

二次電池社会システム研究会
第9回フォーラム

スマートハウスの エネルギーマネジメント

柴田 一樹

東京大学 工学系研究科

システム創成学専攻 修士一年

目次

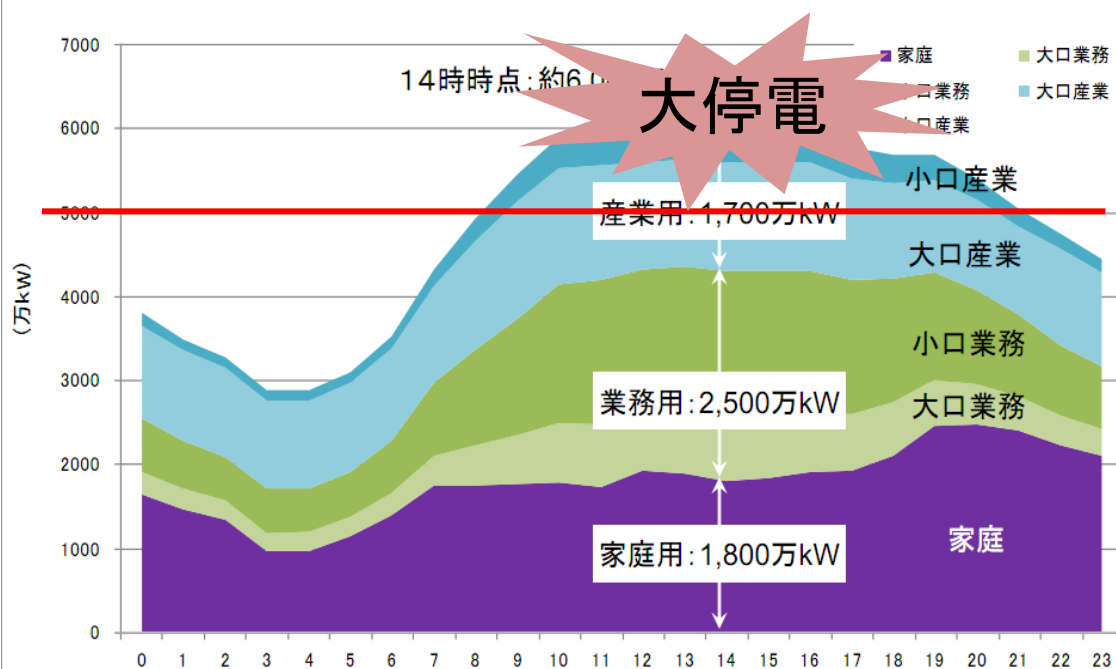
1. 研究の背景と目的
2. 仕様設計法
3. 電力経営支援法

背景 ～ピーク需要対策としての二次電池～

- 電力需要ピークの存在
 - ピーク対応のためだけの過剰な設備
- 3.11以降供給不足が深刻化
 - 約5000万kWが限界
- 対応策
 - 節電？

⇒二次電池による蓄電

夏ピーク日の電力需要推移



背景 ～必要な時に頼れない太陽光発電～

○太陽光発電(PV)の導入拡大

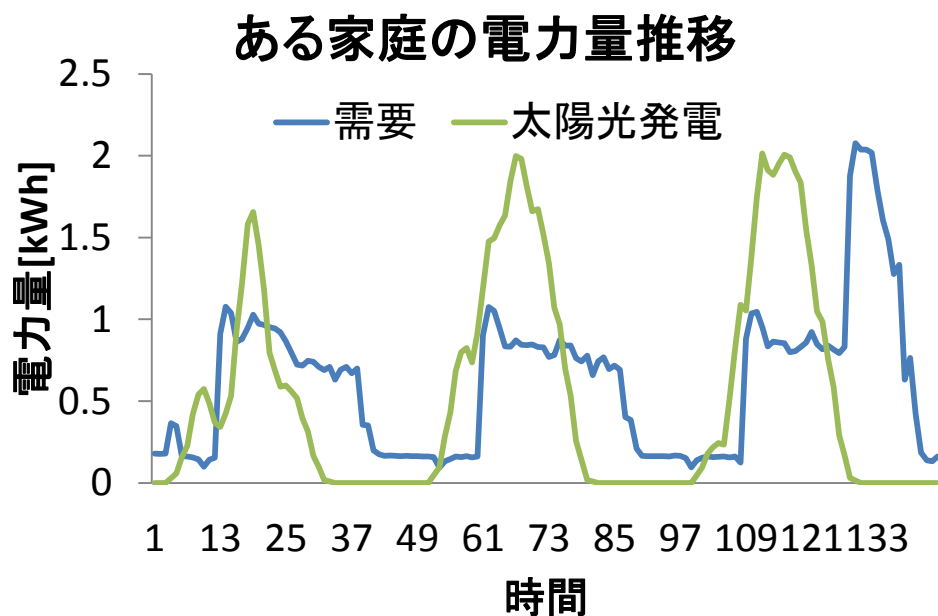
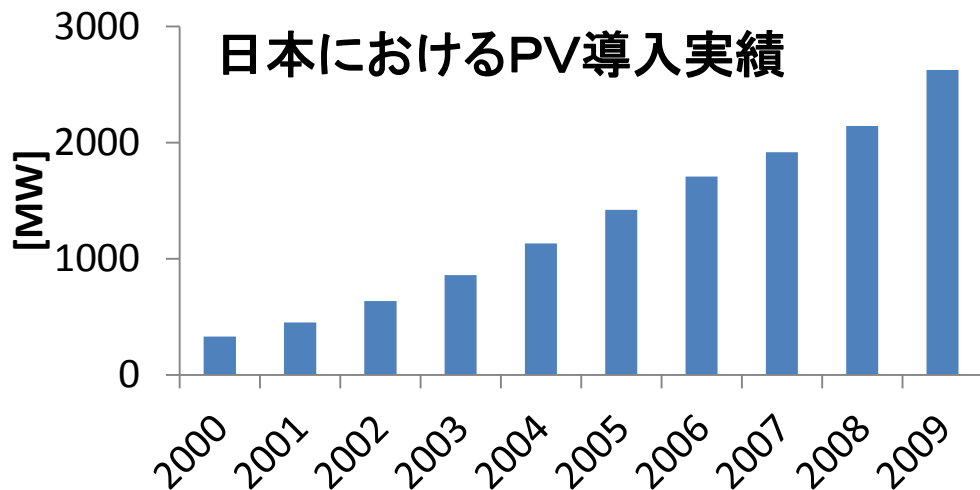
- 補助金
- クリーンエネルギーへの意識

