



電気学会公開シンポジウム (2016/12/12)



Power To Heat (P2H)による 電力系統出力変動対応技術



北海道大学大学院
情報科学研究科
北 裕幸

kita@ssi.ist.hokudai.ac.jp



HOKKAIDO
UNIVERSITY

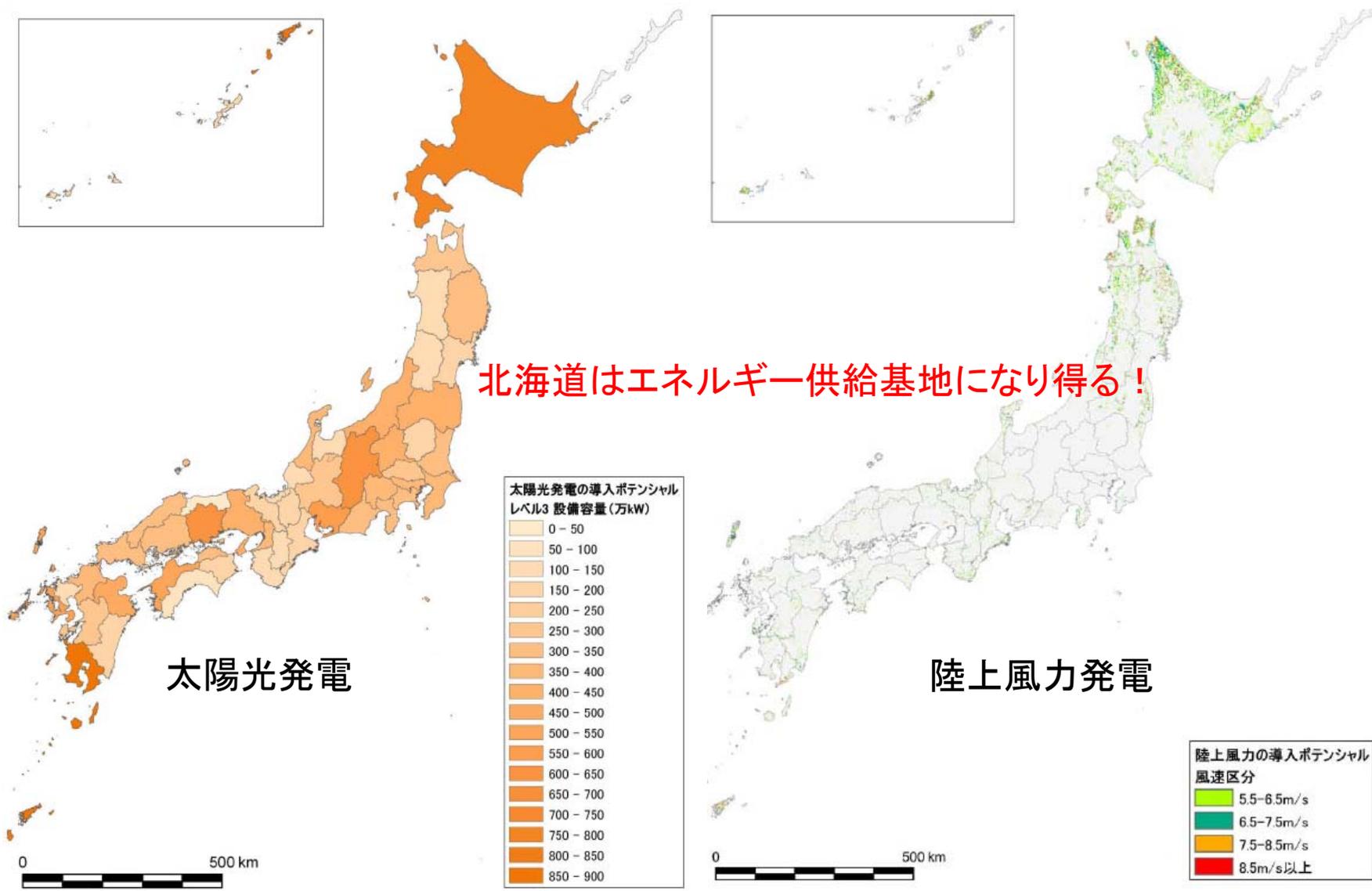
講演内容

1. 再生可能エネルギーの大量導入と出力変動対策
2. 需要側リソースの活用による出力変動対策
3. バイオガスプラントに基づく
HP/CGS併用熱供給システム
4. おわりに

講演内容

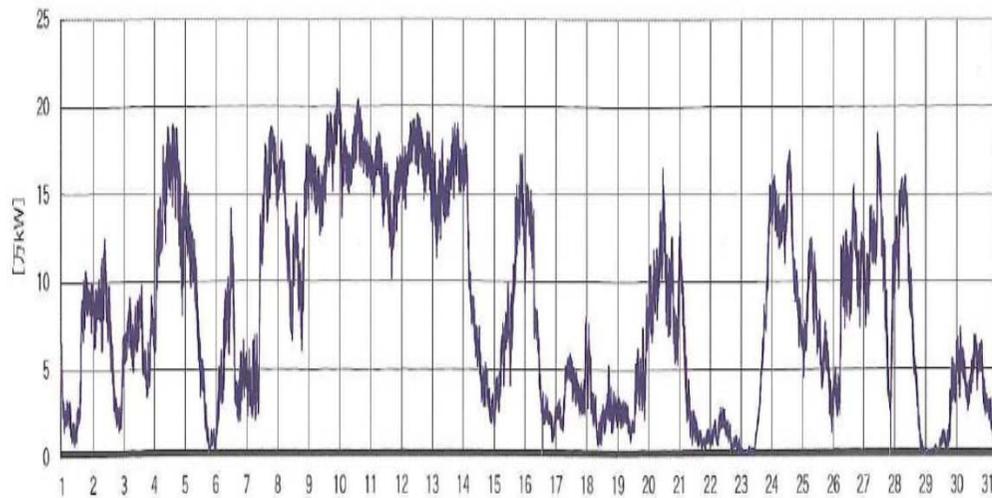
1. 再生可能エネルギーの大量導入と出力変動対策
2. 需要側リソースの活用による出力変動対策
3. バイオガスプラントに基づく
HP/CGS併用熱供給システム
4. おわりに

太陽光・風力発電の導入ポテンシャル

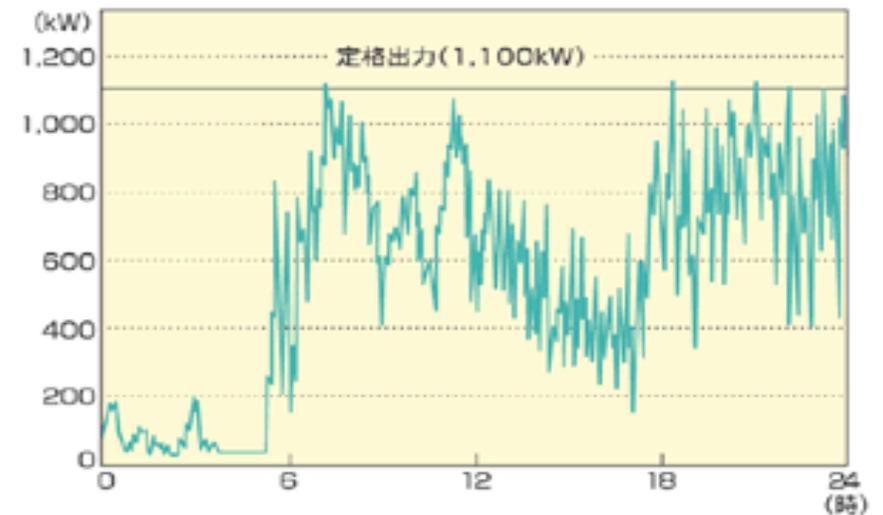


* : 出典 平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査(環境省)

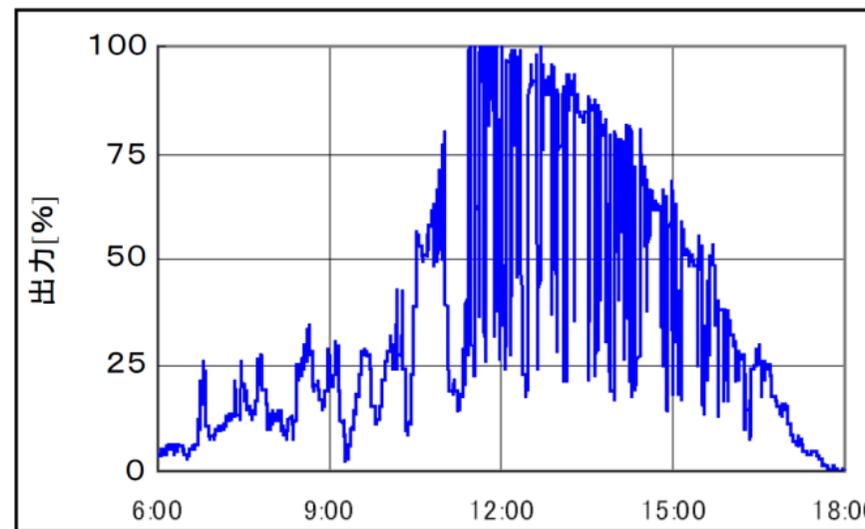
風力発電・太陽光発電の間欠的変動特性



風力発電出力変動の例（月）



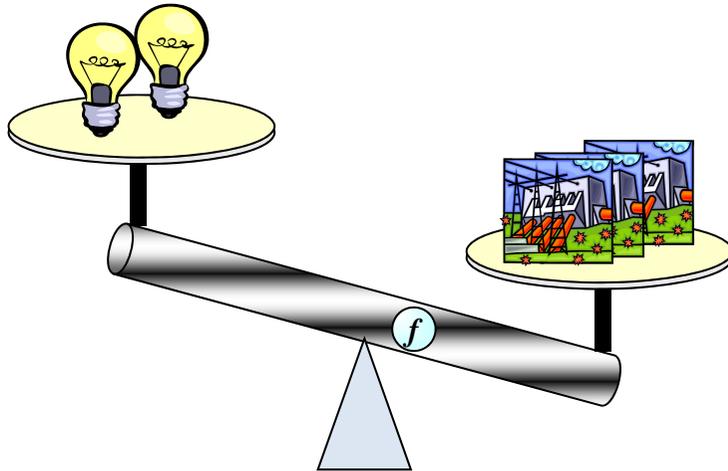
風力発電出力変動の例（日）



太陽光発電出力の例

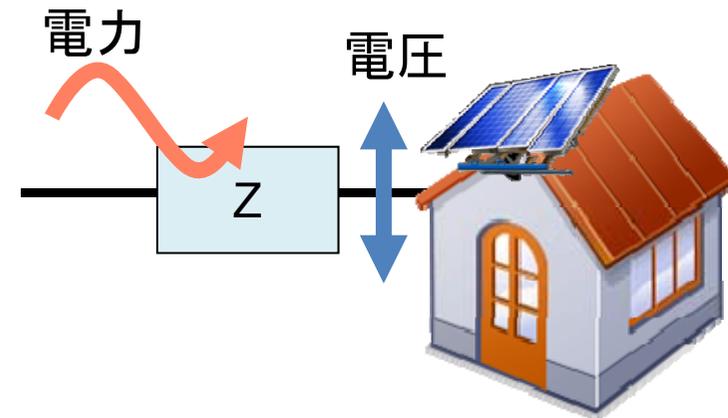
出力自体の不安定性(変動)がもたらす問題

- 発電出力が短時間で大きく変動
 - 細かい変動が電力品質に悪影響
(周波数変動, 電圧変動)



需要と供給の不均衡が
周波数変動を誘発

電力系統全体での問題



電力の変動が
電圧の変動を誘発

ローカルな地域での問題

電力系統における需給バランス

数年～数十年 ■ 電源の建設・増設・廃止計画

年単位 ■ 定期点検スケジュール

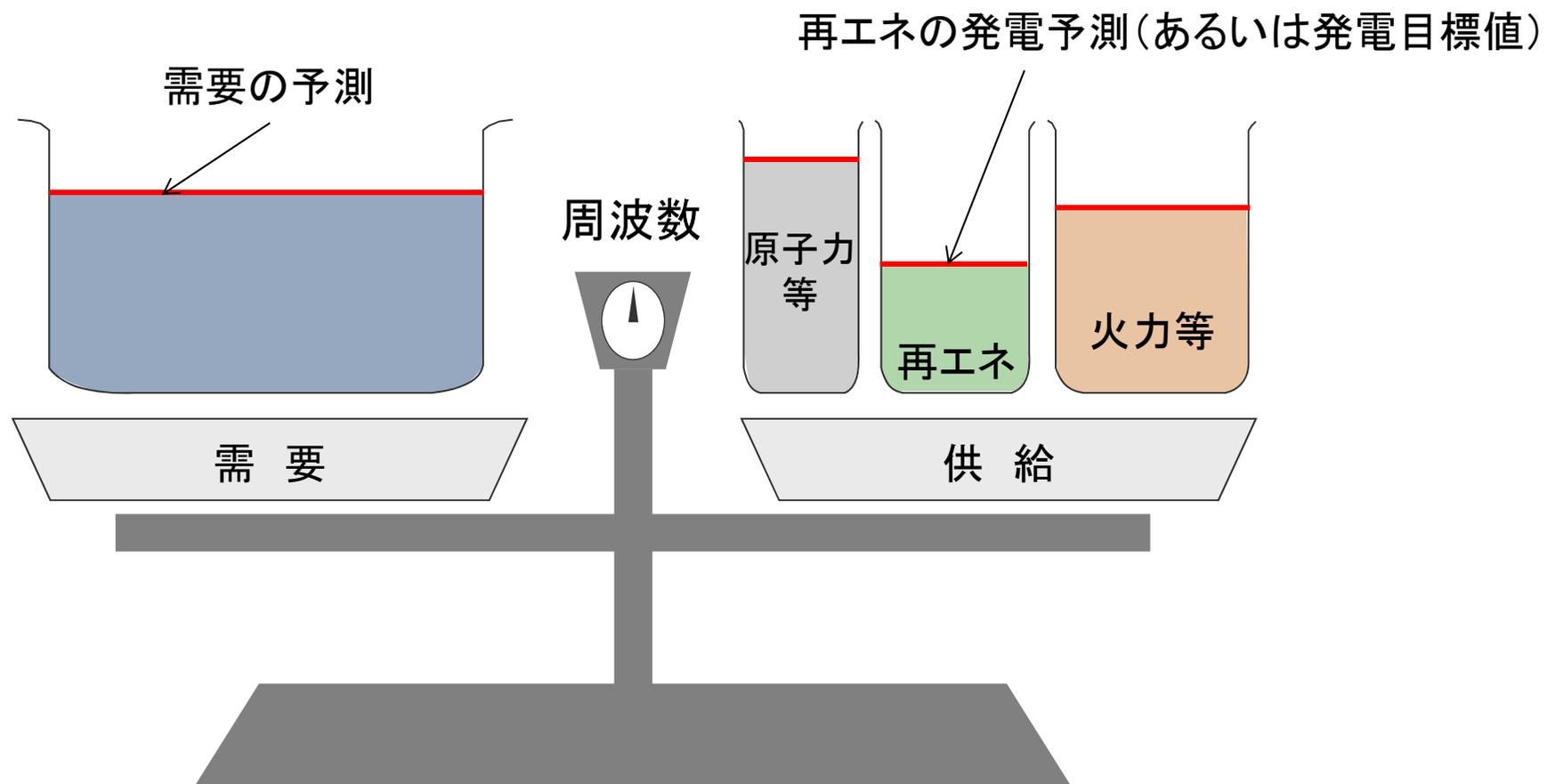
季節～週間 ■ 水系運用(ダムの運用)

