

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業/インドネシア共和国・ジャワ島の工業団地におけるスマートコミュニティ実証事業」

事業原簿

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 スマートコミュニティ部
-----	--

—目次—

本紙	I - 3
用語集	I -13

最終更新日	平成30年11月26日
-------	-------------

事業名	エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業		
実証テーマ名	インドネシア共和国・ジャワ島の工業団地におけるスマートコミュニティ実証事業	プロジェクト番号	P93050
担当推進部／PM、PTメンバー	スマートコミュニティ部 プロジェクトマネージャ楠瀬統括、サブプロジェクトマネージャ赤岩主査 国際部 黒田主査、他		

1. 事業の概要

(1) 概要	<p>インドネシアは内需拡大を追い風に経済成長を持続しており、エネルギー消費の伸びが顕著である。大規模な発電所の建設計画も立てられているが、計画遅延も発生しており、今後も電力需給の逼迫が懸念される。こうした中、送変電システムの余力不足・メンテナンス不備等にも起因して、停電、電圧降下等の電力品質劣化により、工場に多大な損害を与えており、今後の工業団地の発展に向け、電力の安定供給・品質改善が課題となっている。本実証事業では、インドネシア・ジャカルタ近郊の工業団地において、これらの課題を解決するスマートコミュニティ技術導入の効果を実証しその普及推進の検証を行うことを目的とし、平成24年度から平成30年度にかけて、実証を行った。</p> <p>同時に本実証事業は単に技術実証をおこなうものではなく、導入技術の事業性を検討するビジネス実証である。経済成長の著しいASEAN諸国において、電力及びICTの融合により実現されるスマートコミュニティ事業の展開を目指し、インフラ関連の市場ポテンシャルが高いインドネシアを第1ターゲットにエネルギー密度の高い工業団地に着目してビジネスモデルの検証を行った。また日本の技術/製品の優位性を生かしたパッケージ型インフラ輸出の継続的な展開を目指すものであるが、事業環境の不明な国での新規事業開拓に際し、特に国家の基幹インフラである電力事業に関わるビジネス実証においてはG-G間交渉が不可欠なため、NEDO実証事業を活用して実施したものである。</p>
(2) 目標	<p>電力の安定供給・品質改善等の課題解決に向け、以下の3項目を柱とするスマートコミュニティ技術を現地工業団地に導入し、その効果を実証するとともに普及推進の可能性を検証した。</p> <p><u>1. 電力品質の安定化技術</u> 配電自動化システムおよび電圧安定化装置を導入し、停電時間短縮、電圧安定化等の導入効果、他国の配電自動化との比較等を検証した。また、大容量UPSによる高品質電力供給システムを導入し、停電・瞬低被害の低減等の導入効果、本ビジネスモデルにおける収支等を検証した。</p> <p><u>2. エネルギーマネジメントシステム導入による省エネ</u> ICT技術を利用して動的な制御を行うDSMシステムを導入して、その電力需要抑制効果、事業モデルを検証した。また、需要家側でDSM要求の需要抑制を支援し、省エネを推進するツールとしてFEMSを導入し、その効果、ビジネスモデルを検証した。</p> <p><u>3. 上記1～2の基盤となるICTプラットフォーム</u> ICTプラットフォームは、1、2を実現するための共通基盤として、広域および工業団地内にまたがる高品質な通信インフラ、および、各種サーバ機能等を搭載するクラウド基盤を提供し、1、2に対する共通基盤としての妥当性等について検証した。また、これらのICTプラットフォームを有効活用した通信、業務アプリケーション提供等の可能性についても検証した。</p> <p>また事業の継続およびパッケージ型のインフラ輸出の展開のためには、現地に根差した運営母体が不可欠である。世界的な需要減退、円高進行など日本の輸出企業を取り巻く環境は厳しさを増しており、これまでのような物売りではなく現地事業者と共に歩く事業展開が求められる。よって母体となるJVC設立の調査を行い、各連携企業間における業務分担及び契約条件を具</p>

