

南洋理工大学・REIDS実証を活用した マイクログリッドの検証

水城 優*
Yu Mizushiro
小島康弘†
Yasuhiro Kojima
松田啓史*
Keishi Matsuda

Microgrid Verification via REIDS in Collaboration with Nanyang Technological University

*エネルギーシステム事業本部
†同事業本部(博士(工学))

要 旨

近年、再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)の導入拡大が進む中、需給変動や系統安定性に関する課題が存在する。三菱電機は南洋理工大学(Nanyang Technological University)(以下“NTU”という。)と連携し、シンガポール・セマカウ島で進行中のREIDS(Renewable Energy Integration Demonstrator - Singapore)実証プロジェクト⁽¹⁾に参画している。このプロジェクトでは当社の分散型電源制御ソリューション“BLENder RE”⁽²⁾を導入し、昼間に再エネによる余剰電力を蓄えて夜間に放電することで、島内の再エネ利用率の向上を目指している。事業の海外展開を目指す当社にとって、NTUとの共同実証は、グローバルプレゼンス向上に寄与するものと考えている。

1. ま え が き

近年、地政学的リスクや気候変動の影響によって、エネルギーの安定供給は国際的な喫緊の課題となっている。脱炭素化の進展に伴って再エネの主力電源化が期待される一方、天候依存による発電量の変動や系統への影響が懸念される。当社ではこれらの課題に対応するため、再エネ発電設備や蓄電システムを統合制御する分散型電源制御ソリューションBLENder REを開発してきた。今後の海外展開を視野に、シンガポール・セマカウ島のREIDS実証プロジェクトに参画し、NTUと共同で安定かつ効率的なカーボンフリー電力供給の実現を目指す。

2. 再エネ活用と系統安定化を支えるBLENder RE

再エネによる電力は天候に左右されるため、需給バランスの不安定化や余剰電力の発生、逆潮流による配電線の電圧変動など、電力系統への影響が懸念されている。当社では、再エネの導入に伴う様々な課題に対応するための分散型電源制御ソリューションBLENder REを開発してきた。BLENder REは再エネ発電設備や蓄電システムを制御し、系統安定性の確保や再エネの効率的な利用を実現するためのソフトウェアである。自社のスマートグリッド実証設備などを活用して蓄積したノウハウと各種技術検証の結果を踏まえて、再エネ発電所、離島、系統用蓄電池など、用途や規模の異なる蓄電システムを国内外に導入し、実運用環境での性能評価と改善を行ってきた。BLENder REでは標準パッケージを整備しており、そのユースケースと機能を図1に示す。

