

家庭用燃料電池を用いた関西電力管内における 一次エネルギー削減効果に関する研究

T10K679A
指導教員

鈴木麻衣子
赤林伸一教授

IT化による電力需要の増加や東日本大震災の影響による電力不足により、住宅においても電力消費の抑制が求められている。

2014年1月時点で、日本国内ではベース電力の大半を賄っていた原子力発電所が全面停止しており、これを代替する電源を検討することは重要な課題である。

代替電源として家庭用燃料電池コージェネレーションシステム（以下家庭用FCCGS）による自家発電の導入が考えられる。

燃料電池ユニット

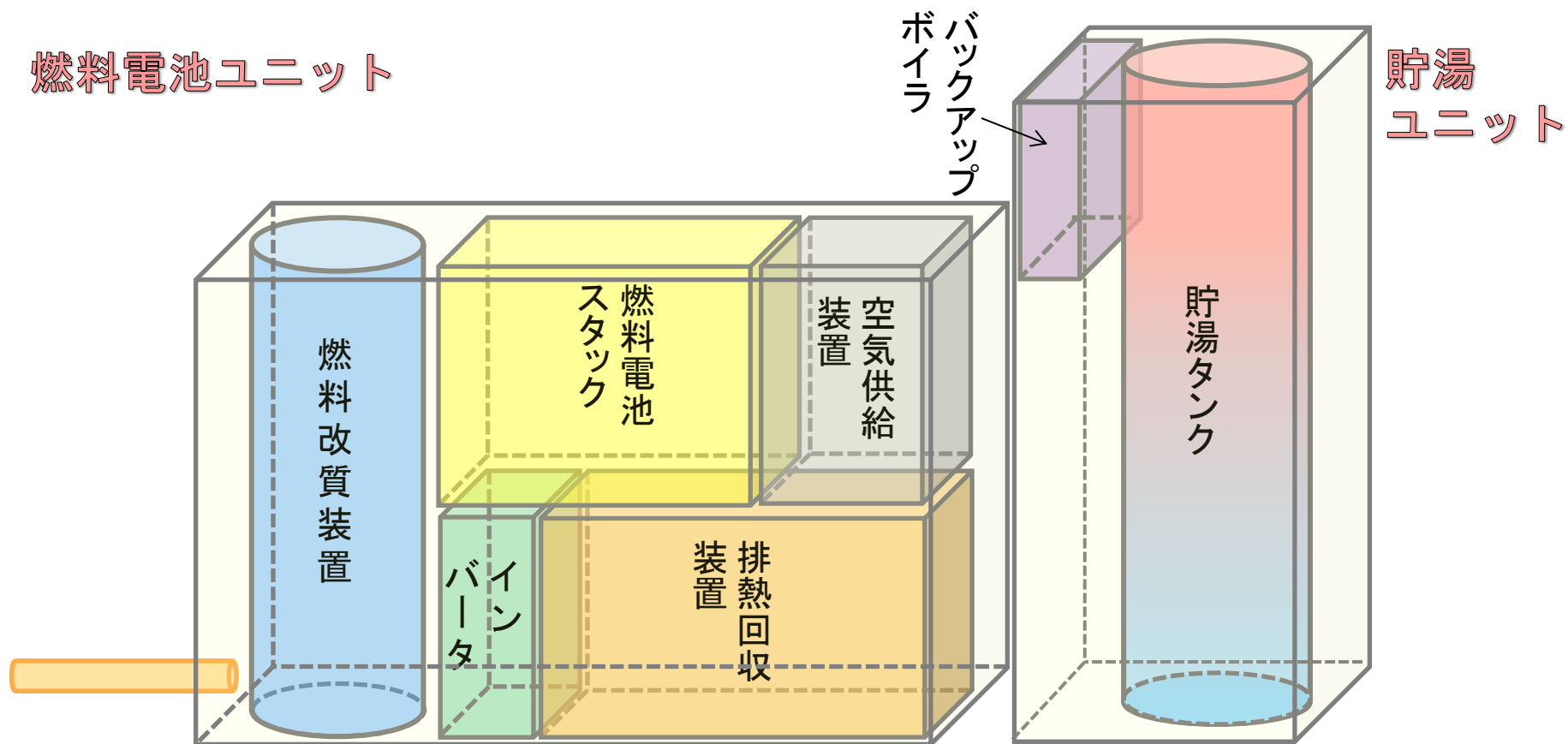


図 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの構成

研究目的

本研究では、東日本大震災前後の発電構成・電力供給量を対象に、関西電力管内の戸建及び集合住宅に固体酸化物形燃料電池（以下SOFC）を10万台単位で設置した場合の年間の一次エネルギー削減量を算出し、分散型電源の導入効果の評価を行うことを目的とする。

