

# 「スロベニア共和国におけるスマートコミュニティ 実証事業」（事後評価）

（2016年度～2022年度 6年間）

実証テーマ概要（公開）

株式会社日立製作所

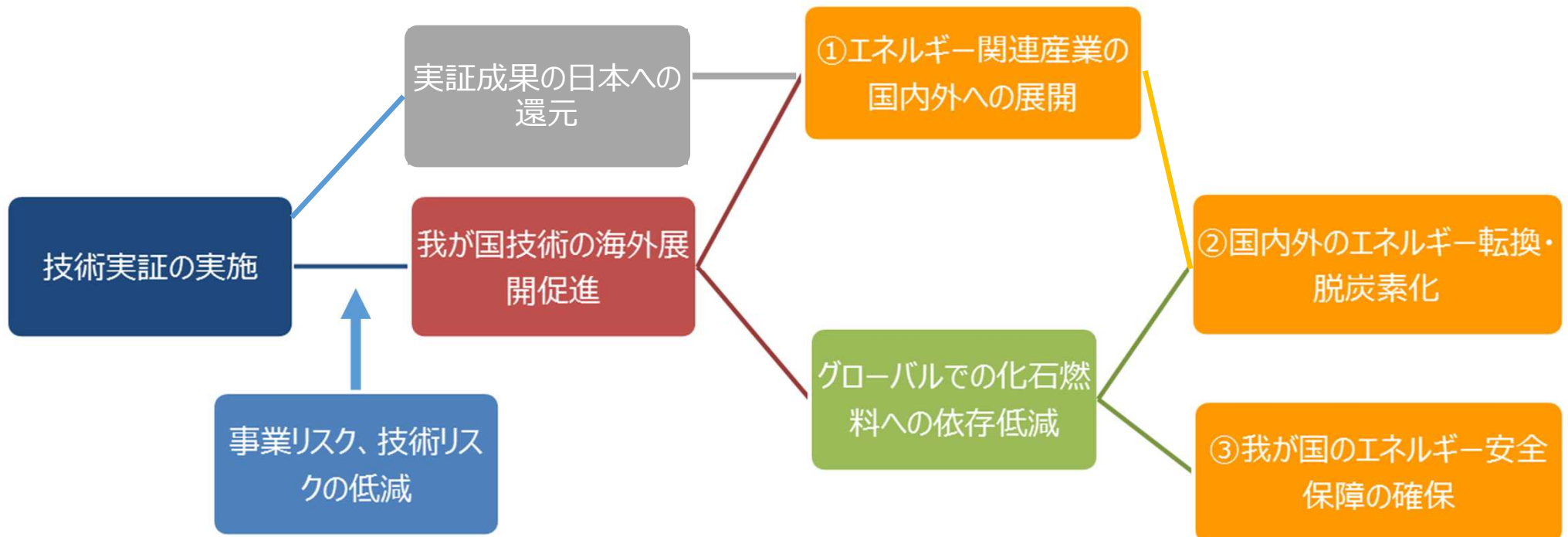
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ・エネルギーシステム部、国際部)

2023年1月

1. 事業の位置付け・必要性 【NEDO】
  - (1) 事業の意義
  - (2) 政策的必要性
  - (3) NEDO関与の必要性
2. 事業マネジメント 【NEDO】
  - (1) 相手国との関係構築の妥当性
  - (2) 実施体制と課題共有・問題解決
  - (3) 事業内容・計画の妥当性
3. 事業成果 【日立製作所】
  - (1) 目標の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性 【日立製作所】
  - (1) 事業成果の競争力
  - (2) 普及体制
  - (3) ビジネスモデル
  - (4) 政策形成・支援措置
  - (5) 日本への波及効果

## 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

3E+S（安定供給、経済性、環境適合、安全性）の実現に資する我が国の先進的技術の海外実証を通じて実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することを目的としている。（出所：基本計画）



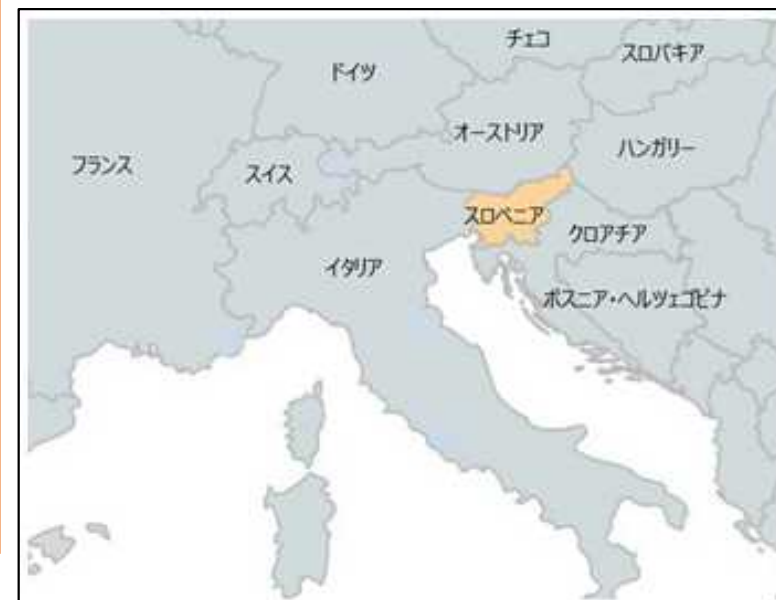
## <社会的背景・位置付け>

- 欧州では、気候変動対策として再生可能エネルギー（以下、再エネ）導入、エネルギー効率化、分散電源の活用、などを政策に掲げ、再エネの比率を高めることとしている。
- 我が国では、適切な電圧調整や停電時間の短縮など、電力品質を維持しつつ再エネを活用したエネルギーマネジメント（以下、エネマネ）が実施され、我が国の技術力を活用したビジネスモデル構築による事業展開が期待されている。

## <スロベニアの課題>

- 再エネの導入促進（2020年にPVの導入目標8.2% ※2016年時点でPV約1.7%）に伴う**系統問題（電圧／逆潮流／調整力不足問題）への対策**
- 高頻度で達成する**停電時間の短縮**
- **老朽化した配電設備の更新**（費用を抑えつつ電力供給の信頼性を向上するスマートグリッド導入）
- **系統事故時の病院などの停電回避、工場などの電力品質確保**（より経済的な対策）

スロベニアおよび周辺国



## <事業の意義>

- 再エネ比率の高まりに対する、電力品質および信頼性の向上とエネマネへの貢献
- 実証設備ではなく、スロベニアの実際の電力網を活用することによる実装の検証

## <我が国の技術力輸出への貢献>

- 世界的な再エネの大量導入下においても、我が国の電力品質維持や停電時間の短縮化に関する技術力の提供により、電力システムの安定性に寄与
- スロベニアでは、老朽化した配電網の有効活用、設備更新の適正化、監視設備投資・運用費用の削減／管理レベル・システム導入状況の均等化、電力品質の維持・改善、停電時間の短縮、再生可能エネルギー導入加速、新たな調整予備力の確保といった多岐にわたる課題解決のため、**プロジェクトの実施による実用化検証**が必要



## (検証概要)

- ・第1フェーズ：再エネの大量導入対策に効果のある配電システムの監視や電圧調整の実現検証
- ・第2フェーズ：需要家側リソース及び蓄電池を活用し、病院などの重要施設の停電救済に関する検証

- 実証事業により、スロベニアへの我が国の技術普及を促進
  - ・スロベニアや欧州諸国への技術展開における妥当性評価
  - ・CO<sub>2</sub>削減への貢献

## NEDOが推進すべき事業

### 「NEDOのミッション」

エネルギー・地球環境問題の解決、産業技術の強化

### 「国際エネルギー実証のミッション」

将来の先行実証、エネルギーセキュリティへの貢献、日本企業の海外展開支援



実証事業を円滑に遂行していくためには、官民一体となった取り組みが必要であり、政府機関とのネットワークを活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポート



## 『実証の場』を創出



- ✓ スロベニア政府及び国営送電会社ELESと協力して、スロベニア国内の実系統で、電力システムを検証
- ✓ 小売事業者及び需要家向けエネルギーサービスプラットフォーム事業を目指したビジネスモデルの検証



## 2. 事業マネジメント (1) 相手国との関係構築の妥当性

● 2016年11月25日 経済開発・技術省、インフラ省と協力覚書 (MOC) と議事録 (MOM) 締結<第1フェーズ>



MOCおよびMOM締結の様子<第1フェーズ>

● 2018年5月8日 クラウド型配電管理システム 運転開始式<第1フェーズ>



運転開始式<第1フェーズ>

● 2018年9月24日 経済開発・技術省、インフラ省およびELES,d.o.oと協力覚書 (MOC) と議事録 (MOM) ならびに基本協定書 (MOU) 締結<第2フェーズ>

● 2019年12月 実証運転終了<第1フェーズ>

● 2021年11月5日 クラウド型エネルギー管理システム 運転開始式<第2フェーズ>



MOC、MOMおよびMOU締結の様子<第2フェーズ>

● 2022年6月30日 実証運転終了

● 2022年11月21日 スロベニアでの現地終了式

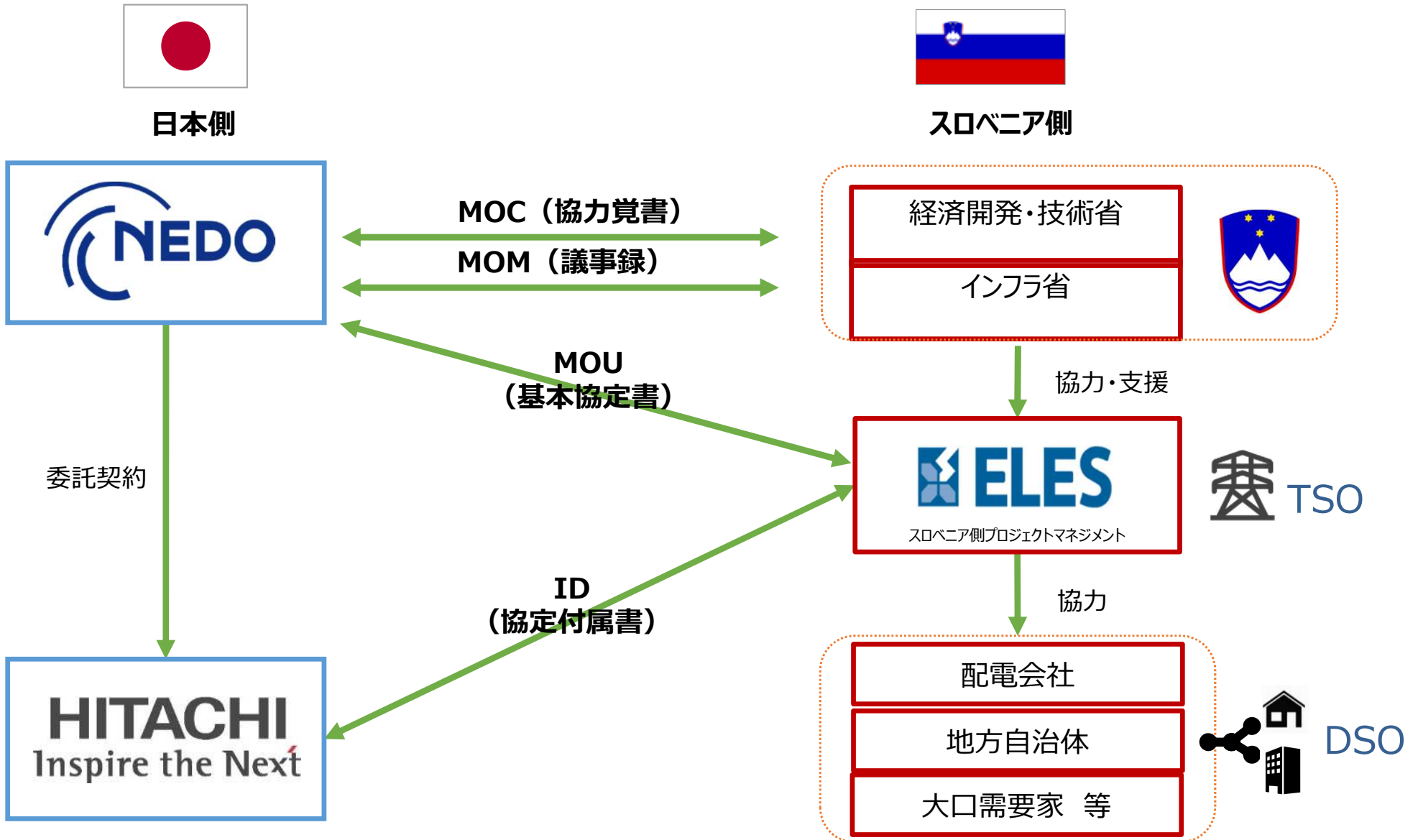


運転開始式<第2フェーズ>



スロベニアでの終了式

## 2. 事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決

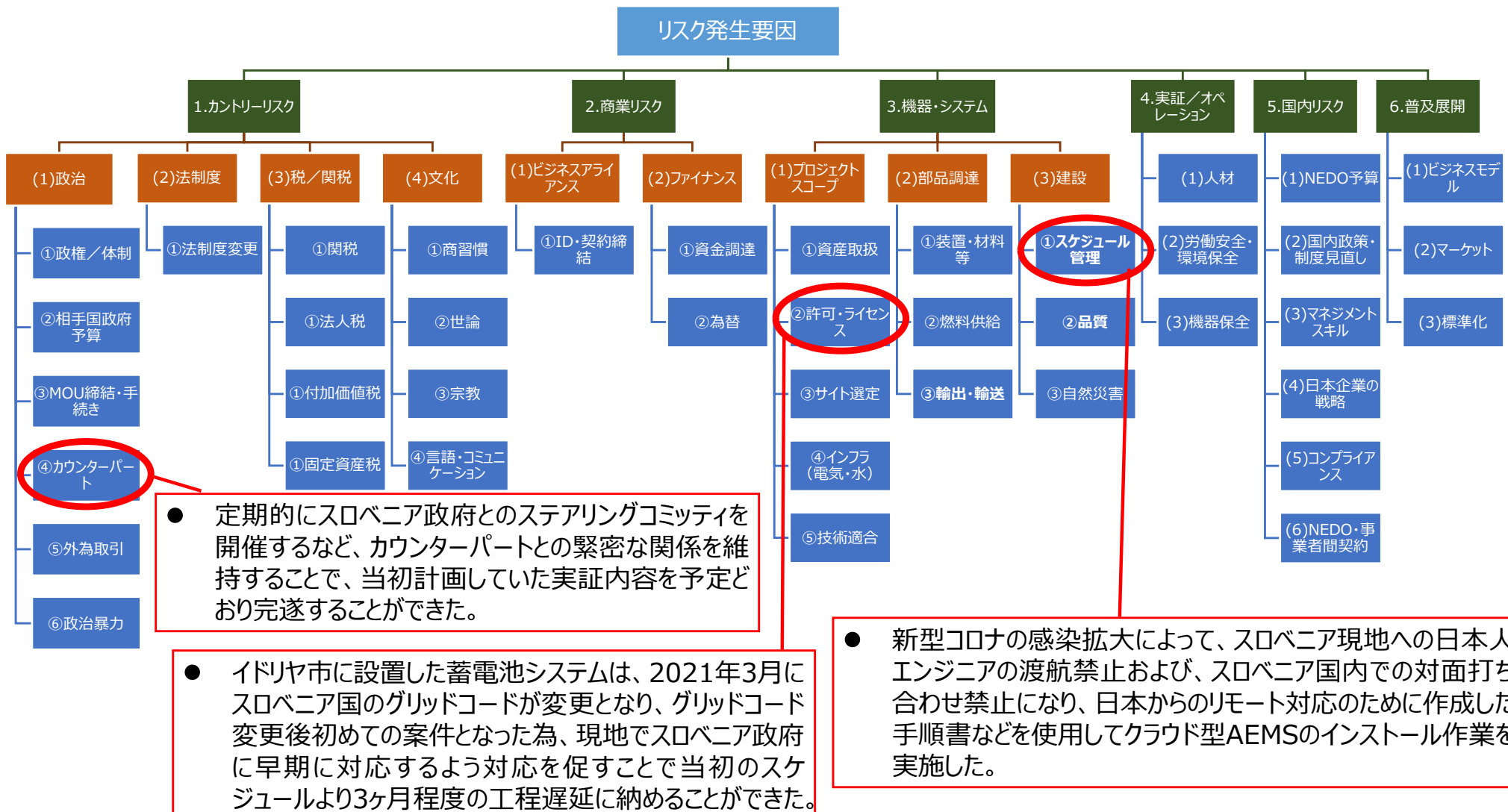




## 2. 事業マネジメント (2) 実施体制と課題共有・問題解決



2018年2月にNEDO国際部が制定した「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、国際実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定し、事業に臨んだ。



### 事業内容・目標

電圧調整機能、事故復旧機能、DR機能融合などを実装した**配電システムの制御システム (DMS)**および、複数の配電会社が共有して使用可能な**クラウド型エネルギー管理システム (AEMS)**、**蓄電池システム**を構築し、**系統事故時の自立運転、瞬時電圧低下対策、送電事業者への調整力の提供を実現**することで、スロベニア国内をはじめ欧州諸国への事業展開を見据えたビジネスの雛形構築を目指す。

### 実証概要

#### ■ 第1フェーズ

- ・再エネの大量導入対策に効果のある配電システムの監視や電圧調整を実現する**クラウド型配電管理システム (DMS)の構築**
- ・配電設備への投資最小化を実現する、**複数の配電会社のDMSを束ねたクラウド型の効率的な電力システムの構築。**

#### ■ 第2フェーズ

- ・需要家側リソース及び蓄電池を活用し、病院などの重要施設を停電から救済する系統事故時の自立運転、工場などへの高品質電力供給（瞬時電圧低下対策）、アンシラリーサービスを提供する**クラウド型エネルギー管理システム (AEMS) の構築。**

# 2. 事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性



クラウド型のDMS、AEMS：投資最小化を実現するクラウド型サービスを提供

DMS：配電管理システム、  
AEMS：大口需要家、電力小売事業者向けのエネルギー管理システム

## 第1フェーズ/DMS

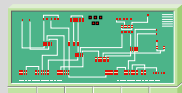
- ◆ VVO (Voltage Var Optimize) 機能：配電系統電圧を適正範囲に維持
- ◆ 配電系統向け事故復旧 (FLISR) 機能：事故故障時に健全箇所での早期復旧による停電時間短縮
- ◆ CVR (Conservation Voltage Reduction) 機能：配電系統の電圧を規定値内で降下させることにより消費電力を抑え予備力を確保
- ◆ DR (Demand Response for Utility) 機能：配電会社の設備投資抑制を目的に、需要家側システムと連携し、配電線の混雑を解消

## 第2フェーズ/AEMS + 蓄電池

- ◆ 電力品質保証機能 (瞬時電圧低下対策)：工場等に対し、降雪や落雷等による瞬間的な電圧低下に対し、一定以上の電力品質を維持
- ◆ 自立運転機能 (アイランディング)：系統事故などで系統から電力供給が途絶えた非常時に、病院、警察など重要施設があるエリアの停電を回避
- ◆ 調整力供給機能 (アンシラリーサービス)：再エネ導入に伴い不足する調整力をTSOへ供給

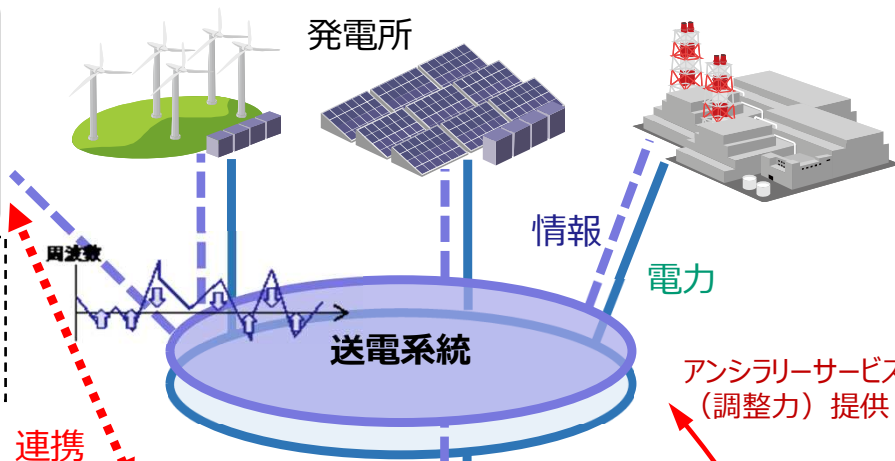
TSO：送電系統運用者 (スロベニア国営送電会社：ELES)

TSO (ELES)：  
系統制御システム



EMS (既設)

EMS：  
エネルギー管理システム  
(TSO用需給・系統  
監視制御システム)