×PVの問題

- 出力変動が激しい
- 需要と発電のずれ

エネルギー安定供給が困難に

二次電池による
エネルギーマネジメント



研究目的

二次電池によって需要と発電のアンバランスを解消し、系統の安定化に寄与するスマートハウスの実現

1. 仕様設計法の確立（設計時）

地域の特徴を考慮して、太陽光発電および二次電池の導入規模を決定する

2. 電力経営支援法の確立（運用時）

実運用時の需要・天候の変化に対応し、エネルギーマネジメントを支援する

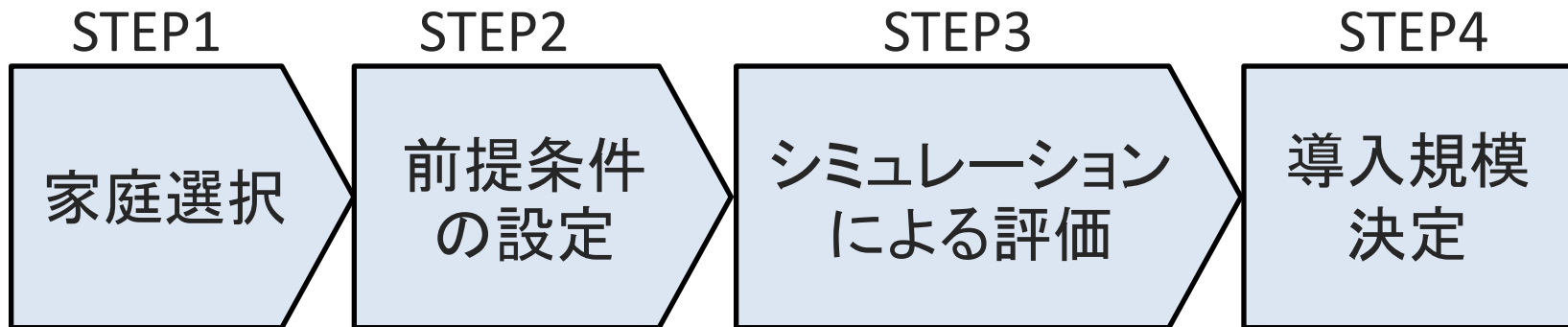
1. 仕様設計法

仕様設計の4ステップ

仕様設計の目的

- どれくらいの規模の設備を導入するか決定する

仕様設計の4ステップ



アプローチ

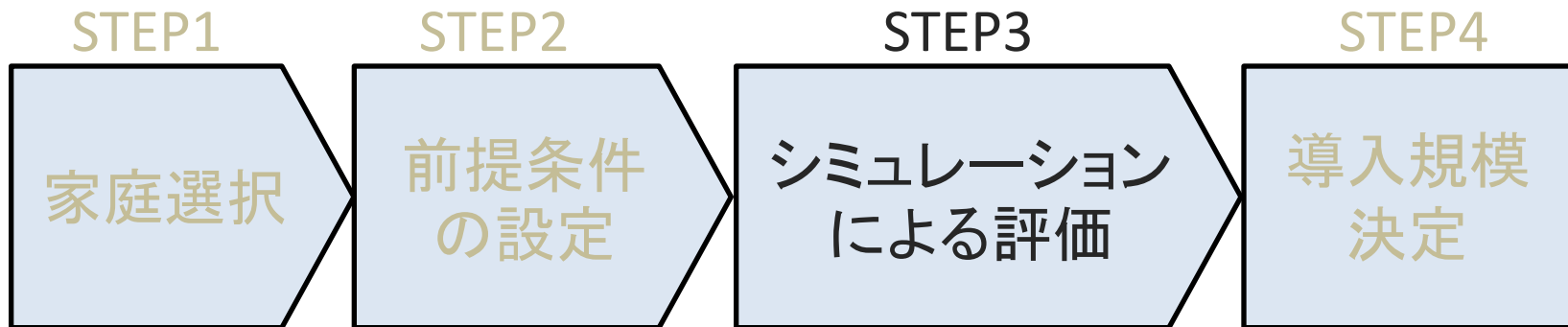
- 充放電アルゴリズム
- 時間発展シミュレーション
- 経済性評価

仕様設計の4ステップ

仕様設計の目的

- どれくらいの規模の設備を導入するか決定する

仕様設計の4ステップ

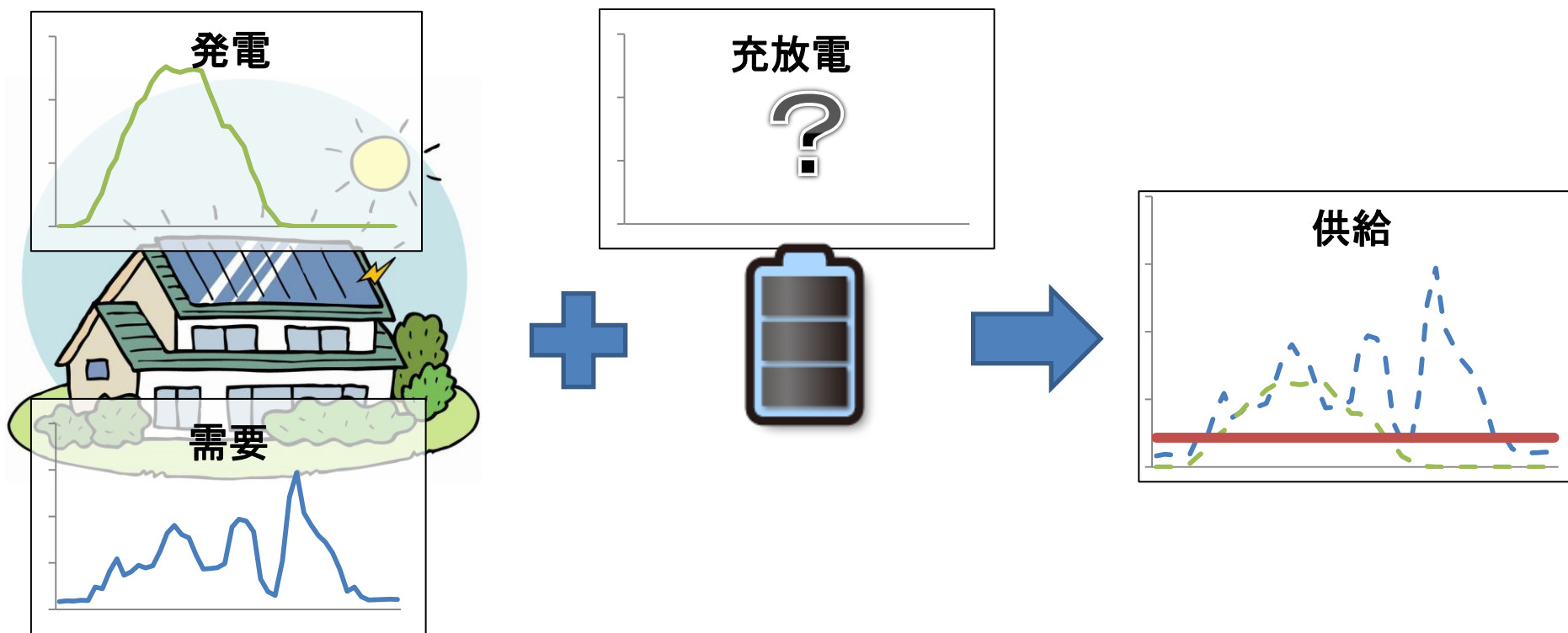


アプローチ

- 充放電アルゴリズム
- 時間発展シミュレーション
- 経済性評価

充放電アルゴリズム

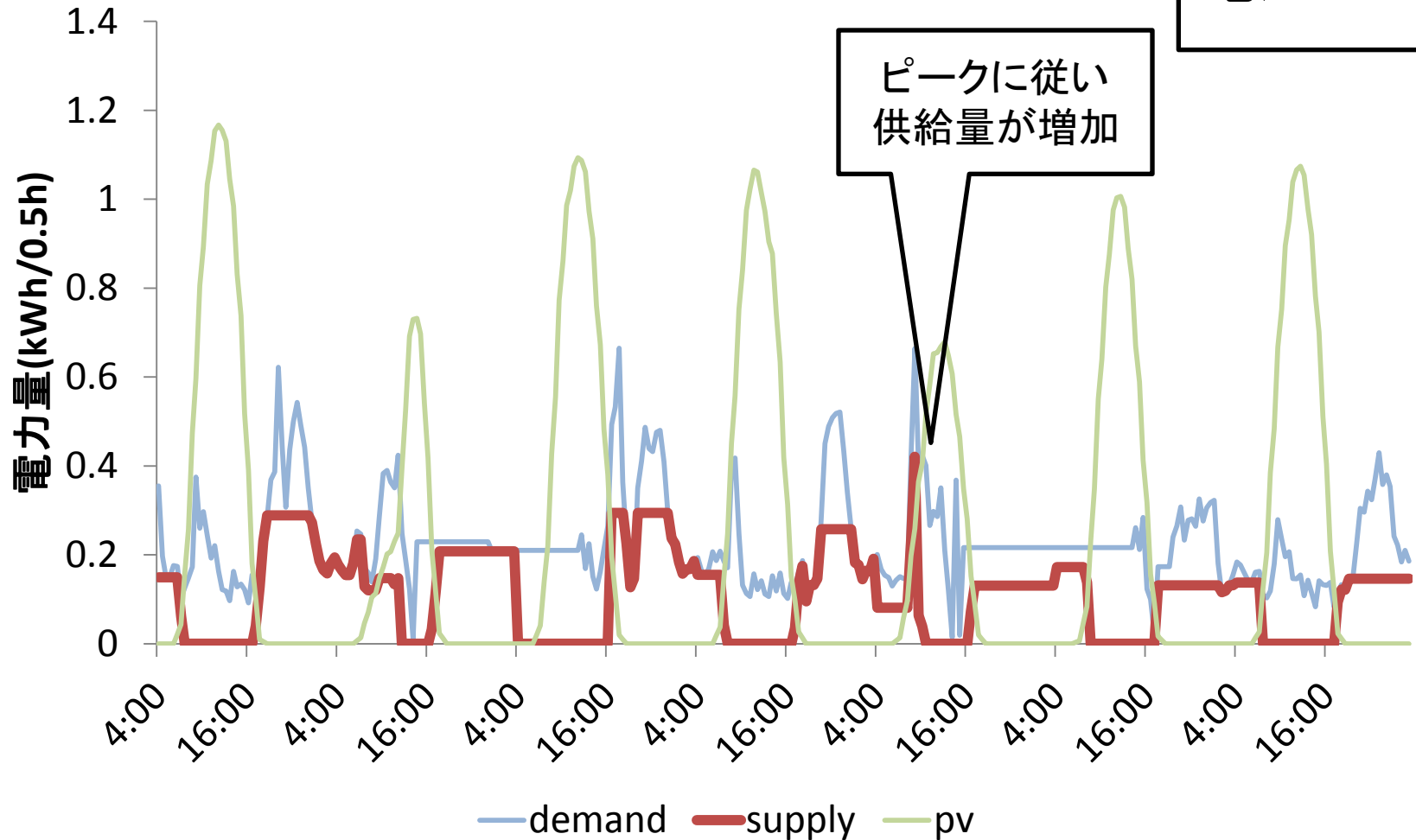
時間ごとの二次電池の充放電量を決定する



今回は「多段平滑化アルゴリズム」を用いる

電池導入量による平滑化効果の変化

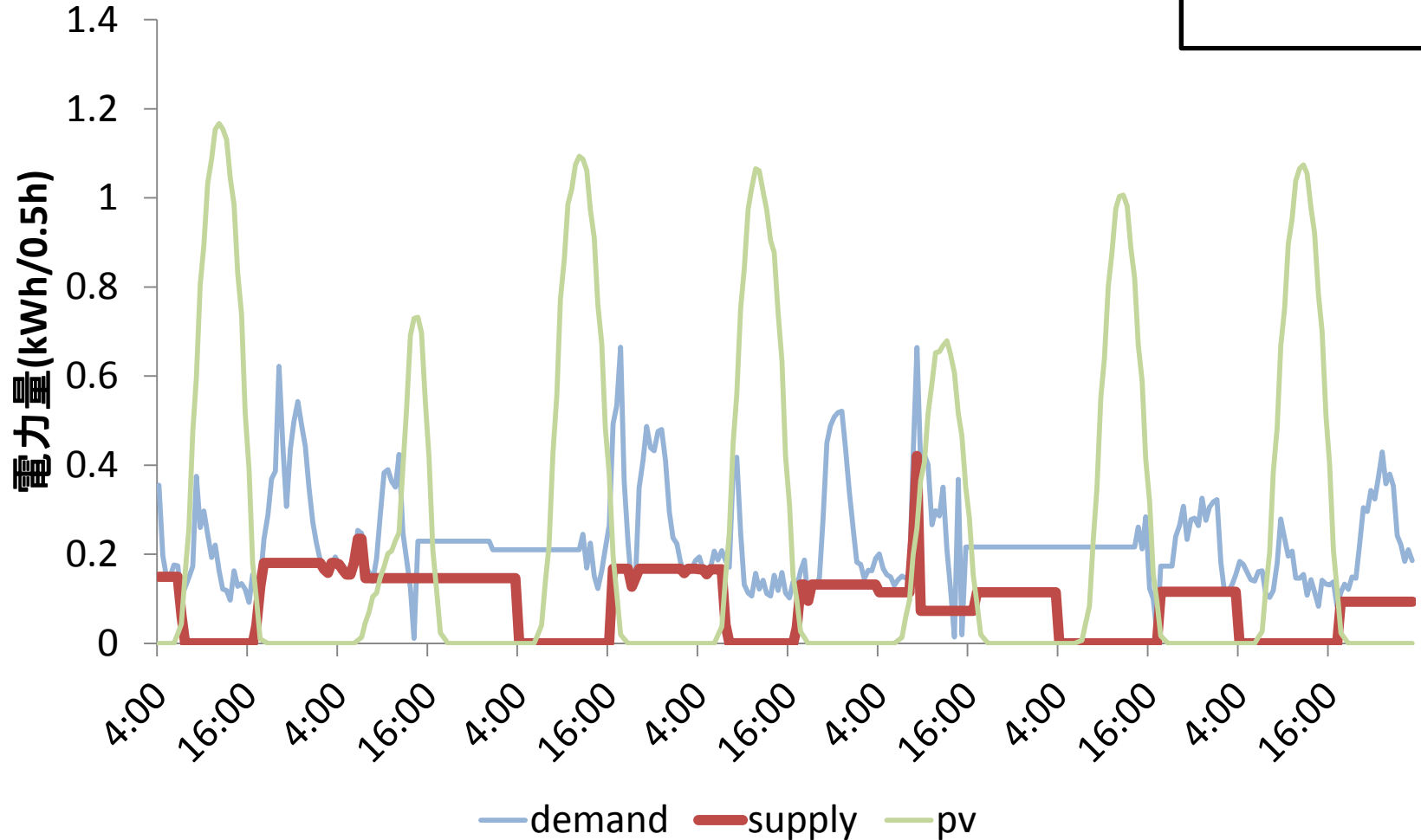
家庭の供給量変化 一週間



電池導入量による平滑化効果の変化

家庭の供給量変化 一週間

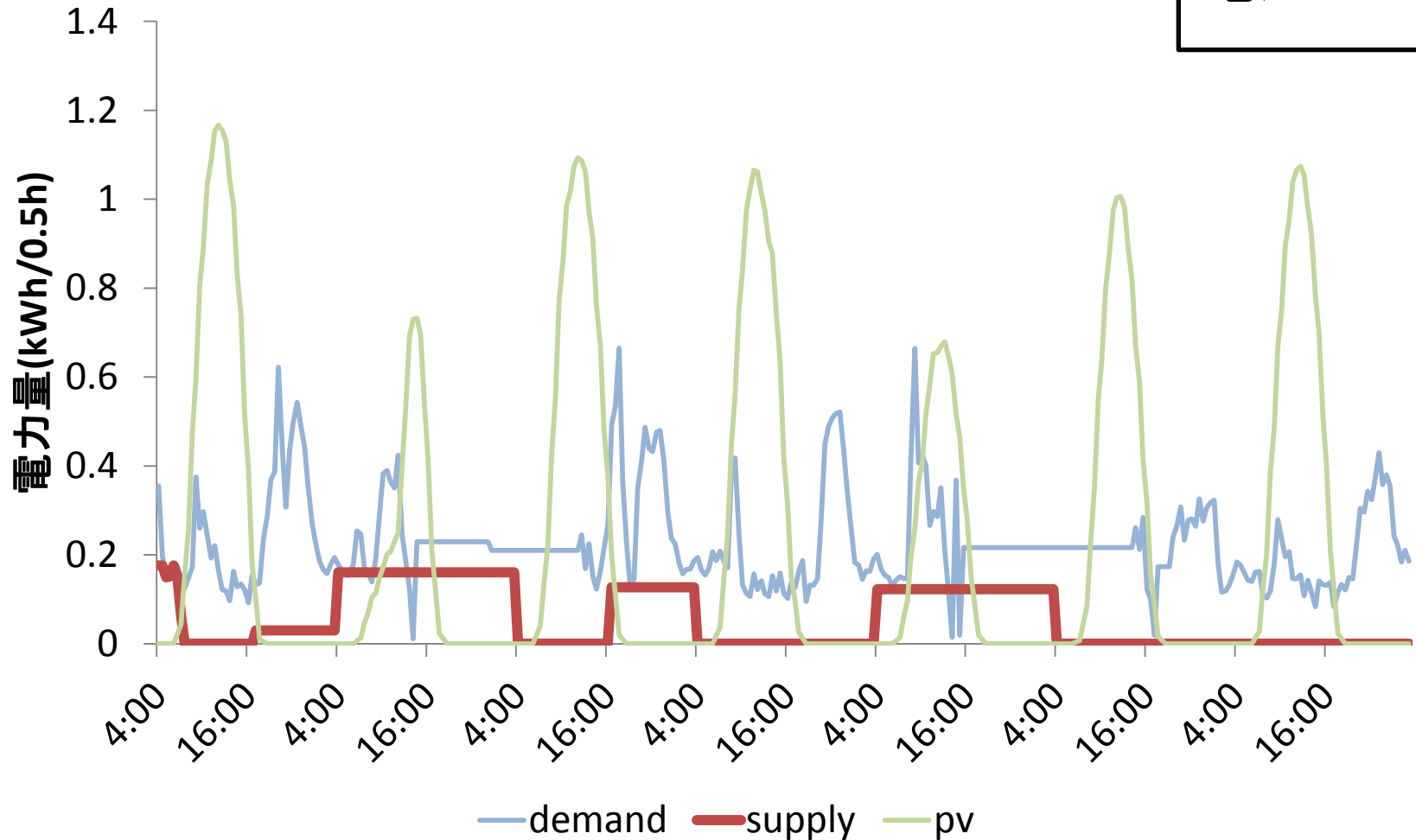
電池**0.50**日分



電池導入量による平滑化効果の変化

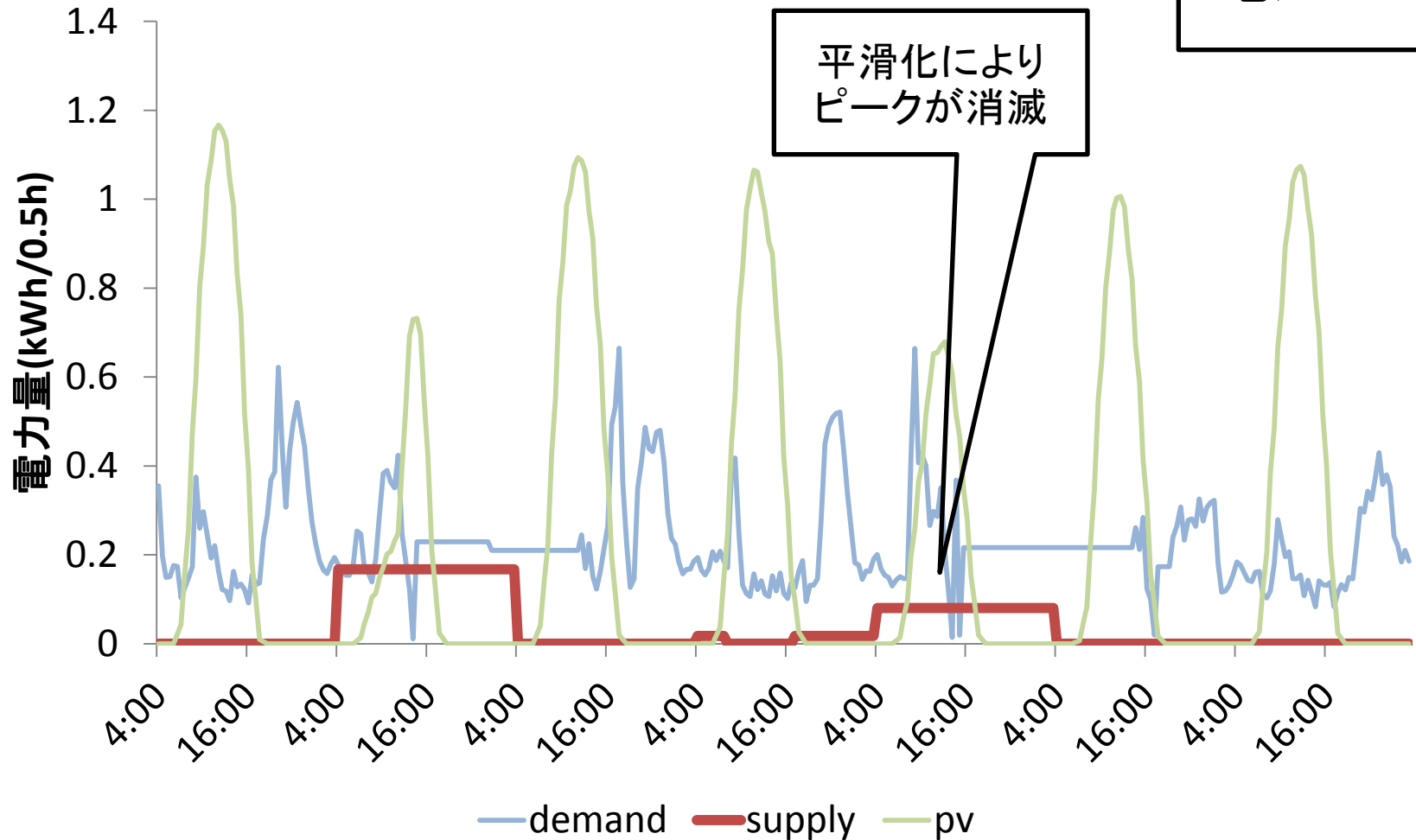
家庭の供給量変化 一週間

電池**0.75**日分



電池導入量による平滑化効果の変化

家庭の供給量変化 一週間

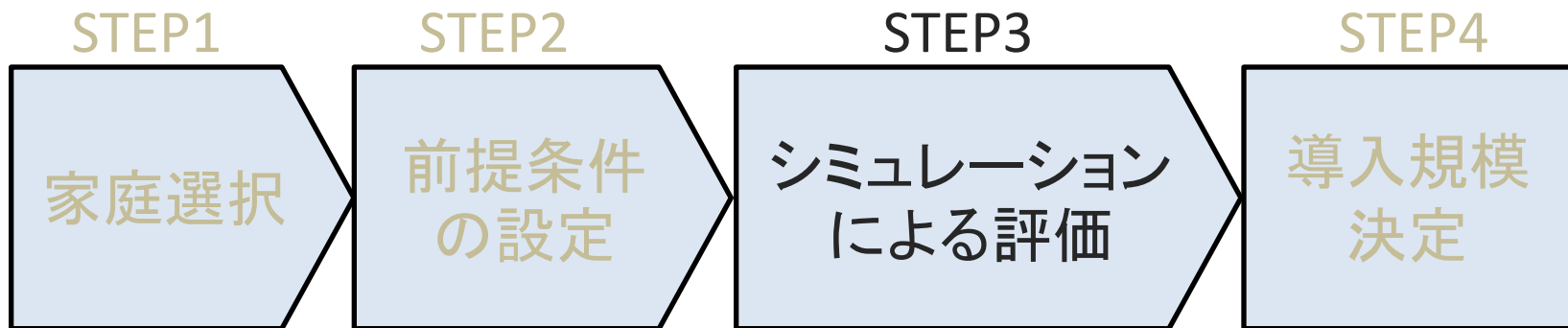


仕様設計の4ステップ(再掲)

