

Measurement of ultra low-level radioactivity in the tunnel of former Okoya Copper Mine

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/16953

旧尾小屋鉱山のトンネル内で極微量の放射能を測る

小村和久

〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

K. Komura: Measurement of ultra low-level radioactivity in the tunnel of former Ogoya Copper Mine

γ線検出器の保有台数世界一の尾小屋地下測定施設

我が国有数の産出量を誇っていた旧尾小屋銅鉱山が小松市の南東約 20km にある。尾小屋鉱山は 40 年前に閉山され、2600 人を超える鉱夫とその家族で賑わっていた鉱山町が消え、物資の運搬や通学・通勤で使われていたトンネル（尾小屋-倉谷隧道）は通行止めになっている。

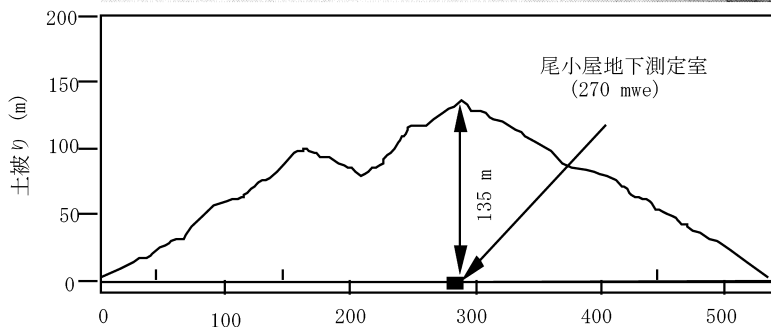
我々は、地上では計れない極めて微量の放射能の測定を目的に、小松市から道路占有許可を得て、1991 年に地下測定室の建設を始めた。4 年がかりの手作業でトンネルの整備を行ない、プレハブ小屋に備えた 2 台の検出器で測定を開始したのは 1995 年の 6 月末であった。最初の測定は、その年の 2 月 18 日に落下した「根上隕石」中に極微量存在する宇宙線が当たってできた宇宙線誘導核種の測定であった。現在、ここは極低バックグラウンド仕様のガンマ線測定装置 18 台を備えた世界トップクラスの Ogoya Underground Laboratory として知られるようになった。

測定室はトンネル入り口から 300m のトンネル中央部（水深換算の深さ 270m）地点にある。ニュートリノ観測で有名な東大宇宙線研究所のスーパーカミオカンデ（2700m）の 1/10 の深さしかないが、金沢城の建物解体時に廃棄された古い鉛を遮蔽材として使うことによって、地下 1000m クラスの地下測定室にひけを取らない微量の放射能測定が可能である。



尾小屋トンネル入り口

左の小屋に 21 世紀 COE 経費で購入した検出器冷却用の液体窒素製造装置 2 台が設置されている。冬季は積雪が 1.5m を超えるので車では入り口まで登れず、15m の階段を使っている。



トンネル断面図

測定室は入口から 300m 地点にある。凝灰岩の岩盤の厚さは 135m あり水深に換算した深さは 270m に相当する。透過力の強い宇宙線ミューオンの強度は地上の 1/200、中性子強度は 1/300 のレベルまで下がっている。

尾小屋は車でわずか 25 分の至近距離にあり、JR 小松駅や小松空港とも近い(図 1)い点で世界一便利な地下測定施設でもある。

我が国とヨーロッパ諸国の地下測定室で稼働しているゲルマニウム検出器を表に比較した。平成 18 年 6 月現在、尾小屋地下測定室には、同軸型 1 台、平板型 6 台、井戸型 8 台、合わせて 15 台の極低バックグラウンドゲルマニウム半導体検出器が稼働しており、台数ではダントツの世界一である。同じサイズと同軸型ゲルマニウム検出器より 3 倍検出効率の高い井戸型の検出器と低エネルギー γ 線に対する検出効率とエネルギー分解能の高い平板型検出器が他機関より圧倒的に多いのが尾小屋の特長であり強みでもある。地下深度はそれほど深くないが、金沢城の鉛瓦を溶解して作った鉛ブロックを検出器の遮蔽に使うことによって、世界トップクラスのバックグラウンド性能を達成している。(ヨーロッパ諸国では、ローマ時代の沈没船から引き上げた古い鉛を遮蔽に使っている機関もある)

