

PVシステムの発電予測技術に関する取り組みの紹介

大竹 秀明

(国) 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター

太陽光システムチーム 主任研究員

気象庁気象研究所 応用気象研究部 客員研究員

(気象予報士・防災士)

E-mail: hideaki-ootake@aist.go.jp



第1回太陽光分科会

令和2年9月16日

場所：FREA

時間：14:00-16:00



福島再生可能エネルギー研究所

1. 太陽光発電予測
2. 発電予測と需給運用
3. 太陽光発電予測の諸課題



福島再生可能エネルギー研究所

気象予報士の統計データ

令和2年8月31日現在、10,725名が気象予報士として登録されています。

都道府県別集計結果（令和2年8月31日現在）

都道府県	人数	都道府県	人数	都道府県	人数
北海道	530	石川県	83	岡山県	78
青森県	111	福井県	53	広島県	167
岩手県	68	山梨県	48	山口県	91
宮城県	266	長野県	137	徳島県	50
秋田県	56	岐阜県	95	香川県	72
山形県	39	静岡県	196	愛媛県	69
福島県	79	愛知県	488	高知県	31
群馬県	115	三重県	114	福岡県	385
栃木県	104	滋賀県	75	佐賀県	36
茨城県	243	京都府	218	長崎県	81
埼玉県	677	大阪府	581	熊本県	73
千葉県	919	兵庫県	393	大分県	36
東京都	2,002	奈良県	120	宮崎県	64
神奈川県	1,181	和歌山県	40	鹿児島県	85
新潟県	147	鳥取県	34	沖縄県	81
富山県	71	島根県	39	その他	4
				合計	10,725

引用 気象庁「気象予報士の統計データ」

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/yohoushi.html#5>



福島再生可能エネルギー研究所



福島再生可能エネルギー研究所

太陽光発電（現在）

合計	55192.0 [MW]
1 茨城県	3312.4
2 千葉県	2720.1
3 愛知県	2603.2
4 兵庫県	2341.8
5 栃木県	2186.0
6 福岡県	2125.2
7 静岡県	2107.5
8 三重県	2086.5
9 群馬県	2072.3
10 鹿児島県	1982.0
11 北海道	1848.1
12 福島県	1835.8
13 岡山県	1802.3
14 埼玉県	1602.2
15 宮城県	1470.6

太陽光発電（将来） 2020年3月末時点

合計	74314.4 [MW]
1 茨城県	5060.3
2 福島県	4004.0
3 千葉県	3638.9
4 栃木県	3438.4
5 群馬県	3040.9
6 兵庫県	3031.2
7 三重県	2892.2
8 宮城県	2849.5
9 静岡県	2687.2
10 鹿児島県	2684.8
11 愛知県	2601.1
12 岡山県	2462.1
13 福岡県	2257.5
14 北海道	2231.6
15 熊本県	1973.2



福島再生可能エネルギー研究所

太陽光発電（現在）

合計	55192.0 [MW]
1 静岡県浜松市	562.4
2 宮崎県宮崎市	379.4
3 三重県津市	360.6
4 大分県大分市	354.3
5 岡山県岡山市	299.2
6 福岡県北九州市	296.1
7 兵庫県姫路市	291.4
8 三重県松阪市	286.9
9 群馬県前橋市	284.0
10 宮城県仙台市	263.8
11 鹿児島県霧島市	261.3
12 群馬県高崎市	257.4
13 栃木県宇都宮市	254.3
14 群馬県太田市	241.8
15 愛知県豊田市	236.1

太陽光発電（将来） 2020年3月末時点

合計	74314.4 [MW]
1 静岡県浜松市	601.8
2 福島県福島市	582.8
3 宮城県仙台市	539.9
4 長崎県佐世保市	538.1
5 三重県津市	475.2
6 鹿児島県霧島市	470.4
7 宮崎県宮崎市	465.1
8 福島県いわき市	439.0
9 兵庫県姫路市	428.4
10 岡山県岡山市	403.9
11 群馬県高崎市	400.8
12 栃木県那須塩原市	399.0
13 宮城県大崎市	385.8
14 大分県大分市	372.3
15 三重県松阪市	369.3



