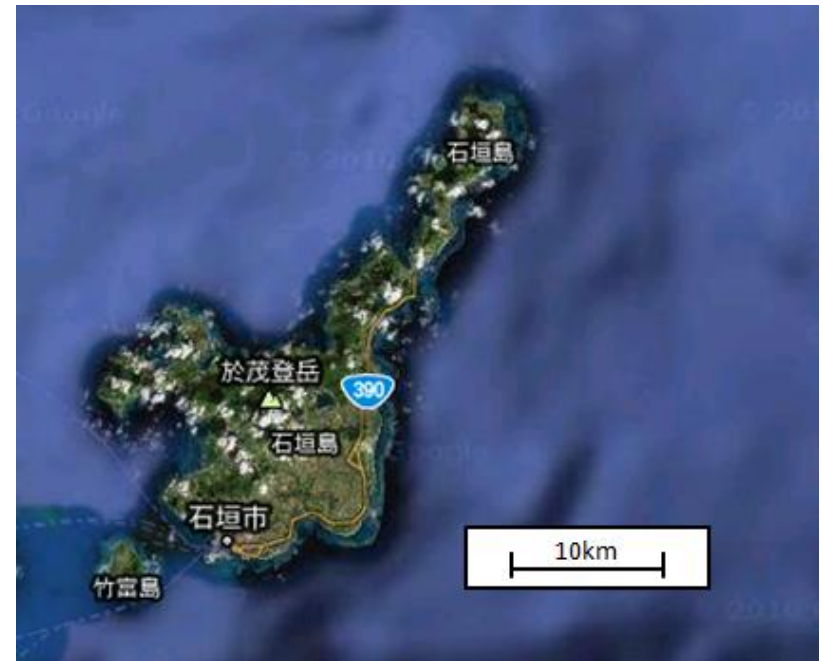


離島におけるマイクログリッド 仕様設計支援システムの開発

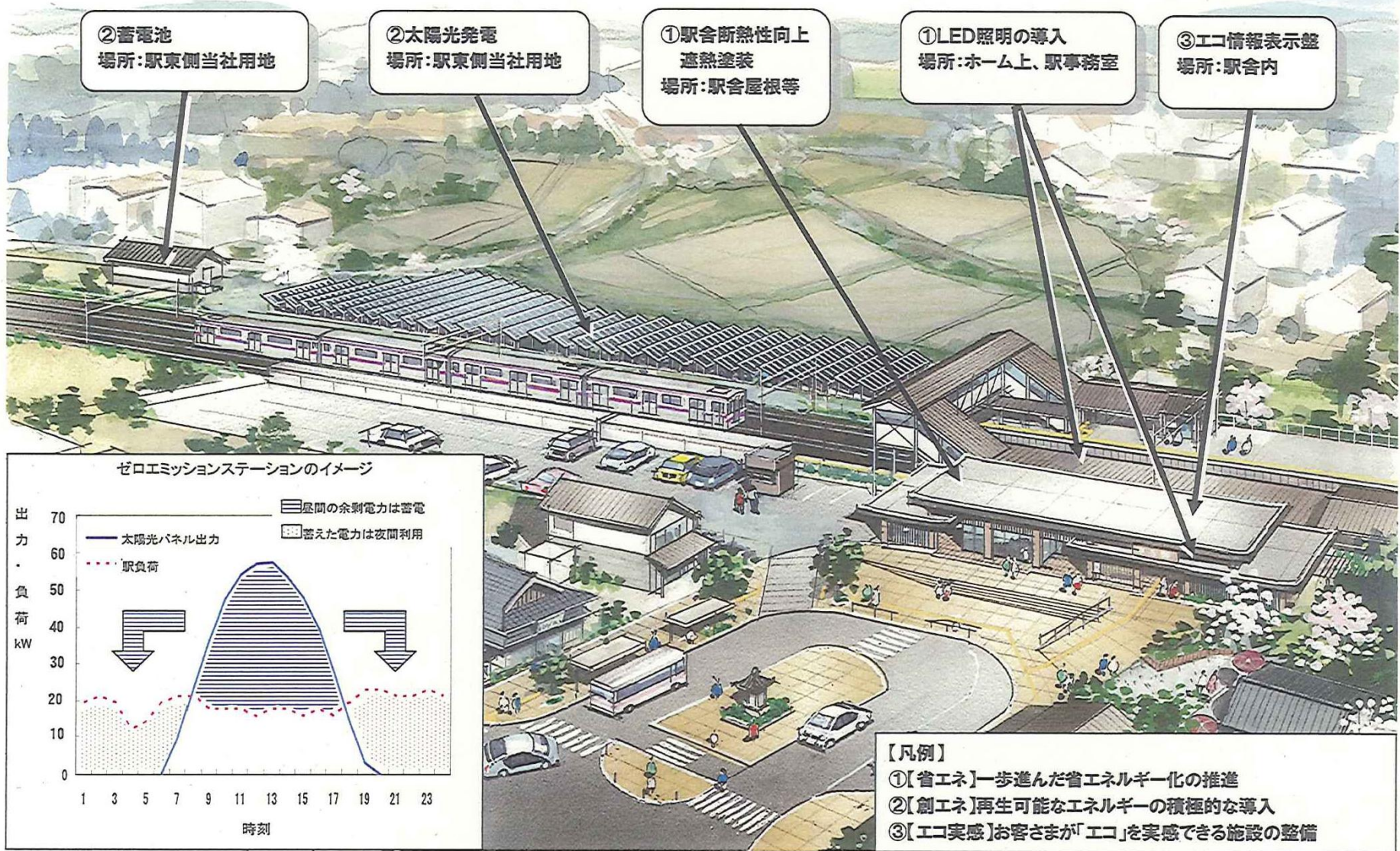
東京大学大学院 田中 謙司





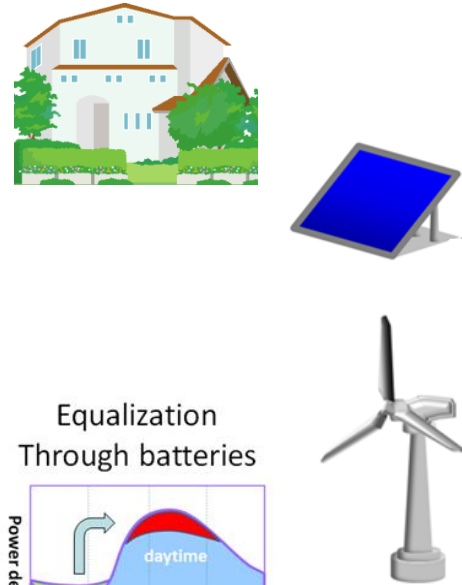
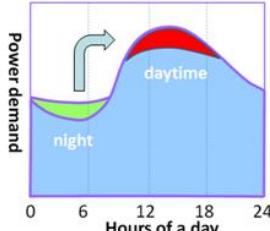
観光レンタカーへの電気自動車から社会導入 (2011.3 沖縄 220台)



エキはエコへ (JR東日本: 平泉駅) 2012. 5



二次電池のカテゴリーとは？

第1の用途 電気製品	第2の用途 自動車	第3の用途 都市
モバイル情報機器 (2~3Ah)	EV / HEV (10~100Ah)	定置用電池 (? Ah)
1991年~	2009年~	20??年~
		 <p data-bbox="1236 999 1487 1071">Equalization Through batteries</p> 

資料) 東京大学 堀江英明

二次電池の都市への導入

〈二次電池の都市への導入〉

- 自動車に蓄電を加えて燃費は2倍
- 都市にも蓄電を加えることで効率を向上

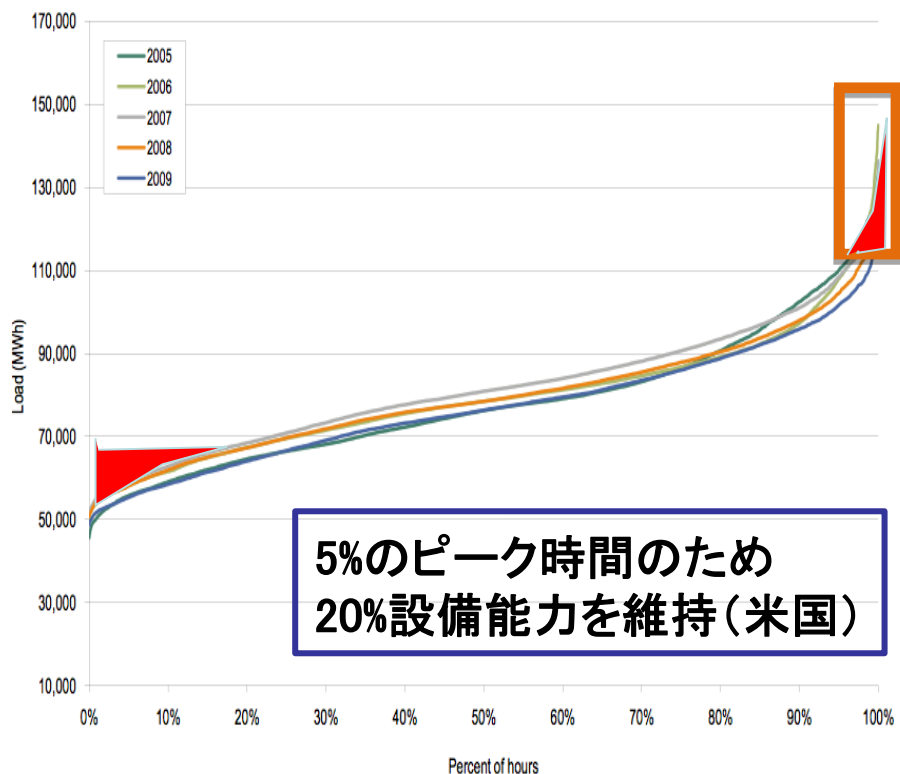


<現状グリッドの限界>

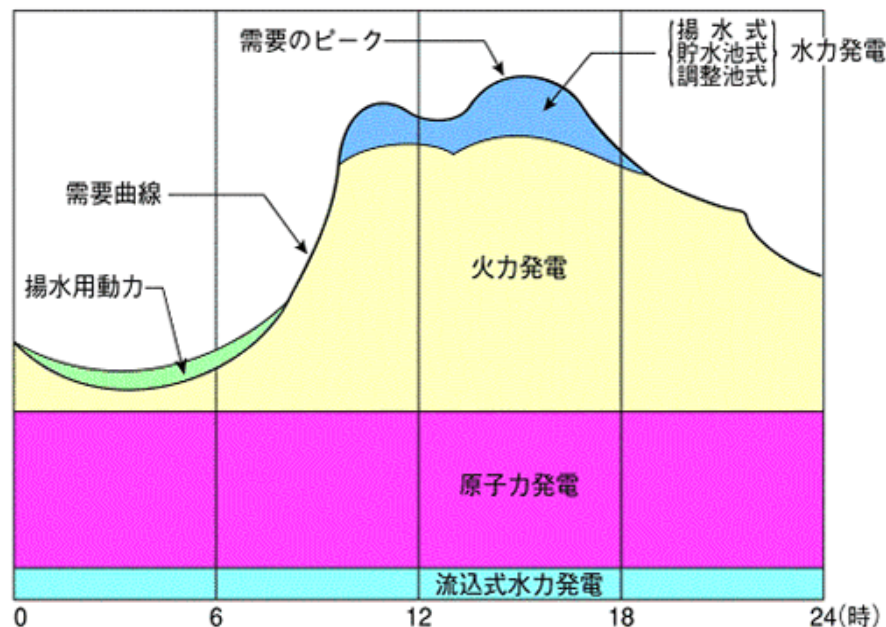
現状のグリッドでは再生可能エネルギーを安定したベース電力にすることはできず、非効率性を高める懸念も

2割の発電能力が、5%しか稼働していない現状

電力需要の時間別分布



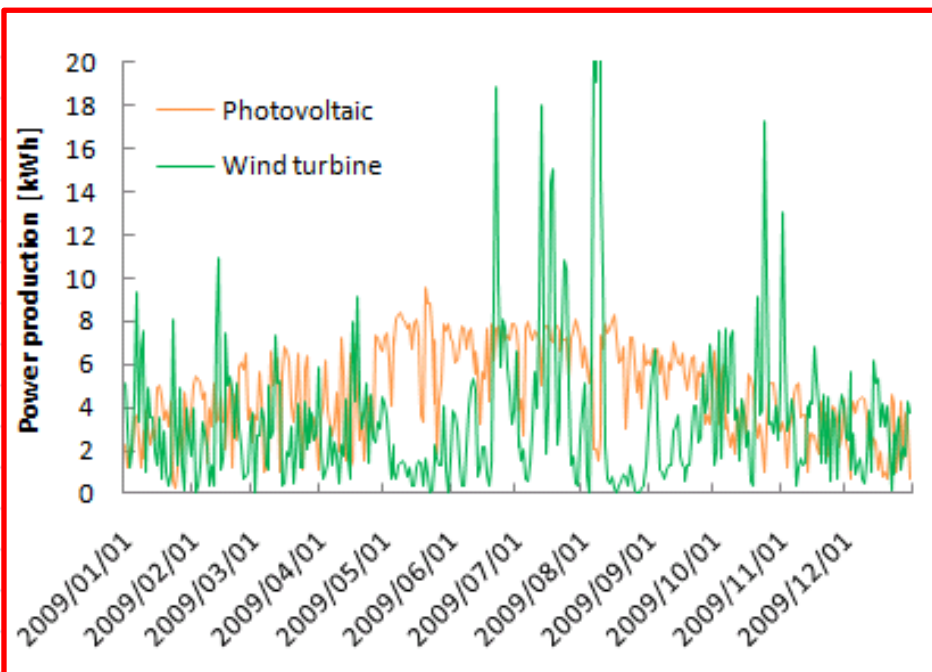
需要の変化に対応した電源の組み合わせ (ベストミックス)



