

# 사문암 지역에서 생육하는 대나물(*Gypsophila oldhamiana*)의 중금속 함량

김명희 · 민일식\* · 송석환\*\*

중부대학교 원예학과, 중부대학교 산림자원학과\*, 고려대학교 지구환경과학과\*\*

## Heavy Metal Contents of *Gypsophila oldhamiana* Growing on Soil Derived from Serpentine

Kim, Myung-Hee, Ell-Sik Min\* and Suckhwan Song\*\*

Department of Horticultural Science, Joongbu University

Department of Forest Resource Science, Joongbu University\*

Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University\*\*

### ABSTRACT

To investigate the degrees of toxification in the serpentine areas, serpentinites and adjacent metamorphic rocks and soils from the serpentine, metamorphic area and transitional area(mixed soil) between serpentine and metamorphic rocks are collected from the Hongseong-Gun, Chungnam. A plant, *Gypsophila oldhamiana*, dominantly surviving at the serpentine soil and mixed soil, is also collected. Geochemically, the serpentinites are high in the nickel, chromium and cobalt contents whereas the metamorphic rocks show high zinc, scandium, molybdenum and iron contents. The serpentine soils are high in the nickel, chromium and cobalt contents whereas the non-serpentine soils show high zinc and iron contents. Heavy metal contents in the *G. oldhamiana* are high in the serpentine soil relative to the mixed soil. Ratio of the iron to nickel contents for the *G. oldhamiana* are low in the serpentine soil(49) relative to the mixed soil(216). Of the *G. oldhamiana*, most of the heavy metal contents except zinc and molybdenum are high in the root relative to the aboveground vegetation. Comparing with rocks, the *G. oldhamiana* is low in the all of heavy metal contents relative to the serpentine. Uptake of zinc by the *G. oldhamiana* is high in the serpentinites and metamorphic rocks whereas uptake of scandium and iron by the *G. oldhamiana* is very high in the serpentine area.

*Key words* : Serpentine, *Gypsophila oldhamiana*, Heavy metal, Metamorphic rock.

### 서 론

사문암으로부터 풍화된 토양에는 생물군의 출현빈도가 매우 낮아서(Sultan *et al.* 1986) 독특한 생태계를 유지하고 있다(Baker *et al.* 1992, Brooks 1987). 사문암은 사문석 광물인 리자르다이트, 크리소타일, 안티고라이트와 부수적으로 자철석,

부루사이트, Mg, Ca-Al 규산염광물로 구성된 암석이다. 또한, 사문암은 페리도타이트, 반려암, 대리암, 규산질 돌로마이트의 화학적 변질, 즉 사문암화 과정을 통해 형성된다(O'Hanley 1996).

우리나라의 사문암은 충남 서부지역과 경상도의 안동 및 울산지역 등에 제한적으로 분포하고 있다. 충남지역의 사문암은 주변암과 단층으로 접하며 인접부의 지층과 암석의 구조방향을

따라 신장된 렌즈상으로 폭은 수십 미터, 길이는 수백 미터에서 수 킬로미터까지 분포하고 있다(엄과 이 1963, 지와 김 1977).

사문암의 구성광물 중 철과 마그네슘은 전이원소인 니켈, 코발트, 크롬, 스칸디움에 의해 치환되기 때문에 사문암에서 풍화된 토양(사문암 토양)은 니켈, 크롬 및 코발트의 함량이 매우 높아 출현 식물에 독성을 유발함으로써 이들 식물체의 생존과 생육을 억제하고 있다(Aumento 1970, Baker *et al.* 1992, Crooke 1956, Hunter 1954, Hunter and Vergnano 1952, Kruckeberg 1954, Peterson 1975, Reeves *et al.* 1981, 1983, Soane and Saunder 1959, Wither and Brooks 1977, Whittaker 1954).

Brooks 등 (1976)은 단위 건량당 1000 ppm 이상의 Ni를 함유하는 종을 hyperaccumulators라 부르고, 이들 식물은 Ni mineralization과 연관 가능성이 있으며, 식물의 생리적 측면에서 고농도 Ni 독성작용을 일으킨다고 하였다. 북아메리카와 유럽의 사문암 토양에서는 Ni-내성 생태형이 출현하는데 Ni-내성은 사문암지역 고유종의 주요 특징이다(Jaffre *et al.* 1976, Proctor 1971a, b, Proctor and Woodwell 1975). 따라서 초염기성암에 함유되어 있는 미량원소는 식물체의 영양공급원이 되므로 사문암 토양의 식생 유형을 이해하는데 필수적이다. 한편 Brooks(1987)는 사문암 지역에 종의 출현빈도는 매우 낮고, 출현종의 생육상태는 좋지 않아 개체는 매우 왜소하며, 수분증발을 지연시키는 두껍게 리그닌화된 식물조직이 발달되며, 또한 뿌리는 천근성으로 넓게 분포한다고 하였다.