## 第1フェーズテーマ (中小規模の配電会社向け)

DMS

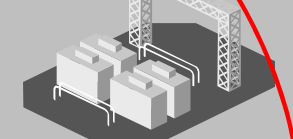
- 電力品質維持・向上
- ・配電線電圧を適正に維持
  - ・停電時間短縮
  - ・再エネ導入支援
  - ・予備力確保 (TSO向け)
  - ・過負荷解消

DSO：配電自動管理システム



DMS (新設)

配電変電所



## 第2フェーズテーマ (大口需要家・小売事業者向け)

アルペンエリア



重要施設 (病院等)



蓄電池 (新設)

小売事業者



AEMS (新設)

都市商業エリア  
(大口需要家)



蓄電池 (新設)

AEMS+蓄電池

- ・瞬時電圧低下対策
- ・アイランディング
- ・アンシラリーサービス (TSO向け)

小売事業者  
(アグリゲータ)



### ISGAN (International Smart Grid Action Network) について

#### <ISGANへの参画>

- 再生可能エネルギー導入拡大、エネルギー消費低減、電気自動車の導入拡大などスマートグリッド関連技術の発展と普及を世界規模で促進することを目的とする、IEAの技術協力プログラムの一つで各国政府及び政府機関が参画
- 日本は、2011年より資源エネルギー庁・NEDOが参画

### ISGAN Award 2020による受賞

#### ■「Winner」(最優秀賞)の受賞

・本事業の功績および将来の有望性が認められ、NEDOは(株)日立製作所、ELES,d.o.o.と共に、「ISGAN Award 2020」において、**最高位である「Winner」(最優秀賞)を受賞**

- ・電力ネットワークのデジタル化を通じて、需要家のリソースを効果的に活用する技術の実現を目指している本事業が電力の供給サイドと需要家が互いに利益を享受する形でエネルギー管理の推進を可能とするスマートグリッド技術として評価され、今回の受賞に至ることになり、NEDOおよび日本企業の最優秀賞の受賞は初めてとなる。



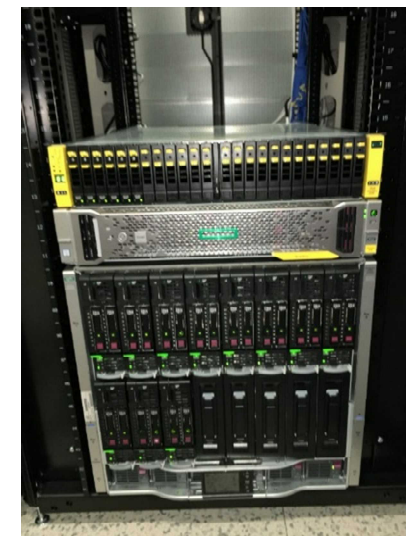
ISGAN Award2020 トロフィー



### 3. 実証事業成果 スロベニア実証事業概要

#### Phase1 : クラウド型統合配電管理システムを構築 & 実証

実証期間 : 2016年11月 - 2019年12月  
実証場所 : 配電系統 (Elektro Maribor, Elektro Celje)  
システム運用者 : 配電会社  
構築システム : クラウド型統合配電管理システム(統合DMS)  
実装機能 : VVO(電圧調整機能) FLISR(事故復旧機能)  
デマンドレスポンス/CVR



クラウドDMSサーバ装置

#### Phase2 : クラウド型エネルギーマネージメントシステムを構築 & 実証

実証開始 : 2018年11月 - 2022年6月  
実証場所 : 大口需要家設備(BTC)、地方自治体(イドリヤ市)  
配電系統(Elektro Primorska)  
システム運用者 : 大口需要家、電力会社、地方自治体  
構築システム : クラウド型エネルギーマネージメントシステム(AEMS)  
実装サービス : アンシラリーサービス、アイランディング、瞬低対策



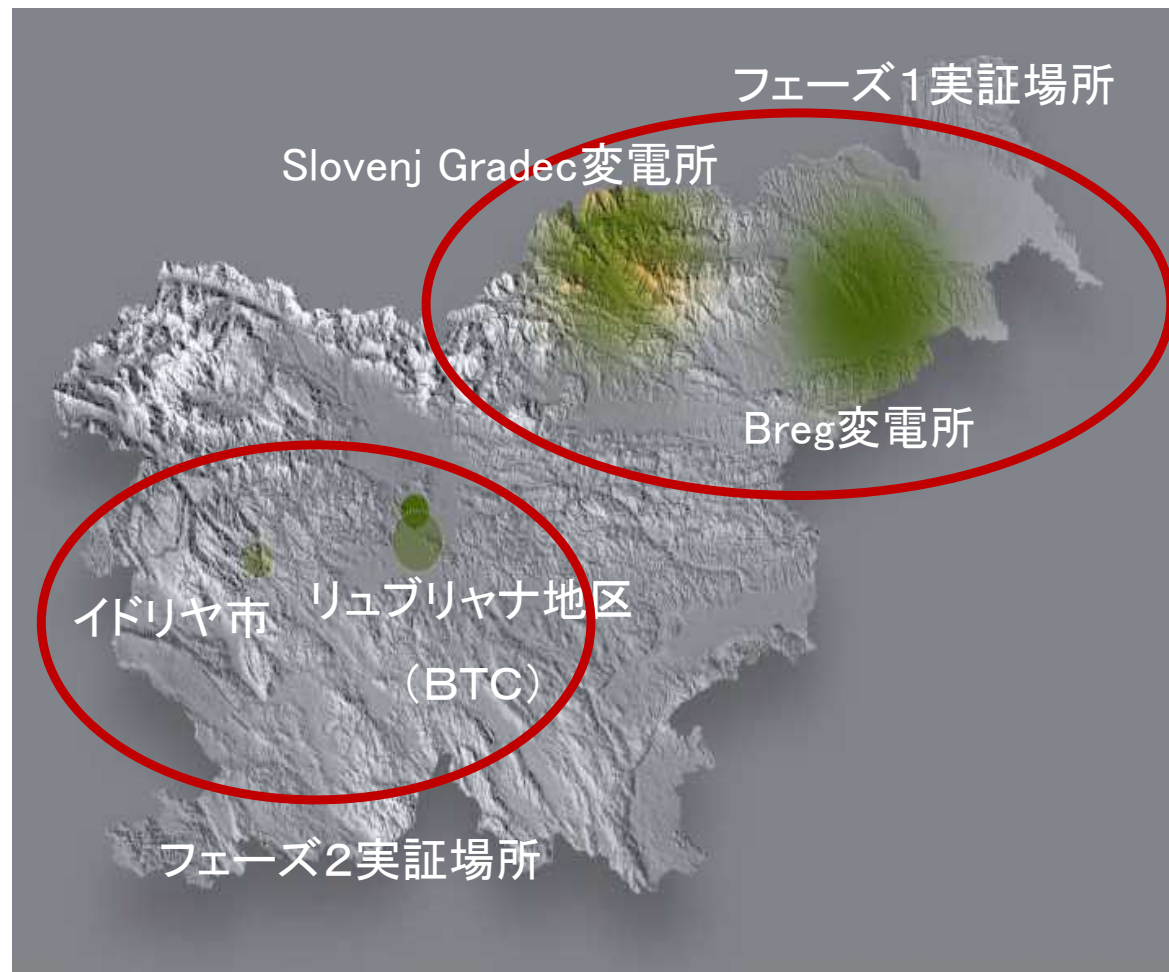
蓄電池システム設置箇所 (イドリヤ市)



BTC向け蓄電池システム(リチウムイオン電池)



- Phase1では、日本と同じ放射状系統を持つ配電会社Elektro MariborのBreg変電所、Elektro CeljeのSlovenj Gradec変電所を実証場所と選定。
- 両地域は、丘陵、山間部で電圧問題や、停電時間に問題を抱えていた。
- Phase2では、首都リュブリャナの商業施設BTCと、首都リュブリャナの西方40kmに位置する山間部の都市イドリヤを選定。
- イドリヤでは2014年に大規模停電が発生しており、災害時の重要施設への電力供給が課題となっていた。
- BTCでは、隣接する工場で瞬低の問題が発生しており、電力品質が課題となっていた。

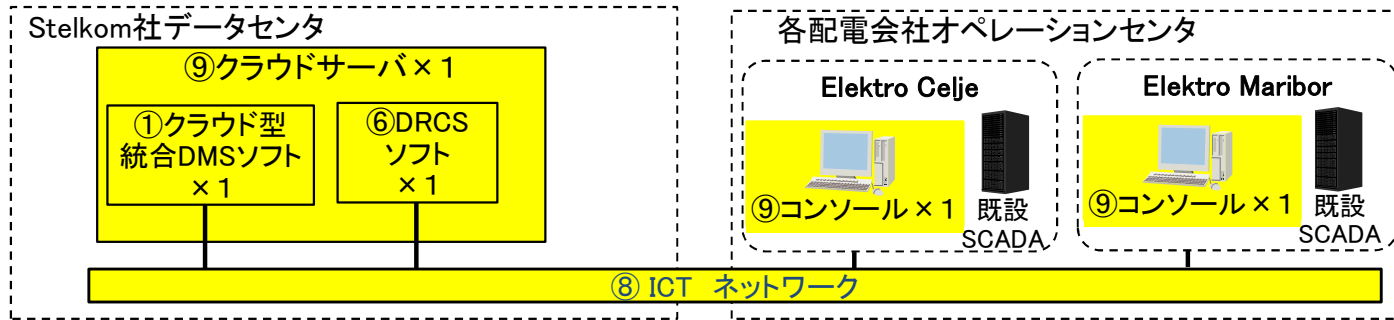


### 3. 実証事業成果 スロベニア実証事業エリア (Phase1)

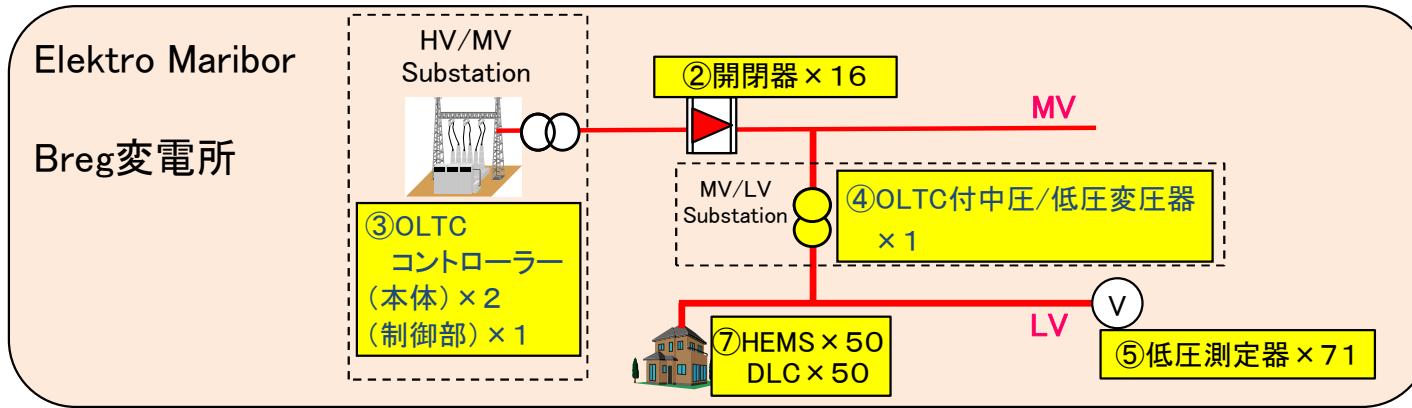


配電会社	配電系統 高/中圧変電所	実証テーマ				実証場所プロフィール
		事故復旧	電圧調整	CVR	DR	
Elektro Maribor (EM)	<p>Breg 変電所 全11フィーダ中 3フィーダが対象</p> <p>[変圧器仕様] 2x31.5MVA 110/20kV</p>	○	◎	◎	◎	<p>[統合DMS]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 長巨長の丘陵地域で約3.6MWの太陽光が導入されている。</li> <li>2. 再生可能エネルギーの大量導入と長巨長配電線の影響で、中圧/低圧の全域で、電圧逸脱の問題が顕在化している。</li> <li>3. 2015年度実績で21回/年の停電が発生。供給信頼度向上が必要。</li> </ol> <p>[デマンドレスポンス]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 都市部と郡部両方の特性を有する地域であり、スロベニアのデマンドレスポンス実現可能性や電力料金の標準指標値となるデータを手に入れるのに適している。</li> </ol>
Elektro Celje (EC)	<p>Slovenj Gradec変電所 全11フィーダ中 3フィーダが対象</p> <p>[変圧器仕様] 2x31.5MVA 110/20kV</p>	◎	○	○		<p>[統合DMS]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 山間部の長巨長配電線で、2015年度実績で16回/年の停電が発生している。</li> <li>2. 山間部のため、事故点の特定、復旧に多くの時間を要する典型的な郡部配電システムであり、DMSによる供給信頼度向上が期待できる。</li> <li>3. 巨長80kmを超える長巨長配電線と1MWの再生可能エネルギーの影響で配電システム全体の電圧調整が困難な状況。VVOによる電圧適正化が期待できる。</li> </ol>

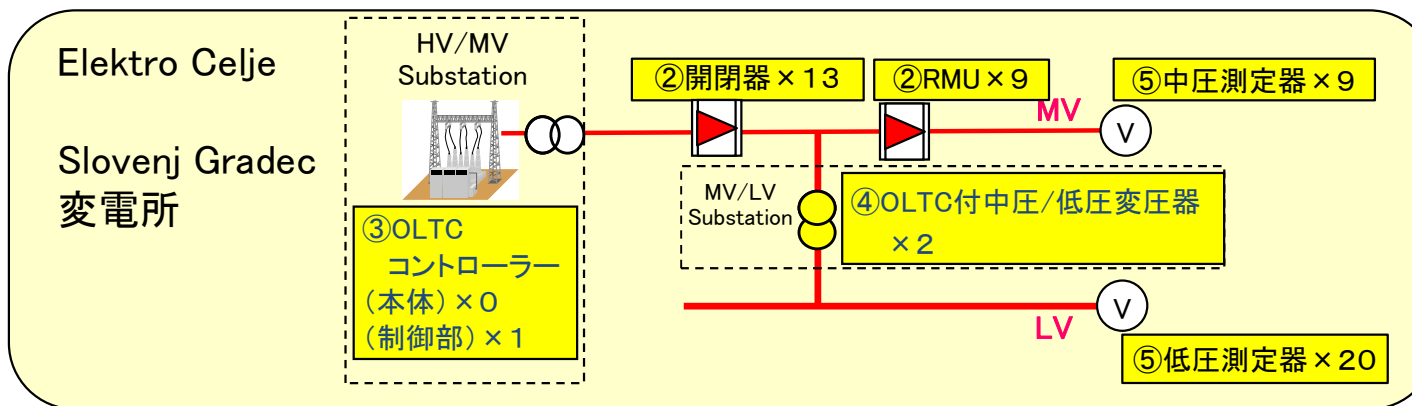
# 3. 実証事業成果 導入機器 (Phase1)



開閉器



DLC



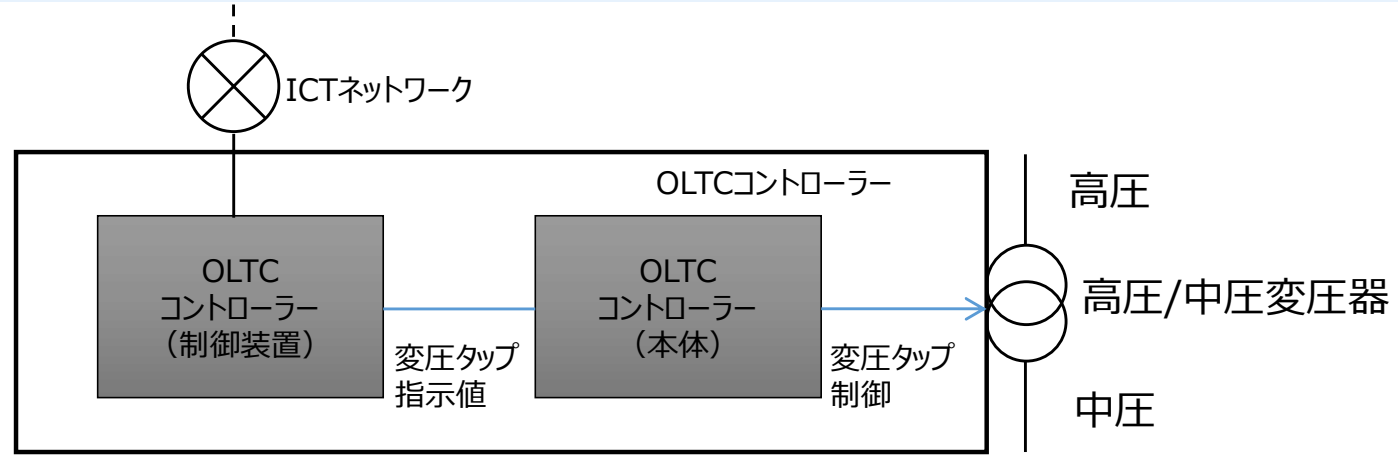
OLTC付中圧/低圧変圧器

■ 本実証での導入設備。 機器名の後ろの「× 数字」は導入設備数

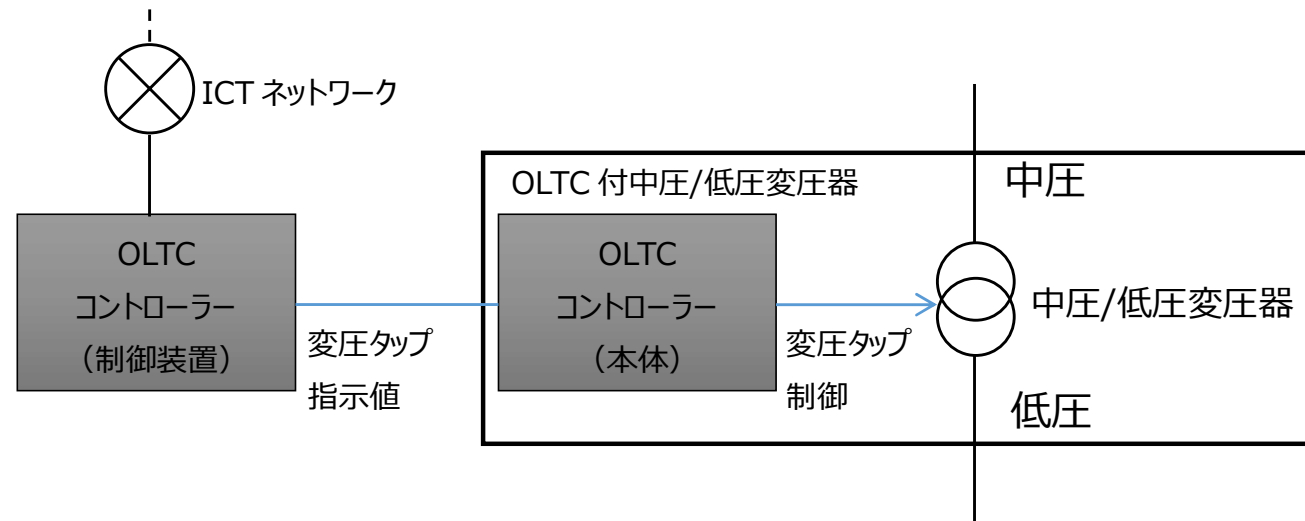
OLTC : On-Load Tap Changer (負荷時タップ切換器)  
 DLC : リモートコントロール可能な宅内ブレーカー

RMU(Ring Main Unit) :地中配電線路の開閉装置

### 3. 実証事業成果 導入機器 (Phase1)



高圧/中圧変圧器用OLTCコントローラー構成図



OLTC付中圧/低圧変圧器の構成図

■ プロジェクト当初に設定した定量目標を全て達成し、期待される効果を確認出来た。

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込み、×：未達

ソリューション	期待される効果	定量目標	達成状況	
VVO	再エネ 導入量拡大	10分平均電圧が基準電圧±10%以 内に95%以上(EN50160基準)	◎	基準電圧±10%以内に 99%以上 (VC実証中の1分計測電 圧)
	電圧逸脱解消			
CVR	予備力確保	34.7kWのネガワット創出 ※日本の配電システムでの当社試算効果	◎	平均75.3kWのネガワット 創出
FLISR	停電時間短縮	本実証前の3年平均SAIDIに対して実 証期間中のSAIDIを50%に低減 ※日本のDMS普及期前後(1990年～2013年) のSAIDI低減率	◎	実証エリア全体のSAIDIを 平均55.2%削減
	ループ切替運用			
DR	過負荷解消	DR対象需要家のピーク電力量10%の ピーク削減効果 ※日本のDR実証事業実績(依田, “ダイナミックプ ライシングの効果について-スマートコミュニティ社会実証 2012年度評価”)	◎	24時間前通知：18.7% の負荷削減 15分前通知：10.0%の 負荷削減
	設備投資抑制			

