金沢大学環日本海域環境研究センター

尾小屋地下実験施設

Ogoya Underground Laboratory（OUL），Kanazawa University

（旧金沢大学理学部附属低レベル放射能実験施設）

（Low Level Radioactivity Laboratory（LLRL），Kanazawa University）

尾小屋地下実験施設入り口
左は液体窒素製造装置（製造能力：1日80L）

尾小屋鉱山と尾小屋地下実験室の沿革

- 江戸時代：現在の石川県小松市の南東約20kmに金山として稼働，後に廃山
- 明治時代：尾小屋銅鉱山（銅山）として再開（我が国有数の産出量）
- 1971年（昭和46年）末：尾小屋鉱山閉山，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る。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（写真1）
- 1991年：地上では宇宙線に由来する雑音のために測定でき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（隧道）占有許可を得て，地下実験室の建設開始。4年がかりの手作業でトンネル整備
- 1995年1月末：プレハブ小屋に2台の検出器設置。測定開始
- 1995年2月18日：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が最初の測定
- 2008年4月までに18台のGe半導体検出器設置
- 2009年3月，トンネル再整備と路盤舗装
- 現在，この地下実験室は，高効率かつ極低バックグラウンド仕様のガンマ線測定装置（Ge半導体検出器）18台を備えた世界トップクラスの微弱放射能測定ができる尾小屋地下実験室 Ogoya Underground Laboratory（OUL）として知られています。

写真1：尾小屋地下実験施設のあるトンネル（尾小屋－倉谷隧道）内部
2009年4月撮影

世界の微弱放射能測定地下実験室と設置検出器

宇宙線ニュートリノや2重ベータ壊変など稀な物理現象の測定を目的とした地下100mから1500mの施設が世界に約10か所存在します(表1)。わが国では，東京大学宇宙線研究所(岐阜県神岡鉱山／地下1000m)，大阪大学理学部(奈良県大塔村／地下500m)にもあります。微弱放射能測定を目的とした地下実験室は世界的に少なく，わが国では尾小屋地下実験室と東京大学宇宙線研究所(千葉県柏市／地下20m)しかありません。

表1　微弱放射能測定を目的とした世界の主な地下実験室と設置検出機

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
金沢大学	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	ハイデルベルグ	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	グランサッソ	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

(mwe＝水深換算深度)

表1に示した世界の地下実験室と設置されている検出器の中で，**尾小屋地下実験室の設置台数18台は際立っています。**また**尾小屋の検出器は測定の効率も優れています。**

尾小屋地下実験室の特徴

微弱放射能測定を妨害し，通常の遮へいでは除去できない最大の要因は，宇宙線から生成するミュウ粒子です。

尾小屋地下実験室は，トンネル入り口(表紙)から270mのトンネル中央部(水深換算の深さ270m)地点にあります(図1)。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の深さしかありませんが，岩石中の放射能が比較的低いこと，トンネル内は自然に換気され空気中の放射能も低いこと，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より深い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す。

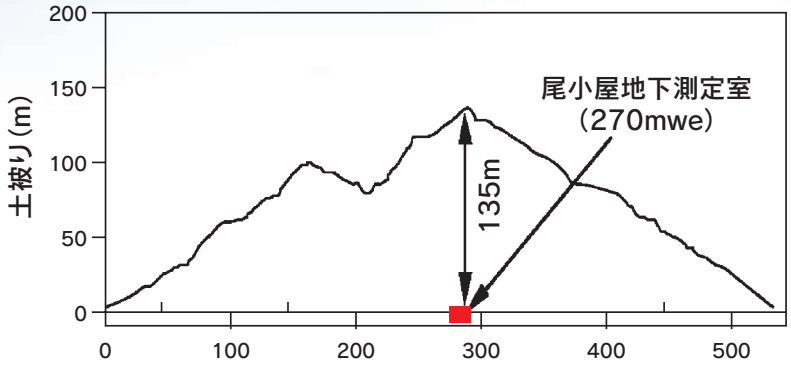


図1．尾小屋地下実験室(尾小屋－倉谷隧道)断面図
入り口は左側，横軸の単位はm

各国の地下実験室検出器のバックグランド(測定試料が無い状態)値と地下で予想されるミュウ粒子強度を，地上の値を1として図2に示しました。設置水深換算地下深度が深くなるにつれて実線で示したミュウ粒子強度は減少していますが，検出器のバックグランド値はそれほど下がりません。**尾小屋地下実験室(緑の点)のバックグランド値は地表の約100分の1で，1000mより深い施設とほぼ同じレベルで，世界のトップクラスです(図2)。**

