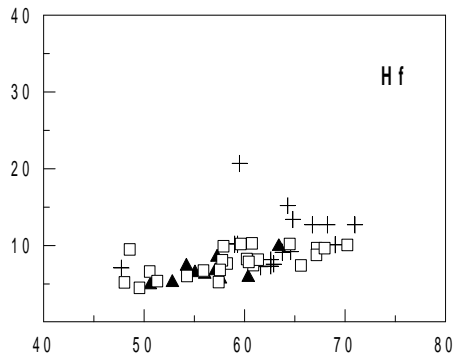
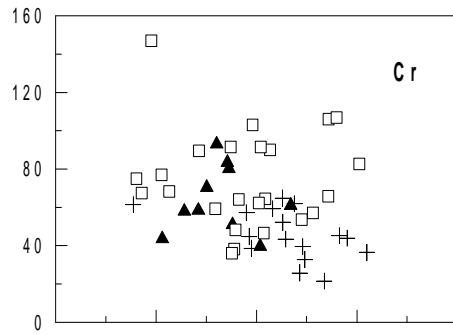
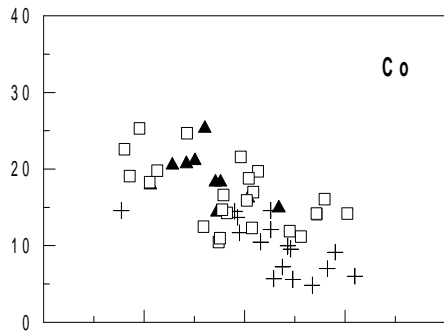


Fig. 7. Variation diagrams of trace elements(ppm) against SiO₂(wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area. Symbols are the same as Fig. 5.

Continued Fig. 7.



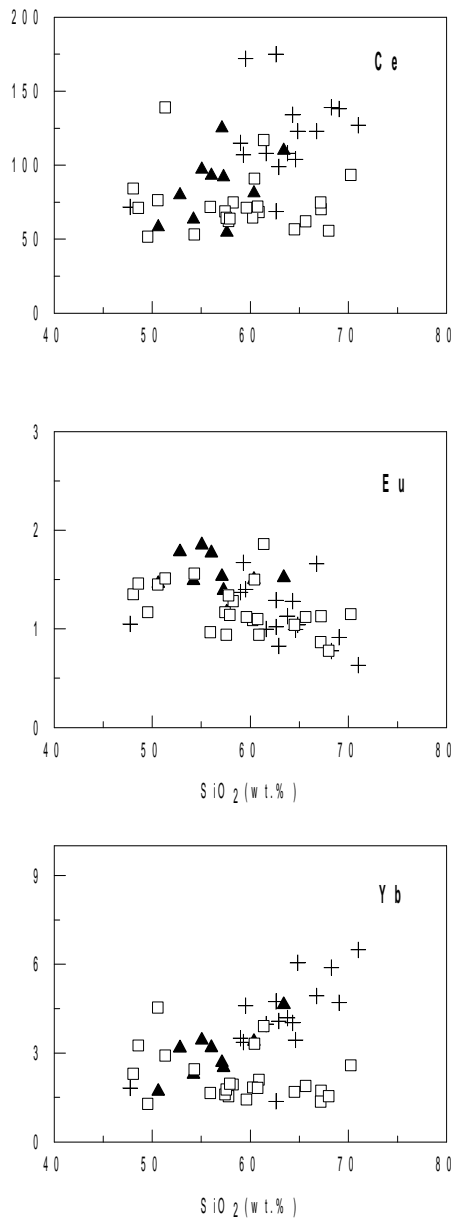


Fig. 8. Variation diagrams of rare earth elements(ppm) against SiO₂(wt.%) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area. Symbols are the same as Fig. 5.

5. 미량원소 및 희토류원소의 분산 특성

미량원소들은 과잉섭취 시에 유해한 독성원소(toxic element)와 사람이나 동식물의 생장에 있어서 지나치게 결핍 시에는 여러 가지 질병이나 재해를 가져다주는 필수원소(essential element)로 분류할 수 있다. As, Ba, Be, Bi, Cd, Pb, Sb, Co 등은 독성원소에 해당되며, Cu, Li, Mo, Ni, Co, Cr, Zn 등은 독성원소이면서, 한편으로는 결핍되어서도 안 되는 필수원소에 해당한다(Dissanayake et al., 1999; GNHPR, 2001).

미량원소 및 희토류원소의 함량이 남해·돌산지역의 지질환경에 의하여 과다하게 농집되어 있거나 이상 결핍되어 있는 지역을 알아보기 위하여 미량 및 희토류원소들의 함량에 따른 빈도수를 이용하여 히스토그램을 작성하였다(Fig. 9).

Cu는 대표적인 친동원소인 중금속으로 염기성 마그마의 초기 결정단계에서 마그마로부터 유리되어 나오므로 규산염광물에는 들어갈 수 없는 특징을 가진다(Wager and Mitchell, 1951). Cu는 모든 생물체에 필요한 미량원소로 분류되지만 다량 섭취하면 독성이 있고, 반대로 토양내 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).

Cu는 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 and McLennan, 1995; Turekian and Wedephol, 1961)정도 함유되어 있다.

Cu는 독성원소이면서 필수원소에 해당하는 원소로서 본 연구에서는 이상 결핍 지역은 관찰되지 않았지만 4개 지역에서 Cu가 과다하게 농집 되어 있는 것으로 관찰되었다. 남해·돌산지역 하상퇴적물 내에 Cu의 평균 함량은 27.23ppm인데, 남해

군 서면 현촌마을(시료번호 NH-82)에서 168ppm이 검출되어 다른 지역들 보다 훨씬 높은 수치를 보이며, NH-13에서 73ppm, NH-38에서 54ppm, NH-78에서 53ppm을 나타내고 있다. 시료 채취시 상류에 특별한 오염원이 존재하지 않았고, 토양의 오염과 관련되어 나타날 수 있는 중금속원소인 Pb, Ni, Cd 등은 비교적 낮은 함량으로 검출되고 있으므로, 이 지역에서 Cu의 함량이 높은 이유는 인위적인 오염에 의한 것이 아니라 판단된다. 그러나 이 지역의 Cu 함량은 우리나라 토양 오염 우려 기준치인 50ppm(환경부, 1999)을 초과하고 있으므로 향후 2차적인 오염에 의하여 Cu가 과다 농집되는 일이 없도록 지속적인 관리가 필요한 지역이다.

Pb은 중금속으로 친동 원소이다. 상부 대륙 지각에서 20ppm(Taylor and McLennan, 1995)이지만 분포는 상대적으로 집중되어 광상에 많이 모여 있다. 인체로는 식물, 특히 육고기와 야채로부터 섭취하는 양이 가장 많다. 1일 평균 섭취량은 식물로부터 약 300 μ g, 대기로부터 10~100 μ g이다. 빵, 육고기 등의 고형식에 의한 납의 섭취량은 1일당 600 μ g을 넘어서는 안 추정되고 있으며, 식물체내에서는 거의 이동하지 않는다.

시료번호 NH-2의 Pb의 함유량은 41ppm으로 연구 지역의 평균함량인 27.26ppm보다 높았으며 퇴적물의 오염기준인 40ppm보다도 높다.

Sr의 이온반경은 Ca^{2+} (1.21 Å)와 K^{+} (1.46 Å)의 중간 크기이므로 칼슘광물에 허용 또는 칼륨광물에 포획된다(Mason and Moore, 1982). 마그마 작용중에 스트론튬은 중간단계에 분별 결정된 물질에 분배되므로 진화된 화강암(<300ppm)이나 염기성 암(<450ppm)보다는 중성암(약 500ppm)에 부화되는 경향이 있으며, 특히 사장암에서 높은 (약 1000ppm)것으로 알려져 있다(Wedephol, 1978).

Sr의 자연배경치는 44.4~645ppm 범위를 보인다. 중앙값은 173ppm이다.

Sr은 남해·돌산지역 하상퇴적물에서 평균 205ppm정도의 함량을 보이고 있으며, Sr이 과다하게 농집되어 있는 지역은 남해군 창선면 서대마을(시료번호: NH-59)로

이 지역의 Sr의 함량은 645ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

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

사암(20ppm)과 석회암(15ppm)에서 낮고, 셰일(130ppm)등 이질암에서 현저하게 높고 화강암(20ppm)에는 적게 함유 된다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Turekian and Wedephol, 1961).

V은 동식물과 인체 내 지방에 광범위하게 존재하며 유기체내 적당량의 바나듐은 지방 신지대사와 콜레스테롤의 분해에 유리하고, 바나듐의 결핍은 동물과 조류의 성장에 영향을 끼치며 헤모글로빈의 농도를 저하시킨다(최석원과 김억수, 1996).

