

分散電源時代に向けたトリプルハイブリッド発電システムの実証 “EBLOX”“COORDY”の開発

Demonstration of Triple Hybrid Power Generation System in the era of Distributed Energy
—Development of “EBLOX” and “COORDY”



田中 政之*¹
Masayuki Tanaka

花沢 芳之*²
Yoshiyuki Hanasawa

高橋 英二*³
Eiji Takahashi

磯部 勇介*⁴
Yusuke Isobe

三橋 真人*⁵
Masato Mitsuhashi

阿部 弾*⁶
Hazumu Abe

脱炭素社会に向けた再生可能エネルギーの普及や世界的な自動車 EV 化の流れ、集中型から分散型電源への移行などエンジン発電事業を取り巻く環境は大きな変換期を迎えている。MHIET ではエンジン発電設備に太陽光発電等の再生可能エネルギーと蓄電設備 (ESS) を組合せたハイブリッド発電システム EBLOX (いぶろっくす) 実証設備を相模原工場に建設した。この設備により、今後需要が見込まれるオフグリッド地域へのトリプルハイブリッド自立電力供給システムに必要な技術の開発や、今後本格化する国内の電力調整力市場向けの一次調整力相当に対応出来るガスエンジン発電装置と蓄電池を組合せたシステムの開発も視野に入れ検証を進めている。本報ではこれまでの実証試験で得られた成果を紹介する。

1. はじめに

近年の世界的な脱炭素化に向けた流れの中、再生可能エネルギーの普及や集中型電源から分散型電源への移行が急速に展開されてきており、エンジン発電事業を取り巻く環境は大きな変換期を迎えている。また、SDGs (Sustainable Development Goals) など国際的なプログラムにおいても、地球に優しい持続可能な開発目標が提示され、オフグリッド地域への自立給電システムもその一つの例として上げられるほか、自然災害発生時に、自立運用が可能な電源のニーズも高まりを見せている。このような流れの中、当社ではエンジン発電設備に太陽光発電などの再生可能エネルギーと蓄電池を組合せた、トリプルハイブリッド発電システム“EBLOX”を相模原工場に建設し、2018年11月から実証試験を開始した。

EBLOX 実証設備では、3電源による自立給電システムの検証のほか、国内でも立上りが予定されている電力需給調整市場向けの一次調整力 (以下 FCR: Frequency Containment Reserve) 相当に対応できるよう、ガスエンジン発電設備と蓄電池を組合せた実証試験も今後計画している。

また、これら3電源の組合せ、最適電力配分、周波数変動に対する制御などを司る制御システム“COORDY”を開発し、各種機能検証を行っている。

*1 三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) エンジン・エナジー事業部 技術部 主席チーム統括

*2 三菱重工業(株) 常務執行役員アジアパシフィック総代表兼インド総代表 兼 Mitsubishi Heavy Industries Asia Pacific Pte. Ltd. 社長 (元三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株)代表取締役社長)

*3 三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) エンジン・エナジー事業部 主幹技師

*4 三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) エンジン・エナジー事業部 営業部 グループ長 技術士(機械部門)

*5 三菱重工業(株) 総合研究所 電気・応用物理研究部 主席研究員

*6 三菱重工エンジン&ターボチャージャ(株) エンジン・エナジー事業部 技術部

2. EBLOX, COORDY の特長

2.1 EBLOX 実証設備の特長

“EBLOX” (いぶろっくす) とは、頭文字のEは Energy, BLOX は社会の基盤を意味する BLOCKS を組合せた名称で、エンジン発電機のみならず、再生可能エネルギー、蓄電池など様々なエネルギー源を積み木のブロックの様に組合せ、お客様に最適な発電システムをご提供するという意味を込めて名付けた。

相模原工場に導入した EBLOX 実証設備の各機器の仕様を表1、設備レイアウトを図1に示す。エンジン発電装置としては当社の 500kW ガスエンジン発電機 (GS6R2 エンジン) を設置。太陽光発電として当社第3工場の屋根に 1152 枚の太陽光パネルを敷設し総出力 300kW とした。また、蓄電池は出力 500kW、蓄電容量は 331kWh のシステムを導入した。

