

BECC JAPAN 2017
口頭発表セッション4B-2

**暖房制御と見える化システムを備えた
省エネサポートシステムの開発**

**-省エネサポートアプリによる情報提供手法開発と
省エネルギー効果の検証-**

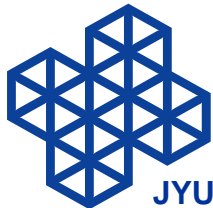
日時：2017年9月5日（火）

場所：JA共済ビル カンファレンスホール

- 平山 翔 株式会社 住環境計画研究所
- 鶴崎 敬大 株式会社 住環境計画研究所
- 中村美紀子 株式会社 住環境計画研究所
- 若狭 純一 北海道ガス 株式会社
- 徳田 彩佳 北海道ガス 株式会社

- はじめに
 - 実証事業の背景
 - 本調査の目的
- 実証概要
 - 調査概要
 - 介入要素：①省エネサポートアプリによる情報提供
 - 介入要素：②暖房制御による室温管理
 - 効果検証のための実験計画
- 調査結果
 - システム導入による省エネルギー効果の推定結果
 - 時刻別平均室温の推移
 - 省エネ対策実施率の前年からの変化
- まとめと今後の課題

はじめに



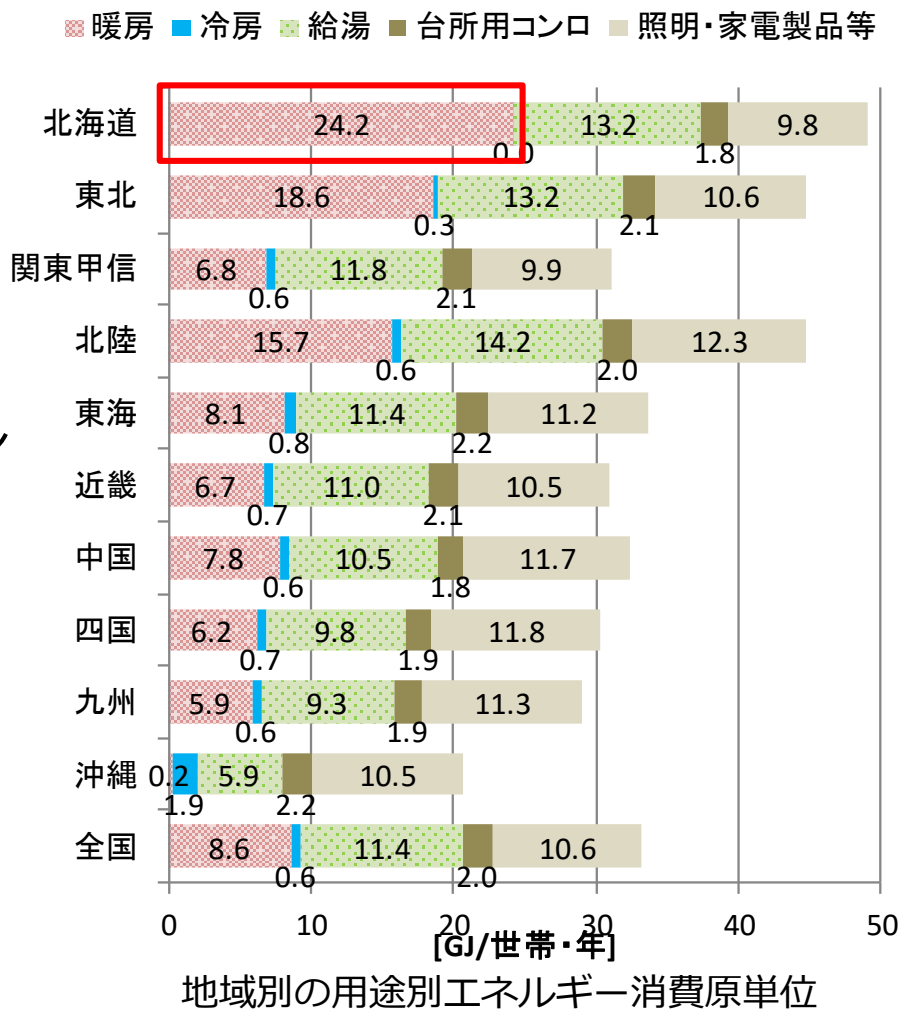
• HEMSを通じた省エネへの期待

- 既存HEMSは電気のフィードバック・アドバイス中心
- ただし、北海道では暖房がエネルギー消費量の半分を占める

➤寒冷地向けには暖房・温熱環境に着目したシステムが有望

• ICTと制御技術を活用して、快適な住環境とCO₂削減を両立を目指す技術開発実証の一環※として本調査を実施

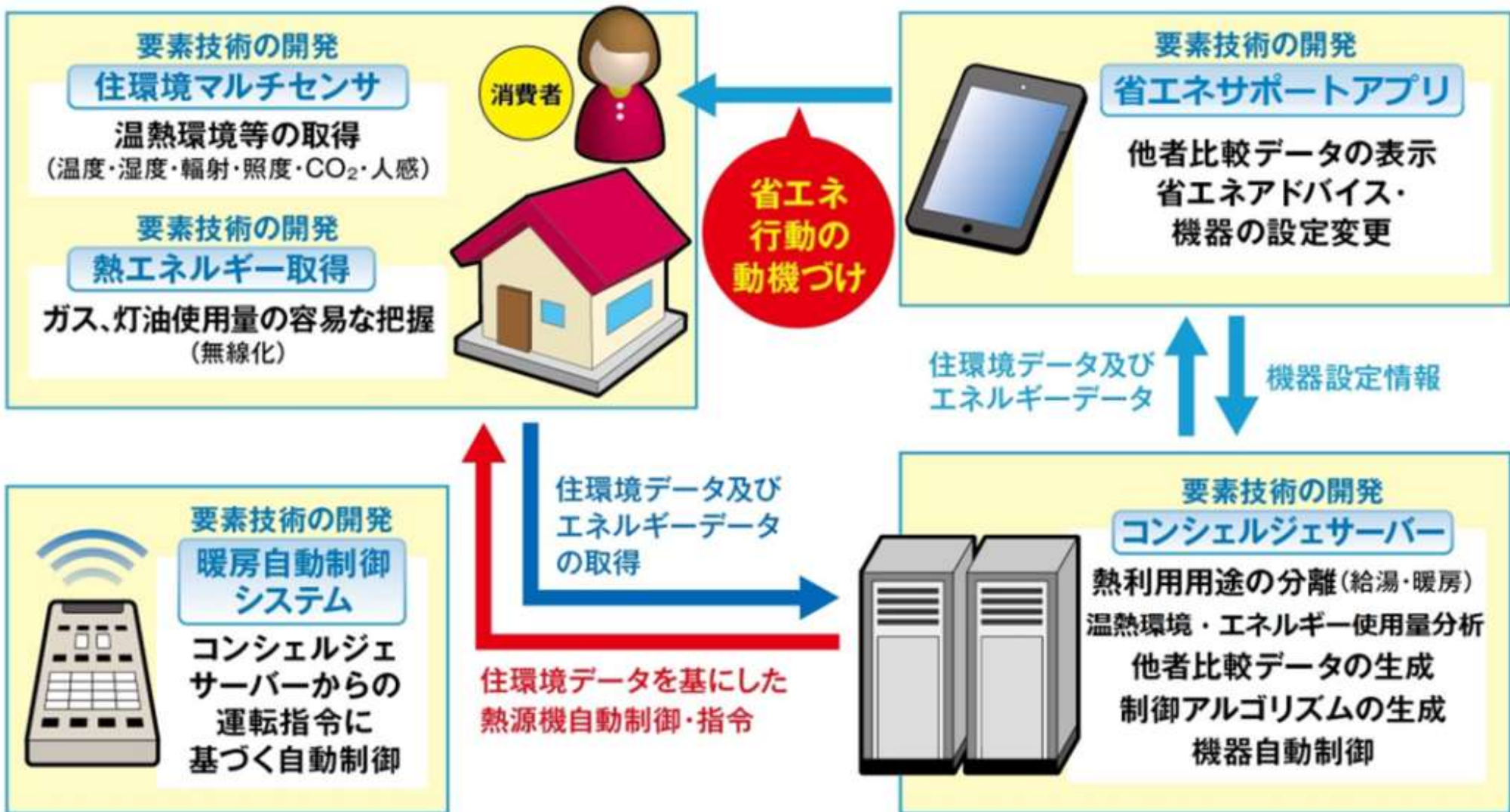
- 暖房制御と省エネアドバイス提供で暖房エネルギー削減を目指す



※環境省「平成28年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（住環境情報を活用した省エネサポートシステムの開発・実証）（実施主体：北海道ガス株式会社、株式会社住環境計画研究所）」

（出所）環境省「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 全国試験調査（確報値）＜統合集計（参考値）＞」2016年6月

