

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月25日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510180

研究課題名（和文） 放射性物質検出モニタリングの開発

研究課題名（英文） The development of radiological detection monitoring system.

研究代表者

森田 直子（MORITA NAOKO）

長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教務職員

研究者番号：90380972

研究成果の概要（和文）：本課題研究期間において、小型加速度・温度・心電図感知機能に線量モニタリングを搭載したの個人用モニタリングセンサーの開発を行い、システム構築を完成させた。このモニタリングセンサーを用いて、2011年3月11日発生した東北地方太平洋沖地震に端を発して発生した福島第一原子力発電所事故における本学からの救援活動の際、現地で活動した本学から派遣の医療関係者の生体情報管理に応用した。また、本学内に設置の精密型ホールボディーカウンターを用いて、福島に滞在した長崎からの派遣者の内部被ばくを測定した。特に、事故後初期に測定した被験者からは、短半減期のヨウ素-131をはじめ、ヨウ素-132やテルル-132も検出され、初期の段階での内部被ばくの状況を判断するための非常に重要な結果が得られた。

研究成果の概要（英文）：During study period, we developed the monitoring sensor for individuals equipped with radioactivity monitoring, acceleration, temperature and electrocardiogram perceptual function. Using this monitoring sensor, we evaluated the biological information of dispatched medical staff from Nagasaki University Hospital after the accident at Fukushima Daiichi nuclear power plant accident following Tohoku Region Pacific Coast Earthquake on March 11, 2011. In addition, we evaluated the internal radiation exposure doses of dispatched persons from Nagasaki to Fukushima by the precision model of whole body counter which were setting in Nagasaki University. Particularly, from the subject who measured after an accident at initial phase, short half-life radionuclides such as I-132 and Te-132 I-131 were detected, which gives to the important information on the situation of accident.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 ・ 社会システム工学・安全システム

キーワード：放射線、X線、粒子線 ・ モニタリング

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始当初、日本において放射性物質を用いたテロ対策に関する対策が重要視され、様々な対策が急速に整備されつつあった一方、放射線災害による被ばく線量を迅速かつ正確に評価し、放射線健康リスクを評価する為のシステム構築が課題となっていた。

(2) このようなシステムの構築には、放射性物質の線量評価や核種同定と拡散予測を簡便に行い、それらを基にした正しいリスク管理とその評価、また被害予測シミュレーション等に基づく被害拡大防止対策、さらに社会とのリスクコミュニケーションが重要となってくる。

2. 研究の目的

(1) 線量測定機器を開発・製造している(株)C&Nと長崎大学との協力により、加速度センサーに線量モニタリングを搭載した放射性物質の個人用携帯小型モニタリングシステムを開発する。

(2) 放射線物質の携帯小型モニタリングシステムの開発を通じて、放射線テロ災害や放射性物質により事故等の拡散予測システムを作成し、簡便な放射線リスクを可能とする。都市における放射線テロ災害や放射性同位体の輸送中の事故、また更には原子力発電所や放射線作業環境下における事故等の拡散予測システムを作成し、簡便で迅速な放射線健康リスク評価を可能とすることを目的とした。

(3) 2011年3月11日に発生した地震によって引き起こされた福島第一原子力発電所事故により、放射性物質が広範囲に拡散され、周辺地域住民および現地への救援者の内部被ばくが懸念されている。本学附属病院の国際ヒバクシャ医療センターと協力し、本学所有の精密型ホールボディカウンタを用いて、事故当時または以降に福島県内に滞在した方々の内部被ばく線量を測定し、被験者への安全安心に繋がる情報を提供し、また、内部被ばくの実態を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、(株)C&N及びアロカ(株)と連携し、小型加速器・温度・気湿・心電図に加えて、 γ 線による被ばく線量モニタリング機能を搭載したセンサーを開発し、この小型センサーの有用性における調査を行い、簡便な放射線健康リスク評価を行った。

(2) 2011年3月11日に発生した東北地方太

平洋沖地震により、福島第一原子力発電所事故が引き起こされた。長崎大学は、被災地の救援のため福島県立医科大学と連携し、緊急被ばく医療体制の構築に尽力している。そのバックアップ体制として、福島での救援活動における放射線モニタリングセンサーの活用を試みた。原発周辺の警戒区域内となった住宅への一時立ち入りの際、現地で活動する医療従事者にM-BITを着用させ、本センサーから得られる生体情報の活用性を試みた。

