

集合住宅におけるエネルギー使用実態と分散型電源の導入効果に関する研究

第5報 調査結果に基づく広島・四国における分散型電源導入効果

Study on Energy Use in Multiple Dwelling House and Introducing Effect of Distributed Power Systems

非会員 ○古谷 直樹 (北海道大学)

正会員 濱田 靖弘 (北海道大学)

学生会員 林 龍之介 (北海道大学)

学生会員 村上 勘太 (北海道大学)

正会員 武田 清賢 (北海道ガス)

非会員 木戸 貴也 (広島ガス)

非会員 橋田 祥和 (四国ガス)

Naoki FURUYA *¹ Yasuhiro HAMADA*¹ Ryunosuke HAYASHI *¹ Kanta MURAKAMI*¹

Kiyotaka TAKEDA*² Takaya KIDO*³ Yoshikazu HASHIDA*⁴

*¹Hokkaido University *²Hokkaido Gas Co., Ltd. *³Hiroshima Gas Co., Ltd. *⁴Shikoku Gas Co., Ltd.

Synopsis : Energy saving is important in reducing the energy consumption of the residential sector. We focus on CHP (Combined Heat and Power) system, and evaluate in this study. We carried out an actual measurement of energy use and a questionnaire survey in the multiple dwelling house. This study aims to evaluate energy use and thermal environment in the housing in Sapporo, Hiroshima and shikoku.

はじめに

改正省エネルギー法（エネルギーの使用の合理化に関する法律の一部を改正する法律）では、住宅の省エネルギー性能の判断基準として、基準一次エネルギー消費量があり、それに対する達成率の報告が求められる¹⁾。省エネルギー性能については、断熱・気密性能などに加え、暖冷房・給湯など住宅設備の機器効率を踏まえた評価が必要となる。住宅の省エネルギー性能向上は近年増加傾向にある民生部門における消費電力削減にも重要であり、なかでも寒冷地区である北海道では、家庭部門における一人当たりのエネルギー使用量が全国平均の約 1.5 倍程度²⁾になっているため、最近では、普及が進む潜熱回収型ボイラに加え、さらに高い省エネルギー性・環境保全性を有する家庭用熱電併給（Combined Heat and Power : CHP）システムが注目されている。

一方で、各家庭におけるエネルギー使用形態により、CHP 機器によるエネルギー削減効果は異なってくるため、電力、ガス等のエネルギー使用量を把握し負荷特性を明らかにする必要がある。本報は、集合住宅におけるエネルギー使用実態と分散型電源導入効果に関する一連の研究³⁾の第5報であり、温暖地の集合住宅におけるエネルギー使用実態とアンケートによる各エネルギー負荷予測、居住環境評価を行ったものである。

1. 解析対象世帯の概要

表-1 に今年度の広島・高知・愛媛集合住宅の評価対象世帯の概要を示す。評価世帯は広島が 5 世帯、高知が 5 世帯、愛媛が 4 世帯である。広島においては 2014 年度から調査を行っており、前年度までの 22 世帯と今年度 14 世帯について電力負荷、暖房負荷、給湯負荷の調査を行い、エネルギー消費量と世帯特性の関係を把握するため、アンケート調査を実施した。それぞれの地域で室内の熱環境についても測定を行う。

表-1 広島・四国集合住宅世帯の概要 (2018 年 8 月～)

	世帯No	世帯人数	延床面積[m ²]	住宅階数	築年数
広島	1	3	70	13	1
	2	4	70	5	22
	3	4	70	5	23
	4	5	70	11	29
	5	3	78	8	18
高知	11	4	75.8	8	12
	12	5	70	9	14
	13	4	72.9	7	4
	14	5	72.8	12	12
	15	3	83.4	14	11
愛媛	16	4	70.2	4	26
	18	4	70.2	3	26
	19	4	70.7	3	26
	20	4	67.5	6	26

2. 集合住宅におけるエネルギー使用実態の評価

2.1 広島・四国集合住宅のエネルギー負荷

電力負荷について、広島・四国集合住宅の比較を行った。図-1に比較結果を示す。年間電力負荷の平均は3728 kWhとなった。広島・高知サイト間、高知・愛媛サイト間で有意差が見られた。同様に給湯負荷・ガス暖房負荷についても集合住宅で比較を行った。図-2に給湯、図-3に暖房負荷の比較結果を示す。年間給湯負荷の平均は12.17 GJ、年間ガス暖房負荷の平均は4.11 GJとなった。これらは世帯毎に負荷の量や割合が異なることを確認した。

