

## 日本の花崗岩類中の銅, 鉛, 亜鉛, ヒ素と硫黄 ——(1)北上山地と阿武隈高地——

寺島 滋\*・石原舜三\*\*

TERASHIMA, Shigeru and ISHIHARA, Shunso (1983) Copper, lead, zinc, arsenic and sulfur of the Japanese granitoids (1) Kitakami Mountains and Abukuma Highland. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34 (9), p. 443-453.

**Abstract:** Cretaceous granitoids of the Kitakami Mountains and Abukuma Highland were analyzed for Cu, Pb, Zn and As by atomic absorption method, and S by combustion-infrared absorption spectrometry. Granitoids of the Kitakami Mountains occur as small batholith and stock in non-metamorphic terrain and belong generally to the magnetite-series, while those of the Abukuma Highland are extensively exposed in metamorphic terrain in the west and non-metamorphic terrain in the east, and belong mainly to the ilmenite series. Besides these quartz > K-feldspar (calc-alkaline) series rocks, stocks of K-feldspar > quartz (alkaline) series rocks occur very locally in the Kitakami Mountains.

Copper contents of the granitoids are distinctly higher in the Kitakami Mountains than in the Abukuma Highland., whereas zinc contents have little regional variation. These elements decrease with increasing the differentiation index. Lead on the other hand is low in the Kitakami Mountains, as compared with the values of the Abukuma Highland. Correlation between the lead contents and the differentiation indices is negative in the Kitakami Mountains but positive in the Abukuma Highland. Arsenic is extremely low in the Abukuma Highland. The element of the Kitakami Mountains has poor correlation with the differentiation index and any given components.

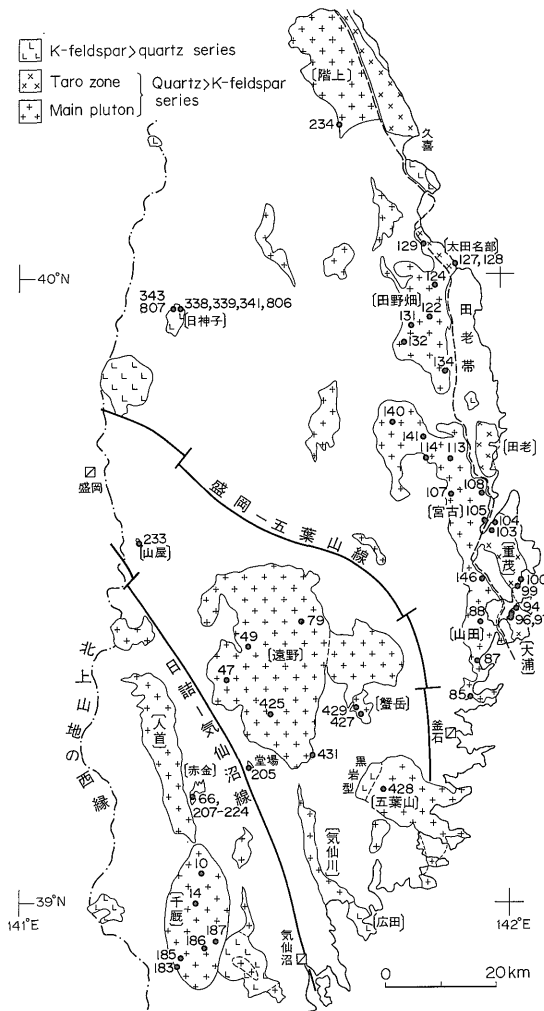
Sulfur content are highest in small stocks related to ore deposits, i.e., mineralized stock. Among unmineralized plutons, K-feldspar > quartz series stocks are generally enriched in sulfur. If batholithic units of quartz > K-feldspar series in the two terrains are compared, the magnetite-series Kitakami rocks are more depleted in sulfur than the ilmenite-series Abukuma rocks. Sulfur is contained more in mafic rocks than in felsic rocks. Averaged values of the studied elements are more or less similar to those reported from other regions of the world, except sulfur (see Table 4). The sulfur contents of granitoids appear to be overestimated in the past.

### 1. 緒 言

花崗岩類中の微量成分の正確な含有量を明らかにすることは、諸種の研究の基礎資料としてきわめて重要なことと思われる。日本の花崗岩類中の微量成分に関するデータは、1950-60年代に発光分光分析を用いる方法等によりかなり集積された(例えば SHIBATA *et al.*, 1960)。しかし、本邦全域の花崗岩類を考慮した場合、これまでの研究では試料数や対象地域に関して必ずしも満足し得るものではなく、詳細な議論を行なうことは困難である。筆者らは、花崗岩類の地球化学的研究の一環として日本各地の花崗岩類中の微量成分を精度よく定量し、より正

確な存在量を明らかにするための研究を継続してきた。ここに報告する成分のうち、銅、鉛、亜鉛については、新第三紀の鉱床への金属元素の供給源の問題に関連する花崗岩類中の存在量の意味について議論し(ISHIHARA and TERASHIMA, 1974)、変成岩、堆積岩については全分析値を公表すると共に、岩種別、地域別の存在量についても報告した(寺島・石原, 1974)。しかし、花崗岩類についての個々の分析値は未公表であり、また岩体別の含有量についても詳細は検討されていない。ヒ素に関しては、ほぼ全国的に花崗岩類中の存在量を明らかにし、ヒ素鉱床との関連等について議論したが、北上山地、阿武隈高地に関する詳細は報告されていない(TERASHIMA and ISHIHARA, 1976)。北上山地の花崗岩類中の硫黄含有量

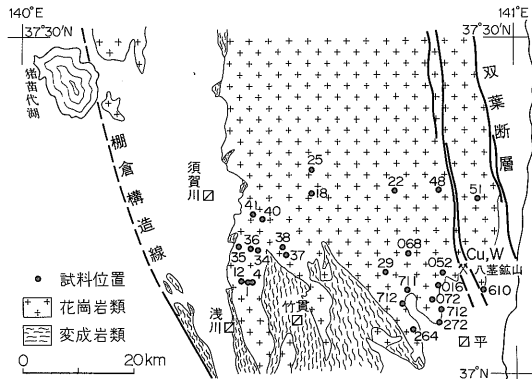
\*技術部 \*\*企画室



第1図 北上山地における主要花崗岩体の分布と分析試料の採取位置  
Distribution of major granitic plutons and locality of the analyzed samples in the Kitakami Mountains. The sample number is shown by the last 2 or 3 digitals.

