

黒鉱式鉱床に伴なうウラン, その1

—島根県石見石膏鉱山地区—

林昇一郎* 小尾五明*

Uranium Associated with "Kuroko" Type Deposits in Japan
Part 1. On the Iwami Gypsum Mining Area, Shimane Prefecture

by

Shoichiro Hayashi & Itsuaki Obi

Abstract

The Iwami gypsum mine is near Oda city, Shimane prefecture, which was found in 1953, and a distinct radioactive anomaly was detected in November, 1959. The ore deposits belong to a "Kuroko" type deposit with little black ores occurring in tuffaceous sediments of Miocene age. The magnitude of gypsum ore body is approximately 200 m by 150 m by 20 m.

Radioactive anomalies were detected at the marginal part, lower grade gypsum ores, and pyrite ore body in the gypsum ore body. Radioactivity was measured with a scintillation counter (Scintiscope, Reed Curtis, U.S.A.) as much as 700 μ r/h, and a graded sample contains 0.16 per cent U_3O_8 . Domains having 50 μ r/h or more expose at a level for about several to twenty meters comprising an intensive part of 200 μ r/h for about 2 m by 5 m. The occurrence of such uraniferous parts may be comparable to that of uraniferous parts recognized in manganese deposits in the Paleozoic formations in Japan, however, the uranium content is estimated beyond the latter deposits.

Uranium is contained in alteration clays surrounding the gypsum ore body, and mainly in chlorite and sericite (0.16 to 0.05 per cent U_3O_8), and also in nacrite, and in montmorillonite in less quantities (e.g. up to 0.01 per cent U_3O_8). The alteration clays exhibit a schematic zonal distribution, that is, kaolin, sericite, chlorite, and montmorillonite from inner to outer zone respectively, as already reported by Dr. S. Iwao. It is noteworthy that honey yellow radiobarite is associated with uranium-bearing clays. The radiobarite is not plumbian like hokutolite, however, contains little quantity of strontium. This is the first occurrence of uranium in Kuroko type deposits in Japan, which is later accompanied with similar deposits at the Hanaoka, Hanawa, and Ainaï mines in Akita prefecture.

要 旨

石見石膏鉱山は島根県大田市五十猛町にあり、黒鉱式石膏鉱床に伴なうウランがわが国ではじめて、昭和34年11月認められた。鉱床は中新世の凝灰岩中に胚胎する石膏鉱床で、その大きさは大略200×150×20m位である。

放射能異常は石膏鉱体の週縁部の諸所に見られ、最高は700 μ r/h, U_3O_8 0.16%に達した。50 μ r/h以上の範囲は数m~十数mの間坑道に沿って認められ、その中に著しい部分が2×5m程度存在する。その情況は古生層中のマンガン鉱床に伴なうウランに似ているが、その

総ウラン量は石膏粘土に伴なうものの方が多いものと認められた。

ウランは変質粘土に含まれ、おもに緑泥石・絹雲母(U_3O_8 0.16~0.05%)中に含まれ、少量はナクライト・モンモリロン石中にも含まれる。また一部にはラジオ重晶石がこの含ウラン粘土と共生しており、このような例は世界でもはじめてである。

1. ま え が き

わが国におけるベグマタイト以外の岩しょう性鉱床に伴なう放射性鉱物の産出は僅かではあるが、各種の鉱床型式から認められてきた⁽⁶⁾⁽¹³⁾⁽¹⁵⁾⁾。残された重要な鉱床型

* 鉱床部

式である黒鉛鉱床については約40年前に注意されたことがあるにすぎなかった。最近にいたり、昭和34年11月原子燃料公社の土井和巳¹⁾は島根県石見石膏鉱山において放射能異常を認めた。筆者はその後化学分析により、 U_3O_8 0.01%前後を含有することを確認したので、昭和35年8月上記鉱山地区の放射能強度分布概査を実施した。

その後筆者は秋田県・福島県などの同様な鉱床においてもそれぞれ類似した産状を呈するウランが認められた。このことは石見地区における特異な問題ではなく、全国的な問題として、黒鉛式鉱床の成因とも関係があると見られるに至った。したがって本報告は黒鉛式鉱床に伴うウランの第1部としてとりまとめたものである。

現地調査にあたっては鉱山側各位から多くの便宜を与えられた。ここに厚く謝意を表す。また粘土の性質等について御教示にあづかった、木下亀城・岩生周一・須藤俊男の諸先生に厚く謝意を表す。

