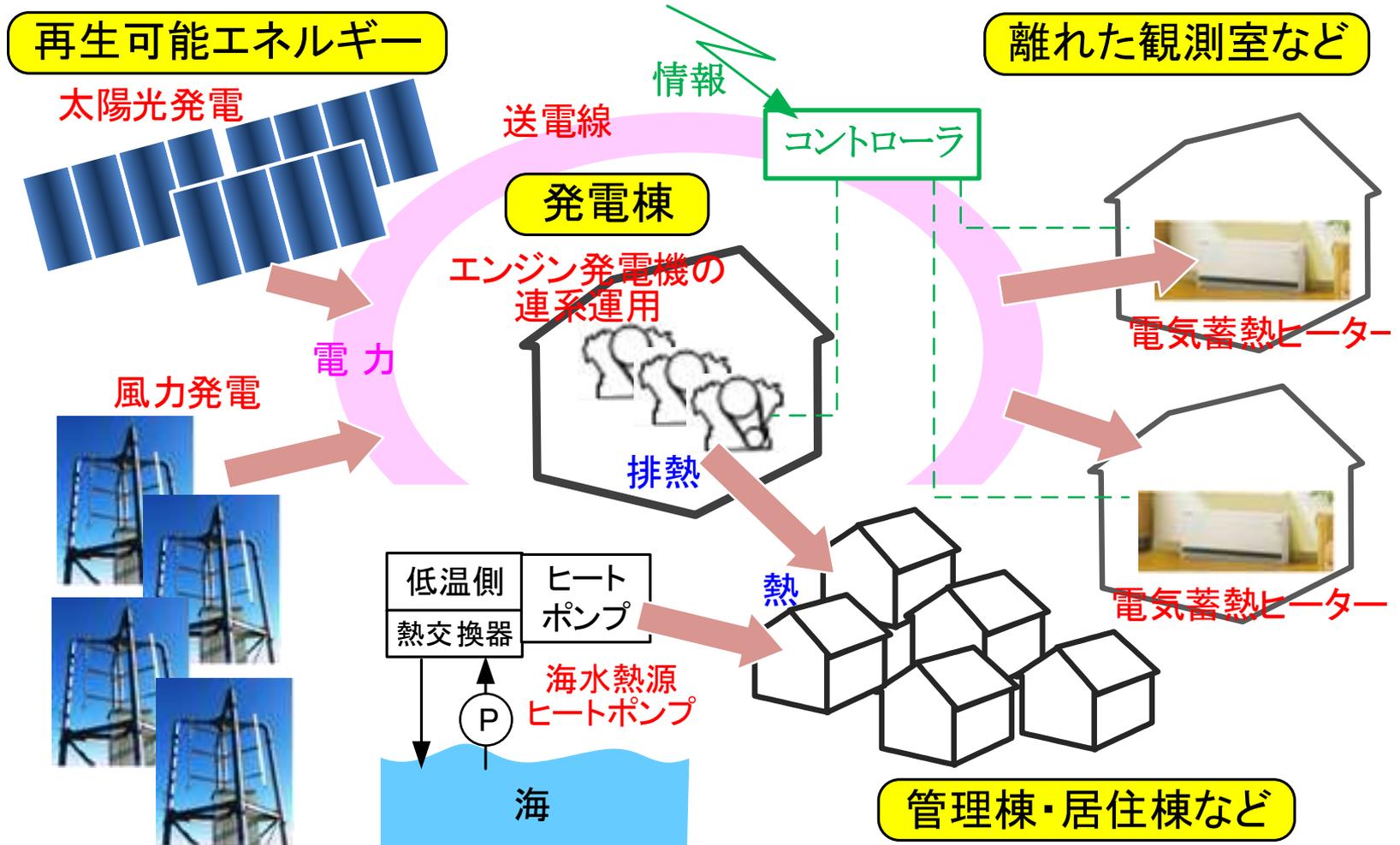


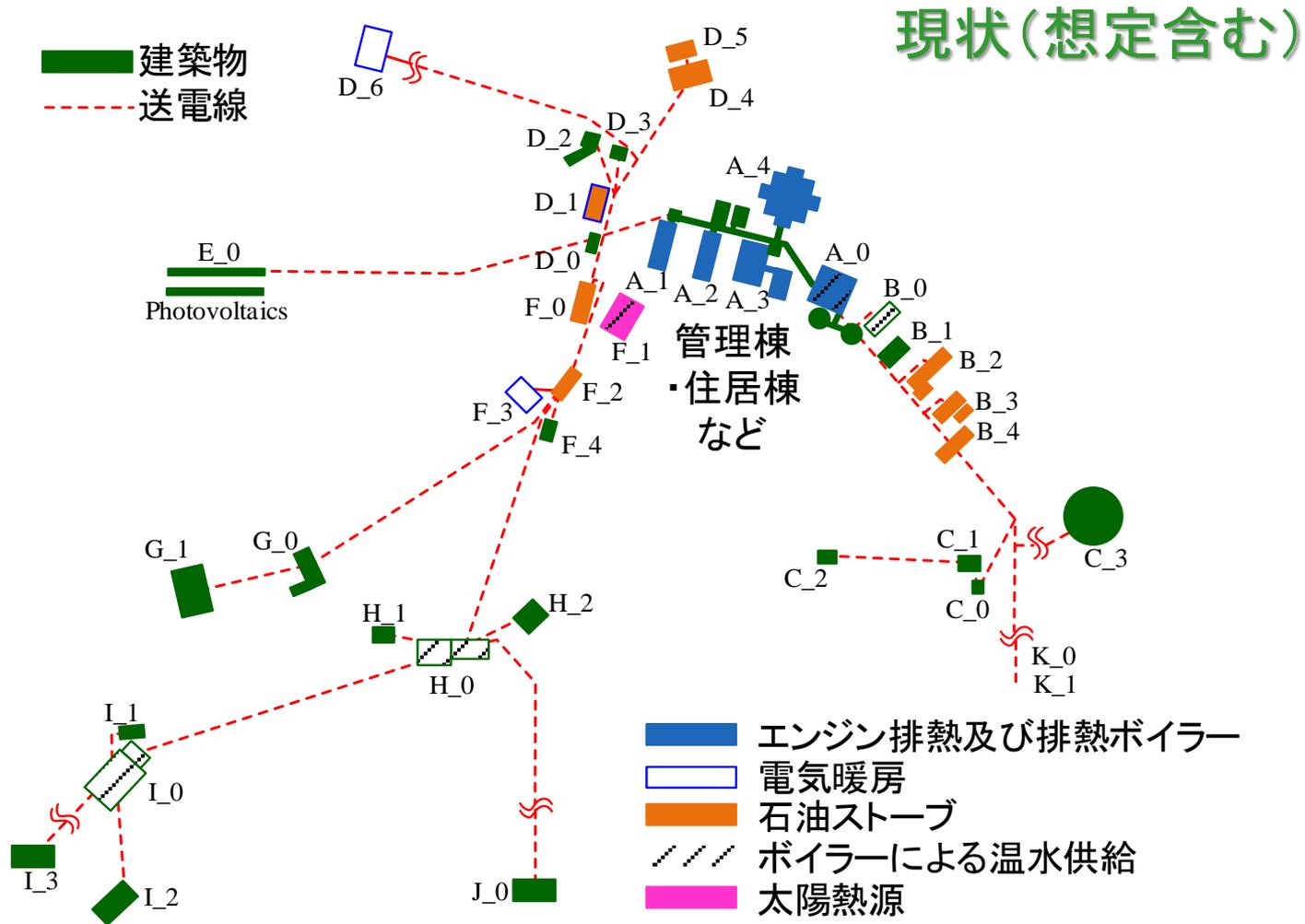
昭和基地グリーンマイクログリッドの運用計画

2014年6月10日 第11回南極設営シンポジウム
小原 伸哉 (北見工大)、金井 拓哉 (北見工大院)
大内 泰輝 (北海道電力)、石沢 賢二 (極地研)