VVO(Volt Var Optimization)：電圧調整機能

SAIDI：年間平均停電時間

CVR (Conversation Voltage Reduction)：電圧を低くし、負荷の消費電力を抑える方法

FLISR (Fault Location Isolation Service Restoration)：事故復旧機能

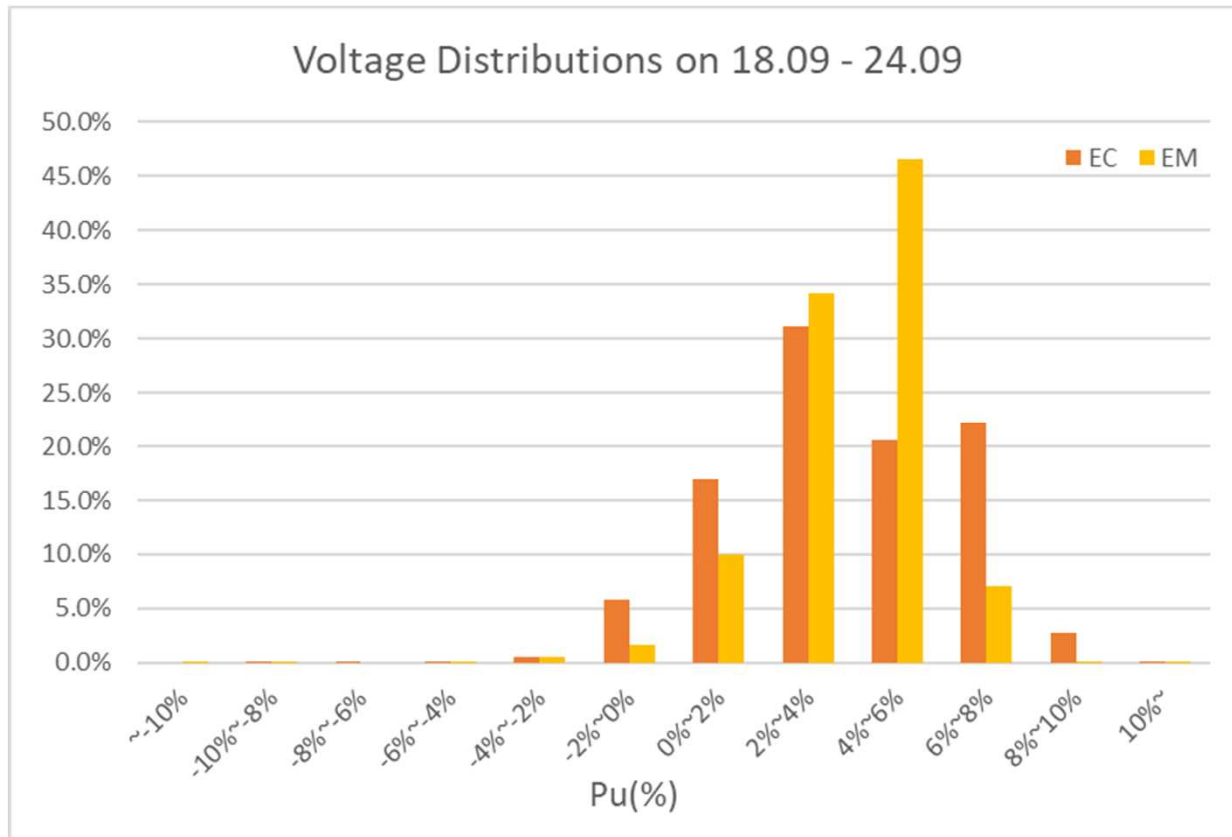
DR (Demand Response)：デマンドレスポンス

- VVOは、再生可能エネルギーなどの大量連系に伴って発生する電圧適正範囲逸脱を解消する目的で、高圧/中圧変圧器や中圧/低圧変圧器のタップを変更するなどの制御を行う機能である。
- VVOの主たる以下 3 つの電圧調整手法に対し、本実証ではVCを採用し、他の手法との差異について評価した。
  1. Standalone Control  
OLTC付変圧器等の電圧調整器が自端の計測情報によってタップを変更させることによって電圧を調整
  2. Rule-based SCADA Control  
特定の計測点の電圧等が規定値を逸脱した場合に、タップを変更する機器を事前にルール化しておき、ルールに従ってコントロール
  3. Distribution model based Voltage Control (VC )  
系統全体の計測情報と潮流計算結果に基づいてDMSが複数の変圧器の最適なタップ位置の組合せを算出
- この数値を評価する基準として、国際規格の一つである欧州連合 (EU) 規格の「EN 50160 (電力規格)」を使用した。本規格には、「10分間の平均電圧の95%以上が基準電圧 (中圧の場合は12.1 kV) の±10%以内」と規定されている



統合DMSのVCにより基準電圧±10%以内に99%以上の計測電圧を保つことを検証・確認できた。

- 実証期間中の全ての計測電圧（高圧/中圧変圧器, 中圧/低圧変圧器, 開閉器, 中圧/低圧計測器）を分析した結果、以下の図、表に示すように、EC、EM両実証サイトにて、計測電圧は基準電圧の±10%以内に99.9%以上の割合で分布しており、EU規格（EN50160）の基準電圧の±10%以内に95%以上の基準を満たした。



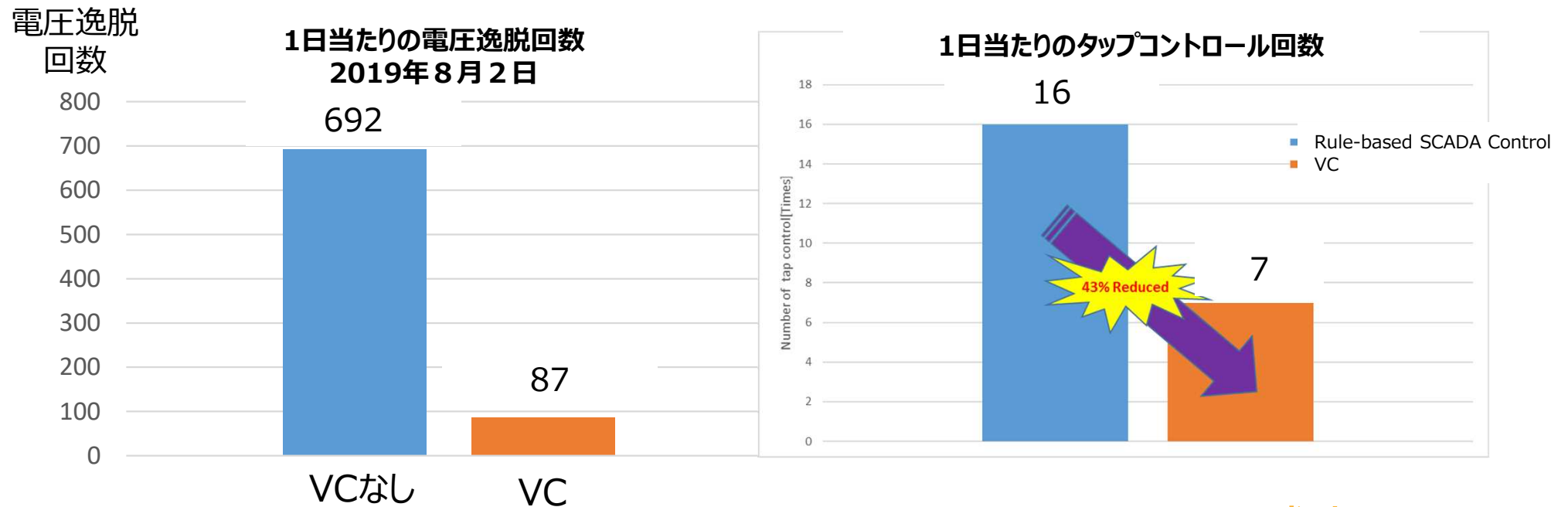
基準電圧に対する電圧分布  
2019年9月18日-24日

pu(%)	Elektro Celje	Elektro Maribor
10%~	0.034%	0.004%
8%~10%	2.716%	0.028%
6%~8%	22.221%	7.131%
4%~6%	20.567%	46.519%
2%~4%	31.089%	34.217%
0%~2%	16.999%	9.975%
-2%~0%	5.844%	1.577%
-4%~-2%	0.504%	0.493%
-6%~-4%	0.023%	0.040%
-8%~-6%	0.002%	0.000%
-10%~-8%	0.001%	0.002%
~-10%	0.000%	0.014%
within ±10%	<b>99.966%</b>	<b>99.982%</b>

基準電圧に対する電圧分布  
2019年9月18日-24日

統合DMSのVCにより電圧逸脱回数、タップコントロール回数を削減出来ることを検証・確認した。

- ある1日に発生した目標電圧逸脱 692件のうち、87%にあたる605件をVCによって解消することができた。
- ある1日あたりのタップ切替回数について、Rule-based SCADA ControlとVCの2つの手法を比較したところ、下右図に示す通り、前者が16回であるのに対し、後者が7回となり、VCの方が少ないタップ切替回数で電圧逸脱に対応できた。



✓ 692件が87件に減少

✓ 16回を7回に減少

CVR機能により平均1.2%の電圧降下で平均0.7% (75.3kW) のエネルギー削減が出来ることを検証・確認した。

- 日本の電力会社が平常時には行っていないCVR機能を検証
- CVR実行時に、電圧低下による機器の動作に影響は発生せず
- 今回は、1.2%の電圧しか下げてないが、仮に5%電圧を下げれば、約2.9%の消費電力削減が可能。スロベニアの電力消費量13,506GWhに換算すると392GWhの電力削減が可能。

	電圧変化量	負荷削減量
第一回目	1.2%	1.8%
第二回目	1.1%	0.8%
第三回目	1.1%	1.2%
第四回目	1.4%	-0.4%
平均	1.2%	0.9%

平日（4時）の電圧変化量と負荷削減量

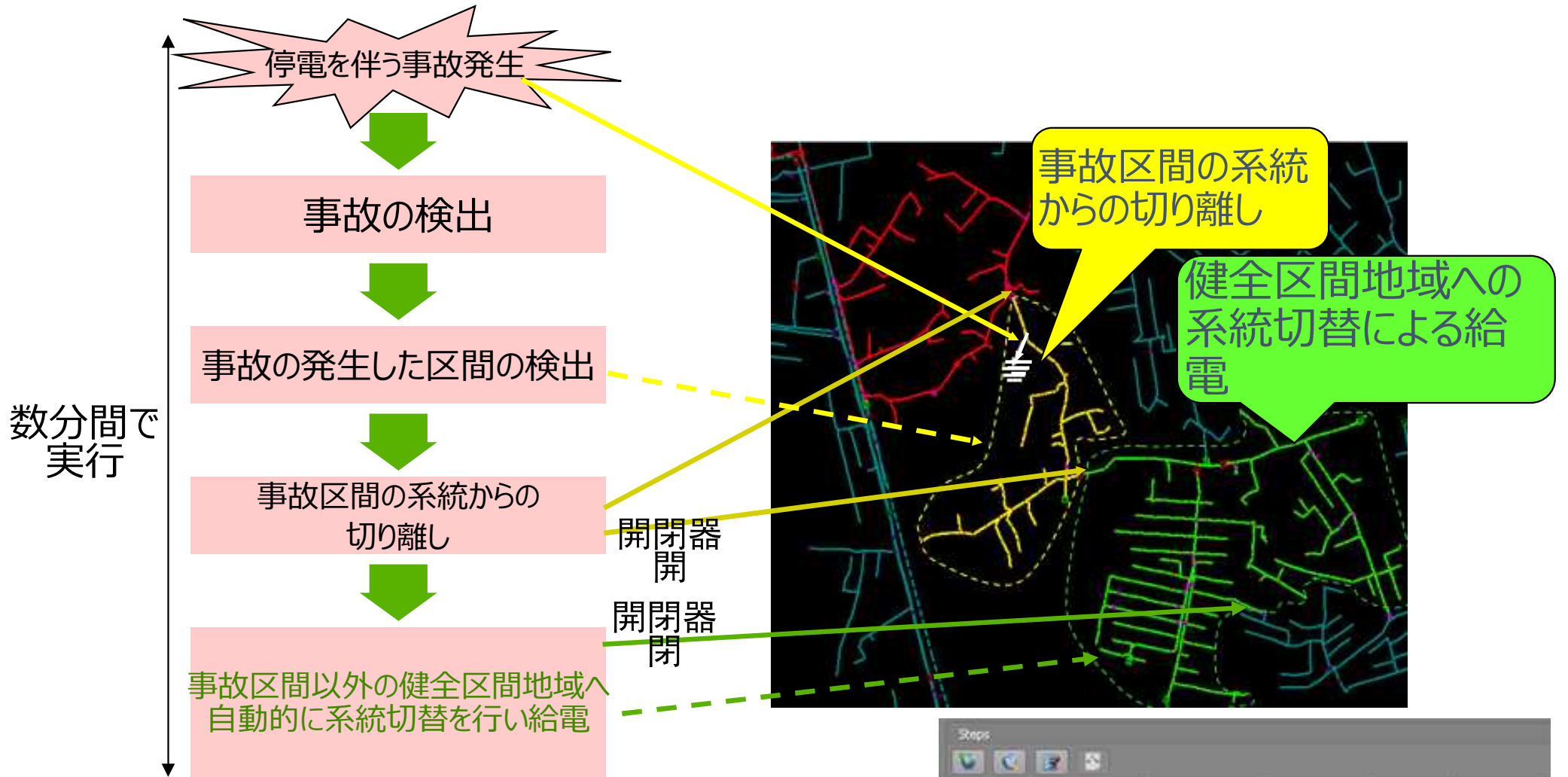
	電圧変化量	負荷削減量
第一回目	1.3%	0.6%

休日（7時）の電圧変化量と負荷削減量

	電圧変化量	負荷削減量
第一回目	1.2%	0.2%
第二回目	1.3%	0.6%
第三回目	1.2%	-0.5%
第四回目	1.0%	2.5%
平均	1.2%	0.7%

平日（8時）の電圧変化量と負荷削減量

- ✓ 実証対象エリアは、Electro Celje社管轄のDOLICフィーダとElektro Maribor社管轄のTRZECフィーダ
- ✓ スロベニアでは、自然災害（氷結、倒木）、当該実証地域では、小動物の接触、倒木などにより停電が多数発生
- ✓ 事故発生時などは、違うフィーダに負荷切替する運用
- ✓ FLISR機能には、収集した事故電流と系統インピーダンス情報から推定事故区間を算出する機能を搭載し、事故点/区間の早期特定と停電時間の短縮を行った
- ✓ 目標値は、日本のDMS普及期前後(1990年～2013年)のSAIDI低減率(50%)を基準として算出した。
- ✓ 2013年から2015年の3年間の平均SAIDI（実績値）と開閉器が導入され、FLISR機能が有効な状態でのSAIDI（推定値）を分析



事故情報の作成

切替手順の作成

Fault						Steps								
ID	Type	Affected	Name	Phases	Customers	Device	RC	Action	Operation	Value	Phases	Status	Created	Closed
705	Fault	Device	DVLM ŽABJA VAS	A, B, C		CO2_Q115W_TP Z...	<input checked="" type="checkbox"/>	Open	Isolation		A, B, C	0 Solved	01/10/19 08:58	
						CO2_Q15W_TP Z...	<input checked="" type="checkbox"/>	Add Tag	Isolation		A, B, C			
						CO3_Q19QE_TP KA...	<input checked="" type="checkbox"/>	Open	Isolation		A, B, C			
						CO3_Q19QE_TP KA...	<input checked="" type="checkbox"/>	Add Tag	Isolation		A, B, C			
						DVLM ŽABJA VAS	<input checked="" type="checkbox"/>	Close	Rest Up		A, B, C			
						DVLM PUNGART	<input checked="" type="checkbox"/>	Close	Rest Down		A, B, C			

FLISR機能により実証対象エリアのSAIDIを平均55.2%削減が出来ることを検証・確認した。

	Feeder	SAIDI Reduction compared to Ave.2013-2015		
		SAIDI Ave. 2013-2015	SAIDI with FLISR	Reduction
EC	DOLIČ	117	94	23 (19.7%)
EM	TRŽEC	404	38	366 (90.6%)
Average		-	-	55.2%



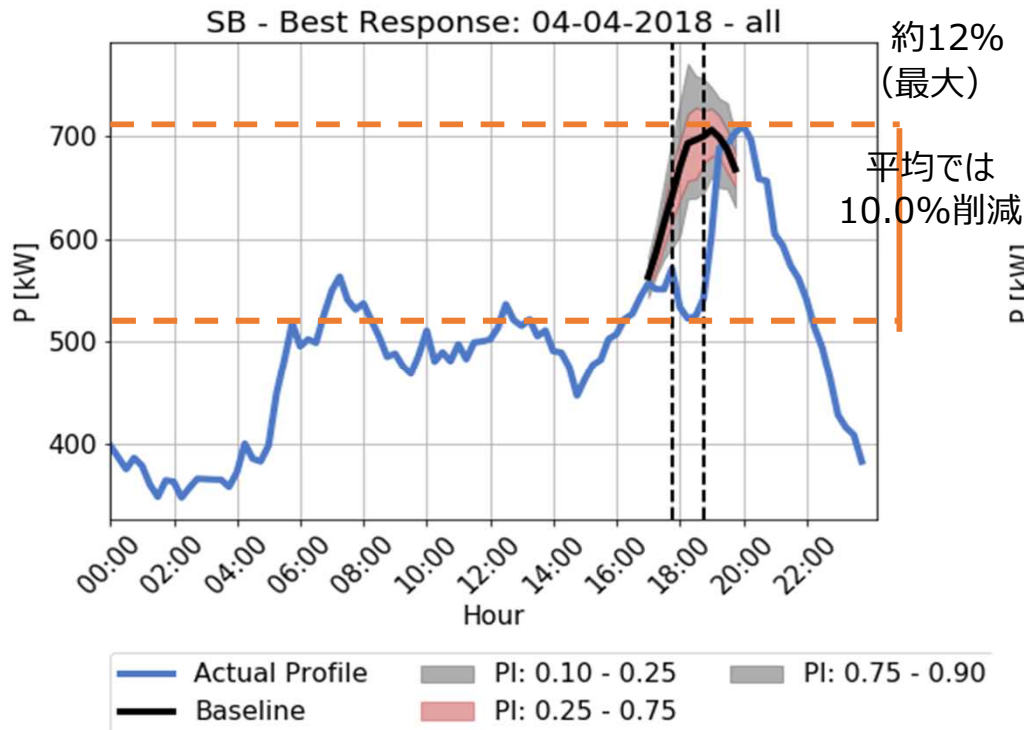
- ✓ 本実証でのデマンドレスポンスは、DNO（配電会社）への貢献を主眼に置いて統合DMSと連携して実行されるデマンドレスポンスである。配電系統の設備、潮流状況を把握している統合DMSから実行されるデマンドレスポンスにより、ピーク時間帯に、必要な需要低減を行う事によって、配電会社は大容量化の為の設備投資を抑制あるいは先送りすることを可能とする。

本実証では、以下二つの需要家へのデマンドレスポンス通知方法を実証した

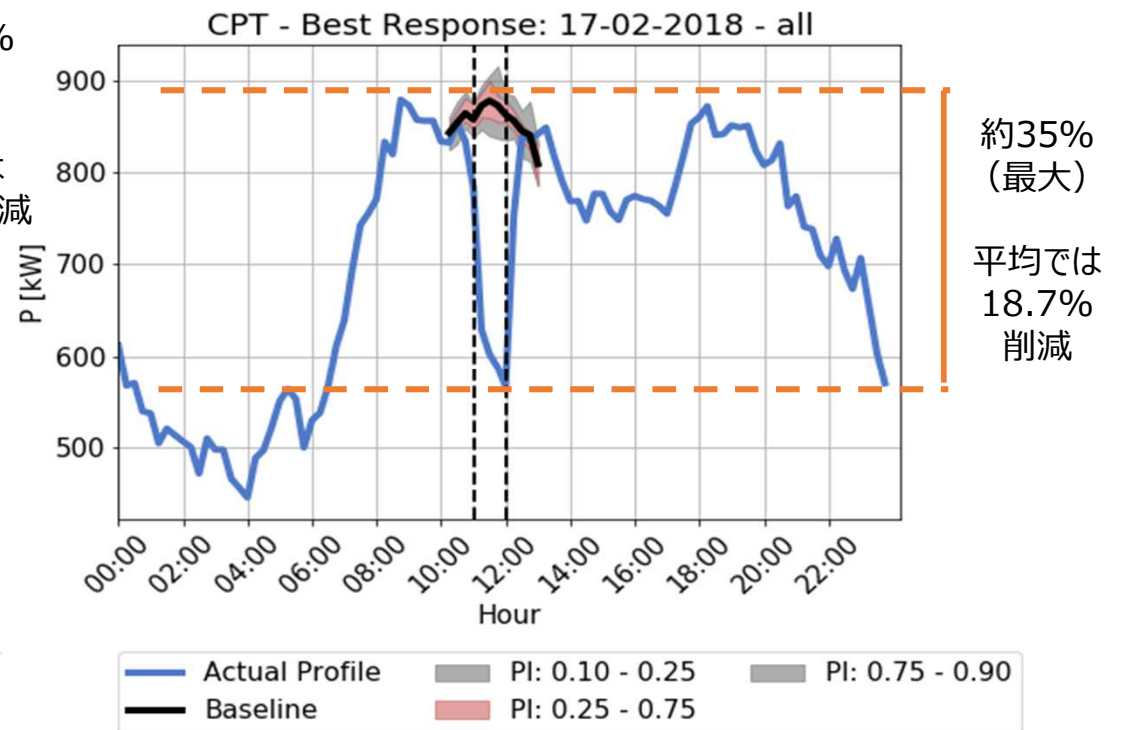
1. 24時間前通知（CPT（Critical Peak Tariff））  
ピーク需要に起因した配電レベルでの過負荷を抑制することを目標に、統合DMSが負荷予測からデマンドレスポンス実施時間を計画し、24時間前にデマンドレスポンス実施時間をデマンドレスポンス対象需要家へ通知する。また、実行の15分前にも確認の意味で通知を行う。デマンドレスポンス実施時間の電気料金は通常料金の10倍、その他の時間は通常料金より10%安い、2段階制料金を用いた方法
2. 15分前通知（SB（System Balance））  
送電レベルでの電力不足への対応として、ELESがデマンドレスポンス実施時間を計画し、当該時間の需要を削減することを目標に、15分前にデマンドレスポンス実施時間を通知する。電気料金の設定は24時間前通知と同様とした。