우리나라에 분포하는 사문암에 관한 연구는 울산지역 암체에 대한 최(1988), 최 등 (1990) 및 김 등 (1990), 안동암체에 대한 황 등 (1993) 그리고 충남지역 사문암체에 대한 우 등 (1991), Wee 등 (1994), Song과 Moon (1991), 윤 등 (1994)이 초염기성 암체의 암석성인, 광물학적, 암석학적 특징 및 변질대의 특성에 중점을 두었으며, 최근 본 암석의 산상과 관련한 지구조적 운동에 대한 최 등 (1997)의 연구가 있다. 그러나, 사문암과 관련된 식물체의 생리·생태적 연구로는 김 등 (1997)의 사문암지역 식생에 관한 연구가 있을 뿐이다.

본 연구는 충남 광천과 홍성 일대에 분포하는 사문암 토양과 비사문암 토양의 중금속 함량과 사문암 토양에 공히 출현빈도가 매우 높은 대나물(*Gypsophila oldhamiana*)의 중금속 함량을 각각 측정 비교하고, 암석과 토양의 지화학적 조성치와 식물체의 조성치를 비교하여 이들 지역의 독성화 정도 및 식물체의 성장상태를 규명하는데 그 목적이 있다.

## 조사지 개황

본 조사지역은 축적 1:25,000의 지형도를 기준하여 북위 36° 30'~36° 36', 경도 126° 36'~126° 39'의 범위에 걸쳐 있고, 행정구역상으로는 충남 홍성군 광천읍 구항면에 위치한다. 이 지역의 지질은 많은 연구 보고(엄과 이 1963, 이와 김 1963)에 의하면, 하부로부터 선캠브리아기의 변성암류인 흑운모 편마암 및 각섬석 편암을 기반암으로 하여 이를 관입하고 있는 중생대의 섬록암 및 화강암류로 구성되어 있다(Fig. 1). 이 지역 사문암은 북북동 방향으로 폭 50~150 m, 길이 1.5~2km의 신장된 렌즈상 형태로 산출되며 주변의 변성암류와 거의 수직 단층 관계를 이루고 있다. 대부분의 암석은 부분적으로 변질되었는데 특히 사문암의 정치방향에 평행하게 대상으로 반복하여 심하게 사문암화 및 활석화되어 있다.

본 조사지역인 광천광산과 홍성광산은 원래 석면과 활석광산으로 개발되었으나 현재는 홍성광산만이 제철소의 철용재로 사용하기 위하여 개발되고 있다. 광천광산은 폐광된지 오래되었지만 아직도 광산 입구로부터 주변 인접지역에 폐석 및 광미더미가 쌓여 있으며 남쪽의 갭을 제외하고는 접근로가 완전히 막혀 있다. 한편 홍성지역은 원암의 조직이 잘 관찰되지만, 광천지역의 초염기성암은 거의 대부분이 사문암화되어 있다(최 등 1997).

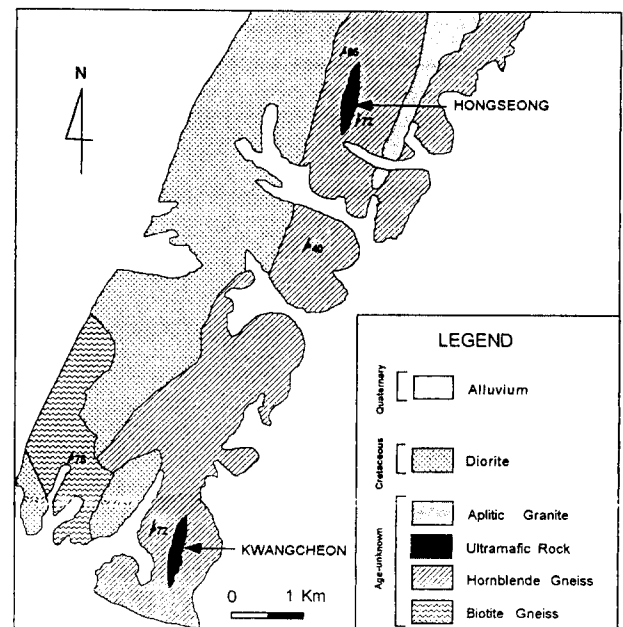


Fig. 1. Geological Map of the Hongseong and Kwangcheon area (modified from Lee and Kim, 1963).

