

住宅における電力需要のピークシフトに関する研究
蓄熱式暖房器とヒートポンプエアコンの
電気料金と室内温熱環境の比較調査

T 1 3 K 6 9 3 A

指導教員

建入 怜衣

赤林 伸一 教授

電力の安定供給の観点から電力負荷平準化策の一つとしてピークとなる昼間の電力消費を需要が減少する夜間等に移動し、蓄電、蓄熱、蓄冷等することで電力需要を分散させる**ピークシフト**が推奨されている。

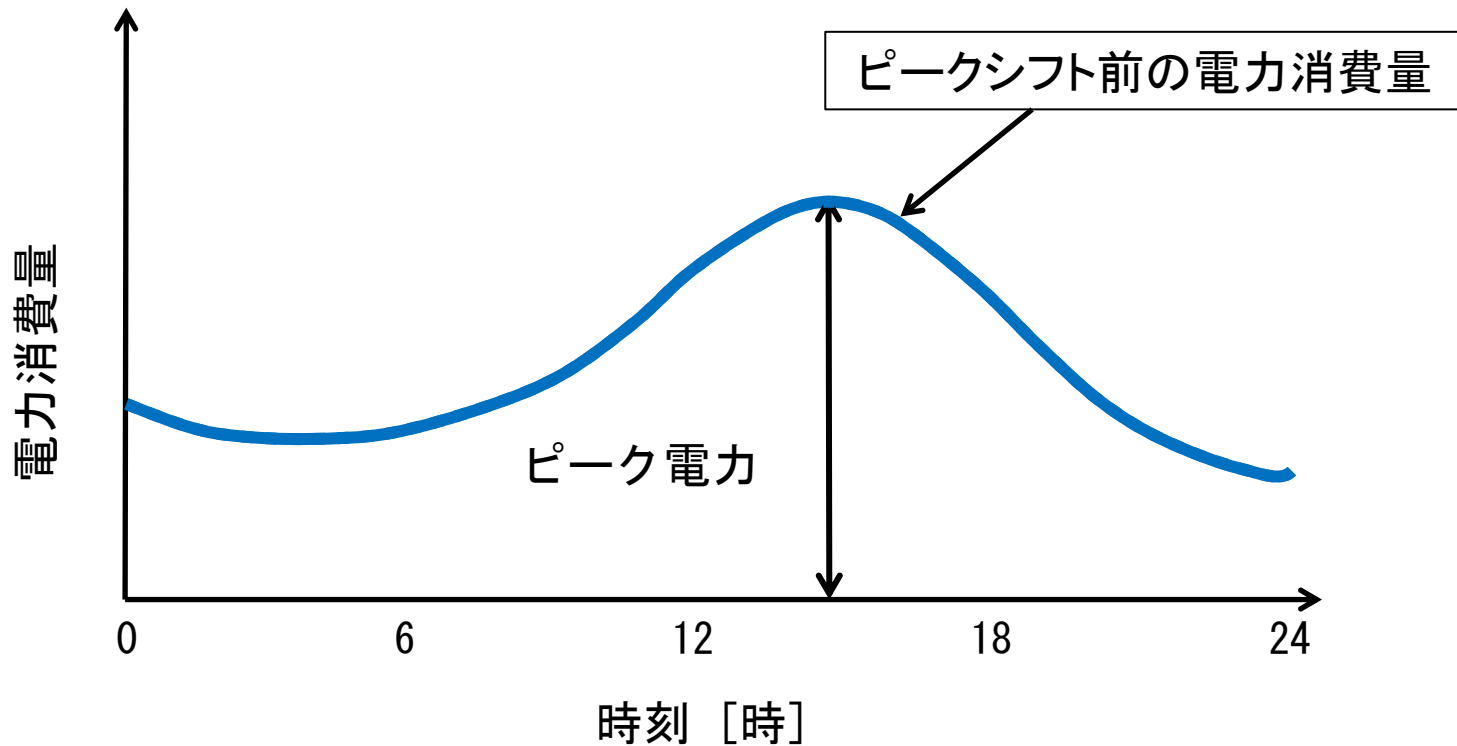


図 ピークシフトのイメージ

電力の安定供給の観点から電力負荷平準化策の一つとしてピークとなる昼間の電力消費を需要が減少する夜間等に移動し、蓄電、蓄熱、蓄冷等することで電力需要を分散させる**ピークシフト**が推奨されている。

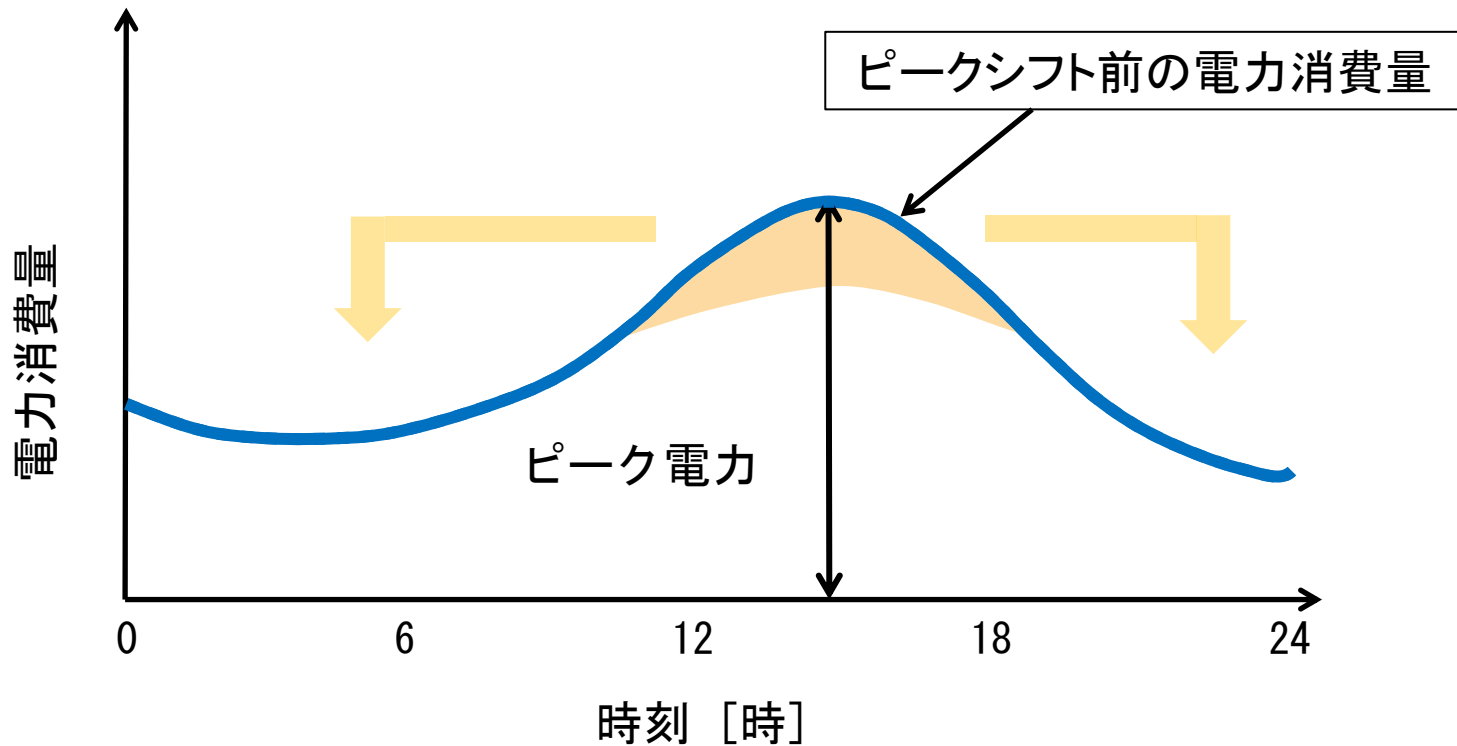


図 ピークシフトのイメージ

電力の安定供給の観点から電力負荷平準化策の一つとしてピークとなる昼間の電力消費を需要が減少する夜間等に移動し、蓄電、蓄熱、蓄冷等することで電力需要を分散させる**ピークシフト**が推奨されている。

