

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 21 年 6 月 15 日現在

研究種目：若手研究（A）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18686047  
 研究課題名（和文） 省エネ型ライフスタイル普及に向けた  
 住宅エネルギー情報収集・表示システムの開発  
 研究課題名（英文） Development of energy information system in a house  
 for spread of the energy-saving lifestyle  
 研究代表者  
 中島 裕輔（NAKAJIMA YUSUKE）  
 工学院大学・工学部・准教授  
 研究者番号：20329139

研究成果の概要：本研究では、HEMS 導入住戸や一般戸建住宅のエネルギー消費特性とライフスタイルの調査分析をふまえて住宅用エネルギー情報収集・表示システムを開発し、長屋型アパートに試験設置して運用評価を行った。その結果、高効率器具への買い換えや温度データを参考にした住まい方の工夫などシステム導入の効果と見られる様々な省エネ行動の実践が見られ、それに伴う一定の省エネ効果も確認できた。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2007年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

## 研究分野：

科研費の分科・細目：建築学，建築環境・設備

キーワード：環境設備計画

## 1. 研究開始当初の背景

京都議定書の目標達成に向けて、我が国では運輸部門と並んで民生部門の温室効果ガス排出量増加が問題となっている。中でも家庭からの排出量削減は大きな課題であり、政府の温暖化対策推進大綱でも、住宅の省エネ性能向上や設備機器効率の改善とともに、ソフト面の対策として「HEMSの普及」と「エネルギー情報提供の仕組作り」が挙げられている。家庭の省エネは、住宅・家電メーカー、エネルギー事業者等が取り組みながらも、これまでは各家庭の消費実態を居住者自身が詳細に把握できる手段がなく、企業や研究者

も適切にアドバイスをできる状況ではなかった。そのため、エネルギー消費実態とライフスタイルの調査分析を行いながら、省エネ行動の実効性を明らかにする必要がある。

また、従来の HEMS 研究では住宅設備の自動制御による省エネ化が主目的であったが、この自動制御による省エネ効果はほとんど認められなかったという報告も多く、住戸ごとに異なるライフスタイルと自動制御との間の整合性を取ることに課題は多い。そこで本研究では、省エネ型ライフスタイルの普及を目指し、環境・エネルギー情報の収集・表示に重点を置いたシステム開発に着目した。

## 2. 研究の目的

(1) HEMS 事業の一環で札幌市の戸建住宅団地内の 50 戸に導入されたエネルギー計測システムを活用し、関東地域での類似仕様の戸建住宅のエネルギー消費量調査と合わせて、地域に応じたエネルギー消費特性の把握、及び室内外環境・エネルギー消費・省エネアドバイス等の情報提供による省エネ行動実践状況の把握を行う。その上で、節電から空調負荷削減につながる住まい方の工夫まで、様々な省エネ行動の取り組み易さとその実効性を明らかにする。

(2) 住宅設備の自動制御は家庭生活には馴染みにくいことから、省エネ型ライフスタイルの普及に向けて、環境・エネルギー情報の収集・表示に重点を置いたシステムの開発を行う。この開発では、既存の HEMS や省エネナビのほとんどが家電機器の節電に特化したものであるのに対して、本開発では「建物の賢い使い方」に関わる情報提供に着目し、建物のパッシブ性能を活かす室内外の環境情報の収集・表示のための開発に重点を置く。そして、実際の住宅に試験設置して一定期間の運用を行い、その効果の検証までを行うものとする。

## 3. 研究の方法

(1) 北海道札幌市内の住宅団地 50 戸に NEDO の実証実験の一環で導入された HEMS では、外部気象、室内温度、暖房・給湯・部屋及び機器単位の各種電力消費量に加えて、暖房機器の発停状況や温水往還温度、貯湯槽内部温度等の設備稼働データ、モニタ画面の閲覧状況ログデータまでを収集蓄積している。これらの各種計測データから、エネルギー消費特性や暖房・給湯設備機器の使用特性、家族構成によるライフスタイル特性等についての詳細分析を行うとともに、HEMS を利用した情報提供による省エネ意識・省エネ行動の動向及び省エネ効果の検証を行った。

