

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築
(1-1502)

平成27年度～平成29年度

Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in
Asian Residential and Commercial Sector

株式会社 住環境計画研究所
学校法人 早稲田大学

〈研究協力機関〉

東京大学大学院

山口大学大学院

横浜国立大学大学院

北九州市立大学

広島大学大学院

統計数理研究所

Chulalongkom University (Thailand)

King Mongkut's University of Technology Thonburi (Thailand)

Excelent Energy Internatioanl (Thailand)

Institute of Energy (Vietnam)

Hanoi Architectural University (Vietnam)

Institute of Technology of Cambodia (Cambodia)

平成30年5月

アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築

(1-1502)

I. 成果の概要	・・・・・・・・・・	3
1. はじめに（研究背景等）		
2. 研究開発目的		
3. 研究開発の方法		
4. 結果及び考察		
5. 本研究により得られた主な成果		
6. 研究成果の主な発表状況		
7. 研究者略歴		
II. 成果の詳細		
(1) プラットフォームの構築と活用に関する研究 （株式会社 住環境計画研究所）		
要旨	・・・・・・・・・・	16
1. はじめに	・・・・・・・・・・	16
2. 研究開発目的	・・・・・・・・・・	16
3. 研究開発方法	・・・・・・・・・・	17
4. 結果及び考察	・・・・・・・・・・	19
5. 本研究により得られた成果	・・・・・・・・・・	27
6. 国際共同研究等の状況	・・・・・・・・・・	27
7. 研究成果の発表状況	・・・・・・・・・・	27
8. 引用文献	・・・・・・・・・・	27
(2,3) カンボジア、タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究 （早稲田大学、株式会社 住環境計画研究所）		
要旨	・・・・・・・・・・	28
1. はじめに	・・・・・・・・・・	29
2. 研究開発目的	・・・・・・・・・・	30
3. 研究開発方法	・・・・・・・・・・	30
4. 結果及び考察	・・・・・・・・・・	51
5. 本研究により得られた成果	・・・・・・・・・・	126
6. 国際共同研究等の状況	・・・・・・・・・・	128
7. 研究成果の発表状況	・・・・・・・・・・	128
8. 引用文献	・・・・・・・・・・	130
III. 英文Abstract	・・・・・・・・・・	132

I. 成果の概要

課題名 1-1502 アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築
課題代表者名 中上 英俊 (株式会社住環境計画研究所 代表取締役会長)
研究実施期間 平成27~ 29年度
累計予算額 106,729千円 (うち平成29年度: 35,176千円)
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード アジア、プラットフォーム構築、ネットワーク構築、民生部門エネルギー消費、
二酸化炭素排出量、QOL、計測調査、省エネルギーポテンシャル、将来予測、政策提言

研究体制

- (1) プラットフォームの構築と活用に関する研究 (株式会社 住環境計画研究所)
- (2) カンボジアのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究 (学校法人 早稲田大学)
- (3) タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究 (株式会社 住環境計画研究所)

研究協力機関

東京大学大学院、山口大学大学院、横浜国立大学大学院、北九州市立大学、広島大学大学院、統計数理研究所

Chulalongkorn University (Thailand)、King Mongkut's University of Technology Thonburi (Thailand)、Excelent Energy Internatioanl (Thailand)

Institute of Energy (Vietnam)、Hanoi Architectural University (Vietnam)

Institute of Technology of Cambodia (Cambodia)

1. はじめに

世界の二酸化炭素排出量は依然として増加傾向にあり、その40%は民生部門からの排出である。特にアジアの新興国・途上国においてその傾向は著しく、民生部門における二酸化炭素排出量の伸びを抑制するためには、省エネルギーの推進と再生可能エネルギーの導入が不可欠である。これを効率的に進めるには、まずエネルギー需給の実態を詳細に把握した上で発展段階に応じた具体的な方策を実行していく必要がある。

しかし、アジア諸国におけるエネルギー需給に関するデータは、供給側のマクロ的統計データは存在するもの、需要側のエネルギー消費量に関するデータは、現地研究者によっても整理されておらず極めて乏しいのが現状である。

2. 研究開発の目的

本研究では、タイ、ベトナム、カンボジアを中心とする東南アジアにおける民生部門のエネルギー消費実態を把握するとともにこれらの調査結果をデータベース化し、さらに二酸化炭素排出量を削減するためのシナリオと、発展段階に応じた段階的方策の効果検証ができるプラットフォームを構築することを目的とする。

このため、家庭用エネルギー消費実態を「エネルギーの量」と「生活の質」の両面から把握することを目的として、家庭用エネルギー消費実態調査、住まい方や生活の質に関する詳細なアンケート調査、家庭用電力消費の計測調査、並びに、業務用エネルギー消費に関するデータ収集を行い、同時に各国の研究者と連携し既存調査結果を収集し、これらをもとに、家庭用エネルギー消費に関するデータベース（Building Energy use and Lifestyle Database of Asia、以下BELDAと略す）を開発することを目的とする。

また、上記の結果の総括として、各国の専門家と共に省エネ政策に関する共同提案書の作成を目的とする。

3. 研究開発の方法

3.1 プラットフォームの構築と活用に関する研究（サブテーマ(1)）

誰もがアクセス可能なデータベースとするためにCloud上にBELDA専用ホームページ（以下HPと略す）を構築した。データ精査を行なった調査データ等を公開するため、専用HP内を一般ユーザーと共同研究者が利用する一般公開サイトと管理者サイトに分けた（図1）。一般公開サイトでは集計データの閲覧や資料等の検索、エネルギーデータの入力ができる。管理者サイトではデータ等のアップロードやダウンロードができる。

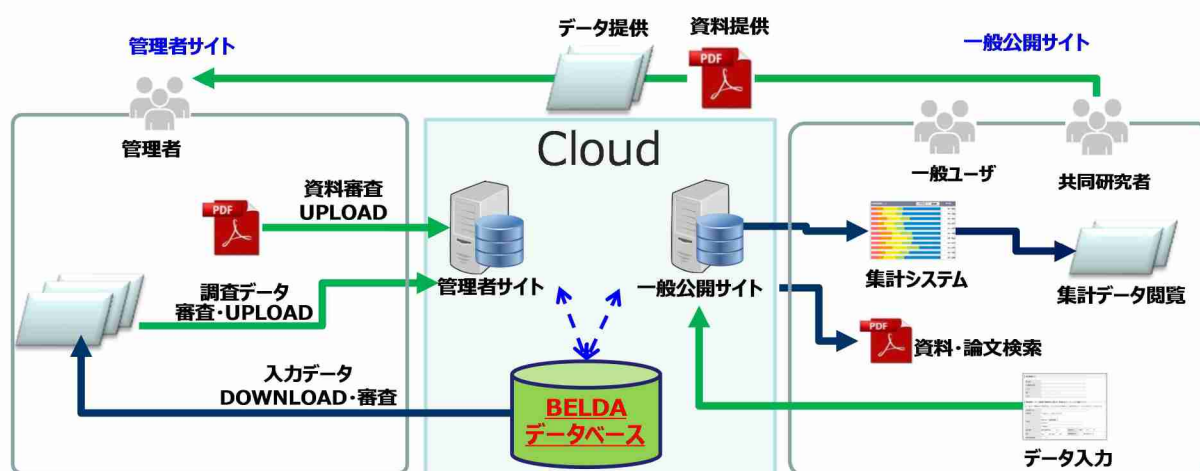


図1 データベース概要図

3.2 国内外の関係者とのネットワーク構築（サブテーマ(1)）

国内外の専門家が活用するプラットフォーム構築を目的としているため、海外の専門家とのネットワークを構築し、専門的ノウハウをデータベースの開発に活かすとともに、データベース構築後の活用促進に繋げる為に、現地の専門家やエネルギー事業者、政府機関に対するヒアリングを行った。

3.3 カンボジア、タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究（サブテーマ(2&3)）

3.3.1 家庭用エネルギー消費実態調査の手法

東南アジアでは、インターネット調査や郵送調査による回答率が極めて低いことから、本調査では、調査員によるインタビュー調査（訪問調査）を実施した。

対象世帯を選定する際に、各国の事情を考慮したうえで、最適かつ現実的な手法を採用した。例えば、バンコクでは、全地域を数百世帯ずつのエリアに分割する手法、一次サンプリングユニット（Primary Sampling Unit、以下PSUと略す）手法を採用し、地域の偏りを考慮しつつ、半無作為に調査地域を選んだ。一方、オートロックなどのセキュリティ面の問題で調査が難航する等の場合は、機縁法で調査を実施した。

3.3.2 エネルギー消費データの確認手法

調査対象国のうち、既にウェブサービスを通じて直近数ヶ月の月別電気消費量や使用金額の公開が行われている国々においては、エネルギー供給事業者のデータを活用する方法（委任状方式）でデータを収集した。また、エネルギー使用状況は調査年により偏りが生じることから、初年度調査と次年度調査の2ヶ年のエネルギー使用状況の乖離を定量的に縮小・評価するために、各国の住宅の建て方と世帯収入の統計値（母集団）の分布に合わせるためのウェイト調整を行った。また、各種機器の積み上げにより電気消費の用途推計を行った。

3.3.3 生活の質（QOL）指標の評価手法

生活の質（Quality of Life、以下QOLと略す）への影響要因を分析するために、因子分析から共分散構造分析の流れで回答世帯の基本属性とエネルギー消費量との線形的な相関を探り、さらに、変数間の相関は必ずしもその分散や分布が均一であるとは限らないことを考慮して、非線形混合効果モデルを用いて抽出されたQOLの因子とエネルギー消費量の相関を探った。

3.3.4 計測調査の手法

住宅全体および主要家電製品の電力消費ロードカーブを把握することを目的とし、約1年間の計測調査を行った。調査地域はバンコク、ハノイ、プノンペンとし、計測対象世帯数はバンコクが30世帯、ハノイが15世帯、プノンペンが10世帯の合計55世帯とした。調査対象世帯の選定条件は、調査対象地域のような熱帯や温帯地域では冷房需要が大きいと考えられるため、エアコンを1台以上所有および使用している世帯とした。計測システムは国ごとに事情が異なるため、採用した計測システムも異なるが、基本的な計測システムは分電盤に設置する計測器と対象家電製品の電源プラグに接続する計測器とそれらのデータを収集するデータコレクタで構成されている（図2）。



図2 計測システムの概要図

3.3.5 エネルギー消費量の将来予測と省エネポテンシャルの推計手法

将来のエネルギー消費量の推計については、公的機関や当該国が公表している推計結果やマクロデータを用いたトップダウン推計、並びにアンケートによる実態調査や計測調査結果等に基づき、機器の積み上げ方式によるボトムアップ推計、2つの手法を採用した。

ボトムアップ推計結果に基づき省エネシナリオを検討した。まずは、今後、普及促進の可能性や実用化が高い省エネ技術や設備を決め、次に、当該機器の高効率化の普及度合いを想定するとともに従来型機器の残存状況を試算した。さらに、計測調査結果から従来型機器の電気消費量や効率を参照し、また、将来に導入される省エネ機器の電気消費量や効率はL²-Tech 水準やトップランナーの基準に達すると想定した。以上を踏まえ、省エネ型製品が最大限導入されることを想定した場合のエネルギー消費量と従来型製品のエネルギー消費量の差分を省エネ量とし、将来の省エネポテンシャルを推算した。

3.3.6 業務用エネルギー消費に関する調査手法

業務用エネルギー消費の実態調査については、タイを代表するESCO事業者とベトナムの大学機関の協力に基づき関連情報を収集した。なお、両国の政府機関からも数百~数千サンプルの業務用調査結果を共有してくれたものの、いずれも公表に至らなかったため、後述では日本の参考値を用いて比較した。

4. 結果及び考察

4.1 プラットフォームの構築と活用に関する研究（サブテーマ(1)）

BELDAでは、誰もがアクセス可能で活用できるデータベースにするため、Cloud上で構築した。まずBELDA専用HPを構築し（図3の①）、管理者以外の全てのユーザーは専用HPにアクセスすることでデータベースの閲覧等を行う。BELDAには本研究で実施したエネルギー消費実態調査（後述）と同様のアンケート回答機能（図3の②）を盛り込んでいる。必須項目の回答後、類似世帯（同一地域または同じ世帯人数）とのエネルギー消費量の比較画面が表示され（図3の③）、本研究で収集したデータ及びアンケート回答機能等から今後収集するデータを用いて任意の集計結果を表示することができる（図3の④）。

BELDAでは地域別の集計結果を表示しているが、本研究での調査対象地域の他、その他のアジア地域のデータも格納可能な仕様としている。以上の機能の他には、資料・論文の閲覧機能が組み込まれている。現地の専門家に対するヒアリングの結果、初年度と次年度に行われた家庭用エネルギー消費実態調査結果については、当該国での家庭用部門での省エネルギーの必要性に関する認識が強く認識されたと考えられる。同時に、本研究で開発したオープンプラットフォームによるデータベースについての関心を引き出すことができ、データベースの開発が完成する時点では、多くの関係者の活用が期待される。

Figure 3: BELDA's Main Functions

The figure illustrates the main functions of the BELDA platform, divided into four numbered sections:

- ① BELDA Homepage:** Shows the main interface with navigation menus and a search bar.
- ② Input Form:** A form for entering energy usage data, including fields for year, household size, and address.
- ③ Comparison Screen:** Displays the user's annual energy usage (4.675[GJ]) and compares it with reference values for the years 2016 (12.22) and 2015 (13.02).
- ④ Tabulation Screen:** A table showing energy consumption by type of energy (Electricity, LP Gas, City Gas, Kerosene, Coal, Firewood, Charcoal) for various household types.

Household Type	Electricity	LP Gas	City Gas	Kerosene	Coal	Firewood	Charcoal	Average	Number of household
Single Person	3.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.88	22
Couple (husband and wife) Only	6.69	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.39	9
Couple (or Single Parent) and Their Child(ren)	13.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.91	16
Couple (or Single Parent), Their Child(ren) and Their Parent(s)	13.02	4.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.94	22
Couple and Their Parent(s)	34.81	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.56	11
With Other Relative(s)	3.36	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	20
With Non-Relative(s) (Domestic Help, Etc.)	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	5
Other	3.24	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.46	3
Don't Know	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Average	8.68	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.45	98

図3 BELDAの主な機能

4.2 カンボジア、タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究（サブテーマ(2&3)）

4.2.1 家庭用エネルギー消費実態調査

(1) 調査概要

本研究では、2ヶ年にわたり、カンボジア、タイ、ベトナムの3カ国における中核都市及び都市近郊地域の約1600世帯を対象に、世帯属性、住宅属性、家電製品の保有状況・使用状況、エネルギー消費量、ライフスタイルなどの7つの大項目及び38つの小項目についてアンケート調査を実施した。

(2) 調査結果

1) 都市部、都市近郊農村の家庭用エネルギー消費の特徴

調査結果によると、タイやベトナムの都市部の電気消費量（照明・コンセント、冷房、調理用消費）は日本とほぼ等しく、多くの先進国と同等、あるいはそれ以上の水準に達していることがわかる。

図4に示す用途別消費量をみると、いずれの地域も照明・コンセントが占める割合が最も高い。これには、世帯員数が多いこと、昼の在宅割合が高いこと、テレビや冷蔵庫などの主要家電製品が先進国と同程度に普及していること、一方で家電製品の効率が先進国より低いことなど様々な要因が考えられる。冷房の消費量も先進国よりも高い。亜熱帯気候であることから冷房期間が長いこと、エアコンの効率が低いことがその要因である。

また、東南アジアは共働きが多く屋台などでの外食が多いといわれているが、世帯員数が多いこと、日中の在宅率が高いことから調理の習慣が根強く残っている。そのため、調理用LPガス消費量も多い。冷水シャワーを2回程度浴びるのが一般的であり、温水シャワーはハノイ等の冬期を除き、ほとんど使用されていない。

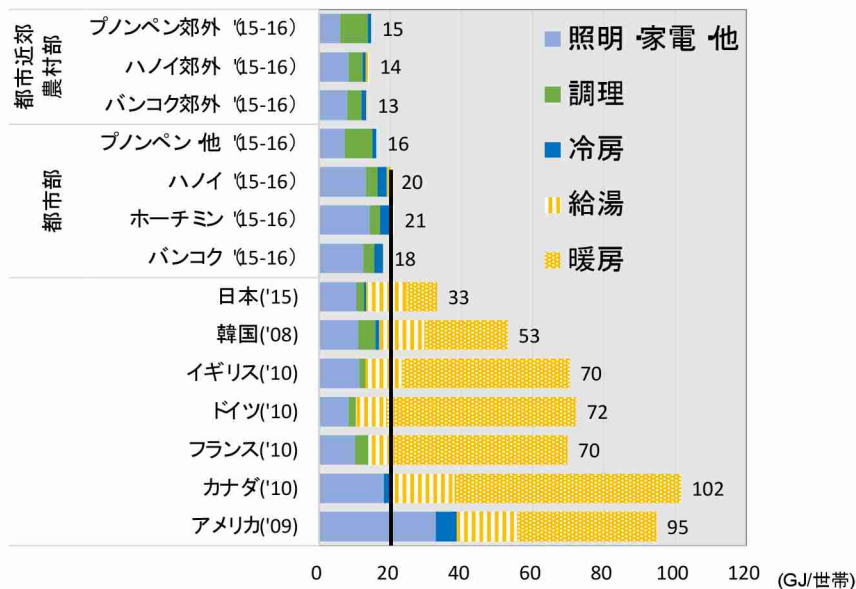


図4 世帯当たり用途別エネルギー消費量

注1) 欧米諸国のデータを基に住環境計画研究所作成

注2) 日本の値は環境省「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」(平成26年10月~平成27年9月実施)による

2) 主要家電製品の保有状況の特徴

エアコンは、ハノイでは大半の世帯が保有し、その他の都市部ではプノンペンを除き50%程度が保有している。その台数普及率は、ハノイでは2台/世帯を上回り、バンコク、ホーチミンでは0.7~1.2台/世帯である。日本の台数保有率の2.2台/世帯と比較するといずれも下回っているが、今後は普及が加速するものと見られる。インバータータイプは市場に投入されているが、普及拡大は今後の課題である。エアコンを補うものとして扇風機が多く普及しており、各地域とも2.5~3台/世帯の保有が見られる(図5)。

テレビはタイ、ベトナムの都市部の台数普及率が約2台/世帯と、日本と同程度の普及が確認できる。但し、ベトナムのほとんどが液晶型に対し、タイは半数がフラット型でブラウン管(CRT)が半分残っている。プノンペンでは1台/世帯強とやや低く、これはタイ、ベトナムの都市近郊農村とほぼ同様の水準である(図6)。

冷蔵庫、炊飯器はカンボジアを除きほぼ1家に1台保有されており、冷蔵庫の平均容量は200リットル程度である。近年、冷蔵庫の大型化が顕著に見られるが、インバータータイプの普及は未だ低く、今後の課題である。

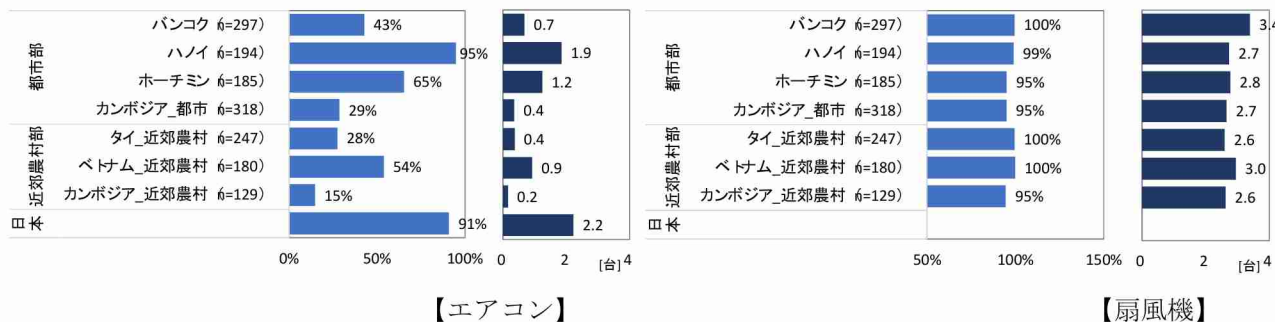


図5 壁掛エアコンと扇風機の保有状況 (左: 世帯普及率(%), 右: 台数普及率(台/世帯))

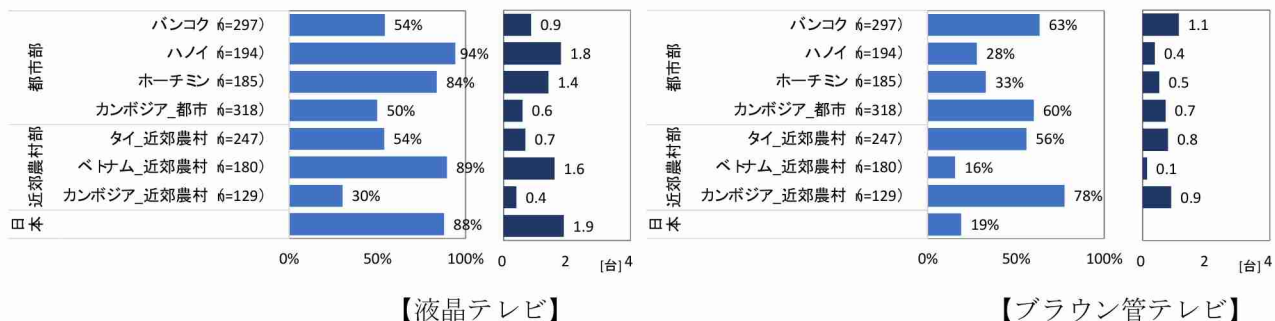


図6 液晶テレビとブラウン管型テレビの保有状況 (左: 世帯普及率(%), 右: 台数普及率(台/世帯))

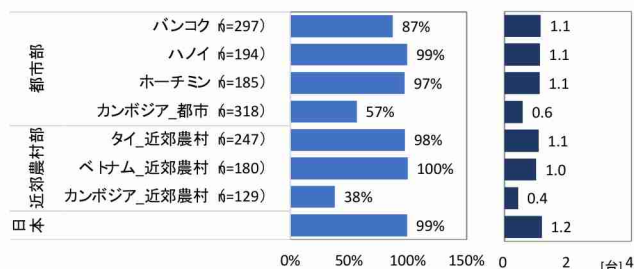


図7 冷凍冷蔵庫の保有状況 (左: 世帯普及率(%), 右: 台数普及率(台/世帯))

4.2.2 生活の質 (QOL) に関する調査

バンコクの場合は、健康意識、政治への関心・満足、省エネ意識が一定以上に高くなることにつれ、エネルギー消費量が少ない傾向が見られた。

ハノイとホーチミンでは、室内温熱環境・換気・日当たりなど現住まいへの満足度が高くなることにつれエネルギー消費量が減少する傾向が現れており、ベトナムの両地域では、住環境を改善することにより、住民の健康を保つことができ、また生活の質を低減させず省エネに繋がる可能性があることがわかった。

プノンペンの場合は、①向上心が高くなるにつれエネルギー消費量が減少、②公共施設利用頻度が一定以下であるにつれエネルギー消費量が減少、③住まいの満足度が高いにつれエネルギー消費量は減少するトレンドが見られた。

4.2.3 計測調査

家庭の電力消費量に関する計測調査を行った。計測点は、住宅全体とエアコン、扇風機、テレビ、冷蔵庫、電気温水器、調理用電気ストーブ等であり、一部で照明用の計測を行った。表1に計測調査結果の一覧を示す。住宅全体の電力消費量は、全体で327kWh/月/世帯であり、バンコク356kWh/月/世帯、ハノイ280kWh/月/世帯、プノンペン303kWh/月/世帯であるが、最低100kWh/月/世帯から800kWh/月/世帯まで大きくばらついている。

主要家電製品の一台当たり電力消費量は、エアコンが100~150kWh/月と最も多く、その使用時間は5~12時間/日とばらついている。扇風機の稼働時間は6時間/日と長いが電力消費量は9kWh/月とエアコンの1/10程度である。但し、扇風機は1世帯当りで平均3台保有されていることから、住宅全体ではエアコンの1/5程度は消費されているとみられる。テレビの電力消費量は、9~10kWh/月であり、その稼働時間は4時間前後である。冷蔵庫の電力消費量は38~68kWh/月とエアコンに次いで消費量が多い。国により容量が異なることが消費量の差に表れていると考えられるが、電力消費量と容量は比例関係にあるが1対1の関係ではなく、容量による電力消費量の差はあまり大きくはない。一般に冷蔵庫の効率は、売れ筋の容量の製品が最も高く、今回の計測結果でも古い小容量(eg.150リットル)の冷蔵庫と最新式の大型冷蔵庫(ex.インバーター式600リットル)の消費量の差は3%しかみられない。電気温水器の電力消費量は、バンコクでは9.2kWh/月に対し、ハノイは41.1kWh/月と大きな差が見られる。使用回数は同程度と見られるが、稼働時間はバンコク6分/日に対しハノイが14分/日と大きく異なる。厨房用のインダクションヒーター(IH)の電力消費量は31kWh/月と冷蔵庫に次ぐ、比較的大きな消費量を示しており、その調理回数は2.3回/日である。

表1 計測調査結果の一覧（凡例の括弧内は有効集計サンプル数）

		バンコク	ハノイ	プノンペン	参考：日本
住宅全体 (kWh/月)		356(30)	280(14)	303(10)	413
エアコン	消費電力量 (kWh/月/台)	94(46)	47(17)	100(11)	20-100
	使用時間(h/日/台)	4.6(46)	4.8(17)	10(11)	4.5
扇風機	消費電力量 (kWh/月/台)	9.0(5)	(調査対象外)	(調査対象外)	-
	使用時間 (h/日/台)	6.1(5)	(調査対象外)	(調査対象外)	-
テレビ	消費電力量 (kWh/月/台)	10.0(5)	9.0(12)	8.6(8)	23.0
	視聴時間 (h/日/台)	4.3(5)	4.0(12)	3.6(8)	5.2
冷蔵庫	消費電力量 (kWh/月/台)	68.0(8)	53.9(11)	56.4(8)	38.4
電気温水器	消費電力量 (kWh/月/台)	9.2(11)	41.1(10)	(調査対象外)	-
	使用時間 (分/日/台)	6.0(11)	14.0(10)	(調査対象外)	-
	使用回数 (回/日/台)	1.9(11)	0.4 - 3.6(10)	(調査対象外)	-
IHクッキング グヒーター	消費電力量 (kWh/月/台)	(調査対象外)	31.1(5)	(調査対象外)	-
	使用回数 (回/日/台)	(調査対象外)	2.3(5)	(調査対象外)	-

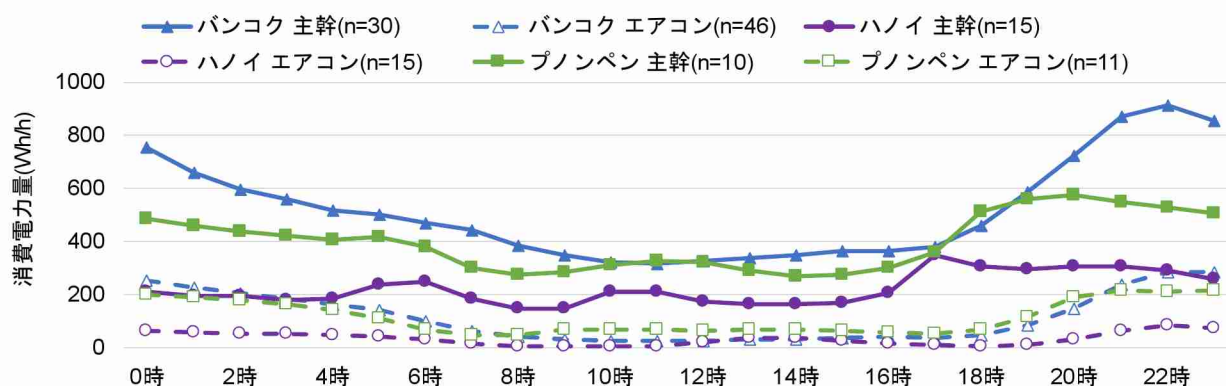


図8 時刻別消費電力量（住宅全体、エアコン）

4.2.4 エネルギー消費量の将来予測

ボトムアップ推計による2035年の世帯当りエネルギー消費量は、バンコクで26GJ/世帯/年、ハノイ23GJ/世帯/年、ホーチミン26GJ/世帯/年、プノンペン24GJ/世帯/年である。また、バンコクのエネルギー消費の増加率は年平均1.8%とハノイ、ホーチミンの1.9%とほぼ同様であり、プノンペンの年平均伸び率は2.3%と伸び率はやや高い。

トップダウン推計結果を大幅に下回っており、また、ボトムアップ推計の伸び率の方がトップダウン推計と比べ低く、現状ですでに先進国と同程度の消費水準に至っている点を考慮すると、将来大きな伸びを示すのは考えにくいことから、以降ではボトムアップ推計結果を基に、今後の省エネルギーシナリオを検討した。

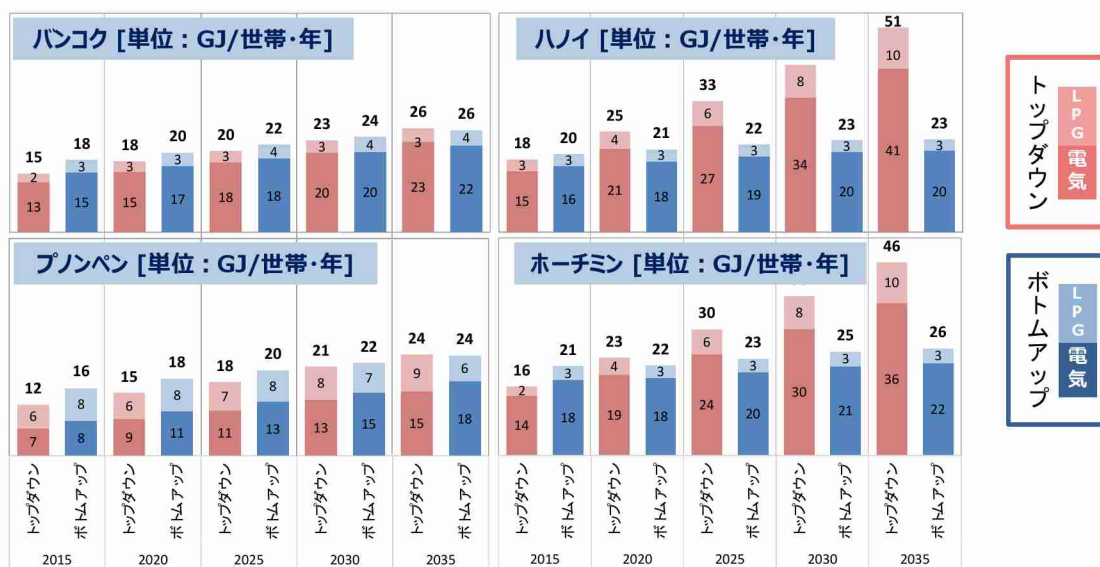


図9 地域別の家庭用エネルギー消費の将来推計結果 (ボトムアップ方式)

4.2.5 各国の省エネルギーシナリオ

検討対象とする省エネルギー技術は、住宅の断熱構造化（壁及び窓）、日射遮蔽、エアコン、テレビ、冷蔵庫の効率化、照明のLED化とした。推計結果によると、バンコクにおける2035年時点での許容可能シナリオでは、エネルギー消費量が現状より9%削減可能、ハノイやホーチミンでは現状より11%~16%削減可能、プノンペンでは現状より2%増加する結果となった。

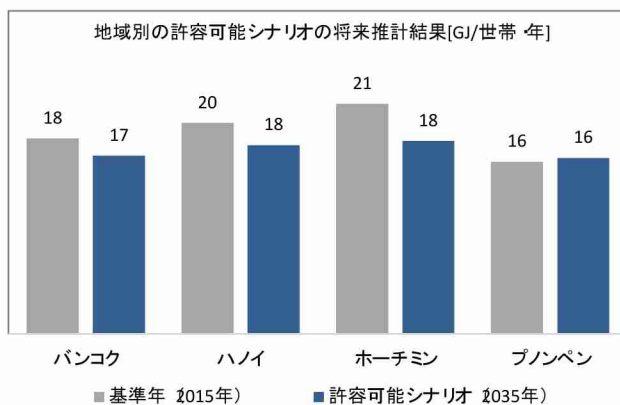


図10 地域別の許容可能シナリオの将来推計結果

4.2.6 業務用エネルギー消費に関する調査

タイとベトナムにおける業務用建物のエネルギー消費原単位の特徴を以下に整理する。なお、本研究での調査件数は不十分であるため、以下の結果が各地域の全体状況を表すことができない点に留意されたい。

(1) 事務所

- ・ バンコクの場合は、規模が大きくなるにつれエネルギー消費原単位が大きく、日本の参考値と近い値になっている。一方、ベトナムの事務所におけるエネルギー消費原単位のばらつきが大きい。

(2) ホテル

- ・ バンコクでは、部屋数が少なく宴会施設や飲食施設が占める割合が大きいホテル2のエネルギー消費原単位の方が全体の延床面積は小さいが宿泊施設の割合が遥かに大きいホテルの原単位の1/3割弱となっている。ベトナムの場合は、有効回答件数が1件しかないが、エネルギー消費原単位は約1600 MJ/m²/年となり、全業種の中で最も高い。このホテルの場合は給湯の割合が大きく、LPG・他燃料消費量が約5割占めている。
- ・ 以上より、ホテルの場合は、宿泊施設とそれ以外の施設が占める割合や熱需要の多少がエネルギー消費原単位に影響すると推測される。

(3) その他施設

- ・ バンコク（病院）：タイでは、公立・私立病院ともに、待合室や一部の診察室にはエアコンが設置されていない場合が良くあるようである。そのため、エネルギー消費原単位は日本の1/3程度に留まっているものの、タイの参考値とは非常に近いことが分かった。
- ・ バンコクのショッピングセンターのエネルギー消費原単位は、日本の参考値より約3割少ないが、バンコクの参考値とは概ね類似していることが分かった。
- ・ ベトナムの大学、複合施設、大・小規模小売店のエネルギー消費原単位は日本と近い値になっている。

表2 業種別のエネルギー消費原単位

建物用途	延床面積 (m ²)		エネルギー消費原単位 (MJ/m ² ・年)		日本の参考値 (MJ/m ² ・年)	
	バンコク	ベトナム	バンコク	ベトナム		
事務所1	27,626	—	519	—	771	
事務所2	71,583		859			
ホテル1	18,045		2,957			
ホテル2	102,618		813		2,033	
病院1	65,613		585			
病院2	33,219		564			
病院3	131,255		729			
ショッピングセンター	163,334		1,072			1,383
データセンター	4,230		9,024			
複合施設1	67,562		635			
複合施設2	42,698		566			823
大学1	—		12,290			406
大学2		2,916	368			
大学3		24,429	206			
ホテル		30,790	1,597	2,033		
事務所1		18,074	532			
事務所2		22,102	756			
事務所3		2,196	1,083	771		
事務所4		31,249	565			
事務所5		9,008	930			
複合施設1		57,470	847	823		
複合施設2		36,317	599			
大・小規模小売店1		92,930	870	1,363		
大・小規模小売店2		33,396	1,177			
大・小規模小売店3		26,492	746			

注) 1番~ 11番はバンコクの調査対象、12番以降はベトナムの調査対象である。

5. 本研究により得られた主な成果

5.1 科学的意義への貢献

5.1.1 実態調査を行ったことによる科学的意義

エネルギー消費実態調査では、建物属性、設備機器、設備機器の使用状況等の詳細な要因分析用データを収集し、各要因とエネルギー消費の関係を分析することが可能であり、これには、二酸化炭素排出削減方策を検討する上で科学的裏付けを提供する意義がある。

生活の質に関する詳細インタビュー調査結果からは、エネルギー消費に直接影響を及ぼす、住宅面積、世帯員数、機器の保有状況などの物理的要因以外に、これらの物理的要因の背景になるライフスタイルや、機器の使い方との関係を把握することができ、さらに、生活の質とエネルギー消費の関係を把握することで、①技術導入による効果と、②機器の使い方や住まい方による効果に加え、③生活環境整備や生活習慣の変化による効果を定量化することができ、今後の二酸化炭素排出削減対策の優先順位や二酸化炭素排出削減効果を検討するうえで重要な判断材料を提供する意義がある。

計測調査結果からはエアコンや家電製品の稼働時間、電力消費量、エアコンが設置された部屋の室温などのデータから、稼働時の電力消費量とロードカーブを得ることができ、これらは二酸化炭素排出削減対策の優先順位を検討する等、その二酸化炭素排出削減効果を分析する上での科学的根拠を提供する意義がある。

5.1.2 データベース開発及び関係者とのネットワーク形成による科学的意義

3年間で対象国の政策担当者や研究者と80回にのぼる情報交換と協議を重ねるとともに、アンケート調査及び、電力の計測調査については当該国の研究所や大学と共同研究を行い、同時に、マクロデータ等、既存調査データの収集整理を行い、最終的にオープンソースのデータベースを開発した。これは、各国の二酸化炭素削減のための研究の発展と、政策立案を効果的に進めるための判断材料を提供したことに大きな意義があると考えられる。

5.2 環境政策への貢献

5.2.1 各国における温暖化防止対策の政策立案に資する（行政が活用することが見込まれる成果）

本研究で開発したオープンソースのデータベースは、当該国の政策立案者が政策の方向、着目点、具体的な対策とその効果などを検討する際の判断材料を提供した点に意義がある。また、本研究で構築したネットワークの構成員の中には、当該国での政策立案に深く関与する専門家が含まれており、本研究で得られた知見が当該国の政策立案に一定のインパクトを与える効果があると考えられる。

さらに、本研究では日本及び当該国の専門家と協調した温暖化対策政策に関する共同提案書を作成し、政府の政策担当者に提出した。共同提案書への当該政府の反応は把握できていないが、共同提案者からは、提案内容が政策として取り上げられることに対する期待と、今後の協力関係を維持することへの期待が表明されている。

共同提案書では、本研究の結果の概要を示すと同時に、実施すべき対策を各国の状況に応じて示しており、これは論理的に政策立案を行う為のプロセスをパッケージ化して示したものである。この点は、基本的に第三者である外国の専門家が、当該国の政策提案を行う際に、その信頼性を担保するための重要な要素であると考えている。これに加え、当事者である当該国の専門家の支持を得ている点で、当該国の政策立案に一定の効果をもたらすことが期待できる。

5.2.2 我が国の国際協力・政策立案に資するための環境整備（行政が活用することが見込まれる成果）

本研究で開発したデータベースは、二国間クレジット等国際的な枠組みを活用するプロジェクトの有効性、実現可能性、削減効果などを判断する基礎資料を提供し、国際協力、政策提案などに活用することが可能で

ある。また、日本及び当該国の専門家と協調した温暖化対策政策に関する共同提案書の提案内容は、現時点で考えられる当該国での今後の政策を示したものであり、我が国政府が当該国と政策協力を行う際に、具体的な対策を検討するための判断材料を提供する点で、国際協力・政策立案に貢献すると考えられる。

5.2.3 我が国の高い環境産業技術を新興国・途上国で展開することに資する（行政が活用することが見込まれる成果）

我が国の省エネ政策、省エネ技術、環境技術など優れた制度と技術は、実態把握とその対策の過程で生み出されてきたものである。同様の環境産業を東南アジアをはじめとする新興国・途上国で展開するには、まずはエネルギー消費実態を把握し課題を明確にすることが第一に必要である。しかし、新興国・途上国では資金的にも人的リソース的にも負担が大きく、国際社会の支援が強く求められている。

本研究で行ったエネルギー消費アンケート調査、電力消費計測調査とライフスタイルに関する詳細インタビュー調査は、エネルギー消費実態、使い方、住まい方、環境調整行動などの詳細データを把握することで、当該国における課題を明確にし、我が国の得意分野である省エネルギー技術や環境技術の開発、政策立案支援につなげることに資する。同時に、当該国の発展段階に応じた段階的方策を示しており、このことは発展段階に応じた商品開発や価格設定を可能とし、無駄なく技術開発を進めることに資する。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

6. 研究成果の主な発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) C Murakoshi, J Xuan, A Takayama, H Nakagami and H Takaguchi, State of residential energy consumption in Southeast Asia: need to promote smart appliances because urban household consumption is higher than some developed countries, In proceedings of the eceee (European Council for an Energy Efficient Economy) 2017 Summer Study, June 2017, France
- 2) J. XUAN, A. TAKAYAMA, C. MURAKOSHI, H. NAKAGAMI, H. TAKAGUCHI, How People Are Using Home Appliances in Southeast Asian Countries? - Evidence from a Comparative Analysis of Southeast Asia and Japan -, 9th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'17) 13rd.Sep.-15th 2017, Irvine, CA, USA

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) 高口洋人,東南アジアにおけるエネルギー消費と省エネ建築, アジア・モンスーン地域の建築環境検討小委員会 話題提供, 日本建築学会 地球環境委員会, 2017年10月6日
- 2) 市島健吾, 高口洋人, 中上英俊, 村越千春, 玄姫, 高山あずさ, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築 2016年度家庭内エネルギー消費と生活の質に関する調査(カンボジア), 平成29年度空気調和・衛生工学会大会(高知), 高知工科大学, 2017年9月13日~ 15日
- 3) J. Xuan, A. Takayama, C. Murakoshi, H. Nakagami and H. Takaguchi, Factors Affecting Residential Energy Consumption from the Viewpoint of People's Lifestyle and Quality of Life: Case Studies of Thailand and Vietnam, 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila, Philippines, June 2017
- 4) J. Hsieh, H. Takaguchi, C. Murakoshi, J. Xuan, A. Takayama and H. Nakagami Study on BELDA: Prediction of Residential Energy Consumption in Cambodia: 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila,

Philippines, June 2017

- 5) K. Ichijima, H. Takaguchi, C. Murakoshi, J. Xuan, A. Takayama and H. Nakagami, Development of BELDA: Preliminary Results of Questionnaire Survey and Database Building Protocol: 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila, Philippines, June 2017
- 6) 高口洋人, アジアの多様な環境を理解しアジアの建築を考える, JIA MAGAZINE (日本建築家協会 協会誌) 2017年4月号 No.337 巻頭インタビュー
- 7) 高口洋人, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築, アジア地域のサステナブル建築環境検討小委員会 話題提供, 日本建築学会 地球環境委員会, 2017年3月22日
- 8) 玄姫, 高山あずさ, 村越千春, 中上英俊, 高口洋人, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築- その1 タイ、ベトナム、カンボジアの都市部及び農村部における家庭用エネルギー消費実態調査, 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2017年2月
- 9) H. Takaguchi, J. Xuan, C. Murakoshi, A. Takayama and H. Nakagami, Development of BELDA, Building Energy structure and Lifestyle Database of Asia, 16th Science Council of Asia Conference (SCA-16), Colombo, Sri Lanka, June 2016

(3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 3rd Symposium for “Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector”, TKP麴町駅前会議室、2018年1月24日
- 2) 日本のエネルギーと建築を考える、北海道科学大学、2018年1月17日
- 3) アジアにおける建築のサステナビリティと再生、関東学院大学、2017年11月10日
- 4) 日本建築学会 全国大会（広島）パネルディスカッションサステナブル社会実現のためのアジア地域における新しい暮らし方、広島工業大学、2017年9月1日
- 5) JIA環境会議・第3回懇話会、JIA会館、2017年4月27日
- 6) アドバイザリー会議の資料を利用し、研究者間で情報を共有、建築学会 地球環境委員会 アジア地域のサステナブル建築環境検討小委員会、日本建築学会会館会議室、2017年3月22日
- 7) 2nd Symposium for “Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector”, 早稲田大学、2017年1月23日
- 8) 非住宅環境関連データベース（DECC）その活用と展開、日本建築学会 低炭素社会推進会議 勉強会、日本建築学会会館会議室、2016年11月9日
- 9) 蒸暑アジア地域の低炭素型ライフスタイル、2016年日本建築学会大会 地球環境部門 PD 低炭素型ライフスタイルによるスマート化社会の未来、福岡大学、2016年8月25日
- 10) 建築のゼロエネルギー化で世の中をよくする、大阪・梅田クリスタルホール、2016年7月23日
- 11) アジア諸国における家庭用エネルギー消費実態とライフスタイルについて、北九州市立大学大学院ひびきのキャンパス、2016年7月22日
- 12) アジア諸国における家庭用エネルギー消費実態とライフスタイルについて、北九州市立大学大学院ひびきのキャンパス、2016年5月19日
- 13) 1st Symposium for “Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector”, 早稲田大学、2016年1月26日

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

7. 研究者略歴

課題代表者：中上 英俊

東京大学、博士（工学）、現在、株式会社 住環境計画研究所代表取締役会長

研究分担者

- ・ 村越 千春

九州大学、博士（工学）、現在、株式会社 世田谷生活ラボ

- ・ 高口 洋人

早稲田大学、博士（工学）、現在、早稲田大学理工学術院、建築学科・建築学専攻、教授

- ・ 玄 姫

北九州市立大学、博士（工学）、現在、株式会社 住環境計画研究所、主任研究員

- ・ 高山 あずさ

秋田市立大学、博士（工学）、現在、株式会社 住環境計画研究所、研究員

II. 成果の詳細

II- 1 プラットフォームの構築と活用に関する研究

株式会社 住環境計画研究所
株式会社 世田谷生活ラボ

中上 英俊
村越 千春

<研究協力者>

東京大学大学院 工学系研究科 赤司 泰義（平成28年度～平成29年度）

平成27～29年度累計予算額：

31,596千円（うち平成29年度：15,451千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

経済成長とともにエネルギー消費の増加が見込まれる、東南アジアの新興国・途上国では、温暖化対策立案の為に必要な需要側のエネルギー消費量に関するデータ整備が遅れている。そこで、サブテーマ1では、サブテーマ2、3で実施した調査結果、既存文献データ、人口、経済、気象等のマクロデータが組み込まれた東南アジア各国における民生部門のエネルギー消費実態に関するオープンプラットフォームのデータベース（BELDA）を構築し、これまで未整備であった民生部門のエネルギー消費の現状分析に有効な知見を提供することができた。

このようなデータベースの開発は、エネルギーの需要分析、研究開発、低炭素型都市の計画、各国の温暖化防止対策の政策立案に資するとともに、日本の高効率技術のアジア展開にも貢献することが期待できる。

以上を踏まえ、我々は、共同研究、ミーティング、コンファレンスを通じ当該国の政府及び専門家との密接なネットワークを構築した。

[キーワード]

サブテーマ(1)：アジア、BELDA、データベース、オープンプラットフォーム、ネットワーク形成

1. はじめに

世界の二酸化炭素排出量は依然として増加傾向にあり、その40%は民生部門からの排出である。特にアジアの新興国・途上国においてその傾向は著しく、民生部門における二酸化炭素排出量の伸びを抑制するためには、省エネルギーの推進と再生可能エネルギーの導入が不可欠である。これを効率的に進めるには、まずエネルギー需給の実態を詳細に把握した上で発展段階に応じた具体的な方策を実行していく必要がある。

一方、アジア諸国におけるエネルギー需給に関するデータは、供給側のマクロ的統計データは存在するものの、需要側のエネルギー消費量に関するデータは、現地研究者によっても整理されておらず極めて乏しいのが現状である。

2. 研究開発目的

サブテーマ1では、サブテーマ2、3の調査結果により構築されたデータベースをもとに、二酸化炭素排出量を削減するためのシナリオと、発展段階に応じた段階的方策の効果検証ができるプラットフォームを構築することを目的とする。このデータベースは東南アジアの家庭用エネルギー消費の動向に関するオープンプラットフォームとして提供しており、東南アジアの関係者とのネットワーク形成を同時に目的としている。

3. 研究開発方法

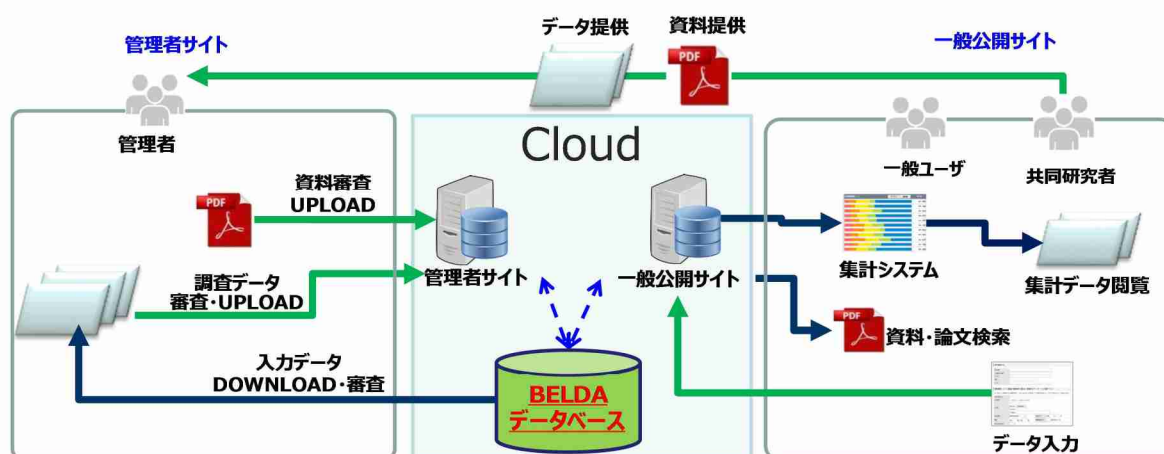
3.1 データベースの設計

3.1.1 データベースの設計方針

誰もがアクセス可能なデータベースとするためにCloud上にBELDA専用HPを構築した。入力データおよび調査データや論文等の公開にあたってはデータの精査を行なった上で公開する必要があるため、専用HP内を一般公開サイトと管理者サイトに分けた。使用するユーザーを管理者、共同研究者、一般ユーザーの3種類を想定し、一般公開サイトでは一般ユーザーと共同研究者が集計データの閲覧や資料・論文の検索、エネルギー消費データの入力ができる。管理者サイトでは調査データのアップロードや入力データのダウンロード、資料のアップロードを行なうことができる。

3.1.2 データベースのシステム要件

一般公開サイトと管理者サイトの概要は図(1)-1のとおりである。その要件を以下に整理する。



図(1)-1 データベース概要図 (再掲)

(1) 一般公開サイト

- ① ログイン機能やユーザー認証機能は設けず、一般ユーザーがインターネットからアクセスできる。
- ② 稼動サーバの所定ディレクトリに格納された論文・資料ファイルを一覧表示し、ダウンロードする機能を有する。
- ③ 管理サイトから登録された調査結果データ（承認済みデータ）を指定された集計軸でクロス集計する機能を有する。
- ④ エネルギーの使用状況に関する調査画面を有することで、一般ユーザーがデータを登録・集計する機能を有する。
- ⑤ 入力されたエネルギーデータから集計するエネルギー使用量と、国、世帯数別のエネルギー使用量の平均を比較する機能を有する。

(2) 管理者サイト

- ① 稼動サーバの所定ディレクトリに格納された論文・資料ファイルを一覧表示し、ダウンロードする機能を有する。ただし、ユーザーが論文・資料ファイルのアップロード機能は有しない。（ファイル転送ソフトを使用してファイルアップロードを行う。）
- ② 一般公開サイトで入力されたデータを所定フォーマットのCSVファイルでダウンロードする機能を有する。

- ③ 一般公開サイトで入力されたデータを承認済みデータ（集計データ）として承認する機能を有する。
- ④ 外部で集められたデータを承認済みデータ（集計データ）として取込む機能を有する。
- ⑤ 承認済みデータ（集計データ）を所定フォーマットのCSVファイルでダウンロードする機能を有する。

3.2 国内外の関係者とのネットワークの構築

本研究では、東南アジアにおける民生部門のエネルギー消費実態に関するデータベースを開発し、国内外の専門家が活用するオープンソースのプラットフォームを構築することを目的としている。そのため、海外の専門家とのネットワークを構築し、専門的ノウハウをデータベースの開発に活かすとともに、データベース構築後の活用促進に繋げる為に、現地の専門家に対するヒアリングを行った。

また、ネットワークの構築とともに海外の専門家との共同研究を実施し、調査対象国の省エネルギー制度、プログラムなどの情報収集を同時に行い、さらに現地での住宅開発の状況に関する情報収集をするため、現地ディベロッパー及び設計事務所をヒアリング対象に加えた。

研究代表・共同研究機関が以前から連携した専門家、事業者の関係者らからの紹介や文献検索ツール“Web of Science1”を利用したウェブ検索により研究者のネットワークも拡充することができた。エネルギー事業者・政府機関については、研究代表・共同研究機関が以前から協力関係にあったタイ王国発電会社、首都圏配電公社（MEA）、地方配電公社（PEA）、エネルギー省（代替エネルギー開発・効率化局）、ベトナム電力公社、ベトナム商工省、ベトナム建設省、並びにカンボジアの電力公社をヒアリング先候補とした。また、ウェブ検索によりタイにはバンコク以外の地方配電会社もヒアリング先候補に加えた。各国における業種別の訪問先とヒアリング項目を表(1)-1に示す。

表(1)-1 国別業種別訪問先とヒアリング項目

	国	機関名	ヒアリング項目
大学・研究機関	タイ	<ul style="list-style-type: none"> ・ タマサート大学 ・ チェンマイ大学 ・ チュラロンコン大学エネルギー研究所 ・ エネルギー・環境連合大学院/モンクット王工科大学 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家庭用エネルギー消費に関する実態調査の結果について ・ 本研究のオープンデータのプラットフォームについて（アジアにおける民生部門のエネルギー消費実態に関するデータベース）
	ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハノイ建築大学 ・ エネルギー研究所 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力消費計測調査について ・ ライフスタイルに関する詳細調査について
	カンボジア	<ul style="list-style-type: none"> ・ カンボジア工科大学 ・ カンボジア王立芸術大学 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 業務用エネルギー消費実態について ・ 既存のエネルギー消費量データ調査について ・ 将来推計の分析結果について ・ 政策提言内容について
エネルギー事業者	タイ	<ul style="list-style-type: none"> ・ タイ王国発電会社 ・ 首都圏配電公社 ・ 地方配電公社 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家庭用エネルギー消費に関する実態調査の結果について ・ 現行のエネルギーサービスについて
	ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> ・ ベトナム電力公社 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 政府の省エネ政策への対応について
政府機関	タイ	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー省（代替エネルギー開発・効率化局） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家庭用エネルギー消費に関する実態調査の結果について
	ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商工省 ・ 建設省 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本研究のオープンデータのプラットフォームについて（アジアにおける民生部門のエネルギー消費実態に関するデータベース）

	カンボジア	・ 教育・青少年・スポーツ省	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たなエネルギー政策について ・ 将来推計の分析結果について
業界団体	タイ	・ タイ工業連盟	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家庭用エネルギー消費に関する実態調査の結果について ・ 省エネルギー政策への産業界の対応について
	ベトナム	・ ベトナムグリーンアーバン調査開発	
民間企業	タイ	・ エクセレントエナジーインターナショナル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家庭用エネルギー消費に関する実態調査の結果について ・ 業務用エネルギー消費実態調査について
	ベトナム	・ 民間住宅開発事業者及び設計事務所	
	カンボジア	・ 民間住宅開発事業者	・ 住宅開発の現場視察

4. 結果及び考察

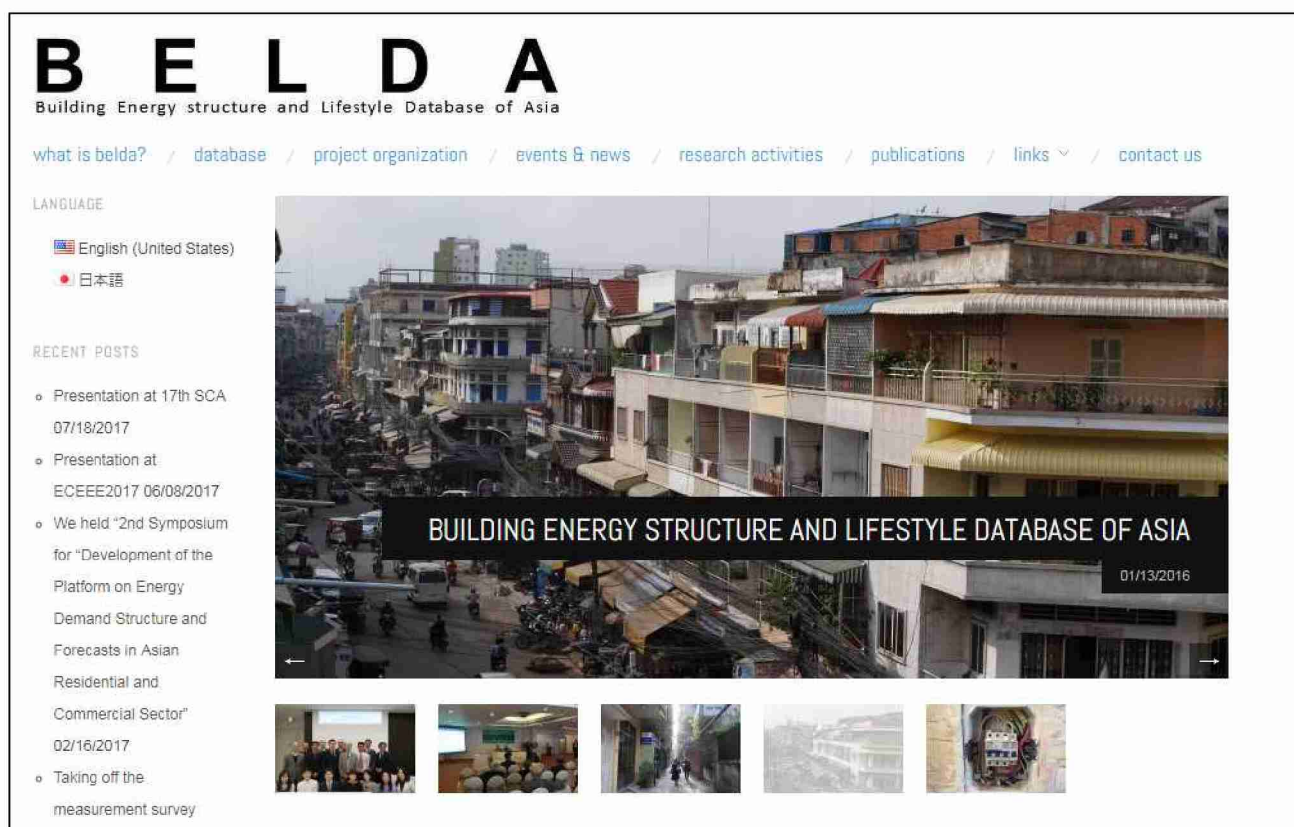
4.1 データベース開発

4.1.1 専用ホームページの開設

本研究では、データベースおよび調査結果の公表および意見交換のために専用HP（図(1)- 2）を開設した。専用HPは①”what is BELDA?”、②”database”、③” project organization”、④”event & news”、⑤”research activities”、⑥” publications”、⑦” links”、⑧”contact us”の8つで構成されており、各項目の概要は以下のとおりである。

- 1) what is BELDA? : BELDA開発の背景と目的を記載
- 2) database : 後述のデータベースの説明およびリンク先のURLを掲載
- 3) project organization : 本研究の関係者名と所属の紹介
- 4) events & news : シンポジウムなどのイベントや現地訪問の報告などを掲載
- 5) research activities : 本研究の研究内容の紹介
- 6) publications : 学会発表など本研究の成果報告を紹介
- 7) links : 関連機関のHPの紹介
- 8) contact us : 問い合わせ先の紹介

