

全電化住宅における
電力消費量に関する研究
電気式蓄熱床暖房とヒートポンプによる
暖房の電気料金の比較

T 1 4 K 6 6 6 H 奥村 雪菜
指導教員 赤林 伸一 教授

電力供給の安定化のために電力負荷平準化の一つとして、電力需要が減少する夜間に蓄熱・蓄冷する**ピークシフト**が行われている。

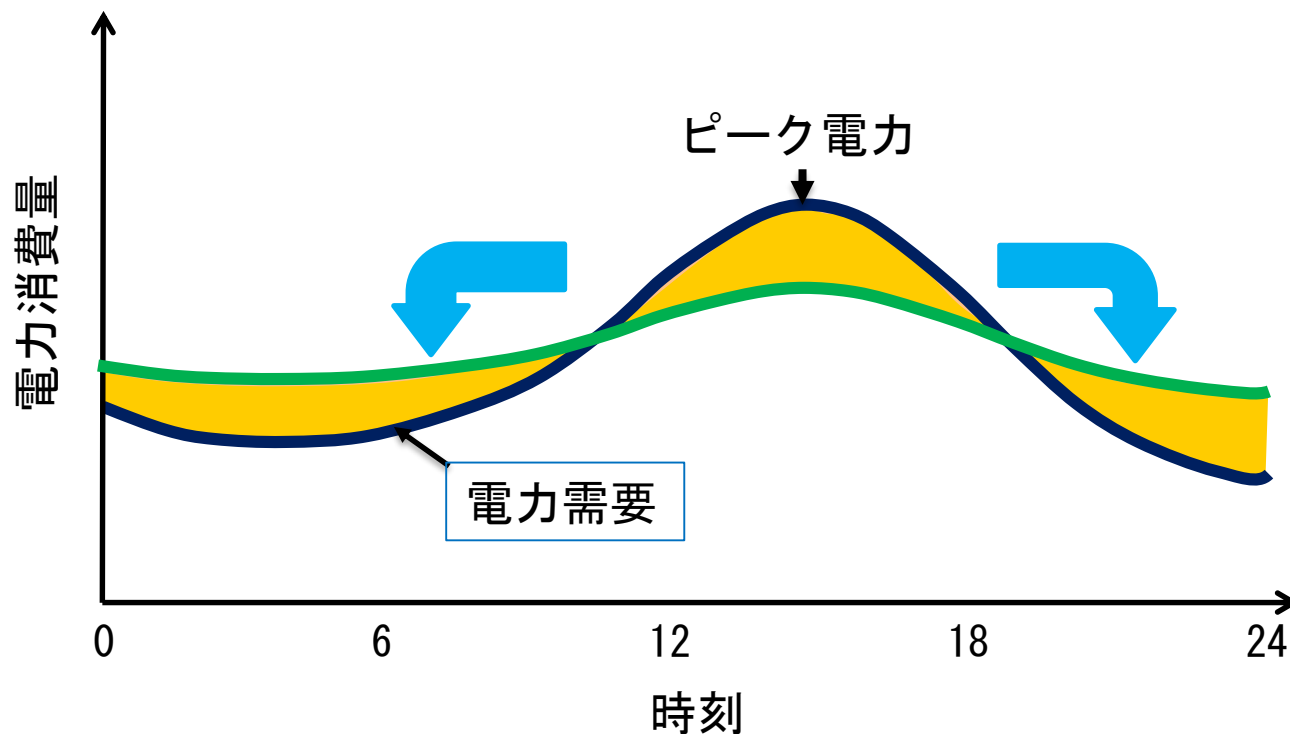


図 ピークシフトのイメージ

電気事業者は住宅用**時間帯別料金プラン**※¹を設定し、**昼間**※²より**夜間**※²の電力を安価に供給する金銭的インセンティブを設けている。

- ※¹ 例えば東北電力では、時間帯別電灯A（昼間31.66[円/kWh]、夜間10.11[円/kWh]）。(www.tohoku-epco.co.jp/dprivate/menu/menu_toua.html)
- ※² 本研究において、昼間は7:00~23:00、夜間は23:00~7:00とする。

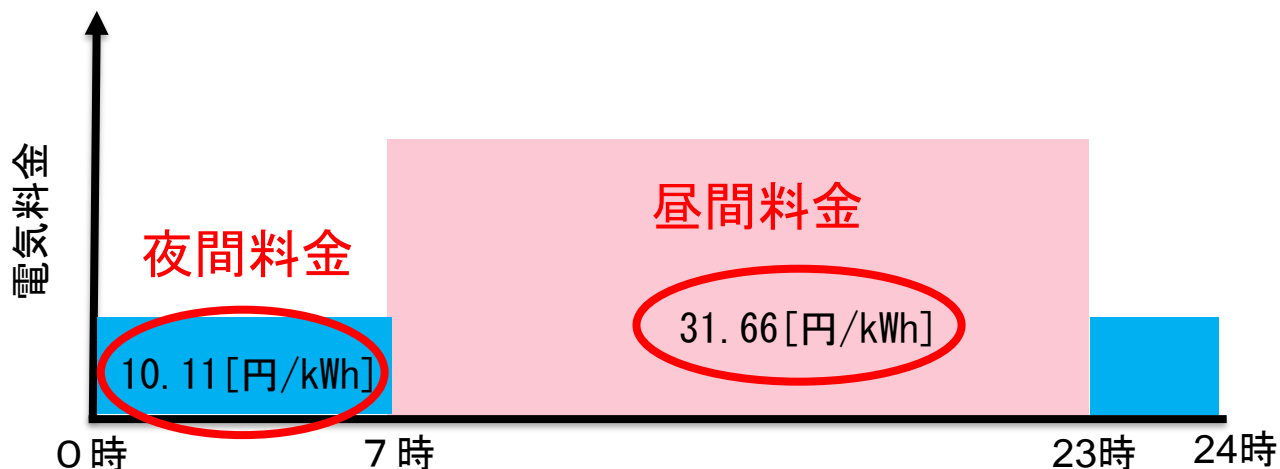


図 時間帯別電灯Aの料金プランのイメージ

蓄熱式床暖房※³は夜間電力を利用して、蓄熱を行うことで電力のピークシフトを実現するとともに、一次エネルギー消費量及び暖房用電気料金を削減できる可能性がある。

※3 夜間電力で潜熱蓄熱体に蓄熱し、その熱を終日放熱している暖房設備。

しかし、東日本大震災以降殆どの原子力発電所が停止している現状では電源構成が変化し、特に夜間の電気料金単価が高騰したため、ピークシフトによる一次エネルギー消費量及び電気料金の削減効果を再検討する必要がある。

本研究では、住戸の2つのエリアにおいて電気式蓄熱床暖房（終日暖房）を使用した部屋（玄関・ホール・洗面所・和室：以下エリアA）とヒートポンプ式エアコン（在室時のみ暖房）を使用した部屋（リビング・ダイニング：以下エリアB）における、それぞれの温熱環境及び電力消費量の実測を行う。

更に、同一住戸のエリアA+Bで前年に実測した、床暖房のみを使用した場合の電力消費量を基に床暖房のみの場合と床暖房及びエアコンを併用した場合における一次エネルギー消費量、電気料金の比較を行い、電気式蓄熱床暖房の電気料金、ピークシフトの効果を検討する。

対象住宅は新潟市に建設された住宅であり、対象室は**エリアA (床暖房)** 及び **エリアB (エアコン)** である。床暖房のみで暖房を行う場合はエリアAとエリアBの両方を床暖房の暖房範囲とする。

