

# メガソーラ ～出力の安定化技術～ 稚内メガソーラプロジェクトより

2012年2月21日

(株)明電舎 エネルギーシステム技術部

植田 喜延

MEIDEN

All Rights Reserved. Copyright ©2012, MEIDENSHA CORPORATION

1

## 目次

---

- I. 出力安定化の必要性
- II. NEDO稚内メガソーラプロジェクト
- III. NAS電池を用いた出力安定化技術
- IV. 出力管理システムを用いた出力制御技術

MEIDEN

All Rights Reserved. Copyright ©2012, MEIDENSHA CORPORATION

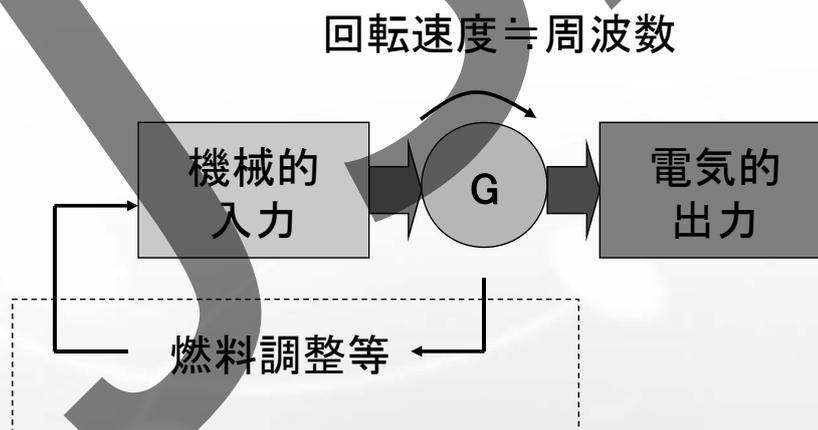
2

## I-1 電力供給の特徴

- ◆発生から消費まで瞬時で行われる
- ◆単なるエネルギーの供給だけでなく「品質」も合わせて供給する必要がある
  - ✓周波数(交流システムの場合)
  - ✓電圧
  - ✓供給信頼度(停電の少なさ), etc.

回転機である同期発電機を電源として、抵抗分とリアクタンス分から成る系統インピーダンスを介して負荷に電力を供給

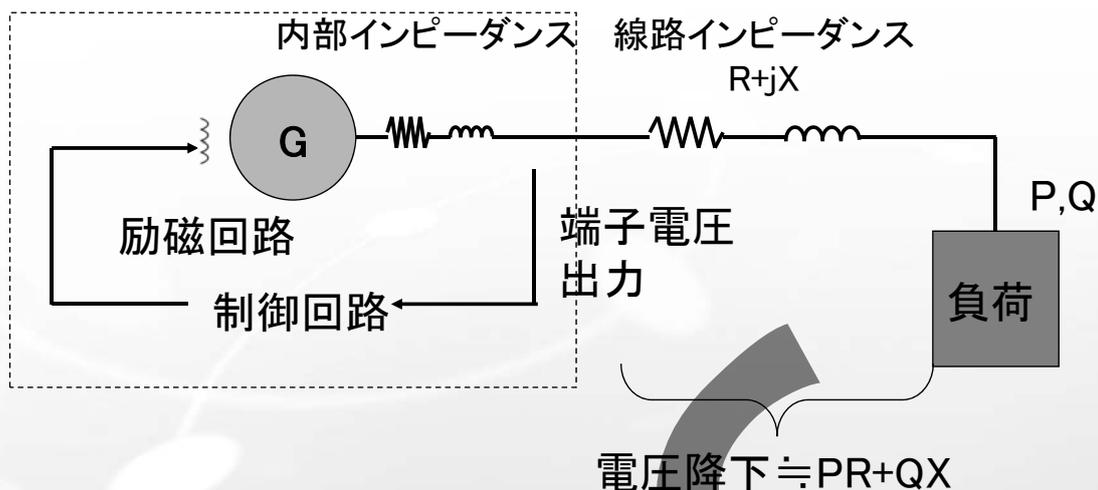
## I-2 電力供給の特徴～周波数のイメージ



$$\text{回転数} = \int \frac{\text{機械的入力} - \text{電気的出力} - \text{損失}}{\text{慣性}}$$

入出力のバランスが崩れると、周波数が変動する

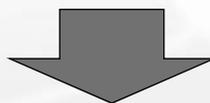
### I-3 電力供給の特徴～電圧のイメージ



周波数は系統内で一致⇔電圧は局所的に異なる  
基幹系統では $R \ll X$ ⇔系統末端では線径が細くRが大  
→無効電力だけでなく有効電力も電圧変動の要因

### I-4. メガソーラの出力量安定化の必要性

- 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システム安定化等実証  
研究(メガソーラ実証研究)」プロジェクトがスタート

目的:“メガソーラ=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”

- I. 出力安定化の必要性
- II. NEDO稚内メガソーラプロジェクト
- III. NAS電池を用いた出力安定化技術
- IV. 出力管理システムを用いた出力制御技術

## II.-1 稚内プロジェクトー研究課題・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)

パナソニック環境空調エンジニアリング(株)

