

太陽光発電出力変化の実態と 電力需給運用面からの予測のニーズ

平成25年8月5日

中部電力株式会社 和澤 良彦



目次

電力の需給運用について

天気と太陽光発電出力の特徴

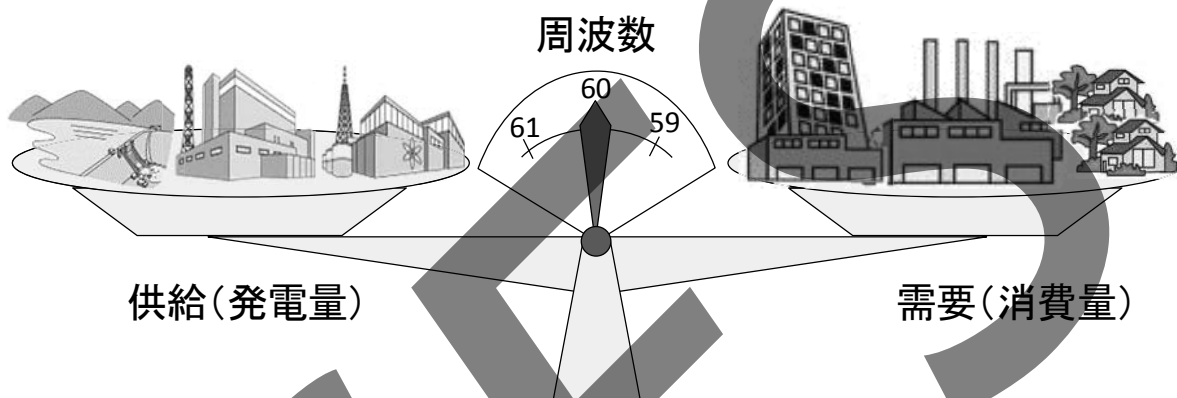
太陽光発電出力変動・変化の分析

太陽光発電出力把握・予測のニーズ

太陽光発電出力予測技術開発実証事業の概要

電力の需給運用について

- 電力需要が供給を上回ると周波数が低下し、供給が需要を上回ると周波数が上昇する。
- そのため、常に需要と供給のバランスをとるために、需要(消費量)の変化に応じて発電機などの供給(発電量)を細かく調整し周波数を維持している。



3

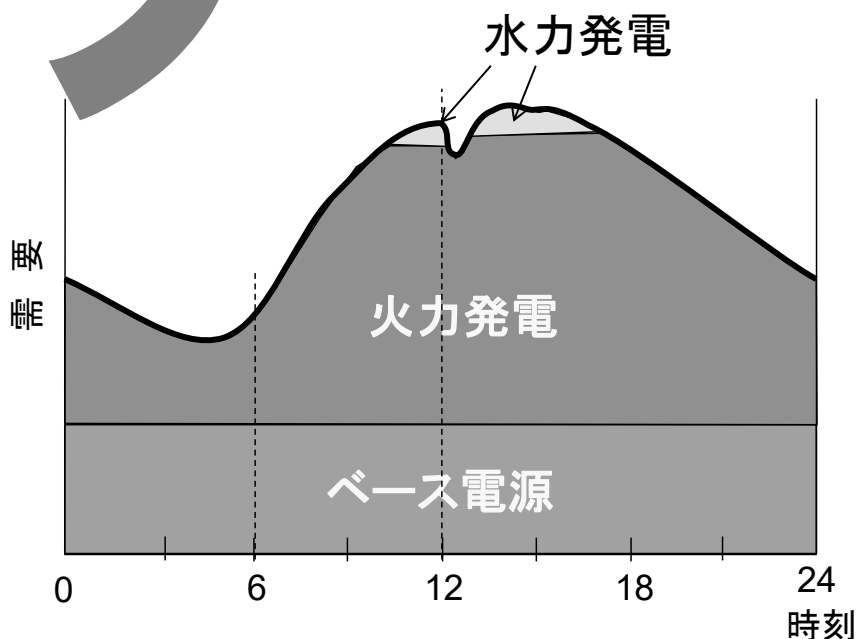
© 2013 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

電力の需給運用について

標準的な平日の需要曲線

需要は、朝方が最低となり、その後、生産活動に伴い増加し、お昼休みで下がり、午後のピークを迎え夕方に向けて減少する。

この需要の変化に応じて、発電量を調整し周波数を維持している。



4

© 2013 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

標準的な平日の需要曲線

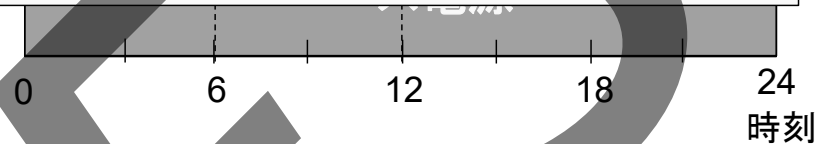
需要は、朝方が最低

とな
活
お
午
夕
る。
こ

じて、発電量を調整し
周波数を維持してい
る。

需要の変化は、長年の経験から予想できるため、火力発電機の計画的な準備や、需要の変化速度に応じた発電機を組み合わせることで、安定した電気を供給している。

水力発電



5

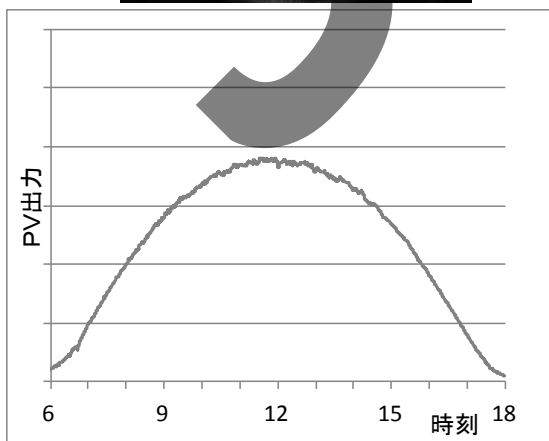
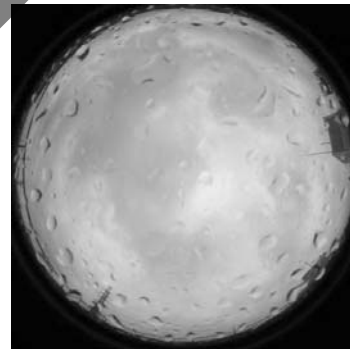
© 2013 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