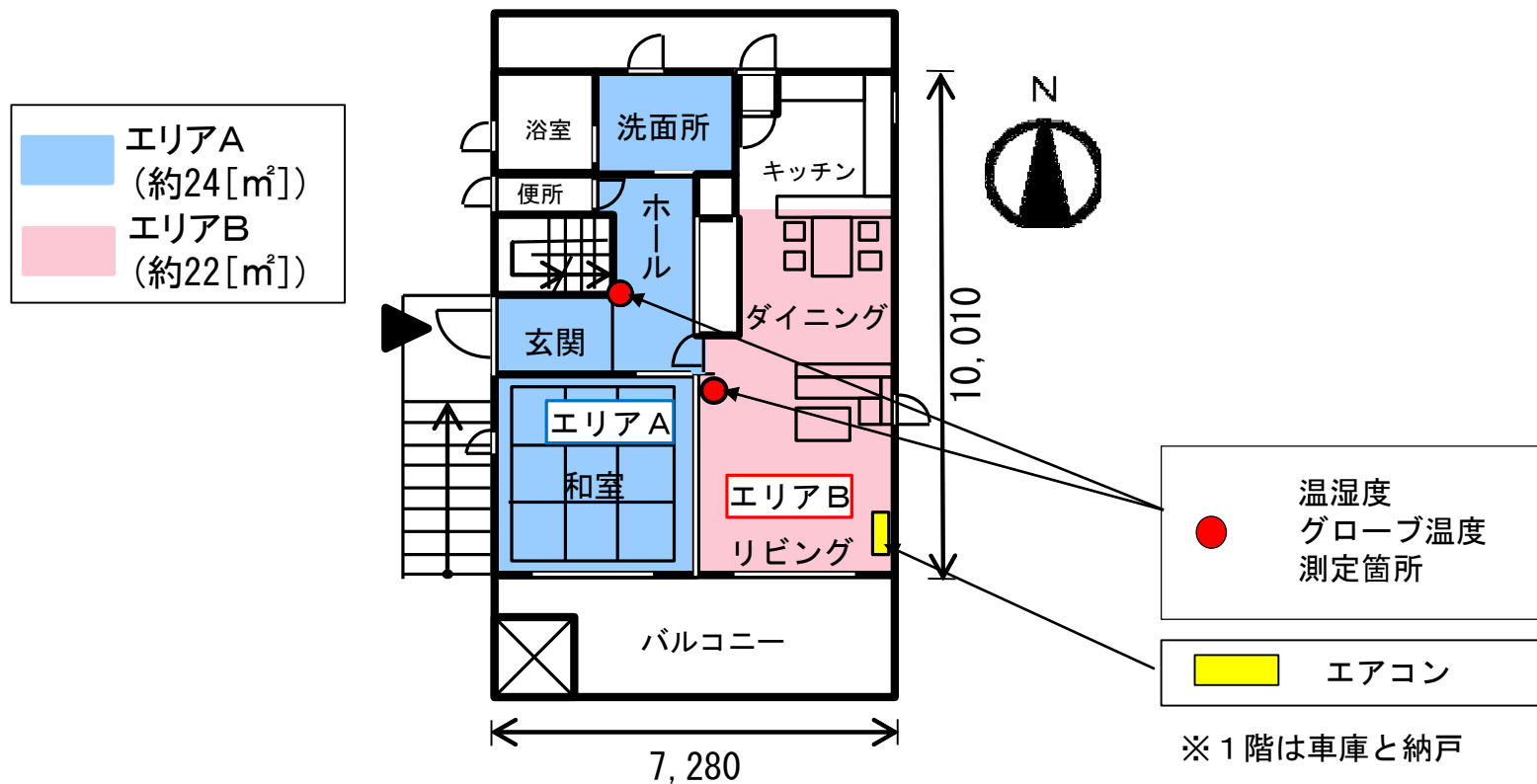


図 1 対象住宅 2 階平面

単位：[mm]

表 1 各設備の仕様と稼働時間

	床暖房	エアコン
仕様	定格ヒーター電力 5.05[kW] 蓄熱材(硫酸ナトリウム・10水塩) 融解温度：32℃ 凝固温度：30℃	定格暖房出力：6.7[kW] 暖房時定格COP：4.0 通年エネルギー消費効率(APF)：5.6
稼働時間	夜間電力(23時～7時)を使いマイコン制御により、残蓄熱量に応じて朝7時まで蓄熱。	在室時のみ

測定期間は2015年4月1日～2017年3月31日の2年間とし、冬季である12月1日～3月31日について報告する。

対象設備の電力消費量※⁴は10秒間隔で測定し、対象室の温湿度、グローブ温度※⁵は15分間隔で測定する。

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

※⁵ 温湿度、グローブ温度ともに、佐藤計器社製記憶計SK - L200TH II α を使用し、測定点は高さ約1,200[mm]とする。

一次エネルギー消費原単位は、既往の研究^{文1)}手法により2017年度の東北電力の電源構成を調査し、東北電力の電力供給量との関係(2017年度)から求める。

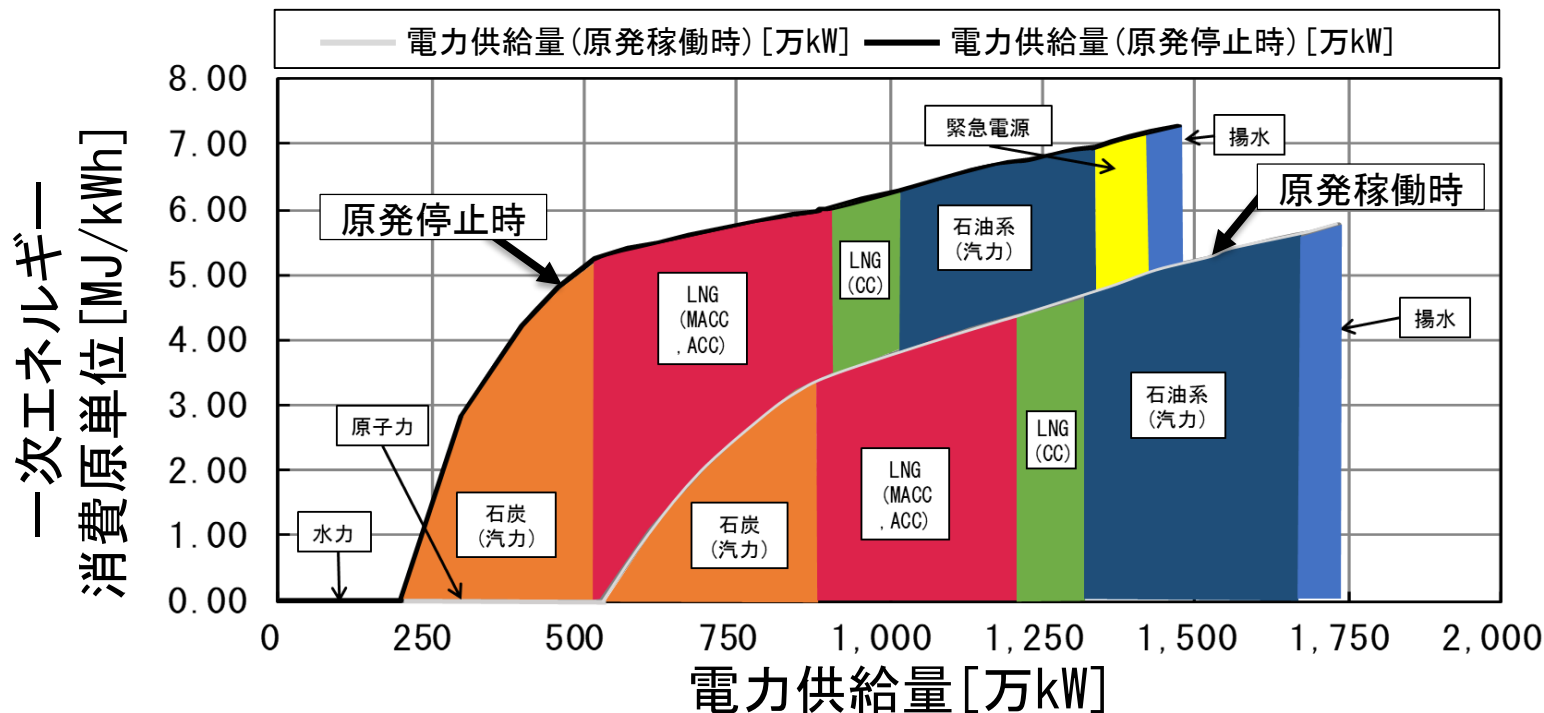


図2 東北電力の電力供給量と原発稼働時及び停止時の一次エネルギー消費原単位の関係(2017年度)