福島再生可能エネルギー研究所

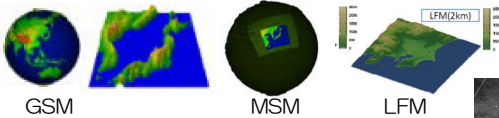
太陽光発電予測



発電予測技術



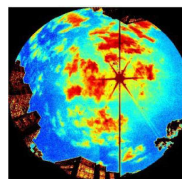
数値予報モデル
(NWP: Numerical Weather prediction)



出典: JMA

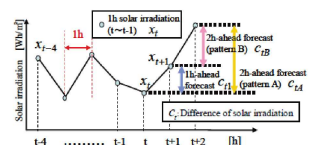
衛星画像等

天空画像



出典: Bryan

実測データ(持続モデル)

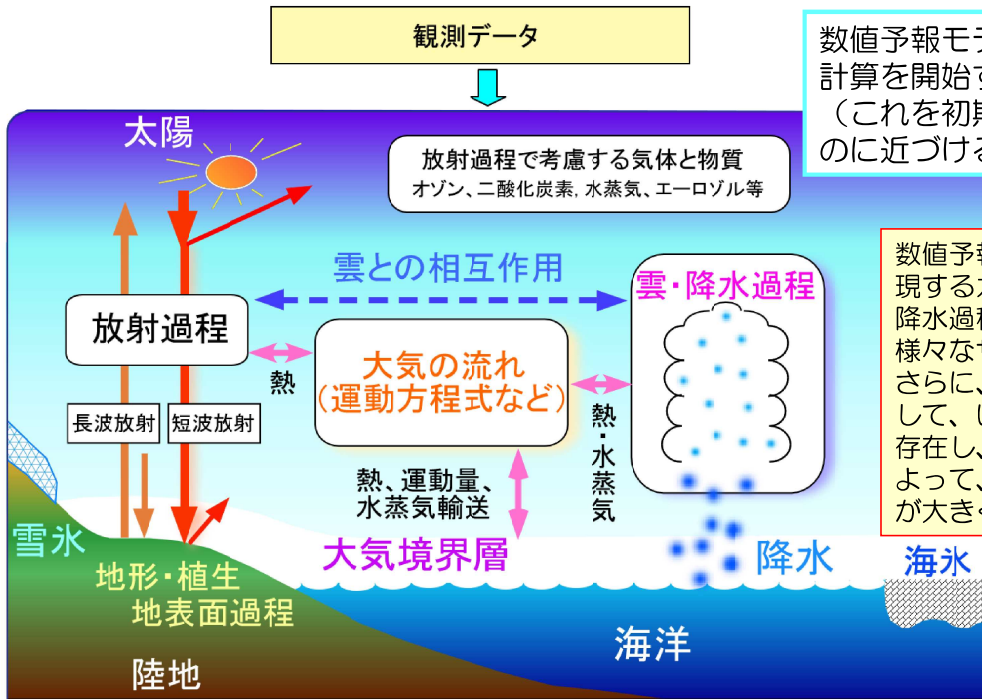


出典: waseda

- ① 現在から6時間先までの予測：
実測データをベースに予測する手法
- ② 6時間先から数日先までの予測：
気象予報（数値予報）モデルによる予測

提供 産総研（大関）





数値予報モデルでは、観測データは、計算を開始するときの大気の状態（これを初期値という）を現実のものに近づけるために使われる。

数値予報モデルは、大気の流れを表現する力学過程、境界層過程、雲・降水過程、放射過程、陸面過程など様々なサブモデルからなる。さらに、それぞれのサブモデルに対して、いろいろなモデル化の手法が存在し、どの手法を採用するかによって、数値予報モデルの予測特性が大きく変化することもある。

