

Measurement of atmospheric beta-rays after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan (<Special issue>The Noto Hanto Earthquake in 2007(Part2))

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-07-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Tazaki, Kazue, Nakanishi, Takashi, Suzuki, Sachie, Satoh, Kazuya, Morii, Issei, Suzuki, Kenji メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00061673

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



空間放射線がとらえた能登半島地震：被災地における空間ベータ線測定

田崎和江*・中西 孝*・鈴木祐恵**・佐藤和也*・森井一誠*・鈴木健之***

Measurement of atmospheric beta-rays after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan

TAZAKI Kazue*, NAKANISHI Takashi*, SUZUKI Sachie**, SATOH Kazuya*, MORII Issei* and SUZUKI Kenji***

Abstract The magnitude-6.9 Noto Hanto Earthquake struck at 9:41 a.m. 25th March 2007, off the north coast of Ishikawa Prefecture, Japan. The quake started under the ocean about 30km southwest of Wajima, shaking up Ishikawa, Toyama and Niigata prefectures and killing one person and damaging hundreds of houses. The quake crippled public transportation, traffic network, including highway at Noto Peninsula, because of landslide, subsidence, chasm and cracks. Radon has measured in air and ground fissures using portable natural gamma ray system while the Noto Hanto Earthquake struck the Noto Peninsula, in April 4, 8, 10, 12, and 19th, 2007. The car-borne and hand-borne measurement system was assembled for easily and rapidly detecting full features of the fissures buried in the ground, and the applicability of the system was detected in the field, such as geological feature, fault fissure zone, distribution/accumulation of new/old chasm and cracks in the surface layer, and direct earthquake itself. The amount of radon reflects the scale of fissures and an abnormal increase in earthquake and new chasm or cracks. The quite high gamma-ray of 2300 cpm was detected in April 4th 8:20 at Ozawa, Monzen, Wajima City, near the fault fissure zone, and 1500 cpm was detected in April 4th 13:20 at Kowashudo, Monzen, Wajima City. Both high radon counts were due to the earthquake of M 3.8, depth 10km, hypocenter was Noto region 37.2N, 136.7E, and the other earthquake of M 3.3 was relatively shallow depth, hypocenter at Noto offshore 37.2N, 136.5E, respectively. The abnormal increase (100-200 cpm) detected at large deep subsidence and new crack on the paved road. For comparison, normal air radon without earthquake counted as low as 40-80 cpm. Observation of radon at earthquake region such as Monzen-cho related to radon anomaly to compare with other normal region in Kanazawa City has been studied.

Key Words : The Noto Hanto Earthquake in 2007, Radon, car-borne, hand-borne, atmospheric Rn, ground crack, subsidence

はじめに

2007年3月25日午前9時41分にマグニチュード6.9の地震が石川県を中心として北信越地方に強い揺れをもたらした。震源は能登半島の輪島の南西沖で深さ30kmの海底であった。津波による被害は無かったが、灯籠の倒壊による死者1名と約200名の負傷者、約500戸の家屋損壊、約2500人が避難生活を強いられるという石川県内過去最大の地震被害であった。地元の金沢大学は地震学、地質学、岩石学、土木工学、建築学、環境科学、放射化学などの立場から、いち早く被害現場に駆けつけ、断層、液状化、墓石の倒壊調査、隆起、陥没の調査をはじめ生活水の変化やゴミ処理の実態調査に取り組んだ。その調査・研究の成果を4月21日の報告会

で発表するとともに、4月27日からは市内で写真パネル展を開催した。

地震に関連した放射能異常に関する研究は以前から行なわれており、大気あるいは井戸水の放射性ラドン (^{222}Rn , 半減期3.8日の希ガス) 濃度の変化と地震の関係を論じた論文が多数発表されている。本研究では、能登半島地震後のラドン放出の場所と状況を探ることを主目的として空間 β 線測定を行った。本報告では、2007年4月3, 4, 8, 10, 12, 19日に行った、GMサーベイメーター（主に β 線を検出）を用いた、カーボン方式とハンドボーン方式による空間 β 線測定の結果について報告する。また、今回の地震では被害が認められなかった地域での空間 β 線測定も行って比較検討した。

2007年5月28日受付。2007年6月4日受理。

* 金沢大学大学院自然科学研究科 〒920-1192 石川県金沢市角間町

** 石川県立看護大学 〒929-1212 石川県かほく市中沼ツ7番1

*** 金沢電子出版株式会社 〒920-1192 金沢市角間町

大気、海洋、屋内、土壌、洞窟、地下鉄、地下水におけるラドンの測定法とその測定データやラドンの健康への影響および被ばくについては、ラドン族調査研究委員会(1995)に詳しく報告されている。さらに、兵庫県南部地震前後の地下水や大気中のラドン濃度異常についての報告はあるが(五十嵐ほか1995;安岡・志野木1995),余震に伴う大気や道路の割れ目、陥没、隆起地点などにおける詳細な放射能異常分布地図は公表されておらず、本研究が始めてである。

空間β線の測定場所と手法

空間β線の測定場所は金沢大学から車で、津幡町、能登有料道路を経て、志賀町、門前町、穴水町、中島町を通る約230kmの道路上であり、2007年4月3, 4, 8, 10, 12, 19日に調査を行った。なお、4月8日は車2台でそれぞれ異なるGMサーベイメータを用い、19日はバスで4台のGMサーベイメータ(前方左右、後方左右)による空間β線の測定を行った。志賀原子力発電所の周囲、被害の大きかった門前町道下、総持寺周辺、4月4日の調査で高い値を得た古和秀水周辺では歩いてハンドボン測定を行った。なお、4月4日に余震があったが、その他の日には測定中に余震は認められていない。また、4月4日を除くいずれの測定日も晴れ/曇り、気温10-15度であり、比較のおだやかな天候であった。4月4日は気温が5-10度と低く、昼から午後にかけてあられや雪が降った。なお、空間β線測定は朝8:30から夕方5:30まで行い、夜間は行っていない。

空間β線の測定にはGMサーベイメータTGS-146(ALOKA社)を使用した。自家用車でのカーボンは、左側窓から検出器(GM管)を外に出し、地上約1mの高さで連続測定を行い、また、歩きながらのハンドボンでは地面の直上、地震による舗装道路や土壌の亀裂や陥没および隆起の部分におけるβ線測定を行った。また、大型バスによるカーボンはバスの前後、左右の計4箇所、地上180cmでの連続測定を行い、同じ道路を往復した。その結果を地図上に記入した。地震後1ヶ月以内に、同じ地域での反復測定から、地震による地表面および大気中のβ放射能の変化の様子を捕えることができた。

放射線調査の基礎事項と適用例

表層探査法は海底、地上、地表に設けられた孔の中及び井戸の深度などで特定した環境の放射能を測定し、その分布や経時変化上の特徴から、(1)表層地質の区分を主とし、ウランや石油などの鉱床探査、産地の積雪分布、放射性汚染の検出などを行う。また、(2)被覆層下に伏在する断層のうち、間隙が開いた部分の検出を主とし、その開口、破碎、目詰まりなどの状態を把握し、それらの経時変化からの地震予知などを行う(物理探査学会1998)。検出される放射線は、検出器で識別される。

今回の測定対象は主に、 ^{226}Ra から生成して地表から大気

に移った気体の ^{222}Rn とその娘核種 ^{214}Pb ・ ^{214}Bi である。ガンマ線測定では地面からのガンマ線が感度よく測定されるため、地震に伴って放出されるラドン及びその娘核種からのガンマ線検出が妨害される。一方、GM計数装置のようなベータ線測定器では、地表からのガンマ線は若干検出されるが、大気中に存在する放射性核種からのベータ線が感度よく検出され、ラドン放出の検知に適している。定点で地下水や大気に含まれるRnの濃度を長期間測定する方法は数多く開発されており、地下水中のRn濃度は地震予知に、大気中のRn濃度は地震や環境影響評価に使われている(小泉1997;山内1992;小島1992;ラドン族調査研究委員会1995)。また、カーボン法は広域に伏在する裂け目や断層の簡便・迅速な概観法としてすぐれている。

地震被害地での空間β線の測定結果

2007年3月25日の能登半島地震被害地において、4月4, 8, 10, 12, 19日の計5回、金沢市内から能登半島にかけて、空間β線を測定した。その結果を第1~6表と第1~6図に示す。なお、4月12日(第4表、第5図)は地震の被害のなかった金沢市俵町と中山町を測定し、地震被害地と比較検討した。

2007年4月4日(測定器1台)

4月4日8:06-8:20にかけて輪島市大沢町霊高寺周辺で1200-2300cpmの高い値を観測した。また、同じ日の13:20には古和秀水にて1500cpmを記録した。これは気象庁発表の4月4日8時18分のマグにチュード3.3、震源37.2N, 137.2Eの余震に対応すると考えられる(第1表、第1図)。また、同様に4月4日14:12、の震源37.2N, 136.5Eの余震と関連すると考えられる。

2007年4月8日(測定器2台)

1台の車は金沢大学からかほく市、志賀町、七尾市、輪島市を往復し、カーボンで空間β線を測定した(第2-1表、第2-1図、第2-2図)。また、もう1台の車は志賀町、輪島市、穴水、七尾を往復して測定を行った(第2-2表、第3-1, 3-2図)。志賀原発周辺は80-110cpmであり、七尾市の40-60cpmと比較し、若干高めである。志賀町大福寺の周辺も80-140cpmと高く、門前、古和秀水への道も130-150cpmと高い値を示した。地震の被害の最も大きかった輪島市内の道路の亀裂、マンホールの隆起はいずれの場所でも100-150cpmと高かった(第2-1表、第2-1, 2-2図)。もう1台の測定器も同様に輪島市門前町道下の道路の亀裂・陥没・隆起、マンホールの隆起、倒壊した民家の周辺では100-150cpmと高く、一方、穴水、七尾における値が60-70cpmと低いのと対照的である(第2-2表、第3-1, 3-2図)。

2007年4月10日(1台)

1台の車で4月8日とほぼ同様のルートで測定を行った。羽咋市柳田や輪島市門前町黒島で100cpmを記録し、他の地域は70-80cpmと比較的低い値を示した。しかし、門前町じ

測定場所	時間	cpm	備考	写真
輪島市大沢町 旅館裏の沢	8:06	1400	大気、山道、ハンドボーン	A
輪島市大沢町 旅館裏の沢道	8:17	1200	同上	
輪島市大沢町 旅館裏の沢	8:17	800	同上	
輪島市大沢町 霊高寺前	8:18	2300	同上	B
輪島市大沢町 霊高寺入り口	8:20	2000	コンクリート、石の道、ハンドボーン	
輪島市大沢町 海沿いの道	8:20	1000	同上	
輪島市河井町 輪島市役所前	10:00	80-100	大気、河原、ハンドボーン	
輪島市小伊勢町 S氏宅	10:29	100-110	湧水を直接計測	
輪島市稲屋町 稲屋の水	10:52	110-200	同上	
輪島市門前町鬼屋 古和秀水	13:20	1500	コンクリート下の地面を直接計測	C
輪島市門前町鬼屋 古和秀水	13:25	400	コンクリート表面を直接計測	D

※測定者：田崎 和江 記録者：馬場 奈緒子

第1表 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間β線測定 (2007年4月4日測定)

Table 1 Regional distribution of β-ray counting rate using car-borne in 4th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

んのびの湯は、道路の亀裂、隆起、陥没、液状化した場所、源泉付近はいずれも130-150cpmと非常に高い値を示した(第3表、第4図)。なお、じんのびの湯はラドン温泉であり、温泉分析表(平成4年7月28日)によればラドン(Rn)含有量は 81.0×10^{-10} Ci/kg (22.2 M・E/kg)の含弱放射能-ナトリウム・カルシウム-塩化物泉(中性高張性高温泉)である。なお、門前町大泊岩壁および剣地の岩はいずれも40cm隆起しているのが認められた(第4A、B図)。

