

## 南部北上山地登米相と薄衣相のカリウム・トリウム・ウランおよび帯磁率

金谷 弘\* 片田 正人\*\*

Contents of Thorium, Uranium and Potassium, and Magnetic  
Susceptibility of the Permian Toyoma and Usuginu  
Facies in the Southern Kitakami Mountains

Hiroshi KANAYA and Masato KATADA

## Abstract

The Toyoma Facies is a miogeosynclinal sedimentary facies distributed in the Southern Kitakami Mountains. The facies consists largely of mudstone, which are called "Toyoma slate", with associated sandstone and impure limestone.

Eighty-eight samples of the facies were analysed for K, Th and U by the  $\gamma$ -spectrometric method. There are close linear relationships between  $K_2O$  and Th, and  $K_2O$  and U in mudstone and sandstone. Since most of  $K_2O$  in the clastic sediments is contained in authigenic sericite, it is inferred that Th and U are chiefly fixed in this mineral. Average contents of the elements are 10.4 ppm Th and 2.8 ppm U for claystone and silty claystone, 4.4 ppm Th and 1.8 ppm U for siltstone and fine-grained sandstone, and 2.9 ppm Th and 1.0 ppm U for medium- to coarse-grained sandstone. The ratio of Th to U is approximately 2.5—4.0. The values of Th and U in the calcareous rocks, impure limestone and calcareous slate, show no systematic trend in the  $K_2O$ -Th and  $K_2O$ -U diagrams but deviate from the linear trends of mudstone and sandstone to Th- and U-axis sides. This evidence suggests the presence of some other minerals containing Th and U.

The abundance of the three elements in ten samples from the Usuginu Facies was also determined. The facies consisting chiefly of ill-sorted conglomerate interfingers with the lower part of the Toyoma Facies.

The values of magnetic susceptibility of the clastic sediments from the Toyoma facies range from 10 to  $40 \times 10^{-6}$  (emu/g). The values of some mudstones and sandstones from the lower part (subfacies) of the facies are apparently higher than those of the average values,  $20 \times 10^{-6}$  (emu/g) for mudstone and  $14 \times 10^{-6}$  for sandstone.

## 要 旨

南部北上帯古生層、<sup>とよま</sup>登米相・<sup>うすぎぬ</sup>薄衣相の試料88個の天然放射性3元素、カリウム・トリウム・ウランの分析を $\gamma$ スペクトロメトリーにより行い、同時に帯磁率、炭素も測定した。

これら測定値を中心に考察を行ったが、登米相はアルカリに関して特徴をもつこと、ウラン含量は普通の泥質岩であって強還元環境下の堆積相ではないことなどが

明らかになった。また薄衣相は花崗岩礫のトリウム、ウランをのぞけば平均的な値を示し、これら測定値に関しては登米相と大きな差異は認められなかった。

## 1. 緒 言

$\gamma$ スペクトロメトリー法による天然放射性元素、カリウム・トリウム・ウランの分析は HURLEY (1956) によってその可能性が示されて以来、今日では一つの確立された方法として諸外国では堆積環境の推定 (たとえば (ADAMS et al., 1958) や、火成岩の成因解明の一助として用いられている。また飛行機やヘリコプター利用により

\* 物理探査部

\*\* 地質部

広域地質図作成 (SCHWARZER et al., 1970) の試みその他の目的にも広く利用されている。これらの目的のためにはまず基礎的な存在量を知る必要があるが、わが国での研究は非常に少ない。

登米相には、湊 (1944) の研究以来、堆積環境に関して問題があり、それに関連してこれらの元素をめぐる議論が断片的になされている (近藤, 1966; 神戸ほか, 1969; 石原ほか, 1969; 遠藤ほか, 1973)。

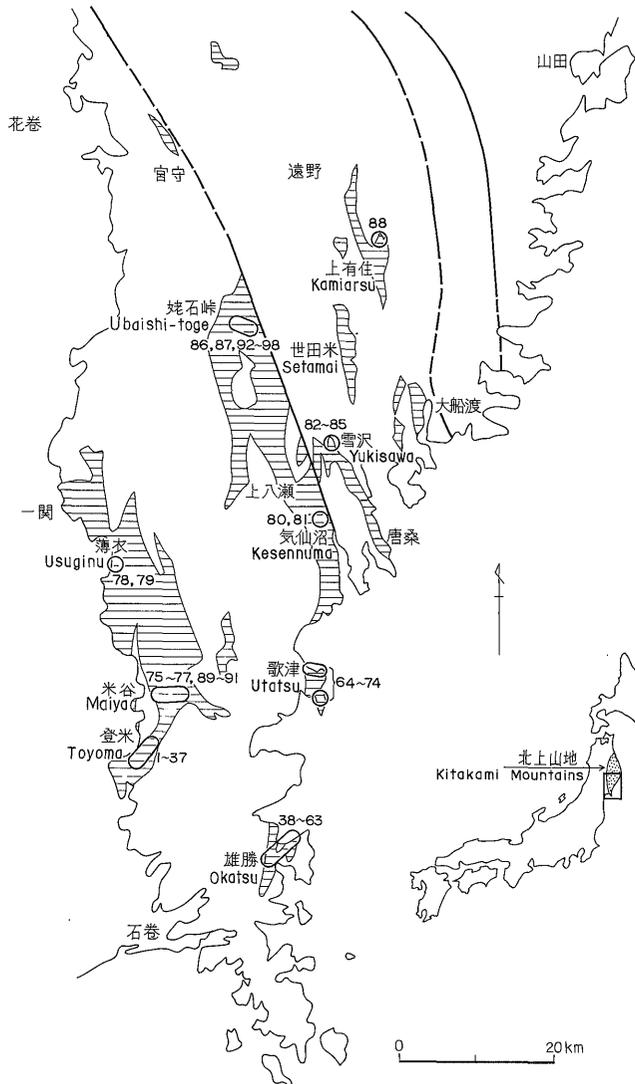
今回筆者らは、登米相の代表的層準から88個の試料を選び、カリウム・トリウム・ウランをアスペクトロメト