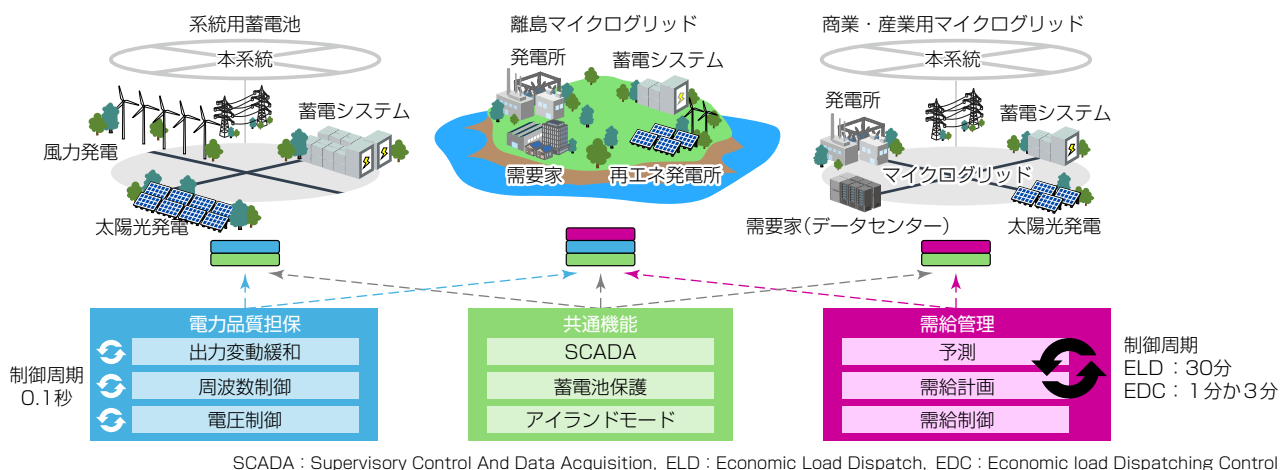


図1 -BLENder RE標準パッケージのユースケースと機能

3. 実証の背景と課題

この章では、今回の実証の背景と課題を述べる。

3.1 REIDS実証

当社は2022年、シンガポールで開催された国際シンポジウムでNTUと交流の機会を得たことを契機として、REIDS実証プロジェクトへの参画に至った。電力Digital Energy事業の海外展開を目指す当社にとって、知名度の高い教育・研究機関であるNTUとの共同実証は、グローバルプレゼンス向上に寄与するものと考えている。

シンガポールは、再エネの導入に積極的な姿勢を示している。しかし、その国土面積は東京23区程度と極めて小さく、地理的条件からも天然資源に乏しい。こうした背景から、同国の電源構成は輸入燃料に大きく依存しており、発電の約95%を輸入天然ガスが占めている⁽³⁾。

REIDSは、シンガポール及びアジア太平洋地域全体での持続可能で費用対効果の高いエネルギーソリューションの設計、実証、試験に焦点を当てた研究開発実証である。シンガポール国内の企業等を支援することで広範囲な分野の体系的な研究開発を促進し、急速に成長する再エネ及びマイクログリッド分野での競争力強化を目指している。

実証場所は、シンガポール本島の南約8kmに位置するセマカウ島である。国土面積の限られたシンガポールでは、1990年代初頭に本土のごみ処分場容量が限界に達して、政府は沖合に新たな埋立地を建設する計画を立案した。そして、1999年に世界初の沖合埋立地としてセマカウ島が開業した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。現在では廃棄物処理施設としての役割に加えて、再エネやマイクログリッドの実証拠点としても活用されている。図2に示すように、島内のREIDSテストベッドは、相互接続された八つのマイクログリッドと、太陽光発電(PV)やディーゼル発電機、負荷といった共有アセットで構成されており、パートナー企業と協力した再エネ活用ユースケースの実証を目的としている。また、このテストベッドはパートナー企業にとって技術デモンストレーションの場としても機能しており、世界中の関係者が継続的に訪れている。テストベッドに配備されたマイクログリッドは、島内の実負荷施設に平均約200kWhの電力を供給している。さらに、将来的には島内にある魚の養殖施設への電力供給も計画されている。

