

住宅のエネルギー消費に関する研究

平成 23 年度

筑波技術大学大学院 修士課程

技術科学研究科 産業技術学専攻

村 瀬 真 史

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の目的と既往研究	1
1.3	本論文の構成	2
	参考文献	4
第2章	各都道府県における空調負荷の推定法の検討	5
2.1	はじめに	5
2.2	シミュレーション用モデル住宅	5
2.2.1	戸建住宅のモデル	5
2.2.2	集合住宅のモデル	5
2.3	シミュレーションの概要	7
2.3.1	シミュレーションソフトについて	7
2.3.2	居住者スケジュールと断熱仕様	7
2.4	シミュレーションによる年間冷暖房負荷	10
2.5	年間冷暖房負荷推定法の検討	11
2.5.1	年間暖房負荷の簡易推定法	11
2.5.2	年間冷房負荷の簡易推定法	12
2.6	まとめ	13
	参考文献	15
第3章	住宅における種類別エネルギー消費量の検討	16
3.1	はじめに	16
3.2	家計調査の概要	16
3.3	種類別エネルギー消費量の概要	16
3.3.1	電力消費量とその計算法	17
3.3.2	都市ガス消費量とその計算法	17
3.3.3	プロパンガス消費量とその計算法	18
3.3.4	灯油消費量とその計算法	18
3.4	各推定式の計算条件	19

3.5	種類別エネルギー消費量の推計結果	21
3.5.1	電力消費量	21
3.5.2	都市ガス消費量	21
3.5.3	プロパンガス消費量	22
3.5.4	灯油消費量	22
3.6	まとめ	39
	参考文献	41
第4章	住宅における用途別エネルギー消費量の検討	42
4.1	はじめに	42
4.2	用途別電力消費量	42
4.2.1	計算法と計算条件	42
4.2.2	用途別電力消費量の推計結果	44
4.3	用途別ガス消費量	61
4.3.1	計算法と計算条件	61
4.3.2	用途別都市ガス消費量の推計結果	64
4.3.3	用途別プロパンガス消費量の推計結果	81
4.4	用途別灯油消費量	98
4.5	種類別と用途別エネルギー消費マトリックス	115
4.6	まとめ	116
	参考文献	118
第5章	結論	119
	謝辞	121

筑波技術大学

修士（工学）学位論文

第 1 章 序論

1.1 研究の背景

近年、地球規模の温暖化が顕著化し、その主な原因として、化石燃料の燃焼による大気中の CO₂ 濃度の増加が考えられる。日本のエネルギー消費は、産業部門と運輸部門および民生部門に大別されるが、とりわけ民生部門におけるエネルギー消費の増大が著しい。また、民生部門では、家庭と業務用施設での冷暖房、家電機器、照明器具、給湯装置等によってエネルギーが消費され、家庭すなわち住宅におけるエネルギー消費量は国民の生活水準の向上などにより増加してきている。快適な室内環境を求めることは人間の欲望であるが、化石燃料の有限性や地球環境への負荷を考えると、建物に対し快適性と省エネルギー性および省資源性を両立させなければならない。

住宅の省エネルギーを図るには、省エネルギー技術の開発や省エネルギー基準に関する政策立案と居住者のライフスタイルの変革を行う必要がある。しかし、そのためには、住宅においてエネルギーをどの程度、どのように消費されているかを明らかにしなければならない。また、住宅のエネルギー消費量の地域性も考慮しなければならない重要な課題である。

1.2 研究の目的と既往研究

本研究では、住宅における種類別と用途別および地域別のエネルギー消費量を明らかにし、その将来予測を行うことを目的とする。

住宅エネルギー消費量に関する研究方法は、次の通りに分類される。

① 統計法

経済産業省や総務省などの政府機関で行われている家計調査などの統計データ¹⁾を用い、住戸あたりのエネルギー消費量を割り出す方法である。三浦²⁾、福代³⁾の研究には、この方法が取り入れられている。この方法の長所は、大量の調査データに基づいており、正確かつ一般性のあるデータを把握することが可能である。短所としては、必要とする調査項目が必ずしもあるとは限らず、不足する項目については、何らか別の方法で補うとする。

② アンケート調査法

特定のサンプルに対してアンケートを行い、サンプルとなる住戸のエネルギー消費構造を明らかにする方法である。この手法の長所は、調査に必要な項目を対象となる居住者に直接調査をとることが可能であり、研究者にとって解析が比較的簡易である。短所としては、サンプル数が限られるといった、一般性に欠け、サンプルが偏る可能性が高い。場合によっては、対象者への謝礼を支払

う必要があるため、費用が発生する。

日本建築学会⁴⁾の研究は、このジャンルに入る。当学会は、多数の研究者を投入し、全国範囲のアンケート調査を行い、地域別の住宅エネルギー消費量を調査している。

本章では、①の統計法を用い、2005-2009 年における全国の家計調査データに基づく住宅エネルギー消費を種類別と用途別および地域別に明らかにする。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は、次の通りである。そのフローを図 1-1 に示す。

第 1 章では、本研究の背景と目的および既往研究について述べる。

第 2 章では、まず、シミュレーションの対象住宅として集合住宅と戸建住宅のモデルを想定し、外壁および屋根の断熱仕様と窓ガラスの層数を変化させ、25 都市における年間冷暖房負荷をシミュレーションによって求める。さらに、暖房ディグリーデー、冷房ディグリーアワー、日射量、熱損失係数、日射熱取得率をパラメータとした年間冷暖房負荷の推定式を求め、推定精度について検討する。

第 3 章では、エネルギー源を電力と都市ガスとプロパンガスおよび灯油の 4 つに分別したことによって、家計調査から月別電気代とガス代および灯油代を推計している。これより、都道府県庁所在都市 47 都市に加え、川崎と北九州の 2 都市、計 49 都市分の 2005-2009 年における種類別エネルギー消費量を推計し、各エネルギー消費量の年間と月別変動を定量的に把握する。

第 4 章では、電力消費量と都市ガス消費量とプロパンガス消費量および灯油消費量をそれぞれ暖房と冷房と給湯および照明・コンセント・その他（家電、情報機器を含む）の 4 つの用途に分類し、各々の推計法と推計結果について述べる。

第 5 章では、第 1 章・第 4 章の結果をまとめる。

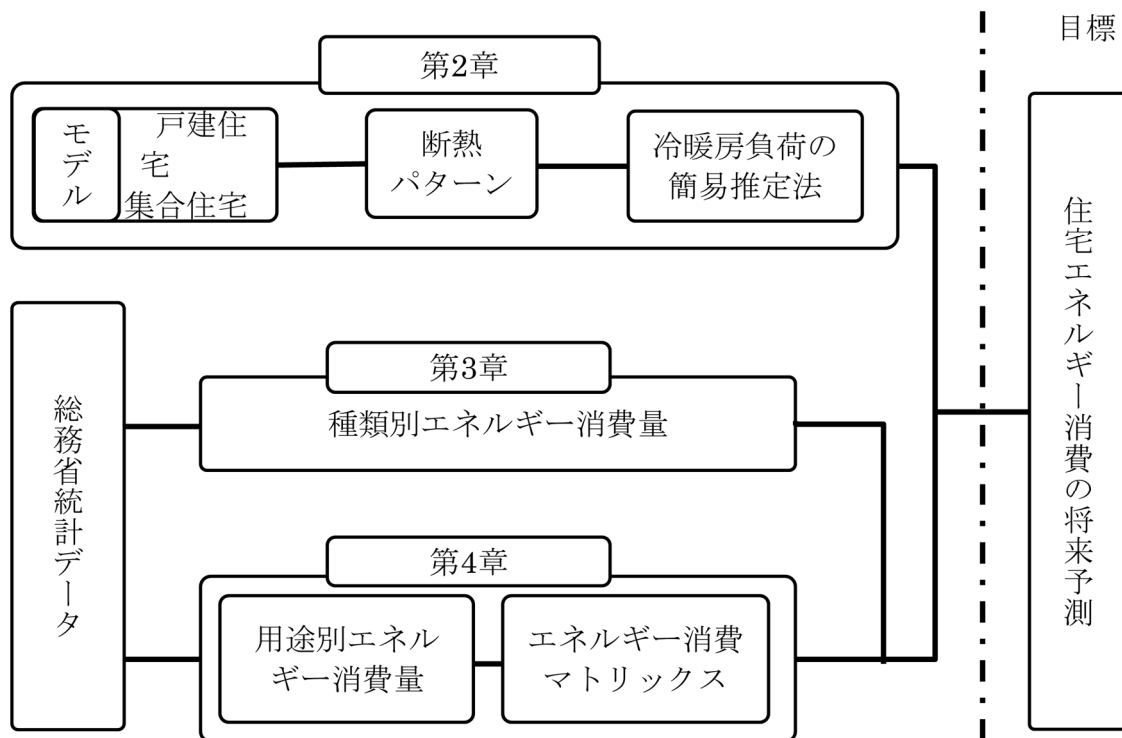


図 1-1 研究の過程フロー

本章の参考文献

- 1) 総務省統計局：家計調査 <http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>
- 2) 三浦秀一：全国の住宅における用途別エネルギー消費と地域特性に関する研究，日本建築学会計画系論文集, 510, (1998), 77-83.
- 3) 福代和宏：西瀬戸 5 都市家庭部門における 2000 年代のエネルギー・水道水消費量，空気調和・衛生工学会論文集 (171), 9-22, 2011-06-05
- 4) 日本建築学会学術委員会：住宅内のエネルギー消費に関する調査研究委員会 15 年度研究成果報告書 <http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/heisei15seika/15seika.htm>

第2章 住宅冷暖房負荷の簡易推定法の検討

2.1 はじめに

空調負荷は、住宅におけるエネルギー消費構造の分析に不可欠である。コンピュータによるエネルギー消費現象を数値的に研究すること（以下、シミュレーション）は、空調負荷を計算する際に強力なツールであり、その例として、EnergyPlus¹⁾や SMASH²⁾のような建築物内部のシミュレーションソフトウェアが多く開発されている。これは、シミュレーションの対象建築物における部位ごとの熱挙動を把握できるという長所があるが、この操作においては、専用のソフトウェアや操作技術を理解する専門家が必要となる。これより、シミュレーションの非専門家でも使用が可能な簡単な冷暖房負荷の推定法が望まれる。

空調負荷を簡易推定法について、多くの研究がなされている。伊香賀ら³⁾からは、暖房ディグリーデーと熱損失係数をパラメータとした空調負荷の簡易推定法が開発されたが、日射熱取得を考慮していなかったことの原因か、推定精度は十分ではないと確認している。また、張ら^{4), 5)}が暖房期間において暖房基準温度と日平均気温との差の積算を表す暖房度日数（以下、暖房ディグリーデー）、冷房期間において冷房基準温度と毎時間平均気温との差の積算を表す冷房度時間数（以下、冷房ディグリーアワー）、太陽放射、熱損失係数、日射熱取得率をパラメータとして中国における集合住宅を対象とした暖房負荷及び冷房負荷の簡易推定式を開発したが、これらの式が日本に適用可能であることは証明されていない。

以上のことより、本章では、住宅の空調負荷の簡易推定法を開発することを目的とする。まず、シミュレーションの対象住宅として集合住宅と戸建住宅のモデルを想定し、外壁、屋根の断熱仕様と窓ガラスの層数を変化させ、25 都市における年間冷暖房負荷をシミュレーションによって求める。さらに、暖房ディグリーデー、冷房ディグリーアワー、太陽放射、熱損失係数、日射熱取得率をパラメータとして年間冷暖房負荷の推定式を作成し、その推定精度について検討している。

2.2 シミュレーション用モデル住宅

2.2.1 戸建住宅のモデル

本シミュレーションに用いる戸建住宅のモデルは、宇田川によって提案されたものであり、後には日本建築学会の住宅用標準問題とされている。⁶⁾図 2-1 に示すように、床面積は 125.87 m²、主要窓の方位を南向きとする。

2.2.2 集合住宅のモデル

集合住宅のモデルは、鉄筋コンクリート造集合住宅及び中間階中間住戸を想定している。経済産業省統計局平成 20 年住宅・土地統計調査⁷⁾によれば、全国の集合住宅の平均床面積は 75 m²であることを確認している。これを参考に、本章では、床面積を 73.44 m²とし、主要窓の方位は戸建住宅と同様、南向きとしている。この平面図を図 2-2 に示す。

また、戸建住宅と集合住宅の構造と断熱厚さについては、表 2-1 に示す通りであり、この建築情報をシミュレーションプログラムに入力している。

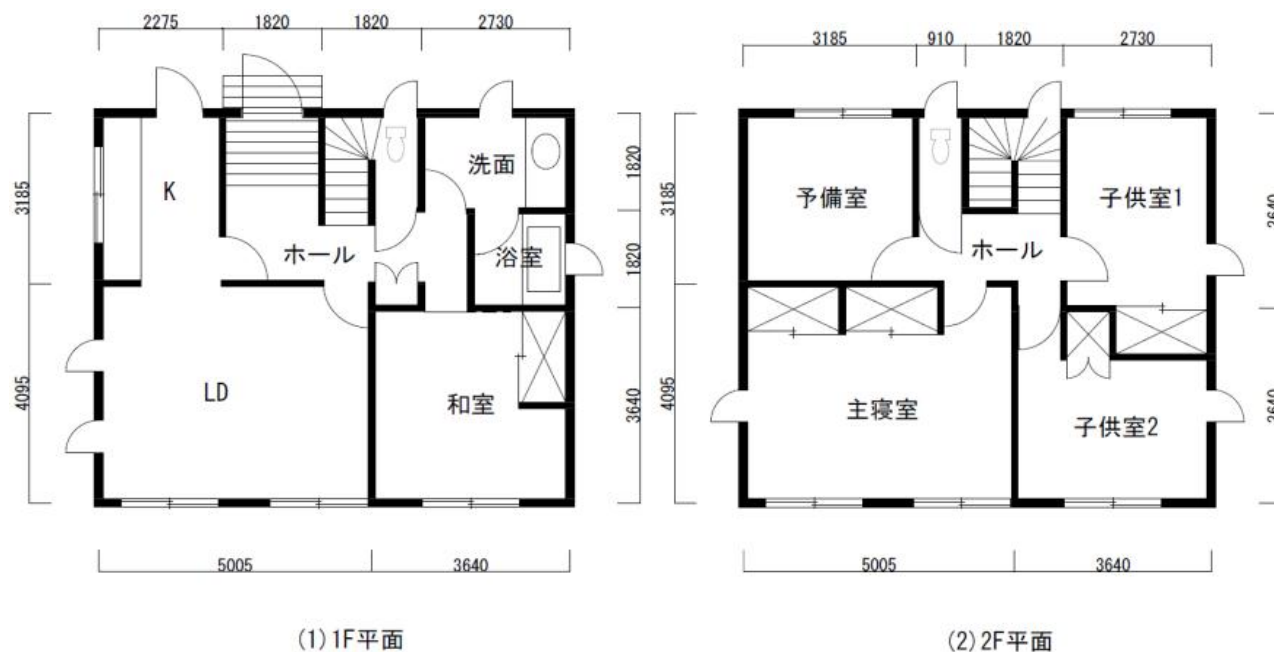


図 2-1 戸建住宅の平面図

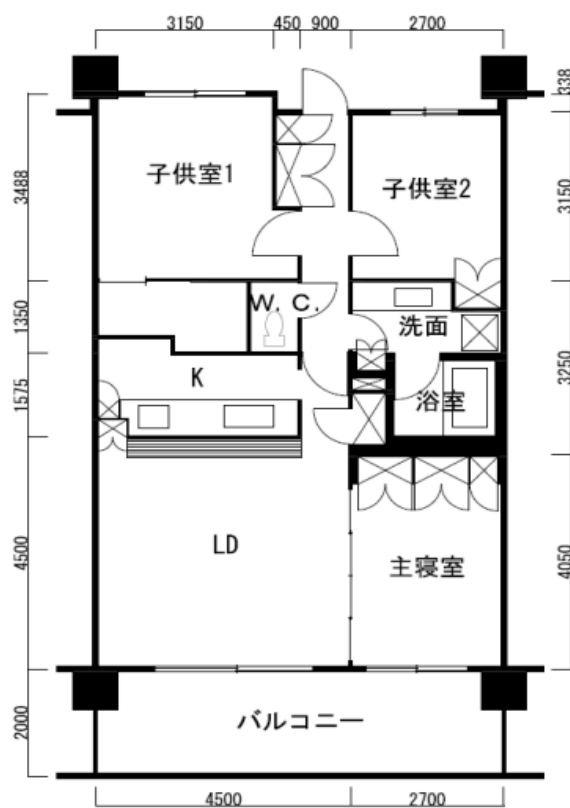


図 2-2 集合住宅の平面

表 2-1 戸建住宅と集合住宅の構造と断熱厚さ

	部位	材料と厚さ
戸建住宅	2F 天井	合板(12mm), ポリエチレンフォーム(50-200mm), 石膏ボード(12mm)
	屋根	スレート(12mm), ポリエチレンフォーム(50-200mm), 合板(12mm)
	2F 床	合板(12mm), 空気層, 石膏ボード(12mm)
	1F 床	ポリエチレンフォーム(50-200mm), 合板(12mm)
	外壁	サイディング(15mm), モルタル(30mm), 空気層, ポリエチレンフォーム(50-200mm), 石膏ボード(12mm)
	間仕切り	石膏ボード(12mm), 空気層, 石膏ボード(12mm)
集合住宅	床スラブ	ポリエチレンフォーム(1000mm), コンクリート(100mm)
	天井	石膏ボード(12mm)
	床	ポリエチレンフォーム(1000mm), モルタル(12mm), コンクリート(100mm), 空気層, 合板(12mm)
	住戸間壁	ポリエチレンフォーム(1000mm), コンクリート(100mm)
	外壁	コンクリート(200mm), ポリエチレンフォーム(50-200mm), 石膏ボード(12mm)
	間仕切り	石膏ボード(12mm), 空気層, 石膏ボード(12mm)

2.3 シミュレーションの概要

2.3.1 シミュレーションソフトについて

本研究における住宅の冷暖房負荷のシミュレーションには、「SMASH Ver.2」²⁾を用いる。

このソフトは、国土交通省の監修のもとに「財団法人 建築環境・省エネルギー機構」が開発した住宅用の動的熱負荷計算プログラムであり、実測値とその検証によってその妥当性が既往研究から確認されている。すなわち、このプログラムと地域の気象データを使用することによって、年間冷暖房負荷のシミュレーションを行っている。

具体的には、室の温湿度、内部発熱、供給熱量などの条件設定した上で、期間暖冷房負荷、年間の最大冷房負荷の計算のほか、毎時の暖冷房負荷、室の温度・湿度、室内側表面温度、MRT（平均放射温度）などの計算を行う。住宅の次世代省エネルギー基準の適合判定に使用できるほか、建物の熱的性能の検討、例として躯体の断熱気密仕様、建物形状、開口部仕様、パッシブソーラー手法、暖冷房設備機器の仕様・運転方式などの検討に使用される。

2.3.2 居住者スケジュールと断熱仕様

戸建住宅、集合住宅ともに、居住者は夫（サラリーマン）と（専業主婦）および子供 2 人（中学生と小学生）の 4 人と一般的家族を設定している。在室者と照明と発熱機器と暖冷房温度および湿度のスケジュールは表 2-2 に示される通りプログラムに入力し、また、在室者のスケジュールを具現化するものを図 2-3 に示す。なお、これらのスケジュールは、日本人のライフスタイルに関する調査⁸⁾に基づくものとしている。さらに、暖房と冷房の設定温度は、それぞれ 18℃、26℃とし、湿度は成り行きであるとしている。なお、両住宅における換気は個別空調方式とし、この換気回数は 0.5 回/h である。

戸建住宅の熱損失は、①屋根の貫流熱損失、②外壁の貫流熱損失、③土間床の貫流熱損失、④窓の

貫流熱損失、⑤有効放射による熱損失、⑥換気による熱損失の項目があるが、集合住宅の中間階・中間住戸の場合、上述の①と③は該当しない。また、これらの熱損失については、熱損失係数で表現することが可能であるとしている。

本研究でシミュレーションを行う際、図 2-1 と図 2-2 に示すモデル住宅を使用しているが、表 2-3 に示す通り、外壁の断熱厚さを 50、100、150、200mm の計 4 パターン、窓ガラス層数を単層、2 層、3 層の計 4 パターンに変化させる。よって、戸建住宅と集合住宅では断熱材の厚さ、窓ガラス層数、所在地の組み合わせで計 300 パターンのシミュレーションを行う。

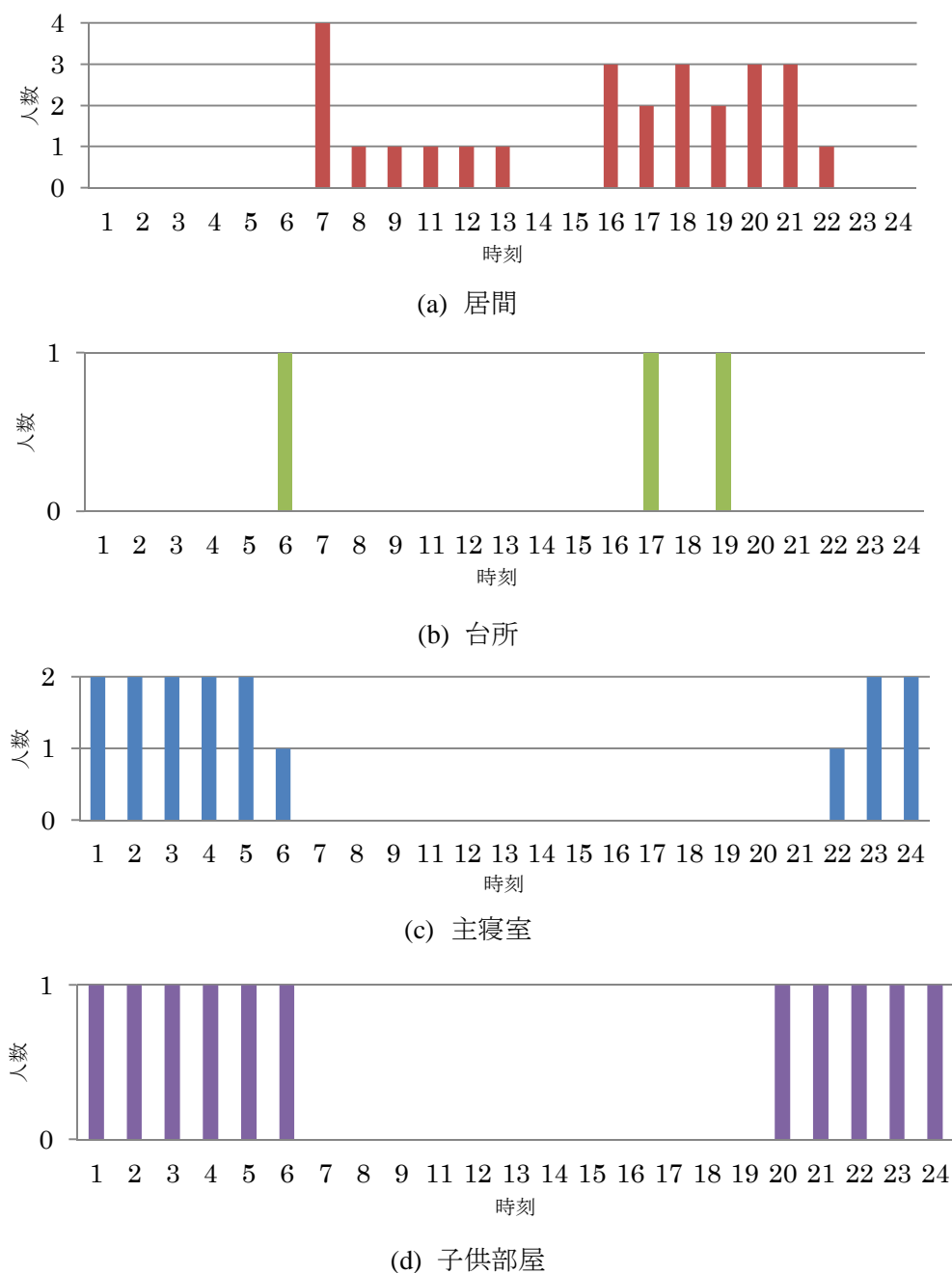


図 2-3 リビング、キッチンと寝室の在室者スケジュール

表 2-2 照明、在室者、発熱機器、冷暖房などのスケジュール

照明																								
100%時の1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時	
洗面所・浴	100	0	0	0	0	0	40	40	40	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	100	100	0	
子供室、2	180	0	0	0	0	0	0	44.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	
ホール・階段	60	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	0	
台所	60	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	
居間(LD)	300	0	0	0	0	0	60	60	60	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	0	
主寝室	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	
在室者																								
100%時の1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時	
子供室、2	1	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	
台所	4	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25	0	0	0	0	
居間(LD)	4	0	0	0	0	0	100	25	25	25	25	25	0	0	0	75	50	75	50	75	25	0	0	
主寝室	2	100	100	100	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	100	
発熱機器																								
100%時の1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時	
居間(LD)	100	6	6	6	6	100	19.5	19.5	19.5	19.5	59.7	19.5	19.5	19.5	19.5	100	100	100	19.5	19.5	19.5	6	6	
洗面所・浴	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	
暖房温度																								
温度	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
20℃で一定	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
子供室、2	℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	
居間(LD)	℃	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	
主寝室	℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	
18℃で一定	℃	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
冷房温度																								
温度	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
20℃で一定	℃	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
子供室、2	℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	28	
居間(LD)	℃	0	0	0	0	0	26	26	26	26	0	26	26	0	0	26	26	26	26	26	26	0	0	
主寝室	℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	
27℃で一定	℃	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
湿度																								
湿度	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時
50%で一定	%	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
子供室、2	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	
居間(LD)	%	0	0	0	0	0	60	60	60	60	0	60	60	0	0	60	60	60	60	60	60	0	0	
主寝室	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	
60%で一定	%	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	

表 2-3 シミュレーションに用いた窓ガラスの層数と外壁断熱厚さの組み合わせ

窓ガラスの層数	断熱厚さ (mm)	熱損失係数 (W/m ² K)	
		戸建住宅	集合住宅
単層	50	3.08	1.62
	100	2.62	1.53
	150	2.44	1.5
	200	2.35	1.49
2 層	50	2.33	1.12
	100	1.77	1.04
	150	1.59	1.01
	200	1.49	0.99
3 層	50	1.93	0.95
	100	1.48	0.87
	150	1.3	0.84
	200	1.2	0.83

2.4 シミュレーションによる年間冷暖房負荷

これまでに述べた条件をシミュレーションプログラム SMASH に入力し、集合住宅と戸建て住宅のモデル住宅の 25 都市における年間冷暖房負荷を計算する。シミュレーションに用いる 25 都市の基本条件は表 2-4 の通りである。

表 2-4 シミュレーションに用いた 25 都市の基本条件

	北緯	東経	標高 (m)	HDD ₁₈	CDH ₂₆	暖房日 数	冷房日 数	絶対湿度差(g/kg)
旭川	43.45	142.22	120.0	4330	285	268	97	0.563
根室	43.20	145.35	25.2	4380	31	313	52	2.996
札幌	43.04	141.20	17.2	3821	304	277	88	3.348
室蘭	42.19	140.59	39.9	3669	31	236	129	-0.993
盛岡	39.42	141.10	155.2	3285	819	265	100	5.108
秋田	39.43	140.06	6.3	2905	803	210	155	0.736
仙台	38.16	140.54	38.9	2626	648	208	157	1.730
福島	37.46	140.28	67.4	2473	1802	197	168	1.087
松本	36.15	137.58	610	2962	1007	198	167	-0.048
宇都宮	36.33	139.52	119.4	2403	1162	203	162	2.340
前橋	36.24	139.04	112.1	2222	2043	201	164	2.644
東京	35.41	139.46	6.1	1691	2163	145	220	0.522
成田	37.55	139.03	1.9	2419	1609	210	155	2.957
富山	36.43	137.12	8.6	2376	1519	206	159	3.699
静岡	34.59	138.24	14.1	1472	1720	146	219	1.210
名古屋	35.10	136.58	51.1	2004	3007	203	162	4.952
大阪	34.41	135.31	23	1675	4229	142	223	1.352
広島	34.24	132.28	3.6	1931	2470	205	160	5.441
米子	35.26	133.20	6.4	2157	2066	207	158	3.887
高松	34.19	134.03	8.7	1857	2907	206	159	4.960
熊本	32.49	130.42	37.7	1708	4042	137	228	1.417
高知	33.34	133.33	0.5	1614	3219	139	226	2.018

福岡	33.35	130.23	2.5	1597	4071	144	221	1.688
鹿児島	31.33	130.33	3.9	1415	3596	142	223	2.994
那覇	26.12	127.41	28.1	0	4997	0	170	9.300

2.5 年間冷暖房負荷推定法の検討

2.5.1 年間暖房負荷の簡易推定法

前節で述べた住宅のシミュレーションによる年間暖房負荷と冷房負荷に基づいて簡易推定式を作成する。

暖房負荷の影響因子として、建築情報と居住者情報及び気象条件などが考えられる。建築情報には、熱損失係数（室内外温度差が 1K の場合、単位時間、単位床面積当たりの熱損失）、日射熱取得係数（住宅に入る日射の割合）、熱容量などがあり、居住者情報には、居住者数、生活活動時間スケジュールなど、気象条件には、暖房ディグリーデー、日射量、有効放射すなわち夜間放射（地表から大気に向かって放出する放射と反放射の差）が考えられる。これらの因子を貫流による熱損失を表す項 $Q_{\text{伝}} \cdot \mu \cdot \sum Q_{\text{伝}}$ 、日射による熱取得 $Q_{\text{日}} \cdot \mu \cdot Q_{\text{日}}$ 、有効放射による熱損失を表す項 $Q_{\text{放}} \cdot Q_{\text{放}}$ のグループに分けて整理し、エクセルのソルバーを用いた最小二乗法を用いることによって、次の式を作成する。すなわち、誤差の絶対値和の最小化を目指すことで開発している。また、各項に延床面積を掛けることによって、様々な面積の住宅にも適応できるよう設計している。

$$Q_{\text{年}} = (Q_{\text{伝}} + Q_{\text{伝}} \cdot \mu \cdot \sum Q_{\text{伝}} + Q_{\text{日}} \cdot \mu \cdot Q_{\text{日}} + Q_{\text{放}} \cdot Q_{\text{放}}) \cdot S \quad (2-1)$$

ここでは、

$Q_{\text{年}}$: 年間暖房負荷	[MJ]
Q	: 熱損失係数	[W/m ² ・℃]
$\sum Q_{\text{伝}}$: 暖房温度 18℃の暖房ディグリーデー	[-]
μ	: 日射取得係数	[-]
$Q_{\text{日}}$: 暖房期間の平均日積算日射量	[MJ]
$Q_{\text{放}}$: 暖房期間の有効放射	[MJ]
S	: 延床面積	[m ²]

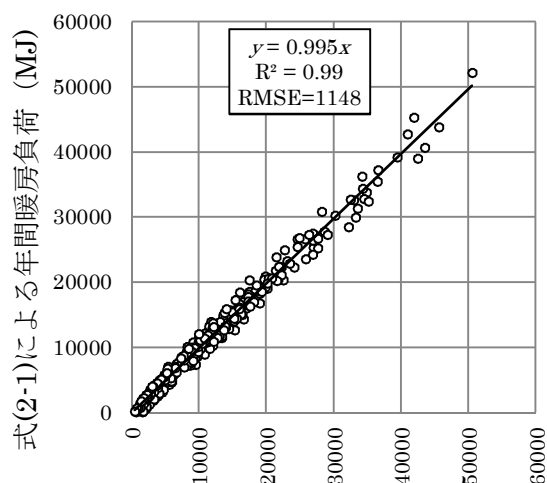
なお、式（2-1）における戸建住宅と集合住宅の常数は表 2-5 に示す。

式（2-1）による 25 地点の戸建住宅における年間暖房負荷の推定値とシミュレーション計算値との相関を図 2-4（a）に示す。また、集合住宅における年間暖房負荷の推定値とシミュレーション計算値との相関は、図 2-4（b）に示している。いずれも高い相関を示し、式（2-1）による二乗平均平方根誤差（以下、RMSE）は、戸建住宅では 1148 MJ/m²、集合住宅では 386 MJ/m²であることが分かる。それぞれ、シミュレーションによる年間暖房負荷の平均値の 5%以下になる。

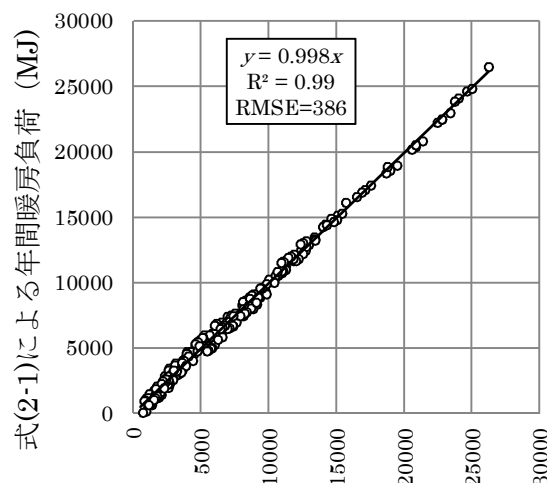
よって、式（2-1）で戸建住宅と集合住宅の年間暖房負荷を予測することが可能であるとする。

表 2-5 式 (2-1) 中の常数

	a_0	a_1	a_2	a_3
戸建住宅	-1.08	0.03980	-21.777	-0.82455
集合住宅	-59.07	0.07149	-30.361	0.67884



シミュレーションによる年間暖房負荷
(MJ)
(a)戸建住宅



シミュレーションによる年間暖房負荷
(MJ)
(b)集合住宅

図 2-4 シミュレーションと式 (2-1) による年間暖房負荷の相関

2.5.2 年間冷房負荷の簡易推定法

暖房負荷と同様にシミュレーションの結果に基づいて、年間冷房負荷の推定法を開発する。暖房負荷と異なる点としては、次の通りである。

- (1) 暖房負荷の場合、顕熱のみを対象としているが、冷房負荷の場合、顕熱のみでなく潜熱負荷の考慮が必要である。すなわち、冷房負荷を推定する際、顕熱負荷と潜熱負荷の和を推定することになる。
- (2) 暖房の場合、ほとんどの時間帯において室内から室外に熱が流れていく。しかし、冷房の場合は、日中と夜間の熱流方向が異なる場合が多い。すなわち、熱損失係数と冷房温度 26℃の冷房ディグリーアワーを別として捉えることで冷房負荷との相関が良くなる。また、冷房は、連続運転よりも間欠運転が行われる場合が多いとされる。すなわち、冷房度日（冷房ディグリーデー）よりも冷房ディグリーアワーを使っているの方が推定精度の向上に繋がるとしている。

以上の理由より、式 (2-2) を作成する。

$$Q_{\text{冷}} = Q_{\text{冷}} + Q_{\text{冷}} \cdot Q + Q_{\text{冷}} \cdot Q_{\text{冷}} + Q_{\text{冷}} \cdot Q_{\text{冷}} \cdot \Delta Q_{\text{冷}} \quad (2-2)$$

ここでは、

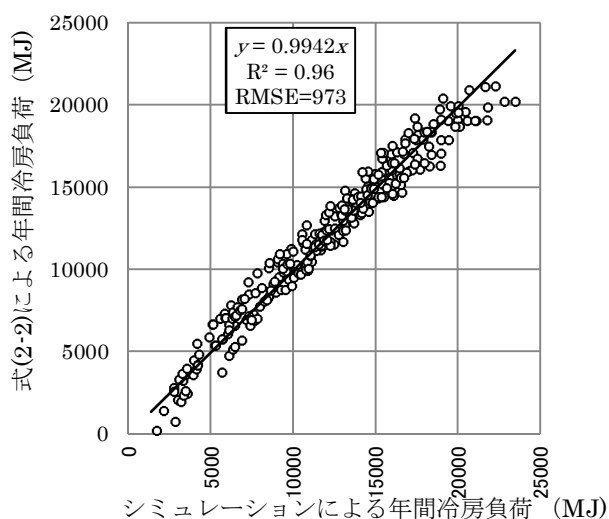
$Q_{\text{冷}}$	年間冷房負荷	[MJ]
Q	熱損失係数	[W/m²・℃]
$Q_{\text{冷}}$	冷房温度 26℃の冷房ディグリーアワー	[-]

μ	: 日射取得係数	[-]
$\bar{Q}_{\text{冷房}}$: 冷房期間の平均日積算日射量	[MJ]
Δx	: 室温 26℃、相対湿度 50%時の絶対湿度差	[g/kg]
S	: 延床面積	[m ²]

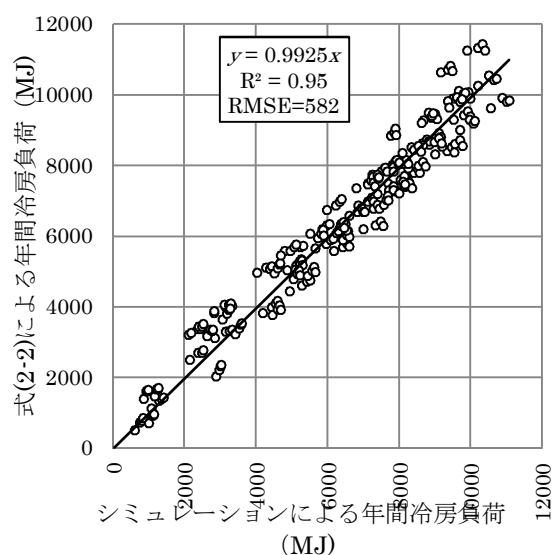
式 (2-2) 中の常数 d_0, \dots, d_4 は、最小二乗法に基づいて、エクセルによるソルバーを用いて求めているものであり、表 2-6 に示すように、戸建住宅と集合住宅では異なる値となる。図 2-6 (a) は戸建住宅、図 2-6 (b) は集合住宅におけるシミュレーション計算値と式 (2-2) による年間冷房負荷の相関を示す。また、戸建住宅と集合住宅における式 (2-2) による RMSE は、それぞれ 973MJ/m²と 582 MJ/m²となっており、式 (2-2) による年間冷房負荷推定法の有用性が示されている。

表 2-6 式 (2-2) 中の常数

	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4
戸建住宅	51.139	-32.19	0.0137	17.075	0.7318
集合住宅	11.372	-49.14	0.0129	34.588	-0.0724



(a) 戸建住宅



(b) 集合住宅

図 2-6 シミュレーションと式 (2-2) による年間冷房負荷の相関

2.6 まとめ

本章では、まず、シミュレーションの対象住宅として集合住宅と戸建住宅のモデルを想定し、外壁、屋根の断熱仕様と窓ガラスの層数を変化させ、25 都市における年間冷暖房負荷をシミュレーションによって求めた。さらに、暖房ディグリーデー、冷房ディグリーアワー、太陽放射、熱損失係数、日射熱取得率をパラメータとして年間冷暖房負荷の推定式を求め、推定精度について検討した。

本章で得られた結論は、以下の通りである。

- (1) シミュレーションの結果に基づいて年間暖冷房負荷の簡易推定式を作成した。

- (2) 暖房温度 18℃の暖房デグリーデー、暖房期日射量、有効放射量、熱損失係数、日射熱取得係数をパラメータとした年間暖房負荷の推定式は、十分な精度を有する。
- (3) 冷房温度 26℃の冷房デグリーアワー、冷房期日射量、熱損失係数、日射取得係数、室温が 26℃、相対湿度 50%のときの室内外絶対湿度差をパラメータとした年間冷房負荷の推定式は、十分な精度を有する。

本章の参考文献

- 1) 米国エネルギー省（2010）、エネルギーシミュレーションソフト EnergyPlus、URL：
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- 2) SMASH for Windows Ver.2 ー住宅用熱負荷計算プログラムー, 財団法人 建築環境・省エネルギー機構、URL:<http://www.ibec.or.jp/program/files/smash.pdf>
- 3) 伊香賀 俊治、三浦 秀一、外岡 豊、下田 吉之、小池 万理、深澤 大樹: 住宅内のエネルギー消費量の都道府県別将来推計に関する研究(その 1)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2004 年、pp.395-396
- 4) 張 晴原, 浅野 賢二, 林 徹夫, 今井 計: 中国における住宅の暖房負荷の地域特性, 日本建築学会計画系論文集, No.548、pp69-74, 2001 年 10 月
- 5) 張 晴原, 浅野 賢二, 林 徹夫: 中国における住宅の冷房負荷の地域特性, 日本建築学会計画系論文集, No.555、pp69-75, 2002 年 5 月
- 6) 宇田川光弘: 標準問題の提案ー住宅用標準問題ー, 日本建築学会第 15 回熱シンポジウムテキスト, pp23-33, 1985 年
- 7) 総務省統計局、平成 20 年住宅・土地統計調査, 2009 年
- 8) NHK（2010）データブック：人間のライフスタイル 2010 年 NHK 放送文化研究所で調査

第3章 住宅における種類別エネルギー消費量の検討

3.1 はじめに

本章では、種類別のエネルギー消費実態を把握することを目的とし、全国の家計調査に基づいて種類別エネルギー消費量の推定法を提案し、各都道府県におけるエネルギー消費量を明らかにする。

具体的には、エネルギー源を電力と都市ガスとプロパンガスおよび灯油の4つに分別することによって、家計調査から年間の月別電気代とガス代および灯油代を推計する。これより、都道府県庁所在地47都市に加え、川崎と北九州の計49都市の2005-2009年における種類別エネルギー消費量を推計し、各消費量の年間と月別変動を定量的に把握していく。

3.2 家計調査の概要

家計調査は、一定の統計上の抽出方法に基づいて選定された全国約9000世帯を対象に家計の収入・支出や貯蓄・負債などを月毎に調査している。具体的なサンプル数は、表3-1に示すとおりである¹⁾。この結果は、これら調査世帯から世帯及び世帯員の属性、貯蓄・負債の保有状況及び住宅などの状態に関する事項などを調査し、日本の景気動向の把握、生活保護基準の検討、消費者物価指数の品目選定及びウエイト作成などの基礎資料として利用されているほか、地方公共団体、民間企業、研究所あるいは労働組合など幅広く利用されている。

表 3-1 家計調査の調査サンプル数¹⁾

地域	調査市町村数	二人以上の 調査世帯数	単身調査世帯数
全国	168	8076	673
都道府県庁 所在市及び大都市（A）	51	5436	453
人口5万人以上の 市（Aを除く）	75	2136	178
人口5万人未満の 市及び町村	42	504	42

3.3 種類別エネルギー消費量の概要

本章では、三浦²⁾、福代³⁾の住宅エネルギー消費量の解析手法を改良し、電力と都市ガスとプロパン

ガスおよび灯油エネルギーの消費量を明らかにするものである。

3.3.1 電力消費量とその計算法

電力消費量の推計法は、福代が提案した式 (3-1) ³⁾を使用し、電力の基本料金と従量料金および燃料費調整単価に基づいて都市別月別の料金を計算した電気料金式から求める。

$$Q_{i,m} = \frac{Q_{i,m}^{(1)} + Q_{i,m}^{(2)} + Q_{i,m}^{(3)} + Q_{i,m}^{(4)} + Q_{i,m}^{(5)} + Q_{i,m}^{(6)} + Q_{i,m}^{(7)} + Q_{i,m}^{(8)} + Q_{i,m}^{(9)} + Q_{i,m}^{(10)} + Q_{i,m}^{(11)} + Q_{i,m}^{(12)} + Q_{i,m}^{(13)} + Q_{i,m}^{(14)} + Q_{i,m}^{(15)} + Q_{i,m}^{(16)} + Q_{i,m}^{(17)} + Q_{i,m}^{(18)} + Q_{i,m}^{(19)} + Q_{i,m}^{(20)} + Q_{i,m}^{(21)} + Q_{i,m}^{(22)} + Q_{i,m}^{(23)} + Q_{i,m}^{(24)} + Q_{i,m}^{(25)} + Q_{i,m}^{(26)} + Q_{i,m}^{(27)} + Q_{i,m}^{(28)} + Q_{i,m}^{(29)} + Q_{i,m}^{(30)} + Q_{i,m}^{(31)} + Q_{i,m}^{(32)} + Q_{i,m}^{(33)} + Q_{i,m}^{(34)} + Q_{i,m}^{(35)} + Q_{i,m}^{(36)} + Q_{i,m}^{(37)} + Q_{i,m}^{(38)} + Q_{i,m}^{(39)} + Q_{i,m}^{(40)} + Q_{i,m}^{(41)} + Q_{i,m}^{(42)} + Q_{i,m}^{(43)} + Q_{i,m}^{(44)} + Q_{i,m}^{(45)} + Q_{i,m}^{(46)} + Q_{i,m}^{(47)} + Q_{i,m}^{(48)} + Q_{i,m}^{(49)} + Q_{i,m}^{(50)} + Q_{i,m}^{(51)} + Q_{i,m}^{(52)} + Q_{i,m}^{(53)} + Q_{i,m}^{(54)} + Q_{i,m}^{(55)} + Q_{i,m}^{(56)} + Q_{i,m}^{(57)} + Q_{i,m}^{(58)} + Q_{i,m}^{(59)} + Q_{i,m}^{(60)} + Q_{i,m}^{(61)} + Q_{i,m}^{(62)} + Q_{i,m}^{(63)} + Q_{i,m}^{(64)} + Q_{i,m}^{(65)} + Q_{i,m}^{(66)} + Q_{i,m}^{(67)} + Q_{i,m}^{(68)} + Q_{i,m}^{(69)} + Q_{i,m}^{(70)} + Q_{i,m}^{(71)} + Q_{i,m}^{(72)} + Q_{i,m}^{(73)} + Q_{i,m}^{(74)} + Q_{i,m}^{(75)} + Q_{i,m}^{(76)} + Q_{i,m}^{(77)} + Q_{i,m}^{(78)} + Q_{i,m}^{(79)} + Q_{i,m}^{(80)} + Q_{i,m}^{(81)} + Q_{i,m}^{(82)} + Q_{i,m}^{(83)} + Q_{i,m}^{(84)} + Q_{i,m}^{(85)} + Q_{i,m}^{(86)} + Q_{i,m}^{(87)} + Q_{i,m}^{(88)} + Q_{i,m}^{(89)} + Q_{i,m}^{(90)} + Q_{i,m}^{(91)} + Q_{i,m}^{(92)} + Q_{i,m}^{(93)} + Q_{i,m}^{(94)} + Q_{i,m}^{(95)} + Q_{i,m}^{(96)} + Q_{i,m}^{(97)} + Q_{i,m}^{(98)} + Q_{i,m}^{(99)} + Q_{i,m}^{(100)}}{Q_{i,m}^{(1)} + Q_{i,m}^{(2)} + Q_{i,m}^{(3)} + Q_{i,m}^{(4)} + Q_{i,m}^{(5)} + Q_{i,m}^{(6)} + Q_{i,m}^{(7)} + Q_{i,m}^{(8)} + Q_{i,m}^{(9)} + Q_{i,m}^{(10)} + Q_{i,m}^{(11)} + Q_{i,m}^{(12)} + Q_{i,m}^{(13)} + Q_{i,m}^{(14)} + Q_{i,m}^{(15)} + Q_{i,m}^{(16)} + Q_{i,m}^{(17)} + Q_{i,m}^{(18)} + Q_{i,m}^{(19)} + Q_{i,m}^{(20)} + Q_{i,m}^{(21)} + Q_{i,m}^{(22)} + Q_{i,m}^{(23)} + Q_{i,m}^{(24)} + Q_{i,m}^{(25)} + Q_{i,m}^{(26)} + Q_{i,m}^{(27)} + Q_{i,m}^{(28)} + Q_{i,m}^{(29)} + Q_{i,m}^{(30)} + Q_{i,m}^{(31)} + Q_{i,m}^{(32)} + Q_{i,m}^{(33)} + Q_{i,m}^{(34)} + Q_{i,m}^{(35)} + Q_{i,m}^{(36)} + Q_{i,m}^{(37)} + Q_{i,m}^{(38)} + Q_{i,m}^{(39)} + Q_{i,m}^{(40)} + Q_{i,m}^{(41)} + Q_{i,m}^{(42)} + Q_{i,m}^{(43)} + Q_{i,m}^{(44)} + Q_{i,m}^{(45)} + Q_{i,m}^{(46)} + Q_{i,m}^{(47)} + Q_{i,m}^{(48)} + Q_{i,m}^{(49)} + Q_{i,m}^{(50)} + Q_{i,m}^{(51)} + Q_{i,m}^{(52)} + Q_{i,m}^{(53)} + Q_{i,m}^{(54)} + Q_{i,m}^{(55)} + Q_{i,m}^{(56)} + Q_{i,m}^{(57)} + Q_{i,m}^{(58)} + Q_{i,m}^{(59)} + Q_{i,m}^{(60)} + Q_{i,m}^{(61)} + Q_{i,m}^{(62)} + Q_{i,m}^{(63)} + Q_{i,m}^{(64)} + Q_{i,m}^{(65)} + Q_{i,m}^{(66)} + Q_{i,m}^{(67)} + Q_{i,m}^{(68)} + Q_{i,m}^{(69)} + Q_{i,m}^{(70)} + Q_{i,m}^{(71)} + Q_{i,m}^{(72)} + Q_{i,m}^{(73)} + Q_{i,m}^{(74)} + Q_{i,m}^{(75)} + Q_{i,m}^{(76)} + Q_{i,m}^{(77)} + Q_{i,m}^{(78)} + Q_{i,m}^{(79)} + Q_{i,m}^{(80)} + Q_{i,m}^{(81)} + Q_{i,m}^{(82)} + Q_{i,m}^{(83)} + Q_{i,m}^{(84)} + Q_{i,m}^{(85)} + Q_{i,m}^{(86)} + Q_{i,m}^{(87)} + Q_{i,m}^{(88)} + Q_{i,m}^{(89)} + Q_{i,m}^{(90)} + Q_{i,m}^{(91)} + Q_{i,m}^{(92)} + Q_{i,m}^{(93)} + Q_{i,m}^{(94)} + Q_{i,m}^{(95)} + Q_{i,m}^{(96)} + Q_{i,m}^{(97)} + Q_{i,m}^{(98)} + Q_{i,m}^{(99)} + Q_{i,m}^{(100)}} + 300 \times 3.6 \quad (3-1)$$

ここでは、

- $Q_{i,m}$: i 月の 1 世帯当たり電力消費量 [MJ/月]
- $Q_{i,m}^{(1)}$: i+1 月に支払った電気代 (1 世帯当たり) [円]
- $Q_{i,m}^{(2)}$: i 月の基本料金 [円]
- $Q_{i,m}^{(3)}$: i 月の 15~120kW・h の従量電気料金単価 [円/(kW・h)]
- $Q_{i,m}^{(4)}$: i 月の 120~300kW・h の従量電気料金単価 [円/(kW・h)]
- $Q_{i,m}^{(5)}$: i 月の 300kW・h 以上の従量電気料金単価 [円/(kW・h)]
- $Q_{i,m}^{(6)}$: i 月の燃料調整単価 1 [円]
- $Q_{i,m}^{(7)}$: i 月の燃料調整単価 2 [円/(kW・h)]

3.3.2 都市ガス消費量とその計算法

都市ガス消費量の推計にあたって、小売物価統計調査 ⁴⁾にある都市ガスの基本料金と従量料金に基づいた、都市別月別の都市ガス料金式を使用する。これを、家計調査月次データ記載の都市別月別 1 世帯あたり都市ガス代に適用することによって、都市ガスエネルギー消費量を推計していく。

また、各都市の対象世帯の中には、都市ガスを利用していない世帯が含まれることを想定し、1 世帯あたり都市ガス代を都市ガス利用世帯の割合 (=100 世帯あたりの購入頻度) で割っている。次に、都市ガス利用世帯の 1 世帯あたり都市ガス代を都市ガス代に修正することで、都市ガス利用世帯の 1 世帯あたり都市ガス消費量を式 (3-4) ³⁾から推定する。また、これを対象世帯全世帯の平均値としている。

$$Q_{i,m}^{(1)} = Q_{i,m}^{(2)} \times \frac{Q_{i,m}^{(3)}}{Q_{i,m}^{(4)}} = Q_{i,m}^{(5)} + Q_{i,m}^{(6)} \quad (3-2)$$

また、

$$Q_{i,m} = Q_{i,m}^{(1)} \times \frac{Q_{i,m}^{(2)}}{Q_{i,m}^{(3)}} \quad (3-3)$$

よって

$$Q_{i,0} = Q_{i,000} \times \frac{Q_{000}}{Q_{000}} - Q_{i,000} \times \frac{Q_{000}}{Q_{000}Q_{000}} \times 41.1 \quad (3-4)$$

ここでは、

$Q_{i,0}$: i 月の都市ガス消費量（全世帯 1 世帯）	[MJ/月]
$Q_{i,000}$: i 月の都市ガス消費量（都市ガス利用世帯 1 世帯）	[m ³]
$Q_{i,000}$: i+1 月に支払った都市ガス代（全世帯 1 世帯あたり）	[円]
$Q_{i,000}$: i+1 月に支払った都市ガス代（都市ガス利用世帯 1 世帯あたり）	[円]
$Q_{i,000}$: i 月の都市ガス利用世帯割合	
$Q_{i,000}$: i 月の基本料金	[円]
$Q_{i,000}$: i 月の従量料金単価	[円/m ³]

3.3.3 プロパンガス消費量とその計算法

プロパンガス消費量に関しては、家計調査月次データ記載の都市別プロパンガス代を家計調査年次データ記載の都市別プロパンガス年平均単価で割ることによって月別に推計する。この時の推計式を式 (3-5) ³⁾に示す。

プロパンガス年平均単価に関しては、1 世帯あたりの年間プロパンガス代（基本料金＋従量料金）を 1 世帯あたりの年間プロパンガス消費量で割ったものとしている。仮に、対象世帯の中にプロパンガスエネルギー消費量が基本料金に満たない世帯が含まれていた場合、年間プロパンガス代から推計される 1 世帯あたりの年間プロパンガス消費量が実際の 1 世帯あたりの年間プロパンガス消費量よりも大きくなる。よって、この手法には問題はないとしている。

$$Q_{i,0,0} = \frac{Q_{i,0,000}}{Q_{i,0,0}} \times 100.4 \quad (3-5)$$

ここでは、

$Q_{i,0,0}$: i 月の全世帯 1 世帯当たりプロパンガス消費量	[MJ/月]
$Q_{i,0,000}$: i+1 月に支払ったプロパンガス代（全世帯 1 世帯当たり）	[円]
$Q_{i,0,0}$: プロパンガス年平均単価	[円/m ³]

3.3.4 灯油消費量とその計算法

灯油消費量については、家計調査月次データ記載の都市別月別灯油代を家計調査年次データ記載の都市別灯油年平均単価で割ることによって月別に推計していく。この推計式を式 (3-6) ³⁾に示す。

ここで、灯油年平均単価は 1 世帯当たりの年間灯油代を 1 世帯当たりの年間灯油消費量で割ったもの

としている。

$$Q_{\text{灯油}} = \frac{Q_{\text{灯油}}}{Q_{\text{灯油}}} \times 36.7 \quad (3-6)$$

ここでは、

$Q_{\text{灯油}}$: 灯油消費量	[MJ/月]
$Q_{\text{灯油}}$: 灯油代	[円/月]
$Q_{\text{灯油}}$: 灯油年平均単価	[円/L]

3.4 各推定式の計算条件

上述の通り、4つの種類別エネルギー消費量の推計式を前節まで式(3-1)～式(3-6)に示しているが、これらの式の中の燃料発熱量は表3-2にある通りである⁵⁾。また、推計において参考としているプロパンガスと灯油の年平均単価⁴⁾を表3-3に示す。

表 3-2 エネルギー種類別の発熱量（あるいは熱量換算係数）

エネルギー源	単位	発熱量 (熱量換算係数)
電力	[kW・h]	3.6[MJ/kW・h]
都市ガス	[m ³]	41.1[MJ/m ³]
プロパンガス	[kg]	50.2[MJ/kg]
(1 m ³ を 2kg とする)	[m ³]	100.4[MJ/m ³]
灯油	[L]	36.7[MJ/L]

表 3-3 プロパンガスと灯油の年平均単価⁴⁾

	プロパンガス[円/m ³]					灯油[円/L]				
都市名	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
札幌	571	582	649	754	705	56	72	74	92	63
青森	676	736	639	737	874	56	74	74	88	62
盛岡	558	649	645	744	741	61	77	79	92	64
仙台	507	559	527	589	561	56	75	77	89	64
秋田	590	622	546	595	581	58	77	76	89	61
山形	541	595	607	716	669	60	76	76	91	62
福島	566	563	612	610	601	57	74	76	91	61
水戸	478	569	539	600	586	56	73	76	88	61

宇都宮	471	527	556	566	548	60	74	78	89	62
前橋	503	481	519	595	577	58	76	78	90	62
さいたま	432	475	516	543	499	60	76	79	91	67
千葉	511	528	507	517	511	56	76	81	90	64
東京	458	479	553	653	467	62	80	83	93	71
横浜	462	457	501	547	480	62	78	81	92	70
川崎	462	490	498	549	504	61	78	80	94	71
新潟	582	451	593	742	731	60	77	78	89	66
富山	623	588	628	699	682	63	79	79	96	66
金沢	520	513	569	622	595	59	75	78	90	64
福井	540	538	538	572	581	61	79	79	90	65
甲府	509	554	538	601	662	60	76	74	92	64
長野	610	583	633	690	662	62	77	77	92	63
岐阜	518	510	506	596	527	59	76	77	90	65
静岡	532	509	563	613	547	60	78	77	92	68
名古屋	431	462	500	507	510	60	76	79	88	65
津	545	516	559	605	530	58	74	77	87	61
大津	550	495	498	508	485	57	73	79	89	65
京都	463	684	362	280	548	62	78	82	94	71
大阪	361	624	511	483	415	60	78	79	90	69
神戸	552	546	555	581	587	61	78	81	90	67
奈良	521	528	537	661	541	59	77	77	95	65
和歌山	510	553	520	576	556	57	75	75	89	63
鳥取	453	439	529	541	522	57	74	75	87	61
松江	506	441	545	576	532	62	77	78	91	64
岡山	479	520	571	570	598	61	76	77	90	65
広島	468	511	519	540	591	57	76	77	88	62
山口	504	506	481	579	568	58	76	80	89	62
徳島	506	535	572	586	592	60	77	80	93	68
高松	526	508	563	553	561	57	76	75	88	60
松山	544	581	560	595	614	59	77	77	87	63
高知	487	521	574	581	556	60	77	79	91	69
北九州	500	448	569	573	545	58	75	79	85	64
福岡	564	509	569	646	529	56	73	76	87	61
佐賀	575	578	600	633	632	57	74	75	87	64
長崎	530	487	496	495	564	66	78	79	87	67
熊本	538	525	572	607	573	59	75	75	88	66

大分	563	571	591	643	552	59	76	76	88	65
宮崎	524	504	580	632	658	57	76	76	91	68
鹿児島	502	525	511	566	578	60	76	78	86	67
那覇	665	623	654	718	718	71	87	88	103	76

3.5 種類別エネルギー消費量の推計結果

前節までの手法によって推計した結果を図 3 に 49 都市分示す。また、各都市における 1 世帯当たりの年間エネルギー消費量の平均値も示している。これより、年間エネルギー消費量は、青森の 48.6GJ/世帯・年が最大であり、那覇の 25.8GJ/世帯・年が最小であることが分かる。以降、後節では、図 3 から得られた考察を述べる。