リー法で測定し、また鉱物組成を間接的に推定するため比帯磁率の測定も行った。また地球化学的資料をより完全にするためナトリウム・炭素の分析値を加えた。

本研究は主としてこれら測定結果より登米層を考察し、これに鏡下観察などの結果を加味した。なお地質学的鉱物学的考察は別の機会に行う。

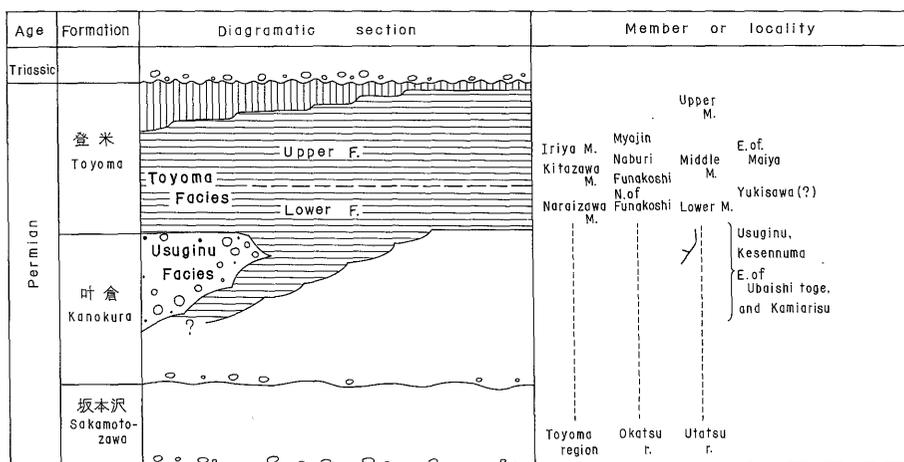
## 2. 地質および採取試料

ここでいう登米相 (Toyoma Facies) は登米粘板岩または登米スレートと称されている南部北上山地二疊紀後期の



第1図 登米相・薄衣相の分布と試料採取位置  
Distribution of the Toyoma and Usuginu Facies, and sample localities.

Shadow: The Toyoma and Usuginu Facies.  
Numbers: Sample numbers; see the first column in Table 2.



第2図 登米相・薄衣相の模式断面および試料採取の地層・地点  
 Diagrammatic section of the Toyoma and Usuginu Facies, and members or localities where samples were collected.  
 Members or localities refer to Table 1.

第1表 登米相・薄衣相の試料の岩質, 試料採取の部層・地点および試料番号  
 Constituents, members or localities where samples were collected, and sample numbers in the Toyoma and Usuginu Facies.

Table 1 A Toyoma Facies in Toyoma region.

Member	Claystone	Silty claystone	Siltstone	Sandstone* <sup>1</sup>	Calcareous rocks
入谷および小村沢部層 Iriya & Komurasawa Members	1—6			7—10	11* <sup>3</sup> 12—15* <sup>4</sup>
北沢部層 Kitazawa Member	16	17—21		22—26 27* <sup>2</sup>	28—31* <sup>4</sup>
ナライ沢部層 Naraizawa Member			32—34	35	36* <sup>3</sup> 37* <sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> This sandstone is medium- to coarse-grained and is mostly calcareous; calcite, 20—30%. This is excluded from the "calcareous rocks" in this table.

\*<sup>2</sup> Alternation of silty claystone and fossiliferous very coarse sandstone. This is omitted from the calculation of averages (Table 4) but is included in mudstone in Figs. 5—8.

\*<sup>3</sup> Calcareous claystone; calcite, 20—70%.

\*<sup>4</sup> Impure limestone; calcite, >70%.

Sample numbers refer to the first column in Table 2.

Table 1 B Toyoma Facies in Okatsu region.

Locality	Claystone	Silty claystone	Siltstone	Fine sandstone	Sandstone* <sup>1</sup>	Calcareous rocks
明神 Myojin	38—42	43, 44				
名振 Naburi		45—59				
船越 Funakoshi	50	51—53				
船越北方 N. of Funakoshi		54	55—57	58, 59	60, 61	62* <sup>3</sup> 63* <sup>4</sup>

Table 1 C Toyoma Facies in Utatsu region.

Member	Claystone	Silty claystone	Siltstone	Sandstone* <sup>1</sup>	Calcareous rocks
上・中部層 Upper and middle Members	64, 65	66, 67		68—70	
下部層 Lower Member		71, 72			73* <sup>3</sup> 74* <sup>4</sup>

Table 1 D Toyoma Facies in the other regions.

Locality	Claystone	Silty claystone	Siltstone	Calcareous rocks
米谷東方 E. of Maiya	75	76	77	
薄衣 Usuginu			78, 79	
気仙沼 Kesenuma		80		81* <sup>4</sup>
雪沢 Yukisawa	82—84			85* <sup>3</sup>
姥石峠東方 E. of Ubaishi-toge		86, 87		
上有住 Kamiarisu		88		

Table 1 E Usuginu Facies.

Locality	Granitic rocks	Volcanic and hypabyssal rocks	Matrix	Sandstone
米谷東 E. of Maiya		89, 90	91	
姥石峠東方 E. of Ubaishi-toge	92—94	95		96—98

堆積岩であり、薄衣相 (Usuginu Facies) とは同山地のほぼ同時期の薄衣礫岩と称されている堆積岩である。これらについては従来きわめて多くの研究論文がある。以下に湊 (1944), 神戸ほか (1969), 加納 (1971), 片田ほか (1973), 柴田 (1973), 村田 (1973) などを参考にしてその概略をのべる。

### 2.1 地質

登米相は、二疊紀叶倉階から二疊紀末にかけて発達するほとんど泥質岩だけからなる堆積相であって (第 1, 2 図), 登米階に発達するものがその典型であり, 宮城県登米・雄勝・歌津地域に模式的な地層がみられる。登米・雄勝両地域では, 上部相と下部相が識別され, 上部相は主として粘土岩ないしシルト質粘土岩, 下部相は細粒砂岩・シルト岩ないしシルト質粘土岩である。ごく少量の砂岩・石灰岩が挟在し, このうち砂岩は下部相にやや

顕著である。

歌津地域には登米相 (層) としても最も上位の地層まで発達する。この最上位の部分も岩質は上記上部相と同様であるが砂岩が比較的多い。また歌津地域の下部の地層は登米・雄勝地域の下部相に時代的には相当するが, 岩質はシルト質のものは少なく粘土岩質である。

全体からうける印象では登米相は湊 (1944) の主張するように内湾性またはそれに近い条件下で, ゆっくり堆積した堆積相であろう。これは, いわゆる大島造山運動の影響で今ではスレートに変化している。

登米上部相では鉄鉱物のほとんどが黄鉄鉱である (遠藤ほか, 1973) ことからみて, 当時の堆積面下は還元性であったことは事実であろう。

薄衣相は登米下部相および叶倉層の一部と指交の関係で発達し, 礫岩と少量の砂岩からなる地層である。多く

第2表 登米相の  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , C, Th, U, Th/U および  $\chi$  値  
 Contents of  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , C, Th and U, ratio of Th/U, and  $\chi$  value in rocks from the Toyoma Facies.