天気と太陽光発電出力の特徴例

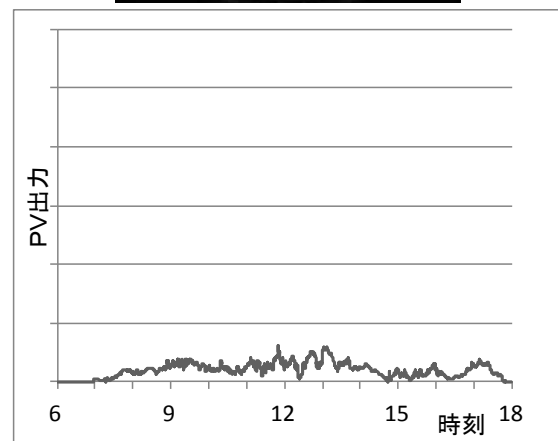
快晴



雨



太陽高度に応じた釣鐘型の出力変化



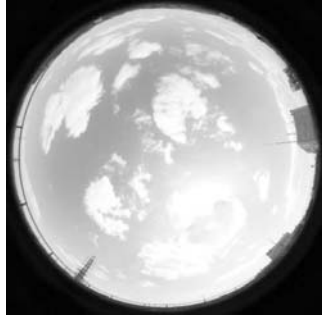
出力が少ない

6

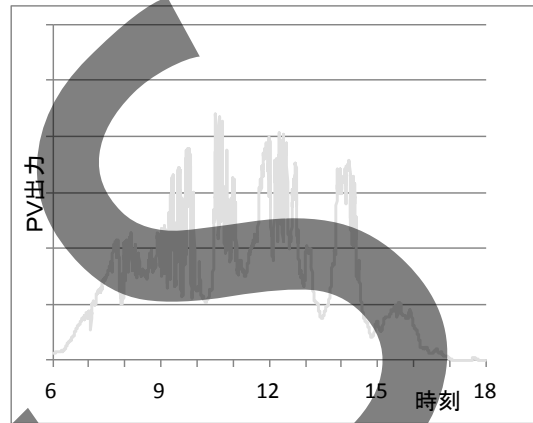
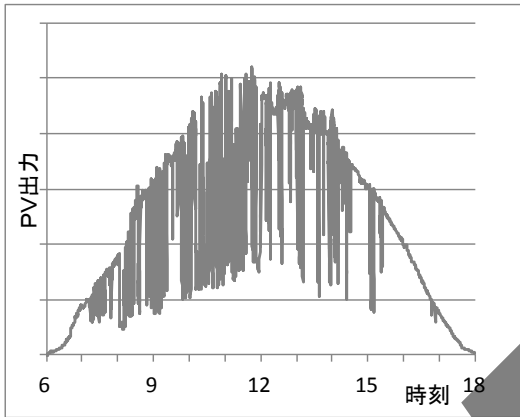
© 2013 Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

天気と太陽光発電出力の特徴例

雲のある
晴れ*



晴れ間がある
曇り



雲の通過に応じて出力が変動する

晴れ間に発電出力が大きくなる

※気象庁の天気用語では「晴れ」は雲量が2以上8以下の状態
(空の20~80%が雲で覆われた状態)を言う。

7

天気と太陽光発電出力の特徴例

晴れのち曇り(雨)

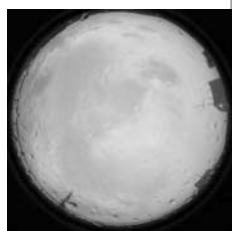
曇りのち晴れ



9:00 晴れ



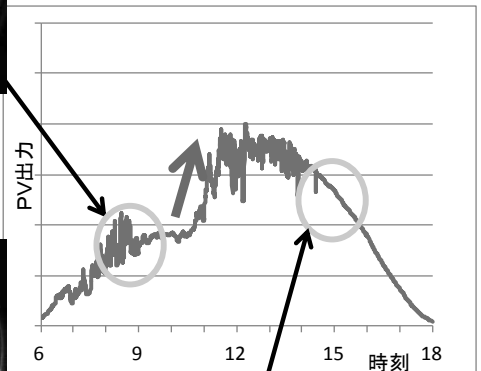
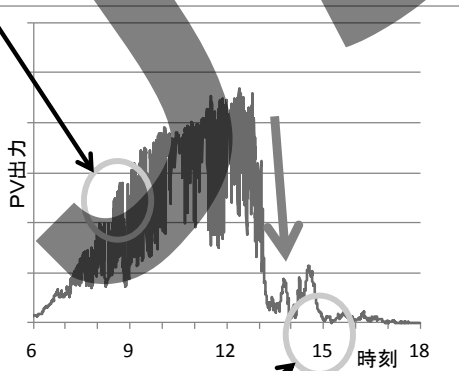
9:00 薄曇り



