

太陽光発電大量連系の課題と 次世代グリッド技術の開発



2010年 3月9日

(財)電力中央研究所 システム技術研究所
上席研究員 小林 広武

1

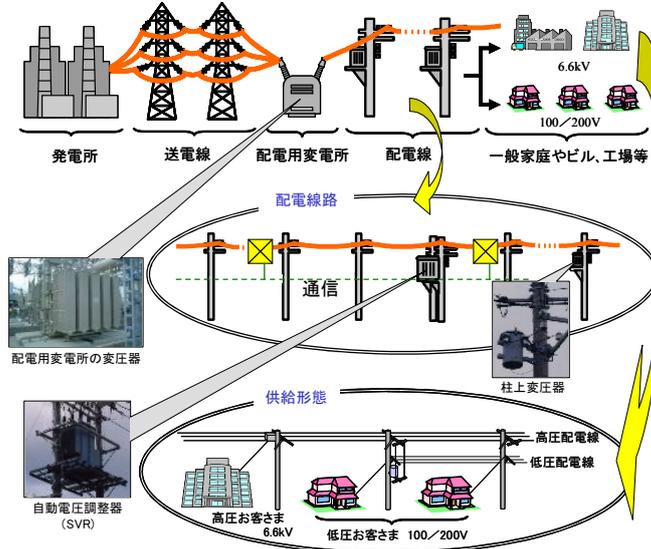
内 容

- ・ PV大量連系に向けた課題
- ・ スマートグリッドの概念と導入目的・計画
- ・ 電中研における次世代グリッド開発について
- ・ これまでの研究成果
 - 需要地系統技術
 - 需給一体形運用・制御技術
- ・ まとめ・今後の課題

2

送配電システムの構成

- ▶ 諸外国と比較し、情報通信を活用した、高効率・高品質・高信頼度のシステムが既に出て上がっている。



将来電力システムの課題

- 再生可能エネルギー発電の大量導入 -

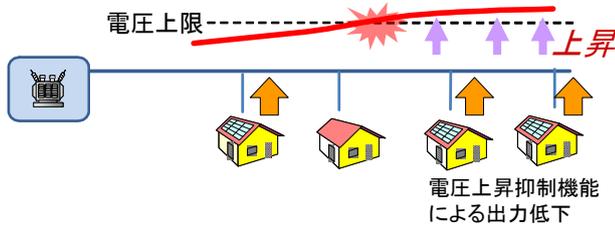
- **太陽光発電** (長期エネルギー需給見通し)
 - ▶ 国の導入目標
 - 2020年で2800万kW、2030年で5300万kW
 - 戸建住宅の1/2~2/3に導入
 - 住宅地域配電線: 平均で100%(設備容量比)近い導入



配電運用、需給運用、系統運用面に新たな課題

現状配電系統での課題

・電圧問題(維持範囲からの逸脱)

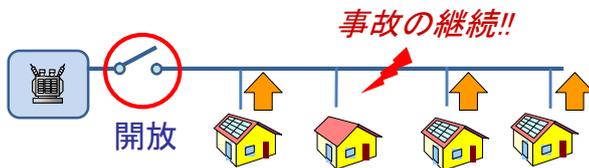


住宅地域を中心に
20%以下の導入率(配電設備容量比)(注)で
顕在化する場合有り。

(注)

- ・ 一配電線には住宅 1000~1500軒が接続。
- ・ PV(3kW/軒)の場合、5~10軒に1軒の導入で顕在化の可能性。
- ・ 導入率100%は、3軒に2軒の導入に相当。

・単独運転の発生(安全性低下)

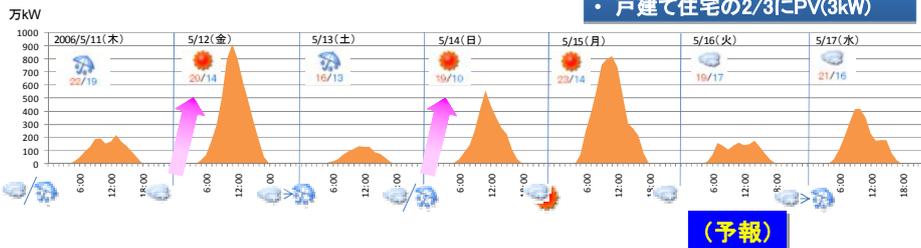


需給・系統運用上の課題

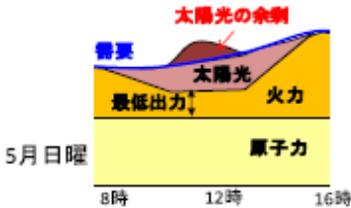
・予備力確保の問題

2006/5/11-17

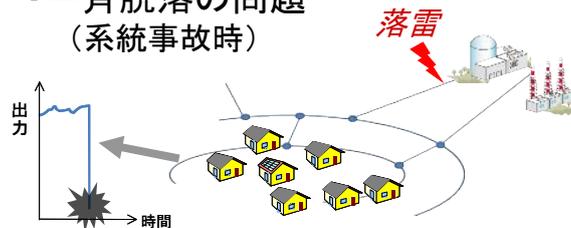
- ・ 関東地区
- ・ 戸建て住宅の2/3にPV(3kW)



・需給調整上の問題 (余剰問題)



・一斉脱落の問題 (系統事故時)