No.	$\text{Na}_2\text{O}$ (%)	$\text{K}_2\text{O}$ (%)	C (%)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U	$\chi$ (emu/g)	
1	KT 103	1.57	3.03	0.71	11.4	3.3	3.5	$21 \times 10^{-6}$
2	138C		2.96		11.8	3.0	3.9	14
3	142A	1.77	3.15		10.4	3.6	2.9	17
4	142B	1.76	3.09		12.2	3.1	3.9	14
5	212C	1.88	3.04		12.1	3.5	3.5	14
6	273A	1.67	3.12		12.6	3.2	3.9	16
7	71K 383C		1.52		5.2	2.0	2.6	9
8	383D		0.94		4.1	1.3	3.2	8
9	383E		1.04		3.5	1.3	2.7	10
10	383G		1.16		4.9	1.6	3.1	10
11	KT 142C		0.98		6.2	2.1	3.0	17
12	212E		0.65		7.0	3.4	2.1	23
13	220A		0.30		3.5	2.7	1.3	21
14	71K 383A		2.87		51.4	10.9	4.7	10
15	383B		1.12		18.8	5.1	3.7	8
16	KT 203B	1.72	3.11	0.71	12.0	2.8	4.3	22
17	143A	2.33	2.87	0.73	8.5	2.2	3.9	22
18	143B	2.67	2.60		7.8	2.7	2.9	25
19	203A	2.60	2.71		9.9	2.9	3.4	18
20	203D		2.70	0.72	9.6	2.7	3.6	18
21	214A	2.72	2.63		9.9	2.8	3.5	17
22	143D	2.50	0.82		2.2	0.9	2.4	24
23	216B		0.40		1.6	0.7	2.3	18
24	71K 384C		0.73		1.9	0.5	3.8	13
25	384D		0.93		2.3	0.7	3.3	13
26	384E		1.06		3.1	0.9	3.4	14
27	386		1.95		6.3	2.1	3.0	14
28	KT 110B		0.51		2.9	1.8	1.6	13
29	71K 384A1		1.95		7.7	3.2	2.4	9
30	384A2		1.35		7.4	1.4	5.3	14
31	384B		0.51		2.5	1.9	1.3	12
32	KT 221	3.60	1.66	0.70	4.4	2.0	2.2	29
33	251	3.50	1.88	0.69	4.4	1.6	2.8	28
34	71K 385A		1.51		5.5	2.0	2.8	(16)
35	385B		0.94		1.7	0.7	2.4	(16)
36	KT 215A	2.61	2.14		6.2	2.4	2.6	15
37	215B		0.83		2.1	1.8	1.2	15
38	128	1.05	2.70		11.3	2.7	4.2	(17)
39	150A	1.31	3.11		13.2	3.5	3.8	13
40	151A	1.39	2.73	1.20	10.6	3.0	3.5	22
41	151C	1.27	2.94		11.8	2.4	4.9	15
42	211	1.03	2.94		12.1	2.8	4.3	17
43	211'A	1.85	2.90		12.3	3.5	3.5	(15)
44	Z 238		2.75		11.7	2.9	4.0	12
45	KT 202A		2.84		10.4	2.9	3.6	15

地質調査所月報 (第 26 卷 第 1 号)

No.	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	C (%)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U	χ (emu/g)
46 202 B	1.60	2.96	1.06	11.1	3.1	3.6	21 × 10 <sup>-6</sup>
47 202 C	1.68	2.96		12.5	3.3	3.8	15
48 202 E	1.66	2.87		10.2	3.0	3.4	16
49 71K 406		3.10		13.2	3.5	3.8	14
50 403 A		3.04		13.4	2.8	4.8	14
51 71K 403 B		2.89		13.4	3.9	3.4	(12)
52 404		3.25		12.9	2.9	4.4	13
53 405		2.96		11.8	3.5	3.4	15
54 401 A		2.71		8.3	2.3	3.6	36
55 K T 133 A	2.50	2.52	0.49	6.0	2.1	2.9	31
56 133 F	2.61	2.37		6.6	2.1	3.1	36
57 134 B 2		2.39		5.5	2.3	2.4	34
58 121	3.76	1.16		3.0	1.6	1.9	39
59 123	3.79	1.33		4.0	2.3	1.7	39
60 133 E	2.65	1.12		2.4	0.9	2.7	(38)
61 71K 401 C		0.77		2.8	1.0	2.8	(34)
62 401 B		1.78		7.1	3.3	2.2	(17)
63 402		0.84		3.4	2.6	1.3	10
64 U 5	1.90	3.38		11.5	2.9	3.8	(23)
65 7	2.11	3.32		12.3	2.8	4.4	21
66 3 A		3.22		9.8	2.5	3.9	16
67 6 A		3.01		12.0	3.1	3.9	(23)
68 4 B		0.88		2.2	0.9	2.4	19
69 6 B		0.79		3.0	1.0	3.0	(35)
70 9	3.02	1.03		2.4	0.8	3.0	16
71 11	2.89	2.26		6.2	2.3	2.7	16
72 12 A	3.02	2.32		6.5	2.2	3.0	17
73 12 B		0.86		4.3	1.4	3.1	16
74 K T 276 E	1.35	0.72		3.8	2.1	1.8	13
75 269	1.75	3.42		11.9	3.3	3.6	(18)
76 270	2.10	3.21		11.3	2.2	5.1	(14)
77 141	3.06	1.66		2.3	1.1	2.1	(18)
78 K S 1003	3.23	1.56		3.3	1.3	2.5	32
79 1004	3.62	1.59		3.4	1.5	2.3	13
80 K T 628	3.40	1.57		3.4	1.4	2.4	(17)
81 500 A	1.58	1.81		3.8	2.1	1.8	14
82 613 A	1.86	3.36		12.1	3.5	3.5	(13)
83 613 B	1.97	3.03		12.1	3.5	3.5	(16)
84 616	1.88	2.51		11.0	3.3	3.3	13
85 613 F	2.05	4.23		12.8	4.4	2.9	13
86 515		1.27		1.3	0.8	1.6	(51)
87 Y S 23	2.45	1.51		3.0	1.8	1.7	14
88 O T 2008	2.95	2.58		4.4	1.5	2.9	(19)

K<sub>2</sub>O, Th, U, χ: Analysed by H. Kanaya.

Na<sub>2</sub>O: Analysed by E. Ohmori and T. Tono (nos. 64-73, 78, 79).

C: Excluded C as CO<sub>2</sub>; analysed by E. Ohmori and T. Fujinuki (nos. 20 and 33).

( ): See Table 3.

は登米相に伴って分布し、花崗岩礫で特徴づけられる礫岩であるが、火山岩や半深成岩礫も多く、場所によっては花崗岩礫より多い。その他の礫種は主にチャート・泥質岩・石灰岩などの堆積岩類である。

### 2.2 採取試料

第1図に登米相および薄衣相のおおよその分布と試料採取地点を示す。また第2図右方と第1表に登米相の模式地である登米・雄勝・歌津3地域とその他の地域の、試料の岩質・地層区分または地層上下関係などを表示する。これらの図や表からわかるように、筆者らは熱変成作用をうけていない登米相の試料を、分布上からも層序上からも、かなり網羅的に採取した。

また薄衣相も岩質上様々な試料が得られるよう採取した。

## 3. 登米相および薄衣相の分析結果と各平均値

### 3.1 分析値

第2, 3表に登米・薄衣両相の  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , C, Th, U  $\chi$  (比帯磁率)を示す。 $\text{Na}_2\text{O}$ は大森えい・東野徳夫両氏の原子吸光法による測定値であり、C(総炭素から $\text{CO}_2$ のCを除去したもの)は大森えい・藤貫正両氏によるものである。

### 3.2 各成分の平均値

登米相の各成分の平均値を第4表にあげる。含有量は岩質によって異なるから砂岩・シルト岩および細粒砂岩・シルト質粘土岩および粘土岩に分類して表示した。ここで単に砂岩と名付けたものは、いずれも石灰質である

第4表 登米相泥質岩・砂岩の  $\text{K}_2\text{O}$ , Th, U, Th/U の平均値  
Averages of contents of  $\text{K}_2\text{O}$ , Th and U, and ratio of Th/U in rocks from the Toyoma Facies.

