

フッ素に富む国, モンゴル: オンゴナイトを訪ねて

石原舜三¹⁾

1. まえがき

横綱「朝青龍」に代表されるモンゴル力士の活躍で、モンゴルは私達にとって非常に身近な存在となってきたが、私にとってのモンゴルの第一印象は、本誌の記事で知った多産するほたる石鉱床の記載から「フッ素に富む国」であり、それは昭和50年代のことであった。これは私達の先輩である岸本文男氏が独学でロシア語を勉強されて、当時得難かった社会主義国の鉱物資源情報を翻訳され、本誌に纏められたものの一環であった(岸本、

1982; 1983)。

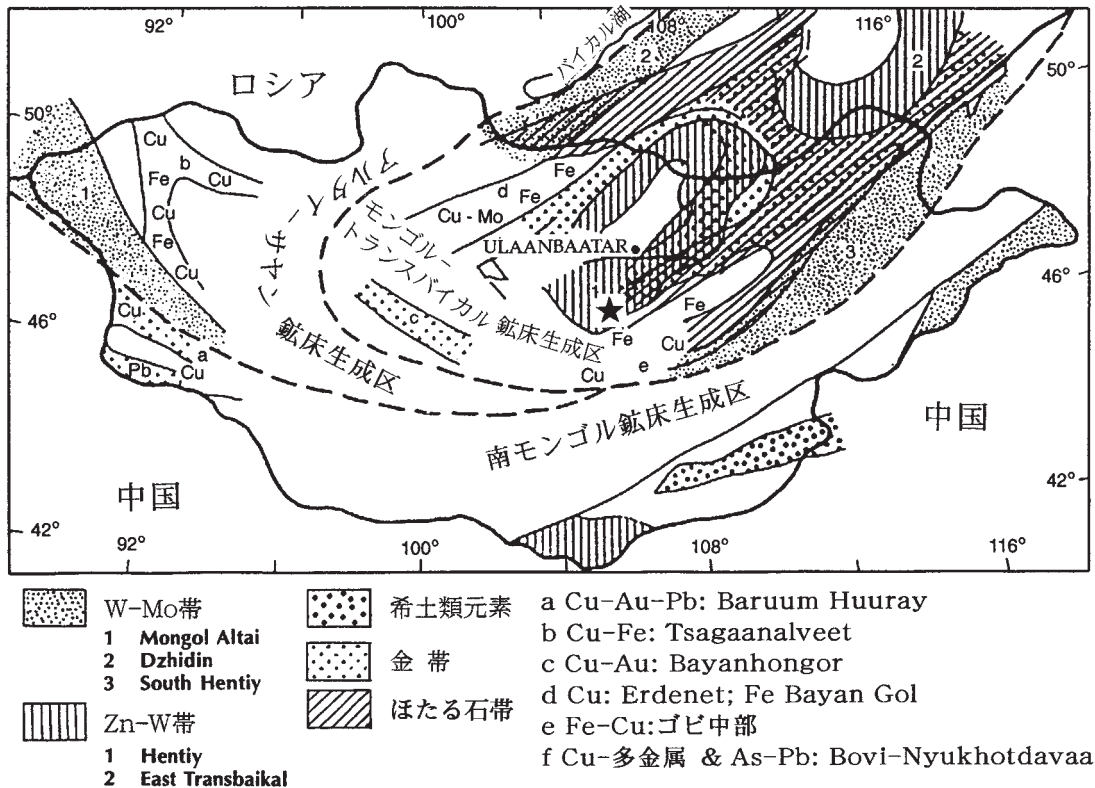
同氏によるとモンゴルにおけるほたる石鉱床の発見は、対独戦争の必要性から急接近した旧ソ連の技術協力で鉱物資源探査と開発を進めた成果の第1号で、旧ソ連の製鉄業を支えた、と書かれている。モンゴルのほたる石生産量は、例えば1985年には78.7万トンである。我が国のほたる石生産量は1938-69年の歴代生産量を合わせた全生産量で27.3万トンであるから、モンゴルが如何にフッ素に富んでいるかが解るであろう。ほたる石は現在でも活発に採掘されている(高橋, 2004)。



写真1 モンゴルは花崗岩が多い国である。その象徴はウランバートルの北東方、車で約70kmの距離にある観光地、テレルジにある亀(メルヒ)石(ハト)であろう。これはゴルヒ岩体に属する磁鉄鉱系黒雲母花崗岩(320-190Ma)で、現地での測定によると、帯磁率 $4\sim 8 \times 10^{-3}$ SIを持つ。亀の首の部分は花崗岩マグマの冷却で生じた水平系節理と風化作用により生じたもの、背中の溝は粗粒岩であるために選択的に削られた部分と思われる。

1) 産総研 特別顧問

キーワード: モンゴル, オンゴナイト, 花崗岩, フッ素, タングステン



第1図 モンゴルの鉱床生成区とオンゴルハイルハンの位置(★). United Nations (1999)に加筆.

