家庭における室内外環境見える化システムの省エネルギー及び環境改善効果

The energy conservation and indoor environment improvement effect in a home with an environment visualization and management system

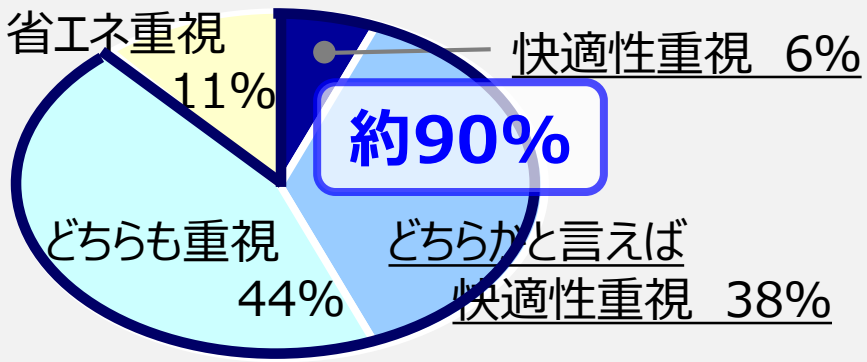
中島 裕輔（工学院大学）

Yusuke Nakajima（Kogakuin University）

研究背景　～日常生活に求める情報とは～

快適性

省エネ性 ＜ 快適性

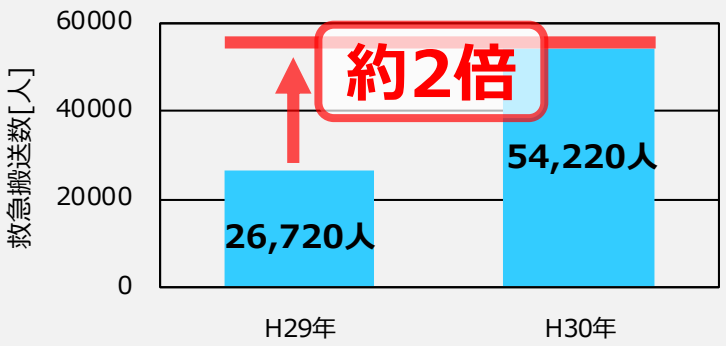


日常生活で重視していること(n=195)

参考）佐々ら：省エネルギーの意識と住まい方に関する調査研究

健康面

高齢者&家庭での熱中症発生



7月の熱中症の救急搬送状況

参考）総務省消防庁

情報提供ニーズ調査（全国Web調査：n=1,731）

→熱中症、乾燥、換気情報等へのニーズ「**60%以上**」

既存HEMSの表示内容：**エネルギー**のマネジメント機能が中心

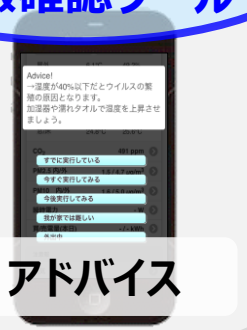
省エネ ＋ **快適** **健康**

システム概要

「見える化サイト」
省エネ・快適・健康面
を意識した情報発信

“今”の情報

簡易な
情報確認ツール



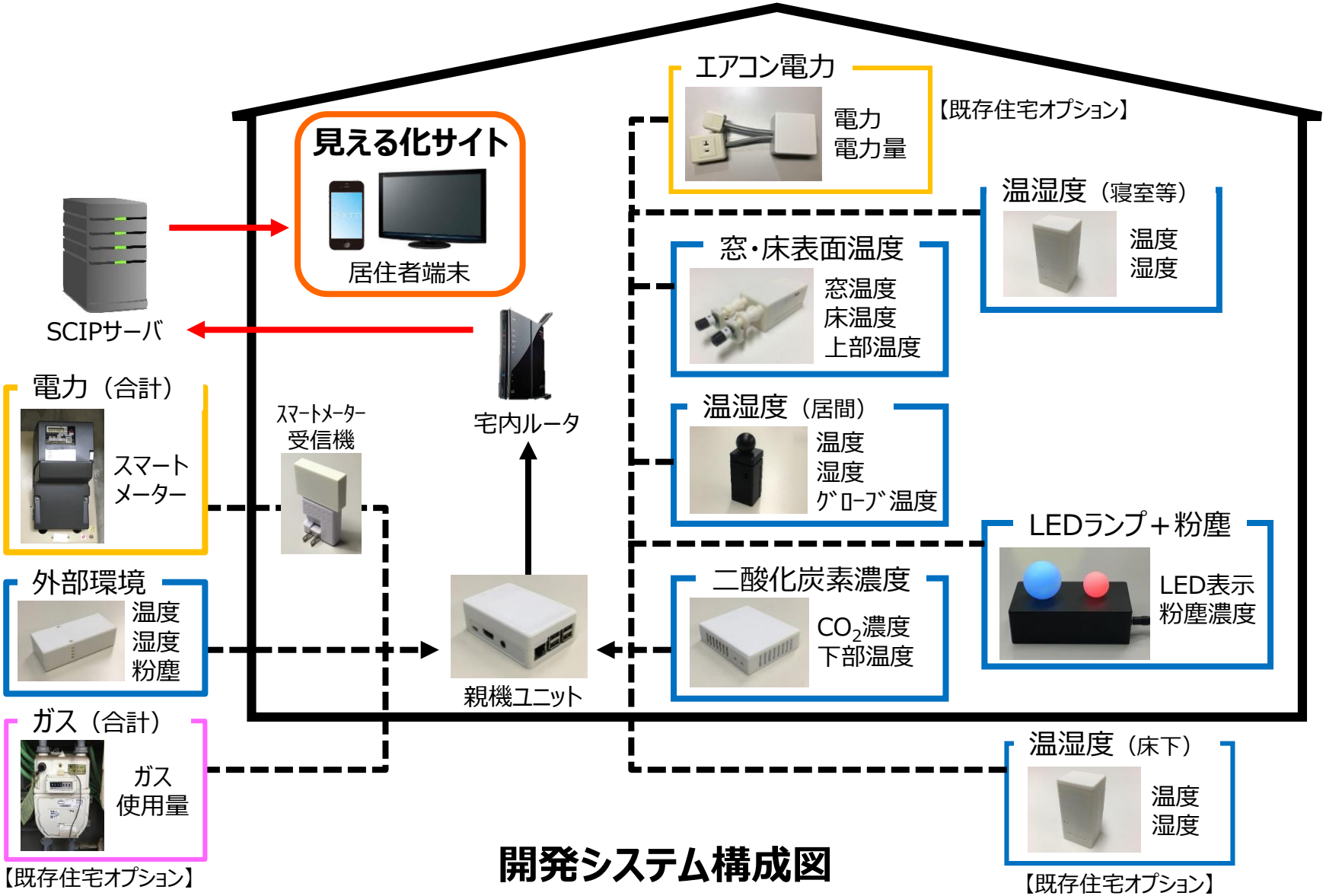
“過去”の情報

快適・省エネ性の
振り返り

新築・既築含めた21世帯の戸建住宅へのシステム導入による効果検証

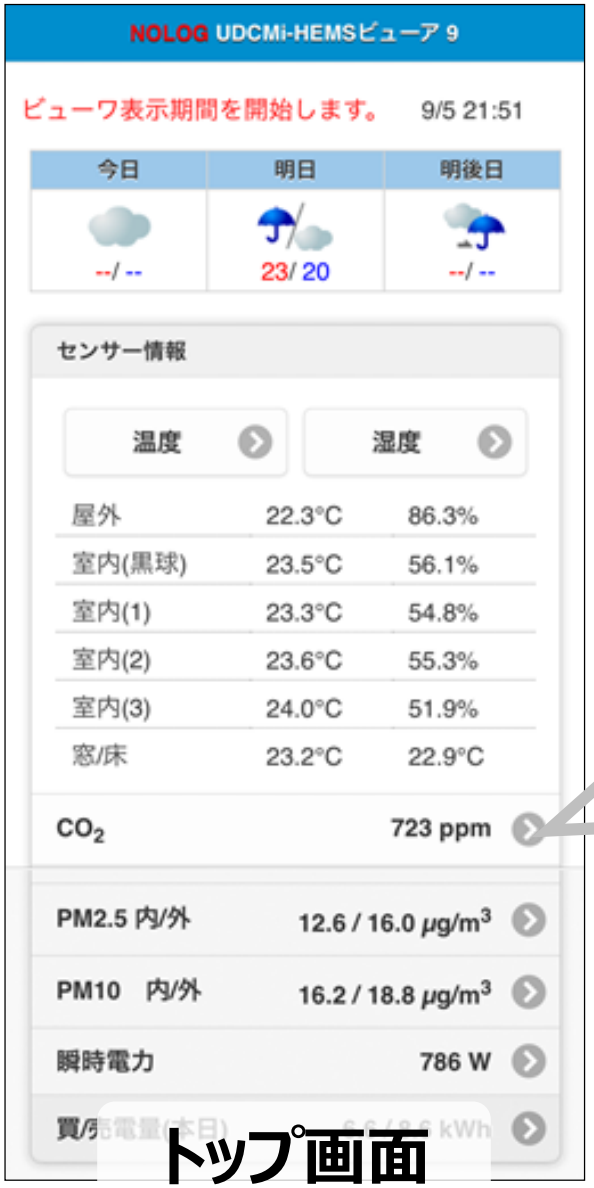
システムの活用度 | 省エネ・環境改善効果 → 要因の分析

システム構成



開発システム構成図

「見える化サイト」閲覧画面



トップ画面

環境・省エネ豆知識

詳細画面
（グラフ表示）

「見える化サイト」閲覧画面

［換気注意報］

CO2濃度 (ppm)	PM2.5 (μg/m³)	PM10 (μg/m³)	レベル
1500～	50～	400～	すぐに換気
1000～	35～	200～	要換気
700～	15～	100～	注意
～700	～15	～100	問題なし

［熱中症注意報］

レベル	WBGT	アドバイス
	危険 (31°C以上)	エアコンをつけ、熱中症に注意しましょう
	厳重警戒 (28～31°C)	室温の上昇に気を付けましょう
	警戒 (25～28°C)	定期的に休息しましょう
	注意 (25°C未満)	危険性は少ないが、重労働時には注意しましょう

