

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：35302

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24654147

研究課題名(和文) 海底地震発生帯のラドン測定による巨大地震発生予知の可能性

研究課題名(英文) Possibility of a huge-earthquake prediction by radon measurement in submarine seismic area

研究代表者

蜷川 清隆 (NINAGAWA, Kiyotaka)

岡山理科大学・理学部・教授

研究者番号：80098590

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：今回、深海用低消費電力型線記録装置を開発し、これを装備したガンマ線分光装置(NaI)を熊野灘沖の海底2600mの冷湧水域に設置した。3.5ヶ月後に無事回収し、ガンマ線スペクトル測定の稼働を確認できた。今回の熊野灘沖の海底2600mの冷湧水域、3.5ヶ月間の測定では、換算U含有量(ラドン濃度)には大きな変化はなく、地震との直接的な相関は見出すことはできなかった。しかし、アルカリ電池を使用しているため、低コストで何回でも長期間の海底でのガンマ線スペクトル測定が可能となっている。今後、深海底の色々な場所で、長期間多数回のガンマ線スペクトル測定が期待できる。

研究成果の概要(英文)：A low power consumption type gamma-ray spectra recording apparatus for deep seas was developed, and this time a gamma-ray spectroscopy equipment (NaI) equipped with this apparatus was installed at a cool spring point of submarine 2600m in the offing of the Kumano-nada Sea. After 3.5 months we recovered this equipment safely, and confirm the operation of gamma-ray spectral measurement. There were no large changes in the conversion U content (the radon density) for 3.5 months at this cool spring point of submarine 2600m in the offing of the Kumano-nada Sea. There was no direct correlation between earthquakes and the radon density. However we used low cost alkaline batteries, then more long-term submarine gamma-ray spectra measurements are possible. We can expect to measure long-term gamma-ray spectral measurement at the various locations of submarine in future.

研究分野：放射線計測

キーワード：地震予知 海底 放射線 ラドン 長期変動 NaI ガンマ線計測装置

1. 研究開始当初の背景

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に続いて、日本列島においては数十年以内に東海沖及び東南海を震源とする巨大地震が起きることが予想されている。地震活動に相関する空気中あるいは地下水中のラドン濃度の増減は、断層が動く際の多量のラドンの放出によって説明されているが、兵庫県南部地震において地震の前に大気中及び地下水中ラドン濃度が増加したという観測、東北地方太平洋沖地震において大気中ラドン濃度の日最低値の年間変動からの差が急激に減少したという観測結果が報告されている。この為、巨大地震の震源となる海底でも長期間のラドン濃度測定ができる装置の開発が望まれている。

2. 研究の目的

本研究の第一の目的は海面から数千メートル海底において、長期間ガンマ線スペクトルを測ることのできるガンマ線分光装置を開発すること。また、実際に海底に設置し、ガンマ線スペクトルの変動からラドン娘核種の量の時間変動を求め、地震との相関を求めることにより、海底の海水中ラドン濃度変動の地震予知に対する有用性の評価を行うことである。

3. 研究の方法

2012年度は、既存のガンマ線分光装置を用いて、ガンマ線データを記録蓄積するガンマ線データロガーの開発に力を注いだ。そして岡山県倉敷市内のある貯水槽に1週間沈め、水中の環境ガンマ線測定をおこなって、将来の海底長期ガンマ線測定のための予備をおこなっていた。

しかし2013年度に、クリアパルス(株)から、「1. NaI結晶のPMTの出力を、最新の回路技術を使って2.0Wから0.66Wに省電力化をおこなう測定回路を製作する。2. 30分の内5分だけ動作させるような間欠測定ができるようにして、省電力化をおこなう。3. 高価なLi電池を止めて、安価なアルカリ電池を用いて予算的にも多数回測定できるようにする。4. 電池も0Vまで使い切るとガスが発生し、電池用耐圧の内圧を高める結果となるので、例えば6Vになると測定を終了させるようにする。」の仕様の深海用低消費電力型線記録装置の製作を提案された。

「1. に関しては2.0Wから0.66Wに省電力ができ、測定時間が約3倍に伸びる。2. に関しては連続測定するよりも長期間の測定が可能になる。3. に関しては、ランニングコストが高いLi電池を用いると今回のプロジェクトだけで測定が終わってしまうが、1回の測定に数万円のランニングコストですむアルカリ電池を採用すると、今後何回も継続した測定が可能となる。4. 耐圧容器の爆発する危険を回避することができる。更に5. 今まで使用していた解析ソフトがそのまま