提案昭和基地グリーンマイクログリッドの計画

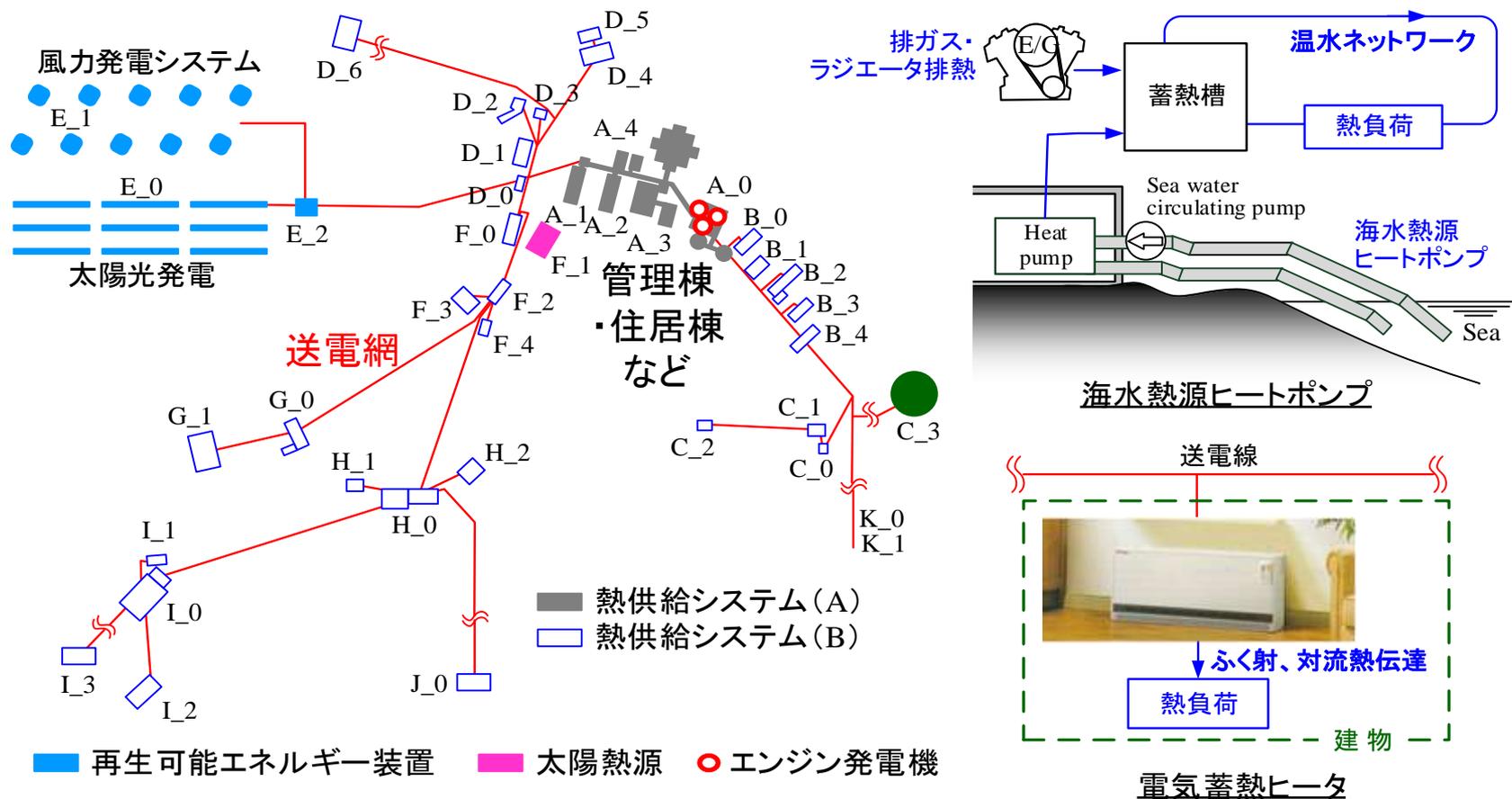


昭和基地のエネルギー供給方法(51次隊)



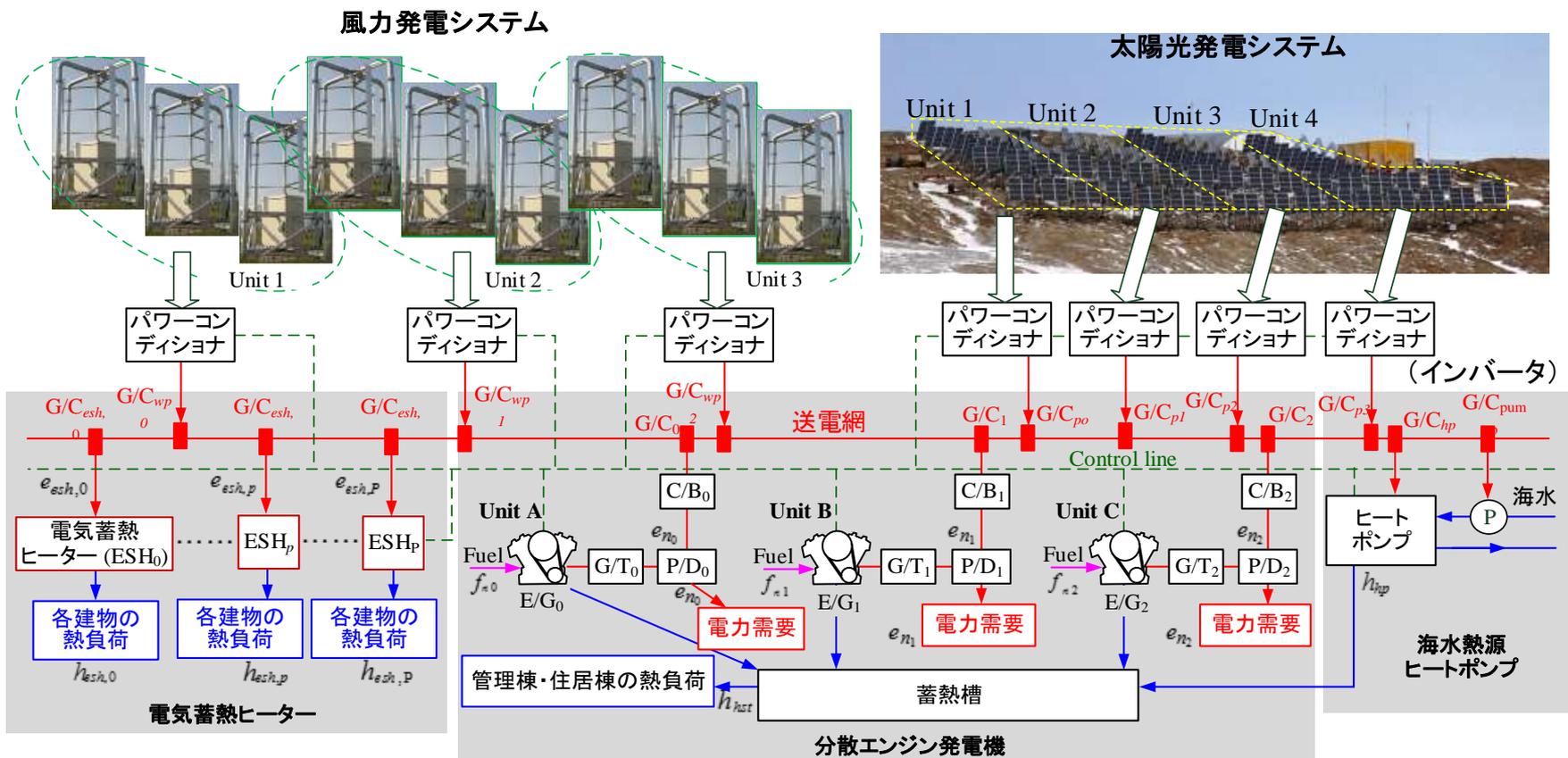
提案システム

(分散方式、海水ヒートポンプ、電気蓄熱ヒーター、高いRE割合)



- 再生可能エネルギーの電力変動を電気蓄熱ヒーターとヒートポンプで安定化
- さらに、これらを制御することで、分散エンジン発電機の負荷率・効率を増加
- ◎蓄電池の設置を想定しない

マイクログリッドの概要



C/B: 遮断器 E/G: エンジン ESH: 電気蓄熱ヒーター G/C: 系統連系器 G/T: 発電機 P/D: 分配器 (P) Pump

研究の目的

◎ねらい「化石燃料消費量の削減」
(及び住環境の安全・快適性)

(方法)

- ・再生可能エネルギーの割合を増やす
- ・海水熱源ヒートポンプ及び電気蓄熱ヒータの導入
- ・分散エンジン発電機の台数制御を導入
- ・システムの運用方法の最適化

◎課題「大量の再生可能エネルギーを導入する際の、
①燃料削減効果と、②電力・熱の安定供給」



本研究では、再生可能エネルギーの導入量と
燃料削減量の関係を調査

解析に用いたデータが掲載されている文献

- Nishikawa S**, Abiko H, Kurihara J, Ishizawa K, Endo N. Fundamental study for introduction of renewable energy into Syowa base, IEEJ transactions on power and energy, Transactions of IEE Japan 2011;131(9);778-785. (in Japanese)
- National Institute of Polar Research Japan**. Present condition of the energy equipment of Syowa base, The 1st South Pole green energy use examination WG 2011;4-30.
- National Institute of Polar Research Japan**. Present condition of the energy equipment of Syowa base, The 2nd South Pole green energy use examination WG 2011;1-66.
- Homepage of **Japan Metrological Agency**.
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>;2014
- Homepage of **Denyo Co., Ltd.** <http://www.denyo.co.jp/english/index.html>;2014.
- 51次隊(2009年～2010年)のデータを使用。