(2) ハウスメーカーの協力を得て、関東地方の仕様がほぼ同じである戸建住宅を対象として、エネルギー消費特性と住まい方に関する調査を行った。具体的な調査内容としては、月別の電力・ガス・灯油といったエネルギー消費量に加えて、住民の環境意識や省エネ行動の実践状況、夏期・冬期における過ごし方、情報提供ツールの認知度・関心度などである。そして、設置設備の種類とその使い方及び住まい方の違いによるエネルギー消費特性について分析を行った。

(3) 前述の調査結果をふまえて、エコライフ情報システム(EcoLIVES)を試作し、東京都内の長屋型アパートの 4 世帯に試験設置して運

用調査を行った。本システムは、エネルギー消費量に加えて室内外の温熱環境もリアルタイムで計測して分かりやすく表示するものであり、その時に応じた適切な省エネアドバイスを提供して居住者の「気付き」を高めることを意図したものである。このシステムの運用分析を通じて、情報提供による省エネ意識向上と実質的な省エネ効果を検証し、実用的なツールとしての確立を目指す。

## 4. 研究成果

(1) 設備の違いによるエネルギー消費特性の分析

寒冷地住宅における設備の種類・使い方及び住まい方とエネルギー消費の相関性について、HEMS 導入団地の 49 世帯と新たに調査した 63 世帯の計 112 世帯で分析を行った。得られた主な知見を以下に挙げる。

・一次換算の暖房エネルギー消費量では、灯油温水セントラルに対して蓄暖は 1.5~2.0 倍と効率が高く、温水式電気 HP はほぼ同程度で HP 効率が確保できている状況であった。

・暖房設備では、灯油温水セントラル世帯が 1 室に集まって過ごし、厚着の世帯が多い傾向であるのに対して、温水式電気 HP 世帯では別々の部屋で過ごし、薄着の世帯が多い傾向が見られた。

・給湯設備では、灯油給湯機世帯は湯温調節の意識が高く、意識の有無の差は給湯消費量で 2 割程度であったが、電気温水器世帯では湯温調節の意識が低い世帯が多い傾向が見られた。

・電力では、待機電力削減など電力消費削減を配慮している世帯は全電化住宅の方が多く結果となり、その意識・行動の違いは電力消費量で約 15%の差となって見られた。

(2) HEMS モニタによる省エネ効果分析

HEMS 導入後 2 年半、モニタ画面の変更及び追加設置後 1 年が経過した前述の HEMS 導入団地について、その省エネ効果の分析を行った。HEMS 設置住戸の仕様と表示モニタによるグループ分類を表 1 及び表 2 に示す。得られた主な知見を以下に挙げる。

・前年度との気温の違いを考慮してもほぼすべての世帯で暖房エネルギー削減効果が見られ、特に追加設置した世帯では前年度比で 2 割以上削減した世帯も複数あった(図 1)。

・住まい方の工夫と暖房エネルギーの相関を実行世帯と非実行世帯の平均値で比較すると、モニタの操作で 5%、服装の違いで最大 30%、換気扇のこまめな ON/OFF によって 15%の削減が見られた(図 2)。

・運用開始から 3 年経過時点のモニタ画面の利用頻度では、よく見続けている住戸と徐々に見なくなっている住戸がほぼ半々であり、その理由では、省エネ行動が身に付いたとい