2. これまでの研究の概要

黒鉛に放射能があることがはじめて認められるのは、1918年、渡辺渡が秋田市の講演会において「黒鉛およびその風化物である土鉱に放射能があることに注意した」ことが神保小虎¹⁰⁾によって地質学雑誌の雑録に記載されていることである。

ついで1920年、浅井郁太郎¹⁾はその著「工業鉱物」に記している。ウランその他放射性鉱物の項において、本邦産のものとして、フェルグソン石・苗木石・北投石などのあと、ラジオ重晶石の項につきのように述べている。(原文のまま)

ラジオ重晶石 白色又は赤色の結晶をなして羽後の渋黒沢に産す。

外国の産地 ポヘミヤ

黒鉛中にも放射能を有するものあり。是或はラジオ重晶石を含めるによるか。

しかしこの鉱石をさすかは不明である。その後筆者は1961年、秋田県小坂鉱山の旧露天掘あとの硫化鉛の露頭において、 U_3O_8 0.013%を認めた。前述の試料もこの付近のものであると考えてもさしつかえない一資料と見られる。

1924年、木下亀城¹¹⁾は黒鉛鉱床研究の一部として、写真乾板および電気計を用いて、当時代表的鉱山であった、小坂・花岡・鱒淵鉱山などの鉱石を測定した。しかしながら結論としては「黒鉛に放射能性のあることは肯定することは出来ない」と記載している。その後は誰も

注1) 昭和35年2月、ウラン・トリウム鉱物委員会報告。

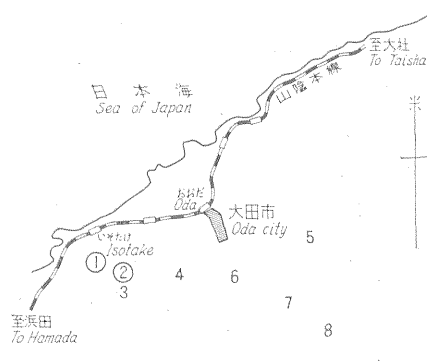
黒鉛の放射能には注意することなく約30年を経過した。

1954年、日満鉛業(株)¹²⁾は理研I.M. 泉効計を用いて地中ガスの放射能測定を行ない、断層直上付近に顕著な示徴が現われた。1957年頃、千原鉛業(株)石見鉱山探査班は地質構造調査の目的で放射能調査を行ない、放射能異常を認めた。1959年11月、原子燃料公社の土井和巳は石見石膏鉱山の坑内において、石膏粘土の一部に放射能異常を認め、分析の結果 U_3O_8 0.01%であった。

1960年8月、著者は石見鉱山地区を調査して、研究の結果、浅井郁太郎の予言したとおり40年後にラジオ重晶石を含むウラン粘土の存在を確認することができた。放射能は一般に黒鉛式鉱床と関連があると認められたので、さらに秋田県花岡鉱山(U_3O_8 0.02~0.08%)・相内鉱山(U_3O_8 0.01~0.03%)・花輪鉱山(U_3O_8 0.05~0.13%)、福島県朝日鉱山(U_3O_8 0.035%)などにおいて、はたしてそれぞれ類似した産状を呈するウランによる放射能異常を確認することができた^{注2)}。

3. 位置および交通

石見石膏鉱山^{注3)}は島根県大田市五十猛町(5万分の1地形図大浦)にある。山陰本線^{おひろ}五十猛駅^{いそだけ}の南直距離1.3kmにあり、山元まで自動車を通じ、これにより鉛石を搬出している。駅から山元までの道は平坦であり便利がよい。付近の地形は第三系の地域であるので一般に



- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 1. 石見石膏鉱山 | Iwami gypsum mine |
| 2. 鬼村試錐点 | Onimura boring point |
| 3. 鬼村鉱山 (gy) | Onimura mine (gypsum) |
| 4. 山陰松代鉱山 (gy) | San'in Matsushiro mine (gy) |
| 5. 長谷鉱山 (gy) | Nagatani mine (gypsum) |
| 6. 吉永鉱山 (Cu) | Yoshinaga mine (copper) |
| 7. 小林鉱泉 (U, Ra) | Kobayashi spring (U, Ra) |
| 8. 池田鉱泉 (U, Ra) | Ikeda spring (U, Ra) |