15:00 雨



15:00 快晴

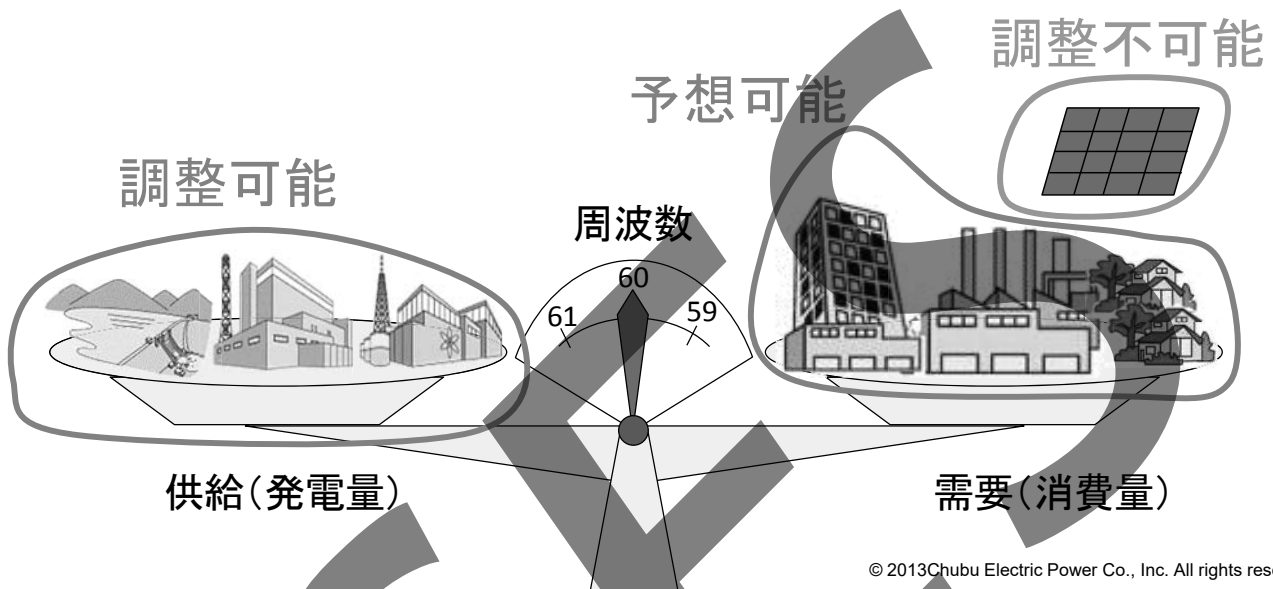


天気の変化に応じて出力が大きく変化する

8

太陽光発電の大量導入に備えて

太陽光発電の発電量は天気により変化し、人間には調整できない。そのため、大量に導入された場合、その発電出力の変化が電力品質に影響を及ぼすおそれがある。



太陽光発電の大量導入に備えて

太陽光発電の発電量は天気により変化し、人間には調整できない。そのため、大量に導入された場合、その発電出力の変化が電力品質に影響を及ぼすおそれがある。

太陽光発電の出力変化は
どの程度か？

↓
実態を調査

供給(発電量)

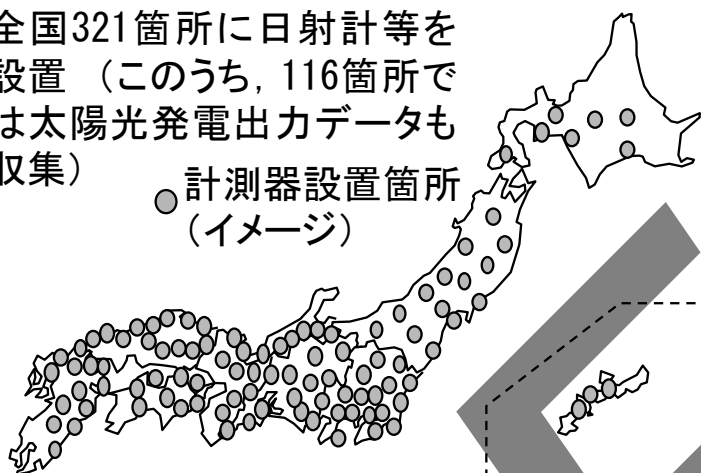
需要(消費量)

太陽光発電出力変化の分析

- ・太陽光発電出力変化を分析するために、全国321箇所に日射計等を設置して、測定を行った(資源エネルギー庁の補助事業として電力会社10社が共同して実施)。
- ・時刻同期を取ったデータを10秒ごとに計測

全国321箇所に日射計等を設置 (このうち、116箇所では太陽光発電出力データも収集)

● 計測器設置箇所 (イメージ)



全天日射計



気温計



太陽光発電パネル

太陽光発電出力変化の分析

測定項目

基本システム



- ・水平面日射
- ・気温

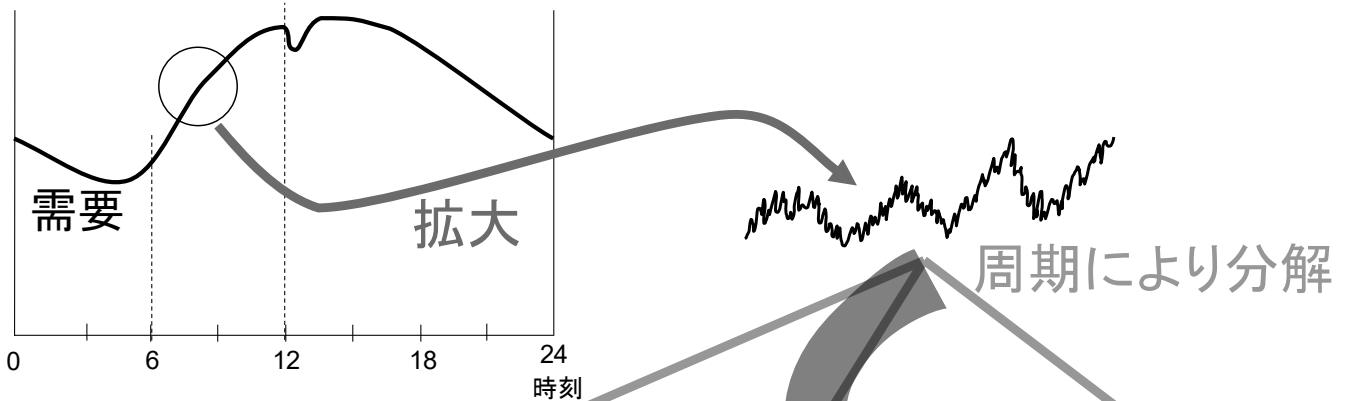
PV出力計測システム






- ・水平面日射
- ・気温
- ・PV出力
- ・傾斜面日射(一部の観測地点)

変動分析の観点

需要の変動と、その周期に対応した発電機の調整



需要変動波形			
変動周期	数秒～ 数分の変動	20分程度以下 の変動	20分程度から 数時間の変動
発電機の調整	ガバナフリー	LFC制御	EDC制御

13

© 2013Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

変動分析の観点

需要の変動と、その周期に対応した発電機の調整

変動周期	20分程度以下の変動	20分程度から 数時間の変動
発電機調整方法	<u>LFC制御</u> 周波数偏差, 需要の変動量を検出して発電機出力を変化させる制御	<u>EDC制御</u> 最も経済的になるように発電機出力を制御する。LFC制御に比べ調整量が多い