省エネサポートシステムの構成イメージ

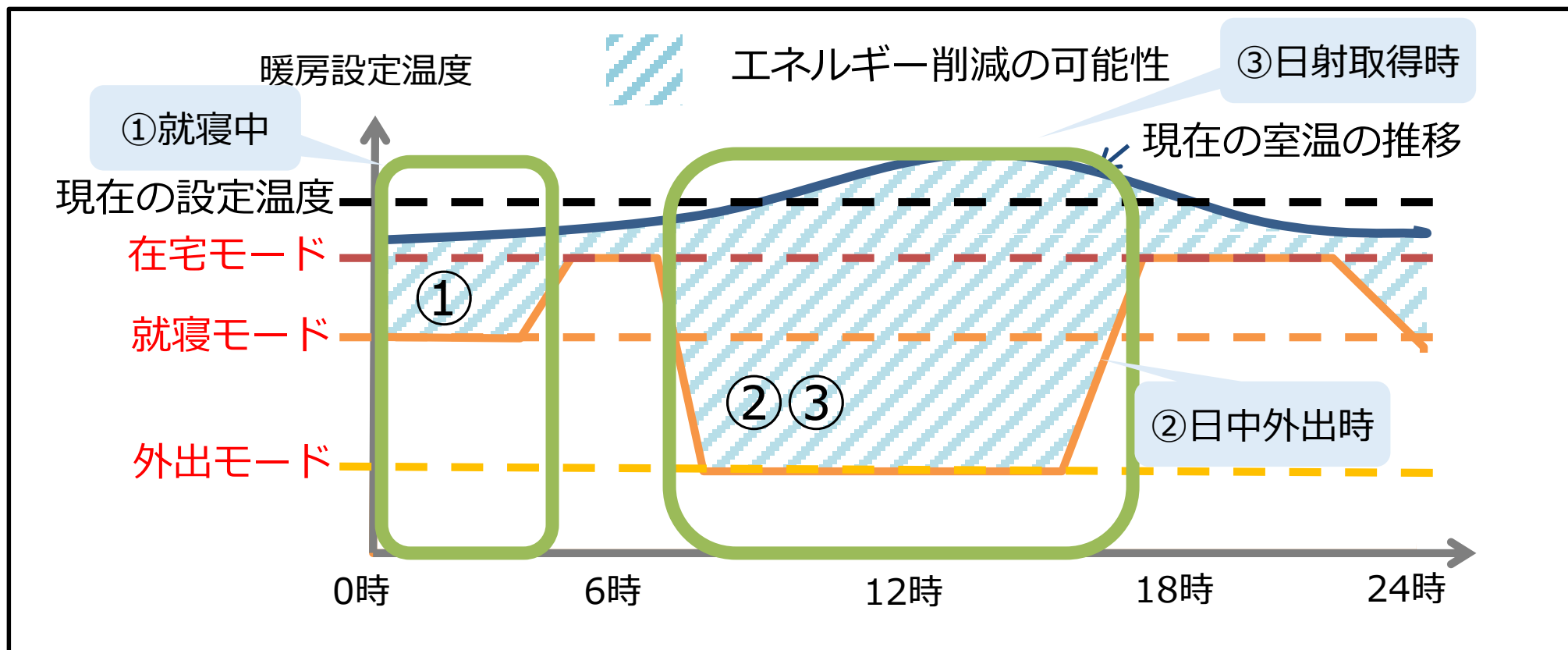


省エネサポートシステムの構成イメージ

本調査の目的

- 寒冷地の住宅で、快適性を保ちつつエネルギーを削減するよう暖房制御手法・情報提供内容を開発、その効果を実証する

- 介入要素：①省エネサポートアプリによる情報提供
- 介入要素：②暖房制御による室温管理



実証概要



調査概要

| | |
|-------|--|
| 調査方法 | 計測調査・アンケート調査 |
| 調査期間 | 2016年1月～2018年3月（継続中） |
| 調査世帯数 | 100件 |
| 対象世帯 | <ul style="list-style-type: none">札幌市内に自己所有の戸建住宅暖房方式：パネルラジエータによるガス温水式セントラル暖房を採用する住宅北海道ガスのWEBサイト、新聞広告、ダイレクトメールを通じて募集し、ガス消費量分布に応じて選定 |
| 計測センサ | <ul style="list-style-type: none">住環境データ（気温・湿度・照度・放射温度・CO2濃度・人感検知）：2分外気温湿度：2分電力量（分電盤・給湯暖房熱源機）：10分ガス消費量（メータ検針値）：10分 |
| アンケート | 世帯属性，住宅属性，温水暖房の使い方、温水暖房リモコンの使い方、サーモバルブの使い方 |