数日 ■ 翌日の需給計画

数秒～数分 ■ 当日の需給運用

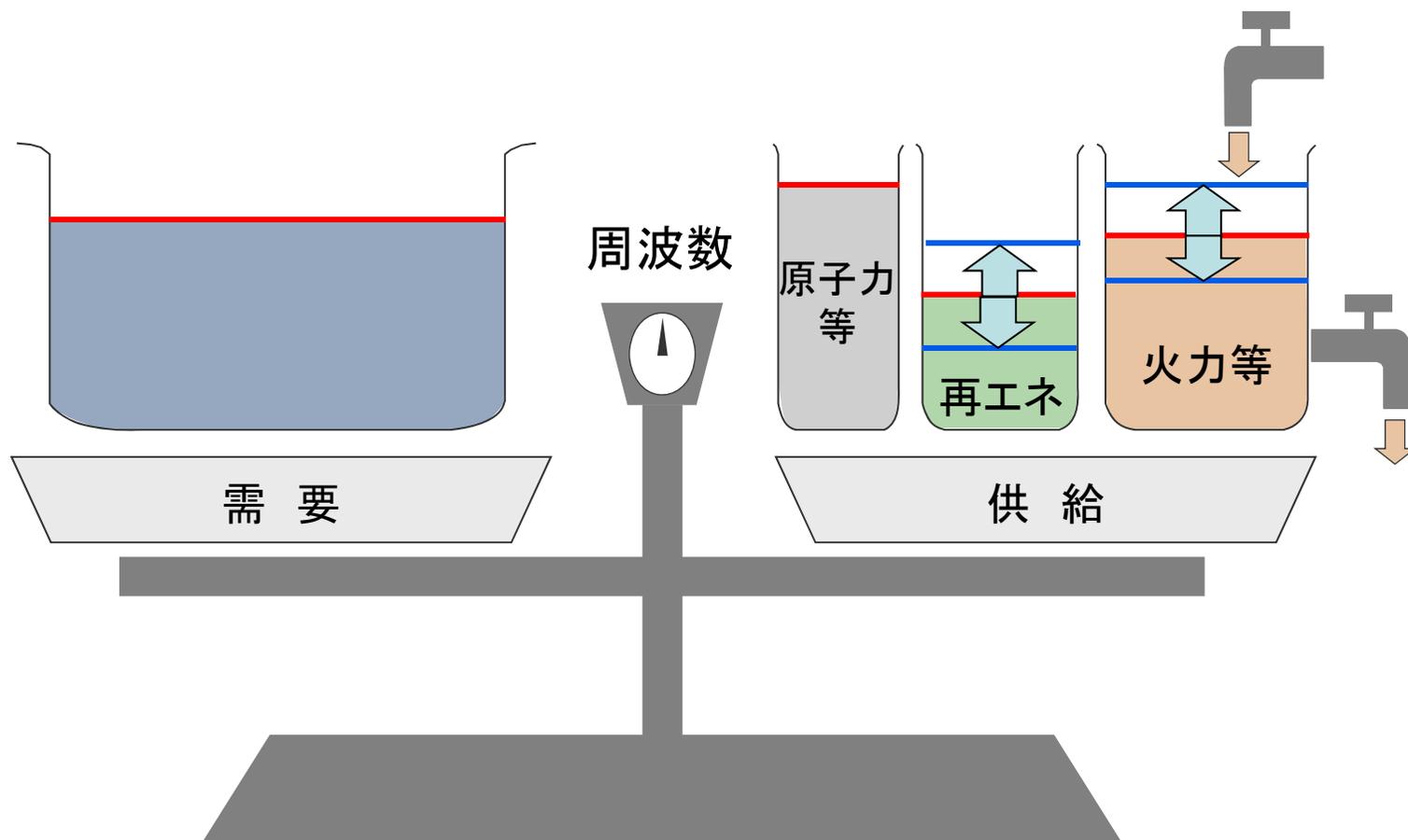
予測誤差
出力変動
の影響

翌日の需給計画

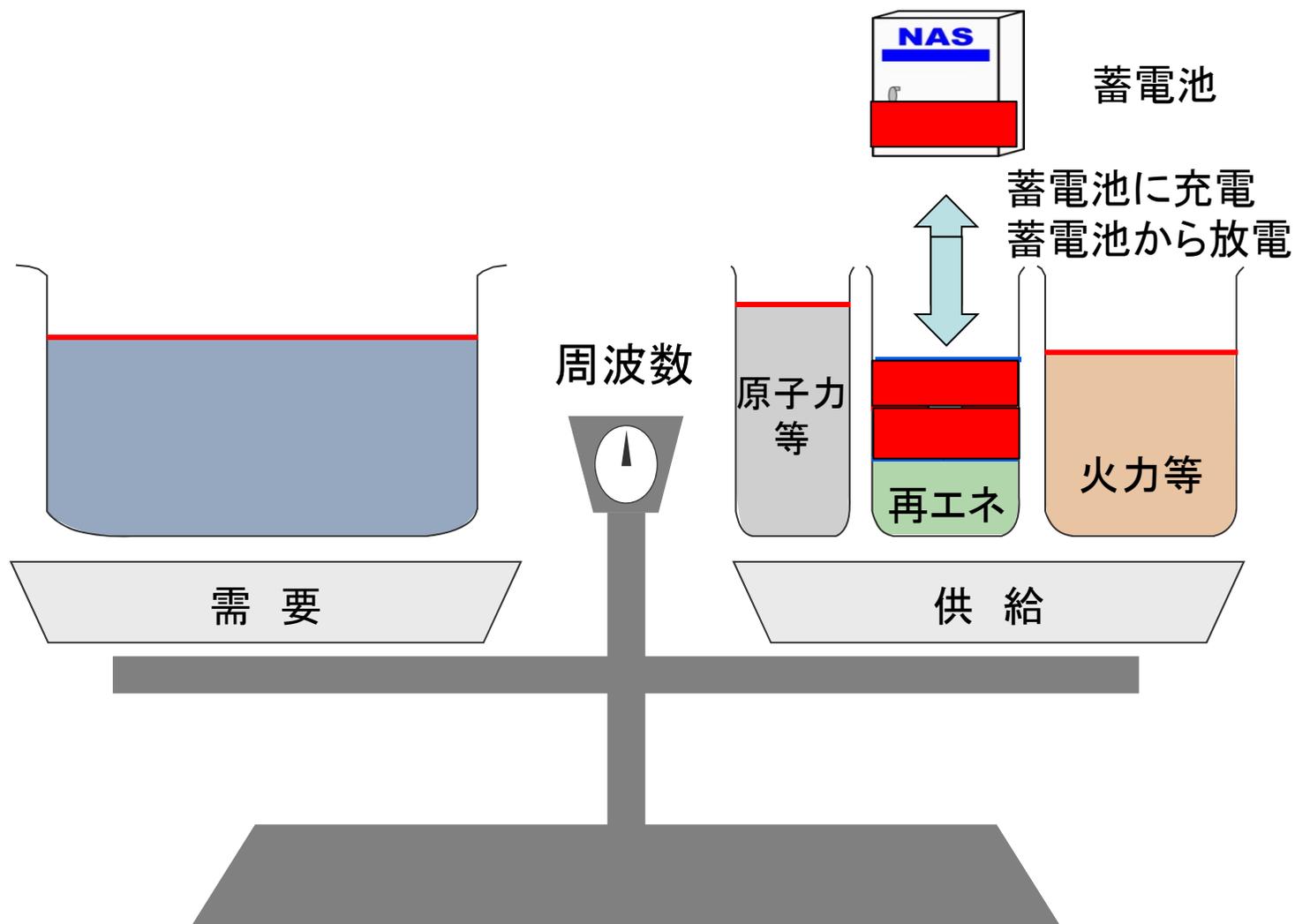


当日の需給運用(調整用電源)

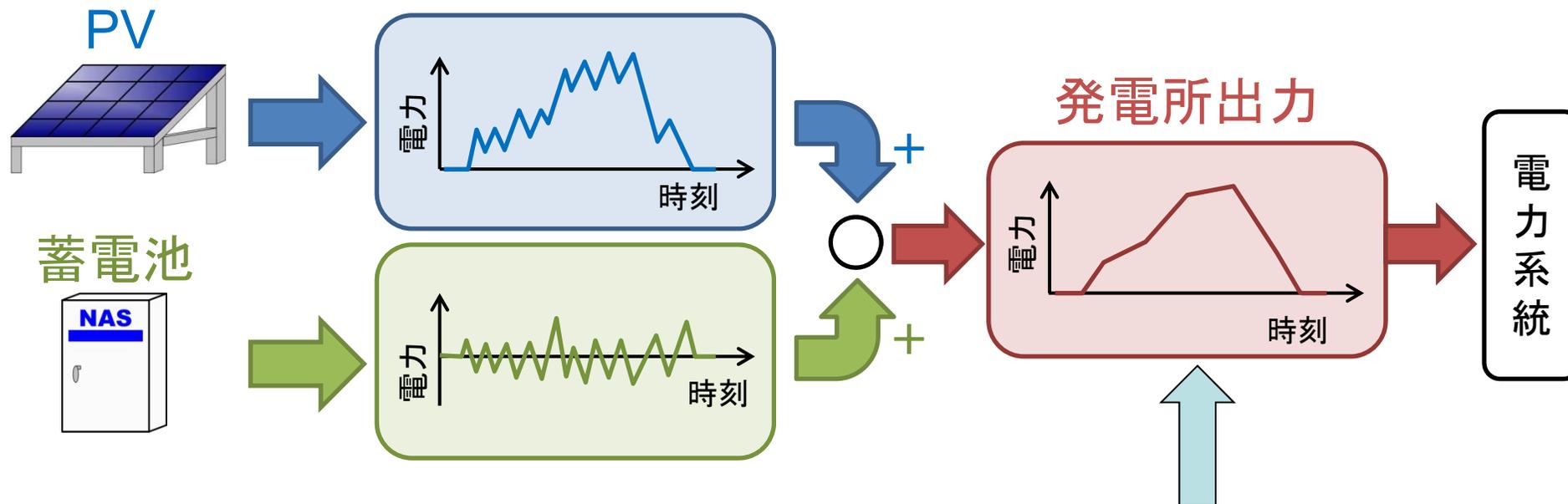
再エネの導入可能量:調整用電源の能力の範囲内に限定



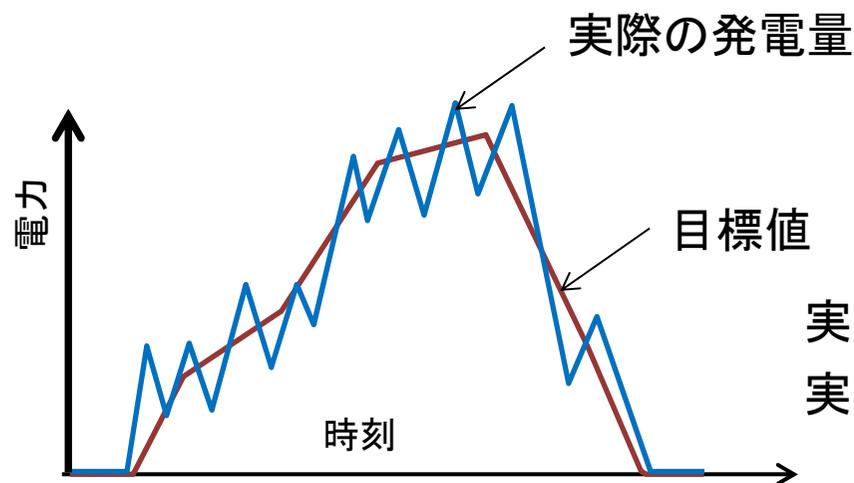
当日の需給運用(蓄電池の活用)



蓄電池による再エネ出力変動補償



系統連系要件を満たすような
発電所出力の目標値を与える



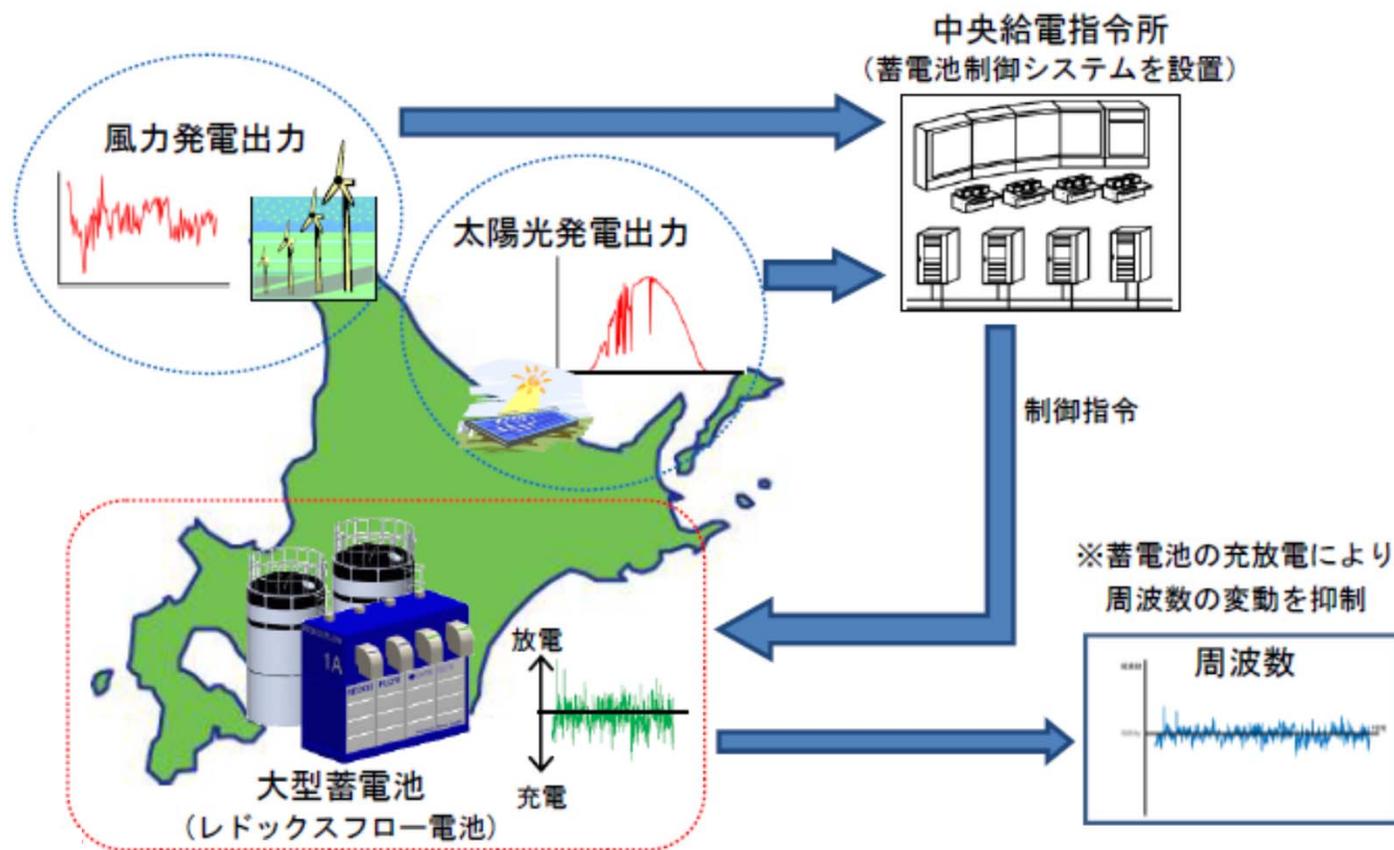
実際の発電量 > 目標値 → 蓄電池に充電
実際の発電量 < 目標値 → 蓄電池から放電

NEDO稚内メガソーラプロジェクト



NEDO:「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」(稚内サイト)報告書より

北海道電力(株)南早来変電所大型蓄電システム



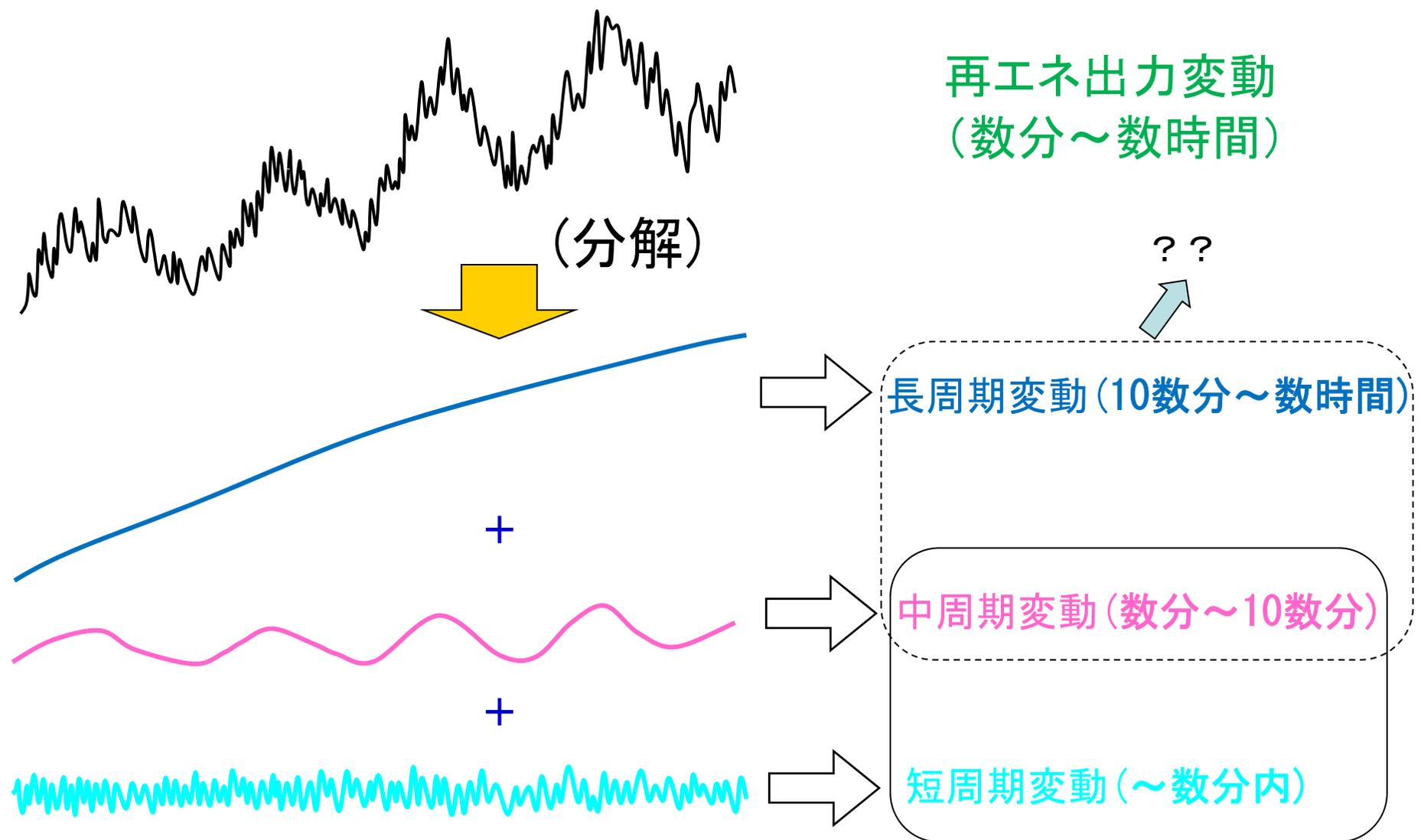
北海道電力(株)ホームページより

http://www.hepco.co.jp/energy/recyclable_energy/large_accumulator/pdf/demo_poject.pdf

講演内容

1. 再生可能エネルギーの大量導入と出力変動対策
2. 需要側リソースの活用による出力変動対策
3. バイオガスプラントに基づく
HP/CGS併用熱供給システム
4. おわりに

再エネの出力変動特性



再エネ出力変動
(数分～数時間)

??

