

# 平成21～23年度 負荷平準化機器導入効果実証事業の結果概要

平成24年3月12日  
電力・ガス事業部

# 1. 負荷平準化機器導入効果実証事業の概要

○平成20年度に報告された「スマートメーターの活用における費用対効果分析」の机上調査で示された料金メニューの効果について、実証実験を実施すべきという指摘を受け、平成21年度から本実証実験を開始している。

## 1. 事業の目的

✓スマートメーター導入に期待される省エネルギー・負荷平準化効果について分析を行うことを目的として、一般家庭等を対象に、電気使用量の「見える化」や時間帯別の料金設定を行う等の大規模な実証事業を行う。

## 2. 事業の内容

✓一般家庭等に900台程度のスマートメーター※を設置した上で、「見える化」に加え、料金プログラムや機器制御技術を通じた需要側の管理(デマンドサイドマネジメント)に係る効果を検証する。

## 3. 予算規模

平成21年度予算額:8.9億円  
平成22年度予算額:2.8億円  
平成23年度予算額:4.2億円

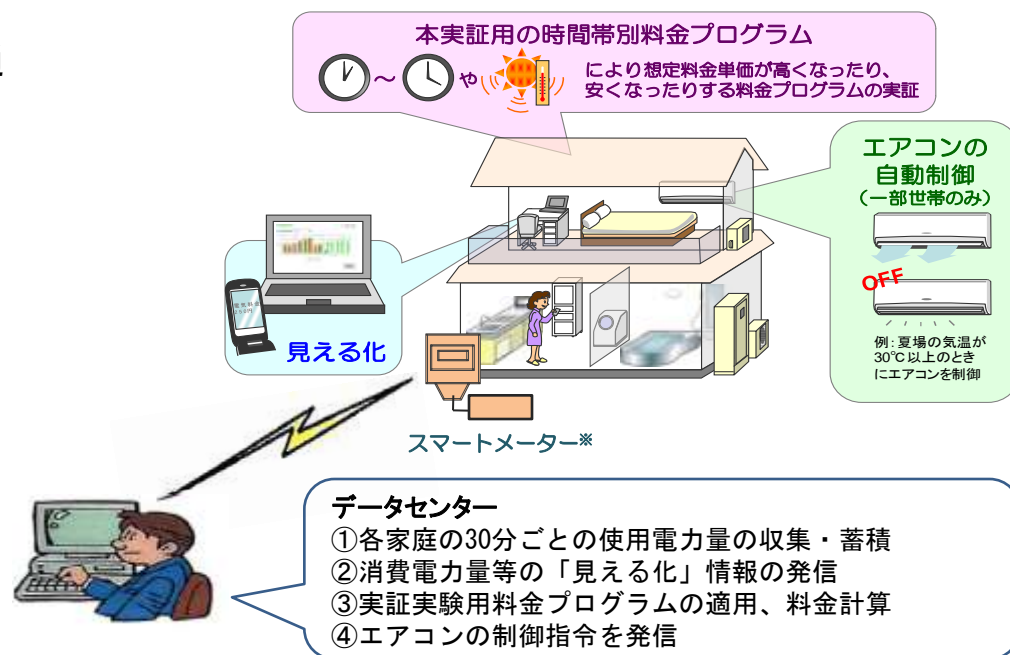
## 4. 事業期間

平成21年度～平成23年度(3年間)  
料金プログラムの適用は平成22年と平成23年の7～9月

## 5. 事業体制

東京電力、関西電力等

## 事業イメージ

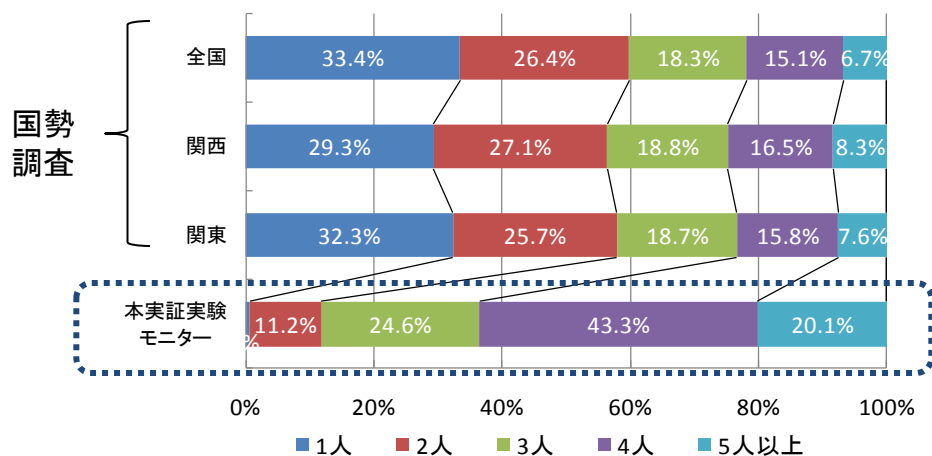


※本実証事業においては、双方向通信機器と電子式メーターを組み合わせたものを設置

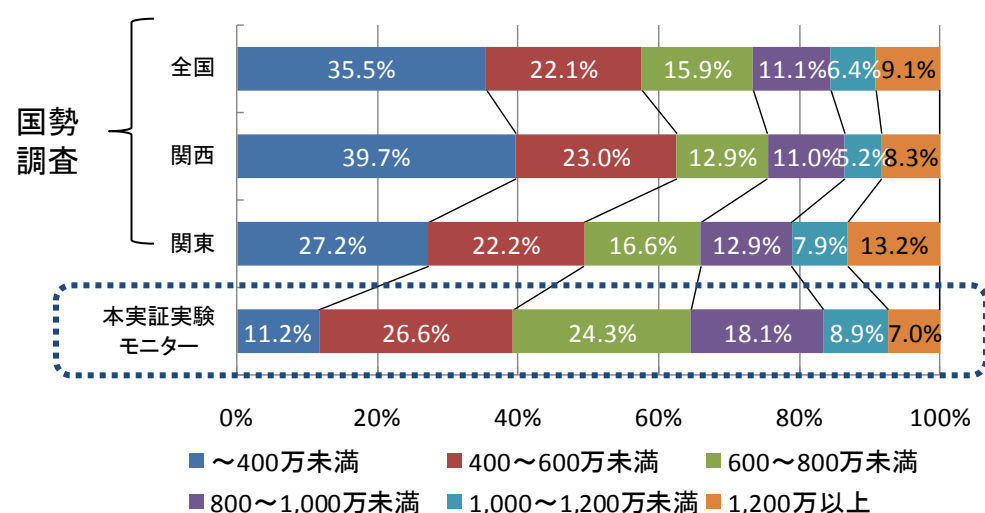
## 2. 本実証実験のモニター属性

- WEBアンケート会社に登録している約22万世帯の一般家庭を中心に、WEBアンケートを配布してモニター募集を行った。約3,800世帯のモニターがこの実証実験に興味を示し、かつ、参加要件を満たしていたが、宅内での設置工事の条件などを加味し、最終的には約900世帯（関東約600世帯、関西約300世帯）を抽出した。
- 参加要件には、「夏季昼間に1名以上在宅している」「インターネット環境を持っている」「オール電化やPVなどが導入されていない」「（グループ3のみ）遠隔制御可能なエアコンを保有している」などがあるため、本実証のモニターの属性は、実際の需要家の平均的な属性と異なる部分がある。
- 例えば、単身世帯については募集時に対象から除外しているため、全般的に実際の需要家層よりも世帯人員数が多い。年収についても、全般的に実際の需要家層よりも高い。また、設置工事の関係上、本実証実験のモニターの住宅種類は、戸建が全体の90%以上を占めている。
- 省エネ意識も全般的に高かったが、震災以降、その傾向はより顕著になった。

世帯人数での比較



年収での比較



出典) 総務省統計局「平成17年国勢調査」、本実証事業モニター事前アンケート調査

### 3. 料金プログラムの内容

○本実証実験では、モニターを以下の4つのグループに分けている。グルーピングは事前アンケートで得られた居住地、世帯人数、基礎消費量などに基づき実施している。

- グループ1 固定型の時間帯別料金 (TOU) : ピーク時間帯 (13時~16時) 単価2倍
- グループ2 事前通知型の時間帯別料金 (CPP) : ピーク時間帯単価2倍、CPP発動日 (※) は3倍
- グループ3 事前通知型の時間帯別料金 (CPP) + エアコン直接制御 : 同上
- グループ5 時間に関わらず一律料金、見える化のみ (比較対象用)

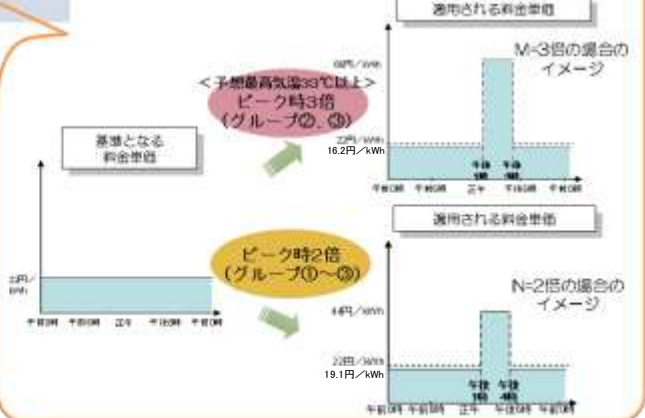
○グループ1~3では、ピーク時とオフピーク時の消費量によって一律料金との「差額」が生じる。ピーク消費量を控えることで、プラスの「差額」が出た際にはモニターはその分を協力金に上乗せされる。逆にマイナスの「差額」が出た場合は協力金から差し引かれる。(ただし差し引かれる金額に上限を設定)