住環境マルチセンサ実証試験器外観



住環境マルチセンサ
設置状況（FL+1,200mm）

介入要素：①省エネサポートアプリによる情報提供

- HEMSの主な課題は、閲覧・操作が継続しないこと
 - 温湿度計としてリビングに設置してもらうことを想定して画面設計
 - センサ検知等に基づきパーソナライズした省エネアドバイスをプッシュ通知
 - 行動科学に基づく情報提供（消費量フィードバック・世帯ランキング・メッセージ等）で行動変容を促進



ホーム画面



省エネアドバイスのプッシュ通知

行動変容を促す省エネアドバイスの開発



JYURI

| 通知内容 | センサ検知情報 | 行動科学の知見 |
|--|--|--------------|
| 今月の平均室温が他の世帯に比べて高めのようです。暖房スケジュールや設定温度を見直してみませんか？ | モニター宅平均リビング室温 > 全戸平均リビング室温 | 社会規範、フィードバック |
| 札幌にお住まいの方の半分は暖房を止め始めているようです。そろそろ暖房を停止してみませんか。 | モニター100世帯の暖房使用率が50%以下 | 社会規範 |
| 暖房送水温度を低めに設定してみましよう。送水温度の変更方法はコチラ(外部リンク) | モニター宅の日平均外気温の直近一週間平均値 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ | 自己効力感を高める工夫 |
| 就寝中も暖房中？タイマー設定を使ってみましよう。札幌市の3割は夜間に暖房を停止しています。 | 深夜2~4時に暖房している世帯 | 社会規範 |
| お部屋の温度が上がりすぎていませんか？暖房を少し停止しても快適にお過ごしいただけます。 | 現在室温 \geq 設定温度 $+2^{\circ}\text{C}$ で通知 | プロンプト |

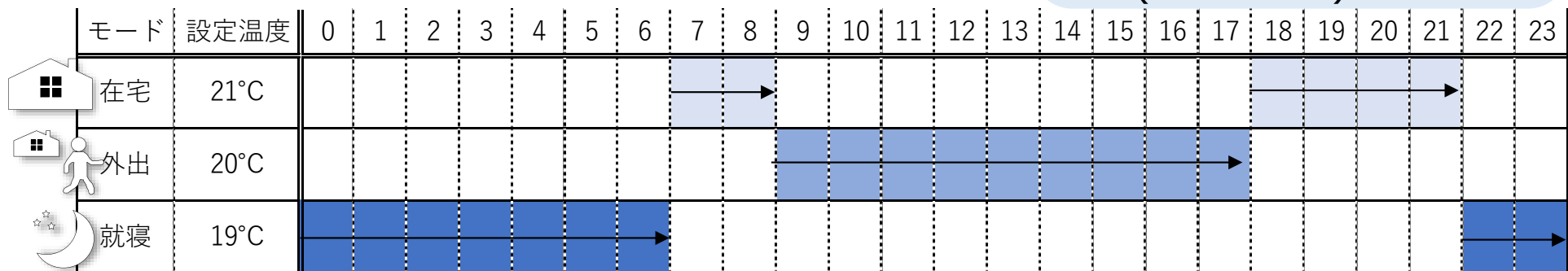
介入要素：②暖房制御による室温管理

- ・事前に省エネサポートアプリで暖房スケジュールを設定
- ・計測した住環境データから熱源機の運転要否を判断し、**現在室温≒設定室温**となるよう、暖房ON/OFFや送水温度の制御を行う