	Claystone & silty claystone	Siltstone & fine sandstone	Medium to coarse sandstone
n	44	11	15
$\text{K}_2\text{O}$ (%)	2.83	1.78	0.94
Th (ppm)	10.4	4.4	2.9
U (ppm)	2.8	1.8	1.0
Th/U	3.6	2.4	2.9

第5表 登米相泥質岩・砂岩・石灰質岩石の  $\chi$  値の平均値  
Average of  $\chi$  value of mudstone, sandstone and calcareous rocks from the Toyoma Facies.

	Mudstone	Sandstone (medium to coarse)	Calcareous rocks
n	41	11	16
$\chi$ (emu/g)	$20 \times 10^{-6}$	$14 \times 10^{-6}$	$14 \times 10^{-6}$

(方解石20~30%)。これとは別に石灰質岩石と分類した岩石があり、これは不純石灰岩(方解石70%以上)および石灰質粘土岩(方解石20~70%)であるが、これらは値がばらついているので平均値の計算をしていない。比帯磁率( $\chi$ )の平均値は第5表にあげてある。この値は新鮮な岩石と少しでも風化作用を受けた岩石では値が異なっている可能性があるので新鮮な岩石のみ採用してあ

第3表 薄衣相の試料の  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Th, U, Th/U,  $\chi$  値および岩質  
Contents of  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , C, Th and U, ratio of Th/U, and  $\chi$  value in clasts and sandstone from the Usuginu Facies.

No.	$\text{Na}_2\text{O}$ (%)	$\text{K}_2\text{O}$ (%)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U	$\chi$ (emu/g)	
89 71K 387G	2.11	1.92	0.7	0.3	2.3	((24))	Metamorphosed andesite
90 387H	5.00	1.18	1.1	0.3	3.7	((26))	Quartz porphyrite including quartz diorite
91 387E		1.19	2.1	0.8	2.6	(16)	Sandy matrix
92 18B	4.17	1.11	2.8	0.7	4.0	(14)	Trondhjemite
93 19C	5.39	2.28	3.4	1.1	3.1	(13)	Granodiorite
94 315	4.79	2.04	3.1	1.1	2.8	((23))	Granodiorite
95 19F	3.62	1.53	1.0	0.3	3.3	(16)	Metamorphosed granite porphyry
96 19A	5.74	1.10	3.2	1.1	2.9	13	Sandstone
97 K T 511	4.35	1.00	2.3	0.8	2.9	19	Sandstone
98 513Q	4.10	0.69	1.7	0.9	1.9	15	Sandstone

$\text{K}_2\text{O}$ , Th, U,  $\chi$ : Analysed by H. Kanaya.

$\text{Na}_2\text{O}$  and C: Analysed by T. Tono and E. Ohmori (no. 97).

( ): Very slightly weathered; a few grains of iron minerals are altered into iron hydroxides.

(( )): Slightly weathered; iron minerals and some ferromagnesian minerals are altered into iron hydroxides and clay minerals.

る。なお後述のように、この値は岩質別よりもむしろ層序別の区別が大きいので、泥質岩(粘土岩~細粒砂岩)は一括して示してある。

これらを平均値でみると  $\text{Na}_2\text{O}$  は泥質岩としては比較的多く、 $\text{K}_2\text{O}$  は少ない (SHAW, 1956; 岩崎ほか, 1965)。Th, U はごく普通の値である (ROGERS, et al., 1969; 石原・金谷, 1973)。 $\lambda$  値は鉄酸化物の量に左右されると考えられるが、結果からみれば堆積岩として比較的的平均的な値と思われる。

#### 4. 登米相の各成分間の関係および考察

##### 4.1 $\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{K}_2\text{O}$

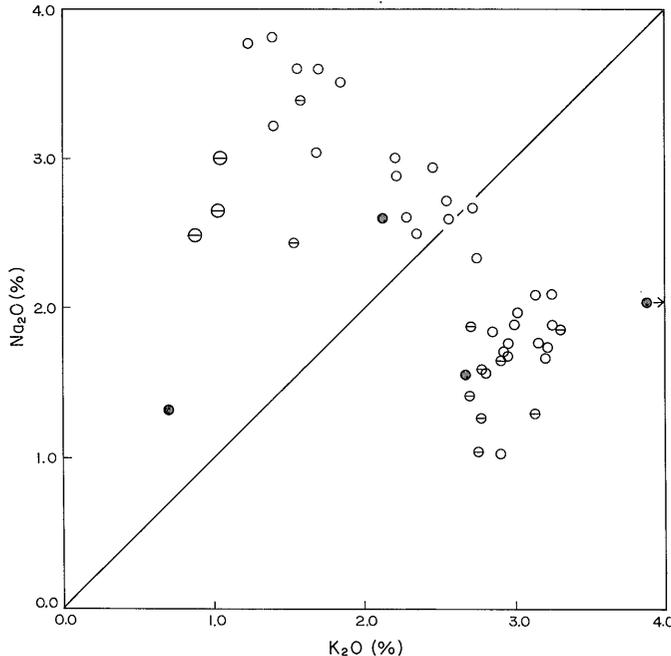
$\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$  の関係を第 3 図に示した。

この図でわかるように泥質岩はアルカリ総量に関し、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  値が約 5% 付近で両成分はかなり明瞭な負の相関関係を示し、石灰岩質のもの (sandstone と calcareous rocks) で著しい減少傾向がみとめられる。しかしアルカリ比は  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.31 \sim 2.37$  間で大きく変化する。一般に泥質岩は、 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$  の領域を占めるのが

普通であるが、登米相の泥質岩は、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 1$  のものが多いから特異な泥質岩と見なしうる。