仕様設計の目的

- どれくらいの規模の設備を導入するか決定する

仕様設計の4ステップ

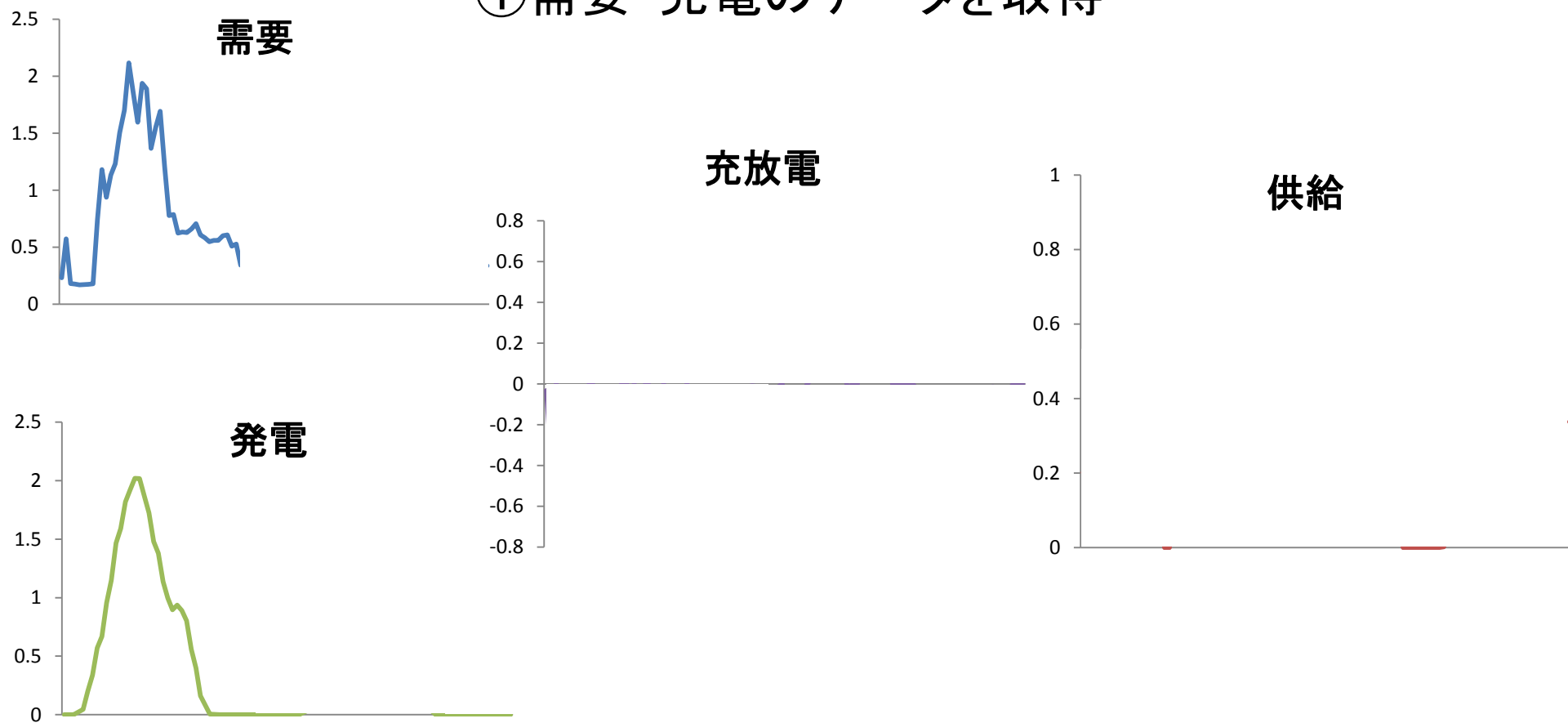


アプローチ

- 充放電アルゴリズム
- 時間発展シミュレーション
- 経済性評価

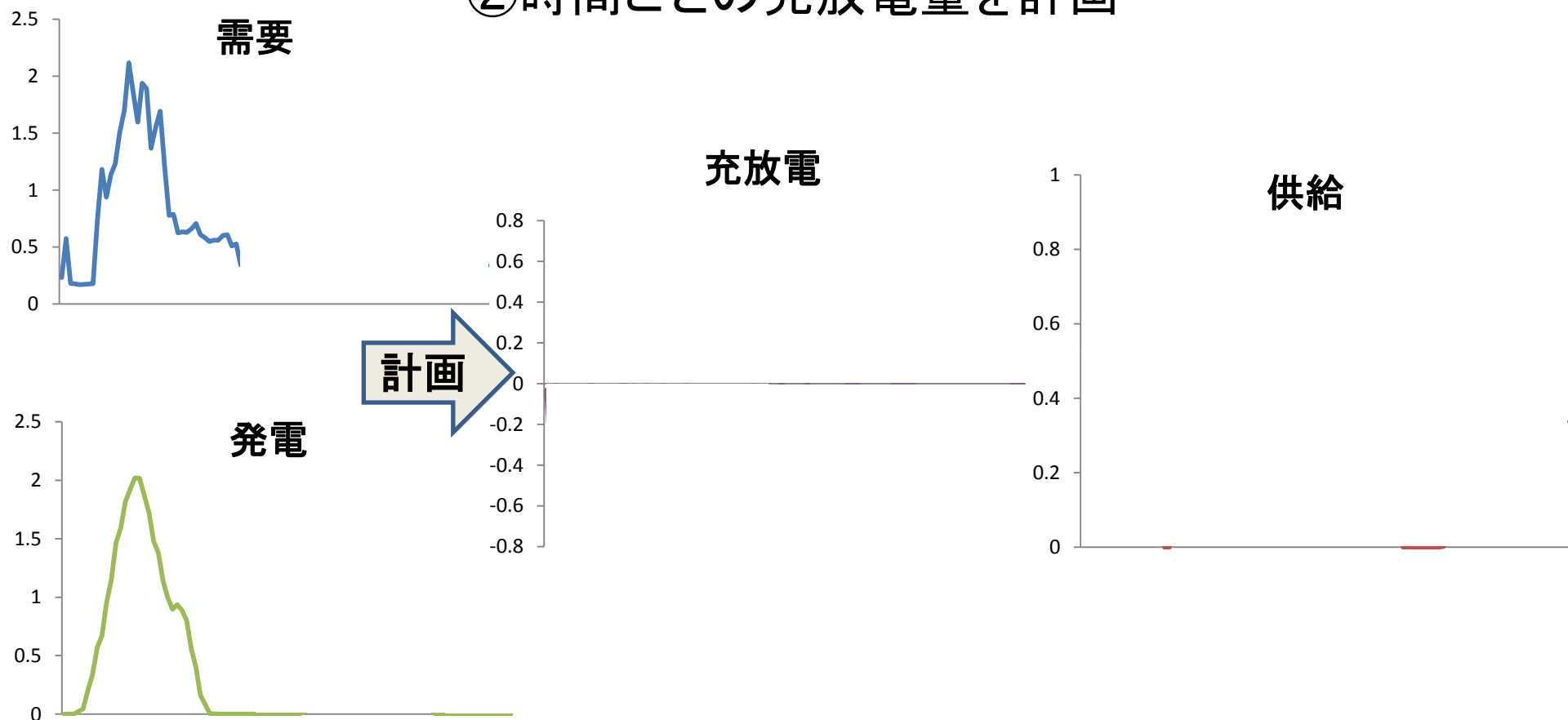
時間発展シミュレーション

①需要・発電のデータを取得



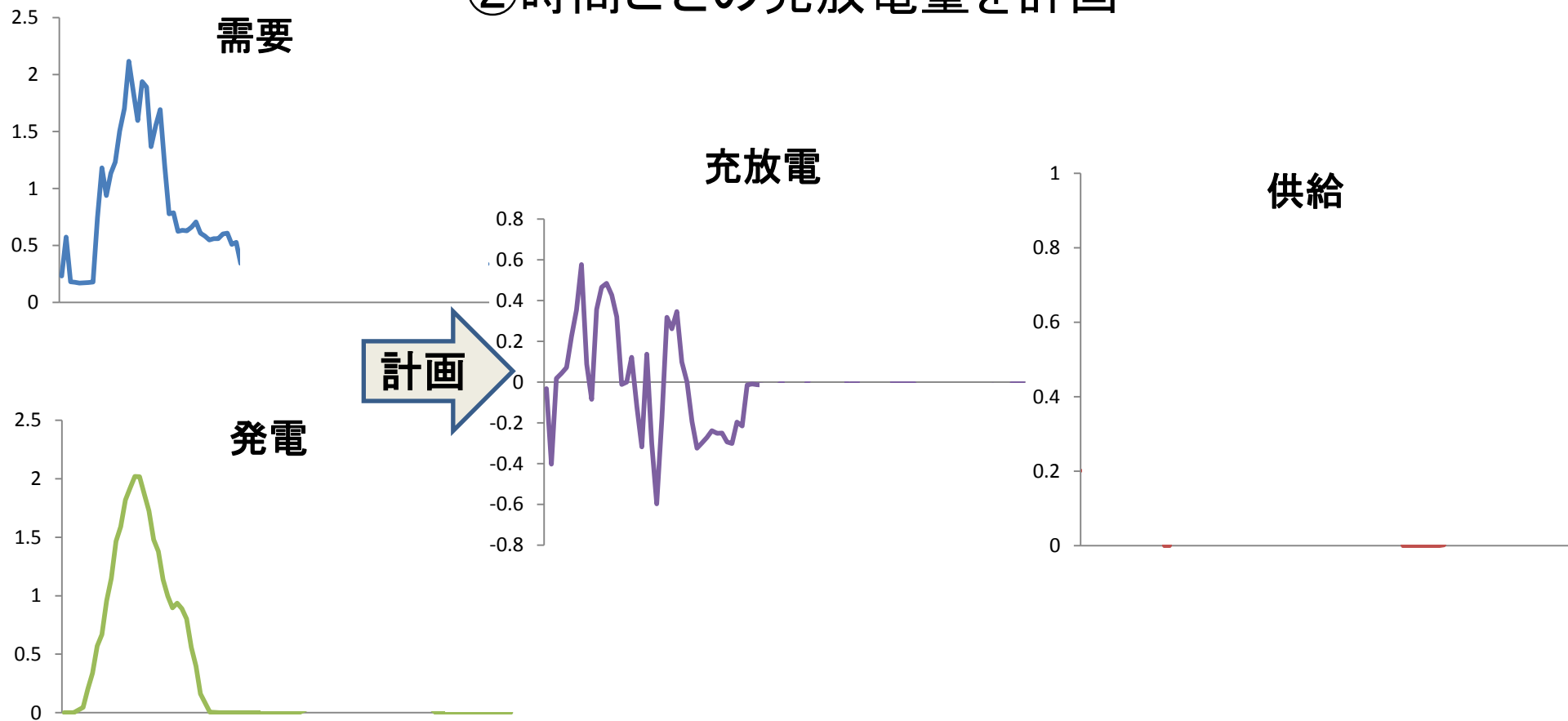
時間発展シミュレーション

②時間ごとの充放電量を計画



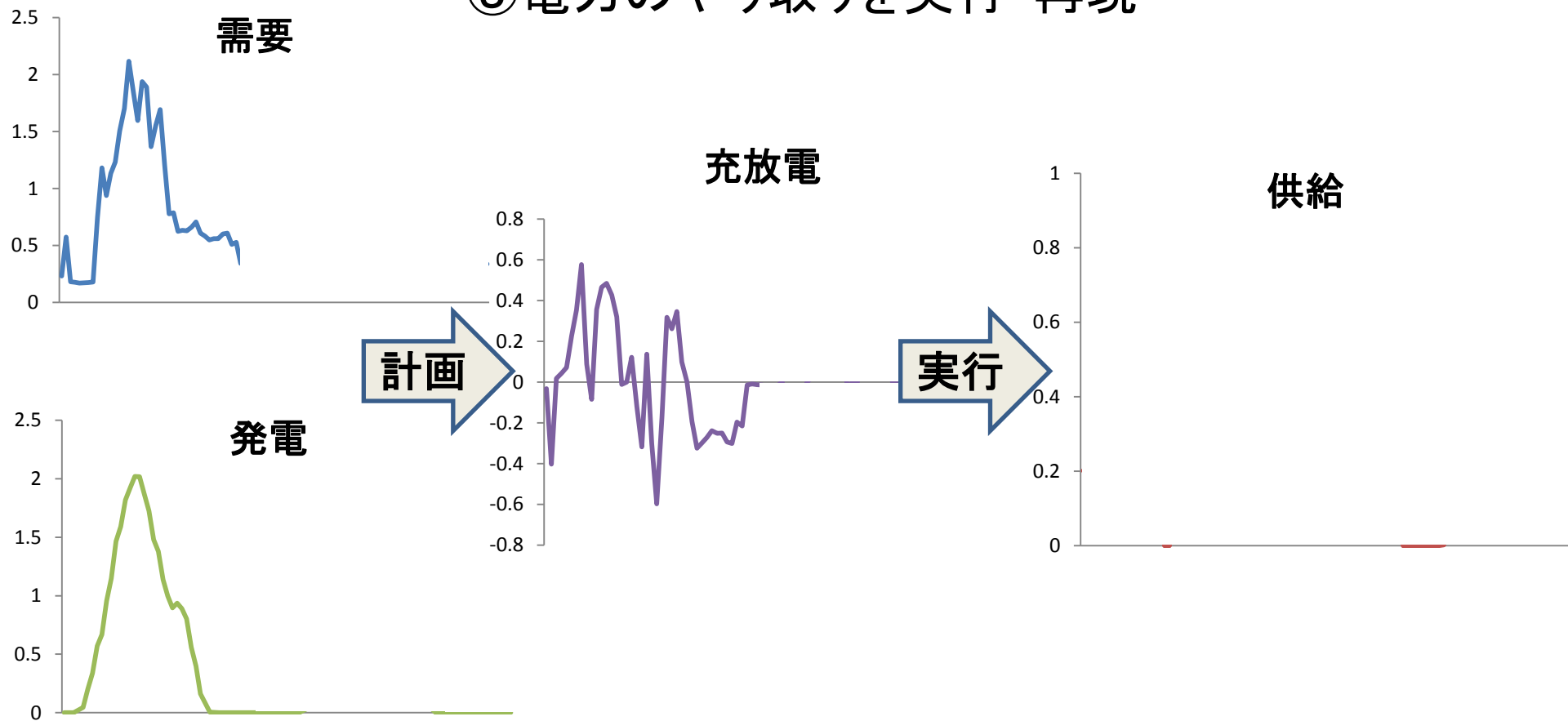
時間発展シミュレーション

②時間ごとの充放電量を計画



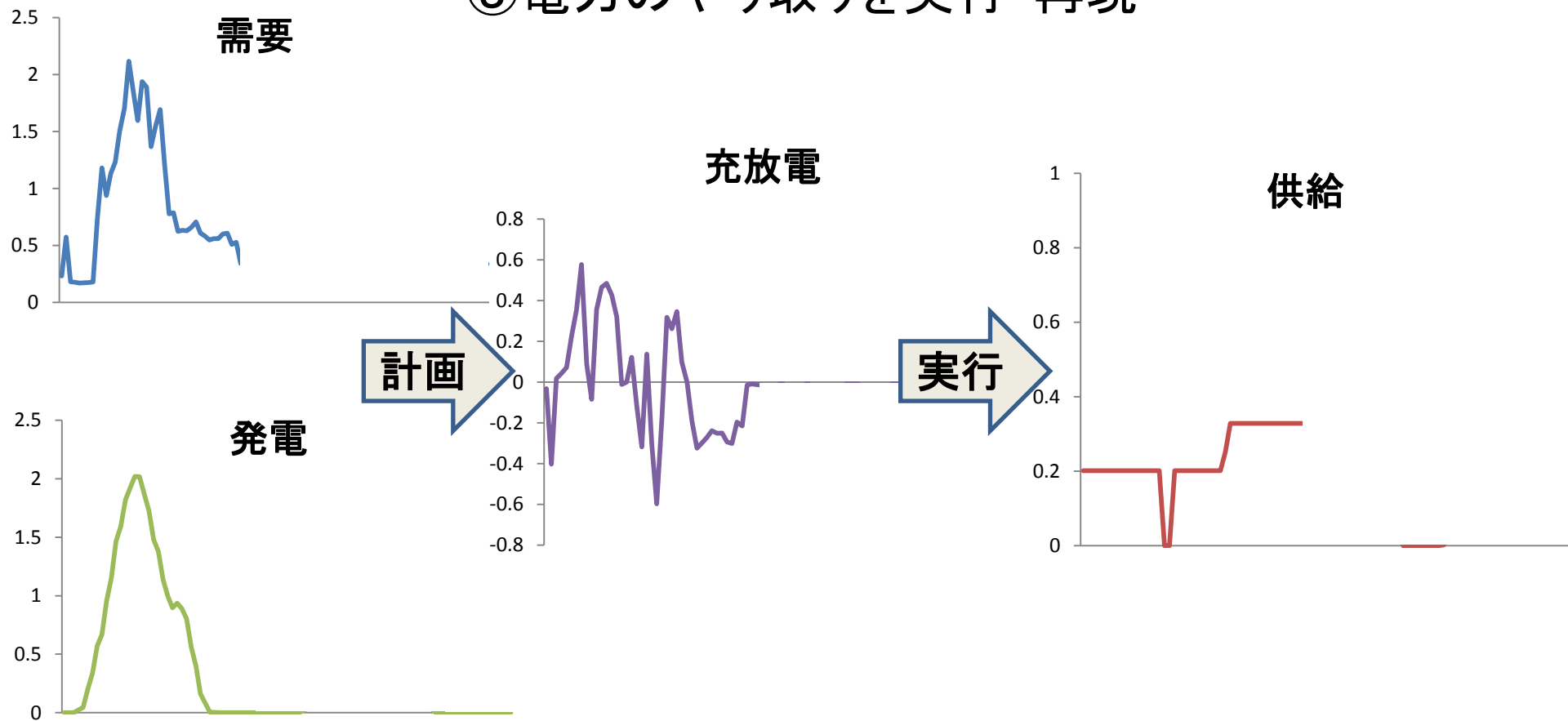
時間発展シミュレーション

③電力のやり取りを実行・再現



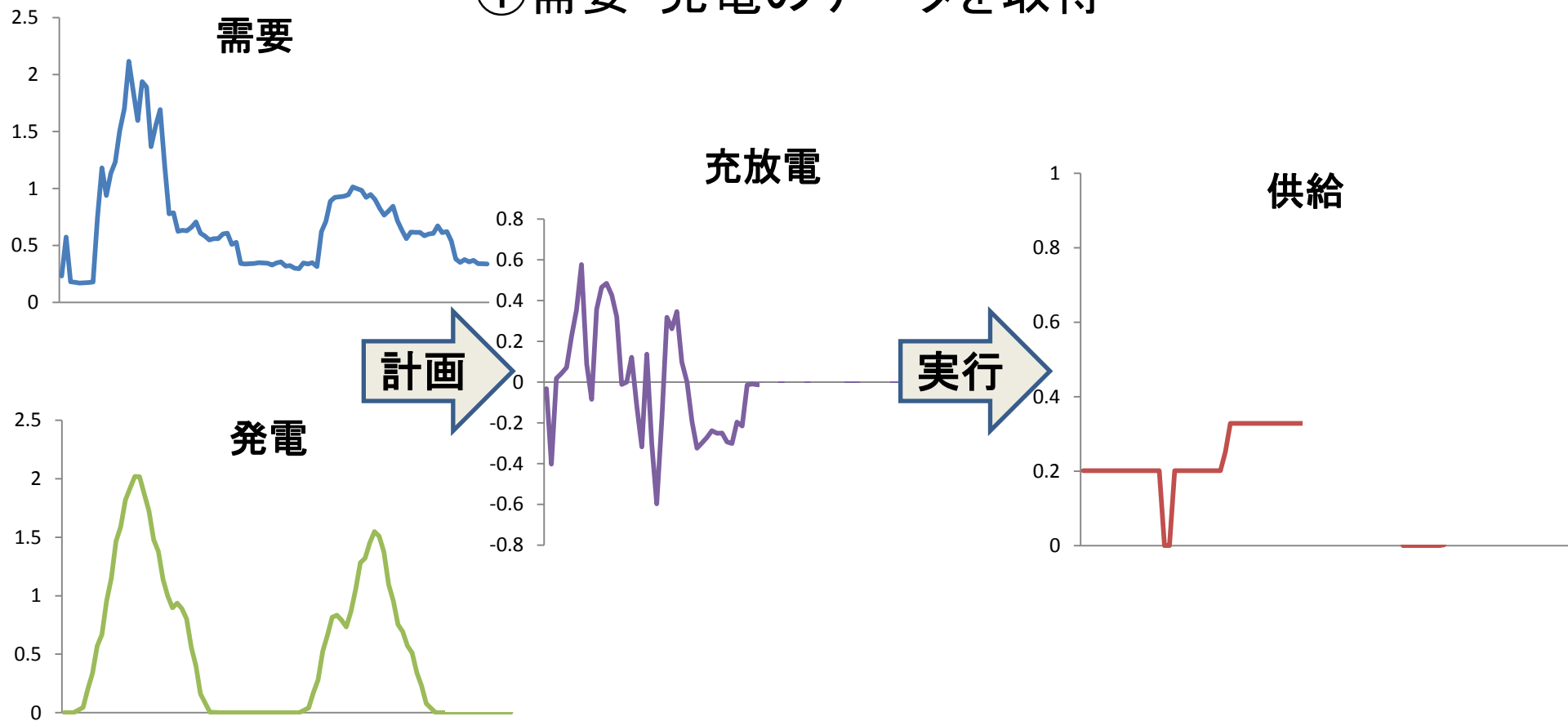
時間発展シミュレーション

③電力のやり取りを実行・再現



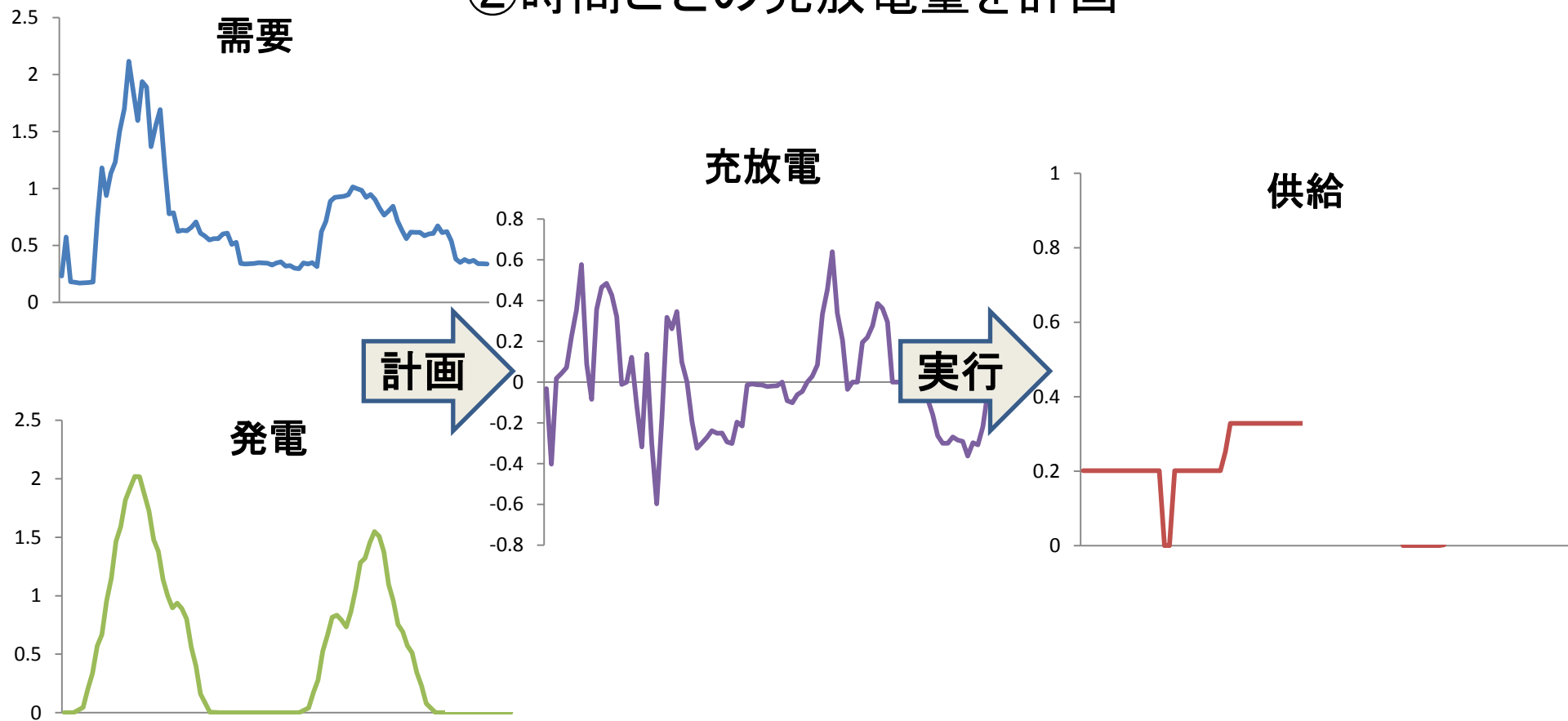
時間発展シミュレーション

① 需要・発電のデータを取得



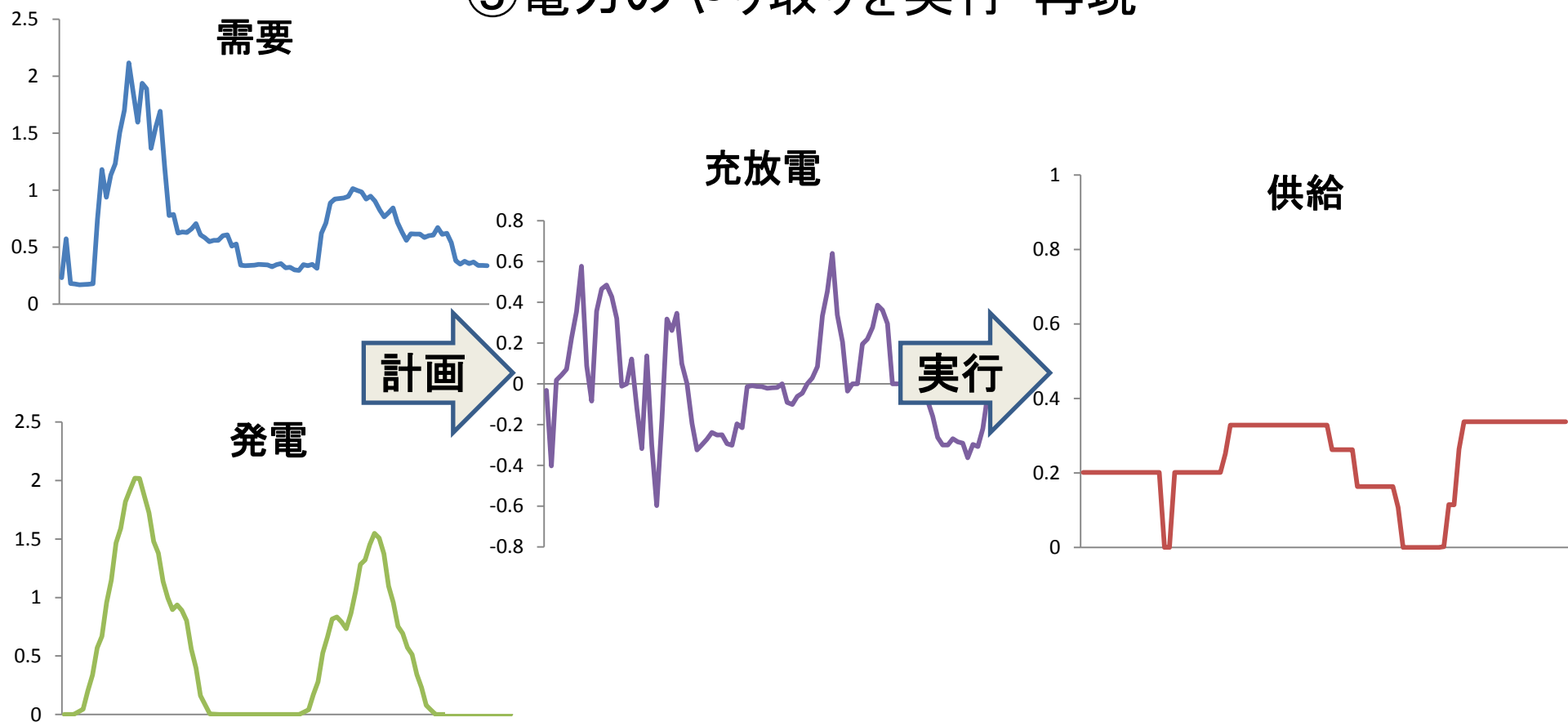
時間発展シミュレーション

②時間ごとの充放電量を計画



時間発展シミュレーション

③電力のやり取りを実行・再現

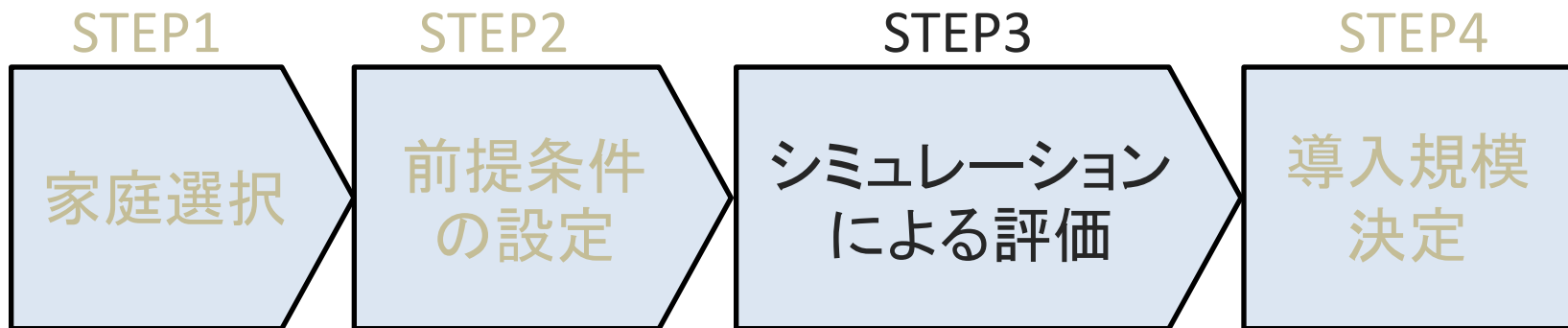


仕様設計の4ステップ(再掲)

仕様設計の目的

- どれくらいの規模の設備を導入するか決定する

仕様設計の4ステップ



アプローチ

- 充放電アルゴリズム
- 時間発展シミュレーション
- 経済性評価

投資回収年数による経済性評価

投資回収年数

$$POY[\text{year}] = \frac{IniCost[JPY]}{annualBenefit \left[\frac{JPY}{\text{year}} \right]}$$

POY(payoutYear) [year] : 投資回収年数

IniCost[JPY]: 初期投資額

annualBenefit[JPY/year]: 年間利得

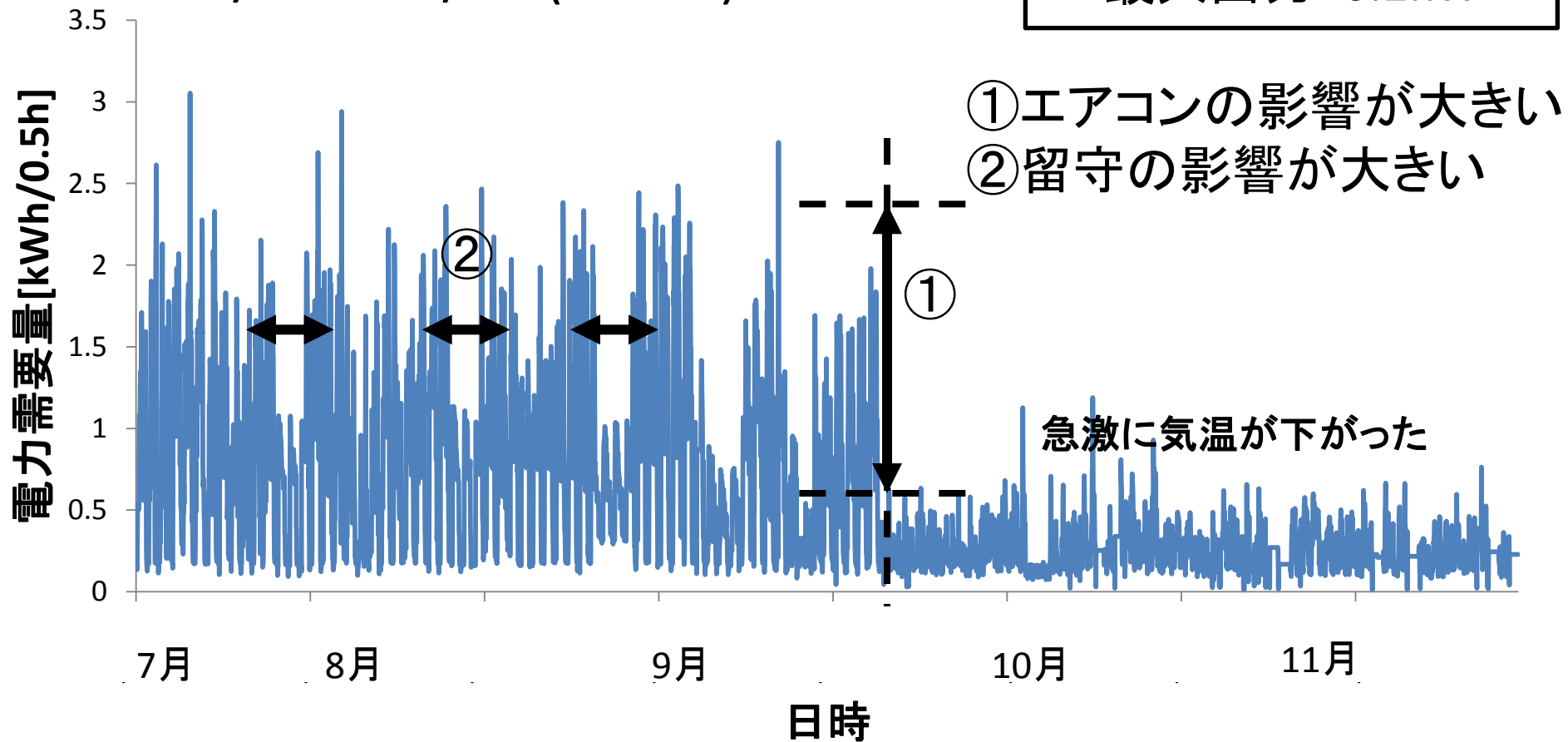
※何年で投資を回収できるかを示す
値が小さいほどよい

2. 関東地域の家庭での仕様設計例

対象家庭の電力使用状況

- 関東で一軒・大型の家庭
- 7/21 - 11/16 (119日)

総需要: 3100kWh
平均需要: 26kWh
最大出力: 6.2kW



太陽光発電を設置した場合の期待発電量

ホーム 防災気象情報 気象統計情報 気象等の知識 気象庁について 案内・申請・リンク

ホーム > 気象統計情報 > 過去の気象データ検索 > 1時間ごとの値

1時間ごとの値

一覧表 グラフ

メニューに戻る

前年 前月 前日 翌日 翌月 翌年

日ごとの値 1時間ごとの値 10分ごとの値

東京 2010年6月21日

$$P_{PV}(t) = P_{STC} \frac{G_{ING}(t)}{G_{STC}} \{1 + k(T_c(t) - T_r)\}$$

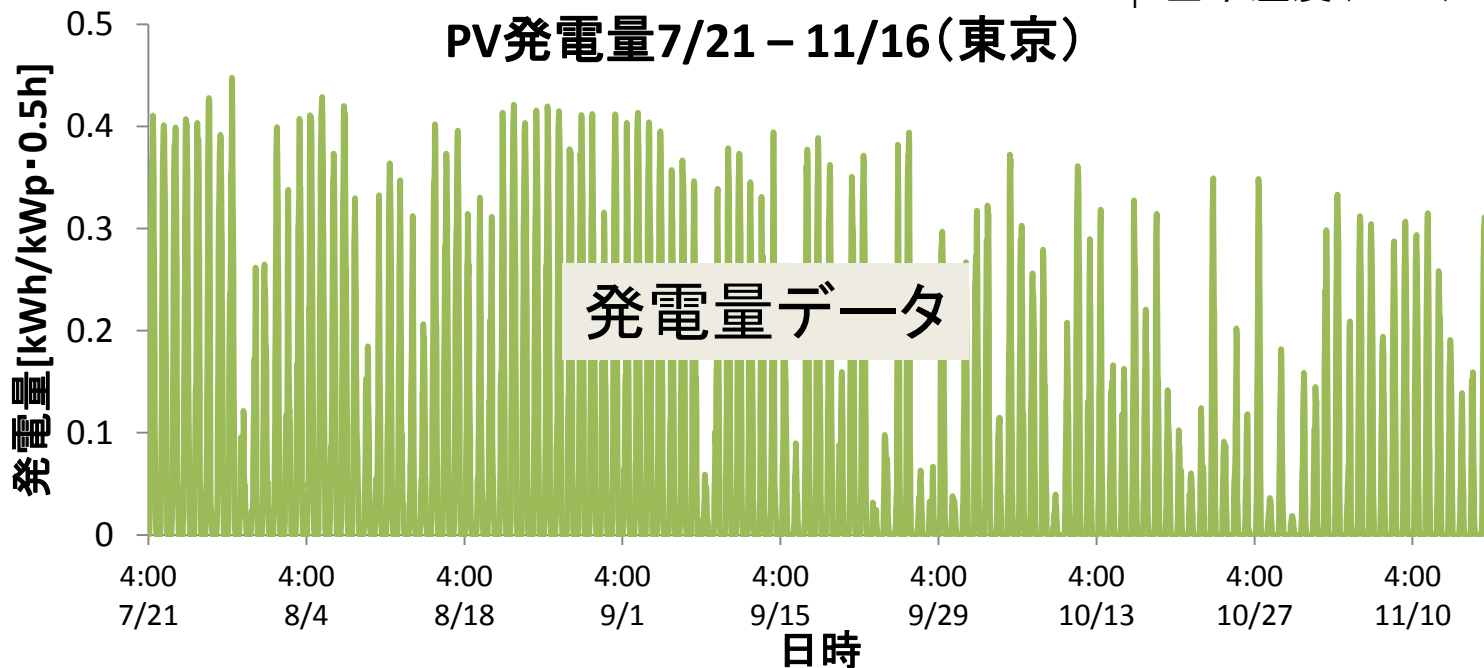
- $P_{PV}(t)$: 日射量 $G_{ING}(t)$ のときのモジュールの発電量 (kWh)
- P_{STC} : 標準状態での発電量 (kW)
- $G_{ING}(t)$: 時刻 t における日射量 (W/m^2)
- G_{STC} : 標準状態における日射量 ($1000W/m^2$)
- k : 温度係数
- $T_c(t)$: 時刻 t におけるセル温度 ($^{\circ}C$)
- T_r : 基準温度 ($25^{\circ}C$)