燃料電池ユニット

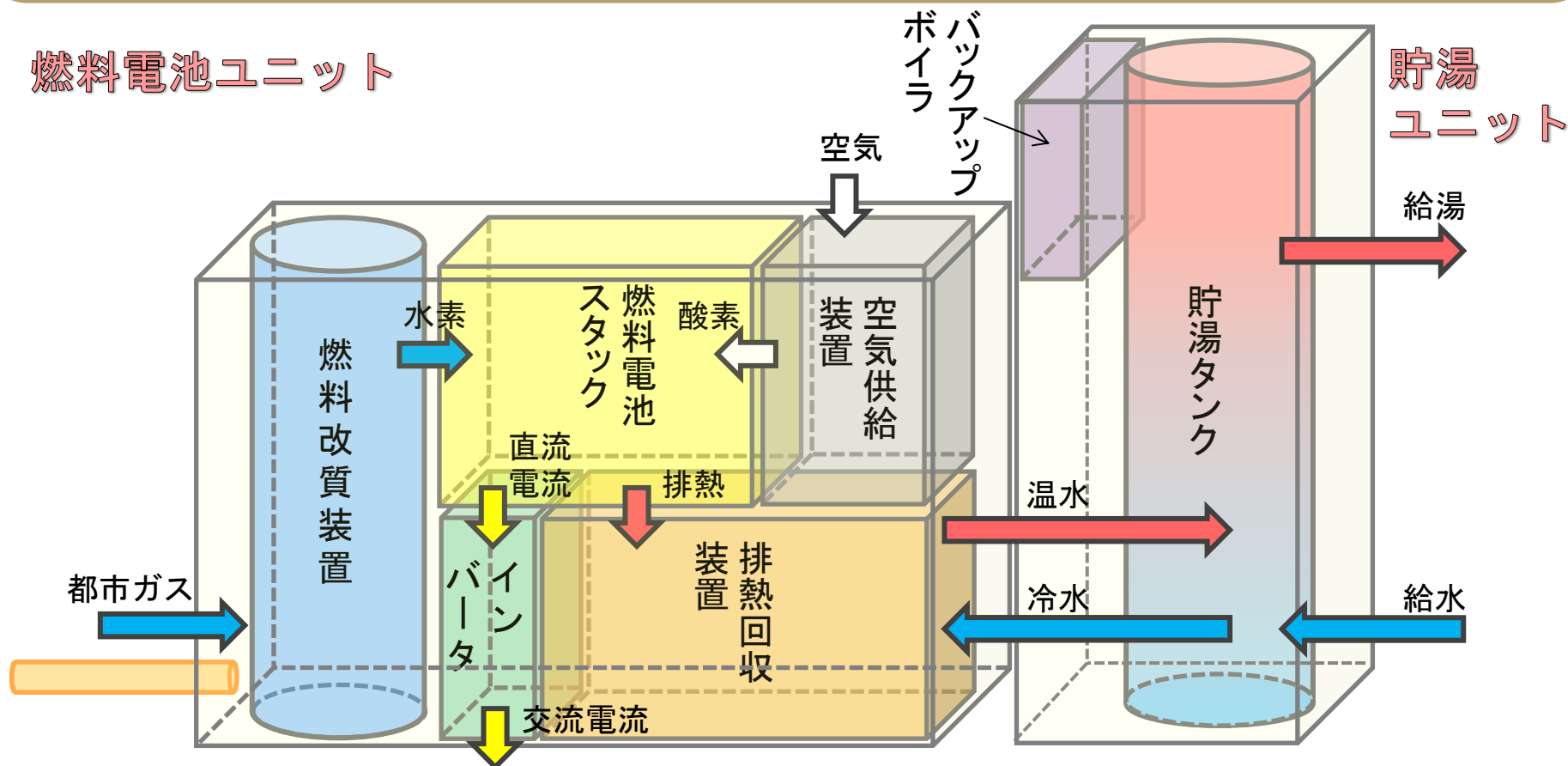


図 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの構成

解析対象地域…関西電力管内の戸建及び集合住宅※1

気象データには気象庁が公表している気象データ^{文2)}を用い、各府県庁所在地^{※2}の値を代表値として用いる。

表1 家庭用FCCGSの性能

燃料電池 (SOFC) の種類		現行機	将来機
定格発電効率 [%] (HHV基準)	発電	42.0	49.6
	熱回収	39.2	27.1
	総合	81.2	76.7
定格出力 [kW]	発電	0.70	
	熱	0.65	0.38
稼働時ガス消費量 [kW]		1.67	1.41
貯湯温度 [°C]		70	
貯湯タンク容量 [ℓ]		90	30
余剰熱放出時ファン消費電力 [W]		4.8	
バックアップボイラ熱効率 [%]		95	