［屋外粉塵濃度注意報］

レベル	PM2.5 (μg/m³)	PM10 (μg/m³)	アドバイス
危険	70～	600～	小児・高齢者の方は外出を控え慎重に行動を
厳重警戒	50～70	400～600	小児・高齢者の方は体調の変化に注意
警戒	35～50	200～400	
注意	15～35	100～200	-
ほぼ安全	10～15	50～100	-
安全	～10	～50	-

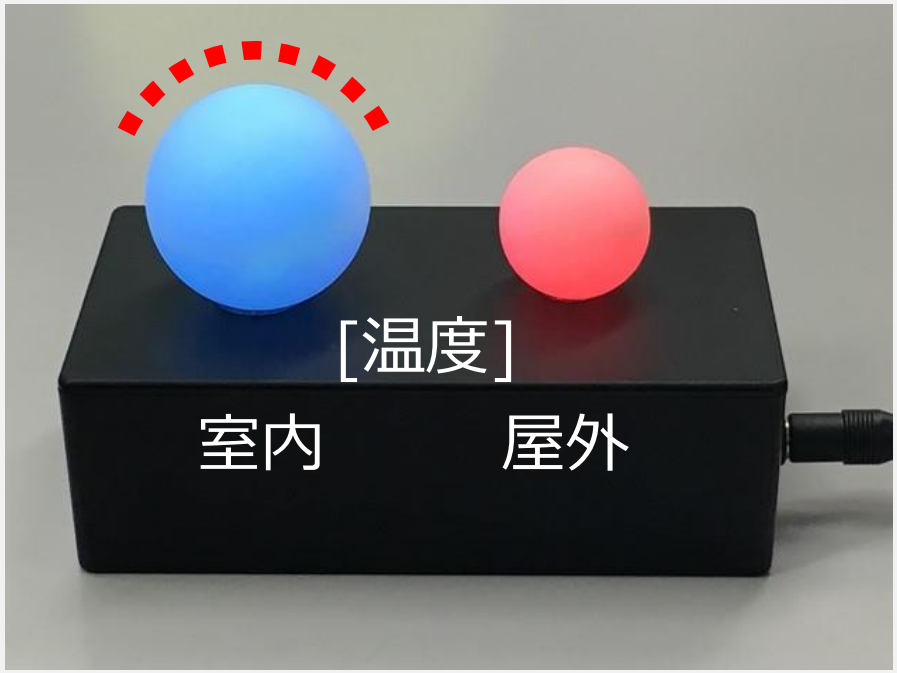
LEDインジケータ

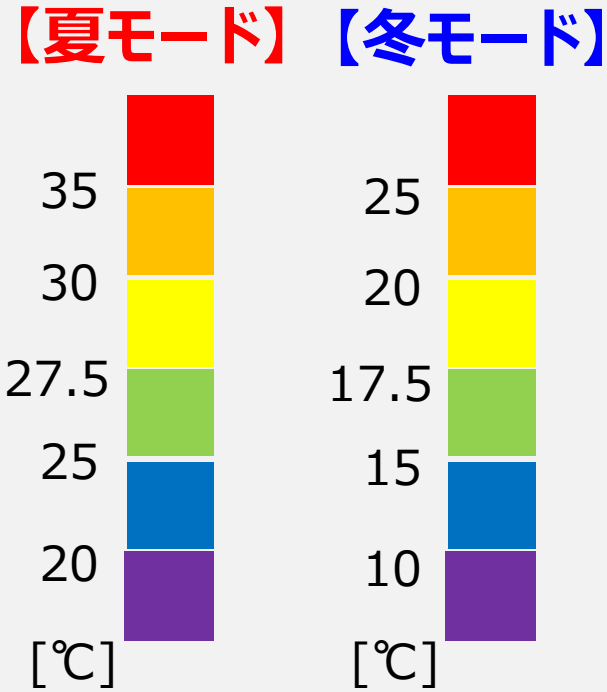
◆ LEDインジケータの機能

・温度をLEDランプの**色レベル**で表示

→サイトを見ずに、室内外の環境を確認

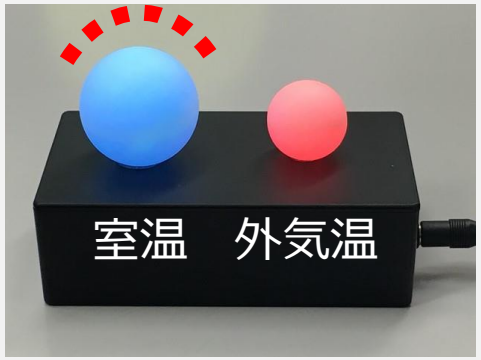
・環境調整行動（アドバイス）を促すタイミングで**点滅**





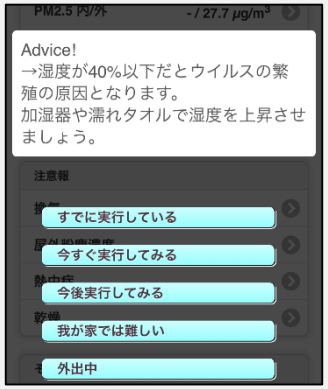
リアルタイムアドバイス機能

LEDランプの点滅



気づき

アドバイス発信



行動へ

【行動ログの収集】
- すでに実行している
- 今すぐ実行してみる
- 今後実行してみる
- 我が家では難しい
- 外出中

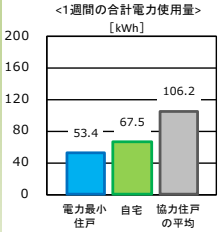
	アドバイス項目		条件式
1	屋外粉塵	危険	70≦屋外PM2.5 or 600≦屋外PM10 [μg/m³]
		警戒	35≦屋外PM2.5 or 200≦屋外PM10 [μg/m³]
2	蓄冷		室温≦28 and 室温＜外気温 [℃]
3	熱中症		28＜WBGT [℃]
4	換気		①1000≦CO_2濃度 [ppm] ②35≦室内PM2.5 [μg/m³] ③200≦室内PM10 [μg/m³]
5	通風+日射遮蔽		28＜外気 and 28≦室温 and 外気＜室温 and 室温+3≦床温度 [℃]
6	日射遮蔽		室温+3≦床温度 [℃]
7	通風		28≦室温 and 外気温＜LDK室温 [℃]

週間環境レポート

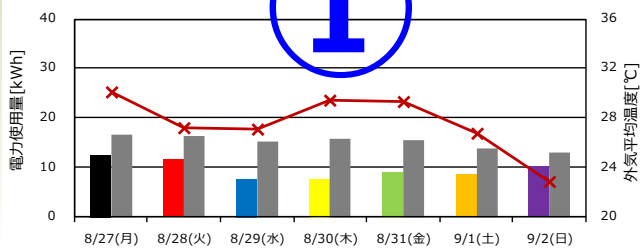
1週間分の電力・温湿度等データを集計 / 紙面での配布

週間環境レポート　［HOME△　○□様］　2018/8/27～2018/9/2

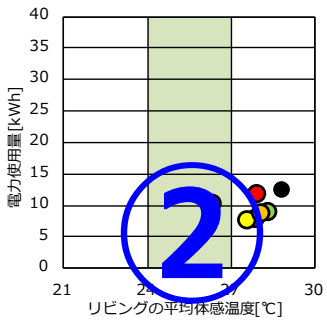
1週間の使用電力状況



	月	火	水	木	金	土	日
外気温[℃]	30.1	27.2	27.1	29.5	29.3	26.7	22.9
自宅[kWh]	12.4	11.7	7.8	7.6	9.0	8.6	10.3
住戸平均[kWh]	16.5	16.3	15.2	15.8	15.5	14.0	13.0



電力消費と快適性



体感温度には気温と放射を考慮した「作用温度」を使用し、快適範囲はおよそ24~27℃です。

【省エネ性】

全住宅平均よりも電力消費量が少なかったのは1週間のうち7日でした。電力消費が全住宅平均よりも明らかに少ない日が見られます。この日に倣って、省エネにつながりそうな行動を探してみましょう。

【温熱快適性】

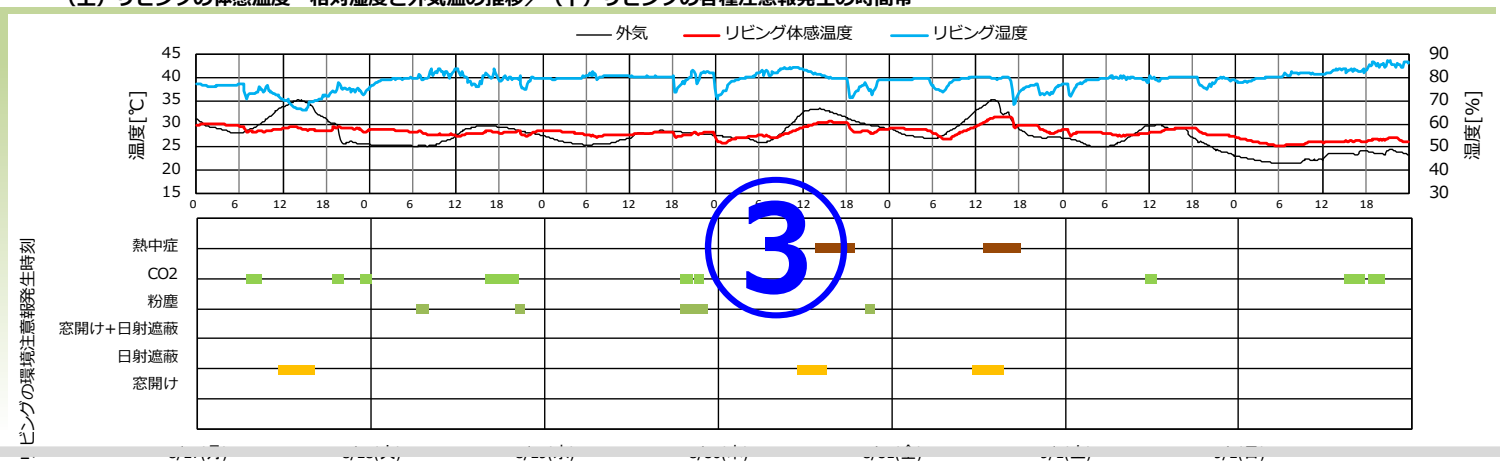
平均体感温度が快適範囲に入っていたのは1週間のうち1日でした。室内がやや暑く感じる日があるようです。冷房や扇風機を使用し室温を調整しましょう。

