

# Variations of radiation levels before and after the Noto Hanto Earthquake in 2007 (<Special issue>The Noto Hanto Earthquake in 2007(Part2))

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-09-09 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	<a href="https://doi.org/10.24517/00063583">https://doi.org/10.24517/00063583</a>

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



## 能登半島地震前後の環境放射能の変動

小村和久\*・稲垣美幸\*・西川方敏\*・中西 孝\*・早川和一\*\*・唐 寧\*\*  
・楊 小陽\*\*・飯田孝夫\*\*\*・森泉 純\*\*\*\*

## Variations of radiation levels before and after the Noto Hanto Earthquake in 2007

KOMURA Kazuhisa\*, INAGAKI Miyuki\*, NISHIKAWA Katatoshi\*\*,  
NAKANISHI Takashi\*\*, HAYAKAWA Kazuichi\*\*, TANG Ning\*\*,  
YANG Xiaoyang\*\*, IIDA Takao\*\*\* and MORIIZUMI Jyun\*\*\*\*

**Abstract** Variations of radiation levels before and after the Noto Hanto Earthquake in 2007 have been analyzed from the point of view of environmental radioactivity. The  $^{210}\text{Pb}$  activities in the airborne particles are collected from Nishi-Futamata in Wajima, are analyzed. The Radon activity at Hegura Island located 50 km North of Wajima, and the spatial gamma rays at Nishi-Futamata are measured since April 21, 2007. Abnormal increase of  $^{210}\text{Pb}$  activity started 3 weeks before the earthquake are found, suggesting the maximum value just before the earthquake, because it decrease to normal level after 2 weeks. Increase of radon level was not observed at Hegura Island, however, increase of radiation level at Nishi-Futamata area continued for 6 weeks after the earthquake, and settled to normal level in middle of May 2007.

**Key Words** : the Noto Hanto Earthquake in 2007, radiation level,  $^{210}\text{Pb}$ , monitoring, gamma ray, carborne measurement, radon, airborne particle, radionuclide, radioactivity

## はじめに

地震に関連した放射能異常については古くから研究が行なわれており、井戸水や大気中のラドン ( $^{222}\text{Rn}$  半減期 3.825 日の放射性気体) の濃度が地震の際に異常な増加を示したことを論じたものが多い (岡部 1990, Radon and Thoron in the Human Environment 1997). 最近のものとして 1995 年 1 月の兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災) の約 5 ヶ月前からの空間放射線レベルの増加を明らかにした研究 (Yasuoka and Shinogi 1997) が注目されている。筆者は辰口町 (現能美市) 和気地内にある金沢大学低レベル放射能実験施設 (Low Level Radioactivity Laboratory: LLRL) で観測していたラドン濃度が、4.3km の至近距離で 1996 年 9 月 10 日に発生したマグニチュード 3.2 の地震の約 10 日前から異常に増加し、地震 2 日後には通常値に戻ったことを観測している (Komura et al. 1998)。

本報告では環境放射能の観点から 2007 年 3 月 25 日に発生した「平成 19 年能登半島地震」前後の変動の存否について、大気浮遊塵、ラドンおよび空間  $\gamma$  線の観測結果について解析した結果を紹介する。

大気浮遊塵の放射能測定を従来より 1 桁高い時間分解能で

測定し、環境変動観測の指標に利用しようとする研究は、2002 年度採択の金沢大学 21 世紀 COE プログラム「環日本海域の環境計測と短期・長期変動予測」の一環として 2003 年から実施している。本報告は、震源に近い輪島市西二又で地震発生前後の約 1 ヶ月間に採取した大気浮遊塵試料の放射能測定により、 $^{222}\text{Rn}$  の壊変で生成する半減期 22.3 年の放射性核種  $^{210}\text{Pb}$  の濃度と地震との相関について解析することを目的としたもので、同時期に辰口及び鶴来町 (現白山市) の獅子吼高原で採取した大気浮遊塵試料との比較により、地震との関連を明らかにすることを試みた。大気中のラドン観測も大気浮遊塵と同じく COE プログラムの一環であり、辰口、獅子吼高原、輪島沖 50km に位置する舳倉島の 3 地点で 2003 年に同時観測を開始したが、人手不足のために継続しているのは舳倉島での名古屋大学との共同観測のみである。ラドンについては、2007 年 1 月から 4 月分の測定結果について地震との関連を検討した。その他、地震発生約 1 ヶ月後の 4 月 21 日から輪島市西二又で実施している空間  $\gamma$  線の連続観測及び、能登半島での「カーボン測定」についても紹介する。

2007 年 6 月 8 日受付. 2007 年 6 月 11 日受理.

