



北海道水素地域づくりプラットフォーム (2019/2/4)



電力安定供給と 再生可能エネルギー



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

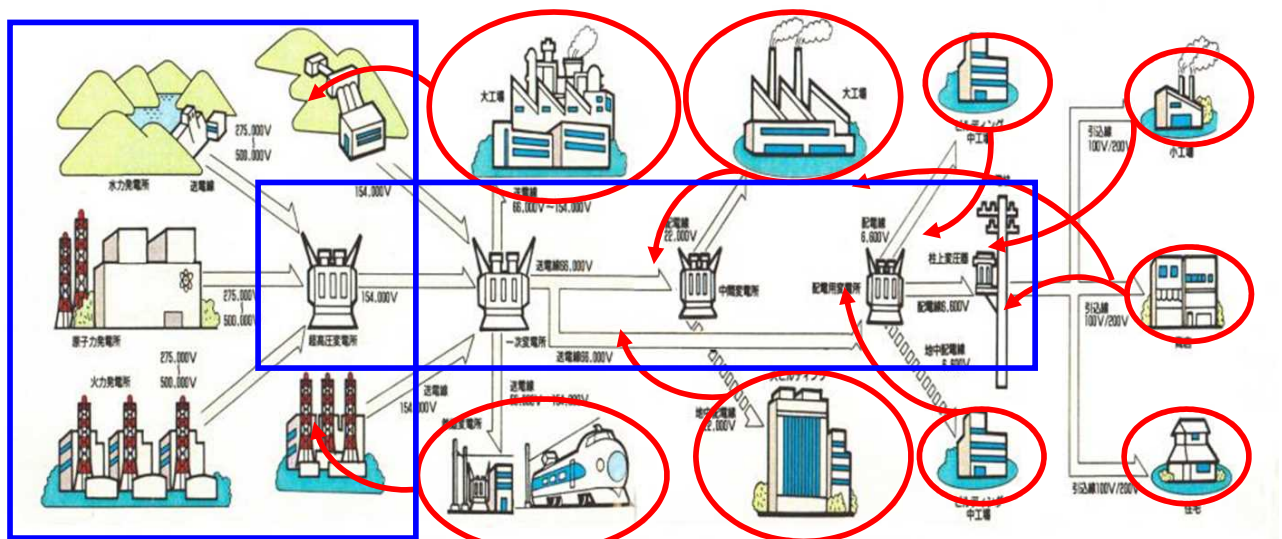
講義内容

1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

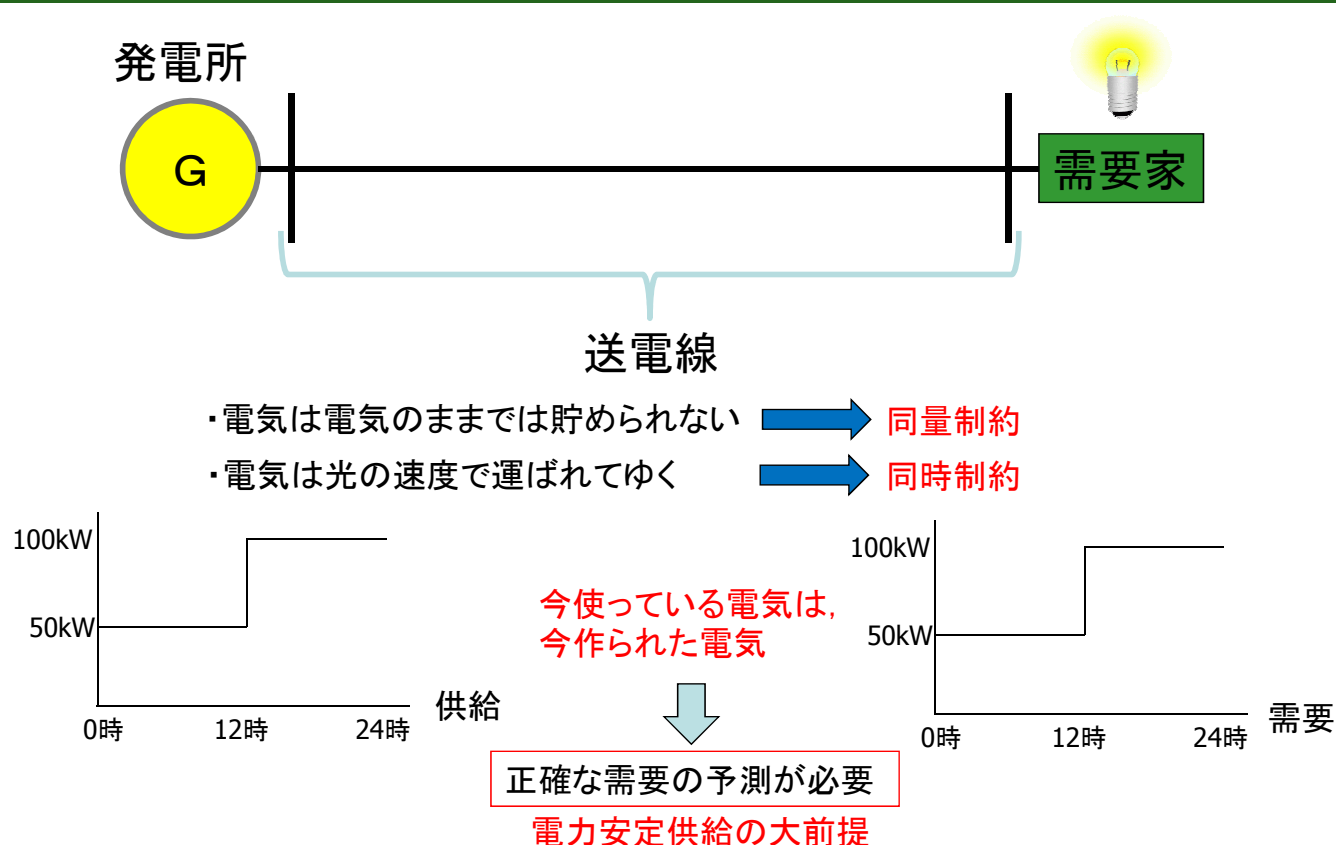
はじめに

- ・電力システム：良質な電気を安定に経済的に環境に配慮しながら供給するシステム：発電所＋送配電線＋需要家



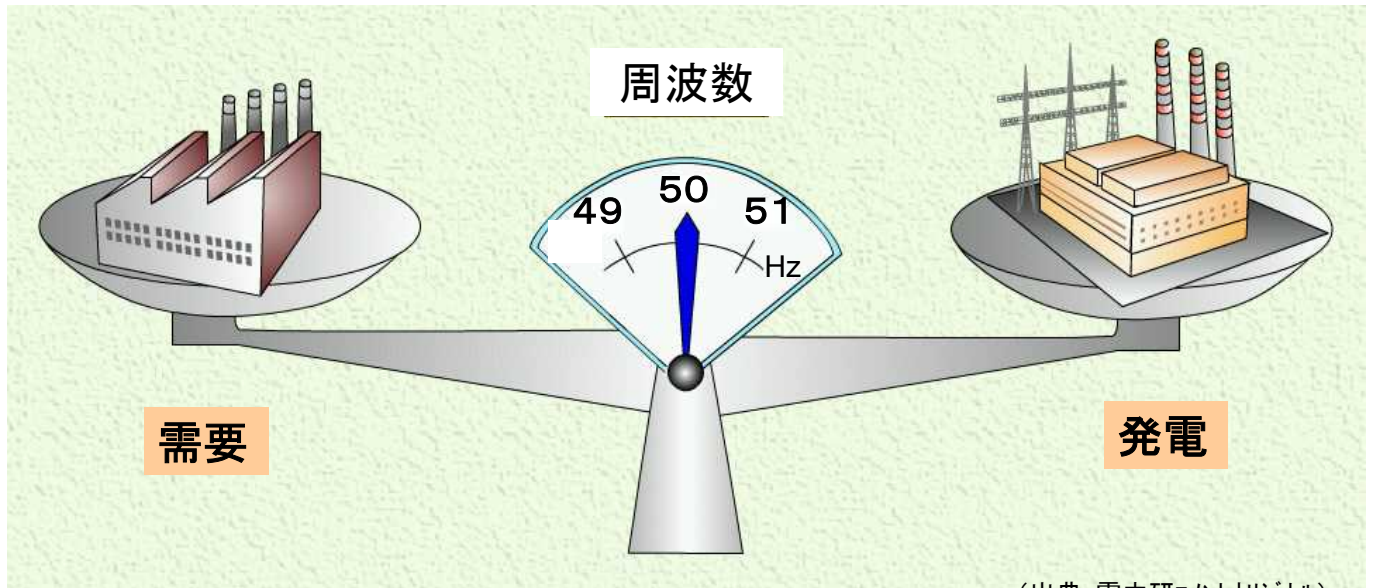
1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