2007年4月12日(1台)

今回の地震で被害がなかった金沢市俵町と中山町において測定を行った。大気はいずれも70-80cpm、土壌、コンクリート、アスファルトの道路は100cpm前後と少し高く、雨による地すべり現場は130cpmと高い値を示した。さらに、石積場においては岩石により大きく値が異なり、花崗岩は120-140cpmと一段と高い値を示した(第4表、第5図)。なお、今回の地震被害地である輪島市一帯は花崗岩地帯ではない(粕野1993)。

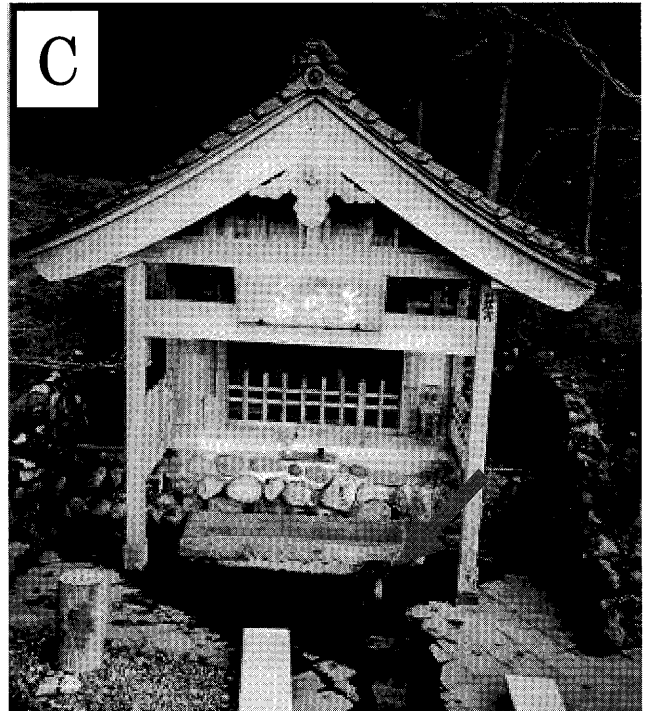
2007年4月19日(4台)

4月19日は学生30名がバスに乗り、4台のGMサーベイメータでバスの前後左右の位置で金沢大学から輪島市門前町までを8:40から16:09まで往復して測定した。そのうちの1台が数分おきに記録したデータを第5表に示した。志賀町のアリス館への道で100cpm、玄関前70-90cpmに対し、原発前は40-55cpmと低い値を示した(第6A図)。しかし、4月8日は原発周辺の土壌、沈殿池周辺はいずれも70-110cpmと高く(第2-1表)、15:35には、原発のすぐ下の海側(赤住交差点)では90-100cpmといずれも高い値を示した。なお、15:30原発周辺の基盤岩は50-60cpmと低く、大気の数値とほぼ同じであった。4月19日の門前町の道路の亀裂や陥没している場所は150-160cpmと高い値を示した。

トレンチ調査を行った輪島市中野屋は40-110cpmと場所により幅があった(第6C図)。

震源や断層に最も近い富来から門前にかけて40-50-60cpmに対して、道路法面の崩れ、道路の亀裂、道路の陥没では60-70-80cpmと高くなる傾向が認められた。特に、門前-道下における道路の亀裂、陥没、液状化現象により浮き上がったマンホールでは100-120-150cpmと他所と比較して、約3倍の高い値を示すことが明らかになった。15:50志賀町大福寺の道路の割れ目では110-140cpm、古和秀水への分岐の道路の割れ目は110-150cpmとかなり高い。今回、測定した最高値は、17:42門前町広瀬の深さ35cmの穴において90-190cpmであった。これらの測定結果は本震、それに続く300回あまりの余震による道路や法面の崩壊、陥没、亀裂の部分から大量のラドンとその娘核種が大気に放出され続けていることを示している。

4月19日に行った4台の測定器を同時に用いたカーボン測定結果から下記の点が明らかになった。トンネルの中はカウント数が低く、トンネルに入る前後で高くなる。能登有料道路でのスピードの差によるカウント数の差は認められない。バスの走行中と停車した時とでは、大きな差が認められない。バスが走行するとき、海側で低く、山側や閉鎖された場所では高い値が出る傾向が認められた。また、バスが走っている時よりも、歩いてハンドボーンで測定した時の方が高い値が出たが、これは測定器の高さによる差異を示している。水田地帯を走っている時に、急に値が高くなるのが数回あったがその原因は不明である。一方、家の倒壊などで被害が一番大きかった門前町道下地区での大気は80-100cpmと他所と比較して高く、かつ、舗装道路の亀裂、隆起したマンホールの隙間、陥没した道路はいずれも150-200cpmを示し比較的高かった。また、ラドン温泉<じんのびの湯>周辺の芝



A, B; 2007年4月4日 8:18
2300 cpm をカウントした
輪島市大沢町の山水取り
入れ口と、霊高寺前

C, D; 2007年4月4日 13:20
1500 cpm をカウントした
輪島市門前町の古和秀
水の湧水(矢印)とその
周辺のコンクリートの亀裂

第1図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月4日測定)

Fig.1 Measurements of β -ray counting rate using car-borne in 4th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

測定場所	時間	cpm	備考	写真
金沢大学Rセンター	11:00	80	大気、ハンドボーン	
金沢大学自然研2号館前	13:00	80	同上	
金沢市杜の里	13:15	45	大気、コンクリート道路、カーボン	
金沢市 卯辰トンネル	13:25	60-90	同上	
金沢市 御所トンネル	13:26	同上	同上	
金沢市 神谷地トンネル	13:27	同上	同上	
金沢市 日浦トンネル	13:28	30	同上	
金沢市 森本トンネル	13:29	同上	同上	
金沢市 今町高架橋	13:30	40-50	同上	
金沢市 二日市	13:30	50-70	同上	
津幡町能瀬川	13:36	40-70	同上	
かほく市高松内日角	13:38	同上	同上	
かほく市 白尾トンネル	13:43	同上	同上	
かほく市 白尾 I.C.	13:45	40-60	同上、14:15まで能登有料道路海側	
かほく市 道の駅高松	13:47	40-70	同上	
宝達志水町 前田川	13:48	40-70	同上	
宝達志水町 今浜料金所	13:52	40-70	同上	
羽咋市 千里浜 I.C.	13:54	40-70	同上	
羽咋市 羽咋市柳田 I.C.	14:01	100	同上	
志賀町 志賀町入口付近	14:03	40-70	同上	
志賀町 上棚交差点 I.C.	14:04	30-50	同上	
志賀町 上棚交差点料金所	14:06	30-70	同上	
志賀町 矢駄トンネル	14:07	50-90	同上	
志賀町 矢駄第二トンネル	14:07	50-60	同上	
志賀町 西山 I.C.	14:08	50-60	同上	
七尾市 徳田大津 I.C.付近	14:12	40-60	同上	
七尾市 能越道分岐点	14:13	40-70	同上	
七尾市 徳田大津 I.C.	14:15	40-60	同上	
志賀町松ノ木	14:22	60-80	一般道。大気、コンクリート道路、カーボン	
志賀町 中核工業団地	14:24	40-50	同上	
志賀町福浦	14:27	60-70	同上	
志賀町 アリス館	14:28	70-90	同上	
志賀町 志賀原発裏口(1)	15:05	70-90	同上	
志賀町 アリス館への道(1)	15:10	80-110	コンクリート地割れに直接あてて計測	
志賀町 アリス館への道(2)	15:10	80-90	大気、ハンドボーン	
志賀町 アリス館への道(3)	15:15	40-60	大気、コンクリート道路、カーボン	
志賀町 志賀原発裏口(2)	15:15	70	土壌を直接計測	
志賀町 志賀原発裏口(3)	15:15	50-90	同上	
志賀町 志賀原発裏口(4)	15:15	60-80	同上	
志賀町 原発裏手の土壌	15:22	70-110	同上	
志賀町 原発裏手の地(1)	15:27	80-110	同上	
志賀町 原発裏手の地(2)	15:27	70-90	同上	
志賀町 原発裏手の基盤岩	15:30	50-60	岩石を直接計測	
志賀町 赤住区	15:35	40-50	大気、コンクリート道路、カーボン	
志賀町 赤住交差点	15:35	90-100	同上、これより16:23まで海側の数値を計測	
志賀町 原発正面入口	15:37	70-90	同上	
志賀町 日本一長いベンチ	15:49	40-60	同上	
志賀町 富来中学校前	15:50		水色シート多数有り	
志賀町 富来中学校前	15:50	80-90	大気、コンクリート道路、車窓より	

測定場所	時間	cpm	備考	写真
志賀町大福寺(1)	15:51	50-60	大気、ハンドボーン	
志賀町大福寺(2)	15:51	110-140	コンクリート地割れを直接計測	
志賀町大福寺(3)	15:52	80-100	コンクリート地割れ(修復後)を直接計測	A
志賀町大福寺(4)	15:52	80-110	コンクリート地割れを直接計測	
志賀町大福寺(5)	15:52	90-115	コンクリート地割れ(ブルーシート下)を直接計測	B
志賀町大福寺(6)	15:53	100-130	土壌を直接計測	
志賀町大福寺(7)	15:53	140	大気、ハンドボーン	
輪島市 門前町	16:15	50-80	大気、コンクリート道路、カーボン	
輪島市 琴ヶ浜	16:17		ブルーシートの裏が約半数。	
輪島市 剣地漁港	16:19	50-70	大気、ハンドボーン	
輪島市 赤神トンネル付近	16:22		隆起あり	
輪島市 古和秀水への分岐前	16:23	60-80	大気、コンクリート道路、カーボン	
輪島市 古和秀水への分岐	16:38	50-60	同上	
輪島市 門前への道(1)	16:38	80-110	コンクリート地割れを直接計測	
輪島市 門前への道(2)	16:38	80-130	同上、上と同地点	
輪島市 門前への道(3)	16:42	90-110	同上	
輪島市 門前への道(4)	16:46	110-150	同上、幅約 27cm	
輪島市 門前への道(5)	16:46	50-80	土壌を直接計測	
輪島市 古和秀水(1)	17:08	110-130	コンクリート地割れを直接計測、幅約 8cm	
輪島市 古和秀水(2)	17:08	130-150	同上、幅約 20cm	C
輪島市 古和秀水(3)	17:10	110-150	同上、幅約 26cm	D
輪島市 古和秀水(4)	17:13	80-90	湧水地点を直接計測	
輪島市 古和秀水(5)	17:15	70-80	大気、ハンドボーン	
輪島市 古和秀水(6)	17:15	130-150	土壌を直接計測、以前計測済み	
輪島市 古和秀水～門前の道	17:21		陥没約 3箇所	
輪島市 旧町営岡岡住宅団地	17:21		ほぼ全戸ブルーシート	
輪島市 門前小学校前	17:25	60-70	大気、コンクリート道路、カーボン	
輪島市 門前総合支所前(1)	17:30	80-110	コンクリート地割れを直接計測	
輪島市 門前総合支所前(2)	17:30	80-120	同上	
輪島市 興禅寺前(1)	17:32	90-110	同上	
輪島市 興禅寺前(2)	17:32	100-140	同上	
輪島市 ファッションビルのむら	17:34	50-90	大気、ハンドボーン	
輪島市 阿良瀬橋(1)	17:36	70-100	同上	
輪島市 阿良瀬橋(2)	17:36	110-150	同上、川への階段の割れ目を直接計測	
輪島市 観光協会前(1)	17:38	100-140	コンクリート地割れを直接計測、隆起約 9cm	E
輪島市 観光協会前(2)	17:38	90-130	コンクリート地割れを直接計測	F
輪島市 観光協会前(3)	17:38	90-110	同上	G
輪島市 観光協会前(4)	17:38	120-130	同上	
輪島市 観光協会前(5)	17:38	110-140	同上、深さ約 80cmの穴	
輪島市 門前町広瀬(1)	17:40	70-100	同上、マンホール15cm隆起	
輪島市 門前町広瀬(2)	17:40	80-130	コンクリート地割れを直接計測	H
輪島市 門前町広瀬(3)	17:42	90-110	同上	
輪島市 門前町広瀬(4)	17:42	90-140	同上、深さ 35cmの穴	I
輪島市 門前町広瀬(5)	17:42	80-100	コンクリート地割れを直接計測	
輪島市 門前町深田	17:45	90-120	地中の土管を直接計測	
穴水町市街	18:30	60-80	大気、コンクリート道路、カーボン	
七尾市 能登中島駅前	18:55	30-70	同上	
七尾市 徳田大津 I.C.	19:00	60-80	同上	