気象庁統計データ

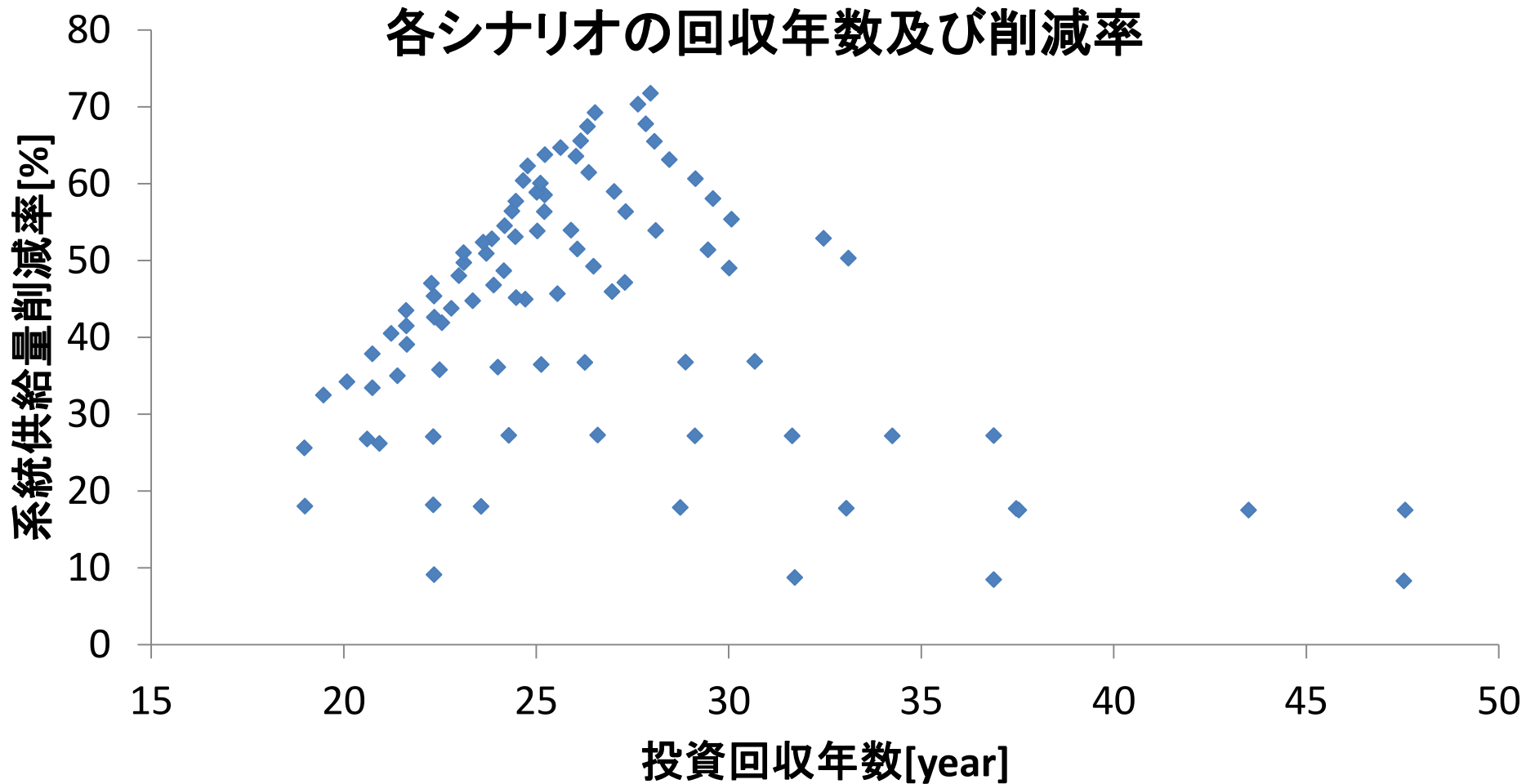
時	気圧(hPa)		降水量(mm)	露点		風向・風速(m/s)		日照	全干	雲(mm)		雨量	視程(km)			
	現地	海面		1時間	24時間	10分	1時間			10分	1時間					
1	999.2	1003.3	0.0													
2	999.4	1003.6	0.0													
3	998.7	1002.9	0.0	23.3	20.1	23.5	82	3.5	南南西			×	×	●	10	200
4	998.5	1002.7	0.0	23.2	20.0	23.3	82	4.4	南南西			0.00	×	×		
5	999.3	1003.5	0.0	23.5	20.3	23.7	82	3.7	南南西	0.0	0.01	×	×			
6	999.2	1003.4	—	23.9	20.0	23.4	79	3.3	南南西	0.0	0.13	×	×	◎	10	250
7	999.3	1003.5	—	24.5	20.0	23.4	76	3.1	南	0.0	0.38	×	×			
8	999.7	1003.8	—	25.3	19.9	23.2	72	3.8	南南西	0.0	0.62	×	×			
9	999.4	1003.5	—	25.7	19.6	22.8	69	3.4	南	0.0	0.65	×	×	◎	10	250
10	999.3	1003.4	—	25.4	19.5	22.7	70	3.1	南南西	0.0	0.50	×	×			
11	998.9	1003.0	—	25.5	19.9	23.2	71	3.9	南南西	0.0	0.89	×	×			



PV発電量7/21 - 11/16(東京)

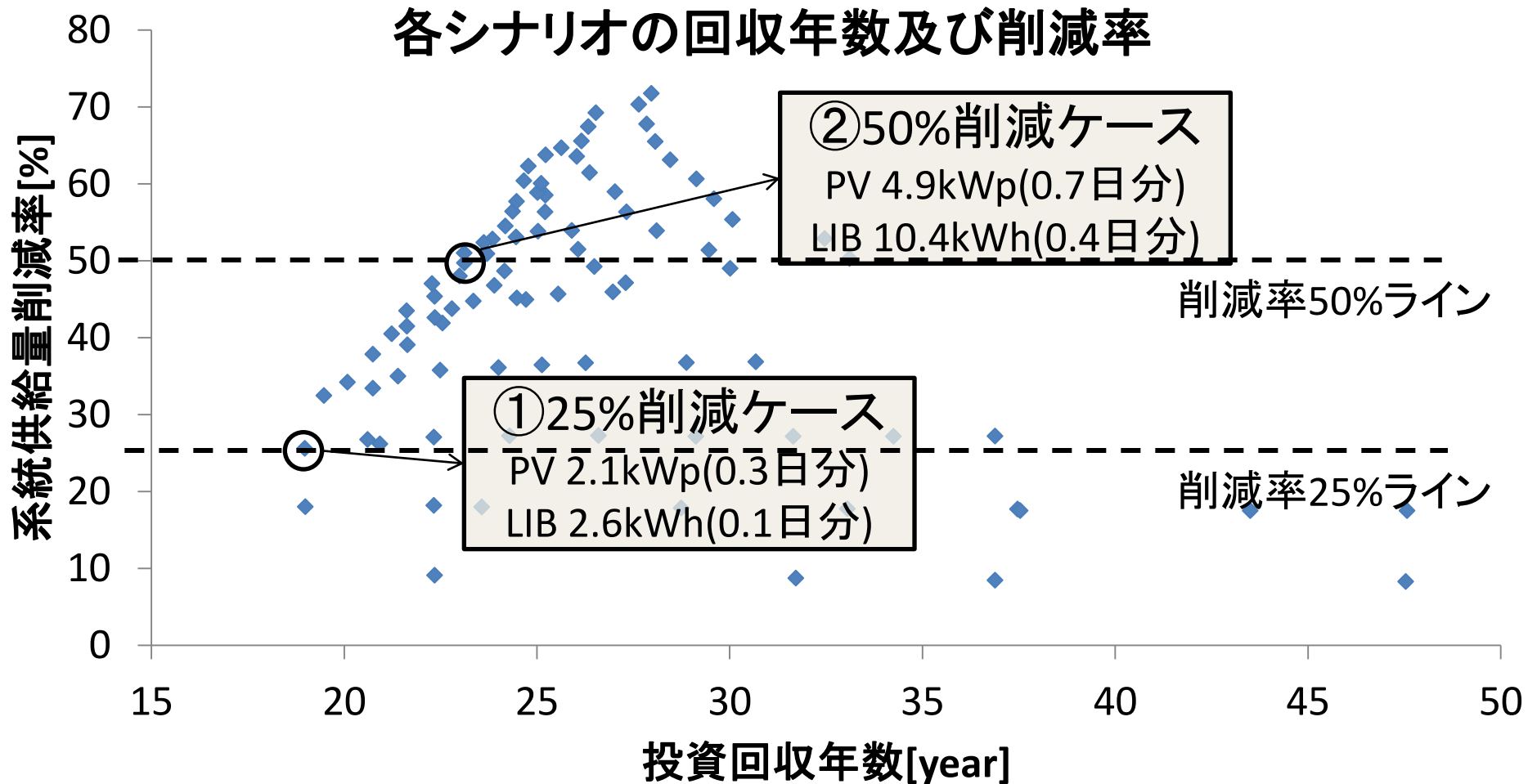


仕様設計の結果



仕様設計の結果

削減率25%, 50%以上で投資回収が最も短いシナリオを選択



期間中のピーク削減率

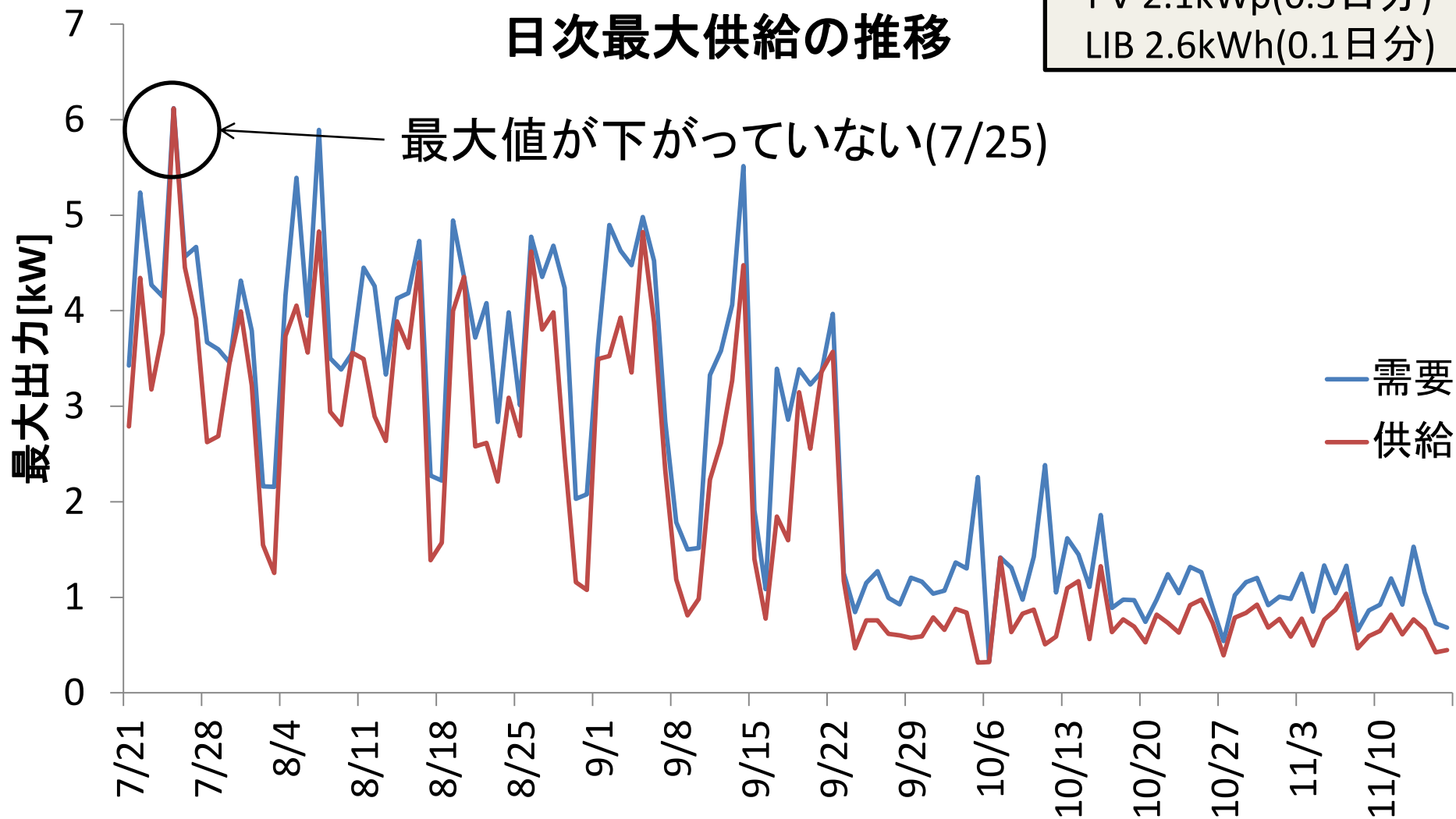
ピーク削減率: 0.05%

① 25%削減ケース

PV 2.1kWp(0.3日分)

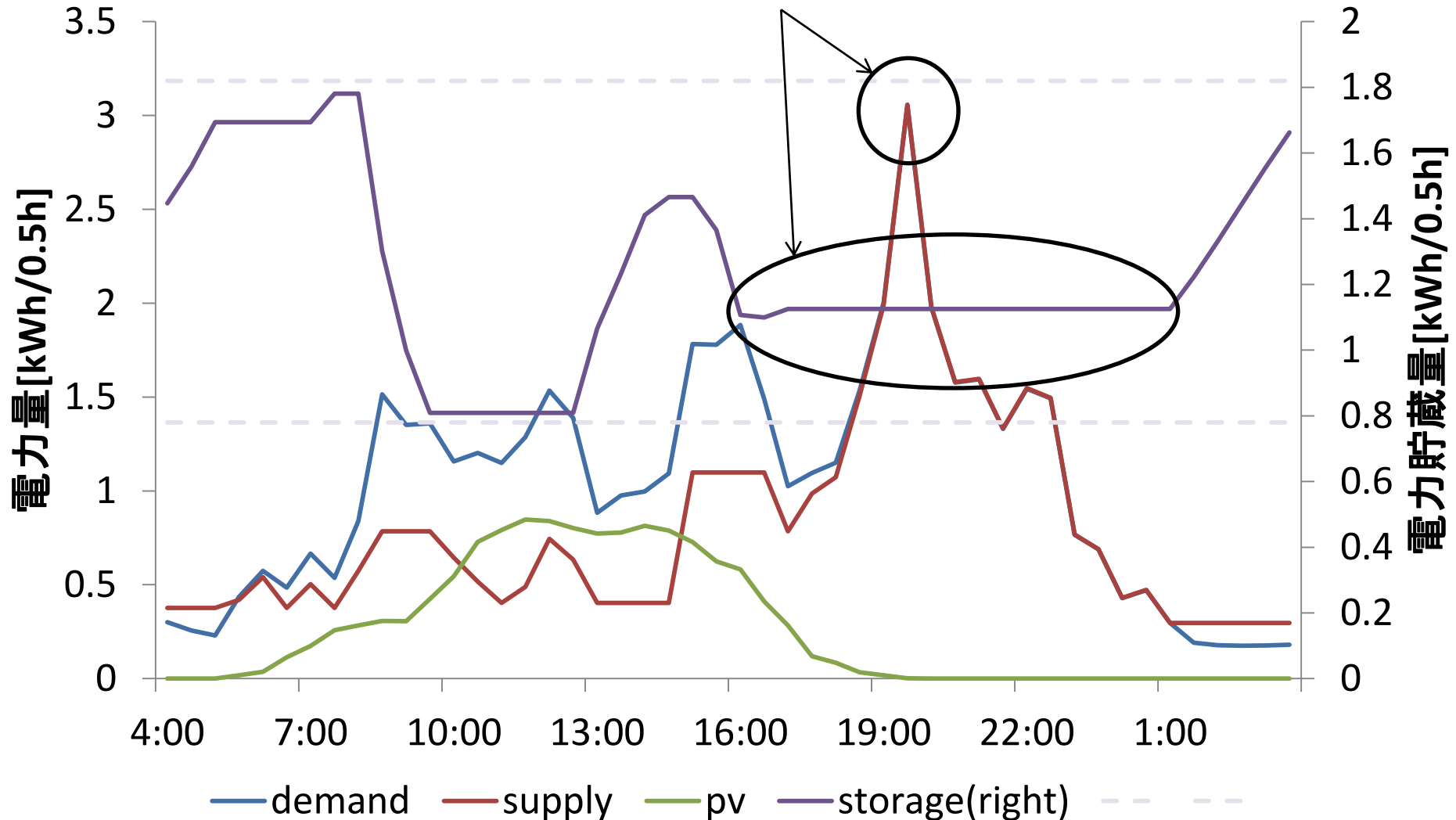
LIB 2.6kWh(0.1日分)

日次最大供給の推移

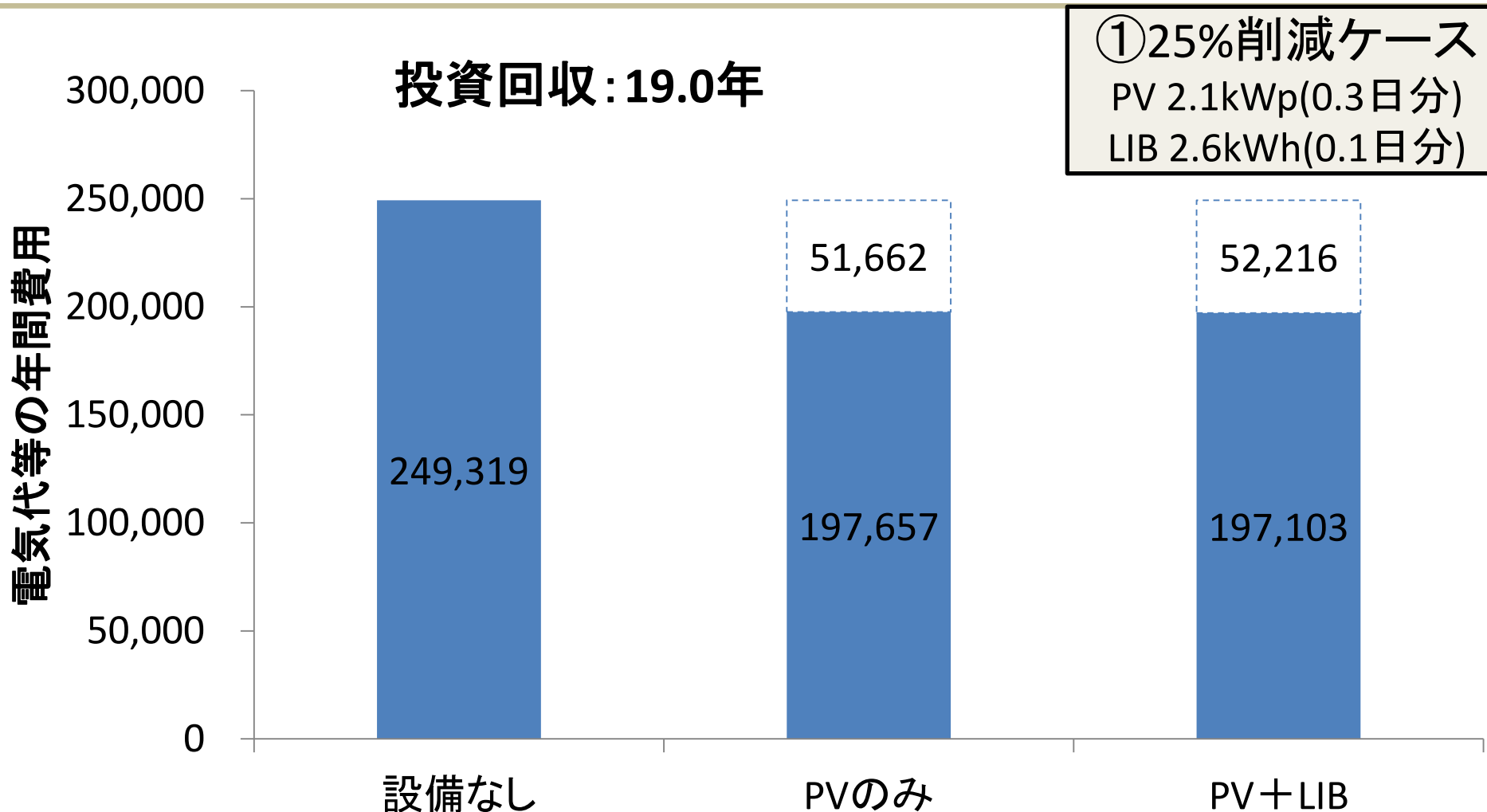


供給量と電力貯蔵量の関係(7/25)