(3) 長崎大学にて所有・管理している、精密型ホールボディカウンタを用いて、原子力発電所事故当時またはそれ以降、福島県内に滞在していた方々の内部被ばくの測定を行った。本ホールボディカウンタは、低バックグラウンドの鉄室を備えているため、ごく微量の放射性物質を非常に精度よく測定することが可能である。検出器は、8インチ×4インチの大型のNaI(Tl)シンチレータ2台が鉄室内に備えられており、測定時間は一人20分間である。2012年3月末までにのべ897名の測定を行った。測定により得られた体内放射線量(Bq)から推定した摂取量及び、線量評価について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 本課題申請以前より開発途中であった、小型加速度・温度・心電図感知機能を搭載した携帯小型モニタリングセンサー(M-BIT)を用いて、センサーの動作、PCへのワイヤレス転送等のシステム構築を完成させた。このセンサーから得られる生体情報は、心電図、心拍数、心拍変動の周波数解析による交感・副交感神経の挙動、皮膚表面温度、加速度解析による活動指数および姿勢変動であり、連続サンプリング時間は最大25時間である。得られたデータを解析することによりセンサー装着時の生体情報を容易に得ることが可能となった。また更に、 γ 線を探知する放射線モニタリングセンサーを搭載した(R-BIT γ)を開発した。線量測定データは、単位時間の積算線量(mSv)と線量率(mSv/h)で得られ、これらのデータは、PC等の端末にリアルタイムでのモニタリングも可能である。

(2) M-BITは、心電図のRR間隔の心拍変動解析による、心・血管系自律神経機能の評価および、交感神経・副交感神経の分別定量化が可能であるため心拍変動を解析した作業負担を調査することができる。この具体的な活用方法として、原発周辺の警戒区域内となった住宅への一時立ち入りの際に活動した医療従事者ら、すなわち医師、診療放射線技師、看護師、事務員へ、このM-BITを装着さ

せ、本センサーから得られる生体データの活用性を試みた。対象者は、M-BIT を装着しその上に、放射線防護のためのタイベックスーツを着用した。得られたデータについて、特に自律神経機能の評価として呼吸周期の変動を示し、副交感神経のみの活動を反映するHF 値と皮膚温度の変動とを解析した。これらの結果、HF 値や皮膚温度の上昇に変動は見られるものの、個人によって上下のばらつきが見られた。同一人物においても、測定日による変動があることから、個人別での自律神経系の変動や皮膚温度、心拍数の変動による評価は可能であった。また、タイベックスーツの着用の有無においては、皮膚温度の上昇に差がみられたものの、心拍数の上昇には差が見られなかった。

(3)2011年3月11日に発生した地震により、福島第一原子力発電所の事故が引き起こされ、多量の放射性物質が拡散し、周辺住民の被ばくが懸念された。本学では長崎原爆の際に放射性物質が黒い雨となって降ったとされる長崎市西山地区の住民の内部被ばくの測定する目的で、1969年に精密型のホールボディカウンタが設置され、住民の内部被ばくの測定を行ってきた経緯がある。このホールボディカウンタは、大型の鉄室を備えているため低バックグラウンドでの測定が可能であり、極微量の放射性物質を効率良く測定することが可能である。今回の福島第一原子力発電所で発生した事故にあたり、福島県内滞在者の内部被ばくの測定を実施した。被験者の内訳は、長崎県内自治体からの派遣職員が最も多く、次に長崎大学からの派遣職員、そして福島県内の住民、長崎県内の企業関係者、自衛隊員などであった。事故後、最も早い時期に測定した被験者数名からは、短半減核種のヨウ素-131のみならず、より短半減期のテルル-132、ヨウ素-132が検出されたが、時間の経過と共にこれらの検出率は減少し、5月のヨウ素-131検出を最後に、以降は非検出となった。ヨウ素-131の検出率は、3月が43.0%であったが、4月は19.1%、5月は1.2%と急激な減少が見られた。3月から5月までの平均体内放射能 (Bq/body) は、各々529.3、158.0、172.0であった。また、セシウム-134およびセシウム-137は、事故後に福島第一原子力発電所の周辺地域に滞在していた被験者から高い値が検出され、3月の検出率は、セシウム-134が44.2%、セシウム-137が41.9%であった。4月以降の検出率は、時間の経過に伴って減少傾向がみられ、2012年3月で両セシウムとも3.1%の検出率となった。セシウムの平均体内放射能 (Bq/body) はヨウ素-131と同様に3月中が最も高く、セシウム-134が697.2、セシウム-137が759.0であった。4月以降の平均体内放射能は両セシウ

ムとも減少し、月毎に測定者の内訳が異なるため測定値に変動がみられるが、最も高い月は2011年7月で154.0Bq、最も低い月は2012年の3月で46.0Bqであった。本学で測定した被験者のうち、最も預託実効線量が高かったのは、福島県浪江町に居住していた避難者で、三核種合計で1,039 μ Svであった。この値は、一般公衆の線量限度1000 μ Svを僅かに超過しているものの、放射線による人体影響は全く無いものと推察される。