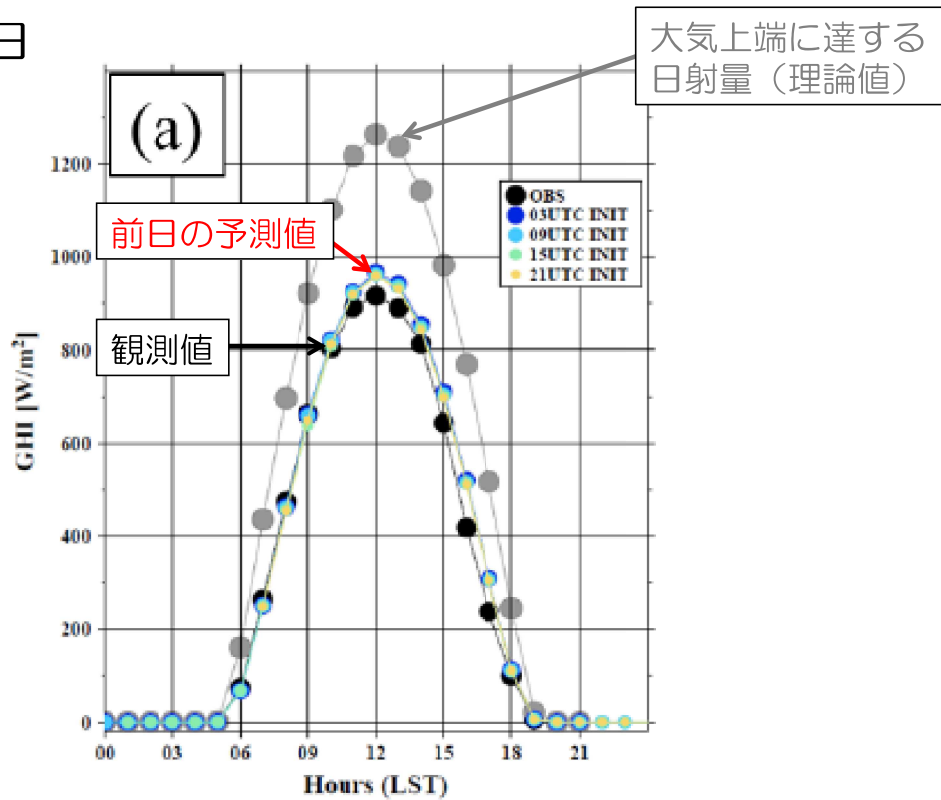
日射量予測 ①短波放射 ②雲・降水のプロセス

出典：気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-1.html>

- ✓ 数値予報モデルでは日射量の予測も可能
- ✓ しかし、完全なモデル、完全な観測はないので予測誤差がつきもの



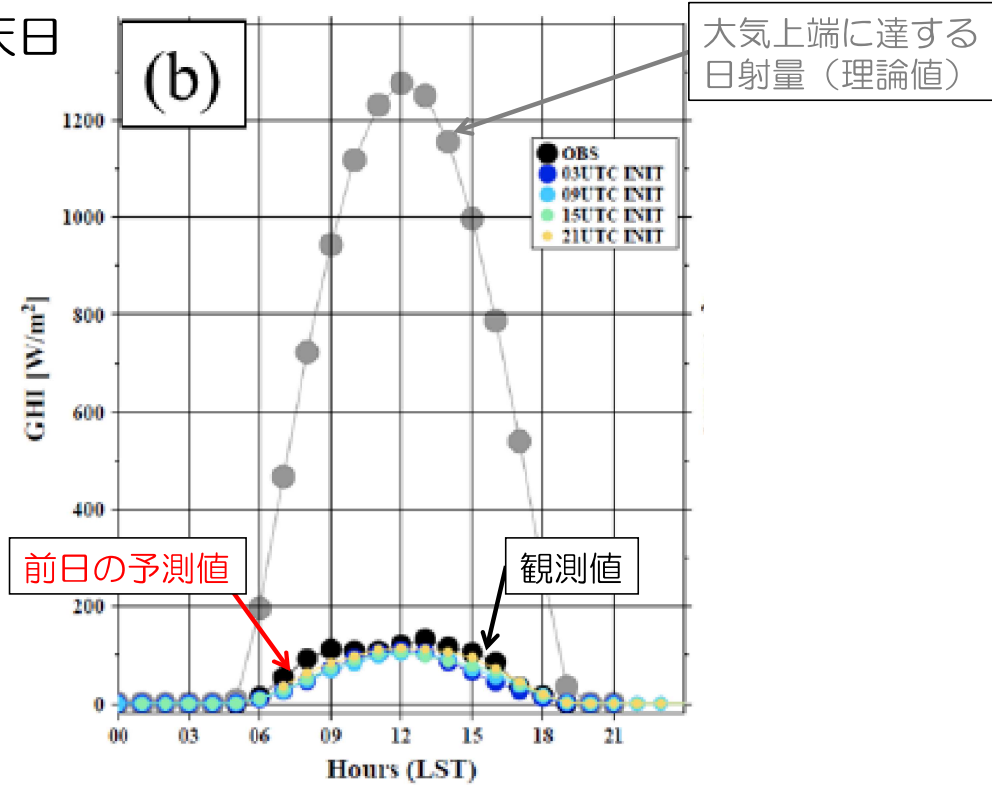
快晴日



- ✓ 東京電力エリア全体を対象とした予測結果
- ✓ 快晴時や曇天時は予測精度が高い



曇天日