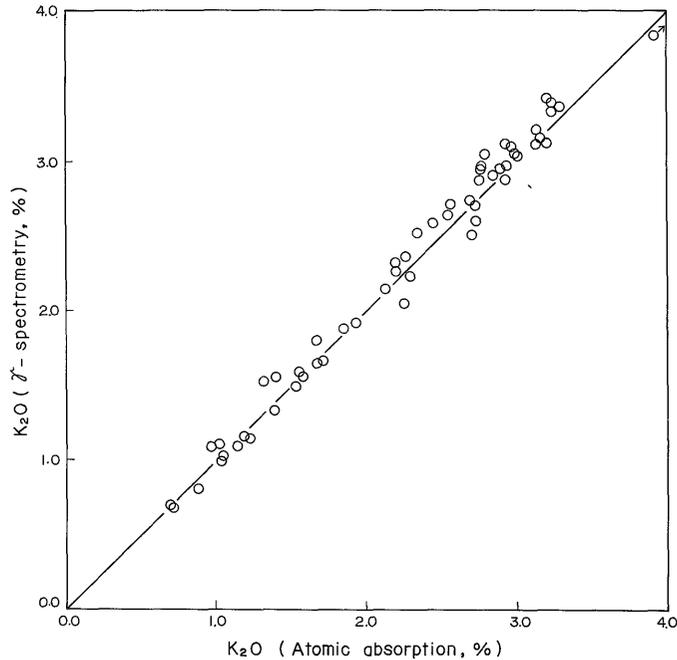
$\text{Na}_2\text{O}$  に富むものは主として下部相の比較的粗粒の泥質岩、 $\text{K}_2\text{O}$  に富むものは上部相の比較的細粒の泥質岩である。そして  $\text{Na}_2\text{O}$  は碎屑性鉱物の大半を占めている斜長石に含まれ、 $\text{K}_2\text{O}$  はマトリックスの自生絹雲母に含まれている。 $\text{K}_2\text{O}$  を含む可能性のある、碎屑性カリ長石・黒雲母・白雲母はごく少量認められるにすぎない。黒雲母は比較的多いけれども、容量比 3% 以下であるし変質しているから、黒雲母に含まれる  $\text{K}_2\text{O}$  もごく少量であろう。したがって  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比は、マトリックスの多い泥質岩、つまり細粒のものほど大きい傾向にあるのは当然である。なおマトリックスには、絹雲母とともに緑泥石が存在する。

第 3 図の泥質岩中、やや石灰質 (slightly calcareous) の泥質岩としたものは、3.5~15% の方解石を含んでいる。石灰質でないものと比べ、アルカリ総量はやや少ないが、方解石を差し引くと石灰質でない岩石とほぼ変わらないものと思われる。したがって方解石以外の構成鉱



第 3 図 登米相泥質岩・砂岩の  $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$  との関係  
Relation between  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{K}_2\text{O}$  in mudstone and sandstone from the Toyoma Facies.

- Mudstone (claystone—fine sandstone).
- ⊖ Ditto; slightly calcareous; calcite, 3.5—15%.
- ⊕ Sandstone (medium to coarse); calcareous; calcite, 20—30%.
- Calcareous rocks except the sandstone; calcareous mudstone (calcite, 20—70%) and impure limestone (calcite, >70%).



第4図  $\gamma$ スペクトルメトリー法分析と原子吸光法分析による  $K_2O$  の比較  
Relation of the contents of  $K_2O$  measured by the  $\gamma$ -spectrometric to that by the atomic absorption methods.

物は、両者に著しい差はないものと予想される。

なお参考までに同一試料について原子吸光法と $\gamma$ スペクトロメトリー法とで分析した  $K_2O$  の結果を第4図に示す。

#### 4.2 $K_2O$ と Th

泥質岩および砂岩の  $K_2O$  と Th の関係は第5A図に示される。プロットされる点は大別して2群に分けることができるが、これらはいずれも正の相関関係を示す。しかも点の分布の延長がグラフの原点を通る。これらの事実によれば、Th は自生絹雲母に含まれると推定される(ただし絹雲母と緑泥石の量比がすべての泥質岩・砂岩でほぼ一定とすれば、若干の Th が緑泥石に伴っている可能性もある)。

石灰質岩石の一部のものは Th 値がばらついており(第5B図)、大体は正の相関性を示すが、石灰質でない岩石とくらべ相関性に乏しい。おそらく Th を含む他の鉱物が存在するのであろう。

#### 4.3 $K_2O$ と U

$K_2O$  と U との関係は(第6A, B図)、泥岩および砂岩の場合、 $K_2O$ -Th 関係とよく似た正の直線関係( $K/U \approx 8.3 \times 10^6$ )を示している。したがって U の大半はやはり絹雲母に含まれている可能性が高い。しかも岩石の種類

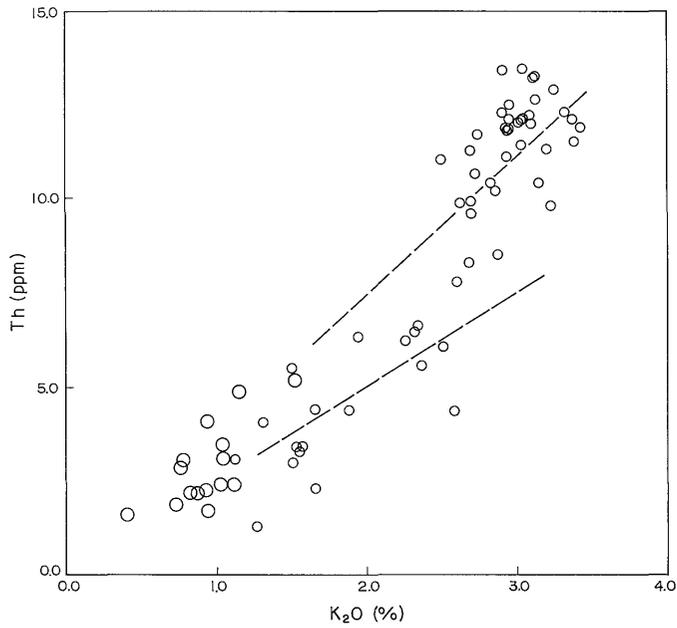
に関係なくいずれの岩石でも絹雲母に同じ割合で含まれるとみてよい。なお U は炭素にも吸着されているかも知れないが、炭素の大半は岩石の1%にもみえないから(第2表)、吸着されている絶対量はごく少量であろう。石灰質岩石は U を顕著に含む鉱物が存在するらしいことも Th の場合と同様でしかもそれより顕著である。

#### 4.4 Th と U

Th/U 比は、多くの岩石では2~5の比較的一定した値を示すのが通例である(石原・金谷, 1973)。登米相の場合も、Th- $K_2O$  の関係や U- $K_2O$  の関係がほぼ直線関係を示すことから予想されるように、Th/U 関係は単純で、泥岩および砂岩の場合、Th/U 比は2~5(ほとんどが2.5~4.5)である。そして興味深いことは、石灰質岩石も主として1~3の範囲に入り、Th- $K_2O$  や U- $K_2O$  図でみられる値のちらばり方とは異なって、意外にせまい範囲の値をとっていることである。