## 재료 및 방법

광천과 홍성의 사문암 풍화토 지역, 사문암과 변성암의 혼합 풍화토 지역 및 이들 주변지역의 지질을 조사하였고, 또한 식생조사는 1996년 9월부터 1997년 10월까지 1년 동안 각 지구의 입지환경을 고려하여 각각 3지소 총 18지소에 5 m × 5 m의 방형구를 설치하여 출현종의 상대빈도(RF)와 상대피도(RC)에 의한 우점종을 산출하였다.

분석용 토양시료는 사문암 풍화토(홍성과 광천), 사문암과 변성암의 혼합 풍화토(광천), 변성암 풍화토(광천) 지역으로 구분하여 채토하였으며, 광천지역의 시료 채토 지점은 Fig. 2와 같다. 이들 시료는 각 3 지점의 0~10cm의 토층에서 각각 1kg 정도를 채취하였다. 채취 토양은 잘 혼합시킨 후 polyethylene vinyl에 넣어 밀봉한 후 실험실로 운반하였고, 10일간 풍건시킨 후 2mm 체로 쳐서 분석 시료를 준비하였다. 암석시료는 토양을 채취한 인접지점의 사문암 및 변성암으로부터 암편 시료를 채취하였다. 준비된 분석 시료는 캐나다의 ACTLABS(Activation Laboratories Ltd.)에서 ICP에 의하여 분석하였다. 분석 방법은 0.5 g의 시료를 질산(0.6ml)과 염산(1.8ml)을 사용하여 95℃에서 반응이 멈출 때까지 약 2시간 동안 용해시켜 액상(aqua regia)으로 만들어 냉각시킨 후 증류수 10ml를 첨가한 후 Thermo Jerrel Ash Enviro II ICP로 Co, Cr, Ni, Mo, Zn, Fe 및 Sc를 측정하였다.

시료용 대나무(*Gypsophila oldhamiana*)은 사문암 토양과 사

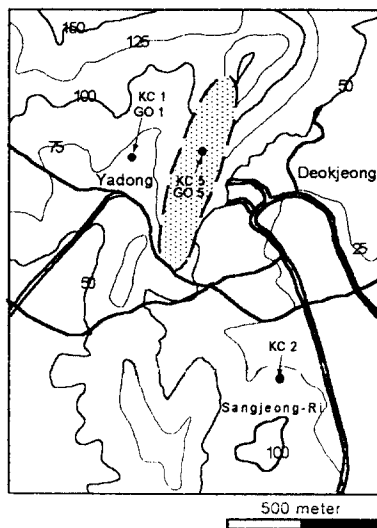


Fig. 2. Sample locality of the *Gypsophila oldhamiana* (GO) and top soil (KC) from the Kwangcheon area, Chungnam. Dotted range is that of the serpentinite.

문암 및 변성암 혼합 풍화토에서 초장 30cm 미만의 균일한 개체를 선정하여 뿌리까지 채집하여 polyethylene vinyl에 넣어 실험실로 운반한 후, 증류수로 이물질을 제거한 다음 통풍이 잘 되는 실내에서 2주간 충분히 기건시켰다. 또한 식물체의 중금속 함량을 측정하기 위하여, 지상부(잎과 줄기)와 지하부(뿌리)로 나누어 plastic bag에 밀봉하여 캐나다의 ACTLABS의 INAA로 분석하였다. 분석 방법은 시료를 90℃로 건조시켜 마쇄한 후 15 g을 칭량하여 약 30 ton으로 압착시켜 제조한 briquette에 15분간  $7 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 파장으로 빛을 조사하고, 7일 후 부식된 시료를 gamma ray spectra에 의하여 측정하는 INAA (Instrumental Neutron Activation Analysis)를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 대나무 생육지의 식생구성