本HPは国内外の研究者および政府関係者への情報共有を目的としているため、言語は英語（米国）と日本語の2言語で公開している。ただし、後述のデータベースの言語は英語（米国）のみとしている。本HPのドメインはデータベースの名称であるBELDAと調査地域がアジア地域であることから「belda.asia」とした。HPは公開中であり、URLは「<http://www.belda.asia/wp/en/>」である。



図(1)-2 BELDA専用HPのTOP画面

4.1.2 データベースのシステム構成

本システムは、Amazon Web Service（以下、AWSと略す）に実行環境を構築し、管理者サイト、一般公開サイト、DBサーバを1つの仮想環境(EC2¹ Instance)に同居させる。管理サイト、一般公開サイトへの振り分けはApache Software Foundation(Apacheソフトウェア財団)が開発し、オープンソースソフトウェアとして公開しているWebサーバ(HTTPサーバ)ソフトウェアであるApacheのルーティングにより行う。ドメインは、現在のBELDAのドメイン（belda.asia）からサブドメイン利用する。

コンピュータ名やドメイン名などの名前を表す文字列とIPアドレスの対応を管理、検索するための階層構造のサービス（DNS：Domain Name System、以下、DNSと略す）はGMOクラウド株式会社が運営するクラウドサービス（GMO Cloud）のDNSサービスを利用する。WebサーバとWebクライアント（ブラウザ等）や、メールサーバとメールクライアント等の通信を安全に保つために利用される通信技術であるSSL（Secure Socket Layer）証明書²はAWSが提供する、SSL暗号化通信における証明書管理サービスであるAmazon Certification Managerを利用する。

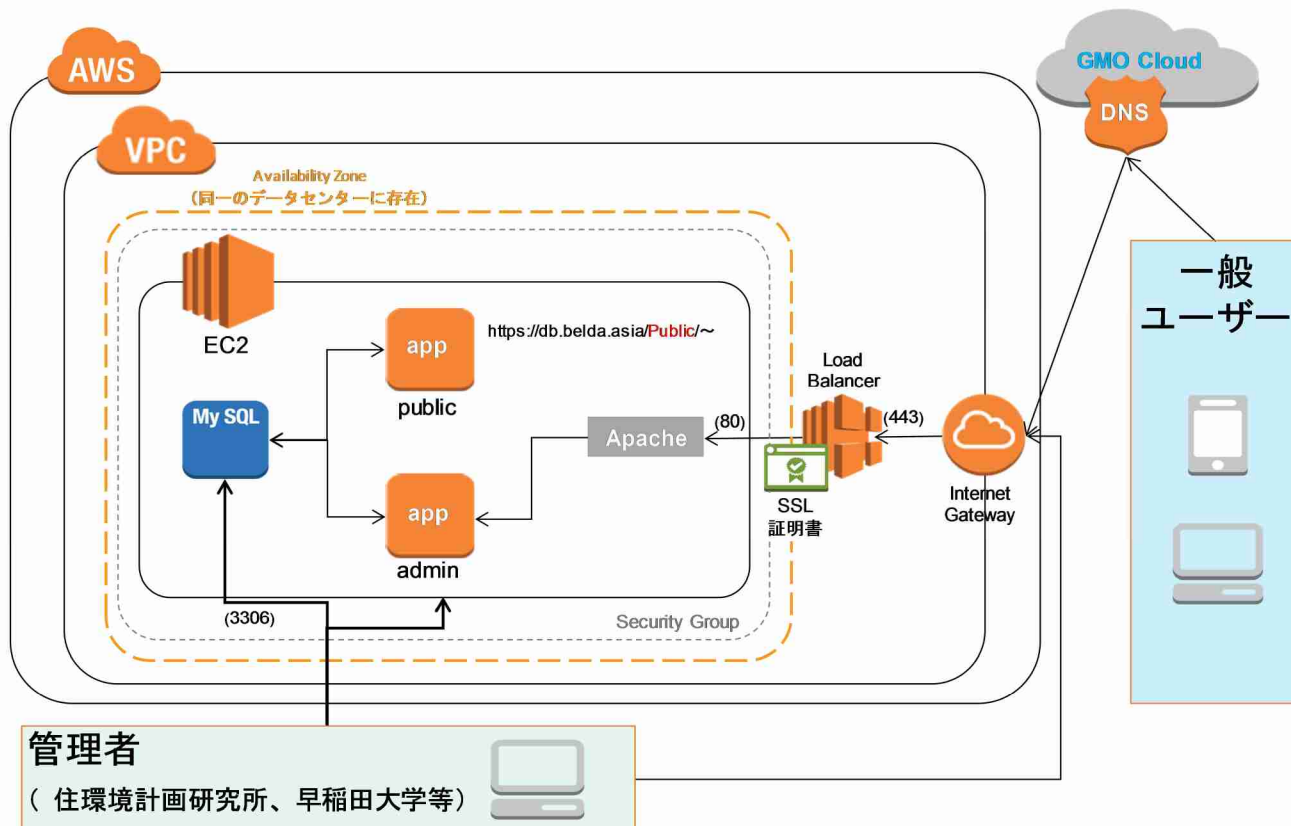
データベースはOracleが無償で公開しているデータベース管理システムであるMySQLで構築した。データベースへのアクセスは一般ユーザーおよび共同提案者は専用HPを通してアクセスするが、管理者はMySQLへ直接アクセスすることが可能である。その他に管理者はEC2へ暗号や認証の技術を利用して、安全にリモートコンピュータと通信するための通信方法であるSSH³（Secure Shell）を用いて直接アクセス可能とした。

¹ Amazon Elastic Compute Cloud。Amazon Web Service が提供する、仮想化された Web サーバのコンピュータリソースをレンタルできるサービス。

² Web サーバおよびサーバ所有者の情報を基に発行される電子証明書で、発行後 Web サーバにインストールされる。

³ パスワードなどの認証部分を含むすべてのネットワーク上の通信が暗号化される。

WWW⁴ (World Wide Web) とAWSが提供する、負荷分散機能を有するサービスELB (Elastic Load Balancing) 間はHTTPS⁵ (443ポート) で通信を行い、Amazon ELBとEC2 Instance間はHTTP⁶ (80ポート) で通信を行う。また、論文/資料ファイルアップロードはファイル転送ソフト (SCP⁷ (Secure copy) : 22ポート) を利用して行う。外部公開ポートはHTTP (80ポート)、HTTPS (443ポート)、MySQL (3306ポート)、SSH (22ポート) とする。BELDAのシステム構成図を図(1)-3に示す。



図(1)-3 BELDAのシステム構成

4.1.3 データの登録

(1) データ登録処理の流れ

管理者画面のデータ承認ページから承認済みデータファイル (20個のcsv形式ファイルを1つのzipファイルとしたもの) をアップロードする。30分に一度、データ登録処理 (下図ではデータ登録バッチと表記する) が実行されアップロードされている承認済みデータをデータベースに登録する。データ登録処理の実行時、ファイルがアップロードされていなければ処理は終了する。データ登録は、追加登録または更新登録を行う。未承認データを承認済みデータとする場合、同一IDの未承認データに対して削除処理を行う。

承認済みデータファイルには、①登録内容を変更する承認済みデータ、②承認済みデータとして登録する未承認データ、③承認済みデータとして登録する外部データの3種類がある。

(2) データ登録例

データ登録の一例を更新前データベースの状態からパターンごとに図(1)-4~ 図(1)-10に示す。

⁴ インターネット上に散在する文書同士を相互に参照可能にするシステム。

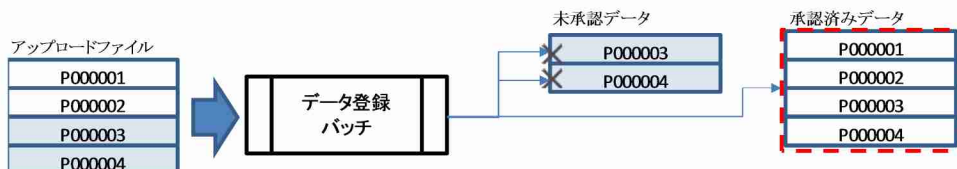
⁵ SSLを利用したインターネット上の通信ルール。

⁶ 暗号化されていない一般的なインターネット上の通信ルール。

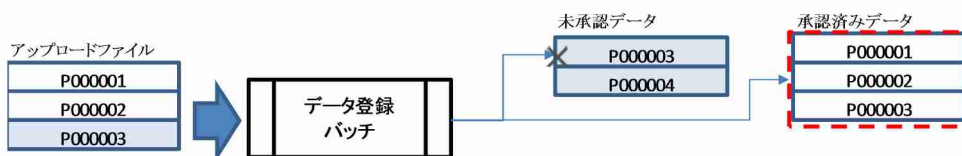
⁷ データを暗号化してファイル送受信を行う通信方法。



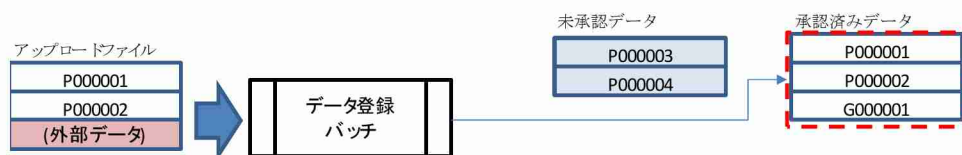
図(1)-4 更新前のデータベースの状態



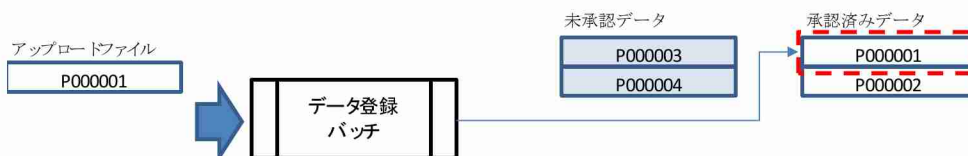
図(1)-5 パターン1：アップロードファイルが、承認済みデータ + 未承認データ



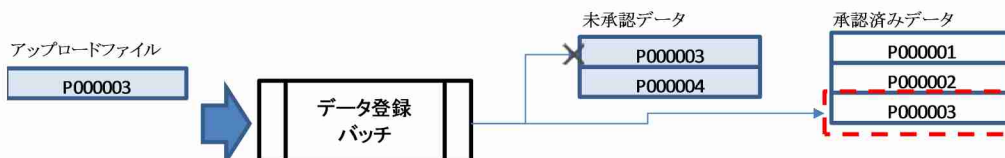
図(1)-6 パターン2：アップロードファイルが、承認済みデータ + 未承認データ（一部）



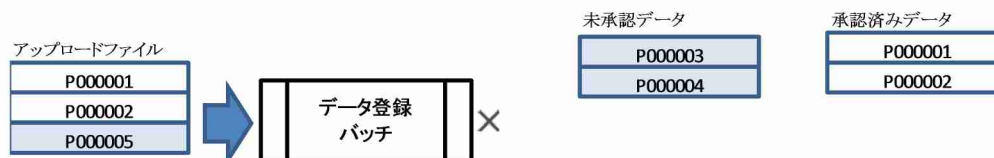
図(1)-7 パターン3：アップロードファイルが、承認済みデータ + 外部取込データ



図(1)-8 パターン4：アップロードファイルが、承認済みデータ（一部）



図(1)-9 パターン5：アップロードファイルが、未承認データ（一部）



図(1)-10 パターン6：アップロードファイルが、未承認データ（不正）

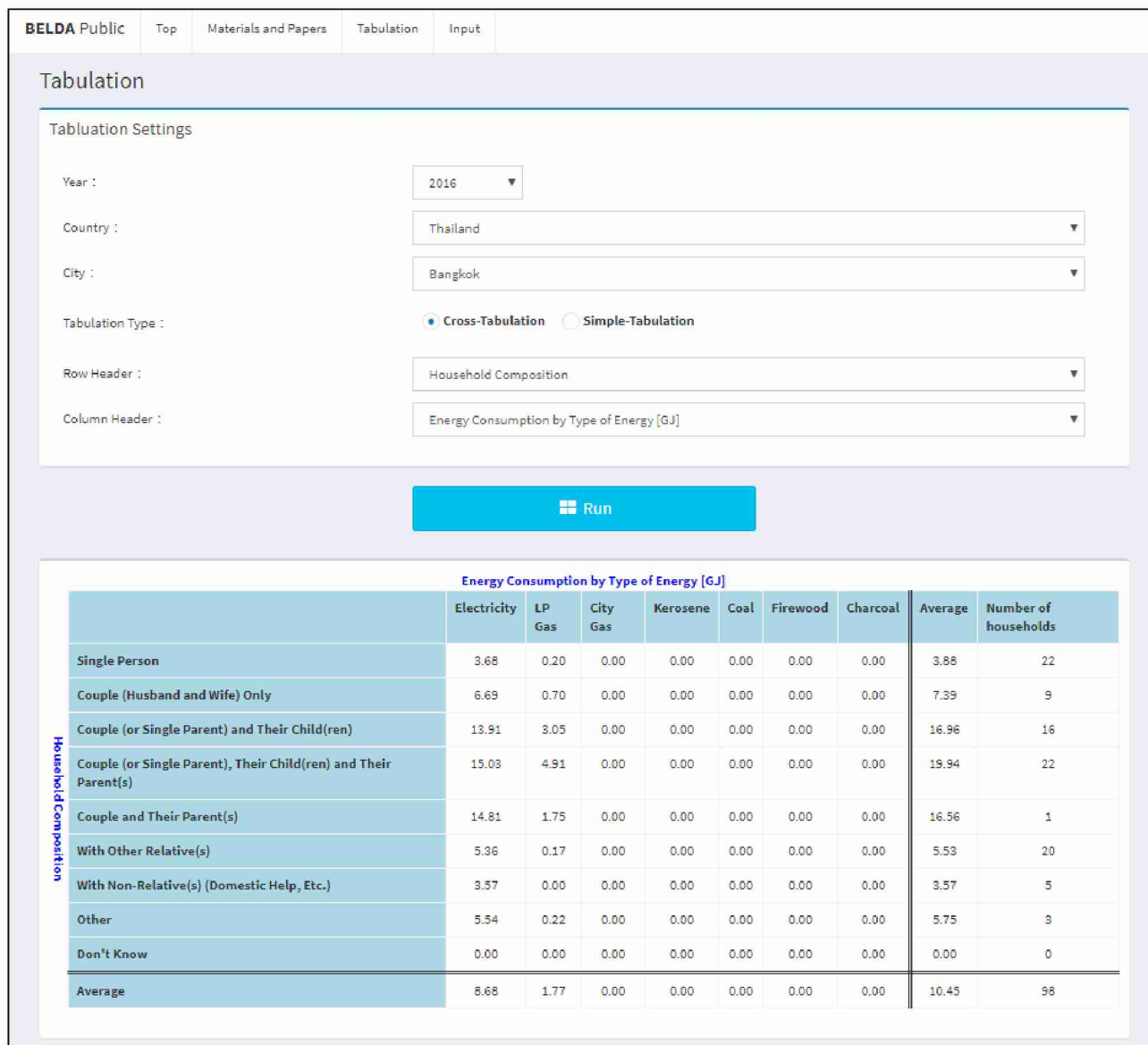
(3) データベースの集計機能

集計内容を指定するページ（図(1)- 11）にて、年次、国、地域、集計方法（クロス・単純）、表側項目、表頭項目を選択することで、表(1)-2に示す集計結果（図(1)- 12）を表示することができる。

図(1)- 11 集計項目選択画面

表(1)- 2 集計項目

表頭	表側	表頭	表側
世帯類型	昼間在宅別	エネルギー種別消費量	エアコンの台数別
	竣工年別		エアコン（1台目）の使用時間
世帯人数	省エネ行動実施率別		調理器具の種類別
	自動車の台数別	世帯類型別	
	ガソリンバイクの台数別	世帯人数別	
世帯収入別	世帯人数	建て方別	
	建て方	世帯収入別	
世帯収入	竣工年別	延床面積別	
	自動車の台数別	竣工年別	
	ガソリンバイクの台数別	昼間在宅別	
省エネ行動実施率別	建て方	省エネ行動実施率別	
省エネ行動実施率	世帯類型別	エアコンの台数別	
	世帯収入別	エアコン（1台目）の使用時間	
	昼間在宅別	調理器具の種類別	
竣工年	建て方別	CO2排出量（種別）	世帯類型別
建て方別	世帯類型別		世帯人数別
延床面積別	世帯類型別		建て方別
	竣工年		世帯収入別
延床面積	世帯人数別		延床面積別
	建て方別		竣工年別
	世帯収入別		昼間在宅別
	省エネ行動実施率別		省エネ行動実施率別
エネルギー用途別消費量	世帯類型別		エアコンの台数別
	世帯人数別		エアコン（1台目）の使用時間
	建て方別	自動車の台数別	
	世帯収入別	ガソリンバイクの台数別	
	延床面積別	調理器具の種類別	
	竣工年別	-	家電製品別の世帯普及率
	昼間在宅別		家電製品別の台数普及率
	省エネ行動実施率別		



図(1)- 12 集計結果の一例

(4) データベースの利用

データベースは既存の調査結果データを蓄積している他、調査画面もあり、一般ユーザーが自らのエネルギー使用量や世帯・住宅属性などを回答することができる（図(1)- 13）。この調査画面を活用することで、研究者がタブレットなどを活用し簡易にエネルギー調査を実施することができる。その際、入力したデータから算出されるエネルギー使用量を、同一地域で世帯人数が同じ世帯、住居タイプが同じ世帯のエネルギー使用量と比較することもできる（図(1)- 14）。また、共同研究者の所有するデータを外部データとして取り込むことやデータベースに蓄積しているデータを共同研究者が活用することもできる。

Input

When you enter the energy data of your household into the following questionnaire, the data will be reviewed and accumulated to the database once approved. You can also compare the energy consumption of your household with the average consumption with the average consumption of households in your area of residence.

Q1 (Required)
Please select the energy consumption year from the following. If you want to answer about the year before 2009, please select "other" and enter that year. (Single Answer)

Q2 (Required)
Please select your country of residence. (Single Answer)

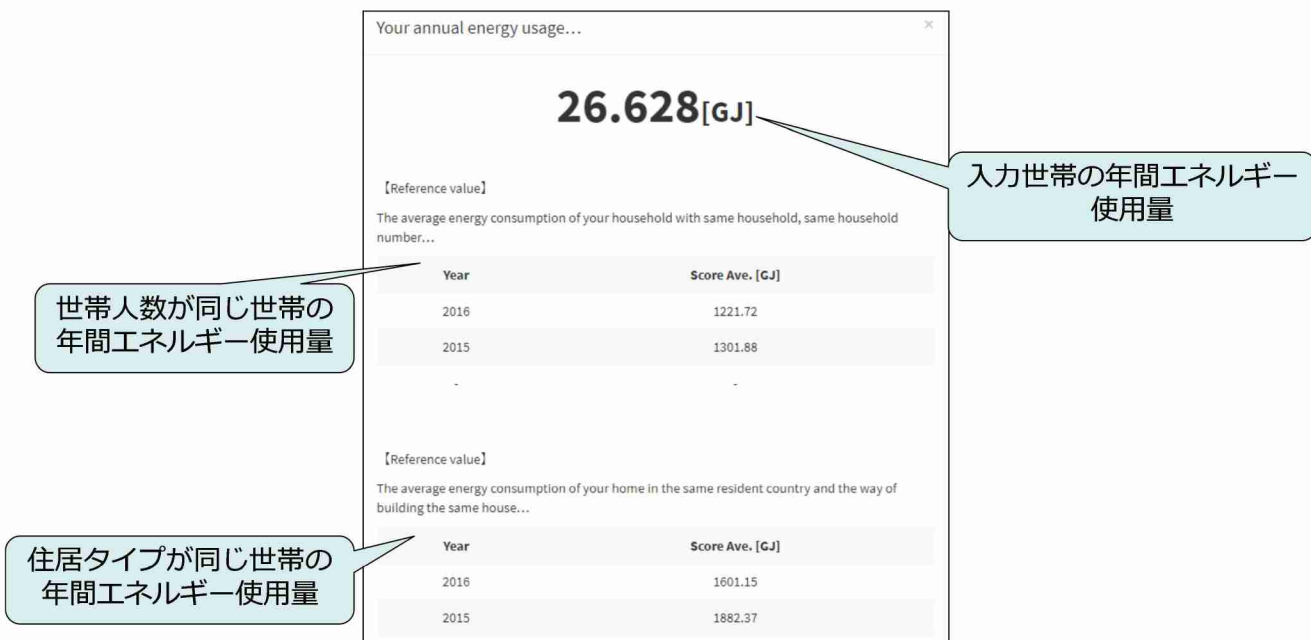
Q3 (Required)
Please select your area of residence. (Single Answer)

Q4 (Required)
Please select your gender. (Single Answer)

 Male Female

Q5 (Required)
Please select your age from the following list. (Single Answer)

図(1)- 13 調査画面（一部抜粋）



図(1)- 14 エネルギー消費量の比較画面

4.2 国内外の関係者とのネットワークの構築

初年度と次年度に行われた家庭用エネルギー消費実態調査結果については、当該国での家庭用部門での省エネルギーの必要性に関する認識が強く認識されたと考えられる。同時に、本研究で開発したオープンプラットフォームによるデータベースについての関心を引き出すことができ、データベースの開発が完成する時点では、多くの関係者の活用が期待される。これらの共通認識を得たことは今後のネットワーク構築にも寄与すると思われる。

現地の省エネルギー政策や、住宅における省エネルギー技術導入の現状に関する情報収集や意見交換を実施し、相互の知見と理解を深める結果となった。また、共同研究を行っている大学・研究機関とは調査の初期段階から意見交換を行い、現地の状況に適合する調査・研究を行うことができ、共同研究の基盤整備に寄与する結果になった。

4.2.1 本研究の調査結果の共有について

全ての訪問先で、家庭用エネルギー消費実態調査結果をもとに情報交換を行った。エネルギー消費実態については、過去に調査経験がある研究機関は少なく、消費実態そのものが新たな情報と受け止められた。特に、都市部の世帯当りエネルギー消費量のほとんどを占める電気の消費量が、先進国とほぼ同レベルに達していることは、新たな認識と受け止められた。

4.2.2 既存のエネルギー消費量データ調査について

既存調査結果については、特に、家庭部門については、3ヶ国とも政府の二酸化炭素排出削減対策が浸透していない。本研究の調査結果と比較するための参考データを求めるために、関係者に当該国における民生部門のエネルギー消費実態に関する既往研究結果の共有を依頼した。

家庭部門においては、MECON プロジェクト⁸の実施機関であるエネルギー・環境連合大学院（タイ）、ハノイ工科大学（ベトナム）、カンボジア工科大学（カンボジア）から、調査結果を共有してもらった。また、タイにおける家庭部門エネルギー消費量調査を行っており、多くの知見を有しているタマサート大学やチェンマイ大学からも、本研究に類似した既往研究の調査結果を共有して貰ったが、公開許可は頂けなかった。業務部門においては、タイエネルギー省の代替エネルギー開発・エネルギー保全局 Department of Alternative Energy Development and Efficiency、以下 DEDE と略す）が約 2600 棟の実態調査結果を共有してくれた。また、ベトナム建設省と意見交換する際に、USAID（United States Agency for International Development：米国国際開発庁、以下 USAID と略す）の協力を得て実施している業務部門での省エネプログラム（Vietnam Clean Energy Program-Energy Efficiency Promotion in the Building Sector、以下 VCEP と略す）の一環として主要都市で実施した 280 棟の業務用施設のエネルギー消費実態調査の関連情報も収集することができたが、いずれもデータの公開に至っていない。

4.2.3 本研究のオープンデータのプラットフォームについて

データベースの必要性に関する認識は、全ての訪問先で確認することができた。特に興味を持っているのは、政府と大学等の研究機関で、電力会社等、民間事業者から具体的な反応を伺うことはできていない。政府機関も本データベースを政策立案に活用することを期待していることが確認できた。

⁸ メコン河流域のタイ、ベトナム、カンボジア、ラオス、ミャンマーで低収入層(2-5ドル/人・日)を対象にイギリスの補助金で実施された家庭用エネルギー消費実態調査。

5. 本研究により得られた成果

本研究はサブテーマ1~ 3の研究結果を統合して成果としているため、本研究により得られた成果に関してはサブテーマ2,3を参照されたい。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

本研究はサブテーマ1~ 3の研究結果を統合して成果としているため、研究成果の発表状況に関してはサブテーマ2,3を参照されたい。

8. 引用文献

- ・ Web of Science の HP : <http://ip-science.thomsonreuters.jp/products/web-of-science/>
- ・ IEA. Statistics. (オンライン) <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>.
- ・ UNSD. Energy Balances 2014. United Nations: United Nations, 2017.
- ・ Thailand Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE) の HP : <http://weben.dede.go.th/webmax/>
- ・ Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand. Energy Statistics. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <http://www.eppo.go.th/info>.
- ・ Suruhanjaya Tenaga, Energy Commission. Malaysia Energy Information Hub. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <http://meih.st.gov.my/statistics>. http://unstats.un.org/unsd/environment_main.htm.
- ・ Energy Market Authority, Singapore Government. Publications and Statistics. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <https://www.ema.gov.sg/>.
- ・ Electricite du Laos. Electricity Statistics 2013. Laos: Electricite du Laos, 2013.
- ・ Euromonitor International Ltd. The World Economic Factbook, 21st edition. London: Euromonitor International Ltd, 2014.
- ・ Thailand Energy Efficiency Development Plan (EEDP)の HP : <http://www.eppo.go.th/index.php/en/policy-and-plan/en-tieb/tieb-cep>
- ・ ベトナム VCEP プログラムの関連情報 HP : https://d20c0ihd6a5bt.cloudfront.net/wp-content/uploads/sites/837/2016/04/Joseph-Deringer_VCEP-Overview-Deringer-Final-25May2016-.pdf#search=%27Vietnam+Clean+Energy+ProgramEnergy+Efficiency+Promotion+in+the+Building+Sector%27
- ・ USAID Vietnam の HP : <https://www.usaid.gov/vietnam>

II- 2 カンボジアのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究

II- 3 タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究

株式会社 世田谷生活ラボ	村越 千春 (サブテーマ3)
学校法人早稲田大学理工学術院 建築学科・理工学術院	高口 洋人 (サブテーマ2)
株式会社 住環境計画研究所	玄 姫 (サブテーマ3)
株式会社 住環境計画研究所	高山 あずさ (サブテーマ3)

<研究協力者>

山口大学大学院 技術経営研究科 福代 和宏 (平成28年度~平成29年度)

横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 張 晴原 (平成28年度)

北九州市立大学 国際環境工学部デザイン学科 高 偉俊 (平成28年度)

広島大学大学院 国際協力研究科 久保田 徹 (平成28年度)

統計数理研究所 村上 大輔 (平成29年度)

Dr. Kulyos Audomvongserree, Chulalongkom University, Thailand (平成28年度~平成29年度)

Dr. Pongsun Bunditsakulchai, Chulalongkom University, Thailand (平成28年度~平成29年度)

Mr. Pan Piyasil, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Thailand (平成29年度)

Mr. Arthit Vechakij, Excelent Energy Internatioanl (EEI), Thailand (平成29年度)

Dr. Nguyen Ngoc Hung, Institute of Energy (IE), Vietnam (平成28年度~平成29年度)

Mr. Nguyen Hoang Anh, Institute of Energy (IE), Vietnam (平成28年度~平成29年度)

Dr. Hoang Manh Nguyen, Hanoi Architectural University, Vietnam (平成29年度)

Dr. Sarin Chan, Institute of Technology of Cambodia (ITC), Cambodia (平成28年度~平成29年度)

Dr. Kinnalesh Vongchanh, Institute of Technology of Cambodia (ITC), Cambodia (平成28年度~平成29年度)

平成27~29年度累計予算額:

サブテーマ(2): 23,097千円 (うち平成29年度: 7,186千円)

サブテーマ(3): 52,036千円 (うち平成29年度: 12,539千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

経済成長とともにエネルギー消費の増加が見込まれる、東南アジアの新興国・途上国では、温暖化対策立案の為に必要な需要側のエネルギー消費量に関するデータ整備が遅れている。そこで、本研究では、発展段階の異なるタイ、ベトナム、カンボジアを対象に 1) 家庭用エネルギー消費実態調査、2) 住宅全体及び主要家電製品の計測調査、3) 住まい方、生活の質に関する実態調査、4) 業務用エネルギー消費実態調査を行い、データベースを構築した。

このようなデータベースの開発は、これまで未整備であった民生部門のエネルギー消費の現状分析に有効な知見を提供することができ、また、エネルギーの需要分析、研究開発、低炭素型都市の計画、各国の温暖化防止対策の政策立案に資するとともに、日本の高効率技術のアジア展開にも貢献することが期待できる。調査結果により都市部における電気消費量及び温熱需要を除く家庭用エネルギー消費量は既に世界のトップレベルの水準になっていることが明らかになり、エネルギー効率改善が先進国以上に急務であることから、

住宅の断熱・遮熱構造化、スマート家電、高効率機器の普及促進等を世界に先駆けて早期に導入すること、並びに、省エネルギー基準の強化と義務化、トップランナー基準のような厳しい省エネルギー政策を徹底して実施することが望まれる。

以上を踏まえ、我々は、共同研究、ミーティング、コンファレンスを通じ当該国の政府及び専門家との密接なネットワークを構築し、発展段階に応じた各国の温暖化対策に関する政策を現地の専門家と共同で提案した。

[キーワード]

サブテーマ(2,3)：民生部門、エネルギー消費量実態、QOL、電力の計測、省エネルギーポテンシャル、将来予測、政策提言

1. はじめに

成長が続き東南アジアのエネルギー消費は、今後の地球温暖化の進行に大きな影響を与えると考えられる。しかし、各国の省エネルギー政策の中心的課題は、産業及び大規模商業施設等の大口需要を対象としており、小口需要である家庭用については積極的な対応が遅れている。家庭分野の省エネルギー政策や対策を検討・立案するためには、エビデンスベースや科学的な根拠に基づいた情報基盤を整備することが不可欠である。

我が国における民生用エネルギー消費量に関する研究は、全国的なデータベース構築に関しては、日本建築学会が2003年から「住宅内のエネルギー消費に関する全国的調査研究」を実施、民生業務建築物に関しては、(一社)建築環境・省エネルギー機構に設けられた非住宅建築物の環境関連データベース(DEC)調査委員会が全国的に実施し、事実上のナショナルデータベースとして公開され、政策立案や設計、商品開発に広く活用されている。

その一方、アジアの新興国や途上国では、Housingセンサス、Household Socio Economicセンサス等の統計調査は実施されているものの、住宅、世帯、設備、エネルギー消費を一体化した詳細データはほとんど整備されていない。

2. 研究開発目的

そこで、本研究では、タイ、ベトナム、カンボジアを中心とする東南アジアにおける民生部門のエネルギー消費実態を把握するとともにこれらの調査結果をデータベース化し、さらに、二酸化炭素排出量を削減するためのシナリオと、発展段階に応じた段階的方策の効果検証ができるプラットフォームを構築することを目的とする。

本研究では、まず、家庭用エネルギー消費実態を「エネルギーの量」と「生活の質」の両面から把握するために、家庭用エネルギー消費実態調査、住まい方や生活の質に関する詳細なアンケート調査、家庭用電力消費の計測調査を実施した。同時に、業務用エネルギー消費に関するデータ収集を行い、さらに、各国の研究者と連携し既存調査結果を収集し、これらをデータベース化した。これらの情報は民生部門からの二酸化炭素排出量を削減するためのシナリオ作成と発展段階に応じた方策立案、効果検証の基礎となるものである。

最後に、各国の専門家や政府関係者と連携して、東南アジア諸国の家庭用エネルギー消費は今後とも一定程度増加するという従来の考え方を改めることを提案するとともに、将来のエネルギー消費の伸びを止る、さらに削減するための方策を提案した。同時に、エビデンスに基づく政策立案に欠くことのできないデータベースを整備することを提案した。

3. 研究開発方法

3.1 カンボジア、タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究（サブテーマ(2&3)）

3.1.1 家庭用エネルギー消費実態調査

(1) 調査手法

東南アジアでは、インターネット調査や郵送調査による回答率が極めて低いことから、本調査では、調査員によるインタビュー調査（訪問調査）を実施した。

ヒアリングする際には、①世帯主或はその配偶者など家計を把握している、②商用と自家用の電気消費量が区分できる世帯、③過去数ヶ月の電気使用量を把握できる人を対象に、1~2時間をかけてヒアリングを行う手法で調査を実施した。

調査対象国のうち、タイとベトナムの電力会社は、既にe-service等のウェブサービスが行われており、需要家が自身の個人情報（IDとパスワード）を入力することで、直近数ヶ月から1年前までの月別電気消費量及び使用金額を入手することができるようになっている（図(2,3)-1）。そこで、毎月の電力消費量を把握していない世帯に関しては、エネルギー供給事業者のデータを活用する方法（委任状方式）を用いて、月別電気消費量及び使用金額を求めることができた。これにより、回答者の負担を軽減することも可能であった。



【タイ・MEA（SmartLife）】



【ベトナム・EVN（ハノイ）】

図(2,3)-1 電力会社のウェブサービス画面例

(2) 地域選定手法

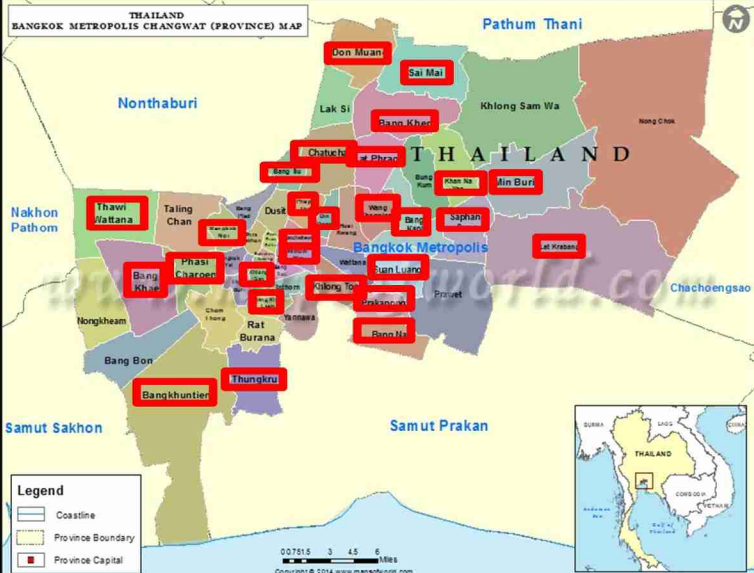
地域選定の基準や地域の割付並びに回収状況の一例を表(2,3)-1に示す。対象世帯を選定する際に、各国の事情を考慮したうえで、最適かつ現実的な手法を採用した。例えば、バンコクでは、全地域を数百世帯ずつのエリアに分割する手法、一次サンプリングユニット（PSU）という手法を採用し、地域の偏りを考慮しつつ、半無作為に20 PSU（1 PSUは数十世帯）を調査地域として選んだ。その一方、都市近郊農村部では、統計情報の整備が追い付いていない側面もあり、PSU手法を適用することができないため、一部区域に偏らないように対象世帯を選定し、また、調査精度を高めるために、調査員に対しても訪問世帯数の上限を設けた。

都市部の集合住宅においては、オートロックなどのセキュリティ面の問題で調査が難航する場合があります、また、土地代が高くなりつつあるハノイでは、中心部周辺の戸建世帯は富裕層が多く、調査協力を取り付けられない問題点が存在する。この場合は、機縁法（調査の対象者をリクルートする際に、知人や友人などの

繋がりを通じて条件に合った人を探す方法)によるプレリクルート(非常に出現率が低い対象条件の場合等に用いられる)で、建て方の偏りを考慮しつつ対象世帯を選定した。

回収率は地域にもよるが、殆どの地域では約30%であった。その中で、回収率が最も低い地域はわずか7%しか達してなかったため、設定された回収目標を満たすために多大な労力と時間を掛けた。なお、回収率への影響要因としては、①不在、②調査拒否(調査時間が長い調査途中で拒否)、③商用にも電気使用、④委任状調査(後述)への拒否が挙げられる。

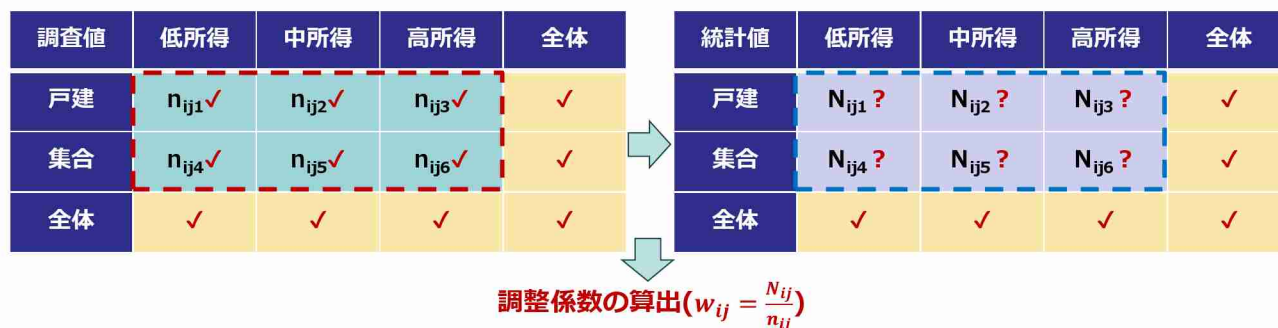
表(2,3)-1 調査対象地域の分布及び回収状況(バンコクの例)

地域選定基準	<ul style="list-style-type: none"> PSU 地域サンプリング採用(上限: 1PSU あたり数十世帯) バンコク市内の 29 区から対象世帯を抽出 1 人の調査員が訪問世帯数の上限設定(1 人あたり 10 票)
地域割付	
回収状況	有効回答率: 29%

(3) エネルギー使用量及び使用金額データの審査・補間手法

1) エネルギー消費量の統合

エネルギー使用状況は調査年により偏りが生じることから、初年度調査と次年度調査のエネルギー使用状況の乖離を定量的に縮小・評価するために、ウェイトの調整を検討した。各国の統計データや共同研究者から所得と建て方に関するマクロデータを収集することができたため、ここでは、複数の共変量に対して層別し、各共変量の周辺分布(図(2,3)-2の左)が母集団の周辺分布(図(2,3)-2の右)に等しくなるように反復計算を行い層別に重みを定めた。



図(2,3)-2 ウェイト調整のイメージ

2) 電気使用量と使用金額

電力使用量の各月の回答については、①使用量の重複確認（同じ電気使用量が3回以上あるか）、②単価確認（使用量と使用金額の相関を検証）、③不誠実回答の確認（電力使用量の最大値と最小値が2倍以上であるか）の3点の疑義判断基準を用いてデータ審査を行い、疑義が生じた世帯の使用量データを抽出し補間を行った。

タイでは、12ヶ月の使用量データが揃った世帯がわずか2件しかなかったため、気温変動を考慮した補間手法を採用した。まずは、不明値を除いたデータのうち、使用量の最大月が月平均外気温の最高月である5月となっているかを判断した。これに該当する場合は、気温の月別変動率から使用量を推計し、非該当世帯は不明値を除いたデータの平均値を代入した。

ベトナムでは配電会社のWebサイトから12ヶ月分の使用量データを回収しているため、データ補間を行わなかった。

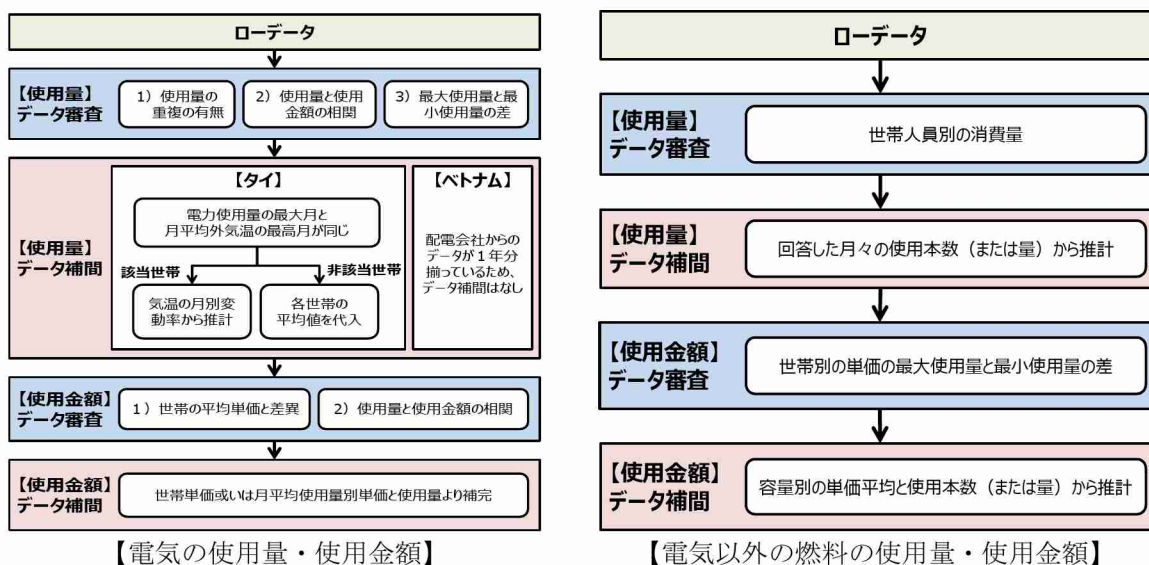
カンボジアにおいては、電気使用量の領収書を9ヶ月分以上保有し、3ヶ月連続した月々の使用状況を把握できる世帯を対象とした。領収書の紛失により電気消費状況が分からない場合は、使用量が把握できた前後の月々の平均値を用いて補間を行った。

電気使用金額のデータの審査基準は、①不誠実回答の確認（他の月との単価の差異）、②単価確認（使用量と使用金額の相関を検証）の2点とした。データの補間方法としては、まず、月平均使用量を200 kWh毎に区分し、区分毎の平均単価を求めた。次に、補間対象世帯の月平均使用量に対応した平均単価に当該使用量を掛け合わせて使用金額を推計した。

3) 電気以外の燃料の使用量と使用金額

LPGの使用量は、使用しているガスボンベの容量と使用本数から使用量を算出した。使用量の審査基準は、世帯人員別の消費量確認（一人あたりの平均使用量を求め、世帯間の差異を確認）とした。使用月別のガスボンベの容量は変わらないことから、ここでは、使用本数のみを補間した。方法としては、回答した月々の使用本数（e.g.毎月或は各月使用）から無回答月の使用本数を推計した。

電気以外の使用金額においては、ボンベの容量別に分類化し、各分類別の単価（円/kg）を用いて審査を行い、世帯別の単価の最大値と最小値が2倍以上であるかを検証した。補間方法としては容量別の平均単価から使用本数に応じて使用金額を推計した。その他の燃料もLPGと同様の審査・補間手法を用いた。



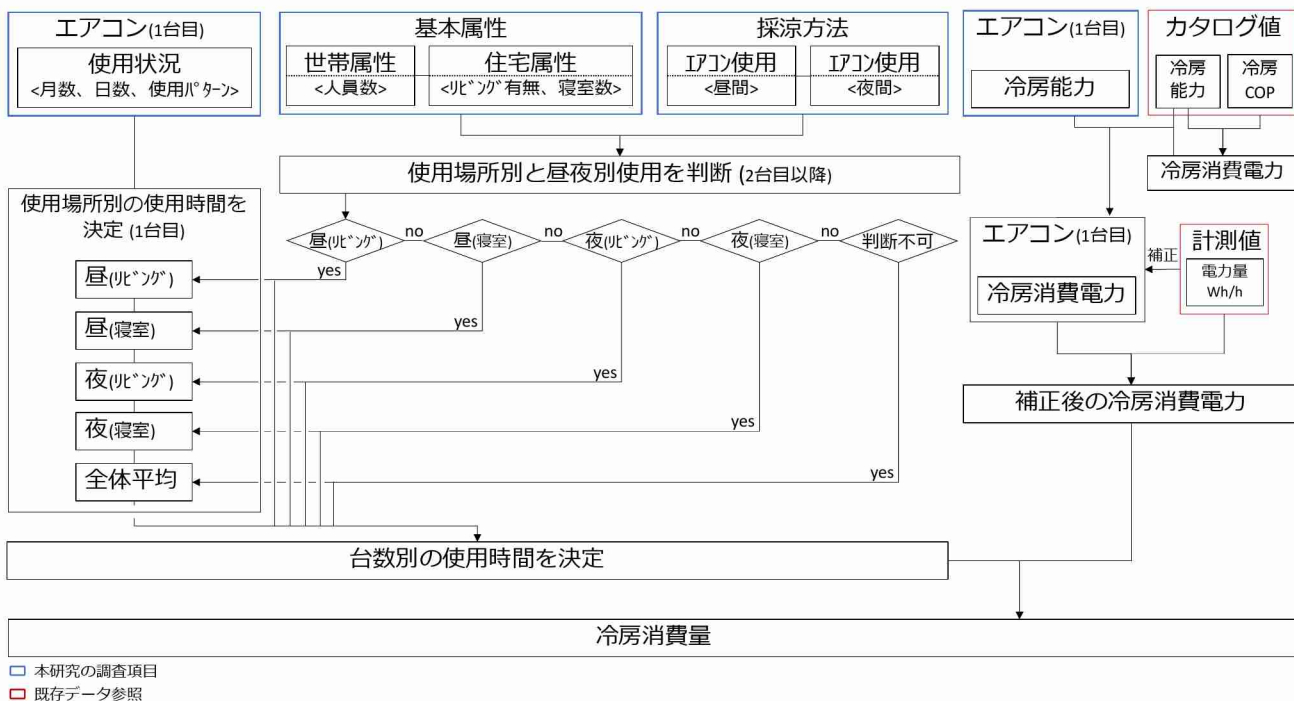
図(2,3)-3 エネルギー消費データの審査及び補間方法のフロー図

(4) 用途別エネルギー消費量の推計方法

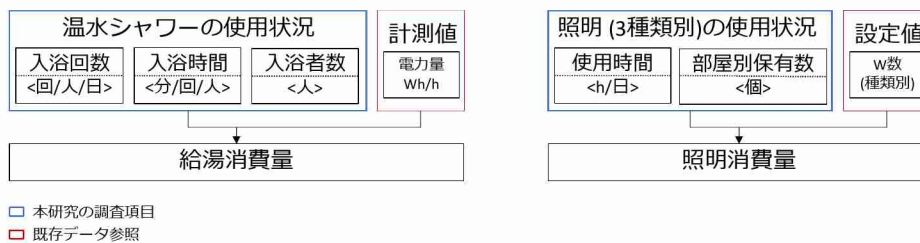
用途別エネルギー消費量の推計を行う際に、①月別エネルギー種別消費量データから推計(剥ぎ取り手法)、②機器の積み上げによる推計、③熱負荷シミュレーションによる推計の、3種類の手法が良く使われているが、本研究の対象国は気温の季節変動が非常に小さい東南アジア諸国であるため、剥ぎ取り手法は検討していない。ここでは、機器の積み上げ(機器の容量(出力)、使用時間)により電気消費量の推計を行い、また、熱負荷シミュレーションソフトを用いて躯体(住宅躯体の断熱、気密、日射遮蔽)の効率化による省エネ効果を検証した。

冷房については、まず、エアコンの保有台数別の使用時間を求める。一家に複数台のエアコンを持っている場合は最も使用頻度の高いものを1台目とする。本調査では、1台目の使用月数、使用日数、時刻別の使用パターンを含めた詳細内容を網羅したため、1台目のエアコンに関しては、使用場所別の使用時間帯を決めることができた。2台目以降の使用状況を推計するにあたり、昼夜別の採涼方法や基本属性に基づき、使用場所別の昼夜別の使用有無を判断し、さらに1台目の使用時間を参照に台数別の使用時間を決めた(図(2,3)- 4)。冷房消費電力は調査項目の中に含まれてなかったため、ここでは、当該国の日本製品(パナソニック、東芝、ダイキン、シャープ)のカタログ値を各社のホームページの情報を収集した後、不明箇所について各社に問い合わせし、可能な範囲で情報を収集した値を参照した。さらに、本研究でのエアコンの計測調査結果を参照に補正した値を求め、上述の冷房使用時間と併せて台数別の冷房消費量を求めた。

ベトナムの北部地域で使用されている暖房については、冷房と同様な手法で推計を行った。また、給湯と照明についても、消費電力は計測調査結果を参照し機器の積み上げ手法で推計を行い、LPG・他の燃料の使用はすべて調理用(電気コンロ以外)とした(図(2,3)- 5)。最終的に、各々の用途別推計結果の合計と全体の電気消費量の一致性を確認し、不整合の場合は補正を行った。



図(2,3)- 4 用途推計のフロー図 (冷房)



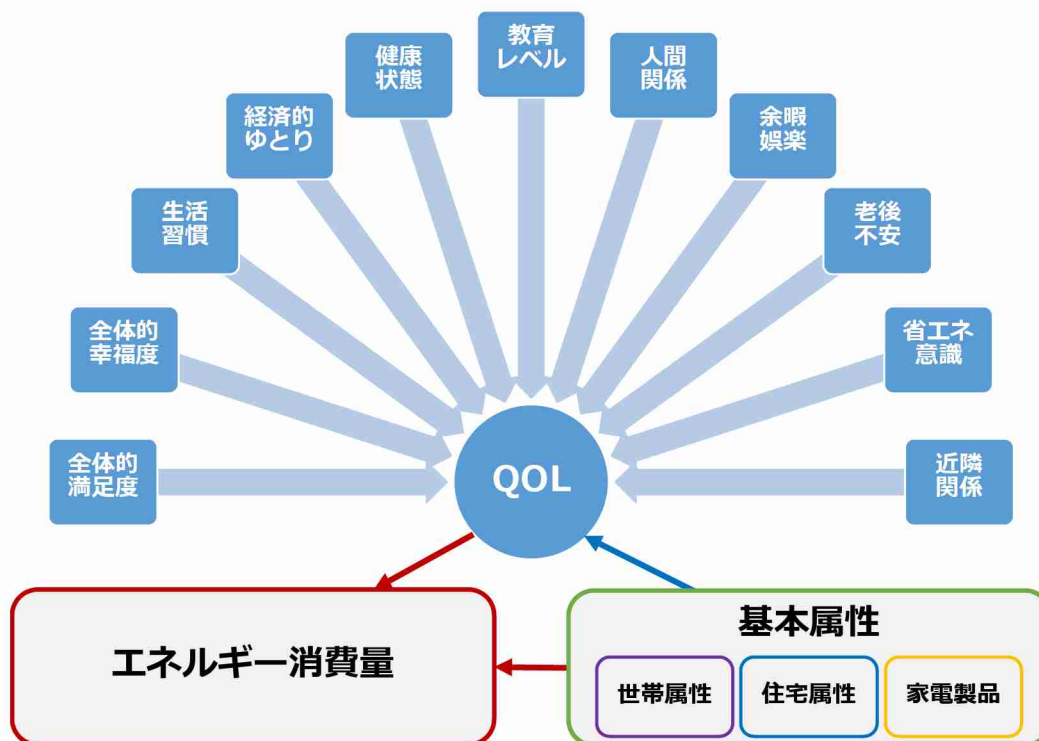
図(2,3)- 5 用途推計のフロー図（給湯と照明）

3.1.2 生活の質（QOL）指標の評価手法

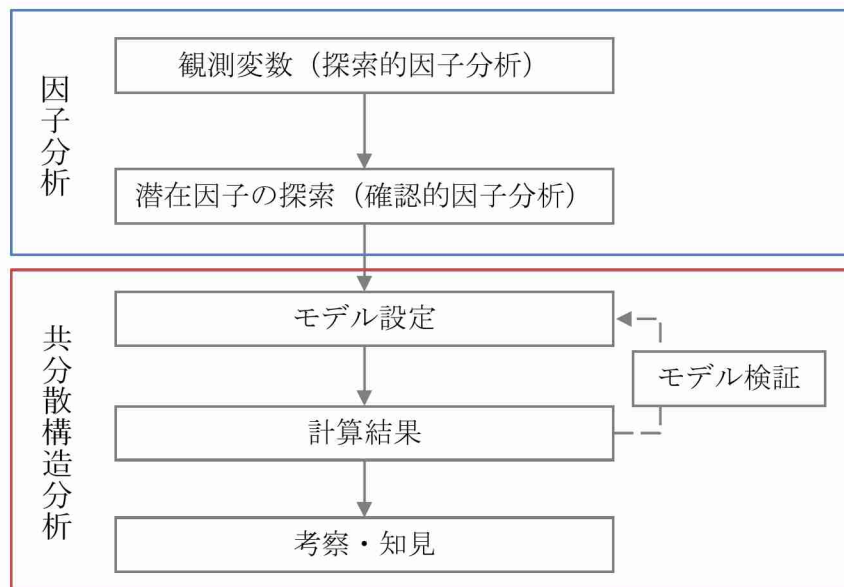
生活の質（QOL）とは、一人ひとりの人生の内容の質や社会的にみた生活の質のことであり、ある人がどれだけ人間らしい生活や自分らしい生活を送り、人生に幸福を見出しているか、ということをも尺度として捉える概念である。また、QOLの「幸福」とは、身心の健康、良好な人間関係、やりがいのある仕事、快適な住環境、十分な教育、レクリエーション活動、レジャーなど様々な観点から計られるという。QOLは主観的と客観的指標に分けられるが、一般に主観的QOLが注目されているようである。本研究では、主観的なQOLの項目としては、全体的な満足度・幸福度、生活習慣、経済的ゆとり、健康状態、教育レベル、人間関係、余暇・娯楽、老後不安、省エネ意識、近隣関係などの項目（図(2,3)- 6）を取り上げ、それぞれについて回答者の現在の状態が最低（1点）～最高（4点）の4段階（非常に満足、満足、不満、非常に不満）で評価した。

次に、因子分析から共分散構造分析の流れで生活満足度と幸福度から測られる主観的なQOLに与える影響の大きさを求めるとともに、回答世帯の基本属性である世帯属性、住宅属性、家電製品の台数及びエネルギー消費量との相関を調べた（図(2,3)- 7）。因子分析や共分散構造分析のような線形モデルは、分散が一定であるとみなす場合は適用できるが、変数間の相関は必ずしもその分散や分布が均一であるとは限らない。

そこで、分散の均一性がない可能性も考慮して、さらに、非線形混合効果モデルを用いて抽出されたQOLの因子とエネルギー消費量の相関を探ることに着目した。



図(2,3)- 6 QOLへの影響要因の検討イメージ図



図(2,3)- 7 因子分析から共分散構造分析までのフロー図

(1) 線形モデルによる分析

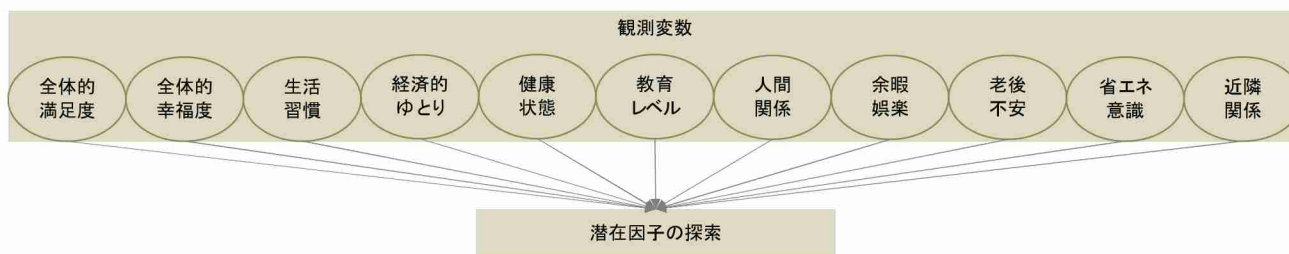
1) 因子分析

① 探索的因子分析

QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量への影響要因を探るために、まずは、QOL指標（観測変数）に基づきSPSSを用いて因子分析を複数回行ったうえ、モデルに構築すべき観測変数を探索した。観測変数の詳細項目は図(2,3)- 8を参考されたい。

次に因子数を決める必要があり、ここでは説明された分散の合計の初期の固有値をみて、前後の因子間の固有値の差を確認した。なお、因子のスクリープロットの傾きをみて判断することも可能である。因子抽出のための各種設定方法は以下の通りである。

- ・ 観測変数の指定：QOL の各種指標を全部指定
- ・ 因子抽出方法：最尤法⁹
- ・ 因子抽出の基準：固有値の下限を 1 と設定（固有値に基づく）
- ・ 回転方法：プロマックス（斜交回転）



図(2,3)- 8 潜在因子の探索のイメージ図

⁹ 因子抽出方法として、主因子法或は最尤法が良く使われている。

② 確認的因子分析

探索的因子分析に基づき抽出された観測変数間の共通性をチェックし、共通性が著しく低い項目に注意する。また、パターン行列をみて、因子の負荷量が基準値（0.4）を満たしているか確認し、基準値を満たす因子をモデルに入れる観測変数とした。さらに、変数の整合性・妥当性（SPSSの「尺度の信頼性の検討」）を検証する必要があることから、本研究では、cronbachの α 係数¹⁰が0.7以下であった観測変数をモデルから外して再検討を行い、負の負荷量を示す因子については逆転項目の処理¹¹を行った。なお、逆転項目の処理を行わないと、 α 係数が正確に反映されず、値が極小になるため、尺度の信頼を正確に判断することが出来ない。

このようなプロセスを繰り返すことにより、意味が対応する観測変数が一つのグループになり、グループ毎（共通の原因）に一つの潜在因子とし、また潜在因子を命名した。潜在変数の間で因果関係を検討すれば、多くの変数間の関係を直接扱うより効率が良く、さらに複数の観測変数の後ろに潜む共通の原因として解釈されるメリットがある。

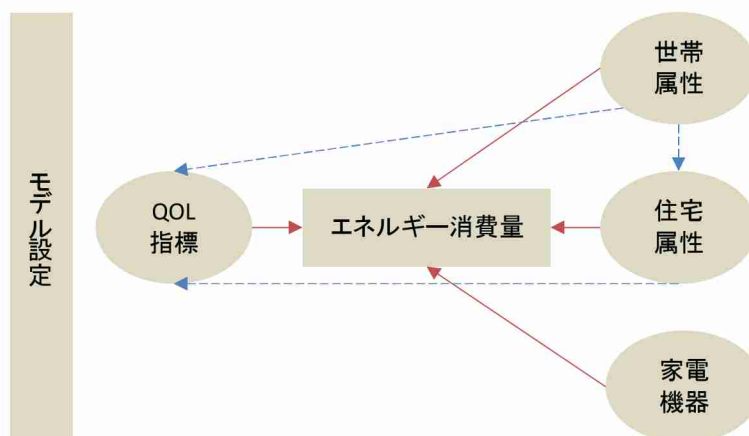
2) 共分散構造分析

共分散構造分析（構造方程式モデル、SEM）は、直接観測できない潜在因子を導入し、その潜在因子と観測変数との間の因果関係を同定することができる。共分散構造分析の特徴は主に3つある。

- ・ パス図（モデル）よりビジュアルなモデル表現ができる。
- ・ パスとパス係数より要因間の関係の強弱を数値化できる。
- ・ 潜在変数を用いることで複数の要因をまとめて分析できる。