体化し、ビジネスモデル毎の収益性を検証した。更に普及戦略の調査・検討を踏まえ、JVC として最適なコスト、運営体制、収益性を総合的に検証した。

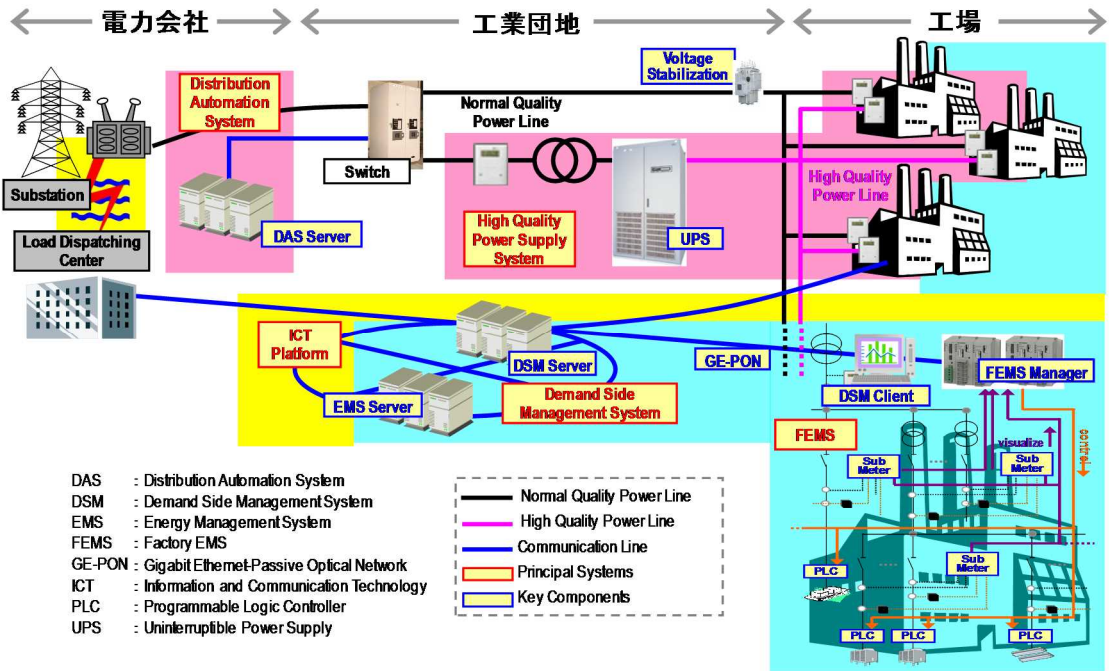


図1 導入システム構成

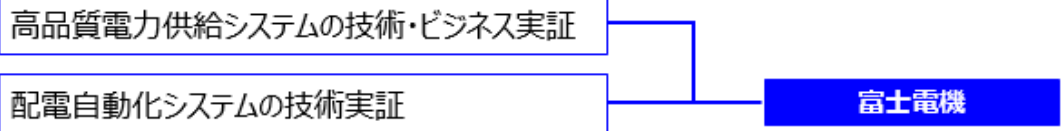
本実証事業の全体工程と実施項目、役割分担を以下に示す。

表1 全体工程

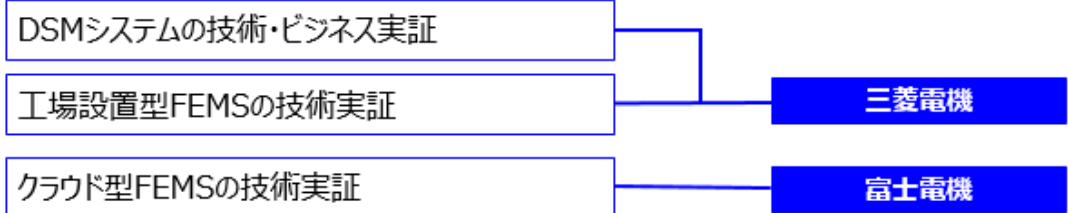


4つの主要項目には、DAS、HQPS、DSMが含まれる。

①電力品質の安定化技術



②工業団地エネルギー管理



③上記②の基盤となるICTプラットフォームの構築



④現地JVC設立調査



図2 実施項目と役割分担

(3) 内容計画

(4) 予算
(単位: 百万円)

契約種類:
(委託)