放射線測定以外にも，尾小屋地下実験室は極低線量空間としての場も提供しています。

尾小屋は低レベル放射能実験施設から車でわずか30分の至近距離にあり，JR小松駅や小松空港とも近い(約40分)点で世界一便利な地下測定施設です。

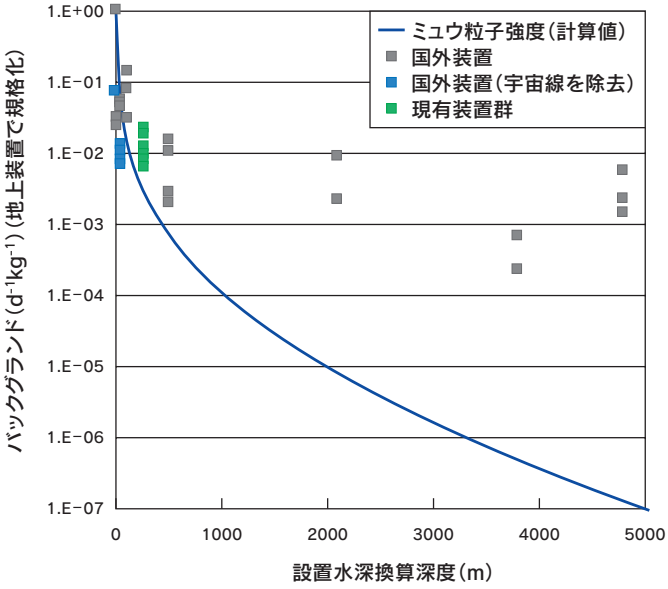


図2．各国の地下実験室検出器のバックグランド値(□)とその地下深度で予想されるミュー粒子量(実線)

写真2：尾小屋地下実験室内

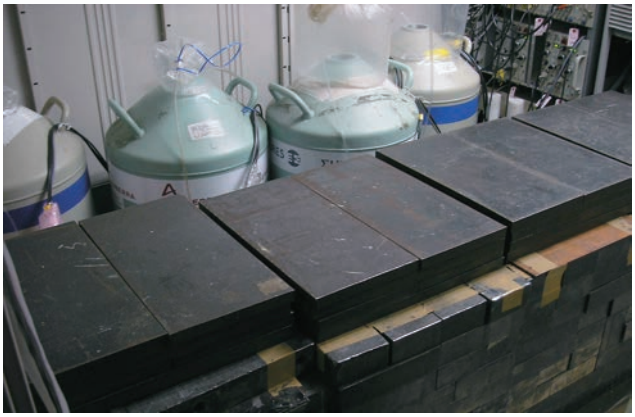


写真３：尾小屋地下実験室内の測定器

主な研究成果

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ます。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りました。同時に18個の試料を測定きるので，複数の研究を同時に進める中で新しい研究の芽を育てること，共同研究や受託研究の受け入れも可能です。下に尾小屋地下測定室で測定を行い，国内及び国外の学会で発表し，注目された研究例を紹介します。

1995	2月18日落下の「根上隕石」の宇宙線誘導核種を測定（最初の測定）し飛行飛跡，状態を解明
1996	1月7日落下の「つくば隕石（5破片試料）」の宇宙線誘導核種を測定し飛行飛跡，状態を解明
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リュームの挙動を解析）
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」の宇宙線誘導核種を測定（^{28}Mg, ^{57}Ni等を発見）し飛行飛跡，状態を解明
	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^{7}Be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^{7}Be及び^{22}Naの同時検出に成功 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	^{108m}Agを用いる原爆中性子の新しい超高感度評価法の発見
2006	日本海沿岸海水中のラジウム同位体比(^{228}Ra/^{226}Ra)の季節変動発見 海水，淡水，コンクリート，鉄，鉛中の環境中性子束深度分布の測定に成功し中性子輸送を解明
2007	^{228}Th/^{228}Ra比を用いる骨・甲殻類の年齢推定の実用化
2007-2013	太平洋深層水の^{137}Cs濃度の超低レベル測定
2012-2015	新学術領域研究(計画研究)　海洋および海洋底における放射性物質の分布状況要因把握