※測定者：森井 一誠 記録者：佐藤 和也

第2-1表 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間β線測定(2007年4月8日2台で測定)

Table 2-1 Regional distribution of β-ray counting rate using car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

生は250cpm、液状化した砂の部分は140-150cpmといずれも高い値を示した。その他、黒島の道路が堤防側に3cmずれ、かつ、30cm沈下した箇所は140cpm、また、隆起したマンホールは80cpm、大気は60cpmとわずかであるが差が認められた。八ヶ川の陥没部分は150cpm、志賀原発アリス館前は100cpmとわずかに高かった。また、中野屋のトレンチ内の水は40-50cpmと低く、土壌の部分は70-100cpmと比較的高い値を示した。なお、同じ場所を同時に測定した4台のサーベイメータはいずれもほぼ同様の値を示したので、一覧表は省略する。なお、同じルートを晴れ-曇りの天気の際に、4月4、8、10、19日と4回測定した結果、金沢大学前が80cpm、志賀原発周辺100cpm、門前町道下150cpm、穴水70cpm、とほぼ一定の値を示した。

2007年4月4、8、10日の測定結果をまとめて第7図に濃度分布図を示した。全般的に、カーボンによる測定では40-70cpmまたは80-90cpmであるが、所々で100-120cpmと若干高い所がある。しかし、地震発生後の被災地では所々で130-150cpmと高い値を示した。さらに、被災地において、隆起、陥没、亀裂、液状化した箇所のハンドボーンによる詳細な測定は160-200cpmとさらに高い値を示した。余震発生

時には1500-2300cpmと桁違いに高くなることが明らかになった。

考察

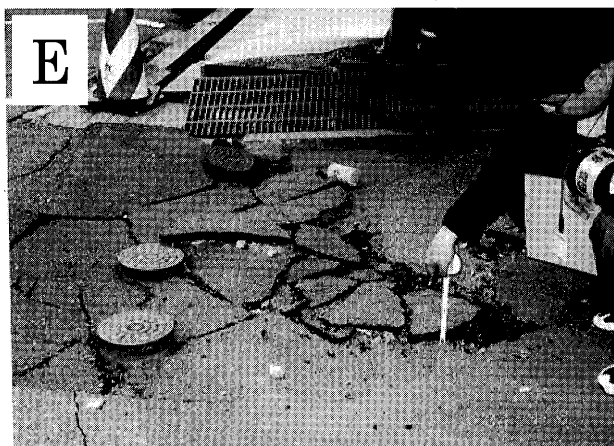
ラドンに関する一般的な問題

ラジウム (Ra-226) は半減期1600年でラドン (Rn-222) に変わり、ラドンは半減期3.8日で娘核種のポロニウム (Po-218) に、さらに鉛 (Pb-214) に変化する。大気に放出されたラドンから生まれる娘核種はエアロゾルに付着し地面に落ちる。青森県の原子力施設周辺のステーションで空間線量が増大したことがあったが、その時は事故もトラブルもなく、実は黄砂が原因であったことが判明し、かつ、八甲田の雪が赤くなった写真でも裏付けられた(荒谷美智博士私信)。この現象からも明らかのように、表層から大気に移ったRnの巨視的動きは道路上2kmまでほぼ等濃度で分布し、さらに上昇する一方、偏西風で数百kmも移動することが知られている(石塚ほか1992)。中国で発生した²²²Rnが、移行中に生じた放射性壊変で²¹⁰Pbとなって日本に降下し、地表に堆積した量は日本海側が太平洋側の約2.6倍であった(Kodaira et al. 1980)。年周期的には冬に高く、夏に低く、また、

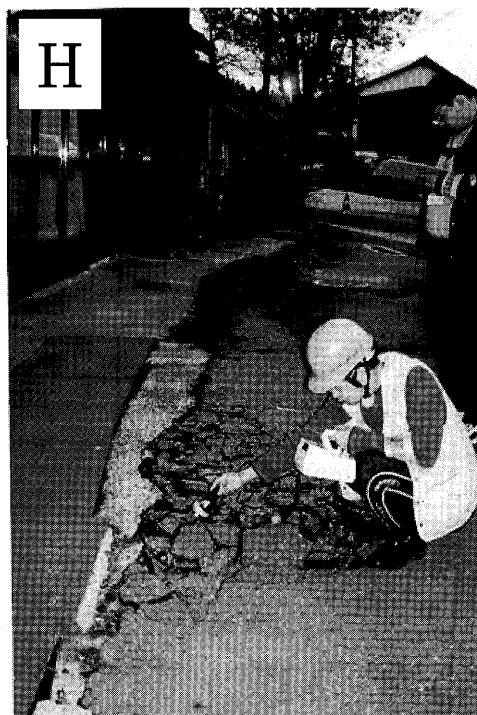


第2-1図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月8日2台で測定)

Fig.2-1 Measurements of β -ray counting rate using 2 car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.



輪島市門前町 2007.4.8.17:38
100 – 140 cpm



輪島市門前町 2007.4.8.17:40
80 – 130 cpm



輪島市門前町 2007.4.8.17:38
90 – 130 cpm



輪島市門前町 2007.4.8.17:42
90 – 140 cpm



輪島市門前町 2007.4.8.17:38
100 – 140 cpm

第 2-2 図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007 年 4 月 8 日 2 台で測定)

Fig.2-2 Measurements of β -ray counting rate using 2 car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

測定場所	時間	cpm	備考	写真
志賀町 アリス館前	15:00	40-60	大気、カーボン	
志賀町 花のミュージアム	15:02	40-60	同上	
志賀町 原子力発電所前	15:06	50-60	同上	
志賀町 原子力発電所裏	15:09	80-90	同上	
志賀町 巖門鷹巣岩	15:15	50-70	同上	
志賀町 富来領家海岸	15:22	60-70	同上	
志賀町 旧富来町役場前	15:24	50-60	同上	
志賀町 富来中浜	15:26	40-50	同上	
志賀町 深谷 がけ崩れ	15:35	60-70	同上、崖崩れ、道路崩れ、青シート有	
志賀町 深谷 がけ崩れ	15:36	70-80	同上	
輪島市門前町 赤神	15:41	50-70	大気、カーボン、屋根に青シート有	
輪島市門前町 道の駅赤神	15:44	50-60	同上	
輪島市門前町 北川	15:46	70-80	同上	
輪島市門前町 道下	15:55	100-120	ハンドボーン、道路脇の亀裂を測定	
輪島市門前町 道下	15:57	100-120	同上	A
輪島市門前町 道下	16:05	100-110	同上	
輪島市門前町 道下	16:06	100-120	同上	
輪島市門前町 道下	16:12	130-150	同上、道路陥没、コンクリート割れ	B
輪島市門前町 道下	16:15	90-100	ハンドボーン、道路の亀裂を測定	
輪島市門前町 道下郵便局	16:22	70-90	同上、周辺民家倒壊寸前	
輪島市門前町 道下	16:28	80-100	同上、民家倒壊または倒壊寸前	
輪島市門前町 道下	16:31	90-100	同上、民家の基礎の崩れ	C
輪島市門前町 道下	16:33	100-110	ハンドボーン、道路の亀裂を測定	D
輪島市門前町 道下	16:34	100-110	同上、マンホール隆起、亀裂	E
輪島市門前町 道下	16:35	90-110	同上	
輪島市門前町 道下	16:37	100-110	同上、コンクリート割れ後、剥がれたものは撤去	
輪島市門前町 道下	16:38	80-90	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、マンホール隆起	F
輪島市門前町 道下	16:40	80-100	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、道路割れ陥没	
輪島市門前町 道下	16:51	70-80	同上、民家倒壊	
輪島市門前町 道下	16:53	80-90	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、道路隆起	G
輪島市門前町 道下	16:54	110-120	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、道路陥没	
輪島市門前町 道下	16:56	100-120	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、路肩に亀裂	H
輪島市門前町 総持寺付近	17:06	90-100	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、歩道陥没	
輪島市門前町 総持寺付近	17:13	100-120	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、歩道隆起、亀裂	I
輪島市門前町 総合支所前	17:15	70-80	ハンドボーン、道路の亀裂を測定、亀裂、陥没有	
輪島市門前町 総持寺	17:20	70-80	同上、境内内	
輪島市門前町 総持寺	17:22	60-70	同上、境内内の歩道亀裂	
穴水町 谷口	17:52	60-70	カーボン、大気	
穴水町 小又	18:03	60-70	同上	
穴水町 金平	18:09	50-60	同上	
穴水町 志浦	18:15	40-60	同上、海が近い、家屋被害は見当たらず	
穴水町 鹿島	18:18	40-50	同上	
七尾市中島町 能登中島駅前	18:29	40-60	同上	
七尾市中島町 深浦	18:36	50-60	同上	
七尾市 徳田大津I.C.前	18:45	60-70	同上	

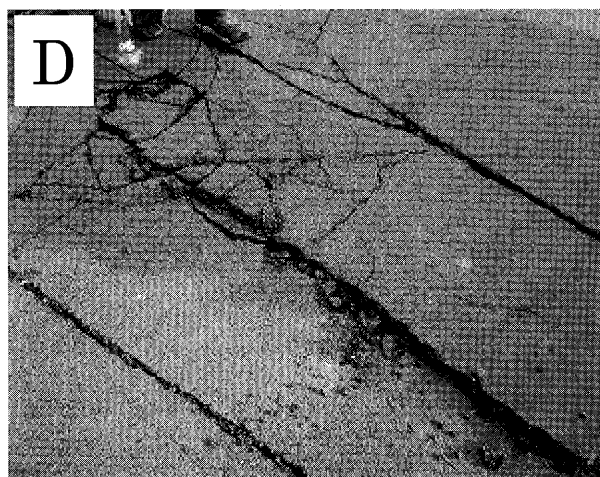
※測定者：荒井 一彦、鈴木 祐恵 記録者：鈴木 祐恵

第2-2表 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定(2007年4月8日2台で測定)

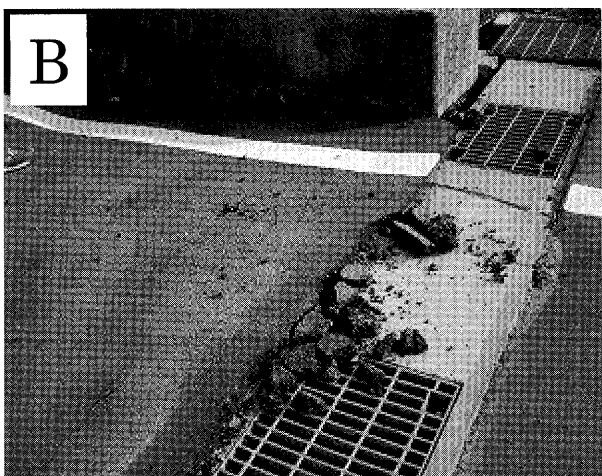
Table 2-2 Regional distribution of β -ray counting rate using car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.