① モデル設定

本研究では、SPSS Amos¹²を用いて以下に示すような地域別パス図（モデル）を構築した。因子分析より得られた結果より、類似した傾向を示す観測変数を1つの潜在変数にまとめ、複数の潜在因子間とエネルギー消費量との関係について仮説を立案し、パス図で表現した。これをモデル設定という（図(2,3)-9）。なお、観測変数と潜在変数を合わせて構造変数というが、それ以外にも分析にかけている部分以外の要因を意味する変数、誤差変数もモデルに入れないといけない。



図(2,3)-9 モデル設定のイメージ図

注) 観測変数は四角形で描き、潜在変数は楕円で描く

¹⁰ α 係数が 0.8 以上であれば、尺度の「内的整合性が高い」と判断され、逆に 0.5 を切るような尺度は再検討すべき。

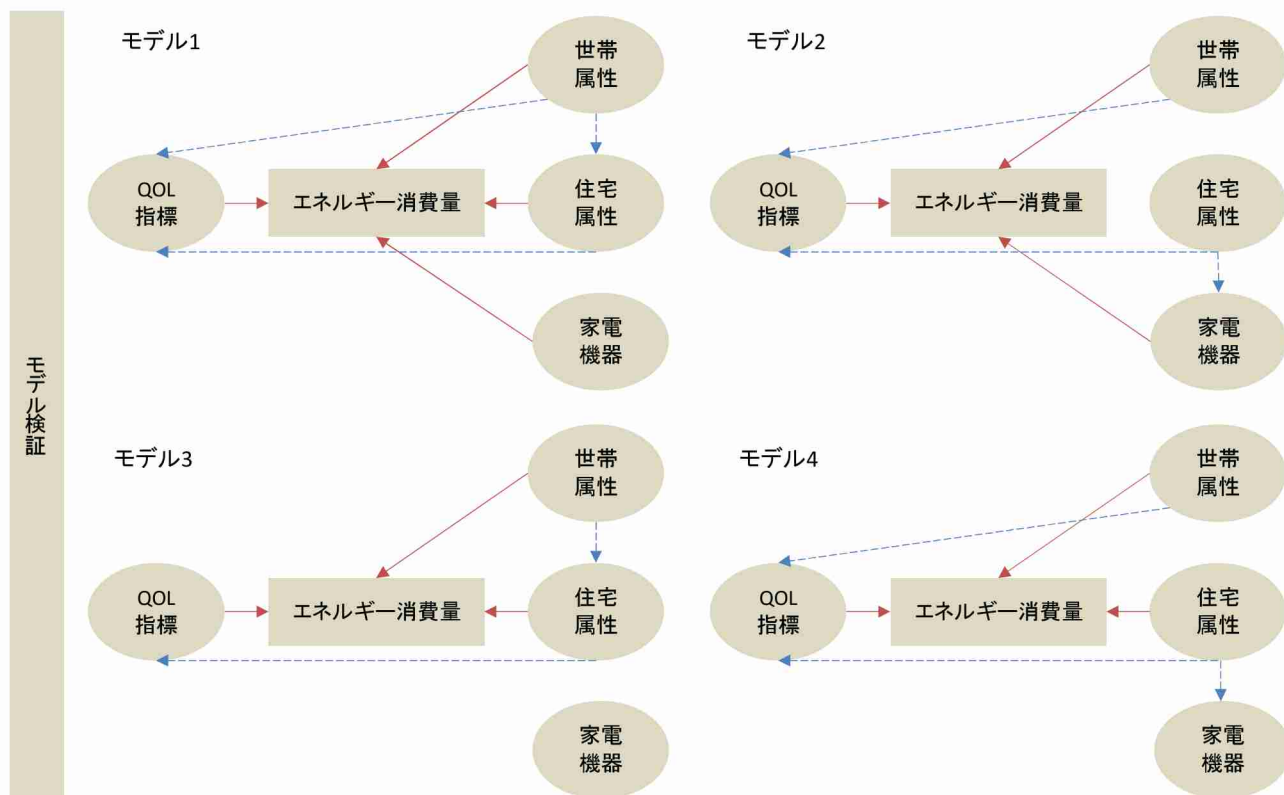
¹¹ 逆転項目の処理を行わないと、 α 係数が正確に反映されず、値が極小になるため、尺度の信頼を正確に判断することが出来ない。

¹² SPSS Amos : 共分散構造分析を実行できる GUI (graphical user interface) 型の分析ルーツである。

② モデル検証

モデルを検証するために、図(2,3)- 10のイメージ図に示すようにパスの向きが異なるモデルを想定して、モデルの適合性は、比較適合度指標¹³ (CFI)、平均二乗誤差平方根¹⁴ (RMSEA)、赤池情報量基準 (AIC¹⁵) により判断した。パス係数は大きいほど、潜在因子を構成する観測変数の関係 (項目の妥当性) と、潜在因子間の関係が強いことを表す。

パス係数の安定性を評価する方法として、Amosの出力の推定値- 係数に検定統計量に基づく確率が0.05を超えるパスは影響が不安定であるため、不安定なパス¹⁶を削除しながら適合度を上昇させたりして、モデル改良も行いながら適合性が最も良いモデルを構築した。



図(2,3)- 10 モデル検証のイメージ図

(2) 非線形混合効果モデルによる分析

QOLに関するアンケート調査データについては、解析をやすくするために19項目の質的変数 (不満、やや不満、やや満足、満足の4段階) を因子分析することでQOLの因子 (量的変数) を抽出し、各変数がエネルギー消費量に及ぼす影響を回帰分析によって評価した。

世帯*i*のエネルギー消費量 y_i を被説明変数とした回帰分析により、エネルギー消費量に影響を及ぼす要因を分析した。アンケート調査データの因子分析で得られた第*j*因子 (量的変数) の第*i*要素は $f_{q,i}$ とおく。

量的変数 $x_{p,i}$ 、 $f_{q,i}$ は説明変数としてそのまま用いることができる。一方、グループ変数 $w_{r,i}$ は値自体には意

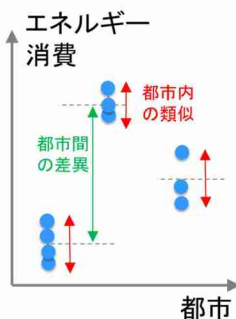
¹³ CFI (comparative fit index): 0 から 1 の間の値となり、1 に近いほど適合が良いと判断する。平均値と切片を推定するモデルでは GFI (適合度指標) や ACFI (修正適合度指標) の代わりに用いることが多い。

¹⁴ RMSEA (root mean square error of approximation): 複雑なモデルで用いることが多い指標で、モデルの分布と真の分布との乖離を 1 次尤度当たりの量として表現している。値が小さいほど良いと判断し、目安としては、0.05 以下で当てはまりが良い、0.08 以下で妥当、0.10 以上でモデルを採択すべきでない。

¹⁵ AIC (akaike's information criterion): 他の指標と異なり、複数のモデルを比較するときの相対的なよさを評価する指標である。AIC の値が最も小さいモデルを最適モデルとして採択する。

¹⁶ ただし、パスが不安定であることが有用なケースもあるという。

味がないため（例えば都市ダミーの場合、バンコクが1、プノンペンが2のようにラベルづけしたとしても、バンコクの2倍がプノンペンになるわけではない）、そのまま説明変数として用いることはできない。そこで、例えば、バンコクであればエネルギー消費量が高い、プノンペンであればエネルギー消費量が低いというように、グループ毎の調整を行うことで、グループ間の差異をモデル化することとした（図(2,3)- 11参照）。

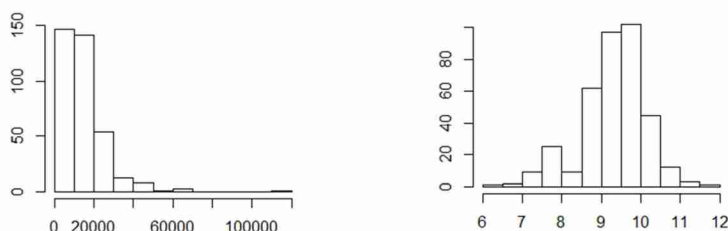


図(2,3)- 11 グループ毎の調整のイメージ

以上の検討の結果、ここでは、非線形混合効果モデルと呼ばれる下式を用いてエネルギー消費量をモデル化することとした。

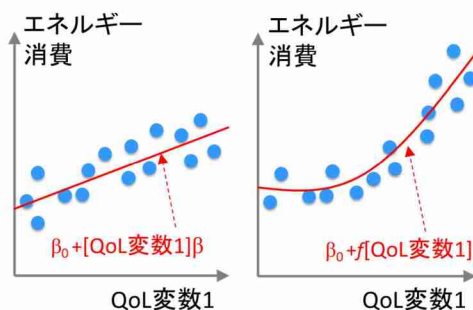
$$\log(y_i) = \sum_{q=1}^Q g_q(f_{q,i}) + u_k \quad u_k \sim N(0, \sigma^2)$$

被説明変数が正規分布に近いほど推定結果が安定化しやすいことが経験的に知られているが、エネルギー消費量 y_i は偏った分布をしていたため、対数値をとって正規分布に近づけた $\log(y_i)$ を被説明変数にすることとした（図(2,3)- 12）。



図(2,3)- 12 対数をとる前後のエネルギー消費量の頻度分布（左：対数変換前、右：対数変換後）

説明変数 $f_{q,i}$ は抽出された第1因子～第4因子（プノンペンの場合は第1因子～第9因子）、 u_k は誤差項、 σ^2 は分散パラメータである。QOLを表す因子 $f_{q,i}$ がエネルギー消費量 $\log(y_i)$ に及ぼす影響の強さを検証することが本回帰分析の主要目的である。また、 $g_q(f_{q,i})$ は、第 q 因子 $f_{q,i}$ からの非線形な効果を捉える関数であり、この関数を推定することで、例えば図(2,3)- 13のような、QOLからの非線形な効果をデータから推定することができる。



図(2,3)- 13 QOLからの非線形な効果のイメージ図

3.1.3 計測調査の手法

東南アジア諸国においては住宅全体およびエアコン等の主要家電機器の電力消費を計測・調査している事例はほとんど見られない。そこで、住宅全体および家電機器の消費電力や使用時間などの電力消費実態を把握することで将来予測や省エネ政策への活用が期待できることから、本研究では、バンコク、ハノイ、プノンペンの3地域を対象に住宅全体およびエアコン等の主要家電機器における電力消費のロードカーブを把握するために約1年間の計測調査を行った。

(1) 調査概要

本調査では、1) 計測調査と2) 世帯属性や機器の使い方などのアンケート調査を実施した。本調査は現地機関であるチュラロンコン大学（タイ）、ベトナムエネルギー研究所（ベトナム）、カンボジア工科大学（カンボジア）に調査協力を依頼し、実施する。調査地域は首都であるバンコク、ハノイ、プノンペンとし、調査世帯数はバンコクが30世帯、ハノイが15世帯、プノンペンが10世帯とし、調査期間は各地域ともに1年間とした。調査概要を表(2,3)-2に示す。

計測調査と同時期にアンケート調査も実施した。調査内容は3.2.1節のエネルギー消費実態調査と同じとし、世帯属性、住宅属性、省エネ行動の実施状況などを把握した。詳細な調査項目は後述する。

表(2,3)-2 計測調査の概要

国	タイ	ベトナム	カンボジア
地域	バンコク	ハノイ	プノンペン
調査対象世帯数	30世帯	15世帯	10世帯
調査期間	1年間	1年間	1年間
調査協力機関	チュラロンコン大学	ベトナムエネルギー研究所	カンボジア工科大学

(2) 対象世帯の選定

調査対象地域のような熱帯や温帯地域では冷房需要が大きいと考えられるため、エアコンを1台以上所有および使用している世帯を選定条件とした。バンコクでは前述のとおり、チュラロンコン大学で本調査前にエアコンの計測調査を実施していたため、その調査世帯から本調査への調査世帯を選定した。ハノイではベトナムエネルギー研究所の職員およびその家族から調査対象世帯を選定した。プノンペンではカンボジア工科大学の関係者から選定した。

分電盤が複数あり、計測箇所1点から住宅全体の電力消費を計測できない世帯や店舗が併設されており消費電力を住宅分と店舗分で分けられない世帯、電力使用に商用利用が含まれる世帯は調査対象外とした。

(3) 計測対象機器の選定

計測対象とするのは住宅全体の電力消費および主要家電機器とした。各世帯でエアコンの計測は必須条件とし、もっとも良く使うエアコンを対象とした。エアコンを複数台持っている世帯は2番目に良く使うエアコンも計測対象とした。エアコン以外の主要家電機器は表(2,3)-3に示すものを対象とし、各世帯で計測可能な機器を選定した。計測点数に偏りが出ないように目安とする計測点数を下表に示すとおり設定した。

表(2,3)-3 計測対象機器と計測点数の目安

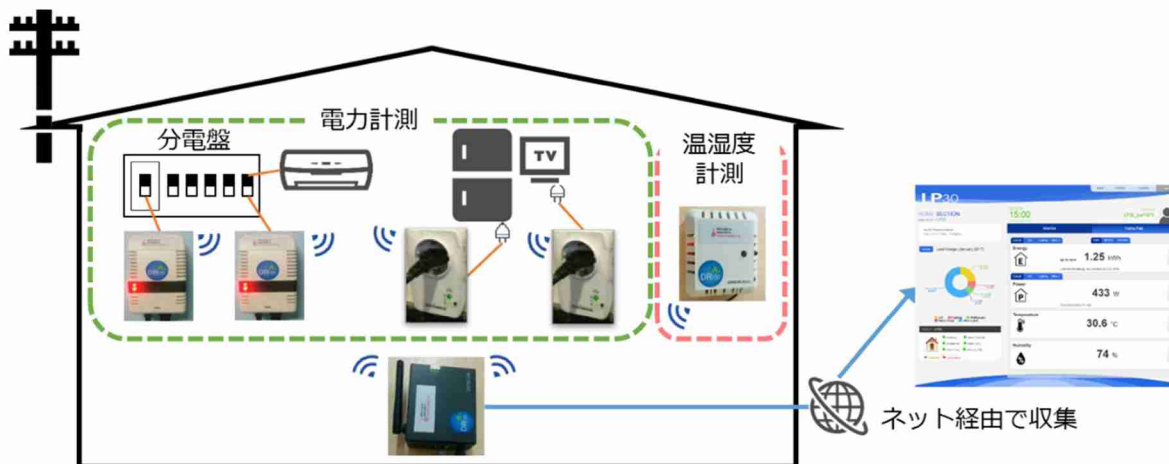
計測箇所および家電機器		計測点数（点）			
		バンコク	ハノイ	プノンペン	
電力計測	住宅全体	30	15	10	
	家電機器	エアコン	40~ 50	25	11
		テレビ	10	7	8
		冷蔵庫	10	7	8
		電気温水器	10~ 20	10	-
		IHクッキングヒーター	-	5	-
		扇風機、その他	20~ 30	10	21
	小計	120~ 150	79	58	
温湿度計測/ 温度計測	室温	エアコンを計測している居室	30	20~ 25	10
		エアコンがない部屋	-	20~ 25	10
	湿度	30	-	20	
	外気温	1	15	1	

(4) 計測システム

計測システムは国ごとに事情が異なるため、採用した計測システムも異なるが、基本的な計測システムは分電盤に設置する計測器と対象家電製品の電源プラグに接続する計測器とそれらのデータを収集するデータコレクタで構成されている。

1) バンコク

バンコクでは調査協力機関であるチュラロンコン大学がデマンドレスポンスの調査のために開発したシステムを母体に、既設のシステムにエアコン以外の家電製品の計測できるようコンセントから電力消費を計測可能な計測システムとして分電盤、コンセントでの計測システムを追加し、同時にデータ収集システムを当該調査用に改修したシステムを使用した。調査対象世帯はチュラロンコン大学が以前に実施した際の対象世帯から選択した。計測間隔は1分間隔とし、図(2,3)- 15に示す専用サイトを利用し、インターネット経由で収集する。計測器は図(2,3)- 14に示す2種類の電力計測器と温湿度計、それらのデータを収集するデータコレクタを使用した。



図(2,3)-14 計測システム図 (バンコク)



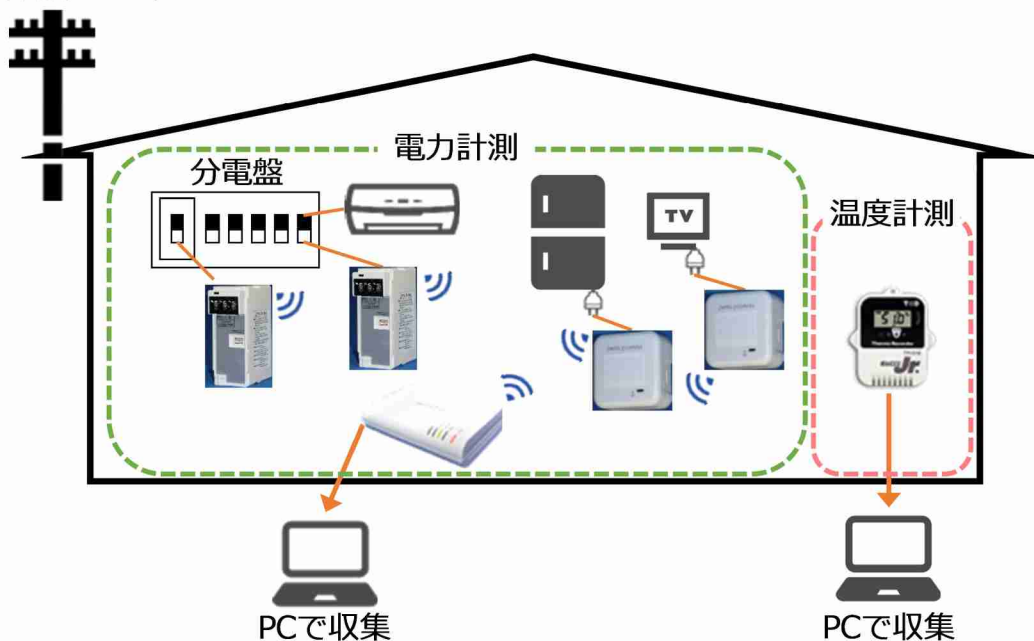
図(2,3)-15 バンコクで利用した専用サイト

表(2,3)-4 計測器一覧 (バンコク)

名称	Gateway	Smart meter	Smart Plug	Multi sensor
写真				
使用用途	データコレクタ	電力計測	電力計測	温湿度計測
計測方法	-	分電盤より計測	各機器の電源プラグより計測	-
計測箇所	-	住宅全体、エアコン、電気温水器等	冷蔵庫、テレビ、扇風機等	計測対象のエアコンが設置している部屋
計測可能点数	-	1点/個	1点/個	1点/個

2) ハノイ

ハノイではタイで販売を行っている日本のエネゲート社のスマートゲートウェイシステムを採用した。システム図および計測器一覧を図(2,3)- 16や表(2,3)- 5に示す。バンコクと同様に分電盤から住宅全体やエアコン、電気温水器等を、冷蔵庫やテレビ等は各家電機器の電源プラグにEco Wattを取り付け、計測を行なった。スマートゲートウェイシステムはインターネット経由でのデータ収集可能だが、インターネット環境でのデータ収集トラブルを避けるために毎月計測世帯を訪問し、データ収集を行った。計測間隔は電気が30分間隔、温度が15分間隔とした。



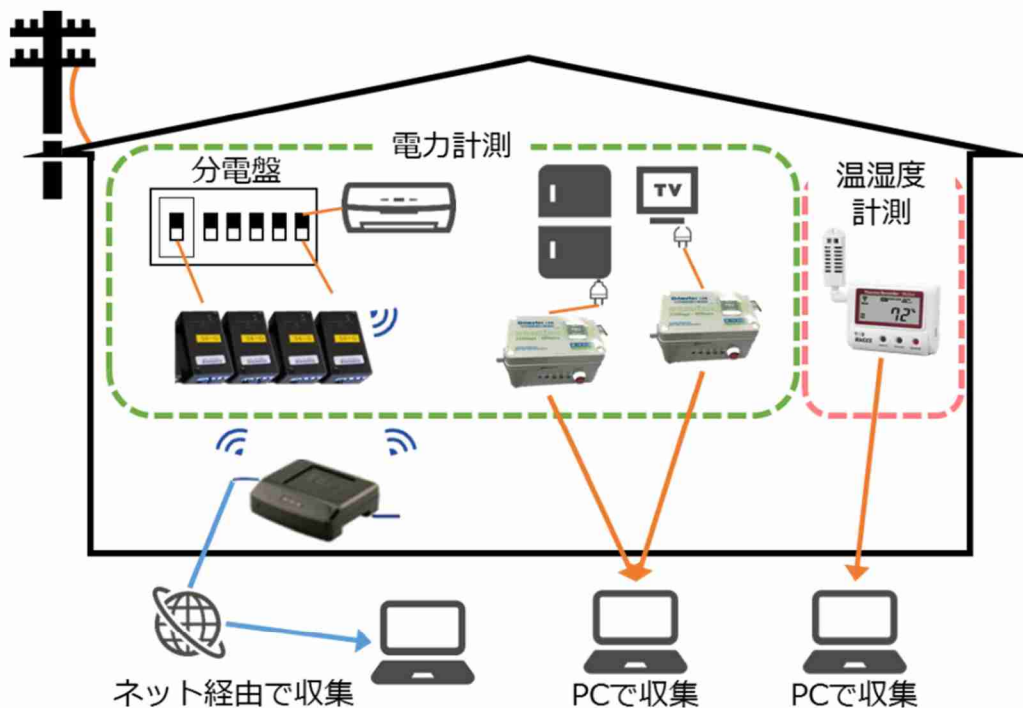
図(2,3)- 16 計測システム図 (ハノイ)

表(2,3)- 5 計測器一覧 (ハノイ)

名称	Smart gateway	EL sensor	Eco watt	おんどとり
写真				
使用用途	データコレクタ	電力計測	電力計測	温度計測
計測方法	-	分電盤より計測	各機器の電源プラグより計測	-
計測箇所	-	住宅全体、エアコン、電気温水器等	冷蔵庫、テレビ、扇風機等	居室(ACあり/なし)、屋外
計測可能点数	-	1点/個	1点/個	1点/個

3) プノンペン

プノンペンでは米国のEnergy社の計測システムTEDを使用し、分電盤にMTUを取り付け、各世帯4点の計測を行なった。さらにプラグイン型の電力計を家電製品の電源プラグに取り付け、各世帯1点を計測し、各世帯で合計5点の計測を行った。住宅内の温度および湿度はT&D社のおんどとりを使用し、各世帯で1階の居間と冷房使用のある主寝室、計2点を計測した。計測システム図および計測器一覧を以下に示す。電力消費量の計測間隔は1分間、住宅内の温湿度の計測間隔は30分間、外気温湿度の計測間隔は1時間とした。



図(2,3)-17 計測システム図 (プノンペン)

表(2,3)-6 計測器一覧 (プノンペン)

名称	ECC	MTU	プラグイン型 電力計測計	おんどとり
写真				
使用用途	データコレクタ	電力計測	電力計測	温湿度計測
計測方法	-	分電盤より計測	各機器の電源プラグより計測	-
計測箇所	-	住宅全体、エアコン、電気温水器等	冷蔵庫、テレビ、扇風機等	居室(ACあり/なし)、外気温
計測可能点数	-	4点/セット	1点/個	1点/個

3.1.4 エネルギー消費量の将来予測

将来のエネルギー消費量の推計については、マクロデータを用いたトップダウン推計、並びに、アンケート調査や計測調査結果等に基づき機器の積み上げ方式によるボトムアップ推計、2つの手法を採用した。

(1) トップダウンの推計手法

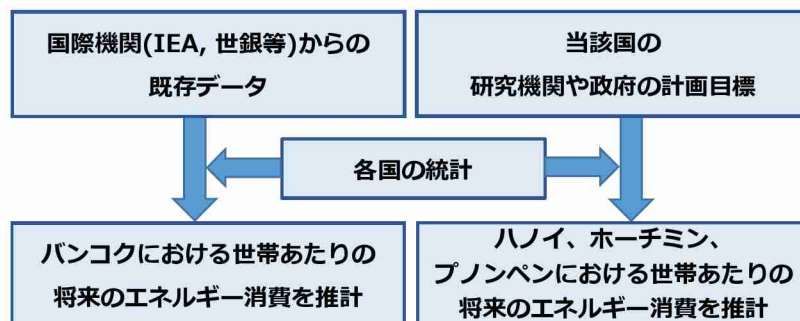
トップダウン方式による現状推計に関しては、タイの場合はInternational Energy Agency（国際エネルギー機関、以下IEAと略す）が公表している過去のエネルギー種別消費量を採用し、ベトナムについてはVietnam Energy Institute（ベトナムエネルギー研究所、以下EIと略す）の推計結果（2015年のみ）を採用した。将来の推計については、タイはAPECの推計結果を、ベトナムはEIの推計結果を採用した。これらは共に、全国合計のエネルギー種別データであるが、ここから、バンコク、ハノイ、ホーチミンとこれら以外の地域の消費量を推計した。これら都市部では電力消費が主体で厨房用にLPGが使用されている。都市部以外の地域では、一般に電力消費量は都市部より低く、バイオマスエネルギーの消費量が大きい。今後の生活水準の向上と都市化の傾向を考えると、都市部に着目して省エネルギー政策を検討することが先ず重要と考えられることから、本研究では、都市部に着目することとした。

都市部のエネルギー消費量は、タイについては、Major Findings of The Household Energy Consumption 2013 2014, 2015, National Statistical Office, Ministry of Information and Communication Technologyより、全国とバンコクの世帯当たりエネルギー種別光熱費支出が得られ、電気のエネルギー価格は、タイ統計局やMEA及びPEAのデータを用い、LPGの価格は、Petroleum Product Pricing and Complementary Policies Experience of 65 Developing Countries Since 2009(April 2013)及び、Energy Balance of Thailand 2015やDEDEのデータを用いた。

ベトナムについては、ハノイ、ホーチミンの家庭用エネルギー消費や光熱費支出に関する公的データが得られないことから、当研究で行ったエネルギー消費の実態調査結果の値を用いた。

また、世帯数の将来推計結果の公的データは得られないことから、タイについては過去の人口と世帯数の関係が将来も継続するとして、世界銀行が公表している人口の将来推計結果を基に推計した。またベトナムについては、ハノイ、ホーチミンの人口及び世帯数の長期データが得られないこと、及び世帯員数の変化が非常に小さいことから、人口と世帯員数の変化率の関係が将来も継続するとし、世界銀行による将来人口の推計結果から世帯員数を推計し、さらに世帯数を推計した。

トップダウン推計で用いる、過去のエネルギー消費に関するマクロデータは、一般に供給側のデータを元に推計することが多く、家庭用については誤差も含まれ、やや不安定なデータになることがある。カンボジアの過去の実績についてはIEAが公表している過去のエネルギー種別消費量を整理した。ただし、将来推計の詳細なデータは存在しないため、Cambodia National Energy Statistics 2016の最終エネルギー消費量の推計値をもとに、IEAの2015年の住宅部門のエネルギー消費量を用いて推計した。このデータは全国合計のエネルギー種別データであるが、ここからプノンペンとそれ以外の地域の消費量を推計した。



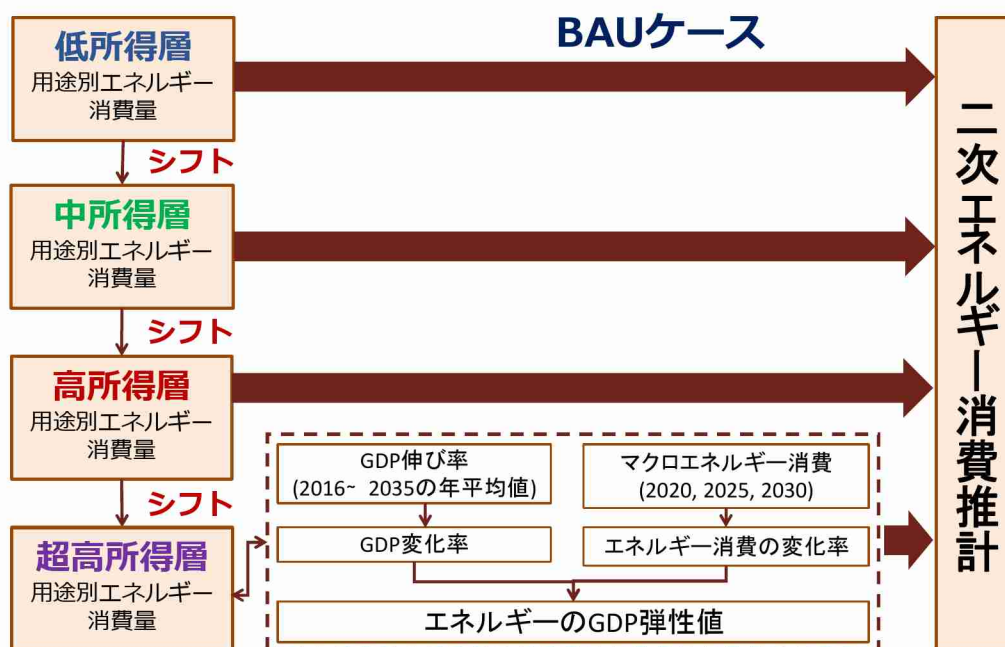
図(2.3)- 18 トップダウン方式による将来のエネルギー消費推計のフロー図

(2) ボトムアップの推計手法

ボトムアップ推計は、第一にアンケート結果及び計測調査結果から得られる機器の稼働時間、稼働時の電力消費量、普及台数を元に、各種機器の積み上げ方式により、都市別・収入階級別（低、中、高）の電気消費量の現状を求めた。

次に、将来の所得上昇に合わせて、低位の収入階級世帯の一部が中位に、中位階級世帯の一部が高位に、高位階級世帯はそれ以上の階級にシフトすることで、将来のエネルギー消費量を推計した。その際、所得の上昇は国の経済成長政策の中で見込まれるGDPの年平均伸び率に、所得のGDP弾性値を反映させて計算し、また、高位階級を上回る超高位階級のエネルギー消費は、エネルギー消費のGDP弾性値を用いて推計した。

尚、GDPの将来の伸び率は、各国政府の省エネルギー計画に用いられている値であり、タイは3.94%、ベトナム及びカンボジアは7.0%と設定した。



図(2.3)- 19 ボトムアップ方式による将来のエネルギー消費推計のフロー図

(3) 省エネポテンシャルの推計手法

1) 家電製品の高効率化の推計

ボトムアップ推計結果に基づき省エネシナリオを検討するために、まずは、今後、普及促進の可能性や実用化が高い省エネ技術や設備を決めた。

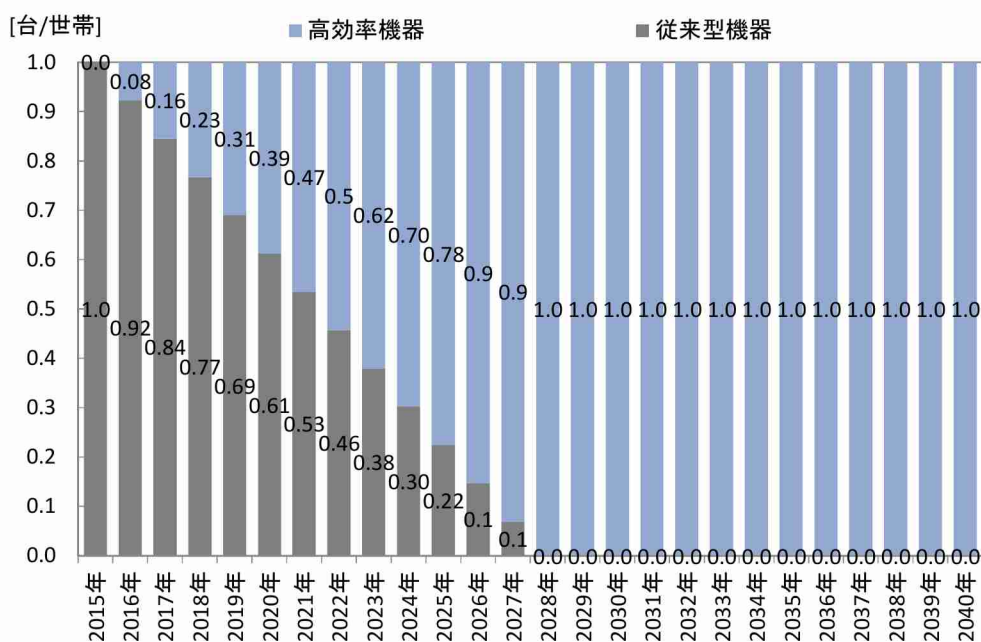
- ① 躯体（住宅躯体の断熱、気密、日射遮蔽）の効率化
- ② エアコンの高効率化
- ③ 扇風機から高効率エアコンへの買い換え
- ④ 冷蔵庫の高効率化
- ⑤ 照明のLED化
- ⑥ 液晶テレビの高効率化
- ⑦ ブラウン管テレビから液晶テレビへの買い換え

次に、当該機器の高効率化の普及度合いを想定した。ここでは、地域別に所得階級を低、中、高の3区分し、家電製品（エアコン、冷蔵庫、テレビ等）の所得階級別の保有台数や電気消費量に基づき、2016年から毎年一定（当該機器の耐用年数分の一ずつ）の住宅や製品が高効率型（最高効率製品）に入れ替わると設定し、従来型機器の残存状況と高効率機器の普及状況をそれぞれ試算した。

なお、各種機器の耐用年数においては、日本の家電製品協会の「使用済家電4品目の経過年数等調査」を参照に、経過年数の平均値を近似的に耐用年数（寿命）とみなした。ここでは、東南アジアの気候条件と最も近い九州・沖縄の値を参考した。参考までにエアコンの高効率機器普及状況と従来型機器の残存状況の推移を図(2,3)-20に示す。

既存のエアコン、冷蔵庫、テレビにおける電気消費量や効率は、当該国の計測調査結果や日本製品（パナソニック、東芝、ダイキン、シャープ）のカタログ値を参照に整理し、また、将来に導入される省エネ機器の電気消費量や効率はL2-Tech水準やトップランナーの基準に達すると想定した。

以上を踏まえ、省エネ型製品が最大限導入されることを想定した場合のエネルギー消費量と従来型製品のエネルギー消費量の差分を省エネ量とし、2016年から2035年までの省エネポテンシャルを推計した。



図(2,3)-20 高効率機器普及状況と従来型機器の残存状況の推移（バンコク・エアコンの例）

2) 熱負荷解析による躯体の効率化の推計

躯体（住宅躯体の断熱、気密、日射遮蔽）の効率化による省エネ効果を明らかにするために、熱・換気回路モデルと駆動条件のデータから建物各部位の熱負荷や温度等を出力することとができる「NETS」という熱負荷計算プログラムを用いて、都市部（バンコク、ハノイ、ホーチミン、プノンペン）における既存住宅の断熱改修前（無断熱）と断熱改修後の冷房負荷を計算し、その差分を冷房消費量の削減効果とみなした。

断熱改修前の既存住宅の年間冷房エネルギー消費量を算出するために、以下のようなシミュレーション条件を設定した。

① 住宅モデルの設定条件

計測対象世帯から、夫婦と中学生の子供2人にメイドが同居する5人家族が居住するケースをモデル住宅として抽出した。なお、ここでは戸建住宅とテラスハウスの2種類のシミュレーション計算を行った。両モデル

とも、ダイニングは1階、主寝室は2階、各階にバスルームがあると設定し、構造は鉄筋コンクリートのフレームに煉瓦を組み合わせ、間をモルタルで繋いだプaster塗の壁と想定した。壁の厚さは外壁を240mm、内壁を120mm、床の厚さはコンクリート100mmに8mmほどのタイルと想定し、窓は透明な一層ガラスで厚さ10mmとし、庇長さを350mmとした。さらに、大きな特徴としてガラリがあるが、南北方向の開口上部に開口と同じ幅の高さ0.5 mのガラリを設置した。

表(2,3)-7 モデルハウスの詳細設定条件

		テラスハウス	戸建
構造		RC・レンガ・モルタル造	RC・レンガ・モルタル造
延床面積		250㎡ (4.4m×18m)	250㎡ (12.8m×10m)
仕様	屋根	陸屋根 (一部クメール瓦仕上げ)	切妻屋根 (クメール瓦仕上げ)
	天井	プaster仕上げ	プaster仕上げ
	床	RC・タイル仕上げ120mm	RC・タイル仕上げ120mm
	外壁	レンガ・モルタル・プaster仕上げ 240mm	レンガ・モルタル・プaster仕上げ 240mm
	内壁	レンガ・モルタル・プaster仕上げ 120mm	レンガ・モルタル・プaster仕上げ 120mm
	窓	普通ガラス10mm	普通ガラス10mm
	ガラリ	玄関ドアの上および4階段室の南北に設置	各開口の0.75m上、床から3.2mの位置に幅0.5mで設置

② 生活スケジュールや内部発熱の設定条件

シミュレーション時に必要な生活スケジュールにおいては、QOL調査で収集した時刻別の生活行為の回答を参考に各家族要員の生活行為をモデル化した。戸建の一例を以下に示す。

また、居住者の代謝量 (人体からのエネルギー) は米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) が定められた基準値を参照した (表(2,3)- 8)。また、機器の消費電力は計測調査結果を参照に設定し、機器の発熱時間は基本的に居住者の在室時間と同様と想定した。

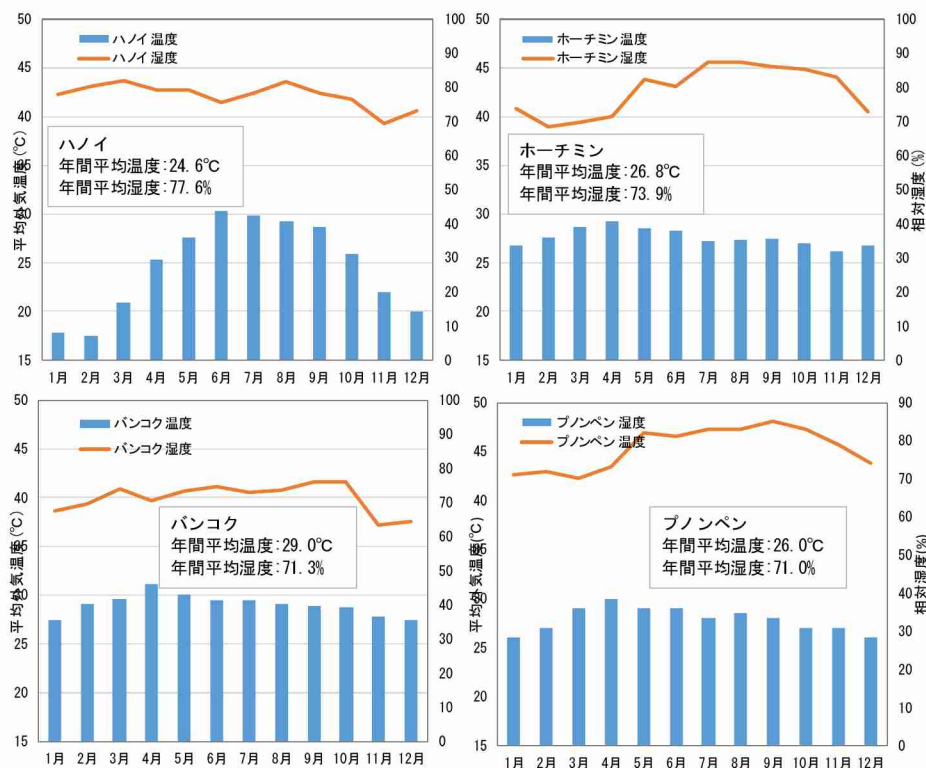
表(2,3)- 8 居住者からの発熱量の設計値

生活行為	ASHRAE の表による代謝量 (Met)	男性成人代謝量 (W/人)	女性成人代謝量 (W/人)	中学生代謝量 (W/人)
在宅	1.0	69	62	62
睡眠	0.8	46	41	41
食事	1.4	92	83	83
洗顔	1.6	104	93	93
着がえ	1.6	104	93	93
入浴	2.0	138	124	124
シャワー	1.8	115	103	103
学業	1.2	81	72	72
炊事	2.2	150	134	134
掃除	2.0	138	124	124
洗濯	1.6	104	93	93
アイロンがけ	1.6	104	93	93
洗濯干し・取入れ	2.0	138	124	124
テレビ	1.2	81	72	72
ラジオ	1.2	81	72	72
新聞	1.0	69	62	62
在室	1.0	69	62	62

表(2,3)-9 生活スケジュールの設定値 (戸建)

本研究の協力者である横浜国立大学の張晴原教授のご協力の基に、各地域の2000年から2010年の11年間における観測気象データから作成した12の平均的な月で構成された毎時データを用いた。

参考までに、4地域の月別平均温湿度を図(2,3)- 21に示す。ハノイ以外、バンコク、ホーチミン及びプノンペンの月別平均外気温はすべて25℃以上で、バンコクの年間平均外気温が一番高く29℃となる。ハノイの平均外気温は5月から9月が25℃以上、それ以外の季節の平均外気温は25℃以下となる。また4地域とも年間平均湿度は70%以上であり、蒸暑アジア地域の特徴が伺える。



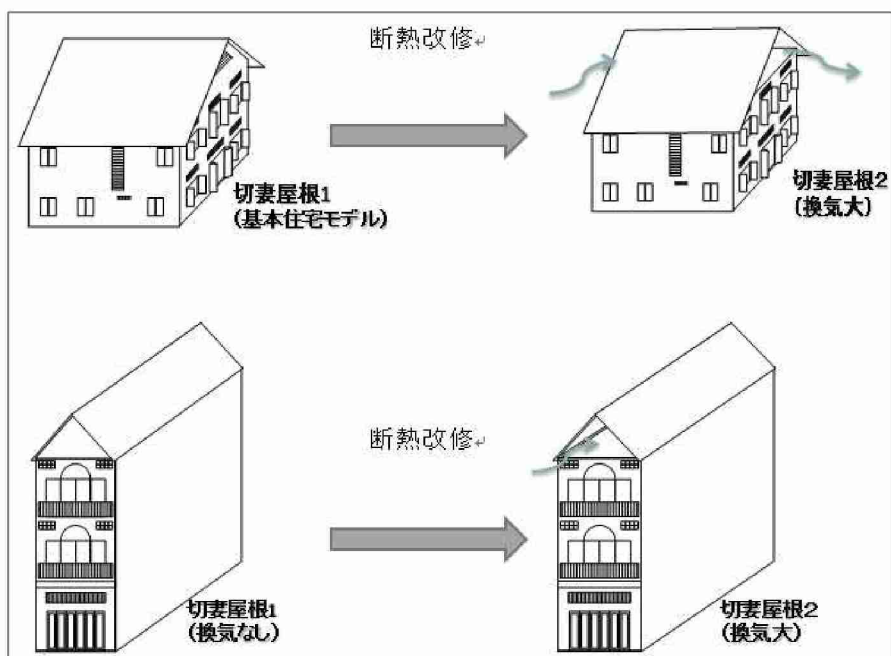
図(2,3)- 21 地域別の月平均温度と湿度

以上に示した条件をプログラムに入力し、年間冷房負荷を計算した。冷房の使用場所はテラスハウス・戸建住宅共通に南向きの2階以上の寝室と設定し、アンケート調査や実態調査結果を参考にエアコンの使用時間を就寝時の22時から翌日の7時と設定した。年間冷房負荷量の計算手順として、最初に図面に準じた各居室に熱量を持つ節点を定義し、次に各節点の発熱量がすべて冷房によって賄われると想定し、最後に計算された月別の冷房負荷を足し算し、冷年間冷房負荷量として出力した。ハノイのみ冬季に暖房使用が存在するため、冷房負荷量は12ヶ月ではなく、5月から10月の夏季のみに絞った。

上記の計算を通じて年間冷房負荷量を断熱改修前の既存の躯体による冷房負荷量とし、さらに、既存躯体の断熱改修を実施後の冷房負荷量をシミュレーションするために、以下のような条件を設定した。

① 換気量の大きい切妻屋根

小屋裏が外壁で仕切る既存の切妻屋根1（下図の左側）から、小屋裏が外壁で仕切らず換気が十分行える切妻屋根2（下図の右側）に編集した。屋根でガラリを設置することによって、自然換気量が増え、冷房の熱負荷量の減少が予想される。



図(2.3)-22 屋根改修のイメージ図

② 窓ガラスの改修

既存躯体における10mmの単板窓ガラスを6mmの熱線反射ガラスに変えた。6mmの熱線反射ガラスに変えた理由として、差し込む日射量を抑え、冷房負荷量の軽減が予想されるからである。

③ 小屋裏の断熱

小屋裏の断熱性能を向上するために、小屋裏部分のコンクリートに覆う断熱材のグラスウール24K($R=1.32 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$)からさらに断熱性能の高い吹付硬質ウレタンフォーム50mm($R=1.72 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$)に変えた。将来経済発展に伴い更なる高性能の断熱材が東南アジア住宅市場に出回ると予想し、沖縄の断熱基準である $1.6 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ を上回るように、屋根・天井熱抵抗値が $1.72 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$ の吹付硬質ウレタンフォームに設定した。

④ 壁の内断熱

外壁に一切断熱施工がされていない既存住宅の室内側にすべてグラスウール24K($R=1.32 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$)を50mm施した。以上の断熱改修部分をまとめたものを下表に示す。これらの断熱改修を4地域で施した上に得られる年間冷房負荷量を断熱改修後の冷房負荷量としてみなした。

表(2.3)-10 部位別断熱改修前後の設定条件

部位	断熱改修前	断熱改修後
屋根	小屋裏換気無し	小屋裏換気有り
全窓ガラス	単板ガラス10mm	熱線反射ガラス6mm
小屋裏	小屋裏既存断熱(グラスウール24K)	小屋裏断熱性能の向上(吹付硬質ウレタンフォーム)
全外壁	なし	内断熱(グラスウール24K)

3.1.5 業務用エネルギー消費に関する調査手法

タイの業務用エネルギー消費の実態調査についてはエクセレントエナジーインターナショナルに委託した。同社はタイを代表するESCO事業者であり、産業・業務施設での省エネルギー事業に造詣が深い。業務用エネルギー消費実態調査の計画段階から意見交換を行い、調査結果についてもその要因を含め意見交換を行った。ベトナムの業務用データは、大学機関が実施した既往研究結果の一部を反映したものである。

4. 結果及び考察

4.1 カンボジア、タイ、ベトナムのエネルギー需要構造の収集と分析に関する研究（サブテーマ(2&3)）

4.1.1 家庭用エネルギー消費実態調査

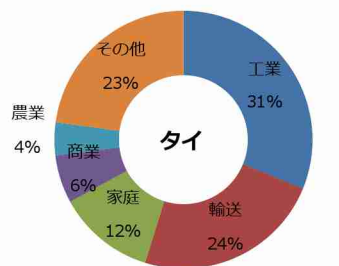
(1) 対象国の概要

1) タイ

人口*	6,773万人
人口密度*	132人/km ²
GDP PPP (2005年価格USD)**	8,320億US\$
エネルギー生産**	78Mtoe
一次エネルギー供給量**	134Mtoe
電力消費（一次）**	167TWh
二酸化炭素排出量（エネルギー起源）**	247Mt-CO ₂
最終エネルギー消費における家庭部門割合**	12%

*World Bank (2014), **IEA (2013)

電力消費=総生産+輸入-輸出-ロス, PPP:購買力平価



部門別の最終エネルギー消費の構成

図(2,3)- 23 国全体の規模とエネルギー関連指標（タイ）

調査対象地域であるバンコクはタイの中部に位置している。サムットサコーンとアントンはバンコクと同じタイ中部の県であり、首都バンコクからはサムットサコーンは西へ約30km、アントンは北へ約100kmのところに位置している。調査対象地域の統計データを表(2,3)- 11に示す。

表(2,3)- 11 タイの調査対象地域の統計データ

	バンコク	サムットサコーン	アントン
人口	830.5万人	88.7万人	25.4万人
人口密度	5,294人/km ²	1,017人/km ²	262人/km ²
世帯数	288万世帯	13.62万世帯	7.6万世帯
平均世帯人数	2.7人/世帯	2.7人/世帯	3.2人/世帯
平均月収 (日本円)	43,058 THB (134,560円)	26,114THB (81,610円)	26,114THB (81,610円)
農業人口割合	0.4%	23.4%	23.4%

注1) 月収（日本円）は3.2THB/円で換算

注2) バンコクの平均月収はGreater Bangkokの値

注3) サムットサコーンとアントンの平均月収は中部の値

注4) サムットサコーンとアントンの農業人口割合は中部の値

タイのエネルギー政策は「Thailand's Energy Policy」がある。2008年に発表されており、主な方針としてはエネルギーセキュリティの強化、代替エネルギー導入の推進、適切なエネルギー価格維持のための監視、省エネの推進、環境保護に資するエネルギー生産および消費プロセスの推進の5つが挙げられている。

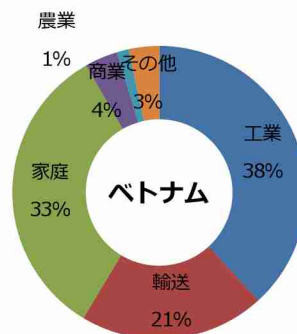
タイの省エネ政策としては、「省エネルギー促進法(Energy Conservation and Promotion Act)」が1992年に策定されている。主な政策として、工場や大規模ビルでのエネルギー管理に関する基準、省エネルギー製品・機器の基準とラベリング、省エネルギー基金(ENCON Fund)が展開されている。2011年2月には、「Thailand 20-Year Energy Efficiency Development Plan (2011 - 2030)」が発表されている。主な方策としては、規制や基準を用いた必須要件（省エネ促進法、省エネラベリング制度、エネルギーパフォーマンスの最小基準など）、省エネ推進とサポート、国民意識の創造と行動変化、技術開発・革新の促進、人材と組織能力の開発の5つが挙げられている。また2015年にEnergy Efficiency Development Plan（以下、EEDP）の2015年版「EEDP 2015（2015-2035）」を発表している。EEDP 2015の中で、2010年をベースとしてエネルギー使用量の30%削減を目標として掲げている。家庭部門における主なプロジェクトとしては、1994年から導入された「省エネラベリング制度」がある。製品の省エネ基準として、強制基準であるMEPSと任意基準であるHEPSの2種類がある。強制的認証ラベルの対象機器はエアコンと冷蔵庫である。任意の認証ラベルの対象機器は、エアコン、冷蔵庫、照明、安定器、扇風機、炊飯器、テレビ、電気ポット、給湯器、アイロン、換気扇用ファン、洗濯機の計12機器が対象となっている。

2) ベトナム

人口*	9,073万人
人口密度*	293人/km ²
GDP PPP (2005年価格USD)**	4,091億US\$
エネルギー生産**	69Mtoe
一次エネルギー供給量**	60Mtoe
電力消費(一次)**	117TWh
二酸化炭素排出量(エネルギー起源)**	130Mt-CO ₂
最終エネルギー消費における家庭部門割合**	33%

*World Bank (2014), **IEA (2013)

電力消費=総生産+輸入-輸出-ロス, PPP: 購買力平価



部門別の最終エネルギー消費の構成

図(2,3)- 24 国全体の規模とエネルギー関連指標 (ベトナム)

調査対象地域であるハノイはベトナムの首都であり、人口はベトナム第2位の都市である。ベトナム北部に位置している。ホーチミンは東南部に位置しており、ハノイからは約1,500km離れている。かつての南ベトナム政府の首都であり、現在はベトナム最大の商業都市で人口はベトナム第1位である。ハノイ市は四季があり、夏と冬では生活形態が異なるが、ホーチミン市は年間を通じほとんど夏で温度変化がない。農村部として選定したホアビン市は首都ハノイから西に90kmのところの位置している。調査対象地域の統計データを表(2,3)-12に示す。

表(2,3)- 12 ベトナムの調査対象地域の統計データ²⁸⁾

	ハノイ	ホーチミン	ホアビン	メリン
人口	645.2万人	716.3万人	78.5万人	18.7万人
人口密度	2,134人/km ²	3,809人/km ²	177人/km ²	1,288人/km ²
世帯数	175万世帯	182万世帯	19.6万世帯	—
平均世帯人数	3.6人/世帯	3.9人/世帯	4.0人/世帯	—
平均月収 (日本円)	2,944,900VND (15,338円)	3,652,700VND (19,024円)	1,219,200 VND (6,350円)	—
農業人口割合	30.3%	23.2%	64.4%	—

注1) 月収(日本円)は192VND/円で換算

注2) 農業人口割合は各都市の地域の値

ベトナムのエネルギー政策には「National Energy Development Strategy up to 2020, with 2050 vision」がある。2007年12月に閣議決定されたものであり、下記のエネルギー開発戦略が挙げられている。

- ・ 国家社会経済開発政策に基づいた持続可能なエネルギー開発
- ・ 電力、石油、ガス、石炭、再生可能エネルギーの調和のあるエネルギーシステムの開発
- ・ エネルギーロスの低減化と省エネ性の向上
- ・ 環境保全を伴った持続可能なエネルギー部門の開発

省エネ政策としては、2006年に省エネ国家戦略が策定されている。この中でエネルギー効率改善の国家目標を設定しており、2006-2010年では3-5%、2010-2015年では5-8%としている。また、2010年6月に制定された省エネ法の中で家庭部門に関する記述として「建設事業に係る省エネルギーに関する措置」がある。詳細は下記の通りである。

- ・ 照明・換気・冷却・暖房に消費されるエネルギーの損失量を削減するために自然条件に合った設計または建築デザインを適用
- ・ 国家基準または外国基準に合った断熱資材を使用
- ・ 国家基準または外国基準に基づくエネルギー効率の高い車両・機器の使用・設置

- ・ 建設物件の規模に合わせ、適切なエネルギーを使用する車両・機器の運転管理システムを導入
- ・ 電気・熱の測定装置、室温の制御装置および供給システム制御装置を気候状況および使用目的ごとに構内の各場所に設置
- ・ 省エネ建材、無焼成材料を利用し、太陽光およびバイオマスガスを利用する装置を設置
- ・ 省エネルギーに関する基準・技術規制およびエネルギー使用量基準を適用

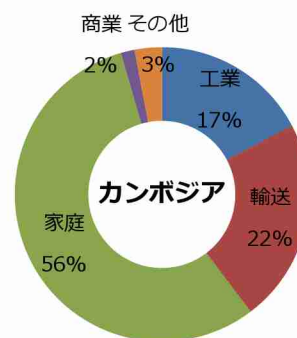
家庭部門における主なプロジェクトとしては、「省エネラベリング制度」がある。2011年から商工省により制定され、国家基準に基づいて比較ラベル、承認ラベルにおけるエネルギー効率ラベルを規定している。対象機器は、照明・エアコン・冷蔵庫・洗濯機・テレビの計5機器となっている。

3) カンボジア

人口*	1,533万人
人口密度*	87人/km ²
GDP PPP (2005年価格USD)**	396.7億US \$
エネルギー生産**	4.09Mtoe
一次エネルギー供給量**	5.97Mtoe
電力消費 (一次) **	3.33TWh
二酸化炭素排出量 (エネルギー起源) **	5.18Mt-CO ₂
最終エネルギー消費における家庭部門割合**	0%

*World Bank (2014) , **IEA (2013)

電力消費=総生産+輸入-輸出-ロス, PPP: 購買力平価



部門別の最終エネルギー消費の構成

図(2,3)- 25 国全体の規模とエネルギー関連指標 (カンボジア)

カンボジアのエネルギー関連の政策としては、カンボジア気候変動戦略計画2014-2023がある。低炭素開発及び技術を促進することによりグリーン開発の方向へ移行していくことなどを目標としている。また、2015年にフランス・パリで開催されたCOP21（国連気候変動枠組条約第21回締約国会議）において採択されたパリ協定では、カンボジアは2030年までに温室効果ガス排出量をBAU比で27%削減することを目標としている。このうち、削減の内訳としてはエネルギー部門で16%、産業部門で7%、運輸部門で3%、その他部門で1%の削減としている。

表(2,3)- 13 カンボジアのエネルギー政策

主な政策	実施有無	概要
エネルギー政策	○	1.カンボジアエネルギー戦略1999-2016 電化政策が中心 2.Cambodia Climate Change Strategic Plan 2014-2023 2014~ 2023年までの気候変動対策計画の方向性や戦略を提示 3.National Policy, Strategy and Action Plan on Energy Efficiency in Cambodia 省エネ目標として、2035年までにエネルギー消費量をBAU比で20%削減を提示
省エネ法	×	
省エネラベリング制度	×	

(2) 調査対象地域及び調査規模

本研究では、2015年度から2016年度にかけてタイ、ベトナム、カンボジアの3カ国における中核都市及び都市近郊地域の計1642世帯を対象に、家庭用エネルギー消費実態を把握するためのアンケート調査を実施した。各国とも、基本的に、都市部で200世帯～300世帯、都市近郊農村部で100世帯～200世帯を調査対象とした(表(2,3)-14)。

表(2,3)-14 調査対象地域別の有効回答件数

地域区分	国	都市	有効回答件数
都市部	タイ	バンコク	300世帯
	ベトナム	ハノイ	194世帯
		ホーチミン	185世帯
	カンボジア	プノンペン	280世帯
		他の都市部	40世帯
都市部			999世帯
都市近郊農村地域	タイ	サムットサコーン	150世帯
		アントン	104世帯
	ベトナム	ホアビン	110世帯
		メリン	70世帯
	カンボジア	カンダル	170世帯
		他の近郊農村地域	39世帯
都市近郊農村地域			643世帯
合計			1,642世帯

(3) 調査項目

表(2,3)-15に示すように世帯属性、住宅属性、家電製品の保有状況・使用状況及びエネルギー消費量、ライフスタイルなどの8つの大項目及び38つの小項目についてアンケート調査を実施した。なお、エネルギー消費量においては、2015年度調査では2014年10月から2015年9月、2016年度調査世帯では2015年9月から2015年9月の間のデータを用いる。また、本調査で使用する熱量換算係数及び二酸化炭素排出係数を表(2,3)-16に示す。

表(2,3)-15 調査項目一覧

No.	大分類	詳細項目
1	世帯属性	・世帯員の構成、職業、有職者数、世帯月収、平日の昼間在宅有無
2	住宅属性	・住宅の種類、構造、階数、部屋数、延床面積、建築時期、所有関係
3	機器属性	・冷暖房、給湯、厨房設備、主な家電製品の保有状況及び容量
4	機器の使い方	・冷房使用期間、使用時間帯、家電製品・温水シャワーの使用時間
5	車両(自動車・バイク)	・自動車やバイクの保有状況及び使い方(使用頻度等)
6	ライフスタイル	・昼夜別採涼(室温調整)方法、温熱環境や湿度環境への満足度 ・省エネルギー行動実施状況、家電機器購入時の重視点と問題点
7	エネルギー使用量	・月別及び年間のエネルギー種別消費量 ※電気、LPG、石炭、灯油、木炭、薪、他
8	エネルギー使用金額	・月別及び年間のエネルギー種別光熱費

表(2,3)- 16 熱量換算係数及び二酸化炭素排出係数

エネルギー種別	熱量換算係数※各国共通	二酸化炭素排出係数※電気以外は各国共通
電気	3.6 MJ/kWh	タイ：480 g-CO ₂ /kWh
		ベトナム：363 g-CO ₂ /kWh
		カンボジア：336 g-CO ₂ /kWh
LPG	47.3 MJ/kg	63.1 g-CO ₂ /MJ
灯油	40.4 MJ/kg	77.4 g-CO ₂ /MJ
石炭	26.9 MJ/kg	89.8 g-CO ₂ /MJ
木炭	30.5 MJ/kg	0 g-CO ₂ /MJ
薪	14.4 MJ/kg	0 g-CO ₂ /MJ
ガソリン	32.78 MJ/l	69.3 g-CO ₂ /MJ