본 조사지역이 강 알칼리성의 사문암 토양과 사문암 및 변성암 혼합 풍화토 지역이기 때문에 주변의 기반암이 편마암 및 화강암인 지역과는 식생구성이 상당히 상이하였다. 또한 조사지역의 입지환경을 고려한 식생조사를 토대로 한 식생구성을 중요치(IV)에 의하여 분석한 결과 사문암 토양에서는 총 15종이 출현하였고, 우점도 순위에 따라 대나무(77.1), *Artemisia*(67.8), 개울새(*Cymbopogon tortilis* var. *goeringii*)(58.0), 참억새(*Miscanthus sinensis*)(54.6), 환삼덩굴(*Humulus japonicus*)(10.5) 등 그리고 관목으로는 생육상태가 좋지 않은 개웃나무(*Rhus trichocarpa*)(2.2)를 비롯하여 싸리(*Lespedeza bicolor*)(8.7), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)(6.4) 등이 출현하였다. 사문암과 변성암 혼합 풍화토에서는 박주가리(*Metaplexis japonica*), 인동(*Lonicera japonica*), 환삼덩굴, 싸리, 대나무, 패랭이꽃(*Dianthus sinensis*), *Artemisia*, 비수리(*Lespedeza cuneata*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 노박덩굴(*Celastrus orbiculatus*) 및 좀개잎나무(*Boehmeria spicata*) 등이 출현하였고, 그의 귀화식물로는 왕달맞이꽃(*Oenothera lamarckiana*), 코스모스(*Cosmos bipinnatus*), 아까시나무 등이 우세하였다. 그러나 대조구로 설정된 지역에서는 교목층에 소나무(*Pinus densiflora*), 리기다소나무(*P. rigida*), 산오리나무(*Alnus hirsuta*) 및 졸참나무(*Quercus serrata*) 등이 출현하는 소나무군락을 형성하고 있었으며, 관목층에는 떡갈나무(*Quercus dentata*), 국수나무(*Stephanandra incisa*), 화살나무(*Euonymus alatus*), 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*), 철쭉(*Rhododendron schlippenbachii*), 명석딸기(*Rubus parvifolius*) 등, 초본식물로는 주름조개풀(*Oplismenus undulatifolius*), 꼭두서니(*Rubia akane*), 구절초

(*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*), 노루발(*Pyrola japonica*) 등 그리고 만경식물로 박주가리, 인동, 덩대이덩굴(*Cocculus trilobus*) 등이 나타났다.

본 지역에 출현빈도가 매우 높은 대나무는 사문암 및 사문암 풍화토가 혼재된 지구에만 분포하고, 간헐적으로 개술새가 혼생하고 있었다. 그러나, 이들 지구에 인접하는 주변의 변성암 풍화토에는 출현하지 않았다.

또한 풍화된 사문암체 암반 위의 토양 및 광미 더미에는 대나무, 참억새, 개술새, 싸리 등만이 제한적으로 출현하였다.

### 암석과 토양의 화학조성

본 조사지역의 대표적 암석인 사문암과 변성암의 화학적 조성은 Table 1과 같다. 일반적으로 Ni, Cr 및 Co 함량은 변성암에서보다 사문암에서 월등히 높았으며, Zn, Sc, Mo 및 Fe는 변성암에서 높았다.

본 조사지역 토양내의 중금속 함량은 Table 2와 같다. 비사문암 토양 [사문암과 변성암 혼합풍화토(KC1)와 변성암 풍화토(KC2)]과 비교하여 사문암 토양(KC5, HS10)에서는 pH가

8.0 이상으로 높았고, Ni, Cr 및 Co 함량이 특히 높았으며, Zn과 Fe는 비사문암 토양에서 높았고, Sc는 비사문암 토양에서 약간 높았으며, Mo는 풍화토 종류간에 차이가 나타나지 않았다. 초염기성암의 높은 Ni과 Co 함량은 2가 상태의 Ni과 Co의 이온반경(Ni: 0.069 nm, Co: 0.072 nm)이 초염기성암에 풍부한 Mg<sup>2+</sup>의 이온반경과 유사하여 이온 치환이 일어나기 때문이며, Cr 함량은 Cr<sup>3+</sup>(r=0.064 nm)이 Fe<sup>3+</sup>(r=0.067 nm) 광물에 쉽게 치환되기 때문이다(Brooks 1987). Brooks(1987)는 pH 6.0 이상에서는 Mo의 용해도가 높게 증가하기 때문에 사문암 토양에서 쉽게 용탈되며, Mo의 결핍은 사문암 자체의 낮은 함량 때문이라 하였다. Lounamaa(1956)가 핀란드의 사문암 풍화토와 화강암 풍화토의 원소 조성을 조사한 결과 Ni, Cr, Co 및 Mn 등은 사문암 풍화토에서 월등히 높았고, Cu와 Zn은 화강암 풍화토에서 높았으며 Mo 함량은 두 토양에서 비교적 소량(3.0~3.4)이 함유되어 있었다고 하였다. Lyons(1973)은 오스트레일리아 동부의 Coolac 사문암 풍화토의 원소 함량이 Fe>Ni>Cr>Co>Zn>Cu의 순으로 나타났음을 보고한 바 있는데 이는 본 결과와 상당히 일치한다.