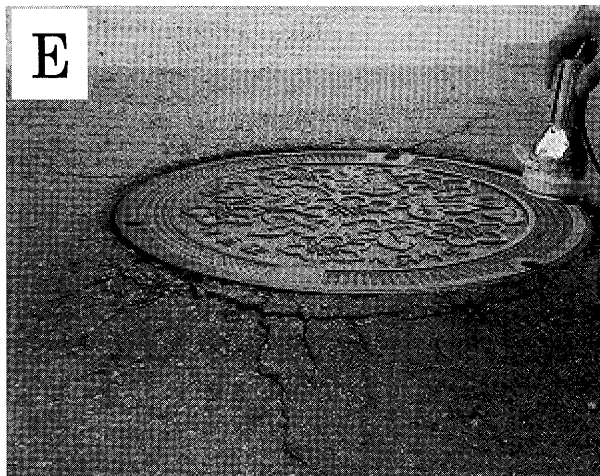
A 輪島市門前町道下 2007.4.8.15:57
100 - 120 cpm 道路わきの亀裂



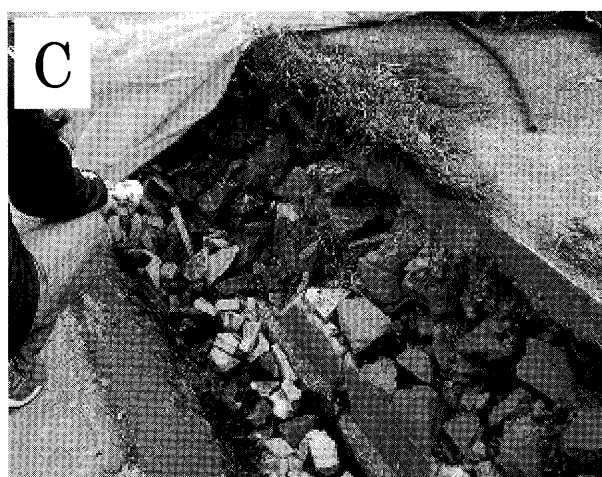
D 輪島市門前町道下 2007.4.8.16:33
100 - 110 cpm コンクリート道路亀裂



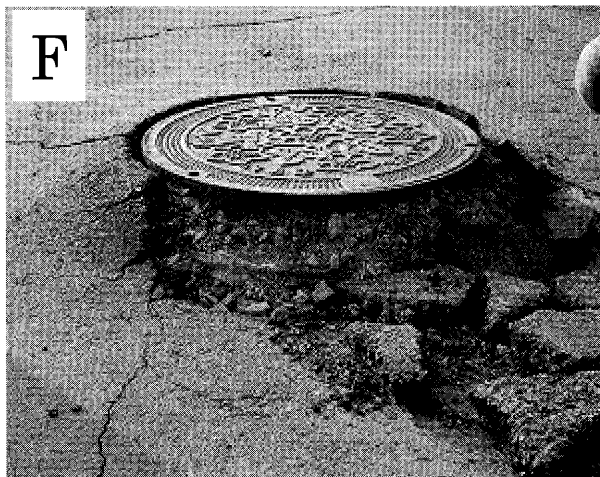
B 輪島市門前町道下 2007.4.8.16:12
130 - 150 cpm コンクリート割れ



E 輪島市門前町道下 2007.4.8.16:34
100 - 110 cpm マンホール隆起、亀裂



C 輪島市門前町道下 2007.4.8.16:31
90 - 100 cpm 民家の基礎の崩れ



F 輪島市門前町道下 2007.4.8.16:38
80 - 90 cpm マンホール隆起

第3-1図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間β線測定地点の状況 (2007年4月8日測定)

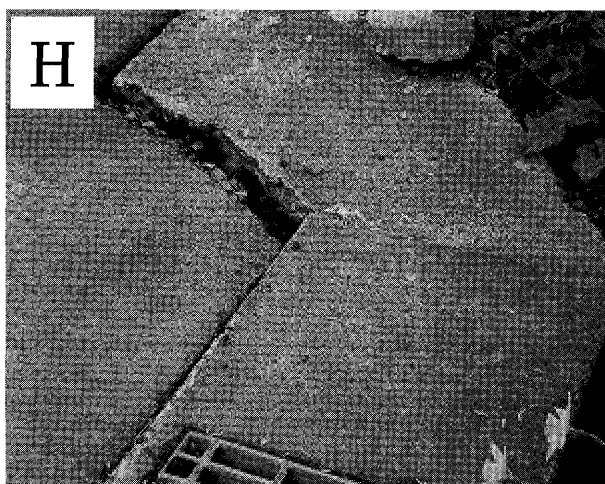
Fig.3-1 Measurements of β -ray counting rate using car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.



輪島市門前町道下 2007.4.8.16:53
80 - 90 cpm 道路コンクリート隆起



輪島市門前町道下 2007.4.8.17:13
100 - 120 cpm 歩道の隆起、亀裂



輪島市門前町道下 2007.4.8.16:56
100 - 120 cpm 路肩の亀裂

第3-2図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月8日測定)

Fig.3-2 Measurements of β -ray counting rate using car-borne in 8th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

気温、風速、大気圧等の影響を受ける。本研究結果は、地震後の4月上旬から中旬にかけての3週間以内で4回のカーボン調査を同じルートで往復行った。いずれも晴天で降雨の無い時である。門前周辺の地震による道路の陥没や亀裂部ではいずれも100-200cpmと高く、地上1mとの有為な差異が認められた。

ラドン測定の実際と有用性

東欧のウラン鉱山の鉱夫に肺がんの患者が多発し、これは坑道内のラドンを多量に呼吸したための放射線障害であると言われて来た(岡部1995)。また、地震発生の前後に大気中、地下水、地下気中のラドン濃度が特異な変化をすることは、約30年前から知られている。このラドンの異常変化に基づいて地震予知に貢献しようという試みは多くの国々(中国、

アメリカ、ロシア、イタリア、日本その他)で行われており、その関連するメカニズムについても研究が進められている。地震予知を目的にして、多くの地点で、ラドンに関連した観測が行われているが、長期間の観測データの解析に基づいて、地震の前後に大気中のラドン濃度が顕著な変動を示した報告はない(安岡、志野木1995)。

また、家を建てる時などのガイドライン(環境レベル)は300-600ベクレルであり、洞窟や炭坑などで高濃度のラドンを含んだ塵を吸い続けると、肺胞に娘核種が付着し肺がんやDNAを壊すことなどが疫学的調査から明らかにされている。一方、玉川温泉や三朝温泉などのラジウム、ラドン温泉が医療に使われていることはよく知られている。ドイツ、オーストリア、ロシアなどは多くの患者にラドンを呼吸させ、また、全身浴をさせて積極的に使っている。九頭竜川上流の

測定場所	時間	cpm	備考	写真
金沢大学	10:00	80	大気、ハンドボーン	
宝達志水町米出	10:41	50-64	大気、カーボン、松林	
宝達志水町今浜	10:43	60-80	同上	
羽咋市志雄	10:43	65-80	同上	
羽咋市千里浜	10:47	70-80	同上	
羽咋市柳田 I.C	10:50	90-100	同上、山中	
羽咋市柳田	10:55	80-90	同上	
志賀町上棚矢駄	10:59	80-90	同上	
志賀町西山	11:00	70-80	同上	
七尾市徳田大津	11:06	70-80	同上	
七尾市徳田大津 I.C 出口	11:07	60-70	同上	
七尾市大津東	11:10	60-70	同上、左右の屋根にシート有	
七尾市大津	11:11	70-80	同上、左右畑	
七尾市大津	11:12	40-50	同上、左山側、右海側	
七尾市中島町塩津	11:14	40-60	同上	
七尾市中島町奥吉田	11:15	70-80	同上、屋根にシート有、道路補修	
七尾市能登町中島駅	11:17	70-90	同上	
七尾市能登中島演劇堂	11:19	60-70	同上	
七尾市中島町長浦	11:23	70-80	同上、右墓石倒壊 5-6 個、屋根にシート有	
七尾市中島町西岸駅	11:24	70-80	同上、屋根にシート有	
七尾市中島町西岸海岸線	11:26	60-70	同上、右海側、能登島見える	
穴水町曾福	11:28	80-90	同上、右海側	
穴水町鹿島	11:30	60-70	同上、右海	
穴水町鹿島	11:34	60	同上、右海、左灯籠倒壊	
穴水町鹿島	11:34	40	同上、右海、左灯籠倒壊無	
穴水町志ヶ浦	11:35	50-60	同上	
穴水町大町	11:37	70-80	同上	
穴水町城山	11:39	60-70	同上	
穴水町総合病院	11:40	60-70	同上	
穴水町金尾羅	11:41	70-80	同上	
穴水町此木	11:44	60-70	同上	
輪島市門前町二俣	11:53	50-60	同上、墓石倒壊	
輪島市門前町谷口	11:55	70-80	同上、山中、玄関前石段の崩れ、亀裂	
輪島市門前町谷口	11:56	60-70	同上、屋根にシート有	
輪島市門前町山辺	11:57	80-90	同上、屋根にシート有、右山側、左畑	
輪島市門前町本市	12:00	60-70	同上、名水入り口	
輪島市門前町走出	12:01	40-50	同上、マンホール隆起	
輪島市門前町走出	12:02	40-50	同上、右側がけ崩れ	
輪島市門前町中学入り口	12:03	50-70	同上、右側がけ崩れ	
輪島市門前町中学校付近	12:05	60-70	同上、右側がけ崩れ	
輪島市門前町総持寺入り口	12:07	80-90	同上	
輪島市門前町 道下	12:10	80	同上、249 号線 道路補修	
輪島市門前町 道下	12:11	70	同上、左側屋根にシート有、右海側	
輪島市門前町黒島	12:12	80-100	同上、右海側、左側屋根にシート有、道路補修	
輪島市門前町黒島南	12:13	80	同上、右海側、左側屋根にシート有	
輪島市門前町池田	12:15	60-70	同上、右側海、左側松林	
輪島市門前町藤ノ浜	12:16	60	同上、右側海、海面 30cm 隆起、左側がけ	
輪島市門前町赤神	12:17	70-80	同上、右側海、海面隆起	
輪島市門前町赤神	12:19	40-50	同上、左岩の崩れ、右側墓石数個倒壊	
輪島市門前町大泊	12:24	60-70	同上、右海側、岸壁 40cm 隆起	A
輪島市門前町剣地	12:25	80-90	同上、右側海、海の岩 40cm 隆起	B
志賀町深谷	12:26	60-70	同上、右側がけ崩れ、崩れ止め設置	
志賀町深谷	12:27	55-60	同上、左がけ崩れ、道路にシート有	
志賀町深谷	12:28	60-70	同上、左がけ崩れ、道路にシート有	
門前町じんのびの湯	12:49	80-90	ハンドボーン、入り口付近の歩道の亀裂	C
門前町じんのびの湯	12:55	90-100	同上、玄関の歩道の亀裂、隆起、補修	D
門前町じんのびの湯	12:57	80-90	同上、玄関前のマンホール陥没	
門前町じんのびの湯	12:59	90-100	同上、マンホール陥没	E
門前町じんのびの湯	13:00	130-150	同上、道路陥没、液状化	F
門前町じんのびの湯	13:04	125-130	同上、側溝の亀裂	
門前町じんのびの湯	13:05	100-120	同上、液状化現象	
門前町じんのびの湯	13:06	120-130	同上、側溝亀裂	
門前町じんのびの湯	13:07	130	同上、芝生の上	
門前町じんのびの湯	13:08	140-150	同上、道路の亀裂	
門前町じんのびの湯	13:09	160	同上、道路の亀裂、深さ 30cm 以上	
門前町じんのびの湯源泉付近	13:17	140-150	同上、源泉草の茂みに温泉水が流出	
門前町じんのびの湯源泉付近の道路	13:18	150	同上、道路の舗装なし	
門前町じんのびの湯源泉前の道路	13:19	100-120	同上、道路の舗装なし	