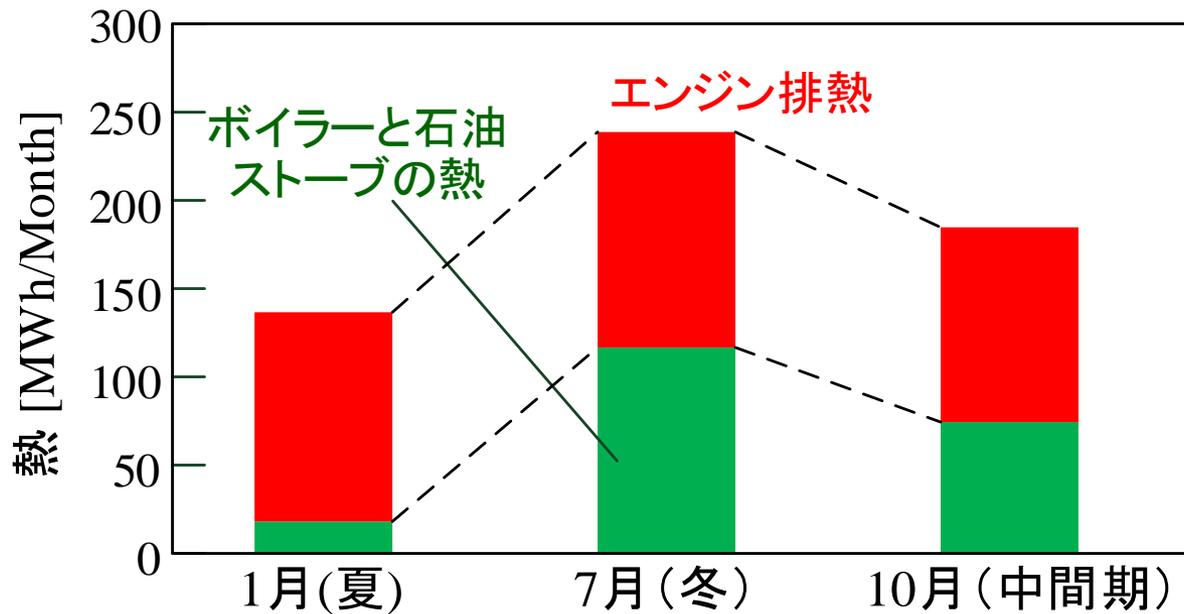
化石燃料の消費量(51次隊)

Fuel for power generation	JIS K 2204 (diesel)	430 kL
Fuel for boiler and heaters	JP-5 (jet fuel)	87 kL
Other		90 kL

430kLのディーゼル燃料には、昭和基地全体の電力需要のほかに、居住棟、管理棟、発電棟、倉庫棟、汚水処理棟(A 0からA 4)の暖房、給湯、解氷(生活水)に要する熱供給が含まれる。

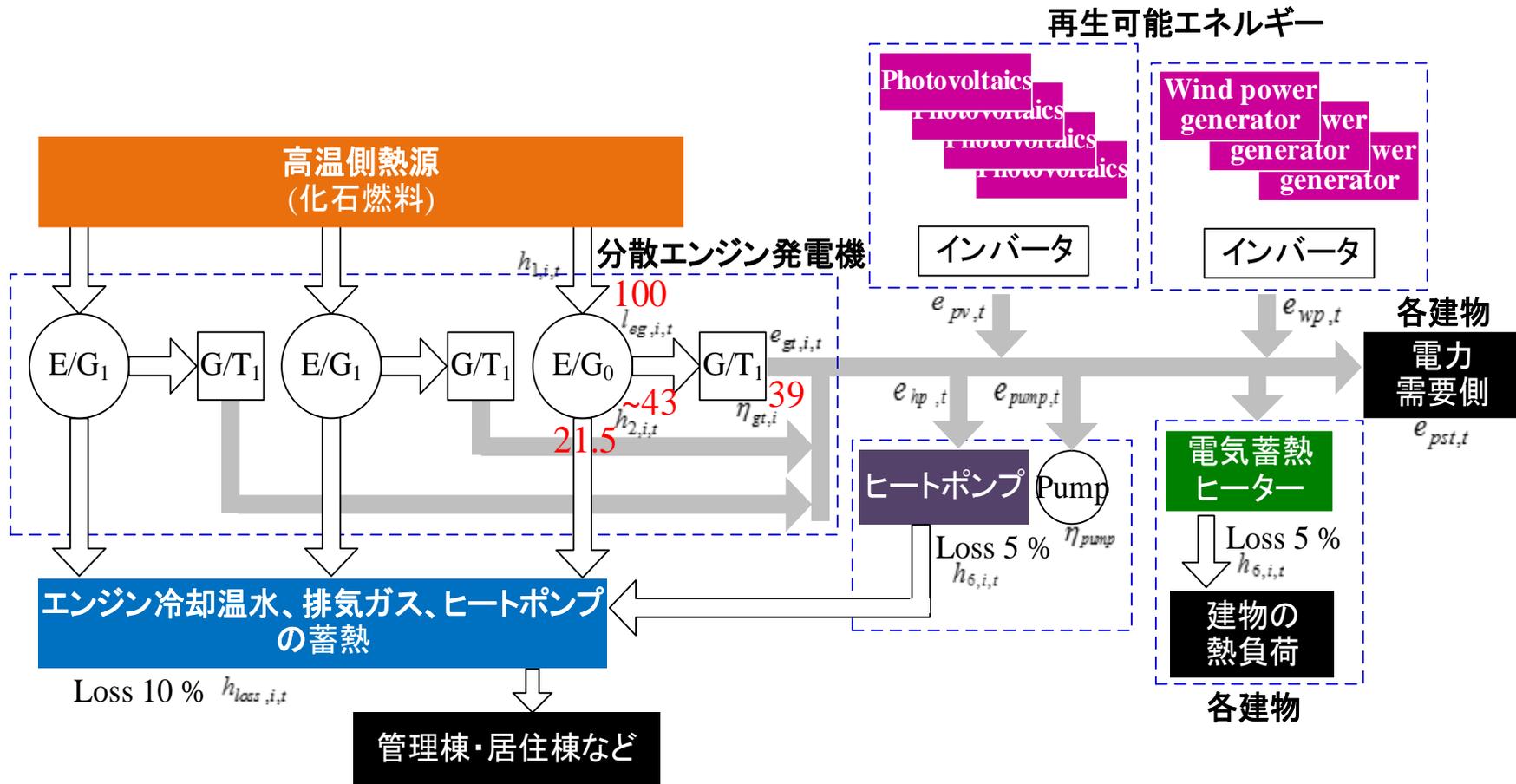
さらに、上で述べた施設以外の暖房については、年間に87kLのJP-5燃料により供給される。