電力系統の特性

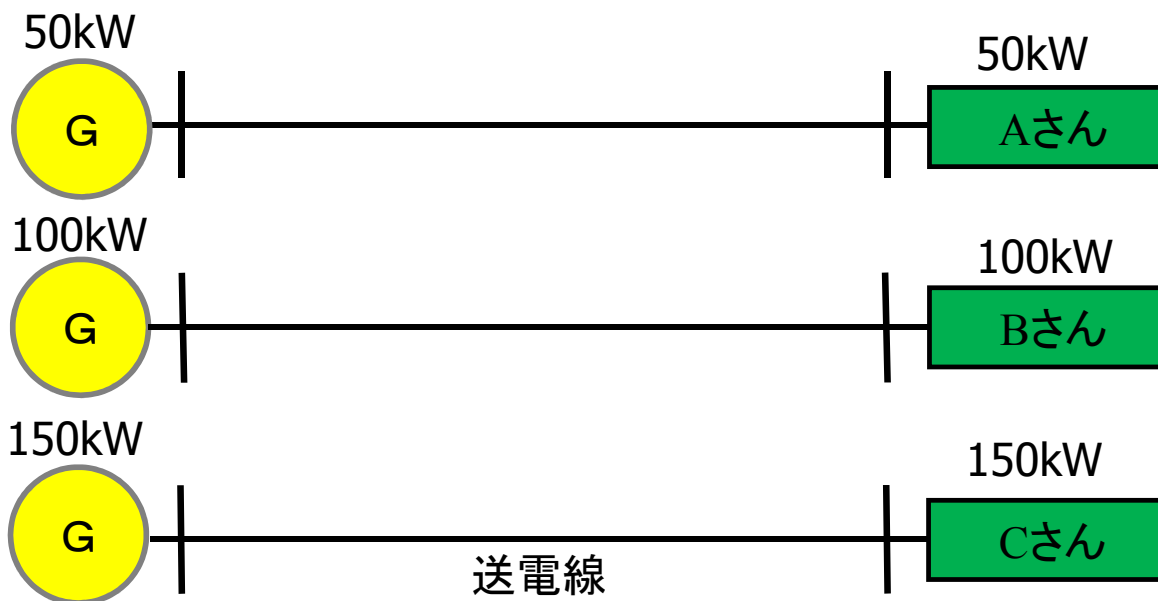


需給バランスと周波数の関係

瞬時の需給バランスは発電機の回転体としての運動エネルギーを変化させて補償→周波数の変動

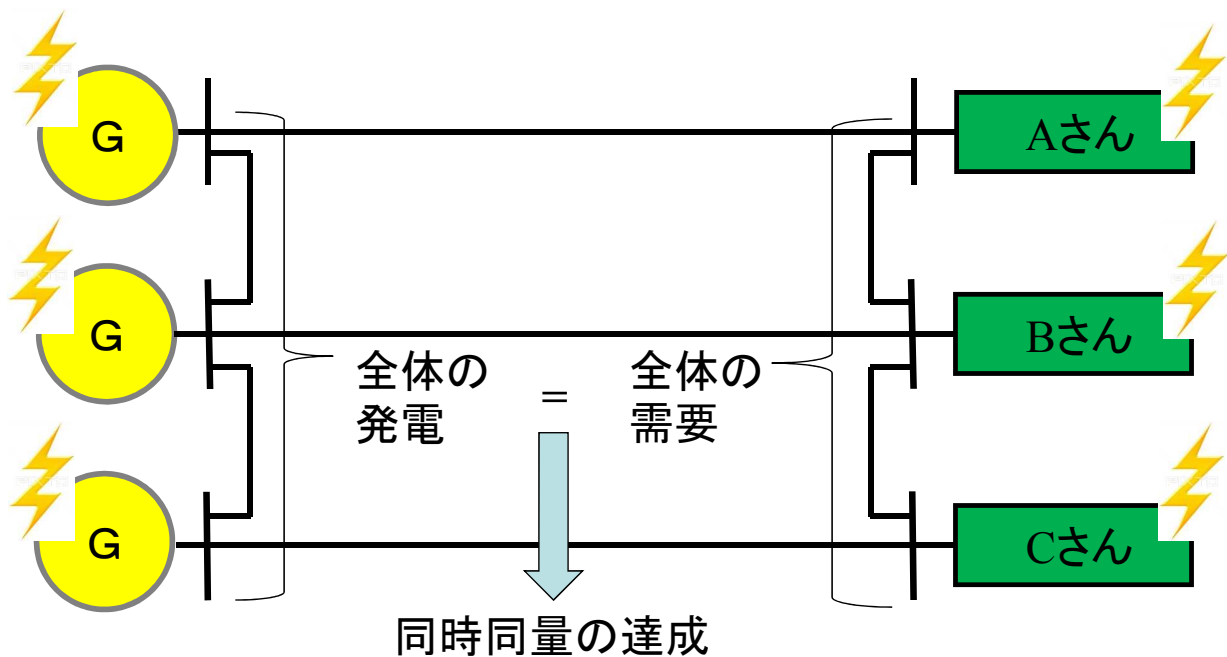


需要の予測は可能なのか？



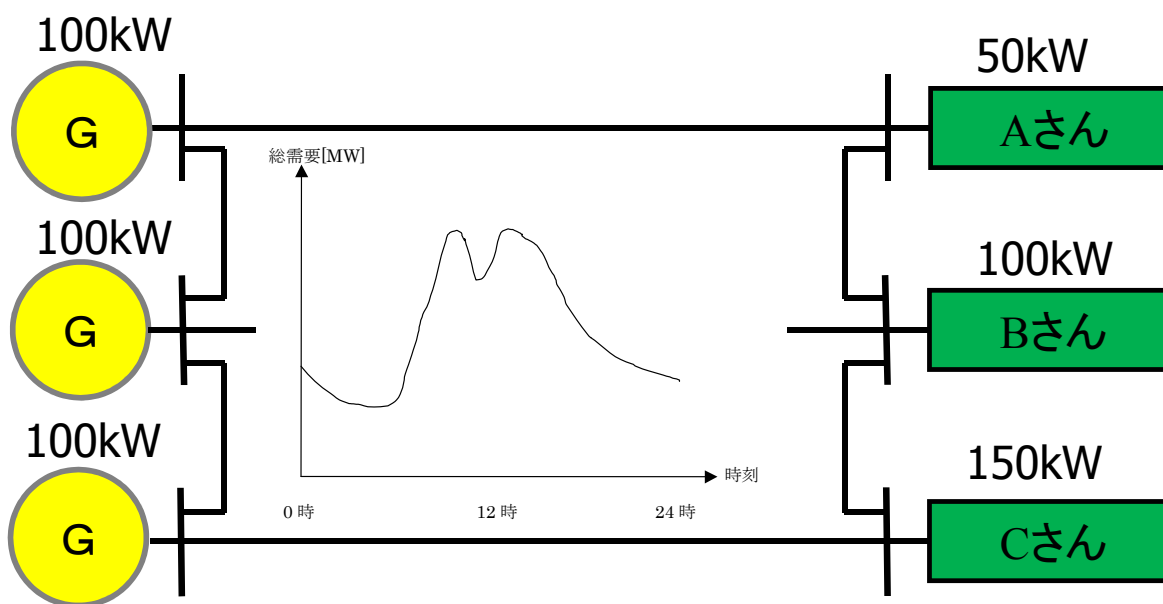
各発電機は対応する負荷に合わせて発電しなければならない
→ 勝手気ままな負荷の行動を予測するのは難しい

送電ネットワークによる需要家の集約



送電ネットワークの中では電気に色はついていない

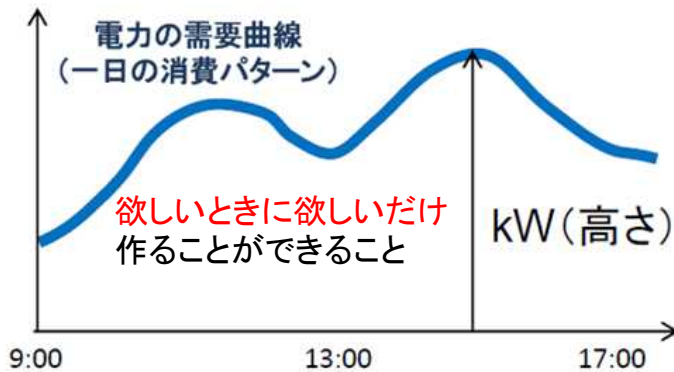
送電ネットワークによる需要家の集約



エリア全体の発電量がエリア全体の需要に一致していればよい
→全体の需要を予測するのは比較的容易

電源側の要件 (1)供給力の確保(kW価値)

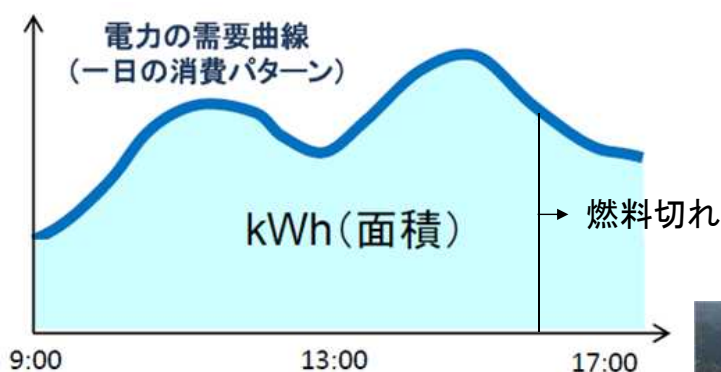
需要家が必要とする最大量の電力需要に対応できるよう電力を作り出せること(供給力の確保, kW面)



- ・電源だけでなく送配電設備も必要
- ・電源の故障に備え、若干多めの予備設備が必要
- ・電源・送配電設備の建設に10数年の年月が必要

電源側の要件 (2)資源の確保(kWh価値)

国内資源の少ない日本において、諸外国のエネルギーを巡る状況の変化に対し、できるだけ影響を受けない形で電力のエネルギー源を継続的に確保すること(エネルギーセキュリティ面, kWh面)



