

「国際エネルギー・消費効率化等・システム実証事業  
/米国におけるデータセンターに関する  
HVDC(高電圧直流)給電システム等実証事業」

「国際エネルギー消費効率化・システム実証事業/米国における  
データセンターに関するHVDC(高電圧直流)給電システム等  
実証事業」(事後評価)

(2015年度～2016年度 2年間)

実証テーマ概要 (公開)

株式会社NTTファシリティーズ

NEDO 省エネルギー部・国際部

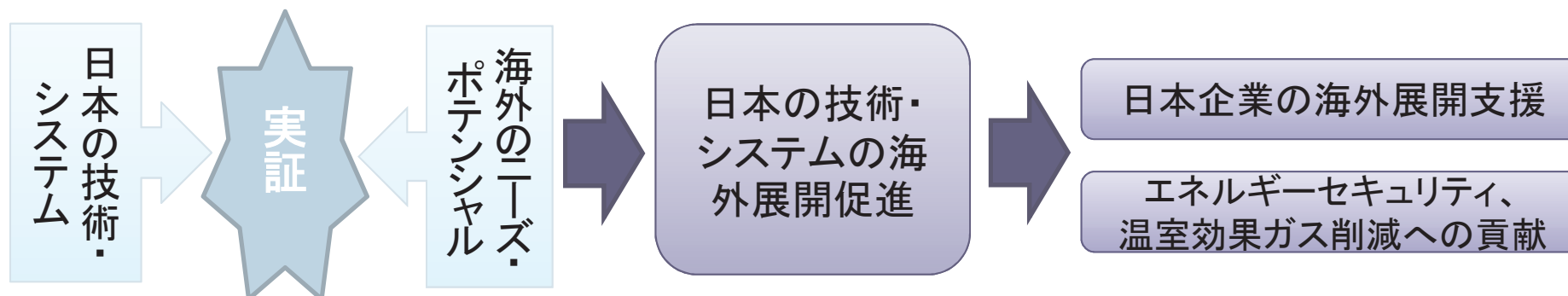
2017年 10月 12日

✓ 「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業」の  
事業目的について

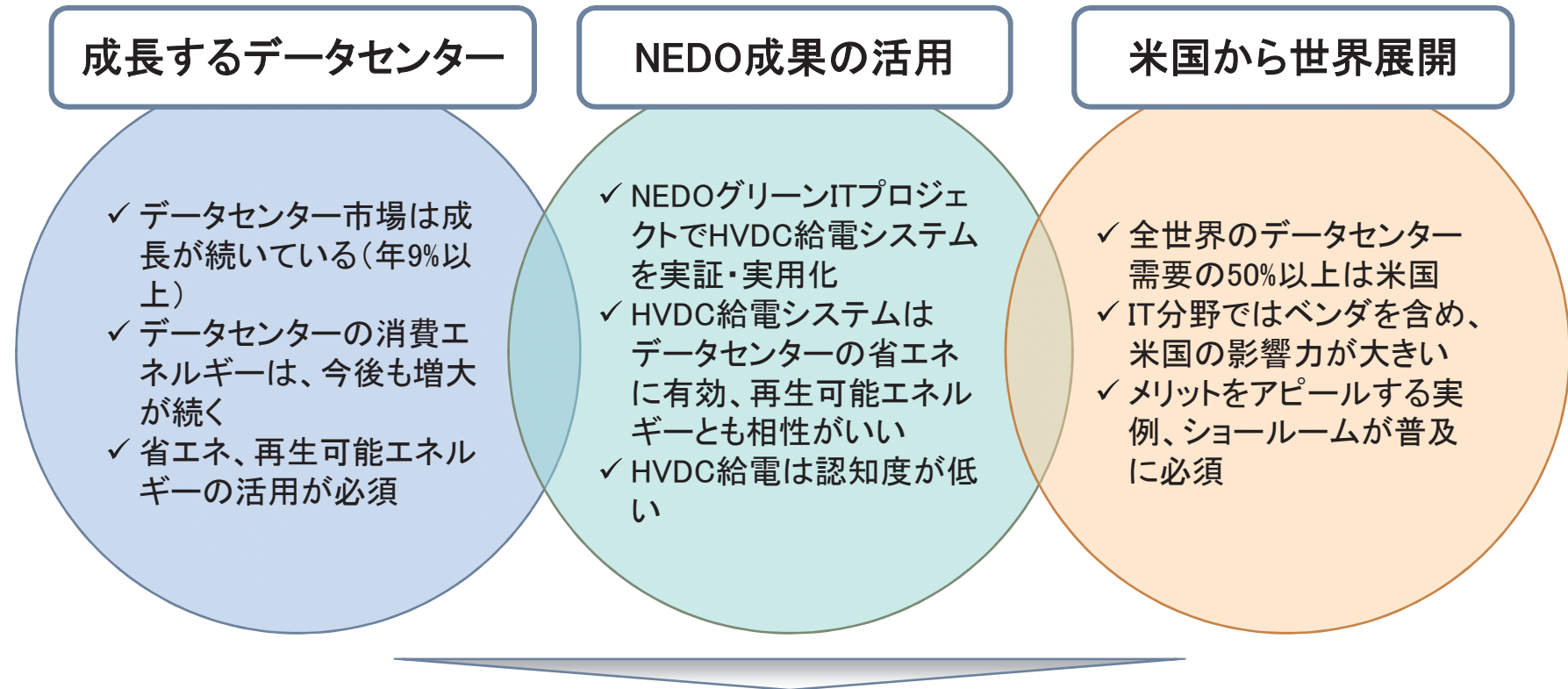
公開

- ① 我が国が強みを有するエネルギー技術・システムを対象に、相手国政府・公的機関等との協力の下、海外の環境下にて技術・システムの有効性を実証し、民間企業による技術・システムの普及につなげる。
- ② これにより、海外でのエネルギー消費の抑制を通じた我が国のエネルギー安全保障の確保に資するとともに、温室効果ガスの排出削減を通じた地球温暖化問題の解決に寄与する。

国際エネルギー実証のイメージ



# 1. 事業の位置付け・必要性(実証の目的・意義)



- ✓ HVDC給電システムの省エネ性能を米国のデータセンターで実証する
- ✓ 再生可能エネルギー(太陽光発電)と組み合わせて実証する
- ✓ 見学者が多くアピールの場として最適なテキサス大学オースティン校で実施する
- ✓ 米国でメリットが認められれば、世界に普及可能

# 1. 事業の位置付け・必要性(社会的背景)

## 米国の省エネ施策

2013年6月オバマ前大統領は国家気候変動行動計画を発表

- ・化石燃料による排出の削減
- ・クリーン・エネルギーへの転換
- ・エネルギー効率の向上

## 米国のデータセンター事情

- ・施設数: 300万(2014年11月) → 860万(2017年)\*
- ・消費電力: 910億kWh(2013年) → 1,400億kWh(2020年)\*
- ・大規模なデータセンターを運用するFacebook、Google、Apple、Amazon、Microsoft等が再生可能エネルギーの利用、省エネに取り組んでいる

\*: IPA ニューヨークだより2016年3月

## テキサス州

- ・2013年9月からデータセンターに対する税の優遇策を実施
- ・1999年米国で初めてEnergy Efficiency Resource Standard(EERS)を導入。他州に先駆けて省エネの取り組みを開始。

# 1. 位置付け・必要性(政策的必要性)

## 日本の持つ先進的な技術を海外に展開

NEDOグリーンITプロジェクトで実証・実用化したHVDC給電システムを世界に広めるため、まず影響力の大きい米国で省エネ性能を実証する。実証終了後も世界中から見学者の多い実証サイトをショールームとして活用しながら、積極的に海外に売り込んでいく。

## 現地国のニーズに合わせた要件での売り込み

天候に恵まれたテキサス大学オースティン校で、太陽光発電と組み合わせて実証を行うことで、HVDC給電システムの有効性・安全性と再生可能エネルギーとの相性の良さをアピールすることで、普及活動に繋げる。

## 実証を通じてノウハウを蓄積して市場に参入

実際に現地で実証を行うことで普及に向けた課題を理解し、事業展開に向けたノウハウを蓄積するとともに、米国内での認知度を向上させ、他社に先駆けて米国市場に参入し、更に海外に展開する。

# 1. 事業の位置付け・必要性(NEDO関与の必要性)

## 実証の場を創出

テキサス州政府とNEDO間で合意を形成(MOU締結)し、その下でテキサス大学とNTTファシリティーズが協力関係を構築(ID締結)し、実証の場を創出。通常、海外の民間企業が単独で参入する機会を得ることが難しい、米国の州立大学のシステム構築を、実証事業として行い成果を出すことで、その後普及活動に繋げることができる。

## 注目度・信頼性の向上

NEDOの実証事業として実施することにより、米国にあるICT企業やデータセンター業界団体へのアピール、諸外国への情報発信など、注目度が向上するとともに、信頼性の高い事業として認識されるので、HVDC給電システムの認知度が上がり市場形成につながる。

## NEDO開発事業の海外展開

NEDOグリーンITプロジェクトで実証・実用化した技術を、米国で実証しその省エネ性能を示すことが出来る。実証事業終了後も実証サイトをショールームとして活用することで、日本が優位性を持つ技術を米国および世界に普及拡大することができる。