利用できる可能性ある。」の多くのメリットがあり、ガンマ線データロガーの開発から深海用低消費電力型線記録装置を開発製作することに方針を大きく変えた。実際2014年の1月下旬、図1に示すような深海用低消費電力型線記録装置を組み込んだ海底設置型NaI線計測装置(独立式NaI)を完成させた。

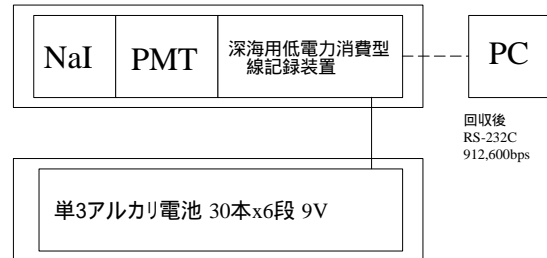


図1 海底設置型 NaI 線計測装置

2014年度、海洋開発機構のNT14-07航海において、2014年4月24日のハイパードルフィン潜航#1654で、バクテリアマットを冷湧水域の指標として熊野灘沖(33°7.3584'N, 136°28.8014'E)の海底2600mの地点に今回開発製作した海底設置型NaI線計測システムを設置した。装置は海底から37.5cmの高さに設置した。回収は、NT14-13航海において、2014年8月4日Dive#1690にておこなったため、測定期間は3.5ヶ月間であった。

ガンマ線スペクトルデータは既存の解析ソフトを用いて、Peel-OFF法で解析した。

4. 研究成果

ガンマ線スペクトルデータを見ると、5月7日を境に、²⁰⁸Tlの2614keVのピークが905chから730ch、⁴⁰Kの1461keVのピークが511chから411chと、スペクトルピークが大幅に移動していることが判明した。ガンマ線分光装置(NaI)の感度に原因不明の変化が起こっていた。このため、5月7日を境に、エネルギー校正を変えて解析をおこなった。その結果、図2に示すように5月12日以後回収される8月3日までの期間は、「海水中の換算U含有量(ラドン濃度)は、平均値0.19ppm、標準偏差0.07ppmでほぼ一定の値を示し、大きな変化は見られなかった。」という結果を得た。図2には後述する微小地震によるPGV値もプロットしている。

更に「海水中のTh含有量は、平均値0.07ppm、標準偏差0.07ppm、K含有量は、平均値0.05wt.%、標準偏差0.01wt.%と同じ期間ほぼ一定の値を示し、大きな変化は見られなかった。」という結果を得た。この期間、海底で冷湧水の大きな変化はなかったと推定された。計数率も17cpsとほぼ一定の率になっていた。

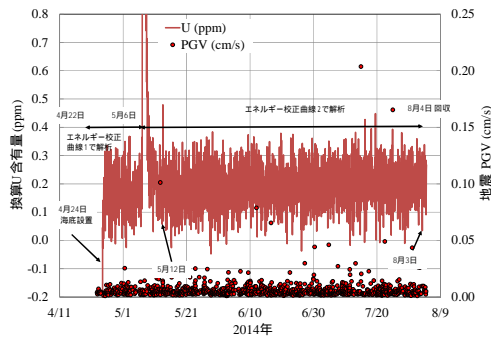


図2 換算U含有量の時間変動と微小地震によるPGV値

換算U含有量(ラドン濃度), Th, K含有量の時間変動は, ほぼ一定の値に微小な変動が重なっているように見える. 5月12日から8月3日の2000時間に対して潮汐作用の影響があるかフーリエ解析を試みた. 和歌山県串本の潮位変動をフーリエ解析すると, 周期12時間と24時間に大きなパワースペクトルが得られた. 他方換算U含有量(ラドン濃度), Th, K含有量の時間変動に対してフーリエ解析すると, 図3に示すように換算U含有量(ラドン濃度)には, またTh含有量にも周期25時間に小さいピークが現れた. 海底海水中に微弱ながら潮汐の影響がでていると推察された.

