

Title	福島復興のための蛍光ガラスを利用した放射能汚染モニタリング法に関する研究
Author(s)	関子, 直城
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52214
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (関 子 直 城)

論文題名

福島復興のための蛍光ガラスを利用した放射能汚染モニタリング法に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、蛍光ガラスを利用した福島復興のための放射能汚染モニタリング法に関する研究についてまとめたものである。

第1章では、研究動機と目的について述べた。2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故によって、福島県を中心とした広い範囲に放射性物質が拡散した。事故後3年以上が経過した現在、主要残留放射性核種である放射性セシウムの分布モニタリングのため、簡便な広範囲の放射能汚染モニタリング法が重要となっている。このような背景から、表題の研究へ取り組んだことについて述べた。

第2章では、一般的な放射線取扱施設と今回の原子力発電所事故のような場合の放射線安全管理について比較概説した。また、今回のような事故時の放射線安全管理に向けて、積算線量計素子であるイメージングプレートを用いた土壌中の深さ方向の放射能汚染分布のモニタリング方法を考案した。福島県で採取した土壌を用いた試料の測定結果より、本モニタリング方法が有効に適用できることを示した。

第3章では、蛍光ガラスの線量測定原理と特長について示した。蛍光ガラスは個人被ばくモニタリングに広く用いられているが、放射能汚染観測にはこれまで適用された例はない。蛍光ガラスからの蛍光（ラジオフィトルミネセンス、RPL）の読み取り原理について説明し、線量測定に係る優れた特長（高精度、安定性、機械的強度等）から、屋外での長期間の放射能測定にも適していることを示した。そして、放射線輸送のシミュレーション計算により、放射能汚染分布観測には薄い形状の蛍光ガラスが適するという結果を得た。

第4章では、放射性セシウムモニタリング法として開発した、細いロッド型蛍光ガラス素子とレーザー顕微鏡を用いたRPL分布測定システムについて述べた。開発したレーザー顕微鏡システムによって蛍光ガラスロッドを局所的に励起・走査することで、蛍光ガラスのRPL分布を正確に測定することができた。また、標準放射線源による実験比較から、アルファ放出核種とベータ放出核種の弁別が可能であることを示した。フィールド実験では、福島県で採取した土壌に蛍光ガラスロッドを差し込む方法で、放射性セシウム放射能の深さ方向分布を上手く測定できることを示した。

第5章では、蛍光ガラスを直径0.2 mm程度のビーズ状に加工し、広い範囲の放射能汚染分布観測への適用を図った。蛍光ガラスビーズをフィルム上に接着させることで、柔軟なシート型蛍光ガラス素子として利用した。さらに、幅広い汚染対象に適用できるよう、状況に応じて励起光源やRPL検出器を適切に選択できるようなシステム構成とした。システムとして、デジタルカメラを利用した簡便な方法と、画像増強装置を製作組み入れた遠隔モニタリング法について、性能評価実験を行い、それぞれの方法で蛍光ガラスビーズシートから十分にRPLの読み取りが行えることを示した。また、放射能汚染水のモニタリングを想定して、蛍光ガラスビーズを封入した殻形状のフロート型素子を開発し、その有効性を示した。

第6章で本研究の総括を行った。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (関 子 直 城)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	飯田 敏行
	副 査	教授	上田 良夫
	副 査	教授	村田 勲
	副 査	教授	田中 和夫
	副 査	教授	兒玉 了祐
	副 査	教授	村上 匡且
	副 査	教授	中井 光男

論文審査の結果の要旨

本論文は、福島第一原子力発電所の事故による放射能汚染の簡便で効果的な測定のための新しい手法として、蛍光ガラスの適用についての研究成果をまとめたもので、得られた成果を要約すると以下の通りである。

(1) 放射能汚染の主要な原因核種である、放射性セシウムの汚染分布観測に適した検出器及びその形状をシミュレーション計算によって検討している。この計算より、厚さが1mm以下の薄い蛍光ガラスが放射性セシウムからのベータ線検出に適することを示し、汚染状況に整合した蛍光ガラスの設計製作を行っている。

(2) 直径0.6mmの円柱状に加工した蛍光ガラスを土壌に差し込む方法で、放射能汚染の深さ方向分布が得られることを明らかにしている。この形状の蛍光ガラスの蛍光測定のため、レーザー顕微鏡をベースとした蛍光分布測定システムを開発している。また、放射線の入射方向を限定することで、土壌中のアルファ線とベータ線の弁別が可能であることを明らかにしている。そして、福島県で採取した土壌についての実験から、10Bq/gの放射能濃度の土壌であれば1日で分析できることを示している。さらに、蛍光ガラスは長期測定による線量情報の消失が十分に小さいことから、曝露時間を延ばすことで測定感度を改善できることを示している。

(3) 放射能の表面汚染観測法として、蛍光ガラスをビーズ状に成形して利用する方法を提案している。ビーズ状の蛍光ガラスの製作方法と、製作したビーズをさらにシート状に加工して使用方法について示している。そして、蛍光ガラスの蛍光観測方法として、励起光源と蛍光検出器を複数用意し、モニタリング対象の形状や汚染の状況に応じて両者の組み合わせを適切に選択できるようにしている。最も簡便な組み合わせである、市販の紫外線ライトとデジタルカメラを利用する方法でも、観測画像の輝度が吸収線量に対して十分直線性を持つこと、空間分解能が蛍光ガラスビーズの粒径程度であることを確認している。

(4) 本研究のより実例的な応用例として、放射能汚染水のモニタリング用のフロート型素子の試作を行っている。水に浮くようにした薄いプラスチック球中に、殻状に蛍光ガラスビーズを封入することで、汚染水の遠隔モニタリングに整合させている。そして、水面に浮かぶフロート型素子からの蛍光をデジタルカメラで観測できることを明らかにしている。

以上のように、本論文は福島復興に向けた新しい放射能汚染モニタリング法を確立したものであり、従来の方法ではできなかった、広範囲の放射能表面汚染のモニタリングを可能とするものであり、この分野について多くの技術的な知見が得られている。これらの知見は当該分野の発展に寄与するところが大きく、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。