は、鉍化作用や硫化鉍物との関係を中心に別に報告した (ISHIHARA *et al.*, 1983). しかし、阿武隈高地の花崗岩類中の硫黄に関しては未公表である。

この報告は、北上山地及び阿武隈高地の花崗岩類中の銅、鉛、亜鉛、ヒ素、硫黄について個々の分析値を公表し、これら微量元素に関する岩体別の特徴を明らかにすると共に、花崗岩類中微量元素の地球化学的存在量について若干の検討を加えたものである。なお、現時点においてはいくつか未解決の問題もあるが、今後他の地域についての詳細を明らかにした後、改めて議論する予定で



第2図 阿武隈高地における花崗岩類の分布と分析試料の採取位置  
Distribution of granitic plutons and locality of the analyzed samples in the Abukuma Highland. The sample number is shown by the last 1 to 3 digitals.

ある。

本研究を行なうに当たり、分析試料の一部は地質調査所金谷弘、佐藤岱生、阿部智彦の各技官及び元技術部長大和栄次郎氏から提供していただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

## 2. 試料及び分析方法

### 2.1 試料と分帯区分

本研究で用いた試料は、北上山地60個、阿武隈高地26個の花崗岩類であり、それぞれの採取位置は第1-2図に示した。これら試料は、地表で得られる新鮮な岩石であって、その岩質は分化指数(Differentiation index, ノルム  $ab+or+qz$ , 重量%) 19.6のはんれい岩から93.5のアプライトに及ぶが、北上山地ではそのほとんどが石英閃緑岩・花崗閃緑岩であり、阿武隈高地では花崗閃緑岩・花崗岩である。北上山地の試料の多くは金谷(1974)によりカリウム、トリウム、ウラン及び帯磁率の測定がなされたものであり、日神子岩体の試料の主成分は阿部(1973)により報告されている。阿武隈高地の試料については、一部を除き石原ほか(1973)により主成分やトリウム、ウラン等の研究がなされている。

北上山地の花崗岩類の分帯区分について片田(1974)は盛岡一五葉山線を境として、北部(I-IV帯)と南部(V-VI帯)に分けている。石原・鈴木(1974)の分帯も本質的には同じであるが、石英・カリウム長石の違いを各岩体に表示している。本報告では、石原・鈴木(1974)の結果をもとに、石英>カリウム長石岩系(カルクアルカリ岩系)とカリウム長石>石英岩系(アルカリ岩系)に大別し

(第1図), さらに石英>カリウム長石岩系については、盛岡一五葉山線を中心に東西に分けることにした。

従って石英>カリウム長石岩系(西部)の岩体は千厩<sup>せんまや</sup>, 人首<sup>ひとかべ</sup>, 遠野, 気仙川などであり, 石英>カリウム長石岩系(東部)の岩体は宮古一山田, 田野畑及び田老帯(大浦, 重茂, 田老, 太田名部など)である。カリウム長石>石英岩系の岩体は日神子, 久喜, 黒岩, 広田などである。阿武隈高地についても西帯と東帯に大きく2分して議論する。

## 2.2 分析方法

銅, 鉛, 亜鉛: 試料0.5gを白金ざらに取り, 過塩素酸, 硝酸, ふっ化水素酸で分析し, 蒸発乾固する。希塩酸を加えて加温溶解し, 試料溶液とする。分析には原子吸光法を用いた。すなわち, 試料溶液を空気-アセチレンフレームに導入し, 銅324.8nm, 鉛217.0nm, 亜鉛213.9nmの吸光度を測定して, 検量線よりそれぞれの含有量を求める(TERASHIMA, 1979)。

ヒ素: 試料0.5gをテフロンビーカーにはかり取り, 過塩素酸, 硝酸, ふっ化水素酸, 過マンガン酸カリウムを加えて分解し, 乾固直前まで濃縮する。希塩酸を加えて加温溶解し, ポリエチレン製の反応容器を用いるアルシン-原子吸光法(TERASHIMA, 1976)によりヒ素を定量する。

硫黄: 試料0.1-0.5gをセラミック製ルツボにはかり取り, 助燃剤として鉄粉及び顆粒状タングステンを加える。高周波燃焼装置を用いて燃焼させ, 発生する二酸化硫黄を赤外線ガス分析計に導入して定量する燃焼-赤外吸収法(寺島, 1979)により分析した。

## 3. 分析結果と考察

### 3.1 分析結果

北上山地の花崗岩類についての分析結果を第1表に, 阿武隈高地の結果を第2表に示した。第1表の一部の試料については, 全分析がなされておらず分化指数が求められなかったため, 北上山地の花崗岩類についての既存のデータをもとに $K_2O$ と分化指数との関係を作成し, これをもとに本試料中の $K_2O$ 含有量(金谷, 1974)から推定した。各種分析元素のうち銅と亜鉛は一般に苦鉄質の主成分元素と相関し, 鉛はカリウム含有量と相関すると考えられている。これらの主成分元素は分化指数と一般に良い相関を示すので, 同指数に対する銅, 鉛, 亜鉛の変化を, 別に報告した(ISHIHARA *et al.*, 1983)試料についての値も含めて, 第3-6図に示した。ヒ素については, すでに報告した(TERASHIMA and ISHIHARA, 1976)のでここでは図示しない。