○グループ分け一覧表

	①電力使用量等の見える化	②時間帯別料金プログラム	③エアコンの自動制御
グループ①	○	○ 固定型の時間帯別料金	×
グループ②	○	○ 事前通知型の時間帯別料金	×
グループ③	○	○ 事前通知型の時間帯別料金	○
グループ⑤	○	×	×



②時間帯別料金プログラムによるピーク時間帯課金  
 電力需要のピーク時間帯 (午後1時~午後4時) で料金単価を基準 (22円/kWh) の2倍に設定。また、予想最高気温が33℃を超える日は緊急ピーク特課金 (CPP: Critical Peak Pricing) として3倍に設定 (※グループ②、③のみ)。



(※) CPP  
 (Critical Peak Pricing)

緊急ピーク時課金の略であり、本実証では、翌日の予想最高気温が33℃を超える日に適用される。  
 モニターへの通知方法はEメール (携帯、PCの指定可) であり、CPP発動日前日17時に一斉配信される。

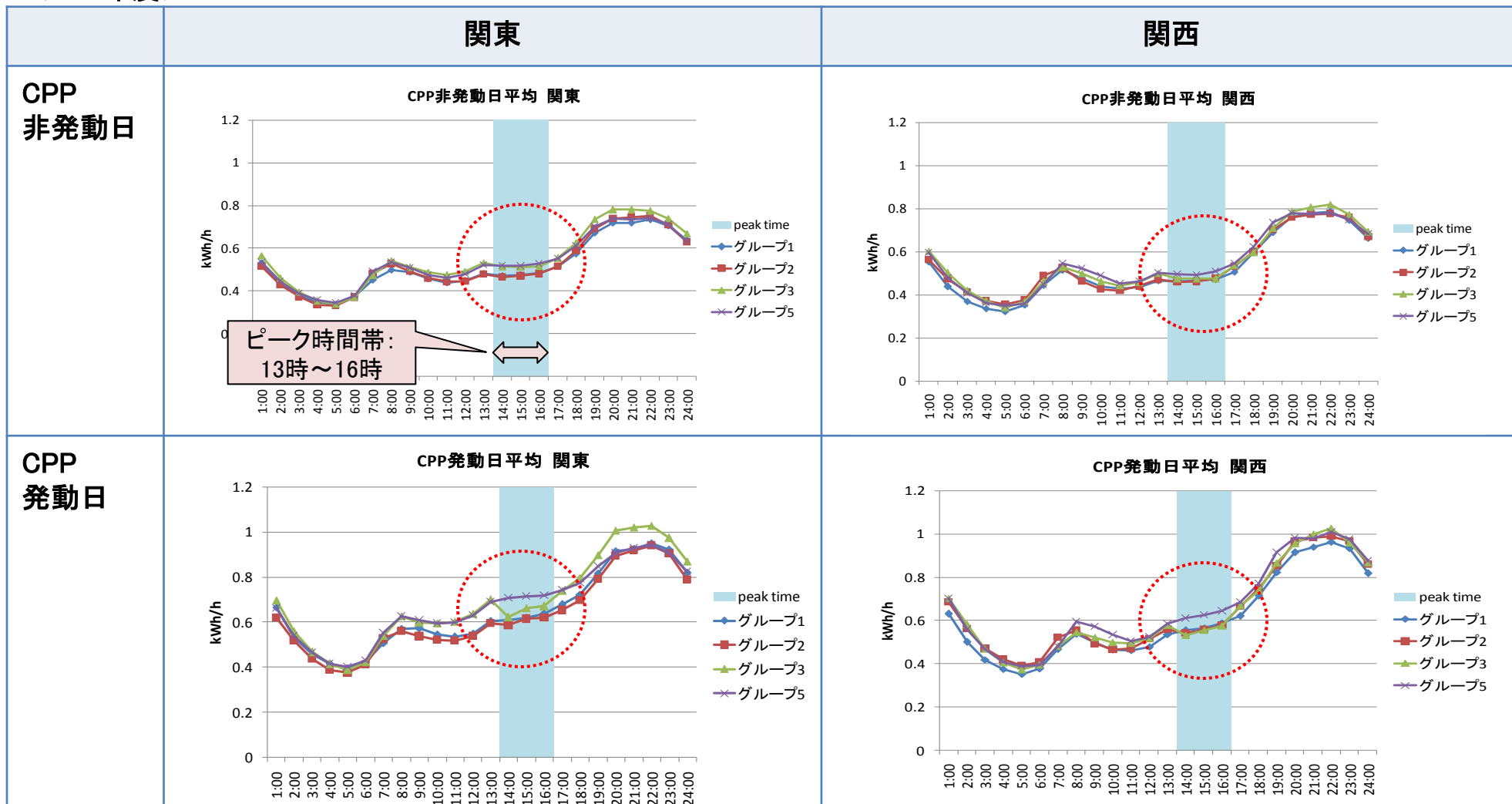


## 4. 実証実験結果（電力消費分析①）

○各グループでのロードカーブ（時間帯別の平均電力消費量）を見ると、CPP発動日の方がより顕著に、ピーク時間帯（13時～16時）のグループ間の差が出ていることが分かる。