## 2. 実証事業マネジメント(テキサス大学オースティン校概要)

公開



テキサス州立大学オースティン校(The University of Texas at Austin):  
テキサス州の州都オースティンに本部を置く州立大学。1883年創立。公立の学費でアイビーリーグと同等の教育を受けられるパブリックアイビーと呼ばれる名門大学の一つ。



テキサス先端計算センター(Texas Advanced Computing Center):  
1960年代からCray社のスーパーコンピュータを導入し、常に最先端の計算センターとしてスーパーコンピュータを保有し、世界有数の処理能力を提供している。米国内および世界中から見学者が絶えない施設。



(出典: Google MapをもとにNTTファシリティーズで作成)

## 2. 実証事業マネジメント(相手との関係構築の妥当性)

### 【USA】

#### テキサス大学TACC

- ・TACC新棟構築工事と駐車場およびソーラーパネル架台構築工事を実施
- ・ソーラーパネルから実証サイトへの配管工事実施
- ・実証サイトの提供(TACCデータセンター内、ソーラーパネル)
- ・導入スーパーコンピュータ仕様決定
- ・技術PR拠点としての活用の承諾

### 【日本】

#### NTTファシリティーズ

- ・設計、機器選定、搬入、構築工事、保守運用
- ・駐車場屋根へのソーラーパネル設置
- ・構築設備の見学者へのPR活動





## 2. 実証事業マネジメント(相手との関係構築の妥当性)

- ✓ MOU, ID調印式、運転開始式等のイベントを開催し、強固な関係を構築
- ✓ オースティンで開催されたSC15, INTELEC 2016では見学ツアーを開催。
- ✓ 実証事業終了後もショールームとしてPRに活用中



2015.8.11 MOU, ID調印式



2016.8.25 運転開始式



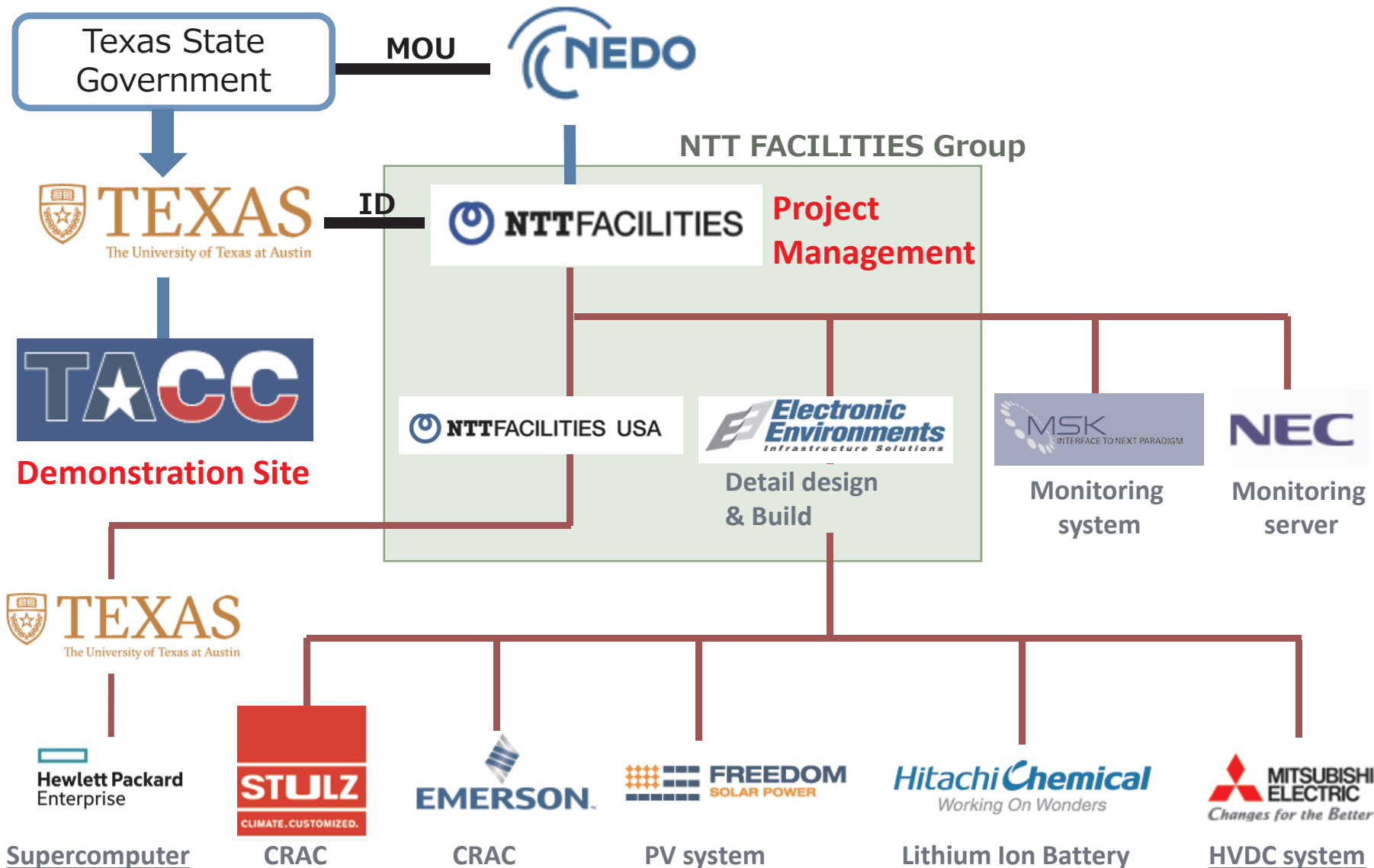
実証事業終了後も  
ショールームとしてPR



2016.10 INTELEC 2016 Austin 展示

## 2. 実証事業マネジメント(実施体制の妥当性)

### ◆ 実証体制俯瞰図



## 2. 実証事業マネジメント(実施体制の妥当性)

### ◆ 実証項目

- 本事業ではNEDOグリーンITプロジェクトで実証・実用化した技術を米国のデータセンターで実証し、その省エネ性能を検証する。HVDCは再生可能エネルギーとの親和性が高いため、太陽光発電と組み合わせて、省エネ効果を検証する。また、日本発のデータセンター効率の評価指標であるDPPE(Data center Performance Per Energy)に従って評価する。更に、HVDC普及のために安全性を実証する。

実証項目1 HVDC給電システムの省エネ性能の検証

実証項目2 太陽光発電と組み合わせて省エネ効果の検証

実証項目3 DPPEの評価基準での評価

実証項目4 安全性の実証

## 2. 実証事業マネジメント(事業内容・計画の妥当性)

### ◆ 事業内容・計画

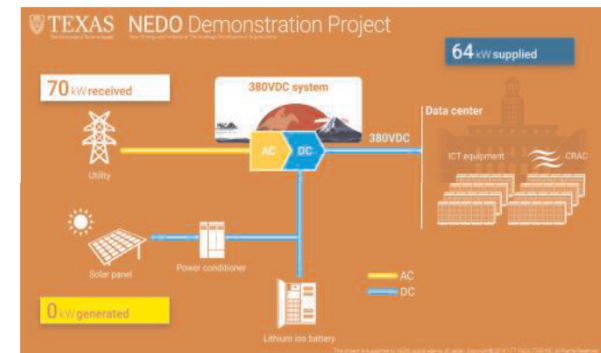
- 2009年～2013年度、データセンター用HVDC実証事業プロジェクト(NEDOグリーンITプロジェクト)を実施し、三菱電機製HVDCシステムを開発
- 2013年11月～2014年3月にNTTファシリティーズが基礎調査を実施。実証事業サイトの最有力候補としてテキサス大学を選定
- 2014年12月～2015年7月に実証前調査を実施。実証サイトを決定、関係構築、事業性評価を実施
- 2015年8月～2017年3月実証事業。
- 2016年8月25日TACCで運転開始式。2016年10月INTELEC 2016 Austinで見学会実施。

年度	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016
計画	基礎調査	実証前調査	★ 実証事業 設計 製造 輸送 試運転	実証事業 実証運転
実行	基礎調査	実証前調査	★ 実証事業 設計 製造 輸送 試運転 設置場所工事 MOU締結 ワークショップ開催	実証事業 試運転 実証運転 ▲ 運開式 ▲ Inteltec2016
費用(M¥)	20	20	10 920	700

## 2. 実証事業マネジメント(事業内容・計画の妥当性)

### ◆ 課題の認識と分析

	課題	アプローチ	実施項目
1	安全性の確保: 380Vという高電圧を扱うため、作業における配慮が必要	米国規格(National Electrical Code)に準拠してシステム設計、構築を実施する	Emergency Power Off(緊急電源停止)をシステムに組み込む
2	PV設置工事: 隣接地に新設する駐車場のカーポートに設置するため、工事日程をコントロールできない	駐車場工事が遅延により、PV設置工事の工期を延伸する	大学構内に保管用コンテナを設置して対応
3	保守・運用: 国内システムをベースに作成した保守システムが米国人に受け入れられるか	保守教育、実機演習を実施し、担当者の意見を聞き、ユーザインタフェースに反映させる	担当者の要望に応じて機能追加を実施し、操作性を向上