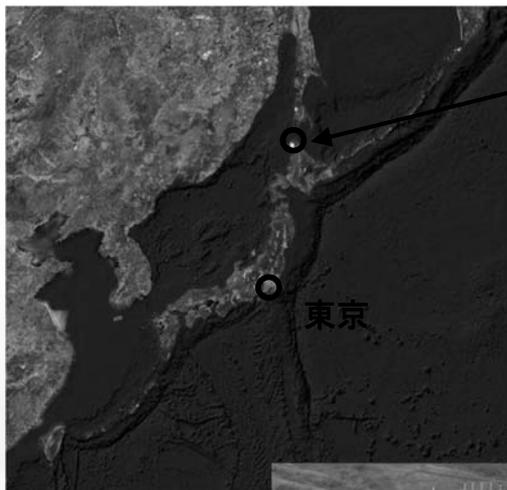
(社)日本気象協会

北海道大学

(株)明電舎

北杜サイトと共同  
Web公開

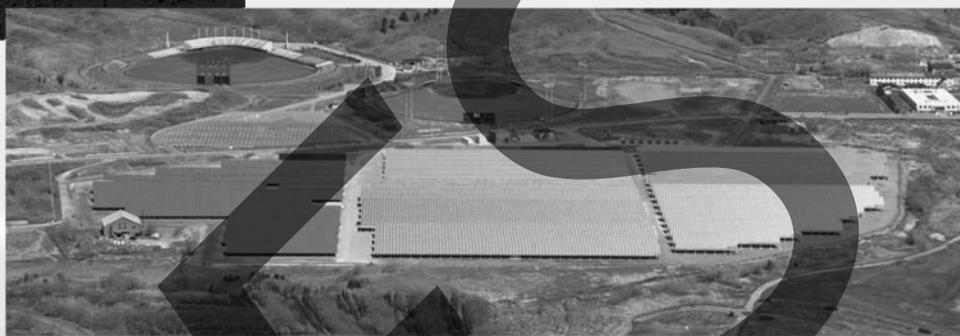
## II.-2 稚内サイト



稚内=日本最北端の都市.

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

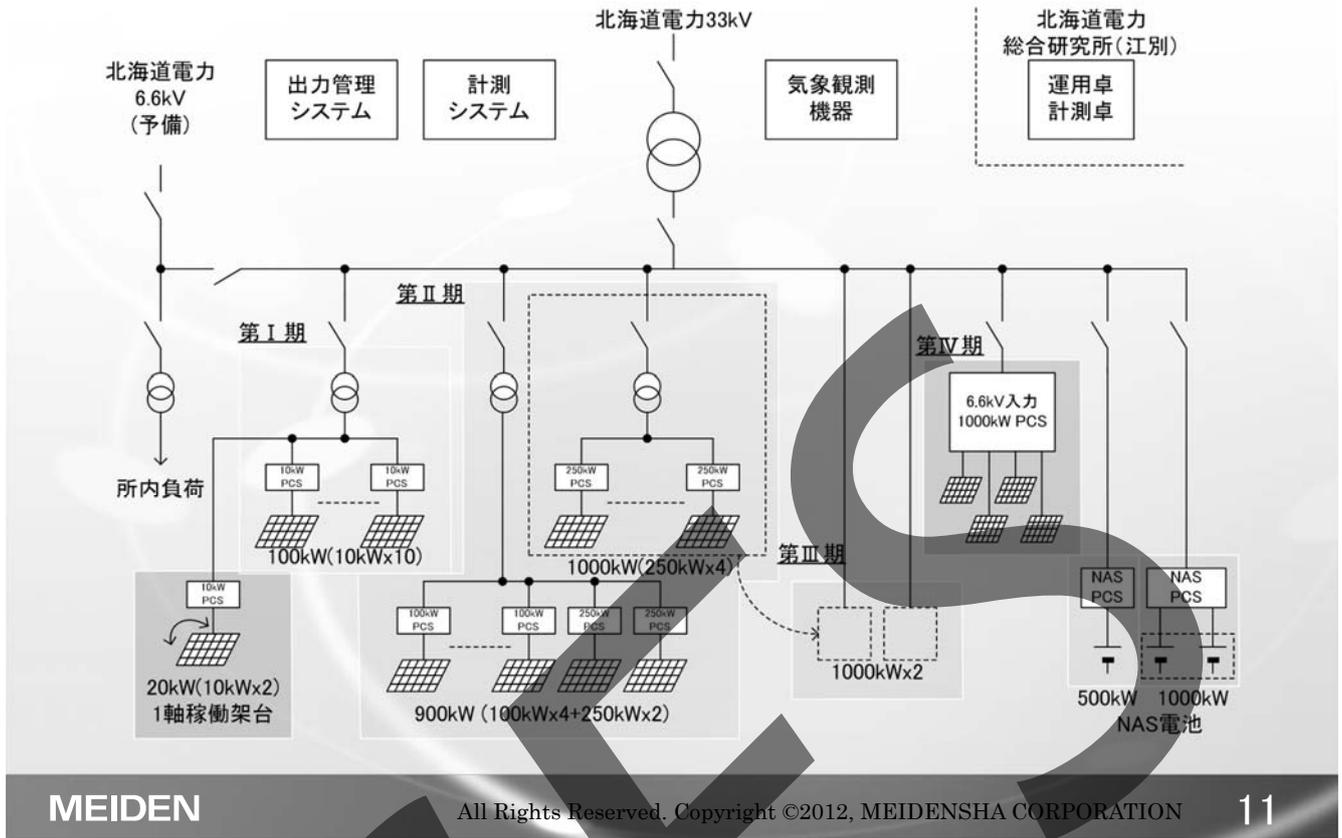
空撮写真  
(2010/5)