(4) 調査結果

1) 基本属性

① 世帯員数

各国とも、都市部の世帯人数が近郊農村部より多い。また、いずれの地域も、「夫婦・子・祖父母」世帯の人数が最も多く、次ぐのは「その他」世帯である。家族との絆を大切にする東南アジアでは、多世帯（直系家族だけでなく、兄弟の世帯・親戚の世帯同士、お手伝いさん等）が出稼ぎなどで同居するケースもよく見られるため、「夫婦・子・祖父母」や「その他」の平均人数が多い。

② 有職者数と世帯月収

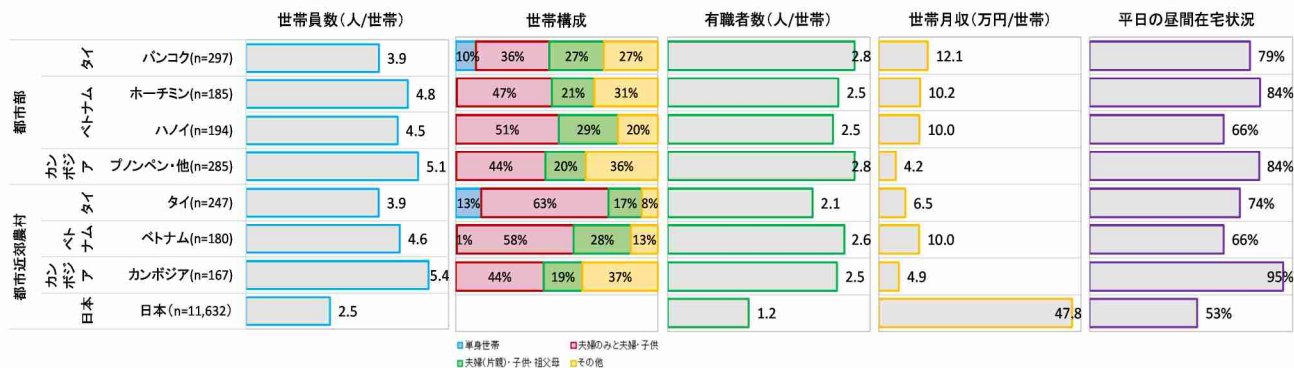
基本的に、世帯人数が多いほど有職者も多く、一家に2人以上の有職者がいる。その割に、世帯月収は依然として先進国との開きが大きい。世帯月収はタイが最も高く、特に都市部ではタイがベトナムの約1.2倍、カンボジアの約3倍となっている。

③ 平日の昼間在宅状況

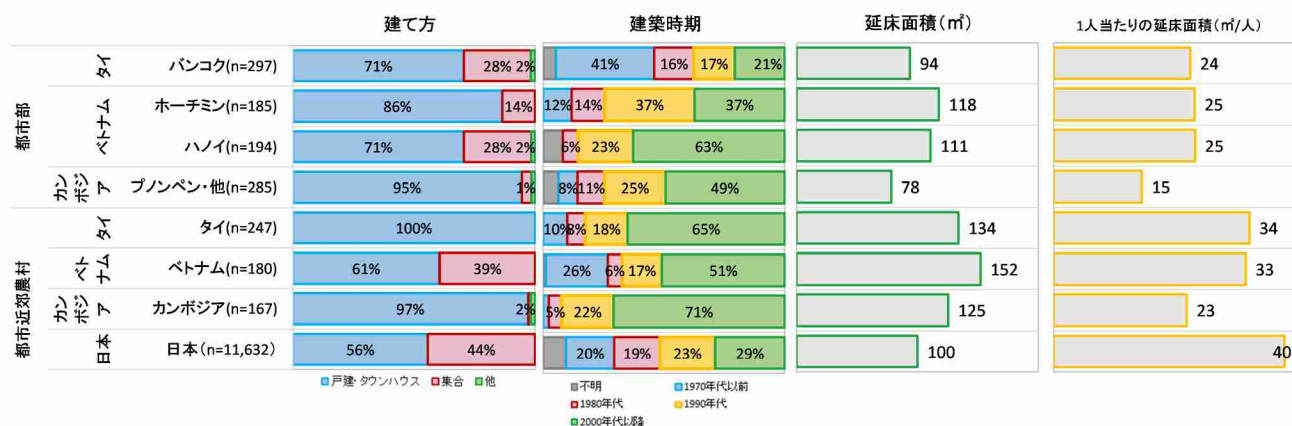
各地域とも、世帯類型と関係なく、ほぼ毎日誰かが在宅している割合が圧倒的に高い。家族主義が強い東南アジアでは共働きが普通であるが、必ずしも会社で働いておらず、自宅で仕事（仕事を家に持ち帰ってする場合もあるよう）或は、家で商売しながら、家事、子守をする場合も少なくない。自宅で裁縫の仕事をすることは現地訪問時によく見かける。

④ 建て方と延床面積

東南アジアでは、最近、集合住宅（コンドミニウム等）の建設が増加している傾向があるものの、まだ戸建やタウンハウスが一般的である。対象国の住宅面積の平均値は日本全国の平均値（100 m²）と殆ど差がないものの、1人当たりの延べ床面積はわずかに17~33 m²となり、日本全国の平均値40 m²/人（関東大都市圏の34 m²/人）の半分以下に留まる水準である。多人数で生活する住環境であるため、1人当たりの延べ床面積は日本や欧米に比べ低水準となっている。



図(2,3)- 26 世帯属性



図(2,3)- 27 住宅属性

2) 家電製品の普及状況

家電製品の世帯普及率と台数普及率を表(2,3)- 17、表(2,3)- 18に示す。

① エアコン・扇風機

ベトナムの3地域のエアコンの普及率は非常に高く、ハノイが95%、ホーチミンが65%、ハノイ近郊農村地域でも約5割の世帯ではエアコンを1台以上保有している。一方、バンコクでは43%、タイの近郊農村部では28%世帯しかエアコンを保有していない。扇風機（スタンドファンとシーリングファン）は一家に約3台使われている。

② 照明

照明は蛍光灯の普及率が100%近くと最も高いが、ベトナムにおいては白熱灯もまだ多く使われており、その反面、LEDの普及率も3ヶ国の中で最も高い。ベトナム電力公社によると、需要家にLEDの省エネ性能を実感してもらい、今後はより多くの消費者が自ら導入していくことを目的に、EVNが現在、白熱灯を使っている30万の低所得層向けにCFLやLEDを無償配布するプロジェクトを実施しており、また、全国規模で毎年10万世帯を対象に、10~ 15個のLEDを取り替えるプロジェクト（LED照明器具の費用の50%及び設置費用全額をEVNが負担）を2017年から3年間パイロットプロジェクトとして実施する予定である。

③ 電気温水器と太陽熱温水器

電気温水器については、ホーチミンが60%以外、北部に位置するハノイとハノイ郊外では80%~ 90%近く普及されている。これに対して、アンソンでは17%、バンコクでは僅か3%の世帯しか電気温水器を使用していないことが分かった。また、ベトナムでは、太陽熱温水器の普及率も高く、特に次年度の対象世帯のうち83%が太陽熱温水器を保有している。ベトナムでは、農村部に太陽熱温水器の導入助成制度も実施しており、2013年までは既に60万台が導入されている。太陽熱温水器の平均価格は、1200万ドン（6万円）~ 1500万度（7.5万円）であるが、そのうち、100万ドン（5,000円=全体の1割弱）程度の補助金を交付している。太陽熱温水器の補助金の交付制度は、商工省が主体者でEVNが事業実施者となっている。さらに、ホーチミン市でも太陽熱温水器を積極的に導入しており、ホーチミン市の場合は、商工省以外にも、PCホーチミンから助成金を提供している¹⁷。

④ 調理器具

調理器具においては、ガスコンロが主流であるが、ベトナムでは、最近IHコンロも普及し始まっていると伺っており、ベトナムの各地域とも約50%の世帯はIHコンロを使っていることが分かる。

¹⁷ ホーチミン市における太陽熱温水器購入者においては、全体の約3割の補助金を受け取ることができる。補助対象機種は、真空式・貯湯式で、1.5㎡~ 2㎡で、容量が110リットルの製品であり、今まで11,821世帯に導入済である。本体の値段は500万~ 900万ドン（2.5万~ 4.5万）で、別途、部品費用や工事費用がかかり、全体的コストは1000万~ 1200万ドン程度（5万~ 6万）である。

⑤ テレビ

薄型テレビの普及は急速で、ベトナムの普及率は日本並みでタイより遥かに高い。また、タイではブラウン管テレビも多く残っているようである。

⑥ 他の家電

冷蔵庫と炊飯器の普及率は100%近くの地域が多く、先進国と変わらない水準に達している。バンコクの普及率は、ベトナム各地域は日本と同様で、タイの両地域では30%~40%程度で、携帯は一人に0.6台~0.9台(一家に3~4台)と日本の一人に1台強に近づく水準に達している。

その他機器においては、アイロンの普及率が非常に高く(ほとんどの地域では100%近い)、次に、洗濯機、電気ケトル或は電気ポットの普及率が高い。ベトナム各地ではウォーターポンプやウォーターサーバーの普及率も高く、また、掃除機や電子レンジもタイの両地域より広く普及されている。一方、各国とも掃除機や食器洗い機はまだ普及していない。床を石やプラスチックで吹くため、箒で掃除することが一般的である。

表(2,3)-17 家電製品の世帯普及率と台数普及率(都市部)

区分 国名 都市名	都市部								
	タイ		ベトナム				カンボジア		
	バンコク (n=297)		ホーチミン (n=185)		ハノイ (n=194)		プノンペン (n=285)		
家電機器	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	
冷房	壁掛式エアコン	43%	0.6	65%	1.2	95%	1.8	26%	0.4
	床置き式エアコン	1%	0.0	2%	0.0	1%	0.0	1%	0.0
ファン	スタンドファン	100%	3.0	95%	2.7	99%	2.7	94%	2.8
	シーリングファン	32%	0.4	22%	0.3	62%	0.7	21%	0.3
照明	白熱灯	3%	0.1	59%	1.9	37%	1.7	6%	0.2
	蛍光灯	100%	6.7	95%	8.3	97%	7.8	96%	5.7
	LED	3%	0.1	21%	1.8	25%	1.5	4%	0.1
給湯	電気温水器	9%	0.1	36%	0.6	95%	1.4	5%	0.1
	太陽熱温水器	0%	0.0	8%	0.1	4%	0.1	0%	0.0
	その他	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.0
調理	ガスコンロ	77%	-	96%	-	82%	-	50%	-
	カセットコンロ	-	-	-	-	-	-	53%	-
	Hコンロ	12%	-	49%	-	46%	-	0%	-
	灯油コンロ	0%	-	1%	-	0%	-	0%	-
	木炭・薪かまど	0%	-	1%	-	2%	-	41%	0.5
他の家電	薄型テレビ	54%	0.8	84%	1.3	94%	1.8	47%	0.7
	ブラウン管テレビ	63%	1.0	33%	0.5	28%	0.3	62%	0.7
	冷凍・冷蔵庫	87%	1.0	97%	1.1	99%	1.1	51%	0.6
	冷蔵庫	1%	0.0	1%	0.0	1%	0.0	8%	0.1
	冷凍庫	0%	0.0	1%	0.0	1%	0.0	0%	0.0
	洗濯機	58%	0.6	89%	0.9	95%	0.9	34%	0.3
	炊飯器	89%	0.9	100%	1.1	100%	1.0	79%	0.8
	食器洗い機	0%	0.0	2%	0.0	4%	0.0	0%	0.0
	PC	42%	0.5	80%	1.2	86%	1.2	31%	0.5
	ゲーム機	3%	0.0	5%	0.1	3%	0.0	2%	0.0
	ビデオ・DVD	30%	0.3	62%	0.7	49%	0.6	25%	0.3
	アイロン	96%	1.0	97%	1.1	93%	1.1	58%	0.6
	掃除機	6%	0.1	18%	0.2	46%	0.5	1%	0.0
	電気ケトル	3%	0.0	69%	0.8	73%	0.7	10%	0.1
	電気ポット	67%	0.7	9%	0.1	21%	0.2	11%	0.1
	電子レンジ	35%	0.4	41%	0.4	80%	0.8	3%	0.0
	水ポンプ	3%	0.0	36%	0.4	81%	0.8	1%	0.0
	ウォーターサーバー	1%	0.0	32%	0.6	44%	0.8	3%	0.0
	携帯	98%	3.6	98%	3.7	97%	3.1	91%	4.1
	バッテリー	2%	0.0	2%	0.0	11%	0.1	1%	0.0
ヘアドライヤー	17%	0.3	54%	0.7	93%	1.1	19%	0.2	

表(2,3)- 18 家電製品の世帯普及率と台数普及率（都市近郊農村部）

区分	国名	都市近郊農村部					
		タイ		ベトナム		カンボジア	
都市名		バンコク郊外 (n=247)		ハノイ郊外 (n=180)		プノンペン郊外 (n=167)	
家電機器		世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)	世帯普及率 (%)	台数普及率 (台)
冷房	壁掛式エアコン	28%	0.4	54%	0.8	26%	0.5
	床置きエアコン	2%	0.0	2%	0.0	0%	0.0
ファン	スタンドファン	100%	2.5	100%	2.7	98%	2.8
	シーリングファン	14%	0.2	37%	0.4	19%	0.3
照明	白熱灯	2%	0.0	39%	0.7	6%	0.2
	蛍光灯	100%	5.7	94%	4.5	93%	5.0
	LED	1%	0.1	56%	2.4	5%	0.2
給湯	電気温水器	13%	0.1	81%	1.1	6%	0.1
	太陽熱温水器	0%	0.0	33%	0.3	0%	0.0
	その他	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.0
調理	ガスコンロ	87%	-	99%	-	51%	-
	カセットコンロ	-	-	-	-	45%	-
	Hコンロ	11%	-	51%	-	1%	-
	灯油コンロ	0%	-	0%	-	1%	-
	木炭 薪かまど	19%	0.2	19%	0.2	36%	0.5
他の家電	薄型テレビ	54%	0.7	89%	1.5	41%	0.7
	ブラウン管テレビ	56%	0.7	16%	0.2	70%	0.9
	冷凍・冷蔵庫	98%	1.0	100%	1.0	49%	0.5
	冷蔵庫	0%	0.0	0%	0.0	2%	0.0
	冷凍庫	0%	0.0	3%	0.0	0%	0.0
	洗濯機	66%	0.7	66%	0.7	25%	0.3
	炊飯器	98%	1.0	100%	1.1	80%	0.9
	食器洗い機	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.0
	PC	30%	0.3	58%	0.9	20%	0.3
	ゲーム機	2%	0.0	0%	0.0	0%	0.0
	ビデオ・DVD	31%	0.3	44%	0.5	24%	0.4
	アイロン	88%	0.9	79%	0.8	50%	0.6
	掃除機	9%	0.1	13%	0.1	0%	0.0
	電気ケトル	14%	0.1	71%	0.7	8%	0.1
	電気ポット	49%	0.5	9%	0.1	7%	0.1
	電子レンジ	25%	0.3	54%	0.5	2%	0.0
	水ポンプ	2%	0.0	42%	0.4	6%	0.1
	ウォーターサーバー	1%	0.0	62%	0.9	1%	0.0
	携帯	98%	2.7	99%	3.6	96%	4.1
	バッテリー	1%	0.0	22%	0.2	1%	0.0
ヘアドライヤー	15%	0.2	70%	0.7	6%	0.1	

3) 家電製品の使用状況

主要家電製品の使用状況を表(2,3)- 19に示す。

都市部では、エアコンは約8時間～10時間、扇風機は13時間以上使用している。テレビの視聴時間は一日6時間～7時間で、ここには示していないがいずれの地域でも休日の方が平日に比べ約2時間長く視聴されている。照明に関しては、ベトナムの点灯時間がタイに比べ長い。タイでは1人当たり1日温水シャワーを2回浴びていることに対して、ベトナムでは1回となり、また、1回のシャワー時間はベトナムの方がタイより3分長い。

東南アジア諸国で最も一般的な移動手段であるバイクは、いずれの地域もほぼ毎日使われており、また、タイでは車の使用頻度もバイク並みである。

その他家電の使用状況をみると、炊飯器の使用頻度が最も高く、特にベトナムでは週10～13回使われている。現地でヒアリングする際にも、家庭で省エネ行動を実施することにあたり、炊飯器の使用頻度を抑えることは難易度が最も高いという意見を有識者から伺った。洗濯機も週5～6回使う地域が多い。

表(2,3)- 19 家電製品の使用状況

区分			都市部				都市近郊農村部		
国名			タイ	ベトナム		カンボジア	タイ	ベトナム	カンボジア
都市名			バンコク n=297)	ホーチミン n=185)	ハノイ n=194)	プノンペン n=285)	バンコク郊 外 n=247)	ハノイ郊外 n=180)	プノンペン 郊外 n=167)
家電機器		単位							
冷房	壁掛式エアコン	台/日)	8	10	10	7	9	8	9
	床置きエアコン	台/日)	4	2	14	0	3	2	0
ファン	スタンドファン	台/日)	13	15	13	15	12	13	14
	シーリングファン	台/日)	8	8	6	14	7	7	11
照明	白熱灯	台/日)	1	11	4	6	3	3	4
	蛍光灯	台/日)	4	5	4	3	3	7	3
	LED	台/日)	2	3	4	2	1	7	1
給湯	温水シャワー 時間	分/人/回)	11	16	13	8	12	15	11
	温水シャワー	回数	2	1	1	2	2	1	2
調理	朝食	人/回)	0	1	1	1	1	2	1
	昼食	人/回)	0	1	1	1	0	2	2
	夕食	人/回)	0	2	2	1	1	2	3
他の家電	薄型テレビ	台/日)	7	8	6	7	6	6	5
	ブラウン管テレビ	台/日)	3	2	1	1	2	0	2
	洗濯機	回/週)	4	5	6	5	3	5	4
	炊飯器	回/週)	7	11	10	14	7	13	14
	食器洗い機	回/週)	0	3	3	0	0	0	0
	PC	回/週)	5	10	8	8	4	13	7
	ゲーム機	回/週)	3	2	1	2	1	0	0
	ビデオ/DVD	回/週)	3	3	3	3	2	2	2
	アイロン	回/週)	4	5	4	4	3	4	4
	掃除機	回/週)	2	2	4	2	2	4	0
	ケトル	回/週)	4	9	7	6	6	7	6
	ポット	回/週)	5	6	8	6	5	6	8
	電子レンジ	回/週)	4	6	6	3	3	5	1
	水ポンプ	回/週)	0	5	6	1	2	5	3
	ウォーターサーバー	回/週)	0	0	0	0	0	0	0
	携帯	回/週)	0	0	0	0	0	0	0
バッテリー	回/週)	0	0	0	0	0	0	0	
ヘアドライヤー	回/週)	3	5	4	4	2	4	1	

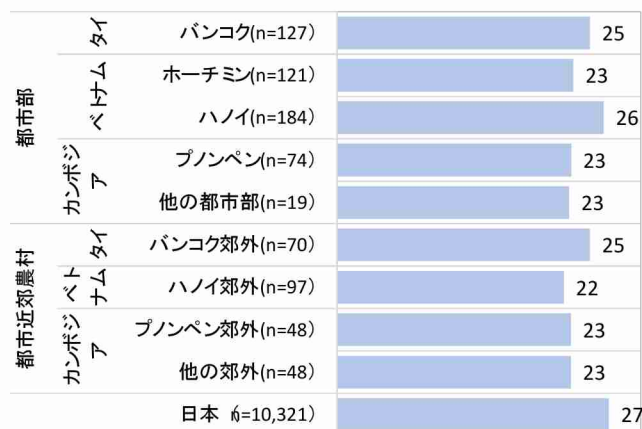
4) 主要家電製品の仕様

以下に、各種家電製品の中でも電気消費量が比較的に高いエアコンと冷凍冷蔵庫の仕様について述べる。

① エアコン

1台目（複数台保有している場合は、最も使用時間・使用頻度の高いもの）の壁掛式エアコンにおいては、殆どの地域では2011年以降に製造されたエアコンの使用率が圧倒的に高い。冷房設定温度は、ハノイ以外の地域で22~ 25℃と設定しており、日本の一般的な設定温度（27℃）より低めに設定されている地域が多い。

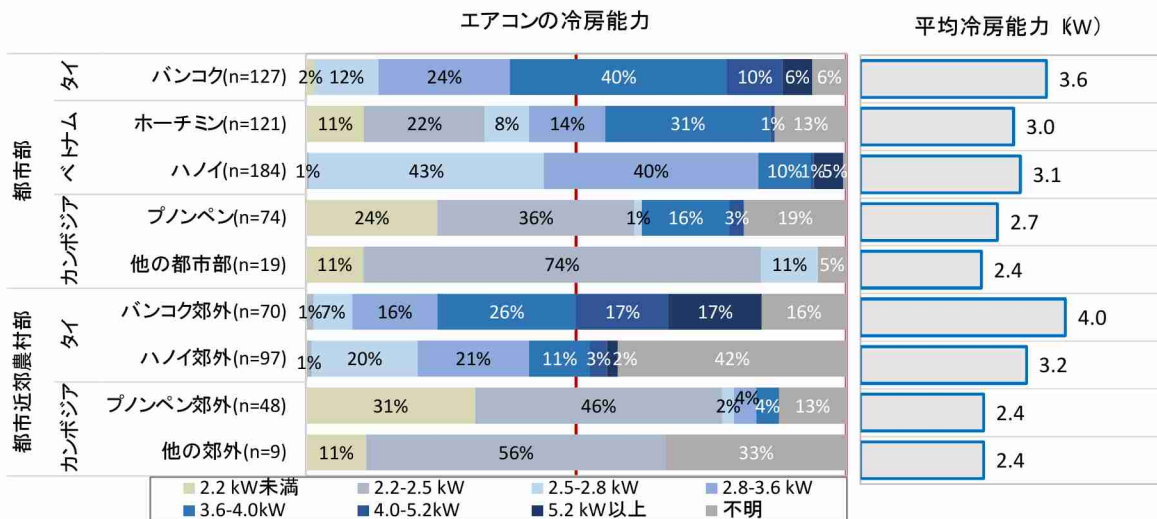
エアコンの設定温度（℃）



図(2,3)- 28 エアコンの設定温度

東南アジア諸国では、まだノンインバーターエアコンが主流である。インバータータイプに比べ安価（タイではインバータータイプの方が約3割高）であることから、一定速のノンインバータータイプが選ばれているのが現状であるという。ただし、ここ数年、インバータータイプも普及しつつある。

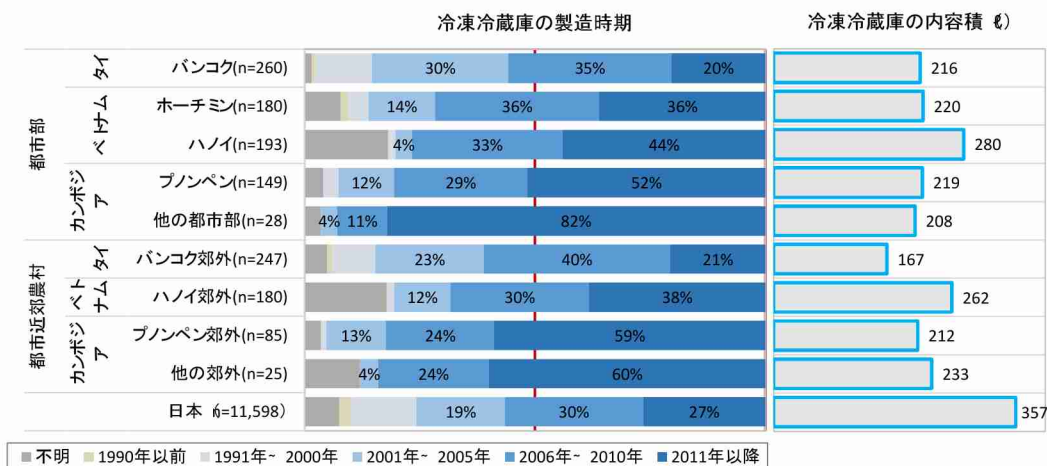
2016年度の調査対象のうち、バンコクでは56%の世帯、バンコク郊外では50%の世帯がインバータータイプエアコンを使用していると回答している。また、ベトナムでも政府がインバーターエアコンを推奨しており、その普及率は25%強に達しているとも言われている。冷房能力別では、年中暑いバンコクやホーチミンでは3.6~ 4.0 kWクラスが最も高いシェアで、ハノイでは8割以上が3.6 kW下回る製品、プノンペンでは2.2~ 2.5 kWクラスが圧倒的に高いシェアを占めている。一般的に躯体の断熱気密性能が劣ることから、高出力のエアコンが選択される。



図(2,3)- 29 エアコンの冷房能力の分布と平均冷房能力

② 冷凍冷蔵庫

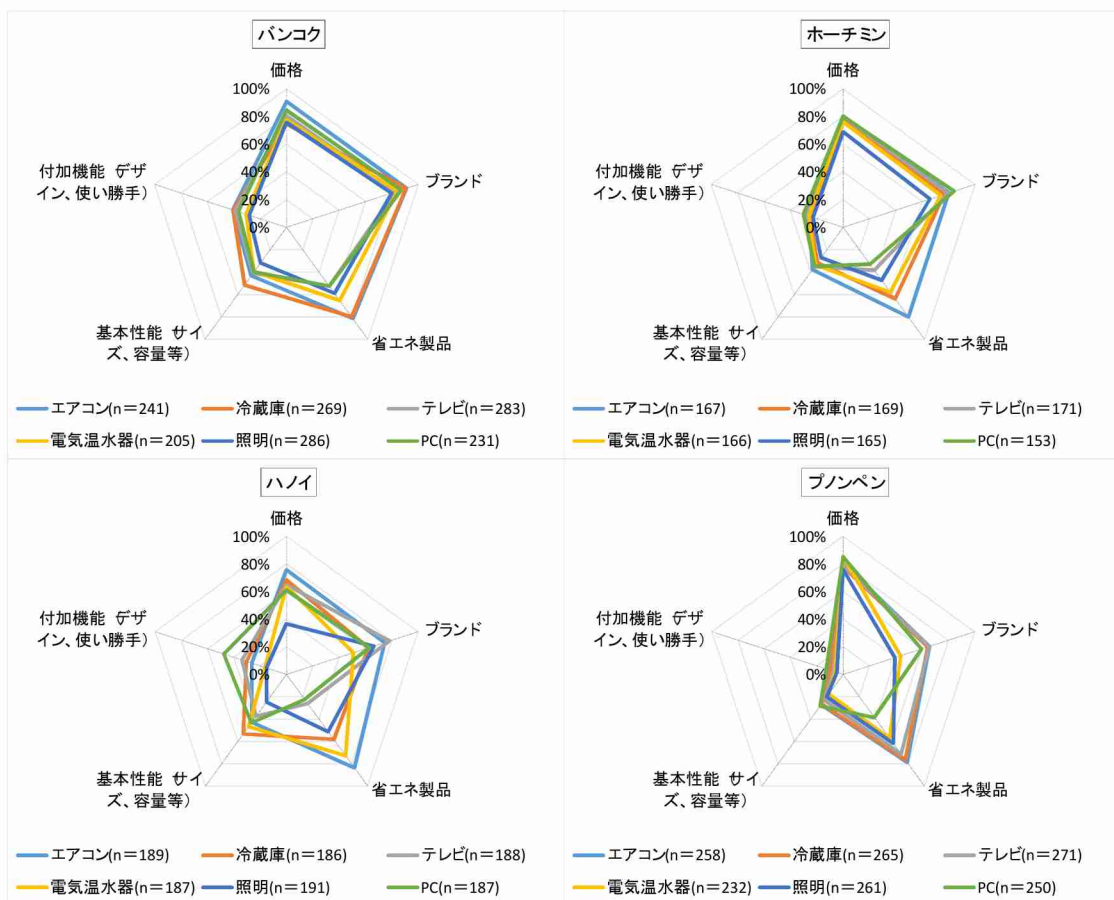
冷凍冷蔵庫についても、殆どの地域では2011年以降の製品を使用している割合が最も高く、内容積は、タイの両地域では170ℓ~ 200ℓクラスを使っているが、ベトナムの3地域では、250ℓ~ 350ℓクラスの製品と、徐々に大容量タイプが普及しつつある（図(2,3)- 30）。次年度の調査対象の中で、特に、ハノイとハノイ郊外では、内容積が400ℓ以上の冷凍冷蔵庫を保有している世帯が4割~ 5割を占めている。図(2,3)- 32の家電購入時の重視点をみても、ハノイでは冷蔵庫のサイズ・容量等の基本性能の重視度が他の機器より高い傾向が分かった。



図(2,3)- 31 冷凍冷蔵庫の製造時期と内容積

5) 家電購入時の重視点

家電製品購入時の重視点においては、機器別の重視点には、あまり大きな違いが見られなく、また、プノンペン以外の地域では、「価格」、「ブランド」、「省エネ性能」に対して最も重視している傾向となっている。



図(2,3)- 32 家電製品購入時の重視点 (都市部)

6) 家電製品分野の省エネ基準及び省エネラベル制度

各国の家電製品に対する省エネ基準及び省エネラベリング制度の対象品目を表(2,3)- 20に示す。タイでは、代替エネルギー開発・効率化局 (DEDE) やタイ発電会社 (Electric Generating Authority of Thailand, EGAT)、タイ工業傘下のタイ工業標準局 (Thai Industrial Standards Institute, TISI) の所管により、省エネ基準・ラベリング制度が導入されている。省エネ基準としては、強制MEPS (Minimum Energy Performance Standard)、任意 MEPS、HEPS (High Energy Performance Standard) の 3種類ある。MEPSは市場に出ている製品のエネルギー効率の下位3%、HEPSは逆に上位20%を基準値としている。なお、タイにおけるエネルギー効率化20カ年計画 (20-Year Energy Efficiency Development Plan: 2015-2036, EEDP) では、家庭部門の目玉政策として家電製品の省エネ基準・省エネラベル制度 (MEPS・HEPS) を促進することにより1,753 ktocの省エネを達することを目標とし、これは家庭部門の最終目標値 (2,153 ktoc) の81%に至るものである。

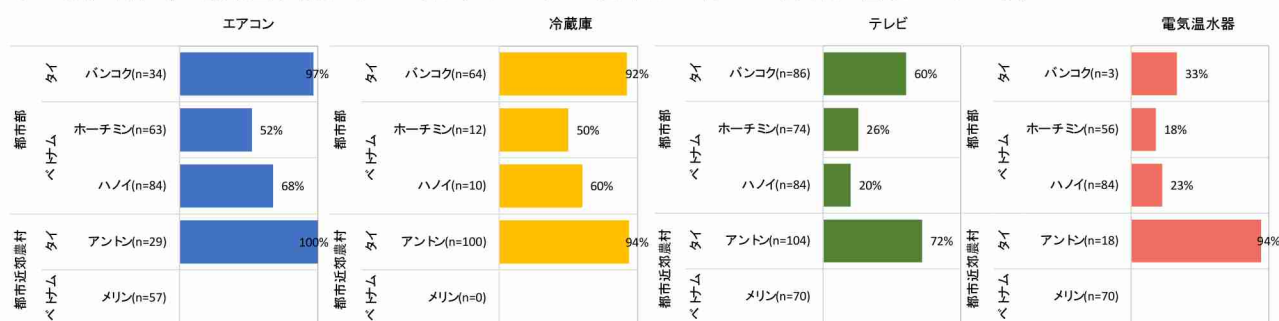
ベトナムでは、商工省 (MOIT: Ministry of Industry and Trade)、科学技術省 (MOST: Ministry of Science and Technology)、標準・計量・品質総局 (Directorate for Standards, Metrology And Quality -STAMEQ) の所管により、MEPS及び省エネラベル制度が着々と進められている。家電製品に対するMEPSの義務化を2014年1月より実施しており、また、2013年1月より消費電力60W以上の白熱電球の輸入・製造・販売が禁止されるほか、省エネラベルも同じ時期から義務化されている。

表(2,3)- 20 各国の家電製品等に対する省エネ基準及び省エネラベリング制度の対象品目

国名	省エネ基準	省エネラベリング
タイ	<ul style="list-style-type: none"> MEPS (任意) : 照明、三相モーター、LPG ストーブ、断熱材等の 16 項目 MEPS (強制) : エアコン、冷蔵庫の 2 項目 HEPS (任意) : エアコン、冷蔵庫、扇風機、炊飯器、給湯器、電気ポット、ガラス等 	<ul style="list-style-type: none"> EGAT の多段階ラベル (任意) : テレビ、パソコンモニター、電気ポット、冷蔵庫、エアコン、蛍光灯安定器 (バラスト)、T5 蛍光灯、卓上式・床置き扇風機、シーリングファン、CFL、炊飯器、高効率ランプ等の家電製品 19 項目 DEDE の認証ラベル (任意) : 断熱材、複層ガラス等の断熱建材の 8 項目
ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> 消費電力 60W 超の白熱電球の輸入・製造・販売を禁止 MEPS (強制) : エアコン、冷蔵庫、扇風機、テレビ、洗濯機、炊飯器、照明等 	<ul style="list-style-type: none"> 強制制度 対象機器 : 直管蛍光灯ランプ、コンパクト蛍光灯ランプ、電子安定器、エアコン、冷蔵庫、洗濯機、炊飯器、扇風機、テレビ等
カンボジア	<ul style="list-style-type: none"> 計画中 	<ul style="list-style-type: none"> 計画中

主たる家電製品の省エネラベルの普及状況に関しては、データが収集できたタイとベトナムの2カ国の状況を以下に示す。また、2015年度には当該項目が調査内容に入らなかったため、2016年の調査結果のみを紹介する。図(2,3)- 33に示す省エネラベルの中、タイは5つ星、ベトナムは1つ~ 5つ星が混在している。他方、カンボジアにおいては、自国のラベルは存在せず、他国のラベルが様々混在しているという。2009年~ 2012年におけるタイのエアコンの国内販売数のうち、全体の87%がLabel 5の製品であると言われているが、本調査結果では、それを上回るほぼ100%の普及となっている。また、ハノイとホーチミンでは、エアコンの省エネラベル普及率が50%~ 70%台となっているが、中身でみると、ハノイではLabel 1~ Label 3、Label 4、及びLabel 5がそれぞれ全体の3分の1ずつの割合を占めている。ホーチミンでは、Label 1~ Label 3が全体の35%、Label 4が41%、Label 5は24%になっており、バンコクのLabel 5の普及率を大幅に下回っていることが分かった。

冷蔵庫についても、タイの両地域では90%以上の家庭ではレベル5の製品を使っており、ベトナムでは50%~ 60%となっている。テレビと電気温水器はエアコンや冷蔵庫に比べ省エネラベル製品の普及率が低くなっている。特に、電気温水器においては、アントン以外は20%~ 30%台に留まっている。

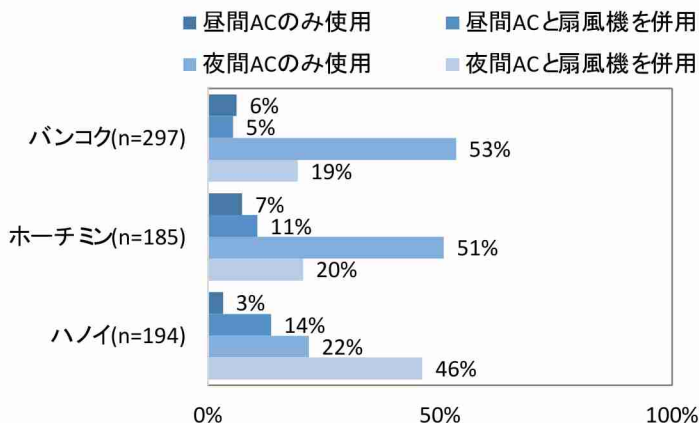


図(2,3)- 33 主要家電製品の省エネラベルの普及率

7) 採涼方法

エアコンの保有世帯のうち、エアコンだけをつける、或はエアコンと扇風機を併用しながら採涼する世帯の割合を図(2,3)- 34に示す。エアコンを保有していても、多くの住民は昼間ではエアコンの使用を控えており、昼間での使用率はわずか12%~ 18%に留まるレベルであった。その代わりに、日中の暑さへの対策として、窓を開けながら扇風機をつけて採涼する、或は、扇風機をつけながら日中は過ごしていることがわかった。

一方、夜になると、エアコンを保有していない世帯は窓を開けながら扇風機をつけて採涼しているが、エアコンを保有している家庭の中でも、都市部では約7割（農村部では2割～5割）の家庭がエアコンを使っていないことがわかった。後述の計測調査結果でも、エアコンは殆ど就寝時にしか使われていない結果が得られ、エアコンを保有しても節約意識が強い消費者は寝苦しいと思いつつもエアコンの使用を控えていると考えられる。



図(2,3)-34 エアコン保有世帯の昼と夜のエアコンの使用状況

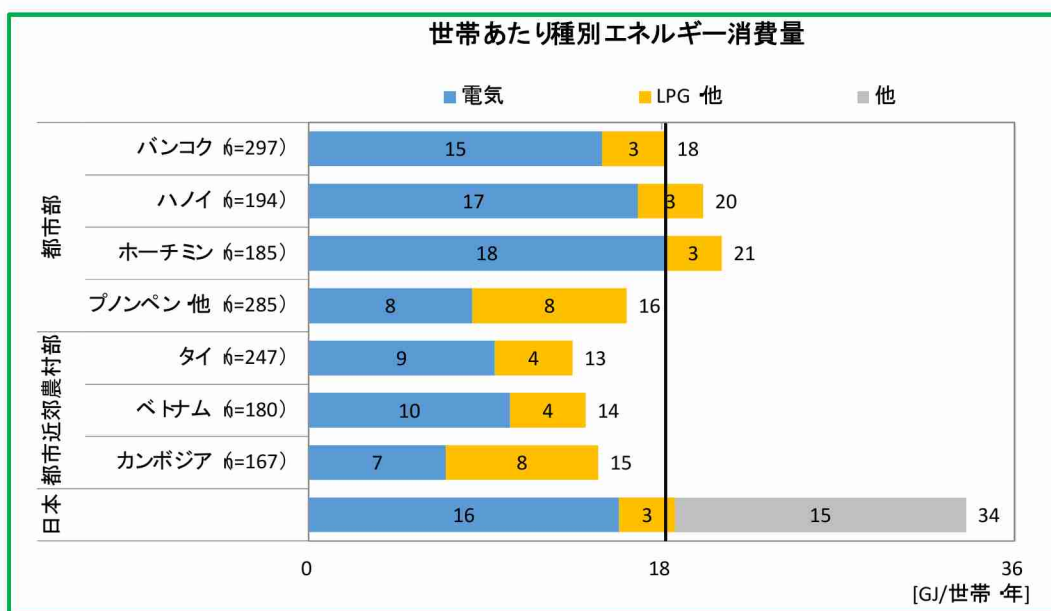
8) エネルギー消費量及びエネルギー消費金額

これ以降に示すエネルギー消費量や二酸化炭素排出量は、電気・LPGの使用量や支払金額の不明回答を除いて集計した結果を示す。

① エネルギー種別消費量

年間エネルギー消費量は、バンコク18GJ/世帯・年、ホーチミン21GJ/世帯・年、ハノイ20GJ/世帯・年と、都市部では20GJ/世帯・年前後、近郊農村部では13GJ/世帯・年～15GJ/世帯・年と、近郊農村部の全体エネルギー消費量は都市部より約3割少なく、カンボジアの都市近郊農村部に類似するレベルであった(図(2,3)-35)。

エネルギー種別消費量をみると、都市部では電気消費量が全体の8割以上を占め、近郊農村部より1割多い。特に、カンボジアでは、都市部と近郊農村部ともに、木炭や薪などを含む他の燃料の使用量が多い特徴がある。



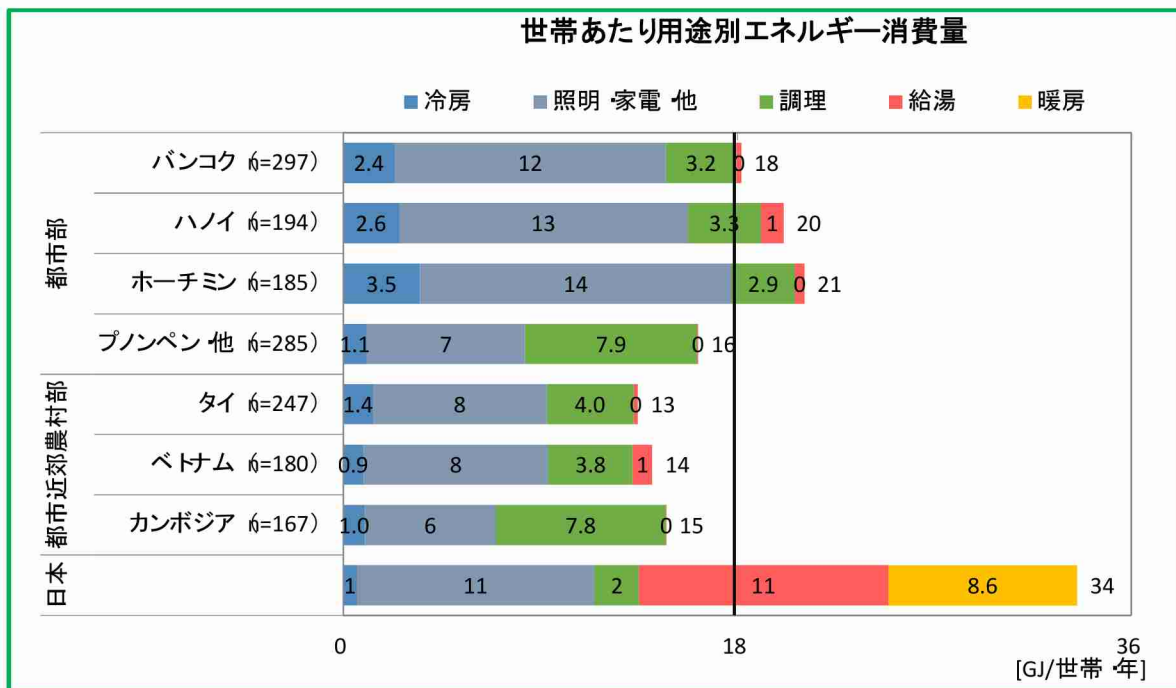
図(2,3)-35 地域別のエネルギー種別消費量

② エネルギー用途別消費量

用途別にみると、いずれの地域でも照明・家電からの消費の割合が最も高い。タイでは都市部で12 GJ/世帯・年(67%)、近郊農村部で8 GJ/世帯・年(62%)と全体の半分以上を占める。また、ベトナムではハノイが13GJ/世帯・年(65%)、ホーチミンが14GJ/世帯・年(67%)、近郊農村では8 GJ/世帯・年(57%)と過半を占め、日本の照明・家電用は2014年で13.8 GJ/世帯・年であることから、両国とも都市部で同等程度、農村部で半分程度の需要が見られる。このうち、照明の割合は、ベトナムの方がタイを上回っており、これは上述の各種照明の普及率とも整合性がとれている（図(2,3)- 36）。

冷房用はタイの都市部で2.4GJ/世帯・年、農村部で1.4GJ/世帯・年と全体の10%前後を占め、また、ベトナムでは、南部のホーチミンで3.5 GJ/世帯・年、北部のハノイで2.6GJ/世帯・年、ホアビンで0.5 GJ/世帯・年である。我が国の冷房用は2014年で0.6 GJ/世帯・年であり、猛暑の2010年でも1.3 GJ/世帯・年であることと比較すると、タイ、ベトナムの冷房需要は、都市部はもとより農村部でも無視できない。冷房の割合が最も高いのはホーチミンで、次にハノイ、バンコクの順となっている。ハノイの冷房消費量が気温の高いバンコクより多いのは、調査対象者のエアコンの普及率が高いことによると考える。今回の調査結果によると、ハノイでは冷房期間が他の都市の半分以下（ハノイでは5ヶ月、バンコクとホーチミンでは通年）であるが、調査対象世帯のエアコンの保有率は90%、保有台数は1.5台と、ホーチミンやバンコクの水準を遥かに超えている。

給湯については、電気温水器の普及率が低いタイの両地域では、全体に占める割合が2%未満と非常に低い。一方、四季がある北部地域（ハノイとホアビン）では比較的割合が高い。また、ハノイとホアビンでは暖房消費量があるものの、全体に占める割合がそれぞれ0.4%と0.2%と極少であり、これには暖冬の影響もあったと考えられる。厨房用エネルギー消費量は、タイの都市部で3.2 GJ/世帯・年、農村部で4.0GJ/世帯・年、ベトナムではハノイで3.3 GJ/世帯・年、ホーチミンで2.9 GJ/世帯・年であり、日本の2.8 GJ/世帯・年(2014年)と同程度である。両国とも共働きが多く、屋台などでの外食が多いといわれているが、世帯員数が多いこと、日中でも誰かが在宅する割合が70~ 90%であることから調理用のエネルギー需要が我が国程度にあるものと思われる。



図(2,3)- 36 地域別のエネルギー用途別消費量

③ エネルギー消費金額

電気の単価は、ベトナムでは10円/kWhと、タイの12円/kWhより安価である。一方、LPGに関しては、タイでは90円/kgとベトナムより1kg当たり30円以上安い(表(2,3)- 21)。資源国であるタイでは、生活水準が東南アジアの中で比較的高く、さらに、家庭用向けの福祉優遇政策を導入され、エネルギー価格が低く抑えられている。

エネルギーの単価でみると、タイやベトナムは日本より遥かに安価であるが、下表に示すように、月収に対する光熱費の割合で比較すると、タイは日本以下、ベトナムは日本以上の水準であったことがわかった。

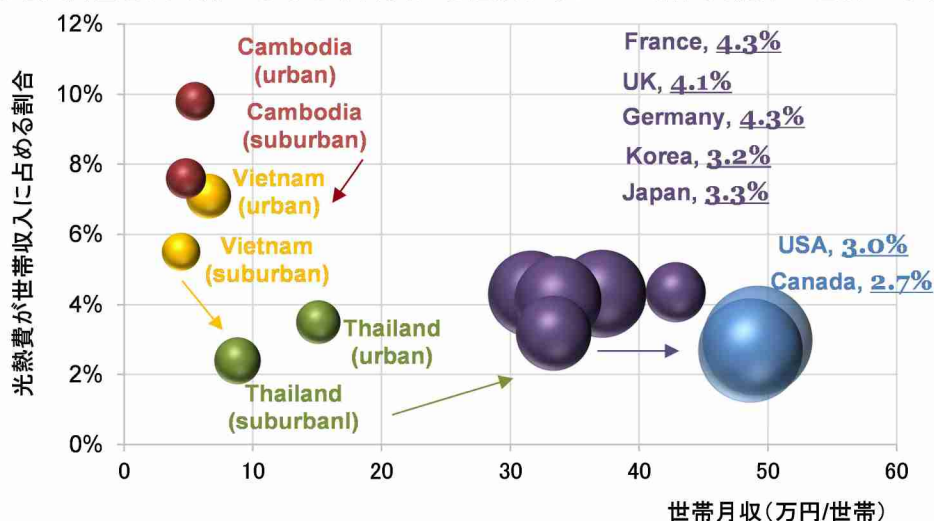
表(2,3)- 21 各国の家庭用エネルギー価格

国名	エネルギー価格 (固有単位ベース)	
	電気 (円/kWh)	LPG (円/kg)
タイ (都市部)	13.3	87
タイ (近郊農村部)	12.0	94
ベトナム (都市部)	10.3	126
ベトナム (近郊農村部)	9.7	120
カンボジア (都市部)	21.0	217
カンボジア (近郊農村部)	20.0	197
日本 (全国平均)	26.2	305

家庭での電気代、ガス代、薪購入金額なども含むエネルギー消費金額 (光熱費) が世帯収入に占める割合¹⁸を以下に示す。

図(2,3)- 37 からみると、欧米や日本等の先進国では、エネルギーは多く消費されているものの、光熱費が世帯収入に占める割合はいずれの国でも3%~4%程度に留まっている。

一方、カンボジアでは世帯収入の約8%~10%、ベトナムでは6%~7%、タイでは2%~3%に水準となっている。特に、カンボジアでは電源開発が整備されておらず、電力価格は家庭用で20円/kWh程度とタイの12円/kWhやベトナムの10円/kWhに比べると遥かに高い。これが、カンボジアでの光熱費が世帯収入に占める割合が他国に比べ圧倒的に高い理由であると考えられる。カンボジアにとっては、タイやマレーシアのように、家庭用電気料金を低く抑えるなど家計負担を軽減するための福祉支援策が必要である。



図(2,3)- 37 地域別の世帯収入と光熱費が世帯収入に占める割合の相関

注1) 図中に示すバブルサイズは世帯あたりエネルギー消費量の多少を表す

注2) 各国の調査・統計データに基づき、住環境計画研究所作成

¹⁸ 本来であれば光熱費が消費支出に占める割合を整理すべきであるが、調査項目に消費支出に関する指標が入っていないため、ここでは、代わりに、家庭での電気代、ガス代、薪購入金額なども含むエネルギー消費金額 (光熱費) が世帯収入に占める割合を示す。

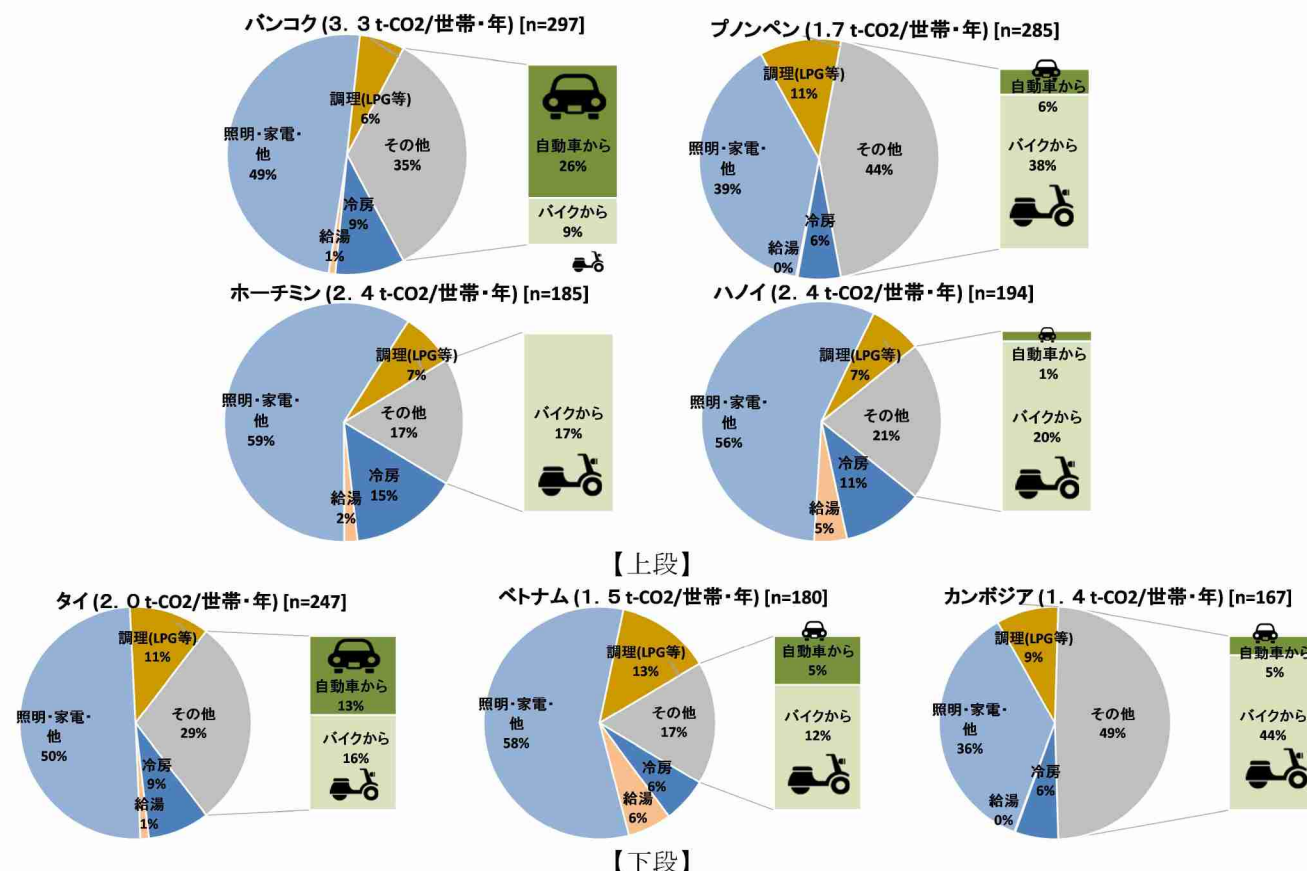
9) CO₂排出量

都市部における家庭内のエネルギー消費による年間二酸化炭素排出量は、バンコクで2.2t-CO₂/世帯・年、ハノイとホーチミンで1.9 t-CO₂/世帯・年~ 2.0t-CO₂/世帯・年、カンボジアでは0.9t-CO₂/世帯・年であり、また、自動車やバイクを含む年間二酸化炭素排出量は、バンコクが3.3t-CO₂/世帯・年と最も高く、ホーチミン、ハノイがともに約2.4t-CO₂/世帯・年と続く。

各地域とも照明・家電・他が全体に占める割合が最も大きく、次に冷房、調理の順になっている。都市部の4地域のエネルギー消費量で見ると、バンコクの方がハノイやホーチミンより少ないが、二酸化炭素排出量ほぼ等しい。その理由は、二酸化炭素排出係数に大きく影響する燃料構成が大きく違うためである。ベトナムは、化石燃料の中で二酸化炭素排出量が最も少ない天然ガスや二酸化炭素排出量を殆ど排出しない水力発電への依存度が高いため、排出係数がタイより小さい。

自動車の保有率が高いタイでは、自動車とバイクによる二酸化炭素排出量がバンコクで35%、バンコク近郊でも29%と高い。現地の有識者によると、バンコクでは、通勤に片道2時間かけることは普通であるため、走行距離が年間3万~ 5万kmのケースも珍しくないと言う。

一方、ベトナムの対象地域における自動車の普及率は極めて低い。一家に複数台所有しているバイクからの二酸化炭素排出量が占める割合は非常に高い。経済成長や都市化に伴う交通量の増大につれ車両からの排気ガスが増え、大気汚染問題が深刻になっている東南アジア諸国においては、車両の高効率化と排気ガス低減対策は喫緊の課題である。ベトナムは、最近、1人が所有するガソリンバイクを1台までと制限する目的で、2台目以降のガソリンバイクの登録料を高く設定しており、そのため、2台目以降は電動バイクを購入するケースが多いと言う。



注) バイクには、ガソリンを使用するオートバイク・スクーターが含まれる。

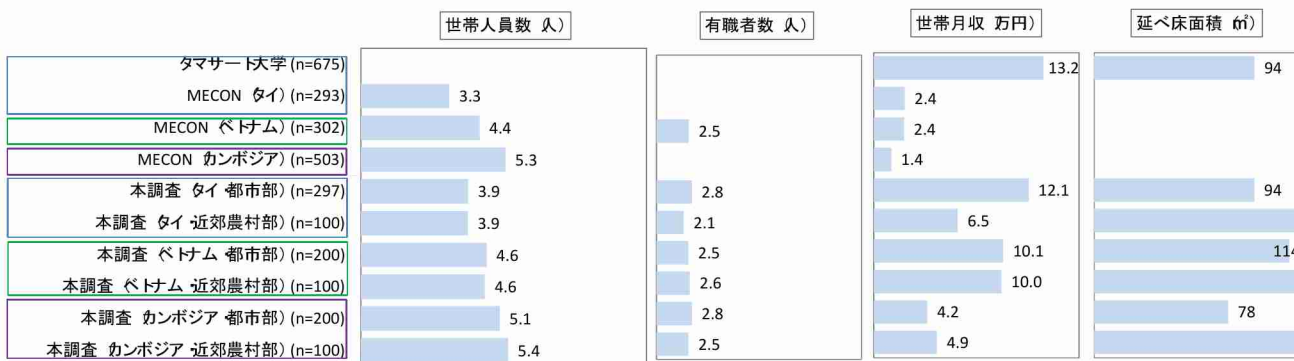
図(2,3)- 38 地域別エネルギー及び車両使用による二酸化炭素排出量
(上段：都市部、下段：都市近郊農村部)

(5) 本調査結果と既存の調査結果の比較

本研究と既往研究の調査結果を比較したものを以下に示す。なお、各研究の調査項目は異なるため、当該調査項目が質問票に含まれてない、或は一部のデータが入手できなかったケースに関しては、ここで空白と表示する。

1) 基本属性の比較

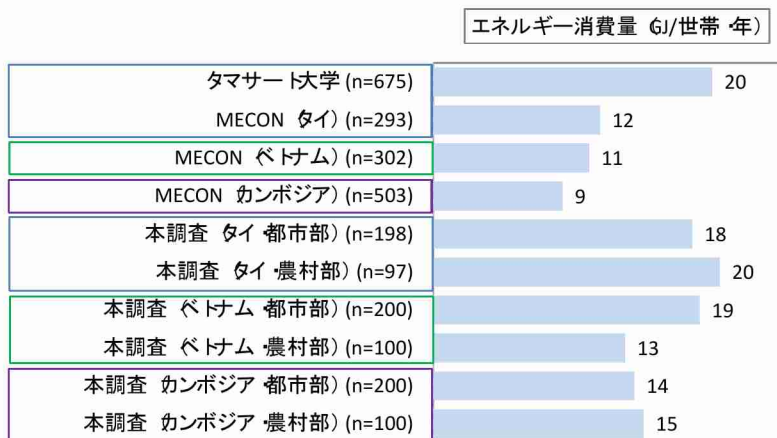
既往研究と本研究における地域別の世帯人数や有職者数はほぼ等しくなっている一方、世帯月収には大きな差がついている。MECONプロジェクトの対象者は低所得者層（2 USD~ 5 USD/人・日）であることが主な理由であると考ええる。



図(2,3)- 39 既往調査と本研究の基本属性の比較

2) エネルギー消費量の比較

タマサート大学と本調査対象国の都市部のエネルギー消費量はほぼ一致しており、また、MECONプロジェクトと本調査の都市近郊農村部の使用状況が類似していることがわかった。



図(2,3)- 40 既往調査と本研究のエネルギー消費量の比較

4.1.2 生活の質 (QOL) に関する調査

前述のとおり、QOLの指標としては、全体的な満足度・幸福度、生活習慣、経済的ゆとり、健康状態、教育レベル、人間関係、余暇・娯楽、老後不安、省エネ意識、近隣関係などの項目を取り上げ、それぞれについて回答者の現在の状態が最低（1点）～最高（4点）の4段階（非常に満足、満足、不満、非常に不満）で評価した。

(1) 個人属性別のQOL指標

各種QOL指標の全体平均値は、バンコク・ホーチミン・ハノイが2.7、アントンが2.8、メリンが2.9と、都市部に比べ、近郊農村部の全体平均値がより高い（図(2,3)- 41～ 図(2,3)- 42の赤い破線）。

