

携帯電話基地局における グリーンエネルギーの利用

今成浩巳 (株) KDDI 研究所

概要とねらい

携帯電話用のネットワークは、無線系と固定系のネットワークから形成されている。特に無線系ネットワークは、広大なエリアをカバーし、高速かつ高品質な情報通信サービスを提供するため、非常に数多くの携帯電話基地局（以下、基地局）を設置しており、その基地局に使用する無線設備、電源設備、空調設備などの省電力化やCO₂排出量の削減は、携帯電話事業者の重要なテーマとなっている。また、基地局は携帯電話事業者が消費する電力の3分の2を占めていると言われており、その省電力化は大きな課題である。これまで携帯電話事業者は、無線設備の高効率化や冷却が不要な無線設備の屋外対応化、小型化などさまざまな省電力化への取り組み

を進めている。本稿では、グリーンエネルギーを積極的に活用する次世代の省電力化技術である、太陽光発電と蓄電池、商用電力の連携によるトライブリッド^{☆1}電力制御技術を紹介する。トライブリッド電力制御技術を基地局に導入することで、同タイプの基地局と比較し、電力消費量とCO₂排出量ともに、30～40%の削減を見込むことができる。

トライブリッド電力制御技術の概要

トライブリッド電力制御とは、図-1に示すように、①太陽光パネルで発電された電力、②深夜電力により蓄電池に充電された電力、③商用電力、の3つの電力を制御し、時間帯ごとに、最も効率的に基地局

