

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, K₂O —

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****

Lateral Chemical Variation of the Granitic and Metamorphic Rocks across the Central Abukuma Highland—With emphasis on the contents of uranium, thorium, and potassiumShunso ISHIHARA, Hitoshi HATTORI, Yukio SAKAMAKI, Hiroshi KANAYA,
Taisei SATO, Tsuneichi MOCHIZUKI and Shigeru TERASHIMA

Abstract

The Cretaceous granitic rocks (63 samples) and metamorphic rocks (42 samples) collected across the central Abukuma Highland were examined for their contents of U, Th, K₂O, Na₂O, and other major elements on selected specimens, using γ -ray spectrometry, atomic absorption, colorimetric, fluorescent, and conventional wet-chemical methods. The contents of U and Th of the granitic rocks vary geographically and geologically. They are low in the western belt where the metamorphic grade of the intruded Paleozoic rocks is high; while high in the eastern belt where the metamorphic grade is low (Fig. 3). Important bedded-type uranium deposits occurring in the basal part of Miocene formation are located above the granitic rocks of the latter, i.e., above the basement with a high U content and also a high U/K ratio. A regional composition of the granitic rocks in the western belt is more basic than that of the eastern belt (Fig. 5). Their Th/U ratio is more variable in the western belt than that in the eastern belt (Fig. 6).

Contents of U and Th in metamorphic rocks do not depend on grade of the regional metamorphism but largely on "acidity" or "basicity" of the original rocks. The K₂O contents indicate that a regional average composition of Zone C metamorphic rocks seems not to be more acidic than that of Zone B, although Zone C (Takanuki system) has long been believed to contain more pelitic rocks than Zone B (Gozaisho system). Average contents of U, Th, and K₂O of the Abukuma Highland as a whole are definitely lower than those of the Ryoke metamorphic rocks, and are possibly as low as those of the Sambagawa metamorphic terrain.

1. 緒 言

日本の堆積型ウラン鉱床のウラン起源に関する意見は、大勢として基盤の花崗岩質岩石の微量ウランに求めようとするものである。この見解に従うと中生代以前の堆積岩類にウラン鉱床が日本に存在しない事実が説明し易い。この基盤花崗岩質岩石にウランの根源を求める考

え方は、すでに1961年当時の総括的出版物^{注1)}の諸論文にばくぜんとはのべられているが、この仮説をテーマとした研究や基盤との密接な関連性を主張した論文はあらわれていない。

東濃ウラン鉱床地域では、この種の目的のために各種花崗岩質岩類のU・Thが分析され(石原ら, 1969), 基盤花崗岩質岩のなかでもとくにU量が多く、かつU/K比が高いことが鉱床の形成に重要であることが指摘された(石原・鈴木, 1969)。すなわち、基盤がただ花崗岩質岩石であるのみならず、その化学的性質が重要である。

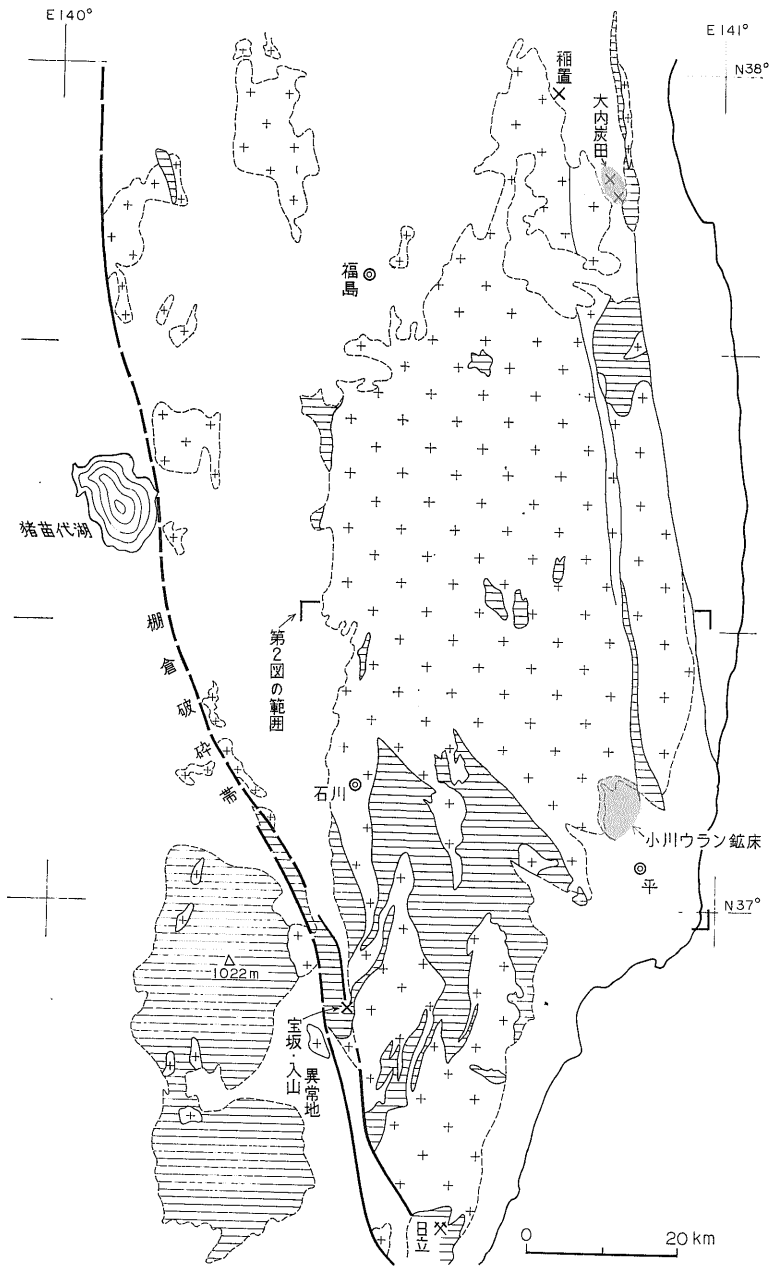
注1) たとえば、ウラン—その資源と鉱物。朝倉書店, 558 p., 1961.

* 鉱床部

** 地質部

*** 物理探査部

**** 技術部



第1図 阿武隈高地における花崗岩質岩類とウラン鉱床の分布
 横線は古生層を主とする基盤岩類。十字は花崗岩質岩石。白地は主として
 第三紀以降の諸岩石。50万分の1地質図「新潟」原図。

Distribution of the basement rocks (striped parts), Cretaceous granitic
 rocks (cross hachure), and bedded type uranium deposits (stippled parts)
 in the Abukuma Highland.