【注意報】

今週は注意報はあまり出ていなかったようです。

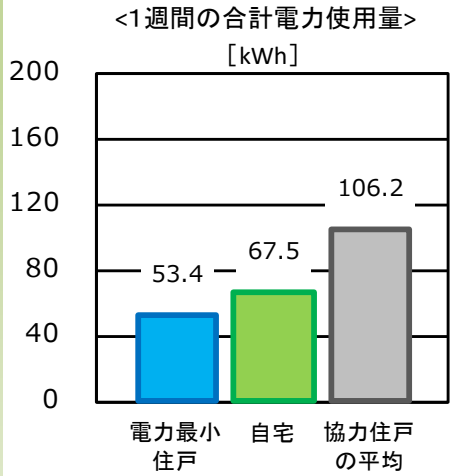
4

（上）リビングの体感温度・相対湿度と外気温の推移／（下）リビングの各種注意報発生の時間帯

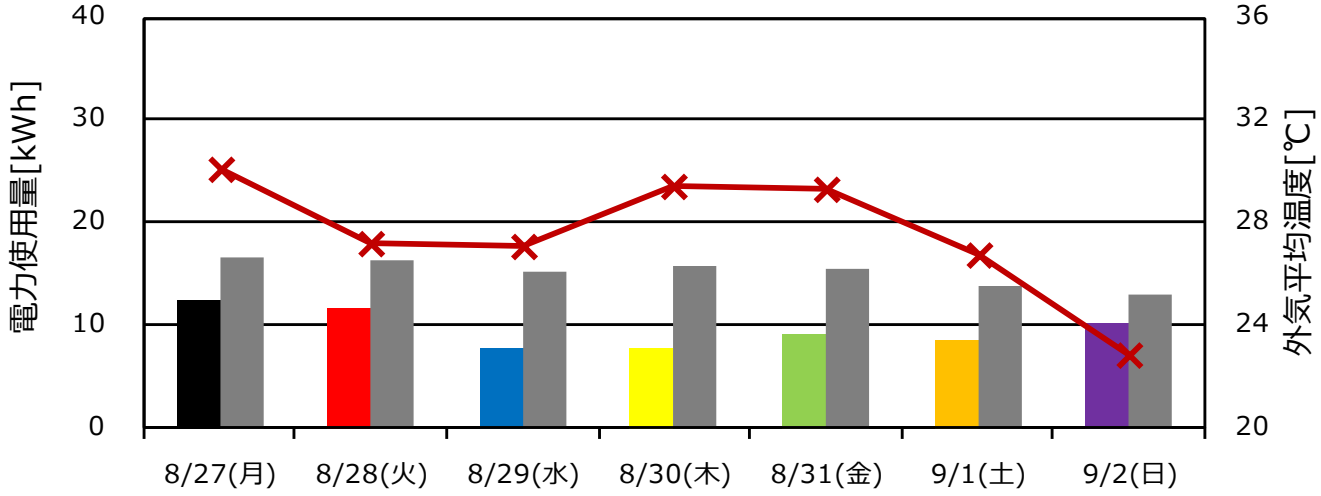


週間環境レポート　① 1 週間の使用電力状況

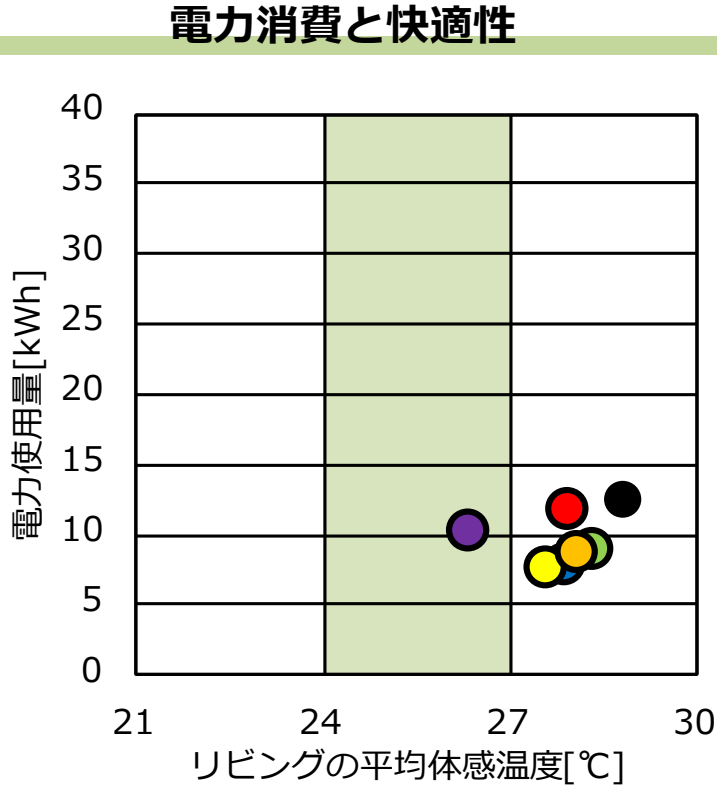
1週間の使用電力状況



	月	火	水	木	金	土	日
外気温 [℃]	30.1	27.2	27.1	29.5	29.3	26.7	22.9
自宅 [kWh]	12.4	11.7	7.8	7.6	9.0	8.6	10.3
住戸平均 [kWh]	16.5	16.3	15.2	15.8	15.5	14.0	13.0



週間環境レポート　②電力消費と快適性

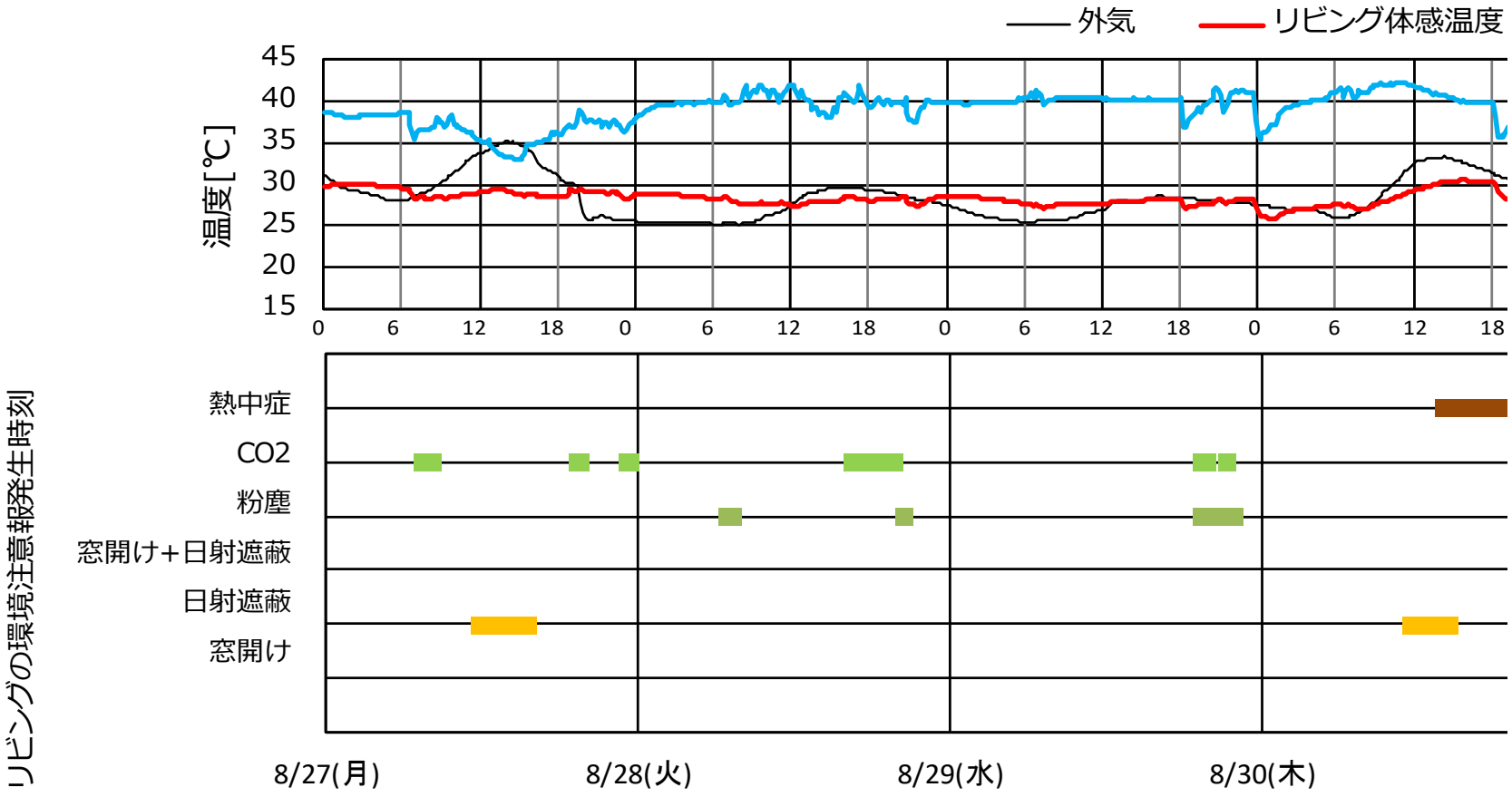


体感温度には気温と放射を考慮した
「作用温度」を使用し、
快適範囲はおよそ24~27℃です。

※0.5clo、相対湿度50%、風速0.1m/s

週間環境レポート　③(上)室内･外気の温湿度の推移
(下)各種注意報の発生時刻

（上）リビングの体感温度・相対湿度と外気温の推移／（下）リビングの各種注意報発生の



週間環境レポート　④省エネ性・快適性コメント

【省エネ性】

全住宅平均よりも電力消費量が少なかったのは1週間のうち7日でした。電力消費が全住宅平均よりも明らかに少ない日が見られます。この日に倣って、省エネにつながりそうな行動を探してみましょう。

