

環境に優しく災害に強いグリーン基地局の最適装置設計法と全国監視手法の確立

先進技術研究所
 こみや かずひろ 小宮 一公
 ふるたに たかし† なかむら まさき 古谷 崇 中村 祐喜
 むら ゆりえ 村 友里恵
 たむら たかゆき 田村 隆幸

1. まえがき

ドコモでは、環境に優しい再生可能エネルギー（主に太陽光発電（PV：Photo Voltaic））を用いて自立的に電源を確保しつつ、大容量サイクル型*1蓄電池とグリーン電力コントローラ（GPC：Green Power Controller）によって、長時間バックアップとPV発電データ*2の見える化を実現する「グリーン基地局」の検討を進めてきた。R&Dセンター内での動作検証[1]および関東甲信越地域のフィールド試験10局による実証[2]の取組みを踏まえて、グリーン基地局の商用化が可能と判断したことから、2014年度に商用グリーン基地局を北海道から九州まで新たに11局設置し、合計21局にて2015年4月から運用を開始した。

本稿では、フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成と、商用グリーン基地局の設置パターン（受電局、ソーラー局）ごとの最適設計手法と、PV発電データの見える化を実現する統合監視システムの監視方法およびデータ取得例を解説する。

2. グリーン基地局の電源構成

2.1 フィールド試験局

フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成を図1に示す。これは、電力会社からの商用

電力を利用しながら、①PV、②大容量サイクル型蓄電池および、③GPCを増設してグリーン基地局化したパターンである。

それぞれ増設した物品・設備を以下に解説する。

①PV：ソーラーパネルとPVコンバータから構成される。ソーラーパネルは通信負荷の消費電力よりも大きな定格発電電力となる枚数を設置しており、ソーラーパネル面上の日射強度が十分な場合は、PV単独で基地局の運用が可能となるほか、無線装置（負荷）の消費電力を超える発電電力（余剰発電電力）は大容量サイクル型蓄電池に充電することができる。一方、PVコンバータはソーラーパネルの直流出力を直流48V系通信電源に接続するためのDC*3-DC電圧変換装置であり、ソーラーパネルの発電電力を計測してGPCと通信する機能を有する。このようにソーラーパネルを直流の通信電源に接続することで、災害時に基地局への商用電力（交流）の供給が滞った場合でも、PV単独で基地局を運用し、日中の携帯電話の通信を確保することが可能である。

②大容量サイクル型蓄電池：従来のフロート型*4鉛蓄電池*5と比較して2倍以上の電池容量*6を持つ大容量サイクル型蓄電池（ニッケル水素電池*7またはリチウムイオン電池（LiB：Lithium

©2015 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、日本電信電話株式会社

*1 サイクル型：充電と放電を繰り返しながら使用する方式。
 *2 PV発電データ：本稿では、PV発電電力（kW）とPV発電電力量（kWh）を合わせたものをPV発電データとしている。
 *3 DC：直流（周波数0Hz）の成分。
 *4 フロート型：負荷に電力を供給しながら充電し、停電時に放電する方式。
 *5 鉛蓄電池：電極に鉛を用いた蓄電池。他の蓄電池と比較して安価であるが大型で重いという特徴がある。
 *6 電池容量：電池の実際に放電可能な電気容量の総量。