바나듐은 23.6~200ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 81.6ppm이다. 남해·돌산지역 하상퇴적물에서 평균 90.2ppm정도의 함량을 보이고 있으며, V이 과다하게 농집되어 있는 지역은 남해군 남해읍 평현리일대(시료번호: NH-40)로 이 지역의 V의 함량은 200ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

Zr은 동원 마그마 기원의 화성암류에서는 염기성암에서 산성암으로 갈수록 지르코늄의 함량이 증가하는 경향을 가지며, 암석의 조암광물 및 수반광물에 있어서 보통휘석, 각섬석과 같은 철광물에 다소 함유 되어 있고, 운모류에는 거의 들어 있지 않으며 자철석, 티탄철석, 금홍석, 스펜과 같은 수반광물에 항시 포함되며, 석영, 장석류와 같은 무색광물에는 아주 소량이 함유되어 있다(Vlasov, 1966). 지르코늄은 자유 이온상태로 존재하는 이외에도 ZrO_4 의 산화합물을 이루며, 이 산화합물이 SiO_4 보다 크기 때문에 잔유액에 농집 된다(Ringwood, 1955).

남해·돌산지역의 Zr의 함량은 43.7~171ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 87.1ppm이다. 평균함량은 87.4ppm이다. Zr이 과다하게 농집 되어 있는 지역은 남해군 삼동면 금천마을 일대(시료번호: NH-15)로 이 지역의 Zr의 함량은 171ppm으로

다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

Li은 알카리 금속으로서 친석원소이다. 관입화성암체가 동원마그마 계열일 때에는 염기성암에서 산성암으로 갈수록 리튬함량이 점차적으로 증가하는 경향을 가진다(Vlasov, 1966). 리튬이 풍부한 환경은 인간의 신경을 진정시키는 작용을 하나, 심한 경우 도리어 사람에게 우울증을 유발 시킬 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 5~200ppm, 사암에서 15ppm, 석회암에서 5ppm, 셰일에서 60ppm의 함량을 갖는다(Levinson, 1974; Taylor, 1964; Turekian and Wedephol, 1961).

남해·돌산지역의 Li의 함량은 14.5~106ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 43ppm이다. 평균함량은 45.8ppm이다. Li이 과다하게 농집 되어 있는 지역은 남해군 남면 당항리 신촌마을 일대(시료번호: NH-8)로 이 지역의 Li의 함량은 106ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

남해·돌산지역의 Ce의 함량은 43.1~175ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 79.8ppm이다. 평균함량은 90.5ppm이다. 시료번호 NH-114 지역에서 175ppm이 검출되어 평균값인 90.5ppm 보다 2배 가까이 높게 나타났다. 이 지역도 마찬가지로 중금속원소의 함량을 살펴본 결과 모두 낮은 함량을 보이고 있어 인위적인 오염이 아닌 자연 환경에 의하여 부화되었을 것이라 판단된다.

Co는 중금속이며 희유원소이다. Co^{2+} 이온의 이온크기(0.74Å)는 Fe^{2+} 이온(0.77Å)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 있다(Mason and Moore, 1982).

토양과 목초지에서 Co가 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).

남해·돌산지역의 Co의 함량은 4.86~25.3ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 14.5ppm이다. 평균함량은 14.8ppm이다. Co가 과다하게 농집 되어 있는 지역은 남해군 남해읍 아산마을 일대(시료번호: NH-61)로 이 지역의 Co의 함량은 25.3ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

Cr은 인간과 동물에게 필요 불가결한 원소이다. Cr은 소위 포도당 내독성의 인자로서 중요하며, 혈액 중 포도당 농도가 과잉인 상태를 정상적인 농도로 조절하는 작용을 하고 있다.

지각에서 110ppm, 토양에서 100ppm으로 지각중의 함량과 토양에서의 함량은 대체로 일치한다. 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, Cr³⁺는 세포막을 통과하는 양이 매우 적어서 독성이 비교적 적고, Cr⁶⁺는 세포막에 대해 비교적 강한 침투력과 산화능력을 가지고 있으며 독성이 있어 과다한 양은 건강에 해를 끼친다. Cr⁶⁺는 구강과 피부를 통해 인체에 들어와 눈의 결막증, 인후피양을 일으키는데 심한 경우 비중격괴양이나 천공을 유발시킨다(최석원과 김억수, 1996).

남해·돌산지역의 Cr의 함량은 21.6~147ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 61.5ppm이다. 평균함량은 63.8ppm이다. Cr가 과다하게 농집 되어 있는 지역은 남해군 남해읍 아산마을 일대(시료번호: NH-61)로 이 지역의 Cr의 함량은 147ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

Eu은 남해군 남면 덕월리(시료번호: NH-49)지역에서 1.86ppm으로 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균 함량인 1.25ppm보다 1.5배정도 높게 나타났다.

Hf은 남해군 남면 울곡마을(시료번호: NH-109)시료에서 20.7ppm이 검출됨으로써 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균값인 8.61ppm보다 2배가 넘는 이상치가 존재하고 있음을 보여주고 있으나, 이들 지역에서 중금속원소의 함량을 살펴본 결과 모두 낮은 함량을 보이고 있어 오염과는 무관한 것으로 판단된다.

Sc은 마그마가 냉각 결정화됨에 따라 초기에 형성되는 휘석, 각섬석, 흑운모와 같은 철-마그네슘 광물에 주로 농집 된다. 이는 스칸디움의 이온반경(0.81Å)이 Mg^{2+} (0.66Å)보다 Fe^{2+} (0.74Å)에 가까워 Sc^{3+} 이 Mg^{2+} 보다는 Fe^{2+} 과 행동하며 잘 농집되기 때문이며, Sc^{3+} 의 전기음성도($E_{Sc}=1.3$)는 Fe^{2+} ($E_{Fe}=1.65$)보다는 Mg^{2+} ($E_{Mg}=1.2$)에 더 가깝다. 따라서 스칸디움은 첩보다는 상당한 격자의 위치에 들어가려고 하는 경향이 더 크기 때문에 분화초기에 형성되는 철광물에 잘 농집된다(Ringwood, 1995). 스칸디움은 titanite 속에 특히 농집되며 초기에 정출한 감람석에는 농축되지 않는다(Mason and Moore, 1982). 지각에서 11ppm, 화강암에서 5ppm, 현무암에서 38ppm이다(Levinson, 1974).

연구지역의 Sc의 함량은 8.13~21.9ppm의 범위를 보인다. 중앙값은 14.1ppm이다. 평균함량은 14.2ppm이다. Sc가 과다하게 농집되어 있는 지역은 남해군 이동면 화계마을 일대(시료번호: NH-12)로 이 지역의 Sc의 함량은 21.9ppm으로 다른 지역보다 높은 함량을 보이고 있다.

Yb의 함량이 다량 함유되어있는 지역은 남해군 삼동면 신전리 금평마을 일대 시료번호 NH-15이고, 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균값은 2.90ppm이지만, 이 지역의 시료에서는 6.49ppm이 검출되었다.

Th의 함량이 다량 함유되어있는 지역은 남해군 삼동면 신전리 일대 시료번호 NH-17이고, 남해·돌산지역 하상퇴적물의 평균값은 15.8ppm이지만, 이 지역의 시료에서는 27.2ppm이 검출되었다.

위의 결과와 같이 남해·돌산지역의 하상퇴적물에 존재하는 독성원소들 중에서 Pb는 남해군 남면 차양골 부근(시료번호: NH-2)에서 연구지역내의 다른 지역들에 비해 과다하게 농집 되어 있는 것으로 나타났다. Cu는 남해군 서면 현촌마을 부근(시료번호: NH-82)에서, Co, Cr은 남해군 남해읍 아산마을 일대(시료번호: NH-61)에서 다른 지역들에 비해 이들 원소의 함량이 과다하게 농집 되어 것으로 관찰되었다.

이러한 원소들이 남해·돌산지역의 지질 환경에 의하여 과다 농집 되었다고 판단되며, 향후 농작물 등에 의해 이들 원소가 동물이나 인간에게 접근하는 과정에 대한 지속적인 관찰이 필요하다.