第1図 島根県石見石膏鉱山位置図
Index map of the Iwami gypsum mine, Shimane prefecture

注2) 第3回原子力総合発表会報告、昭和37年2月。

注3) 租鉱権で石膏を採掘中の部分を石見石膏鉱山と呼び、その余の千原鉛業(株)が探鉱中の部分を石見鉱山と呼び区別している。

緩やかである。冬季風は強いが、年間を通じて作業に支障はない(第1図)。

坑内は酸化作用のためかなり暑いと存在する。

4. 沿革および現況

4.1 沿革

(1) 本鉛床は第二次大戦後、西方約500mにある高丸鉛床を含金錳鉛帯と見て試錐探鉱を積極的に行なっており、昭和28年に黒鉱鉛床を発見した¹⁴⁾。

(2) 昭和32年、三井金属鉛業(株)の権利となり、石膏鉛体の一部は、日満鉛業(株)が、租鉛権を設定して昭和37年7月末までの契約で石膏の採掘を行なっている。

4.2 鉱区関係

租鉛区番号: 租第8号, 395 アール

鉛種名: 石こう

租鉛業権者: 日満鉛業^{注4)}(株)

千代田区丸の内3の2, 三菱21号館5階

原鉛区番号: 採第95号, 89,000 坪

鉛種名: 金・銀・銅・鉛・アンチモニー・亜鉛・硫化鉄・ひ・石こう・重晶石

鉛業権者: 三井金属鉛業(株)

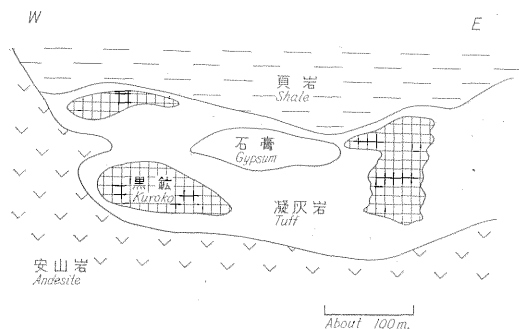
中央区日本橋室町2の1の1

4.3 現況

調査当時、従業員100余名で、石膏粗鉛約月産4,000tを生産していた。粗鉛の一部は水洗され、その尾鉛は坑口付近および海岸に捨てられていた。

5. 地質および鉛床の概要

地質および鉛床の詳細は文献¹²⁾¹⁴⁾にゆずる。鉛床付近の地質は中新世の凝灰岩・頁岩・礫岩および安山岩などからなる。鉛床は凝灰岩ないし凝灰質頁岩の中に塊状に胚胎する。その模式断面図を第2図に示す。これか



第2図 石見鉛床模式断面図
A schematic profile of Iwami deposit

注4) 昭和36年8月から日満興業(株)と改称。

らわかるように黒鉱式鉛床としては秋田県下の鉛床群に比較しうるような典型的な産状であり、鉛量も100万台のものである。黒鉛の平均品位はCu 0.7%, Pb 2.4%, Zn 4.8%といわれる。

石膏鉛体の概略の大きさは200×150×20m位である。この鉛体中には黒鉛はごく一部分しかなく、大部は雪花石膏からなる。精鉛平均品位SO₃ 35%, 上鉛は42%に達する。鉛体の周縁部は一般にせいの石膏に富み、粘土分が多く低品位石膏帯を形成する。

6. 放射能異常

使用した放射能測定機はシンチレーションカウンター(Scintiscope, Reed Curtis, U.S.A.)で、その強度は $\mu\text{r/h}$ (microrentgen per hour) で、自然計数8 $\mu\text{r/h}$ を含む値で現わしてある。

放射能異常は石膏鉛体の周縁部の低品位石膏帯、変質粘土帯などに断続して認められた。異常の最高は坑内で700 $\mu\text{r/h}$ ^{注5)}以上で、50 $\mu\text{r/h}$ 以上の所は諸所に見られる。その範囲は数m~十数mの間坑道に沿って認められ、その中に著しい部分が1×2m程度存在する。その状況は古生層マンガ鉛床に伴うウラン鉛の分布と類似している⁴⁾。

第3図に石見鉛床の放射能異常部分の分布とそのウラン品位を示す。第1表に租鉛約1kgの化学分析の品位を示す。

鉛床付近の一般の放射能はつぎのとおりで、石膏選鉛尾鉛にも放射能が認められた例は他の石膏鉛床にはないことで、本鉛床の粘土にかなり平均してウランが含有されている証拠と見られる。

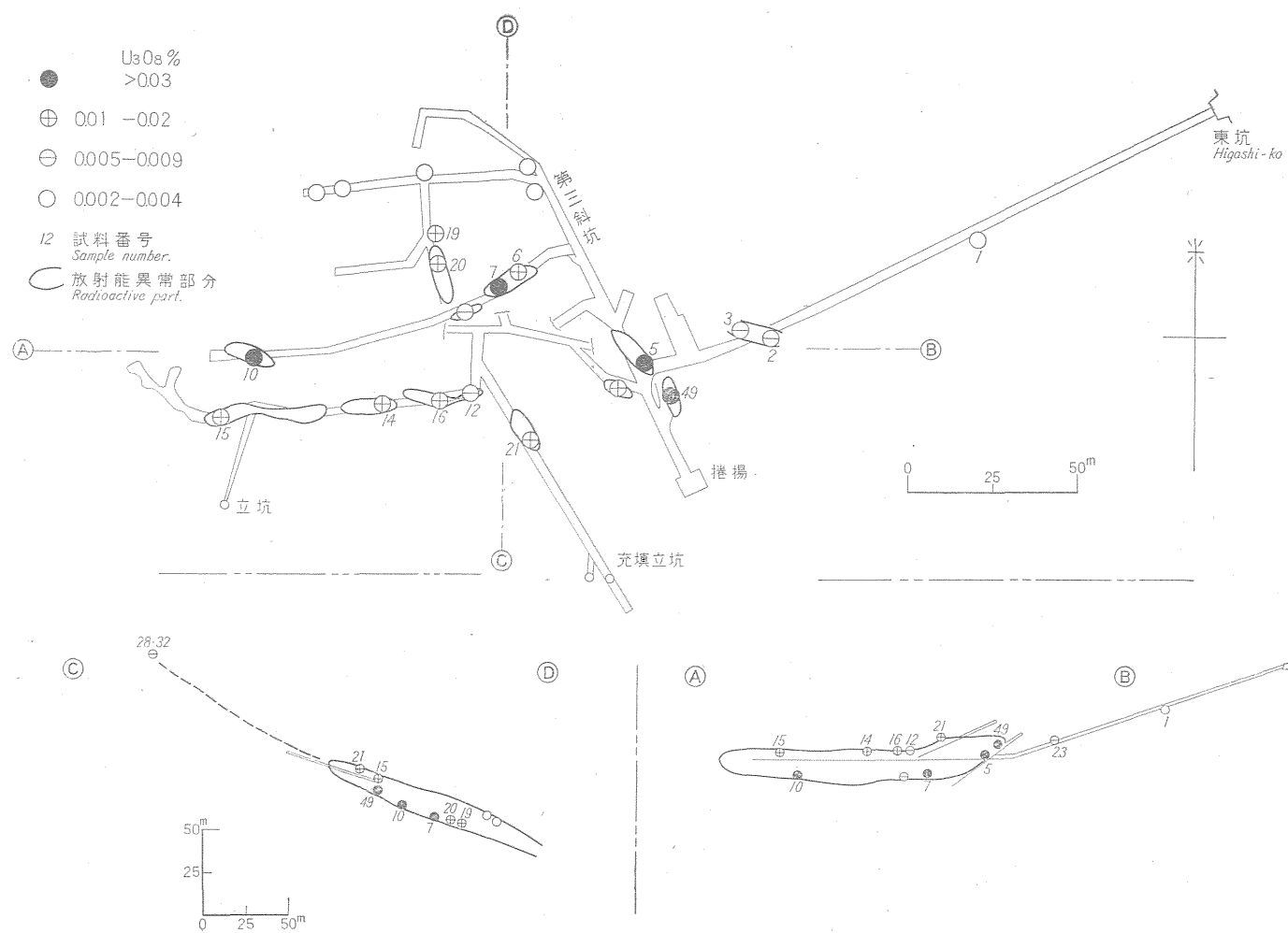
安山岩	12 $\mu\text{r/h}$ (自然計数8 $\mu\text{r/h}$ を含む)
凝灰岩	7
雪花石膏	8
水選石膏	8
含粘土石膏	18
石膏手選尾鉛	20~25
水選尾鉛 SO ₃ 25~29%	25 (U ₃ O ₈ 0.002%)
沈殿池尾鉛 SO ₃ 15%	17 (U ₃ O ₈ 0.001%)

第4図に現地測定放射能強度とウラン分析品位との関係を示す。石見鉛石が他鉛石に比較して、放射能に較べてウラン品位が低いのは一部にラジウムの存在のためと見られる。

7. 含ウラン粘土類の性質

放射能は大部分ウランにより一部はラジウムによるも

注5) この資料は昭和36年度調査による。



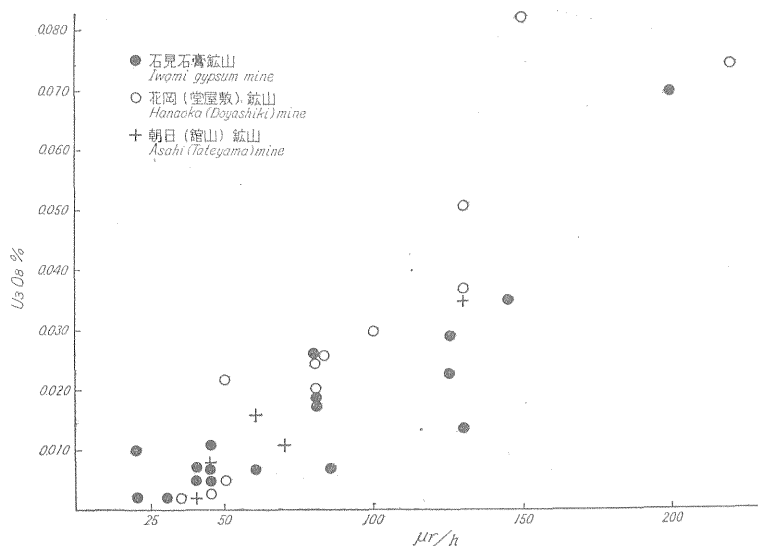
第8圖 石見鉾山放射能分布圖
 Map showing the distribution of radioactivity at the Iwami mine

第1表 石見鉱山地区含ウラン粘土分析表
Chemical analyses of uranium-bearing clays from the Iwami mining area

Number	Radioactivity ($\mu\text{r/h}$)	U_3O_8 (%)	Remarks	Sericite	Chlorite	Montmorillonite	Radio-barite
1	30	0.002	下盤粘土				
2	45	0.005	外縁粘土				
3	85	0.007	"				
5	80	0.026	暗黒色，低品位石膏	10	1		
6	125	0.023					
7	125	0.029	低品位鉱中の黒色粘土	10	0		
10	200	0.070	珪化下盤粘土	0	10		+
12	45	0.007					
14	45	0.011	上盤粘土	0	0	10	
15	80	0.019	"	0	10		
16	25	0.010	ナクライト，平均				
19	80	0.019	下盤粘土				
20	130	0.014	含 jarosite	10	0.5		
21	80	0.018	黒色粘土		10		
26	25	0.002	貯鉱場スライム				
28	40	0.005	林道わき			10	
32	40	0.007	旧坑わき				
33	60	0.007	高丸鉱床廃石山			10	+
35	17	0.001	海岸のスライム				
49	145	0.035		0	10		+
41	18	0.001	松代鉱山，下盤粘土				
45	15	0.001	鬼村鉱山，下盤粘土				
48		0.015	" 試錐芯			10	

1) Analysts: 関根節郎・阿部智彦 (1960)
S. Sekine, T. Abe.

2) 粘土類の項の数字は X-線粉末像から求めた粘土の相対値。
Quantitative relationship of clays is measured with X-ray diffraction patterns.



第4図 石膏粘土の放射能と品位との関係
A relationship between radioactivity of clays and uranium contents

のであることが分離した試料の化学分析, 放射能の精密測定などから認められた。ウランは現在までのところ, 大部分は母岩の変質作用の過程として生成された, ナクライト・緑泥石・絹雲母・モンモリロン石などの粘土鉱物類に密接に共存しているものと見られる。含ウラン粘土を通常の方法を用いて, 粘土分を除去した残部, 黄鉄鉱など硫化鉱物・石膏・石英・長石などに放射能が全く認められないことから含ウラン粘土の存在が推察される。

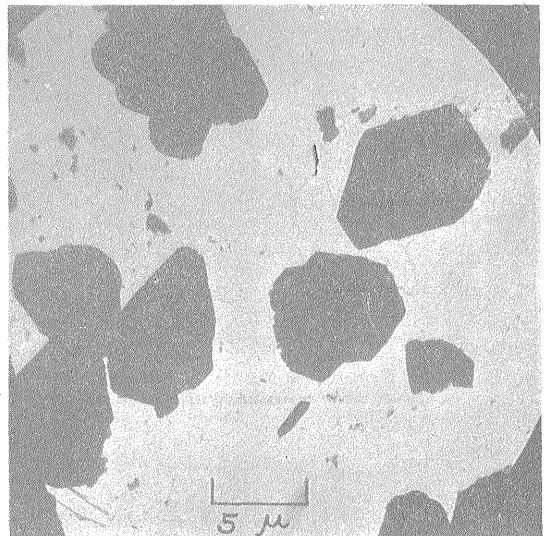
粗鉱でウラン品位の高いものの粘土類は緑泥石・絹雲母で U_3O_8 0.16~0.05% である。これに対してナクライト・モンモリロン石を含む粘土の U_3O_8 は最高 0.01% ばかりであった。このことは後述し第6図に示すように全国的の現象である。また一試料中の粘土の種類は2, 3種類の混合であっても, 1種類が多くの場合他種よりも非常に多い例が普通であった。

また一部にはラジオ重晶石が存在する。これは蜂蜜黄色, 透明で含ウラン粘土と共生している。この重晶石はホクトウ石のように鉛を含むものでなく, 少量のストロンチウムを含み X 線的には通常の重晶石と認められた。ラジウムを含みウランは含有していない。ラジオ重晶石が温泉沈殿物として産することは世界中から報告されているが, ウラン鉱床の露頭に産する例は少ない。Heinrich⁹⁾ によるとこのような例は米国(オクラホマ州, コロラド州)・ソ連(フェルガナ盆地)などから報告され

ている。しかし石見鉱床のような例はまだ報告されていない。しかも本鉱床からは白色の正常重晶石を別個に産する。

ナクライト 黒鉄鉱床からナクライトを産することは珍らしく, 青森県の青森鉱山²⁾ について認められたものである。石見産ナクライトは 1~2 mm の斑点状に黄鉄鉱混りの粒土と共生している。その X 線資料ならびに電子顕微鏡写真を第2表および図版1に示す。これからわかるようにナクライトの大きさは数 μ で明瞭な六角板状を呈している。この鉱石の粗鉱平均は U_3O_8 0.010% であった。

その他の随伴鉱物として, 鉱床南部の旧坑付近の廃石中からは現在も紅色の realger を産する。また黒鉄の試錐芯中には細針状の stibnite を産する。石膏鉱体には諸所に黄色の jarosite を産する。



図版 1 島根県石見石膏鉱山産ナクライトの電子顕微鏡写真
撮影:小尾五明(1961)

An electron photomicrograph of nacrite from the Iwami mine, Shimane Prefecture, photo taken by I. Obi, 1961

第2表 ナクライトの X 線粉末回折資料
X-ray powder diffraction data for nacrite

d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I
7.14	100	2.39	30	1.757	7
4.43*	15	2.31	10	1.736	7
4.37	20	2.28	10	1.683	7
4.14	20	2.24	7	1.619	10
3.96	15	2.09	10	1.605	10
3.58	100	2.07	10	1.588	10
3.46	20	1.956*	10	1.557*	7
3.41	20	1.935	10	1.486	10
3.11	10	1.917	10	1.472	10
3.05	20	1.897	10	1.457	10
2.92	10	1.841	7	1.436*	10
2.56	10	1.815	7	1.368	10
2.51	15	1.795	20	1.357	10
2.42	20	1.774	10	1.264	10

1) Conditions: Cu/Ni, 30kV-10mA, Scale factor 8, Multiplier 1, Time constant 4 sec., Calibrated by quartz, Geigerflex Diffractometer.

2) Sample number is 16, Iwami mine.

3) * Due to dickite.

8. 石見鉱床付近の放射能測定

8.1 高丸鉱床の異常⁴⁾

石見鉱床の西方約 500 m にあり, かつて珪鋳帯の金を目的に採鉱されたもので, 本鉱床の露頭とみなされた重要なものである。この高丸鉱床の廃石山は一帯に放射能異常が認められ, その一部には 60 μ r/h, U_3O_8 0.007% が認められた。ウランはおもにモンモリロン石に関係し, また石見鉱床と同様の蜂蜜黄色のラジオ重晶石を伴っている。母岩の変質粘土はモンモリロン石によって代表される。

8.2 鬼村鉍山の異常⁴⁾

鬼村鉍山は歴史的にはわが国で最初に石膏が採掘された所で、1891年(明治24年)であった。その鉍床を現在も引続き小規模に採掘中で、当時月産約400tであった。母岩は凝灰岩が多くその緑泥化を受けたものは坑内で最高25 μ r/h, U₃O₈ 0.001%であった。

鉍区内の8号試錐芯の一部にはU₃O₈ 0.015%が認められた。同試料はモンモリロン石と正常重晶石などからなり、ウランは前者に関係している。この試料は地表下-38mから採集され、さらにこの下42mには方鉛鉍