\* 金沢大学環日本海域環境研究センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町

\*\* 金沢大学大学院自然科学研究科

\*\*\* 名古屋大学大学院工学研究科

観測対象	検出器	測定試料	試料採取または観測地点	試料採取方法等
$^{210}\text{Pb}$ , $^7\text{Be}$	尾小屋地下測定施設の極低バックグラウンドGe半導体検出器	大気浮遊塵	輪島市西二又町旧西二又小学校定点観測拠点 能美市和気町金沢大 LLRL 屋上 白山市獅子吼高原 (海拔 640 m)	ハイボリュームサンプラーを用い、毎分700-900Lの空気をシリカファイバーフィルターでろ過
$^{222}\text{Rn}$	静電捕集型ラドンカウンタ	空気	舳倉島診療所屋上	五酸化リンで除湿した空気を1 L/minの流速で容量17Lのチェンバーに通す
空間 $\gamma$ 線	7.6cm $\phi$ x 7.6 cm NaI(Tl) $\gamma$ 線検出器	周辺環境	輪島市西二又町旧西二又小学校定点観測拠点 輪島一門前一穴水を経て辰口までの道路上	発砲スチロール箱に入れ観測拠点のベランダ上で30分間隔で測定 自動車に搭載し10秒間隔で道路沿いに測定

第1表 能登半島地震発生前後の環境放射能・放射線関連の観測項目と測定手法

### 測定地点、測定項目及び測定法

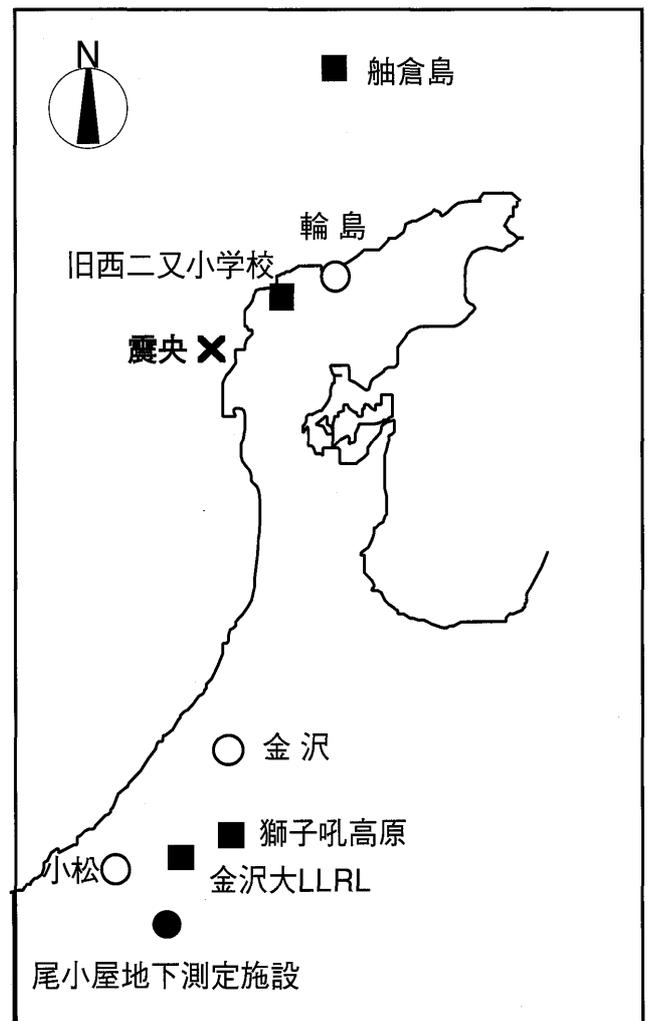
能登半島地震発生前後の環境放射能の変動に関する測定項目と測定法を第1表に、調査およびサンプリング地点を第1図に示す。