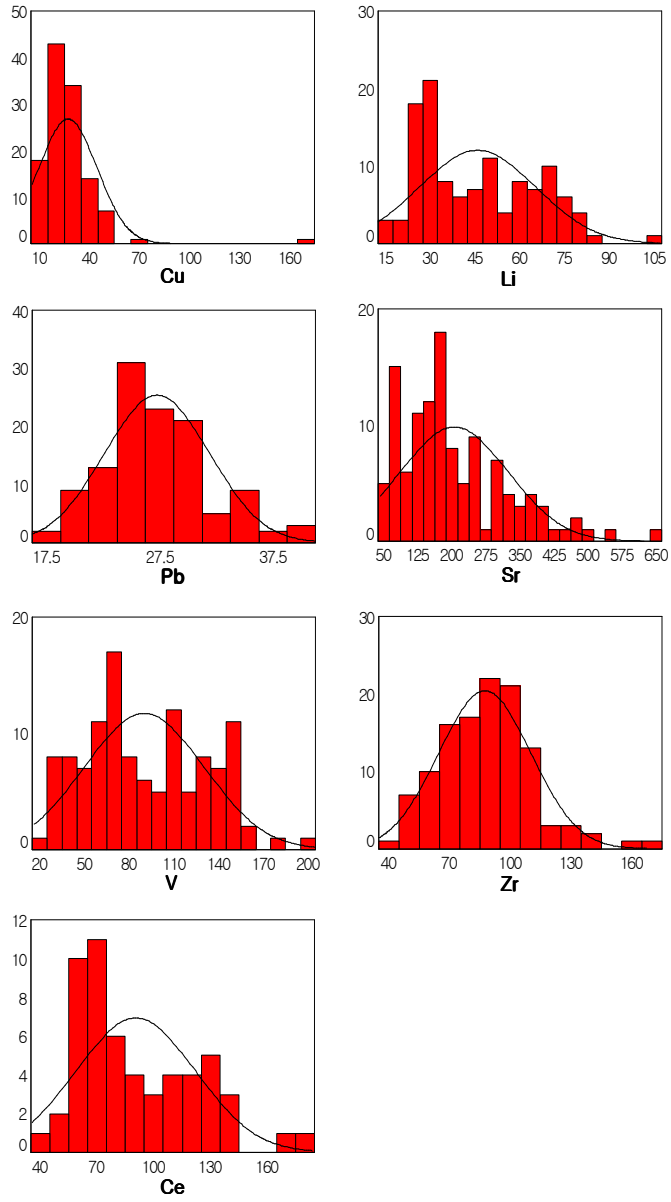
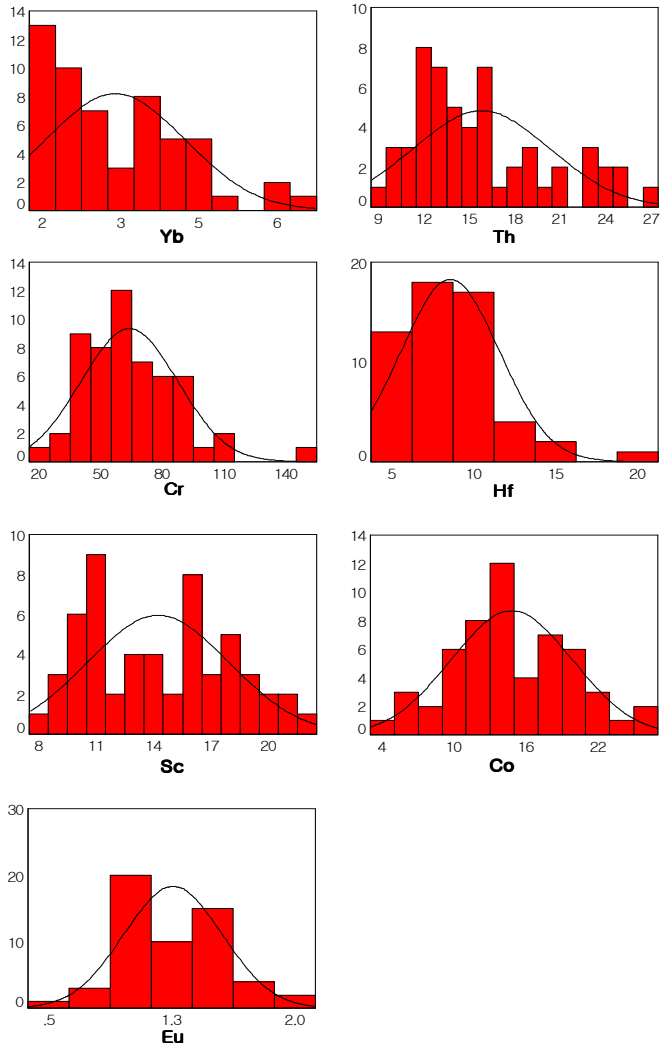


Fig. 9. Histograms of minor elements for stream sediments in the Namhae · Dolsan area(unit :ppm).

Continued Fig. 9.



6. 잠재적 독성원소의 분산 특성

현재까지 알려진 동물과 인간의 건강에 해로운 영향을 미치는 잠재적 독성 원소 들로는 Al, As, Ba, Be, B, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Hg, Ni, Sb, Se, Tl, Th, Sn, U, V, Zn 등이 있으며, 이들 원소는 자연적 혹은 인위적인 원인에 의해 대기, 자연 수, 토양 등의 지질매체를 통하여 분산된다(김종신 외, 1997).

지구화학적 환경에서 원소들의 분산은 일반적으로 암석→토양→자연수→식물→ 동물 및 인간으로 진행되고 있다(전효택 외, 1998). 따라서 암석이나 토양 중에 분포하는 원소들은 지표수 및 지하수 또는 대기에 의해 이동, 분산되면서 동식물의 성장에 영향을 주며, 동식물 및 인체에 축적됨으로써 심각한 건강장해를 일으킬 수 있다(Brooks, 1983; 전효택, 1995). 또한 하상퇴적물은 이러한 원소들이 물 속에 재용출 될 수 있는 궁극적인 저장소이다(황춘길 외, 1999).

남해·돌산지역 하상퇴적물에 존재하는 미량원소들 중에서 잠재적 독성원소에 해당하는 Cu 원소를 이용하여 Cu 원소의 함량에 대한 잠재적 독성원소인 Pb, Co, Cr, V 원소들의 함량변화를 살펴보았다(Fig. 10).

V, Co, Cr은 Cu원소의 함량이 증가함에 따라 증가하는 정(+)의 상관관계를 일정 하게 보이고 있으며, Pb은 Cu원소 함량이 증가해도 일정한 함량대를 유지하고 있다.

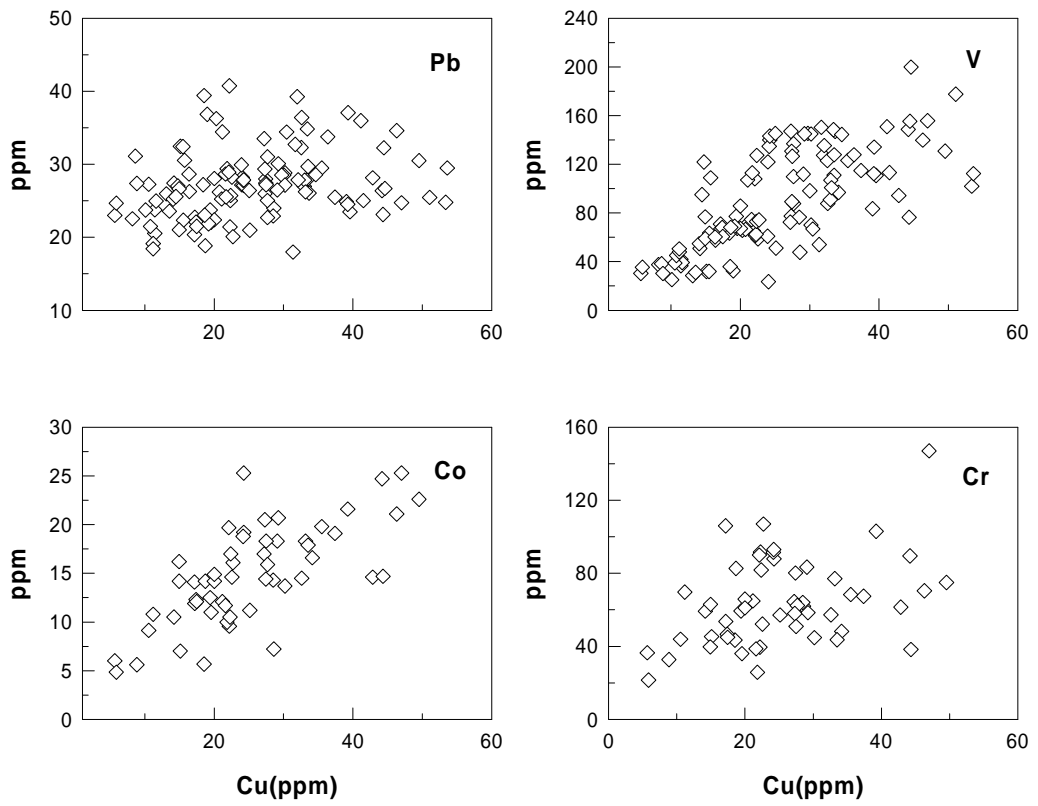


Fig. 10. Variation diagrams of toxic elements against Cu(ppm) for stream sediments in the Namhae · Dolsan area.

잠재적 독성원소 중에서 Cu, Pb, V, Co, Cr 등의 원소들이 연구지역의 자연 환경에서 얼마나 부화되어있는지를 살펴보기 위하여 남해·돌산지역의 하상퇴적물에 존재하는 이들 원소의 평균 함량과 지구 퇴적물에서 이들 원소들의 평균함량(Bowen, 1979)을 비교하여 보았다(Table 5).

남해·돌산지역 하상퇴적물에 분포하는 미량원소들 중에 연구지역의 모든 지질 집단(화강암류 지역, 안산암류 지역, 퇴적암류 지역)에서 평균 함량이 지구퇴적물의 함량보다 낮은 것으로 나타난 원소들은 Cu, Pb, V, Cr 등이다. 또한 Co는 (group-I, II)에서 지구퇴적물의 함량보다 높은 함량을 나타내고 있다.

남해·돌산지역 하상퇴적물내에 존재하는 잠재적 독성원소들 중에서 Cu, Pb, V, Co, Cr 등의 함량을 미국 환경청(EPA)에서 제시하고 있는 이들 원소의 최저 오염 함량과 비교하여 보았다(Annon, 1977).