LFC・・・Load Frequency Control: 負荷周波数制御

EDC・・・Economic Load Dispatching Control: 経済負荷配分制御

14

© 2013Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

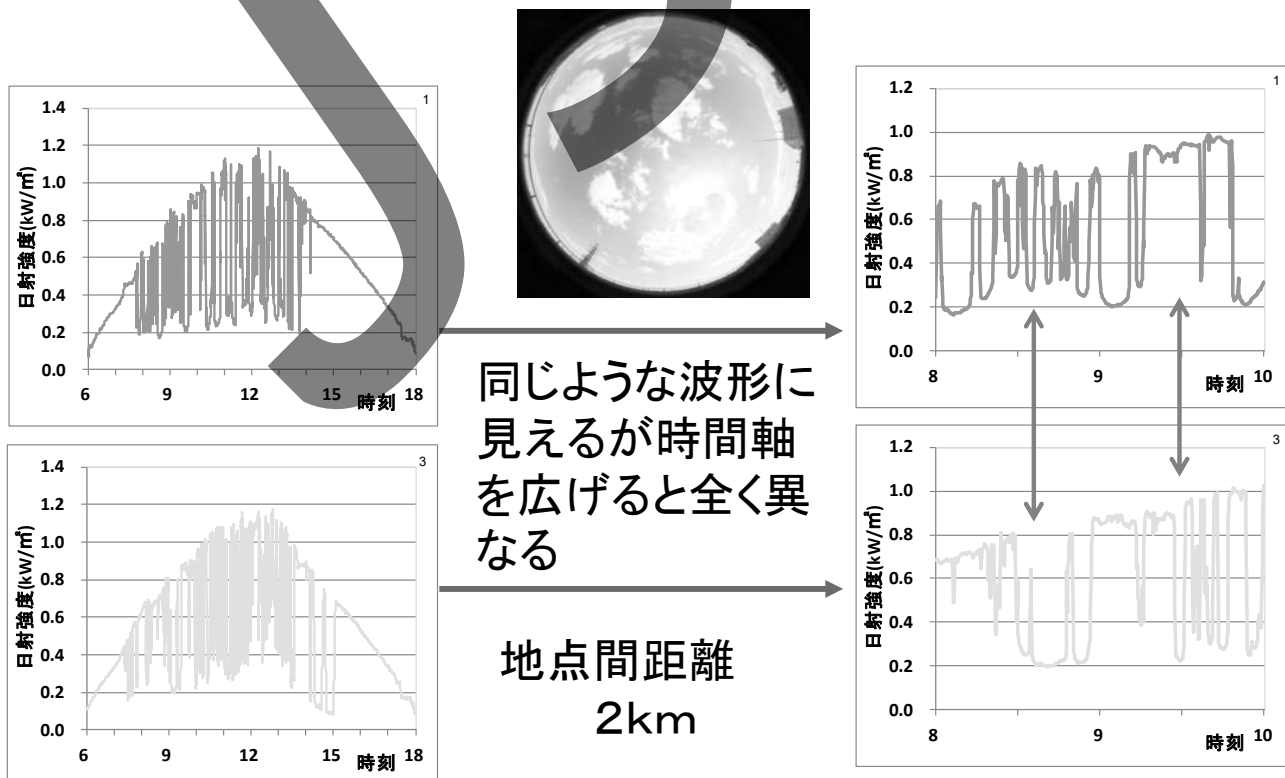
発電機の調整方法に応じて、太陽光発電出力の変動を分析

発電機調整方法	LFC制御	EDC制御
周期	20分程度以下	20分程度から数時間
種類※	短周期変動	長周期変化
PV出力波形		

※名称は、ここでの説明上のもので、別の呼び方もある

短周期変動の平滑化(ならし)効果

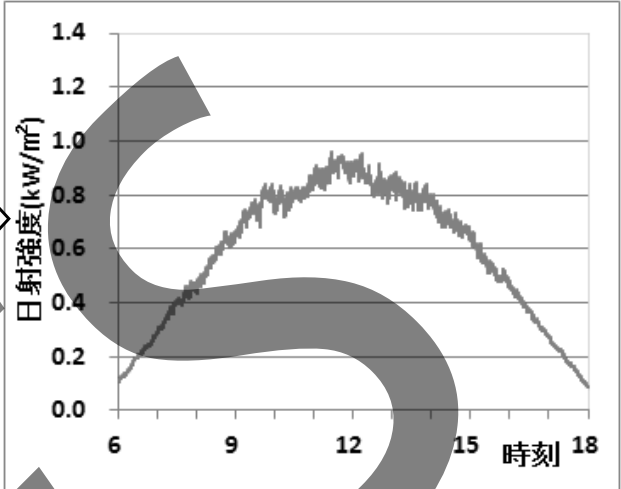
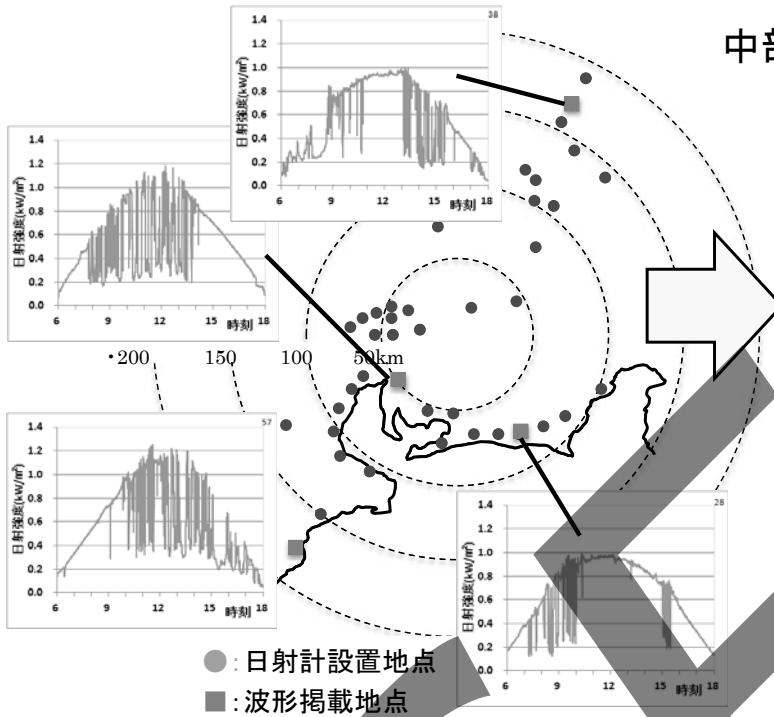
小さな雲の移動による日射の変動は、地点により異なる。