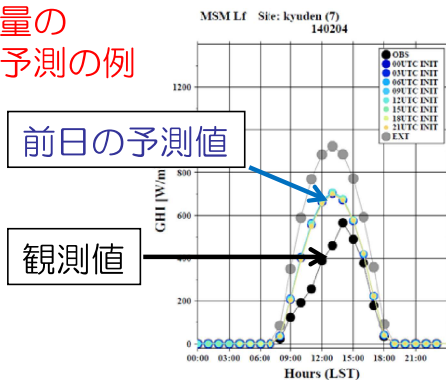
✓ 曇天時は予測精度が高い



○ 日射量（太陽光発電電力量）の予測の影響

前日予測

日射量の
過大予測の例



Case1:日射量の過大予測

実際には、日射量が少ないので
太陽光による発電量も少ない

(うまく火力発電がカバーできなければ、)

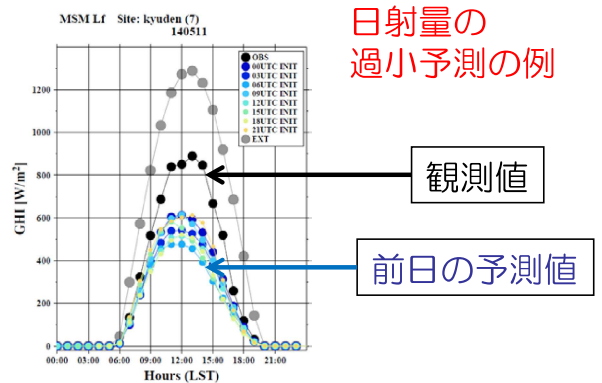
⇒ 供給支障（停電）の恐れ

Case2:日射量の過小予測

実際には、日射量が多いので
太陽光による発電量も多い

(うまく需要でカバーできなければ、)