1) 満足度・幸福度

- ・ 年齢層別：僅かではあるが、年齢が若いほど全体的満足度と幸福度が若干高い。
- ・ 性別：男女別の違いはあまり見られない。

2) 生活習慣

◇ 運動頻度

- ・ 地域別：いずれも地域でも全体の平均値を大きく下回っており、都市部や近郊農村部では日常的に運動する頻度が低い。バンコクでは他の都市部に比べとりわけ低い。
- ・ 性別：ハノイとハノイ市近郊農村部では、女性の方が男性より運動頻度が若干高い。

◇ 家族揃って食事する頻度

- ・ 地域別：バンコクで最も低く、他の地域では全体の平均値を上回っている。
- ・ 年齢層別：年齢層が高いほど家族と一緒に食事する頻度が高い傾向となっている。
- ・ 性別：バンコクを除く地域では、女性の方が家族と一緒に食事する頻度が高いと回答。

◇ 経済的ゆとり

- ・ 地域別：いずれの地域も3点近くと、経済的余裕をある程度感じているようである。
- ・ 年齢層別：ハノイとメリンを除く地域では、年齢が若い人ほど経済的ゆとりを若干強く感じるという。
- ・ 性別：性別による差異はあまり見られない。

◇ 読書

- ・ 年齢層別：年齢別の違いはあまり見られない。
- ・ 性別：タイの両地域とも女性の方が男性より読書頻度が若干高いが、ホーチミンとハノイでは逆傾向となっている。

3) 健康

◇ 健康状態・睡眠質

- ・ 地域別：都市部の方が近郊農村部より、明らかにストレスを強く感じる傾向が顕著に表れている。
- ・ 年齢層別：若い人ほど、健康状態も睡眠質も良好であるようである。バンコクとホーチミンでは年配の方ほど、ストレス度が高い。
- ・ 性別：僅かではあるが、男性の方が健康状態も睡眠質も良好であるようである。ストレス度も女性の方が男性より若干強く感じている。

4) 交流・余暇・老後不安

◇ 交流

- ・ 地域別：近郊農村部に住んでいる人のほうが多忙な都市生活している人より、友人との交流頻度が高い。
- ・ 年齢層別：バンコクとホーチミンを除く地域では、年齢が若い人程交流頻度が若干低い。
- ・ 性別：都市部では、男性の方が友人との付き合い頻度が高い。

◇ 余暇・娯楽

- ・ 地域別：いずれの地域でも、余暇を楽しむ頻度は、全体の平均値を大きく下回る指標である。
- ・ 年齢層別：ほとんどの地域では、年齢が高いほど余暇を楽しむ頻度が低い傾向が見られる。
- ・ 性別：近郊農村地域では男性の方が余暇・娯楽を楽しんでいる。

◇ 老後不安

- ・ 地域別：いずれの地域でも、老後への不安を強く感じている。
- ・ 年齢層別：都市部のほう、また年齢が低いほど、老後不安を強く感じている。
- ・ 性別：ハノイ近郊農村地域以外、ほぼ男女による差異は見られない。

5) 省エネ意識・将来に対する希望感

◇ 省エネ意識

- ・ 地域別：省エネ意識は強く、特に、都市部の方がより強い。中でも、ホーチミンの回答者非常に強い省エネ意識を持っている。
- ・ 性別：性別による差異はあまり見られない。

◇ 将来に対する希望感

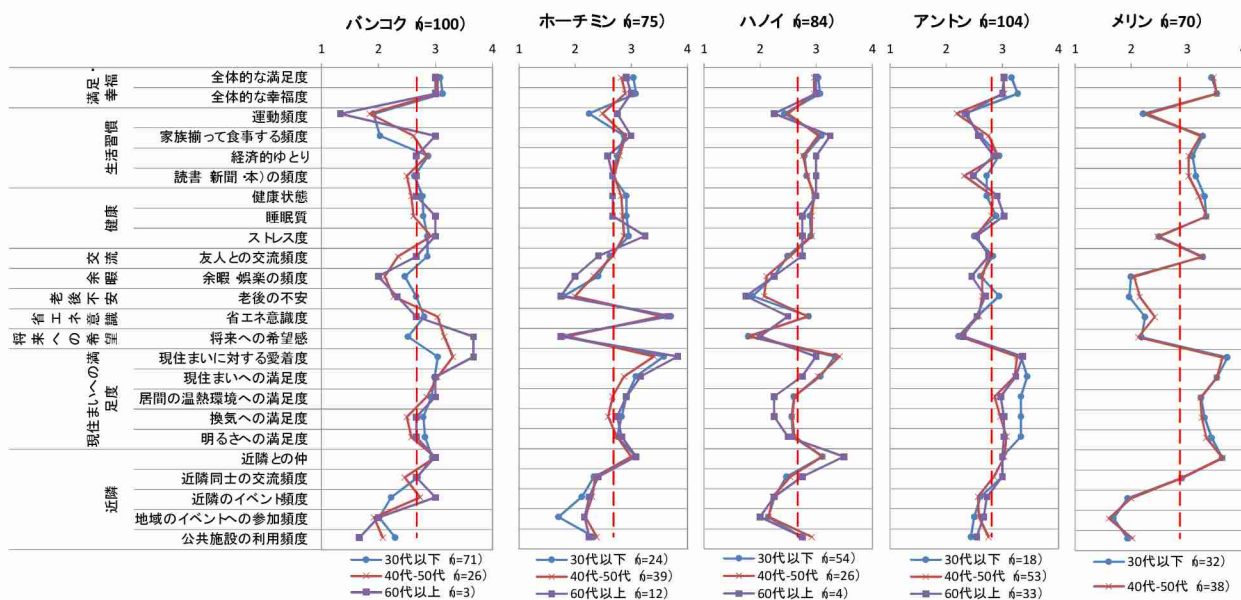
- ・ 地域別：ハノイやホーチミンや近郊農村地域の住民は、逆に、現在の生活を大きく変えたいという希望感を持っていることが分かった。
- ・ 地域別：将来に対する希望感が最も低いのはバンコクである。
- ・ 年齢層別：年齢が高い人ほど現在の生活のままで良いと回答している。
- ・ 性別：バンコクでは、男女による差異が大きく見られ、女性の方が将来に対する希望感を強い。

6) 現住まいへの満足度

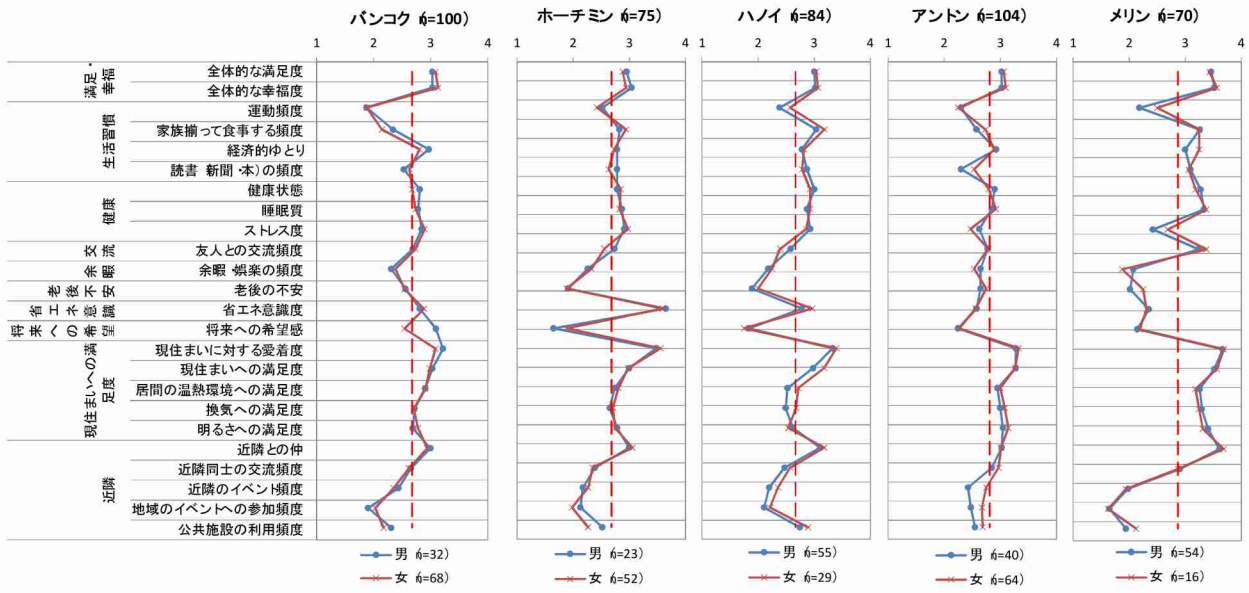
- ◇ 地域別：ハノイでは他の地域に比べ現住まいへの満足度が低い。
- ◇ 年齢層別：年齢層が高い人ほど、現住まいへの満足度が高い。
- ◇ 性別：女性の方が、現住まいへの満足度が高い。

7) 近隣

- ・ 全体的：近隣との交流やイベント参加等の関連指標は、全体の平均値を大きく下回る指標であった。
- ・ 年齢層別：年齢層が高いほど、近隣との仲が若干高く、近隣イベントへの参加頻度も高いようである。
- ・ 性別：性別による違いはあまり見られない。



図(2,3)- 41 地域別年齢層別QOLの各種指標



図(2,3)- 42 地域・性別別QOLの各種指標

(2) QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量への影響要因の線形モデルによる分析

QOL指標に関しては、回答者に現在の状態を4段階の評定尺度を用いて主観的要素及び客観的要素を評価してもらった約30問について、探索的因子分析を行い、共通因子を抽出した。QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデルを地域別にまとめた内容を以下に示す。

1) バンコク

① 因子分析

バンコクの場合は、①現状への満足、②交友や余暇重視、③イベントへの参加、④意識の4つの因子が選ばれた。第1因子をみると、「住まいへの満足度」、「寝室や居間の温熱環境への満足度」、「家全体の換気や日当たりへの満足度」などの寄与率が高く、「現住まいへの満足・幸福」と解釈できる。第2因子については、「友人や近隣との連絡頻度」、「公共施設の利用頻度」、「読書や信教、余暇を重視」の寄与率が高く、「交友や余暇重視」と解釈できる。第3因子については、「近隣や地域イベントへの参加頻度」が寄与しており、「イベント参加」と解釈できる。第4因子では、「政治への関心度や満足度」、「健康状態」、「省エネ意識」の寄与率が高く「意識」と解釈できる。

表(2,3)- 22 因子分析結果 (バンコク)

Loadings:	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
	現住まいへの満足・幸福	交友や余暇重視	イベント参加	意識
全体的満足度	0.607		-0.140	
全体的幸福度	0.572		-0.260	
運動頻度			0.282	
家族揃って食事する頻度	0.115	-0.292	0.166	0.259
経済的ゆとり	0.649		0.125	
読書・新聞頻度		0.475	0.207	-0.322
健康状態	0.210	0.278		0.528
睡眠質	0.397	0.118	0.134	0.293
ストレス度	-0.431	0.169		
信仰度		0.477		
友人との連絡頻度		0.672	-0.129	
仕事に対するやりがい		0.333		
政治への関心度		-0.153		0.801
政治への満足度			-0.236	0.733
余暇・娯楽の頻度	0.127	0.441	-0.267	0.308
老後不安		0.325	-0.204	0.195
省エネ意識			0.253	0.453
将来への希望		-0.390	0.194	0.110
住まいへの愛着度	0.297			-0.123
住まいへの満足度	0.935	-0.116		
寝室の温熱環境への満足度	0.858			0.165
居間の温熱環境への満足度	0.774	0.160		
家全体の換気の満足度	0.668	0.353	-0.136	-0.274
家全体の明るさの満足度	0.627	0.336		-0.257
近隣との仲	0.440	0.108	0.349	
近隣との交流頻度	0.214	0.467	0.262	-0.117
近隣イベントへの参加頻度		-0.155	0.951	
地域イベントへの参加頻度		0.286	0.841	
公共施設の利用頻度	-0.281	0.603	0.338	0.186
地域安全性への関心度		0.108		
Factor	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
SS badings	5.035	2.704	2.534	2.335
Proportion Var	0.168	0.090	0.084	0.078
Cumulative Var	0.168	0.258	0.342	0.420
Factor Correlations	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Factor1	1.000	-0.028	0.071	-0.242
Factor2	-0.028	1.000	0.106	-0.054
Factor3	0.071	0.106	1.000	-0.006
Factor4	-0.242	-0.054	-0.006	1.000

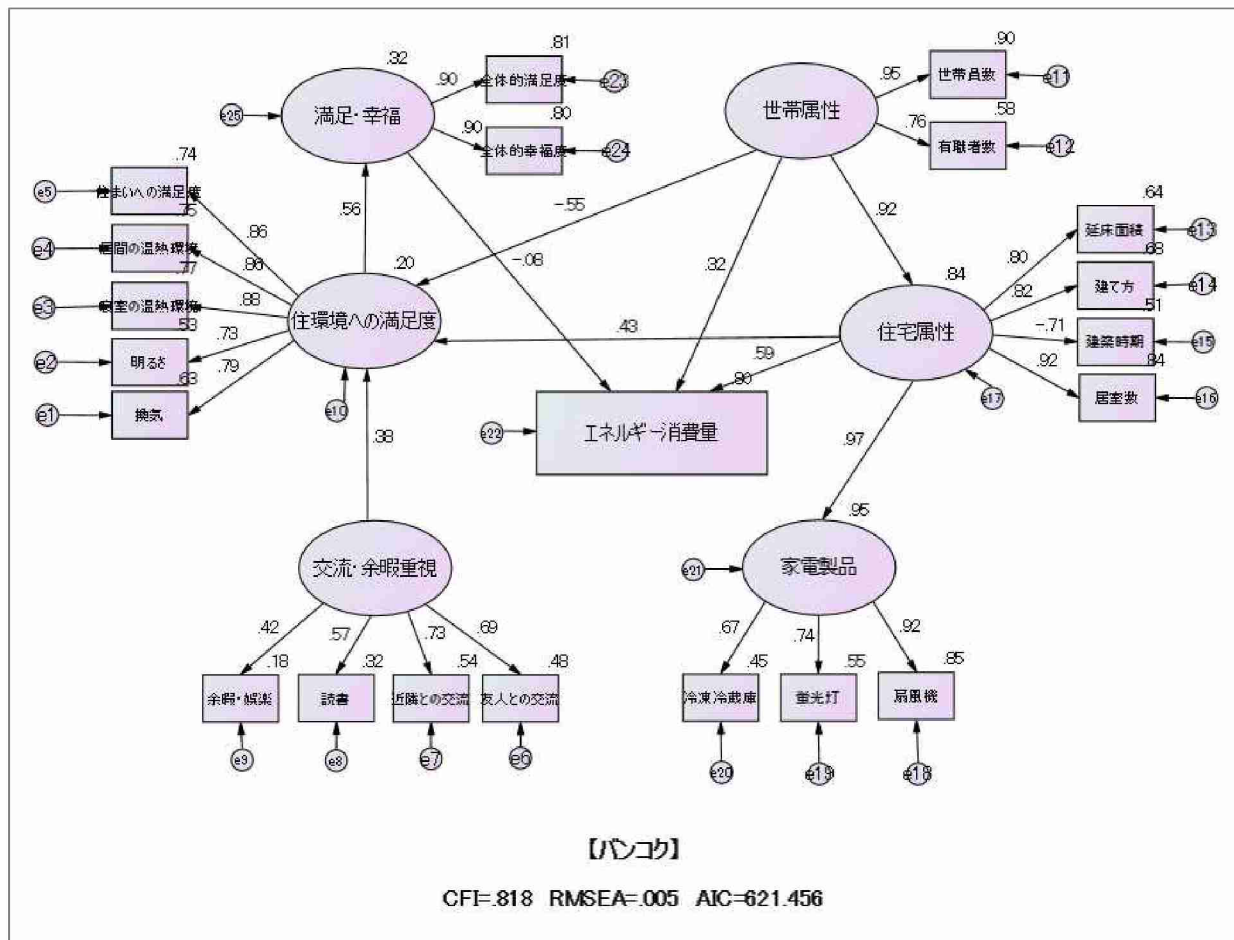
② 共分散構造分析

◇ 潜在変数と観測変数

- ・ 「交流・余暇重視」、「住環境への満足度」、「満足・幸福」、「世帯属性」、「住宅属性」、「家電製品」の6つの潜在変数と、21つの観測変数が抽出されている。

◇ 適合度

- ・ モデルでは CFI=0.818、RMSEA=0.005、カイ 2 乗=479.456、有意確率(p 値)=0.000、ほとんどのパス係数は 5%未満の有意性が得られた¹⁹。



図(2,3)- 43 QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデル (バンコク・標準化推定値)

表(2,3)- 23 モデルによる標準化総合効果 (バンコク)

バンコク	交流・余暇重視	世帯属性	住宅属性	住環境への満足度	満足・幸福
住環境への満足度	0.58	-0.16	0.43	-	-
満足・幸福	0.22	-0.09	0.24	0.56	-
住宅属性	-	0.92	-	-	-
家電製品	-	0.89	0.97	-	-
エネルギー消費量	-0.02	0.86	0.57	-0.04	-0.08

¹⁹ 世帯属性とエネルギー、世帯属性及び住宅属性と住環境への満足度間、エネルギーと満足・幸福度間のパス係数(確率)は5%を超。

◇ QOL 指標間の相関

- ・ QOL 指標の中で「満足・幸福」に直接影響を与えるのは、「住環境への満足度」のみで、そのパス係数は 0.56 となっている。また、「交流・余暇重視」は「住環境への満足度」を介して「満足・幸福」に 0.22 (0.38×0.56) の間接効果²⁰を有している。
- ・ 「交流・余暇重視」の人は「住環境に対する満足度」も高く、また「住環境への満足度」が高い人は満足感・幸福感も強く感じる傾向が見られる。

◇ 基本属性間とエネルギー消費量との相関

- ・ 「世帯属性」は「住宅属性」に 0.92 という非常に大きな影響を与えており、「住宅属性」は「家電製品の台数」に 0.97 の高い直接効果、「世帯属性」は「家電製品の台数」に 0.89 の高い間接効果を有している。
- ・ これより、多人数で有職者も多い世帯は、築年数が浅く広い戸建やタウンハウスに住んでおり、多くの家電製品を使っていることを表す。
- ・ 「エネルギー消費量」は、「世帯属性」から直接効果²¹と間接効果合わせた総合効果²²が 0.86 ($0.32 + 0.92 \times 0.59$)、「住宅属性」から 0.59 の影響度を与えている。
- ・ バンコクの対象世帯では、「世帯属性」がエネルギー消費量の増減を左右する最も重要な要因で、次ぐのは「住宅属性」である。

◇ QOL 各種指標と基本属性及びエネルギー消費量との相関

- ・ 「エネルギー消費量」は「満足・幸福」から非常に弱い負の影響 (- 0.08) を受けている。また、「住環境への満足度」は「満足・幸福」を介して、「交流・余暇重視」は「住環境への満足度」と「満足・幸福」を介して、「エネルギー消費量」にいずれも非常に弱い負の影響度を与えている。
- ・ バンコクでは、QOL 指標とエネルギー消費量間の相関は無視する程度の弱いものであった。
- ・ 「住環境への満足度」は「世帯属性」から弱い負の影響 (- 0.16、- 0.55 の直接効果と 0.39 の間接効果) を受けている一方、「住宅属性」からはある程度強い正の影響 (0.43) を受けている。
- ・ これより、築年数が浅く広い戸建やタウンハウスに住んでいる人ほど住環境に対する満足度が高く、さらに全体的な満足度や幸福度も高くなる可能性が示唆される。

²⁰ 間接効果とは、パスが複数の要因を経由する場合の影響を表し、関係する 1 筋の経路のパス係数の積の合計である。

²¹ 直接効果とは、2 つの変数間の関係性で、パス毎に表示されるパス係数を指す。

²² 総合効果とは、直接効果と間接効果の和。2 つの観測変数の総合効果は相関係数に近似する。

2) ホーチミン

① 因子分析

ホーチミンの場合は、①余暇重視、②現住まいへの満足、③全体的な満足・幸福、④家庭と仕事の両立の4つの因子が選ばれた。

第1因子をみると、「近隣や友人との付き合い」や「運動頻度」の寄与率が高く、「交友や余暇重視」と解釈できる。第2因子については、「住居環境への満足度」の寄与度が高く、「現住まいへの満足」と解釈できる。第3因子については、「全体的満足・幸福」が特に寄与度が高い。第4因子では、「家族揃って食事する頻度」や「仕事に対する遣り甲斐」等の寄与率が高く「家族と仕事の両立重視」と解釈できる。

表(2,3)- 24 因子分析結果 (ホーチミン)

Loadings:	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
	交友や余暇重視	現住まいへの満足	全体的満足・幸福	家庭と仕事の両立重視
全体的満足度			0.977	-0.188
全体的幸福度	-0.169	-0.138	1.007	
運動頻度	0.655	-0.142	-0.316	0.100
家族揃って食事する頻度			-0.156	0.589
経済的ゆとり		-0.219	0.518	0.123
読書・新聞頻度	-0.130	0.231		0.681
健康状態		0.183	0.377	0.240
睡眠質		0.191	0.234	0.270
ストレス度		-0.160	-0.326	
友人との連絡頻度	0.408	-0.254	0.223	
仕事に対するやりがい		0.227		0.500
余暇娯楽の頻度	0.364			0.356
老後不安	0.243	0.154	0.133	-0.386
省エネ意識	-0.101	-0.154	0.112	-0.351
将来への希望		0.164		-0.592
住まいへの愛着度		0.323		0.272
住まいへの満足度	-0.224	0.604	0.170	0.100
居間の温熱環境への満足度		0.969	-0.174	0.180
家全体の換気の満足度		0.818		
家全体の明るさの満足度	0.157	0.408	0.134	
近隣との仲	0.702	0.356		-0.386
近隣との交流頻度	0.820	0.130		-0.232
近隣イベントへの参加頻度	0.726		-0.103	0.121
地域イベントへの参加頻度	0.641	0.137	-0.187	
公共施設の利用頻度	0.523	-0.291		0.355
Factor	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
SS badngs	3.317	3.142	2.911	2.482
Proportion Var	0.133	0.126	0.116	0.099
Cumulative Var	0.133	0.258	0.375	0.474
Factor Correlations	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Factor1	1.000	-0.512	-0.145	-0.108
Factor2	-0.512	1.000	0.126	-0.190
Factor3	-0.145	0.126	1.000	-0.242
Factor4	-0.108	-0.190	-0.242	1.000

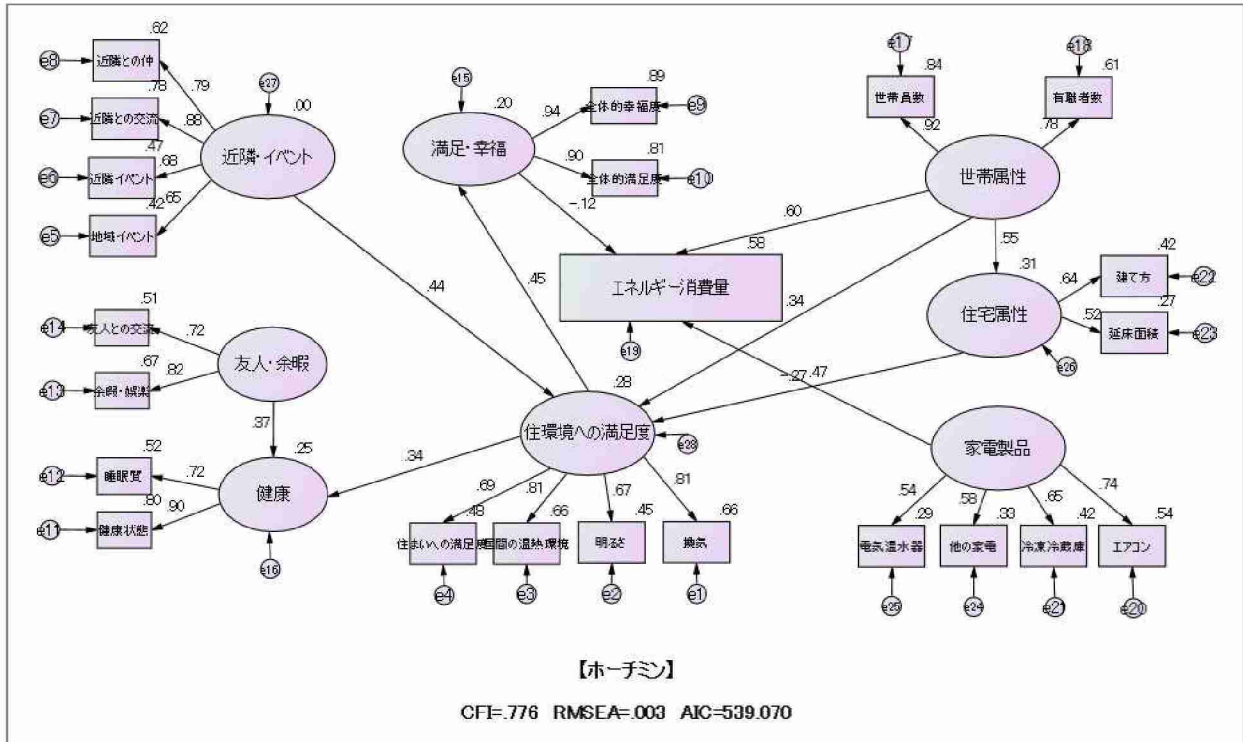
② 共分散構造分析

◇ 潜在変数と観測変数

- ・ 「健康」、「友人・余暇」、「近隣・イベント」、「住環境への満足度」、「満足・幸福」、「世帯属性」、「住宅属性」、「家電製品」の8つの潜在変数と、23つの観測変数が抽出されている。

◇ 適合度

- ・ モデルではCFI=0.776、RMSEA=0.003、カイ2乗=383.070、有意確率(p値)=0.000、ほとんどのパス係数は5%未満の有意性が得られている²³。



図(2,3)- 44 QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデル（ホーチミン・標準化推定値）

表(2,3)- 25 モデルによる標準化総合効果（ホーチミン）

ホーチミン	世帯属性	友人・余暇	家電製品	住宅属性	近隣・イベント	住環境への満足度	満足・幸福
住宅属性	0.55	-	-	-	-	-	-
住環境への満足度	0.19	-	-	-0.27	0.44	-	-
健康	0.06	0.37	-	-0.09	0.15	0.34	-
満足・幸福	0.08	-	-	-0.12	0.20	0.45	-
エネルギー消費量	0.59	-	0.47	0.02	-0.02	-0.05	-0.12

◇ QOL 各種指標間の相関

- ・ QOL 指標の中で「満足・幸福」に直接影響を与えるのは、「住環境に対する満足度」のみで、そのパス係数は0.45となっている。
- ・ また、近隣付き合いや近隣・地域イベントによく参加される人ほど「住環境への満足度」は高く、満足感・幸福に0.20の間接効果を有している。

²³ 世帯属性及び住宅属性と住環境への満足度間、エネルギーと満足・幸福間のパス係数（確率）は5%を超。

- ・ さらに、「住環境に対する満足度」が高い人、または、友人との交流や余暇を楽しんでいる人ほど睡眠質もよく自分の健康により強い自信をもっている。
- ・ 近隣付き合いや近隣・地域イベントに頻繁に参加する人は「住環境への満足度」が高く、満足感・幸福感も強く感じている。また、住環境への満足度が高い人は睡眠質もよく自分の健康状態に満足している。
- ◇ **基本属性間とエネルギー消費量との相関**
 - ・ 「世帯属性」は「住宅属性」に 0.55 の影響を与えている。
 - ・ 「エネルギー消費量」は、「世帯属性」から 0.59、「家電製品」の台数から 0.47 の影響度を与えている。
 - ・ ホーチミンの対象世帯では、「世帯属性」がエネルギー消費量の増減を左右する最も重要な要因で、次ぐのは「家電製品（エアコン、冷蔵庫、電気温水器等）」の台数であるが、影響度はそれほど高くない。
- ◇ **QOL 各種指標と基本属性及びエネルギー消費量との相関**
 - ・ 「エネルギー消費量」は「満足・幸福」から弱い負の影響（- 0.12）を受けている。また、「住環境への満足度」は「満足・幸福」を介して、「近隣・イベント」は「住環境への満足度」と「満足・幸福」を介して「エネルギー消費量」に対し、いずれも - 0.05 未満の非常に弱い負の影響度を与えている。
 - ・ ホーチミンでも、QOL 指標とエネルギー消費量間の相関は無視する程度の弱いものである。
 - ・ 「住環境への満足度」は「世帯属性」から直接効果と間接効果を合わせて 0.19 の影響を受けており、また「住宅属性」からもある程度の負の影響（- 0.27）を受けている。
 - ・ これより、ホーチミンでは、世帯収入が比較的に多い集合住宅に住んでいる人ほど、住環境に対する満足度が高く、さらに全体的な満足度や幸福度も高い傾向がある。

3) ハノイ

① 因子分析

ハノイの場合は、①現住まいへの満足、②イベント重視、③経済的余裕、④全体的満足・幸福の4つの因子が選ばれた。

第1因子をみると、「住居環境への満足度」の寄与度が高く、「現住まいへの満足」と解釈できる。第2因子では、「近隣や地域との交流」の寄与率が高く、「イベント重視」と解釈できる。第3因子については、「経済的ゆとり」が特に寄与度が高く、第4因子では、「全体的満足度や幸福度」の寄与度が非常に高い。

表(2,3)-26 因子分析結果 (ハノイ)

Loadings:	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
	現住まいへの満足	イベント重視	経済的余裕	全体的満足・幸福
全体的満足度			0.120	0.909
全体的幸福度			0.116	0.976
運動頻度		0.469	0.123	0.152
家族揃って食事する頻度	0.191	0.144		0.242
経済的ゆとり	-0.189		0.718	0.231
読書・新聞頻度	-0.293	0.310		
健康状態		0.160	0.254	0.154
睡眠質	0.179		0.495	
ストレス度		-0.105	-0.606	0.174
友人との連絡頻度			0.343	-0.220
仕事に対するやりがい	0.146		0.765	0.190
余暇・娯楽の頻度			0.312	-0.210
老後不安	0.518	-0.769		
省エネ意識	-0.259			
将来への希望		0.143	0.589	
住まいへの愛着度	0.490	0.359		
住まいへの満足度	0.588	0.101		0.305
居間の温熱環境への満足度	0.704	0.109	0.124	
家全体の換気の満足度	0.924			
家全体の明るさの満足度	0.732		0.220	-0.255
近隣との仲	0.295	0.504		
近隣との交流頻度	0.260	0.630	-0.185	-0.117
近隣イベントへの参加頻度	0.104	0.698		-0.102
地域イベントへの参加頻度	-0.114	0.832	0.183	
公共施設の利用頻度	-0.431	0.132		
Factor	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
SS badings	3.396	3.031	2.559	2.300
Proportion Var	0.136	0.121	0.102	0.092
Cumulative Var	0.136	0.257	0.359	0.451
Factor Correlations	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4
Factor1	1.000	0.262	0.330	0.193
Factor2	0.262	1.000	0.296	0.253
Factor3	0.330	0.296	1.000	0.077
Factor4	0.193	0.253	0.077	1.000

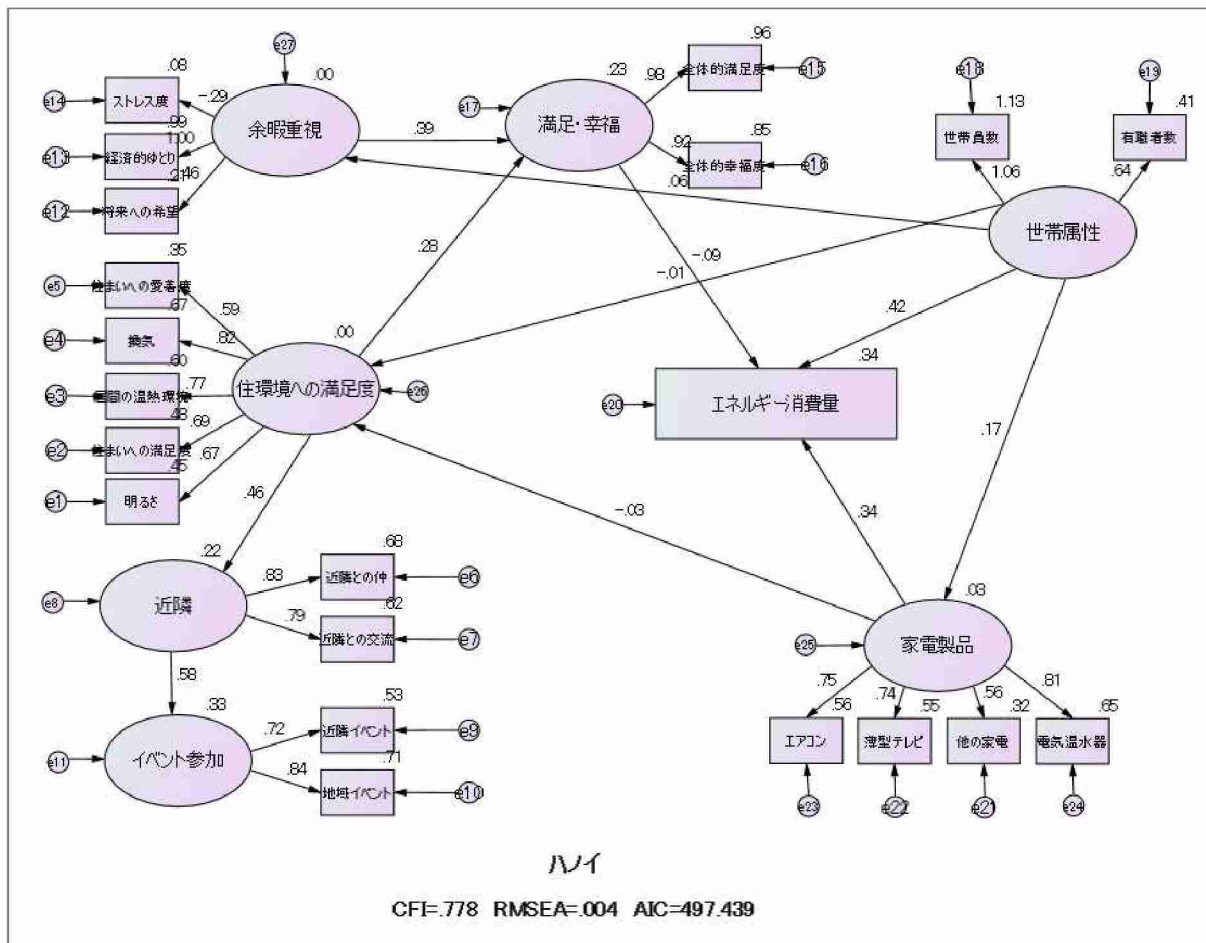
② 共分散構造分析

◇ 潜在変数と観測変数

- ・ 「近隣」、「イベント参加」、「余暇重視」、「住環境への満足度」、「満足・幸福」、「世帯属性」、「家電製品」の7つの潜在変数と、21つの観測変数が抽出されている。

◇ 適合度

- ・ モデルでは CFI=0.778、RMSEA=0.004、カイ 2 乗=351.439、有意確率(p 値)=0.000、ほとんどのパス係数は 5%未満の有意性が得られている²⁴。



図(2,3)- 45 QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデル（ハノイ・標準化推定値）

表(2,3)- 27 モデルによる標準化総合効果（ハノイ）

ハノイ	世帯属性	家電製品	住環境への満足度	余暇重視	近隣	満足・幸福
家電製品	0.17	-	-	-	-	-
住環境への満足度	-0.01	-0.03	-	-	-	-
余暇重視	0.06	-	-	-	-	-
近隣	-0.01	-0.01	0.46	-	-	-
満足・幸福	0.02	-0.01	0.28	0.39	-	-
イベント参加	-	-0.01	0.27	-	0.58	-
エネルギー消費量	0.47	0.34	-0.03	-0.04	-	-0.09

²⁴世帯属性及び家電製品と住環境への満足度間、世帯属性と余暇重視間、世帯属性と家電製品間、エネルギーと満足・幸福間のパス係数（確率）は5%を超。

◇ QOL 各種指標間の相関

- ・ QOL 各種指標の中で「満足・幸福」に直接影響を与えるのは、「住環境への対する満足度」と「余暇重視」であり、パス係数はそれぞれ 0.28 と 0.39 となっている。
- ・ 「住環境への対する満足度」の高い人ほど、近隣との交流や近隣イベントに参加する頻度が高い。
- ・ 「余暇重視」する人や「住環境への満足度」が高い人は、満足感・幸福感も強く感じている。また、住環境への満足度が高い人は、近隣付き合いや近隣・地域イベントに参加する頻度も高い。

◇ 基本属性間とエネルギー消費量との相関

- ・ 「世帯属性」は「家電製品」に 0.17 の比較的弱い影響を与えている。
- ・ 「エネルギー消費量」は、「世帯属性」から 0.47（直接・間接効果を合わせて）、「家電製品の台数」から 0.34 の影響度を与えており、ホーチミンに比べると世帯属性や家電製品の台数からの影響が弱い。

◇ QOL 各種指標と基本属性及びエネルギー消費量との相関

- ・ 「エネルギー消費量」は「満足・幸福」から非常に弱い負の影響（- 0.09）を受けている。また、「住環境への満足度」は「満足・幸福」を介して、「余暇重視」は「満足・幸福」を介して「エネルギー消費量」に対し、いずれも非常に弱い負の影響度を与えている。
- ・ ハノイも、上述のバンコクやホーチミンと同様に、QOL 指標とエネルギー消費量間の相関は無視する程度の弱いものである。
- ・ 「住環境への満足度」は、「世帯属性」と「家電製品」から非常に弱い負の影響を受けている。
- ・ 「余暇重視」、「世帯属性」非常に弱い正の影響を受けている。
- ・ ハノイの調査対象では、QOL 指標とエネルギー消費量間、並びに、QOL 指標と基本属性間にもほとんど相関が見られない。

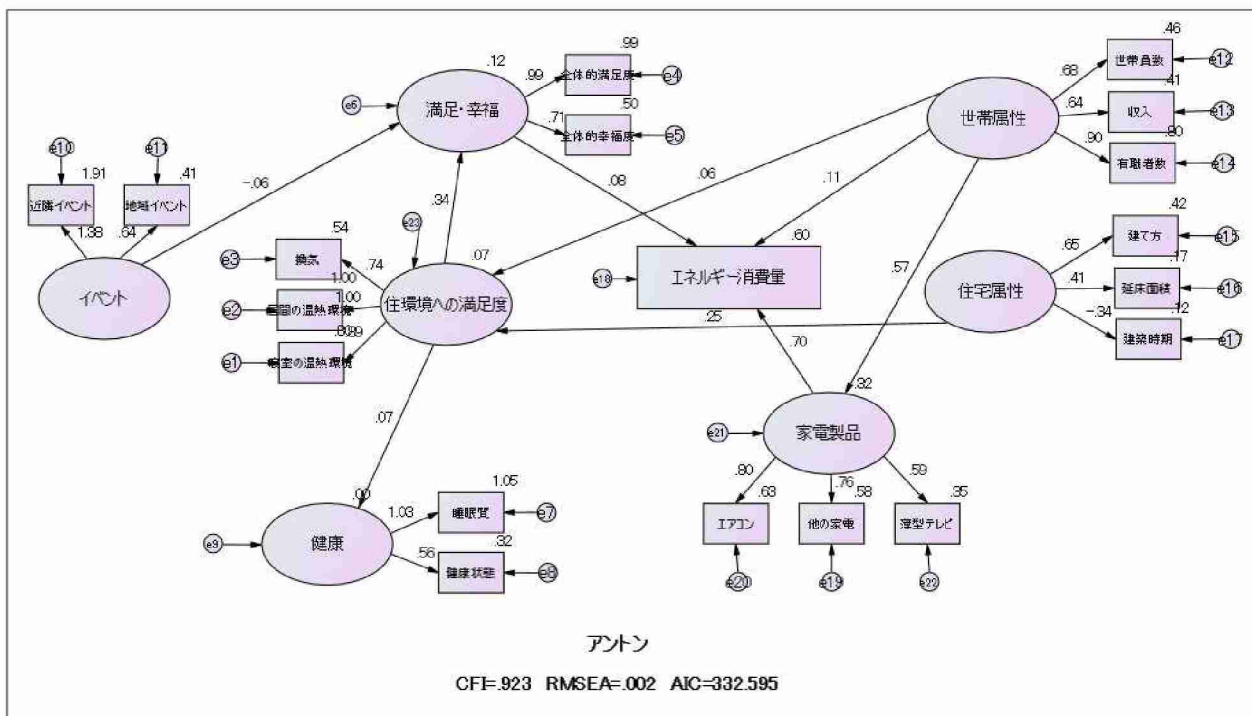
4) タイの近郊農村地域（アントン）：共分散構造分析

✧ 潜在変数と観測変数

- ・ 「イベント」、「住環境への満足度」、「満足・幸福」、「世帯属性」、「住宅属性」、「家電製品」の6つの潜在変数と、18つの観測変数が抽出され、都市部に比べると特に観測変数が少なく抽出されている。

✧ 適合度

- ・ モデルでは CFI=0.923、RMSEA=0.002、カイ 2 乗=202.595、有意確率(p 値)=0.001 である。



図(2,3)- 46 QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデル（アントン・標準化推定値）

表(2,3)- 28 モデルによる標準化総合効果（アントン）

アントン	世帯属性	イベント	住宅属性	住環境への満足度	家電製品	満足・幸福
住環境への満足度	0.06	-	0.25	-	-	-
家電製品	0.57	-	-	-	-	-
健康	-	-	0.02	0.07	-	-
満足・幸福	0.02	-0.06	0.09	0.34	-	-
エネルギー消費量	0.51	-0.01	0.01	0.03	0.70	0.08

✧ QOL 各種指標間の相関

- ・ QOL 各種指標の中で「満足・幸福」に直接影響を与えるのは、「住環境への満足度」と「イベント」で、パス係数はそれぞれ 0.34 と - 0.06 となっている。
- ・ タイの近郊農村地域でもバンコクと同様に、「満足・幸福」は「住環境への満足度」によって影響を受けることがわかる。
- ・ 「住環境に対する満足度」は「健康」と相関はあるものの、非常に弱い影響を与えている。

◇ 基本属性間とエネルギー消費量との相関

- ・ 「世帯属性」は「家電製品」の台数に0.57という大きな影響を与えている。
- ・ 「エネルギー消費量」は、「世帯属性」から直接効果と間接効果合わせて0.51、「家電製品」から0.70の影響度を与えている。
- ・ タイの近郊農村部では、「世帯属性」と「家電製品（エアコン、薄型テレビ等）」の台数がエネルギー消費量を大きく左右する要因である。

◇ QOL 各種指標と基本属性及びエネルギー消費量との相関

- ・ 「エネルギー消費量」は「満足・幸福」から非常に弱い正の影響（0.08）を受けている。また、「住環境への満足度」や「イベント」は「満足・幸福」を介して、「エネルギー消費量」にいずれも弱い影響度を与えている。
- ・ タイの近郊農村部でも、QOL 指標とエネルギー消費量間の相関は無視する程度の弱いものである。
- ・ 「住環境への満足度」は「世帯属性」からは弱い影響、「住宅属性」からはある程度の影響（0.25）を受けている。
- ・ バンコクと同様に、築年数が浅く広い戸建やタウンハウスに住んでいる人ほど住環境に対する満足度が高く、さらに全体的な満足度や幸福度も高くなる可能性が示唆される。

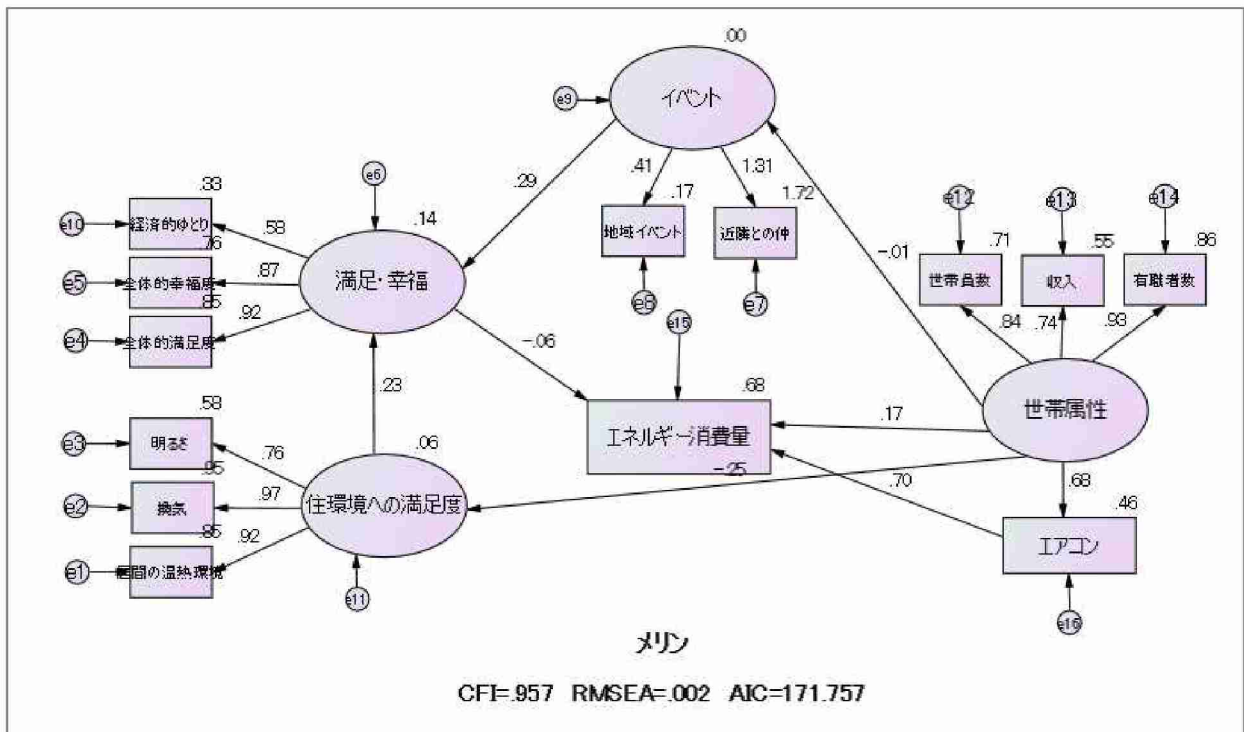
5) ベトナムの近郊農村地域（メリン）：共分散構造分析

◇ 潜在変数と観測変数

- ・ 「イベント」、「住環境への満足度」、「満足・幸福」、「世帯属性」の4つの潜在変数、及び13つの観測変数が選ばれ、他の地域に比べて非常に少ない潜在変数と観測変数が抽出されている。

◇ 適合度

- ・ モデルでは CFI=0.957、RMSEA=0.002、カイ 2 乗=81.757、有意確率(p 値) =0.027 となり、モデルの適合度が最も高い地域である。



図(2.3)- 47 QOL指標と基本属性及びエネルギー消費量の影響要因モデル（メリン・標準化推定値）

表(2,3)-29 モデルによる標準化総合効果（メリン）

メリン	世帯属性	イベント	住環境への満足度	エアコン	満足・幸福
イベント	-0.01	-	-	-	-
住環境への満足度	-0.25	-	-	-	-
エアコン	0.68	-	-	-	-
満足・幸福	-0.06	0.29	0.23	-	-
エネルギー消費量	0.65	-0.02	-0.01	0.70	-0.06

◇ QOL 各種指標間の相関

- ・ QOL 各種指標の中で「満足・幸福」に直接影響を与えるのは、「住環境に対する満足度」と「イベント」で、パス係数はいずれも 0.3 程度となっている。
- ・ メリンでは、「近隣・地域イベント」によく参加する人や「住環境に対する満足度」も高い人ほど、満足感・幸福感も強く感じる傾向が見られる。

◇ 基本属性間とエネルギー消費量との相関

- ・ 「世帯属性」は「エアコン」という観測変数に 0.68 の強い影響を与えている。
- ・ 「エネルギー消費量」は、「世帯属性」から直接・間接合わせて 0.65、「エアコンの台数」から 0.70 という強い影響度を与えている。
- ・ ハノイ市の近郊農村地域では、「世帯属性」と「エアコン」の台数がエネルギー消費量の増減に大きく影響していることが分かる。

◇ QOL 各種指標と基本属性及びエネルギー消費量との相関

- ・ 「エネルギー消費量」は「満足・幸福」から弱い負の影響（- 0.06）を受けている。また、「住環境への満足度」と「イベント」は「満足・幸福」を介して、「エネルギー消費量」に対し、いずれも - 0.02 未満の非常に弱い負の影響度を与えている。
- ・ ハノイ市の近郊農村地域でも、QOL 指標とエネルギー消費量との相関は無視する程度の弱いものである。
- ・ 「世帯属性」は「住環境への満足度」に - 0.25 の直接効果を有しているが、「イベント」との相関は無視できる程度である。
- ・ ハノイ市の近郊農村地域では、世帯収入が高いほど住環境に対する満足度が比較的に低いことが示唆される。

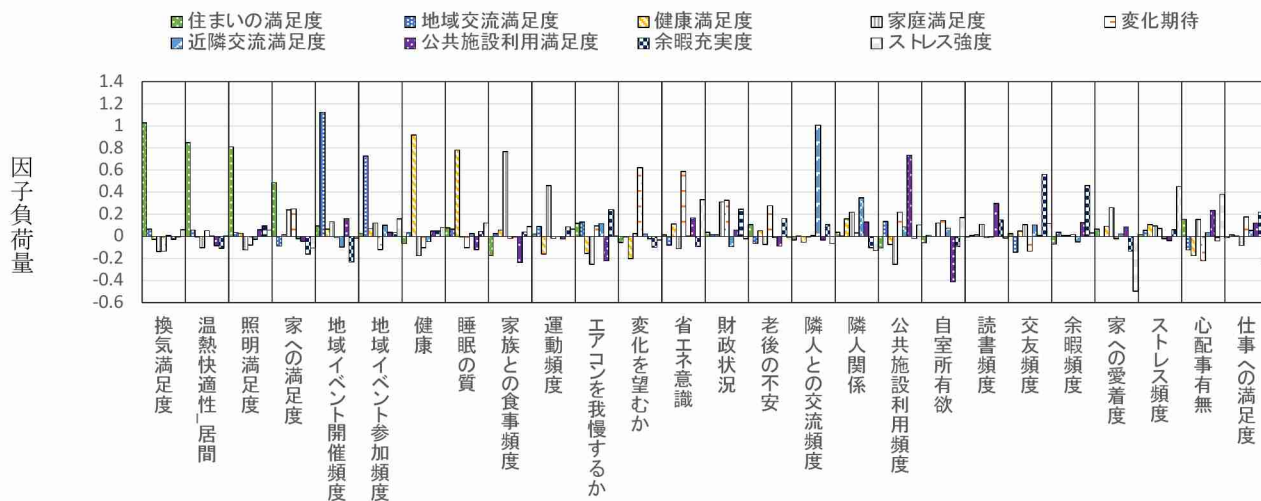
6) カンボジア

① 因子分析

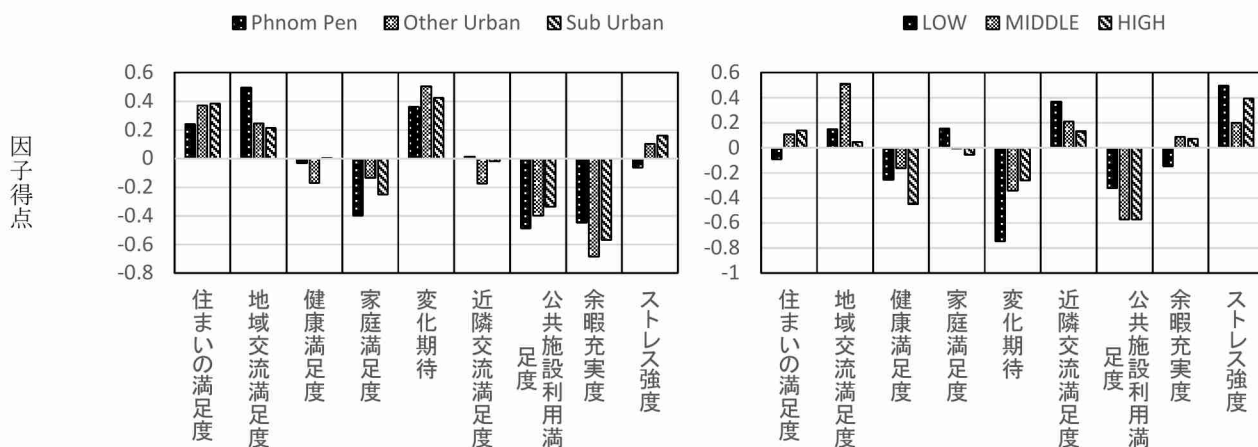
カンボジアの場合は、まず、因子負荷量の絶対値が大きい設問の特徴を踏まえ、9つの因子をそれぞれ住まいの満足度、地域交流満足度、健康満足度、家庭満足度、変化期待、近隣交流満足度、公共施設利用満足度、余暇充実度、ストレス強度と定義した。

次に、9つの共通因子に対する、各世帯の因子得点を、地域別・所特別に比較した。因子得点はある共通因子に対する世帯の満足度を定量的に示した値で、値が高いほどその共通因子に対する満足度が高いことを示す。

カンボジアでは、郊外にいくほど地域交流満足度は減少傾向にあり、住まいの満足度・公共施設利用満足度・ストレス強度は増加傾向である。また、高所得層ほど住まいの満足度・変化期待は増加し、家庭満足度・近隣交流満足度は減少傾向にある。



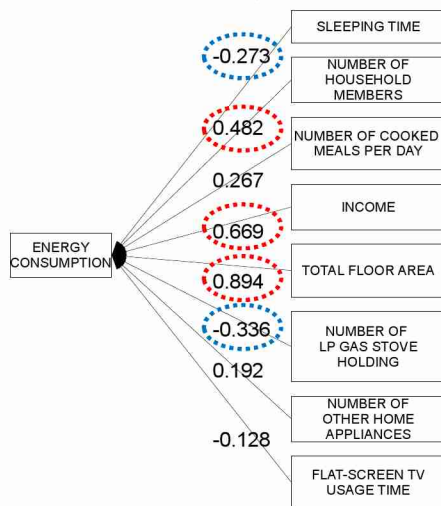
図(2,3)- 48 QOLに関わる設問の共通因子の抽出 (カンボジア)



図(2,3)- 49 共通因子に対する地域別・所得別因子得点の比較 (カンボジア)

② 共分散構造分析

プノンペンの共分散構造分析の結果を示す。睡眠時間、LPガスコンロ保有台数は世帯あたりエネルギー消費量を減少し、世帯員数、収入、延床面積 (㎡/戸) は世帯あたりエネルギー消費量を増加する。QOLに関わる共通因子とQOL、および世帯あたりエネとの間に有意なパスはないため、QOLに関わる共通因子が世帯あたりエネルギー消費量に与える影響を非線形で評価する。



図(2,3)- 50 プノンペンの共分散構造分析の結果

(3) 非線形混合効果モデルによる分析

近郊農村部においては、非線形混合効果モデルによる明確な傾向が見られなかったため、以下には都市部（バンコク、ハノイ、ホーチミン、プノンペン）の分析状況のみ記載する。

1) バンコク

各因子のウェイトを求めるため、標準偏回帰係数を算出したところ、第4因子（意識）が総合評価に強く影響を及ぼすことが分かった。図(2,3)-51の縦軸は、潜在変数の世帯あたりエネルギー消費量への影響力、横軸はQOLに関わる共通因子の因子得点であり、因子得点が高いほどその共通因子に対する満足度が高いことを表す。

バンコクの場合は、第4因子は95%信頼区間（灰色の領域）に0を含めておらず、両因子の効果は有意に0から離れており、統計的に5%水準有意である結果が得られた。すなわち、第4因子への寄与度が高かった健康意識、政治への関心・満足、省エネ意識が一定以上に高くなることにつれ、エネルギー消費量が少ない傾向が見られた。

2) ホーチミン

各因子のウェイトを求めるため、標準偏回帰係数を算出したところ、第3因子（全体的満足・幸福）が総合評価に強く影響を及ぼすことが分かった。第3因子への寄与度が高かった全体的満足度・幸福度がある程度に達したらことにつれ、エネルギー消費量が減少する傾向がみられた。

共分散構造分析でも「住環境への満足度」は「世帯属性」及び「住宅属性」からも影響を受けており、住環境に対する満足度が高いほど、「全体的な満足度や幸福度」も高い結果が得られており、線形モデルと非線形モデルを用いた分析結果の整合性が取れた。

すなわち、ホーチミンの場合は、室内温熱環境・換気・日当たりなど現住まいへの満足度が高くなることにつれエネルギー消費量が減少する傾向が現れていることから、住環境を改善しつつ住民の健康を保ち、さらに生活の質を低減させず省エネを実現できる方策が有効的であると言える。

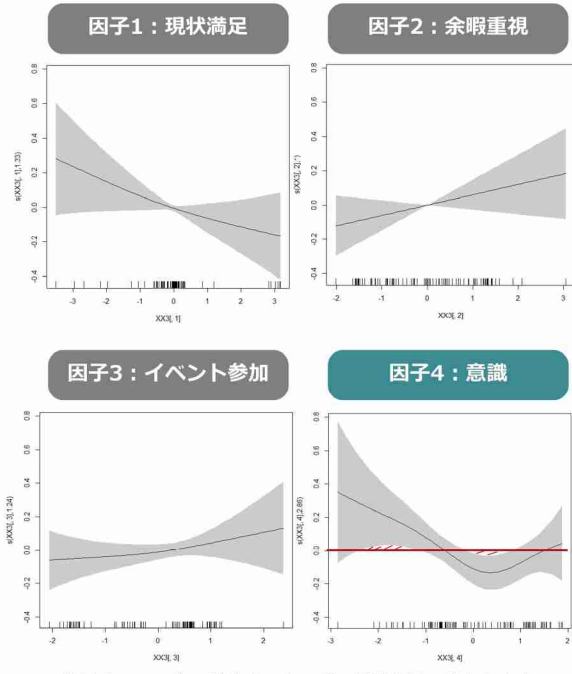
3) ハノイ

ハノイの場合は、「住居環境への満足度」の寄与度が高い第1因子が総合評価に強く影響を及ぼすことが分かった。すなわち、第4因子への寄与度が高かった現在の住まいが一定以上に高くなることにつれ、エネルギー消費量が少ない傾向が見られた。

ハノイもホーチミンと同様に、室内温熱環境・換気・日当たりなど現住まいへの満足度が高くなることにつれエネルギー消費量が減少する傾向が現れており、ベトナムの両地域では、住環境を改善することにより、住民の健康を保つことができ、また生活の質を低減させず省エネに繋がる可能性があることがわかった。