51次隊の熱負荷の実績

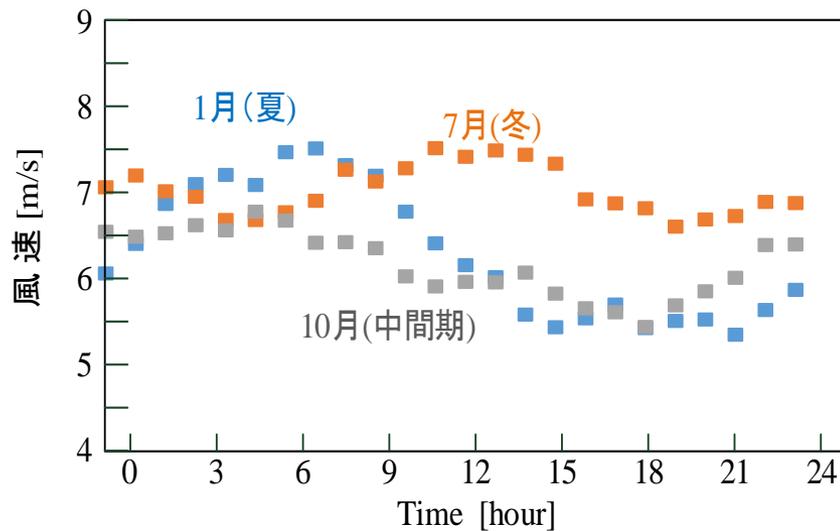


熱需要に対してエンジン発電機から供給可能な排熱の割合は、夏期には86%であるが、冬期には51%まで低下する。

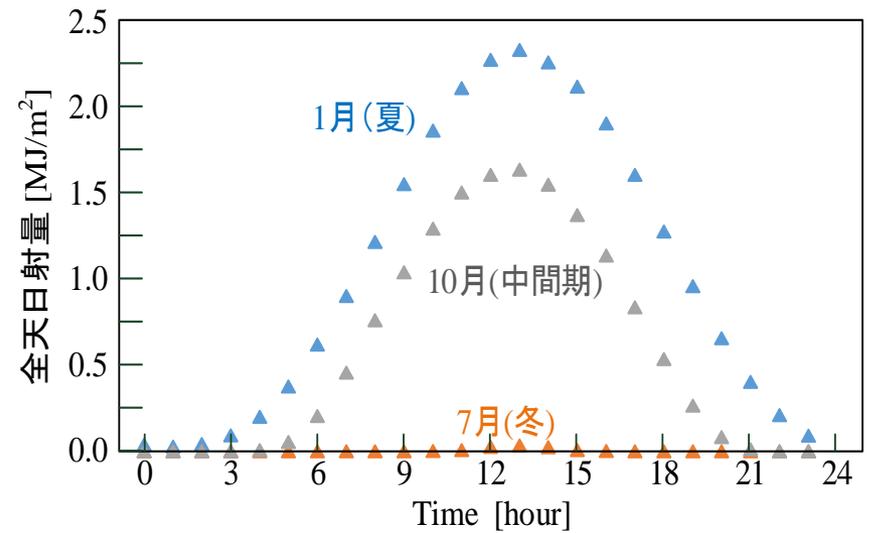
マイクログリッドのエネルギーフロー



昭和基地の気象データ



平均風速

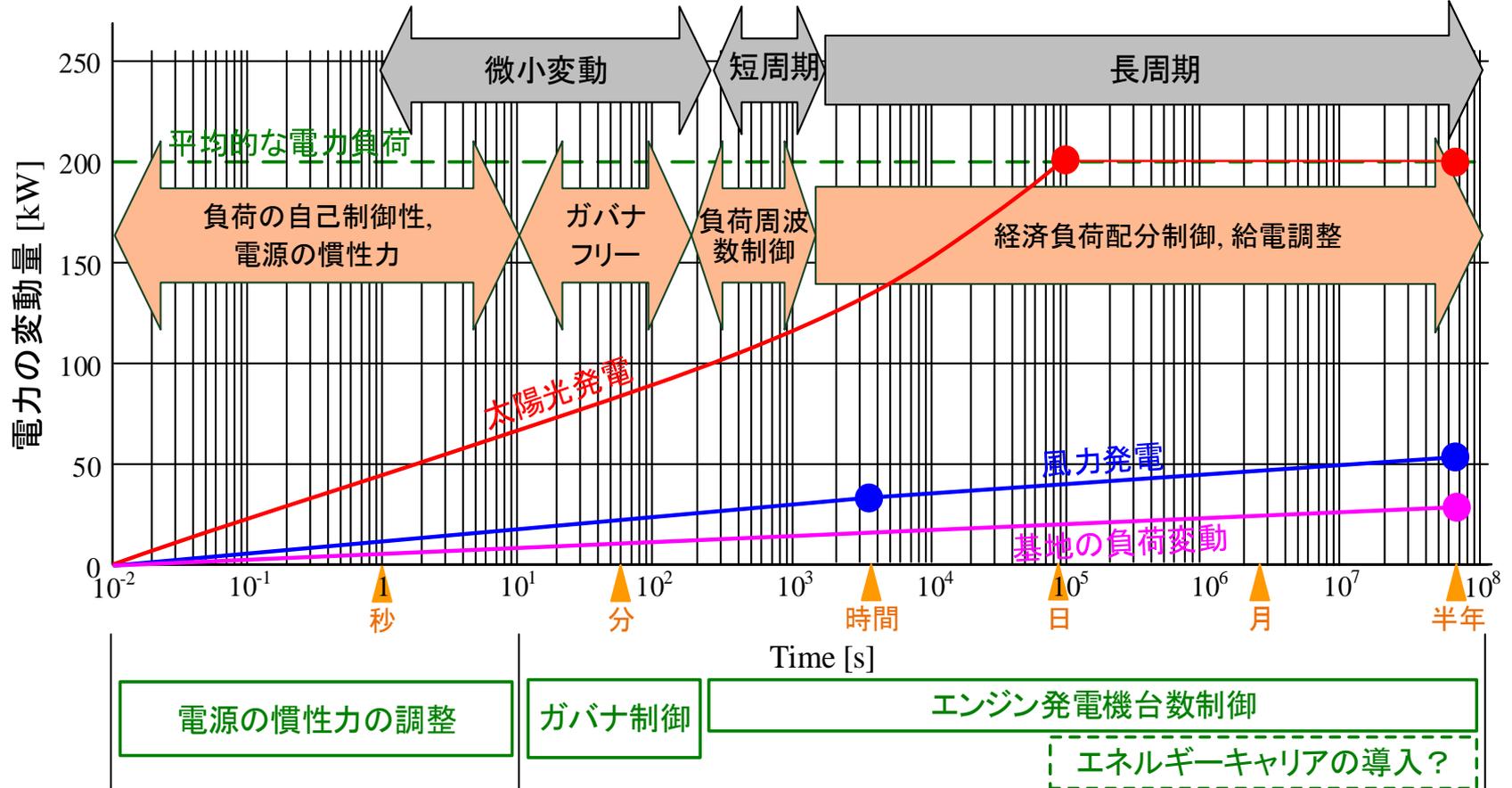


平均全天日射量

2009年から2013年の時刻毎の平均値
 (気象庁 過去の気象データより)

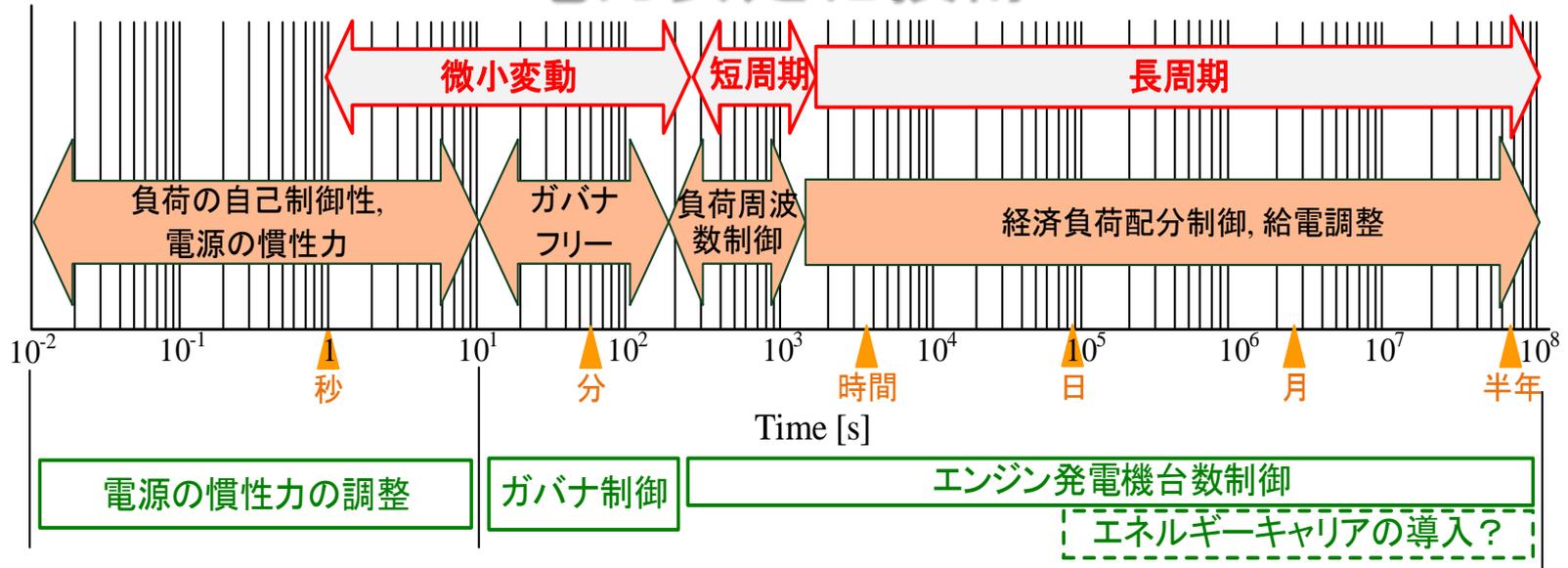
昭和基地の電力変動

太陽光発電 200kW、風力発電 200kWの導入を想定



風力発電の変動量の高精度な見積もりが必要

電力安定化技術



◎微小変動

電力網には慣性力が必要で、負荷変動や再生可能エネルギーの変動は、この慣性力で抑制される。したがって、インバータを使用する再生可能エネルギーの導入量が増加すると、エンジン発電機の慣性力(フライホイール)を設計する必要がある。