【温熱快適性】

平均体感温度が快適範囲に入っていたのは1週間のうち1日でした。室内がやや暑く感じる日があるようです。冷房や扇風機を使用し室温を調整しましょう。

【注意報】

今週は注意報はあまり出ていなかったようです。

被験者概要

■：スマートエネルギー特区　※子ども：小学生以下　/　高齢者：65歳以上

		場所	延床面積	家族人数（子ども・高齢者の有無）
2017年設置	A	さいたま市緑区	95㎡	3人（**子ども**）
	B	さいたま市緑区	104㎡	3人
	C	さいたま市岩槻区	119㎡	3人
	D	さいたま市緑区	105㎡	2人
	E	さいたま市緑区	98㎡	4人（**子ども**）
	F	さいたま市緑区	104㎡	4人（**子ども**）
	G	さいたま市緑区	98㎡	3人（**子ども**）
	H	さいたま市緑区	99㎡	4人（**子ども**）
	I	さいたま市緑区	104㎡	3人（**子ども**）
	J	さいたま市緑区	50㎡	3人（**子ども**）
	K	さいたま市緑区	105㎡	3人（**子ども**）
2018年設置	L	さいたま市緑区	108㎡	4人（**子ども**）
	M	さいたま市緑区	107㎡	4人（**子ども**）
	N	埼玉県所沢市	110㎡	2人
	O	神奈川県鎌倉市	140㎡	3人（**高齢者**）
	P	埼玉県所沢市	92㎡	3人（**高齢者**）
	Q	東京都武蔵野市	136㎡	4人
	R	東京都日野市	105㎡	2人（**高齢者**）
	S	東京都三鷹市	88㎡	3人
	T	東京都八王子市	131㎡	2人（**高齢者**）
	U	埼玉県鶴ヶ島市	118㎡	2人（**高齢者**）

HEAT20・G2レベル

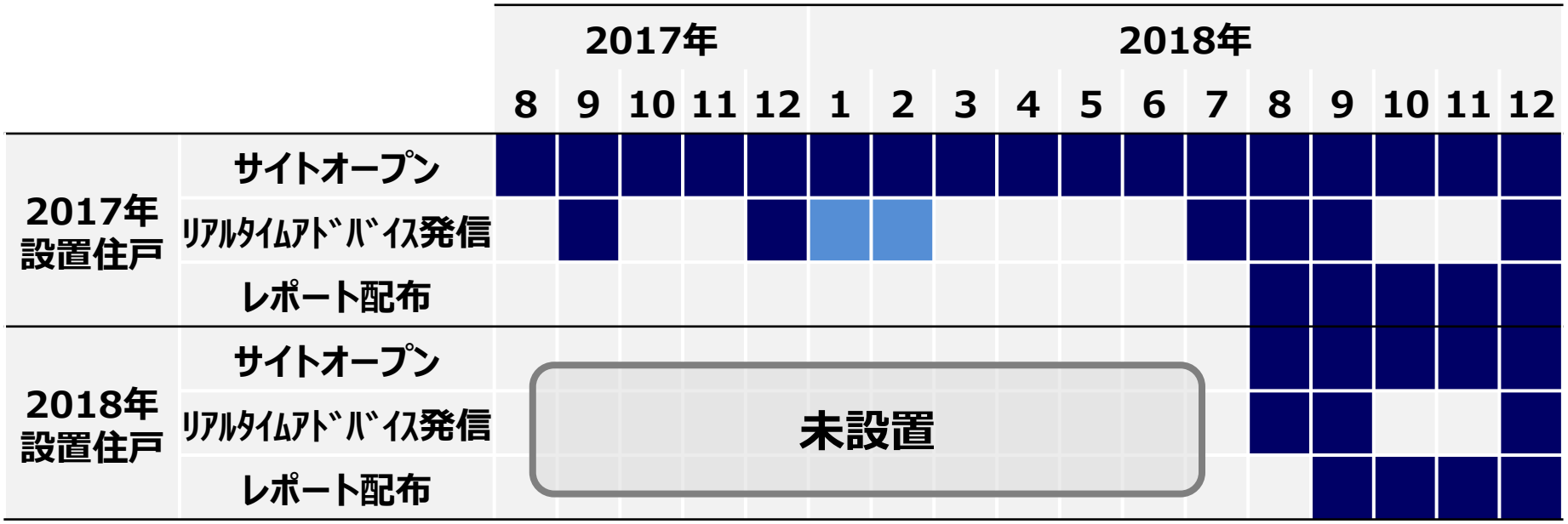
新築の高断熱住宅が中心

合同で概要説明

築数年～十数年の既存住宅が中心

戸別に詳細説明

実験スケジュール

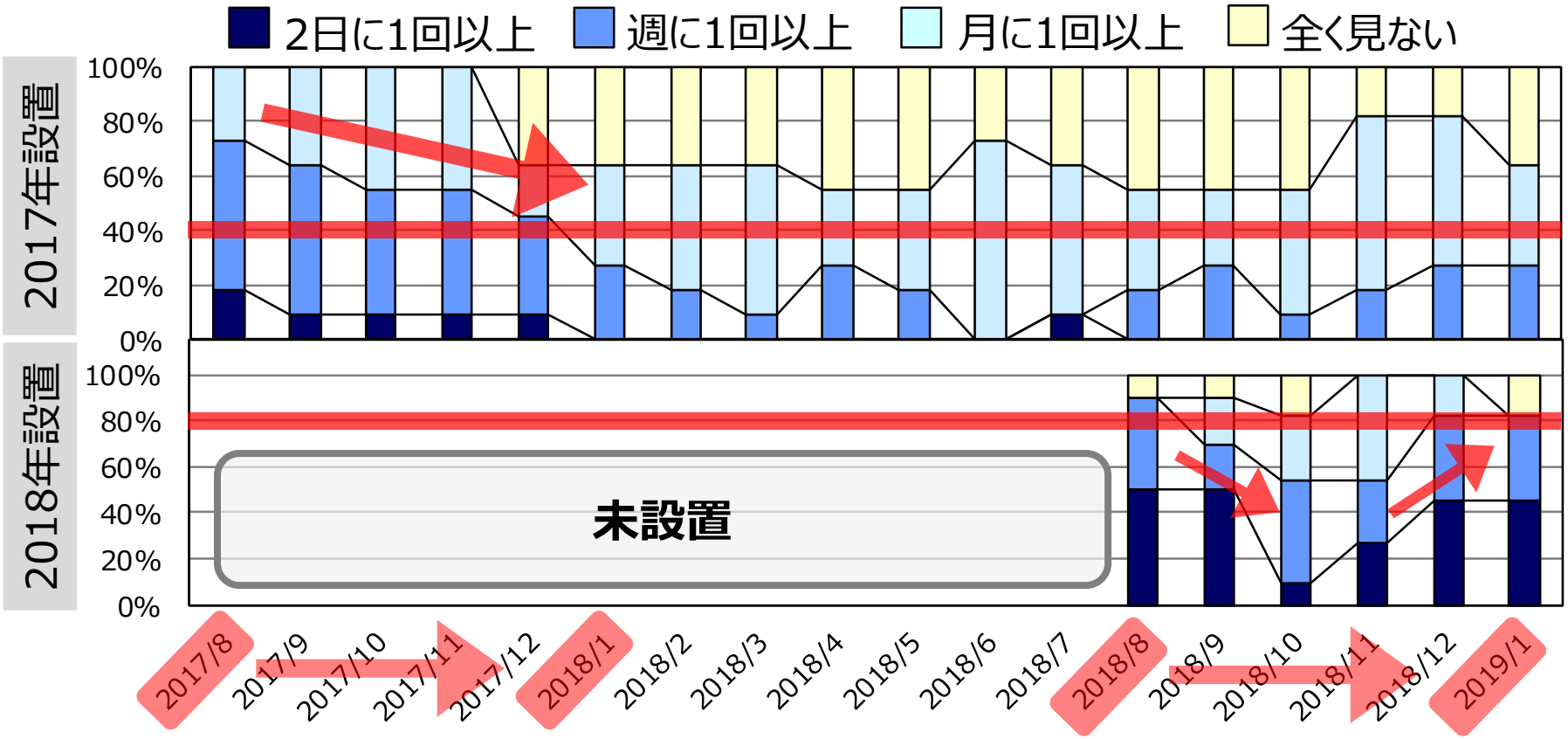


※2017、2018年の夏期実験終了後にアンケート調査実施
（各システムの活用・参考度について）

【分析対象期間】

サイト利用状況	：	全期間(2019年1月含む)
リアルタイムアドバイス活用状況	：	2018年夏季（7、8月）
レポート効果検証	：	2018年夏季（8、9月）

