大規模太陽光発電設備の実際
～稚内メガソーラープロジェクトの事例紹介～

2010年2月23日

(株)明電舎 電力ソリューション技術部
植田 喜延

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

内容

I. 大規模太陽光発電設備の導入背景
II. 大規模太陽光発電設備の構成
III. NEDO稚内メガソーラープロジェクト

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

I. 大規模太陽光発電設備の導入背景

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

太陽光発電導入促進の流れ

地球温暖化問題

1988年 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)設立

1997年 COP3
・京都議定書採択
第1約束期間 2008-2012

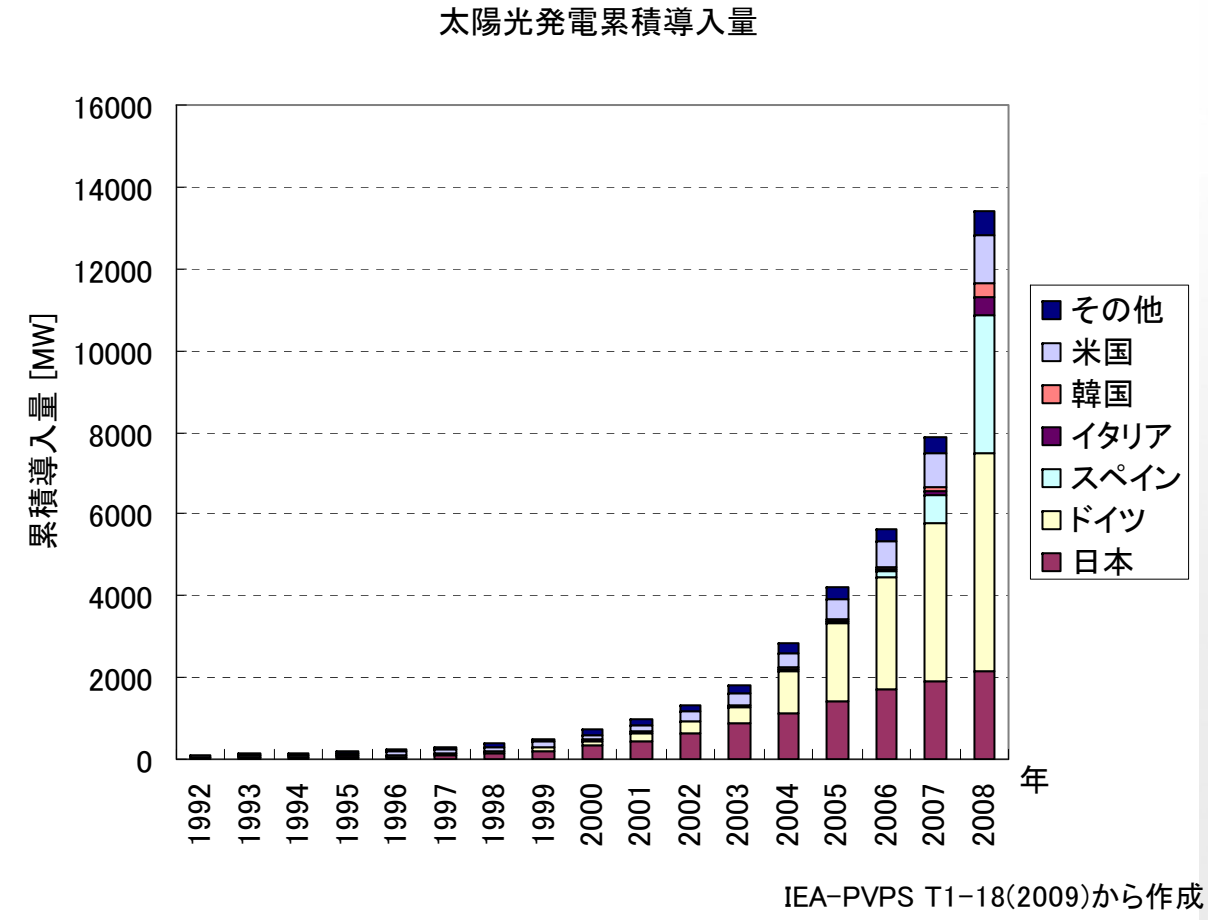
2009年 COP15
・政治的合意文書の採択見送り

安倍政権:「美しい星50」
福田政権:洞爺湖サミット
→2008年 経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」
・革新的太陽光発電
・高性能電力貯蔵/ﾊﾟﾜｰｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ
→2009年 NEDO「PV2030+」
・2030年までに主要ｴﾈﾙｷﾞｰの1つに
・2050年までにCO2削減の一翼を担う主要技術に、グローバルな社会にも貢献

麻生・鳩山政権においても
方向性は維持

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

太陽光発電導入量



2008年の年間導入量

国名	導入量
スペイン	2661MW
ドイツ	1504.5MW
イタリア	338.1MW
米国	338MW
韓国	276.3MW
日本	225.3MW

Source: IEA-PVPS T1-18(2009)

固定価格買取制度(Feed-in Tariff)を導入している国の伸びが顕著
→大規模太陽光発電所の建設

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

海外の大規模太陽光発電設備（2008年末）

国	場所	地域	容量
スペイン	Olmedilla de Alarcón	Castilla-La Mancha	60MW
スペイン	Puertollano	Castilla-La Mancha	47MW*
ポルトガル	Moura	Alentejo	46MW*
ドイツ	Brandis	Saxony	40MW
スペイン	Arnedo	La Rioja	34.19MW

*: 将来増設予定

Source: Denis Lenardič, “Large-scale Photovoltaic Power Plants”, Annual review 2008, pvresources.com, 2009.

20MW以上の19プラントのうち、16箇所がスペイン
（残り1箇所は韓国、Sinan）

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

日本の大規模太陽光発電設備

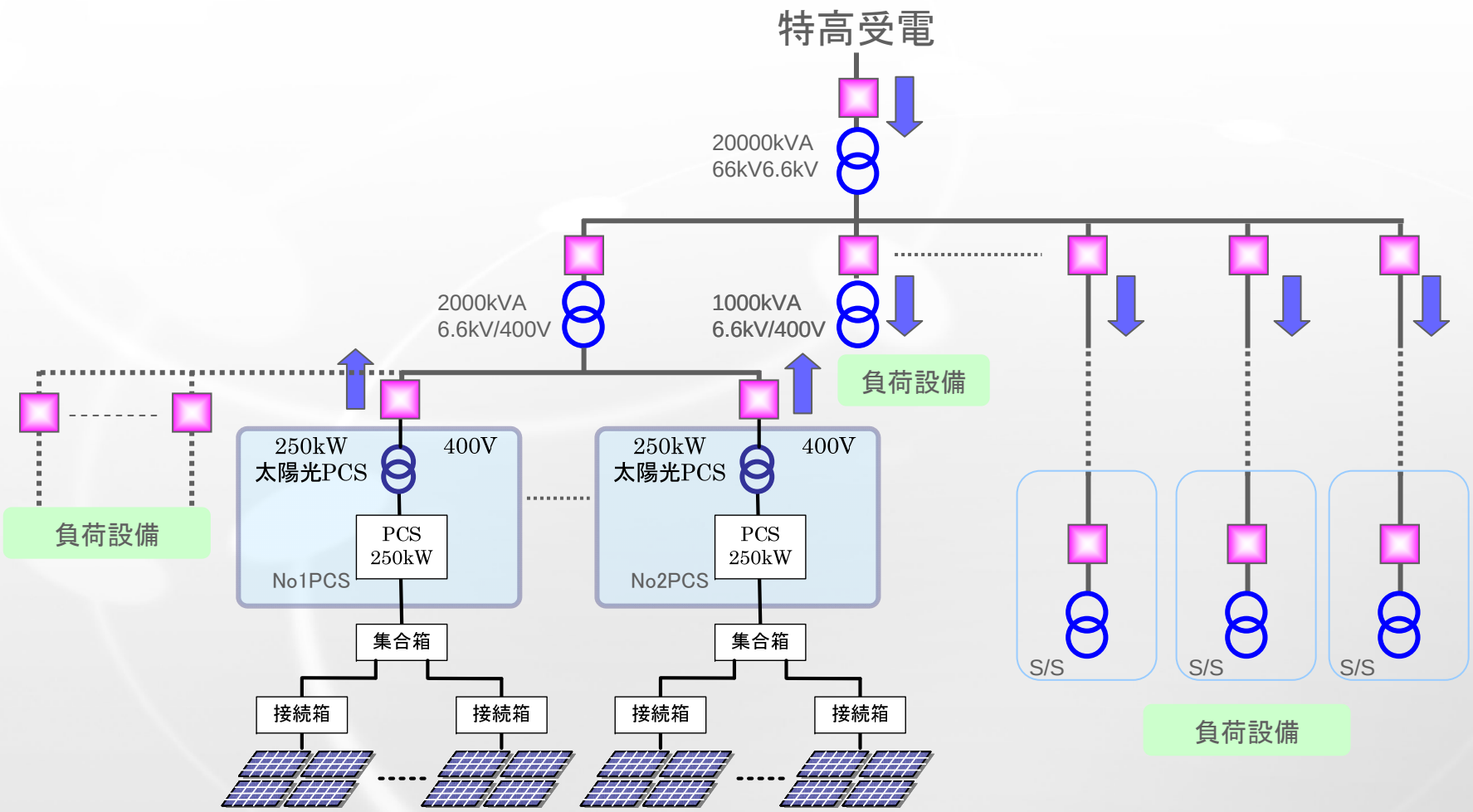
事業主体	場所	容量	運転開始年度
シャープ(株)	三重県亀山市	5MW	2005
トヨタ自動車(株)	愛知県豊田市	2MW	2007
NEDO実証研究 (北海道電力(株)、稚内市)	北海道稚内市	5MW (最終)	2006～2010 (予定)
NEDO実証研究 ((株) NTTﾌｧｼﾘﾃｨｰｽﾞ、北杜市)	山梨県北杜市	2MW (最終)	2006～2010 (予定)
九州電力(株)	福岡県大牟田市	3MW	2010(予定)
関西電力(株)	大阪府堺市	10MW	2011(予定)
シャープ(株)・関西電力(株)	大阪府堺市	18MW (最大)	2011(予定)
川崎市・東京電力(株)	神奈川県川崎市	13+7 MW	2011(予定)