内 容

- ・ 低炭素社会の電力供給・利用環境とPV大量導入に向けた課題
- ・ スマートグリッドの概念と導入目的・計画
- ・ 電中研における次世代グリッド開発について
- ・ これまでの研究成果
 - 需要地系統技術
 - 需給一体形運用・制御技術
- ・ まとめ・今後の課題

スマートグリッドとは

各国で主目的は異なるが、共通的には……

高度な**双方向通信**を取り入れ、系統、分散形電源、各需要家の**情報を収集・統合**し、**需要家との連携**も考慮しながら、**系統全体を高効率、高信頼度**で運用制御する系統。

スマートグリッドのキーワード

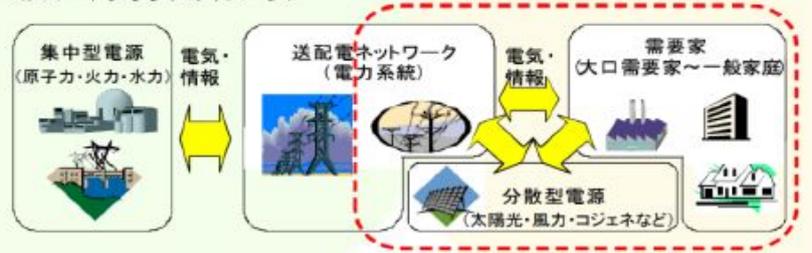
<目標>

- 再生可能エネルギーの大量導入
- 信頼度・電力品質の一層の向上、エネルギー効率利用

<手段>

- 電気とICTとを融合（インテリジェント化）
- 供給サイドと需要家サイドの相互連携

<スマートグリッドのイメージ>



9

米 国 (USA)

背 景

- ・需要増加。流通設備整備の遅れによる供給信頼度低下(設備投資額:日本の1/5程度)。環境対策(省エネ、再生可能エネルギー導入)。

主目的

停電回避などの供給信頼性向上への期待が大。

優先開発技術

- ・ 系統センサによる事故の事前予測・回避
- ・ 自己修復(セルフヒーリング)。
- ・ デマンドレスポンス(需要反応)による需給調整。
 - 需要増加に対する電源建設の繰り延べ, 省エネへの貢献。
 - スマートメーター

10

日本(JAPAN)

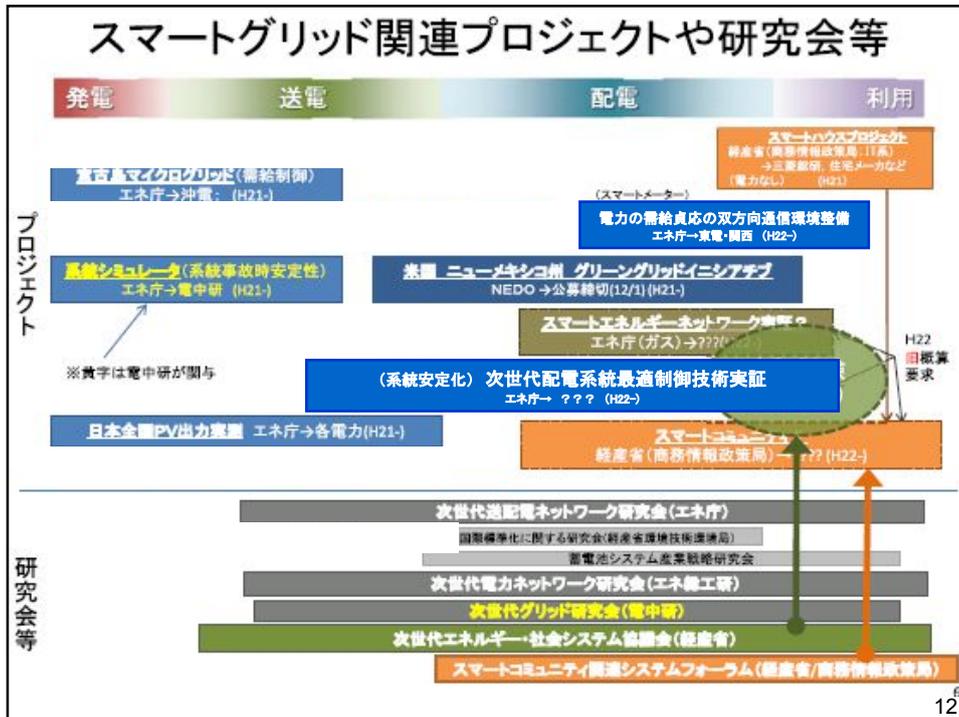
◆電力供給・利用システムの特徴

- ・送配電系統は既にスマート化。世界一の供給信頼度。
- ・**将来**:不安定な再生可能エネルギー電源(PV等)の大量導入。高度電化社会へ(電気の品質維持・停電防止)。

◆目指すべき日本型スマートグリッドとは…… (案)

社会コストを考慮しつつ、再生可能エネルギーの大量導入と、電気の安定・効率利用を可能とする系統。

- ・不安定電源の大量導入に対応する需給運用。余剰対策。
- ・ICTによる需要と供給が一体となった運用。



内 容

- ・ 低炭素社会の電力供給・利用環境とPV大量導入に向けた課題
- ・ スマートグリッドの概念と導入目的・計画
- ・ 電中研における次世代グリッド開発について
- ・ これまでの研究成果
 - 需要地系統技術
 - 需給一体形運用・制御技術
- ・ まとめ・今後の課題