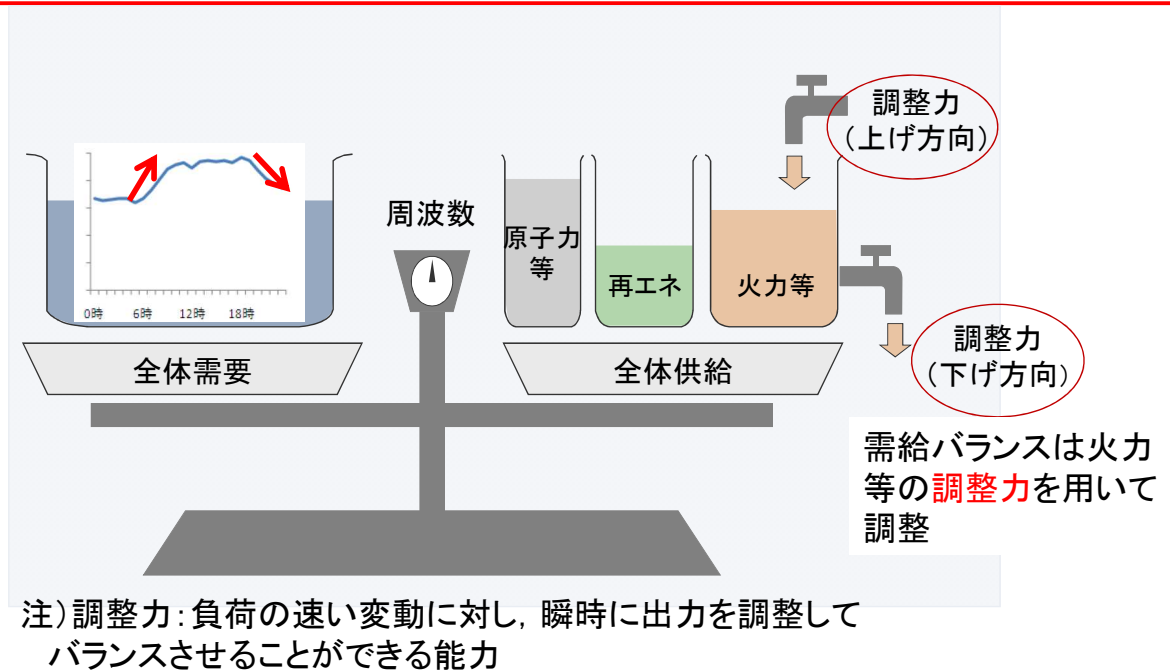
この面積に相当するエネルギーを供給できるだけの資源が必要

- ・火力発電: 石油・石炭・LNGなど
- ・原子力発電: ウラン
- ・水力発電: 水

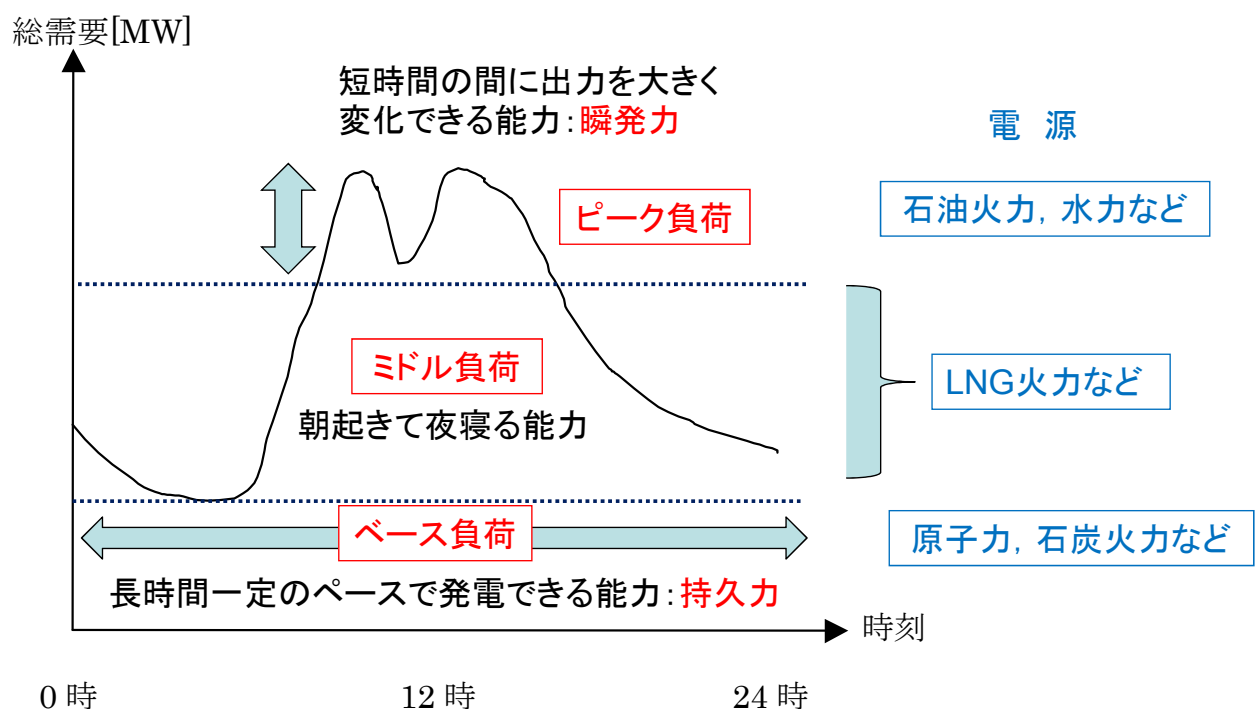


電源側の要件 (3)調整力の確保(ΔkW価値)

常に変動する需要に対して、供給を瞬時瞬時に調整することで周波数の変動を一定の範囲内にとどめること(調整力の確保)



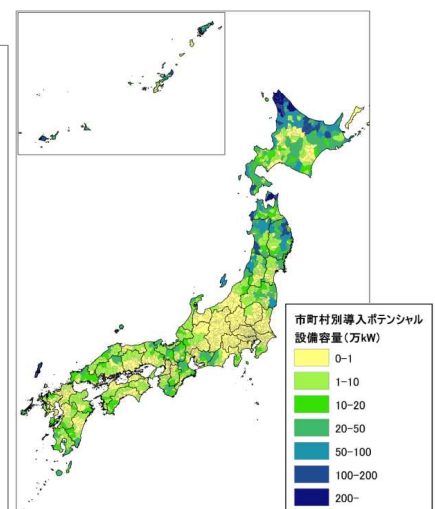
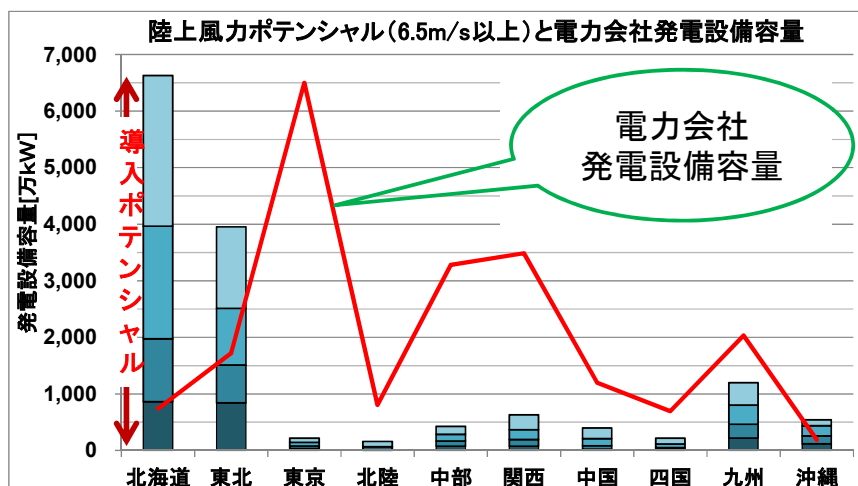
供給力・資源・調整力の確保(電源ベストミックス)



1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

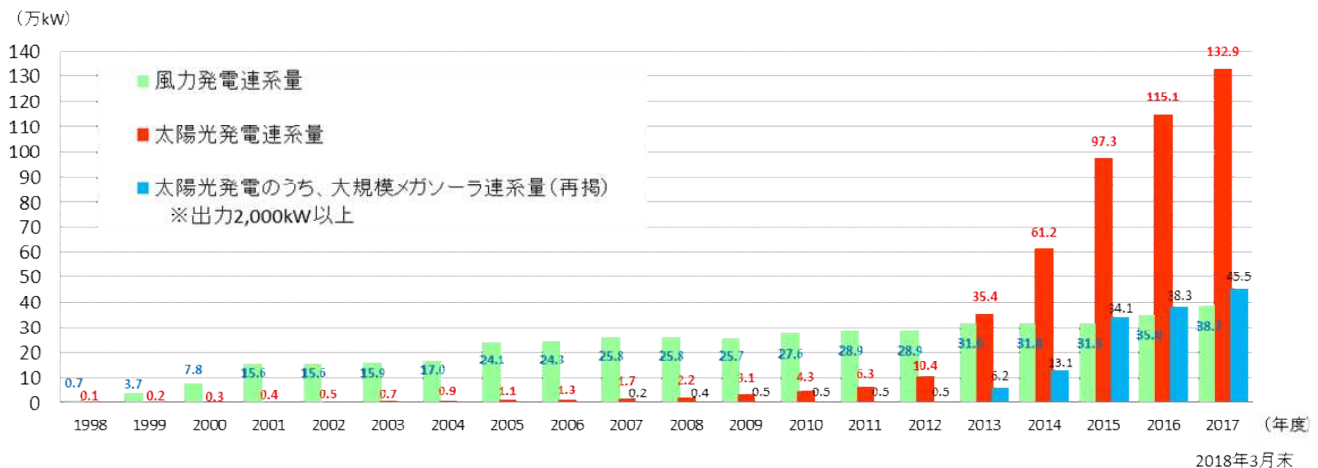
日本における風力発電の可能性

- ポテンシャルの殆どが, 北海道, 東北, 九州に集中.
 - ― 事業性を考慮して**80m 高さで平均風速6.5m/s以上**の賦存量から, 社会的制約条件を考慮した, 「陸上風力ポテンシャル」は、以下の通り.
 - ・ 各電力会社の設備容量を考慮しない場合: 14,376万kW(全発電設備容量の0.76倍)
 - ・ 各電力会社の設備容量を上限とした場合: 5,905万kW(全発電設備容量の0.29倍)



* : 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)から、JWPA作成

北海道の風力・太陽光発電の状況



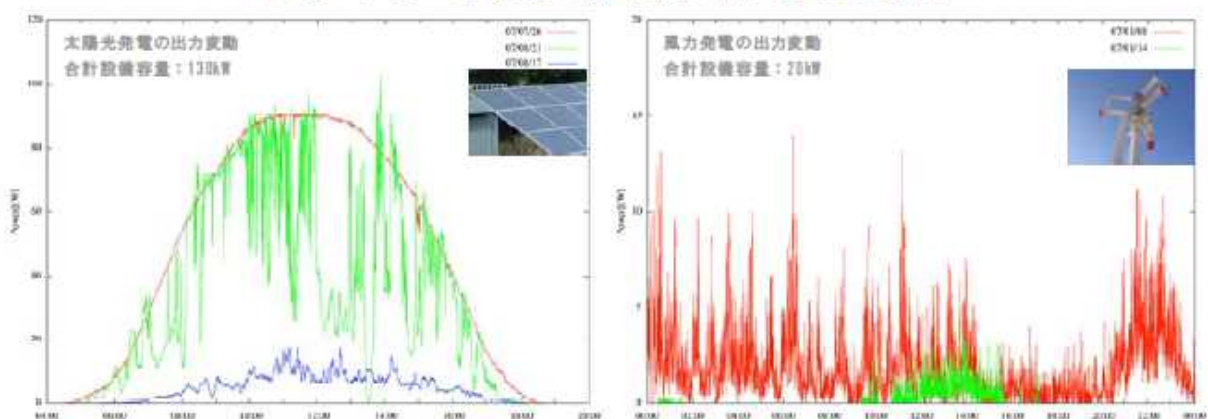
- ・ **風力発電**の連系量は約39万kWであり、今後は、東京電力と共同で実施する実証試験、系統側蓄電池による募集などにより、さらに増加する見込み
- ・ **太陽光発電**は家庭用を中心に導入が進んできたが、FIT開始以降、**大規模メガソーラー**も含め、連系量が急速に拡大