- 需要対応のために、稼働率の低い発電設備を多く保有することに
- 1300万キロワットまでなら吸収可能といわれている

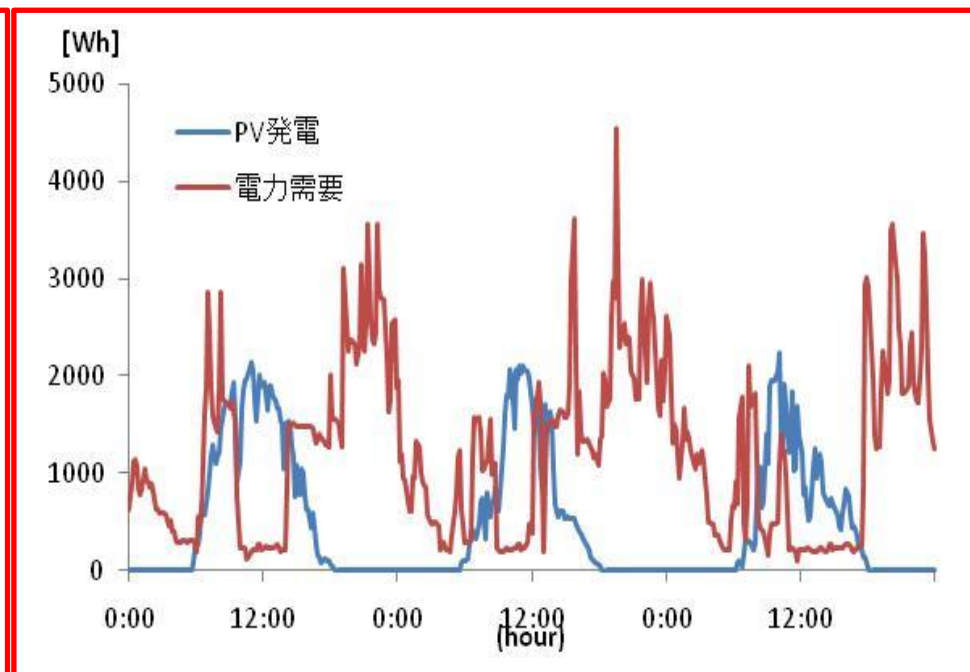
再生可能エネルギー発電は天候任せであるため、必ずしも必要な時に発電してくれる電源ではない

再生可能エネルギー日時発電量(1年間)



*2009年の沖縄の気象条件より推定

太陽光エネルギー発電と需要推移(3日間)



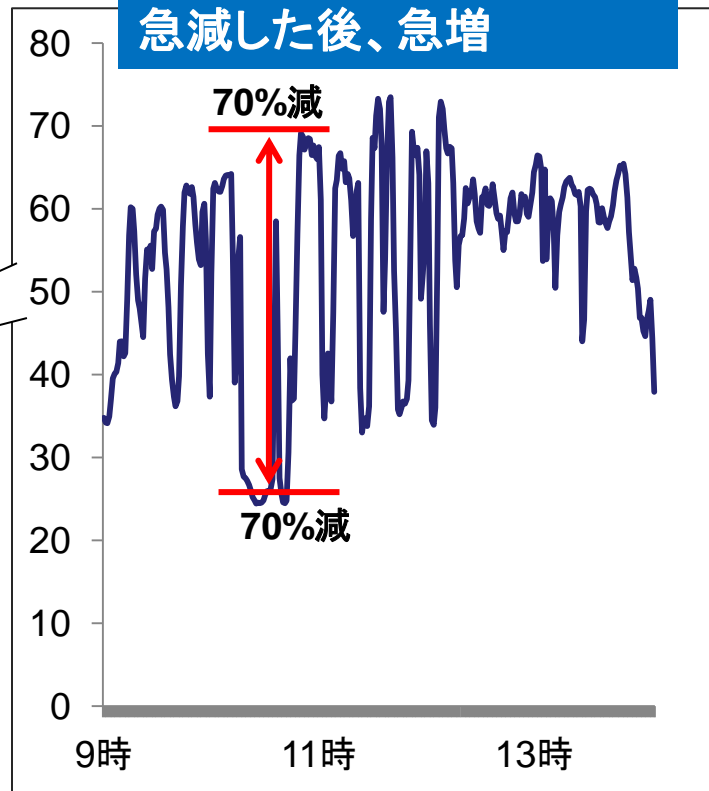
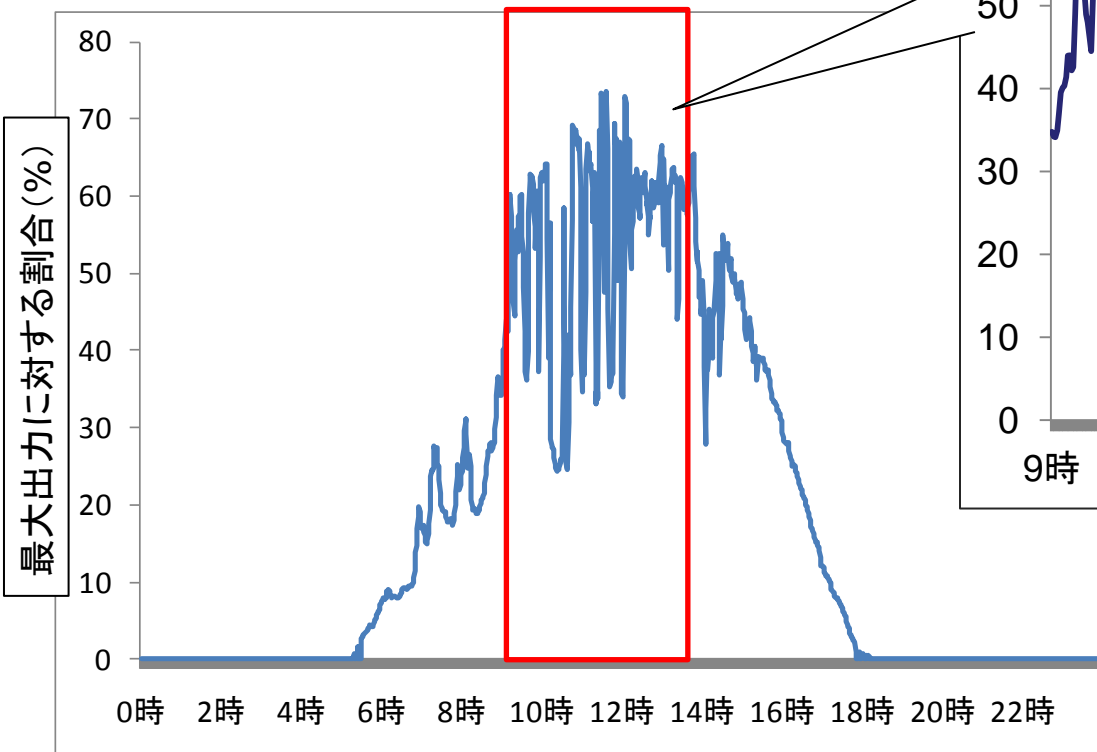
*都内の家庭の例

再生可能エネルギー発電は、天候に従って出力の変動が大きく、かつ安定しない。
太陽光発電は、風力発電と比べて、日中の需要ピークと位相が近いものの、別途安定化設備の導入は必須(次ページ参照)

太陽光発電は、太陽が陰ったり、積乱雲が来たりした場合、出力が70%近くも乱高下する

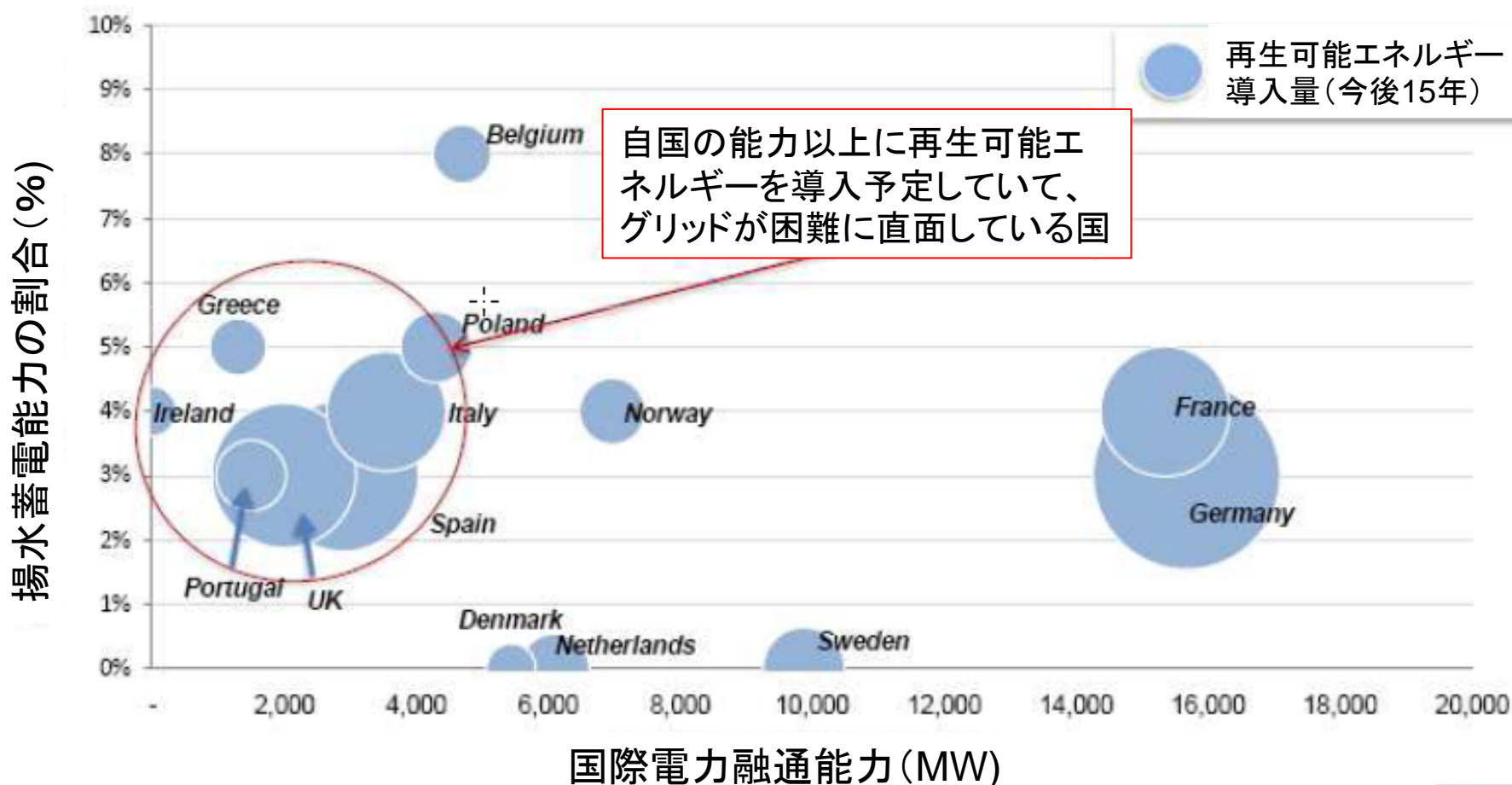
出力が20分間に7割近く急減した後、急増

ある事業所の太陽光発電推移(都内)