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

本研究では電気料金は税別で示す。又、昼間は7時～23時、夜間は23時～7時とする。原発稼働時の料金は昼間27.3[円/kWh]、夜間8.01[円/kWh]、停止時の料金は昼間31.66[円/kWh]、夜間10.11[円/kWh]となり、**停止時の料金は稼働時と比べて昼間は約1.2倍、夜間は1.3倍である。**又、昼間に対する夜間の料金比は原発稼働時で0.29、原発停止時で0.32となり**夜間電力利用の金銭的インセンティブは原発停止時に約9[%]減少している。**

表2 原発稼働時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

	実施期間	基本料金 (15kVA) [円/月]	昼間(7時～ 23時) [円 /kWh] (税別)	夜間(23時～ 7時) [円 /kWh] (税別)	5時間通電機器割 引額(蓄熱式電気暖 房器等) [円/kVA]	昼間に対す る夜間の 料金比
原発稼働時	2008年9月1日～ 2013年8月31日	3,465.00	27.3	8.01	194.4	0.29
原発停止時	2014年4月1日～	3,564.00	31.66	10.11		0.32

解析方法は、測定された温湿度、グローブ温度より各室における作用温度及びPMV※⁶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。東北電力の一次エネルギー消費原単位より時刻別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。

※6 代謝量1.0[met]、着衣量1.0[clo]、風速0.1[m/s]と仮定し、乾球温度、相対湿度、グローブ温度は実測値、平均放射温度は計算値より算出する。

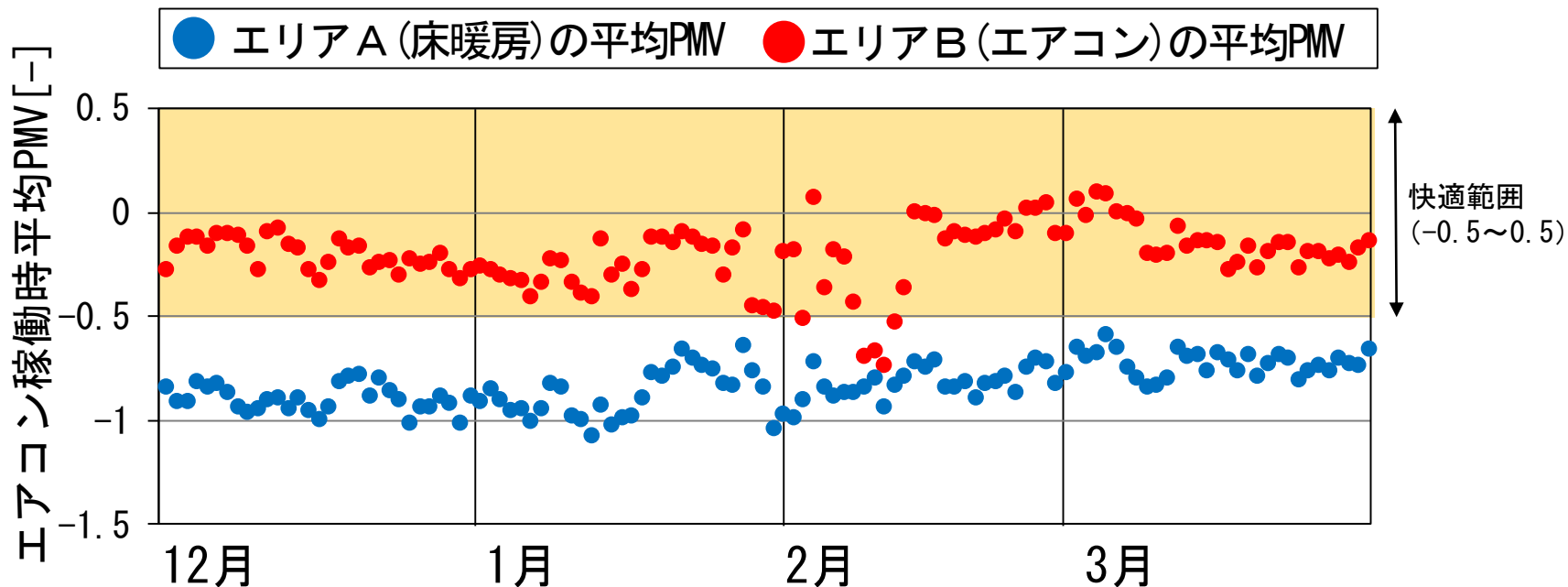


図3 エアコン稼働時の平均のPMV

(2016年12月3日~2017年3月31日)

各エリアにおける平均PMVは**エリアA**では-0.83、**エリアB**では-0.21であり、エリアAは若干寒い。

実測結果 ②最寒日を含む4日間における比較

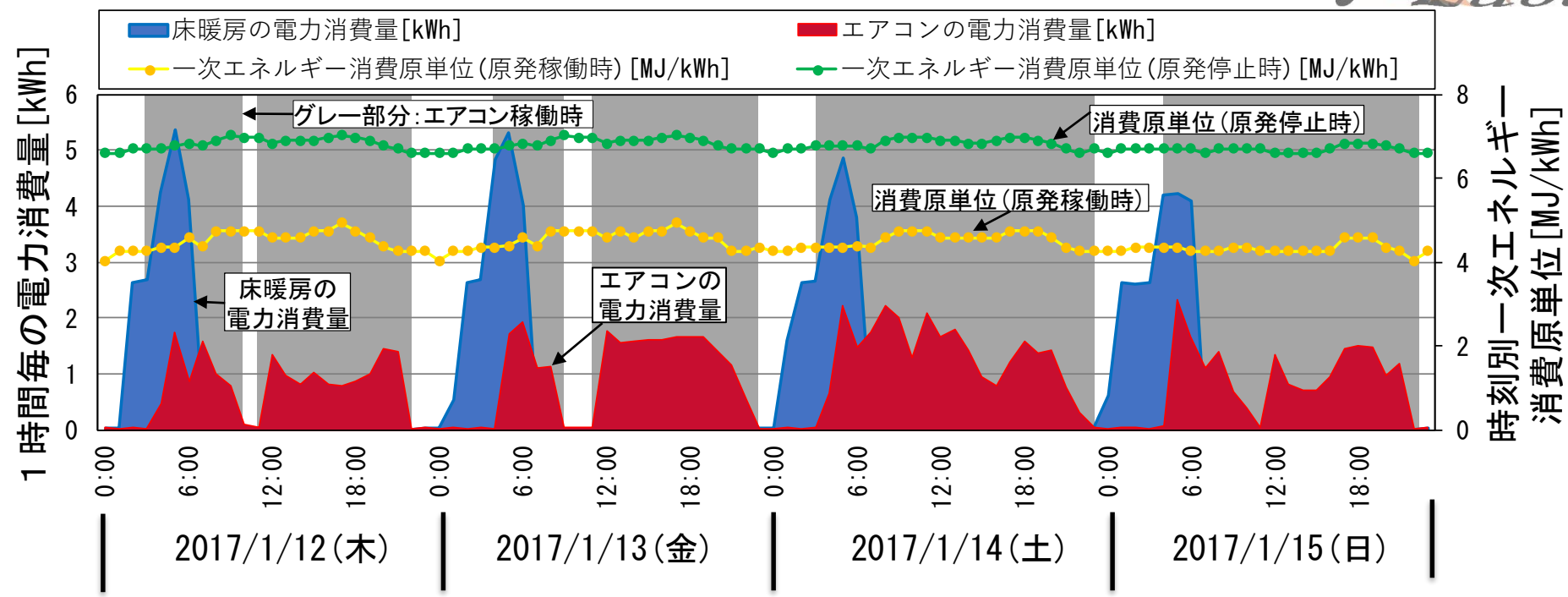


図4 最寒日※7を含む4日間の電力消費量と時刻別一次エネルギー消費原単位
 (2016年12月1日～3月31日までの最寒日(2017年1月14日(土))を含む
 4日間: 2017年1月12日(木)～2017年1月15日(日))