デマンドレスポンス機能により対象需要家のピーク電力量を10%以上削減が出来ることを検証・確認した。

## デマンドレスポンス実施 15分前通知の結果例



## デマンドレスポンス実施 24時間前通知の結果例



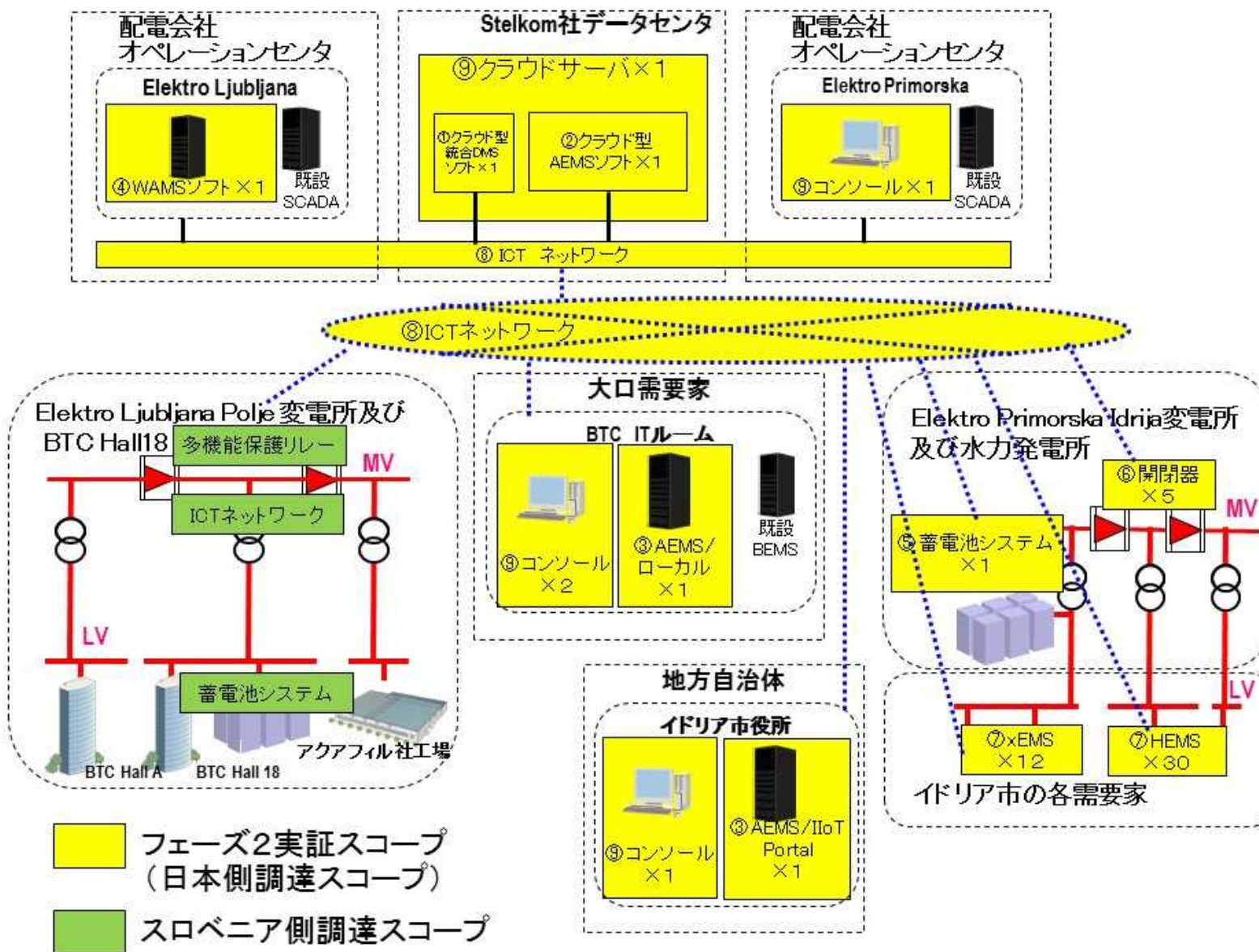
PI : 誤差範囲 (Prediction Intervals)

### 3. 実証事業成果 スロベニア実証事業エリア (Phase2)



実証地	実証テーマ			実証場所プロフィール
	アンリシラ	ダイインラグン	瞬低	
イドリヤ	◎	◎		<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 首都リュブリャナの西方40kmに位置する人口約1万人の山間部の都市。</li> <li>◆ EU内14都市が所属する欧州アルプス地区の環境保護プログラムのようなコンセプトを持つAlpine townsに所属している。</li> <li>◆ 環境に優しい持続可能なエネルギー開発を目指している。</li> <li>◆ 山岳地帯に属しており、電力系統が脆弱な為、2014年の大規模な冰雪被害の際は、数日間の停電に見舞われた。</li> </ul> <p>⇒環境に優しい都市を目指し、エネルギーの効率利用を推進するとともに、災害時の市内重要設備への電力供給確保を行なう</p>
リュブリャナ (BTC)	◎	○	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ BTCとは、首都リュブリャナの市街地に位置する複合商業施設。</li> <li>◆ スロベニア最大の商業エリアで、オフィスビル、ショッピングモール、物流倉庫、ホテル、大規模プール設備、劇場などがあり、多様なエネルギー消費パターンを有する</li> <li>◆ 会社のミッションとして、CO2排出削減、エネルギー効率利用を掲げる。</li> <li>◆ 大規模停電などの有事の際にも優先的に電力が供給される指定地域である。</li> <li>◆ 高品質な電力供給が必要とされるナイロン糸を製造しているアクアフィル社の工場が隣接しており、瞬低への対策ニーズも高い。</li> </ul> <p>⇒エネルギー効率向上、瞬低、災害時の重要設備への電力供給確保を行なう</p>

# 3. 実証事業成果 Phase2 導入機器



AEMS  
サーバー



開閉器



HEMS



### 3. 実証事業成果 Phase2 導入機器（イドリヤ蓄電池システム）



No.	Equipment	Supplier	Qty	
1	BESS DCS	Hitachi	3面	
2	BSS HMI	Hitachi	2台	PC
3	BESS DCS Tool	Hitachi	1台	エンジニアリング用PC
4	PCS（リチウムイオン電池用）	ABB（現日立エナジー）	1台	定格550kVA(LiB用)
5	PCS（鉛蓄電池用）	ABB（現日立エナジー）	1台	定格550kVA(鉛蓄電池用)
6	リチウムイオン電池(LiB : CH90-6)	日立化成 (現エナジーウィズ社)	1式	搭載容量(447.6kWh)
7	鉛蓄電池(LAB : LL1500-G)	日立化成 (現エナジーウィズ社)	1式	搭載容量(1536kWh)
8	スイッチギア	Kolektor	1式	
9	変圧器	Kolektor	1式	
10	UPS	Kolektor	1式	
11	Distribution board	Kolektor	1式	
12	Remote control system	Kolektor	1式	
13	空調システム	Kolektor	1式	
14	消化器設備	Kolektor	1式	

- BTCに設置された蓄電池システムは、ELESが入札により調達を行った。

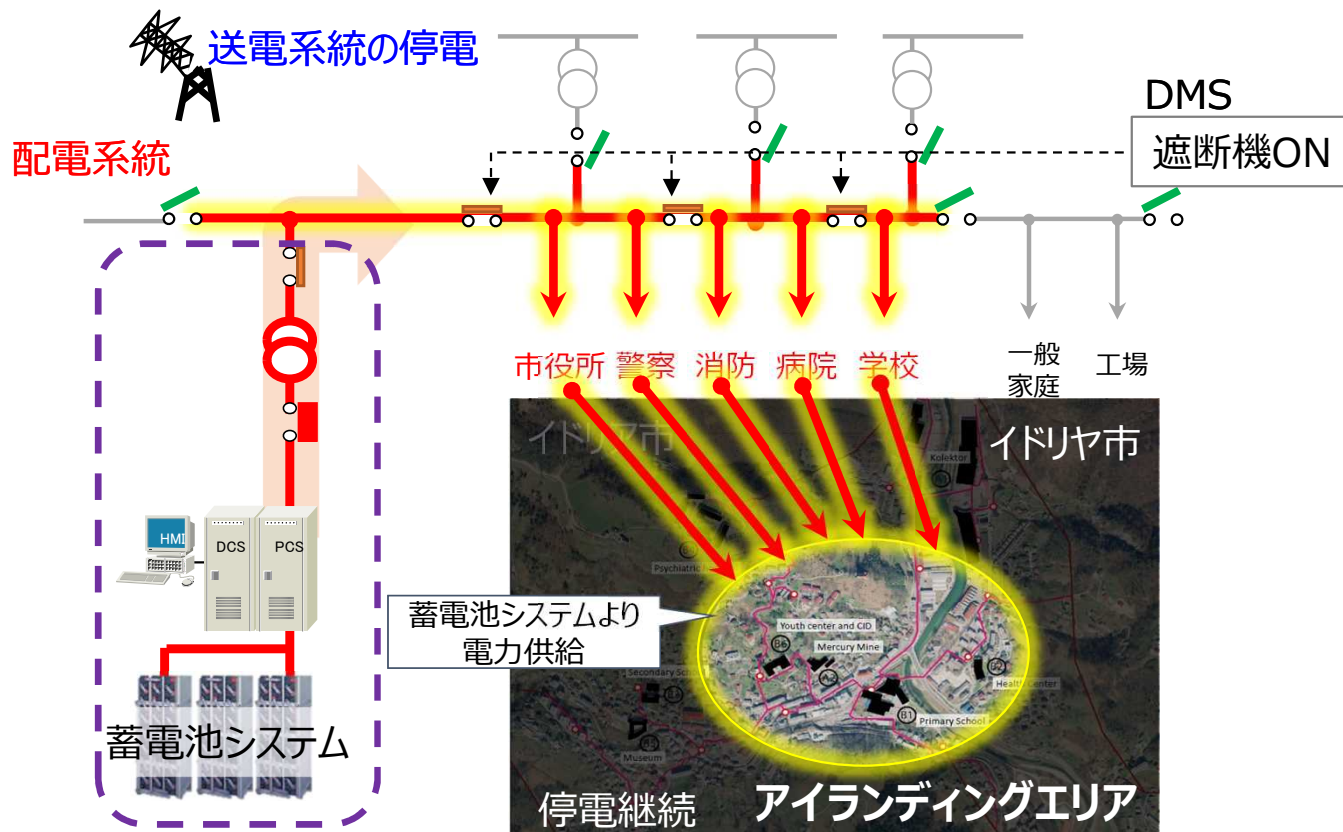
No.	Equipment	調達責任者	Qty	Remarks
1	リチウムイオン電池	ELES	1式	11,339kWh
2	リチウムイオン電池用PCS	ELES	1式	5845kVA(5台)
3	変圧器	ELES	1式	2,650kVA用2台
4	スイッチギア	ELES	1式	10kV用1式、20kV用1式
5	空調システム	ELES	1式	
6	消化器設備	ELES	1式	
7	LV power distribution boards	ELES	1式	
8	Aux. power supply system	ELES	1式	



- 瞬低以外は、プロジェクト当初に設定した定量目標を全て達成し、期待される効果を確認出来た。
- 瞬低については、事象が発生しなかった為、ラボでのシミュレーションを活用し効果を確認した。

ソリューション	期待される効果	定量目標	達成状況	
アイランディング	停電時間の短縮	1分以内に手順実行	◎	24秒で実行
	重要設備の保護	定格電圧の±10%	◎	EU50160の規格 ±10%である0.4%
アンシラリーサービス (セカンダリー)	調整力の確保	2秒毎に指令を受け、±の電力を5分以内に供給	◎	指令受領後、±の電力を蓄電池から5分以内に供給
アンシラリーサービス (ターシャリー)	調整力の確保	平均75kWの予備力確保	◎	BTC, イドリヤ両方の実証サイトにて、平均75kWの予備力を確保
瞬低	電力品質	2018年実績比以下 (瞬低/製造ライン停止発生)	○	瞬低発生2018年実績比 33.3% 製造ラインの停止発生2018年実績比 60%

- 停電時に重要設備を商用系統から切り離し、自動的に蓄電池より電力供給
- イドリア変電所管内の3つの中圧/低圧変圧器エリアを重要負荷として、アイランディング対象とした
- スロベニアで初めての商用配電システムを使用したアイランディングに成功



- 配電会社(Elekro Primoska)の配電管理システム(DMS)が停電を検出
- DMSがアイランディングエリアを商用系統から分離
- AEMSがアイランディング開始、配下の蓄電池システムより対象地域に給電開始
- 停電終了後、商用系統に切り戻し開始

停電時間の短縮(1分以内にアイランディング開始前手順実行)、重要設備の保護(定格電圧の±10%)ができることを検証・確認した。

停電時間の短縮  
(1分以内にアイランディング開始前手順実行)

✓ 24秒で実行

アイランディング開始前手順の所要時間結果

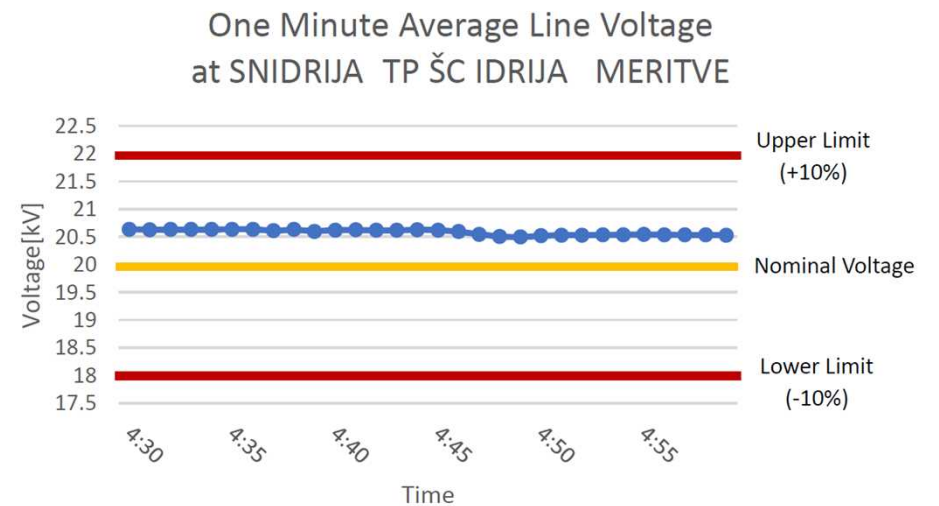
ステップNo.	DMSからの制御実行時刻	SCADA上での状態変化時刻	所要時間[秒]
2	4:24:26 AM	4:24:32 AM	6
3	4:24:39 AM	4:24:41 AM	2
4	4:24:51 AM	4:24:54 AM	3
8	4:25:32 AM	4:25:35 AM	3
9	4:25:39 AM	4:25:41 AM	2
13	4:26:16 AM	4:26:18 AM	2
14	4:26:19 AM	4:26:25 AM	6
計	-	-	24

※ステップ1,5-7, 15-16は初めから開状態への機器への開操作などの同方向制御のステップであったため、所要時間から除いた。

重要設備の保護(定格電圧の±10%)

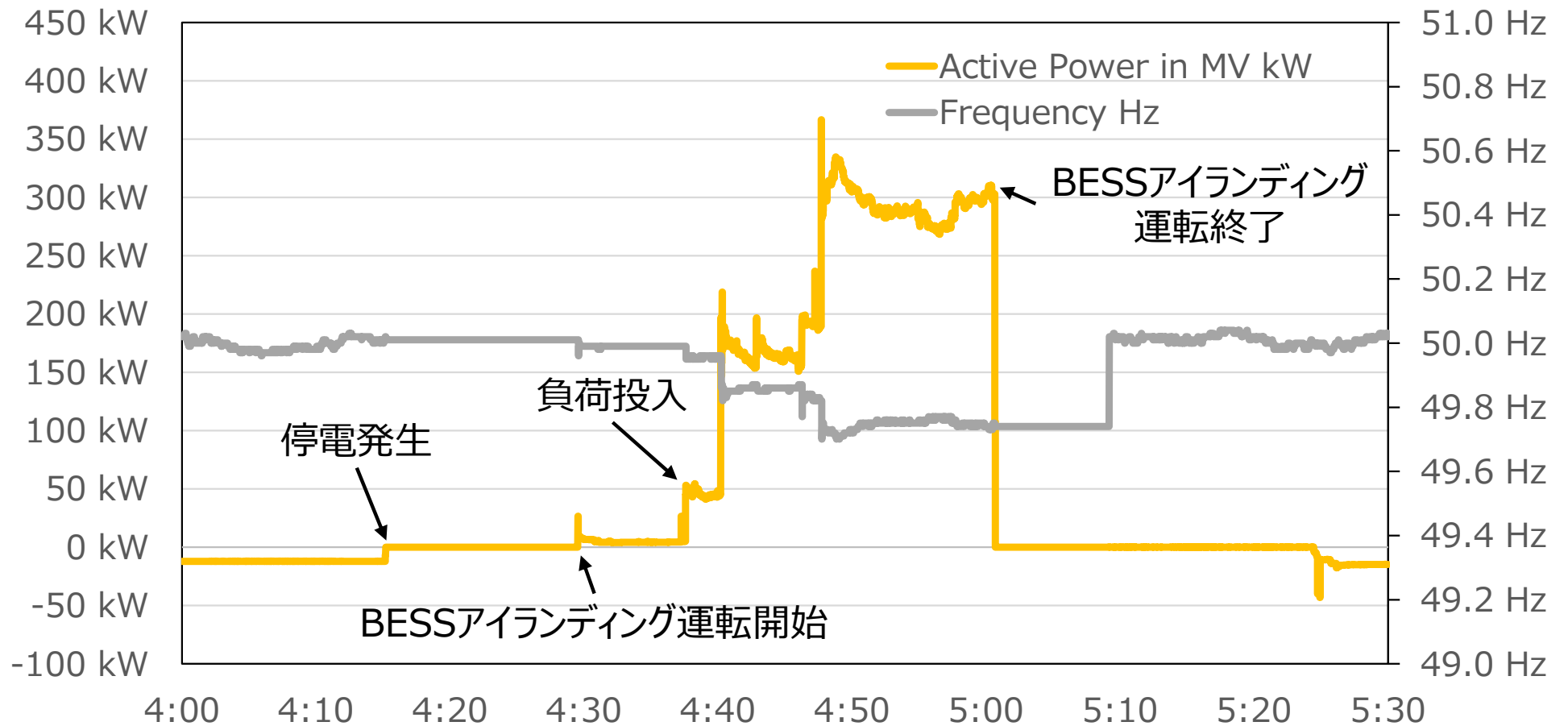
✓ 定格電圧に対する標準偏差は最大0.4%

アイランディング実施中の計測電圧結果例



アイランディング実行中に電力品質（周波数）を遵守出来ることを検証・確認した。

アイランディング実施中のBESS連系点での有効電力と周波数結果例

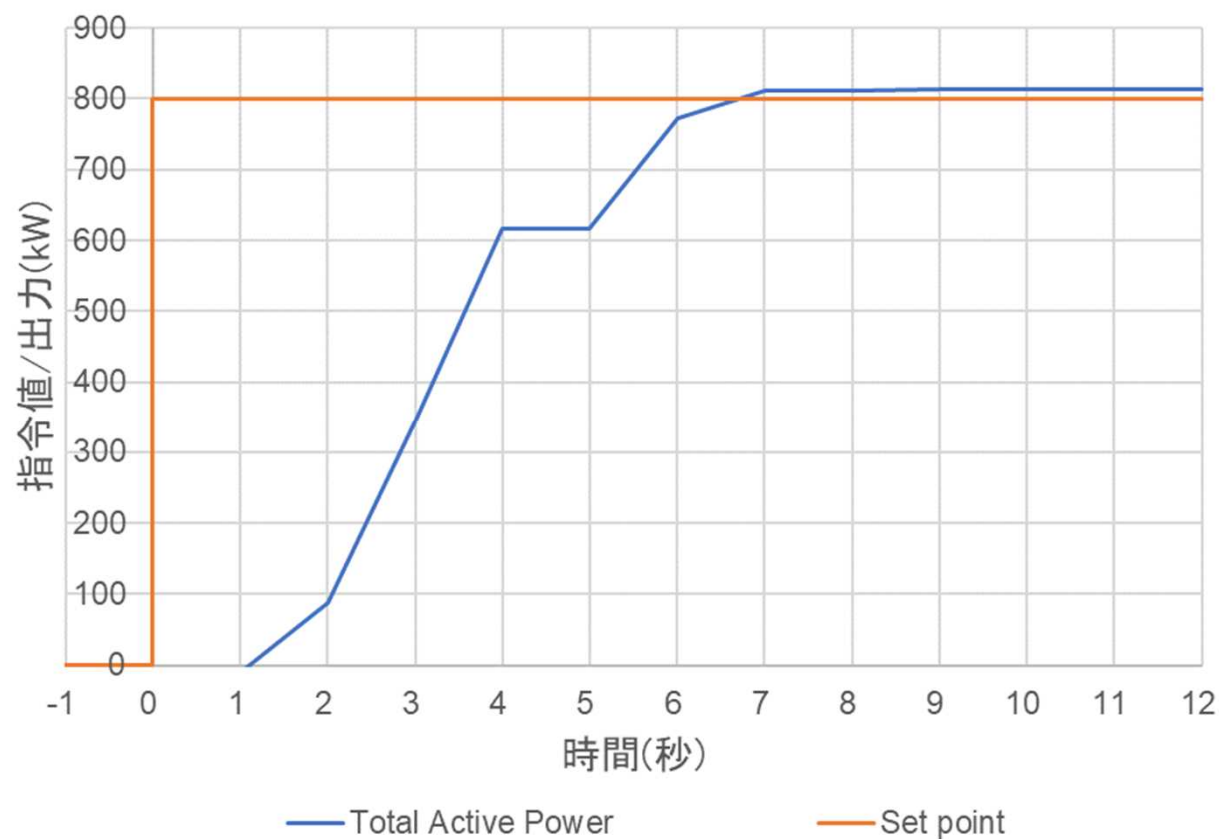


調整力の確保として、ELES社EMS(中給システム)から2秒毎に指令を受け、  
±の電力を蓄電池から5分以内に供給できることを検証・確認した。

2秒毎に指令を受け、±の電力を5分以内に供給

✓ 約6.5秒後に指令に到達

応答性測定結果例 (イドリヤ蓄電池)