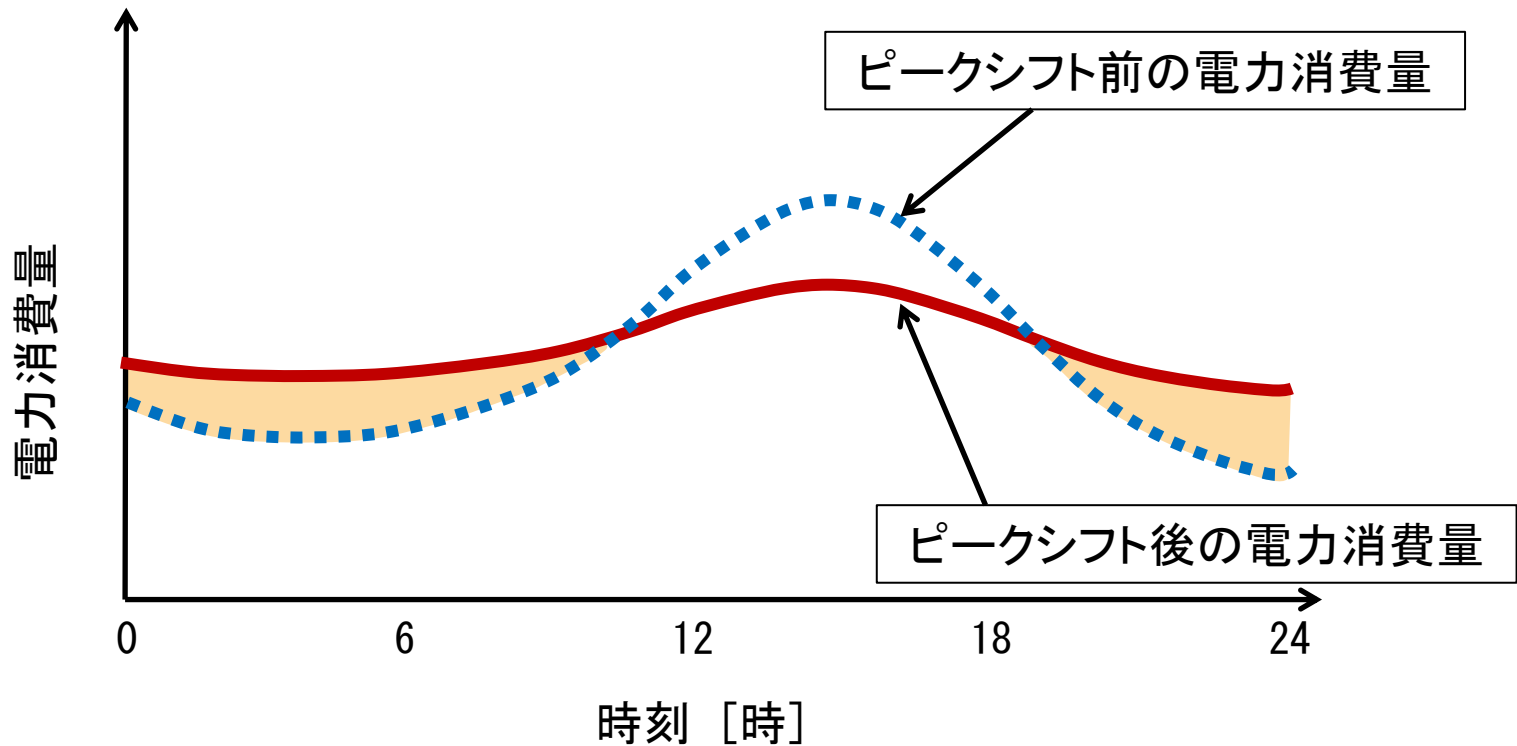


図 ピークシフトのイメージ

高効率発電設備の稼働率の向上、低効率・高発電単価の発電設備の稼働頻度の低下により、一次エネルギー削減効果が期待できる。

ピークシフトを推奨するため需要家側には時間帯別料金プランによる金銭的インセンティブが設けられている。

高効率発電設備の稼働率の向上、低効率・高発電単価の
発電設備の稼働頻度の低下により、一次エネルギー削減

しかし、東日本大震災以降、原子力発電所(原発)が停廃止することにより電源構成が変化し、**一次エネルギー消費原単位、電気料金単価が変化**したため、現状の電源構成におけるピークシフトによる一次エネルギー及びエネルギーコスト削減効果を再検討する必要がある。

プランによる金銭的インセンティブが設けられている。

本研究では同一の住戸の2部屋において**蓄熱式暖房器(蓄暖器)※1**を設置した部屋(24時間暖房)と**エアコン**を設置した部屋(在室時のみ暖房)の温熱環境、各設備の電力消費量を実測し、熱的快適性と電気料金、一次エネルギー消費量を比較することでピークシフト効果の検討を行う。

※1 夜間の電力で装置内のレンガに蓄熱し、その熱を終日に渡り放熱する暖房設備である。



図 蓄暖器の外観

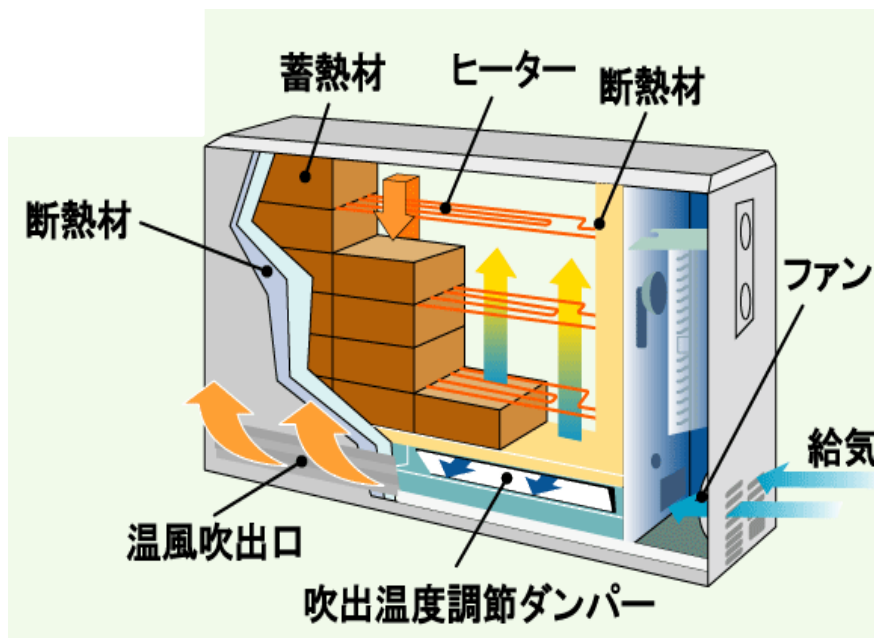


図 蓄暖器の内部構造

対象住宅は新潟市に1996年9月に建設された住宅とする。
対象室は3階寝室①(室A)及び3階寝室②(室B)とする。
対象設備は、室Aに設置された蓄暖器及び室Bに設置されたエアコンである。