Cu의 평균 함량은 화강암류 지역(group I)에서 EPA의 기준치인 25ppm보다 낮은 것으로 나타났고, 안산암류 지역(group II)과 퇴적암류 지역은(group III) EPA의 기준치인 25ppm보다 높은 것으로 나타났다.

Pb는 모든 지질 집단에서 EPA의 기준치인 40ppm보다 낮게 나타나고 있으며, Cr의 평균 함량은 모두 EPA의 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

남해·돌산지역 하상퇴적물 내에 존재하는 잠재적 독성원소들의 함량을 토양에서 농작물을 재배할 경우 이 농작물의 섭취로 인해 인간과 동물의 건강이나 질병에 영향을 줄 수 있는 토양중의 금속원소 허용 한계치인 tolerable level (Kabata-Pendias et al., 1984)과 비교하여 보았다(Table 8). 다만 Tolerable level의 금속 원소 허용한계치는 토양에 대한 기준치이므로 본 연구의 대상 시료인 하상퇴적물에 이 기준을 적용하기에는 다소 어려움이 있겠지만 독성원소의 비교분석에 필요하다고 생각되어진다.

Cu, Pb, Cr 등 원소들의 평균 함량은 tolerable level의 허용 한계치보다 낮게 나왔고 기준치를 초과하는 지역은 관찰되지 않았다.

Table 5. Mean concentrations of toxic elements in the stream sediments (group I, II, III) and the ratio of these concentrations to the mean concentration in the earth sediments, EPA guideline, Tolerable level.

Elements	Cu	Pb	V	Co	Cr	
Stream sediment	I	17.6	28.6	46.4	9.20	43.6
	II	28.4	28.8	122	18.5	61.7
	III	27.6	25.4	89.8	16.0	70.7
Earth sediment ¹⁾	33	320	105	14	72	
EPA ²⁾	25	40	-	-	25	
Tolerable level ³⁾	100	100	-	-	100	

1) Bowen(1979), 2) Annon (1977). 3) Kabata-Pendias and Pendias (1984).

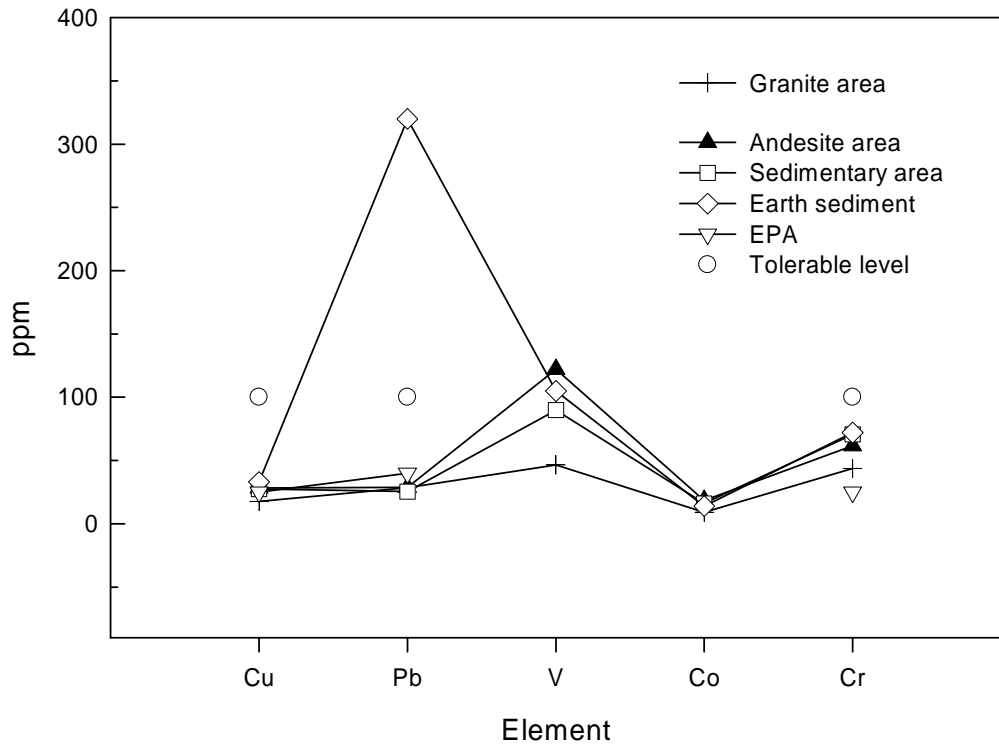


Fig. 11. Comparison of element concentrations in stream sediments of the Namhae · Dolsan area with earth sediments(Bowen, 1979), EPA and Tolerable level.

7. 결 론

남해·돌산지역 1차 수계(일부 2차 수계)의 하상퇴적물(시료 118개)에 대한 지구 화학적 특성 연구를 위해 주성분 원소 및 미량원소와 희토류원소들의 자연함량을 규명하였으며, 연구지역의 지질 집단에 따른 이들 원소들의 분포 및 거동 특성을 파악하였다.

남해·돌산지역의 지질 환경에 기인하여 자연적으로 과다 농집 및 이상 결핍된 미량원소들의 분포 특성을 규명하였고, 잠재적 독성원소들의 분산 상태를 파악하였으며, 이러한 연구를 통하여 얻어진 결과들은 다음과 같다.

1. 남해·돌산지역의 1차 수계(일부 2차 수계)에 존재하는 하상퇴적물을 구성하는 주성분원소들의 함량은 SiO_2 47.75~73.16wt.%, Al_2O_3 11.62~21.18wt.%, Fe_2O_3 2.78~10.38wt.%, K_2O 1.43~4.27wt.%, MgO 0.30~2.71wt.%, Na_2O 0.19~1.88wt.%, CaO 0.21~5.38wt.%, TiO_2 0.34~1.55wt.%, P_2O_5 0.03~0.78wt.%, MnO 0.03~0.29wt.%의 범위를 보인다. 주성분원소들의 기하평균값을 지질 집단(group I, II, III)별로 비교해본 결과 화강암류 지역(group I)에서 채취된 시료들은 SiO_2 , K_2O 의 함량이 다른 집단(group II, III)보다 높으며, 안산암류 지역(group II)에서는 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , P_2O_5 , MnO , TiO_2 의 함량이(group II, III)보다 높으며, 퇴적암류 지역(group III)에서는 다른 지역의 시료에 비해 높은 함량을 보이고 있는 지역이 없다.

2. 주성분원소들의 함량이 과다하게 농집 되어 있거나 이상 결핍되어 있는 지역을 살펴본 결과 CaO , MgO , Na_2O , P_2O_5 가 과다하게 농집 되어있는 지역들이 관찰되었으며, 이들 지역은 다른 지역에 비해 2~6배 과다 농집 된 것으로 확인되어진다. 이는 시료채취 지역의 지질에 의하여 이들 원소가 과다하게 농집 된 것으로 파악되었다.

3. 남해·돌산지역 하상퇴적물의 미량원소 함량은 Cu 5.66~168ppm, Pb 18.0~40.7ppm, Sr 44.4~645ppm, V 23.6~200ppm, Zr 43.7~171ppm, Li 14.5~106ppm, Co 4.86~25.3ppm, Cr 21.6~147ppm, Hf 4.50~20.7ppm, Sc 8.13~21.9ppm, Th 9.26~27.2ppm이다. 희토류 원소인 Ce, Eu, Yb 함량은 각각 43.1~175ppm, 0.63~1.86ppm, 1.28~6.49ppm이다. 미량원소들 중에서 Sr는 조사 지역 별로 볼 때, 최소 44.4ppm에서 최고 645ppm까지 함유되어 있는 것으로 나타나, 분석된 미량원소들 중에서 가장 많은 함량을 가진 것으로 조사되었다. 미량 성분 및 희토류원소들의 함량은 주성분원소와 달리 지역별로 원소들의 함량 변화가 매우 심한 것을 볼 수 있다.

5. 남해·돌산지역의 하상퇴적물에 존재하는 독성원소들 중에서 Pb는 남해군 남면 차양골 부근(시료번호: NH-2)에서 연구지역내의 다른 지역들에 비해 과다하게 농집 되어있는 것으로 나타났다.

Cu는 남해군 서면 현촌마을 부근(시료번호: NH-82)에서, Co, Cr은 남해군 남해읍 아산마을 일대(시료번호: NH-61)에서 다른 지역들에 비해 이들 원소의 함량이 과다하게 농집되어 것으로 관찰되었다. 위와 같이 이러한 원소들이 남해·돌산지역의 지질 환경에 의하여 과다 농집 되었다고 판단되며, 향후 농작물 등에 의해 이들 원소가 동물이나 인간에게 접근하는 과정에 대한 지속적인 관찰이 필요하다.

6. 남해·돌산지역 하상퇴적물에 존재하는 미량원소들 중에서 잠재적 독성원소에 해당하는 Cu 원소를 이용하여, Cu 원소의 함량에 대한 잠재적 독성원소인 Pb, Co, Cr, V 원소들의 함량변화를 살펴보면 V, Co, Cr은 Cu원소의 함량이 증가함에 따라 증가하는 정(+)의 상관관계를 일정하게 보이고 있으며, Pb은 Cu원소 함량이 증가해도 일정한 함량대를 유지하고 있다.