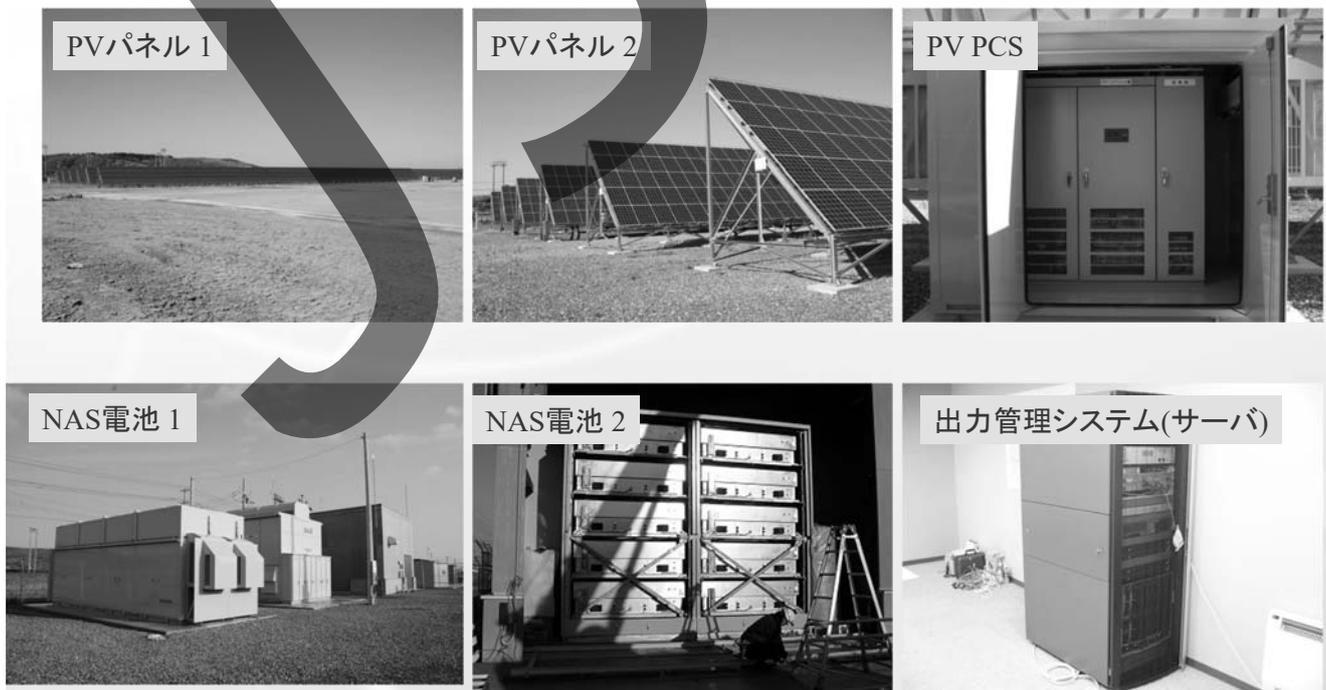
## II.-3 設備構成

設備	数量	概要
PV モジュール	-	5,020kW (複数のメーカー、種類で構成)
PV PCS	12	10kW
	4	100kW
	14	250kW
	1	1MW(6.6kV/250kW × 4)
NAS電池	1	500kW × 7.2h
	1	1000kW × 7.2h
NAS電池用PCS (系統安定化装置)	1	600kVA
	1	1200kVA
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(時間帯別)の予測方式
計測システム	1	評価用(1秒値データ)

## II.-4 設備構成図—4期に分けた設備構築



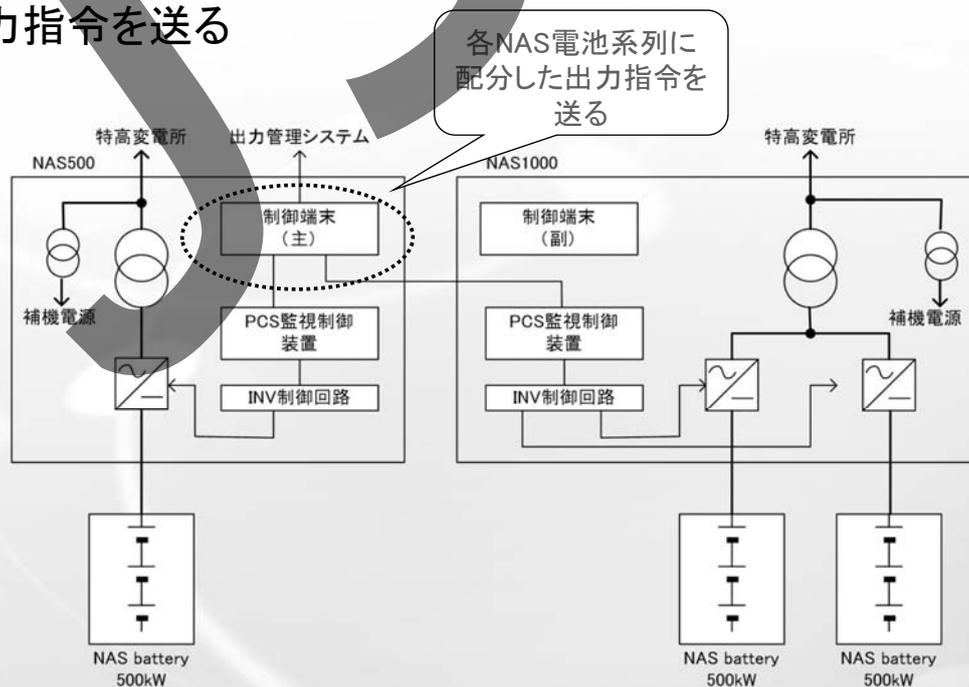
## II.-5 現地写真



- I. 出力安定化の必要性
- II. NEDO稚内メガソーラプロジェクト
- III. NAS電池を用いた出力安定化技術
- IV. 出力管理システムを用いた出力制御技術