### 3. 実証事業成果(事業内容・計画の達成状況と成果の意義)

公開

#### ◆ 事業の成果・達成状況

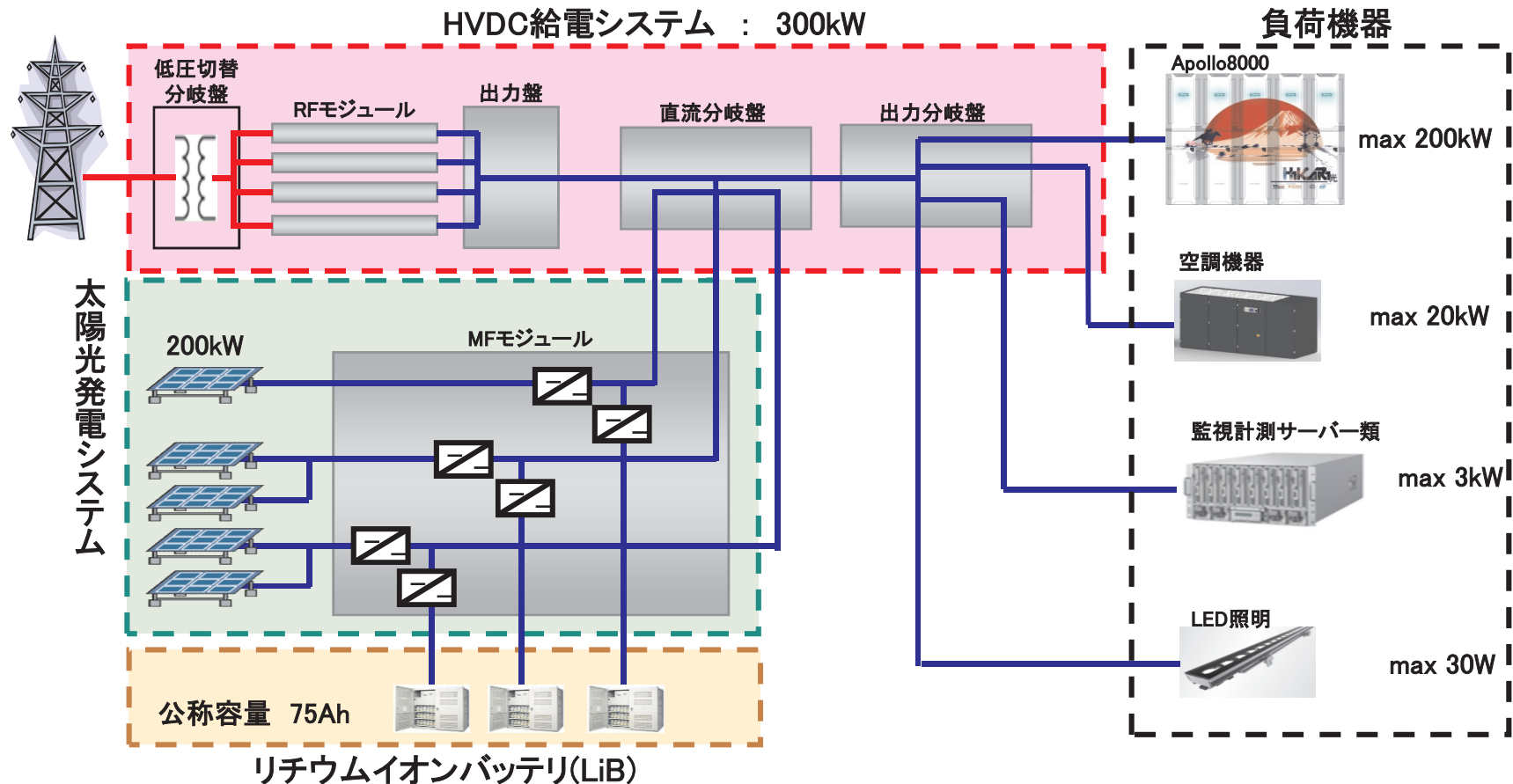
◎:大幅達成、○:達成、×:未達

実証項目	目標	成果	達成度
HVDC 給電システムの省エネ性能の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動作安定性の確認</li> <li>・省エネ効果の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UPSシステムに対する省エネ効果 : 4.5% (商用電力からの電力変換ロス削減効果 : 36.8%)</li> </ul>	○
太陽光発電との連携による省エネ効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽光発電システムとの連携により商用電力量15%削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・商用電力量 : 17%削減 太陽光発電導入による省エネ効果 : 13.2% HVDC導入による省エネ効果 : 3.8%</li> </ul>	◎
DPPE 評価基準での評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・DPPE評価基準におけるPUE、GEC効果の測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PUE : 0.07pt改善</li> <li>・GEC : 0.006pt改善</li> </ul>	○
安全性の実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工段階における無事故</li> <li>・無事故(人身・人為)運転</li> <li>・事故発生時の正常停止動作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無事故で竣工</li> <li>・無事故(人身・人為)運転を継続</li> <li>・模擬事故発生において 正常動作を確認</li> </ul>	○

### 3. 実証事業成果(システム構成)

スーパーコンピュータ、空調機器に直流380V(HVDC給電システム)で給電(世界初)

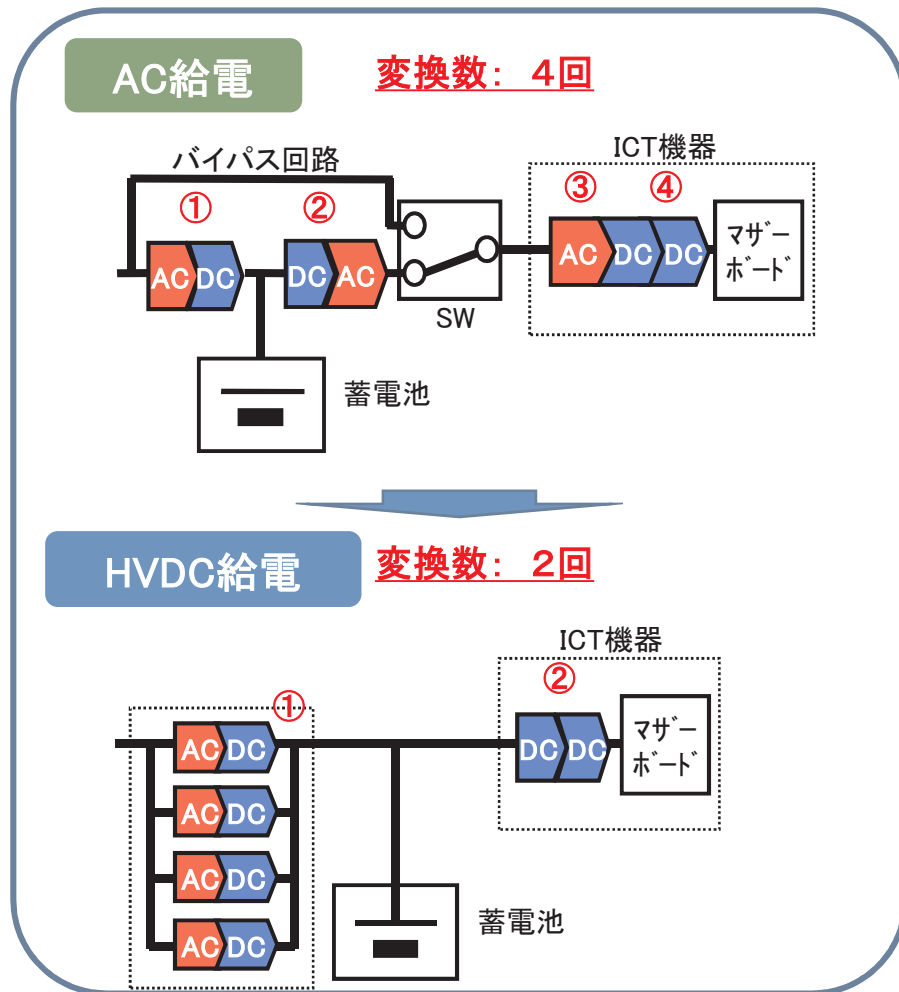
- 電源容量300kWの三菱電機製HVDC給電システムを採用
- HVDC給電システムと太陽光システム、及びLiBを直流で接続
- 負荷機器には負荷容量200kWのスーパーコンピュータ(HPE製Apollo8000)を採用



