

# 福島における小型偏光ライダーによるダスト観測と放射能濃度分布の推定

椎名達雄<sup>1</sup>、彭梓齊<sup>1</sup>、岡田尚<sup>2</sup>、杉田裕<sup>2</sup>、横沢剛<sup>3</sup>、篠崎剛史<sup>4</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院 工学研究院 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

<sup>2</sup>日本原子力研究開発機構 (〒963-7700 福島県田村郡三春町深作 10-2)

<sup>3</sup>明星電気 (〒372-8585 群馬県伊勢崎市長沼町 2223)

<sup>4</sup>三菱総合研究所 (〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目 10 番 3 号)

## Estimation of Nuclear Radiation Distribution and Dust Observation by Compact Polarization Lidar on Fukushima

Tatsuo SHIINA<sup>1</sup>, Peng ZIQI<sup>1</sup>, Takashi OKADA<sup>2</sup>, Yutaka SUGITA<sup>2</sup>, Tsuyoshi YOKOZAWA<sup>3</sup>, and Tsuyoshi SHINOZAKI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522 Japan

<sup>2</sup> Japan Atomic Energy Agency, 10-2 Fukasaku, Miharu-machi, Tamura-gun, Fukushima, 963-7700 Japan

<sup>3</sup> Meisei Electric Co., Ltd, 2223 Naganuma-cho, Isesaki-shi, Gunma, 372-8585 Japan

<sup>4</sup> Mitsubishi Research Institute, Inc., 2-10-3 Nagata-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8141 Japan

**Abstract:** Hydrogen explosion on Fukushima No.1 nuclear power plant caused huge damage in real life. Especially its radiation damage caused widespread. Field works on intermediate storages and reuses of decontaminated soils has been started in earnest under government promotion since 2017. This study put a compact polarization lidar at the intermediate storage site, where was only 3 kilometers away from Fukushima No.1 plant. There was a difficult-to-return zone. The lidar system was remotely controlled at Chiba Univ. Its observation range was 300m. It covered almost the whole of working field. The lidar monitoring was conducted at one month during Nov. and Dec. in 2017. The lidar scanned horizontally by crossing the dropping port of the decontaminated soils and capturing the suspended dusts on the soil preparation. The lidar monitoring was synchronized with 3 dust-samplers, and we obtained spatial distributions of dust density and estimated the distribution of the radioactivity concentration. The lidar counting rate for dust and the radioactivity concentration was estimated 0.001 mg/m<sup>3</sup>/count and 10<sup>-9</sup>–10<sup>-10</sup>Bq/cm<sup>3</sup>, respectively. This estimation was much lower than the working rule of safety assessment of 10<sup>-5</sup>Bq/cm<sup>3</sup>.

**Key Words:** Polarization, Radioactivity, dust, dust sampler, lidar

### 1. はじめに

中間貯蔵施設の受入・分別、減容化処理、貯蔵の作業、ならびに再生利用の施工作业において、汚染土壌の舞い上がりによる作業環境や周辺環境への影響の考慮は重要である。従来、汚染粉塵の評価には、ダストサンプラで一定期間捕集した粉塵の放射能濃度測定結果を用いて行われてきた。再生利用など屋外の広範囲な場所で行われる作業においては、作業場所全体および周辺環境をすべてカバーするダストサンプラの設置は不可能であり、風向等も様々であることから、ダストサンプラが設置されていない場所への汚染粉塵の拡散を評価することは困難である。また作業環境の逐次監視も困難な状況である。そこで、本研究では飛散した汚染粉塵の空間分布をリアルタイムで計測可能な小型偏光ライダーとダストサンプラを併用する汚染土の飛翔粉塵拡散分布の可視化モニタリングシステムを提案した。小型偏光ライダーは、半径300m程度のドーム内全域の粉塵の空間分布をリアルタイムで逐次モニタリングできる遠隔観測システムであり、粉塵の分布ならびに挙動を捉え、拡散範囲の予測結果を可視化して示すことができる。本研究では帰宅困難地域での

中間貯蔵作業現場にライダーを設置し、ダストサンプラとの同期観測を行い、放射能濃度の空間分布推定を行った。尚、本研究は平成29年度除去土壌等の減容等技術実証事業(JESCO)にて行われた。<sup>1)</sup>

### 2. ライダーと試験構成、結果

設置した小型偏光ライダーはDPSSレーザー(SpectraPhysics社製ExplorerOne 120 μ J[max]@349 nm)とPMTの構成で、100mm φの専用屈折望遠鏡を設計、30cm四方の大きさに収まるようにして自動雲台上で走査して使用した。偏光成分を捉えるためPBSで偏光分離して計測した。ライダーはUnic車上で観測小屋内に設置し、PPI、RHI走査を行った。帰宅困難地域で電源、通信インフラが使えないため、電気は発電機を使用、通信は中間貯蔵作業所へのwifi接続を利用した。観測は千葉大から遠隔で行い、ライダー上に設置したネットワークカメラにて、キャリブレーションと観測時の監視を行った。ライダーの設置場所と水平走査の方向を土壌貯蔵施設(福島県大熊町)での配置として、図1に示す。水平走査範囲内のダストサンプラの配置場所をそれぞれA、B、Cで表す。水平走査は300mの距離範囲を67.5度