#### 大気浮遊塵の放射能測定

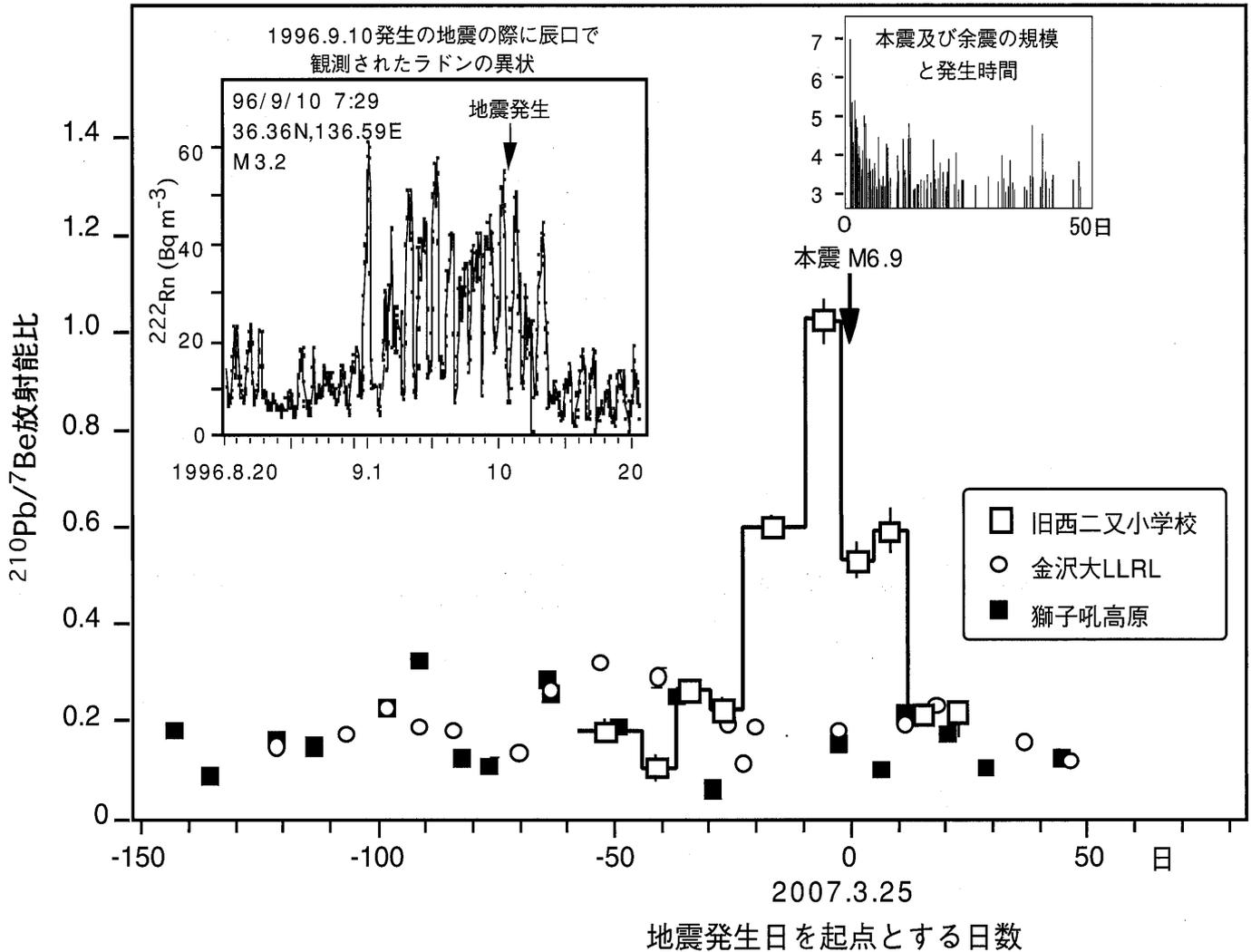
大気浮遊塵試料は、ハイボリュームサンプラー (SIBATA HV - F1000) を用いてシリカファイバーろ紙 (ADVANTEC-QR-100: 254mm x 203mm) に流量 700-900L/min で空気を通すことにより採取した。今回測定したのは、第1図に示す輪島市の旧西二又小学校に設置してある元「国設輪島酸性雨観測地点」(2002年度に自然計測応用研究センターに移管、現在は環日本海域環境研究センターが管理) でPHA測定用に1週間間隔で採取したものである。採取した試料の1/20を用いて $\gamma$ 線測定を行った。比較試料として金沢大学 LLRL 屋上及び海拔 640m の獅子吼高原で採取した大気浮遊塵試料の2/3を用いて測定した。これらの試料は尾小屋地下測定施設の極低バックグラウンド Ge 検出器を用いて半日から2日間ずつ測定を行った。