3電源自立給電システムの検証をするため、同敷地内に模擬負荷として 500kW のダミーロードと誘導負荷として 125kW×2台のエアコンプレッサを導入。コンプレッサで作られる圧縮空気は工場設備で使用できるようにした。また、各装置は断路器を切替えることで工場の系統と連系することが可能であり、ガスエンジン発電装置と蓄電池の2電源を系統連系し将来のFCR対応試験を実施できる様にしたほか、試験期間以外は、工場の自家用電源としても使用できるシステムとして設計した。

表1 導入機器一覧

機器 (Item)	仕様 (Specification)
①ガスエンジン Gas Engine Generator	GS6R2-PTK 出力 500kW Output 
②太陽光発電 Solar power	パネル (Panel) YGE 60 CELL 270W×1152 枚 (units) 総出力: 311.04kW Total Output 
	PCS RPI M50A 50kW×6台 (units) 総出力: 300kW Total Output 
③蓄電池システム Energy Storage System	PCS DES10JB125K01 125kW×4台 (units) 総出力: 500kW Total Output 
	リチウム電池 (Lithium Battery) 容量: 331kWh×1台 (unit) Capacity 

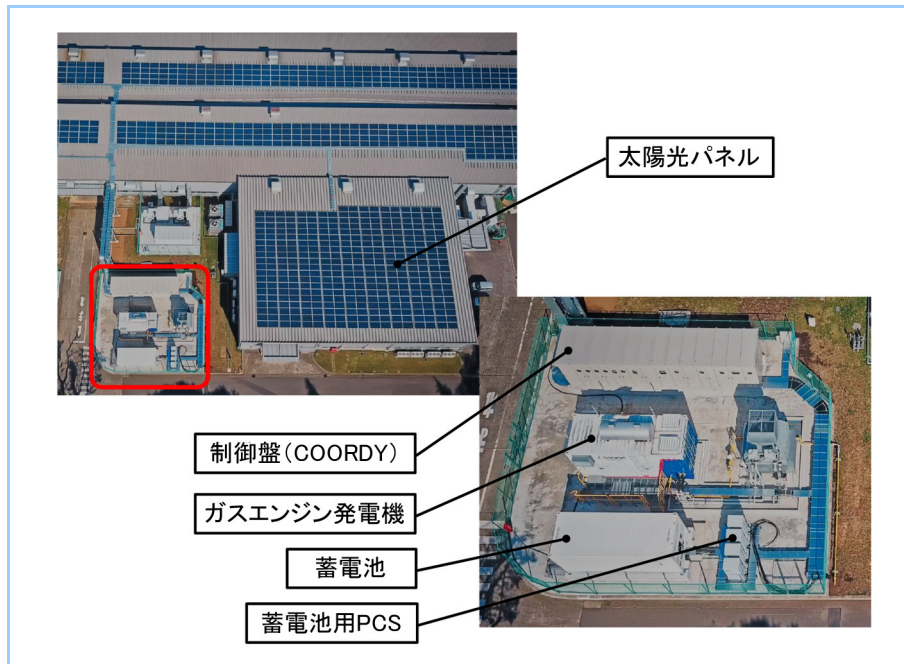


図1 設備レイアウト

2.2 COORDY の特長

EBLOX 実証設備においては、3電源を適切に制御する必要がある。当社では、その制御装置として、3つの電源を適切に効率よく調整、統合するという”coordinate“の意味を込めて“COORDY”（こーでいー）と名付けた。EBLOX と COORDY のシステム構成図を図2に示す。