第 3 表 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線度測定 (2007 年 4 月 10 日測定)

Table 3 Regional distribution of β -ray counting rate using car-borne in 10th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

測定場所	時間	cpm	備考	写真
門前町じんのびの湯源泉湯面	13:27	70-90	同上、源泉の水面常時 37°C、本日 27°C に設定	
門前町じんのびの湯源泉前	13:29	100-120	同上、源泉前	
門前町じんのびの湯源泉付近	13:37	90-100	同上	
門前町じんのびの湯源泉付近	13:39	143	同上	
門前町じんのびの湯	13:40	130	草の上、海面 20cm 隆起	
門前町じんのびの湯	13:43	130-150	芝生の上	
門前町じんのびの湯	13:50	130	玄関前、液状化現象	
志賀町西大福	14:11	50-60	大気、カーボン	
志賀町車江	14:14	40-50	同上、平野	
志賀町中浜	14:15	60	同上	
志賀町増穂	14:17	75-80	同上	
志賀町富来町行政センター	14:19	50	同上	
志賀町上棚矢駄 I.C	15:34	60-70	同上	
志賀町上棚矢駄	15:34	80-90	同上、山中	
羽咋市入り口	15:39	60	同上、山中	
羽咋市柳田	15:41	60-70	同上、左側山、右側松林	
羽咋市千里浜	15:43	80-90	同上左右松林	
宝達志水町	15:46	60-70	同上、左側松林、右側海	
宝達志水町今浜	15:48	50-60	同上、左側松林、右側海	
宝達志水町相見川	15:50	60-70	同上、左側松林、右側海	
宝達志水町米出	15:51	70	同上、左側松林、右側海	
宝達志水町前田川	15:53	60-70	同上	
かほく市高松サビニア	15:54	50-60	同上、左側丘・山側、右側海	
かほく市高松 I.C	15:55	50-60	同上、左側山・松林、右側海	
かほく市白尾	15:56	75-80	同上、左側山・松林、右側海	
かほく市白尾 I.C	16:00	60-70	同上、左側山・松林、右側海	
かほく市宇ノ氣橋	16:02	80-90	同上	
津幡町津幡	16:05	70-80	同上、左右畑	
金沢市利屋町	16:10	70-90	同上、変電所近く	
金沢市森本	16:12	60-70	同上、左右山	
金沢市観法寺	16:13	75-80	同上、左右山	
金沢市月浦小学校前	16:15	95-100	同上、陸橋近く	
金沢市月浦小学校内	16:15	90	同上	
金沢市神谷内	16:16	60	同上、左右山	
金沢市御所	16:18	60-70	同上、左右山、	
金沢市鈴見トンネル前	16:20	40	同上	

測定者：田崎和江、鈴木祐恵、記録：鈴木祐恵

いずみ村の温泉ではラドン自動測定装置が設置されている。

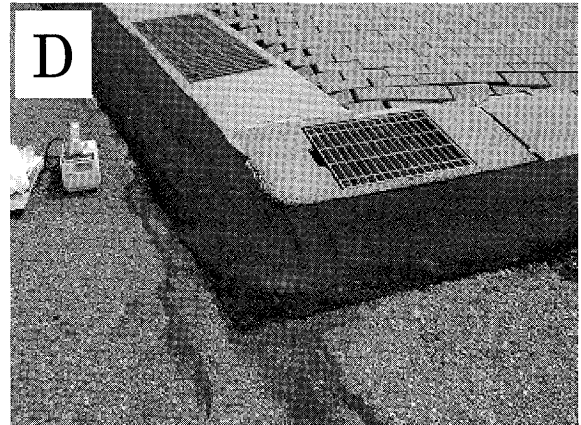
今回の能登半島地震に伴って放出されたラドンは拡散するため、被曝による健康被害の心配はないであろう。ロシア、ウクライナ地方や中国などではラドン連続測定装置による地震予知に成功しているところがある。能登半島では 3 月 25 日以降、200 回を越す余震が続いており、ラドン測定装置を被害地に設置し、住民の不安を少しでも軽減すべきであると考える。

大気環境におけるラドンの測定と地震

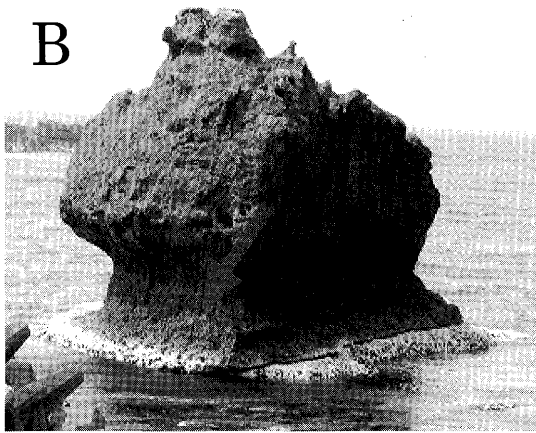
1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震 (M7.2, 深さ 14km) では、六甲山麓の地下水と大気中のラドンが数ヶ月前から次第に増加し、これが急落した直後に地震が発生したと報告されている (岡部 1995; 五十嵐ほか 1995)。また、この地震の震源地の東約 20km にある神戸薬科大学において、地震前後に、大気中のラドン濃度の顕著な上昇変動を捕えた。地震の規模が大きかったことのみならず、測定地点が活断層に隣接しており、かつ、この測定場所は布引花崗閃緑岩層の上に位置していたために顕著な変動を捕えることができた (安岡志野木 1995)。また、この兵庫県南部地震の前に、大気中のラドン濃度に大きな変化が測定され、ラドン濃度の変化と地震の前兆との相関関係が見られるが、一方、季節変化や雨量、大気圧などの因子も関係することが報告されている (Yasuoka and Shinogi 1997)。福島県山都町での 7 年間の反復測定からは、群発地震で発生した断層の分布と裂け目の開口度、破碎



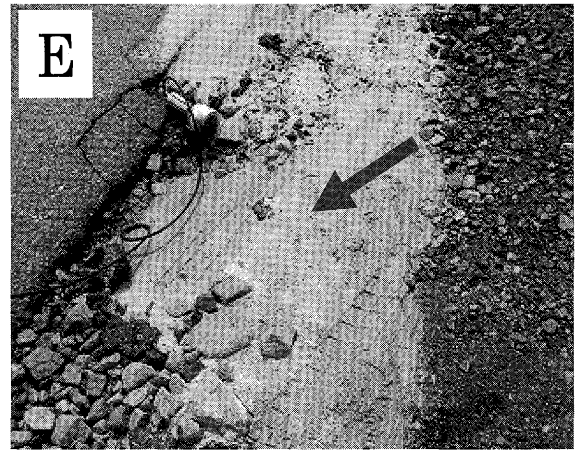
2007.4.10.12:24 門前町大泊岸壁
40 cm 隆起 60 – 70 cpm



2007.4.10.12:55 門前町じんのびの湯
歩道の亀裂、隆起、補修 90 – 100 cpm



2007.4.10.12:25 門前町剣地の海の岩
40 cm 隆起 80 – 90 cpm



2007.4.10.12:55 門前町じんのびの湯
液状化 130 – 150 cpm



2007.4.10.12:49 門前町じんのびの湯
入口歩道亀裂(矢印) 80 – 90 cpm



2007.4.10.12:59 門前町じんのびの湯
マンホール陥没 90 – 100 cpm

第4図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月10日測定)

Fig.4 Measurements of β -ray counting rate using car-borne in 10th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

番号	場所	周辺環境	測定対象	亀裂	水	cpm	写真
1	俵町	民家前	大気			70-80	
2	俵町	民家前	土			70-80	
3	俵町	田	土			110	
4	俵町	流山の際	大気			70-80	
5	俵町	道路	アスファルト	有		100-120	
6	俵町	水路	バイオマット		有	60-70	
7	中山町	畦道	大気			100	A
8	中山町	道路	コンクリート	有		100	
9	中山町	交差点	大気			80-90	
10	中山町	民家前	大気			100	
11	中山町	道路	アスファルト			80-100	
12	中山町	道路	大気			70-80	B
13	中山町	法面	泥岩	有		100-130	
14	中山町	法面	湧水箇所		有	40-50	
15	中山町	石積場	花崗岩(白)			120-140	
16	中山町	石積場	花崗岩(黒)			80-90	C
17	中山町	石積場	安山岩			80-100	C
18	中山町	石積場	安山岩			80-90	C
19	中山町	石積場	安山岩			100-110	C
20	俵町	石積場	変成岩			90-100	C
21	俵町	和楽ホーム	大気			70-80	
22	俵町	民家前	大気			70-80	

※測定及び記録者：田崎 和江

第4表 地震被害のなかった金沢市俵町と中山町におけるカーボン法による β 線測定 (2007年4月12日測定)

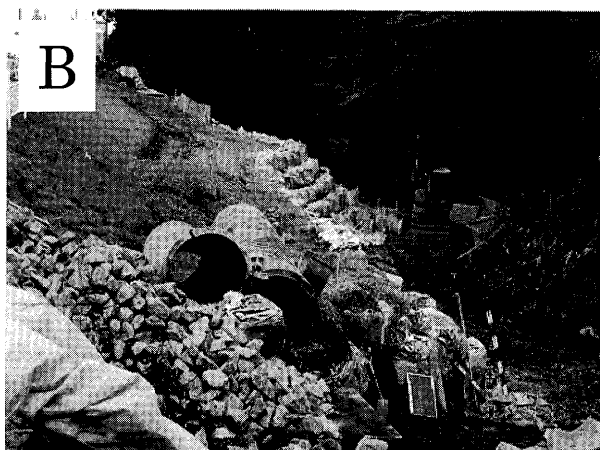
Table 4 β -ray counting rate using car-borne in 12th April 2007 at Kanazawa City, as control values after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

度が時間的に変化する状態や新しい裂け目の把握から、地震、地滑り、崖崩れなどの予知に利用されている。

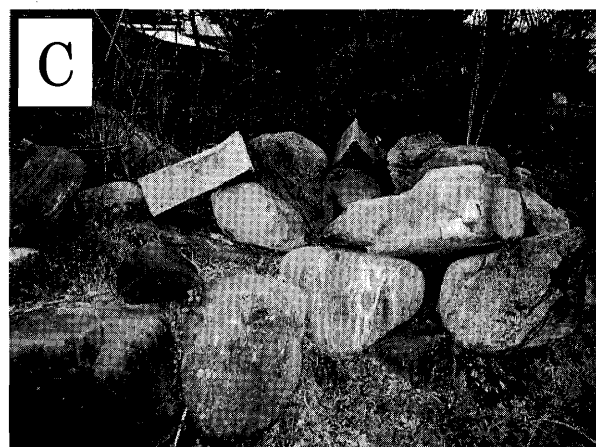
さらに、断層と節理を総称する割れ目の位置と破碎や開口の状態を知ることは、土木工事の際の崩壊、落盤、出水、漏水、水質汚染等への対処をはじめとし、地熱、地下水、石油、天然ガス、ウラン等の探鉱、地震予知等の幅広い分野で携帯用自然ガンマ線測定装置が使われている。木村ほか (1990) はこの携帯用装置の簡便、迅速、詳細な実用性を山地と市街地の活断層想定地点で野外検討したところ、開口割れ目と断層破碎帯の存在をかなり詳しく想定できた。また、山地のボーリング結果は、この解析の妥当性を裏付け、この方法は広く野外で利用できると報告している。地層に含まれる放射性核種のうち、開口割れ目を気体で長距離に渡って上昇できる核種はラドン²²²Rnのみである。この移行Rnは一般に地層空隙に蓄えられるが、開口割れ目ではその一部が上昇して表層に至り、そこに蓄えられる。²²²Rnの放射性崩壊ではいずれも短寿命な4代の娘核種が相次いで生じ、それらは約30分で放射平衡に近づくので、表層での²²²Rnの放射エネルギーは5倍に見える。このため、移行Rnの表層蓄積状態は放射能測定で見出しやすい。2004年10月23日17:56に起こった新潟県中越地震 (M7、震源約13km) の折には空間放射線の測定は一部で行われたがその結果は公表されていない。本論文のほか、今回は、金沢大学の専門家が被災地に設置して連続測定を行った結果、空間放射線の異常が認められた (例えば、本特集号の論文)。



金沢市俵町 あげ道
2007. 4. 12. 8:30 100 cpm



金沢市中山町 がけ崩れ現場
2007. 4. 12. 8:40 100 - 130 cpm



金沢市中山町 石積場 2007.4.12.8:50
岩石により異なる 80 - 140 cpm

第5図 地震被害のなかった金沢市俵町と中山町におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月12日測定)

Fig.5 Measurements of β -ray counting rate using car-borne in 12th April 2007, as normal control variation in Kanazawa City, after the Noto Hanto Earthquake in 2007, Ishikawa, Japan.