3.5.1 電力消費量

図 3 に式 (3-1) から推計した 2005-2009 年の電力消費量の経年変化を都市別に示す。

各都市における全体消費量において、北海道・東北地方（札幌、青森、盛岡、仙台、秋田、山形、福島）の電力の消費割合は 21-29%、北陸・信越地方（新潟、富山、金沢、福井、長野）は 28-39%、北関東を含む関東地方（水戸、宇都宮、前橋、さいたま、千葉、東京、横浜、川崎、甲府）は 31-34%、中部・近畿地方（岐阜、静岡、名古屋、津、大津、京都、大阪、神戸、奈良、和歌山）は 34-36%、中国・四国地方（鳥取、松江、岡山、広島、山口、徳島、高松、松山、高知）は 31-34%、九州地方（北九州、福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島）は 31-35%、那覇は 41%であることが分かる。すなわち、各都市において全体消費量の 30%程度が消費されていることが分かる。このとき、いずれの都市においても、1 世帯、1 か月あたりの電力消費量は 1500-2500MJ（417-694 kW・h）程度となっている。また、札幌においては、電力消費量の夏季のピークが小さく、冬季のピークが大きい。すなわち、冷房用電力消費量が少なく、暖房用電力消費量が多いことを示唆している。さらに、那覇においては、電力消費量のピークは夏季にあり、冷房用電力消費量が多いことを意味している。一方、他都市では、電力消費量に夏季と冬季の 2 つのピークがあり、それぞれ冷房と暖房電力消費を表している。

3.5.2 都市ガス消費量

都市ガス消費量については、電力消費量と同様に図 3 に式 (3-4) から推計した 2005-2009 年の経年変化を都市別に示している。また、本章では、都市ガスが給湯用と暖房用の 2 つの用途で消費されると仮定する。すなわち、トータルの都市ガス消費量から給湯用都市ガス消費量を除いたものを暖房用都市ガス消費量としている。

図 3 に示すように、ガス全体を見ると、東京をはじめとする関東圏、政令指定都市における都市ガス

の割合が多く、大都会以外の地方都市と四国および九州地方では、都市ガスの消費割合が少ない。大都会であるほど、都市ガスが普及していることが分かる。なお、政令指定都市における都市ガスの消費割合は、全体消費量の18-40%である。また、寒冷地においては、灯油の消費割合が極端に多くなるため、ガス消費の割合が少なくなる傾向がみられている。

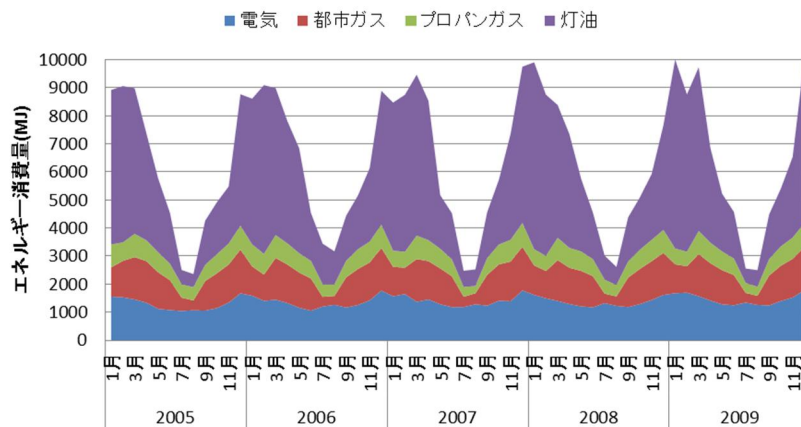
3.5.3 プロパンガス消費量

プロパンガス消費量は、都市ガス消費量と同様に、給湯用と暖房用の2つの用途で消費されていると仮定する。また、式(3-5)によるプロパンガス消費量の2005-2009年の経年変化を都市別に図3に示す。都市ガスとは逆に、地方都市であるほどプロパンガスの消費割合が大きいと言える。このとき、中国地方に着目すると瀬戸内海に面する県は、都市ガスの消費割合が大きい、反対側にあたる日本海に面する県の場合、プロパンガスの消費割合が大きいことが分かり、気候特性とその地域における住民の生活リズムの違いが影響していると思われる。

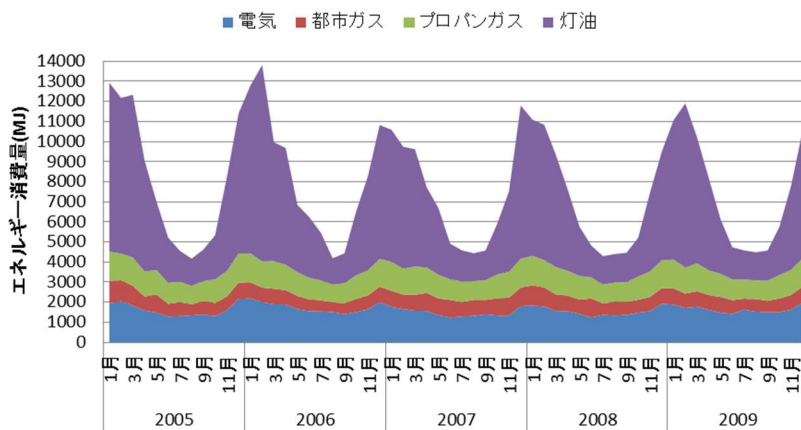
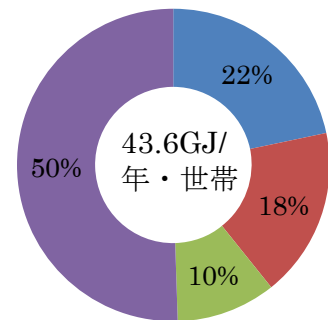
3.5.4 灯油消費量

灯油消費量の推計結果は、図3に式(3-6)から推計した2005-2009年の経年変化を都市別に示す。

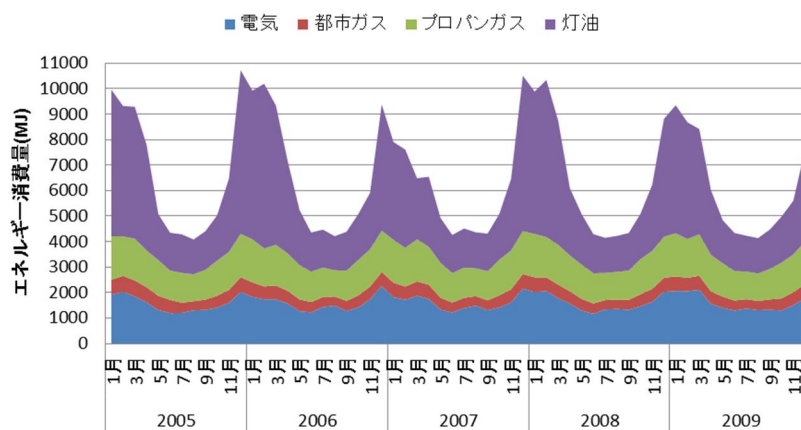
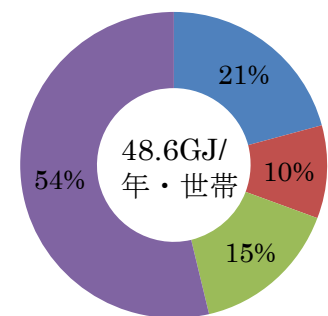
ガス消費量の推計法と同様、給湯用と暖房用に分別されることを仮定している。北海道・東北地方については、札幌、青森、盛岡、秋田、山形は灯油の消費割合が高く、全体消費量の39-54%であることが分かる。本章の推計によれば、最も消費割合が大きいのは、青森の54%である。これらの地域では、灯油が重要な暖房熱源であることを示唆している。しかし、同地域の仙台、福島は低い傾向にあることが分かっており、大都市であることと南下するにつれ、灯油消費量が減少する傾向にあるためである。また、政令指定都市の仙台に対して、他都市の消費量が多いことが分かる。これは、冬期の灯油消費量が他消費量に対してはるかに多いためである。なかでも青森が最も多いことが分かり、仙台を除く他都市に対して都会ではないこととその地域の気候特性もしくは住民の生活スタイルに左右されているためと考える。北関東を含む関東地方の灯油の消費割合は、28-31%であることが分かり、特徴のある地域性はみられていない。さらに、北陸・信越地方は27-35%であり、関東地方と比較して灯油の使用頻度は高い。この場合、寒冷地と同様、極端に灯油消費が大きい傾向もみられている。この他、中部・近畿地方は29-32%、中国・四国地方は28-35%、九州地方は30-32%、沖縄は27%であることが分かる。



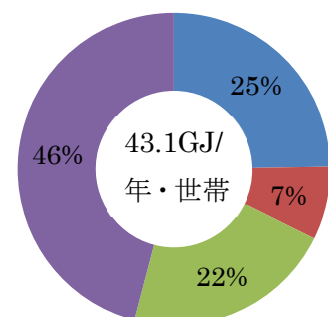
(a) 札幌

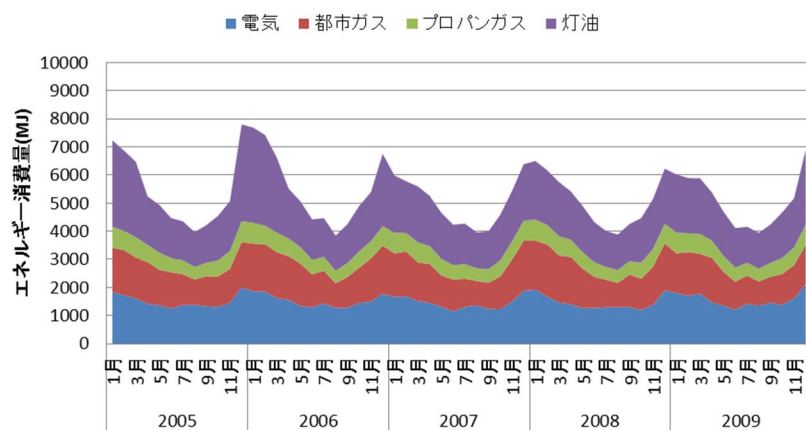


(b) 青森

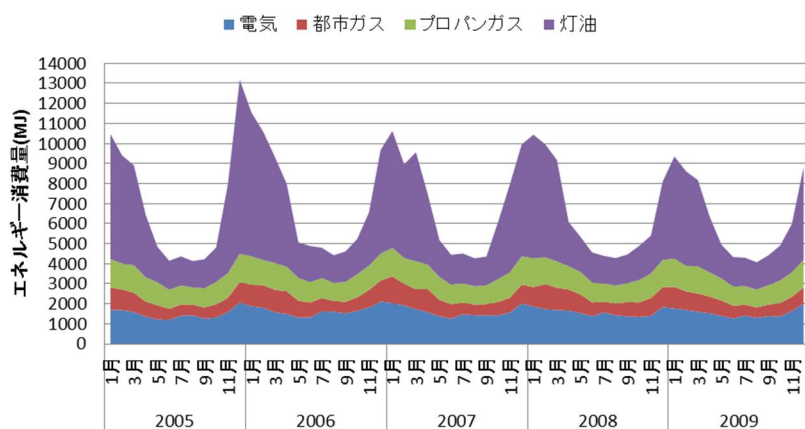
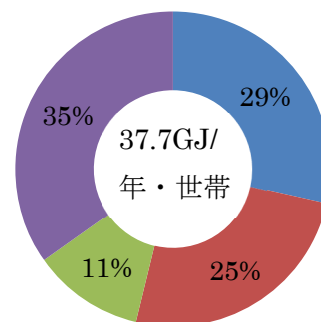


(c) 盛岡

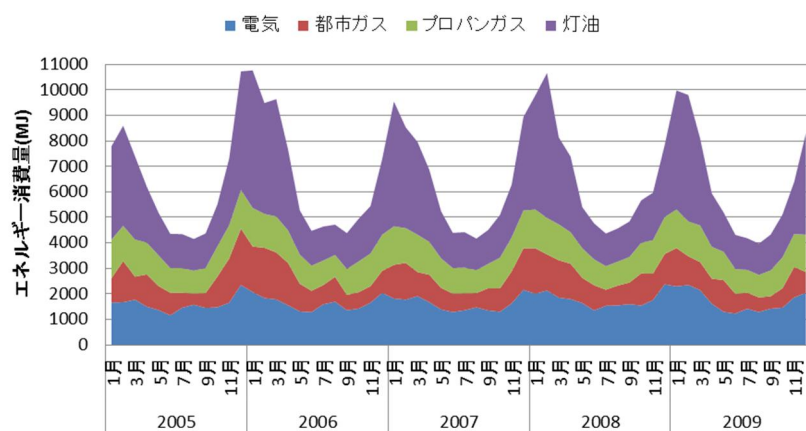
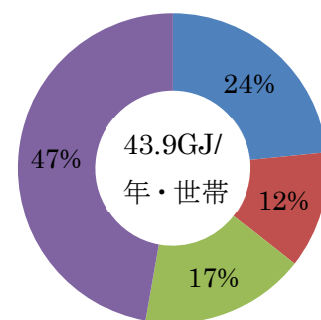




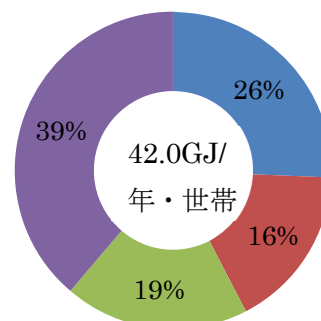
(d) 仙台

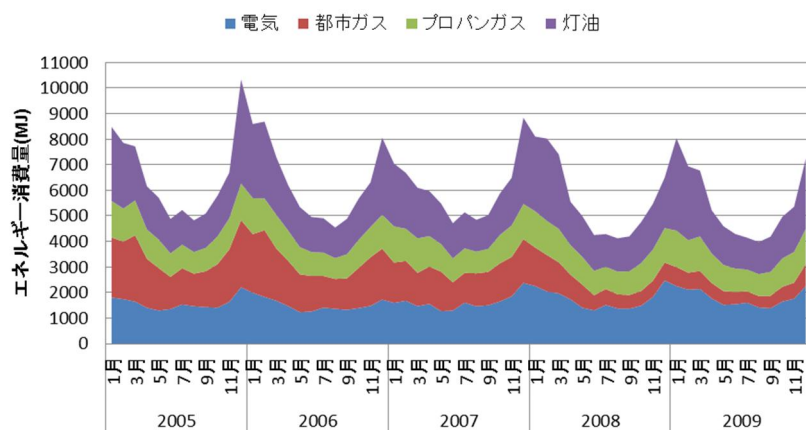


(e) 秋田

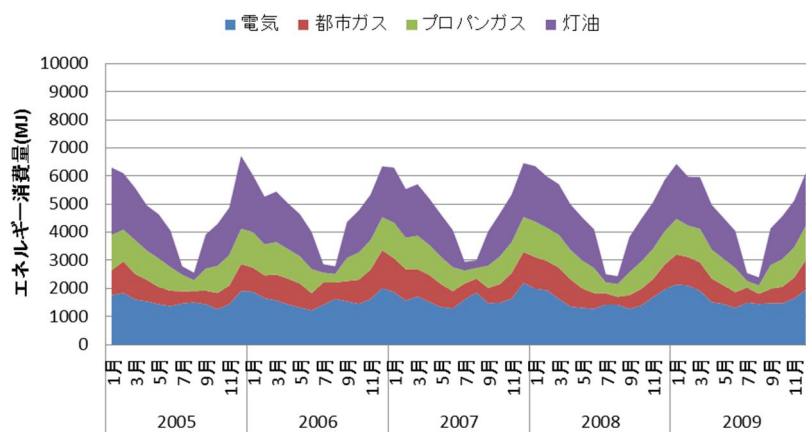
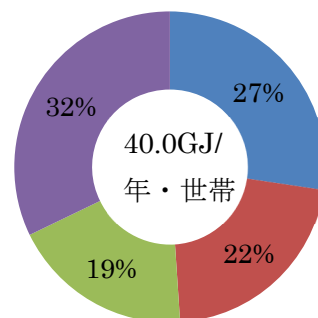


(f) 山形

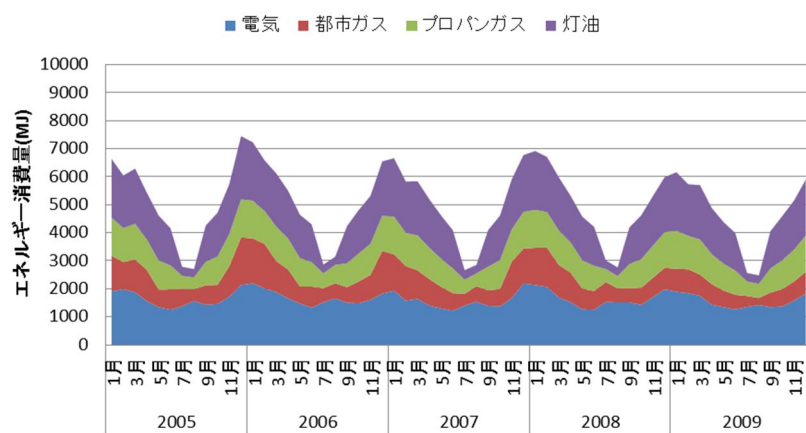
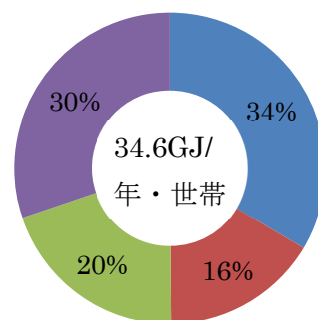




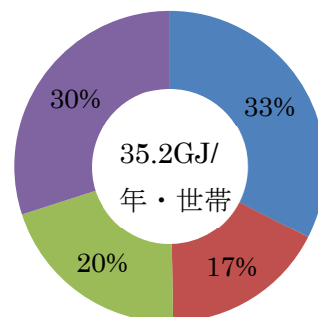
(g) 福島

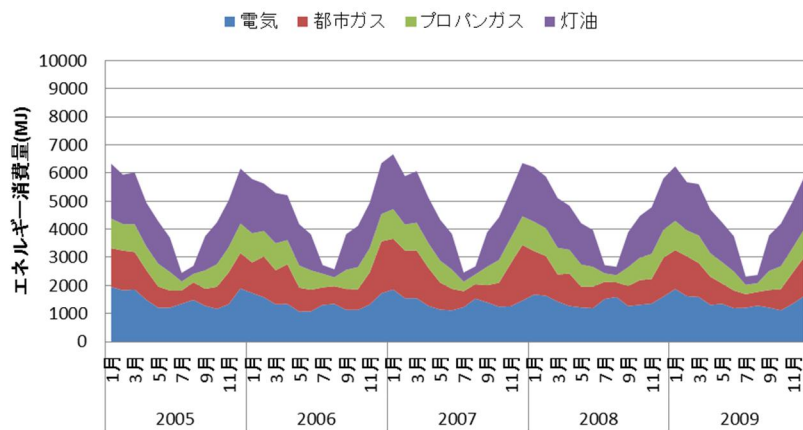


(h) 水戸

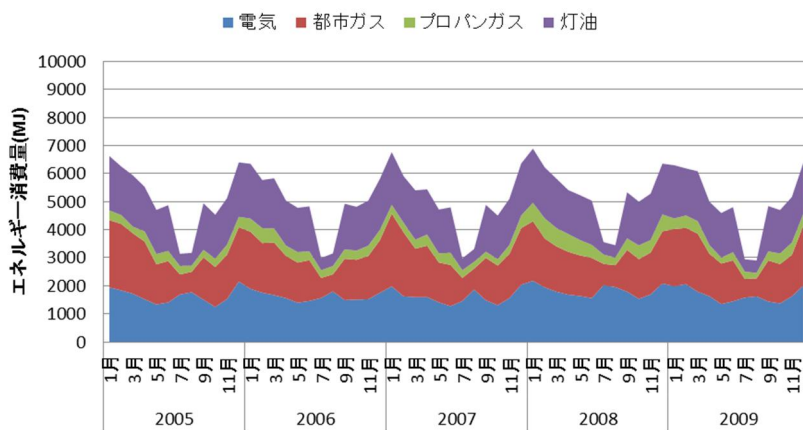
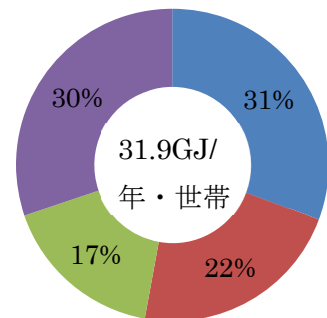


(i) 宇都宮

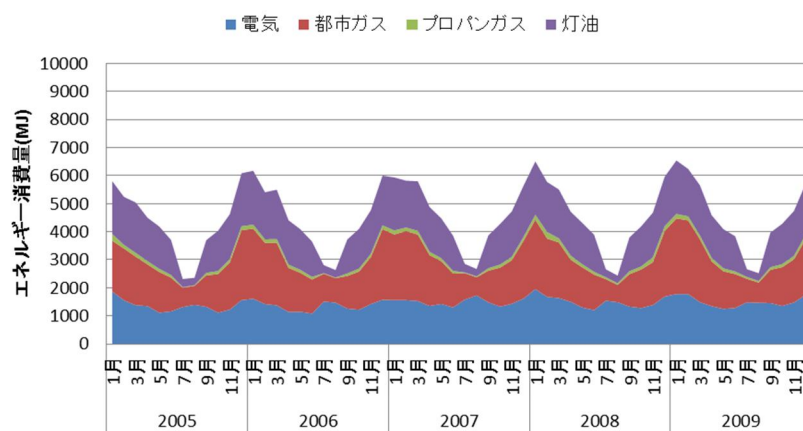
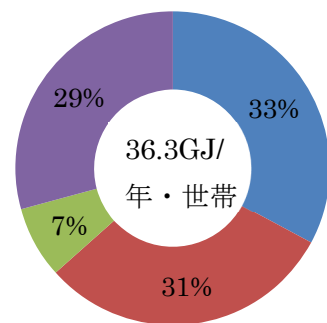




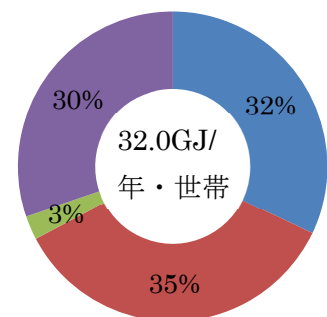
(j) 前橋

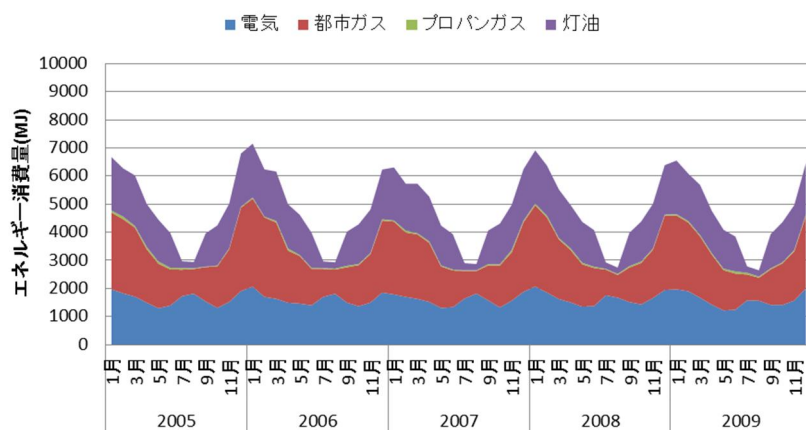


(k) さいたま

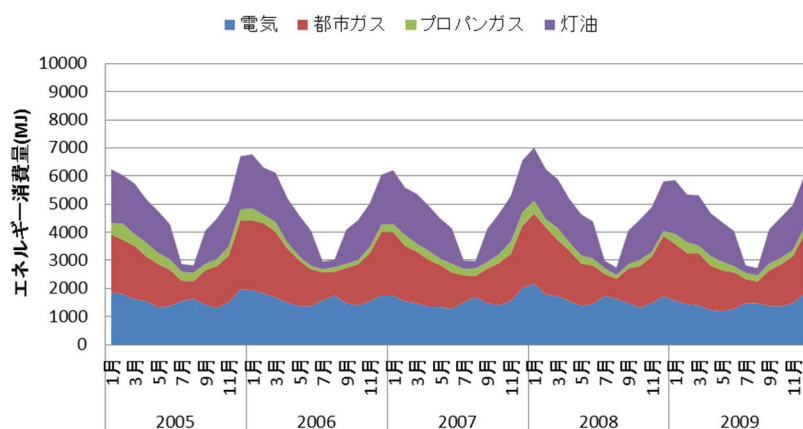
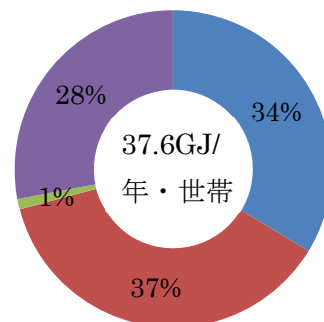


(l) 千葉

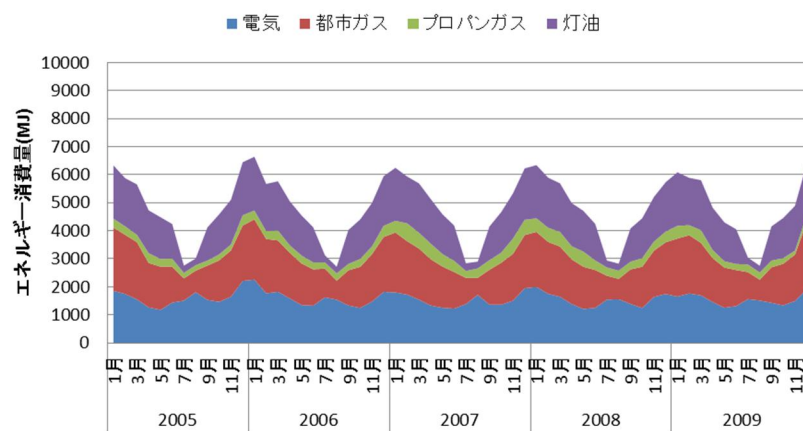
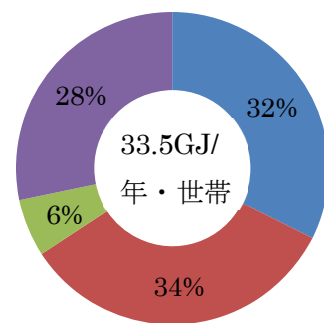




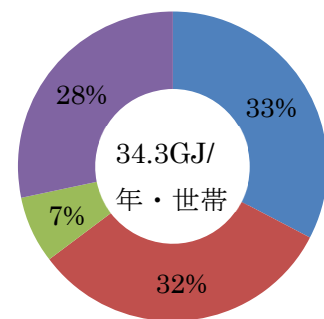
(m) 東京

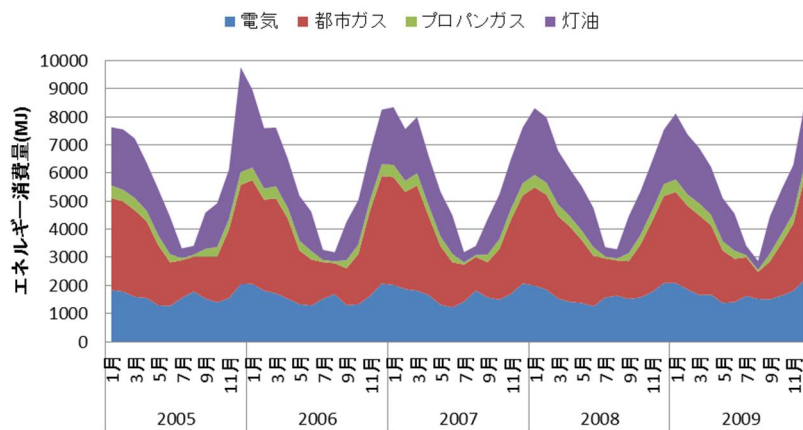


(n) 横浜

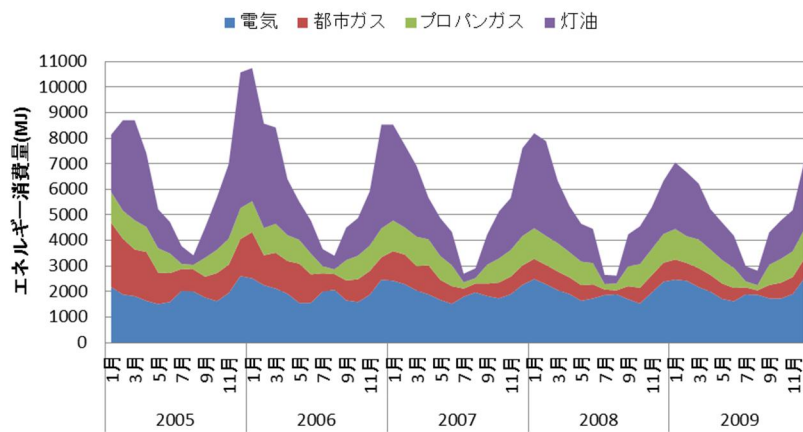
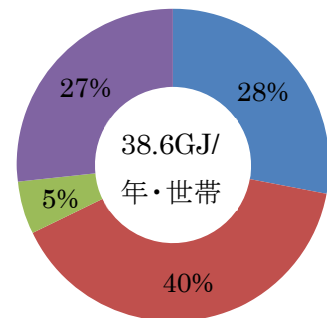


(o) 川崎

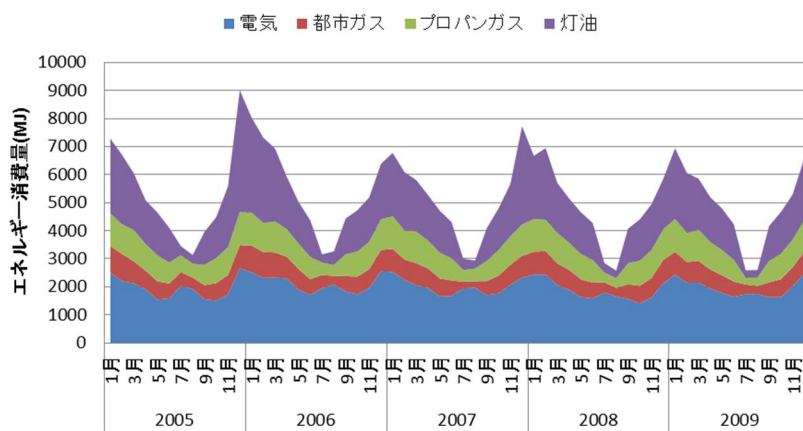
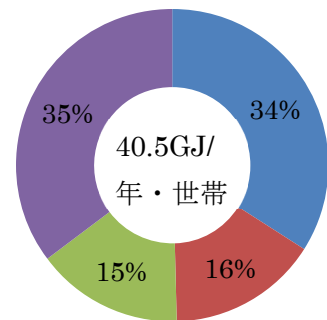




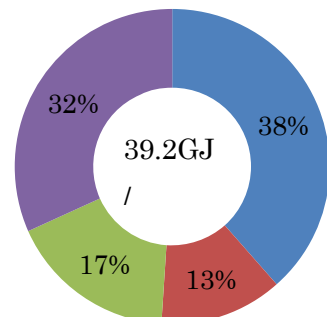
(p) 新潟

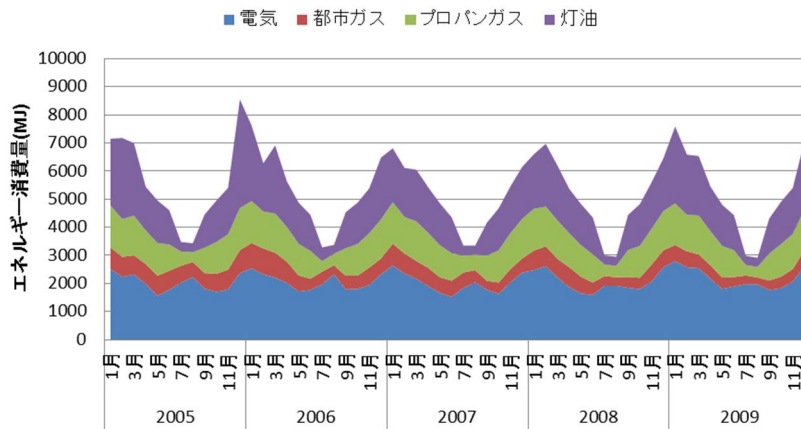


(q) 富山

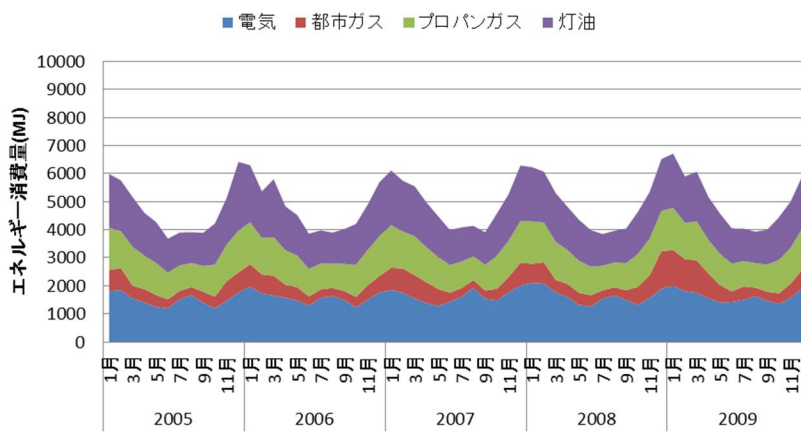
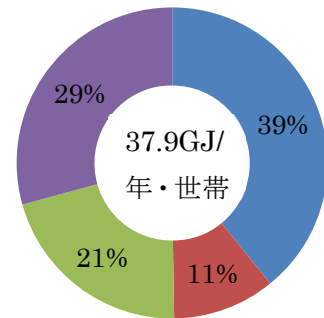


(r) 金沢

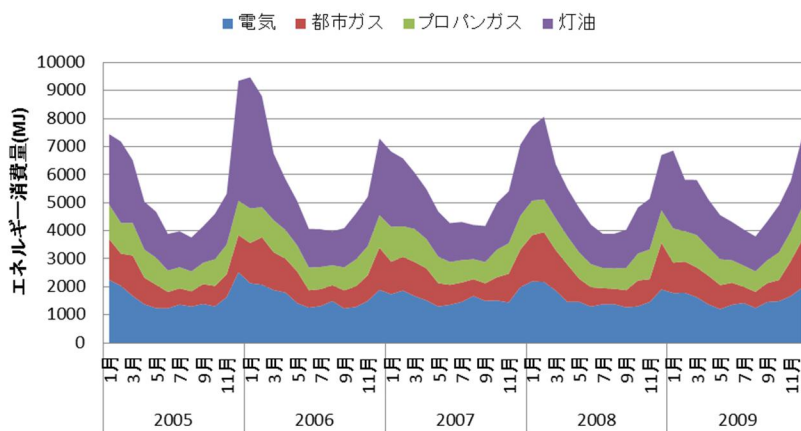
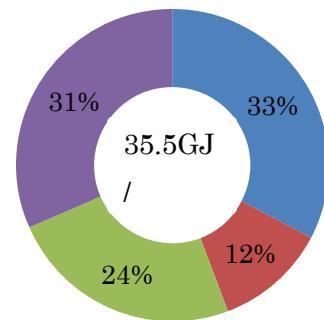




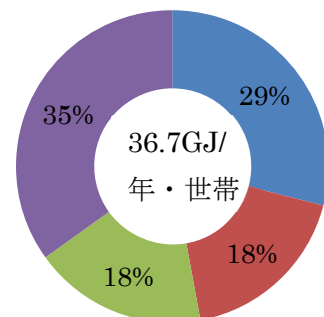
(s) 福井

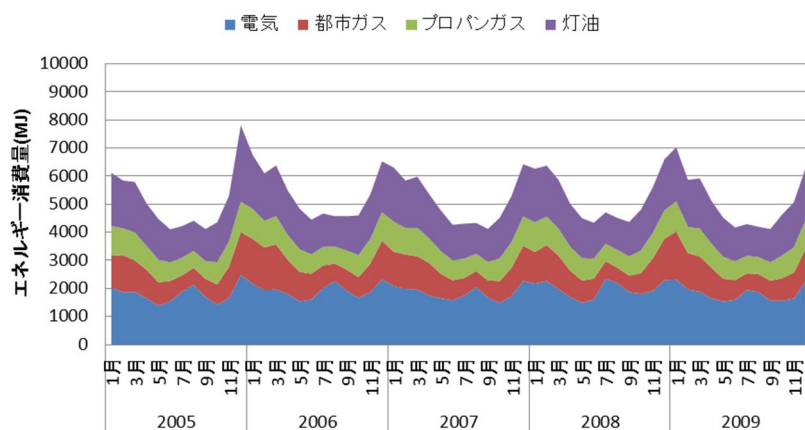


(t) 甲府

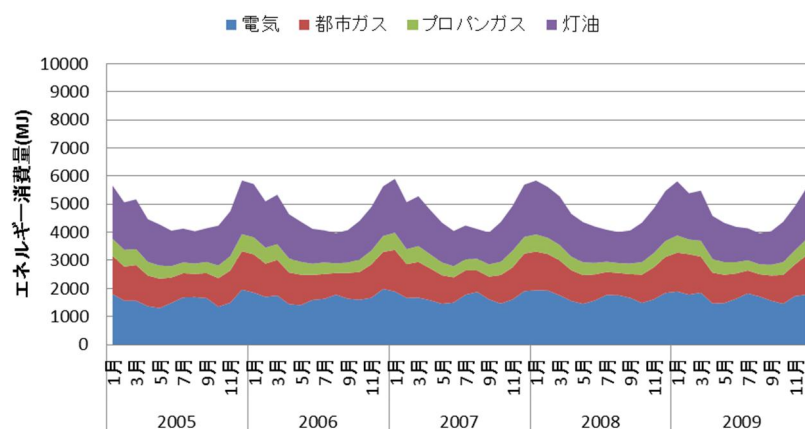
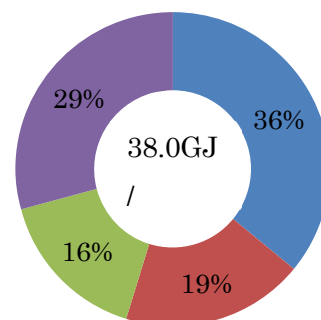


(u) 長野

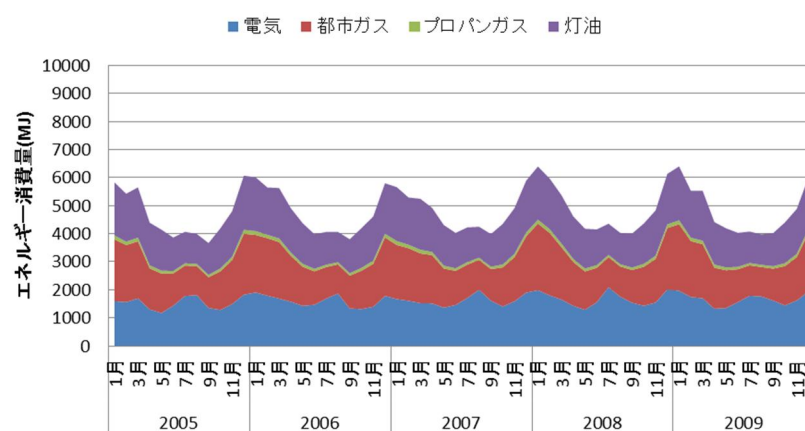
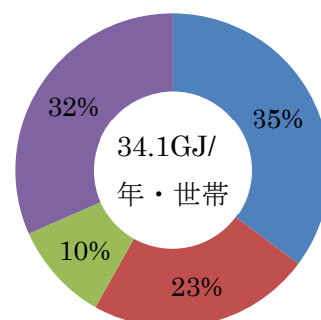




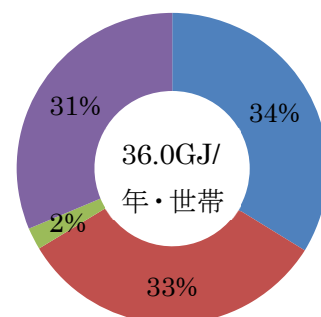
(v) 岐阜

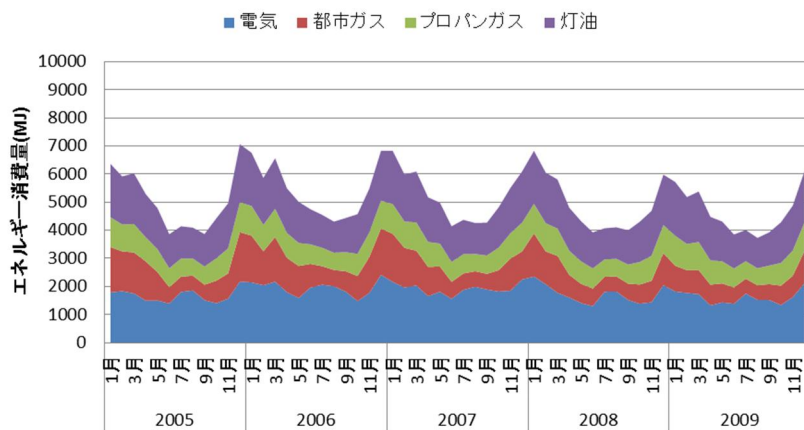


(w) 静岡

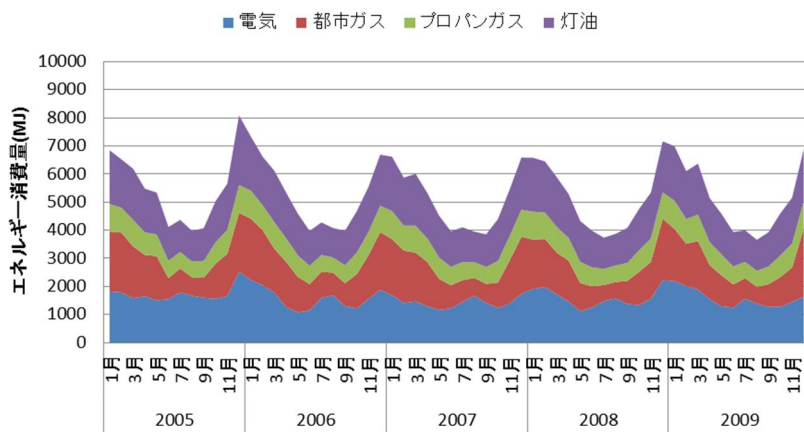
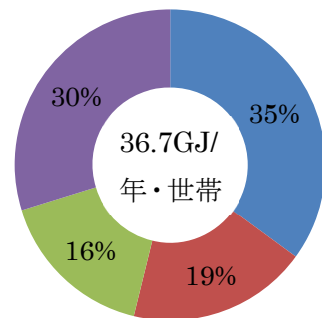


(x) 名古屋

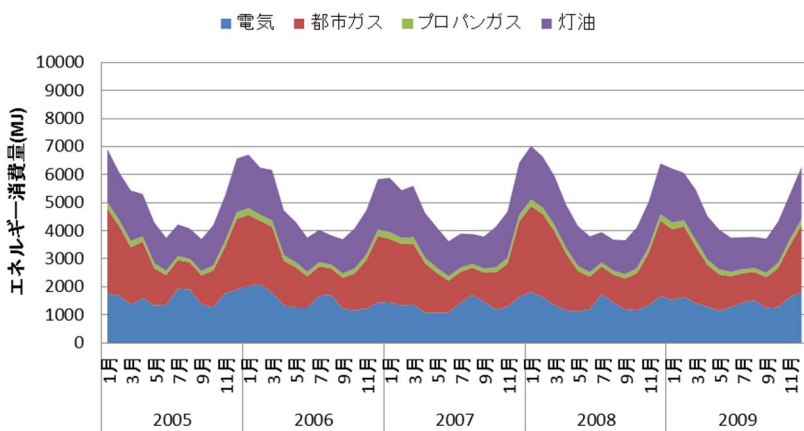
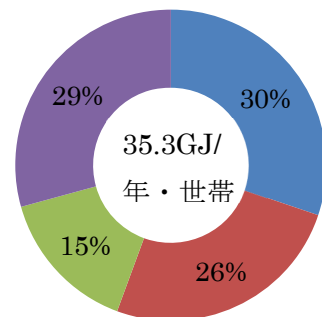




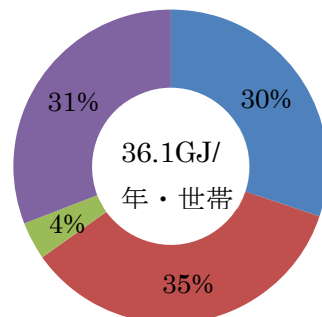
(y) 津

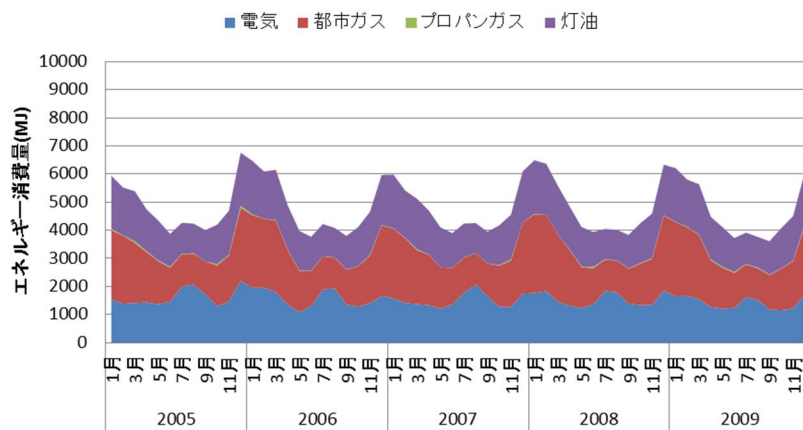


(z) 大津

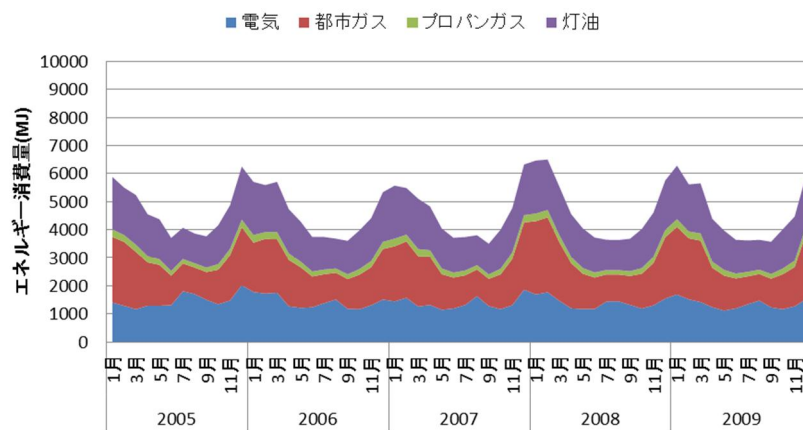
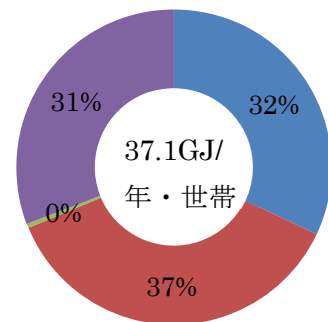


(aa) 京都

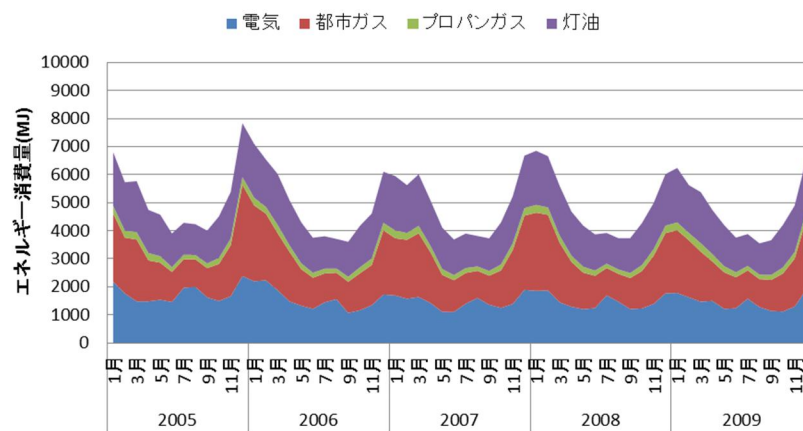
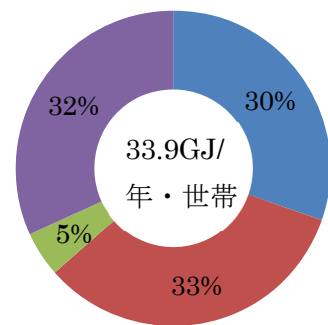




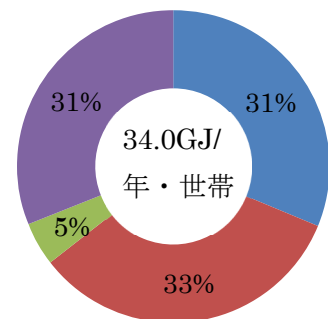
(ab) 大阪

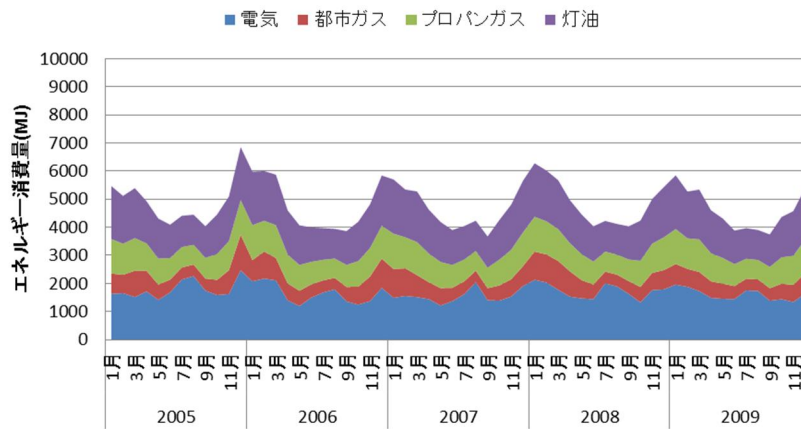


(ac) 神戸

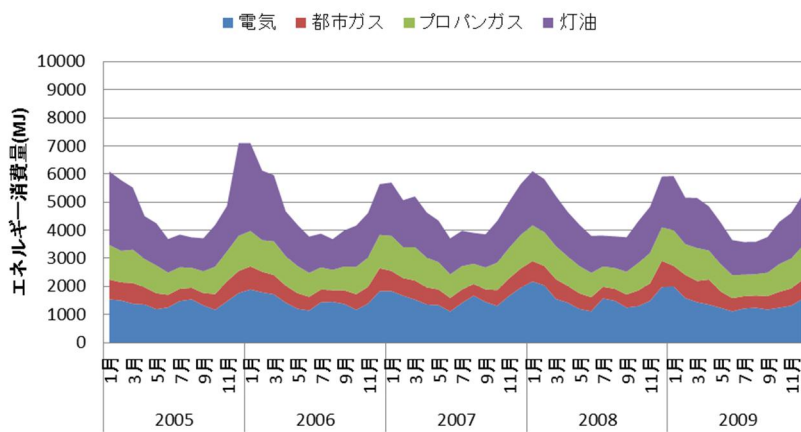
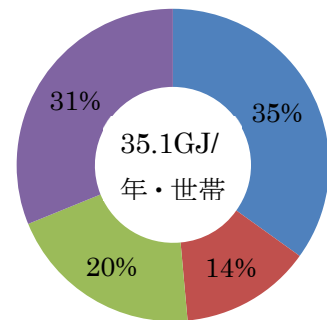


(ad) 奈良

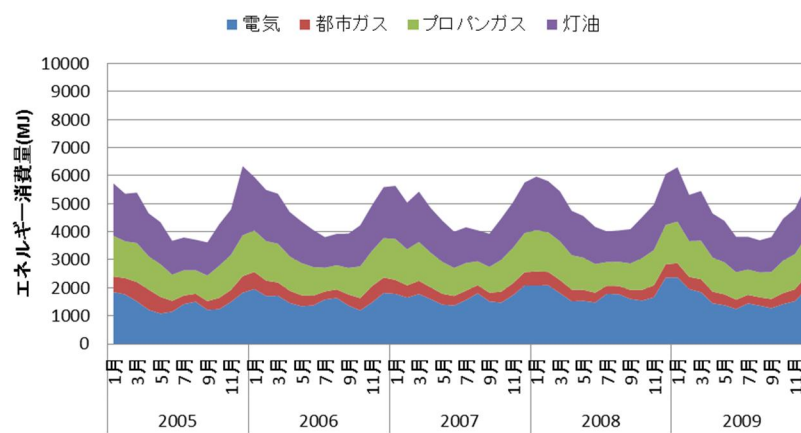
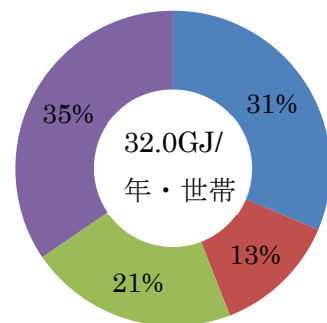




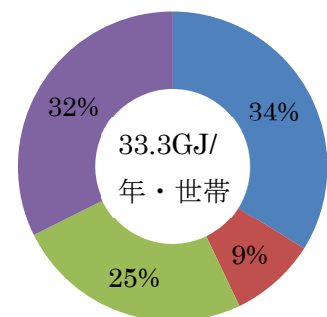
(ae) 和歌山

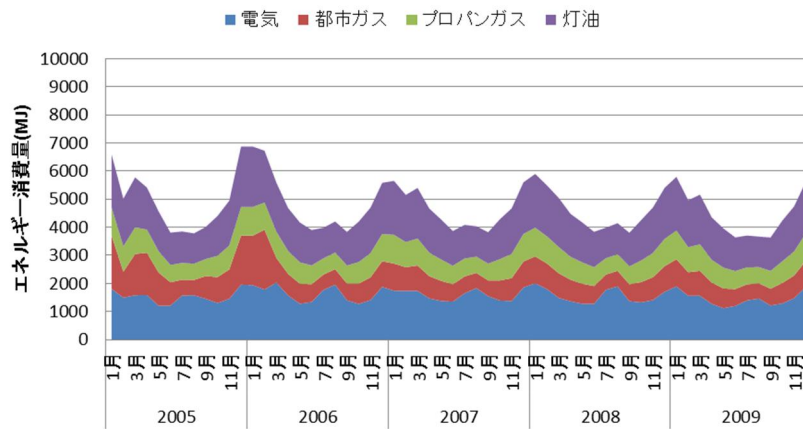


(af) 鳥取

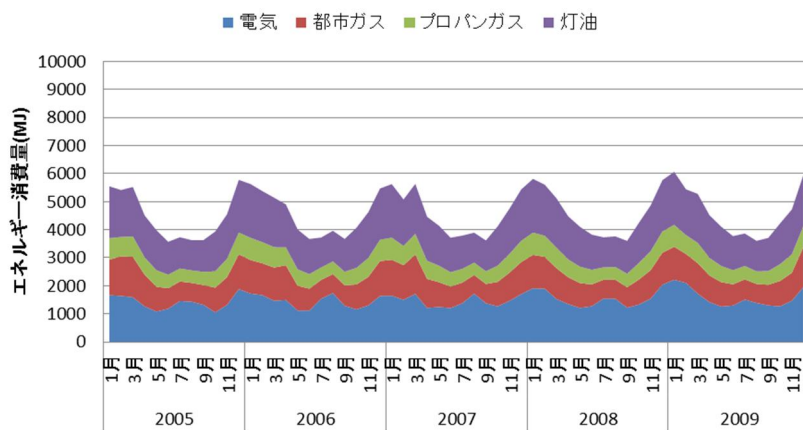
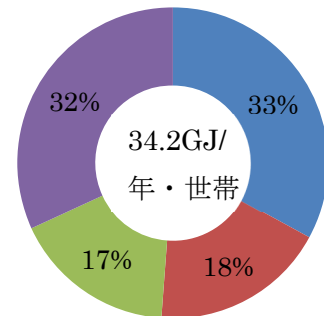


(ag) 松江

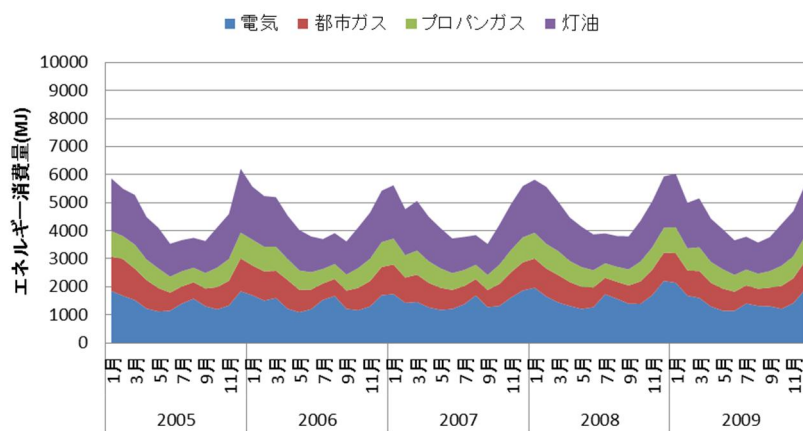
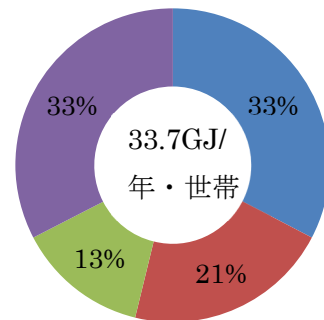




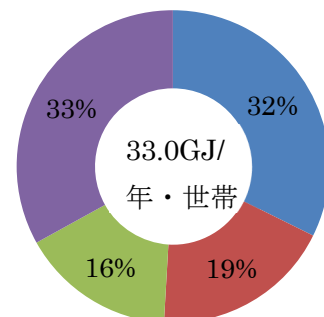
(ah) 岡山

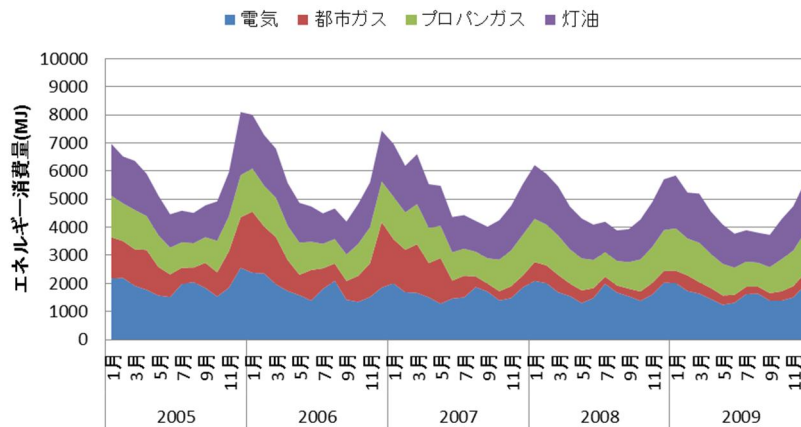


(ai) 広島

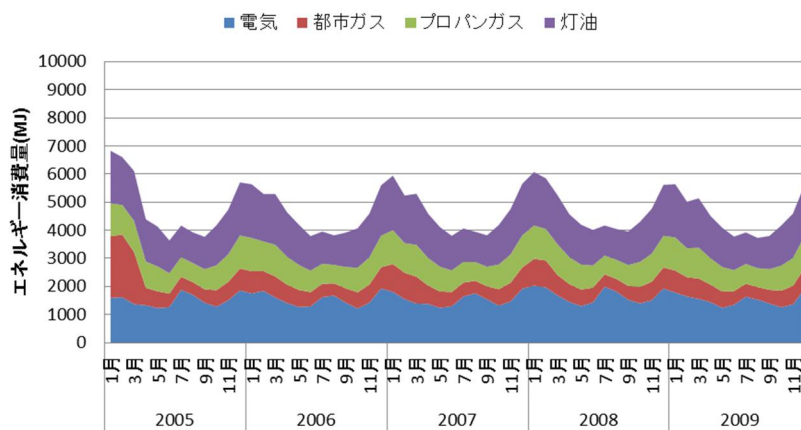
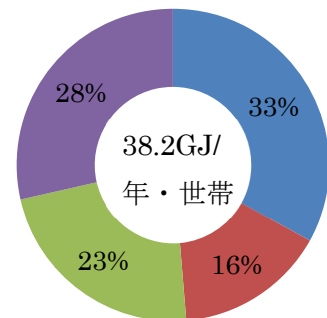