再生可能エネルギーを導入した欧州の苦悩

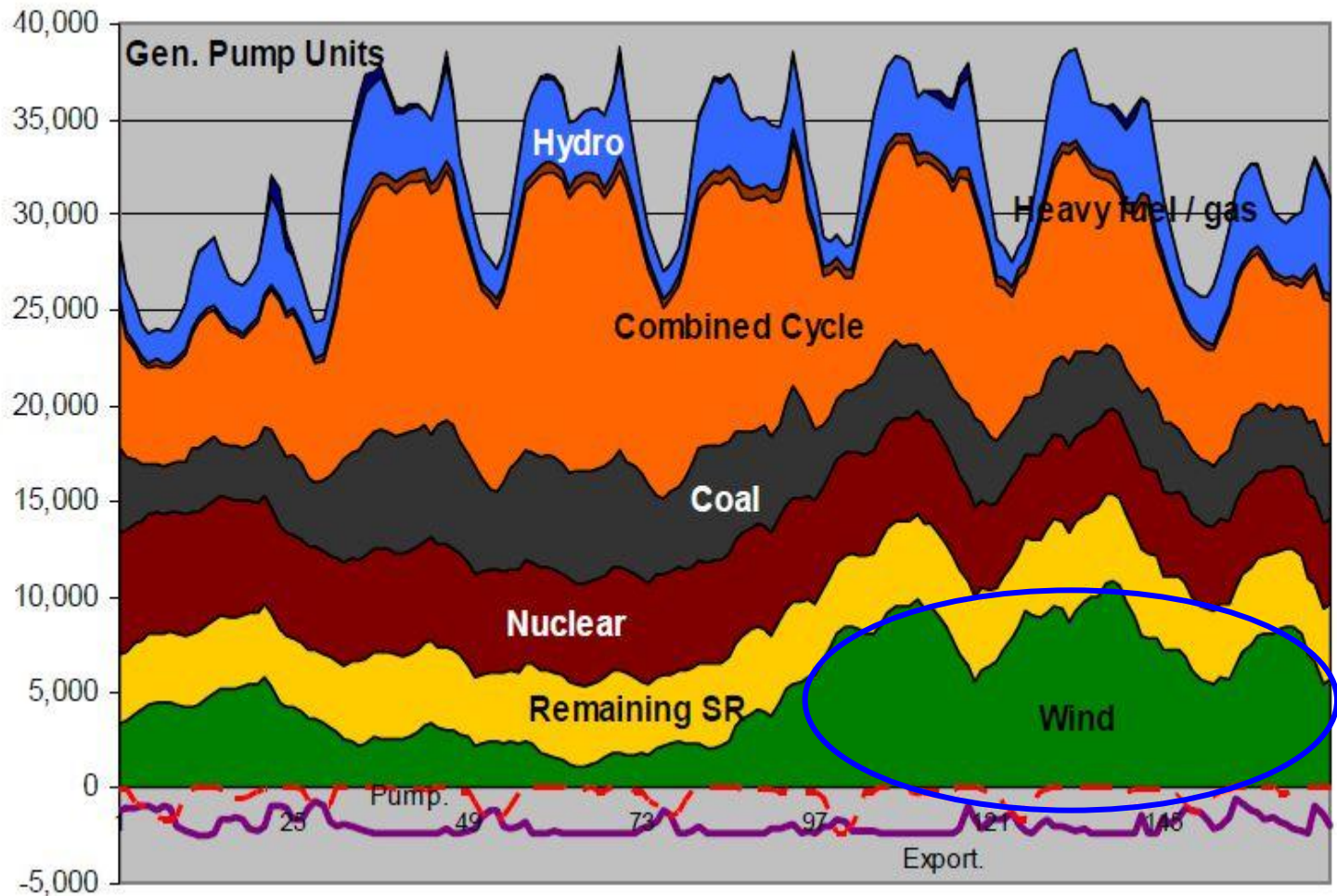
再生可能エネルギー導入促進しているにもかかわらず、蓄電能力や国際電力融通能力が低い国は、エネルギー供給がその日の気象条件に大きく左右されてしまう



*Courtesy of IHS Emerging Energy Research

スペインは風力発電による電力生産の不確実性を火力発電を強化して補完。
 風力発電の割合は7.2%にしかすぎないが、2000年に比べ二酸化炭素の排出量は
 10%増加した(NEDO)

Spanish Demand Coverage - 13/04/2008 to 19/04/2008



Integration of large scale wind in the grid – The Spanish Experience : RED

背景：欧州でも蓄電システムの組み込みの検討が始まる



ESS Experimental assessment for unpredictable renewable energy management at Enel lab

Silvia Soricetti

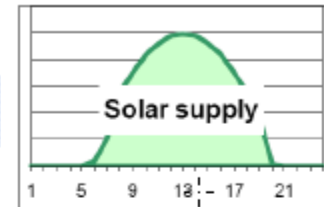
International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)
Ischia, June 14th-16th, 2011

欧州第2位の電力会社ENEL社（イタリア）
による蓄電システム技術検証実験

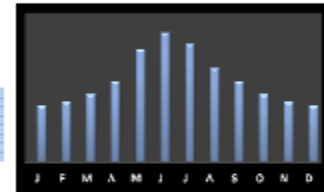
ドイツの研究者も真剣に検討

Fluctuation pattern

Day-night fluctuations
(PV only)



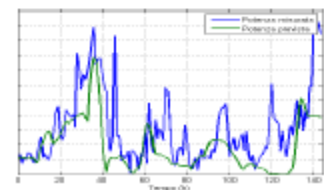
Seasonal fluctuations
(climate)



Medium term fluctuations



Short term fluctuations



The World's Largest Lithium-Ion Battery Farm Comes Online

+ [Comment now](#)

For nearly a month now, a cluster of 53-foot containers on a ridge of Laurel Mountain in West Virginia has been sipping power from wind turbines that stretch out in both directions. The containers are home to the world's largest lithium-ion battery farm for storing and sending energy to the electric grid, and the project reflects the emergence of a technology to help manage the growing production of renewable energy in the country.

I



AES's wind and energy storage project in West Virginia

本発表の主旨

再生可能エネルギーを導入した新しい環境未来都市設計の具体例として石垣島を例に設計例を示す

不安定な再生可能エネルギーに蓄電システムを組み込むことで、システム全体で安定した電源としても利用できることを示す

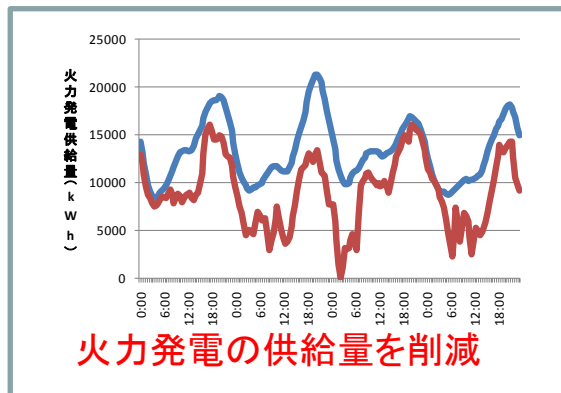
蓄電システムとしての二次電池のメリット

二次電池を入れることで火力発電の供給量を減少させられる訳ではない

しかし二次電池を導入するメリットは以下にあげたように3つ存在します

- 1、自然エネルギー発電によって余剰電力が発生したときにその余剰電力を捨てることなく消費することができるようになること
- 2、火力発電の供給ピークを下げることで、火力発電の必要設備容量を下げることができる
- 3、火力発電の供給量をスムーズ化することで電圧の制御を容易にする

自然エネルギーの導入

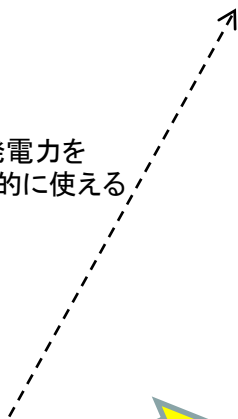


①化石燃料削減

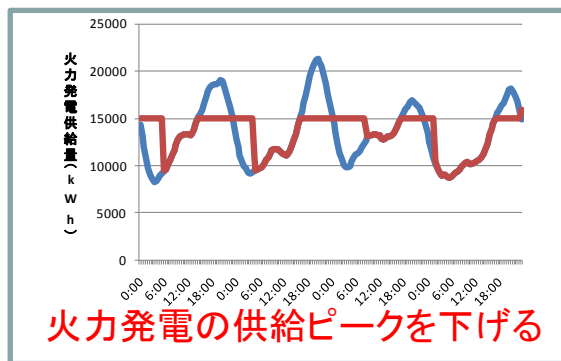
化石燃料費を削減

排出量取引による利益

発電力を効率的に使える

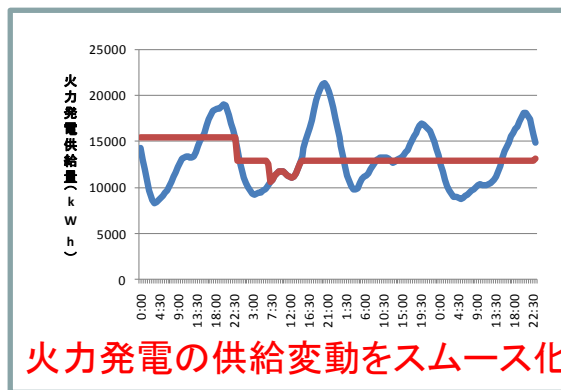


二次電池の導入



②発電設備の軽減

火力発電の必要設備容量の削減

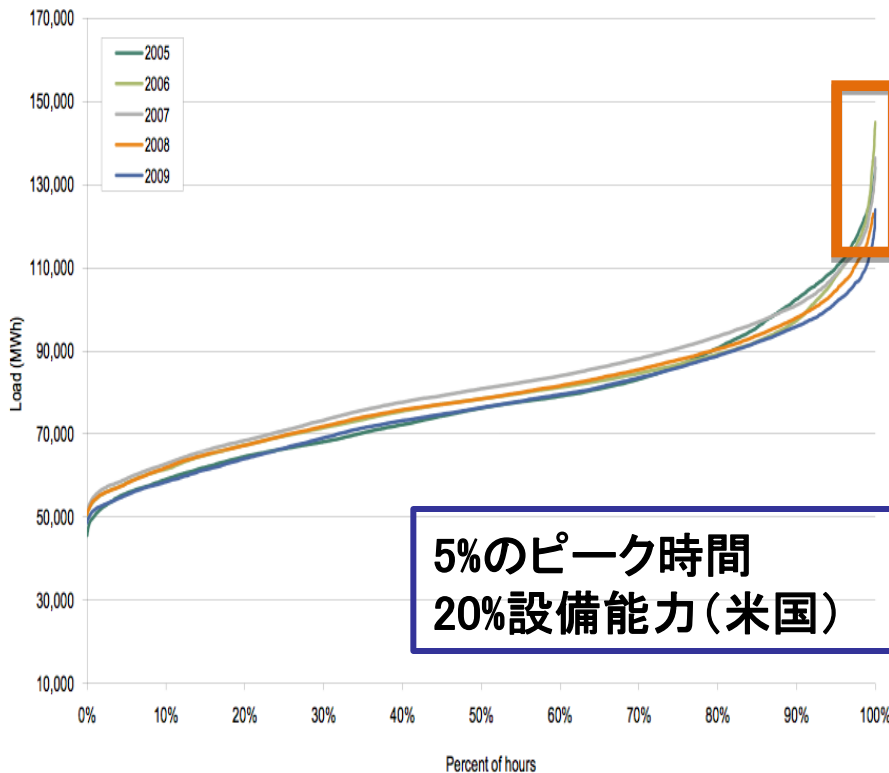


③系統電圧安定

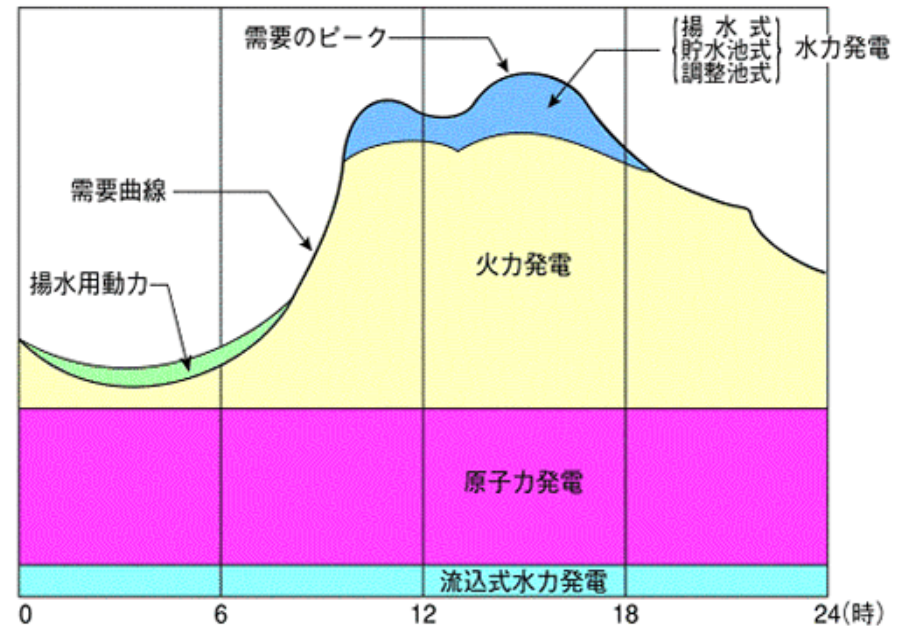
電圧安定化

(参考): 発電能力の2割はピーク需要時の5%だけ稼働

電力需要の時間別分布

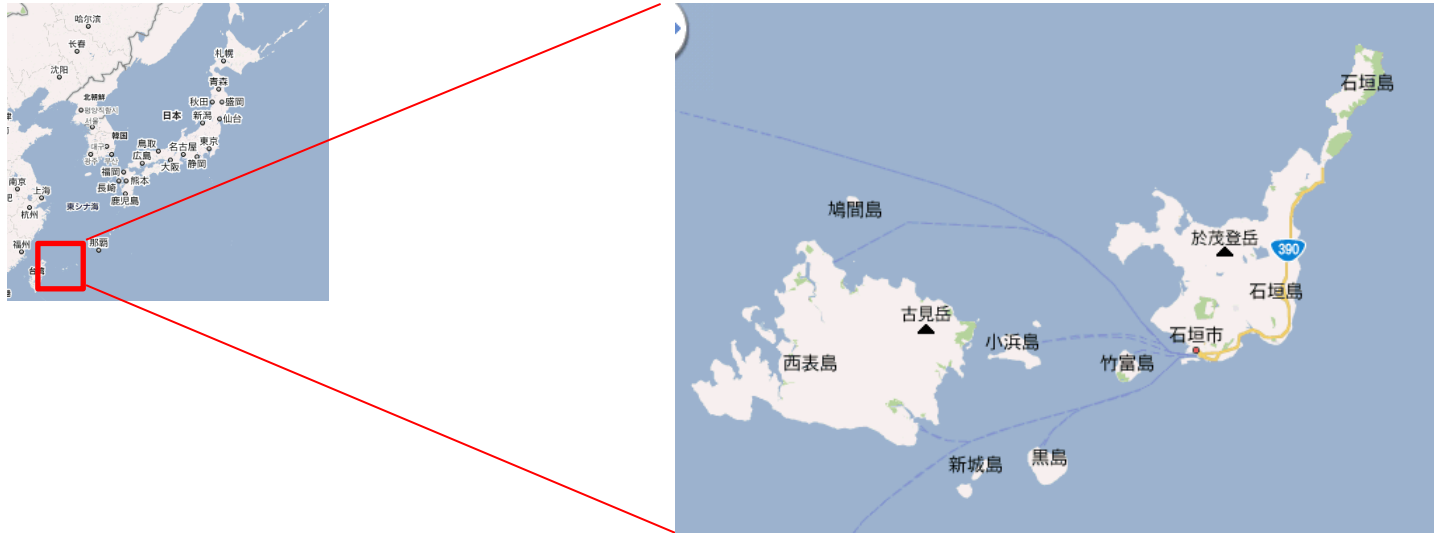


需要の変化に対応した電源の組み合わせ (ベストミックス)