7. 남해·돌산 하상퇴적물내에 존재하는 잠재적 독성원소들 중에서 Cu, Pb, Cr 등의 원소들의 함량을 미국 환경청(EPA)에서 제시하고 있는 이들 원소의 최저 오염 함량과 비교해 본 결과 Cu의 평균 함량은 화강암류 지역(group I)에서 EPA의 기준치보다 낮은 것으로 나타났고, 안산암류 지역(group II)과 퇴적암류지역은(group III) EPA의 기준치보다 높은 것으로 나타났다.

Pb는 모든 지질 집단에서 EPA의 기준치인 40ppm보다 낮게 나타나고 있으나, Cr의 평균 함량은 모두 EPA의 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

남해·돌산지역 하상퇴적물 내에 존재하는 잠재적 독성원소들의 함량을 토양에서 농작물을 재배할 경우 이 농작물의 섭취로 인해 인간과 동물의 건강이나 질병에 영향을 줄 수 있는 토양중의 금속원소 허용 한계치인 tolerable level 과 비교해 본 결과 Cu, Pb, Cr등 원소들의 평균 함량은 tolerable level의 허용 한계치보다 낮게 나왔고 기준치를 초과하는 지역은 관찰되지 않았다.

이번 연구를 통하여 남해·돌산지역 지표 지질환경을 가장 잘 대표하고 있는 1차 수계(일부 2차 수계)의 하상퇴적물을 대상으로 주성분과 미량성분 및 희토류원소를, 연구지역의 자연 배경치(Appendix 1, 2)로 설정함으로써 향후 이들 연구지역에서 지구화학적 재해나 토양오염과 같은 환경오염이 발생 하였을 때 오염원의 파악 및 오염에 대한 대책 마련에 유용한 자료가 될 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김종균, 박영석, “광주지역 하상퇴적물에 대한 지질집단별 지구화학적 연구” 자원 환경지질. 제35권 6호. p509-521.2002.
2. 김종신, 전효택. “추부지역 흑색세일 및 점판암 분포지역에서의 잠재적 독성원소들의 분산과 부화”. 자원환경지질학회지, 30권, p. 89-103. 1997.
3. 김진섭, 박맹언, 윤 일. “부산지역 토양중의 Cu, Pb, Zn, Cd, Mn의 지구화학적분산”, 자원환경지질학회지, 30권, p. 117-122. 1997.
4. “남해, 서상지질도폭”. 동력자원연구소. 1989.
5. 박영석, 김종균, 한민수, 김용준, 장우석, 신성천. “장흥지역 1차 수계 하상퇴적물의 지질집단별 지구화학적 특성과 한천수에 대한 연구” 자원환경지질. 제35권 6호. p509-521. 2002
6. 박영석, 장우석, 김종균. “구례지역 하상퇴적물의 지질집단별 자연배경치에 대한 연구” 자원환경지질. 제36권 4호. p275-284. 2003.
7. 오창환, 서민호, 신성천, 이명우, 정성석. “오염지역 퇴적물의 자연적 지화학 기준치 설정을 위한 기초연구”. 춘계 공동 학술발표회 논문집 : 한국자원공학회, 대한자원환경지질학회, 한국지구물리탐사학회, p. 86-87. 2000.
8. 이현구, 조애란, 이찬희. “입도분포에 따른 하상퇴적물의 지구화학적 분산 및 부화”. 자원환경지질학회지, 32권, p. 247-260. 1999.
9. 전효택. “광물탐사를 위한 암석지구화학”. 기전연구사, p. 44-46. 1991
10. 전효택, 민경원, 윤정환, 김옥배, 박영석, 김종대. “응용지구화학”. 서울대학교 출판부, 380p. 1993.
11. 전효택. “토양에서의 잠재적 독성금속원소들의 분산과 오염평가”. 제11회 공동 학술경연회 발표논문집: 대한지질학회, 대한자원환경지질학회, p. 8-31. 1995.
12. 전효택, 문희수, 김규환, 정명채. “환경지질학” 서울대학교 출판부, 521p. 1998.

13. 최종성. “SPSS Ver 10을 이용한 현대통계분석”. 북두출판사, 514p. 2000.
14. 최석원, 김억수. “의학환경 지구화학”. 도서출판 춘광. 1996.
15. 허만형. “SPSS 10.0 for Windows 통계분석론”. 법문사, 728p. 2001.
16. 환경부. “토양환경보전법”. 1999
17. 황춘길, 김경웅, 이현구. “지구통계학적인 방법에 의한 충남탄전 하상퇴적물의 미량원소 오염조사”. 자원환경지질학회지, 32권, p. 63-72. 1999.
18. Anon, 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.
19. Bolviken, B., Kullreud, G. and Loucks, R.R., “Geochemical and metallogenic provinces” : a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia. Journal of Geochemical Exploration, vol. 39, p. 44-90. 1990.
20. Condie, K.C. “Trace element geochemistry of Archean Greenstone Belts”. Earth-Science Review, 12, p. 393-417. 1976.
21. Cocker, M.D., “Geochemical mapping in Georgia, USA: a tool for environmental studies, geological mapping and mineral exploration”. Journal of Geochemical Exploration, vol. 67, p. 345-360. 1999.
22. Darnley, A.G., “International geochemical mapping: a new global project”, Journal of Geochemical Exploration, vol. 39, p. 1-14. 1990.
23. Darnley, A.G., Björklund, A., Bölviken, B., Gustavsson, N., Koval, P.V., Plant, J.A., Steinfeldt, M., Tauchid, M. and Xie Xuejing., “A Global Geochemical Database for Environmental and Geochemical Mapping”, Final report of IGCP Project 259. UNESCO Publishing. 1995.
24. Dissanayake, C.B., Rohana Chandrajith., “Medical geochemistry of environments”, Journal of Earth-Science Reviews, vol. 47, p. 219-258.

1999.

25. Eppinger, R.G., Briggs, P.H., Brown, Z.A., Crock., Meier, A., Theodorakos, P.M. and Wilson, S.A., "Baseline geochemical data for stream sediment and surface water sample from Panter Creek, the Middle Fork of the Salmon River, and the Main Salmon River from North Fork to Corn Creek, collected prior to the severe wildfires of 2000 in central Idaho", USGS, open file report. 01-161, p. 4-10. 2001.
26. Eade, K.E. and Fahring, W.F. "Regional lithological and temporal variation in the abundances of some of the trace element". Geol. Surv. Canada, Paper, No. 72-46.1. 1973.
27. Fergusson, J.E. Journ. Agric. Sic., V.33. pp44-51. 1943.
28. FOREGS (Fourm of Euroupean Geological Surveys), "FOREGS Geochemical mapping field manual", Geological Survey of Finland Guide 47, p. 1-36. 1998.
29. GNHPR (Group for Natural Hazard Prevention Research)
<http://gis.paichai.ac.nj/geochem>. Korea Institute of Geoscience and Mineral Research. 2001.
30. 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.
31. Kabata-Pendias, A., Pendias, H., "Trace elements in soil and plants", CRC Press INC., 315p. 1984
32. Levinson. A.A. "Introduction to Exploration Geochemistry"; Applied Publishing Ltd., Maywood. p.614. 1974.
33. McMillan, W.J., Day, S. and Matysek, P.F., "Tectonic terranes, metallogeny and regional geochemical surveys: an example from northern

- British Columbia", *Journal of Geochemical Exploration*. vol. 39, p. 175-194. 1990.
34. Mason, B and Moore, C.B. "Principles of geochemistry", John Wiley and Sons. Inc. New York, 1982.
 35. Merian, E(ed), "Metal and Their Compounds in the Environment: Occurrence, Analysis and biological Relevance". VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany, 1438p.1991.
 36. Nicollet, C and Andriamboollona, D.R., "Distribution of transition metals in crustal metabasic igneous rocks". *Chemical Geology* 28, 78-90. 1980.
 37. Reimann, C. and Caritat, P. "Chemical Elements in the Environment": Springer-Verlag, p. 398. 1998.
 38. Ringwood, A.E. "The principles governing trace element distribution during magmatic crystallization", Part 1: The influence of electron negativity. *Geochim. cosmochim.* V.7, pp.189-202. 1995.
 39. Taylor, S.R., McLennan, S.M., "The geochemical evolution of the continental crust". *Rev. Geophys.* 33, 241-265. 1995.
 40. Turekian, K.K. and Wedephol, K.H., "Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geol. America Bull.* 72, 175-192. 1961.