### 3.2 北上山地における銅, 鉛, 亜鉛

北上山地の花崗岩類は, そのほとんどが石英>カリウム長石岩系であり, これは一般に言うカルクアルカリ岩系に相当する。ごく一部がカリウム長石>石英岩系に属し, これは大局的にはアルカリ岩系に相当する。前者は東部の田老帯で同源と思われる火山岩類を伴っており, 後者も南部(例えば折壁)と東部(久喜など)のものは火山岩類を伴うことが多い(KANISAWA, 1974)。花崗岩類は, 周縁部などの部分的な岩石を除き, 基本的に磁鉄鉱系に属するが, 人首岩体ではその帯磁率が低く(金谷, 1974), 他の岩体より若干還元的であったと考えられる。

石英>カリウム長石岩系(西部): 主要岩体はほぼ南北に伸長する分布を示し, モード分析(石原・鈴木, 1974)によれば, 最西列の千厩岩体がトナール岩質で最も石灰質である。その北方の人首岩体は, トナール岩, 花崗閃緑岩質である。両岩体は, 同一地域に貫入するが, 同程度の分化指数を持つ岩石について比較すると, 亜鉛と銅の含有量が明らかに異なり, 人首岩体が両成分に富んでいる。鉛も人首岩体でやや多い(第3図)。遠野及び気仙川岩体は, 共にトナール岩と花崗閃緑岩を主とし, 少量の花崗岩を伴い, 千厩, 人首岩体と類似する。遠野, 気仙川岩体の亜鉛と鉛は千厩岩体に, 銅は人首岩体に似た分布を示す。

石英>カリウム長石岩系(東部): 宮古一山田, 田野畑岩体の岩石は石英閃緑岩-花崗閃緑岩であり, 田老帯の諸岩体では分化指数の高い花崗閃緑岩-花崗岩が多い。本地域の特徴は, 田野畑岩体を除き亜鉛が分化指数と良い負の相関を示す点にある(第4図)。田野畑岩体は, 宮古一山田岩体よりも亜鉛に乏しい。一方, 銅については分化指数に対する明瞭な傾向は認められず, 鉛も同様であるが, 分化指数の増加に伴って若干減少する。田老帯の諸岩体は, 銅, 亜鉛, 鉛のいずれについても低含有量である。これについて, 銅, 亜鉛の場合はこの地域の岩石の分化指数が高いことと調和的である。しかしながら, 鉛含有量と分化指数との間に正の相関が認められない点は, 北上山地花崗岩類の全般的な特徴として注目される。

カリウム長石>石英岩系: 日神子岩体で代表されるこの岩系の岩石ははんれい岩-花崗閃緑岩-花崗岩で構成される。そしてこれら深成岩類の著しい特徴は, 高い銅含有量(特に苦鉄質岩)にあり, 一部では銅>亜鉛の存在量を示す(第5図)。亜鉛は, 上述の宮古一山田岩体, 田老帯にみられる領域を占める。鉛は20ppmに達するものがあって平均して高く, 分化指数との間には全体として弱い負の相関が認められる。

第1表 北上山地の花崗岩類の分析結果

Analytical results for copper, lead, zinc, and arsenic in quartz > K-feldspar series and K-feldspar > quartz series granitoids of the Kitakami Mountains.

Pluton	Sample No.	Rock type	D.I. (%)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)
<b>Quartz &gt; K-feldspar series pluton</b>							
千厩 Senmaya	70K-183	Biotite-hornblende quartz diorite	≤40*	40	12	118	1.4
	70K-185	<i>ditto</i>	46*	12	11	65	2.1
	70K-187	<i>ditto</i>	50*	18	10	60	0.8
	72K-14	<i>ditto</i>	54*	4	11	60	0.8
	70K-186	<i>ditto</i>	57*	8	11	57	1.8
	72K-10	Biotite-hornblende granodiorite	66*	11	11	53	1.0
遠野 Tono	70K-47	Biotite-hornblende quartz diorite	42.4	77	14	92	6.3
	64504(431)	<i>ditto</i>	44.5	106	14	84	6.3
	70K-49	Biotite-hornblende granodiorite	62.1	15	11	59	1.0
	64008(425)	<i>ditto</i>	62.6	28	12	57	3.1
	70K-79	Biotite monzogranite	83.0	7	16	29	2.3
五葉山 Goyōsan	64552(428)	<i>ditto</i>	65.1	19	9	57	1.0
山田 Yamada	70K-87	Biotite-hornblende granodiorite	46*	7	9	70	1.8
	70K-85	<i>ditto</i>	54*	9	9	78	1.8
	70K-88	Hornblende-biotite granodiorite	59*	6	10	71	1.0
	70K-146	Biotite-hornblende granodiorite	67*	8	9	72	4.4
宮古 Miyako	70K-107	Biotite-hornblende quartz diorite	45*	7	11	65	2.4
	70K-105	Biotite-hornblende granodiorite	58*	12	10	68	4.2
	70K-140	Hornblende-biotite granodiorite	63*	7	10	67	0.9
	70K-108	Biotite-hornblende granodiorite	65*	16	13	63	2.4
	70K-113	<i>ditto</i>	66*	20	10	58	2.4
	70K-114	<i>ditto</i>	70.1	5	12	51	1.1
	70K-141	<i>ditto</i>	72*	16	10	60	1.5
田野畑 Tanohata	70K-132	Hornblende-biotite quartz diorite	43*	3	12	60	1.0
	70K-122	Hornblende-biotite granodiorite	50*	4	10	59	1.2
	70K-134	<i>ditto</i>	51*	2	8	44	1.0
	70K-124	Biotite-hornblende granodiorite	52*	5	9	62	2.1
	70K-131	Hornblende-biotite granodiorite	61*	3	11	53	0.9
	70K-129	<i>ditto</i>	72*	21	12	58	1.6
階上 Hashigami	71K-234	Biotite-actinolite granodiorite	80.7	2.5	3	33	0.6
大浦 Oura	70K-97	(Biotite-) actinolite gabbro	23.9	42	15	91	4.1
	70K-96	Hornblende-biotite granodiorite	81.1	10	5	29	2.8
	70K-94	Biotite aplite, dike	93.5	4	6	14	1.0