電力貯蔵量が不足しており、供給量を下げることができない



設備導入による費用の減少



⇒LIBの導入効果は少ない

※年間の値に換算

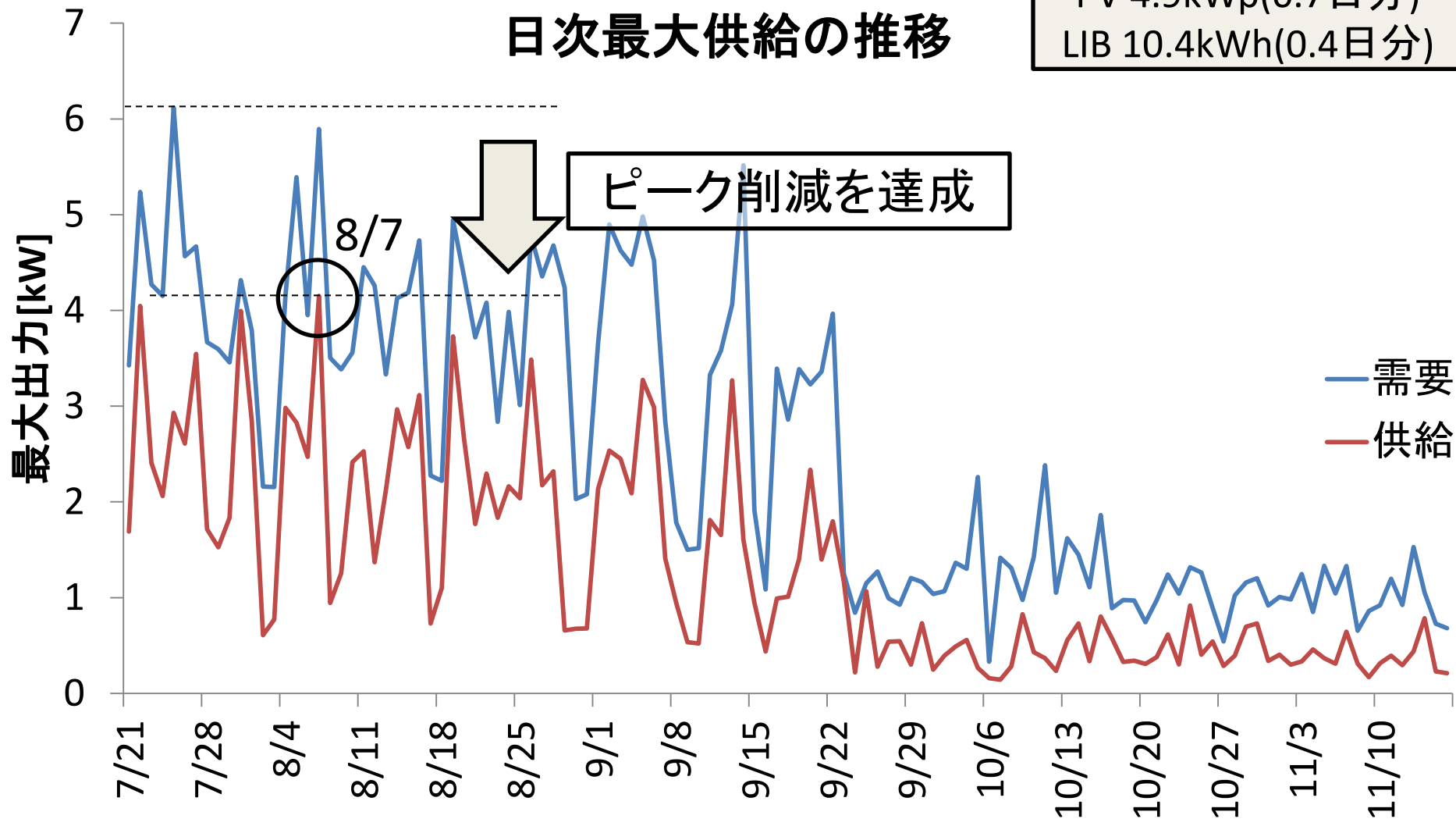
期間中のピーク削減率

ピーク削減率: 32.2%

②50%削減ケース

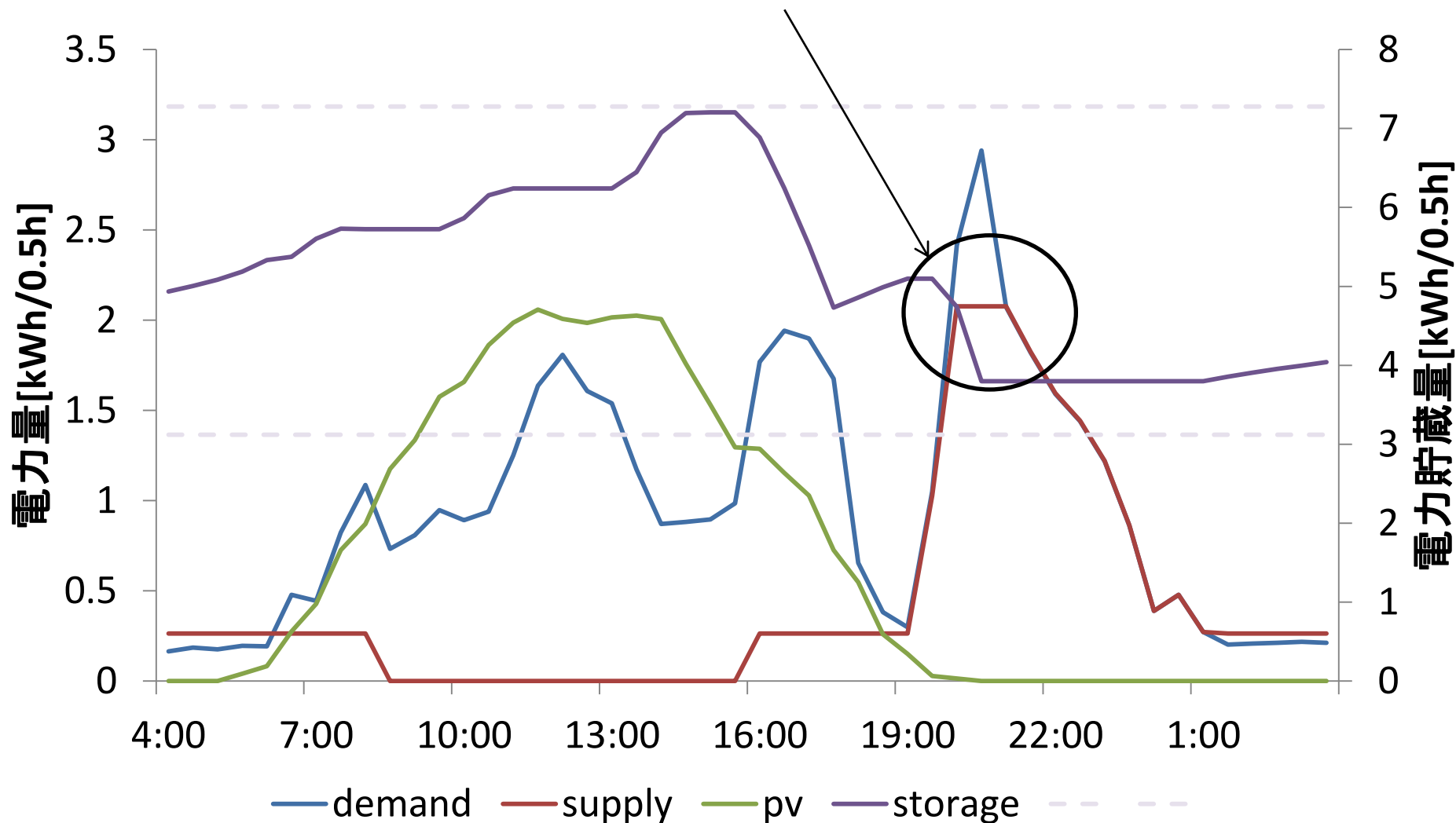
PV 4.9kWp(0.7日分)

LIB 10.4kWh(0.4日分)

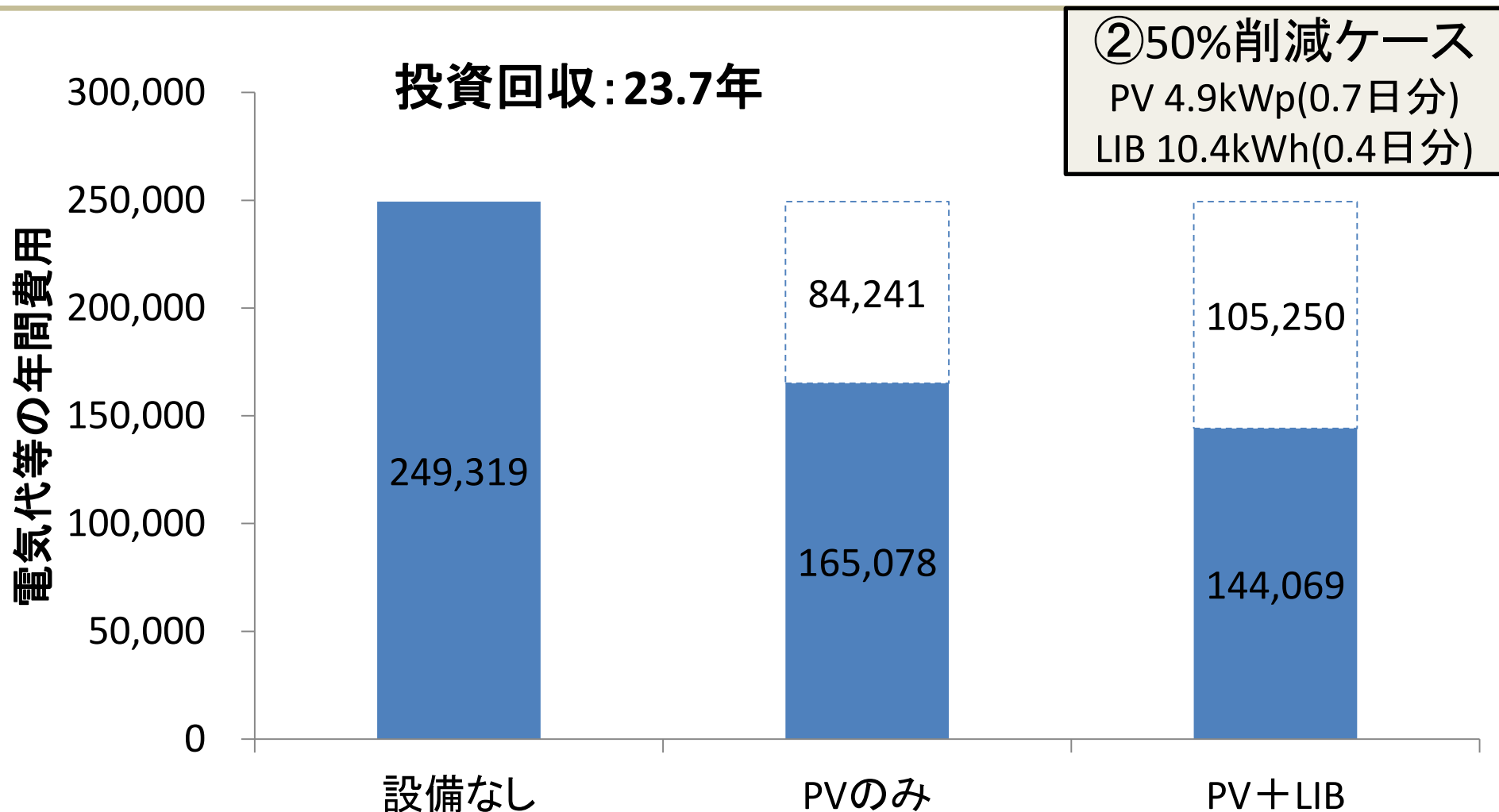


供給量と電力貯蔵量の関係(8/7)

限られた電池容量の中で、出力の減少を行っている。



設備導入による費用の減少

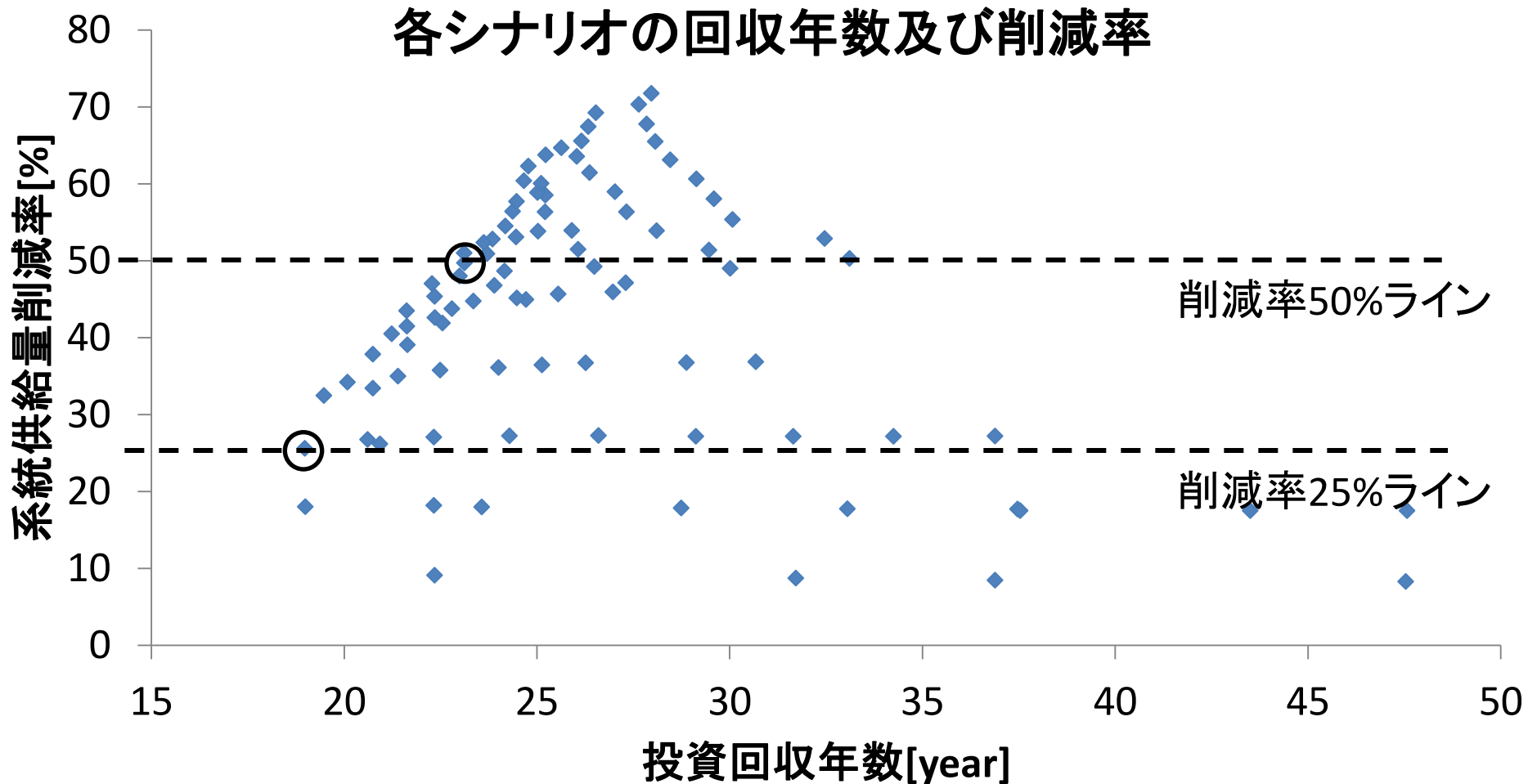


⇒PVで33%、LIBでさらに10%費用を削減できる

※年間の値に換算

仕様設計の結果

それぞれの家庭の目的に合わせて、設備規模を決定できる



3. 電力経営支援法

電力経営支援法

- 目的
 - 実運用時の需要・天候の変化に対応し、家庭のエネルギーマネジメントを支援する
- アプローチ
 - 電力予測 需要・発電
 - 修正計画 予測が外れた場合の計画

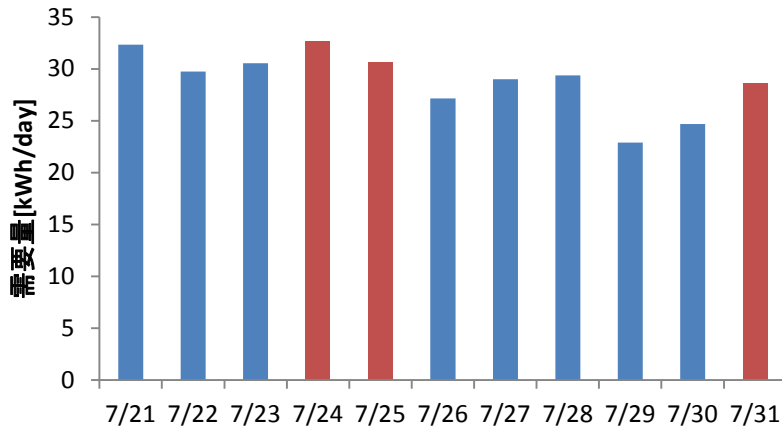
需要予測

7月の例

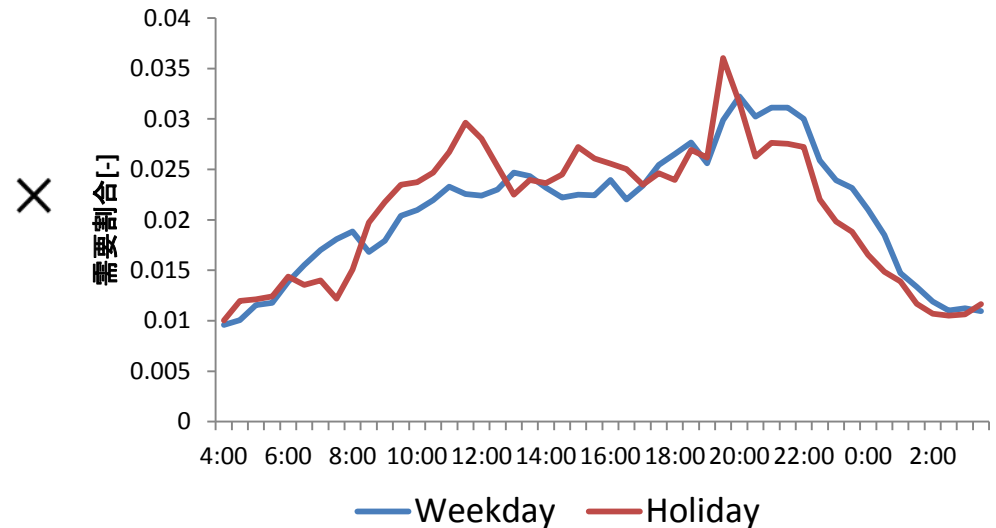
需要の分析を行い、月ごとに予測式を作成する。

需要予測 = 日次需要量 × 時間推移パターン

予測日次需要量



需要パターン



※一日の需要量を1とした時の推移

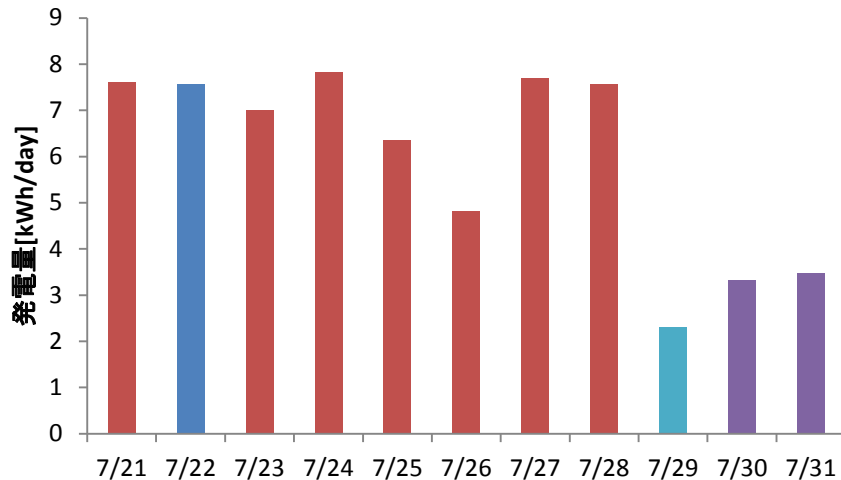
PV発電予測

7月の例

需要予測同様、月ごとに予測式を作成する。

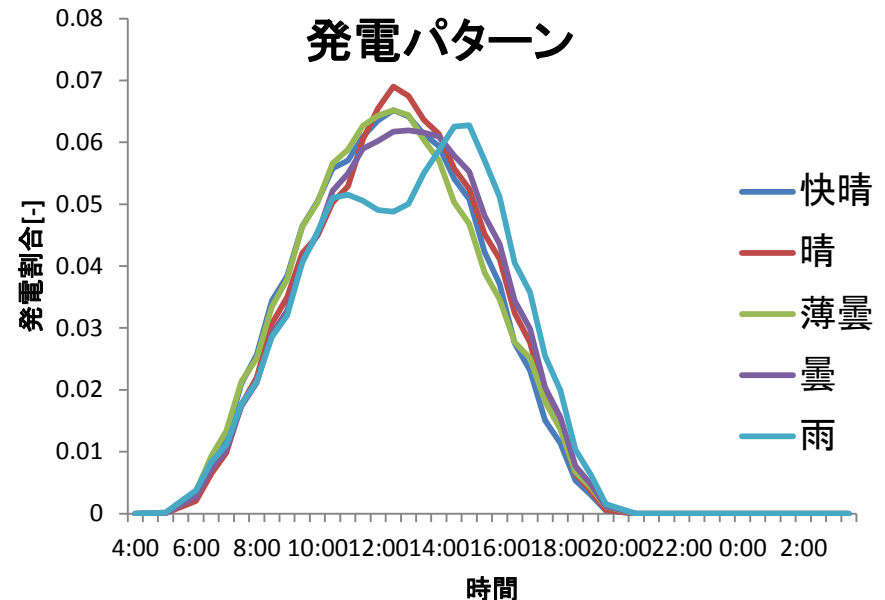
発電予測 = 日次発電量 × 時間推移パターン

予測日次発電量



×

発電パターン



※一日の発電量を1とした時の推移

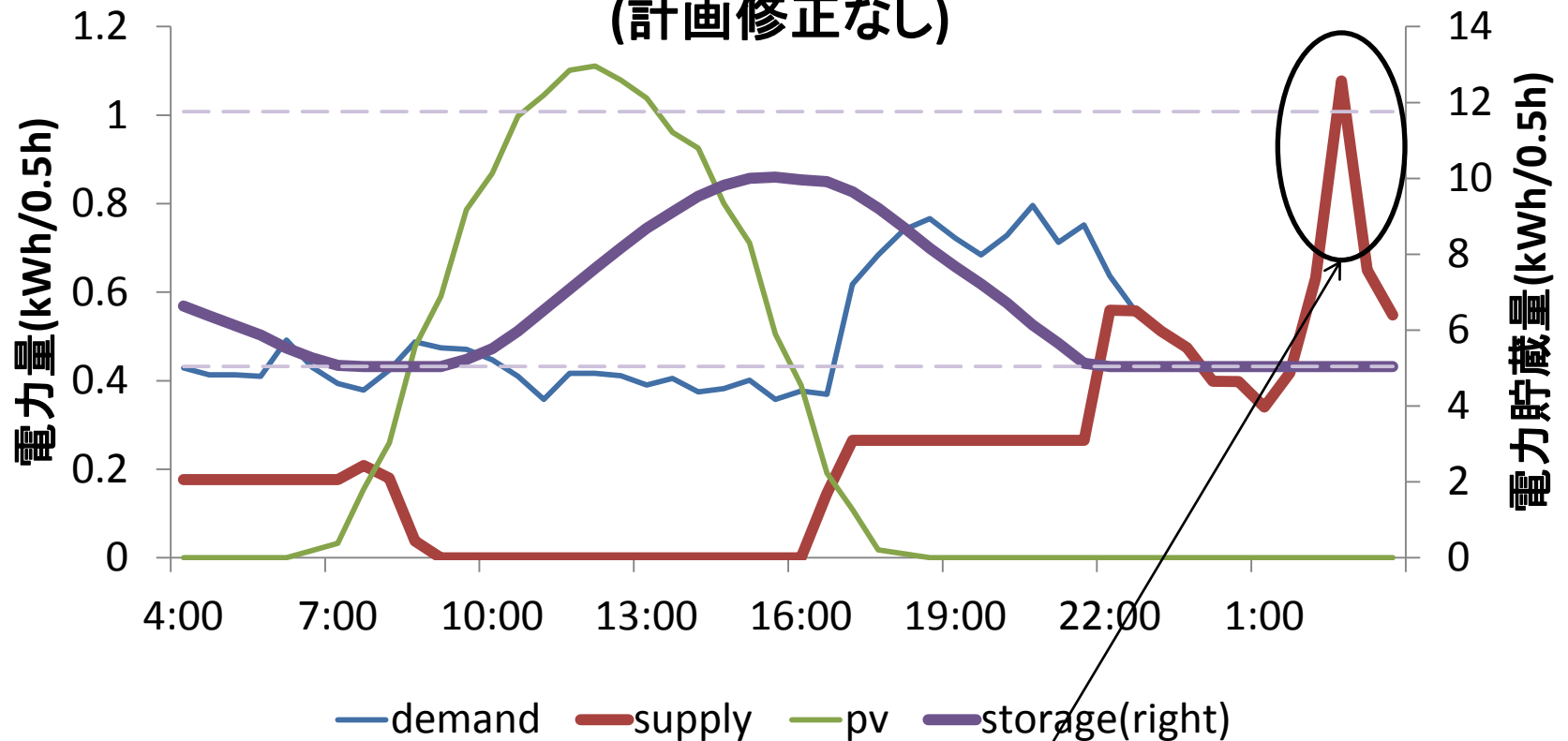
修正計画法

- 日々のエネルギーマネジメントにおいて予測の実測の間に発生する誤差を修正する
- 多段平滑化アルゴリズムを用いる
- 3時間ごとに残り期間の需要・発電の誤差を把握し、予測および計画を修正する。