う回答が最も多かったが、情報の使い方が分からないという回答も複数戸見られた。

表1 HEMS 設置住戸の建物・設備仕様

立地	北海道札幌市内 地区・地区
構造	木造2階建
延床面積	106.4 - 132.9㎡ (平均116.0㎡)
断熱仕様	グラスウール16K 75mm/100mmの2種類 (住戸により異なる)
開口部	Low-E複層ガラス/樹脂サッシ
暖房設備	ヒートポンプ式温水暖房システム (各室パネルヒーター) 熱源機 定格HP加熱能力6.0kW, 補助ヒーター2.7kW, 定格COP3.0
給湯設備	電気温水器 (ヒーター定格5.4kW/タンク容量460?)
太陽電池	平均出力2.45kW (屋根一体型)
その他	セントラル換気システム, JHヒーター (オール電化仕様)

表2 表示モニタの種類によるグループ分類

調査地区	住戸グループ	モニタでの暖房制御	一般電力詳細表示 回路別 合計値	モニタ導入時期
地区	グループA (13住戸)			2004年9月~
	グループB (24住戸)	x	x	2004年9月~
地区	グループC (12住戸)			2005年12月~

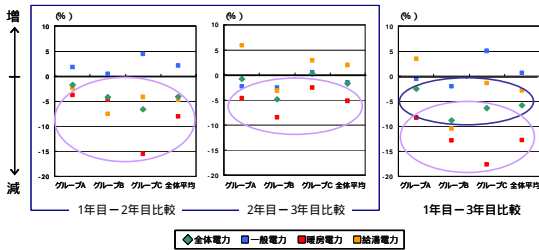


図1 グループ別・用途別電力使用量増減率

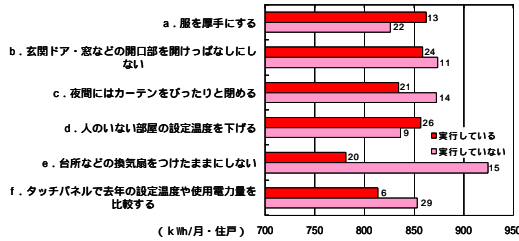


図2 暖房関連アドバイスとエネルギー消費の関係

### (3) 関東地方の戸建住宅におけるエネルギー消費特性と住まい方の調査分析

関東地方の戸建住宅における設備の種類・使い方及び住まい方とエネルギー消費の相関性について調査するため、住宅メーカーの協力を得て 80 世帯にアンケート調査を実施し、有効データが得られた 42 世帯について分析を行った。住宅分類を表 3 に示す。得られた主な知見を以下に挙げる。

・給湯器別で見た年間一次エネルギー消費量平均では、ガス給湯器 119.2GJ、電気温水器 128.5GJ、ヒートポンプ給湯器 106.5GJ となり、同じ全電化でも給湯器の種類によって消費量が大きく変わる傾向が見られた (図 3)。

・暖房設備では、エアコンと比較して電気式床暖房は 1.2 倍、蓄熱式暖房は 1.4 倍の消費量であった。またガスファンヒーターと比較してガス床暖房は 1.4 倍の消費量であった (図 4)。

・全電化住宅では保有機器台数の影響を受けやすく、また電力消費に関わる省エネ行動はガス併用住宅に比べて実践されていない傾向が見られた。

・冷房と暖房の設定温度レベルの回答では暖房設定温度のばらつきが非常に大きく、夏期よりも冬期の方が世帯ごとの着衣量や快適感覚に違いがあると考えられる (図 5~6)。

・省エネナビ等の情報提供ツールに対する関心度を聞いたところ、使ってみたい世帯が 5 割以上と多く、導入すれば省エネ行動の実践につながると思う世帯が約 8 割であり (図 7~8)、エネルギー関連の情報提供に関して一定のニーズがあることが分かった。

表3 住宅分類表 (給湯器別分類)

分類	住宅仕様	給湯	エネルギー有効データ数
全電化	HP給湯器		12
全電化	電気温水器		8
ガス併用	ガス給湯器		19
石油併用	石油給湯器		3

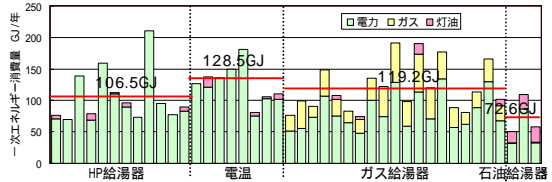


図3 一次エネルギー消費量 (エネルギー種別)