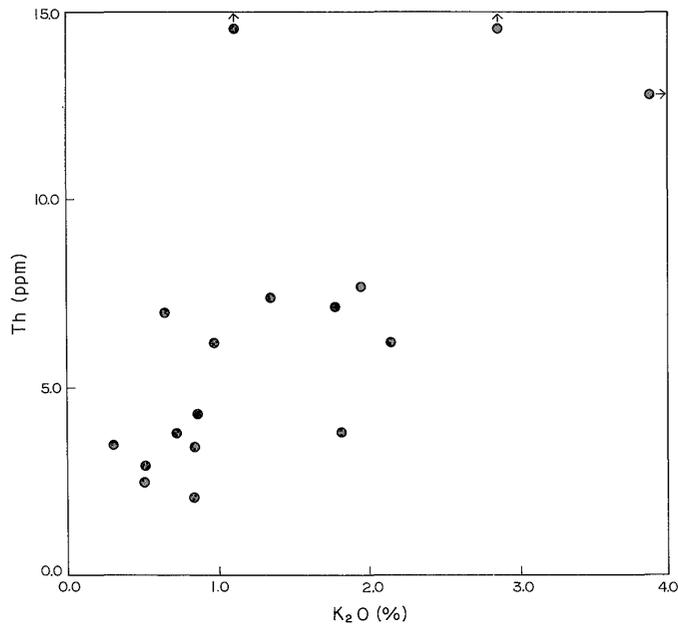
#### 4.5 帯磁率

帯磁率の大きさはもちろん磁性鉱物の種類と量に依存するものであるが、磁性鉱物のうちでは鉄鉱物の種類と量が最も大きな影響力をもっている。登米相の鉄鉱物は、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・チタン鉄鉱などであるが、地表での試料はスレート劈開に沿って風化作用が進みやすい

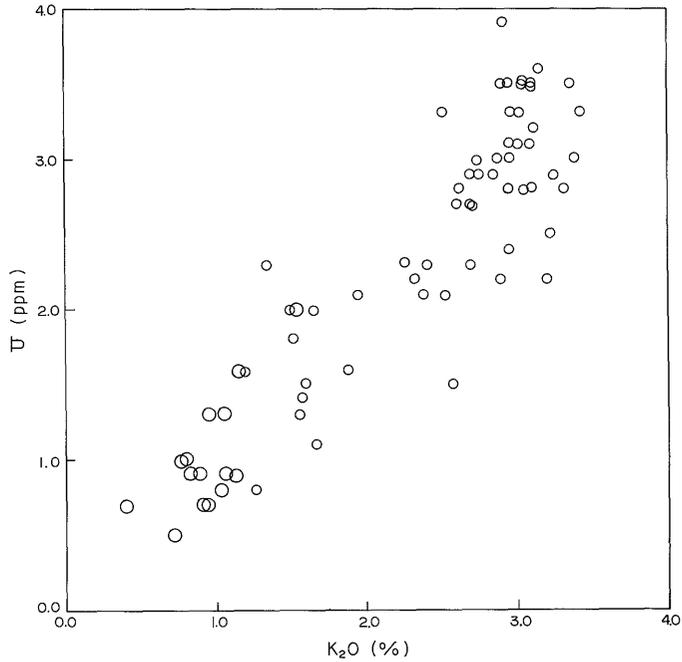


第 5 A 図 登米相泥質岩・砂岩の  $K_2O$  と Th との関係  
Relation between  $K_2O$  and Th in mudstone and sandstone  
from the Toyoma Facies.

- Mudstone (claystone—fine sandstone).
- Sandstone (medium to coarse).

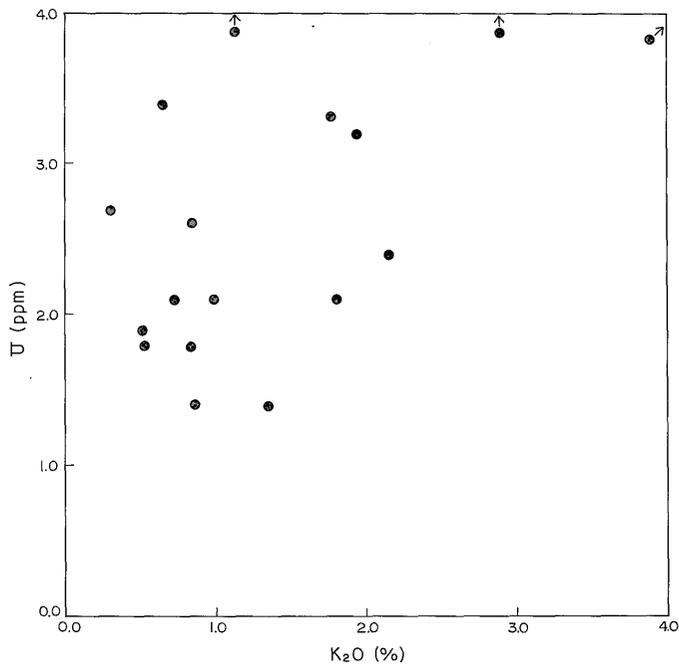


第 5 B 図 登米相石灰質岩石の  $K_2O$  と Th との関係  
Relation between  $K_2O$  and Th in calcareous rocks  
from the Toyoma Facies.

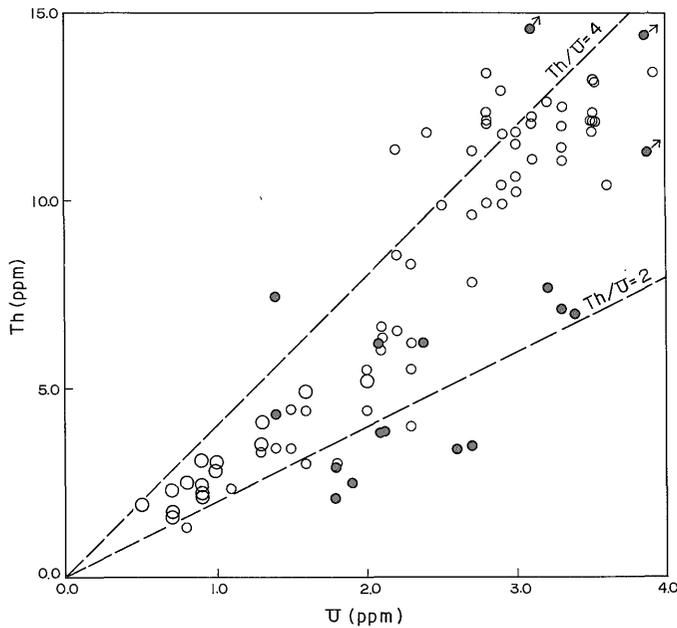


第 6 A 図 登米相泥質岩・砂岩の  $K_2O$  と U との関係  
Relation between  $K_2O$  and U in mudstone and sandstone  
from the Toyoma Facies.

Symbols refer to Fig. 5A.



第 6 B 図 登米相石灰質岩石の  $K_2O$  と U との関係  
Relation between  $K_2O$  and U in calcareous rocks from  
the Toyoma Facies.



第 7 図 登米相泥質岩・砂岩・石灰質岩石の Th と U との関係  
Relation between Th and U in mudstone, sandstone and calcareous rocks from the Toyoma Facies.

Symbols refer to Figs. 5A and 5B.