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

II. 大規模太陽光発電設備の構成

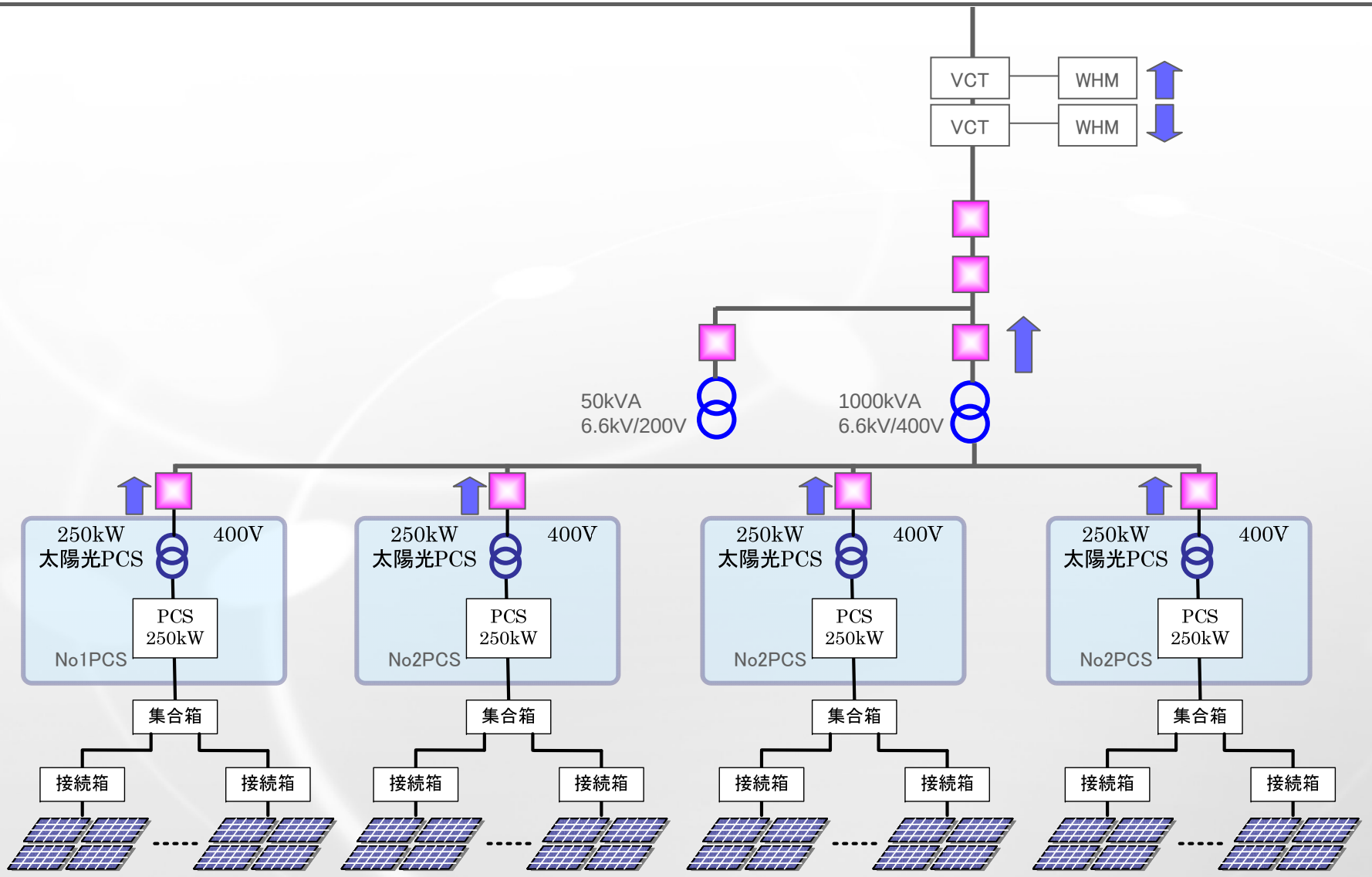
All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

自家消費システム（逆潮流無し）～大規模工場等



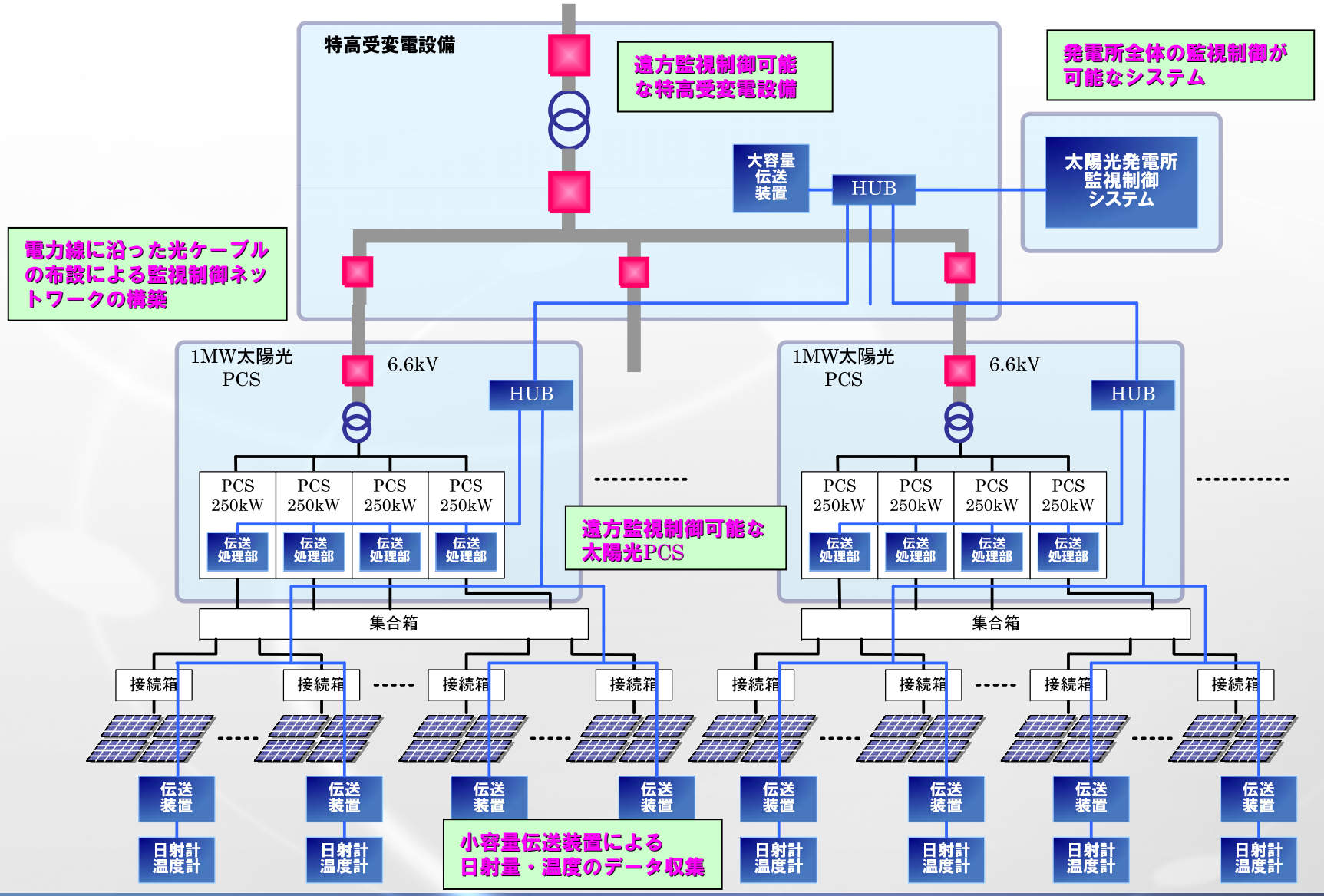
All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

発電事業システム（逆潮流）



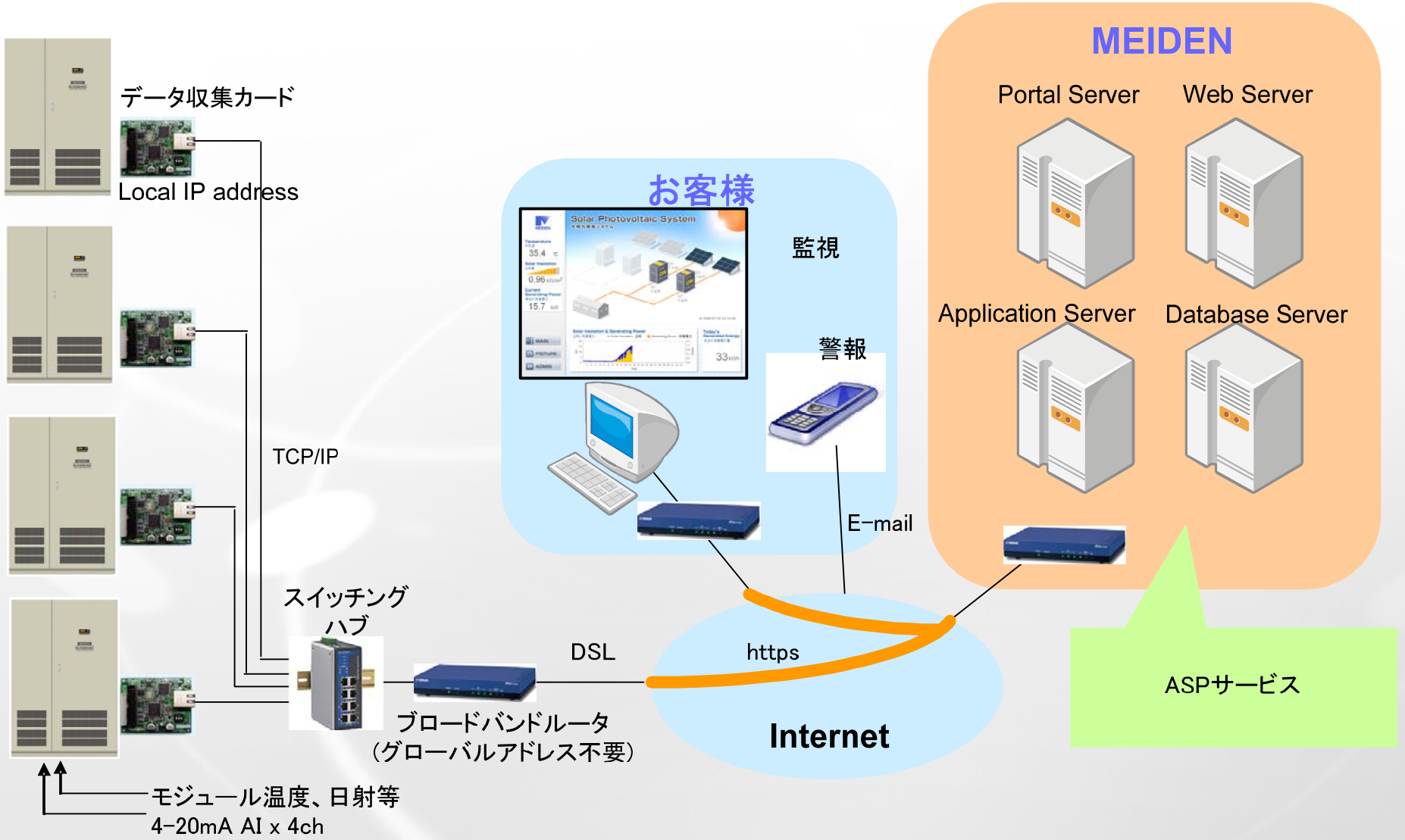
All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

メガソーラー発電所監視制御システム（発電事業用）



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

簡易監視ステム（自家消費システム用）



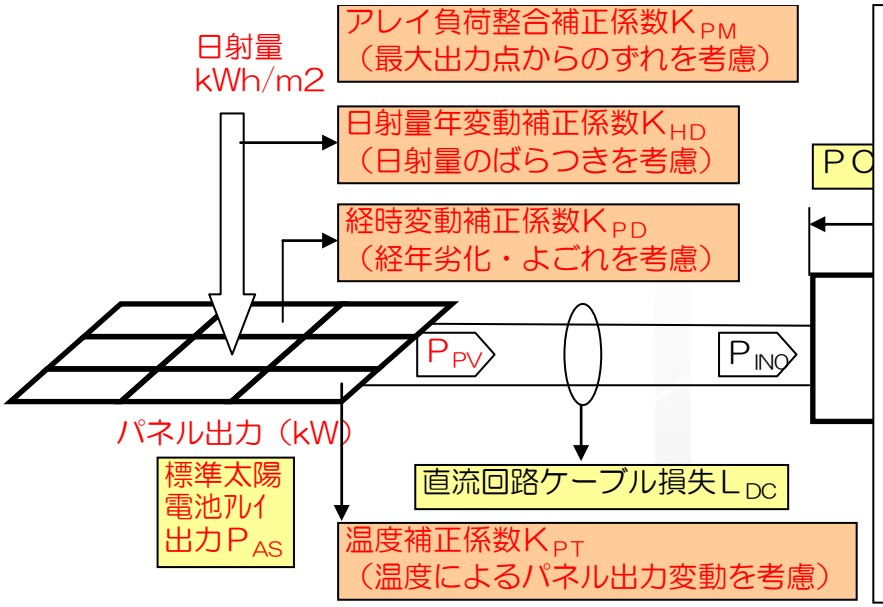
All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