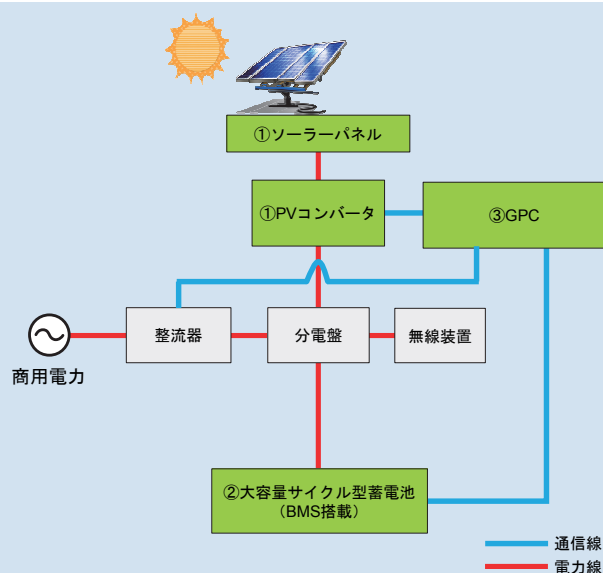


図1 グリーン基地局の基本構成

ion Battery)*⁸) を搭載し、基地局の長時間バックアップ（14～16時間程度）を省スペースで実現した。また、GPCと通信可能なバッテリーマネジメントシステム（BMS）*⁹を有する大容量サイクル型蓄電池を適用することにより、任意の充放電制御が可能となる。

③GPC：基地局が利用する3つの電源（商用電源・PV・蓄電池）の組合せを遠隔操作で制御するとともに、PV発電データや蓄電池の充電量など「電力の見える化」が可能である。本装置を利用した電力制御の一例として、ドコモでは「ダブルパワー制御*¹⁰」の実証実験に成功した[3]。

2.2 商用グリーン基地局

(1)受電局

商用グリーン基地局の構成を図2に示す。図2(a)の受電局は既存の整流器*¹¹とともに鉛蓄電池も継続運用しながら、①ソーラーパネル・PVコンバータと③GPCを増設してグリーン基地局化したパターンである。この場合、既存の鉛蓄電池がBMSを持たないためGPCによる充放電制御を行うことはできないが、PV発電データを収集し、後述する監視システムへデータ伝送して電力の見える化を実現するためGPCを設置している。

(2)ソーラー局

商用基地局においては、商用電力を利用して運用する「受電局」が一般的であるが、山間部などで商

用電力を受電できないロケーションの基地局では、PVを設置して運用する「ソーラー局」が以前より存在しており、後者をグリーン基地局化したパターンが図2(b)である。ソーラー局は、負荷消費電力に対して大規模な定格発電電力となる枚数のパネルを設置しており、負荷消費電力以上の余剰発電電力をサイクル型鉛蓄電池に充電する運用を行っている。これにより一定の日照時間が得られない不日照状態が数日間連続した場合でも、基地局運用が継続可能な電源設計となっている。ソーラー局は、PVとサイクル型蓄電池を用いる点ではグリーン基地局の電源構成と共通しているため、GPCなどの監視機器を追加で設置して、PV発電データの見える化を実現すればグリーン基地局に転換することができる。ソーラー局はこれまで、蓄電池の低電圧アラームにより不日照状態を認識していたが、グリーン基地局化によりPV発電データがリアルタイムで取得できることになるため、より早く不日照状態を把握して

*7 ニッケル水素電池：電極にニッケルと水素吸蔵合金（水素を取り込む性質を持つ金属）を使用した蓄電池。電解液、電極自体が非可燃性で安全性が高いという特徴がある。

*8 リチウムイオン電池：電解質中のリチウムイオンが移動することで、充電や放電を行う蓄電池。エネルギー密度が高く自己放電が少ないという特徴がある。

*9 バッテリーマネジメントシステム（BMS）：蓄電池の電圧、入出力電流、充電量、温度などをモニタして制御するシステム。

*10 ダブルパワー制御：昼間のPVの余剰電力と夜間電力の2つの環境負荷が少ない電力をリチウムイオン電池の蓄電池に貯め、PVが停止する夕方から夜間電力が始まる午後11時までの間、蓄電池の電力を優先して使うように制御する技術。

*11 整流器：交流電力を直流電力に変換する装置。

保守対応を確立することが期待できる。

以上の電源構成をまとめると表1のようになる。商用グリーン基地局は今後、グリーン基地局基本構成に記載した物品を増設または設備更改することで、監視・制御対象装置を増やしていくことも可能である。