ため、鉄鉱物の一部は針鉄鉱、その他の水酸化鉄鉱物に変化している。磁性の低い黄鉄鉱が比較的高い針鉄鉱などに变化した場合には岩石の帯磁率が若干高くなっているかも知れない。したがって鏡下でごくわずかでも水酸化鉄鉱物の認められる試料は第 2 表の値を ( ) で示した。

第 3 ~ 6 図と同様に  $K_2O$  を横軸にとって  $\chi$  値をプロットしたのが第 8 A 図である。この図も第 5 ~ 7 図と同様の記号で岩質を区別してあるが  $\chi$  値の多くは  $(10-25) \times 10^{-6}$  (emu/g, 以下同様) 付近に集中し、泥質岩と砂岩には  $40 \times 10^{-6}$  またはそれ以上の値を示すものがある。石灰質岩も上記の石灰質でない岩石の大半と同様に  $(10-25) \times 10^{-6}$  の値のものが多く、 $25 \times 10^{-6}$  以上の値を示すものは存在しなかった。

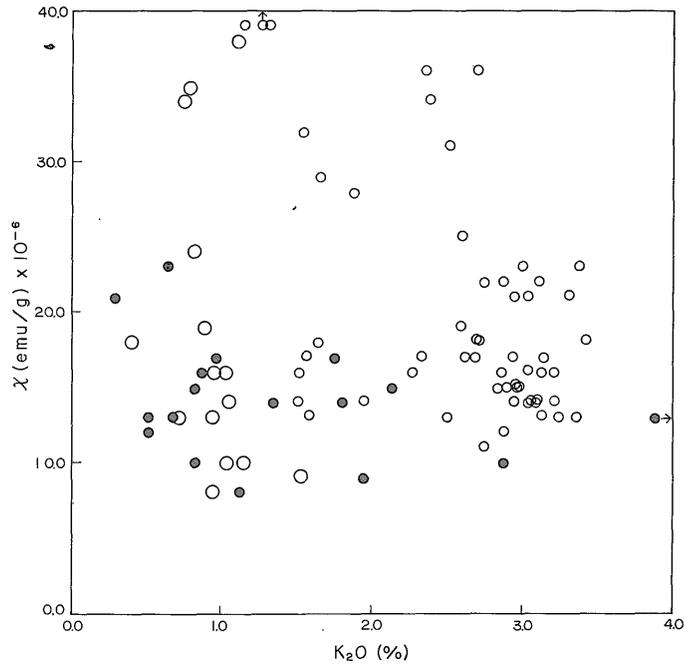
泥質岩と砂岩とを第 2 図で表示したように登米相の上部相と下部相の区別をしたのが第 8 B 図である。下部相の登米・雄勝・歌津地域の試料のプロットされる範囲を破線で囲ってある。この図からあきらかなように、下部相には  $15 \times 10^{-6}$  以下の比較的低い  $\chi$  値のものも一部あるが、雄勝地域の全試料と登米その他の地域の一部のものは高い値である。すなわち、 $25 \times 10^{-6}$  以上の値を示すものは下部相だけで上部相にはみられない。第 8 A, B 図

には、ごく微量の水酸化鉄鉱物を含む試料の  $\chi$  値もプロットしてあるがこの結論をかえる必要はないであろう。筆者らの経験的事実によれば、水酸化鉄鉱物が微量認められる試料で (第 2 表で ( ) を付した試料の場合  $1 \text{ cm}^2$  の面積内に 1 個程度の水酸化鉄鉱物が鏡下で見いだされる)、もし岩石の  $\chi$  値が変わっているとすると  $3 \sim 4 \times 10^{-6}$  程度しか変化していないようである。これは磁化率計の測定精度、経年変化を考慮した場合、測定誤差の範囲に入ると考えられる。

ここで当然鉄鉱物と  $\chi$  値との関連性をしらべなければならないが、この作業の多くは今後に残されている。ただ現在予察的にいえることは  $\chi$  値が  $20 \times 10^{-6}$  以下の試料では黄鉄鉱が主であり、 $30 \times 10^{-6}$  以上のものでは磁硫鉄鉱・チタン鉄鉱など黄鉄鉱以外の鉄鉱物の存在が目立つ。したがって  $\chi$  値の違いは、大ざっぱに登米相中の堆積環境の違いを指示するものかも知れない。

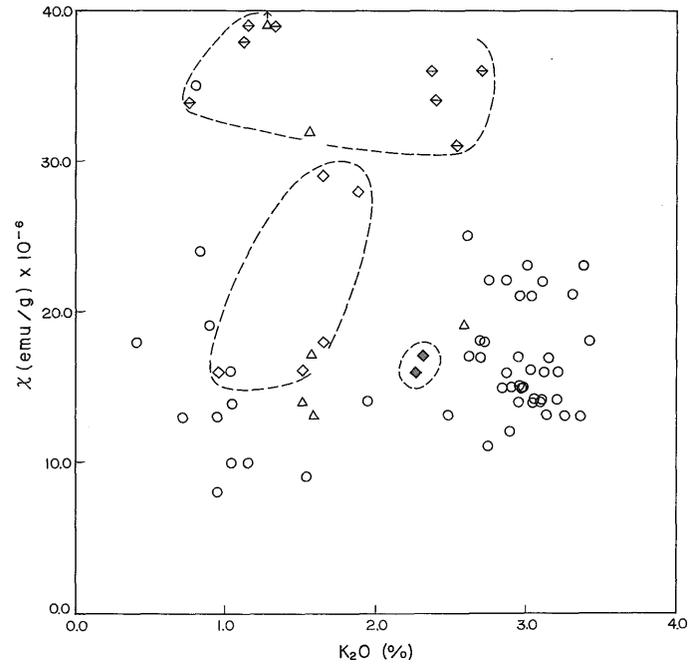
### 5. 薄衣相の各成分値と考察

薄衣相はすでに述べたように、細粒質の登米相とは逆に、主として礫岩からなる粗粒相である。登米下部相とほぼ同時期のこの相の後背地が登米相と同じであったかどうか不明である。漠然とした推定では、登米、薄衣両



第 8 A 図 登米相泥質岩・砂岩・石灰質岩石の  $K_2O$  と  $\chi$  値との関係  
Relation between  $K_2O$  and  $\chi$  value in mudstone, sandstone and calcareous rocks from the Toyoma Facies.

Symbols refer to Figs. 5A and 5B.



第 8 B 図 登米相泥質岩・砂岩の  $K_2O$ ,  $\chi$  値と層序との関係  
Relation between  $K_2O$ ,  $\chi$  value and stratigraphy of mudstone and sandstone from the Toyoma Facies.

- Mudstone and sandstone from the Upper Subfacies in the Toyoma Faices.
- ◇ Mudstone and sandstone from the Lower Subfacies, Toyoma region.
- ◆ Ditto, Okatsu region.
- ◆ Ditto, Utatsu region.
- △ Ditto, the other region.