→ 需要対応のために、稼働率の低い発電設備を多く保有することに

石垣島基本情報



※1

人口	48,613人(平成22年)
面積	229km ² (内石垣島が222.94km ²)
位置	北緯24度20分 東経124度9分
年間電力需要量	267GWh/年 ※3

※3 以下より算出

$$\text{石垣島の電力需要量} = \frac{\text{石垣島の人口}}{\text{沖縄県の人口}} \times \text{沖縄県の電力需要量}$$

沖縄県の人口: 1,360,830人(平成17年)
 沖縄県の電力需要量: 7,478,367千kWh/年

※1 引用: Google map

※2 石垣市の概況 <http://www.city.ishigaki.okinawa.jp/500000/500100/gaikyou.htm>

石垣島産業データ

石垣市データ

	平成17年度産業別人口	構成比
第一次産業	2,405人	11.2%
第二次産業	3,371人	15.7%
第三次産業	15,132人	70.7%
分類不能	502人	2.4%
計	21,410人	100.0%

※1 平成17年の国勢調査では45,183人であった。

※2 石垣島周辺の島はほぼ無人島であり、石垣市の人口は石垣島の人口として考えてよいと思われる。(石垣市の面積229.00km²の内、石垣島が222.94km²をしめる)

石垣市役所 “石垣市の概況” <http://www.city.ishigaki.okinawa.jp/500000/500100/gaikyou.htm>

石垣島既存電力網



石垣発電所
ディーゼル発電6基、総出力
26,500kW

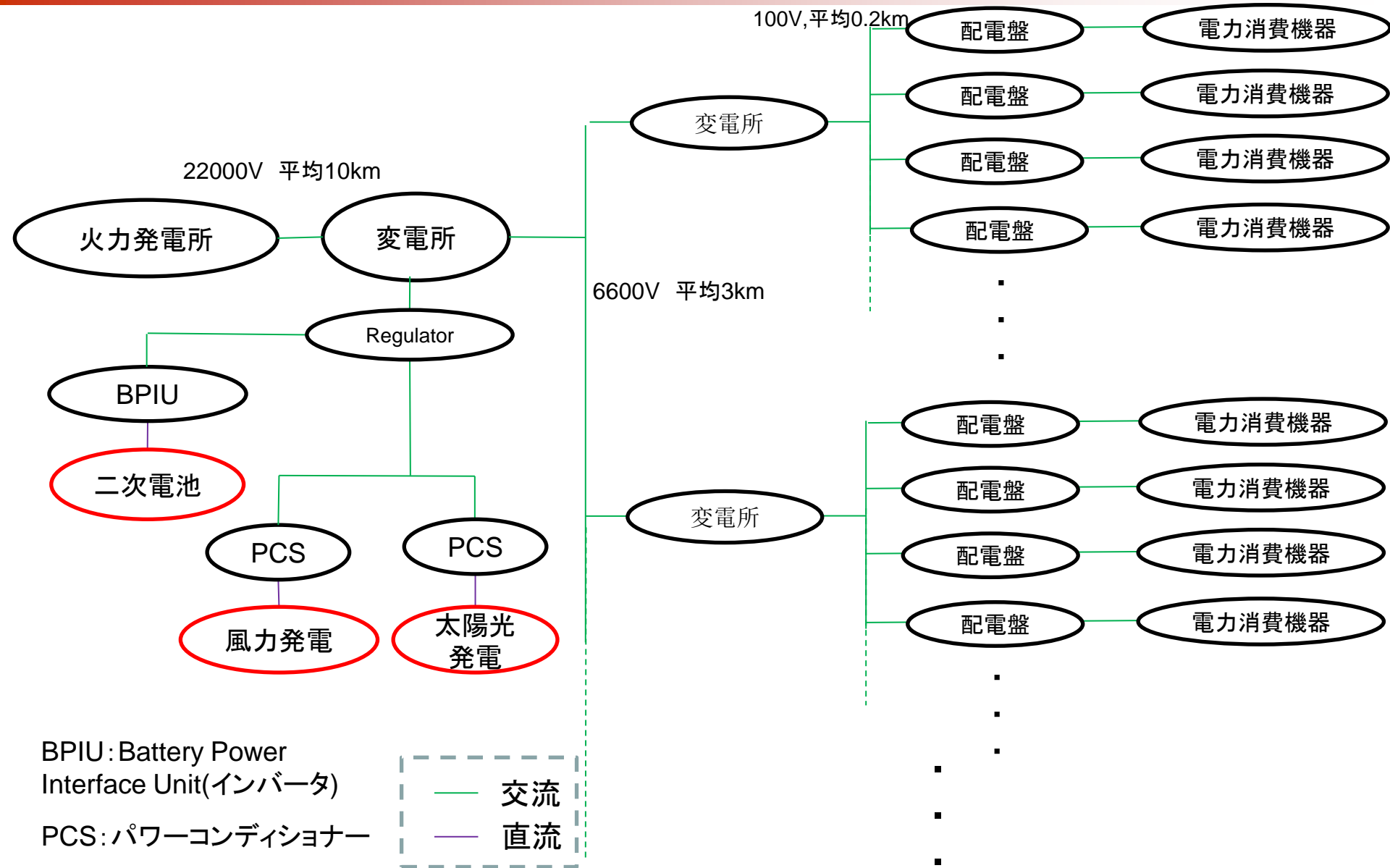
石垣第二発電所
ディーゼル発電4基、総出力
40,000kW

石垣ガスタービン発電所
ガスタービン2基、10,000kW

引用: 離島の電気 川崎重工業株式会社広報室

HP: http://www.khi.co.jp/knews/backnumber/bn_2004/pdf/news135_01.pdf

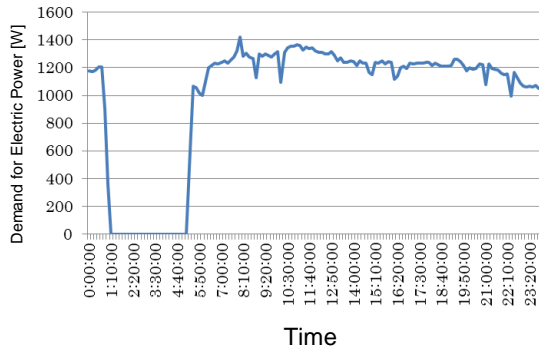
石垣島再生可能エネルギー導入配置例



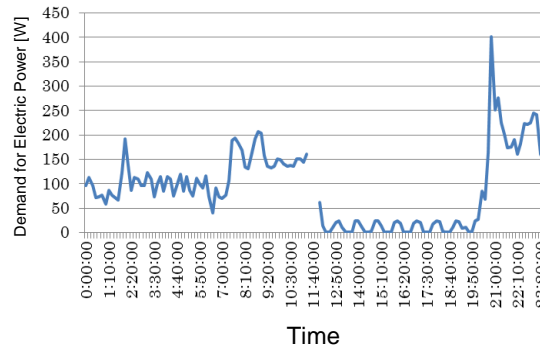
石垣島の需要・気象条件データ

需要推定における知識活用の可能性

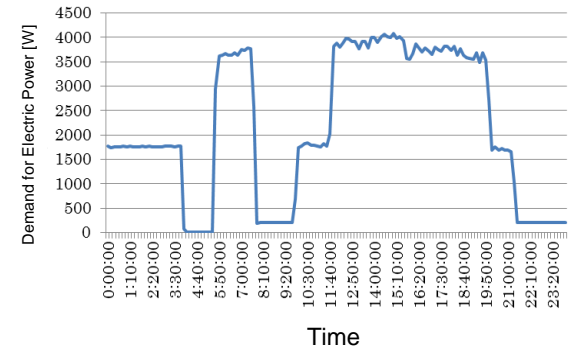
Restaurant Building



Room Building



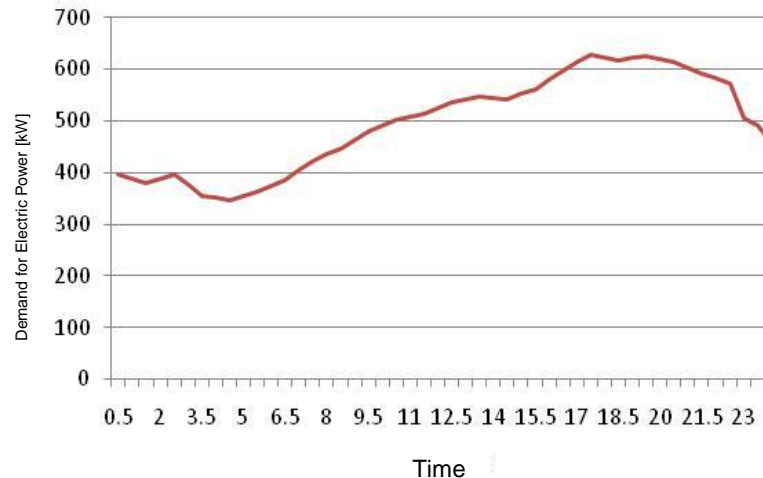
Lobby Building



...



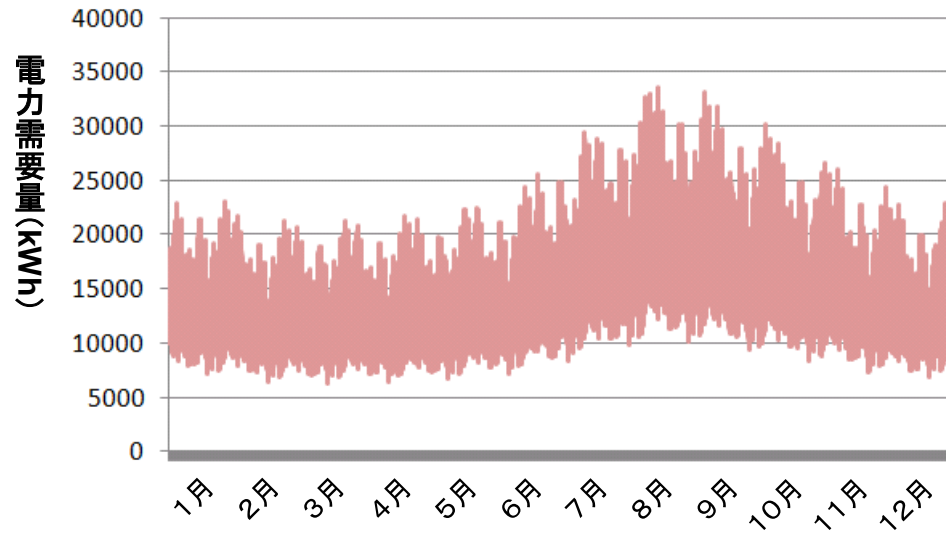
Entire Resort



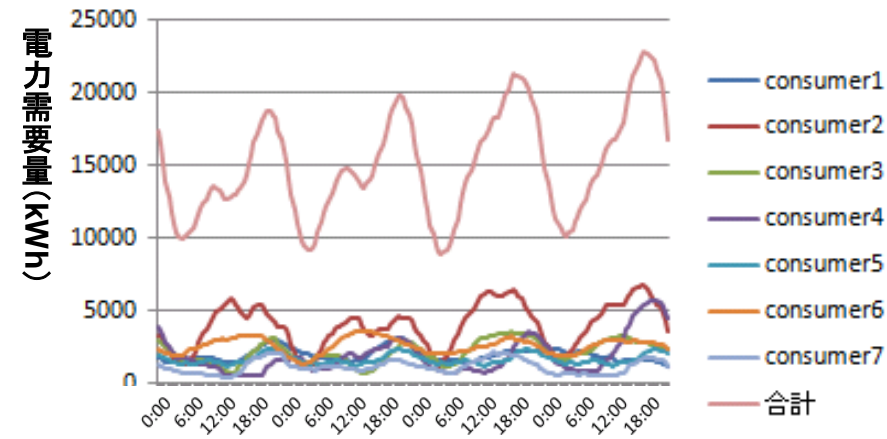
データがないと
シミュレーションできない？

需要変動(算出結果)