3. 統合監視システムによる「見える化」の実現

各地のグリーン基地局に設置した監視装置により

収集した電力データを集約して統合的に監視する、グリーン基地局統合監視システムを構築した。その構成を図3に示す。本システムは、①監視装置、②統合監視サーバおよび③ネットワーク（NW）から構成される。

①監視装置：GPC，データロガー，監視カメラからなり，それぞれPV発電データ・蓄電池充電量，負荷消費電力，ソーラーパネルの外観画像の情報を取得する。監視カメラは，PV発電データと天候・影などの関係やソーラーパネルの状態を確認するために設置した。装置の選定にあたっ

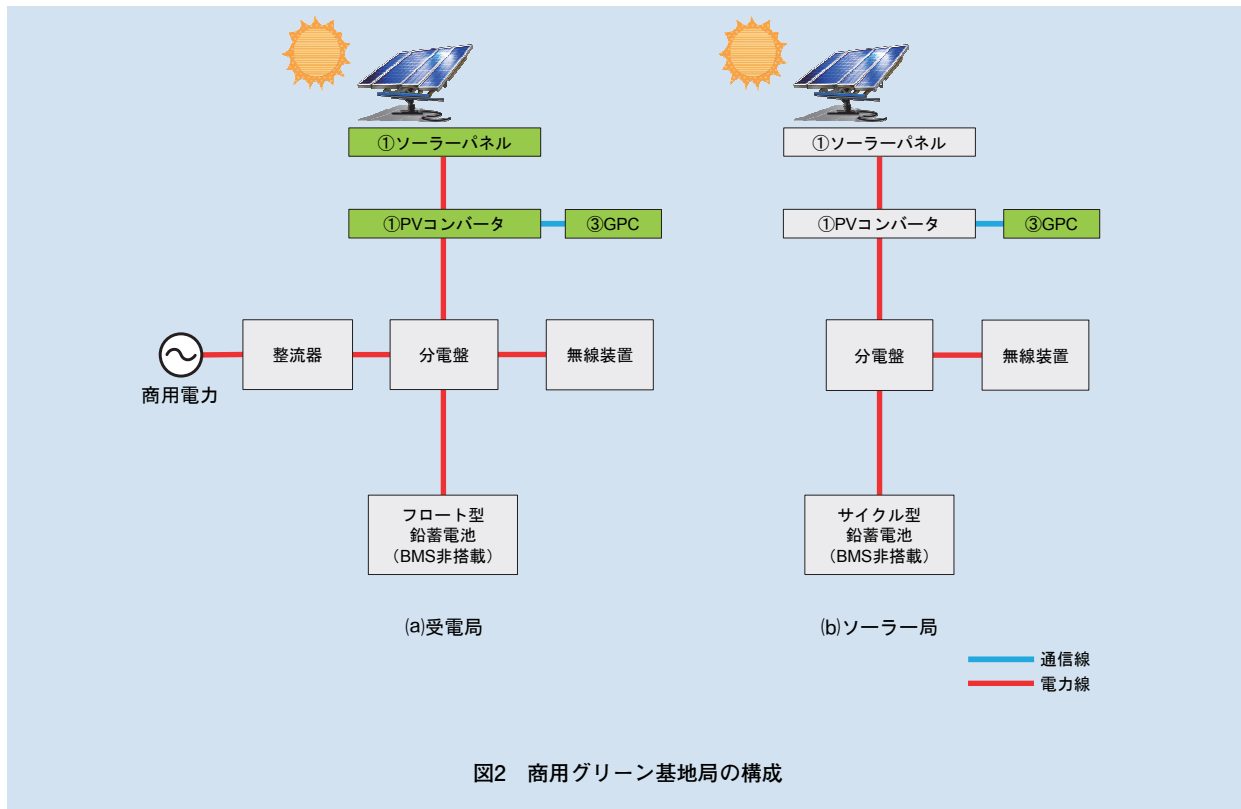


表1 グリーン基地局の電源構成比較

	グリーン基地局基本構成 (フィールド試験局)	商用グリーン基地局	
		受電局	ソーラー局
商用電力受電	○	○	×
整流器	○※1	○※1	×
ソーラーパネル	○	○	○
PVコンバータ	○	○	○※1
蓄電池種別	サイクル型※2	フロート型(鉛)	サイクル型(鉛)
発電監視機器	GPC, データロガー	GPC, データロガー	GPCまたはデータロガー※1
被監視装置	PVコンバータ, 整流器, 分電盤, サイクル型蓄電池	PVコンバータ, 整流器, 分電盤	PVコンバータ