各設備の4日間の積算電力消費量は、**床暖房が81.05 [kWh]**であり、**エアコンの85.60 [kWh]**に対して約0.95倍となる。

※7 気象庁データより、2016年12月1日～2017年3月31日において日平均外気温が最低温度を記録した日。(www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php)

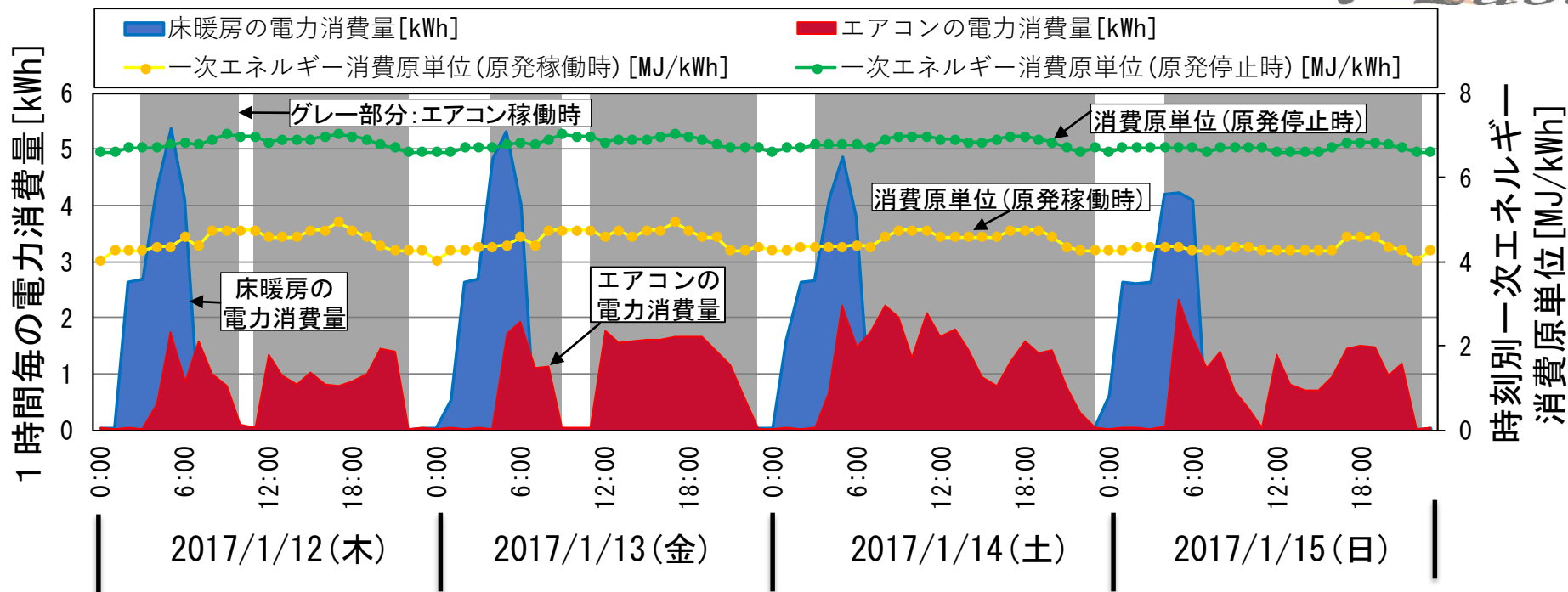
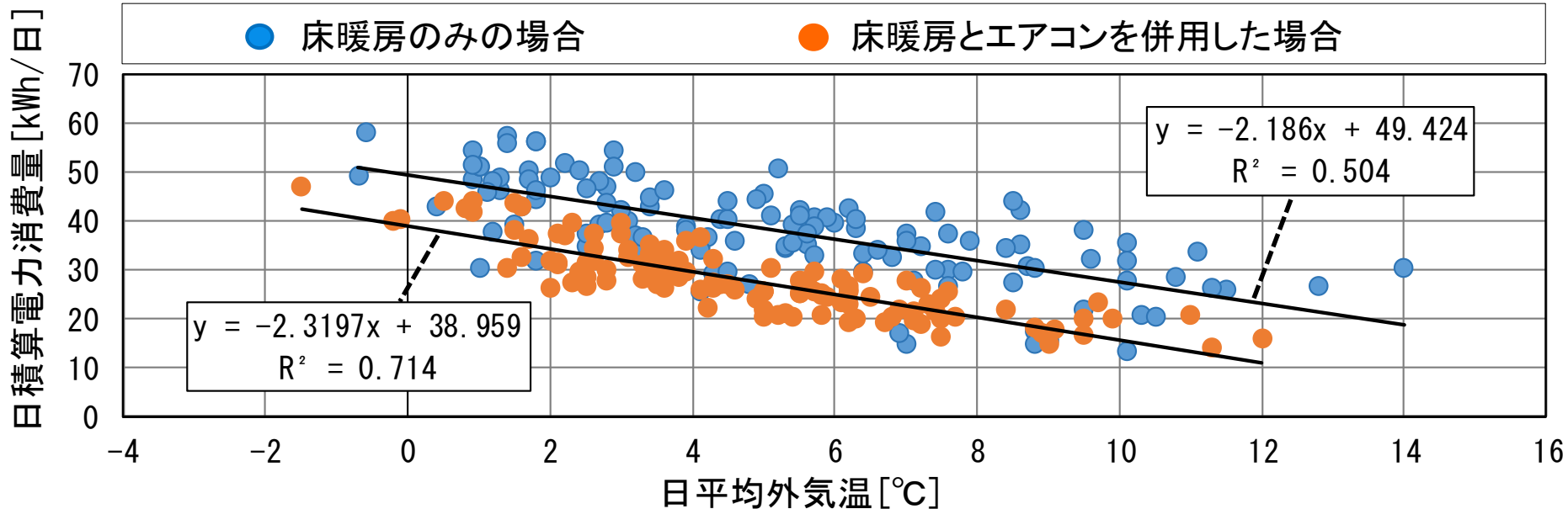


図4 最寒日^{※7}を含む4日間の電力消費量と時刻別一次エネルギー消費原単位
 (2016年12月1日～3月31日までの最寒日(2017年1月14日(土))を含む
 4日間: 2017年1月12日(木)～2017年1月15日(日))

昼間と夜間における一次エネルギー消費原単位の差は、原発稼働時では平均で0.22 [MJ/kWh]、停止時では平均で0.13 [MJ/kWh]となる。

※7 気象庁データより、2016年12月1日～2017年3月31日において日平均外気温が最低温度を記録した日。(www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php)