図 解析対象地域

※1 関西電力管内の世帯人員数は戸建住宅で2.9人、集合住宅で1.9人^{文1)}。

※2 大津市、京都市、神戸市、大阪市、和歌山市、奈良市の6都市。

文1) 総務省統計局 平成22年国勢調査

文2) 気象庁:<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

解析対象地域…関西電力管内の戸建及び集合住宅※1

気象データには気象庁が公表している気象データ^{文2)}を用い、各府県庁所在地^{※2}の値を代表値として用いる。

表1 家庭用FCCGSの性能

燃料電池 (SOFC) の種類		現行機	将来機
定格発電効率 [%] (HHV基準)	発電	42.0	49.6
	熱回収	39.2	27.1
	総合	81.2	76.7
定格出力 [kW]	発電	0.70	
	熱	0.65	0.38
稼働時ガス消費量 [kW]		1.67	1.41
貯湯温度 [°C]		70	
貯湯タンク容量 [ℓ]		90	30
余剰熱放出時ファン消費電力 [W]		4.8	
バックアップボイラ熱効率 [%]		95	



図 解析対象地域

※1 関西電力管内の世帯人員数は戸建住宅で2.9人、集合住宅で1.9人^{文1)}。

※2 大津市、京都市、神戸市、大阪市、和歌山市、奈良市の6都市。

文1) 総務省統計局 平成22年国勢調査

文2) 気象庁:<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

解析対象地域…関西電力管内の戸建及び集合住宅※1

気象データには気象庁が公表している気象データ^{文2)}を用い、各府県庁所在地^{※2}の値を代表値として用いる。

表1 家庭用FCCGSの性能

燃料電池 (SOFC) の種類		現行機	将来機
定格発電効率 [%] (HHV基準)	発電	42.0	49.6
	熱回収	39.2	27.1
	総合	81.2	76.7
定格出力 [kW]	発電	0.70	
	熱	0.65	0.38
稼働時ガス消費量 [kW]		1.67	1.41
貯湯温度 [°C]		70	
貯湯タンク容量 [ℓ]		90	30
余剰熱放出時ファン消費電力 [W]		4.8	
バックアップボイラ熱効率 [%]		95	