◎短周期変動

分散エンジンの台数制御で対応することができる。

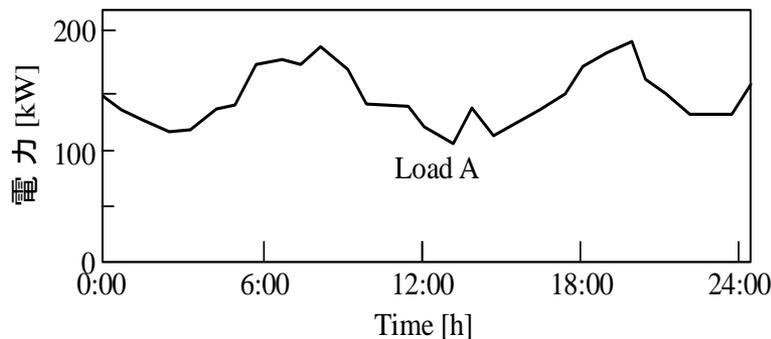
◎長周期変動

エンジンの台数制御で対応可能である。一方、太陽光発電の稼働率は低く、化石燃料の消費削減の効果は十分ではない。長期の蓄電技術が導入できれば上で述べた問題は解決する。

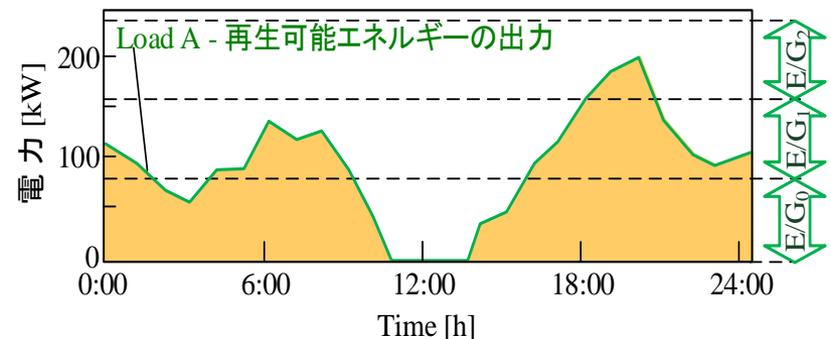
(今後、スマートグリッドシミュレータ及びMATLAB/Simulinkで電力品質を解析する)

運用計画の方法

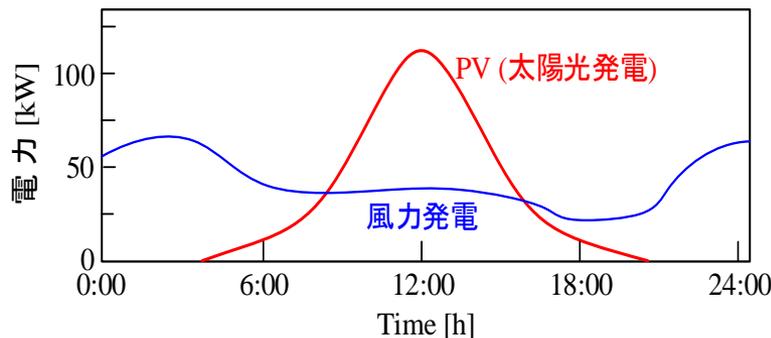
- ◎エンジンの台数制御により、再生可能エネルギーの出力変動に対応する。
- ◎ヒートポンプと電気蓄熱ヒータの運用を制御して負荷率を上げ、効率の低い部分負荷運転を抑制する。



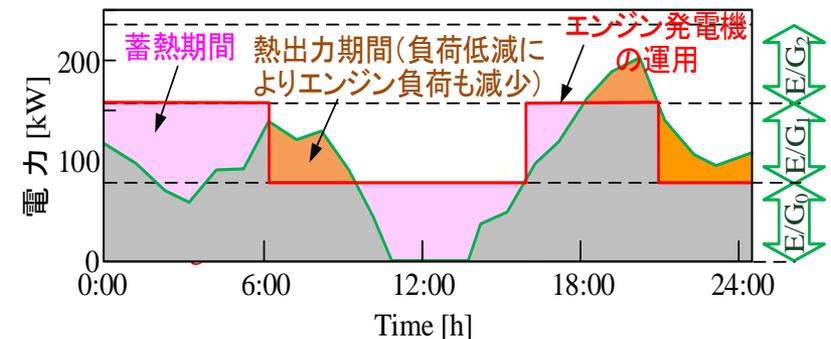
(a) 基地の電力負荷パターン



(c) 送電網の電力負荷(エンジン発電機で対応)