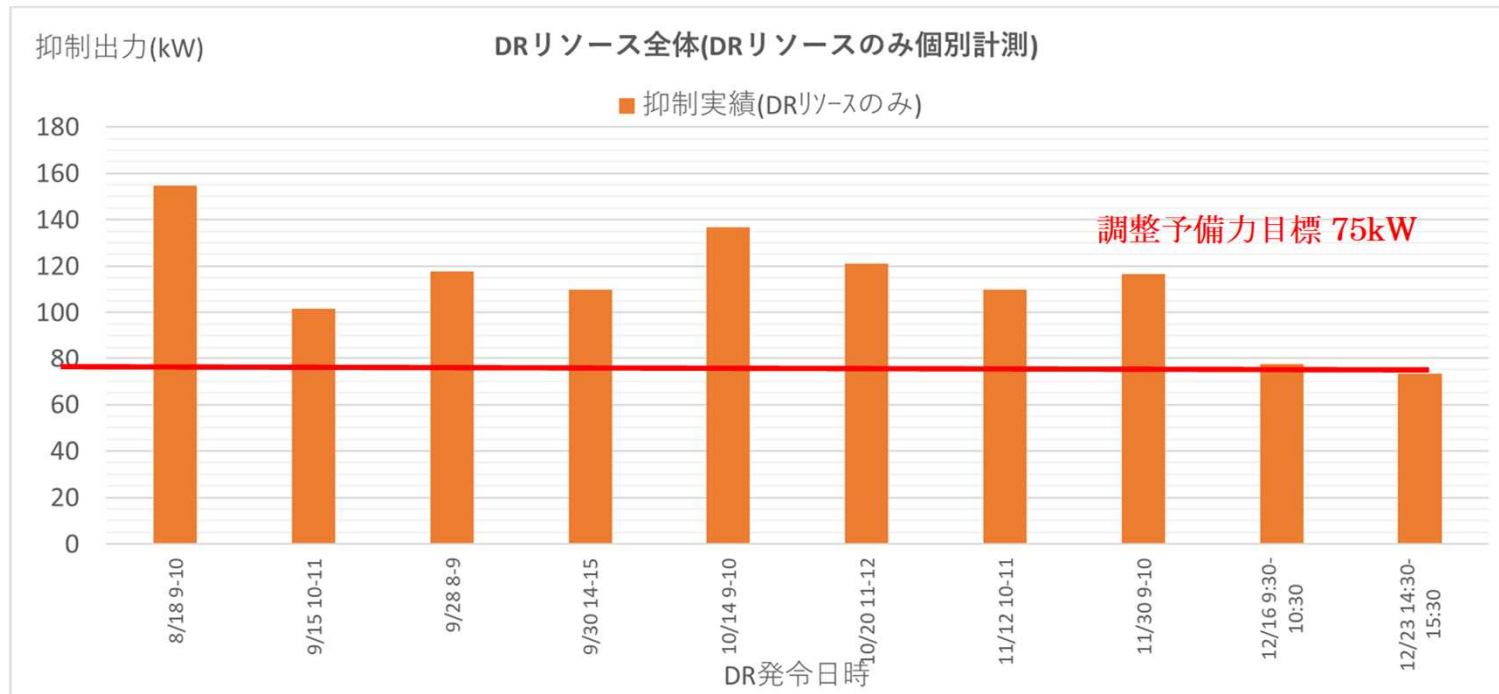


調整力の確保として、BTC, イドリヤ両方の実証サイトにて、平均75kWを確保できることを検証・確認した。

10回のデマンドレスポンス要請に対し、電力削減を行い調整力を確保

✓ 平均111.9kWの調整力確保

BTCおよびイドリヤ全体の調整力確保結果例





2018年実績に対して、瞬低発生および製造ラインの停止発生が減少することをラボでのシミュレーションにて検証・確認した。

2018年実績に対して、瞬低発生指標/製造ラインの停止発生指標 < 1

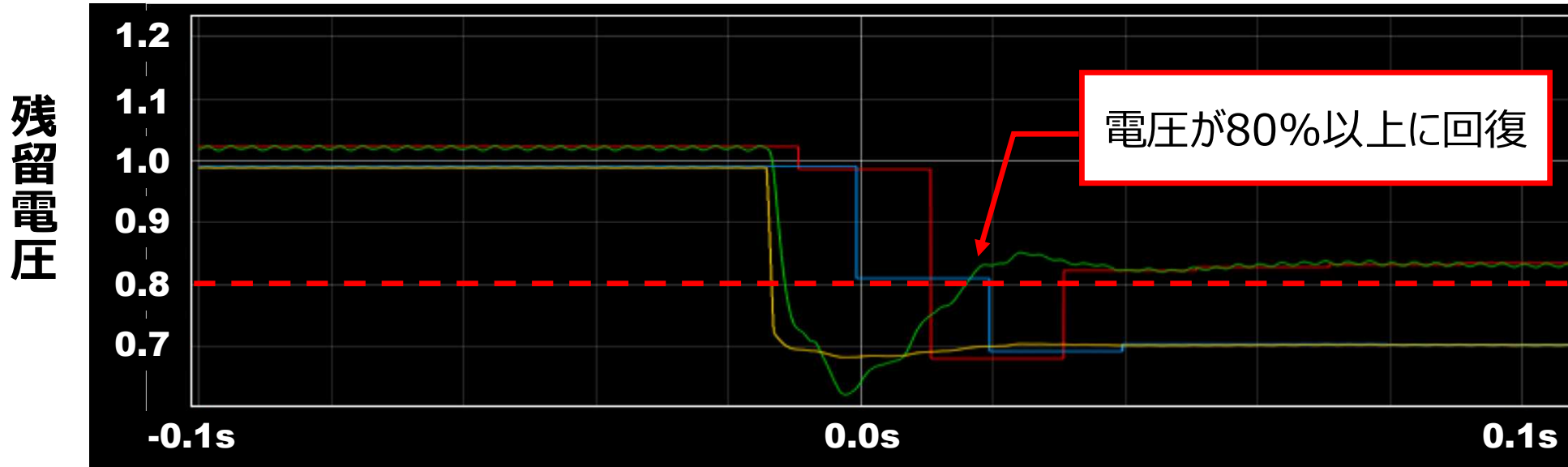
✓ 瞬低発生指標 0.333 製造ラインの停止発生指標 0.6

2018年残留電圧80%以下実績に対する蓄電池導入後の見込み残留電圧

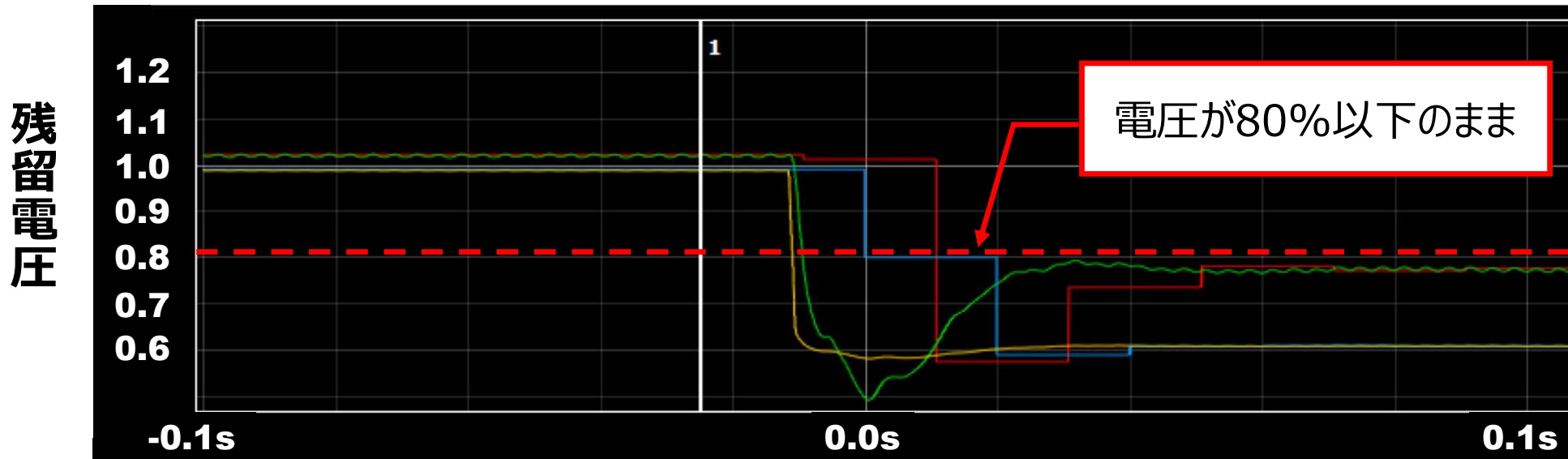
No.	日付	時間	残留電圧 (%)	製造ライン停止実績	蓄電池導入後の見込み残留電圧 (%)	判定 (製造ライン停止発生見込み回数)
1	2018/6/2	19:28:22	72.1%	1	84.7%	○ (0)
2	2018/7/3	21:08:00	76.1%		87.1%	○ (0)
3	2018/7/3	21:12:02	50.4%	1	71.9%	× (1)
4	2018/7/3	21:16:44	75.8%		86.9%	○ (0)
5	2018/7/22	02:44:12	56.8%	1	75.7%	× (1)
6	2018/9/1	13:42:53	75.4%		86.7%	○ (0)
7	2018/9/7	19:10:14	78.7%		86.6%	○ (0)
8	2018/9/24	04:36:17	64.2%	1	80.1%	○ (0)
9	2018/9/24	04:36:19	63.5%	1	79.7%	× (1)

※○ : 80%以上となる見込み、× : 80%未満となる見込み

70%の残留電圧の場合 (緑線：無効電力を供給された電圧：83.2%まで回復)



60%の残留電圧の場合 (緑線：無効電力を供給された電圧：77.3%まで回復)



ラボでの瞬低シミュレーション結果から残留電圧が65%以内であれば、80%以上に維持できると推定

## 4. 事業成果の普及可能性（1）事業成果の競争力 Phase1



本実証のVVO,CVR機能は③の手法を適用している。  
他社が実施しているのは②，既存手法が①である。

\*CVR: Conservation Voltage Reduction

手法	概要説明	性能比較				
		局所 電圧 問題	全体 電圧 問題	負荷/再エネ 出力変動 対応	系統 変更 対応	CVR *
① Standalone (On-Site Voltage Regulator)	タップ付き変圧器等の電圧調整器が自端の計測情報によってタップを変更させることによって電圧を調整する。他点の計測情報を有さない為、電圧が適正範囲に収まっていることは保証されない。系統変更時や負荷/再エネの出力変動に対応不可。日本の配電システムの大部分も本手法を採用。	○	×	×	×	×
② “Rule- based” SCADA control	特定の計測点の電圧や無効電力が規定値を逸脱した場合に、タップや無効電力出力を変更する機器を事前にルール化しておいてルールに従ってコントロールする。特定の機器の動作が多くなる。系統変更時や負荷/再エネの出力変動に対応不可。	○	△	×	×	△
③ “Distribution model based” Volt- VAR Optimization	系統全体の計測情報と潮流計算結果に基づいてDMSが最適なタップや無効電力出力の変更量を算出する。電圧余裕度最大化やタップ動作回数最小化など目的に応じて柔軟に出力を変更することが可能。系統変更時や負荷/再エネの出力変動にも対応。	○	○	○	○	○

## 4. 事業成果の普及可能性（1）事業成果の競争力 Phase2

- 他のベンダーも機能としてアンシラリー、アイランディング、瞬低対策を提供することは可能であるが、個別ソリューション毎に、ソフトウェア、蓄電池、UPSなど購入が必要。
- 日立は、複数のソリューションをAEMSのみで提供可能。またサービス型のため、顧客は蓄電池・UPS等の機器を購入する必要もない。

企業名	主なソリューション	①エネマネ	②アンシラリーサービス (Secondary Reserve)	③アンシラリーサービス (Tertiary Reserve)	④レジリエンス	
					アイランディング	瞬低
Schneider Electric	StruxureWare Demand Side Operation platform	○	○	○	—	—
	EcoStruxure Platform(Microgrid Advisor, Microgrid Operation)	○	○	○	○	—
	UPS	—	—	—	—	○
Siemens	Spectrum Power 7 MGMS Spectrum Power 7 SCADA Platform	○	○	○	○	—
	SieStorage (蓄電池)	○	—	○	○	○
	UPS(SITOP power supply)	—	—	—	—	○
日立	AEMSソリューション(e-mesh)	○	○	○	○	○



ソフトウェア

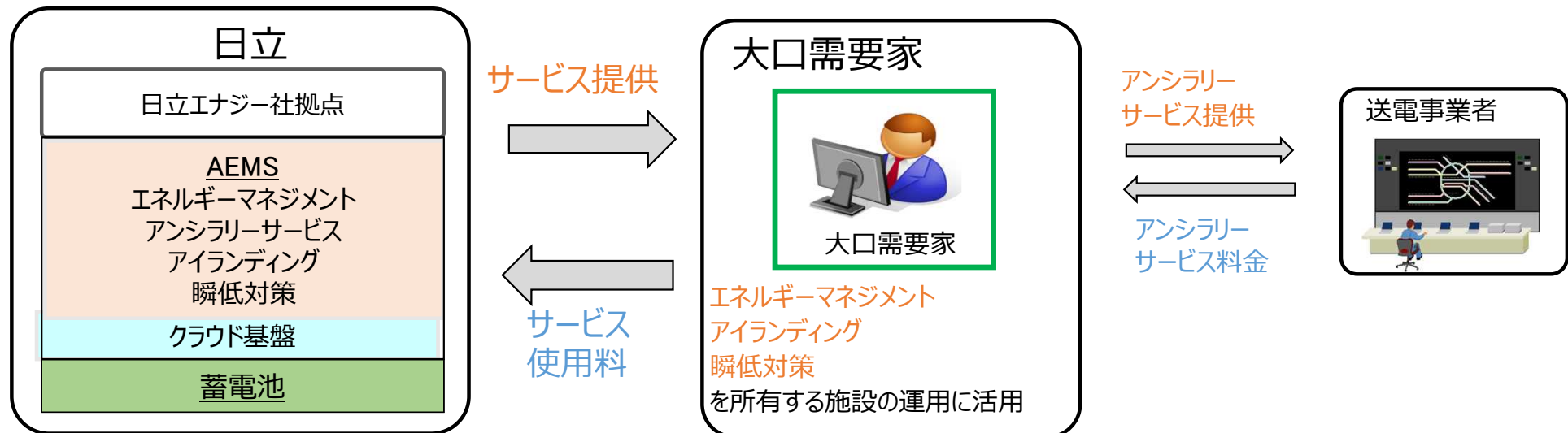


機器

Ph1 : 統合DMSを起点とした、配電会社向けシステムの販売及びメンテナンス



Ph2 : AEMSを活用したサービス提供ビジネス



# 4. 事業成果の普及可能性（4）政策形成・支援措置



- 統合DMSおよびAEMSシステムの普及展開にあたり、政策上の課題と対応策を下記に纏める。

## 政策上の課題

## 政策に合わせた事業モデル検討

### Phase1

統合DMSを第三者が保有し、DNOがサービス形式で利用するケースでは、現時点で託送料金の仕組みがCAPEXがOPEXよりも有利な構造であり、CAPEXつまりシステムを購入・保有する場合における費用は全額託送料金に計上できるが、OPEXつまりサービス料として支払う費用は全額託送料金に計上できず一部回収できない  
よってサービス形式でのビジネス展開は不可

DNOは配電ネットワークのオペレーションを自ら実施する必要があり、コア業務である運用のアウトソーシングは非常にハードルが高いことから、DNOは資産の保有と運用は自ら行いたいという意向が強い

まずは、配電会社（DNO）へ統合DMSシステムを販売する従来型のビジネスモデルで展開し、託送料金算定の体系が変更になり、サービス料が全額託送料金に反映できるようになるまでは、クラウド型サービスモデルは、45ページに示すような、一部のケースのみをターゲットとする。

### Phase2

小売事業者がアイランディングや瞬低対策のサービスを提供することは難しい。  
まず配電事業者は、エネルギー事業法(日本の電力事業法にあたる)で、顧客の差別的な取り扱いが禁止されている。よって、緊急時に配電会社が特定の顧客だけに電力を供給することは難しい。  
また、自治体出資の小売事業者であっても、特定地域で独占して事業を行うことはエネルギー事業法によって禁止されている。

大口需要家をメインターゲットとする。小売事業者を顧客とするケースは、ドイツのシュタットベルケが街区開発を行うケースのみを対象とする

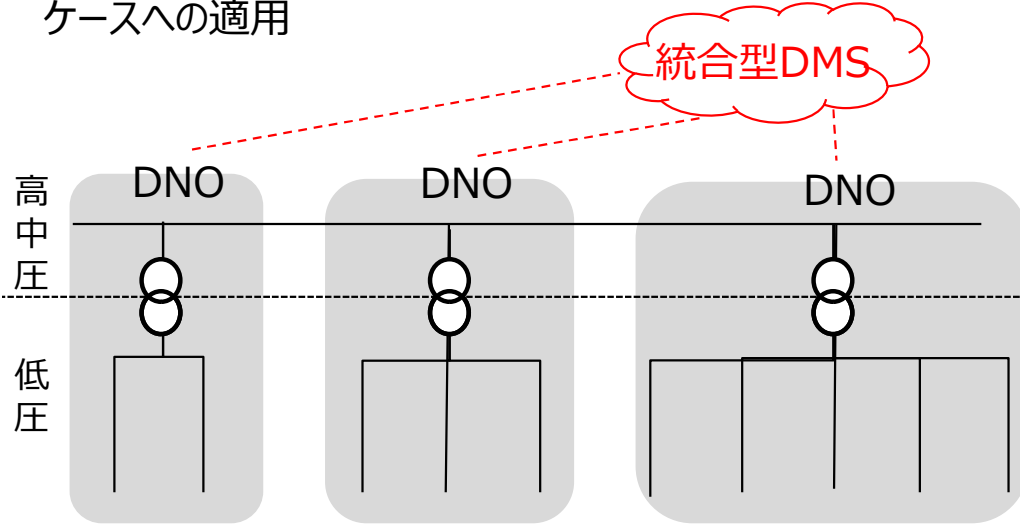


実証中の調査およびDNOへのヒアリングを通して、以下の状況が判明し、統合DMS各機能へのニーズが確認できた。(○ニーズ有 △ニーズ低・不明)