⇒ 余剰電力の恐れ（電気は
余ってもいけない）



日射量の
過小予測の例

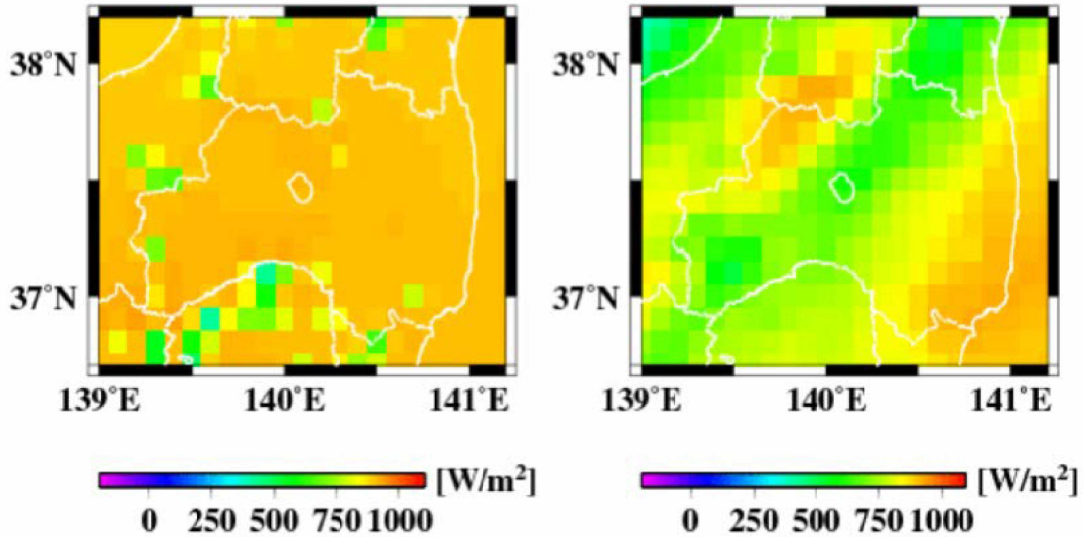


日射量予測と実測の比較（福島県）

2017 07 11 132500（日本時間）

気象衛星から推定した日射量

数値予報の翌日日射量予測



福島再生可能エネルギー研究所

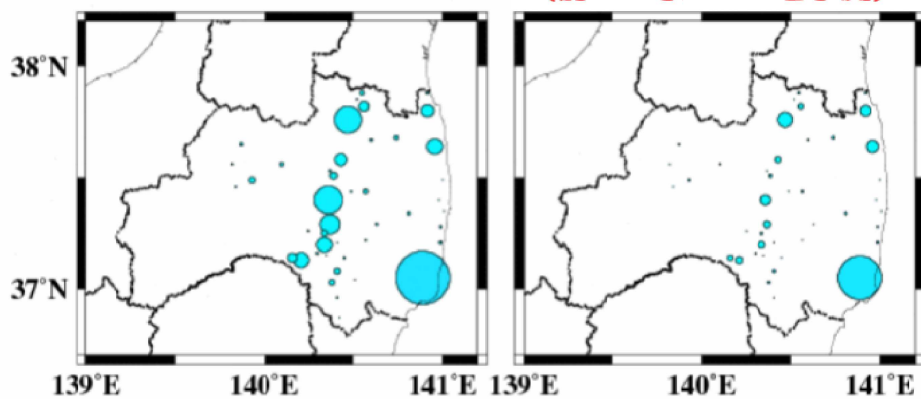
市町村毎の太陽光発電出力 実績（推定）と予測の比較（福島県）

2017 07 11 12(JST) 00UTC init



気象衛星から推定
（実績相当）

数値予報からの予測
（前日9時に翌日を予測）



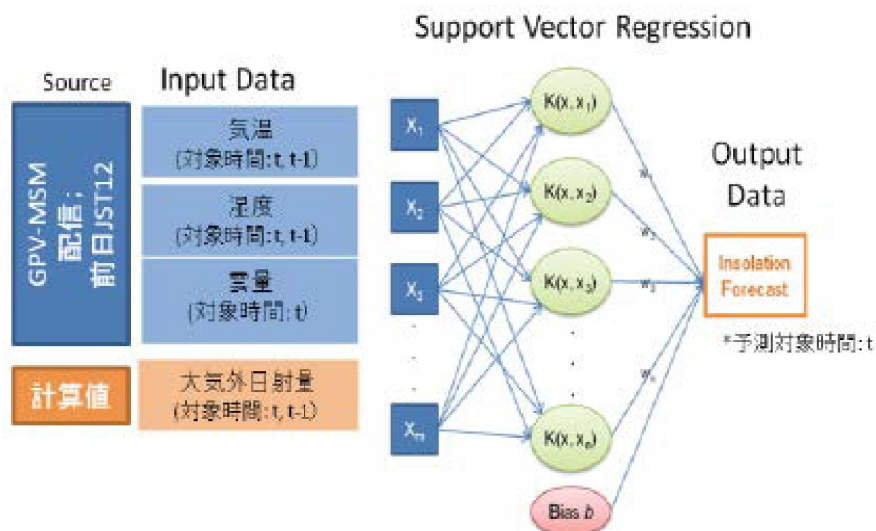
日射条件が近くとも導入量が
市町村毎に異なる
⇒発電出力も地域毎に異なる



福島再生可能エネルギー研究所

人工知能技術の活用

- ✓ 気象予報モデル（日射量予測）⇒ 物理モデルのため、自然法則に従った計算は可能だが、予測誤差が大きい
- ✓ 気象データ、発電データの活用 ⇒ 機械学習
- ✓ 予測精度の向上（予測誤差の縮小）
- ✓ エネルギーシステム内での制御量の縮小



Fonseca Jr. (2015, the annual meeting of IEEJ)