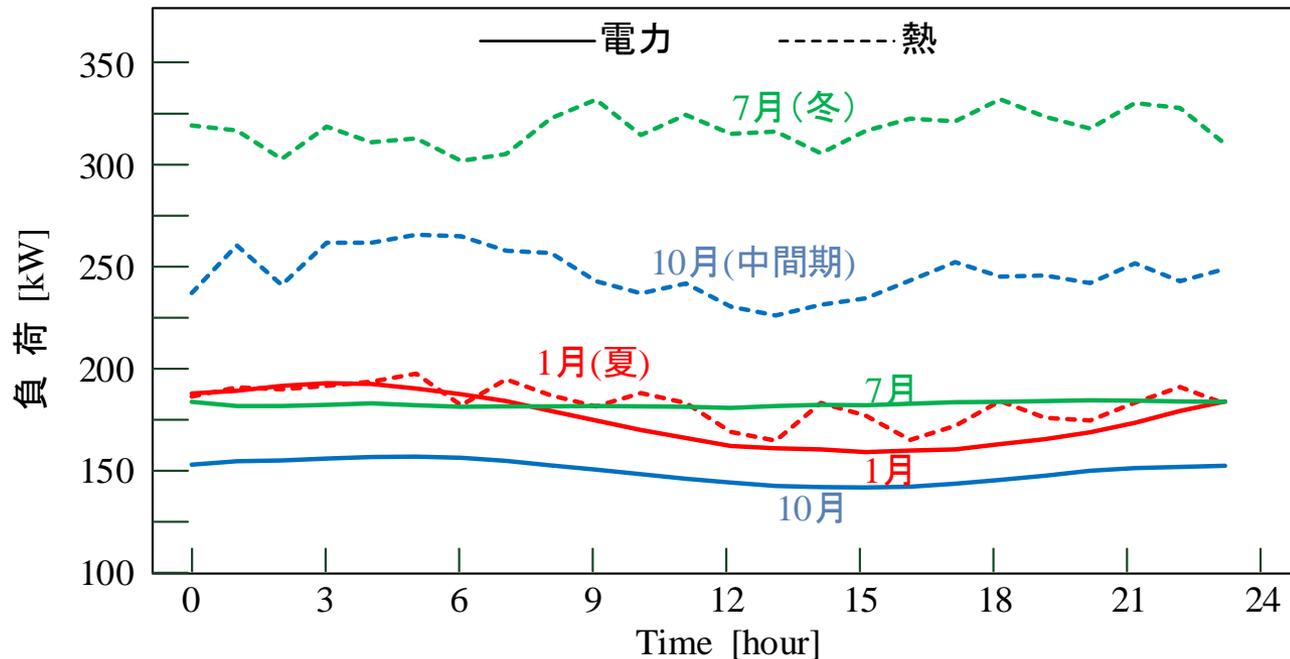
(b) 再生可能エネルギーの出力



(d) ヒートポンプと電気蓄熱ヒータによるエンジン発電機の負荷制御

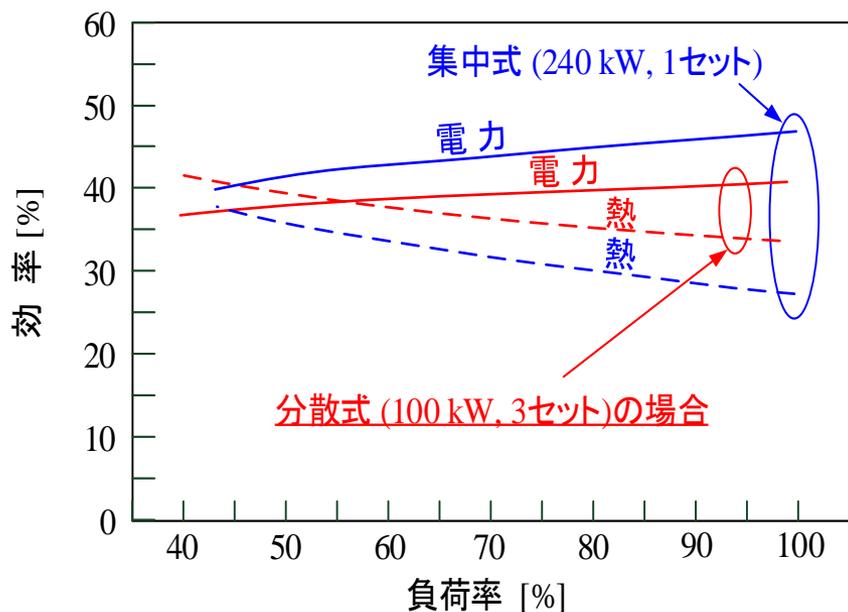
エネルギー需要特性のモデル

負荷変動の実績範囲でランダムに作成

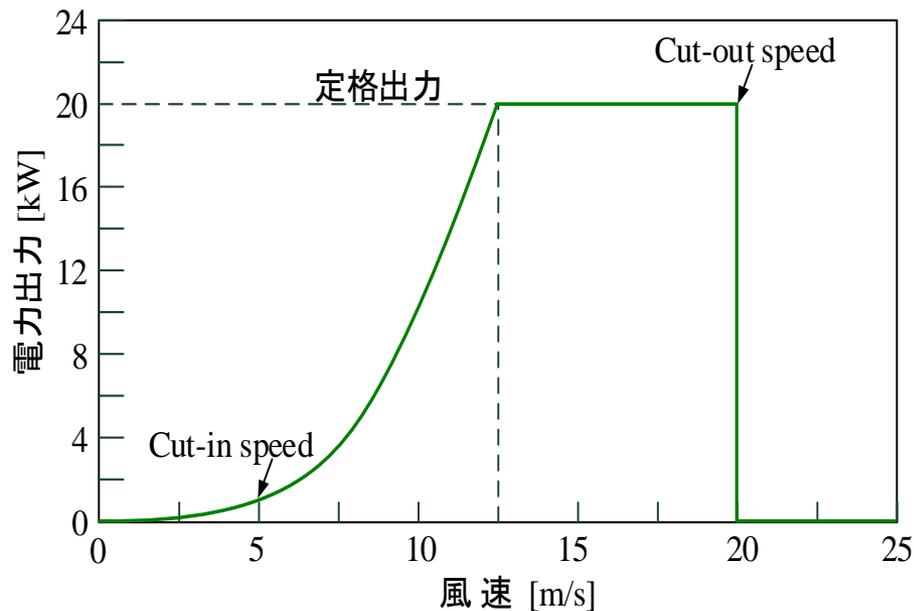


エンジン発電機出力特性と 風力発電のパワー特性

エンジン発電機出力特性



風力発電のパワー特性 (垂直軸型)

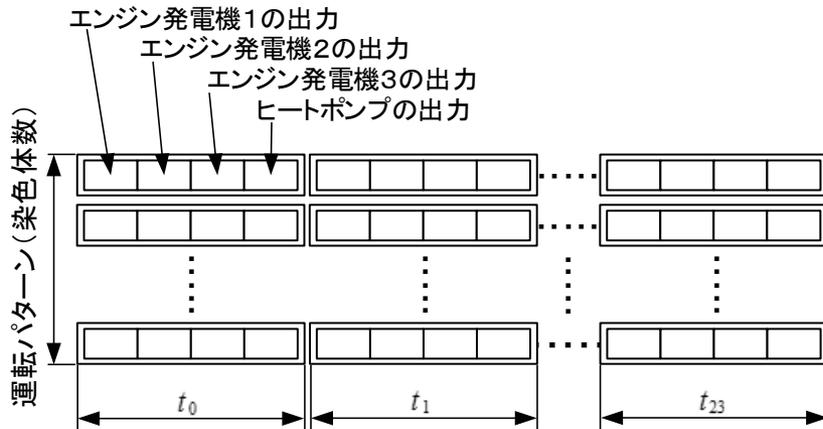


昭和基地の熱電比は1.0~2.0(年平均1.71)

(日本飛行機様を想定)

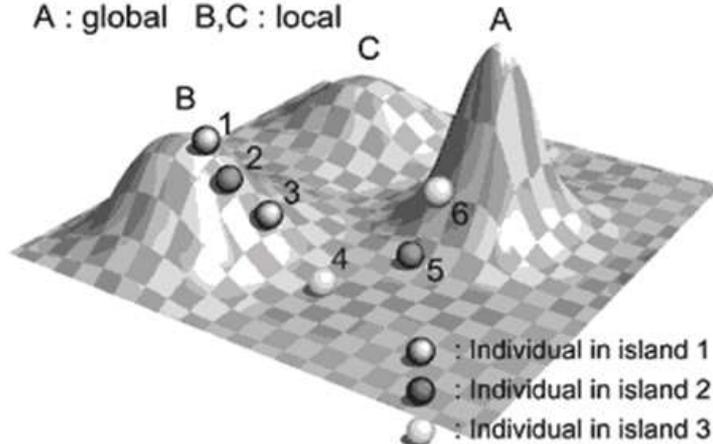
遺伝的アルゴリズムによる運用最適化

染色体モデルによる運転パターンの表現

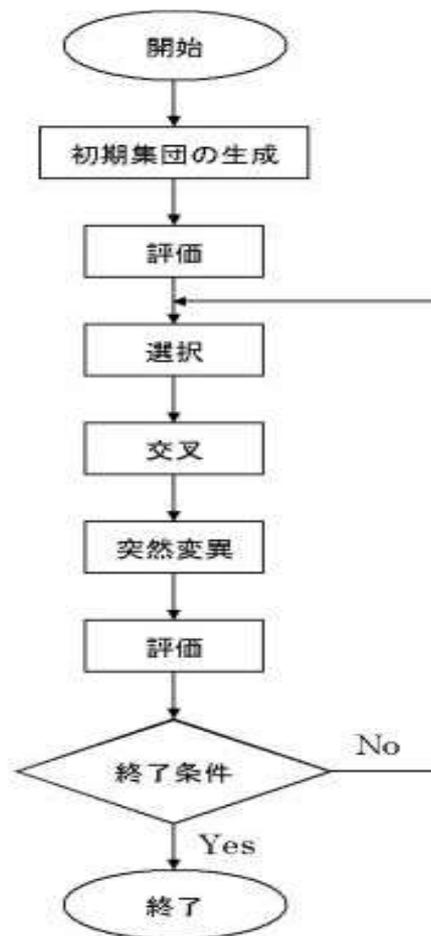


Optimum Solutions

A : global B, C : local

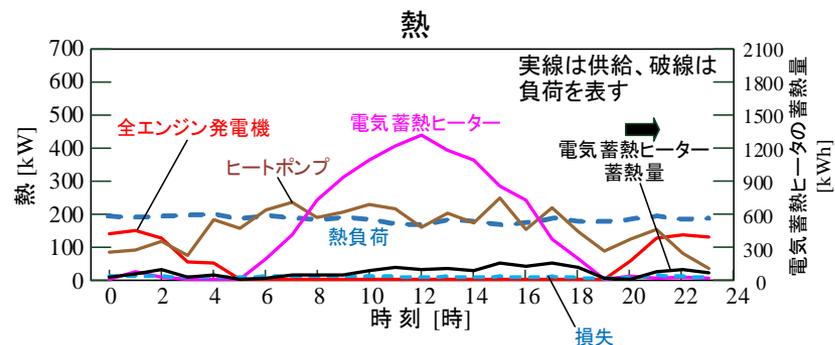
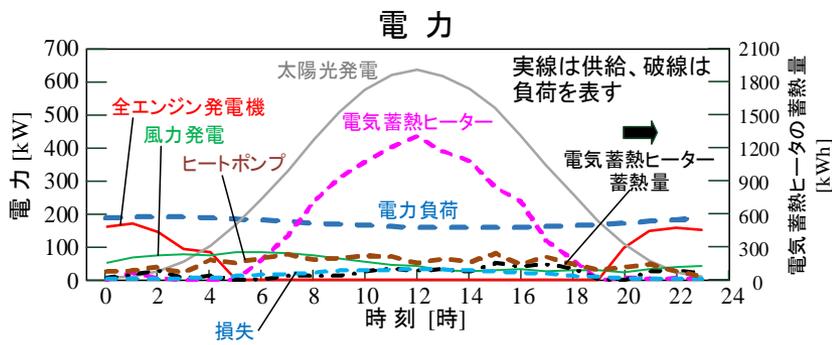


(同志社大学知的システムデザイン研究室HPより)