(aj) 山口

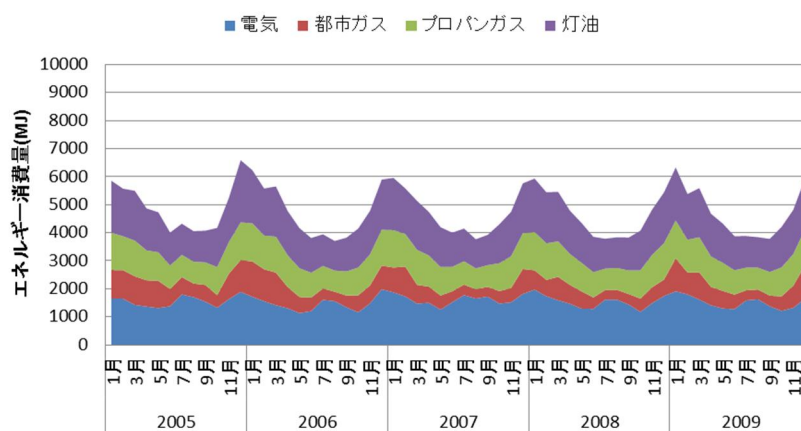
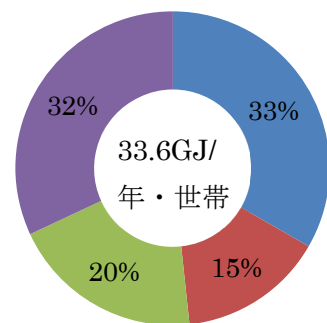




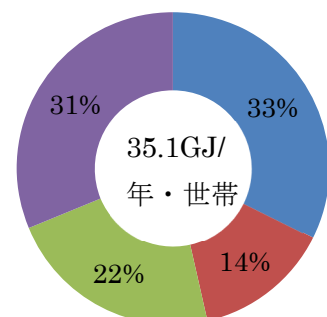
(ak) 徳島

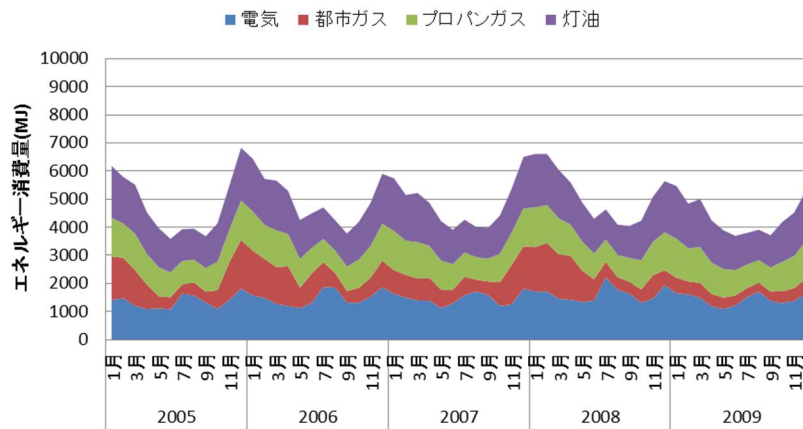


(al) 高松

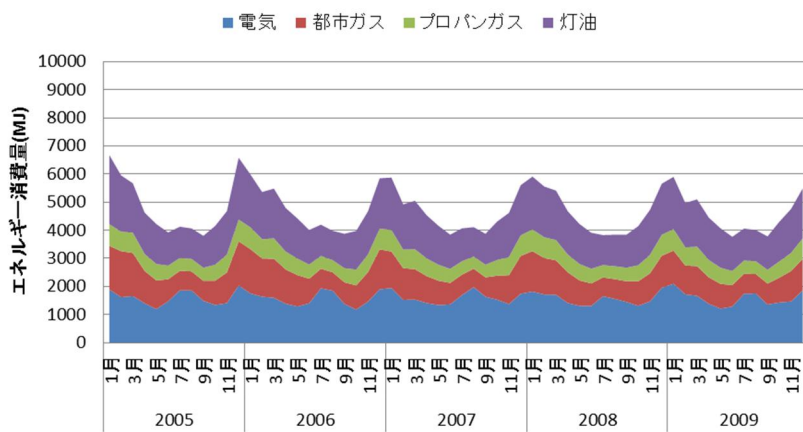
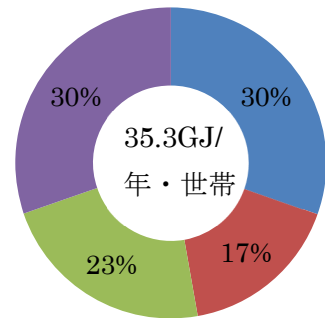


(am) 松山

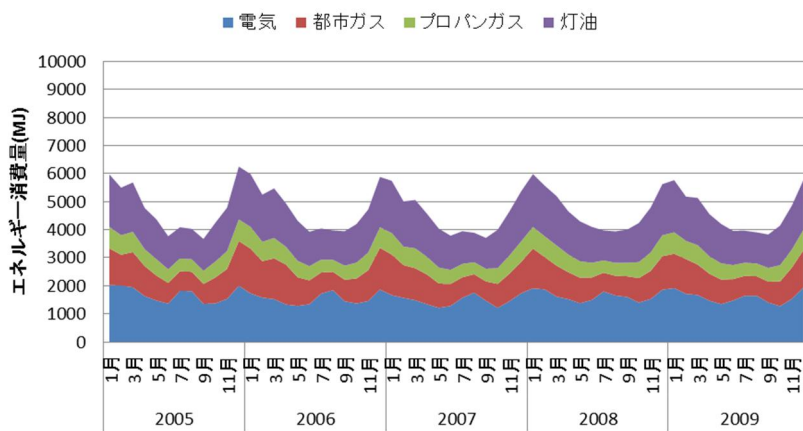
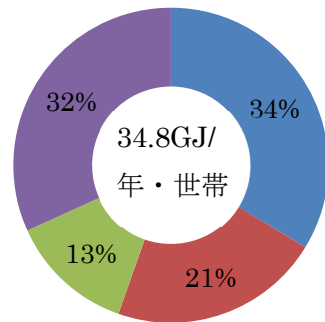




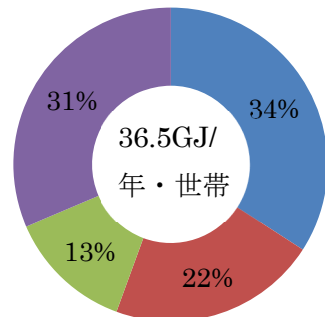
(an) 高知

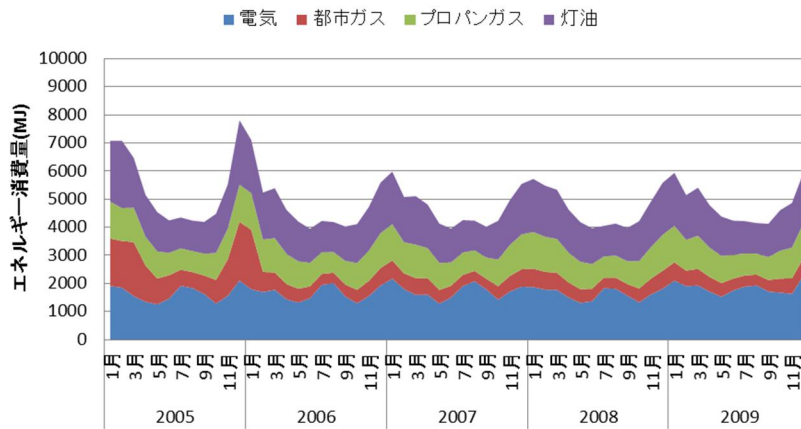


(ao) 北九州

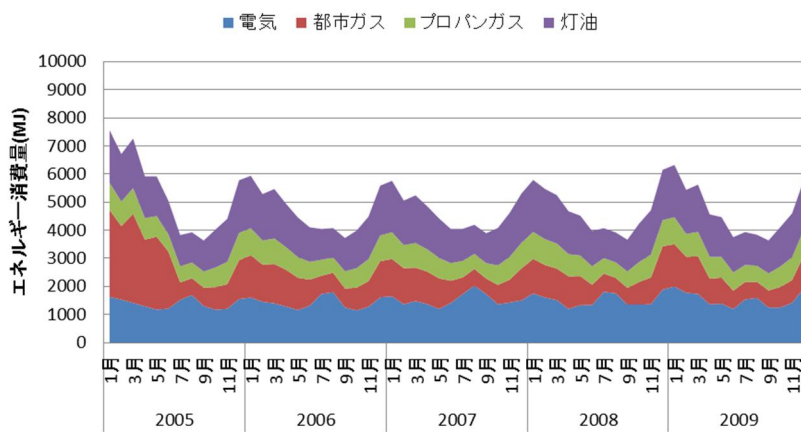
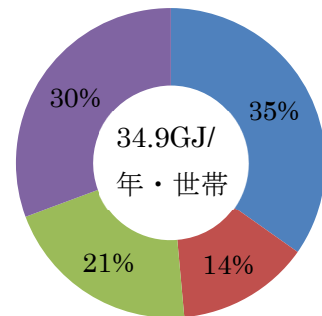


(ap) 福岡

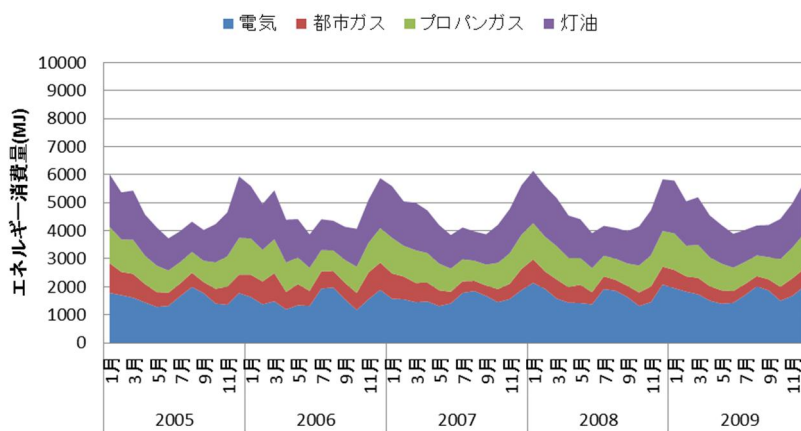
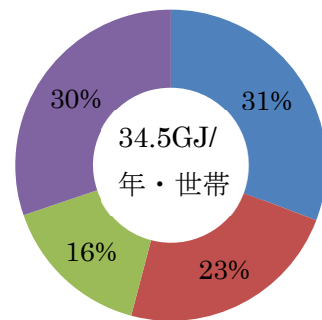




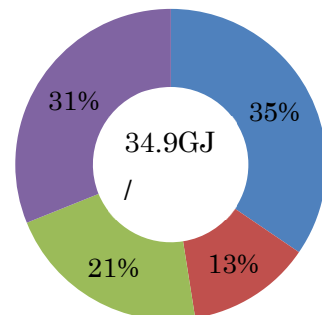
(aq) 佐賀

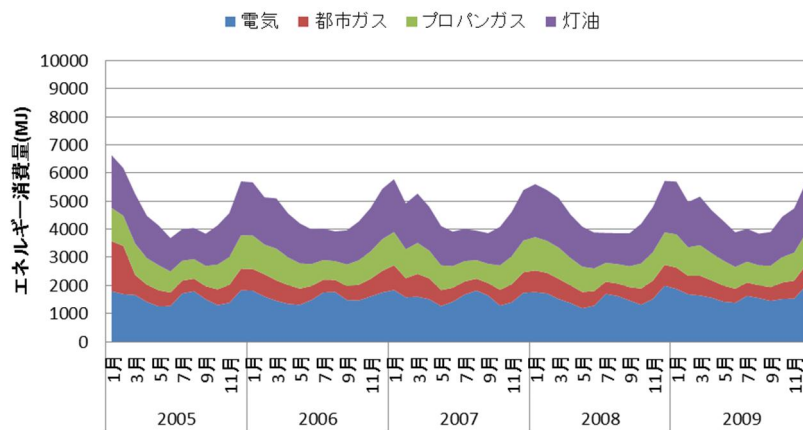


(ar) 長崎

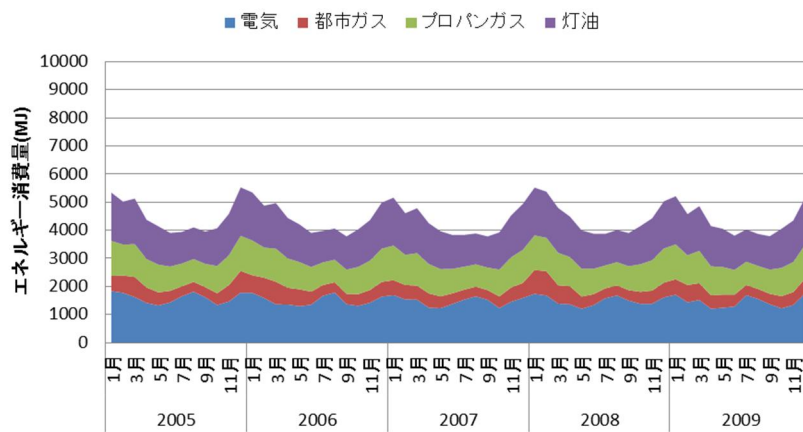
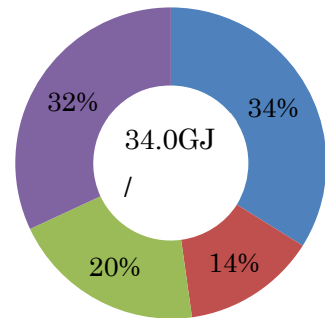


(as) 熊本

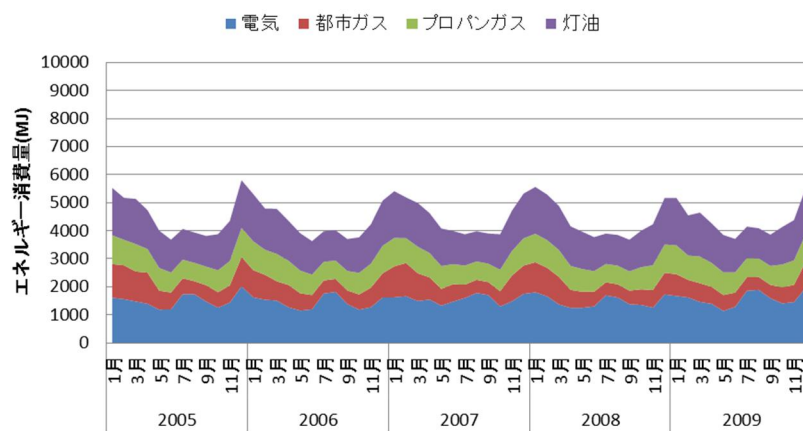
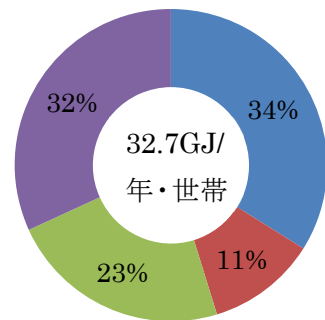




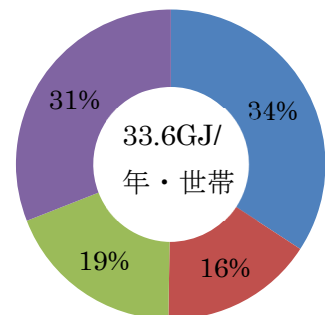
(at) 大分



(au) 宮崎



(av) 鹿児島



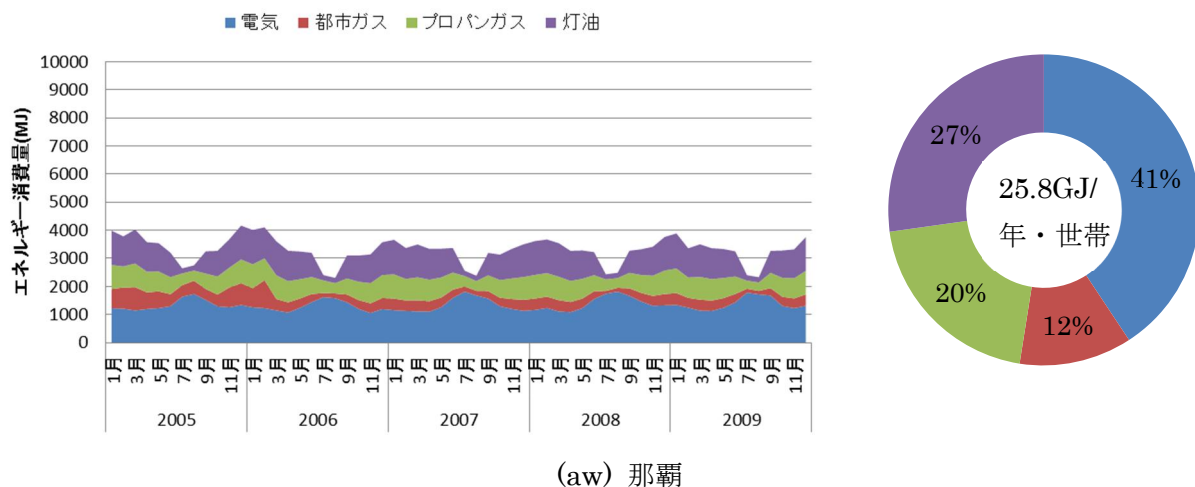


図3 各都市における種別エネルギー消費量の経年変化と平均推移

3.6 まとめ

本章では、民生用エネルギー消費構造を分析するための基礎資料として、電力、都市ガス、プロパンガス、灯油の種別エネルギー消費量を家計調査、小売物価統計調査に基づいて推計した。本研究で得られた結論は、以下に述べる通りである。

- (1) 1世帯と1か月あたりの電力消費量は、1500-2500MJ (417-694 kW・h) 程度となっている。また、札幌においては、電力消費量の夏季のピークが小さく、冬季のピークが大きい。すなわち、冷房用電力消費量が少なく、暖房用電力消費量が多いことを示唆している。さらに、那覇においては、電力消費量のピークは夏季にあり、冷房用電力消費量が多いことを意味している。一方、他都市では、電力消費量に夏季と冬季の2つのピークがあり、それぞれ冷房と暖房電力消費を表している。
- (2) 各都市における全体消費量において、北海道・東北地方の電力の消費割合は21-29%、北陸・信越地方は28-39%、北関東を含む関東地方は31-34%、中部・近畿地方は34-36%、中国・四国地方は31-34%、九州地方は31-35%、那覇は41%であり、各都市において全体消費量の30%程度が消費されていることが分かる。電力消費の割合が最大であったのは、那覇の41%である。
- (3) ガス全体を見ると、東京をはじめとする関東圏、政令指定都市における都市ガスの割合が多く、大都会以外の地方都市と四国および九州地方では、都市ガスの消費割合が少ない。大都会であるほど都市ガスが普及していることがわかる。

- (4) 都市ガスとは逆に、地方都市であるほどプロパンガスの消費割合が大きい。
- (5) ガス消費において、中国地方に着目すると瀬戸内海に面する県は、都市ガスの消費割合が大きいですが、反対側にあたる日本海に面する県の場合、プロパンガスの消費割合が大きいことが分かり、気候特性とその地域における住民の生活リズムの違いが影響していると思われる。
- (6) 北海道と東北および北陸・信越地方の寒冷地では、灯油の消費量が多い。全体消費量の 39-54%であることが分かる。本章の推計によれば、最も消費割合が大きいのは、青森の 54%である。これらの地域では、灯油が重要な暖房熱源であることを示唆している。
- (7) 北関東を含む関東地方の灯油の消費割合は 28-31%、北陸・信越地方は 27-35%、中部・近畿地方は 29-32%、中国・四国地方は 28-35%、九州地方は 30-32%、沖縄は 27%であることが分かる。

本章の参考文献

- 1) 総務省統計局：家計調査 <http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>
- 2) 三浦秀一：全国の住宅における用途別エネルギー消費と地域特性に関する研究，日本建築学会計画系論文集, 510, (1998), 77-83.
- 3) 福代和宏：西瀬戸 5 都市家庭部門における 2000 年代のエネルギー・水道水消費量，空気調和・衛生工学会論文集 (171), 9-22, 2011-06-05
- 4) 総務省統計局：小売物価統計調査 <http://www.stat.go.jp/data/kouri/index.htm>
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁：総合エネルギー統計
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/index.htm>

第4章 住宅における用途別エネルギー消費量の検討

4.1 はじめに

前章では、家計調査に基づいて電力と都市ガスとプロパンガスおよび灯油の種類別エネルギー消費量を明らかにしたが、本章では、電力消費量と都市ガス消費量とプロパンガス消費量および灯油消費量を表4-1に示すように、それぞれ暖房と冷房と給湯および照明・コンセント・その他（家電、情報機器を含む）の4つの用途に分類し、各々の推計法と推計結果について述べる。また、ここではガスと灯油による冷房と照明が行われていないと仮定する。

表 4-1 エネルギー分別表^注

		種類別			
		電力	都市ガス	プロパンガス	灯油
用途別	暖房	○	○	○	○
	冷房	○	—	—	—
	給湯	○	○	○	○
	照明・コンセント他	○	—	—	—

注： ○該当あり —該当なし

4.2 用途別電力消費量

4.2.1 計算法と計算条件

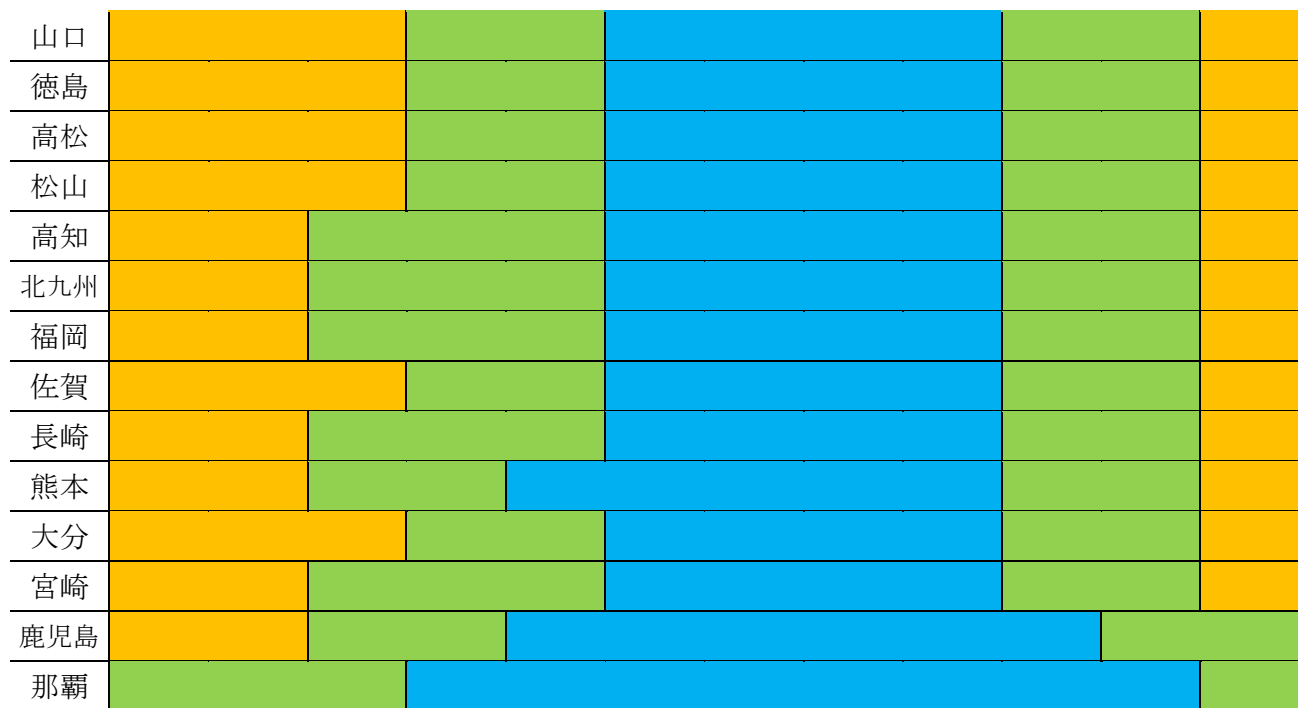
電力消費量を暖房と冷房と給湯および照明・コンセント・その他に分類するには、次の手法を用いる。

- ① 中間期（冷暖房を行わない時期）に対し、冬季の電力消費量の超過部分は暖房による電力消費量とする。
- ② 中間期に比べ、夏季の電力消費量の超過部分を冷房による電力消費量とする。
- ③ 福代¹⁾の手法を参考に、深夜電力消費量を給湯用電力消費量と仮定する。
- ④ 暖房と冷房および給湯以外の電力消費量を照明・コンセント・その他用電力消費量とする。

暖房期、冷房期および中間期については、気象庁の気象統計情報²⁾より各都市における2005-2009年の日平均外気温 θ [°C]を移動平均化したものから推定している。このとき、中間期を $10 < \theta \leq 20$ と仮定し、 $\theta \leq 10$ を暖房期、 $\theta < 20$ を冷房期に振り分ける。また、この場合の49都市における暖房、冷房及び中間期は、表4-2の通りである。

表 4-2 各都市の暖房期、冷房期及び中間期

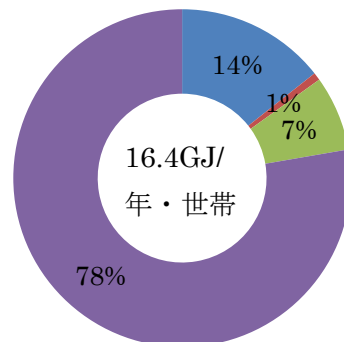
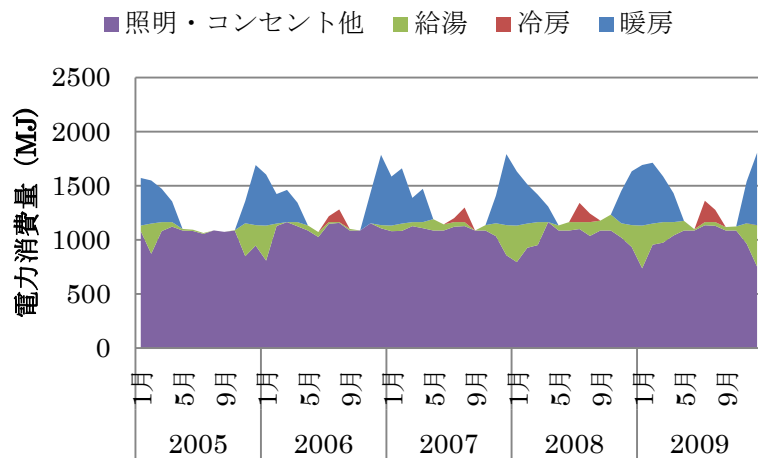
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
札幌	暖房期				中間期		冷房期		中間期		暖房期	
青森												
盛岡												
仙台												
秋田												
山形												
福島												
水戸												
宇都宮												
前橋												
浦和												
千葉												
東京												
横浜												
川崎												
新潟												
富山												
金沢												
福井												
甲府												
長野												
岐阜												
静岡												
名古屋												
津												
大津												
京都												
大阪												
神戸												
奈良												
和歌山												
鳥取												
松江												
岡山												
広島												



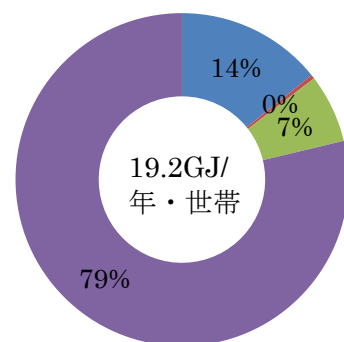
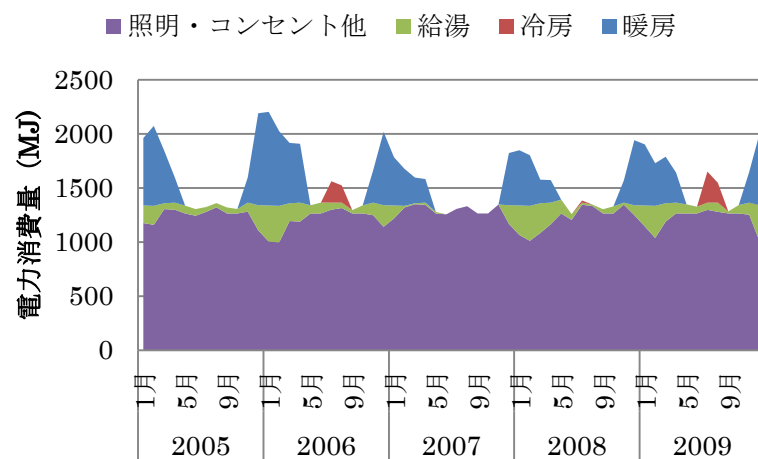
4.2.2 用途別電力消費量の推計結果

前章で推計された電力消費量は、表 4-1 のように用途別に分類し、このときの 2005-2009 年の経年変化、年間電力消費量の平均割合およびこの値を図 4-1 に示す。

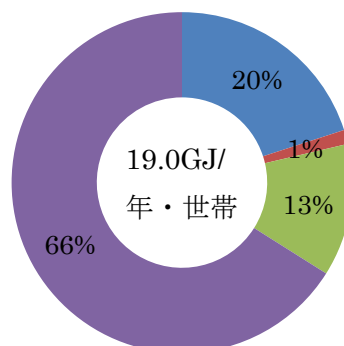
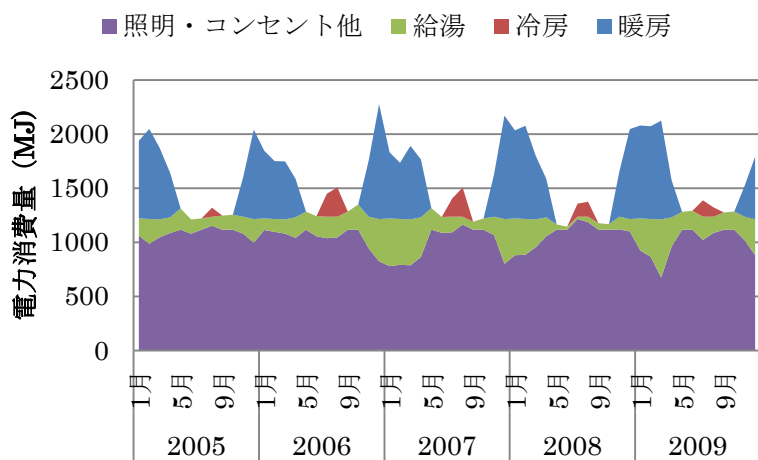
図 4-1 より、49 都市における 1 世帯あたりの年間電力消費量の平均値は 16-25GJ/年・世帯である。このとき、福井の 24.7GJ/年・世帯が最大であり、那覇の 16.1GJ/年・世帯が最小であることが分かる。各都市において、北海道・東北地方（札幌、青森、盛岡、仙台、秋田、山形、福島）と北陸・信越地方（新潟、富山、金沢、福井、長野）の冷房用電力の消費割合は 0-4%であり、冷房による電力消費の割合はほとんどない。これ以外の地域は 3-12%の割合で消費されており、那覇の 12%が最大であることが分かる。また、那覇を除く場合、全体の電力消費割合の 8%以下になる。北海道と本州では、暖房による電力消費の割合は 10-20%となっているが、九州地方では 10%以下になる。那覇に関しては、暖房期がないと仮定したことにより、暖房用電力消費量はみられない。給湯用電力消費の割合について、北海道・東北地方は 7-13%、北陸・信越地方は 3-6%、四国地方（徳島、高松、松山、高知）は 7-11%、これ以外の地域は、2-8%であることが分かる。北海道・東北と北陸・信越および四国地方を除く地域のうち、大都会であるほど 2-4%程度であることが分かり、浴槽に湯を張る回数やシャワーの回数に違いがあるように地域の生活スタイルが影響していると考察する。照明・コンセント・その他による電力消費の割合は、66-86%であることが分かり、温暖地であるほどその割合が増加する傾向にある。



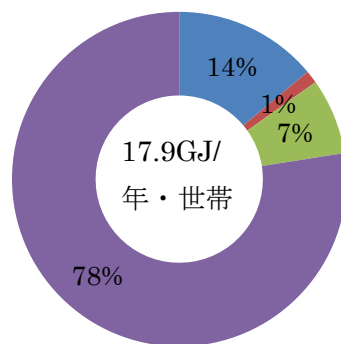
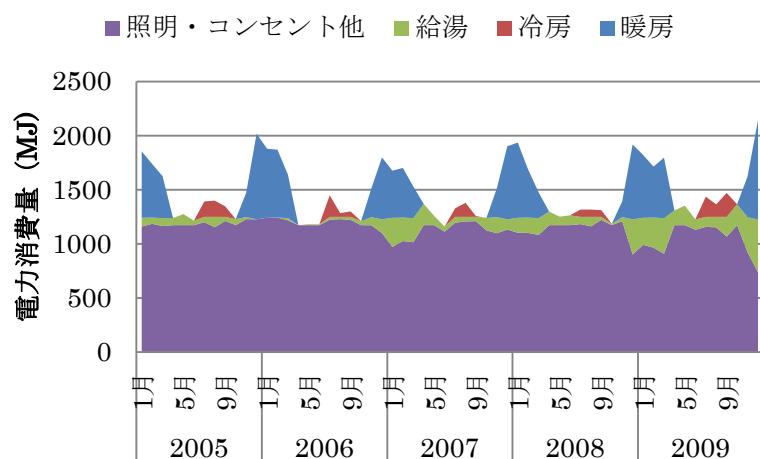
(a) 札幌



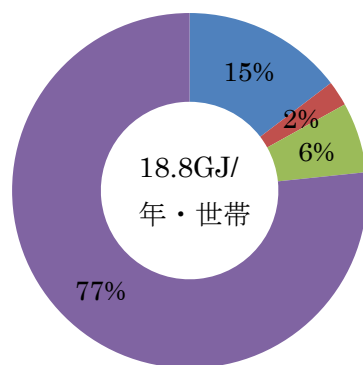
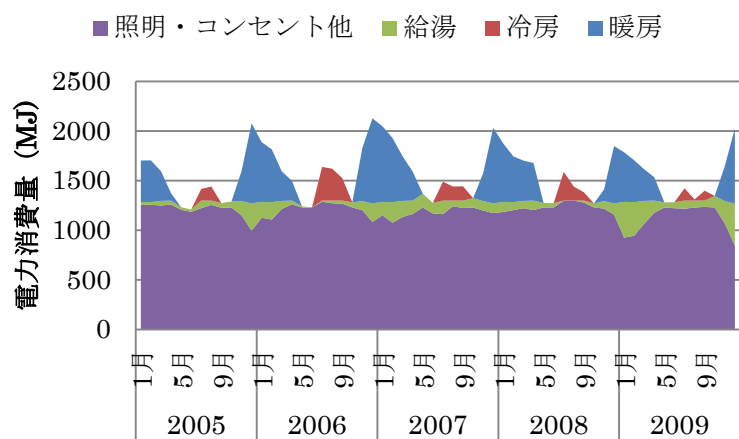
(b) 青森



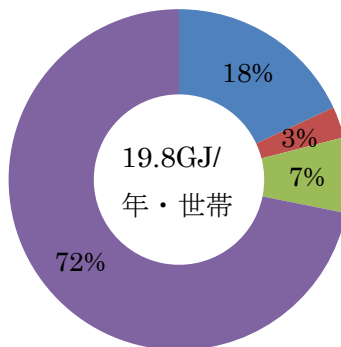
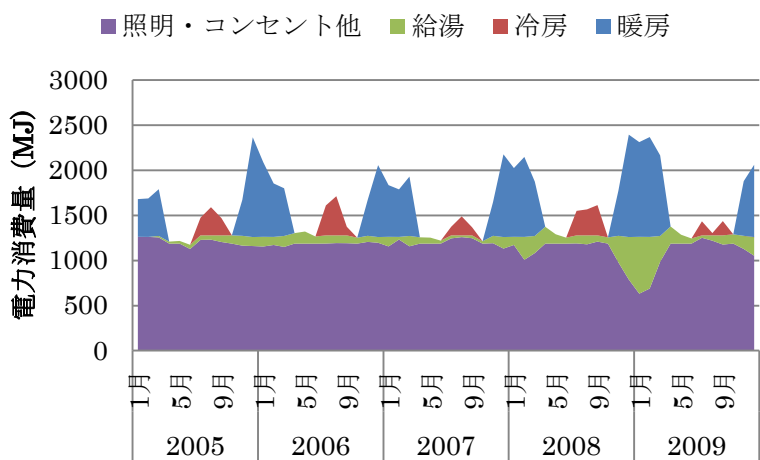
(c) 盛岡



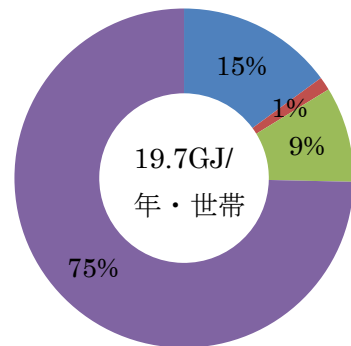
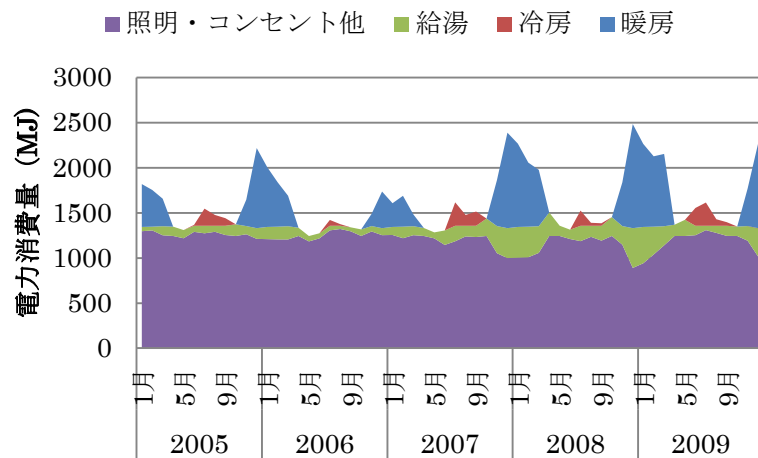
(c) 仙台



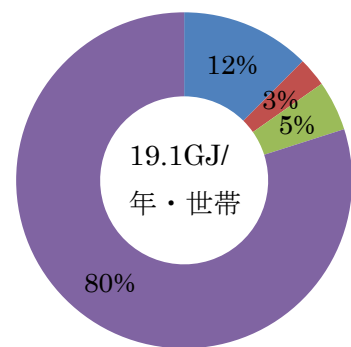
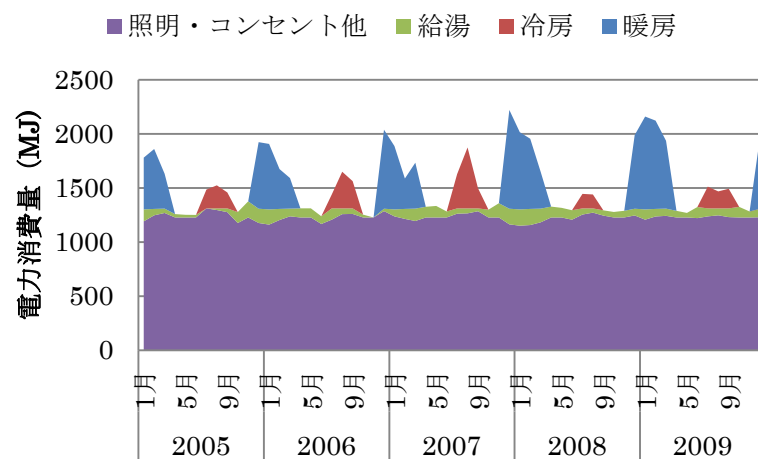
(d) 秋田



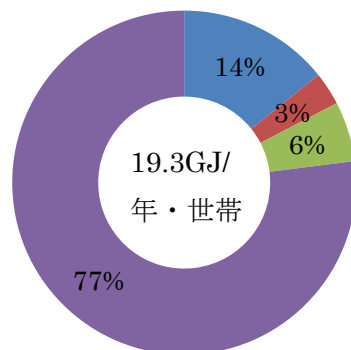
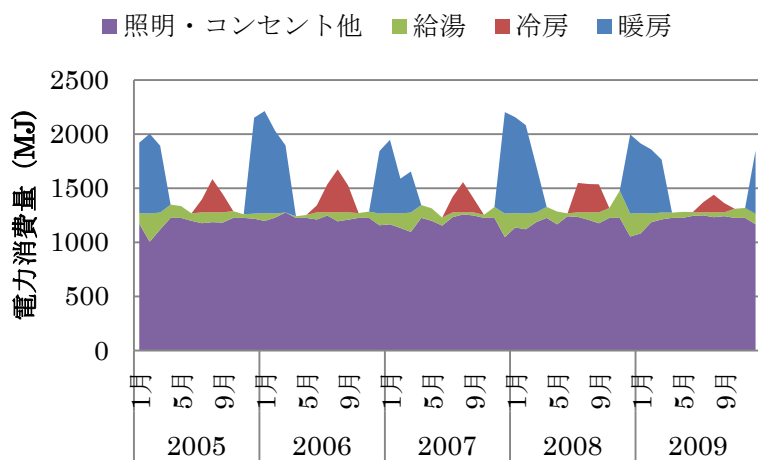
(f) 山形



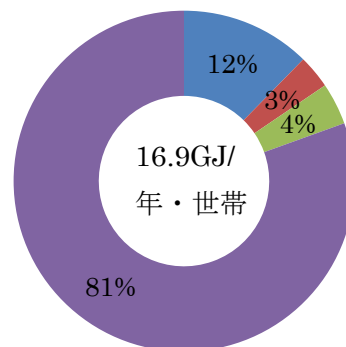
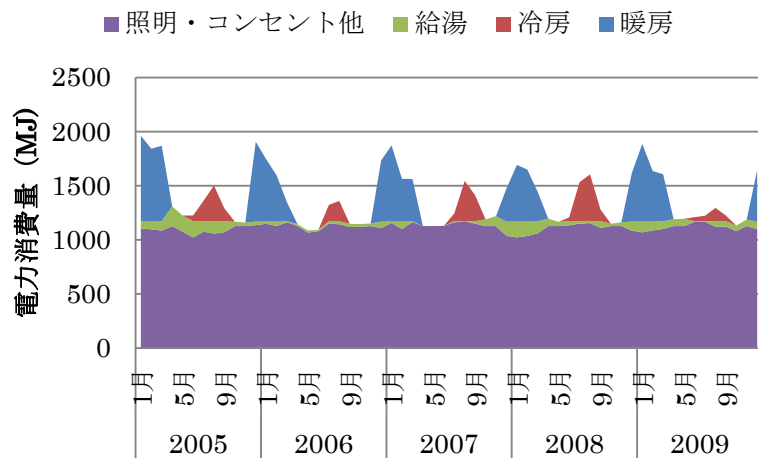
(g) 福島



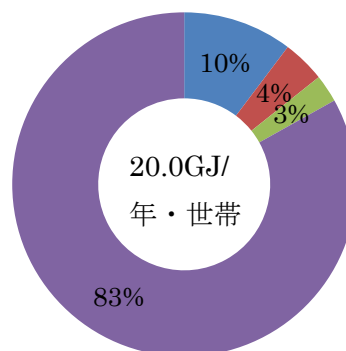
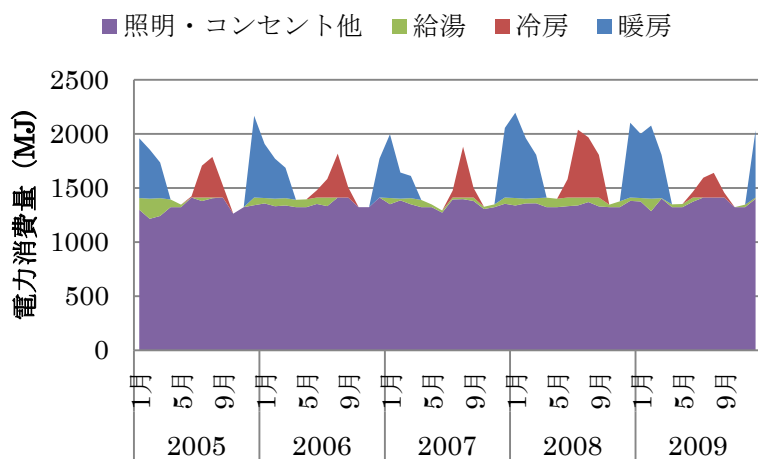
(h) 水戸



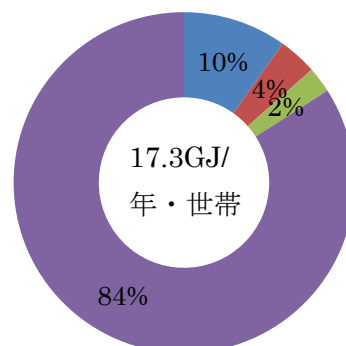
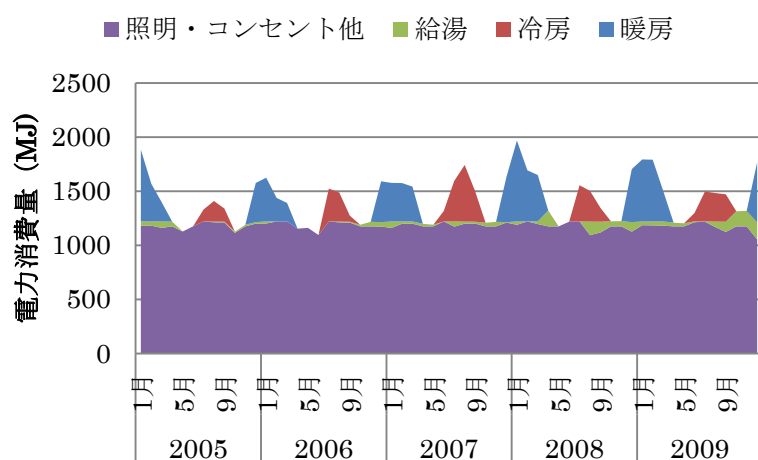
(i) 宇都宮



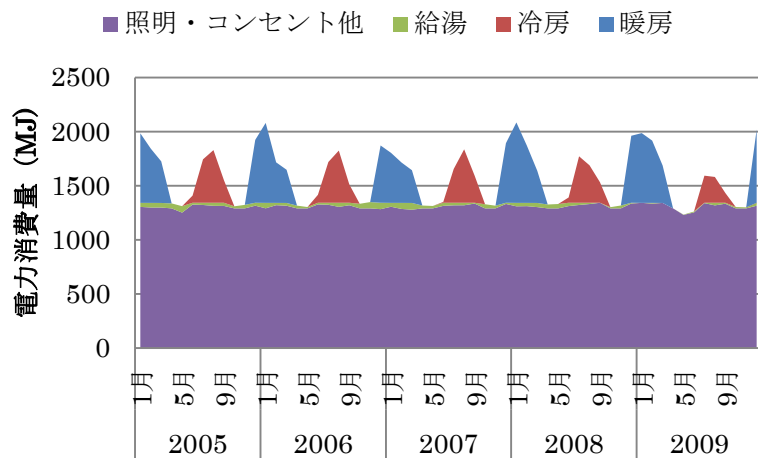
(j) 前橋



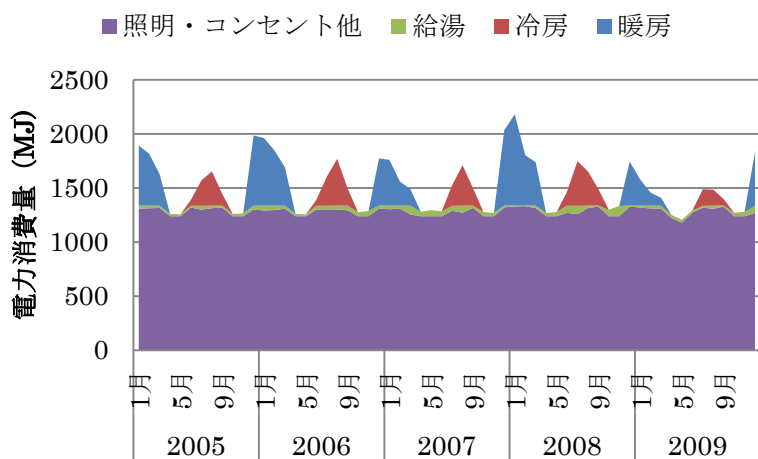
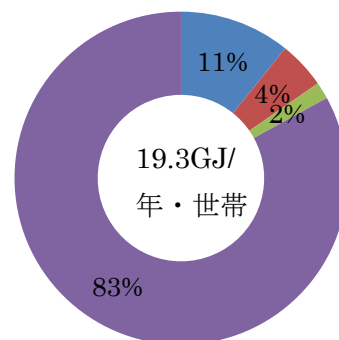
(k) さいたま



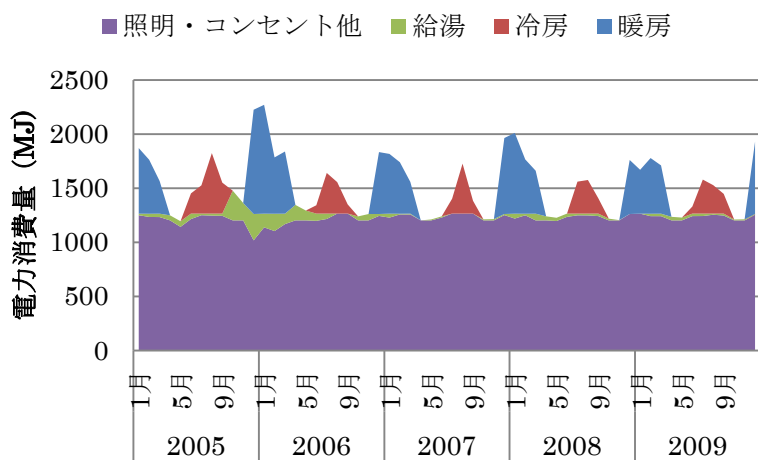
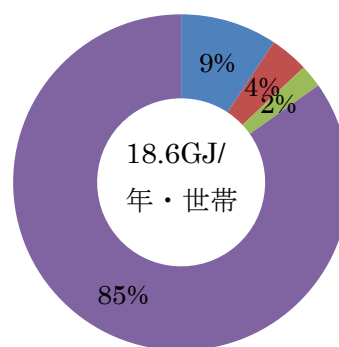
(l) 千葉



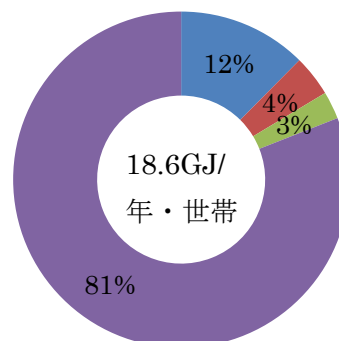
(m) 東京

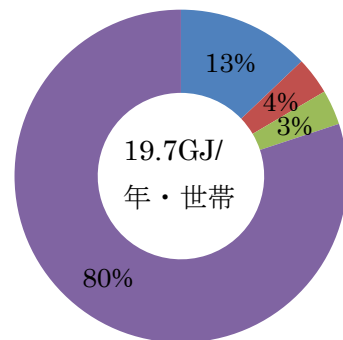
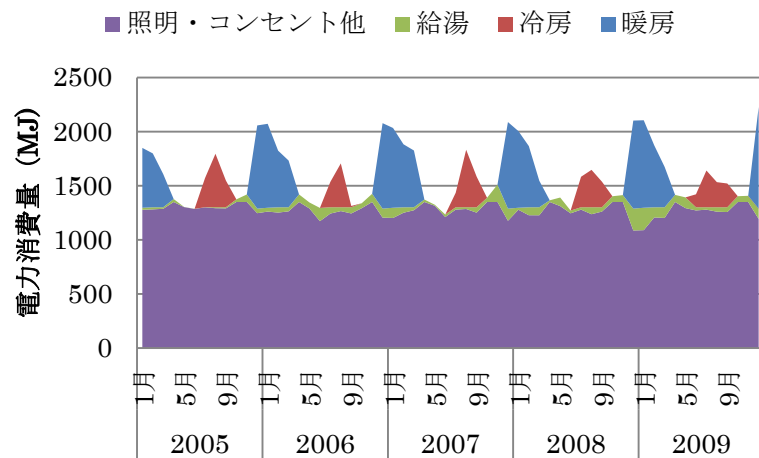


(n) 横浜

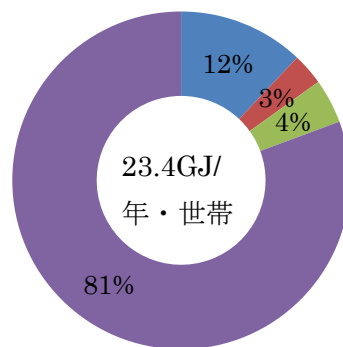
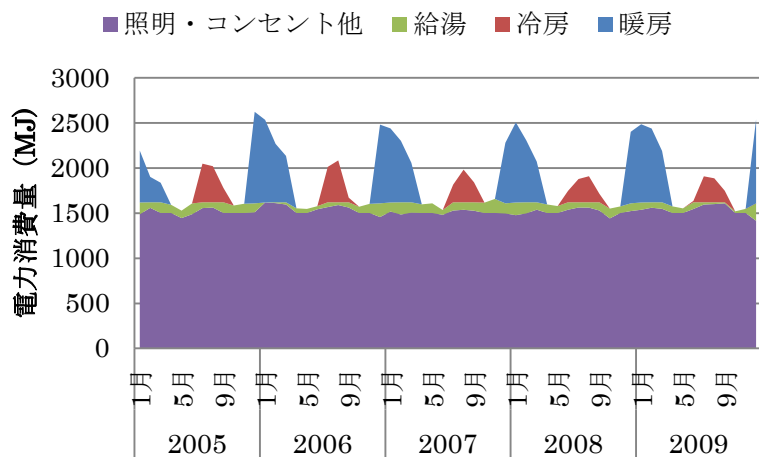


(o) 川崎

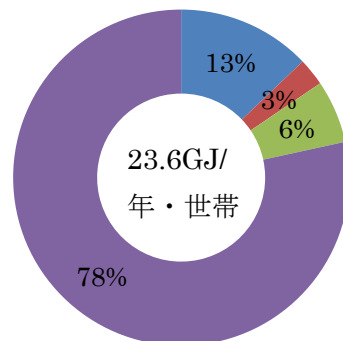
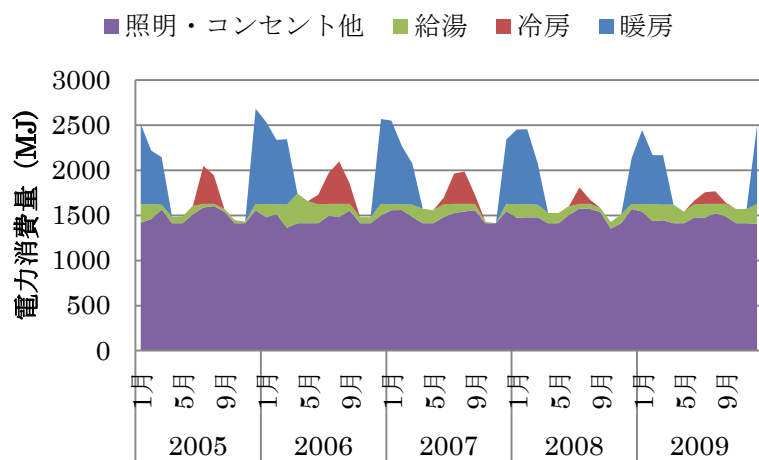




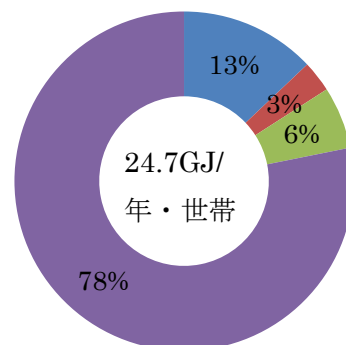
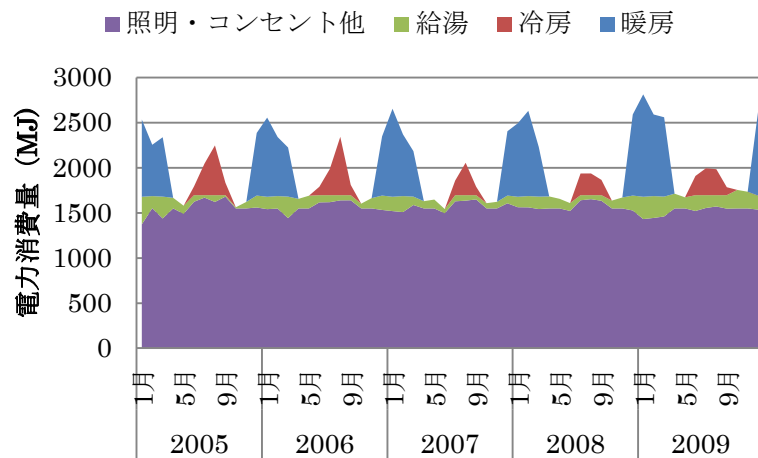
(p) 新潟