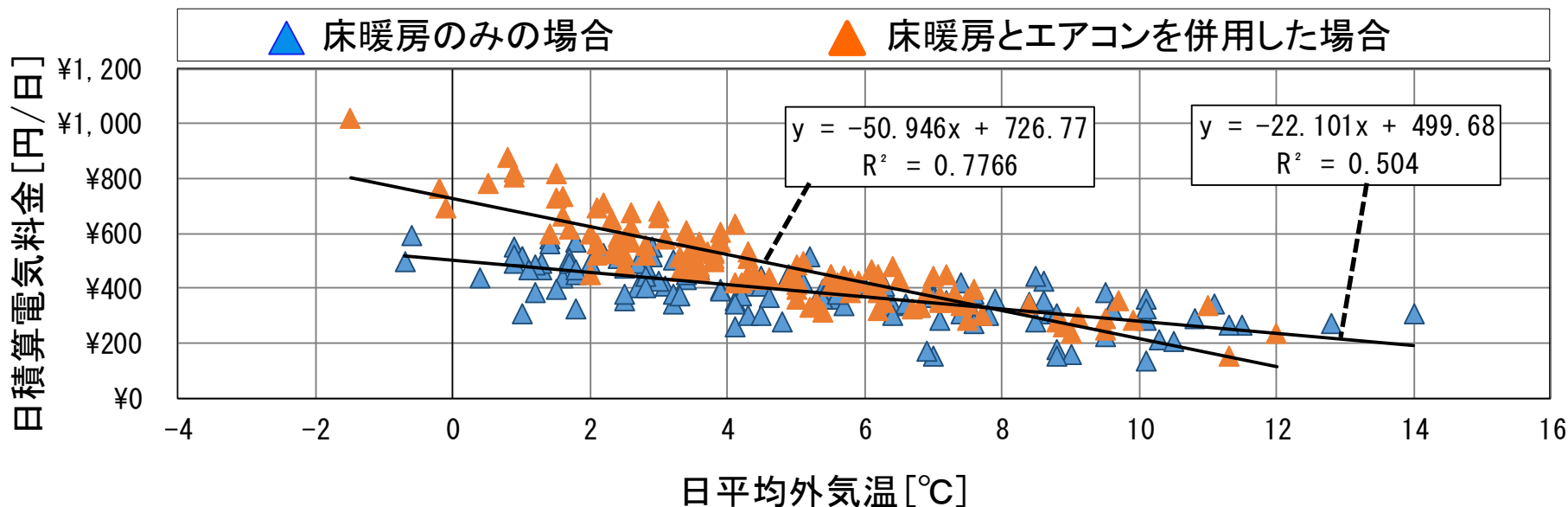
冬季における 1 日のエアコン平均稼働時間は約12時間
(昼間83%・夜間17%)である。



(a) 外気温と電力消費量

図5 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合における日平均外気温と日積算電力消費量・暖房用日積算電気料金の関係(原発停止時)

図5 (a) は、床暖房のみに対して床暖房とエアコンを併用した場合には電力消費量が外気温によらず10 [kWh/日]程度減少する。



(b) 外気温と電気料金

図5 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合における日平均外気温と日積算電力消費量・暖房用日積算電気料金の関係(原発停止時)

図5 (b) は、回帰直線は外気温が約 8 [°C] で交わる。今回対象とした住宅は外気温が 8 [°C] より低い場合には床暖房を使用した方が、外気温が 8 [°C] より高い場合には床暖房とエアコンを併用した方が電気料金は安価になると推定される。

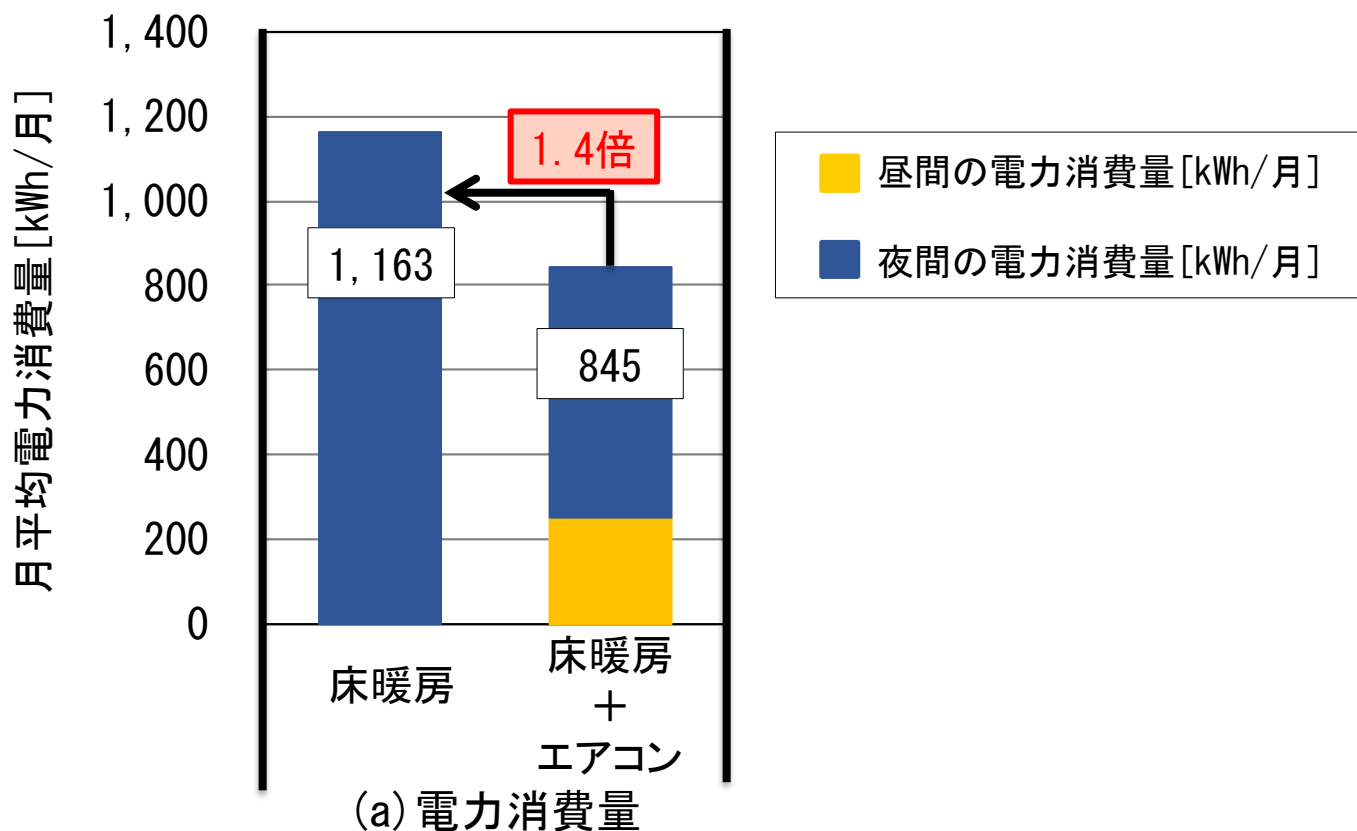
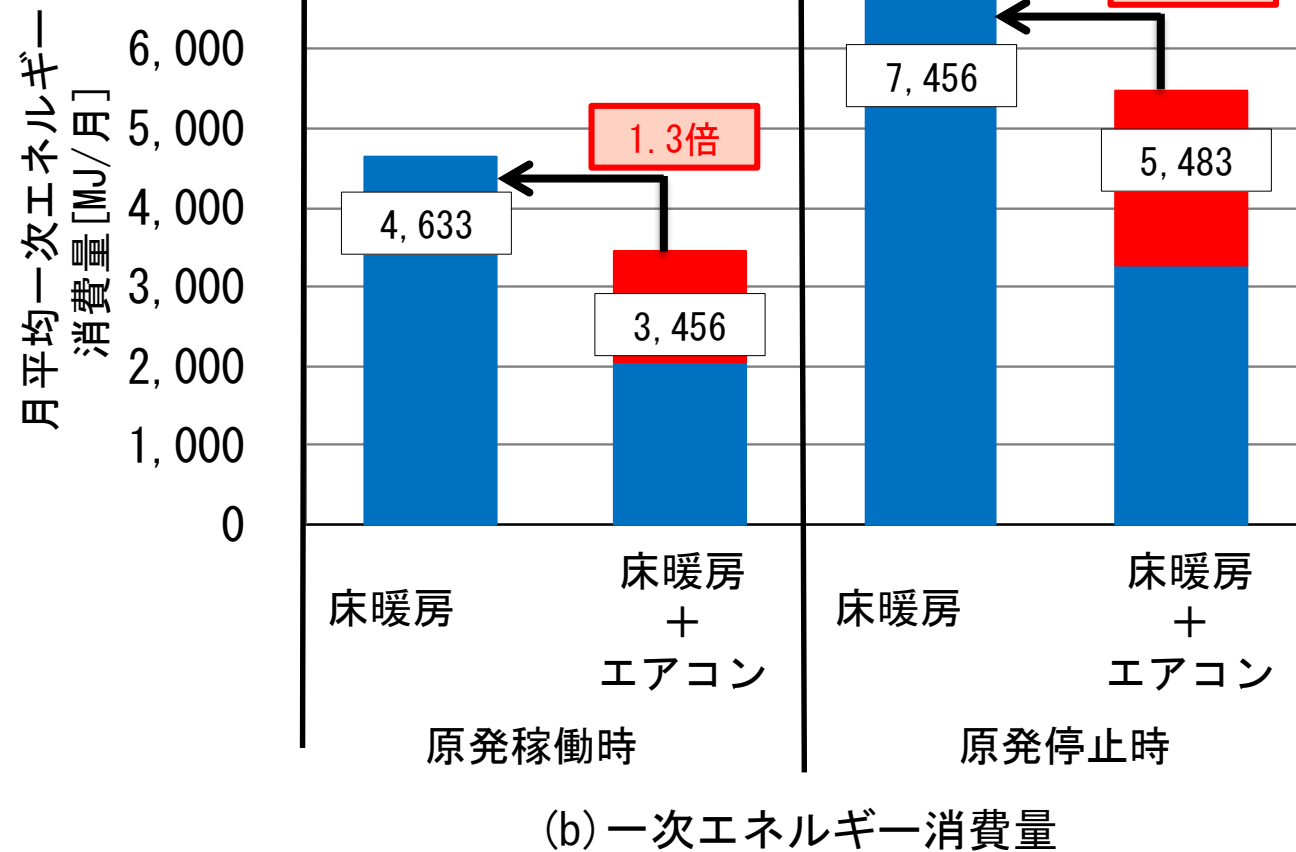