長周期変動(10数分～数時間)

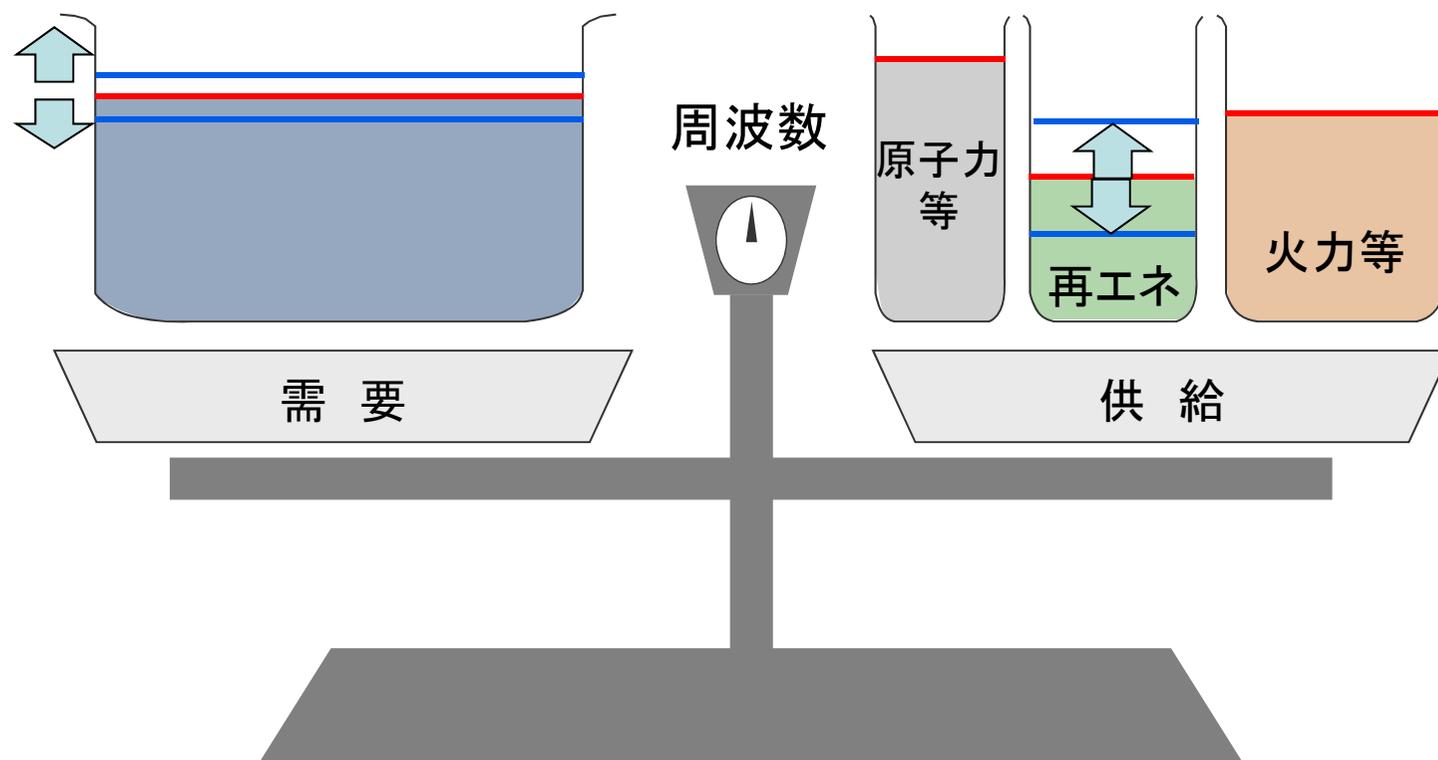
中周期変動(数分～10数分)

短周期変動(～数分内)

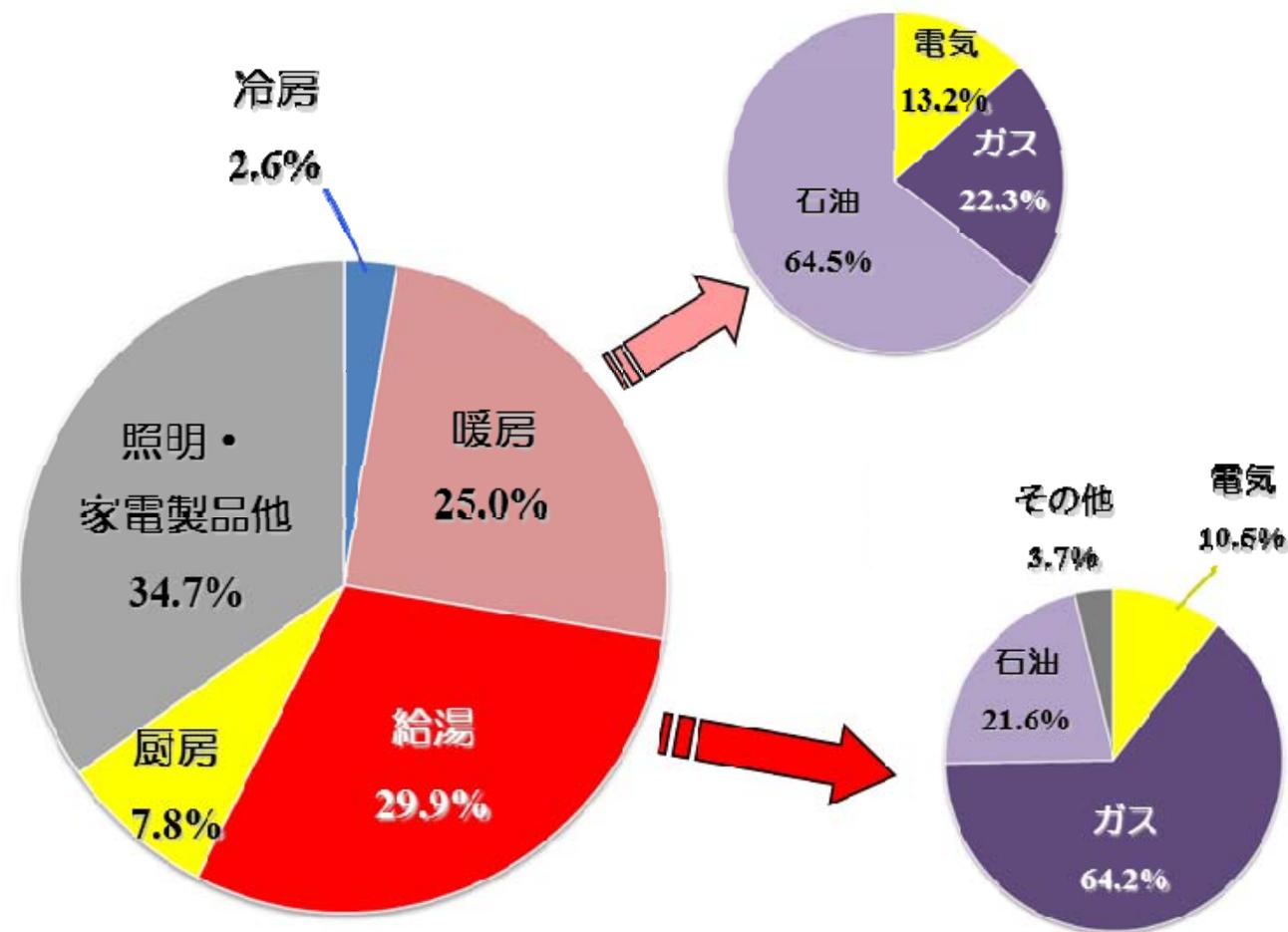
蓄電池の得意とする領域

当日の需給運用(需要の能動化)

- ・再エネの出力変動に**広く薄く**対応
- ・需要家に対して不便を与えてはいけない。

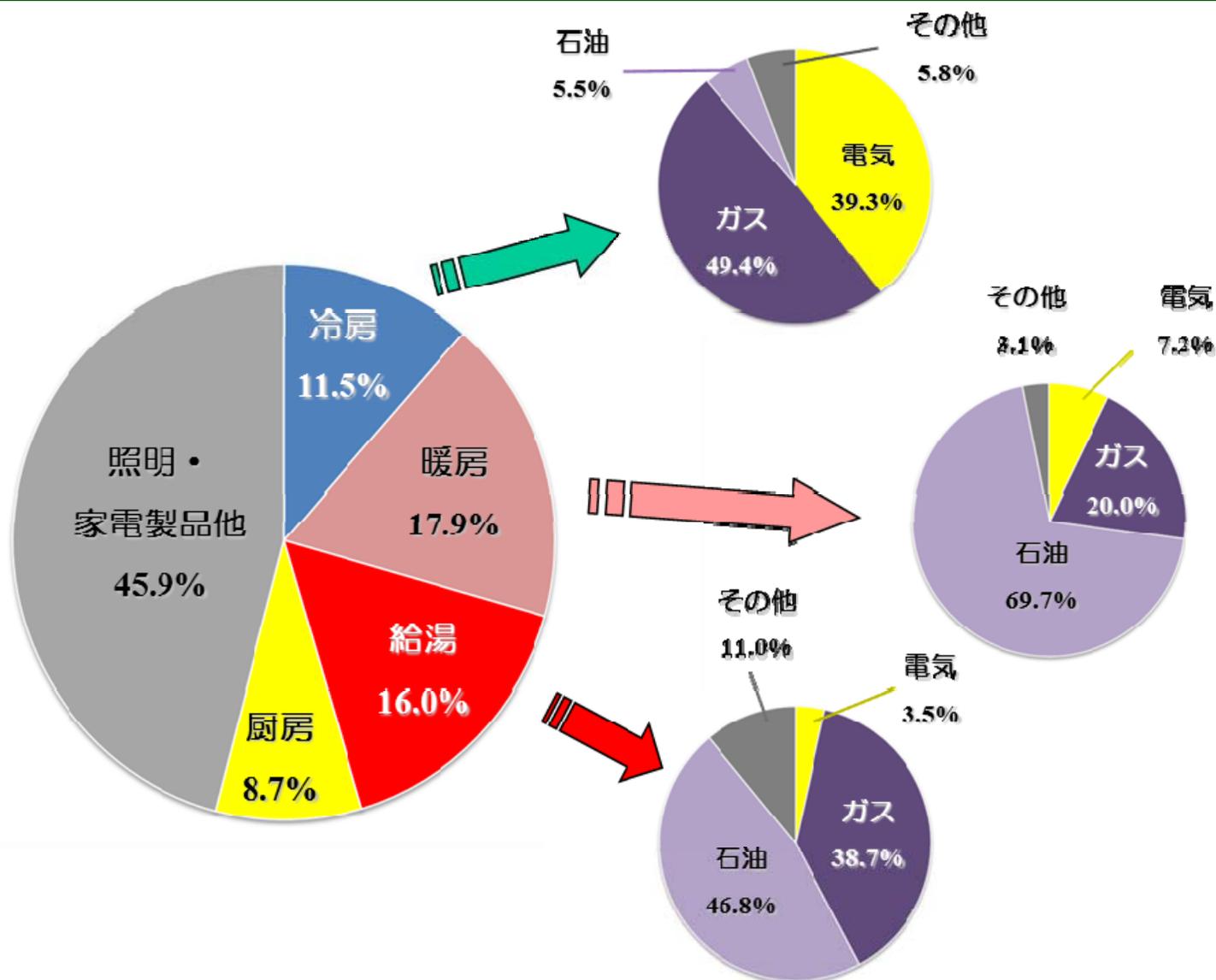


家庭部門のエネルギー構造



「エネルギー・経済統計要覧2009」より2007年度データ

業務部門のエネルギー構造

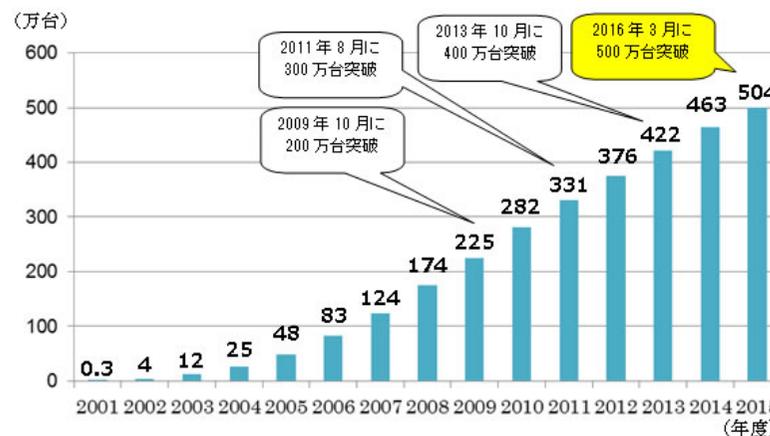
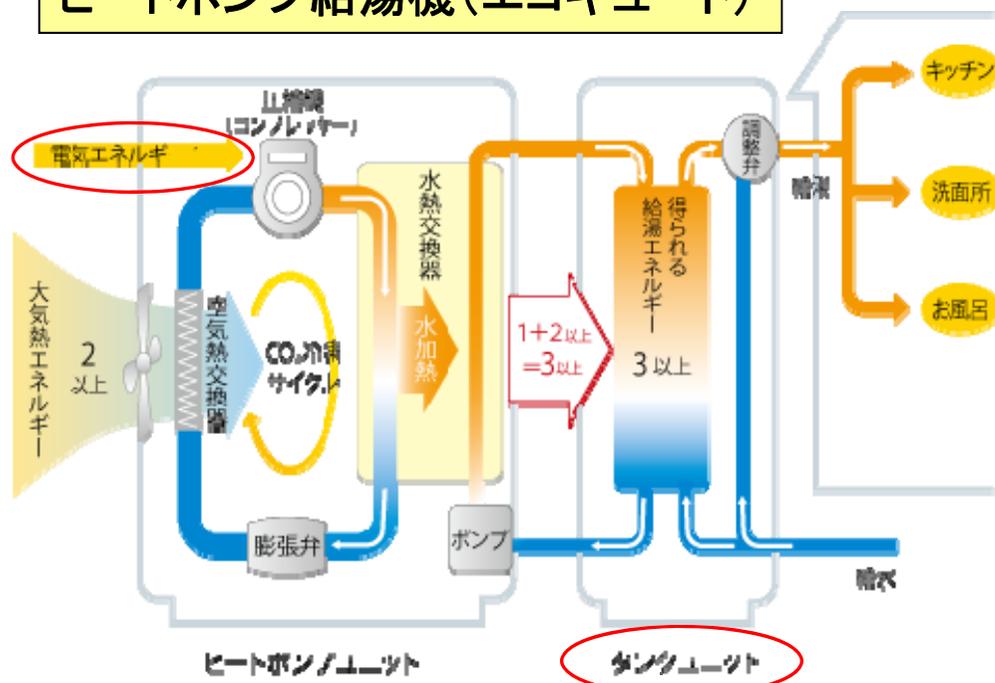


「エネルギー・経済統計要覧2009」より2007年度データ

ヒートポンプ(HP)の活用

出典: 日本冷凍空調工業会ホームページ

ヒートポンプ給湯機(エコキュート)



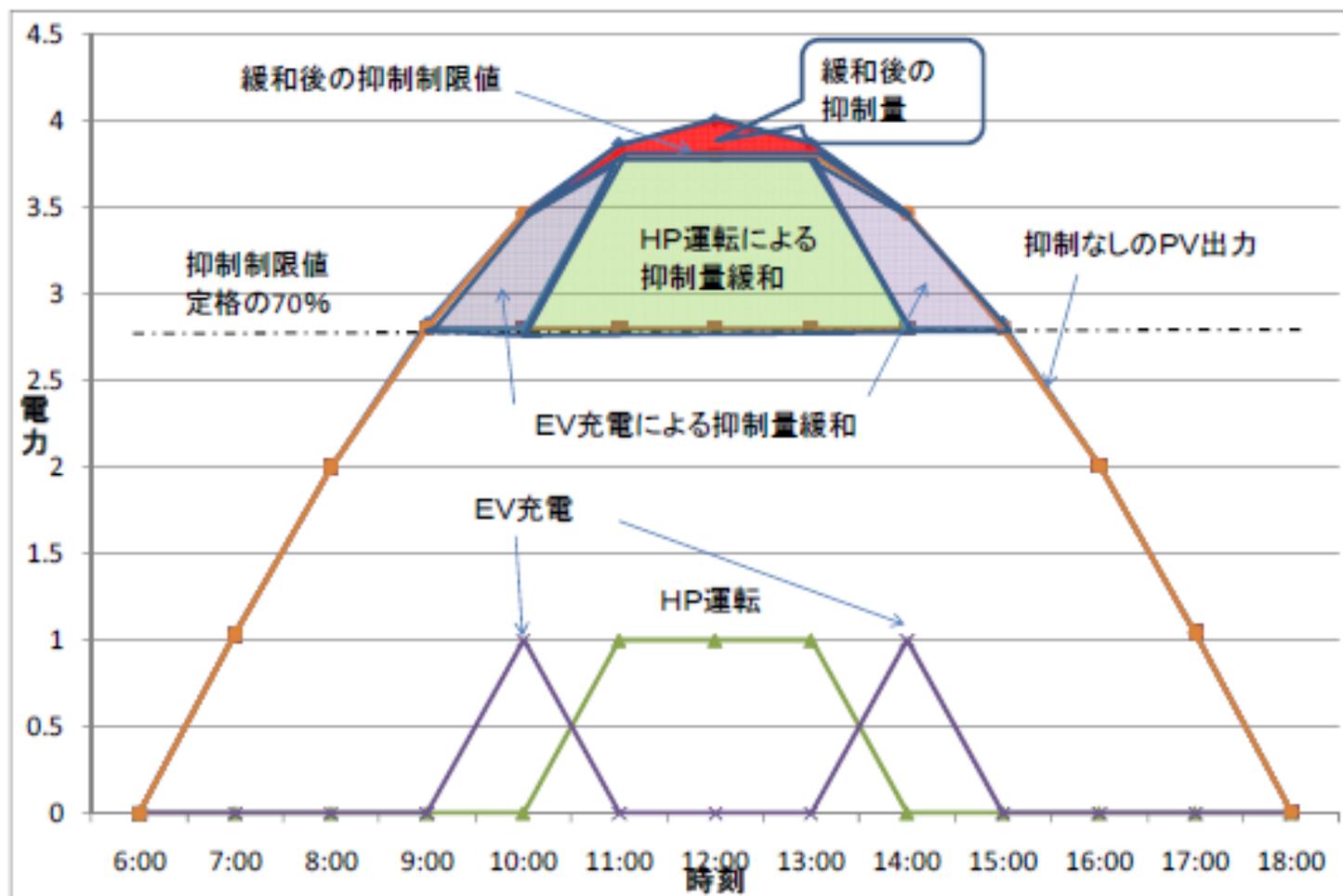
- ・電気エネルギーを使って熱エネルギーを供給する
- ・貯湯タンクを使って熱エネルギーを貯めることが可能