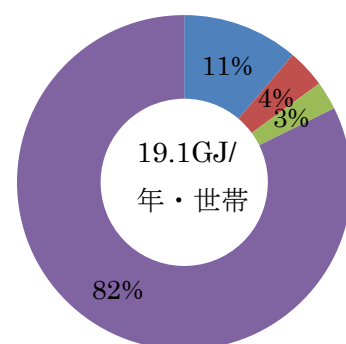
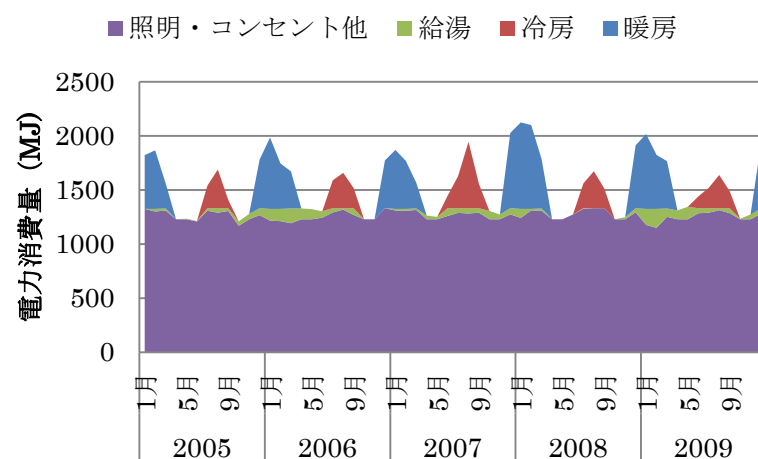
(q) 富山



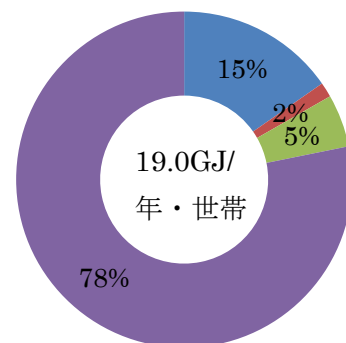
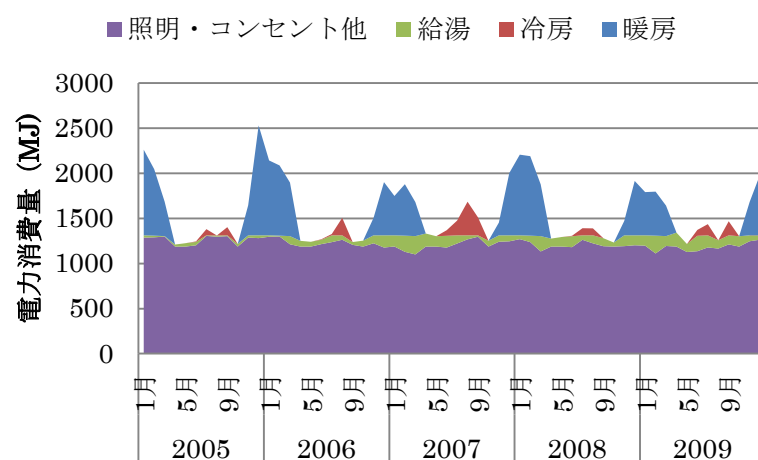
(r) 金沢



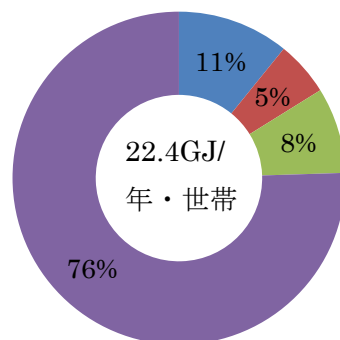
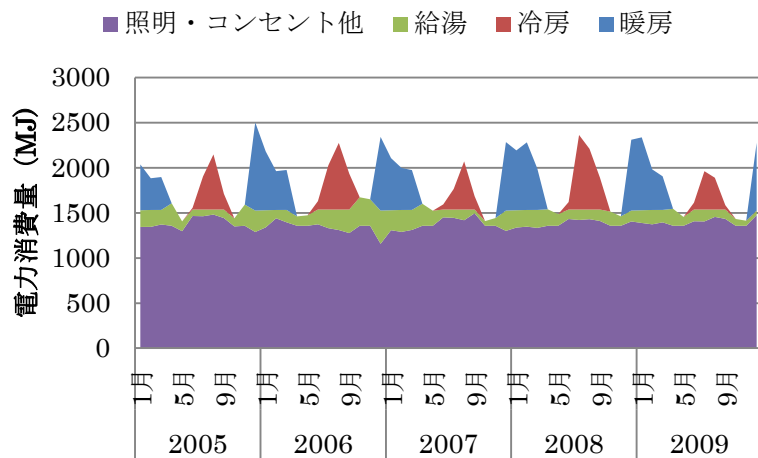
(s) 福井



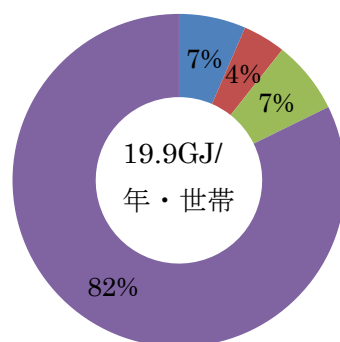
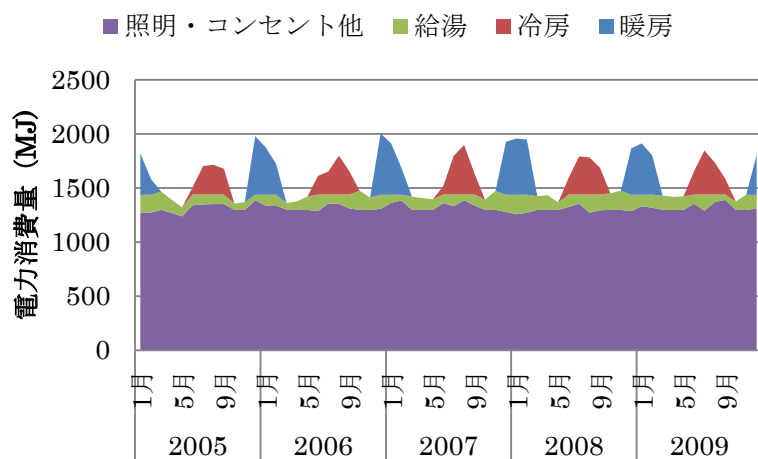
(t) 甲府



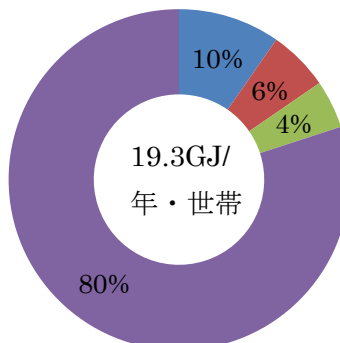
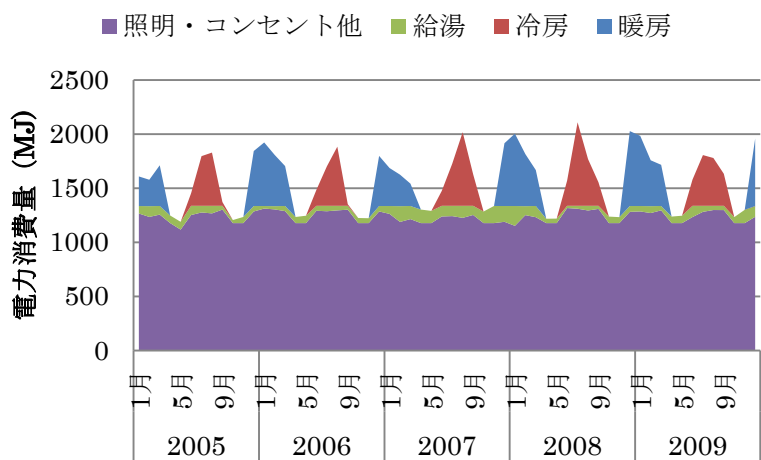
(u) 長野



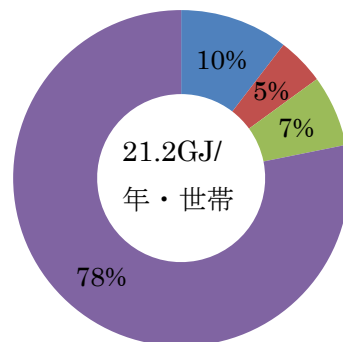
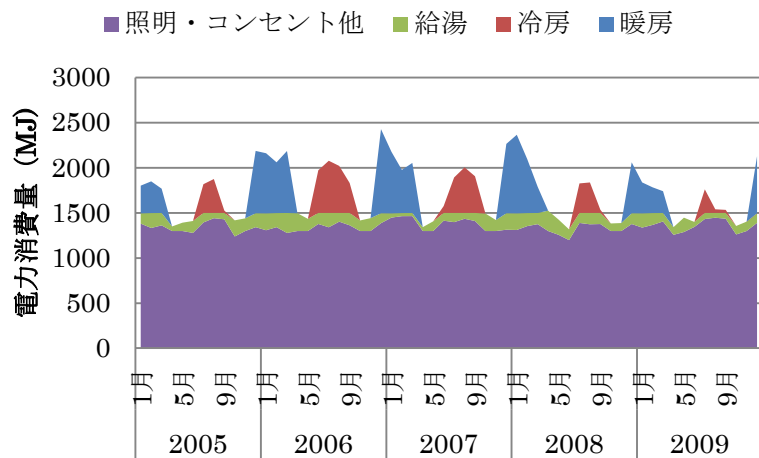
(v) 岐阜



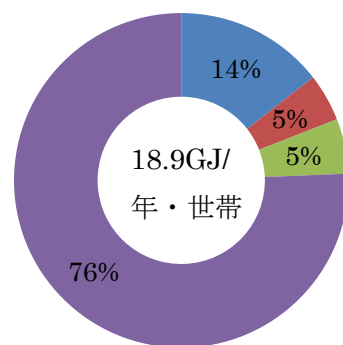
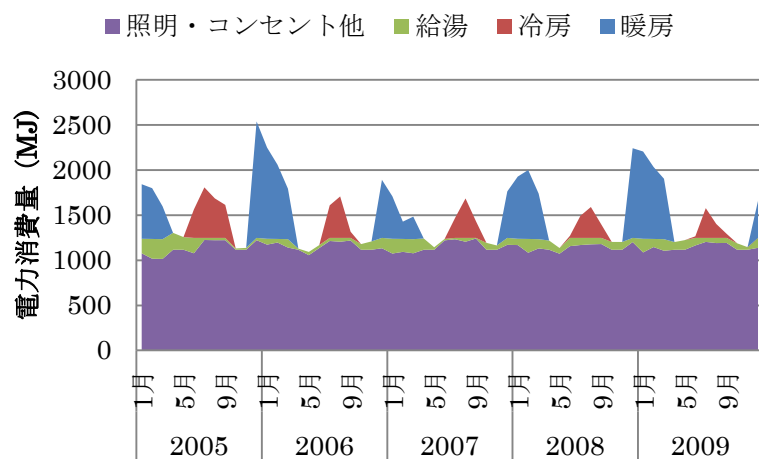
(w) 静岡



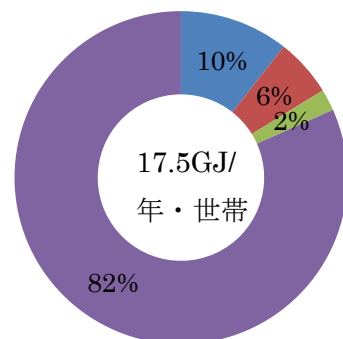
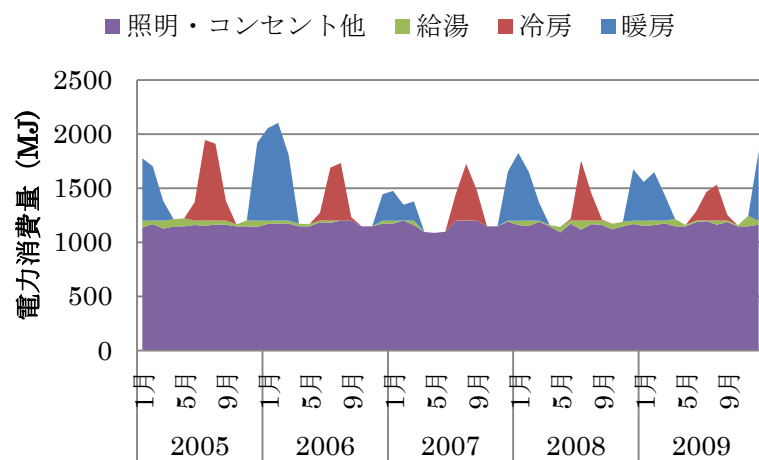
(x) 名古屋



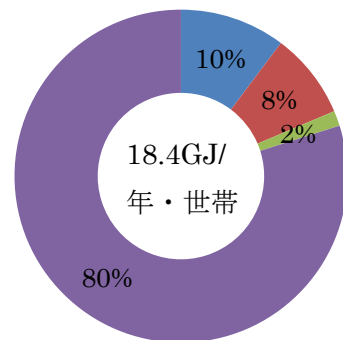
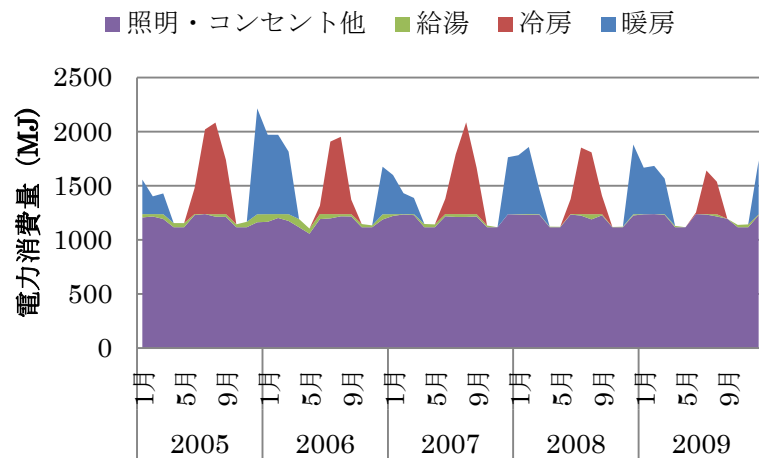
(y) 津



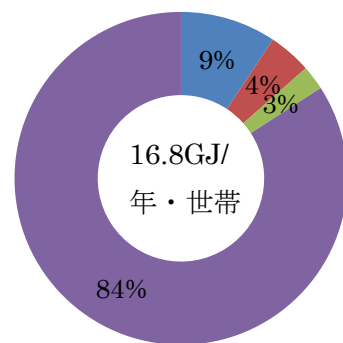
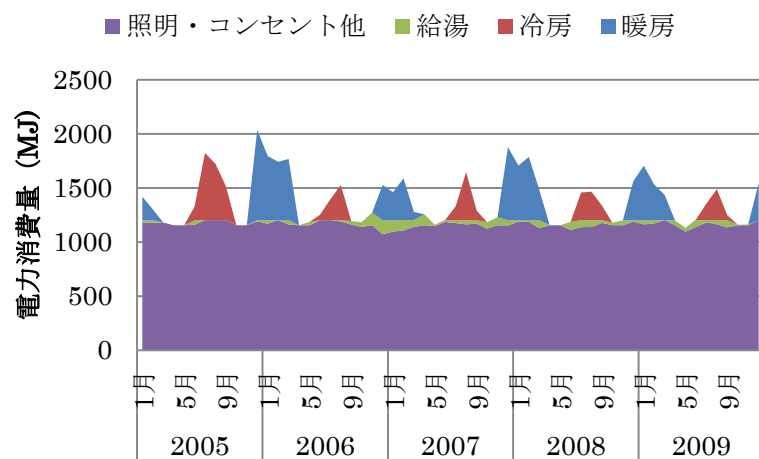
(z) 大津



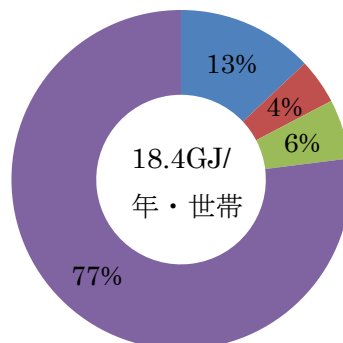
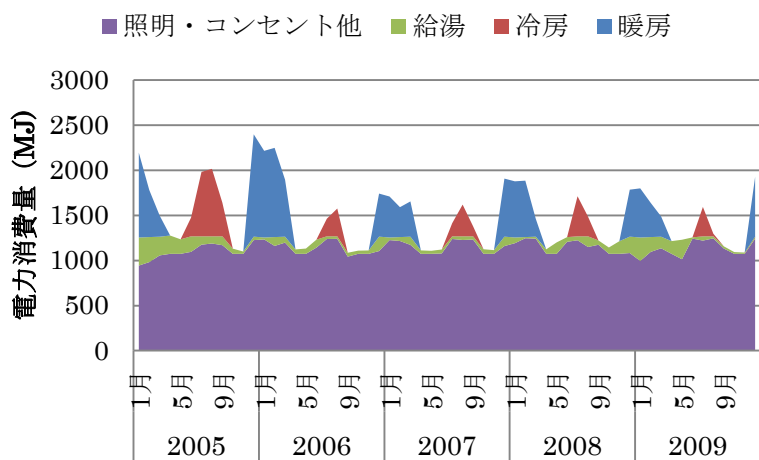
(aa) 京都



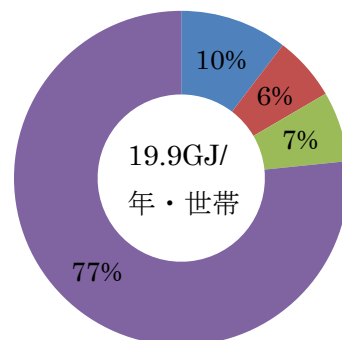
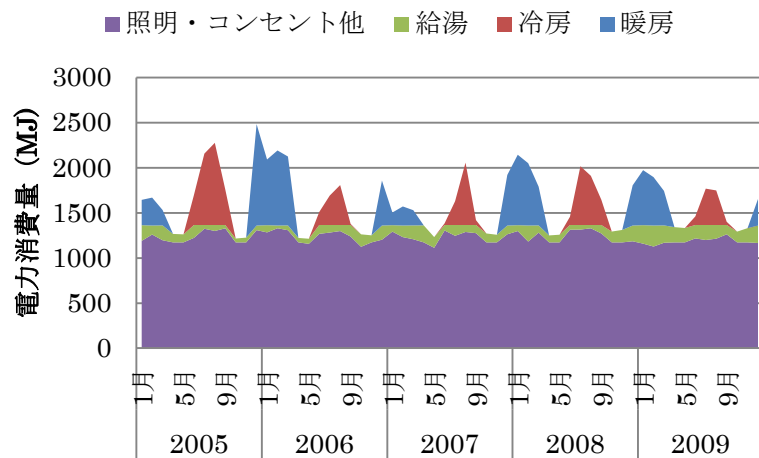
(ab) 大阪



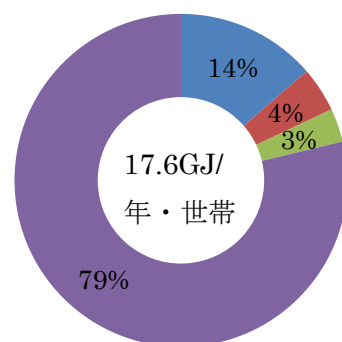
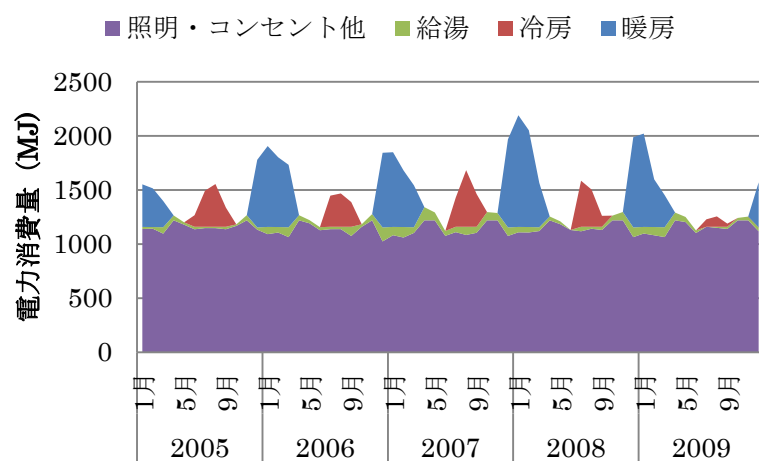
(ac) 神戸



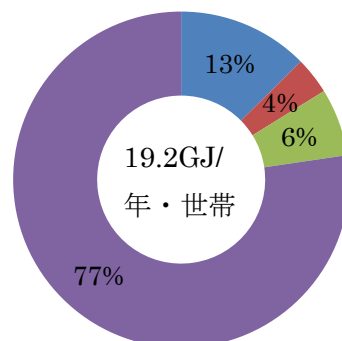
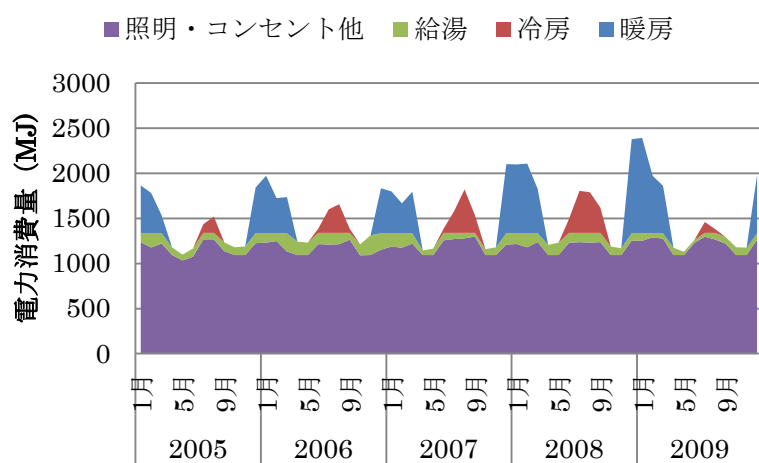
(ad) 奈良



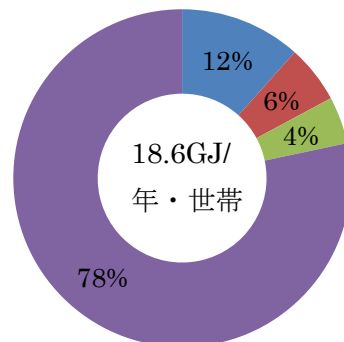
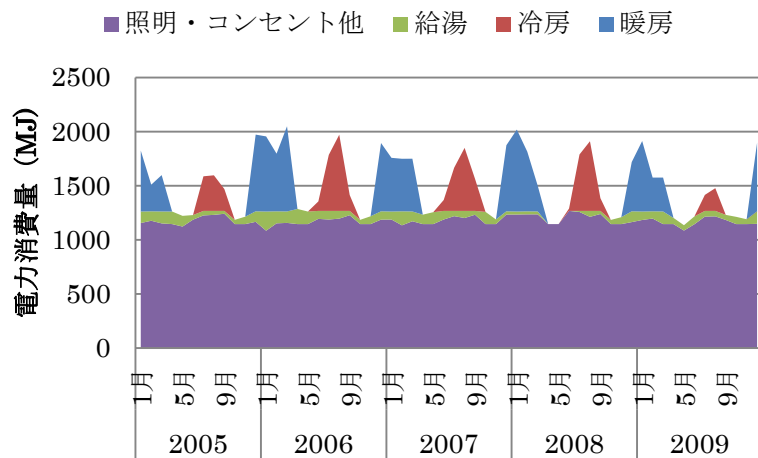
(ae) 和歌山



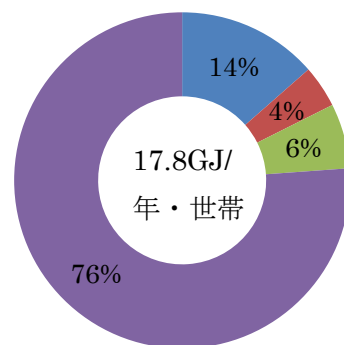
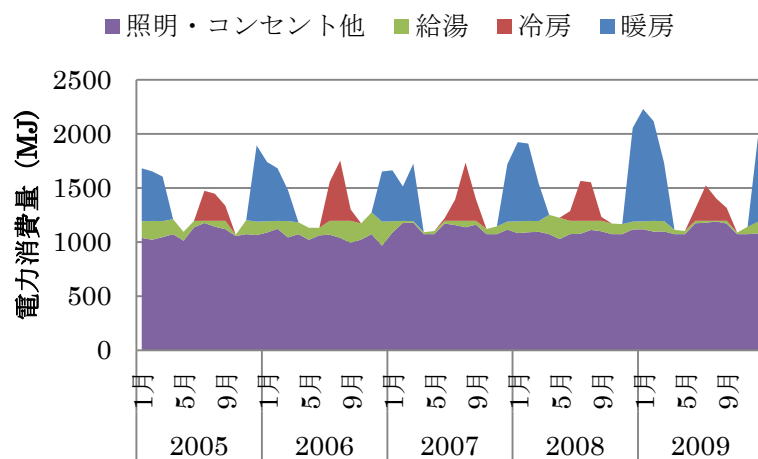
(af) 鳥取



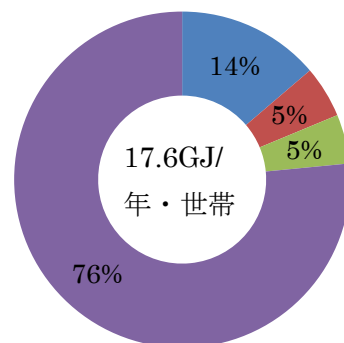
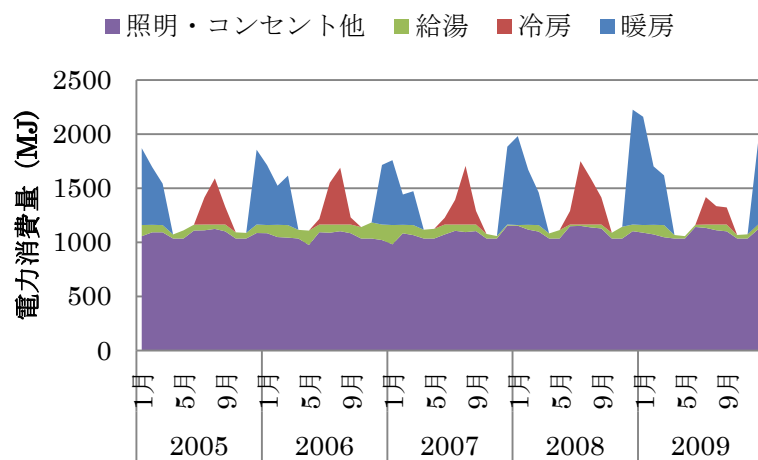
(ag) 松江



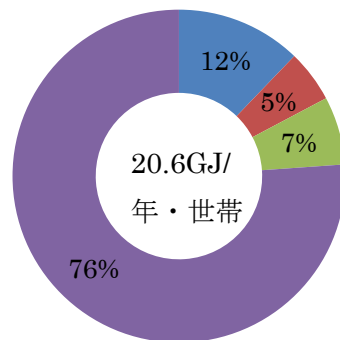
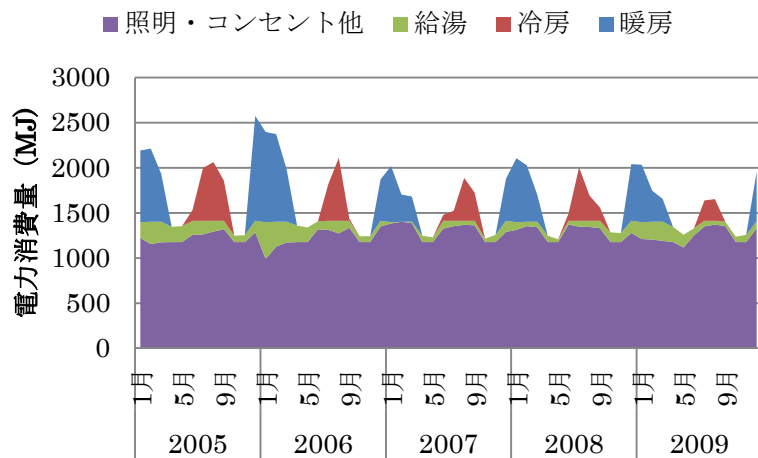
(ah) 岡山



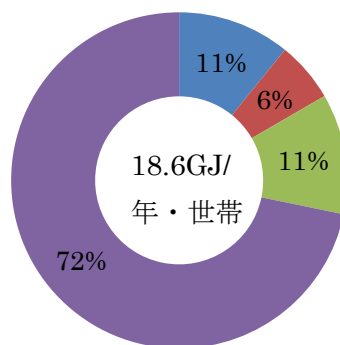
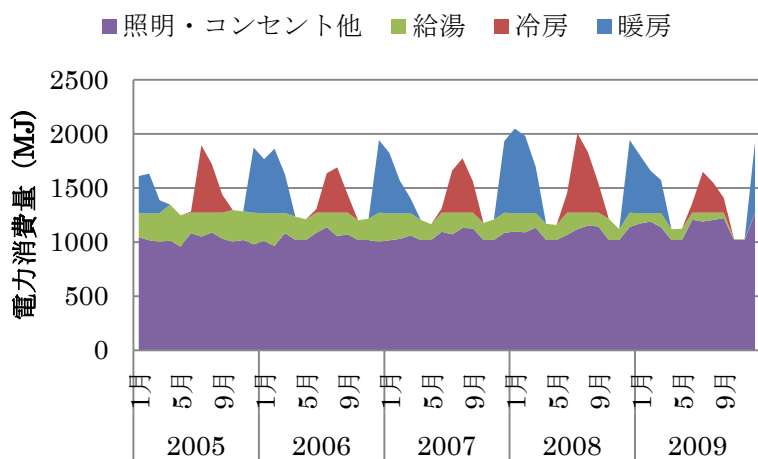
(ai) 広島



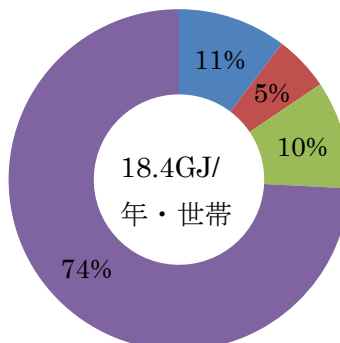
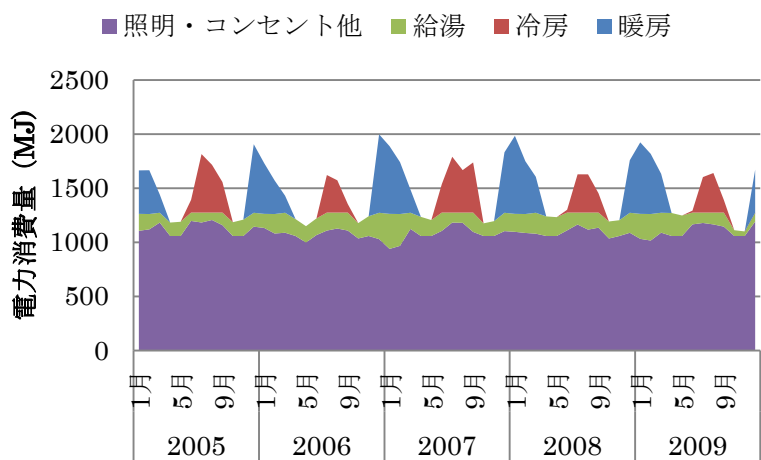
(aj) 山口



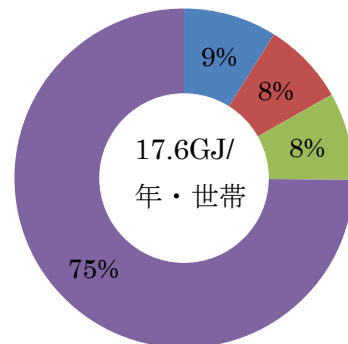
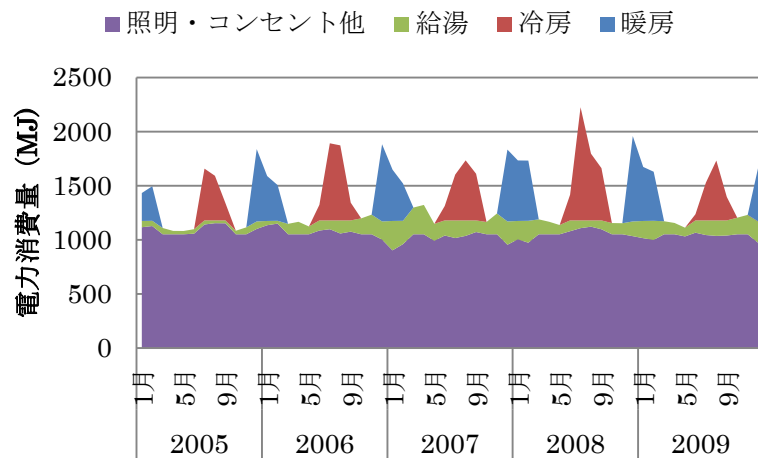
(ak) 徳島



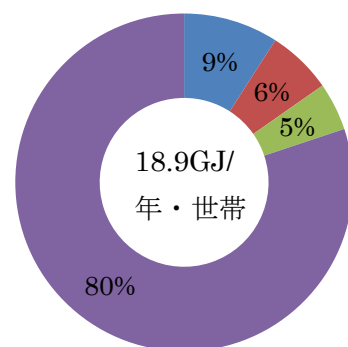
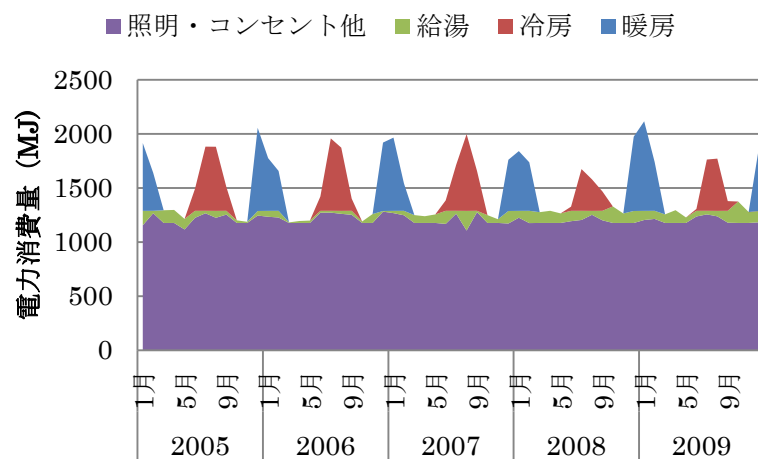
(al) 高松



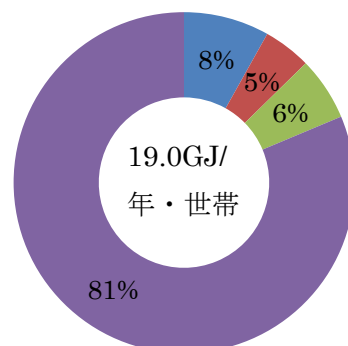
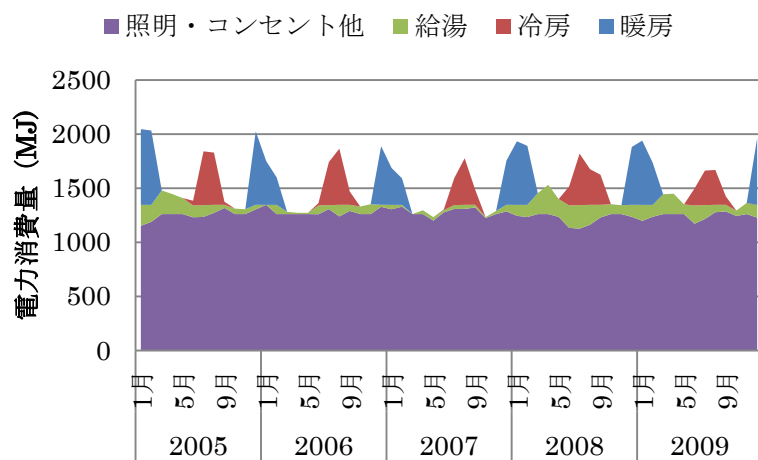
(am) 松山



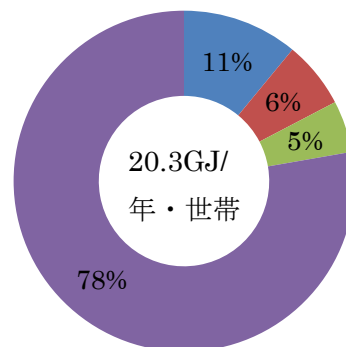
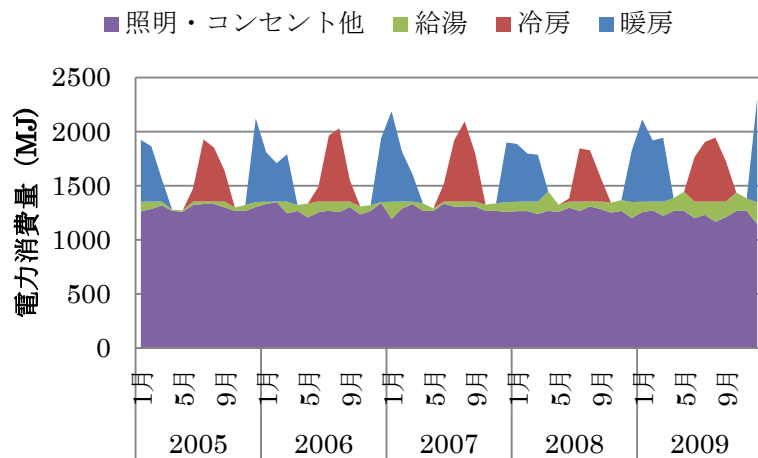
(an) 高知



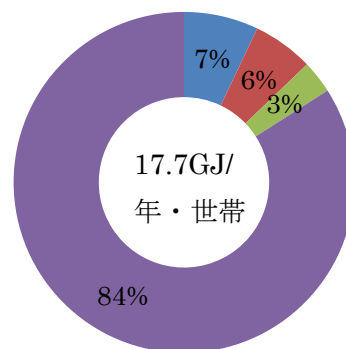
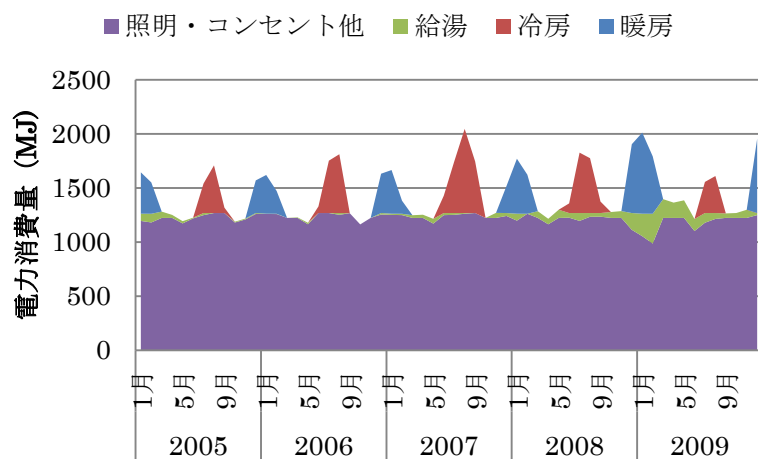
(ao) 北九州



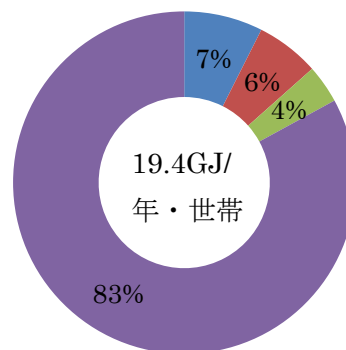
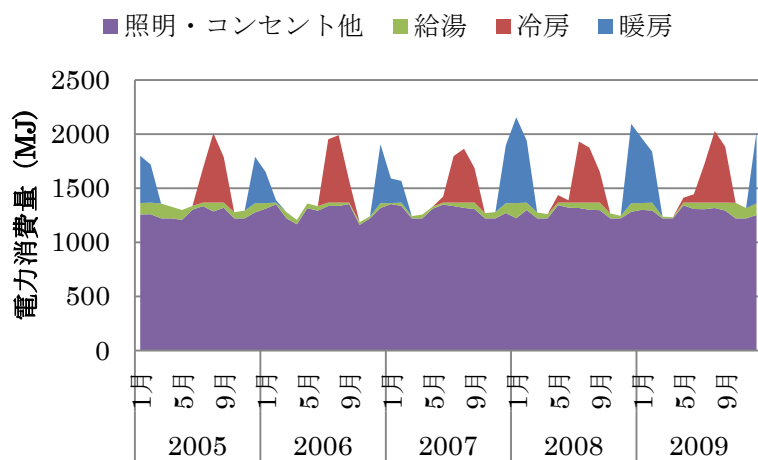
(ap) 福岡



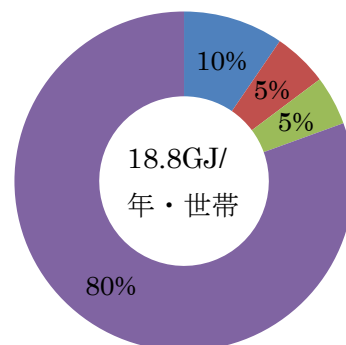
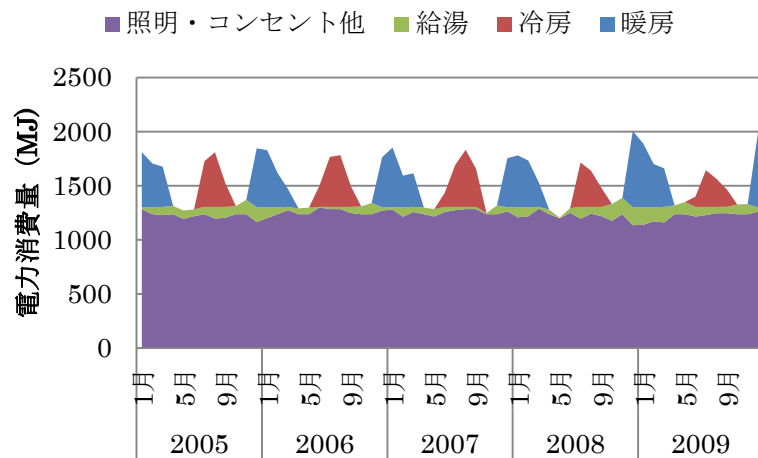
(aq) 佐賀



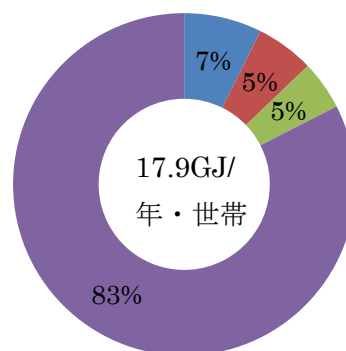
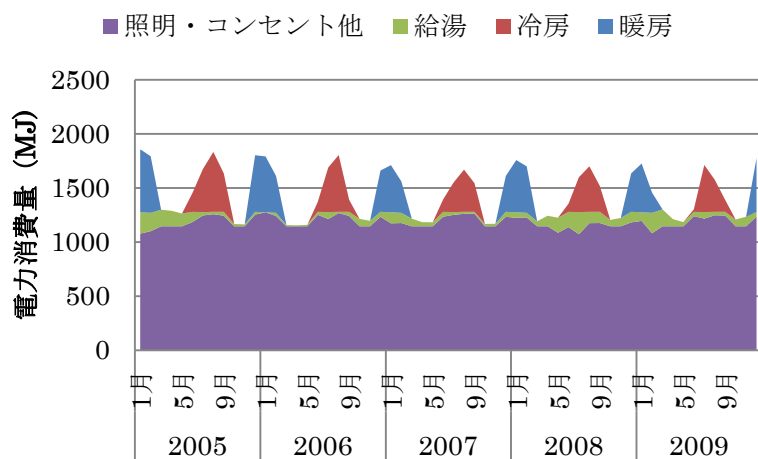
(ar) 長崎



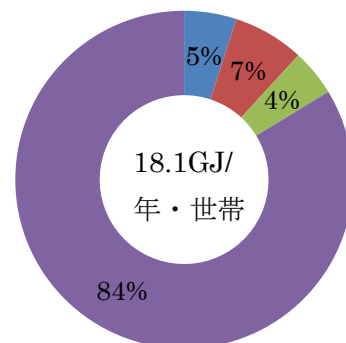
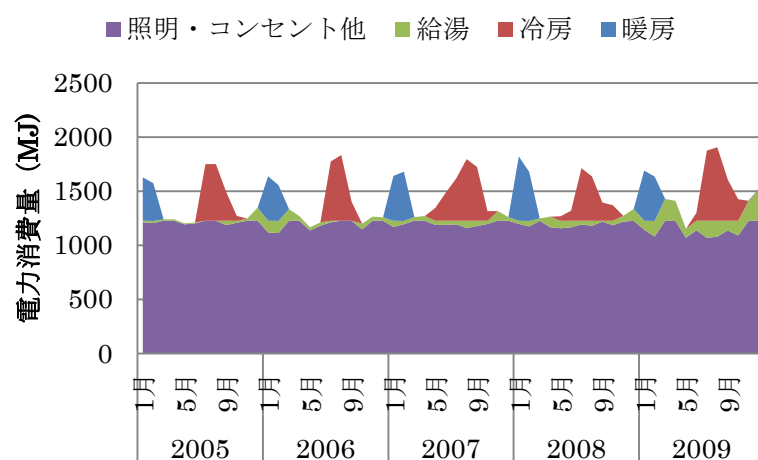
(as) 熊本



(at) 大分



(au) 宮崎



(av) 鹿児島

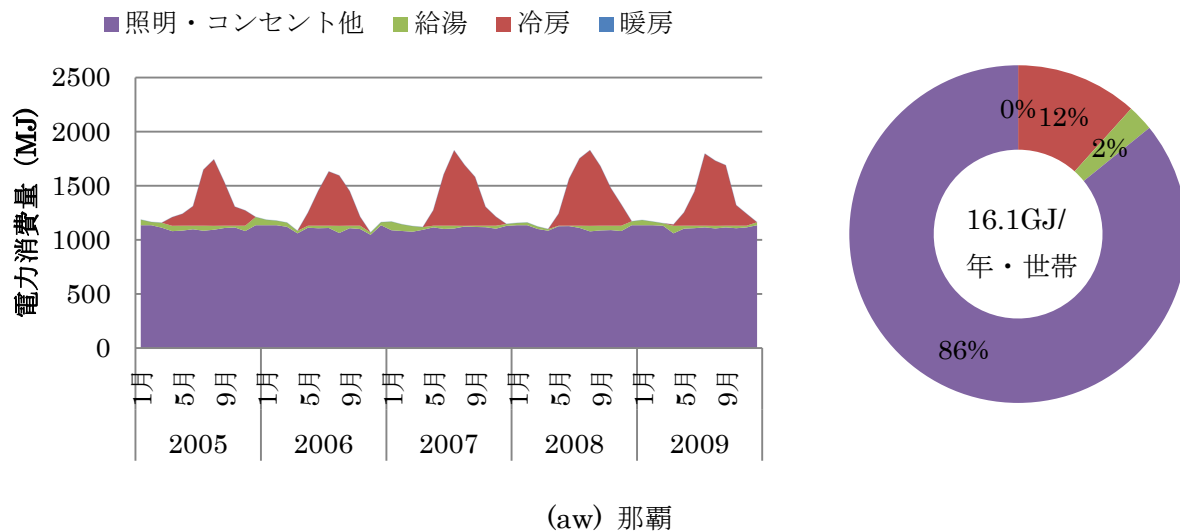


図 4-1 用途別電力消費量の割合

4.3 用途別ガス消費量

4.3.1 計算法と計算条件

本章では、ガス消費量と灯油消費量の用途に暖房用と給湯用の 2 つを仮定している。すなわち、給湯用消費量を仮定することによって、全体の消費量からこの給湯用消費量を除く結果を暖房用消費量とする。

給湯用消費量は、対象都市の日平均外気温と水道水温と平均世帯人数と浴槽の湯張り頻度およびシャワー頻度に影響され、また、地域によって異なる。水道水温は、岩本ら³⁾の推計法によって推定し、国勢調査⁴⁾による各都市の世帯人数は、表 4-3 にあるとおりである。浴槽の湯張り頻度については、水谷ら⁵⁾の全国規模アンケート調査結果を参考にし、表 4-4 に示すとおりである。

本研究では、給湯用ガス消費量の推定法として式 (4-1) を提案する。式の中にある湯張り時の湯量は、図 4-2 の通り平均世帯人数が 2-3 人にあり、433.8L/回とする。また、シャワー時の湯量は、1 回 10 分程度として、43L/回使用することとする。さらに、ガスによる給湯器機器効率は、文献⁶⁾を参考に 83%としている。以上より、都市ガス用とプロパンガス用に分類していく。都市ガス普及率は、社会・人口統計体系⁷⁾から抽出し、全体のガス普及率を 100%として都市ガス普及率を除いたものをプロパンガス普及率としている。

$$C_c = \frac{\left(433.8 \times \frac{\alpha}{7} + 43 \times \frac{\beta}{7}\right) \times 4.2 \times (40 - \theta)}{0.83} \times \frac{n}{10^3} \quad (4-1)$$

また、給湯用灯油消費量の推定法として式（4-2）を提案する。このとき、灯油による給湯器機器効率^⑨は、文献^⑨を参考にして86%とする。

$$C_k = \frac{(433.8 \times \frac{\alpha}{7} + 43 \times \frac{\beta}{7}) \times 4.2 \times (40 - \theta)}{0.86} \times \frac{n}{10^3} \quad (4-2)$$

ここでは、

C_c	： 給湯用ガス消費量	[MJ/月]
C_k	： 給湯用灯油消費量	[MJ/月]
α	： 湯張り回数	[回/週]
β	： シャワー回数	[回/週]
θ	： 推定水道水温	[℃]
n	： 各月日数	[日/月]

表 4-3 1 週間あたりの湯張り回数とシャワー回数（文献^⑤による）

	週の湯張り回数		週のシャワー回数	
	夏（7-8月）	冬（1-2月）	夏（7-8月）	冬（1-2月）
北海道	1	4	6	3
東北	7	7	0	0
北陸	0	7	7	0
関東	0	7	7	0
中部	7	7	0	0
近畿	7	7	0	0
中国	7	7	0	0
四国	7	7	0	0
九州	7	7	0	0
沖縄	0	7	7	0

表 4-4 各地の水道水温、都市ガス、普及率と平均世帯人数

	水道水温（℃）	都市ガス 普及率（%）	プロパンガス 普及率（%）	世帯人数（人）
札幌	10.15	64.6	35.4	2.17
青森	12.17	35.8	64.2	2.47
盛岡	12.16	25.4	74.6	2.40
仙台	14.14	65.5	34.5	2.26
秋田	12.52	37	63	2.46

山形	14.00	30.4	69.6	2.58
福島	14.29	34.3	65.7	2.58
水戸	15.90	37.6	62.4	2.43
宇都宮	14.69	37.7	62.3	2.51
前橋	16.26	48.1	51.9	2.55
さいたま	13.66	87.5	12.5	2.50
千葉	16.84	92.8	7.2	2.47
東京	16.88	100	0	2.05
横浜	16.80	100	0	2.37
川崎	16.88	100	0	2.20
新潟	14.57	79.2	20.8	2.67
富山	16.31	39.8	60.2	2.65
金沢	16.40	41.2	58.8	2.42
福井	16.33	26.2	73.8	2.91
甲府	16.60	24.6	75.4	2.40
長野	14.25	43.3	56.7	2.62
岐阜	16.83	46.2	53.8	2.56
静岡	16.98	69.3	30.7	2.58
名古屋	16.88	93.1	6.9	2.28
津	16.88	46.1	53.9	2.54
大津	16.54	50.1	49.9	2.65
京都	16.84	87.9	12.1	2.18
大阪	17.14	100	0	2.07
神戸	17.27	86	14	2.25
奈良	16.49	86.1	13.9	2.58
和歌山	17.11	37.1	62.9	2.45
鳥取	16.54	36.5	63.5	2.68
松江	16.60	25.4	74.6	2.66
岡山	17.01	48.5	51.5	2.41
広島	17.10	60.1	39.9	2.31
山口	16.95	53.2	46.8	2.38
徳島	17.20	22.6	77.4	2.36
高松	17.07	39.9	60.1	2.47
松山	17.21	31	69	2.30
高知	17.45	28.3	71.7	2.27
北九州	17.34	60.4	39.6	2.34
福岡	17.34	60.4	39.6	2.11

佐賀	17.23	33.5	66.5	2.62
長崎	17.55	50.1	49.9	2.38
熊本	17.55	33.4	66.6	2.37
大分	17.20	39.2	60.8	2.40
宮崎	18.41	30.2	69.8	2.36
鹿児島	18.92	41.3	58.7	2.25
那覇	24.60	32.5	67.5	2.43

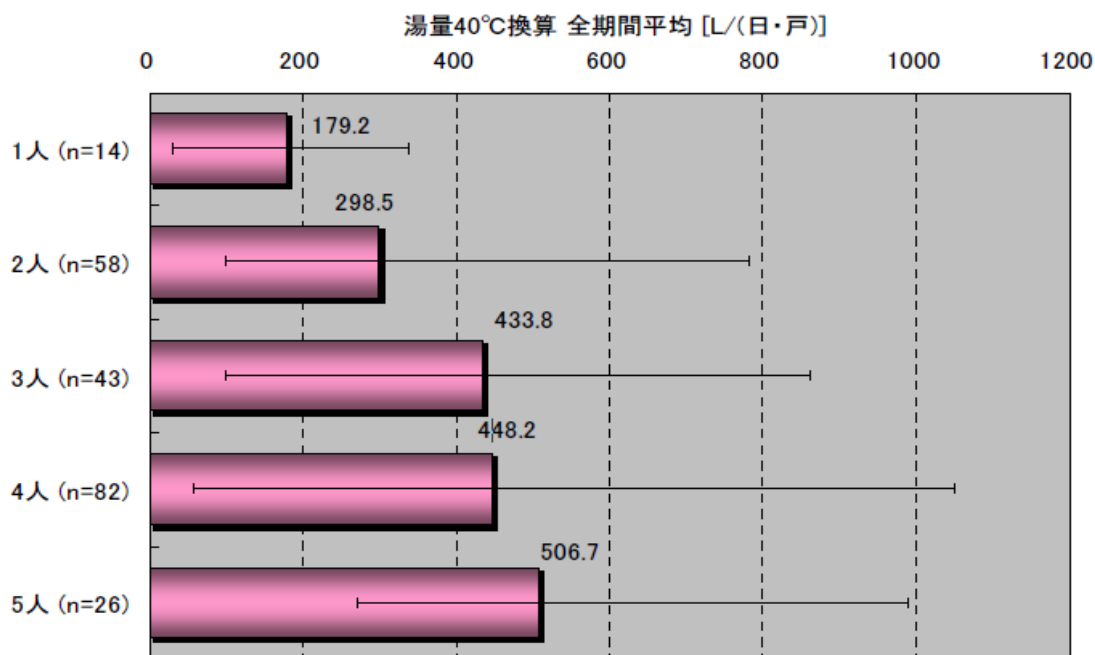


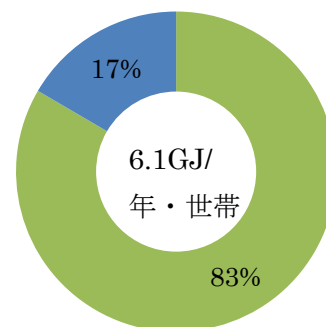
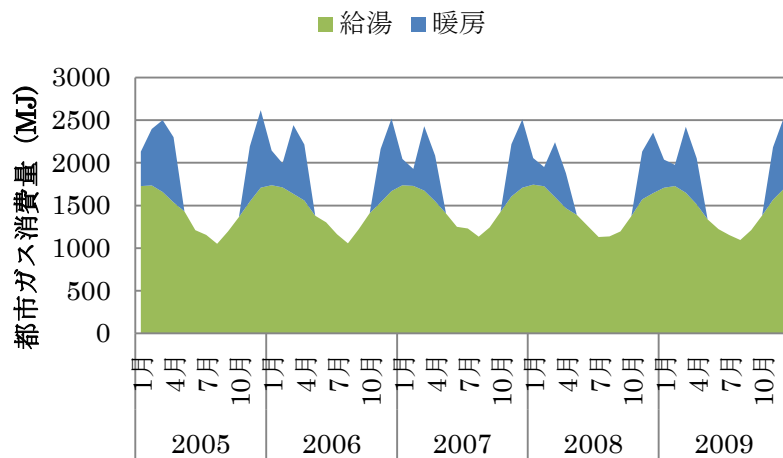
図 4-2 各世帯における湯張り量の平均値（文献 6)による）

4.3.2 用途別都市ガス消費量の推定結果

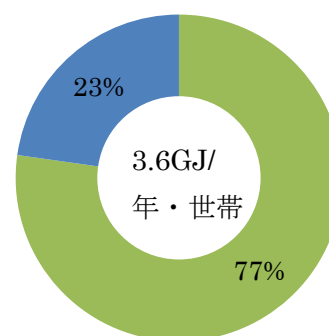
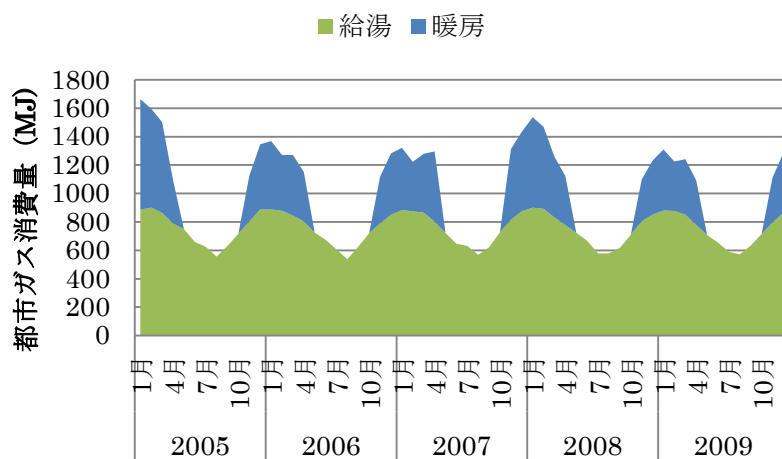
表 4-1 の通り、都市ガス消費量は、給湯用と暖房用の 2 用途に分類すると仮定する。