出典: 北海道電力株式会社より提供

30日等出力制御枠 ➡ 太陽光発電: 117万kW, 風力発電: 36万kW

風力発電・太陽光発電の潜在的特性

図表 1-2 太陽光発電・風力発電の出力変動例

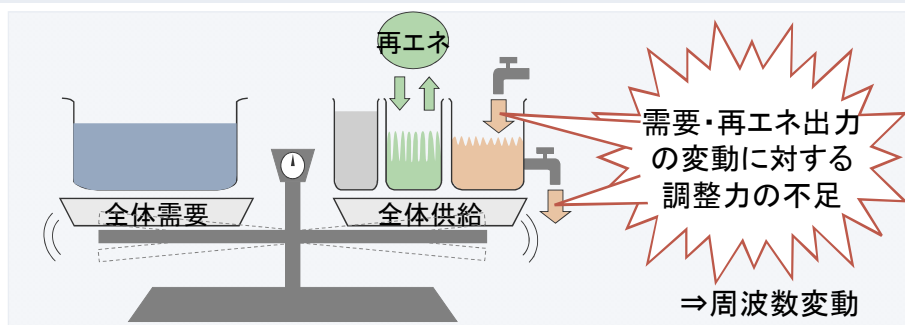


出典: 「八戸市 水の流れを電気で返すプロジェクト 成果報告書」(NEDO)

