

集合住宅における震災前後の用途別エネルギー消費量把握の試みと居住者意識の分析

Analysis of energy consumption and consciousness of inhabitants before and after Tohoku Earthquake in apartment houses

学生会員 ○山浦 賢 (東京理科大学) 技術フェロー 井上 隆 (東京理科大学)

正会員 小林 謙介 (東京理科大学) 非会員 松木 義也 (エーイーエムシージャパン株式会社)

Ken YAMAURA*1 Takashi INOUE*2 Kensuke KOBAYASHI*2 Yoshiya MATSUKI*3

*1Graduate school, Tokyo University of Science *2Tokyo University of Science *3AEMC Japan Co.Ltd.

Changes in energy consumption and energy-saving consciousness of inhabitants in apartment houses before and after the Tohoku Earthquake 2011 were studied. As a result, the followings have been obtained; 1) Electricity consumption in 2011 greatly decreased compared to 2010. While in 2012 electricity consumption slightly increased in summer but slightly decreased in winter, when there was a slight increase in gas consumption compared to 2011. 2) Our estimated energy consumptions by use were examined for accuracy verification. Also, energy consumptions by use were analyzed. 3) Questionnaire responses from inhabitants revealed the ratios of those who were more aware of energy saving were higher not only immediately after the Earthquake but also ever after the Earthquake.

1. はじめに

我が国のエネルギー消費において、住宅のエネルギー消費の占める割合は大きく、その実態の把握は必要不可欠である。更に、東日本大震災の影響による電力不足から、特にピーク時間帯の電力供給が逼迫し、夏期・冬期における節電が求められている。また、特に人口・世帯数ともに多い都市部では集合住宅の割合が多く、その省エネルギー方策を講ずる上では、集合住宅を対象とした検討は必要不可欠である。一連の研究では①震災前から現在まで、東京近郊の集合住宅において、エネルギー消費データの収集・分析、②東京近郊の別の集合住宅において震災に関するアンケート調査を行っている。

本研究では、これらのデータをもとに、東日本大震災前後の集合住宅のエネルギー消費に関して、熱源別だけでなく用途別にまで踏み込んで実態の把握を行うこと、また居住者の意識の変化を把握することを目的とする。

2. 震災前後のエネルギー消費実態

2.1 検討概要 表1に対象建物の概要を示す。本検討では、東京近郊に位置する集合住宅K(以下、住宅K)及び集合住宅T(以下、住宅T)を対象として検討を行った。住宅Kは2010年秋から順次入居が開始されており、現在も順次居住世帯数が増えている。2013年3月時点では約250件のデータを得ている。熱源は電力と都市ガスを併用しており、全住戸で電力・ガス・水道使用量を計測し、それぞれ10分間隔のデータを取得した。

2.2 月別の変動 図1に、住宅Kにおける熱源別エネルギー消費量の月変動を示す。11~4月においては、外気温が低い程エネルギー消費量が多くなっているため、エネルギー消費量に外気温が影響していることが確認できる。また、本分析期間では、電力のピークは夏期と冬期、ガスのピークは冬期となっており、全体では冬期が最大となり夏期が最小になった。このほか、月別のエネルギー消費量のばらつきをみると、特に冬期(12~3月)におい

表1 調査建物概要

名称	集合住宅K	集合住宅T
所在地	関東	関東
階数	7~25階の住棟6棟	5階
住戸数	約880戸(現在約250戸)	約1000戸
構造	RC構造	RC構造
使用熱源	電力・都市ガス	電力・都市ガス
各住戸面積	約60~130m ²	27~85m ²

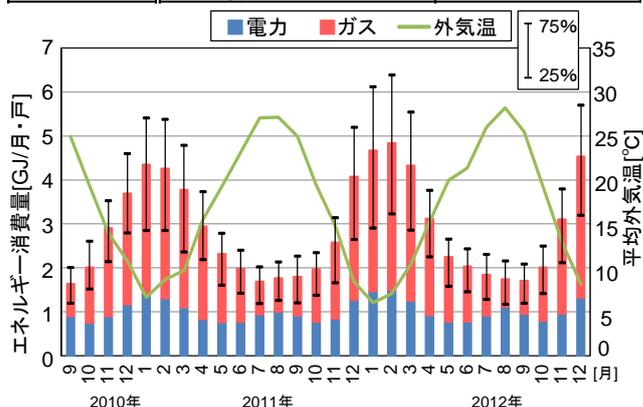


図1 住宅Kにおけるエネルギー消費量の月変動と外気温の推移

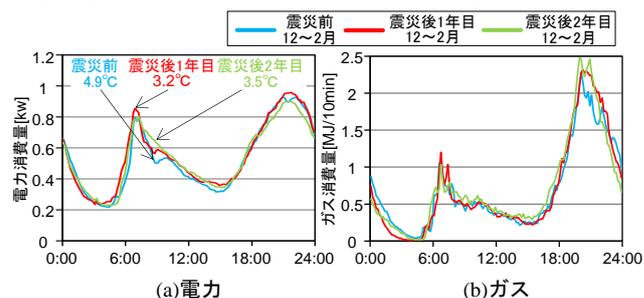


図2 10分毎の冬のエネルギー消費量時刻変動 (N=19)

てばらつきが大きいことが確認できる。

2.3 冬期のエネルギー消費時刻変動 図 2 に、震災前（2010 年度）、震災後 1 年目（2011 年度）、震災後 2 年目（2012 年度）の冬期期間平均における電力（左）及びガス（右）消費量の時刻変動を示す。電力消費量についてみると朝と夜にピークを形成し、朝のピーク時の消費量が夜と同程度になっていることが分かる。震災後の 2 年は震災前に比べ冬期の平均気温が低いにもかかわらず、消費量の時刻推移はほぼ同程度となった。ガス消費量は朝と夜にピークを形成し、日中も約 0.5[MJ/10min]の消費が続いている。要因として、給湯やガス床暖房利用などが考えられる。また、震災後の 2 年は夜のガス消費量が若干増加した。これは、震災後の 12 月～2 月は、震災前より外気温が低いことが原因と思われる。

電力における朝のピーク時消費量は暖房による影響が大きいと考えられる。そこで各世帯における朝のピーク消費量の平均と当該時刻の外気温についての関係を図 3 に示す。外気温が低くなるにつれて電力における朝のピーク消費量が多くなっている様子が観察された。

2.4 エネルギー消費量と外気温 既往の報告¹⁾より、震災後 1 年目は震災前に比べて電力消費量が大幅に減少したことが分かっている。震災後のエネルギー消費変動を把握するため、震災後 1 年目である 2011 年度と 2 年目の 2012 年度について比較を行った。

図 4 に日毎の世帯平均電力消費量と外気温の関係を示す。電力と外気温は、どの期間においても相関が高い。左図より 2011 年度に比べ 2012 年度は、夏期では外気温が高くなるほど消費量が若干多くなった。また、冬期では外気温が低くなるほど、消費量が若干少なくなった。右図より、夏期は前年度に比べて消費量がわずかに増加し、冬期は減少したことが分かる。なお、2012 年度の夏期の消費量も、震災前と比較すると小さかった。図 5 に日毎の世帯平均ガス消費量と外気温の関係を示す。ガスと外気温では、相関係数が 0.3～0.7 程度となった。左図より、ガス消費量は夏期では年度による大きな変動は見られなかったが、冬期では外気温が低くなるほど 2012 年度の消費量が多くなった。右図を見ても、冬期の平均ガス消費量が増加していることが分かる。

3. エネルギー消費実態の詳細把握

3.1 用途分解手法 既往の報告¹⁾では、住宅 K において詳細な検討を行うため、熱源別のエネルギー消費量から用途別への分解手法を検討している。図 6 にガスの用途分解手法を示す。ガスにおいては、水道と同時に使用されているもののうち、ガス・水道消費量の上位 95%を給湯とし、残りをその他とした。なお、図 6 で抽出される給湯は水道の使用を伴うものであり、浴室での追い焚きなどのガス消費は含まない。図 7 に電力の用途分解手法を示す。電力においては、年間で消費量が最低となる月を抽出しその月からの消費量の増分を、冬期では暖房、夏期では冷房とした。

3.2 用途分解の精度検証

3.2.1 精度検証方法 3.1 で示した手法の精度検証を行うため、住宅 T の 3 世帯において詳細なエネルギー消費の実測をした。表 2 に実測調査概要を示す。対象世帯では、ガス・水道消費量を 1 分間隔で取得しただけではなく、ガスが消費される部位（キッチン給湯器、ガスコンロ、浴室給湯器、シャワー）ごとに温度計を設置し、ガス消費量と温度変化から、用途ごとの時刻別消費量を把握した。本実測の調査期間は 2013 年 1 月 21 日～1 月 30 日の

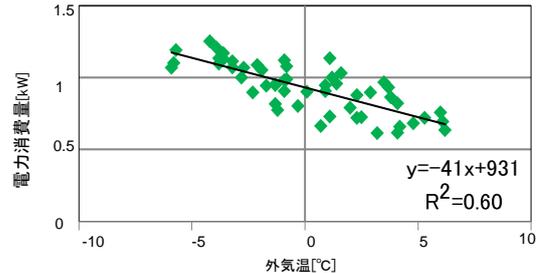


図3 平日朝ピーク電力消費量と外気温の関係(N=70)

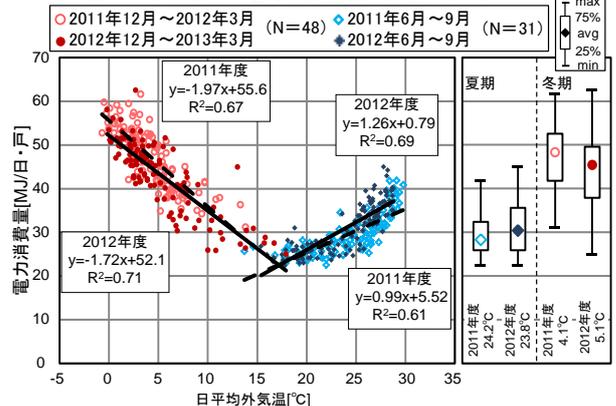


図4 電力消費量と外気温の関係(左)と消費量の分布(右)

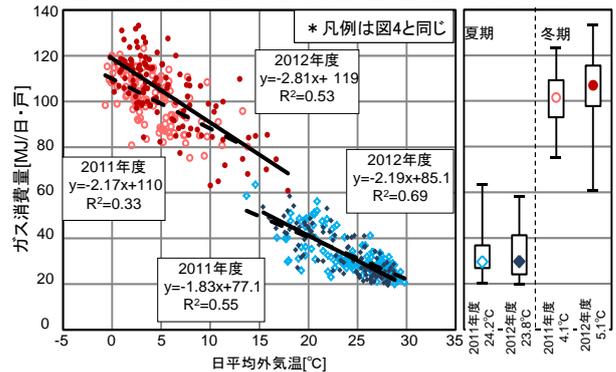


図5 ガス消費量と外気温の関係(左)と消費量の分布(右)

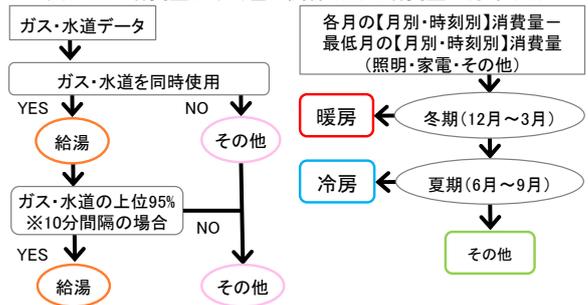


図6 ガス用途分解手法

図7 電力用途分解手法

表2 実測調査概要

調査対象		集合住宅T
計測方法	水道	メーターの回転数を1分間隔で計測
	ガス	メーターの回転数を1分間隔で計測
	温度	温度データロガーで1分間隔の測定

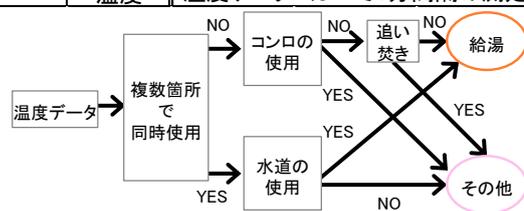


図8 給湯抽出フロー

10日間である。

図8に実測データの用途分解のフローを示す。温度データの上昇が1か所のみ場合は、上昇した用途にガスが使用されたと判断し、キッチン水栓・浴室給湯器・シャワーは給湯、ガスコンロはその他とした。一方、2ヶ所以上で使用がある場合、ガス消費とともに水道消費があれば、給湯と判断し、水道使用がなければその他と判断した。なお、本手法では追い焚きによるガス消費も給湯と判断される。1分、10分データからの用途分解では、追い焚きを給湯に含めていないため、浴室給湯器による消費のうち、同時に水道消費がない場合を追い焚きとして抽出し、その他に分類した。

検証では、実測した温度データをもとに消費量を計測したものを①実測データ、1分毎のガス・水道消費量の同時使用で給湯を抽出した②1分データ、図6に示す方法で10分毎のデータを用いて抽出した③10分データの3つのデータを比較した。

3.2.2 検証結果

(1)積算値の比較 各モニター世帯の①～③における毎日の給湯抽出結果を実測期間で平均した結果を図9に示す。①と②、③を比較して、毎日の消費量の差が最も大きくなるのはB1邸であるが、その差は一割程度に抑えられていることが分かる。しかし積算値の比較では、①で給湯と分類された消費が②でその他と分類された場合やその逆の場合の不一致となった分の消費量が積算によって相殺され、実際よりも誤差が小さくなる可能性が考えられる。そこで時刻ごとの検討を行った。

(2)時刻ごとの一致・不一致の状況 図10～12に時刻ごとの一致・不一致に関する検証結果を示す。例えば、①実測データと②1分データの比較の場合、1分毎に両者のデータを比較し、双方とも給湯またはその他に分類されている場合（一致）と、双方が異なった分類となった場合（不一致）の日平均消費量とその割合を、ガス消費量ベースで集計した。

図10の①実測データと②1分データでは、5～10%程度一致しなかった。特に一致しない割合が高かったB1邸は、洗濯と追い焚きが同時に行われたケースが見られ、これを②1分毎データの方法で用途分解すると給湯になることが大きな原因だった。

図11の①実測データと③10分データでは、最大で25%程度一致しなかった。10分データの場合、1分データに比べてその区間でガスと水道を別々に使用していても給湯と判断してしまうため、不一致となる割合がより大きくなったと考えられる。

図12の②1分データと③10分データでは、10～20%程度一致しなかった。これらは、10分データで、その区間でガスと水道が別々に使用された場合に給湯と判断されることが不一致の割合を大きくしていると考えられる。

3.3 用途分解結果 図6、7に示す手法を用いて住宅Kにおいて用途分解を行った結果を図13に示す。参考値として既往実測調査結果^{※1}、既往アンケート調査結果^{※2}から集合住宅のみを抽出したもの（以下、アンケート集合）を掲載する。住宅Kはガスによる床暖房の使用があるため、参考値と比較して調理・暖房の用途が大きくなっているが、総消費量や用途割合に大きな差がないことが確認された。

図14に住宅Kの月別エネルギー消費量の用途分解結果を示す。給湯の用途については、冬期に最大となっており、他の用途に比べて割合が大きいことが確認された。また、照明・家電・その他用途では震災後1年目から2

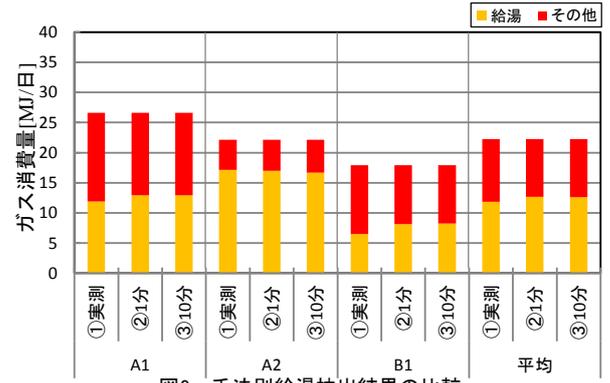


図9 手法別給湯抽出結果の比較

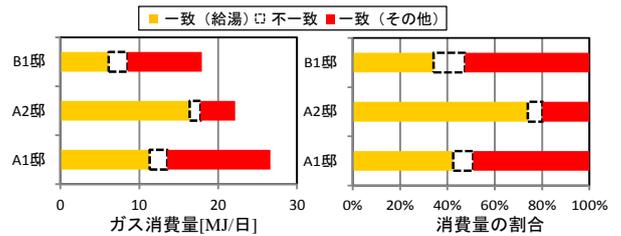


図10 実測データと1分データの誤差と割合

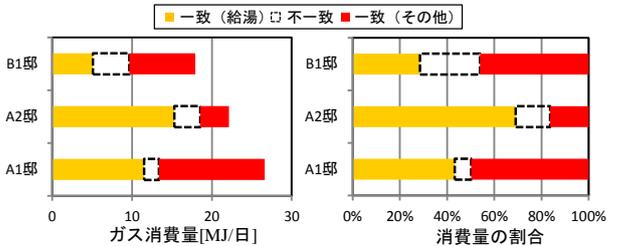


図11 実測データと10分データの誤差と割合

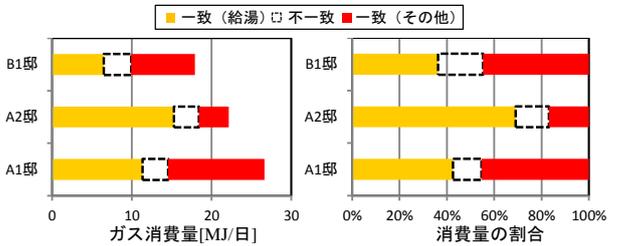


図12 1分データと10分データの誤差と割合

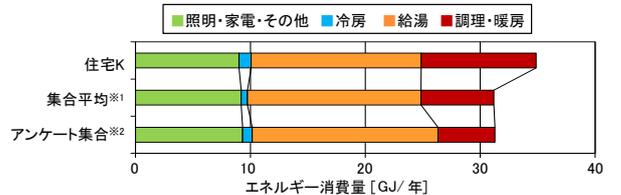


図13 年間エネルギー消費量の用途分解結果

※1 全国実測調査(2003年4月~2004年3月 関東戸建:9件、関東集合:6件)
 ※2 全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態調査
 (2002年7月~2003年6月の積算値を用い、関東地方のサンプルとした)

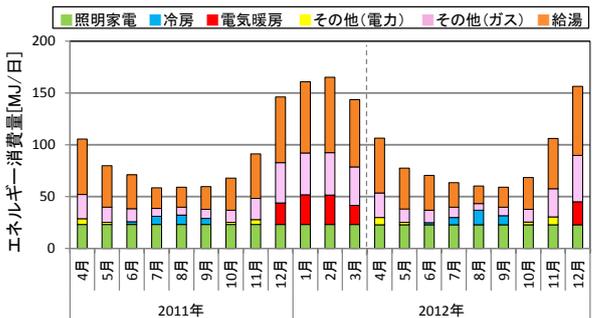


図14 月別エネルギー消費量の用途分解結果(N=32)

年目にかけてほぼ同程度であった。ゆえに、これらの用途においては節電が継続された可能性が窺える。

3.4 消費階級別エネルギー消費量 今後の省エネ方策を検討するため、震災後2年目について、消費量の多寡の視点から消費傾向の把握を行った。なお、消費量の世帯人数により消費エネルギーが大きく異なると考えられるため、対象を2人世帯に限定している。

図15に2012年2月における、2人世帯の用途別エネルギー消費量時刻変動を消費階級別に示す。多消費世帯は他に比べて、夜の給湯消費量が特に多いことがわかる。また、一日を通して電気暖房及びその他ガスの消費量も多い。図16に2月の日平均消費量と平均世帯を1としたときの各用途の増加率を示す。多消費世帯の増加率は、給湯用途、及びその他ガス用途が大きい。

図17に8月における、2人世帯の用途別エネルギー消費量時刻変動を消費階級別に示す。多消費世帯は冷房消費量が一日を通して多く、夜の給湯消費量も多い。図18に8月の日積算消費量と平均世帯を1としたときの各用途の増加率を示す。8月においては冷房用途が最大で、その他ガス用途も大きい。

4. アンケート調査

住宅Tを対象としてアンケート調査を行った。本調査は、震災前後に行った省エネルギー行動等の把握を目的としている。

図19に住宅T及び既往調査^{※2}の省エネルギー実行度を示す。アンケート集合と比較して住宅Tは省エネ実行度が高いことが分かる。また、震災前から震災後にかけては、省エネに努めている人が大幅に増加したが、震災後1年目から2年目にかけて意識は依然高いことが明らかとなった。図20に住宅Tにおける震災前後に実行もしくは今後できる省エネ行動を示す。震災前に比べ、震災後では多くの項目で実行している割合が多くなっている。また、電力のみでなくガスに関する省エネ行動の割合も増加していることが分かった。夜のガス消費量を削減する省エネ行動の一例として「シャワーヘッドを節水タイプに交換する」の項目は震災後も実施率が低かった。一方で、現在行っていると回答した世帯に対して今後できると回答した世帯が多かったため、より多くの世帯に周知させることで、実行率が上がる可能性が考えられる。

5. まとめ

集合住宅における震災前後のエネルギー消費量の分析を行い、震災前から震災後1年目で大幅に減少した電力消費量は、震災後2年目では1年目と比べて、夏期で若干増加し、冬期で若干減少した。一方、ガス消費量は2年目の冬期に若干増加したことが明らかとなった。次に、熱源別のエネルギーデータから用途別の消費量を推計するため、その推計手法の精度を検証するとともに、誤差を生じさせる要因について考察した。また、本手法を用いて震災後の用途別エネルギー消費量を分析した。

更に、アンケート調査を実施し、震災前より震災後の方が省エネ意識は高く、その意識は震災後2年目においても依然高いことが明らかとなった。

参考文献

1) 奥野 宏将、井上 隆、小林 謙介:集合住宅におけるエネルギー消費特性の詳細把握、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(p1315-1318, 2012, 札幌)

謝辞

本研究の一部においては、三井不動産レジデンシャル株式会社様に多大なご協力を頂きました。また、成果の一部は、(独)都市再生機構様の調査研究の一環であり、調査にご協力いただいた関係各位に深謝いたします。さらに、本実測調査を実施するにあたり、当時院生・奥野宏将氏と当時卒論生・高塚美津穂氏の協力を得ました。記して謝意を表します。

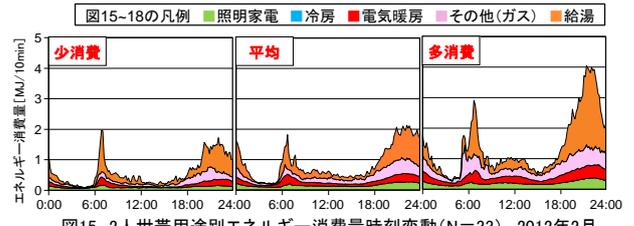


図15 2人世帯用途別エネルギー消費量時刻変動(N=33) 2012年2月

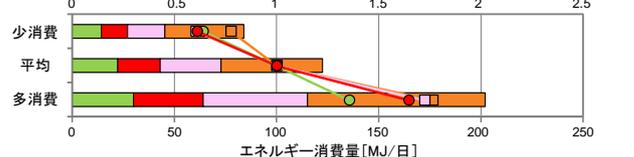


図16 2人世帯用途別日平均エネルギー消費量及び増加率(N=33) 2012年2月

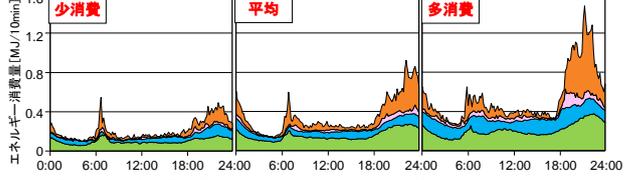


図17 2人世帯用途別エネルギー消費量時刻変動(N=36) 2012年8月

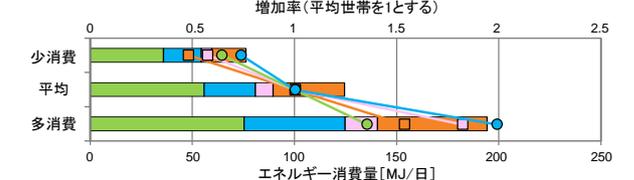


図18 2人世帯用途別日平均エネルギー消費量及び増加率(N=36) 2012年8月

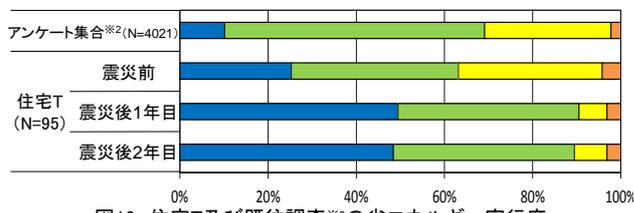


図19 住宅T及び既往調査^{※2}の省エネルギー実行度

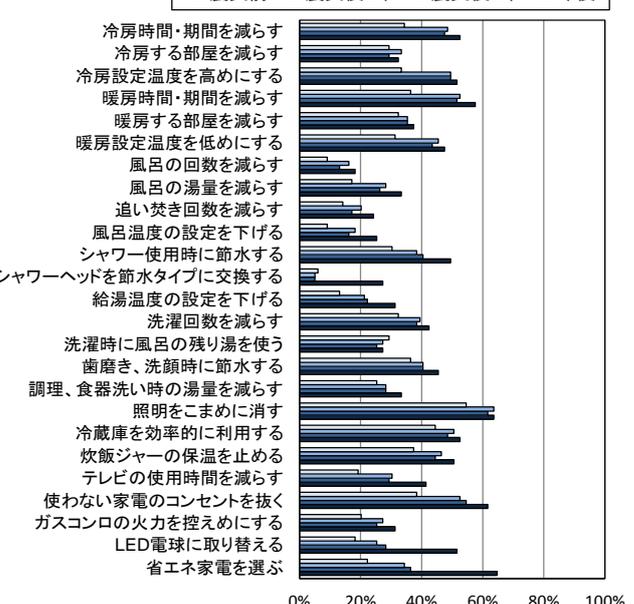


図20 震災前、震災後1年目、2年目に実行、及び今後できる省エネルギー行動(N=99)