表 1. 尾小屋と世界の主な地下測定室の比較

研究機関	設置場所	国	深さ		Ge検出器			
			(m)	(mwe)	同軸型	平板型	井戸型	合計
金沢大	尾小屋	日本	135	270	1	6	11	18
東大	神岡	日本	1000	2700	1			1
欧州-IRMM	ギール	ベルギー	225	500	3	1		4
Max Planck	ハイデルベルク	ドイツ	~7	15	3		1	4
VTKA	ドレスデン	ドイツ	47	110	2		1	3
L.S.C.E	フレジュストンネル	フランス	1750	4800	2		1	3
INFS-LNGS	グランサツ	イタリア	1400	3800	2			2
IAEA	モンテカルロ	モナコ	14	35	2		2	4
PTB	ブラウシュバイク	ドイツ	925	2100	2 (広エネルギー領域型)			2
アイスランド大	レイキャビク	アイスランド	165	360	NaI(Tl)			1



尾小屋地下測定室内部。検出器は分厚い鉛と鉄で遮蔽した中にある。緑色の容器は検出器冷却のための液体窒素の入りのデューワーである。この小屋には奥に 3 台、手前に 2 台の検出器が設置されている。

尾小屋地下測定施設での研究例

尾小屋地下測定室では、従来の 1/10 以下の試料でも高い精度で測定できる。サンプリング、試料の前処理、測定時間等の大幅節減はもとより、これまで手が出せなかった新しい研究へのチャレンジも可能になった。同時に 15 個の試料を測定できるので、複数の研究を同時に進める中で新しい研究の芽を育てたり、共同研究や受託研究の受け入れも可能である。以下、尾小屋地下測定室が稼働して 10 年の間に国内及び国外の学会で発表し、注目された研究例を紹介する。

1995 2月18日落下の「根上隕石」の宇宙線誘導核種測定（最初の測定）

1996 1月7日落下の「つくば隕石（5破片試料）」の宇宙線誘導核種測定

1997 3月11日発生の動燃アスファルト固化処理施設爆発事故で漏洩した ^{137}Cs と ^{134}Cs の測定（気象研と共同研究、事故後数日にわたって放射能プルームの挙動を解析）

1998-2000 環境中性子により生成した宇宙線誘導核種 ^{24}Na 、 ^{46}Sc 、 ^{60}Co 、 ^{76}As 、 ^{134}Cs 、 ^{152}Eu 、 ^{192}Ir 、 ^{198}Au など約 20 核種発見

1999 9月26日落下の「神戸隕石」の宇宙線誘導核種測定（ ^{28}Mg 、 ^{57}Ni 等を発見）

9月30日発生の東海村 JCO 臨界事故の環境影響評価調査研究グループ代表として JCO 臨界事故調査（Elsevier 社の学術雑誌 Journal of Environmental Radioactivity 特集号で臨界事故に関する世界初の論文集発表：21 論文中 5 編が尾小屋での研究）

2001-2002 中性子誘導核種 ^{152}Eu の測定（20 年以上議論されてきた実測値と計算値の不一致問題の解決、新しい原爆線量評価システム(DS02)の策定に寄与）

2003 従来より 1 桁高い解像度で大気中に存在する放射性物質 ^{210}Pb と ^7Be の変動を解析

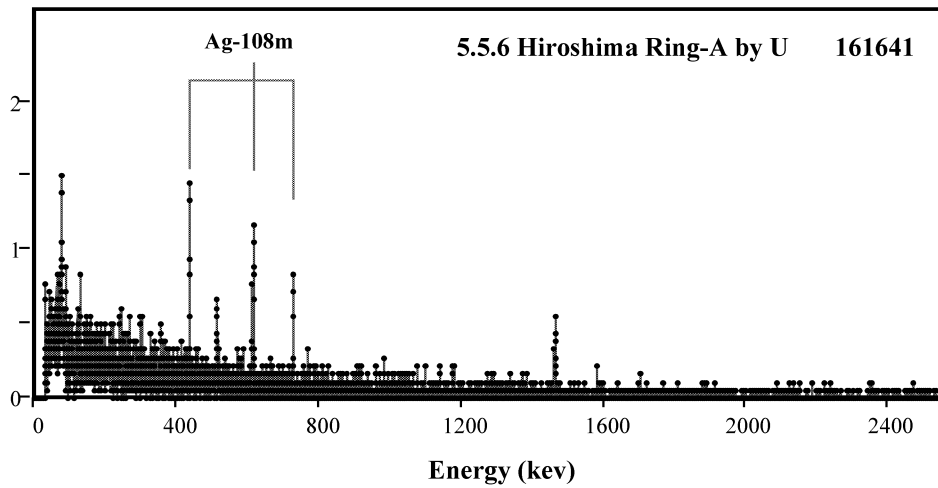
2004 雨水中の短寿命宇宙線誘導核種 ^{18}F 、 ^{24}Na 、 ^{28}Mg (^{28}Al)、 ^{38}Cl (^{38}S)、 ^{39}Cl と ^7Be 及び ^{22}Na の同時検出に成功（次ページ図）