(5) 実施体制

会計・勘定	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	総額
総予算額	317.9	592.9	1238.7	642.0	1275.1	611.3	71.8	4748.6
MOU 締結先	エネルギー・鉱物資源省							
委託先	住商機電貿易、住友商事、富士電機、三菱電機、NTT コミュニケーションズ							
実施サイト企業	国営電力公社(PLN)							

2. 事業の成果

実証事業の成果・達成状況を以下に示す。まず本実証で導入した技術について以下に示す。

DAS について

- ・ SCADA システムの PLN スタandardに準拠した配電自動化システム(DAS)を PLN カラワン営業所に導入した。
- ・ 複数のベンダの RTU と相互運用性試験も行き、フィールドの RTU と国際標準プロトコルで接続してシステム運用を行えることを実証した。
- ・ 簡単操作での設備 DB のメンテナンス機能の提供により、PLN で容易に機器増設や監視エリアの拡張を行えることを実証した。

また、本実証で得られた成果を以下に示す。

- ・ 2011 年～2017 年のスルヤチプタ工業団地の停電実績の情報より、スルヤチプタ地域の現状の供給信頼度について解析を行った。
- ・ 同様条件にて DAS を導入していた場合の供給信頼度改善の試算を行い、SAIDIについては大幅な改善を行えること机上で検証した。

表2 DAS の目標、成果、達成度

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目1. 配電自動化システムの技術実証	配電システムを監視制御する SCADA機能をベースとし、高度な事故復旧機能と柔軟なデータメンテナンス機能を持つ配電自動化システム(DAS)を構築する。 導入後、事故発生時の停電時間の短縮への貢献および日々拡大する配電システムへのメンテナンス性について評価する。	インドネシアの配電システムに適合する事故復旧処理やデータメンテナンスの機能を持ち、国際標準インターフェイスを実装するシステムを構築し、複数ベンダとの接続可能な事を確認した。 実環境にて配電システムの運用を実施。配電システムの拡張に対するデータメンテナンスはPLNで容易に更新でき、システムの有効性を確認した。	○	無し

HQPS について

- ・ 20kV 高圧配電システムの中に電力品質安定装置を設置し、無停電かつ安定した電圧の高品質電力を複数工場にシリング的に供給して、急な停電による被害を回避するシステムを構築した。
- ・ 実証参加工場の協力により、電力品質改善に有効であることを実証した。

本実証で得られた成果は以下の通りである。

- ・ 2017/2/25～2018/2/20 間、電力システムで 14 回の電圧低下が発生した。その中に 7 回は高速 VCB、可変速モータやコンピュータなど工場の重要施設に影響を与うる深刻レベルであった。これに対し、HQPS の導入により、実証に参加している工場の重要設備を深刻の電力システム電圧低下から保護できた。
- ・ 7 回の深刻レベルの瞬低により生産設備が停止・故障した場合、3 顧客合計でおよそ 7,000 万円の直接経済損失リスクを回避できたと言える。
- ・ 本実証で、従来型の個々の工場での UPS 設置方式と異なって、高圧系統内一括的な高品質電力供給サービスを複数工場に提供し、各工場での UPS 設備投資無でも高品質電力(HQPS)を享受できるシェア型サービスモデルが実行可能であることを示せた。

以下、達成状況を表にまとめたものを示す。

表3 HQPS の目標、成果、達成度

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目2. 高品質電力供給システムの技術実証	PLN配電系統と需要家間に電力品質安定装置を設置し、安定した電圧の高品質電力を専用線にて複数工場に供給するシステムを構築。停電、瞬時電圧低下等、系統電圧動揺時には、装置内のバッテリーにより無停電かつ安定的に電力供給し、需要家の被害を回避する。実証運転により、電力品質改善の有効性を実証する。	・スケジュール通り設備を導入し3工場に対して約1年間実証運転を実施。 ・実証運転期間に複数回発生した需要家機器に影響を及ぼす恐れのある瞬時電圧低下全てに対して、電力品質に影響のないレベルに改善できた。 ・これにより、約7千万円の需要家被害リスクを回避できたものと試算する。	◎	なし。
項目3. 高品質電力供給システムのビジネス実証	収支バランスと料金回収実効性を検証する。さらに、事業展開の実現性を検証する。	・PLNと参加工場とで本システムに対する実電力契約を結び、工場の使用電力量に応じて課金するHQPSの料金回収方式が実行可能である事が分かった。 ・一方、収支バランスにおいては、現地法令上、電力価格上限設定があり、現在の電力価格では収益の確保が難しいことが分かった。 ・さらに、事業展開の実現性を検証できた。	○	・当システムのニーズがある地域は存在するが、現在の電力料金では収益確保が難しいことから、政府・電力会社主導の電力価格体系の整備が課題である。