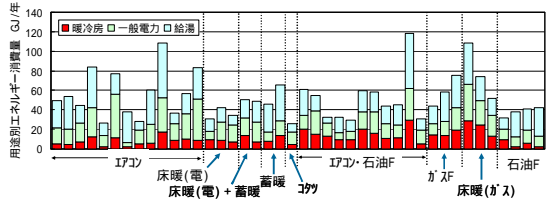


図4 一次エネルギー消費量 (用途別)

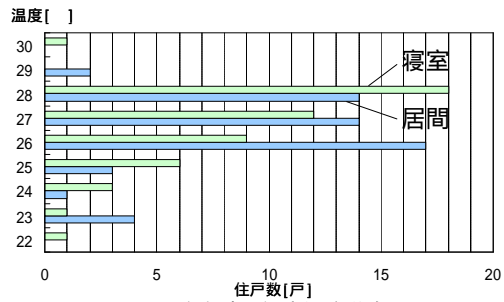


図5 冷房時の設定温度分布

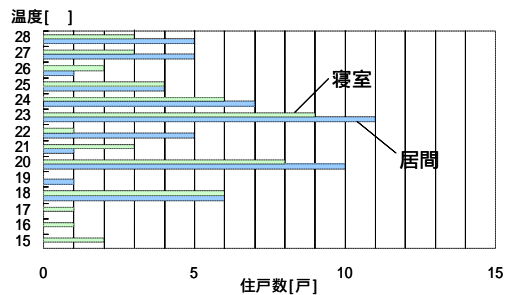


図6 暖房時の設定温度分布

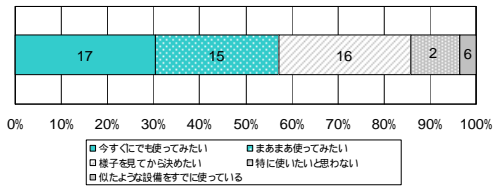


図7 省エネナビ等への関心度

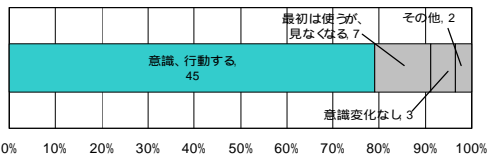


図8 省エネナビ等の使用による意識の変化

(4) エコライフ情報システムの開発

(1)~(3)までの調査分析結果をふまえ、新たな住宅エネルギー情報収集・表示システムとして、エコライフ情報システム(EcoLIVES)の開発を行い(図9)、新築アパートに設置して試験運用を行った。建物概要を表4及び図10に、システム概要を以下に挙げる。

・外部気象(温湿度、日射量、風向風速、降水量)室内温湿度(部屋別)回路別電力消費量、ガス消費量、水道消費量をリアルタイムに計測し、それらを分析してその時々に応じた適切な省エネアドバイスを提供する。電力量表示や家電の制御が中心の従来型 HEMSとは異なり、日射遮蔽や通風の促進、着衣量の調整など「建物の賢い使い方と快適な過ごし方」にも着目し、住戸ごとの快適性に配慮しつつ、省エネ行動全般に対する情報とアドバイスをリアルタイムに表示するシステムである(図11)。

表4 アパートの建物概要

立地場所	東京都足立区
竣工年月	2007年11月
構造	木造2階建
住戸数	4戸(ソリネット型長屋形式)
居住者数	1人~3人(竣工時)
延床面積	194.4㎡(48.6㎡/戸)
給湯設備	ガス給湯機
冷暖房設備	標準装備無し(入居者持込による)
その他の環境配慮要素	ハットプソーラーシステム(空気集熱式)、住戸別菜園、蓄熱タイル土間、雨水タンク、排熱用天窓等