2.2 アンケート結果の比較

本研究では簡易なアンケートにより世帯のエネルギー負荷を予測し、導入効果を示すことを目標としているため、各世帯の世帯特性についてのアンケートを集計した。内容は、大別してライフスタイル、電力使用状況、給湯使用状況、暖房使用状況の4項目である。各世帯に対して1, 5, 7月の計3回行った。図-4にアンケートの一部を示す。また、これらのアンケート結果は後の2.3で負荷予測式の作成に用いた。

2.3 重回帰分析による負荷予測式の作成

2015年～2016年の広島集合住宅11世帯、2018年以降の広島・四国集合住宅14世帯に対して行ったアンケート結果と、各エネルギー負荷実測値を重回帰分析することで以下の負荷予測式を作成した。

年間電力負荷[kWh]

$$= 180.77 \times X_1 + 258.34 \times X_2 + 122.97 \times X_3 + 1746.09$$

X_1 : 世帯人数[人], X_2 : エアコン台数[台]

X_3 : 合計テレビ視聴時間[h/day], 重相関係数 $R=0.616$

年間給湯負荷[GJ]

$$= 0.4533 \times X_1 + 0.4498 \times X_2 - 1.666 \times X_3 + 52.67$$

X_1 : 湯張り回数[回/週], X_2 : 追い焚き回数[回/週]

X_3 : 夏季平均外気温[°C], 重相関係数 $R=0.443$

図-5に電力と給湯の予測負荷と実測負荷の相対誤差の結果を示す。相対誤差の計算式は以下の通りである。

$$\text{相対誤差} = (\text{予測負荷} - \text{実測負荷}) / \text{実測負荷} \times 100$$

両者の値は概ね一致し、各負荷予測式の有効性を確認した。相対誤差の年間平均値は、電力負荷13.1%、給湯負荷24.9%であった。

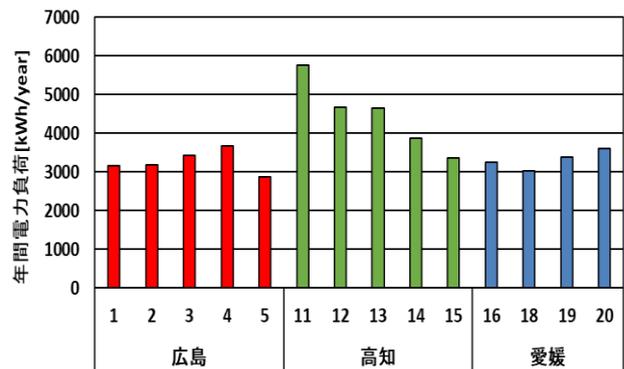


図-1 年間電力負荷比較 (広島・四国集合住宅)

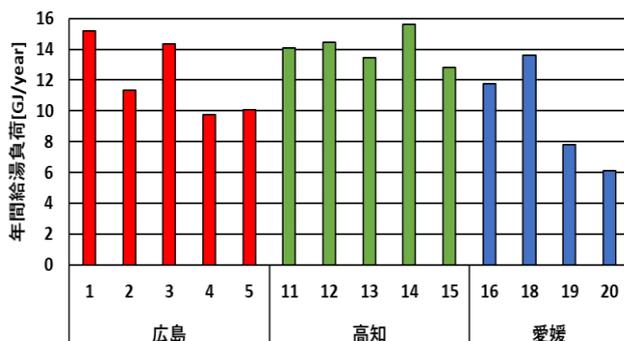


図-2 年間給湯負荷比較 (広島・四国集合住宅)

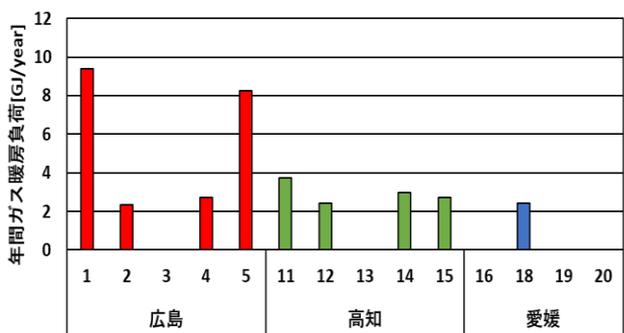


図-3 年間ガス暖房負荷比較 (広島・四国集合住宅)