DSM について

- ・ ネガワットの収集状況に応じてインセンティブ単価を柔軟に設定可能とする新たな DSM を導入した。
- ・ 実際の工業団地においてインセンティブ／ペナルティを設定し、DSM を運用した。
- ・ FEMS による電力の見える化を DSM システムに導入した。

DSM による達成事項は以下のとおりである。以下では FEMS と併せてその成果を示す。

- ・ インセンティブ単価のアップに応じて入札が活性化していることを確認できた。これによりインセンティブ単価の増減により電力需要を抑制する効果があることが分かった。
- ・ 電力削減確度を工場毎に収集することにより当該工場の入札精度に傾向があることを確認できた。これにより事業化する場合には、アグリゲータが各工場の傾向を踏まえた工業団地全体の電力削減量を予想し、最適なインセンティブ単価、ペナルティ単価を設定し、これを繰り返し精度の向上を図ることができることを実証した。
- ・ FEMS を用いた見える化を実現し DSM と連動できることを確認した。見える化を導入すると DSM の入札が活性化することが分かった。

表4 DSMの目標、成果、達成度

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目4. DSMの技術検証	DSMの制度仕様、技術仕様を整理しアプリケーションソフトウェアを製作のうえ、参加工場の協力により、電力需給バランス予測に基づく電力削減要求、募集、実施のシーケンスが有効に動作することを実証する。	・従来のDSM(2011年試行)の課題を解決し、新しいDSMアプリケーションを開発、実際の工業団地で使用し、シーケンス通りに正常に動作することを確認した。	○	なし
項目5. DSMのビジネス検証	①計画停電を抑制する需要家側の使用電力量削減施策として有効に動作する。 ②電力削減に応じ、インセンティブを得ることができ、それを電気料金に反映する。	・インセンティブ額を増加すると、電力削減量(入札値)が増加することを確認した(目標①)。 ・DSMシステムを精度よく運用するためには、コミットメント入札が有効であることが判った(目標①)。 ・PLNと各工場にてサービス合意書を締結し、通常の電気料金の他、インセンティブ、ペナルティについても、收受することが出来た(目標②)。	○	実証運転期間では需給状況が改善されていたことから、需給ひっ迫状況を模擬しての実証にとどまった。実際に需給ひっ迫した際のPLNと各工場のDSMシステム運用状況を確認したい(目標①)

表5 FEMSの目標、成果、達成度

	目標	成果	達成度	残った課題／変更した場合はその内容など
項目6. 工場設置型FEMSの技術検証	工場設置型FEMSに対する参加工場からの要求事項を整理しアプリケーションソフトウェアを製作のうえ、工場内の電力使用量の見える化を実現する。	・工場設置型FEMSの導入により、電力見える化を実現した。デマンド監視、警報の発報などが可能になった。 ・電力使用量の推移・変動、装置個別、生産原単位、生産状況の見える化を実現した。	○	なし
項目7. クラウドFEMSの技術的検証	クラウドFEMSに対する参加工場からの要求事項を整理しアプリケーションソフトウェアを製作のうえ、工場内の電力使用量見える化し、電力使用量分析を効率よく実施できることを実証する。	・クラウドFEMSの技術仕様を策定し、実環境での動作を確認した。	○	なし
項目8. エネルギー計測ツールの技術検証	工場の総電力使用量を低コストで見える化する。	・最小限の設備で容易に電力の見える化が実現できた。 ・無線でのデータ収集に必要な、インドネシアの電波法認証取得を取得することにより、インドネシア固有の知見を得た。	○	なし
項目9. DSMとFEMSを支えるICTプラットフォームの技術検証	DSM及びクラウド型FEMSを通信ネットワークを介して利用するクラウド基盤(ICTプラットフォーム)上に構成し、その有効性を検証する。	・DSM及びクラウド型FEMSを通信ネットワークを介して利用するICTプラットフォームを構築できた。 ・また、それらアプリケーションに必要な性能及び品質について有効性を検証することができた。	○	なし