○CPP発動日平均の関東と関西を比較すると、関東の方がややグループ間の差が大きく、地域差が確認される。

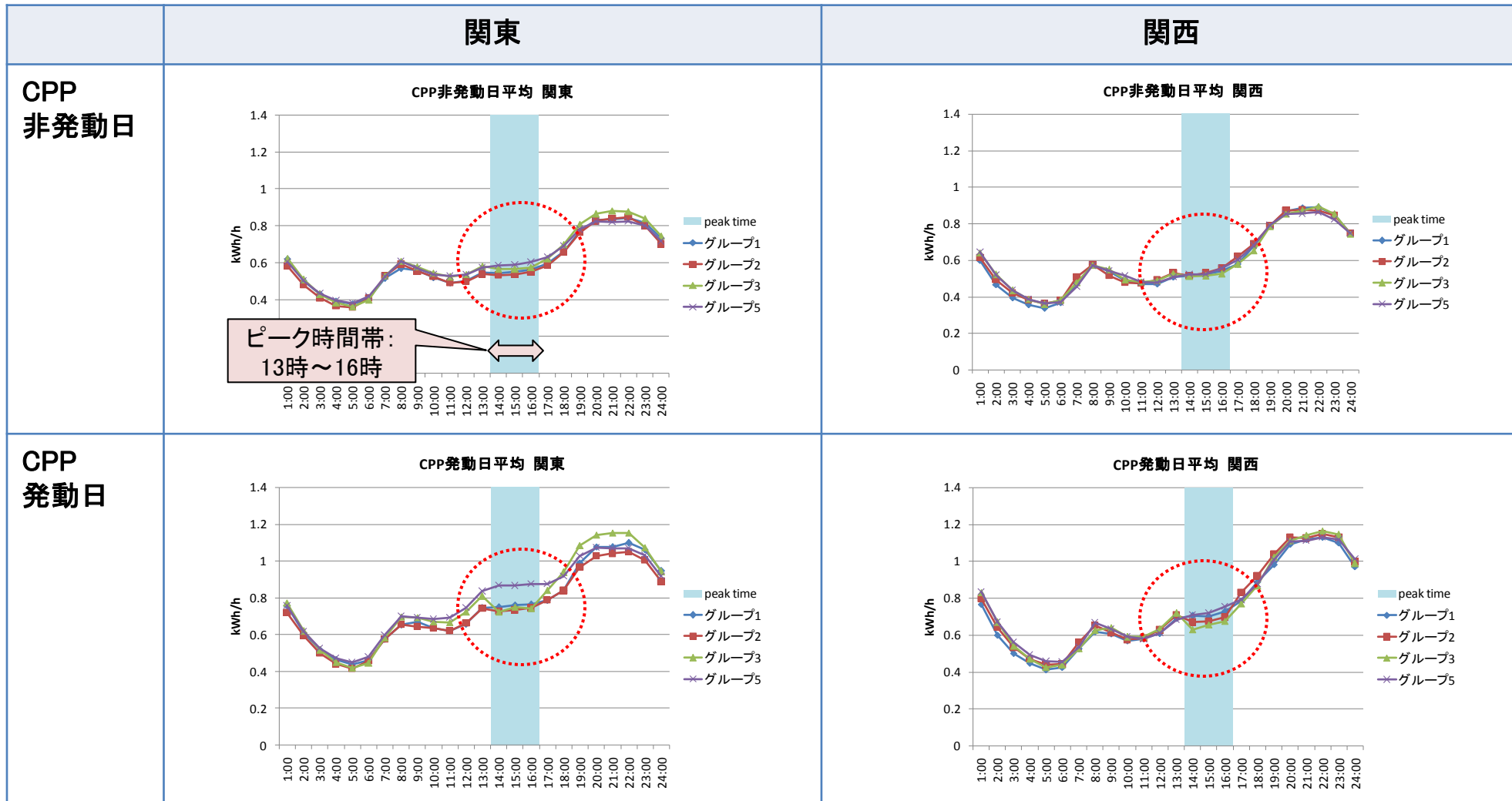
<H23年度>



## 4. 実証実験結果（電力消費分析②）

○昨年度においても、同様の傾向が観察される。昨年度もCPP発動日平均の関東において、グループ間の差が大きく観察される。

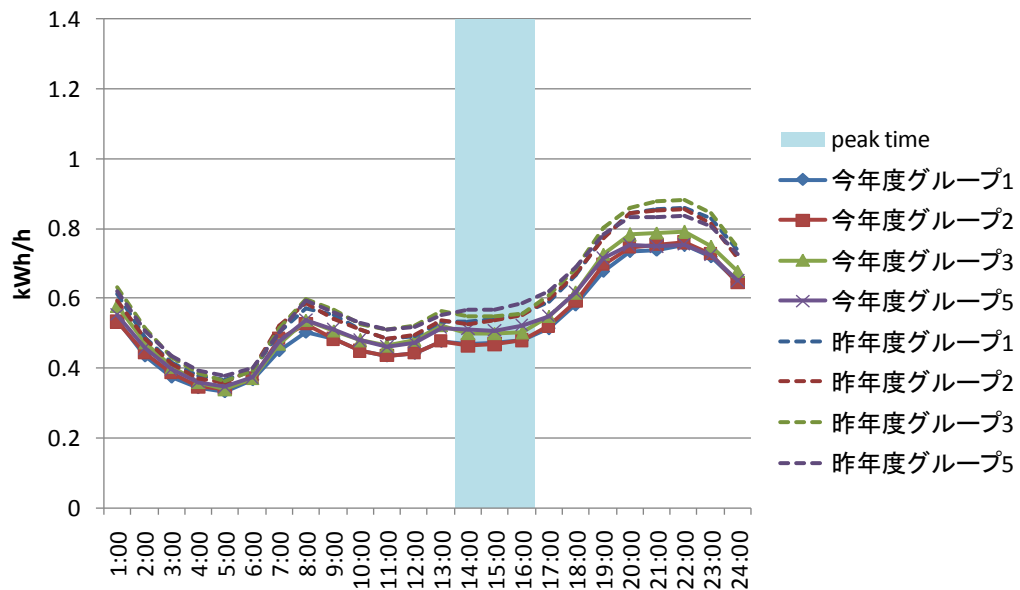
<H22年度>



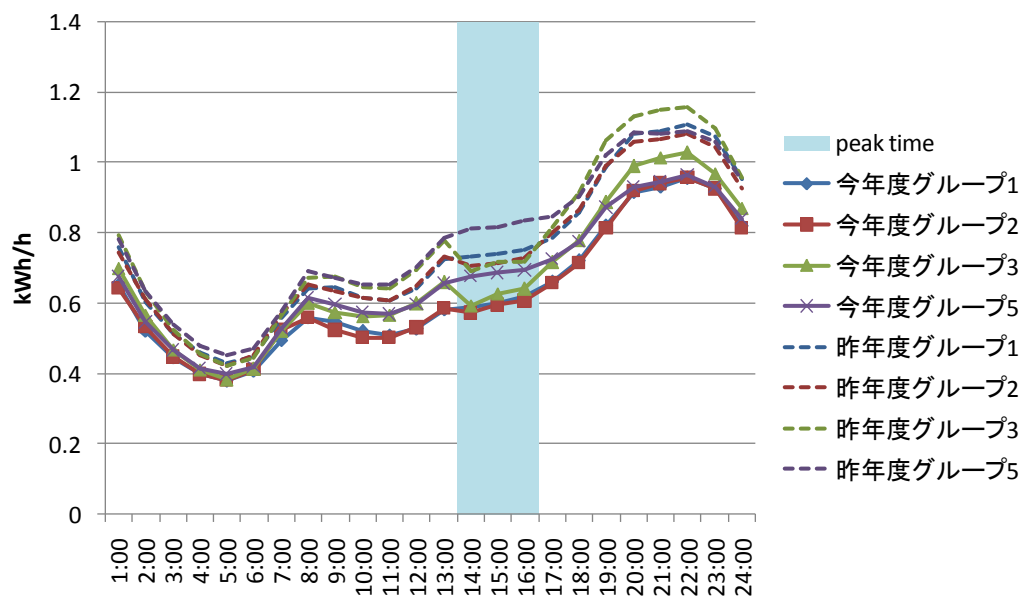
## 4. 実証実験結果（電力消費分析③）

- 昨年度ロードカーブ（点線）と今年度ロードカーブ（実線）を比較すると、全般的にピーク時間帯以外の時間においても減少傾向が窺える。特にCPP発動日では昨年度からの減少が非常に大きい。
- 昨年度との比較において、各グループ9～19%程度ピーク時間帯における電力消費量が抑制されているが、気温影響（平成22年度は猛暑）、震災以降の節電意識の高まり、省エネ機器への買い替えによる影響などが原因として考えられる。

CPP非発動日（全体）



CPP発動日（全体）

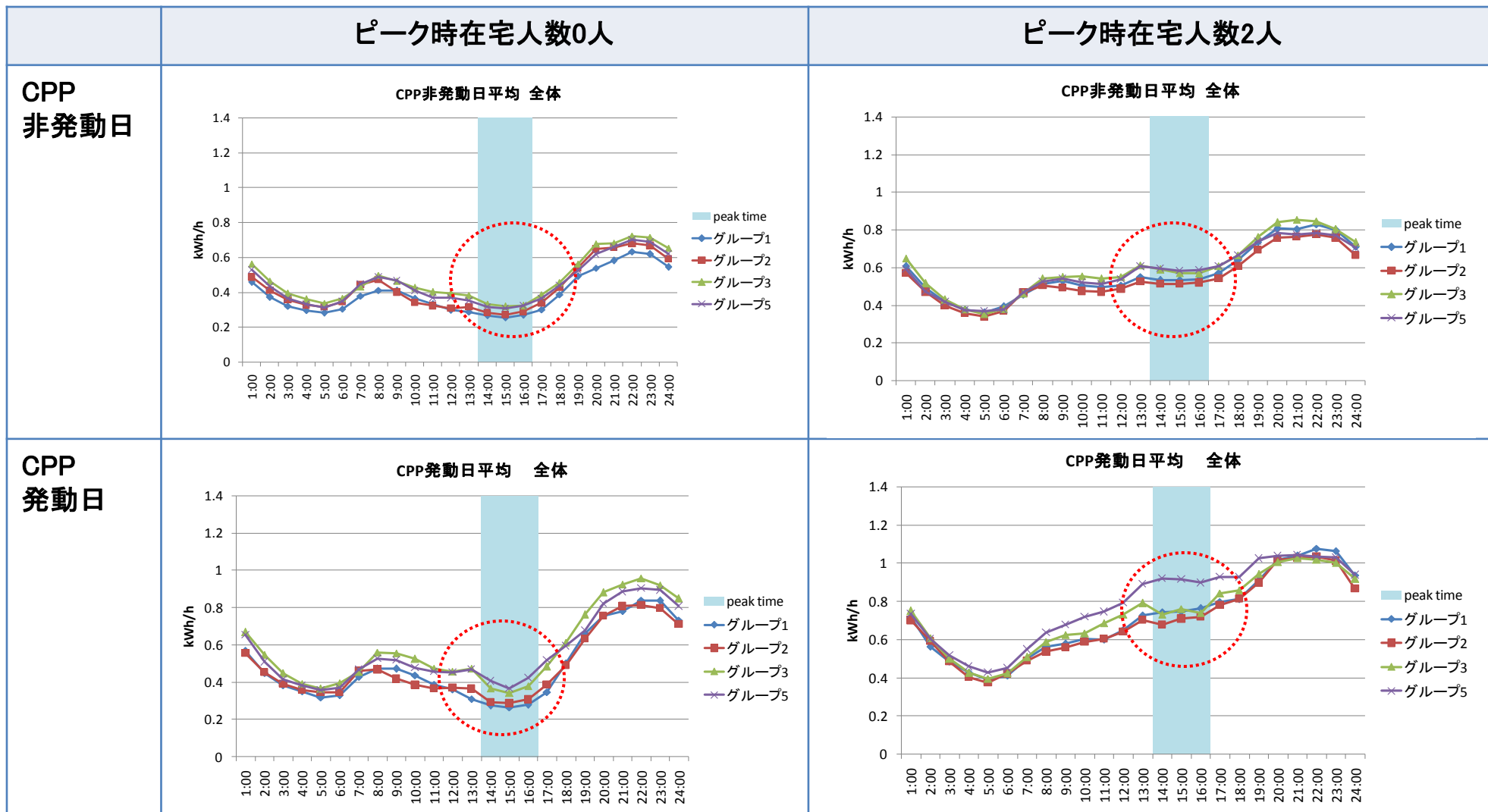


※) 全体のグラフは、関東と関西の結果を2：1で合成したものである。

## 4. 実証実験結果（電力消費分析④）

○CPP発動日におけるグループ間の差異は、ピーク時の在宅人数が2～3人であるとき、グループ5との差が明瞭になる。なお、在宅人数が0人のときにはピーク時の違いは見られない。