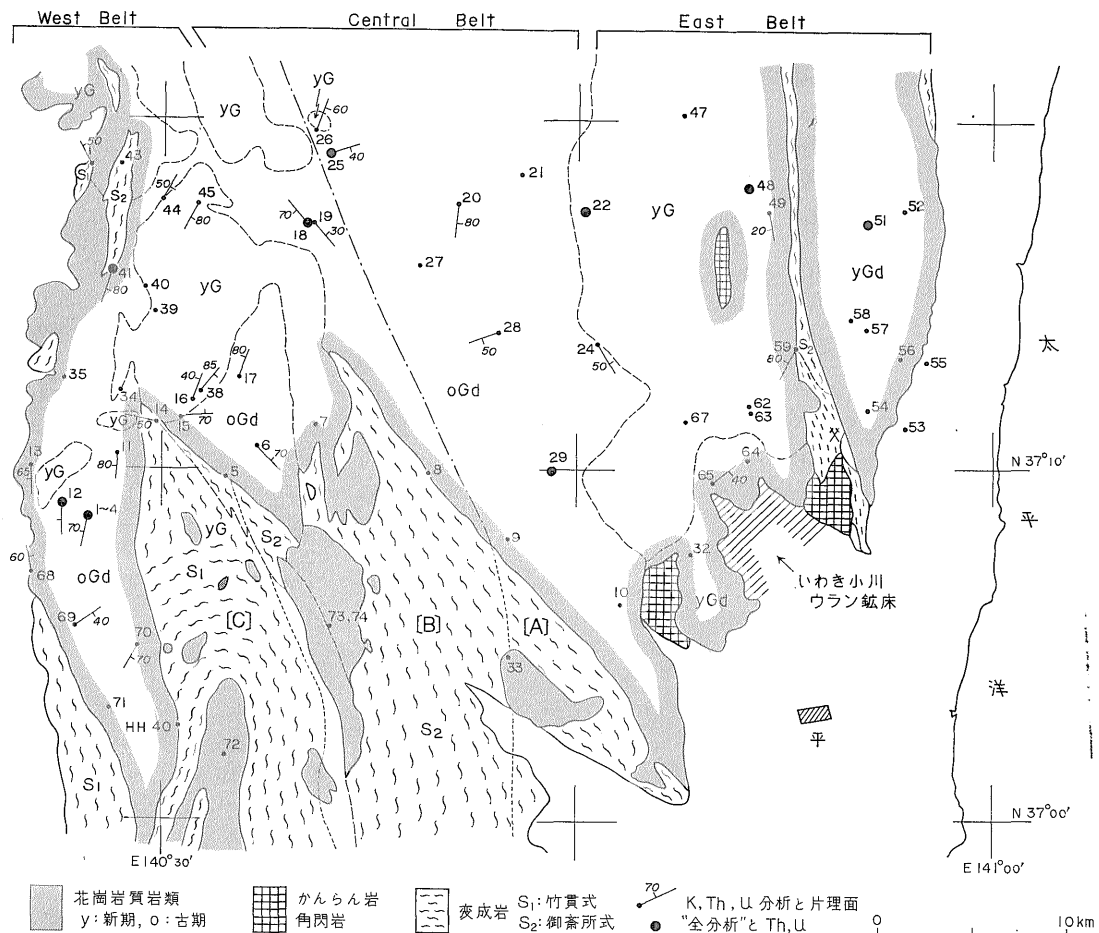
阿武隈高地には第三紀堆積岩中の炭質物と関係して小規模なウラン鉱床が分布するが(第1図),その広域的位置を説明する研究は実施されていない。筆者らは基盤の放射性元素とウラン鉱床の広域的位置との関係を追及する目的で,阿武隈高地中央部を概査し,花崗岩質岩石を中心として, U・Th・K の分析をおこなった。ここにその結果を報告する。

野外調査とサンプリングは石原・服部・坂巻・佐藤が花崗岩地域と変成岩地域に2分しておこない,分析は各表に付記したように金谷・望月・寺島らが担当した。薄片は安部正治枝官が作製した。とりまとめと記述は花崗

岩と鉱床について石原が,変成岩を服部が担当した。

分析試料は,花崗岩質岩についてはできるだけ等間隔に新鮮な岩石が得られる露頭を選び,採取した。西列では多種類の岩石が産出するために,単位面積当たりの試料数が増加した。1 kg程度の試料を粉末化し,分析に供した。変成岩については,原岩の種類と変成度とを考慮して採取し,6×10 cmのスライス分析試料とした。

分析方法は,Uが蛍光法(変成岩)とγ線スペクトロメトリー(花崗岩質岩),Thが比色法(変成岩)とγ線スペクトロメトリー(花崗岩質岩),Kがローレン・スミス法,原子吸光法,γ線スペクトロメトリー,Naがロ



第2図 阿武隈高地中央部における地質概要と花崗岩質岩分析試料の位置

白地は第三紀以降の諸岩石(中生層を含む)。1/20万福島県地質図による。[C]:角閃岩相, [B], [A]:緑色片岩相(MIYASHIRO, 1958らによる)。地域を3分する場合には図最上部の区画で,2分する場合には[A],[B]の境界とその延長線で分けた。

Outline of geology and sampling site of the analyzed granitic rocks.

[A] Green schist facies, [B] and [C] Amphibolite facies by MIYASHIRO (1958) and SHIDO (1958).

第1表 花崗岩質岩石の化学分析値とノルム鉱物

Chemical analyses of selected granitic rocks.

Analysts: K. OHTA and S. TERASHIMA (atomic absorption method for Na₂O and K₂O)

	68A-1	68A-4	68A-12	68A-41	68A-18	68A-25	68A-29	68A-22	68A-48	68A-51
SiO ₂	57.26	74.62	52.69	63.90	74.29	64.87	68.00	72.78	74.78	65.28
TiO ₂	0.84	0.20	0.69	0.50	0.12	0.49	0.40	0.15	0.10	0.44
Al ₂ O ₃	17.90	14.28	14.13	17.03	13.95	16.73	16.11	14.73	13.94	16.81
Fe ₂ O ₃	2.98	1.12	2.28	2.00	1.00	2.23	1.48	1.44	1.08	1.59
FeO	4.70	0.50	6.06	2.86	0.25	2.01	1.83	0.36	0.11	2.30
MnO	0.16	0.04	0.21	0.10	0.04	0.10	0.08	0.03	0.06	0.09
MgO	3.23	0.64	9.32	1.93	0.35	1.90	1.17	0.41	0.27	1.84
CaO	5.81	3.59	12.08	4.65	1.51	4.42	3.97	1.85	1.26	4.43
Na ₂ O	3.34	3.51	1.30	3.19	3.25	3.57	3.35	3.64	3.57	3.45
K ₂ O	2.45	0.90	0.33	2.57	4.37	2.54	2.71	3.56	4.14	2.44
P ₂ O ₅	0.23	0.02	0.12	0.18	0.05	0.19	0.14	0.09	0.07	0.15
H ₂ O(+)	0.64	0.08	0.23	0.49	0.13	0.42	0.29	0.36	0.49	0.65
H ₂ O(-)	0.30	0.38	0.48	0.34	0.40	0.36	0.44	0.34	0.12	0.18
Total	99.84	99.88	99.92	99.74	99.71	99.83	99.97	99.74	99.99	99.65
il	1.60	0.38	1.31	0.95	0.23	0.93	0.76	0.28	0.19	0.84
ap	0.50	0.04	0.26	0.39	0.11	0.42	0.31	0.20	0.15	0.33
mt	4.32	1.16	3.31	2.90	0.58	3.23	2.15	0.84	0.26	2.30
hm		0.32			0.60			0.86	0.90	
or	14.48	5.32	1.95	15.19	25.82	15.01	16.02	21.04	24.47	14.42
ab	28.26	29.70	11.00	26.99	27.50	30.21	28.35	30.80	30.21	29.19
an	26.63	17.71	31.73	22.03	7.19	20.79	18.85	8.63	5.85	21.08
C		1.05		0.93	1.23	0.49	0.76	1.73	1.44	0.76
wo	0.35		11.48							
en	8.04	1.59	23.21	4.81	0.87	4.73	2.91	1.02	0.67	4.58
fs	5.07		8.48	2.96		1.23	1.62			2.35
qz	9.65	42.16	6.47	21.76	35.02	22.01	27.52	33.64	35.23	22.95
Total	98.90	99.43	99.20	98.91	99.15	99.05	99.25	99.04	99.37	98.80
Femic total	19.88	3.49	48.05	12.01	2.39	10.54	7.75	3.20	2.17	10.40
or+ab+qz	52.39	77.18	19.42	63.94	88.34	67.23	71.89	85.48	89.91	66.56
D. I.	53.0	77.6	19.6	64.7	89.1	67.9	72.4	86.3	90.5	67.4
an/an+ab×100	48.5	37.4	74.3	44.9	20.7	40.8	39.9	21.9	16.2	41.9

産地はいずれも福島県内。分析者大田菊松。アルカリはローレンスマス法 (大田菊松) と原子吸光法 (寺島滋分析)