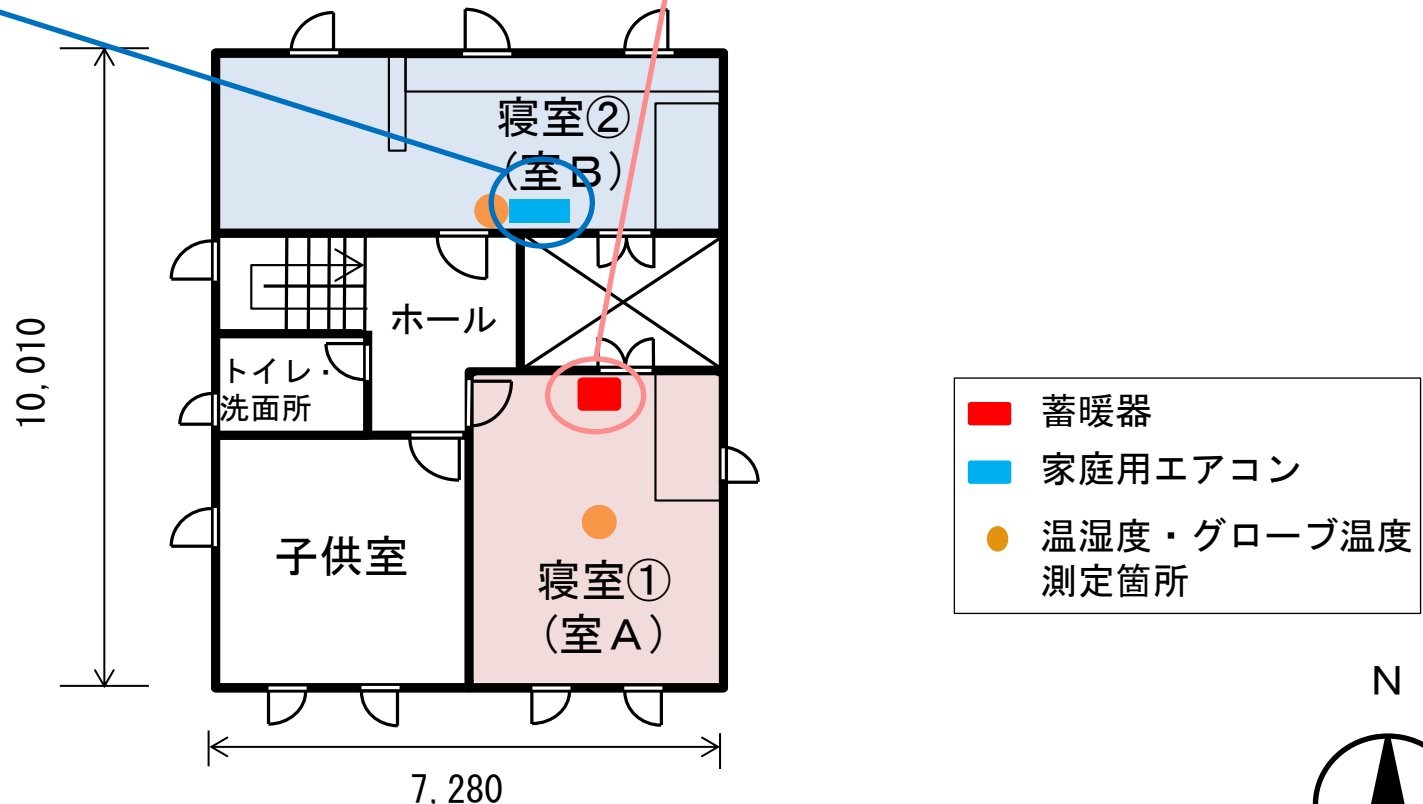


図1 対象住宅3階平面

単位：[mm]

対象住宅は新潟市に1996年9月に建設された住宅とする。
対象室は3階寝室①(室A)及び3階寝室②(室B)とする。

表 各設備の仕様と稼働時間

	蓄暖器	エアコン
仕様	定格入力 2 [kW] 蓄熱容量 10 [kWh] (2 [kW] × 5 [時間])	定格暖房出力 2.8 [kW] 暖房時定格COP 4.55 通年エネルギー消費効率 (APF) 5.8
稼働時間	5時間蓄熱運転 (午前1時～午前6時) 24時間放熱運転	概ね在室時のみ (18時～翌日6時)

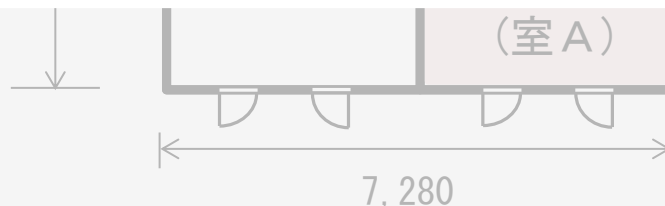


図 1 対象住宅 3階平面

単位 : [mm]



測定期間は2015年11月1日(日)～2016年3月31日(木)の冬季期間とする。

対象設備の電力消費量^{※4}は10秒間隔で測定する。

対象設備設置室の温湿度、グローブ温度は15分間隔で測定^{※5}する。

※4 各設備系統ごとに分電盤で電力トランスデューサとデータロガーにより測定。

※5 温湿度、グローブ温度ともに、佐藤計器社製 記憶計SK-L2000TH II α を使用し、測定点は床面より高さ約1,200[mm]とする。

時刻別一次エネルギー消費原単位は、既往の研究の手法^{文1)}により2016年度の電源構成を調査し算出する。時刻別一次エネルギー消費原単位は概ね原発稼働時は4.0[MJ/kWh]程度、原発停止時には6.5[MJ/kWh]程度となる。

※6 気象庁データより2015年11月1日～2016年3月31日において日平均外気温が最低を記録した日。気象庁 web ページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

文1) 赤林ら: 「家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究 その1」
日本建築学会大会学術講演梗概集、2014年

