

# 北海道における太陽光発電システム上の積雪モニタリング

大竹秀明<sup>1,3</sup>、大関崇<sup>1</sup>、今井正亮<sup>2</sup>、庭野匡思<sup>3</sup>、小野耕介<sup>3</sup>

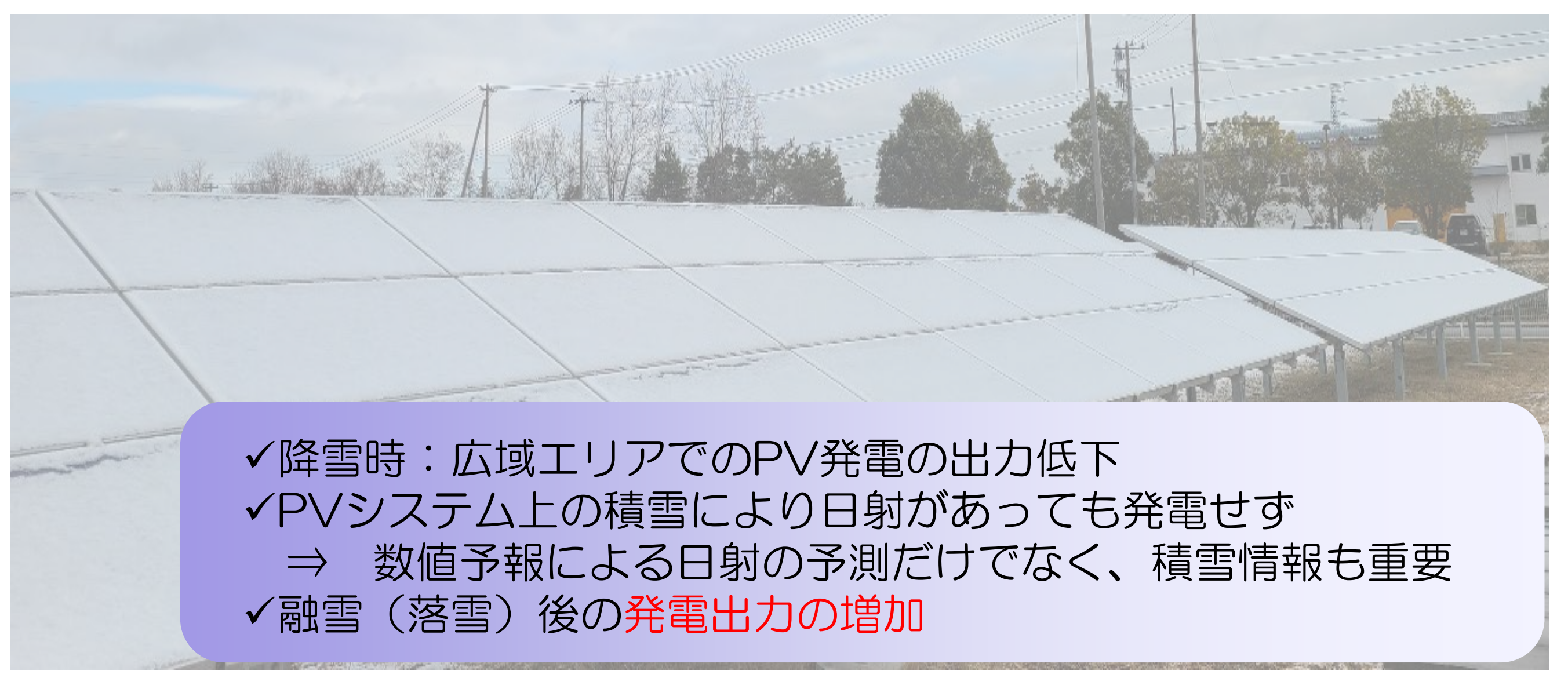
1 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 2 京都産業大学、  
3 気象研究所

## はじめに

- 国内では、太陽光発電(以下、PV)の導入が加速。電力需給のバランスのためにも、発電予測の活用が進む(複数社の予測の利用)
- PVに、雲がかかり(日射が少なくなる)、PVが発電しない場合は、火力発電などのほかの電力を調達(写真)。
- 電力の市場取引も始まり、電力供給量の計画を作成するためにもPVの出力予測が必要
- PV上に積雪があると、数値予測による日射量予測の精度が高くとPV出力予測に誤差発生