4. 関東地域の家庭への 電力経営支援法の適用例

計画修正による供給量の平滑化効果

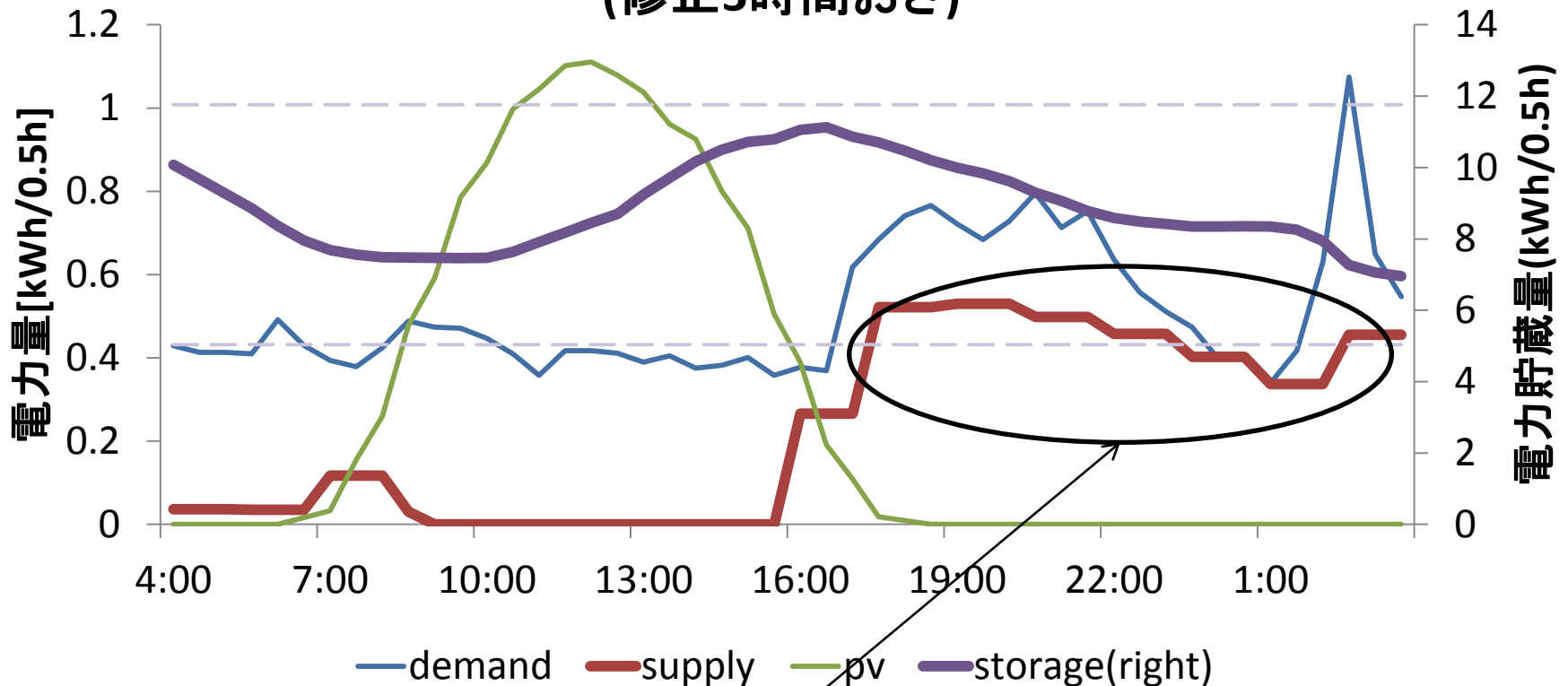
11/10における電力量時間推移
(計画修正なし)



電力貯蔵量不足により、供給量のピークが残る

計画修正による供給量の平滑化効果

11/10における電力量時間推移
(修正3時間おき)



細かく計画修正を行い、供給量を平滑化

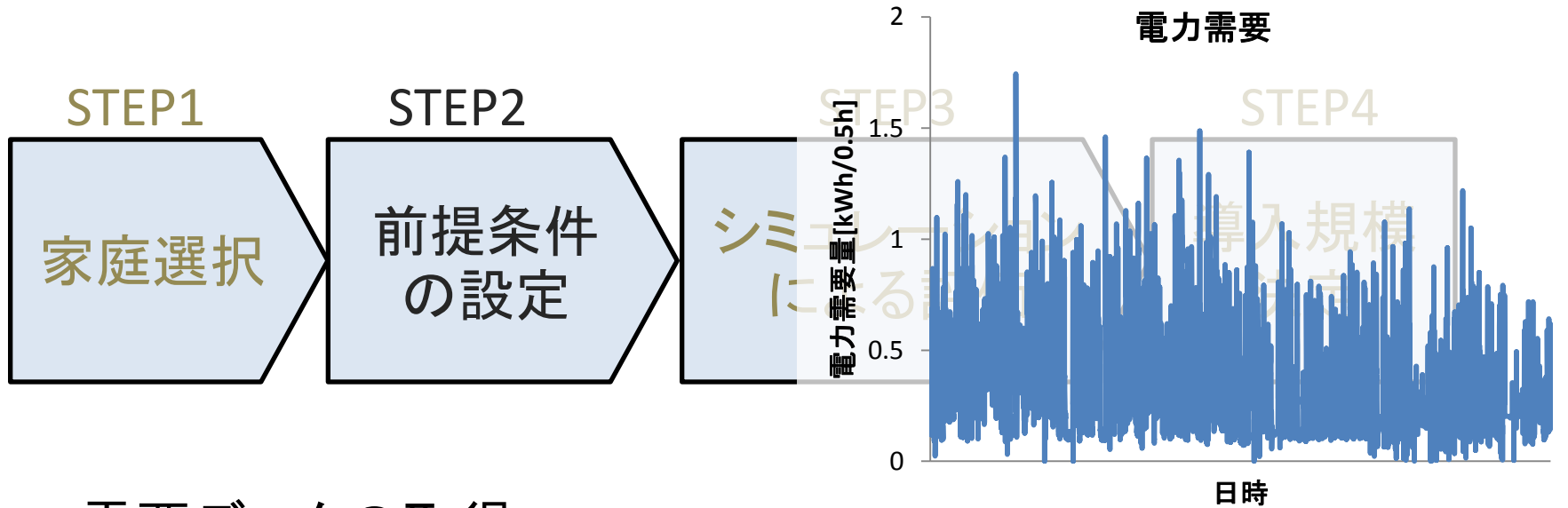
ご清聴ありがとうございました

APPENDIX

参考

- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>]
- 資源エネルギー庁
<http://www.meti.go.jp/setsuden/20110513taisaku/16.pdf>
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001389.pdf
- 九州経済産業局
<http://www.kyushu.meti.go.jp/report/>
- 画像
 - 太陽光発電家庭
<http://www.city.echizen.lg.jp/office/060/051/hojyoseido/taiyoukou.html>
 - 二次電池 <http://www.next-program.jp/>

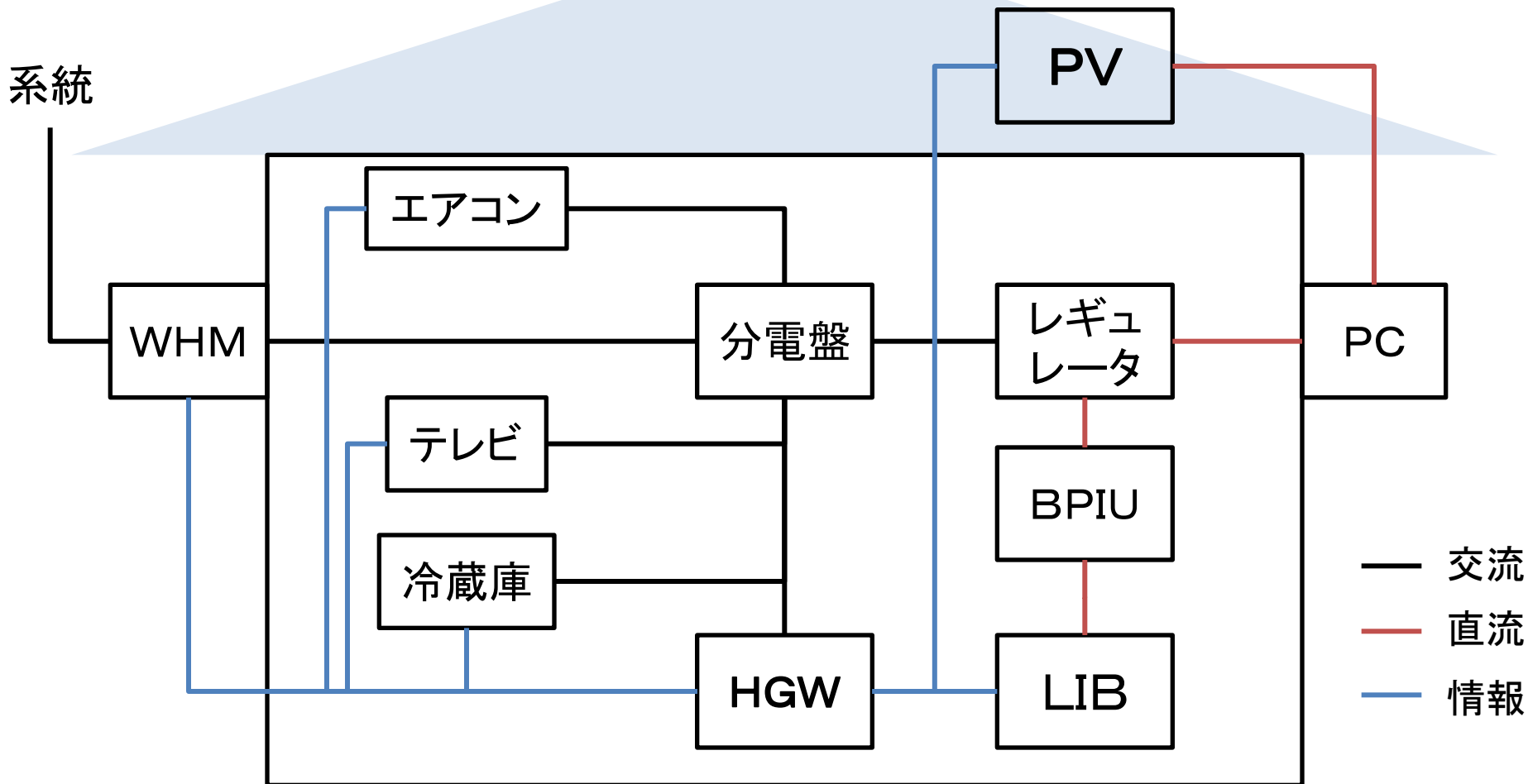
仕様設計の4ステップ 2/4



- 需要データの取得
- 発電データの取得
- 電力システムのモデリング



電力システムのモデリング



PV: 太陽光発電

LIB: リチウムイオン電池

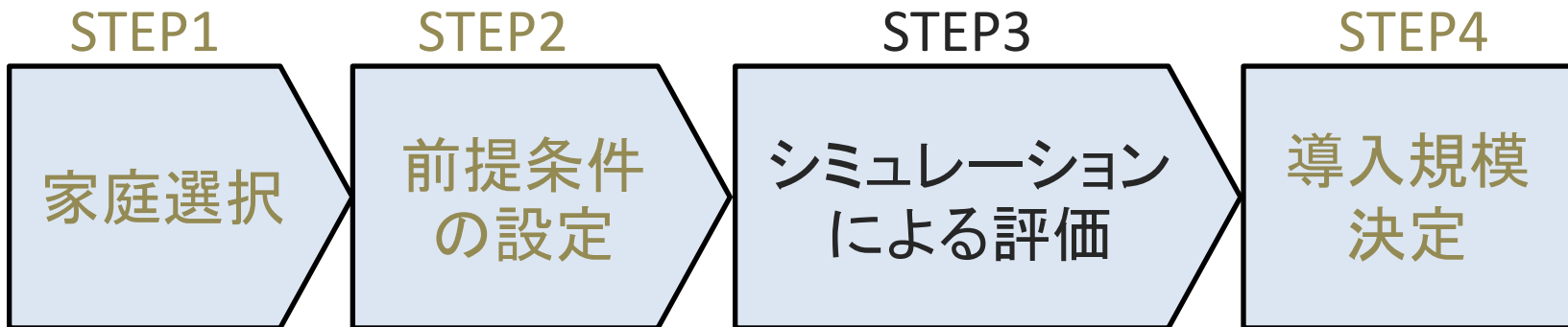
BPIU:

PC: パワーコンディショナー

WHM: 電力積算計

HGW: ホームゲイトウェイ

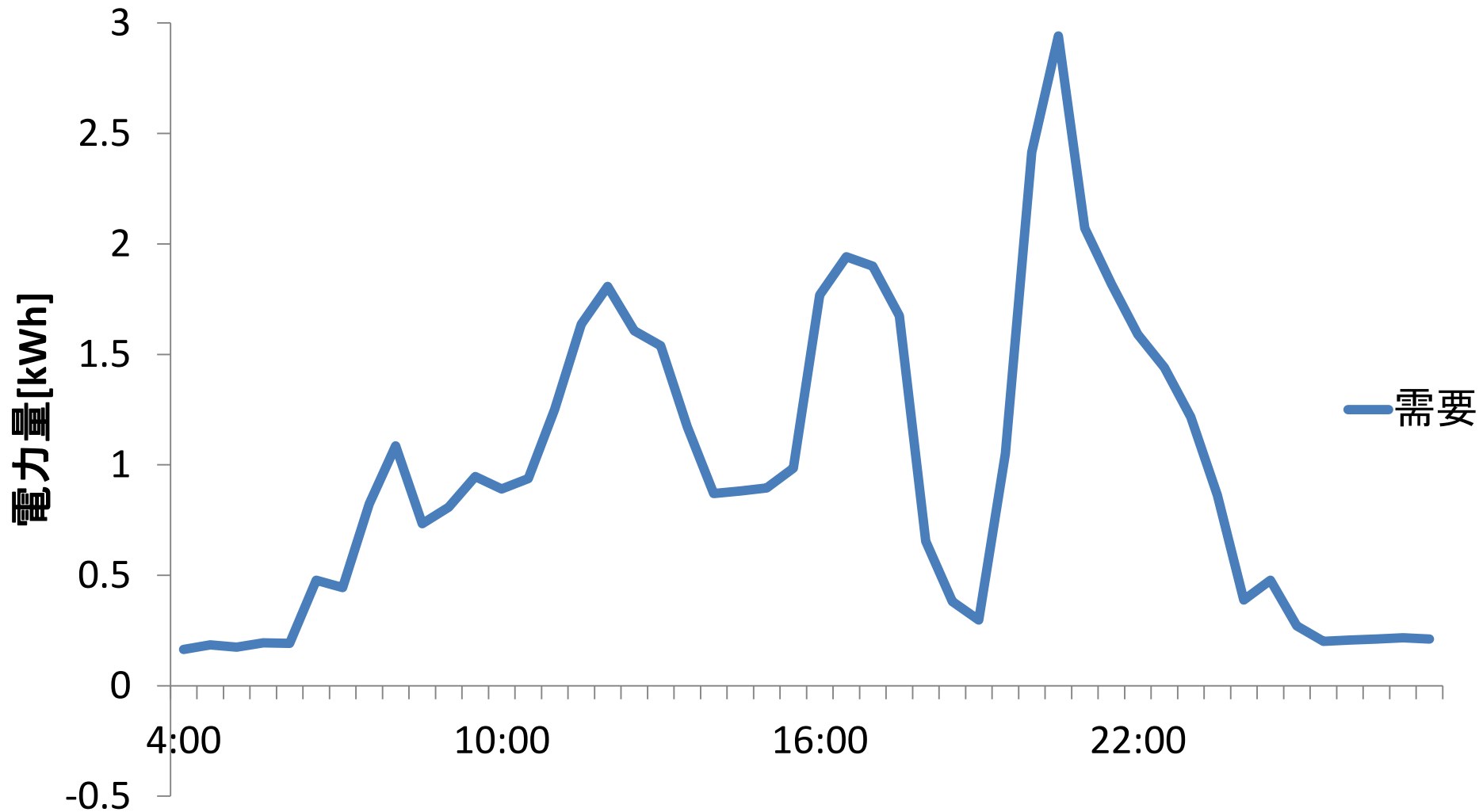
仕様設計の流れ 3/4



- 各パラメータの設定
 - PV・LIB ⇒ 複数のシナリオ
 - 期間
- 充放電アルゴリズムの決定
- 時間発展シミュレーションの実行

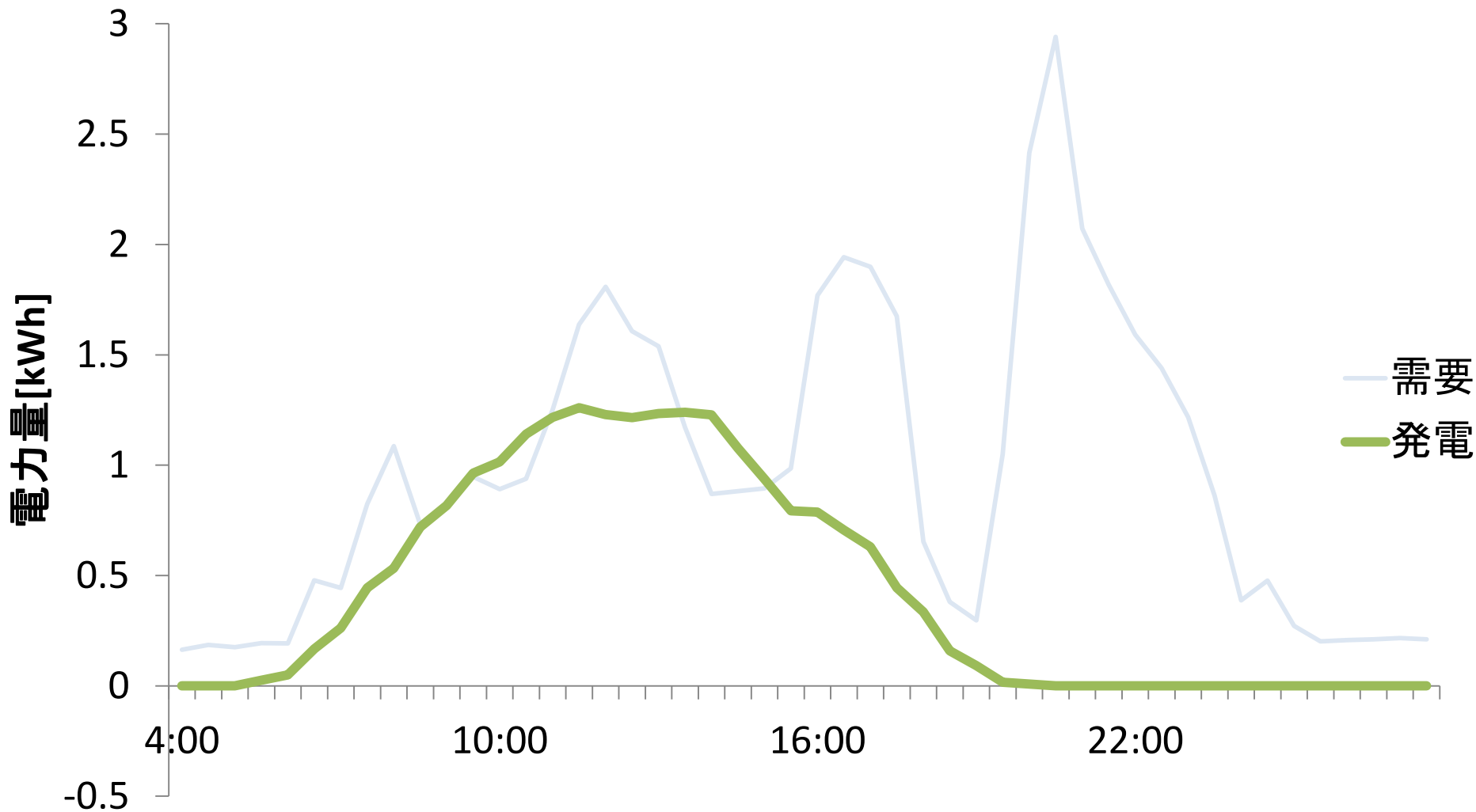
多段平滑化のイメージ

需要をプロット



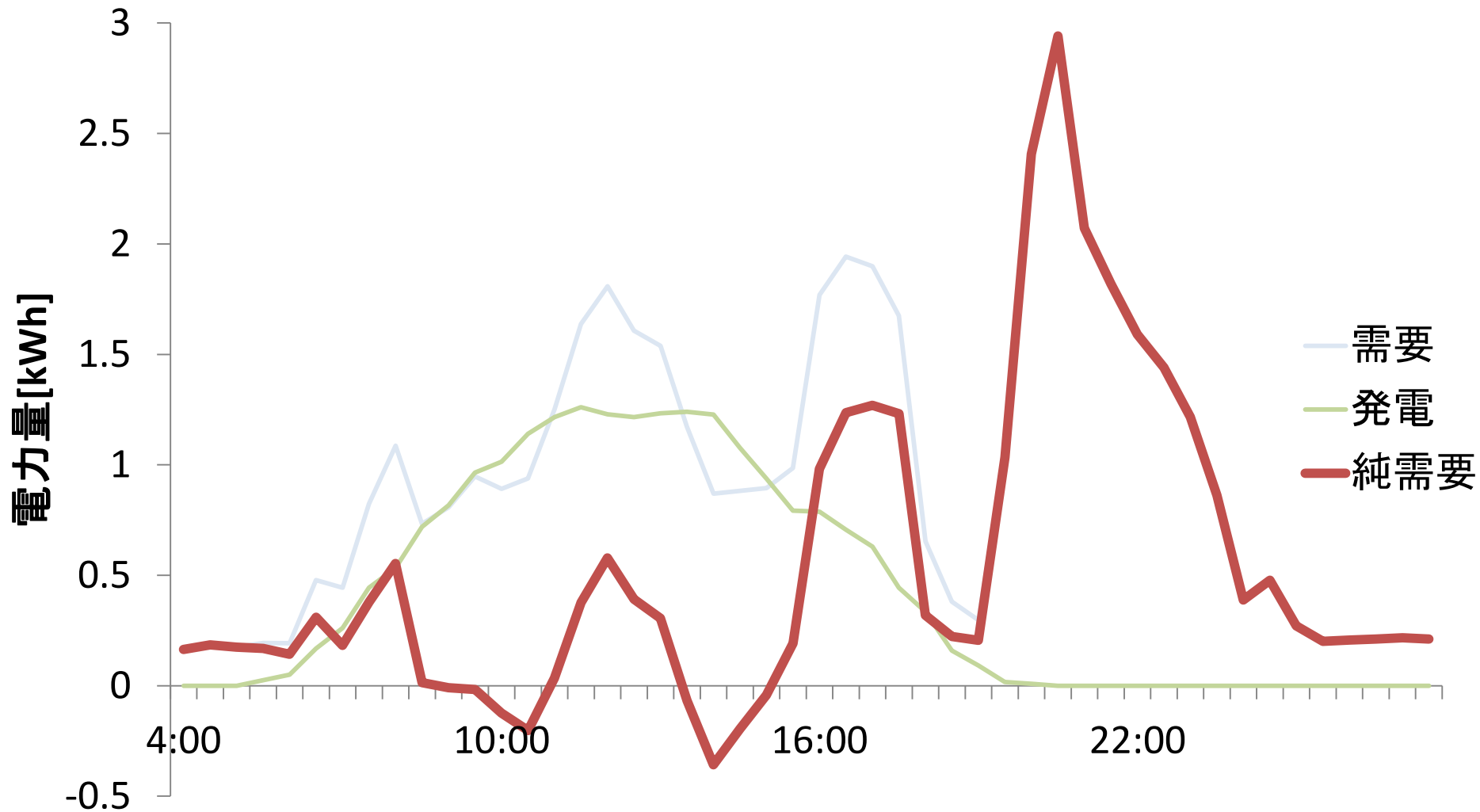
多段平滑化のイメージ

発電もプロット



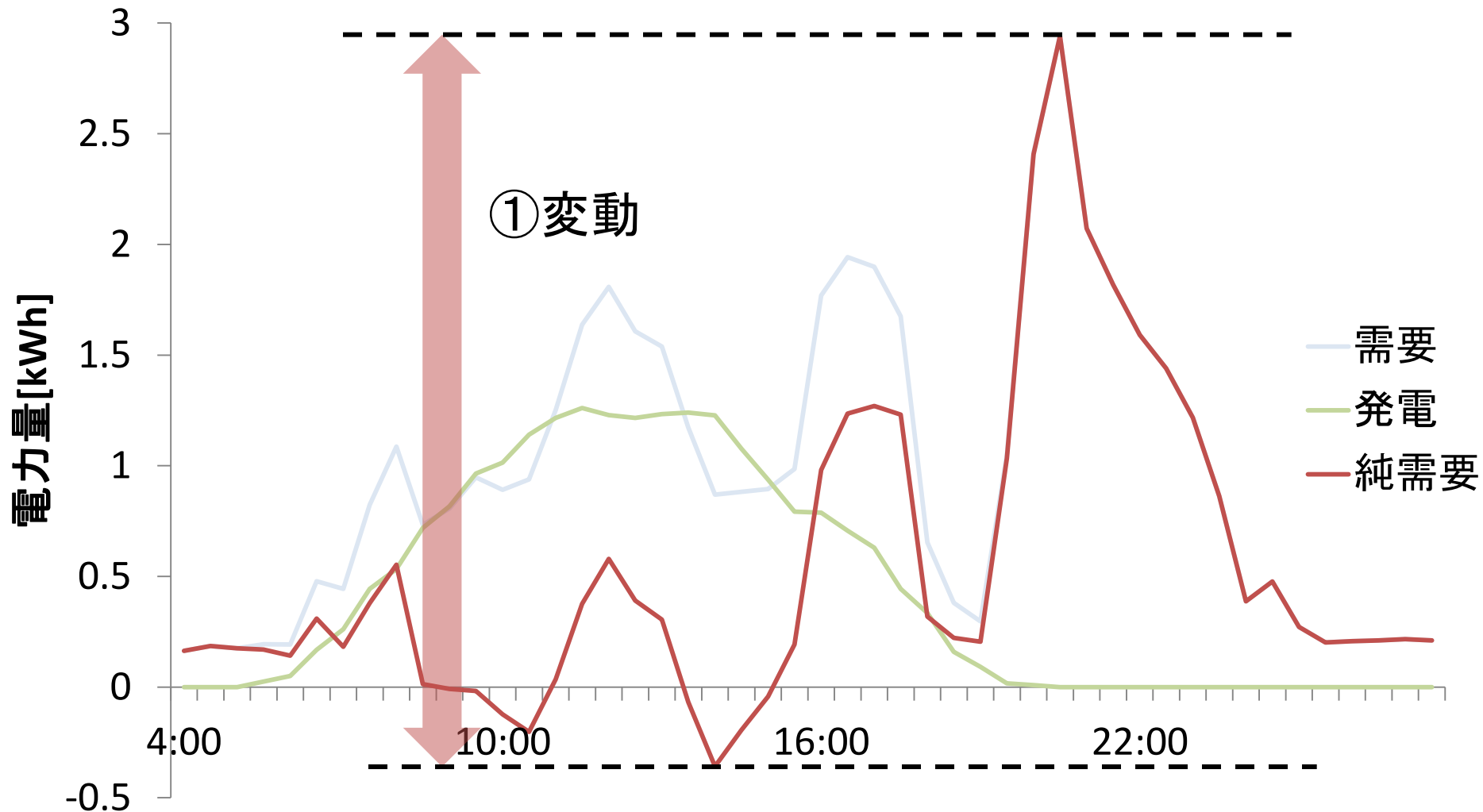
多段平滑化のイメージ

純需要(需要-生産)を計算



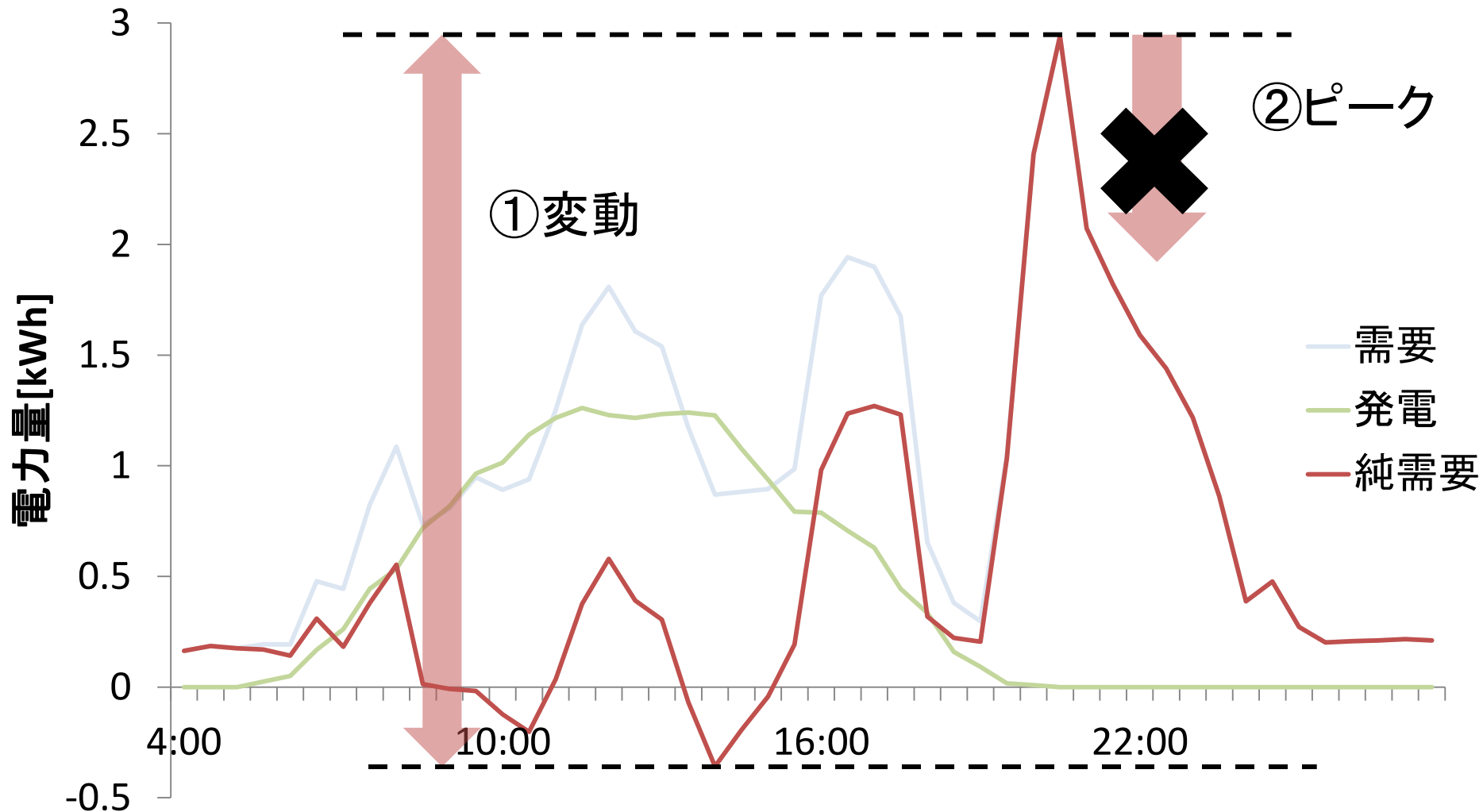
多段平滑化のイメージ

純需要(需要-生産)を計算



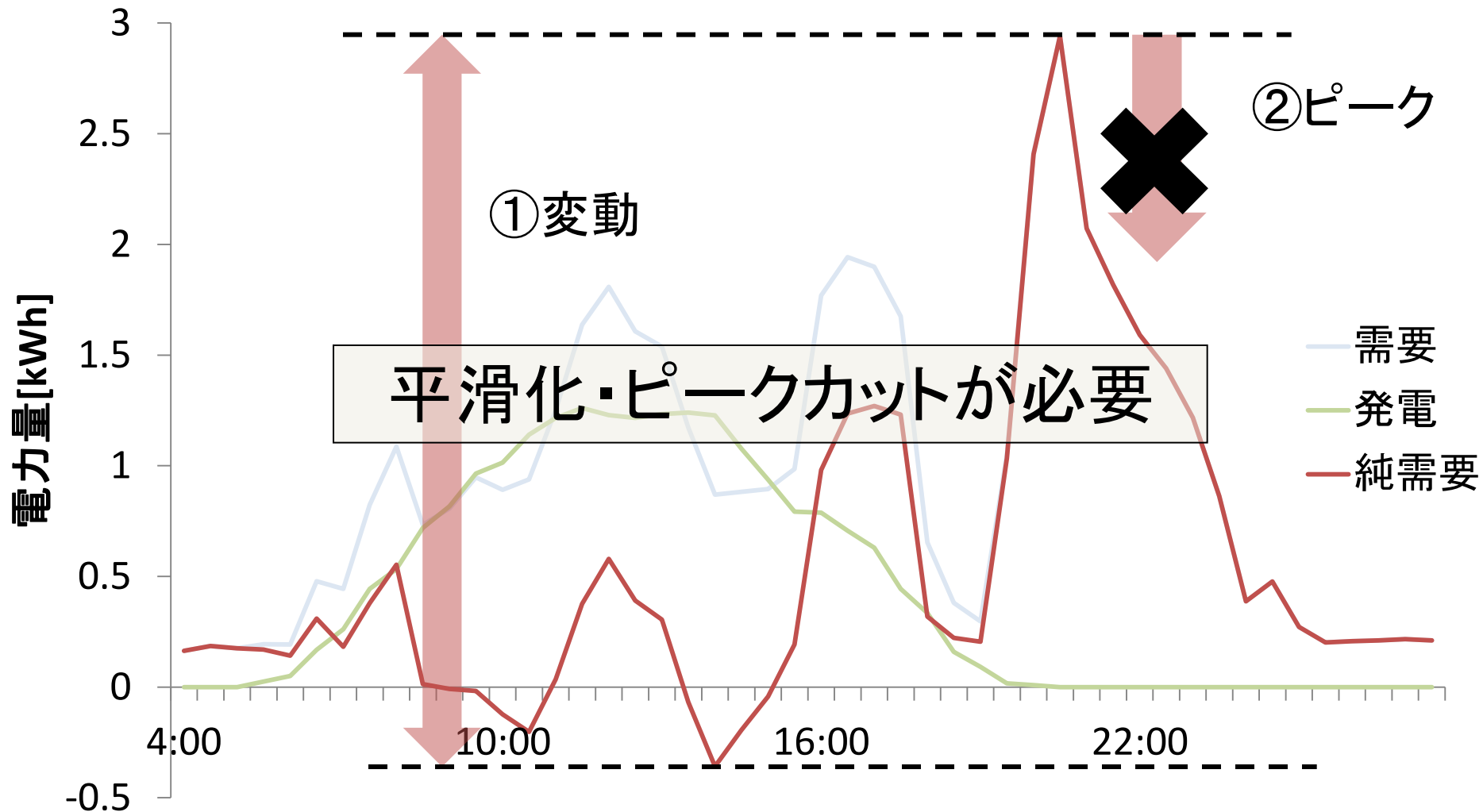
多段平滑化のイメージ

純需要(需要-生産)を計算



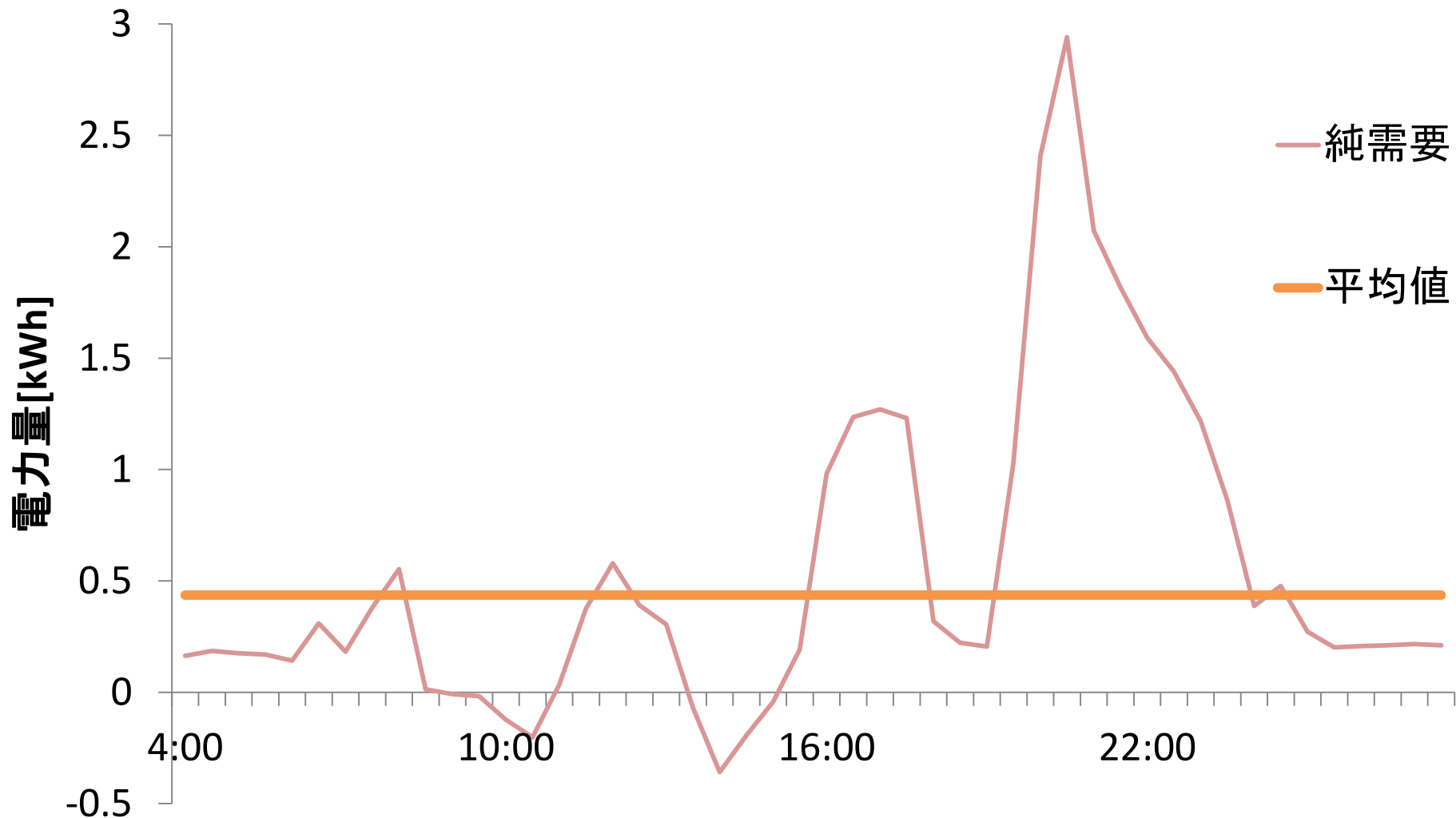
多段平滑化のイメージ

純需要(需要-生産)を計算



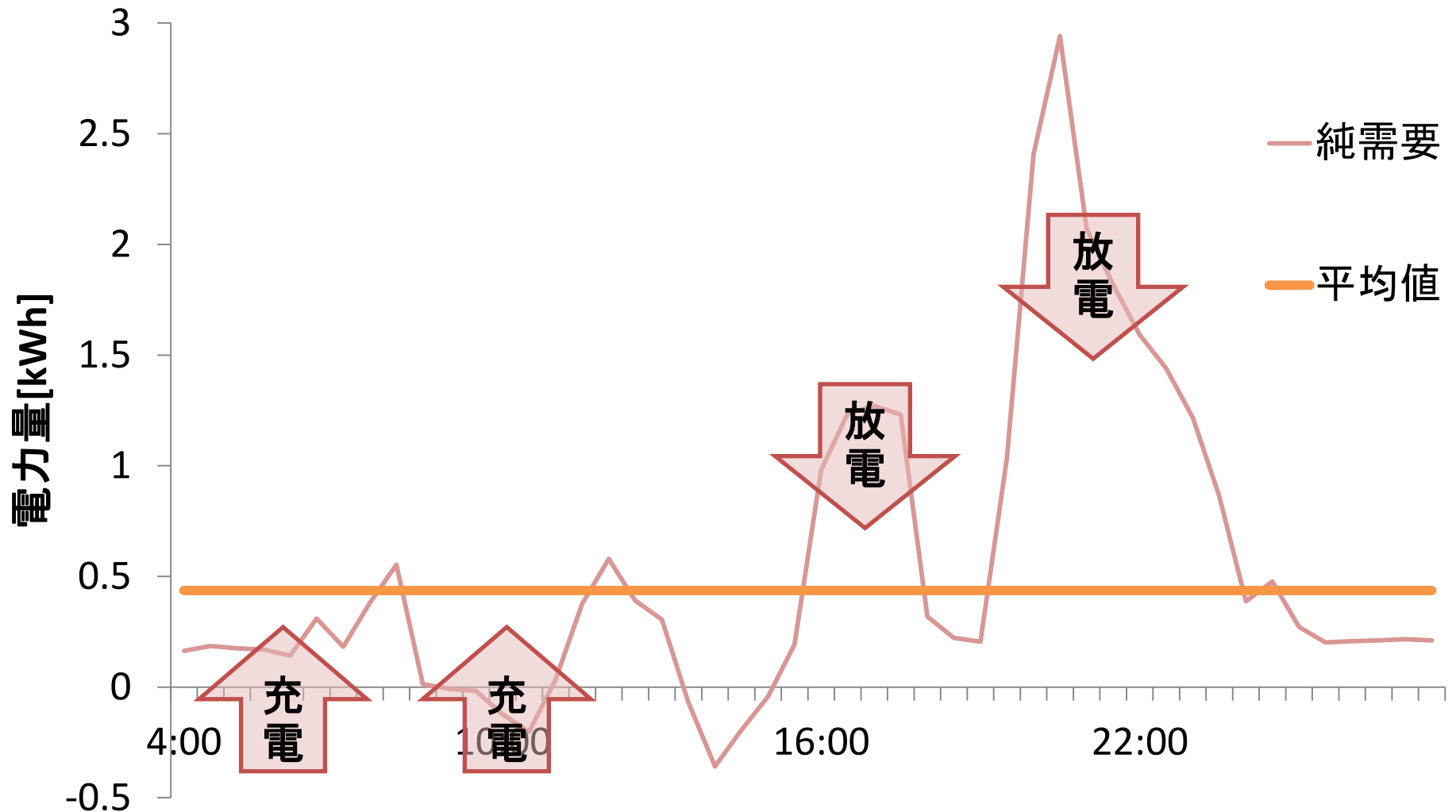
多段平滑化のイメージ

平均値を計算



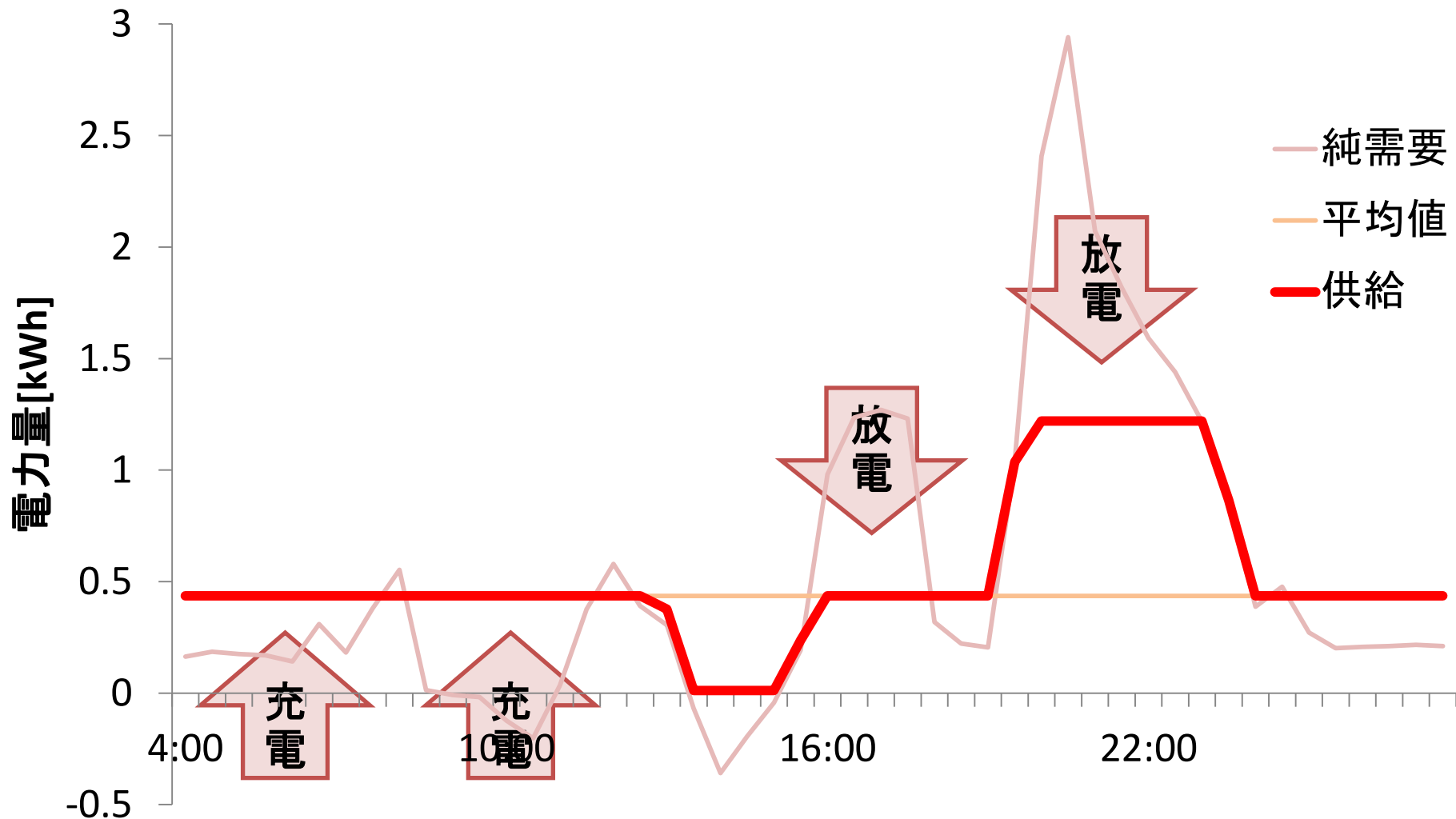
多段平滑化のイメージ

平均に近づけるように充放電

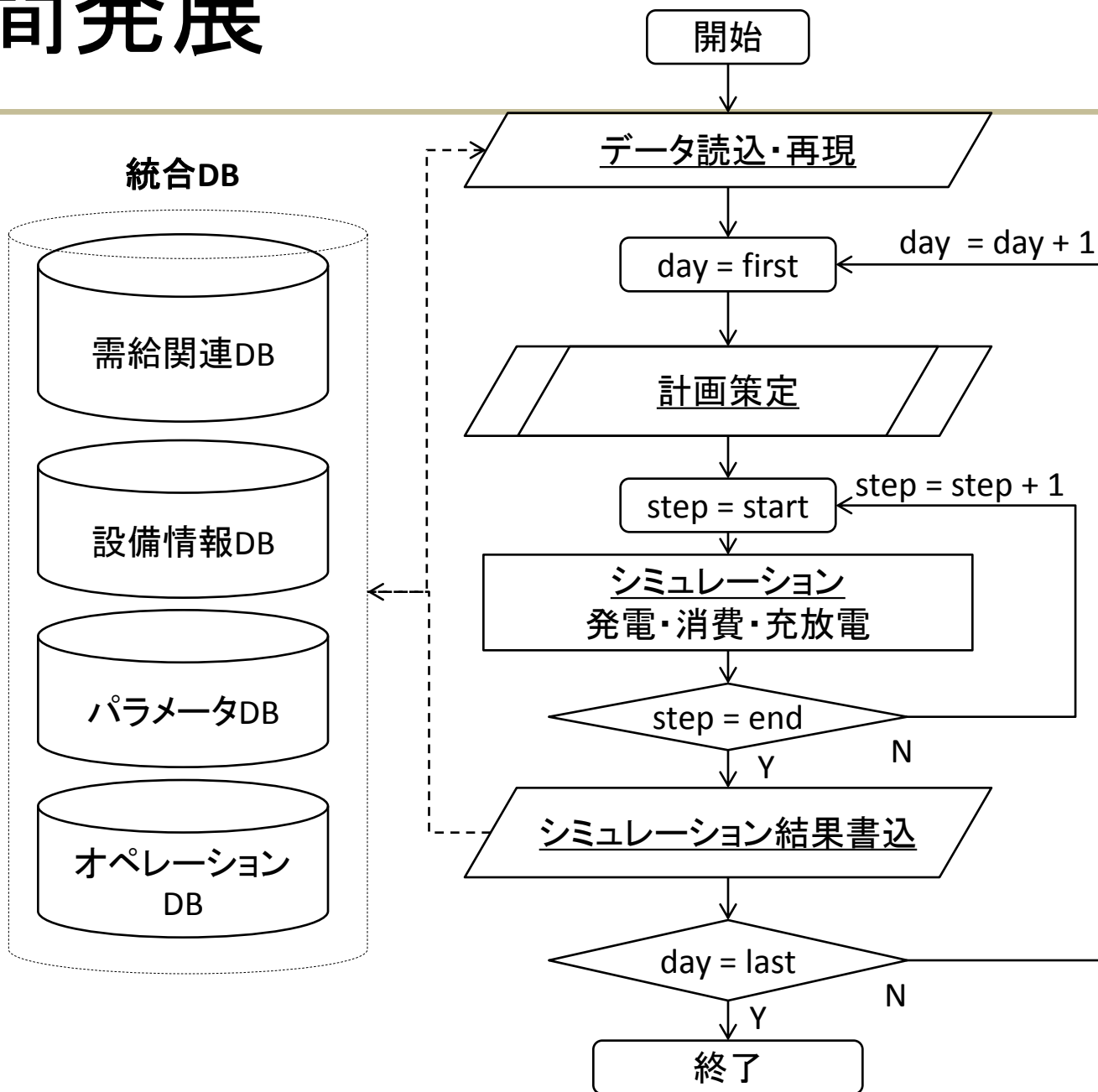


多段平滑化のイメージ

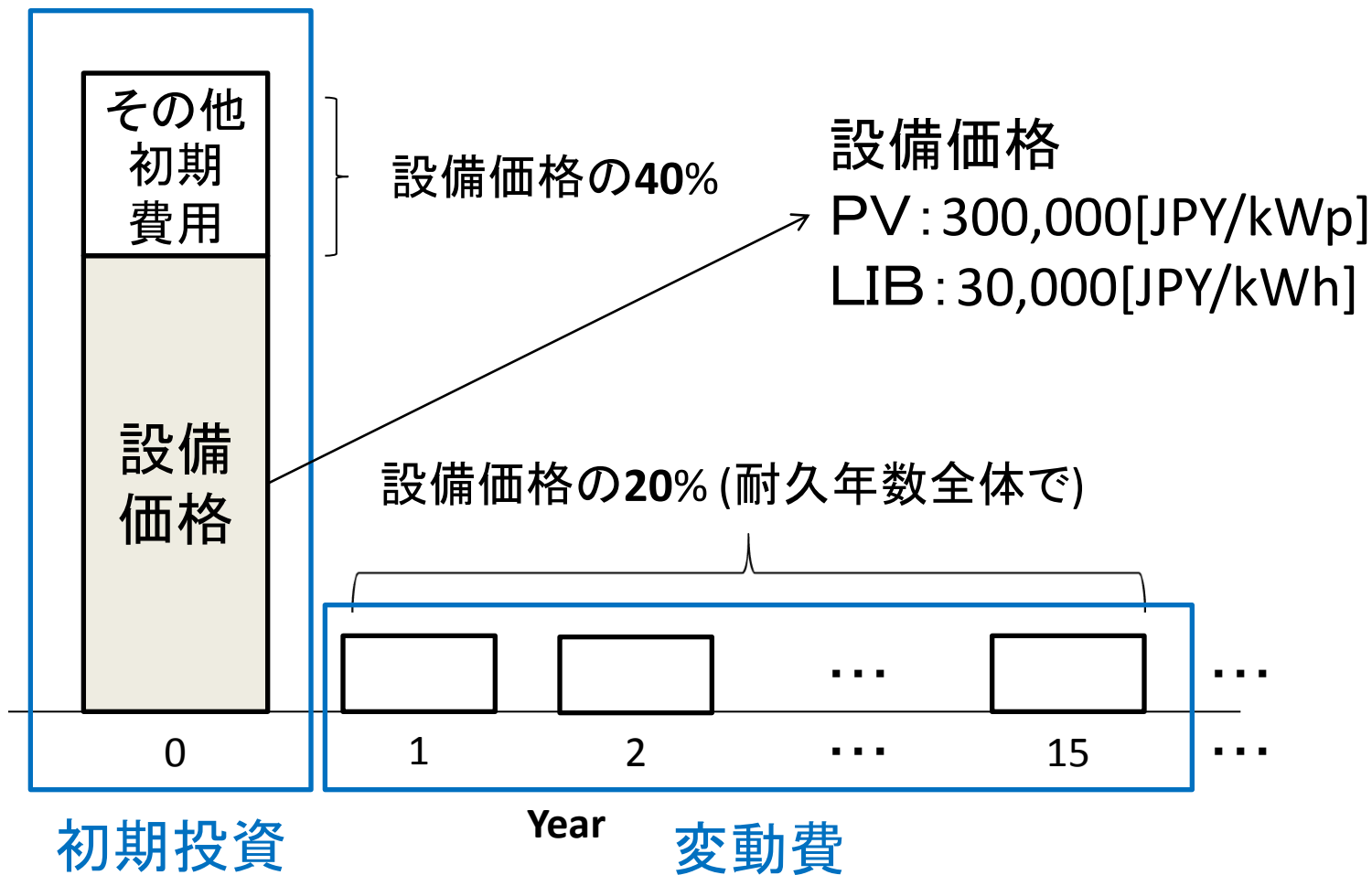
供給が平滑化



時間発展

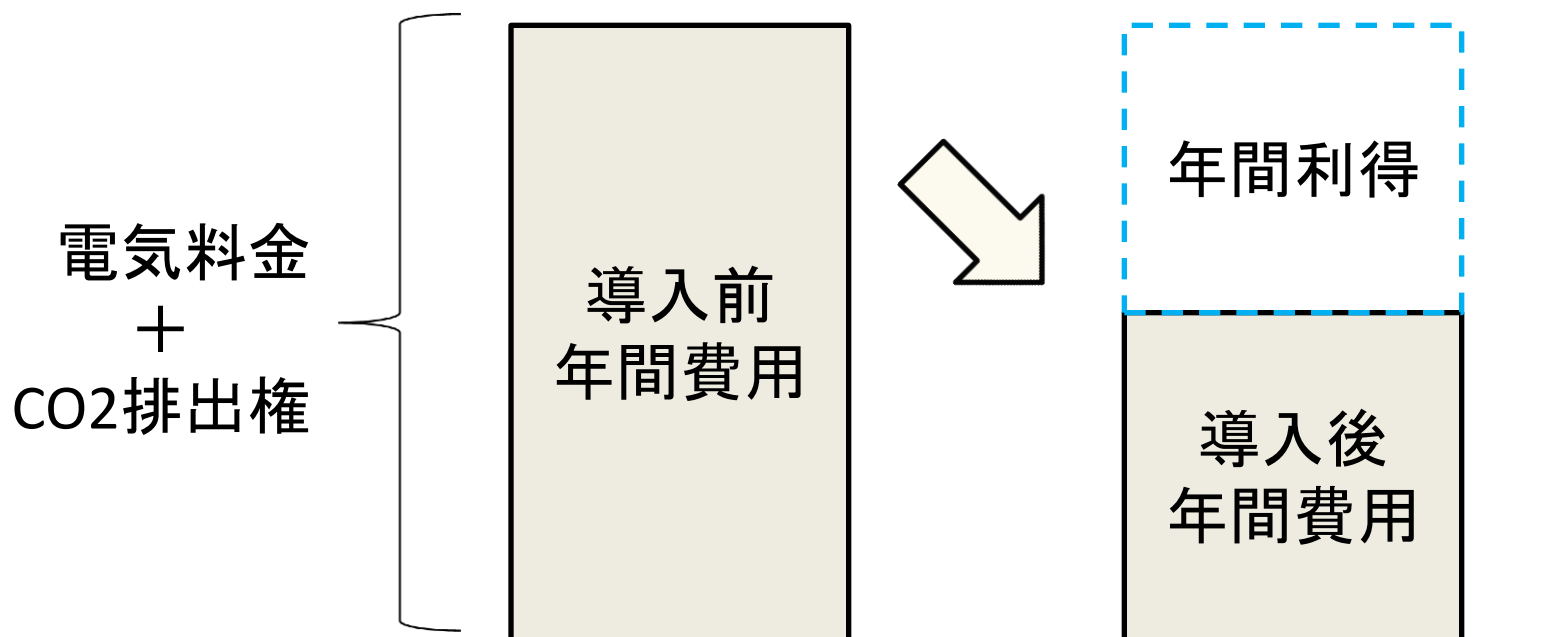


費用



年間利得

PVによる系統購入量などの削減



※電気料金は東京電力の料金体系「従量電灯B」を用いる

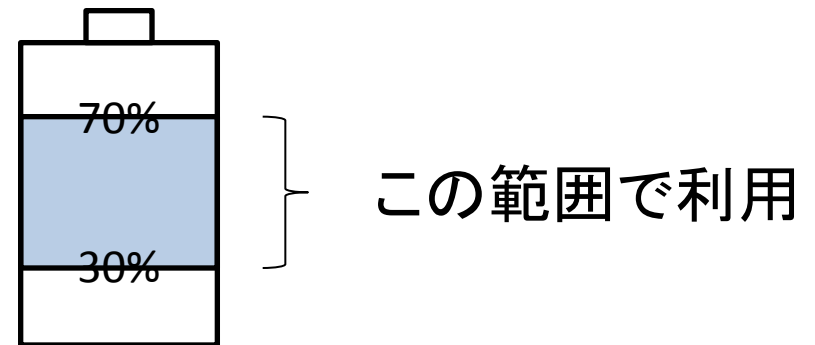
その他条件

- 調査したシナリオ

- PV 0.7 - 7.0 kWp