### III.-1 NAS電池システムの構成

- ◆NAS電池は500kW×3系列独立に制御可能
- ◆制御端末は出力管理システムと通信し、各PCS監視制御装置に出力指令を送る



### III.-2 NAS電池用PCSの制御機能

#### 有効電力制御

- ◆ 潮流変動抑制制御
- ◆ 送電電力一定制御
- ◆ 30分同時同量制御
- ◆ 手動制御

#### 無効電力制御

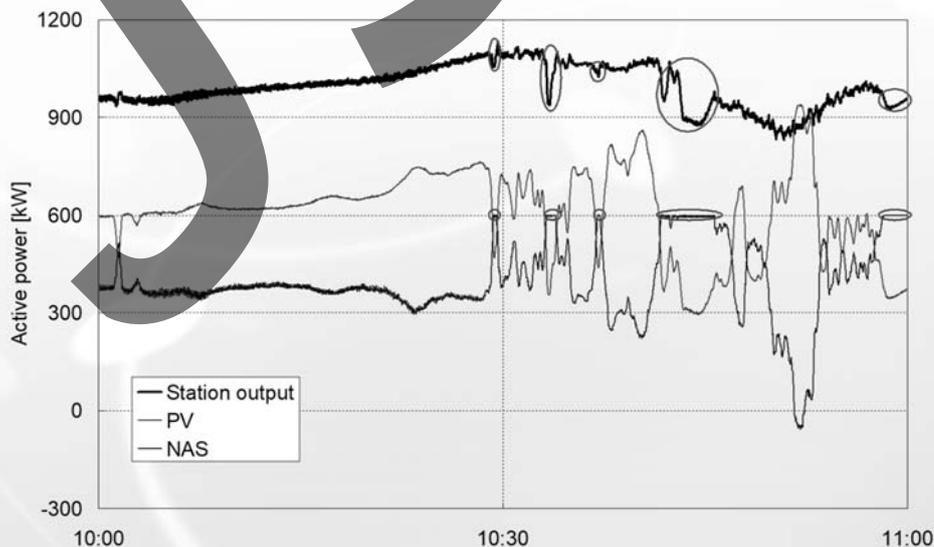
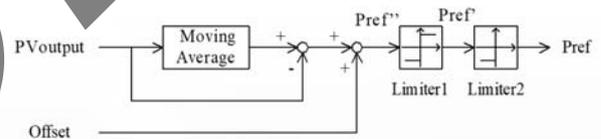
- ◆ 受電点電圧一定制御
- ◆ 受電点力率一定制御
- ◆ 受電点無効電力制御
- ◆ 手動制御

#### 運用に関する機能

- ◆ 充電リセット機能
- ◆ 出力分担制御機能
- ◆ 系統電力充電禁止・発電所最大出力制限機能
- ◆ 所内自立運転機能

### III.-3 潮流変動抑制制御

- 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出力現在値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

### III.-4 変動抑制効果と蓄電池容量の関係

赤塚他:「大規模太陽光発電所の出力変動抑制用蓄電池容量の試算」  
電学論B、Vol. 131、No. 1、pp. 87-93 (2011)

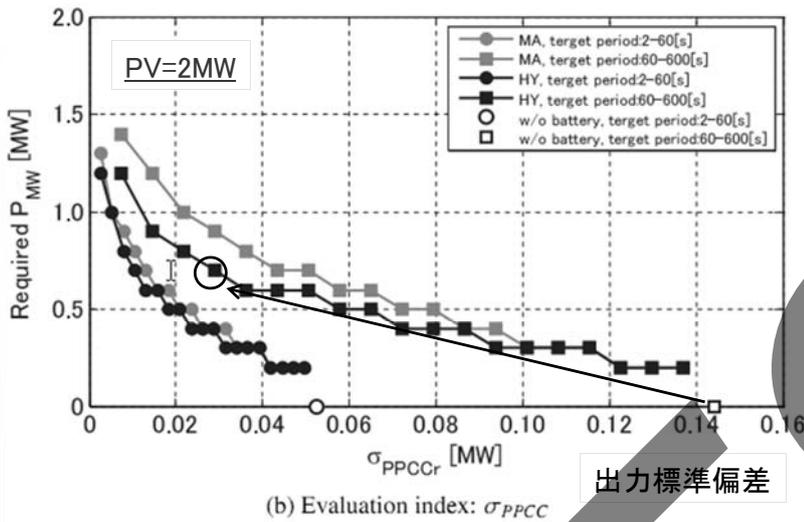


図7 変動抑制目標の達成に必要な  $P_{MW}$   
Fig. 7. Required  $P_{MW}$  to satisfy requirement.