次に、DSM及びFEMSによる省エネ効果の試算結果を以下に示す。(注:以下は暫定値である)

DSM 導入による CO₂ 排出量の削減効果

Java Bali 系統における発電容量 32.5GW(2017 年)のうち約 40%が工業用途と考えると、産業用電力は 13GW である。一方、DSM による削減電力量はモデル工業団地当たり約 800MWh/年と推定(※)される。これより、Java Bali 系統における年間電力量の削減効果は、

$$800\text{MWh} \times 13\text{GW} / 155\text{MW} \doteq 67.1\text{GWh} \text{ と推算される。}$$

但し、以下の条件にしたがう。

※1工業団地における DSM モデル

(a) 工業団地契約電力総計 (MW)	155MW
(b) DSM 契約締結している工場の割合 (%)	80%
(c) 契約電力に対するピーク電力の比率 (%)	90%
(d) ピーク電力に対する平均電力削減率 (%)	15%
(e) 月間の電力削減実行頻度	1 回/月
(f) 電力削減時間幅	4

10 年間合計では毎年一定比率で電力使用量が5%増加と仮定する。10 年間の合計省エネ効果は、 $67.1\text{GWh} \times (1.05^{10}-1)/(1.05-1) = \text{約 } 844\text{GWh}$ となる。

CO₂ 排出量の削減効果としては、kWh あたりの CO₂ 削減量を 0.891kg-CO₂/kWh とすると、 $844\text{GWh} \times 0.891\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 752\text{kt-CO}_2$ となる。

以上は DSM によるものである。その他の成果として、以下があげられる。

利用頻度向上施策

見える化の方法がない工場は入札数が極端に低いことから、DSM システムを運用するには何がしかの見える化システムとの連携をすることにより活性化されることが分かる。また、見える化システムのうち、FEMS を積極的に活用している工場は入札数も多いことが分かる。

これらより、DSM システムを利用するためには、見える化システムの導入と積極的活用が必須であることが分かる。

3. 実証成果の普及可能性

本実証事業の成果を踏まえて、普及可能性を検討した。その考察内容を以下に示す。

DAS について

- ・ 実証用 DAS は、広範囲の配電システムを監視する設計容量を持つため、監視エリアの拡張を推進することにより DAS の機能理解と認知度向上を図る。(実証事業の 100 倍以上の監視エリアへ拡張可能)
- ・ また、監視エリアの拡張にて更なる PLN の運用ニーズを引き出し、機能増強提案とバージョン UP 見積りを行うことにより、日本同様の『機能改造(バージョン UP)ビジネスモデル』が実現可能かを模索する。
- ・ PLN では他国 SCADA を既に導入して変電所のリモートコントロール化を進めている。但し、現状導入されている SCADA は機器の監視制御のみを行っており、配電システムの充停電表示や事故復旧等の高度な機能を実装していない。また、既存 SCADA は経年劣化により更新時期を迎えるシステムも多い。

- このため、監視エリア拡張(保守サービス)を通じて DAS の差別化を訴求し、他国 SCADA との競争において価格のみの競争とならないよう DAS の技術的優位性を確立する。

HQPS について

- 対象地域における PLN 電力供給品質が向上した。2010 年では 3.2 時間(5 回)／年停電が発生していたが、2015～2017 年では 1 時間未満(1 回未満)／年となり、PLN 電力供給品質の改善が顕著である。
- 電力品質の低い地域かつ電力品質向上のニーズが高い工場が集まった地域(工業団地など)では、HQPS 展開の可能性がある。
- PLN に今後の中長期の設備投資計画を踏まえ、今後長期に渡り電力品質が悪くサービス向上が困難な地域を提示いただくよう働きかける。
- 該当地域での工業団地の状況、立地する工場の状況調査を実施し、PLN と協調して投資可能対象工業団地を検討する。