(需要0.1 - 1.0日相当の発電量)

- LIB 2.6 - 26.0 kWh
(需要0.1 - 1.0日相当の容量)

- 二次電池の制約



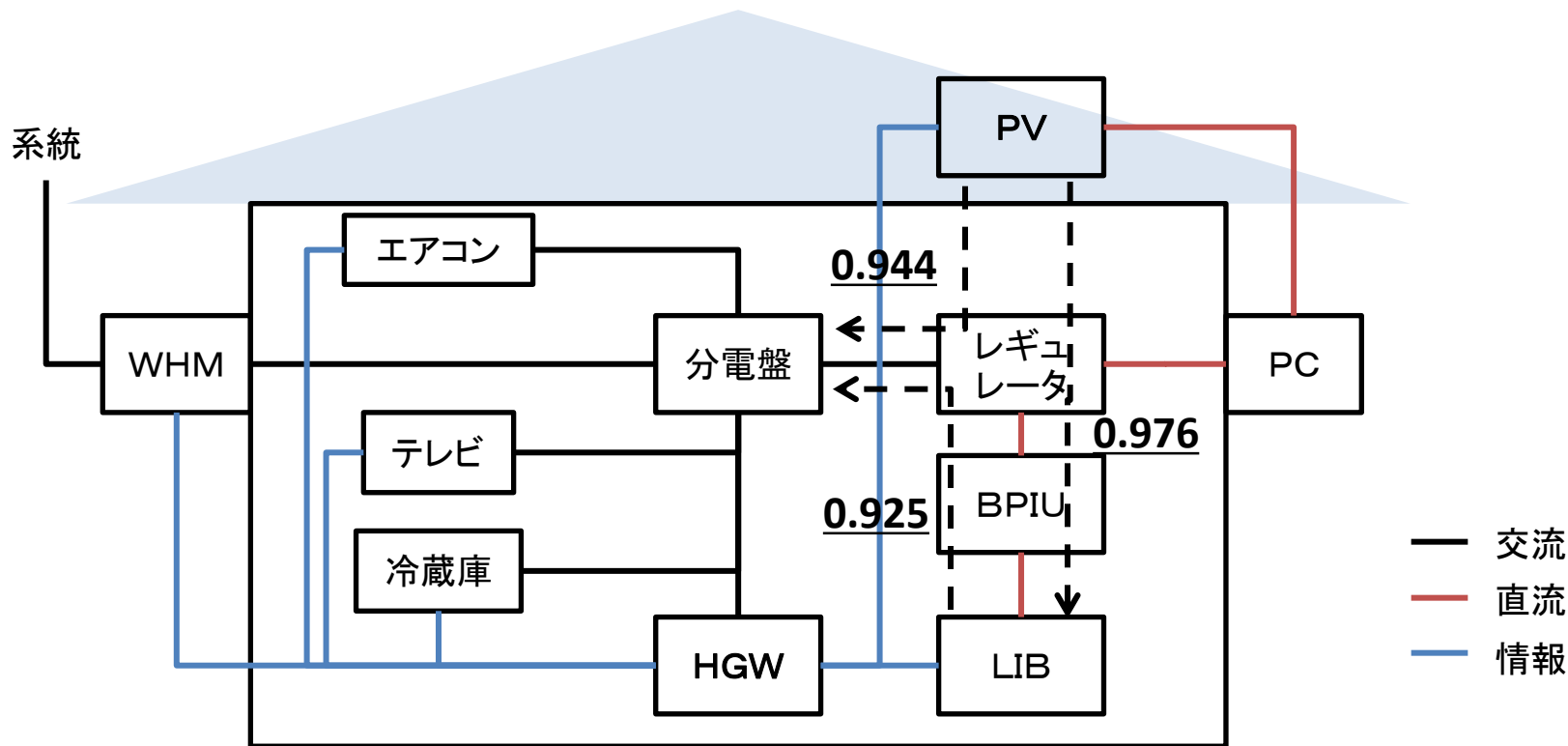
- 損失を考慮

- 充放電時 2%
- 直交変換時 5%
- 送配電時 0.2%

損失について

構成要素	損失割合		備考
		%	
二次電池	2.0		充電時・放電時それぞれに発生する
BPIU	5.0		
電線	0.2		家庭の配電線共通

*LIBを用いた電力貯蔵システム全体の
交流入出力効率 86.0%
本モデル: $0.925 \times 0.925 = 85.6%$



*今村航 電力系統ハード面調査
 西村ら「Li電池を用いた電力貯蔵システムの開発」日本機械学会;
 動力・エネルギー技術の最前線講演論文集, 2005, vol.5, pp.107-108

発電量算出式

$$P_{PV}(t) = P_{STC} \frac{G_{ING}(t)}{G_{STC}} \{1 + k(T_c(t) - T_r)\}$$

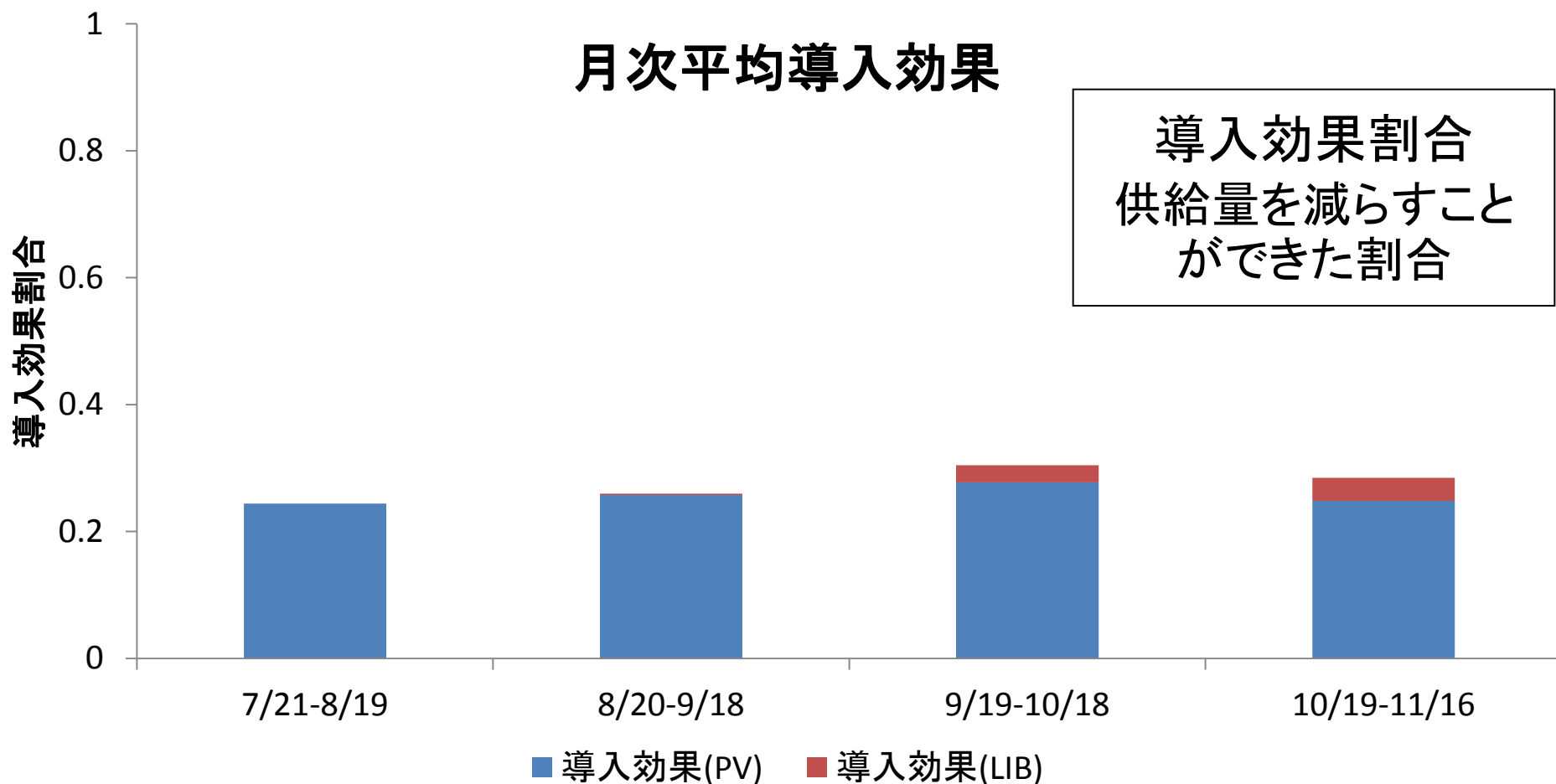
- $P_{PV}(t)$: 日射量 G_{ING} のときのモジュールの発電量(kWh)
- P_{STC} : 標準状態におけるモジュールの最大発電量(kWh)
- $G_{ING}(t)$: 時刻 t における日射量(W/m^2)
- G_{STC} : 標準状態における日射量($1000W/m^2$)
- k : 温度係数
- $T_c(t)$: 時刻 t におけるセル温度($^{\circ}C$)
- T_r : 基準温度($25^{\circ}C$)

①25%削減
ケース

導入効果

太陽光 0.3日分
電池 0.1日分

LIBの導入効果はほとんど見られない



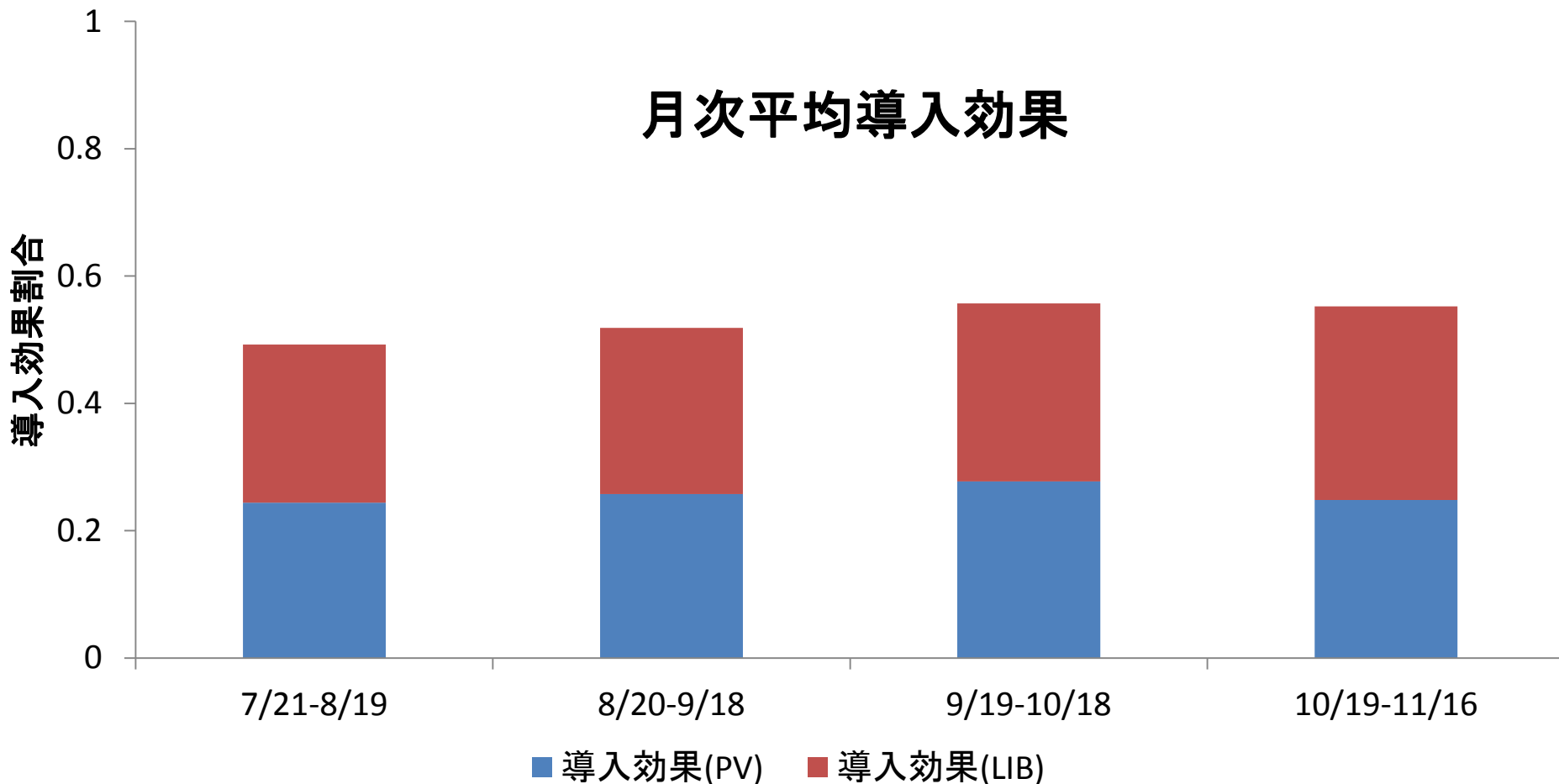
②50%削減
ケース

導入効果

太陽光 0.7日分
電池 0.4日分

LIBの導入効果大きい

⇒二次電池をよく利用している



電力経営支援法のフロー

日次電力経営の流れ

*修正計画法では多段平滑化アルゴリズムを用いる。