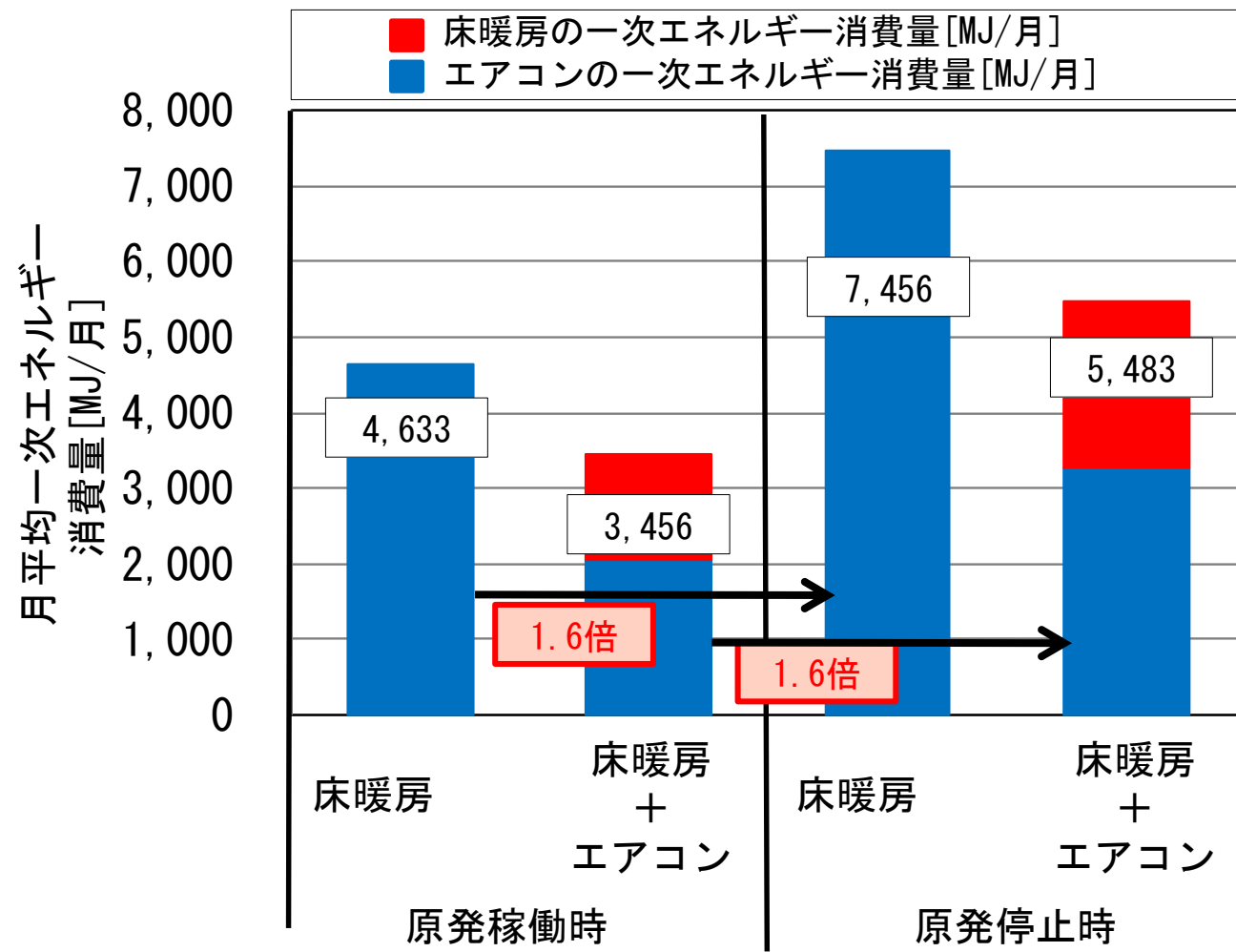
図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較

月平均電力消費量は、床暖房のみの場合1,163[kWh/月]であり、床暖房とエアコンを併用した場合の845[kWh/月]に対して約**1.4倍**となる。



月平均一次エネルギー消費量は、原発稼働時では床暖房のみの場合は、4,633 [MJ/月] であり、床暖房とエアコンを併用した場合の3,456 [MJ/月] に対して約1.3倍となる。原発停止時では床暖房のみの場合は7,456 [MJ/月] であり、床暖房とエアコンを併用した場合の5,483 [MJ/月] に対して約1.4倍となる。