制御装置 COORDY には以下の二つの大きな特長がある。

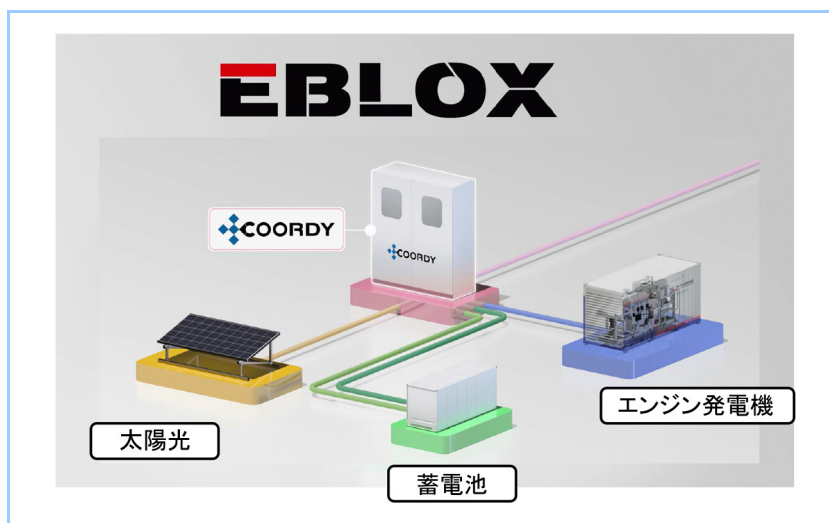


図2 EBLOX と COORDY

(特長1) 複数電源の最適制御機能

複数の電源を使用する場合、どの電源にどの位出力させるか、安定した電力供給に最適な必要電力を配分する機能が必要になる。そのため COORDY には以下の機能が搭載される。

① 3電源(ガスエンジン発電装置、太陽光発電、蓄電池)の自立給電最適電力配分機能

自立給電とは、商用電源など系統がない地域(オフグリッド地域)で必要な負荷(電力を消費するもの)に対し電力を供給することをいう。昼間の太陽が出ている時間帯は極力太陽光を活用し、エンジン発電装置を停止したり、夕方になり太陽光の出力が下がってきた場合に、エンジン発電装置を稼働し徐々に発電電力量をエンジン発電装置へ移していく機能や、急に雲が出て太陽光の出力が落ちた場合には、蓄電池でカバーするとともに、エンジン発電装置を起動させるといった電力配分制御を行う機能である。

② 蓄電池充電量(SOC:State of charge)の最適制御

蓄電池の充電量を常に監視し、充電量が下がってきた場合は、太陽光発電やエンジン発電装置の出力を調整し、適正な充電量になるまで充電をさせる機能である。

③ 2電源(ガスエンジン発電装置、蓄電池)のFCR相当制御機能(将来機能)

FCRとは、周波数偏差を検出してから10秒以内に出力を増減し、商用系統に調整力(Δ kW)を提供するものである。ガスエンジン発電装置の場合、停止状態では始動から定格出力するまでに凡そ7分程度かかるため、優先的に蓄電池で出力した後、エンジンで可能な出力に合わせ蓄電池の出力制御を行う機能である。

(特長2) 自立給電時の母線電源安定化制御

母線の周波数や電圧は、商用電源に系統連系している場合は系統に依存するため、大きな負荷の変動があっても、系統がその変動を吸収する。しかし、自立給電の場合、このような負荷による母線の周波数変動や電圧変動が発生すると、給電している電源装置そのものが母線から解列(遮断器を開放し給電を止める)してしまい、最悪の場合は停電(ブラックアウト)を引き起こしてしまう。また、負荷側の急激な変動以外にも、再生可能エネルギー(太陽光や風車など)を使用する場合には、天候の変動による出力の急激な変動も母線の変動を起こす要因として考えられる。

そこで、COORDYは母線の周波数変動や電圧変動が発生した場合に、蓄電池に対し素早く充放電の指令を出すことで母線電源の安定化を図る制御機能が搭載されている。この制御には、三菱重工業(株)総合研究所が有する仮想同期制御発電機(Virtual Synchronous Generator)技術にMHIETが永年エンジン発電装置の開発で培ったドループ制御技術や異種原動機間の連携技術を組合せた新しい制御方法を採用した。

これらCOORDYの二つの特長を人に例えると、特長1は人間の脳の働きに相当し、周りの環境を目や耳などで把握しながら体を動かすように、さまざまな情報や各装置の状態を見ながら適切な指示を出す役割である。一方、特長2は反射神経に該当し、熱いものを触った時に脳で考えるよりも早く手を動かすように、母線の状態を見て瞬時に蓄電池に指令を出す役割となる。COORDYはこの二つの特長を持つことで、複数電源を使用した給電システムにおいて安定した電源供給を可能としている。

自立給電システムにおいて再生可能エネルギーを利用する場合には、天候や時間帯による再生可能エネルギーからの供給量変動を考慮する必要がある。特に太陽光発電とエンジン発電装置を組合せる場合は、太陽光発電の変動分をエンジン発電装置で吸収しなければならないため、一般的にエンジン発電装置の定格の20%以下の容量分しか導入できない。しかし、EBLOXシステムおよびCOORDYの制御を使うことで、エンジン発電装置と同容量程度の太陽光発電装置を導入し、自立給電での再生可能エネルギー活用のメリットを最大限に引き出すことが可能となる。