※1 GPC対応装置でない場合はデータロガーにより電力データ取得

※2 GPCと通信可能なBMSを有すること

では、これらを付加することによる消費電力の増加を最小限にすることと、全国に設置するため動作温度幅が広いことを重要視し、事前にR&Dセンターにて動作検証を実施してから各基地局へ導入した。

グリーン基地局の監視装置構成を図4に示す。図4(a)は受電局（フィールド試験局を含む）に設置した構成であり、GPC、データロガー、監視カメラのほか、これらの機器をNWに接続す

るPoE（Power over Ethernet）*12ハブ、統合監視サーバにデータ送信するためのFOMAユビキタスモジュールおよびこれらの機器に電源を供給する監視装置用電源を設置した。受電局においては監視装置への電源供給は商用電力から行っているが、ソーラー局では通信用の電源設

*12 PoE：EthernetのLANケーブル（カテゴリ5以上のUTP（Unshielded Twist Pair）ケーブル）を使い、ほかのLAN機器に電力を供給する技術。IEEE802.3efにて標準化されている。

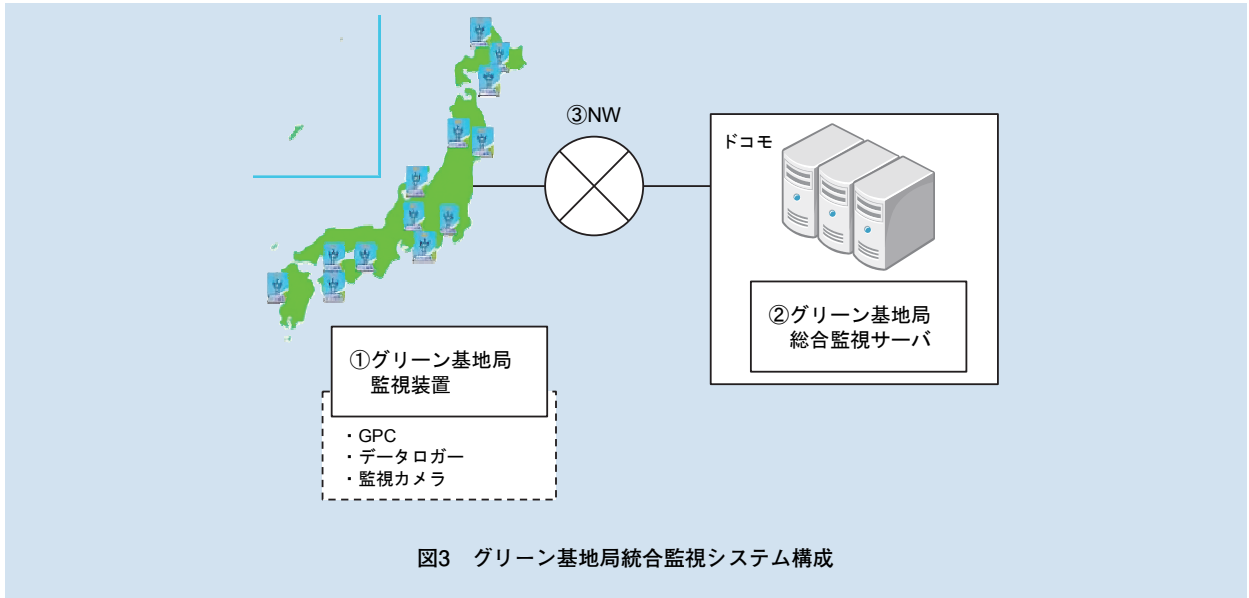


図3 グリーン基地局統合監視システム構成

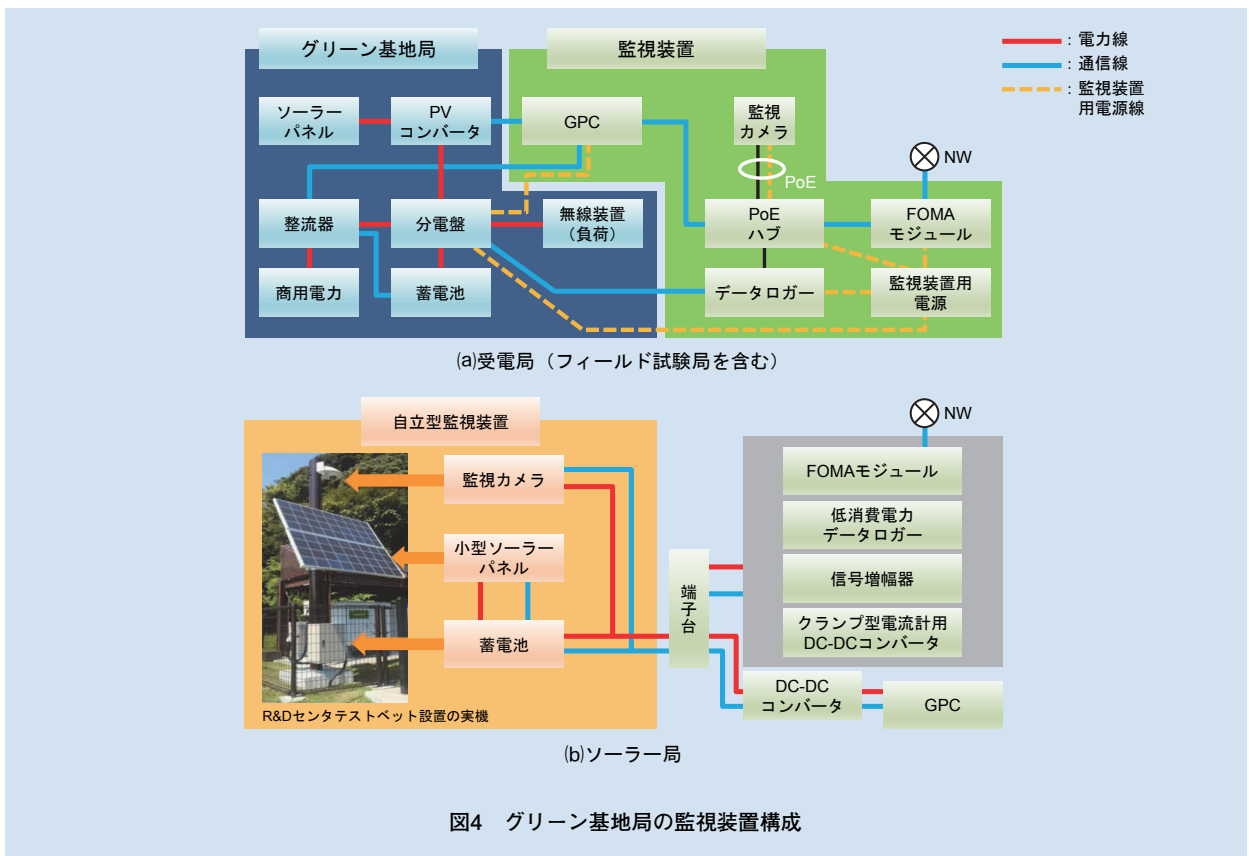


図4 グリーン基地局の監視装置構成

計を変更すると、結果として基地局の停波を引き起こす懸念が生じることから、図4(b)に示すように小型ソーラーパネルと蓄電池を監視装置への供給電源として新たに設置し、さらに監視カメラを加えることで「自立型監視装置」とした。本構成で用いる監視カメラとデータロガーは、より低消費電力型の機器を採用している。