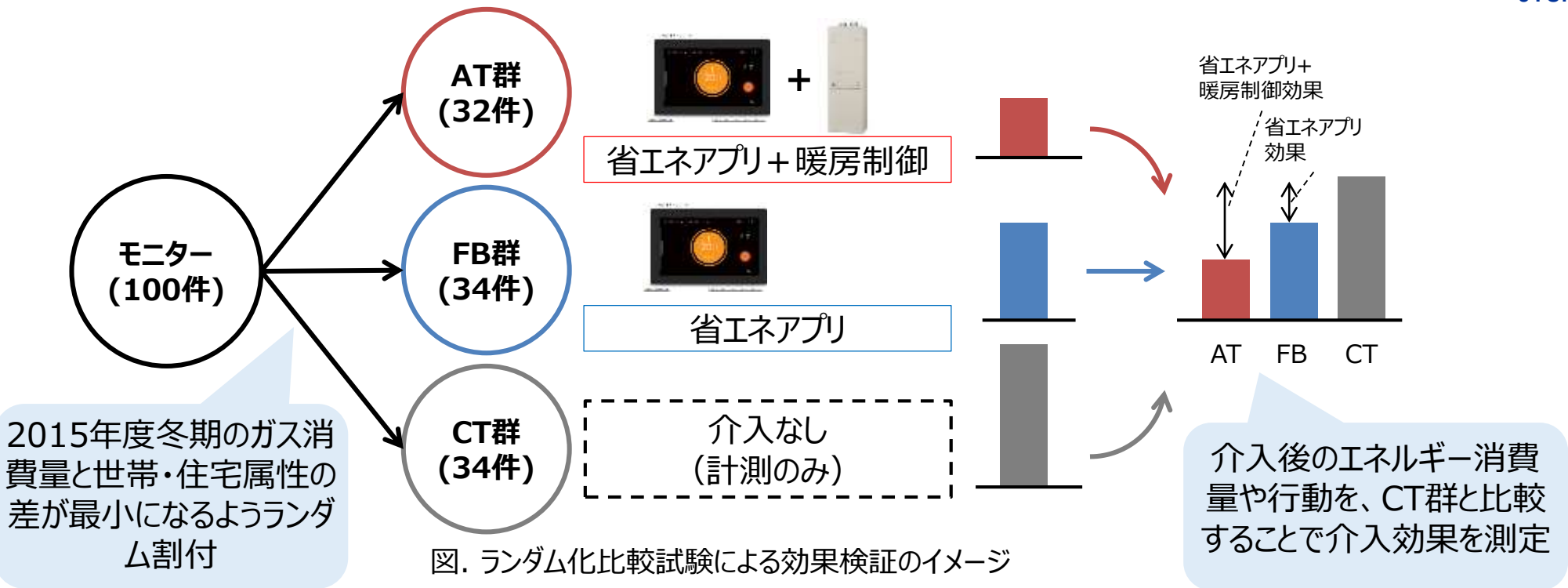


・在宅モード
 ・外出モード
 ・就寝モード
 曜日ごとに各モードの時間帯を設定(最大6分割)

■ 1日の設定温度のスケジュールイメージ ■



効果検証のための実験計画:ランダム化比較試験 (RCT)



- 100世帯の過去のエネルギー消費量 (ガス2年分、電気1年分) と、属性情報を事前に収集
- 本実証は暖房用ガス消費量の削減が主目的であるため、**2015年度の冬期ガス消費量の群間差が最小になるように乱数を用いてランダム割付**
 - ガス消費量が大きく異なるため熱源機種類別 (エコジョーズ、コレモ) は層別ランダム化

表. 各群の熱源機種類別の割付件数

| | AT群 | FB群 | CT群 | 合計 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| エコジョーズ世帯 | 29 | 31 | 31 | 91 |
| コレモ世帯 | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 合計件数 | 34 | 33 | 33 | 100 |

調査結果



システム導入による省エネ効果の分析モデル

- 介入群と対照群それぞれの、介入前後のエネルギー消費量の差を比較する「**差の差分法 (Difference-in-Difference)**」により、省エネ効果を分析
- 具体的には、**パネルデータ回帰分析 (ランダム効果モデル)** により介入効果を推定
- なお本分析では以下の理由から都市ガスの検針値を用いて、暖房エネルギー消費量の削減効果を推定する
 - 計測値は全世帯の昨年度冬期のデータが把握できていない
 - 電気の検針値は介入後データが一部の世帯分しか取得できていない

表. 差の差分法のコンセプト

| | 介入前 | 介入後 | 差 |
|----------|--------|--------|---------------|
| AT群 (介入) | AT_0 | At_1 | $AT_0 - AT_1$ |
| FB群 (介入) | Fb_0 | Fb_1 | $FB_0 - FB_1$ |
| CT群 (対照) | CT_0 | CT_1 | $CT_0 - CT_1$ |

数式. 本分析で採用したパネルデータ回帰モデル

$$Gas_use_{it} = \alpha + \beta_1 TreatAt_{it} + \beta_2 TreatFb_{it} + \gamma Post_t + \delta_t mm + \varepsilon_{it}$$

ここで、

- i : i 番目の世帯を表す添え字
- t : 時点 t ヶ月目を示す添え字
- Gas_Use : ガス消費量
- α : 切片項
- $TreatAt, TreatFb$: それぞれ各群の介入ダミー変数
- β_1, β_2 : 各群の介入効果 (月平均都市ガス消費量の減少量)
- $Post$: レポート送付後なら1、前なら0となるダミー変数
- mm : 季節の影響を調整する12ヶ月のダミー変数
- ε_{it} : 誤差項