3. 実証試験の成果

EBLOX実証設備では、現在以下のポイントの検証を進めてきている。これまで得られた成果を紹介する。

(1) エンジン発電装置と蓄電池による自立給電時における負荷変動制御

エンジン発電装置にて自立給電している状態で負荷変動があった場合、通常エンジン発電装置のガバニング制御により負荷変動を吸収することになる。しかし、瞬時に大きい負荷変動が発生した場合、ガバニング制御では追従できず、母線の周波数が大きく変動し電力品質が悪化する。また、最悪の場合、瞬時の過剰な負荷変動により、発電装置のエンジンがストールし停電になる可能性がある。(図3)

この時、COORDYの制御を入れた場合、特長2の機能により負荷変動によって生じた変動

を瞬時に検出し、蓄電池に最適な出力を指令することで、エンジン発電装置による周波数の変動を最小限に抑えることが出来ていることが分かる。(図4)

また、自立給電時の初期負荷投入についても、この機能を適用することで、通常ガスエンジン発電装置では定格出力の30%程度の初期負荷投入に対し、50%の負荷投入も可能となった(図5)。

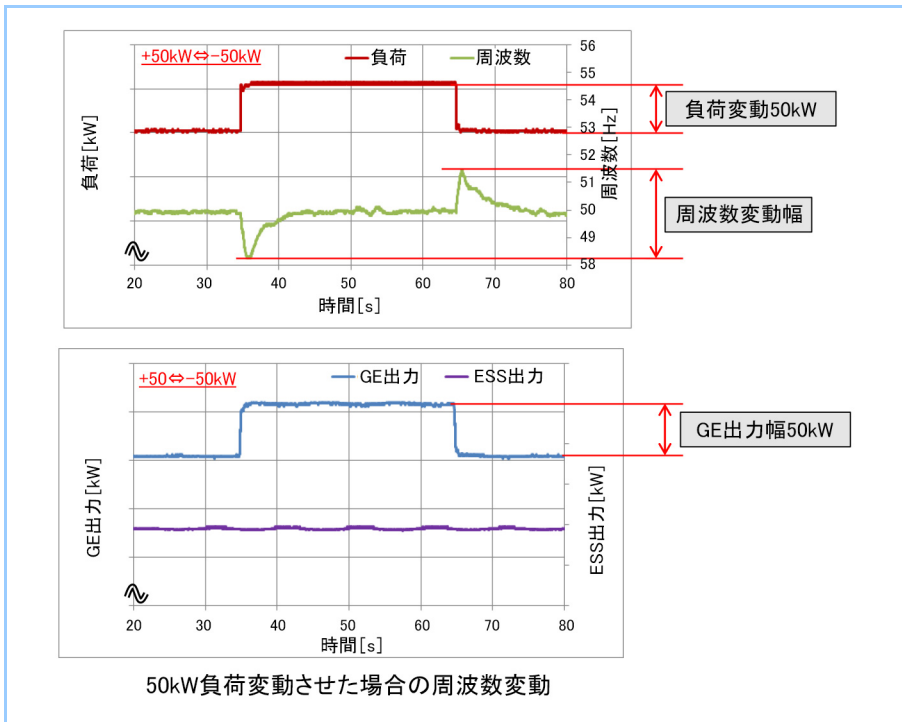


図3 負荷変動時の周波数の振れ(エンジン発電装置のみ)