#### ラドン観測

ラドン観測は輪島市の北方 50km に位置する舳倉島の舳倉島診療所の屋上に設置した静電捕集型ラドンカウンタにより、1時間間隔で行った。前述のように本研究は名古屋大学との共同で実施しているもので、2007年1月から4月の観測データについて解析した。



第1図 サンプリング及び観測地点



第2図 大気浮遊塵の測定で得た能登半島地震前後の大気中の $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 放射能比の変動  
 左上図：1996年9月10日発生地震の際のラドン異常 (Komura et al. 1998)  
 右上図：2007年能登半島地震の本震及び余震の時系列 (横軸は下と一致) (気象庁公表データより作成)

#### 空間 $\gamma$ 線の連続観測

空間 $\gamma$ 線の連続観測は、輪島市西二又の観測施設の床（地上約2m）に7.6cm $\phi$  x 7.6cmのNaI (TI) シンチレーションカウンター設置して行った。NaI (TI) 検出器は温度によるゲイン（増幅率）変動が起るので、発泡スチロール箱に温度コントロール用のヒーターと一緒に定温で測定出来るように配慮した。検出器からの $\gamma$ 線信号（カウント数）は、30分間隔でマルチスケーラーモード設定の波高分析器（Canberra Series 35）で記録した。記録されるのは周辺の土壌・岩石中のウラン、トリウム、カリウム等の天然放射能及び大気中のラドンに由来する $\gamma$ 線であり、地震の影響を見るには、計数の起源となる岩石・土壌由来の $\gamma$ 線（本研究ではバックグラウンド計数を与える）の影響が少ない条件で測定することが望ましい。幸い、この地域の岩石土壌中のウラン、トリウム、カリウム濃度は比較的低いことに加え、観測施設の外壁材の遮蔽効果でバックグラウンド $\gamma$ 線計数は低く、大気中