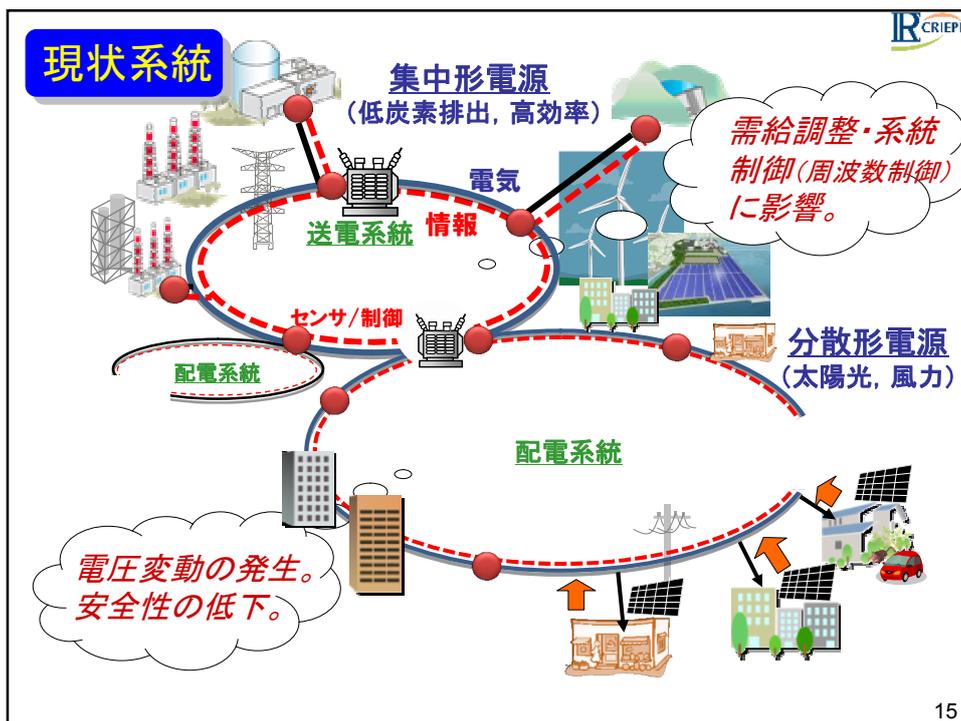
次世代グリッド技術(TIPS)について

社会コストを考慮しながら、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの大量導入と、電気の安定・効率利用を可能に。

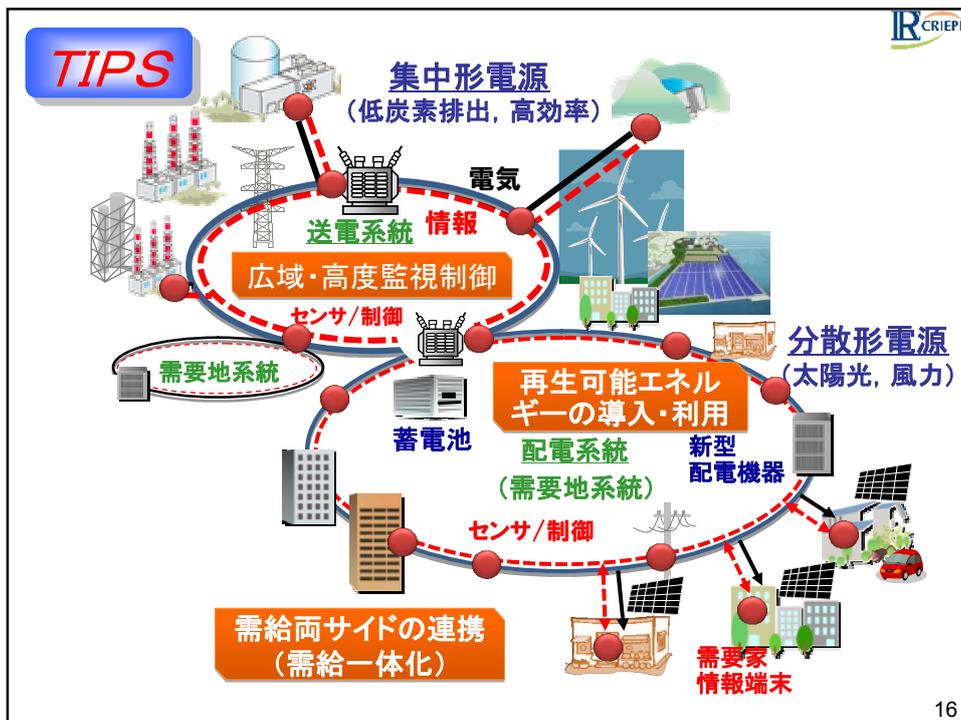
1. 安定運用を確保し、大規模停電リスクを極力小さく。
2. 再生可能エネルギーの有効活用を可能に。
3. 省エネ・エネルギー有効利用を需要家と一体的に実現。

➡ **次世代グリッド**(TIPS : Triple I Power Systems)を提案。

Intelligent (知的)、*Interactive* (相互作用)、*Integrated* (統合)