電気の消費量を増加 ➡ 得られた熱は貯湯タンクにためる

電気の消費量を減少 ➡ 不足する熱は貯湯タンクから供給

家庭用自然冷媒ヒートポンプ給湯機:エコキュートの累計出荷台数

需要家機器による電力需要調整(電力中央研究所)



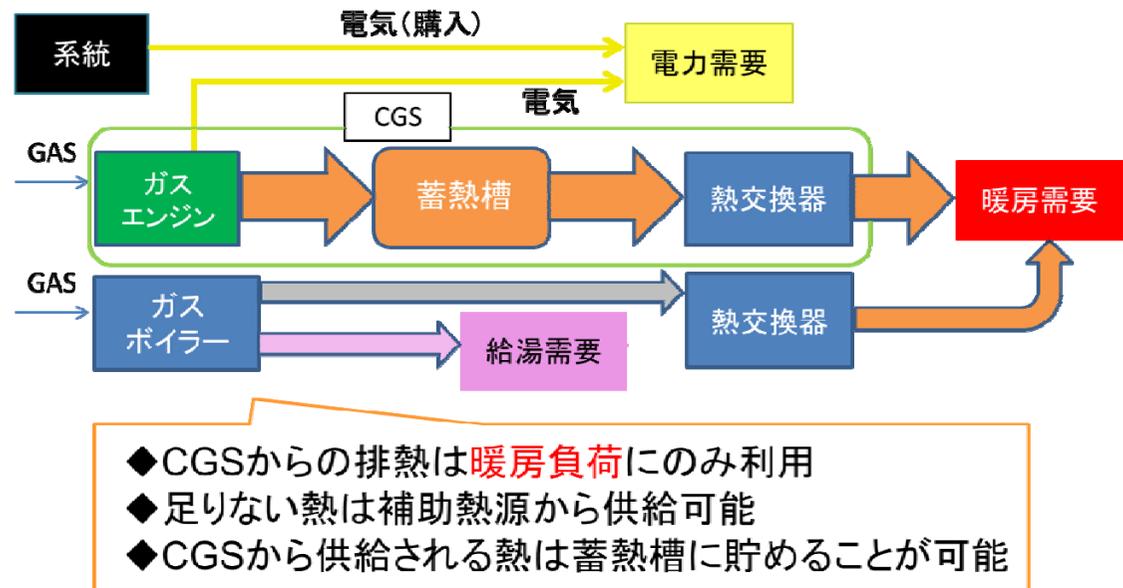
出典:大嶺・浅利:「需要家機器による太陽光発電余剰電力有効利用手法の改良-当日補正機能の追加と検証-」, 電力中央研究所報告R13022 (平成26年9月)