図 解析対象地域

※1 関西電力管内の世帯人員数は戸建住宅で2.9人、集合住宅で1.9人^{文1)}。

※2 大津市、京都市、神戸市、大阪市、和歌山市、奈良市の6都市。

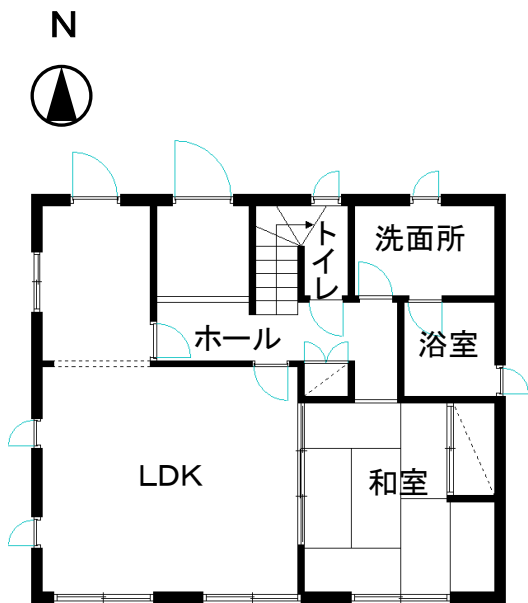
文1) 総務省統計局 平成22年国勢調査

文2) 気象庁:<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

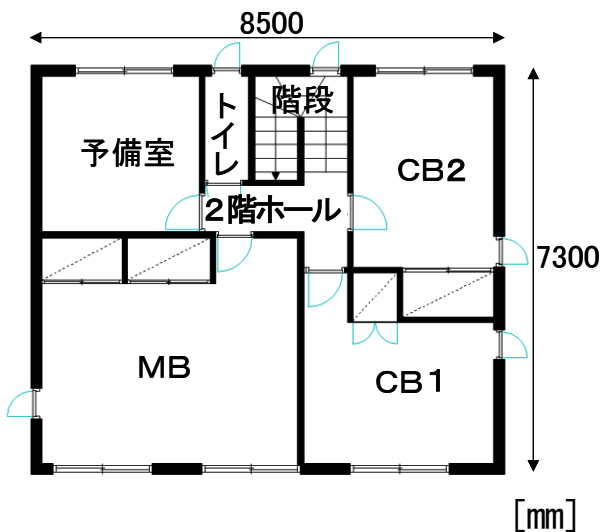
住宅モデル

戸建住宅: 日本建築学会住宅用標準問題モデル

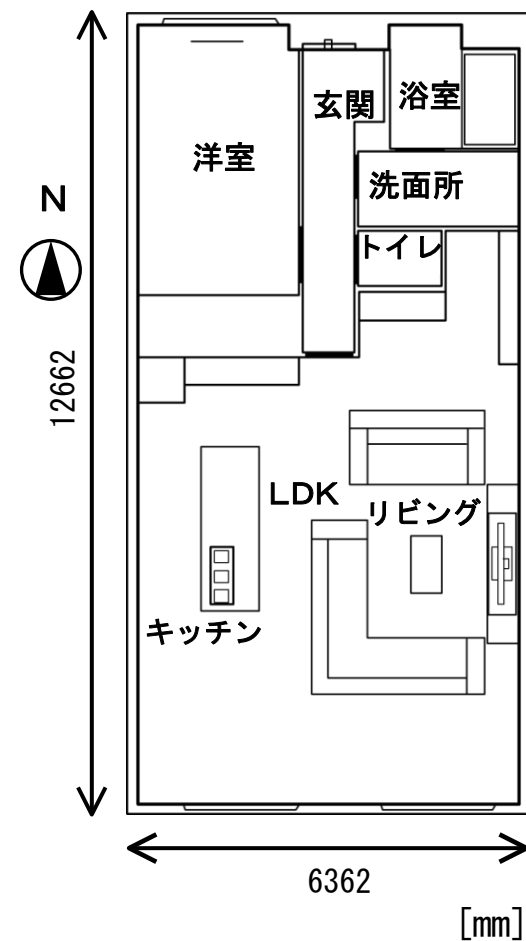
集合住宅: 片廊下型板状タイプの中間階・中間
住戸モデル



(1) 戸建住宅 1階



(2) 戸建住宅 2階



(3) 集合住宅

図 解析対象住宅モデル平面図

研究概要

電力消費スケジュールには、生活スケジュール自動生成プログラム SCHEDULE を用いて各種機器・照明発熱データを、熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS を用いて空調負荷をそれぞれ算出し、年間の電力消費スケジュールを作成する。尚、空調は冷暖房平均 COP 3 のエアコンを用いて行う。

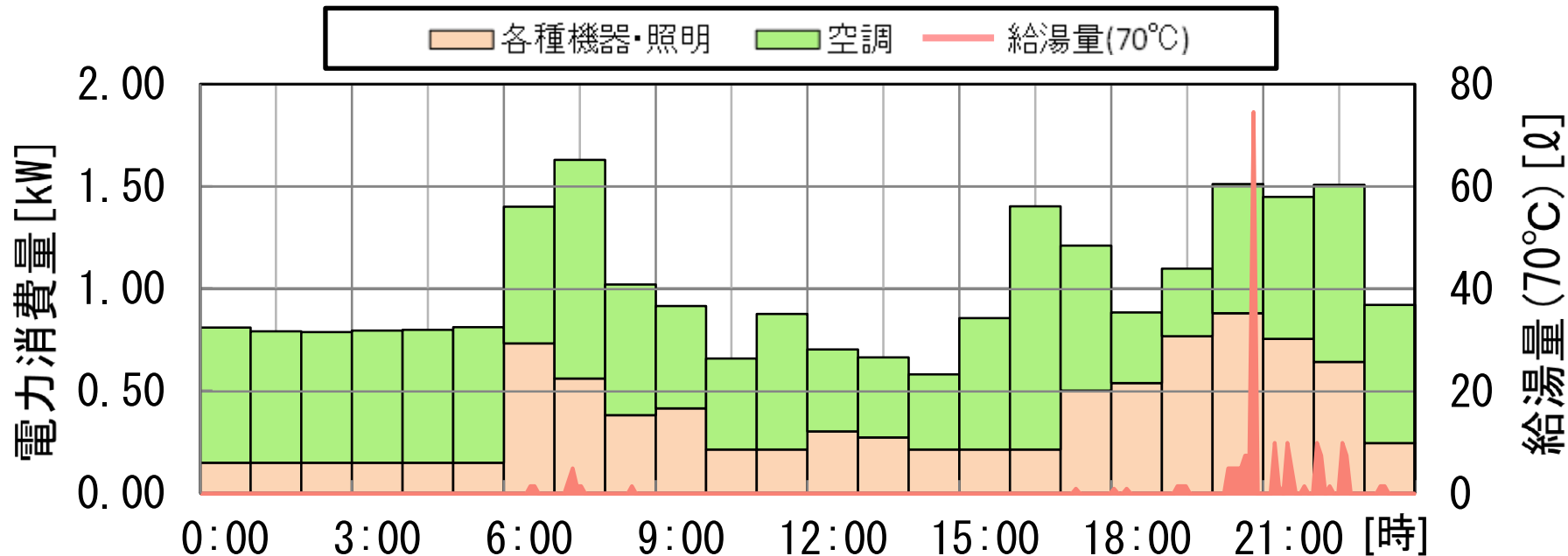


図1 電力消費・給湯スケジュールの一例

(冬季ピーク日:2012年2月2日(木)、戸建住宅:3人※³)