主要構成機器

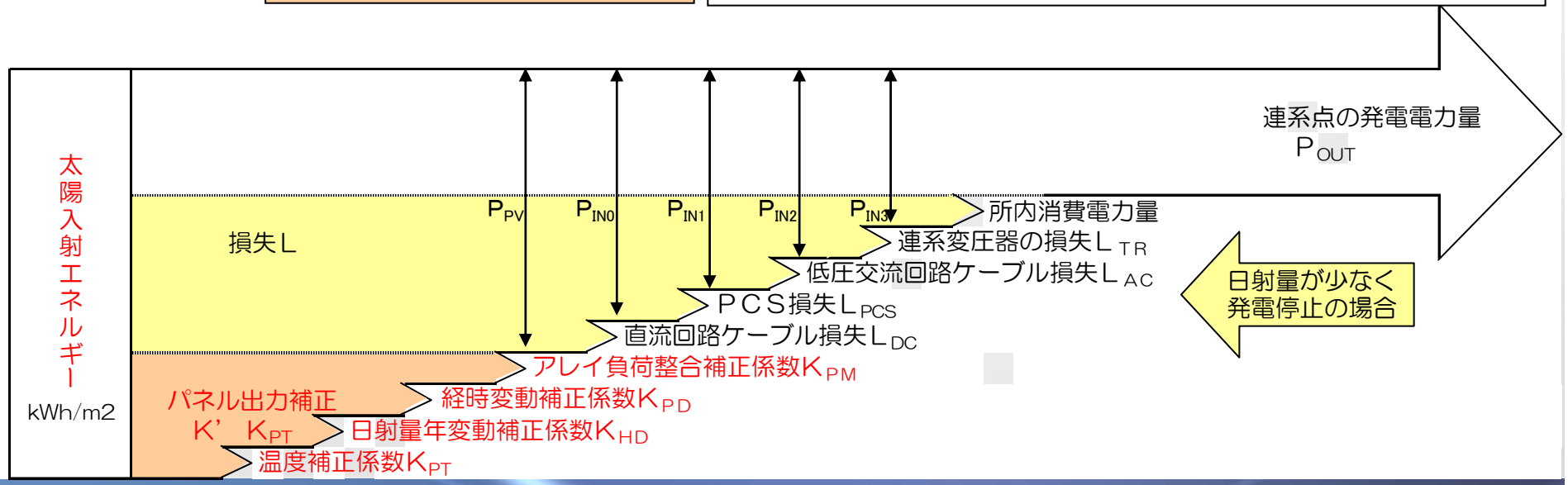
- ●太陽電池モジュール
  - ✓シリコン系：単結晶、多結晶、アモルファスetc.
  - ✓化合物系：CIGS、CdTe、etc.
  - ✓その他：色素増感型
- ●接続箱
  - ✓ブロック毎の太陽電池モジュールからの配線を一つにまとめる
  - ✓保守・点検などに使用する開閉器や避雷素子、逆流防止ダイオード等
- ●パワーコンディショナ（PCS）
  - ✓太陽電池の発生する直流電力を交流電力に変換
  - ✓太陽電池の出力を最大限引き出すように制御
  - ✓連系保護装置も内蔵
- ●特別高圧、高圧受変電設備
  - ✓各PCSから発生した電力をまとめ、電力系統に送り出す
  - ✓種々の事故に対する保護機能や、計量器も内蔵

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

発電電力量の算定（1）
太陽電池モジュールからの発電出力の算出(JIS C8907)



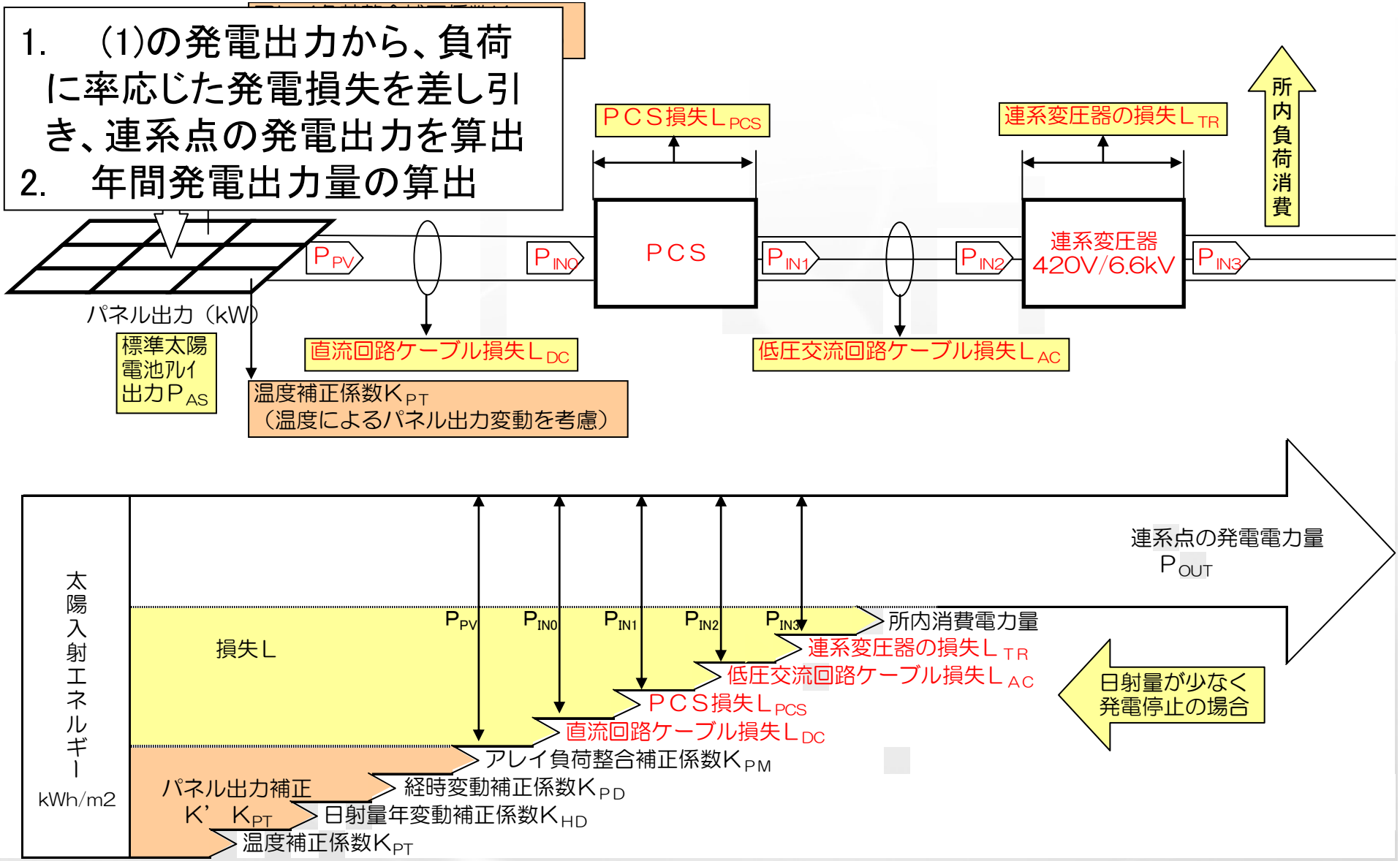
1. 1時間毎の日射量・気温データ（METPV3:NEDOホームページからダウンロード可能）より、発電所全体の太陽電池が発電する電力量を1時間毎に推定
   ※極力影の影響を受けないような配置となるように
2. 1.の結果に温度補正係数および基本設計係数を乗じる



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

発電電力量の算定（2）
連系点の発電出力、年間発電出力量の算出

1. (1)の発電出力から、負荷に率応じた発電損失を差し引き、連系点の発電出力を算出
2. 年間発電出力量の算出



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

発電電力量の算定 (3)
年間消費電力量および発電電力量の算出

消費電力

1. 変圧器の無負荷損およびPCS待機損失による損失電力量
   損失電力量=(各変圧器の無負荷損+PCS待機損失)
   ×PCS停止時間(日射量=0の時間)
2. パッケージのエアコンによる消費電力量(エアコン適用時)
   消費電力量=年間のPCS損失×想定運転率(30%)
3. その他の所内消費電力量
   連続負荷(監視制御装置など)=定格値(ｶﾀﾛｸﾞ値)×想定運転率(100%)
   継続負荷(ヒータなど)=定格値(ｶﾀﾛｸﾞ値)×想定運転率(75%)
   断続負荷(照明など)=定格値(ｶﾀﾛｸﾞ値)×想定運転率(40%)

年間想定発電電力量=年間発生電力量−年間消費電力量

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

III. NEDO稚内メガソーラープロジェクト

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

研究背景

- CO2削減目標・PV導入目標を達成するためには、住宅用などの小規模分散型だけでなく、大規模集中型の太陽光発電所の導入が必要である
- 太陽光発電は出力が気象条件に左右される不安定な変動電源であり、そのような電源が大規模に系統に接続された場合に、電圧変動の発生や周波数調整に影響を及ぼすことが懸念される



2006年度から2箇所のサイト（稚内、北杜）で
NEDO「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究（メガソーラー実証研究）」プロジェクトがスタート

目的：“メガソーラー=大規模太陽光発電システムを電力系統に導入した際に想定される技術的な課題をクリアすることにより、新エネ導入促進に寄与する”

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

研究課題・体制

研究課題

- MW級の大規模太陽光発電システムの構築・系統安定化対策技術の開発
- 数時間オーダーでの大規模太陽光発電の出力制御技術の開発
- 高調波抑制対策技術の開発
- シミュレーション手法（ソフトウェア）の開発
- 大規模電力供給用太陽光発電導入時の指針となる手引書の作成

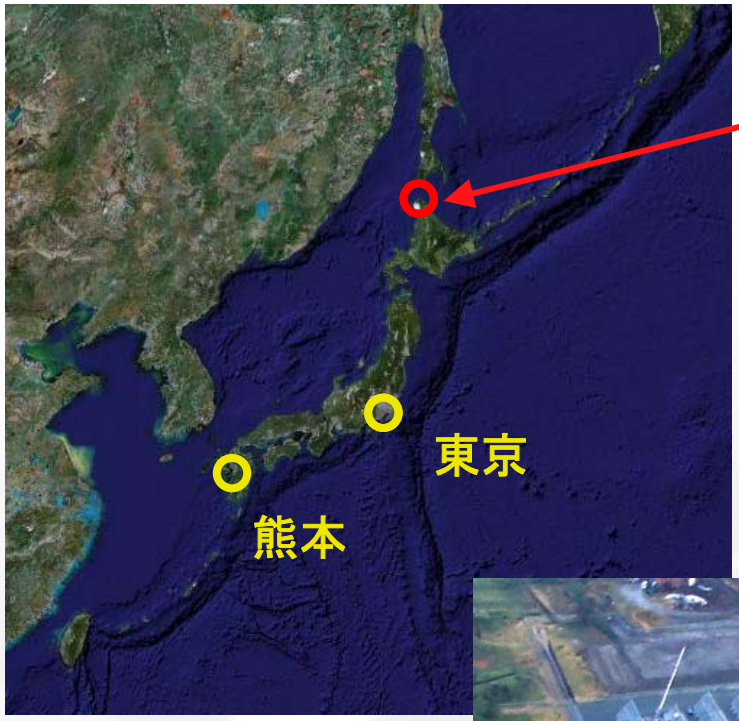
メンバー構成

NEDO（新エネルギー・産業技術開発機構）

- 稚内市
- 北海道電力（株）
  - ***（株）明電舎***
  - パナソニック環境空調エンジニアリング（株）
  - （社）日本気象協会
  - 北海道大学

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

稚内サイト



稚内＝日本最北端の都市.