見える化サイトの閲覧頻度



サイトオープン開始 6か月後「週に1回以上」の割合（■・■）

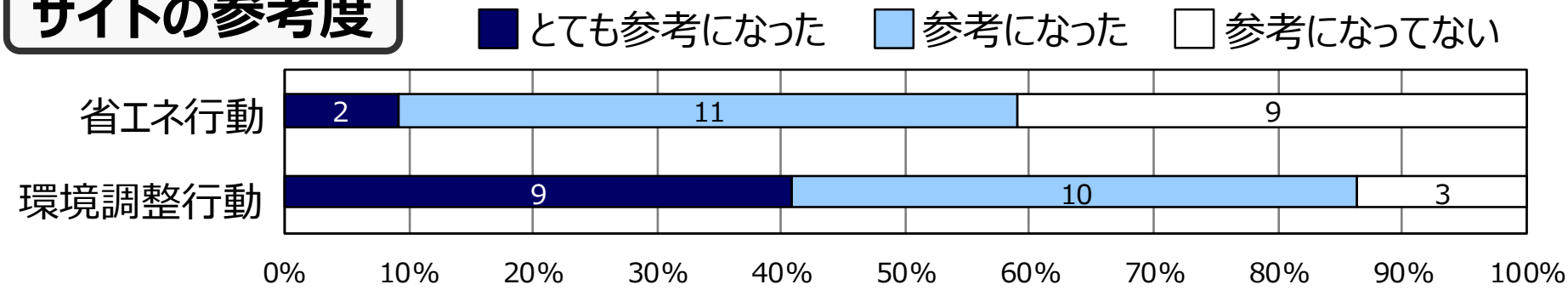
2017年設置　：　**40%以下**

2018年設置　：　**80%以上**

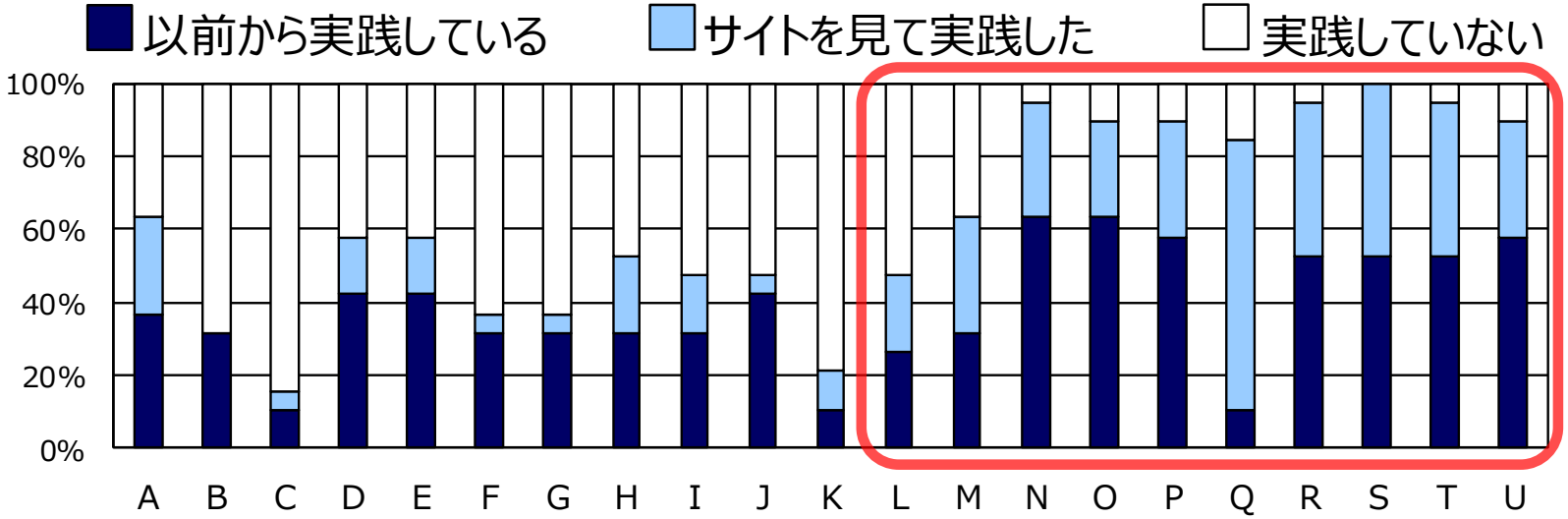
LEDランプ「1日に複数回確認」：90%以上　**利用の継続性**

見える化サイトの参考度（アンケート結果より）

サイトの参考度



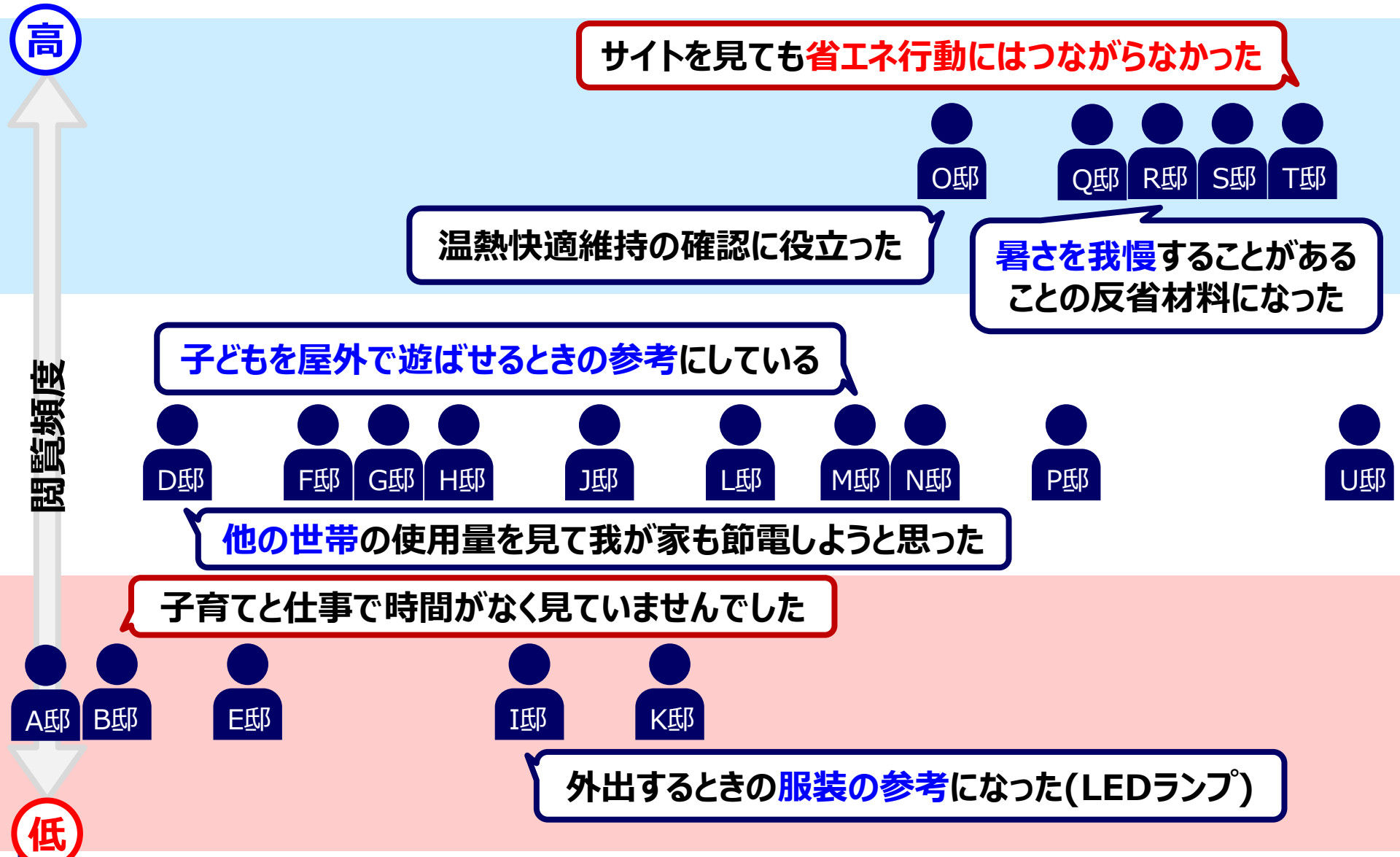
環境・省エネ豆知識の実践度（19項目）



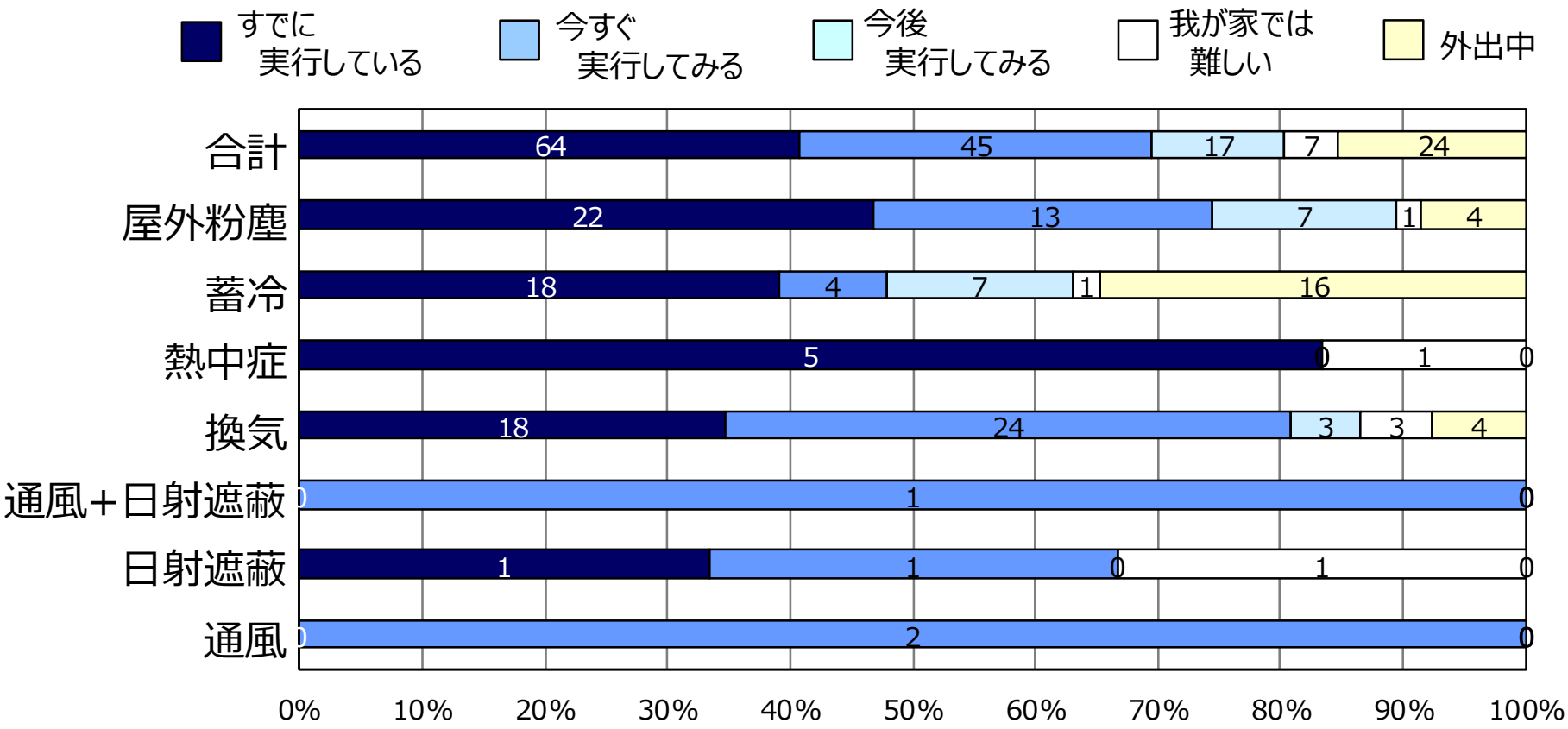
参考度：「省エネ ＜ **環境 80%以上**」

実践度： **閲覧の多い住戸**ほど**「サイトを見て実践した」高い**

主な被験者コメント