第1表つづき

Pluton	Sample No.	Rock type	D.I. (%)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)
重茂 Omoe	70K-99	(Biotite-) actinolite quartz gabbro	35.5	51	19	115	1.2
	70K-104	Biotite-hornblende granodiorite	66.1	9	9	66	3.2
	70K-103A	(Hornblende-) biotite granodiorite	80.7	3	8	29	1.0
	70K-103B	Biotite granodiorite	82.5	5	5	34	1.1
	70K-100	Biotite monzogranite	83.4	4	7	27	0.7
<b>K-feldspar &gt; quartz series pluton</b>							
日神子 Hinomiko	71K-339	Biotite-clinopyroxene gabbro	41.8	92	20	102	1.5
	71K-341	Hornblende-biotite-clinopyroxene gabbro	39.7	114	20	89	3.6
	71K-806	<i>ditto</i>	40.6	92	21	85	3.5
	71K-338	Olivine-biotite-clinopyroxene gabbro	47.0	141	19	94	1.0
	71K-807	Actinolite-biotite-hornblende quartz diorite	68.7	15	13	62	1.2
	71K-343	Biotite-hornblende quartz diorite	69.7	7	13	54	1.4
	<b>Mineralized stocks</b>						
赤金 Akagane	71K-208	Clinopyroxene-actinolite gabbro	29.8	30	13	76	2.1
	71K-207	Biotite-actinolite granodiorite, dike	73.8	94	6	27	5.2
	70K-66	Clinopyroxene-actinolite quartz diorite	74.3	48	11	31	1.0
	71K-214	Actinolite-biotite granodiorite	75.0	33	9	43	1.1
	71K-218	Biotite granodiorite	76.4	15	11	61	1.1
	71K-228	<i>ditto</i>	76.6	4	11	70	1.1
	71K-211	(Hornblende-) biotite granodiorite	73.9	8	14	63	2.4
	71K-222	Biotite granodiorite	78.6	226	13	46	3.1
	71K-220	Biotite granodiorite porphyry	82.0	2	10	46	8.0
	71K-223	<i>ditto</i>	83.6	18	15	71	5.0
堂場 Dōba	71K-205	(Biotite-) hornblende quartz diorite	37.1	33	12	93	1.0
山屋 Sanya	71K-233	Hornblende-biotite-granodiorite	72.6	10	8	58	0.7
蟹岳 Ganidake	64568(429)	Hornblende-biotite quartz diorite	56.8	7	9	72	1.6
64549(427)	Biotite-hornblende granodiorite	66.8	53	11	43	3.4	
太田名部 Otanabe	70K-128	(Hornblende-) biotite monzogranite	80.3	12	11	37	0.9
70K-127	Biotite syenogranite	92.4	4	11	15	3.2	

\* K<sub>2</sub>O 含有量から推定した値

第2表 阿武隈高地の花崗岩類の分析結果

Analytical results for sulfur, copper, lead, zinc, and arsenic in quartz &gt; K-feldspar series granitoids of the Abukuma Highland.

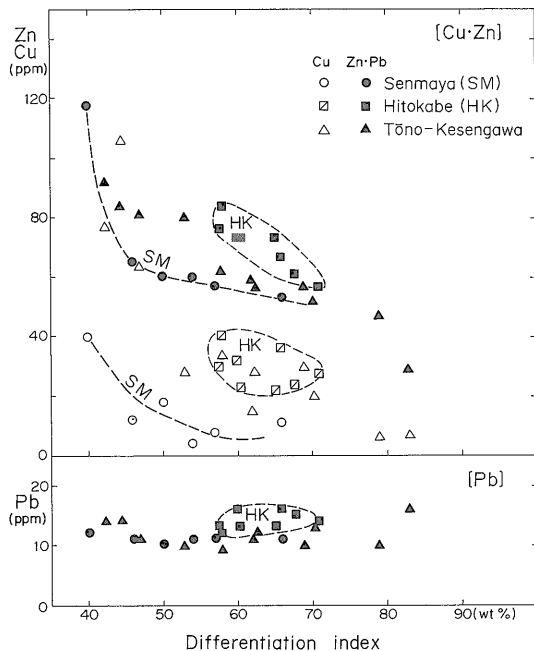
Sample No.	Rock type	D.I. (%)	S (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)
<b>Western zone</b>							
1	68A-12 (Biotite-) hornblende gabbro	19.6	1280	65	16	84	0.2
2	68A-1 Hornblende-biotite granodiorite, schistose	53.0	70	23	17	121	0.3
3	68A-4 (Hornblende-muscovite-) biotite quartz diorite, sheet	77.6	20	5	8	32	0.5
4	68A-36 Hornblende-biotite granodiorite, schistose	63.4	70	15	14	77	0.5
5	68A-41 ditto	64.7	90	12	17	77	0.5
6	68A-25 ditto	67.9	130	16	15	80	2.2
7	68A-37 ditto	71.1	40	8	16	78	0.6
8	68A-40 Hornblende-biotite granodiorite	72.8	20	3	16	102	0.3
9	68A-38 (Muscovite-) biotite monzogranite, schistose	85.9	30	3	20	52	1.0
10	68A-18 Biotite monzogranite	89.1	5	2	20	50	1.8
11	68A-34 Muscovite-biotite monzogranite	90.7	10	2	25	45	0.3
12	68A-35 ditto	91.2	10	2	29	42	0.1
<b>Eastern zone</b>							
13	7022610 Hornblende-biotite quartz diorite	57.6	90	11	10	89	0.6
14	7030712 Hornblende-biotite granodiorite	66.7	120	3	19	26	0.7
15	68A-51 ditto	67.4	30	5	17	62	0.8
16	702264 ditto	67.7	140	4	13	65	0.6
17	68A-29 ditto	72.4	60	5	16	59	0.3
18	703052 ditto	77.0	70	5	16	52	0.3
19	702272 ditto	77.8	190	8	10	60	0.6
20	703072 ditto	78.5	280	4	15	52	0.8
21	703068 ditto	78.7	50	2	9	57	0.5
22	7030711 Biotite monzogranite	84.5	10	3	12	43	0.7
23	68A-22 ditto	86.3	5	3	15	37	0.3
24	703016 ditto	87.2	n.d.	2	18	36	0.2
25	7022712 ditto	89.1	260	7	16	62	0.4
26	68A-48 ditto	90.5	10	2	27	27	0.6