<H23年度：全体> ※) 全体のグラフは、関東と関西の結果を2：1で合成したものである。





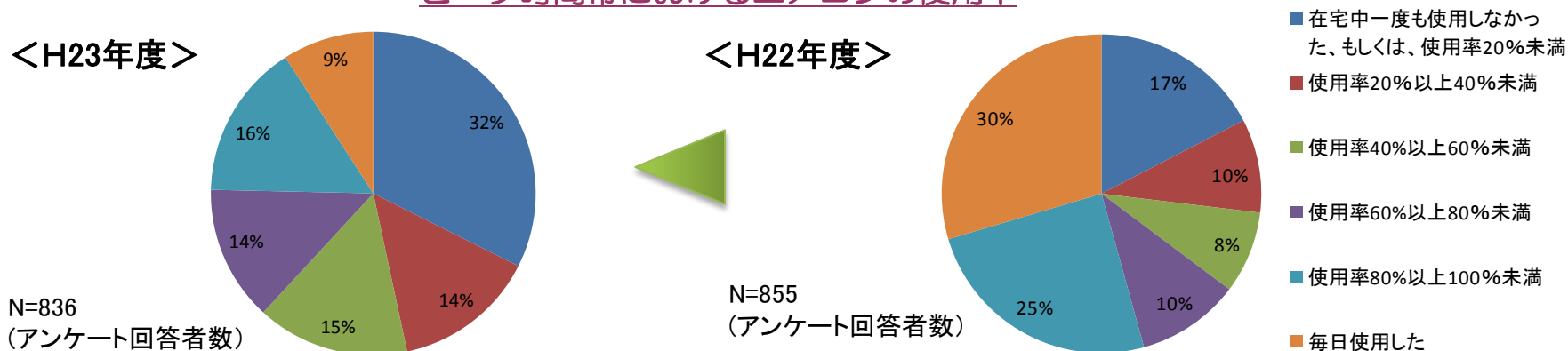
## 5. 実証実験中におけるモニターの行動（在宅状況・エアコンの使用率）

○7月中旬～8月末までの平日において、在宅状況やエアコンの使用率について日々アンケートを実施した。  
 ○H22年度及びH23年度ではピーク時間帯における在宅率に大きな変化はないが、H23年度では、H22年度に比べて多くの需要家がエアコンの使用を抑えている。毎日エアコンを使用したと回答したモニターは30%から9%に減少する一方で、在宅中の使用率が20%未満のモニターは17%から32%まで増加している。

ピーク時間帯における在宅率



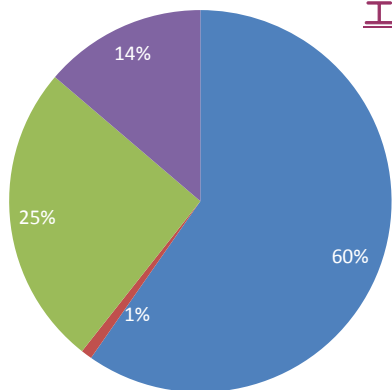
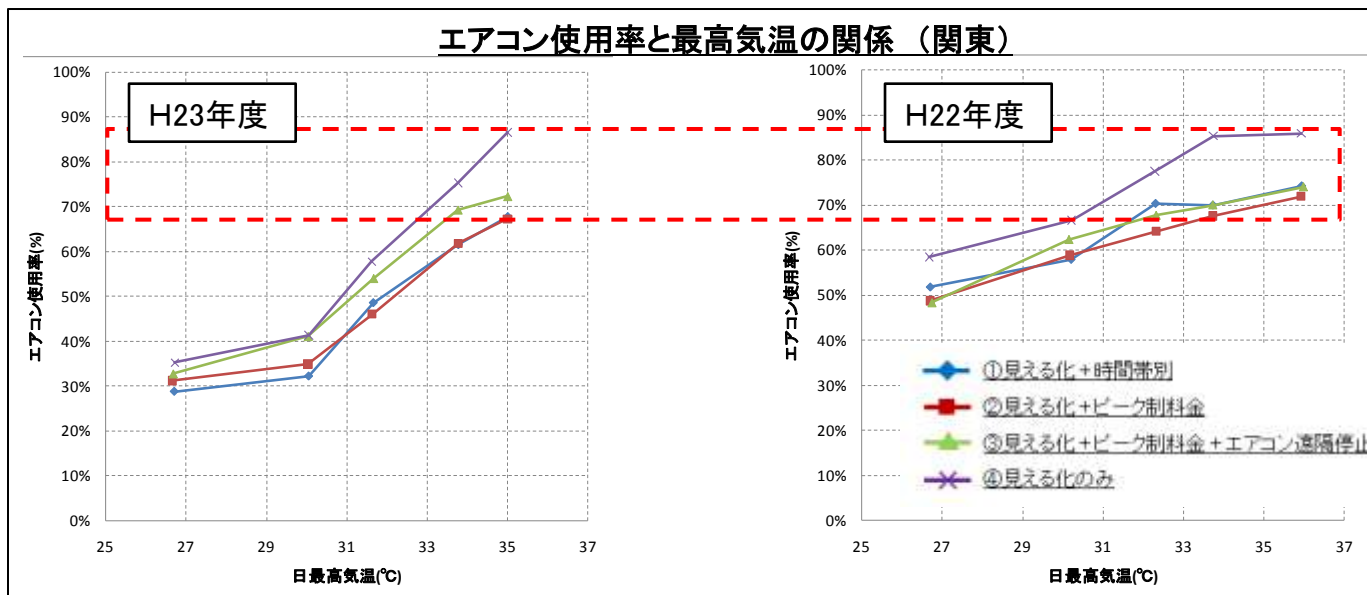
ピーク時間帯におけるエアコンの使用率



※エアコンの使用率は、上記アンケート期間における（エアコン使用日数）÷（在宅日数）で算出。

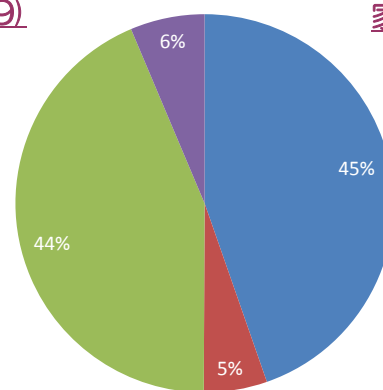
## 5. 実証実験中におけるモニターの行動（エアコン使用と気温の相関）

- エアコン使用率は、見える化のみグループが最も高くなっている（H22、H23共通）。
- 最高気温が30度以下であれば、節電意識の高いH23年度のエアコン使用率は低い傾向にある。一方、H23年度は最高気温が30度を超えるとエアコンの使用率は大きく上昇し、35度前後ではH22年度との差は縮小している。
- アンケートから、エアコンの使用を控えなかった理由として、割高な料金を承知の上で、我慢ができずにエアコンを使用した需要家が多いことがうかがえる。また、家電の使用においても同様の傾向がみられる。



エアコンの使用を控えなかった理由 (N=329)

- 協力金が減少することはわかっていたが、エアコンを使用したいと思ったから
- 協力金が減少することを忘れていたから
- 電気の使用を減らす工夫の余地がなかったから
- その他



家電使用を控えなかった理由 (N=752)

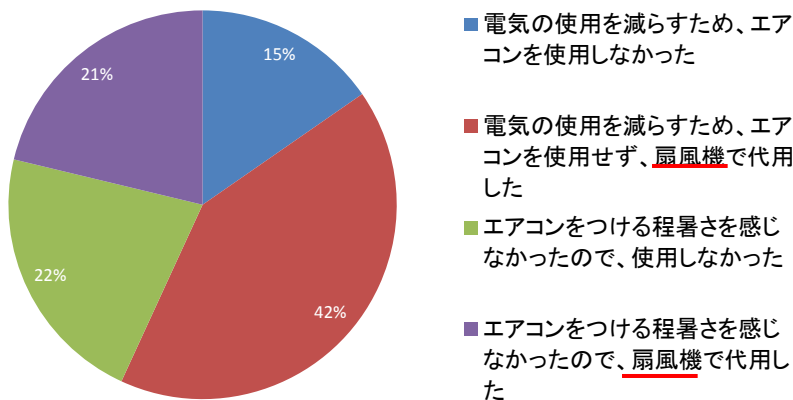
- 協力金が減少することはわかっていたが、家電製品を使用したいと思ったから
- 協力金が減少することを忘れていたから
- 電気の使用を減らす工夫の余地がなかったから
- その他

## 5. 実証実験中におけるモニターの行動（エアコン・家電の工夫状況）

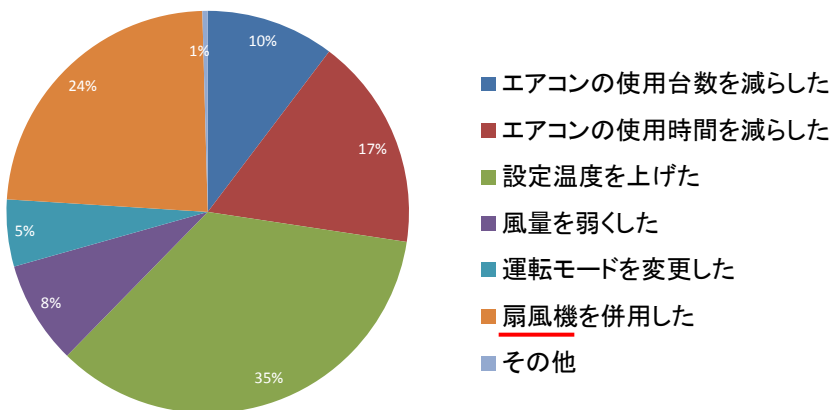
○設定温度の変更のほか、使用台数や使用時間の削減などエアコンの使用自体を控えているのに加えて、エアコンと併用または単独で扇風機を活用しているケースも多いことがうかがえる。地域別の傾向では、関西は扇風機の使用率が関東に比べ高い傾向にあった。