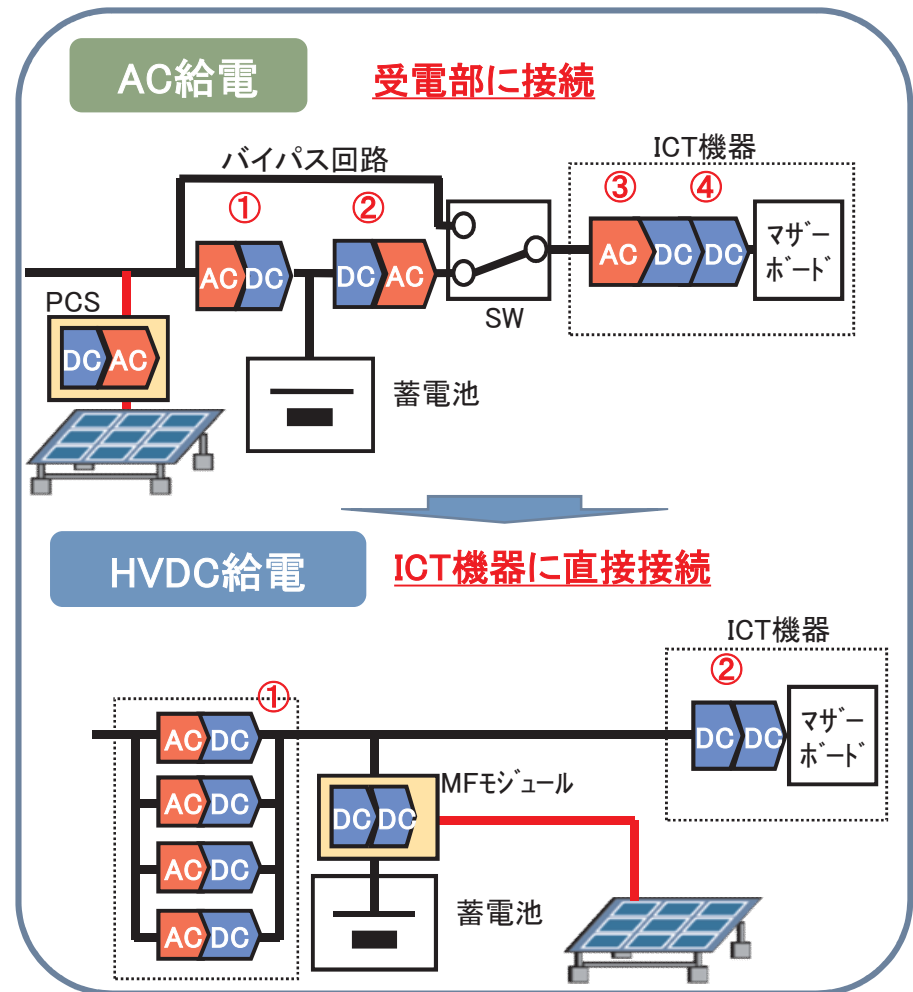
### 3. 実証事業成果 (AC給電に対する優位性)

- AC/DC変換数の削減による変換ロス削減が可能
- 太陽光発電システムのICT機器への直接接続による自然エネルギーの最大利用が可能

#### AC/DC変換数の削減



#### 太陽光発電システムをICT機器に直接接続





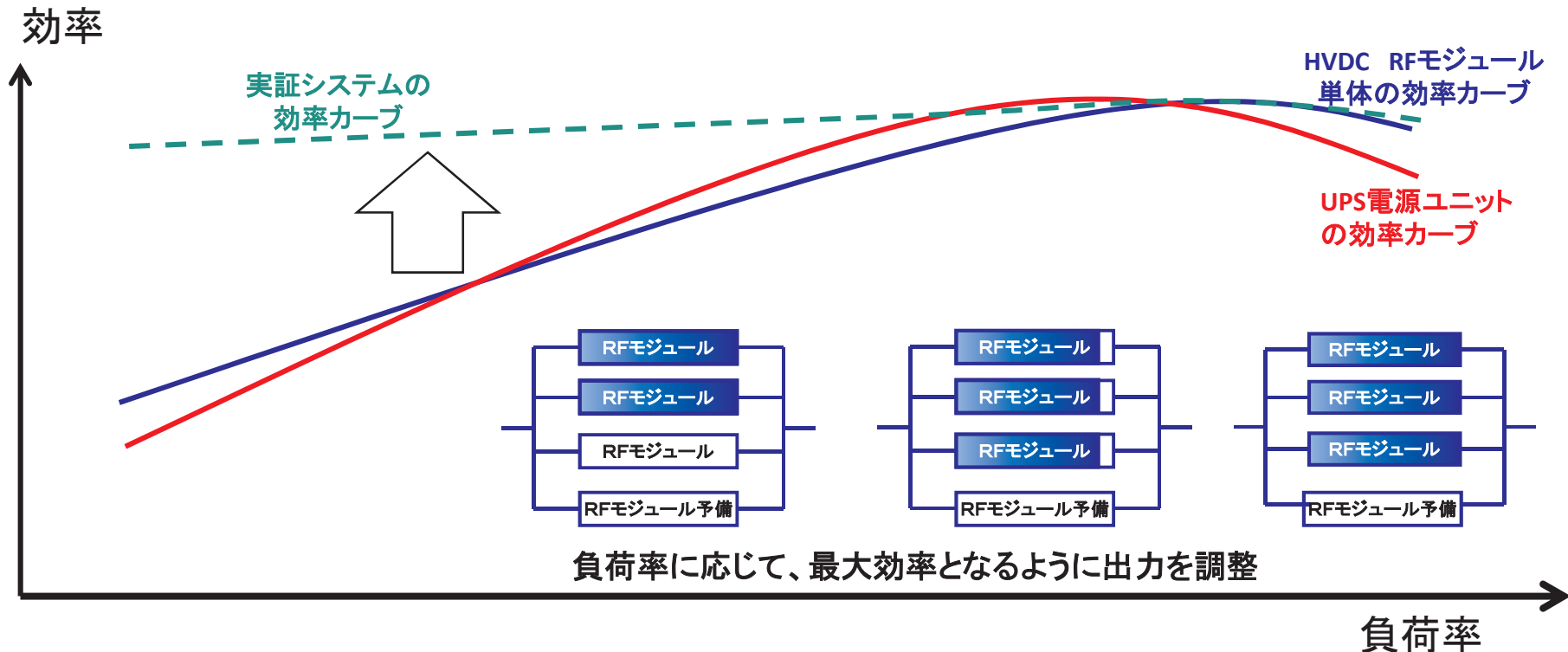
### 3. 実証事業成果(省エネ化に向けたシステム設計)

- 負荷変動が大きいスーパーコンピュータに対して、高い変換効率を維持するために運転台数制御機能を導入

#### ※運転台数制御:

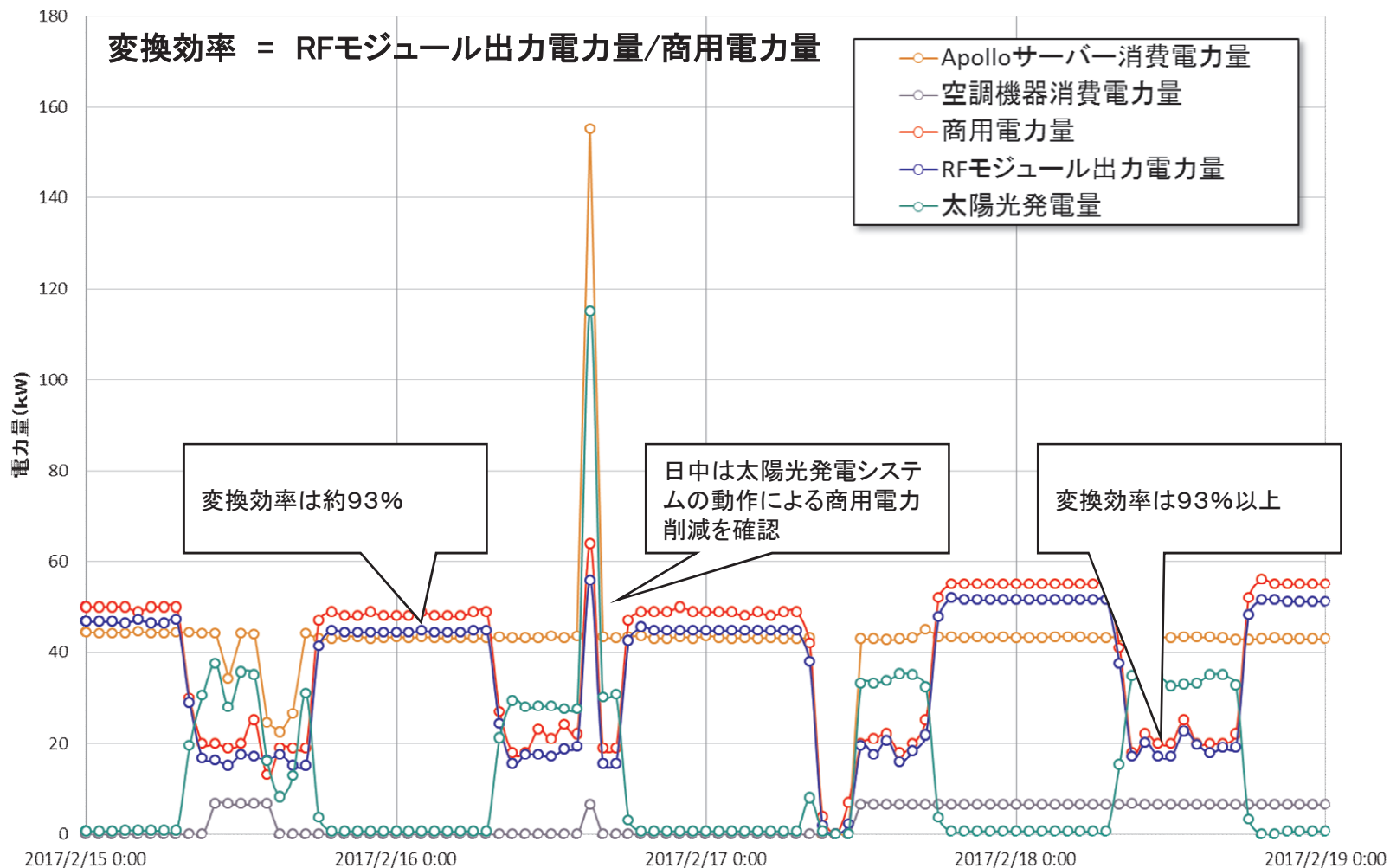
負荷に応じてRFモジュールの運転台数を増減する制御方法。負荷が小さい時には運転台数を減少させて、整流器あたりの**負荷率を上げることで**高い変換効率が維持できる。