- 北緯：45°
- 東経：141 °
- 平均気温：7℃
- 最高気温（夏）：25～27℃
- 最低気温（冬）：-15～-13℃

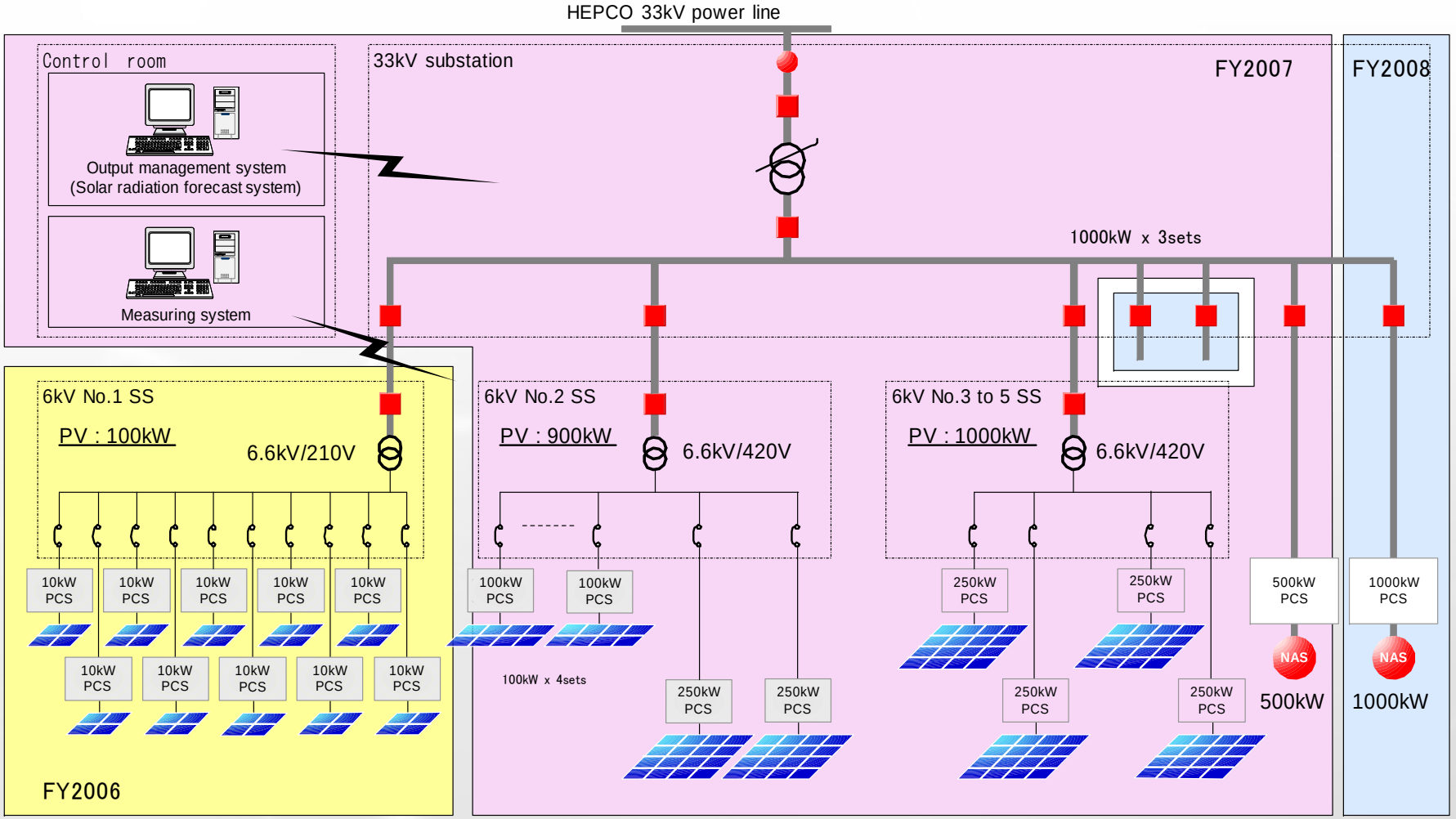


空撮写真
(2009/5)

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

設備構成図

発電所構成図（2009年3月時点、現在PV 1000kW増設工事中）



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

設備構成

発電所構成（2009年3月時点、現在PV 1000kW増設工事中）

設備	数量	概要
PV パネル	-	4,000kW　(複数のメーカ、種類で構成)
PV PCS	10 4 2 **12**	10kW 100kW 250kW **250kW**
NAS電池	1 1	500kW×7.2h 1000kW×7.2h
NAS電池用PCS **(系統安定化装置)**	**1** **1**	**500kW** **1000kW**
受変電設備	**-**	**33kV 特高変電所** **6.6kV サブ変電所 (5 banks)**
出力管理システム	**1**	**発電所の監視制御**
日射予測システム	1	3種類の予測方式
計測システム	**1**	**研究データの評価用**

赤字は明電舎担当分

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

現地状況

PVパネル 1



PVパネル 2



PV PCS



NAS電池 1



NAS電池 2

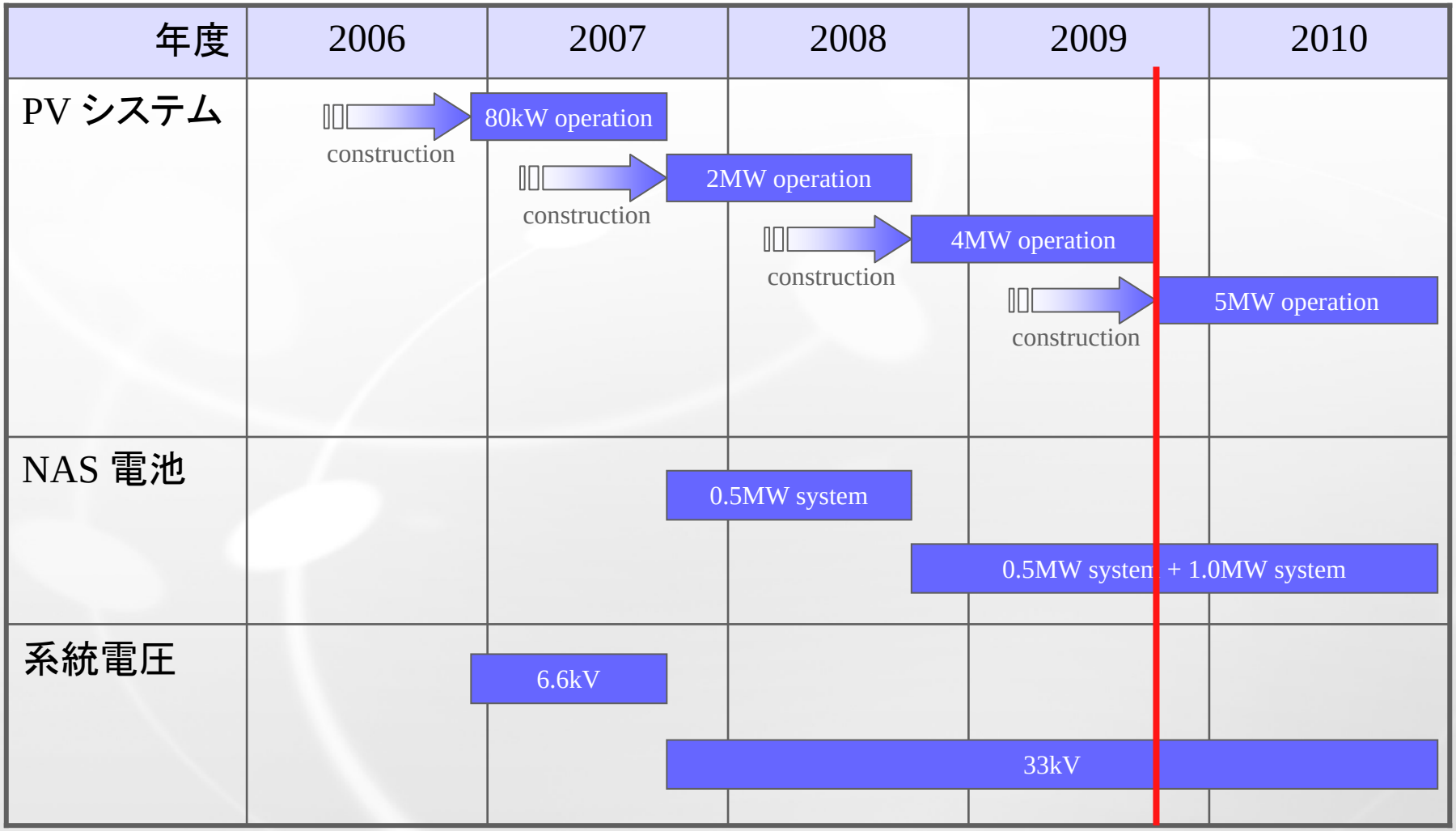


出力管理システム(サーバ)



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

研究スケジュール



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

出力制御技術

- 開発するシステム
  - **出力管理システム**
  - 日射量予測システム（日本気象協会が担当）
- 出力制御技術
  - 日射量予測
  - **発電予測**
  - **発電計画**
  - **スケジュール運転**
- 実証試験状況
  - シミュレーションにより、出力制御技術の事前評価及び制御パラメータの選定等を実施
  - 出力管理システム、日射量予測システムを用いて、出力制御技術の検証・評価を実証試験中

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

操作画面例



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

表示画面例



No.	線種	設備名称	項目名称	中心時刻値	単位	スケール最大値	スケール最小値	デフォルト	最大値(入力)	最小値(入力)	消去
1		系統安定化装置	受電点 有効電力	2.00	kW	851.15	-274.15	デフォルト	1000.00	-1000.00	消去
2		NAS電池1000kW	電池残存容量(松野)(2)	99.70	%	100.13	97.17	デフォルト	100.00	60.00	消去
3		NAS電池500kW	電池残存容量	60.30	%	61.05	60.05	デフォルト	100.00	60.00	消去
4		NAS電池1000kW	電池残存容量(1)	62.40	%	63.07	61.53	デフォルト	100.00	60.00	消去
5		NAS電池1000kW	電池残存容量(2)	98.30	%	100.30	95.80	デフォルト	100.00	60.00	消去
6		NAS電池500kW	有効電力指令値(NAS500)	116.00	kW	219.00	-639.00	デフォルト	1000.00	-1000.00	消去
7		NAS電池1000kW	有効電力指令値(1)	120.00	kW	653.20	-517.20	デフォルト	1000.00	-1000.00	消去
8		NAS電池1000kW	有効電力指令値(2)	-600.00	kW	660.00	-660.00	デフォルト	1000.00	-1000.00	消去