## 課題: PV上の積雪



積雪が認められる太陽光発電システム(産総研 福島再生可能エネルギー研究所にて大竹が2022年1月撮影)

## 目的

【太陽光発電出力と積雪に関する先行研究】

Perovich, (2007)[1]

積雪が2 cm 程度であっても日射の透過に大きな影響(透過率は波長にも依るが10~20%程度まで低減)。10 cm程度になると日射の条件に依らずほとんど出力しない(透過率は波長にも依るが10%未満)

Marison et al. (2013)[2]

PVシステム上に積雪があることで月換算で発電電力量の損失(年間の1~12%出力低下)

Hayibo et al. (2022)[3]

片面PVの積雪損失は冬期で平均33%、年間では16%。両面PVは、冬季の平均積雪量が16%、年間では2%。厳しい冬季条件下で片面PVより優れた性能を発揮することを屋外の観測から明らかに。

→ 発電予測に関連した研究例はまだ少ない

【目的】

どのような過程でPV上の積雪が落雪するのか、**PV上の積雪動態のモニタリング**から明らかにする。最終的には、積雪を加味した発電電力量の予測と評価を行う。

## 科研費研究の主な実施事項

(本発表は (a) のテーマについて報告)

### (a) 積雪モニタリング

・PVシステム上の積雪モニタリングから積雪、融解、落雪の一環したプロセスを理解する(気象研、産総研)

### (b) 積雪時発電予測

・積雪変質過程を考慮した積雪の開始、融解・落雪のタイミングを含めた積雪動態のモデル化と予測不確実性の分析(気象研、東大、京都産業大、産総研)

### (c) 予測インパクト評価

・発電予測を活用した電力市場取引や電力経済の分野から予測のインパクト評価(東京理科大)

観測: ほくでんエコエナジー株式会社(運営)「ワインの里池田ソーラー発電所」



引用 ほくでん「大規模太陽光発電(メガソーラー)の導入」  
[https://www.hepco.co.jp/energy/recyclable\\_energy/solar\\_power/megasolar.html](https://www.hepco.co.jp/energy/recyclable_energy/solar_power/megasolar.html)

## PV上の積雪のモニタリング結果の一例

事例: 2022年2月20日

・三陸沖に低気圧があり、道東付近は降雪(本サイトでも最大18cmの積雪)

・朝は降雪によりPV全面に積雪を観測

・図1: PV下部より落雪(10:00)、その後上部から下部にかけて落雪(10:30頃)(全層雪崩の形態に類似)