☆1 トライブリッドはKDDIの登録商標。

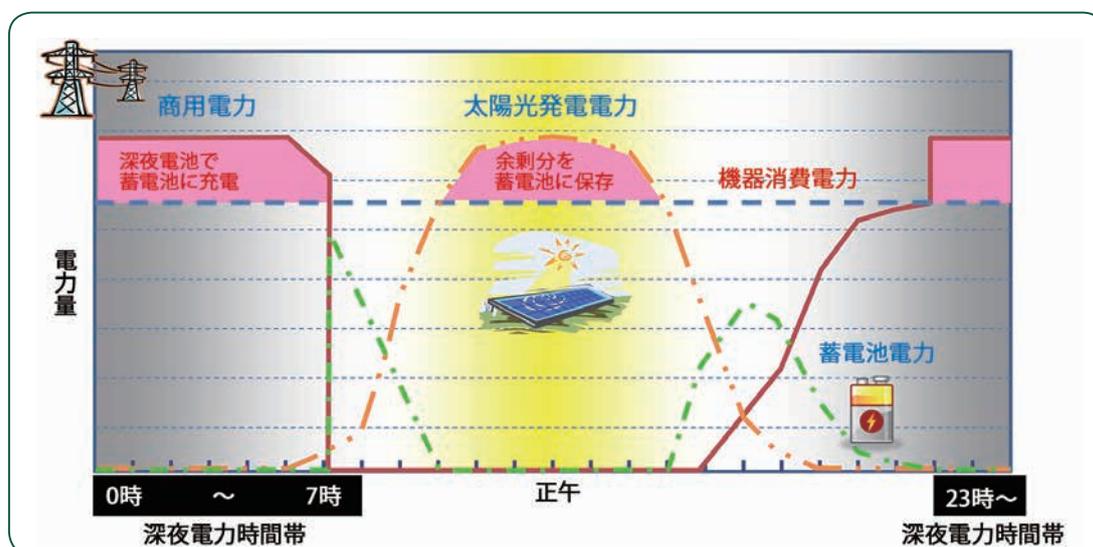


図-1 トライブリッド電力制御の電力供給イメージ

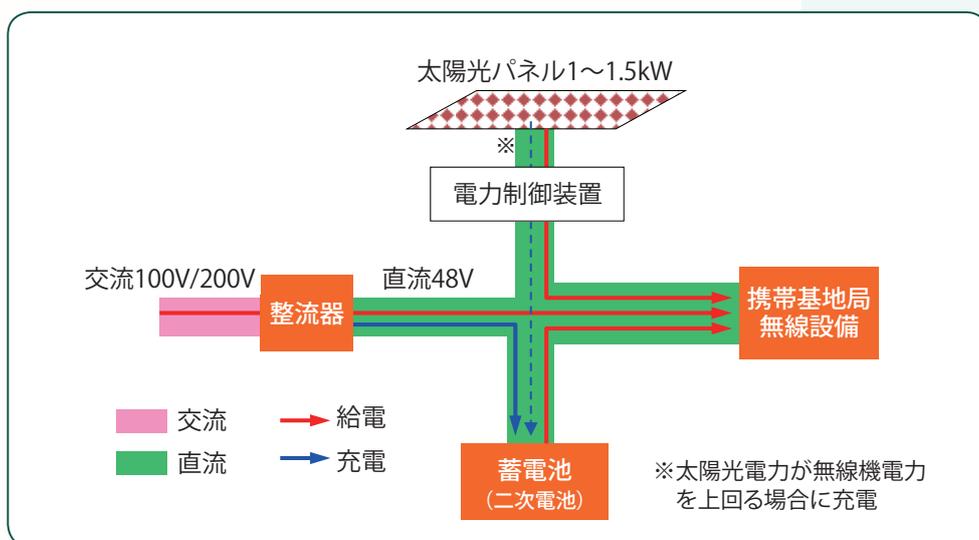


図-2 トライブリッド電力制御の接続構成図

へ電力を供給する技術の方式である。日中の晴天時には太陽光パネルから無線設備へ電力を供給し余剰分は蓄電池に充電するとともに、日の出直後や日没前後の太陽光発電電力が少ないときには蓄電池から無線設備へ供給する。深夜電力の割引時間帯には蓄電池に商用電力を充電する。

本技術のポイントは、整流器、蓄電池、基地局無線設備の間を接続している直流電力部分に太陽光パネルの電力を供給することにある(図-2)。一般的に太陽光パネルで発電された直流の電力は、いったん交流に変換し、家電や照明機器などで利用する機会が多い。しかし、サーバ等のICT(Information and Communication Technology)機器はもちろんのこと、最近では家電製品の多くも機器内部では直流で動作しており、商用電力の交流を直流に変換している。ノートパソコンを例にとると、コンセントからACアダプタに交流で接続し、パソコンには直流で給電している。このことから、太陽光発電による電力は、直流⇒交流⇒直流と2回も変換されることになり、大きな変換ロスが生じている。本技術では、直流機器同士を直結することにより、この変換ロスを低減し、太陽光パネルから発電されたクリーンな電力を効率よく利用することができる。また、将来太陽光パネル発電が盛んに行われ、系統の電圧上昇が懸念されているが、本技術では太陽光パネル

の電力が余剰した場合は、蓄電池に充電するように機能し、系統への潮流を防いでいる。

トライブリッド電力制御技術の動作

トライブリッド電力制御を実現するため、図-2に示すように、通常の基地局の構成装置に対し、①太陽光パネル、②電力制御装置、③整流器の出力電圧制御機能、を追加する。稼働中の基地局に対しても、電源を停止することなく設備/機能を追加できるため、新設基地局だけでなく、既設基地局への導入も可能である。

なお、電力会社により多少異なる場合もあるが、電力会社から供給される交流電力には時間帯割引サービスがあり、同じ電力量でも一般的に深夜電力の方がCO₂(温室効果ガス)排出量が少なく料金も安い。基地局も一般家庭に多い電灯契約であり、上記時間帯割引が適応可能な場合がある。

また、一般的に商用電力の停電の頻度は少ないが、震災や台風等の自然災害や大規模な事故等による長時間停電に対応するため、通常の基地局でも商用電力の停電に備え充放電が可能な鉛蓄電池(二次電池)を設置しており、2011年3月11日の東日本大震災時にも活用された。トライブリッド電力制御では、深夜電力時間帯に充電を行い、太陽光パネル



図-3 トライブリッド電力制御モニタ画面

から無線設備への供給電力に余裕が発生した場合にも充電を行うため、充電と放電の繰り返し特性が良い蓄電池を使用することが望ましい。したがって、蓄電池には、鉛蓄電池より小型軽量で充放電特性の良いリチウムイオン電池を搭載した方が効果的であるが、現状では、蓄電池と比較しコストが高いため、検証レベルにあり、本格導入には至っていない。将来、電気自動車等の普及により、リチウムイオン電池の価格が低下すれば、基地局への導入が進むと考えられ、設置スペースに限られる基地局においても24時間対応等の長時間バックアップが容易に可能となる。