測定場所	時間	cpm	備考	写真
金沢大学2号館前	8:40	50-70	15°C	
サークルK 金沢大学店	8:53	65-90	同上	
ジャスコ 前	8:55	35-55	同上 街中	
鈴見橋トンネル 入り口	8:59	40-60		
卯辰山トンネル 内	9:00	出入口 50-70	65-80 トンネル中央部	
卯辰山トンネル 出口	9:01	35-40	16°C	
御所トンネル	9:02	入口 80	40-60 中央部	
御所トンネルと神谷トンネルの間		40-50		
神谷トンネル	9:03	35-50		
月浦トンネル	9:04	入口 55-65	90-100 中央部 75-80 出口 13°C	
森本インター 入り口	9:06	65-75		
森本インター 中間	9:07	95-100	直後 40 まで下がる	
森本トンネル	9:09	50-75	出口 80-90	
森本トンネルと今町第2橋の間		40-50		
今町 第2橋	9:11	35-50		
利屋 出口	9:12	65-70		
太田 出口 津幡町	9:13	75-80	12°C	
南中条	9:14	45-50	同上	
中原加 出口	9:15	40-50	11°C	
中橋	9:15	25-15	同上	
船橋 ここから橋	9:17	35-40	同上	
能登 出口	9:17	35-40	同上	
かほく市	9:18	50-60	西側水田 平野になり左右が開けている	
レジャーランド横	9:19	45-50		
白尾トンネル前	9:21	40-60		
白尾トンネル内	9:21	50-70	中央部 80 cpm 程度	
白尾 料金所	9:22	45-60	出口 70-80 11°C	
高松 出口	9:27	50-70	時速 80 *。能登有料	
道の駅 高松	9:29	45-60	看護大付近 12°C	
前田川	9:30	40-50		
米出 出口	9:31	55-75		
宝達川	9:32	75-80	風速計	
相見川	9:33	60-70		
今浜 出口	9:33	55-60		
今浜 料金所	9:34	50-70		
志雄 パーキング	9:36	40-50		
千里浜 出口	9:38	45-55		
羽咋川	9:40	65-70		
柳田 出口	9:41	40-60		
上中山	9:44	40-60		
志賀町 標識	9:45	50-80	西側 法面	
志賀町 入り口	9:48	60-70		
上棚	9:49	40-75		
上棚 矢駄 料金所	9:50	50-70		
矢駄第一トンネル	9:51	入口 40-60	トンネルの中央部は70 カウント	
矢駄第二トンネル	9:52	50-60		
西山 出口	9:53	50-60		
西山 インター	9:54	35-45		
能越道と能登有料 分岐点	10:13	50-70	進行方向向かって右側が崩れている	
徳田 大津 出口	10:14	50-60		
西山パーキング内		130-150	売店前の割れ目	
3号に乗る所 志賀町	10:16	40-50	右側に屋根修理中の家あり 70-80	
土田小前 矢駄	10:17	90		
仏木	10:20	40-50	西側 田畑 墓は倒れていない	
小堂	10:21	50-60	左の家損壊 橋の修理あり	
松ノ木 (松木)	10:23	60-90	249号と交わる交差点 地割れ補修中	
アリス館への道	10:26	100		
赤住	10:28	60-70	高圧線多数 道路に補修あり	
アリス館 前	10:30	40-60	ほぼ 40-60 カウントだが、一度 85 カウントを検知	
〃 玄関	〃	75-65	駐車場内	
赤住の交差点	10:33	70-80	墓の倒壊なし 車道と歩道の間に割れ目あり	
原発付近	10:34	40-60		
原発 入り口	10:35	45-55	60 → 70 → 80 → 60 と変化した海沿い 20-40	A
海沿い	10:38	60-70	藻場の隆起 30 ~ 40 cm	
福浦灯台付近	10:39	55-70		

測定場所	時間	cpm	備考	写真
住宅地付近	10:40	60	墓の3割倒壊 住宅の被害は少ない	
	10:41	70-80	屋根の壊れた家の近く	
福浦港	10:42	60-70		
新福浦トンネル	10:43	30-50		
蔵門	10:44	50-70	道路に亀裂、藻場の隆起、一部崩れている	B
蔵門の売店	10:50	70-90	建物の壁にひび割れ	
牛下 交差点	10:52	30-60	36号と249号の交差 少し行くと70-90	
生神 トンネル	10:54	入口 70-80	内 50-55	
はたご トンネル	10:55	60	トンネル出口 75	
富来	〃	80-95	テトラポットの隆起	
荒木 トンネル	10:56	50-70	瓦が崩れている	
世界一長いベンチ	10:58	50-70	灯籠が倒壊	
富来行政センター前	10:59	50-60		
総持寺付近	11:00	80-100	屋根被害 50%	
中浜 交差点	11:01	50-70	屋根瓦に泥(液状化?) 歩道にゆがみあり	
草江	11:03	60-75	道路に亀裂、段差あり 気温 19°C	
草江~住宅地間		60-85	一部 30 の所あり	
住宅地	11:08	70	物置倒壊、家屋の傾きあり	
えんしよう寺	11:09	60-68		
大福寺 手前	11:10	60-90	道路に隆起あり 亀裂多数	
深谷	11:13	60-80	亀裂あり 地すべりで道が谷側へ落ちている	
	11:17		大気 100 割れ目 90-120	
深谷採石場付近	11:23	50-70		
〃	11:24	90-127	道路わき割れ目 大気 50-60 160 cmの陥没	
富来寺	11:38	60-70	家屋側面にひび割れ	
	11:40	50-60		
赤神	〃	40-50	40 ~ 45 cmの隆起 船着場 藻場	
	11:42	70-90	ノヅが見える、40 ~ 50 cmの隆起、大気 40-50 cpm	
赤神 トンネル	12:00	50-60	7、8割の家に被害	
ふじの浜	12:01	70-90	最大 90 カウント 8、9割の家屋に被害	
北川	12:03	70-80		
じんのびの湯	12:04	50-60	家屋被害9割 がけ崩れも酷くなっている	
黒島	12:06	70-80	陥没、家屋の倒壊あり	
〃 地面の割れ目	12:07	90-120	大気 60-100	
〃		100-140	大気 100-130	
地面の割れ目	12:14	100-120		
門前町水産センター前	12:23	50-90	廃材が山のようにあった	
道下 (とうげ)	12:25	50-80	左側が川 右に少し家あり	
門前中学前	12:27	50-60	稀に 70 cpm、道路の隆起、陥没、液状化	
走出	12:28	50-60		
	12:29	90	9、10割の家屋に被害	
本市南	12:30	70-95	道路の補修あり	
本市	12:31	70-80		
ハヶ川	12:31	40-50	家の倒壊	
正仏	12:32	60-80		
浦上	12:33	70-80		
	12:36	70-60	墓石のズレ	
中野屋 下: 灰色	12:42	50-75	大気 70-80 深さ2m30cm	C
上: 赤褐色		110	右横ズレ 南方隆起	C
水		40-50	陸地でも断層が見えるかどうか	C
足場		60-90	第3紀の泥岩(縄文互層)	C
駐車場脇 店	13:44	100-145	幅1cmのひび割れ	
〃 大気		30-50		
菜屋の前	13:47	95-104	幅2cm、ズレ 5.5 cmのひび割れ	
〃 大気		68-84	道路の陥没あり	
すぐ下のひび割れ(排水溝)		132-154	幅2cm	
赤い紙の張ってある店	13:53	116-128	駐車場に幅2cmのひび割れ	
店付近の隙間(排水溝)	13:55	100-129		
店付近の道路	〃	72-86		
クリーニング屋		96-126	ブロック塀の崩れ 家6cm隆起、溝6cm陥没	
総持寺入って 20 m		115-135	道の隆起3cm	
〃 大気		70-101		

第5表 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間β線測定

Table 5 Regional distribution of β-ray counting rate using car-borne in 19th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan.