一年分電力需要量



7軒の電力需要量(1月1日~1月4日)



総電力需要量は先ほど推定した値

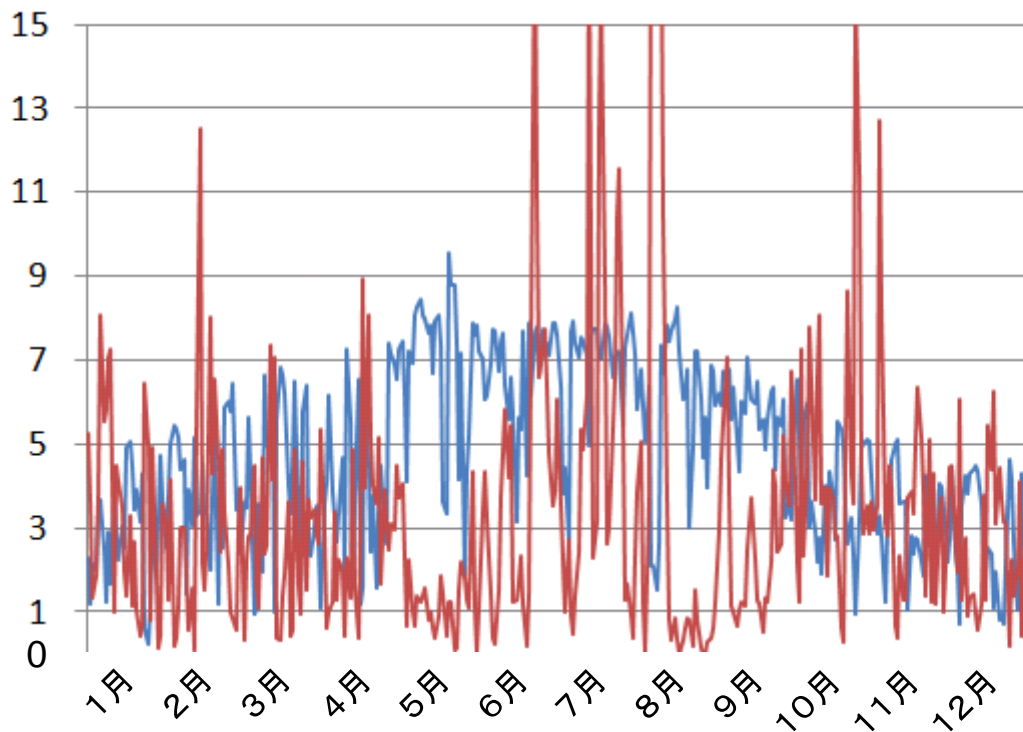
石垣島の電力需要量=267,150MWh/年

になるように設定されている。

自然エネルギー発電量について

自然エネルギーの発電量は気象庁ホームページの気象統計情報^(※1)から石垣島の気温、日射量、風力のデータを取得し、論文^(※2)より得られた算出式から計算した。

定格1kWあたり日次発電量



太陽光発電稼働率
19.68%

風力発電稼働率
14.56%

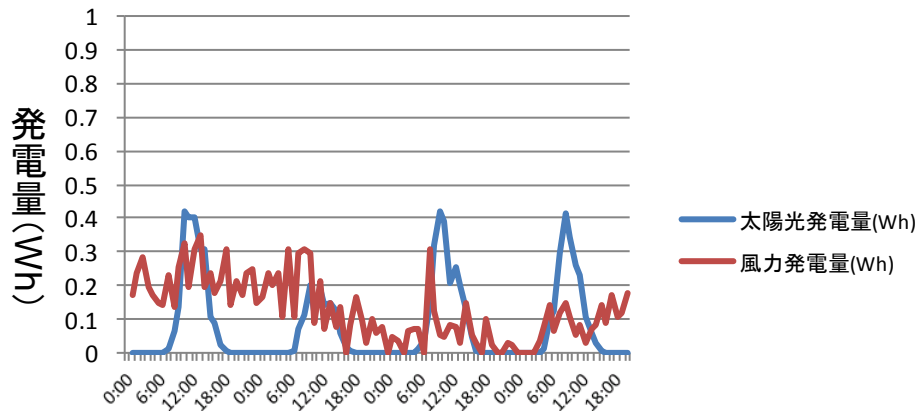
— 太陽光
— 風力

※1 気象庁ホームページ 気象統計情報 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

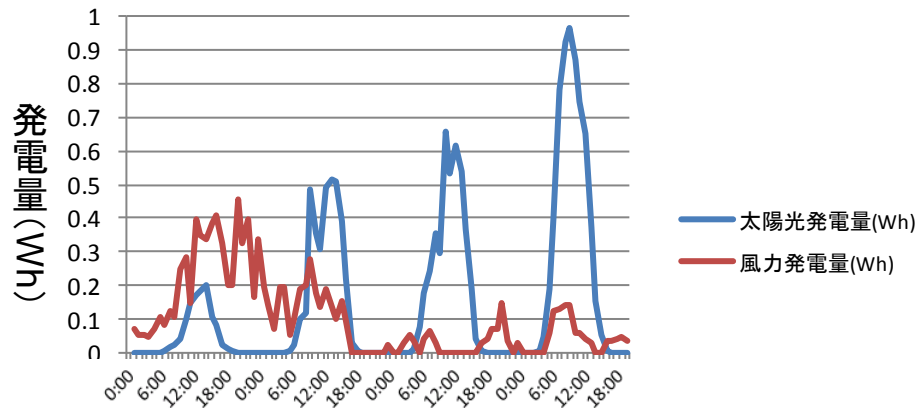
※2 参考論文 System modeling and online optimal management of Micro Grid using Mesh Adaptive Direct Search “
Frisal A.Mohamed , Heikki N.Koivo

石垣島季節別自然エネルギー発電量

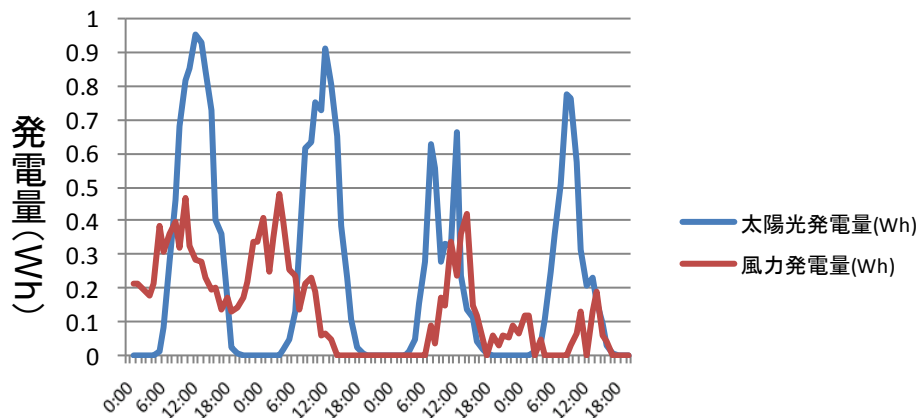
1月1日～1月4日の発電量



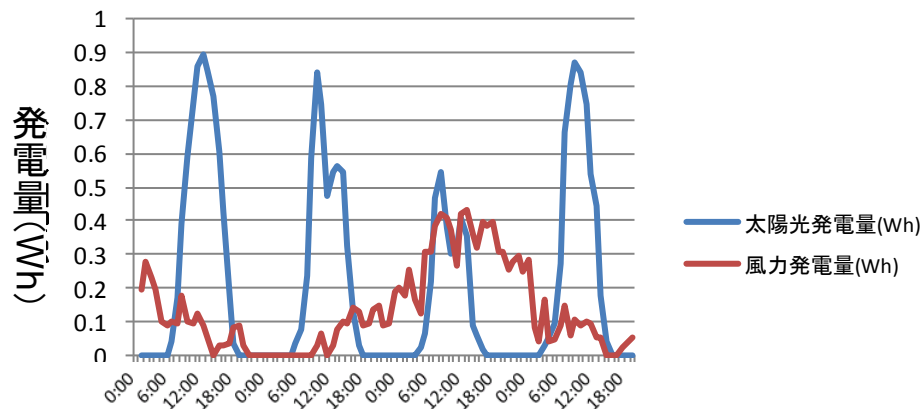
4月1日～4月4日の発電量



7月1日～7月4日の発電量



10月1日～10月4日の発電量



※定格1Wあたり

仕様設計法の8ステップ

開始

地域の選択

既存電力網の調査

目標の設定

電力需要データのモニタリング

RE発電の発電量データの
モニタリング

評価用データの入手

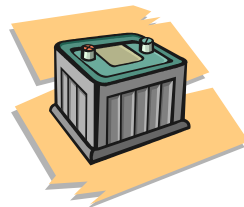
二次電池と再生可能エネルギー発電の導入箇所の決定

仕様設計シミュレーション

終了

既存の電力網に

二次電池



太陽電池

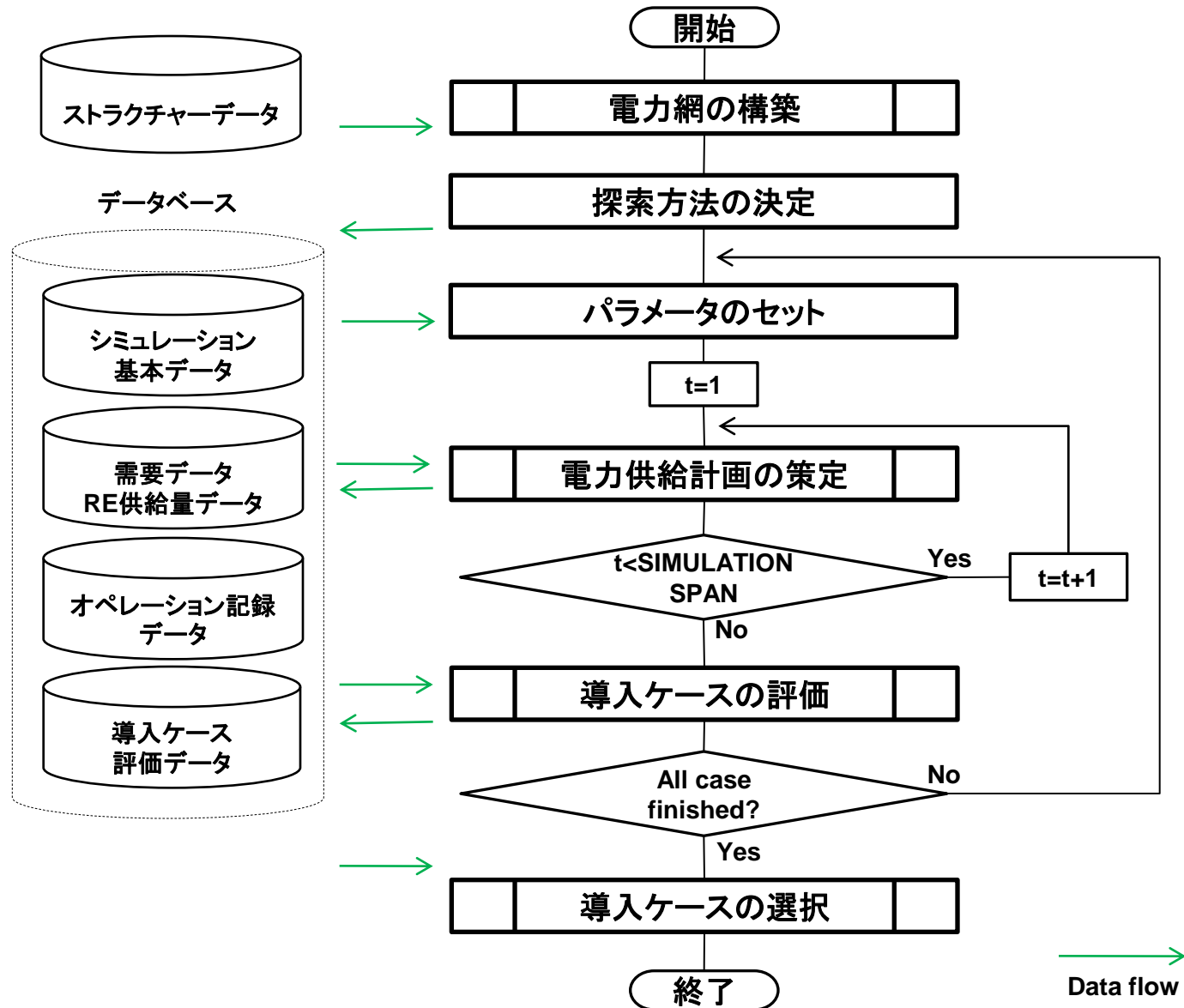


風力発電



を導入してその配置や導入量、二次電池の制御を最適化し、新しい電力システムを設計する

時間進行による仕様設計シミュレーション



シミュレーション結果

CO₂ 20%削減シナリオ
CO₂ 50%削減シナリオ
地産地消シナリオ

	20%削減ケース 1	20%削減ケース 2	50%削減ケース	地産地消ケース
二次電池	50[MWh]	200[MWh]	150[MWh]	1500[MWh]
太陽電池	30[MW]	28[MW]	72[MW]	240[MW]
風力発電	2[MW]	6[MW]	28[MW]	140[MW]
CO ₂ 削減率	20.3[%]	20.8[%]	50.1[%]	100[%]