以下、トライブリッド電力制御を実現している整流器の出力電圧制御機能の動作原理について説明する。整流器の電圧値を低下させると、相対的に蓄電池の電圧値が高くなるため蓄電池から無線設備に電力が供給され、商用電力からの供給が低下する。一方、太陽光パネルからの電力が増すと、電力制御装置の出力電圧が蓄電池の電圧値より上昇し、無線設備に供給される割合が増える。蓄電池は放電が進むと電圧値が下がっていくため、さらに太陽光パネルの電力が増していくと蓄電池への充電も行われる。太陽光パネルからの電力が下がると、今度は蓄電池からの電力供給の割合が増えるが、さらに蓄電池の電圧値が下がると整流器からの商用電力の供給が増える。一般的には、太陽光パネルは快晴の日（日射

量＝光が大きい）に電力を多く発生する。たとえば、日本の関東付近で1日に太陽光パネルから発生する電力は、定格電力値の平均3時間分ほどであり、1.5kWの太陽パネルでは4.5kWh/日の電力量が期待できる。

図-3は、トライブリッド電力制御をリアルタイムに表示するWebモニタ画面である。この図では、太陽光パネルから無線機に必要な電力772Wを供給するとともに、余剰となる電力33Wを蓄電池に充電している様子を示している。また、商用電力からの供給は50W程度であるため、商用電力からの供給はわずかであることが分かる。

KDDIのトライブリッド電力制御技術のフィールドトライアルの紹介

KDDIでは、トライブリッド電力制御技術の効果を検証するため、本技術を商用の基地局に搭載し、2009年12月よりフィールドトライアルを開始している。フィールドトライアルは、現在、図-4のように全国11カ所で実施し、地形や気象などの環境条件を考慮した太陽光パネルの設置方法や電力供給の最適化を検証している。