Appendix 1. Major element abundances for stream sediments in the
Namhae · Dolsan area.(unit :wt.%)

Sample No.	Geologic group	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	Total
NH-1	kt	53.7	16.8	8.1	1.17	1.19	32	0.9	1.08	0.24	0.18	86.48
NH-2	Kagr	64.6	14.6	4.5	1.01	0.76	4.3	0.7	0.76	0.15	0.16	91.44
NH-3	Kagr	57.8	15.2	4.9	0.71	0.87	3.6	1.2	0.92	0.16	0.11	85.36
NH-4	Kt	61.6	17.5	8.4	0.51	0.73	2.0	0.3	1.21	0.14	0.06	92.38
NH-5	Kagr	59.0	16.3	6.1	1.02	1.07	3.2	1.0	0.97	0.09	0.15	88.87
NH-6	Kt	61.4	16.5	7.1	1.22	1.30	2.6	0.9	1.08	0.15	0.12	92.34
NH-7	Kt	50.4	21.2	9.5	2.70	1.73	2.1	1.5	0.95	0.17	0.16	90.40
NH-8	Kt	60.4	16.2	7.3	2.23	1.40	2.2	1.0	1.13	0.10	0.13	92.00
NH-9	Kt	58.1	15.8	7.4	1.91	1.16	2.4	0.9	1.10	0.13	0.31	89.23
NH-10	Kt	50.6	14.2	6.4	1.61	1.49	2.4	1.0	0.91	0.14	0.20	78.96
NH-11	Kuan	56.0	17.3	8.4	3.93	1.39	2.2	1.4	1.08	0.08	0.14	91.98
NH-12	Kuan	51.9	17.4	8.3	4.70	1.48	1.8	0.9	1.03	0.16	0.26	87.95
NH-13	Kagr	63.8	14.7	3.7	1.19	0.59	2.2	1.1	0.81	0.09	0.78	88.93
NH-14	Kagr	71.0	13.8	3.2	0.23	0.37	3.1	0.9	0.55	0.10	0.03	93.23
NH-15	Kagr	69.9	13.4	3.0	0.29	0.46	2.9	0.9	0.67	0.11	0.04	91.60
NH-16	Kagr	68.3	13.4	3.5	0.21	0.38	2.9	1.0	0.46	0.24	0.05	90.26
NH-17	Kagr	64.3	12.9	2.8	0.35	0.30	3.3	0.5	0.34	0.23	0.06	85.08
NH-18	Kagr	72.8	11.6	3.2	0.25	0.52	2.7	0.7	0.60	0.12	0.04	92.60
NH-19	Kagr	66.5	13.0	3.3	0.37	0.44	3.3	1.2	0.43	0.28	0.05	88.77
NH-20	Kagr	61.6	12.2	3.7	0.32	0.60	2.5	0.8	0.65	0.27	0.06	82.72
NH-21	Kagr	67.2	12.1	3.1	0.30	0.46	2.8	1.0	0.51	0.12	0.05	87.56
NH-22	Kagr	63.4	12.2	3.0	0.22	0.37	3.6	0.9	0.41	0.18	0.05	84.23
NH-23	Kagr	64.3	13.4	2.9	0.24	0.37	3.2	1.1	0.39	0.18	0.05	86.18
NH-24	Kuan	53.2	18.1	8.7	4.18	1.56	1.6	1.1	1.12	0.17	0.21	90.00
NH-25	Kuan	62.6	15.0	7.4	1.92	0.80	1.8	1.0	1.16	0.16	0.11	91.95
NH-26	Kuan	63.4	16.8	6.2	0.86	0.73	2.5	0.7	0.98	0.20	0.11	92.49
NH-27	Kuan	57.1	17.1	8.2	1.96	1.30	2.0	0.7	1.12	0.29	0.14	89.94
NH-28	Kuan	56.7	17.9	7.6	1.26	1.08	2.3	0.7	1.05	0.14	0.16	88.78
NH-29	Kuan	65.9	15.0	4.8	1.26	0.80	2.5	1.2	0.75	0.16	0.14	92.40
NH-30	Kuan	60.4	17.7	6.7	1.15	2.71	2.2	1.0	0.80	0.22	0.05	92.90
NH-31	Kuan	60.3	15.9	6.5	3.45	1.40	1.6	1.4	0.88	0.22	0.15	91.79
NH-32	Kuan	53.6	18.2	8.6	4.10	1.54	1.7	1.2	1.17	0.10	0.15	90.26
NH-33	Kuan	54.3	15.3	7.0	1.30	1.38	2.2	0.8	1.06	0.16	0.14	83.61
NH-34	Kuan	57.3	16.2	5.9	0.99	1.17	3.2	1.0	0.89	0.15	0.14	86.90
NH-35	Kuan	55.3	18.0	8.2	1.77	1.55	2.6	1.2	1.03	0.17	0.17	90.07
NH-36	Kuan	52.8	18.9	9.3	2.52	1.73	2.0	1.7	1.17	0.20	0.21	90.44
NH-37	Kuan	59.7	17.6	7.2	1.41	1.20	2.4	0.7	0.93	0.17	0.12	91.30
NH-38	Kuan	51.7	19.8	10.4	1.86	1.49	2.0	1.5	1.33	0.21	0.26	90.48
NH-39	Kuan	54.1	16.9	10.3	3.95	2.35	1.7	1.0	1.32	0.13	0.11	91.84
NH-40	Kuan	51.8	16.2	7.1	1.61	1.45	2.3	1.1	1.03	0.21	0.19	82.94

- Continued appendix 1 -

Sample No.	Geologic group	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	Total
NH-41	Kt	51.3	18.8	8.3	1.01	1.45	2.2	0.9	0.99	0.17	0.19	85.34
NH-42	Knj	48.1	17.6	8.6	2.20	2.11	2.2	1.3	0.96	0.18	0.24	83.36
NH-43	Knj	48.6	15.7	7.7	2.98	2.13	2.6	1.7	0.92	0.17	0.16	82.60
NH-44	Kuan	54.8	17.0	9.0	3.75	1.69	1.8	1.1	1.20	0.18	0.19	90.60
NH-45	Kuan	53.0	18.0	8.5	3.12	1.76	2.0	0.9	1.11	0.20	0.24	88.83
NH-46	Kuan	53.4	17.6	8.7	3.77	1.55	1.9	1.5	1.16	0.17	0.17	89.81
NH-47	Kuan	57.1	16.4	7.1	1.55	1.56	2.1	0.9	1.03	0.14	0.17	88.06
NH-48	Kuan	55.1	18.7	9.1	2.33	1.37	2.2	0.6	1.21	0.23	0.26	91.05
NH-49	Kuan	53.3	17.3	9.7	3.12	1.59	1.8	0.8	1.32	0.19	0.25	89.26
NH-50	Ksh	58.7	16.6	7.9	1.22	1.69	2.2	1.3	1.03	0.10	0.10	90.85
NH-51	Kuan	50.6	18.1	8.6	3.39	1.55	1.9	1.2	1.07	0.18	0.26	86.89
NH-52	Kuan	54.2	18.6	9.3	3.54	1.79	1.9	1.6	1.23	0.27	0.18	92.67
NH-53	Kuan	49.2	20.1	9.0	2.66	1.68	1.9	1.0	1.02	0.17	0.28	86.91
NH-54	Kscg	55.4	17.3	9.4	1.98	1.82	1.8	1.7	1.22	0.18	0.19	90.89
NH-55	Kuan	57.6	17.3	8.4	1.94	1.75	2.1	1.8	1.19	0.18	0.17	92.42
NH-56	Kscg	57.7	16.8	7.5	3.14	1.62	1.9	0.7	0.91	0.10	0.18	90.65
NH-57	Kscg	54.4	17.7	8.7	4.66	1.70	1.6	1.3	1.01	0.12	0.17	91.32
NH-58	Kuan	53.5	17.8	9.3	5.38	1.66	1.4	1.5	1.05	0.13	0.16	91.78
NH-59	Kt	55.1	16.9	8.7	3.22	1.67	2.4	1.3	1.13	0.16	0.23	90.87
NH-60	Knj	51.1	17.2	9.5	2.73	2.20	2.1	1.1	1.17	0.15	0.26	87.48
NH-61	Knj	49.6	16.3	8.5	2.02	2.06	2.2	0.8	1.12	0.14	0.19	82.79
NH-62	Knj	59.8	16.1	6.9	2.04	1.33	2.5	0.5	0.87	0.14	0.27	90.46
NH-63	Knj	64.0	17.2	4.3	1.15	1.02	3.3	0.7	0.64	0.07	0.10	92.48
NH-64	Knj	57.3	17.2	5.5	1.93	1.23	3.1	0.6	0.69	0.09	0.14	87.66
NH-65	Knj	54.0	19.1	7.6	1.93	1.78	2.8	1.3	0.88	0.17	0.14	89.70
NH-66	Knj	54.3	17.4	8.8	2.62	2.50	2.4	1.4	1.08	0.15	0.14	90.69
NH-67	Knj	55.9	16.2	5.1	0.88	1.40	2.9	0.8	0.76	0.07	0.11	84.14
NH-68	Knj	54.0	17.6	7.1	1.18	1.41	2.9	0.9	0.95	0.14	0.13	86.26
NH-69	Knj	51.9	17.1	6.8	1.56	1.45	2.8	1.0	0.91	0.14	0.13	83.78
NH-70	Knj	57.9	18.8	6.6	2.50	1.92	3.1	1.7	0.86	0.13	0.10	93.66
NH-71	Knj	59.3	15.2	5.2	1.38	1.26	2.9	0.9	0.85	0.10	0.11	87.18
NH-72	Knj	65.9	14.9	4.6	0.84	1.21	3.2	1.0	0.82	0.12	0.08	92.62
NH-73	Kagr	62.6	18.3	5.2	1.09	1.31	3.8	0.9	0.67	0.11	0.05	93.97
NH-74	Kagr	62.9	16.7	5.8	1.86	1.67	3.1	1.3	0.72	0.13	0.10	94.30
NH-75	Knj	60.9	15.0	5.7	1.36	1.05	2.5	0.6	0.82	0.13	0.15	88.26
NH-76	Knj	67.2	13.6	5.0	1.35	1.09	2.9	0.6	0.76	0.12	0.11	92.67
NH-77	Knj	63.9	14.7	6.0	1.42	1.29	2.9	0.6	0.83	0.11	0.13	91.88
NH-78	Knj	62.3	15.6	6.9	1.52	1.51	3.0	0.6	0.90	0.11	0.15	92.51
NH-79	Knj	60.2	16.5	6.6	2.20	1.96	3.2	1.3	0.82	0.11	0.14	92.95
NH-80	Knj	61.4	16.9	5.2	1.33	1.26	2.8	0.7	0.69	0.09	0.09	90.32