福島再生可能エネルギー研究所

発電予測と需給運用



福島再生可能エネルギー研究所

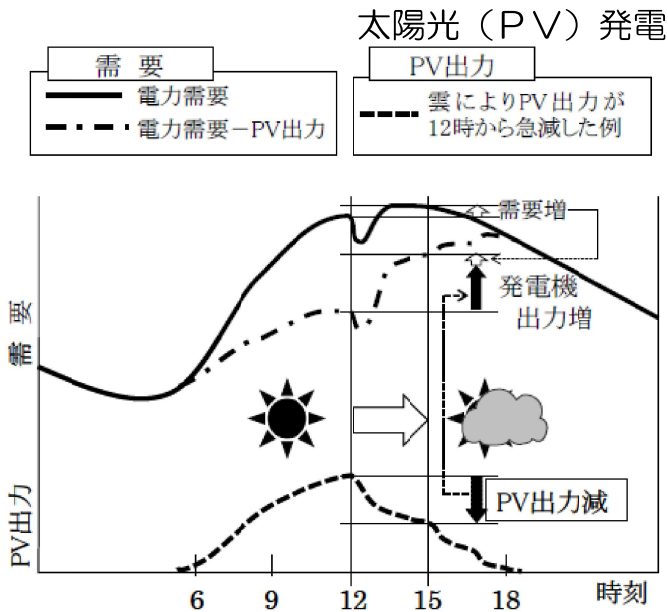


図5 PV出力変化と電力発電機の出力量調整イメージ
(三輪、2015(電気学会全国大会))

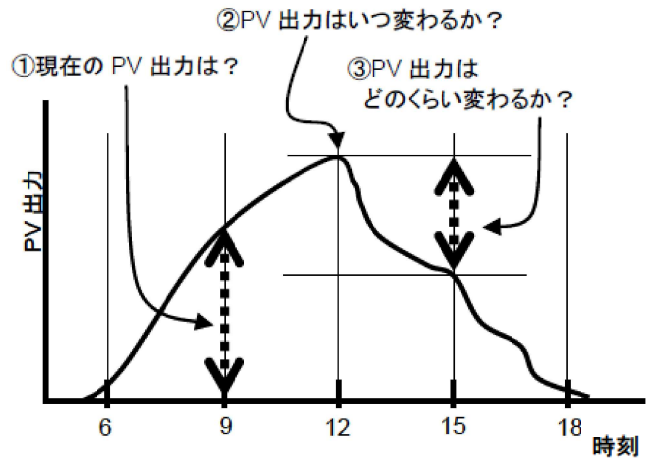


図6 電力需給におけるPV出力予測・把握の観点
(三輪、2015(電気学会全国大会))

- ✓ 火力・水力発電を需給バランスに依りて事前に適切に準備し、火力発電の待機運転に伴うデメリットを最小化するためには、需要を精度良く予測するとともに太陽光発電の出力も併せて精度良く予測する必要がある。(三輪、2015(電気学会全国大会))
- ✓ 風力発電の予測も同様



メニュー
ニュース
国内
政治
経済
スポーツ
国際
テクノロジー
エンタメ・文化

すべて表示

電力の取引価格、頻繁に底値の「ほぼ0円」…緊急事態宣言の全国拡大後に「異変」

2020/05/10 22:22 新型コロナ

(円/kWh) ●電力スポット市場の取引価格の推移

2019年5月13日 (第3週の月曜日)

2020年5月11日

0.01円で取引

正午

新型コロナウイルスの感染拡大に伴う経済活動の停滞で、日中の電力消費が減っている。その影響は電力の取引価格に及び、市場では頻りに底値のほぼ0円を記録している。

電力の取引市場は、電力を売りたい発電会社や小売会社などが利用している。発電量を見通して、需要と供給のバランスで翌日24時間分の価格が決められている。

だが、4月16日に緊急事態宣言が全国に拡大された後、30分ごとに区切った1キロ・ワット時あたりの「スポット価格」に異変が生じた。事実上買い手がつかない0・01円が連日のように発生し、昨年4月は1か月で一度もなかった底値取引が、計60回超に上った。

読売新聞の新常識

新聞も、デジタルも、Pおトクも
全部あわせて1冊 4,400円税込

読売新聞のお申込み

ひかりTV for docomo

日曜46分
ちょっといいですか?

テレビ スマホ で楽しめる!