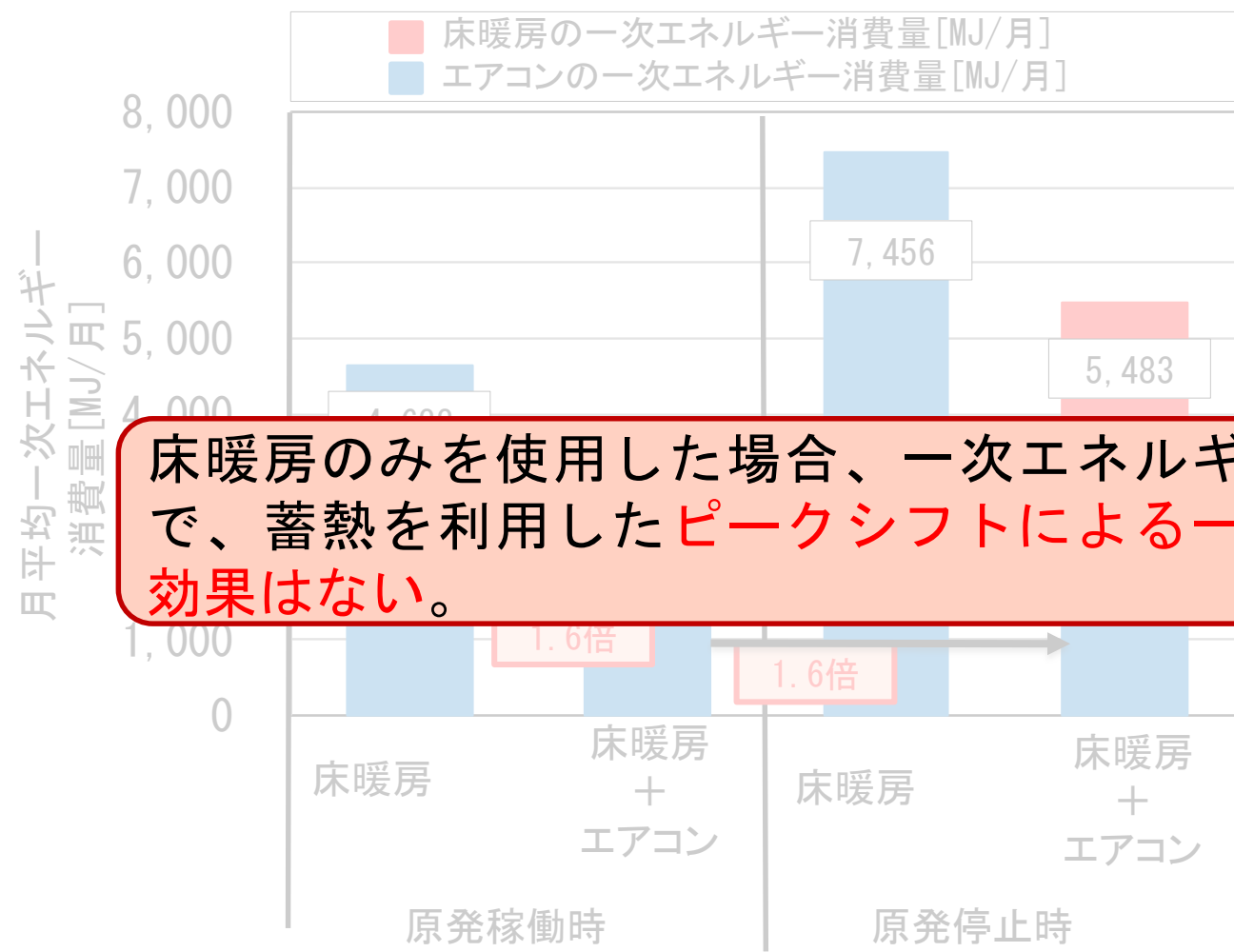
図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較