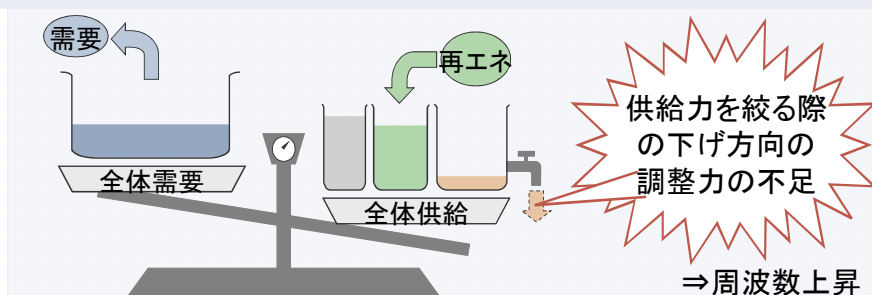
- ・ 間欠的な変動特性
 - ・ 不可制御特性
- ➡ 電力系統に影響

再生可能電源の発電電力による影響

再生可能電源出力の短周期(数分～20分程度)変動に関する課題



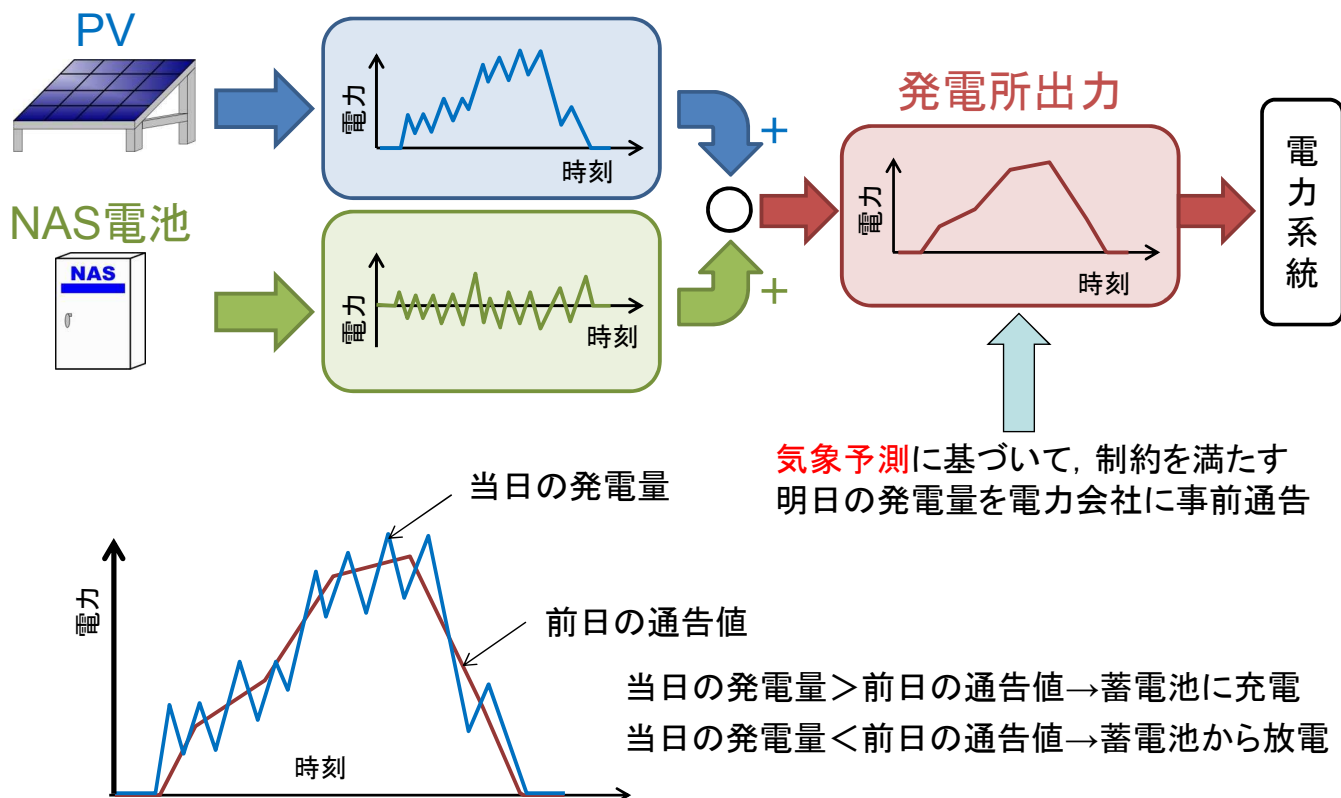
軽負荷時(需要:少、再生可能電源出力:大)時間帯における課題



講義内容

1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

蓄電池による電気の充電・放電

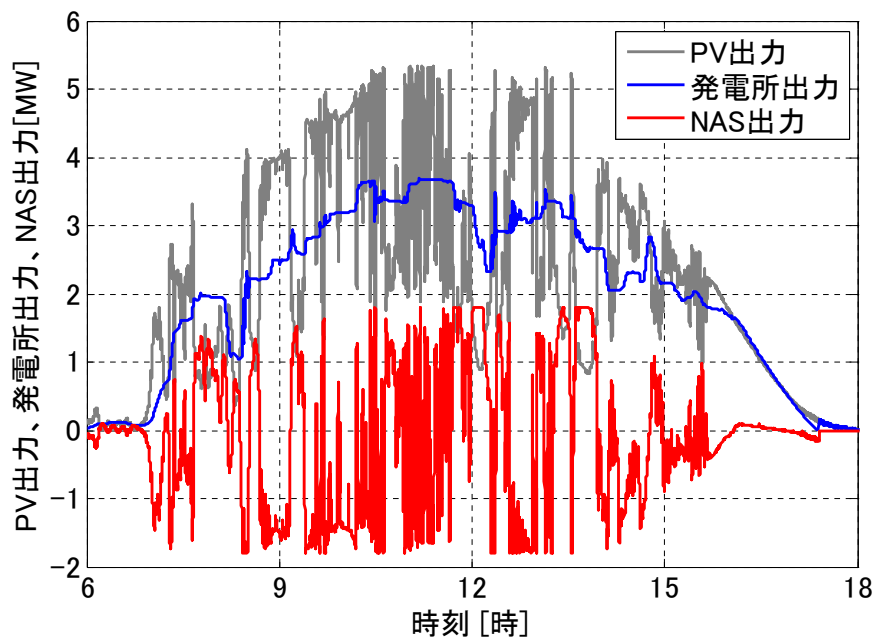


稚内メガソーラプロジェクト



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

NAS電池による制御結果

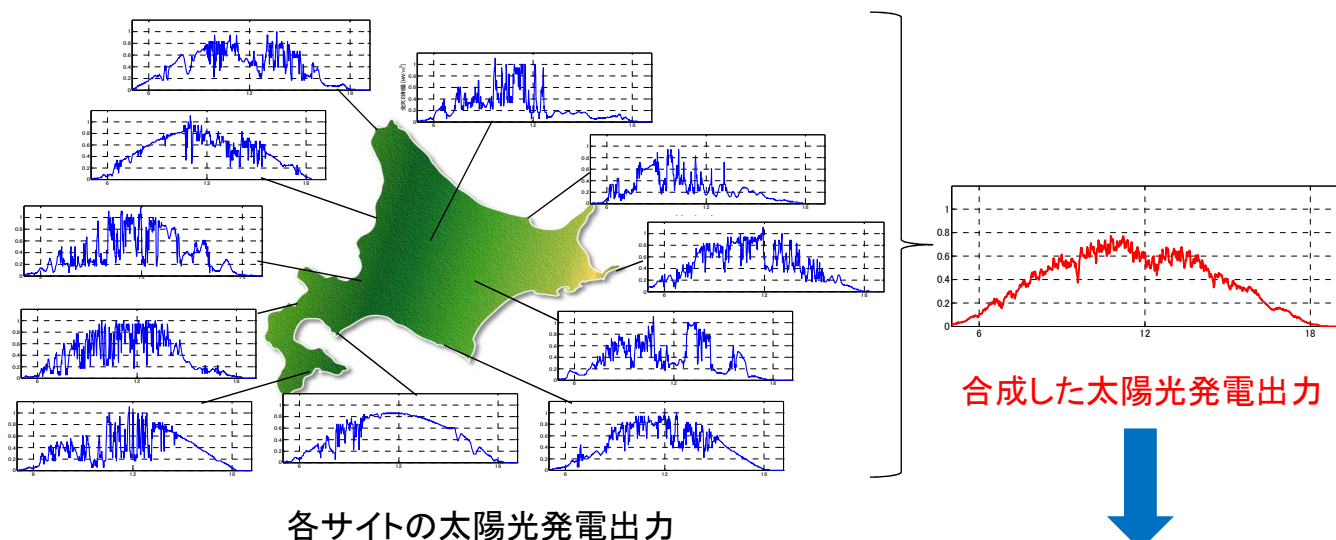


出力変動抑制シミュレーション例

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

広域運用による変動抑制効果

電力系統の中では電気に色はついていない→個々の太陽光発電毎に制御する必要はない

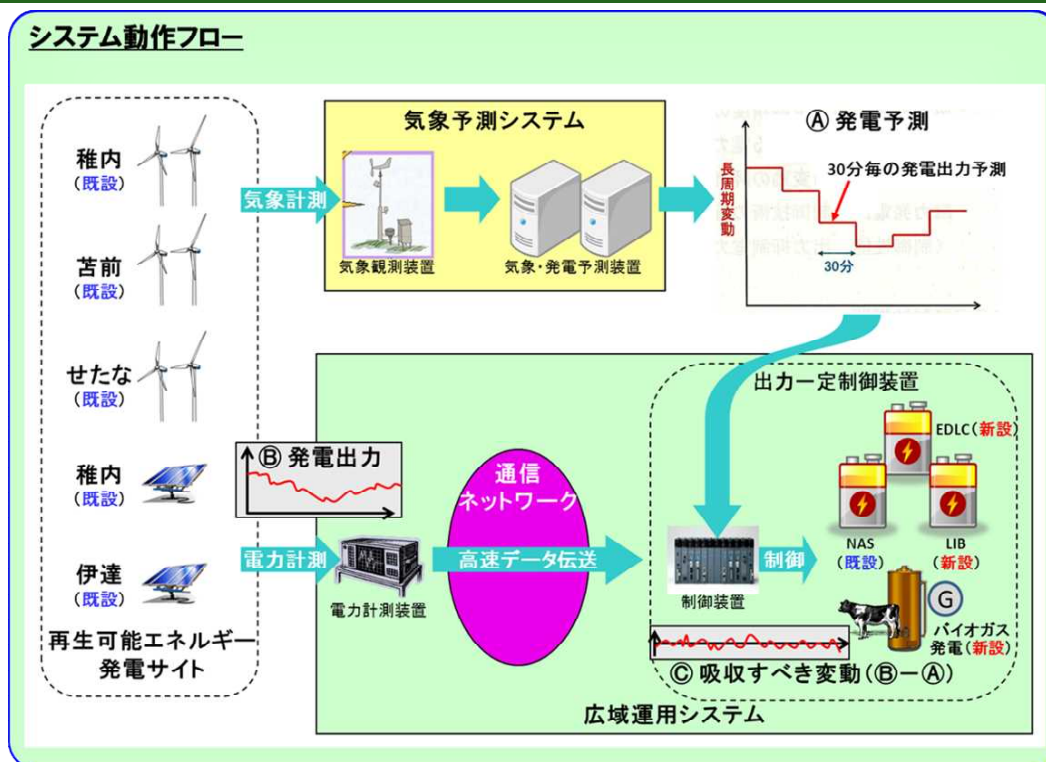


各サイトの太陽光発電出力

- ・出力変動大
- ・予測が難しい

- ・出力変動が平滑化(ならし効果)
- ・予測し易い

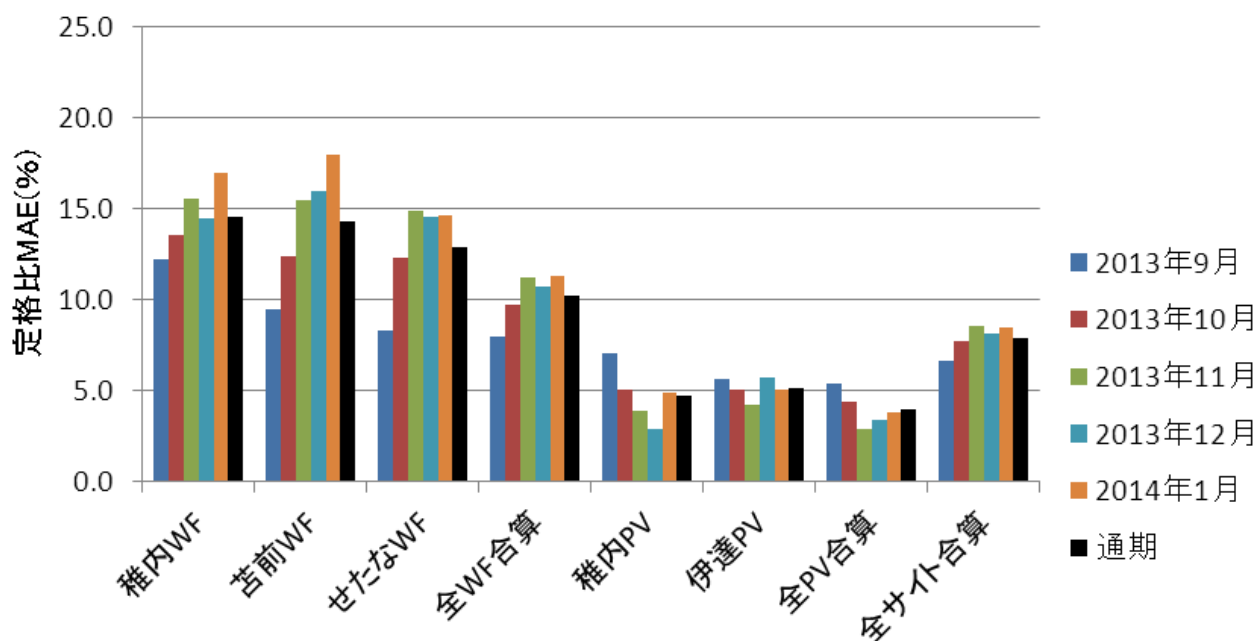
広域運用に基づく発電量予測および蓄電池制御



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

発電量予測の精度

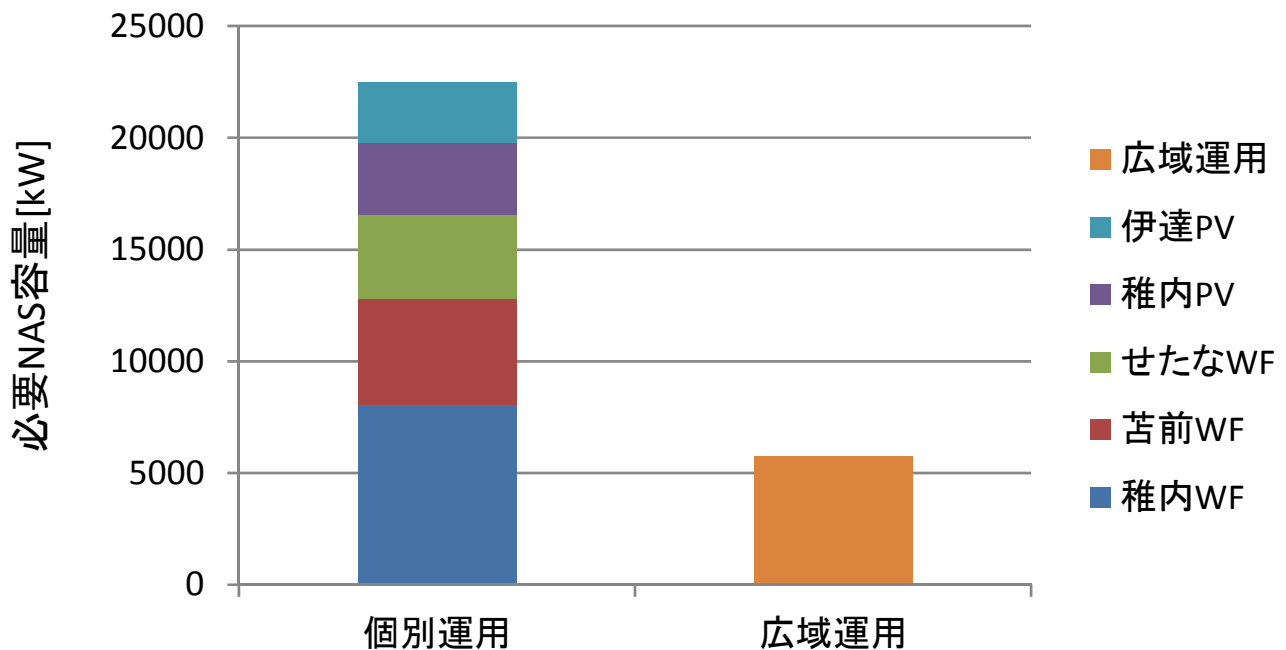


サイト合算による予測精度 (MAE, 定格比), 16時発表24時間分

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

必要蓄電池容量の評価



広域運用と個別運用での必要NAS容量比較
(長周期・短周期変動をある値以下に抑制)

