

## 再生可能エネルギー発電と二次電池を導入した 地域電力システムのシミュレーションによる設計

宮田研究室修士二年  
鈴木慎太郎

# 目次

1. 本研究の主旨
2. 前回(2010/11/10)の発表
3. 仕様設計法(ケーススタディ)
4. 集中配置検証結果
5. 集中配置, 分散配置, ハイブリッド配置の検証
6. これからの課題

# 1. 本研究の主旨

人口数万人レベルの地域で、既存の電力網に二次電池と再生可能エネルギー発電を導入した電力システムの仕様設計法を確立すること



仕様設計法を使って具体的に地域の電力システムの設計を行い、経済合理性の高い導入ケースを提案すること

---

## 2. 前回の発表について

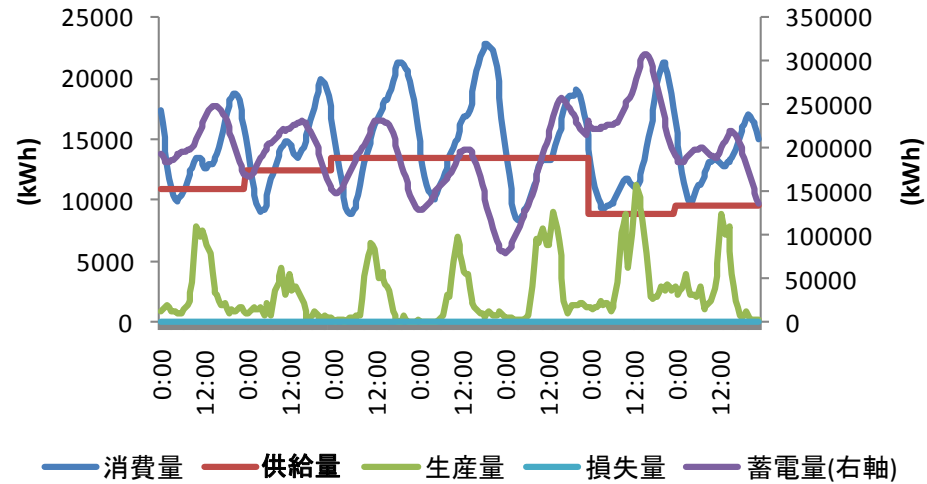


# シミュレーションの結果 CO<sub>2</sub> 20%削減プラン

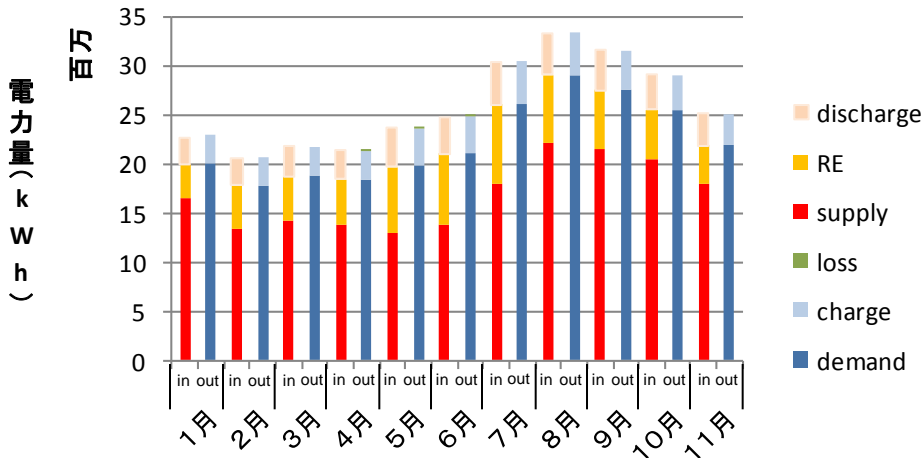
## 導入量

二次電池	400MWh	平均需要の0.55日分
太陽光発電	30MW	年間需要の19.3%
風力発電	10MW	年間需要の4.78%

時系列データ(1月1日~5日)



月次電力収支



## 各種評価データ

CO <sub>2</sub> 削減量	24.2%
電力ロス	2.52MWh/年※1
合計利益	11.9億円/年
燃料費削減メリット	5.06億円/年
CO <sub>2</sub> 削減メリット	1.78億円/年
ピークカットメリット	5.05億円/年

※1 年間需要の $9.43 \times 10^{-4}\%$

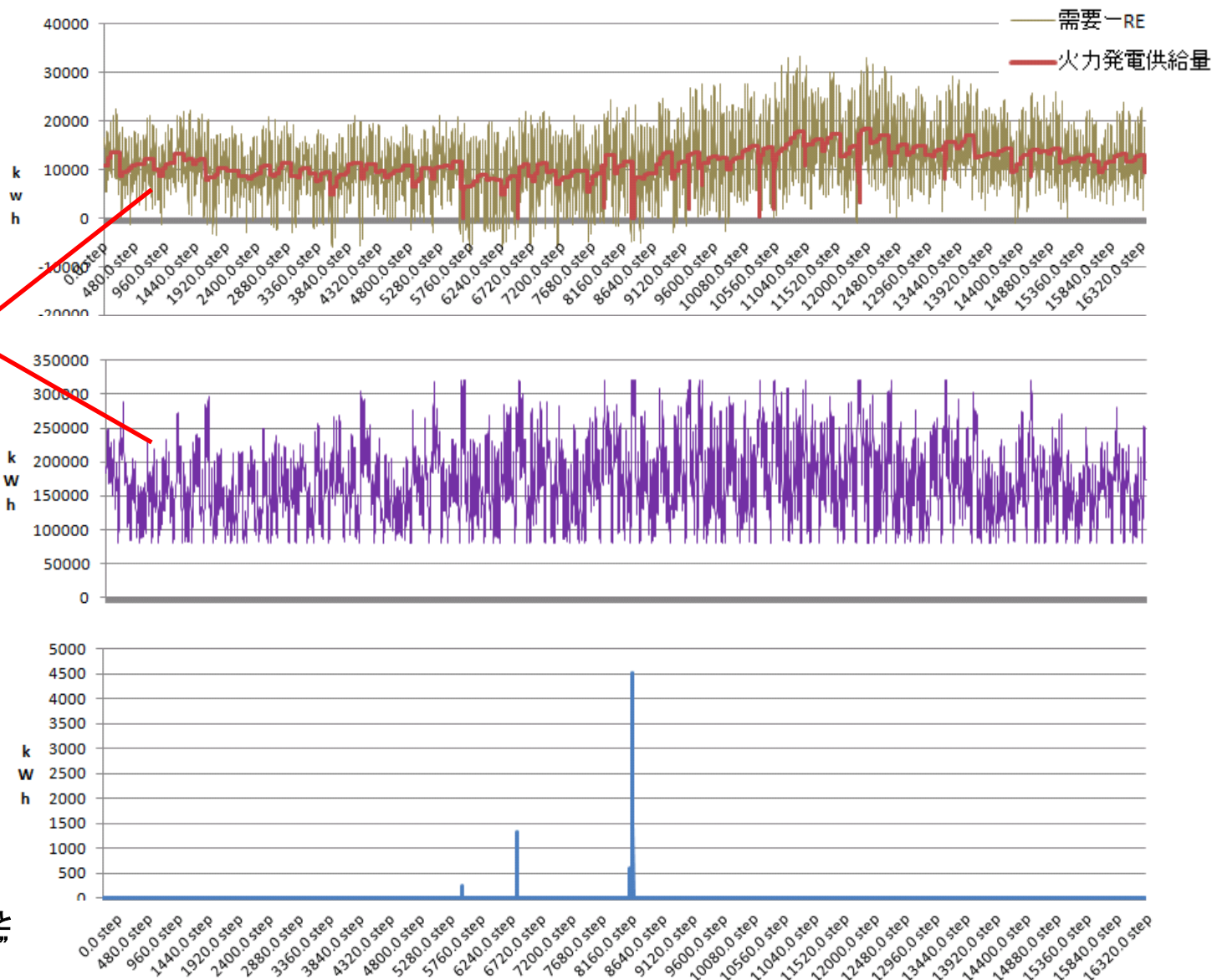
# CO<sub>2</sub> 20%削減プラン 結果分析1

電池有りの  
火力発電供給量  
と  
電池無しの  
火力発電供給量※1

火力発電の供給  
量の変動を電池  
が吸収している

二次電池充電容量

電力損失



※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

# 検証結果のまとめ

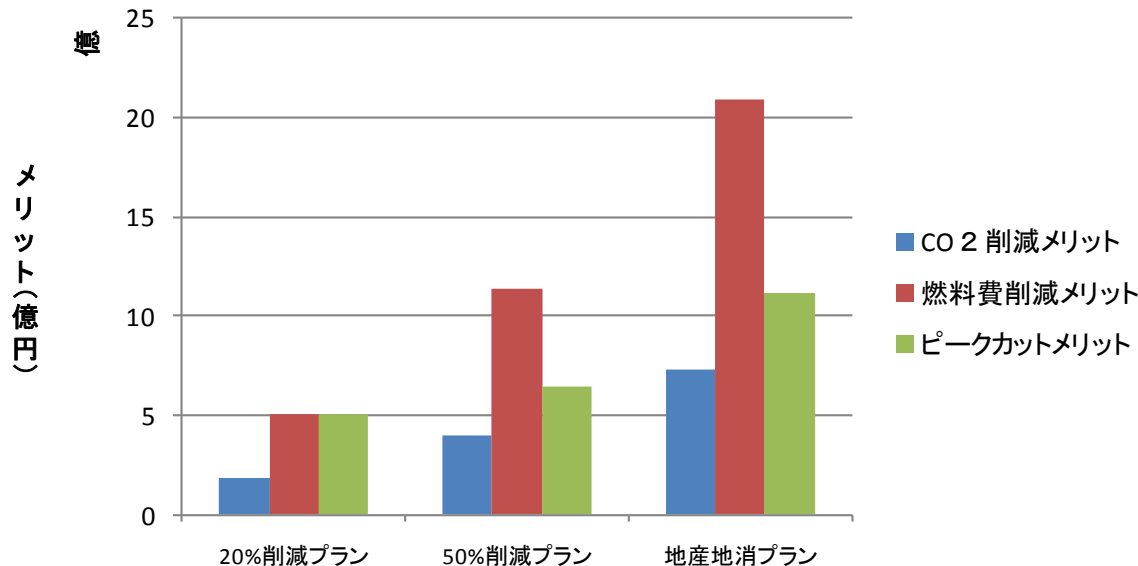
	二次電池 導入量	太陽光発電 導入量	風力発電 導入量	CO2 削減率	合計 メリット	電力損失
20%削減 プラン	400MWh (0.55日分)	30MW (19.3%)	10MW (4.78%)	24.2%	11.9億円/年	2.52MWh ( $9.43 \times 10^{-4}\%$ )
50%削減 プラン	600MWh (0.82日分)	70MW (46.1%)	20MW (9.57%)	54.1%	21.9億円/年	1280MWh (0.48%)
地産地消プラ ン	2000MWh (2.73日分)	160MW (103%)	100MW (47.7%)	100%	39.5億円/年	$1.37 \times 10^5$ MWh (51.3%)