短周期変動の平滑化(ならし)効果

短周期変動は地点により異なるため、1地点の変動が大きくても、複数地点の日射を合計すれば、ある程度小さくなる「平滑化(ならし)効果」がみられる。

中部電力管内42地点の日射強度平均



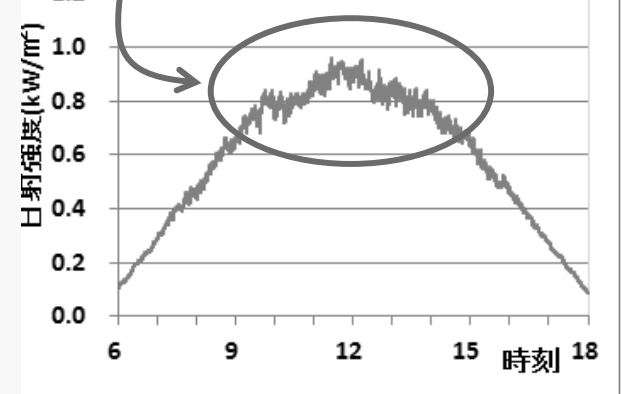
名古屋の天気概況: 晴れ(雲量2~6)

短周期変動の分析結果

短周期変動は地点により異なるため、1地点の変動が大きくても、複数地点の日射を合計すれば、ある程度小さくなる「平滑化(ならし)効果」がみられる。

モデル分析により、全国に28GWの太陽光発電が戸建住宅を中心に導入された状況を仮定して出力変動の大きさを試算した結果、各電力会社※のエリアにおいて、電力需要が低く、変動の影響が比較的大きくなる4~5月の日最大電力と比べて最大で1%~2%程度変動 ※沖縄電力を除く

ただし、変動は完全にはなくなる



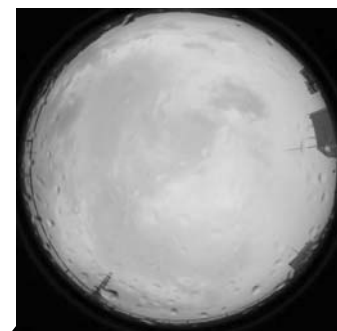
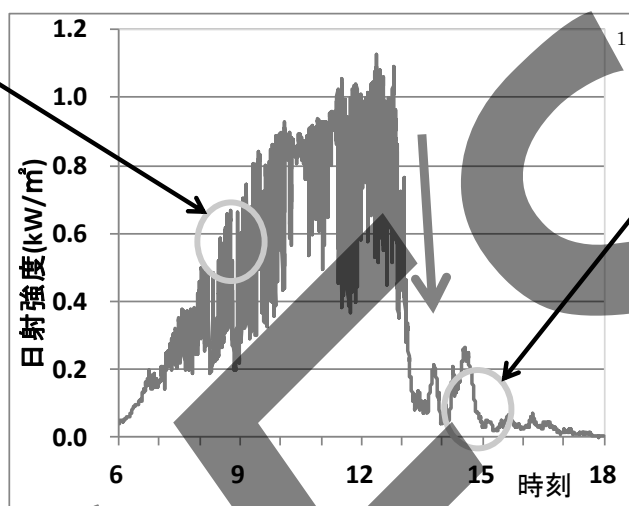
名古屋の天気概況: 晴れ(雲量2~6)

長周期変化の平滑化(ならし)効果

大きな雲が移動する場合は、広域でも同じような日射の変化がみられる。



9:00 晴れ

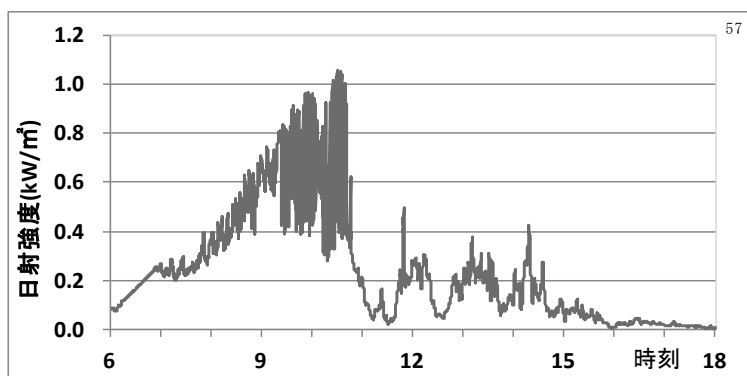
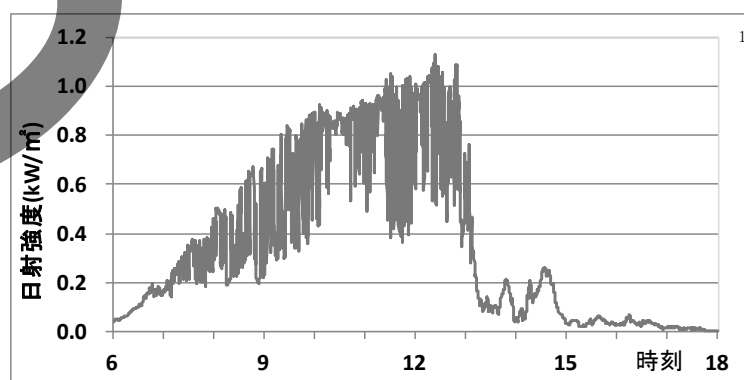