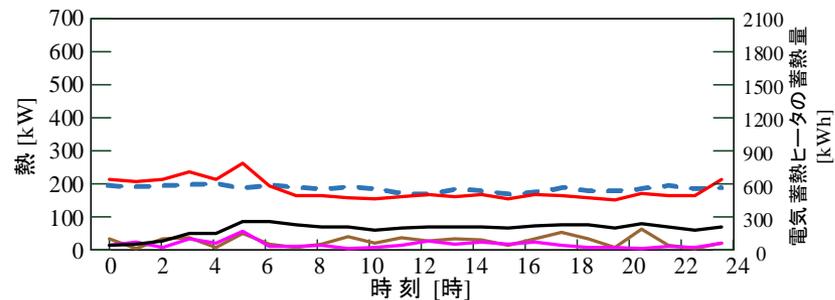
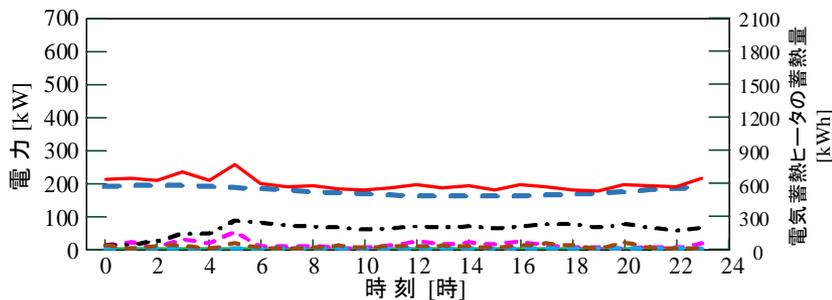


解析フロー

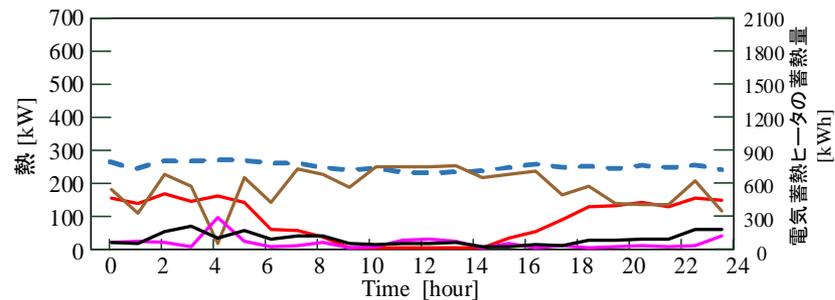
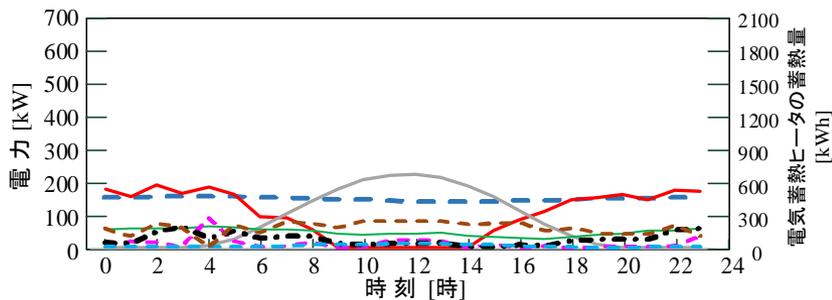
運用解析の結果



(a) 1月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 1000kW太陽光発電、300kW風力発電

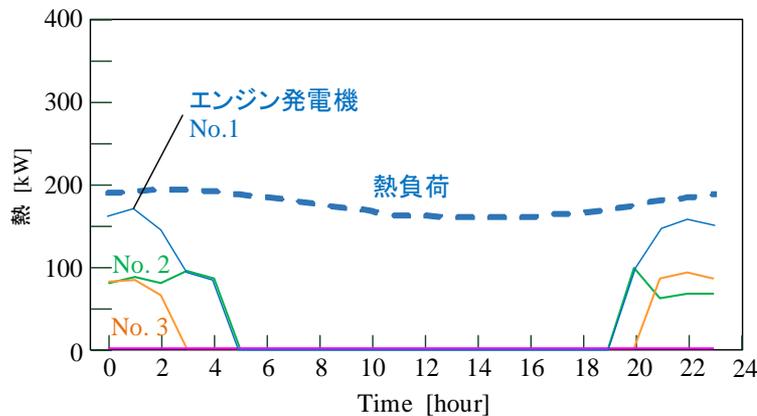


(b) 7月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 1000kW太陽光発電、300kW風力発電

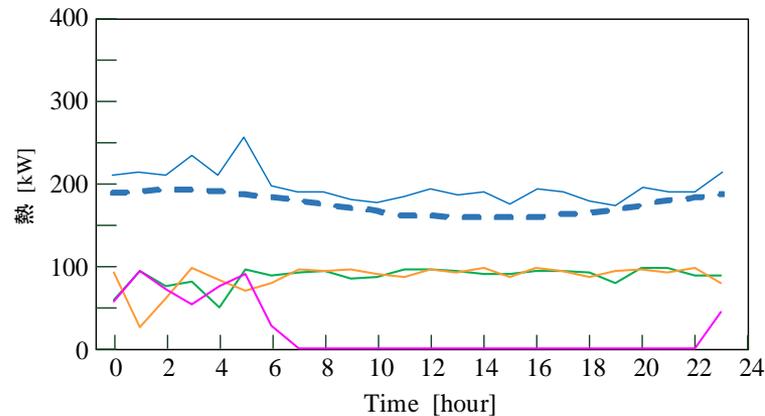


(c) 1月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 0kW太陽光発電、0kW風力発電

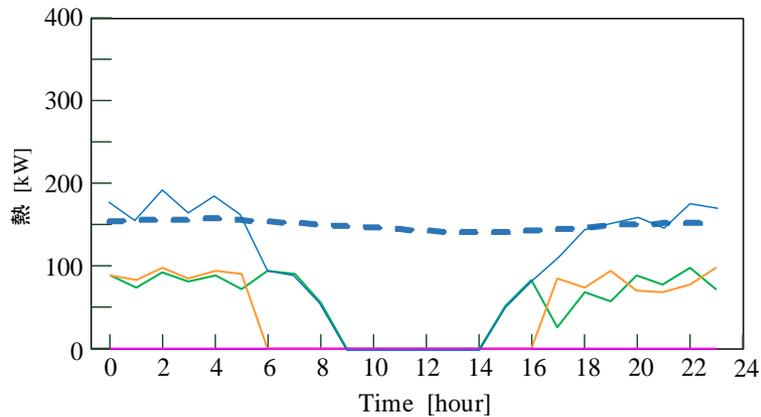
エンジン発電機の運用解析の結果



(a) 1月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 1000kW太陽光発電、
300kW風力発電

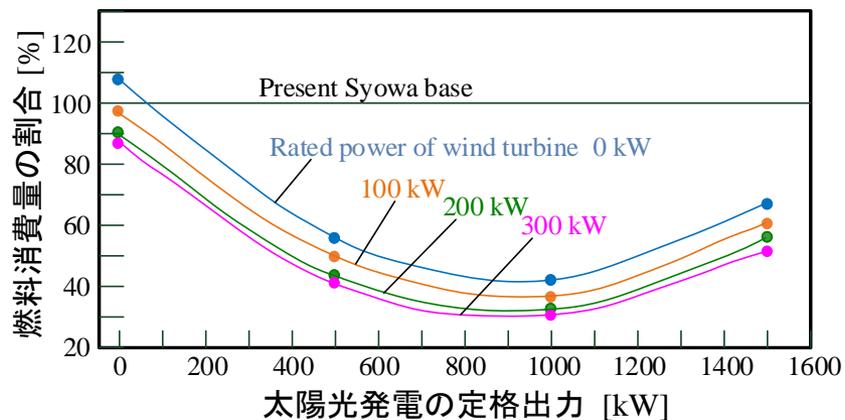


(b) 7月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 1000kW太陽光発電、
300kW風力発電

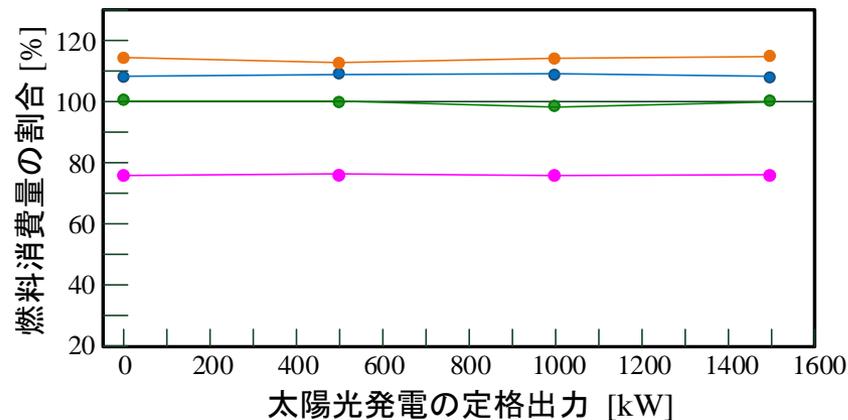


(c) 1月, 100 kW 3セットエンジン発電機, 0kW太陽光発電、0kW風力発電

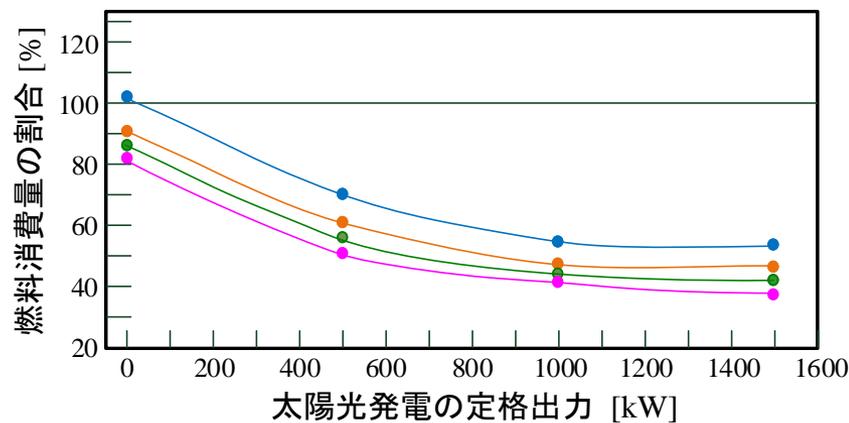
燃料消費量の削減割合の結果



(a) 1月(夏)

