土質系材料の放射線遮蔽実験の実施期間中における実験者の被ばく状況

早稲田大学　正会員　○小峯　秀雄，フェロー会員　後藤　茂
早稲田大学　学生会員　吉川絵麻，学生会員　瀬川一義，学生会員　那須郁香
西武建設　正会員　成島誠一，正会員　新井靖典，正会員　中村朋弘
（株）ホージュン　正会員　氏家伸介
ソイルアンドロックエンジニアリング（株）　正会員　吉村　貢　正会員　鈴木聡彦

１．目的

著者らの研究チームでは，福島第一原子力発電所の廃止措置に資するため，放射線遮蔽と遮水の両方の性能を有する超重泥水の開発や覆土材の仕様設計に関する研究を進めている[1)~4)]．これらの研究を通じて，著者らは，放射線遮蔽実験を実施しているが，これは，著者らが同様に進めている「廃炉地盤工学」[5)]という学問体系を構築する上で基本的な実験・実習項目になり得るとも考えている．この放射線遮蔽実験が，地盤工学・土木工学の人材育成において基礎実験として位置づけられるためには，本実験実施期間中の実験者の被ばく状況は重要な情報となる．本研究では，超重泥水や覆土材の放射線遮蔽実験を行う上で，従事した実験者の被ばく状況を報告するとともに，放射線遮蔽実験を地盤工学・土木工学の基礎実験とする場合の可能性を被ばくの観点から論じる．

２．2016 年 8 月 23 日～25 日の期間に行った放射線遮蔽実験の概要

著者らが実施した放射線遮蔽実験の概要は次の通りである．福島第一原子力発電所の廃止措置を進める上で，高放射線環境下で作業に従事する技術者を保護する必要がある．燃料デブリからは，α線，β線，ガンマ線および中性子線が発生しているが，これらのうち特に，ガンマ線と中性子線の遮蔽が重要となる．ガンマ線は，電磁波の一種であり，高密度の材料が遮蔽に優位である．一方，中性子線は粒子の性質を強く持っており，水素原子との衝突により減速される．すなわち，質量が高く，水を多量に含む材料が，ガンマ線および中性子線の遮蔽に有利となることから，比重 1.8～2.5 にもなる「超重泥水」に着目し，技術開発を行っている[1)~4)]．本研究を進める上で，図 1 に示す放射線遮蔽実験は，超重泥水の特性を把握する上で必要不可欠な実験である．その際に使用した線源については，表 1 に示す通りである．放射線遮蔽実験は，著者らが進めている「廃炉地盤工学」[5)]という学問体系を構築する上で基本的な実験・実習項目であり，実施に当たっての実験従事者の被ばく状況を把握することは重要な事項である．

図 1　放射線遮蔽実験の外観

キーワード　放射線遮蔽実験，ガンマ線源，中性子線源，廃炉地盤工学，環境地盤工学
連絡先　〒169-8555　東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院　社会環境工学科　ＴＥＬ03-5286-2940

表 1　使用線源

対象放射線	線源	放射能 (MBq)	線量 (μSv/h)	エネルギー(MeV)
ガンマ線	^{137}Cs	3.68	1.13	0.662
	^{60}Co	1.60	―	1.17 1.33
中性子線	^{252}Cf	1.067	5.18	1.406（ピーク値） 2.3（平均値）

測定条件：線源から検出器の距離：500mm．今回，^{60}Co は遮蔽実験に使用しなかったため，線量は未測定である．

３．実験者の実験場内の移動情報と被ばく状況

図 2 に，使用した個人被ばく線量計を，図 3 に各実験実施者の移動状況を示した．使用した個人被ばく線量計は，シリコン半導体検出器であり，ガンマ線および中性子線の測定が可能である．ガンマ線測定では，測定可能線量は 1cm 線量当量（137Cs 基準）であり，中性子線の測定可能線量は 1cm 線量当量（Am-Be4.5MeV 基準）である．測定可能範囲は 0.01～999.9mSv である．