宇宙線誘導核種 ^{22}Na をトレーサーとする琵琶湖水の滞留時間の解析

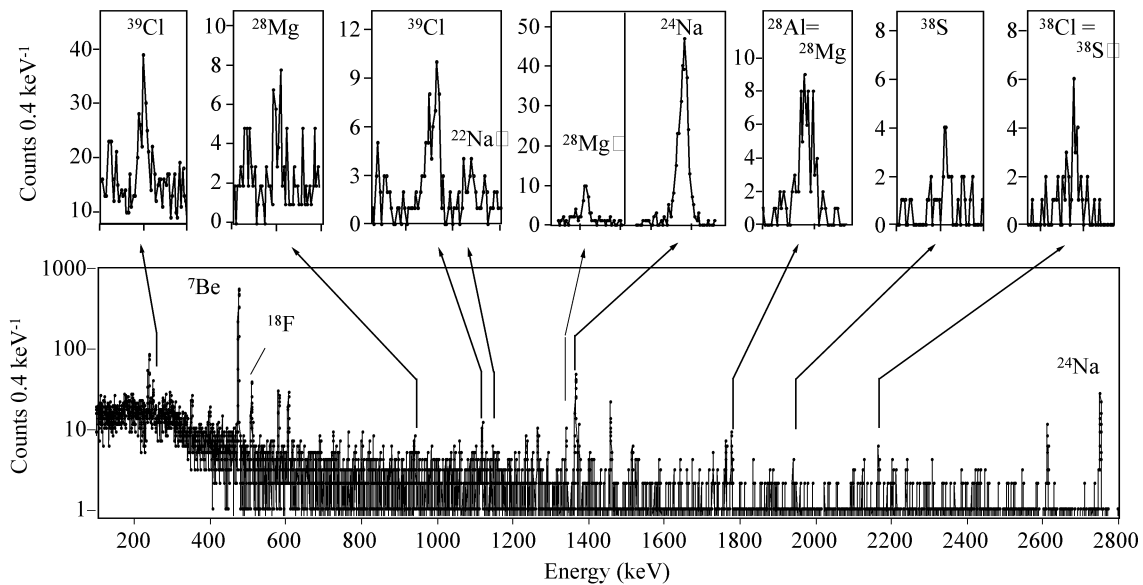
2005 ^{108}mAg を用いる原爆中性子の新しい超高感度評価法の発見（下図）

2006 日本海沿岸海水中のラジウム同位体比 ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$) の季節変動発見

2007 $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$ 比を用いる骨・甲殻類の年代測定の実用化



似島（広島）に埋葬された原爆犠牲者の真鍮製指輪の γ 線スペクトル。不純物として含まれていた銀が原爆中性子を吸収して生成した ^{108m}Ag が検出できたことで ^{108m}Ag 法の感度の高さを実証した。指輪やロザリオなど犠牲者が身につけていた被ばく試料を測定すれば、犠牲者が受けた中性子線量を直接評価できる。従来より行なわれていた被ばくした岩石中の ^{152}Eu を測定する方法では、このような知見は得られない。



雨水試料の γ 線スペクトルの例

5分で50Lという多量の雨水の短時間採取、イオン交換法による20分で2000倍濃縮、尾小屋地下測定室での極低バックグラウンド放射能測定によって初めて複数核種の同時検出に成功した。 ^{38}Cl (半減期 37.2分)、 ^{39}Cl (半減期 55.6分)、 ^{18}F (半減 110分)、 ^{38}S (半減期 2.84時間)、 ^{24}Na (半減期 14.96時間)、 ^{28}Mg (半減期 20.91時間)、 ^{28}Al (半減期 2.24分)、 ^7Be (半減期 53.3日)、 ^{22}Na (半減期 2.60年)のガンマ線が検出されている。