(一日平均需要  
の幾日分か)

(年間需要の  
何%分か)

(年間需要の  
何%分か)

(年間需要の  
何%分か)



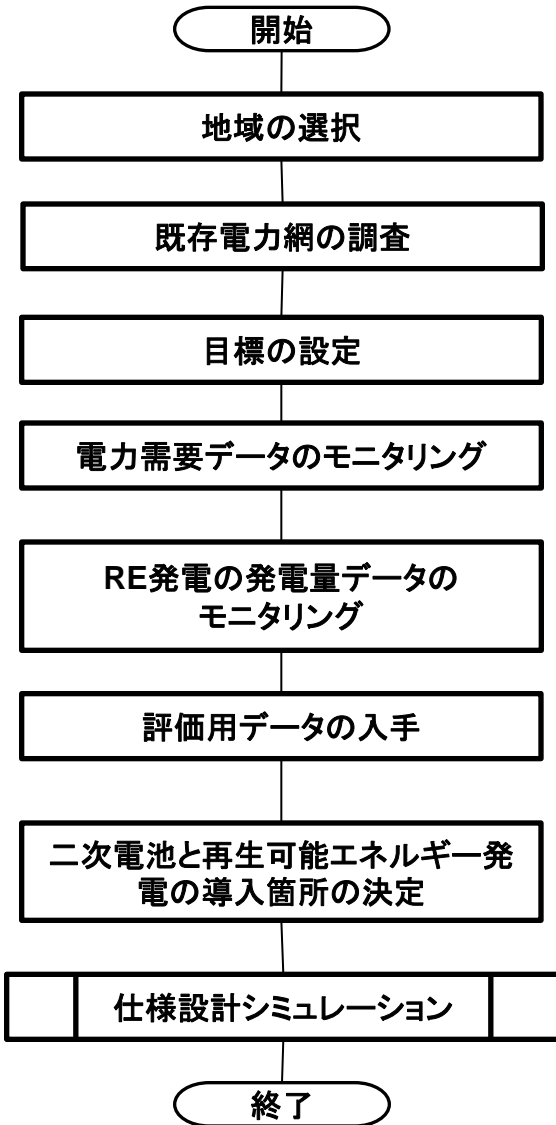
50%削減プランから地産地消プランにかけて各機器の導入量が3倍近くになっているのに対してメリットは2倍に達していない

## 2. 前回から改善された点

1. 費用をインプットとして加えたことで投資回収年数が提示できるようになった
2. 分散配置、ハイブリッド配置を検証できるようになった
3. 電力損失を考慮できるようになった

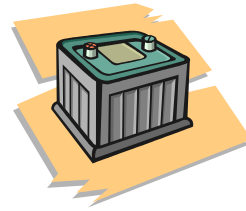
### 3. 仕様設計法（ケーススタディ）

# 3. 仕様設計法



既存の電力網に

二次電池



太陽電池

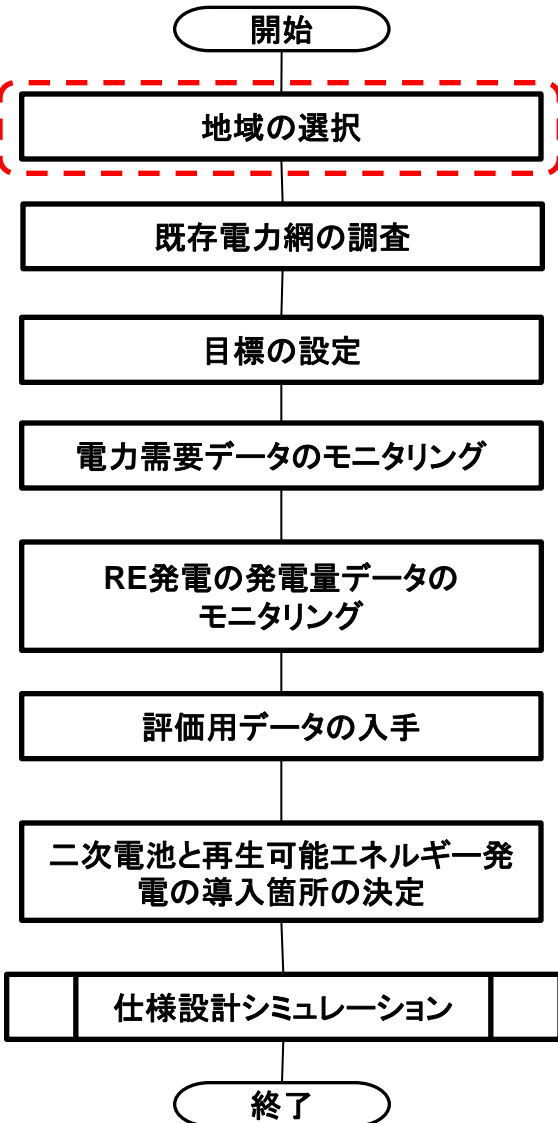


風力発電



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

# 3.1 ケーススタディ 地域の選択



今回ケーススタディで取り上げる地域は沖縄の石垣島にした



- ・離島であるから、自己完結性が高く評価が行いやすい  
(実証実験は島で行われることが多い)<sup>[2]</sup>
- ・石垣島の火力発電の使用燃料が高価  
(石油の使用率が100%で安価な石炭を使用していない. 使用している石油はA重油とC重油という効果な燃料)
- ・太陽電池の発電効率の良さ  
(東京において12%程度の発電効率が石垣島では19%程度)
- ・石垣島の観光業に与えるプラスの効果  
(島民の7割以上が観光を中心としたサービス業に従事)
- ・工業部門の人口割合が少なく改善の余地が多い  
(一般にCO<sub>2</sub>削減を進めにくい工業部門の従事者は15%)

[2]経済産業省, "離島独立型系統新エネルギー導入実証事業費補助金 公募要領"

# 3.1 ケーススタディ 地域の選択

日本地図



面積 229.00km<sup>2</sup>(内石垣島が222.94km<sup>2</sup>)  
位置 北緯24度20分、東経124度9分  
人口 48,613人(平成22年)

