

電子式線量計を用いた焼却施設における 作業者の外部被曝評価法の検討

小山 陽介*, 松井 康人、塩賀 淳平、西岡 和久、島田 洋子、高岡 昌輝、米田 稔
京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスター)

Examination of External Radiation Exposure Assessment Method of Plant Incineration Workers with Electronic Dosimeter in Disaster Area

Yosuke KOYAMA, Yasuto MATSUI, Junpei SHIOGA, Kazuhisa NISHIOKA,
Yoko SHIMADA, Masaki TAKAOKA, and Minoru YONEDA
Department of Urban and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Kyoto University
(C Cluster Kyoto-daigaku-Katsura, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8540 Japan)

Summary

A large amount of radioactive materials were emitted by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident that was caused by the Great East Japan Earthquake. Decontamination work has been continued to reduce the radioactive contamination in disaster area. The amount of decontamination waste is very large, and the volume is needed to be reduced by incineration process. Therefore, the assessment of radiation exposure level in incineration plants are indispensable. In this research, assessment of external exposure of plant workers was carried out by measuring air dose rate and integral dose of working environment with NaI scintillator and electronic dosimeters.

Key Words: Incineration plant, Electronic dosimeters, External radiation exposure dose, The Tohoku Earthquake, NaI scintillator

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた津波は宮城県、福島県、岩手県等の沿岸部を襲い、想定を越える甚大な被害をもたらした。福島第一原発は地震と津波の被害を受け1～3号機でメルトダウンし、1、3、4号機で水素爆発が起きた結果、大量の放射性物質が大気中に放出された¹⁾。この福島第一原発の事故を受けて、多くの地域で除染作業が進められているものの、現在では除染廃棄物の処理が問題となっている。「汚染状況調査方法ガイドライン」によると、除染廃棄物は「特定産業廃棄物」に分類され²⁾、「地域によらず特定一般廃棄物の処分を行う施設でしか処理できない」とされているため、処理できる施設に限りがあることが、除染対応の課題となっている³⁾。

一方、先に述べた事態を受けて、廃棄物処理関連施設の作業者の外部被ばくによるリスクの懸念もなされている。例えば、「一般廃棄物処理施設における放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の処理について」では、8000 Bq/kg 付近の焼

却灰を扱う作業者の作業環境において、週に1回程度、空間線量率を測定することが望ましいとされている⁴⁾。

空間線量率を測定する一般的な機器として、NaI シンチレーターが挙げられる。一方、空間線量率とは別に、積算線量を測定する機器も存在する。例えば電子式線量計は、個人の被曝線量を積算線量として常に表示するという特徴を持っている。

本研究ではNaI シンチレーターでの空間線量率の測定に加え、個人線量計を施設内各所に設置することにより、作業スケジュールから個人が被曝しうる線量を推定するという個人線量計を用いた簡便かつ広範囲に適用可能な被曝状況把握法の検討を行った。また、被災地域における焼却施設内での積算線量の調査を行うことにより、現状の焼却施設作業者の外部被曝状況を把握することを目的とした。

2. 方法

2か所の焼却施設（以下、それぞれA焼却施設、B焼却施

*Corresponding author: TEL: 075-383-3356, FAX: 075-383-3358, E-mail: ymatsui@risk.env.kyoto-u.ac.jp