コジェネレーション(CGS)の活用

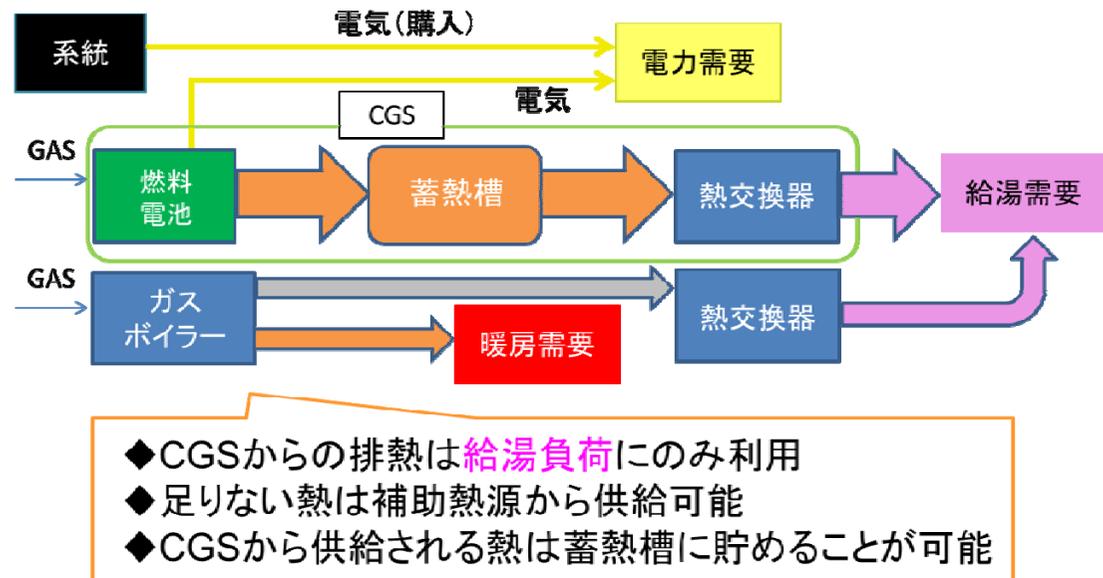
家庭用CGS



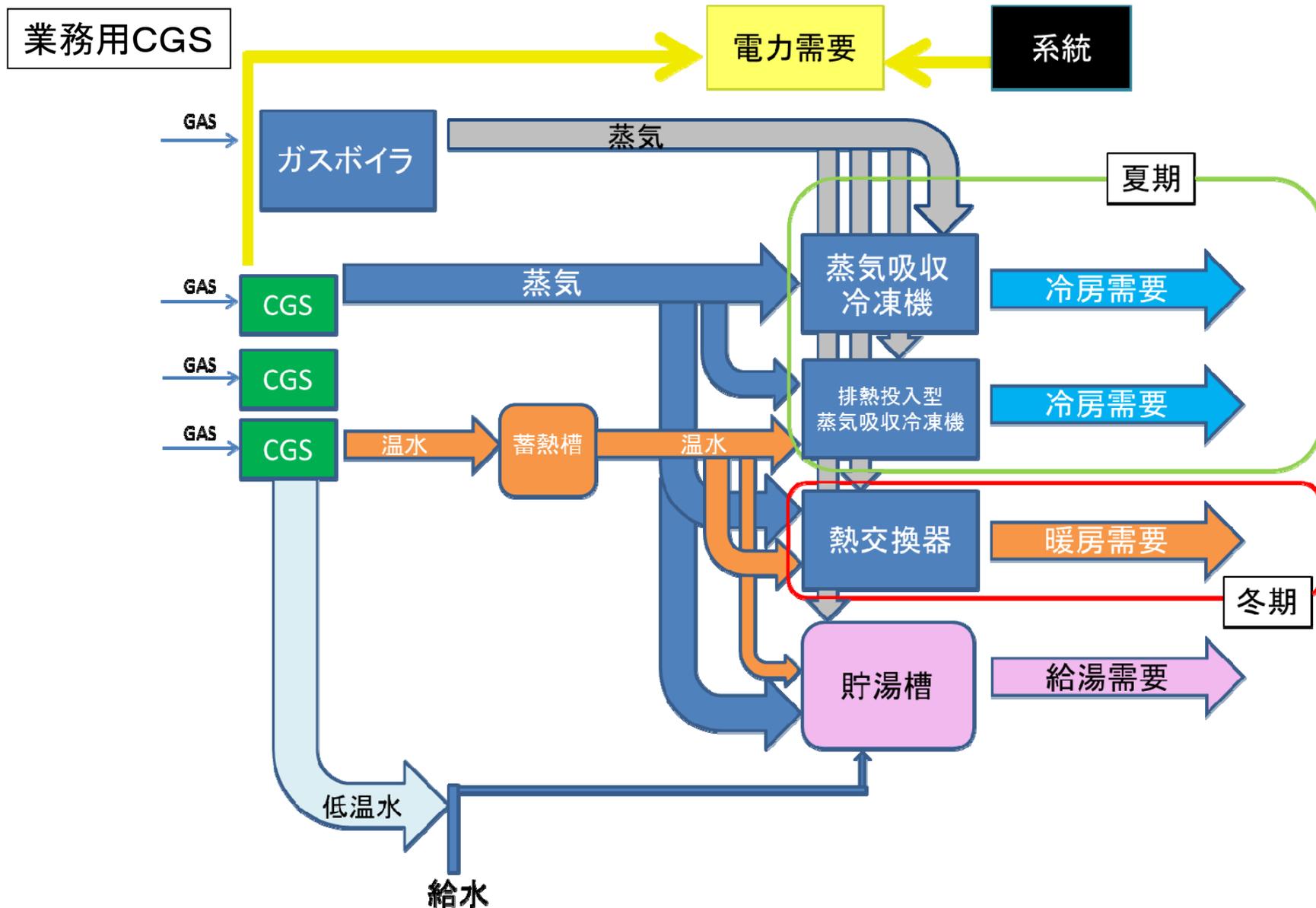
北海道ガス(株)HPより



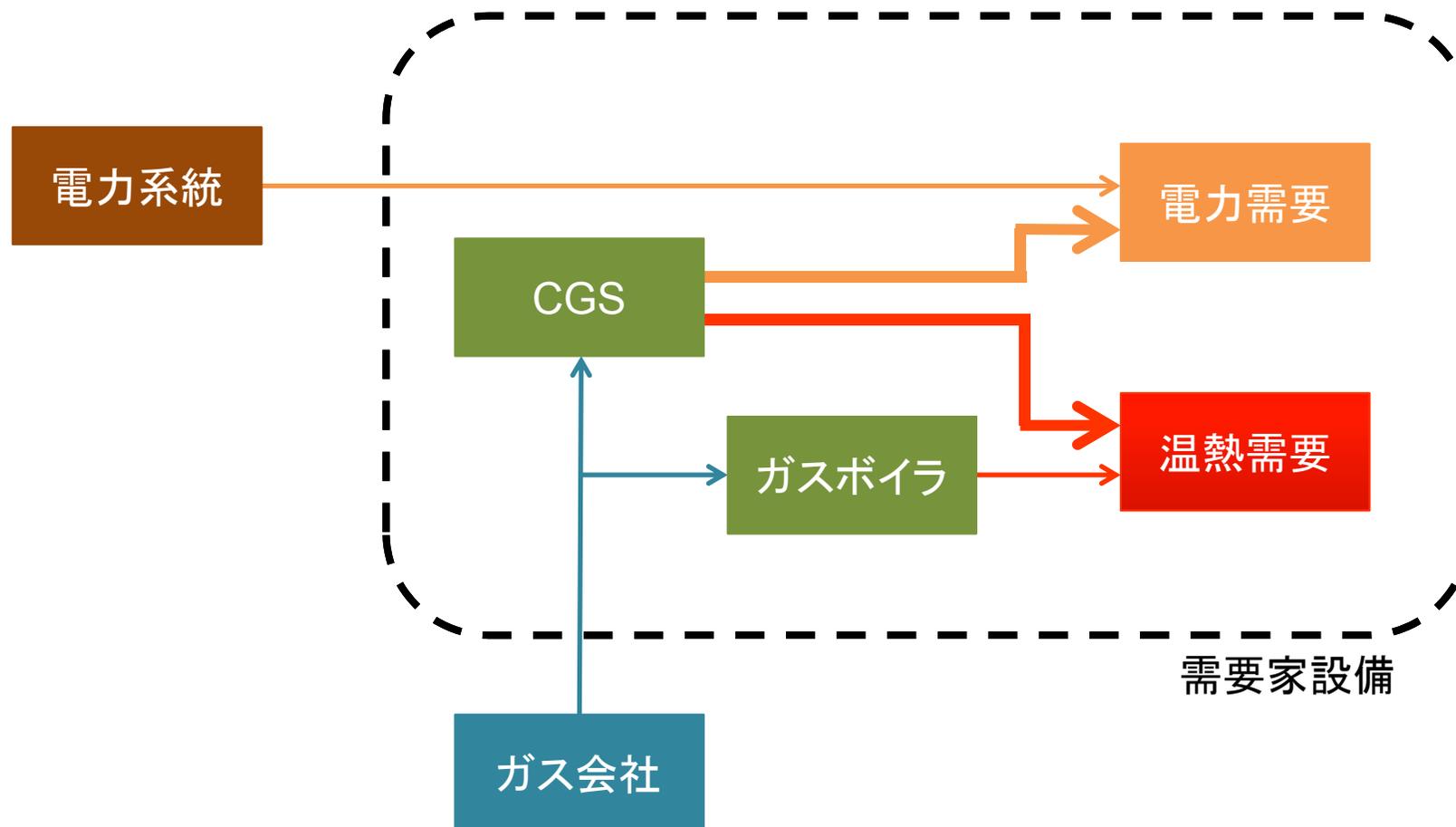
北海道ガス(株)HPより



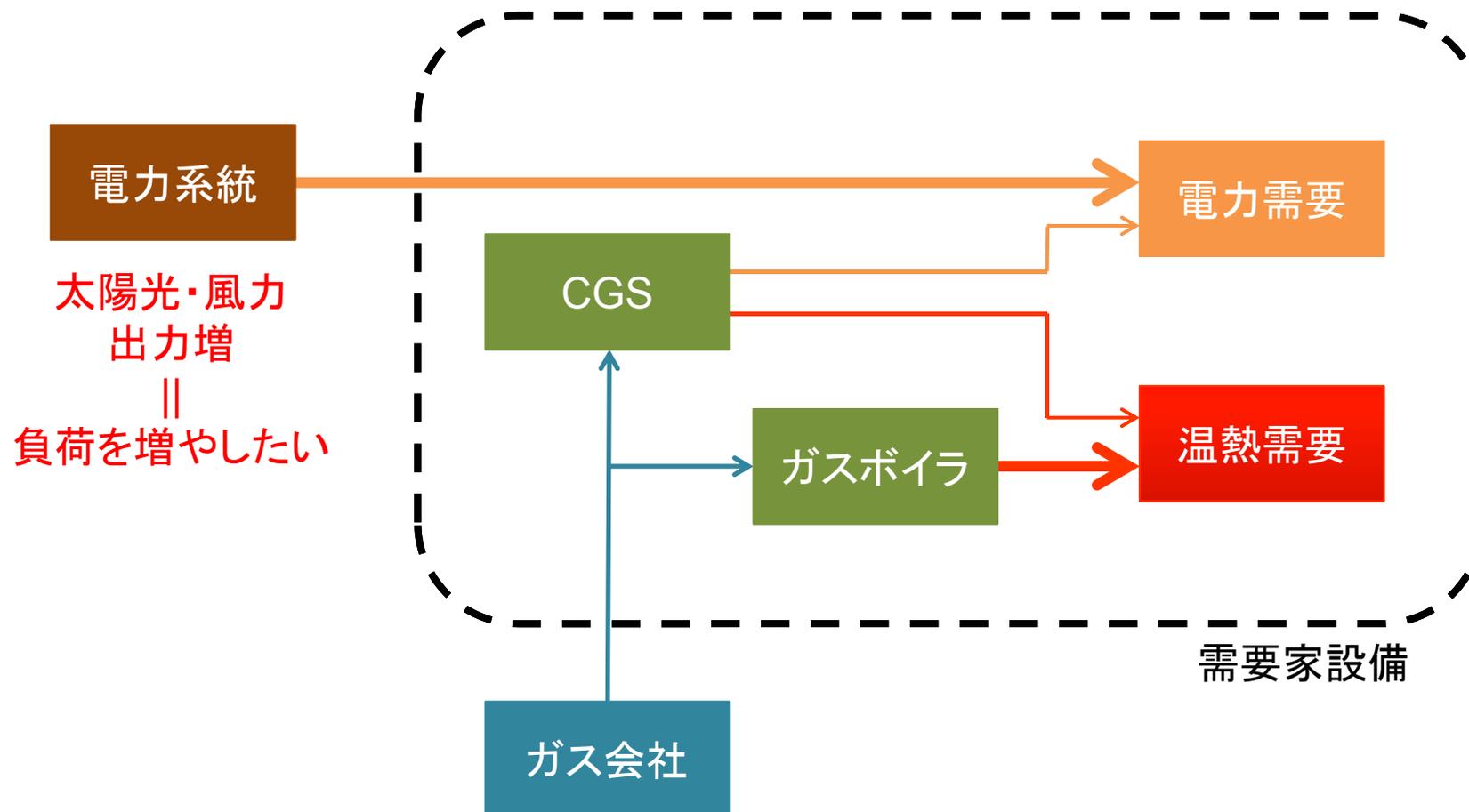
コージェネレーション(CGS)の活用



CGSによる出力変動補償

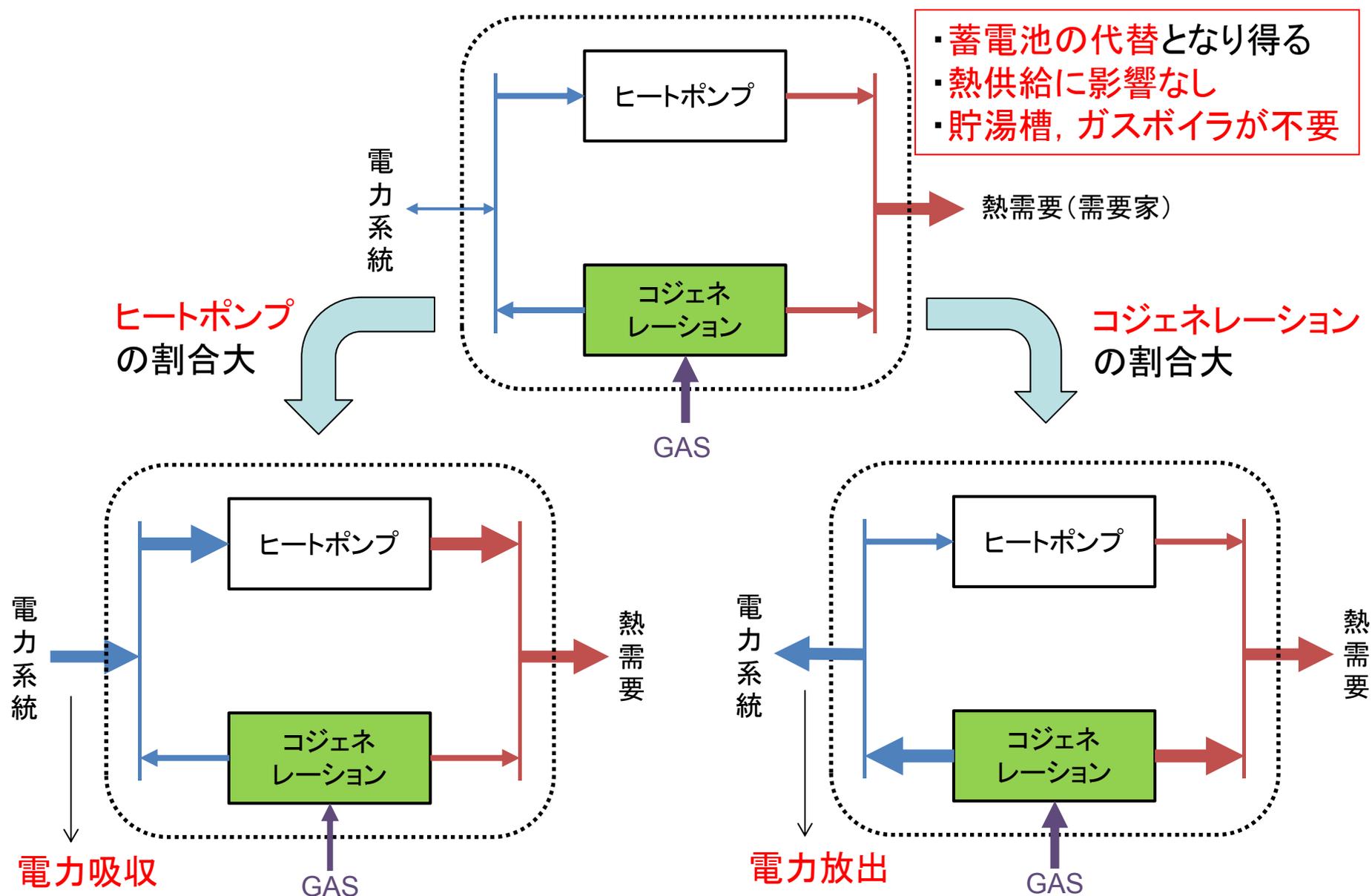


CGSによる出力変動補償



ガス事業者が電力の安定供給に貢献
電力とガスの協調

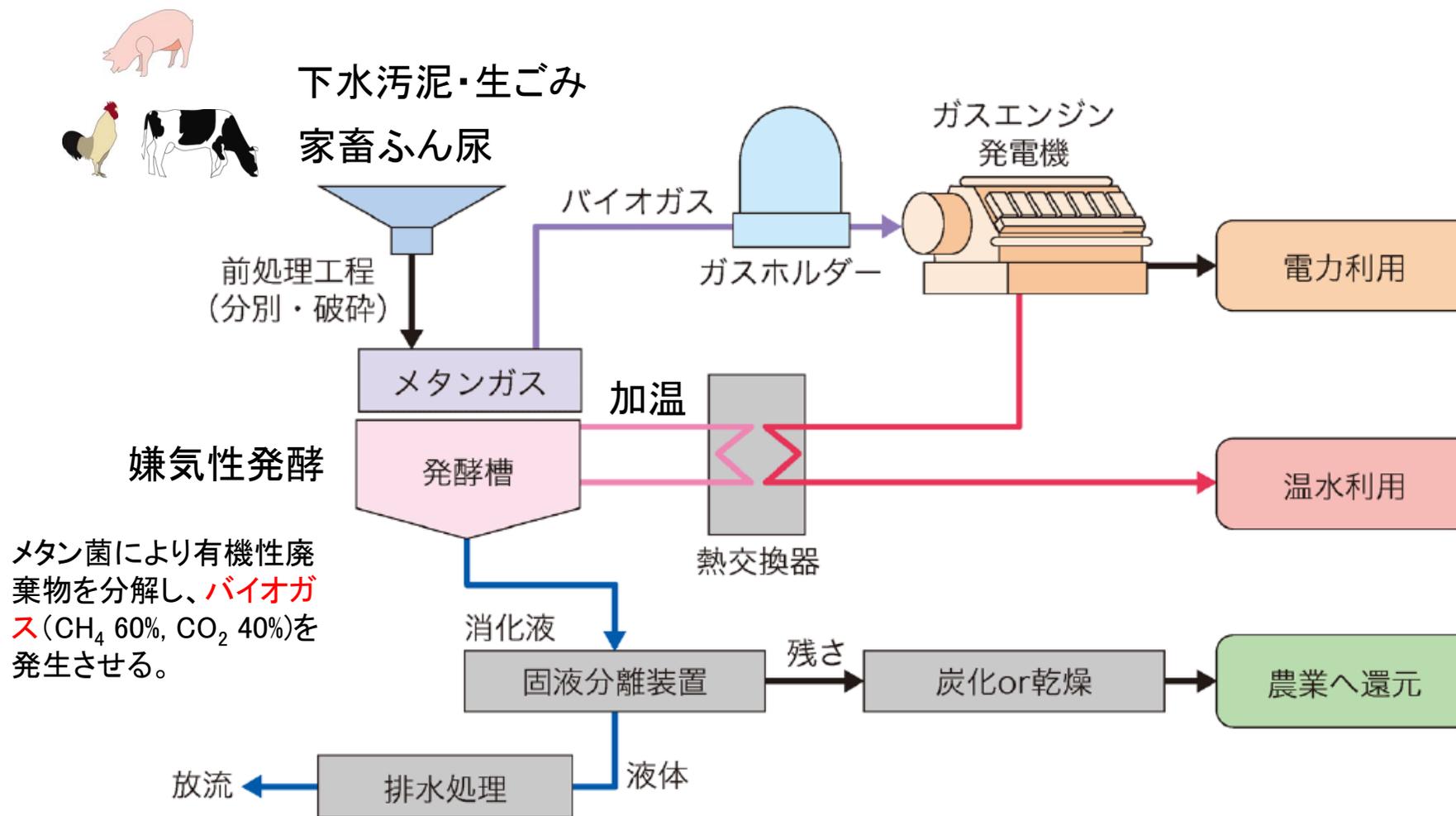
提案するPower to Heat (P2H)の動作原理



講演内容

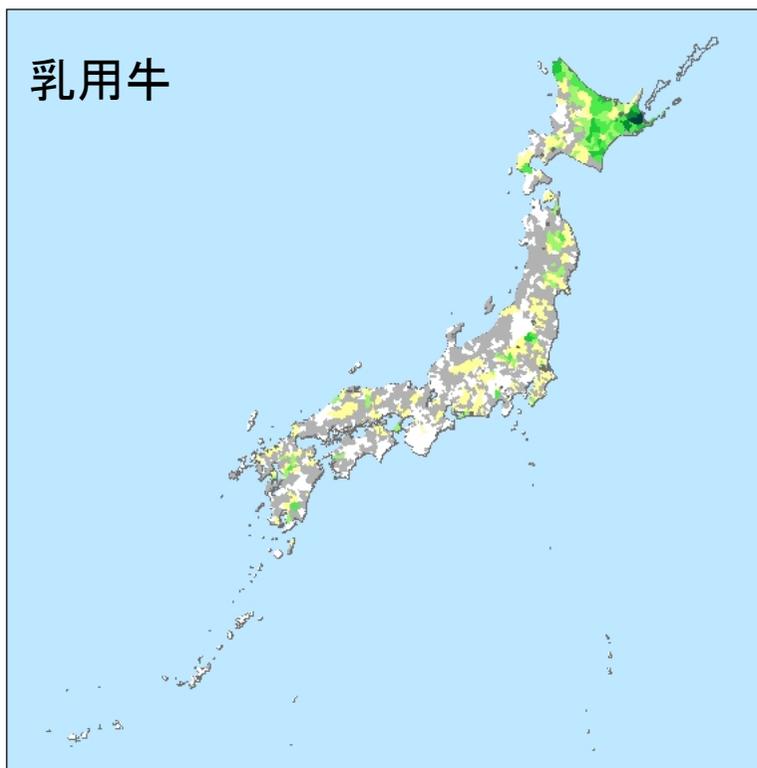
1. 再生可能エネルギーの大量導入と出力変動対策
2. 需要側リソースの活用による出力変動対策
3. バイオガスプラントに基づく
HP/CGS併用熱供給システム
4. おわりに

バイオガスプラント

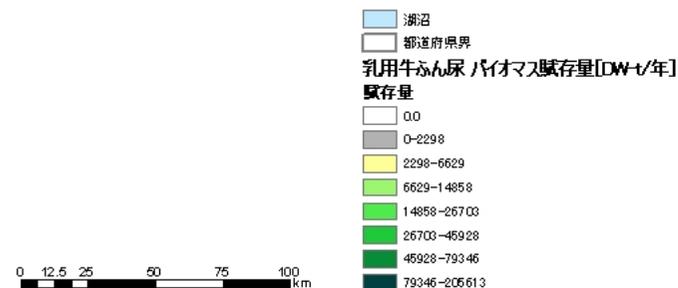
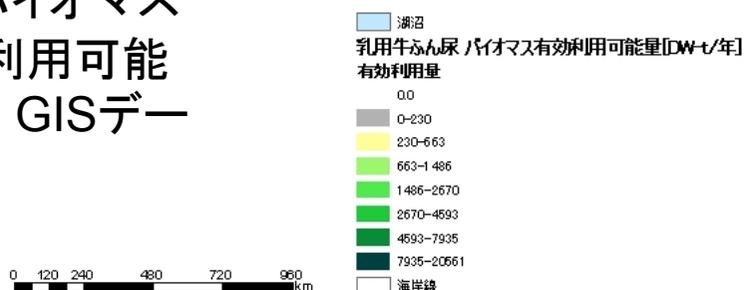


電気エネルギーと熱エネルギーを作り出すコージェネレーションシステム

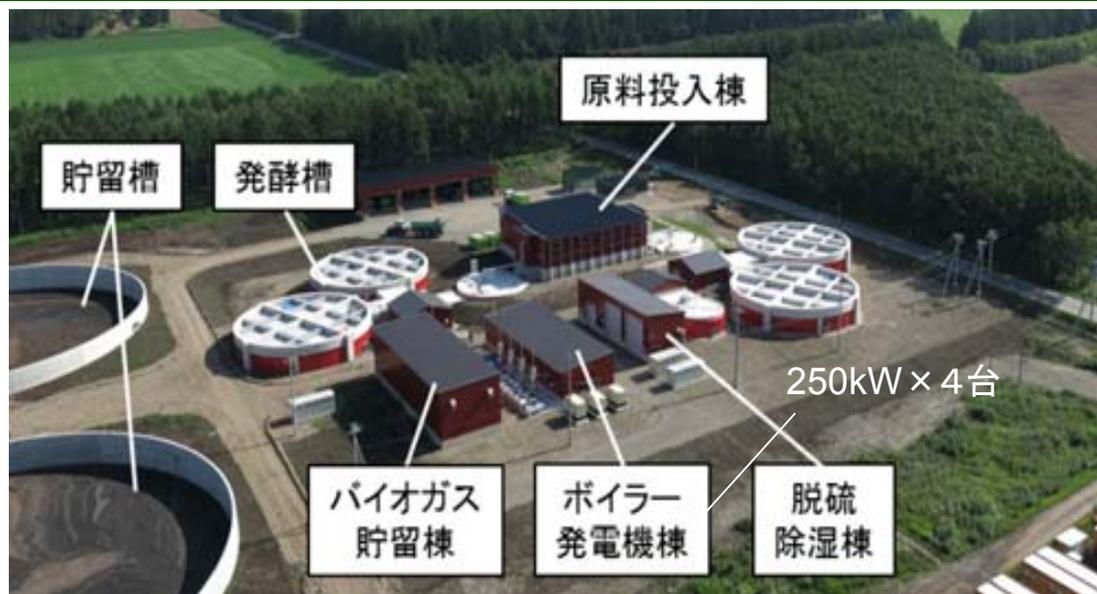
乳用牛ふん尿バイオマス有効利用可能量



NEDO:バイオマス
賦存量・利用可能
量の推計 GISデー
タベース



バイオガスプラント

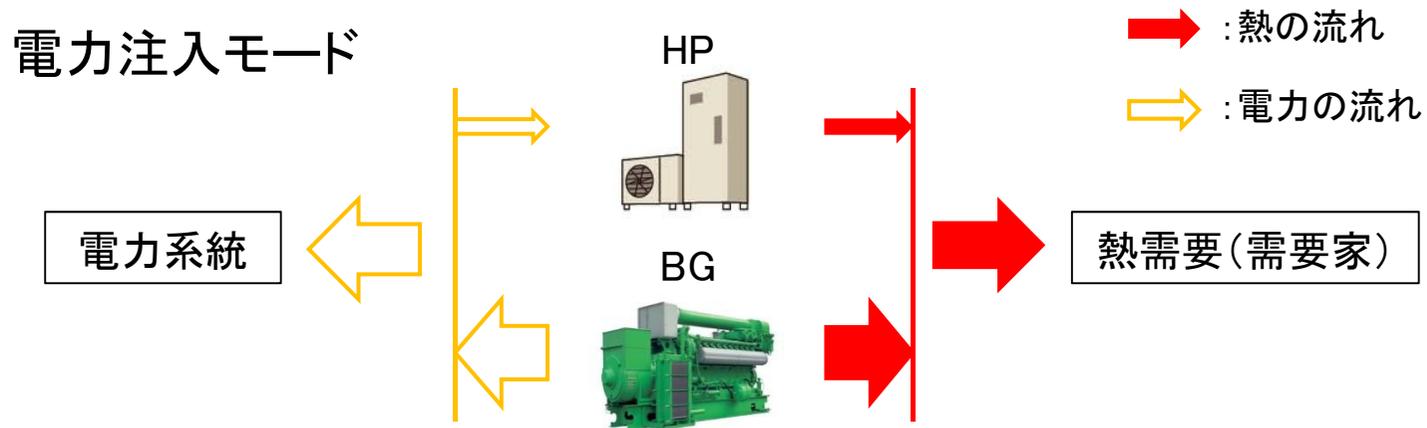


瓜幕バイオガスプラント
(北海道電力株HPより)

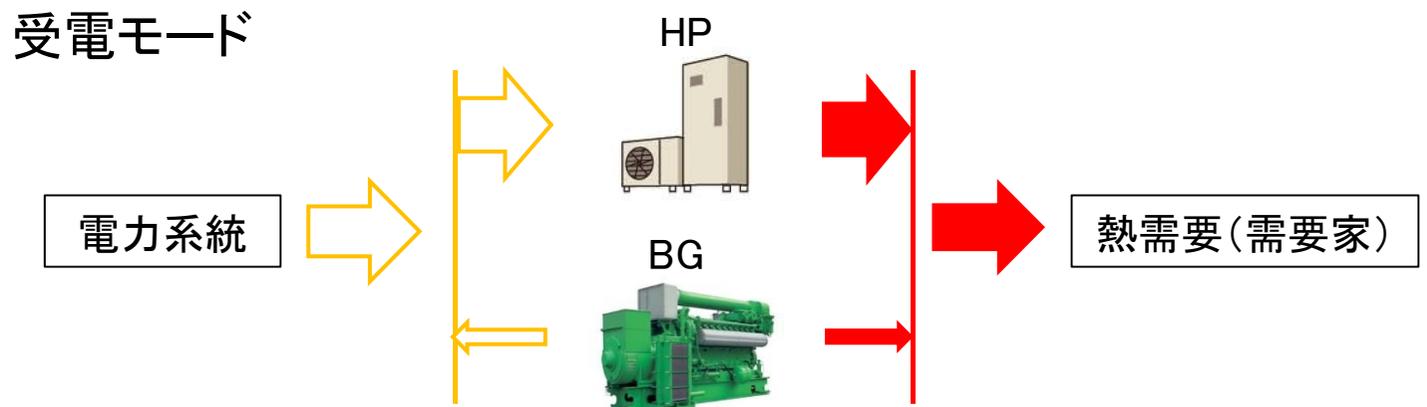


別海バイオガスプラント
(別海バイオガス発電株HPより)