※³ 世帯人員数が戸建住宅:3人、集合住宅:2人の場合及び、戸建住宅:4人、集合住宅:3人の場合においてそれぞれの電力消費・給湯スケジュールを算出する。

研究概要

給湯スケジュールは、気象データの外気温データ及び、IBEC^{文3)}の給水温度推定式を基に、日平均給水温度を算出する。算出した給水温度及び使用温度(40°C)における日給湯量^{文4)}を基に、貯湯温度(70°C)での時刻別給湯量を算出し、年間の給湯スケジュールを作成する。

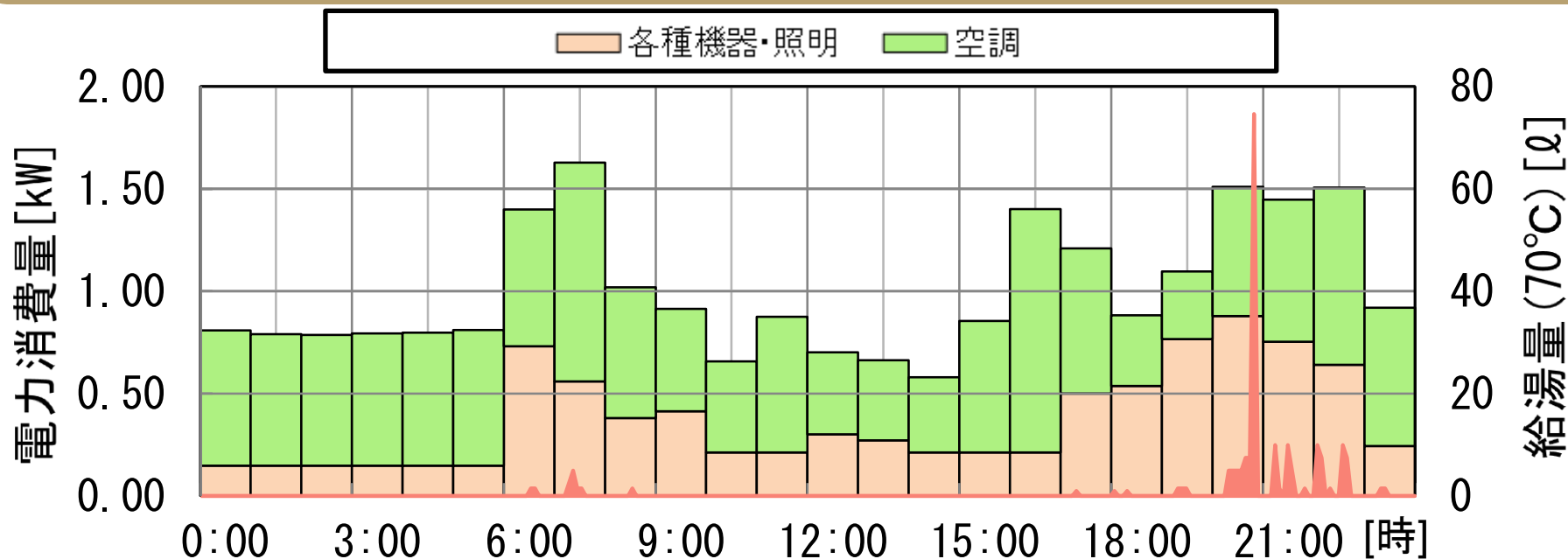


図1 電力消費・給湯スケジュールの一例
(冬季ピーク日:2012年2月2日(木)、戸建住宅:3人※³⁾)

※³⁾ 世帯人員数が戸建住宅:3人、集合住宅:2人の場合及び、戸建住宅:4人、集合住宅:3人の場合においてそれぞれの電力消費・給湯スケジュールを算出する。

文³⁾ 建築環境・省エネルギー機構:住宅事業建築主の判断基準:<http://www.ibec.or.jp/>

文⁴⁾ 前、高須ら:住宅における給湯日消費量の季節・短期変動、日本建築学会環境系論文集、No. 622, pp. 73-80, 2007. 12

研究概要

燃料電池の仕様、運転方法、住宅負荷※³、FC設置率※⁵をパラメータとした場合の家庭用FCCGS導入前後の一次エネルギー削減量を算出し評価を行う。

- ※³ 世帯人員数が戸建住宅：3人、集合住宅：2人の場合及び、戸建住宅：4人、集合住宅：3人の場合においてそれぞれの電力消費・給湯スケジュールを算出する。
- ※⁵ 大阪ガスの顧客数(約670万戸、H23年度)に対する家庭用FCCGSの総稼働数の割合。本研究では、10%(約70万戸)、30%(約200万戸)、50%(約340万戸)とする。