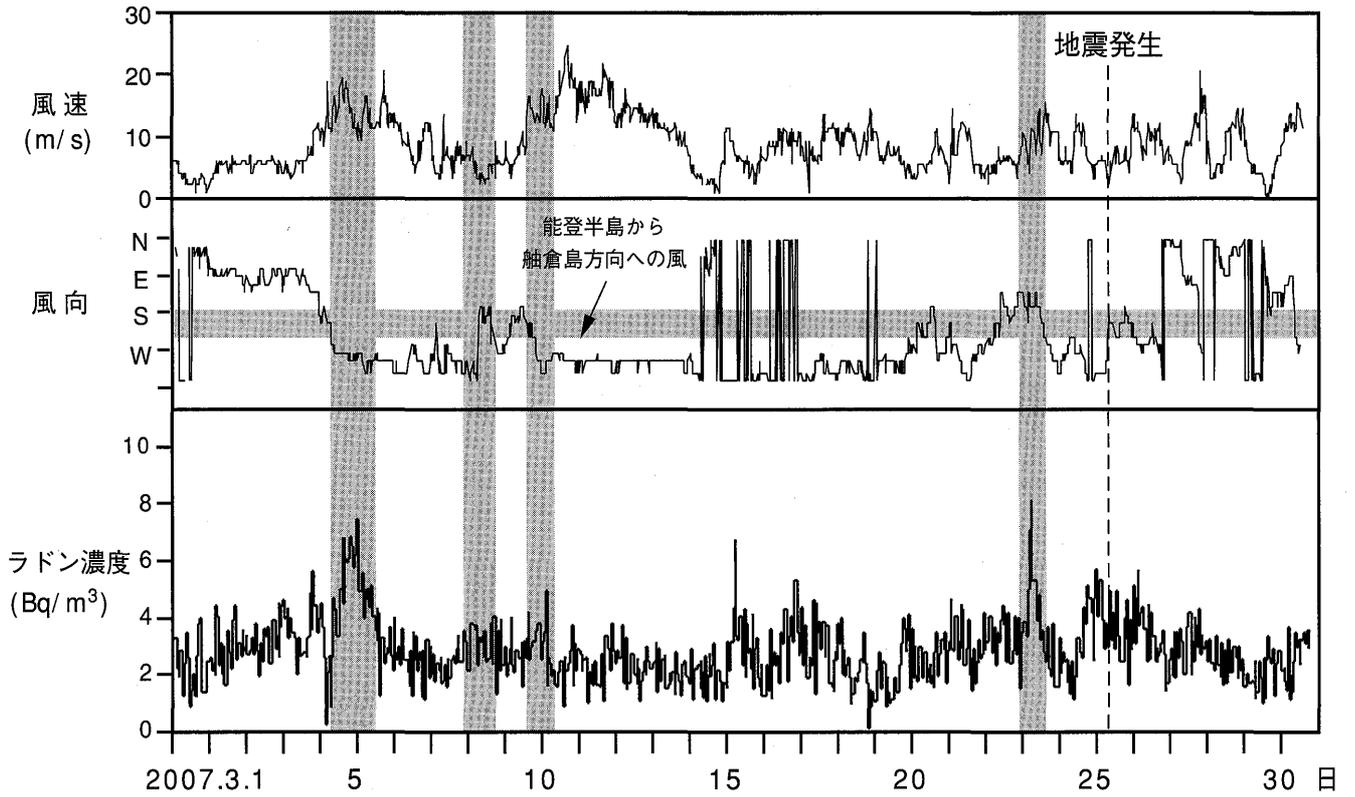
放射線レベルのわずかな変動を鋭敏に測定するには好都合であった。

#### 空間 $\gamma$ 線レベルのカーボン測定

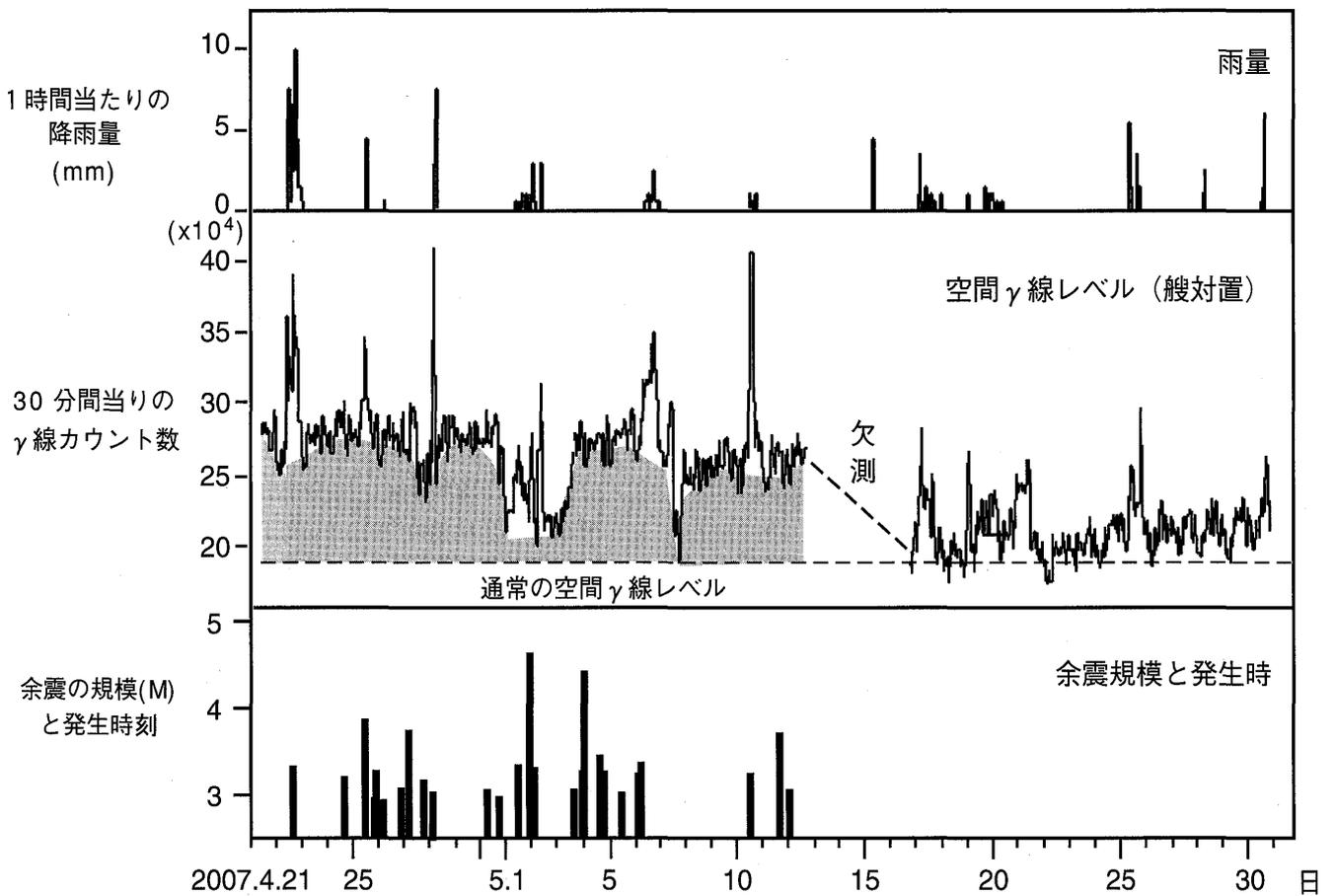
測定車に放射線検出器を搭載し、道沿いに放射線レベルを連続測定するいわゆる「カーボン測定」(Carborneは「車(カー)」と「乗せる」を意味するbearの過去分詞borne ボーンからなる合成語)は短時間で広い範囲の放射線レベルを把握する有効な方法である。現地調査に行く際に、測定車後方座席に7.6cm $\phi$  x 7.6cmの井戸型NaI (TI) 検出器をセットしてカーボン測定を行った。西二又での空間 $\gamma$ 線の定点測定と同様にマルチスケーラーモードで10秒間隔でカウント数を波高分析器に記録した。