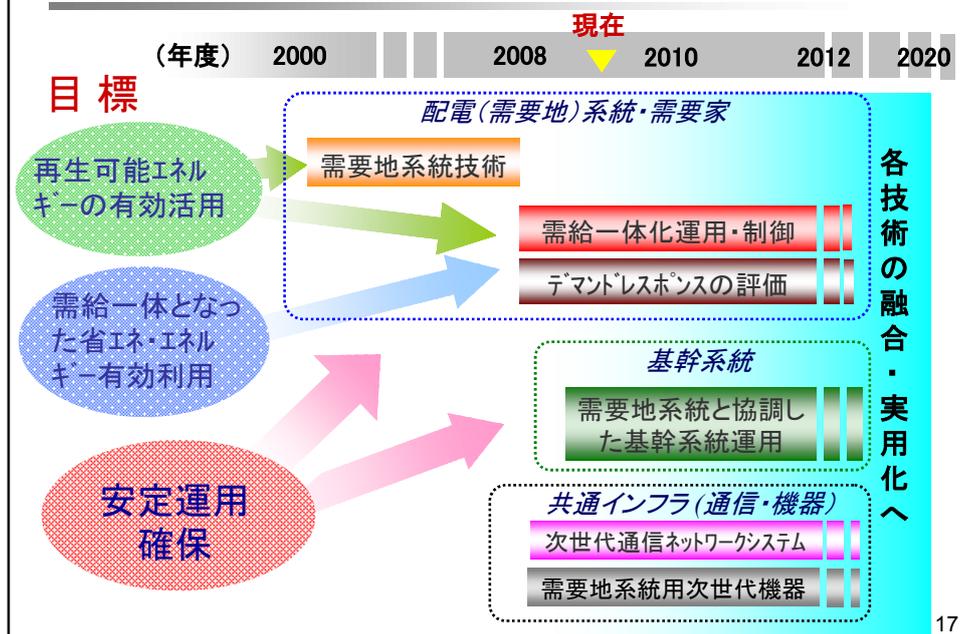


15



16

研究開発課題と展開



内容

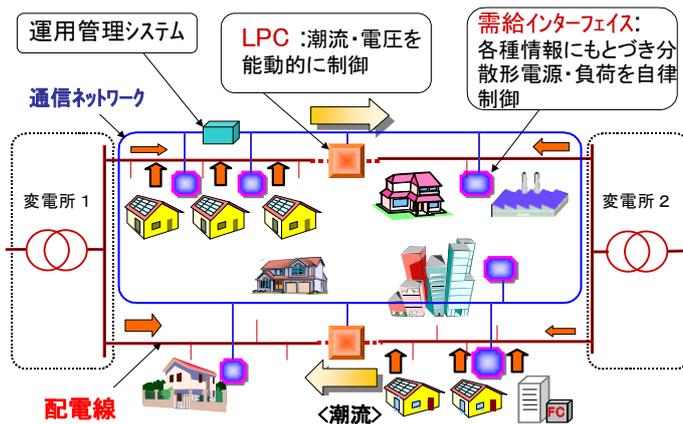
- ・ 低炭素社会の電力供給・利用環境とPV大量導入に向けた課題
- ・ スマートグリッドの概念と導入目的・計画
- ・ 電中研における次世代グリッド開発について
- ・ これまでの研究成果
 - 需要地システム技術
 - 需給一体形運用・制御技術
- ・ まとめ・今後の課題

「需要地系統」の概念 (配電レベルの対策・2000年度に提案) 

分散形電源大量導入に対応する次世代配電システム

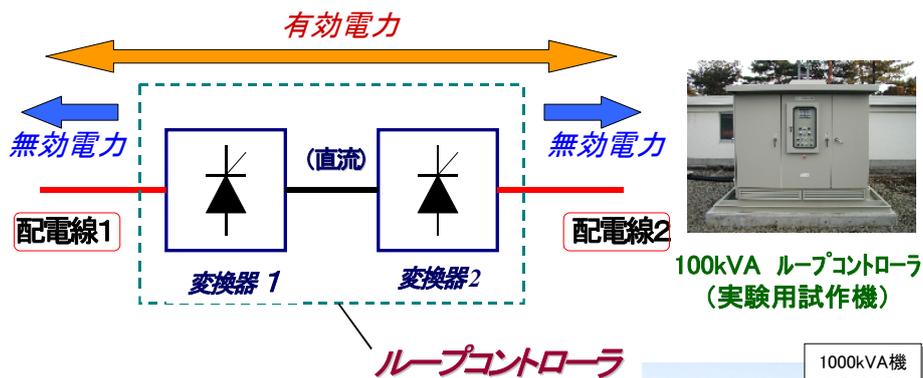
- 電力品質・保護保安の維持、分散形電源の有効活用

- ループ化、潮流・電圧を能動的に制御する **ループコントローラ (LPC)** 適用
- **需給インターフェイス** による分散形電源・負荷の自律分散制御



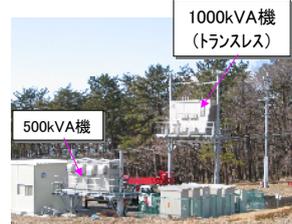
- ・ 2つの変電所からの配電線をLPCによりループした例
- ・ 配変3つ程度の大きさ

