

# 福島汚染土壌飛翔計測のための自立自給型アイセーフ Lidar の開発

吉永 孝太朗, 椎名 達雄

千葉大学 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

## Development of stand-alone self-contained eye-safe lidar for Fukushima flown contaminated soil

Kotaro YOSHINAGA and Tatsuo SHIINA

Chiba Univ., 1-33 Yayoicho, Inageku, Chiba 263-8522, Japan

### Abstract:

Solar power generated eye-safe lidar is developed for the observation of the time-dependent change of the dust containing the radioactivity generated by the accident of the Fukushima nuclear power plant. A 1.5  $\mu\text{m}$  fiber laser is used as a transmitting light, and an APD is used as an optical receiver. In order to make it stand up, a storage battery is charged with solar panels to supply the system power. The developed lidar allows remote scanning and ensures eye safety for people working in the field. In this study, we examined the relationship between the solar illuminance and the charge amount on the storage battery in the viewpoint of lidar observation activity. In addition, we succeeded in acquiring the echo signal of the forest 100m ahead with the developed lidar system.

**Key Words:** Fiber laser, Lidar, eye-safe, stand-alone, radioactivity, dust

## 1. はじめに

福島原子力発電所の事故に伴い、作業現場での汚染土壌の飛翔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濃度測定を用いてきた。しかし作業場所全体及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る。そこで、先行研究にて飛翔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 Lidar の開発及び研究が行われた。ダストサンプラと Lidar を併用することで捕集時間あたりの浮遊粉塵量及びその放射エネルギーを計測し、Lidar との相関関係を見出した。[1][2]

しかし実際の計測では、建物などの死角が多く存在する事から、複数の Lidar の稼働が必須である。また、既存の Lidar ではレーザー出力が紫外光のために現場の作業への影響が懸念される。そこで本研究では人の立ち入れない帰宅困難地域での福島飛翔汚染土計測を目的とし、太陽光発電による自立自給型アイセーフ Lidar の開発を行った。[3][4]

## 2. 自立自給型アイセーフ Lidar

開発を行ったアイセーフ Lidar の構成図を Fig.1 に示す。Lidar は双頭型であり、太陽光によって蓄電池を充電し、電力の供給を行う。また、計測は帰宅困難地域で行う事を想定し遠隔走査を行う。Table 1 は先行研究によって開発された Lidar と今回開発

したアイセーフ Lidar の仕様の比較である。光源には波長 1545nm のファイバレーザーを使用し、エキシマレーザーによって 20mm にビーム径を広げた。先行 Lidar と比較して出力を 1/30 まで落とし、繰り返し周波数を 2 桁上げる事で同積算時間での計測を可能にする。1.5 $\mu\text{m}$ での検出器にはその受光感度から信号を 30 倍に増幅させる APD を採用した。[4]また、APD の受光領域は 0.2mm と小さいために、XY 調整ステージを受光系へと装着した。[4]

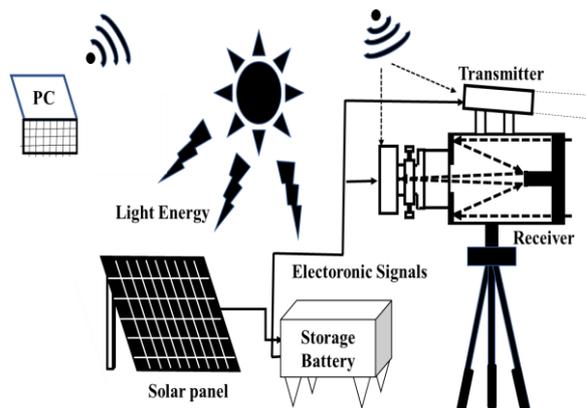


Fig.1 Stand-alone eye-safe lidar system.

Table 1 Specification of two Fukushima lidars.

		Previous Lidar	Eye-safe Lidar	
Emitter	Maker	Spectra Physics	KEOPSSYS	
	Model	Explorer One 349	PEFLSeries	
	Centre wavelength	349nm	1545nm	
	Pulse energy	120μJ	6μJ	
	Repetition frequency	<5kHz	100kHz	
	Pulse duration	>3ns	1ns	
Beam Expander	Output beam diameter	7mm	20mm	
Telescope	Model	Original	Vixen VMC95L	
	Diameter	100mm	95mm	
Interference Filter 1	Centre wavelength	349nm	1548nm	
	Full width at half maximum	0.6nm	15nm	
Interference Filter 2	Maker		Thorlabs	
	Model		FELH1500	
	Wavelength		1518-2150nm	
Receiver	PMT/APD Module	Maker	Hamamatsu PMT	Thorlabs
	Model	H11901-110	APD110C	
	Active area diameter	8mm	0.2mm	
	Wavelength range	230 to 700nm	900 to 1700nm	
	Gain	2× 10 <sup>6</sup> A/W	10 A/W	