#### 気象データ取得

空間 $\gamma$ 線レベルは降雨の影響を鋭敏に反映するため、測定



第3図 舳倉島における2007年3月のラドン濃度と気象条件 (気象データは第九管区海上保安本部提供)



第4図 西二又における空間 $\gamma$ 線レベルの変動と降雨 (上図) および余震 (下図)  
網かけ部分は地震に関連したラドンの放出による線量増加と考えられる

地点の気象状況，中でも降雨データを考慮した解析が必要である．西二又地区における気象状況は，気象庁公開の輪島における気象データを解析に用いた．舢倉島の気象は第九管区海上保安本部から提供いただいたデータを解析に用いた．

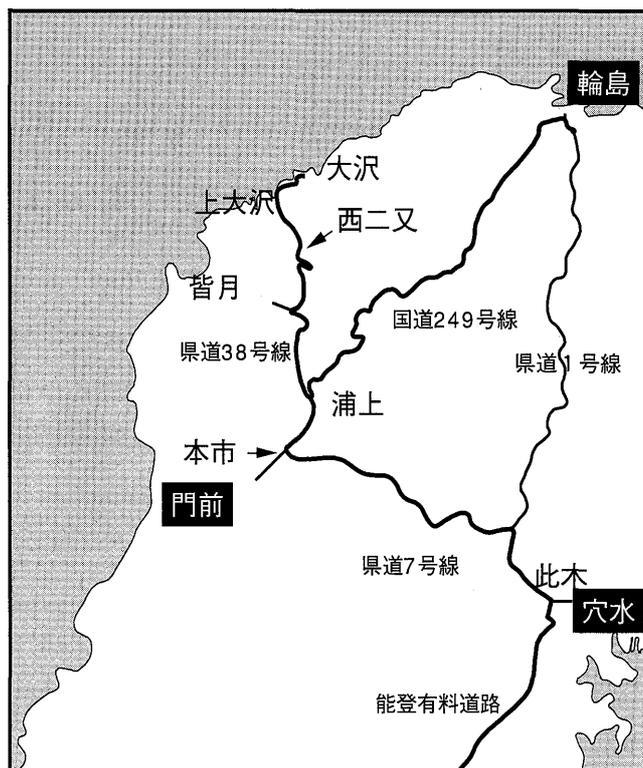
## 測定結果

### 地震前後の大気中の $^{210}\text{Pb}$ の変動

大気中の $^{210}\text{Pb}$ の放射能レベルはきわめて低く， $^{210}\text{Pb}$ の濃度を支配しているのは近傍のラドン濃度よりも遠方から輸送された大気であり，一般には， $^{210}\text{Pb}$ の濃度とラドン濃度との相関は小さいことが知られている．しかし，多量のラドンが大気中に放出された場合には， $^{210}\text{Pb}$ 濃度の局地的な増加が起り得るので，地震由来のラドンの放出が観測できる可能性がある．本研究では $^{210}\text{Pb}$ 濃度そのものよりも， $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 放射能比で他地域と比較することとしたが，これは大気中の窒素や酸素等との核反応により大気上空で生成する宇宙線生成核 $^{7}\text{Be}$ が地震活動と関係しないので，地震に伴う $^{222}\text{Rn}$ の異常な放出を鋭敏とらえることが可能と考えたからである．