## 3.3 阿武隈高地における銅, 鉛, 亜鉛

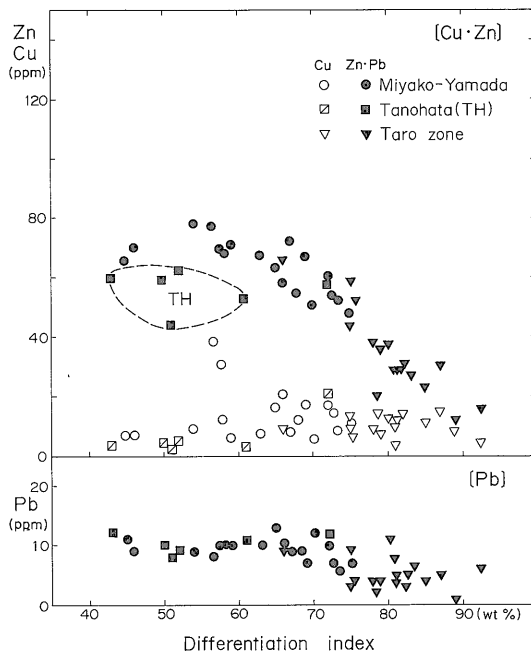
阿武隈高地については、中南部地域から採取した主として花崗閃緑岩—花崗岩26試料について分析した。これら試料はいずれもカルクアルカリ岩系の花崗岩類であり、分化指数は全体として北上山地よりもやや高い。本地域の花崗岩類は、2, 3を除きチタン鉄鈷系列に属する試料であり、この点が上述の北上山地と著しく異なる点である。金谷・石原(1973)によれば、これら花崗岩類の帯磁率は平市北方地域の東帯の試料が高く、広域変成岩が分布する西帯で低い。また、カリウム、ウラン、ト

リウムなどマグマの分化作用で一般に後期に濃集する成分は、西帯で乏しく、東帯で多い傾向が認められている(石原ほか, 1973)。

本地域の花崗岩類中の銅, 鉛, 亜鉛も東西方向に異なる含有量を示し、一般に西帯の岩石が東帯のものよりこれら微量元素に富んでいる(第6図)。北上山地の諸岩石との比較において、同程度の分化指数を持つ岩石については亜鉛と鉛は阿武隈高地で高く、銅は低い。このために、銅—鉛—亜鉛の三角図にプロットすると北上山地の岩石は銅—亜鉛線の近くに、阿武隈高地のものは鉛—亜



第3図 北上山地の千厩, 人首, 遠野, 気仙川岩体 (石英>カリウム長石岩系, 西部)における銅, 鉛, 亜鉛含有量と分化指数の関係  
Copper, lead and zinc vs. differentiation index for quartz>K-feldspar series (Western part) granitoids, Kitakami Mountains.



第4図 北上山地の宮古一山田, 田野畑岩体と田老帯 (石英>カリウム長石岩系, 東部)における銅, 鉛, 亜鉛含有量と分化指数の関係  
Copper, lead and zinc vs. differentiation index for quartz>K-feldspar series (Eastern part) granitoids, Kitakami Mountains.

鉛線に沿って分布する (ISHIHARA and TERASHIMA, 1974).

銅, 鉛, 亜鉛と分化指数の関係では, 鉛と亜鉛は負, 銅は正の相関を示す. そして鉛の含有量が分化指数の高い花崗岩類で特に多い傾向が認められ, 最高 29 ppm を示す. この点が阿武隈高地と北上山地の宮古岩体や田老帯の花崗岩類とを比較する場合に, 特にきわだった相違点である (第6図). チタン鉄鉱系花崗岩類にみられる岩相分化における鉛の増加に対しては, マグマの結晶分化作用のほか揮発性成分による濃集の可能性が考えられた (ISHIHARA and TERASHIMA, 1977).

### 3.4 ヒ素, 硫黄の存在量

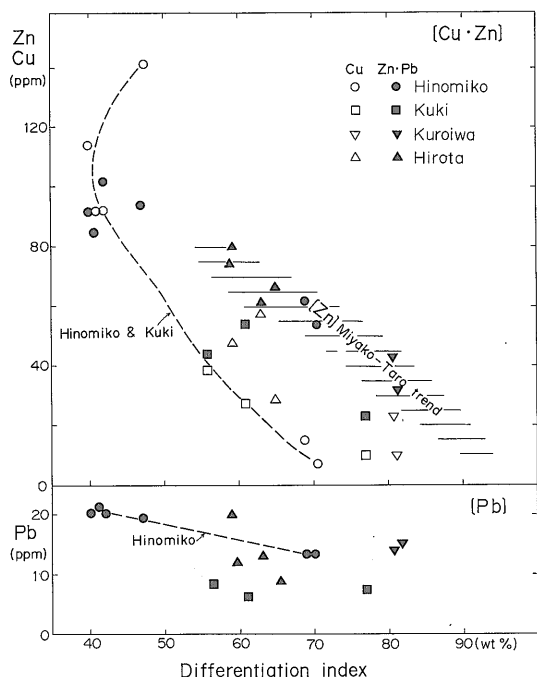
ヒ素: 北上山地の花崗岩類中のヒ素含有量は 0.6-6.3 ppm に変化し, 全試料 67個についての平均値は 2.1 ppm である (TERASHIMA and ISHIIHARA, 1976). 各岩体別では千厩 (1.3 ppm, n=6), 田野畑 (1.3 ppm, n=6) などでは低いが, 遠野 (3.8 ppm, n=6) では高い. これに対して阿武隈高地における平均ヒ素含有量は 0.6 ppm (n=25) で北上山地に比べて著しく低く, 西帯 (0.7 ppm, n=11), 東帯 (0.5 ppm, n=14) の差も小さい特徴を有している. 花崗岩類中のヒ素含有量と分化指数の関係につ

いては, 北上山地においてごく弱い負の相関が認められるものの, 阿武隈高地では正負いずれの相関も認められない.