- ②統合監視サーバ：監視装置が取得したデータを、閉域NWを介して受信し、記録・管理・可視化する機能を実現している。データの保管期間は季節ごとの比較検討を可能とするため最低1年以上とした。また、可視化データは、社内NWに接続された端末から統合監視サーバにアクセスすることで、Web上で閲覧可能である。
- ③NW構成：各監視装置はFOMAユビキタスマジュール経由で、また統合監視サーバは光回線経由で、それぞれ閉域NWで接続される。監視装置は自動的に一定間隔でデータを統合監視サーバへ送信する。統合監視サーバは、各地のグリーン基地局をIPにより一意に識別している。また、セキュリティの観点から監視装置は統合監視サーバとのみ通信が可能である。

図5にグリーン基地局の統合監視画面の一例を示す。フィールド試験局10局と商用グリーン基地局11局の合計21局分のPV発電データを地域単位で表示している。各地域の円グラフにおいて、上段の数値は現在（アクセス時点）の発電電力、下段の数値は

ソーラーパネルの定格発電電力を示し、グラフはその割合を表している。1つの地域に複数のグリーン基地局を設置している場合はその地域の合計値を表示し、また全国の合計値を画面左の表に示している。

4. グリーン基地局の全国展開とデータ取得例

図6にグリーン基地局の設置ロケーションを示す。赤丸が関東甲信越地域に設置したフィールド試験局（10局）、緑丸が商用グリーン基地局（11局）である。基地局は携帯電話エリア構築のために場所選定や設備設計がなされていることから、グリーン基地局化する基地局の選定にあたってはそれらの制約のもとにソーラーパネルなどの設備を増設する必要がある。受電局の場合はソーラーパネルとPVコンバータを新設する必要があるため、設置スペースに余裕があり、かつ日射方向に影を与える障害物がないことが条件となるが、アンテナ鉄塔や周辺構造物の影響により必ずしも理想的な設置環境とならない場合もある。そのため、ソーラーパネルを空間的に離して設置したり、配線を並列化して影による発電電力の低下を最小限にする最適化を行っている。一方ソーラー局の場合は、ロケーションが山間部などで設置スペースや周辺環境が良好な条件であることが多く、不日照対策の電源設計とするため、負荷消費電力に対してソーラーパネルを大規模に設置していることが特徴である。