西列 68A-1 石川郡石川町役場わき, 路傍。細粒片状閃雲花崗閃緑岩。N10°E, 50~80°Wの片状構造を有するシュリーレン状部分
 68A-4 同上。細粒角閃石白雲母含有黒雲母花崗閃緑岩。幅15cmの脈状部分
 68A-12 石川町石塚南方375mの丘, 路傍。中粒黒雲母含有角閃石斑輝岩。“黒御影”石材
 68A-41 石川郡大東村山小屋南東直500m, 路傍。細粒片状閃雲花崗閃緑岩。N25°E, 80°E
 中列 68A-18 田村郡小野町西田, 古い石切場。極細粒片状黒雲母アダメロ岩。N40°W, 70°S
 68A-25 同上, 行定, 路傍。極細粒片状閃石含有閃雲花崗閃緑岩
 68A-29 石城郡三和村差塩一永井坂間, 林道路傍。中粒閃雲花崗閃緑岩 (片状)
 東列 68A-22 石城郡川前村吉間田西直0.6km, 路傍。中粒黒雲母アダメロ岩
 68A-48 双葉郡川内村小田代, 路傍。細粒斑状黒雲母アダメロ岩
 68A-51 双葉郡楢葉町乙次郎から東へ直2.5km, 林道路傍。中粒閃雲花崗閃緑岩

ーレン・スミス法と原子吸光法、一部試料についてのその主成分元素は通常の湿式分析法である。蛍光法と比色法の問題点についてはすでに報告した(石原ら, 1969)ので、ここでは触れない。γ線スペクトロメトリーは新機種による結果であり、その測定値の公表は今回が最初であるが、測定法・測定条件・他方法による結果との比較などを含め、詳細は担当者の金谷弘から別に報告される予定である。

2. 花崗岩質岩類の化学的性質

阿武隈高地花崗岩質岩類の総括的記述はこれまでに多く公表されている(たとえば、牛来, 1944, 1958; 渡辺ら, 1955). 20万分の1福島県地質図(1968)はそれらの一つの集大成と思われるから、この図の区分(第2図)を中心に以下の記述を進める。

県地質図によると筆者らの調査地域内の諸岩石は下記の比率で分布し、各単位におけるγ線解析試料数は下記のとおりで、総計62個である。

新期花崗岩(西列)	10%	13%	11個
新期花崗岩(その他)	14	18	9
新期花崗閃緑岩	10	13	10
古期花崗閃緑岩	38	51	30
斑岩・閃緑岩	3	4	2
かんらん岩・角閃岩	1	1	0
古生代変成岩・堆積岩	24	—	0
	100%	100%	62個

この比率によると西南日本内帯の代表的地域(石原, 1971, p. 45)にくらべて阿武隈高地の方が花崗閃緑岩に富み、全体として苦鉄質であるといえる。

阿武隈高地全体として、量的には古期花崗閃緑岩がもっとも多く、ついで新期の花崗閃緑岩と黒雲母花崗岩、両雲母花崗岩は非常に少ないといわれている(牛来, 1958). 両雲母花崗岩は阿武隈帯のみならず領家帯においても、変成帯の中軸部に産出し、成因的に興味深い岩石(石原, 1973参照)であるが、阿武隈地原では非常に少量^{注2)}である。珍しい例として、角閃石-黒雲母-白雲母の組合せが認められた(第1表, 68A-4)。

阿武隈高地には大局的にみてS字状構造が知られている(牛来, 1958). 筆者らの調査範囲はそのN-S性を示す部分に当たる。

片状構造は西列で普遍的に認められ、東列ではN-S系構造線の周辺を除いて一般には欠ける(第2図参照)。

片状構造には広域変成作用の歪力場に関係するもの、局地的な構造運動に起因するもの、単なる流理構造、の3者が存在するものと思われる。

調査地域内には地質調査所系分析者の化学分析値として、松原(1959)による10個がある。これをおぎなう形で代表的試料の10個をあらたに分析した(第1表). 68A-1~4は石川町内で岩相変化の著しい露頭における各種岩質を代表するもので、その主岩相は松原(1959)のNo.7に近いと思われるが、この4個は一般の火成源深成岩が固結過程で示す成分変化を示さない点が特異である。

2.1 地域性と U, Th, K₂O (第2表)

阿武隈高地には南北性の帯状分布が、たとえば変成帯や主要断層にみられるように知られているから、調査地域を第2図に示した任意の3列に分けた。花崗岩質岩石の化学的性質は各列によって異なり、K₂Oの変化(第3図)は、東側に酸性の岩石が多いことを示している。

Th・Uについてもほぼ同様な傾向が認められ、K₂Oをパラメーターとする第3図で明らかなように、西列の岩石でUはつねに低く、かつK₂Oの増加に比例的でない。西列のThは花崗閃緑岩では他地域、とくに東列のものと同様で、アダメロ岩ではUと同様にもっとも低い領域を占める。全体としてK₂Oの増加にやや比例的である。

東列の岩石はU・ThともにK₂Oと正の相関を示す。中列の岩石は、Uは西列の岩石と、Thは東列の岩石と似た傾向を示す。

福島県地質図における花崗岩質岩類はstageの概念により区分され、新旧2時期に分けられている。U・Thのような残漿系微量元素は、新期の岩石に濃集するとの報告が多いので、第4図を作成した。この図から下記の傾向が読みとれる。

花崗閃緑岩ではU・Thともに新旧で差が認められない。アダメロ岩では古期のUが新期より低い傾向を示すが、Thではこの傾向が不明瞭である。この図でもっとも明白な事実は西側の新期岩石がU・Thともに低い点であって、新旧別よりも既述の地域性によって存在量が変化することである。

この地域的变化を端的に表現するために第5図を作成した。分析個数が不十分であるので、ここでは調査地域を東西に2分した。西列は変成度が高い(MIYASHIRO, 1958)による角閃岩相)変成岩地域に進入し、片状花崗岩質岩石を主体とし、東列は同じく緑色片岩相地域に進入し、片状構造を伴わない岩石を主体とする。

この図で明らかなように両列間の含有量の差はかなり

注2) たとえば松原(1959)第2図中の本岩で、白雲母≠黒雲母の本来の両雲母花崗岩は非常に少ない。

第 2 表 花崗岩質岩石の γ -線スペクトロメトリーによる $K_2O \cdot Th \cdot U$ 含量
 Contents of potassium, thorium, and uranium of granitic rocks
 by γ -ray spectrometry. Analyst: H. KANAYA.

(1) 西 列

県地質図 の区分	Sample Nos.	Rock Name	K_2O (%)	Th (ppm)	U (ppm)	その他
Younger Granite (y G)	68A-7	f Gd	2.24	6.0	1.1 (0.7)	
	68A-14	m Gms	4.51	7.7	1.6 (0.9)	
	68A-15	m Gds	2.78	5.1	2.1 (1.2)	
	68A-16	f Gb(s)	5.15	5.0	0.5 (0.5)	
	68A-34	f Gm	4.38	7.3	1.6 (0.8)	M-3
	68A-38	f Gb(s)	3.95	8.9	1.2 (n.d.)	M-4
	68A-39	m Gd	2.38	7.1	1.1 (0.6)	
	68A-40	"	2.87	12.3	3.5 (2.6)	M-9
	68A-43	f Gd	3.77	5.7	1.0 (0.6)	
	68A-44	m Gd(s)	2.88	6.4	1.7 (0.7)	
68A-45	m Gbs	4.19	6.0	0.8 (0.8)		
Older Granodiorite (o Gd)	68A-1	f Gds	2.53	6.7	0.9 (1.0)	
	68A-2	m Gds	2.24	12.9	2.3 (1.0)	
	68A-3	"	3.92	11.9	1.3 (0.8)	
	68A-4	f Gd	0.82	1.7	0.3 (0.3)	
	68A-5	m Gd	2.58	8.0	1.2 (0.8)	
	68A-6	m Gd(s)	2.62	5.8	1.8 (1.0)	
	68A-11	m Gds	2.41	11.3	1.9 (0.8)	
	68A-12	m Diot~gabbro	0.32	1.9	0.6 (1.0)	
	68A-13	m Ghb(s)	3.26	4.9	0.8 (0.9)	
	68A-17	m Gd(s)	2.54	6.6	1.0 (0.8)	
	68A-35	m Gm	5.08	17.0	3.2 (n.d.)	M-2
	68A-41	f Gds	2.83	10.5	1.7 (0.7)	
	68A-69	c Gds	2.28	3.7	1.3 (0.9)	
	68A-70	"	2.83	5.2	1.8 (1.4)	
	68A-71	m Gd(s)	2.29	6.3	1.7 (0.9)	
	HH-40	"	2.45	3.1	1.2 (1.0)	
	68A-72	"	2.15	12.5	3.5 (2.4)	
68A-73	m Gd	2.61	5.4	1.1 (1.0)		
68A-74	Gabbro	1.07	0.6	0.1 (0.1)		
68A-68	Gneiss	3.27	12.9	1.7 (0.9)		