● トライブリッドの効果

2011年の検証データから、トライブリッド電力

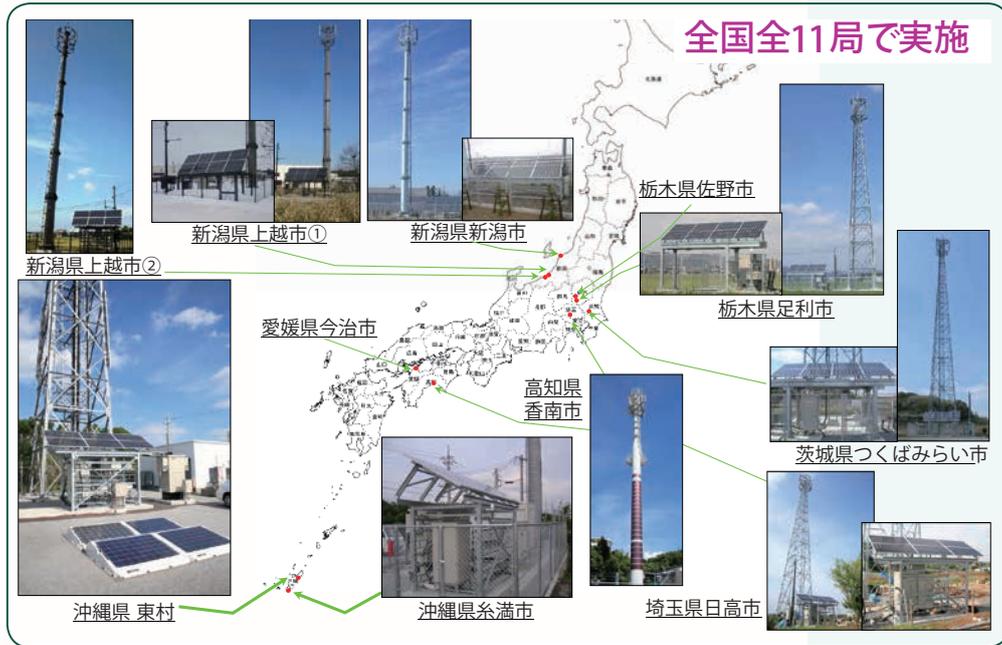


図-4 フィールドトライアル風景

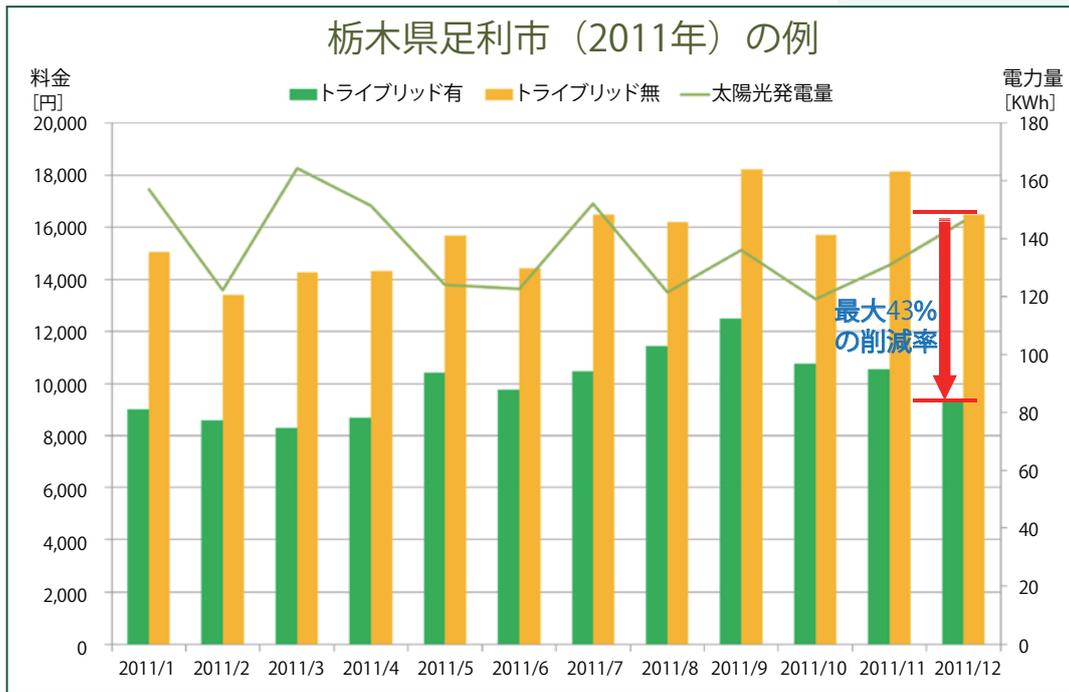


図-5 トリプルブリッド導入効果

制御技術の導入により、電力量では年間 20%～30%、電気料金では年間 30%～40%を削減可能なことが確認できている。図-5 は栃木県足利市のフィールドトライアル基地局の例である。一般的に、太陽光による発電が多い月の方が月額の電気料金は安くなる。7月と12月はほぼ同じ太陽光発電量であるにもかかわらず7月の電気料金が低いのは、12月の方がより多くの深夜電力を活用していることを示している。

図-6 と図-7 は、整流器の出力電圧制御を行ったときと行わなかったときの検証データである。どちらも日中は太陽光発電によりほとんどの電力が供給されているが、出力電圧制御を行っている図-6では、日射量が弱い朝方と夕方の数時間において、蓄電池から供給されている。これにより、3月の日照時間が4月よりも短いにもかかわらず、朝8時から夕方16時までの間、4月よりも30分程度長い時間、

