

一般財団法人社会文化研究センター
補助事業

世帯構成の変化が住宅のエネルギー消費に及ぼす影響に関する調査研究
～少人数世帯の検討を中心としたエネルギー消費実態の把握～

平成 29 年 10 月

東京理科大学工学部建築学科

教授 井上 隆
助教 高瀬 幸造

目次

はじめに	1
第1章 研究背景	3
1.1 住宅におけるエネルギー消費量の認識と実態との乖離	3
1.2 住宅における省エネルギー基準と近年の適合状況	4
1.3 エネルギー消費の観点による住宅設備および主な家電の概要	5
1.3.1 給湯設備	5
1.3.2 暖房設備	5
1.3.3 冷房設備	6
1.3.4 照明設備・家電	6
第2章 世帯属性とエネルギー消費	7
2.1 分析対象	7
2.1.1 集合住宅 K における大規模電力・ガス・水道消費量分析	7
2.1.2 集合住宅 S における大規模電力・水道消費量分析	8
2.1.3 集合住宅における用途推計手法	9
2.1.4 家庭 CO ₂ 統計全国試験調査の分析	15
2.2 家庭 CO ₂ 統計全国試験調査および実測データによる世帯人数とエネルギー消費量の関係	17
2.2.1 世帯人数別の世帯当たりエネルギー消費量と1人当たりエネルギー消費量	17
2.2.2 世帯人数別に見る住戸内総エネルギー消費量のばらつき	25
2.2.3 世帯人数別に見る入浴方法及び水栓湯量と浴槽湯量のばらつき	26
2.2.4 給湯用途にみられる世帯人数と設備選定の不整合	28
2.3 居住者年代・住宅形態種別の推移とエネルギー消費量	30
2.3.1 居住者年代・住宅形態種別割合の推移	30
2.3.2 在宅状況	33
2.3.3 住戸形態種別	33
2.3.4 住宅延床面積	34
2.3.5 住宅築年代	35
2.3.6 設備機器・家電の購入時期	36
2.4 まとめ	38
第3章 地方の住戸形態・世帯属性を考慮した分析(家庭 CO ₂ 統計全国試験調査)	39
3.1 住戸形態種別と世帯人数	39
3.2 北海道、北陸、関東甲信におけるエネルギー消費量	40
3.3 各地方における暖房使用状況	42
3.3.1 最も使用時間の長い暖房機器	42

3.3.2	暖房機器の使用時間.....	46
3.3.3	暖房機器の設定温度.....	47
3.4	各地方における冷房使用状況.....	49
3.4.1	エアコンの使用時間.....	49
3.4.2	エアコンの冷房設定温度.....	51
3.5	各地方における給湯機器使用状況.....	54
3.5.1	設置されている給湯機器の割合.....	54
3.5.2	入浴状況.....	55
3.6	まとめ.....	58
第4章	総括.....	61
4.1	まとめ.....	61
参考文献等	63

はじめに

最新の国勢調査(2015年実施)の結果において、わが国の人口が調査開始以来初の減少に転じたことが報告されている。一方で、核家族化、少子高齢化、晩婚化、未婚化、などに伴い、世帯総数はなお増加傾向にある。特に単独世帯数は増加の一途を辿り2015年時点で一般世帯全体の3分の1以上(34.5%)を占めるに至っており、平均世帯人数は2.33人まで減少している。

本研究室では、これまで住宅のエネルギー消費に関する実態調査を実施し、世帯人数とエネルギー消費との関係について、世帯を構成する人数が少ないほど1人当たりのエネルギー消費量が増加すること、また自宅のエネルギー消費でさえその実際と居住者の認識との間には大きな乖離があること、などを示している^{1, 2}。

本調査研究においては、さらに首都圏の比較的大規模な集合住宅複数棟(電力ガス併用集合住宅及び全電化集合住宅)における数百世帯の電力・ガスのエネルギー消費と水消費の短時間間隔での実測結果、および近年実施・公開された環境省家庭CO₂統計の全国試験調査の結果等に基づき、単独世帯など少人数世帯を中心に、住宅・年齢層・在宅時間などその属性とエネルギー消費の関係について、住宅のエネルギー実態に関する研究室の蓄積および既往研究をも活用しつつ、総合的な検討を試みた。

わが国においては、1973年の第一次石油危機以降の約40年間に、GDPは約2.5倍に増加したにもかかわらず、産業部門のエネルギー消費量は約2割減少している。一方で、家庭部門のエネルギー消費については、世帯数の増加、生活水準の向上、快適性・利便性を追求したライフスタイルの浸透に伴い、同期間に約2倍に増加しており、その削減が重要な課題となっている。

こうした背景のもと、COP21で採択された「パリ協定」を受けて、わが国は家庭部門のCO₂排出量を2030年度に2013年度比40%削減という目標を掲げ、その一環として2020年までに住宅においても省エネルギー基準への適合が義務化されることとなっている。省エネルギー基準における一次エネルギー算定用プログラムでは、建設される住宅のベンチマークとしての省エネルギー性能を求めることが可能であるが、実際には各住宅の生活実態に即したエネルギー消費構造を把握した上で、効果的な対策を講じていく必要がある。

以上の状況を踏まえつつ、実効性ある省エネルギー方策の検討を通して持続可能な社会の構築に寄与することを目的として、本調査研究を実施した。

¹環境省編「平成18年版環境白書」第1章第1節 掲載

²環境省編「平成20年版環境循環型社会白書」第2章第2節 掲載

第1章 研究背景

1.1 住宅におけるエネルギー消費量の認識と実態との乖離

図 1-1(右)に示すように、住宅のエネルギー消費において、各用途の割合は、暖房 24%、給湯 39%、家電・照明等約 35%を占めており、冷房については約 2%と少ないことがわかる。しかし、筆者らが行った自宅のエネルギー消費最大用途についてのアンケート調査では、居住者の認識としては、家電・照明等 14%・暖房 40%・冷房 30%・給湯 16%という結果が得られている(図 1-1(左))。エネルギー消費量内訳が実際は約 2%と少ない冷房が最大用途であると回答した世帯が約 30%を占めていた。一方で、給湯が家庭用エネルギー消費量の多くを占める実態(約 39%)を認識している世帯は全体の約 16%と少なく、家電・照明等も実態約 35%に対して認識約 14%と少ないなど、自宅についてさえもエネルギー消費実態とその認識には、大きな乖離があることを示した³。我が国の温室効果ガス総排出量は 1990 年度から大幅に増加している一方で、2030 年度の削減目標では 2013 年度比 26%削減することとしている。特に家庭部門は約 4 割削減することが目標とされている。この目標の実現には、上記の如く実態に基づいた正しい知識を共有した上で、各地方・世帯属性をふまえた実効性ある省エネルギー方策を検討する必要がある。

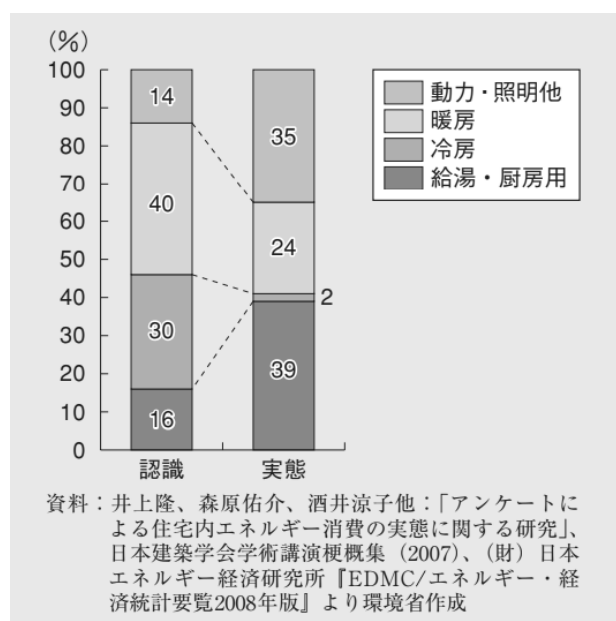


図 1-1 自宅の消費エネルギーの内訳に対する居住者の認識と実態との乖離³

³平成 20 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書(環境省)
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/html/hj0801010202.html#n1_2_2_3 掲載

1.2 住宅における省エネルギー基準と近年の適合状況

現行の省エネルギー基準では、全国で8つの気候区分を定めており、各区分の断熱・夏期日射遮蔽性能の基準値が決まっている。また、平成25年の改正省エネルギー基準以降、住宅の外皮性能だけでなく、設備まで含めた一次エネルギー消費量でも適合性を判定することとなった。

ここでは、近年の住宅の省エネルギー基準への適合状況(外皮基準と一次エネルギー消費量基準をともに満たすものの割合)を示す。平成27年度分を集計した最新の国土交通省の報告⁴では、表1-1の内容が示されている。

平成29年の建築物省エネ法(建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律)が施行されたが、本法律では中規模以上の住宅において届出義務(基準に適合せず、必要と認める場合、指示・命令等)が生じ、小規模住宅では努力義務とされている。これらの状況を鑑みるに、平成32年(2020年)に予定されている全建築・住宅の適合義務化を迎えるにあたって、依然としてハードルが高い状況であるといえる。

表 1-1 省エネ基準適合状況(平成27年度)

	省エネ基準適合率(BEI:1.0以下)
大規模(2,000 m ² 以上)	36 [%]
中規模(300 m ² 以上 2,000 m ² 未満)	44 [%]
小規模(300 m ² 未満)	51 [%]
全体	46 [%]

※大規模住宅(2,000 m²以上)の適合率：木造 85%・鉄骨造 60%・RC造等 35%

中規模(300 m²以上 2,000 m²未満)の適合率：木造 41%・鉄骨造 60%・RC造等 27%

小規模(300 m²未満)の適合率：木造 50%・鉄骨造 54%・RC造等 14%

⁴ 国土交通省「住宅の省エネ基準・誘導基準への適合率について」
<http://www.mlit.go.jp/common/001207856.pdf>

1.3 エネルギー消費の観点による住宅設備および主な家電の概要

住宅の省エネルギーを論じる上で必要となる、主な設備機器についての概要を以下に示す。

1.3.1 給湯設備

給湯設備は、主に電力・ガス併用住宅用、電力・石油併用住宅用、全電化住宅用に分けられる。電力・ガス併用あるいは電力・石油併用住宅においては、従来型給湯機が普及している。給湯機に内蔵されたバーナーで給水を加熱する仕組みで、従来型では、燃料の持つ全エネルギーのうち80%程度が給湯に利用され、残りは排気される⁵。一方、潜熱回収型給湯機(ガス式の通称エコジョーズ、石油式の通称エコフィール)は燃料の燃焼に伴って生じる排熱を再回収することで熱効率が高効率化されたものである。

全電化住宅においては、電気ヒートポンプ給湯機(通称エコキュート)もしくは電気ヒーター温水器が普及している。上記の燃焼式の給湯機とは異なり貯湯式のため、貯湯容量と湯消費量のバランス等によって効率が変化することに留意する必要があるが、外気の熱を活用する電気ヒートポンプ給湯機は、電気ヒーター温水器に比べCOP(エネルギー消費効率)が高い。外気温により効率は変化するが、近年は寒冷地向けのものも用意されている。また、太陽熱利用機器や節湯水栓・断熱配管・断熱浴槽等による省エネ効果も期待される。

1.3.2 暖房設備

暖房方式には、居室のみを暖める方式と住戸全体を暖める方式がある⁶。省エネルギー基準における分類において、前者では、FF(強制給排気式)暖房機、ルームエアコンディショナー(エアコン)、床暖房(温水式および電気ヒーター式)、ファンコンベクター、パネルラジエーター、電気蓄熱暖房器等が該当する。後者では、ダクト式セントラル空調機(ヒートポンプ式熱源)等が該当する。さらに、その他の設備として、ガス・石油を使用した開放型ストーブやファンヒーター、電気カーペット・こたつ・電気ファンヒーター等も実態としては使用されている。特に、開放型ストーブ・ファンヒーターについては、換気を行わないで使用した際には、室内空気質の観点で問題があり、その使用方法については十分な注意が必要である。

ヒートポンプ熱源を使用した暖房設備については、高いCOP(エネルギー消費効率)が期待される一方で、外気条件・外皮熱負荷や運転条件によってCOPが変化するのが特徴である。例えば、ルームエアコンディショナーのメーカーカタログでは、居室に設置する機器

⁵自立循環型住宅への設計ガイドライン・温暖地版 (一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構) 5.3 給湯設備計画

⁶自立循環型住宅への設計ガイドライン・温暖地版 (一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構) 5.1 暖冷房設備計画

容量の目安として、「○畳用」という表示で示されることもあるが、断熱性能が乏しかった時代の住宅を想定した表示となっているため、近年の高断熱・高气密化が進んだ住宅内で使用する際には過大な容量表示となっている場合がある。一般に市販されている家庭用エアコンの効率特性としては、極端な低負荷運転時に効率低下が認められるものが多く、居室暖房負荷がエアコン能力に対して大幅に小さい場合には、非効率な運転となることも懸念される。

床暖房方式においては、給湯機器あるいは温水暖房専用熱源機器から床仕上材裏に設置した配管に温水を循環させる温水式床暖房システムの他に、電気ヒーターを床仕上材裏に施工する電気ヒーター式床暖房システムの2通りが主な方式である。電気ヒーター式については、一次エネルギー効率が低く、省エネルギーの観点からは全般暖房としての採用は避けるべきシステムとなっている。

1.3.3 冷房設備

冷房においては、エアコンが主流であり、日射量・気温といった外気条件によって冷房効率が大きく変化する。ただし、住宅におけるエネルギー消費量に対して占める割合は一般的には比較的小さい。また、以前は夏期の日中のピークシフトの重要性が指摘されており、クールビズ等で昼間の設定温度の上昇等が推奨されていたが、昨今の太陽光発電システムの普及により昼間の電力需要と供給のバランスが変化しつつあることや、熱中症を生じるような劣悪な居住環境の改善の必要性から、冷房の運用にはさらなる啓発が必要と考えられる。

1.3.4 照明設備・家電

照明設備においては、従来の白熱電球や蛍光灯より高効率なLED器具が急速に普及しつつある。また、家電については、冷蔵庫が最も消費電力が大きいのが、内部に使用するヒートポンプや断熱材の性能向上により、近年では大型機種は消費電力が低下傾向にある。

技術の発展によってこれらの機器の消費エネルギー実態が変化し続けており、最新機種の買い替えによる消費エネルギー削減の効果は大きいとされている。

第2章 世帯属性とエネルギー消費

2.1 分析対象

本研究では、筆者らが継続してデータを取得している、首都圏の2か所の集合住宅における電力・ガス・水道消費量の計測データ、及び近年環境省により実施された「家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査」の全国試験調査(以下、家庭CO₂統計全国試験調査)を対象として分析を行った。なお、以降のエネルギー消費量は、全て二次エネルギーで表記した。

2.1.1 集合住宅Kにおける大規模電力・ガス・水道消費量分析

表 2-1 に集合住宅 K の建物概要を示す。計 6 棟、総戸数 880 戸で、2010 年 9 月から順次入居が開始されている。全住戸が電力・ガス併用住宅であり、潜熱回収型ガス給湯機、ガス式温水式床暖房、浴室暖房乾燥機(ガス給湯機から暖房用温水を循環)が導入されている。また、電力・ガス・水道メーターによって計量されているデータを 10 分おきに計測可能な CO₂ 見える化システムの端末が設置されており、インターホンやインターネット上の WEB サイトを通じて居住者が自らの家庭の消費量を確認することができる。

表 2-1 集合住宅 K 建物概要

集合住宅K	
所在地	東京近郊
竣工年	2010年
構造・規模	RC造、7~25階の住棟6棟
住戸面積	約64~132m ²
使用エネルギー	電力・ガス
給湯機	ガス潜熱回収型給湯機
給湯器利用設備	ガス温水式床暖房 浴室乾燥暖房機
主な世帯人数(平均)	2~3人世帯(約2.7人)
計測項目	電力・ガス・水道消費
計測器	電力:CT(電流計測器) 水道:流量計 ガス:パルス発信機能付きメータ
計測間隔	10分毎 1分毎
計測最小単位 (/Pulse)	電力:1Wh
	ガス:5L ガス:10L 水道:6.2ml 水道:12.4ml
計測期間	2010/9~ 2014/1~
計測対象数	880件 16件

2.1.2 集合住宅 S における大規模電力・水道消費量分析

表 2-2 に集合住宅 S の建物概要を示す。集合住宅 S は、東京に位置する超高層集合住宅である。2014 年 4 月から順次入居が開始されている。全電化住宅であり、電気ヒートポンプ給湯機、温水式床暖房(電気ヒートポンプ給湯機から暖房用温水を循環)、浴室暖房乾燥機(電気ヒーター式)が導入されている。また、全住戸に電力・水道メーターによって計量されているデータを 10 分おきに計測可能な CO₂見える化システムの端末が設置されており、インターホンやインターネット上のサイト通じて居住者が自らの家庭の消費量を確認することができる。

両集合住宅では、各種消費量の継続的な計測の他、世帯属性や省エネ意識に関するアンケート調査も行っている。表 2-3 にその概要を示す。

表 2-2 集合住宅 S 建物概要

集合住宅S	
所在地	東京都
竣工年	2014年
構造・規模	RC造、43階
住戸面積	約55～90m ²
使用エネルギー	電力
給湯機 (定格消費電力)	電気ヒートポンプ給湯機(全物件共通) (中間期:1.230kW 夏期:0.815kW 冬期:2.000kW)
給湯器利用設備	温水式床暖房
主な世帯人数(平均)	2～3人世帯(約2.6人)
計測項目	電力・水道消費
計測器	電力:CT(電流計測器) 水道:流量計
計測間隔	10分毎
計測最小単位(/Pulse)	電力:1Wh 水道:12.4ml
計測期間	2014/4～
計測対象数	585件

表 2-3 集合住宅 K,S におけるアンケート概要

	集合住宅K	集合住宅S
期間	2015年12月下旬～2016年1月中旬	
調査方法	Web	
回答数/対象件数	24件/約880件	156件/585件
調査項目	世帯情報 暖房使用状況	省エネ意識・実行度 給湯使用状況

2.1.3 集合住宅における用途推計手法

集合住宅 K および S において、エネルギー消費の用途内訳を検討するため、以下の方法で電力・ガスの用途推計を行っている。

集合住宅 K では、ガスと同時に水道を消費し、なおかつそれぞれの消費量が図 2-1 に示すようにガス・水道同時使用時の消費量の関係から設定した閾値を越えた場合を給湯による消費とした。ガスのみの消費の場合は、その他(調理、浴室乾燥・暖房、沸かし直し・追い炊き、床暖房)用途によるガス消費量として扱った(図 2-2)。

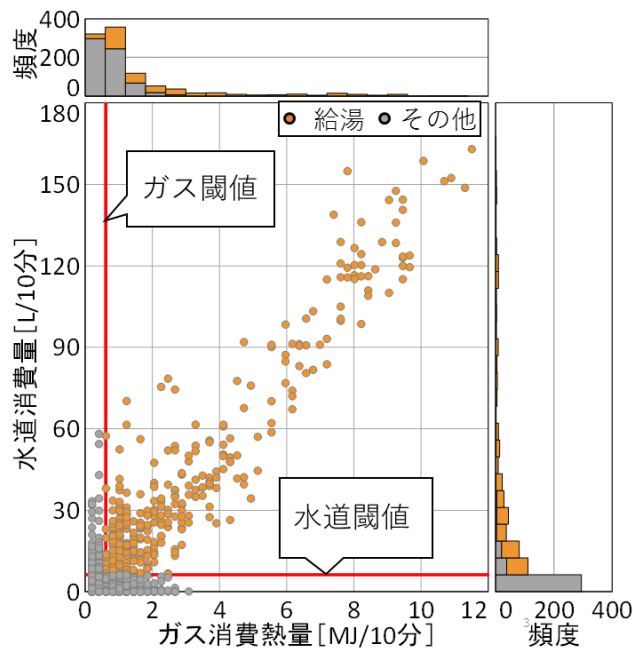


図 2-1 集合住宅 K におけるガス・水道同時使用時の消費量の関係

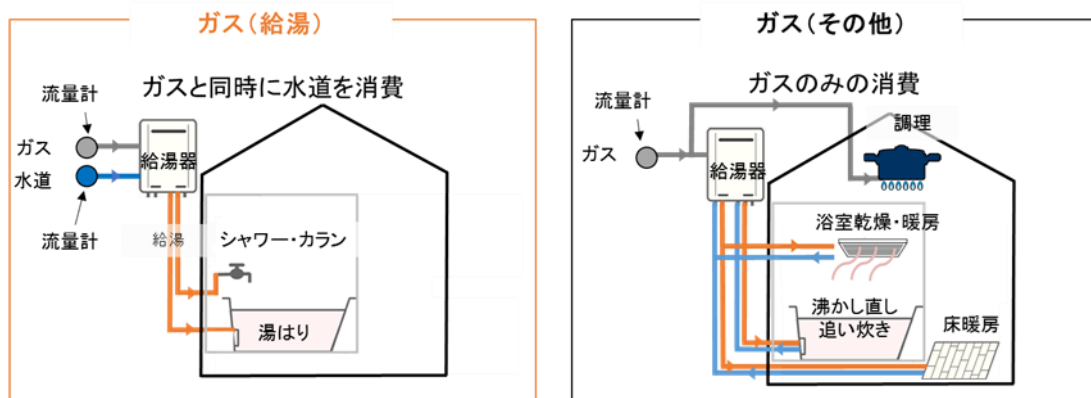


図 2-2 集合住宅 K におけるガス消費を伴う用途

また、両集合住宅では図 2-3 に示すように、世帯毎に冷蔵庫やその他の家電の待機電力や常時稼働している機器の合計消費電力分を各時刻のベース負荷 E_b として計測データから抽出した。図 2-4 にその概要を示す。また、図 2-9 に用途推計で使用した記号リストを示す。まず各世帯の消費電力の年間ヒストグラムを、階級幅 6W(計測最小単位 1Wh/Pulse で 10 分間隔での計測としているため、計測データは 6W の分解能となる)で作成し、最も度数の高い消費電力をベース閾値 $E_{th-base}$ と定義した。例えば、図 2-3 の世帯では、108W がピークとなっているため、ベース閾値 $E_{th-base}$ は 108W となる。そして、各時刻における消費電力 E が、ベース閾値 $E_{th-base}$ 以下の場合には $E_b=E$ 、ベース閾値 $E_{th-base}$ 以上の場合には $E_b=E_{th-base}$ とした。