を産するよして、石見鉍床のもと類似した産状を呈する。

8.3 山陰松代鉍山⁴⁾

本鉍山の母岩は黒色頁岩で、一部には天然記念物の霰石・巻貝化石・こはくなどを産するのが特徴的である。石膏鉍床の下盤位の凝灰質頁岩の油肌化を受けたものの一部は18 μ r/h, U₃O₈ 0.001%であった。

8.4 長谷鉍山⁴⁾

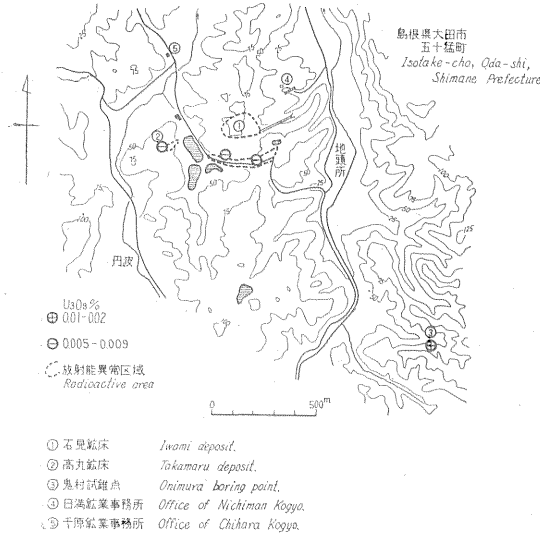
凝灰岩中の石膏鉍床であるが、坑口付近の粘土などには異常は認められなかった。

9. 粘土類の異常配列と含ウラン量

黒鉍式鉍床における変質粘土は中央部から周縁部に向かって標式的には累帯配列をなしていることがすでに岩生周一⁷⁾⁸⁾⁹⁾によって報告されている。それによると中央部はカオリン鉍物であり、外側に向かって絹雲母・緑泥石帯を経て、最外縁部はモンモリロン石となっている。

石見鉍山地区の場合にはこの累帯配列がかなり標式的に観察できる場合と見られる。すなわち第5図に示すとおり、中央部の鉍床付近にはカオリン(ナクライト)・絹雲母・緑泥石帯があり、周縁部がモンモリロン石帯(高丸鉍床、露頭線など)となっている。

粒土鉍物中に含有されているウランの量は第6図のように概括される。これからわかるようにウランは絹雲母—緑泥石帯に濃集することが認められる。このことはウランが母岩の変質作用の過程において他の微量元素、たとえばMo, Rb, Sr, Tl, Zrなどととも移動して濃集したものとみられる。これは今後さらに多くの例につ



第5図 石見鉍山地区関係図
A general map of the Iwami mining area

第3表 含ウラン粘土の分光分析結果
Spectrographic analyses of uranium-bearing clays

	石 10	石 49		石 10	石 49		石 10	石 49
Ag	4	4 ⁻	Cu	5	6 ⁺⁺	Sb	tr.	tr. ⁺
Al	6 ⁺⁺⁺⁺	6 ⁺⁺⁺⁺ 以	Fe	6 ⁺	6 ⁺	Si	6 ⁺	6 ⁺⁺⁺
As	tr. ⁻	tr. ⁺	Ga	tr.	3 ⁻	Sn	—	?
Au	?	tr. ⁻	Ge	?	—	Sr	6 ⁺⁺⁺	6 ⁻
B	?	1	Mg	6 ⁺⁺⁺	6 ⁺⁺	Ti	2	3
Ba	6 ⁺⁺⁺⁺ 以	6 ⁺⁺⁺⁺ 以	Mn	3	4 ⁻	Tl	3	2
Bi	—	—	Mo	4 ⁻	4 ⁻	V	2 ⁻	1 ⁺
Ca	6 ⁺⁺⁺⁺ 以	6 ⁺⁺⁺⁺	Ni	tr. ⁺	1 ⁺	Zn	1 ⁺	3
Co	—	—	P	—	—	Zr	?	?
Cr	?	1	Pb	3	5 ⁺			

- 分析者: 金子博祐(1961)
分光分析(定性), 島津リトロ型大型石英分光器, 直流アーク, 220 v, 7A, スリット幅 0.015 mm, 露出時間 30 秒, 電極間隙 2 mm, 試料に同量(W%)のNaClを混合。
- 濃度の表示法
←弱 ? tr.⁻ tr. tr.⁺ 1⁻ 1⁺ 5⁻ 6⁻ 6⁺ 6⁺⁺ 6⁺⁺⁺ 6⁺⁺⁺⁺ 6⁺⁺⁺⁺以上 →強, 一検出せず。
- Be, Cd, Ce, Hg, In, Pd, Pt, Ta, Te, Th, W, Y, 検出せず。
Analyst: H. Kaneko, 1961, using a Shimadzu quartz spectrography QL-170.