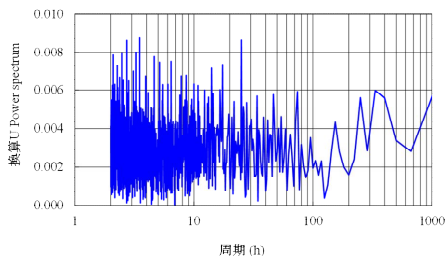


図3 換算U含有量のフーリエスペクトル

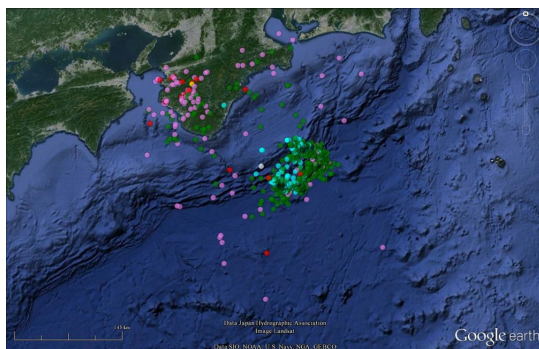


図4 2014年4月22日から8月4日の期間, 設置位置(33° 7.3584' N, 136° 28.8014' E)から200 km以内, 深さ50 km以内で起こった地震の分布. 白は設置位置, 黄はマグニチュード4, 赤はマグニチュード3, 紫はマグニチュード2, 緑はマグニチュード1, 水はマグニチュード1以下.

図4に示すように, 2014年4月22日から8月4日の期間, 設置位置(33° 7.3584' N, 136° 28.8014' E)から200 km以内, 深さ50 km以内でマグニチュード4.1以下の地震が1067回起こっていた. 海底設置型NaI線計測装置の設置点は図4に示すように地震の多発地域から30 km以上離れていた. 地震による工学基盤上での最大速度(Peak Ground Velocity: PGV (cm/s))が, 換算U含有量(ラドン濃度), Th, K含有量に変化を及ぼしていないか調べたが, 上記設置点でこの期間は, 図2に示すように換算U含有量(ラドン濃度), 及びTh, K含有量の時間変動とPGVの間に相関関係を見出すことはできなかった.

また, NaI温度は, 船上では15-27°Cであったが, 海底では1.8°Cと一定であった. アルカリ電池は4月22日の9.80Vから8月4日の104日間(3.5ヶ月間)で7.90Vに低下していた. 冷蔵庫内単3電池の電圧降下実験との比較から, 測定終了とする6Vに達するには, 2.6倍の期間, 更に約170日間の測定が可能と推定された.

今回, 海底の海水中ラドン濃度変動の地震予知に対する有用性調べることであったが, 熊野灘沖の海底2600mの冷湧水域(33° 7.3584' N, 136° 28.8014' E), 3.5ヶ月間の測定では大きな線量変化は起こらず, 直接的な有用性は見出すことはできなかった. しかし, 今回開発製作した海底設置型NaI線計測装置は無事稼働し, 海底で長期間にわたるガンマ線スペクトル測定ができたことは大きな成果と考えられる. アルカリ電池をバッテリーと使用しているため, 今後数万円の低コストで何回も長期間の海底でのガンマ線スペクトル測定が可能となっている.

5. 主な発表論文等 (学会発表)(計5件)

蜷川清隆, 海底環境放射線・長期変動測定のためのNaI線計測装置の開発と最初の測定, 日本地球惑星科学連合2015年大会, 2015年5月28日, 幕張メッセ国際会議場(千葉県千葉市)

蜷川清隆, 海底環境放射線・長期変動測定のためのNaI線計測装置の開発と最初の測定, ブルーアース2015, 2015年3月19日, 東京海洋大学品川キャンパス(東京都港区)

蜷川清隆, 海底放射線・長期変動測定のためのNaI線計測装置の開発と最初の測定, 平成26年度ESR応用計測研究会・ルミネッセンス研究会・FT研究会, 2015年2月27日, 山形大学理学部(山形県山形市)

蜷川清隆, 長期海底ラドン濃度連続計測のためのNaIガンマ線分光装置の開発, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 2014年5月2日, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

蜷川清隆, 長期海底ラドン濃度連続計測

のための NaI ガンマ線分光装置の開発，
平成 25 年度 ESR 応用計測研究会・ルミネ
ッセンス研究会・FT 研究会，2014 年 2 月
17 日，伏尾温泉 不死王閣（大阪府池田
市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

蜷川 清隆 (NINAGAWA, Kiyotaka)
岡山理科大学・理学部・教授
研究者番号：80098590

(2) 研究分担者

中川 益生 (NAKAGAWA, Masuo)
岡山理科大学・理学部・教授
研究者番号：70148683

豊田 新 (TOYODA, Shin)
岡山理科大学・理学部・教授
研究者番号：40207650

(3) 連携研究者

熊谷 英憲 (KUMAGAI, Hidenori)
海洋研究開発機構・海底資源研究開発セン
ター・グループリーダー代理
研究者番号：10344285

木下 正高 (KINOSHITA, Masataka)
海洋研究開発機構・高知コア研究所・所長
研究者番号：50225009