蓄電池は高コスト

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

北海道電力(株)南早来変電所大型蓄電システム

設置場所：北海道電力(株)南早来変電所（勇払郡安平町）

蓄電池：レドックスフロー電池

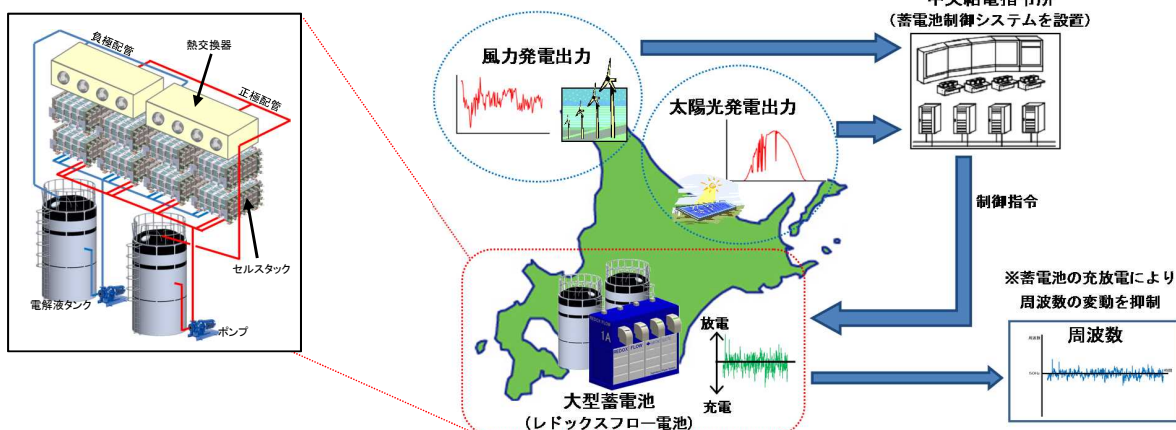
定格出力：15,000kW

蓄電容量：60,000kWh

※短時間高出力運転を考慮し、
PCSの定格出力は電池定格の2倍

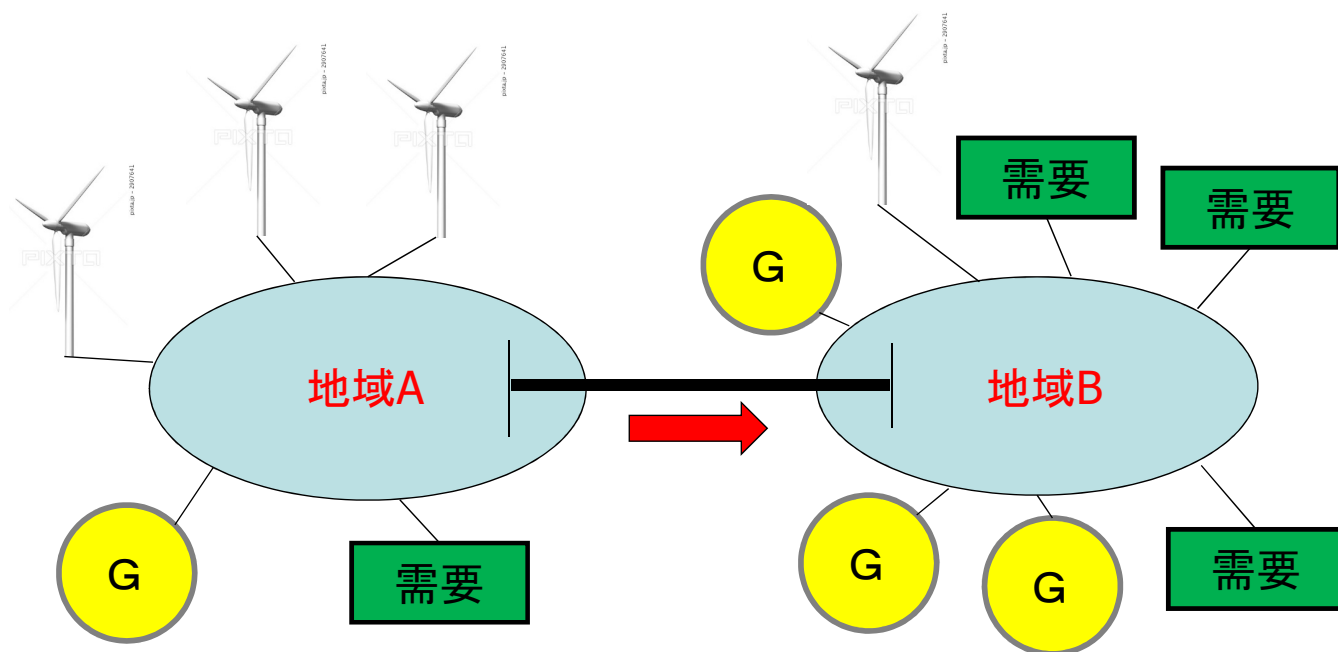
- ・出力設計(kW)，容量設計(kWh)が独立して可能
- ・正確な充電量の把握が可能

【蓄電池制御イメージ】



出典：北海道電力株式会社より提供

系統連系による対策



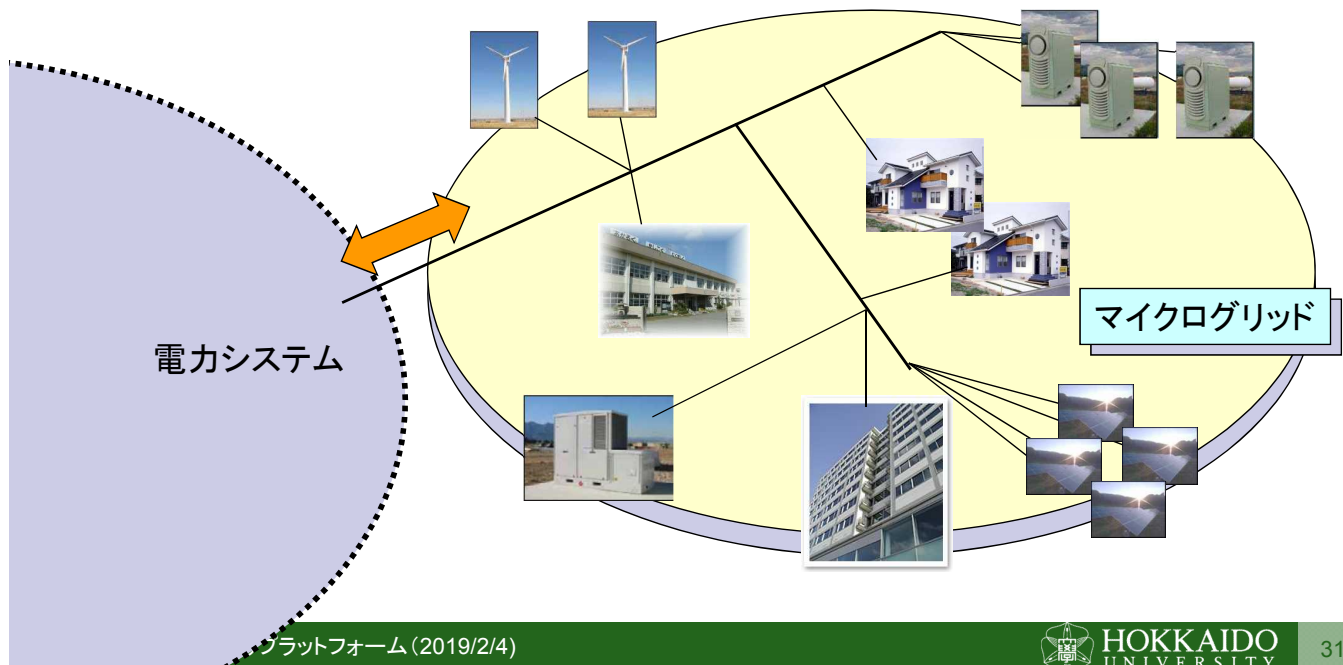
地域A+地域B全体で同時同量

講義内容

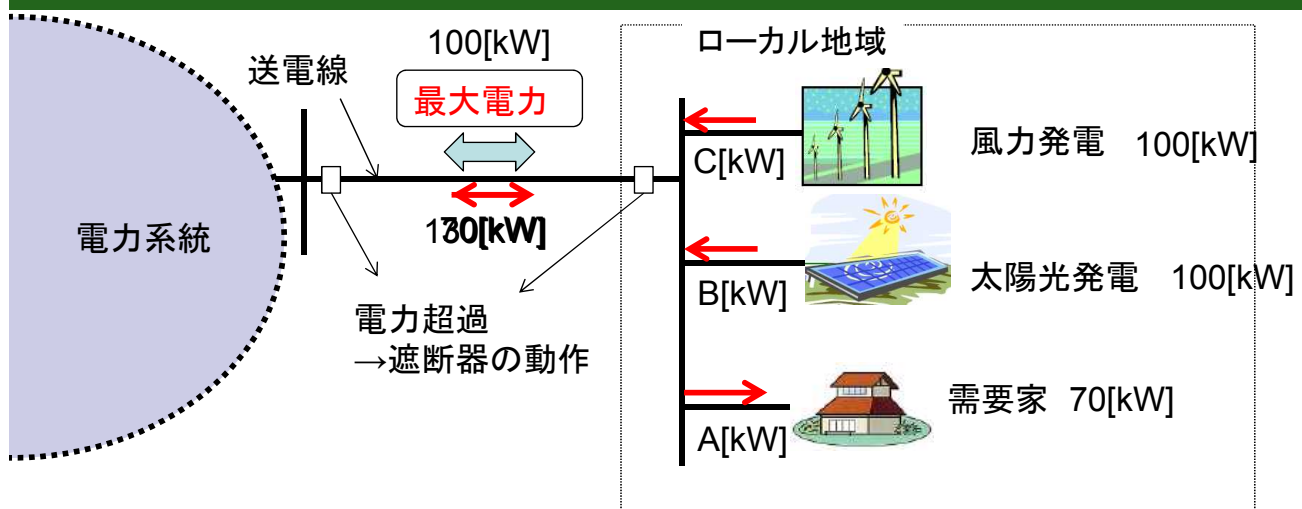
1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 各種電源の安定供給能力
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

マイクログリッド —電力の地産地消—

- 特定の地域に対し、分散型電源を主電源として電力を供給するシステムの考え方



ローカル地域内での需給バランス



電力系統の中では電気に色はついていない→地域内の電力は単純合計

$A > B + C$ のとき → 不足分 $(A - B - C)$ が送電線に流れる
 $A < B + C$ のとき → 余剰分 $(B + C - A)$ が送電線に流れる