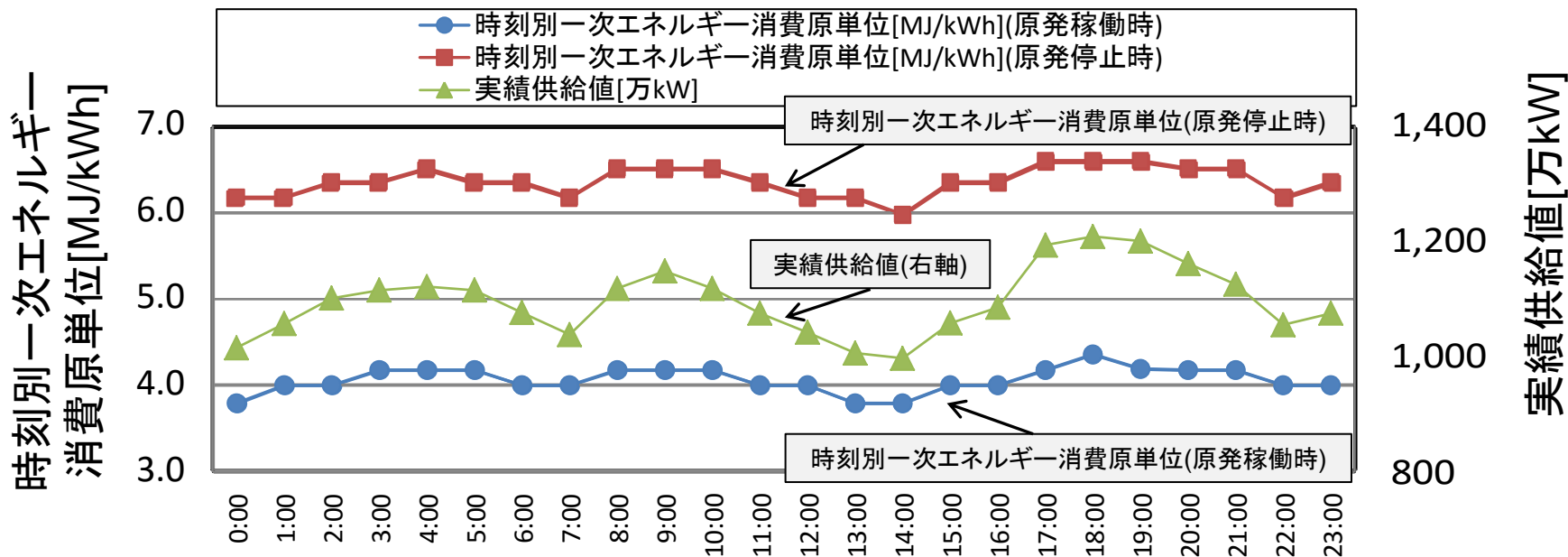


図3 最寒日^{※6} (2016年1月24日(日))における時刻別一次エネルギー消費原単位及び実績供給値の推移

震災以降、原発の停廃止により電気料金単価が変化し、夜間では原発停止時が料金プラン最安値時の約1.87倍である。又、夜間に対する昼間の料金比は料金プラン最安値時で4.65、原発稼働時で3.41、原発停止時で3.13であり、**原発停止時には金銭的インセンティブが少なくなっている。**

※7 東北電力 時間帯別電灯A (1990年11月1日～2016年3月31日の電気料金単価) 使用する。
webページ:<http://www.tohoku-epco.co.jp/>

表1 原発稼働及び停止時における
東北電力の時間帯別電灯Aの料金プラン※7

	実施期間	基本料金 (15kVA) [円/月]	昼間(7:00 ～23:00) [円/kWh]	夜間(23:00 ～翌日7:00) [円/kWh]	5時間通電機器割引額 (蓄熱式電気暖房器等) [円/kVA]	夜間に対する 昼間の料金比
料金プラン※7 最安値時 (原発稼働)	2002年7月1日～ 2005年1月1日	3,300.0	27.21	5.85	194.40	4.65
原発稼働時	2008年9月1日～ 2013年8月31日	3,465.0	28.66	8.41		3.41
原発停止時	2014年4月1日～	3,564.0	34.19	10.92		3.13

測定された温湿度、グローブ温度より各部屋における作用温度及びPMV※⁸の算出を行い、**熱的快適性及び各設備の電力消費量の比較を行う**。東北電力の時刻別一次エネルギー消費原単位より一次エネルギー消費量を、時間帯別料金プランより電気料金を算出する。

※8 代謝量1.0[met]、着衣量2.0[clo]、風速0.1[m/s]とし、乾球温度、相対湿度は測定値、平均放射温度は測定値より算出する。

実測結果

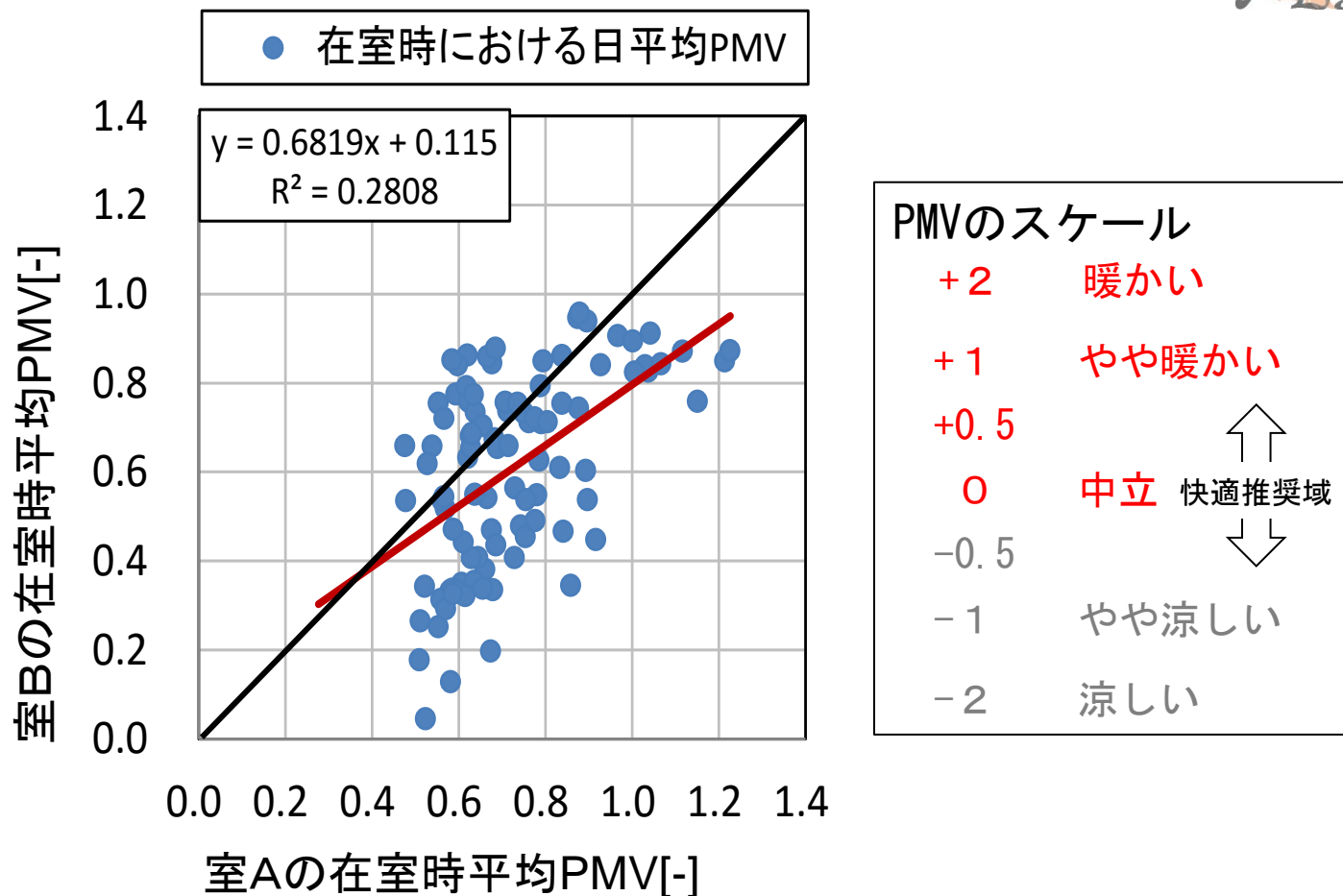


図4 在室時^{※9}平均PMVの関係

(2015年12月26日～2016年3月31日における在室時平均PMVの関係)