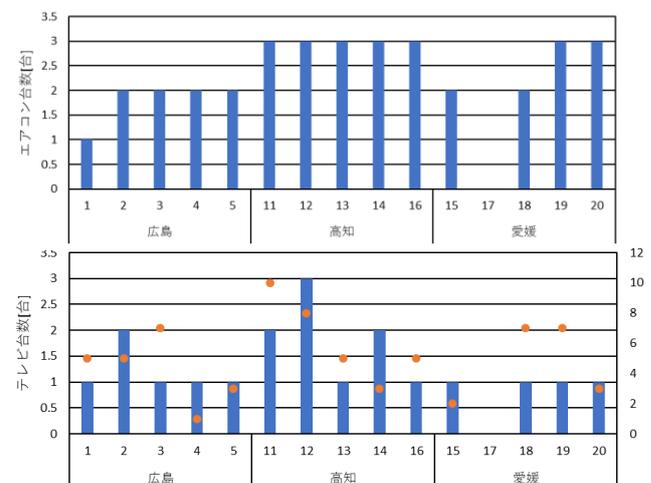


図-4 アンケート結果の一部

2.4 簡易シミュレーションによる CHP 導入効果

次に、得られた予測負荷を用いて簡易シミュレーションを実施し、CHP 導入効果を求めた。本簡易シミュレーションの概略⁴⁾を図-6に示す。まず、得られた年間の電力・給湯予測負荷を、各世帯の実測負荷より求めた月別比率の平均値にて月別に展開する。次いで、同様に各世帯の実測負荷より求めた時刻別比率の平均値にて、月別の負荷をそれぞれ時間帯別に展開する。

得られた負荷予測式を用いて、簡易シミュレーションより従来型システム(商用電源+非潜熱回収型ボイラ)に対するCHPシステム導入時の一次エネルギー削減量を求めた。従来型に対する固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)、固体高分子形燃料電池(Polymer Electrolyte Fuel Cell: PEFC)の一次エネルギー削減率を図-7に示す。各CHPの排熱で賄い切れなかった給湯・暖房負荷については、補助ボイラ(潜熱回収型)にて賄い、各CHPの発電で賄い切れない電力負荷については、系統電力を利用するものとした。これらの計算により、各世帯の商用電力利用料およびガス消費量を決定し、一次エネルギー消費量を試算した。なお、改正省エネルギー法より電力の換算係数、従来型のボイラ熱効率をそれぞれ 9.76 MJ/(kWh)、80%とした。

本シミュレーションで一次エネルギー削減率を算出したところ、全世帯平均はSOFCで15.3%、PEFCで13.4%となり、CHP導入効果が示された。

3. 集合住宅における居住空間の熱環境評価

広島・四国集合住宅における室内環境の実測値を用いて熱環境評価を行った。表-2に健康で快適な温熱環境を保つための評価水準^{5) 6)}について示す。この評価水準を用いて、熱環境評価を行った。

3.1 夏期・冬期集合住宅の熱環境評価

広島・四国集合住宅の温熱環境について、5分毎の温度データ計測を用いて、夏期と冬期における各地域の水準達成率を分析した。評価時間帯はリビングで6~22時で、明らかに不在の時間帯を除くため、各世帯の電力負荷推移からベースラインを決定し、在不在を推察した。夏期においてリビングの評価水準は25~28℃であるが、一日を通して多くの世帯が水準範囲外となった(図-8)。冬期の評価水準は18℃~22℃であるが、多くの世帯が水準範囲内を推移していた(図-9)。