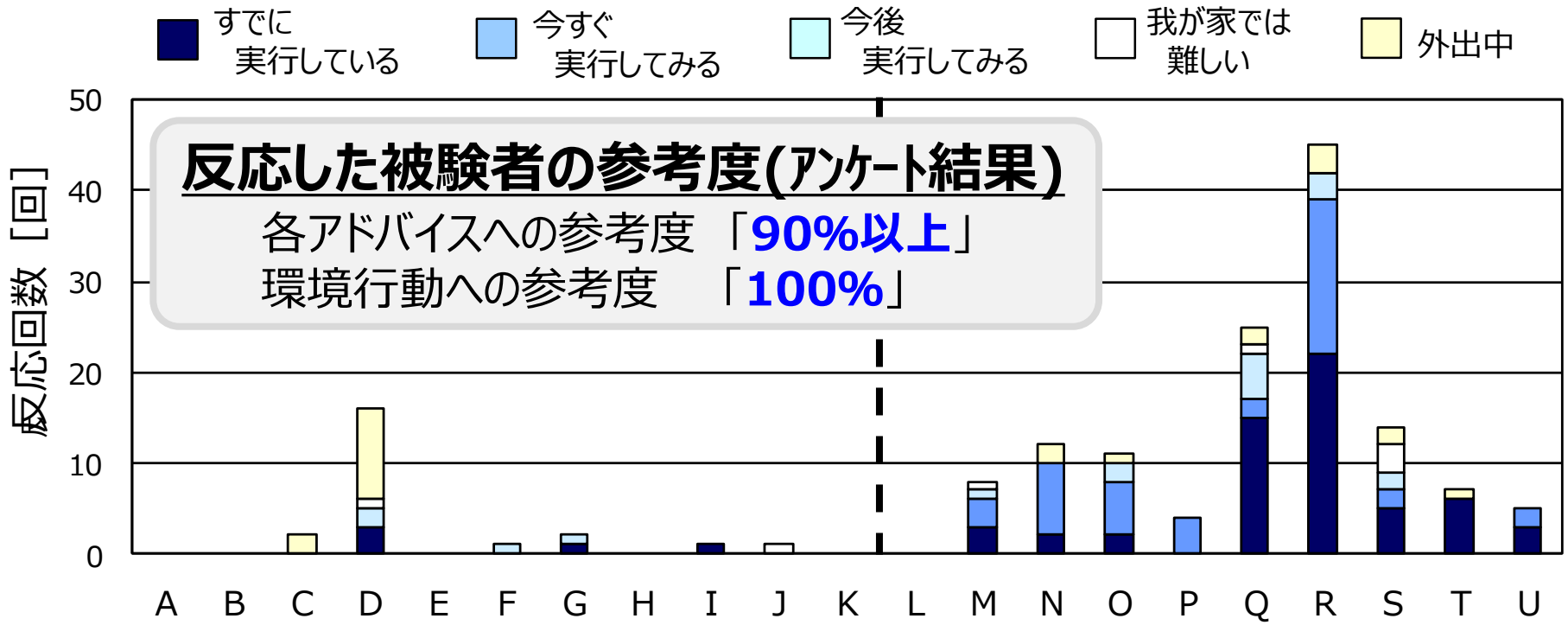

高
低
閲覧頻度
サイトを見ても省エネ行動にはつながらなかった
O邸
Q邸
R邸
S邸
T邸
温熱快適維持の確認に役立った
暑さを我慢することがあることの反省材料になった
子どもを屋外で遊ばせるときの参考にしている
D邸
F邸
G邸
H邸
J邸
L邸
M邸
N邸
P邸
U邸
他の世帯の使用量を見て我が家も節電しようと思った
子育てと仕事で時間がなく見ていませんでした
A邸
B邸
E邸
I邸
K邸
外出するときの服装の参考になった(LEDランプ)

夏季リアルタイムアドバイスへの反応



実行度 ： 項目によって表示回数にばらつきはあるが、
ポジティブな反応（■・□・□）がおおむね**60%以上**

各住戸の反応状況



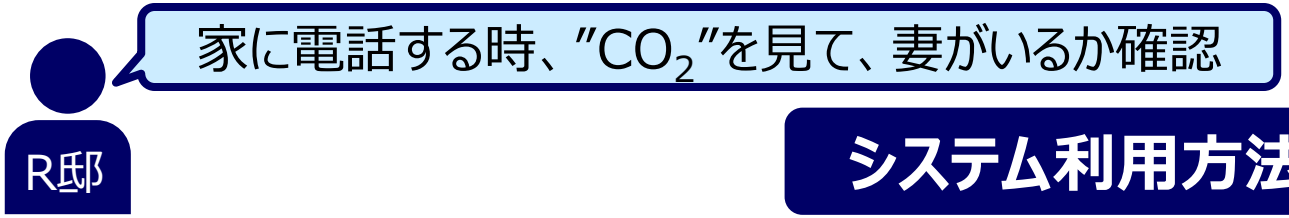
反応した被験者の参考度(ｱﾝｹｰﾄ結果)