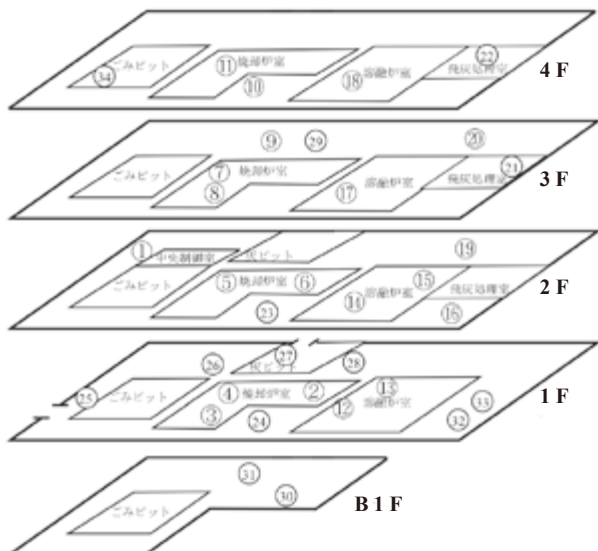


図1 A 焼却施設の見取り図と個人線量計の設置個所

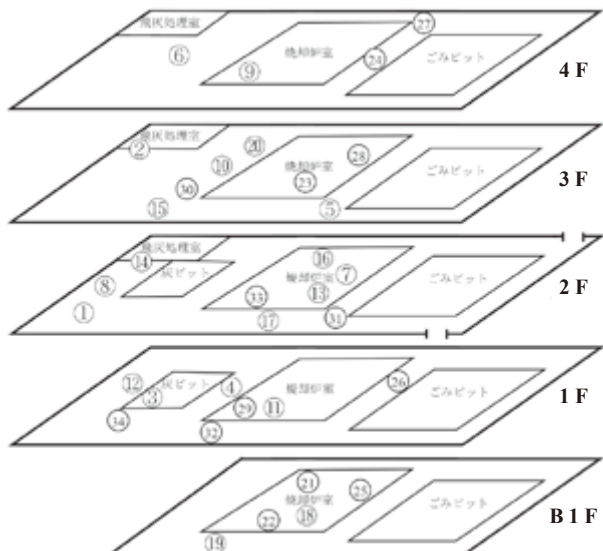


図2 B 焼却施設の見取り図と個人線量計の設置個所

設とする)において、個人線量計(マイドーズミニ PDM-112、日立アロカメディカル)34個を焼却施設の各作業地点に2週間設置し、各々の地点における2週間の空間積算線量の積算値を測定した。A 焼却施設、B 焼却施設における各作業地点の選定に関しては、作業員が点検や業務等で作業をする場所を選出した(図1、図2)。個線量計の設置については、検出部が単位作業場の方向を向くように設置した(図3)。また、NaIシンチレーター(サーベイメータ: LUDLUM MODEL 2241-2、ガンマシンチレーター: LUDLUM MODEL 44-2 GAMMA SCINTILLATOR、どちらも Ludlum Measurements 製)によって焼却施設入口、及び、各々の焼却施設での作業場それぞれ3点で線量率($\mu\text{Sv/h}$)を計測した。計測方法は「放射線測定に関するガイドライン 第I章 2. 空間線量率の計測時の注意点」に従った⁵⁾。個人線量計は個人線量当量 $H_p(10)$ 、NaIシンチレーターは周辺線量当量 $H^*(10)$ について校正されたものである。

NaIシンチレーターで測定した作業場について、A 焼却施設では飛灰処理室、灰受入室、プラットホームの3箇所、B 焼却施設では廃液処理場、灰ビット、ゴミビットの3箇所を選定し空間線量率($\mu\text{Sv/h}$)を測定した。測定時、時定数はSlowにし1箇所につき、20分間計測し続け、安定した代表値を採用して測定値とした。

また、A 焼却施設において作業員による1日の作業スケジュールの調査を行った。調査した作業員の作業スケジュール及び、各地点における線量率から、作業員1人あたりの焼却施設での1日の空間積算線量を算出した。この算出に関して、作業時間外の作業者は中央制御室付近で業務を行っていることから、作業時間外の勤務時間については、中央制御室での被曝量と同等の被曝量を作業員が受けているものとみなし

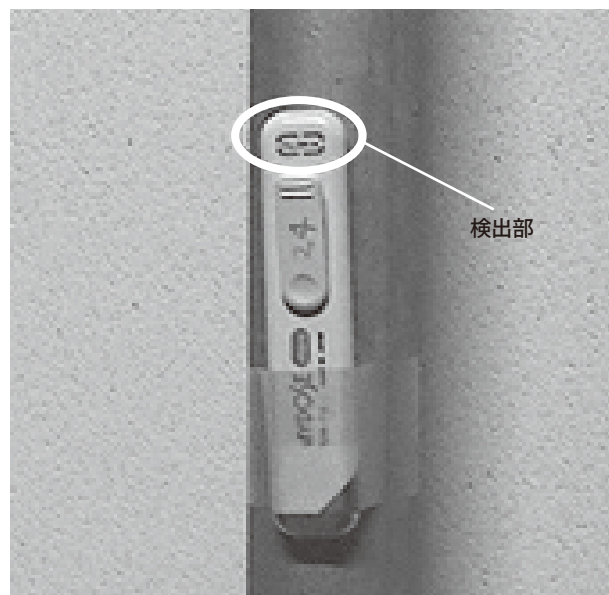


図3 個人線量計の設置例(写真はA 焼却施設で設置した個人線量計)

た。また、B 焼却施設の作業スケジュールは、A 焼却施設の各作業場での作業スケジュールを参考にして、1箇所の作業場につき2分、1日にその作業場で2回の作業を行うと仮定して、B 焼却施設の作業員の1日当たりの空間積算線量を算出した。