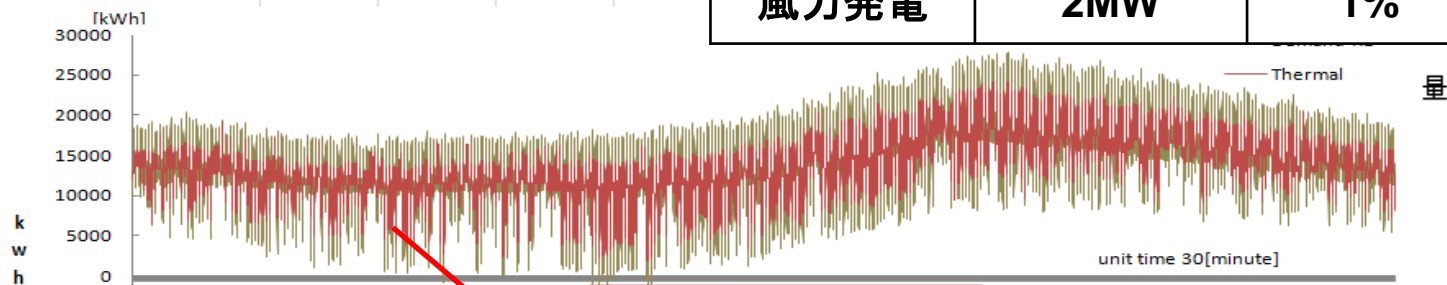
電池少

電池多

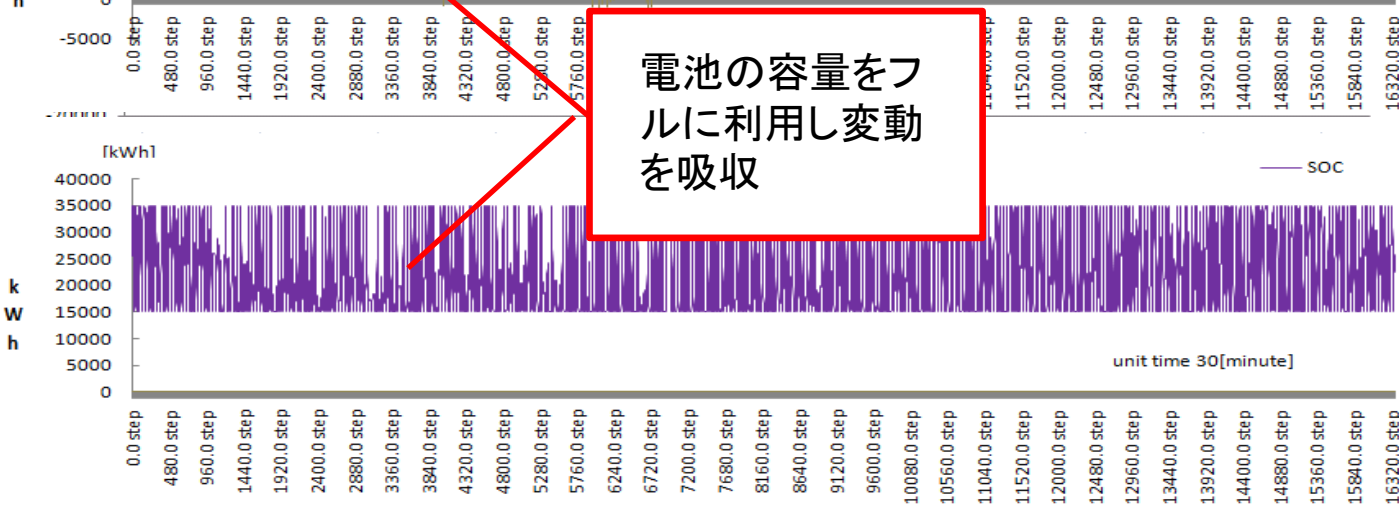
CO₂ 20%削減プラン

二次電池	50MWh	0.07日分
太陽光発電	30MW	19%
風力発電	2MW	1%

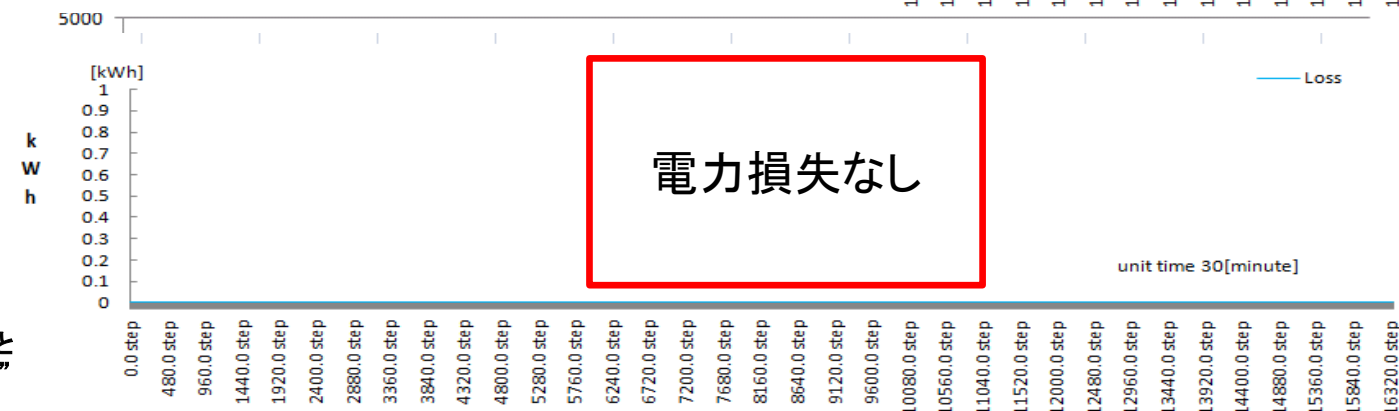
火力発電供給量
(電池あり・なし)



二次電池充放電



電力損失



電池の容量をフルに利用し変動を吸収

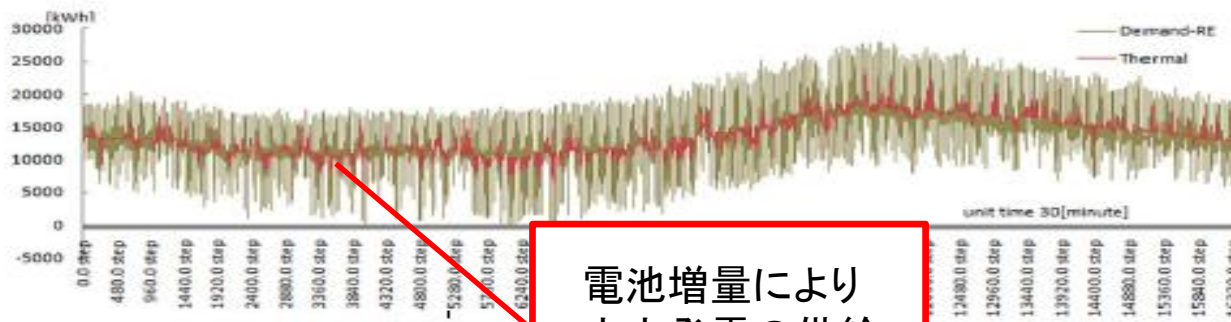
電力損失なし

※1 電池無しの火力発電供給量とは“需要 - 自然エネルギー発電量”と同値である

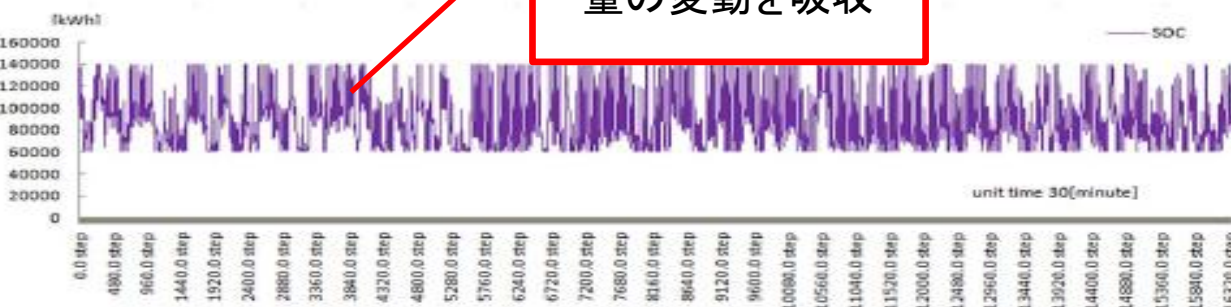
CO₂ 20%削減プラン

二次電池	200MWh	0.27日分
太陽光発電	28MW	18%
風力発電	6MW	3%

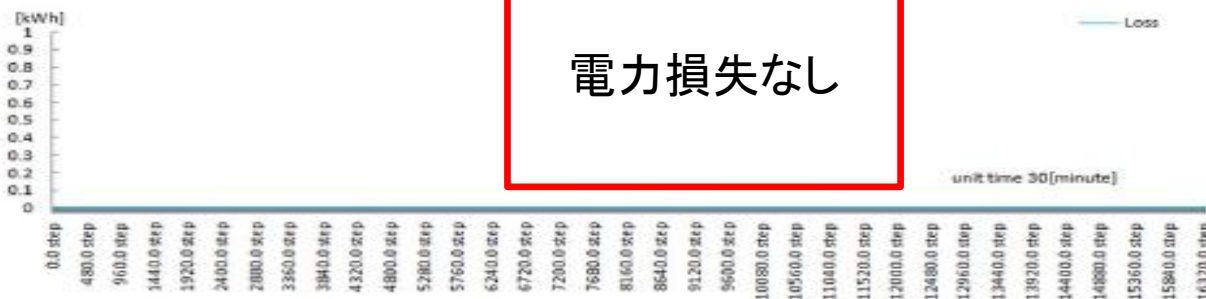
火力発電供給量
(電池あり・なし)



二次電池充放電



電力損失



※1 電池無しの火力発電供給量、
は“需要 - 自然エネルギー発電量
と同値である

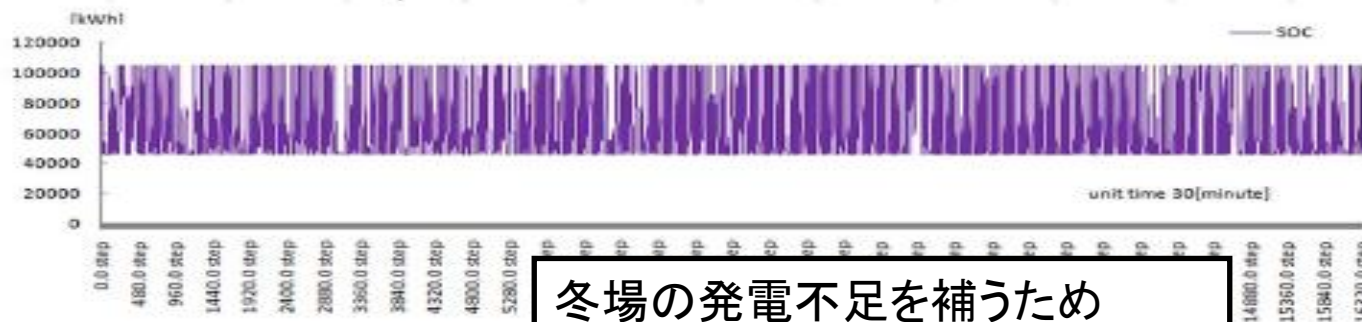
CO₂ 50%削減プラン 結果分析

二次電池	200MWh	0.20日分
太陽光発電	28MW	46%
風力発電	6MW	13%

火力発電供給量
(電池あり・なし)