15:00 雨

長周期変化の平滑化(ならし)効果

大きな雲が移動する場合は、広域でも同じような日射の変化がみられる。

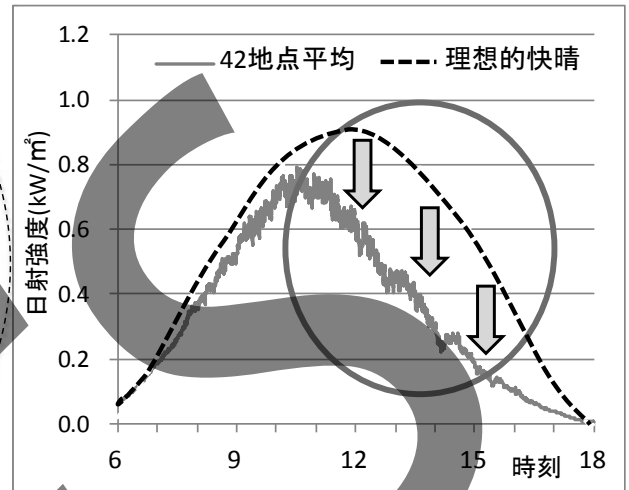
地点間距離
130kmでも
同じような波形



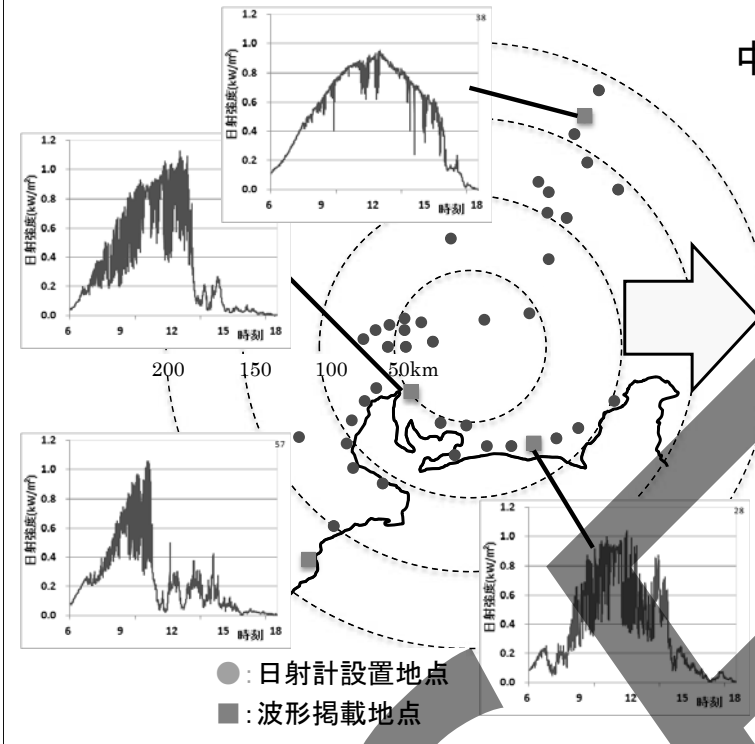
長周期変化の平滑化(ならし)効果

大きな雲が移動する場合は、広域でも同じような日射の変化がみられ、天気の変化に伴う大きな日射の変化が残る。(平滑化が効かない)

中部電力管内42地点の日射強度平均



名古屋の天気概況:曇りのち雨

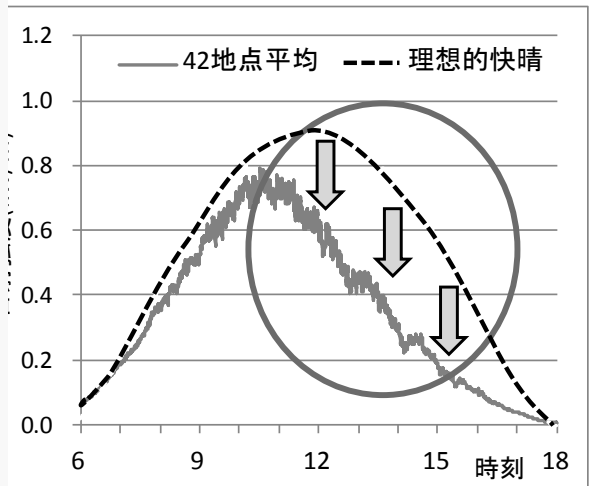


長周期変化の分析結果

大きな雲が移動する場合は、広域でも同じような日射の変化がみられ、天気の変化に伴う大きな日射の変化が残る。(平滑化が効かない)

モデル分析により、全国に28GWの太陽光発電が戸建住宅を中心に導入された状況を仮定して出力変動の大きさを試算した結果、各電力会社※のエリアにおいて、電力需要が低く、変動の影響が比較的大きくなる4~5月の日最大電力と比べて3時間程度で、最大10%~15%程度変化 ※沖縄電力を除く

電力管内42地点の日射強度平均



名古屋の天気概況:曇りのち雨

太陽光発電の大量導入に備えて

太陽光発電の発電量は天気により変化し、人間には調整できない。そのため、大量に導入された場合、その発電出力の変化が電力品質に影響を及ぼすおそれがある。

太陽光発電が大量に導入されても今まで通り安定した電力を供給するための対策が必要

供給(発電量)