また、グリーンエネルギーを最大限活用するために、太陽光発電が運転中には運転台数を制御して、高い省エネ性能を発揮できる設計とした。



### 3. 実証事業成果(運転台数制御の動作確認結果)

- 負荷変動に対する安定性、および太陽光発電システムの動作を確認
- 変換効率93%程度の維持を確認



### 3. 実証事業成果(省エネ効果の検証結果)

- 実証システムと同レベルの信頼度となる交流UPSシステム構成と比較
- 変換ロス削減効果 36.8% 【計算式: (④-②)/④】
- HVDC給電システムの導入効果 4.5% 【計算式: (③-①)/③】

#### 【検証方法】

実証システムの実測データからApollo電源の効率、および交流UPSの効率カーブから逆算して商用電力量を試算し、省エネ効果を検証。

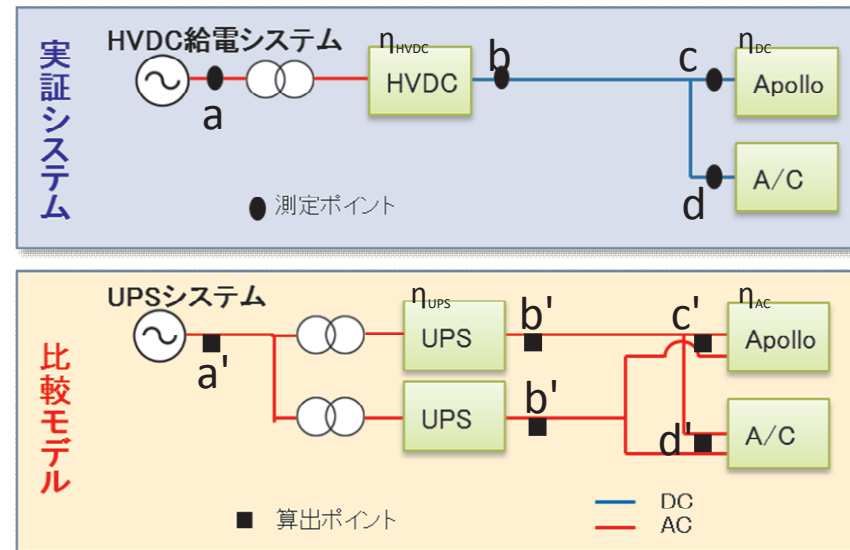
#### 1. 実証システム(実測データ)

- 商用電力量 :  $a$
- 変換ロス :  $a - b$

#### 2. 比較モデル

- 商用電力量 :  $a' = \frac{b'}{\eta_{UPS}} = \frac{(c'+d')}{\eta_{UPS}} = \frac{c \times \eta_{DC}/\eta_{AC} + d}{\eta_{UPS}}$
- 変換ロス :  $a' - b' = b' \left( \frac{1}{\eta_{UPS}} - 1 \right)$   
 $= (c \times \eta_{DC}/\eta_{AC} + d) \left( \frac{1}{\eta_{UPS}} - 1 \right)$

#### 比較モデルとの系統図



項目		9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計	
システム 実証	HVDC	①商用電力量(a)	47,527	70,789	80,501	96,012	93,522	64,493	452,844
		②変換ロス	5,062	6,295	6,183	6,394	6,700	5,259	35,893
モデル 比較	UPS	③商用電力量(a')	49,717	73,944	84,007	100,367	97,895	67,441	473,371
		④変換ロス	7,252	9,450	9,690	10,748	11,072	8,207	56,419

### 3. 実証事業成果(太陽光発電との連携による省エネ効果の検証結果) 公開

- 目標15%以上削減に対して17.0%を達成 【計算式(①+(④-②))/⑤】
- 実証期間中の商用電力削減量 92,767kWh 【計算式①+(④-②)】

#### 【検証方法】

MFモジュールとPCSの変換効率同等とし、実証システムと比較モデルの商用電力量と太陽光発電量との差を比較し、HVDC給電システムと太陽光発電システムとの連携によるトータルの省エネ効果を試算。

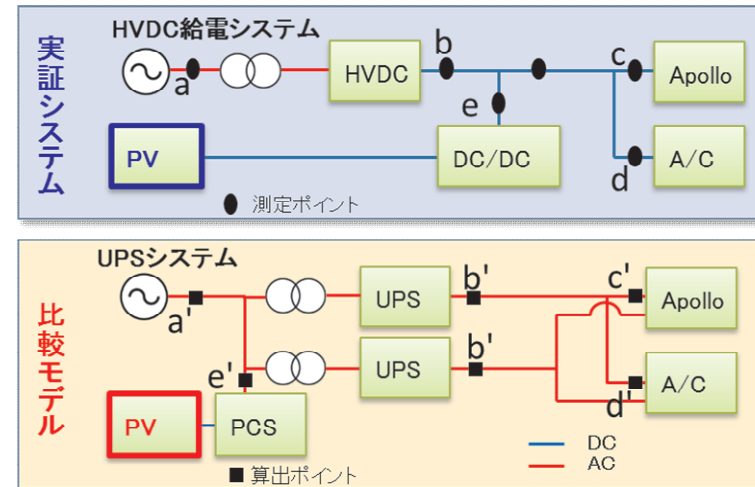
#### 1. 実証システム(実測データ)

- 総消費電力量 :  $a + e$

#### 2. 比較モデル

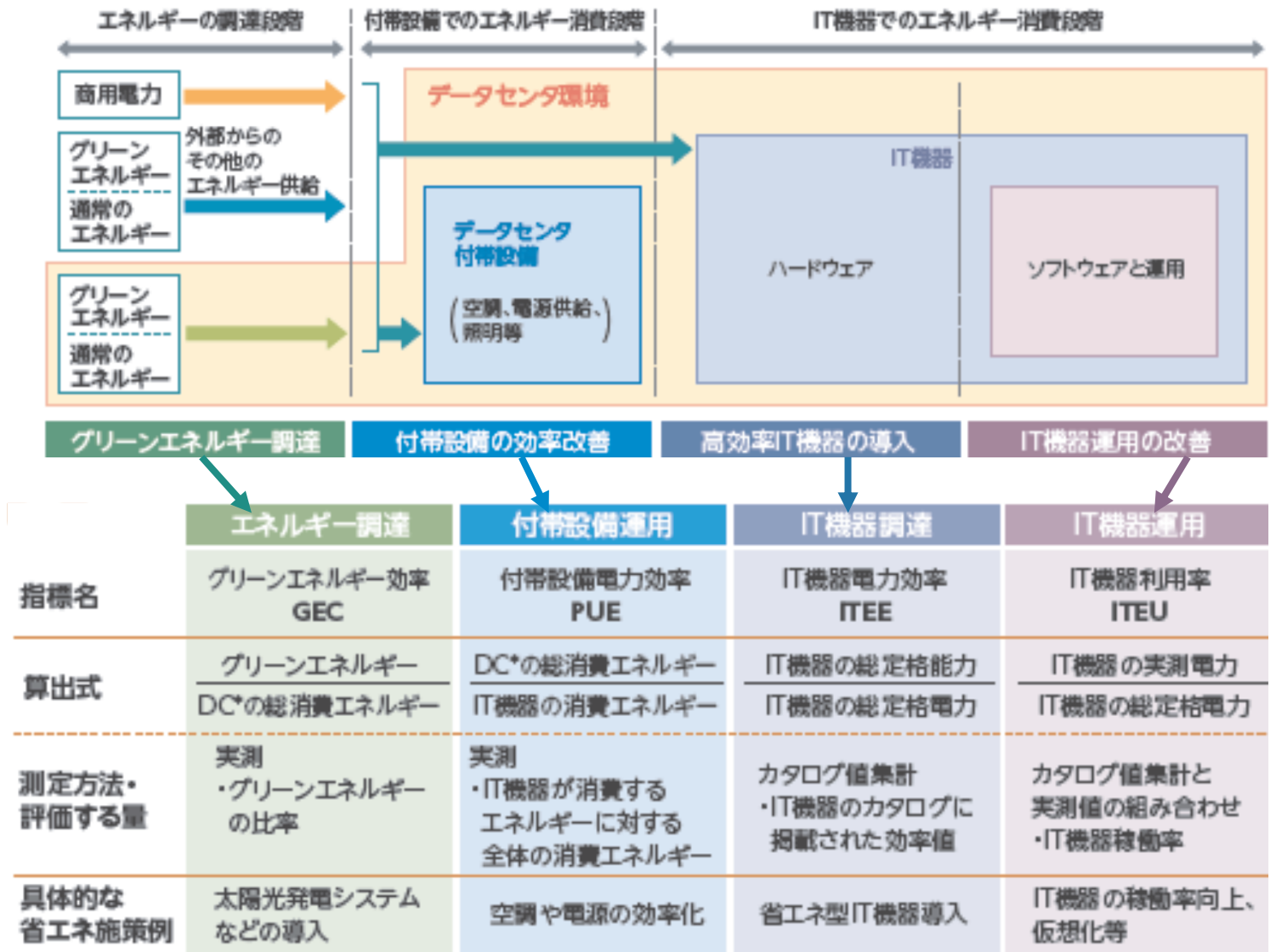
- 総消費電力量 :  $a' + e' = a' + e = \frac{c \times \eta_{DC} / \eta_{AC} + d}{\eta_{UPS}} + e$