- Continued appendix 1 -

Sample No.	Geologic group	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	Total
NH-81	Kagr	47.8	18.2	7.0	1.23	1.59	2.3	1.0	0.87	0.10	0.14	80.16
NH-82	Kagr	50.5	18.8	6.5	2.38	1.78	3.1	1.5	0.75	0.12	0.15	85.58
NH-83	Knj	68.0	13.8	5.1	0.89	1.14	2.5	0.7	0.86	0.09	0.08	93.03
NH-84	Knj	65.9	15.4	3.6	0.73	0.89	3.9	1.3	0.56	0.04	0.09	92.41
NH-85	Knj	64.5	16.2	4.9	0.62	1.17	3.1	0.8	0.80	0.07	0.11	92.28
NH-86	Knj	65.0	15.4	5.6	0.63	1.06	3.0	0.6	0.75	0.06	0.08	92.12
NH-87	Knj	60.7	15.0	5.2	1.08	1.16	3.1	1.0	0.81	0.09	0.08	88.16
NH-88	Knj	61.6	16.1	7.0	1.43	1.63	2.6	1.0	1.11	0.15	0.18	92.75
NH-89	Knj	58.1	17.2	7.8	2.20	1.96	2.8	1.5	1.09	0.15	0.19	92.88
NH-90	Knj	59.6	17.2	7.5	1.75	1.79	2.7	1.2	1.11	0.15	0.19	93.02
NH-91	Knh	65.6	14.8	5.1	1.64	1.04	2.9	1.1	0.66	0.09	0.13	93.04
NH-92	Knh	58.3	16.6	6.5	1.65	1.62	2.6	1.3	0.77	0.12	0.13	89.58
NH-93	Knh	67.2	14.0	5.5	1.17	1.22	2.2	0.8	0.82	0.11	0.09	93.07
NH-94	Knh	57.8	16.6	7.2	2.39	1.65	2.9	1.9	0.79	0.14	0.14	91.41
NH-95	Knnk	61.6	14.7	4.2	0.31	0.52	3.2	0.2	0.76	0.05	0.10	85.67
NH-96	Knnk	70.9	14.6	3.3	0.22	0.52	3.0	0.2	0.63	0.03	0.08	93.50
NH-97	Knnk	73.2	12.9	3.5	0.24	0.56	2.6	0.2	0.67	0.03	0.08	93.97
NH-98	Knh	70.2	13.3	4.6	0.41	1.11	2.5	0.7	0.87	0.08	0.09	93.83
NH-99	Knh	57.4	12.6	5.6	1.76	1.79	2.3	1.0	0.80	0.13	0.23	83.52
NH-100	Knh	69.3	12.8	4.7	1.59	1.32	2.8	0.9	0.63	0.10	0.10	94.24
NH-101	Knh	57.6	15.4	6.0	2.04	1.47	2.7	1.9	0.73	0.13	0.15	87.96
NH-102	Knnk	64.1	16.2	5.7	0.68	0.89	2.9	0.5	0.75	0.09	0.11	91.85
NH-103	Knnk	56.6	15.1	5.6	1.40	1.06	2.6	1.2	0.70	0.14	0.12	84.46
NH-104	Knnk	56.8	15.9	5.9	1.48	1.21	2.5	1.2	0.74	0.13	0.20	86.15
NH-105	Kagr	59.3	17.7	6.1	1.04	1.07	3.7	0.9	0.88	0.11	0.15	90.91
NH-106	Kagr	57.7	18.6	5.7	0.92	0.98	4.1	1.1	0.80	0.10	0.11	90.16
NH-107	Kagr	64.3	16.1	5.4	0.68	0.84	4.0	1.1	0.83	0.12	0.06	93.43
NH-108	Kagr	61.7	16.9	5.8	0.96	0.98	3.9	0.7	0.80	0.14	0.13	92.00
NH-109	Kagr	59.5	16.7	6.4	1.60	1.13	3.8	1.2	0.93	0.12	0.14	91.42
NH-110	Kagr	65.3	12.4	3.2	0.69	0.46	3.2	1.2	0.76	0.13	0.09	87.44
NH-111	Kagr	71.5	12.7	3.0	0.26	0.38	3.1	0.5	0.49	0.13	0.08	92.20
NH-112	Kagr	62.9	12.9	3.5	0.39	0.49	3.1	1.2	0.53	0.18	0.05	85.20
NH-113	Kagr	66.8	15.2	4.6	0.87	0.49	3.1	1.4	0.87	0.14	0.08	93.43
NH-114	Kagr	62.6	18.3	5.9	0.44	0.81	2.8	0.7	0.80	0.10	0.08	92.52
NH-115	Kagr	60.8	20.5	4.3	0.77	0.68	2.8	1.5	0.78	0.16	0.07	92.42
NH-116	Kagr	63.3	13.9	3.1	0.86	0.62	3.1	1.1	1.55	0.09	0.14	87.56
NH-117	Kagr	69.0	13.6	3.7	0.33	0.46	3.1	0.9	0.67	0.16	0.07	91.92
NH-118	Kagr	64.8	12.9	3.1	0.43	0.41	3.4	1.0	0.55	0.12	0.08	86.77

Appendix 2. Minor elements abundances for stream sediments in the
 Namhae · Dolsan area(unit :ppm).

Sample No.	Cu	Li	Pb	Sr	V	Zr	Ce	Yb	Th	Cr	Hf	Sc	Co	Eu
NH-1	32	60	39	215	127	70								
NH-2	22	51	41	129	62	94	104	3.44	23.1	40	9	10.8	9.6	1.0
NH-3	20	59	36	124	66	85								
NH-4	28	64	31	120	137	83								
NH-5	33	57	36	150	88	82	115	3.50	22.6	57	10	16.2	14.5	1.4
NH-6	22	65	29	170	108	89	117	3.91	19.4	90	8	17.8	19.7	1.9
NH-7	41	106	36	324	151	59								
NH-8	24	61	28	245	135	89	91	3.32	12.5	92	8	19.9	18.8	1.5
NH-9	27	52	28	242	131	80								
NH-10	33	55	26	202	101	69	76	4.54	15.7	77	7	17.5	18.3	1.5
NH-11	24	50	28	347	143	81	93	3.18	11.2	93	6	21.9	25.3	1.8
NH-12	73	58	31	455	137	105								
NH-13	29	44	24	126	48	99	108	4.18	13.5	62	9	13.2	7.2	1.1
NH-14	6	50	23	64	30	171	127	6.49	18.3	37	13	10.2	6.0	0.6
NH-15	8	52	23	76	37	138								
NH-16	15	26	32	47	32	130	139	5.89	27.2	45	13	9.7	7.0	0.8
NH-17	24	47	28	69	24	88								
NH-18	11	43	21	70	42	127								
NH-19	19	51	37	83	32	102								
NH-20	14	52	27	81	51	102	108	3.98	14.4	59	7	10.0	10.5	1.0
NH-21	11	24	24	64	37	105								
NH-22	13	47	26	66	29	103								
NH-23	10	49	24	73	25	106								
NH-24	32	26	28	479	135	114								
NH-25	21	60	25	298	107	113								
NH-26	20	25	28	97	86	91	110	4.64	16.4	61	10	17.9	14.9	1.5
NH-27	15	62	27	206	122	114								
NH-28	16	59	31	177	109	118								
NH-29	16	21	29	157	60	116								
NH-30	15	69	27	309	77	71	81	3.39	12.3	40	6	13.8	16.2	1.5
NH-31	14	49	26	331	95	97								
NH-32	35	31	29	380	145	108								
NH-33	22	66	26	199	113	87								
NH-34	27	73	27	177	89	98	92	2.51	20.6	80	8	13.1	14.4	1.4
NH-35	33	72	32	245	123	86								
NH-36	27	71	29	380	147	84	80	3.17	12.2	58	5	16.0	20.5	1.8
NH-37	54	26	30	181	112	78								
NH-38	32	76	33	340	150	87								
NH-39	45	76	27	496	200	109								
NH-40	28	70	25	260	110	88								

- Continued appendix 2 -

Sample No.	Cu	Li	Pb	Sr	V	Zr	Ce	Yb	Th	Cr	Hf	Sc	Co	Eu
NH-41	35	82	30	198	123	98	139	2.92	18.8	68	5	18.5	19.8	1.5
NH-42	50	83	31	309	131	79	84	2.30	15.6	75	5	19.0	22.6	1.4
NH-43	37	64	26	307	115	65	71	3.26	19.3	68	9	18.4	19.1	1.5
NH-44	30	80	29	399	145	95								
NH-45	39	79	37	407	134	107								
NH-46	30	38	27	422	145	95								
NH-47	29	75	26	217	112	101	125	2.68	13.3	83	7	16.4	18.3	1.5
NH-48	46	34	35	283	140	87	97	3.44	15.2	70	6	19.8	21.1	1.9
NH-49	44	74	32	386	155	98								
NH-50	22	57	26	245	127	107	56	1.62	11.3	82	6	18.6	17.0	1.3
NH-51	34	71	30	401	128	93	58	1.71	12.2	44	5	15.1	17.9	1.5
NH-52	29	69	30	470	145	92	63	2.28	10.4	59	7	17.9	20.7	1.5
NH-53	36	81	34	311	128	99								
NH-54	34	27	26	319	147	88								
NH-55	27	29	27	330	127	69	55	1.76	9.7	51	6	16.1	18.3	1.2
NH-56	24	70	27	340	122	108								
NH-57	24	65	27	551	140	101	43	1.43	9.3	88	5	17.0	19.2	1.3
NH-58	25	71	26	645	145	107								
NH-59	33	65	35	298	148	74								
NH-60	51	42	25	372	178	104								
NH-61	47	52	25	254	156	76	52	1.28	10.9	147	5	21.0	25.3	1.2
NH-62	33	39	27	125	91	62								
NH-63	14	30	25	153	55	50								
NH-64	21	45	26	167	67	52								
NH-65	34	45	28	246	111	86								
NH-66	44	48	26	304	149	67	53	2.45	12.1	90	6	20.7	24.7	1.6
NH-67	19	37	24	186	77	85	72	1.65	11.7	59	7	10.1	12.5	1.0
NH-68	33	34	28	176	107	53								
NH-69	30	38	29	160	98	56								
NH-70	34	67	29	255	97	66	64	1.97	14.5	48	10	17.1	16.6	1.1
NH-71	22	29	25	158	73	56								
NH-72	16	27	26	148	58	95								
NH-73	23	30	28	198	59	47	69	1.37	17.9	52	8	10.7	14.6	1.0
NH-74	27	30	26	212	77	68								
NH-75	27	32	34	166	72	89	68	2.10	14.3	65	7	10.7	17.0	0.9
NH-76	20	41	22	184	67	84	75	1.36	13.4	66	9	9.2	14.2	0.9
NH-77	39	37	25	179	84	58								
NH-78	53	32	25	179	102	73								
NH-79	28	32	23	213	88	65	65	1.84	15.8	62	8	16.1	15.9	1.1
NH-80	18	70	27	160	64	76								

- Continued appendix 2 -

Sample No.	Cu	Li	Pb	Sr	V	Zr	Ce	Yb	Th	Cr	Hf	Sc	Co	Eu
NH-81	43	75	28	141	94	85	72	1.82	22.6	62	7	15.1	14.6	1.1
NH-82	168	27	30	182	80	61								
NH-83	23	32	20	157	74	58	56	1.54	13.3	107	10	11.4	16.1	0.8
NH-84	11	27	21	174	45	50								
NH-85	17	31	23	117	67	92	57	1.69	13.8	54	10	11.0	11.9	1.0
NH-86	16	62	22	140	63	81								
NH-87	17	33	22	173	68	66	72	1.82	16.1	47	10	12.5	12.3	1.1
NH-88	40	40	24	206	111	75								
NH-89	41	28	25	241	113	66								
NH-90	39	35	25	220	112	104	71	1.43	11.8	103	10	16.6	21.6	1.1
NH-91	25	24	21	180	51	44	62	1.89	13.3	57	7	10.1	11.2	1.1
NH-92	28	32	23	169	77	84	75	1.94	13.4	64	8	14.1	14.3	1.3
NH-93	17	28	20	126	71	61	70	1.73	13.8	106	10	11.4	14.1	1.1
NH-94	44	28	23	215	76	45	62	1.54	12.3	38	8	16.1	14.7	1.3
NH-95	15	21	21	59	59	72	131	3.65	24.0	63	10	10.5	14.2	1.5
NH-96	11	23	19	44	48	69								
NH-97	11	24	18	48	51	65	130	2.61	25.3	70	14	9.4	10.8	1.1
NH-98	19	53	19	78	67	95	94	2.59	15.2	83	10	10.8	14.2	1.2
NH-99	22	70	21	133	62	78	69	1.60	11.6	92	5	9.7	10.5	1.2
NH-100	31	33	18	170	54	63								
NH-101	20	26	22	204	67	54	64	1.77	10.0	36	7	12.3	11.0	0.9
NH-102	19	28	22	83	69									
NH-103	17	30	22	163	61	83	69	1.79	12.6	45	9	11.8	12.1	1.1
NH-104	19	29	23	149	68	58								
NH-105	30	30	29	132	70	88	107	3.37	24.4	45	10	15.7	13.7	1.7
NH-106	24	30	30	116	61	94								
NH-107	22	24	29	100	65	102	134	4.02	21.4	26	15	14.0	10.0	1.3
NH-108	30	26	34	106	67	92								
NH-109	22	28	29	144	75	76	172	4.60	25.3	39	21	15.5	11.7	1.4
NH-110	14	16	24	101	31	129								
NH-111	15	26	32	48	32	155								
NH-112	19	27	39	77	36	77	99	4.08	15.8	43	8	8.1	5.7	0.8
NH-113	6	15	25	108	35	102	123	4.93	14.5	22	13	12.7	4.9	1.7
NH-114	21	35	34	76	72	107	175	4.74	20.0	65	7	14.3	12.1	1.3
NH-115	9	19	31	122	38	96								
NH-116	12	44	25	103	39	99								
NH-117	11	25	27	66	39	136	138	4.70	17.4	44	10	10.5	9.2	0.9
NH-118	9	16	27	65	30	122	123	6.05	16.3	33	13	8.9	5.6	1.0

감사의 글

시간은 참 빨리 흘러 가는거 같습니다. 얼마전에 대학원 생활을 시작한거 같은데 벌써 2년이라는 시간이 흘러 석사과정을 마무리 하게 되었습니다. 그동안의 배움과 노력을 모아서 한편의 논문으로 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. 또 다른 시작을 준비하며 그동안 저를 아껴 주셨던 많은 분들에게 감사의 마음을 전합니다.

저에게 가장 소중한 경험과 가르침을 주시고, 늘 학문에 대한 열정을 몸소 보여주신 존경하는 박영석 지도교수님께 이 자리를 빌어서 진심으로 감사드립니다. 그리고 부족하지만 보다 더 좋은 논문이 될 수 있도록 살펴주신 한오형 교수님과 박천영 교수님께 감사 드리며, 대학원과정 동안 늘 한결같은 사랑으로 돌봐주신 강추원 교수님, 고진석 교수님께 감사 드립니다.

부족한게 많은 제가 대학원 생활을 하는데 별 어려움이 없게 도와주신 김종균 박사님(큰형님)과 대우형, 장존형 지구화학실험실에 들어와 학문의 길을 걷고 있는 후배 태진이에게도 고맙다는 말을 하고 싶습니다. 곁에서 많은 도움을 주신 김성원 박사님께도 감사를 드립니다.

직장 생활을 하면서도 학업에 충실할 수 있게 충고와 많은 도움을 주신 국립해양유물전시관 성낙준 관장님과 수중발굴과 문화석 과장님 수중발굴과 모든 선생님들께 감사함을 전합니다.

항상 저에게 베풀기만 해준 큰누나, 작은누나, 매형들 감사하고 고맙습니다. 사랑하는 조카 준영, 재영, 용빈 항상 건강하고 행복하길 삼촌이 바란다.

이름을 다 말하지 못해서 미안하지만 상순, 상철, 길성, 종혁, 회곤, 승훈, 진영 친구들아 그동안 술 마셔줘서 고맙고 앞으로도 자주 만나자.

언제나 곁에서 한없는 사랑으로 저를 돌봐주시고 믿어주시는 아버지와 어머니께 진심으로 감사 드리며 기대를 저 버리지 않는 아들이 될 수 있도록 열심히 살아갈것을 약속드립니다. 아버지 어머니 사랑해요.

(별 지)

저작물 이용 허락서

학 과	자원공학과	학 번	20067080	과 정	석 사
성 명	한글: 임성태 한문 : 任城台 영문 : Lim Sung Tae				
주 소	전남 나주시 청동 170-1 번지				
연락처	E-MAIL : yimst79@naver.com				
논문제목	한글 : 남해·돌산지역 하상퇴적물의 지화학적 자연배경치에 대한 연구 영문 : The study of geochemical natural background for stream sediments in the Namhae · Dolsan 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.

2007년 월 일

저작자: 임 성 태 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하