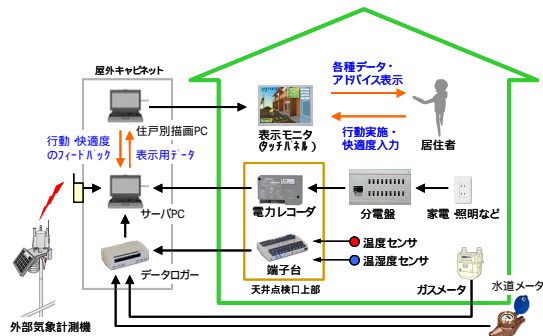


図9 試作システム系統図

・住戸ごとのライフスタイルに合わせた情報提供を行うことでシステムの利用度向上を図っており、省エネ行動の実行状況によってポイントがたまり、キャラクターが成長する仕掛けも組み込んでいる(図11)。



図10 アパート外観と1階平面図



図11 モニタ設置状況と画面表示内容例

(5) エコライフ情報システムの運用評価

長屋型アパート4戸に試験設置して2008年3月に稼働を開始したエコライフ情報システム(EcoLIVES)について、各季節ごとの実測調査や居住者へのヒアリング・アンケート調査も交えながら、その使い勝手や居住者の省エネ意識向上及び省エネ効果の検証を行った。主な調査結果とその分析を以下に示す。

・各住戸の省エネ行動実行度とシステムのモニタ画面参考度を比較すると、実行度が全般的に高い1住戸ではモニタ参考度も高く、特にリアルタイムの温度や電力量を参考にしていることが分かった(図12)。参考度が全般的に低い2住戸では、温熱環境項目は体感から行動していることが多いとのことであった。また、現状のシステムに対して過去の気象・エネルギーグラフ閲覧や多くのアドバイ



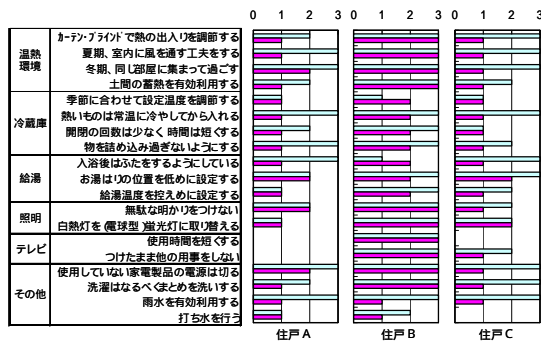
スなど内容の更なる充実を求めている住戸もあり、居住者の行動レベルに合わせた段階的な内容の組み込みも必要であると言える。

・1住戸では、モニタの情報がきっかけとなって白熱灯から蛍光灯へ交換し、居間の照明電力が約 1/4 となった事例が見られた(図 13・住戸 B)。また、試験的にモニタを強制停止した時期と比べて台所の消費電力が約 4 割削減された事例も見られた。その他にもエアコンと扇風機の消費電力の大きな差を認識するなど、モニタの情報によって気づきが向上して省エネにつながるケースが見られた。

・モニタ閲覧回数の推移を見ると、秋から冬にかけて増加が見られ、暖房や給湯のエネルギー消費が増加する時期に利用頻度が上がっている様子が見られる(図 14)

・内外の気象条件等の測定データから随時演算して適切なタイミングで表示を行うアドバイスメッセージへの居住者の対応状況を見ると、冬期のメッセージ(障子による保温アドバイスなど)への対応が多く、省エネルギーに直結する冬期の室内環境の調整にモニタとこのメッセージが活用されている傾向が見られた(図 15・表 5)。

アパートの居住者の環境意識がもともと比較的高いこともあり全体として顕著な省エネ効果は把握できなかったが、住戸ごとの調査からはシステムによる明らかな省エネ意識向上と省エネ効果が得られたと言える。