恐らくこのような地質を背景として、フッ素と言えばモンゴルには今一つの名物、フッ素に富むオンゴナイトの標式地がある。これはKovalenko V.I. *et al.* (1970)が発見・報告し、後の奥さんによる実験岩石学的研究 (Kovalenko N.I. *et al.*, 1975)と合わせてロシア語圏では有名な岩石であったようであるが、私が知ったのはチェコ地質調査所の旧友 M. Stembrok (1991) が再調査の英文論文を出してからである。オンゴナイトは1952年のオンゴンハイルハン (Ongon Khairkhan, 美しい山の意味) でタンゲステン鉱床の探査に伴って発見されたそうである。筆者は2004年6月にこの標式地 (第1図) を訪問する機会を得て、初めてこの岩石を目の当たりにした。以下はその旅にまつわる私のモンゴル印象記である。

2. モンゴルの地質と火成活動

モンゴルの地質については、既に多くの解説があるように (例えば、坂巻, 1999; 高橋, 1999), 幾つかの古期地塊と付属する島弧変動帯からなる。北

側はシベリア-プレヤ地塊、南側にはタリム-中朝地塊、それに挟まれた島弧変動帯がある。原生代末期には、シベリア地塊の南縁にパンゲア大陸の小断片を含む付加帯が形成され、以後、前期古生代に始まった古アジア海の海洋底拡大を通じて、中朝地塊からの小地塊群の分離と移動、再統合、更には周辺部付加帯の形成が進んだ。ペルム紀末から三畳紀にかけては中朝地塊とシベリア地塊の衝突が起こり、古アジア海が閉塞したことによって現在みられる地質構造が完成した。

モンゴルの火成活動については、本誌に既に蟹沢 (1999) が総括したように、古生代から中生代に至る花崗岩活動で特色付けられる。花崗岩類はバイカル湖の東方地域で非常に広く南西方のウランバートルにかけて主に分布する。金属鉱物資源は花崗岩活動に付随するものが重要で、その鉱床生成区は3帯に分けられる (第1図)。北西部はアルタイ-サヤンまたは北モンゴル鉱床生成区であり、カレドニア期花崗岩活動に関係する W, Mo, Cu, Au, Fe 鉱床を伴う。モンゴル中央部からロシアの

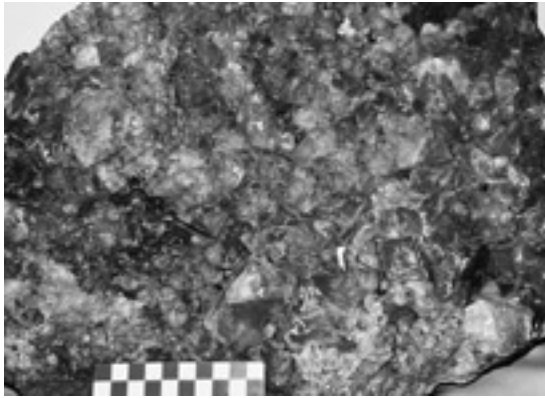


写真2 モンゴル科学技術大学の博物館展示のほたる石
鉍石 (Khebtii Aimag).

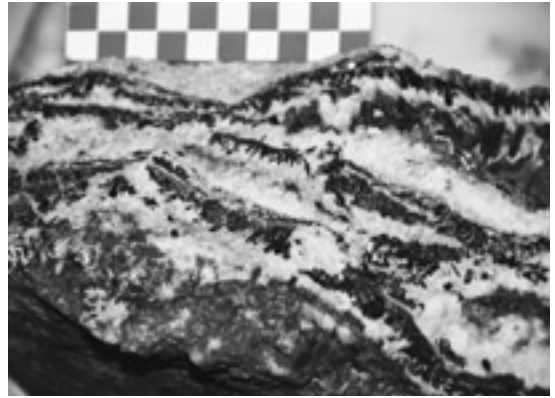


写真3 ほたる石と関連して出現する鉄マンガン重石-石
英脈 (Khimvd Aimag).

バイカル湖東域にかけてはモンゴルトランスバイカル鉍床生成区と呼ばれ、古生代から中生代にかけての最も重要な鉍物資源、Cu, Mo, W, Zn, F, Au, Feなどを含んでいる (Gerel, 1998). 第3はモンゴル南部のヘルシニア期の鉍床生成区であり、Cu, Au, 多金属, Mo, W, As, Zn, REE 鉍床が産出する。

3. モンゴルのほたる石鉍床

ほたる石鉍床はモンゴルトランスバイカル鉍床生成区からウランバートル東方にかけて集中的に分布する (第2図)。全国的には600以上の鉍床が確認されている。鉍床は火山岩類に關係する浅成鉍床と花崗岩類と密接な深成鉍床に二分される (Lkhamsuren and Hamasaki, 1998)。

3.1 浅成鉍床

- (イ) 浅熱水性鉍脈：脈状、一部で角礫岩交代性、鉍染状、交代鉍床。ほたる石、方解石のほか、一部で氷長石・重晶石・硫化物を含む。アルカリ岩系の玄武岩～流紋岩に關連。生成年代：131-116Ma。例：Bor-Ondor (モンゴル最大)、Berkh, Delgerkhaan, Zuun-Tsagaan-Delなど多数。
- (ロ) カーボナタイト中の交代鉍床。ほたる石のほか、燐灰石、磁鉄鉍、方解石、セレストタイト (SrSO_4) を含む。アルカリ岩系超苦鉄質岩に關連。生成年代：153-136Ma。例：Mushgai-Khodag。

3.2 深成鉍床

- (イ) アルカリ岩關連：ペルトランダイト ($\text{Be}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7$) - フェナサイト (BeSiO_4) - ほたる石鉍床。不規則鉍染状。アルバイト・石英・マイクロクリン・ほたる石・Nb-Ta酸化物・バスタネサイト ($\text{Ce, La}(\text{CO}_3)\text{F}$) を含む。アルカリ花崗岩に關連。例：Altan-Boom, Buural-Khangai。
- (ロ) カルクアルカリ岩關連
- (i) スズ-タングステン-モリブデン-ほたる石鉍床。鉍脈状、ストックワーク状、グライゼンを伴う。石英・ほたる石のほか、スズ石・鉄マンガン重石・輝水鉛鉍を伴う。花崗岩またはアラスカイトに關連。生成年代：175-210Ma。
- (ii) 含ほたる石ベグマタイト鉍床。レンズまたは脈状。石英・マイクロクリン・ほたる石。生成年代：220-205Ma。例：Gorykho, Zuun-Bayan。
- モンゴルのほたる石鉍床は以上のように各種に及ぶが、主力鉍床は浅熱水性であり、それは構成鉍物から(1) 螢石-石英型、(2) ほたる石-重晶石-石英型、(3) ほたる石-方解石-石英型に分けられる。量的には(1)が最重要であり、アルカリ岩に伴っている。カルクアルカリ岩系火成岩類に伴うものは、モンゴルでも大規模ではない。フッ素に富むアルカリ岩系マグマの活動がモンゴルにおける大量のほたる石をもたらしたと思われる。

カルクアルカリ岩系花崗岩にともなう巨大鉍床としては、モンゴル東方、ロシアのハンカ地塊南縁のボツネセンカほたる石鉍床がある。これは、後期デボン紀の高フッ素-リチウム優白花崗岩と接するカ



第2図 モンゴルのほたる石鉱床の分布 (Lkhamsuren and Hamasaki, 1998).

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. 原生代基盤のカレドニア期褶曲帯 | 2. 下部古生界のヘルシニア期褶曲帯 |
| 3. 後期古生代～前期中生代花崗岩類 | 4. 各種時代の炭酸塩岩類 |
| 5. 中生代モラッセ(含石炭・火山岩類) | |
| 6～9: 火山岩類 | |
| 6. 玄武岩～安山岩 | 7. デイサイト～流紋岩類 |
| 8. 粗面安山岩～粗面流紋岩類 | 9. K-アルカリ玄武岩 |
| 10～15: 深成岩類 | |
| 10. 斑れい岩 | 11. 輝緑岩～ドレライト |
| 12. 超K-アルカリ苦鉄質岩 | 13. 超K-アルカリ苦鉄質岩とカーボナタイト |
| 14. アルカリ玄武岩 | 15. ほたる石鉱床に無関係な岩石類 |
| 16. 浅熱水性鉱床: a. 石英-ほたる石 b. 方解石-石英-ほたる石 c. 重晶石 d. 硫化物-石英-ほたる石 e. 氷長石 | |
| 17. ほたる石-カーボナタイト | 18. ほたる石-アルピタイト |
| 19. ほたる石-ベグマタイト | 20. Mo-WとW-Sn 鉱床 |
| 21. ベルトランダイト-フェナサイト-ほたる石鉱床, | 22. 主要断層 |
| 23. 深部断層 | |

鉱床名:

- | | | | |
|---------------------|----------------|------------------------|--------------------------|
| 1. Berkh | 2. Chimid | 3. Delgerkhaan | 4. Yamaat |
| 5. Shuvuutai | 6. Dojir | 7. Idermeg-Bayan-Khaan | 8. Khar-Airag |
| 9. Khongor | 10. Bujgar | 11. Khairt | 12. Tsagaan-Del |
| 13. Bor-Ongon | 14. Adag | 15. Khajuu-Ulaan | 16. Zuun-Tsagaan-Del |
| 17. Tsagaan-Elgen | 18. Gal-Shar | 19. Orgon | 20. Chuluut-Tsagaan-Del |
| 21. Eguzer | 22. Modoto | 23. Ikh-Khairkhan | 24. Baga-gazariin-chuluu |
| 25. Mushugai-Khudag | 26. Altan-Boom | 27. Dulaan-Ovoo | 28. Grykho |
| 29. Zuun-Bayan | | | |