ループコントローラ (LPC) の開発 



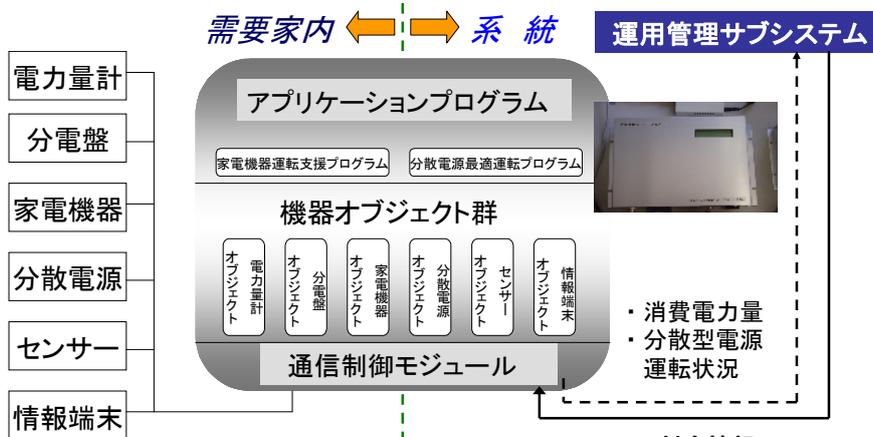
特徴

- 電圧、電流 (量と方向) を自由に調整可能
- (短絡) 事故電流を通さない
- 任意の配電線間を接続可能
- 課題: コンパクト化、低コスト化、高効率・長寿命化



開発した実規模LPC (NEDO受託)

需給インターフェイスの機能と構成

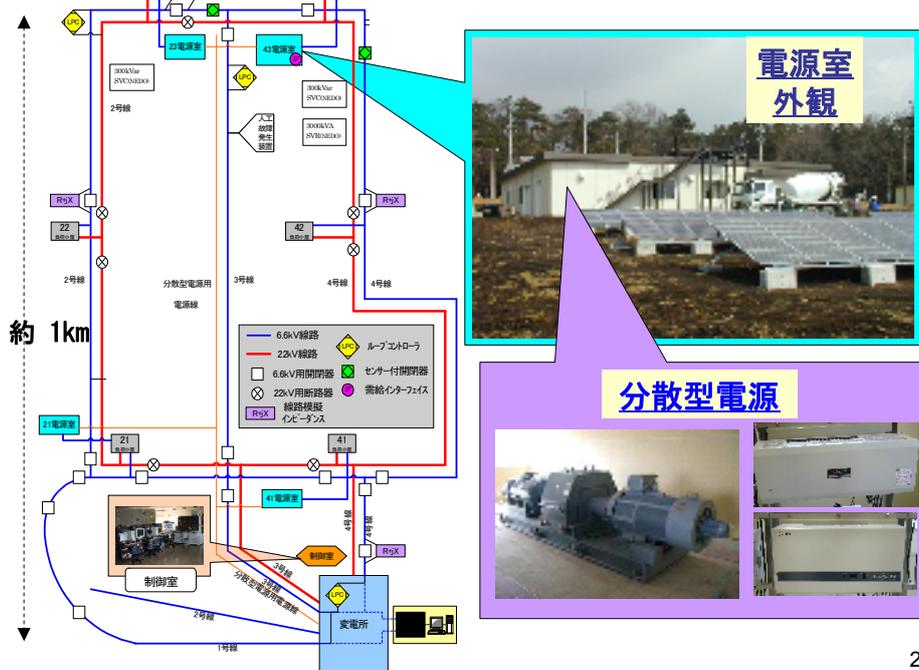


目的・機能

- ・ エネルギー有効利用 (コスト最小化など)
- ・ 潮流平準化、電力品質の維持・向上
- ・ 安全性確保
 - 分散型電源・負荷を制御。

- ・ 料金情報
- ・ 系統状態 (電力品質の状態、事故の発生、等)

需要地系統ハイブリッド実験設備 (赤城)



試験設備 概略仕様

項目	設計の考え方、概略仕様
線路形態	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6.6kV、および22kVの放射状、ループ状等、種々の構成が可能。 ・ 線路模擬インピーダンスを併用し、20km以上の長亘長線路を模擬可能。 ・ 付帯設備；高圧地絡・短絡発生装置、瞬低発生装置
変電所バンク (主変圧器)の構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2バンク構成(2000kVA/バンク)とし、電圧や位相の異なった異バンク間のループ構成や系統切替えの実証が可能。 ・ 1600kVA級 BTBにより線路位相急変、周波数動揺、等の異常発生可能
分散形電源の総容量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現状の1配電線当たりの設備容量の40~60%に相当する1250 kWを導入、系統運用への問題点や導入可能量を実規模スケールで実証可能。
分散型電源の種類 (実機および模擬)	<ul style="list-style-type: none"> ・ コージェネ用同期発電機、風力発電(誘導発電機型)、太陽光発電、燃料電池・蓄電池模擬電源、マイクロガスタービン。 ・ 各容量の割合は、2010年時点の政府導入目標値の割合に準じる。
分散型電源の設置 箇所数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4箇所分散設置し、ループ形状における系統過渡変動時のフィード間の相互影響や、事故時における事故区間と健全区間の相互影響等、の実証が可能。

23

需要地系統運用制御技術開発のまとめ

(1) 電圧適正化

- ・ 系統制御機器(LPC等)の集中制御方式を開発。
- ・ PV等分散形電源の無効電力分担方式(自端、集中)を開発。
 - 一配電線集中連系時ではDG導入量100%まで対応可能。