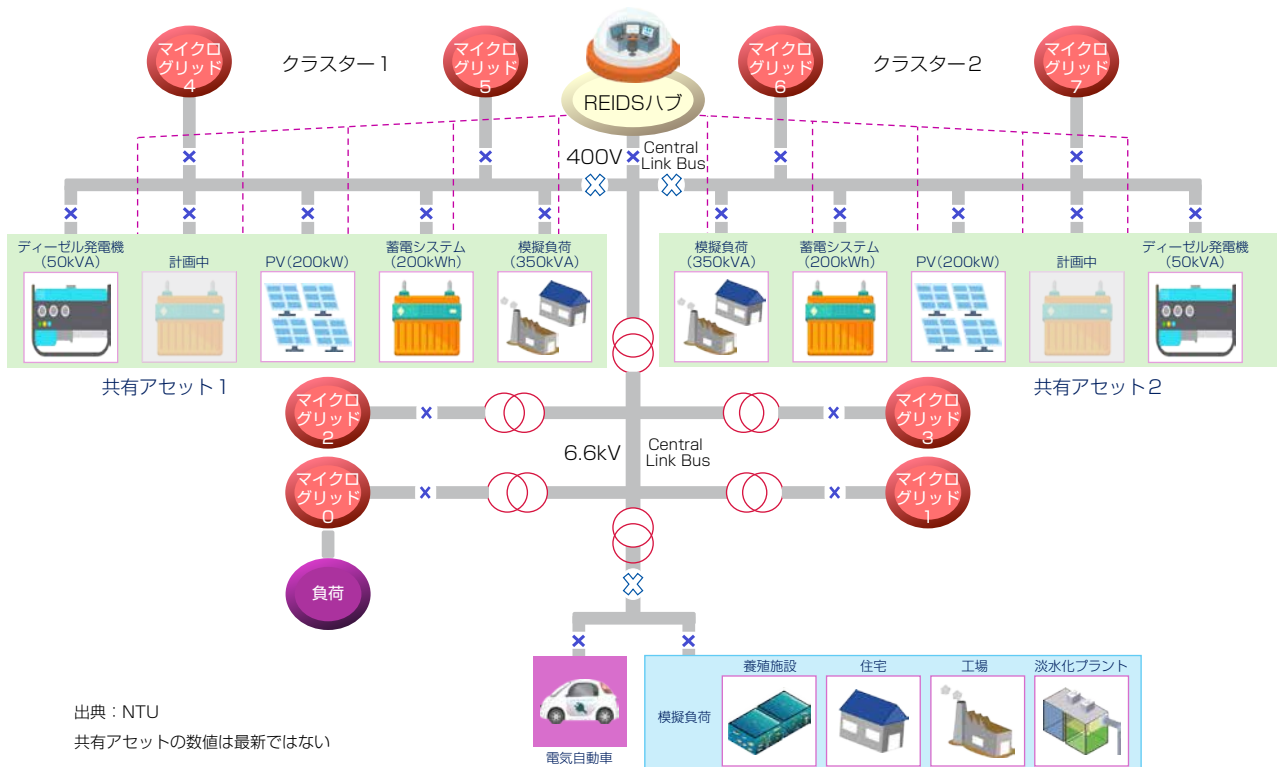


図2-セマカウ島でのREIDSテストベッドの設備構成図

3.2 セマカウ島での課題

現在、島内の実負荷にはテストベッドからのPV電力が供給されているものの、蓄電システムを活用した運用は行われていない。PVの容量は160kW、実負荷による昼間の需要は平均200kW、ディーゼル発電機の出力下限値は150kWである。そのため、PVに対して50kWに出力抑制することでマイクログリッドシステムの安定性を保っており、余剰電力を有効活用できていない。一方、夜間はPV電力がゼロになるため、負荷の全量をディーゼル発電機によって賄っている。この運用形態では、PVの利用率が低いため、CO₂排出量の削減効果が限定的になってしまう。

そこでBLENder REを導入し、昼間の余剰電力を蓄電システムに蓄えて、夜間に放電する運用を行う。これによって、島内のPV利用率の向上を実現する。また、急激な天候変化によるPV出力の変動を蓄電システムで吸収し、マイクログリッド全体の需給安定性を高める。

4. 今回の実証の概要

この章では、今回の実証の概要を述べる。

4.1 ユースケースと実現方法

今回の実証でのBLENder RE導入の主目的は、島内でのPVの利用率を最大限に高めることである。具体的には、昼間に発生する余剰電力を蓄電システムに蓄えて、夜間に放電することでディーゼル発電機の稼働を抑制することを目指している。今回は、BLENder RE標準パッケージに搭載されている“再エネ出力変動緩和機能”を基本機能として採用した。この機能は、PVや風力発電といった天候に依存する再エネ電力の変動を蓄電システムの充放電によって平滑化し、需給バランスへの影響を最小化するものである。また、昼間の余剰電力を蓄えて夜間に放電する運用を組み合わせることで、再エネ利用率の向上も同時に実現する。さらに、現地のシステム構成や運用制約などサイト固有の要件は、標準パッケージで対応可能な各種制約に当てはめて対応した。

運用に当たっては、次の二つの制約条件を遵守する必要がある。

(1) ディーゼル発電機の出力下限値

実負荷に併設されているディーゼル発電機は負荷追従型であり、出力下限制約が設けられている。そのため、ディーゼル発電機の出力が下限値を下回らない範囲で電力供給を行う必要がある。現時点ではディーゼル発電機の出力を直接計測できないため、代替策としてテストベッドから実負荷へ供給する電力のしきい値、つまり連系線潮流の上限値(昼間と夜間で異なる)を設定し、その範囲内で蓄電システムを制御する方式を採用した。これによって、ディーゼル発電機の安定運転を確保しつつ、再エネ利用率の向上を図る。