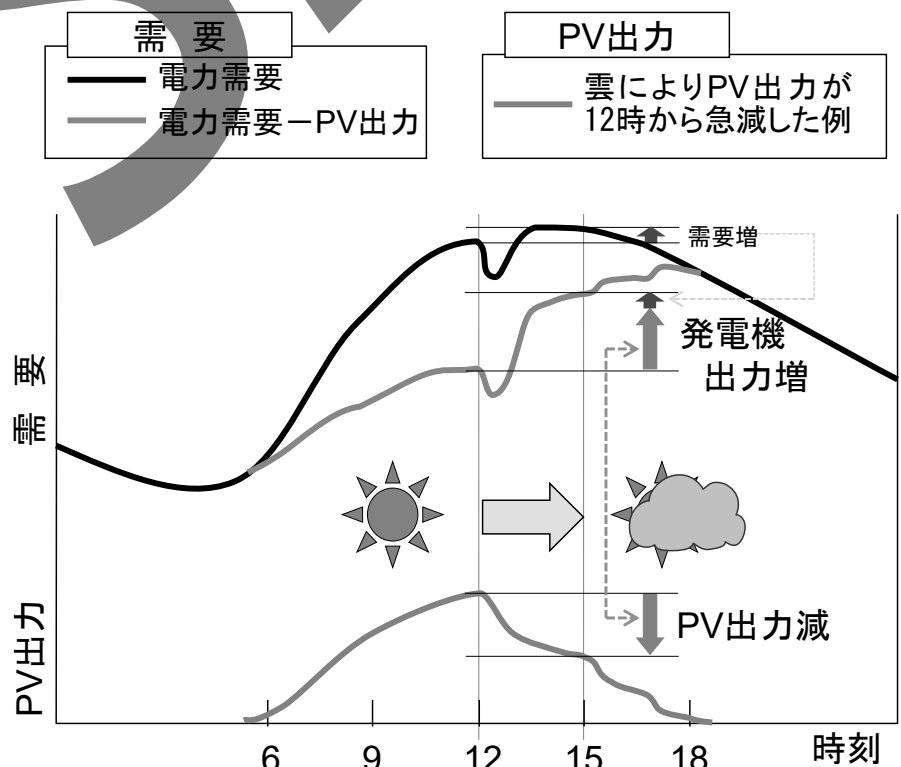
需要(消費量)

PV出力の変化に伴う需給運用への影響 (例)

晴天から急に曇りPV出力が急減する
ような場合には、
その変化に応じて
火力発電機などの
出力を増やす必要
がある。

しかし

新たに火力機を運
転する場合、発電ま
でに時間がかかる



水力発電機

・・・5分程度（警告用サイレン鳴動時間含まず）

ただし、長時間連続運転不可。
また、水が無ければ発電できない。

火力発電機

・・・比較的起動が早いと言われるコンバインドサイクル機でも温度が下がった状態から発電する場合数時間かかる。

ボイラ型の発電機はさらに時間がかかり、発電機によっては、1日以上必要な場合もある。

タービン温度と起動時間について

最新のコンバインドサイクルでは、ガスタービンの燃焼温度が1500℃、ボイラ型では、蒸気温度が600℃にもなる。

そのため、冷えた状態から定格温度まで上昇する過程で熱疲労が発生し、またタービン翼の膨張によるアンバランスも発生するため、これらの影響が極力少なくなるよう温度を上げる必要がある。

そのため、停止状態の温度が低いほど、発電までに要する時間が長くなる。

予め運転する発電機を準備しておく必要がある。

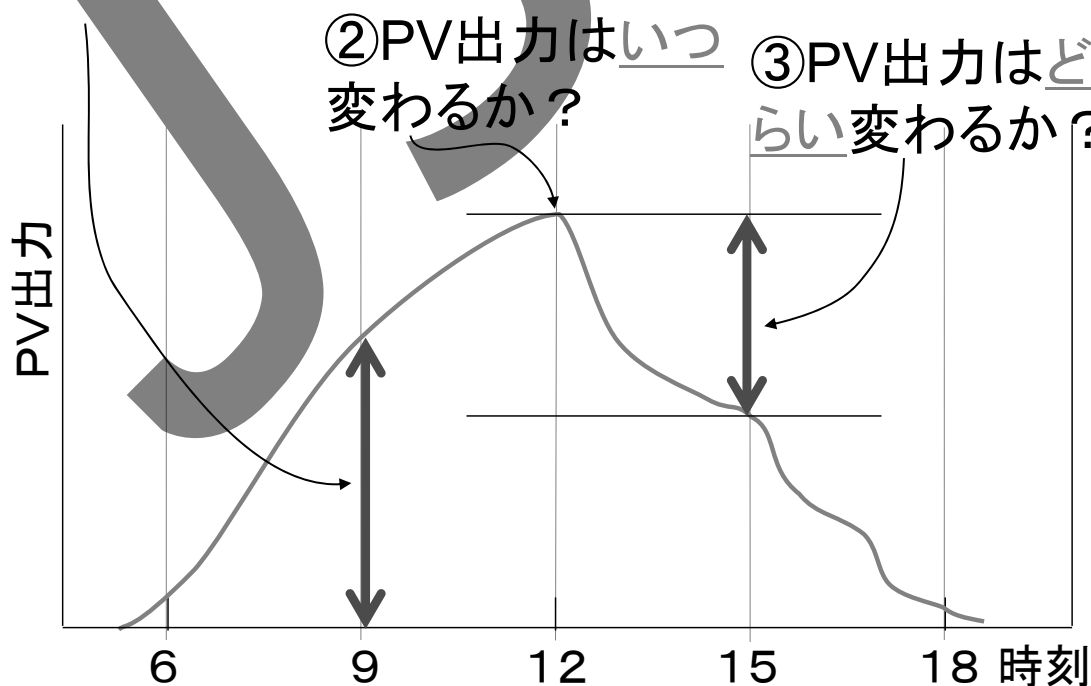
⇒ PV出力の把握・予測が必要

PV出力が把握・予測できれば、PV出力を考慮した需給計画や運用が可能となり、PV出力の変動に応じ発電機を予め準備することで、より安定した電気を供給することができる。