表2に商用グリーン基地局のデータ取得例として、

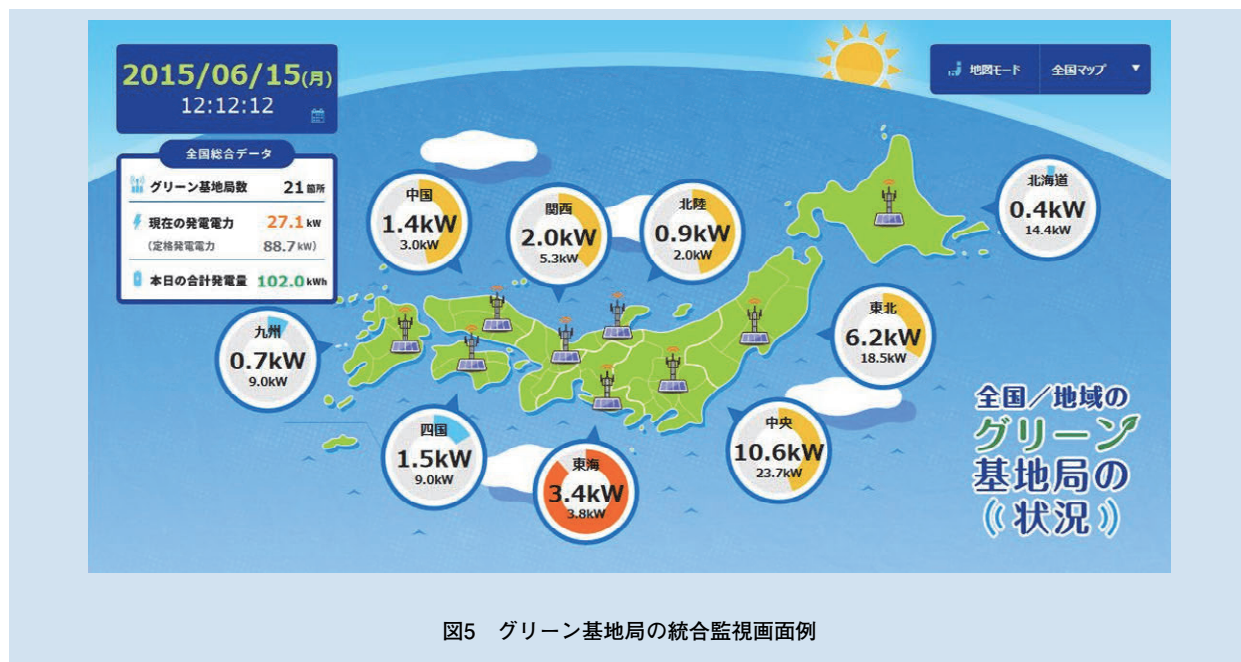


図5 グリーン基地局の統合監視画面例

PV発電電力量と自活率を示す。自活率とは、PV発電電力量と負荷消費電力量の比で定義される値であり、PVによりどの程度電力を自立的に確保できたかを表す指標である。ここでは、各局において2015年6月1～10日に計測した日々のPV発電電力量から自

活率を求めて、その平均値を記載した。なおソーラー局では測定開始時点での電池容量は考慮していないが、測定期間における充電はPV由来の電力（PV余剰発電分）であるため、その日のPV発電電力量に算入している。その日が不日照の場合は、