の角度範囲で計測した。およそ1分で1回の水平走査を行い、その中に 27回のライダー計測波形を取得し画像化した。

ライダーは11月15日-12月15日の間、貯蔵作業がある日は毎日観測を行い、ダストサンプラは週3回程のペースでライダーと同期観測を行った。ライダーとサンプラとの相関はサンプラの設置位置のライダーカウントを抽出し、ダストサンプラの吸引時間(2-5h)でライダーカウントを積算して比較した。その結果、上記期間中13日分の同期試験のうち10日分で相関を得ることができた(図2)。

ダンプラでの捕集土壌は放射能濃度測定を行い別途採取した発塵源土壌の粒度分析結果ならびに観測日時の作業内容、風向風速と併せて解析を行った。その中で比較的作業内容や気象条件等が同じ観測結果(12月12,13,15日)で検量線を立てて、粉塵濃度と空气中放射能濃度との相関を得た(図3)。さらに同様の条件をライダーとの同期観測の結果にも当てはめ、粉塵濃度とライダーカウントとの相関を経て、ライダーカウント換算による空气中放射能濃度分布を得ることができた(図4)。

本試験では中間貯蔵施設の環境が比較的風通しの良い立地であったこと、また風は海側、もしくは山側から吹く形になることが特徴的であった。特に

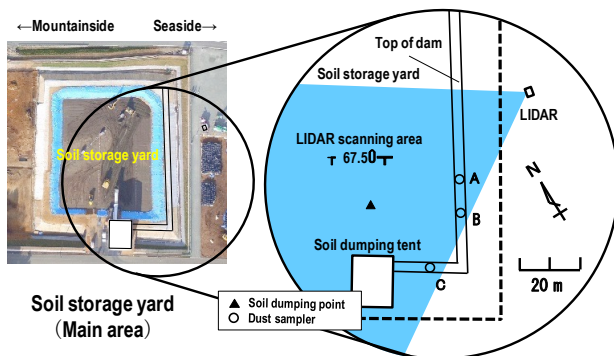


Fig.1 Lidar and dust-samplers arrangement.

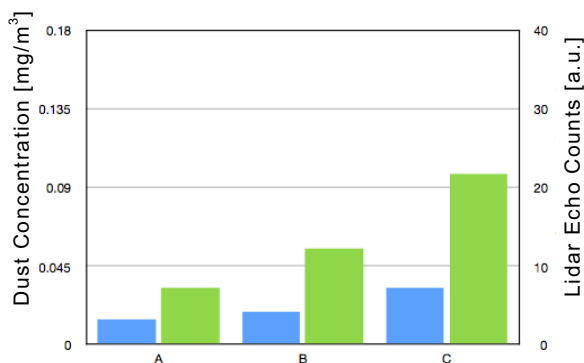


Fig.2 Relationship between Lidar and dust-samplers (15<sup>th</sup> Dec. 2017).

土壌投入口東側(海側)に配置したダストサンプラによる放射能濃度とダスト発塵源との相関は風向きと強い相関があった。それらの結果は中間貯蔵施設が置かれた場所は作業所内よりも周辺土壌の方が放射能濃度が高かったため、風向きによる違いとしても現れた。

作業所への投入や重機による作業によって巻き上げられた粉塵は高度で10m程、また飛距離で30m程で飛翔が止まる様子がライダー観測によるダスト分布で確認され、そのダスト粒子径としても10 $\mu$ m $\phi$ 以下であることが推定された。また、発塵源土壌の粒度解析の結果からは20 $\mu$ m $\phi$ 以下のダストに放射能含有率が高いことがわかった。これらのことから中間貯蔵作業に伴う粉塵の飛翔は管理区域エリア内に収まり、計測された濃度は採取地点 A-Cにおける空气中放射能濃度は最大でも2E-8Bq/cm<sup>3</sup>の結果を得た。この結果は放射性同位元素等の関係法令に定める周辺監視区域外の空气中放射能濃度限度(10-5Bq/cm<sup>3</sup>)に比べて十分に低い結果となった。

#### 参考文献

- 1) <http://www.jesconet.co.jp/interim/information/josenjissho.html>

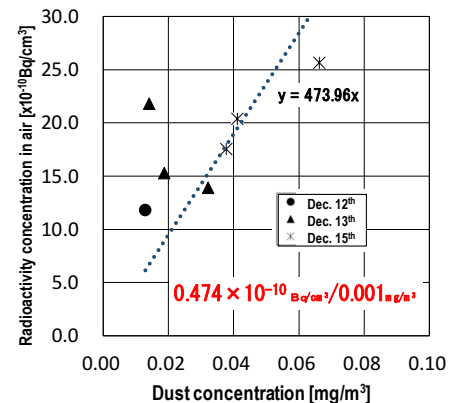


Fig. 3 Correlation between dust concentration and radioactivity concentration in air.

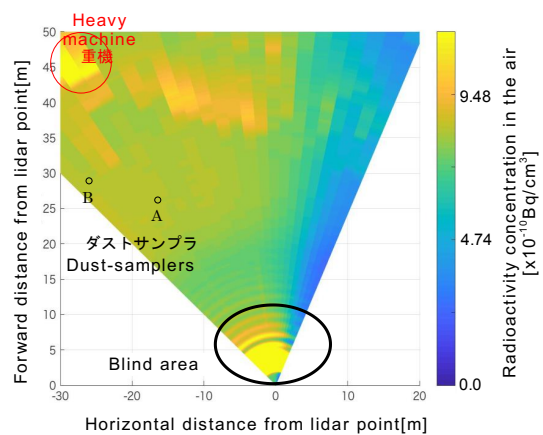


Fig.4 Concentration distribution of radioactivity converted from LIDAR counts (12/12 8:30 - 11:11).