稚内の発電実績

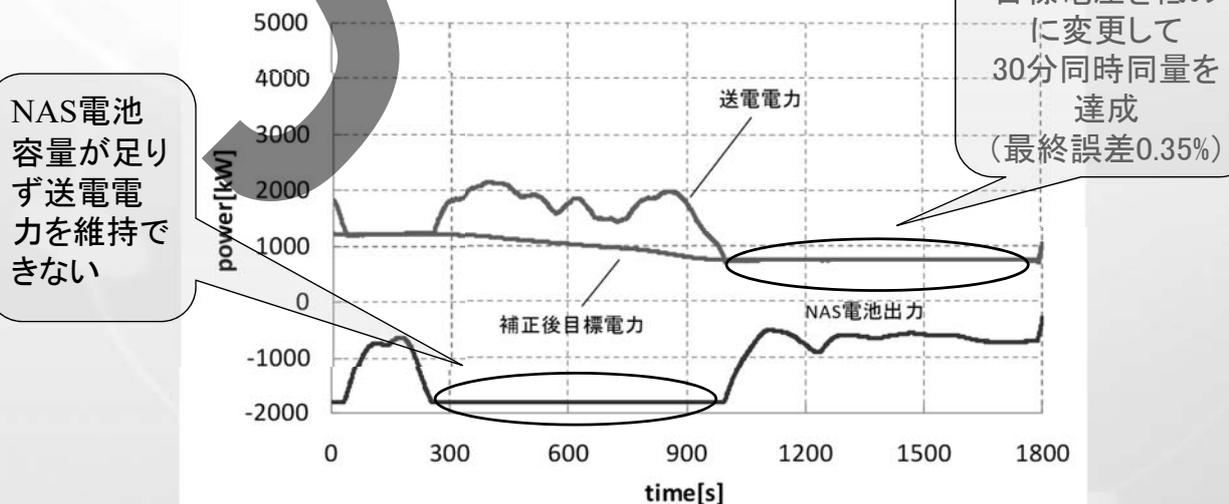
出力変動抑制レベル  
と必要な蓄電池容量  
(kW, kWh)の関係

例えば、周期60-600sにおいて  
出力変動の標準偏差を20%に  
抑制する場合、PV容量の  
1/3の蓄電池が必要

### III.-5 30分同時同量制御(送電電力一定制御と併用)

- ◆ 30分間の電力量が目標値となるよう出力を補正する
- ◆ NAS電池容量の制約等により、一時的に送電電力が目標値を保てなくなった場合に機能する
- ◆ 30分までの残り時間に応じて補正量を決定する