この仮定に従い、全体の都市ガス消費量から前節の推定法による給湯用都市ガス消費量を除いて、暖房期にあてはまる消費量を暖房用都市ガス消費量とする。

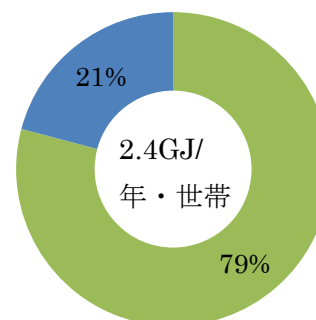
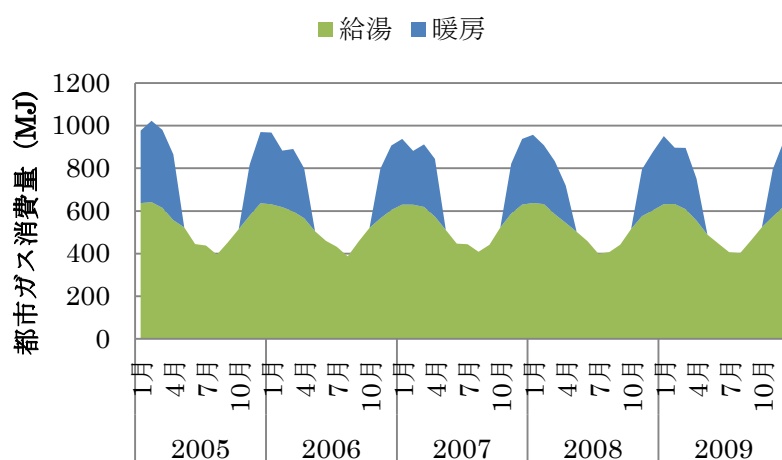
用途別都市ガス消費量とその内訳を図 4-3 に示す。各都市において、1 世帯当たりの年間都市ガス消費量の平均値は、1.9-10.5GJ/年・世帯であることが分かる。最大は新潟の 10.5GJ/年・世帯であり、次いで、東京の 10.4GJ/年・世帯、大阪の 10.2GJ/年・世帯になる。また、那覇の 1.9GJ/年・世帯が最小であることが分かる。暖房用消費の割合は、福島が 44%が最大、さいたまの 5%が最小であるが、特徴のある傾向はみられない。しかし、地域によって異なる都市ガスへの依存率が関係していると思われる。給湯用消費の割合において、北海道・東北地方は 17-44%、北陸・信越地方は 19-37%であることが分かる。これは、全体の都市ガス消費量の 4/6-5/6 程度消費されていることがほとんどである。給湯負荷は、季節変化があるものの、1 年中存在するに対して、当然のことながら暖房負荷が冬季のみである。ほとんどの都市においては、給湯用消費の割合が大きく、暖房用消費の割合が小さくなる。



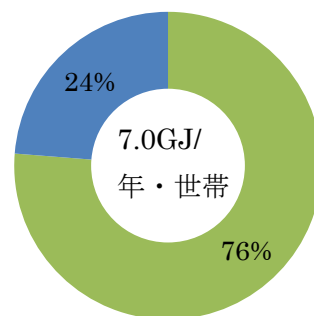
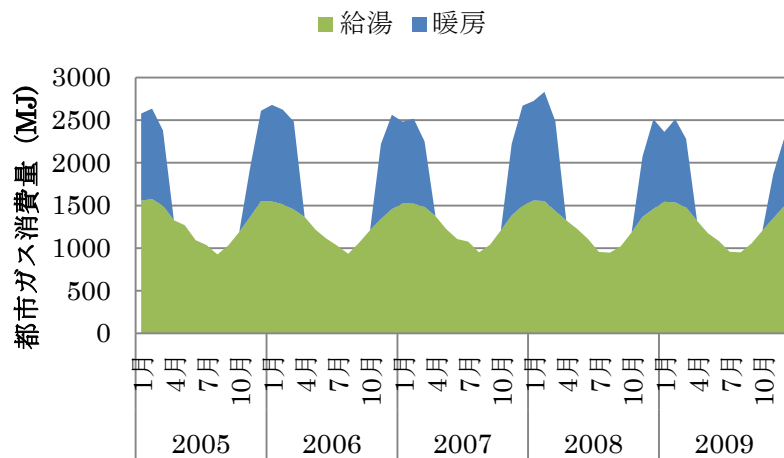
(a) 札幌



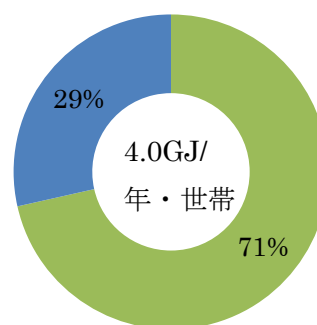
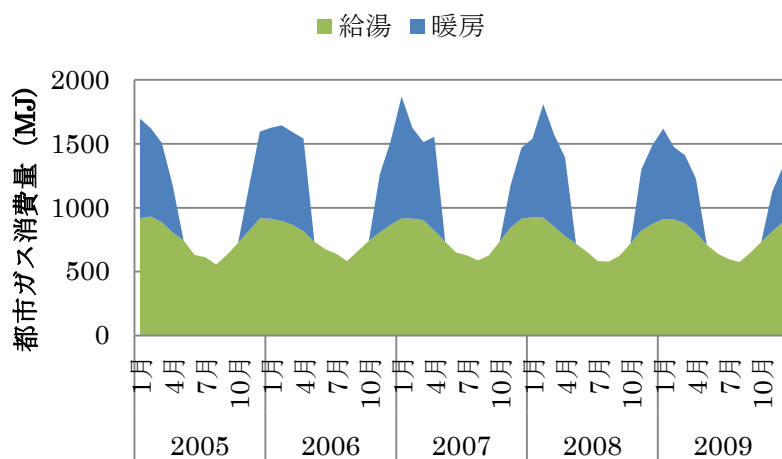
(b) 青森



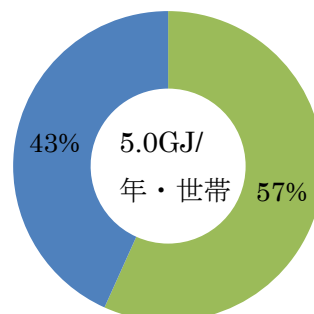
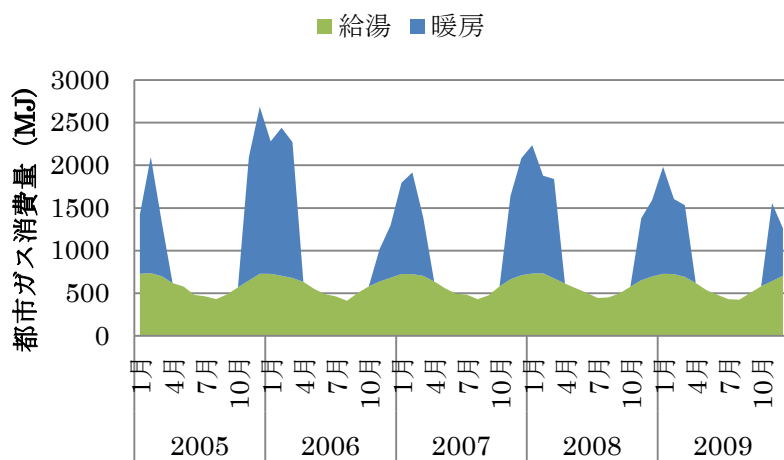
(c) 盛岡



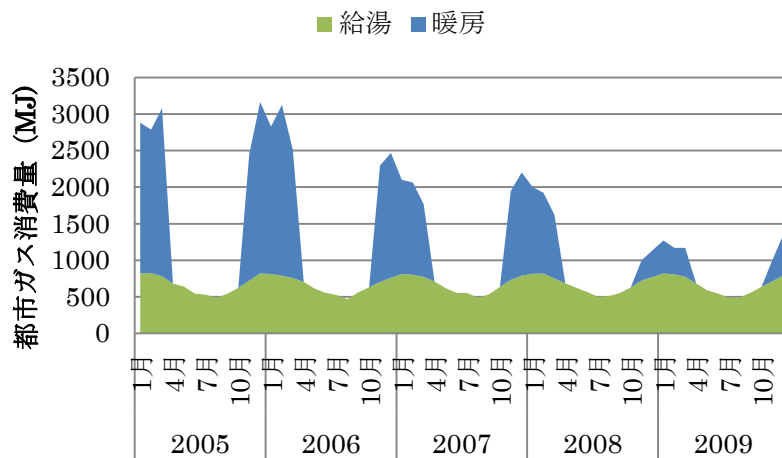
(d) 仙台



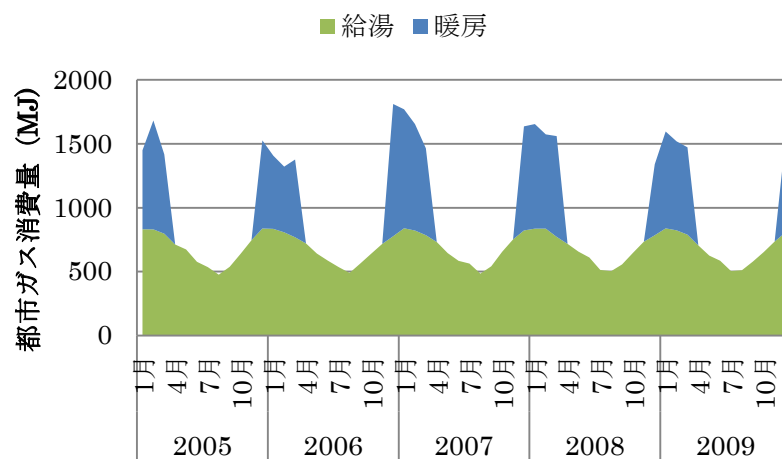
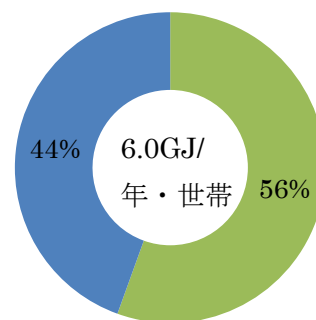
(e) 秋田



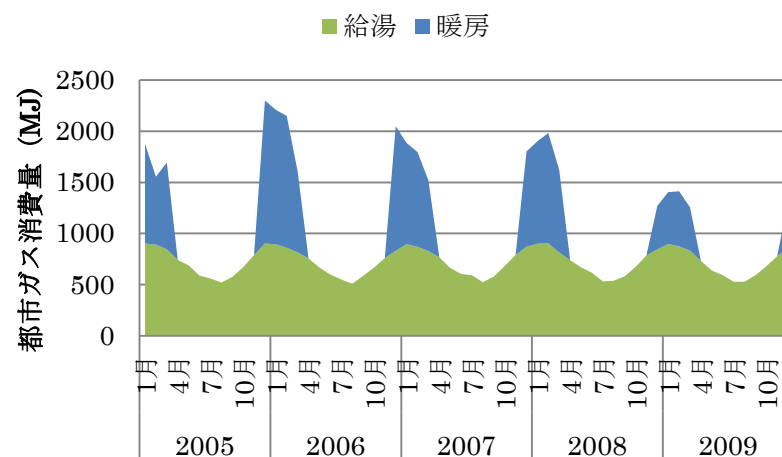
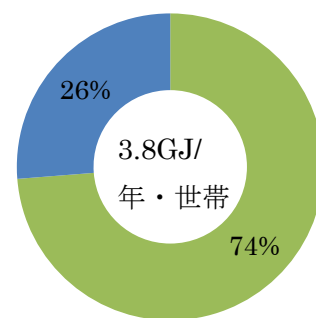
(f) 山形



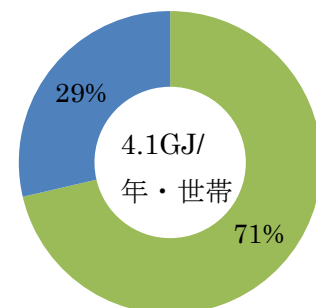
(g) 福島

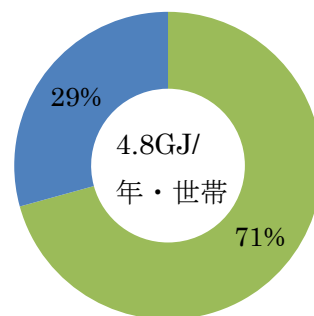
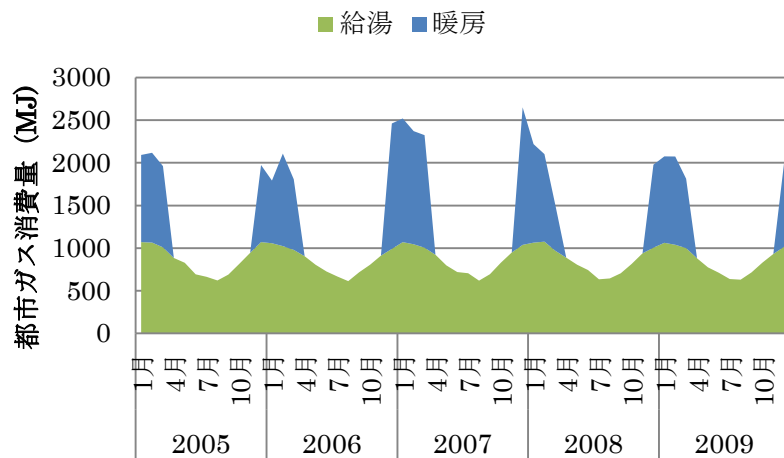


(h) 水戸

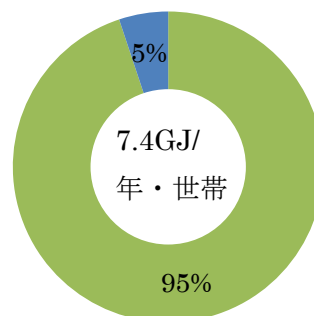
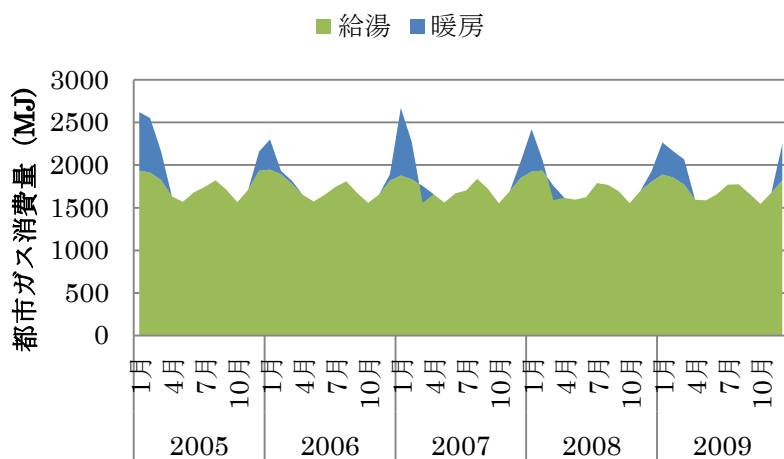


(i) 宇都宮

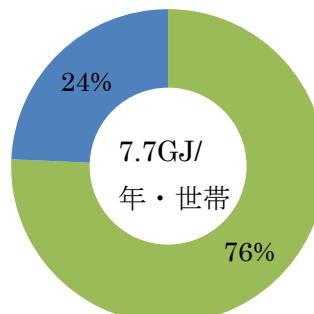
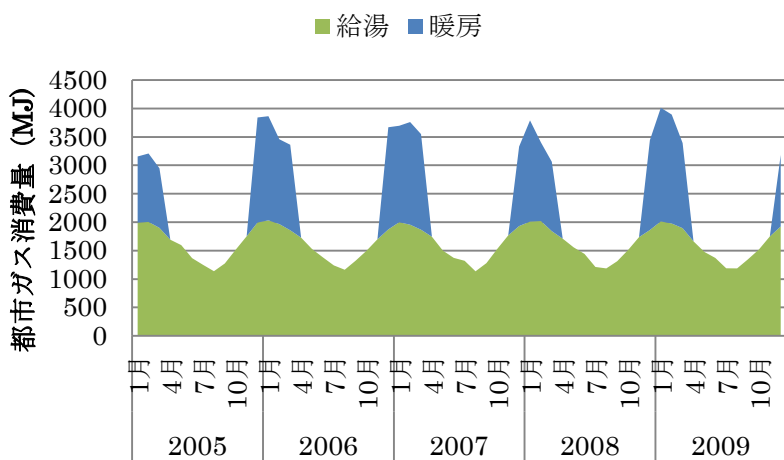




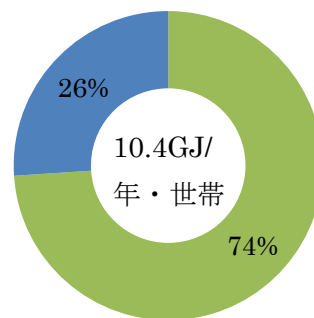
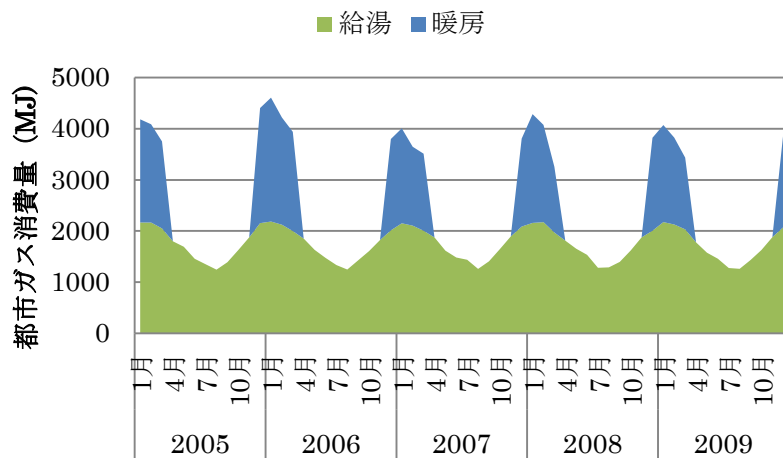
(j) 前橋



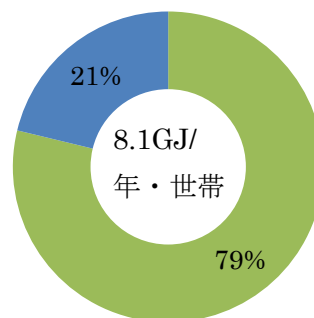
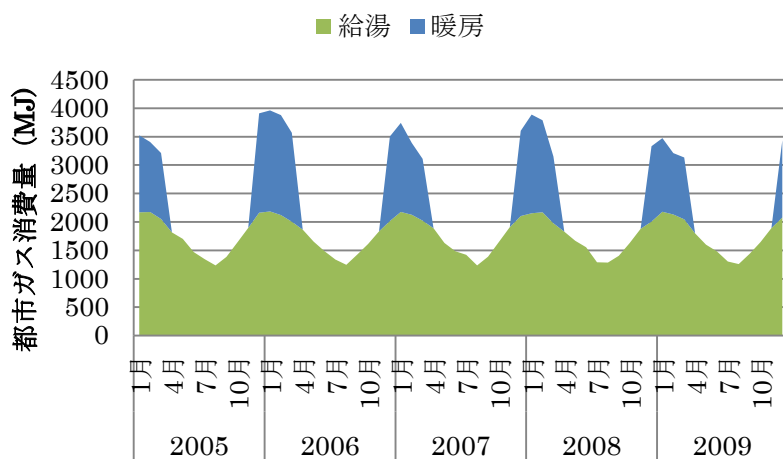
(k) さいたま



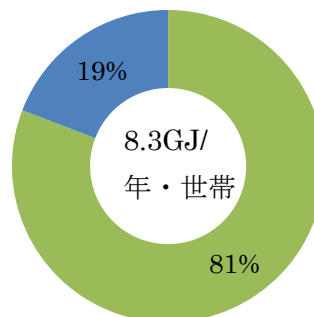
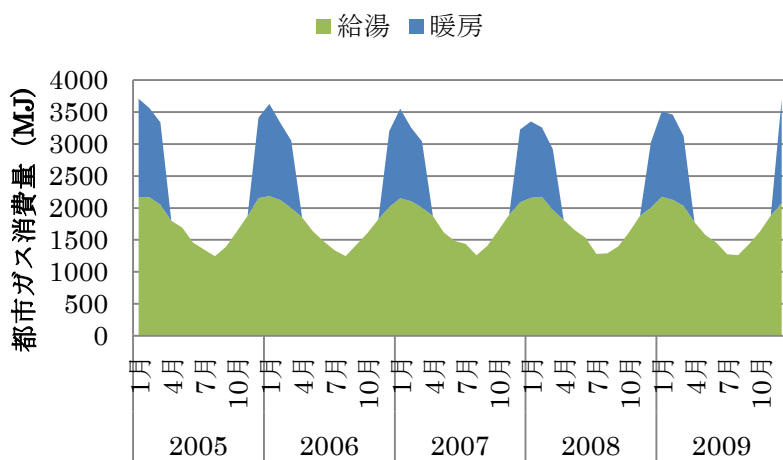
(l) 千葉



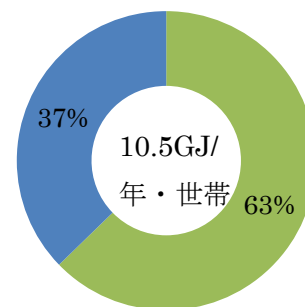
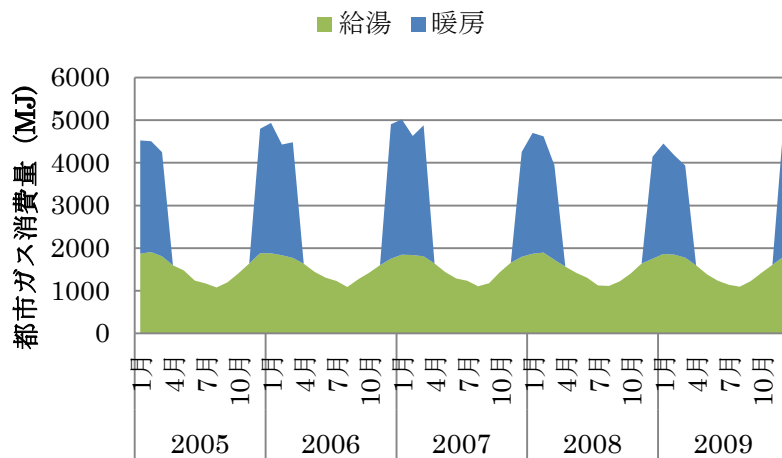
(m) 東京



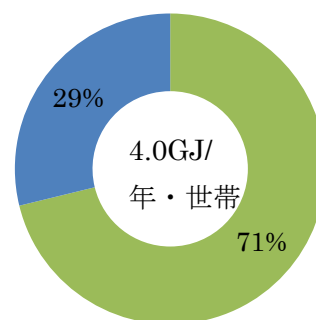
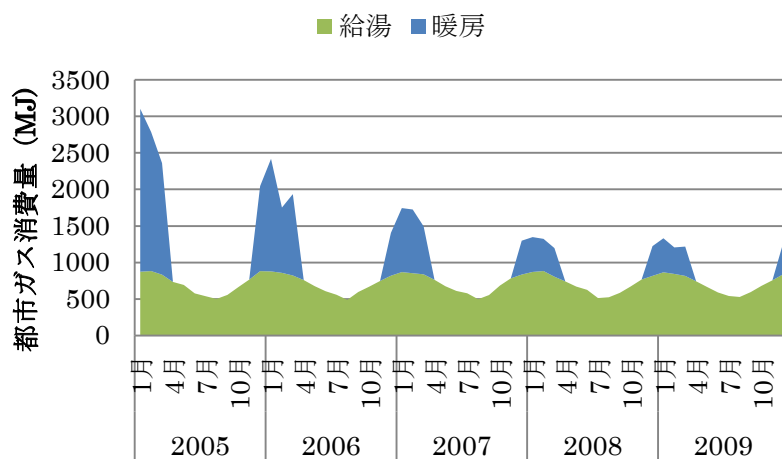
(n) 横浜



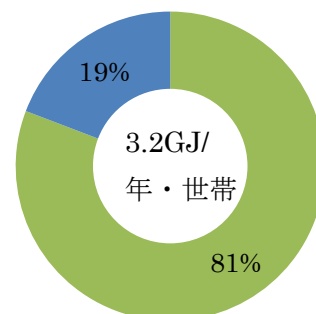
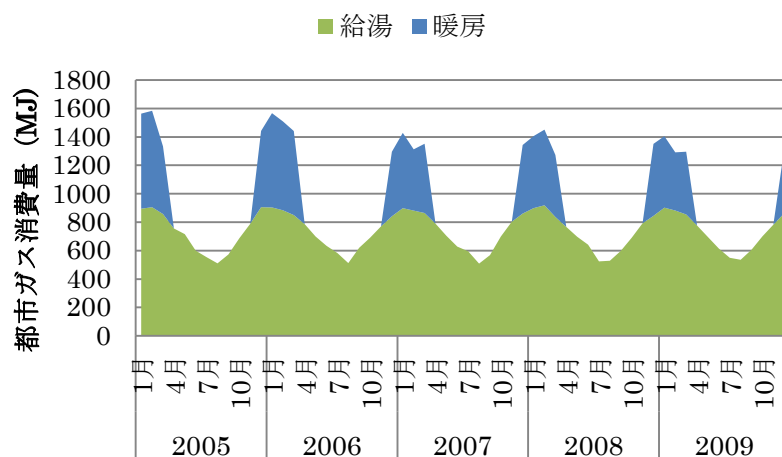
(o) 川崎



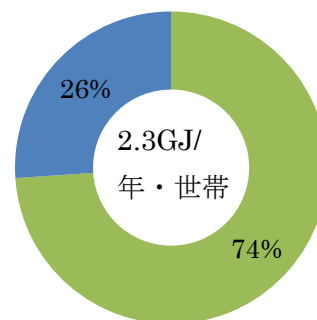
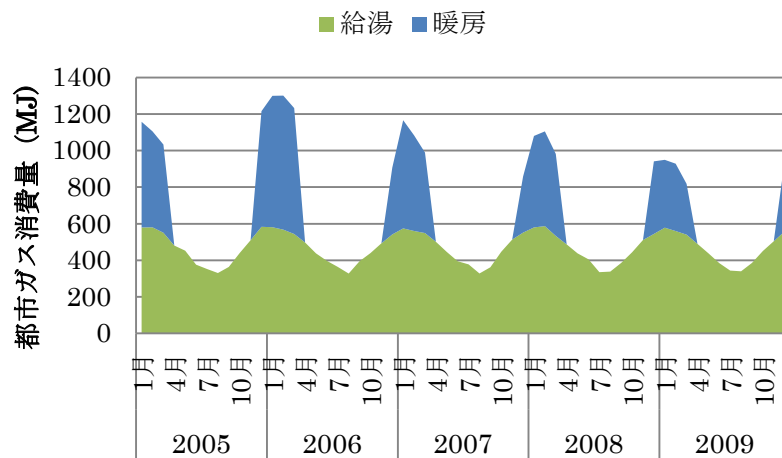
(p) 新潟



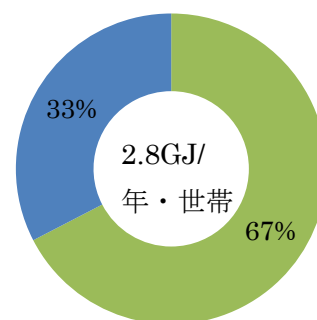
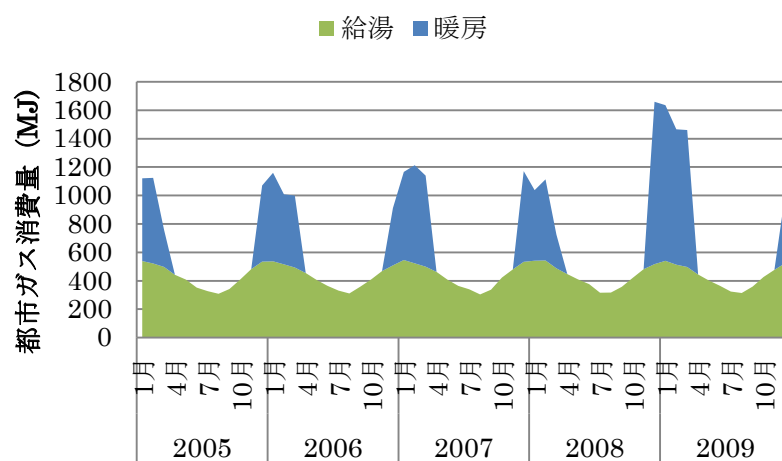
(q) 富山



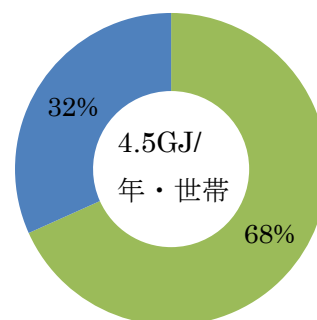
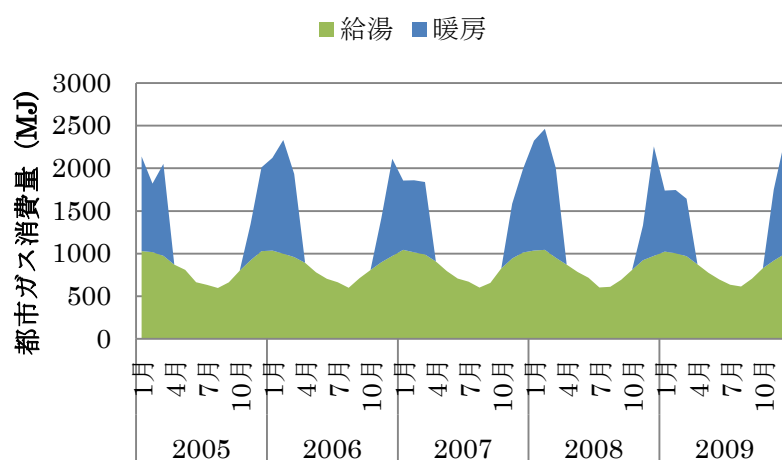
(r) 金沢



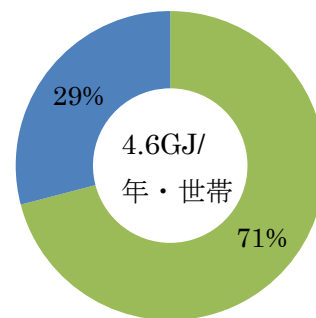
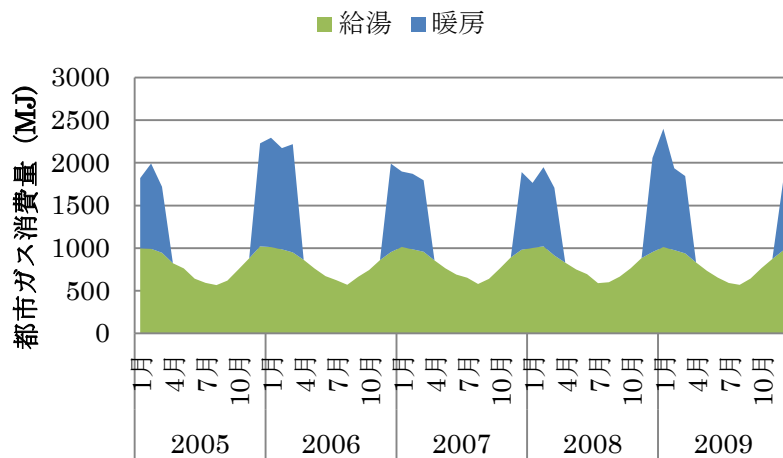
(s) 福井



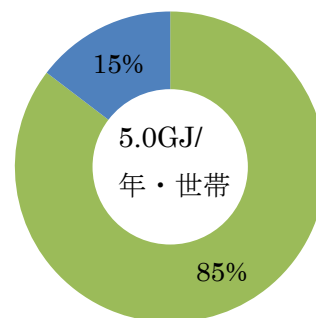
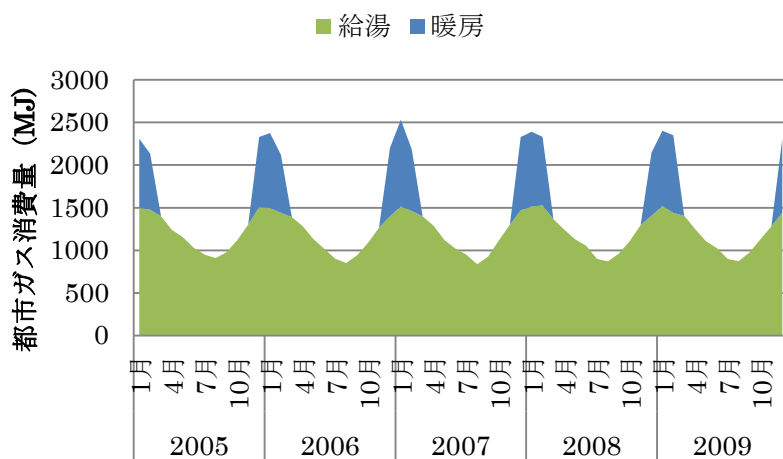
(t) 甲府



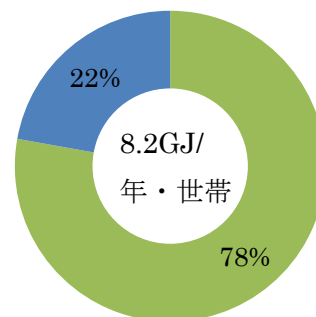
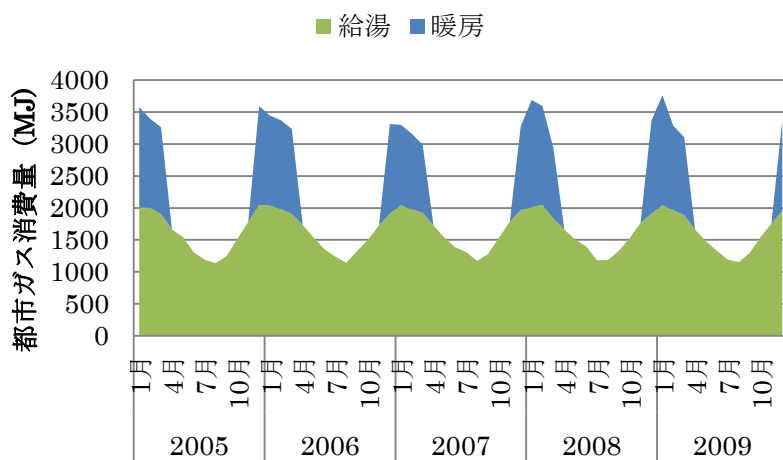
(u) 長野



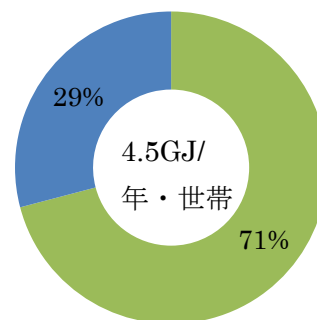
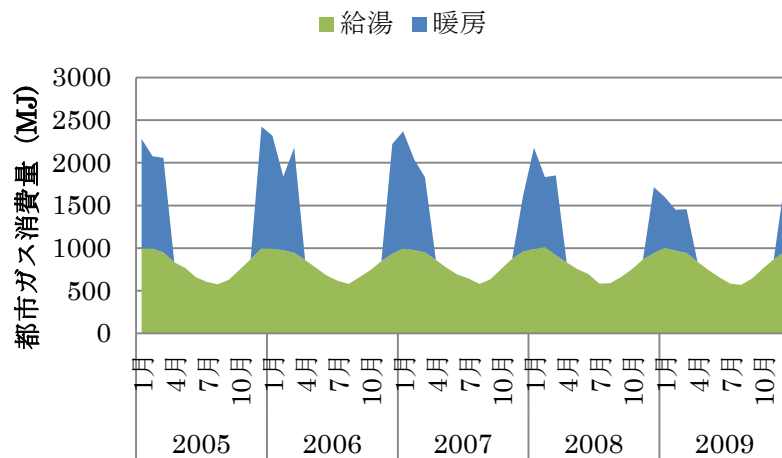
(v) 岐阜



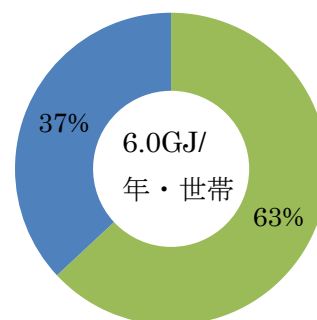
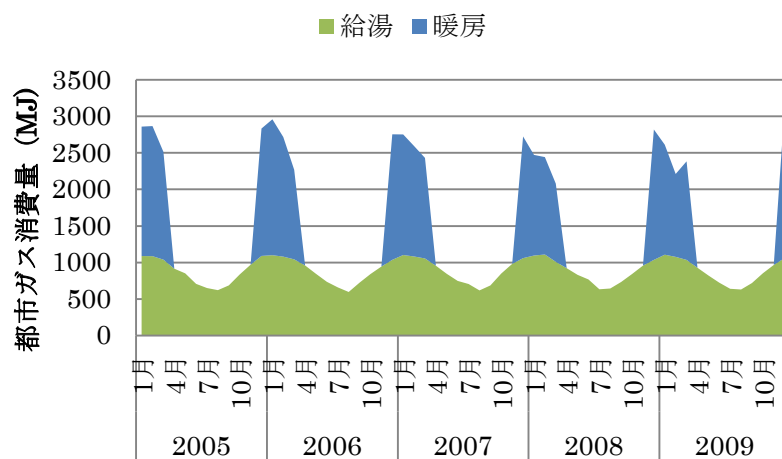
(w) 静岡



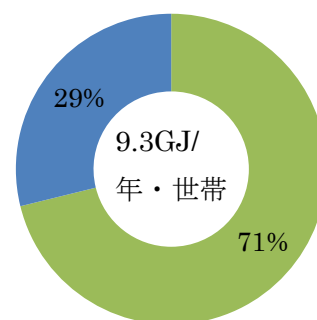
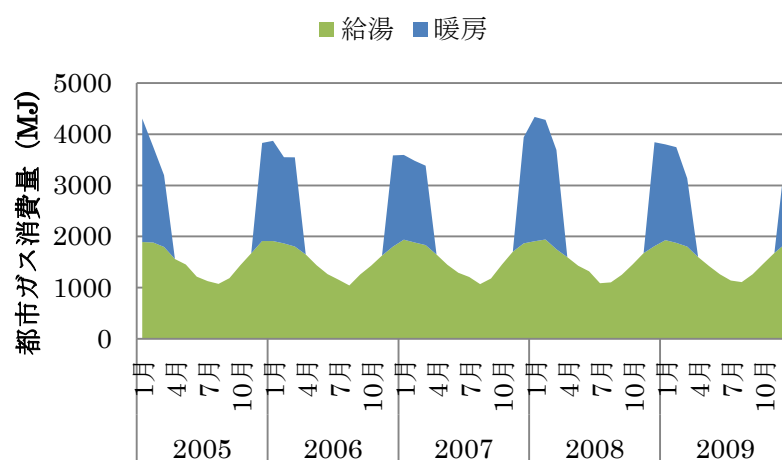
(x) 名古屋



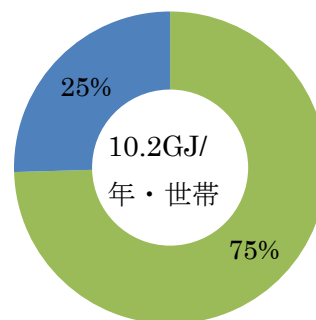
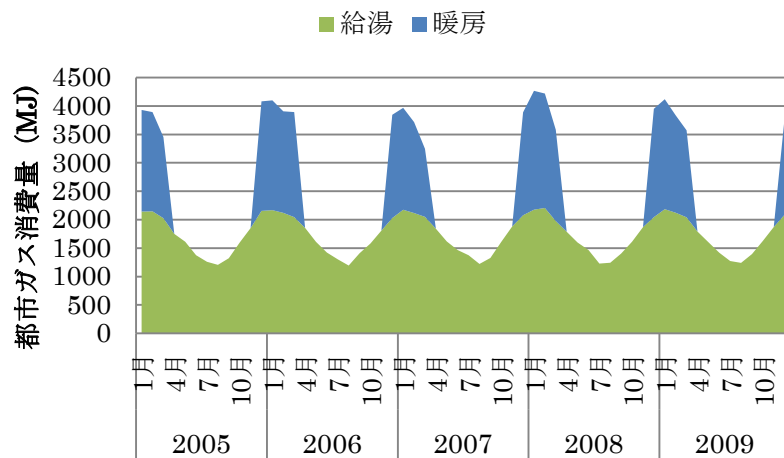
(y) 津



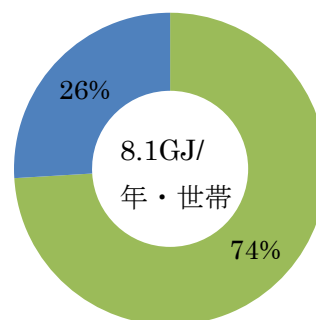
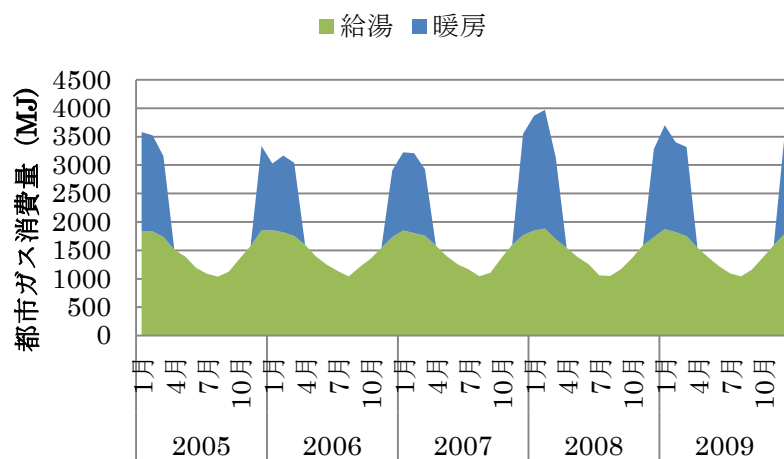
(z) 大津



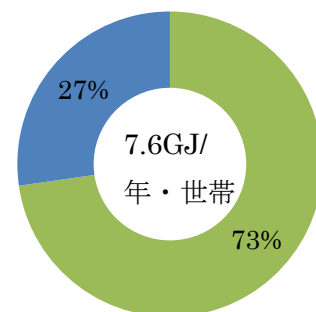
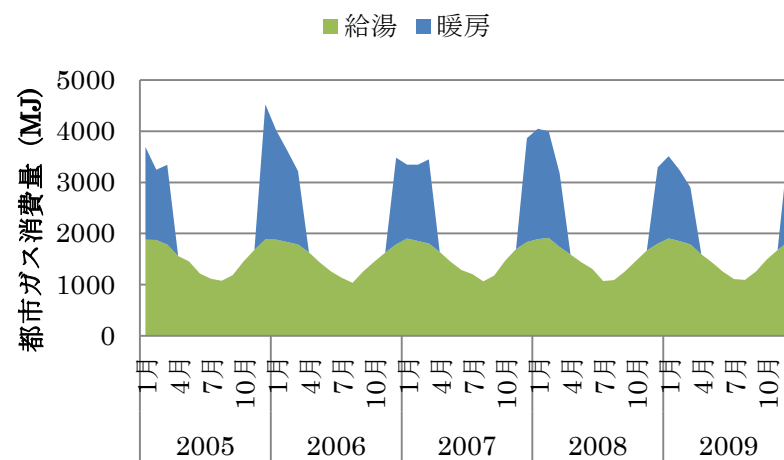
(aa) 京都



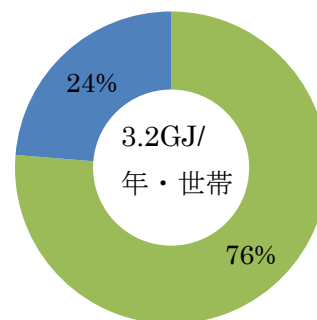
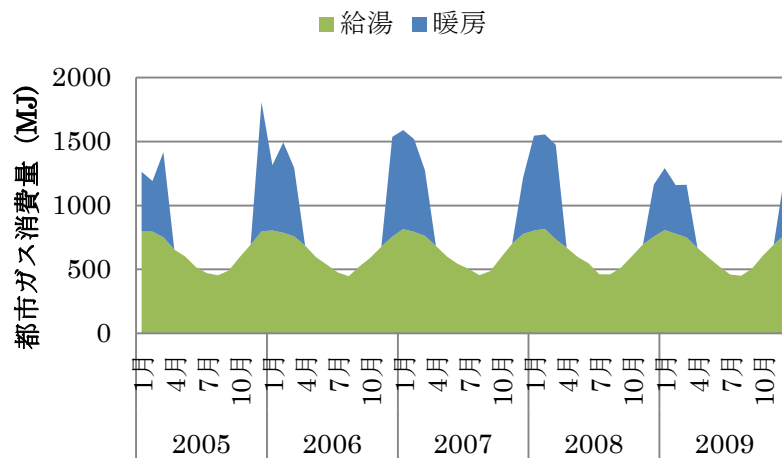
(ab) 大阪



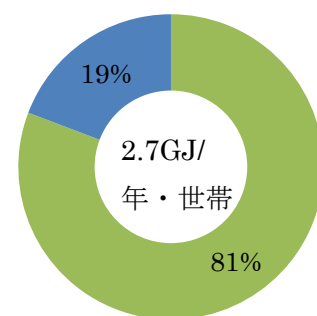
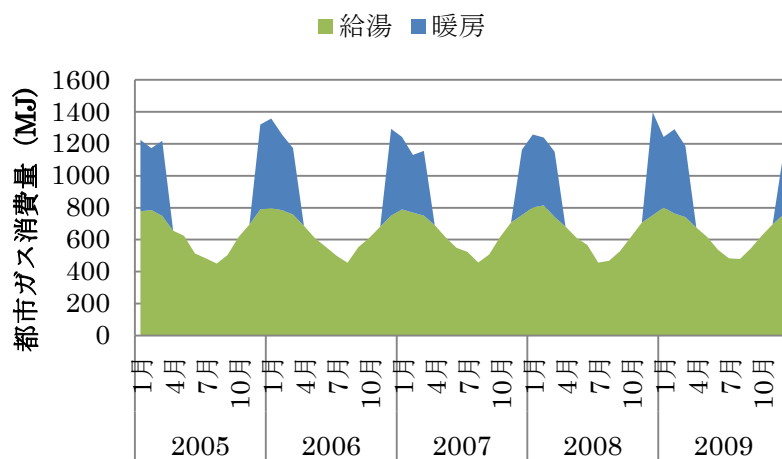
(ac) 神戸



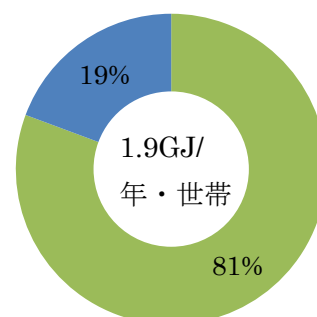
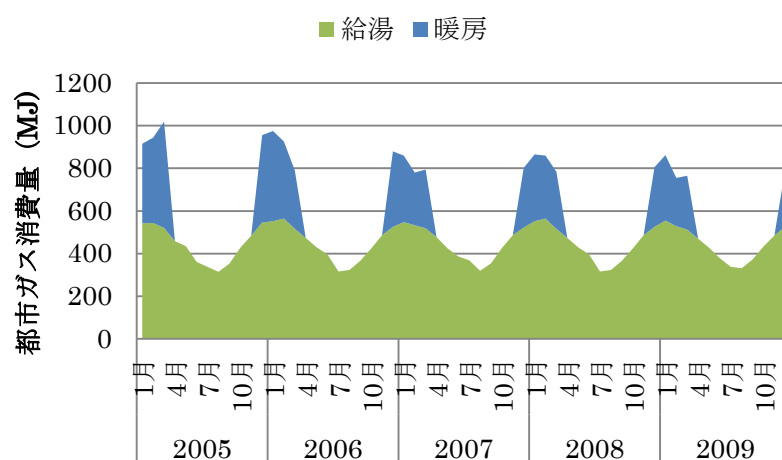
(ad) 奈良



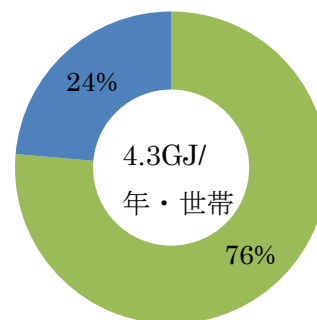
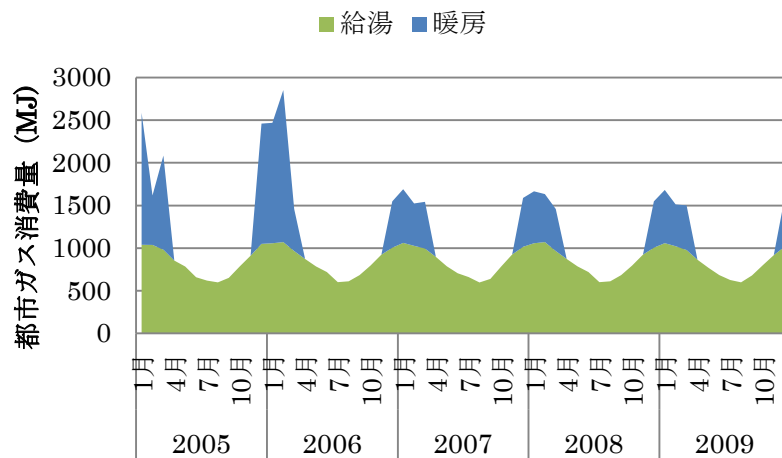
(ae) 和歌山



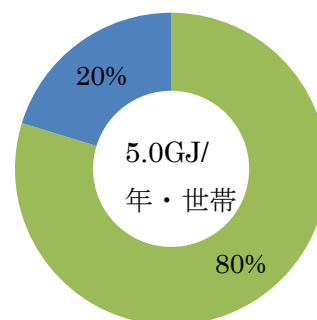
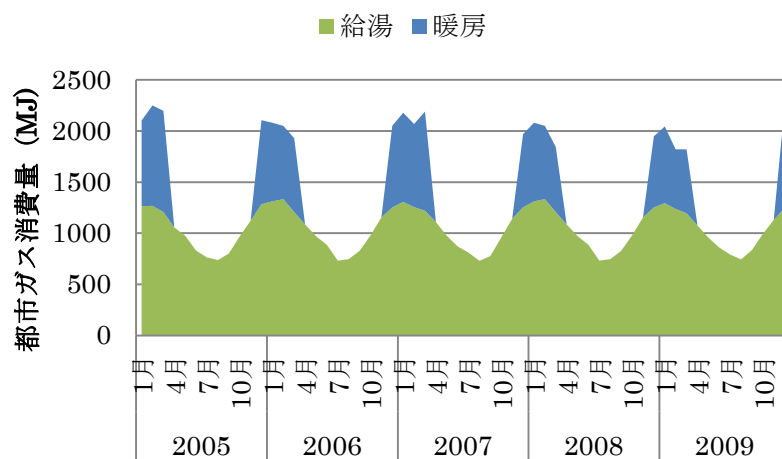
(af) 鳥取



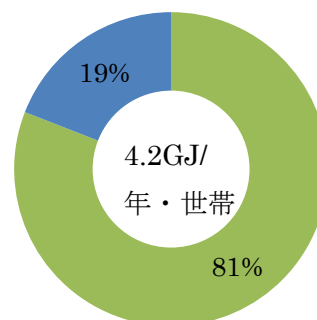
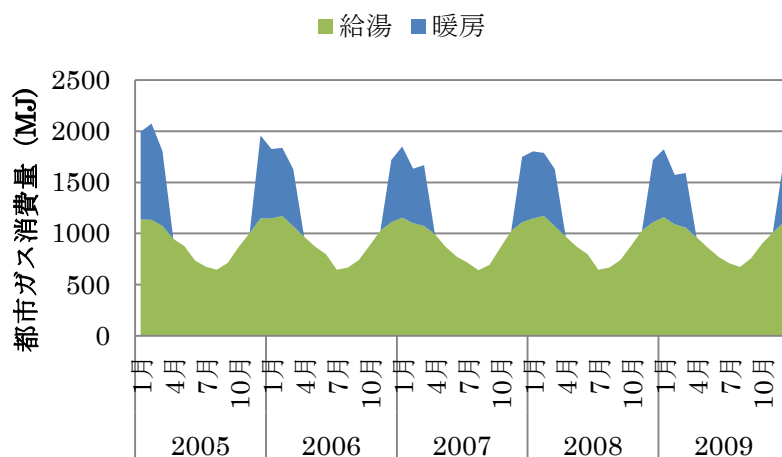
(ag) 松江



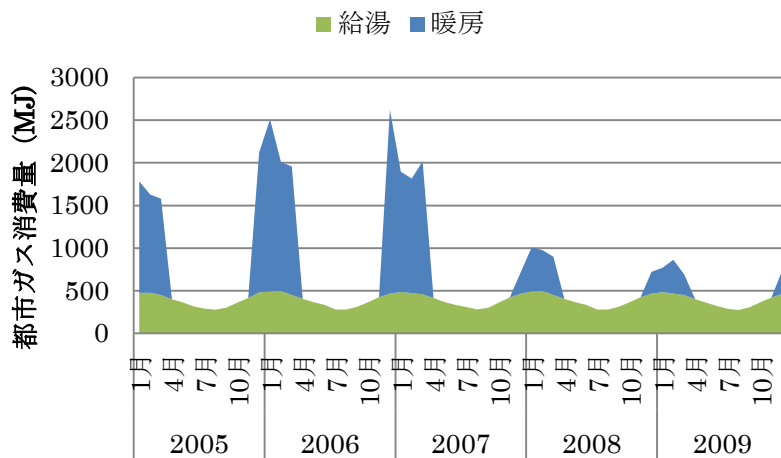
(ah) 岡山



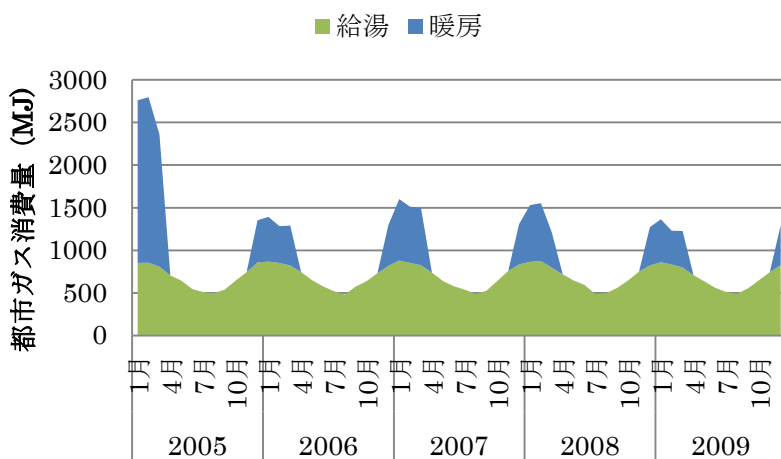
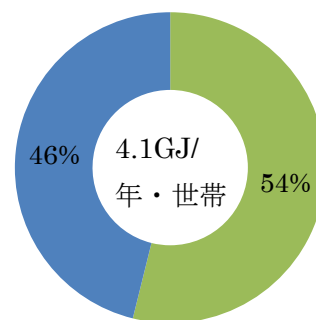
(ai) 広島



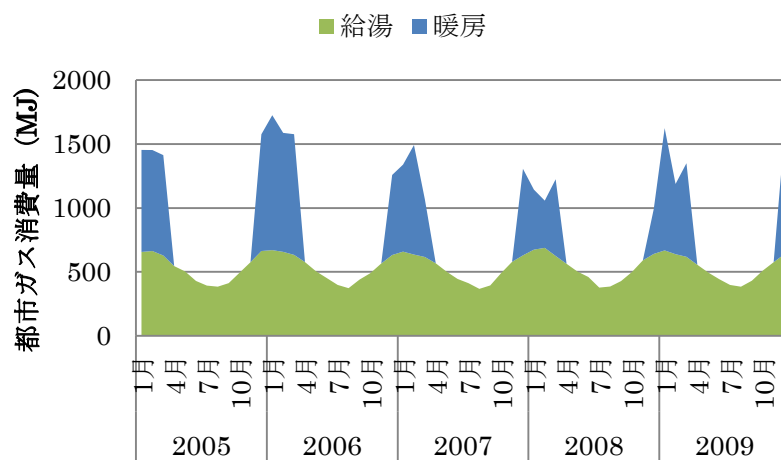
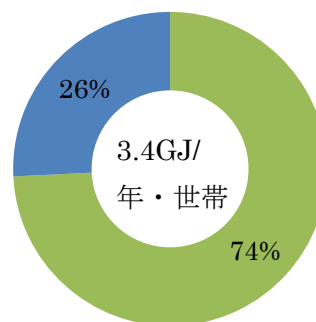
(aj) 山口



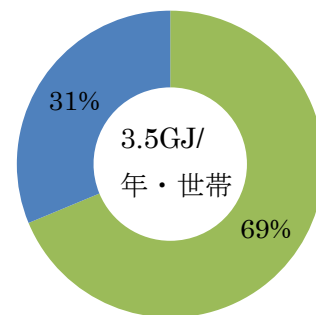
(ak) 徳島

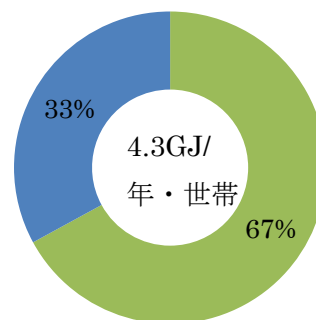
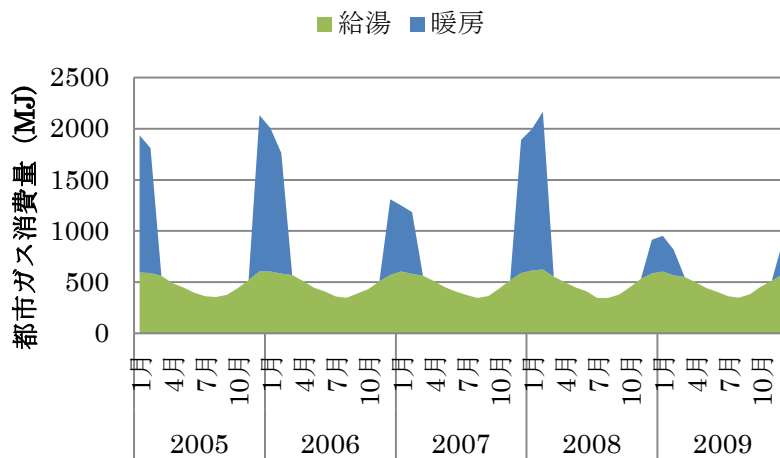


(al) 高松

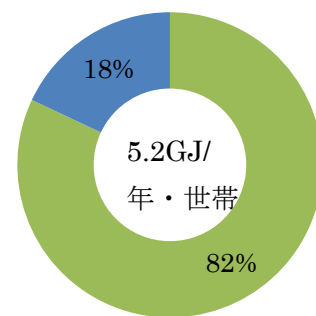
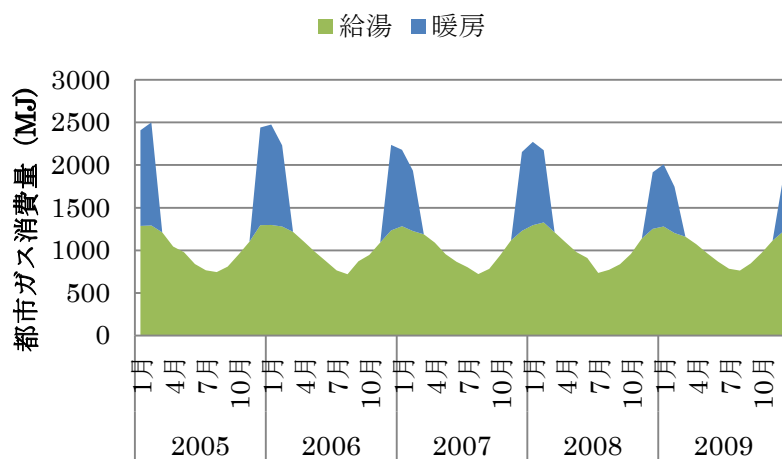