**Table 1.** Heavy metal of the serpentinite and metamorphic rock from the Kwangcheon, Chungnam.

Rocks	Ni	Cr	Co	Zn	Sc	Mo	Fe
	(ppm)						(%)
Serpentinite	2397	2445	110	47	3.0	0.5	5.8
Metamorphic rock	193	153	51	103	11.6	5.0	9.6
Relative ratio(Ser./Meta.)	12.4	15.9	2.2	0.5	0.3	0.1	0.6

**Table 2.** Heavy metal of the top soil from the Kwangcheon and Hongseong areas, Chungnam

Locality	Soil type	pH	Ni	Cr	Co	Zn	Sc	Mo	Fe
			(ppm)						(%)
Kwangcheon(KC5)	serpentine	9.55	1490	747	62	40	3	2	3.14
Hongseong(HS10)	serpentine	8.48	1470	984	109	48	5	2	4.19
Kwangcheon(KC1)	serpentine	7.73	284	144	33	73	6	2	4.44
	+metamorphic rock								
Kwangcheon(KC2)	metamorphic rock	7.90	64	65	27	118	9	2	4.58
KC5/KC2 ratios			23.3	11.5	2.3	0.3	0.3	1	0.69

**Table 3.** Heavy metal contents of *Gypsophila oldhamiana*(GO)

Locality and sample	Vegetation part	Ni	Cr	Co	Zn	Sc	Mo	Fe	Fe:Ni
		(ppm)						(%)	
KC1, GO 1	above ground	2	3	0.9	21	0.1	0.19	0.04	200.0
	root	6	4.7	2	9	0.4	0.05	0.14	233.0
KC5, GO 5	above ground	65	76	6.3	21	0.78	0.44	0.34	52.3
	root	64	100	8.4	12	0.54	0.16	0.30	46.9
HS10, GO10	above ground	37	44	3.3	14	0.45	0.21	0.17	45.9
	root	39	42	5.1	9	0.57	0.05	0.21	53.8

### 대나물의 화학조성

Table 3은 대나물의 지상부(잎+줄기)와 지하부(뿌리)에 대한 중금속의 분석치이다. 대나물의 지상부(잎+줄기)와 지하부(뿌리)의 Ni, Cr, Co, Zn, Sc, Mo 및 Fe 등의 평균치를 지역별로 살펴 보면 혼합 풍화토의 대나물(GO1)에서보다 사문암 풍화토의 대나물(GO5, GO10)에서 모든 중금속 함량이 더 높았다. 특히 Ni, Cr 및 Co의 함량은 혼합 풍화토보다 사문암 지역에서 높게 나타났으며 같은 사문암 지역이라도 홍성(GO10)보다 광천 사문암 토양의 대나물(GO5)에서 높았다. 이 결과치는 사문암 및 비사문암 토양의 연구 결과인 Vanselow(1966)와 Brooks(1983)의 보고와 일치하였다. 광천 사문암지역의 중금속 함량이 홍성의 그것보다 높은 것은 사문암화 과정이 진행됨에 따라 이들 원소와 다른 원소들과의 상호작용으로 토양의 Ni, Cr 및 Co의 흡수가 높아진 것으로 보다 명확한 조사가 필요한 것으로 사료된다. Brooks(1987)는 Ni, Cr 및 Co 중 Cr은 식물체의 이용도가 낮으며, Co는 Ni에 비하여 함량이 적기 때문에 Ni은 사문암 토양 요소(serpentine factor)로서 가장 중요하다고 하였다.