(2) 現地試験時のシステム構成

現地試験では実負荷を直接使用できないため、本運用とは異なる設備構成で試験を行う必要があった。そこで、“運用モード”と“試験モード”の2種類の運転モードを実装した。両モードとも制御ロジックは共通であるが、試験モードでは試験時のシステム構成に合わせた入力信号を適用し、本運用モードのロジック妥当性を検証できる仕様とした。これによって、試験環境下でも本運用時と同等の制御挙動を再現し、現地試験の信頼性を確保した。

これらのユースケース及び制約を満たすために必要になる再エネ出力抑制機能や連系線潮流上限制約機能は、どちらもBLENder RE標準パッケージに含まれる既存のものを適用している。これによって、新規開発や大規模なカスタマイズを行うことなく導入を実現した。

4.2 システム構成

本運用時及び現地試験時のシステム構成は、**図3**のとおりである。**図2**のマイクログリッド0に設置された合計160kWのPVと、共有アセットの一部として新設された100kW/355kWhの蓄電システムが実負荷に接続されて、電力供給を行う。BLENder REによる監視又は監視制御対象は蓄電システムを含む**図3**の赤枠の範囲である。

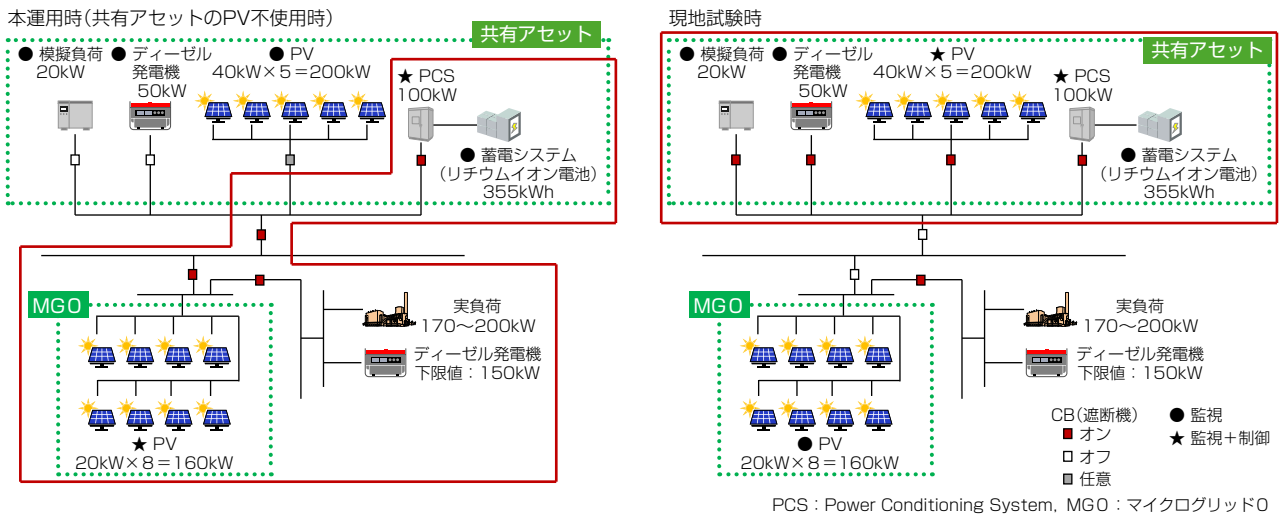


図3-本運用時及び現地試験時のシステム構成

4.3 期待される効果

現地試験は2025年5月に完了しているが、2026年2月現在、政府による本運用の認可待ちの状況である。そこで、認可までの間に本運用を想定した幾つかのシミュレーションを実施したため、その結果を述べる。

図4は、晴天の日を仮定した任意のPV発電カーブにのっとり一日の運用パターンである。実負荷への供給しきい値は、昼間50kW、夜間15kWに設定している。7時頃から18時頃までPV(図4薄赤色線)が発電しており、9時頃から11時頃にかけては、実負荷への供給(図4緑色線)と蓄電システムへの充電(図4薄青色線)に割り当てられる。11時頃以降、PV発電量が更に増加するため、出力抑制が開始される(図4赤色線)。それに加えて、蓄電システム保護機能によって、SOC(State of Charge: 充電率)(図4濃青色線)が100%に近づくと充電電力も制限される。13時頃にSOCが100%(満充電)に近づいたら充電電力を絞るとともにPVを出力制御するため、大きなPV出力抑制(図4赤色線)が発生する。16時頃にPV発電量が日中のしきい値である50kWを下回ると蓄電システムからの放電(図4薄青色線)が開始されて、夜間は夜間しきい値(15kW)に応じた放電が継続される。