(2) 中 列

県地質図 の区分	Sample Nos.	Rock Name	K_2O (%)	Th (ppm)	U (ppm)	その他
y G	68A-26	f Gm(s)	3.93	13.2	3.0 (1.5)	
oGd	68A-8	m Gd	2.27	4.5	2.4 (1.5)	
	68A-9	"	2.90	11.5	3.5 (2.7)	
	68A-10	m Ghb	3.38	15.2	5.8 (2.9)	
	68A-18	f Gbs	4.79	14.1	1.3 (0.8)	
	68A-19	m Gds	2.30	4.8	1.6 (1.1)	

県地質図 の区分	Sample Nos.	Rock Name	K ₂ O (%)	Th (ppm)	U (ppm)	その他
o Gd	68A-20	m Gds	2.84	11.0	3.5 (1.3)	
	68A-21	m Gb	4.63	11.2	2.1 (1.3)	
	68A-24	m Gd(s)	2.32	11.5	1.9 (0.8)	
	68A-25	f Gds	2.51	9.3	2.9 (1.5)	
	68A-27	c Gd	2.80	20.6	2.9 (1.6)	
	68A-28	m Gd(s)	2.66	9.8	2.8 (1.5)	
	68A-29	"	2.83	13.7	5.7 (5.0)	
	68A-33	f Ghb	3.41	12.8	2.0 (0.7)	

(3) 東 列

県地質図 の区分	Sample Nos.	Rock Name	K ₂ O (%)	Th (ppm)	U (ppm)	その他
y G	68A-22	m Gb	3.77	14.1	2.3 (1.2)	
	68A-47	c Gb	4.23	13.8	2.2 (1.6)	
	68A-48	f Gbp	4.72	21.7	6.1 (3.4)	
	68A-49	f Ghb(s)	3.83	12.6	4.2 (2.5)	
	68A-59	m Ghb(s)	3.51	15.2	4.1 (2.3)	
	68A-62	f Gb	4.19	11.9	3.6 (3.5)	
	68A-63	m Ghb	3.69	14.3	4.5 (3.1)	
	68A-67	m Gb	4.50	14.9	4.7 (2.5)	
y Gd	68A-32	f Ghb	3.85	13.5	4.0 (2.6)	
	68A-51	m Gd	2.59	6.9	1.7 (1.0)	
	68A-52	f Gd	2.63	8.9	2.5 (1.6)	
	68A-53	m Gd	2.65	7.3	1.9 (1.0)	
	68A-54	"	2.49	7.2	1.8 (1.0)	
	68A-55	"	2.72	7.9	2.1 (1.1)	
	68A-56	"	2.58	5.6	1.4 (0.9)	
	68A-57	Gbp	n.d.	n.d.	n.d. (1.9)	
	68A-58	m Gd	2.85	9.9	2.7 (1.3)	
	68A-64	m Ghb	3.76	13.4	3.3 (2.5)	
	68A-65	m Ghb(s)	4.03	13.0	5.2 (3.0)	

測定者：金谷 弘 Uの()内は蛍光法による同一岩塊についての値、望月常一分析、全く同一粉末試料ではないが、一般に蛍光法による値が低い、これらの問題は別に金谷弘が報告する。

省略記号 岩石名の欄 f, m, c は細粒, 中粒, 粗粒, Gd は閃雲花崗閃緑岩, Ghb は角閃石含有黒雲母花崗閃緑岩, Gb は黒雲母アダムロ岩, Gm は両雲母アダムロ岩, S は片状構造, () は同微弱, P は斑状。

n. d. は未測定。M-3, 4……などは松原(1959)第2表の番号、そこに記載された露頭と同じと思われるところから採取したもの。

明瞭である。このことはまた西列で新期花崗岩と呼ばれたものに花崗閃緑岩が含まれていることを示す(第2表参照)。

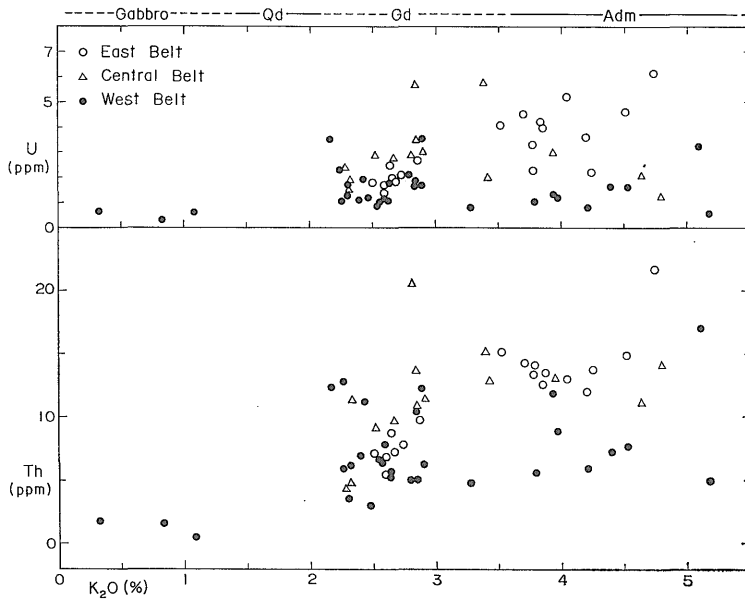
2.2 Th/U 比

花崗岩質岩石の Th/U 比は一般に3~4である(KANAYA and ISHIHARA, 1972)。阿武隈高地でも同様であり、東列の諸岩石がその適例である(第6図)。西列の諸岩石は Th/U 比にばらつきが著しい。同様な傾向、すなわち、高変成度の変成岩と密接な片状花崗岩質岩で Th/U 比が大きく変化することは、領家帯でも指摘した(石原・関

根ら, 1969; KANAYA and ISHIHARA, 1972)。

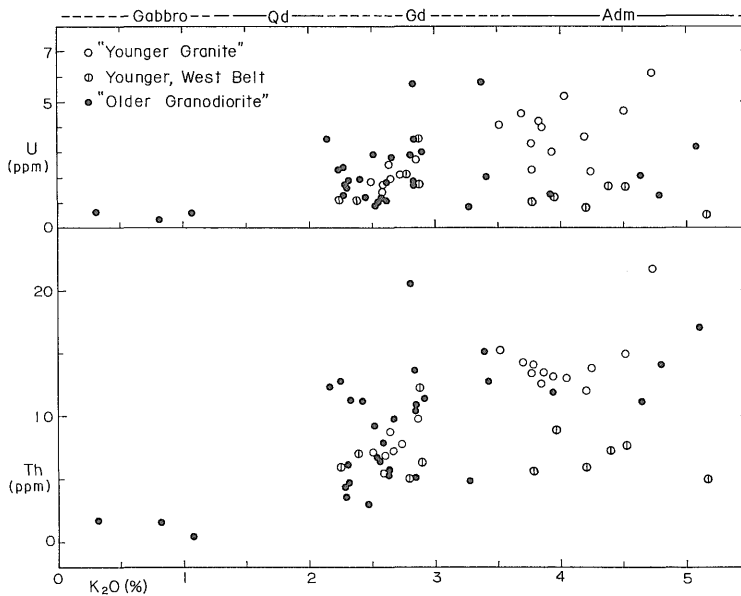
2.3 非対称的性質変化

以上の記述で明らかのように、花崗岩質岩の性質は東と西とで著しく異なり、その性質変化は非対称的である。非対称性は変成岩に関しては杉健一の時代から知られていたらしく(変成度が西列で高く、東方へ低下)、花崗岩質岩石では新期のものについて渡辺岩井(1954)が、岩種の組合せ(両雲母花崗岩は西列にのみ限られる)、新期花崗岩中の岩質変化(東列ほど酸性となる)、塩基性捕獲岩の量(西で多く東へ漸減)、粒度(東方へ粗粒