表2 家庭用FCCGSの解析case

家庭用FCCGS解析case	燃料電池の仕様	運転方法	住宅負荷	FC設置率(台数[万台])
case1	現行機	終日定格運転	戸建：3人、集合：2人	50%(約340)
case2	将来機	終日定格運転	戸建：3人、集合：2人	50%(約340)
case3	現行機	終日電主運転	戸建：3人、集合：2人	50%(約340)
case4	現行機	ピーク時定格他電主運転※ ⁶	戸建：3人、集合：2人	50%(約340)
case5	現行機	終日定格運転	戸建：4人、集合：3人	50%(約340)
case6	現行機	終日定格運転	戸建：3人、集合：2人	10%(約70)
case7	現行機	終日定格運転	戸建：3人、集合：2人	30%(約200)

※⁴ 逆潮流とは自家発電により発電した余剰電力を電力会社線側に逆流させることを言う。現在、電力会社は家庭用FCCGSからの逆潮流を認めていない。

※⁶ ピーク時間帯：9時～19時

表3 家庭用FCCGSの運転方法

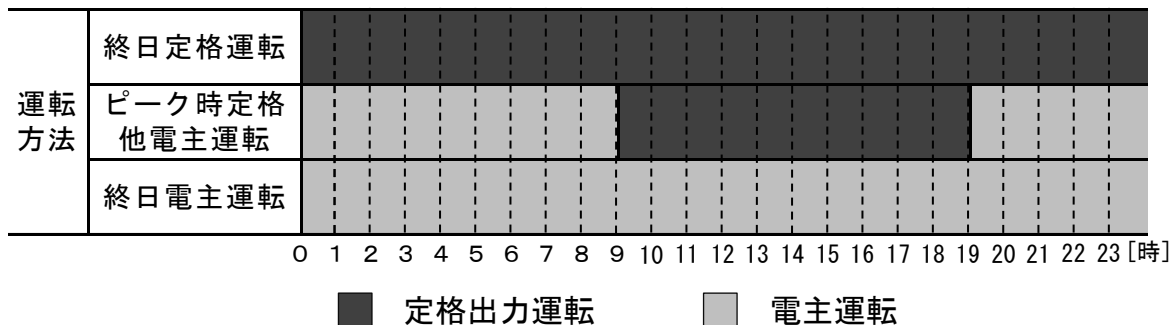


表2 家庭用FCCGSの解析case

家庭用FCCGS 解析case	燃料電池 の仕様	運転方法	住宅負荷	FC設置率 (台数[万台])
case1	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case2	将来機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case3	現行機	終日電主運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case4	現行機	ピーク時定格他電主運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case5	現行機	終日定格運転	戸建: 4人、集合: 3人	50%(約340)
case6	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	10%(約70)
case7	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	30%(約200)