사문암 풍화토와 혼합 풍화토의 대나물내 Ni, Cr, Co, Fe 및 Sc 등은 지상부보다 지하부에서 높거나 비슷하게 나타났으며, Zn과 Mo 함량은 지상부에서 높게 나타났다. 지상부(잎과 줄기)의 경우 Ni, Cr, Co, Mo Sc 및 Fe는 혼합 풍화토보다 사문암 풍화토의 대나물에서 뚜렷하게 높았으며, 홍성 사문암 지역보다는 광천 사문암 지역에서 모든 중금속이 높았다. Zn은 사문암 풍화토와 혼합 풍화토간에 차이가 뚜렷하지 않았다. 한편 대나물 지상부내 중금속 함량은 Fe>Cr>Ni>Zn>Co>Sc>Mo의 순으로 함유되어 있으며, 특히 철의 함량이 높았다. Soane과 Saunder(1959)는 사경재배를 통하여 옥수수과 담배의 Cr 독성실험에서 일반적으로 잎에서는 Cr의 흡수가 매우 약한 반면 뿌리의 Cr 축적이 많았으며 피해가 크게 나타났다고 하였다. 또한 그는 옥수수와 oat보다 담배에서 잎으로의 Cr 이동이 더 용이했다고 보고하였다. 일반적으로 사문암 토양의 Fe 함량은 매우 높아 대나물에서도 Fe의 함량이 가장 높게 나타났다. Lounamaa(1956)는 사문암과 화강암 풍화토의 관목과 초본류의 중금속 함량 연구에서 Ni, Cr, Co 및 Mo 함량이 사문암 풍화토 식물체에서 모두 높게 나타났으며, Cu와 Mn, Zn은 화강암 풍화토의 식물체에서 높게 나타났고, 관목류의 Zn은 사문암과 화강암 풍화토에 각각 80과 81 ppm으로 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

지하부(뿌리)의 경우 일반적으로 혼합 풍화토에서보다는 사문암 지역에서 높았으며, 홍성보다는 광천 사문암 지역에서 더

높았다. 단, Sc 함량은 광천보다 홍성 사문암 지역에서 약간 높았다. 또한 대나물 뿌리의 중금속 함량은 Fe>Cr>Ni>Zn>Co>Sc>Mo의 순으로 지상부의 함량 순서와 같았다.

Ni 독성은 같은 토양에서 성장하는 여러 종간에 미치는 영향이 상당히 상이하다. 토양의 Ni 함량에 따라 생육의 차이가 있으며 잎의 chlorosis 또는 necrosis 증상을 나타낸다. Fe : Ni의 비율은 Ni 독성작용에 대한 식물의 저항성을 나타내는 지표이다(Mizuno 1968). Table 3에서 보는 바와 같이 혼합 풍화토의 대나물의 Fe과 Ni의 비율은 지상부와 지하부가 각각 200과 233이고, 홍성과 광천의 사문암지역은 각각 45~52와 46~53의 범위로 지상부와 지하부간에는 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으나, 사문암지역의 대나물이 혼합 풍화토의 대나물보다 Ni에 대한 Fe의 비율이 낮은 것으로 보아 Ni 독성에 대하여 내성이 약할 것으로 사료된다. Mizuno(1968)는 사문암에 출현하는 식물 중 일부 종은 토양내 치환성 Ni 함량이 높음에도 불구하고 독성 징후가 나타나지 않았으며, 독성징후를 보이지 않는 식물체에서는 Fe : Ni, Cu : Ni의 비가 높았다고 보고하였다. 또한 그는 토양 pH가 감소하고, Fe : Ni 비가 감소할수록 Ni에 대한 식물의 저항성이 떨어진다고 하였으며, Ni 독성에 대한 저항성의 정도는 종간에 매우 다양하다고 하였다. Crooke(1955)도 Ni 독성으로 괴사 징후를 나타내는 oat 식물에서 Fe의 함량이 높았으며, 따라서 식물에서 Ni 독성 정도는 Fe : Ni의 비에 의하여 영향을 받는다고 하였다.

### 암석과 대나물의 중금속 함량 관계

Fig. 3은 사문암과 변성암의 암석내 중금속 함량과 대나물의 중금속 함량을 비교한 것이다. 전체적으로 사문암과 변성암의 Ni, Cr, Co, Zn, Sc, Fe 및 Mo의 함량이 식물체의 그것보다

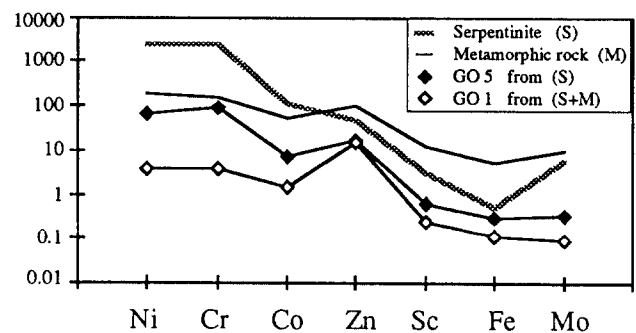


Fig. 3. Comparisons for heavy metal contents between rock and *Gypsophila oldhamiana* (GO, avg.) from serpentinite area, Kwangcheon, Chungnam. All elements are in ppm(except Fe (wt %)). Scale is logarithm.