○エアコン以外でピーク時間帯に利用されていた家電は、テレビが最も多く、次いで扇風機、パソコン、照明器具、温水洗浄便座となっている。

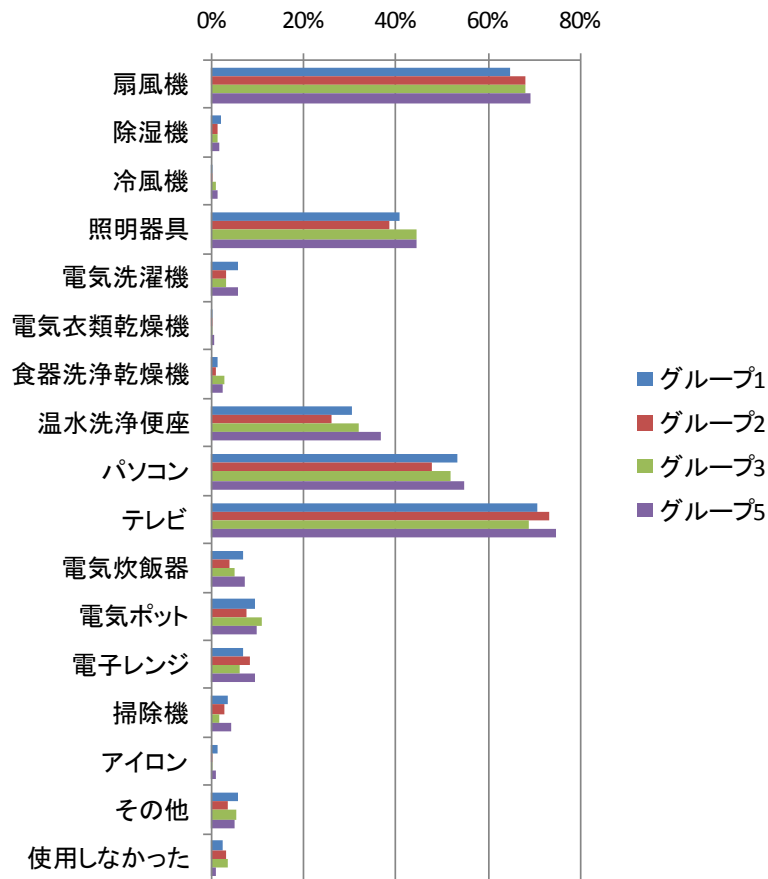
エアコンを使用しなかった理由（N=10210人・回）



エアコン使用の際の節電の工夫（N=11788人・回）



ピーク時間帯の家電の利用状況（N=各日の在宅者数）



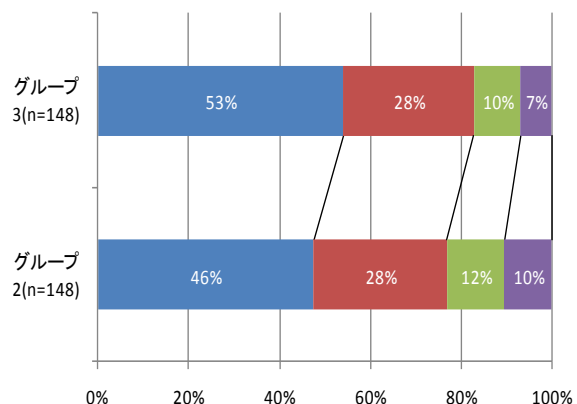
## 6. 実証実験終了後の意識・感想（CPP発動に対する認識）

○関東・関西ともグループ3の方がグループ2に比べて、CPP発動を把握している割合が高い。また、昨年から今年にかけて把握している割合の著しい低下が見られる。

○CPP発動を把握していなかった理由としては、「メール受信状況を日々（こまめに）確認する習慣がないため」「メールが来ることは分かっていたが、内容を確認しなかったため」といった回答が多かった。

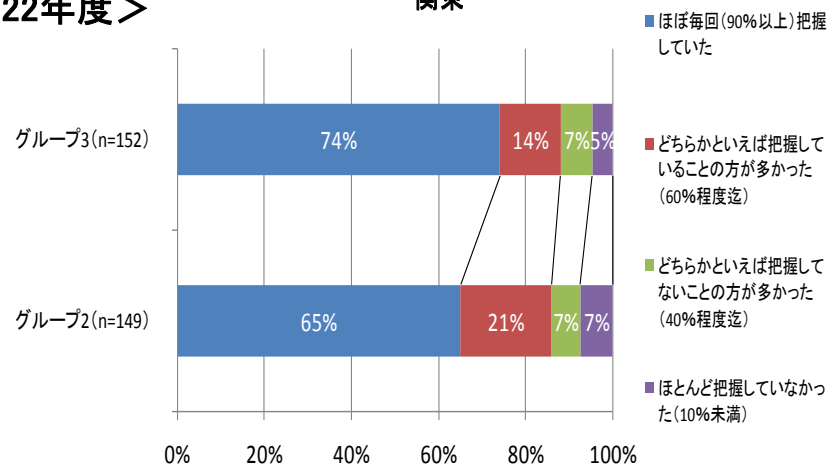
<H23年度>

関東

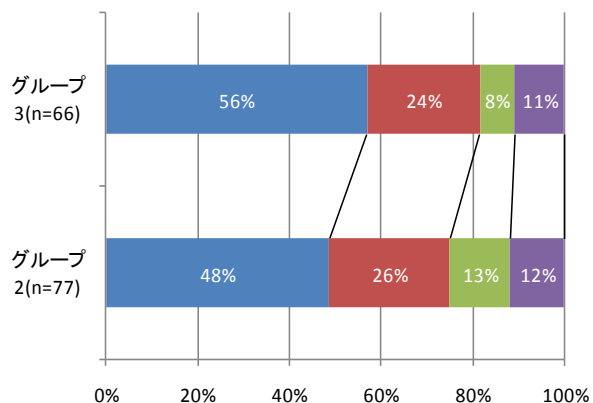


<H22年度>

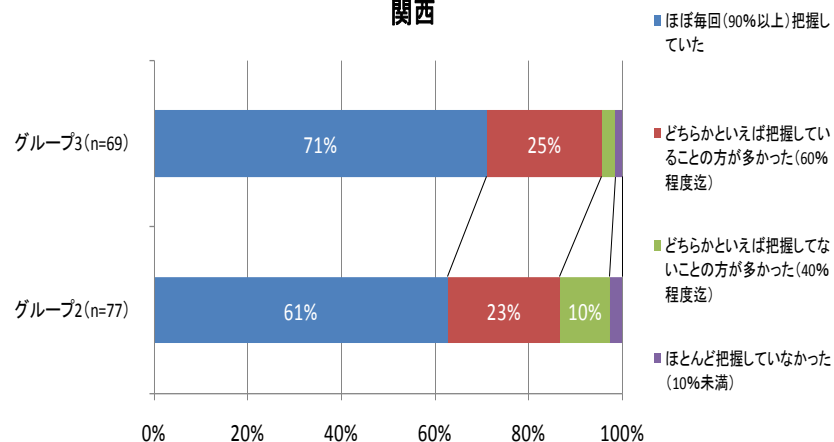
関東



関西



関西

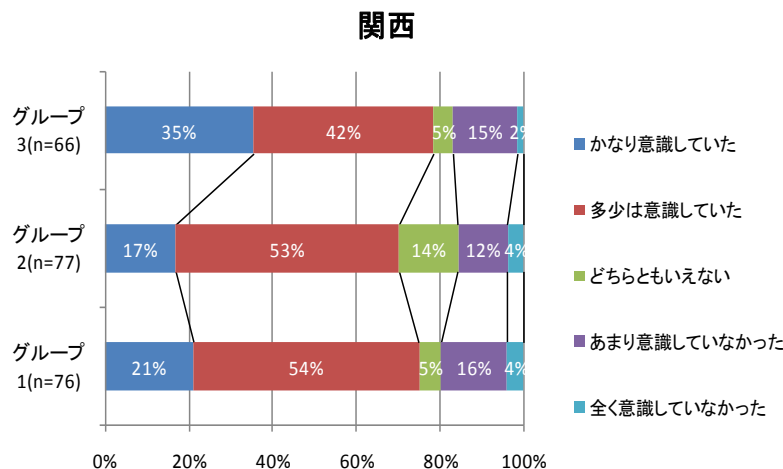
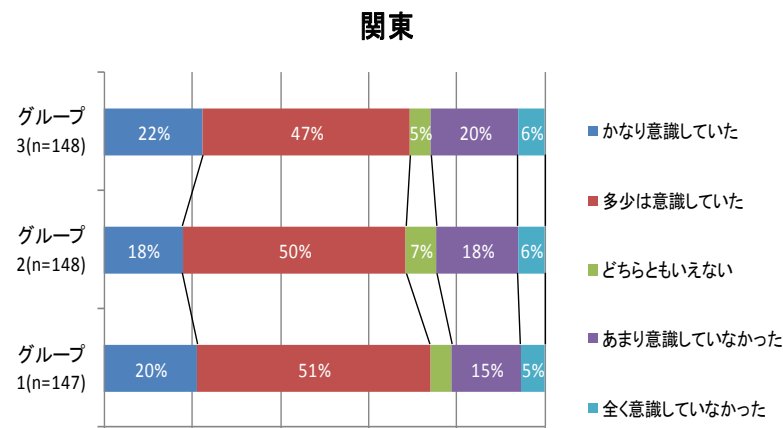