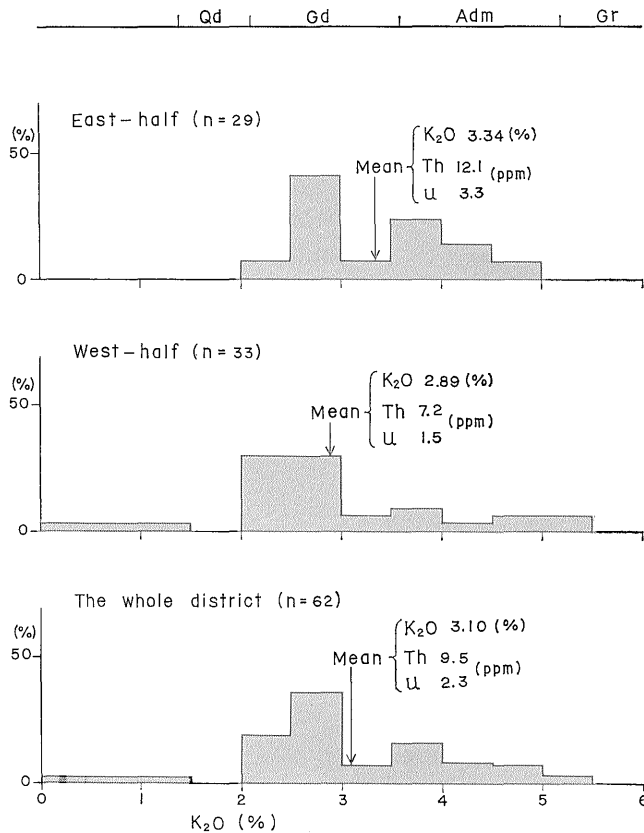
第 3 図 K_2O -Th-U 図における花崗岩質岩石の地帯別変化

Potassium vs. thorium and uranium of the granitic rocks in the arbitrary three belts showing low Th/K or U/K ratios on those of the western belt.



第 4 図 K_2O -Th-U 図における花崗岩質岩石の新旧時期別変化

Potassium vs. thorium and uranium of the granitic rocks in terms of "younger" or "older" division indicating that Th and U are not concentrated in the younger granite of the western belt.



第5図 花崗岩質岩石の K₂O 頻度分布と K₂O, Th, U の平均値

Histogram of potassium contents with mean values of K₂O, Th, and U, indicating that acidic rocks are distributed more in the east-half than the west-half region.

化する), 花崗岩質ペグマタイト (西方へ多くなる), などの点ですでに指摘している (p. 75). そしてその原因を侵食レベルの相違に求めようとした (p. 76).

これらのほかに, 西列から東方へ巨視的に多くまたは高くなる性質として, Cu・W などの一般の鉱床, 帯磁率 (金谷・石原, 1972), Th/K・U/K・Rb/K (本報文と未公表資料) などをあげることができる. その成因は形成深度差のみではおそらく説明できない. 西列の新时期灰色黒雲母花崗岩・両雲母花崗岩をもたらしたマグマは, 東列の淡紅色黒雲母花崗岩・花崗閃緑岩のそれとは本来異なった性質を有していたと筆者らは考えているが, この問題は阿武隈高地全域の調査の終了後にあらためて討論したい.

3. 変成岩類の U, Th, Na₂O, K₂O

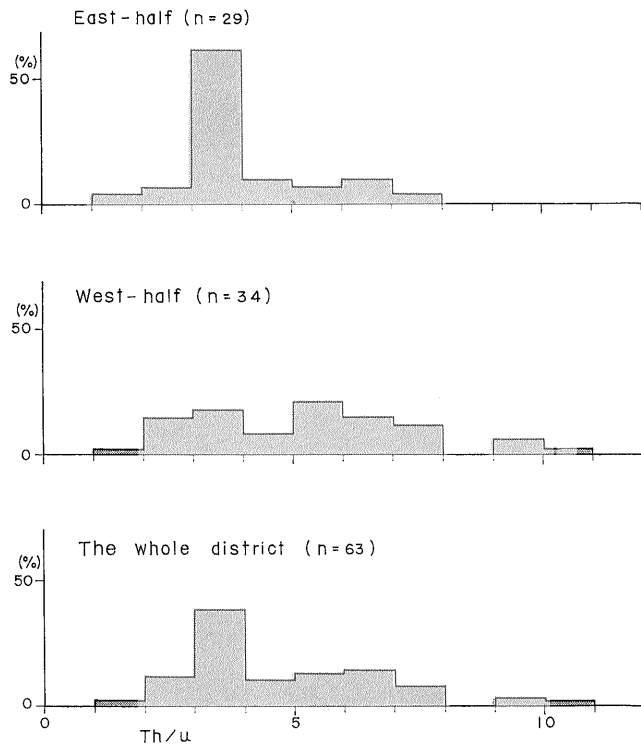
阿武隈高地の変成岩は第1図から判るように, 平市西

方の中部阿武隈高地にもっとも広く分布しており, 御齋所~竹貫変成岩類 (牛来, 1958) とよばれる. この変成岩類の分布域 (阿武隈変成帯) の西縁は NNW-SSE 方向にのびる棚倉破碎帯 (大森, 1949) により, また, 東端は N-S にのびる猫鳴~八茎断層^{注3)} (岩生・松井, 1961) によって限られる.

検討試料はおよそ 30 cm² の面積から約 50 地点選び (第7図), 同一地点で可能な限り異なる岩種を採集し, そのうち42個について, U, Th, Na₂O および K₂O の定量分析を行なった.

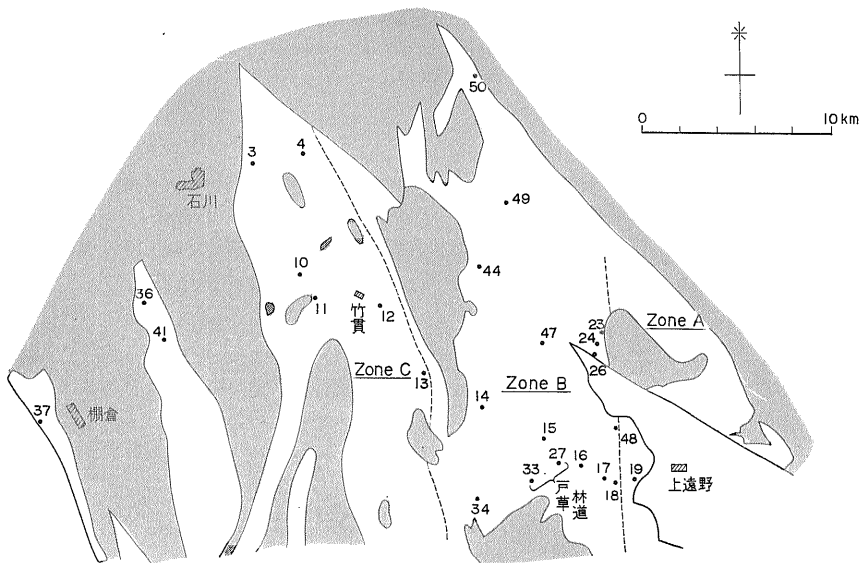
まず, U と Th 含有量と変成度との関係について検討してみよう. 変成岩の形成条件の指標となる変成度は, MIYASHIRO (1958) および SHIDO (1958) によって A, B

注3) この断層の東側には藍閃石を産出する八茎統が分布し, 御齋所統との対比が示唆されている (岩生・松井, 1961, p. 8 および p. 14).