月額2,500円で見放題! 詳しくはコチラ

アクセスランキング

- 1 【独自】34県の緊急事態解除で調整…「特定警戒」の一部も
- 2 女の子の「なりたい職業」23年連続で変わらず…男の子はサッカー選手

読売新聞 (2020年5月10日 (日))

<https://www.yomiuri.co.jp/economy/20200510-OYT1T50101/>

- ・ 新型コロナウイルスの影響 ⇒ 電力需要の低下、生活様式の変化



太陽光発電予測の諸課題



福島再生可能エネルギー研究所

積雪の問題

降雪時における広域エリアでの太陽光発電からの発電量の低下（太陽光パネル上の積雪により日射があっても発電されない）。また、融雪時（パネルからの落雪）の広域エリアにおける急激な発電量の増加

いつ降るのか？いつ融けるのか？



降雪イベントがあった後の太陽光発電設備(場所：産業技術総合研究所 九州センター(佐賀県鳥栖市), 2017年2月11日AM8:53 (提供(国)産業技術総合研究所 千葉恭男博士)



福島再生可能エネルギー研究所

太陽光発電予測と積雪の課題



気象衛星センターホームページより引用

https://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/obsimg/image_snow.html#obs_j20180122

- 太陽光発電システムが多い茨城、千葉の平地に降雪
- 東電エリアの広域で太陽光発電システム上に積雪（日中も融けず）
- 東北・福島でも太陽光発電が増えた場合には積雪影響も重要



福島再生可能エネルギー研究所

A screenshot of a Japanese website page from the Japan Electric Power Association (JEPA). The page title is "海外電力関連 トピックス情報" (International Power Related Topics Information). The main content is a news item titled "[韓国] 黄砂の影響で太陽光発電設備の発電効率が低下" (South Korea: Solar power generation efficiency drops due to dust). The article, dated May 25, 2018, reports that dust has significantly reduced the efficiency of solar panels in South Korea, with some areas experiencing a 50% drop. The page also features a sidebar with navigation links and a "ピックアップ" (Pickup) section with various news items.

引用 電気事業連合会 海外電力関連 トピックス情報[韓国] 黄砂の影響で太陽光発電設備の発電効率が低下
https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1257969_4115.html

- エアロゾルが大気中に浮遊、付着 ⇒ 直達日射の減少 ⇒ 太陽光発電低下
- 火山活動：火山灰がシステム上に付着、覆うことでも発電は低下



福島再生可能エネルギー研究所

太陽光発電予測研究

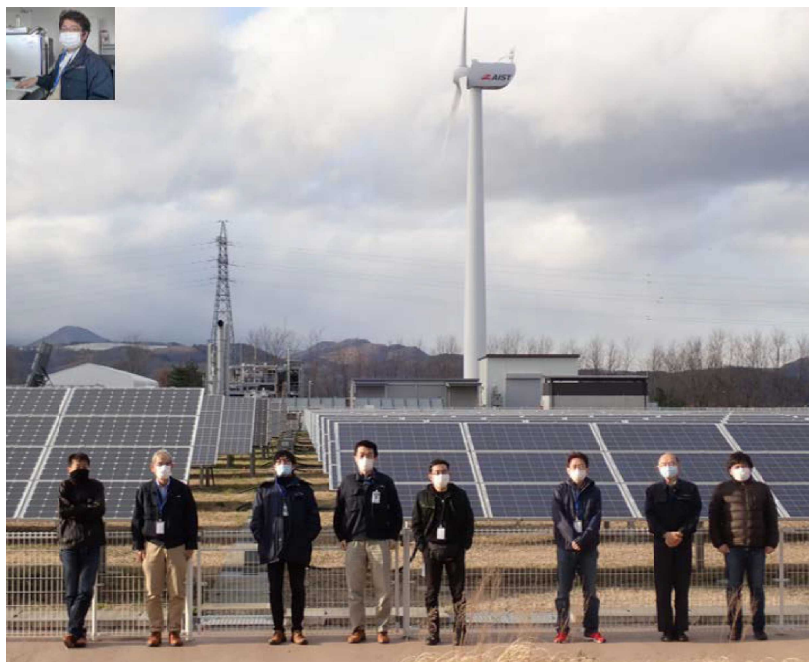
- 気象予報技術を活用した太陽光発電の運用へ
- 予測誤差、特に予測大外れ時の運用
- 予測改善：気象予報の高精度化、積雪、エアロゾル、火山灰等
- 太陽光発電+X（揚水、蓄電（EV）、エネマネ、市場など）
⇒ 多様な分野との連携、発電予測の活用
- 気候変動：発電資源量、気象災害、防災
- 福島県再生可能エネルギー推進ビジョン：発電予測も福島から



福島再生可能エネルギー研究所

ご清聴ありがとうございました

大竹 (hideaki-ootake@aist.go.jp)



（産総研 福島再生可能エネルギー研究所 2020年4月9日撮影）



福島再生可能エネルギー研究所