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

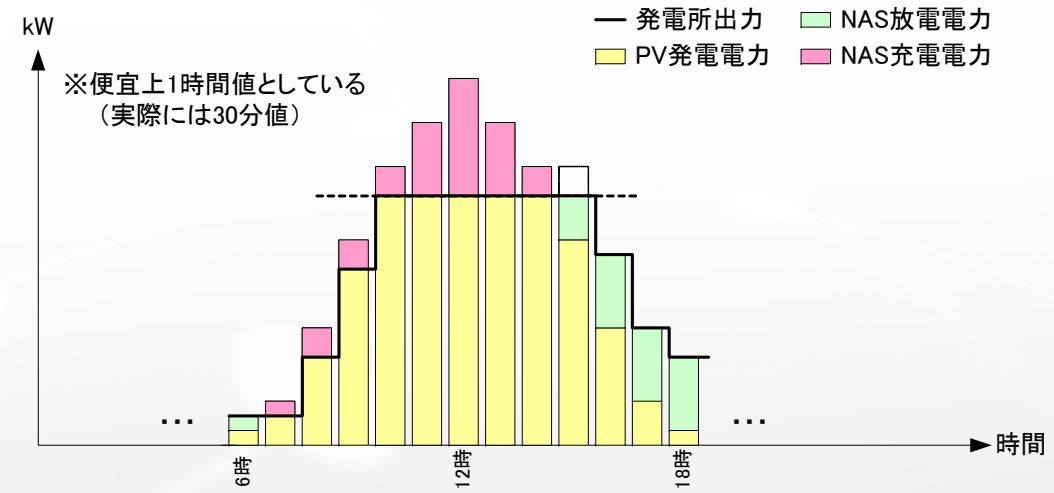
出力制御−ピークカット運転

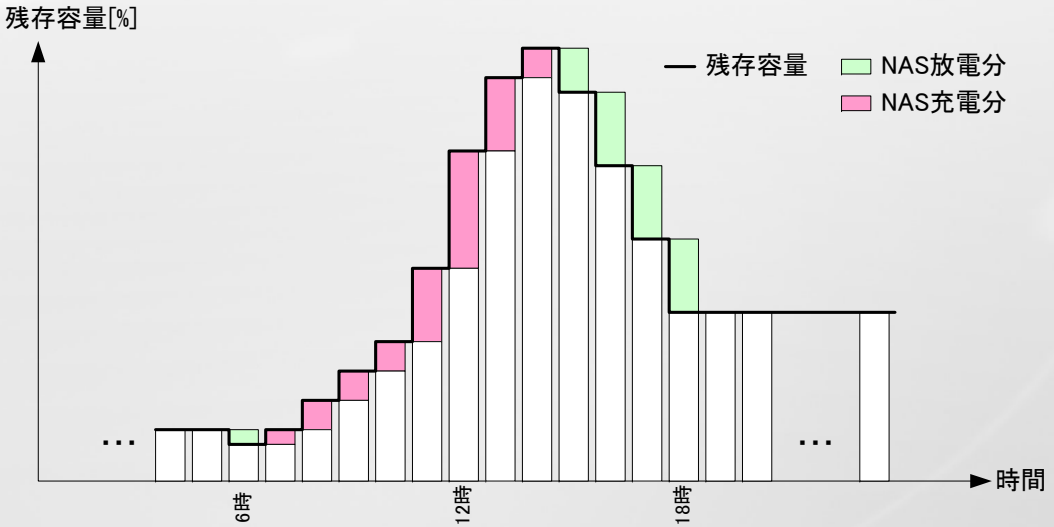
◆ 出力管理システムによる出力制御では、日射予測結果を基にした受電点電力の計画作成を行う