HP/バイオガス発電併用熱供給システム



・再エネで再エネの変動を抑制

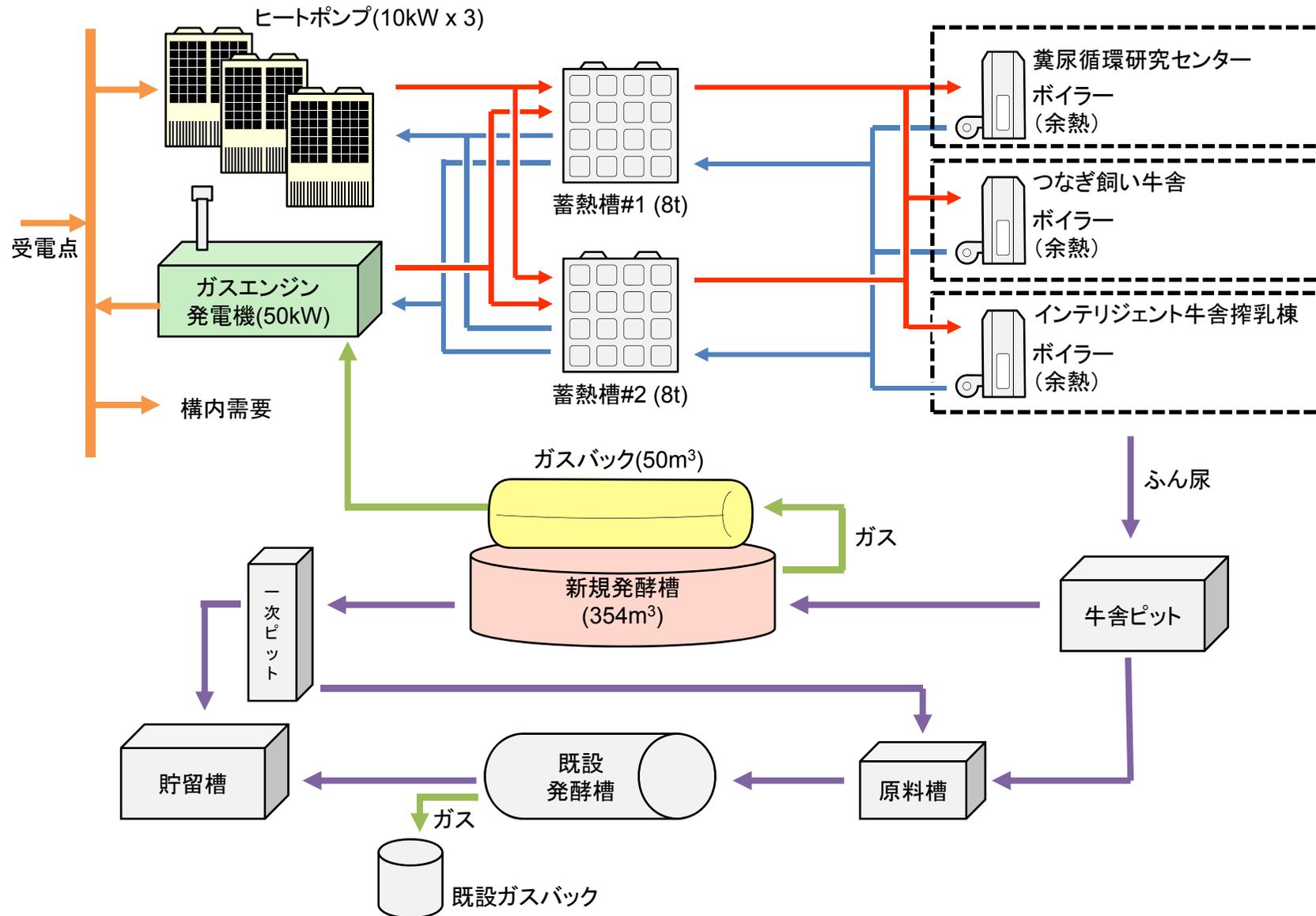


NEDO: 電力系統出力変動対応技術研究開発事業

- 期間:平成26年度～30年度
- 実施項目
 - － 風力発電ランプ変動の実態把握と予測技術開発
 - － 風力－蓄エネ設備, 風車制御による出力変動抑制制御
 - － 火力等他電源や蓄エネ設備を用いた需給運用
- 蓄エネルギー制御技術WG
 - － 早稲田大学 : 圧縮空気エネルギー貯蔵 (ICAES)
 - － 大阪府立大学: 蓄電池 (リチウム, 鉛)
 - － 北海道大学 : バイオガス発電 (BG)・ヒートポンプ (HP) による Power to Heat (P2H) 技術
 - － 北海道電力 : 実BGプラントを対象として評価
 - － エネ総工研 : 実証設備の構築と総合評価

他に, 北海電気工事, 北電総合設計, 明電舎が参画

酪農学園大学に設置したシステムの構成



各設備



ヒートポンプ(10kW × 3)



蓄熱槽(8t × 2)



ガスエンジン発電機(50kW)



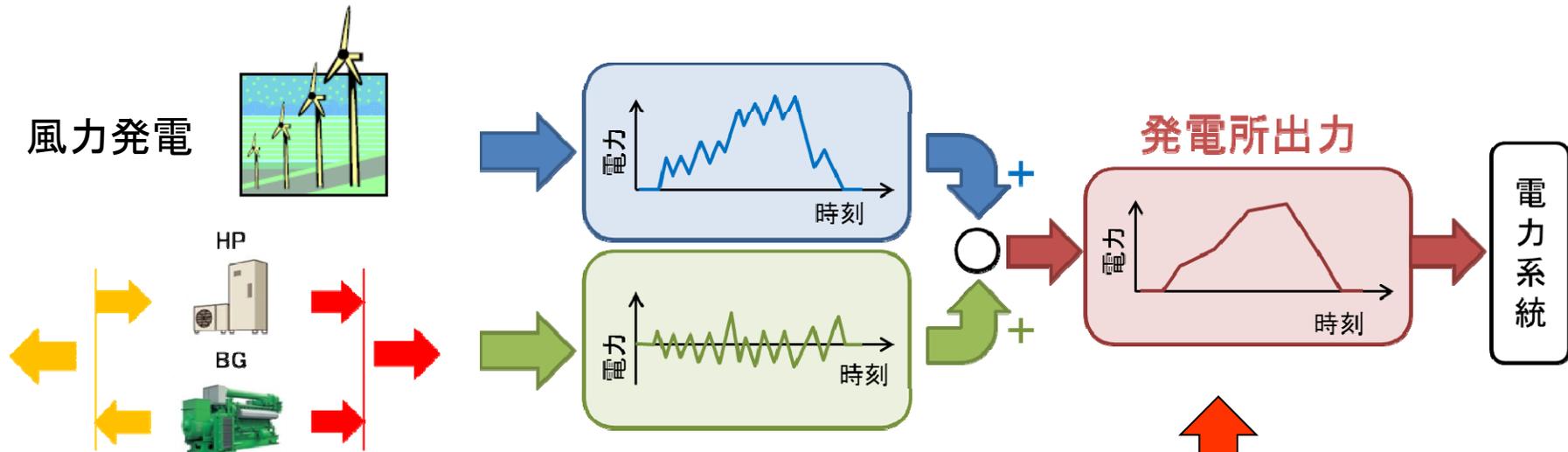
ガスバック(上部)
発酵槽(下部)

設計仕様

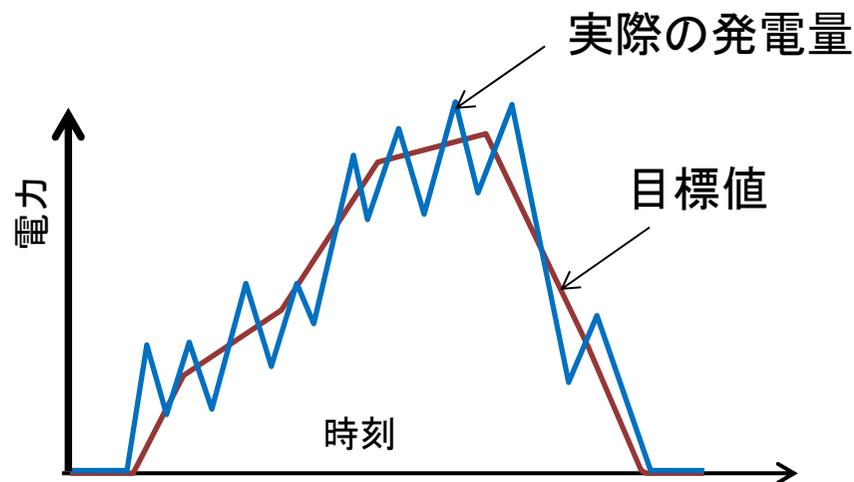
HP(1ユニット)	加熱能力	22.5 kW
	消費電力	8.89 kW
	COP	2.53
BG	定格出力	50 kW
	効率(電気)	35.3 %
	効率(熱)	49.8 %
蓄熱槽(1ユニット)	容量	8 t
発酵槽	容量	354 m ³
ガスバック	容量	50 m ³

※ 保安上の理由により受電点における逆潮流は禁止

BG/HPシステムによる再エネ出力変動補償



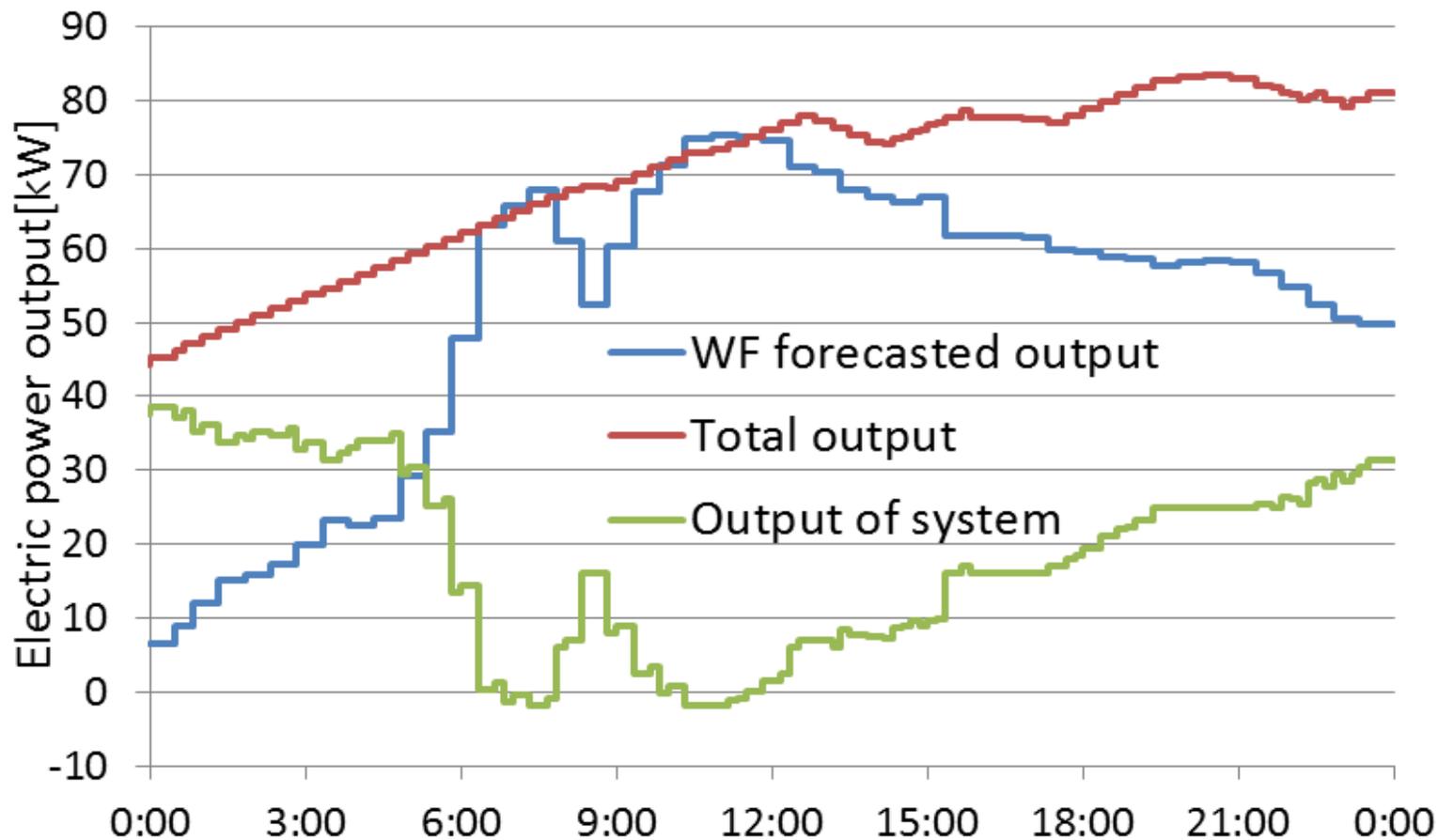
系統連系要件を満たすような
発電所出力の目標値を与える



- ・実際の発電量 > 目標値
→ BG/HPシステムの消費量を増大
- ・実際の発電量 < 目標値
→ BG/HPシステムから電力を注入

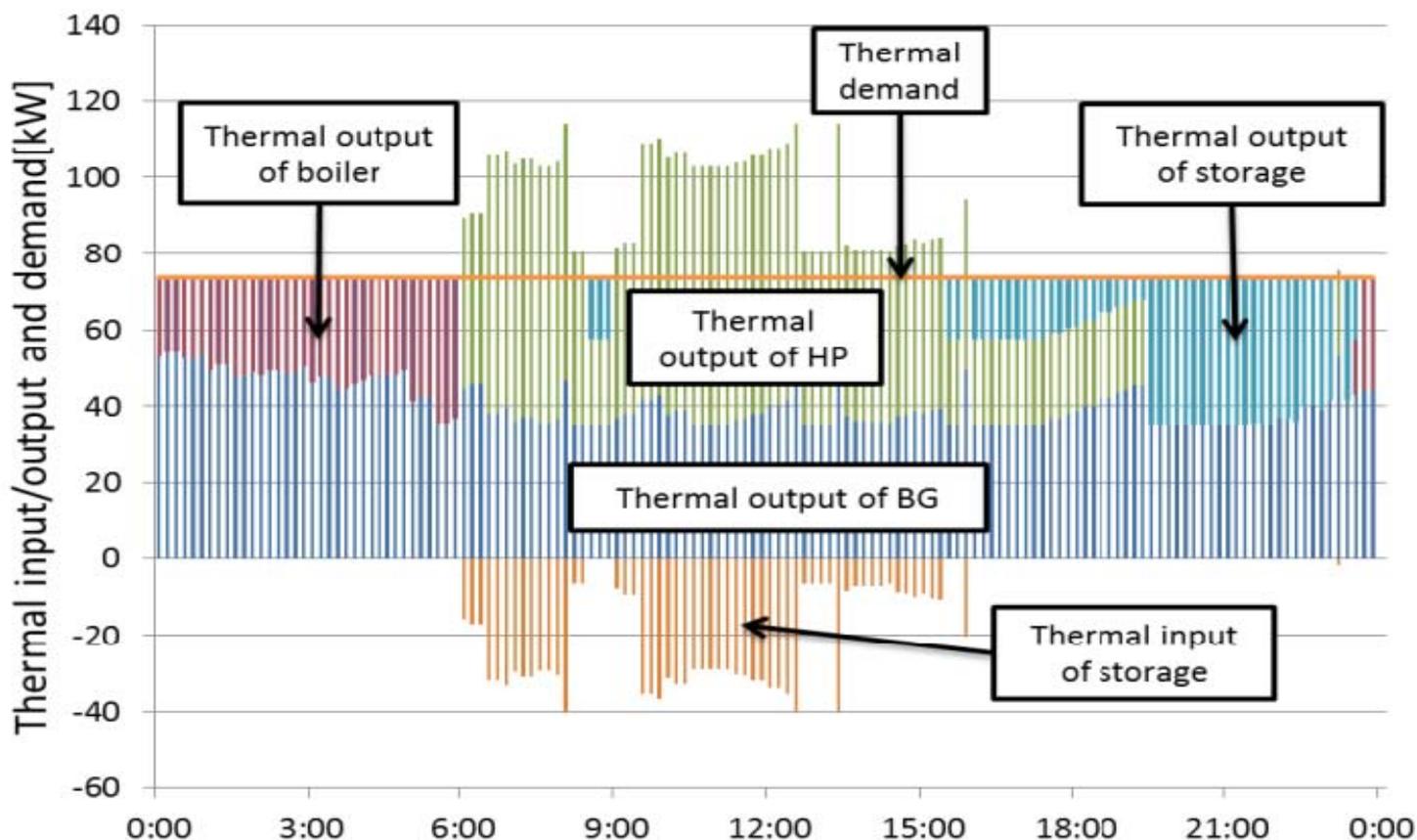
シミュレーション結果(ランプ出力変動補償)

前日の風力発電予測値に基づく変動補償



* ランプ変動: 比較的ゆっくりした大きな出力変動

シミュレーション結果(ランプ出力変動補償)