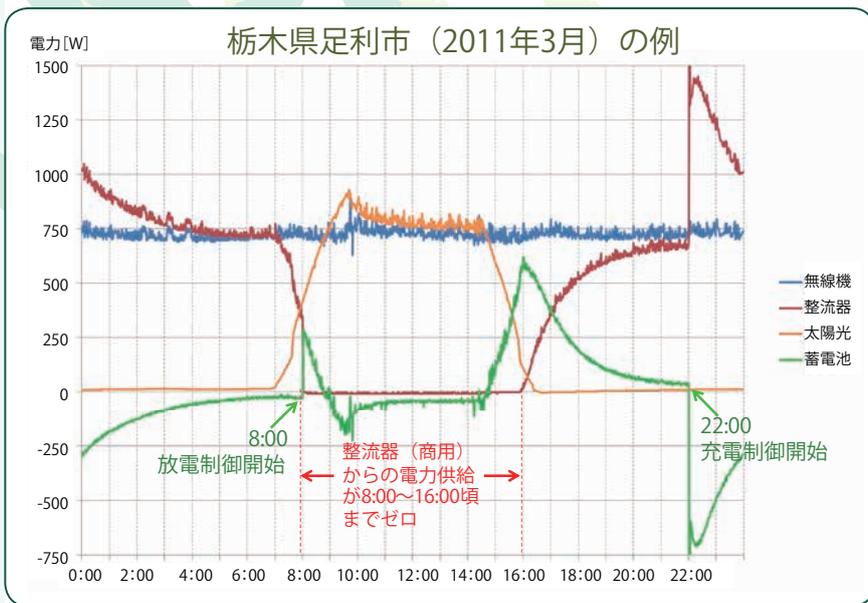


図-6 トライブリッド制御（出力電圧制御有）検証データ

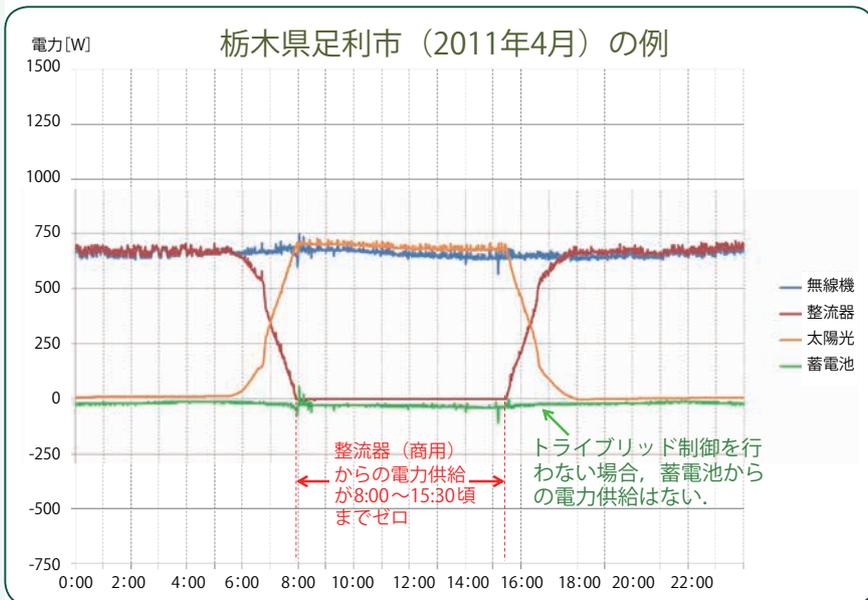


図-7 トライブリッド制御（出力電圧制御無）検証データ

商用電力がほぼゼロであり、単価の高い昼間の電力量を削減できることが分かる。

トライブリッド制御を実施する時間は、一般的に、電力会社が決めた深夜電力帯に合わせて制御を行っている（たとえば、ある電力会社では、料金プランにより、22時～8時と23時～7時の2つのプランがある）。22時～8時の深夜電力帯の契約を行っている基地局の検証データを例に、放電制御時間を早める効果について説明する。

図-8の検証データは、朝8時に蓄電池からの電

力供給（放電）を開始し、22時に充電を行う制御を示している。朝8時からほんの少し蓄電池から供給しているものの、太陽光からの電力がほとんどであり、太陽光電力が小さくなる夕方から蓄電池は大半の電力を供給している。また、日中、太陽光にはまだ発電余力があるにもかかわらず、頭打ちになっていることが分かる。図-9は、蓄電池からの電力供給を2時間早い6時から開始したときの検証データであるが、図-8と比較すると8時までの間に蓄電池が大半の電力を供給していることが分かる。また、供給することで蓄電池の電力容量が減ることから、昼間の太陽光電力の蓄電池への充電が可能となり、その電力を夕方に供給することで、太陽光電力を活用したさらなる電力削減を実現している。

● トライブリッド電力制御の活用、BCP

（Business Continuity Plan: 事業継続計画）対応

上記のとおり、図-6～図-9では、どれも日中（8時～16時頃）は、商用電力はほぼゼロであり、これは太陽光と蓄電池の電力だけで稼働できることを意味している。また、朝夕や曇天時においても、蓄電池からの供給時間を制御することで、任意の時間に商用電力を抑えられることから、太陽光パネルと蓄電池の設備量を工夫し、最適に制御することで、商用電力を抑える時間をさらに長時間化することが可

能である。図-10は、ほかの基地局と比較して消費電力が約1/3の栃木県佐野市の基地局の検証データであるが、上記の工夫を行うことで、6時～22時までの間、商用電力を消費せずに稼働させることができた。

さらに、2011年3月11日の東日本大震災のような長時間停電時においても太陽光と蓄電池により自立稼働できる機能や、電力逼迫時のピークカットやピークシフトに対応するための機能を技術開発することで、携帯電話基地局のBCP対策の検討を進めている。