輪島市西二又地区で採取した大気浮遊塵試料とLLRLおよび獅子吼高原で採取した試料の $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 放射能比を第2図に示した．縦軸に $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 放射能比を，横軸には地震発生の3月25日から数えた日数を取った．図から明らかなように，西二又で採取した大気浮遊塵の $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 比の変動は，辰口および獅子吼高原とは明らかに異なり，地震発生の約3週間前から異常に増加し，多量のラドンが大気中に放出されていたことを示唆している． $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 比は地震派生の直前の3月16日から23日にかけて採取した大気浮遊塵試料で極大値を示し，その直後から低下に転じ，約2週間後には通常のレベルに戻ったことが分かる．この事実は地震発生の約3週間も前から地震の前兆現象として多量のラドンが大気中に放出されたことを示唆している．図右上に本震及び余震の発生状況を示したが，地震後2週間観測された高い $^{210}\text{Pb}/^{7}\text{Be}$ 比は，地震後のラドン放出と考えることも出来るが，余震の「前兆」現象を示していることも考えられる．このようなラドン放出の経過は，図左上に示した1996年に至近距離で発生した地震の際に観測されたラドンの変動パターンと極めて近いことが分かる．

小村が2回経験したラドン異常と地震との相関は，ラドン濃度の異常な増加が地震の前兆現象として起っていると考えてよいことを示している．ラドンの観測網が高い密度で設置されれば，ラドンの異常放出を地震の前兆現象としての確に検知できる可能性が高いと考えられる．片瀬は，過去の地震データを整理してラドンの異常放出等の前兆現象の発現期間と地震規模には相関があり，地震規模が大きい程，前兆現象の発現時期が早いことを示した(Katase and Matumoto 1997)．マグニチュード7.2の神戸地震で約5ヶ月前，筆者が経験した1996年のマグニチュード3.2の地震は10日，今



第5図 能登半島における空間γ線レベルのカーボン測定 (太線は通過経路)

回のマグニチュード6.9の能登半島地震の3週間は矛盾しない．今回は，地震の原因となった断層帯のすぐ近くで採取した大気浮遊塵試料の $^{210}\text{Pb}$ を測定することによって，間接的ではあるが地震の前兆現象としてラドンの大量放出をとらえることが出来たものである．ラドン濃度のリアルタイム監視システムがあれば，地震発生のかかなり前にラドンの異常放出を前兆現象として検知出来るに違いない．しかし，これは地震発生地点，発生時および規模の3要素を的確に捉える地震の予知ではない．ラドン異常が発生するメカニズムの解明が必要であり，更なる観測とともに，今後の研究の方向性を示すものとして意義があるものと確信する．

### 舢倉島における大気中ラドン濃度の変動

2007年1月から4月まで舢倉島で観測したラドン濃度の測定結果を気象状況を考慮して検討した．第3図に2007年3月分のラドンと風向風速をプロットした．大気浮遊塵の測定から示唆された地震発生3週間前から地震発生後1週間に注目してもラドン濃度の変化と地震との明瞭な相関は見られない．図にはラドン濃度の増加時期とその際の風向が分かるように網かけをしてある．3月5日から6日にかけての増加及び3月24日の短時間の鋭い増加に地震との相関を考えた場合，3月5～6日は北西の風であり輪島・門前方向から風がなかったので，ラドンの増加は朝鮮半島で数日前に発生したラドンが到達したものと推察される．一方，3月24日の



空間 $\gamma$ 線レベルのカーボン測定

時速 60-80km 走行で 10 秒間隔で行った空間 $\gamma$ 線レベルのカーボン測定は、距離に換算して 170-220m 相当の区間の平均レベルを示すものである。得られる情報は地質および地形を反映するもので地震とは直接関係がないが、ラドン源となる岩石（土壌）中のウランのほか、トリウム及びカリウ等の $\gamma$ 線源濃度の地域的な違いを反映していると考えられる。