(2) 保護・保安

- ・ 通信利用による自律分散形保護方式を開発。
 - 単独運転停止を含め、目標とする1秒以内(地絡事故時)での事故区間の無電圧化を達成。

(3) 系統停電時の自立運転

- ・ LPCと分散形電源による自立運転方式を開発・実証。

▶ 系統技術を主体とした、運用制御基本技術を確立。

- 配電系統全体では50%程度の導入(住宅3軒に1軒)まで対応
- 課題:SVC, LPC等の系統制御機器の低コスト・コンパクト化

24

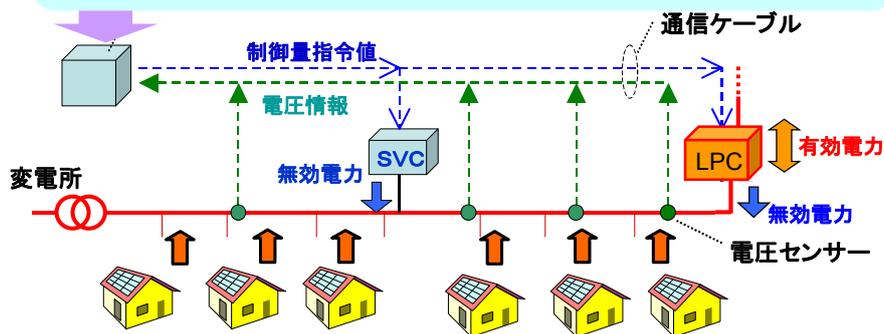
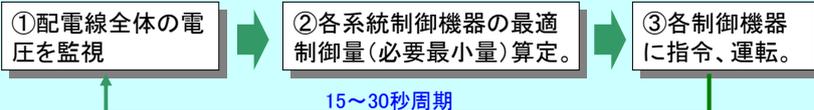
配電線電圧集中制御方式の開発



✓ 太陽光出力変動に対応する方式を開発

- 集中制御と自端制御の組合せ(LPC、SVC自端制御の電圧しきい値を逐次指令・変更 → V指令制御)、最適制御量の高速計算。

運用管理システム(親局)

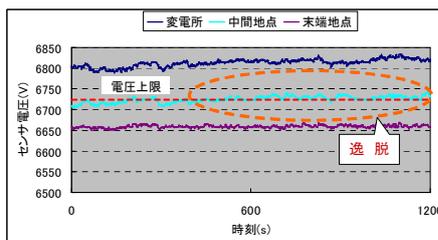
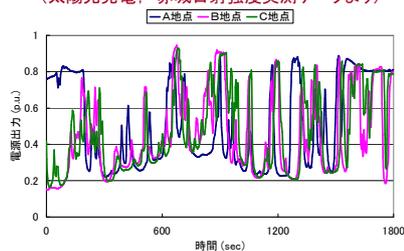


25

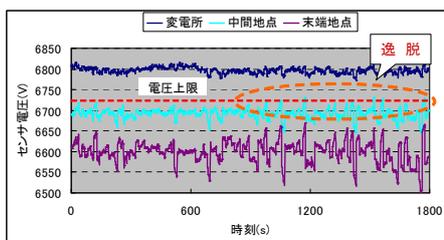
配電線電圧集中制御方式の実証結果 (PV導入率 50%)



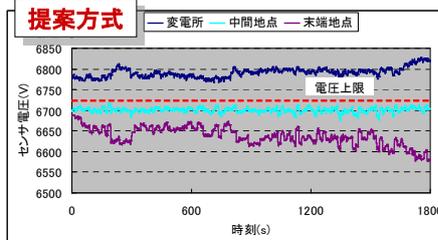
分散型電源の出力急変パターンの一部
(太陽光発電; 赤城日射強度実測データより)