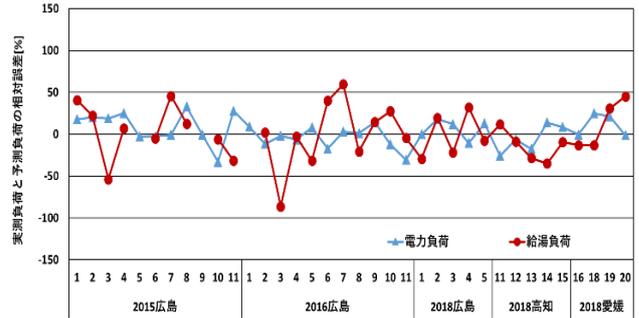


図-5 各エネルギー負荷の相対誤差

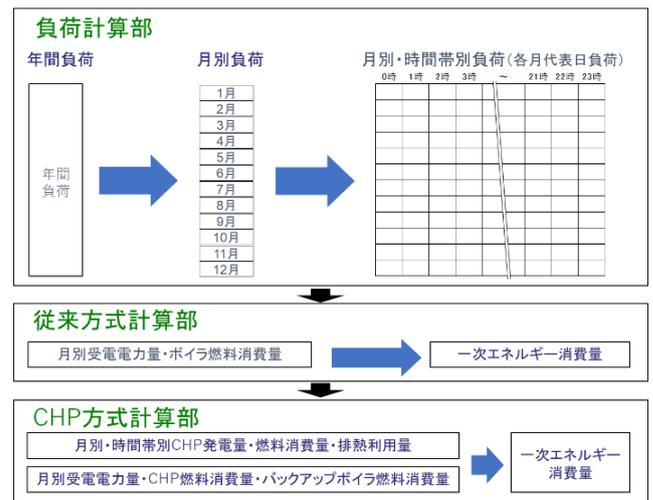


図-6 簡易シミュレーション概略

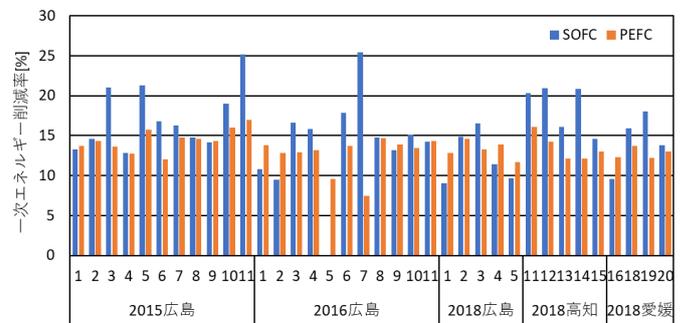


図-7 従来型に対する一次エネルギー削減率

表-2 健康で快適な温熱環境を保つための評価水準

温度	居室温度	夏期: 25~28℃ 冬期: 18~22℃
着衣量[(m ² ・K)/W] 夏期: 0.047~0.093 冬期: 0.124~0.186	非居室温度	夏期: 26~30℃ 冬期: 13~20℃
	活動量[W/m ²] 58.14~69.77	快眠が得られる 寝室温度
湿度	相対湿度	40~60%
放射	人体が触れる暖房器等の表面温度	上限40℃
	床暖房表面温度	上限29℃
気流	室内気流	暖房: 上限0.15m/s 冷房: 上限0.25m/s
		室温温度差
温度の均一度	室内上下間の温度差	上下温度差3℃以内
	外気との温度差	夏期: 5~7℃以内