	カオリン <i>Kaolin</i>	絹雲母 <i>Sericite</i>	緑泥石 <i>Chlorite</i>	モンモリロン石 <i>Montmorillonite</i>
石見 <i>Iwami</i>	■	■	■	■
鬼村 <i>Onimura</i>				■
舞割 <i>Maibuchi</i>		■		
花岡 <i>Hanooka</i>		■	■	
朝日 <i>Asahi</i>		■		

ウラン含有量 Uranium content
試料数 Number of samples

第 6 図 含ウラン粘土の量的関係
A tentative quantitative relationship of uranium-bearing clays

いて考究すべき点である。微量成分の分光分析の結果を第 3 表に示す。

10. むすび

島根県石見石膏鉱山のウランによる放射能異常は黒鉱式石膏鉱床の周縁部にある粘土帯の一部に諸所に認められた。その程度は最高 700 $\mu\text{r}/\text{h}$, U_3O_8 0.16% に達した。50 $\mu\text{r}/\text{h}$ 以上の部分は数 m ~ 十数 m にわたり連続しており、その中に著しい部分が 2×1m 位存在する。この賦存情況は古生層マンガン鉱床に伴なうウランの産状に類似しているが、全体のウラン量はそれよりも多いものとみられる。

ウランは現在までのところ粘土類の中に含有されているものとみられ、とくに緑泥石・絹雲母に多いことが認められた。少量のウランはナクライト・モンモリロン石中にも含まれている。

ラジオ重晶石が含ウラン粘土と共生していることは世界でもはじめての例である。

粘土類中のこのようなウランの存在は他の微量元素の行動とともに黒鉱式鉱床の成因上関係ある事項を含むものとみられる。(昭和 35 年 8 月調査)

文 献

- 1) 浅井郁太郎: 工業鉱物, p. 179, 1920
- 2) 林 久人: 二三の黒鉱式鉱床の変質帯の鉱物学的研究, 鉱物学雑誌, Vol. 5, No. 2, p. 101~125, 1961
- 3) 林昇一郎: 本邦の黒鉱式鉱床に認められる放射能異常について, 日本鉱業会誌, Vol. 77, No. 877, p. 2~6, 1961
- 4) 林昇一郎・井上秀雄: 栃木県加蘇鉱山の含ウラン鉱床, 地質調査所報告, No. 190, p. 377~381, 1961
- 5) Heinrich, E. W.: Mineralogy and geology of radioactive raw materials, p. 127~128, p. 553~556, 1958
- 6) 今井秀喜・林昇一郎・河内洋佑: 岩手県山口鉱山の含ウラン鉱床, とくに閃ウラン鉱について, 地質調査所報告, No. 190, p. 135~143, 1961
- 7) Iwao, S. et al: Wall rock alteration of the Kosaka mine, Akita Prefecture, Japan, Rept. No. 162, Geol. Surv. Japan, 1954
- 8) Iwao, S.: Hydrothermal gypsum deposits of the Wanibuchi mine, Japan, with special reference to alteration of wall rocks, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 27, (24), p. 105~131, 1956
- 9) Iwao, S.: Some aspects on hydrothermal alteration with special reference to the occurrence of clay minerals in Japan, Sci. Pap. Coll. General Educ. Univ. Tokyo, Vol. 8, (1), p. 93~113, 1958
- 10) 神保小虎: 黒鉱の放射能調査, 地質学雑誌, Vol. 25, p. 545, 1918
- 11) 木下亀城: 黒鉱の放射能測定, 地球, Vol. 1, No. 6, p. 57~61, 1924
- 12) 小関幸治他 4 名: 島根県下の石膏鉱床 (その 1), 石膏と石灰, No. 32, p. 1575~1583, 1958
- 13) Murakoshi, T. & K. Koseki: Summary of geology and mineralogy of the uranium and thorium deposits in Japan, Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol. 2, p. 727~729, 1958
- 14) 重井平四郎・志賀鉄太郎: 石見鉱山の調査探鉱の現況, 日本鉱業会誌, Vol. 70, p. 787~798, 1954
- 15) 高畠 彰: 最近発見された東北日本内帯新第三系中のウランについて, 鉱山地質, Vol. 10, p. 124~126, 1960