自端制御の場合の配電線電圧の推移



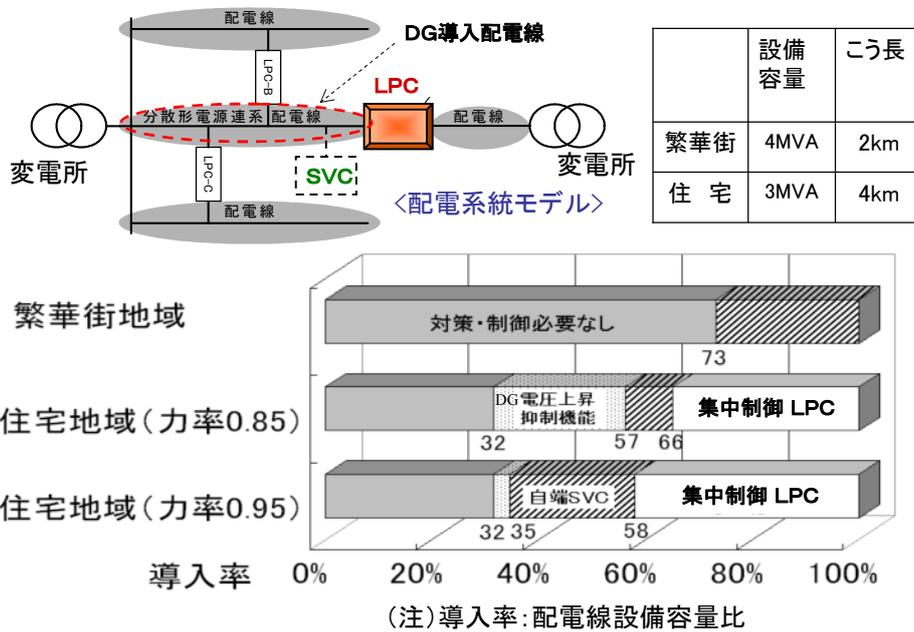
集中制御(Q指令)の場合の配電線電圧の推移



集中制御(V指令)の場合の配電線電圧の推移

26

DG導入地域・導入率に応じた電圧適正化方式



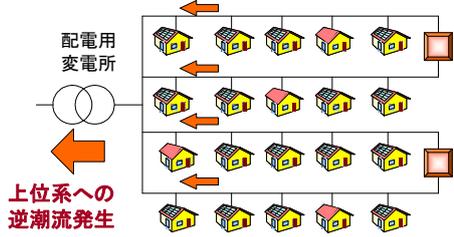
内 容

- ・ 低炭素社会の電力供給・利用環境と課題
- ・ スマートグリッドの概念と各国の導入目的・計画
- ・ 電中研における次世代グリッド開発について
- ・ **これまでの研究成果**
 - 需要地システム技術
 - 需給一体形運用・制御技術
- ・ **まとめ・今後の課題**

一律大量導入 (PV5000万KWに向けた) 時の新たな課題



<系統安定性への影響> 余剰電力問題

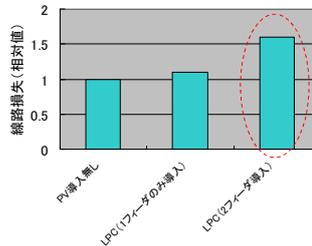
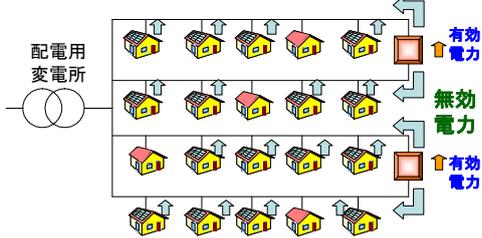


(※) 現状では上位系停止時の単独運転防止のため、配電用変圧器における逆潮流不可。<電技解釈(第279条)>

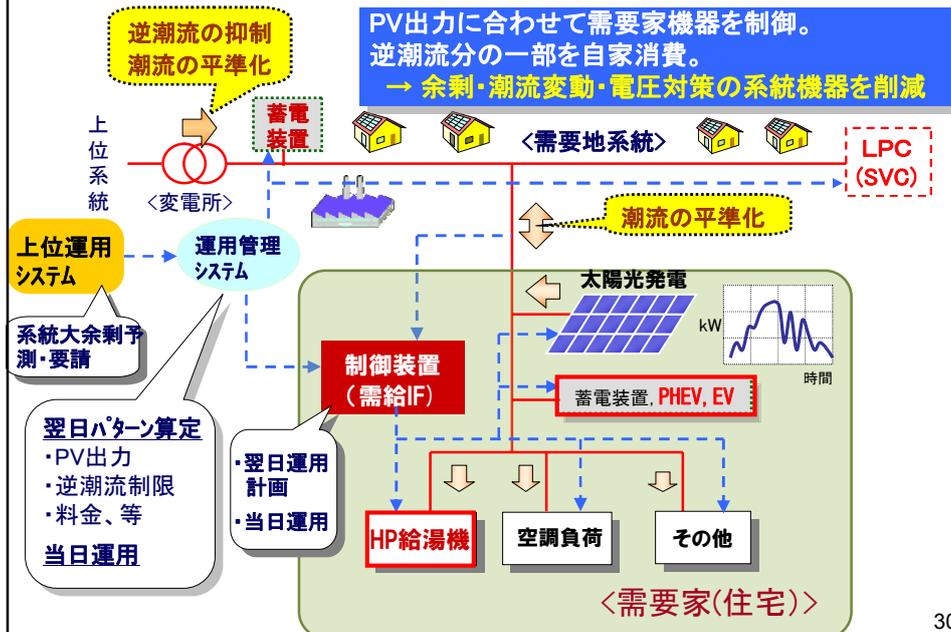
<新たな課題>

- ・上位系への逆潮流抑制 (+上位系間の潮流変動抑制)
 - ・系統制御機器容量低減
- 既開発技術+需給一体形による負荷やDGの制御

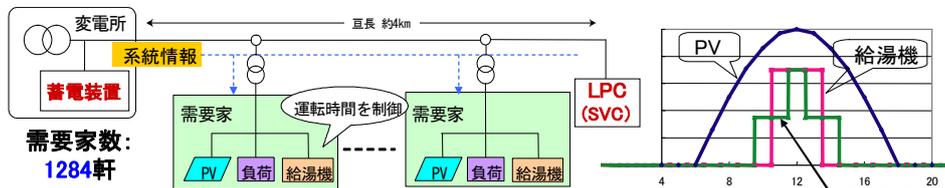
<電圧対策上の問題> 系統制御機器容量増大・線路損失増大



需給一体形運用制御方式の概念(PV余剰活用)