● その他の検証内容

通信エリアを万遍なくカバーするため、基地局はさまざまな場所に設置されている。したがって、太陽光パネルを設置するためのスペースや設置部材等を工夫する必要があることから、フィールドトライアルでは、無線機を設置する架台との一体化や、荷重制限のある建物への設置を想定した耐候性樹脂製架台（図-11）、アンテナ鉄塔へフレキシブルに折り曲げが可能なアモルファスシリコン太陽電池を巻き付ける（図-12）などの検証も行った。

無線機との一体架台では、整流器や蓄電池を収納する

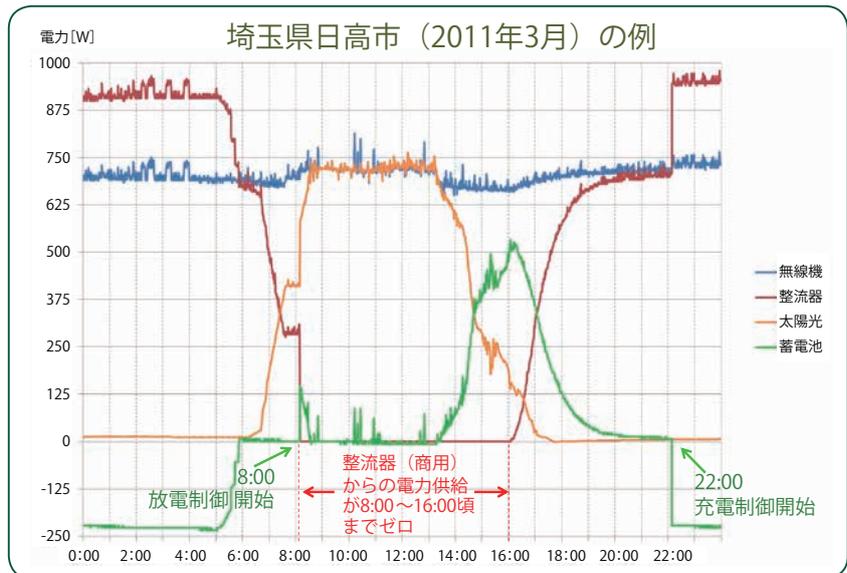


図-8 トライブリッド制御（通常）検証データ

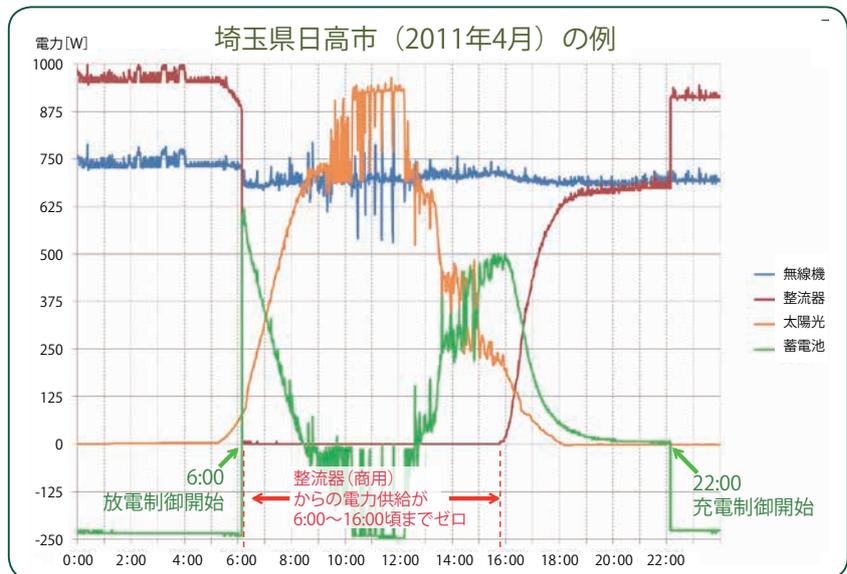


図-9 トライブリッド制御（2時間早め）検証データ

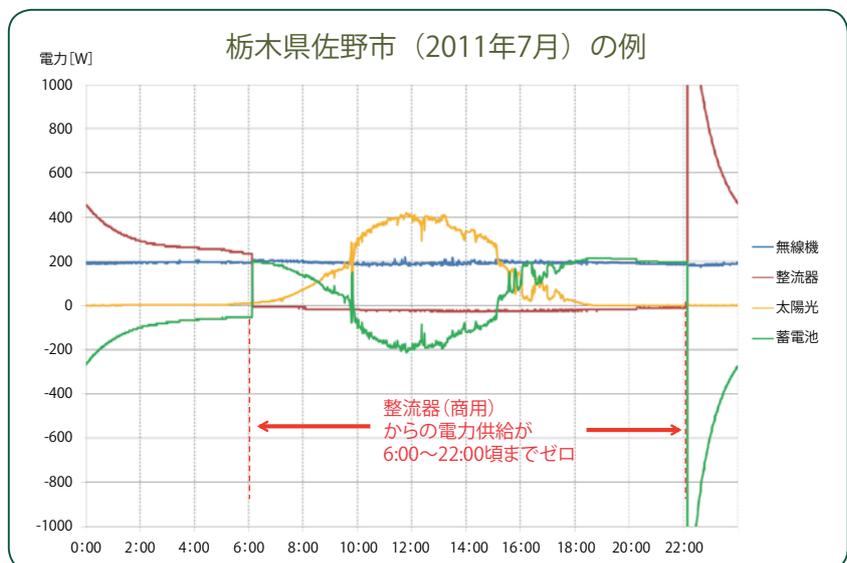


図-10 トライブリッド電力制御の活用例



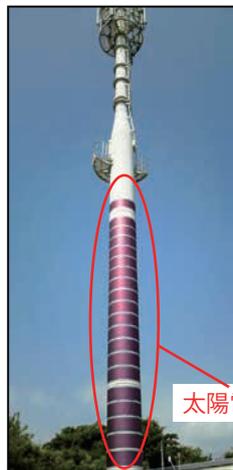
無線機と太陽光の一体架台



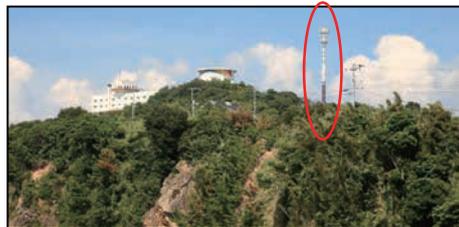
耐候性樹脂製架台

- 無線機搭載一体架台 ⇒ 基礎工事の共同実施と無線機の架台の一体化によるコストダウン。
- 耐候性樹脂製架台 ⇒ 基礎工事不要，工期短縮，軽量化によるコストダウン。局舎屋上等への流用。

図-11 太陽光架台の検証



太陽電池



日当たり良好



太陽電池モジュールは鉄塔に傷を付けることのないようステンレスバンドで固定

図-12 アモルファスシリコン太陽電池の検証