case1, 6, 7(終日定格運転)の場合、家庭用FCCGSによる発電電力量は1日の消費電力量の約72%を賄っている。

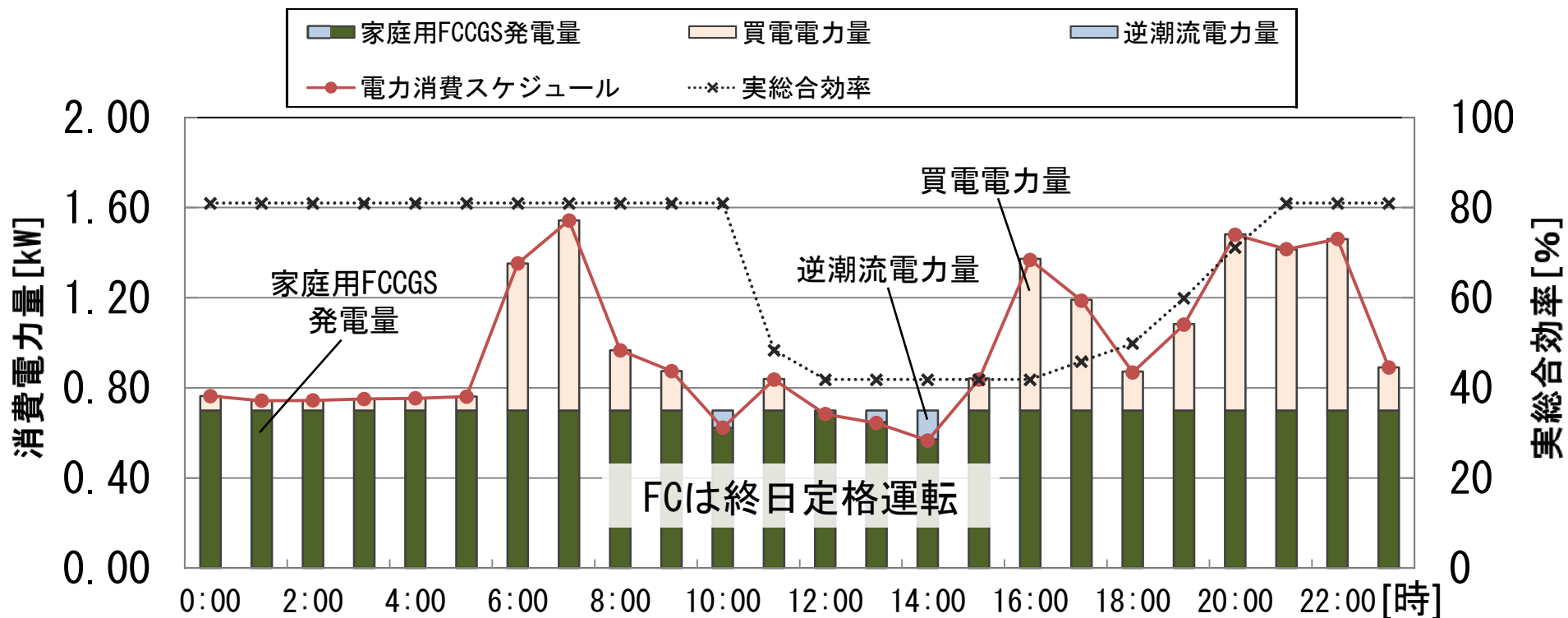
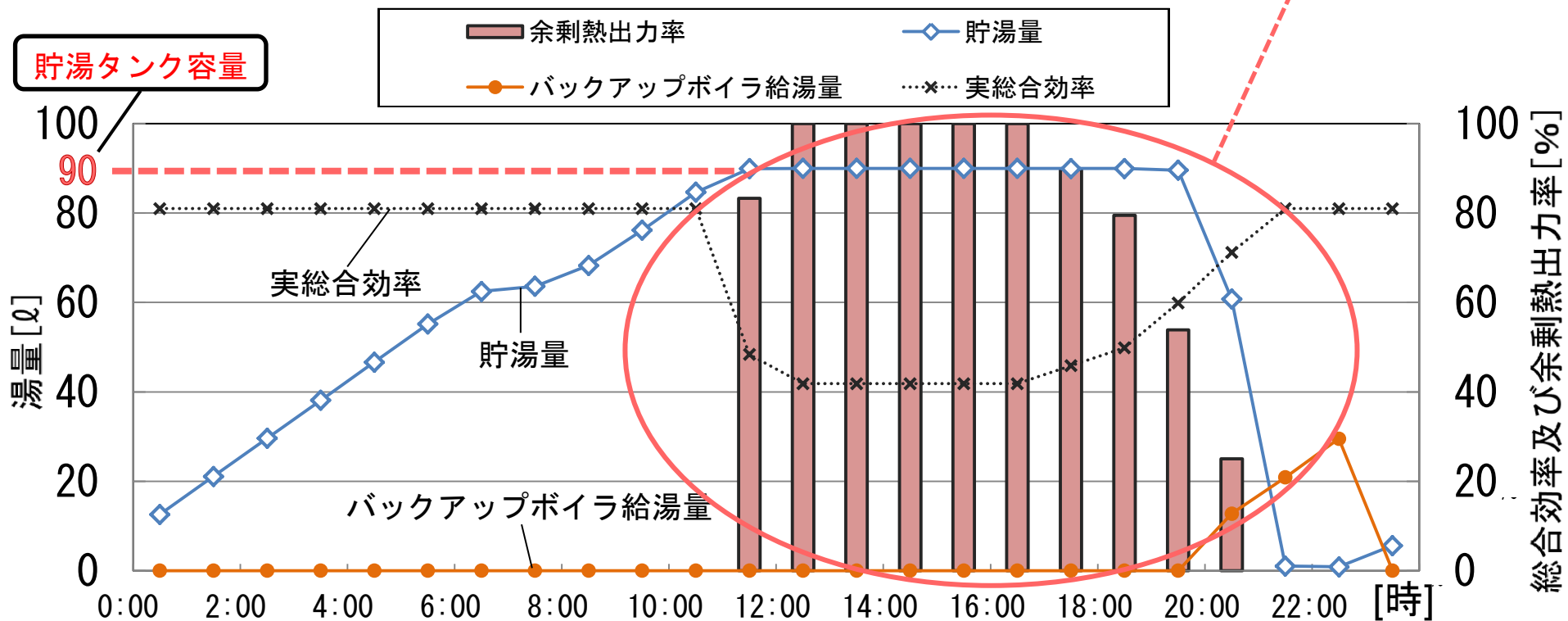


図2 FC総合効率及び各種電力量の日推移

(冬季ピーク日:2012年2月2日(木)、case1, 6, 7(終日定格運転、現行機)、大阪府の戸建住宅)