는 모두 높았다. 암석과 대나물내의 중금속 함량의 상대적인 비에 있어서 사문암 지역에서는 대나물 체내의 Ni, Cr, Co 및 Mo 등은 암석과 큰 폭의 차이를 나타낸 반면 Zn, Sc 및 Fe는 암석과의 차이가 적은 것으로 보아 대나물의 흡수량이 높음을 알 수 있었고 변성암 지역에서는 대나물 체내의 Ni, Cr, Co, Sc, Fe 및 Mo 등은 일정하게 큰 폭의 차이가 나타난 반면 Zn은 암석과의 차이가 사문암 지역과 유사하였다. 따라서 대나물에 의한 Zn의 흡수는 사문암이나 변성암 지역에서 높았으며, 대나물에 의한 Sc와 Fe 흡수는 사문암 지역에서 뚜렷함을 알 수 있다.

## 적 요

충남 광천과 홍성 일대의 사문암과 변성암 지역의 암석, 토양 및 출현빈도가 높은 대나물의 중금속 함량을 측정하여 사문암 토양의 독성화 정도와 식물체의 흡수관계를 조사하였다. Ni, Cr 및 Co는 사문암에 매우 높았으며, Zn, Sc, Mo 및 Fe는 변성암에서 더 높았다. 사문암 풍화토에서는 Ni, Cr 및 Co가 높았으며 Zn과 Fe는 비사문암 풍화토(사문암 및 변성암 풍화토와 변성암 풍화토)에서 높았고, 토양의 중금속은 암석내의 함량보다 낮았다. 사문암 풍화토에 출현하는 대나물내 중금속 함량은 혼합 풍화토의 그것보다 높게 나타났으며, 같은 사문암 지역이라도 홍성보다 광천의 중금속 함량이 높았다. 대나물의 평균 Fe : Ni의 비율은 혼합 풍화토에서는 216이고 사문암 풍화토에서는 49였다. 대나물내 Ni, Cr, Co, Fe 및 Sc 등은 지상부보다 지하부에서 높았으며, Zn과 Mo 함량은 지상부에서 높았다. 암석과 식물체의 중금속 함량 비교 결과 식물체에서보다 암석의 중금속 함량이 높았고, 대나물에 의한 Zn의 흡수는 사문암과 변성암 지역에서 높았으며 Sc와 Fe는 사문암 지역에서 뚜렷이 높았다.

## 인 용 문 헌

김규한, 박재경, 양종만, 길전상홍. 1990. 울산 철광산의 탄산염암과 사문암의 성인. 지질학회 26:407-417.  
 김택진, 김용범, 이남주, 심재국. 1997. 사문암 지역의 식생에 관한 연구. 1997년도 한국생태학회 춘계학술 발표대회 pp. 20-21.  
 엄상호, 이민성. 1963. 대홍지질도폭 및 설명서. 국립 지질조사소.  
 우영균, 최석원, 박기화. 1991. 충남 예산지구 활광산의 성인에 대한 연구. 광산지질 24:363-378.  
 윤상필, 문희수, 송윤구. 1994. 초염기성암 기원의 평안

및 대홍활석광상의 성인과 광물화학. 자원환경지질 27:131-145.  
 이영로. 1996. 한국식물도감. 교학사. 서울. 1237 p.  
 이종혁, 김성수. 1963. 홍성 지질도폭 및 설명서. 국립 지질조사소.  
 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사. 서울. 990 p.  
 지정만, 김규봉. 1977. 사문석의 활석화 과정에 관한 연구. 광산지질 10:75-92.  
 최선규, 송석황, 우준기. 1997. 경기 편마암 복합체내 비봉지역의 초염기성암에 대한 성인적 적용. 대한 자원환경 지질학회 30차 학술발표회 요약집. 65 p.  
 최수남. 1988. 울산광산에서 산출되는 사문암의 성인적 연구. 부산대학교 박사학위논문(unpubl.).  
 최수용, 황진연, 김정진, 이윤종. 1990. 울산 사문암체의 광물학적, 지구화학적 연구. 한국광물학회지 26: 105-119.  
 황진연, 김정진, 옥수석. 1993. 안동지역 사문암 광상의 구성 광물 및 성인에 대한 연구. 광산지질 26:1-10.  
 Agricola, G. 1546. De Re Metallica-English Translation, 1950. Dover Publ., New York.  
 Aumento, F. 1970. Serpentine mineralogy of ultrabasic intrusion in Canada and on the Mid-Atlantic Ridge. Geological Survey of Canada. Department of Energy, Mines and Resources. Ottawa, Ontario. pp. 69-53.  
 Baker, A.J.M., J. Proctor and R.D. Reeves. 1992. The vegetation of ultramafic(serpentine) soils. Intercept Ltd, Andover. pp.  
 Brooks, R.R. 1983. Biological methods of prospecting for minerals. Wiley, New York. 280 p.  
 Brooks, R.R., J. Lee and R.D. Reeves. 1976. *Sebertia acuminata*: A hyperaccumulator of nickel from New Caledonia. Science 193:579-580.  
 Brooks, R.R. 1987. Serpentine and its vegetation: A multidisciplinary approach. Dioscorides Press, Portland. Oregon. 454 p.  
 Crooke, W.M. 1955. Ann. Appl. Biol. 43:465.  
 Crooke, W.M. 1956. Effect of soil reaction on uptake of nickel from a serpentine soil. Soil Sci. 81: 269-276.  
 Hunter, J.G. and O. Vergnano. 1952. Nickel toxicity in plants. Ann. Appl. Biol. 39:279-284.  
 Hunter, J.G. 1954. Nickel toxicity in a southern