測定結果は，各人の実験従事時間の状況と被ばく線量の測定値の関係において表 2 に示した．この結果に基づけば，図 1 に示した放射線遮蔽実験において，実験従事者はすべて，図 2 の個人被ばく線量計の仕様に基づく検出限界値以下の被ばく状況であった．今回の測定結果によれば，図 1 の放射線遮蔽実験では，実験従事者の被ばくの可能性は極めて低いことから，地盤工学・土木工学の基礎実験として十分実施できる．

図 2　個人被ばく線量計 ADM-353B（ALOKA）

謝辞：本研究の一部は，文部科学省「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」に採択された研究課題「福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技術開発と人材育成プログラム」の研究として実施しました．関係各位に感謝申し上げます．

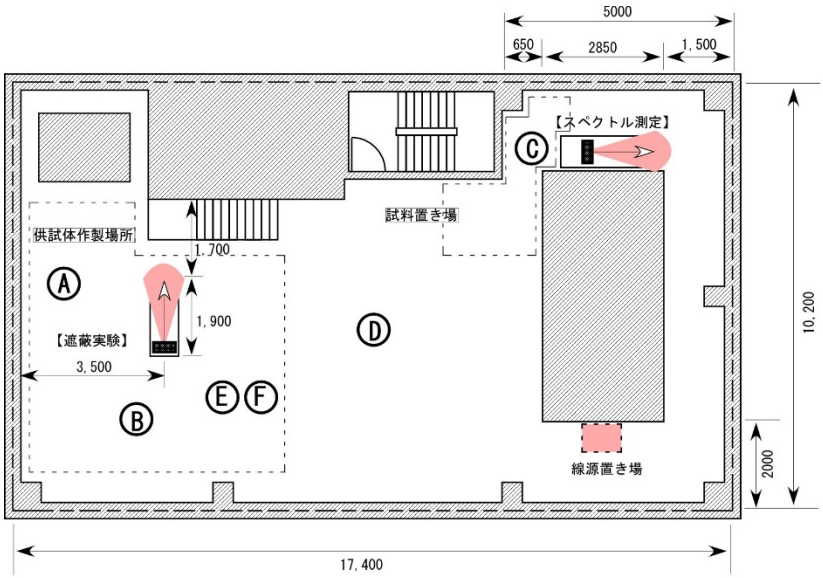

図 3　実験従事者の主な行動領域と放射線遮蔽実験配置の関係
（図中の単位：mm，図中のアルファベット：実験従事者の配置）

表 2　各人の実験従事時間状況と被ばく線量の測定結果

日付	時間	実験従事者（5 人/日）	被ばく線量 (mSv)
8/23（火）	9:00～12:00	B, C, D, E, F	0.00 (定量下限値以下)
	13:00～17:00	B, C, D, E, F	0.00 (定量下限値以下)
8/24（水）	9:00～12:00	B, C, D, E, F	0.00 (定量下限値以下)
	13:00～17:00	B, C, D, E, F	0.00 (定量下限値以下)
8/25（木）	9:00～12:00	A, B, C, E, F	0.00 (定量下限値以下)
	13:00～17:00	A, B, C, E, F	0.00 (定量下限値以下)

参考文献

1) Yoshikawa E., Komine H., Saito Y., Goto S., Narushima S., Arai Y., Mizuno M., Ujiie S., Sakoda Y., Nagae Y., Yoshimura M., Suzuki S.: Radiation Shielding Properties of Heavy Bentonite Based Slurry for Decommissioning of the Fukushima First Nuclear Power Plant, GeoChicago2016, p.292-297, 2016.08.
2) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂，齋藤祐磨，氏家伸介，成島誠一，長江泰史，吉村貢：放射線遮蔽性能を有する超重泥水の透過厚さによる線量低減効果の評価，第 51 回地盤工学研究発表会， p.2167-2168，2016.09.
3) 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂，氏家伸介，成島誠一：放射線遮蔽性能を有する超重泥水の透過厚さによる線量低減効果の評価，土木学会第 71 回年次学術講演会講演， p.383-384，2016.09.
4) Yoshikawa E., Komine H., Goto S., Saito Y.: The evaluation for radiation shielding ability of the soil materials on the point of view of pass length in the materials and application to design for construction, 19th ICSMGE, 2017.09. (to be published)
5) 地盤工学会（2016）：福島第一原子力発電所の廃止措置への貢献を目指す『廃炉地盤工学』」に関する講演会資料