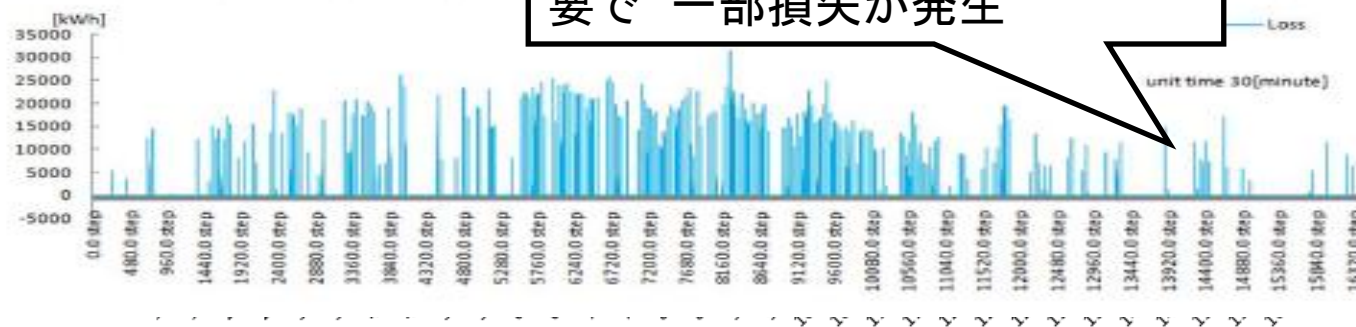


二次電池充放電



冬場の発電不足を補うため
59%の再生エネルギー導入必要で 一部損失が発生

電力損失

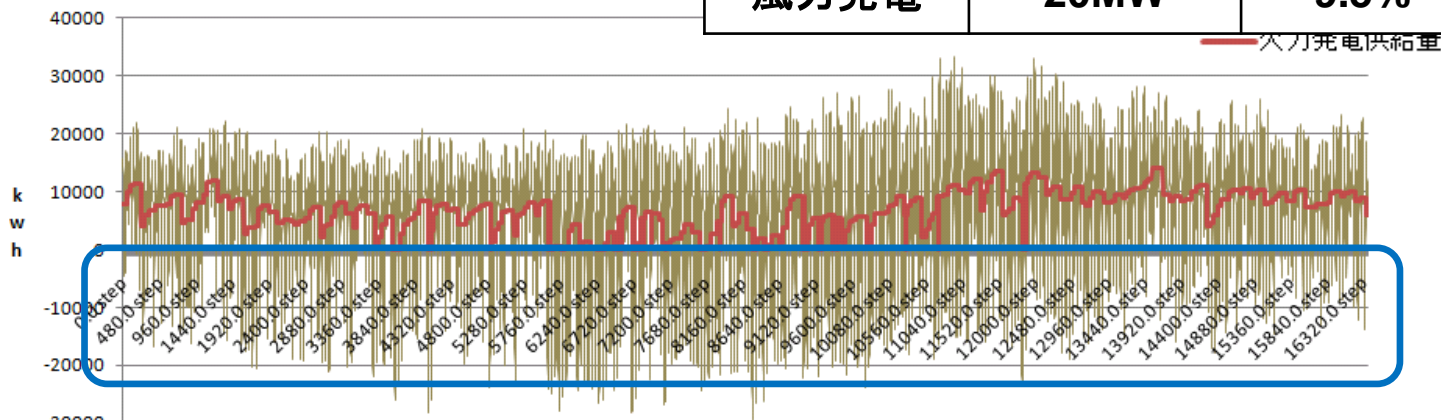


※1 電池無しの火力発電供給量は“需要 - 自然エネルギー発電量”と同値である

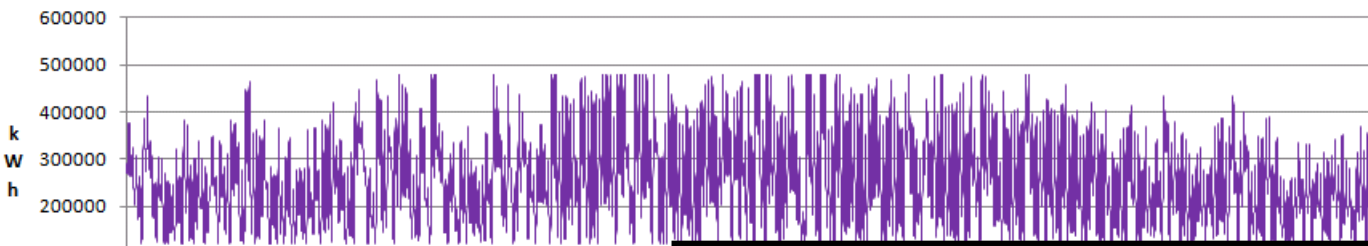
CO₂ 50%削減プラン 結果分析例

二次電池	600MWh	0.82日分
太陽光発電	70MW	45%
風力発電	20MW	9.5%

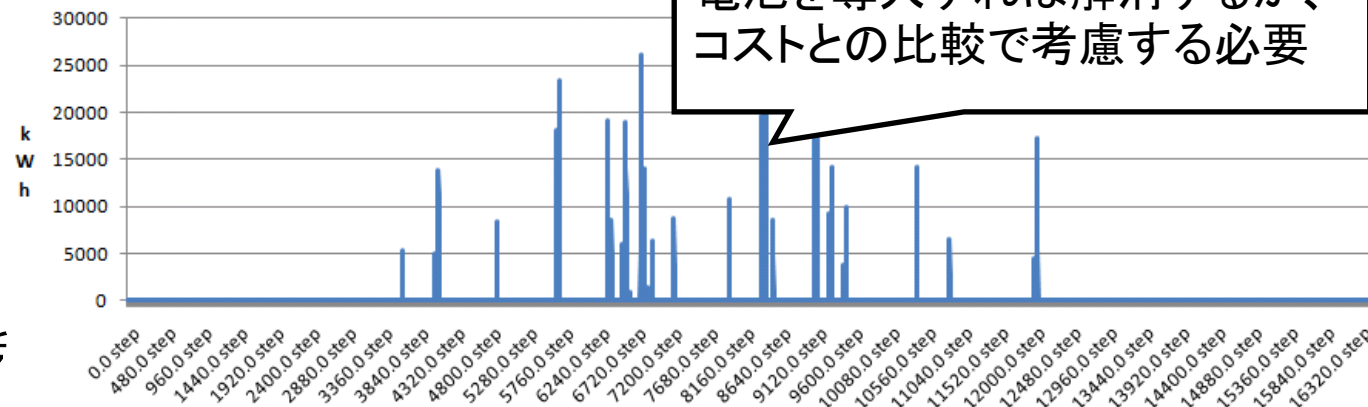
火力発電供給量
(電池あり・なし)



二次電池充放電



電力損失



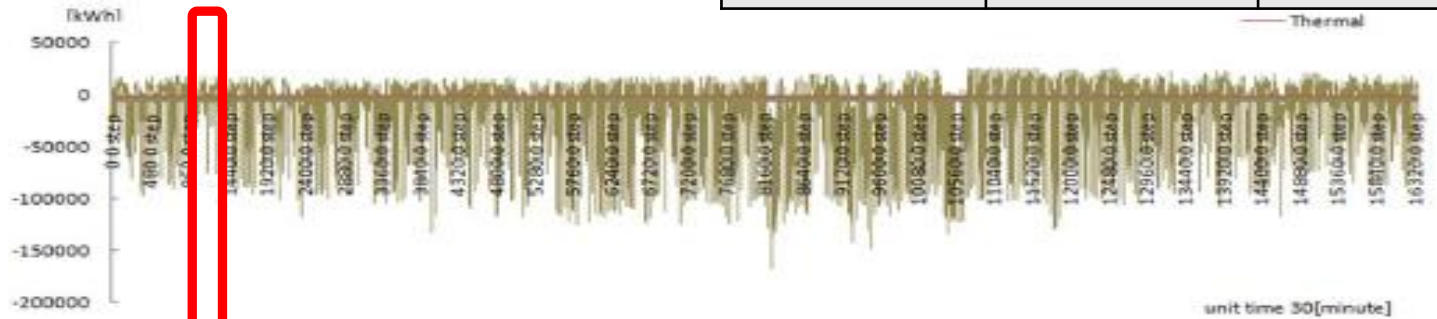
電池を導入すれば解消するが、コストとの比較で考慮する必要

※1 電池無しの火力発電供給量は“需要 - 自然エネルギー発電量”と同値である

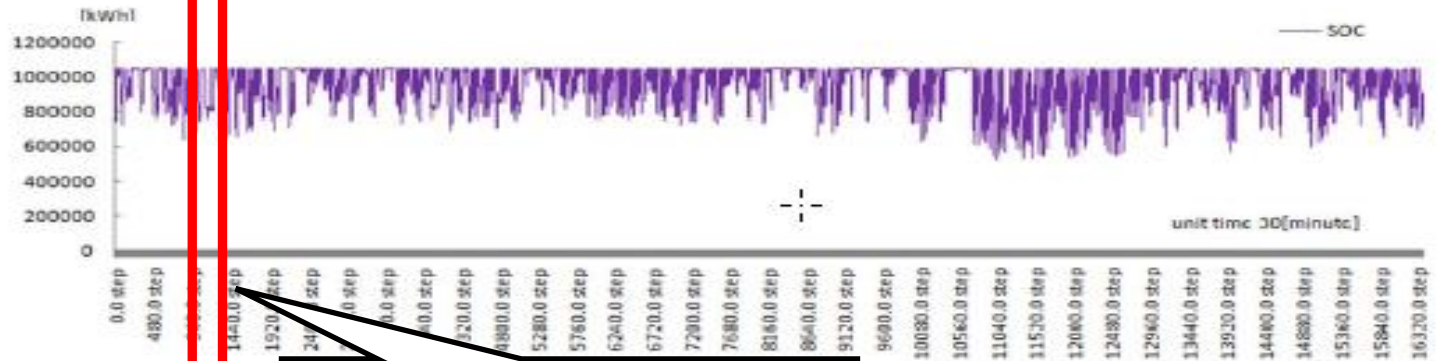
地産地消プラン 結果分析例

二次電池	1500MWh	2.73日分
太陽光発電	240MW	154%
風力発電	140MW	67%

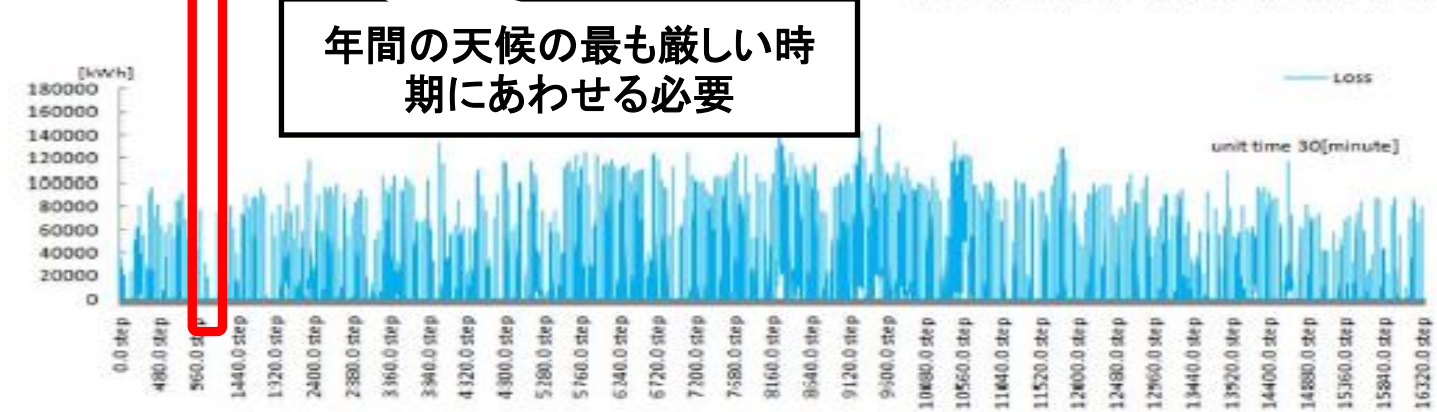
火力発電供給量
(電池あり・なし)