(am) 松山

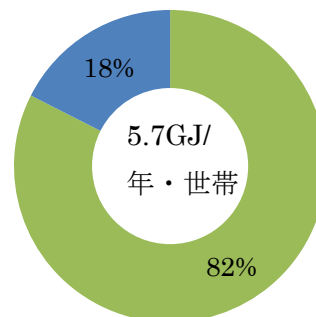
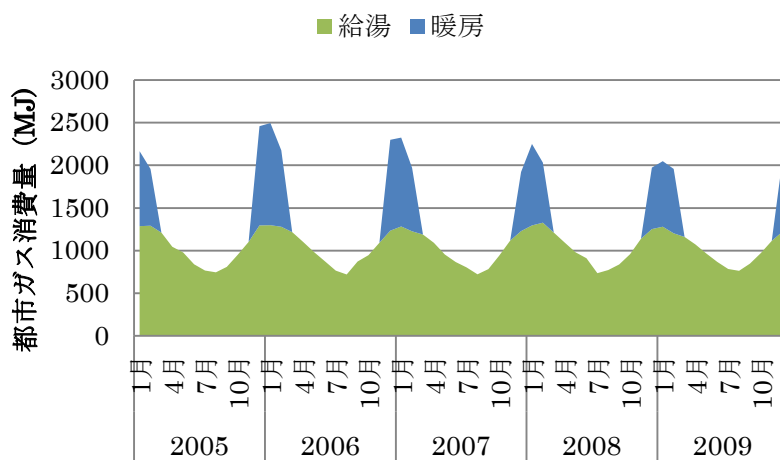




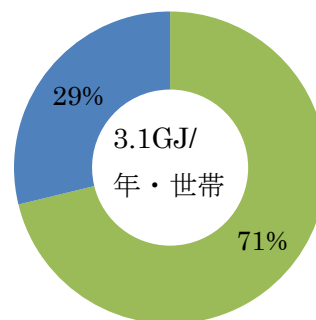
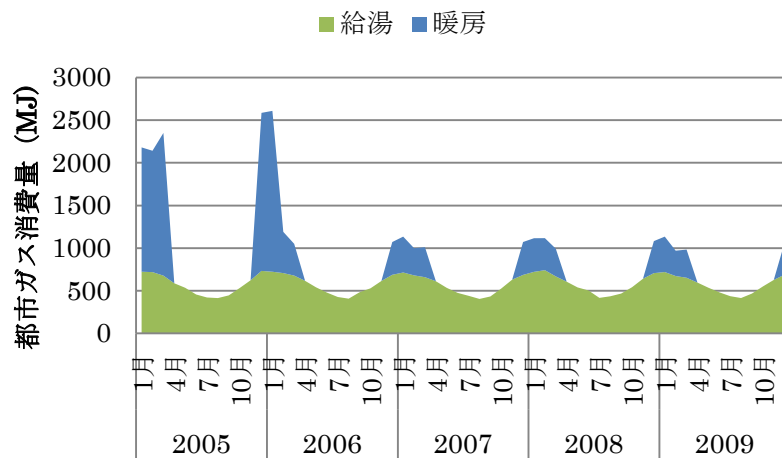
(an) 高知



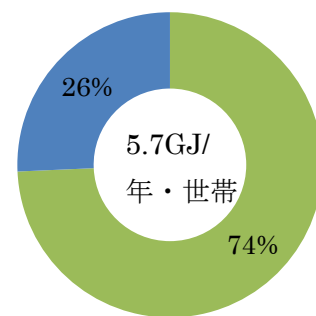
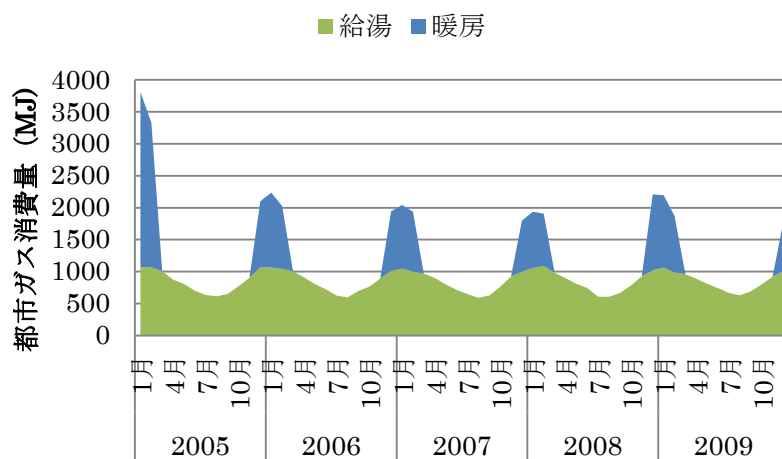
(ao) 北九州



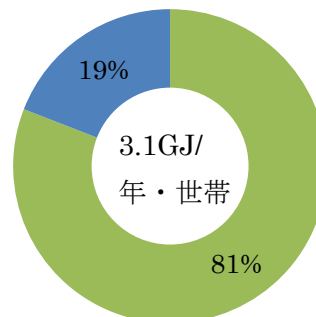
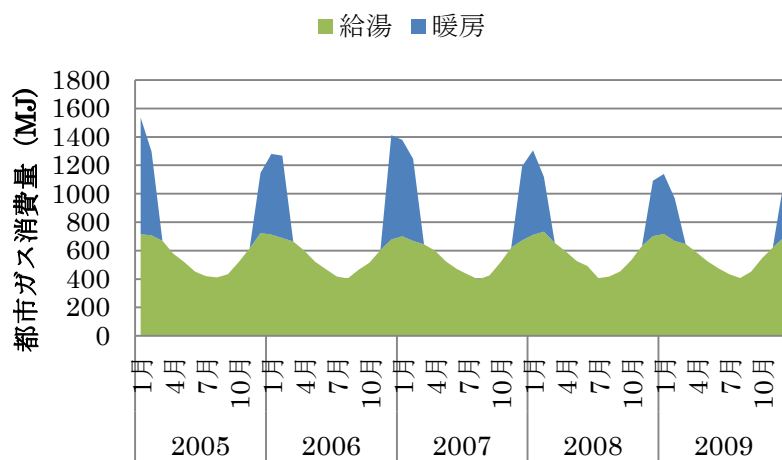
(ap) 福岡



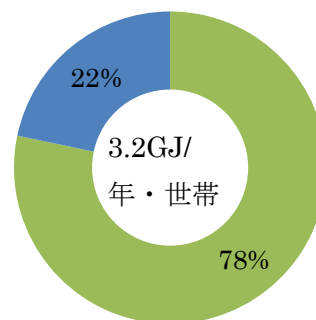
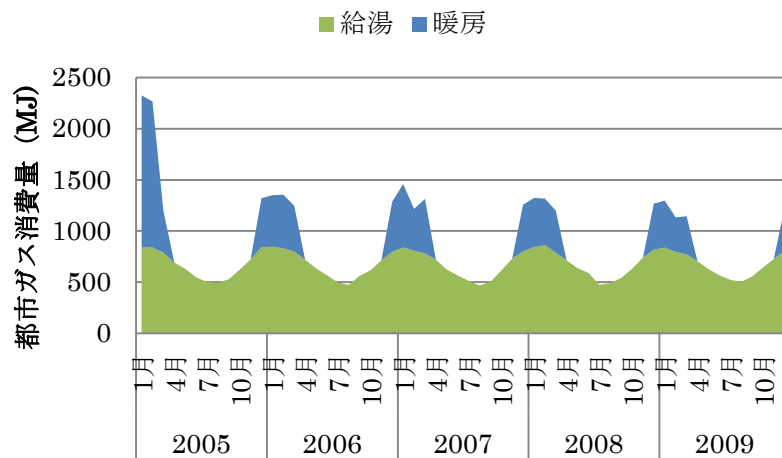
(aq) 佐賀



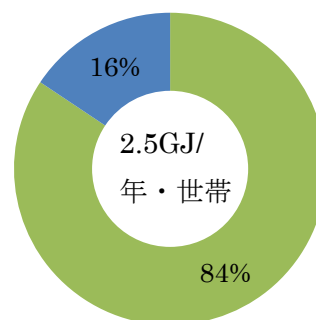
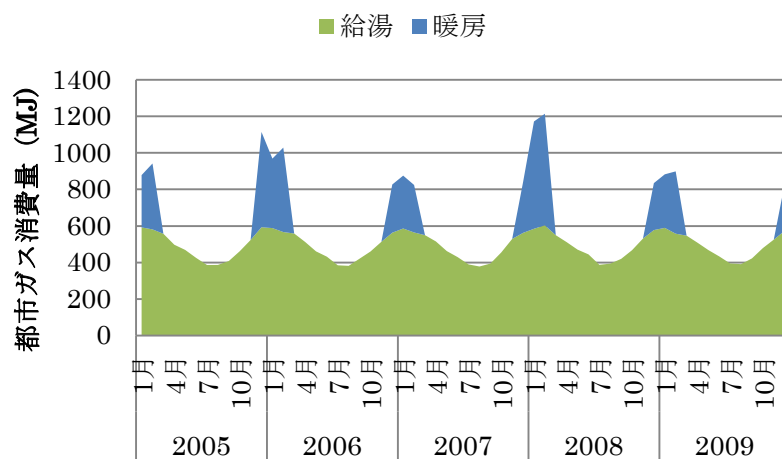
(ar) 長崎



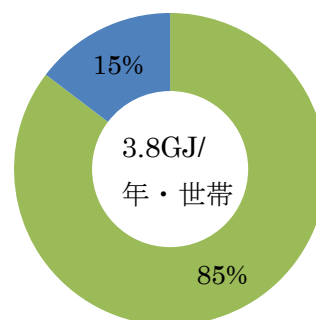
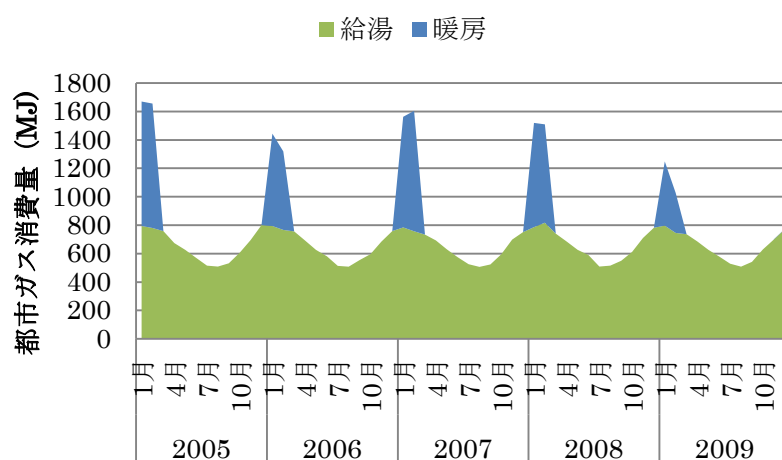
(as) 熊本



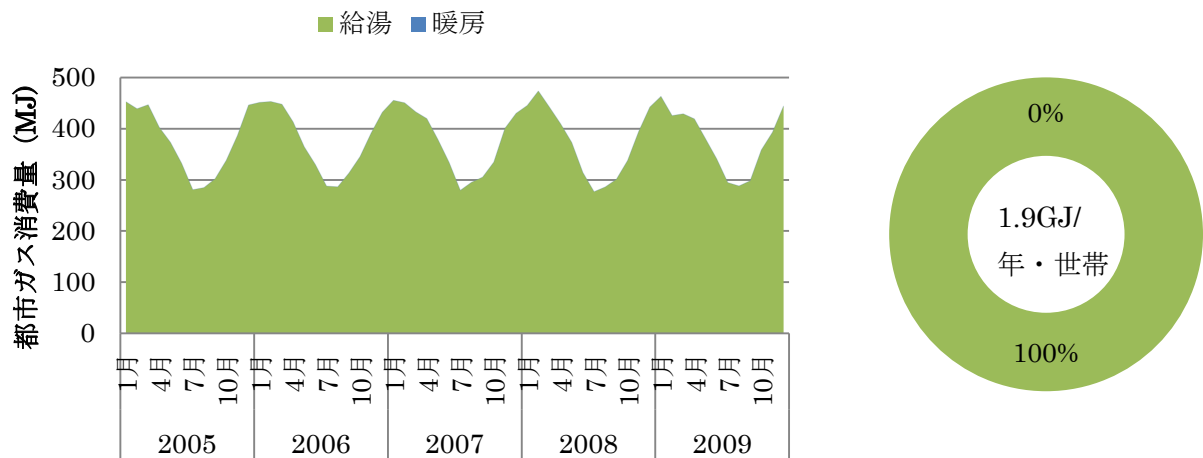
(at) 大分



(au) 宮崎



(av) 鹿児島



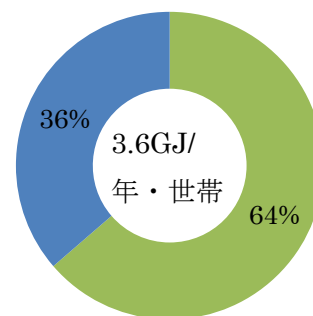
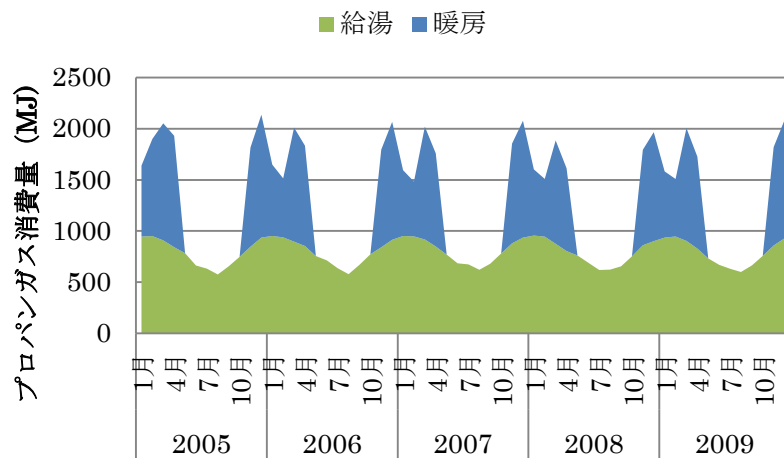
(aw) 那覇

図 4-3 用途別都市ガス消費量とその内訳

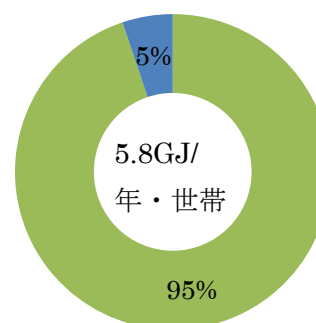
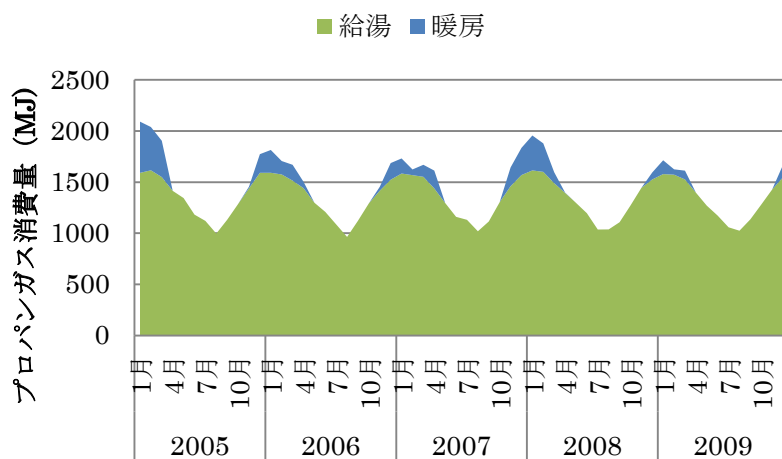
4.3.3 用途別プロパンガス消費量の推定結果

プロパンガス消費量は、都市ガス消費量と同様、給湯用と暖房用の2用途に分類されると仮定している。この仮定に従い、全体のプロパンガス消費量から前節の推定法による給湯用プロパンガス消費量を除いて、暖房期にあてはまる消費量を暖房用プロパンガス消費量とする。この手法によって、用途別プロパンガス消費量とその内訳を図 4-4 に示し、分かることを以下に述べる。

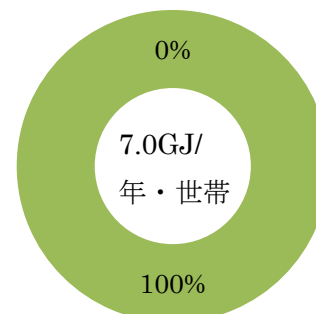
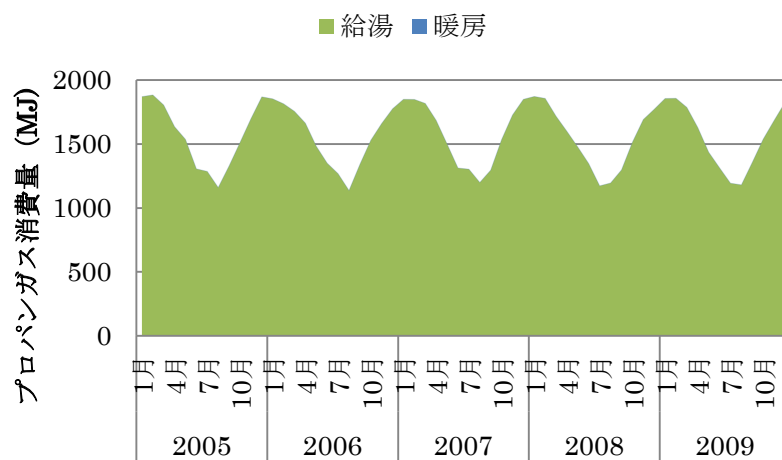
- (1) 年間プロパンガス消費量の平均は、盛岡の 7.0GJ/年・世帯が最大となり、最小は 0GJ/年・世帯の東京、横浜、川崎、大阪である。
- (2) 対象都市が大都会であるほど都市ガスの普及率は高く、地方都市であるほど低くなる。プロパンガスは反対の傾向であり、給湯用、暖房用消費量ともに同傾向のイメージがされるが、給湯用消費量においては、大都会であるほど都市ガス消費量が極端に高い。
- (3) 近年になるにつれて、プロパンガス消費量が減少している地域が所々みられている。気温変動とこれに伴う水道水温の影響、すなわち地球温暖化が原因に考えられる。
- (4) プロパンガス消費量のうち、給湯用消費の割合が大きい地点が多い。
- (5) 那覇では、暖房を行わないと仮定しているため、給湯用消費量のみである。また、札幌の暖房用消費量の経年変化が蟹鉋の形状としてみられる。これには、灯油消費量に依存する季節的要因が考えられる。



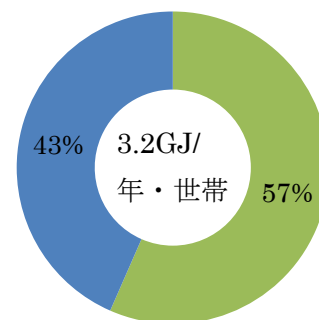
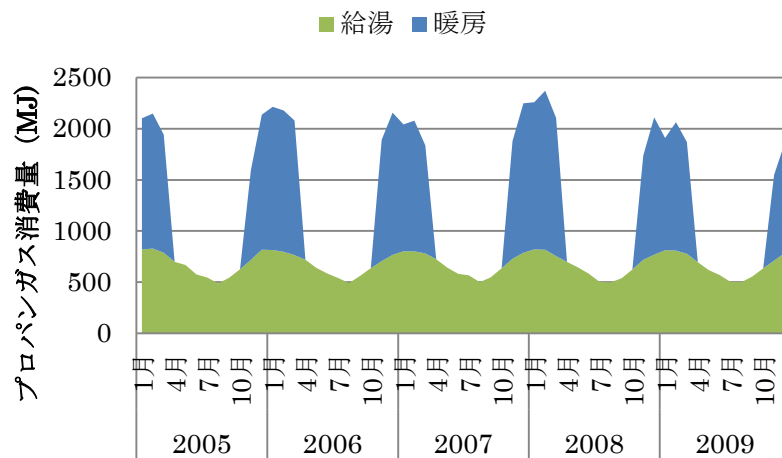
(a) 札幌



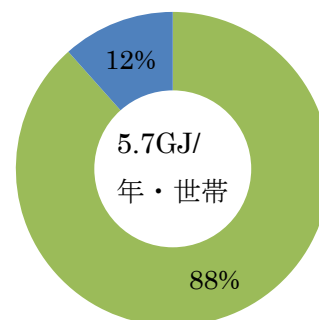
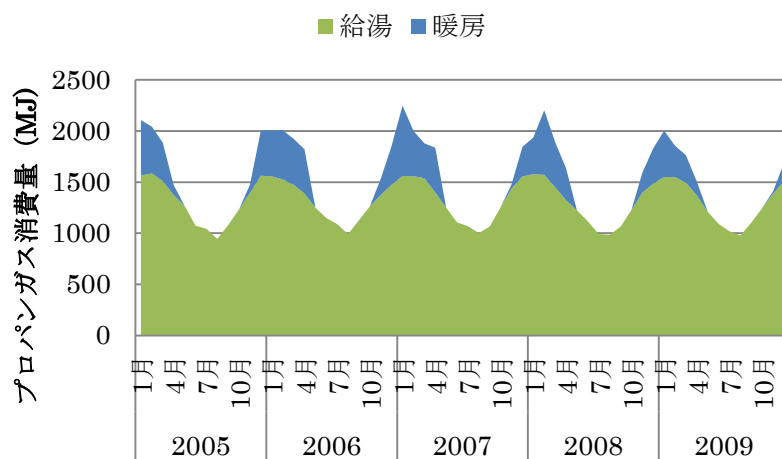
(b) 青森



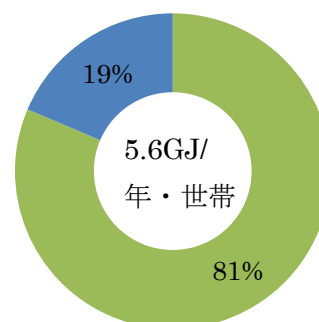
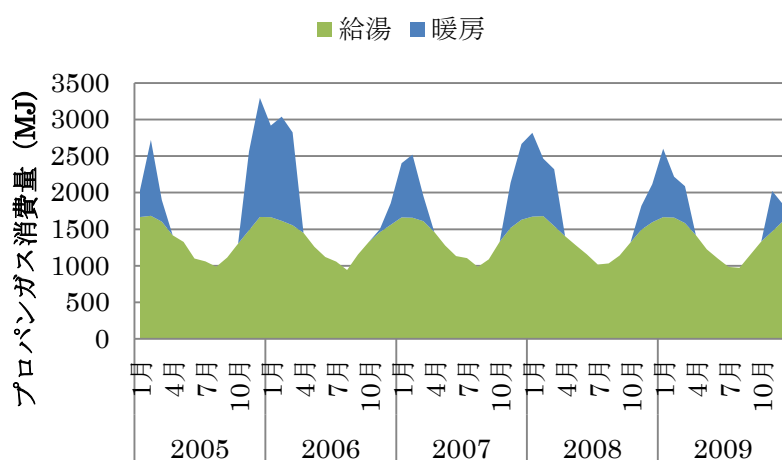
(c) 盛岡



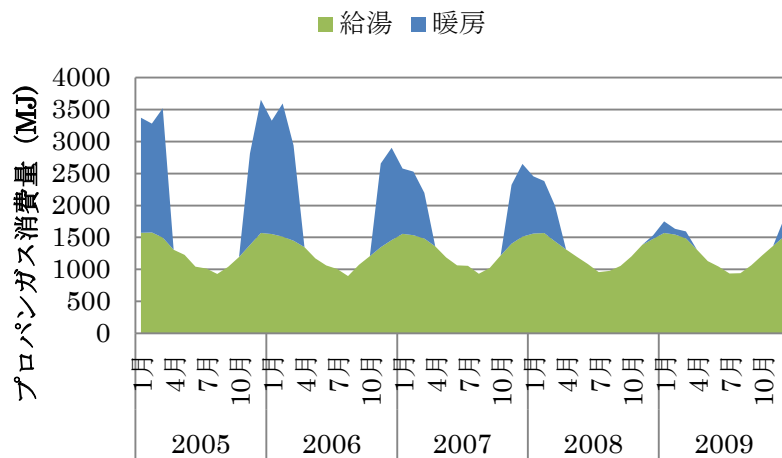
(d) 仙台



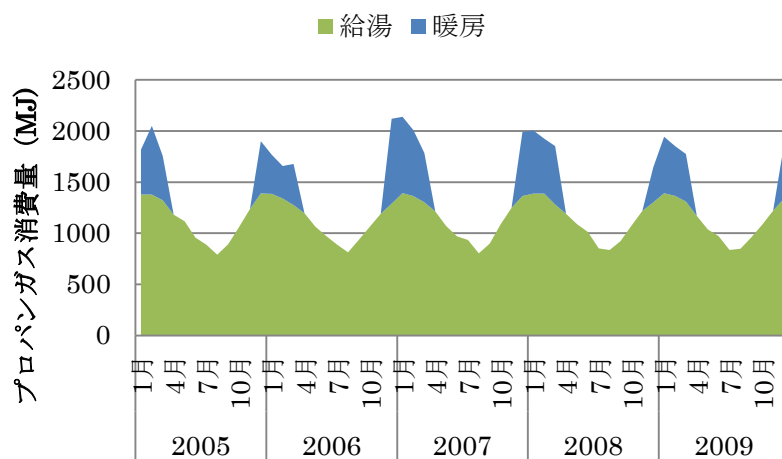
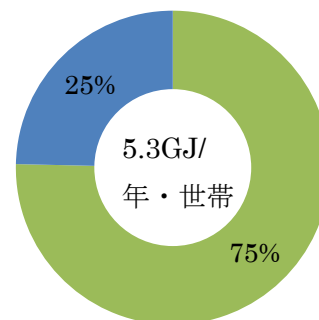
(e) 秋田



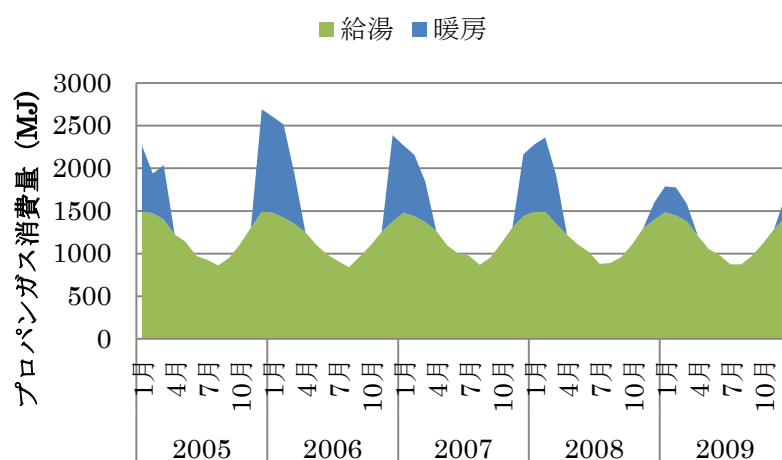
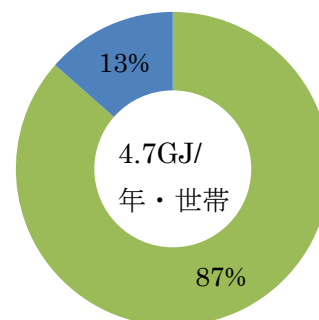
(f) 山形



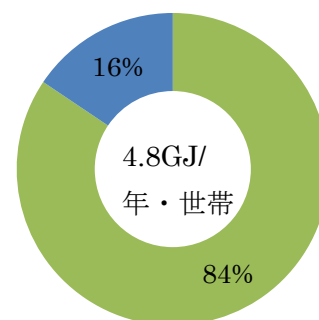
(g) 福島

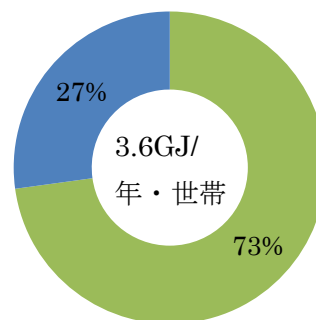
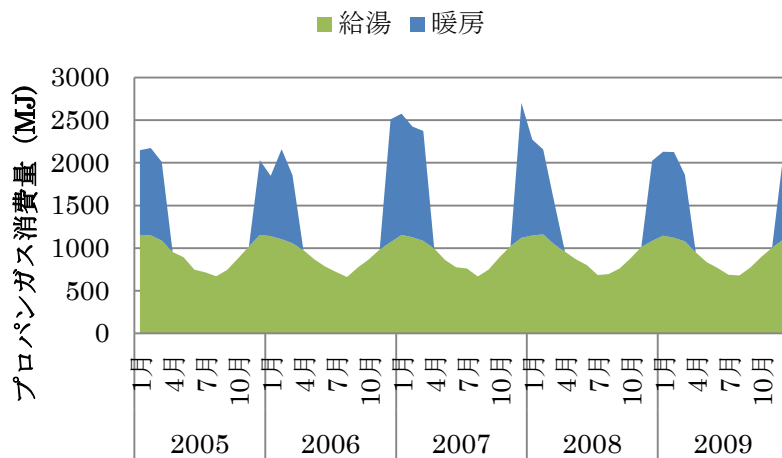


(h) 水戸

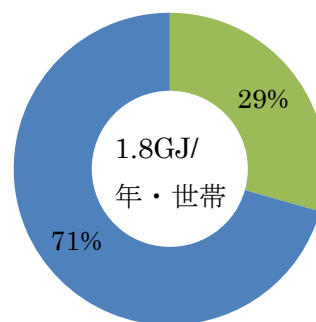
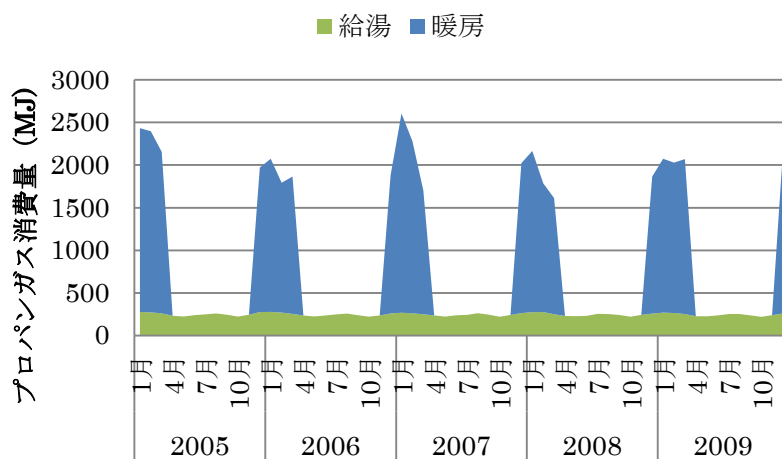


(i) 宇都宮

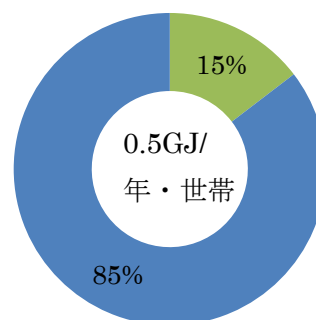
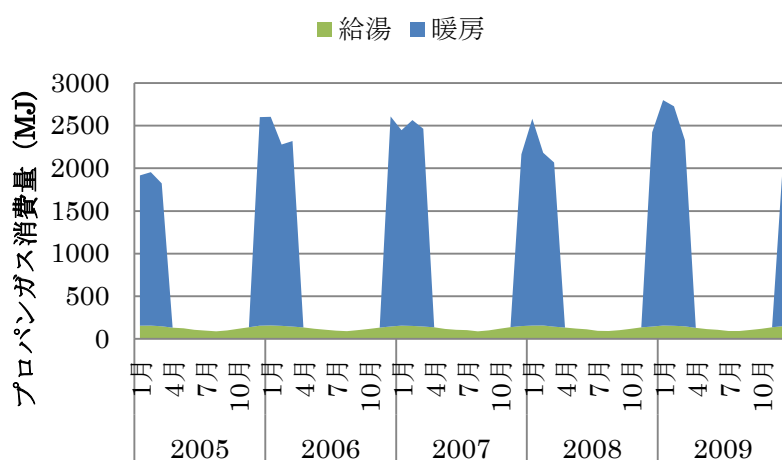




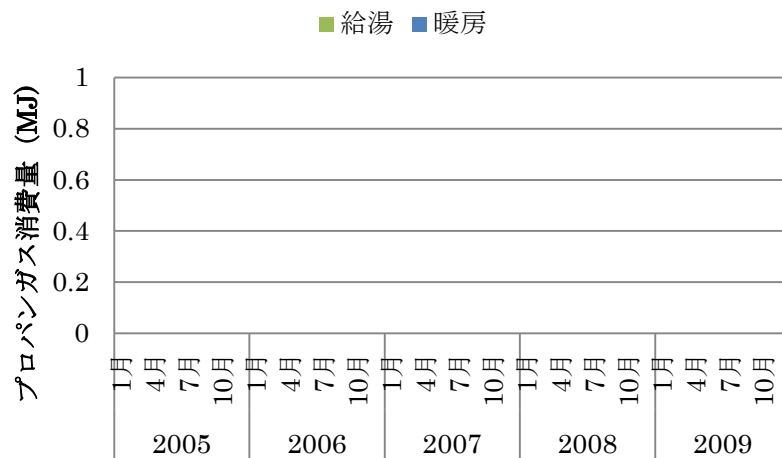
(j) 前橋



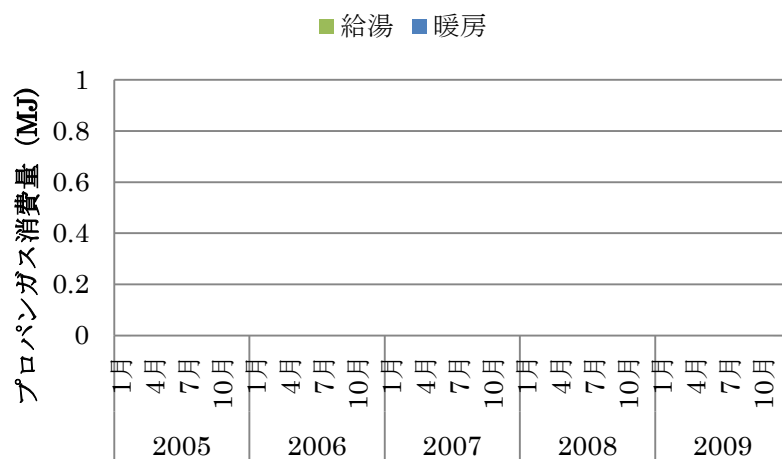
(k) さいたま



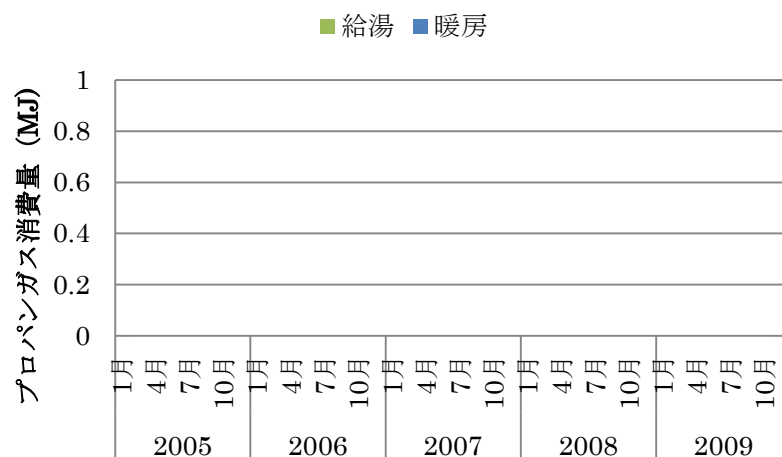
(l) 千葉



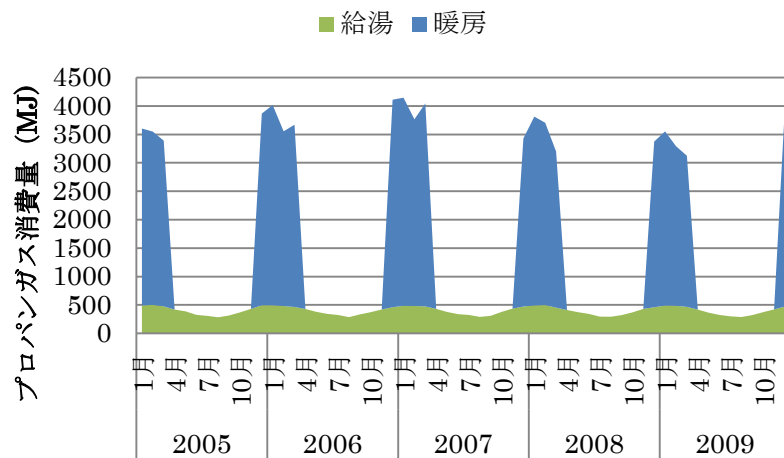
(m) 東京



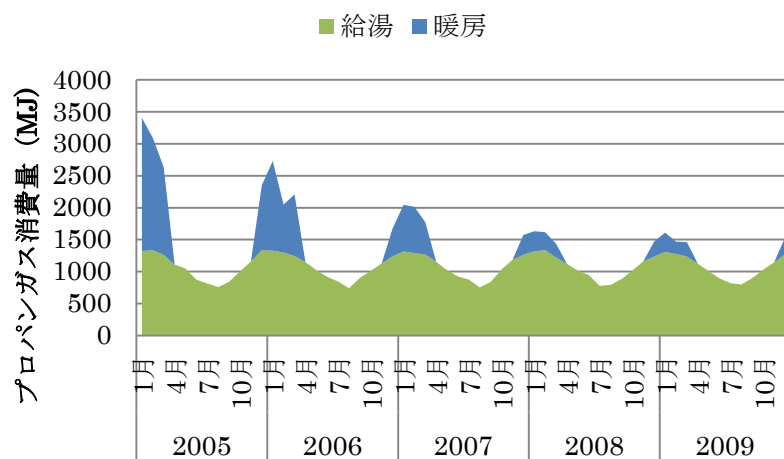
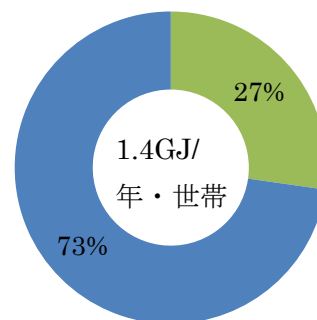
(n) 横浜



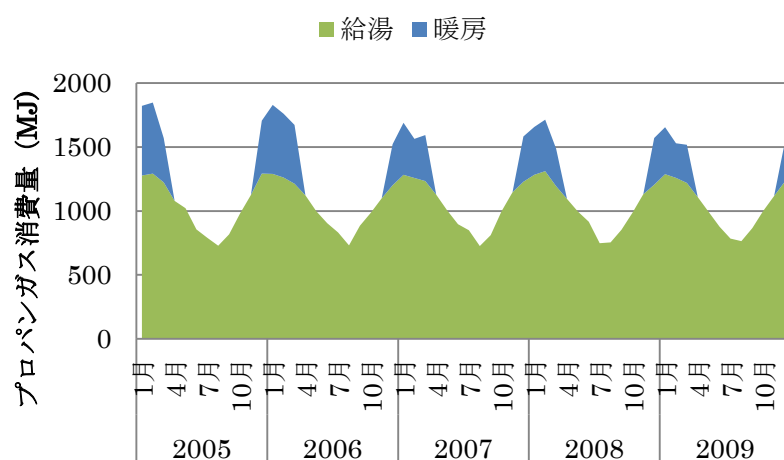
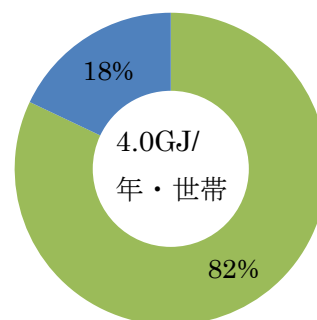
(o) 川崎



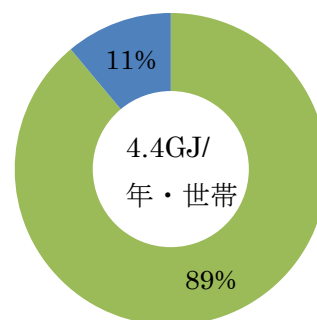
(p) 新潟

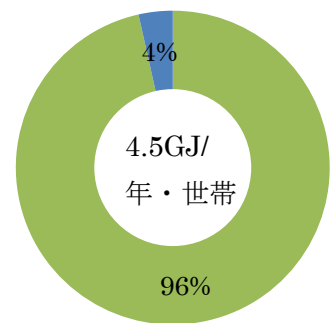
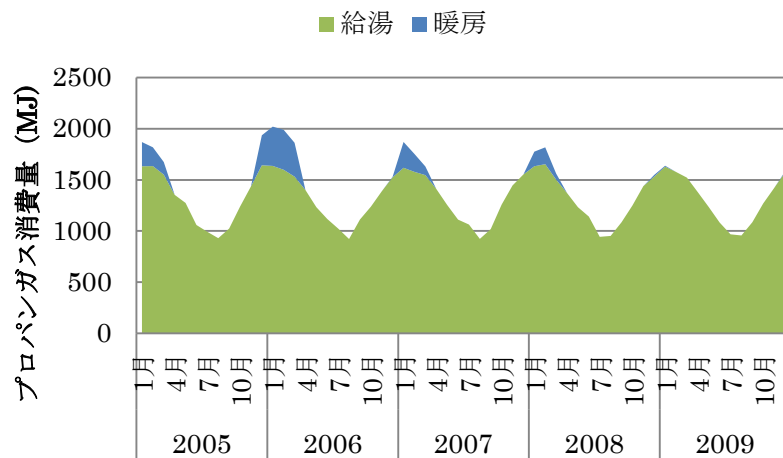


(q) 富山

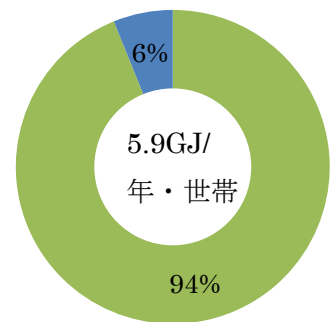
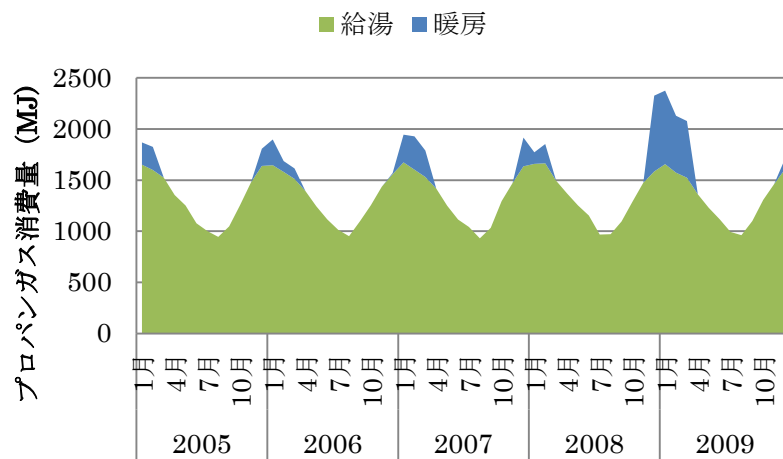


(r) 金沢

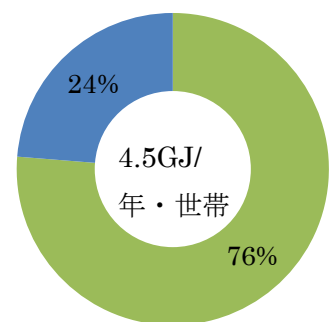
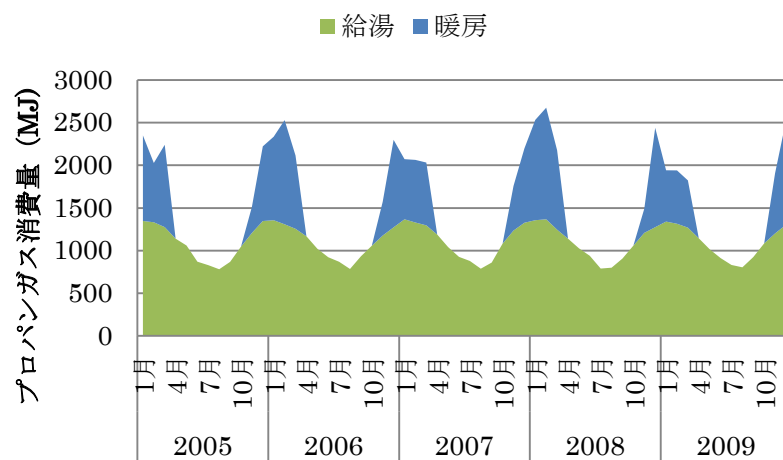




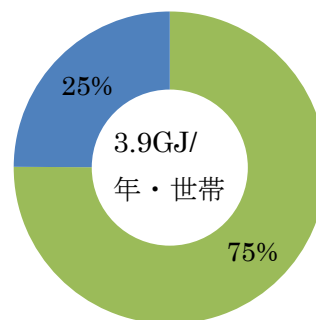
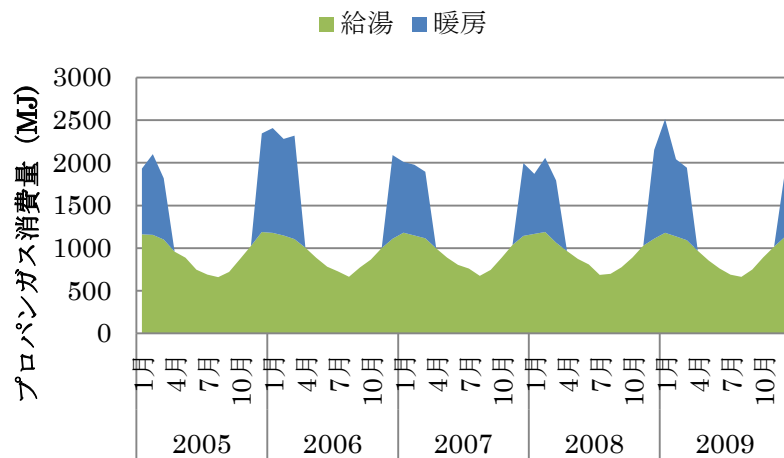
(s) 福井



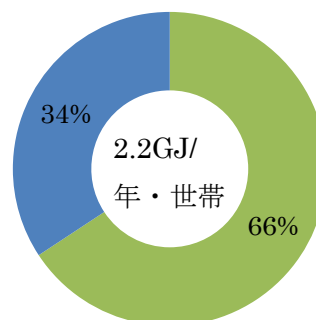
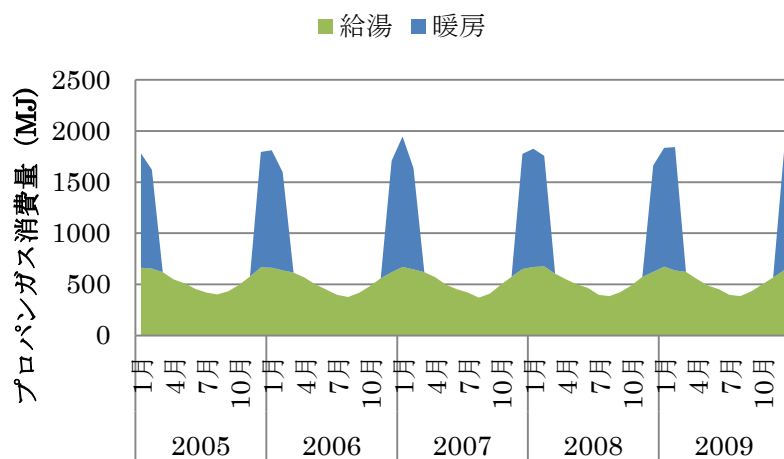
(t) 甲府



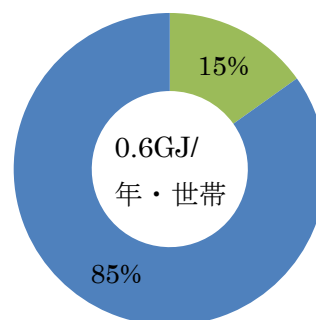
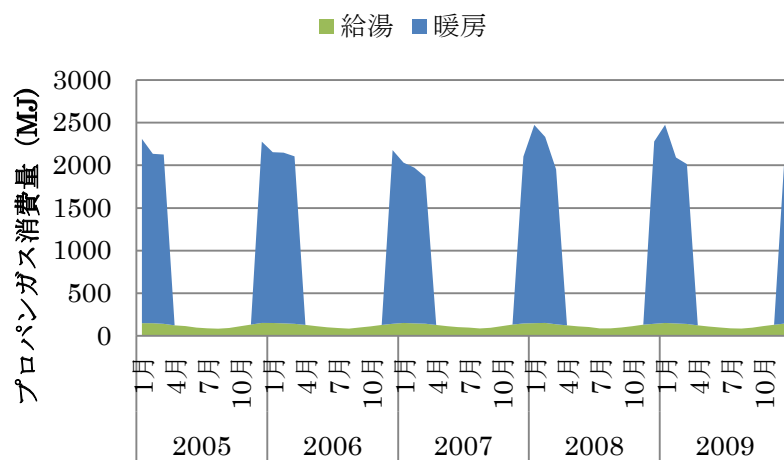
(u) 長野



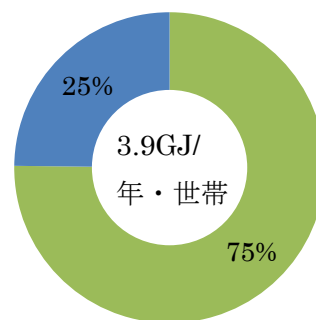
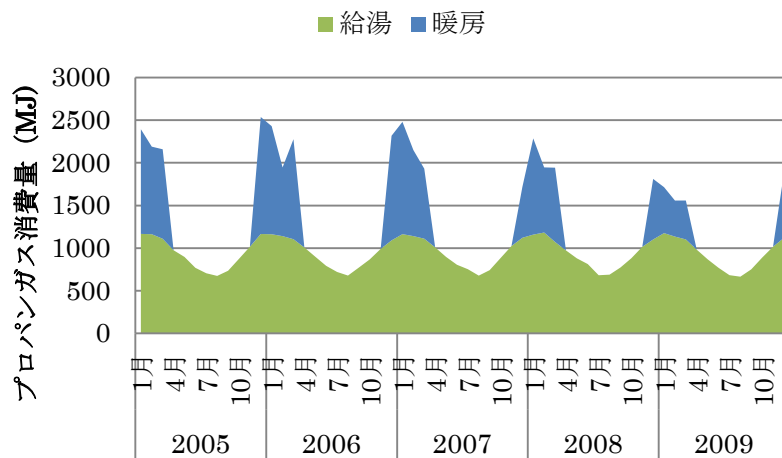
(v) 岐阜



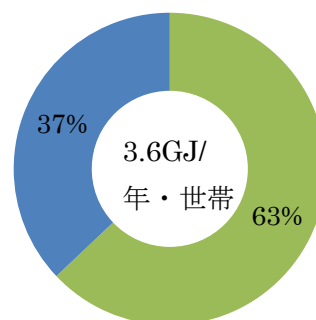
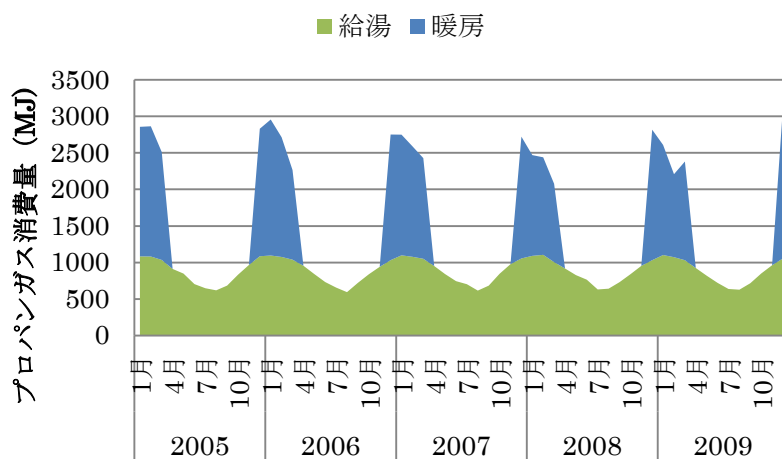
(w) 静岡



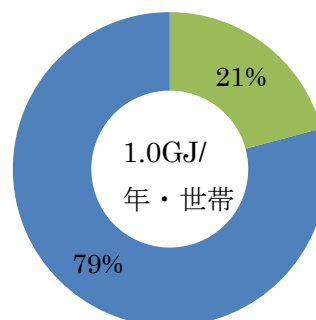
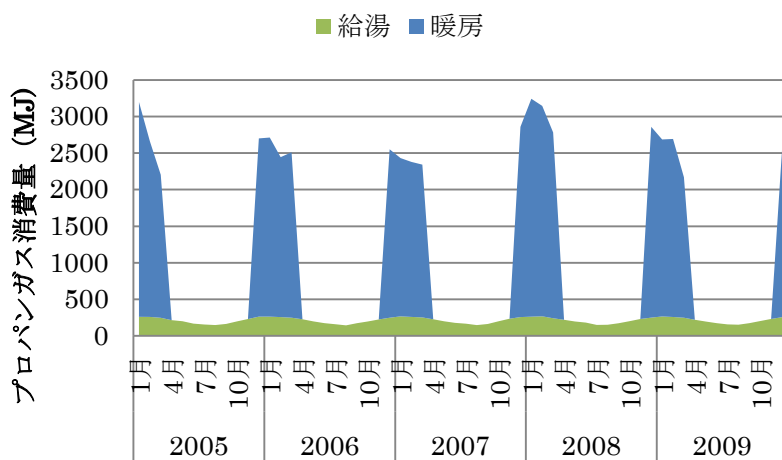
(x) 名古屋



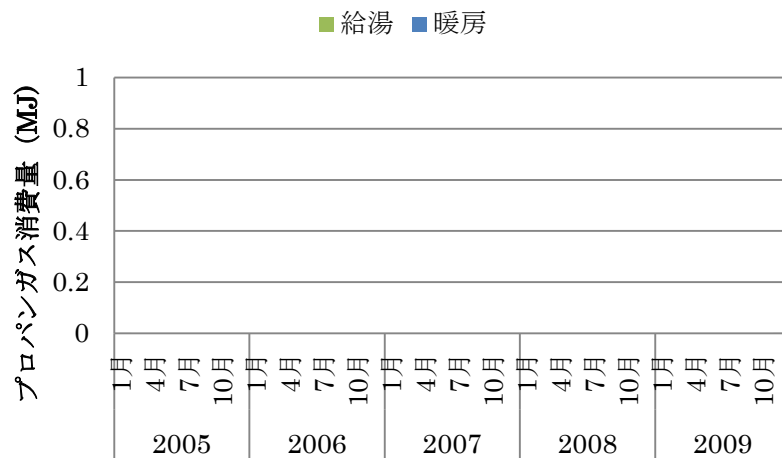
(y) 津



(z) 大津



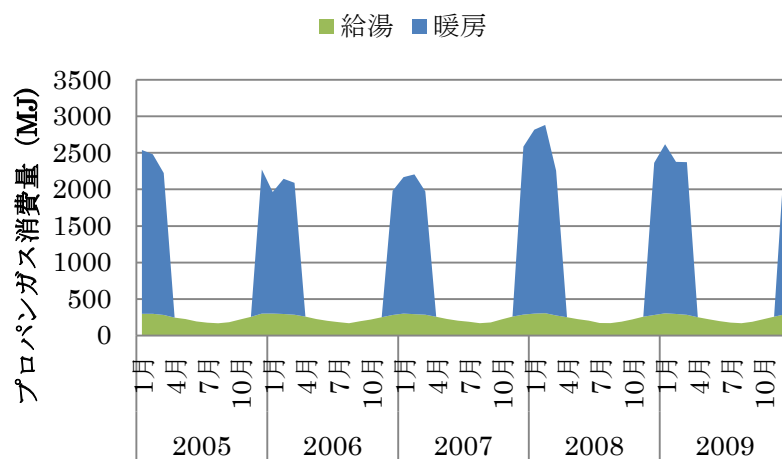
(aa) 京都



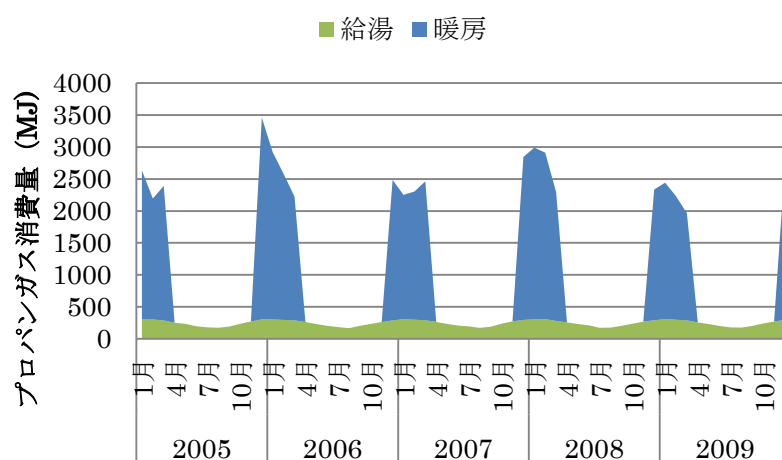
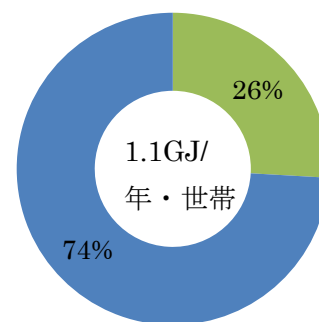
(ab) 大阪

0%

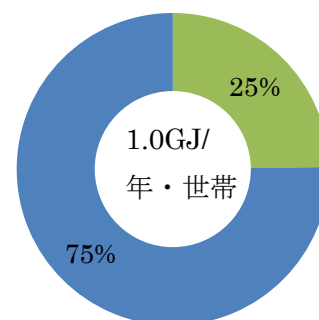
0GJ/
年・世帯

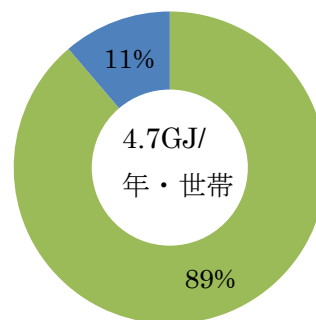
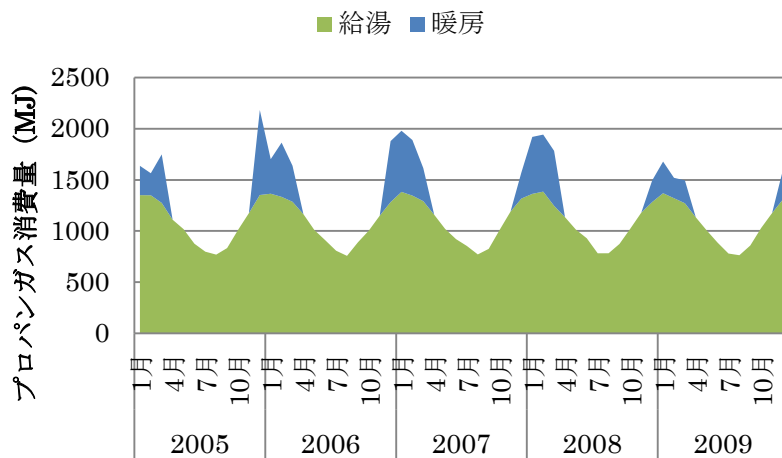