■ 実行度 1: ほとんど実行していない/2: たまに実行している/3: よく実行している  
 ■ 参考度 1: ほとんど参考していない/2: たまに参考している/3: よく参考している  
 0: 対象機器なし等)

図 12 省エネ行動実行度とモニタ参考度

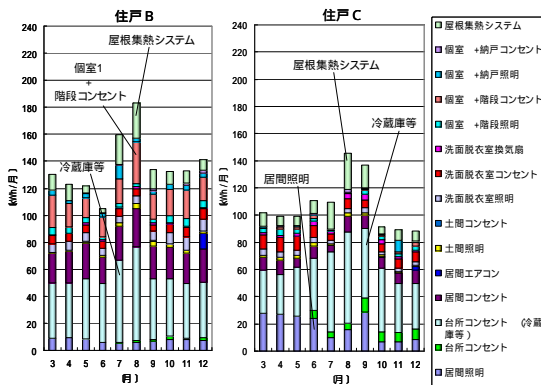


図 13 回路別電力使用量(2008年3~12月)

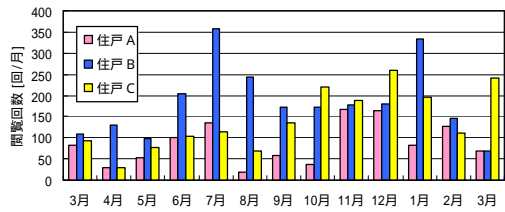


図 14 モニタ閲覧回数の推移(2008/3~2009/3)

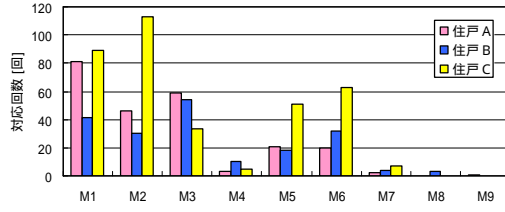


図 15 アドバイスメッセージ対応回数(2008/3~2009/3)

表 5 アドバイスメッセージ内容

番号	時期	アドバイス内容	表示条件/メッセージ
1	通年	人のいない部屋の照明がついていないか確認しましょう	-
2	通年	使っていない家電製品の電源は切らしましょう	-
3	冬	外が冷えてきたので、カーテンや障子を開けて部屋の熱を逃がさないようにしましょう	外気温、室温
4	冬	天気が良い時間帯なので、積極的に日射を取り入れて部屋を暖めましょう	日射量
5	冬	衣類を多めに着て、暖房設定温度を22℃以下に抑えるよう心がけましょう	-
6	冬	モニタを事前に確認し、人のいない部屋が暖まらないうちにカーテンを開けましょう	-
7	夏	日差しが強い時間帯なので、カーテンやブラインドを閉めましょう	日射量
8	夏	外は暑く、白熱灯を消すので、打ち水をして地面を冷やしましょう	日射量、外気温
9	夏	外が涼しい時間帯なので、窓を開けて涼しい空気を取り入れましょう	外気温、室温、風向風速

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

中島裕輔: ロボットで環境にやさしく暮らす ~ 住宅エネルギー管理ロボット(HEMS) 研究と今後の展望 ~、IEEE SSIT, RAS Japan Chapter 共催シンポジウム - ロボット技術と人間・社会との関わり -, pp31-40、2006年、査読無し

〔学会発表〕(計17件)

佐藤光太郎、中島裕輔: 住宅における環境・エネルギー情報提供システムの構築に関する研究(その4)調査アパートにおけるエネルギー使用状況分析、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2009年8月(予定)

中島裕輔、佐藤光太郎: 住宅における環境・エネルギー情報提供システムの構築に関する研究(その5)システムの使用状況と効果の検討、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2009年8月(予定)

猪俣祥太、小林康祐、佐藤光太郎、中島裕輔: 環境共生型アパートにおけるパッシブ技術と情報提供システム導入による省エネ効果に関する研究(その1)パッシブ技術による省エネ効果の検討、日本建築学会関東支部研究報告集、2009年3月