- Rhodesian soil. S. Africa J. Sci. 51:133-135.
- Jaffre, T., R.R. Brook, J. Lee and R.D. Reeves. 1976. *Sebertia acuminata*: A hyperaccumulator of Nickel from New Caledonia. Science 193:579-780.
- Kruckeberg, A.R. 1954. The ecology of serpentine soils, III. Plant species in relation to serpentine soil. Ecology 35:267-274.
- Lounamaa, J. 1956. Trace elements in plants growing wild on different rocks in Finland. Ann. Bot. Soc. Vanamo 29:1-196.
- Lyons, M.T. 1973. Soil factors controlling the vegetation of the Coolac serpentinite belt in New South Wales. MSc Thesis, Univ. NSW.
- Mizuno, N. 1968. Interaction between iron and nickel and copper and nickel in various plant species. Nature 219:1271-1272.
- O'Hanley, D.S. 1996. Serpentinites records of tectonic and petrological history. Oxford Univ. Press. 277 p.
- Peterson, P.J. 1975. Element accumulation by plants and their tolerance of toxic mineral soil. In T.C. Hutchinson(eds.), Symposium processing, Vol. II. International Conference in the Heavy Metals in the Environment Toronto, Canada. pp. 39-59.
- Proctor, J. 1971a. The plant ecology of serpentine. II. Plant response to serpentine soils. J. Ecol. 59: 397-410.
- Proctor, J. 1971b. The plant ecology of serpentine. III. The influence of a high magnesium/calcium ratios and high nickel and chromium levels in some British and Swedish serpentine soils. J. Ecol. 59: 827-842.
- Proctor, J. and S.R.J. Woodell. 1975. The Ecology of serpentine soil. Adv. Ecol. Res. 9:255-265.
- Reeves, R.D., R.R. Brook and R.M. MacFarlane. 1981. Nickel uptake by *Streptanthus* and *Caulanthus* with particular reference to the hyperaccumulator *S. polygaloides* Gray(Brassicaceae). Am. J. Bot. 68:708-712.
- Reeves, R.D., R.M. MacFarlane and R.R. Brooks. 1983. Accumulation of Nickel and zinc by western North American genera containing serpentine-tolerant species. Am. J. Bot. 70:1297-1303.
- Soane, B.O. and D.H. Saunder. 1959. Nickel and Chromium toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia, Soil Science 88:322-330.
- Song, Y. and H.S. Moon. 1991. Supergene chloritization and vermiculitization in hornblende gneiss, the Cheongand area. J. Korean Inst. Mining Geol. 24:233-244.
- Sultan, M., R.E. Arvidson and N.C. Strurshio. 1986. Mapping of serpentinites in the eastern desert of Egypt by using landsat thematic mapper data. Geology 14:995-999.
- Vanselow, A.P. 1966. Nickel. In H.D. Chapman(ed.), Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. Calif. Div. Agr. Sci. pp. 303-309.
- Wee, S.M., S.G. Choi and C.G. So. 1994. Preliminary study on ultramafic rocks from the Chungnam Province, Korea. Econ. Environ. Geol. 27:171-180.
- Whittaker, R.H. 1954. The ecology of serpentine soils. IV. The vegetation response to serpentine soil. Ecology 35:275-288.
- Wither, E.D. and R.R. Brooks. 1977. Hyperaccumulation of Nickel by some plants of Southeast Asia. J. Geochem. Explor. 8:579-583.

(1997년 9월 10일 접수)