写真4
ウランバートルの南西方，花崗岩丘陵地にあるManzushir寺院遺跡。



写真5 路傍の花崗岩に残された古典漢字。



写真7 私達が宿泊した“日本キャンプ”。日本人の美少女が働いている為このような呼ばれていた。



写真6 国会議員選挙の投票所，2004年6月27日(日)，競馬なども行われ，お祭りを兼ねていた。左はロシアの友人，V. Antipin氏。



写真8 清潔なゲルでの睡眠風景。



写真9 子馬をバイクで運ぶ少年と少女、モンゴル近代化の一つ(?)。

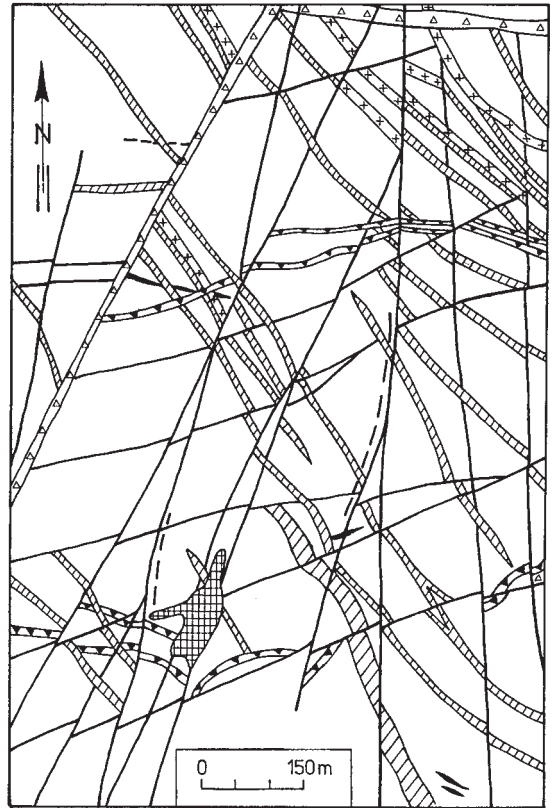










写真10 放牧されている駱駝の群れ。

ンブリア紀炭酸塩岩類に胚胎するもので, Sato *et al* (2003) は花崗岩起源と述べている。しかしその鉱化範囲は広く, 筆者は堆積性のフッ素鉱物が花崗岩の貫入によって再濃集したものと考えている。

4. オンゴン ハイルハンの地質

オンゴナイトを産するオンゴン ハイルハンはウランバートルの南西方にあって, 悪路を約5時間の旅であったが, その途中で見たものはなかなか面白い(写真4-10)。オンゴン ハイルハンは後期古生代の Khangain Kentei 造山帯に位置し, 古生界の諸岩石を中生代の構造が切っている。鉱床付近の構成岩類は, 中期古生代の砂岩, シルト岩, 三畳紀安山



-  古生代堆積岩類
-  オンゴナイト岩脈
-  花崗閃緑岩岩脈
-  閃緑岩-斑れい岩岩脈
-  石英-鉄マンガン重石鉱脈
-  石英-鉄マンガン重石網状鉱体
-  断層
-  角礫岩脈

第3図 オンゴン付近の岩脈系統図(Stemprok, 1991)。

岩類と珪長質火山岩類, これらを不整合に覆うジュラ紀, 上部白亜紀, 古第三紀の礫岩などである。貫入岩類としては, 後期古生代の花崗岩類, 初期中生代の小貫入岩体と岩脈, そして中生代花崗岩類である。花崗岩類は荒山を形成し, 露出は良いが真に新鮮な岩石を採取することは楽ではない。

オンゴナイトが産出する地域には岩脈類のみが分布し, 花崗岩体は露出しない(第3図)。しかし堆積岩が受けるホルンフェルス化と負の重力異常とから潜在花崗岩体が推察されている。



写真11 タングステンピットから見るオンゴンハイラン。

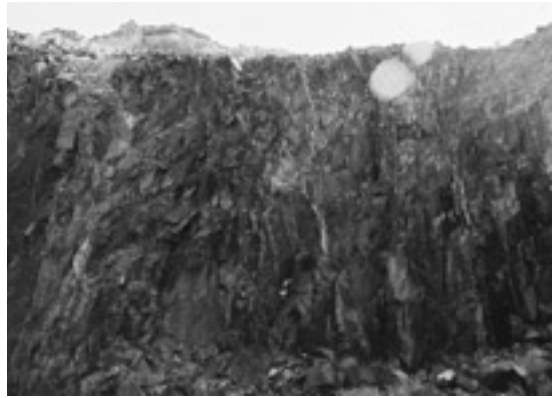


写真14 採掘ピットの堆積岩の壁。白色細脈がタングステン石英脈。



写真12 オンゴンハイランの花崗岩露頭。中央に石英脈が走る。



写真15 タングステン鉍脈のクローズアップ、白色部。



写真13 粗粒花崗岩(下)とアブライト岩床(上)の境界部。

タングステン鉍床(写真11-16)は網状~石英細脈状で、母岩は砂岩・シルト岩・グレイワッケ、そして少量の礫岩と硬砂岩、少量の変火山岩である。これらはNE-SW系の閃緑岩~花崗閃緑岩岩脈、

およびE-W系のオンゴナイトに切られる。鉍床は鉄マンガン重石(マンガン重石)-石英脈と網状の鉄マンガン重石-硫化物-石英細脈からなる。鉍脈は南部で幅0.5-2m、延長30-200m、走向E-W~NW-SE、傾斜は70-85°、品位は0.1~0.7%WO₃であった。ストックワーク脈は幅3~5cm、鉍体は南北に200m、東西に120mの拡がりを持つ。母岩の変質としては白雲母化と珪化が顕著で、一部に粘土化や黄鉄鉍化が見られる。

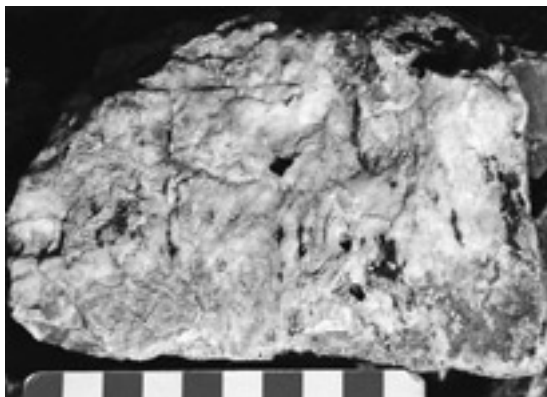


写真16 タングステン-石英脈の肥大部.

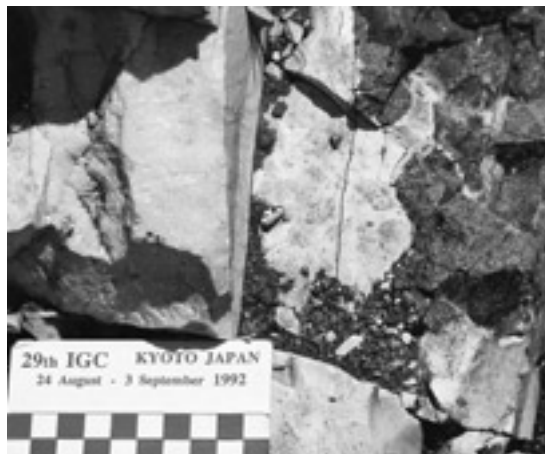


写真18 局部的には不規則なオンゴナイト岩脈と壁岩(右側暗色部)との境界.



写真17 連続するオンゴナイト岩脈の露頭部.

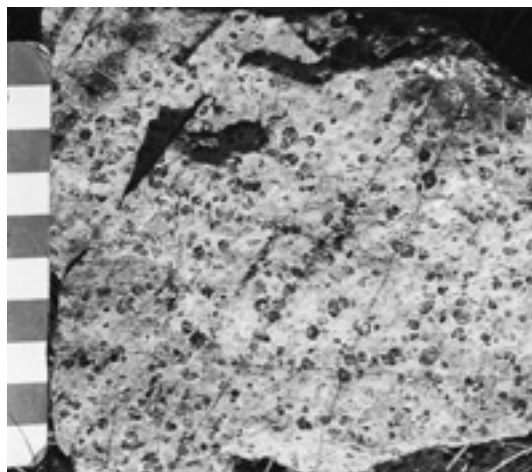


写真19 斑状オンゴナイト. 石英斑晶は放射能により暗色.

鉍脈の構成鉍物は石英のほか、カリ長石、アルバイト、雲母類(白雲母、プロトリシアナイト、ツィンヴェルダイト)、鉄マンガン重石(主にマンガン重石)、黄鉄鉍、黄銅鉍、閃亜鉛鉍、灰重石、方鉛鉍である。晶出時期は早期から後期へマンガン重石、灰重石、硫化物、石英、ほたる石に分けられる。

5. オンゴナイト

オンゴナイトは幅数cm～5mの岩脈状に産出し(写真17-19)、延長最大2kmである。その走向は一般にE-W、傾斜は50-85°南、稀に北落ちである。

壁岩との境界はシャープで、稀に堆積岩の角礫などを含む。その生成年代は白亜紀(128.3±0.8Ma)、Sr初生値は0.7060とのことである(V. Antipin, 私信)。