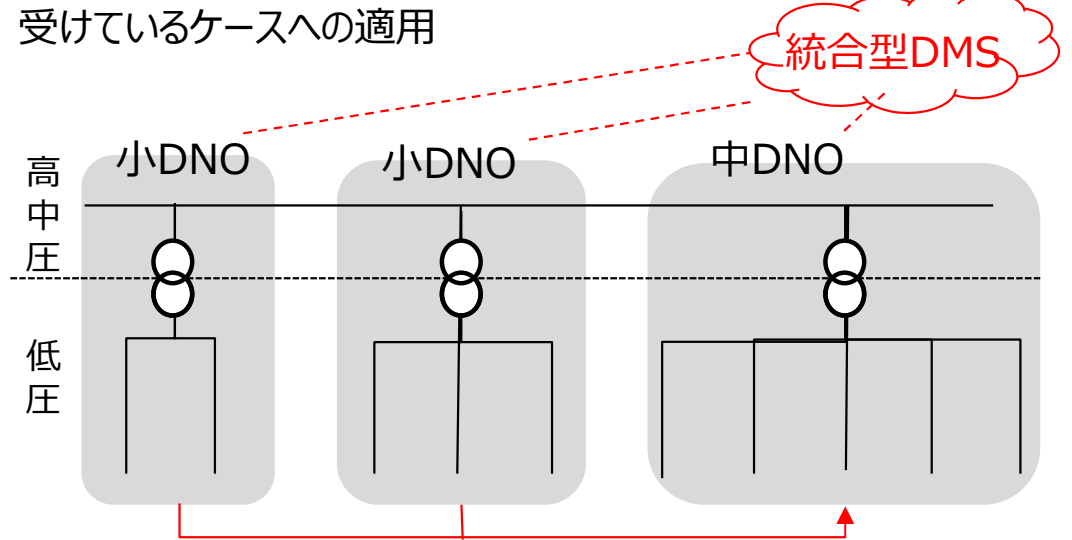
	スロベニア	ドイツ	オーストリア	ポーランド
再エネ増加 →VVO	○ 2030年再エネ目標 最終エネルギー消費 27% 電力消費 47%	○ 2030年再エネ目標 最終エネルギー消費 30% 電力消費 65%	○ 2030年再エネ目標 最終エネルギー消費 50% 電力消費 100%	○ 2030年再エネ目標 最終エネルギー消費 21% 電力消費 27%
配電網の 負荷問題 →CVR/DR	○ 設備老朽化、 電力需要増加	○ PVによる系統混雑・ 出力抑制の現状	○ 再エネ起因の系統 混雑が多い州あり	△ 調査では具体的な 課題発見に至らず
停電時間* →FLISR	○ 266分/年 (EU 25位)	△ 18分/年 (EU 3位)	△ 43分/年 (EU 6位)	○ 242分/年 (EU 24位)
投資抑制 →統合DMS (詳細は次紙)	○	○	○	○

\* 計画外SAIDI 2012～2016年 平均値

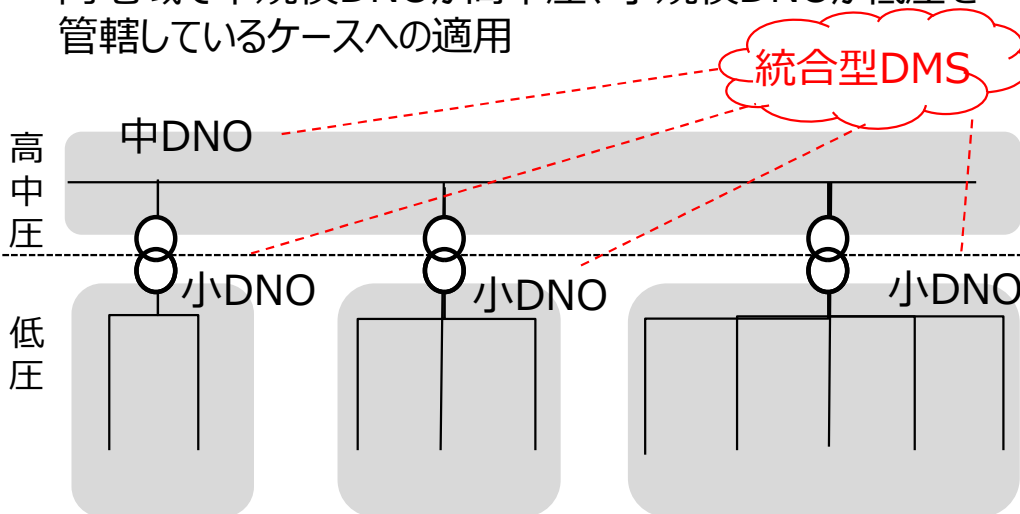
スロベニア  
複数の配電会社が共有する  
ケースへの適用



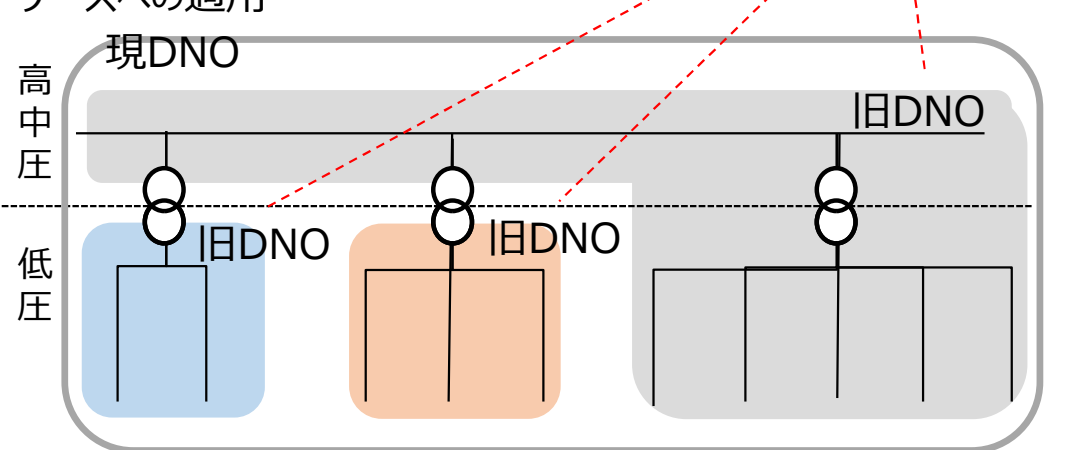
ドイツ  
中規模DNOが近隣の小規模DNOの監視制御の委託を受けているケースへの適用



オーストリア  
同地域で中規模DNOが高中圧、小規模DNOが低圧を  
管轄しているケースへの適用



ポーランド  
合併統合により社内に複数のシステムが  
混在し、それらを統合し一元管理する  
ケースへの適用

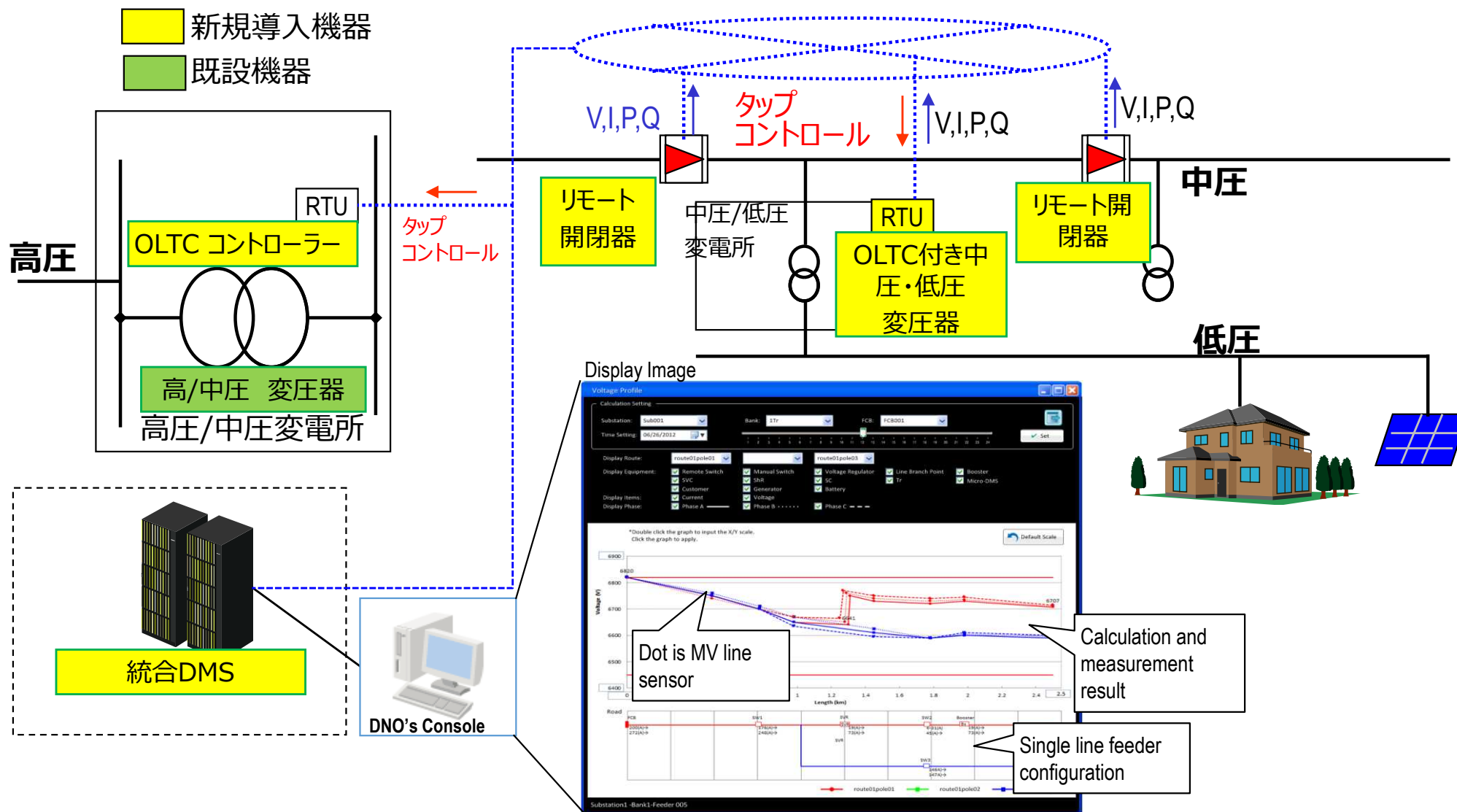


- 小売事業者向けおよび大口需要家向けの2つのビジネスモデルについて、対象各国での調査を行った結果を下記に示す。

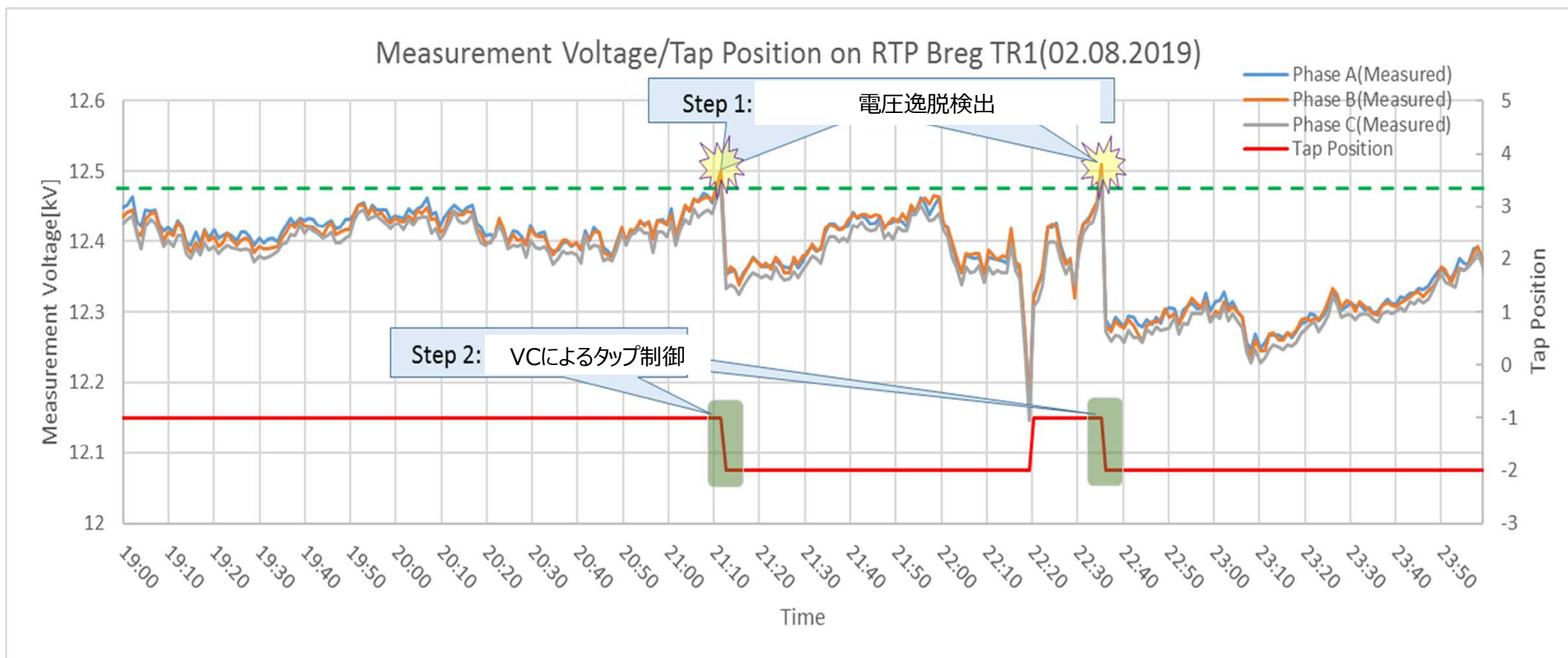
国	ビジネスモデル	潜在顧客	潜在市場規模
スロベニア	大口需要家向けサービス	BTCのような複合商業施設、金属、製紙、電子機器事業者ニーズがある。	金属：110社 製紙：173社 電子機器：385社
ドイツ	小売事業者向けサービス	シュタットベルケが街区開発を行うケースが有望。	14街区8,000世帯程度
	大口需要家向けサービス	ドイツの主要産業且つ電力消費量が多くエネマネニーズがある金属・化学・自動車産業が有望。	金属：4,775社 化学：1,081社 自動車：1,172社
ポーランド	大口需要家向けサービス	ポーランドの主要産業且つ電力消費量が多くエネマネニーズがある食品、金属、自動車産業が有望。	食品：5,200社 金属：173社 自動車：443社

小売事業者向けサービスは、規制・技術的観点より実現性が低く、ドイツにおける街区開発のケースのみが現実的。オーストリアにおける事業は、アンシラリー価格等や受注獲得見込みが低いことより、事業収益性が低いと判断した。

DMSは、配電線に設置されるリモート開閉器や変圧器から入手した計測情報と現在の系統構成情報を基に潮流計算を実施し、系統全体の電圧、電流、力率状態を推測する。DMSが電圧逸脱を検出したり、数分～数時間先の電圧逸脱の兆候を検出した場合、高圧/中圧あるいは中圧/低圧のタップの変更必要有無およびタップ変更幅の最適値を算出し、各タップをリモートでコントロールする。



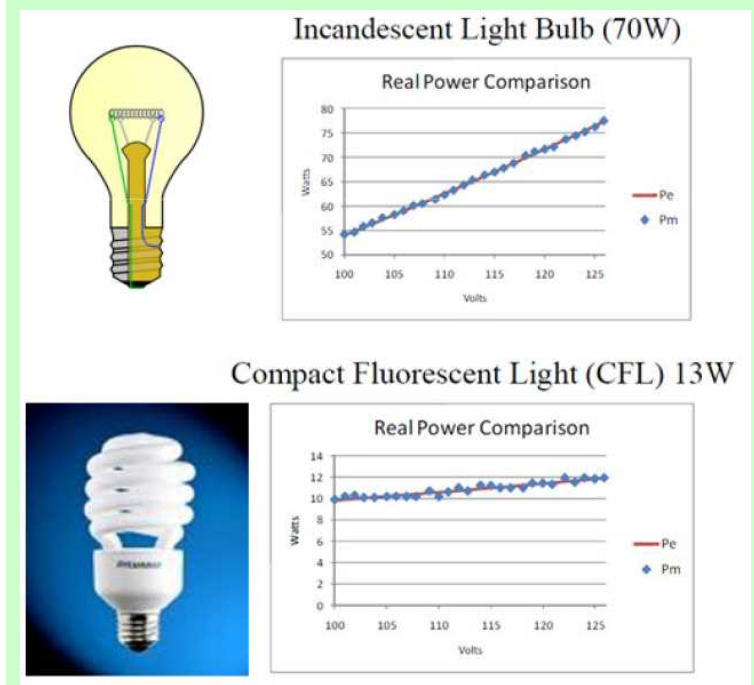
1. 電圧逸脱の検出
2. VCによるタップの制御



● CVRは新たな電源設備を導入しなくても、電圧を調整するだけで調整力が確保できる経済性に優れた手法である。

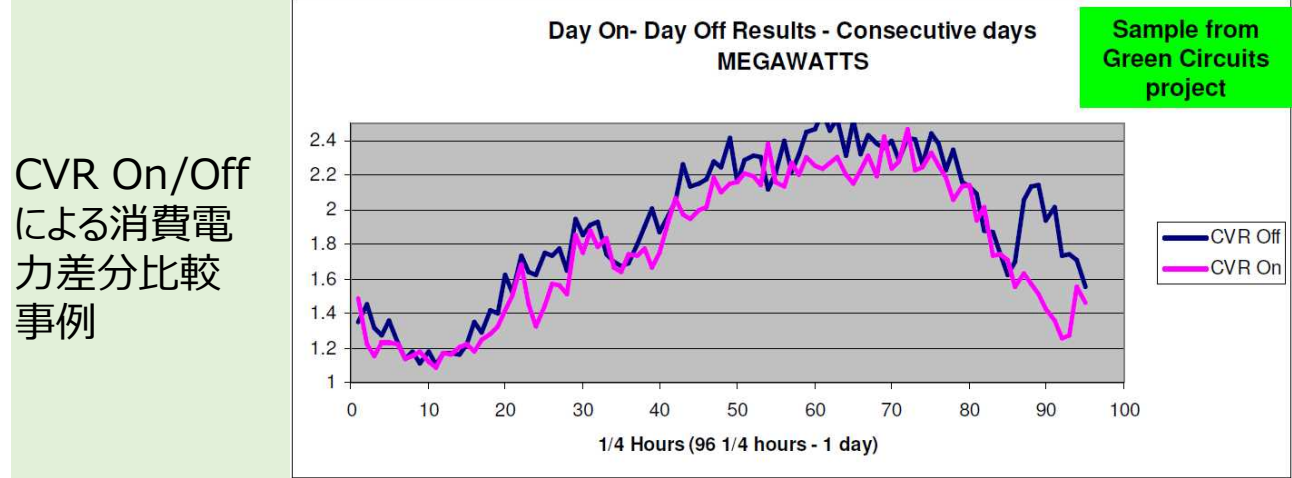
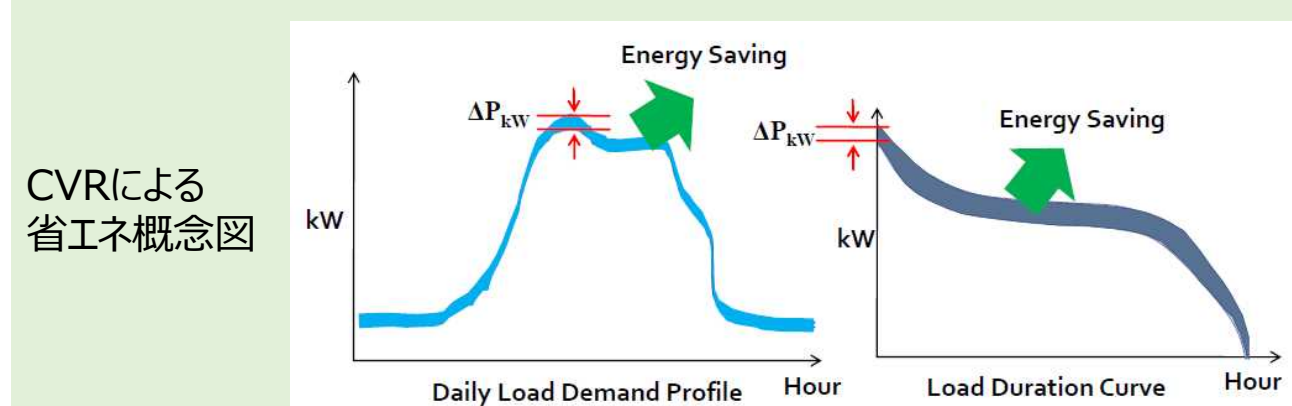
## 電力特性毎の省エネ原理