⇒ 落雪の様子やメカニズムを理解する上で貴重なデータを取得

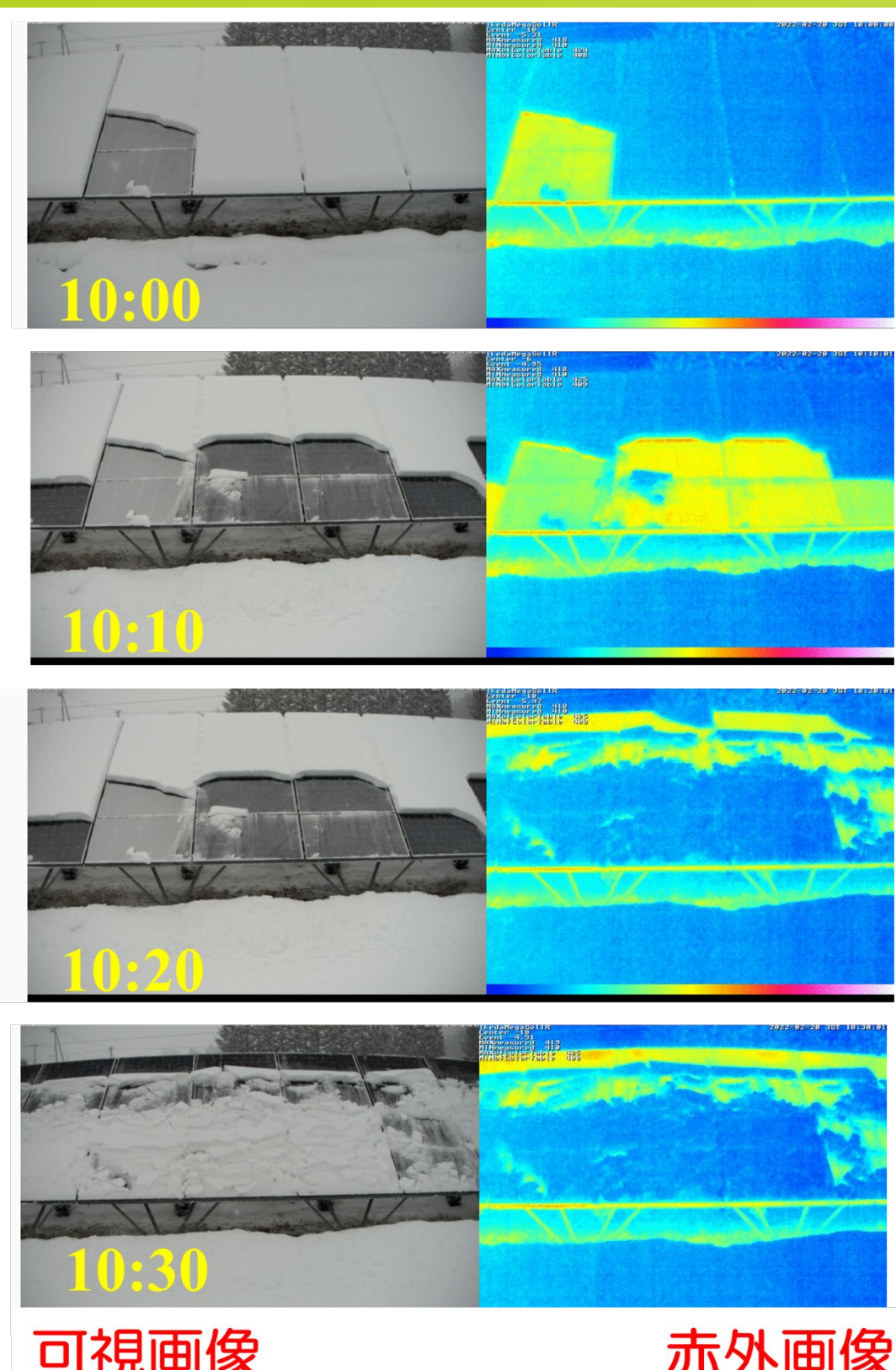


図1. PV上の積雪が落雪する様子の一例(2022年2月20日10:00-10:30まで10分毎)。(左)可視カメラと(右)赤外カメラの時間変化を示す。

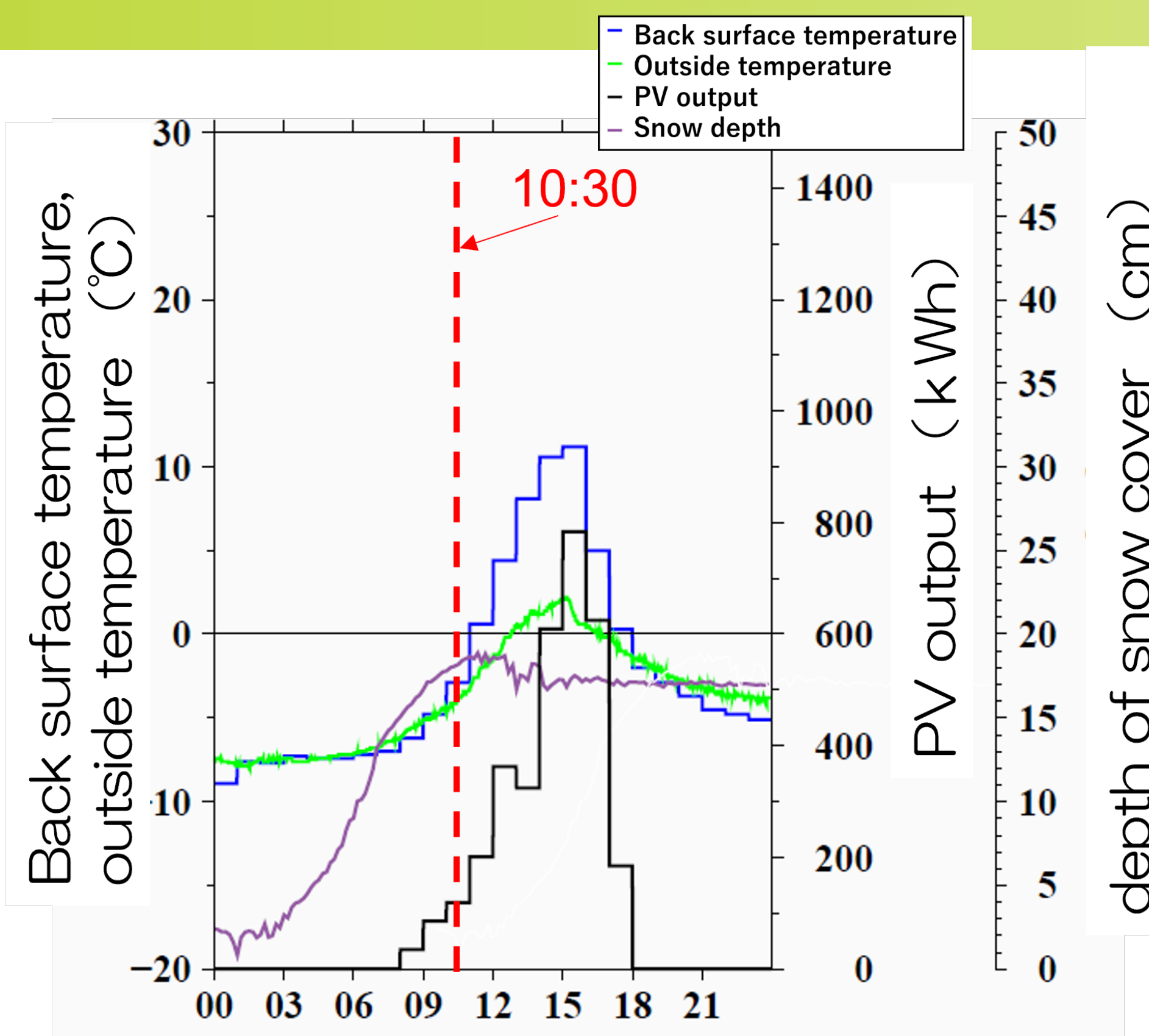


図2. 裏面温度、外気温、PV出力(本サイト合計値)、モニタリングしているPV付近の積雪深さの時系列変化(2022年2月20日)

✓ 図2: 深夜から昼前までに最大18cm積雪。

✓ サイト全体のPV出力が増加するとともに裏面温度も上昇

✓ 気温(temp)は12時過ぎに0度を超えるが、落雪は10時頃から開始。

✓ PV背面を計測した温度(裏面温度; PV temp)は外気温よりも早いタイミングで0°C線を越えている。

※ ただし、裏面温度を計測している場所は、本モニタリングをしているPVシステムとは異なる場所のデータであることに注意。

✓ PVは発電すると熱を帯びることから積雪下部を融解し(水の形成)、融雪落雪を促進する可能性が示唆される。

## まとめ

・2022年1月末から気象観測、積雪モニタリングを開始し、2~3月中に複数の積雪イベントを確認

・積雪が多い場合、少ない場合などいくつかの積雪イベントがあった

・積雪が多い場合は、PVシステムの下部の積雪が落雪したあと、上部から下部にかけて全層雪崩のように落雪が発生

・PV出力と裏面温度の相関性

・発電が開始されると太陽光発電システムの裏面温度が上昇 ⇒ 融解、落雪の促進

## 今後の予定

2023年冬の観測を継続し、PV積雪事例の蓄積を行うとともに積雪を加味した発電出力の予測の開発を進める。

## 参考文献

- [1] Perovich, 2007, J. Glaciol., Vol.53, pp.201-211.
- [2] Marison et al, 2013, Solar Energy, Vol.97, pp.112-121.
- [3] Hayibo et al. 2022, Renewable Energy, 193, 657-668