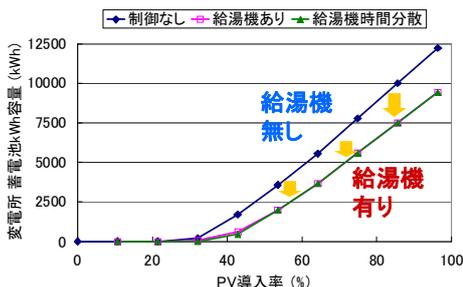


需給一体形運用による蓄電池・LPC(SVC)容量の低減効果 <HP式給湯機をPV出力に合わせて運用>

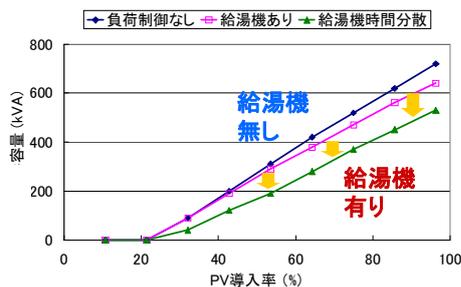


需要家数:
1284軒

目標: 配変逆潮流防止、電圧上昇抑制



変電所の蓄電池kWh容量



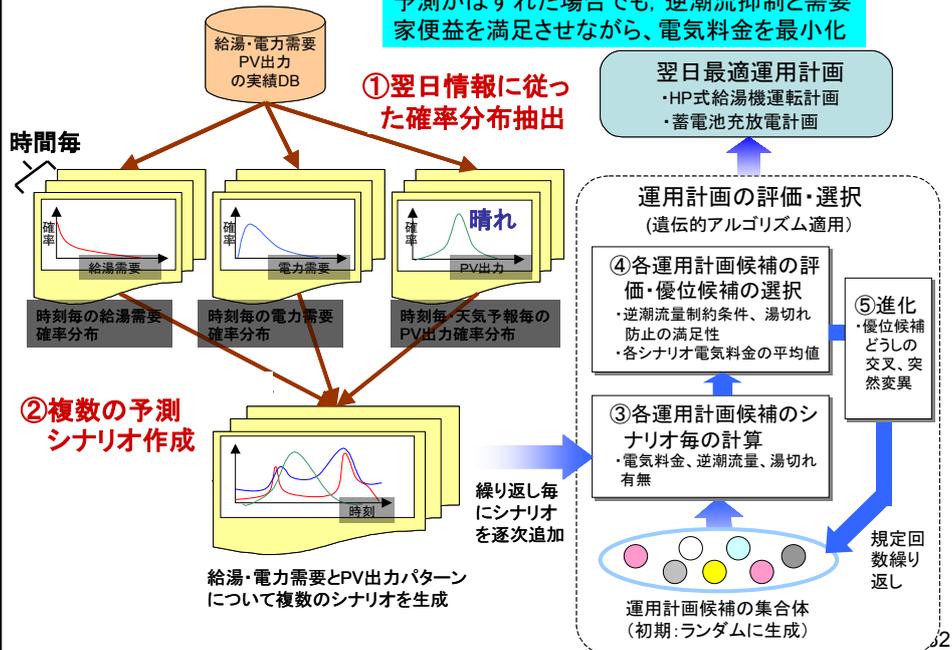
LPC(SVC)容量

31

需要家機器の運転計画手法(汎用プログラム開発)

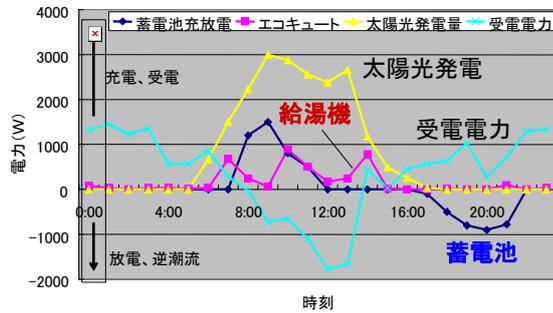


予測がはずれた場合でも、逆潮流抑制と需要家便益を満足させながら、電気料金を最小化



32

運転パターンとコスト比較(5月)



運転パターン例
(晴天日)

●電気料金比較

蓄電池容量	複数シナリオ (開発方式)	単一 シナリオ
0kWh	4,541円	5,426円
2kWh	4,375円	5,042円
4kWh	4,173円	4,901円
8kWh	3,958円	4,370円

設定条件

- ・許容逆潮流量: PV出力の75%(時刻単位)
- ・単一シナリオ: 予測値に統計データの平均値を採用
- ・電気料金

時間帯	買電単価	売電単価
23:00-7:00	9円	5円
7:00-10:00	20.3円	9円
17:00-23:00	25.2円	9円

33

赤城：需要家実験設備



需給IF等



HP式給湯機



10kWh 蓄電池



建屋と4kW級 PVアレイ

34

今後の研究課題

(国、大学、電力、メーカーとの連携をとりながら..)

◆ 各要素技術の開発と実証評価

- ・需要地システムの需給一体形運用制御
- ・需要地システムと協調した基幹システムの運用
- ・系統電圧・周波数維持に寄与するPV運転制御方式
- ・系統制御機器の低コスト化・コンパクト化
- ・低コスト・高セキュリティ通信方式(光・電波融合等)

◆ 各要素技術を融合・協調させた総合実証研究

.....> **実用化へ**

- 配電技術(電圧、保護保安): 至近年(?) ~
- 系統大技術(余剰、系統制御): 2020年 ~

35

ご清聴ありがとうございました。

36