日本各地の花崗岩類中のヒ素含有量と鉱床との関係についてはすでに公表したのでここでは省略するが, 未変質岩, 変質岩を通じて岩石中のヒ素量は岩石区, 地域などによって著しく変化するため, 鉱床探査のための指示元素として用いる場合は, その地域におけるバックグラウンド値を充分に考慮することが必要である.

硫黄: 北上山地花崗岩類中の硫黄含有量は, 鉱化作用や硫化鉱物との関係を中心に別に報告した (ISHIHARA et al., 1983). この地域では, 鉱化に関するストック状の岩体である赤金, 鬼ヶ沢, 北頭などで最も高く (平均 526 ppm, n=8), ついでカリウム長石>石英岩系で高い (193 ppm, n=15). 石英>カリウム長石岩系の岩体では, 気仙川岩体 (175 ppm, n=2) を除きいずれも平均 70 ppm 以下で低い. 阿武隈高地の花崗岩類では, 西帯に比べて東帯で高く, 銅, 鉛, 亜鉛などの含有量とは逆の傾向を示す.

北上山地と阿武隈高地の石英>カリウム長石岩系花崗



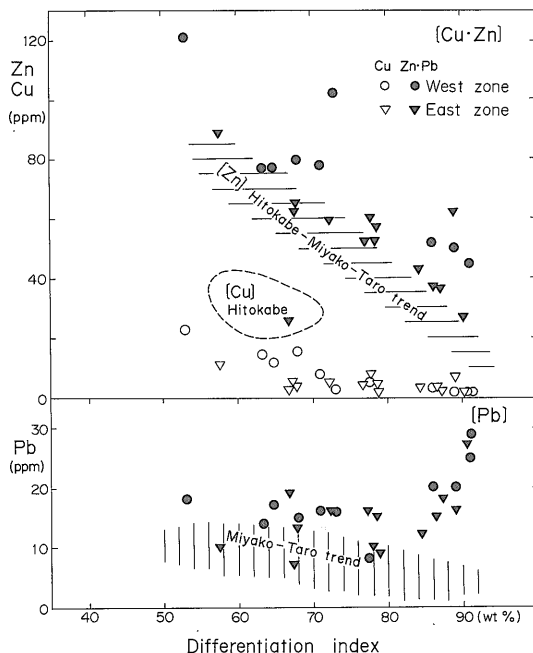
第5図 北上山地の日神子, 久喜, 黒岩, 広田岩体(カリウム長石>石英岩系)における銅, 鉛, 亜鉛含有量と分化指数の関係  
Copper, lead and zinc vs. differentiation index for K-feldspar > quartz series granitoids, Kitakami Mountains.

岩類中の硫黄含有量と分化指数との関係を第7図に示した。全体として分化指数の増加に従って硫黄量は減少する傾向を示す。また, 同程度の分化指数を持つ試料中の硫黄含有量を比較すると, 北上山地よりも阿武隈高地で高い傾向がある。これは, 花崗岩類の磁鉄鈦系とチタン鉄鈦系の相違による影響が大きいと考えられる。すなわち, 磁鉄鈦系花崗岩質マグマでは, 酸素分圧が高いために硫黄の多くは酸化物としてけい酸塩メルトの系外に放出され, 一方チタン鉄鈦系花崗岩質マグマは還元的で, マグマのけい酸塩メルトの中に溶存しうる硫黄量は磁鉄鈦系よりも多いことが推定される。

3.5 岩体別, 地域別平均値と既存データとの比較

各元素の岩体別, 地域別平均値を算出し, 第3表に示した。平均値の算出に当っては, 別に報告した値(Ishihara et al., 1983)を加えると共に, より平均的な花崗岩類についての値を求めるために鈦化に関係するストック状岩体の試料や岩脈状の斑岩・アプライト及び変質岩等は除外した。

銅に関しては, 北上山地のカリウム長石>石英岩系岩体の日神子(76.8 ppm), 広田(78.8 ppm)で最も高い値



第6図 阿武隈高地における銅, 鉛, 亜鉛含有量と分化指数との関係  
Copper, lead and zinc vs. differentiation index for quartz > K-feldspar series granitoids, Abukuma Highland.

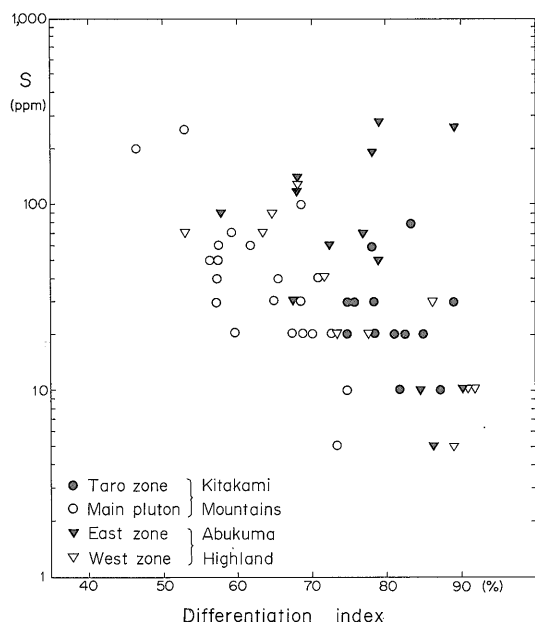
が得られた。石英>カリウム長石岩系の岩体では, 西部の諸岩体(千厩, 人首, 遠野, 気仙川)に比べて東部(宮古一山田, 田野畑, 田老帯)で低い傾向がある。阿武隈高地の花崗岩類中の銅は6.2 ppm(n=25)で最も低い。