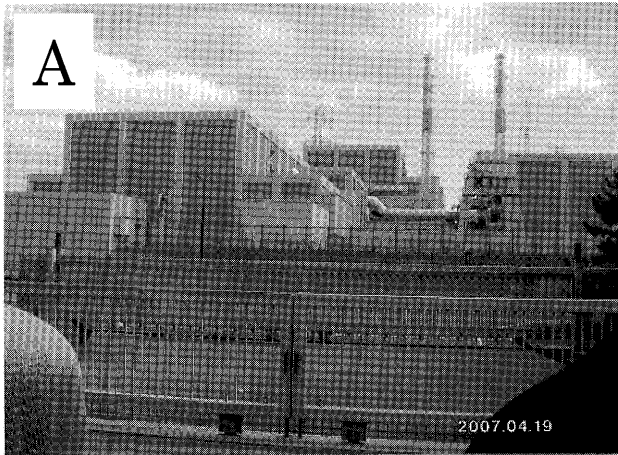
空間放射線がとらえた能登半島地震

357

測定場所	時間	cpm	備考	写真
門前総合支所		114-143	17 cm陥没	
〃 階段		100-150	16 cm	
〃 入口		131-161		
ダイヤ駐車場		115-122	割れ目	D
〃 大気		50-68		
〃 国道わき		100-120	液状化 割れ目 これ以降帰り道	
門前町 走出	14:26	33-56		
中学校	14:28	48-56		
総持寺		50-80		
ハケ川 バス降りた直後		155-162	10 cm陥没	E
ハケ川		121-135	18 cm陥没	E
ハケ川		118-155	陥没有、部分的に 85-116 cpm	E
橋の下		116-135	大気 70-110	
土手 コンクリート		99-120		
割れ目		100-130		
道下	14:43	43-50	4 箇所亀裂	
黒島	14:44	55-80	家崩壊	
じんのびの湯	14:48	70-85		
頂上付近		76-105	マンホール	
入口		75-105	液状化で砂の出たところ 大気 70	
ブロックの割れ目		135-160	幅 10 cm 隆起 6 cm	
下		115-145	14 cm陥没	
道路につながる道		83-115	割れ目 1 cm	
マンホール		110-125	5 cm陥没	
北川	15:02	45-55	開けている	
あ岸川	15:03	50-65	林	
うじのはま	15:04	55-90	山 露頭	
赤神	15:06	50-60	〃	
赤神 トンネル 入口-出口	15:17	57-73	がけ (コンクリート舗装)	
ノッジ (反対側)	15:18	70-80		
大止	15:20	50-60		
つるぎじ	15:22	40-65	7 割の家の屋根にビニールシート	
志賀町	15:24	55-70	11°C 節理の発達しているところ	
深谷	15:25	75-90	道路陥没有、部分的に 55-65 cpm	
高見神社	15:32	50-90	林 竹あり	
大福寺	15:34	45-50	〃	
柏木	15:36	45-60	奥に風力発電あり	
稲藪	15:37	50-60	両側開けている	
中浜	15:38	50-60	左水田、右民家	
富来中前	15:39	45-55	左畑	
	15:40	60-80	民家	
領家口	15:41	50-70	左海 粗大ごみ	
荒木トンネル 入口	15:42	40-50	ビニールシート-軒	
〃 内部、外部	15:43	55-70	3 割ほどビニールシート コンクリで固めている	
はたごトンネル		70-85		
〃 外	15:44	80-90		
生神トンネル 入口		70-85		
〃 中		60-95		
〃 外	15:44	50-60	四角いコンクリート 水田	
志賀時牛下	15:46	35-40	林	
牛下	15:46	40-45		
飛来トンネル 入口	15:48	55-60		
〃 外	15:48	40-45	14°C 林	
荒屋	15:50	45-50	左がけ 右水田	
谷神	15:51	45-50		
松尾神社	15:53	30-65	屋根壊れてる	
	15:54	70-75	家	
とよごな	15:54	70-75	18°C	
せせらぎ自然公園	15:54	45-55	少し開けたところ	
直み	15:57	55-65	木材が置いてある ビニールシート-軒	
松ノ木	15:58	35-60	林	
	15:59	85	林 山	
たき	15:59	45-50	滝 黒いバイオマット	
仏木	16:01	50-80	開けている	
代川	16:02	60-70	小規模に開けている田んぼ	
土田小前	16:03	70-80	木を切っている所があった	
徳田	16:04	40-50	神社の石塔が倒壊	
能登入口	16:06	30-50	家屋の倒壊少数	
16:08-16:11		45-95	横風有、気温 17°C、橋の下、鉄塔付近通過	
いずもとう	16:12	35-40		
西山 出口 志賀町		40-55	左畑 右桜	
サービスエリア	16:13	60	植林	
弓駄橋	16:14	55-60	林	
〃 第二トンネル 入口	16:15	45-50		

測定場所	時間	cpm	備考	写真
〃 中	16:15	60-75		
〃 外		50-60		
〃 第一トンネル 入口		50-65		
〃 中	16:16	40-50		
〃 外	16:16	55-75		
上棚矢駄料金所	16:16	45-50	林	
	16:18	60-72	開けた田んぼ	
	16:19	80-100	追い越し車線 梅田まで6km	
上棚 2号歩道橋下	16:21	55-65	開けている	
〃 一号	16:21	40-50	林	
上中山歩道橋下	16:22	45-50		
1,2,3号歩道橋下	16:23	60-85		
ちばしの大仏	16:23	50-60		
西山西歩道橋下	16:23	45-50		
柳かめ首	16:23	65-70		
来家歩道橋	16:24	50-60		
柳田出口	16:24	40-50	開けた田んぼ ビニールハウス	
かまや	16:26	65-75	林の奥に家がある	
羽咋川	16:26	50-60		
押水	16:27	45-50	駐車場	
志雄サービスエリア	16:29	60-70	畑 かなり開けている	
宝達志水町 パーキング	16:30	60-70	防風林	
今浜まで書かれた看板	16:31	50-60	〃	
今浜料金所	16:32	35-50	林	
相川	16:34	45-50	防風林	
米	16:34	75-85	ゴルフ場	
宝達川	16:34	50-75	少し奥に民家	
前田川	16:36	60-80	水田	
大海川	16:37	50-55	防風林	
道の駅高松	16:37	50-65	〃	
高松出口	16:39	50-65	民家	
	16:40	88	工場 山越株式会社	
	16:42	65-75	工事現場	
白尾料金所	16:43	75-80	寺あり	
	16:44	85-95	料金すぐ後 JF南うら	
白尾トンネル 入口	16:45	50-60		
〃 中		50-60		
〃 外		75-85	民家	
高架橋		60-75	民家	
レジャーランド	16:46	60-75	両側開けている	
津幡 入口	16:48	50-65	水田	
能瀬 出口	16:48	65-70	水田	
能瀬川橋	16:48	45-70	民家、気温 14°C	
庄出口	16:50	55-60	民家	
中の橋	16:51	55-60	13°C	
南中上IC	16:52	55-60	民家 アルプラザ	
利屋出口	16:54	35-40	水田 民家 老人センターあり	
今町出口	16:54	75-80	鉄塔	
今町第 2 橋	16:55	75-85		
山側環状入口	16:55	55-60	水田	
今町高架橋	16:56	70-75	水田 重機リース 電車	
梅田	16:56	70-75	林	
観法寺	16:56	40-45	林 がけ	
森本トンネル 入口	16:57	75-80		
〃 中	16:57	85-100		
〃 外	16:58	55-65	民家	
日裏トンネル 入口	16:58	40-50		
〃 中	16:59	35-105		
〃 外	16:59	90-95	山	
神谷内トンネル 入口	17:00	70-85		
〃 中	17:00	55-65		
〃 外	17:00	85-95	山	
御所トンネル 入口		50-60		
〃 中	17:01	55-60		
〃 外		50-55	山 (少し開けている) 12°C	
卯辰トンネル 入口	17:02	60-70		
〃 中	17:03	35-75		
〃 外	17:03	65-70		
杜の里 3 丁目	17:05	60-70		
若橋詰	17:05	55-70		
杜の里 2 丁目	17:05	55-70		
杜の里 1 丁目	17:06	50-70		
サークルK金沢大学店	16:09	60-70		
金沢大学		80-95		

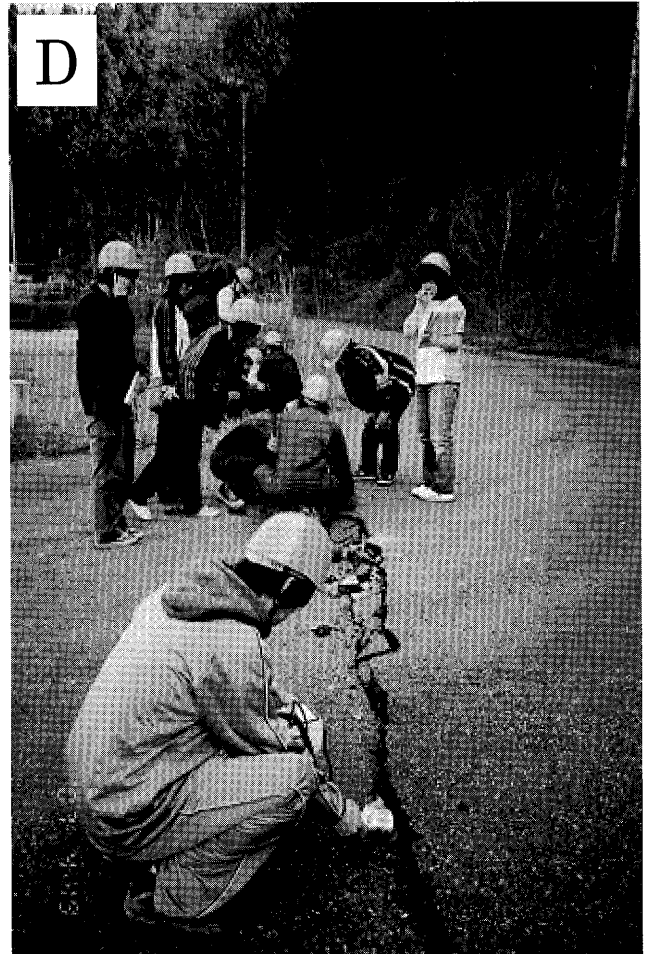
記録者：稲垣、井上、太田、田中、中島、林、森本



A
2007.4.19. 石川県羽咋郡志賀町
志賀原子力発電所周辺 (40-55 cpm)



B
2007.4.19. 石川県輪島市門前町
(50-70 cpm)



D
2007.4.19. 石川県輪島市門前町
道路に生じた亀裂
(115-122 cpm)



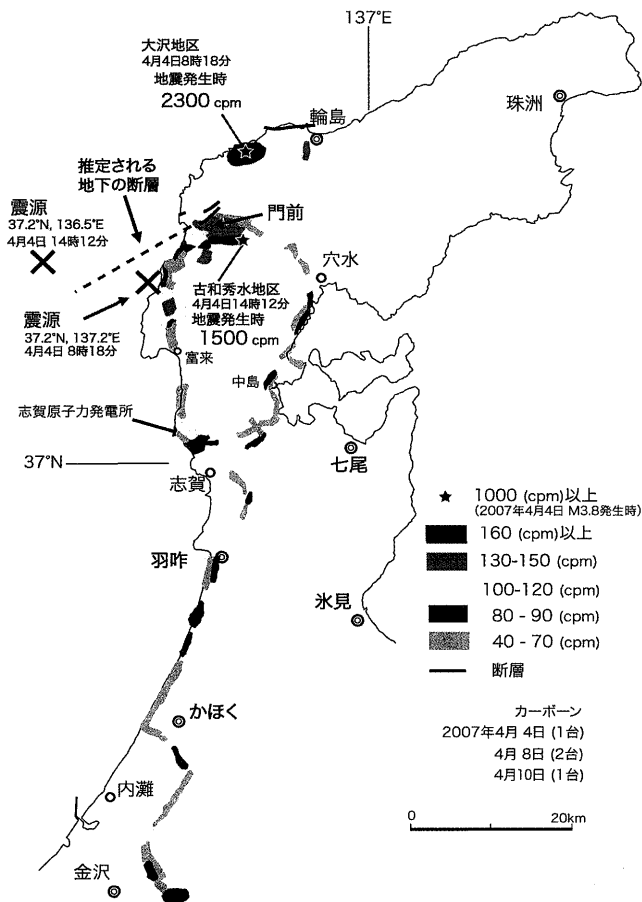
C
2007.4.19. 石川県輪島市中野屋
トレンチ調査現場 (40-110 cpm)



E
2007.4.19. 石川県輪島市門前町
(85-162 cpm)

第6図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線測定地点の状況 (2007年4月19日4台で測定)

Fig.6 Measurements of β -ray counting rate using 4 car-borne in 19th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa Japan.



第7図 能登半島地震被災地におけるカーボン法による空間 β 線分布図(2007年4月4, 8, 10日測定分)

Fig.7 Regional distribution map of β -ray counting rate using car-borne in 4, 8 and 10th April 2007 after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa Japan.