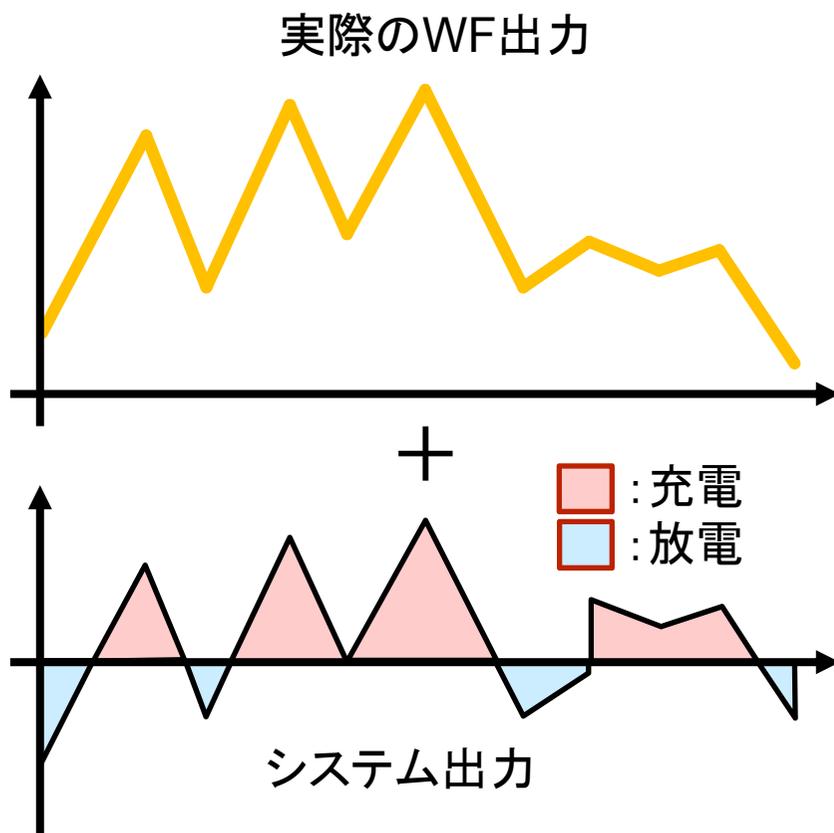
前日計画
の結果

当日の風力発電予測誤差も含めて変動補償

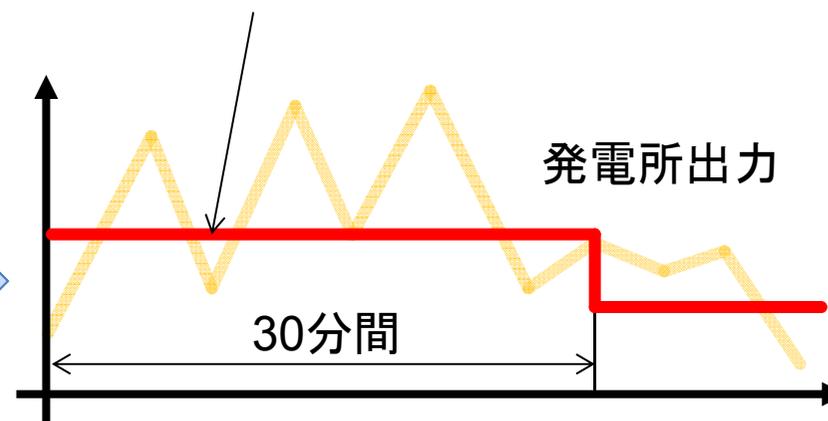
年間のランプ変動の発生割合 →

提案システムなし	提案システムあり
13.41 %	1.15 %

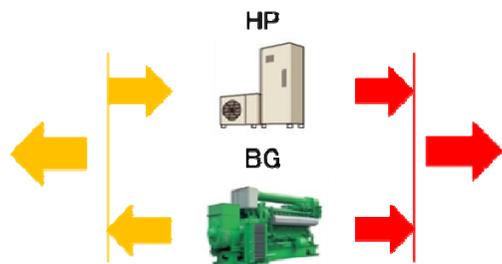
BG/HPシステムによる計画発電



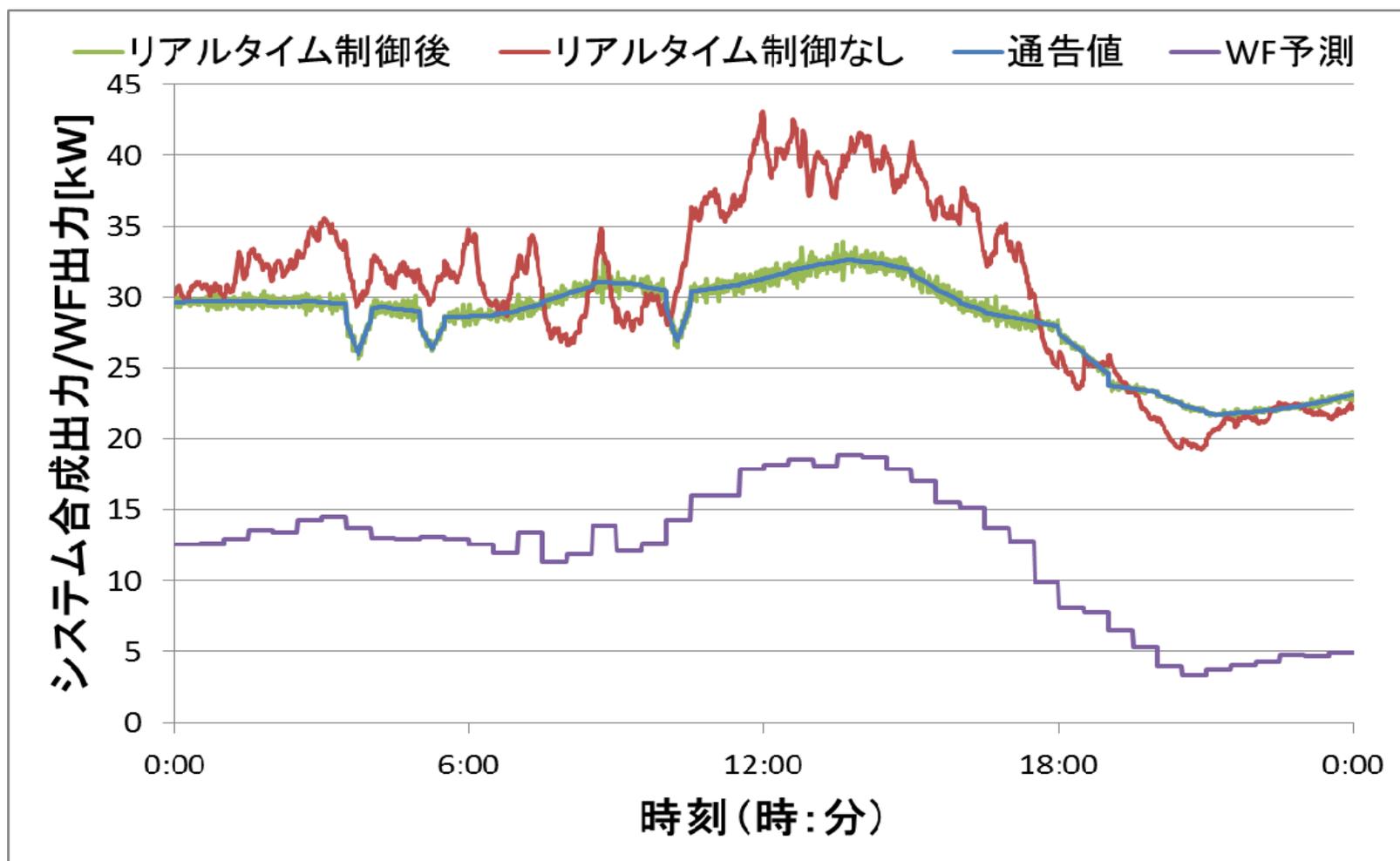
気象予測から得られる翌日の30分間平均発電量を目標値(通告値)にする



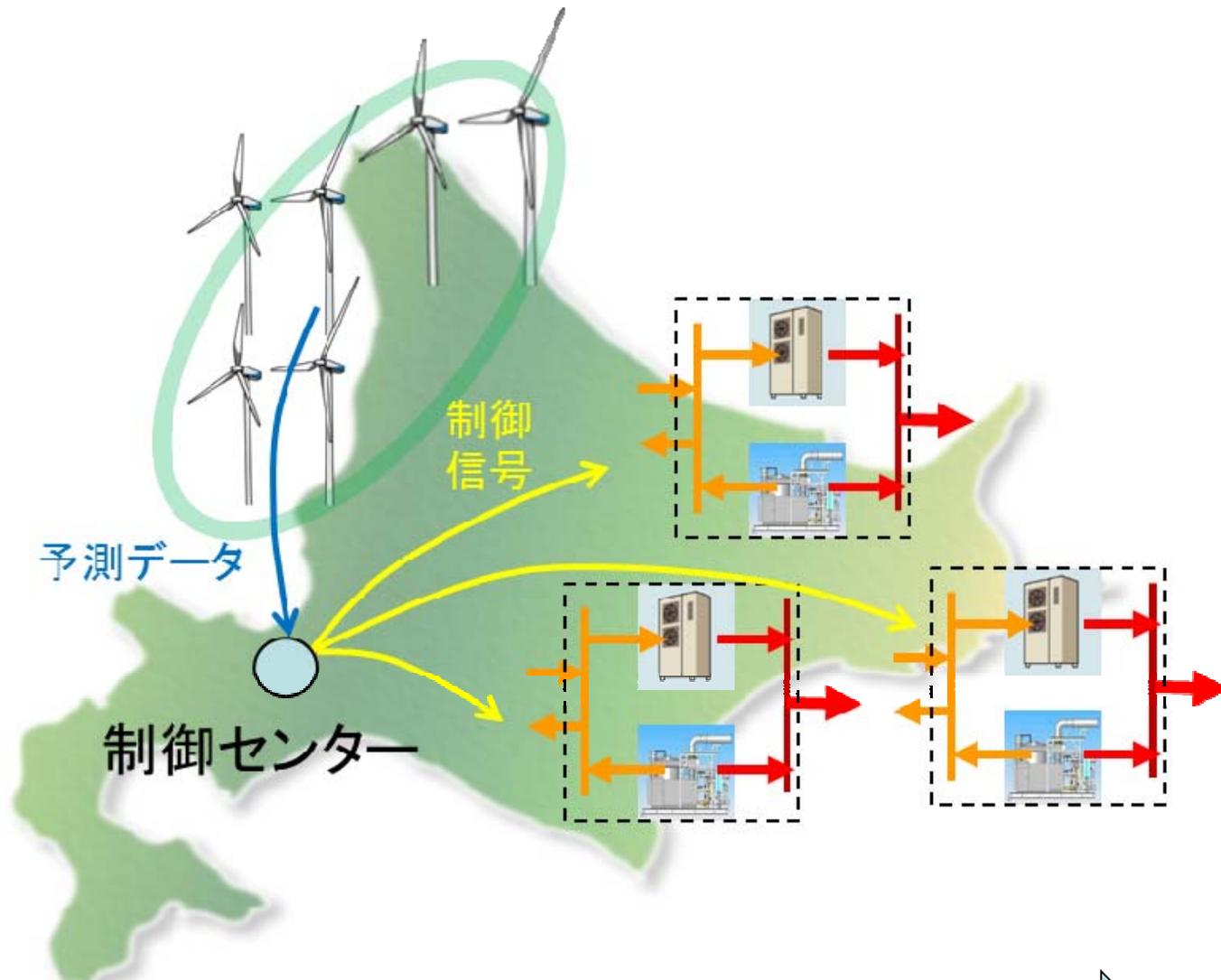
運用前日に翌日の発電計画を通告し、当日は通告値通りに運用を行う



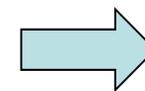
シミュレーション結果(計画発電)



BG/HPシステムの群制御

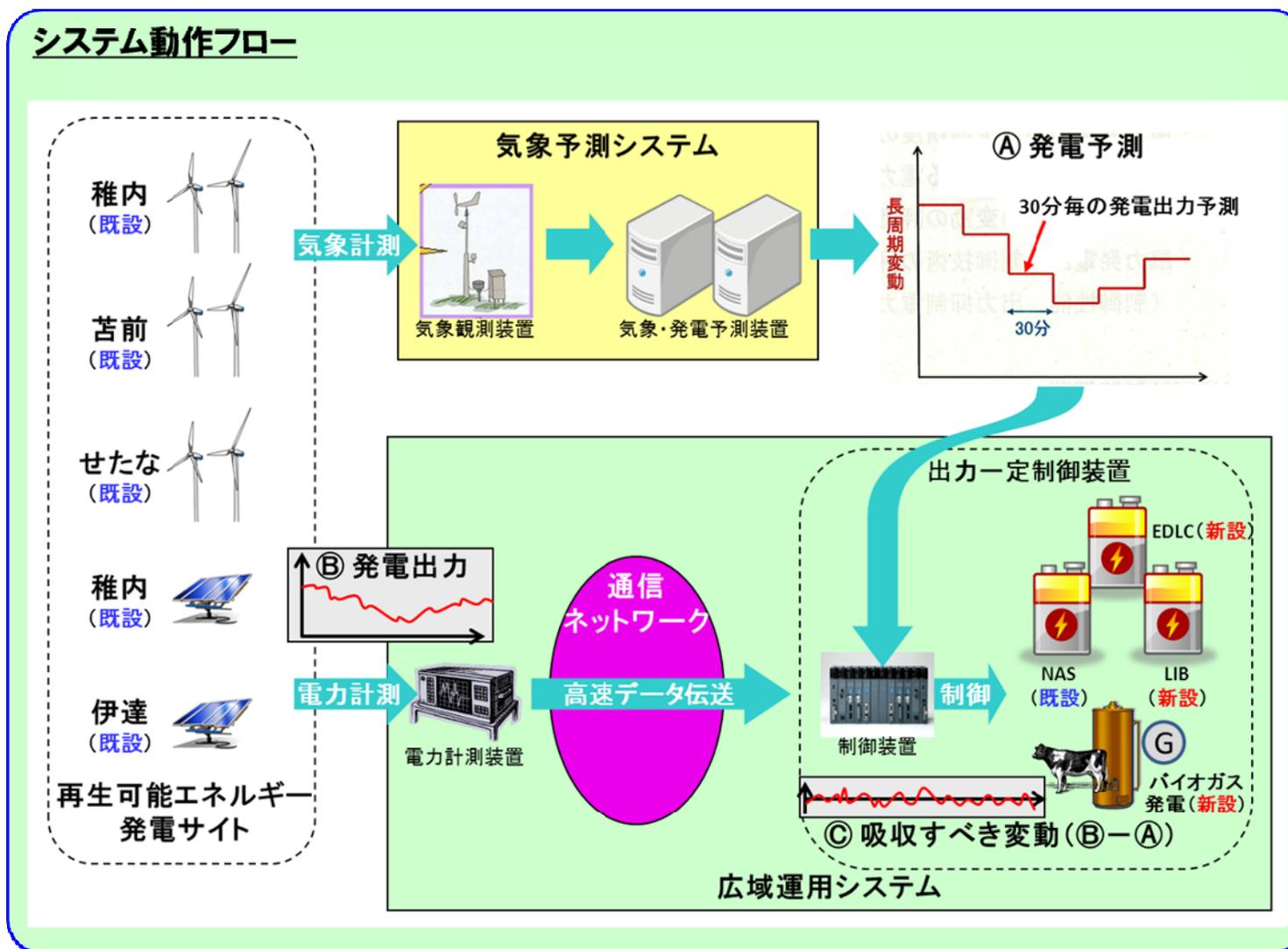


系統全体の再エネ出力変動を系統全体のBG/HPシステムで対応



広域運用

広域運用に基づく発電量予測および蓄電池制御

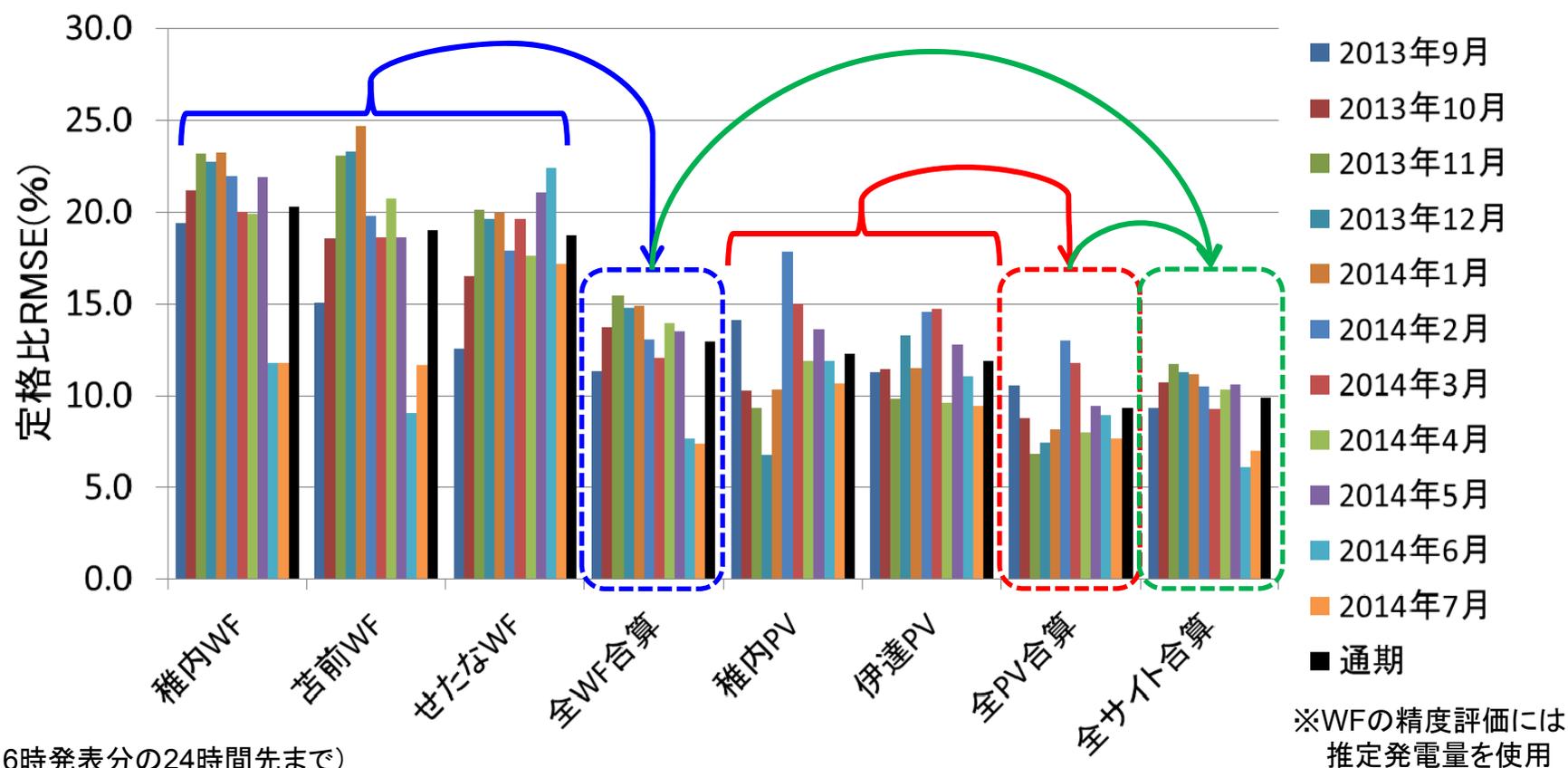


環境省地球温暖化対策技術開発・実証研究事業:

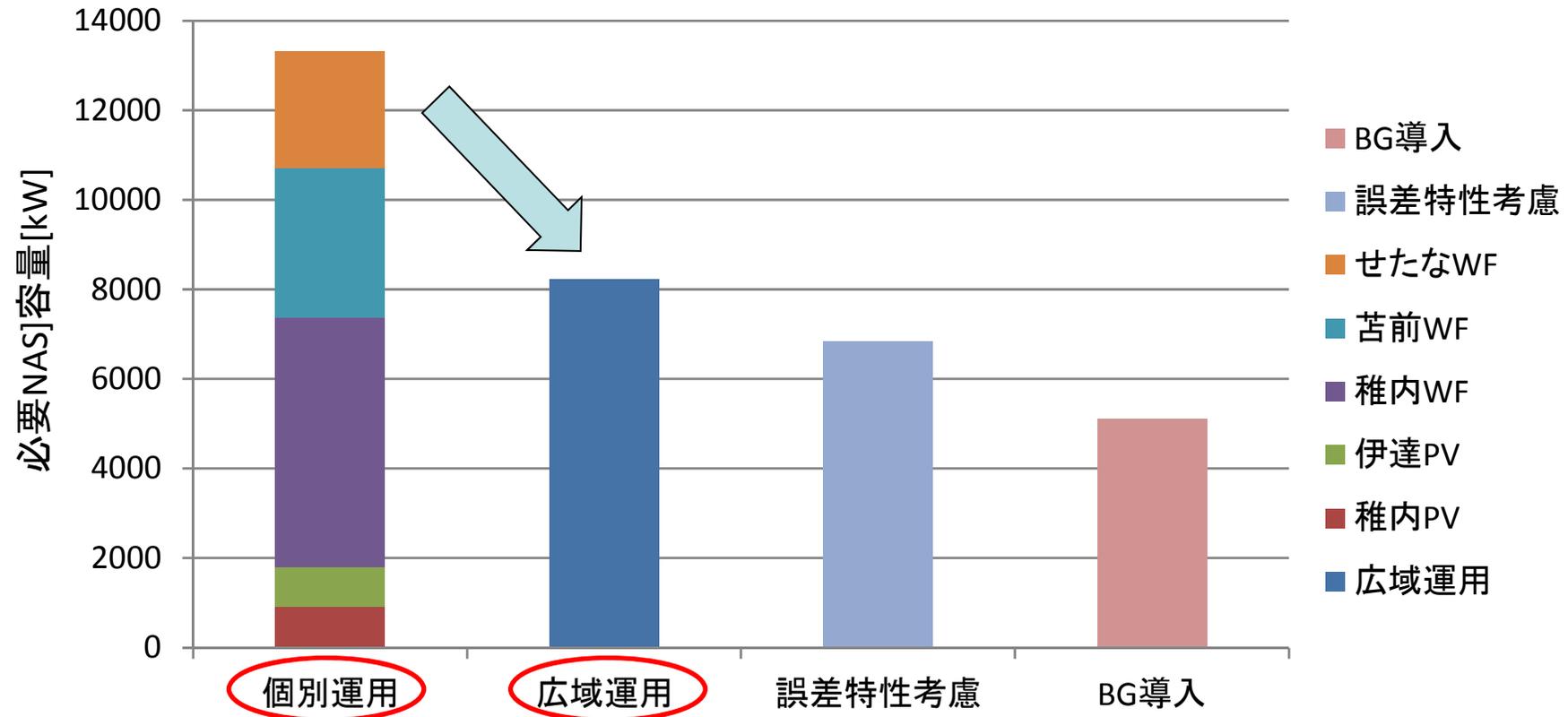
「風力発電等分散型エネルギーの広域運用システムに関する実証研究」平成25年度報告書より

広域運用のメリット: 予測精度の向上

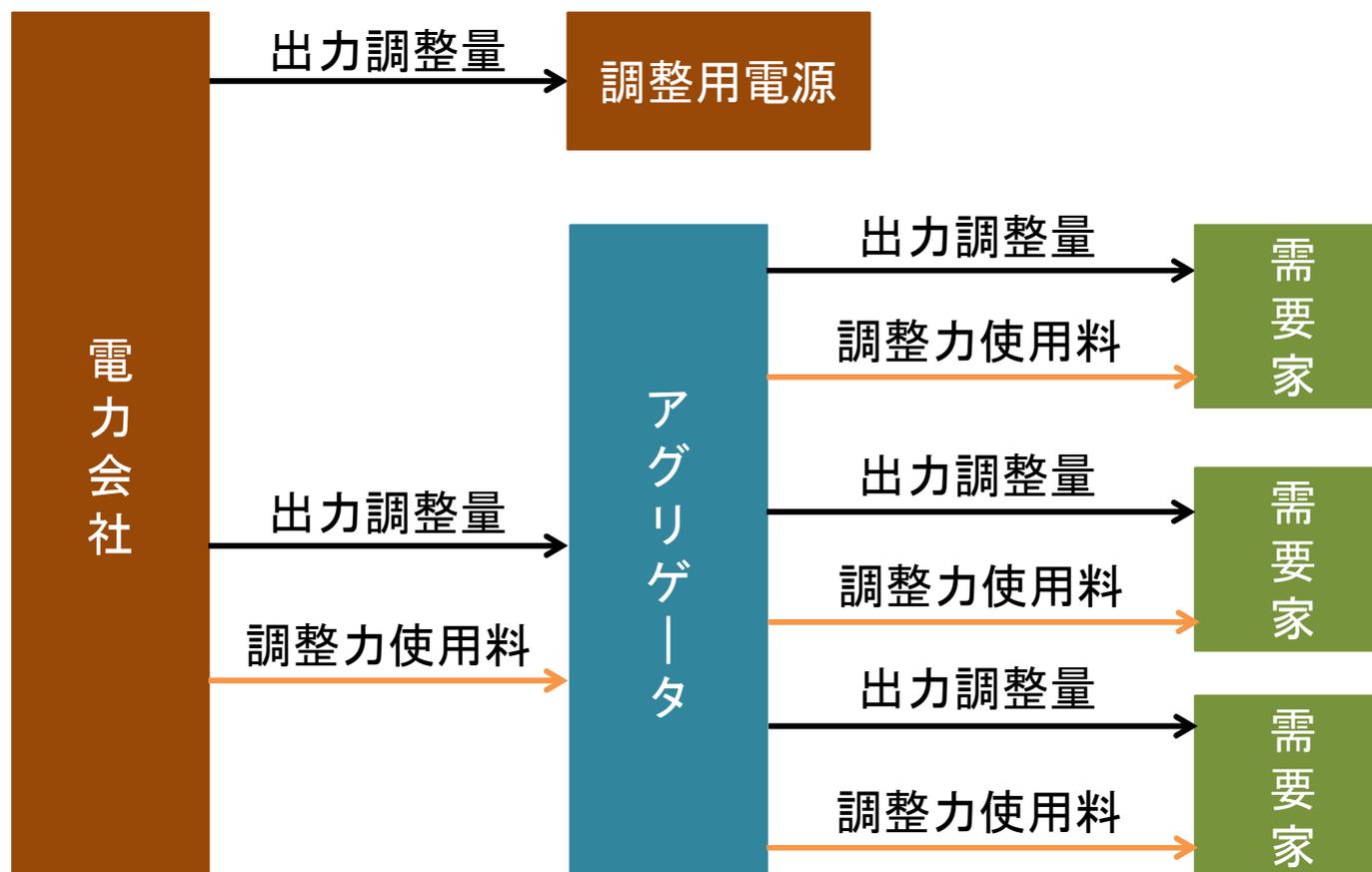
- 2013年9月から2014年7月までと通期の予測精度を算出した。
- 通期(11ヶ月)での全サイト合算の予測精度は9.9%であった。



広域運用のメリット: 必要蓄電池容量の削減

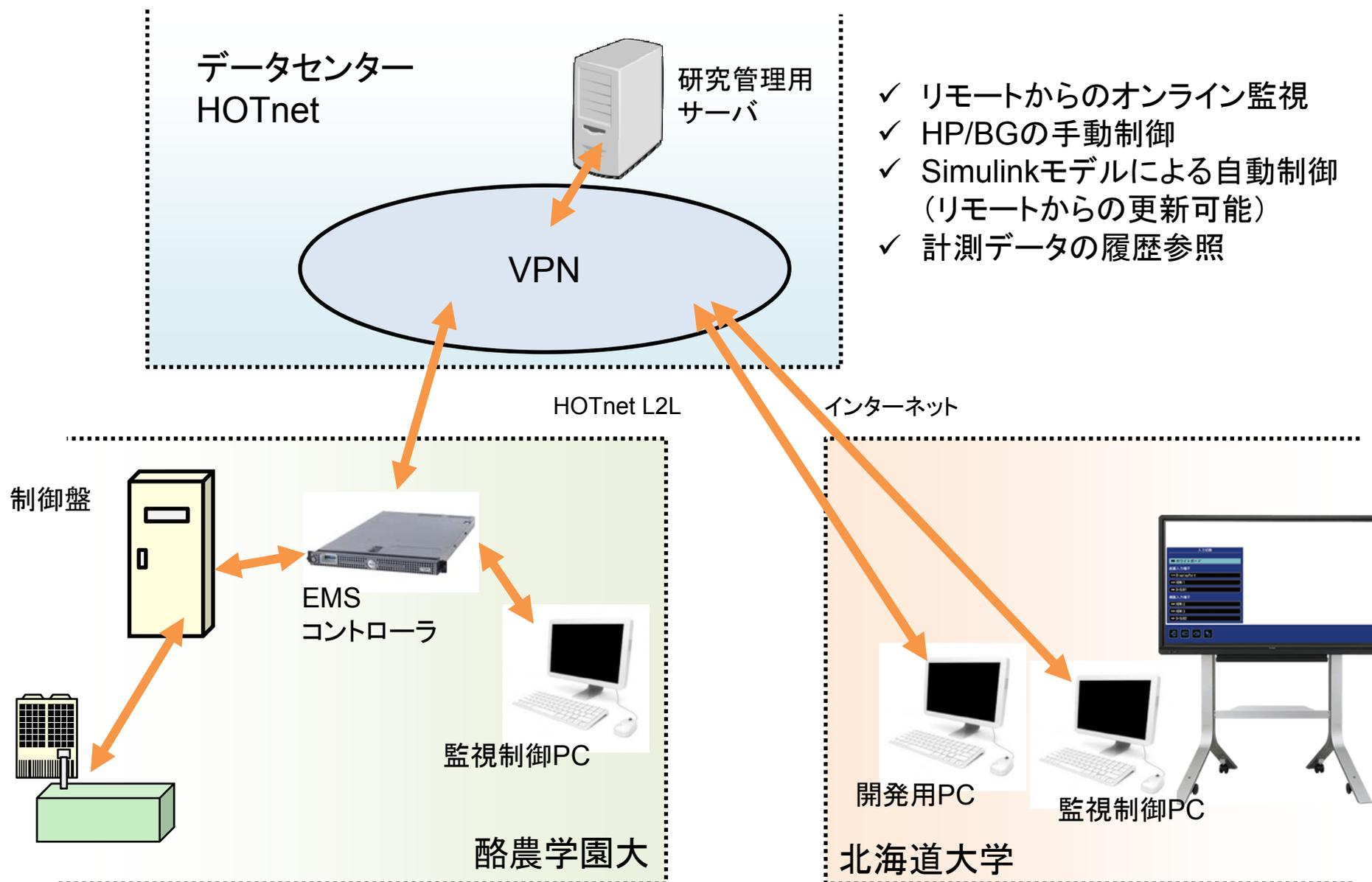


BG/HPシステムの群制御



バーチャルパワープラント(VPP)としての機能

EMSの構成と機能



講演内容

1. 再生可能エネルギーの大量導入と出力変動対策
2. 需要側リソースの活用による出力変動対策
3. バイオガスプラントに基づく
HP/CGS併用熱供給システム
4. おわりに

まとめ

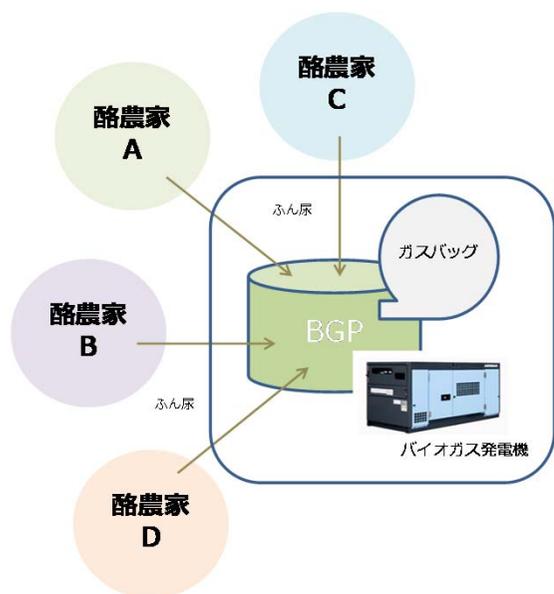
- ・再生可能エネルギーの大量導入に対する出力変動補償用調整力の確保
蓄電池等の他に、**需要家リソース**(特に**熱供給システム**)の活用
- ・**HP**と**CGS**を組み合わせた**Power to Heat (P2H)**技術の提案
- ・**バイオガスプラント**の活用
→再エネで再エネの変動を補償
追加コストは基本的にHPの導入コストのみ
- ・HP/BGシステムの**群制御**→**広域運用**, **VPP**への展開

今後の展望

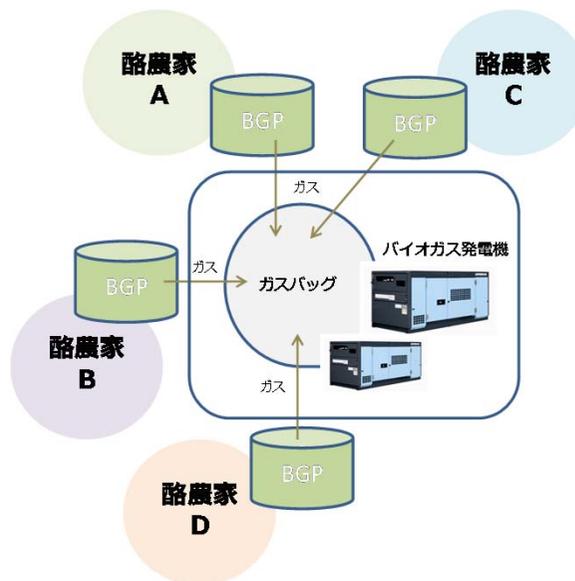
- ・蓄電池とのすみ分けをどうするか→出力変動補償の**ベストミックス**
- ・CGSの**燃料系(ガス, 水素等)**との協調, バイオガスプラントへの影響評価
- ・**熱需要**の特性把握と掘り起こし→スマート農業
- ・システムの**最適設計**, 導入メリットの**総合評価**

畜産系酪農家のクラスター化

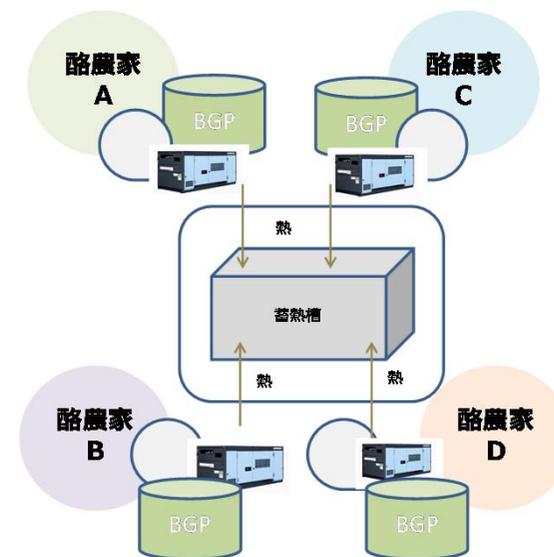
複数の畜産系酪農家を束ねてクラスター化



ふん尿の共同利用型



ガスの共同利用型



熱の共同利用型