電力の負荷特性は、一般的に定電力特性、定電流特性、定インピーダンス特性に分類できる。  
 このうち、定電力特性に対してCVRは無効であるものの、定電流特性は電圧低下幅に比例して、定インピーダンス特性は電圧低下幅の2乗に比例して、消費電力が低減する。



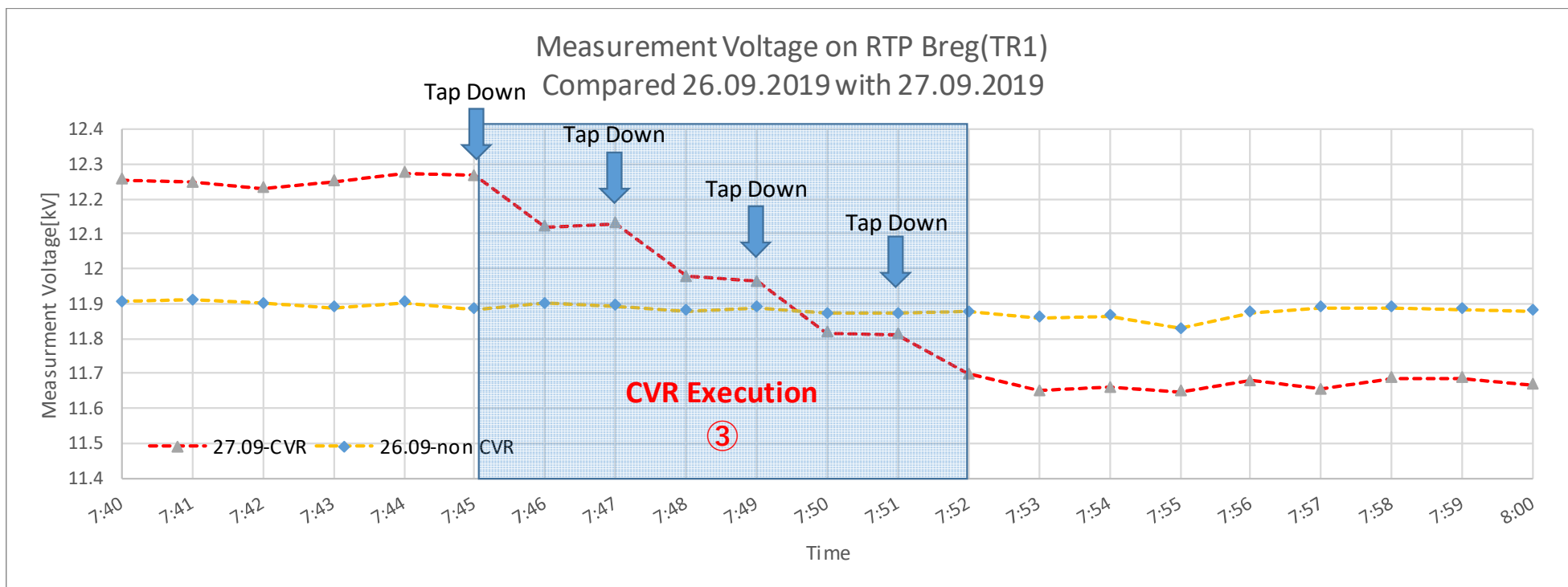
## CVRによる調整力確保

CVRとは発電供給量が不足している場合の調整力確保を主目的として、系統全体の電圧を適正電圧の下限値を逸脱しない範囲で可能な限り、低下させる概念である。

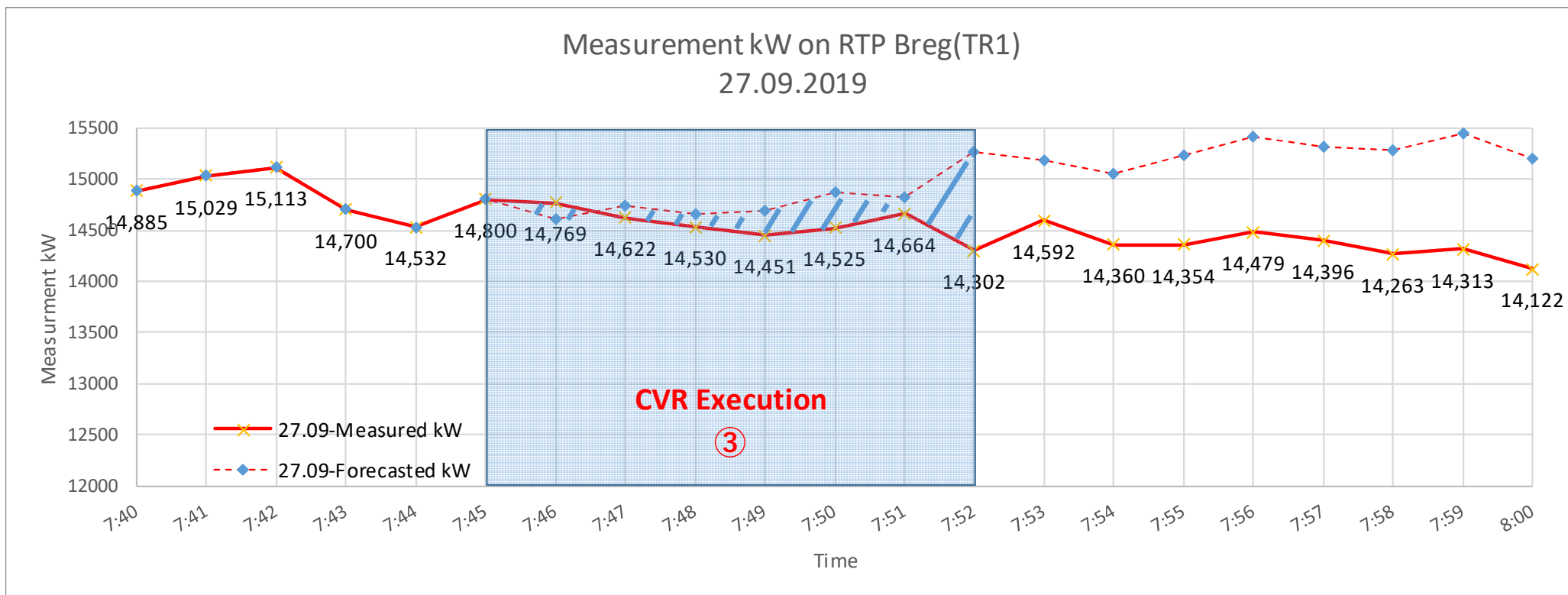


CVR On/Offによる消費電力差分比較事例





平日（8時）の高圧/中圧変圧器の計測電圧の比較（Elektro Maribor）  
 9月27日 CVR実行  
 9月26日 CVRなし



平日（8時）の高圧/中圧変圧器の計測・推測有効電力の比較（Elektro Maribor）

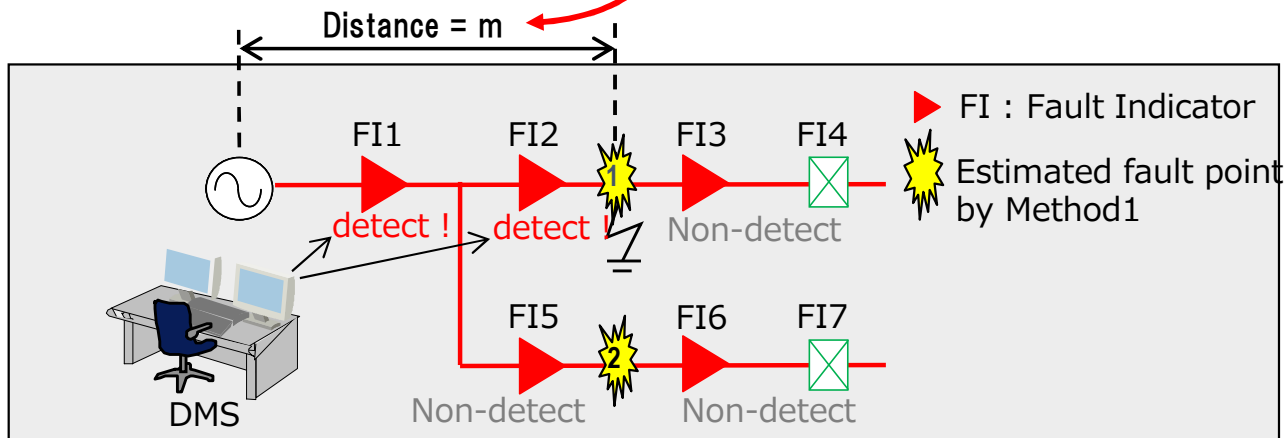
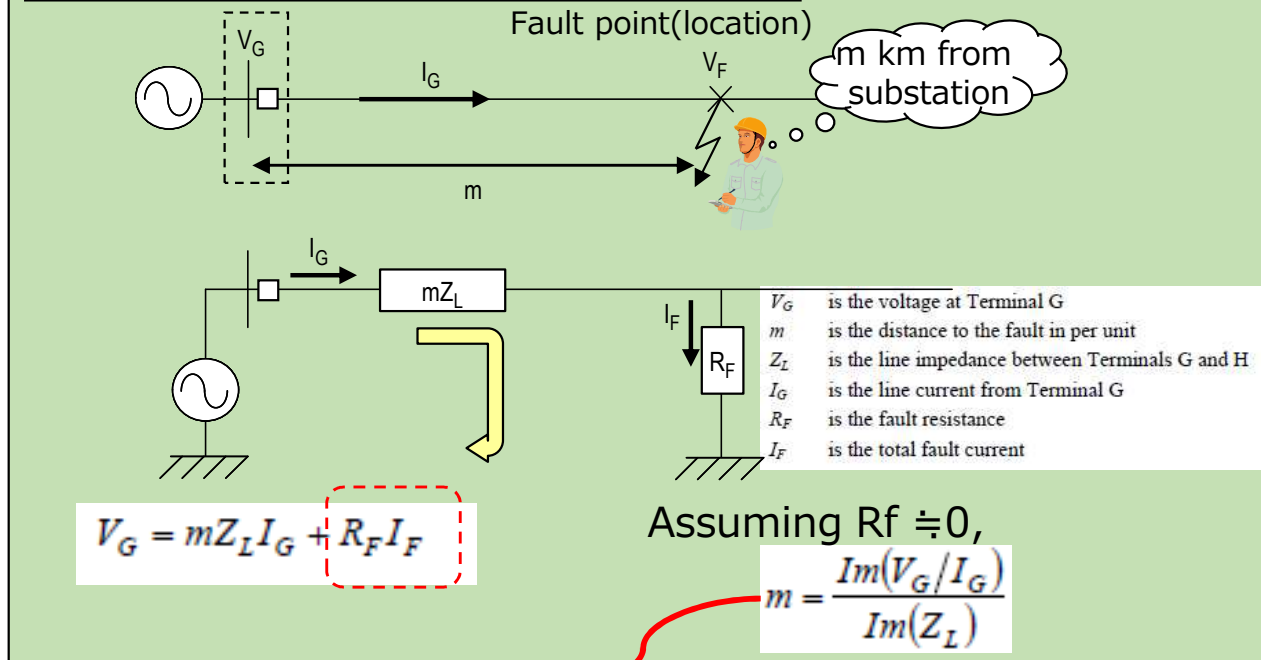
本実証では、事故地点距離算出と故障表示器情報によるハイブリッド事故点絞り込み手法を採用した。

- 事故点までの距離を計算  
変電所出口あるいは線路途中のセンサ開閉器が計測した事故電流の大きさと当該システムのインピーダンス情報から、事故電流計測点から事故点までの距離を自動算出。

- 故障表示器の情報  
故障表示器(fault indicators)の事故検出有無を収集する。ネットワークポロジと故障表示器の情報から事故区間を特定する。右図の例では、FI1とFI2が事故電流を検知したため、FI2とFI3の間を事故区間として判断している。

## 方式1： 事故点までの距離を計算

事故電流の大きさから事故点までの距離を計算



## 方式2： 故障表示器の情報を利用

2021年3月にスロベニアの系統連系要件が変更となり、蓄電池に対しても、系統の周波数、電圧が変動した場合に、周波数、電圧を維持するために、有効電力/無効電力を供給することが義務付けられる。

その際、PCSに対する指令値は一次遅れ関数（時定数0.6s）を用いてフィルタリングしており、指令値に到達するまで約6.5秒かかる。

ここでアンシラリーサービス（セカンダリー）の出力指令値の流れは以下の通り。

上位系システム(ELES)⇒M-DCS⇒DCS-LiB/DCS-LAB⇒PCS-LiB/PCS-LAB

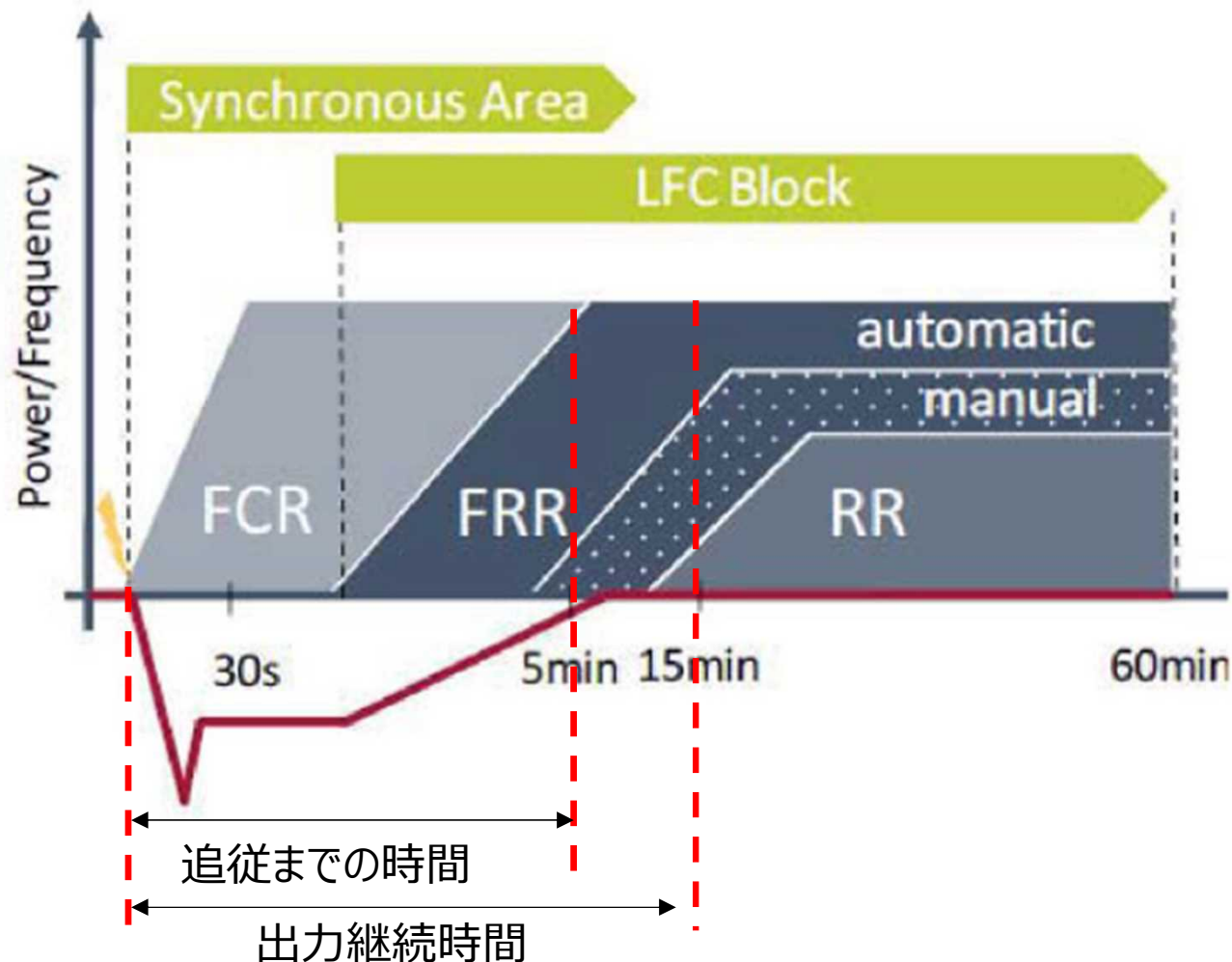
※DCS : Distributed Control System(制御装置)

PCS : Power Conditioning System(交流/直流変換器)

であり、それぞれの制御時間は以下の通りとなる。

- 0.2秒 : ELESからの指令をM-DCSが受信 = M-DCSの演算周期
- 0.2秒 : M-DCS⇒DCS-LiB/DCS-LABへ出力指令値 = M-DCSの伝送周期
- 3.0秒 : DCS-LiB/DCS-LABの各PCSへの出力指令値演算※
- 0.2秒 : DCS-LiB/DCS-LAB⇒各PCSへの出力指令値 = DCSの伝送周期
- 0.2秒 : PCS-LiB/PCS-LABの出力演算周期
- 2.7秒 : 電池の応答速度

※一次遅れ関数（時定数0.6s）が含まれているため、指令値に到達するまで $5 \times$ 時定数 = 3秒が必要となります。

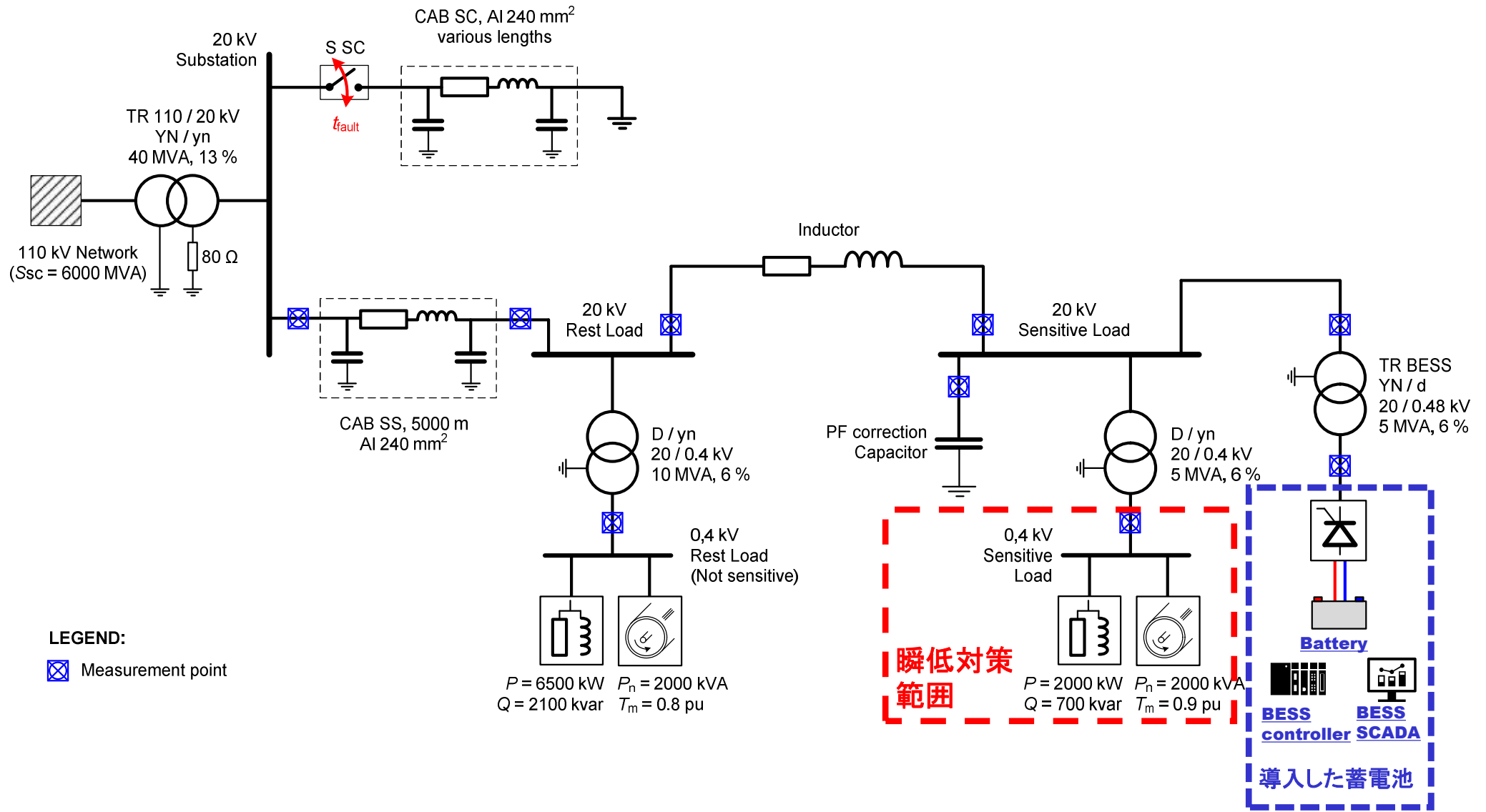


- ✓ ENSTO-Eが定義している二次予備力相当（FRR）は、上記図より追従まで5分以内と定義している国が多いため本実証のテーマでは、5分以内と定義した。
- ✓ 出力継続時間については、単位が15分/30分/1時間と国によって定義が異なるため、予算を考慮して、最小単位である15分間継続できることを本実証のテーマと定義した。