3. 結果と考察

A 焼却施設の各作業地点での空間積算線量の2週間の積算値について、各地点で比較すると線量計番号29番を設置した冷却塔前のコンデンサ室で最も高く、その値は52 μSv であった(表1)。また、B 焼却施設の各作業地点については、線

表 1 A 焼却施設での各個人線量計の2週間の積算値

No.	測定場所	線量 (μSv)
1	中央制御室	2F 28
2		23
3		1F 32
4		20
5	焼却炉室	2F 22
6		44
7		27
8		3F 29
9		29
10		4F 36
11		39
12	溶融炉室	1F 24
13		23
14		N. D.
15		2F 19
16	前処理室	28
17		3F 33
18		4F 29
19		2F 26
20	飛灰処理室	3F 27
21		3F 29
22	燃料製造設備室	4F 29
23		2F 28
24	プラットホーム	1F 29
25		1F 42
26	排水処理室	1F 32
27		1F 42
28	コンプレッサー室	1F 31
29		3F 52
30	地下ポンプ室	地下 29
31		地下 30
32	スラグパンカ室	1F 31
33		1F 31
34	飛灰固化物パンカ室	1F 31
34		クレーン階 最上階 34

表 2 B 焼却施設での各個人線量計の2週間の積算値

No.	測定場所	線量 (μSv)
1	地下	28
2		32
3		25
4		27
5	1F	24
6		27
7		27
8		27
9	2F	33
10		24
11		26
12		25
13	3F	29
14		22
15		19
16		15
17	地下	30
18		28
19		28
20		33
21	1F	26
22		37
23		26
24		28
25	2F	30
26		28
27		27
28		27
29	3F	22
30		29
31		30
32		27
33	4F	25
34		23

量計番号 32 番を設置したタービン発電機室で最も高く、その値は 37 μSv であった (表 2)。

各々の焼却施設について、各フロアごとの算術平均値を算出すると、B 焼却施設で 4 階の平均積算線量が低くなっているものの、A、B 焼却施設のどちらでも各フロアでの平均積算線量に顕著な差はみられなかった (図 4、図 5)。さらに、A 焼却施設について、ゴミピット (No. 25、26、34)、焼却炉 (No. 2～11)、灰ピット (No. 27、28)、溶融炉 (No. 12～18)、飛灰処理室 (No. 19～22) の 5 箇所のエリアに、B 焼却施設について、ゴミピット (No. 34)、焼却炉 (No. 1～16)、灰ピット (No. 19、20、23～25)、飛灰処理室 (No. 26～29) の 4 箇所のエリアに各焼却施設の作業場を区分けした。区分けしたエリアごとに、各作業場での積算線量の算術平均値を算出したところ、A 焼却施設ではゴミピット、灰ピットでの値が、B 焼却施設では灰ピットの値が他のエリアに比べ若干高かったものの、各エ

リアの顕著な差は見られなかった (図 6、図 7)。図 4-7 におけるエラーバーは算術平均の標準偏差を示しており、A 焼却施設は相対的に値が高い場所が数箇所あったため B 焼却施設に比べて、ばらつきが大きい結果となっている。

NaI シンチレータで測定した結果について、A、B 焼却施設のどちらにおいても、焼却施設内の 3 作業場より焼却施設入口の方が高い空間線量率が測定された (図 8)。図 8 より、A 焼却施設では屋外の空間線量率は焼却施設屋内の空間線量率の約 2～3 倍となっている。また A 焼却施設のプラットホームでは、日中はゴミ収集車等が入ってくるため常時出入り口が開いている。このことより、飛灰処理室のような屋内に比べて、プラットホームのような外に開かれた空間で空間線量率が高くなることが考えられる。A 焼却施設の灰受入室も、日中はシャッター等を上げて外部との隔たりをなくしている。そのために、図 8 のように屋内に位置する飛灰処理室よりも空間線

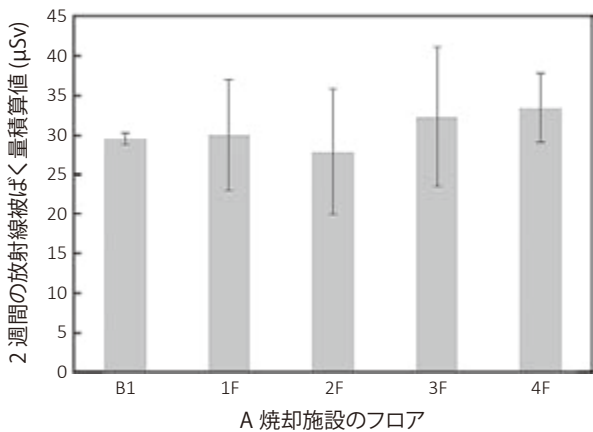


図4 A 焼却施設における各フロアでの積算線量
(No.14 の個人線量計は除外して計算した。)