オンゴナイトは細粒、塊状または流理構造を持つ。斑状岩と無斑晶岩からなり、斑状岩の斑晶は石英、カリ長石(アマゾナイト)、雲母類(白雲母とツィンヴェルダイト)である(写真20)。周辺部で無斑晶、中央部で斑状のゾーニングを示すことがある。石英斑晶は一般に融食外形で暗色を呈し(写真19)、斑晶が形成後に一度溶融し、かつこの岩石が放射性鉍物に富むことを暗示する。カリ長石斑晶

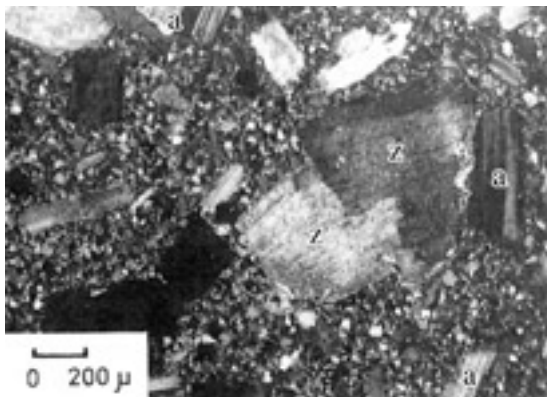


写真20 ツインヴァルダイト(z)とアルバイト(a)斑晶を持つ
オンゴナイト(Stemprok, 1991)。

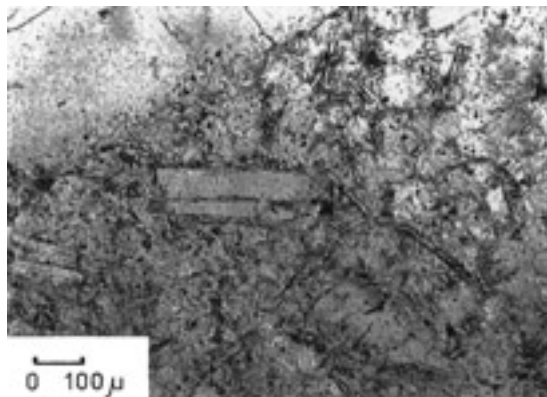


写真21 オンゴナイト石基中の針状トパズ結晶
(Stemprok, 1991)。

はOr₇₀₋₉₀, Ab₁₀₋₃₀, 正長石から最大マイクロクリンまで変化し, その三斜度は0.5~0.9である. マトリックスは0.1-0.8mmの石英, カリ長石, アルバイト, 白雲母, ツインヴァルダイト, トパズ, ガラスなどから

なる. トパズは独立の針状結晶(写真21)か球顆状集合体として産出する.

オンゴナイトは化学的には平均的な花崗岩と較べて, (SiO₂), Al₂O₃, Na₂O, Li₂O, F に富み, Fe₂O₃,

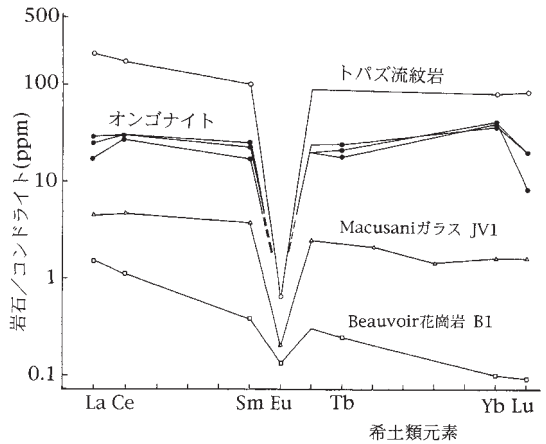
第1表 オンゴナイトの化学分析値. Stemprok (1991), 石原 (2002), 石原・寺島 (1977) より抜粋.

産地 岩石	モンゴル オンゴナイト岩脈				ユラヨキ 石英斑岩	ユタ 流紋岩	苗木 花崗岩
	斑状岩	無斑晶岩	無斑晶流理岩	平均値			
SiO ₂	75.49	73.05	71.21	70.81	73.59	73.20	77.04
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.04
Al ₂ O ₃	13.95	15.80	16.21	16.89	15.04	13.50	12.81
Fe ₂ O ₃	0.02	0.00	0.08	0.31	0.52	1.29	0.16
FeO	0.42	0.22	0.09	0.25	0.14	n.g.	0.68
MnO	0.12	0.06	0.17	0.18	0.02	0.06	0.02
MgO	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.11	0.04
CaO	0.20	0.21	0.08	0.36	0.38	0.61	0.64
Na ₂ O	5.24	7.06	5.51	5.07	4.80	3.95	3.68
K ₂ O	3.31	1.93	3.27	3.27	4.13	4.86	4.74
Li ₂ O	0.10	0.02	0.56	0.42	n.g.	0.00	0.01
F	0.48	0.54	1.60	2.03	0.30	1.14	0.13
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.01	0.07	0.11	n.g.	<0.01
H ₂ O ⁺	0.34	0.43	1.10	0.92	0.57	n.g.	0.23
H ₂ O ⁻	0.03	0.07	0.04	n.g.	0.09	n.g.	0.38
合計	99.72	99.40	99.93	100.84	99.71	98.77	100.60
Ga (ppm)	80	150	140	n.g.	120	53	20
Rb	1181	495	2760	1952	710	1049	392
Sr	37	82	11	40	10	44	10
Pb	60	82	62	43	n.g.	n.g.	32
Sn	71	55	45	37	100	n.g.	6.0
W	12	4	0.8	7	n.g.	n.g.	3.3
Nb	54	53	54	70	80	108	11.3
Ta	30	58	48	71	n.g.	n.g.	3.0
La	10.5	6.3	7.9	n.g.	n.g.	n.g.	20
Yb	9.2	10.0	7.8	n.g.	8.0	n.g.	8.5
Y	149	65	324	n.g.	n.g.	n.g.	74