主な共同研究実績

年　度	機　関	研　究　課　題	貢　献　内　容
2002 - 2006	石川県	極低レベル放射能の検出方法の開発と実証に関する基礎研究	試料処理分析法の開発と極低バックグラウンドガンマ線測定
2002 - 2013	気象研究所	海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究	1000m以下の深層海水試料について，極低バックグラウンドガンマ線測定
2004	三菱総合研究所	放射化箔の放射能測定に関する研究	極低線量空間利用
2005	長瀬ランダウ	個人線量計の自己照射評価	極低線量空間利用
2006	東芝電力放射線テクノサービス	電荷蓄積型積算線量計(DIS)の自己線量確認	極低線量空間利用
2007 - 2009	若狭湾エネルギー研究センター	放射性同位元素分析によるズワイガニの年齢評価	極低バックグラウンドガンマ線測定
2014 - 2017	福島大学	環境試料中の極低レベル放射性セシウムの測定	極低バックグラウンドガンマ線測定
2014 - 2019	㈱環境総合テクノス	微量放射能測定のための前処理方法及び試薬開発と環境試料測定	極低バックグラウンドガンマ線測定

今後の共同研究予定

■海洋環境の人工放射性核種の長期広域挙動の研究

▶海洋環境における人工放射能の研究に携わっている国内研究機関が協力し

1. 放射性核種の濃度分布，動態，生物濃縮に関する研究
2. 放射性核種による越境汚染の可能性を考慮し，アジア地域を対象とした大気・海洋・陸域における放射能の挙動研究
3. 海洋環境での人工放射性核種の放出事故あるいは人為的放出時の挙動の予測モデルの構築
4. 放射性物質の不法投棄等による緊急事態への対策に資する研究

を行います。内部輸送過程(特に，1000年程度で全海洋を一巡するといわれている深層領域の

海洋大循環過程「熱塩循環」）は，地球温暖化をはじめとする気候変動に大きくかかわっていると言われていますが，直接観測が困難なためにモデル輸送計算で推測されています。この過程を初めて実験的に明らかにし，輸送計算の検証，再構築を行います。

◆実験観測測定を行う主な機関は

金沢大学尾小屋地下実験室の他，海洋生物環境研究所，気象研究所，放射線医学総合研究所

◆モデル計算の開発，挙動予測を行う主な機関は

気象研究所，電力中央研究所，（日本原子力研究開発機構）

■SHOTSプロジェクト（Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies）を通してIAEAと協力しIAEAの海洋データベースMarine Information System（MARIS）を全地球海洋に拡張します。（気象研究所， IAEAモナコ海洋研，ブラチスラバ大）

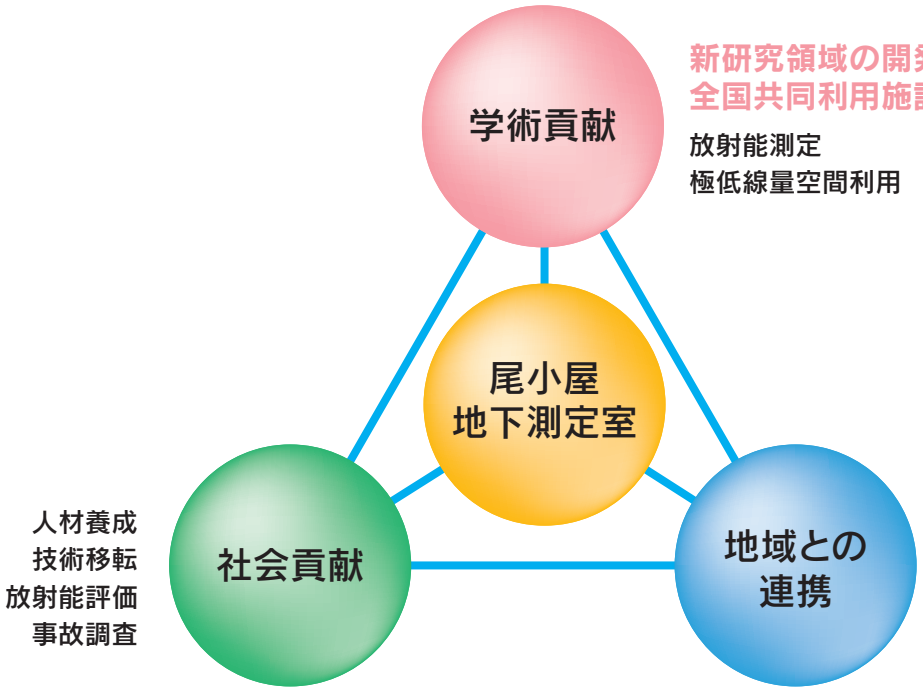
▶海水中の人工放射性核種の分布を立体的に調査し，それらの時間変動を調べ，海洋環境における人工放射能の実態の把握を行います。