第6図 花崗岩質岩石の Th/U 比頻度分布

Histogram of Th/U ratios of the granitic rocks. Note a wider range variation on those of the west-half than the east-half region.



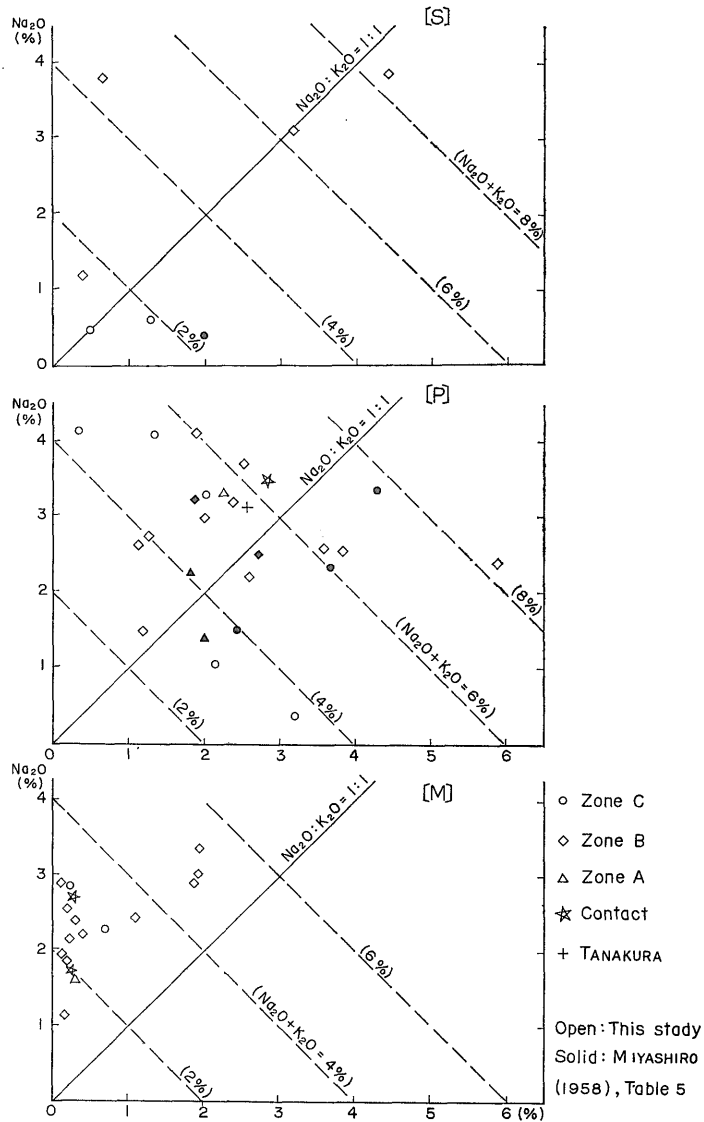
第7図 変成岩類の分析試料位置図

Localities of the analyzed metamorphic rocks. Zones A, B, and C, after MIYASHIRO (1958) and SHIRO (1958). Stippled area: granitic rocks.

およびCの3帯に分帯して表わされ、東から西に向かって上昇するといわれる。この見解に基づいて、分析試料を大まかにC帯→A帯に並べたものが第3表にまとめている。P (泥質および砂質岩起源) およびS (チャートあるいは流紋岩質岩石) に区分した変成岩に限り、東西方向の変化を調べると、Uについてはまったくなんの傾向もみいだせない。しかし、Thの場合、東部の変成岩に若干多く含まれるように見える。M (苦鉄質岩) の変

成岩では、もともと含有量が低いので、この程度のあいまいな比較すらもむづかしい。

このようにPおよびSの変成岩とMの変成岩とは、UとThの含有量が前者では高く、後者では前者の $\frac{1}{10}$ にすぎない。低変成度で再結晶作用が十分進んでいない細粒岩を除けば、UとThと密接な関係にあると考えられる鉱物は、黒雲母の中に包有されたハロをもつジルコンであるらしいことが判る (第3表)。



第8図 変成岩類の K₂O-Na₂O 図

Sodium vs. potassium of the metamorphic rocks.
 [S]: Chert and rhyolitic origin, [P]: Pelitic and psammitic origin, [M]: mafic volcanic origin.

第 3 表 変成岩類の鉱物組成と化学的性質

Metamor. Zone	Sample No.	Rock Type	Rock Name	Gar	Bt	Qz	Plagioclase Sodic~calcic	
Zone C	36	S	Mus-bt-qz sch	○	◎R☆	◎	○	
	41-1	P	Hb-bt gn		◎R☆	◎	◎	
	41-2	P (M)	Bt-hb gn		◎	○	◎	
	3	P } M) ^{altn}	Gar gn	◎	◎R☆	○	◎	
			do.	◎		◎	◎	
	10		Sp-sill-gar rock	◎	Chl	?	◎	
	11-1	S	Bt-qz sch	○	○R☆	◎	○	
	4	M	Px-hb sch				◎	
	12-2	P	Sp-gar-bt gn	◎	◎R☆		◎	
	12-3	M	Amphibolite		○		○	
	Zone B	13	P	Gar-bt gn	○	◎R☆	◎	◎
		34-1	P	Sill-bt sch (hf?)	◎	◎R☆	◎	◎
14-1		M	Amphibolite				◎	
14-2		P	Bt sch		◎B		◎	
44		M	Hb sch				◎	
33		P	Bt sch		◎R☆	◎	◎	
32		M	Bt-hb sch		◎ _B ^G			
31-1		P	Bt sch		◎R-B☆	◎	○	
31-2		M	Hb sch		○R		○	
30		M	Bt-hb sch		◎B	◎	○	
29-1		P	Bt sch		◎B☆	○	◎	
29-2		S	Mus-bt-qz sch		◎B	◎	○	
28		M	Hb sch			?	○	
27-1		P	Hb-hb sch		◎B			
27-2		P, M	Bt-hb sch		◎			
15-1		M	Hb sch		○		◎	
15-2		P	Bt qz sch		◎B☆	◎	○	
47		M	Two amph sch			○		
49-1		P	Mus-bt hf	○	◎R☆	◎	○	
49-2		S	Mus-bt-qz hf	◎	◎R☆	◎	◎	
16-2		M	Bt-hb sch		◎B	?	○	
17		M	Act-hb phyll				◎	
50-1		P	Mus-bt sch	○	◎R	◎	○	
50-2		M	Hb sch				◎	
48		S	Bt phyll		○	◎	○	
18-2		S	Gar-chl-mus-qz sch	◎	○	◎		
18-3		P	Mus-chl-bt-sch (hf?)		○B	◎		
Zone A		19-1	P	Graphite-bt phyll		◎R-B	◎	
		19-2	M	Act phyll		○		
Contact metamor.		23-1	P	Bt hf	◎	◎B☆	○	○
	24	M	Hb hf		○R			
	26	M	Bt-act hf		○R		◎	
Tanakura	37	P	Phyll					

Abbreviations:

Rock type: P—Pelitic and psammitic, S—chert and rhyolitic, M—mafic volcanic and pyroclastic rocks, altn—alternation.

Rock name: sch—schist, gn—gneiss, hf—hornfels, phyll—phyllite.