## 6. 実証実験終了後の意識・感想（ピーク単価への意識）

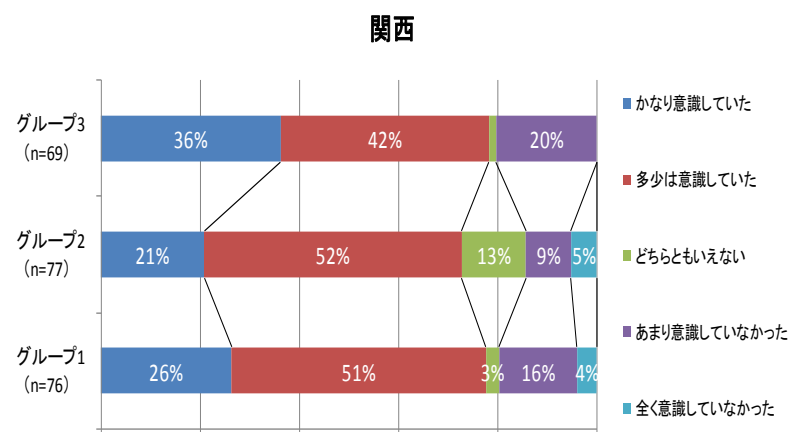
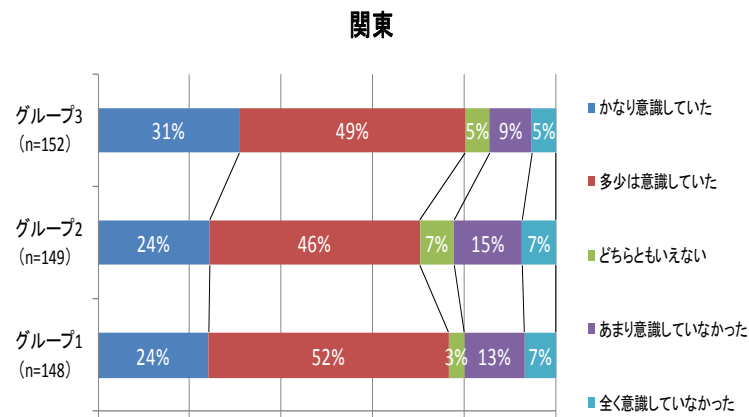
○関東・関西とも、ピーク単価に対する意識として、「かなり意識していた」と回答したモニターの割合は、グループ3が最も多かった。

○ただし、昨年から今年への変化としては、関東及び関西とも「かなり意識していた」と回答したモニターの割合は全てのグループにおいて減少しており、全体的にピーク単価への意識の弱まりがうかがえる。

### <H23年度>



### <H22年度>

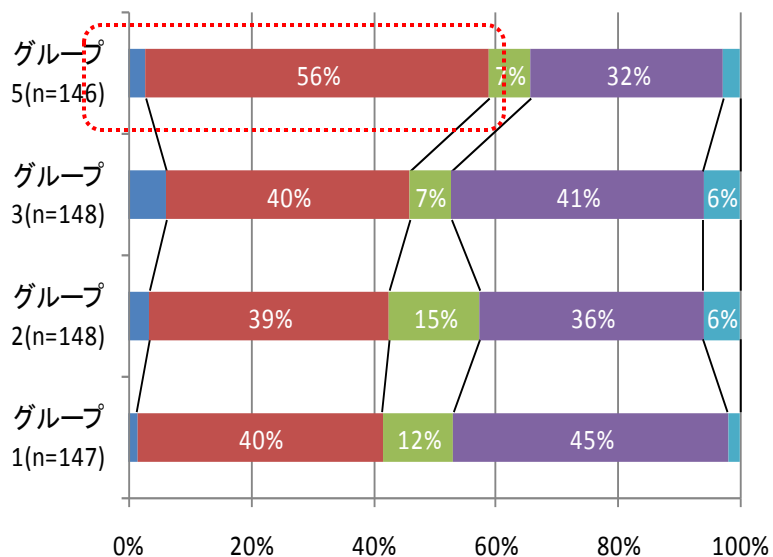


## 6. 実証実験終了後の意識・感想（エアコン使用の判断基準）

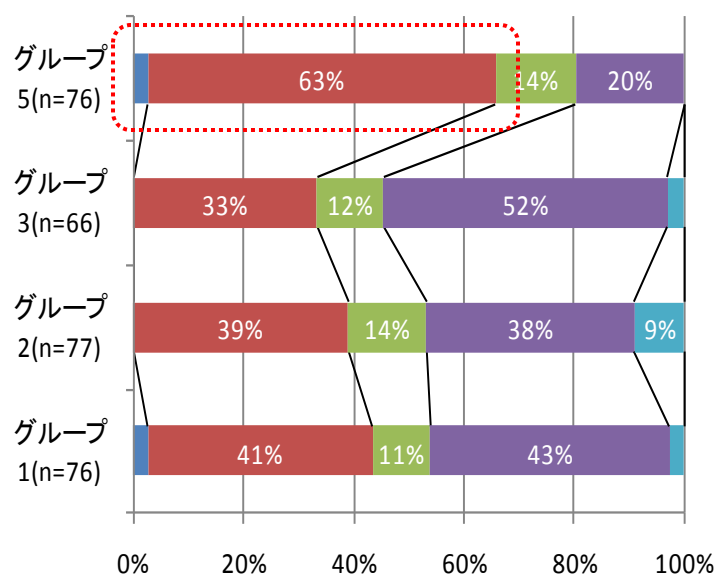
- 関東、関西ともに「実証実験に関係なく、在宅していればエアコンを使用した」あるいは「実証実験に関係なく、暑いと感じた場合はエアコンを使用した」と回答したモニターの割合はグループ5が最も大きく、グループ間の違いが顕著に表れている。
- 関西のグループ2、グループ3では「実証実験に関係なく、普段からエアコンをほとんど使わない」「実証実験を意識して、よほど暑くならない限り使用しなかった」「実証実験を意識して、エアコンを使用しなかった」などエアコン使用の判断基準が厳しいモニターが、関東のグループ2、グループ3よりも多い。

<H23年度>

関東



関西



- 実証実験に関係なく、在宅していればエアコン使用した。
- 実証実験に関係なく、暑いと感じた場合はエアコン使用した。
- 実証実験に関係なく、普段からエアコンほとんど使わない。
- 実証実験を意識して、よほど暑くならない限り使用しなかった。
- 実証実験を意識して、エアコン使用しなかった。

# 7. 見える化効果の分析

○本実証実験では全グループに対して電力使用量の見える化を、PCもしくは携帯を通して行っている。2ヶ年での比較では昨年度に比べて、今年度のアクセス回数が全般的に減少している。

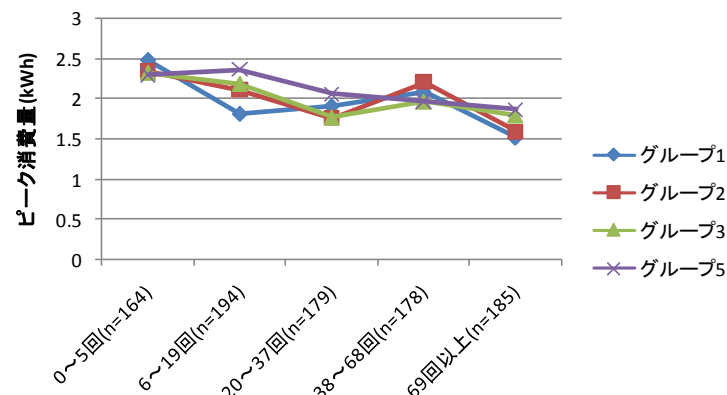
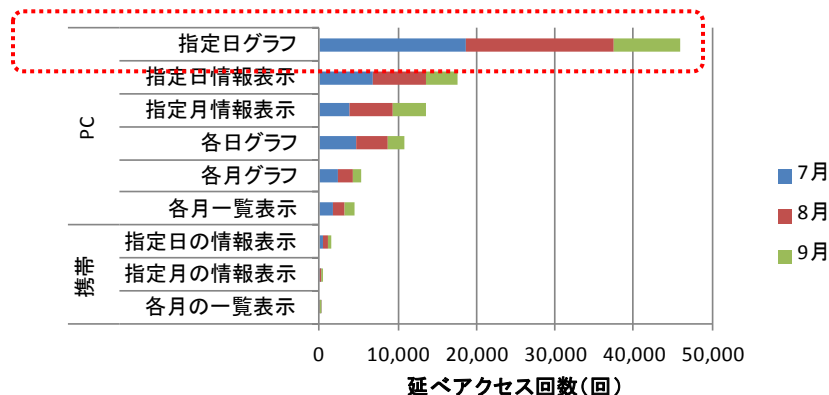
○グループ1～3については、見える化画面による確認を通して、13～16時のピーク時間帯における電力使用量（ピーク消費量）の削減が期待されるが、アクセス回数との相関は明確には観察されない。