鉛含有量は阿武隈高地の花崗岩類で最も高く(16.0 ppm), 北上山地ではカリウム長石>石英岩系の岩体でやや高く(14.0 ppm), 石英>カリウム長石岩系東部の諸岩体で最も低い(7.9 ppm)。亜鉛は, 北上山地の田老帯, 久喜, 黒岩の諸岩体で40 ppm又はそれ以下で低い傾向を示すもののその他の岩体では大差なく, 阿武隈高地と北上山地の差も明瞭でない。

ヒ素については上述したが, 北上山地では岩体別平均値の変化が大きく, かつ平均含有量が阿武隈高地よりも明らかに高い。硫黄は, 北上山地においては銅と同様にカリウム長石>石英岩系の岩体で最も高く(193 ppm), 石英>カリウム長石岩系では西部(72 ppm), 東部(28 ppm)の諸岩体の順に減少している。しかしながら, 阿武隈高地の銅含有量は北上山地のいずれよりも低いにもかかわらず硫黄含有量は平均75 ppmであり, 必ずしも銅含有量と良好な相関関係を示さない。

金谷・石原(1973)によれば, 花崗岩類中の帯磁率は





第7図 北上山地と阿武隈高地における石英>カリウム長石系花崗岩類の硫黄含有量と分化指数との関係  
Sulfur vs. differentiation index for quartz>K-feldspar series granitoids in the Kitakami Mountains and Abukuma Highland.

局的にみて北上山地、阿武隈高地のいずれについても西側から東側に向って高くなる傾向を示す。北上山地及び阿武隈高地の石英>カリウム長石系花崗岩類中の微量元素の東西方向の変化を比較すると、銅、鉛、亜鉛、ヒ素は北上山地、阿武隈高地のいずれについても西側で高く、東側で低い(第3表)。すなわち、これらの微量元素の含有量は、概括的にみて帯磁率とは負の相関を示すといえる。

各微量元素の北上山地、阿武隈高地の花崗岩類全体についての平均値、TUREKIAN and WEDEPOHL (1961)の求めた世界の花崗岩類についての平均値及びMASON (1958)による地殻平均値を第4表に示した。世界の花崗岩類中の銅、鉛、亜鉛の存在量は、高カルシウム型の花崗岩類について鉛>銅>亜鉛の順に増加しており、低カルシウム型の花崗岩類では銅>鉛>亜鉛の順になっている。この分類に従えば、北上山地の花崗岩類は高カルシウム型(鉛 10.5 ppm<銅 26.7 ppm<亜鉛 58.6 ppm)であり、阿武隈高地の花崗岩類は低カルシウム型(銅 6.2 ppm<鉛 16.0 ppm<亜鉛 59.3 ppm)と言え。このことは、花崗

岩類の分化指数の平均値が北上山地(64.3%)よりも阿武隈高地(76.3%)で高いことと調和的である。ヒ素含有量も阿武隈高地の花崗岩類でやや低いものの世界の平均値と同程度である。

上記のように、銅、鉛、亜鉛、ヒ素の含有量が世界の花崗岩類の平均値や地殻の平均値に比べてほぼ良好な一致を示しているのに対して、硫黄の含有量は明らかに低い傾向を示している(第4表)。本地域の花崗岩類中の硫黄含有量は日本全体の花崗岩類を考慮してもほぼ平均値的な値であり(寺島・石原, 1982)、この結果からは日本の花崗岩類中の硫黄量は世界の平均よりもかなり低いことになる。しかしながら、本研究結果及び著者らの未公表資料によれば硫黄は苦鉄質岩に多く、珪長質岩で少ない傾向が明らかであるが、TUREKIAN and WEDEPOHL (1961)による硫黄の値は、超塩基性岩類、玄武岩類、花崗岩類(高カルシウム型及び低カルシウム型)、閃長岩類のいずれについても 300 ppm であり、必ずしも詳細な検討を加えていないように思われる。これは、1960年代以前の硫黄の定量は主として重量法によって行なわれており、100 ppm 程度以下の硫黄は十分な精度で定量できなかった事も一因であろう。花崗岩類中硫黄の正確な存在量は今後の検討課題の一つである。

#### 4. ま と め

北上山地、阿武隈高地の花崗岩類中の銅、鉛、亜鉛、ヒ素、硫黄を定量し、次の結果を得た。

(1)銅含有量は阿武隈高地の花崗岩類に比べて北上山地で明らかに高い。亜鉛含有量の地域変化は小さい。銅及び亜鉛の含有量はいずれも分化指数の増加に伴って減少する。

(2)鉛は北上山地よりも阿武隈高地の花崗岩類に多く含まれる。分化指数との関係では、阿武隈高地では正、北上山地では負の相関を示した。

(3)ヒ素は、銅と同様に阿武隈高地よりも北上山地で高い。特定の主成分や分化指数との相関は不明瞭である。

(4)硫黄含有量は、鉍化関連のストック状岩体で最も高く、ついでカリウム長石>石英系花崗岩類で高い。磁鉄鉍系とチタン鉄鉍系の花崗岩類を比較するとチタン鉄鉍系の岩石がより硫黄に富む傾向がある。分化指数との関係では、全体として負の相関を示す。

(5)本地域の花崗岩類中の銅、鉛、亜鉛、ヒ素の含有量は、世界の花崗岩質岩石の平均値と良好な一致を示す。しかし、硫黄はかなり低い結果となり、これについては世界の平均値の算出に若干の問題があることを指摘した。

第3表 岩体別・地域別平均値  
Areal variation of average contents for copper, lead, zinc, arsenic and sulfur in the granitoids.