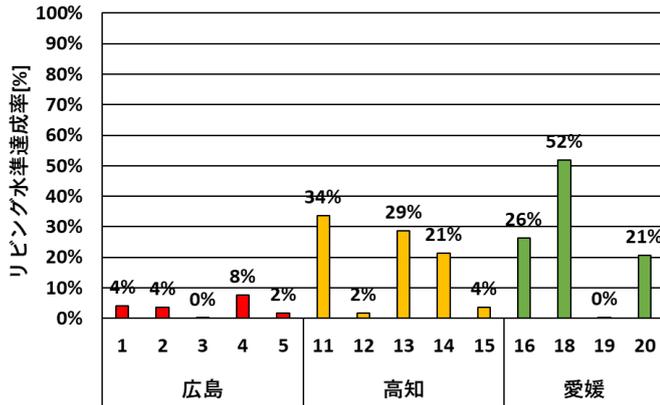


図-8 夏季リビング水準達成率

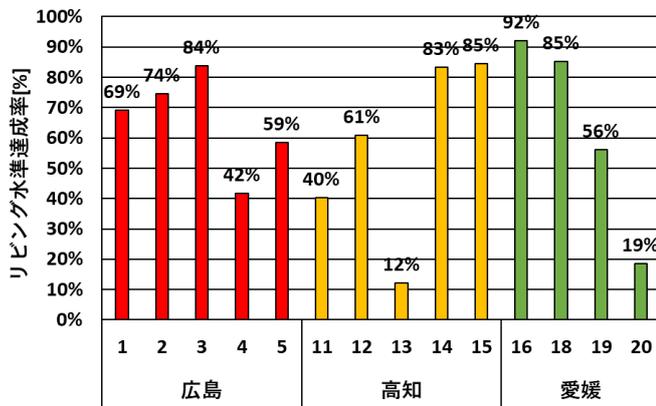


図-9 冬期リビング水準達成率

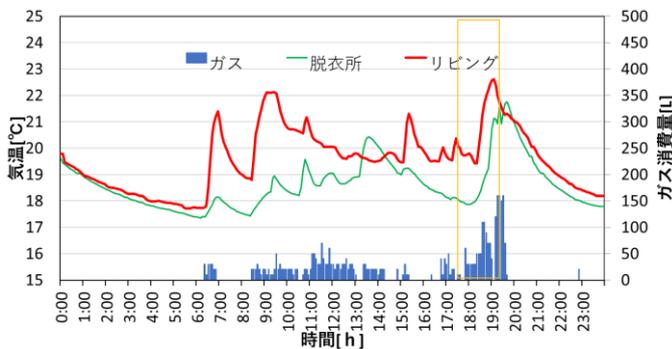


図-10 リビング・脱衣所温度推移 (広島)

3.2 冬期集合住宅における脱衣所の熱環境評価

代表世帯における冬期の脱衣所とリビングの温度差について評価を行った。図-10～図-12に各地域の代表世帯における脱衣所とリビングの温度推移を示す。評価を行う際、ガス使用量から入浴時間を予測し、その時間帯前後に着目して評価を行った。各地域で評価水準下限の13°Cを大幅に上回り、リビングとの温度差も5°C以内であることを確認した。入浴時脱衣の際には20°C以下でも各種生理量に影響を及ぼすことから、留意が必要である⁷⁾。

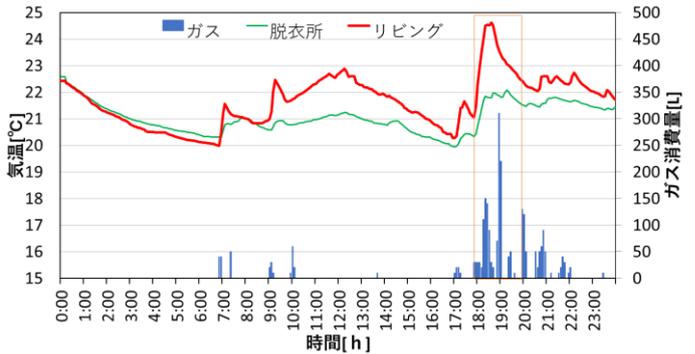


図-11 リビング・脱衣所温度推移 (高知)

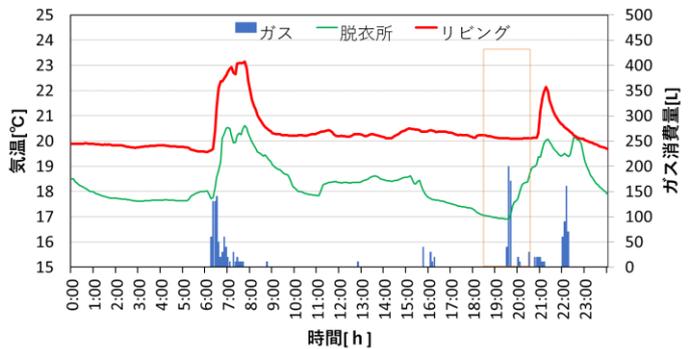


図-12 リビング・脱衣所温度推移 (愛媛)

まとめ

- ・簡易なアンケート結果から、各エネルギー負荷予測式を作成し、有効性を確認した。
- ・集合住宅におけるCHP導入支援ツールを作成、導入効果を算出した結果、一次エネルギー削減率は約15%となった。
- ・健康的な室内環境を保つための評価水準について、広島・四国の両地域で夏期のリビング達成率は低かったが、冬期は概ね達成していた。

参考文献

- 1) 経済産業省、国土交通省；告示第1号、(2013-1)。
- 2) 北海道経済産業局；北海道のエネルギー消費動向について(2008年度版)。
- 3) 濱田靖弘ら；集合住宅におけるエネルギー使用実態と分散型電源の導入効果に関する研究(第1～4報)、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集(2016-2019)
- 4) 武田清賢ら；寒冷地における家庭用熱電併給システムの導入支援ツールに関する研究、エネルギー・資源、36-1(2015-1)、pp.9～15
- 5) 国土交通省；健康で快適な温熱環境を保つための提案水準、1991
- 6) 大内孝子；住まいと環境、2010、彰国社
- 7) 柴田侑治ら；寒冷ストレスが血圧および体表温に及ぼす影響、空気調和・衛生工学会北海道支部第48回学術講演会論文集(2015-3)、pp55-58