< 送電線の最大電力

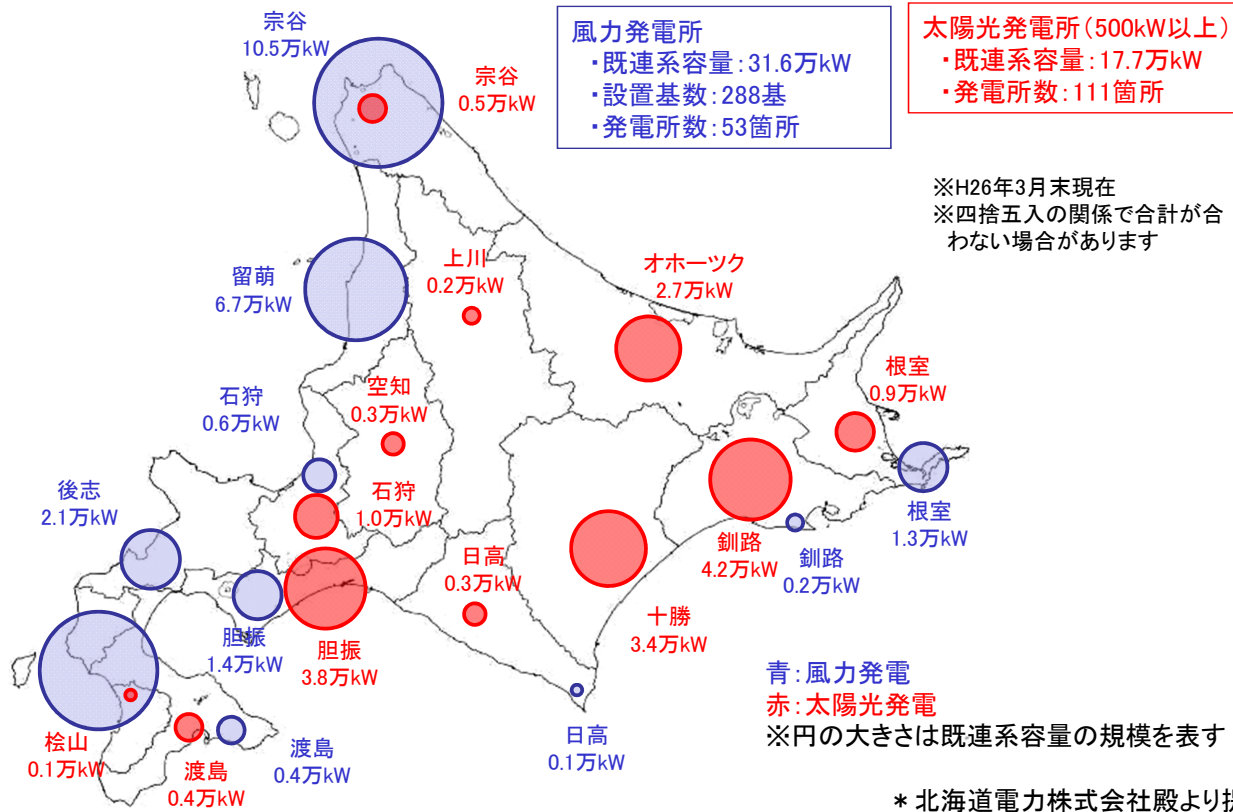
ローカル地域内の正味需要及び正味供給は送電線の最大電力以下に抑えなければならない

→ 発電出力抑制あるいは需要増加で対処



風力・太陽光発電の導入状況

【振興局別導入状況】



* 北海道電力株式会社殿より提供

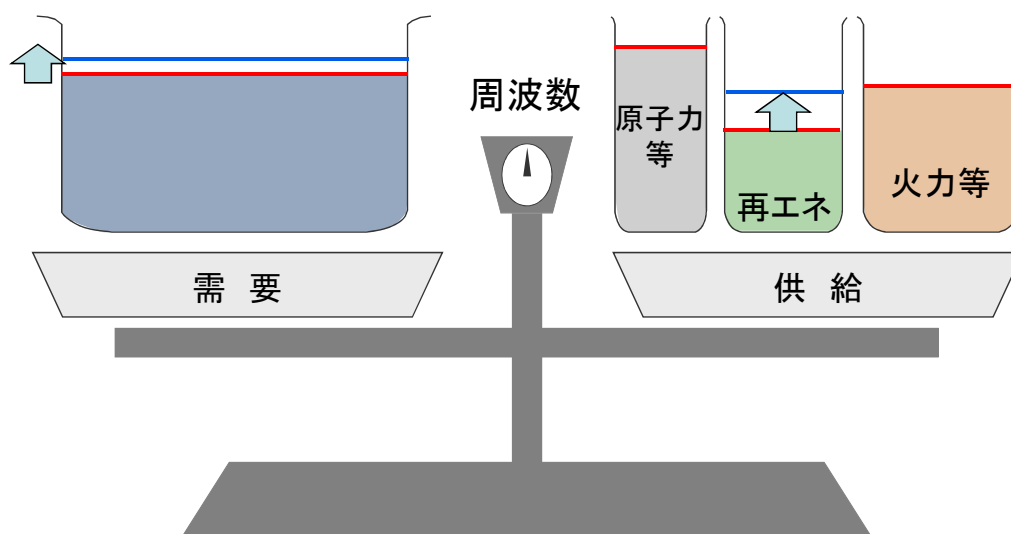
北海道水素地域づくりプラットフォーム(2019/2/4)



HOKKAIDO
UNIVERSITY

33

需要の能動化による系統フレキシビリティの確保



北海道水素地域づくりプラットフォーム(2019/2/4)

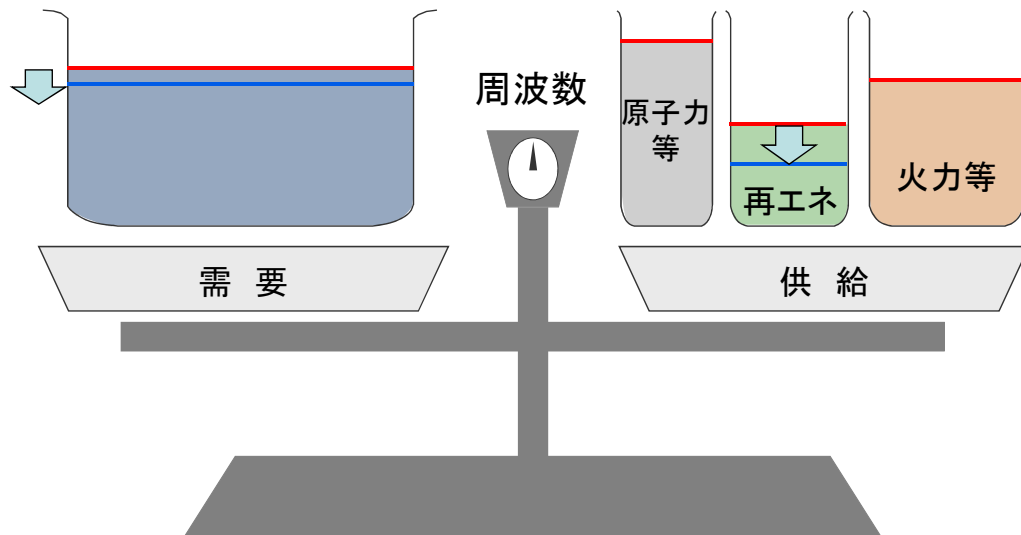


HOKKAIDO
UNIVERSITY

34

需要の能動化による系統フレキシビリティの確保

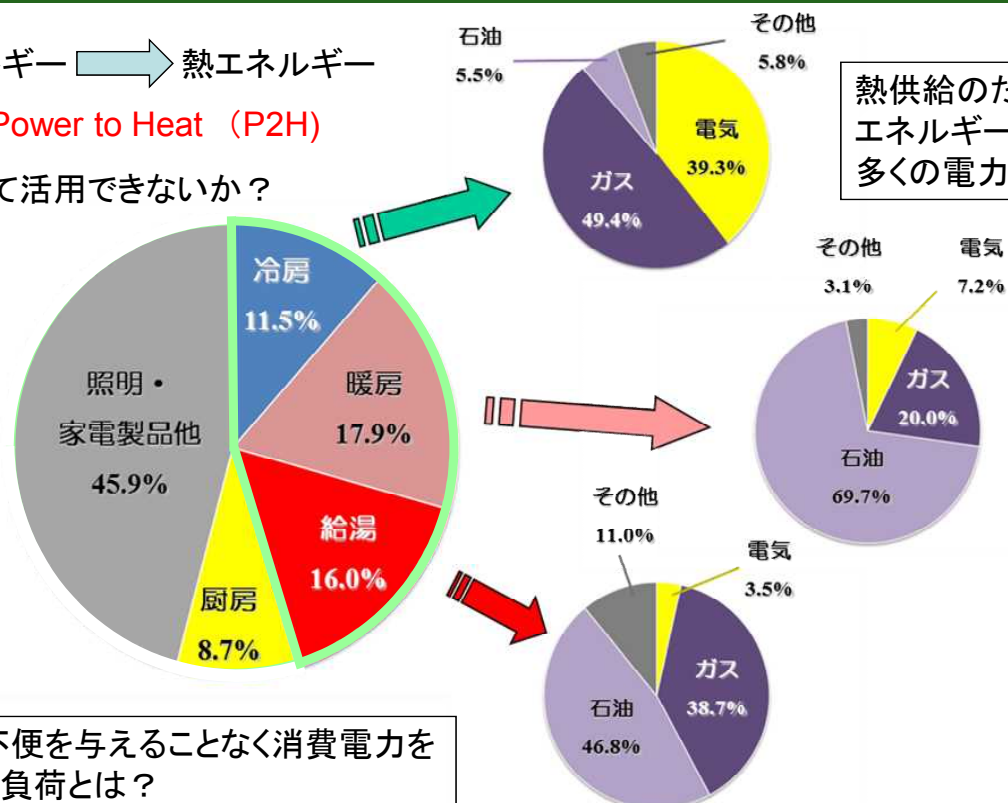
- ・再エネの出力変動に**広く薄く**対応可能
- ・需要家が**不便・不快**を被るものであってはならない