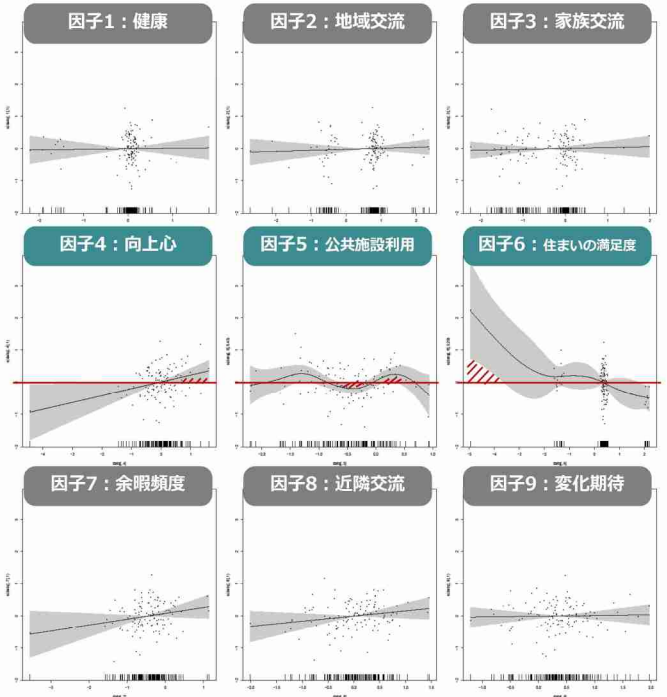
4) プノンペン

プノンペンの場合は、世帯あたりエネルギー消費量を目的変数として、QOLに関わる9つの共通因子との非線形効果を分析した結果、①向上心が高くなるにつれエネルギー消費量が減少、②公共施設利用頻度が一定以下であるにつれエネルギー消費量が減少、③住まいの満足度が高くなるにつれエネルギー消費量は減少する、という3つのトレンドが見られた。

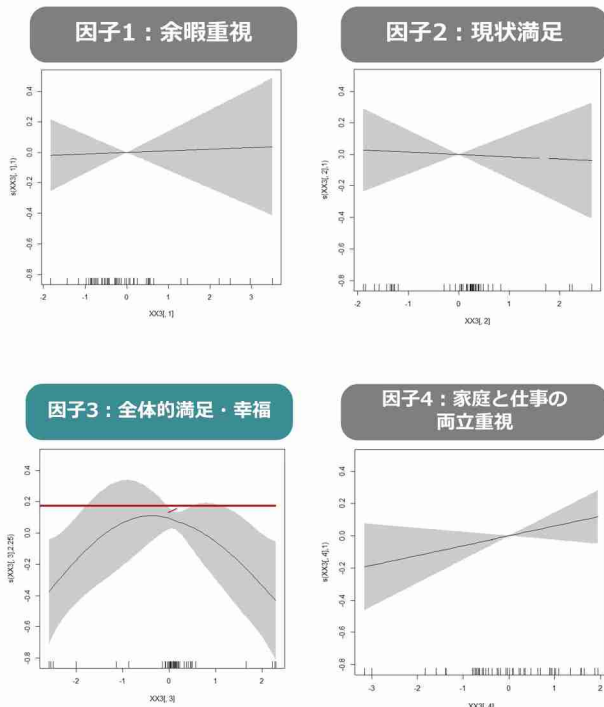


※横軸は因子の値、縦軸はエネルギー削減効果の強さを表す。

【バンコク】

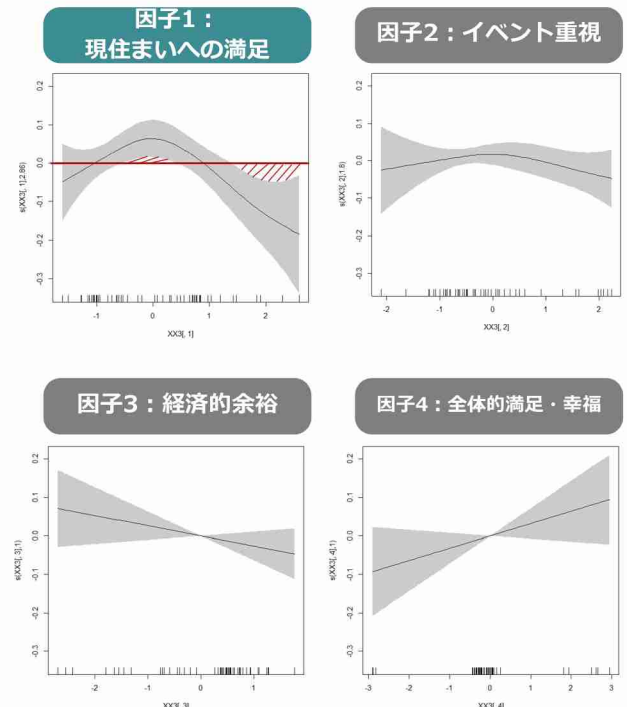


【プノンペン】



※横軸は因子の値、縦軸はエネルギー削減効果の強さを表す。

【ホーチミン】



※横軸は因子の値、縦軸はエネルギー削減効果の強さを表す。

【ハノイ】

図(2,3)- 51 地域別の非線形混合効果モデルによる推定結果

4.1.3 計測調査

(1) 調査実施スケジュールと計測対象機器のサンプル数

図(2,3)- 52に計測調査の実施スケジュールを示す。3地域を同時期に調査しているが、計測機器の調達方法や調査世帯の選定方法など各地域で事情が異なるため、計測期間にずれが生じている。表(2,3)- 30に本調査で計測した計測箇所および家電機器の計測点数の一覧を示す。前述の計測点数の目安と比較すると、各地域の各家電機器で概ね目安とした計測点数を満たした結果となっており、各地域の合計点数も目安の計測点数を満たしている。

以降、表(2,3)- 30のNo.1～10までの計測箇所または家電機器ごとに報告する。No.11のウォーターポンプは計測点数が少なく、欠測も多いため、報告から除外した。No.12とNo.13の照明、照明+コンセントは計測している照明の範囲が1フロア、1居室と計測世帯により異なり比較が困難なため、本報告から除外した。

地域	調査内容	2016年						2017年						2018年										
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
バン コ ク	アンケート調査																							
	計測調査																							
	調査世帯の選定																							
	計測器の設置 計測																							
ハ ノ イ	アンケート調査																							
	計測調査																							
	調査世帯の選定																							
	計測器の設置 計測																							
プ ノ ン ペ ン	アンケート調査																							
	計測調査																							
	調査世帯の選定																							
	計測器の設置 計測																							

図(2,3)- 52 計測調査実施スケジュール

表(2,3)- 30 計測対象機器のサンプル数

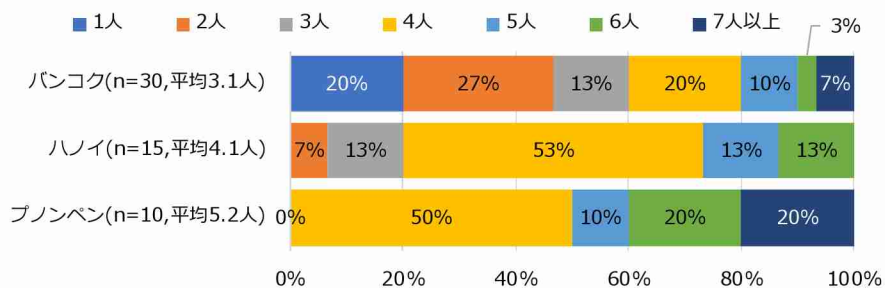
No.	計測箇所および家電機器	計測点数（点）		
		バンコク	ハノイ	プノンペン
1	住宅全体	30	15	10
2	エアコン	46	18	11
3	扇風機	5	-	-
4	テレビ	5	13	8
5	冷蔵庫	11	12	8
6	電気温水器	21	9	-
7	IHクッキングヒーター	-	5	-
8	電子レンジ	3	-	-
9	炊飯器	-	-	4
10	洗濯機	7	8	2
11	ウォーターポンプ	3	1	-
12	照明	13	-	8
13	照明+コンセント	6	-	7
	小計	150	81	58
	合計	289		

(2) 計測世帯の世帯属性および住宅属性

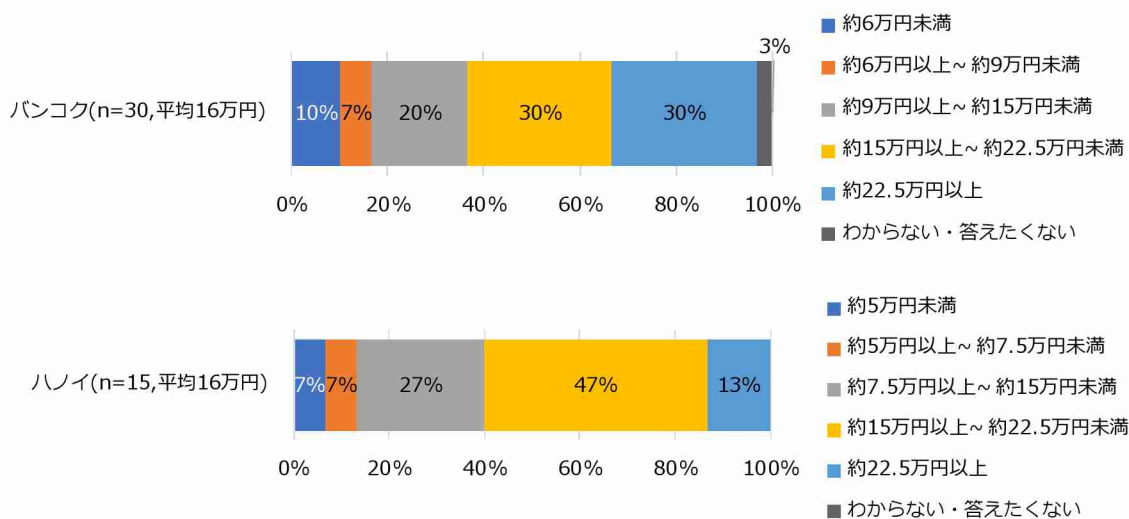
計測世帯の平均世帯人数はバンコクが3.1人/世帯、ハノイが4.1人/世帯、プノンペンが5.2人/世帯である（図(2,3)- 53）。内訳をみると、バンコクのみ単身世帯が含まれており、単身世帯と2人世帯でほぼ半数となる。ハノイとプノンペンでは半数が4人世帯であり、プノンペンでは3人以下の世帯が含まれていない。

既往統計の世帯月収は、バンコクが約12万円/月²⁵、ハノイで約2万円/月²⁶となっているが、調査世帯はエアコンを1台以上所有している世帯であるため、ハノイともに約16万円/月と統計値より高い（図(2,3)- 54）。なお、プノンペンでは世帯月収の回答が得られたのが10世帯中3世帯のため、集計は行っていない。しかし、他地域と同様にエアコンを所有している世帯を調査対象としているため、統計値よりは所得が高い世帯と考えられる。

住宅の建て方はバンコクでは戸建住宅、集合住宅、タウンハウスの分布はほぼ同等、ハノイでは集合住宅が4割、タウンハウスが6割となっている（図(2,3)- 55）。図(2,3)- 56より、平均延床面積はバンコクが130㎡、ハノイが109㎡、プノンペンが114㎡となっている。バンコクは25㎡未満の住宅から200㎡以上の住宅まで分布しており、ハノイも同様な分布となっている。プノンペンは100㎡～150㎡未満が6割、150㎡～200㎡未満が4割と他地域と比較するとやや偏った分布となった。



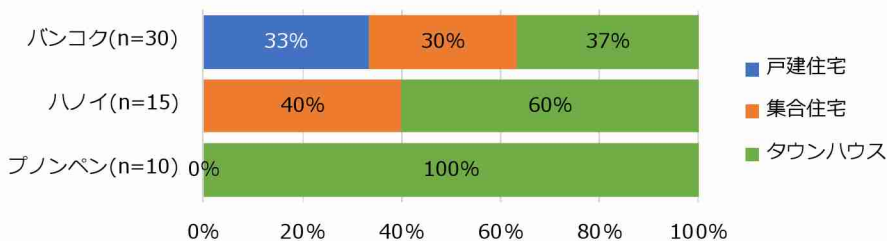
図(2,3)- 53 計測世帯の世帯人数



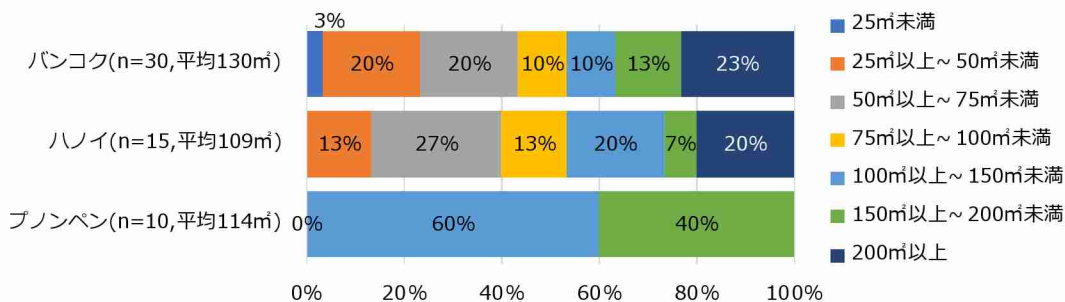
図(2,3)- 54 計測世帯の世帯月収

²⁵ 既往統計の Municipal area の Money Income の値(37,560THB)と比較、為替レートは 3.3 円/THB で計算。

²⁶ 既往統計（2016年）の Urban の値(4,368,000VND)と比較、為替レートで 0.0046 円/VND で計算。



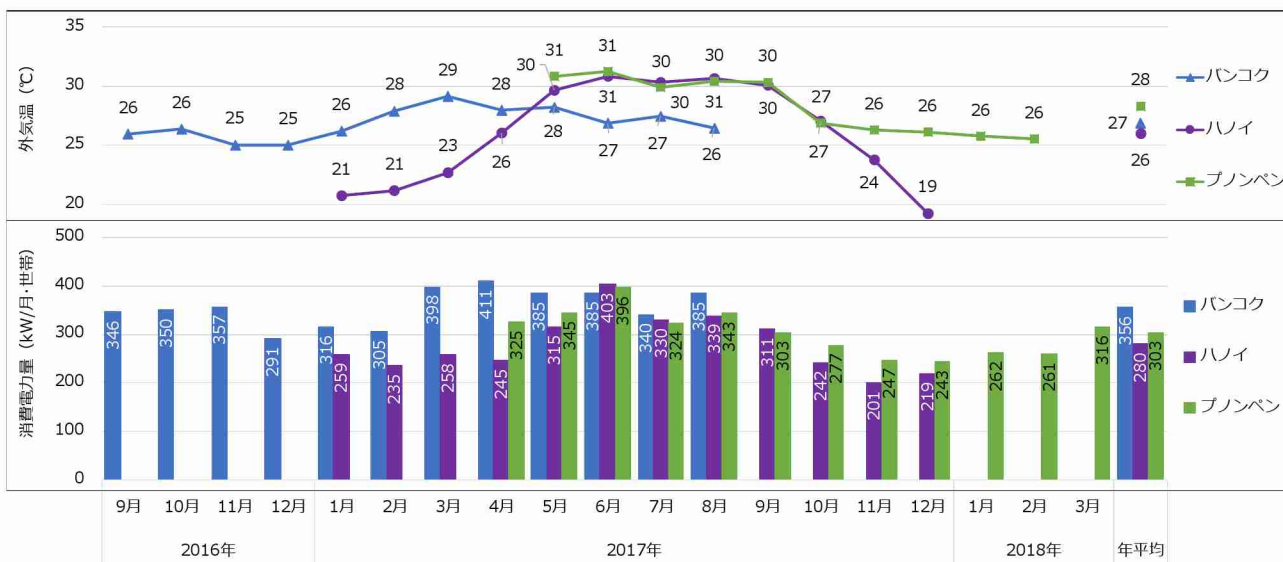
図(2,3)- 55 計測世帯の建て方



図(2,3)- 56 計測世帯の延床面積

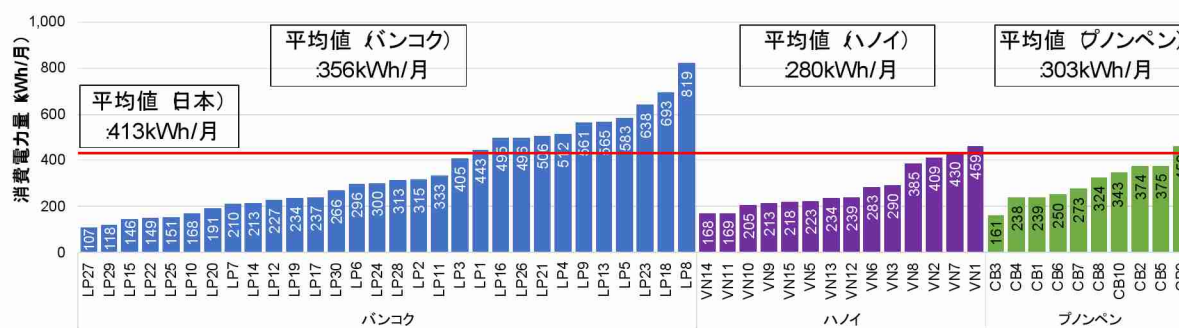
(3) 住宅全体の消費電力量

図(2,3)- 57に3地域の住宅全体の月別消費電力量と外気温の推移を示す。熱帯地域のバンコクやプノンペンでは、外気温が最も高くなる3月~6月の乾季に住宅全体の消費電力量がピークとなっている。ハノイはバンコクより北に位置しているため、冬季期間がある。そのため、住宅全体の月平均消費電力量の変動はバンコクよりも大きく、ピークは6月~8月となっている。年間平均消費電力量は大きい順にバンコク、プノンペン、ハノイとなっており、年間平均外気温の大小と概ね一致する。バンコクとプノンペンで年間平均消費電力量が年平均外気温と逆転しているが、これは経済発展の進んでいるバンコクのほうがプノンペンより世帯所得が高いことが影響していると考えられる。



図(2,3)- 57 月別消費電力量 (住宅全体) と月別外気温

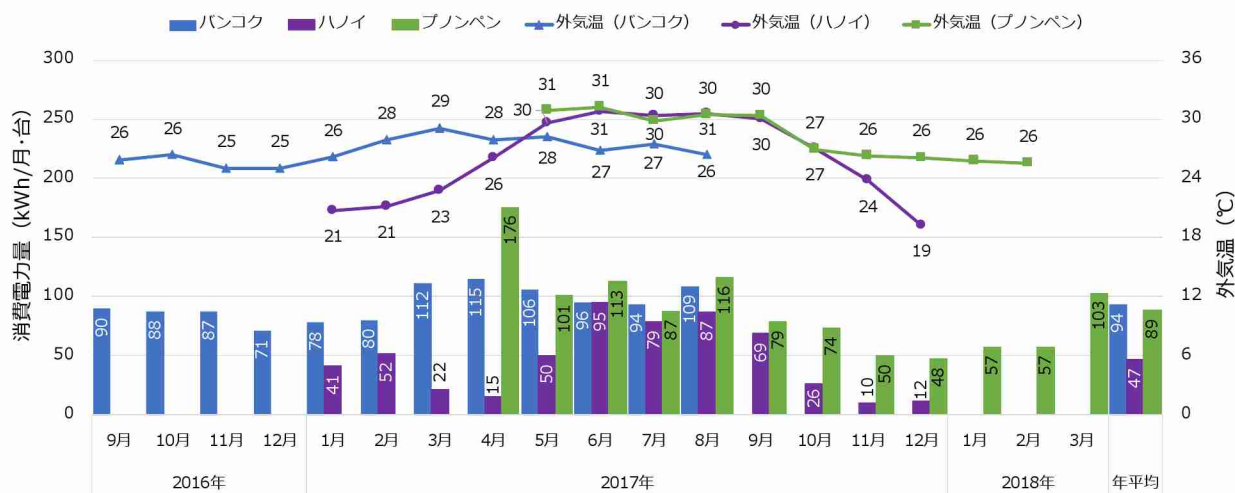
世帯別年平均消費電力量を図(2,3)- 58に示す。全地域での平均値は327kWh/月・世帯となっているが、各地域で世帯差が大きく、100kWh/月前後の世帯から800kWh/月超の世帯がいる。日本の平均が約413kWh/月²⁷であり、各地域の平均値では日本を上回ってはいないが、集計有効世帯54世帯の26%にあたる14世帯が日本を超える水準で電気を消費している。



図(2,3)- 58 世帯別年平均消費電力量（住宅全体）²⁸

(4) エアコン

エアコン1台あたりの月別消費電力量と月別外気温の推移を図(2,3)- 59に示す。住宅全体の消費電力量と同様に外気温の上昇によりエアコンの消費電力量が増加している。ハノイは冬期があるため、冬期である2017年1月～3月の消費電力量は暖房用として使用していた。なお、プノンペンの2017年4月と2018年3月の外気温は欠測となっている。



図(2,3)- 59 月別消費電力量（エアコン）と月別外気温

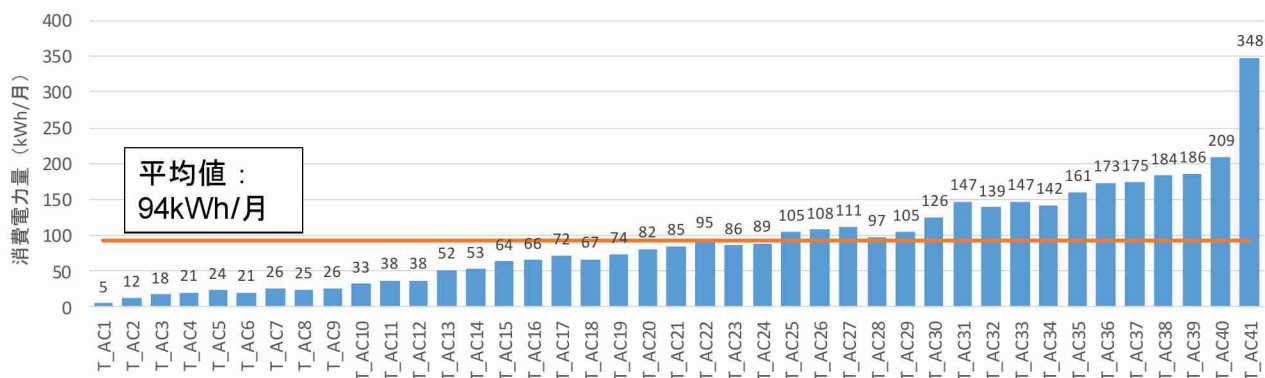
1) 月平均消費電力量（エアコン）

各地域にサンプル別の月平均消費電力量を図(2,3)- 60、図(2,3)- 61に示す。各地域でほとんど使用されていないエアコンから日本の住宅全体の月平均消費電力量に近い350kWh/月・台のエアコンまであった。既往調査より日本での冷房時のエアコン1台あたりの消費電力量は20～100kWh/月・台であり、最大で日本の3倍以上の電力を消費しているエアコンがあることがわかった。また既往調査より日本の冷房用消費電力量が約70kWh/月・世帯²⁹であることから調査対象地域において冷房用エネルギー消費量が占める割合は非常に大きい。

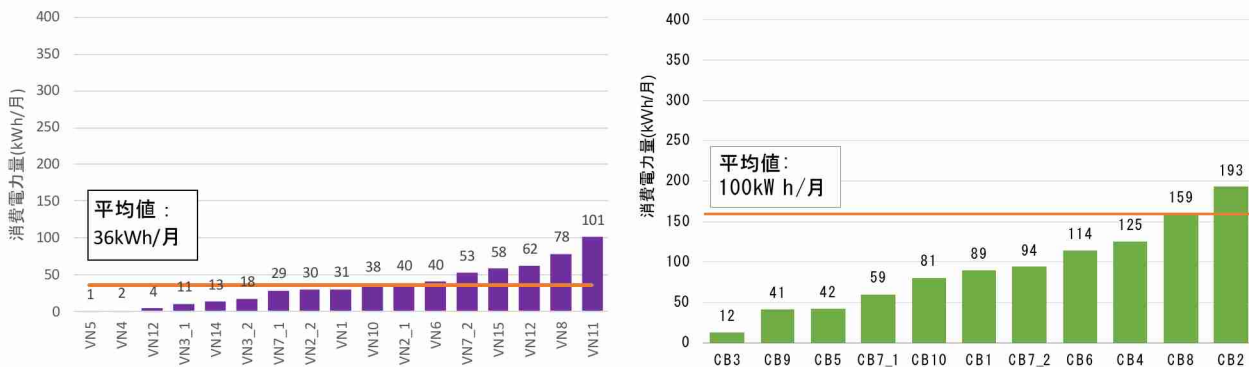
²⁷ ㈱住環境計画研究所：家庭用エネルギー統計年報（2016年版）

²⁸ VN4世帯は欠測。

²⁹ 家庭用エネルギー統計年報（2016年版）より冷房用エネルギー消費量746MJ/年・世帯から冷房期間を4ヶ月と想定し、計算。



図(2,3)-60 月平均消費電力量 (エアコン・タイ)

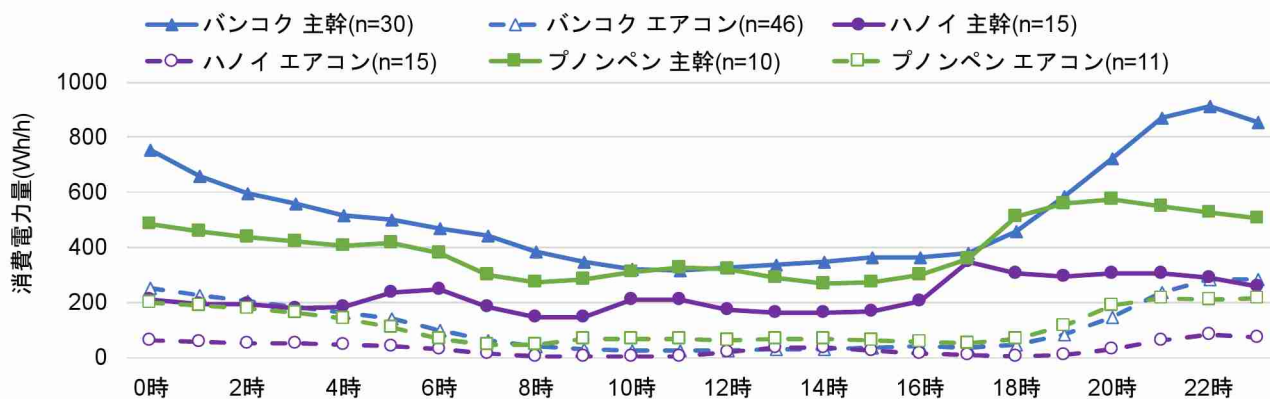


図(2,3)-61 年間消費電力量 (エアコン・他地域)

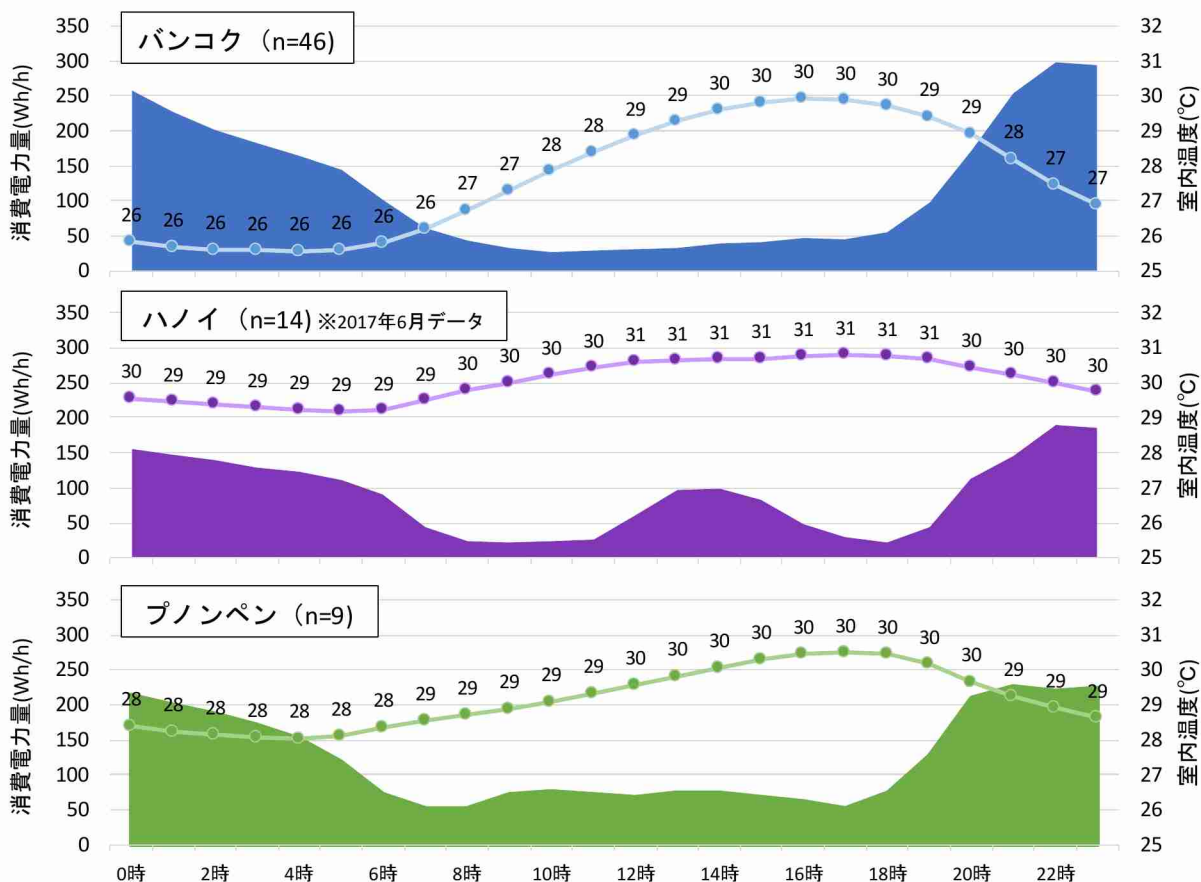
(左：ハノイ、右：プノンペン)

2) 時刻別消費電力量 (エアコン)

エアコンと住宅全体の時刻別消費電力量を図(2,3)-62に示す。どの地域もエアコンの変動に合わせて住宅全体の消費電力量も概ね変動している。主な使用時間帯は帰宅後の18時以降から翌朝6時となっており、日中はほとんど使用されていない。エアコン稼働状況と室温変動をみると、エアコン稼働状況に併せて室温が変動していることが確認できる。エアコン稼働していないと、どの地域も31℃前後まで室温が上昇しており、バンコクではエアコン稼働後、26℃まで下がっている。一方でハノイやプノンペンはエアコン稼働後に室温の低下が見られるものの、28~29℃とバンコクに比べて室温が下がっていない。



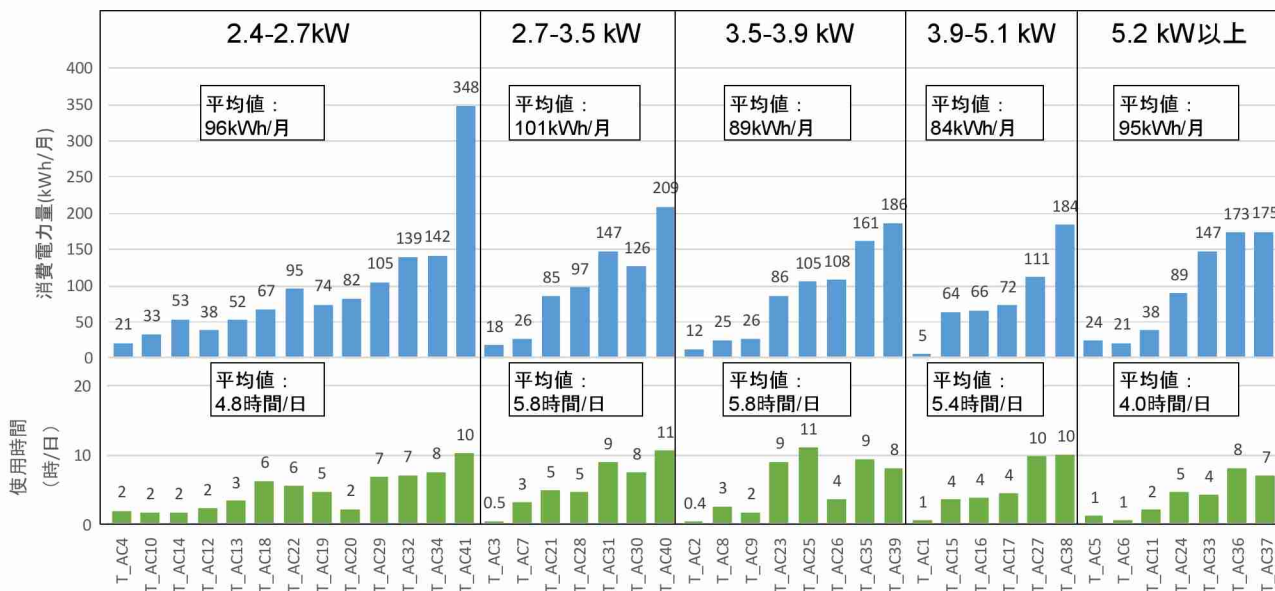
図(2,3)-62 住宅全体とエアコンの時刻別消費電力量 (再掲)



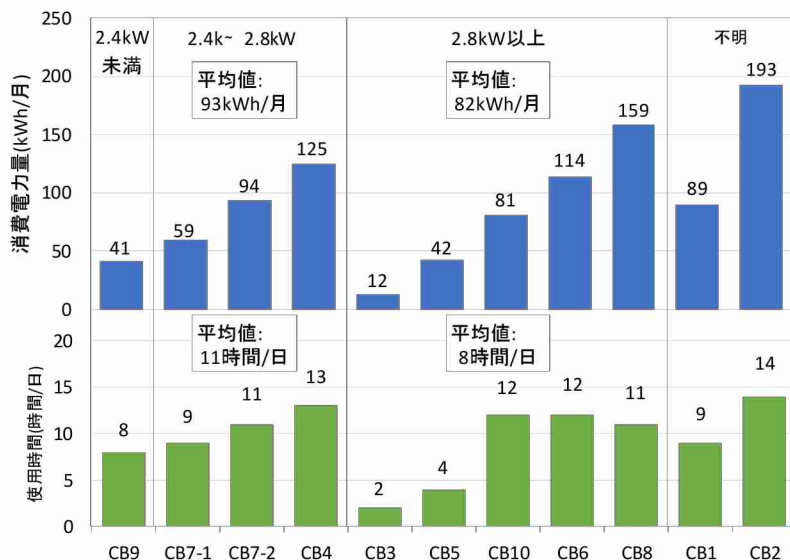
図(2,3)-63 時刻別消費電力量 (エアコン) と室内温度の変化

3) 冷房能力別消費電力量と使用時間

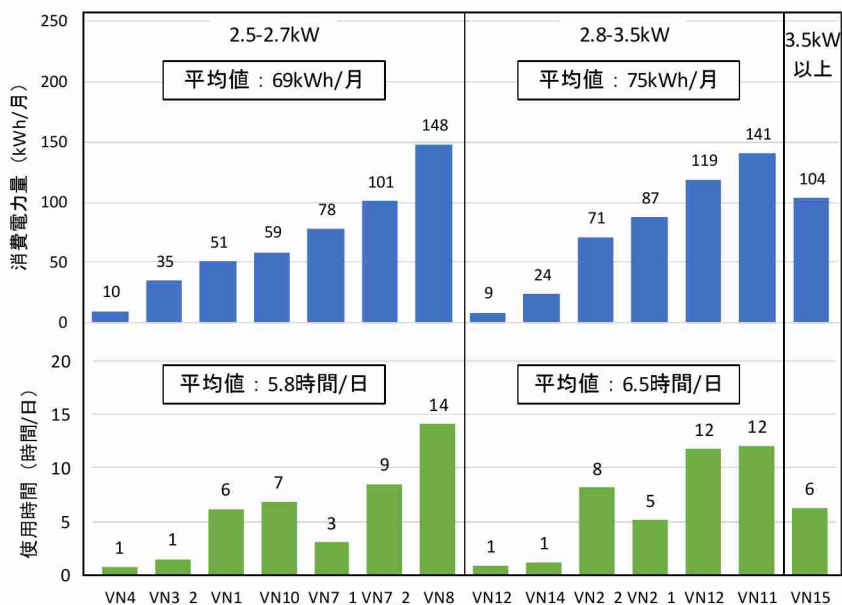
図(2,3)- 64~ 図(2,3)- 66に冷房能力別消費電力量と使用時間を示す。どの地域も冷房能力と消費電力量に大きな傾向は見られなく、使用時間に応じて消費電力量が増加している。バンコクの平均使用時間は4.6時間/日であり、最長は11時間/日となっている。プノンペンでは平均使用時間は10時間/日と他地域と比較して最長となっている。プノンペンで最も長く使用していたエアコンは14時間/日であった。ハノイは6月のみの集計だが、平均使用時間は6.1時間/日で、最も長く使用していたエアコンは14時間/日であった。



図(2,3)- 64 冷房能力別消費電力量と使用時間（エアコン・バンコク）



図(2,3)- 65 冷房能力別消費電力量と使用時間（エアコン・プノンペン）

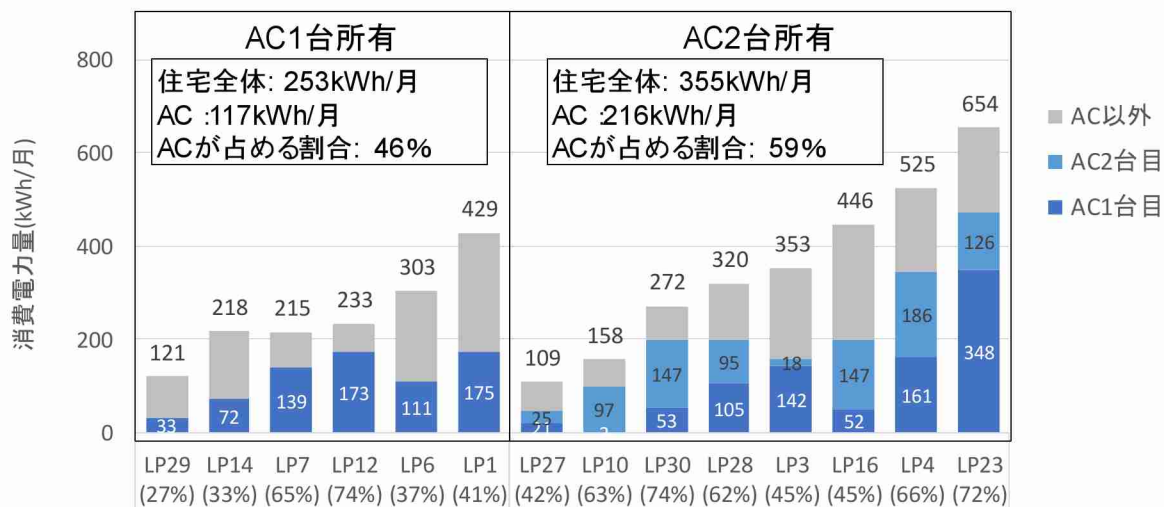


図(2,3)- 66 冷房能力別消費電力量と使用時間（エアコン・ハノイ）注）6月のデータ

4) 住宅全体の消費電力量に占めるエアコンの割合

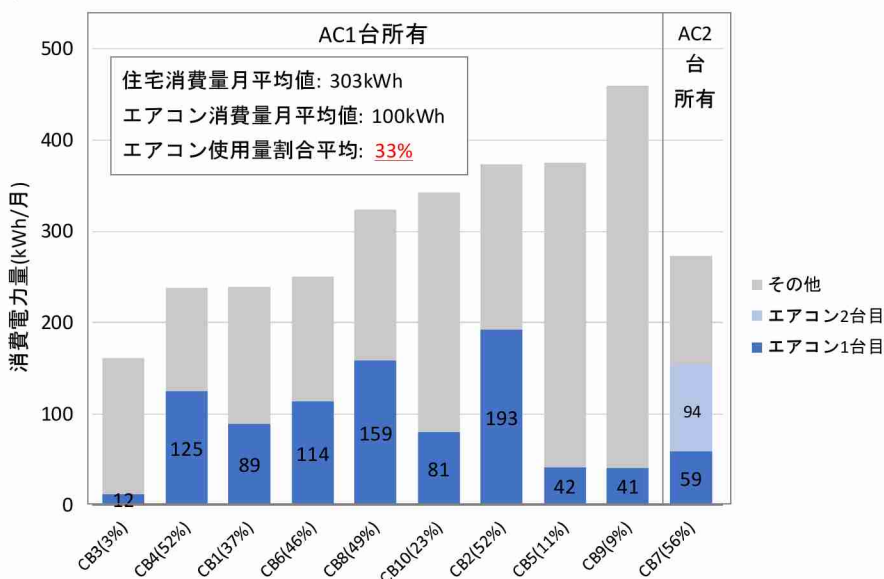
計測世帯の中から所有しているエアコン³⁰全てが計測できている世帯のみを集計対象として住宅全体の消費電力量に占めるエアコンの割合を算出した。各地域の結果を図(2,3)- 67~ 図(2,3)- 69に示す。エアコンが占める割合が最も高いのはバンコクであった。更にエアコンの所有台数によりその割合は上がり、1台所有している世帯の割合が46%に対し、2台所有している世帯の割合は59%となっている。プノンペンではエアコンを1台所有している世帯は平均で33%となり、最大値は52%となっている。ハノイは冬期があるため、図(2,3)- 69ではエアコンの使用率が高かった6月の結果と、1年間の平均を示す。1年間の平均は15%と他の地域と比較してかなり低い、6月は28%となり、プノンペンの平均値よりやや低い結果となった。この結果から調査対象地域においてはエアコンの使用を抑えることが省エネルギー対策に有効であると考えられる。

³⁰ グラフ内ではエアコンをACと表記する。

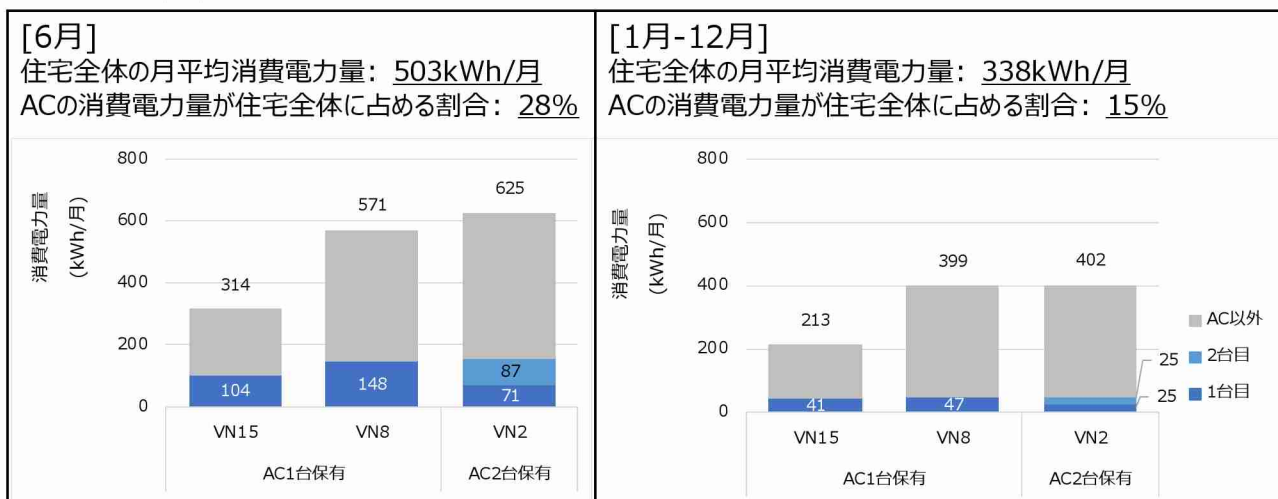


世帯人数	1	1	1	1	4	2	1	2	1	2	2	4	5	5
1台当たりの日平均使用時間	1.8	4.2	6.6	8.5	9.4	7.7	1.8	2.6	4.7	6.4	5.0	4.0	9.1	14.2

図(2,3)- 67 住宅全体の消費電力量に占めるエアコンの割合 (エアコン・バンコク)



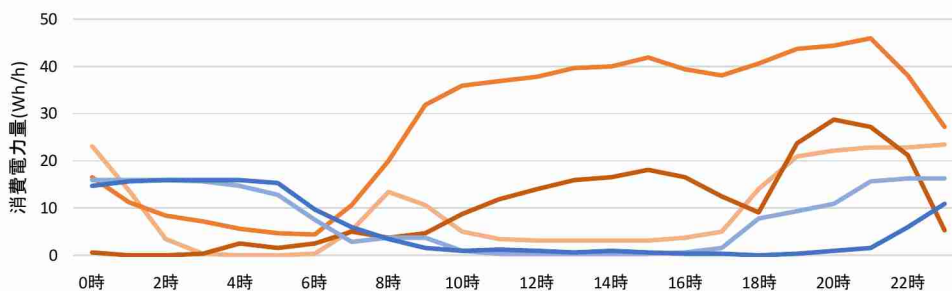
図(2,3)- 68 住宅全体の消費電力量に占めるエアコンの割合 (エアコン・プノンペン)



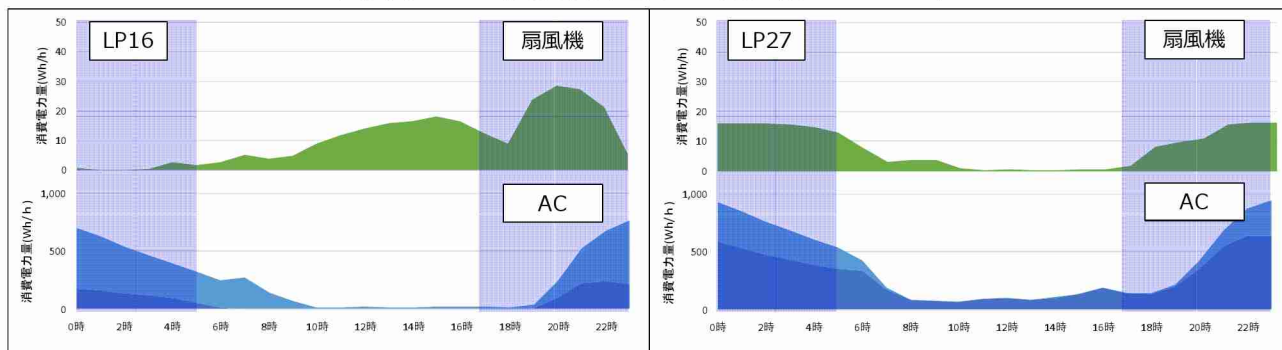
図(2,3)- 69 住宅全体の消費電力量に占めるエアコンの割合 (エアコン・ハノイ)

(5) 扇風機

月平均消費電力量は9kWh/月・台となり、最小値が4 kWh/月・台、最大値が20 kWh/月・台となった。1台あたりの消費電力量は他の家電製品と比較すると小さいが、(1)より1世帯あたり約3台所有していることから扇風機の消費電力量は27 kWh/月・世帯程度あると考えられる。エアコンと冷蔵庫（後述）に次ぐ消費電力量であると考えられる。時刻別消費電力量をみると（図(2,3)-70）、使用状況が日中から夜間と夜間のみの2種類に分かれている。エアコンの使用状況と並べると（図(2,3)-71）、各世帯の採涼方法が把握できる。LP16では日中は扇風機のみ、夜間はエアコンと扇風機を併用している。LP27では日中はエアコンも扇風機も使用せず、夜間に扇風機とエアコンを併用している。



図(2,3)-70 時刻別消費電力量（扇風機・バンコク）



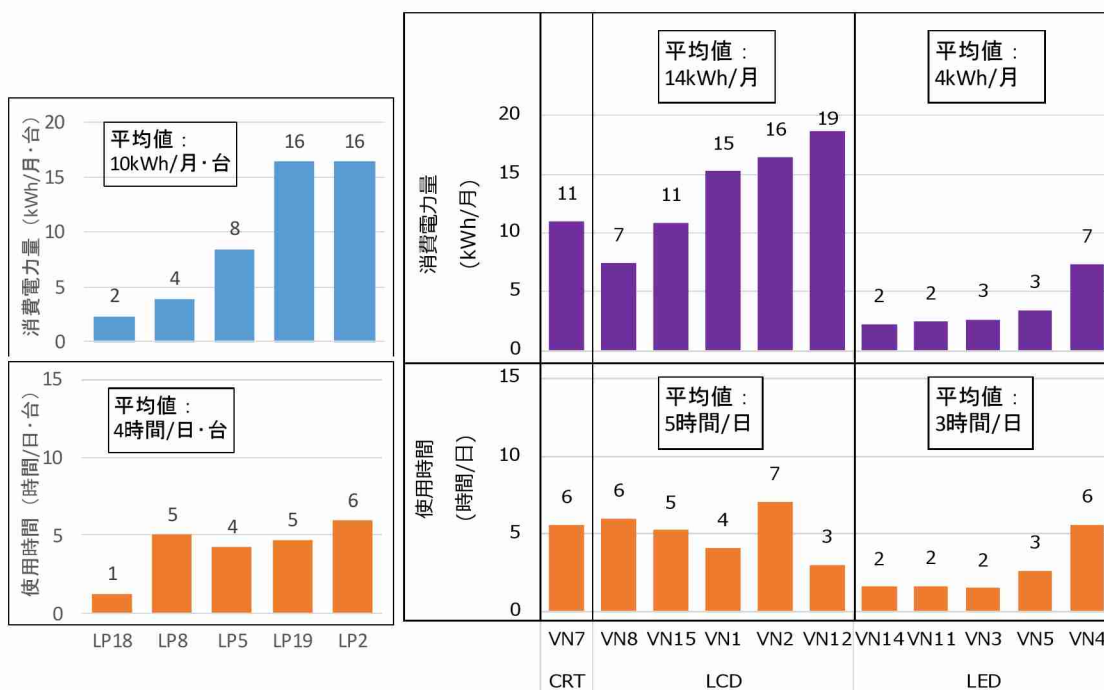
図(2,3)-71 採涼方法の例（バンコク）

(6) テレビ

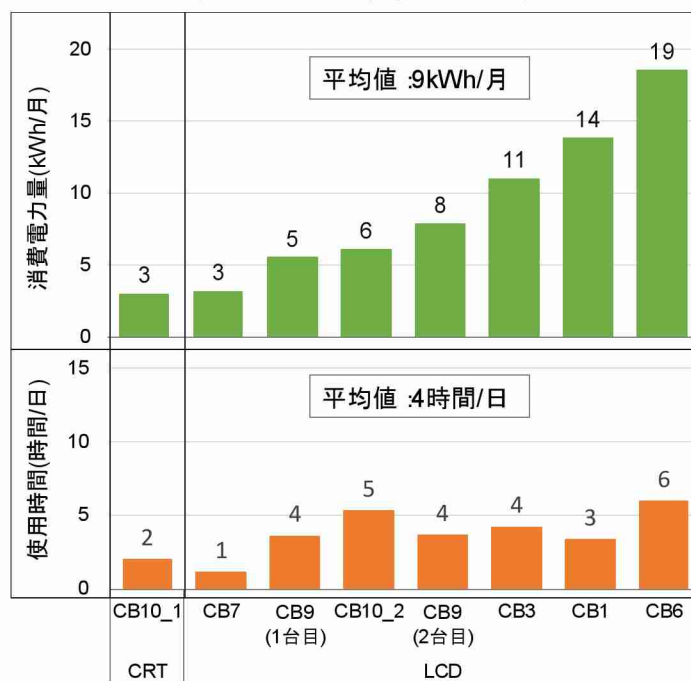
1) 月平均消費電力量と日平均使用時間（テレビ）

図(2,3)-72、図(2,3)-73に月平均消費電力量と日平均使用時間を示す。各地域で月平均消費電力量および使用時間に大きな差は見られず、消費電力量はバンコクが10kWh/月・台、ハノイが9 kWh/月・台、プノンペンが8 kWh/月・台、使用時間はバンコクが4.3時間/日・台、ハノイが4.0時間/日・台、プノンペンが4.8時間/日・台となっている。ハノイのみバックライトにLEDが使用されているテレビを計測しており、他の種類と比較して消費電力量が小さい。日本の既往研究では消費電力量が23.0 kWh/月・台³¹、使用時間が5.2時間/日・台³¹であり、使用時間が既往研究よりやや小さいが、消費電力量は半分以下という結果となった。

31 平成25年度家庭における電力消費量実測調査 報告書より、「1室に集まって過ごすことが多い（単身含む）」世帯の1台目のテレビの平均値。



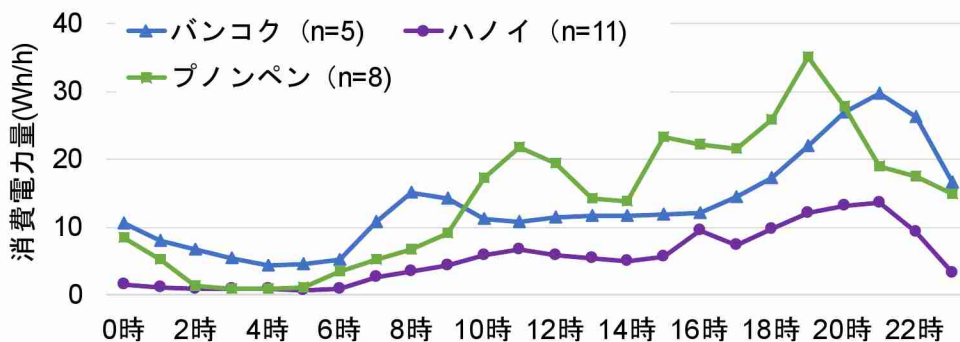
図(2,3)- 72 月平均消費電力量と日平均使用時間 (テレビ)
(左 : バンコク、右 : ハノイ)



図(2,3)- 73 月平均消費電力量と日平均使用時間 (テレビ・プノンペン)

2) 時刻別消費電力量 (テレビ)

時刻別消費電力量をみると (図(2,3)- 74)、地域別に大きな差は見られず、ピークは夕方から就寝前であり、日中の使用も見られる。



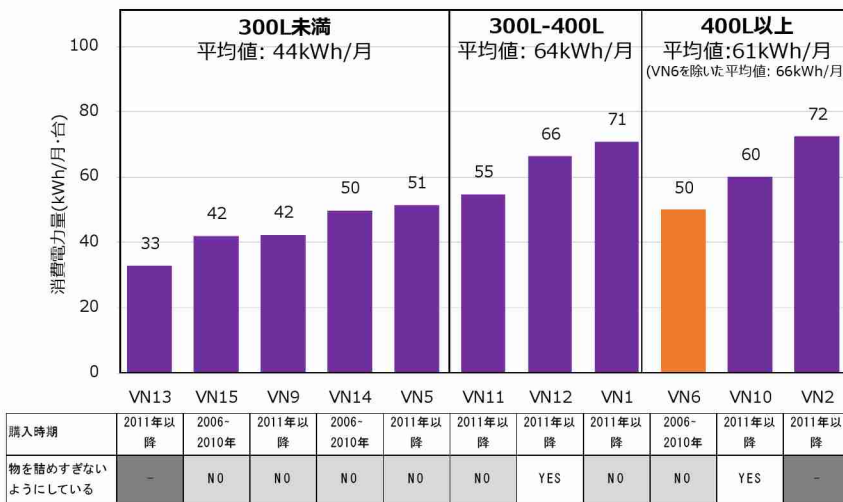
図(2,3)- 74 時刻別消費電力量 (テレビ)

(7) 冷蔵庫

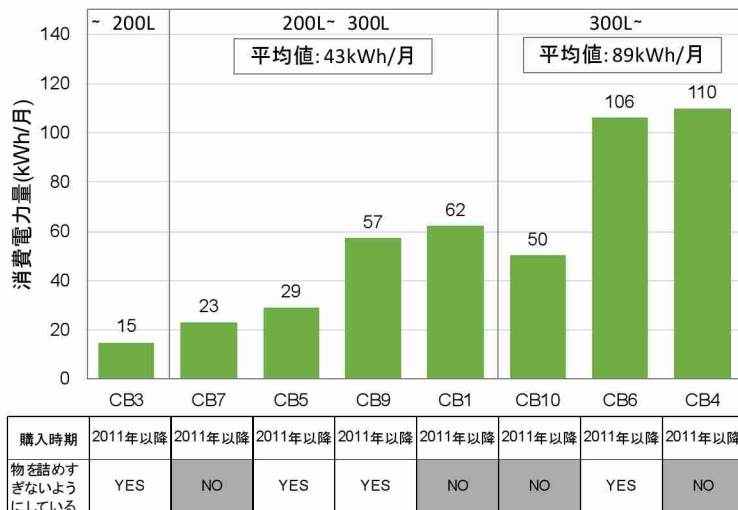
月平均消費電力量を図(2,3)- 75~ 図(2,3)- 77に示す。各地域の平均値はバンコクが68.0kWh/月・台、ハノイが53.9 kWh/月・台、プノンペンが51.0 kWh/月・台となっている。冷蔵庫の内容積がバンコクは246L、ハノイは315Lであり、300L未満の日本の既往調査データ (38.4 kWh/月・台) と比較すると、1.5倍程度大きい。ハノイの世帯 (VN6) の冷蔵庫のみインバーター搭載の機種 (図(2,3)- 76内オレンジで表記) となっており、サイズは600Lと調査サンプル中で最大サイズであったが、50kWh/月・台と他サンプルと比較すると小さい。同地域でVN5の冷蔵庫はサイズが150Lと小さいサイズの冷蔵庫であったが、51 kWh/月・台とVN6より大きい結果となった。この結果より、インバーター搭載の機種の普及等により省エネルギーの余地があると考えられる。購入時期や省エネ行動として「物の詰めすぎないようにしている」かどうかをアンケートで調査しているが、消費電力量との相関はあまり見られない。



図(2,3)- 75 月平均消費電力量 (冷蔵庫・バンコク)



図(2,3)-76 月平均消費電力量 (冷蔵庫・ハノイ)

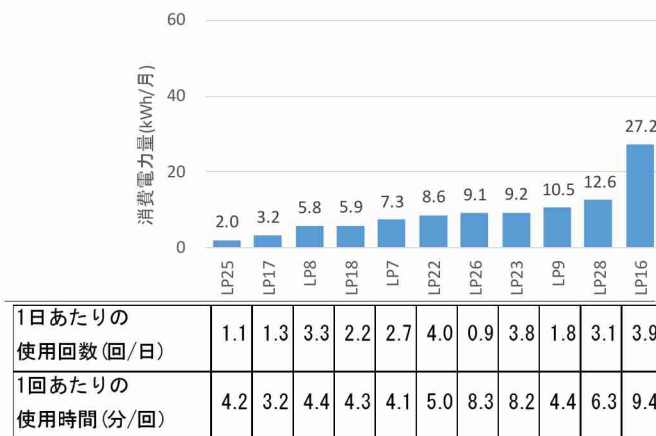


図(2,3)-77 月平均消費電力量 (冷蔵庫・プノンペン)

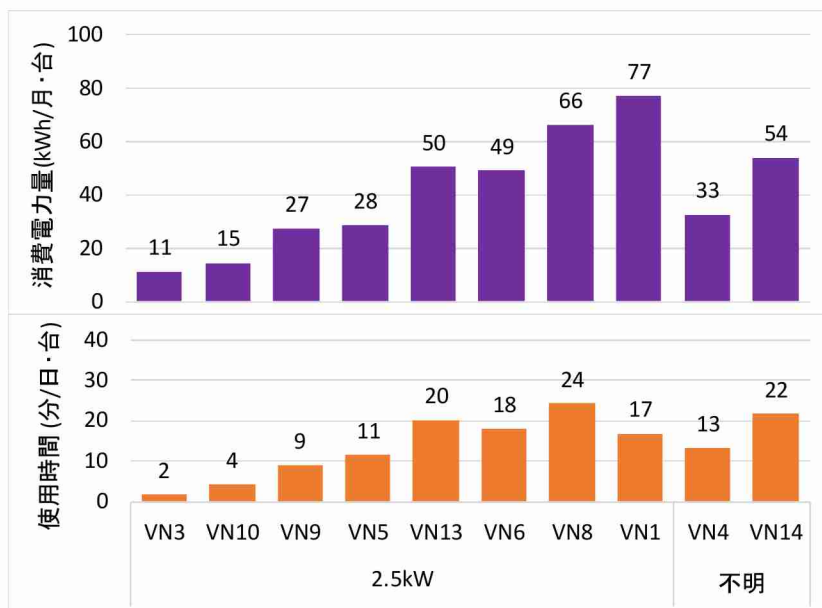
(8) 電気温水器

1) 月平均消費電力量と日平均使用時間 (電気温水器)