見える化画面へのアクセス回数

見える化画面へのアクセス回数とピーク消費量との関係

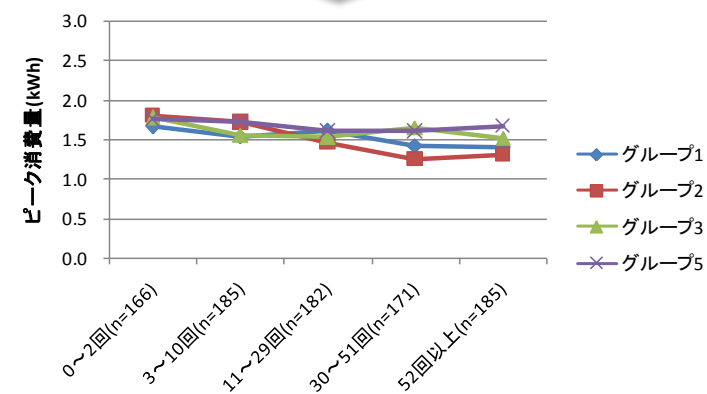
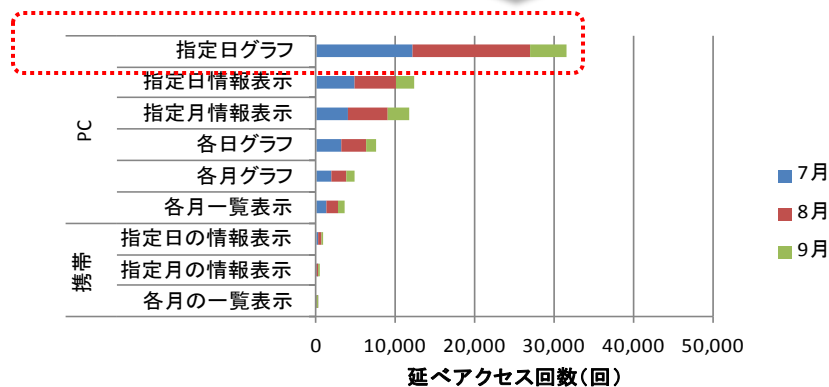
## <H22年度>

## <H22年度>



## <H23年度>

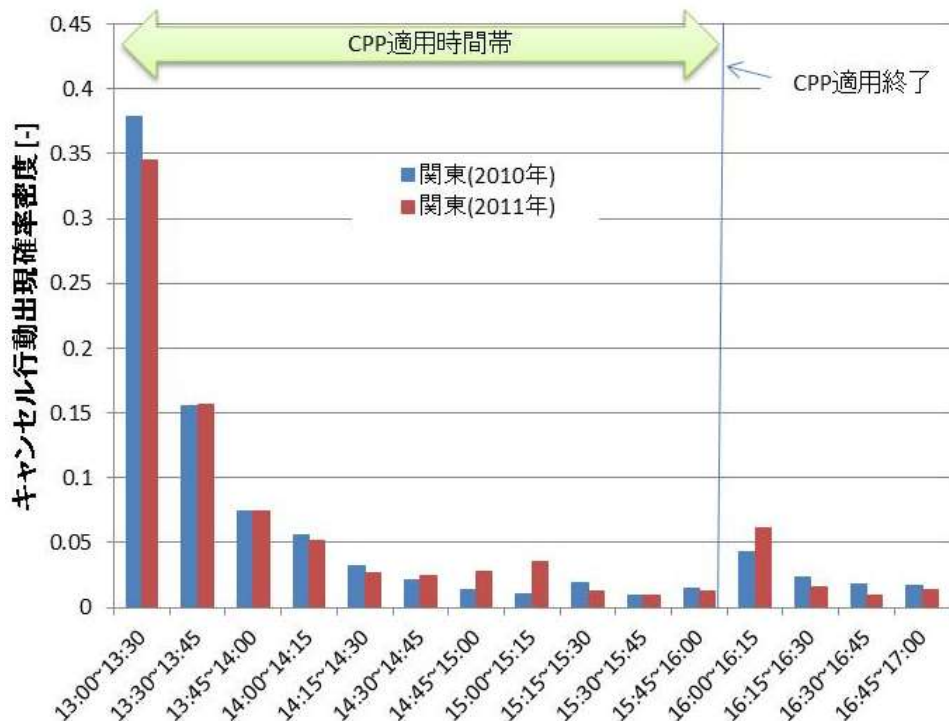
## <H23年度>



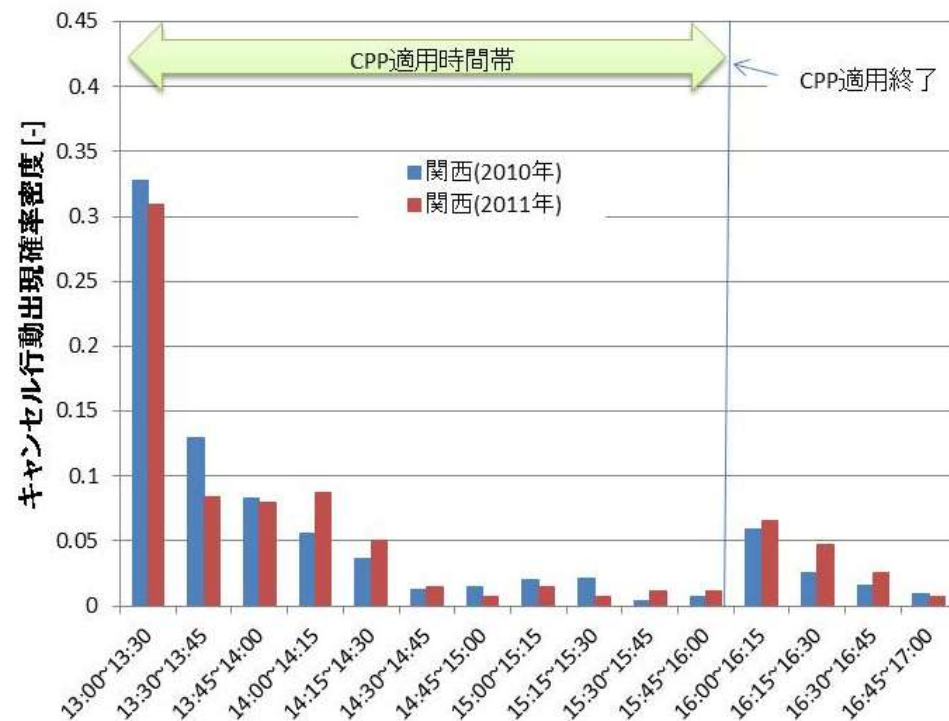
## 8. 直接制御のキャンセル行動分析

- グループ3ではCPP発動日にはエアコン電源が自動的に切られる直接制御が行われるが、モニターが望めば、再度電源を入れることが可能である。本実験ではこれをキャンセル行動と呼んでいる。
- エアコンの稼働データからキャンセル行動がいつ行われたかを整理したのが下図である。制御後30分以内に約3割のモニターが、13時～16時のピーク時間帯の累積では70%以上がキャンセル行動を行っている。

キャンセル行動時刻ヒストグラム(関東)



キャンセル行動時刻ヒストグラム(関西)



※ 直接制御を受け、スイッチがオフになったエアコン台数を100%として、キャンセルした台数の割合をヒストグラムに表している。



# 9. ピーク消費量の削減効果

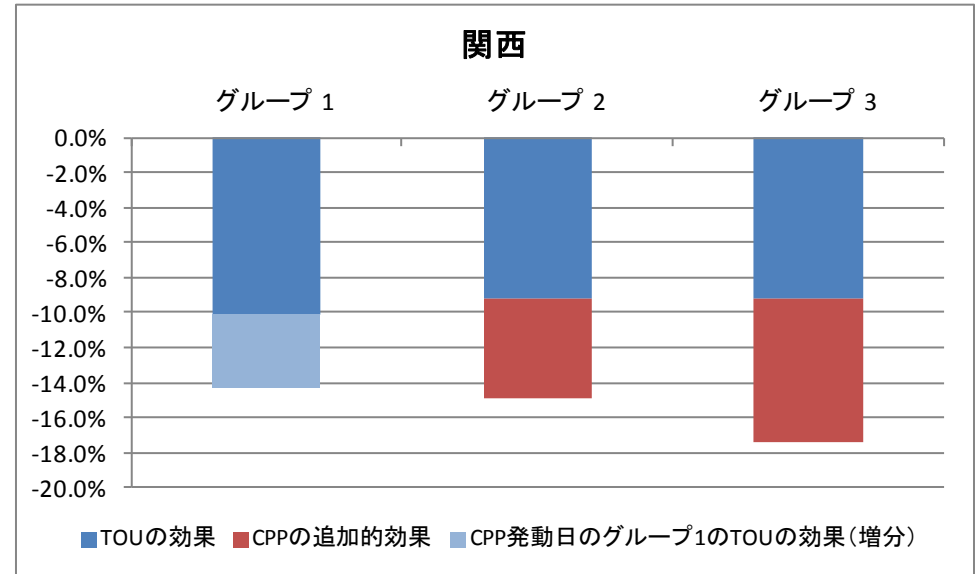
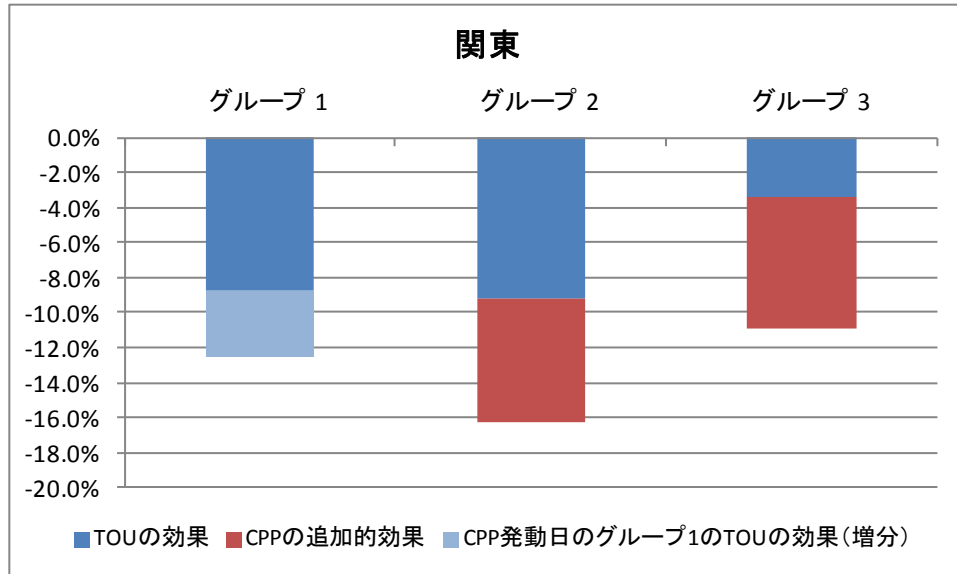
- ピーク消費量の削減効果を推定したところ、TOUによって3%~14%の削減効果があり、CPP発動日には、追加で6%~8%の削減効果が得られる。
- 関東のグループ3のTOUの効果がやや小さく、グループ2とグループ3のCPPの追加的効果の差は関東と関西で異なる。