放射性物質による内部被ばくが最も懸念されている福島県においては、原発事故後、1年ほどが経過した現在でも放射線による高い空間線量が続いている。本学に設置のホールボディカウンタは精密型であり測定時間を要するため、一度に多くの人を測定するには不向きである。しかし、厚さ20センチの鉄で囲った頑丈な遮蔽体を備えているため、検出感度は数十Bq/body程度である。一方、福島県内で稼働しているほとんどのホールボディカウンタは測定時間が数分間の遮蔽の十分でない簡易型の装置がほとんどであり、検出限界も数百Bq/body程度と、かなりの差がみられる。長崎大学では、このようなホールボディカウンタ装置の設備の違いから、事故後初期の内部被ばくの状況について、より詳細な結果を得ることが可能であった。また時間の経過と共に、放射線の空間線量は徐々に低下しているものの、よりリスクの高い乳幼児や未成年の若者においては、放射性物質の体内での代謝速度が大人よりも早いため、未検出となる場合も増加している。そのため、より高感度に微量の放射性物質を検出する必要があり、また代謝速度の遅い高齢者を測定することにより、同一の食事形態を持つ家族内での内部被ばくのリスクを軽減できるものと期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計20件)

- ① 森田直子、三浦美和、吉田正博、大津留晶、高村昇、松田尚樹、山下俊一、東北地方太平洋沖地震により発生した原子力発電所事故に起因する体内被曝の測定、広島医学、査読有、印刷中
- ② Taira Y, Takahashi J, Gutevitic A, Kazlovsky A, Kudo T, Matsuda N, Yamashita S, Takamura N. Environmental contamination and external radiation dose rates from radionuclides released from the Fukushima Nuclear Power Plant. Radiat Prot Dosimetry. 査読有、印刷中
- ③ Yoshida K, Hashiguchi K, Taira Y, Matsuda N, Yamashita S, Takamura N. Importance of personal dose equivalent