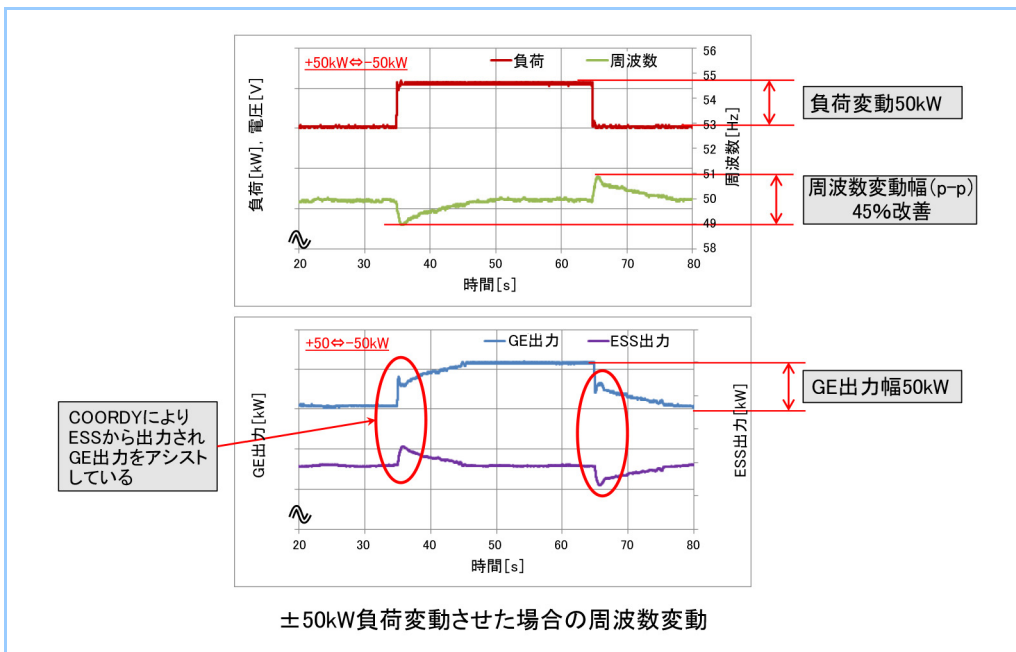


図4 負荷変動時の周波数の振れ(エンジン発電装置+COORDY)

(2) 3電源自立給電時の太陽光発電出力変動の安定化

3電源にて自立給電をしている際に太陽光発電が雲の影響により変動した際(図6)に、COORDYの特長2により、蓄電池から瞬時に電力を供給することで、母線を安定させていることが分かる(図7)。また、夕方の時間帯になり、太陽光の発電電力が減少してきた際にCOORDYの特長1の機能により、エンジン発電装置の出力を上げており電力を最適に配分していることが分かる(図8)。