■“Radionuclides from the Sun - Measurement of Radionuclides from the Sun implanted on Genesis Mo-Pt foils”，「太陽起源の放射性核種 – ジェネシスホイルに打ち込まれた太陽起源の放射性核種の測定」（NASAプロジェクト（2008-2010），カリフォルニア大学）

▶宇宙船のモリブデン- 白金ホイルに打ち込まれた放射性物質を，宇宙船回収後測定します。太陽系の最も外側に存在している原始太陽系と考えられている物質構成（その後の太陽系進化を考察するために重要となる初期の状態）を知ることができます。

●尾小屋地下実験施設の存在意義

学術貢献	●微弱放射線測定を展開させた新研究領域の開発 地上の施設では測定できなかった微弱放射能試料測定による新領域の研究（宇宙地球科学分野，高エネルギー物理分野，農林水産分野，等上記6参照） ●微弱放射線測定・低線量場利用を行う共同研究施設開放 地上の1/100のベータ線，ガンマ線，中性子線，宇宙線の低線量場の利用
社会貢献	●微弱放射線測定法の習得を目指した人材育成 ●微弱放射線測定技術の提供 ●精度の高い放射能評価 ●不測の事故時の試料の測定・調査および人体・環境への影響評価
地域との連携	●尾小屋鉱山資料館と連携し，資料館で歴史を学び，地下実験施設で最新の研究を学ぶ見学会，市民講座開催

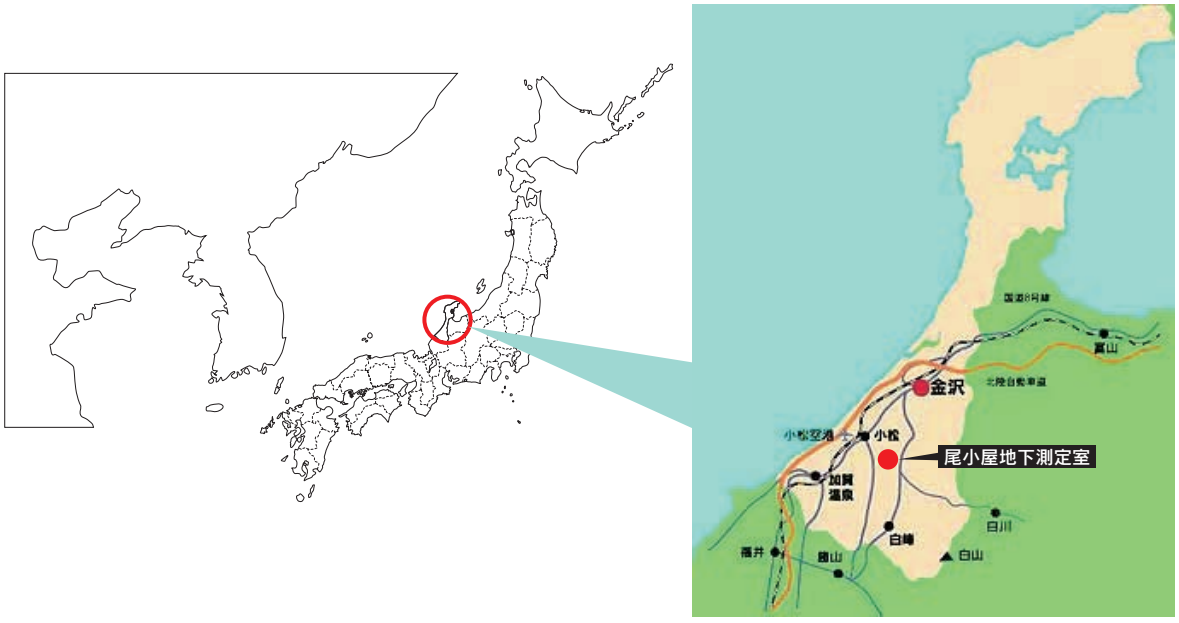


新研究領域の開発
全国共同利用施設として開放

放射能測定
極低線量空間利用

人材養成
技術移転
放射能評価
事故調査

鉱山資料館と連携
見学コース
小中学生見学会
市民講座
地元住民との交流



尾小屋地下測定室

〒923-0172　小松市尾小屋町カ1-1

連絡先

〒923-1224　石川県能美市和気町オ24
金沢大学環日本海域環境研究センター　低レベル放射能実験施設
電話：0761-51-4440
FAX：0761-51-5528