Pluton	n	D.I.(%)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	As(ppm)	S(ppm)
Kitakami Mountain							
Quartz > K-feldspar series (Western part)							
Senmaya	6	52.2	15.5	11.0	68.8	1.3	52
Hitokabe	8	63.2	29.4	14.4	70.6	n.d.	63
Tono	9	60.8	39.7	12.2	62.7	3.8(5)	68(5)
Kesengawa	2	60.8	29.0	10.0	68.5	n.d.	175
All analyses	25	59.5	29.7	12.4	67.0	2.4(11)	72(21)
Quartz > K-feldspar series (Eastern part)							
Miyako	14	65.1	15.2	9.3	61.0	2.1(7)	26(7)
Yamada	4	56.5	7.5	9.3	72.8	2.3	n.d.
Tanohata	6	54.8	6.3	10.3	56.0	1.3	n.d.
Taro zone	16	80.0	14.1	5.4	35.3	2.2(3)	29(13)
All analyses	40	68.6	12.7	7.9	51.5	1.9(20)	28(20)
K-feldspar > quartz series							
Hinomiko	6	51.2	76.8	17.7	81.0	2.0	225
Kuki	3	64.6	25.7	7.0	40.3	n.d.	323
Kuroiwa	2	80.8	18.0	14.5	37.5	n.d.	20
Hirōta	4	61.5	78.8	13.5	71.3	n.d.	135
All analyses	15	60.6	59.3	14.0	64.5	2.0(6)	193
Abukuma Highland							
West zone	11	75.2	8.3	17.9	68.7	0.7	45
East zone	14	77.2	4.6	14.5	51.9	0.5	101(13)
All analyses	25	76.3	6.2	16.0	59.3	0.6	75(24)

Some data were taken from the Tables 1-2, and ISHIHARA *et al.* (1983). n. d.: Not determined.

第4表 本研究における分析結果と既存データとの比較  
Comparison of the results of this study and references data.

	n	D.I. (%)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	S (ppm)
Kitakami Mountains	80	64.3	26.7	10.5	58.6	2.1(37)*	89(56)*
Abukuma Highland	25	76.3	6.2	16.0	59.3	0.6	75(24)
All analyses (This study)	105	67.1	21.8	11.8	58.8	1.5(62)	85(80)
High-Ca granitoids (TUREKIAN <i>et al.</i> , 1961)			30	15	60	1.9	300
Low-Ca granitoids (TUREKIAN <i>et al.</i> , 1961)			10	19	39	1.5	300
The earth crust (MASON, 1958)			45	15	65	2	520

\* Number of sample in parenthesis.

文 献

- 阿部智彦(1973) 東北地方の深成岩類の化学成分  
1. 北部北上山地 日神子深成岩体. 地調月報, vol. 24, p. 91-97.
- 石原舜三・服部 仁・坂巻幸雄・金谷 弘・佐藤岱生・望月常一・寺島 滋(1973) 阿武隈高地—横断面における花崗岩質岩石および変成岩の化学的性質の広域的变化—とくに U, Th, K<sub>2</sub>O-. 地調月報, vol. 24, p. 269-284.
- ・鈴木淑夫(1974) 北上山地の白亜紀花崗岩類, III. 鉱物容量比. 地調報告, no. 251, p. 23-43.
- ISHIHARA, S. and TERASHIMA, S. (1974) Base metal contents of the basement rocks of Kuroko deposits. *Mining Geol. Spec. Issue*, no. 6, p. 421-428.
- and ——— (1977) Chemical variation of the Cretaceous granitoids across southwestern Japan, —Shirakawa-Toki-Okazaki transection—. *J. Geol. Soc. Japan*, vol. 83, p. 1-18.
- , KANISAWA, S. and TERASHIMA, S. (1983) Sulfur and sulfides in the Cretaceous, magnetite-series granitoids of the Kitakami Mountains, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, vol. 78, p. 1-10.
- 金谷 弘・石原舜三(1973) 日本の花崗岩質岩石にみられる帯磁率の広域的变化. 岩鉱, vol. 68, p. 211-224.
- (1974) 北上山地の白亜紀花崗岩類, V. カリウム・トリウム・ウランおよび帯磁率. 地調報告, no. 251, p. 91-120.
- KANISAWA, S. (1974) Granitic rocks closely associated with the lower Cretaceous volcanic rocks in the Kitakami Mountains, North-east Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, vol. 80, p. 355-367.
- 片田正人(1974) 北上山地の白亜紀花崗岩類, VI. 南部北上山地の花崗岩類, および全北上山地花崗岩類の分帯区分. 地調報告, no. 251, p. 121-139.
- MASON, B. (1958) *Principles of Geochemistry* (2nd ed.). Wiley and Sons, Inc., N.Y., 310 p.
- SHIBATA, H., OKADA, S. and ISHIKAWA, H. (1960) Chemical composition of Japanese granitic rocks in regard to petrographic provinces. Part VIII.—Trace elements—. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C*, vol. 7, p. 217-270.
- 寺島 滋・石原舜三(1973) 東北日本を中心とする 2, 3 の地域の堆積岩・火山岩・変成岩類の銅・亜鉛・鉛・リチウム・ナトリウム・カリウム・塩素・ふっ素について. 地調月報, vol. 25, p. 547-558.
- TERASHIMA, S. (1976) The determination of arsenic in rocks, sediments and minerals by arsine generation and atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta*, vol. 86, p. 43-51.
- and ISHIHARA, S. (1976) Contents of arsenic in granitoids and their relation to mineralization. *Mining Geol.*, vol. 26, p. 327-339.
- (1979) The determination of major and minor elements on the two geochemical reference samples, JA-1 and JB-2, and six geochemical exploration reference samples. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 30, p. 37-43.
- 寺島 滋(1979) 赤外吸収分析法による岩石, 鉱石, 堆積物中の全炭素, 全硫黄, 炭酸塩炭素, 非炭酸塩炭素の定量. 地調月報, vol. 30, p. 609-627.
- ・石原舜三(1982) 日本の花崗岩類の硫黄存在量. 昭和57年度三鉱学会演旨, p. 102.
- TUREKIAN, K. K. and WEDEPOHL, K. H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 72, p. 175-192.

(受付: 1982年12月14日; 受理: 1983年3月31日)