石垣島拡大地図



## 3.2 ケーススタディ 既存電力網の調査



石垣島電力網図



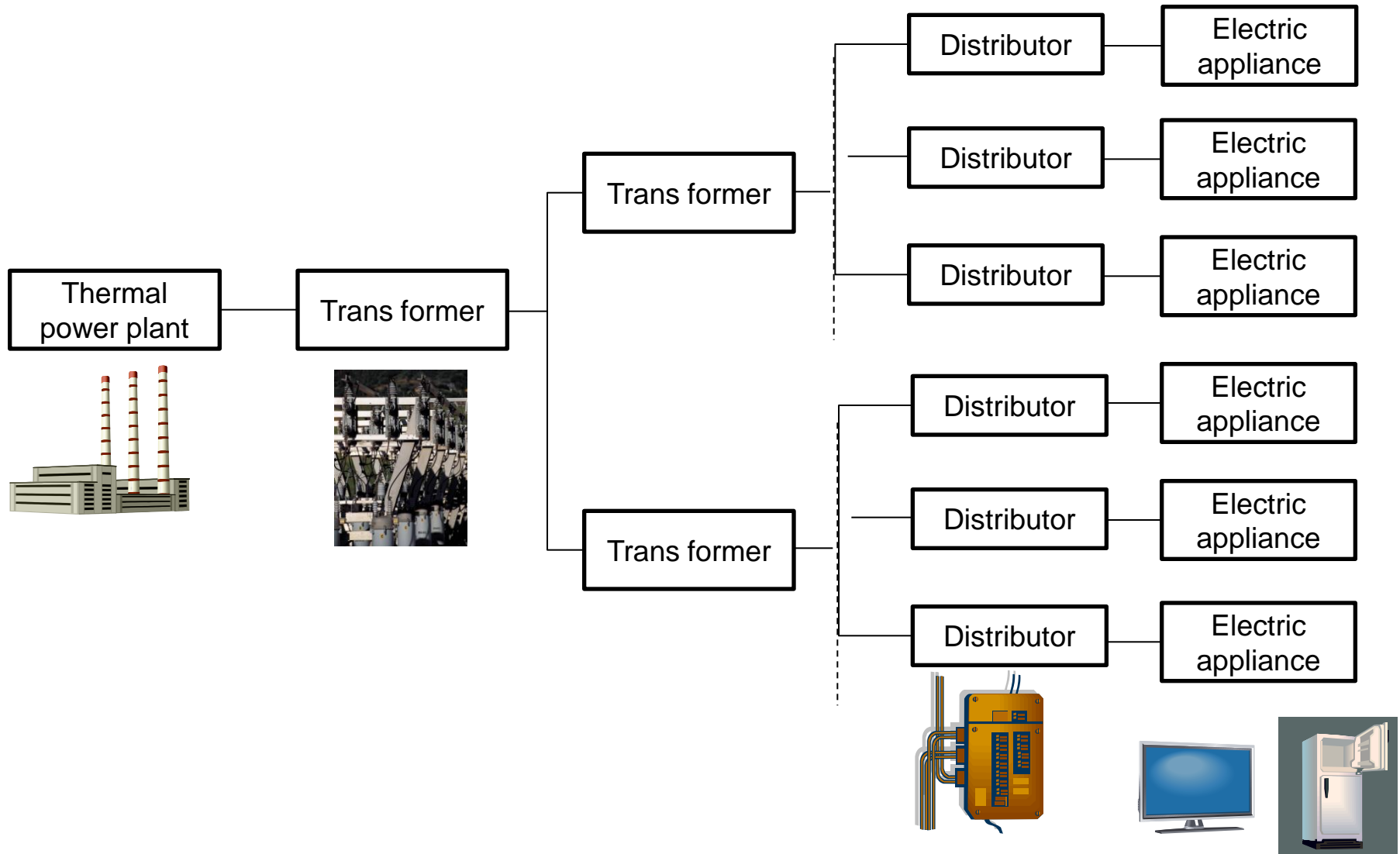
石垣発電所  
ディーゼル発電6基, 総出力26,500kW

石垣第二発電所  
ディーゼル発電4基, 総出力40,000kW

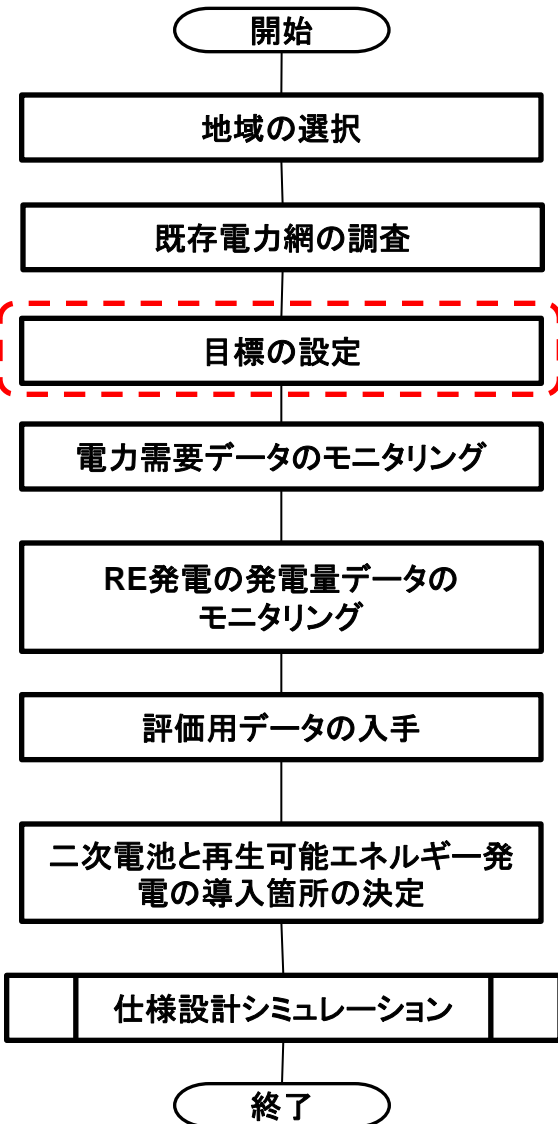
石垣ガスタービン発電所  
ガスタービン2基, 10,000kW

[5]川崎重工業株式会社, "離島の電気"

## 3.2 ケーススタディ 既存電力網の調査



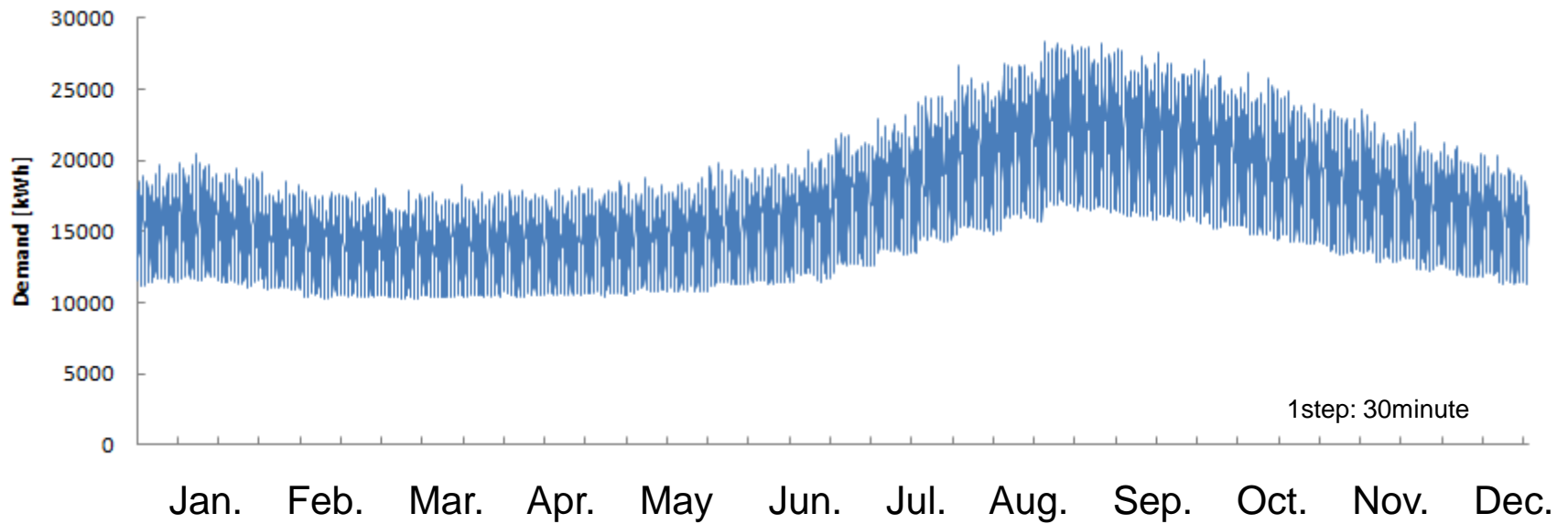
### 3.3 ケーススタディ 目標の設定



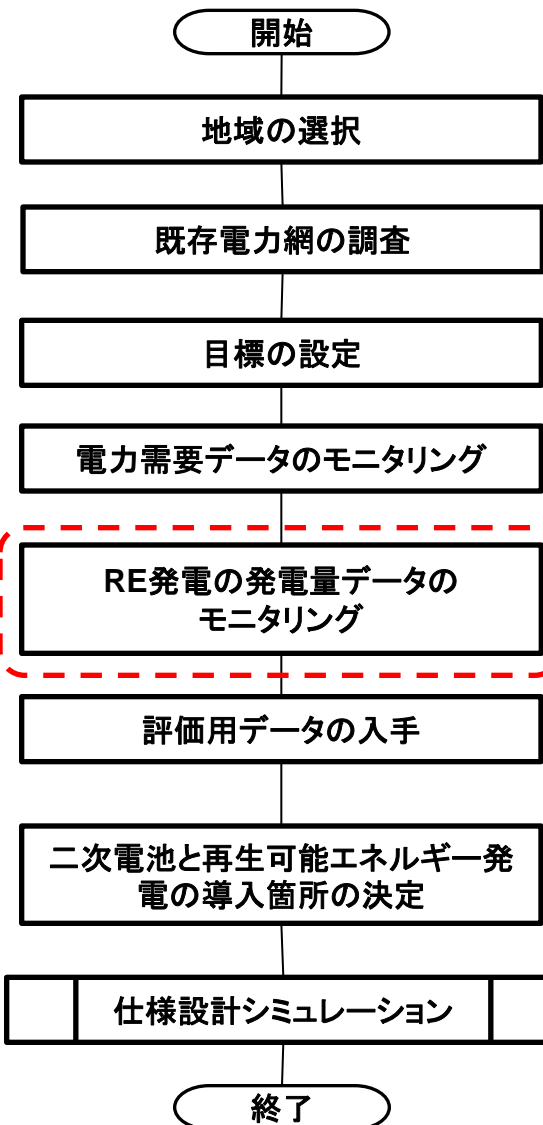
**CO<sub>2</sub>削減率がそれぞれ20%, 50%, 100%以上で  
最も投資回収年数が短い導入ケースを提案すること**

## 3.4 ケーススタディ 電力需要

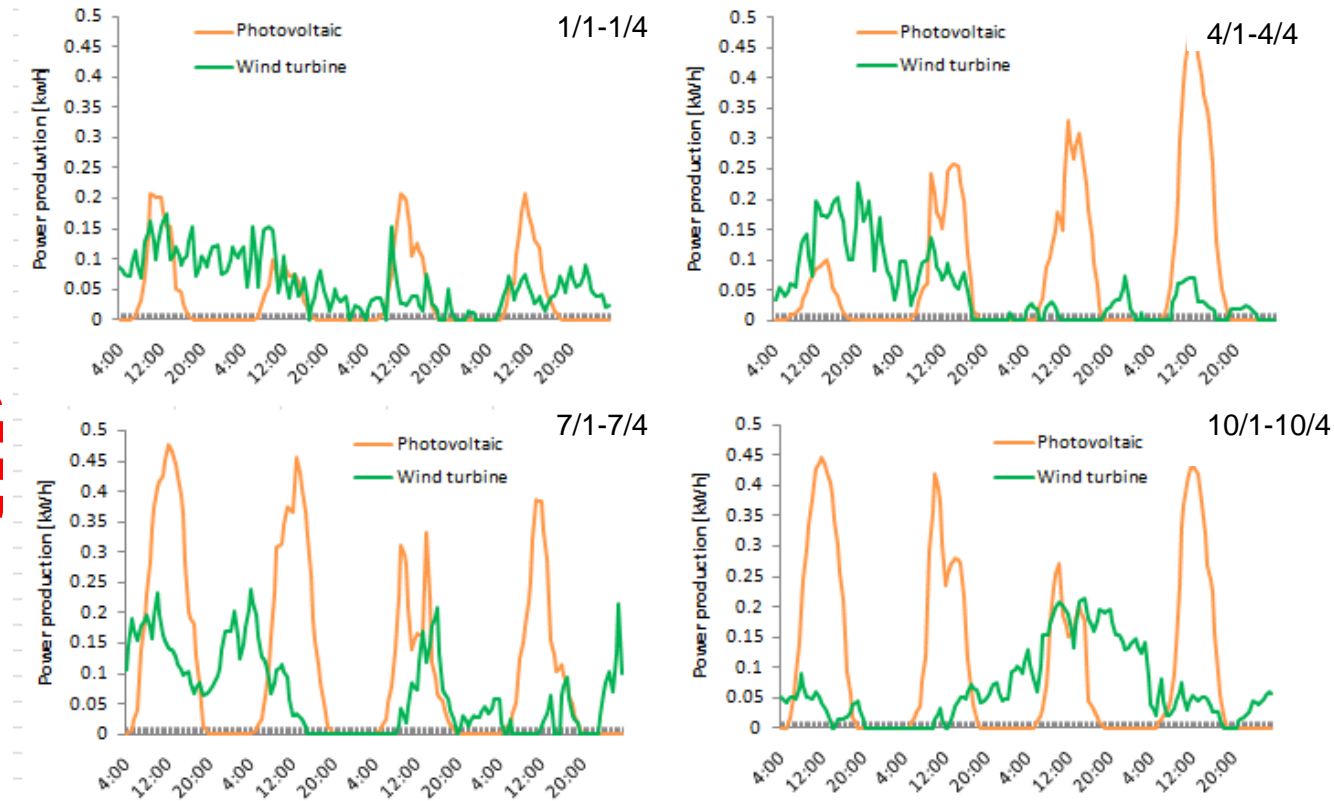
仮定した石垣島の一年分の電力需要データ(30分単位)