◆ ピークカット運転は、昼間のピークを設定値に抑えるようNAS電池に充電し、午後の放電可能な時間帯に放電を行う

◆ 24時時点のNAS電池残存容量が設定値となるよう計画を作成する

◆ 当日、予測と実際とのズレが発生した場合は、随時計画変更を実施しながら運転を行う





All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

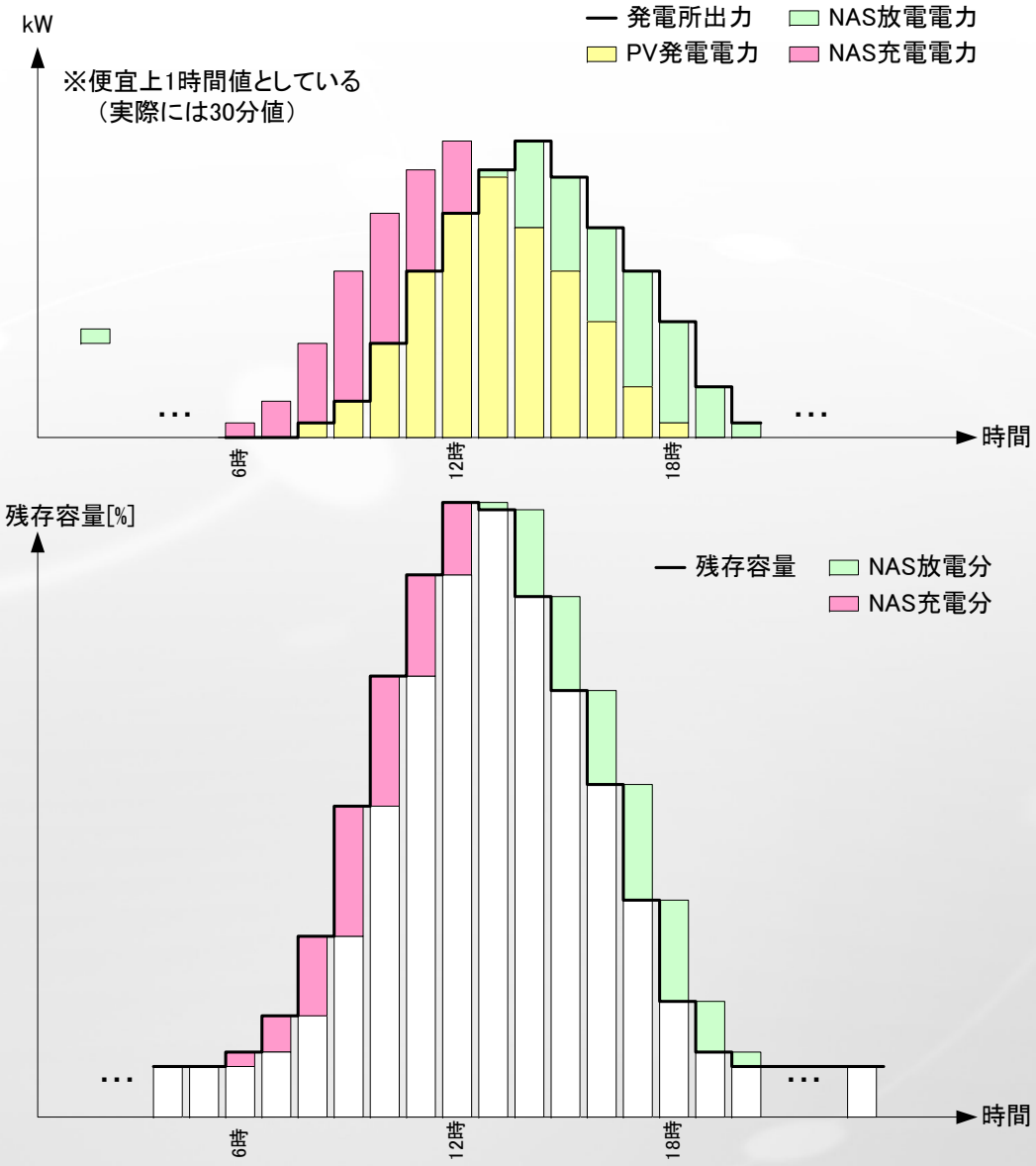
出力制御–ピークシフト運転

◆ 出力管理システムによる出力制御では、日射予測結果を基にした受電点電力の計画作成を行う

◆ ピークシフト運転は、昼間のピークを設定値の時間帯にシフトするようNAS電池への充放電を行う

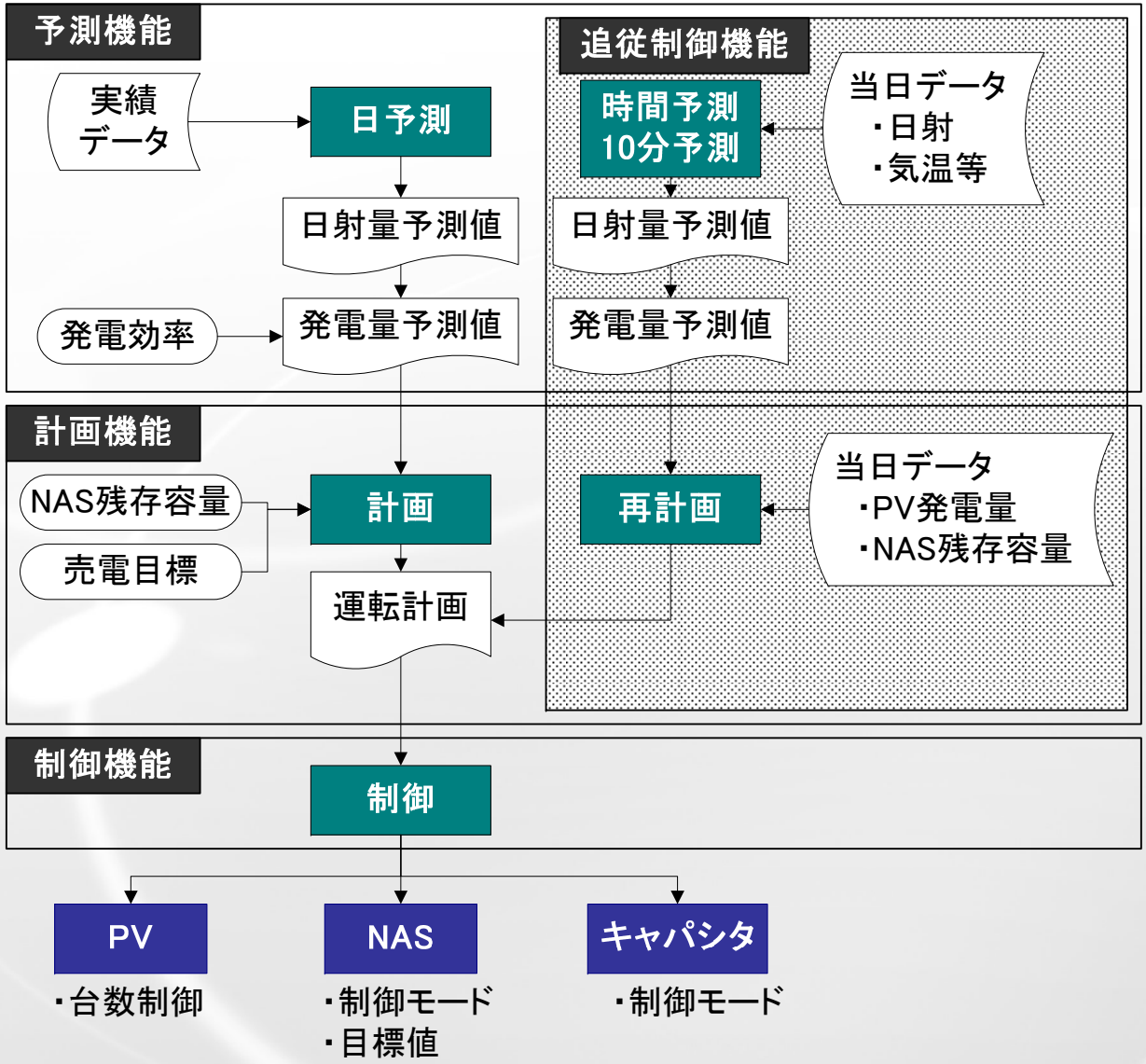
◆ 24時時点のNAS電池残存容量が設定値となるよう計画を作成する

◆ 当日、予測と実際とのズレが発生した場合は、随時計画変更を実施しながら運転を行う



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

出力管理の流れ

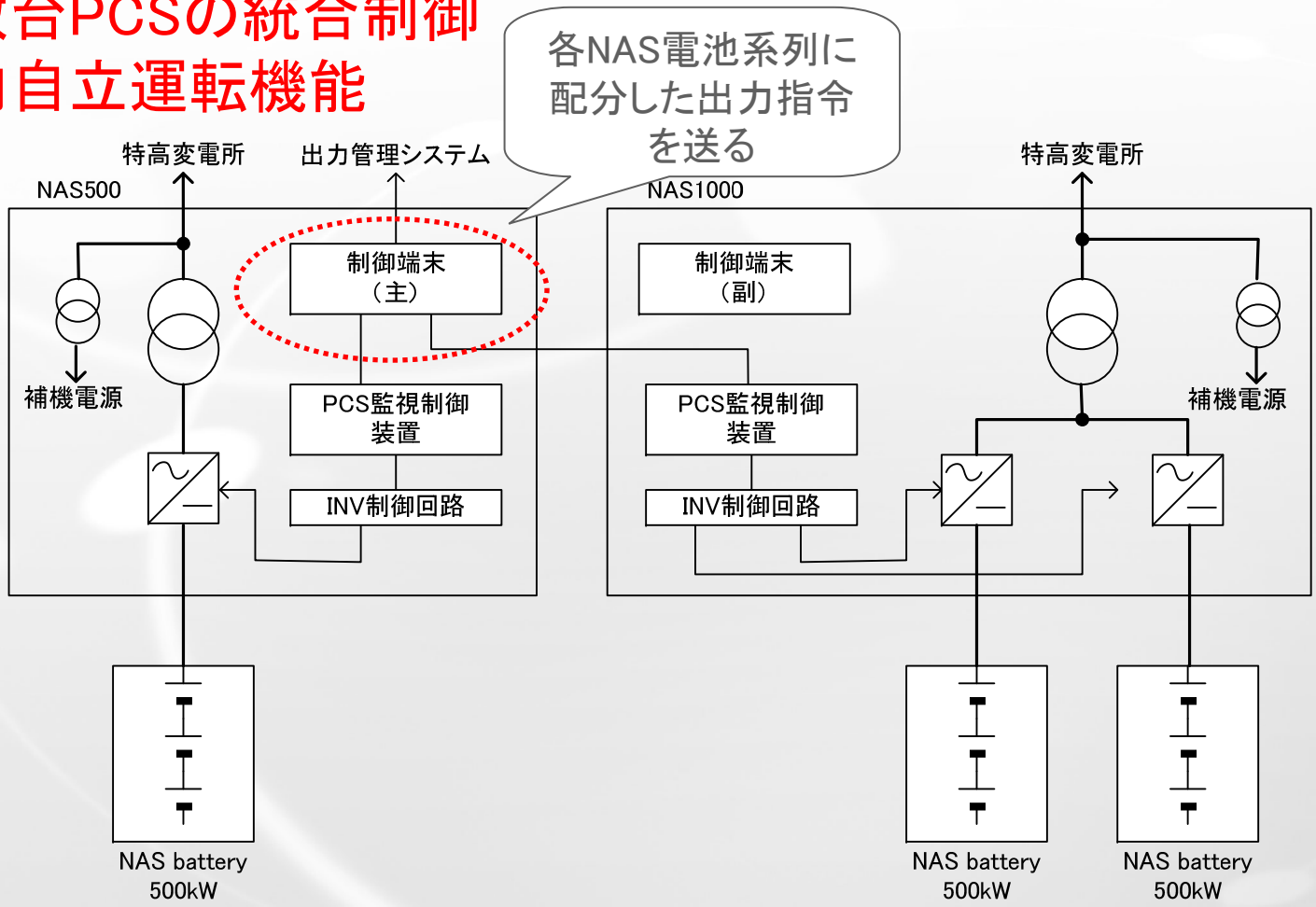


All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

系統安定化技術−系統安定化装置

PCSによりNAS電池を充放電制御する

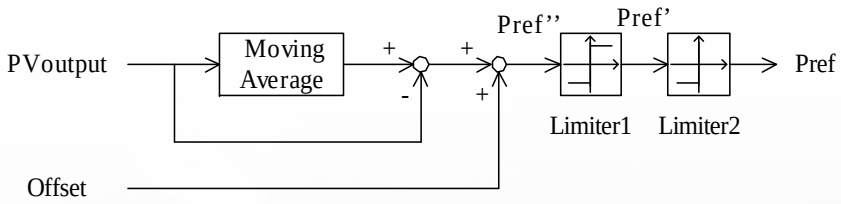
- ●潮流変動抑制制御、送電電力一定制御、無効電力制御
- ●複数台PCSの統合制御
- ●所内自立運転機能

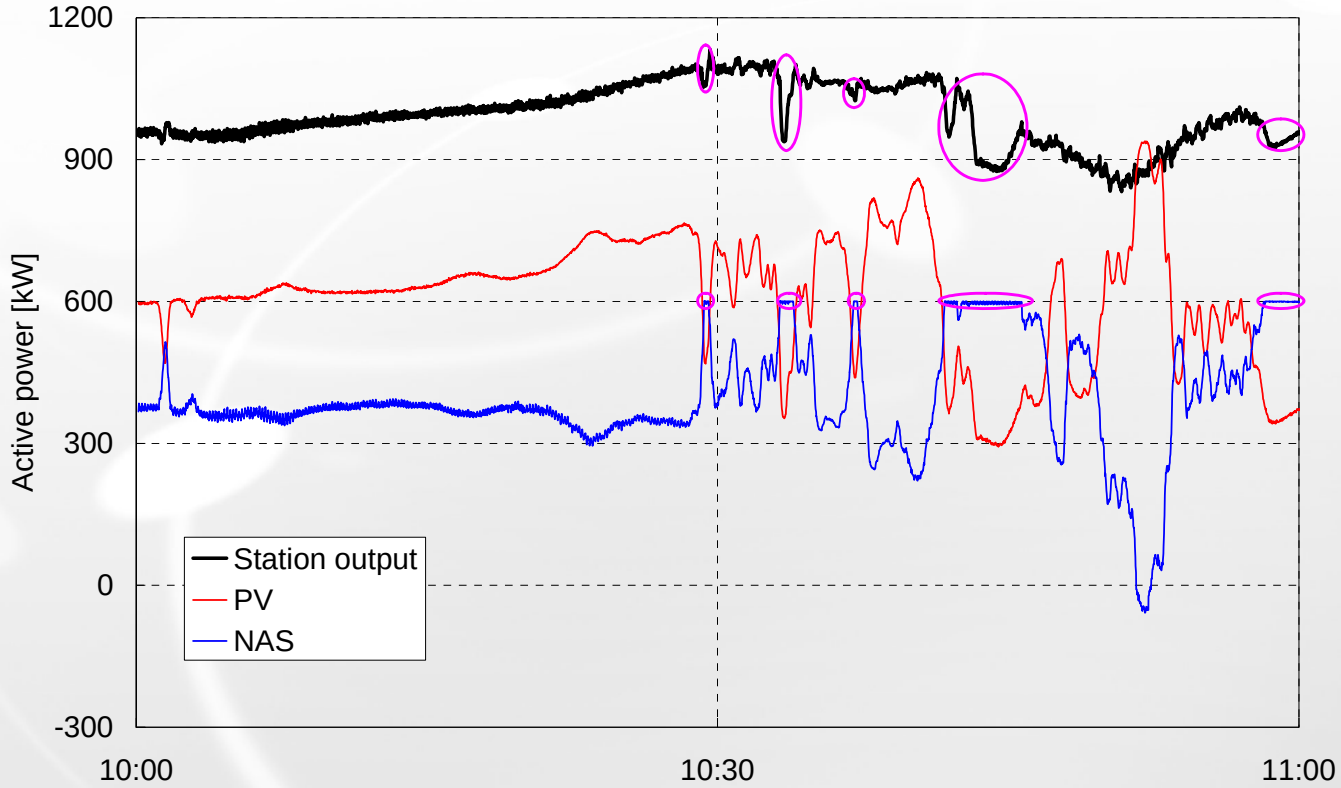


All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

出力変動抑制制御

- 発電所出力がPV出力の移動平均値となるように、NAS電池はPV出力現在地と移動平均値との差分を出力する



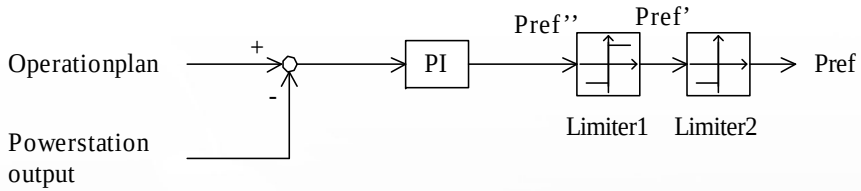


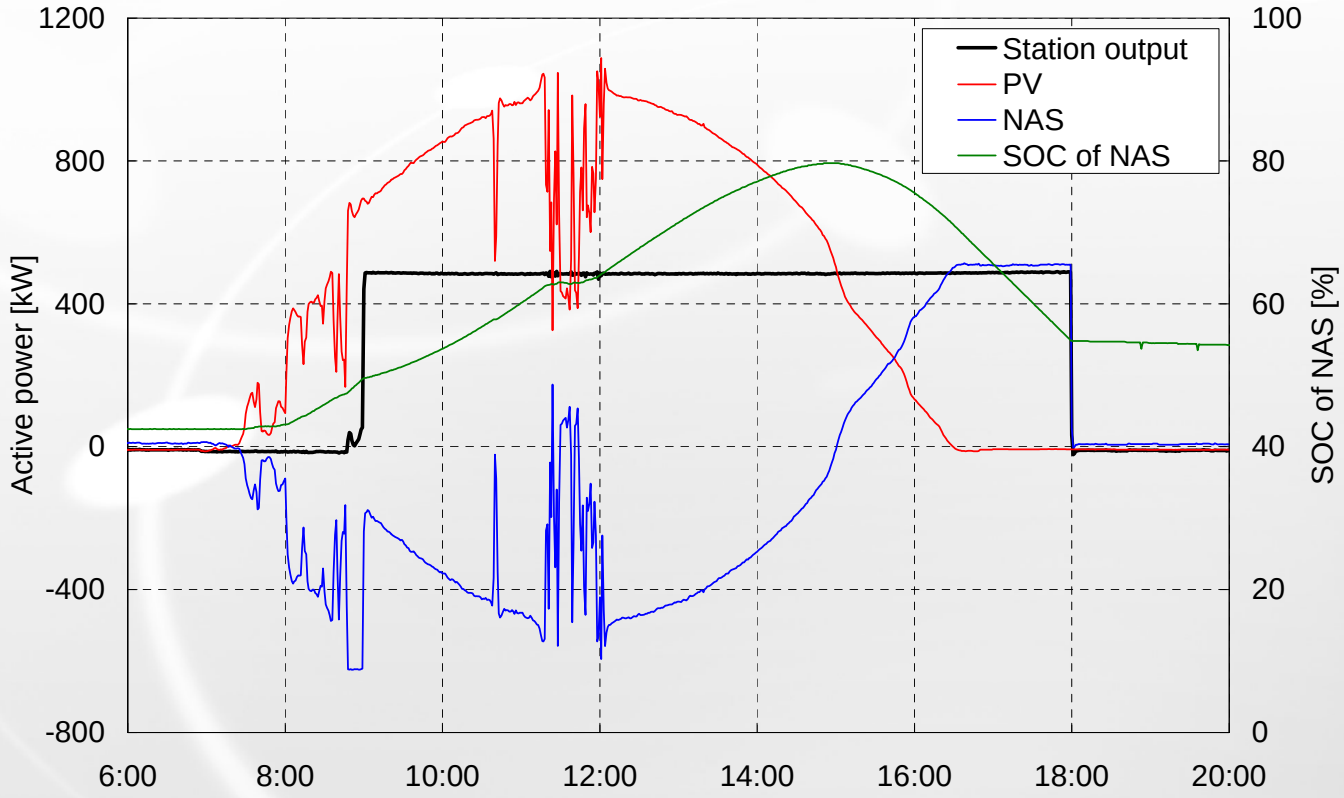
- PVの出力変動が抑制されている
- 一部変動が残っているのは、NAS電池の容量制約によるもの