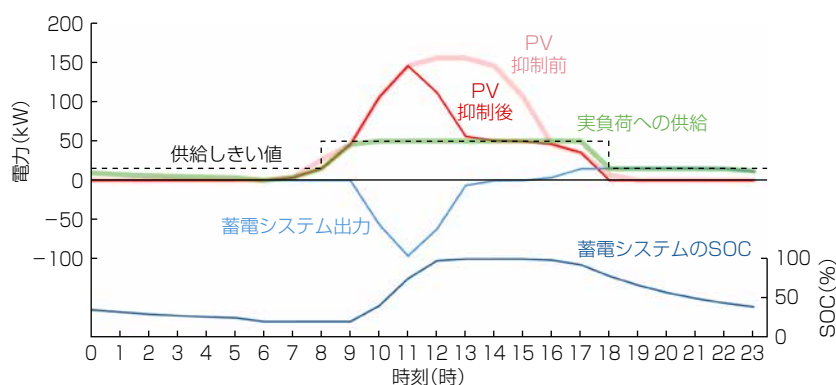


図4- 一日の運用パターン(晴天時)

図5(a)は、PV導入前、PV導入後、PVと蓄電システム導入後のPV抑制率(PVの出力抑制量/PVの発電量)とPV利用率(PV及び蓄電システムからの供給電力の合計/負荷電力の合計)を示している。PV発電量は、シンガポールの年間気候統計に基づいて、晴天30%、曇天70%の発生確率と仮定し、図5(b)に示すPV発電カーブを用いて算出した。その結果、蓄電システムの導入によってPV抑制率は現在の16.2%から9.6%へと改善し、PVの有効活用量は約1.7倍の向上が見込まれる。

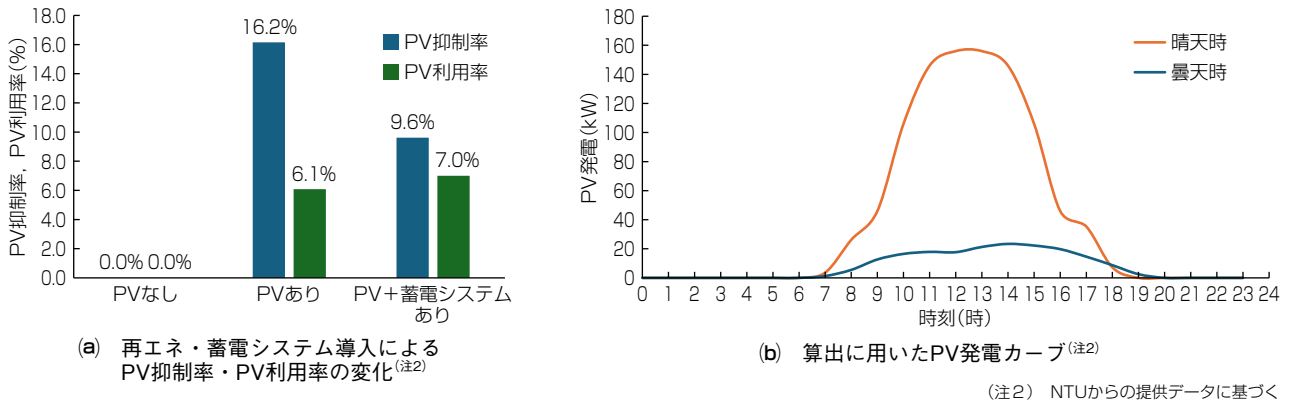
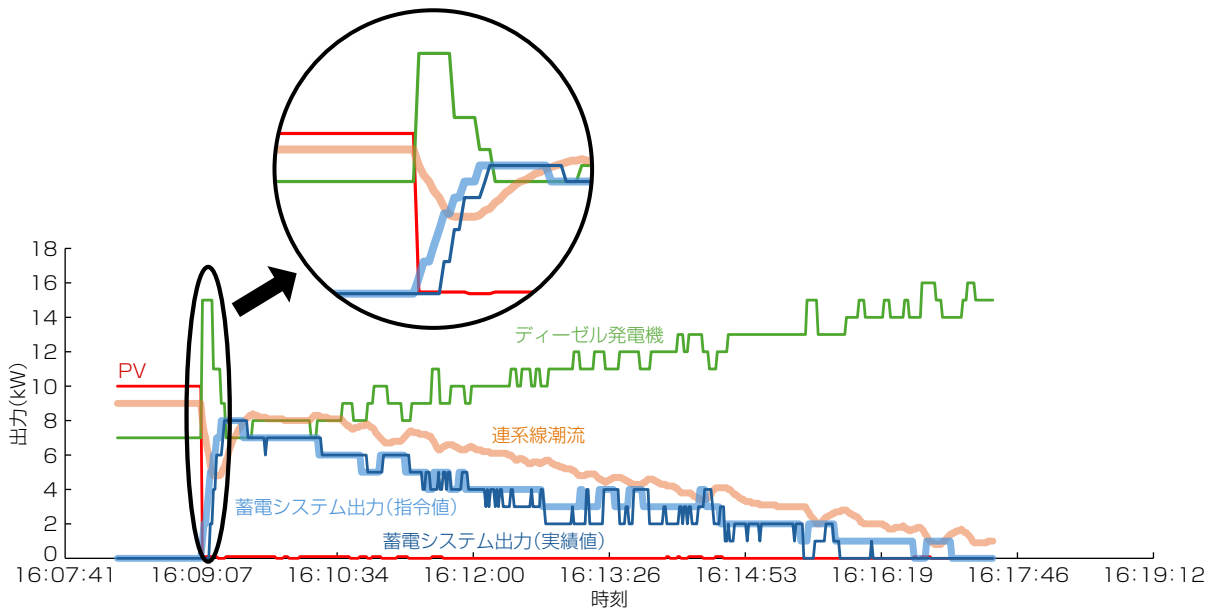