原発稼働時・停止時をそれぞれ比較すると、床暖房のみの場合と床暖房とエアコンを併用した場合ともに約1.6倍になる。

(b) 一次エネルギー消費量

図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較

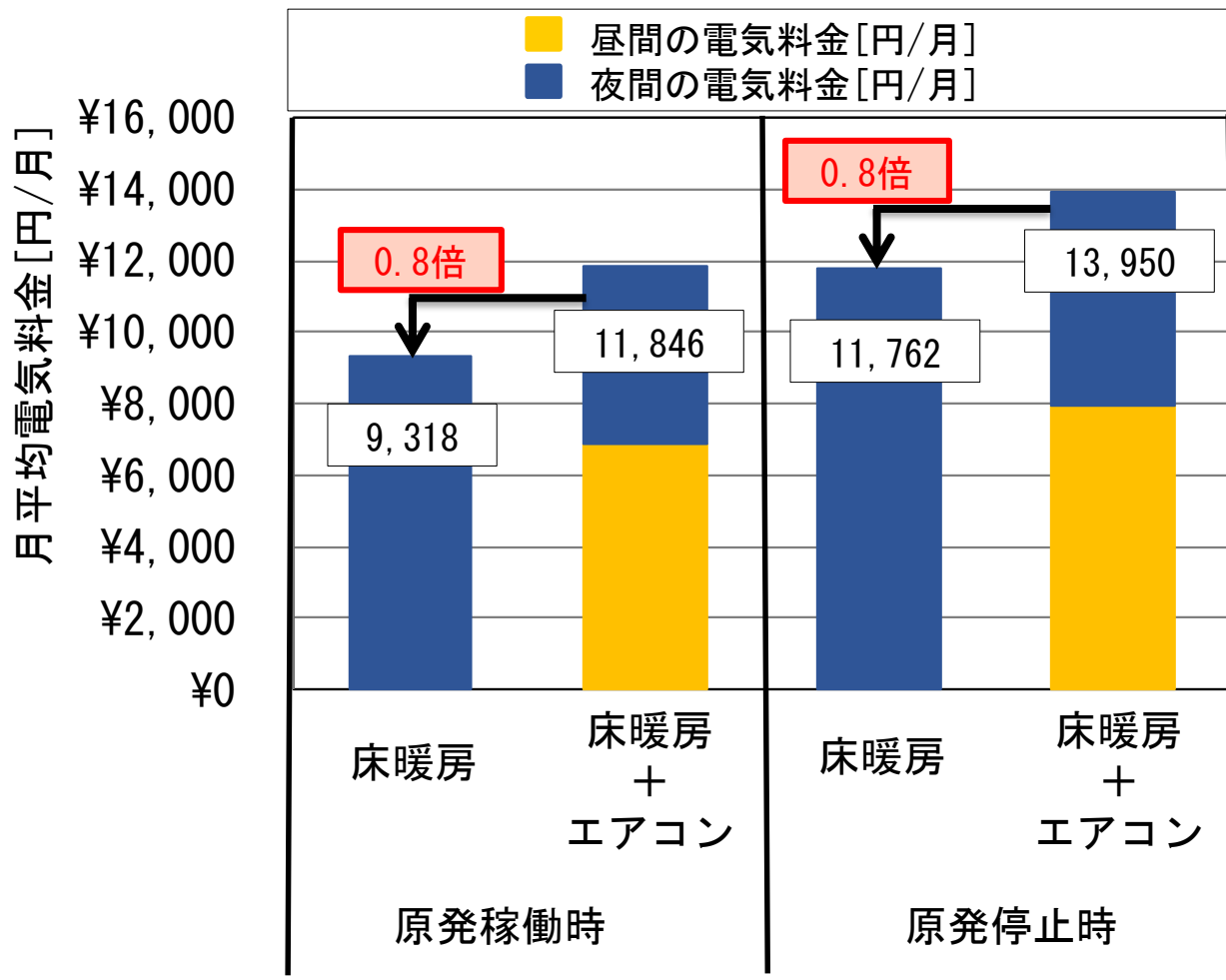


又、原発稼働時・停止時をそれぞれ比較すると、床暖房のみの場合と床

床暖房のみを使用した場合、一次エネルギー消費量が多いので、蓄熱を利用したピークシフトによる一次エネルギー削減効果はない。

(b) 一次エネルギー消費量

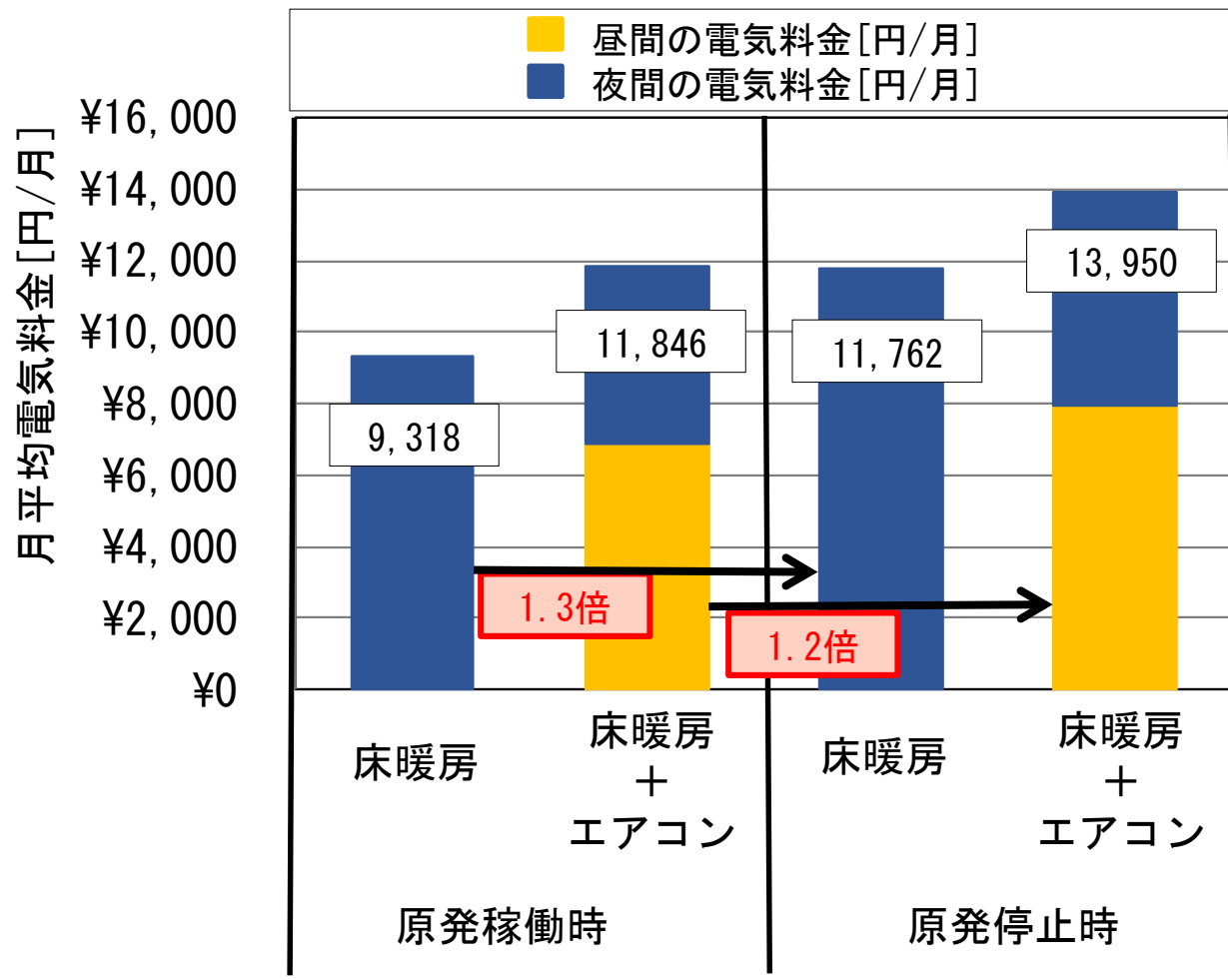
図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較



月平均電気料金は、
 原発稼働時では床暖房のみの場合は
 9,318 [円/月] であり、床暖房とエ
 アコンを併用した場合の11,846 [円/月]
 に対して約0.8倍となる。原発停止時
 でも同様に約0.8倍となる。

(c) 電気料金

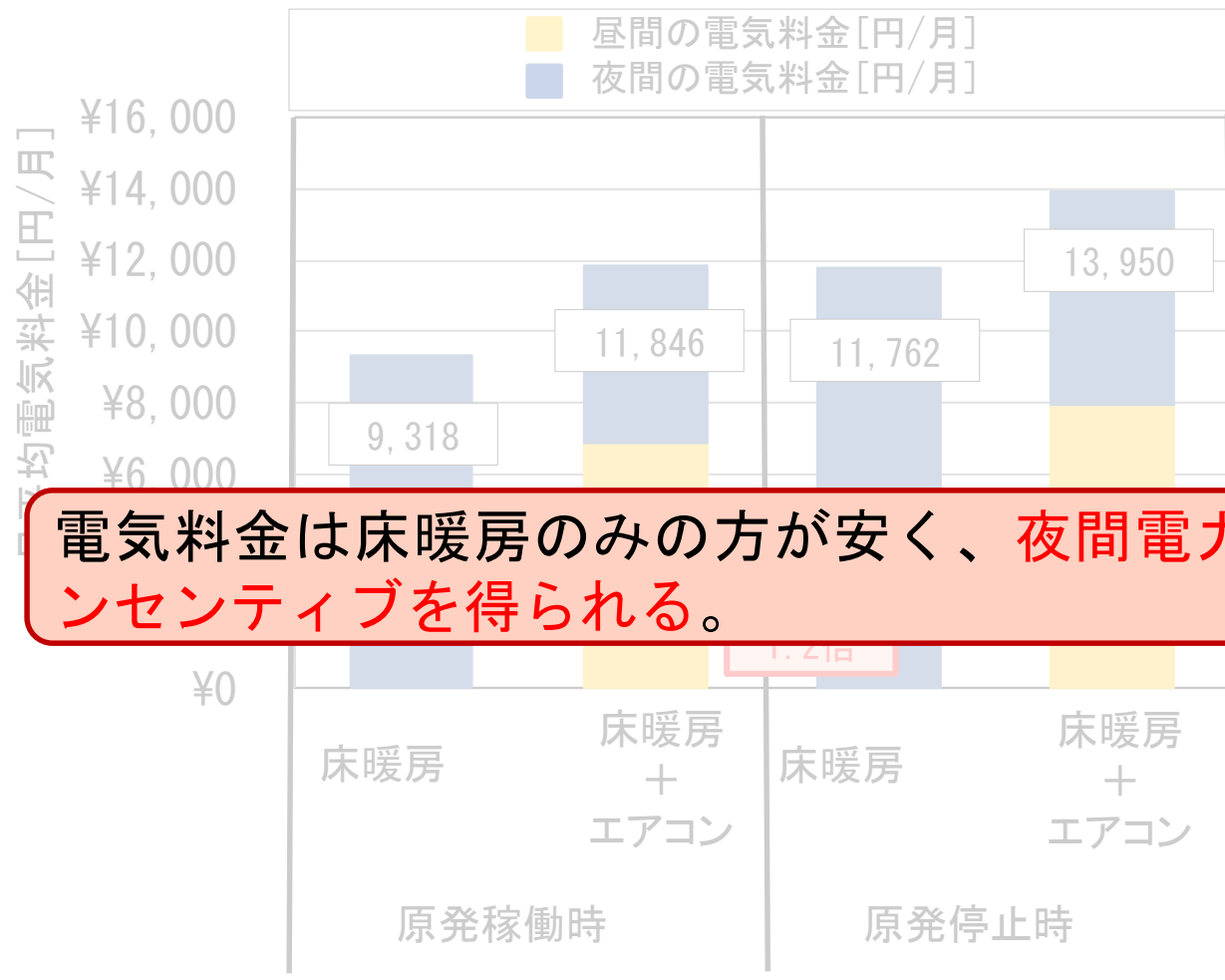
図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較



原発稼働時・停止時で電気料金を比較すると、原発停止時には原発稼働時と比べて床暖房のみの場合で約1.3倍、床暖房とエアコンを併用した場合で約1.2倍となる。

(c) 電気料金

図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較



原発稼働時・停止時で電気料金を比較すると、原発停止時には原発稼働時と比べて床暖房のみ
 ンを併用した場合で約1.2倍となる。

電気料金は床暖房のみの方が安く、夜間電力利用による金銭的インセンティブを得られる。

(c) 電気料金

図6 床暖房のみを使用した場合と床暖房とエアコンを併用した場合の月平均の電力消費量、一次エネルギー消費量と電気料金の比較

- ①今回対象とした住宅では、外気温が8 [°C]より低い場合は床暖房のみ、高い場合は床暖房とエアコンを併用した方が電気料金は安価になる。
- ②蓄熱式床暖房を利用したピークシフトによる一次エネルギー削減効果はない。
- ③現在の電気料金でも電気式蓄熱床暖房を用いて夜間電力を利用することで2割程度の金銭的インセンティブを得ることができる。