能登半島地震とラドン測定の意味

本研究によるラドン測定のうち、2007年4月4日に輪島市大沢(8:20頃; 2300cpm)と古和秀水(13:20頃; 1500cpm)で測定した空間 β 線はそれぞれ、気象庁地震火山部発表の(1)04日08時18分ころ、震源地 石川県能登地方(北緯37.2度, 東経136.7度), 震源の深さ約10km, マグニチュード3.8の地震と, (2)04日14時12分ころ, 震源地 能登半島沖(北緯37.2度, 東経136.5度), 震源の深さ“ごく浅い”, マグニチュード3.3の地震に対応していると考えられる。なぜならば, 田崎グループが行った古和秀水の現地測定によれば余震のなかった4月8日17:10ごろは, 大気(70-80cpm)に対し, 5カ所の道路の割れ目でも130-150cpmと激減していたからである。4月4日の高いカウント数は, 地震による断層や強い褶曲の上の地表で自然放射線が急増する現象を測定したと考えられる。今回の β 線測定結果は, 同じ場所, 位置, 高さで, ラドン量の一日の変化を見て, 余震の状態を知る可能性を示した。今後, 連続測定ができる空間放射線測定装置を能登半島に設置する必要があると考える。なお, 金沢大学名誉教授の阪上正信博士

(放射化学)はGMサーベイメーターを持って車で四国を巡り空間放射線のマップを作り, カーボン方式の有効性を評価した。カーボンによるラドンの測定は地震による断層運動の経時変化を解析する一手法に使える可能性が多くの研究者により指摘されている(例えば Wakita 1997; Weng 1997; Zhaocheng and Wei 1997)。1996年9月10日に石川県小松で生じた地震によるラドンの異常値や尾小屋銅鉱山の抗口からの排水中のラドンの挙動をモニターした(Komura et al. 1997)。その結果, ラドンの活動は風速と逆相関関係にあり, かつ, M3.2の地震の10日前から地震に関連するラドンの異常値も観察された。しかし, 地元石川県の空間放射線マップはまだ誰も作成しておらず, 4月4, 8, 10日のデータを地図にプロットした図7は, 石川県において初めての試みである。

今後の課題

本研究に用いたGMサーベイメーターは主にベータ線に感度があるが, アルファ線とガンマ線にも少しは感じる。大気中のベータ放射体はラドン-222(ウラン系列)の娘核種である鉛-214, ビスマス-214, ラドン-220(トリウム系列)の娘核種である鉛-212, ビスマス-212が主なものである。地表からのベータ線も検出しているが, 検出器を地表から1m離せば大気中のベータ放射体はかなり反映したデータになる。地表の天然放射性核種のベータ線の空気中最大飛程は6mくらいであるが, 検出器に入るベータ線の数は距離の2乗に反比例するので, 地表から1m離れば大気中成分の寄与が多くなる。GMサーベイメーターはガンマ線にあまり感度がよくないため, 地面からのガンマ線の影響が少ない。従って, 地面の地質の違いの影響を余り受けずに大気中のベータ放射体を検出できる利点がある。なお, ガンマ線に感度が高いNaIシンチレーションサーベイメーターを用いると, 地面からのガンマ線の影響が大きく, 大気中のラドン及びその娘核種は検出しにくい。NaIシンチレーション検出器のカウント数の変動に最も寄与しているのは大気中のラドンと地表に落下したラドンの娘核種である。なお, 今回の震源地に近い輪島市大沢にNaIシンチレーション検出器を4月21日に設置し, 1週間後にチェックしたところ, 大沢での日変動は通常の日変動とは異なっていた。4月22日の昼前から急激に増加し, 4回のピークをへて23日には最低値を示している。また, 25日の昼にもピークが認められ, これらの原因を現在, 検討中である(小村和久博士私信)。

一方, NaIシンチレーション検出器を使っている環境放射線監視局(ガンマ線のみ)で異常な線量増加ピークが出ているのは, かなり大量のラドン放出があったものと考えられる。北陸電力は4月19日に, 能登半島地震(M6.9)による志賀原発の敷地地盤のうち開放基盤について, 地震動記録を発表した。それによると, 志賀原発の設計用最強地震, 設計用限界地震による基準地震震動S2を, 長周期側で2倍

以上超えていた。志賀原発の今回の揺れは、1号機の固有周期0.36-0.3秒、2号機は0.5-0.8秒を記録し、設計用限界地震の設計値の2倍を上回った（原発問題住民運動全国連絡センター2007）。

さらに、能登半島地震発生時、石川県が設置した震度計27箇所のうち6箇所で故障していたことが5月2日に判明した。市の担当者は故障の事実も把握しておらず、修復作業が完了したのは地震発生から半月以上経った4月13日であった。県の地震震度情報ネットワークシステムが災害時に十分機能していなかった実態は志賀原発の存在と立地条件の不安定さとともに石川県住民にとって不安が高まる一方である。

まとめ

2007年3月25日9時41分にマグニチュード6.9の激震が石川県能登半島を襲い、幹線道路に大きなダメージを与え、交通網が寸断された。本研究調査団はGMサーベーターを使用し、車によるカーボン法と徒歩によるハンドボン法の併用により、能登半島地震災害地の大気の間放射能と舗装道路の亀裂、陥没、隆起、地滑り地帯におけるβ線を測定した。測定日は2007年4月4日から19日の間の4回である。約230kmの距離を2-4台のGMサーベーターで、毎回同じルートを往復して測定した。また、地震の被害がなかった金沢市内においても4月12日に測定を行い、災害地と比較した。2007年4月4日8:20に輪島市大沢において2300cpmを記録し、同日の13:20には古和秀水にて1500cpmを記録した。これはともにM3.8、深さ10km、震源地37.2N, 136.7E, およびM3.3、比較的浅い震源地37.2N, 136.5Eの余震に合致した。舗装道路の亀裂、陥没、隆起部分は100-200cpmと高い値を示し、その場の空間ではそれ以下であった。一方、地震被害のなかった金沢市内は40-80cpmと低い値を示した。β線計数率の分布地図は地震の被害が大きい地域で高く、時間が経過するに従い、低下することが明らかになった。しかし、能登半島に設置されていた地震計のうち6箇所が故障したままであったこと、志賀原発の設計用限界地震の耐震設計値が長周期側で2倍以上超えていた事実は石川県住民の不安を募らせている。

謝辞 金沢大学低レベル放射能実験施設の小村和久博士、山本政儀博士、日さく株式会社伊藤俊方博士には有益な助言と文献の紹介をして頂き、お礼申し上げます。また、ラドン調査に同行していただいた馬場奈緒子氏、森谷 匡氏、荒井一彦氏にお礼申し上げます。さらに、4月19日に行ったラドン調査でご協力いただいた理学部地球学科3年生27名に感謝申し上げます。

文 献

Adams J A S and Fryer G E (1963) Portable γ -ray spectrometer

for field determination of thorium, uranium and potassium. *Natural Radiation Environment*, Paert II, 577-596.

物理探査学会 (1998) 物理探査ハンドブック 手法編, 597-614.

地学団体研究会 (2005) 2004年新潟県中越地震 - 中越地震の被害と地盤 -. 地研専報 54, 123p.

Darnley A G (1991) The development of airborne gamma-ray spectrometer; Case study in technological in-innovation and acceptance. *Inter. Radat. Appl. Instrum. Part E, Nucl Geophys.* 5-4, 377-402.

越南タイムズ編 (2005) 新潟県中越地震特別記録写真集, 激震魚沼: 魚沼市川口町. 82p.

原発問題住民運動全国連絡センター (2007) げんぱつ. 第217号, 8p.

Horiuchi K and Murakami Y (1982) A new method for the determination of radon in soil air by the "open vial" and instagel counting with a liquid scintillation counter, *J. Radioanal. Chem.*, 80, 153-163.

五十嵐丈二・佐伯雄司・高畑直人・佐野有司・齋川 要・田阪茂樹・佐々木嘉三・高橋 誠 (1995) 兵庫県南部地震前の地下水中ラドン濃度異常. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 201-203.

池辺幸正・山西弘城・東条啓司・飯田孝夫 (1995) 土壌からのラドン散逸率と大気中ラドン濃度との関連. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 141-142.

粕野義夫 (1993) 新刊・石川県地質図 (縮尺10万分の1) 石川県地質誌, 石川県北陸地質研究所.

木村重彦・高野 彬・五十嵐生男 (1990) 携帯用自然ガンマ線測定装置による割れ目の解析. *応用地質*, 31, 15-24.

木村重彦 (1995) 地表 γ 線による表層地質等の探査, *Radioisotopes*, 44, 627-636.

Komura K, Toguchi A and Yamazaki S (1998) Monitoring of radon activity in the tunnel and out-flow water from mining pit of former Ogoya Copper Mine and radon anomaly related to earthquake of September 10, 1996 at Komatsu area, Japan. In "Radon and Thoron in the Human Environment". *Proceedings of the 7th Tohwa University International Symposium*, World Scientific Publishing Co Ltd, 150-156.

小川喜弘・木村雄一郎・山崎敬三・辻本 忠 (1995) 若狭地区における屋外ラドン濃度. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 81-86.

岡部 茂 (1995) ラドン族の有用性について. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 1-3.

ラドン族調査研究委員会 (1995) 大気中のラドン族と環境放射能 III. 岡部 茂他編集, 社団法人日本原子力学会発行, 234p.

辻本 忠・山崎敬三・三枝 純・下 道國・八木信行 (1995) 山間部におけるラドン濃度と空間 γ 線線量率の関係 (序報). 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 65-68.

山西弘城・飯田孝夫・池辺幸正・阿部史郎・畑 卓夫 (1995) 大気中ラドン濃度地域分布の測定. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 74-75.

山内常生 (1992) 地中におけるラドン濃度の変化と地震発生の関係. *環境ラドン*, 原子科学研, 30-41.

安岡由美・志野木正樹 (1995) 兵庫県南部地震の前後における大気中のラドン濃度の変動. 大気中のラドン族と環境放射能 III, 社団法人日本原子力学会発行, 204-206.

Wakita H (1997) Radon observation for earthquake prediction. *Proc. of the 7th Tohwa University International Symposium*, Eds Katase, A. and Shimo, M, World Scientific Co, 125-130.

Weng Pao-Shan (1997) Geological fault exploration and earthquake prediction using radon. Proc. of the 7th Tohwa University International Symposium, Eds Katase A and Shimo M, World Scientific Co, 131-140.

Yasuoka Y and Shinogi M (1997) Variation in radon exhalation from the ground on the active fault in Kobe. Proc. of the 7th Tohwa University International Symposium, Eds Katase, A and

Shimo, M, World Scientific Co, Proc of the 7th Tohwa University International Symposium, Eds Katase, A and Shimo, M, World Scientific Co, 157-160.

Zhang Z and Zhang W (1997) Research in using radon content variation to predict earthquakes in China. Proc. of the 7th Tohwa University International Symposium, Eds Katase, A and Shimo, M, World Scientific Co, 141-149.

田崎和江・中西 孝・鈴木祐恵・佐藤和也・森井一誠・鈴木健之. 2007. 空間放射線がとらえた能登半島地震：被災地における空間ベータ線測定. 地球科学, 61, 343-361.

TAZAKI Kazue, NAKANISHI Takashi, SUZUKI Sachie, SATOH Kazuya, MORII Issei, SUZUKI Kenji. 2007. Measurement of atmospheric beta-rays after the Noto Hanto Earthquake in 2007 struck the Noto Peninsula, Ishikawa, Japan. Earth Science (Chikyu Kagaku), 61, 343-361.

要 旨

2007年3月25日9時41分にマグニチュード6.9の激震が石川県能登半島を襲い、舗装道路に大きなダメージを与え、交通網が寸断された。本研究調査団はGMサーベーターを使用し、車によるカーボン法と徒歩によるハンドボーン法の併用により、能登半島地震災害地の空間β線と舗装道路の亀裂、陥没、隆起、地滑り地帯におけるβ線を測定した。測定日は2007年4月4日から19日の間の4回であり、約240kmの距離を2-4台のGMサーベーターで、毎回同じルートを往復して測定した。また、地震の被害がなかった金沢市内においても4月12日に測定を行い、災害地と比較した。2007年4月4日8:20に輪島市大沢において2300cpmを記録し、同日の13:20には古和秀水にて1500cpmを記録した。これはともにM3.8、深さ10km、震源地37.2N、136.7E、およびM3.3、比較的浅い震源37.2N、136.5Eの余震に合致した。舗装道路の亀裂、陥没、隆起、液状化の箇所は100-200cpmと高い値を示し、かつ、その場の大気はそれ以下であった。一方、地震被害のなかった金沢市内は40-80cpmと低い値を示した。空間β線計数率分布地図は地震の被害が大きい地域で高く、時間が経過するに従い低下することが明らかになった。