2010/7/30 13:30-14:00



### III.-6 出力分担制御(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

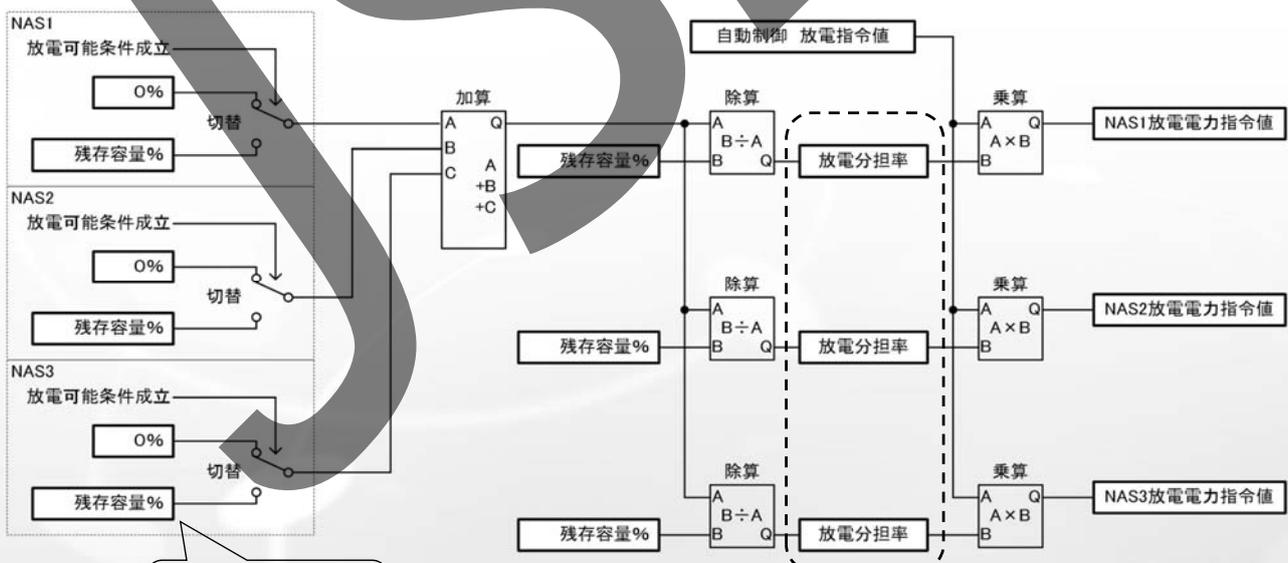


複数台PCS統合制御が必要

#### 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

### III.-7 電池残存容量(SOC)の均等化ロジック

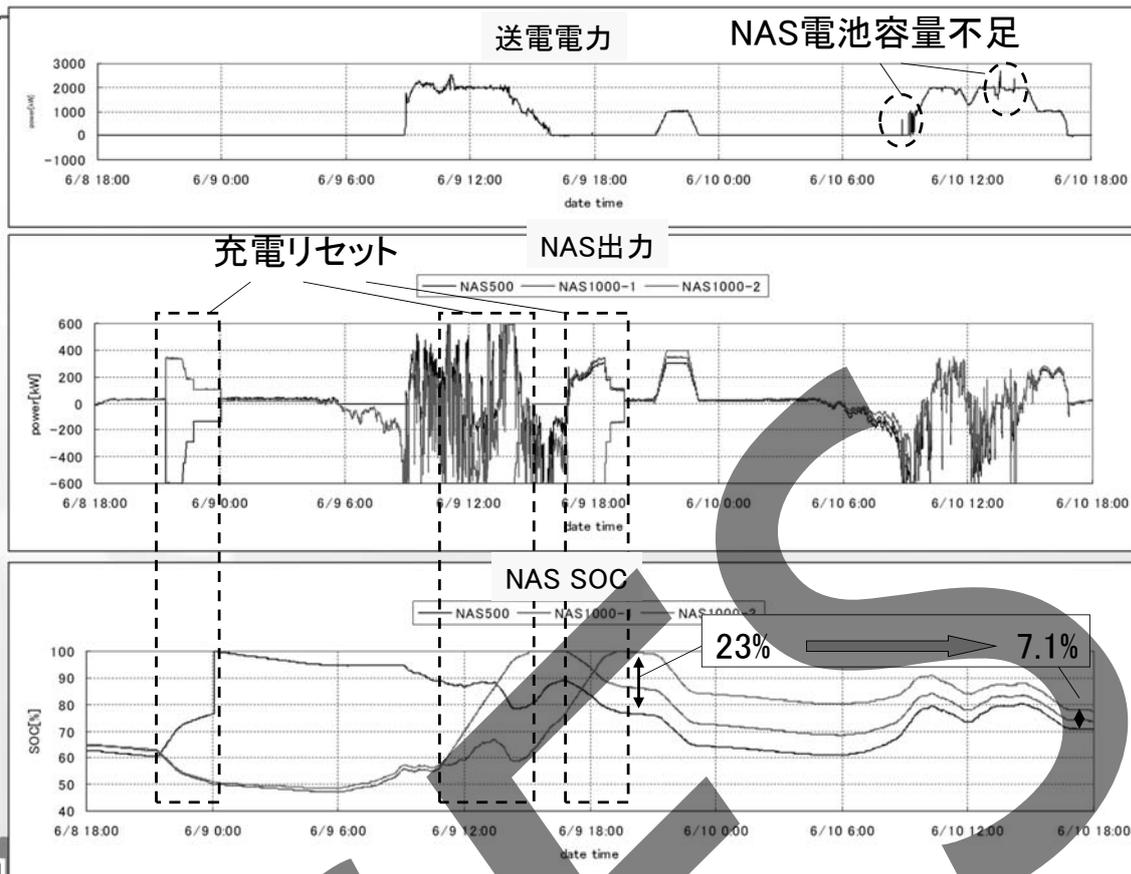


充電時は  
"100-残存容量%"

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

### III.-8 SOC均等化運転実績例



M

21

## 目次

- I. 出力安定化の必要性
- II. NEDO稚内メガソーラプロジェクト
- III. NAS電池を用いた出力安定化技術
- IV. 出力管理システムを用いた出力制御技術

## IV.-1 出力管理システム

### ◆ 出力管理システム

- メガソーラ発電所の運用(監視、制御、発電設備の自動運転等)を行う

### ◆ 自動運転の例

- 日射量予測(PV発電予測)に基づいた電力系統への出力パターンおよびNAS電池の充放電計画作成
- ピークシフト、ピークカットの出力パターン
- 所内自立運転(電力系統から独立してNAS電池にPV発電電力を充電)