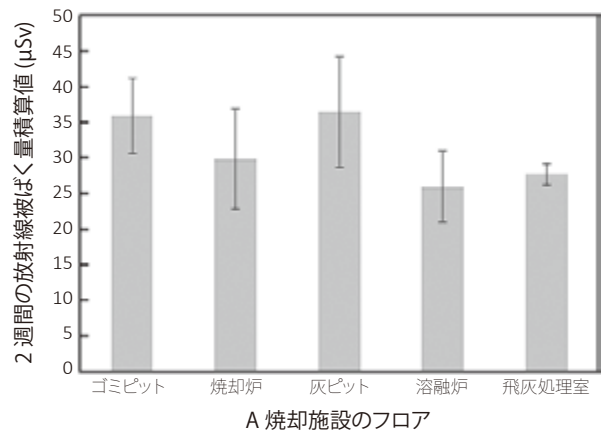


図6 A 焼却施設における各フロアでの積算線量
(No.14 の個人線量計は除外して計算した。)

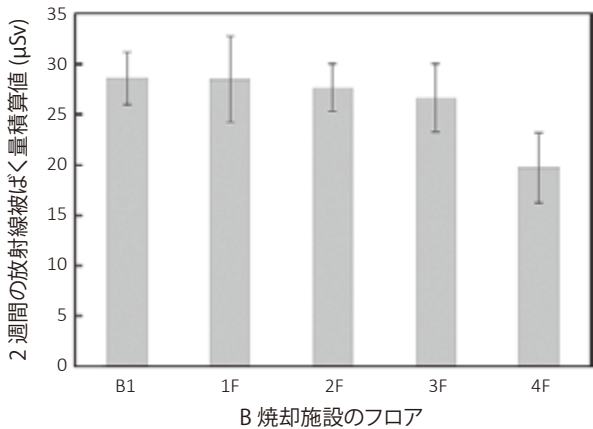


図5 B 焼却施設における各フロアの積算線量

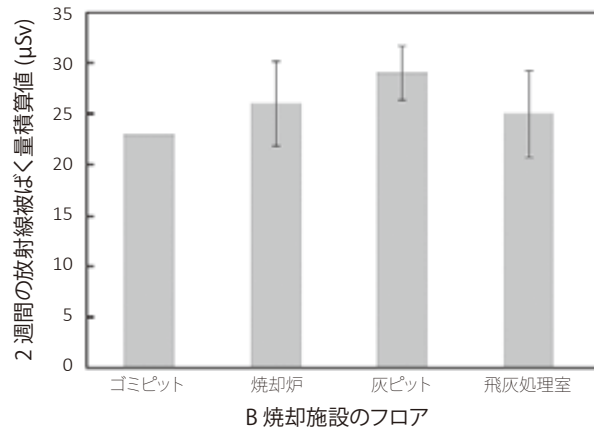


図7 B 焼却施設における各フロアの積算線量

量率が高くなっていることが考えられる。B 焼却施設においても、測定された空間線量率は、屋外に位置する焼却施設入り口の方が、約 1.5 ～ 2 倍だけ屋内に位置する他の施設よりも高かった。

A 焼却施設では、作業者は主に 3 種類の業務内容に割り振られるが、それぞれの作業スケジュールにおける作業者の焼却施設での 1 日の被曝量を算出した結果、最も外部被曝量の多い業務パターンであっても、受ける外部被曝量は 1.5 μSv を超えなかった (表 3)。B 焼却施設では、1 箇所の作業場につき 2 分、1 日にその作業場で 2 回の作業を行い、それ以外の業務時間は中央制御室にいと仮定し計算すると、0.72 $\mu\text{Sv/day}$ であり、A 焼却施設の最も被曝量の少ない作業パターン 1 とほぼ同じ値であった。

A 焼却施設では、今回の測定の前月に、個人線量計を作業者が装着し、業務中の積算線量の測定を 1 か月間行った。3 人の作業者についての積算線量の測定結果と、表 3 の外部被曝量の推定結果に各作業パターンの業務日数を乗じること

により算出した 1 か月の積算線量を表 4 に示した。作業者 3 については装着した場合の値と推定値に近い結果となったが、作業者 1、2 については推定値のほうが約 2 倍高い値となった。この差の原因として、今回用いた個人線量計は測定範囲が 1 $\mu\text{Sv} \sim 10 \text{ Sv}$ であったため、小数点以下の値が測定されず、積算値が 0 となる日が多数あり、装着した場合の積算線量が実際の曝露量より小さくなっていることが予想される。そのため、今回のような低濃度の汚染地域の場合は、今回よりも細かい範囲の線量が測定可能な個人線量計を使う必要があると考えられる。