比較モデルとの系統図



項目		9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
①太陽光発電量( $e, e'$ )		11,791	15,895	10,530	10,222	14,063	9,739	72,240
HVDC	②商用電力量	47,527	70,789	80,501	96,012	93,522	64,493	452,844
	③総消費電力量	59,318	86,684	91,031	106,234	107,585	74,232	525,084
UPS	④商用電力量	49,717	73,944	84,007	100,367	97,895	67,441	473,371
	⑤総消費電力量	61,508	89,839	94,537	110,589	111,958	77,180	545,611

### 3. 実証事業成果 (DPPE評価指標)



(出典・グリーンIT推進協議会DPPEパンフレット)

### 3. 実証事業成果 (DPPE評価基準によるPUE評価結果)

公開

■ PUE0.07ポイント減少  
給電効率向上がPUE改善に寄与

【検証方法】

$PUE = (\text{総消費電力量}) / (\text{IT機器の電力消費量})$   
Apollo電力消費量を同等とし、PUEを算出し評価する。

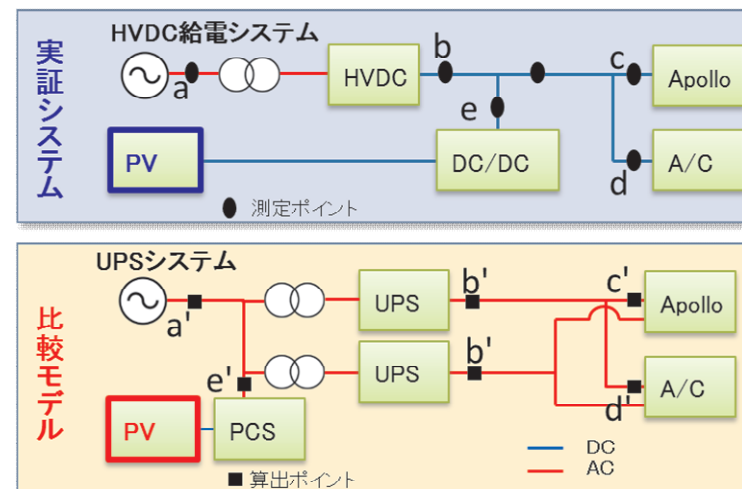
1. 実証システム(実測データ) 【計算式:②/①】

- 総消費電力量 :  $a + e$
- Apollo消費電力量 :  $c$

2. 比較モデル 【計算式:③/①】

- 総消費電力量 :  $a' + e' = a' + e = \frac{c \times \eta_{DC} / \eta_{AC} + d}{\eta_{UPS}} + e$
- Apollo消費電力量 :  $c' = c$

比較モデルとの系統図

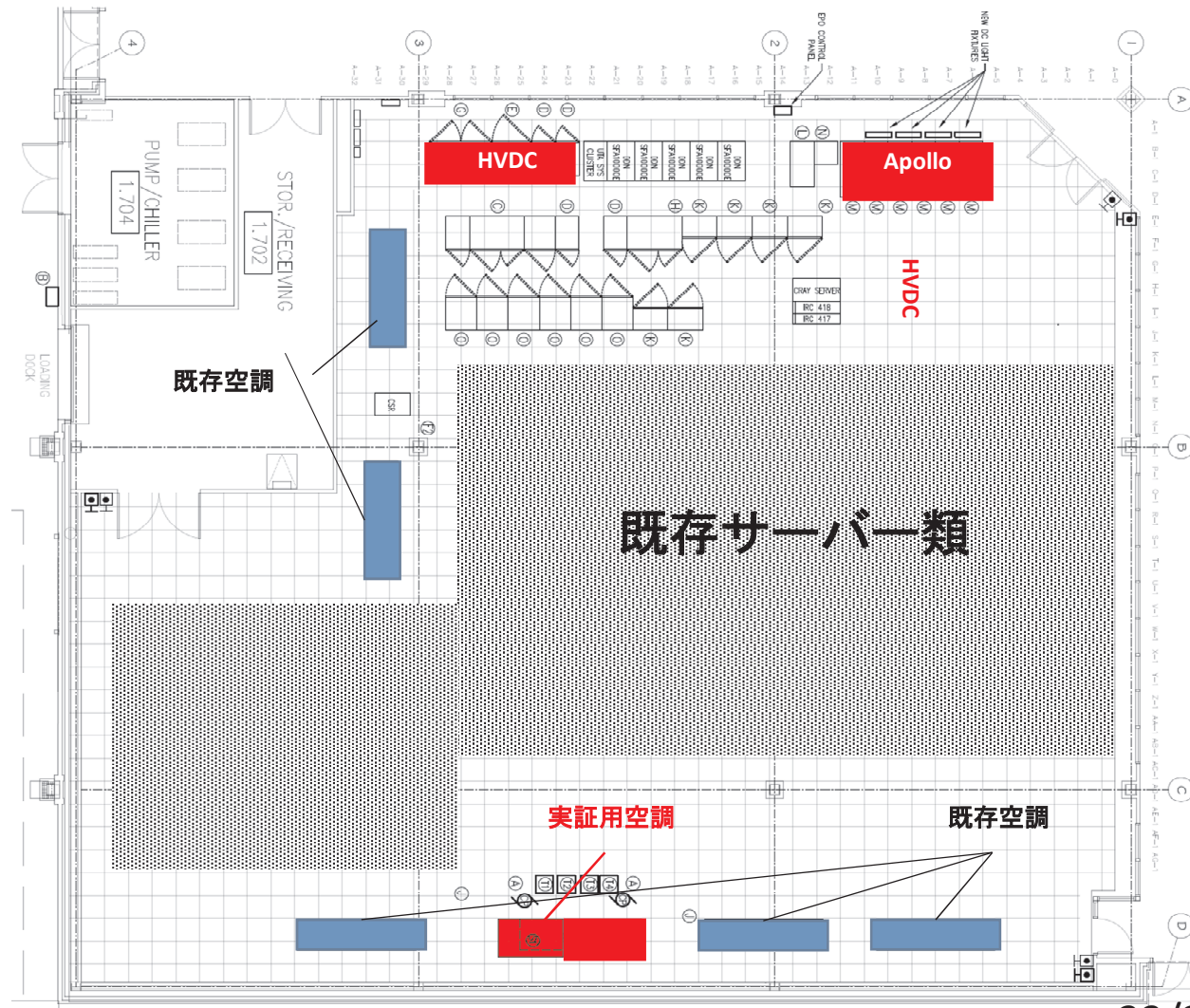
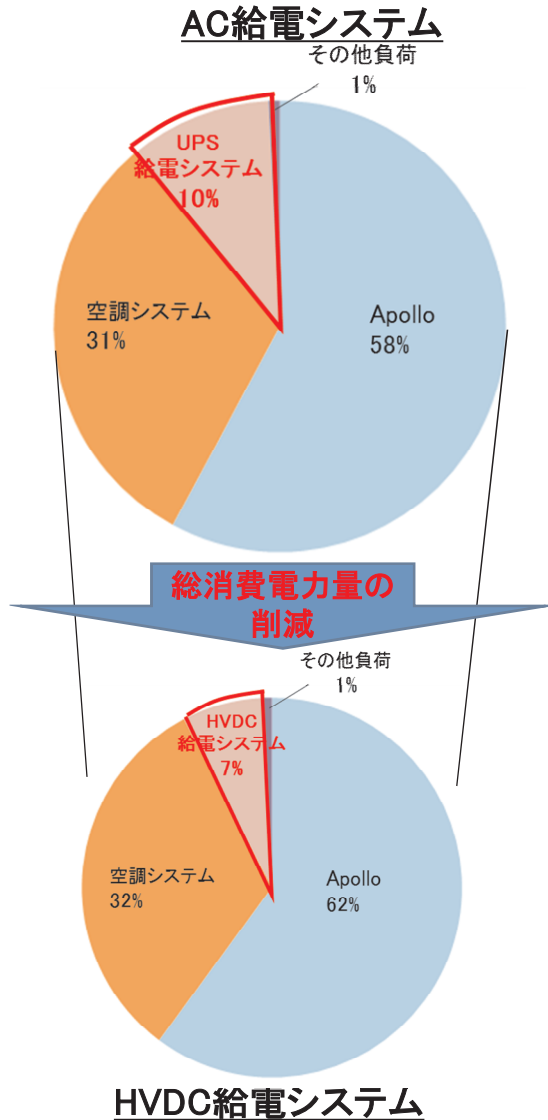