# 3.5 ケーススタディ 再生可能エネルギー発電量



発電量データ(1,4,7,10月の最初の4日) 30分単位

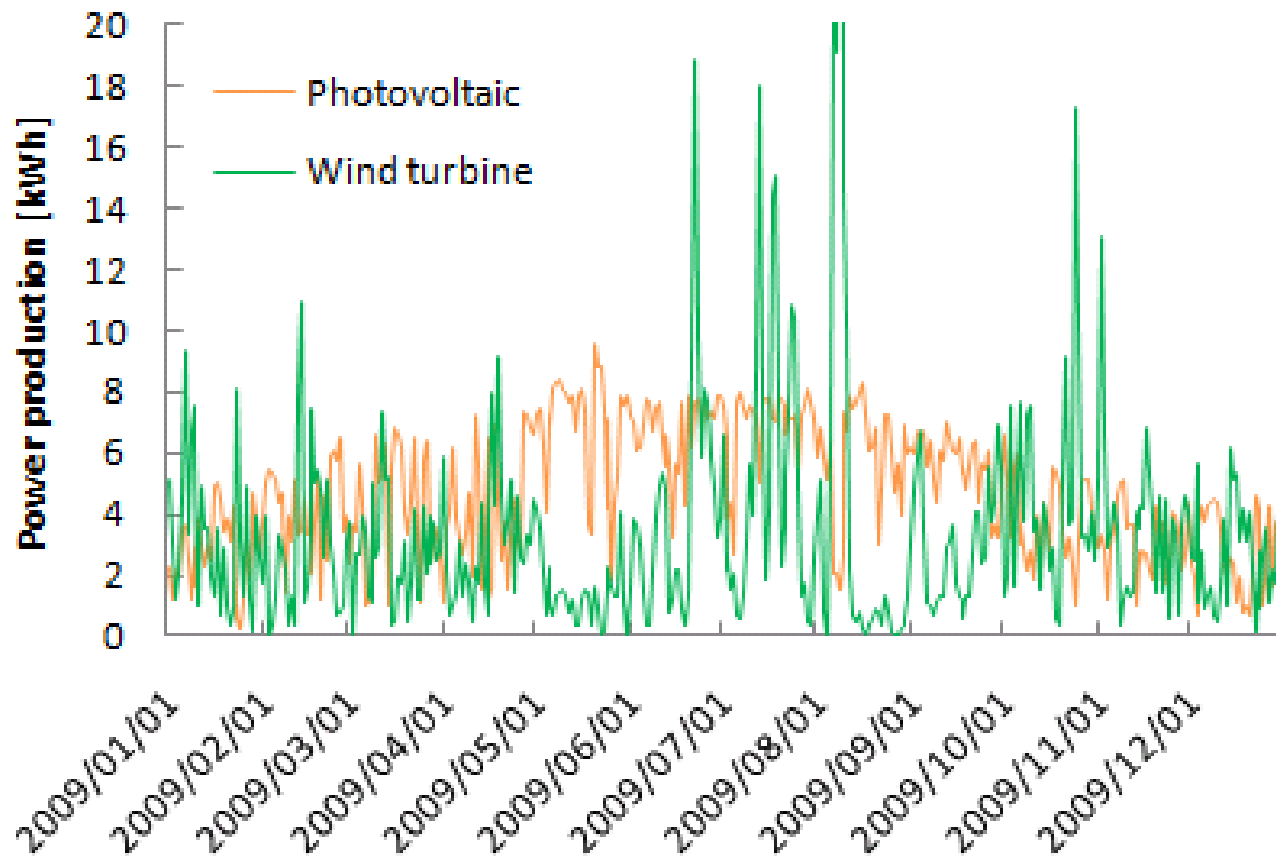


[3]気象庁, "気象統計情報"

[4] Faisai A.Mohamed, Heikki N.Koivo, "System modelling and online optimal management of MicroGrid using Mesh Adaptive Direct Search"

### 3.5 ケーススタディ 再生可能エネルギー発電量

石垣島における一年分のRE発電量データ(日次)



太陽光発電稼働率  
19.68%

風力発電稼働率  
14.56%

## 3.6 ケーススタディ 評価用データ



火力発電設備単価	250000[円/kW]
火力発電耐用年数	15[年]
二次電池価格	30000[円/kWh]
太陽電池価格	300000[円/kW]
風力発電価格	300000[円/kW]
二次電池耐用年数	15[年]
太陽電池耐用年数	20[年]
風力発電耐用年数	20[年]
二次電池の設置工事費	30%(本体価格の)
太陽電池の設置工事費	60%(本体価格の)
風力発電の設置工事費	80%(本体価格の)
二次電池付随費用	20%(本体価格の)
太陽電池付随費用	20%(本体価格の)
風力発電付随費用	20%(本体価格の)
太陽電池にかかる土地代	15000[円/kW]
風力発電にかかる土地代	10000[円/kW]
燃料における石油の割合	100[%]
燃料における石炭の割合	0[%]
単位発電量当の石油の価格	21.1[円/kWh]
単位発電量当の石炭の価格	4.5[円/kWh]
石油のCO <sub>2</sub> 排出量	0.704[kg-CO <sub>2</sub> /kWh]
石炭のCO <sub>2</sub> 排出量	0.887[kg-CO <sub>2</sub> /kWh]
排出権取引価格	2500[円/ton-CO <sub>2</sub> ]
火力発電の人件費	2.3[円/kW]

## 3.6 ケーススタディ 評価方法

投資回収年数

CO<sub>2</sub>削減率



### 年間利得

- ・化石燃料使用量削減利得  
RE導入による化石燃料使用量削減に伴う利得
- ・CO<sub>2</sub>排出量削減利得  
CO<sub>2</sub>排出量削減に伴う、排出権取引による利得
- ・ピークカット利得  
火力発電の供給最大値の低減による必要設備量削減に伴う利得
- ・人件費削減利得  
火力発電の供給量削減に伴う人件費の削減利得
- ・(電圧安定化利得)  
火力発電の供給変動が小さくなることによる電圧安定化設備の使用量減少に伴うメリット