各アドバイスへの参考度 「**90%以上**」

環境行動への参考度 「**100%**」

反応回数： **サイト閲覧が多い住戸**ほど 反応回数増加

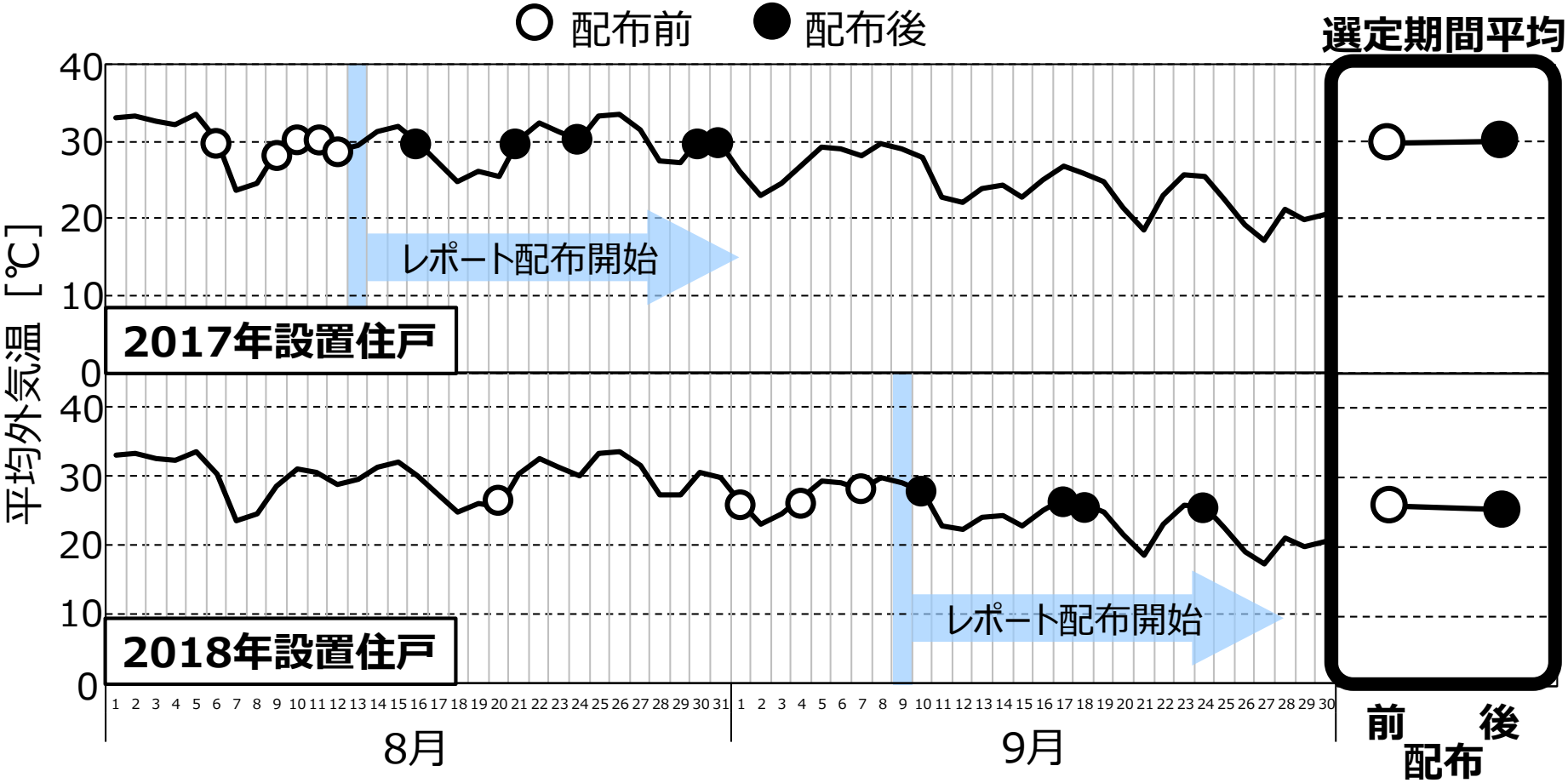
外出中 ： **外出先**から**自宅の環境チェック**



システム利用方法は様々

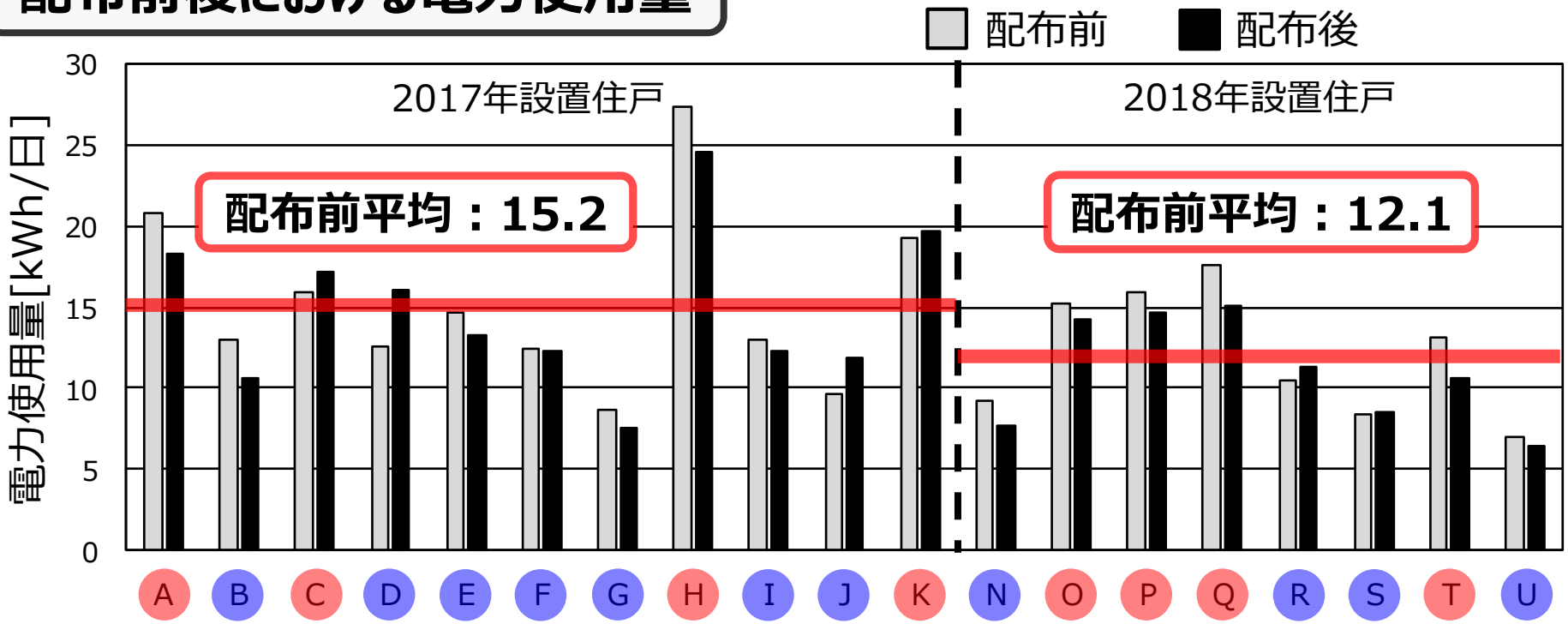
週間環境レポートの効果検証

レポート配布前・配布後の分析対象日群の選定



週間環境レポートの効果検証　「省エネ性」

配布前後における電力使用量



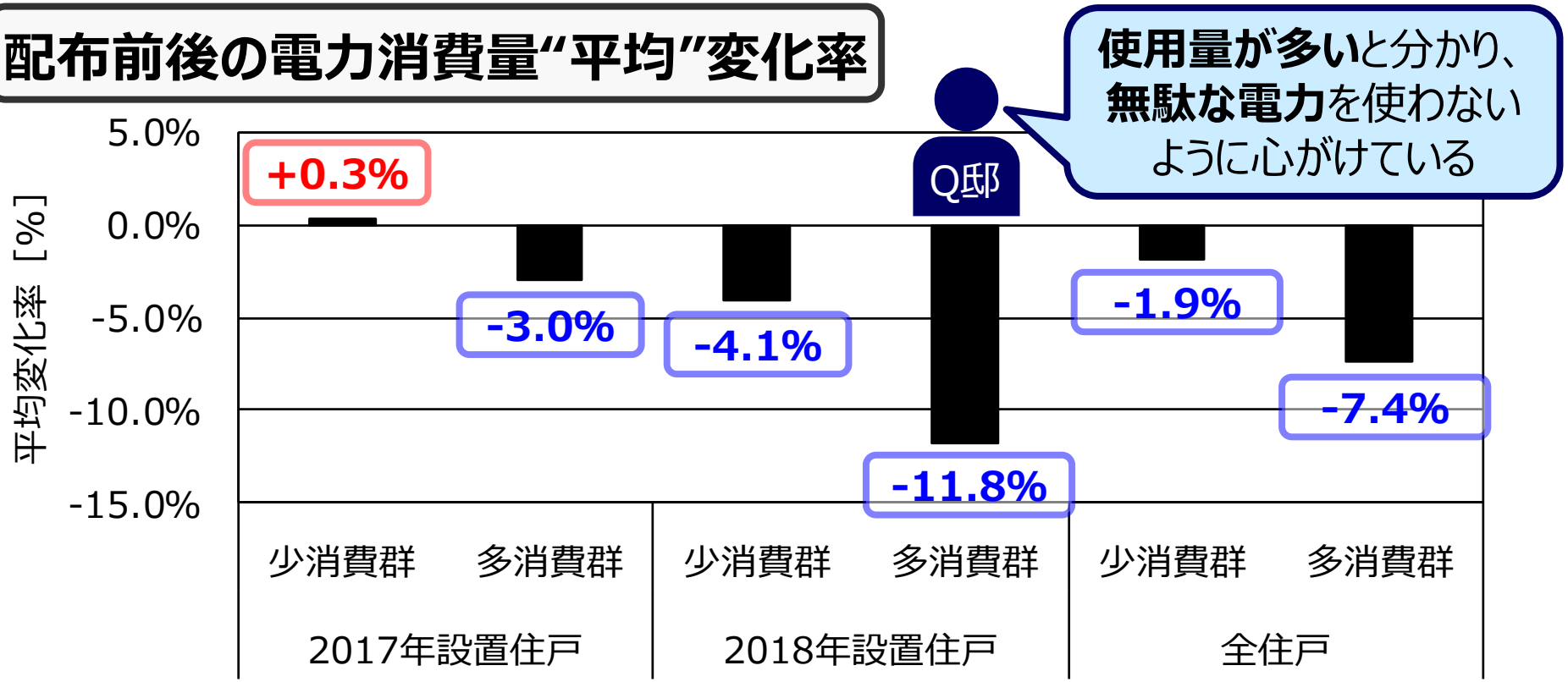
2017年設置　：　約半数の住戸で省エネ効果
2018年設置　：　ほとんどの住戸(1戸除く)で省エネ効果