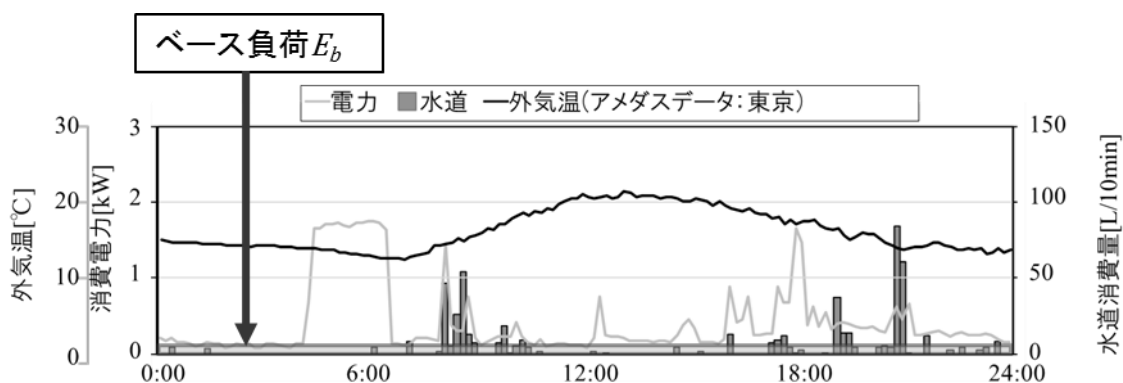


図 2-3 時系列データから見た各時刻のベース負荷 E_b (集合住宅 S のある世帯)

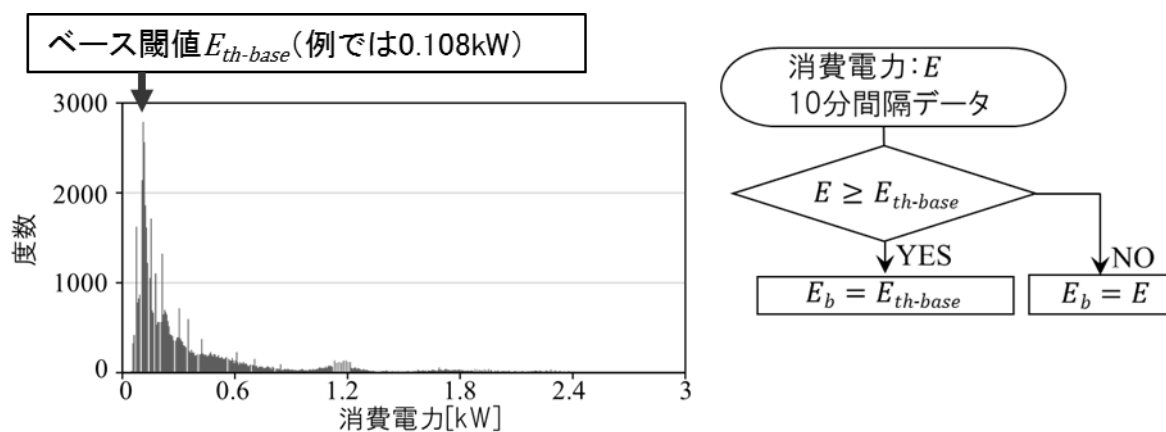


図 2-4 ある世帯の消費電力年間ヒストグラムとベース負荷推計手法

さらに集合住宅 S では、電気ヒートポンプ給湯機の特性上、沸き上げ・貯湯が深夜時間帯に行われる(図 2-5)。図 2-6 に示す集合住宅 K・S における季節別消費電力の時刻推移において、深夜時間帯の集合住宅 S での各時刻の電気ヒートポンプ給湯機の消費電力 E_{hw} は季節によって変化し、中間期と比較すると、夏期は小さく冬期は大きいことがわかる。また沸き上げ・貯湯に要する時間も季節によって変化し、中間期と比較すると、夏期は短く冬期は長い。そのため、表 2-2 の電気ヒートポンプ給湯機の定格消費電力及び各時刻のベース負荷を除いた消費電力 $E_a (=E - E_b \text{ if } E > E_b)$ のヒストグラムから、0:00 ~7:00 の間の各時刻のベース負荷を除いた消費電力 E_a が日平均外気温 10°C 以上の場合は 0.81kW 、 10°C 未満の場合は 1.5kW を電気ヒートポンプ給湯機の消費電力判定のための閾値 E_{th-hw} とし、各時刻のベース負荷を除いた消費電力 E_a が電気ヒートポンプ給湯機の消費電力判定のための閾値 E_{th-hw} 以上の場合を給湯とした(図 2-7)。本手法では、深夜までに貯湯タンク内の湯を使い切った際の沸き増しに要する給湯エネルギー消費量を評価できない点に注意が必要であるが、後の湯消費量の評価において、各住戸に設置されている給湯機貯湯タンク内の湯を使い切っている世帯は多くないと考えられ、一定の妥当性があるものと判断している。

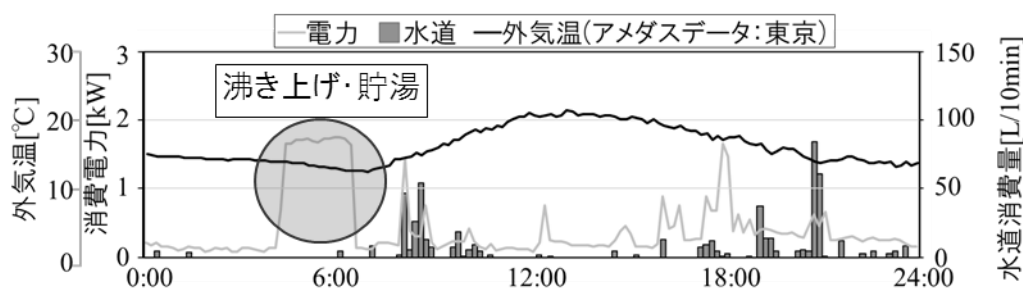


図 2-5 集合住宅 S のある世帯の時系列データから見た給湯機の沸き上げ・貯湯

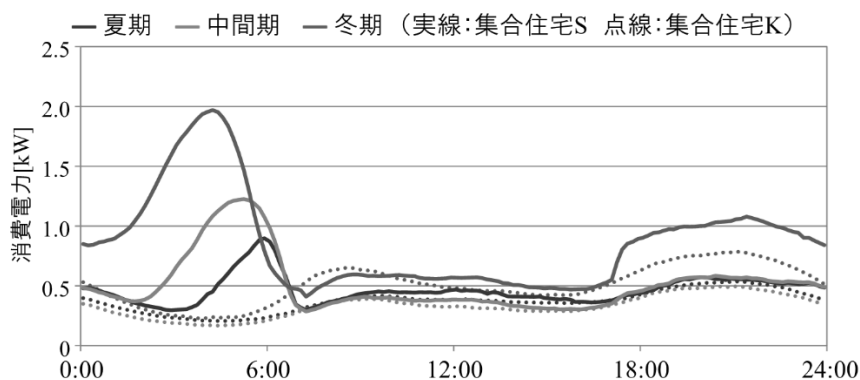


図 2-6 集合住宅 K・S における季節別消費電力の時刻推移

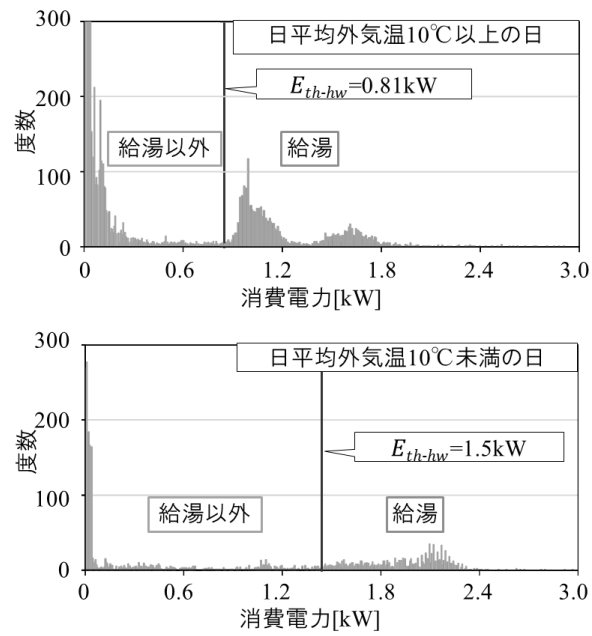


図 2-7 集合住宅 S におけるある世帯の 0:00~7:00 における年間の各時刻のベース負荷を除いた消費電力 E_a のヒストグラム

また、両集合住宅における電力消費量のうち、暖冷房・照明家電その他による消費電力量は以下の方法で推定した(図 2-8)。

電力・ガス併用住宅である集合住宅 K においては、各日の E_{α} の日積算消費電力量を $E_{\alpha,n}$ 、 E_{α} の月別日平均消費電力量の最小値を $E_{\alpha,n,min}$ とし、 $E_{\alpha,n}$ と $E_{\alpha,n,min}$ との差分を、中間期は照明家電その他、夏期は冷房、冬期は暖房とした。夏期と冬期においては、各日の E_b の日積算消費電力量を $E_{b,n}$ とし、 $E_{b,n}$ と $E_{\alpha,n,min}$ の和を照明家電その他とした。

全電化住宅である集合住宅 S においては、まず E_{α} から各時刻の電気ヒートポンプ給湯機を除いた消費電力を $E_{\beta}(=E_{\alpha}-E_{hw})$ とした。次に各日の E_{β} の日積算消費電力量を $E_{\beta,n}$ 、 E_{β} の月別日平均消費電力量の最小値を $E_{\beta,n,min}$ とし、 $E_{\beta,n}$ と $E_{\beta,n,min}$ との差分を中間期は照明家電その他、夏期は冷房、冬期は暖房とした。夏期と冬期においては、各日の E_b の日積算消費電力量を $E_{b,n}$ とし、 $E_{b,n}$ と $E_{\beta,n,min}$ の和を照明家電その他とした。

なお、夏期と冬期の判断はエアコンの APF(通年エネルギー消費効率)算出のための冷暖房期間(JIS C 9612 : 2013)に基づき、計測対象住宅の最寄りの評価対象年のアメダスデータにおいて、日平均気温が 22℃以上となる 3 回目の日から、日平均気温が 22℃以上である最終日より 2 日前までを冷房期間、日平均気温が 14℃以下となる 3 回目の日から、日平均気温が 14℃以下である最終日より 2 日前の日までを暖房期間とした。

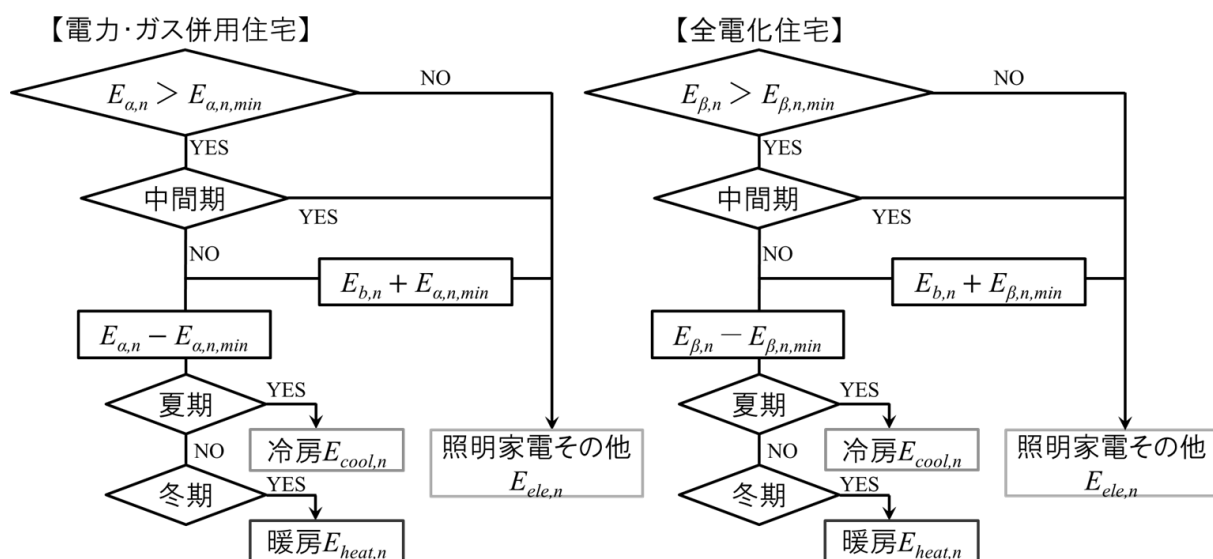


図 2-8 日別電力用途推計手法

E : 各時刻の消費電力
 $E_{th-base}$: ベース閾値
 E_b : 各時刻のベース負荷
 $E_{b,n}$: 各日の E_b の日積算消費電力量
 E_α : ($=E - E_b$ if $E > E_b$) 各時刻のベース負荷を除いた消費電力
 $E_{\alpha,n}$: 各日の E_α の日積算消費電力量
 $E_{\alpha,n,min}$: E_α の月別日平均消費電力量の最小値
 E_{th-hw} : 電気ヒートポンプ給湯機の消費電力判定のための閾値
 E_{hw} : 各時刻の電気ヒートポンプ給湯機の消費電力
 E_β : ($=E_\alpha - E_{hw}$) E_α から各時刻の電気ヒートポンプ給湯機を除いた消費電力
 $E_{\beta,n}$: 各日の E_β の日積算消費電力量
 $E_{\beta,n,min}$: E_β の月別日平均消費電力量の最小値
 $E_{cool,n}$: 各日の日積算冷房消費電力量
 $E_{heat,n}$: 各日の日積算暖房消費電力量
 $E_{ele,n}$: 各日の日積算(家電照明その他消費)電力量

図 2-9 用途推計で使用した記号リスト

2.1.4 家庭 CO₂統計全国試験調査の分析

家庭 CO₂統計全国試験調査は、地球環境問題の課題解決に向けた対応の基礎となる統計の整備の一環として、家庭からの二酸化炭素排出実態を把握することを目的とした環境省による調査である。関東甲信及び北海道のみを対象とした試験調査が実施された一年後に、全国試験調査が実施され、2016年に確報値が発表された。全国試験調査では、住民台本帳から無作為に抽出した世帯(5,995世帯)及びインターネット調査モニターから選出された世帯(5,637世帯)の計11,632世帯において、調査項目別にエネルギー消費量及びCO₂排出量を調査した。かつてこれほどの規模で検針値を調査し、用途推計を行った例はなく、我が国の住宅部門における消費実態の分析をする上で重要なデータといえる。表2-4、表2-5に家庭CO₂統計全国試験調査概要、家庭CO₂統計全国試験調査における居住者年代による世帯区分⁷を示す。

⁷ 家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 試験調査 調査の概要(環境省)<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateitokei/chosa11.pdf>

表 2-4 家庭 CO₂統計全国試験調査概要

	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
期間	平成 26 年 10 月から平成 27 年 9 月までの毎月(12 か月間)
方法	調査員調査(調査員による訪問で調査票を配布) インターネットモニター調査(インターネット経由で調査票を配信)
対象	全国の専用住宅に居住する主世帯 (調査世帯数:16,402 集計世帯数:11,632)
調査事項	<p>世帯調査票</p> <p>① 世帯について(世帯員、平日昼間の在宅者、世帯年収)</p> <p>② 住宅について(建て方、建築時期、所有関係、延床面積等)</p> <p>③ 家電製品等について(家電製品の使用状況、家電製品に関する省エネ行動等)</p> <p>④ 給湯について(給湯機の種類、夏の入浴状況)</p> <p>⑤ コンロ・調理について(コンロの種類、用意する食事の数、調理に関する省エネ行動)</p> <p>⑥ 車両について(自動車等の使用状況、自動車に関する省エネ行動等)</p> <p>冬季調査票</p> <p>① 暖房機器について(保有状況、使用状況)</p> <p>② 冬季の給湯について(冬の入浴状況、お湯の使い方に関する省エネ行動の実施状況)</p>

表 2-5 家庭 CO₂統計全国試験調査における居住者の年代による世帯区分

区分	内容
単身・高齢世帯	1 人の世帯員から成る世帯で、かつ世帯員の年齢が 60 歳以上である世帯
単身・若中年世帯	1 人の世帯員から成る世帯で、かつ世帯員の年齢が 60 歳未満である世帯
夫婦・高齢世帯	世帯主と配偶者の 2 人の世帯員から成る世帯で、世帯主若しくは配偶者の年齢が 60 歳以上である世帯
夫婦・若中年世帯	世帯主と配偶者の 2 人の世帯員から成る世帯で、世帯主及び配偶者の年齢が 60 歳未満である世帯

2.2 家庭 CO₂統計全国試験調査および実測データによる世帯人数とエネルギー消費量の関係

2.2.1 世帯人数別の世帯当たりエネルギー消費量と1人当たりエネルギー消費量

図 2-10 に我が国の総人口と一般世帯(寮・寄宿舍・病院・社会施設などの世帯を含まない)総数の推移⁸を示す。2015 年の国勢調査の結果において、調査開始後初めて人口が減少に転じたことが報告されている。また、少子高齢化、晩婚化、未婚化、などに伴い、一般世帯総数は近年では増加傾向にあったものの、以降は緩やかに減少する見込みである。

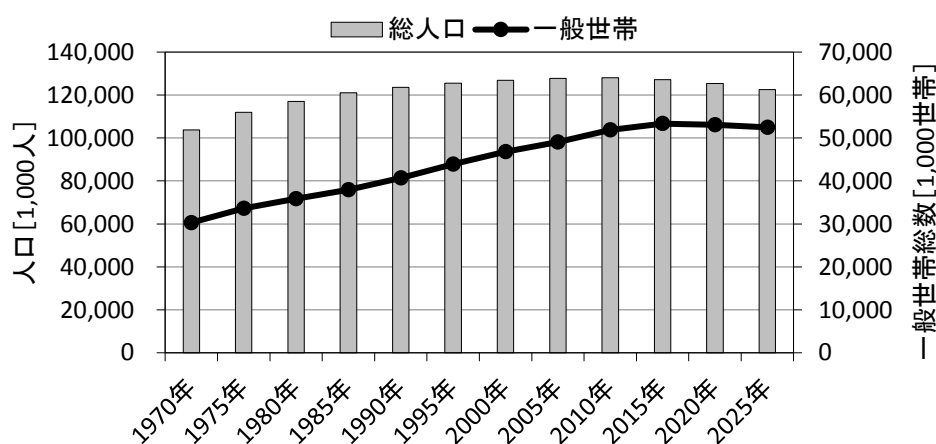


図 2-10 我が国の総人口と一般世帯総数の推移

⁸ 「日本の将来推計人口(平成 29 年推計)」(国立社会保障・人口問題研究所)
http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/db_zenkoku2017/g_tables/xls/pp29gg0101data.xls
人口統計資料集(国立社会保障・人口問題研究所)
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Data/Popular2017RE/T07-01.xls>
「日本の世帯数の将来推計(全国推計)」(2013 年 1 月推計)(国立社会保障・人口問題研究所)
http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2013/hhprj2013_T1_DL.xls
以上をもとに作成

図 2-11 に世帯人数別の世帯数の推移⁹を示す。1人・2人世帯(以下、少人数世帯)は年々増加傾向にあり、世帯人数の減少が総世帯数の増加に寄与しているといえる。

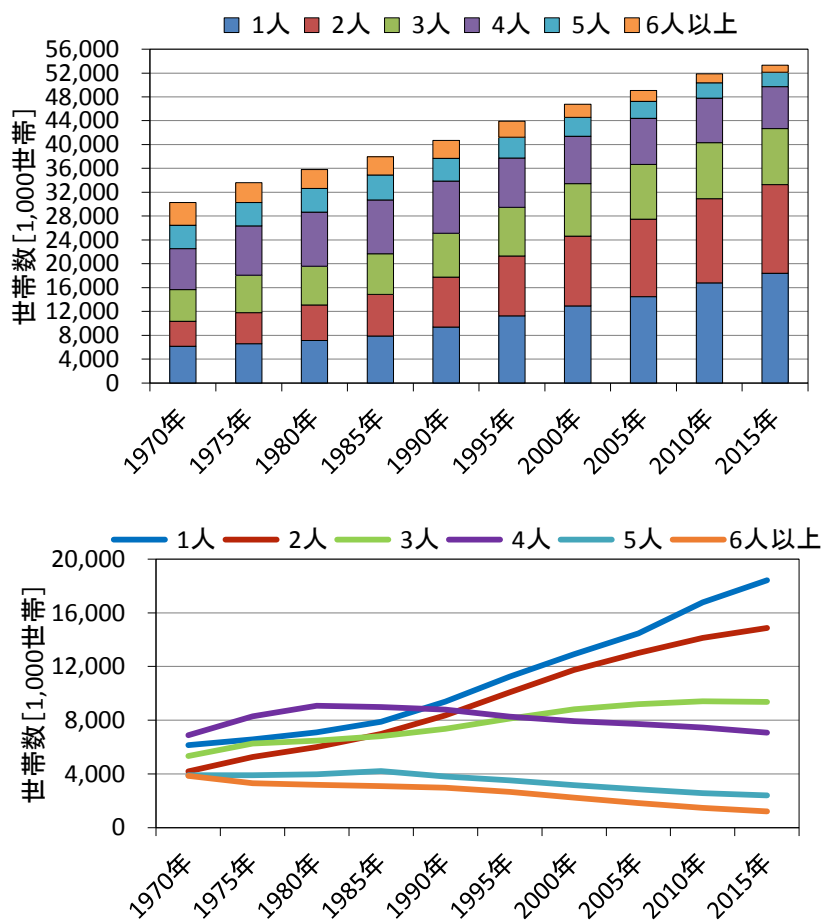


図 2-11 世帯人数別の世帯数の推移

⁹国勢調査結果(総務省)をもとに作成

<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02020101.do?method=xlsDownload&fileId=000007826660&releaseCount=5>

図 2-12～図 2-18 に全体及び世帯人数別の家庭 CO₂統計全国試験調査におけるエネルギー消費量分布¹⁰を示す。元集計の区分により、横軸が 40GJ 未満までは 10GJ 刻み、以降は 20GJ 刻みの分割幅となっていることに注意する必要があるが、戸建、集合いずれにおいても、世帯人数が少なくなるほど、世帯数割合がピークとなるエネルギー消費量は小さい。また、いずれの世帯人数においても、戸建と比較して集合では世帯数割合がピークとなるエネルギー消費量は小さい様子となった。