各部屋の在室時平均^{※9}PMVは、室A(蓄暖器)が0.72(標準偏差:0.17)、室B(エアコン)が0.61(標準偏差:0.22)であり、概ね同等の値となる。

※9 蓄暖器は24時間、エアコンは18時～翌日6時までの12時間の平均とする。

実測結果

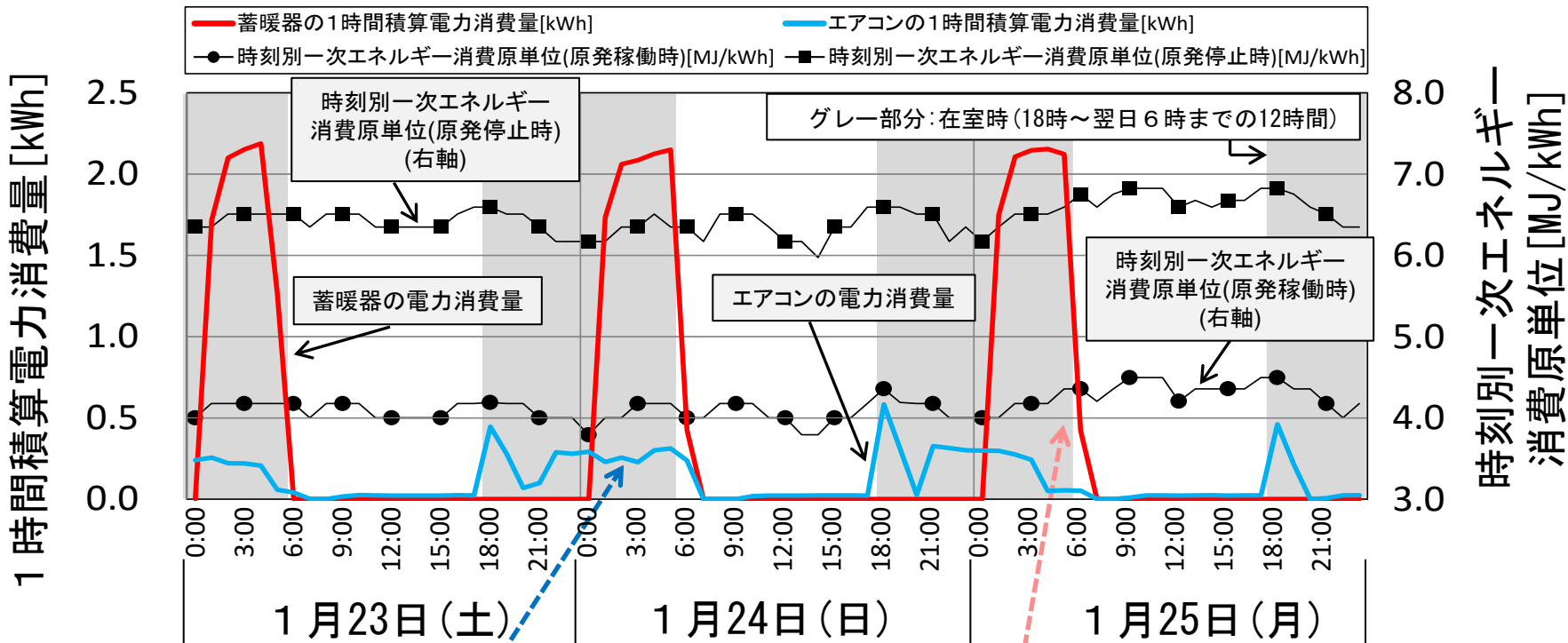
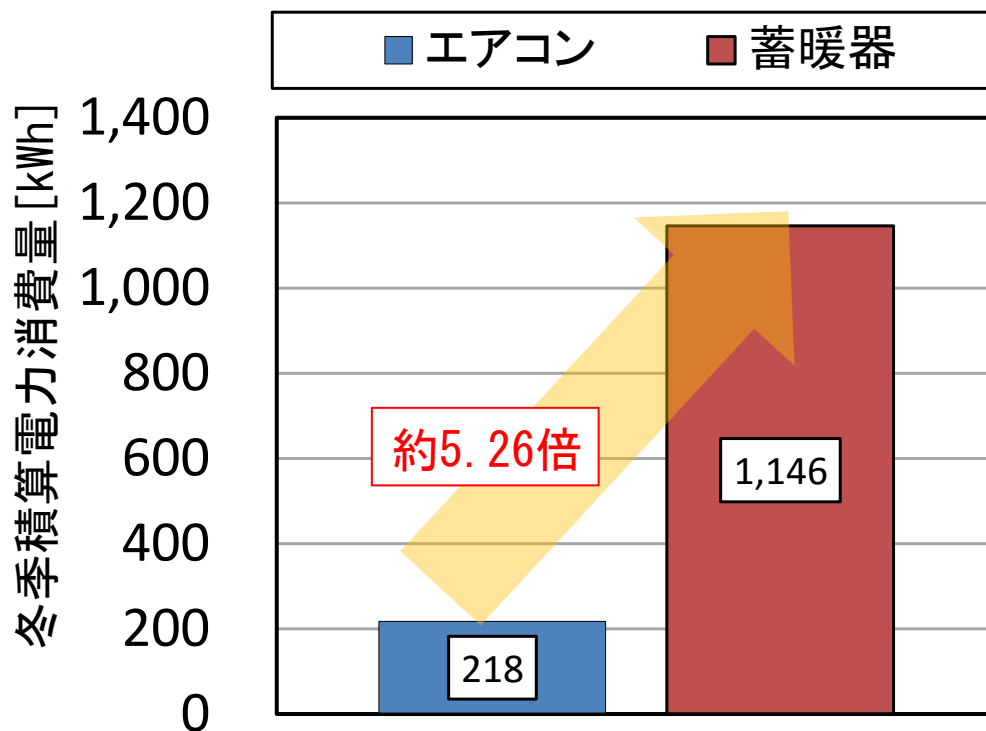


図5 最寒日^{※6}含む3日間の電力消費量と時刻別一次エネルギー消費原単位の推移

(2015年11月1日~2016年3月31日までの最寒日^{※6}(1月24日(日))を含む3日間
2016年1月23日(土)~2016年1月25日(月))

※6 気象庁データより2015年11月1日~2016年3月31日において日平均外気温が最低を記録した日。
気象庁 web ページ: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

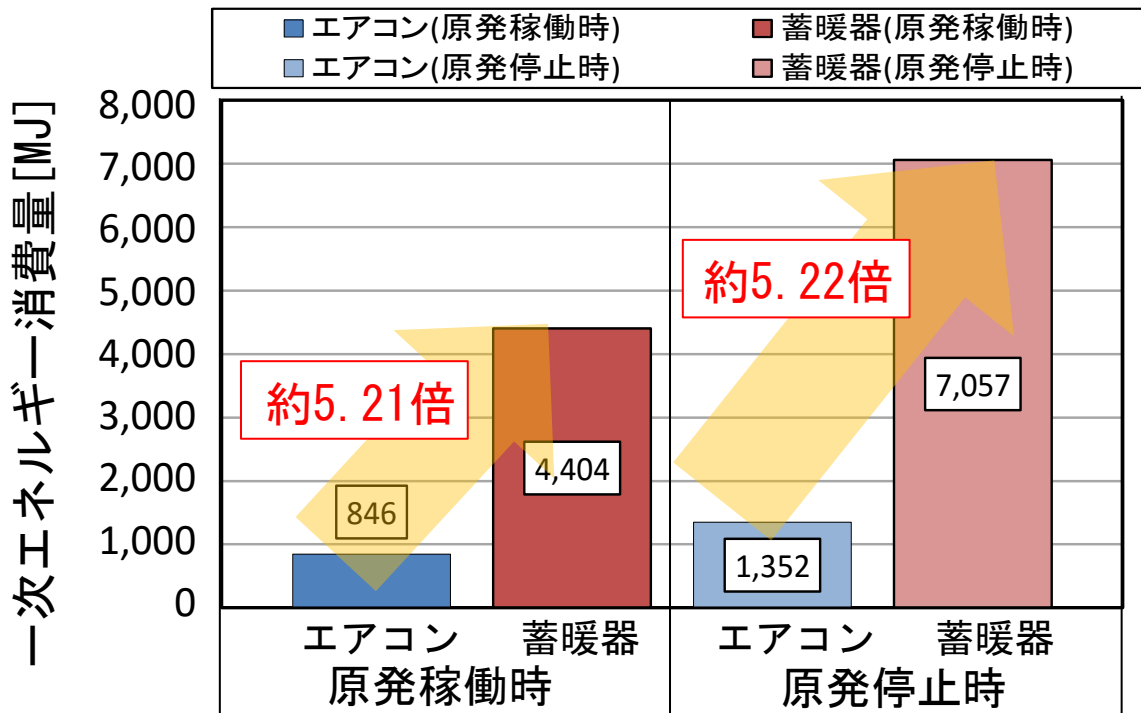
各設備の期間積算電力消費量は、蓄暖器が30.7[kWh]であり、エアコンの8.94[kWh]の約3.43倍となる。



(a) 電力消費量

図6 冬季期間の電力消費量と一次エネルギー消費量

電力消費量の冬季期間合計は、蓄暖器が1,146[kWh]であり、エアコンの218[kWh]の約5.26倍となる。



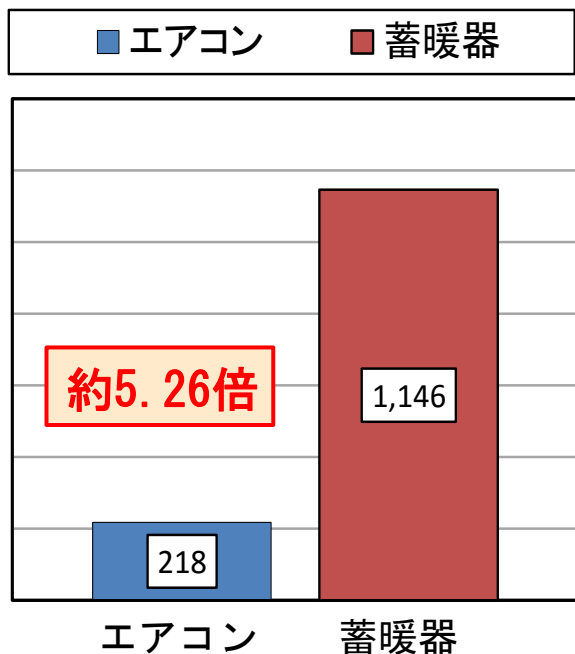
(b) 一次エネルギー消費量

図6 冬季期間の電力消費量と一次エネルギー消費量

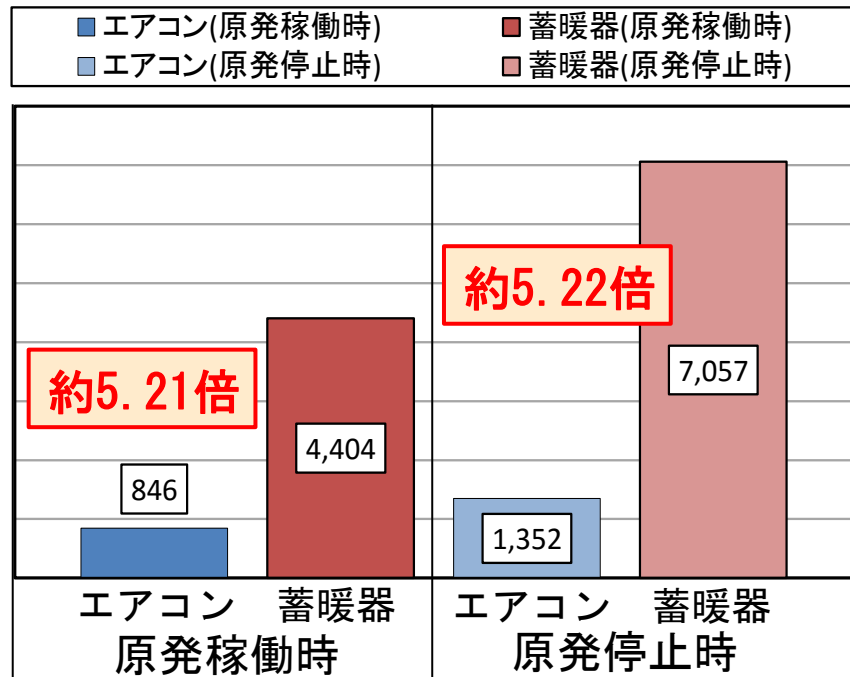
一次エネルギー消費量の冬季期間合計は、原発稼働時では蓄暖器が4,404 [MJ]であり、エアコンの846 [MJ]と比較して約5.21倍となる。原発停止時では、蓄暖器が7,057 [MJ]でエアコンの1,352 [MJ]と比較して約5.22倍である。

実測結果

冬季積算電力消費量 [kWh]



一次エネルギー消費量 [MJ]



(a) 電力消費量

(b) 一次エネルギー消費量

図6 冬季期間の電力消費量と一次エネルギー消費量

原発稼働・停止時共に昼間と夜間の時刻別一次エネルギー消費原単位の差が小さく、蓄暖器とエアコンの一次エネルギー消費量の比は電力消費量の比と概ね同等であり、冬季期間において蓄暖器を用いたピークシフトによる一次エネルギー消費量の削減効果はほとんどないと考えられる。

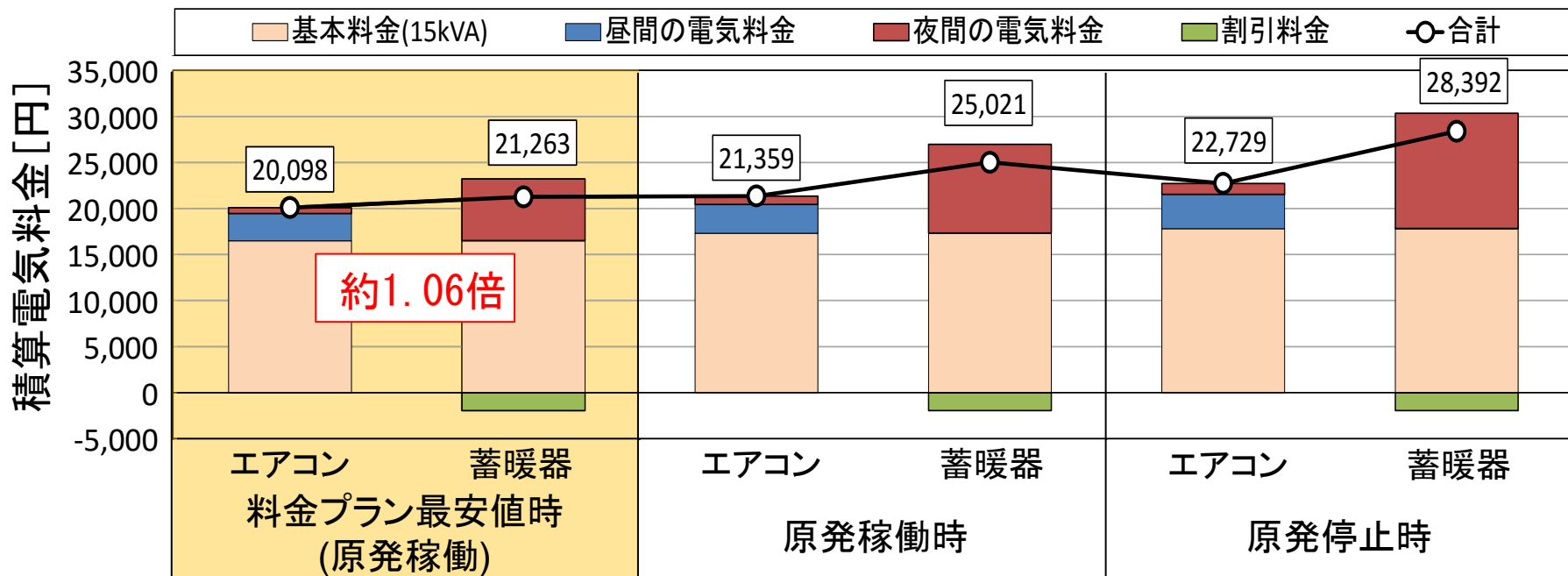


図7 冬季期間の積算電気料金

冬季期間合計は、料金プラン最安値時では蓄暖器が21,263[円]でありエアコンの20,098[円]とほぼ同等となる。原発稼働時では蓄暖器が25,021[円]でありエアコンの21,359[円]と比較して約1.17倍、原発停止時では蓄暖器が28,392[円]でありエアコンの22,729[円]と比較して約1.25倍となる。

現状の設備では、全ての料金プランにおいてエアコンの電気料金が安くなる。

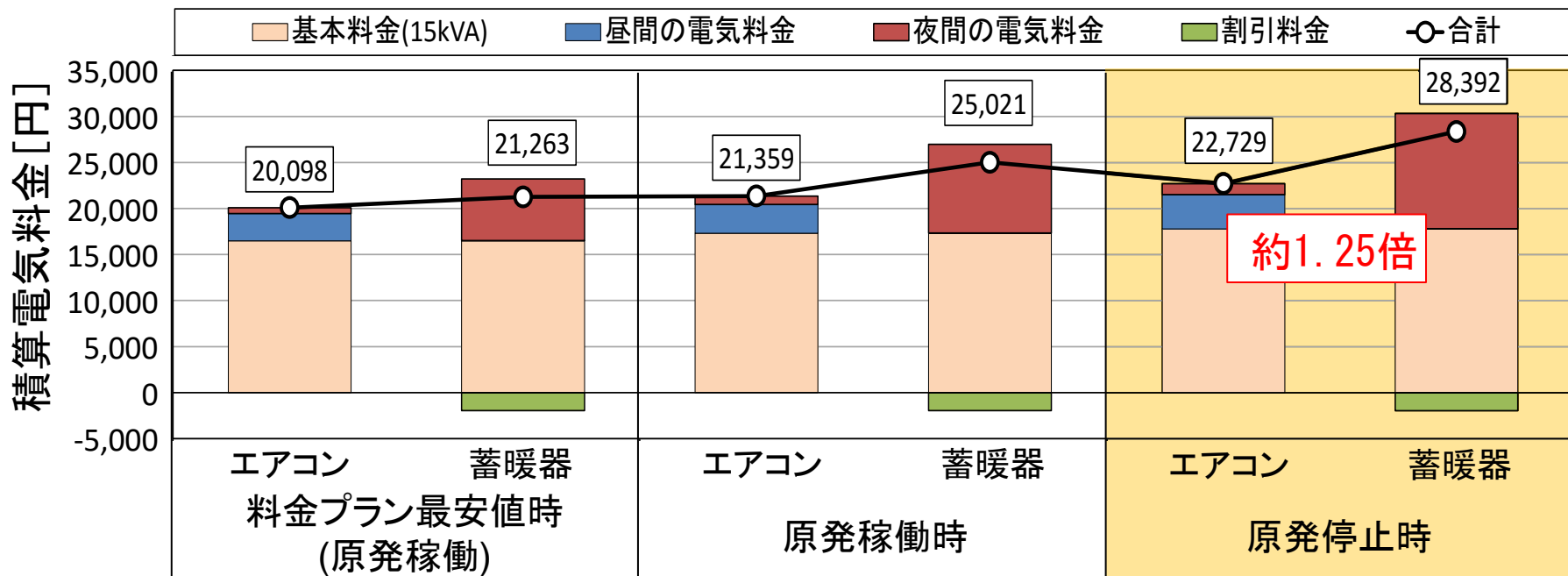


図7 冬季期間の積算電気料金

冬季期間合計は、料金プラン最安値時では蓄暖器が21,263[円]でありエアコンの20,098[円]とほぼ同等となる。原発稼働時では蓄暖器が25,021[円]でありエアコンの21,359[円]と比較して約1.17倍、原発停止時では蓄暖器が28,392[円]でありエアコンの22,729[円]と比較して約1.25倍となる。

現状の設備では、全ての料金プランにおいてエアコンの電気料金が安くなる。

実測結果

しかし対象住宅が建てられた1996年のエアコンの暖房定格COPは約3.0^{文2)}である。今回の対象設備であるエアコンの暖房定格COPは4.55であり、当時のエアコンの暖房定格COPは現在の機種と比較して約2/3である。

文2) 株式会社住環境計画研究所より。webページ:<http://www.jyuri.co.jp/>

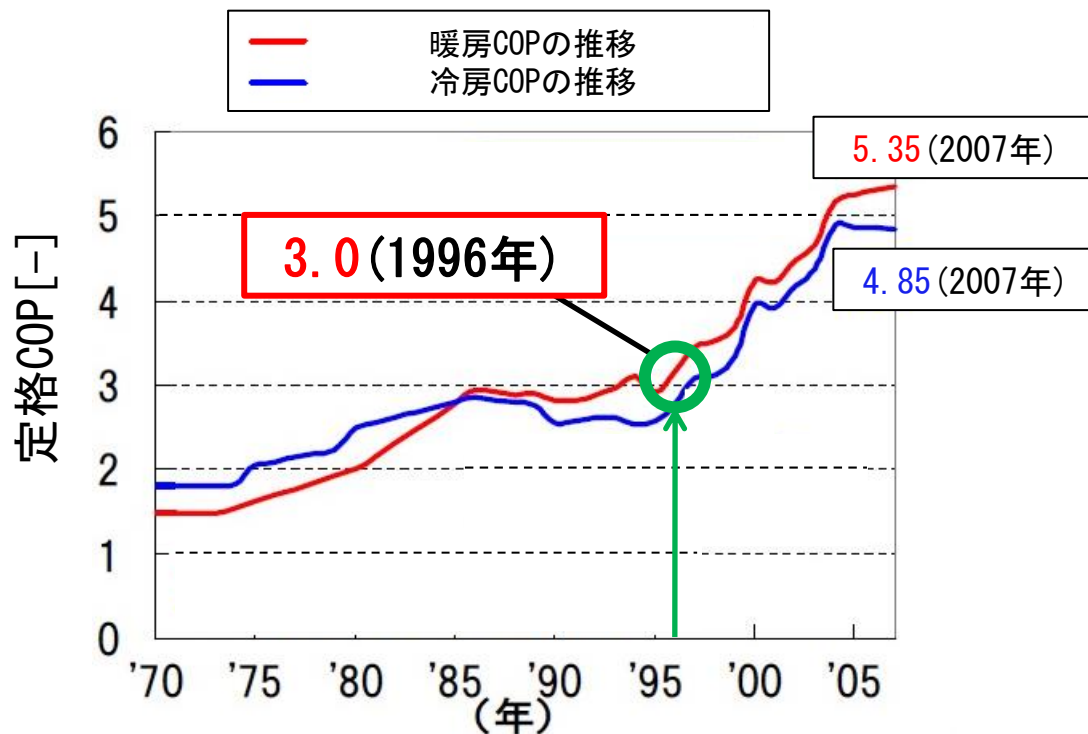


図 エアコンのCOPの推移

実測結果

従って、当時のエアコンの電力消費量が現在の1.5倍になると仮定すると、エアコンの冬季積算電気料金は料金プラン最安値時では21,896[円]となり、蓄暖器を使用することによる金銭的インセンティブが得られる。現在ではエアコンの性能の上昇や、夜間の電気料金単価の値上りにより、蓄暖器を用いたピークシフトによる金銭的インセンティブはないと考えられる。

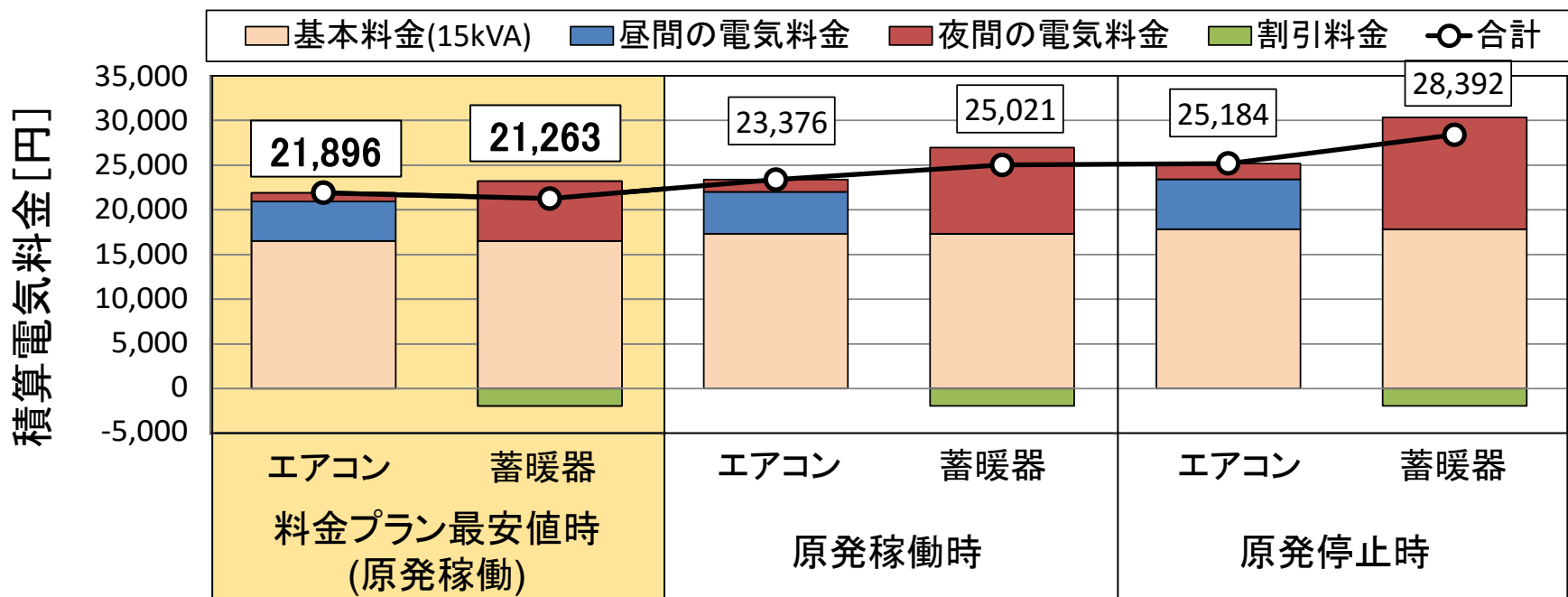


図 エアコンのCOPを3.0とした場合と蓄暖器の電気料金の比較(冬季期間)

- ①PMVの在室時平均は室A（蓄暖器）が0.72（標準偏差0.17）、室B（エアコン）が0.61（標準偏差0.22）であり、両室とも概ね同等の快適性である。
- ②冬季期間において、原発稼働時・停止時に共に時刻別一次エネルギー消費原単位の差が小さい為、蓄暖器とエアコンの一次エネルギー消費量の比と電力消費量との比は概ね同等である。従って、冬季期間では蓄暖器を用いたピークシフトによる一次エネルギーの削減効果は、ほとんどないと考えられる。
- ③冬季期間の積算電気料金では、全ての料金プランにおいて蓄暖器よりエアコンの方が電気料金が安くなる。現在エアコンの性能の上昇や夜間の電気料金単価が値上がりしており、蓄暖器を用いたピークシフトによる金銭的インセンティブはないと考えられる。