電力消費量多の住戸ほど、省エネ？

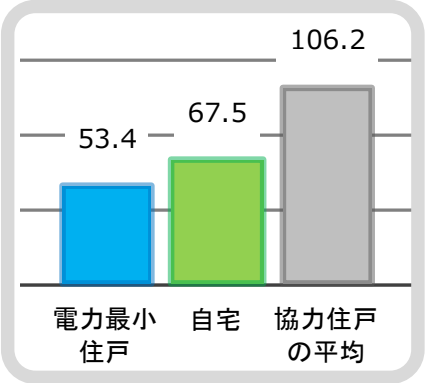
⇒　**平均以下：「少消費群」，平均以上：「多消費群」と分類して分析**

週間環境レポートの効果検証　「省エネ性」

配布前後の電力消費量“平均”変化率



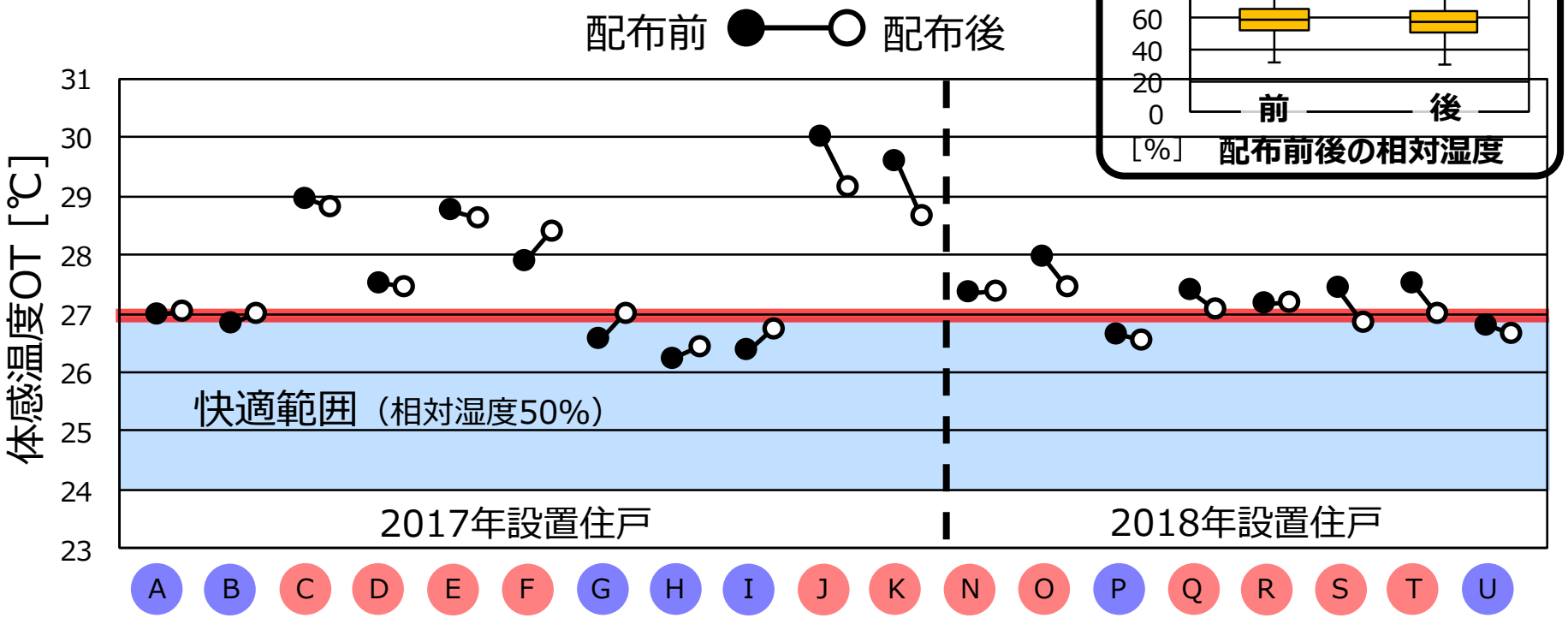
省エネ効果　：「少消費群 < **多消費群**」



他住戸との比較が有効（？）

週間環境レポートの効果検証　「快適性」

在室時における体感温度の平均値



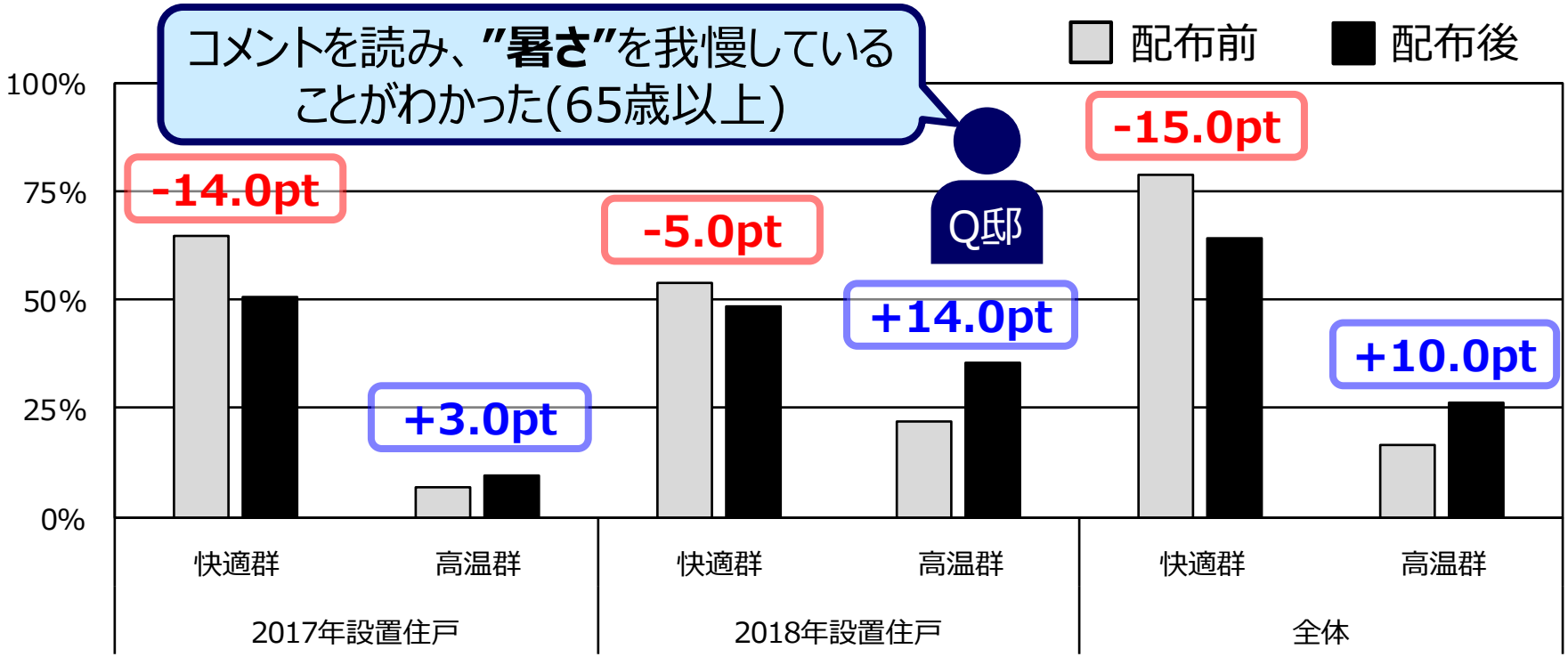
平均値　：　2018年設置 ＜ **2017年設置**

→比較期間における**外気温度**の影響（？）

⇒ **27℃以下：「快適群」，27℃以上：「高温群」と分類して分析**

週間環境レポートの効果検証　「快適性」

在室時の体感温度「24≦OT≦27」の割合



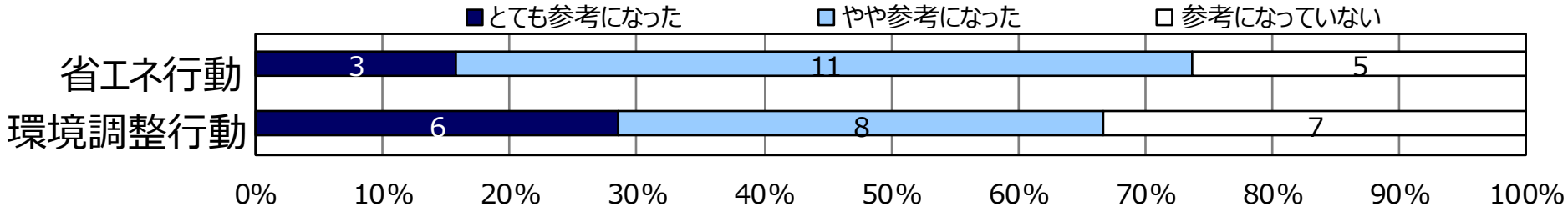
快適群：　快適率 全体「**－15pt**」→減少するも高温群より割合は大きい

高温群：　快適率 全体「**＋10pt**」 ➡ **暑さの我慢への気づき？**

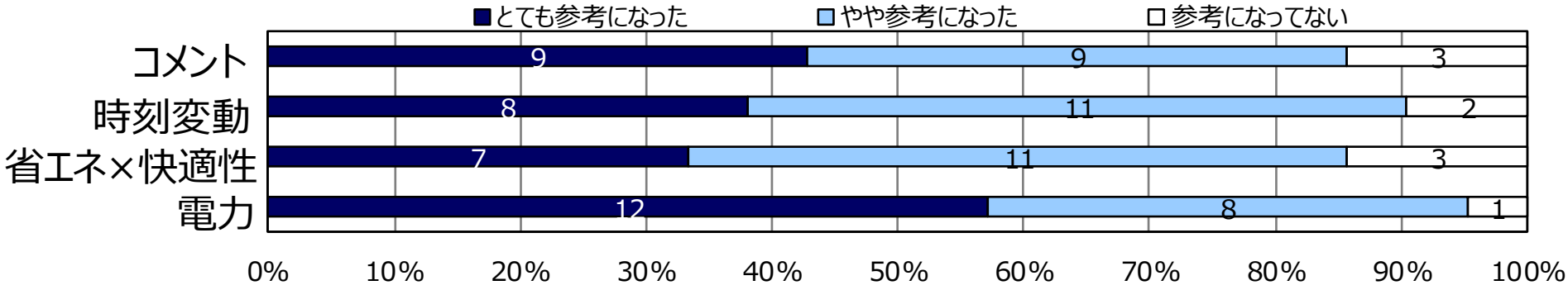
各住戸が環境に応じた行動を実践している

週間環境レポートの参考度

各行動への参考度



各表示項目への参考度



行動　：　環境調整 ＜ **省エネ「70%以上」**

情報ニーズ　：　すべて「**80%以上**」

閲覧　：**電力**情報へのニーズ「**90%以上**」

全住戸が「毎回閲覧」と回答

各種影響要因の分析

各システムの結果への影響要因は？

サイト閲覧・活用 | **アドバイスの活用** | **レポートの効果**

重回帰分析

因子

詳細なシステム説明
家族構成
環境/省エネ意識
生活スタイル（在室時間）

閲覧頻度
各システムの参考度
環境/省エネ行動実践度
注意報発生推定時間

etc…

見える化サイトの閲覧要因

閲覧数が多い住戸の特徴は？

目的変数**「サイトオープン1年目の12月の閲覧日数」**

＊＊p<0.01, ＊p<0.05

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	有意確立（ｐ値）
システム説明	1.73	0.60	＊＊
子ども(有)	1.12	0.41	＊＊
高齢者(有)	0.81	0.20	0.22
省エネ・環境意識	0.49	0.24	＊
昼間在室	0.14	0.07	0.55

修正R^2＝0.76

システム説明　：　影響度が有意に**最も大きい**

子ども　　：　子どもがいる住戸 **閲覧回数 多**

意識の高さよりは…　**システムへの理解度**

見える化サイト活用の要因

サイトの活用度が高い住戸の特徴は？

＊＊p<0.01
＊p<0.05

目的変数**「“サイトを見て実践した”項目数」**

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	有意確立（ｐ値）
システム説明	7.34	0.90	＊＊
子ども	1.67	0.22	0.07
高齢者	-0.80	-0.07	0.66
省エネ・環境意識	0.58	0.10	0.37
昼間在室	0.15	0.03	0.81

システム説明： 唯一、影響度 **有**

修正R^2＝0.78

一方、**「環境行動への参考度」**との相関は、**「サイトを見て実践」**（R=0.68 (p<0.01)）及び**「閲覧日数」**（R=0.55 (p<0.05)）が比較的高い結果であった。

【サイトの活用フロー】

システムへの理解 **活用できる情報** ⇨ **サイトの閲覧へ**

週間環境レポートの効果要因

効果が得られた住戸の特徴は？

＊＊p<0.01, ＊p<0.05

省エネ効果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	有意確立(ｐ値)
[電力]多消費群（配布前）	0.49	0.39	＊
週間ﾚﾎﾟｰﾄ総合参考度	0.46	0.49	＊
外気温（低）	0.79	0.62	＊
高齢者（有）	-0.12	-0.08	0.76
総合参考度	-0.57	-0.66	＊＊

修正R^2＝0.58

快適性向上

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	有意確立(ｐ値)
注意報発生時間減少	0.33	0.34	0.07
[電力]多消費群(配布前)	0.46	0.43	＊
快適群(配布前)	-0.88	-0.77	＊＊
家族人数	0.13	0.59	＊
省エネ・環境意識	0.16	0.20	0.19

修正R^2＝0.70

省エネ効果　　：　**多消費群 ＆ レポートの参考度**

快適性向上効果：　**快適群→「ほどほどに」 / 高温群→「暑さの改善」**

まとめ

「見える化サイト」「LEDインジケータ」「リアルタイムアドバイス」

：**環境行動**への参考 / **LEDインジケータ**の**利用継続**

環境面… **リアルタイムの情報提供**　継続性… **パっとわかる情報**

「週間環境レポート」

：**省エネ**への参考

省エネ効果→他住戸との比較(サイト利用なしでも効果有)

快適性向上→各住戸の温熱環境に応じた変化

省エネ面… **振り返り**　**他住戸との比較**

環境改善　**省エネ効果**

システムへの理解度

自宅の現状を “**レポート**” で把握

↓

リアルタイムの状況を “**サイト**” “**アドバイス**“ ”**LED**” で改善

↓

その積み重ねの結果・効果を “**レポート**” で確認

今後の展望

挙げられた主な課題点

「同じような家族構成やライフスタイルの家の電力量などが気になる」
「省エネや快適性向上の具体的な改善策・行動が分かりにくい」

システム改良の検討

・被験者住戸を子育て世帯、家族人数別などでグルーピングし、自宅が属するグループの中での平均値・最小値との比較
（※今後被験者住戸を増やしていくことが必要）
・アドバイス内容の具体化、行動実践とその効果の情報共有など

窓の外に付ける日よけを購入した

Q邸

その他

・熱中症アラートメール等、見守り機能の強化
・日常的な行動変容や注意喚起にとどまらず、断熱リフォームなど根本的な環境改善策の提案に向けたデータ活用の検討

築40年の木造建築でリフォームを検討しており断熱状態の把握ができた

S邸

ご清聴ありがとうございました。