モンゴルのデータはStemprok(1991);フィンランドのユラヨキ石英斑岩とユタ州のトパズ流紋岩はHaapala and Ramo (1990);苗木花崗岩は石原(2002),石原・寺島(1977)による. n.g.;データなし.

FeO, MgO, TiO₂, CaO に乏しい(第1表). 苦鉄成分に乏しいためにマグマ分化指数(ノルム qz + ab + or 総量)は95.8~96.8%と著しく分化が進んだ岩石であることを示す. Rb/Sr比は非常に大きく, 無斑晶流理岩で251にまで上昇する. アルミナ飽和度(A/CNK)は1.1を超え, パーアルミナスである. 一般に1.4%以上のノルムコランダムを含む. この点ではSタイプであるが, ACF図上ではIタイプの領域を占める(Stemprok, 1991). Gaは80 ppm以上, Ga/Al比は著しく高く, Aタイプの性格が強い.

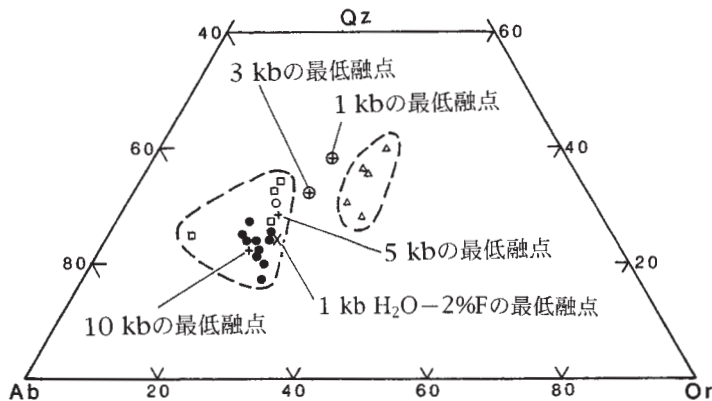
オンゴナイトの希土類元素の総量は多くはないが, 重希土類元素に富む特色を持つ. したがって, そのREEパターンは軽希土類元素から重希土類元素へほぼフラットで, コンドライト存在量の20-40倍の濃度を持つ. 軽希土類元素の代表としてLa, 重希土類元素の代表としてYbの含有量を第1表に示したが, La/Ybは1前後であり, 火成岩としては異常な値を持つ. Y含有量は65~324 ppmと非常に高い(第1表). Euの負の異常が著しい. 他地域の優白火成岩類に較べると, アメリカ西部のトバズ流紋岩と似たパターンを示す(第5図). オンゴナイトはSn(37-100 ppm)に著しく富んでおり, NbとTaも多く含まれる.



第4図 オンゴナイトの希土類元素パターン(Stemprok, 1991). ユタ州のトバズ流紋岩に似るが, 絶対量が少ない.

オンゴナイトは既述のように, 花崗岩質マグマの最低融点鉱物の集合体である. そのノルム3鉱物をQz-Or-Ab-An-H₂O系のQz-Or-Ab図に投影すると, 水蒸気分圧5-10 kbの範囲にプロットされる. オンゴナイトは岩脈状の産状を示すので, この分圧は大きすぎる. Manning (1981)の実験によると, F 2-4%のメルトはAb側にシフトする. したがって, このシフトはF含有量が高いことの反映であるかも

- オンゴナイト(Stemprok, 1991)
- オンゴナイト(Kovalenko V.I. et al., 1970)
- アプライト花崗岩
- △ 黒雲母花崗岩



第5図 オンゴナイトのノルム アルバイト, カリ長石, 石英比と最低溶融点との関係(Stemprok, 1991).