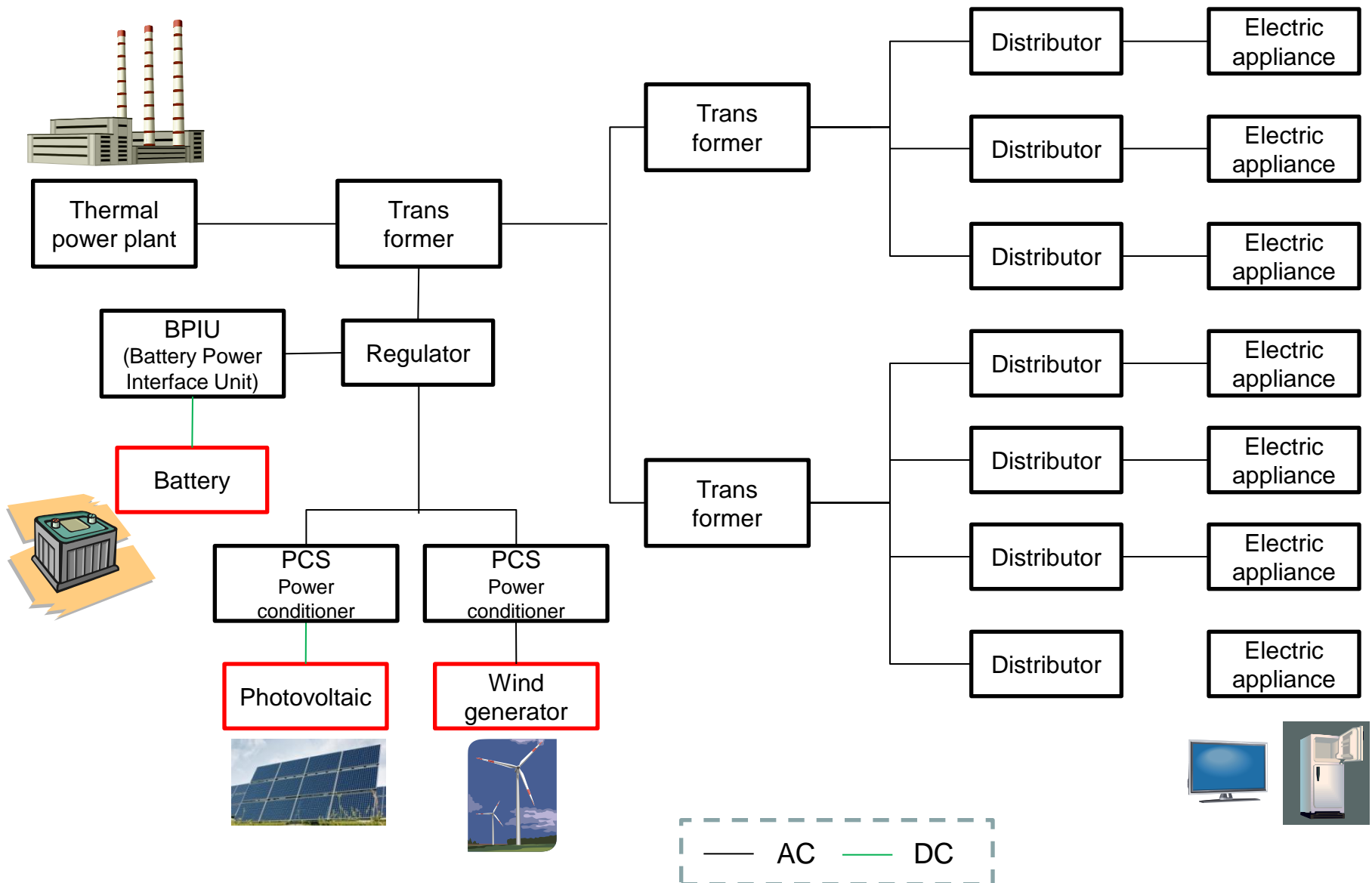
### 年間費用

- ・二次電池の減価償却費
- ・二次電池のシステムの減価償却費
- ・太陽電池の減価償却費
- ・太陽電池のシステムの減価償却費
- ・風力発電の減価償却費
- ・風力発電のシステムの減価償却費
- ・(メンテナンス費)

### 初期費用

- ・二次電池のシステムの初期費用
- ・太陽電池のシステムの初期費用
- ・風力発電のシステムの初期費用
- ・太陽電池にかかる土地代
- ・風力発電にかかる土地代

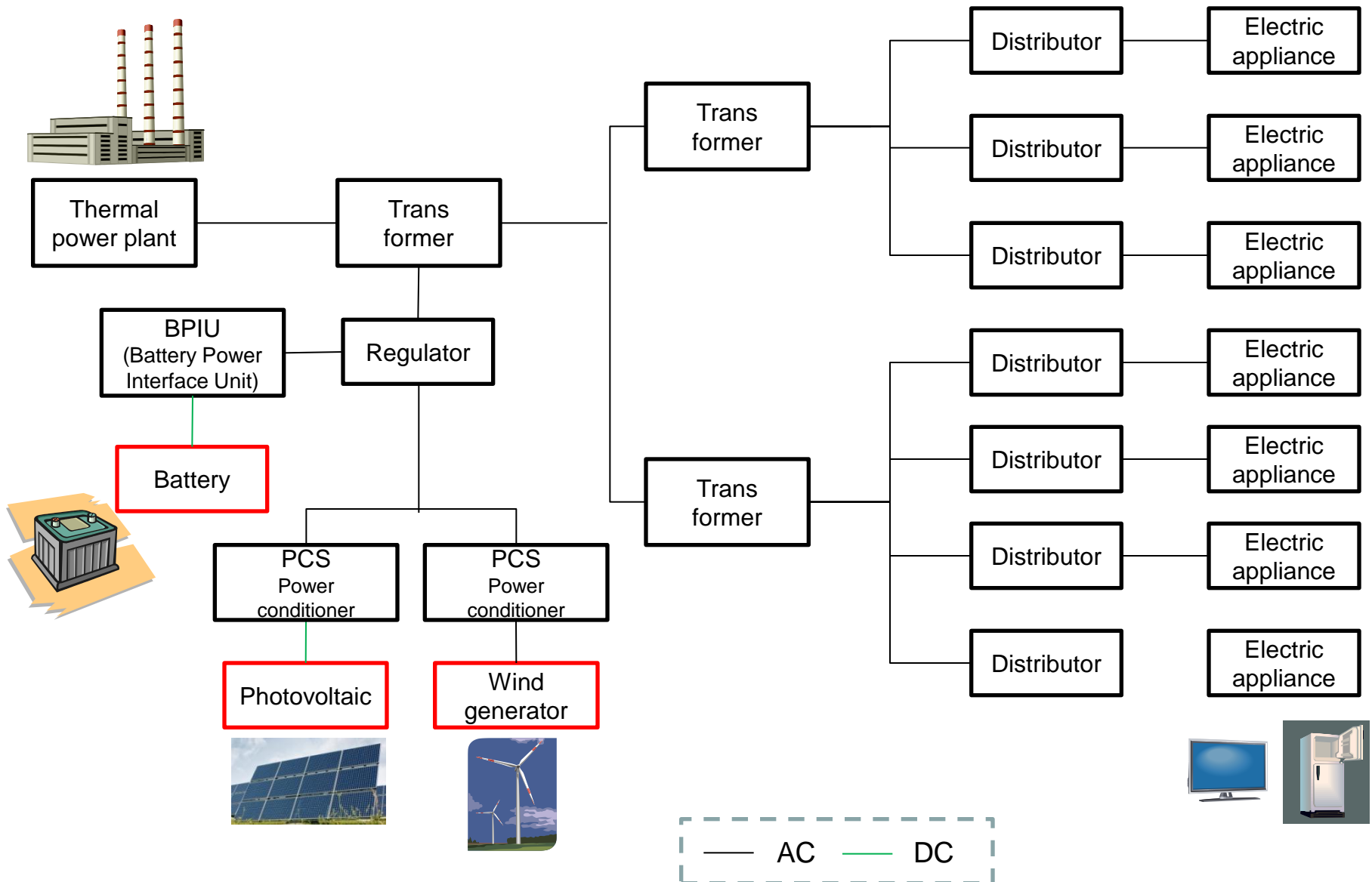
# 3.7 ケーススタディ 二次電池とREの導入箇所の決定 集中配置



# 4. ケーススタディ結果

## 集中配置

# 集中配置

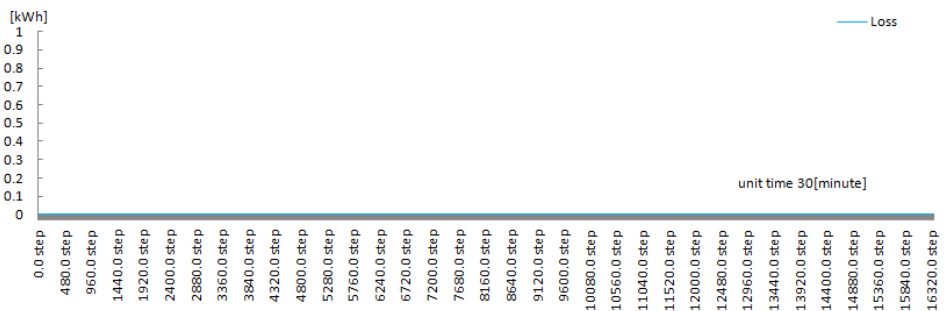
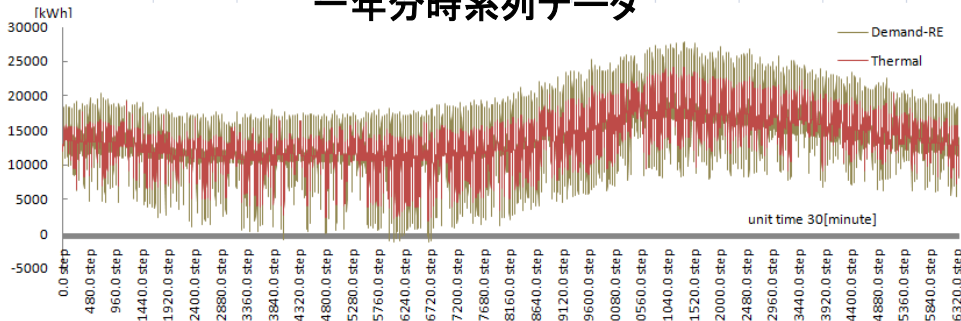


# 4.1 結果 集中配置シミュレーションCO<sub>2</sub>20%削減ケース

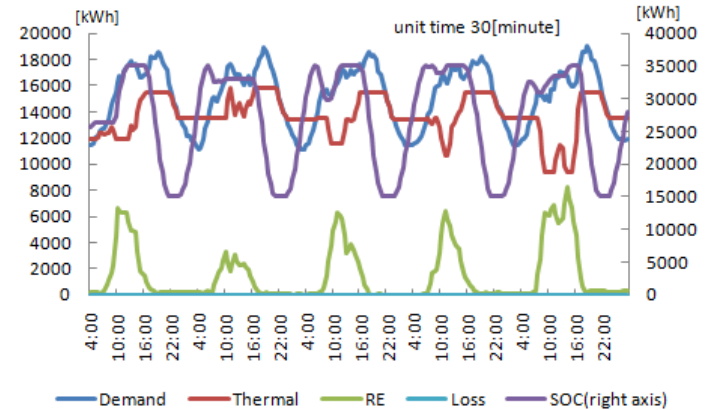
## 導入量

二次電池	50[MWh]	平均需要の 0.0624 日分
太陽電池	30[MW]	年間需要の 19.3[%]
風力発電	2[MW]	年間需要の 0.954[%]

## 一年分時系列データ



## 5日分時系列データ(1/1~1/5)



## 評価データ

CO <sub>2</sub> 削減率	20.3(%)
電力損失	年間需要の 0(%)
投資回収年数*	8.07(年)
年間利得	16.4(億円)
初期費用*	76.3(億円)
年間費用*	6.96(億円)
燃料費削減利得	12.5(億円)
CO <sub>2</sub> 排出量削減利得	1.04(億円)
ピークカット利得	1.42(億円)
人件費削減利得	1.37(億円)