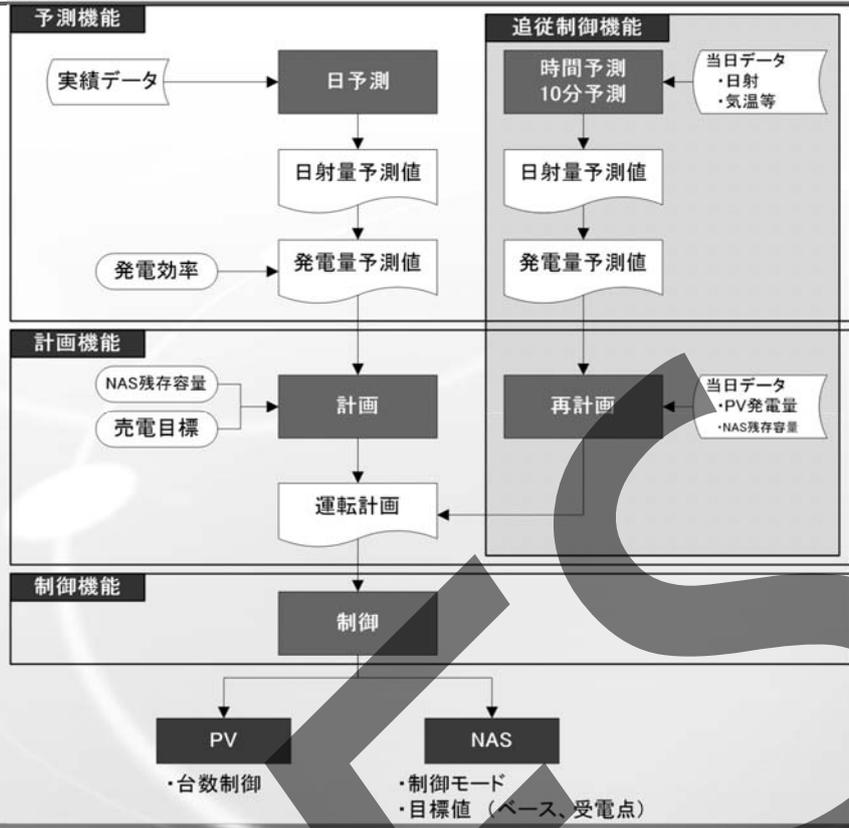
### ◆ 遠隔制御

- 江別に設置された運用操作卓からも監視制御が可能
- 所内無人運転

## IV.-2 システム画面例



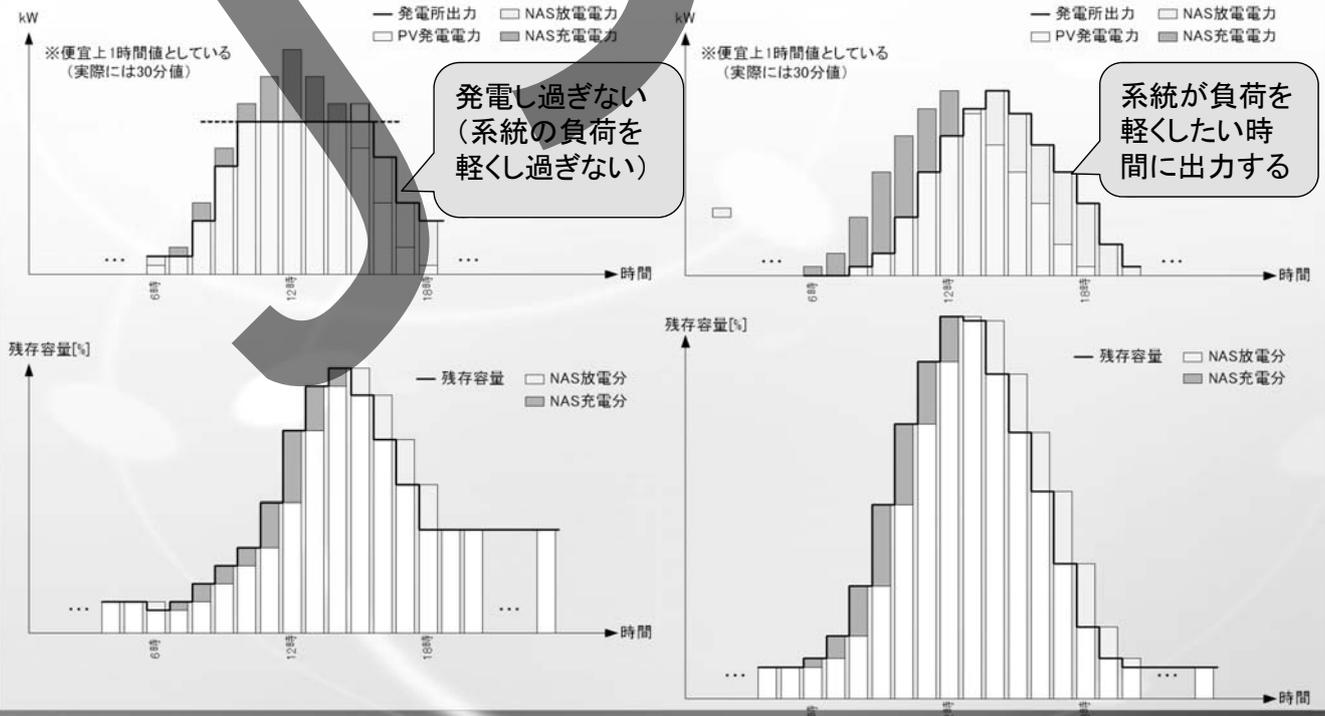
# IV.-3 計画運転の流れ



# IV.-4 出力制御の例-ピークカット運転/ピークシフト運転

## ピークカット運転

## ピークシフト運転



## IV.-5 計画運転と日射予測の関係(1)

高山他:「予測誤差傾向を考慮下大規模太陽光発電所の計画運転」  
電学論B、Vol. 131、  
No. 3、pp. 304-312  
(2011)

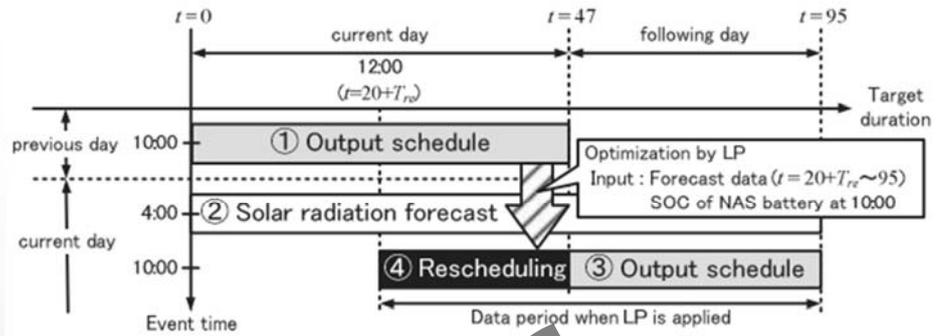
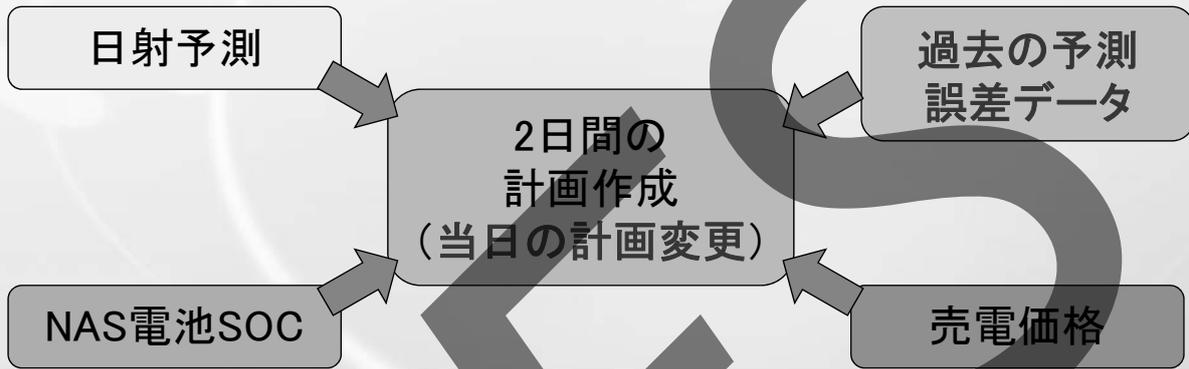


Fig. 2. Time schedule of the proposed method.