## 謝辞

本研究は科研費・基盤研究B「太陽光発電システム上の積雪動態の解明と予測への展開」(研究課題 21H01873, 2021-2023年度)に置いて実施されている。また、本研究の一部は環境省地球環境保全試験研究費(MLIT2253)の助成を受けている。計測には、北海道電力総合研究所、ほくでんエコエナジー株式会社に協力を頂いた。また、北海道池田町役場よりメガソーラーサイトでの観測の許可を頂いた。



## 「北海道における太陽光発電システム上の積雪モニタリング」

大竹秀明<sup>1, 3</sup>、大関崇<sup>1</sup>、今井正堯<sup>2</sup>、庭野匡思<sup>3</sup>、小野耕介<sup>3</sup>

1 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 2 京都産業大学、3 気象研究所

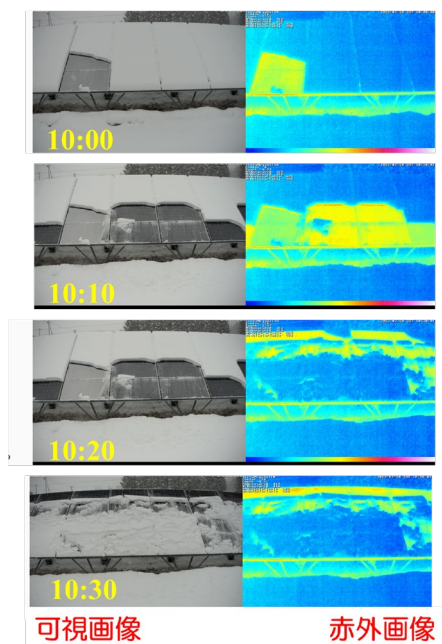
### 1. 背景

太陽光発電(以下、PV)の出力予測を活用した電力需給の運用がなされている。冬季は PV システム上に雪が積もることがある。その場合、数値予報技術により日射量の予測が精度良く行えたとしても、積雪により日射が遮断され、PV の出力が十分に得られず、電力の需要と供給のバランスを維持させることが難しくなる。そのため、PV システム上の積雪を考慮した太陽光発電の出力予測技術が求められている。

### 2. 積雪モニタリング

本研究では、科研費・基盤研究 B「太陽光発電システム上の積雪動態の解明と予測への展開」(代表:大竹秀明)において、実際に PV システム上の積雪のモニタリングを行い、雪がどのように積り、落雪するのか、一連の積雪の動態を明らかにすることを目的としている。2022 年1月末より、ほくでんエコエナジー株式会社が運営する「ワインの里池田ソーラー発電所」(北海道中川郡池田町 出力:1,500kW)の設備の一角で、気象センサー、積雪深、可視・赤外カメラ等を設置し、PV システム上の積雪動態の冬季連続観測を開始した。

図1は 2022 年 2 月 20 日の積雪イベント時の(左)可視画像、(右)赤外画像で 10:00~10:30 の 10 分毎の画像を示したものである。この日は三陸沖に低気圧があり、道東エリアでは南~東寄りの風が入りやすく、広域で降雪があった事例である。本観測サイトでも最大 18cmの積雪が観測された。可視画像から、10:00



に PV システム下部で一部の落雪が確認されたのち、PV システムの下部で一気に落雪が進む(10:10 頃)。その後、PV システム上部の積雪が全層雪崩のような滑雪が発生し(10:30 頃)、徐々に滑雪が継続する様子が確認された。赤外画像から落雪が発生した箇所では PV システムの表面が露出し、積雪面に比べて比較的温度が高くなっている様子が確認された。積雪が落ちるタイミングを予測することができれば、落雪により太陽光発電の出力がいつ高くなるのか予測することができる。

今後は、積雪イベントの観測を継続し、積雪イベントの事例の蓄積をするとともに、メガソーラーサイトの発電出力データ、外気温や PV 温度データ等の比較を進め、落雪を誘発する要因について分析を進める予定である。

**謝辞** 本研究は科研費・基盤研究 B「太陽光発電システム上の積雪動態の解明と予測への展開」(研究課題 21H01873.2021-2023 年度)に置いて実施されている。計測には、北海道電力総合研究所、ほくでんエコエナジー株式会社に協力を頂いた。

図1. 2022 年 2 月 20 日の積雪イベントの観測事例。