月平均消費電力量と日平均使用時間を図(2,3)-78、図(2,3)-79に示す。月平均消費電力量はバンコクが9.2kWh/月・台に対し、ハノイは41kWh/月・台と地域差が大きい。ハノイは冬期があるため、バンコクと比較し、温水需要が多いと考えられる。1回あたりの使用時間もバンコクが6分/回に対し、ハノイは14分/回と2倍以上となっている。



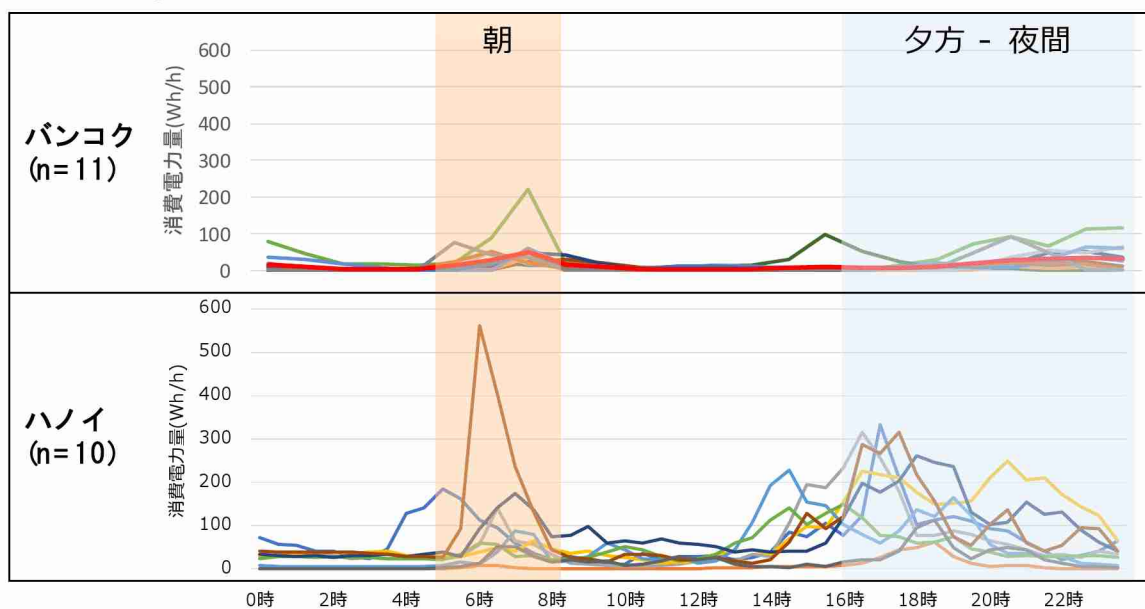
図(2,3)-78 月平均消費電力量 (電気温水器・バンコク)



図(2,3)- 79 月平均消費電力量（電気温水器・ハノイ）

2) 時刻別消費電力量（電気温水器）

時刻別消費電力量をみると（図(2,3)- 80）、バンコクとハノイともに朝と夕方から夜間にかけて使用されていることがわかる。



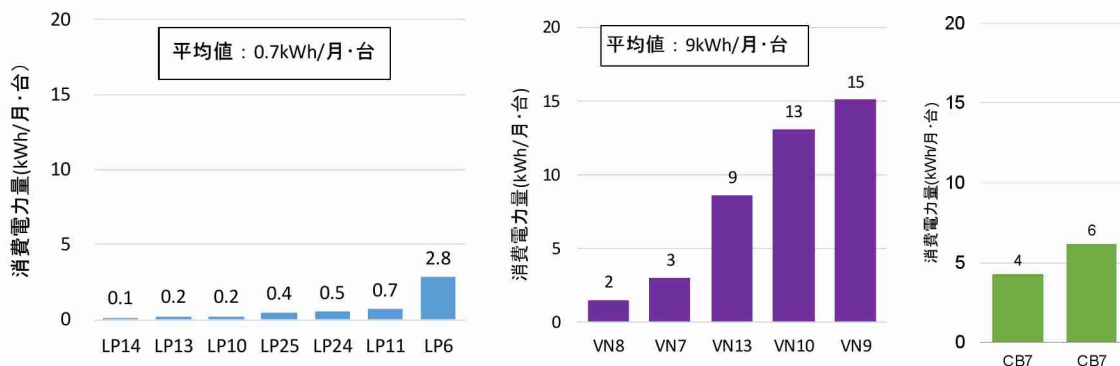
図(2,3)- 80 時刻別消費電力量（電気温水器）

(9) その他の家電製品

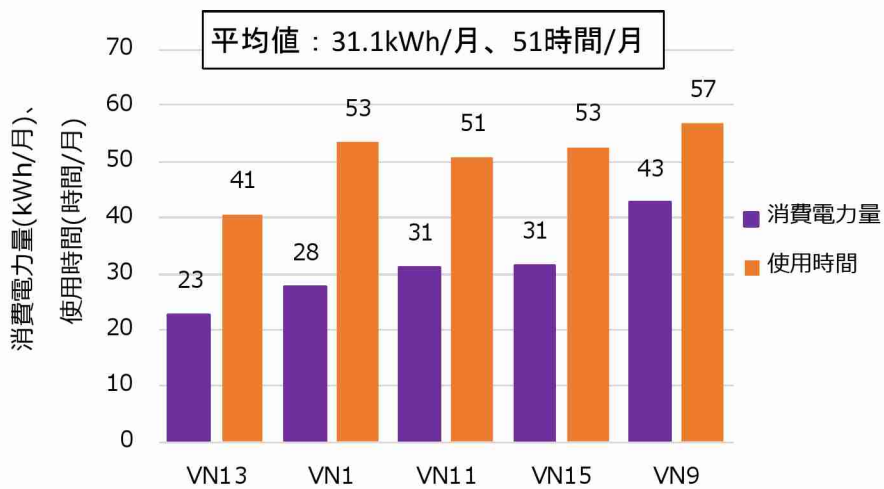
1) 月平均消費電力量（その他の家電製品）

図(2,3)- 81~ 図(2,3)- 83に上記以外の家電製品の月平均消費電力量を示す。最も消費電力量が大きいのはIHクッキングヒーターであり、31.1kWh/月・台となっている。次いで大きいのは洗濯機と炊飯器であり、洗濯機はバンコクがかなり小さく0.7 kWh/月・台だが、ハノイは9 kWh/月・台、プノンペンでは5 kWh/月・台となっている。炊飯器はプノンペンのみの結果になるが、7 kWh/月・台となっている。バンコクのみで計測している電子レンジは0.9 kWh/月・台となっている。

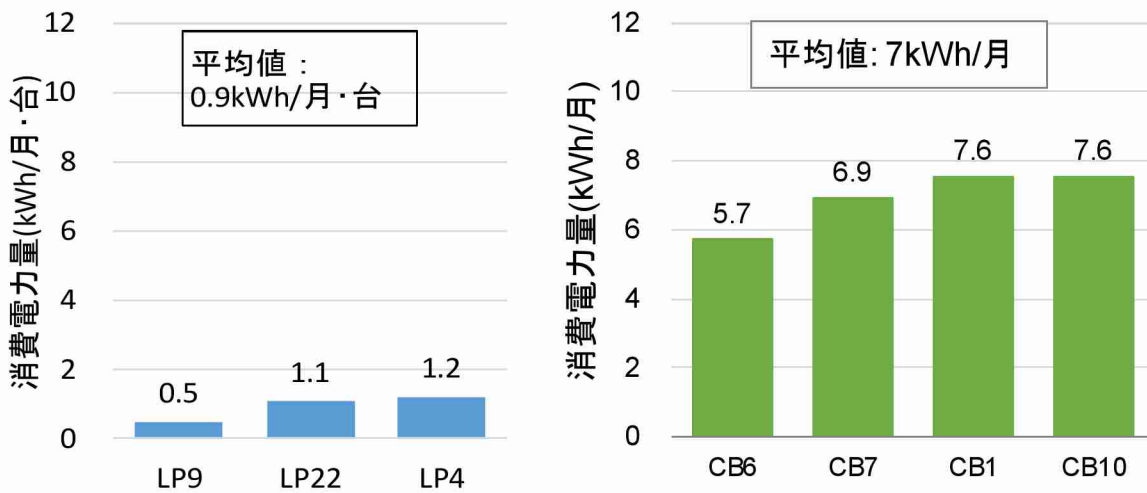
なお、その他の家電製品はサンプル数が少ないため、データの取扱に留意されたい。



図(2,3)- 81 年間消費電力量 (洗濯機)
(左：バンコク、中：ハノイ、右：プノンペン)



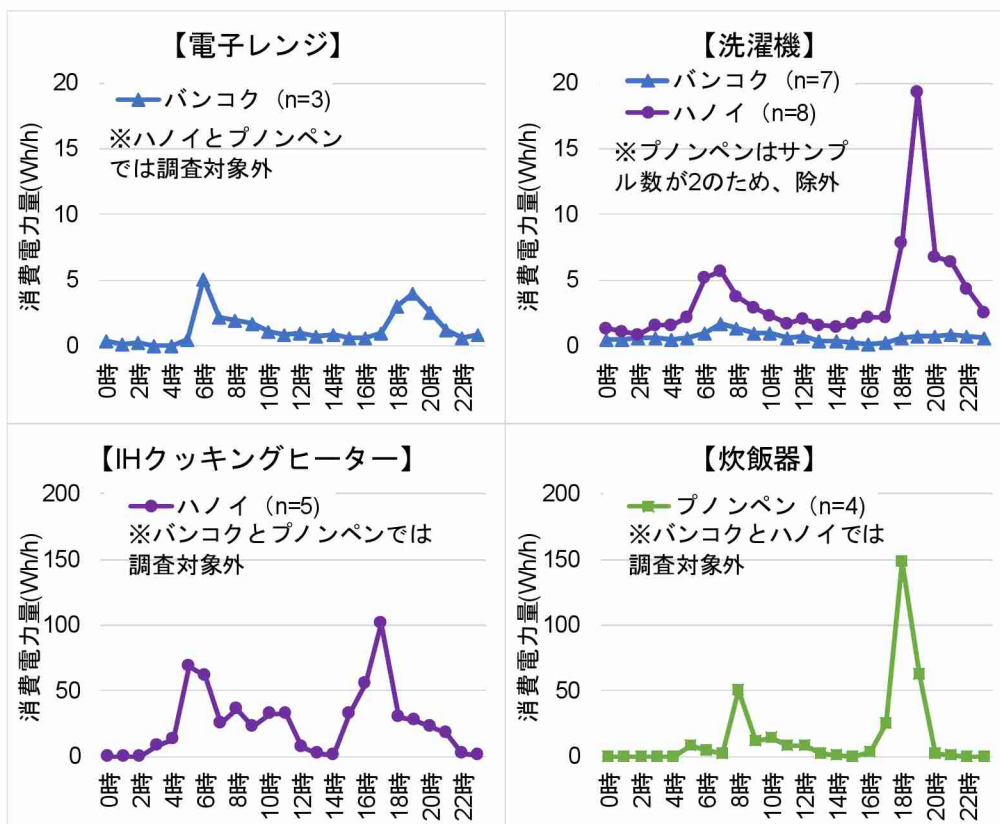
図(2,3)- 82 月平均消費電力量 (IHクッキングヒーター・ハノイ)



図(2,3)- 83 月平均消費電力量 (左：電子レンジ・バンコク、右：炊飯器・プノンペン)

2) 時刻別消費電力量（その他の家電製品）

電子レンジ、洗濯機、IHクッキングヒーター、炊飯器の時刻別消費電力量を図(2,3)- 84に示す。電子レンジは主に朝と夕方2回使用されている。洗濯機も使用状況が似ているが、特にハノイでは18時以降によく使用されている。IHクッキングヒーターは朝方～ 昼、夕方の2～ 3回使用されている。炊飯器は朝と夕方に使用されており、特に夕方によく使用されている。なお、各家電製品はサンプル数が少ないため、データの取扱に留意されたい。



図(2,3)- 84 時刻別消費電力量（その他の家電製品）

(10) まとめ

本調査で得られた結果の一覧を表(2,3)-31に示す。家電機器によっては調査サンプル数が非常に少なく取り扱いに注意する必要があるが、調査対象地域における住宅全体および主要家電機器の電力消費実態を把握することができた。特にエアコンにおいては非常に消費電力量が大きく、日本とは違い主に夜間に使用していることがわかった。冷蔵庫に関しては地域によっては大型容量の製品が増えている一方で日本の製品と比較すると気象条件の違いを考慮しても高効率化などの省エネルギー対策の余地があると考えられる。

表(2,3)-31 計測調査結果の一覧（再掲）

		バンコク	ハノイ	プノンペン	参考：日本
住宅全体 (kWh/月)		356(30)	280(14)	303(10)	413
エアコン	消費電力量 (kWh/月/台)	94(46)	47(17)	100(11)	20-100
	使用時間(h/日/台)	4.6(46)	4.8(17)	10(11)	4.5
扇風機	消費電力量 (kWh/月/台)	9.0(5)	(調査対象外)	(調査対象外)	-
	使用時間 (h/日/台)	6.1(5)	(調査対象外)	(調査対象外)	-
テレビ	消費電力量 (kWh/月/台)	10.0(5)	9.0(12)	8.6(8)	23.0
	視聴時間 (h/日/台)	4.3(5)	4.0(12)	3.6(8)	5.2
冷蔵庫	消費電力量 (kWh/月/台)	68.0(8)	53.9(11)	56.4(8)	38.4
電気温水器	消費電力量 (kWh/月/台)	9.2(11)	41.1(10)	(調査対象外)	-
	使用時間 (分/日/台)	6.0(11)	14.0(10)	(調査対象外)	-
	使用回数 (回/日/台)	1.9(11)	0.4 – 3.6(10)	(調査対象外)	-
IHクッキング グヒーター	消費電力量 (kWh/月/台)	(調査対象外)	31.1(5)	(調査対象外)	-
	使用回数 (回/日/台)	(調査対象外)	2.3(5)	(調査対象外)	-

注) 括弧内は有効集計サンプル数。

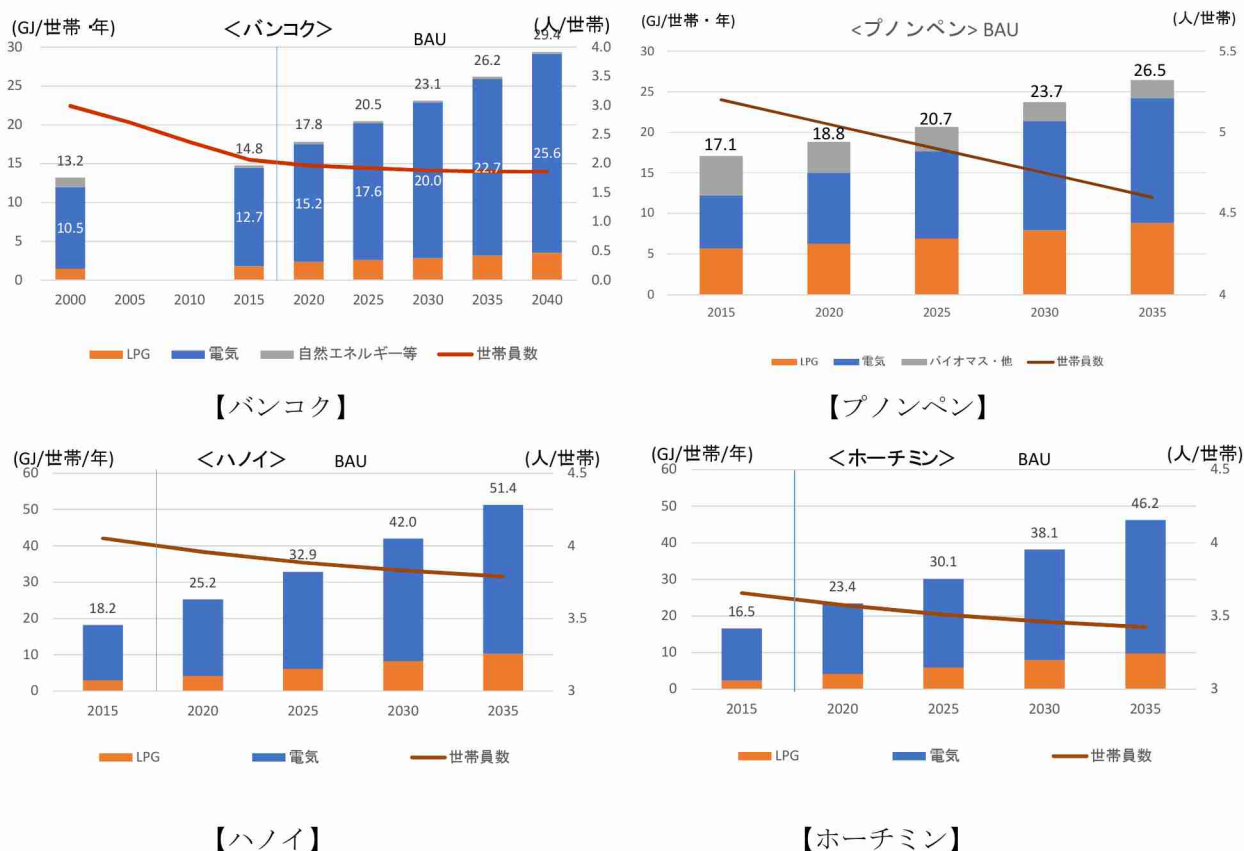
4.1.4 エネルギー消費量の将来予測

(1) トップダウン方式によるエネルギー消費量の推計結果

トップダウンの推計結果によると、バンコクにおける世帯あたりエネルギー消費量は2015年の14.8GJ/世帯/年から2035年には26.2GJ/世帯/年へと年平均2.9%上昇し、過去の2015/2000の年平均伸び率0.8%を大きく上回る結果になっている。

プノンペンの世帯当たりエネルギー消費量は、2015年の17.1 GJ/世帯/年から2035年には26.5 GJ/世帯/年となる。これは、Cambodia National Energy Statistics 2016で示されている住宅部門の最終エネルギー消費量の年平均伸び率2.20%(2025-2030)を用いて算出した値である。また、プノンペンを除く都市部（以下準都市部とする）では2015年の22.6 GJ/世帯/年から2035年には34.9GJ/世帯/年となる。準都市部の世帯当たりエネルギー消費量がプノンペンよりも高いのは、木炭や薪などの熱効率の低いバイオマス燃料の利用が多い為である。

ハノイ及びホーチミンの世帯当たりエネルギー消費量は2015年の18.2 GJ/世帯/年及び16.5GJ/世帯/年から2035年には各々51.4 GJ/世帯/年及び46.2GJ/世帯/年とバンコクを大きく上回る結果であり、その年平均伸び率は、両者とも5.3%と非常に高い伸び率になっている。これは日本の2030年の将来推計結果33.4GJ/世帯/年を大きく上回る。また米国の2009年の消費量合計が95GJ/世帯/年よりは下回るが、ここから暖房、給湯の温熱需要を除いた39GJ/世帯/年をも上回る結果である。因みに、日本及び米国の世帯当たりエネルギー消費はすでに減少傾向にあり、ハノイ、ホーチミンの将来のエネルギー消費は世界でも最も高いレベルに至ることを示唆している。



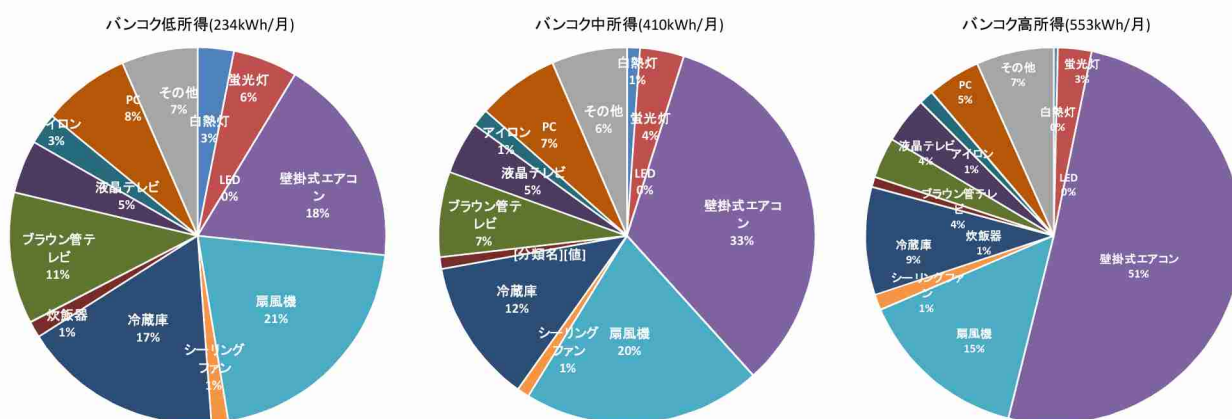
図(2.3)- 85 地域別の家庭用エネルギー消費将来推計結果（トップダウン方式）

(2) ボトムアップ方式によるエネルギー消費量の推計結果

ボトムアップアプローチによる世帯当りエネルギー消費量は2015年を推計したものであるが、マクロデータと若干の差異が見られる。バンコクの推計結果は、18GJ/世帯/年とマクロデータの14.8GJ/世帯/年を上回っている。また、ハノイ、ホーチミンほぼ同様であるが、プノンペンの推計結果は16GJ/世帯/年と、マクロデータの12GJ/世帯/年をかなり上回る。因みに、ボトムアップアプローチの推計では、プノンペンの高位所得階層の消費水準は17.1GJ/世帯/年となっている。

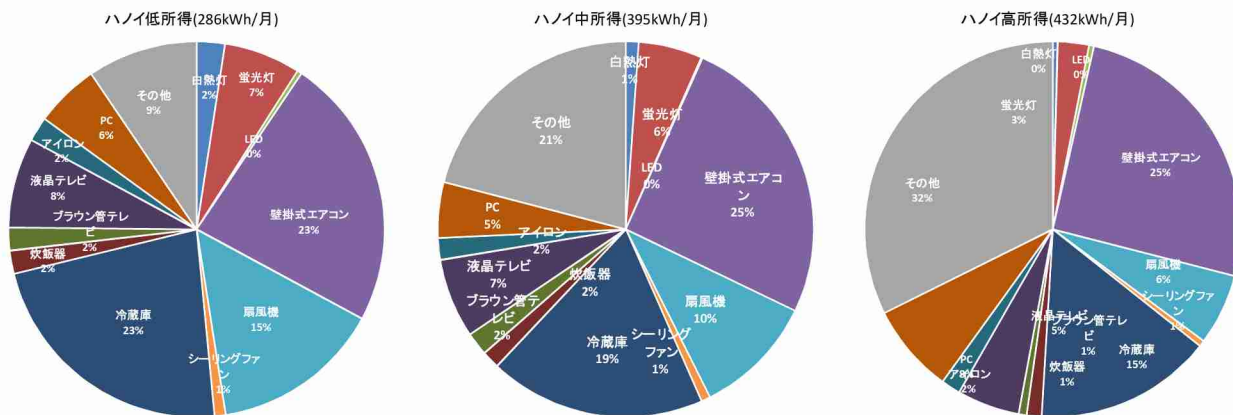
将来推計を行うに当たり、マクロデータの値に足下調整を行うことも考えられるが、その差があまり大きくないこと、及びトップダウン、ボトムアップ、両者のデータソースが異なること、両者ともにデータ精度の問題があることから、あえて調整を行っていない。将来推計を行うに当たり、現状の消費水準は重要であるが、むしろ、推計方法により多くの影響を受けることから、トップダウン、ボトムアップ各々が独立したものとして推計した。

器具別電力消費の推計結果では、バンコクの場合、所得階級により低位が234kWh/月/世帯、中位が410kWh/月/世帯、高位が553kWh/月/世帯である。このうち、エアコン及び扇風機の消費割合が最も多く、40%弱を占める。以下、テレビが20%前後、冷蔵庫が10%強、冷蔵庫が10%強を占めている。尚、バンコクはブラウン管テレビの普及率が他の調査対象国より高いことから、その割合が18~9%みられ、フラット型のテレビを上回っている。ハノイ、ホーチミンの電力消費量はバンコクとほぼ同程度であり、中位所得層の消費量がハノイで395kWh/月/世帯、ホーチミンで400kWh/月/世帯となっている。器具別の構成割合ではホーチミンではエアコンと照明の消費割合が高く、ハノイでは冷蔵庫の割合が高い。プノンペンの電力消費量は、所得階級の低位が251kWh/月/世帯、中位が331kWh/月/世帯、高位が411kWh/月/世帯である。このうち、エアコンや扇風機による冷房用途の消費割合が最も多く、50%強を占める。以下、テレビや冷蔵庫などの家電・調理用途の消費割合が40%前後、照明用途が2%となる。また、給湯用の消費はほとんど無い。



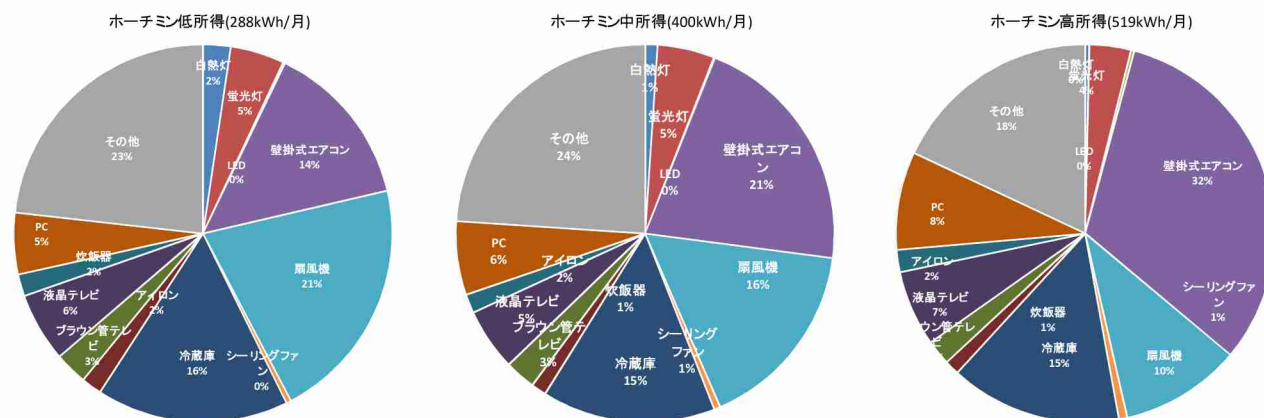
注：低所得：68,000 円/月以下 (22,500 THBs/月)、中所得：68,000 円/月 - 225,000 円/月 (22,500 THBs - 75,000 THBs/月)、高所得：225,000 円/月以上 (75,000 THBs/月)

図(2,3)- 86 ボトムアップ方式による器具別電力消費量の推計結果 (バンコク)



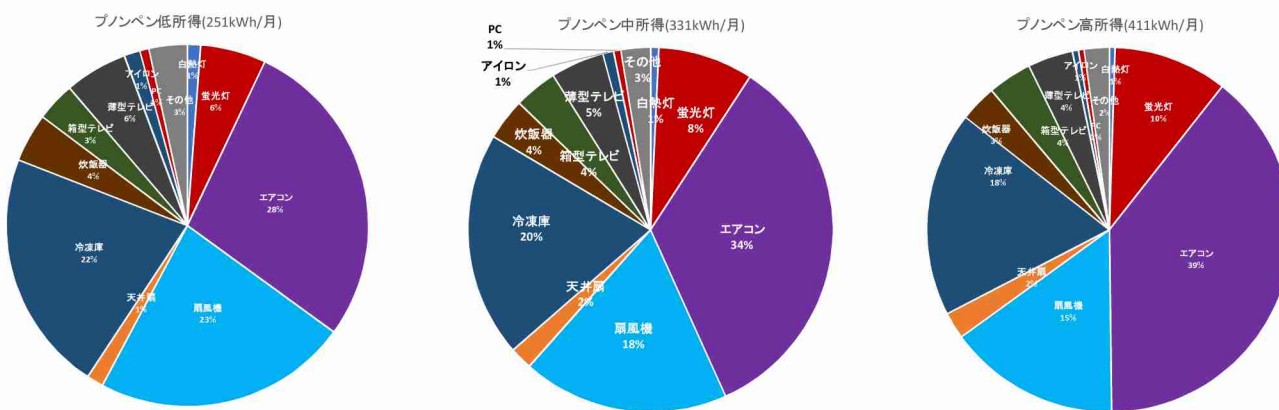
注：低所得：50,000 円/月以下（1,000万ドン/月）、中所得：50,000 円/月 - 80,000 円/月（1,000万ドン - 1,600万ドン/月）、高所得：80,000 円/月以上（1,600万ドン/月）

図(2,3)- 87 ボトムアップ方式による器具別電力消費量の推計結果（ハノイ）



注：低所得：50,000 円/月以下（1,000万ドン/月）、中所得：50,000 円/月 - 80,000 円/月（1,000万ドン - 1,600万ドン/月）、高所得：80,000 円/月以上（1,600万ドン/月）

図(2,3)- 88 ボトムアップ方式による器具別電力消費量の推計結果（ホーチミン）

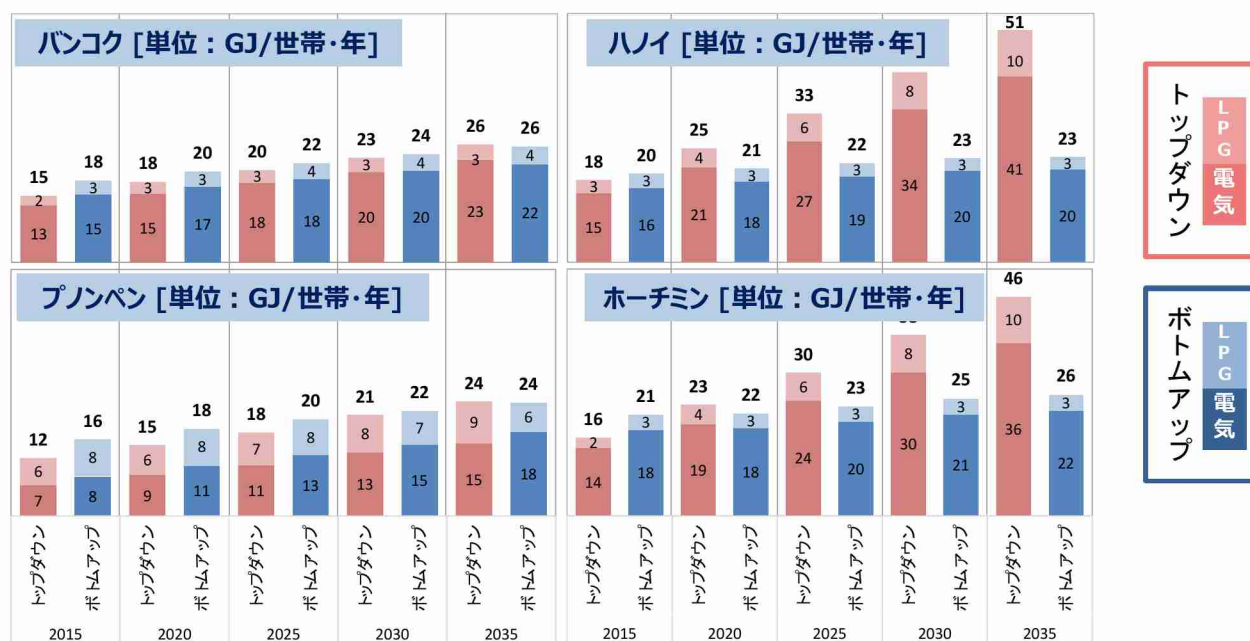


注：低所得：48,000 円/月以下（400 USDs/月）、中所得：48,000 円/月 - 60,000 円/月（400 USDs - 500 USDs /月）、高所得：60,000 円/月以上（500 USDs /月）

図(2,3)- 89 ボトムアップ方式による器具別電力消費量の推計結果（プノンペン）

2035年の世帯当りエネルギー消費量は、バンコクで26GJ/世帯/年、ハノイ23GJ/世帯/年、ホーチミン26GJ/世帯/年、プノンペン24GJ/世帯/年である。トップダウン推計から比べるとエネルギー消費の伸び率は低下するが増加傾向が見られる。バンコクの増加率は年平均1.8%とハノイ、ホーチミンの1.9%とほぼ同様であり、プノンペンの年平均伸び率は2.3%と伸び率はやや高い。

トップダウン推計と比べると、ボトムアップ推計の伸び率の方が低く、現状ですでに先進国と同程度の消費水準に至っている点を考慮すると、将来大きな伸びを示すのは考えにくいことから、以降ではボトムアップ推計結果を基に、省エネルギーシナリオを検討した。



図(2.3)- 90 地域別の家庭用エネルギー消費将来推計結果 (ボトムアップ方式)

4.1.5 省エネポテンシャルの推計

各国政府の省エネルギー計画では、家庭用エネルギー消費は、BAUは当然であるが、省エネルギーを実施した後のシナリオにおいても、増加する結果になっている。これは、前述のとおり、現状のエネルギー消費水準は先進国を下回っており、将来の生活水準の上昇や人口増に伴うエネルギー消費は、省エネルギーを最大限実施した場合でも、一定程度増加するという結果である。また、導入を予定する省エネルギー対策は、実現可能性の見込める対策を選択しているが、この事は政策立案する上で合理的な考え方と言える。

ここでは上述の考え方に基づき、最も起こり得るシナリオとして許容シナリオを設定する。この際に検討される対策は省エネルギー技術の導入を柱とすることから、**Energy Efficiency Scenario**ということも出来る。

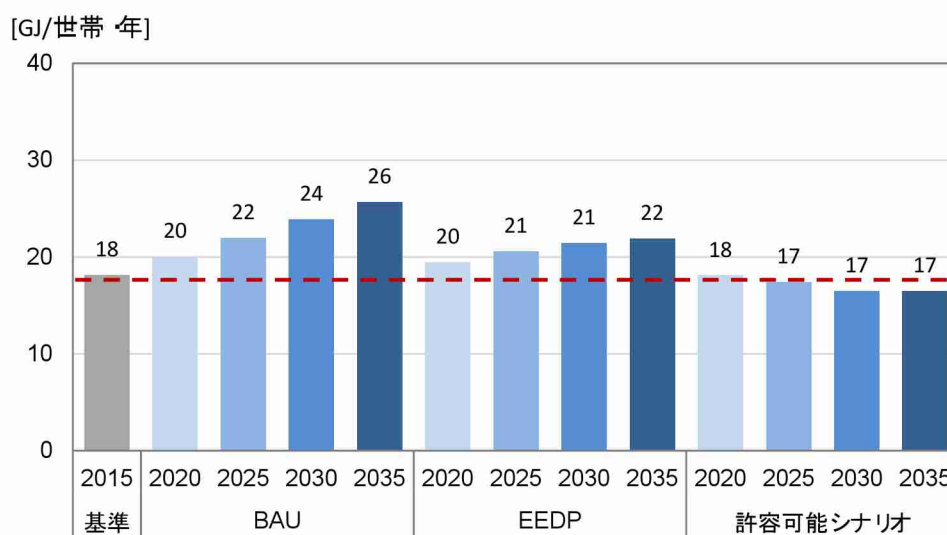
検討対象とする省エネルギー技術は、住宅の断熱構造化（壁及び窓）、日射遮蔽、エアコン、テレビ、冷蔵庫の効率化、照明のLED化とした。各技術の耐用年数に応じ、毎年一定の住宅や製品が高効率タイプに入れ替わる際の省エネルギー効果を計算した。但し、更新時においても必ずしも最高効率の製品が選択される訳ではない。ここでは、最高効率の製品を選択する割合が2016年から2030年にかけて徐々に向上し、2030年には100%になると設定した。但し、多くの家電製品の耐用年数は10年程度である為、2035年時点では、全ての家電製品が設定する最高効率に近い性能の機器に置き換わる結果になった。

なお、住宅躯体の躯体（住宅躯体の断熱、気密、日射遮蔽）の効率化による省エネ効果は、NETSという熱負荷計算プログラムを用いて既存住宅の断熱改修前後の冷房負荷を計算し、その差分を冷房消費量の削減効果とみなした。

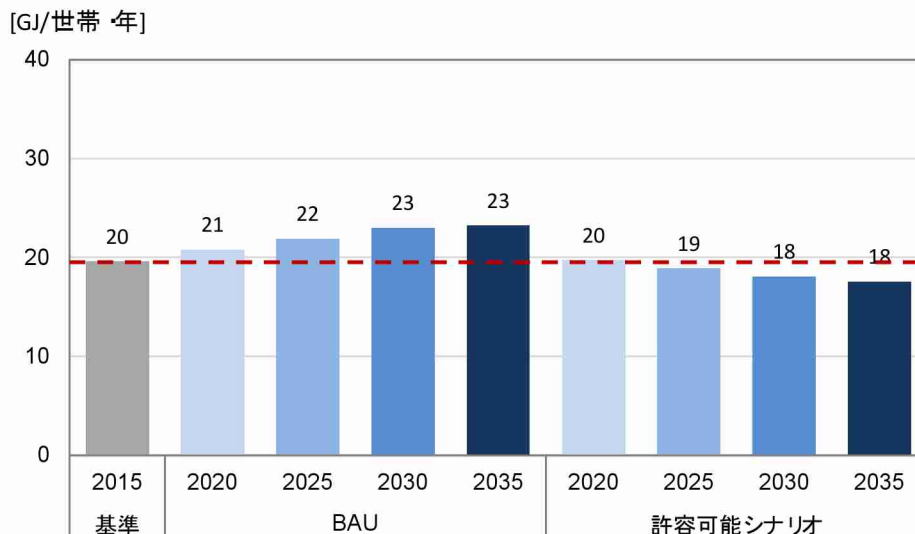
表(2,3)- 32 省エネ技術の導入や更新による対BAU省エネ効果

導入する省エネ技術	対象地域	2035年
1. 躯体（住宅躯体の断熱、気密、日射遮蔽）の効率化 ※既存のエアコンの電気消費量に対する省エネ効果	バンコク	7%
	ハノイ	13%
	ホーチミン	12%
2. エアコンの高効率化 ※既存のエアコンの電気消費量に対する省エネ効果	全地域共通	53%
3. 扇風機から高効率エアコンへの買い換え ※既存の扇風機の電気消費量に対する省エネ効果	バンコク	32%
	ハノイ	14%
	ホーチミン	9%
4. 冷蔵庫の高効率化 ※既存の冷蔵庫の電気消費量に対する省エネ効果	全地域共通	41%
5. 照明のLED化 ※既存の蛍光灯の電気消費量に対する省エネ効果	全地域共通	45%
6. 液晶テレビの高効率化 ※既存の液晶テレビの電気消費量に対する省エネ効果	全地域共通	34%
7. ブラウン管テレビの高効率液晶テレビへの買い換え ※既存のブラウン管テレビの電気消費量に対する省エネ効果	バンコク	68%
	ハノイ	52%
	ホーチミン	64%

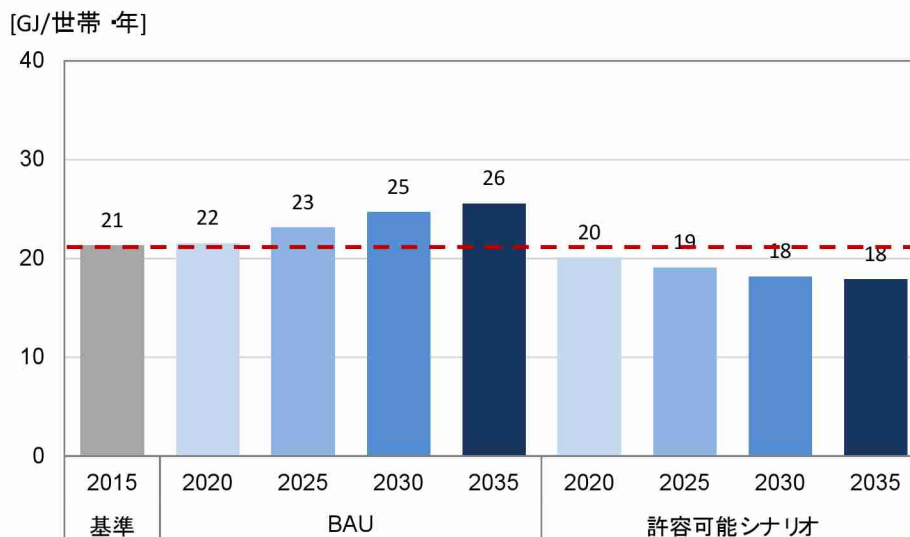
この結果、バンコクにおける2035年時点での許容可能シナリオでは、Energy Efficiency Development Plan 2015 (EEDP2015)の想定を23%下回っているが、現状より9%エネルギー消費量削減可能な結果となった（図(2,3)-91）。これに対して、ハノイやホーチミンでは、現状より11%~16%削減可能な結果になった（図(2,3)-92~ 図(2,3)-93）。一方、プノンペンでは、現状より約2%増加する結果になった（図(2,3)-94）。



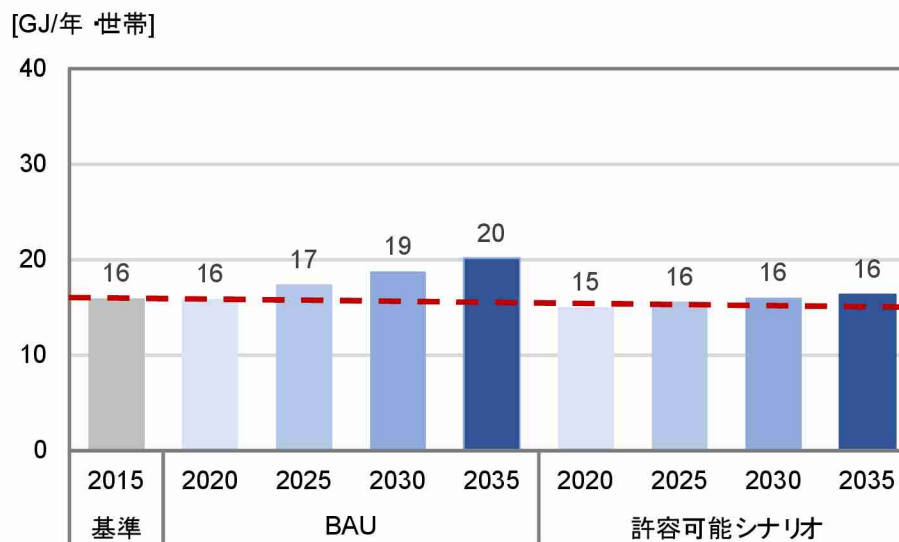
図(2,3)- 91 バンコクの許容可能シナリオの将来推計結果



図(2,3)-92 ハノイの許容可能シナリオの将来推計結果



図(2,3)-93 ホーチミンの許容可能シナリオの将来推計結果



図(2,3)-94 プノンペンの許容可能シナリオの将来推計結果

4.1.6 業務用エネルギー消費に関する調査

(1) 調査概要

本研究では、タイとベトナムにおける業務用建物のエネルギー消費量の実態を把握するためのアンケート調査を実施した。

タイにおいては、タイESCO（Energy Service Company）協会の加盟企業であるExcellent Energy International Co., Ltd.社のもとに訪問留置法を用いて、バンコク現地の事務所、ホテル、病院、ショッピングセンターなど11棟を対象にエネルギー消費実態を把握するための新規調査を実施した。

一方、ベトナムにおいては現地の共同研究実施者による新規調査への協力を得ることができていない。その代わりに、現地の大学機関（ハノイ建築大学）が実施した既往研究調査結果を共有してもらった。

表(2,3)- 33 調査概要

調査内容の詳細		タイ	ベトナム
対象地域（都市）		バンコク	ハノイ、ホーチミン、ダナン、他
調査規模		11棟	40棟 ³²
対象業種		<ul style="list-style-type: none"> ・ 事務所 ・ ホテル ・ 病院 ・ ショッピングセンター ・ データセンター ・ 複合施設 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事務所 ・ ホテル ・ 病院 ・ 大学 ・ 小売店 ・ 複合施設
調査項目	建物の属性情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建物の用途 ・ 延床面積 ・ 許容人数 ・ 竣工年 ・ 階数（地上・地下別） ・ 構造 ・ 年間営業日数 ・ 日別営業時間 ・ 冷房時間 ・ 空調の設定温度 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建物の用途、延床面積
	設備の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱源設備（空調システム）の種類及び容量 ・ 冷却塔の種類及び容量 ・ 給湯設備の種類及び容量 ・ 照明器具の種類とW数 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱源設備（空調システム）の割合
	エネルギー消費量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 月別・種別エネルギー消費量 ※電力、LPG、重油、ディーゼル、灯油、他 ・ 種別・用途別エネルギー消費量 ・ ※冷房、給湯、照明、コンセント、他 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 月別・種別エネルギー・水消費量 ※電力、LPG、水、他
	エネルギー使用金額	<ul style="list-style-type: none"> ・ 月別・種別エネルギーの使用金額 ※電力、LPG、重油、ディーゼル、灯油、他 	—
	省エネ対策実施状況	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハード省エネ対策の実施状況（23項目） ・ ソフト省エネ対策の実施状況（6項目） 	—

³² ベトナムの既往調査に関しては、40棟の関連情報を収集することができたが、データの妥当性を確認に伴い大半が有効回答から脱落されている。そのため、ここでは、有効回答であった14棟の状況のみ紹介する。

(2) 調査結果

1) 建物の属性情報

タイにおける調査対象施設の属性情報を業種別に整理したものを、表(2,3)- 34~ 表(2,3)- 37に示す。ベトナムに関しては建物の用途と延床面積以外の基本属性情報を収集することができなかったため、以下にはタイの詳細のみ示す。

表(2,3)- 34 事務所の属性情報 (タイ)

建物用途	延床面積(m ²)	許容状況	竣工年	階数	構造	冷房時間	年間冷房日数	冷房設定温度
事務所1	27,626	2,100人	1992年	地上17階 地下2階	RC	11時間/日 (7時~ 18時)	264日	24℃ (通年)
事務所2 (政府機関)	71,583	3,000人	1997年	地上44階	RC	10時間/日 (8時~ 18時)	248日	24℃ (通年)

表(2,3)- 35 ホテルの属性情報 (タイ)

建物用途	延床面積(m ²)	許容状況	竣工年	階数	構造	冷房時間	年間冷房日数	冷房設定温度
ホテル1	18,045	500部屋	1990年	地上24階	RC	24時間/日	365日	暑季：24℃ 雨季と乾季：25℃
ホテル2	102,618	381部屋	1997年	地上37階	RC	24時間/日	365日	24℃ (通年)

表(2,3)- 36 病院の属性情報 (タイ)

建物用途	延床面積(m ²)	許容状況	竣工年	階数	構造	冷房時間	年間冷房日数	冷房設定温度
病院1	65,613	250病床	1996年	地上20階 地下1階	RC	24時間/日	365日	24℃ (通年)
病院2	33,219	279病床	1963年~ 2002年	地上2~ 9階	RC	24時間/日	365日	24℃ (通年)
病院3	131,255	1,200病床	1951年	地上1~ 8階	RC	24時間/日	365日	24℃ (通年)

表(2,3)- 37 その他施設の属性情報 (タイ)

建物用途	延床面積(m ²)	許容状況	竣工年	階数	構造	冷房時間	年間冷房日数	冷房設定温度
ショッピングセンター	163,334	-	1995年	地上4階	RC	12時間/日	365日	24℃ (通年)
データセンター	4,230	120人	2001年	地上4階	RC	24時間/日	365日	24℃ (通年)
複合施設1	事務所： 25,300	2,700人	-	地上32階	SRC	24時間/日	365日	23℃ (通年)
	ホテル： 42,262	241部屋						
複合施設2	事務所： 35,638	2,000人	-	地上15階 地下2階	RC	9時間/日	246日	24℃ (通年)
	小売店： 7,060	-				12時間/日	350日	24℃ (通年)

注1) 延床面積は、駐車場面積を除いた延床面積の平均値である

注2) RC: 鉄筋コンクリート造、SRC: 鉄骨鉄筋コンクリート造

注3) 複合施設1: 事務所・ホテル、複合施設2: 事務所・小売店

注4) 病院においては、病棟によって竣工年や階数が異なる場合がある

2) 業種別の種別消費原単位と用途別消費原単位

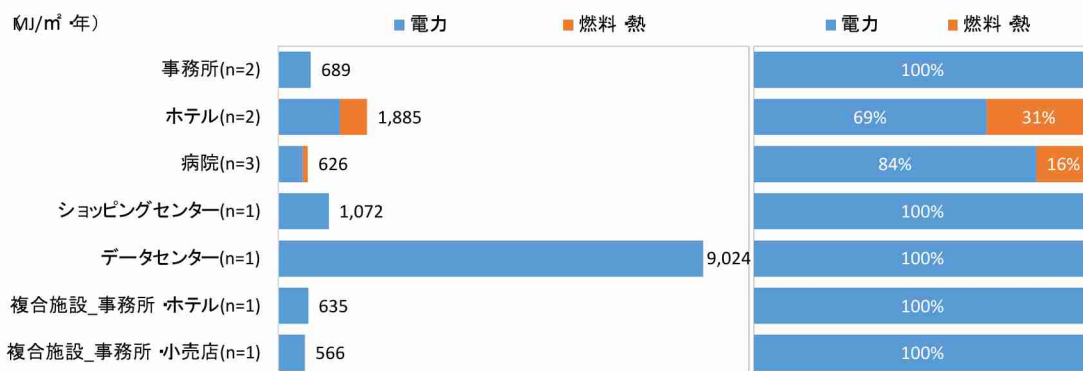
① 業種別エネルギー消費原単位

業種別種別エネルギー消費原単位を比較すると、タイでは、データセンターが最も大きく、次いで、ホテル、ショッピングセンターが続く。事務所、病院、複合施設のエネルギー消費原単位は500~ 600 MJ/m²/年台になっている。一方、データセンターが調査対象に入っていないベトナムでは、ホテルのエネルギー消費原単位が最も高く約1600MJ/m²/年となっており、これは、バンコクのホテルのエネルギー消費原単位と大きな差が見られていない。

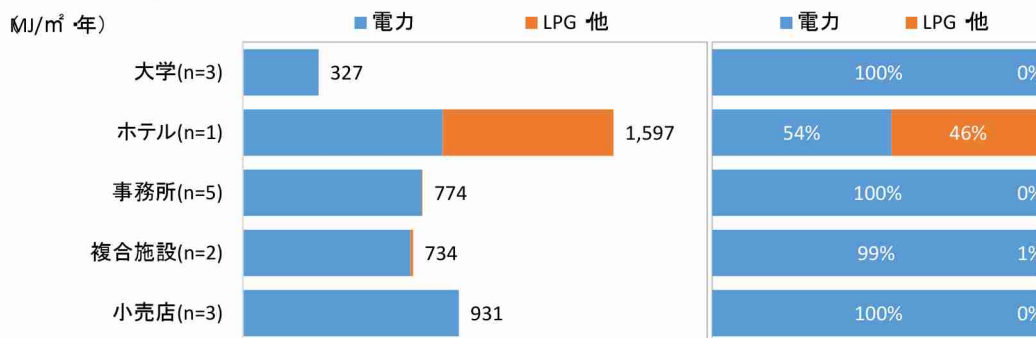
② 種別・用途別エネルギー消費原単位

種別エネルギー消費原単位の内訳をみると、給湯需要が大きいホテルと病院ではLPGや他の燃料が消費されているが、他の施設では、電力消費のみとなっている。

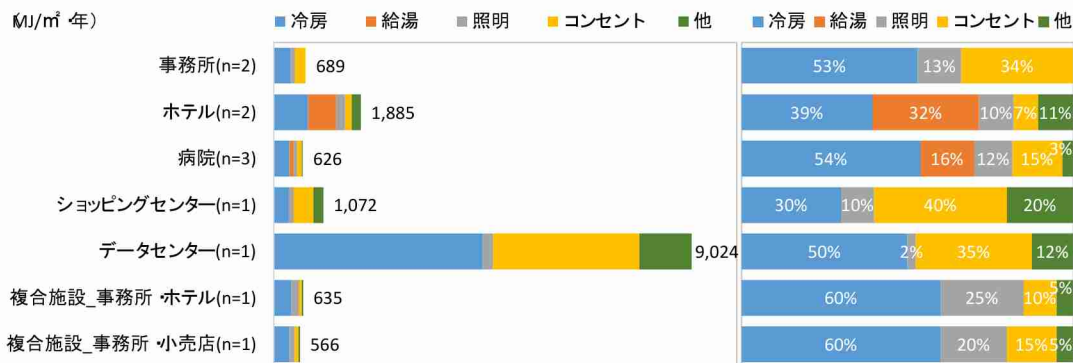
用途別エネルギー消費量に関しては、タイの調査協力機関が調査結果及び自らの経験を踏まえ推定したものである。その内訳をみると、ホテルとショッピングセンターを除く業種では冷房の割合が最も大きく、全体の5割~ 6割を占めている。



図(2,3)- 95 種別エネルギー消費原単位と構成比 (バンコク)



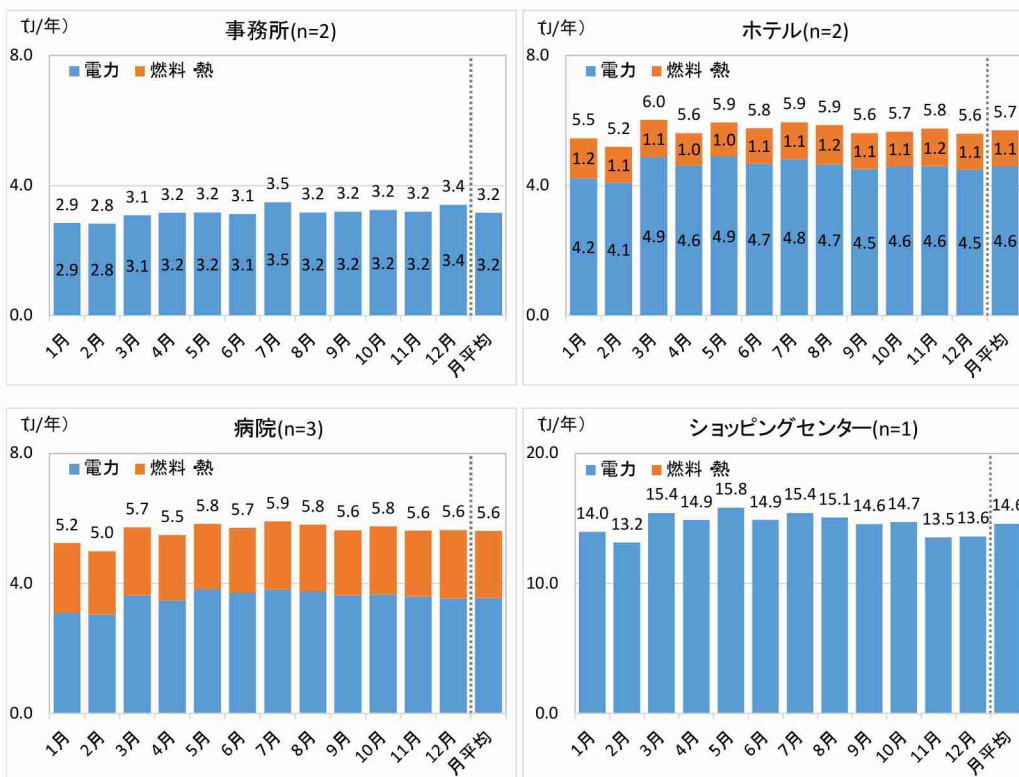
図(2,3)- 96 種別エネルギー消費原単位と構成比 (ベトナム)



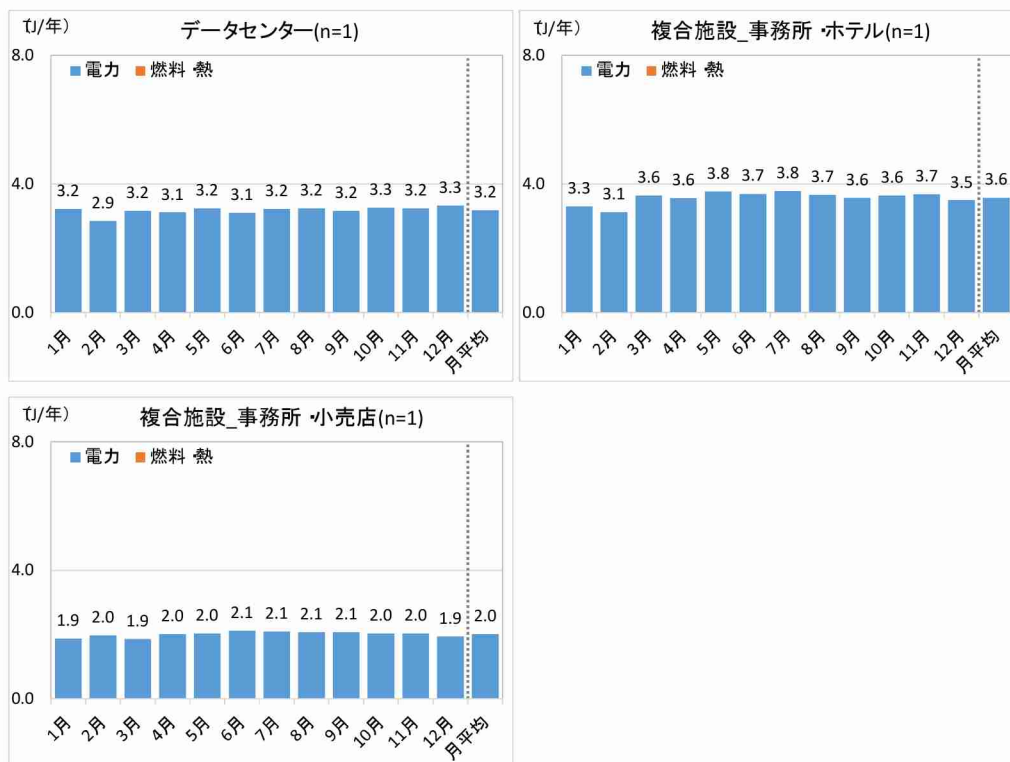
図(2,3)- 97 用途別エネルギー原単位と構成比 (バンコク)

③ 業種別の月別エネルギー消費量

バンコクの調査対象施設における業種別の月別エネルギー消費量をみると、いずれの業種も、エネルギー消費量の月別変動はあまり見られない。



図(2,3)- 98 月別種別エネルギー消費量① (バンコク)



図(2,3)- 99 月別種別エネルギー消費量② (バンコク)

3) 業種別消費原単位の参考値との比較

上記に示すタイとベトナムにおける業務用エネルギー消費の実態調査は、試験的に実施されたサンプル調査であるため、当該国の全体状況を代表することはできない。

そこで、各国の政府機関の協力を求め、業務用エネルギー消費実態の関連情報の提供を依頼した。その結果、タイ DEDE から当国の約 2600 棟の実態調査結果を、ベトナム建設省から USAID の協力で実施されている VCEP の一環として調査している 280 棟の業務用施設のエネルギー消費実態調査の関連情報も収集することができた。