## IV.-6 計画運転と日射予測の関係(2)

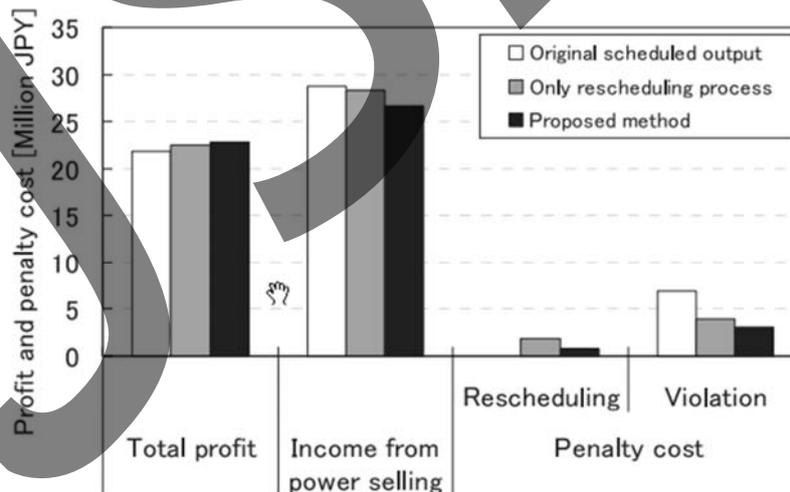
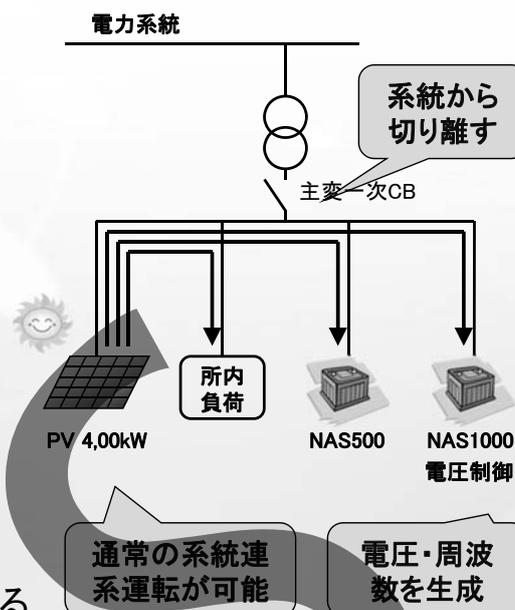


Fig. 9. Comparison of the total profit.

- ◆ 当日の計画変更
- ◆ 日射予測シナリオが収益を改善する。特に予測誤差が大きい場合に効果大きい。

## IV.-7 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。



## IV.-8 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

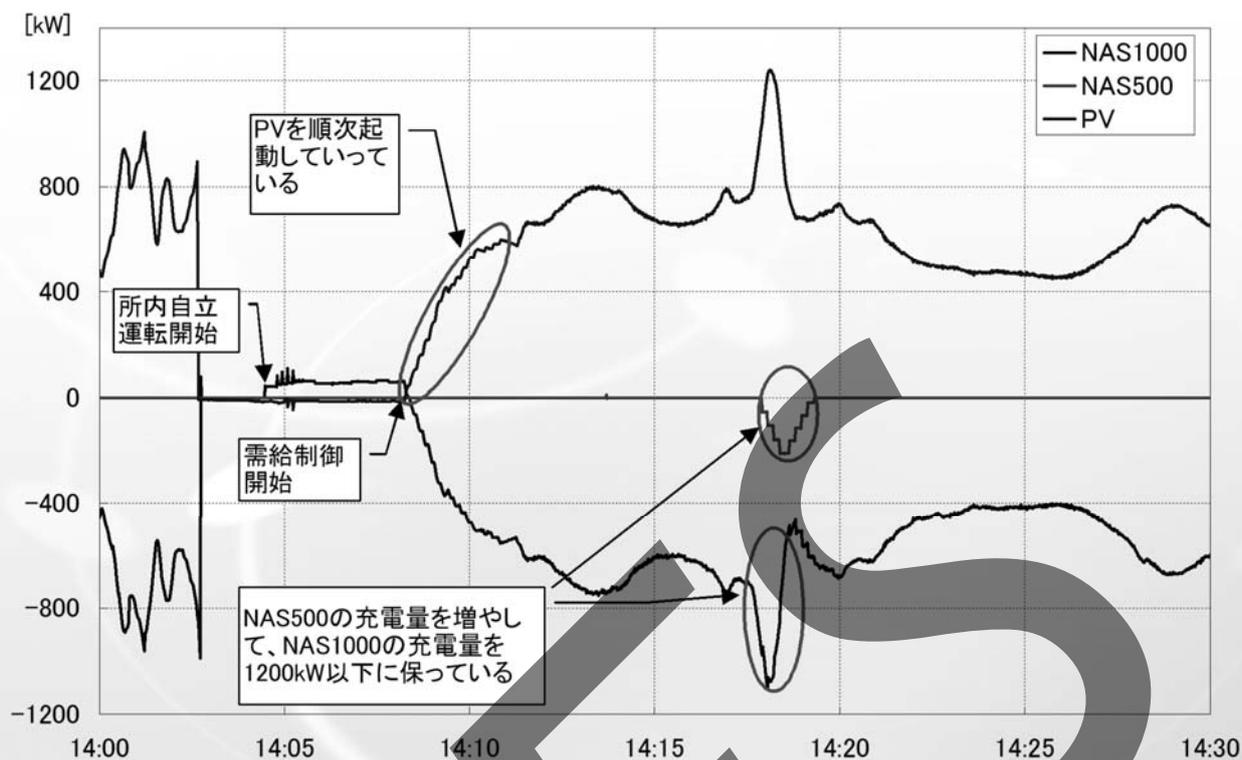
### 課題2 NAS1000が満充電になってしまう

- ・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

## IV.-9 所内自立運転実績例



MEIDEN

All Rights Reserved. Copyright ©2012, MEIDENSHA CORPORATION

31

### おわりに

- メガソーラの普及に必要される出力安定化技術について、NEDO稚内プロジェクトの研究成果を紹介
- 大型蓄電池(NAS電池)を用いた出力安定化技術
  - ✓ 出力変動抑制制御と蓄電池容量の関係
  - ✓ 30分同時同量制御
  - ✓ 出力分担制御
- 出力管理システムを用いた出力制御技術
  - ✓ 発電所計画運転と日射予測の関係
  - ✓ 所内自立運転

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システム安定化等実証研究」によるものです

以上

MEIDEN

All Rights Reserved. Copyright ©2012, MEIDENSHA CORPORATION

32