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

送電電力一定制御

- PI 制御により、送電電力が目標値となるようにNAS電池の出力を制御する
- 送電電力の目標値は、スケジュール運転あるいは手動で設定される





- 9時から18時までは目標値=500kW、その前後は0kW
- ほぼ完全に目標値に一致した発電所出力を達成

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

複数台PCS統合制御

- 高信頼性（運転継続性）
  - 故障やメンテナンス等による設備の停止を極力避ける（事業性の確保）
- 設備規模の拡張への対応性
  - 段階的な設備構築に対応した制御・運用が必要

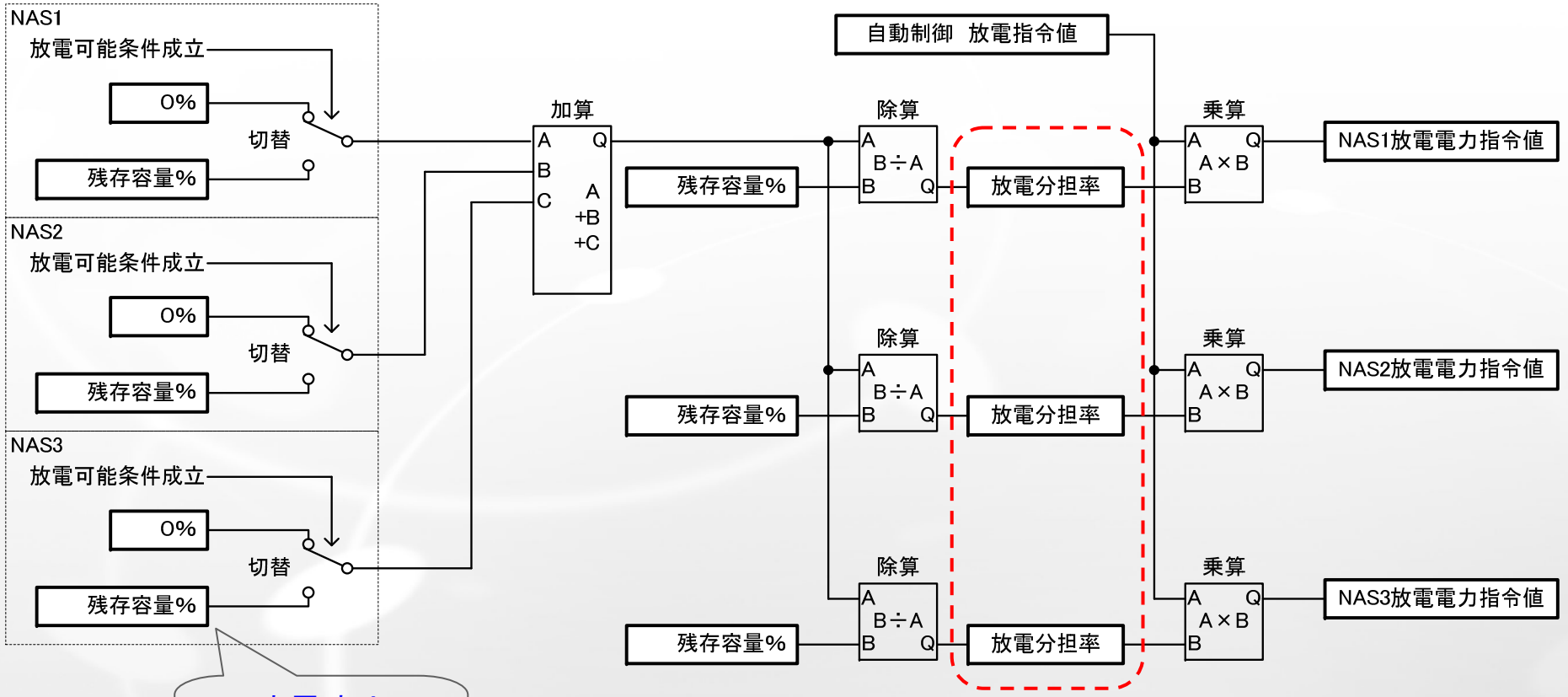
⇒ **複数台PCS統合制御が必要**

制御のコンセプト

- 個別（500kWx3系列）に制御モードを選択可能
  - 自動制御（送電電力一定、潮流変動抑制）
  - 手動制御（充電リセット、手動充放電）
- 電池残存容量（SOC）の均等化…自動制御時
  - 放電時：SOC大の電池を優先⇔充電時：SOC小の電池を優先
- 系統電力充電の回避
  - 自動制御＞手動充放電＞充電リセットの順で出力を調整

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

電池残存容量(SOC)の均等化ロジック

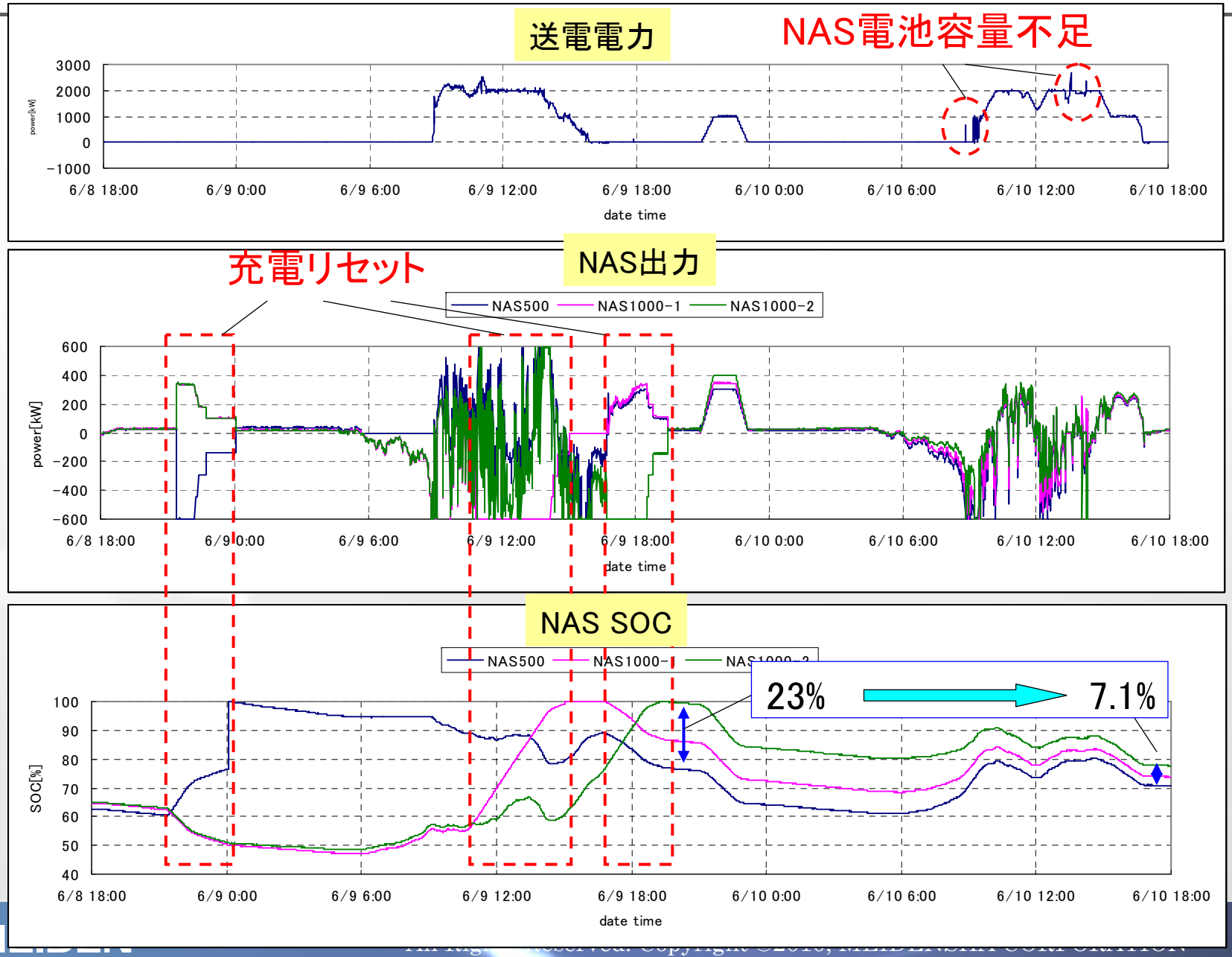


出力配分例
(放電1000kW)

	NAS1	NAS2	NAS3
SOC	20%	30%	50%
放電分担率	0.2	0.3	0.5
放電指令値	200kW	300kW	500kW

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

SOC均等化運転実績例



所内自立運転機能(停電対策)

1. 系統から切り離す

PVで発電した電力をNAS電池に充電するために、系統から切り離す

2. 所内の電圧と周波数を確立する

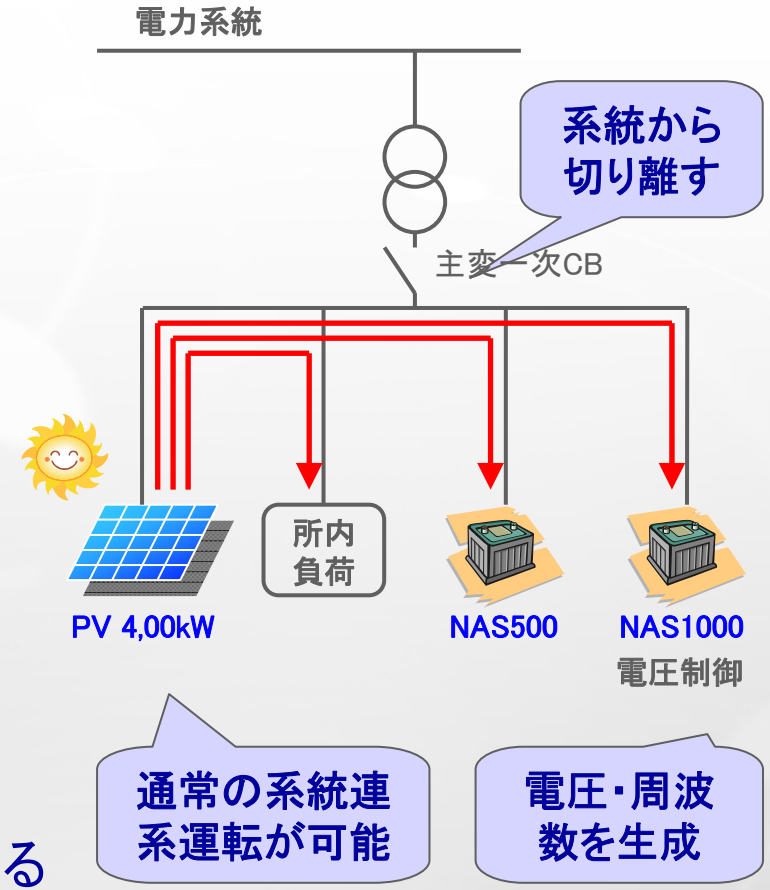
NAS1000を電圧制御で運転することにより、発電所内の電圧と周波数を確立する。これにより、発電所内は復電する。