Minerals: qz—quartz, mus—muscovite, bt—biotite, hb—hornblende, act—actinolite, amph—amphibole, gar—garnet, px—pyroxene, sp—spinel, gar—garnet, sill—sillimanite, chl—chlorite, M in the column Kf—microcline, myr—myrmekite,

阿武隈高地化学的性質の広域的变化 (石原・服部・坂巻・金谷・佐藤・望月・寺島)

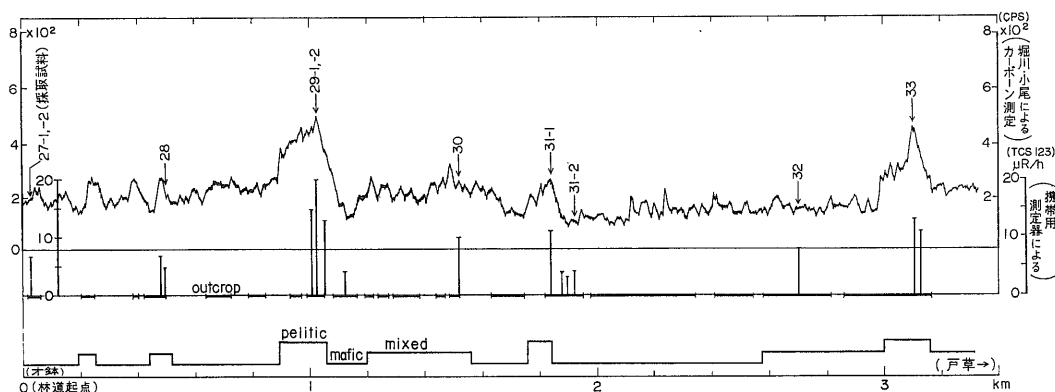
Mineralogical and chemical nature of metamorphic rocks.

Kf	mus	Sill	Cpx	amphibole	Others	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Th (ppm)	U (ppm)
⊙ ^M	⊙				Myr	0.62	1.27	3	1.8
○ ^M				⊙ ^G	Alla	3.29	2.03	4	1.4
○				⊙ ^G	(Alla)	1.05	2.15	2	0.6
○					Tour				
			⊙	⊙ ^G	Sph, cc	0.37	3.20	6	1.0
		⊙			Sp	4.18	0.33	1	0.2
						0.48	0.48	2	1.2
			⊙	⊙ ^G	Sph	2.85	0.22	0	0.3
?	?				Sp	4.10	1.33	2	1.1
				⊙ ^B		2.27	0.69	1	0.3
○?	○					1.51	1.20	3	1.0
?		⊙			Tour, cord, opa	2.97	2.04	12	1.6
				⊙ ^G	Sph	1.15	0.14	1	0.0
⊙ ^M				⊙ ^G	Ap, opa	3.70	2.53	3	1.0
	○			⊙ ^G	Chl	1.85	0.17	0	0.0
				⊙ ^G	Tour	2.21	2.62	7	1.5
?				⊙ ^G	Sph, epd, opa	3.33	1.95	5	0.8
				⊙ ^{pale G}	Tour	3.18	2.38	6	1.4
				⊙ ^{B-G}	Opa	2.13	0.22	0	0.0
○					Sph, opa	2.98	1.92	3	0.5
○	○				Opa	2.41	5.88	5	3.2
				⊙	Sph, chl, opa	3.85	4.45	11	1.3
				○ ^G		2.39	0.26	0	0.0
				⊙	Opa	2.65	1.14	2	1.0
				⊙ ^G		2.40	1.11	2	0.8
				⊙ ^G	Sph	2.20	0.64	0	0.0
						4.13	1.90	6	1.4
?	○			⊙ ^{B-G}	Tour	2.54	0.20	0	0.0
						2.56	3.83	8	1.6
				⊙ ^{B-G}	Sph, opa	3.80	0.67	3	0.7
				⊙ ^{B-G act}	Opa	2.87	1.89	3	0.6
	○				Tour	2.90	0.12	1	0.0
				⊙ ^G	Opa	2.61	3.60	8	2.0
?	○					1.87	0.15	0	0.0
					Chl	3.08	3.20	8	1.7
	○				Tour, chl, opa	1.18	0.37	3	2.5
						2.73	1.28	3	0.7
				⊙ ^{act}	Tour, graph	3.30	2.27	7	1.7
					Cc, opa	1.66	0.28	0	0.0
○					Tour	3.50	2.88	3	0.7
				⊙ ^{pale B}		2.70	0.29	1	0.2
				⊙ ^{act}		1.68	0.26	3	0.2
						3.08	2.53	8	3.3

alla—allanite, tour—tourmaline, sph—sphene, cc—calcite, cord—cordierite, opa—opaqes, ap—apatite, epd—epidote, graph—graphite.

Biotite and amphiboles: Color R—red, B—brown, G—green, ☆—zircon in biotite with radioactive halo

Analysts: S. TERASHIMA by atomic absorption method for alkalis, T. MOCHIZUKI and K. OWA by colorimetric for Th and fluorescent method for U.



第9図 戸草林道におけるカーボン測定値と岩質および放射性元素量
Radioactivity measurements by a car-borne method and portable scintillation counter, kind of rocks, and sampling site at Tokusa, Abukuma Highland.

原岩別に示した $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 図 (第8図) から判るように、Mの変成岩は Na_2O 側に片寄った狭い範囲にまとまる。西方のC帯に属する高変成度の3および41-2の岩石は角閃石やCaにとむ斜長石を含む薄層を挟んだPの変成岩であるため、 Na_2O に乏しく幾分異常にみえる。

広域的岩質変化については、従来東部の御斎所統とくらべ西部の竹貫統 (C帯) は泥質岩に富むといわれていたが、第3表で特殊岩石(10, 12-2)を除く総平均値を求めると下記のように両地帯で明瞭な差が認められない。

	n	U (ppm)	Th (ppm)	K_2O (%)
竹貫統(C)	7	0.9	2.6	1.43
御斎所統(B)	26	0.9	3.5	1.59

今回の分析個数はとくに竹貫統で不充分なので断定できないが、第8図で明らかのように竹貫統のPの変成岩は一般の粘板岩のように K_2O にとむことはなく、どちらかといえば Na_2O にとむ砂質岩が多かったのではなからうか。都城・原村(1962)は竹貫統の泥質岩起源の変成岩は西南日本内帯古生層粘板岩や筑波地方の泥質変成岩に似るが、御斎所統の場合はまったく異質で、日立地方の泥質変成岩に似るとのべている。しかし、ここにのべたように、 Na_2O と K_2O だけからみると、第8図からは御斎所と竹貫の両統におけるPの変成岩をそれぞれ明確に識別することは困難に思える。間接的ではあるが、竹貫変成岩には石灰岩の存在あるいは石灰岩に伴って異常に Al_2O_3 や Fe_2O_3 にとむラテライト質起源の変成岩(10, 12-2)の存在から考えると、その堆積環境は深海よりもむしろ緑海で砂岩が堆積し易く、かつ苦鉄質火山活動の盛んであった場所であることを物語っている。

Sに区分した29-2は斑晶状の石英・斜長石・カリウ

ム長石が残っており、その原岩は流紋岩質溶岩であったらしく、U, Th, Na_2O および K_2O の値にも反映している。

次に戸草林道における露頭面の放射能調査結果、カーボンの資料および採集試料の分析値とを比較する。露頭面積の広い所では、カーボンの放射能強度はやや高目に検出されるのは当然であるが、Pの変成岩はMの変成岩よりはるかに強い放射能を示している(第9図)。しかし、肉眼的に泥質源(第9図, pelitic)と判定しうるものでもカーボン測定で500 cps以下、携帯用シンチレーション測定器で $20 \mu\text{R/hr}$ 以下であって、一般の(領家帯・秩父帯など)同質岩よりも低放射性である。Mの変成岩で30のように黒雲母に富む岩石の放射能はやや高い。露頭における測定放射能と採集試料のU・Th・ K_2O 含有量とは比較的によい一致を示す。

阿武隈高地の変成岩中の放射性元素量の原岩別の平均値は下記の通りである。

	n	U (ppm)	Th (ppm)	K_2O (%)
砂・泥質 (P)	18	1.4	5.3	2.5
珩質 (S)	6	1.5	5.0	1.7
苦鉄質 (M)	17	0.2	1.2	0.6