本実証事業において、HQPS の普及展開を検討する上で、タリフの変動を確認することは重要である。この差額の変化が、当該実証地での HQPS ビジネスの実現性を決定づけたといえる。

FS 時点(2011 年)での対象地域である Java-Bali 地区の通常電力価格(タリフとも称する)、想定した高品質電力価格、および、タリフ差額は下記通りであった。

- 通常電力価格: 750RP/kWh
- 想定した高品質電力価格: 1450RP/kWh
- タリフ差額: 700RP/kWh

実証契約現時点での対象地域である Java-Bali 地区通常電力価格、想定する高品質電力価格、および、タリフ差額は下記の通りであった。

- 通常電力価格: 1400RP/kWh
- 実証での高品質電力価格: 1650RP/kWh
- タリフ差額: 250RP/kWh

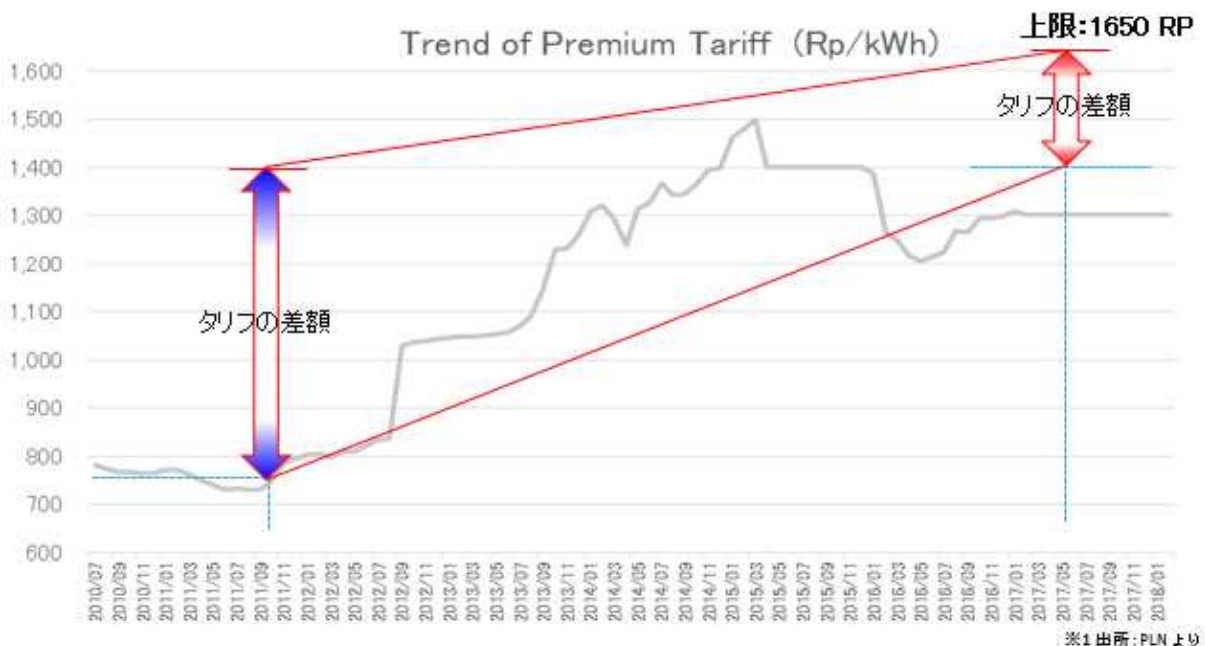


図3 タリフの差額の変動

DSM について

- ・ DSM のビジネス化については、運転予備電力の増加が影響した。
- ・ 実際の電力需給バランスに十分な余裕があったのか調査するため、運転予備電力(電力供給力不足を即座に補うことができる予備電力)の推移を確認した。
- ・ ピーク負荷の増分は一定であるが、運転予備電力が 2015 年以降大幅に好転していることが判った。
- ・ 2012 年～2014 年にかけては、年間平均値では 1000MW 前後を保っているが、4か月毎の平均値では 1000MW を大きく割り込んでいる時期もある。2015 年以降は、運転予備電力が大幅に増加している。

Java Bali 地区給電指令所による 2012 年～2016 年の Java Bali 地区の電力需給バランスデータによると、運転予備電力が 815MW を切ると siaga(計画停電のスタンバイ状態)となり、さらに減ると deficit(計画停電)としている。