	BTC	イドリヤ
デマンドレスポンス リソース	<p>空調、冷却機</p> <p>デマンドレスポンス要請時には、ON/OFF制御せず、省エネモードにて負荷抑制を実施</p>	<p>ヒートポンプ、赤外線ヒーター、電気ヒーター、床暖房、家庭用温水システム(DHW)、エアコン</p> <p>デマンドレスポンス要請時には、ON/OFF制御せず、省エネモードにて負荷抑制を実施</p>
デマンドレスポンス リソース種別	商業設備（4ビル）	<p>一般需要家</p> <p>HEMS：27宅</p> <p>BEMS：9サイト (学校、消防署、病院等)</p>
デマンドレスポンス リソース規模	224kW	275kW(HEMS:92,BEMS:173)



## 瞬低による製造ライン停止が発生しているアクアフィル工場電力系統



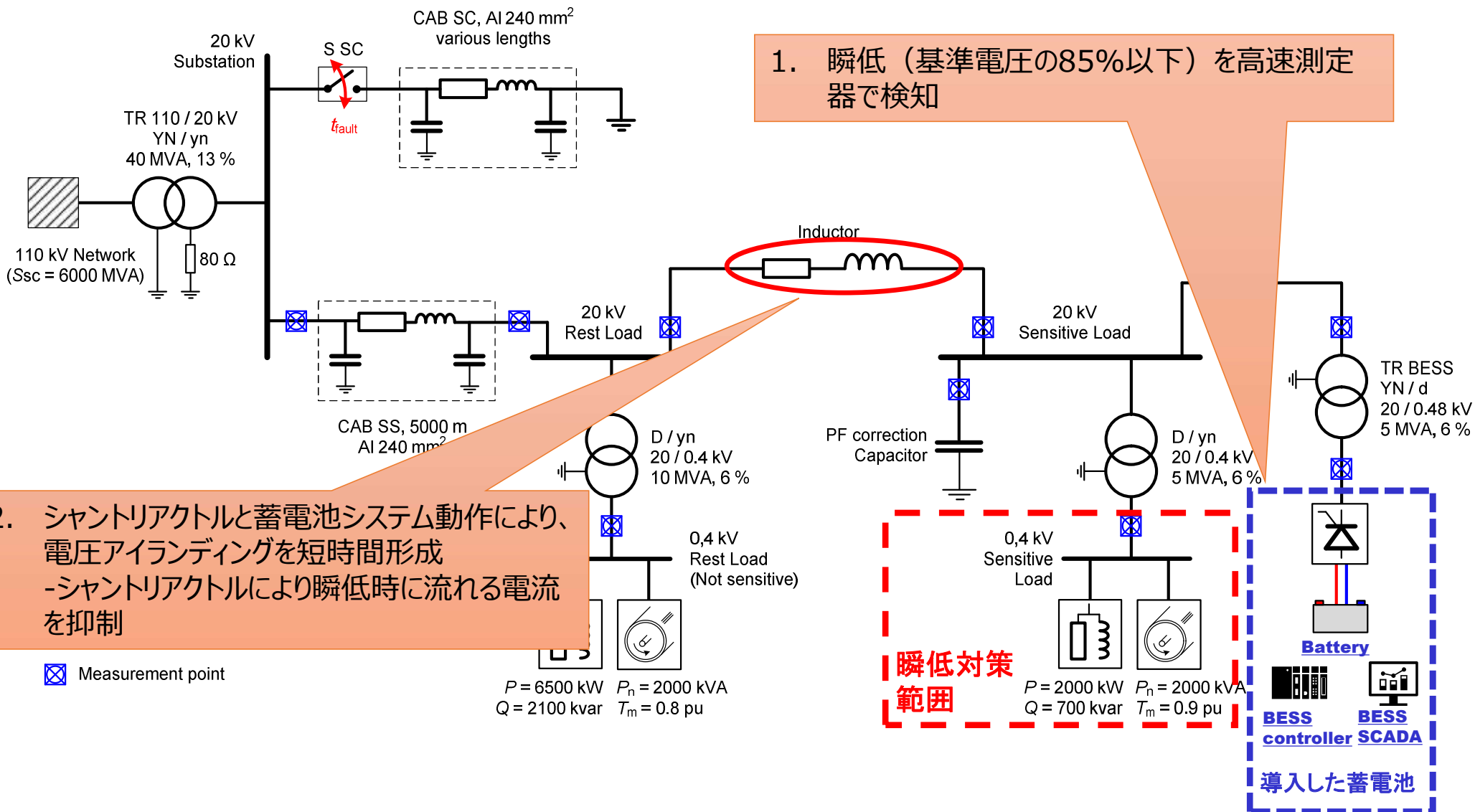
## アクアフィル工場2018年瞬低実績データ

日付	時間	残留電圧	瞬低継続時間	影響した電圧相			影響した電圧相数	設備停止有無
				L1	L2	L3		
Datum	Ura	Min. preostala nap. (%)	Max. trajanje (ms)	Prizadete faze			Št. Faz	Izpad?
19.2.2018	10:22:39	83,5%	20			1	1	
6.3.2018	1:38:13	86,2%	50		1		1	
21.3.2018	11:07:23	90,0%	10		1		1	
17.4.2018	20:17:38	88,8%	50			1	1	
25.5.2018	20:36:50	89,1%	90	1		1	2	
28.5.2018	22:02:21	89,7%	30	1			1	
29.5.2018	15:40:04	85,8%	50	1		1	2	
31.5.2018	5:43:38	89,2%	40		1		1	
2.6.2018	19:28:22	72,1%	180	1	1		2	1
8.6.2018	23:46:27	80,9%	60	1			1	
11.6.2018	6:16:47	87,5%	90			1	1	
22.6.2018	7:33:11	83,5%	70	1		1	2	
23.6.2018	5:24:06	85,7%	40	1			1	
28.6.2018	14:50:51	88,8%	50		1		1	
3.7.2018	20:42:12	85,1%	80		1	1	2	
3.7.2018	21:08:00	76,1%	50		1		1	
3.7.2018	21:12:02	50,4%	90	1	1	1	3	1
3.7.2018	21:16:44	75,8%	60			1	1	
16.7.2018	14:53:38	88,6%	30			1	1	
17.7.2018	2:55:25	89,9%	20	1			1	
20.7.2018	18:18:01	88,5%	70			1	1	
22.7.2018	2:44:12	56,8%	120	1	1	1	3	1
22.7.2018	11:17:32	89,4%	50		1		1	
28.7.2018	16:51:53	89,0%	80		1		1	
7.8.2018	13:32:39	86,8%	50	1			1	
7.8.2018	19:38:13	89,2%	40	1			1	
11.8.2018	2:15:24	80,9%	60	1			1	
14.8.2018	1:42:50	89,6%	20		1		1	
18.8.2018	5:59:31	88,9%	40			1	1	
24.8.2018	15:37:39	87,2%	60		1	1	2	
1.9.2018	7:12:03	82,2%	60	1		1	2	
1.9.2018	9:22:43	85,1%	90			1	1	
1.9.2018	10:44:30	84,8%	60			1	1	
1.9.2018	13:42:53	75,4%	80		1		1	
4.9.2018	7:21:59	84,8%	70			1	1	
7.9.2018	19:10:14	78,7%	60	1			1	
9.9.2018	2:25:18	89,6%	20		1		1	
21.9.2018	14:43:23	87,4%	60			1	1	
23.9.2018	6:36:50	84,6%	50	1			1	
24.9.2018	3:40:22	88,5%	50	1	1	1	3	
24.9.2018	4:36:17	64,2%	80		1	1	2	1
24.9.2018	4:36:19	63,5%	80		1	1	2	1
6.10.2018	23:57:57	85,1%	80	1		1	2	
7.10.2018	1:57:01	87,6%	50		1	1	2	
29.10.2018	20:08:06	89,0%	40	1			1	
13.12.2018	12:42:42	88,0%	50		1		1	
22.12.2018	11:05:45	86,8%	50		1		1	

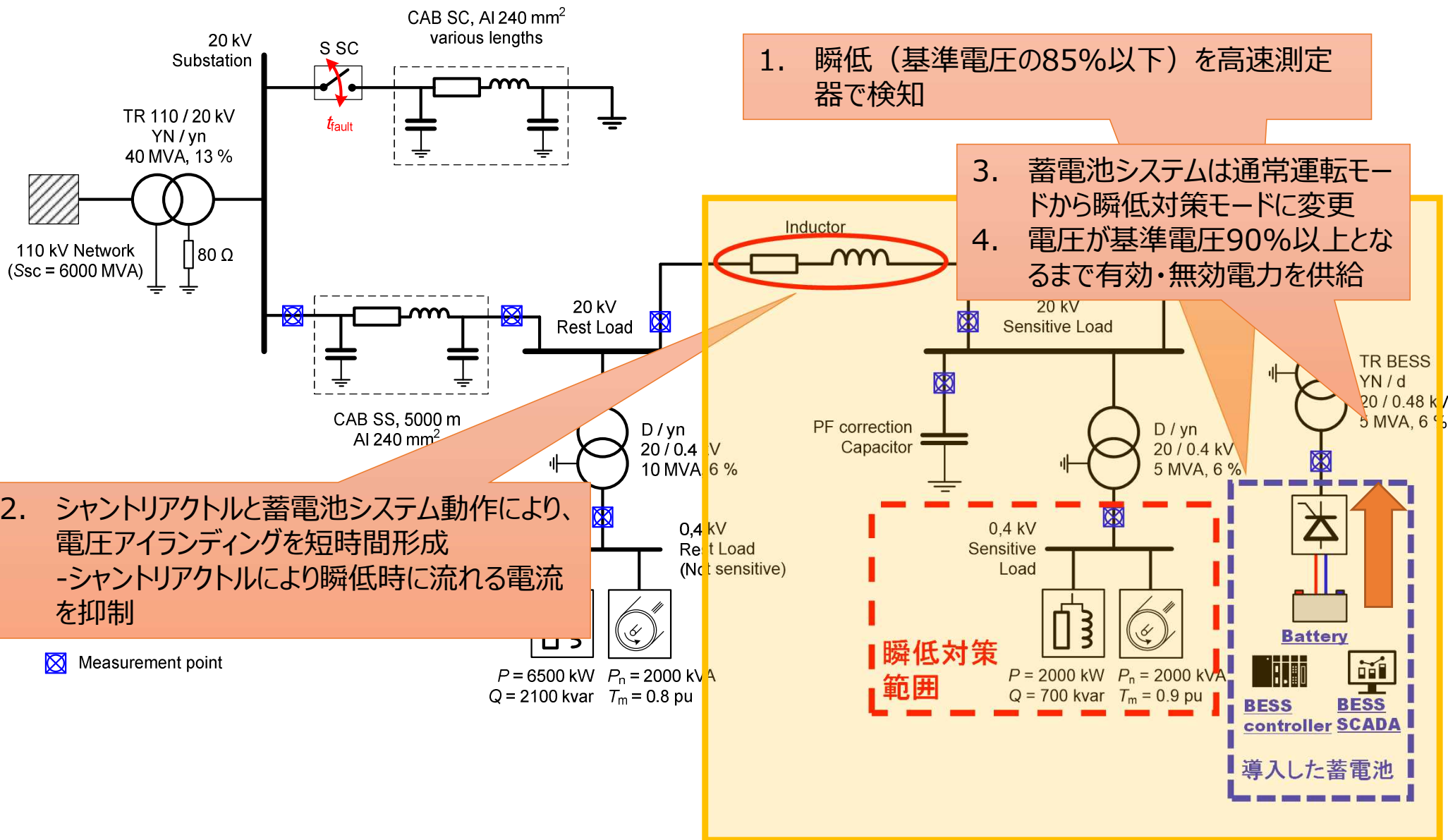
2018年実績データから設備停止となる条件は以下と推測する。

- ✓ 1相以上の残留電圧が80%となった場合
- ✓ 瞬低継続時間が100ms以下の短時間の瞬低でも発生し得る

## 瞬低による製造ライン停止が発生しているアクアフィル工場電力系統



## 瞬低による製造ライン停止が発生しているアクアフィル工場電力系統



1. 瞬低（基準電圧の85%以下）を高速測定器で検知

2. シャントリアクトルと蓄電池システム動作により、電圧アイランディングを短時間形成  
-シャントリアクトルにより瞬低時に流れる電流を抑制

3. 蓄電池システムは通常運転モードから瞬低対策モードに変更  
4. 電圧が基準電圧90%以上となるまで有効・無効電力を供給



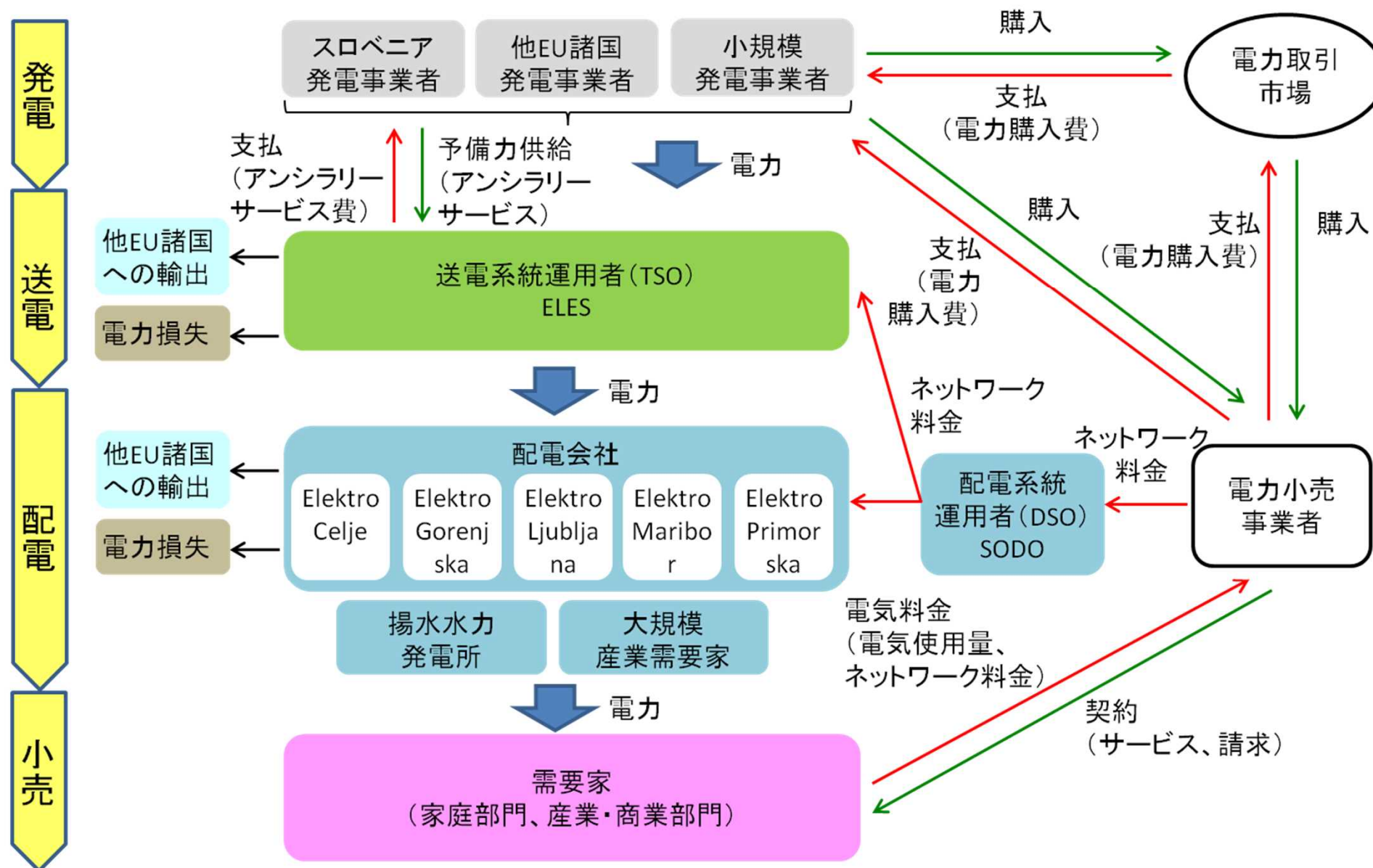
## 周波数：

1週間のうち、95%以上が $50\text{Hz} \pm 1\%$ かつ、1週間のうち、100%が $50\text{Hz} + 4\% / -6\%$ 以内に収まること。（10秒間隔で計測）

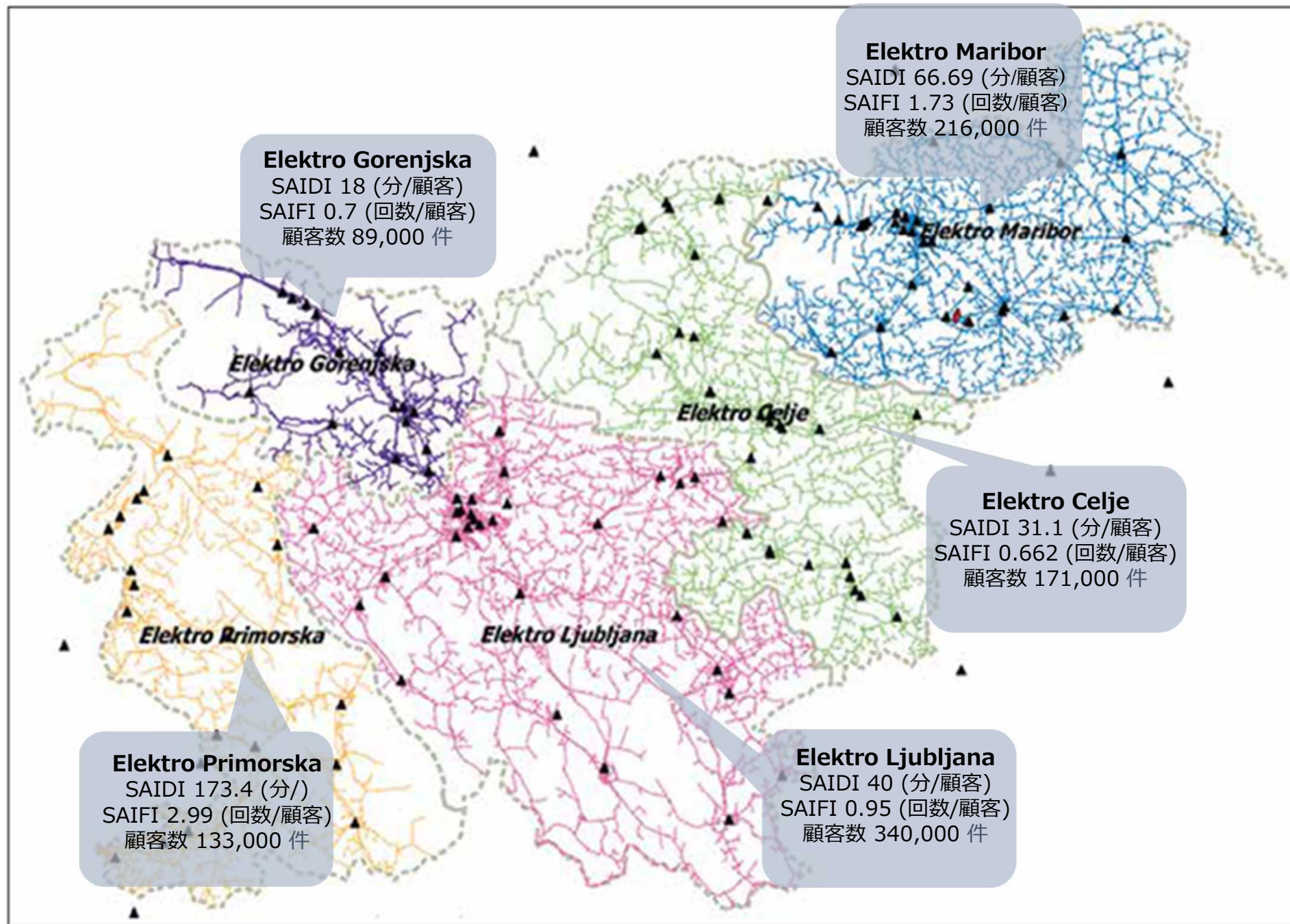
## 電圧：

1週間のうち、10分平均（2乗平均平方根）の95%以上が $230\text{V} \pm 10\%$ 以内に収まること。（10分間隔で計測）





出典：各DNO アニュアルレポート



(MW)

2016	2017	2018	2019	2020
233	246	246	277	370

出典：Eurostat Database

「Electricity production capacities for renewables and wastes」