項目		9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
①Apollo消費電力量 (kWh)		33,680	51,624	54,810	65,253	65,822	44,437	315,626
HVDC	②総消費電力量(kWh)	59,318	86,684	91,031	106,234	107,585	74,232	525,084
UPS	③総消費電力量(kWh)	61,508	89,839	94,537	110,589	111,958	77,180	545,611
PUE削減効果(ポイント)		0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07

### 3. 実証事業成果 (DPPE評価基準によるPUE評価結果の考察)

公開

- 実証設備から構成される仮想的なデータセンターと仮定してPUEの改善度を評価
- HVDC化することにより、総消費電力量の削減、および給電システムによるロスの実現



### 3. 実証事業成果 (DPPE評価基準によるGEC評価結果)

- HVDC給電システムを導入するだけでGECが0.006ポイント増加
- 太陽光発電システムを直接ICT機器に接続することにより、自然エネルギーの利用効率が増加

#### 【検証方法】

GEC = (太陽光発電量) / (総消費電力量)  
 GECを算出し評価する。

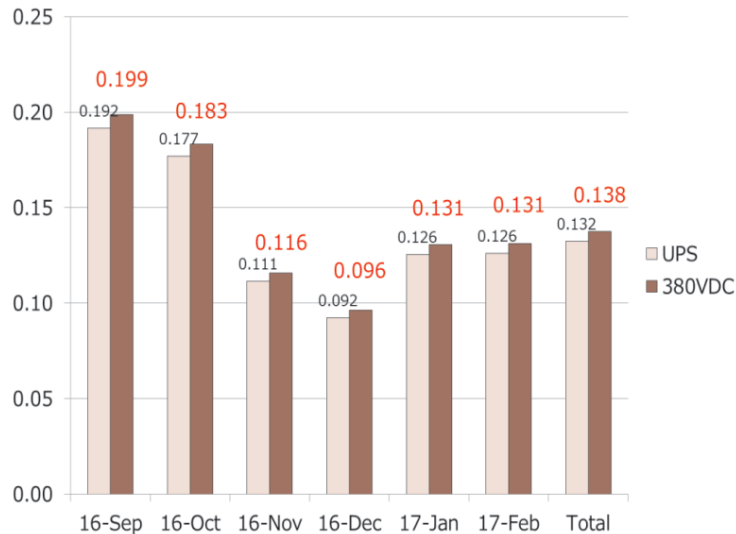
#### 1. 実証システム(実測データ) 【計算式:①/②】

- 総消費電力量 :  $a + e$
- 太陽光発電量 :  $e$

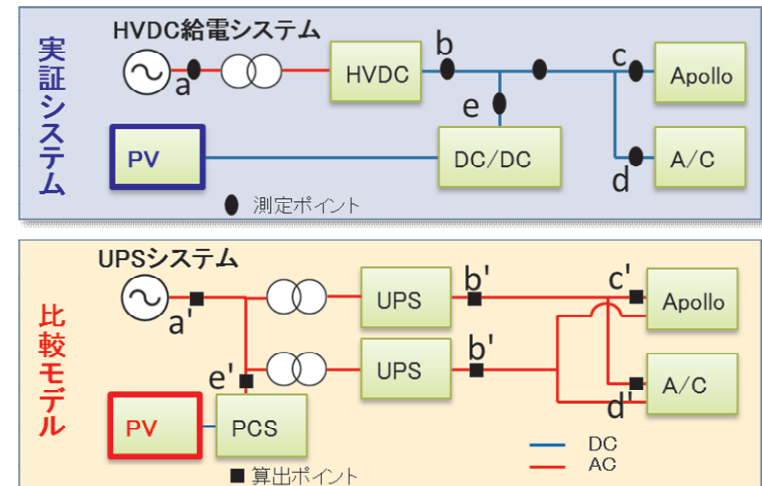
#### 2. 比較モデル 【計算式:①/③】

- 総消費電力量 :  $a' + e' = a' + e = \frac{c \times \eta_{DC} / \eta_{AC} + d}{\eta_{UPS}} + e$
- 太陽光発電量 :  $e' = e$

#### 比較モデルとのGEC比較



#### 比較モデルとの系統図



項目		9月	10月	11月	12月	1月	2月	合計
	①太陽光発電量 ( $e, e'$ )	11,791	15,895	10,530	10,222	14,063	9,739	72,240
HVDC	②総消費電力量	59,318	86,684	91,031	106,234	107,585	74,232	525,084
UPS	③総消費電力量	61,508	89,839	94,537	110,589	111,958	77,180	545,611

(kWh)



### 3. 実証事業成果(安全性の実証の検証結果)

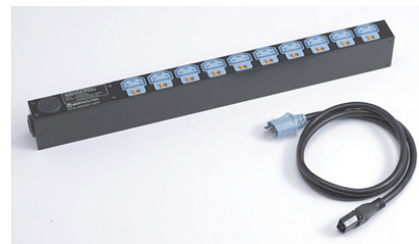
#### ●安全方針の確立

##### ■ 高圧設備の構築・運用を安全に実施できる方法を確立

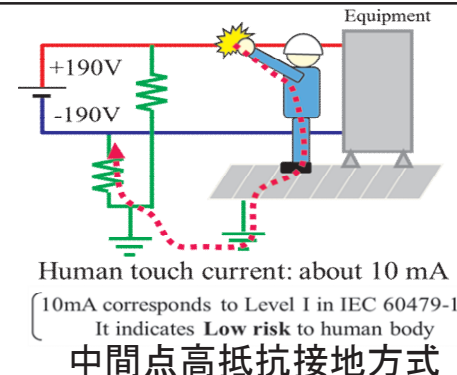
	施策	内容	結果
安全対策	保守トレーニング	システム理解と対応必要時の操作方法を習得させることで、運用レベルを高める。 また、高圧設備に対する恐怖心を除去する。	安全に 運用を継続
	コンセントバー	非対称構造による逆接続防止、通電部の露出防止、機械的スイッチによる誤操作防止等の安全対策を講じている。	
影響最小化に向けた対策	接地方式	中間点高抵抗接地方式により感電電流を最小化し、人体保護を行う。	事象発生時の 影響を最小化
	地絡検出保護 EPO: Emergency power off	緊急時に電源供給を遮断する安全機構を設ける。	
	雷害対策	全体構成を踏まえて、PVシステム、MFモジュール、出力分岐盤にSPD (Surge Protective Device)を設置し、機器を雷保護している。	
	アラーム	24時間365日の遠隔設備監視を行い、アラーム発生時に駆け付け等、迅速に対応できる体制とする。	



EPO



コンセントバー



### 3. 実証事業成果(実証事業サイトへの来場者)

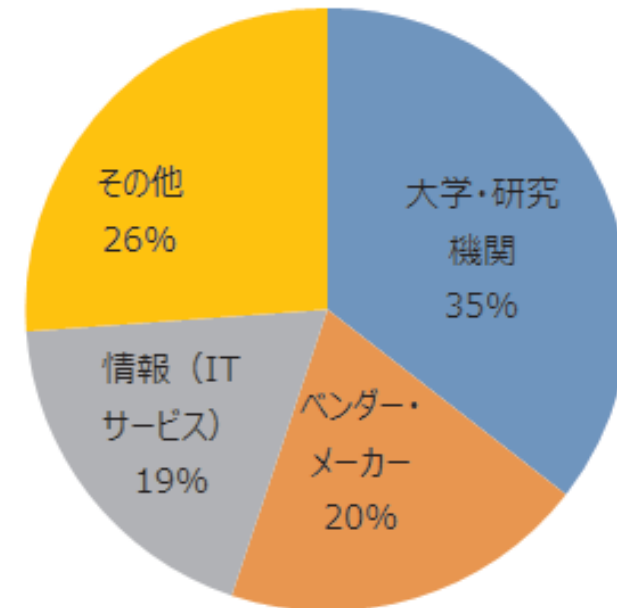
- 毎月100名以上が来場
- 大学・研究機関だけでなく通信事業者関係も来場

〈来場者数〉

時期	人数
2016年09月	196
2016年10月	186
2016年11月	144
2016年12月	180
2017年01月	106
2017年02月	237
2017年03月	125
<b>合計</b>	<b>1,174</b>



〈来場者区分〉



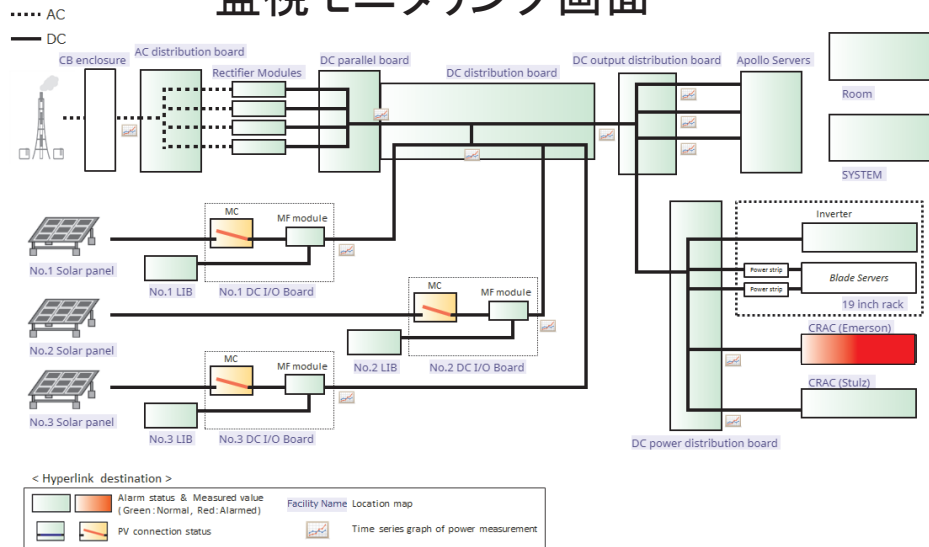
来場者例；

- ・エクソンモバイル (通信)
- ・Alibaba (情報)
- ・BP、Total (石油、ガス)
- ・CEA (フランス原子力・代替エネルギー庁)
- ・US Air Force (軍事)
- ・シティグループ (銀行)