図5-再エネ・蓄電システム導入によるPV抑制率・PV利用率の変化とその算出に用いたPV発電カーブ

図6は、現地試験でのPV変動緩和機能の結果である。PVの急変を模擬するため、図6の黒丸で示した時刻にPV(図6赤色線)10kWを瞬時に解列した。制御ロジックへの入力は連系点潮流(図6オレンジ色線)であり、PV出力(図6赤色線)の減少に伴ってディーゼル発電機出力(図6緑色線)が増加し、その増加分が連系点潮流の減少として現れた。この変化は蓄電システム出力の指令値(図6薄青色太線)に反映され、蓄電システム出力の実績値(図6青色細線)も指令値に追従していることが確認できる。結果として、ディーゼル発電機(図6緑色線)は元の出力値に回復し、その後は設定したレート(1%/min)に基づく蓄電システムの出力に応じて緩やかに変化する挙動を示した。これらの結果から、現地試験で制御機能が正しく動作していることを確認できた。



5. む す び

2026年2月現在、政府による本運用開始の認可待ちであり、許可取得後はコミッショニングを経て運用を開始する予定である。本運用では、昼間の余剰PV電力を夜間に活用することによる島内のPV利用率向上、PV出力変動緩和によるマイクログリッドシステムの安定運用が見込まれる。さらに、今回の実証の成果は、本技術の有効性を示すとともに、国際的な認知向上や海外展開への可能性を示唆するものである。

参考文献

- (1) Nanyang Technological University : Renewable Energy Integration Demonstrator - Singapore
<https://www.ntu.edu.sg/erian/research-capabilities/renewable-energy-integration-demonstrator---singapore>
- (2) 三菱電機：電力ICTソリューション「BLEnDer」
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ict-power-system/business/solution1/>
- (3) Energy Market Authority : Natural Gas
<https://www.ema.gov.sg/our-energy-story/energy-supply/natural-gas>
- (4) AFPBB News : 「ごみのエデンの園」シンガポール唯一の埋め立て地
<https://www.afpbb.com/articles/-/3475035>
- (5) CNA : IN FOCUS: Where will Singapore's rubbish go after Semakau landfill is full?
<https://www.channelnewsasia.com/singapore/semakau-landfill-waste-recycling-rubbish-in-focus-5358016>