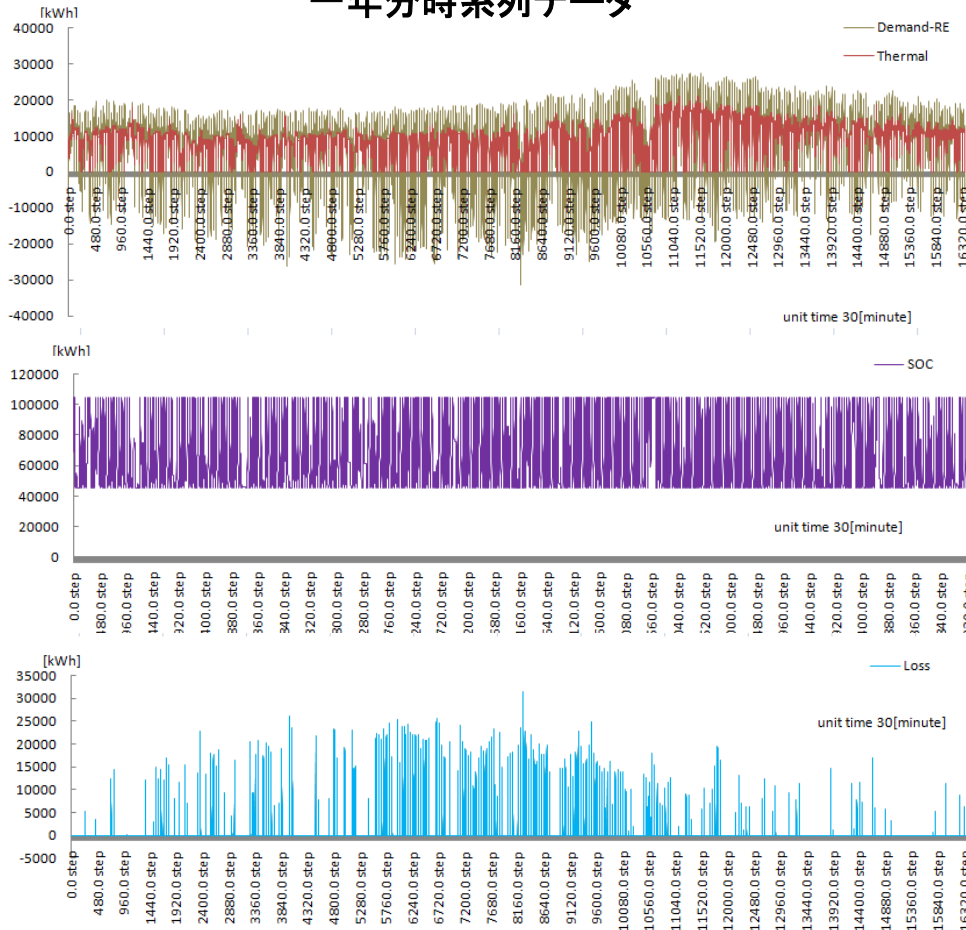
\* 減価償却を考慮して費用を平準化してから投資回収年数を計算している。

# 4.2 結果 集中配置シミュレーションCO250%削減ケース

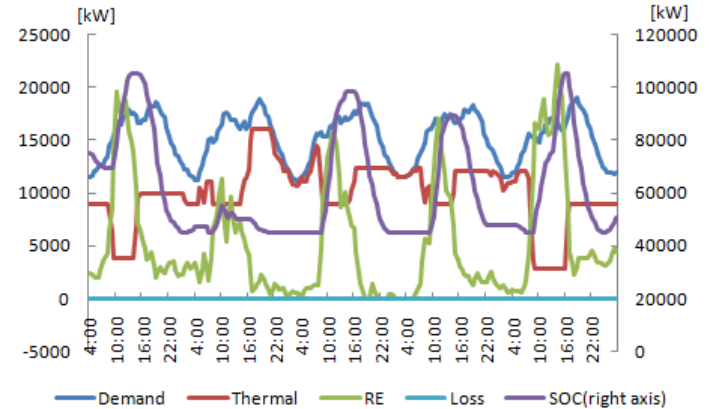
## 導入量

二次電池	150MWh	一日平均需要の 0.187 日分
太陽電池	72MW	年間需要の 43.3%
風力発電	28MW	年間需要の 12.5%

## 一年分時系列データ



## 5日分時系列データ(1/1~1/5)



## 評価データ

CO <sub>2</sub> 排出量	50.1(%)
電力損失	年間需要の 5.71(%)
投資回収年数*	13.7(年)
年間利得	39.3(億円)
初期費用*	241(億円)
年間費用*	21.6(億円)
燃料費削減利得	30.9(億円)
CO <sub>2</sub> 排出量削減利得	2.58(億円)
ピークカット利得	2.45(億円)
人件費削減利得	3.37(億円)

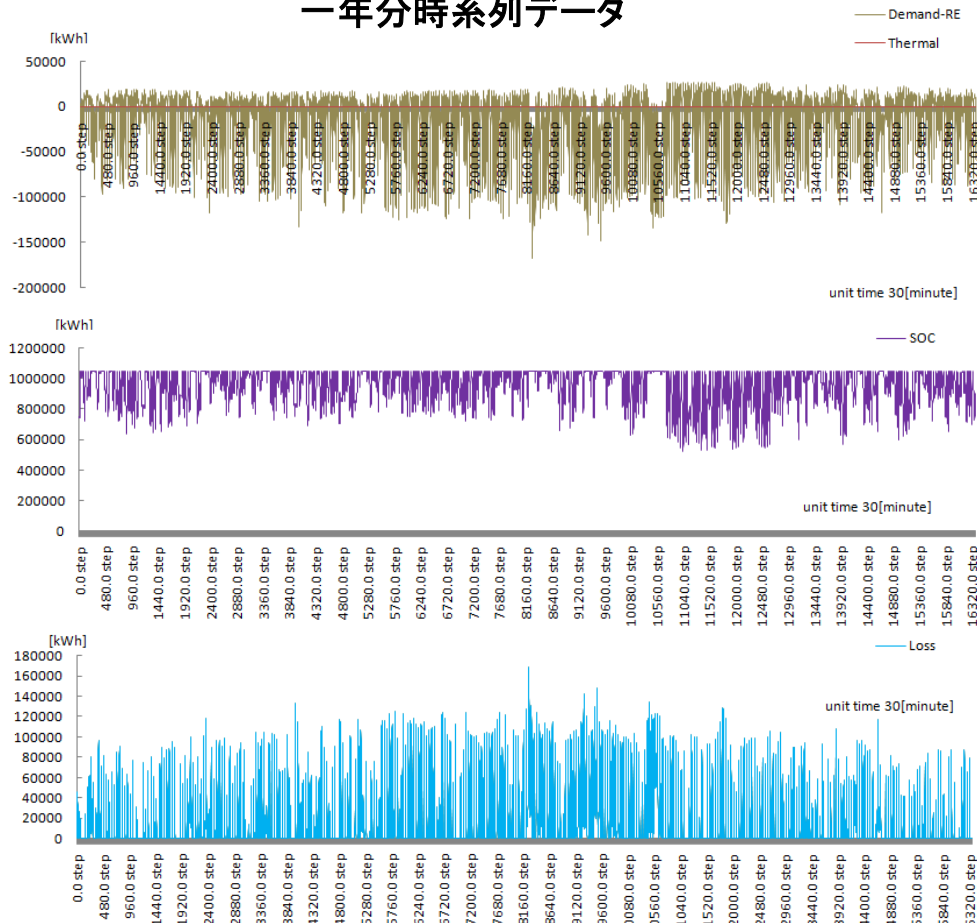
\* 減価償却を考慮して費用を平準化してから投資回収年数を計算している。

# 4.3 結果 集中配置シミュレーションCO<sub>2</sub>100%削減(地産地消)ケース

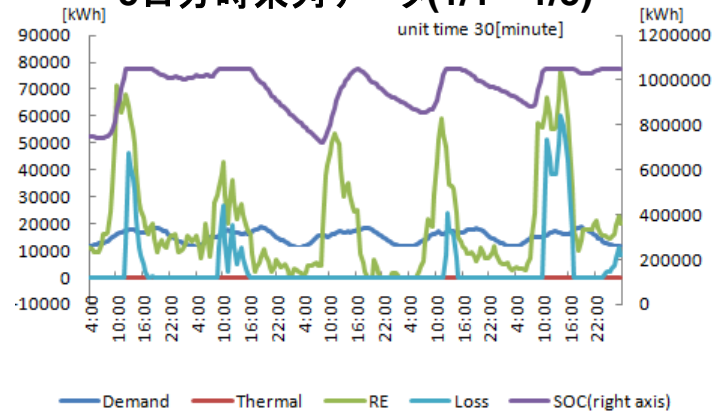
## 導入量

二次電池	1500MWh	一日平均需要の 1.87 日分
太陽電池	240MW	年間需要の 142%
風力発電	130MW	年間需要の 56.8%

## 一年分時系列データ



## 5日分時系列データ(1/1~1/5)



## 評価データ

CO <sub>2</sub> 削減率	100[%]
電力損失	年間需要の 98.3[%]
投資回収年数*	解無
年間利得	76.7[億円]
初期費用*	983[億円]
年間費用*	103[億円]
燃料費削減利得	60.5[億円]
CO <sub>2</sub> 排出量削減利得	5.05[億円]
ピークカット利得	4.57[億円]
人件費削減利得	6.60[億円]

\* 減価償却を考慮して費用を平準化してから投資回収年数を計算している。

## 4.4 結果 集中配置シミュレーション結果まとめ

各ケースの導入量とCO<sub>2</sub>削減率

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

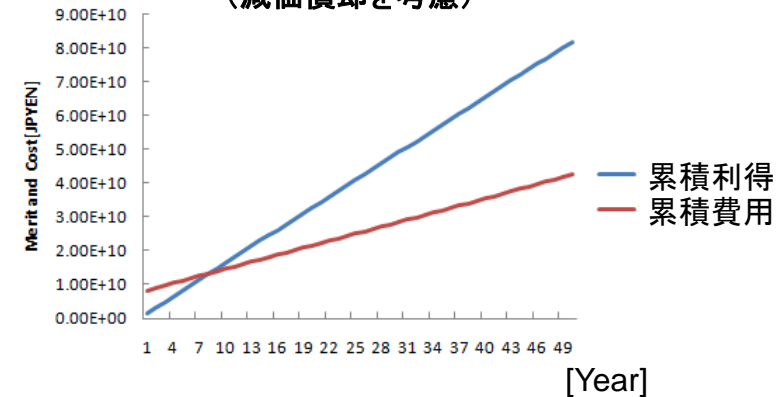
投資回収年数(減価償却を考慮)