電源箱を設置するための基礎工事を共有できることから工事期間の短縮やコストの削減につながる。また、太陽光パネルが電源箱への陽射しを遮ることから、箱内の温度上昇の抑制の効果もある。夏場の晴天時には 10℃以上の効果を確認でき、装置の長寿命化が期待できる。

耐候性樹脂製架台は、既存建物の屋根を有効活用できるとともに、基礎工事が不要なため、より短期間での設置が可能である。また、本架台は、基地局のみならず、屋上の荷重制限や防水処理に課題のあるデータセンターや通信局舎の設置にも適している。

アモルファスシリコン太陽電池は、円筒形の鉄塔に巻き付けるため、パネル面がほぼ垂直になることや、方角も円形になるため、夏場の発電では、正午前後よりも、朝方や夕方の方の発電量が多いという特性も得られ、他の太陽光パネルと組み合わせることで、

日の出から日没までの太陽光電力の最大限活用が期待できる。

今後に向けて

本技術は太陽光発電等の自然エネルギーを効率的に利用し、さらに、蓄電池を活用することで電力逼迫時のピークカット／シフトに貢献できるため、今後は基地局以外に、通信事業者の通信局舎やデータセンター、さらには、ビルや家庭での省エネシステムへの活用も検討していきたい。

(2012年4月27日受付)

今成浩巳 hi-imanari@kddilabs.jp

(株) KDDI 研究所グリーン・M2M 応用グループ所属。1987年東京通信ネットワーク入社。デジタル交換機設備の設計／工事、法人向け通信サービス開発に従事。2006年 KDDI と合併。技術開発の企画、調査、通信設備の省エネ技術開発に従事。2010年 KDDI 研究所出向。トライブリッド電力制御等の開発に従事。現在に至る。