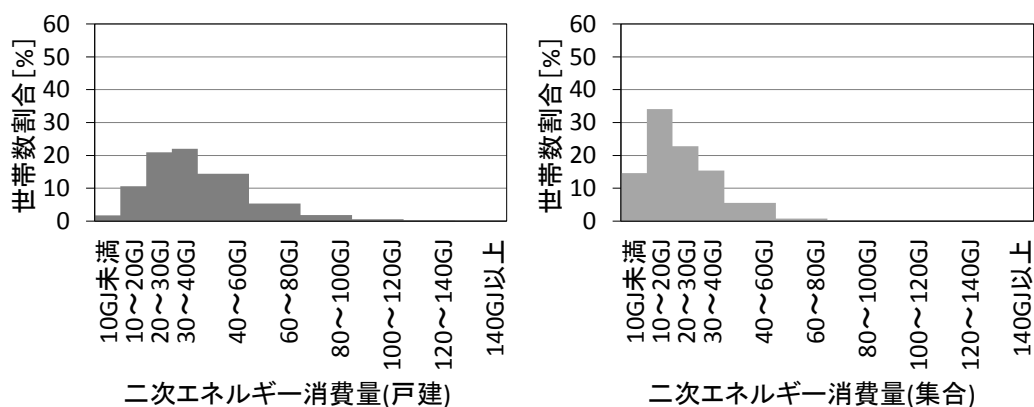


図 2-12 エネルギー消費量分布(全国総世帯)

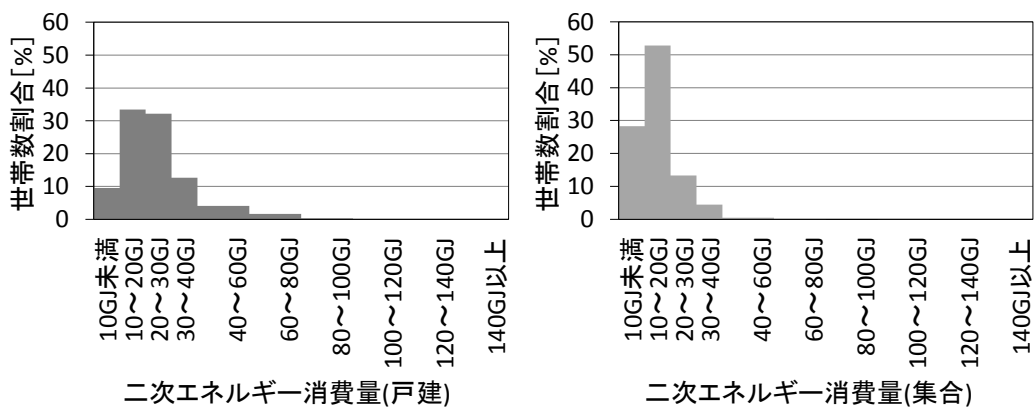


図 2-13 エネルギー消費量分布(全国1人世帯)

¹⁰家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

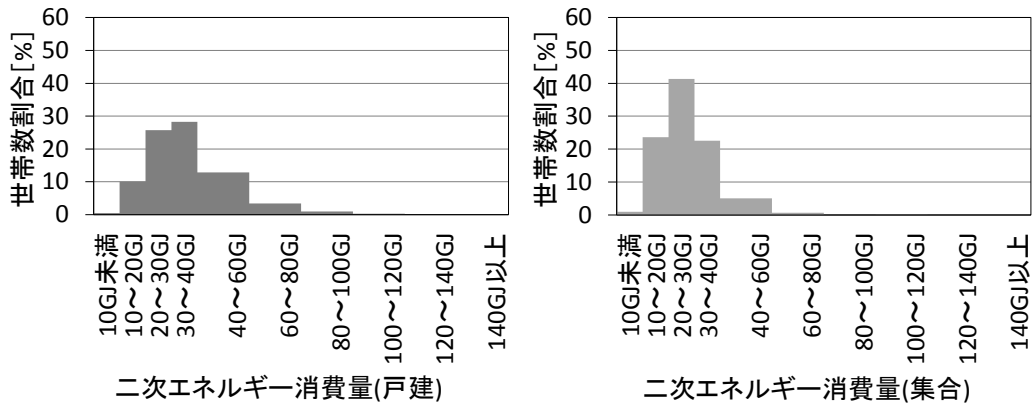


図 2-14 エネルギー消費量分布(全国2人世帯)

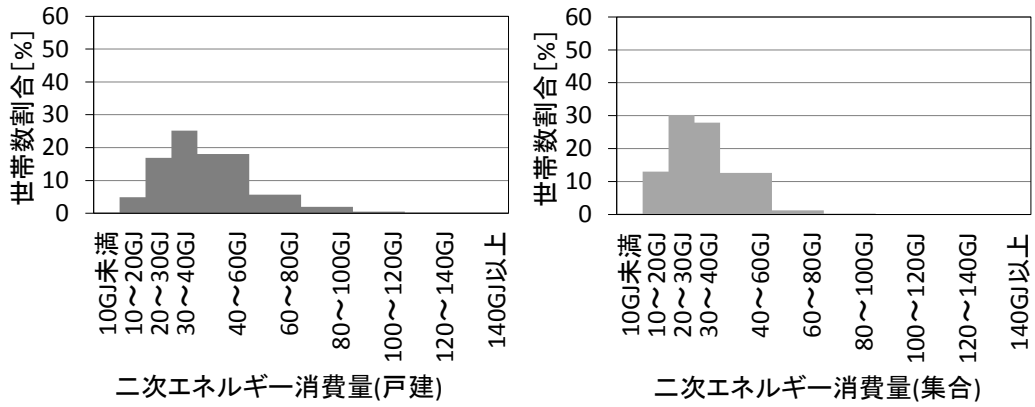


図 2-15 エネルギー消費量分布(全国3人世帯)

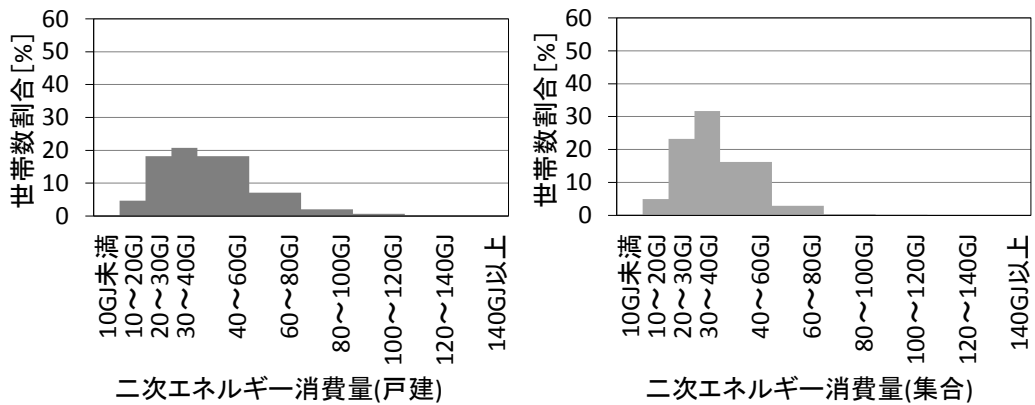


図 2-16 エネルギー消費量分布(全国4人世帯)

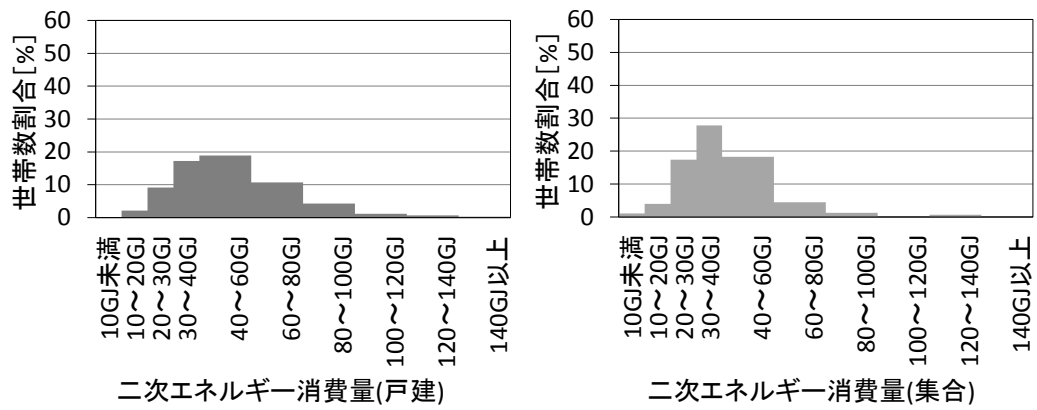


図 2-17 エネルギー消費量分布(全国 5人世帯)

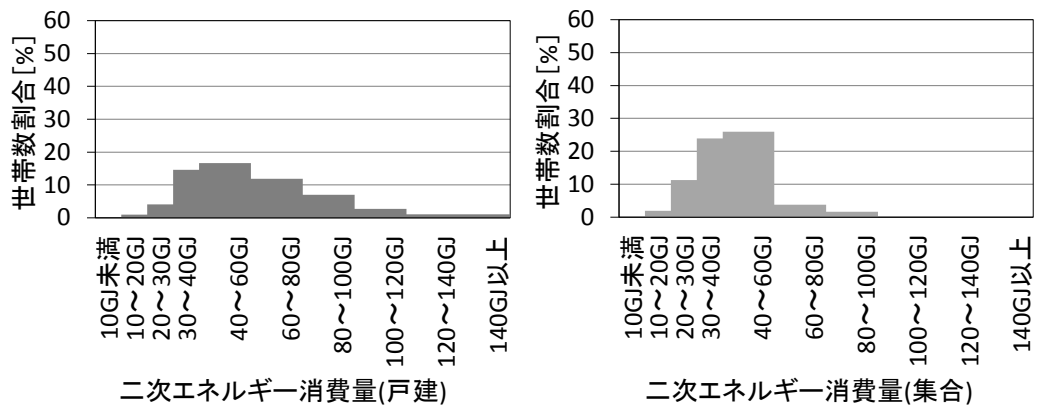


図 2-18 エネルギー消費量分布(全国 6人以上世帯)

筆者らは既に、世帯人数が少なくなるほど世帯当たりの総エネルギー消費量が減る一方で、1人当たりのエネルギー消費量は増加する実態を報告¹¹しており(図 2-19)、今後、少人数世帯の増加が民生家庭部門全体の消費量に及ぼす影響やその対策を検討することが重要である。

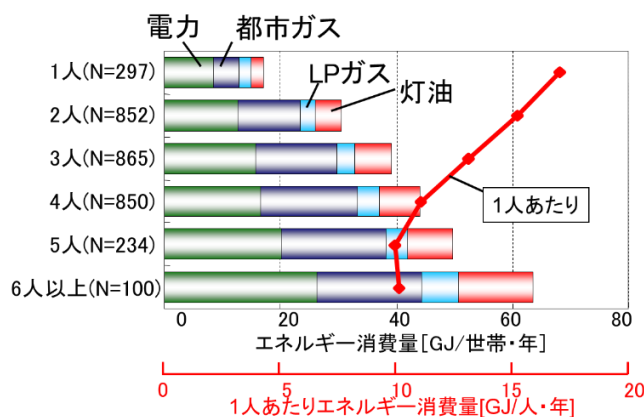


図 2-19 世帯当たり総エネルギー消費量と1人あたりエネルギー消費量分析¹¹

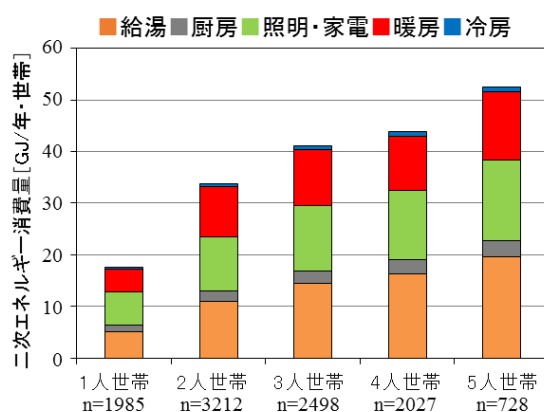


図 2-20 家庭 CO₂ 統計全国試験調査における世帯人数別エネルギー消費量(全国・戸建集合の合計)

¹¹出典：日本建築学会環境系論文集第 583 号(2004 年 9 月)：長谷川、井上：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に関する研究
平成 20 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書(環境省)にも「掲載」
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/html/hj0801010202.html#n1_2_2_3

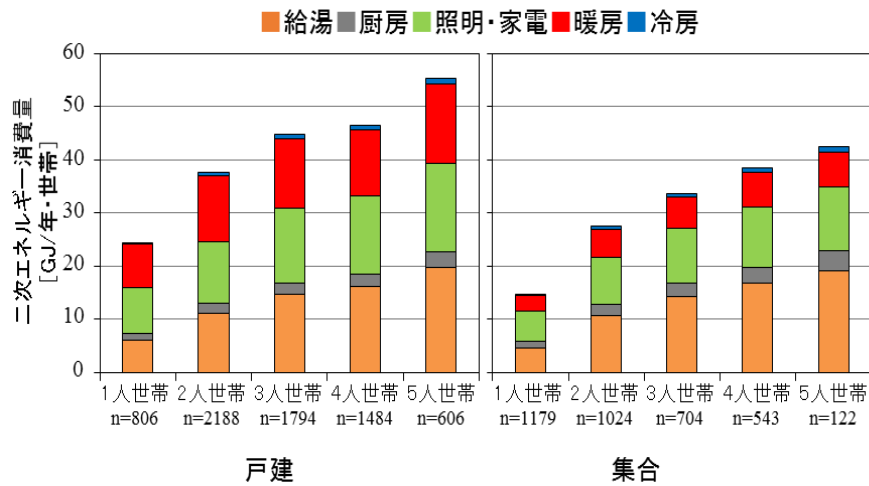


図 2-21 家庭 CO₂統計全国試験調査における世帯人数別エネルギー消費量(全国・住戸形態別)

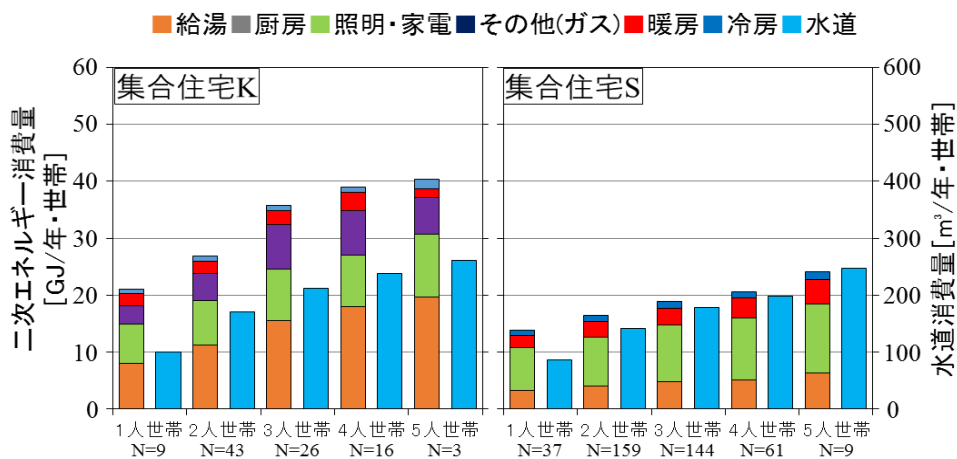


図 2-22 集合住宅 K・S における世帯人数別エネルギー・水道消費量(世帯当たり)

図 2-20、図 2-21 に家庭 CO₂統計全国試験調査における世帯人数別エネルギー消費量¹²、図 2-22 に集合住宅 K・S における世帯人数別エネルギー・水道消費量(世帯当たり)を示す。いずれの結果からも、図 2-19 と同様に、世帯人数が多いほどエネルギー消費量は増加する様子が窺える。また、水道消費量も世帯人数が多いほど増加する様子を示す。なお、図 2-22 では、集合住宅 K に比べて集合住宅 S の暖房・給湯エネルギー消費量が全体に占める割合は小さいが、一次エネルギーに換算すると、両者の差は少なくなる。

¹²家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

次に、図 2-23 に家庭 CO₂統計全国試験調査における 1 人当たりのエネルギー消費量(全国世帯人数別)¹³を示す。近年実施された家庭 CO₂統計全国試験調査においても、筆者らによる既往の知見と同様、世帯人数が少なくなるほど 1 人当たりのエネルギー消費量が大きくなるという傾向が明白に示された。用途毎に差異はあるものの、必ずしも人数に比例してエネルギー消費が増えるわけではなく、複数人が同じ住宅で生活する場合には、1 人当たりのエネルギー消費量は少なくなる様子が見られる。

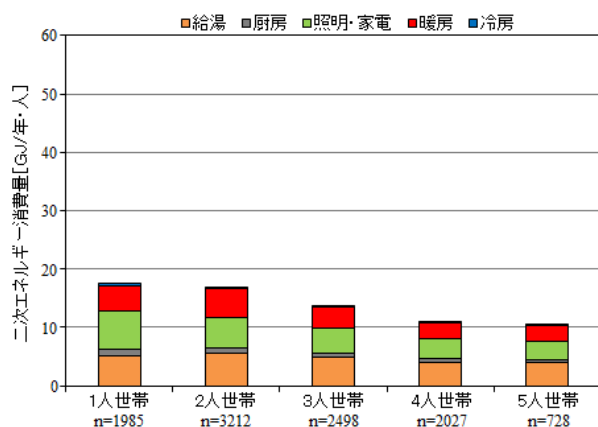


図 2-23 家庭 CO₂統計全国試験調査における 1 人当たりのエネルギー消費量(全国世帯人数別)

¹³家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

図 2-24 に、集合住宅 K・S におけるエネルギー・水道消費量(1 人当たり)を示す。両集合住宅は延床面積が、最小でも、集合住宅 K は約 64 m²/戸、集合住宅 S は約 55 m²/戸の設計となっており、少人数世帯にとっては比較的広めの分譲マンションであることから、世帯人数が少なくなるほど 1 人当たりのエネルギー消費量が増加している傾向が顕著に表れている。また、水道消費量においても 1 人当たりの消費量は世帯人数が少なくなるほど増加する傾向しているが、エネルギー消費量と比較すると、人数別の増減割合の差は小さい。

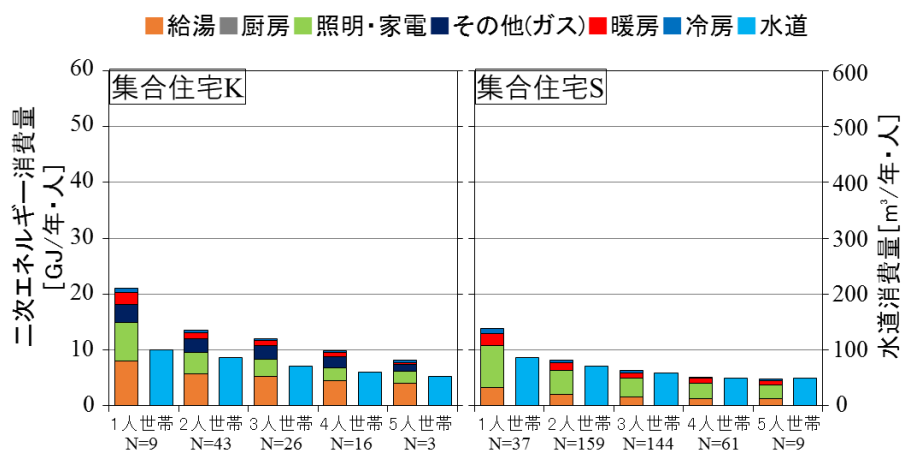


図 2-24 集合住宅 K・S におけるエネルギー・水道消費量(1 人当たり)

2.2.2 世帯人数別に見る住戸内総エネルギー消費量のばらつき

図 2-25 に集合住宅 K(上)・S(下)におけるエネルギー消費量のばらつき(1 人当たり)を示す。いずれの集合住宅においても、世帯人数が少ないほど平均値が大きく、かつばらつきも大きくなる。これは、世帯人数が少なくなるほど、ライフスタイルが多様化することを反映したものと考えられる。各世帯の生活実態に即した省エネ対策が必要であることが窺える。

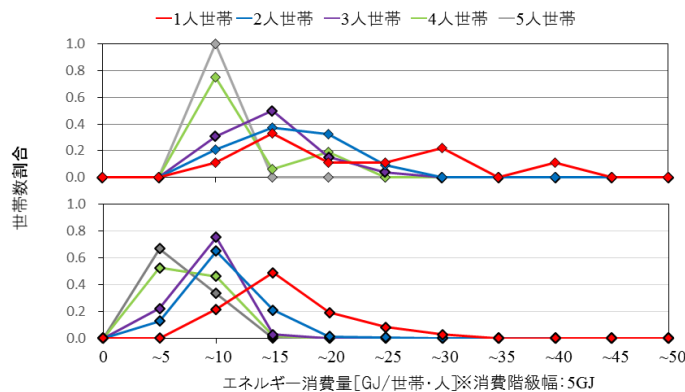


図 2-25 集合住宅 K(上)・S(下)におけるエネルギー消費量のばらつき(1 人当たり)

2.2.3 世帯人数別に見る入浴方法及び水栓湯量と浴槽湯量のばらつき

図 2-26、図 2-27 に家庭 CO₂ 統計全国試験調査による夏期及び冬期の世帯人数別週当たりの湯張り日数¹⁴を示す。いずれの季節においても、世帯人数が少なくなるほど湯張りの日数が減る様子が顕著である。

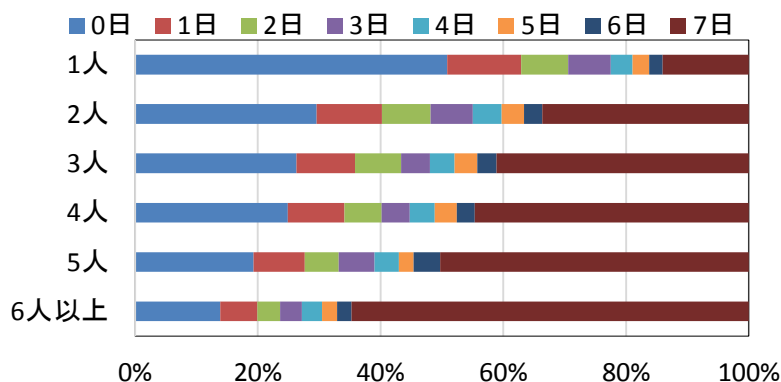


図 2-26 家庭 CO₂ 統計全国試験調査における世帯人数別週当たりの湯張り日数(夏期)

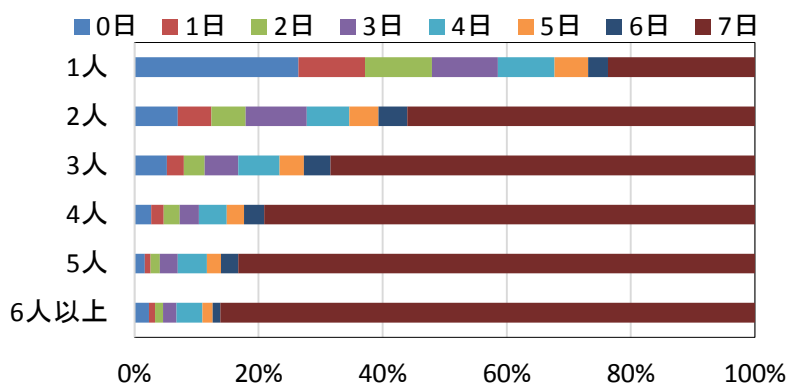


図 2-27 家庭 CO₂ 統計全国試験調査における世帯人数別週当たりの湯張り日数(冬期)

図 2-28 では、集合住宅 S における入浴形態のアンケート結果を示す。家庭 CO₂ 統計全国試験調査と同様に、世帯人数が減るほど湯張りが減ってシャワーのみ入浴が増える傾向となっていた。さらに、多人数世帯では長子年齢が大きくなるにつれて、シャワーのみ入浴が増える傾向にあることも示された。

¹⁴家庭 CO₂ 統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

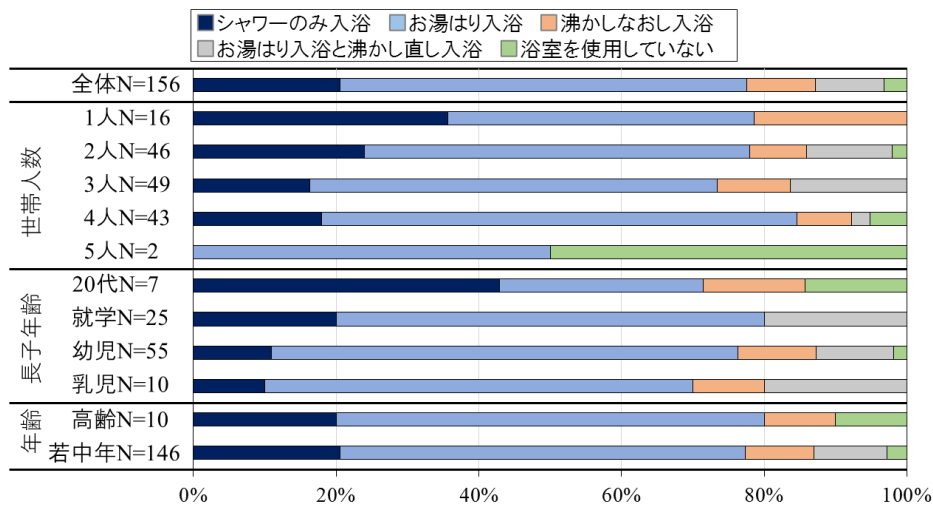


図 2-28 集合住宅 S における入浴状況

図 2-29 に、本研究室の過年度調査^{15 16}による世帯人数別の水栓湯量と浴槽湯量を示す。いずれの世帯人数においても水栓湯量と浴槽湯量の比率には差があり、ばらつきが大きくなることからそれぞれの世帯の入浴方法に即した省エネ対策を考える必要があると言える。具体的には、シャワー入浴が多い世帯での節湯型シャワーヘッド(節湯 A 及び B の詳細は 3.6 で述べる。)の導入、浴槽入浴が多い世帯では、短い時間間隔での入浴、高断熱な浴槽や浴室を備えることなどが挙げられる。

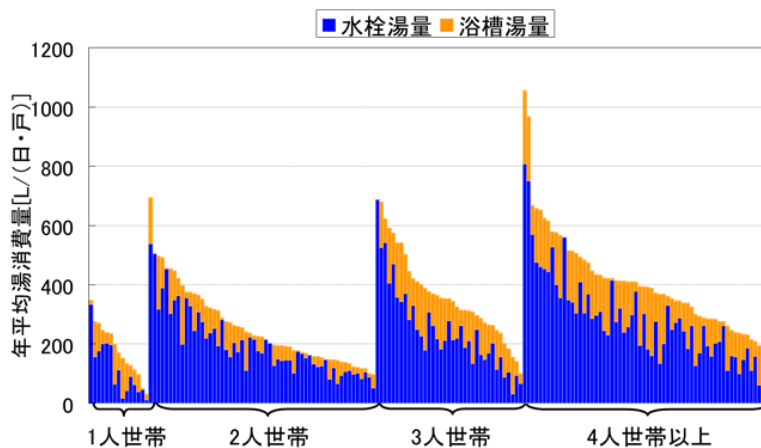


図 2-29 世帯人数別の水栓湯量と浴槽湯量^{15 16}

¹⁵「住宅における湯消費の実態に関する研究」P56：東京理科大学大学院理工学研究科建築学専攻修士論文(H19 年度)：矢野

¹⁶「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究(その 3)報告書」(H20 年 3 月)P2-19：財団法人ベターリビング

2.2.4 給湯用途にみられる世帯人数と設備選定の不整合

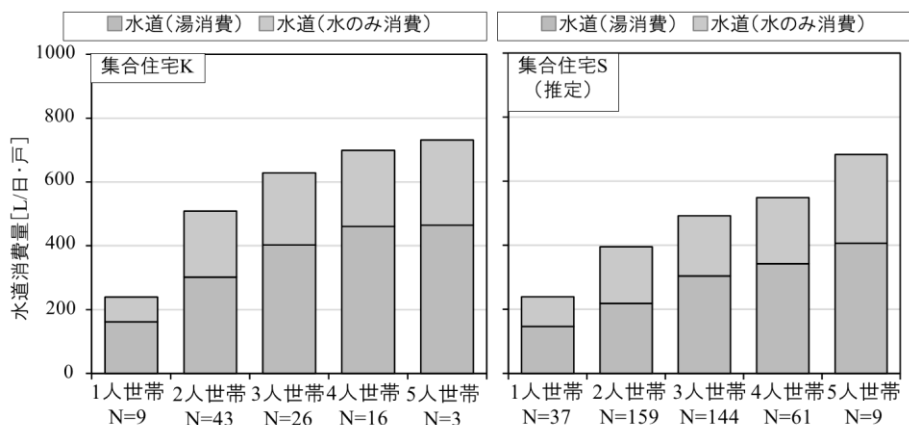


図 2-30 集合住宅 K・S における水道消費量の内訳(世帯人数別)

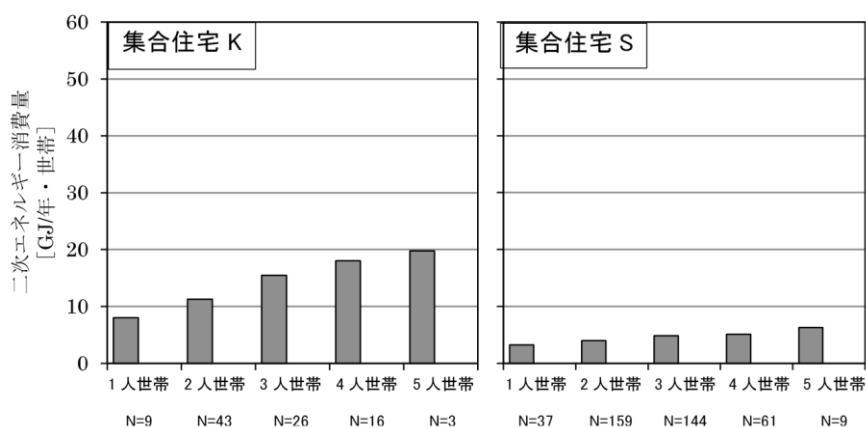


図 2-31 集合住宅 K・S における世帯当たり給湯エネルギー消費量

図 2-30 に、集合住宅 K・S における水道消費量の内訳(世帯人数別)を示す。集合住宅 S では、実際の湯消費と貯湯式の電気ヒートポンプ給湯機の沸き上げによる消費が同時に起こる訳ではないので、水道消費の時系列データから湯消費量を推定するのは困難である。そこで、世帯人数別の湯消費と水のみ消費の比率が集合住宅 K と同じと仮定した上で湯消費量を推定した。図 2-31 に示した集合住宅 K・S における世帯当たりの給湯エネルギー消費量と併せて見ると、集合住宅 K では給湯エネルギー消費量が湯消費量に応じて増加する傾向となるが、集合住宅 S では比較的世帯人数の違いによる差は小さい。集合住宅 S では全世帯に電気ヒートポンプ給湯機(貯湯タンク容量 460L)が設置されており、世帯人数が多い世帯では効率的な運転ができてい一方で、少人数世帯では貯湯した湯を使い切れていない可能性が考えられる。一般に電気ヒートポンプ給湯機ではレジオネラ菌対策のために、

夜間に貯湯タンク内の水を 60°C程度に沸き上げる運転が行われるため、蛇口で使用する温度を約 40°Cとして換算した場合、少ない湯消費量の世帯に大きいタンク容量の製品を導入すると、沸き上げ量が過剰になってしまうという課題がある。少人数世帯に対しては、図 2-30 の湯消費実態に即した、よりタンク容量の小さいシステムを導入することで、電気ヒートポンプ給湯機の特徴を活かした高効率な運転により、更なる省エネルギー化が実現可能であることが考えられる。

2.3 居住者年代・住宅形態種別の推移とエネルギー消費量

2.3.1 居住者年代・住宅形態種別割合の推移

図 2-32、図 2-33 に高齢者世帯(65 歳以上の者のみか、これに 18 歳未満の未婚の者が加わった世帯)数の推移、全世帯に占める高齢者世帯割合の推移¹⁷を示す。高齢者世帯は年々増加しており、すでに全体の 4 分の 1 を占める状況となっている。

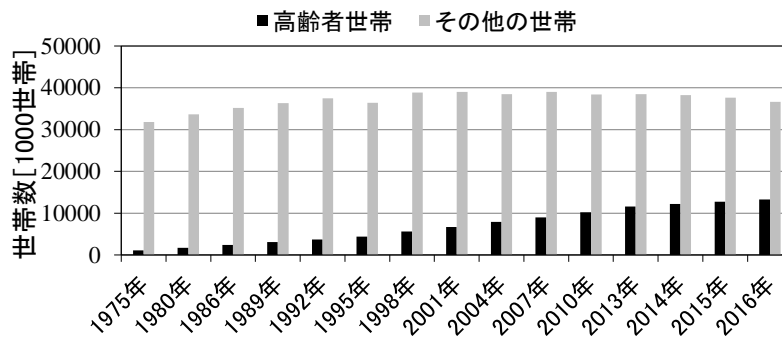


図 2-32 高齢者世帯数の推移

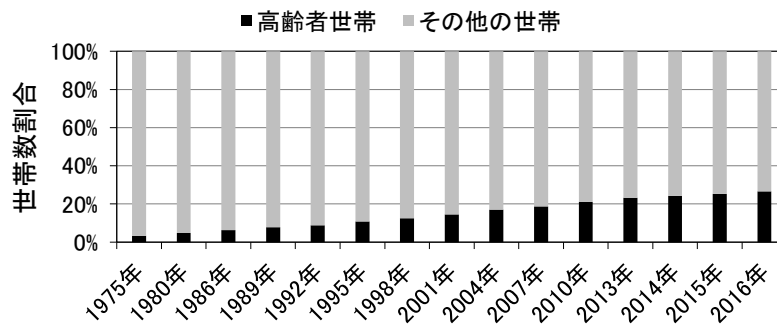


図 2-33 全世帯に占める高齢者世帯割合の推移

¹⁷国民生活基礎調査(厚生労働省) http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_csvDownload_&fileId=000007964510&releaseCount=1

図 2-34、図 2-35 に住戸形態種別住戸数の推移、住戸形態種別割合の推移を示す¹⁸。戸建と集合いずれも住戸数が増加し、また、集合の割合が増加している様子が分かる。

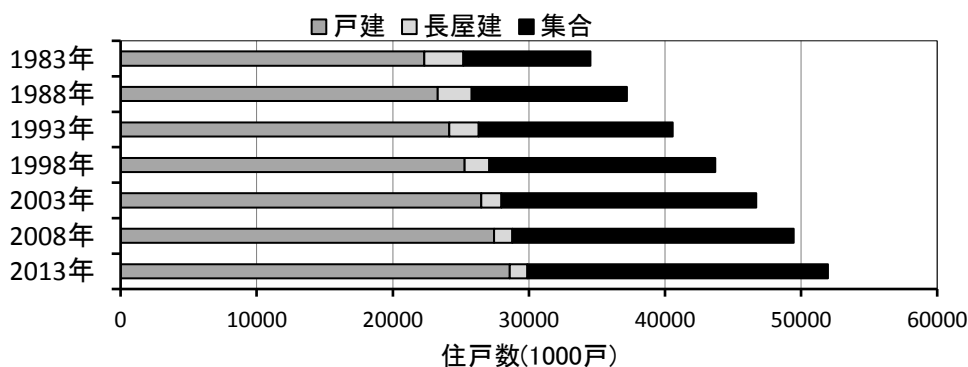


図 2-34 住戸形態種別住戸数の推移

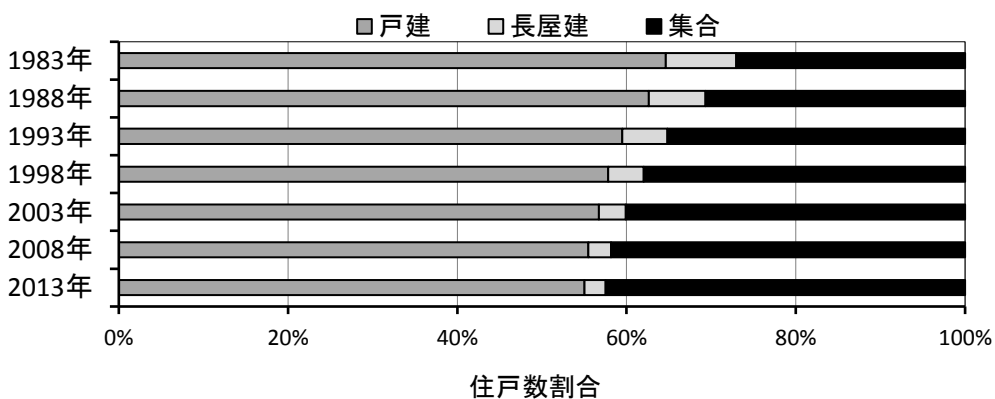


図 2-35 住戸形態種別割合の推移

住戸形態種別の違いによる室内温熱環境・エネルギー消費の違いとしては、集合住宅においては隣接住戸が存在することから、外皮(断熱境界)が外気に接する面積が戸建住宅と比較すると小さくなり、居室のみならず、浴室、脱衣室、トイレ等の非暖房室の温度が低下しにくい特性がある。また、集合は戸建と比べて、面積が小さい、世帯人数が少ないなどの傾向があることから、暖房や給湯のエネルギー消費量が戸建住宅より小さくなる傾向がある。

¹⁸住宅・土地統計調査結果(総務省) <http://www.stat.go.jp/data/nihon/zuhyou/n172100300.xls>
<http://www.stat.go.jp/data/nihon/back10/zuhyou/n1800300.xls>

さらに家庭 CO₂統計全国試験調査における、単身及び夫婦世帯において 60 歳以上の居住者の有無による 4 つの世帯区分別の分析を行った。図 2-36 に居住者年代別エネルギー消費量(単身・夫婦)¹⁹を示す。単身・夫婦世帯いずれにおいても、若中年世帯と比較すると、高齢世帯の消費量が大きく、用途別にみると特に暖房エネルギー消費量が大きいことがわかった。また、住戸形態別に見ても同様の傾向が見られたが、戸建・集合ともに、高齢世帯と若中年世帯の消費量の差は小さくなった(図 2-37)。そこで以降の検討では、在宅状況・住戸形態種別・住宅延床面積・住宅築年数等について、居住者年代別に分析を行い、エネルギー消費量に対する影響を検討した。

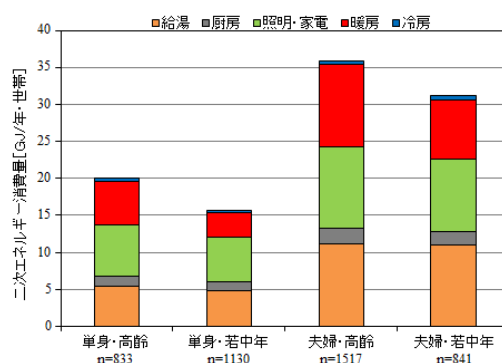


図 2-36 居住者年代別エネルギー消費量(単身・夫婦)

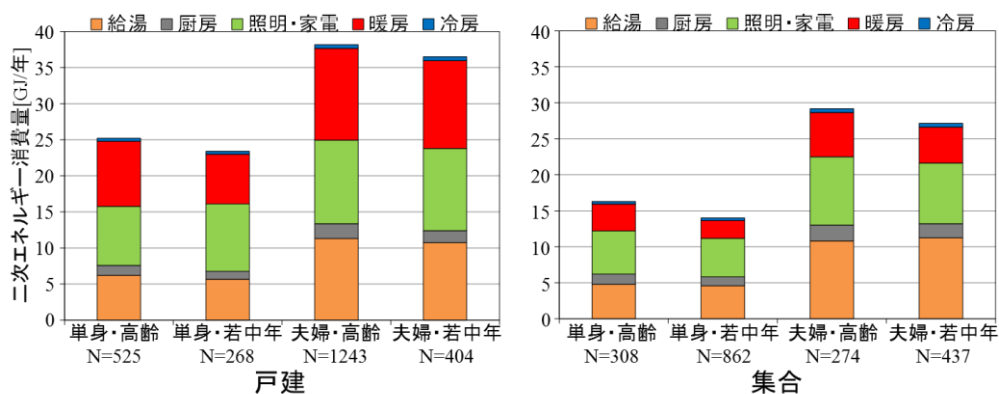


図 2-37 居住者年代別エネルギー消費量(戸建・集合)¹⁹

¹⁹家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

2.3.2 在宅状況

図 2-38 に居住者年代別週当たりの平日昼間在宅日数²⁰を示す。若中年、高齢のいずれの世帯においても、1人世帯よりも夫婦世帯において在宅日数が多い傾向にある。また、単身・夫婦世帯のいずれにおいても、若中年世帯と比較すると、高齢世帯において、ほぼ毎日昼間に在宅している世帯の割合が大きかった。

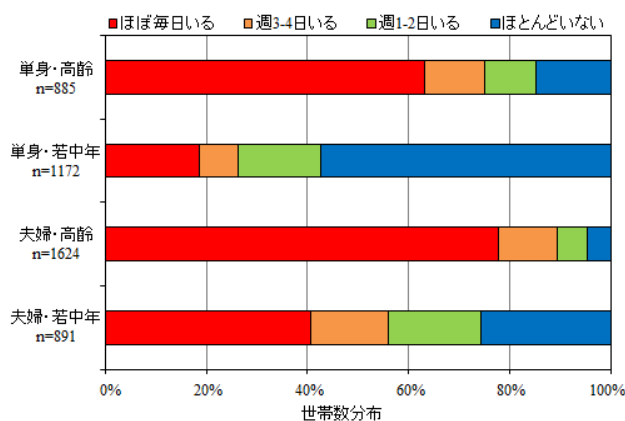


図 2-38 居住者年代別週当たりの平日昼間在宅日数(単身・夫婦)

2.3.3 住戸形態種別

図 2-39 に居住者年代別住戸形態種別(単身・夫婦)²⁰を示す。単身・夫婦いずれも高齢世帯は若中年世帯と比較して戸建の割合が大きい。

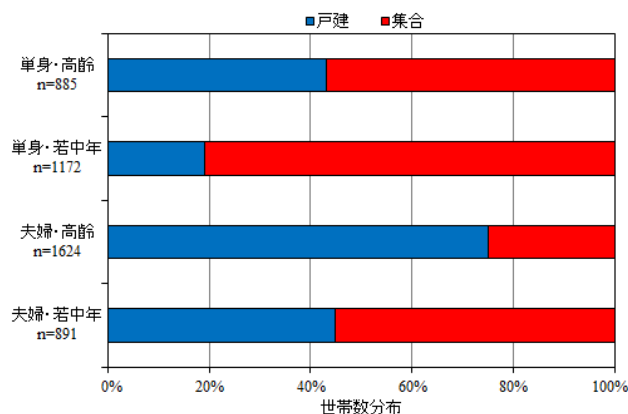


図 2-39 居住者年代別住戸形態種別(単身・夫婦)

²⁰家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

2.3.4 住宅延床面積

図 2-40 に、居住者年代別平均住宅延床面積(単身・夫婦)²¹を示す。いずれの居住者年代においても、1人世帯よりも夫婦世帯において延床面積が大きい傾向にある。また、単身・夫婦世帯いずれにおいても、若中年世帯と比較すると、高齢世帯において、延床面積が大きい。

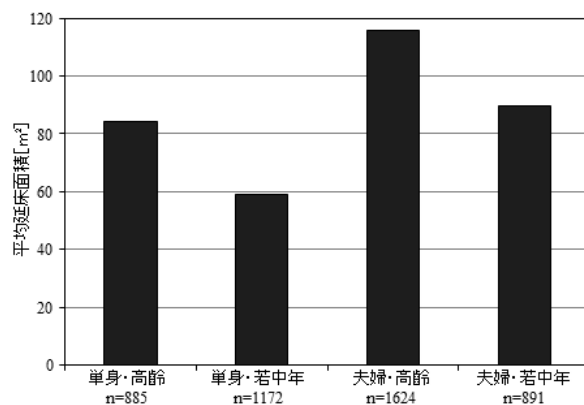


図 2-40 居住者年代別平均住宅延床面積(単身・夫婦)

²¹家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

2.3.5 住宅築年代

図 2-41 に居住者年代および築年代の分布(单身・夫婦)²²を示す。单身・夫婦いずれの世帯においても、高齢世帯で住宅築年代が古い傾向にあることがわかる。また、高齢世帯において、1971~1980年に世帯数割合のピークがみられることから、購入した持ち家に住み続けている世帯も多いと考えられる。一般に、新しい住宅では、断熱性能の向上や高効率な設備機器が標準装備として導入される傾向があり、エネルギー消費量が小さい(図 2-42)。そのため、若中年世帯と比較して、古い住宅に住むことが多い高齢世帯で消費量が大きくなりやすい。

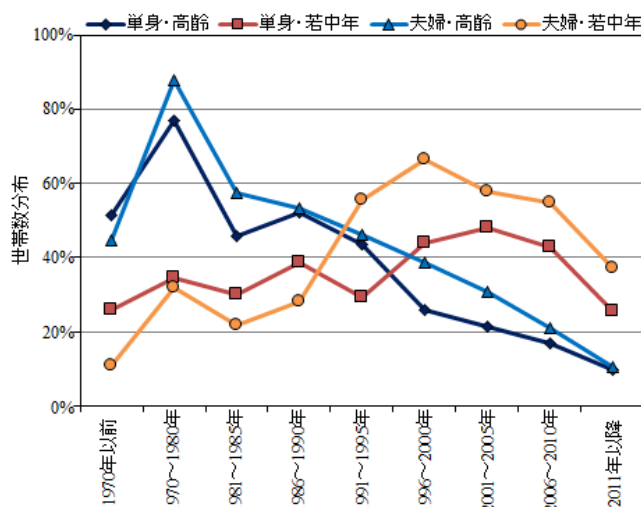


図 2-41 居住者年代および築年代の分布(单身・夫婦)

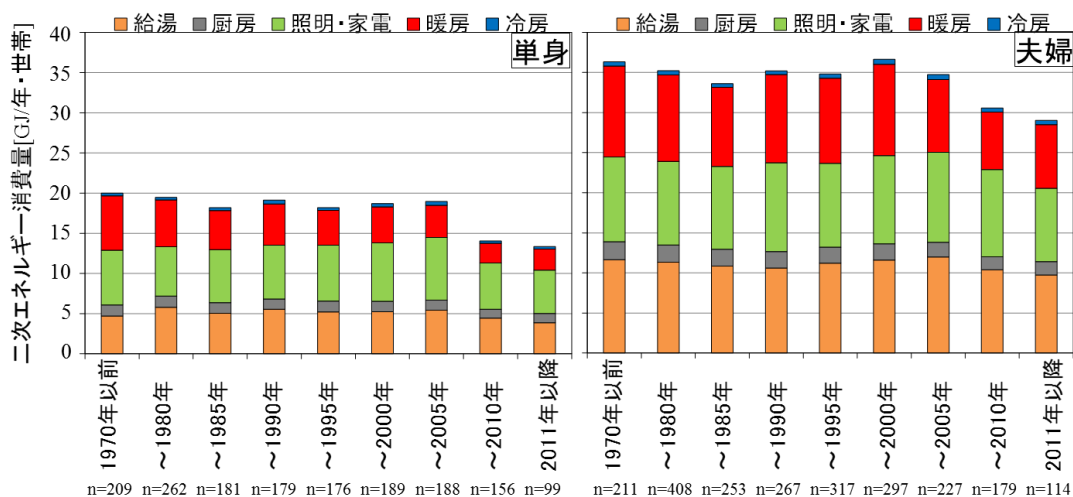


図 2-42 住宅築年代とエネルギー消費量(单身・夫婦)²²

²²家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

2.3.6 設備機器・家電の購入時期

ここでは、居住者年代別に、暖冷房機器として主流であるエアコン及び家電消費量の中でも占める割合の大きい冷蔵庫の製造年と機器効率の観点から分析を行った。図 2-43 に居住者年代別エアコン(複数ある場合は、最もよく使うもの)購入時期(単身・夫婦)²³を示す。高齢世帯では、若中年世帯と比較して古いものを使っている傾向にあり、単身・夫婦世帯共に、2000年以前のものを使用している世帯が20%を越えている。図 2-44 のエアコンのストック効率機器の推移²⁴から2000年以降エアコンのCOPは大きく向上していることから、高齢世帯における古いエアコンの買い替えは、暖冷房エネルギー消費量削減に寄与すると考えられる。

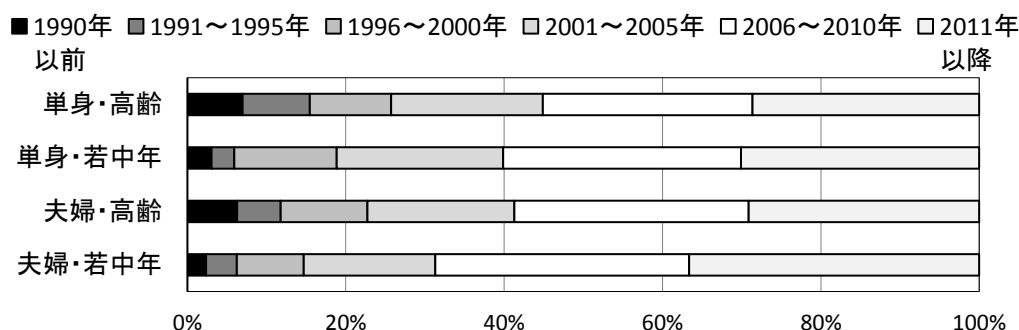
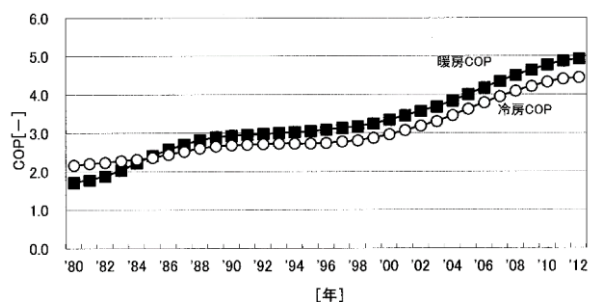


図 2-43 居住者年代別エアコン購入時期(単身・夫婦)



出所：住環境計画研究所推計

図 2-44 エアコンのストック効率機器の推移²⁴

²³家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

²⁴家庭用エネルギーハンドブック 2014年版(住環境計画研究所)P195

図 2-45 に居住者年代別冷蔵庫(複数ある場合は最も内容積の大きいもの)の購入時期(単身・夫婦)²⁵を示す。高齢世帯は若中年世帯と比較して古いものを使っている傾向にある。図 2-46 の冷蔵庫のストック機器効率の推移²⁶から 1990 年以前のもの効率が低いこと、2006 年以降のもの効率高く、年間消費電力量は減少傾向にあることがわかる。以上より、高齢世帯における古い冷蔵庫の買い替えは、家電消費量削減に寄与すると考えられる。

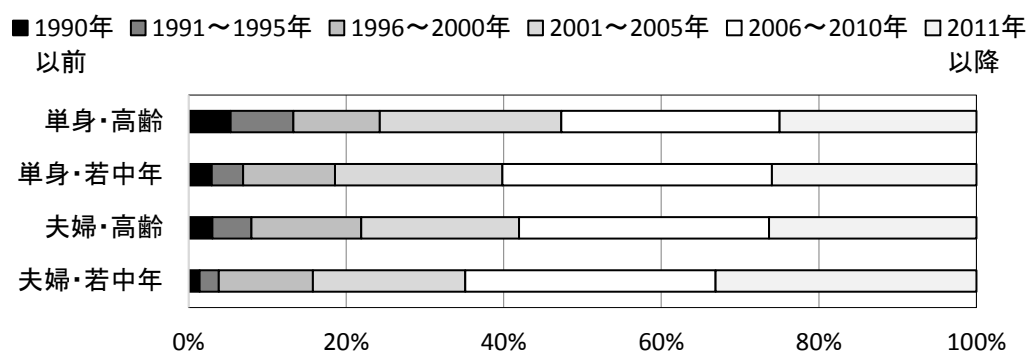


図 2-45 居住者年代別冷蔵庫の購入時期(単身・夫婦)

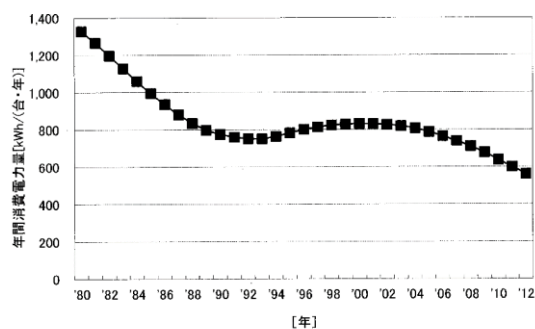


図 2-46 冷蔵庫のストック機器効率の推移²⁶

²⁵家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

²⁶家庭用エネルギーハンドブック 2014 年版(㈱住環境計画研究所)P197

2.4 まとめ

本章では、首都圏の2か所の集合住宅 K,S における電力・ガス・水道消費量の計測データ、及び近年環境省により実施された家庭 CO₂統計全国試験調査を対象として、世帯人数別及び居住者年代別にエネルギー消費実態の分析を行った。

世帯人数別のエネルギー消費量分布について、いずれの住戸形態種別においても、世帯人数が少なくなるほど、世帯数割合がピークとなるエネルギー消費量が小さいことを示した。また、世帯人数が少なくなるほど、世帯当たりの総エネルギー消費量は減少するものの、1人当たりのエネルギー消費量は増加することを示した。水道消費量においても1人当たりの消費量は世帯人数が少なくなるほど増加する傾向しているが、エネルギー消費量と比較すると、人数別の増減割合の差は小さい様子となった。さらに、集合住宅 K と S において、世帯人数が少なくなるほど1人当たりのエネルギー消費量のばらつきが大きくなることを示した。

世帯人数別に見る水栓湯量と浴槽湯量から、いずれの世帯人数においても、世帯毎にシャワー入浴と浴槽入浴の比率は異なりばらつきが大きいことがわかった。このことから、それぞれの世帯の入浴方法に適した省エネ行動・設備の提案が重要であると言える。

集合住宅 S の少人数世帯における水道消費量から、電気ヒートポンプ給湯機の貯湯槽容量において、消費実態に即していない容量であることが示唆された。

居住者年代別に見ると、高齢世帯では、若中年世帯と比較して、単身・夫婦のいずれにおいてもエネルギー消費量が大きく、特に暖房でその差が顕著であった。高齢世帯は今後も増加が見込まれ、高齢者の生活実態に即した省エネ対策を講じることが重要である。そこで、在宅状況の分析を行ったところ、高齢世帯では、昼間在宅者日数が多いことが明らかになった。また、高齢世帯では、単身でも戸建に住む割合が40%を越え、延床面積が大きいことがわかった。この他にも、高齢世帯においては、居住者の代謝量減少による温冷感覚の差異などの影響も考えられる。さらに、高齢世帯では、住宅の築年代が古く、エアコン、冷蔵庫といった設備・家電の製造年が古い傾向が示された。築年代が古い住宅では断熱性能が低く、製造年が古い家電では効率が悪い傾向にあるため、ハード面の更新による改善の余地があることがわかった。

第3章 地方の住戸形態・世帯属性を考慮した分析(家庭 CO₂統計全国試験調査)

第2章では、全国を対象とした分析を行ったが、地方ごとに気候や住まい方の違いがあり、消費実態にも差異が生じる。そこで本章では、地方の特性を考慮して、暖冷房及び給湯消費を主とした分析を行った。

3.1 住戸形態種別と世帯人数

図 3-1 に各地方の住宅の住戸形態種別²⁷を示す。沖縄と関東甲信において集合の割合が高く、40%を越えており、また、北陸や東北において戸建の割合が高く、80%を越えている。なお、北陸の戸建は、平均延床面積が他の地域と比べて大きいという特徴がある²⁸。

図 3-2 に示す都市圏人口が総人口に占める割合²⁹を見ると、都市部に人口が集中している様子が分かる。

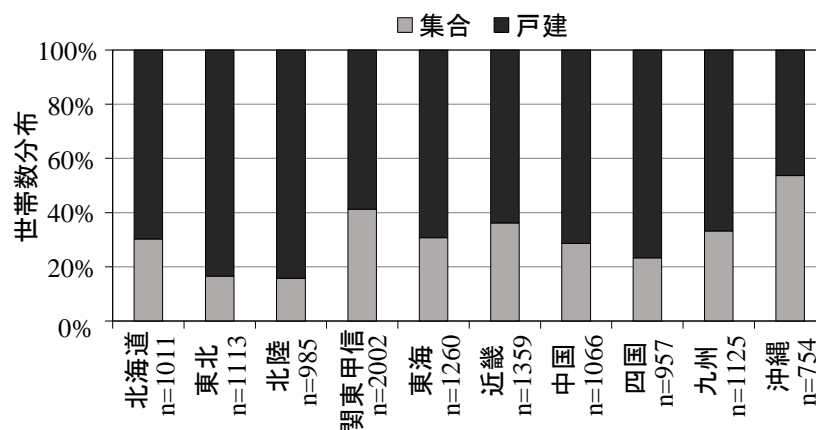


図 3-1 各地方の住宅の住戸形態種別

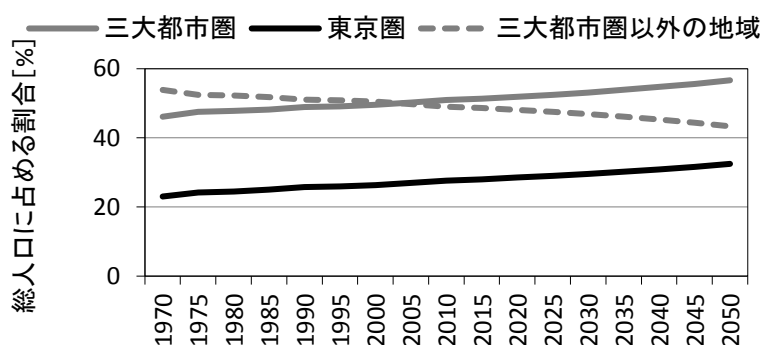


図 3-2 都市圏人口が総人口に占める割合の推移

²⁷家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

²⁸家庭用エネルギーハンドブック 2014 年版(株住環境計画研究所)P103、107

²⁹平成 24 年版情報通信白書(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/excel/n1201080.xls> をもとに作成

図 3-3、図 3-4 に、戸建と集合における地方別世帯人数分布³⁰を示す。集合では、いずれの地方においても、1人世帯の比率が大きいことがわかった。戸建では、北陸や東海において世帯人数が多く、北海道や四国において世帯人数が少ない傾向にある。

本章では以降、代表的な寒冷地である北海道、住戸形態種別や世帯人数の内訳に特徴のある北陸、人口が集中し集合住宅世帯数の多い関東甲信に着目して、世帯人数別にエネルギー消費実態を分析した。

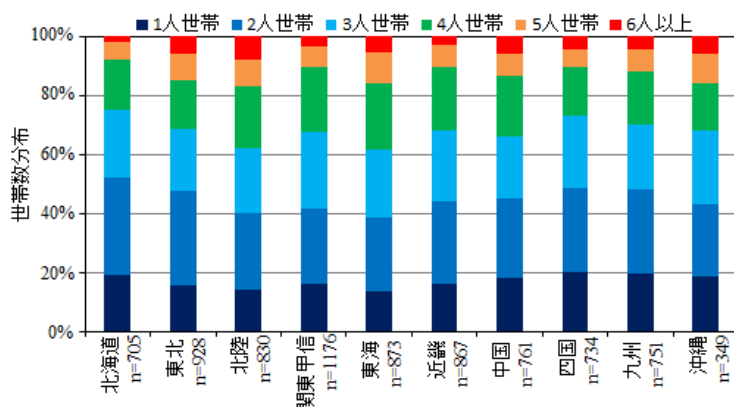


図 3-3 地方別世帯人数分布(戸建)

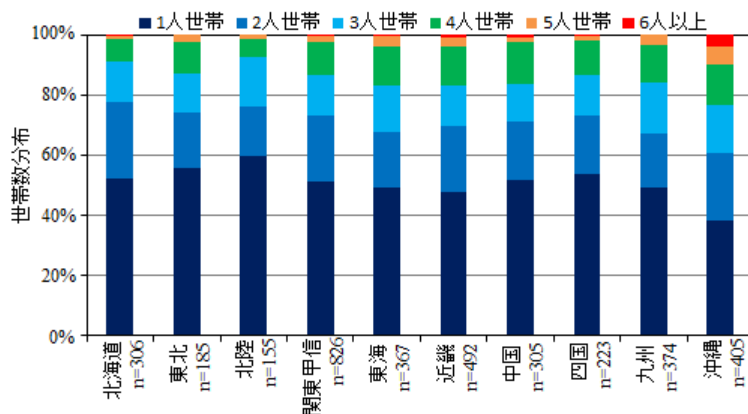


図 3-4 地方別世帯人数分布(集合)

3.2 北海道、北陸、関東甲信におけるエネルギー消費量

図 3-5、図 3-6、図 3-7 に各地方の世帯人数別エネルギー消費量³⁰を示す。いずれの世帯人数においても北海道における消費量が大きく、用途別に見ると、暖房エネルギー消費量が突出して大きいことがわかった。北陸の戸建においては、関東甲信と比較すると暖房エネルギー消費量が大きい傾向にあるが、集合では大きな差がないことがわかった。給湯エネルギー消費量は、戸建の少人数世帯においては、北海道で大きい傾向にあり、4人以

³⁰家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

上の世帯では北陸で大きい。これは、先述の通り、北陸の戸建において、世帯人数が多いことが一因としてあげられる。照明・家電消費量や厨房消費量は、それぞれの世帯人数別に見ると地方での差はあまりない。

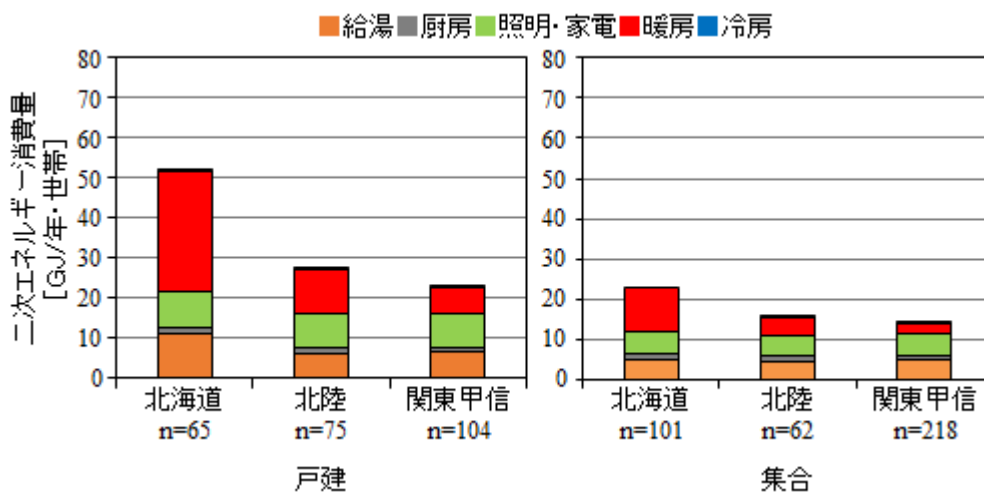


図 3-5 地方別 1人世帯エネルギー消費量

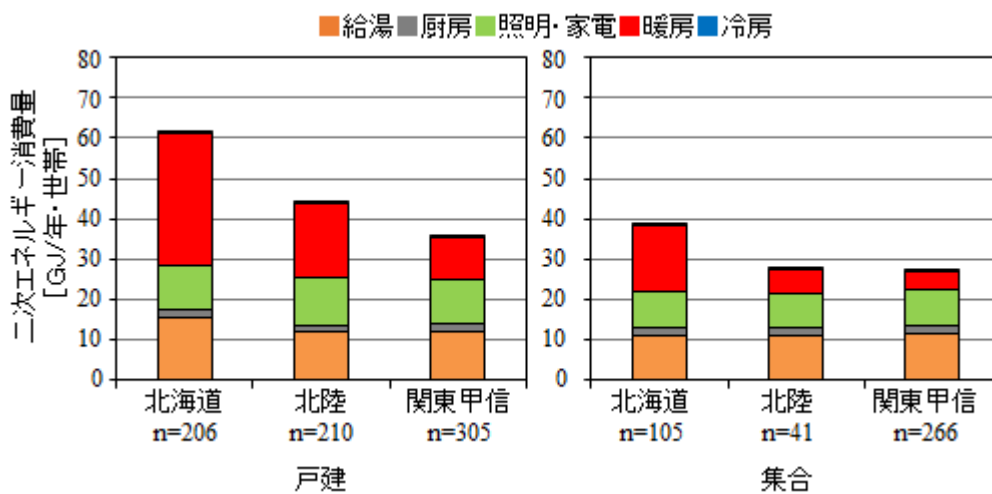


図 3-6 地方別 2人世帯エネルギー消費量

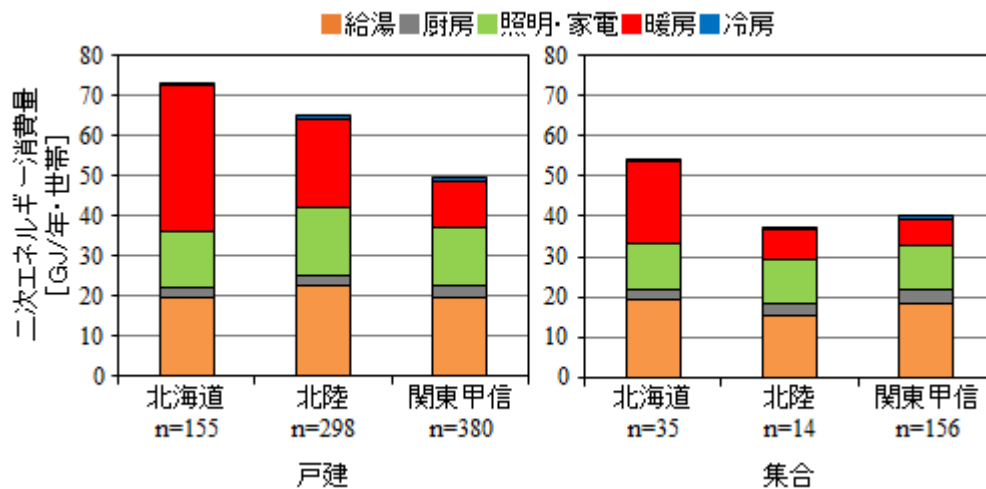


図 3-7 地方別 4 人以上世帯エネルギー消費量

3.3 各地方における暖房使用状況

各地方の暖房エネルギー消費量の差を説明する要因の一つとして、外気条件の違いの他、暖房機器の使用実態の違いが挙げられる。そこで、最も使用時間の長い暖房機器の種類、使用時間、設定温度について分析を行った。

3.3.1 最も使用時間の長い暖房機器

図 3-8、図 3-9、図 3-10 に各地方の世帯人数別に最も使用時間の長い暖房機器³¹を示す。戸建と集合いずれにおいても、北海道では、北陸や関東甲信と比較して、灯油ストーブの割合が大きく、集合ではガスストーブの割合も大きい。また、北陸や関東甲信と比較するとエアコンの使用割合が小さい。理由として、エアコンでは冬期の寒冷地において頻繁な除霜運転が生じることや低い外気温によるヒートポンプの能力および効率の低下が懸念されるために、燃焼式暖房器具と比較して十分な温熱環境・省エネルギー性能を確保できないと認識されていることや、夏期に冷房が必要な期間が短いためにエアコンが導入されていないことなどが挙げられる。この他、北海道では少人数世帯においても、北陸や関東甲信ではほとんど使用されていないセントラル暖房の使用が見られた。なお、家庭 CO₂ 統計におけるセントラル暖房は、集中熱源機(ボイラ等)から供給される熱で、複数の部屋を暖房するシステムを指しており、ヒートポンプを前提とした省エネ基準におけるセントラル暖房とは定義が異なるので注意が必要である。また、寒冷地である北海道と北陸では一次エネルギー効率の低い電気ヒーター利用による蓄熱暖房機を使用している世帯が見られ、比較的電気量単価が安価な深夜電力や融雪電力契約により居住者へのコスト増にはつながりにくいものの、寒冷地の住宅における暖房エネルギー消費量の増加には大きく寄与

³¹家庭 CO₂ 統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

しているものと思われる。

北陸の戸建では灯油ストーブ、集合ではエアコンの割合が大きいのが特徴である。関東甲信においては、戸建では灯油ストーブやエアコン、集合では北陸と同様にエアコンの割合が大きい、電気カーペット・こたつの割合も大きい。一次エネルギー効率の観点から、電気ヒーターによる暖房機器の使用は浴室、脱衣室、トイレ等の非暖房室に留めるべきであり、広い家で全般暖房として使用するのはいま好ましくない。これらは、エアコンと比較して投入可能な熱量当たりの消費電力量が大きいため、代わりにエアコン等のより高効率な暖房機器を使用することで暖房エネルギー消費量削減に寄与すると期待できる。

図 3-11 に最も使用時間が長い暖房機器と暖房エネルギー消費量(全国)³²を示す。エアコンと比較すると、電気蓄熱暖房機、ガス・灯油ストーブ、ガス温水床暖房、セントラル暖房システムの暖房エネルギー消費量が大きいがわかった。なお、図 3-11 を一次エネルギー換算すると、エアコンとガス・灯油ストーブ、ガス温水床暖房の暖房エネルギー消費量の差は小さくなる。

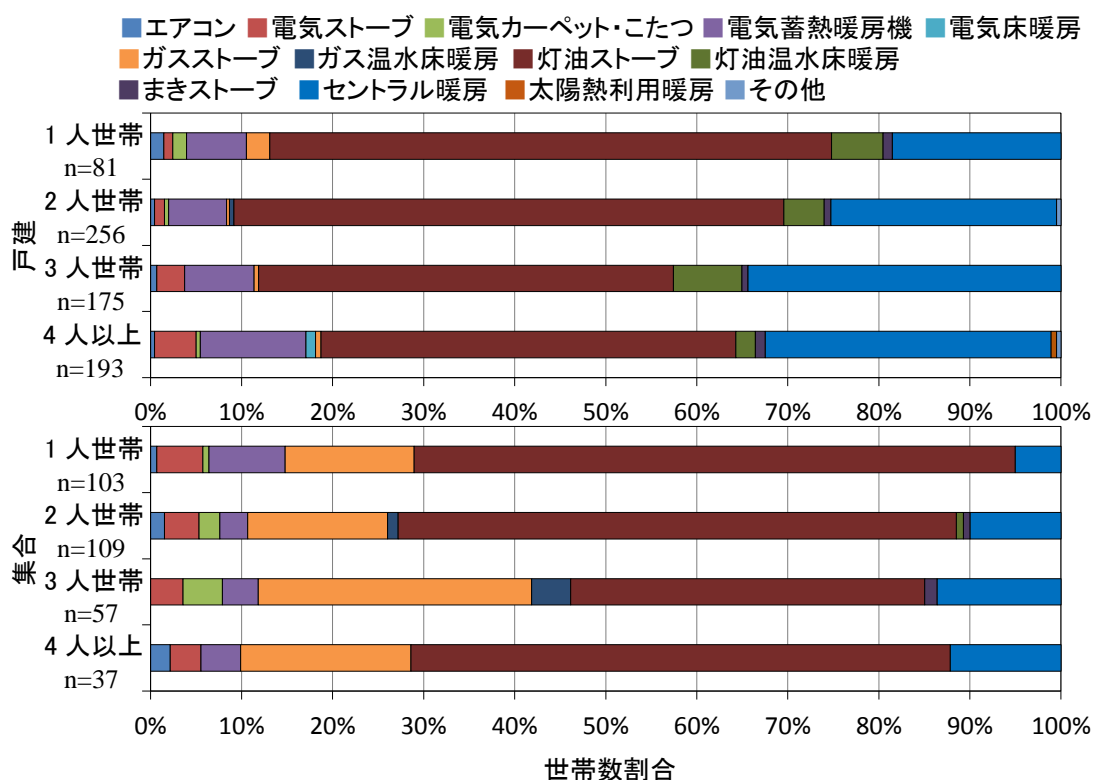


図 3-8 最も使用時間の長い暖房機器(北海道)

³²家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

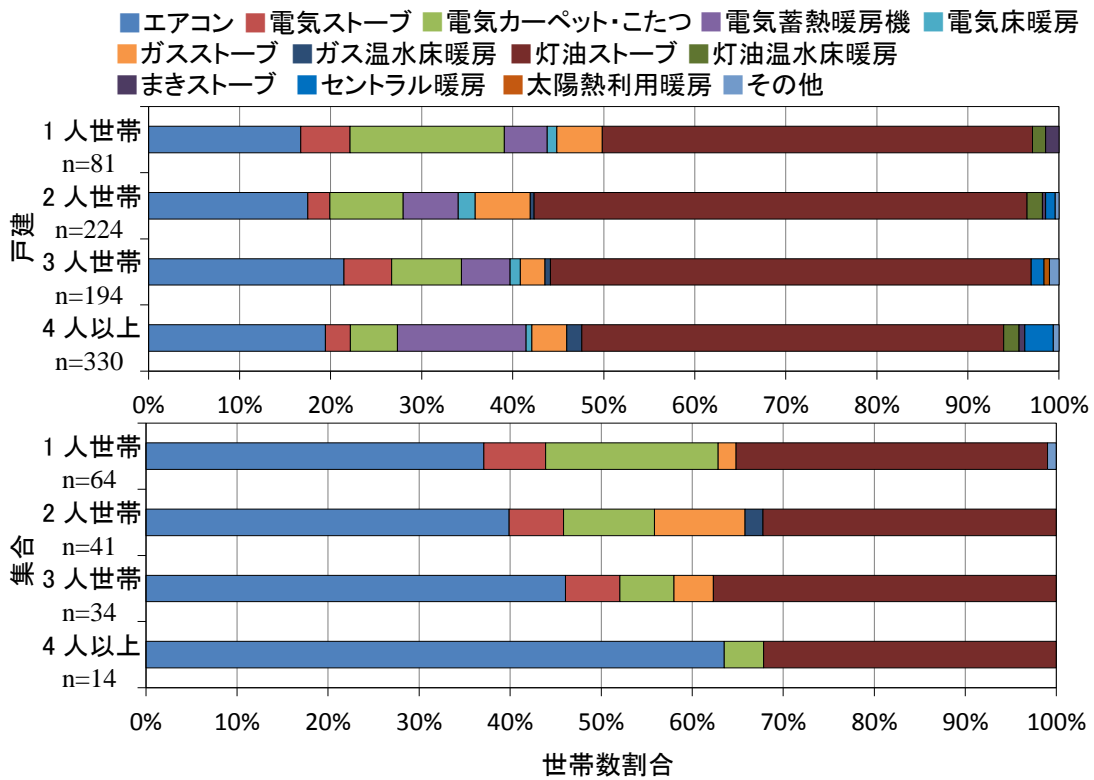


図 3-9 最も使用時間の長い暖房機器(北陸)

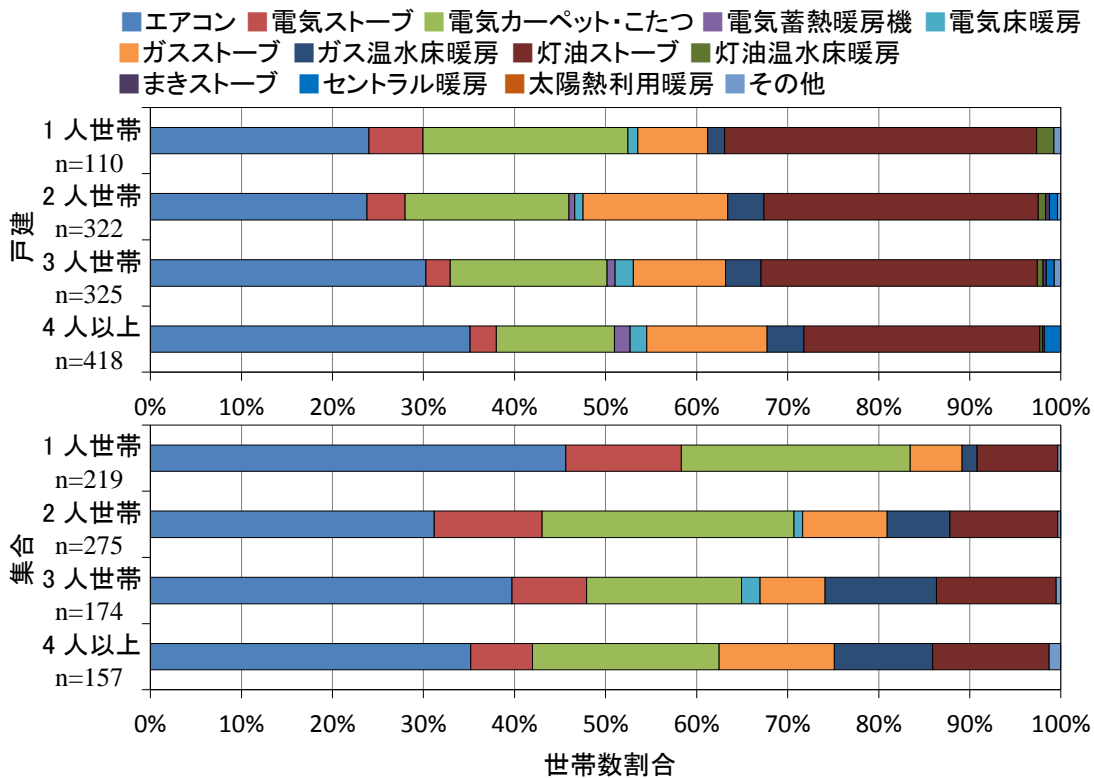


図 3-10 最も使用時間の長い暖房機器(関東甲信)

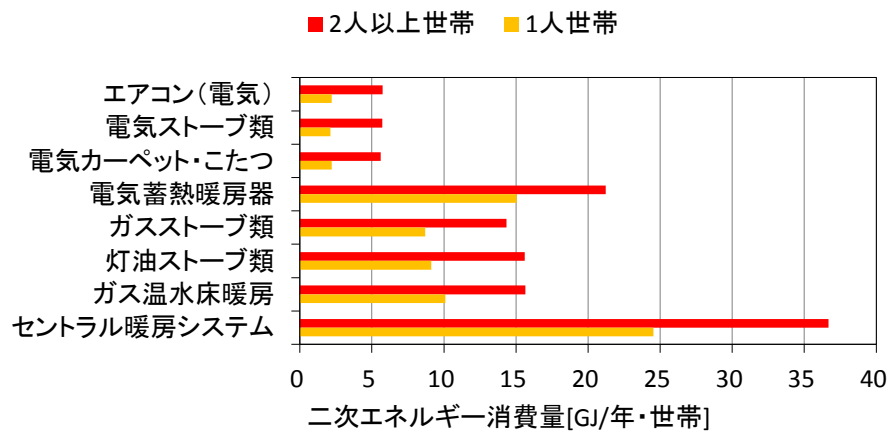


図 3-11 最も使用時間が長い暖房機器と暖房エネルギー消費量(全国)

3.3.2 暖房機器の使用時間

図 3-12、図 3-13、図 3-14 に各地方の世帯人数別に最も使用時間が長い暖房機器の使用時間³³を示す。いずれの地方においても集合では、世帯人数が少なくなるほど、使用時間が短くなる傾向が見られた。住戸形態種別に見ると、集合より戸建で使用時間が長い傾向にある。特に、北海道の戸建では少人数世帯も含めて、いずれの世帯人数においても、24時間暖房の世帯が40%程度みられた。

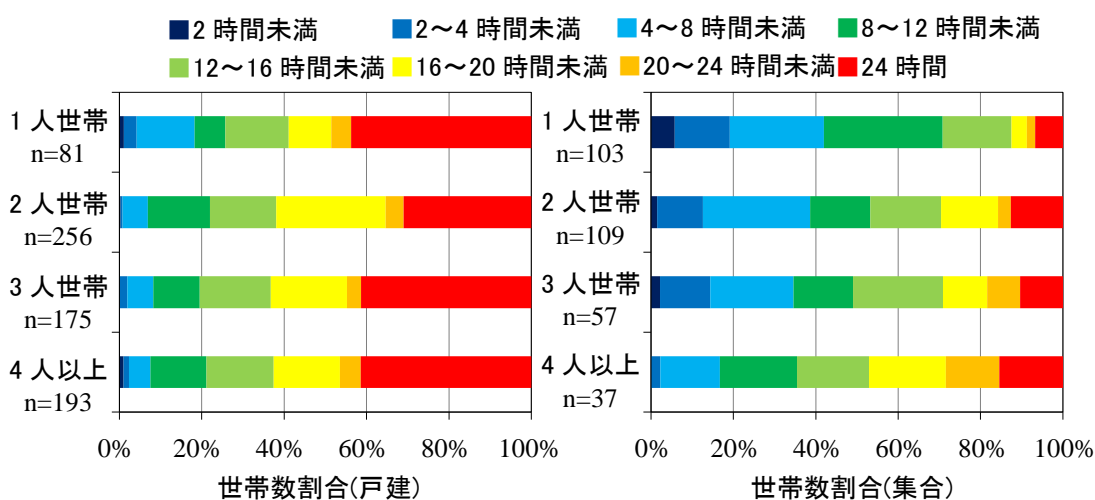


図 3-12 最も使用時間が長い暖房機器の使用時間(北海道)

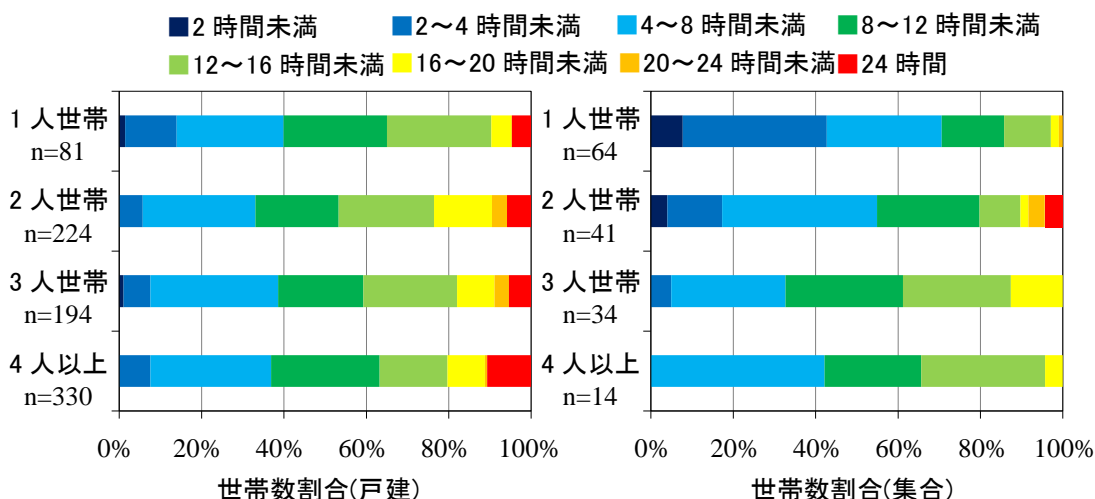


図 3-13 最も使用時間が長い暖房機器の使用時間(北陸)

³³家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

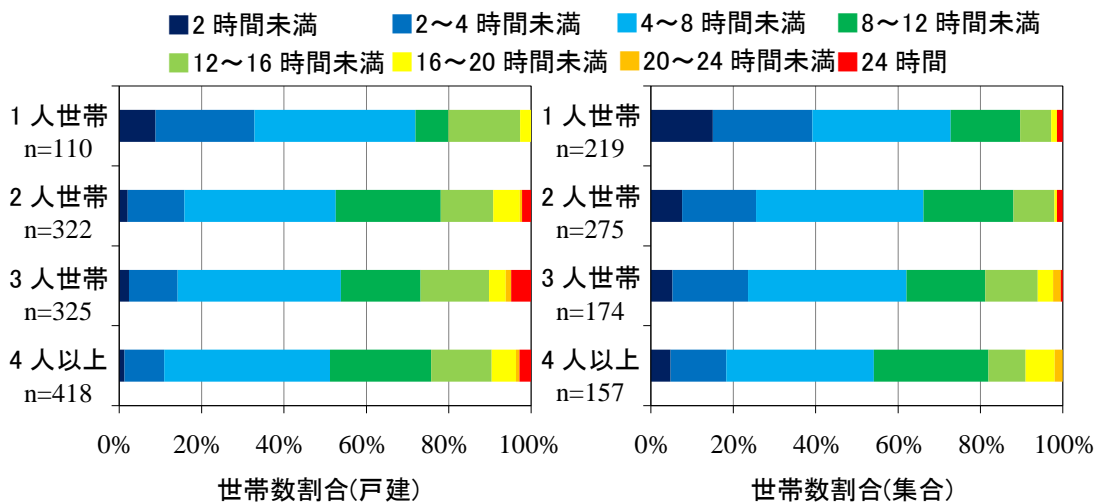


図 3-14 最も使用時間が長い暖房機器の使用時間(関東甲信)

3.3.3 暖房機器の設定温度

図 3-15、図 3-16、図 3-17 に各地方の最も使用時間の長い暖房機器の設定温度³⁴を示す。温度設定が出来ない暖房機器がある点や、室温を設定するかその他(床温度や送水温度等)の温度を設定するかの違い等については十分に考慮できない点に留意する必要があるものの、世帯人数別の比較では明確な差異は見られず、少人数世帯ならではの特徴は認められなかった。関東甲信と比較すると北海道の住宅では、23℃以上に設定する世帯の割合が小さいことが表れている。この理由としては、北海道では寒冷地向けの断熱性能が高い住宅が普及していることや、暖房機器の長時間運転が考えられる。また、この設定温度緩和の傾向は、集合住宅においてより顕著に表れている。

³⁴家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

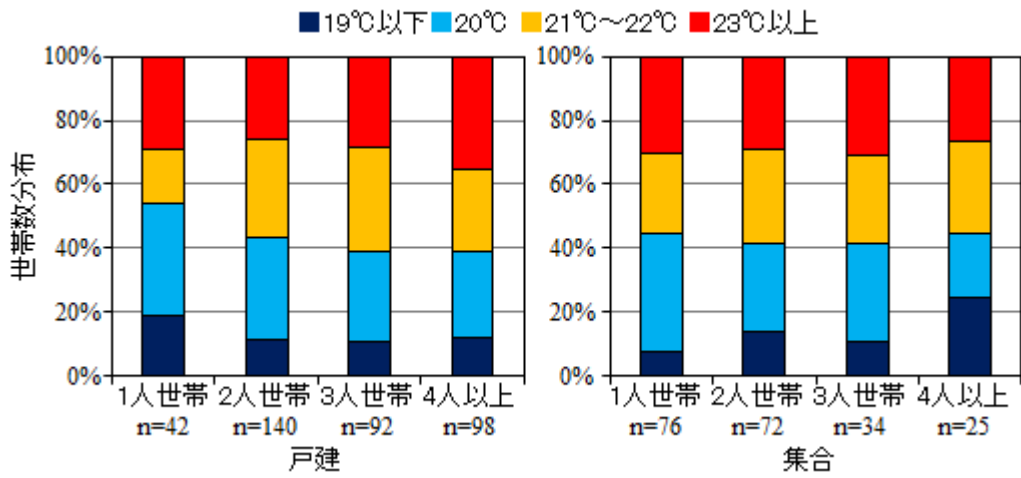


図 3-15 最も使用時間が長い暖房機器の設定温度(北海道)

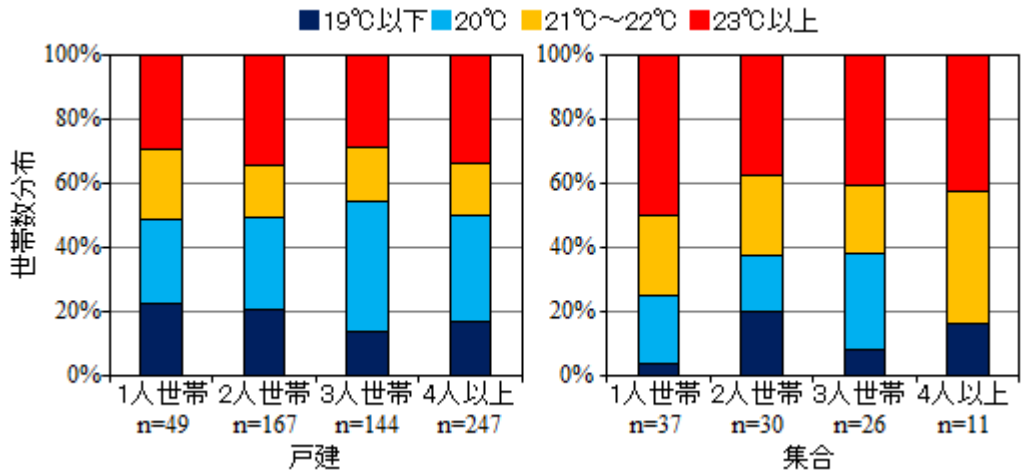


図 3-16 最も使用時間が長い暖房機器の設定温度(北陸)

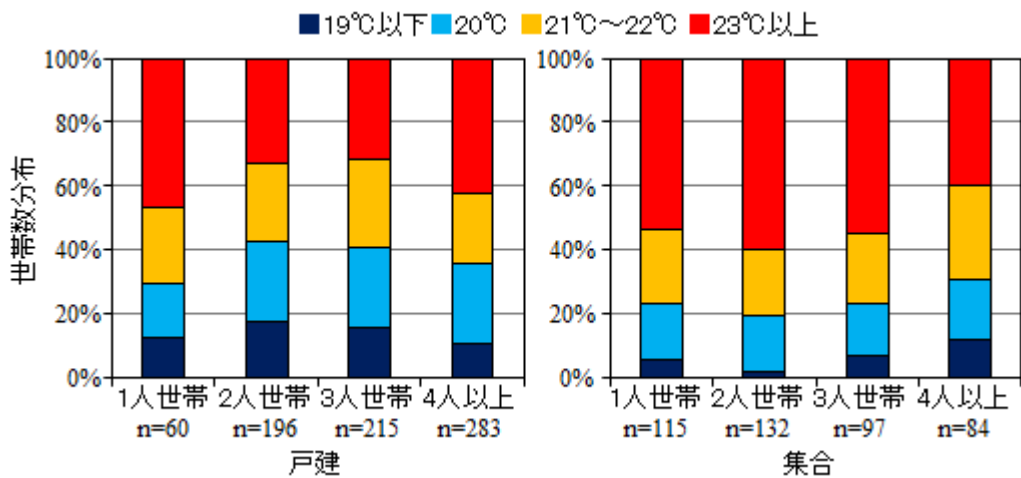


図 3-17 最も使用時間が長い暖房機器の設定温度(関東甲信)

3.4 各地方における冷房使用状況

住宅におけるエネルギー消費全体に対して冷房エネルギー消費量が占める割合は小さいものの、気候や住宅の条件により使用実態は異なるものと思われる。そこで、各地方において冷房の使用時間、設定温度について分析を行った。

3.4.1 エアコンの使用時間

図 3-18、図 3-19、図 3-20 に各地方の暑い時期の平日のエアコン(複数ある場合は一番使用時間が長いもの)の使用時間³⁵を示す。地方別に比較すると、寒冷地である北海道で使用時間が短くなる傾向がみられた。また、北陸と関東甲信では、世帯人数が少なくなるほど使用時間が短くなる傾向が見られた。

先述の通り、既往の知見から、居住者は住宅における冷房消費を過大に認識している傾向があり、冷房に関する省エネ意識も高い傾向にあることがわかっている。しかし住宅のエネルギー消費に占める冷房の割合は非常に小さく、図 3-21、図 3-22、に示す世帯人数別の暑い時期の平日のエアコン使用時間とエネルギー消費量³⁵では、使用時間が短くなるほど、冷房エネルギー消費量が小さくなる傾向は見られるものの、こうした省エネ行動の住宅全体のエネルギー消費量に対する削減効果は限定的である上、無理をして熱中症のリスクを増大させる可能性もある。夏期のピーク時における全電力需要の抑制を検討することは重要だが、冷房エネルギー消費を削減するためにまずエアコンの使用を控えるということではなく、室内への日射の侵入を防ぐこと等による冷房負荷低減が有効であることを居住者に周知することが重要である³⁶。

³⁵家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

³⁶2011 年震災の提言「住宅の夏期における節電対策」(空気調和・衛生工学会)

<http://www.shasej.org/topics/shinsaikanren/seuden%20teigen%20natu%20b.html>

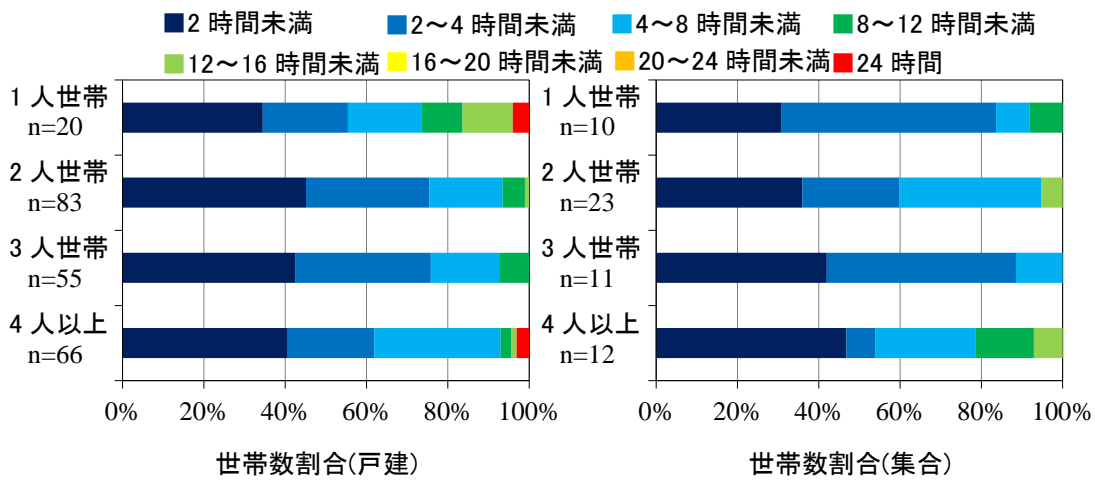


図 3-18 暑い時期の平日のエアコン使用時間(北海道)

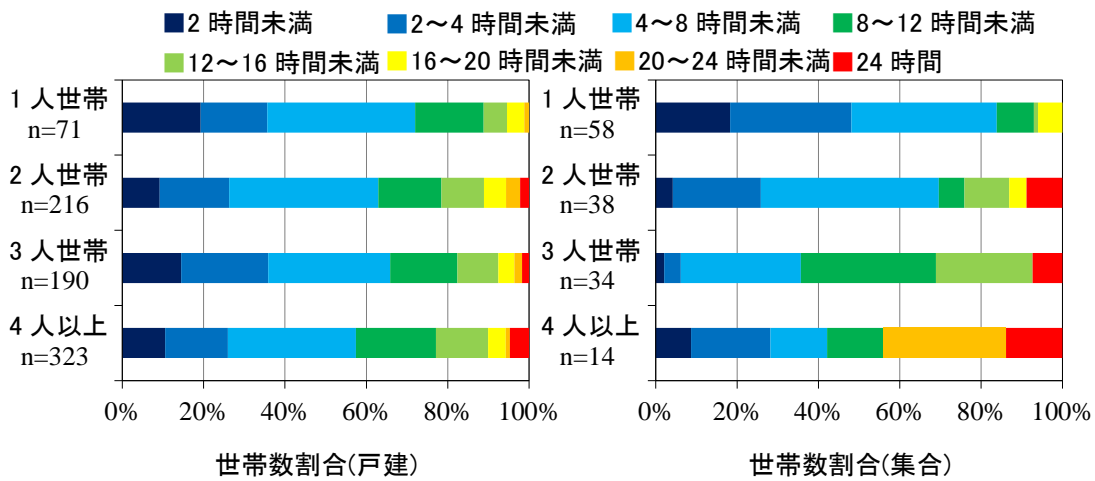


図 3-19 暑い時期の平日のエアコン使用時間(北陸)

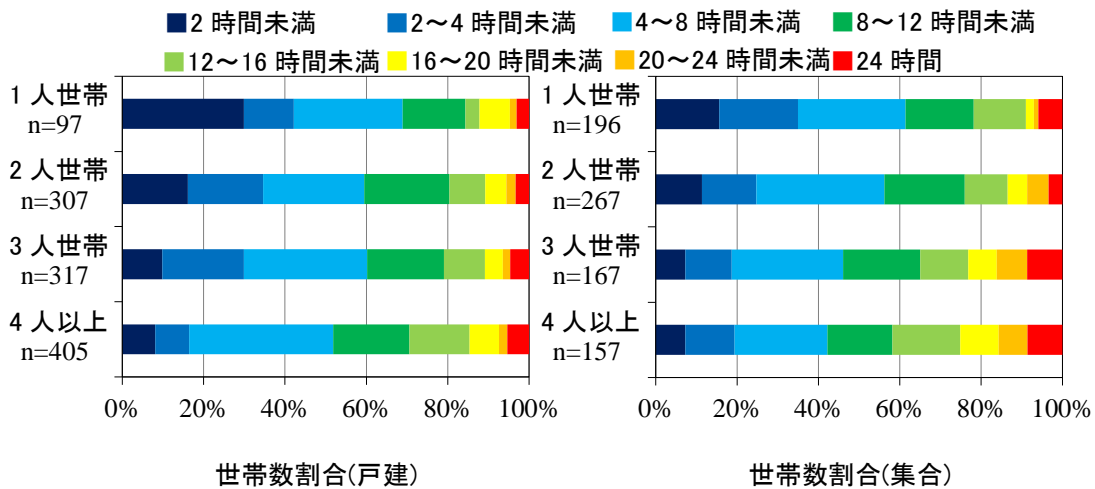


図 3-20 暑い時期の平日のエアコン使用時間(関東甲信)

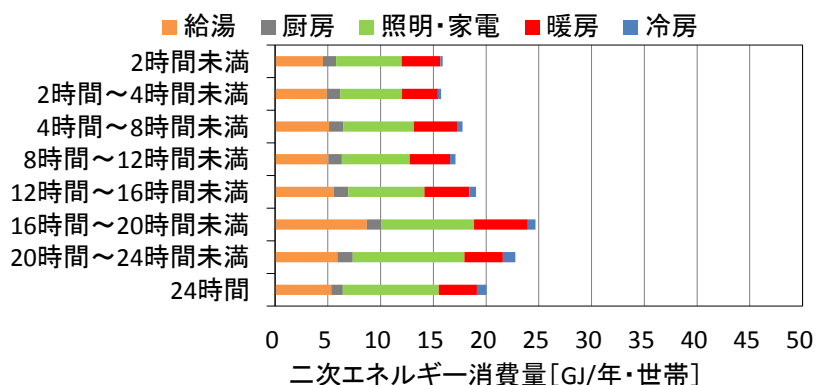


図 3-21 暑い時期の平日のエアコン使用時間とエネルギー消費量(1人世帯)

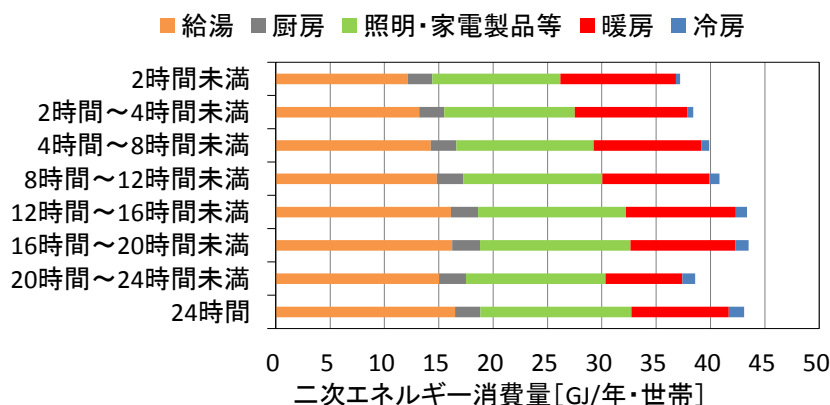


図 3-22 暑い時期の平日のエアコン使用時間とエネルギー消費量(2人以上の世帯)

3.4.2 エアコンの冷房設定温度

図 3-23、図 3-24、図 3-25 に各地方の世帯人数別エアコン(複数ある場合は一番使用時間が長いもの)の冷房時の設定温度³⁷⁾について世帯数割合を示す。世帯人数の違いによる明確な差異は見られなかったものの、地方別に比較すると、北海道では、戸建・集合いずれにおいても 28℃以上の世帯数割合が小さいことがわかった。

図 3-26、図 3-27 に世帯人数別のエアコン冷房時の設定温度とエネルギー消費量³⁷⁾を示す。冷房エネルギー消費量は、各世帯人数において設定温度別の明確な差異は認められず、設定温度の変更によるエネルギー消費量削減の余地は少ないと言える。

³⁷⁾家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

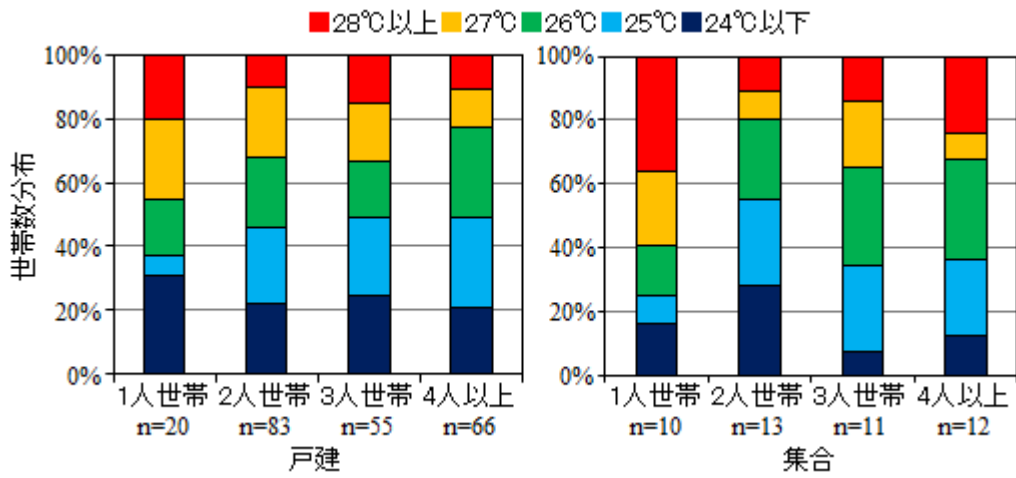


図 3-23 エアコンの冷房時の設定温度(北海道)

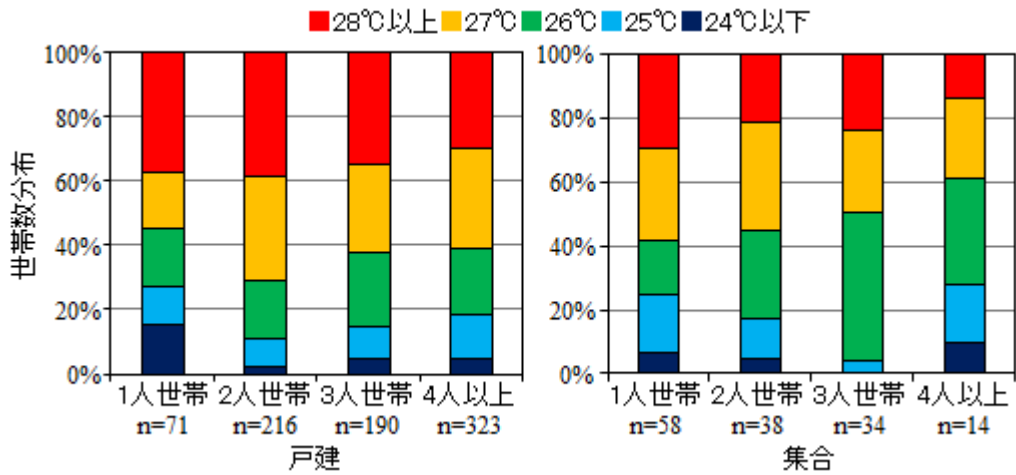


図 3-24 エアコンの冷房時の設定温度(北陸)

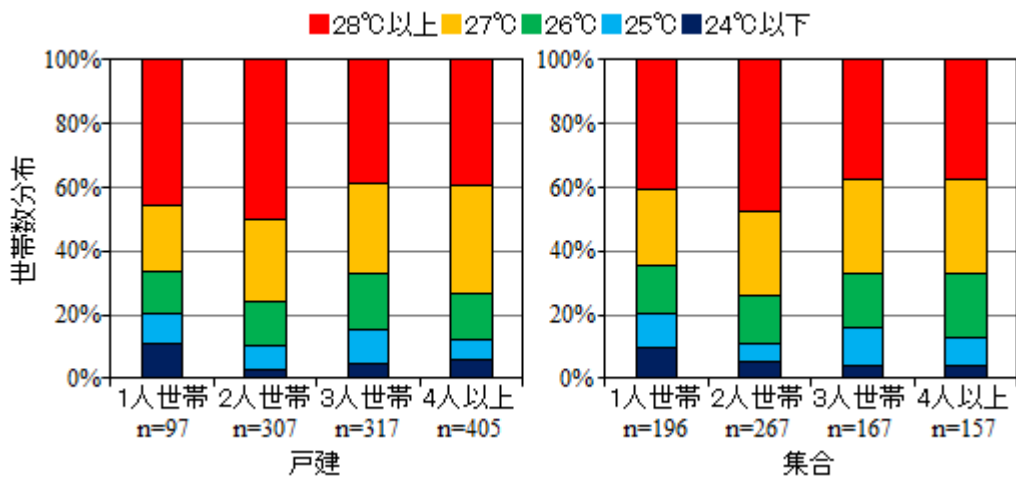


図 3-25 エアコンの冷房時の設定温度(関東甲信)

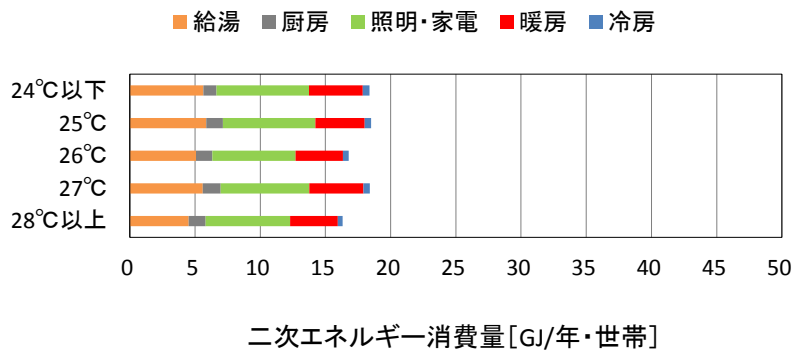


図 3-26 エアコン冷房時の設定温度とエネルギー消費量(1人世帯)

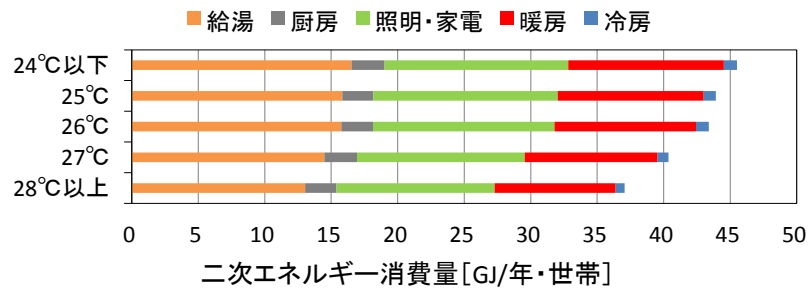


図 3-27 エアコン冷房時の設定温度とエネルギー消費量(2人以上の世帯)

3.5 各地方における給湯機器使用状況

地方により外気温・給水温度の違いから給湯負荷が変化すること、給湯機器種類によっては外気条件・湯使用実態の違いによって効率が変わることが一般に言われている。そこで、各地方の世帯において導入されている給湯機器種類や、湯消費実態の代表として入浴状況の違いを分析した。

3.5.1 設置されている給湯機器の割合

図 3-28 に地方別給湯機器使用状況³⁸を示す。他の地方と比較すると、北海道では石油給湯機を使用している世帯が多く、特に戸建でその割合が大きい。北海道の戸建を除くといずれの地方においても、ガス給湯機の割合が大きいことが示された。また、他の地方と比較すると、北陸において、電気ヒートポンプ給湯機を使用している世帯が多い。集合において、全電化向けの給湯機に着目すると、電気ヒートポンプ給湯機よりも電気ヒーター温水器の使用割合が大きい。この理由として、貯湯タンク容量が小さな少人数世帯向けの電気ヒートポンプ給湯機が普及していないことや、集合住宅では電気ヒートポンプ給湯機の設置面積の確保が困難であること、機器価格が比較的高価であること等が考えられる。

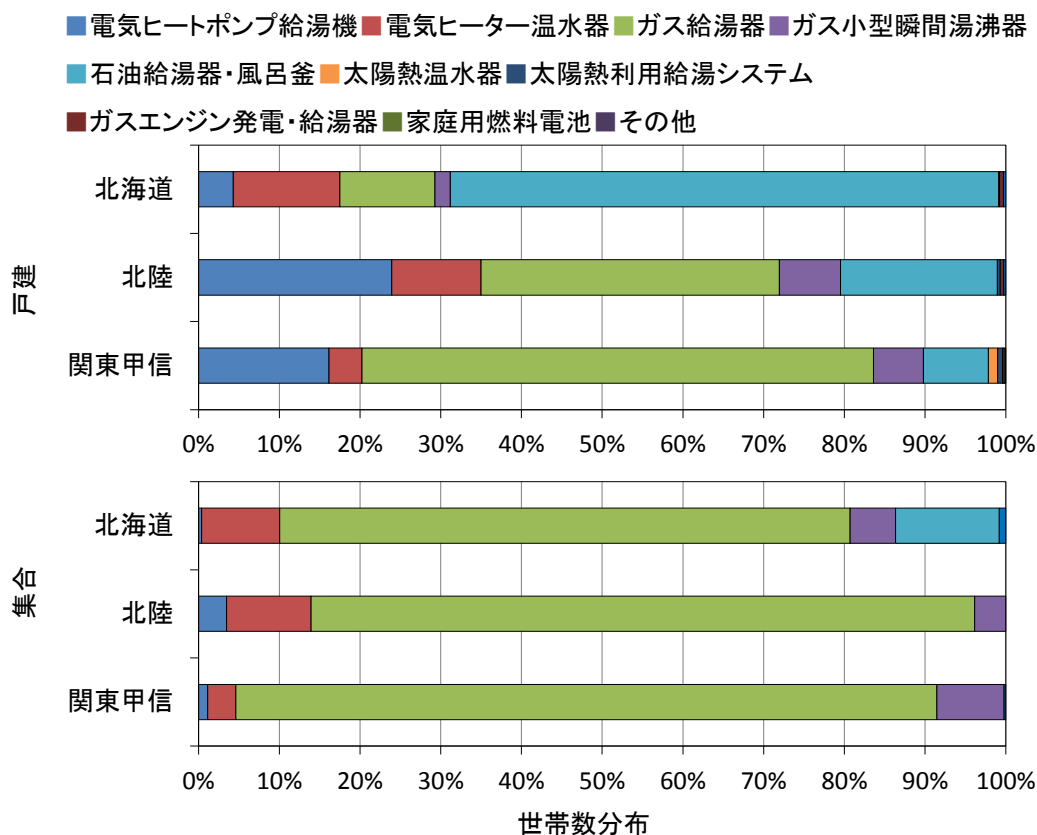


図 3-28 地方別給湯機器使用状況

³⁸家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

3.5.2 入浴状況

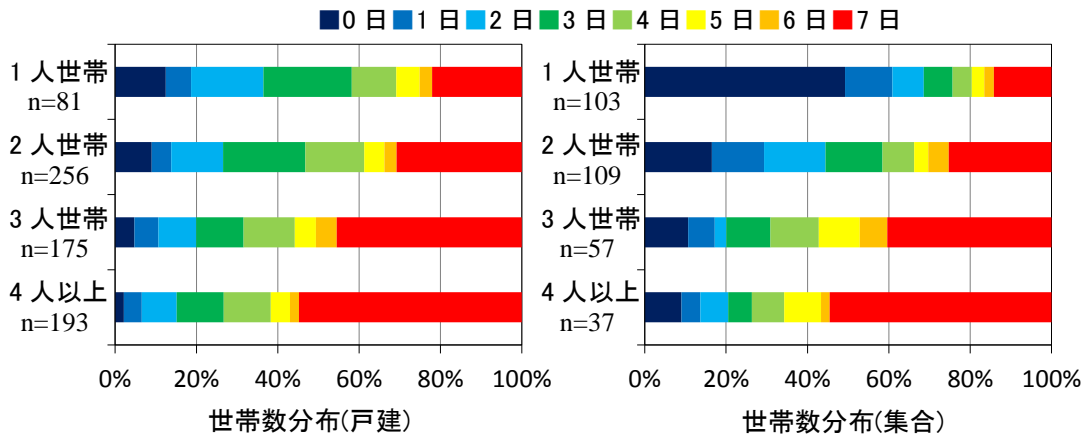


図 3-29 週当たりの冬期湯張り日数(北海道)

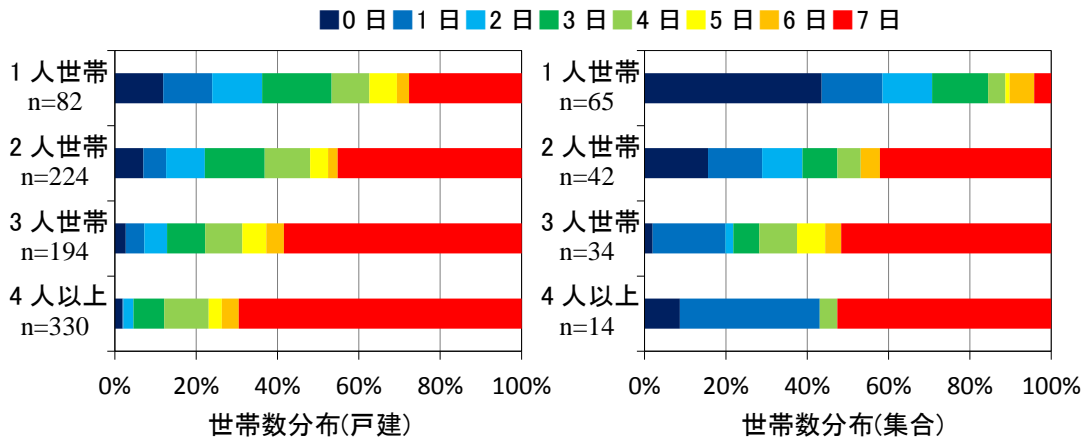


図 3-30 週当たりの冬期湯張り日数(北陸)

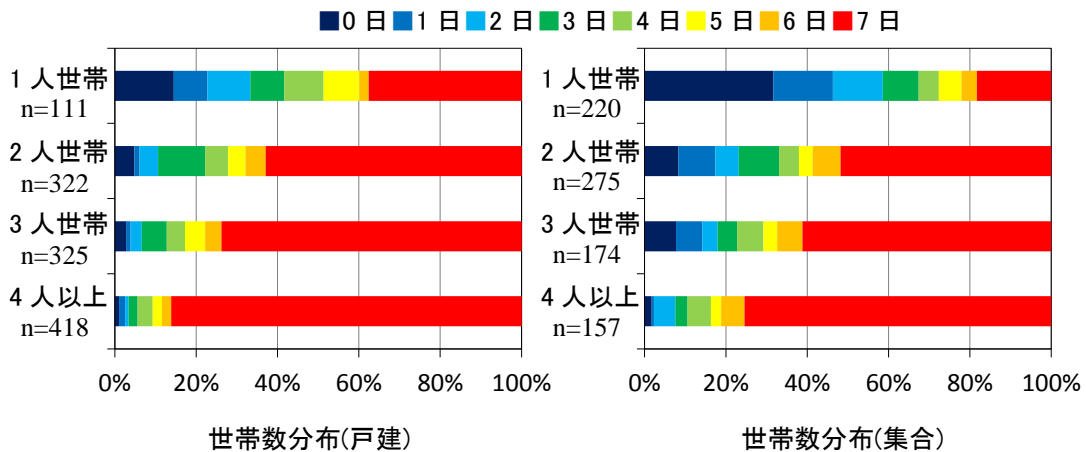


図 3-31 週当たりの冬期湯張り日数(関東甲信)

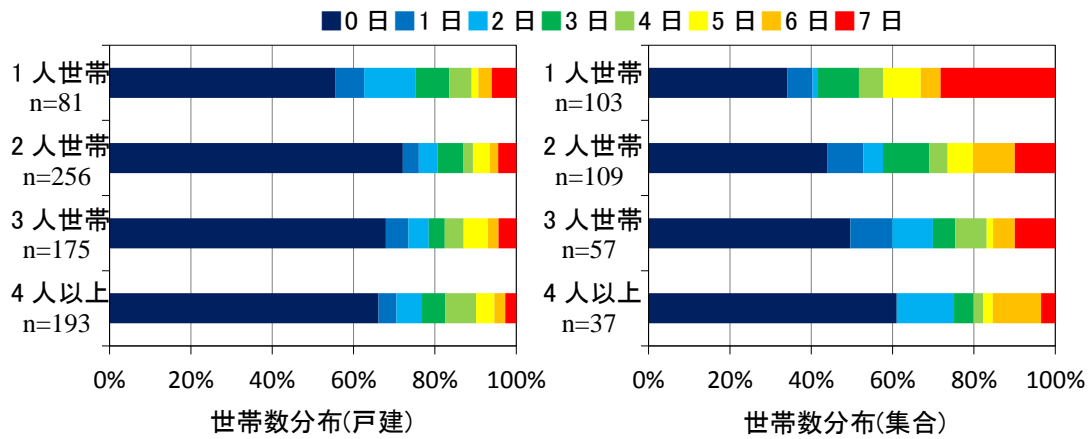


図 3-32 週当たりの冬期シャワー入浴日数(北海道)

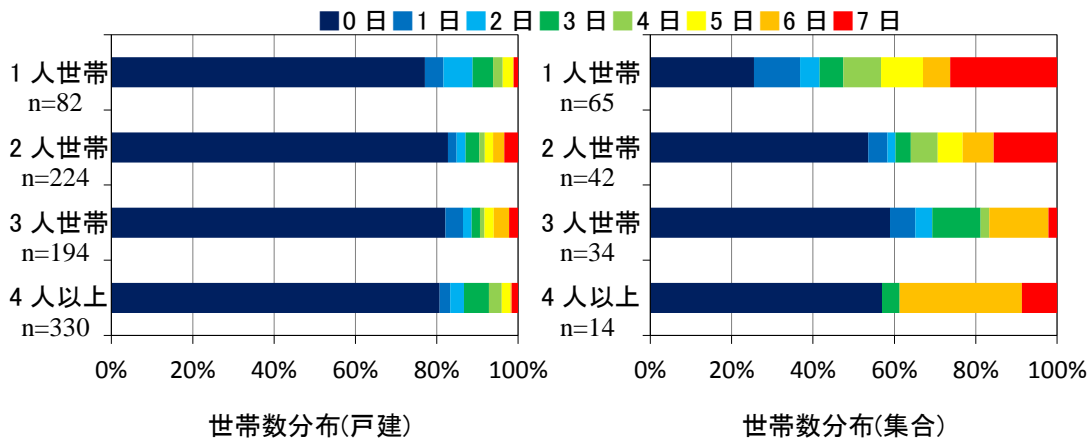


図 3-33 週当たりの冬期シャワー入浴日数(北陸)

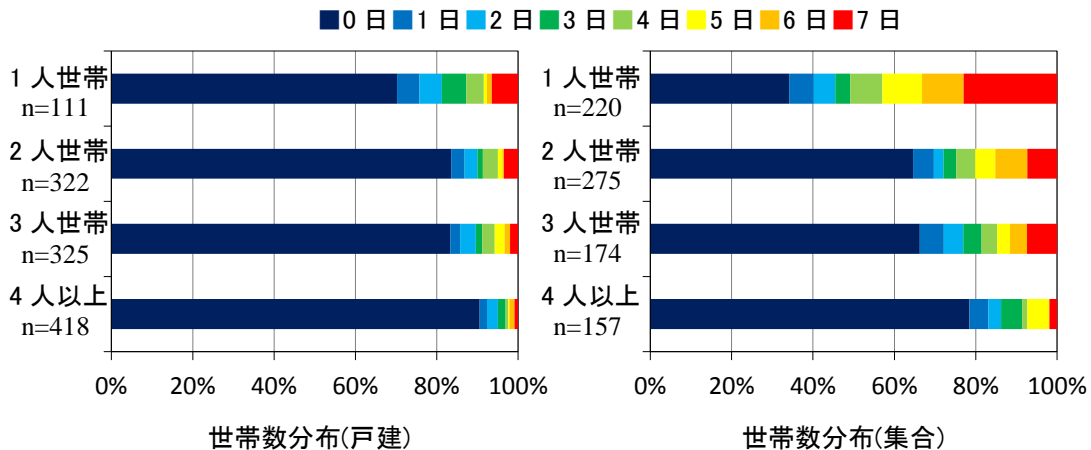


図 3-34 週当たりの冬期シャワー入浴日数(関東甲信)

図 3-29、図 3-30、図 3-31 に各地方の週当たりの冬期湯張り日数³⁹を示す。いずれの地方においても、世帯人数の減少に伴い、週当たりの湯張り日数は少なくなっている。また、戸建と比較すると、集合では湯張り日数が少ない傾向があり、集合の少人数世帯では特に湯張り日数が少ない。また、戸建の少人数世帯に関しては、高齢世帯が多く、住宅が古く断熱性能が低いことにより浴室の室温が比較的低いことが原因で湯張り日数が多くなっている可能性がある。地方別に見ると、関東甲信と比べて北海道では湯張り日数が少ないことがわかった。これは、寒冷地(特に北海道)では断熱性能が高い住宅が多いことや全館連続暖房の普及により、浴室の温熱環境が北陸や関東甲信と比較して良好であることが原因として挙げられる。

図 3-32、図 3-33、図 3-34 に各地方の週当たりの冬期シャワー入浴日数³⁹を示す。いずれの地方においても集合では、世帯人数の減少に伴いシャワー入浴日数が増加する傾向が顕著である。住戸形態種別に着目すると、いずれの地方においても、戸建より集合でシャワー入浴日数が多い傾向にある。また、関東甲信と比較して、北海道ではシャワー入浴日数が多い傾向にある。

³⁹家庭 CO₂統計全国試験調査結果(環境省)をもとに作成

3.6 まとめ

本章では、代表的な寒冷地である北海道、住戸形態種別や世帯人数の内訳に特徴のある北陸、人口が集中し集合住宅世帯数の多い関東甲信において、暖冷房・給湯機器に関する使用実態を分析した。

暖房使用状況の分析では、最も使用時間が長い暖房機器に着目すると、北海道では北陸や関東甲信と比べて、戸建と集合のいずれにおいても灯油ストーブの使用割合が大きく、エアコンの割合が小さい様子を示した。この理由としては、冬期の寒冷地において、エアコンでは燃焼式暖房器具と比較して十分な温熱環境・省エネルギー性能を確保できないと認識されていることや、夏期に冷房が必要な期間が短いためにエアコンが導入されていないことなどが挙げられる。この他、北海道では少人数世帯も含めて、北陸や関東甲信ではほとんど使用されていないセントラル暖房の使用が見られた。また、寒冷地である北海道と北陸では一次エネルギー効率の低い電気ヒーター利用による蓄熱暖房機を使用している世帯が見られ、寒冷地の住宅における暖房エネルギー消費量の増加の一因となっているものと思われる。北陸の戸建と集合及び関東甲信の戸建では、灯油ストーブや、エアコンの使用割合が大きく、関東甲信の集合では、エアコンと電気カーペット・こたつの割合が大きいことが示された。これらの電気ヒーターによる暖房機器は、エアコン等のより高効率な機器を使用することで暖房エネルギー消費量削減に寄与すると言える。

最も使用時間が長い暖房機器と暖房エネルギー消費量の関係について、エアコンと比較すると、二次エネルギー換算では、電気蓄熱暖房機、ガス・灯油ストーブ、ガス温水床暖房、セントラル暖房システムの暖房エネルギー消費量が大きいことがわかった。家庭CO₂統計全国試験調査においては、電気カーペット・こたつをよく使う世帯とエアコンをよく使う世帯との間で暖房エネルギー消費量に大きな差はなかったものの、前者では、暖房可能な範囲が限定されているため、室内温熱環境の質や健康性も考慮したうえで暖房機器を選択する必要がある。

暖房機器の使用時間の分析から、世帯人数が少なくなるほど、使用時間が短くなる傾向が見られた。住戸形態種別では、集合と比べて戸建で使用時間が長い。地方別に見ると、北海道で使用時間が長く、北海道の戸建では、少人数世帯も含めて24時間暖房の世帯が40%程度見られた。暖房機器の設定温度に関しては、世帯人数別の比較では明確な差異は見られなかったものの、関東甲信と比較すると北海道の住宅では、23℃以上に設定する世帯の割合が小さいことがわかった。

冷房使用状況の分析において、エアコンの使用時間に着目すると、他の地方と比較して北海道では、使用時間が短くなる傾向がみられた。北陸と関東甲信では、世帯人数が少なくなるほど使用時間が短くなる傾向が見られた。また、エアコンの使用時間とエネルギー消費量の分析から、使用時間が短くなるほど冷房エネルギー消費量が小さくなる傾向が見られたものの、冷房エネルギー消費量が他の用途と比較して小さいことや、冷房エネルギー消費のピークの発生時間帯が近年において急速に普及が進んでいる太陽光発電などの再

生エネルギーのピーク時間帯と重なるという状況にある。さらに、高齢者は代謝量の低下と共に温冷感を認識する機能が低下するという側面があり、熱中症による搬送者数が多く、症状も重くなる傾向が報告されている^{40 41}。こういった状況において、正しい認識の下、冷房エネルギー消費量削減のために熱中症のリスクを冒す結果とならぬよう啓発が必要と考えられる。

エアコンの冷房設定温度に関しては、北陸や関東甲信と比較して、北海道では室温 28℃以上に設定する世帯の割合が小さい。また、エアコン冷房時の設定温度とエネルギー消費量の分析では、設定温度別の冷房エネルギー消費量に明確な差異は認められず、設定温度の変更によるエネルギー消費量削減の余地は比較的少ないと考えられる。

給湯機器の使用状況の分析からは、北海道の戸建では石油給湯機の割合が大きかったが、その他ではガス給湯機の割合が大きかった。いずれの地方においても、ガスや石油給湯機の使用割合が大きく、給湯エネルギー消費量削減のために、従来型から潜熱回収型に切り替えることは重要である。また、いずれの地方でも、集合では、一次エネルギー効率が低い電気ヒーター温水器が少なからず確認されたが、電気ヒートポンプ給湯機や燃焼式熱源の給湯機(ガス・石油)への切り替えにより、給湯エネルギー消費量の削減が見込まれる。また、シャワー入浴日数が多い少人数世帯では、手元で止水操作が可能な節湯 A や最適流量が一定以下である節湯 B などの節湯水栓を採用することも重要である⁴²。湯張り日数が多い世帯においては、短い時間間隔で入浴を済ませること、高断熱な浴槽や浴室を備えることが重要である。

⁴⁰ 健康に暮らす住まい 9 つのキーワード設計ガイドマップ 健康維持増進住宅研究委員会・健康維持増進住宅研究コンソーシアム P229

⁴¹ 健康に暮らすための住まいと住まい方エビデンス集 健康維持増進住宅研究委員会・健康維持増進住宅研究コンソーシアム P38

⁴² 節湯水栓(節湯 A/B)について(日本バルブ工業会)https://www.j-valve.or.jp/pdf/suisen/m_setsuyu-ab-purpose_201705.pdf

第4章 総括

4.1 まとめ

本調査研究では、まず世帯属性ごとのエネルギー消費構造を分析する際の予備検討を行い、少人数世帯、高齢者世帯、集合住宅居住の割合が増加傾向にあること、およびこれらに着目した検討の必要性が高いことを示した。次いで、これまでに取得している首都圏の集合住宅での数百世帯の詳細実測データ、および環境省による公的統計試験調査を基に、世帯属性ごとのエネルギー消費量への影響についての分析を行い、戸建・集合住宅のいずれにおいても、エネルギー消費量には大きなばらつきがあることを示し、省エネルギーに寄与する可能性がある要因について検討を行った。

世帯人数別の分析では、集合住宅それぞれの詳細実測データ、公的統計試験調査結果のいずれにおいても、世帯人数が少なくなるほど1人当たりのエネルギー消費量が増加している様子を示した。また、詳細実測データに基づき、エネルギー消費量より比率は小さいものの、1人当たりの水の消費量も増加する様子を示した。

住宅内の最大用途である給湯に関連しては、世帯人数が少なくなるほど、浴槽入浴頻度が減少し、シャワー入浴が増加すること、等が示された。

年齢層に着目した分析では、高齢者世帯ではエネルギー消費量が大きく、用途別では特に暖房による消費量が大きいことを示した。理由として、高齢者世帯では、昼間在宅者日数が多いこと、戸建住宅での居住が多いこと、平均延床面積が大きいこと、住宅築年や設備・家電の購入時期が古いこと、などがデータより示されたが、これら以外に温熱感覚の違いも寄与していると考えられる。住宅築年や設備・家電購入時期が新しいほどエネルギー使用効率は向上していることから、これらの更新による消費量削減は大きいと思われる。

北海道、北陸、関東甲信地域での用途別エネルギー消費量に関する検討では、暖房関連とともに、給湯エネルギー消費に直結する入浴方法においても明確な地域性が認められた。

以上の検討においては、貯湯式給湯機などにおいて、機器容量が過大であることを示唆する状況も見受けられ、増加傾向にある少人数世帯の消費実態に即した設備機器の普及は重要な課題と考えられる。

公的統計試験調査である故の制約もあり公開されている情報での分析には限界もあったが、2017年度から実施されている家庭CO₂統計の本調査およびその蓄積、さらにはそのデータの二次利用により、より詳細な分析が可能になるものと期待できる。

参考文献等

- ・環境省編「平成 18 年版環境白書」第 1 章第 1 節
- ・環境省編「平成 20 年版環境循環型社会白書」第 2 章第 2 節
- ・平成 20 年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書(環境省)
http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h20/html/hj0801010202.html#n1_2_2_3
- ・国土交通省「住宅の省エネ基準・誘導基準への適合率について」
<http://www.mlit.go.jp/common/001207856.pdf>
- ・自立循環型住宅への設計ガイドライン・温暖地版(一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構) 5.3 給湯設備計画
- ・自立循環型住宅への設計ガイドライン・温暖地版(一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構) 5.1 暖冷房設備計画
- ・家庭からの二酸化炭素排出量の推計に係る実態調査 試験調査 調査の概要(環境省)
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/kateitokei/chosa11.pdf>
- ・「日本の将来推計人口(平成 29 年推計)」(国立社会保障・人口問題研究所)
http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/db_zenkoku2017/g_tables/xls/pp29gg0101data.xls
- ・人口統計資料集(国立社会保障・人口問題研究所)
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Data/Popular2017RE/T07-01.xls>
- ・「日本の世帯数の将来推計(全国推計)」(2013 年 1 月推計)(国立社会保障・人口問題研究所)
http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2013/hhprj2013_T1_DL.xls
- ・国勢調査結果(総務省)
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL02020101.do?method=xlsDownload&fileId=000007826660&releaseCount=5>
- ・家庭 CO₂ 統計全国試験調査結果(環境省)
- ・日本建築学会環境系論文集第 583 号(2004 年 9 月):長谷川、井上: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に関する研究
- ・「住宅における湯消費の実態に関する研究」P56:東京理科大学大学院理工学研究科建築学専攻修士論文(H19 年度):矢野
「新時代の省エネ型給湯設備の計画・評価手法に関する研究(その 3)報告書」(H20 年 3 月)P2-19:財団法人ベターリビング
- ・国民生活基礎調査(厚生労働省) http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_csvDownload_&fileId=000007964510&releaseCount=1
- ・住宅・土地統計調査結果(総務省) <http://www.stat.go.jp/data/nihon/zuhyou/n172100300.xls>
<http://www.stat.go.jp/data/nihon/back10/zuhyou/n1800300.xls>
- ・家庭用エネルギーハンドブック 2014 年版(梶住環境計画研究所)P195、P197、P103、107
- ・平成 24 年版情報通信白書(総務省)
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/excel/n1201080.xls>
- ・健康に暮らす住まい 9 つのキーワード設計ガイドマップ 健康維持増進住宅研究委員会・健康維持増進住宅研究コンソーシアム P229
- ・健康に暮らすための住まいと住まい方エビデンス集 健康維持増進住宅研究委員会・健康維持増進住宅研究コンソーシアム P38
- ・節湯水栓(節湯 A/B)について(日本バルブ工業会)
https://www.j-valve.or.jp/pdf/suisen/m_setsuyu-ab-purpose_201705.pdf
- ・本調査研究の実施に当たっては、本研究室卒論生 清原勇樹 君の協力を得ている。記して謝意を表す。