小林康祐、猪俣祥太、佐藤光太郎、中島裕輔: 環境共生型アパートにおけるパッシブ技術と情報提供システム導入による省エネ効果に関する研究(その2)環境・エネルギー情報提供システム導入による省エネ

効果の検討、日本建築学会関東支部研究報告集、2009年3月

Development of the environment and energy information system in a house (Part1) Development of the experimental system in an apartment, Proceedings of 5th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Nov. 2008, TOYAMA, JAPAN, Yusuke NAKAJIMA, Kotaro SATO

Development of the environment and energy information system in a house (Part2) Evaluation of the experimental system in an apartment, Proceedings of 5th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Nov. 2008, TOYAMA, JAPAN, Kotaro SATO, Yusuke NAKAJIMA

納富昭光、佐藤光太郎、近藤收朝、太田勇、中島裕輔：住宅における環境・エネルギー情報提供システムの構築に関する研究(その1)HEMS導入団地のエネルギー消費と画面閲覧に関する経年分析、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2008年9月

佐藤光太郎、納富昭光、太田勇、中島裕輔：住宅における環境・エネルギー情報提供システムの構築に関する研究(その2)関東一般住宅における住まい方アンケート調査分析、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2008年9月

中島裕輔、佐藤光太郎、納富昭光：住宅における環境・エネルギー情報提供システムの構築に関する研究(その3)環境・エネルギー情報提供システムの試作、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2008年9月

佐藤光太郎、太田勇、中島裕輔：住宅用環境・エネルギー情報提供システムの開発に関する研究(第1報)HEMS導入団地における経年データ分析と一般住宅における住まい方調査、空気調和・衛生工学会大会論文集、2008年8月

中島裕輔、佐藤光太郎：住宅用環境・エネルギー情報提供システムの開発に関する研究(第2報)集合住宅におけるシステム試作と初期運用評価、空気調和・衛生工学会大会論文集、2008年8月

庄子友幸、鈴木美佐子、荻谷公洋、中島裕輔：関東地方の戸建住宅におけるエネルギー消費特性と住まい方に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、2008年3月

佐藤光太郎、納富昭光、中島裕輔：情報提供システムを利用したパンプ手法による快適性向上と省エネルギー効果に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、2008年3月

荻谷公洋、納富昭光、近藤收朝、中島裕輔：住宅設備の違いによるエネルギー消費特

性と住まい方に関する研究 - 寒冷地戸建住宅における調査分析 -、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2007年8月

納富昭光、荻谷公洋、近藤收朝、中島裕輔：戸建住宅団地におけるHEMSを活用したエネルギー需要マネジメントに関する研究(その3)省エネルギー効果の経年分析、日本建築学会全国大会学術講演梗概集、2007年8月

今泉千恵、荻谷公洋、納富昭光、近藤收朝、中島裕輔：寒冷地住宅の設備の違いによるエネルギー消費特性と住まい方に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、2007年3月

中川建太郎、納富昭光、荻谷公洋、近藤收朝、中島裕輔：住宅エネルギー表示モニターを利用した省エネルギー手法に関する研究、日本建築学会関東支部研究報告集、2007年3月

〔図書〕(計1件)

平田裕之、山田貴宏、中島裕輔、畑がついてくいるエコアパートをつくる、自然食通信社、pp68-69,132-137、2008年5月

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：快適条件の算出装置、および温熱情報表示システム

発明者：中島裕輔、納富昭光

権利者：中島裕輔

種類：特許

番号：特願2008-23013

出願年月日：2008年2月1日

国内外の別：国内

取得状況(計0件)

〔その他〕

テレビ報道

JAPAN BIZ CAST、NHK海外放送、2008年8月26日

新聞記事

朝日新聞朝刊・環境エコロジー面、2008年7月30日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 裕輔 (NAKAJIMA YUSUKE)

工学院大学・工学部・准教授

研究者番号：20329139

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし