

## 特別天然記念物「北投石 *Hokutolite*」放射性能力について

成田 榮樹\*

### 1. はじめに

北投石 (*Hokutolite*) は明治39年 (1906年) に地質学者の岡本要八郎が台湾の北投温泉瀧乃湯<sup>1</sup>で発見した鉱物である。玉川温泉<sup>2</sup>から見つかった鉱物も同じものであると報告された。学術的には含鉛重晶石 (鉛を含む重晶石) と呼ばれる。

重晶石は硫酸バリウムが結晶してできた鉱物であるが、北投石の主組成は  $\text{BaSO}_4$  と  $\text{PbSO}_4$  でおおよそ  $\text{BaSO}_4 : \text{PbSO}_4 = 4 : 1$  の割合である。その他に微量のストロンチウム、カルシウム、鉄、放射性同位元素のラジウムなどを含んでいる。

玉川温泉の北投石は、温泉が流れる湯川<sup>ゆせん</sup>に浸っている石、岩盤の浅い部分やしぶきのかかる場所に皮殻状<sup>ひかく</sup>に付着して生成する。成長の速さは、年に厚さ0.5mm~1.0mm程度ともいわれている。

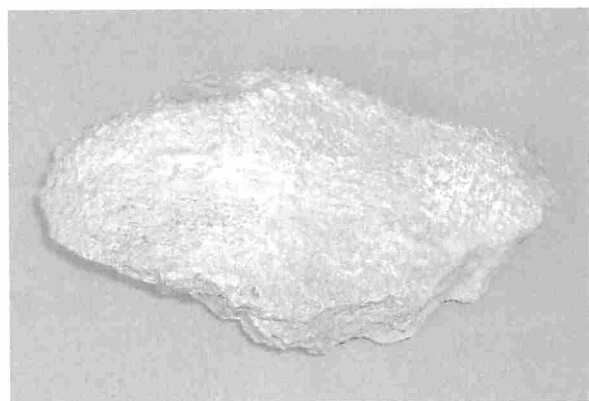


写真1 皮殻状繊維集合体 AKPM724-26

斜方晶系に属し、比重6.1、結晶は菱形板状<sup>りょうけい</sup>であるが、結晶は少なく普通は繊維状集合体からなる。表面は、菱形板状の結晶を示すものは少なく、多くは皮殻状で産出する。内部は褐色と白色の縞模様 (類帯構造) になっていて、白色層は褐色層に比べて鉛の含有量が少いが、放射能や蛍光性は強い。

玉川温泉の北投石は、大正11年 (1922年) 10月12日に国の天然記念物に、さらに昭和27年3月29日に特別天然記念物に指定され保護されている。

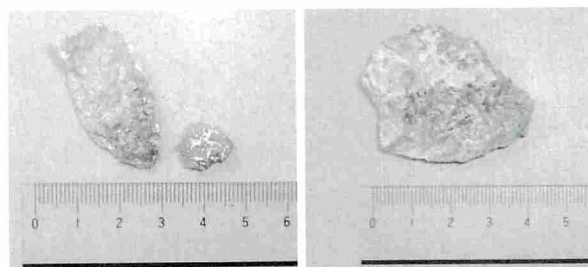


写真2 菱形板状結晶の北投石 (左) と含鉛重晶石 (右)



写真3 褐色と白色の縞模様 (類帯構造) AKPM724-26

### 2. 北投石の放射能について

北投石は微量に含まれるラジウムによって、放射能がある。ラジウムはアルカリ土類金属の一つで、化学的性質はバリウムに似ている。安定同位体は存在せず、質量数226の同位体は半減期1602年の $\alpha$ 崩壊をして質量数222のラドンに壊変していく。崩壊系列はウラン系列に属している。

ラジウム1g当たりの放射能の強さを、1Ci (キュリー) と定義している。計算では質量数226のラジウム1g中には  $2.7 \times 10^{21}$  個のラジウム原子がある。1Ci =  $3.7 \times 10^{10}$  Bq (ベクレル) に相当するので、ラジウム原子 (1g)  $2.7 \times 10^{21}$  個は、わずか1秒間で  $3.7 \times 10^{10}$  個が $\alpha$ 線を放出して壊変する。

### 3. 放射線の性質

$\alpha$  (アルファ) 線は荷電を帯びた重い粒子のため直進性があり、飛跡の周りにイオン対を生じさ

\* 秋田県立博物館  
\*1 台北市北投区  
\*2 秋田県仙北市田沢湖玉川

せる。物質中を通過するとき、主に物質中の軌道電子と相互作用を繰り返してエネルギーを失い、最後には電子を軌道に取り込み、ヘリウム原子となって停止する。電離作用が強く、物質中で短い距離を走って急速にエネルギーを失うので、透過力は弱く、薄い遮蔽物で阻止することができる。

$\beta$  (ベータ) 線は電荷を帯びた軽い粒子で、物質を通過中に主として電離作用でエネルギーを失う。相手の電子および核の電場との相互作用によって方向が変わり易く、飛跡は曲がりくねったものとなる。 $\alpha$  線に比べると電離作用が弱いので、物質を走行中に単位走行距離あたり失うエネルギーは小さく、透過力はより強い。

$\gamma$  (ガンマ) 線は最も減衰しにくく、厚い遮蔽を透過し、空気中ならば数10~100m程度の長さを直進する。物質内では、光電効果、コンプトン散乱、電子対生成によって2次電子を生じさせる。 $\gamma$  線が人体に及ぼす影響は、体内に生じた2次電子の電離量に比例する。Sv (シーベルト) は、 $\gamma$  線の電離量を尺度として表した線量である。

#### 4. 測定器について

放射能の測定には、GM式放射線測定器(MODEL923)を用いた。端窓型のGM計数管<sup>1</sup>を備え、1分間当たりの $\gamma$ 線(および $\beta$ 線)数(cpm<sup>2</sup>)をカウントすることができる。

線量当量を測定するために、財団法人日本科学技術振興財団 情報システム開発部<sup>3</sup>より線量計「はかるくんII」を借用した。 $\gamma$ 線(および $\beta$ 線)の線量当量を0.001~9.999 $\mu$ Sv/hの範囲で測定できる。感度は0.01 $\mu$ Sv/hにおいて10cpm以上。

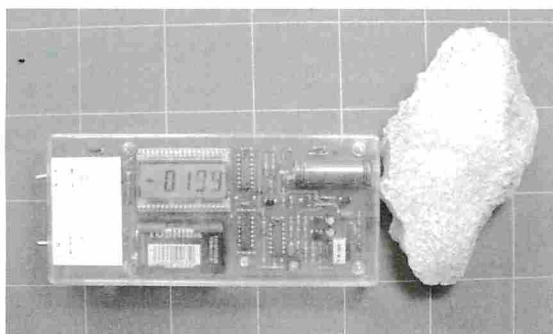


写真4 GM式放射線測定器(MODEL923)による測定



写真5 線量計「はかるくんII」による測定

#### 5. バックグラウンドの測定

私たちは通常、空気中のラドンなどや宇宙からの宇宙線、大地からの放射線、食物中に含まれるカリウムなどから年間に約2.4mSv程度の放射線を受けている。したがって、北投石の放射能と線量当量は測定値よりバックグラウンド分を減じねばならない。

放射能はGM式放射線測定器で1分間の検出量(壊変毎分cpm)をカウントして、2回の平均を求めた。

単位時間当たりの線量当量<sup>4</sup>( $\mu$ Sv/h)は「はかるくんII」2台のそれぞれ2回の測定値を平均して求めた。地質研究作業室の他に館内6カ所について測定して、測定値を比較した。

測定場所	放射能		線量当量	
		cpm		$\mu$ Sv/h
地質研究作業室	3階	15.5		0.068
大会議室	3階	17.0		0.059
小会議室	2階	14.5		0.050
事務室	2階	14.5		0.044
休憩コーナー	2階	15.5		0.049
自然展示室	1階	18.5		0.053
荷解室	1階	16.0		0.049
平均		15.9		0.053

表1 館内の放射能と線量当量の測定値

館内の平均として、放射能は15.9cpm、線量当量は0.053 $\mu$ Sv/hあった。1年間では約0.46mSvに相当するが、この値は全国平均よりは低い値となっている。参考までに、胃のエックス線集団検診は1回あたり約0.6mSv、胸のエックス線集団検診では1回あたり約0.05mSvだけ受ける。

\*1 ガイガー・ミュラー計数管 (Geiger-Müller counter)

\*2 放射能の単位 壊変毎分 Counts per Minute

\*3 〒102-0091 東京都千代田区北の丸公園2-1 TEL: 03-3212-8504 FAX: 03-3212-8596

\*4 単位時間を省略して線量当量と表記する



### 6. 北投石の放射能と線量当量の測定

北投石は、常設展示以外に収蔵庫内に30点以上ある。



写真6 収蔵資料の北投石

北投石の特徴の類帯構造がはっきりしないものが大半であるが、含鉛重晶石の褐色結晶を有しているものが数点ある。

放射線の強さは資料からの距離の2乗に反比例して減少する。放射能と線量当量の測定は、写真4及び5のように検出器を資料に接触させるようにしておこなった。バックグラウンドの測定と同様にそれぞれ2回測定して平均値を求めた。また比較のために、川原毛硫黄鉍山跡<sup>かわらげ</sup>の含鉛重晶石についても測定した。

表2は資料の放射能(cpm)と線量当量( $\mu$ Sv/h)の値であるが、それぞれの測定値よりバックグラウンド分を減じた値である。また、[1/BG]欄は、バックグラウンドに対する倍率である。

整理番号1(AKPM724-26)は、写真1及び写

整理番号	登録番号	分類番号	産地	放射能		線量当量	
				cpm	1/BG	$\mu$ Sv/h	1/BG
1	AKPM724-26		玉川温泉	211.6	13.3	1.034	19.6
2	AKPM資料	1	玉川温泉	72.6	4.6	0.257	4.9
3	AKPM資料	2	玉川温泉	54.6	3.4	0.206	3.9
4	AKPM724-53	1	玉川温泉	60.6	3.8	0.394	7.5
5	AKPM724-53	2	玉川温泉	6.6	0.4	0.021	0.4
6	AKPM724-53	3	玉川温泉	19.6	1.2	0.140	2.7
7	AKPM724-53	4	玉川温泉	30.1	1.9	0.181	3.4
8	AKPM724-53	5	玉川温泉	9.6	0.6	0.022	0.4
9	AKPM724-53	6	玉川温泉	9.6	0.6	0.022	0.4
10	AKPM724-53	7	玉川温泉	53.6	3.4	0.321	6.1
11	AKPM724-53	8	玉川温泉	46.6	2.9	0.195	3.7
12	AKPM724-53	9	玉川温泉	79.1	5.0	0.276	5.2
13	AKPM724-53	10	玉川温泉	27.6	1.7	0.101	1.9
14	AKPM724-53	11	玉川温泉	74.1	4.7	0.272	5.1
15	AKPM724-53	12	玉川温泉	82.1	5.2	0.181	3.4
16	AKPM724-53	13	玉川温泉	3.6	0.2	0.020	0.4
17	AKPM724-53	14	玉川温泉	6.1	0.4	0.016	0.3
18	AKPM724-53	15	玉川温泉	29.1	1.8	0.234	4.4
19	AKPM724-53	16	玉川温泉	92.1	5.8	0.237	4.5
20	AKPM724-53	17	玉川温泉	49.6	3.1	0.156	2.9
21	AKPM724-53	18	玉川温泉	101.1	6.3	0.323	6.1
22	AKPM724-53	19	玉川温泉	58.1	3.6	0.266	5.0
23	AKPM724-53	20	玉川温泉	52.1	3.3	0.140	2.7
24	AKPM724-53	21	玉川温泉	1.1	0.1	0.017	0.3
25	AKPM724-53	22	玉川温泉	5.1	0.3	0.018	0.3
26	AKPM724-53	23	玉川温泉	49.6	3.1	0.139	2.6
27	AKPM724-53	24	玉川温泉	22.6	1.4	0.063	1.2
28	AKPM724-53	25	玉川温泉	23.6	1.5	0.051	1.0
29	AKPM724-53	26	玉川温泉	23.1	1.5	0.051	1.0
30	AKPM724-53	27	玉川温泉	48.1	3.0	0.204	3.9
31	AKPM724-53	28	玉川温泉	45.6	2.9	0.103	1.9
32	AKPM722-24	1	川原毛	0.6	0.0	0.018	0.3
33	AKPM722-24	2	川原毛	7.1	0.4	0.012	0.2
34	AKPM722-24	3	川原毛	6.6	0.4	0.017	0.3
35	AKPM722-24	4	川原毛	6.1	0.4	0.009	0.2

表2 北投石と含鉛重晶石の測定値

真2の通り類帯構造がはっきりしており、放射能及び線量当量がバックグラウンドの約16倍ある。整理番号2以降については、放射能及び線量当量が

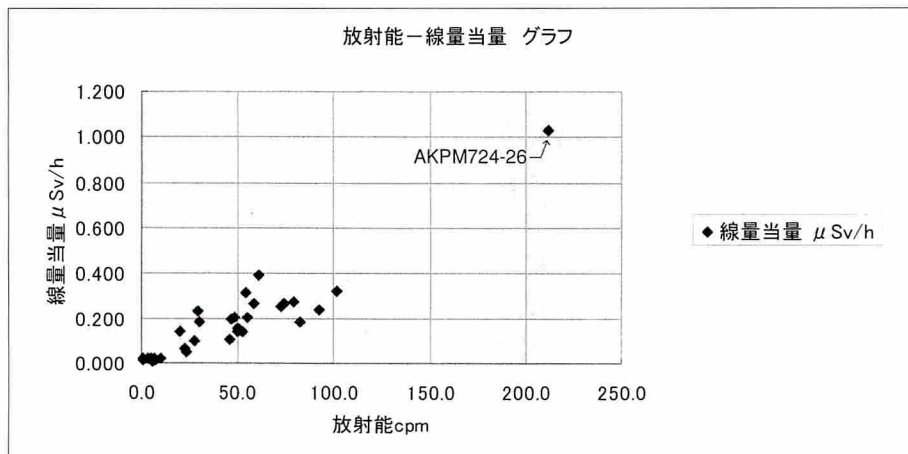


図1 放射能と線量当量との相関関係

バックグラウンドに対して3～6倍までのものが約半数ある。残りは類帯構造や含鉛重晶石の褐色結晶が認められず、放射能がほとんどないことより、北投石とは言い難い。

川原毛硫黄鉱山跡の含鉛重晶石については、放射能は認められなかった。学術的には北投石も含鉛重晶石に属するが、川原毛硫黄鉱山跡の含鉛重晶石とは物性が異なり、区別すべきと考える。

資料に共通の放射性同位体が含まれるならば、統計的には放射能と線量当量とに相関関係があると考えられる。図1は表2のデータによる放射能と線量当量のグラフである。ばらつきがあるものの、相関関係が認められる。資料にラジウムなどの放射性同位体が共通に含まれるものと推測される。ばらつきは、資料の部位によって放射能が異なり、検出器をあてる位置のずれによる誤差と考えることができる。

## 7. ウィルソン霧箱による放射線の観察

過冷却によって発生させたエチルアルコールの過飽和状態中に放射線を入射させると、窒素原子や酸素原子の電子がはじき飛ばされ、通過した跡に気体分子のイオンが生じる。そのイオンを凝結核として、エチルアルコールは液体（霧）に戻り、飛跡が飛行機雲のように観測される。

ガラス容器の底に円形の黒い紙を敷き、周囲のスポンジにエチルアルコール染みこませる。容器の底をドライアイス（約1kg）で冷やししながら、周囲を暗くして懐中電灯で斜め下に向けて照射する。黒い紙の中央に線源として北投石<sup>1</sup>を置いて、放射線の飛跡を観察する。

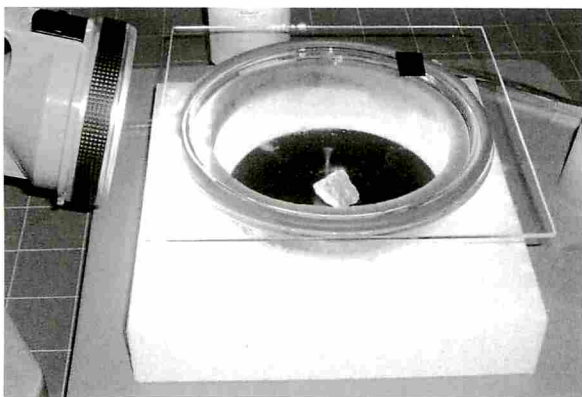


写真7 霧箱 観察の様子

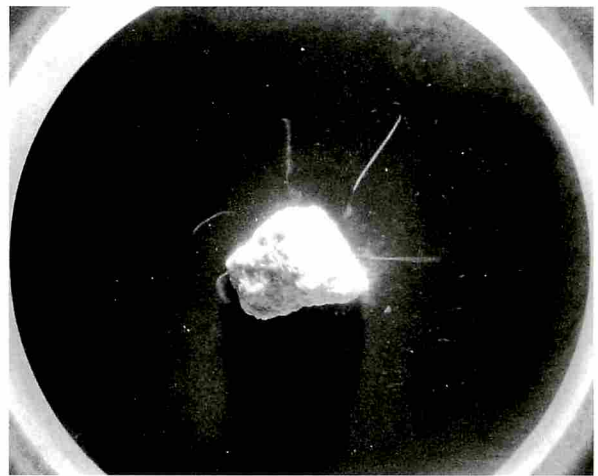


写真8 白い糸状の部分がα線の飛跡

線源の放射能や線量当量はさほど強くはないが、間断なく放射される飛跡を観察することができた。飛跡が太く直線状であることより、放射線の種類はα線であることがわかる。円形の黒い紙の直径が15cmであることより、α線の飛跡は3cm～4cm位あることがわかる。

## 8. おわりに 放射能と線量当量について

放射性同位元素が壊変する速度、つまり単位時間当たりの壊変数のことを放射能（放射線を放出する性質及び能力）という。1秒間に1回の壊変が起きるとき1ベクレル（Bq）といい、1分間に1回の壊変を1壊変毎分（cpm）という。1cpm＝約0.0167Bqとなる。表1及び表2の放射能の測定値（cpm）は資料全体から放出される放射線ではなく、GM式放射線測定器のGM管より検出される放射線数を表している。

放射線が照射された物質の単位質量当たりに吸収されたエネルギーの量を吸収線量といい、1kgの物質に1Jの放射線エネルギーが吸収されたとき1グレイ（Gy）という。

吸収線量が同じであっても、γ線と中性子では線質が異なるため生物影響が異なる。生物学的効果比を放射線の種類に応じて定めたものを放射線荷重係数<sup>2</sup>といい、吸収線量と放射線荷重係数及び修正係数との積を線量当量（または等価線量）という。単位はシーベルト（Sv）、α線は1Gyが20Svとなる。

\*1 整理番号2 AKPM資料1 放射能72.6cpm, 線量当量0.257μSv/h

\*2 β線、γ線、X線は1, 中性子は5～20, α線は20

放射線による影響の起こる確率は臓器によって異なる。全身被爆により臓器全部が一様に被爆したときのガンの発生数を1としたときの各臓器のガン発生数の比を組織荷重係数<sup>\*1</sup>といい、等価線量と各組織・臓器の組織荷重係数との積和を実効線量という。単位はシーベルト (Sv)。

測定機器「はかるくんII」で表示される値は、1時間当たりの線量当量であるが、省略して線量当量と表記した。1  $\mu\text{Sv/h} = 10^{-6}\text{Sv/h}$ である。

放射線に関する物理量が分かりにくいということで、単位等について整理して平易にまとめた。

GM 計数管や線量計で理解していても、霧箱中に間断なく放射される飛跡を見て、改めて放射線の存在を実感することができた。

## 9. 参考文献

「原子力、放射線用語集」平成14年7月、(財)放射線利用振興協会

「原子力体験セミナー  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  線の測定」1998年11月、(財)放射線利用振興協会