(推定方法) 以下のような回帰式で削減効果を推定する

$$\ln Peak_{it} = \alpha + \beta_1 Gr1_{it} + \beta_2 Gr2_{it} + \beta_3 Gr3_{it} + \gamma_0 CPP_{it} + \gamma_1 Gr1_{it} CPP_{it} + \gamma_2 Gr2_{it} CPP_{it} + \gamma_3 Gr3_{it} CPP_{it} + \delta_1 MT_{it} + \delta_2 MT_{it}^2 + \varepsilon_{it}$$

グループ1のTOUの効果
グループ2のTOUの効果
グループ3のTOUの効果
グループ1のCPP発動日の追加的効果
グループ2のCPP発動日の追加的効果
グループ3のCPP発動日の追加的効果
モニター間の違いを考慮したパネルデータの推定方法を採用

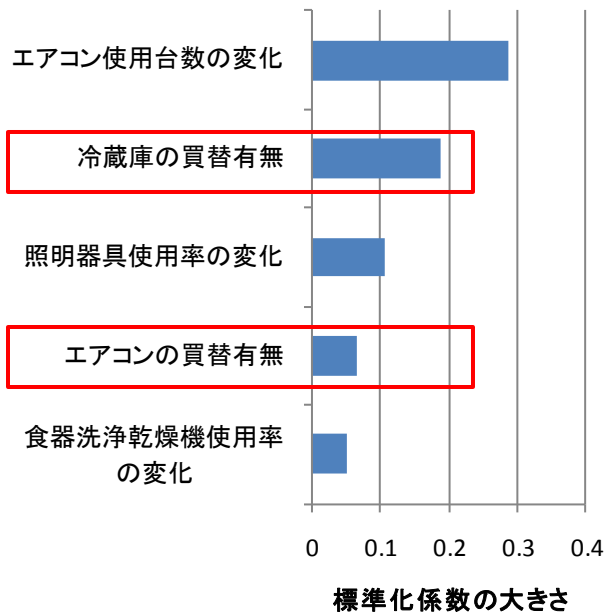
平成23年度のデータによる推定結果



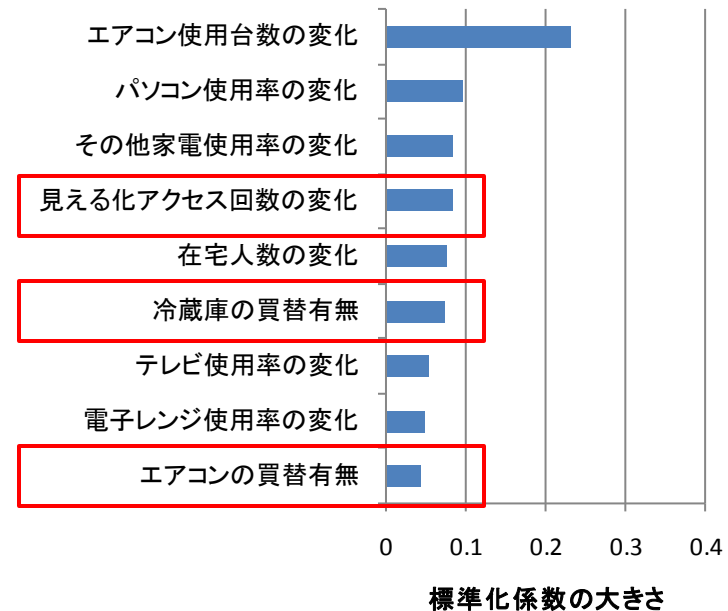
# 10. 2ヶ年での消費電力量の変化

- 節電等の影響を加味するために、今年度と昨年度の比較として、各モニターの属性変化（機器の買い換え等）や行動変化（在宅人数や家電使用の変化）が電力消費に与える影響について分析を実施した。
- 昨年度と今年度の夏季の平均日量（1日の電力消費量）が減少したモニターは、エアコンの使用台数が減り、照明器具や食器洗浄乾燥機の使用率が減少している傾向にある。また、エアコンと冷蔵庫を買い替えたモニターでも減少が見られる。
- 昨年度と今年度の夏季の平均ピーク消費量（13～16時の電力消費量）が減少したモニターは、エアコンの使用台数や、パソコン等の各種家電の使用率が減少している傾向にある。また、見える化アクセス回数が増加したモニターやエアコンと冷蔵庫を買い替えたモニターでも減少が見られる。

2ヶ年での日量（1日の電力消費量）の減少寄与項目とその大きさ



2ヶ年でのピーク消費量（13～16時の電力消費量）の減少寄与項目とその大きさ



※ 項目の抽出と標準化係数の大きさの算出にあたっては、重回帰分析（AICに基づくステップワイス変数選択法）を使用。また、標準化係数の大きさは絶対値を記載。

# 11. まとめ

○本実証事業では平成22年度と平成23年度の7月～9月に、見える化システム、時間帯別の料金プログラム、直接制御などを約900世帯のモニターに適用し、電力消費パターンに与える影響を検証した。

## <柔軟な料金プログラムによる需要削減効果>

- ✓ 昨年度と今年度を比較すると、気温の違い、震災後の節電意識の向上、機器の買い替えなどの影響により、全般的に電力消費は抑えられていたが、そのような状況下でもTOU、CPP、直接制御を通じた負荷削減効果がそれぞれ確認された。
- ✓ 本実証事業の実測データから削減効果を推定したところ、見える化による節電効果とは別に、TOUによって3%～14%の削減効果があり、CPP発動日には、追加で6%～8%の削減効果が得られる結果となった。

## <その他、節電要因について>

- ✓ また、2ヶ年での電力消費量の変化についても分析したところ、エアコンや冷蔵庫等の機器の買い替え（省エネ化）、見える化へのアクセス回数の増加などの行動変化が電力消費量の削減に影響を与えていたことが分かった。

## <留意事項>

- ✓ プログラムの効果に地域差が見られるほか、見える化アクセス回数の減少や、CPPに対する認識の低下など、2ヶ年でのモニター意識の変化も確認された。（※ただし、アクセス回数自体に削減効果との明確な相関は見られない。）
- ✓ また、節電意識の高い平成23年度においても、最高気温が30度を超えるとエアコンの使用率は大きく上昇し、35度前後ではH22年度に近い使用率となっている。
- ✓ なお、本実証の参加には「夏季昼間に1名以上在宅している」「インターネット環境を持っている」「オール電化やPVなどが導入されていない」「遠隔制御可能なエアコンを保有している（一部のグループを対象）」などの要件があり、本実証のモニターの属性は、実際の需要家の平均的な属性と離れている部分もあり、このような特殊性についても考慮する必要がある。

## <参考> 海外事例との比較（需要の代替の弾力性）

- 海外のパイロットプログラムとの結果比較にあたっては、ピーク時やオフピーク時の単価の違いを考慮する必要がある。ここでは、ピーク需要とオフピーク需要の代替の弾力性（ピーク時間帯とオフピーク時間帯の価格の比率が1%変化した時のピーク需要とオフピーク需要の比率のパーセント変化）を推定した。
- 米国の実証実験とは単価以外にも実験の条件が異なり、厳密な比較はできないが、本実証で得られた代替の弾力性（絶対値）は、米国と比較するとやや小さめである。

### 代替の弾力性の推定のための基本的な回帰式

$$\ln\left(\frac{E_p}{E_{op}}\right) = \alpha + \beta \ln\left(\frac{P_p}{P_{op}}\right) + \varepsilon$$

$E_p$  : ピーク需要  
 $E_{op}$  : オフピーク需要  
 $P_p$  : ピーク時料金  
 $P_{op}$  : オフピーク時料金  
 $\alpha$  : 定数項  
 $\beta$  : 推定値(代替の弾力性)  
 $\varepsilon$  : 誤差項

### 推定結果

年度	地域	代替の弾力性*1
昨年度	関東	-0.063 ~ -0.081
	関西	-0.066 ~ -0.081
今年度	関東	-0.057 ~ -0.065
	関西	-0.076 ~ -0.083

\*1代替の弾力性は、例えば、最高気温を考慮するかどうかによって異なる。

今年度は関東と関西で代替の弾力性が有意に異なる  
(昨年度は有意な差はない)

### (参考) 米国のパイロットプログラムでの計測事例

パイロットプログラム	代替の弾力性*2
カリフォルニア州 Statewide Pricing Pilot (2003-04)	-0.086 ~ -0.090
ニュージャージー州 PSE&G Mypower Pricing (2006-07)	-0.063 ~ -0.137
メリーランド州 BGE Smart Energy Pricing Pilot (2008)	-0.096 ~ -0.180

\*2代替の弾力性は、例えば、スマートサーモスタットなど室内温度を自動的に制御できる装置がある場合とない場合で分けて推定されている。