### 3. 実験及び結果

太陽光での充電及び電力供給のため、照度と充電量の関係を実験値で求めた。

北を0°とし南へ180°の方角で、水平面から66°傾けた位置に太陽光パネル(850mm×992mm×35mm)を2つ設置した。

Fig.2 に太陽照度と太陽電池の実験例を示す。横軸及び縦軸は照度と出力電流値を示し、破線は実際に充電され始めた時の電流値 3.8A(動作電圧 31V)である。蓄電池容量 4.0kWh より、3.8A の晴天時の電流値で充電完了までに 34 時間かかる計算になる。また、先行 Lidar は 308W の定格出力を必要とするため、充電電力 118W では賅えない。それに対しアイセーフ Lidar は装置本体で<75W の定格出力を見据えており、結果として晴天時の充電電力を大幅に下回り、Lidar 操作中の充電及び日没後の夜間観測を可能とする。

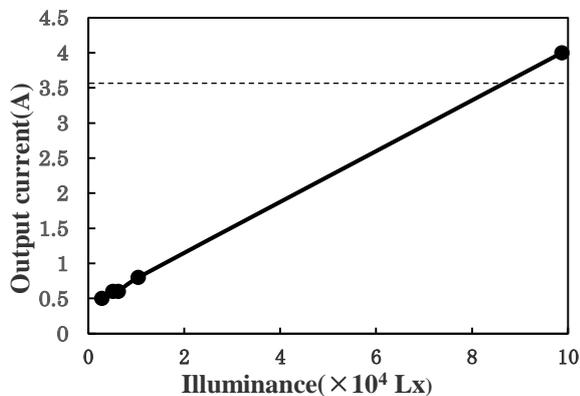


Fig.2 Solar illuminance and current generated on solar cell.

次に、APD で 100m 先のターゲットからの信号が得られることを確かめるために、6μJ のファイバレーザーを用いて約 100m 先の樹木をターゲットに Lidar 計測を行った。Fig.3 は横軸が測定距離、縦軸は信号強度を示しており、256 ショット(繰り返し周波数 100kHz で 2.56ms)の結果である。約 75m 及び 110m 付近で樹木からの 2 つのエコーが返ってきており、ハードターゲットからの信号取得を確認した。6μJ のアイセーフファイバレーザー及び APD の組み合わせから十分な感度を確認した。

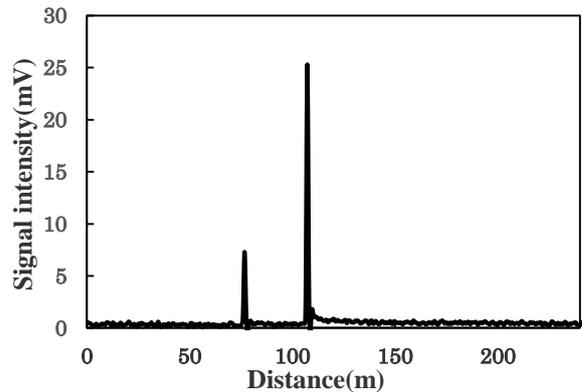


Fig.3 Measurement of hard targets.

### 4. まとめ・展望

今回の実験で照度と充電量との関係及び 1.5μm のアイセーフなレーザー及び APD を使用した Lidar によって 100m 先のハードターゲットからの信号取得に成功した。今後は大気中のダストを対象として、太陽光発電及び蓄電池による Lidar への電力供給から、遠隔での観測を行う予定である。

### 参考文献

- [1]椎名達雄・彭梓齊(千葉大学)、岡田尚・杉田裕(日本原子力研究開発機構)、横沢剛(明星電気)、篠崎剛史(三菱総合研究所) 第 36 回レーザーセンシングシンポジウム, p28-29, 2018
- [2]Young Min Noh, Detlef Muller, Hanlim Lee, Tae Jin Choi 'Influence of biogenic pollen on optical properties of atmospheric aerosols observed by lidar over Gwangju, South Korea', Atmospheric Environment 69, p139-147, 2013
- [3]James D. SPINHIRNE, Jonathan A.R. RALL and V. Stanley SCOTT 'Compact Eye Safe Lidar Systems', Laser Review, p26-32, 1995
- [4]Eduard Gregorio, Francesc Rocadenbosch, Ricardo Sanz and Joan R. Rosell-Polp 'Eye-Safe Lidar System for Pesticide Spray Drift Measurement' Sensors, p3650-3670, 2015