VCEP の主要内容としては以下の通りである。

① 省エネ・グリーンビルの実証

- ・ 優秀事例として、Energy Training Center (ETC)や TTAS building が挙げられるが、いずれも 50%の省エネ効果に達成

② トレーニングプログラム

- ・ 設計者、エンジニアリング、現場管理者、設備管理者、エネルギーサービスプロバイダー、投資家やデベロッパー、ビルのオーナー、借主、ベトナム建設省等の政府機関のオーナーや運営者向けのトレーニング
- ・ トレーニングは、ベトナム建築研究所、ハノイ建築大学、ホーチミン建築大学、ベトナム国家土木大学、ベトナム冷凍空調学会からの現地専門家と海外からの専門家による交流・連携により実施
- ・ また、最先端のエネルギーシミュレーションツールの紹介や使い方の実習を行うとともに、主要都市にてセミナーも開催する等、多様なプログラムを設定
- ・ さらに、ベトナムの関係者も訪米して研修を実施

③ ベトナム初の建物のエネルギー性能に関するナショナルデータベースの構築

- ・ 3 つ気候区分の 5 つの大都市における過去 10 ヶ年に建てられた大規模建築物の件数を整理
- ・ 3 つ気候区分の都市で 15 種の建物用途の計 280 棟を対象にウォークスルー診断を実施
- ・ 2 カ国言語対応のオンラインデータベースの構築（米国エネルギー省の SEED program に基づき作成、初期段階では一部の都市のデータベースを収納、後期には 63 省のデータベースを構築）

④ プロジェクト成果の公開（建設省ウェブページにて研究成果を公開等）

- ・ ホーチミン市とダナン市における 2500 m²以上の大規模建築物の件数をみると、2010 年~ 2015 年あたりの竣工件数が圧倒的に多い。
- ・ ベトナムにおける大規模建築物の上位 120 棟は、5 大都市（ホーチミン、ハノイ、ダナン、ハイフォン、カントー）に建てられるといるという。
- ・ 延床面積あたりのエネルギー消費量（エネルギー消費原単位）でみると、ホーチミンとカントーでは、小売業が約 300kWh/m²/年と最も高い値となっており、次ぐのがホテル、事務所、病院の順となっている。

ただし、両国の政府機関からの情報提供は、いずれも非公開との前提であったため、ここでは詳細を示すことができない。

なお、参考までに、日本における業務施設のエネルギー消費原単位を参考値³³として、本調査結果との比較結果を以下に示す。

³³ 日本の参考値は EDMC (2007) 等を参照

① タイ

a. 事務所

規模が大きくなるにつれ、エネルギー消費原単位が大きい。日本の参考値と比較すると、事務所 1 はタイの参考値とほぼ同様に、事務所 2 は日本の値と近い値になっている。

b. ホテル

ホテルの場合は、一般に規模が大きいほどエネルギー消費原単位が大きい傾向がある、しかし、下表に示す両ホテル間の差異は非常に大きい。ホテル 2 は延床面積が大きいのに対し、部屋数がホテル 1 により遥かに少ないことから、宿泊部門以外に、エネルギー消費原単位が大きい宴会部門や飲食部門が占める割合が大きいと考えられる。宿泊部門の面積の割合が小さく、宴会や飲食部門が大きいとエネルギー消費原単位が大きくなり、その原因でバンコクの参考値を上回ったと推測される。

c. 病院

タイでは、公立・私立病院ともに、待合室や一部の診察室にはエアコンが設置されていない場合が多くあるという。そのため、エネルギー消費原単位は日本の 1/3 程度に留まっている。ただし、タイの参考値とは非常に近い。

d. その他施設

ショッピングセンターのエネルギー消費原単位は、参考値より約 3 割少ない。2 棟の複合施設の原単位は、バンコクの参考値と比べてやや大きいが概ね類似する傾向にはなっている。

② ベトナム

a. 大学

エネルギー消費原単位は 200 ~ 400 MJ/m²/年で、日本と近い値になっている。

b. ホテル

有効回答件数が 1 件しかないが、エネルギー消費原単位は約 1600 MJ/m²/年となり、全業種の中で最も高い。また、給湯の割合が大きいと、電力以外にも LPG・他燃料消費量も約 5 割占めている。

c. 事務所

エネルギー消費原単位のばらつきが大きい。事務所の場合は、一般に規模が大きいほどエネルギー消費原単位が大きいと言われているが、ここに示す 5 棟にはこのような傾向が見られていない。

d. 複合施設

複合施設 1 のエネルギー消費原単位は、日本の参考値と非常に類似している。また、大・小規模小売店は事務所と同様に、エネルギー消費原単位のばらつきが大きい。

表(2,3)- 38 業種別のエネルギー消費原単位と参考値との比較

建物用途	延床面積 (㎡)		エネルギー消費原単位 (MJ/㎡/年)		日本の参考値 (MJ/㎡/年)
	バンコク	ベトナム	バンコク	ベトナム	
■ 事務所1	27,626	—	519	—	771
■ 事務所2	71,583		859		
■ ホテル1	18,045		2,957		2,033
■ ホテル2	102,618		813		
■ 病院1	65,613		585		1,815
■ 病院2	33,219		564		
■ 病院3	131,255		729		
■ ショッピングセンター	163,334		1,072		1,383
■ データセンター	4,230		9,024		—
■ 複合施設1	67,562		635		823
■ 複合施設2	42,698		566		
■ 大学1	—	12,290	—	406	366
■ 大学2		2,916		368	
■ 大学3		24,429		206	2,033
■ ホテル		30,790		1,597	
■ 事務所1		18,074		532	771
■ 事務所2		22,102		756	
■ 事務所3		2,196		1,083	
■ 事務所4		31,249		565	
■ 事務所5		9,008		930	
■ 複合施設1		57,470		847	823
■ 複合施設2		36,317		599	
■ 大・小規模小売店1		92,930		870	1,363
■ 大・小規模小売店2		33,396		1,177	
■ 大・小規模小売店3		26,492		746	

注) 1番~ 11番はバンコクの調査対象、12番以降はベトナムの調査対象である

4) 省エネ対策の実施状況

① ハード対策

バンコクの調査対象施設においては、ハード面とソフト面での省エネ対策の実施状況も調査することができ、以下に詳細を示す。

ハード対策の実施状況を表(2,3)- 39に示す。空調設備更新（空調設備のインバーター化、高効率設備導入、外気導入等）がある程度行われており、また、多くの施設ではLED照明への切り替えも実施されている。その一方、熱源設備の更新はあまり取り組んでいないようである。

表(2,3)- 39 ハード対策の実施状況（バンコク）

ハード対策		事務所 ¹⁾	事務所 ²⁾	ホテル ¹⁾	ホテル ²⁾	病院 ¹⁾	病院 ²⁾	病院 ³⁾	ショッピングセンター	データセンター	複合施設 ¹⁾	複合施設 ²⁾
空調設備	ポンプ/ファンのインバーター化	●	—	—	—	●	—	—	—	—	●	●
	VAV,VWVの使用	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	●
	全熱交換器	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●
	外気冷房	●	—	●	—	—	—	—	—	—	—	●
	温湿度制御	●	—	●	●	●	—	—	—	—	—	●
熱源設備	コージェネ	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—
	熱源設備更新（冷凍機）	—	—	●	—	●	—	—	●	—	—	●
	熱源設備更新（ボイラ）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	熱源設備の台数制御	—	—	—	—	—	—	—	●	—	●	—
照明設備	HFインバーター	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	人感センサー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●
	昼光センサー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●
	LED照明	●	—	●	●	●	—	—	●	—	●	—
	高輝度誘導灯	●	—	●	—	—	—	—	—	—	—	●
高効率変圧器/高効率モーター	●	—	—	—	●	—	—	—	—	—	●	
制御	BEMS	●	—	—	—	—	—	—	—	●	●	—
	BAS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	●
	デマンド制御	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—
その他	断熱フィルム	—	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—
	遮熱	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●
	屋上緑化	—	—	—	—	●	—	—	—	●	—	●
	節水	●	—	●	—	●	—	—	—	●	—	●
合計（件）		8	0	7	2	8	0	0	3	5	6	14

② ソフト対策

省エネ機器の導入・切り替えなどには投資が必要であるため、ハード面の省エネ対策実施は中々困難である。ハード面の省エネ対策実施状況と対照して、ソフト面の対策においては、いずれの業種でも多く実施されていることがわかった。

特に、「冷房設定温度の引き上げ」の実施率は100%、また「コンセントの不要時はプラグから電源を抜く」や「必要時のみの照明の使用或は明るさの調整」の省エネ行動の実施率もほぼ全施設で行われている。ただし、「IT機器の省エネモード使用」はまだ徹底的に行われていないようで、従業員は省エネモードの機能や設定方法を知らない可能性もある。同様に家庭でも、テレビの明るさ調整機能や省エネモードの使用率が非常に低くなっている。

表(2,3)- 40 ソフト対策の実施状況 (バンコク)

ソフト対策	事務所 ¹	事務所 ²	ホテル ¹	ホテル ²	病院 ¹	病院 ²	病院 ³	ショッピングセンター	データセンター	複合施設 ¹	複合施設 ²
冷房設定温度の引き上げ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
昼休憩時のエアコンの不使用	—	●	●	●	—	●	●	—	●	●	—
必要時のみの照明の使用或は明るさの調整	●	—	●	●	●	●	—	●	●	●	●
昼休憩時の消灯	—	●	●	●	—	●	●	—	●	●	●
コンセントの不要時はプラグから電源を抜く	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●
IT機器の省エネモード使用	—	—	●	●	—	—	—	—	●	—	●
合計 (件)	3	4	6	6	3	5	4	2	6	5	5

4.2 共同提案書

3年間の調査研究結果及び、現地専門家との80回に及ぶ議論をもとに、日本側の専門家15名及び当該国の専門家27名の連名で家庭部門における政策提案をとりまとめ、各国の政府機関に提出した。共同提案書の提出先は以下のとおりである。

➤ タイ政府

- ・ Dr. Twarath Sutabutr, Director General of Energy Policy and Planning Office (EPPO), Ministry of energy
- ・ Mr. Yongyuth Sawatdisawanee, Deputy Director General, Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy
- ・ Mr. Sarat Prakobchat, Senior Engineer, Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy
- ・ Mr. Wisaruth Maethasith, Engineer of Technical Division, Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy

➤ ベトナム政府

- ・ Mr. Trinh Quoc Vu, Energy Efficiency and Sustainable Development Department, Ministry of Industry and Trade (MOIT)
- ・ Ms. Nguyen Thi Lam Giang, Deputy Director General, Department of Energy Efficiency and Sustainable Development, Ministry of Industry and Trade (MOIT)
- ・ Mr. Nguyen Cong Thinh, Deputy Director General, Department of Science Technology & Environment, Ministry of Construction (MOC)
- ・ Dr. Le Trung Thanh, Director General, Department of Science Technology & Environment, Ministry of Construction (MOC)
- ・ Mr. Dinh Chinh Loi, Senior officer, Ministry of Construction (MOC)

➤ カンボジア政府

- ・ Mr. Sopheak Rey, Deputy Director General in Charge of Research and STEM, Ministry of Education, Youth and Sports, Directorate General of Higher Education

東南アジア諸国のエネルギー消費は、経済の発展と人口増などを背景に増加傾向にある。家庭用エネルギー消費も所得水準の向上とともに増加しており、将来も引き続き増加すると見込まれている。

このような状況にあつて、COP21におけるパリ協定に見られるように、温暖化対策としての省エネルギーの促進は東南アジア諸国においても急務の課題であり、ここ数年、各国ともに新たな省エネルギー政策を打ち出している。しかし、新興国及び途上国の省エネルギー政策は、産業部門及び大規模商業施設が対象の中心とされ、家庭用については後回しとなっている国が多い。将来の省エネルギー計画においても、各国エネルギー消費の伸び率を抑えることを目標としている。これは、家庭用のエネルギー消費水準が先進国と比較して低位にあるという認識に立っているものと見られる。

一方で、我々が調査した結果では、東南アジアの都市部の家庭用エネルギー消費水準は、すでに先進国と同等のレベルに達している。家庭のエネルギー消費量全体は先進国のそれを下回ってはいるが、熱帯気候の地域であるため、暖房と給湯需要をほとんど必要としない。先進国の家庭用エネルギー消費量からこれら温熱需要を差し引いた、冷房、照明・コンセント、厨房需要と比較すると、それらはすでに先進国の消費水準に達していることが分かる。特に、日本をはじめ、先進国の家庭用エネルギー消費は、すでに減少傾向にあ

り、今後はさらに低下することが見込まれていることから、近い将来、東南アジアの家庭用エネルギー消費による二酸化炭素排出削減は、世界的にも大きな課題になると考えられる。

家庭分野は、福祉目的でエネルギー価格が助成等により低く抑えられ、同時に、規制等の厳しい省エネルギー対策を導入することが難しい分野である。しかし、上記の状況を踏まえると、少なくともエネルギー消費を現状で維持する、あるいは、減少させる対策を早期に立案し、導入することが肝要である。

この共同提案書は、東南アジア諸国の家庭用エネルギー消費は今後とも一定程度増加するという従来の考え方を改めることを提案するとともに、将来のエネルギー消費の伸びを止める、さらに削減するための方策を提案する。同時に、エビデンスに基づく政策立案に欠くことのできないデータベースを整備することを提案する。

成長が続く東南アジアのエネルギー消費は、今後の地球温暖化の進行に大きな影響を与えると考えられる。各国の省エネルギー政策の中心的課題は、産業及び大規模商業施設等の大口需要を対象としており、小口需要である家庭用については積極的な対応が遅れている。一方で、先進国では家庭用のエネルギー消費は、民生業務部門や産業部門のエネルギー消費に匹敵し、家庭用についても温暖化対策は非常に重要であることから、ここでは、家庭分野での積極的な温暖化対策を実現する省エネルギー政策及び、再生可能エネルギーの導入促進について以下のように提言する。

- ① ゼロエミッションの実現を政策目標とする計画策定
- ② 規制策：任意基準の強制基準化、基準強化、課税強化
- ③ 誘導策：ボランティア・アグリメント
- ④ 助成策：政府主体のファイナンススキームの構築
- ⑤ 支援策：DSMプログラムの促進、ライフスタイルの変革促進、ビルや街区の設計指針の作成
- ⑥ 再生可能エネルギーの導入促進
- ⑦ エビデンスベースドな対策と政策の立案を実現するデータの継続的収集態勢の構築

省エネルギー対策としては大きく規制策から支援策の4種類に分類しているが、規制策と助成策は市場に与える影響が強い一方で、対象が限定される。これに対し、誘導策と支援策は、市場に与える影響は限定的であるが、幅広い分野を対象とすることができる。従って、対象毎に上記の4種類の政策を効果的に適用するポリシーミックスが重要になる。

4.2.1 ゼロエミッションの実現を政策目標とする計画策定

東南アジアの家庭用エネルギー消費量は、一般には今後も増加すると考えられており、各国の政策もこれを前提に、伸び率を可能な限り抑えることが目標になっている。一方で、我々の調査結果では、東南アジアの特に都市部の世帯当たり消費量はすでに先進国の水準に達していると考えことができ、少なくとも消費レベルを現状水準で維持する目標をもつことが求められる。さらに、パリ協定に見られるように、長期的にはゼロエミッションを実現することが世界的に求められている。エネルギー政策を立案するに当たっては、今世紀末のゼロエミッションの実現を見据えた、積極的な政策立案が求められる。

4.2.2 規制策：任意基準の強制基準化、基準強化、課税強化

規制策には義務的な省エネルギー基準、エネルギー税、Energy Efficiency Resource Standard (EERS)と呼ばれるエネルギー供給事業者を対象に、省エネルギー義務を課する制度がある。

新築建物の省エネルギー基準は、ベトナムは義務的基準、タイは任意基準が設けられており、タイではEEDP2015で基準の義務化が政策目標の一つになっている。但し、両者ともに2,000㎡以上の建物を対象としたもので、住宅については、大規模集合住宅以外は基準の対象外にある。今後増加すると考えられる冷房需要を削減することを目的に、新築建物の省エネルギー基準を、小規模住宅を含めて義務化する必要がある。

カンボジアではこうした基準は見られないが、National Energy Efficiency Policyによれば今後の導入を検討するとされている。

家電製品については義務的な省エネルギー基準としてMinimum Energy Performance Standard(MEPS)が設けられ、さらに誘導施策としてラベリングが導入されている。また、ラベリングは義務的基準と任意基準の両者が実施されている。タイのEEDP2015ではラベリングの義務化が政策目標として掲げられている。MEPSは一定以下のエネルギー効率の製品は市場から排除する、いわゆる足きりの基準であり、その基準値は一般に厳しくない。また、基準値策定時には福祉目的と、製造事業者の能力などを考慮する必要があり、合理的な基準値設定方法を採用することが難しい。これに対し、日本で採用されているトップランナー基準は、市場で販売されている最高効率の製品の性能を基準値として採用し、製造事業者が国内で販売する製品の平均性能がこれを上回ることを義務化している。この結果、トップランナー基準は常に、市場でのトップクラスの性能が義務化され、また基準値の設定方法も透明化することができる。この結果、日本国内で販売される家電製品の効率は非常に高い水準が維持されている。家電製品の省エネルギー基準をMEPSからトップランナーに変更することは大きなインパクトを持つと考えられることから、トップランナー基準を採用することが求められる。

ラベリングに関しては、ラベルの表示を全て義務化することで、ラベリングが持つ省エネルギーの促進効果を発揮することが可能になると同時に、販売されている製品の性能に関するデータの収集が容易になる。従って、ラベリング表示の義務化を早期に実現すべきである。一方で、ラベリングの導入には計測プロトコルの整備と、性能試験ラボの整備、及び試験担当者の育成などを実施する必要がある。カンボジアでは、これらの整備について、日本を含む先進国の積極的な支援が必要である。

エネルギー税は、タイ等で既に導入されているが、家庭用の電力及びLPG価格は福祉目的もあり低位に抑えられている。従って、家庭用電力及びLPG価格については、国の実情に見合った措置が必要であり、十分吟味した上で、現状で保護されている部分の見直しと、新たな課税を慎重に検討する必要がある。

EERSは米国の多くの州で導入されている効果的な省エネルギー政策であり、タイのEEDP2015で導入が計画されている。家庭のような個人を対象とした義務的基準を導入することは、建物の省エネルギー基準を除き、困難である。EERSはエネルギー供給事業者を対象に省エネルギー義務を課す制度であり、エネルギー供給事業者はDemand Side Management(DSM)プログラムを実施することで、義務を償却する。その際、エネルギー供給事業者がDSMプログラムの実施に要する費用を料金に上乗せして回収することが認められている。同時に、省エネルギーを実施することで、収入が減少する分についてはDecouplingにより収益を確保する等の措置が取られる。既にタイではEERSの導入が政策化されており、他の東南アジア諸国においても、EERSの研究と導入を検討することが求められる。

4.2.3 誘導策：ボランティア・アグリメント

任意のラベリングは誘導策の代表的な制度である。ラベリングには建物及び家電製品の省エネルギー性能を評価するものがあるが、両者とも義務化することが求められる。

ラベリング以外では、政府と家庭用エネルギー消費の大部分を供給する電力会社の役割が非常に大きい。電力会社が、製造事業者や、需要家と協議し、一定の省エネルギー目標を定め、協定を結ぶことで、省エネルギーを促進するプログラムを総称してボランティア・アグリメントと呼ぶ。ベトナムのVietnam Electricity(EVN)では、対前年同月比で一定以上の電力消費量を削減することに合意した上でこれに成功した需要家にインセンティブを供与するプログラムを実施している。このような電力会社が直接需要家と省エネルギー目標を定め、需要家はこれを実施することを宣言し、さらに成功した場合にインセンティブを供与す

るプログラムは非常に有効であり、広く導入することが望まれる。

また、政府の場合は、製造事業者と製品の省エネルギー目標を協議し、この達成を合意することで、省エネルギーを促進することができ、このような対策を加速することが求められる。

4.2.4 助成策：政府主体のファイナンススキームの構築

政府が主体となり、補助金、低利融資、税の減免を行うプログラムである。多くの場合、産業部門や商業ビルでの省エネルギー技術の導入促進策として実施されている。同様の措置を住宅及び家電製品について導入することが望まれる。住宅については新築住宅において、省エネルギー技術導入によるコストアップ分について補助金や低利融資を提供すると同時に、既存住宅の省エネルギー改修についても積極的に補助金や低利融資を提供することが求められる。また高断熱住宅については容積率緩和による導入促進を図ることも有効である。家電製品については、政府が直接金融支援を行うことは一般的ではないが、新たな省エネルギー技術の開発、省エネルギー製品の販売促進などを行う事業者を対象にした金融支援措置を講ずることが望まれる。

財源としてはエネルギー税が充当されることが多いが、政府系金融機関を核としたリボルビングファンドを創設することも有効である。リボルビングファンドについてはタイで工場や商業ビルでの省エネルギー対策に活用されている事例があるが、これを家庭分野に応用することが可能と考えられる。

4.2.5 支援策：DSMプログラムの促進、ライフスタイルの変革促進、他

エネルギー供給事業者が主体となり、省エネルギー技術と省エネルギー的ライフスタイルの促進を図るプログラムの促進が求められる。これらは一般にDSMプログラムの一環として実施されている。LEDの無償提供が一部で実施されているが、LEDは価格低下が進み、経済性が高いことから、情報提供による普及促進とモデル事業の実施などで普及を加速することが可能と考えられる。一方で、既存住宅の省エネルギー改修など投資回収が非常に長くなる対策や、高効率家電製品の導入促進のように、投資回収という概念が定着しにくい対策については、情報提供は限定的な効果にとどまることから、リベートの提供や、低利融資のような金融面の支援を含めた対策が必要である。これらを実現する措置として前述したEERSを導入することは非常に有効である。同時に、エネルギー供給事業者が初期費用を全て負担し、これを受益者のエネルギー料金に一定額を上乗せして投資回収を行うプログラムであるOn Bill Finance (OBF)を導入することが有効である。OBFを導入するには、投資のための低利資金を政府が提供すること、対策導入後の省エネルギー効果の評価方法を吟味することが必要である。

又、住宅の省エネルギー性能を評価すると同時に、導入すべき省エネルギー対策の省エネルギー効果、必要な投資額と投資回収などの情報を提供する、Home Energy Auditを導入することが望まれる。Energy Auditは東南アジア諸国でも既に、工場は商業ビルで実施されてきた。このサービスを住宅に拡大するものである。住宅の省エネルギー性能を評価するための様々なツールの開発と、Auditorの育成が必要であり、これには日本をはじめとする先進国の積極的な支援が望まれる。

上記のような技術面の対策に加え、消費者の意識を変革し、省エネルギー行動の普及促進を図るプログラム、Behavioral Change Programの導入が注目されている。電力会社が需要家に対し、当該需要家と類似世帯、省エネルギー的な世帯の電力消費量が比較可能な情報を継続的に提供するプログラムである。同時に、使い方の変更や高効率機器への更新に関するアドバイスを提供することで消費者の行動変容を促すプログラムである。Behavioral Change Programは大規模な需要家を対象とすることが可能であり、これを継続的に導入することで一定の省エネルギー効果を期待することができることから、積極的に導入することが望まれる。また、生活の質とエネルギー消費の関係に関する分析結果から、生活の満足度を向上させることが省エネルギーに

一定の効果を与えることが把握できており、生活の満足度を向上させるために住宅環境を改善することと同時に、コミュニティー活動の活発化を図ることも求められる。

これらを実施するための建物及び街区の設計ガイドライン、住まい方のガイドラインの作成も有効な支援策になると考えられる。建物の設計ガイドラインでは、冷房負荷の軽減を目的に、通風計画、台所換気の改善や屋外の厨房スペースの提案、夜間窓を開けても安全な防犯窓、防犯ドアの開発等が考えられる。また、街区の設計ガイドラインでは、タウンハウス設計の効率改善方法の検討、コミュニティー広場の整備によるコミュニティー育成の場を開発することで、住民の屋外での活動を活発化する、ヒートアイランドを抑制するために、植林、壁面緑化、道路の遮熱・保水性舗装の推進などが考えられる。また、上述のとおり、生活の質に関するアンケート調査の分析では、居住環境の満足度向上が省エネルギーに寄与する結果が得られていることから、住まい方を検討することが有効と考えられる。例えば、共住型ライフスタイルの提案として、多世帯居住やルームシェアの推奨、クールシェアの働きかけ、家族で一緒に食事をするなど、住宅の冷房負荷削減を目的に屋内外で空間をシェアするなど新しいライフスタイルを提案することも有効と考えられる。また、地域コミュニティーを活性化することは、屋外での活動を活発化させるばかりでなく、居住の満足度を高める効果もある。

4.2.6 再生可能エネルギーの導入促進

東南アジアの特に農村部では厨房用にバイオ燃料が多く使用されている。これらは、今後の生活水準向上による近代化と都市化により、LPGや電力消費機器に置き換わることが予想される。その結果、燃焼効率が向上することから、最終エネルギー消費量は減少するが、二酸化炭素の排出は増加することになる。この事は避けることができない問題であり、バイオ燃料から転換する時点で、より高効率で低炭素の厨房機器への更新を促進することが肝要である。また、太陽熱温水器の導入促進や、高効率バイオマス厨房器の開発も同時に図るべきである。

一方で、将来の家庭からの二酸化炭素排出を現状で維持、あるいは削減する為には、特にベトナム、カンボジアでは省エネルギーのみでは達成が困難と見られる。これを実現する為には、家庭用エネルギー消費の大部分を占める電力消費について、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電を積極的に導入することが必要である。特に、太陽光発電と風力発電は価格低下が顕著であり、費用対効果が高くなることが予想されている。従って、これら再生可能エネルギーによる発電を一層促進するために、国家の電源開発計画での再生可能発電の位置づけを見直し、電力会社を中心に大量導入を図ることが期待される。また、個人住宅での導入に関しては、タイ、ベトナムではFeed In Tariff (FIT)による支援が行われ、中長期の経済性は確保されていると思われるが、初期投資の負担が導入促進を阻害している。従って、初期投資に対する低利融資あるいは、上述したOn Bill Financeを積極的に導入することが効果的である。

4.2.7 エネルギー消費に関する調査の実施とデータ整備

導入すべき省エネルギー対策には様々なプログラムがあるが、省エネルギー政策として導入する際には、導入の優先順位や省エネルギー効果を検討することが必要になる。これには、家庭でのエネルギー消費量や住宅、家電製品の保有状況、使い方など詳細なデータを整備する必要がある。現状では、Housingセンサス、Household Socio Economicセンサス等、幾つかのデータから家庭の置かれている状況を判断し、政策立案を行っていると考えられるが、住宅、世帯、設備、エネルギー消費に関する一体的なデータ整備はほとんど行われていない。より有効な政策立案を行うには、このような一体的なデータ整備が不可欠であり、早期に実施すべきである。

我々は2015年以降、家庭のエネルギー消費に関するフィールド調査を行い、これをデータベース化し、

BELDA (<http://www.belda.asia/wp/en/>)を一般に公開している。このデータベースは、収録されているデータのサンプル数は十分とは言えないものの、東南アジアの家庭用エネルギー消費の実態を把握するための有効なツールになると考えている。今後は各国政府主導による、大規模なフィールド調査によるデータ収集と、BELDAのようなデータベース構築を実施すべきである。

表(2,3)- 41 共同提案一覧

		タイ	ベトナム	カンボジア
ゼロエミッション実現を政策目標とする計画策定		Energy Efficiency Development Plan 2015 (EEDP2015 ¹)	Annual & 5 year plan under the Energy Efficiency Law ¹ / National Green Growth Strategy	National Energy Efficiency Plan (Draft)
		家庭用の省エネルギー政策を見直し、今後のエネルギー消費を現状で維持するあるいは、削減することを目標とする。		
規制策	ビルの省エネルギー基準	現在は任意基準であり強制基準化を計画中(但し、延床面積2,000㎡以上のビルが対象)	強制基準(但し、延床面積2,000㎡以上のビルが対象)	基準策定を計画中
		小規模住宅を含む強制基準を策定する。		強制基準を作成する。
	家電製品等設備の省エネルギー基準	HEPS ² /MEPS ³	MEPS	計画中
	EERS ⁴	実施中	No	No
		DSMプログラムを促進する。	EERSを導入する。	
誘導策	機器の省エネルギーラベル	強制基準/任意基準	強制基準	計画中
		強制基準化する。	対象機器を拡張する。	強制基準を導入する。日本をはじめとする先進国からの積極的な支援が必要。
	住宅の省エネルギー性能表示	No	No	No
		義務化表示を導入する。先進国からの積極的な支援が必要。		
	ボランティア・アグリメント	過去に実施した経験がある	実施中	No
		政府及び電力会社が製造事業者を協力して実施する。		
助成策	補助金/低利融資/税の減免/リボリングファンド	ENCON Fund ⁵ / 税の減免	税の減免	No
		高断熱住宅の新設時、高効率機器の購入時における金融支援策を講じる。特に、既存住宅の断熱改修については強力な金融支援策が必要。		
	容積率の緩和	No	高断熱住宅の建設時に一定の容積率緩和を行う。	
支援策	LED照明の導入促進	パイロットプロジェクト	パイロットプロジェクト	No
		情報提供による誘導で実現可能。		パイロットプロジェクトを実施する。

		タイ	ベトナム	カンボジア
	電力会社のDSMプログラム (オン・ビル・ファイナンス (OBF), フィードバック・サービス, 住宅の省エネ診断)	No	No	No
	住宅の設計ガイドライン	オン・ビル・ファイナンス (OBF), フィードバック・サービス, 住宅の省エネ診断等のDSMプログラムを実施する。この際、政府は電力会社と協力し、金融支援等を実施する。また、日本をはじめとする先進国の支援も期待される。		
	住宅の設計ガイドライン	冷房負荷低減のための換気・通気計画：厨房等の換気計画、屋外厨房設計、開口部の設計：防犯窓等の設計、冷房負荷低減のためのショッパハウスの高効率設計		
	街区の設計ガイドライン	街区の通風計画、ヒートアイランド対策としての植栽、壁面緑化、道路の断熱及び保水性舗装		
	コミュニティ活動の活性化、共住型ライフスタイル	コミュニティ活動の活性化によりQOL ⁶⁾ を向上し省エネを図る。シェアリングによる冷房負荷の低減を図る。		
再生可能エネルギーの導入促進	厨房・給湯用バイオ燃料が化石燃料に転換する事への対応	LPG、電気機器への交換時に高効率機器選択を促す。太陽熱温水器の導入支援を行う。高効率厨房機器の開発支援を行う。		
	フィード・イン・タリフ(FIT) ⁷⁾	停止	実施中	No
	電源開発計画の見直し	PDP2015 ⁸⁾ & AEDP2015 ⁹⁾	PDP7	PDP
	金融支援	No	No	No
エネルギー消費実調査の実施と、データベース開発	エネルギー消費実態調査	実施中 (5年毎の実施を計画)	No	No
	データベースの開発	No	No	No
		BELDA ¹⁰⁾ のようなオープン・プラットフォーム・データベースを整備する。		

Note: 当該国で実施中の省エネ政策、プログラム / 新たに導入すべき省エネ政策及びプログラム

- 1) EE Law : the Law on Economical and Efficient Utilization of Energy
- 2) HEPS : High Efficiency Performance Standard
- 3) MEPS : Minimum Energy Performance Standard
- 4) EERS : Energy Efficiency Resource Standard
- 5) ENCON Fund : Energy Conservation Promotion Fund
- 6) QOL: Quality of Life
- 7) FIT : Feed In Tariff
- 8) PDP : Power Development Plan
- 9) AEDP : Alternative Energy Development Plan
- 10) BELDA : Building Energy use and Lifestyle Database in Asia (<http://www.belda.asia/wp/en/>)

4.2.8 共同提案者

共同提案書は、3年間の調査期間中に当該国の政府及び専門家との80回に及ぶ協議を踏まえて作成したものである。この結果、日本側の専門家15名及び当該国の専門家27名の連名で、各国の政府機関に配布している。共同提案者は以下のとおりである。

■ Japan (research members/alphabetical order)

- Jyukankyo Research Institute
 - ・ Dr. Hidetoshi Nakagami
 - ・ Dr. Chiharu Murakoshi
 - ・ Dr. Ji Xuan
 - ・ Dr. Azusa Takayama
- Waseda University
 - ・ Dr. Hiroto Takaguchi
 - ・ Ms. Chika Matsumoto
 - ・ Ms Jennifer Hsieh
- Advisor: (Alphabetical order)
 - ・ Dr. Yasunori Akashi, The University of Tokyo
 - ・ Dr. Kazuhiro Fukuyo, Yamaguchi University
 - ・ Dr. Weijun Gao, The University of Kitakyushu
 - ・ Dr. Katsuaki Ishii, Association of International Research Initiatives for Environmental Study
 - ・ Dr. Tetsu Kubota, Hiroshima University
 - ・ Dr. Hiroshi Yoshino, Tohoku University
 - ・ Dr. Yoshiki Yamagata, National Institute for Environmental Studies
 - ・ Dr. Qingyuan Zhang, Yokohama National University

■ Thailand (alphabetical order)

- ・ Dr. Kulyos Audomvongseree, Chulalongkom University
- ・ Mr. Jarun Boonyakongrat, Provincial Electricity Authority (PEA)
- ・ Dr. Pongsun Bunditsakulchai, Chulalongkom University
- ・ Mr. Wilas Chaloeysat, Metropolitan Electricity Authority (MEA)
- ・ Dr. Pawinee Iamtrakul, Thammasat University
- ・ Mr. Lertchai Kaewvichian, Provincial Electricity Authority (PEA)
- ・ Dr. Bundit Limmeechokchai, Thammasat University (SIIT)
- ・ Mr. Prasan Mepramoo, Provincial Electricity Authority (PEA)
- ・ Mr. Pan Piyasil, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
- ・ Mr. Supan Thonprom, Provincial Electricity Authority (PEA)
- ・ Ms. Supavadee Tiptaveechi, Provincial Electricity Authority (PEA)
- ・ Dr. Sirintornthep Towprayoon, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
- ・ Mr. Arthit Vechakij, Excelent Energy Internatioanl (EEI)
- ・ Dr. Wongkot Wongsapai, Chiang Mai University

■ Vietnam (alphabetical order)

- ・ Dr. Mai Anh, Hanoi University of Science and Technology (HUST)
- ・ Mr. Nguyen Hoang Anh, Institute of Energy (IE)
- ・ Dr. Hoang Tien Dung, Institute of Energy (IE)
- ・ Mr. Tran Manh Hung, Institute of Energy (IE)
- ・ Dr. Nguyen Ngoc Hung, Institute of Energy (IE)
- ・ Dr. Tran Thanh Lien, Institute of Energy and Environment (IEE)
- ・ Dr. Pham Hoang Luong, Hanoi University of Science and Technology (HUST)

- ・ Dr. Hoang Manh Nguyen, Hanoi Architectural University
- ・ Mr. Tran Viet Nguyen, Vietnam Electricity (EVN)

■ Cambodia (alphabetical order)

- ・ Dr. Sarin Chan, Institute of Technology of Cambodia (ITC)
- ・ Dr. Karno Chhay, Royal University of Fine Arts
- ・ Dr. Kinnaeth Vongchanh, Institute of Technology of Cambodia (ITC)

5. 本研究により得られた成果

東南アジアの二酸化炭素排出量は増加傾向にあり、今後も増加すると予想されている。このような状況にあって、COP21におけるパリ協定に見られるように、温暖化対策としての省エネルギーの促進は東南アジア諸国においても急務の課題であり、ここ数年、各国ともに新たな省エネルギー政策を打ち出してきている。しかし、新興国及び途上国の温暖化対策に関する政策は、産業部門及び大規模商業施設が対象の中心とされ、家庭用については後回しとなっている国が多い。将来の温暖化対策計画においても、各国エネルギー消費の伸び率を抑えることを目標としている。これは、家庭用のエネルギー消費水準が先進国と比較して低位にあるという認識に立っているものと見られる、同時に、福祉目的で電力価格が安く抑えられている等、二酸化炭素排出削減のインセンティブが作用しにくい環境にある。

一方で、本研究の結果では、都市部の世帯当りエネルギー消費は先進国の水準と同等かそれ以上になっている。特に、日本をはじめ、先進国の家庭用エネルギー消費は、すでに減少傾向にあり、今後はさらに低下することが見込まれていることから、近い将来、東南アジアの家庭用エネルギー消費による二酸化炭素排出削減は、世界的にも大きな課題になると考えられる。

家庭分野は、福祉目的でエネルギー価格が助成等により低く抑えられ、同時に、規制等の厳しい省エネルギー対策を導入することが難しい分野である。しかし、上記の状況を踏まえると、少なくともエネルギー消費を現状で維持する、あるいは、減少させる対策を早期に立案し、導入することが肝要である。

本研究では、タイ、ベトナム、カンボジアを対象に①インタビュー調査及び電力の計測調査などの実態調査によりエネルギー消費、ライフスタイルの現状を把握し、②エネルギー消費と基本属性の関係、エネルギー消費と生活の質の関係、家電製品の詳細な使用状況及び電力消費を把握・分析し、③将来のエネルギー消費推計と省エネルギーポテンシャルを推計し、④これらを広く関係者に公開するためにオープンプラットフォームのデータベースとして整備し、⑤現地の政府及び専門家との情報交換と協議を経て、ネットワークを構築し、⑥最終的に、現地専門家とともに、二酸化炭素削減政策に関する共同提案書を作成し、当該政府担当者に提出した。この結果、①現状把握から②人的ネットワークの構築、③データベース化による情報の共有、④将来の二酸化炭素削減ポテンシャルの定量化、⑤検討すべき政策の提案といった、今後の二酸化炭素削減を実現するために必要な措置をパッケージとして提供することができた。その科学的意義及び環境政策への貢献は以下にあると考えられる。

5.1 科学的意義への貢献

5.1.1 データベース開発及び関係者とのネットワーク形成による科学的意義

本研究では、政策担当者や研究者を対象に民生部門の二酸化炭素排出状況を中心とするオープンソースのデータベースを開発している。その為に、3年間で政策担当者や研究者と80回にのぼる情報交換と協議を重ねるとともに、アンケート調査及び、電力の計測調査については当該国の研究所、大学と共同研究を行い、同時に、マクロデータ等、既存調査データの収集整理を行い、最終的にオープンソースのデータベースを開発した。

当該国における民生部門の二酸化炭素排出に関する調査研究が発展途上にある中で、情報交換と共同研究を通して、緊密なネットワークの形成を行うことができたとともに、オープンソースデータベースを構築したことで、当該国の関係者理解を深めるとともに、二酸化炭素削減のための研究の発展と、政策立案を効果的に進めるための判断材料を提供したことに大きな意義があると考えられる。

5.1.2 エネルギー消費実態調査を行ったことによる科学的意義

エネルギー消費実態調査によるデータ収集と分析は、開発したデータベースの心臓部となる。二酸化炭素削減方策を検討する際にはエネルギー消費の現状を把握するにとどまらず、同時にエネルギー消費に影響を与える各種要因のデータを把握する必要がある。例えば産業部門の場合は製造品目、生産量、企業形態・規模、生産工程・システムなどが、民生部門の場合は建物属性、設備機器、設備機器の使用状況等が必要であり、家庭用にあつては世帯属性、省エネルギー意識等を把握する必要がある。加えてデータをもとに要因分析を行うためには、同一サンプルによるエネルギー消費と他の要因がセットになったデータが必要であり、実態調査を行う意義はこれを収集する点にある。今回行った家庭用エネルギー消費実態調査ではこれらの詳細な要因分析用データを収集し、各要因とエネルギー消費の関係を分析することが可能であり、これには、二酸化炭素排出削減方策を検討する上で科学的裏付けを提供する意義がある。同時に、将来の二酸化炭素排出量の推計を行う観点や、二酸化炭素排出削減方策を科学的に検討する為には、エネルギー種別のデータでは不十分であり、今回収集データをもとに行った用途別推計は、冷房や照明・コンセントといった利用用途別のデータをを得ることにより科学的根拠を与えている。

同様に、業務用についてはエネルギー需要構造分析、省エネルギー政策立案に資することを目的に事務所を中心に病院、ホテルといった主要業務施設のエネルギー消費実態調査を当該国の専門家と共同で行っており、業務施設に関する政策立案についても一定の協力関係を構築している。

5.1.3 電力消費計測調査及びライフスタイルに関するインタビュー調査を行ったことによる科学的意義

家庭の電力消費量に関する計測調査とライフスタイルに関する詳細インタビュー調査は、エネルギー消費実態調査では得られない詳細なデータを把握することで、二酸化炭素排出削減対策を検討する上での科学的裏付けを提供する意義がある。

例えば、計測調査結果からはエアコンや家電製品の稼働時間、電力消費量、エアコンが設置された部屋の室温などのデータから、稼働時の電力消費量とロードカーブを得ることができ、これらは二酸化炭素排出削減対策の優先順位を検討したり、その二酸化炭素排出削減効果を分析する上での科学的根拠を提供するデータとなる。また、ライフスタイルに関する詳細インタビュー調査結果からは、エネルギー消費に直接影響を及ぼす、住宅面積、世帯員数、機器の保有状況などの物理的要因以外に、これらの物理的要因の背景になるライフスタイルや、機器の使い方との関係を把握することができ、さらに、生活の質とエネルギー消費の関係を把握することで、①技術導入による効果と、②機器の使い方や住まい方による効果に加え、③生活環境整備や生活習慣の変化による効果を定量化することができ、今後の二酸化炭素排出削減対策の優先順位や二酸化炭素排出削減効果を検討するうえで重要な判断材料を提供する。

本研究で行った様々な実態調査ではこれらの詳細な要因分析用データを収集し、各要因とエネルギー消費の関係を分析することが可能であり、二酸化炭素排出削減の可能性と今後の対策を検討する上での科学的根拠を与えている。

5.1.4 マクロデータ等の整備を行ったことによる科学的意義

マクロデータ、既存調査データの収集整理は、データベースの開発に不可欠の条件の一つであり、実態調査のみでは得られないマクロ面や気象状況等、家庭を取巻く経済面、環境面等の科学的裏付けを提供するものである。

5.2 環境政策への貢献

5.2.1 各国における温暖化防止対策の政策立案に資する（行政が活用することが見込まれる成果）

本研究で開発したオープンソースのデータベースは、当該国の政策立案者が政策の方向、着目点、具体的な対策とその効果などを検討する際の判断材料を提供した点に意義がある。また、本研究で構築したネットワークの構成員の中には、当該国での政策立案に深く関与する専門家が含まれており、本研究で得られた知見が当該国の政策立案に一定のインパクトを与える効果があると考えられる。

さらに、本研究では日本及び当該国の専門家と協調した温暖化対策政策に関する共同提案書を作成し、政府の政策担当者に提出した。共同提案書への当該政府の反応は把握できていないが、共同提案者からは、提案内容が政策として取り上げられることに対する期待と、今後の協力関係を維持することへの期待が表明されている。

共同提案書では、本研究の結果の概要を示すと同時に、実施すべき対策を各国の状況に応じて示しており、これは論理的に政策立案を行う為のプロセスをパッケージ化して示したものである。この点は、基本的に第三者である外国の専門家が、当該国の政策提案を行う際に、その信頼性を担保するための重要な要素であると考えている。これに加え、当事者である当該国の専門家の支持を得ている点で、当該国の政策立案に一定の効果をもたらすことが期待できる。

5.2.2 我が国の国際協力・政策立案に資するための環境整備（行政が活用することが見込まれる成果）

本研究で開発したデータベースは、二国間クレジット等国际的な枠組みを活用するプロジェクトの有効性、実現可能性、削減効果などを判断する基礎資料を提供し、国際協力、政策提案などに活用することが可能である。また、共同提案書の提案内容は、現時点で考えられる当該国での今後の政策を示したものであり、我が国政府が当該国と政策協力を行う際に、具体的な対策を検討するための判断材料を提供する点で、国際協力・政策立案に貢献すると考えられる。

5.2.3 我が国の高い環境産業技術を新興国・途上国で展開することに資する（行政が活用することが見込まれる成果）

我が国の省エネ政策、省エネ技術、環境技術など優れた制度と技術は、実態把握とその対策の過程で生み出されてきたものである。同様の環境産業を、東南アジアをはじめとする新興国・途上国で展開するには、まずはエネルギー消費実態を把握し課題を明確にすることが第一に必要である。しかし新興国・途上国では資金的にも人的リソース的にも負担が大きく、国際社会の支援が強く求められている。

本研究で行ったエネルギー消費アンケート調査、電力消費計測調査とライフスタイルに関する詳細インタビュー調査は、エネルギー消費実態、使い方、住まい方、環境調整行動などの詳細データを把握することで、当該国における課題を明確にし、我が国の得意分野である省エネルギー技術や環境技術の開発、政策立案支援につなげることに資する。同時に、当該国の発展段階に応じた段階的方策を示しており、このことは発展段階に応じた商品開発や価格設定を可能とし、無駄なく技術開発を進めることに資する。

5.2.4 地域の人材育成と独創的なアジア展開に資する

国内においては地域の大学と連携して作業を進めており、広いネットワークを構築し地域における研究者の人材育成に寄与している。地域が独創的なアジア展開を立案することは今後のアジア及び我が国の温暖化対策に大きく貢献するものと考えられ、地域の研究者を中心とした様々な展開を期待することができる。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

6. 国際共同研究等の状況

2016年度に、計測調査をカンボジア工科大学、チュラロンコン大学、ベトナムエネルギー研究所と共同研究を行い、同時に、家庭用ライフスタイルに関する詳細インタビュー調査を、カンボジア工科大学、モンクット王工科大学、ベトナムエネルギー研究所と共同で実施した。また、業務施設のエネルギー消費実態調査を、エクセレントエナジーインターナショナル、ハノイ建築大学と共同で実施した。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- ① C. Murakoshi, J Xuan, A Takayama, H Nakagami and H Takaguchi, State of residential energy consumption in Southeast Asia: need to promote smart appliances because urban household consumption is higher than some developed countries, In proceedings of the eceee (European Council for an Energy Efficient Economy) 2017 Summer Study, June 2017
- ② J. XUAN, A. TAKAYAMA, C. MURAKOSHI, H. NAKAGAMI, H. TAKAGUCHI, How People Are Using Home Appliances in Southeast Asian Countries? - Evidence from a Comparative Analysis of Southeast Asia and Japan -, 9th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL'17) 13rd.Sep.-15th 2017, Irvine, CA, USA

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

- ① 市島健吾, 高口洋人, 中上英俊, 村越千春, 玄姫, 高山あずさ, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築 2016年度家庭内エネルギー消費と生活の質に関する調査(カンボジア), 平成29年度空気調和・衛生工学会大会(高知), 高知工科大学, 2017年9月13日~15日
- ② 高口洋人, 東南アジアにおけるエネルギー消費と省エネ建築, アジア・モンスーン地域の建築環境検討小委員会 話題提供, 日本建築学会 地球環境委員会, 2017年10月6日
- ③ J. Xuan, A. Takayama, C. Murakoshi, H. Nakagami and H. Takaguchi, Factors Affecting Residential Energy Consumption from the Viewpoint of People's Lifestyle and Quality of Life: Case Studies of Thailand and Vietnam, 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila, Philippines, June 2017
- ④ J. Hsieh, H. Takaguchi, C. Murakoshi, J. Xuan, A. Takayama and H. Nakagami Study on BELDA: Prediction of Residential Energy Consumption in Cambodia: 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila, Philippines, June 2017
- ⑤ K. Ichijima, H. Takaguchi, C. Murakoshi, J. Xuan, A. Takayama and H. Nakagami, Development of BELDA: Preliminary Results of Questionnaire Survey and Database Building Protocol: 17th Science Council of Asia Conference (SCA-17), Manila, Philippines, June 2017
- ⑥ 高口洋人, アジアの多様な環境を理解しアジアの建築を考える, JIA MAGAZINE (日本建築家協会 協会誌) 2017年4月号 No.337 巻頭インタビュー
- ⑦ 高口洋人, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築, アジア地域のサステナブル建築環境検討小委員会 話題提供, 日本建築学会 地球環境委員会, 2017年3月22日
- ⑧ 玄姫, 高山あずさ, 村越千春, 中上英俊, 高口洋人, アジアの民生用エネルギー需要構造と将来予測に関するプラットフォーム構築- その1 タイ、ベトナム、カンボジアの都市部及び農村部における家庭用エネルギー消費実態調査, 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2017年2月
- ⑨ H. Takaguchi, J. Xuan, C. Murakoshi, A. Takayama and H. Nakagami, Development of BELDA, Building Energy structure and Lifestyle Database of Asia, 16th Science Council of Asia Conference (SCA-16), Colombo, Sri Lanka, June 2016

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- ① 3rd Symposium for "Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector", TKP麴町駅前会議室、2018年1月24日
- ② 日本のエネルギーと建築を考える、北海道科学大学、2018年1月17日
- ③ アジアにおける建築のサステナビリティと再生、関東学院大学、2017年11月10日
- ④ 日本建築学会 全国大会(広島) パネルディスカッションサステナブル社会実現のためのアジア地域における新しい暮らし方、広島工業大学、2017年9月1日
- ⑤ JIA環境会議・第3回懇話会、JIA会館、2017年4月27日
- ⑥ アドバイザリー会議の資料を利用し、研究者間で情報を共有、建築学会 地球環境委員会 アジア地域のサステナブル建築環境検討小委員会、日本建築学会会館会議室、2017年3月22日
- ⑦ 2nd Symposium for "Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector", 早稲田大学、2017年1月23日

- ⑧ 非住宅環境関連データベース (DECC) その活用と展開、日本建築学会 低炭素社会推進会議 勉強会、日本建築学会会館会議室、2016年11月9日
- ⑨ 蒸暑アジア地域の低炭素型ライフスタイル、2016年日本建築学会大会 地球環境部門 PD 低炭素型ライフスタイルによるスマート化社会の未来、福岡大学、2016年8月25日
- ⑩ 建築のゼロエネルギー化で世の中をよくする、大阪・梅田クリスタルホール、2016年7月23日
- ⑪ アジア諸国における家庭用エネルギー消費実態とライフスタイルについて、北九州市立大学大学院 ひびきのキャンパス、2016年7月22日
- ⑫ アジア諸国における家庭用エネルギー消費実態とライフスタイルについて、北九州市立大学大学院 ひびきのキャンパス、2016年5月19日
- ⑬ 1st Symposium for “Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector”、早稲田大学、2016年1月26日

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

- ・ MECON プロジェクトの HP : <http://meconproject.com/>
- ・ 気象庁 HP (タイ・バンコク) : <http://www.data.jma.go.jp/>
- ・ IEA. Statistics. (オンライン) <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>.
- ・ 福代和宏. 東南アジア諸国における住宅部門エネルギー消費量原単位. 空気調和・衛生工学会論文集, No.207 : pp. 37 - 40, 2014.
- ・ Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand. Energy Statistics. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <http://www.eppo.go.th/info>.
- ・ Suruhanjaya Tenaga, Energy Commission. Malaysia Energy Information Hub. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <http://meih.st.gov.my/statistics>.
- ・ Energy Market Authority, Singapore Government. Publications and Statistics. (オンライン) (引用日: 2016年1月10日.) <https://www.ema.gov.sg/>.
- ・ Electricite du Laos. Electricity Statistics 2013. Laos: Electricite du Laos, 2013.
- ・ Euromonitor International Ltd. The World Economic Factbook, 21st edition. London: Euromonitor International Ltd, 2014.
- ・ UNSD. Compendium of Housing Statistics. (オンライン) 2011年. (引用日: 2016年1月5日.) <http://unstats.un.org/unsd/demographic/sconcerns/housing/chs2011.htm>.
- ・ World Bank. World Development Indicators. (オンライン) 2015年12月22日. (引用日: 2016年1月15日.) <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.
- ・ National Institute of Statistics. Cambodia Socio-Economic Survey 2013. Phnom Penh: National Institute of Statistics, Ministry of Planning, 2014.
- ・ Badan Pusat Statistik. STATISTIK INDONESIA -- Statistical Yearbook of Indonesia 2015. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2015.
- ・ National Statistical Centre. THE HOUSEHOLD OF LAO PDR, Lao Expenditure and Consumption Survey 2002/03, LECS3. Vientiane: National Statistical Centre, Committee for Planning and Cooperation, 2004.
- ・ Department of Statistics, Malaysia. Report on Characteristics of Household 2010. Putrajaya: Department of Statistics, Malaysia, 2014.
- ・ Sida, Ministry of National Planning and Economic Development, The republic of the union of Myanmar, UNDP. Integrated Household Living Conditions Survey in Myanmar (2009-2010), Poverty profile. Yangon: UNDP Myanmar, 2011.
- ・ National Statistical Office. The 2010 Population and Housing Census. Bangkok: National Statistical Office, Ministry of Information and Communication Technology, 2010.
- ・ National Climatic Data Center: Technical Report No.2001-01: The FCC integrated Surface Hourly Datab 東南アジア Resource of Global Climate Data (2001)
- ・ Qingyuan Zhang, Huang Joe, Hongxing Yang, Chengzhi Lou: Development of Models to Estimate Solar Radiation for Chinese Locations, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 2 (2003) No. 2 pp.35-41
- ・ 張晴原: Gompertz 関数による水平面全天日射量の直散分離に関する研究、日本建築学会環境系論文集 第580号, pp. 31-37, 2004年

- ・ 木村建一：建築設備基礎理論、学献社 World Radiation Data Center <http://wrdc-mgo.nrel.gov/>
- ・ IPCC データベース：<http://www.ipcc-data.org/>
- ・ タイ国家統計局：<http://web.nso.go.th/>
- ・ エネルギー政策・計画局(Energy Policy and Planning Office: EPPO)：<http://www.eppo.go.th/>
- ・ ベトナム国家統計局：<http://www.gso.gov.vn/>
- ・ IEA, Electricity/Heat (ベトナム)：
<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=VIETNAM&product=electricityandheat&year=2013>
- ・ IEA, Electricity/Heat (タイ)：
<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=THAILAND&product=electricityandheat&year=2013>
- ・ UNSD, Households by age and sex of reference person and by size of household. UNSD Demographic Statistics. (オンライン) UNSD, 2017年2月3日. (引用日: 2017年2月10日.) <http://data.un.org/>.
- ・ Thailand Labelling Program の関連 HP：<http://labelno5.egat.co.th/new58/>
- ・ Electricity Generating Authority of Thailand の関連 HP：<http://www.egat.co.th/en/>
- ・ Metropolitan Electricity Authority in Thailand の関連 HP：<http://www.meat.or.th/en/>
- ・ Provincial Electricity Authority in Thailand の関連 HP：<https://www.pea.co.th/en/>
- ・ Thailand Energy Policy and Planning Office の関連 HP：<http://www.eppo.go.th/index.php/en/>
- ・ Vietnam Labelling Program の関連 HP：
<https://eneken.ieej.or.jp/data/4257.pdf#search=%27vietnam+label+program%27>
- ・ 省エネルギーセンターの HP：<https://www.eccj.or.jp>
- ・ ASEAN Center for Energy, <http://www.aseanenergy.org/>
- ・ 「市民生活行動学」、公益社団法人土木学会、張峻屹他、2015年3月
- ・ Amos で学ぶ調査系データ解析- 共分散構造分析をやさしく使いこなす、東京図書、大石展緒・都竹浩生(著)、2009年
- ・ SPSS と Amos による心理・調査データ解析 [第2版]、小塩真司(著)、2011年
- ・ SPSS 完全活用法 共分散構造分析(Amos)によるアンケート処理、田部井 明美(著)、2011年
- ・ 原因を探る統計学- 共分散構造分析入門、豊田秀樹、前田忠彦(著)、1992年
- ・ International Energy Agency, CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights, 2014
- ・ International Energy Agency, CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights, 2015
- ・ 早稲田高口研究室修士論文(太田有実)、カンボジアにおける生活実態の多様化を考慮した住宅部門エネルギー消費量の推計と将来予測、2015
- ・ 総務省「平成25年住宅・土地統計調査(速報)」(データは2013年)
- ・ 榊住環境計画研究所「家庭用エネルギーハンドブック(2014年版)」
- ・ 榊住環境計画研究所「家庭用エネルギー統計年報(2016年版)」
- ・ 総務省「家計調査 家計収支編(総世帯・勤労者世帯)(2014年版)」
- ・ 環境省「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」(平成26年10月~平成27年9月)
- ・ 宮崎恵子、山本祐貴、鷺谷聡之、高口洋人、カンボジアにおける住宅内エネルギー消費量急増の抑制方法に関する研究: 省エネルギーモデル住宅の提案、日本建築学会環境系論文集 77(673)、193-202、2012
- ・ ASHARE: 1993 ASHARE HANDBOOK, FUNDAMENTALS, CHAPTER 8, P.7~8. ASHARE, 1993年
- ・ 国土交通省: 断熱性能等級4、技術基準、2016年
- ・ L2-Tech 情報プラットフォームの HP：http://l2-tech.force.com/L2T_ListSearch
- ・ 榊住環境計画研究所: 平成25年度家庭における電力消費量実測調査、平成25年9月
- ・ (一財)家電製品協会の HP：<http://www.aeha.or.jp/>

III. 英文Abstract

Development of the Platform on Energy Demand Structure and Forecasts in Asian Residential and Commercial Sector

Principal Investigator: Hidetoshi NAKAGAMI

Institution: Jyukankyo Reseach Institute Inc.

Kioi-cho Ark BLDG. 3F, 3-29, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0094, Japan

Tel: +81-3-3234-1177 / Fax: +81-3-3234-2226

E-mail: hnakagami@jyuri.co.jp

Cooperated by: Waseda University

[Abstract]

Key Words: Southeast Asia, residential and commercial sectors, energy use, BELDA database

Energy consumption is expected to increase with economic growth among the emerging and developing countries of Southeast Asia. Nevertheless, data collection related to energy consumption is lagging behind; therefore, it is of utmost importance to establish an energy consumption database by end-use sector as an essential requirement for climate change policy-making in these countries. In this study, we focused on Thailand, Vietnam and Cambodia which are at different levels of development, and conducted the following surveys: 1) detailed information about energy use per household, 2) measurement study to understand the electricity consumed by major household appliances as well as the total amount of electricity consumed by homes, 3) lifestyle and quality of life, and 4) energy use in commercial buildings. Through the combination of our survey results with existing surveys of household energy use, population, economic and meteorological statistics, we constructed a common residential and commercial energy consumption database entitled “Building Energy use and Lifestyle Database of Asia (BELDA)”, and provided knowledge for analyzing the current situation of energy consumption in the residential and commercial sectors.

Development of the above-mentioned database is expected to contribute to energy demand analysis, research and development, low-carbon city planning, climate change policy-making, and the transfer of advanced technologies from Japan to the rest of Asia. According to the survey results, household energy consumption (including electricity consumption and thermal demand) in urban areas of Thailand, Vietnam and Cambodia has reached the same level as the highest energy consuming countries in the world. This suggests that there is an urgent need to improve energy efficiency in these countries, perhaps even more than developed countries. It is highly desirable that necessary measures are carried out, including the improvement of household thermal insulation, introduction of smart appliances, promotion of highly-efficient home appliances, as well as strengthening and mandating energy conservation standards, and thorough enforcement of standards and policies such as the Top Runner standard.

Through joint researches, meetings and conferences in this study, we established a close network with governments and experts in Thailand, Vietnam and Cambodia, and jointly with local and Japanese specialists, we provided climate change policy recommendations corresponding to stage of economic development in each country.