①現在のPV出力は？

②PV出力はいつ変わるか？

③PV出力はどのくらい変わるか？

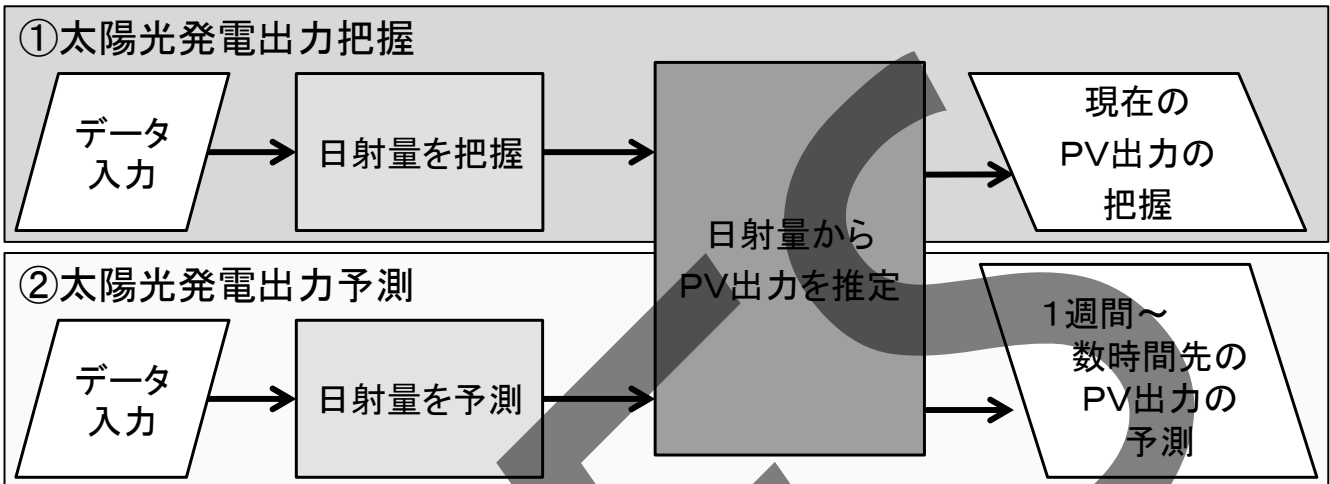


太陽光発電出力予測技術開発実証事業の概要

(1) 事業の目的

太陽光発電の大量導入における安定的な電力需給運用に資するため、太陽光発電の現在出力の把握と、太陽光発電出力を事前に予測する技術を開発する。

(2) 技術的アプローチ



経済産業省資源エネルギー庁の補助事業として2011年度～2013年度の3年間
電力10社+7法人により共同で研究を実施中

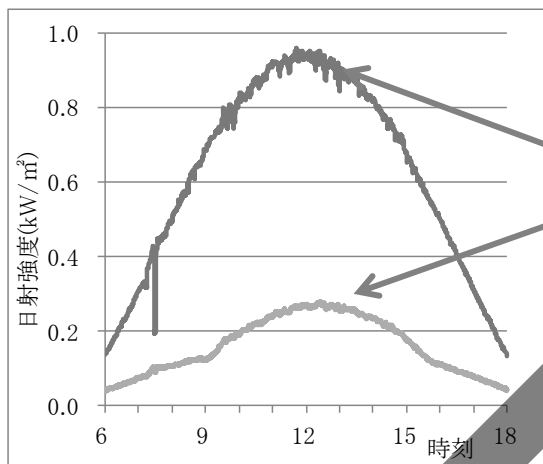
太陽光発電出力予測技術開発実証事業の概要

	手法の概要
日射量を把握	気象衛星画像データから雲の厚さを推定し地表面の日射を把握する。
	日射の観測データから、未観測地点の日射を推定し、地域の日射を把握する。
日射量を予測	天気予報の技術を応用し、日射を予測する。
日射量から太陽光発電出力を推定	把握・予測した日射と気温を入力とし、PV, PCSの定格を始めパネルの種類などを考慮し、太陽光発電出力を推定する。配電線レベルの狭い範囲から、電力系統全体の広域までの出力を推定する。

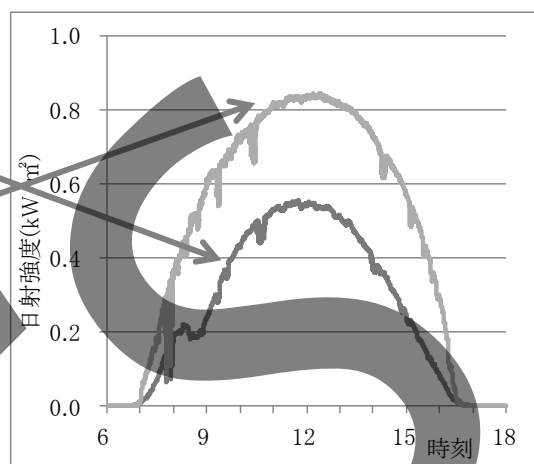
パネル設置角度と太陽光発電出力の特徴

パネルを設置する角度差による出力の違い
水平設置と垂直設置の違い

6月の日射強度



12月の日射強度

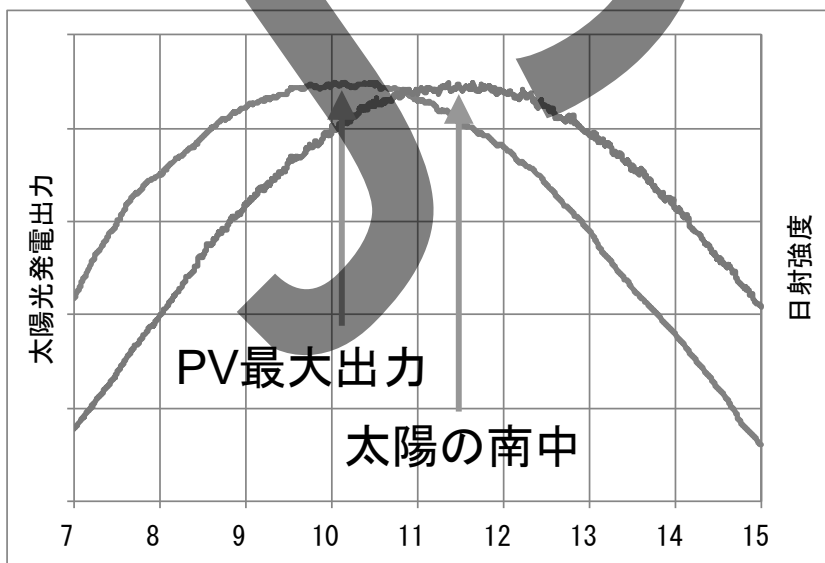


— 水平面日射強度 — 垂直面日射強度

注:説明のため、同じ地点の水平、垂直設置の日射強度で比較

パネル設置方位と太陽光発電出力の特徴

パネルを設置する方位が真南ではない場合、出力が最大となる時刻が変わってくる。



設置方位が
東へ20°の場合

— 太陽光発電出力
— 水平面日射強度

この日の太陽光発電最大出力は、南中時刻より
1時間22分早く出ている。