業務部門のエネルギー構造

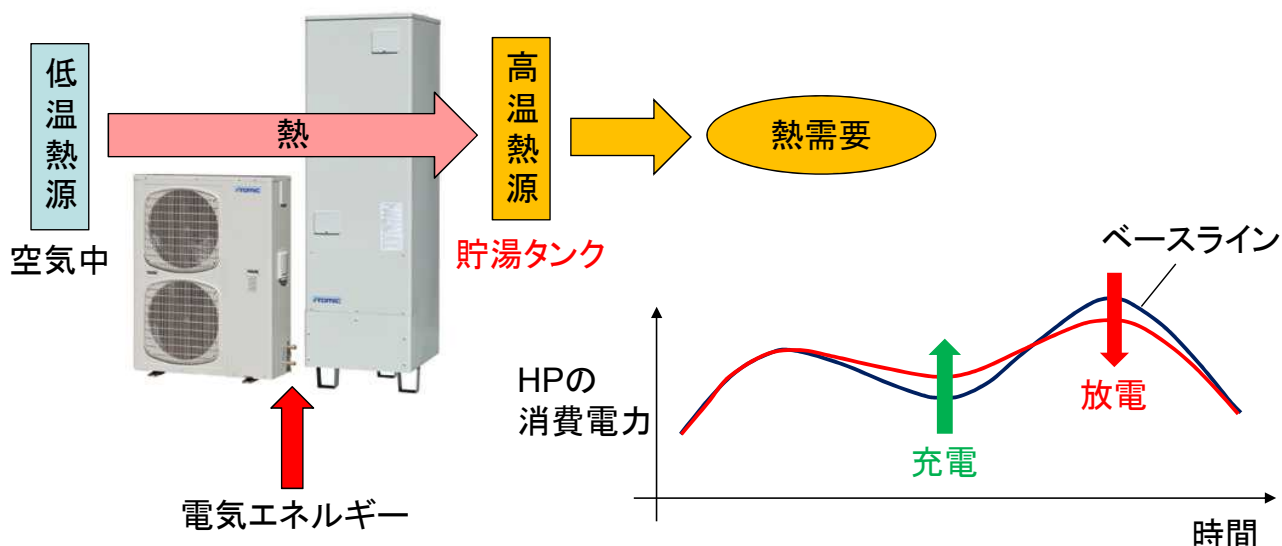
電気エネルギー → 熱エネルギー
Power to Heat (P2H)

調整力として活用できないか？



「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)給湯機によるP2H



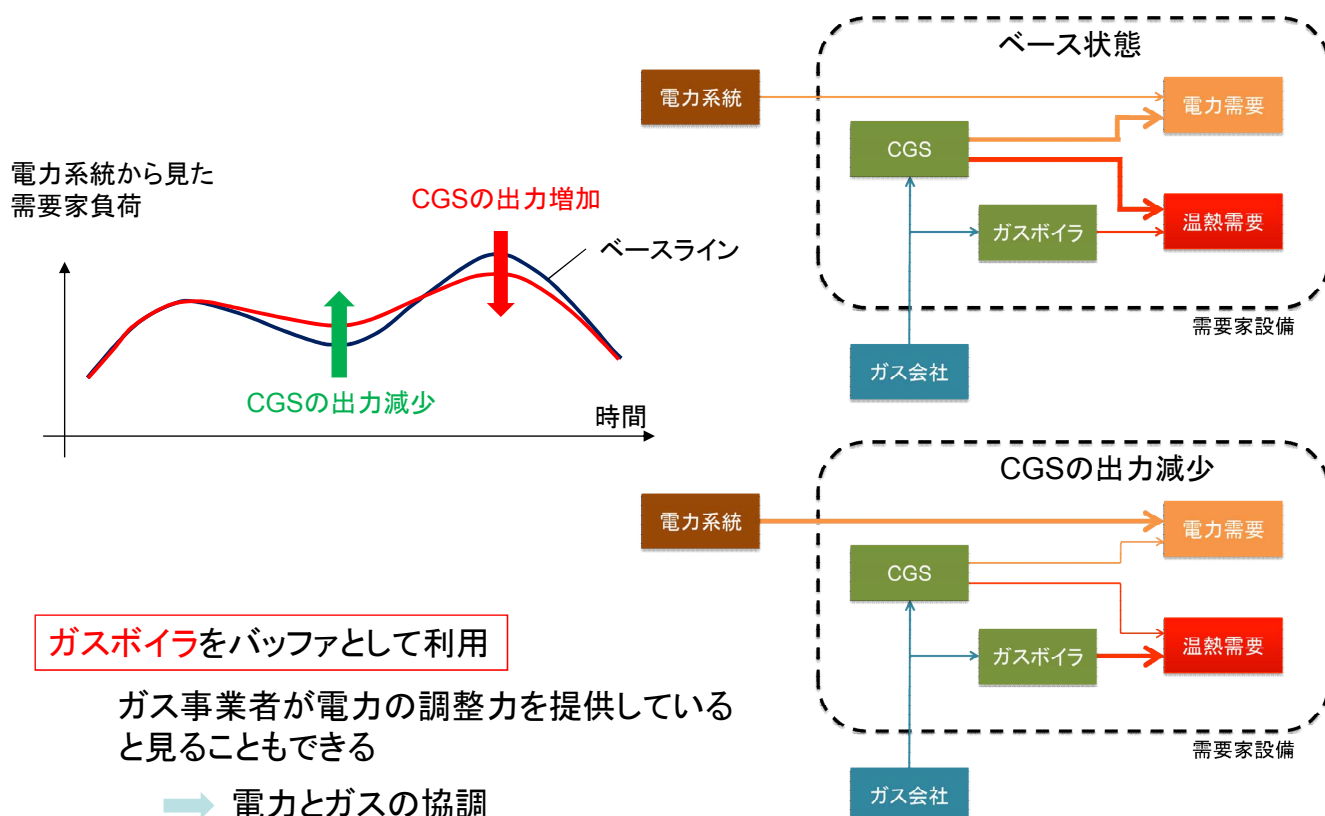
- ・貯湯タンクを使って熱エネルギーを貯めることが可能

電気の消費量を増加(充電) → 得られた熱は貯湯タンクにためる

電気の消費量を減少(放電) → 不足する熱は貯湯タンクから供給

貯湯タンクの蓄熱特性を利用

コジェネレーションシステム(CGS)の活用



ガスボイラをバッファとして利用

ガス事業者が電力の調整力を提供していると見ることもできる

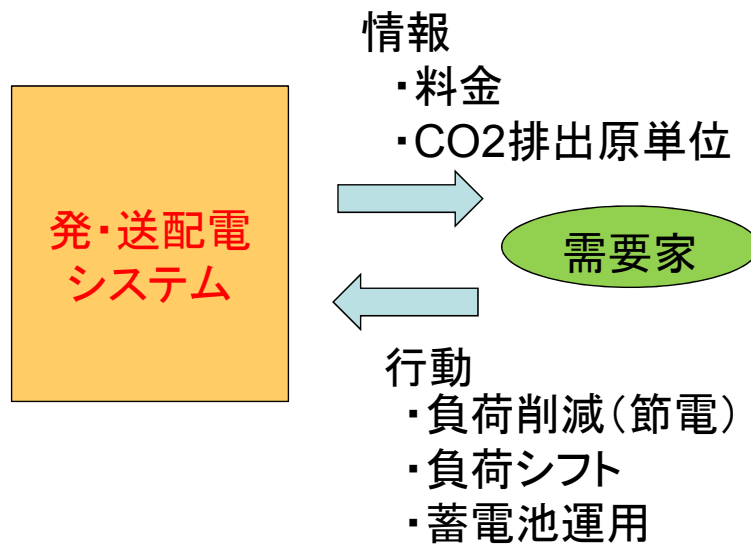
→ 電力とガスの協調

スマート化技術とは

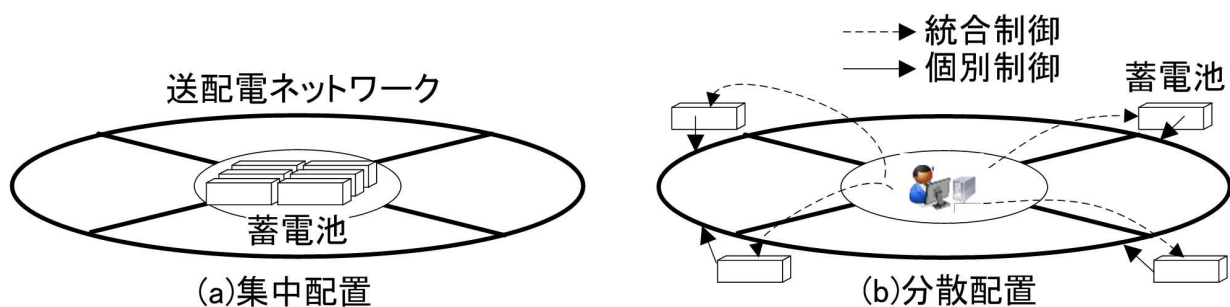
スマート: 賢い, 頭の良い

情報通信 (ICT) を用いた電力の見える化, コントロール

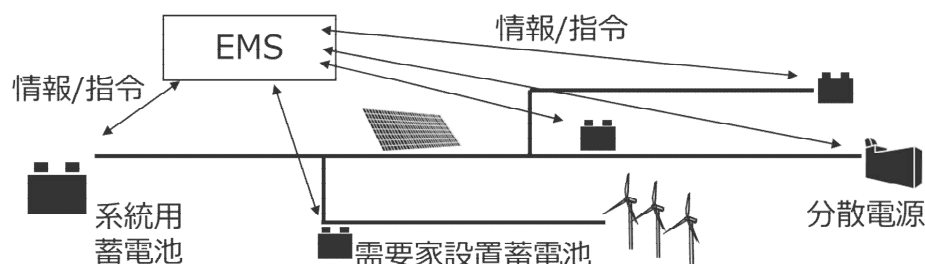
例) 需要家の能動的行動を支援



系統用蓄電池システムの分散化



VPPとして系統全体の需給バランス維持に貢献しつつ, ローカルな課題にも対応させる



商用系統停電時における自立運用

1. はじめに
2. 電力の安定供給とは
3. 再生可能エネルギーの特性
4. 再生可能エネルギーの能力向上のための方策
5. エネルギーの地産地消とスマート化技術
6. おわりに

新しい概念に基づく電力システムへの期待

- ・「集中」→「分散」:
集中管理から地域自律分散へ
- ・「一様」→「多様」:
単一品質から多品質へ
- ・「全体」→「個別」:
全系統一律から需要家システム重点化へ