4. 結論

本研究では、個人線量計を施設内の作業箇所に設置して空間積算線量を測定することにより、被曝状況を把握するという新しい試みを行った。焼却施設のように複雑な施設においては今回の測定法は簡便であり、しかも安価で広範囲の空間積算線量を把握することができる。大型施設の作業者のように、

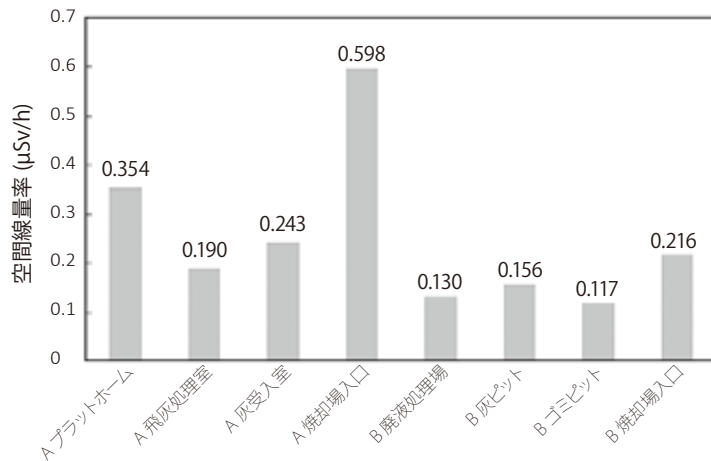


図 8 NaI シンチレーターによる各地点での空間線量率測定

長期間に渡って作業箇所を巡回したり、長時間同じ箇所で作業をするような場合は、空間線量率を測定するよりも長期的な被曝状況を把握するのに有効であろう。しかし、個人線量計で作業箇所の被曝状況を把握するには、有効桁数が小さいこと、その場で空間線量率を把握できないことが課題となる。そのため、個人線量計での被曝状況把握を実現するためには、NaI シンチレーターのような空間線量率を把握できる機器と併用することが望ましい。さらに、2 種類の空間線量を把握する機器を用いた場合、それぞれの測定値をどのように評価するべきかという評価方法を確立させることが今後望まれるであろう。

謝 辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (K122106) の支援により実施された。測定場所の提供および測定機器については、日立造船株式会社、東京ダイレック株式会社にご協力頂いた。

表 3 A 焼却施設における作業員 1 人あたりの外部被曝量

作業パターン	業務時間 (h)	業務 1 日当たりの外部被曝量 (μSv/day)
1	8.75	0.78
2	16.75	1.45
3	8.75	1.02

表 4 A 焼却施設における 1 か月間の積算線量

作業員	装着した場合の積算線量 (μSv)	設置した場合の値から推定した積算線量 (μSv)
1	9	15.6
2	10	17.8
3	17	18.6

参 考 文 献

- 1) 一般社団法人日本原子力産業協会：「一覧表」第 116 版 4 月 29 日正午現在。[東北地方太平洋沖地震] 福島第一原子力発電所の状況 (アーカイブス) (2011)
- 2) 環境省「廃棄物関係ガイドライン」、第一部 汚染状況調査方法ガイドライン、p1 (2011)
- 3) 環境省「廃棄物関係ガイドライン」、第二部 特定一般廃棄物・特定産業廃棄物関係ガイドライン、2-9 (2011)
- 4) 環境省：一般廃棄物処理施設における放射性物質に汚染されたおそれのある廃棄物の処理について、8-9 (2011)
- 5) 文部科学省日本原子力研究開発機構：放射線測定に関するガイドライン、2 (2011)

2013 年 12 月 25 日 受付

2014 年 2 月 8 日 受理

和 文 要 約

東北地方太平洋沖地震によって福島第一原発は甚大な被害を受け、その結果大量の放射性物質が大気中に放出された。この事態を受けて、現在、被災地域では除染作業が進められている。その際、発生する除染廃棄物は大量であるため、焼却処理により減容を行うことが求められている。今後、放射性廃棄物の焼却処理を行う施設が増加することを考慮すると、現状の焼却施設での作業員の被曝状況を把握することが不可欠である。本研究では、NaI シンチレーターを用いて空間線量率を測定すると共に、電子式線量計を施設各所に設置して空間積算線量を把握する手法を用いることで、焼却施設の作業員の外部被曝評価を行った。