3. 発電を開始する

NAS1000が生成した一定電圧・一定周波数が系統の代わりをするため、PVとNAS500は通常の系統連系運転を行うことができる。

4. 発電した電力をNAS1000、NAS500に充電する

PVで発電した電力をNAS1000とNAS500に充電することによって所内自立運転を安定に運転する。



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

所内自立運転の課題

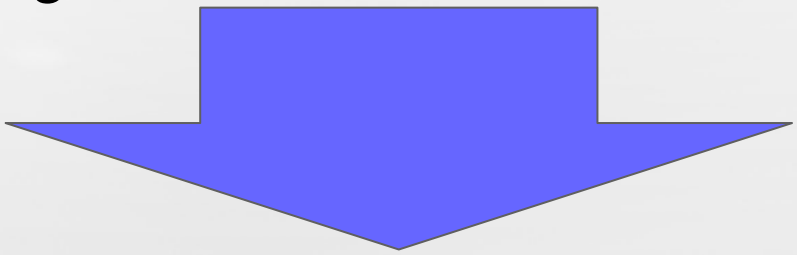
課題１　NAS容量1,500kWに対しPV容量が4,000kWもある

・PV用PCSの起動／停止によりNAS充電限界（1,800kW）を超えないようにコントロールする

課題２　NAS1000が満充電になってしまう

・NAS500にも充電することにより、NAS1000の充電量を減らしてあげる

・NAS1000の残存容量が増えて来たらPV運転台数を減らして残存容量が増えないようにする

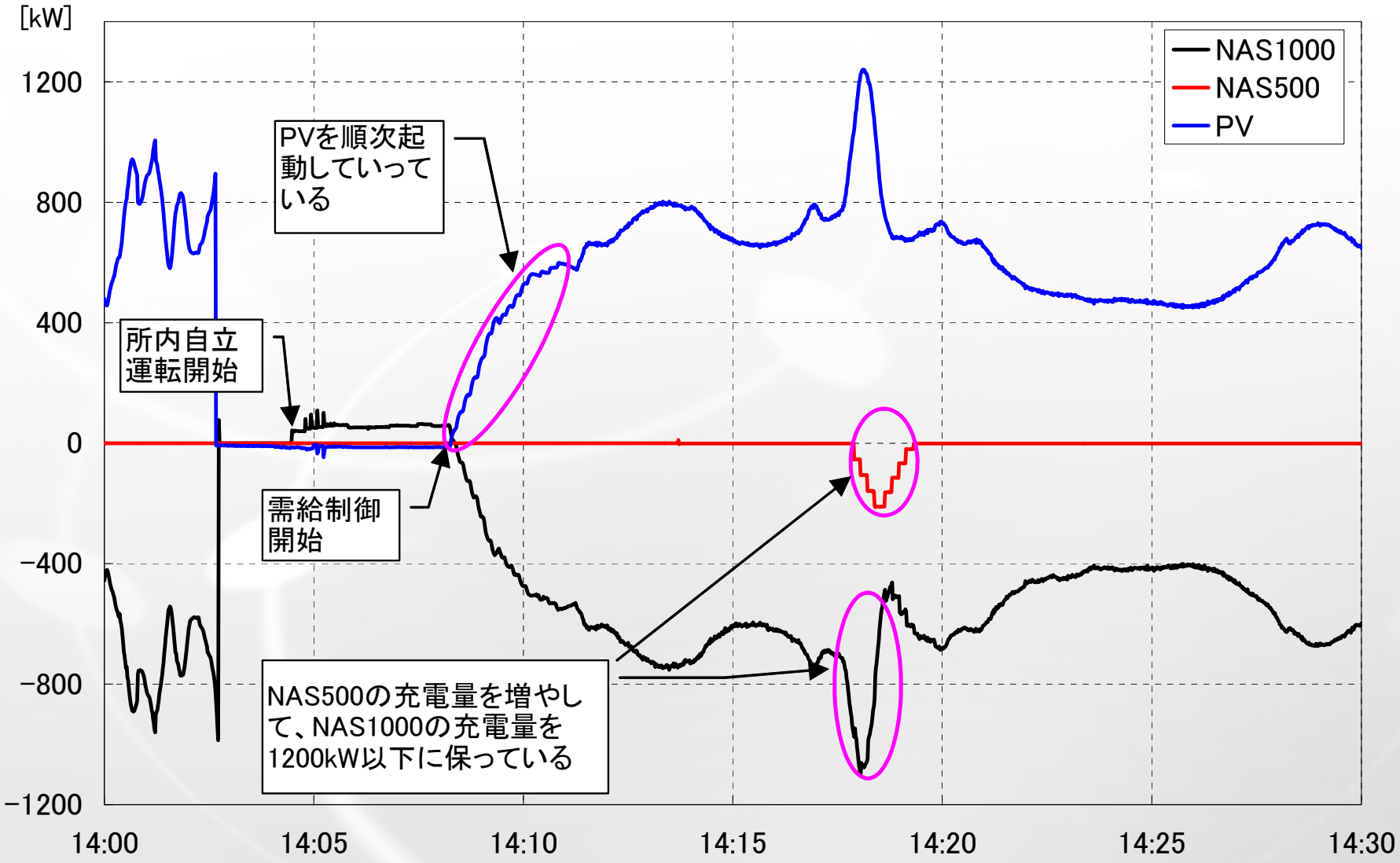


これらを出力管理システム内の需給制御機能で実現する

NAS1000が停止することにより所内が停電してしまうことを
回避するよう適切な制御を行う

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

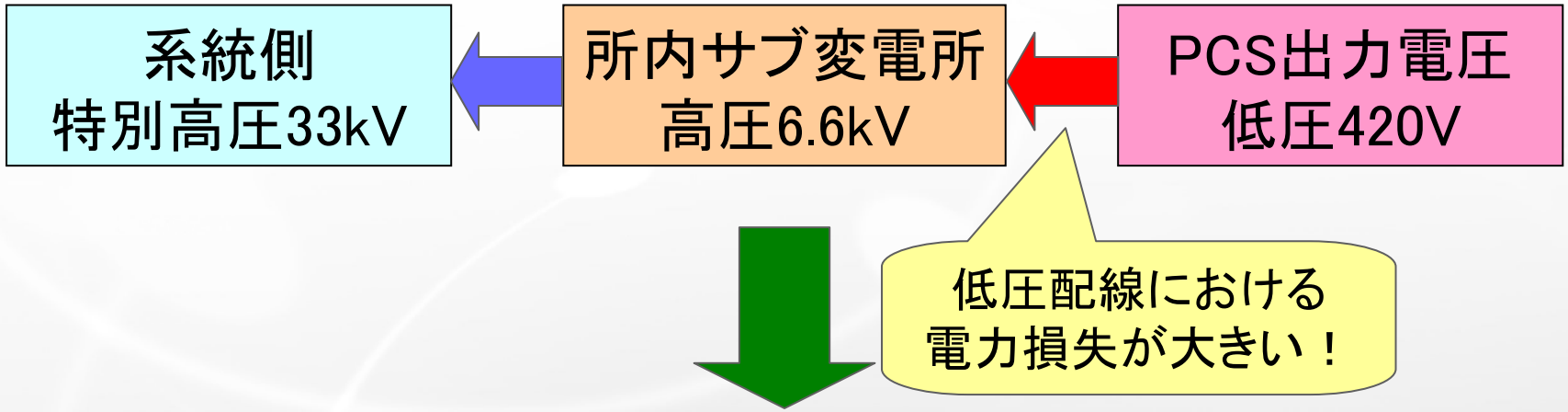
所内自立運転実績例



All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

大容量PV PCSの開発

現状の所内集電方式

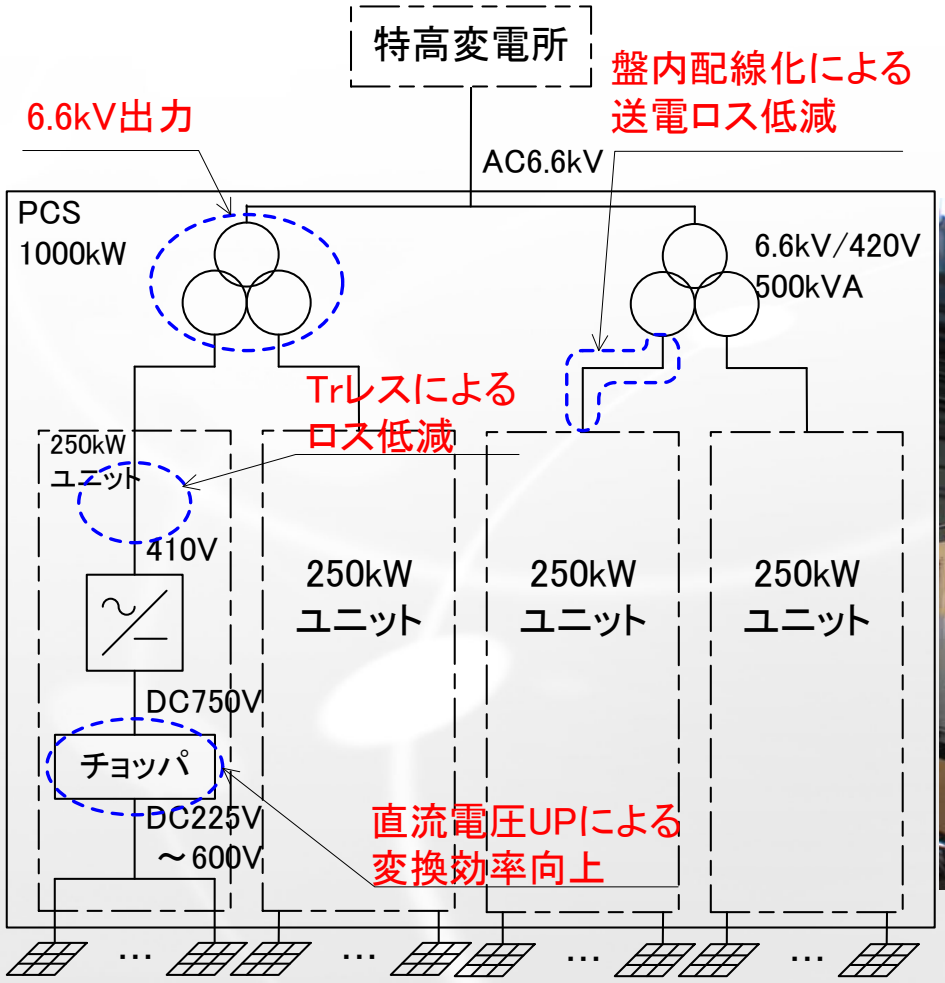


●PCSとサブ変を一体化し、6.6kV出力とすることで低圧配線損失を低減する
●PCS内の変圧器を省略することでより一層の損失低減を図る

6.6kV 1MW PCSの開発

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

大容量PV PCSの開発





工場試験完了、今年度運転開始

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION

おわりに

- 今後導入が増える大規模太陽光発電設備についての現状と設備構成について紹介
- 大規模実証プロジェクトの例として、稚内で実施されているNEDO稚内メガソーラープロジェクトについて研究成果を含めて紹介

本講演で紹介した研究成果はNEDO「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」によるものです

当社だけでなく他の参加企業・団体からも、稚内プロジェクトに関して多数の研究成果が報告されています！

All Rights Reserved. Copyright ©2010, MEIDENSHA CORPORATION