「改訂最新元素知識」, 近角聰信・木越邦彦・田沼静一, 東京書籍

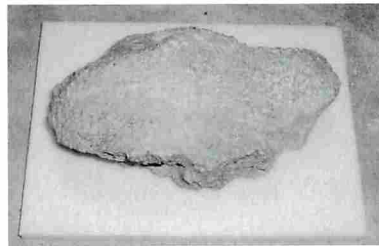
「理科年表」平成14年度版, 丸善, p.904

「秋田県立博物館10年のあゆみ」1984, 嵯峨二郎, p.106

「高校生のための放射線実習セミナー」, 財団法人日本原子力文化振興財団, p.18

\*1 生殖線0.2, 骨髄0.12, 結腸0.12, 肺0.12, 胃0.12, 膀胱0.05, 乳房0.05, 肝臓0.05, 食道0.05, 甲状腺0.05, 皮膚0.01, 骨表面0.01, 残りの組織・臓器0.05

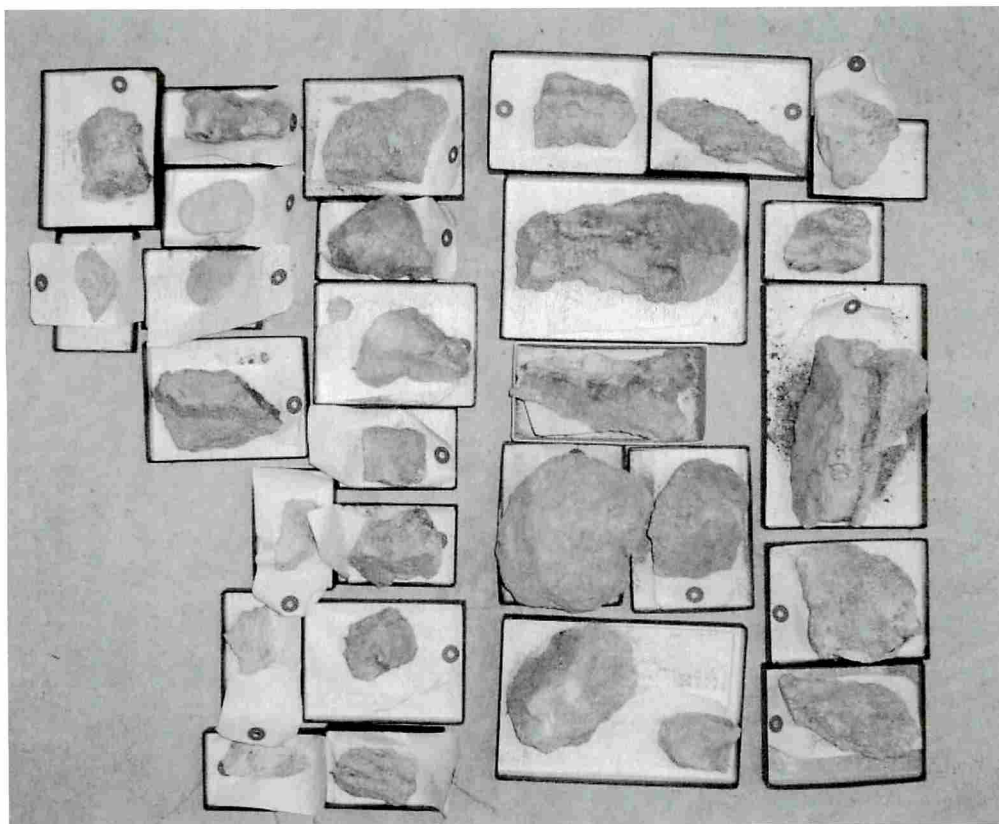




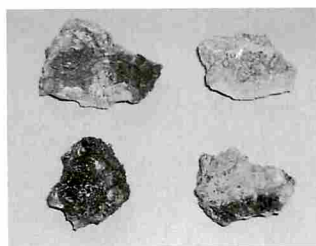
AKPM724-26 北投石 (玉川温泉)



AKPM資料1・2 北投石 (玉川温泉)



AKPM724-53 北投石 (玉川温泉)



AKPM722-24 含鉛重晶石 (川原毛硫黄鉍山跡)  
かわらげ