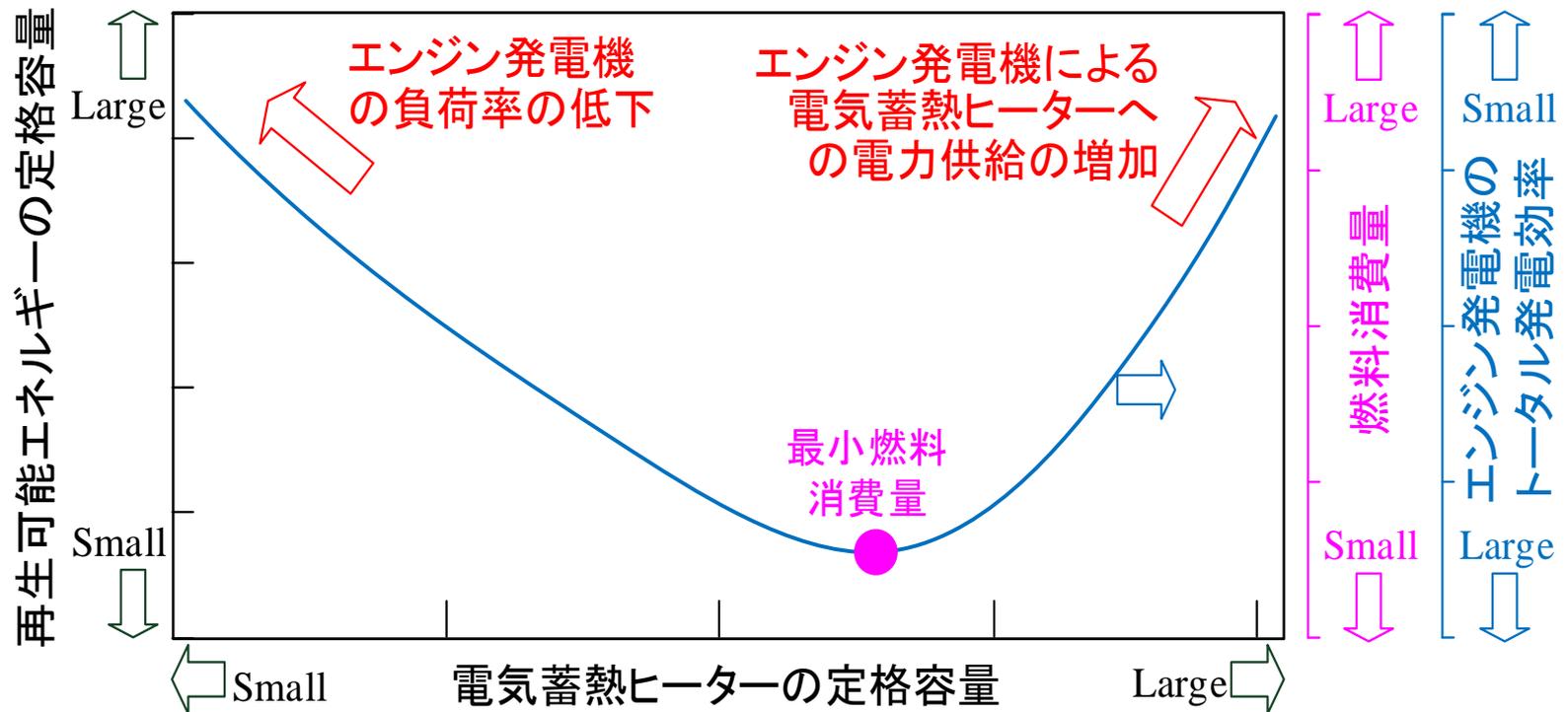


(b) 7月(冬)

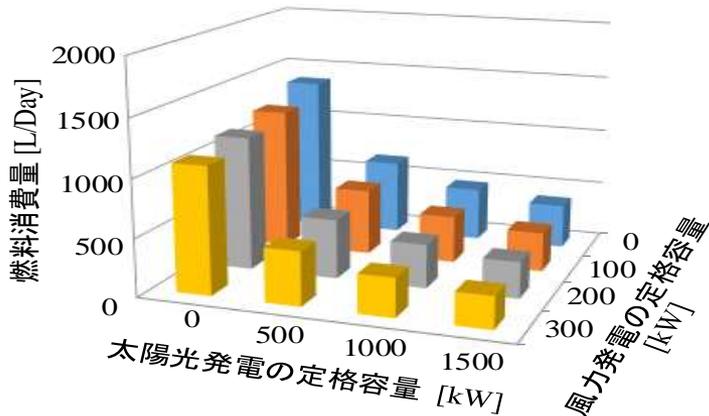


(c) 10月(中間期)

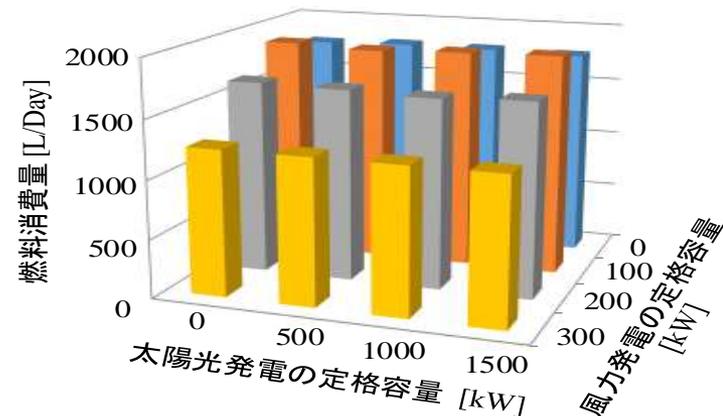
燃料消費量と機器仕様の関係



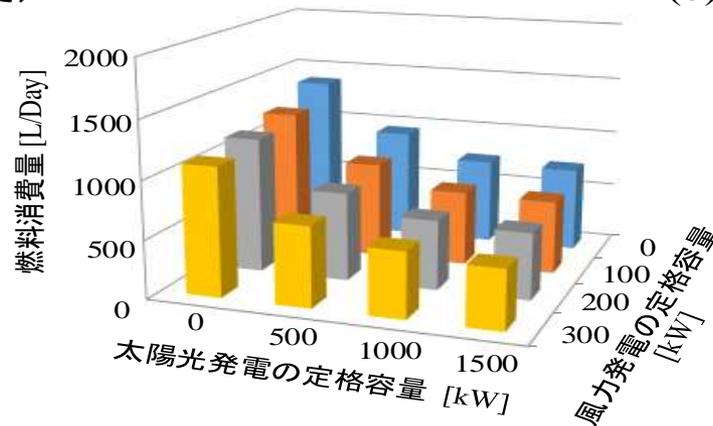
昭和基地グリーンマイクログリッドの 燃料消費量の解析結果



(a) 1月(夏)



(b) 7月(冬)



(c) 10月(中間期)

結 言

- ◎ 太陽光発電と風力発電の導入量の計画が明らかであるなら、南極昭和基地の化石燃料消費量についてはほぼ知ることができるようになった。
- ◎ 再生可能エネルギーの導入量が多いと、エンジン発電機は分散方式とすべきで、その際に、エンジン発電機の定格容量を最適化(最大効率と部分負荷運転の抑制)すべきである。
- ◎ ただし、自然エネルギーの導入量や変動が少なく、エンジン発電機の負荷率が狭い範囲に維持できるのであれば、分散方式よりもむしろ集中方式のほうが燃料消費量は少ない。
- ◎ さらに化石燃料の消費量を減らすには、夏と冬の太陽光発電の長周期変動を抑制する技術を導入すべきである(蓄電池、有機ハイドライドなど)。

ご清聴ありがとうございました。