(ac) 神戸

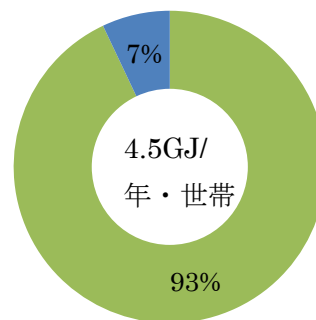
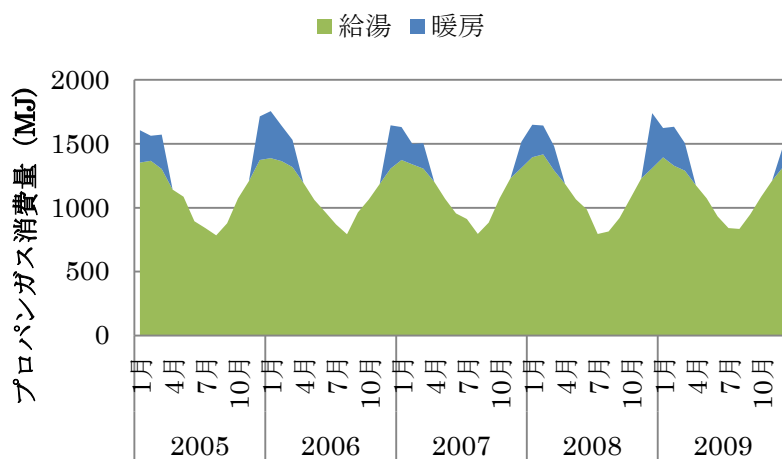


(ad) 奈良

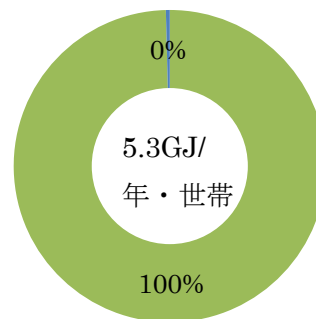
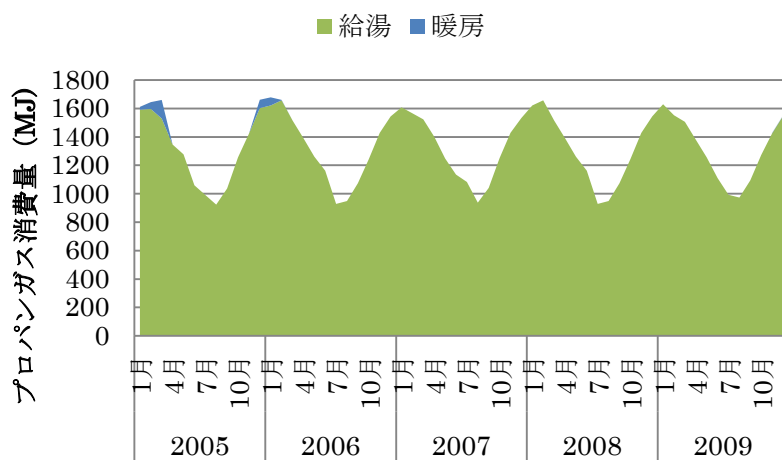




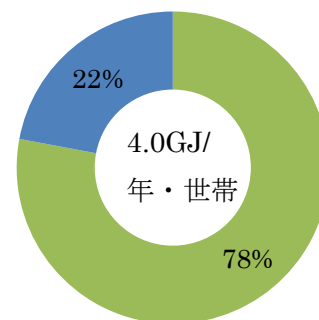
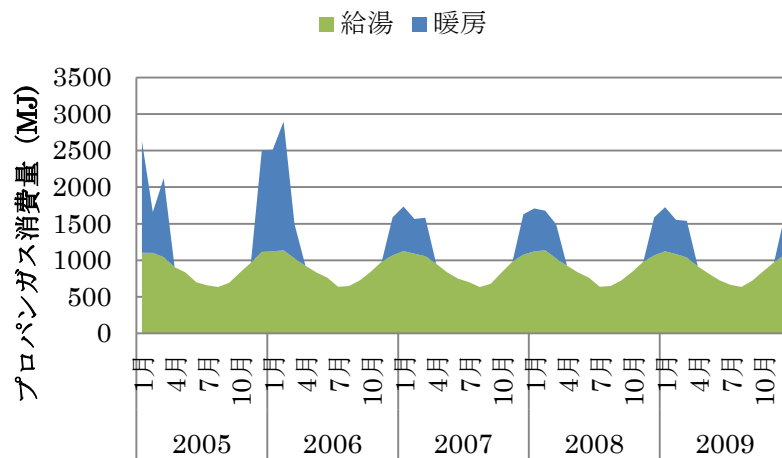
(ae) 和歌山



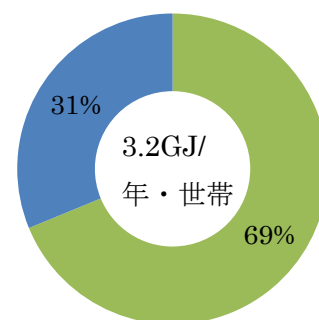
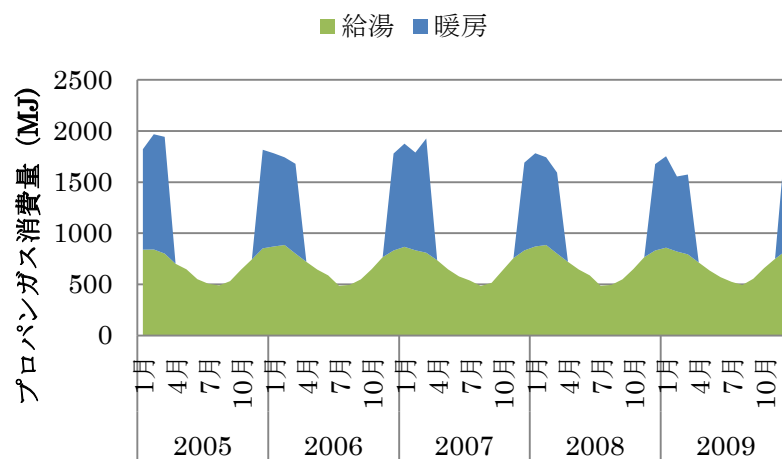
(af) 鳥取



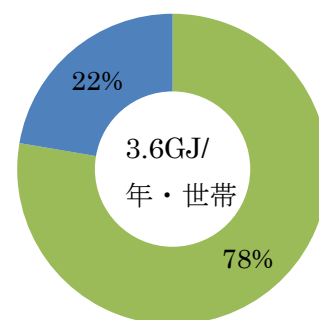
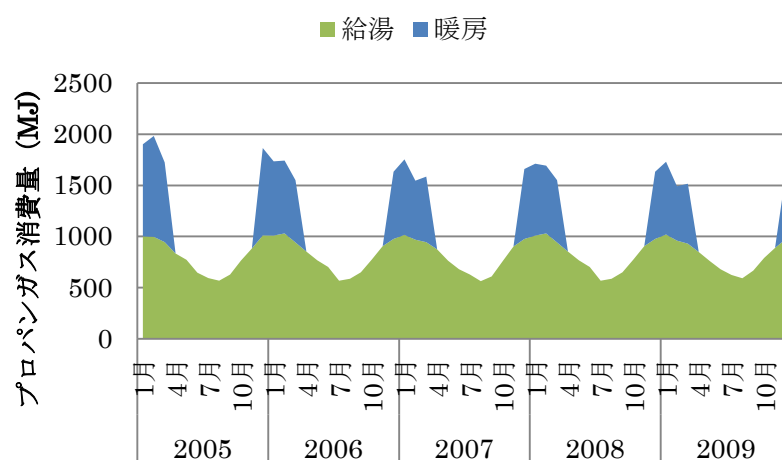
(ag) 松江



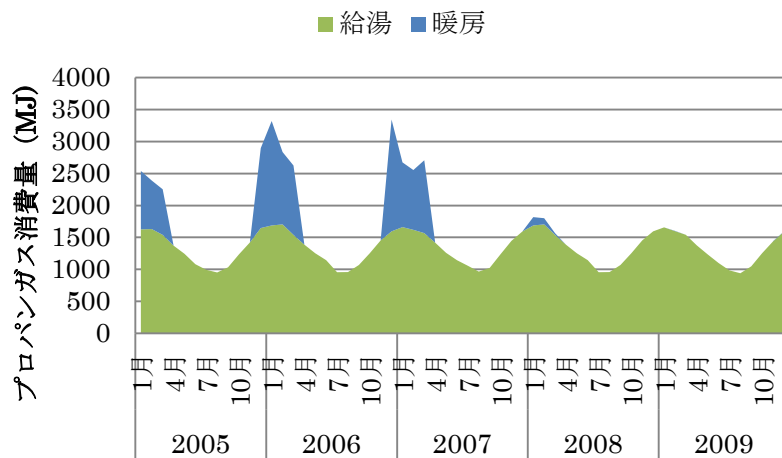
(ah) 岡山



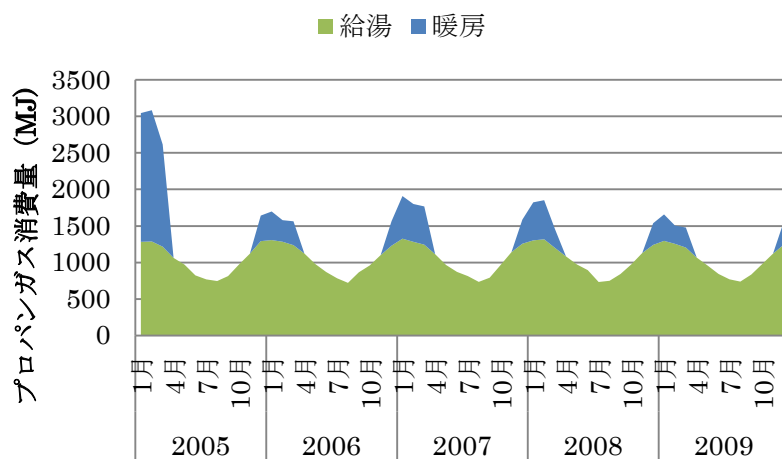
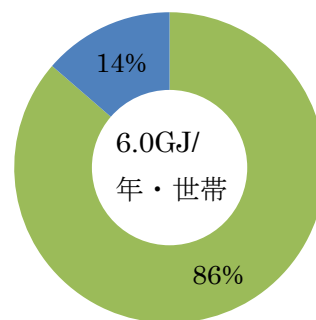
(ai) 広島



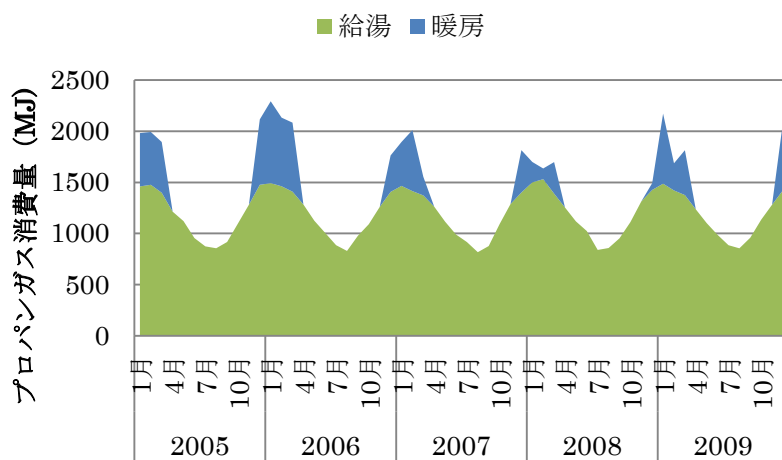
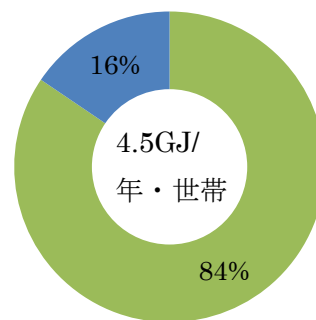
(aj) 山口



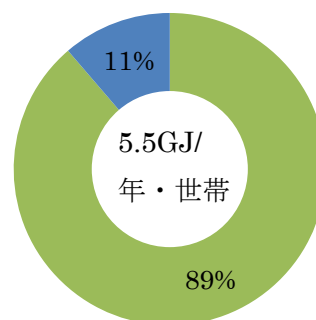
(ak) 徳島

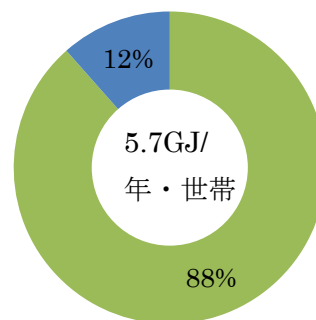
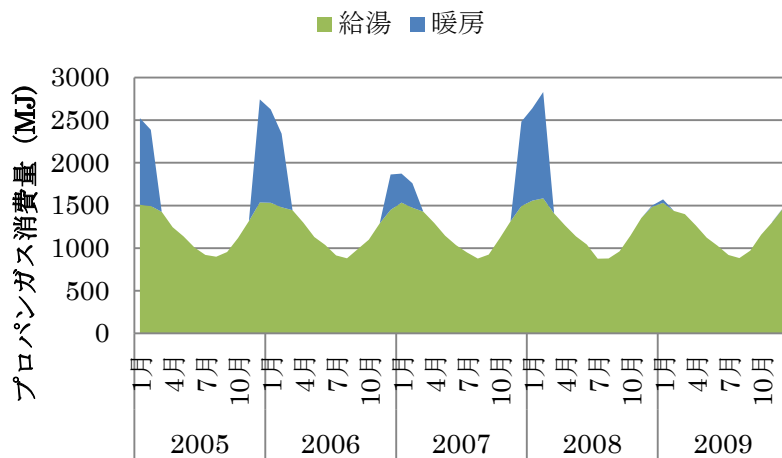


(al) 高松

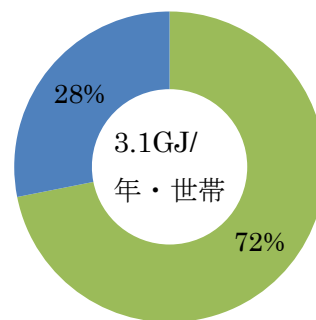
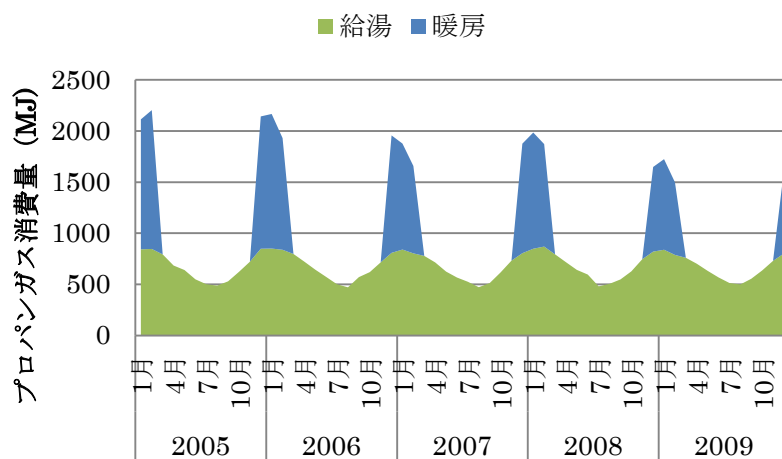


(am) 松山

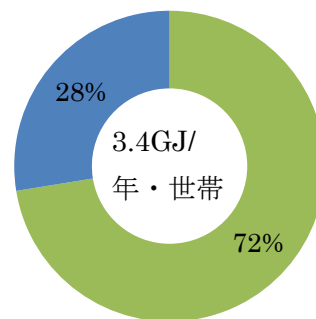
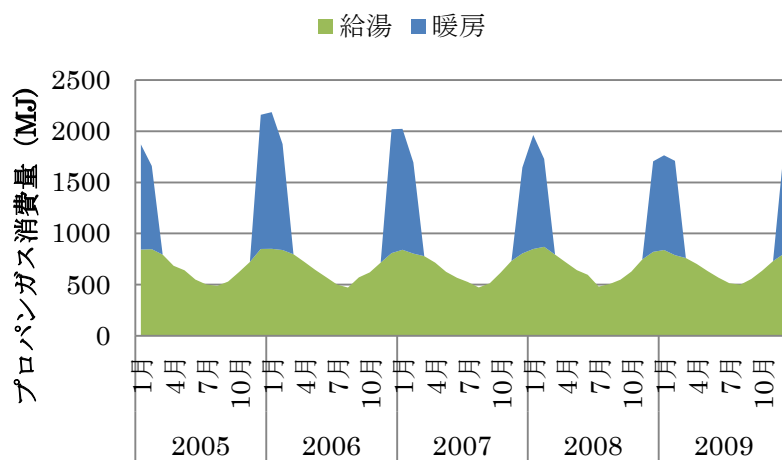




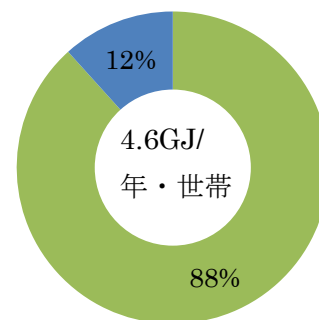
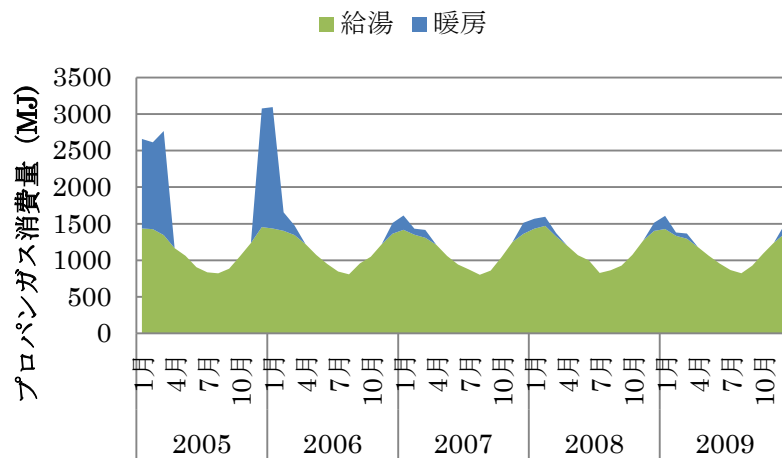
(an) 高知



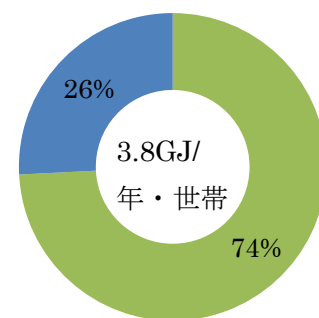
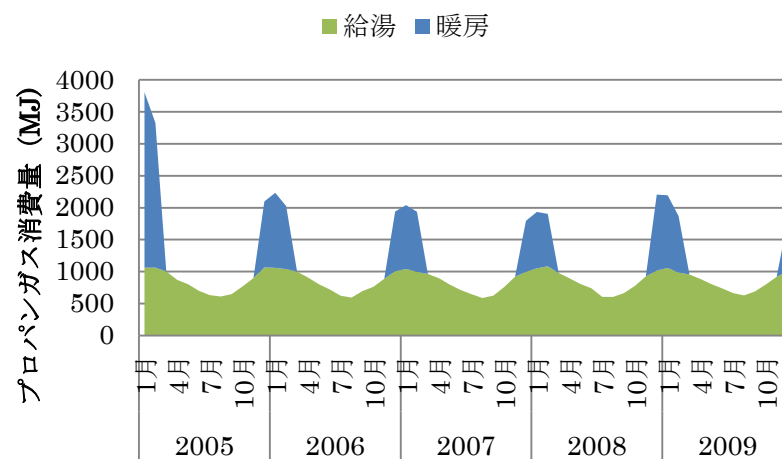
(ao) 北九州



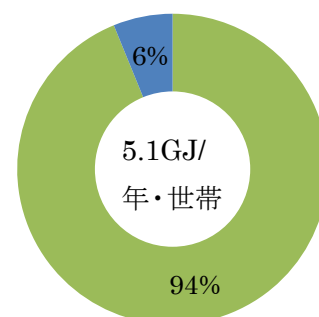
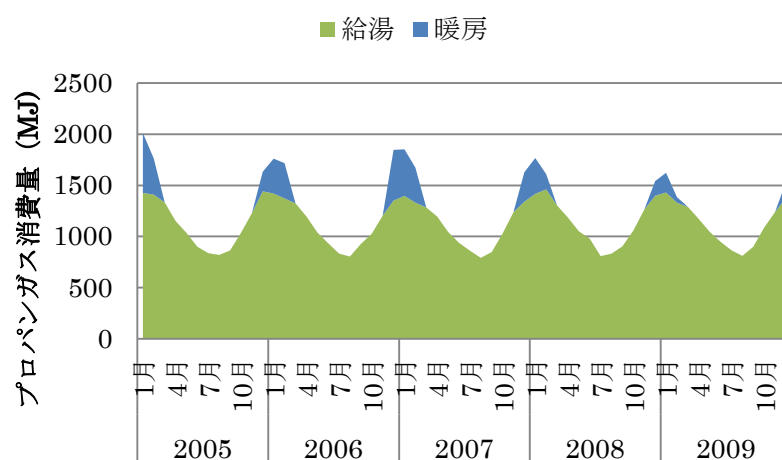
(ap) 福岡



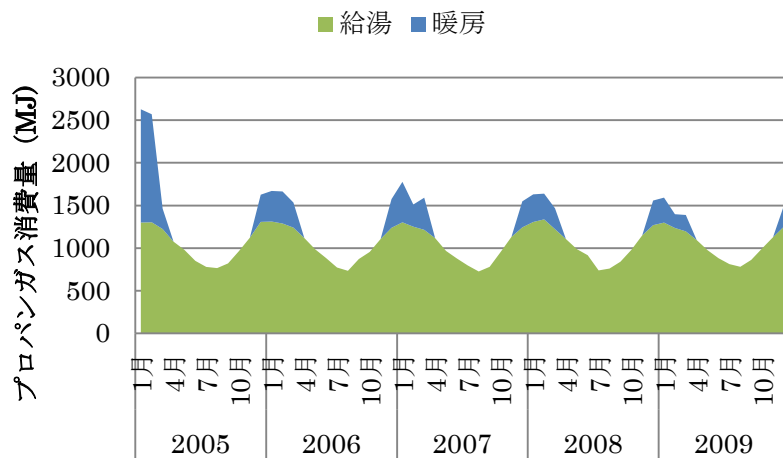
(aq) 佐賀



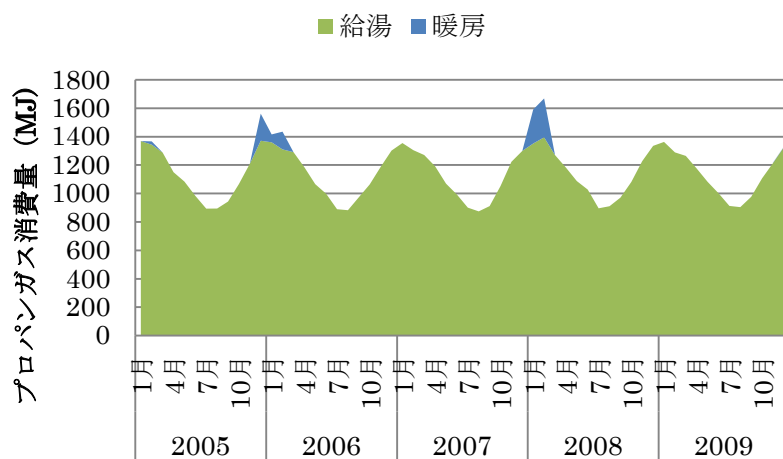
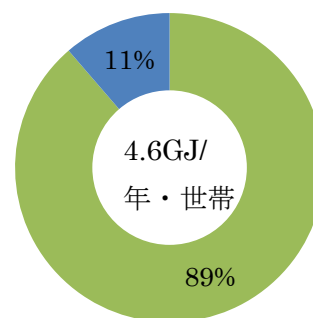
(ar) 長崎



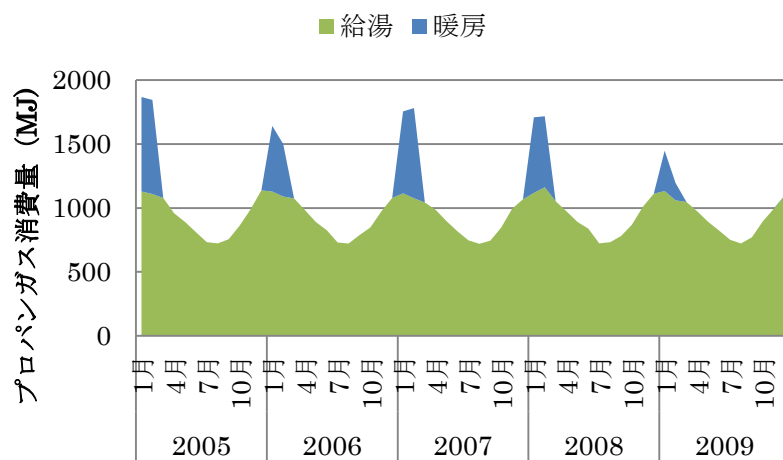
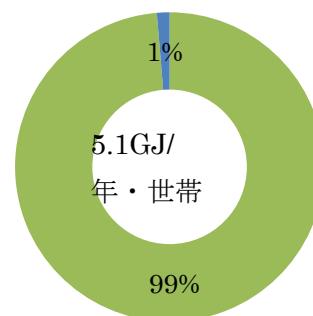
(as) 熊本



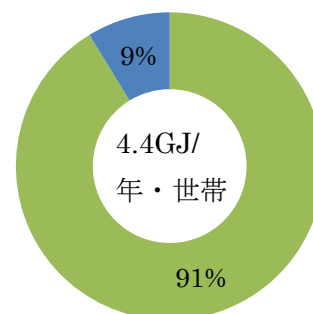
(at) 大分



(au) 宮崎



(av) 鹿児島



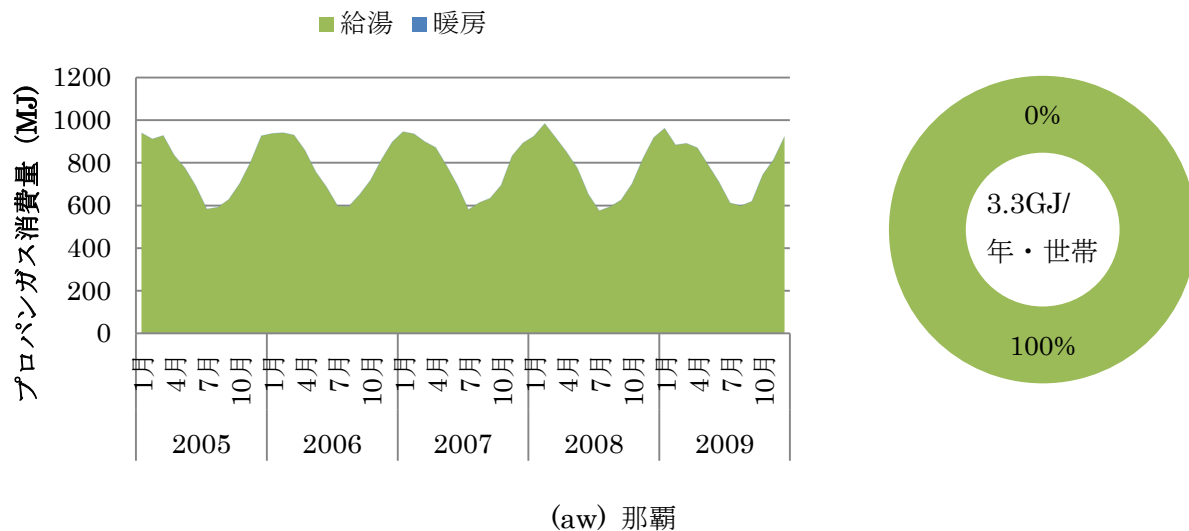


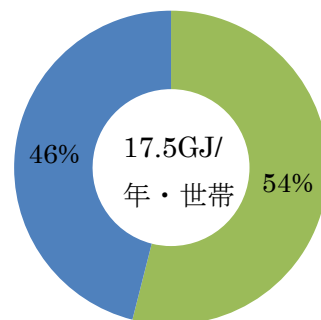
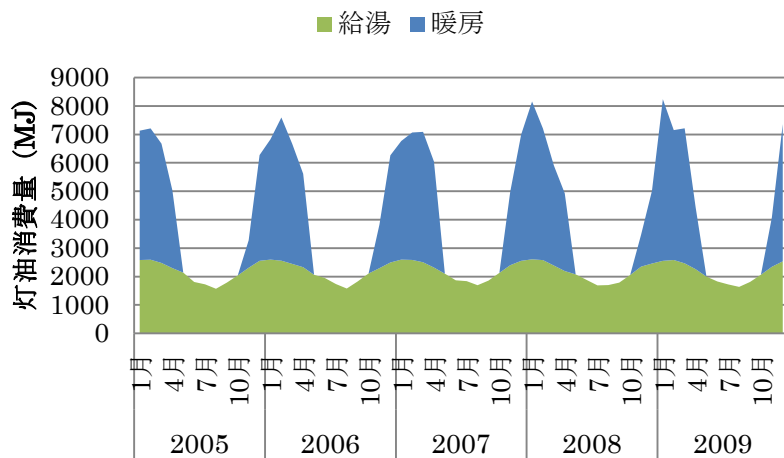
図 4-4 用途別プロパンガス消費量とその内訳

4.4 用途別灯油消費量

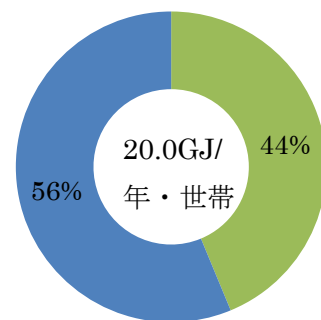
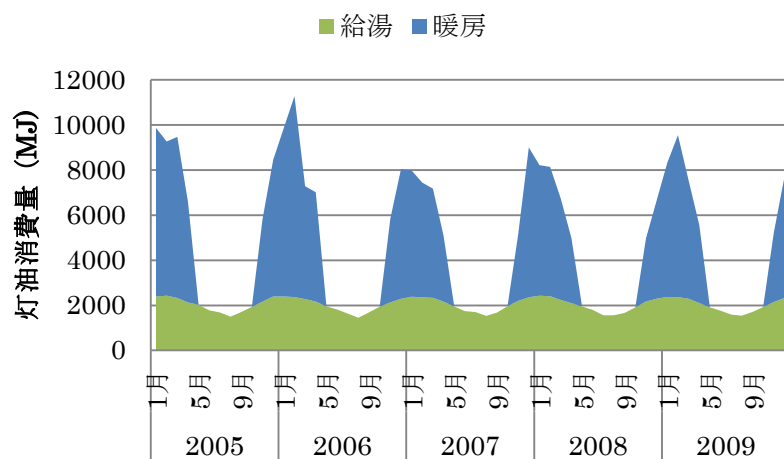
灯油消費量においても、表 4-1 にあるように、給湯用と暖房用の 2 用途に分類すると仮定している。この仮定に従い、全体の灯油消費量から前節の推定法による給湯用灯油消費量を除いて、暖房期にあてはまる消費量を暖房用灯油消費量とする。

用途別灯油消費量とその内訳を図 4-5 に示し、以下のことが言える。

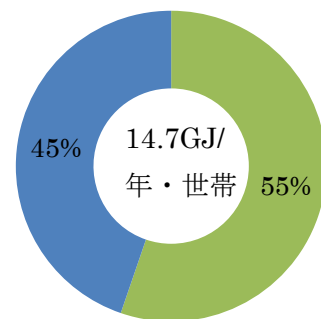
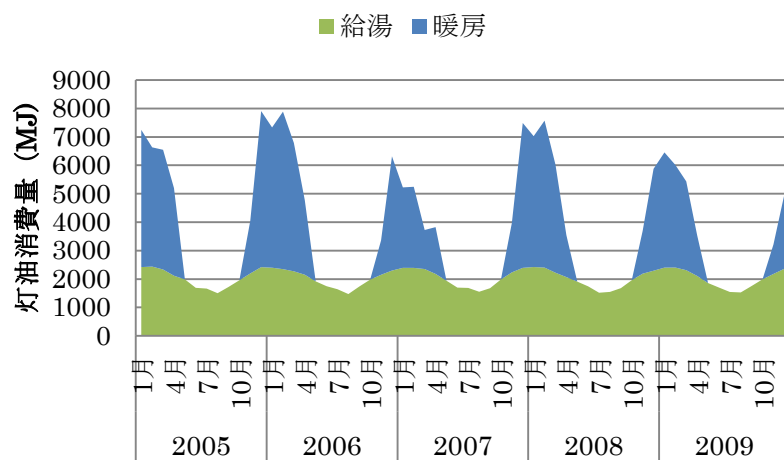
- (1) 年間灯油消費量の平均は、青森の 20.0GJ/年・世帯が最大、那覇の 4.4GJ/年・世帯が最小である。暖房用消費の割合は、北海道・東北地方は 28-56%、北陸・信越地方は 20-34%、九州地方は 8-19%、那覇は 0%、これらを除く地域のほとんどが 14-21%を占めていることが分かる。青森の 56%が最大の割合を占めているが、仙台 24%、福島 28%と寒冷地にも関わらず低い地域がみられる。これは、都会であるほどガスによる暖房消費が多くなる分、灯油による暖房消費が減少しているためと考える。また、全体的には南下するにつれてその割合が減少する傾向にある。
- (2) 大都会と地方都市の違いに大きな差は見られないうえ、給湯用消費量にも基本的な変動は見られていない。
- (3) 那覇では、暖房が行われていないと仮定しているため、給湯用消費量のみである。



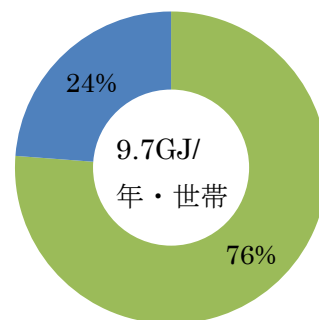
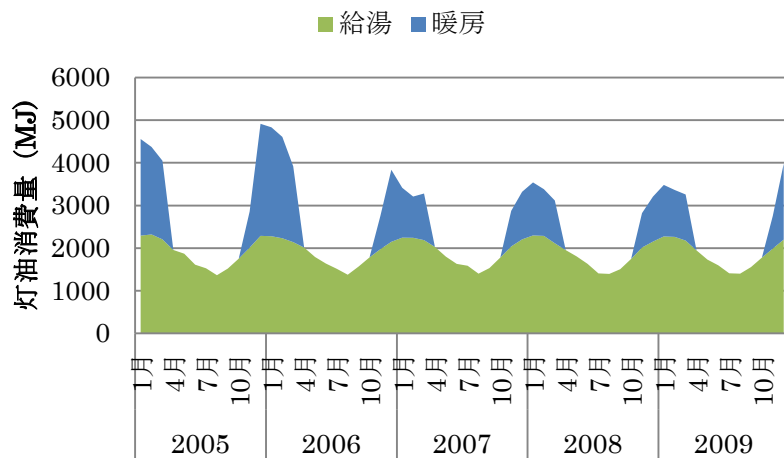
(a) 札幌



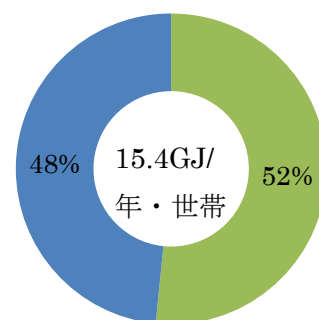
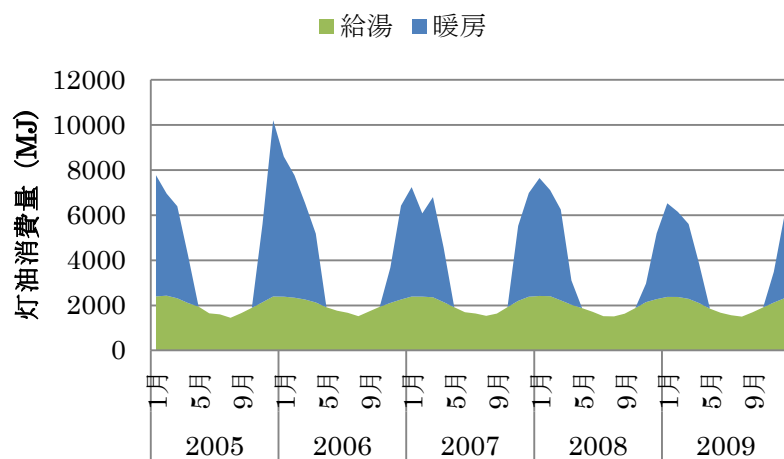
(b) 青森



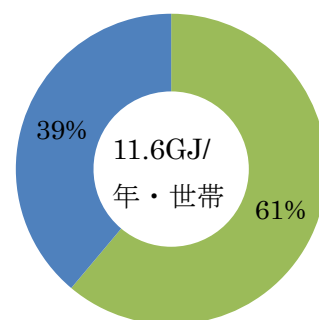
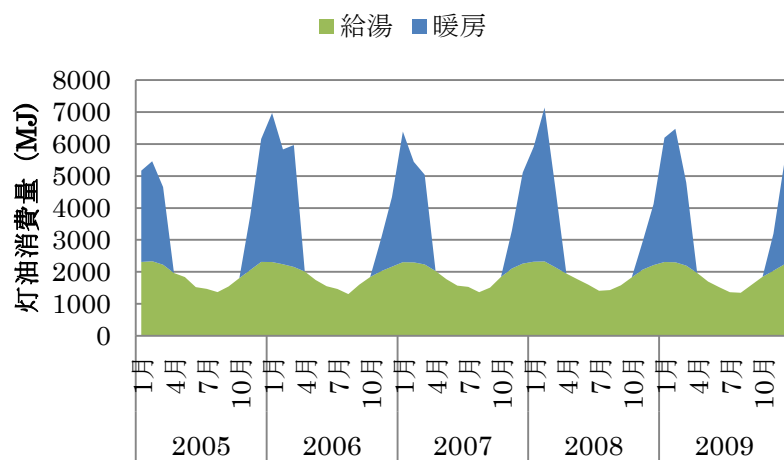
(c) 盛岡



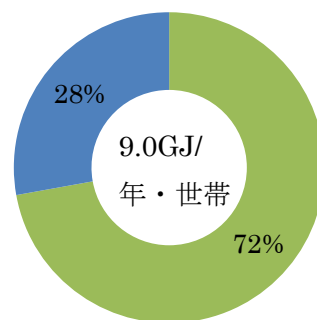
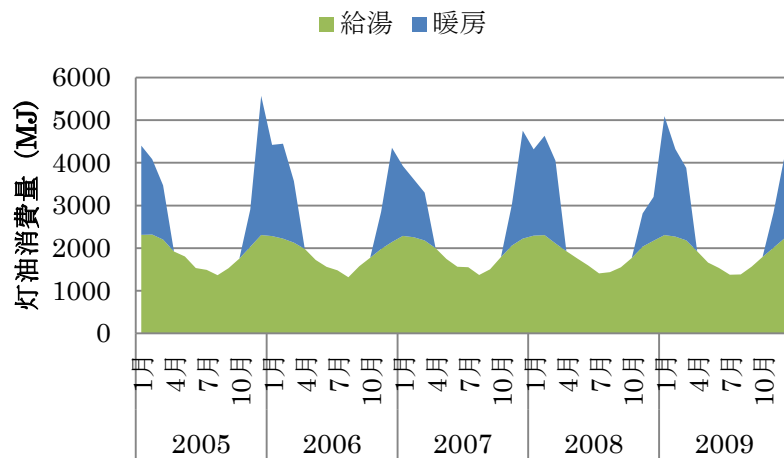
(d) 仙台



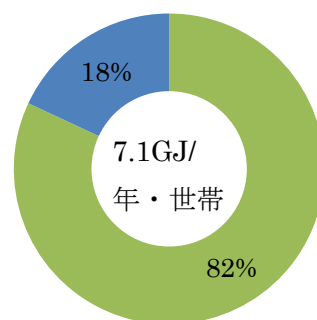
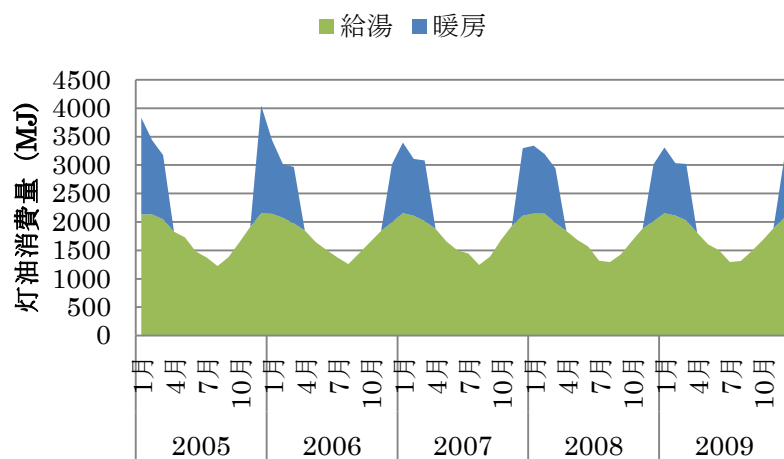
(e) 秋田



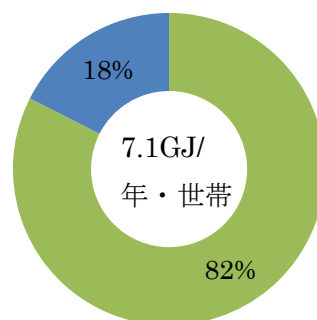
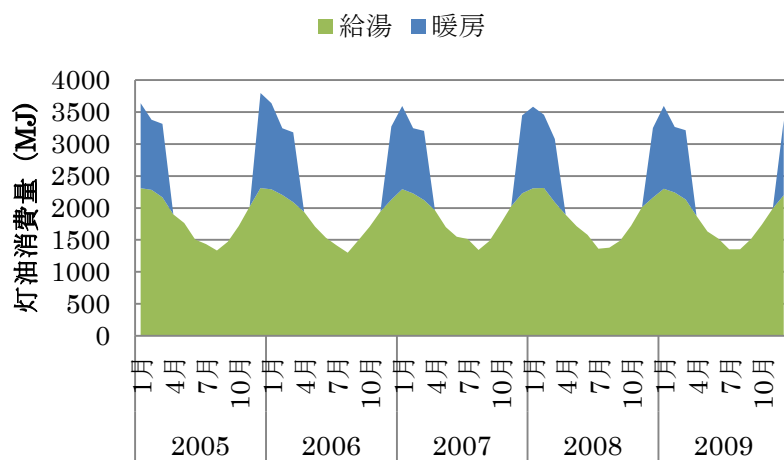
(f) 山形



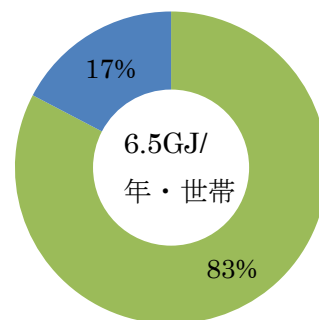
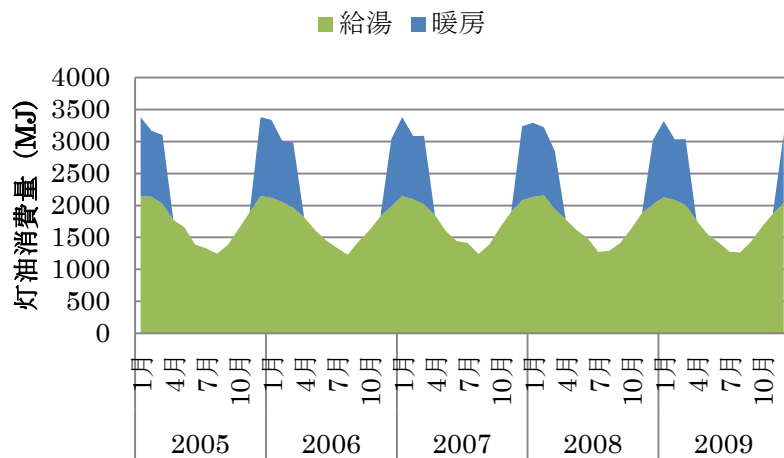
(g) 福島



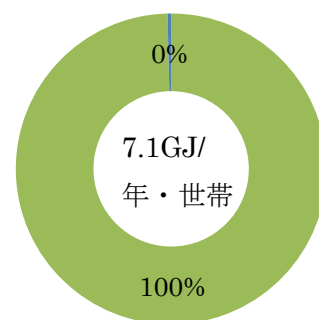
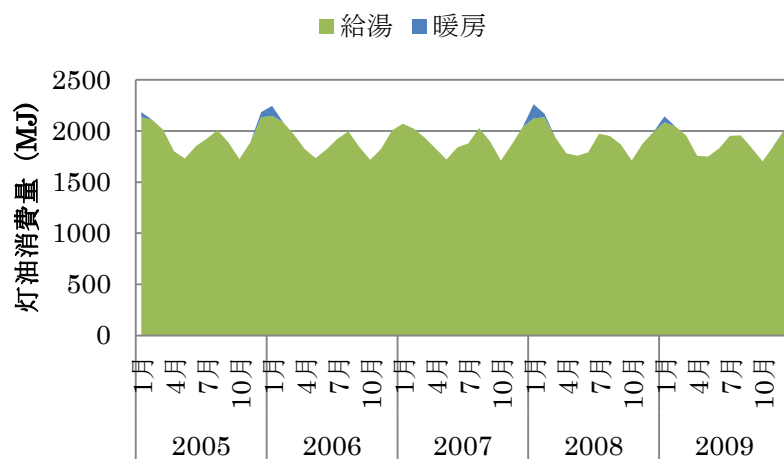
(h) 水戸



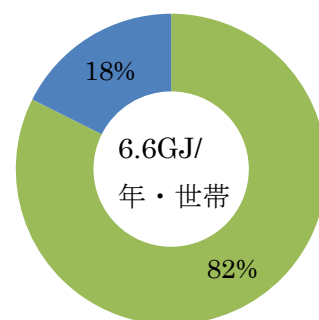
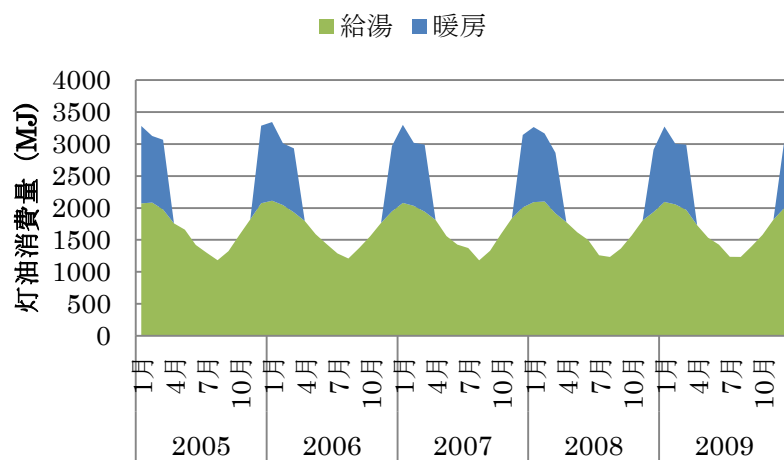
(i) 宇都宮



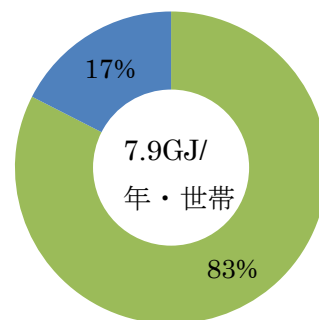
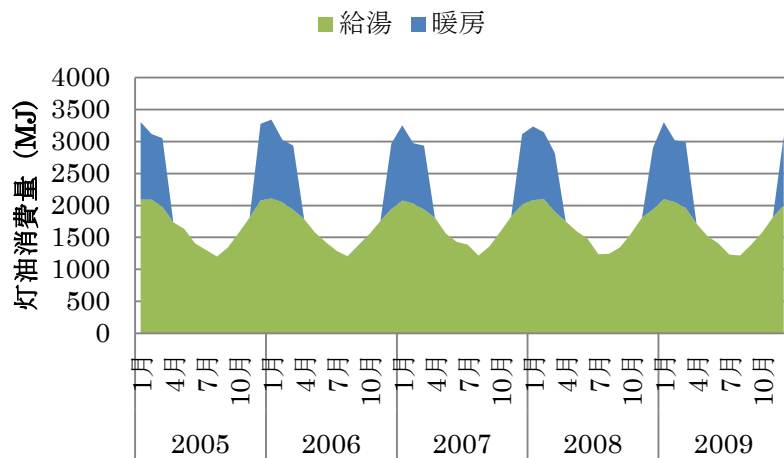
(j) 前橋



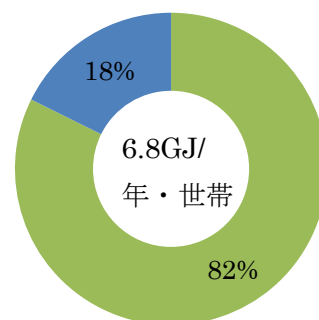
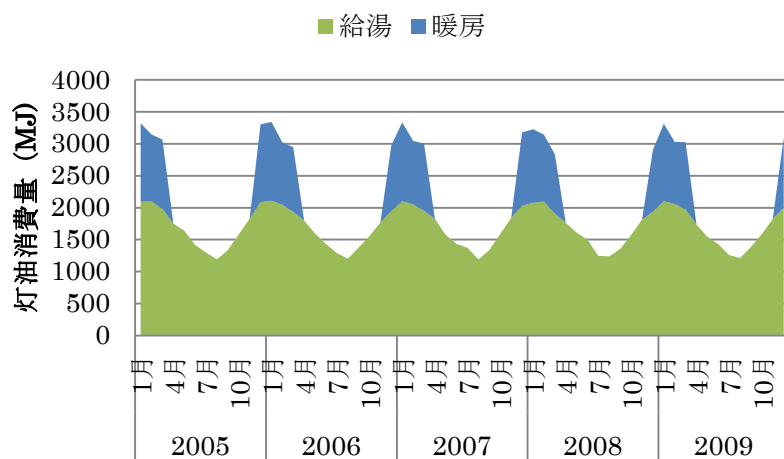
(k) さいたま



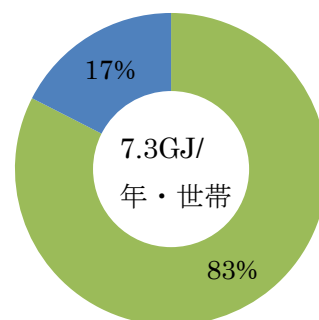
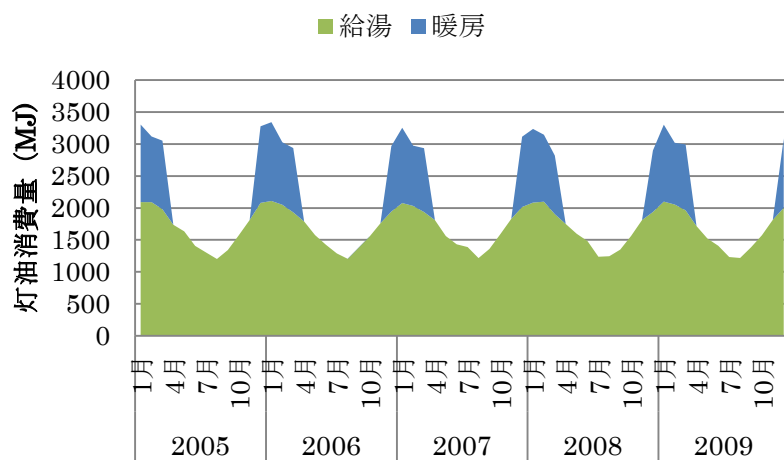
(l) 千葉



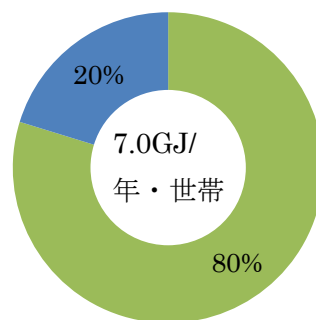
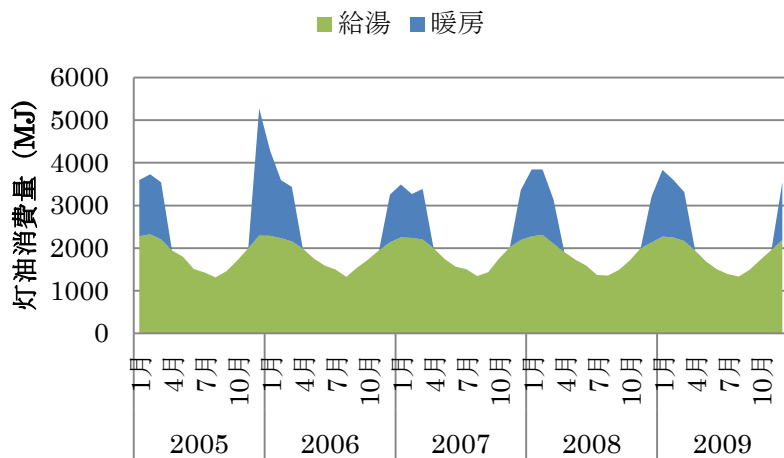
(m) 東京



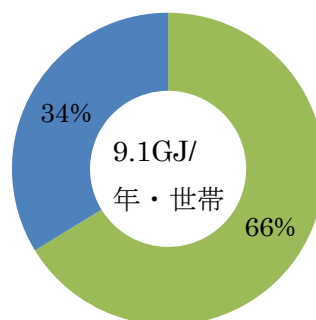
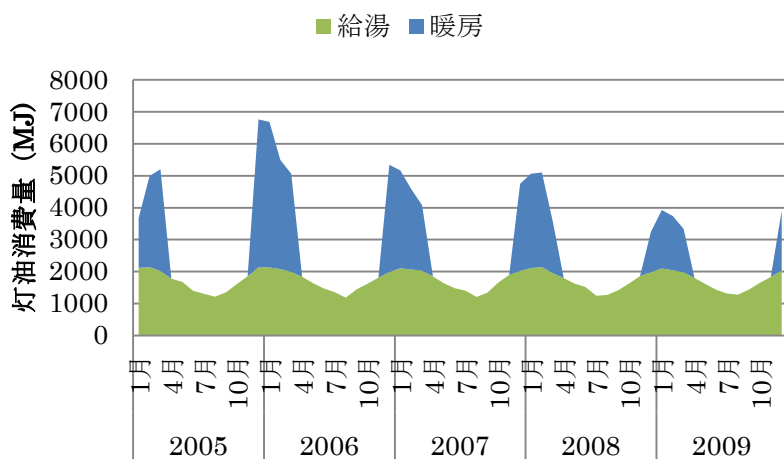
(n) 横浜



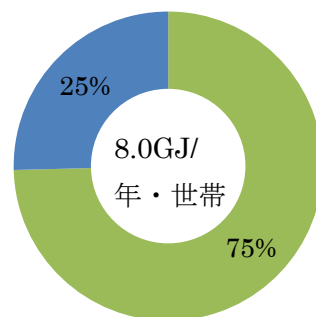
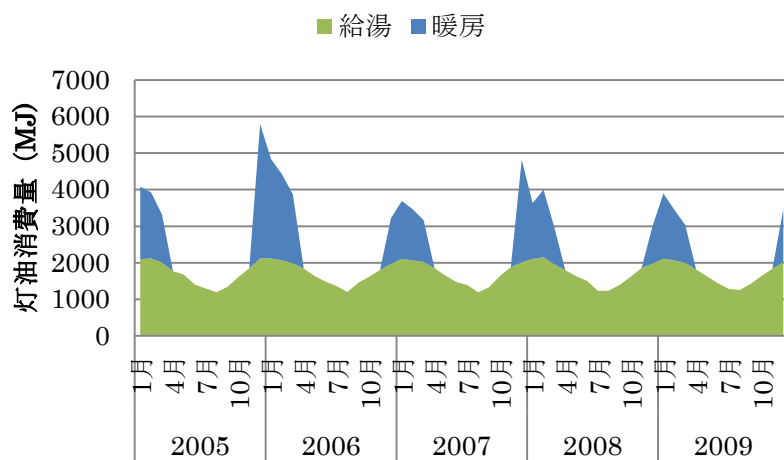
(o) 川崎



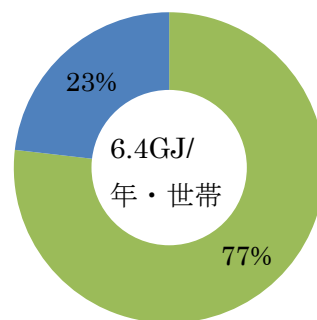
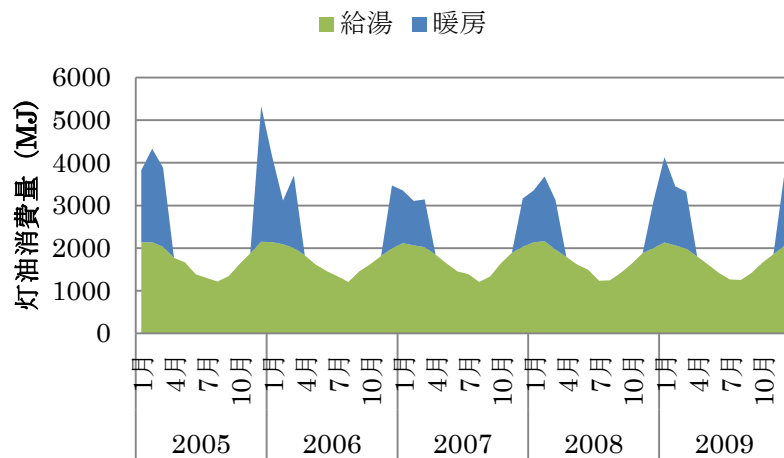
(p) 新潟



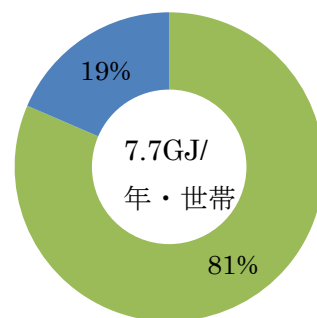
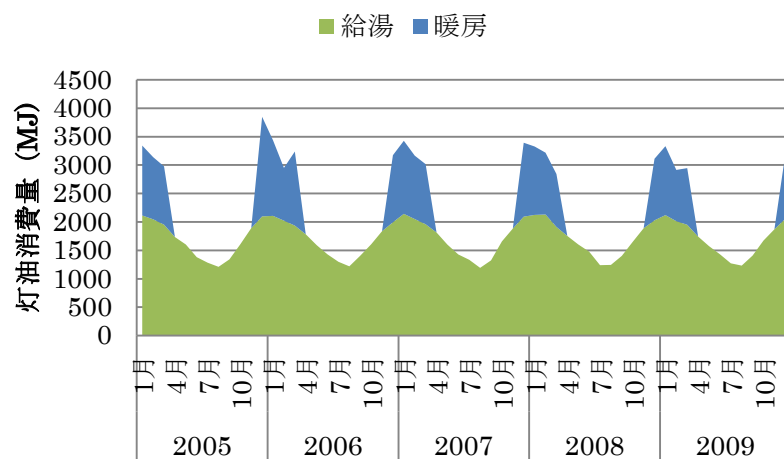
(q) 富山