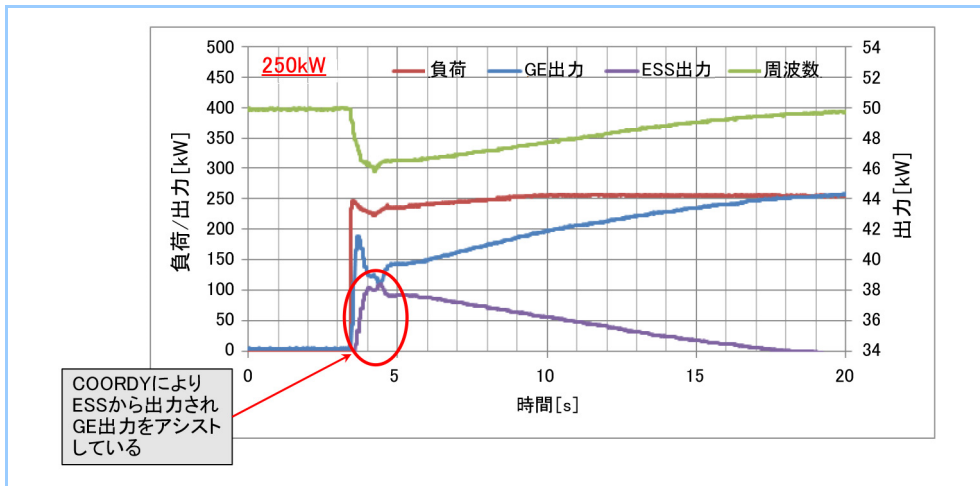


図5 50%初期負荷投入時の挙動

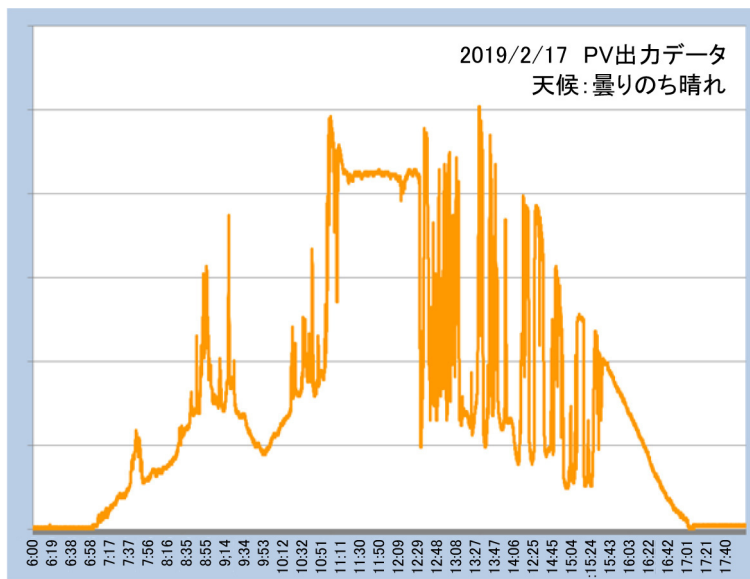


図6 太陽光発電の変動

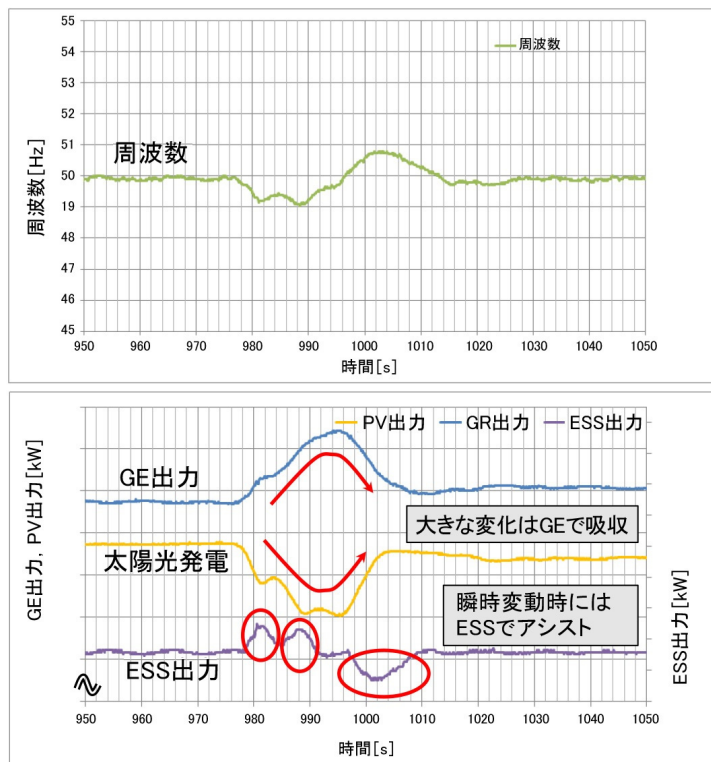


図7 3電源自立給電時の挙動(太陽光の変動吸収)

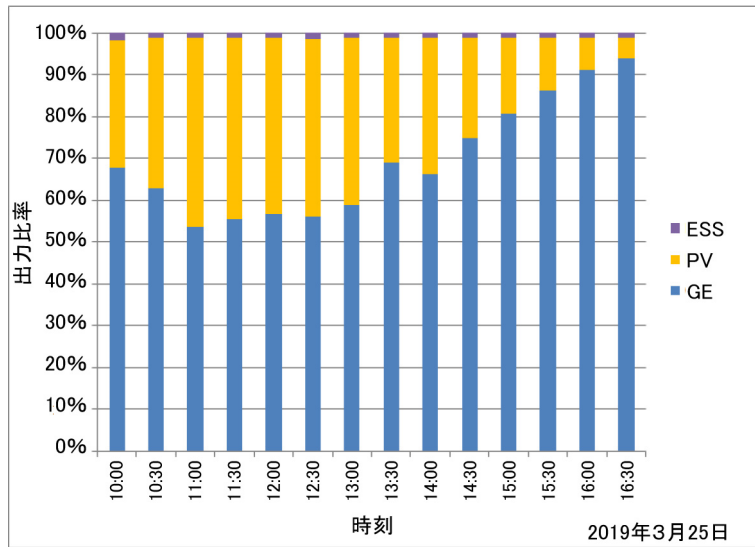


図8 3電源自立給電時の挙動(電力配分)

4. まとめ

昨年4月から実証設備の建設を始め、11月より各種試験を開始し、これまでに3章で報告した成果が得られている。今後、更に大きな負荷変動に対する制御を可能とするためにCOORDYの制御パラメータ等の調整を行い、商用電源がないオフグリッドエリアへの自立給電システムを提案していく。

また、現時点で詳細要件が定まっていないFCRについても、将来の電力需給調整市場の広がりを見込みCOORDYの特長1を活用し実現可能な機能を今後検証した上で、新たな付加価値を創出していく。