### 3. 実証事業成果(ユーザーインタフェースの検証)

#### ●ユーザーインタフェースの検証

監視モニタリング画面



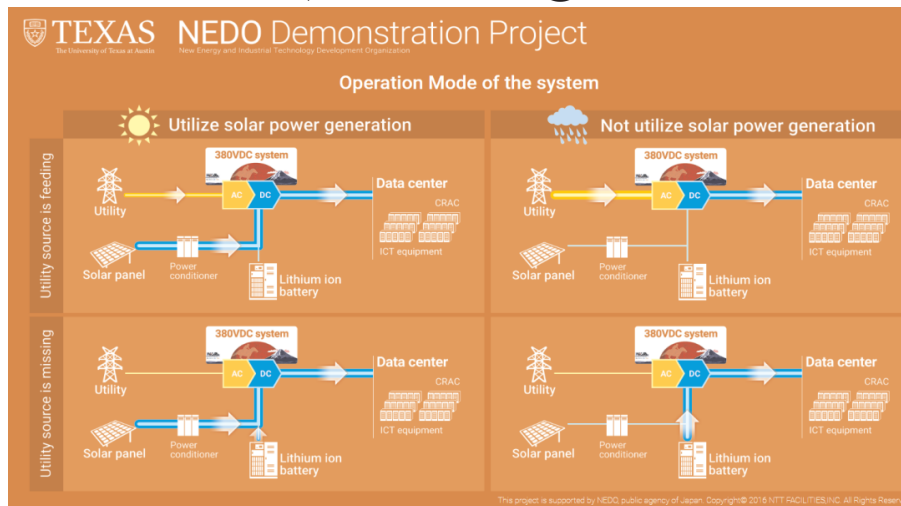
メール送信 Alarm画面

Subject: [380VDC Monitoring System] ALARMED

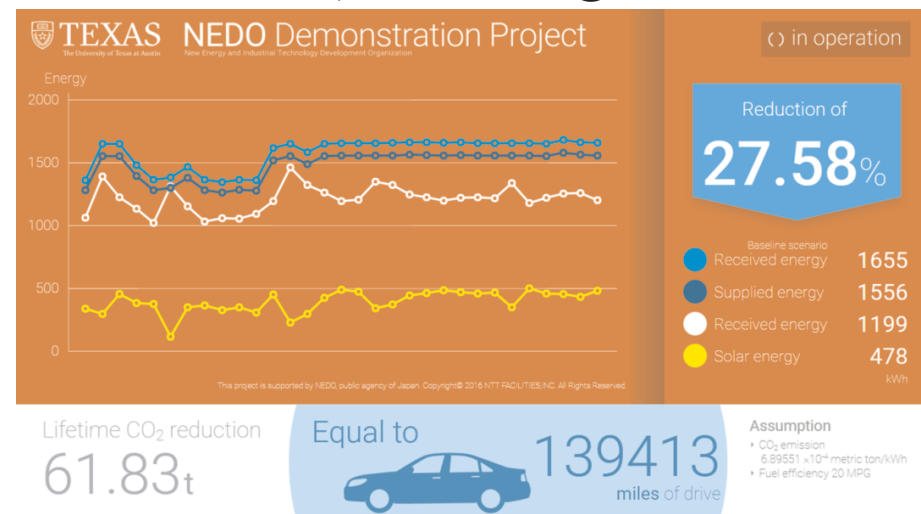
Body:  
The following alarms have occurred.

Item Code: Axxx  
Device Name : [DEVICE NAME]  
Item Name : Alarm  
Facility1 : [FACILITY1 NAME]  
Facility2 : [FACILITY2 NAME]  
Alarmed Date : YYYY/MM/DD hh:mm:ss

展示用画面①



展示用画面②



## 4. 事業成果の普及可能性(事業シナリオ)

HVDC技術の北米市場における競争力を正しく認識して、

強み：先駆者としての優位性

直流給電の機運向上・標準化の動き

競合システムUPSに対する技術的・経済的優位性

弱み：低認知度

米国での弱い営業力

HVDC対応ICT機器の未成熟



攻める市場をデータセンター、通信・CATV、スーパーコンピュータ市場に絞り込んで、

- 規模が大きく、成長が見込める
- システムへの信頼性が要求される
- HVDC給電システムの技術優位性《省エネ性能と省スペース》を活かせる



攻める市場におけるHVDC化を進めて、HVDC市場において圧倒的シェアを獲得

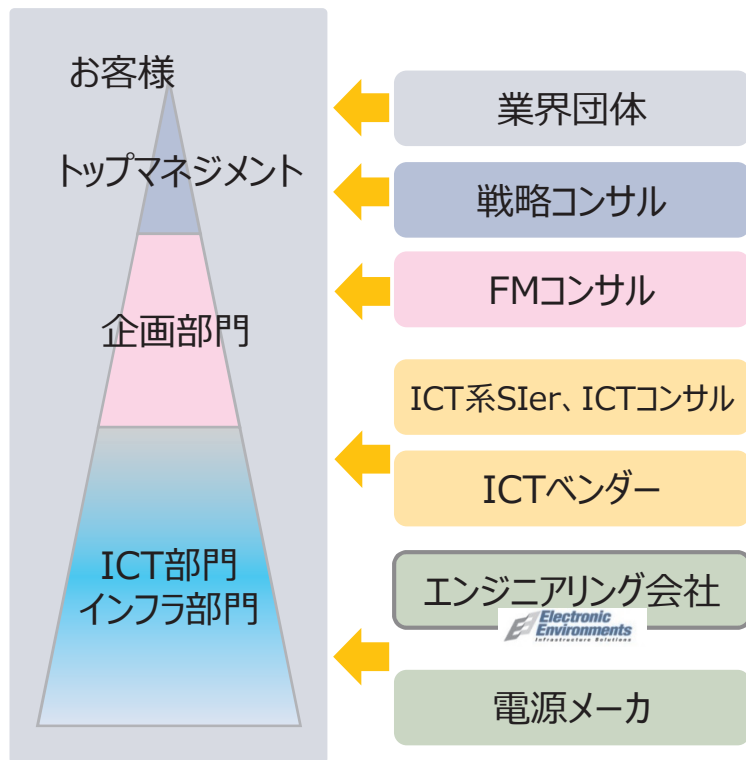
《スパコン市場で開拓》 スパコン業界のHVDC化を突破口とする

《データセンター市場への水平展開》 ICT機器のHVDC化を進める

《通信業界での可能性追求》 導入実績と省エネ性能のアピールにより拡大

# 4. 事業成果の普及可能性(営業活動方針と普及の取組)

- お客様の設備投資意思決定者へ届く営業活動の面展開
  - ① 外部コンサルを活用してのお客様の計画の把握、経営幹部への働きかけ
  - ② ICTベンダーを活用してのICT担当部門への直接的営業活動
  - ③ 電源メーカーとの共同営業の推進
- 展示会への積極的参加、TACC実証サイトをPR拠点としての活用によるHVDC宣伝
- 標準化活動および学会活動を通じてのHVDC訴求



《営業活動の面展開》

	展示会	展示会概要	展示会模様	訪問顧客
放送・通信	 INTELEC2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>主に通信用電源に関する学会および展示会</li> <li>HVDC見学会を開催</li> <li>オースティンで開催</li> </ul>	 	約100名が参加(通信事業者、研究機関等)
	 Cable-Tec 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>CATV機器に関する展示会</li> <li>フィラデルフィアで開催</li> </ul>	 	CATV事業者を中心に約10社
データセンター	 Datacenter Dynamics 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>データセンター事業者向けのイベント</li> <li>ニューヨークで開催</li> </ul>		データセンター事業者、金融機関等、約20社
スパコン	 Supercomputing15	<ul style="list-style-type: none"> <li>スパコン向けイベント</li> <li>2015はオースティン、2016年はソルトレークシティで開催</li> <li>HVDC見学会を開催</li> </ul>		約1,000人が参加
	 Supercomputing16		 	スパコンを保有する研究機関、企業等、約10社
新技術	 ARPA-E Energy Innovation Summit	<ul style="list-style-type: none"> <li>新技術関連のイベント</li> <li>ワシントンDCで開催</li> <li>NEDOプロジェクトの一つとして出展</li> </ul>	 	新技術関連、エネルギー関連企業等、約20社

ARPA-E: Advanced Research Projects Agency-Energy

《HVDCの訴求活動》