	20%削減ケース	50%削減ケース	地産地消ケース
投資回収年数*	8.07[年]	13.7[年]	解無
年間利得	16.4[億円]	39.3[億円]	76.6[億円]
初期費用*	76.3[億円]	241[億円]	983[億円]
年間費用*	6.96[億円]	21.6[億円]	241[億円]

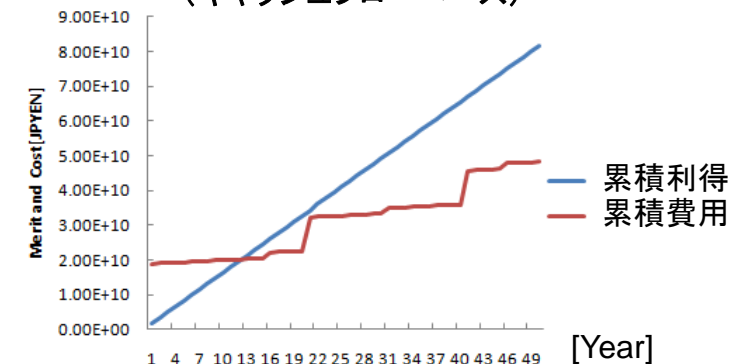
投資回収年数(キャッシュフローベース)

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

CO<sub>2</sub>20%削減ケースの経年累積利得と累積費用  
(減価償却を考慮)

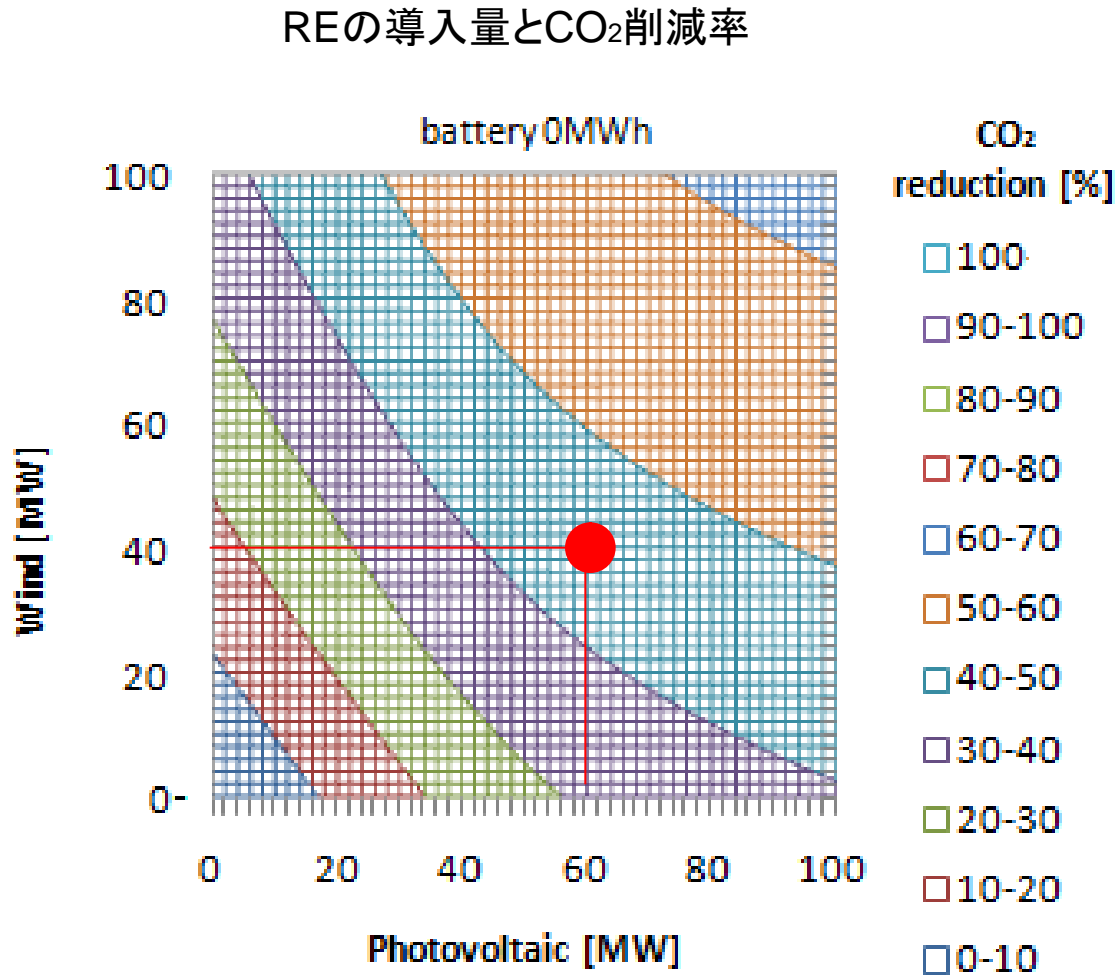


CO<sub>2</sub>20%削減ケースの経年累積利得と累積費用  
(キャッシュフローベース)



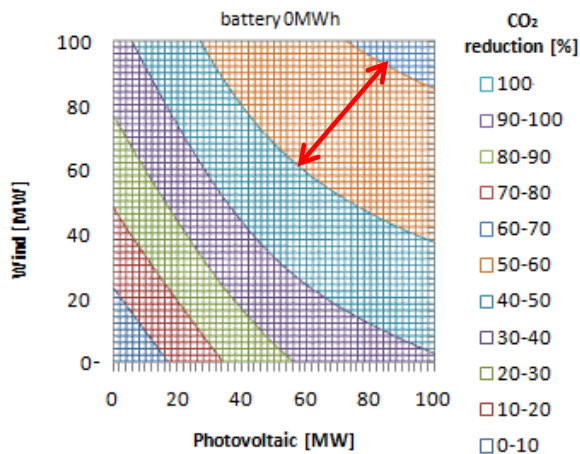
## 4.5 結果 RE導入量とCO<sub>2</sub>削減率

(集中配置の全探索の結果)

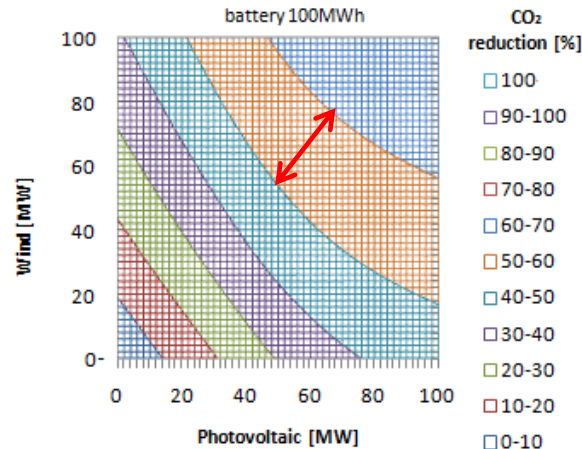


## 4.5 結果 RE導入量とCO<sub>2</sub>削減率

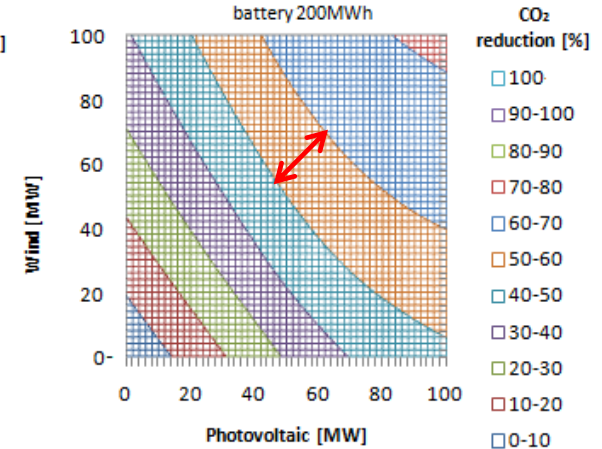
二次電池0[MWh]



二次電池100[MWh]



二次電池200[MWh]