対照群と各介入群の差が介入効果

AT群の介入効果: $\{ (AT_0 - AT_1) - (CT_0 - CT_1) \}$

FB群の介入効果: $\{ (FB_0 - FB_1) - (CT_0 - CT_1) \}$

システム導入による省エネルギー効果の推定結果

- 2月の省エネルギー効果はATで5.6%、FBで5.0%*
 - システム導入時期は11月下旬～1月下旬
 - 1月はシステム導入未完了、3月は暖房需要減のためか有意差なし

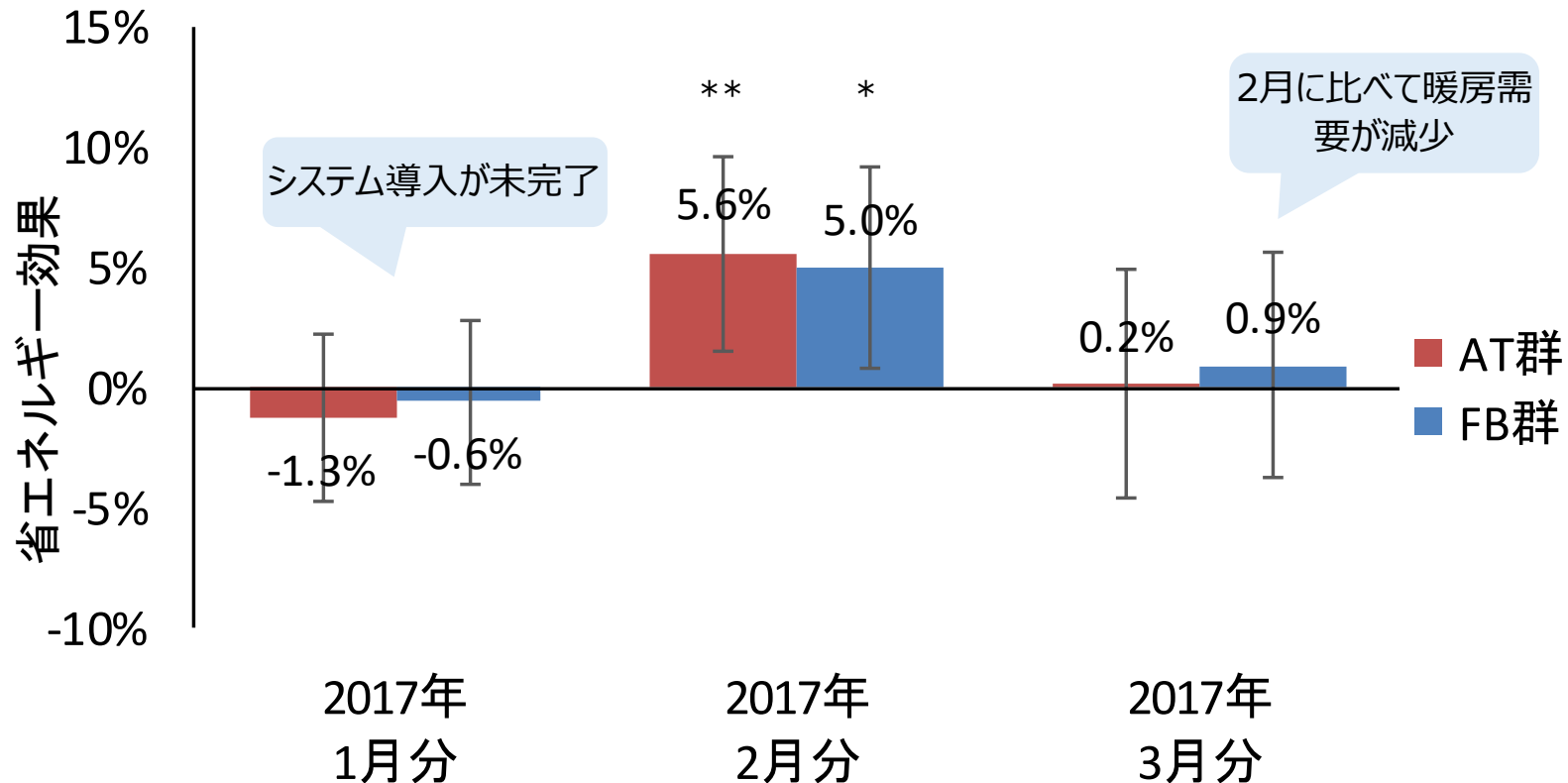
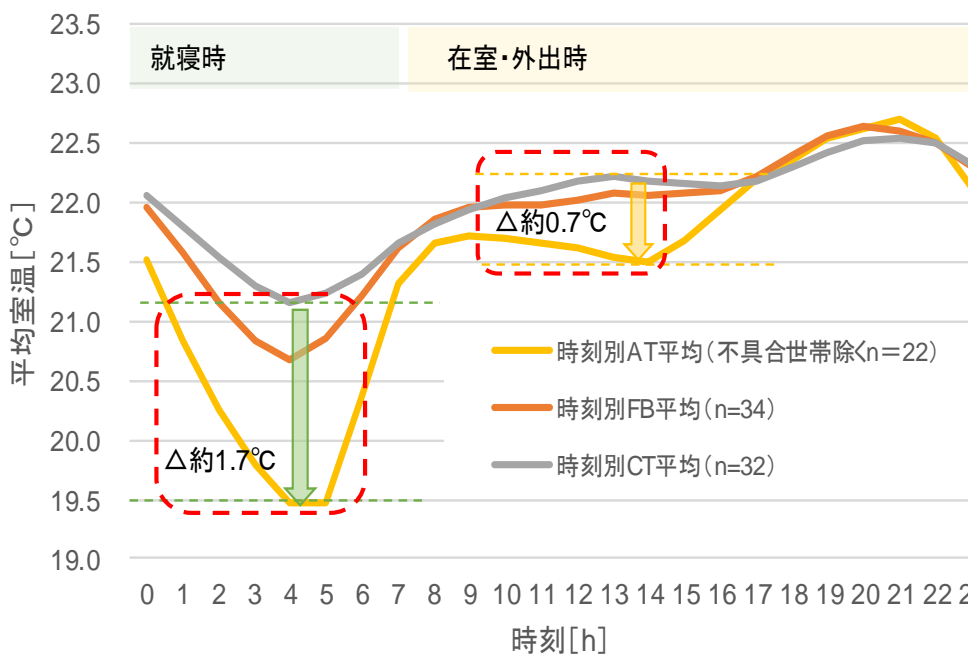