これら変成岩類は全体的に3元素に乏しく、たとえば砂泥質岩を秩父帯・四万十帯などの砂岩・頁岩の平均値(石原・金谷, 1973)と比較すると、それぞれについて10~40%低い。

4. 鉱床と花崗岩質岩との関係

4.1 堆積型ウラン鉱床と基盤のウラン量

阿武隈高地の堆積型ウラン鉱床は重要な順に、いわき小川地域、大内炭田地域、宝坂・入山地域である。前2

地域が東列に分布する。以下それぞれの概要を記述するが、小川地域(福島県平市小川)の結果は未公表であるので、動燃事業団高瀬博氏による情報をもとにやや詳述する。

鉍床は北部の福岡地区では基盤の花崗岩質岩に近い湯長谷層群の滝夾炭層(中新世)の礫岩・砂岩を母岩とし、南部の塩田地区では下位の白水層群の石城層(漸新世)の礫岩・砂岩・炭質頁岩を母岩とする。いずれの母岩も“夾炭層”で炭質物が顕著で、ウランは母層の種類、不整合面からの距離、断層などの構造線に規制される。

局所的な花崗岩中の異常には最高 2.5 mR/hr (2.05% U_3O_8) が知られているが、一般の堆積岩では 0.8 mR/hr (0.34% U_3O_8) 以下である。二次鉍物の鱗灰ウラン鉍が数カ所以上で発見されたが、初生鉍物は未確認で、ウランの多くは粘土鉍物・炭質物などに吸着されている可能性が大きい。

大内炭田地域についてはすでに多くの報告がある(たとえば河野・菅我部ら, 1969)。花崗岩質岩・ジュラ紀層からなる基盤に近い中新世中期の褐炭・炭質泥岩・砂岩層がウランを含有し、上述の小川地域の地質環境と同様であるが、堆積盆の単位がより小さい、ウラン鉍物が発見、などから鉍床としてはるかに劣性であるとみなしうる。

宝坂一入山地域(福島県東白川郡矢祭町)のものは非常に小規模で、棚倉破碎帯中の陥没帯を埋める中新世の礫岩・砂岩・亜炭・粘土層を母岩とする。基盤は片状花崗閃緑岩で、その直上の基底礫岩とその上位の砂岩層に挟まれる炭質物含有粘土層で最高 0.16 mR/hr が得られたが、一般には 0.0n mR/hr で非常に微弱である。同様に弱い異常地は断層破碎帯(塙町台宿西方)や炭鉍の研(表郷村金山)などで知られている。

以上のように阿武隈高地でウラン鉍床とよべるものは小川地域の鉍床のみである。その鉍床はU量が多くかつU/K比も高い種類の花崗岩質岩を基盤(または後背地)とする。以前に指摘した「堆積型ウラン鉍床では母層の条件が同じ場合には、基盤花崗岩のU量の多少が生成する鉍床の規模に関係する」点は、阿武隈高地でも同様であるとみなすことができる。

4.2 放射性ペグマタイトと花崗岩質岩石のU・Th量

阿武隈高地の西列に分布するペグマタイトには多種類のU・Thを含む鉍物が知られている(三本杉, 1953; 由小関・松原, 1961)。これらはその産状から新期花崗岩に来する見解が一般的である(渡辺岩井, 1954; 松原, 1956, 1959)。

筆者らの測定では、これら新期花崗岩類のU・Thは

むしろ低いものに属する。西南日本内帯で広域変成帯に属さない地帯の場合には、放射性ペグマタイトに関係する花崗岩質岩石は一般に高放射性である(たとえば苗木花崗岩)。

阿武隈高地でも水晶山付近にはペグマタイトに関係する淡紅色花崗岩があり、そのU・Thは高いと予想され現在研究中であるので、この問題は今後の課題としたい。

5. 結 論

阿武隈高地の一横断面で花崗岩質岩と変成岩の化学的性質を広域的に検討した。花崗岩質岩石にはマグマ分化作用で一般に後期に濃集する成分(ここではU, Th, K_2O)は西側で乏しく、東側で多い傾向が巨視的に認められる。

そのU絶対量とU/K比が大きい東列の花崗岩質岩石を基盤として主要な堆積型ウラン鉍床は分布する。

変成岩中のU・Th・ K_2O は全般的に少なく、それぞれの広域的变化は不明瞭である。原岩の岩質が主としてU・Th量を規制し、変成度などとの関係は認められない。

文 献

- 牛来正夫(1944): 南部阿武隈高原御斎所一竹貫地
方産深成岩類の岩石学的研究. 東文理大地
鉍研究報告, no. 1, p. 30-40.
- (1958): 阿武隈高原の変成作用と深成作用.
鈴木醇教授還暦記念論文集, p. 74-87.
- 石原舜三(1971): 日本の主要モリブデン鉍床および
関連する花崗岩質岩類. 地質調報告, no.
239, 178 p.
- (1973): Mo-W 鉍床生成区と花崗岩
石区. 鉍山地質, vol. 23, p. 13-32.
- ・鈴木淑夫(1969): 東濃地方ウラン鉍床
の基盤花崗岩類. 地質調報告, no. 232, p.
113-128.
- ・関根節郎・望月常一・大場きみじ(1969)
: 花崗岩類中のウランおよびトリウム量と
その地質学的意義. 地質調報告, no. 232,
p. 179-220.
- ・金谷 弘(1973): 諸岩石中のウランお
よびトリウム量について. 鉍山地質特別号,
no. 5, p. 30-34.
- 岩生周一・松井 寛(1961): 5万分の1地質図幅
「平・川前」および説明書, 地質調査所,

103 p.

- KANAYA, H. and ISHIHARA, S (1972): Contents of uranium, thorium, and potassium of the Japanese granitic rocks: A summary up to 1972 in *Natural Radiation Environment II Symposium*, Atomic Energy Comm. U.S.A. (in press)
- 金谷 弘・石原舜三 (1972) : 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 (投稿中).
- 河野迪也・曾我部正敏・鈴木泰輔・尾上 亨 (1969) : 宮城県伊具郡大内地域の含ウラン層. 地質調報告, no. 232, p. 641-658.
- 小関幸治・松原秀樹 (1961) : 含ウランペグマタイト鉱床. 地質調報告, no. 190, p. 13-26.
- 松原秀樹 (1956) : 福島県石川町付近のペグマタイト調査報告. 地質調月報, vol. 7, p. 335-348.
- (1959) : 福島県雲水峯周辺の地質およびペグマタイト調査報告. 地質調月報, vol. 10, p. 191-200.
- MIYASHIRO, A. (1958): Regional metamorphism of the Gosaisyo-Takanuki district in the central Abukuma Plateau. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo Sec. II* vol. 11, p. 219-272.
- 都城秋穂・原村 寛 (1962) : 古生層の粘板岩の化学組成, IV 地向斜堆積物の帯状分布と変成帯の位置. 地質雑, vol. 68, p. 75-82.
- 大森昌衛 (1949) : 阿武隈西南縁の断層破碎帯について. 地質雑, vol. 55, p. 187-188.
- 三本杉己代治 (1953) : 阿武隈山地西縁部に露出する花崗岩ペグマタイト鉱床と地質構造との関係について. 福島大学芸学部理科報告, no. 2, p. 1-26.
- SHIRO, F. (1958): Plutonic and metamorphic rocks of the Nakoso and Iritono districts in the central Abukuma Plateau. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, vol. 11, p. 131-217.
- 渡辺岩井 (1954) : 阿武隈高原における花崗岩ペグマタイトと花崗岩との関係について. 資源研彙報, no. 33, p. 68-78.
- ・牛来正夫・黒田吉益・大野勝次・砥川隆次 (1955) : 阿武隈高原の火成活動. 地球科学, no. 24, p. 1-11.
- 〔註〕 本稿脱稿後に加納博ほか11名(1973)による $\frac{1}{5}$ 万図幅「竹貫地域の地質」が発行され, ここで扱った広域的な性格についても若干のべられている.