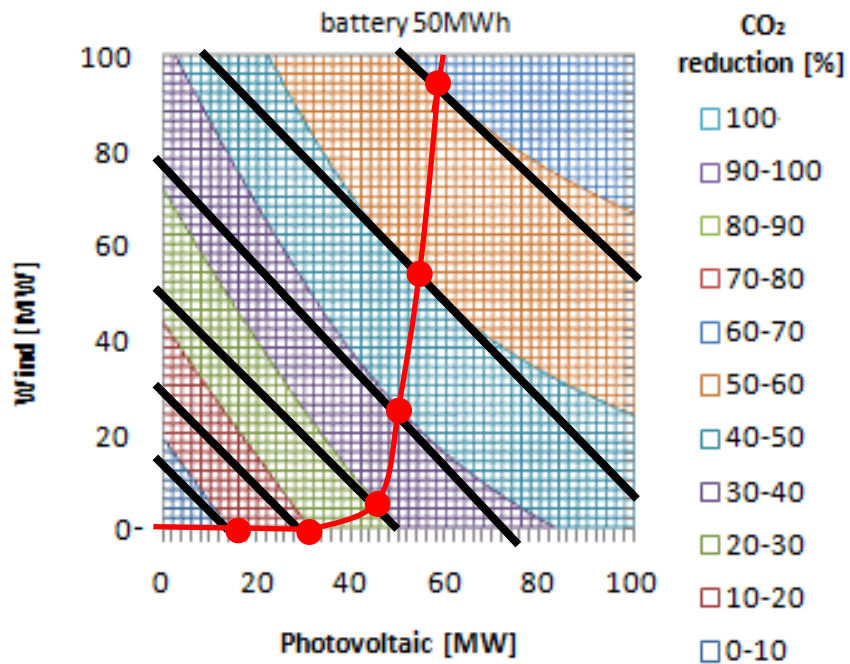


CO<sub>2</sub>50%削減程度までは容易だがそれ以上に削減しようとするするとREの大量導入が必要

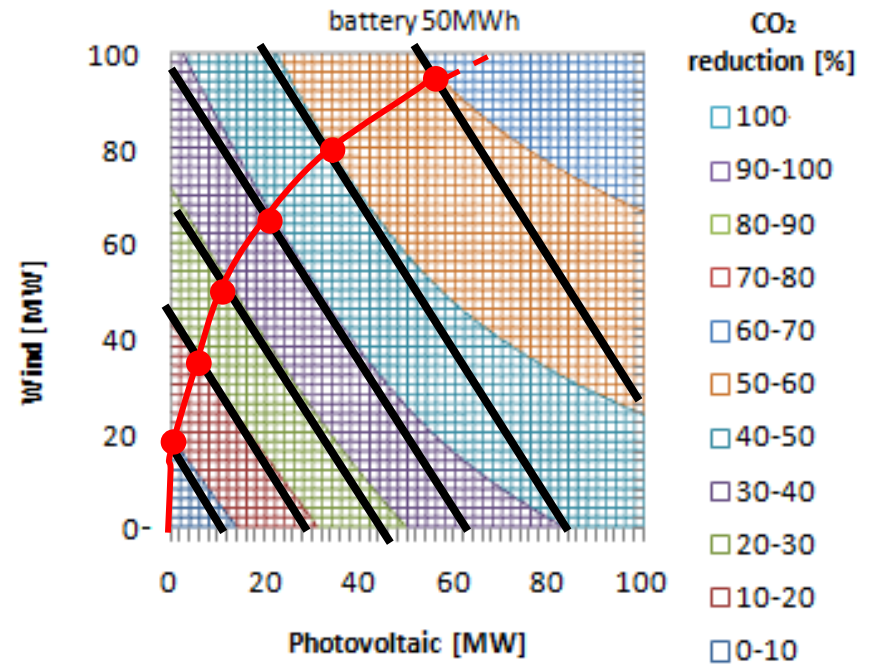
まずは20-50%削減を目指すべき

## 4.6 結果 最適導入軌跡

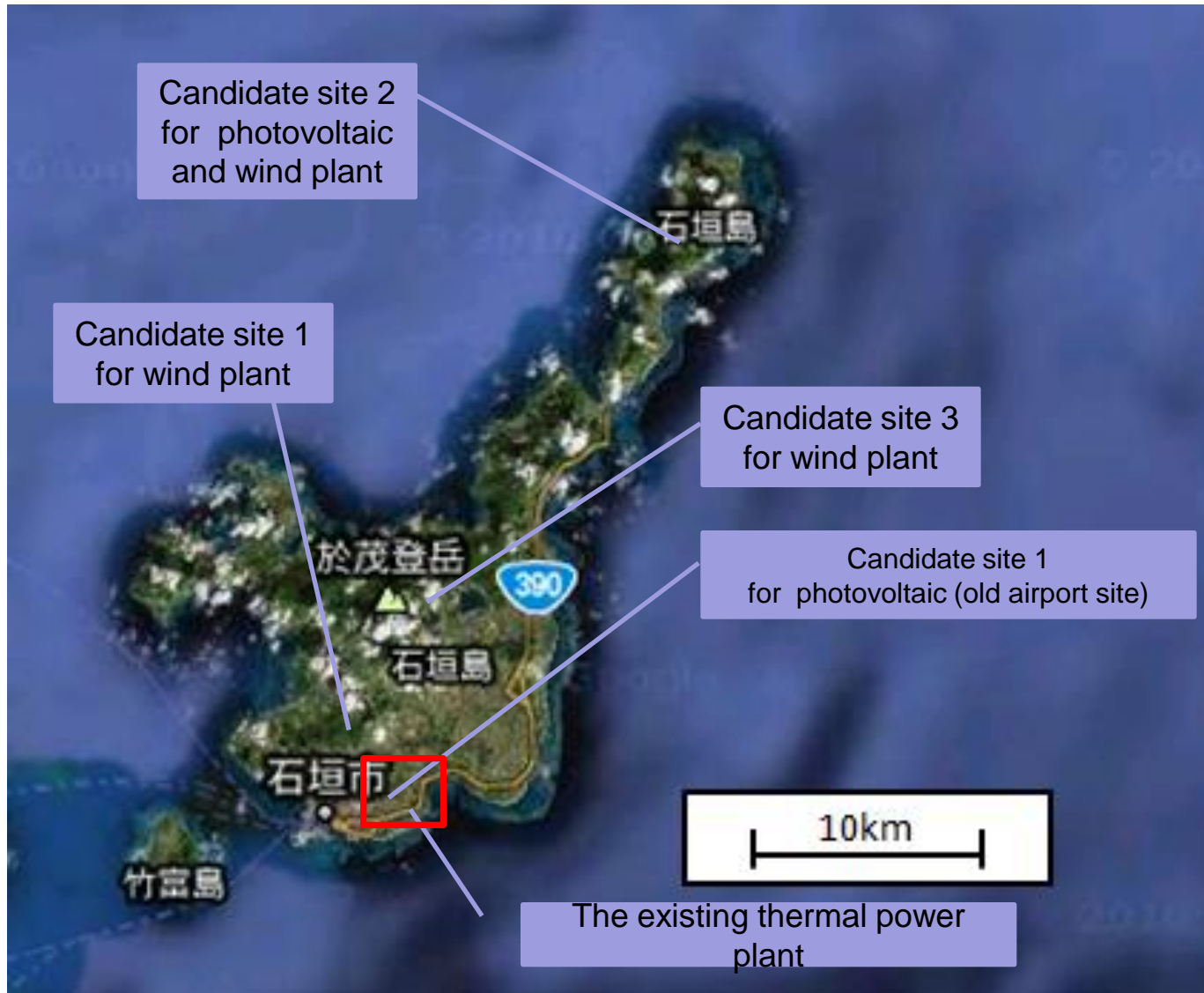
最適導入軌跡(二次電池50[MWh])  
(太陽電池と風力発電の価格比が1対1のとき)



最適導入軌跡(二次電池50[MWh])  
(太陽電池と風力発電の価格比が3対2のとき)



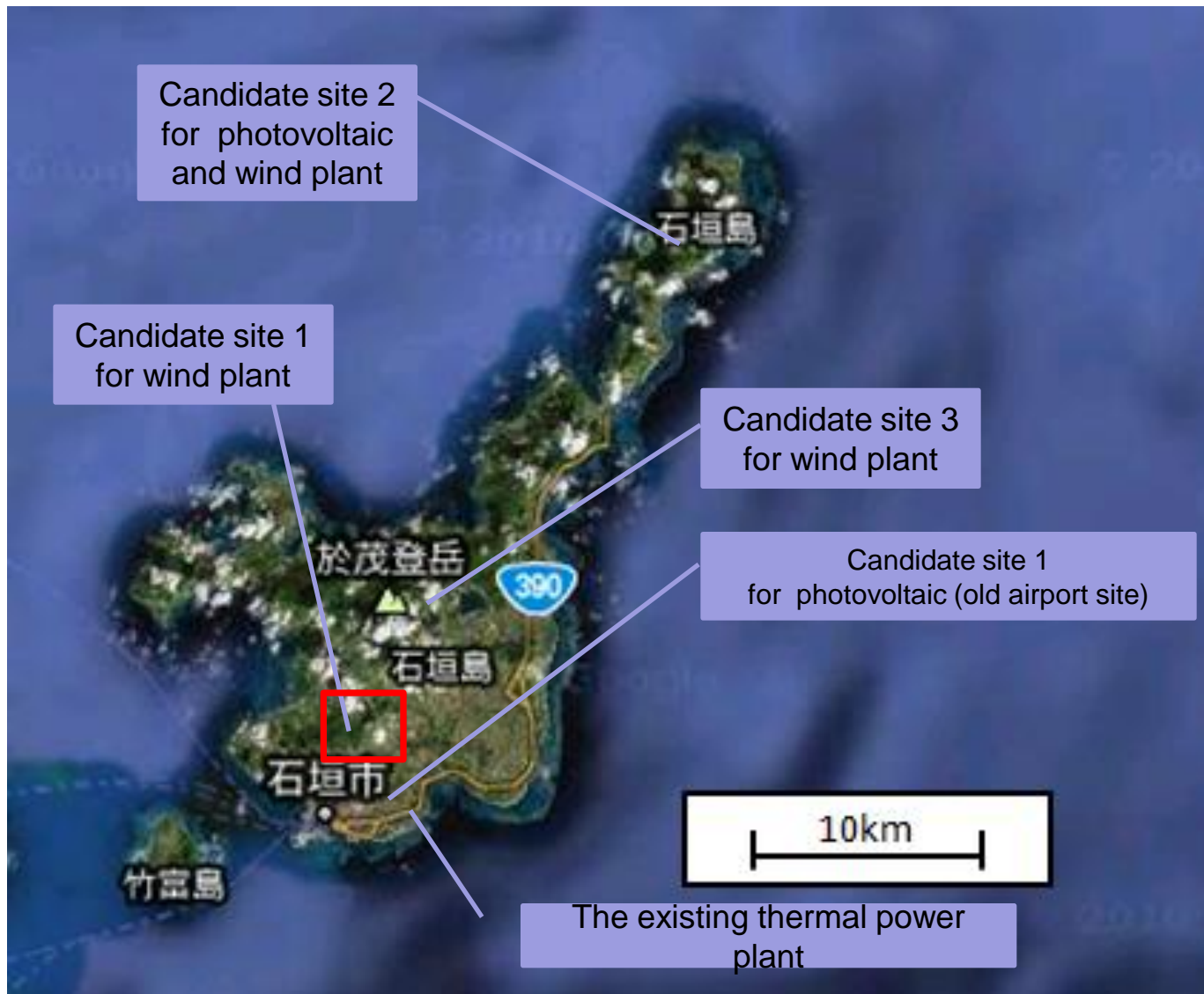
## 4.7 石垣島集中配置CO<sub>2</sub>20%削減ケース導入候補地



## 4.7 石垣島集中配置CO<sub>2</sub>20%削減ケース導入候補地 太陽電池



## 4.7 石垣島集中配置CO<sub>2</sub>20%削減ケース導入候補地



## 4.7 石垣島集中配置CO<sub>2</sub>20%削減ケース導入候補地 太陽電池