二次電池充放電



電力損失



年間の天候の最も厳しい時期にあわせる必要

※1 電池無しの火力発電供給は“需要 - 自然エネルギー発電”と同値である

シミュレーション結果

CO₂ 20%削減プラン①②

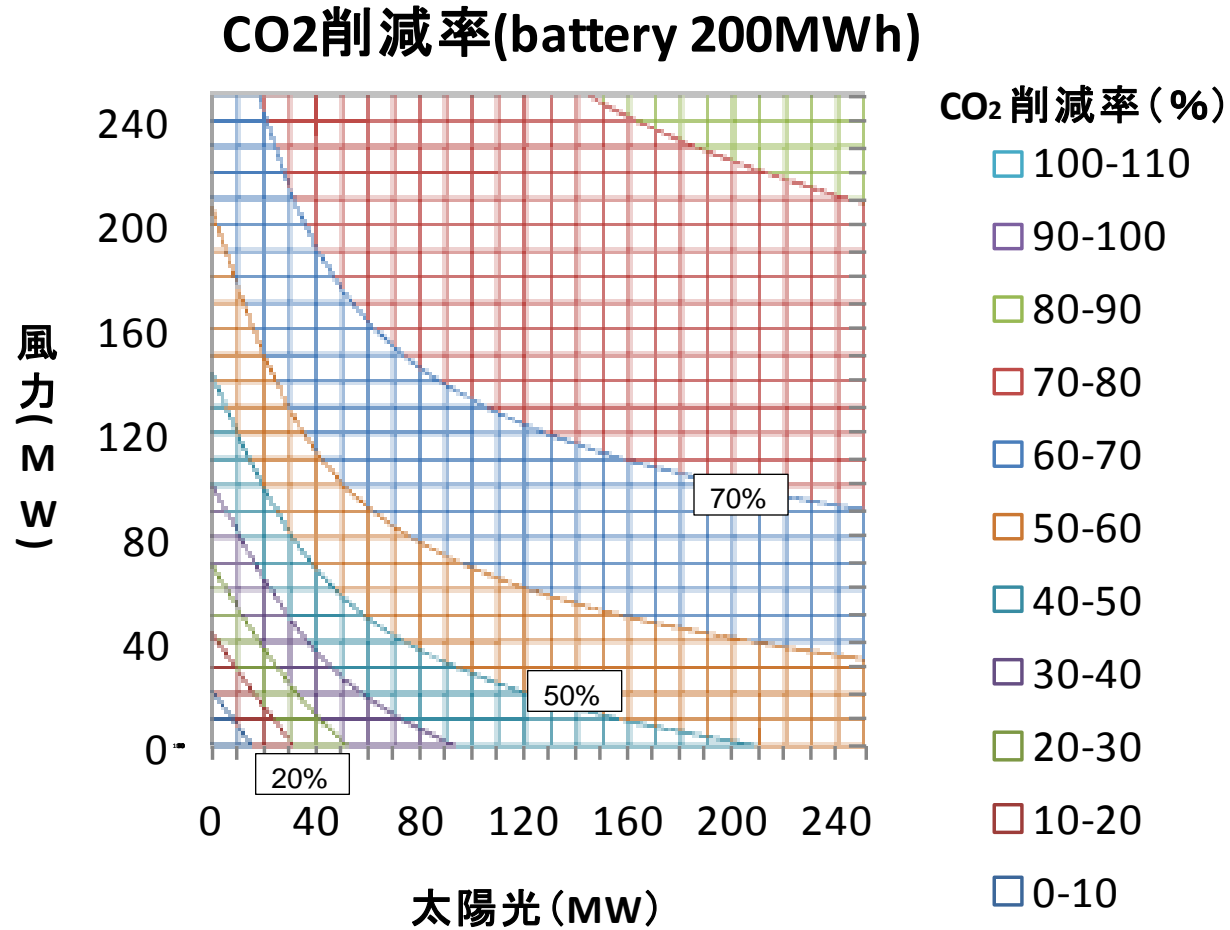
CO₂ 50%削減プラン

地産地消プラン

	20%削減ケース 1	20%削減ケース 2	50%削減ケース	地産地消ケース
二次電池	50[MWh]	200[MWh]	150[MWh]	1500[MWh]
太陽電池	30[MW]	28[MW]	72[MW]	240[MW]
風力発電	2[MW]	6[MW]	28[MW]	140[MW]
CO ₂ 削減率	20.3[%]	20.8[%]	50.1[%]	100[%]

	20%削減ケース 1	20%削減ケース 2	50%削減ケース	地産地消ケース
投資回収年数	12.3[年]	27.9[年]	17.7[年]	解無
年間利得	16.4[億円]	16.8[億円]	39.3[億円]	76.6[億円]
初期費用	188[億円]	259[億円]	590[億円]	2560[億円]

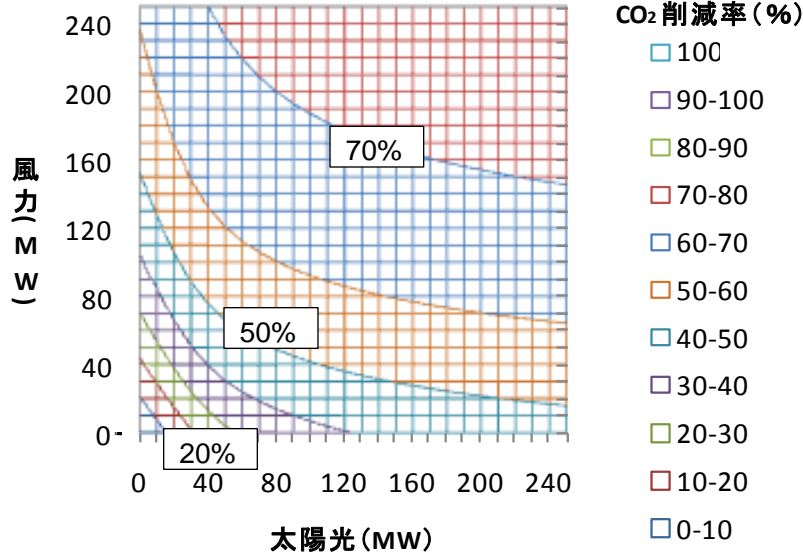
自然エネルギーの導入量とCO₂削減量



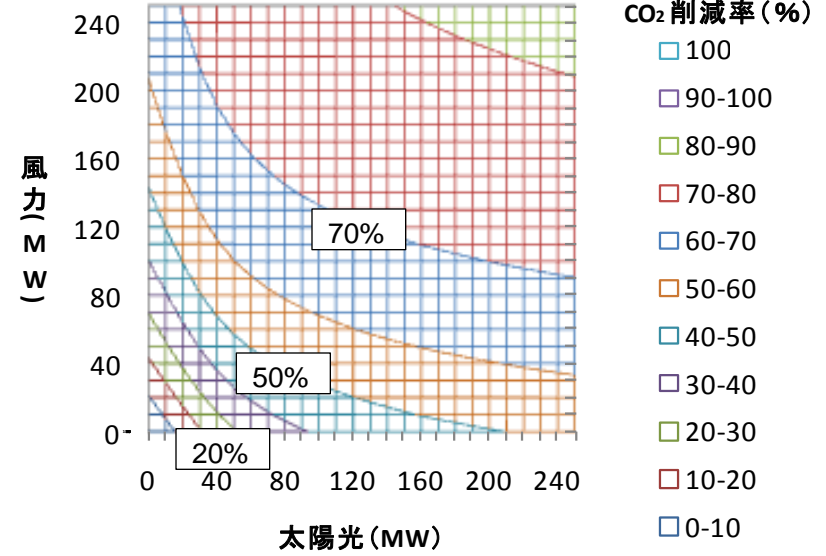
自然エネルギーの導入量とCO2削減量

まずは20-50%削減を目指すべき

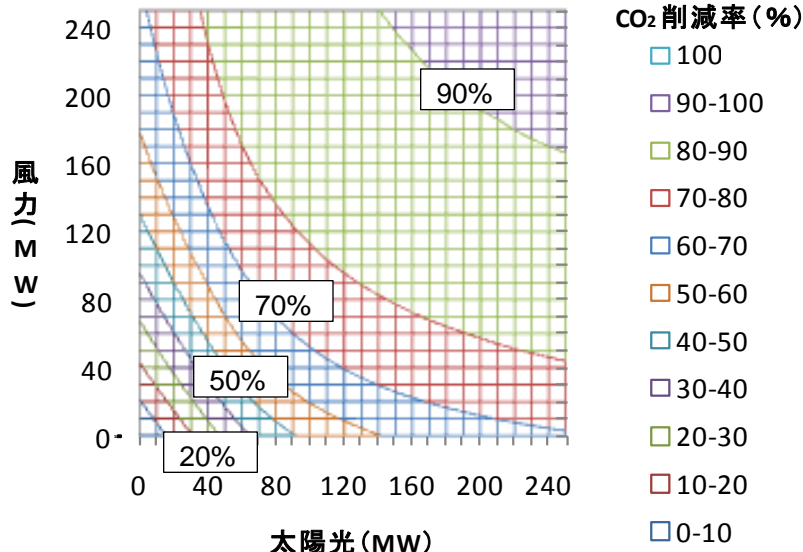
CO2削減率(battery 0MWh)



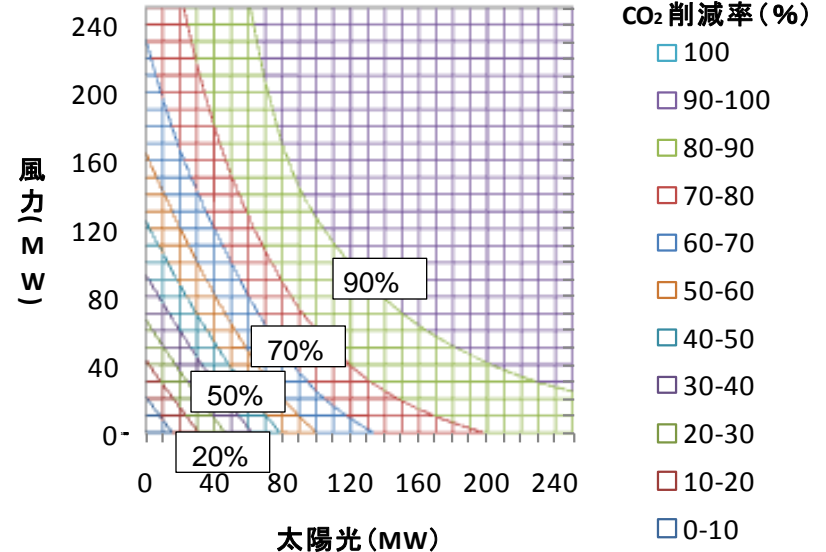
CO2削減率(battery 200MWh)



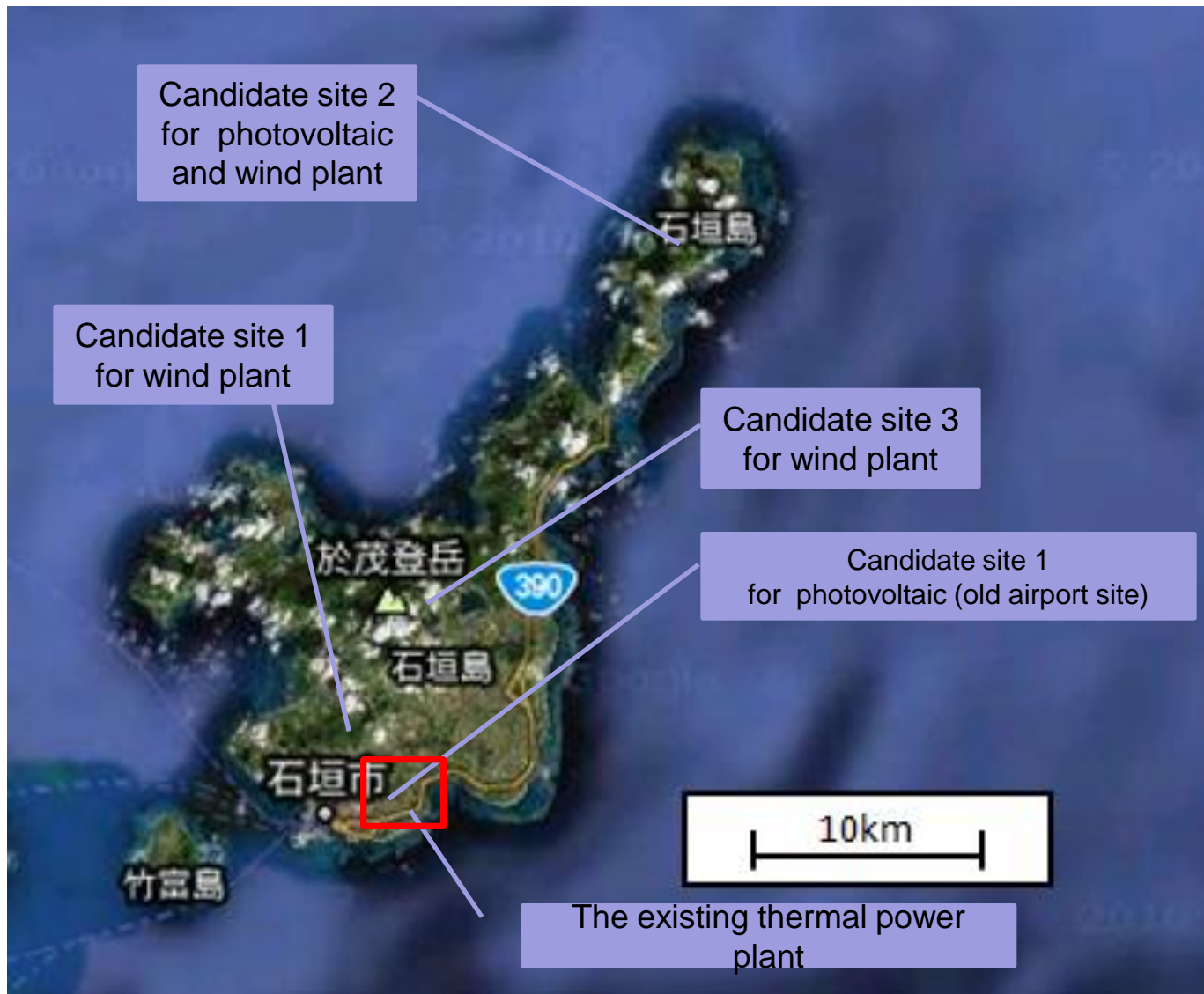
CO2削減率(battery 400MWh)



CO2削減率(battery 600MWh)



石垣島導入集中配置導入候補地 20%削減ケース



20%削減ケース太陽電池導入値 28MW_p



20%削減ケース風力発電入候補地 2MWp



連絡先

田中謙司

kenji_tanaka@sys.t.u-tokyo.ac.jp

03-5841-6522