図. システム導入によるガス消費量の省エネ効果

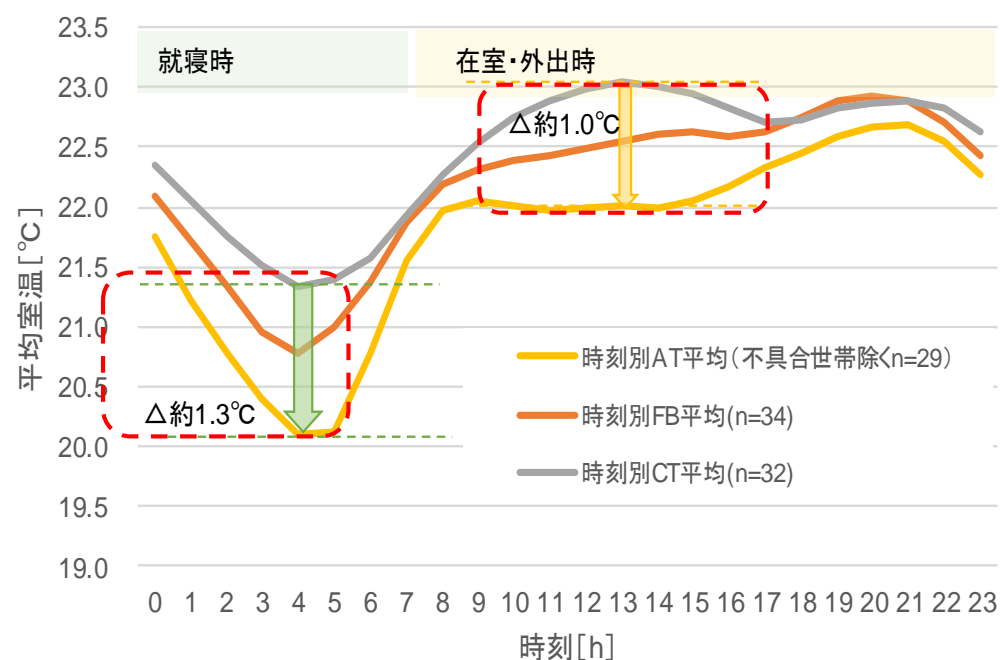
(注) 省エネルギー効果：CT群（対照群）の介入後期間に対する各群のエネルギー消費量の減少割合
**:p<1%、*:p<5%

リビングの月別・時刻別平均室温の推移

- AT群、FB群は、**就寝中や外出時の時間帯の温度低下を確認**
 - 特にAT群とCT群では**早朝4時ごろは約1.7℃**、**日中は約0.7℃**の温度差



(a) 2月 (2/1-2/21)



(b) 3月 (3/1-3/31)

図.リビングの時刻別平均室温の推移

省エネ対策実施率の前年からの変化（アンケート結果）



- ATはスケジュール制御を利用するようになり、他手法の実施率が減少
- FBはアドバイスに従い、手動/タイマーでの暖房停止実施率が上昇

＜就寝中の省エネ対策＞

＜外出中の省エネ対策＞

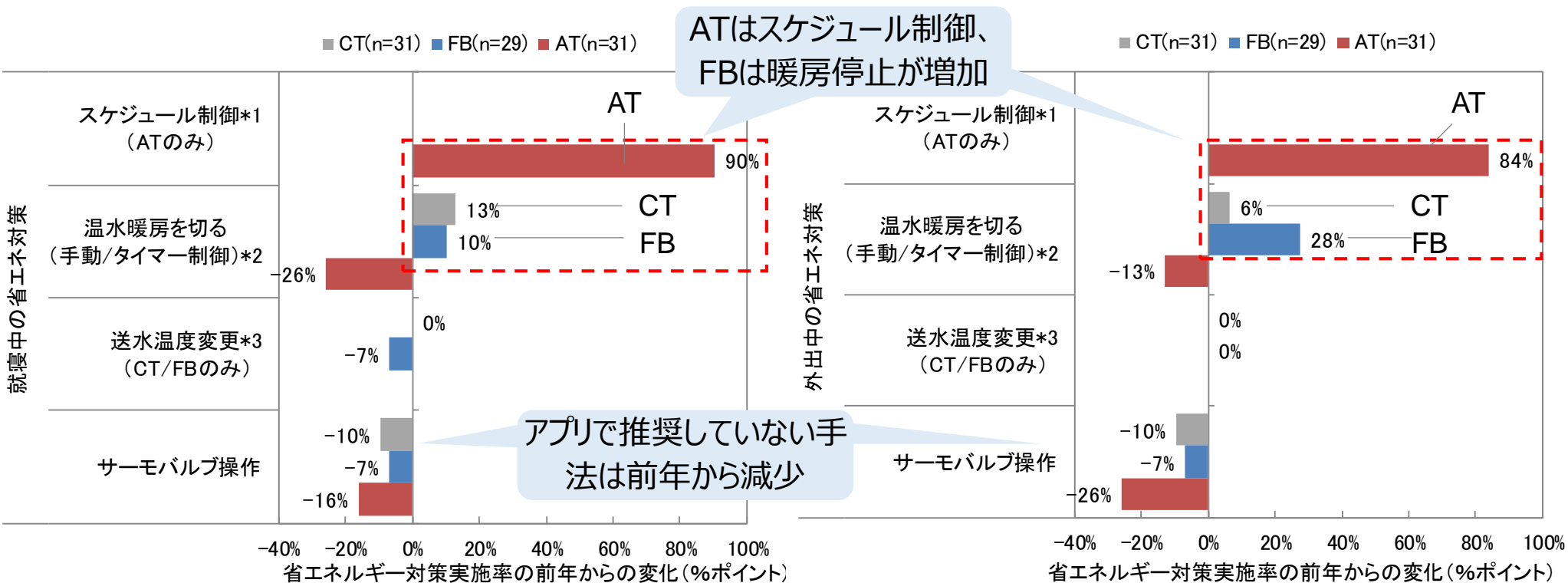
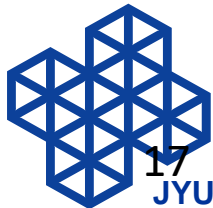


図. 就寝中の省エネルギー対策実施率の前年からの変化

図. 外出中の省エネルギー対策実施率の前年からの変化

*1 スケジュール制御はAT群のみ
 *2 2016年度は手動/タイマー制御いずれかを実施する割合
 *3 AT群は送水温度をシステム側で制御するため2016年度の実施率は把握していない

まとめ



- 寒冷地の住宅で、快適性を保ちつつエネルギーを削減するよう暖房制御手法・情報提供内容を開発、その効果を実証
 - システム導入による2月の省エネ効果は5～6%
 - 介入世帯（AT群、FB群）は就寝中や日中外出時の温度低下を確認
 - AT群はスケジュール設定で、FB群は手動/タイマーで省エネ対策を実施
- 今後の課題
 - 2016年度の検証結果を受けてシステムやアプリを改修、追加検証
 - 低めの設定温度を推奨する等、より積極的な省エネを促すようアプリを改修
 - 電気・ガスを合わせて年間の省CO2効果を検証

本調査は、環境省「平成28年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（住環境情報を活用した省エネサポートシステムの開発・実証）（実施主体：北海道ガス株式会社、株式会社住環境計画研究所）」により実施した技術実証成果の一部である。ここに記して関係諸氏に謝意を表す。