知れない。同時に、例えば著しく高い $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (3.7)を持つ無斑晶岩で代表されるように(第1表)、オンゴナイトはナトリウムに富んでいる。この事実は、オンゴナイト岩脈が後マグマ期のアルバイト化を受け、ナトリウム質となった可能性をも示唆している。

6. オンゴナイトの成因的背景

オンゴナイトは花崗岩地帯でその活動最末期に少量発生し、貫入した優白質マグマである。その産状と苦鉄質成分に乏しい化学的性質から推察して、珪長質地殻が小規模に再溶融し発生したものと考えられる。モンゴル・トランスバイカル地区には、フッ素に富むアマゾナイト花崗岩類がしばしば出現する。このような古期の黒雲母花崗岩が部分溶融すれば、オンゴナイト マグマは容易に発生するであろう。

オンゴナイトは英語圏では、トパズ流紋岩 (Christiansen *et al.*, 1983) と呼ばれる優白質岩と良く似た性質を示す。ユタ州スポー山地の流紋岩質凝灰岩で鉍染状のベルトランダイトが発見された際には世界的な話題となった(肥田, 1963)。一方、トパズ流紋岩の深成岩相と思われるものにクライマックス型斑岩があって、モリブデンにスズ/タングステンを伴う。トパズ流紋岩とこれらの鉍床は、アメリカ西部からメキシコ中部に至る非造山帯に特徴的に分布する。すなわちオンゴナイトの存在はAタイプマグマ存在の証拠であり、白亜紀のモンゴルに非造山帯マグマ活動があったことを示している。

謝辞: オンゴナイト産地への旅を用意されたモンゴル科学技術大学のO. Gerel教授、現地を案内されたロシア科学アカデミーのV. Antipin博士に心からお礼申し上げる。

文 献

Christiansen, E.H., Burt, D.M., Sheridan, M.F. and Silson, R.T. (1983): The petrogenesis of topaz rhyolites from the western United States. *Contrib. Mineral. Petrol.* 83, 16-30.

- Gerel, O. (1998): Phanerozoic felsic magmatism and related mineralization in Mongolia. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 49, 657-672.
- Haapala, I. and Ramo, O. T. (1990): Petrogenesis of the Proterozoic rapakivi granites of Finland. *Geol. Soc. Japan, Spec. Paper*, 246, 275-286.
- 肥田 昇(1963):最近のアメリカにおけるベリリウム鉍床の現況。地質ニュース, no.111, 14-20.
- 石原舜三(2002):鉍化花崗岩特性(I):西南日本内帯のモリブデンとタングステン生成区。地質調研報, 53, 657-672.
- 石原舜三・寺島 滋(1977):ベースメタル・スズ鉍床探査指針としての花崗岩類中の塩素・フッ素含有量。鉍山地質, 27, 191-199.
- 蟹沢聡史(1999):モンゴルの火成活動。地質ニュース, no.534, 31-40.
- 岸本文男(1982):モンゴルとその螢石鉍床(1)。地質ニュース, no.329, 25-34.
- 岸本文男(1983):モンゴルとその螢石鉍床(2)。地質ニュース, no.349, 28-40.
- Kovalenko, V.I., Kus'min, M.I., Ceden, C. and Vladykin, N.V. (1970): Lithium-fluorine quartz keratophyre (ongonite), a new variety of sub-volcanic magmatic dykes. *Ezhegodnik 1969, Siberian Inst. Geochem. Irkutsk*, 85-99.
- Kovalenko, N.I., Kovalenko, V.I., Belykh, L.A. and Pisavskaya, V.A. (1975): Experimental study of the genesis of rare-metal lithium fluorine granites (evolution of the chemical composition of ongonites during their eelting) *Proc. 9th All-Union Session*.
- Lkhamsuren, J. and Hamasaki, S. (1998): Fluorite deposits in Mongolia: an outline. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 49, 309-318.
- Manning, D. A. C. (1981): The effect of fluorine on liquidus phase relationships in the system Qz-Ab-Or with excess water at 1 k bar. *Contrib. Mineral. Petrol.* 76, 206-215.
- 坂巻幸雄(1999):モンゴル国の鉍物資源開発-現状と問題点-。資源と素材, 115, 865-870.
- Sato, K., Suzuki, K., Nedachi, M., Terashima, S., Ryazantseva, M.E., Vrublevske, A.A. and Khanchuk, A.I. (2003): Fluorite deposits at Voznesenka in the Khanka massif, Russia: Geology and age determination. 53, 193-211.
- Stemprok, M. (1991): Ongonite from Ongon Khairkhan, Mongolia. *Mineral. Petrol.* 43, 255-273.
- 高橋裕平(1999):モンゴルの地質と調査研究活動。地質調月報, 50, 279-289.
- 高橋裕平(2004):モンゴルにおける鉍業活動。地質ニュース, no.600, 18-24.
- United Nations (1999): Geology and mineral resources of Mongolia. *Atlas Mineral Res. ESCAP Region*, 14, 192p.

ISHIHARA Shunso (2005): A fluorine-rich country, Mongolia: A visit to the ongonite.

<受付:2005年2月14日>