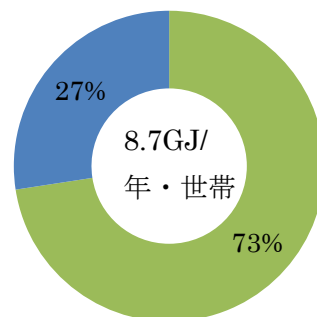
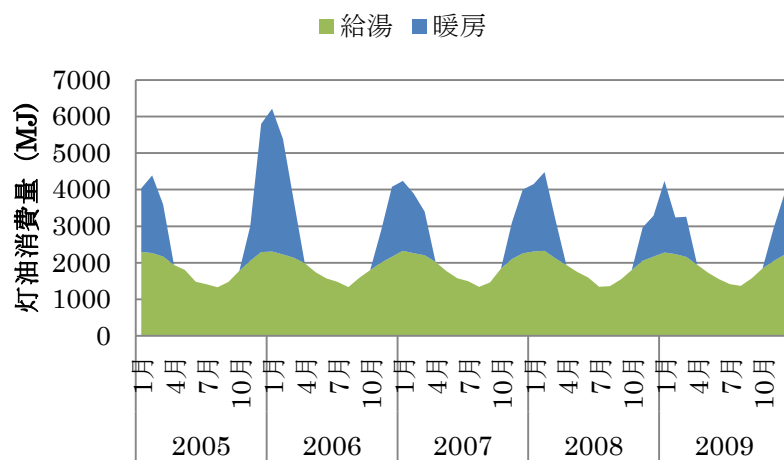
(r) 金沢



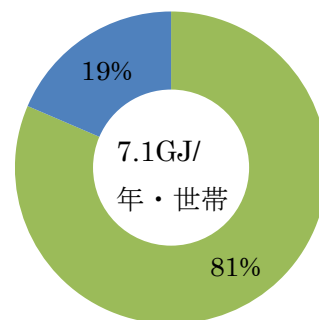
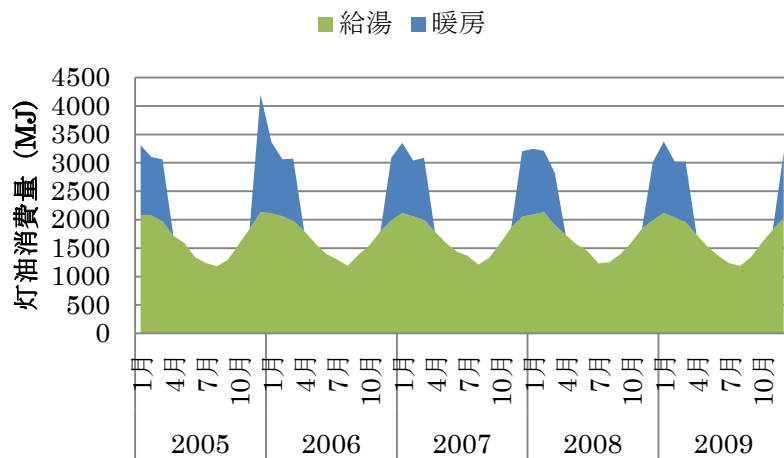
(s) 福井



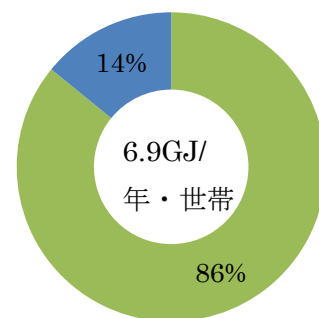
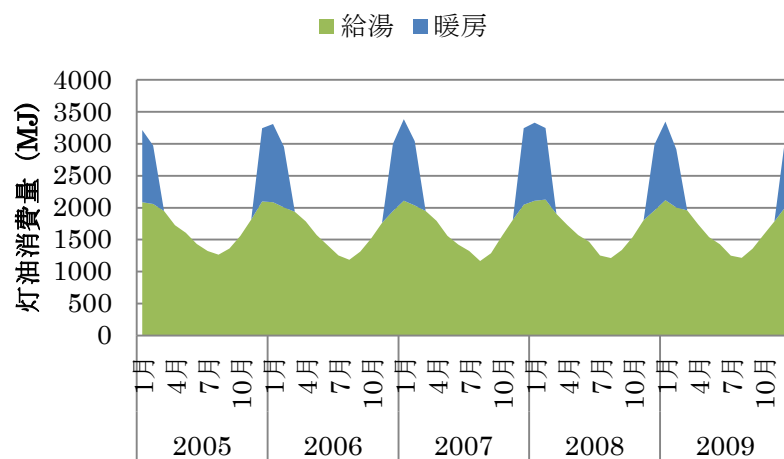
(t) 甲府



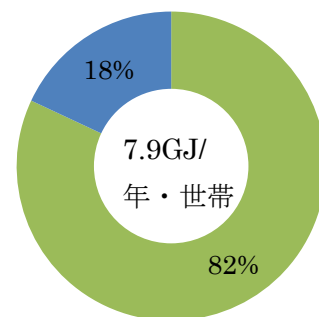
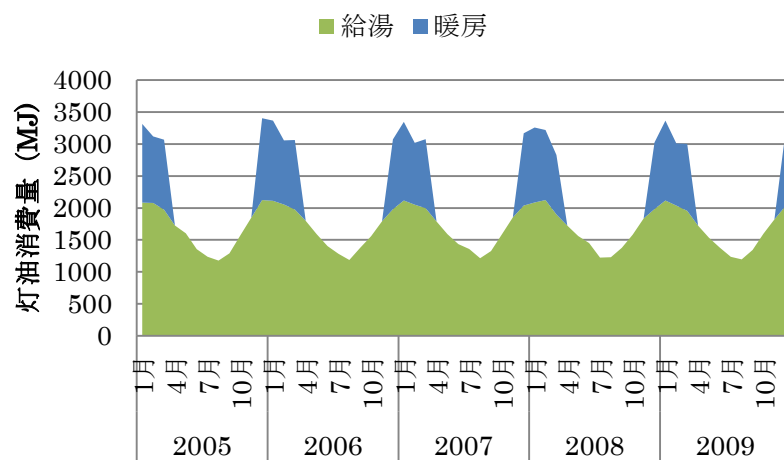
(u) 長野



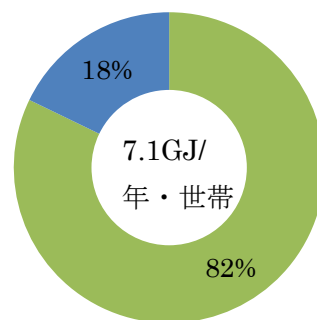
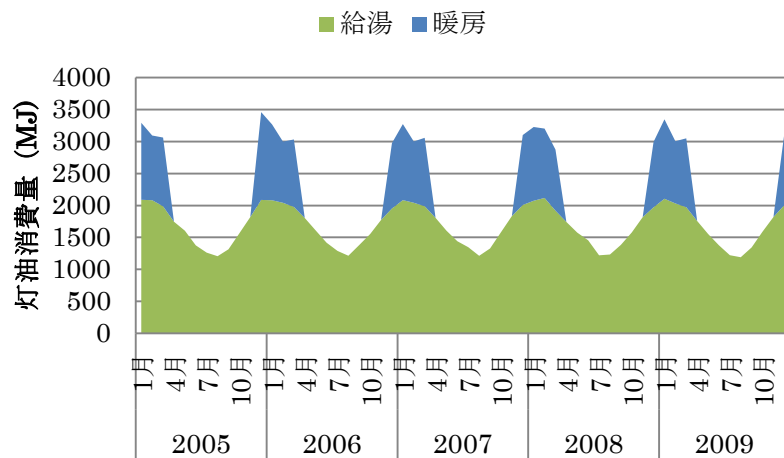
(v) 岐阜



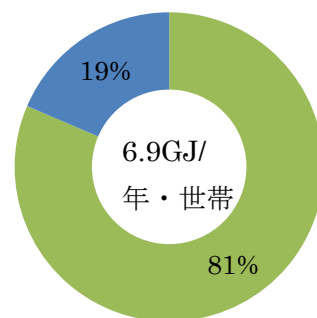
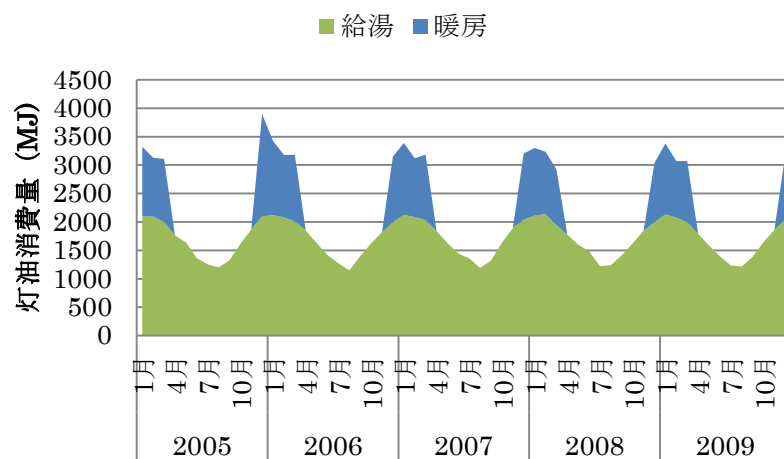
(w) 静岡



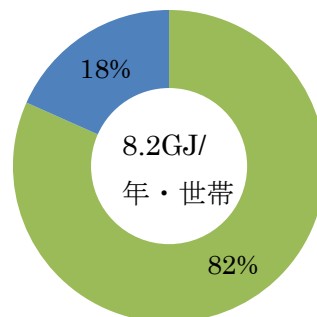
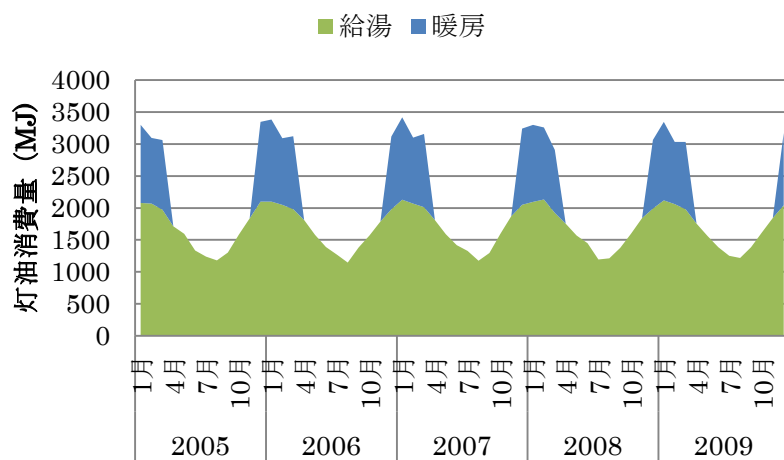
(x) 名古屋



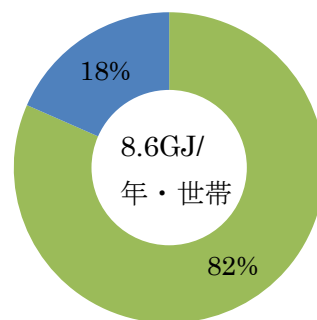
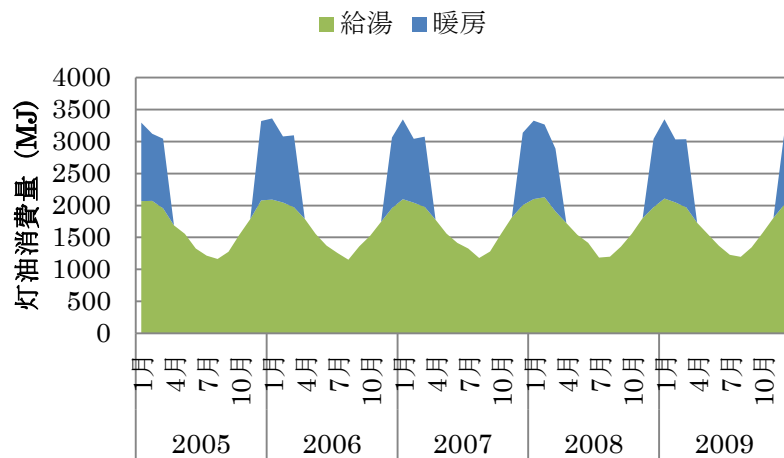
(y) 津



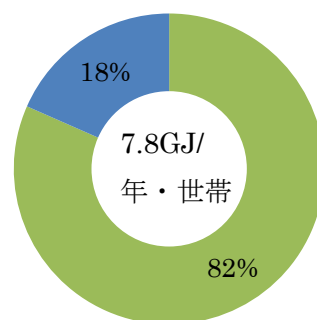
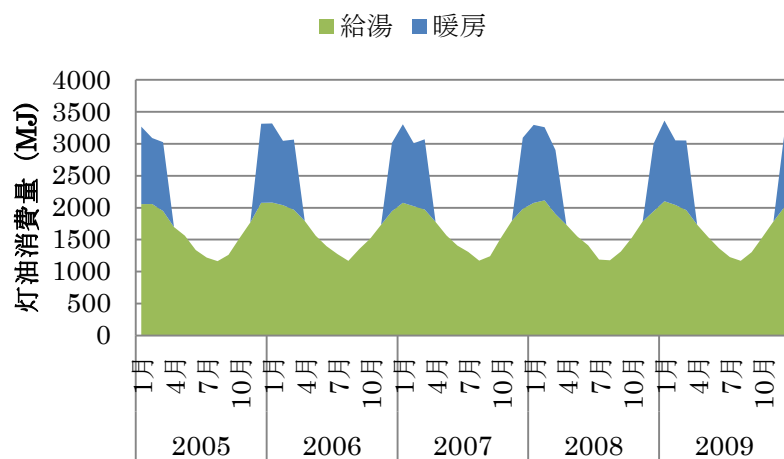
(z) 大津



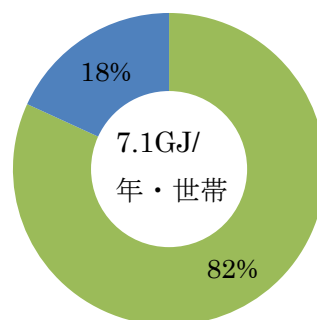
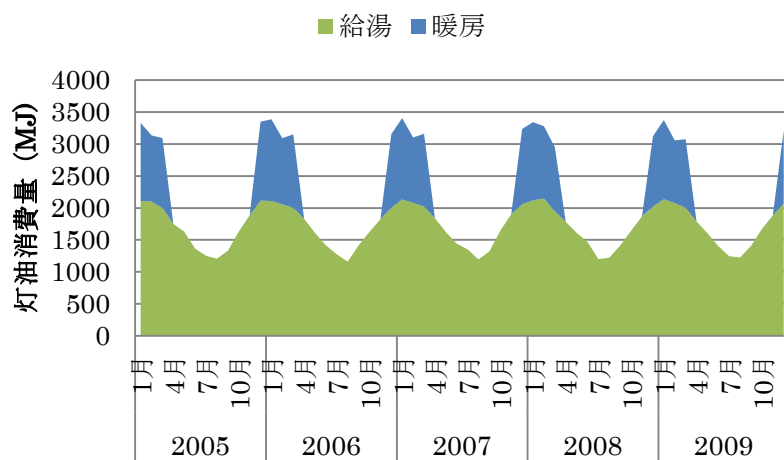
(aa) 京都



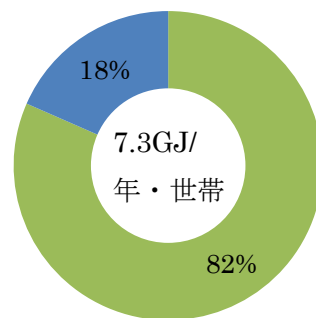
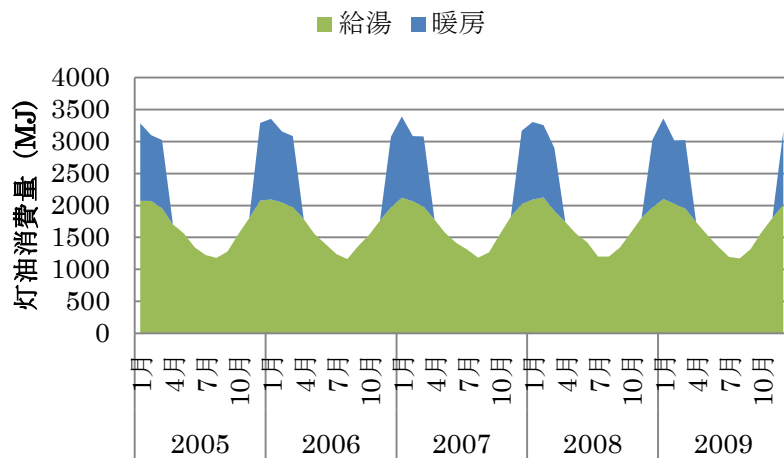
(ab) 大阪



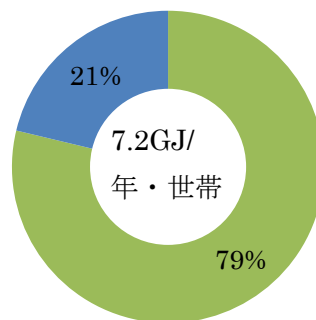
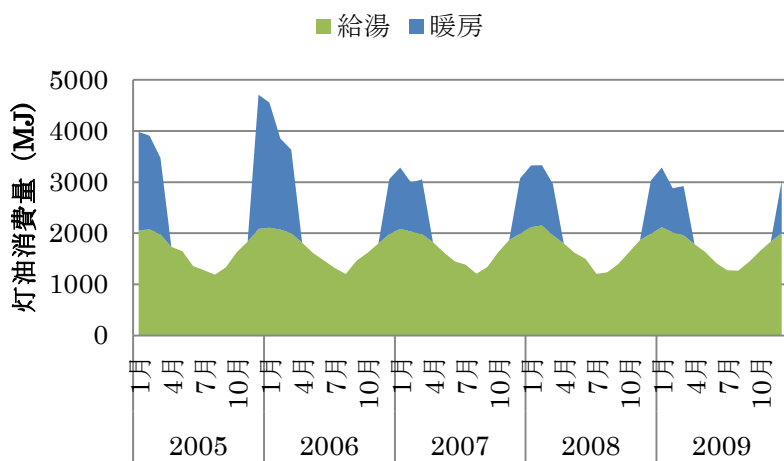
(ac) 神戸



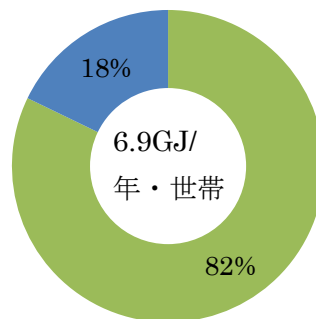
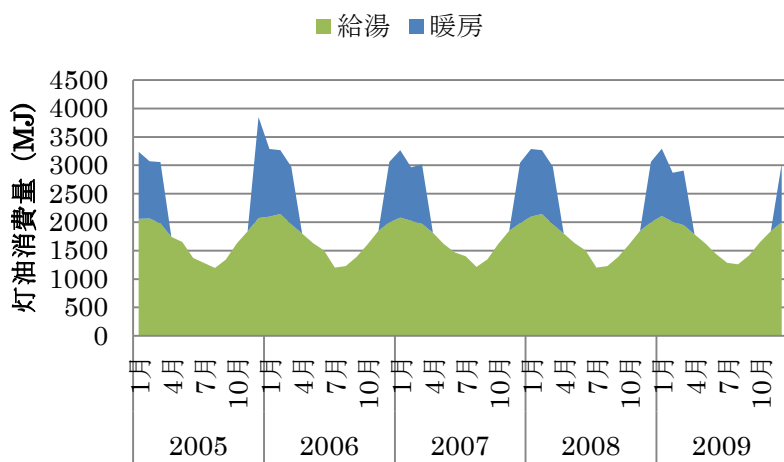
(ad) 奈良



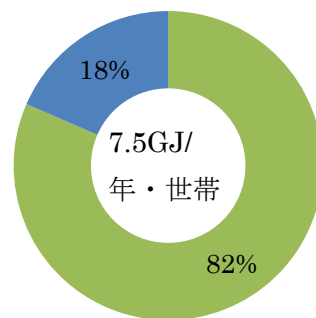
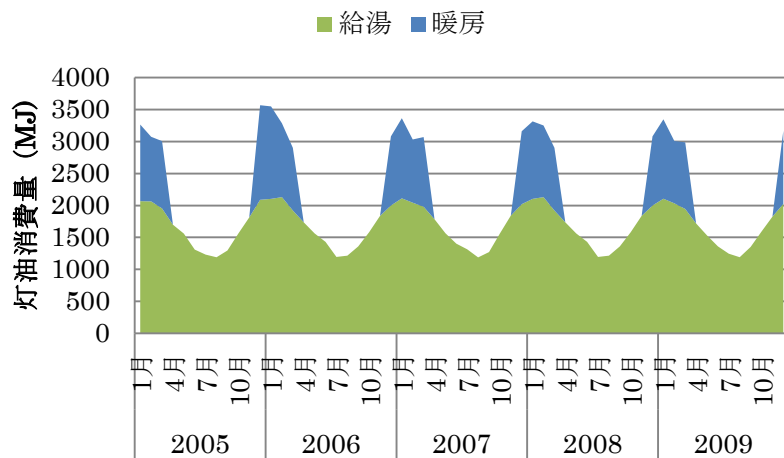
(ae) 和歌山



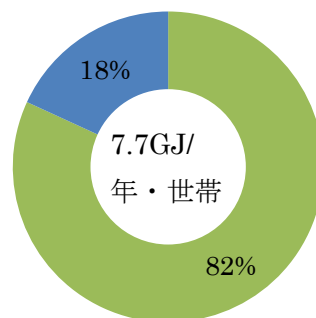
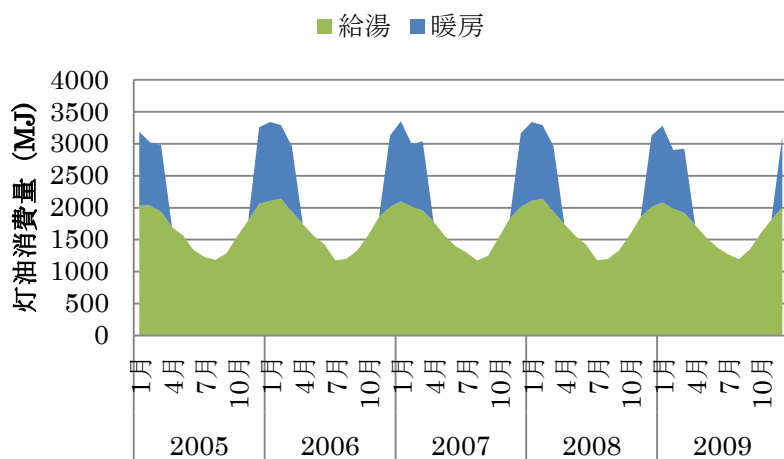
(af) 鳥取



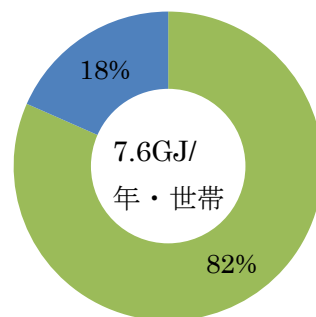
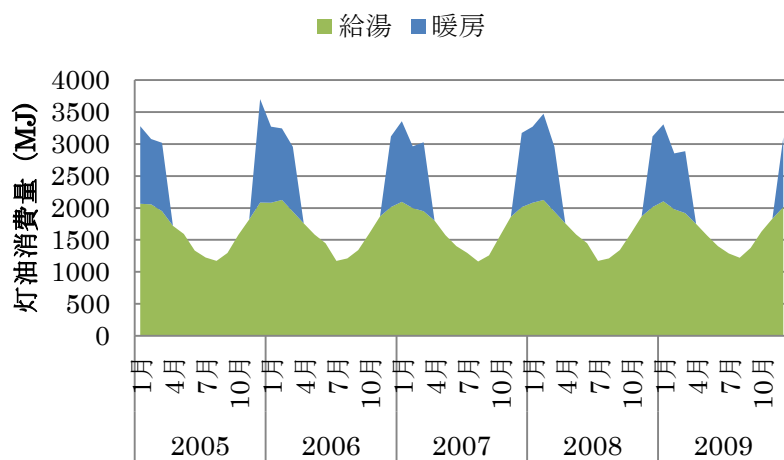
(ag) 松江



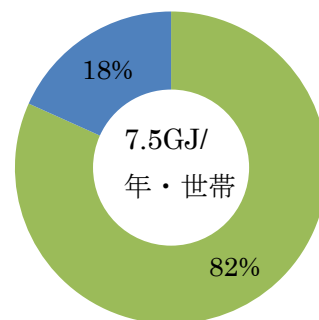
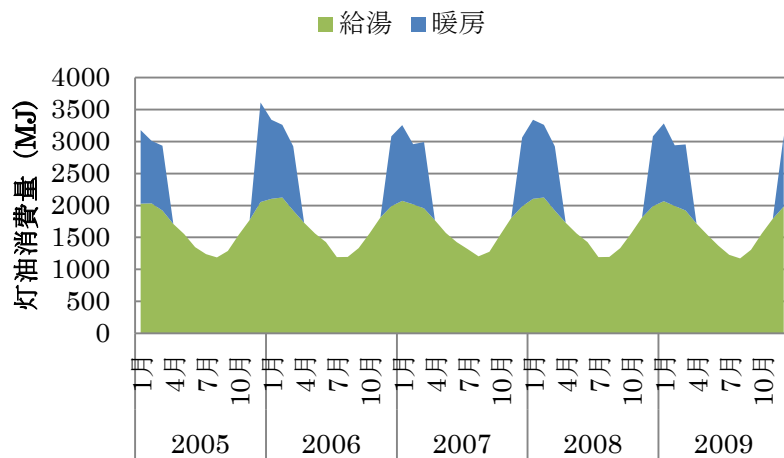
(ah) 岡山



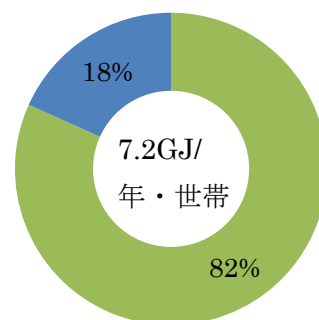
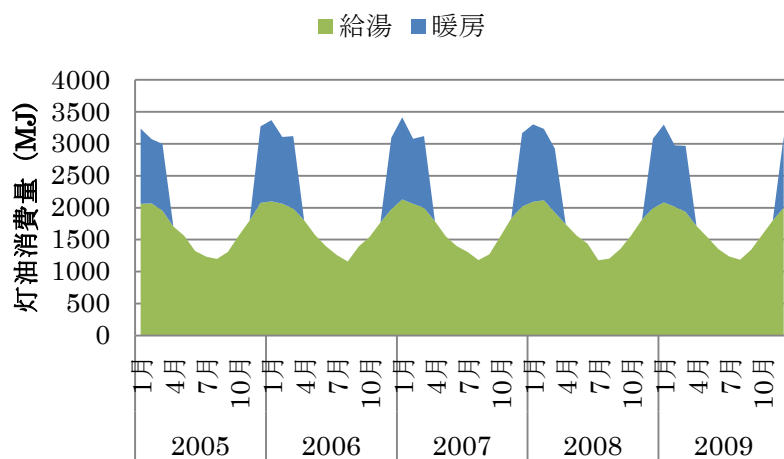
(ai) 広島



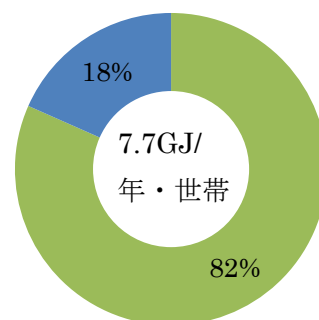
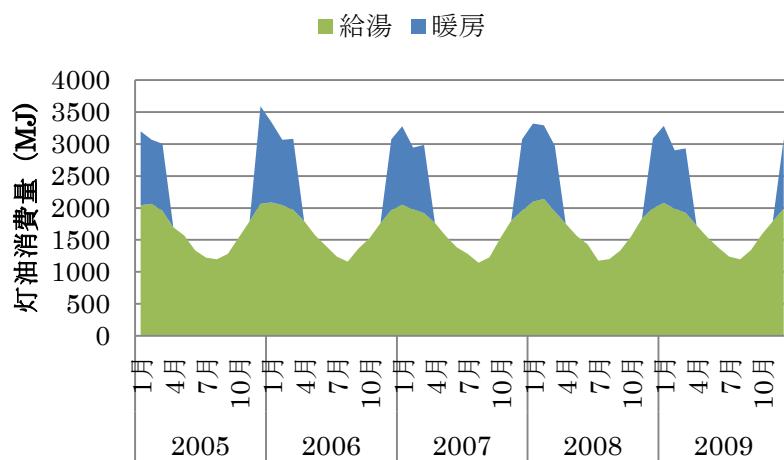
(aj) 山口



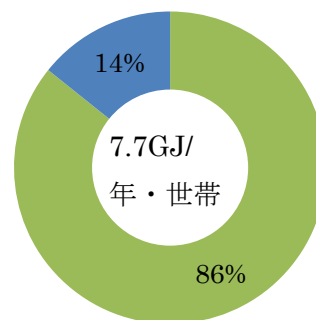
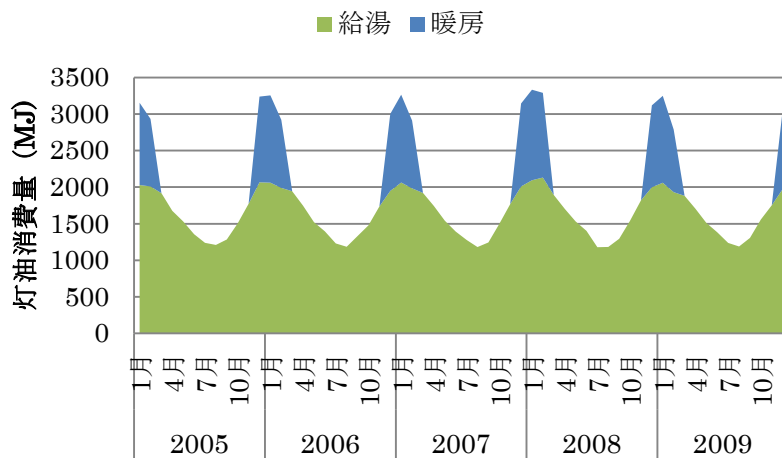
(ak) 徳島



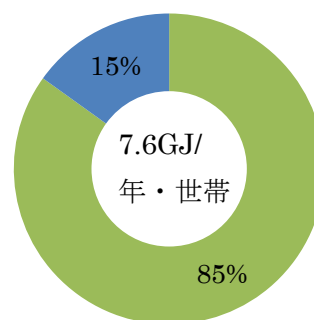
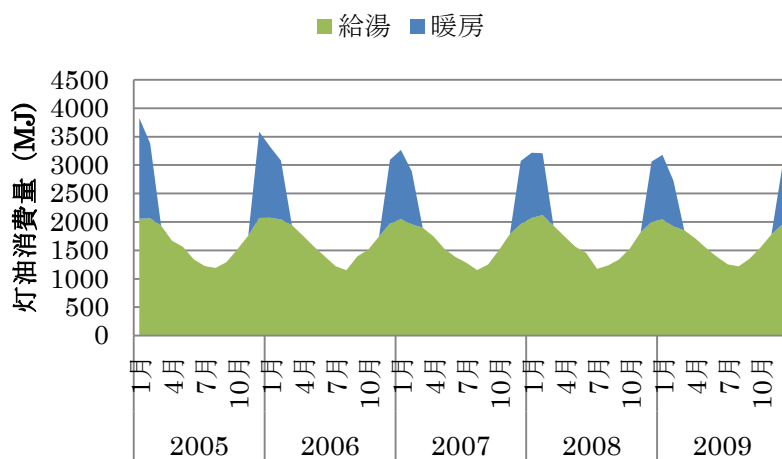
(al) 高松



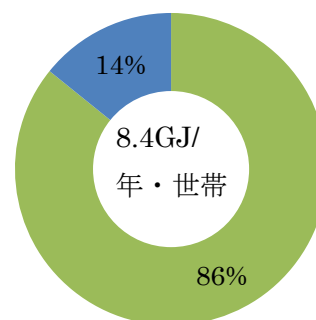
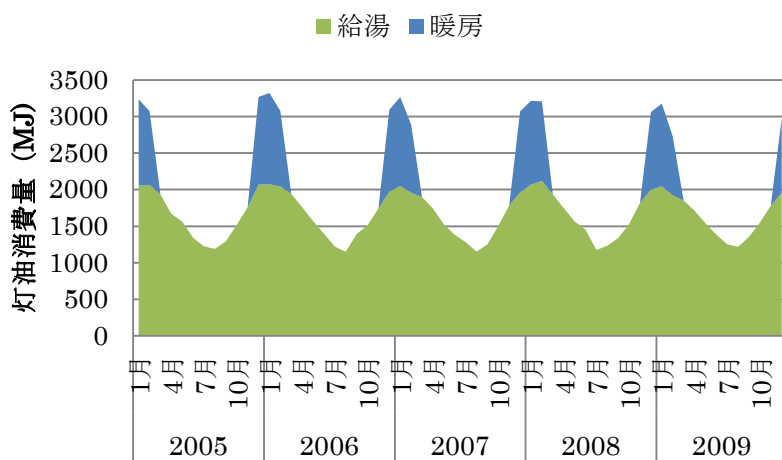
(am) 松山



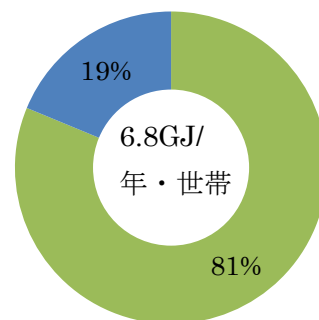
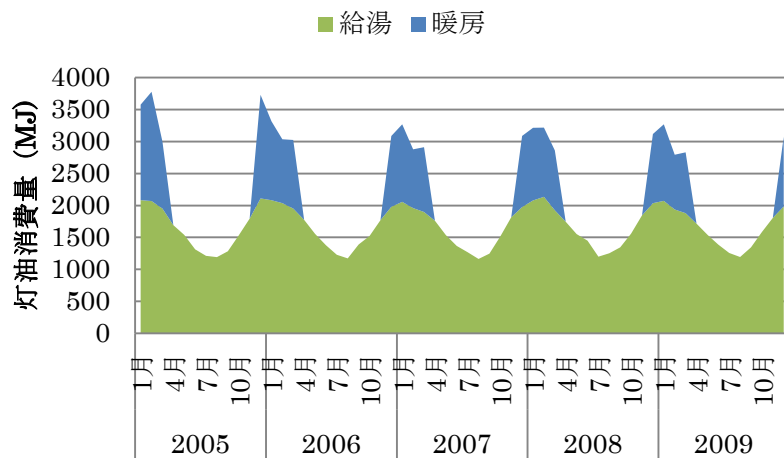
(an) 高知



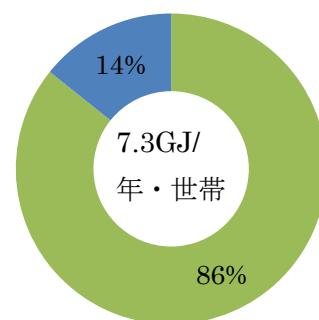
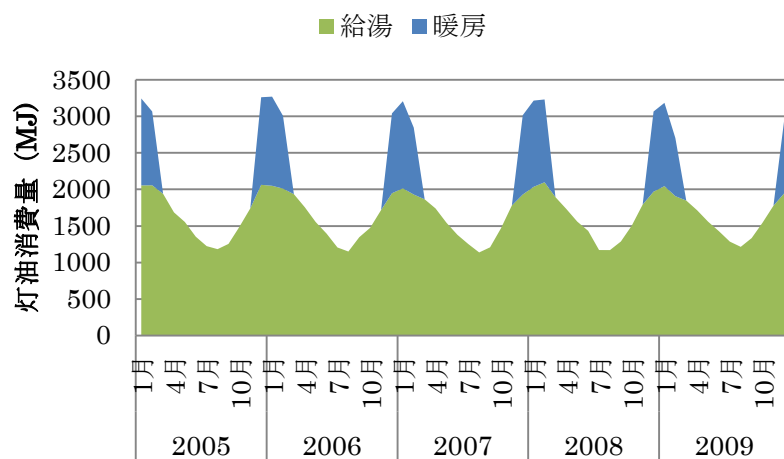
(ao) 北九州



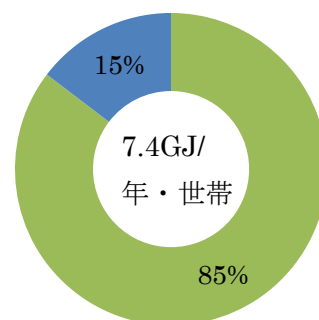
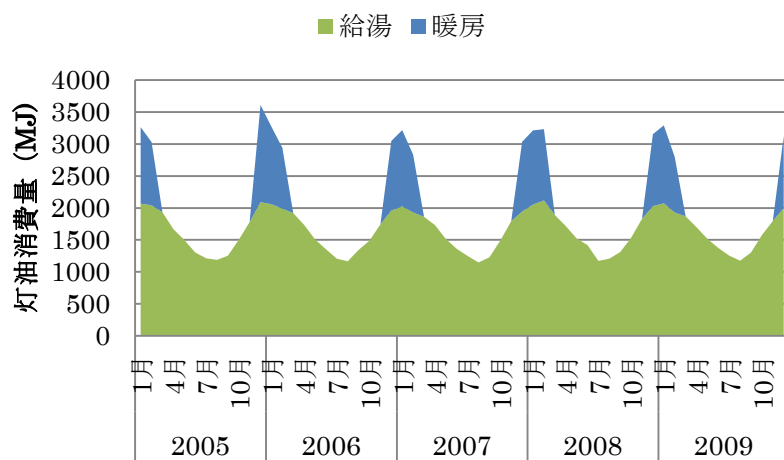
(ap) 福岡



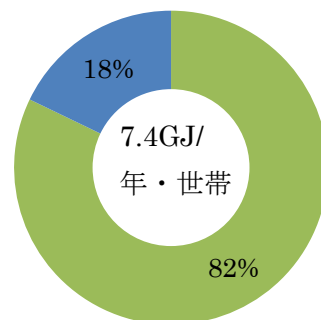
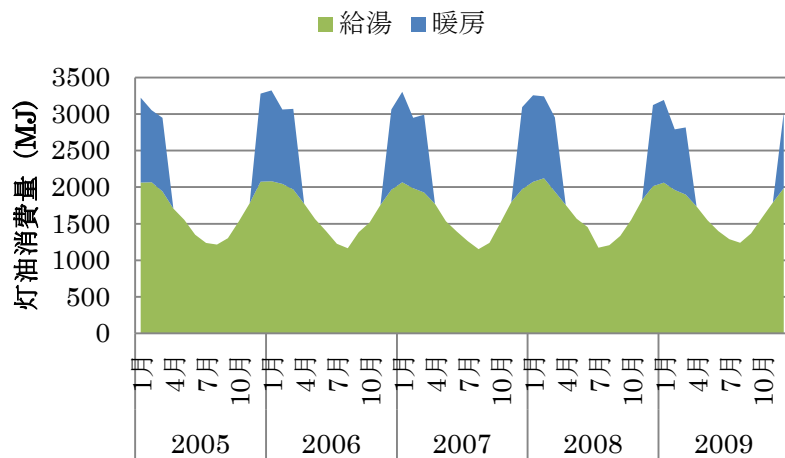
(aq) 佐賀



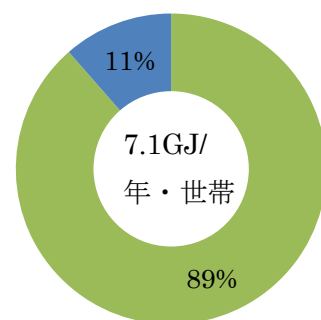
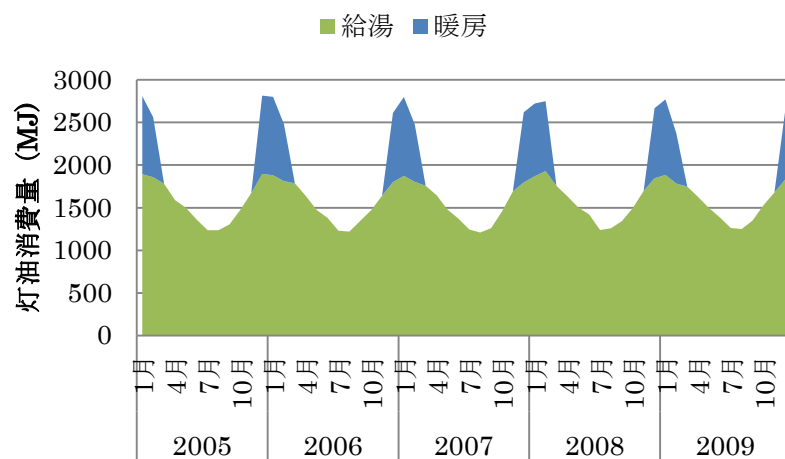
(ar) 長崎



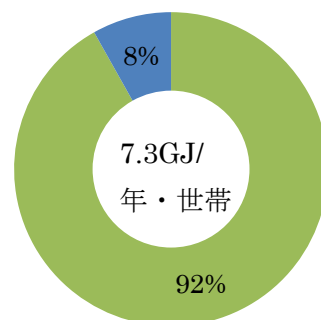
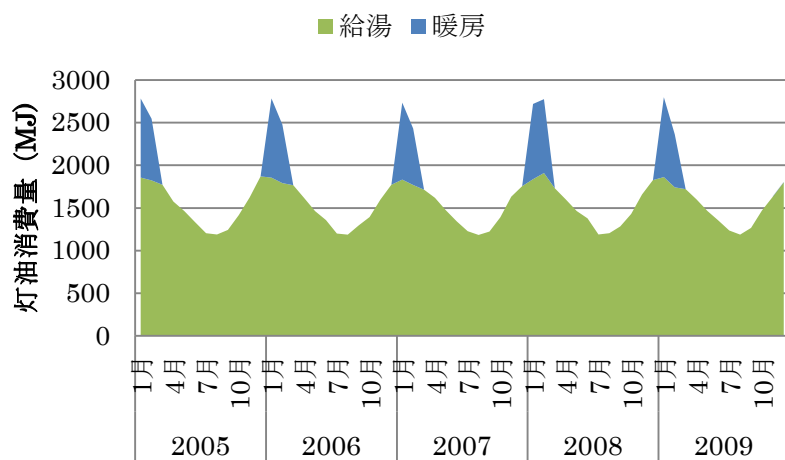
(as) 熊本



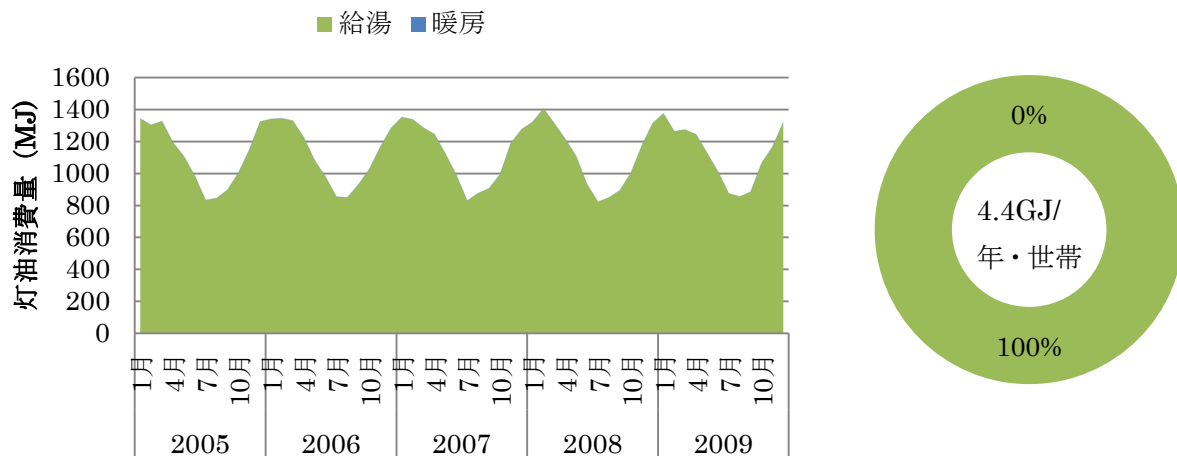
(at) 大分



(au) 宮崎



(av) 鹿児島



(aw) 那覇

図 4-5 用途別灯油消費量とその内訳

4.5 種類別と用途別エネルギー消費マトリックス

前章では、種類別エネルギー消費量について、本章 4.4 までは、用途別エネルギー消費量についてまとめている。ここでは、全国住宅における種類別と用途別のエネルギー消費構造を明らかにする。両エネルギー消費量の割合のマトリックスを表 4-5 に表し、図 4-6 に具現化する。なお、2005-2009 年における全国の住宅を対象にして平均化したものである。このマトリックスから分かることを以下に述べる。

- (1) 種類別エネルギー消費は、電力 53%、都市ガス 14%、プロパンガス 10%、灯油 23%であり、用途別エネルギー消費は、暖房用 17%、冷房用 2%、給湯用 39%、照明コンセント他 42%に分類される。
- (2) 照明・コンセント他による電力消費の割合がもっとも多く、42%を占める。以下灯油による給湯の 18%、都市ガスによる給湯の 11%の順となる。
- (3) 照明・コンセント他による電力消費割合 42%は多いため、家電や情報機器など更に具現化した消費構造分析が今後の課題とされる。
- (4) 冷房は、電力消費のみで 2%であった。
- (5) 給湯は、灯油消費の 18%が最も多く、以下、都市ガスの 11%、プロパンガスの 8%、電力の 3%の順に大きい。オール電化住宅の普及率は低い水準にあると予測できる。

表 4-5 全国の住宅におけるエネルギー消費量の割合 (%)

		種類別				
		電力	都市ガス	プロパンガス	灯油	合計
用途別	暖房	6	4	2	5	17
	冷房	2	0	0	0	2
	給湯	3	11	8	18	39
	照明・コンセント他	42	0	0	0	42
	合計	53	14	10	23	100

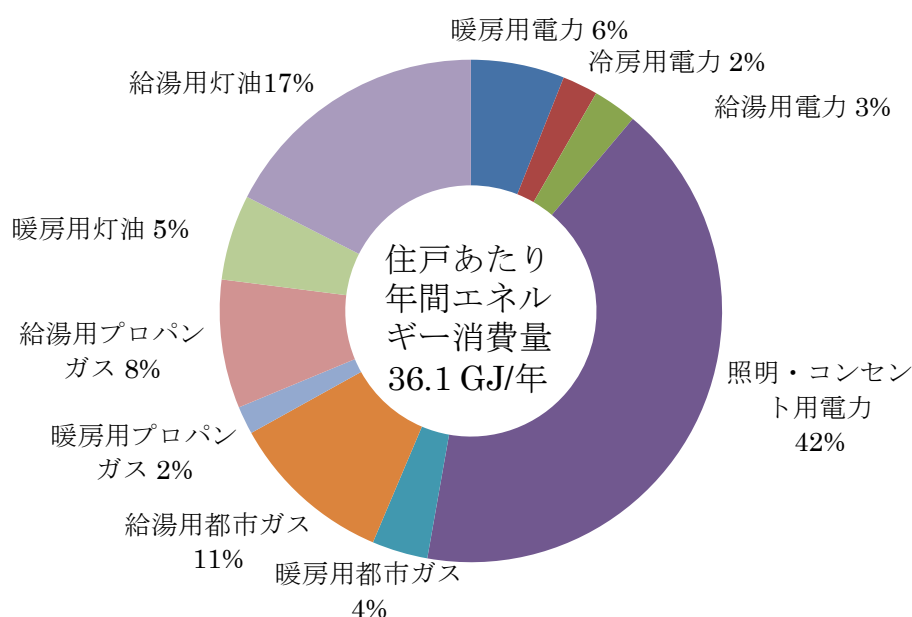


図 4-6 種類別、用途別エネルギー消費量の内訳

4.6 まとめ

本章では、前章で推計した種類別エネルギー消費量を暖房、冷房、給湯、照明・コンセント・その他の4用途に分別したものをまとめた。エネルギー消費構造の分析を目的とした基礎的資料を49都市分作成し、2005-2009年のエネルギー消費量の動態を明らかにした。また、本章の結果から分かったことを以下に述べる。

- (1) 電力消費については、照明・コンセント・その他による電力消費の割合は66-86%となっており、温暖地であるほど、その割合が増加する傾向にある。北海道と本州では、暖房による電力消費の割合は10-20%となっているが、九州地方では10%以下になる。那覇に関しては、暖房期がないと仮定したことにより、暖房用電力消費量はみられない。北海道では、冷房による電力消費の割合はほとんどない。那覇を除く場合、全体の電力消費割合の8%以下になる。

- (2) 都市ガスの消費に関しては、給湯用消費の割合において、北海道・東北地方は 17-44%、北陸・信越地方は 19-37%であることが分かる。これは、全体の都市ガス消費量の 4/6-5/6 程度消費されていることがほとんどである。給湯負荷は、季節変化があるものの、1 年中存在するに対して、当然のことながら暖房負荷が冬季のみである。ほとんどの都市においては、給湯用消費の割合が大きく、暖房用消費の割合が小さくなる。
- (3) プロパンガスの消費に関しては、近年になるにつれて、プロパンガス消費量が減少している地域が所々みられている。気温変動とこれに伴う水道水温の影響、すなわち地球温暖化が原因と考えられる。また、給湯用消費の割合が大きい地点が多い。那覇では、暖房を行わないと仮定しているため、給湯用消費量のみである。さらに、札幌の暖房用消費量の経年変化が蟹鉋の形状としてみられ、灯油消費量に依存する季節的要因が考えられている。
- (4) 灯油に関しては、暖房用消費の割合は、北海道・東北地方は 28-56%、北陸・信越地方は 20-34%、九州地方は 8-19%、那覇は 0%、これらを除く地域のほとんどが 14-21%であり、南下するにつれてその割合が減少する傾向にある。那覇では、暖房が行われていないと仮定しているため、給湯用エネルギー消費量のみである。
- (4) 全国住宅における種類別、用途別のエネルギー消費構造を明らかにした。種類別エネルギー消費は、電力 53%、都市ガス 14%、プロパンガス 10%、灯油 23%であり、用途別エネルギー消費は、暖房用 17%、冷房用 2%、給湯用 39%、照明コンセント他 42%であることが分かった。なかでも、照明・コンセント他による電力消費の割合がもっとも多く、42%を占めている。以下灯油による給湯の 18%、都市ガスによる給湯の 11%の順となっている。

本章の参考文献

- 1) 福代和宏：西瀬戸 5 都市家庭部門における 2000 年代のエネルギー・水道水消費量, 空気調和・衛生工学会論文集 (171), 9-22, 2011-06-05
- 2) 国土交通省気象庁：気象統計情報
- 3) 岩本静男他：配水管・給水管内水温の予測法に関する研究：第 2 報・浄水場水温の分析と簡易予測法, 空気調和・衛生工学会論文集 (112), 33-39, 2006-07-05
- 4) 総務省統計局：国勢調査
- 5) 水谷 傑 他：住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究：アンケート調査に基づく分析, 日本建築学会環境系論文集 (609), 117-124, 2006-11-30
- 6) 給湯設備のエネルギー消費量に関する評価方法：
http://ees.ibec.or.jp/documents/img/kaisetsu200903_06_kyuutou.pdf
- 7) 総務省統計局：社会・人口統計体系 (2008)
- 8) 総務省統計局：家計調査
- 9) 三浦秀一：全国の住宅における用途別エネルギー消費と地域特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 510, (1998), 77-83.
- 10) 三浦秀一：全国都道府県庁所在都市の住宅におけるエネルギー消費と CO2 排出量の推移に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 528, (1998), 75-82.
- 11) 総務省統計局：平成 20 年度住宅・土地統計調査

第5章 結論

第1章では、本研究の背景、目的、既往研究について述べた。

第2章では、まず、シミュレーションの対象住宅として集合住宅と戸建住宅のモデルを想定し、外壁及び屋根の断熱仕様と窓ガラスの層数を変化させ、25都市における年間冷暖房負荷をシミュレーションによって求めた。さらに、暖房ディグリーデー、冷房ディグリーアワー、日射量、熱損失係数、日射熱取得率をパラメータとして年間冷暖房負荷の推定式を求め、推定精度について検討した。

第2章で得られた結論は、以下の通りである。

- (1) シミュレーションの結果に基づいて年間暖冷房負荷の簡易推定式を作成した。
- (2) 暖房ディグリーデー、暖房期日射量、有効放射量、熱損失係数、日射熱取得係数をパラメータとした年間暖房負荷の推定式は、十分な精度を有する。
- (3) 冷房ディグリーアワー、冷房期日射量、熱損失係数 ($\text{W/m}^2\text{C}$)、冷房温度 26°C の冷房ディグリーアワー、日射取得係数、室温が 26°C 、相対湿度 50% のときの室内外絶対湿度差 (g/kg) をパラメータとした年間冷房負荷の推定式は、十分な精度を有する。

第3章では、民生用エネルギー消費構造を分析するための基礎資料として、電力と都市ガスとプロパンガスおよび灯油の種類別エネルギー消費量を家計調査と小売物価統計調査に基づいて推計した。第3章で得られた結論は、以下の通りである。

- (1) 1世帯と1か月あたりの電力消費量は、1500-2500MJ ($417\text{-}694 \text{ kW}\cdot\text{h}$) 程度となっている。また、札幌においては、電力消費量の夏季のピークが小さく、冬季のピークが大きい。すなわち、冷房用電力消費量が少なく、暖房用電力消費量が多いことを示唆している。さらに、那覇においては、電力消費量のピークは夏季にあり、冷房用電力消費量が大きいことを意味している。一方、他都市では、電力消費量に夏季と冬季の2つのピークがあり、それぞれ冷房と暖房電力消費を表している。
- (2) 各都市における全体消費量において、北海道・東北地方の電力の消費割合は 21-29%、北陸・信越地方は 28-39%、北関東を含む関東地方は 31-34%、中部・近畿地方は 34-36%、中国・四国地方は 31-34%、九州地方は 31-35%、那覇は 41% であり、各都市において全体消費量の 30% 程度が消費されていることが分かる。電力消費の割合が最大であったのは、那覇の 41% である。
- (3) ガス全体を見ると、東京をはじめとする関東圏、政令指定都市における都市ガスの割合が多く、大都会以外の地方都市、四国、九州地方では都市ガスの消費割合が少ない。大都会であるほど都市ガスが普及していることがわかる。
- (4) 都市ガスとは逆に地方都市であるほどプロパンガスの消費割合が大きい。
- (5) ガス消費において、中国地方に着目すると瀬戸内海に面する県は、都市ガスの消費割合が大きい、反対側にあたる日本海に面する県の場合、プロパンガスの消費割合が大きいことが分かり、気候特性とその地域における住民の生活リズムの違いが影響していると思われる。

- (6) 北海道と東北および北陸・信越地方の寒冷地では、灯油の消費量が多い。全体消費量の 39-54%であることが分かる。本章の推計によれば、最も消費割合が大きいのは青森の 54%である。これらの地域では、灯油が重要な暖房熱源であることを示唆している。
- (7) 北関東を含む関東地方の灯油の消費割合は 28-31%、北陸・信越地方は 27-35%、中部・近畿地方は 29-32%、中国・四国地方は 28-35%、九州地方は 30-32%、沖縄は 27%であることが分かる。

第 4 章では、第 3 章で推計した種類別エネルギー消費量を暖房と冷房と給湯および照明・コンセント・その他の 4 用途に分別したものをまとめた。エネルギー消費構造の分析を目的とした基礎的資料を 49 都市分作成し、2005-2009 年のエネルギー消費量の動態を明らかにした。

- (1) 電力消費については、照明・コンセント・その他による電力消費の割合は 66-86%となっており、温暖地であるほど、その割合が増加する傾向にある。北海道と本州では、暖房による電力消費の割合は 10-20%となっているが、九州地方では 10%以下になる。那覇に関しては、暖房期がないと仮定したことにより、暖房用電力消費量はみられない。北海道では、冷房による電力消費の割合はほとんどない。那覇を除く場合、全体の電力消費割合の 8%以下になる。
- (2) 都市ガスの消費に関しては、給湯用消費の割合において、北海道・東北地方は 17-44%、北陸・信越地方は 19-37%であることが分かる。これは、全体の都市ガス消費量の 4/6-5/6 程度消費されていることがほとんどである。給湯負荷は季節変化があるものの、1 年中存在するに対して、当然のことながら暖房負荷が冬季のみである。ほとんどの都市においては、給湯用消費の割合が大きく、暖房用消費の割合が小さくなる。
- (3) プロパンガスの消費に関しては、近年になるにつれて、プロパンガス消費量が減少している地域が所々みられている。気温変動とこれに伴う水道水温の影響、すなわち地球温暖化が原因に考えられる。また、給湯用消費の割合が大きい地点が多い。那覇では、暖房を行わないと仮定しているため、給湯用消費量のみである。さらに、札幌の暖房用消費量の経年変化が蟹鉋の形状としてみられ、灯油消費量に依存する季節的要因が考えられている。
- (4) 灯油に関しては、暖房用消費の割合は北海道・東北地方は 28-56%、北陸・信越地方は 20-34%、九州地方は 8-19%、那覇は 0%、これらを除く地域のほとんどが 14-21%であり、南下するにつれてその割合が減少する傾向にある。那覇では、暖房が行われていないと仮定しているため、給湯用エネルギー消費量のみである。
- (5) 全国住宅における種類別および用途別のエネルギー消費構造を明らかにした。種類別エネルギー消費は、電力 53%、都市ガス 14%、プロパンガス 10%、灯油 23%であり、用途別エネルギー消費は、暖房用 17%、冷房用 2%、給湯用 39%、照明コンセント他 42%であることが分かった。なかでも、照明・コンセント他による電力消費の割合がもっとも多く、42%を占めている。以下灯油による給湯の 18%、都市ガスによる給湯の 11%の順となっている。

謝辞

本研究の遂行と修士論文の取りまとめにあたり、筑波技術大学大学院産業技術学専攻 張晴原 教授には、指導教官としてご指導ご鞭撻を賜りました。筑波技術大学大学院産業術学専攻 岡田昌章 教授にはお忙しい中、修士論文の審査及び貴重なご指導とご助言を頂きました。筑波技術大学大学院産業術学専攻 藤澤正視 教授には、修士論文の審査のみならず、学習面と生活面においても、ご指導とご鞭撻を頂きました。ここに、厚く謝意を表します。