相の岩相があまりにも異なり、中間の岩相が認められない点からみて、両相の後背地は、少なくとも地理的には異なっていたと思われる。しかし同時代の異質の堆積相としてこれらを比較することは意味があると考えられる。

第3表によりこれらを考慮してみると、no. 91, 96-98は砂岩、および礫岩のマトリックス (=砂岩) であるが、 $K_2O \cdot Th \cdot U \cdot Th/U$  に関しては登米相砂岩の一部と差はない。

次に花崗岩礫であるが、ROGERS et al. (1969), 石原・金谷 (1973) によると花崗岩質岩では  $Th = 4 \sim 20$  ppm,  $U = 2 \sim 6$  ppm 程度の存在量を示すが、薄衣相の花崗岩類の礫は岩質を考慮しても、 $Th = 2.8 \sim 3.4$  ppm,  $U = 0.7 \sim 1.1$  ppm と低すぎる値を示している。花崗岩礫には風化作用の影響がみとめられるから、値が低いことは  $Th, U$  の溶脱を意味しているのかも知れない。

一方火山岩および半深成岩では緻密質のために礫自身が割合に新鮮であり、 $Th, U$  はそれほど溶脱していないらしい。ROGERS et al. によれば、火山岩類では一般に  $Th = 0.3 \sim 4$  ppm,  $U = 0.1 \sim 0.8$  ppm で、薄衣相の場合もこれらと大差はない。

$Th/U$  比でこれらを見ると、薄衣相砂岩 (含マトリックス) ・花崗岩質礫 (含半深成岩礫) とともに3前後であり、登米相と同様である。

なお薄衣相の帯磁率は岩石の風化作用が比較的進んでいるため詳しい議論をすることができない。

## 6. ま と め

登米相・薄衣相を測定値を主にし、鏡下の観察を加えると次のようにまとめられる。

1. ナトリウム-カリウムの測定結果から登米相をみると、これら酸化物としてのアルカリ総量は約5%で両者間に明瞭な負の相関を示す。しかしアルカリ比は大きく変化し  $Na_2O > K_2O$  の領域に入るものも多いことからこの泥質岩は特異なものといえる。
2. 登米相中の放射性3元素の、カリウム-トリウム、カリウム-ウランの間には密接な正の相関関係がみられる。この事実によれば、岩石中のカリウムを含む鉱物のほとんどが絹雲母であるから、大半がこの鉱物中に含まれていると考えられる。一方石灰質粘土岩、不純石灰岩ではこれら元素間に密接な相関はみとめられない。このことはトリウム・ウランを含む別の鉱物が存在することを意味している。
3. 平均値およびその含量に関し登米相の上記3元素は一般の泥質岩と変わりはない。ウラン含量からみるかぎり、海水中からウランを直接沈殿するほどの強還元性

下の堆積相ではなかったと考えられる。このことは炭素の分析値が小さいことから推察できる。

4. 登米相における比帯磁率は  $10 \sim 40 \times 10^{-6}$  であり、またわずかの差であるが強弱2グループに分かれる。
5. 薄衣相を分析値からみると、風化の影響と思われる花崗岩礫のトリウム・ウランの低い絶対値のものを除き、それ以外の値は、他の一般的な類似岩と比較して大きく異なるものはなかった。

## 謝 辞

上記研究を進めるにあたり、一部試料の提供を含め御援助いただいた東北大学村田正文氏、地質調査所遠藤祐二・東野徳夫・大森えい・大森貞子・藤貫正の各氏、適切な助言をいただいた石原舜三・吉田尚・広川治の各氏に厚くお礼申しあげる。

(受付: 1974. 10. 28日; 受理: 1974. 11. 28日)

## 文 献

- ADAMS, J. A. S. and WEAVER, C. E. (1958) Thorium-uranium ratios as indicators of sedimentary processes: example of concept of geochemical facies. *Bull. Amer. Ass. Pet. Geol.*, vol. 42, p. 387-430.
- 遠藤祐二・片田正人・佐々木昭 (1973) 北上山地の二疊紀登米層中の黄鉄鉱。地質調月, vol. 24, p. 113-121.
- HUREY, P. M. (1956) Direct radiometric measurement by gamma-ray scintillation spectrometer. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 67, p. 395-412.
- 石原舜三・関根節郎・大場きみじ (1969) 上部古生代粘板岩と新第三紀シルトストーン中のウラン量。地質調報, no. 232, 日本におけるウランの産状, p. 221-231.
- ・金谷 弘 (1973) 諸岩石中のウランおよびトリウム量について。鉱山地質特別号, no. 5, p. 30-34.
- 岩崎文嗣・桂 敬 (1965) 粘板岩の化学組成。日本地球化学会ニュース, no. 30, p. 6-8.
- 神戸信和・片田正人・大森貞子 (1969) 南部北上帯の二疊系登米粘板岩の化学組成および堆積環境。地質調月, vol. 20, p. 1-11.
- 加納 博 (1971) 北上山地の薄衣式礫岩 (総括) —— 含花崗質礫岩の研究 (その22) ——。地質雑, vol. 77, p. 415-440.

- 片田正人・神戸信和・大森えい (1973) 南部北上山地二畳紀登米相泥質岩の  $\text{Na}_2\text{O}$  と  $\text{K}_2\text{O}$ . 地質調月, vol. 24, p.233-242.
- 近藤 務 (1966) 宮城県に発達するペルム系登米統黒色粘板岩の放射能. 地質雑, vol. 72, p. 427-437.
- 湊 正雄 (1944) 薄衣礫岩の層位的位置及び登米海に就いて. 地質雑, vol. 51, p.169-187.
- 村田正文 (1973) 東北日本における中生代地殻変動の構造地質学的研究. その1. 稲井層の不整合 (予報). 総合研究 (A), 東北地方における第三紀地殻変動に関する構造地質学的研究, 昭和47年度報告, p. 33-37.
- ROGERS, J. J. W. and ADAMS, J. A. S. (1969) Thorium, in Wedepohle et al. ed., *Handbook of Geochemistry*, Springer-Verlag, Berlin, vol. II-1, no. 90.
- ROGERS, J. J. W. and ADAMS, J. A. (1969) Uranium, *ibid.*, no. 92.
- SCHWARZER, T. F., COOK, B. G. and ADAMS, J. A. S. (1970) Low altitude gamma-spectrometric surveys from helicopters in Puerto Rico as an example of the remote sensing of thorium, uranium, and potassium in soils and rocks, in *Development of remote methods for obtaining soil information and location of construction materials using gamma ray signatures for project THEMIS*, Semi-annual Report to U. S. Army Engineer, Waterways Experiment Station and Corps of Engineers, Dept. Geol. Rice Univ., p. 3-44.
- SHAW, D. M. (1956) Geochemistry of pelitic rocks. Part III: Major elements and general geochemistry. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 67, p. 919-934.
- 柴田 賢 (1973) 氷上花崗岩および薄衣花崗岩礫の K-Ar 年代. 地質雑, vol. 79, p. 705-707.