カーボン測定の経路を第 5 図に示す。輪島市役所を出発し、国道 249 号線で門前に向い、二俣町、縄又町を経て大沢への分岐で山に入り、旧道を通って中屋から 249 号線へと下り、浦上交差点から県道 38 号線に入り北上した。濁り池、皆月 - 大沢分岐点を経てヘアピンカーブで空間 $\gamma$ 線の観測をしている西二又を経て上大沢で海岸に出て大沢で Uターンし、上大沢、西二又、ヘアピンカーブを通り浦上交差点へと逆走して国道 249 号線に戻り、本市から県道 7 号線で東に向い、県道 1 号線から穴水に出て此木から能登有料道に入った。途中高松サービスエリアで休憩、白尾から一般道に出て国道 8 号線を経て辰口の自宅に戻るコースを取った。全行程の $\gamma$ 線レベルの測定結果を第 6 図に示す。図から分かるように、トンネルやガード下の通過時の線量増加は良いマーカーとなる。浦上から大沢の往復コースを第 5 図に矢印で示したが、 $\gamma$ 線レベルは鏡像関係にありカーボン測定の再現性と信頼性を示している。通過地点の $\gamma$ 線の平均レベルを点線で示したが、能登半島の $\gamma$ 線レベルは概して低ことは明らかである。

## おわりに

地震発生前後に震源地に近い輪島市西二又で採取した大気浮遊塵の測定により、地震発生の約 3 週間前からラドン濃度が増加し、地震後に速やかに低下し約 2 週間で通常レベルに戻ったことが明らかになった。十分な観測密度でラドンの連

続観測を行えば、少なくとも直下型地震に対しては前兆を検知出来る可能性が高いと考えられる。アメダスの観測網では多少目が粗いが、通信回線が整っておりリアルタイムで観測可能なシステムを安価に構築出来る可能性がある。ラドンカウンターとしては、高感度であるよりもメンテナンスが容易で安定に作動するものが望ましい。これまでラドンの異常放出を前兆現象として捉えられなかったのは、密度の高い観測網がなかったからからであろう。

## 文 献

- Katase A and Matumoto Y (1997) Prediction of the earthquake in north western Japan from the change of radon concentrations in air. In "Radon and Thoron in the Human Environment". Proceedings of the 7th Tohwa University International Symposium, Oct 25-30, 1997. World Scientific Publishing Co Ltd, 199-203.
- 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, Oct 25-30, 1997. World Scientific Publishing Co Ltd, 150-156.
- 岡部 茂 (1990) ラドン族と地震との関係, 続「大気中のラドン族と環境放射能」, ラドン族調査研究委員会発行 (岡部茂他編), 333-338.
- Radon and Thoron in the Human Environment (1997) Proceedings of the 7th Tohwa University International Symposium, Oct. 25-30, 1997. World Scientific Publishing Co Ltd (掲載された論文およびその引用文献) .
- Yasuoka Y and Shinogi M (1997) Variation in radon exhalation from the ground on the active fault in Kobe. In "Radon and thoron in the human environment. (ed ; Katase A and Shimo M). In "Radon and Thoron in the Human Environment". Proceedings of the 7th Tohwa University International Symposium, Oct 25-30, 1997. World Scientific Publishing Co Ltd, 157-160.

小村和久・稲垣美幸・西川方敏・中西 孝・早川和一・唐 寧・楊 小陽・飯田孝夫・森泉 純. 2007 能登半島地震前後の環境放射能の変動. 地球科学, 61, 335-342.

KOMURA Kazuhisa, INAGAKI Miyuki, NISHIKAWA Katatoshi, NAKANISHI Takashi, HAYAKAWA Kazuichi, TANG Ning, YANG Xiaoyang, IIDA Takao and MORIIZUMI Jyun. 2007. Variations of radiation levels before and after the Noto Hanto Earthquake in 2007. Earth Science (Chikyu Kagaku), 61, 335-342.

#### 要 旨

環境放射能の観点から能登半島地震発生前後の放射能関連のデータの解析を試みた。解析したのは、輪島市西二又地区で採取した大気浮遊塵中の $^{210}\text{Pb}$ 、輪島沖 50km に位置する舳倉島のラドン濃度、地震発生後の4月21日から西二又地区で連続測定を実施した空間 $\gamma$ 線レベルの3項目である。その結果、地震発生約3週間前から大気浮遊塵試料のラドンの娘核種 $^{210}\text{Pb}$ の濃度が増加し、地震直前にピークに達した後に低下に転じ、約2週間後にはほぼ平常値に回復していたことが分かった。舳倉島のラドンには地震の影響は見られなかったが、西二又における空間 $\gamma$ 線レベルはラドンに由来すると考えられる高い値が約6週間後も続き5月中頃に平常値に戻ったことが明らかになった。