- evaluation in Fukushima in overcoming social panic. *Radiat Prot Dosimetry*. 査読有、印刷中
- ④ Masunaga T, Kozlovsky A, Lyzikov A, Takamura N, Yamashita S. Mental health status among younger generation around Chernobyl. *Arch Med Sci*. 査読有、印刷中
- ⑤ Takamura N, Yamashita S. Lessons from Chernobyl. *Fukushima J Med Sci*. 査読有、57 巻、2011、pp.81–85
- ⑥ Yagura C, Takamura N, Goto Y, Sugihara H, Sota T, Oka S, Shimoda T, Yoshizumi K. Cardiorespiratory fitness and metabolic markers in healthy young adult men. *J Phys Ther Sci*. 査読有、23 巻、2011、pp845-849
- ⑦ Vasilkova O, Mikhort T, Sanec I, Sharshakova T, Hayashida N, Takamura N. Leptin is an independent determinant of bone mineral density in men with type 2 diabetes mellitus. *Acta Diabetol*. 査読有、48 巻、2011、pp291-295
- ⑧ Norimatsu T, Osaki M, Tomita M, Ye Z, Abe Y, Honda S, Kanagae M, Mizukami S, Takamura N, Kusano Y, Shindo H, Aoyagi K. Longitudinal study to identify factors predicting health-related quality of life in knee osteoarthritis among community-dwelling women in Japan: The Hizen-Oshima Study. *Orthopedics*. 査読有、34 巻、2011、pp e535-540
- ⑨ Hayashida N, Sekitani Y, Kozlovsky A, Rafalsky R, Gutevich O, Daniliuk V, Yamashita S, Takamura N. Screening for 137Cs Body Burden due to the Chernobyl Accident in Korosten City, Zhitomir, Ukraine: 1996-2008. *J Rad Res*. 査読有、52 巻、2011、pp629-633
- ⑩ Matsuda N, Brahmanandhan GM, Yoshida M, Takamura N, Suyama A, Koguchi Y, Juto N, Raj YL, Winsley G, Selvasekarapandian S. Background radiation and individual dosimetry in the costal area of Tamil Nadu, India. *Radiat Prot Dosimetry*. 査読有、146 巻、2011、pp314-317
- ⑪ Nakazato M, Maeda T, Takamura N, Wada M, Yamasaki H, Johnston KE, Tamura T. Relation of body mass index to blood folate and total homocysteine concentrations in Japanese adults. *Eur J Nutr*. 査読有、50 巻、2011、pp581-585
- ⑫ Irie S, Hayashida N, Shinkawa T, Taira Y, Sekitani Y, Teraoka S, Hashiguchi K, Yoshida K, Morishita M, Takamura N. Suitability of tartrate-resistant Acid phosphatase type 5b as a screening marker for bone mineral density in community-dwelling elderly individuals. *Tohoku J Exp Med*. 査読有、224 巻、2011、pp105-110
- ⑬ Akilzhanova A, Meirmanov S, Zhunussova T, Nakashima M, Takamura N, Akanov Z, Masadykov A, Sandybaev M, Ramankulov E, Yamashita S, Sekine I. Mutational screening of the BRCA1 gene in sporadic breast cancer in the Kazakhstan population. *Breast J*. 査読有、17 巻、2011、pp238-230
- ⑭ Sekitani Y, Hayashida N, Karevskaya IV, Zubareva IA, Kozlovsky A, Yamashita S, Takamura N. Prevalence of antithyroid antibodies and thyroid-stimulating hormone concentration in young people. *Clin Chem Lab Med*. 査読有、49 巻、2011、pp747-749
- ⑮ Abe Y, Takamura N, Ye Z, Tomita M, Osaki M, Kusano Y, Nakamura T, Aoyagi K, Honda S. Quantitative ultrasound and radiographic absorptiometry are associated with vertebral deformity in Japanese women: the Hizen-Oshima Study. *Clin Chem Lab Med*. 査読有、22 巻、2011、pp1167-1173
- ⑯ Minematsu K, Takamura N, Goto K, Honda S, Aoyagi K, Moji K, Tsunawake N. A proposed method for the evaluation of body fat in Japanese adults that predicts obesity. *Nutr Res*. 査読有、31 巻、2011、pp113-121
- ⑰ Nakazato M, Takamura N, Kadota K, Yamasaki H, Mukae H, Kusano Y, Nakashima K, Ozono Y, Aoyagi K, Kohno S, Maeda T. The association between atherosclerosis and plasma homocysteine concentration in the general population residing on remote islands in Japan. *Acta Med Nagasaki*. 査読有、55 巻、2011、pp47-54
- ⑱ Hashikawa K, Osaki M, Ye Z, Tomita M, Abe Y, Honda S, Takamura N, Shindo H, Aoyagi K. Factors associated with radiographic osteoarthritis of the knee among community-dwelling Japanese women: the Hizen-Oshima Study. *J Orthop Sci*. 査読有、16 巻、2011、pp51-55
- ⑲ Vasilkova O, Mikhort T, Sanec I, Sharshakova T, Hayashida N, Takamura N. Testosterone is an independent determinant of bone mineral density in men with type 2 diabetes mellitus. *Clin Chem Lab Med*. 査読有、49 巻、2011、pp99-103
- ⑳ Taira Y, Hayashida N, Brahmanandhan GM, Nagayama Y, Yamashita S, Takahashi J, Gutevich A, Kozlovsky A, Urazalin M, Takamura N. Current concentration of artificial radionuclides and estimated radiation doses around the Chernobyl Nuclear Power

Plant, the Semipalatinsk Nuclear Testing Site, and in Nagasaki. J Rad Res. 査読有、52巻、2011、pp88-95

〔学会発表〕（計2件）

- ① 森田直子、三浦美和、吉田正博、大津留晶、高村昇、工藤崇、松田尚樹、山下俊一、東北地方太平洋沖地震により発生した原子力発電所事故に起因する体内被曝の測定、第52回原子爆弾後障害研究会、2011年6月5日、広島市
- ② 松田尚樹、森田直子、吉田正博、三浦美和、高尾秀明、熊谷敦史、大津留晶、東京電力福島第一原子力発電事故直後の短期滞在者におけるI-131の体内取り込みについて、日本放射線安全管理学会 第10回学術大会、2011年11月30日、横浜市

〔図書〕（計4件）

- ① 高村昇、他、OXFORD UNIVERSITY PRESS、Oxford Textbook of Endocrinology and Diabetes. SECOND EDITION 3.2.4 Disorders of iodine excess、2011、2026
- ② 高村昇、株式会社 長崎新聞社、長崎・ヒバクシャ医療国際協会編、21世紀のヒバクシャ 世界のヒバクシャと放射線障害研究の最前線、2011、254
- ③ 高村昇、他、長崎大学、一般社団法人国立大学協会、長崎・ヒバクシャ医療国際協会、福島民報社編、放射線・放射能物質 Q&A、2011、27
- ④ 高村昇、他、長崎・ヒバクシャ医療国際協会、放射能 Q&A、2011、37

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www-sdc.med.nagasaki-u.ac.jp/driem/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森田 直子 (MORITA NAOKO)
長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教務職員
研究者番号：90380972

(2) 研究分担者

高村 昇 (TAKAMURA NOBORU)
長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授
研究者番号：30295068
工藤 崇 (TAKASHI KUDOU)
長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・教授
研究者番号：20330300

(3) 連携研究者

()

研究者番号：