Java Bali 地区における、計画停電日数と需給逼迫日数の遷移は、FS 時点では計画停電日数：160 日、需給逼迫日数：91 日に対し、2012 年以降は計画停電、需給逼迫日数ともに 0～6 日と大幅に改善している。また、電力需給バランスの余裕度を、ピーク負荷に対する運転予備電力(MW)の比率の大小で判断した結果は、2012 年～2014 年にかけては年平均で 4%～5%の値を確保しているものの、4 か月毎の値では 4%に満たない時期もあり、電力需給バランスの余裕度は必ずしも十分とは言えない状況。しかし、2015 年以降は年平均で 8%前後であり、2012 年～2014 年と比較して 3%程度の大幅改善となっている。



図4 Java Bali 地区における電力需給バランスの変化

以上より、他地域での事業展開の可能性を追求する必要がある。

--

4. 省エネ効果・CO ₂ 削減効果	実証事業段階	普及段階（2020）	普及段階（2030）
(1) 省エネ効果による原油削減効果	0.45万 kL/年	31万 kL/年	81万 kL/年
(2) 代エネ効果による原油削減効果			
(3) 温室効果ガス排出削減効果	2万 t-CO ₂ /年	81万 t-CO ₂ /年	126万 t-CO ₂ /年
(4) 我が国、対象国への便益	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本実証は、系統電力の高品質化サービス／配電システムの安定化サービスを電力会社に提供する新たなビジネスモデルの創出を目指すもので、同国の不安定な系統下において我が国の技術で安定供給を実現する技術的検証ができる。 ・ 国営電力会社（配電会社）が行うべきサービスであり、民間単独の参入・開始は困難。ゆえに国営電力会社との協業なしでの参入は、末端の対処で電圧安定化事業は技術的に不成立であり、また工業団地内に新規配電システムを作ることになり、1エリア1供給業者という規制に抵触するため、協業なしに参入することは不可能である。 ・ インドネシアで法制度改正には大変な時間を要すると見込まれ、現法制下（1 エリア1供給事業者）で新ビジネスモデルを成立させることが得策であり、電力事業を所管するエネルギー・鉱物資源省との協力関係を通じた実証により協力を得ることができる。 		

用語集

略語	英語	説明
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
DAS	Distribution Automation System	配電自動化システム
DC	Data Center	データセンタ
DSM	Demand Side Management	DSM(電力需要管理)システム
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
EMT	Energy Measurement Tool	電力使用量計測ツール
FEMS	Factory Energy Management System	工場エネルギー管理システム
FTU	Feeder Terminal Unit	
GEPON	Gigabit Ethernet-Passive Optical Network	ギガビットイーポン
GPRS	General Packet Radio Service	
GSM	Global System for Mobile Communications	
HQPS	High Quality Power Supply System	高品質電力供給システム
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IPP	Independent Power Producer	独立系発電事業者
ISM	Industry-Science-Medical	
ISP	Internet Services Provider	
JVC	Joint Venture Company	合弁会社
LVR	Low Voltage Regulator	電圧安定化装置
MDMS	Meter Data Management System	メータデータ管理システム
MEMR	Ministry of Energy and Mineral Resources	インドネシア・エネルギー鉱物資源省
O&M	Operation & Maintenance	保守・運用
P2B		2016年1月にP3Bを組織分割して給電センターがP2Bとなった
P3B		PLN Java-Bali 地区の送変電施設を担当する機関を示す。
PCS	Power Conditioning System	
PLC	Programmable Logic Controller	シーケンサ
PLC	Power Line Communications	電力線搬送通信
PLN	Perusahaan Listrik Negara	インドネシア電力公社
PPA	Power Purchase Agreement	
PV	Photovoltaic	太陽光
RTU	Remote Terminal Unit	
SaaS	Software as a Service	
SCI	Suryacipta City of Industry	スルヤチプタ工業団地
SPC	Special Purpose Company	特定目的会社
SVC	Static Var Compensator	無効電力補償装置
SVR	Step Voltage Regulator	自動電圧調整器
UPS	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
VPN	Virtual Private Network	バーチャル プライベート ネットワーク