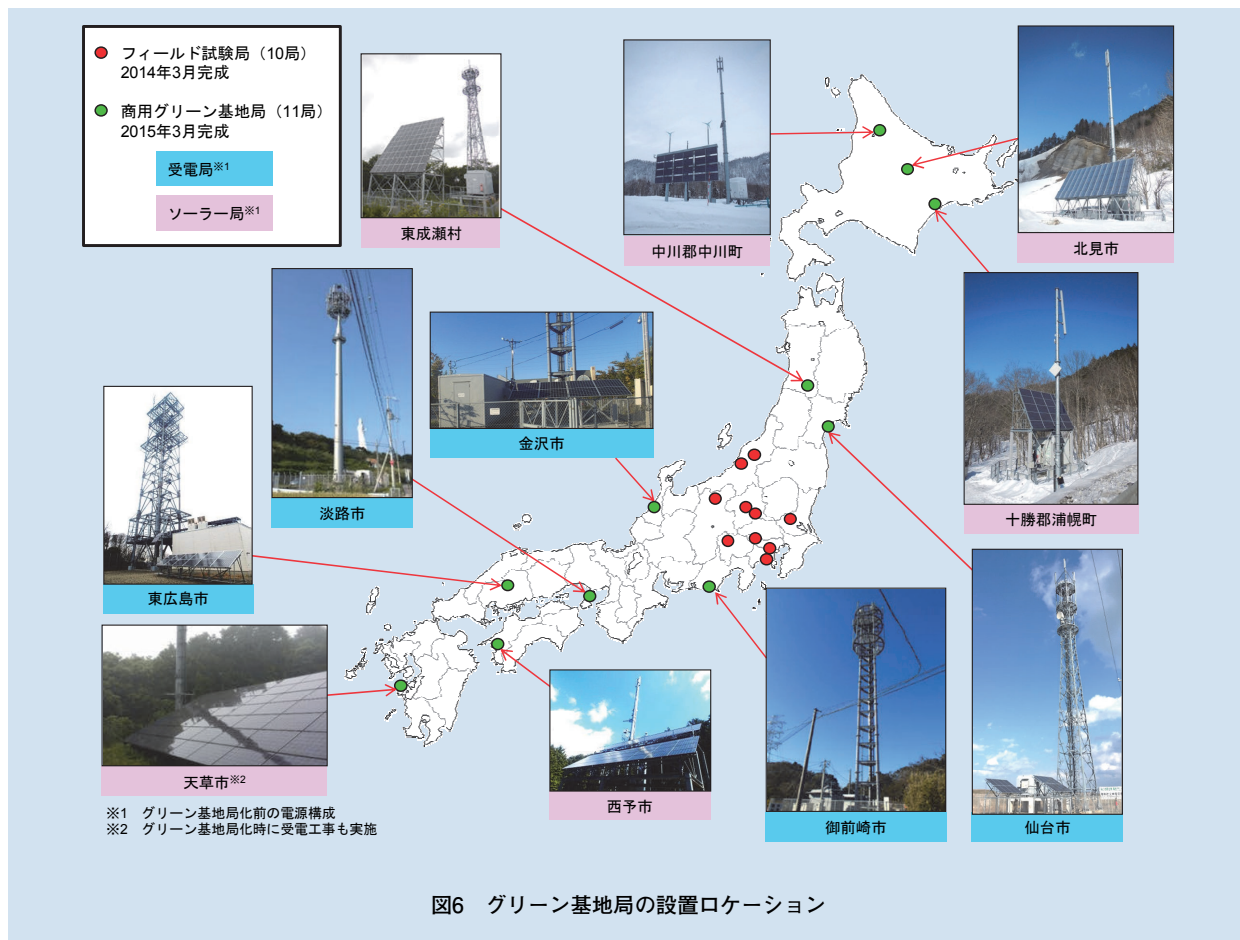


表2 商用グリーン基地局のデータ取得例（2015年6月1～10日の平均値）

支社	エリア	1日のPV発電電力量 (kWh)	負荷消費電力 (kW)	自活率 (%)
北海道	北見市	1.3	0.3	18.1
	十勝郡浦幌町	4.2	0.3	58.9
	中川郡中川町	0.7	0.1	30.5
東北	仙台市	13.2	2.4	23.0
	東成瀬村	11.8	0.5	98.2
北陸	金沢市	5.41	4.3	5.3
東海	御前崎市	10.22	8.2	5.2
関西	淡路市	13.44	2.2	25.5
中国	東広島市	8.39	1.7	20.6
四国	西予市	10.6	0.7	63.3
九州	天草市	5.49	0.7	32.7

青：受電局※ ピンク：ソーラー局※

※グリーン基地局化前の電源構成

PV由来の電力による充電が行われなため自活率が低下するが、数日間は過去日に充電した電力により運用する電力設計となっている。表2より、統合監視システムにて収集した電力データを用いて自活率の見える化が実現できた。

5. あとがき

本稿では、フィールド試験局に設置したグリーン基地局の基本構成と、商用グリーン基地局の設置パターン（受電局、ソーラー局）ごとの最適設計手法と、PV発電データの見える化を実現する統合監視システムの監視方法およびデータ取得例を解説した。

グリーン基地局により電力の遠隔監視・制御を可能とし、かつ環境・災害機能を強化した。そして基地局設置パターンごとにグリーン基地局化のための増設物品の選定や敷地内への設置・配線などに関する最適設計法を確立して、その先進的技術の全国展

開を図ることにより、エコロジーマネジメント事業の進展に貢献した。ドコモでは今後も、物品・建設・運用に関するコストダウンを図りながら、全国の商用基地局のグリーン基地局化を推進していく。

文 献

- [1] 小宮，ほか：“環境に優しく災害に強いグリーン基地局用試験システムの開発，”本誌，Vol.21，No.1，pp.34-39，Apr. 2013.
- [2] 小宮，ほか：“環境に優しく災害に強いグリーン基地局のフィールド試験展開，”本誌，Vol.22，No.1，pp.45-48，Apr. 2014.
- [3] NTTドコモ報道発表資料：“国内の通信事業者として初めて，基地局が利用する電力の「ダブルパワー制御」に成功—基地局の運用に必要な電力の95%以上を環境負荷が少ない電力で賄えるグリーン基地局を開発—，” Mar. 2015.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2015/03/06_01.html