解析結果(1世帯・1日当たりの解析結果)

家庭用FCCGSによる熱出力は、日積算では熱出力のうちの約35%が大気に放出されており、日平均総合効率は約67%である。



※余剰熱出力率 = 大気放熱量 / 家庭用FCCGS による熱出力

図3 家庭用FCCGS稼働状態の時刻変化

(冬季ピーク日: 2012年2月2日(木)、case1, 6, 7(終日定格運転、現行機)、大阪府の戸建住宅)

表 2 家庭用FCCGSの解析case

家庭用FCCGS 解析case	燃料電池 の仕様	運転方法	住宅負荷	FC設置率 (台数[万台])
case1	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case2	将来機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case3	現行機	終日電主運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case4	現行機	ピーク時定格他電主運転	戸建: 3人、集合: 2人	50%(約340)
case5	現行機	終日定格運転	戸建: 4人、集合: 3人	50%(約340)
case6	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	10%(約70)
case7	現行機	終日定格運転	戸建: 3人、集合: 2人	30%(約200)

FC住宅単体で終日定格運転を行う場合、冬季の一部を除き、一次エネルギー消費量はFC住宅では増加するが、家庭用FCCGSの導入により関西電力管内全体の電力需要量が減少し、時刻別一次エネルギー消費原単位は低下する。

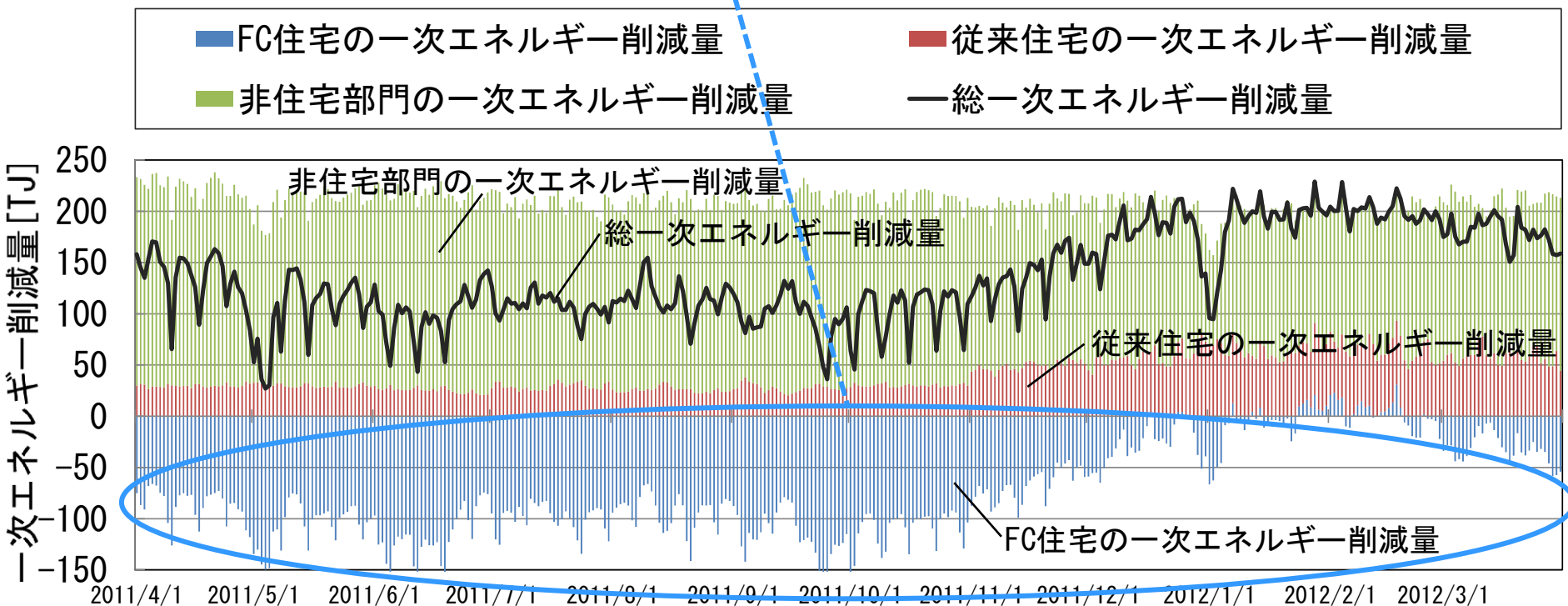


図4 日積算一次エネルギー削減量の年変化(case1(終日定格運転、現行機))

そのため、家庭用FCGSの導入前後で同等の電力需要量である従来住宅及び非住宅部門では、年間を通じて一次エネルギー消費量が削減される。従って関西電力管内全体での一次エネルギー消費量はcase1の場合、約50PJ (50000TJ) 程度削減される。

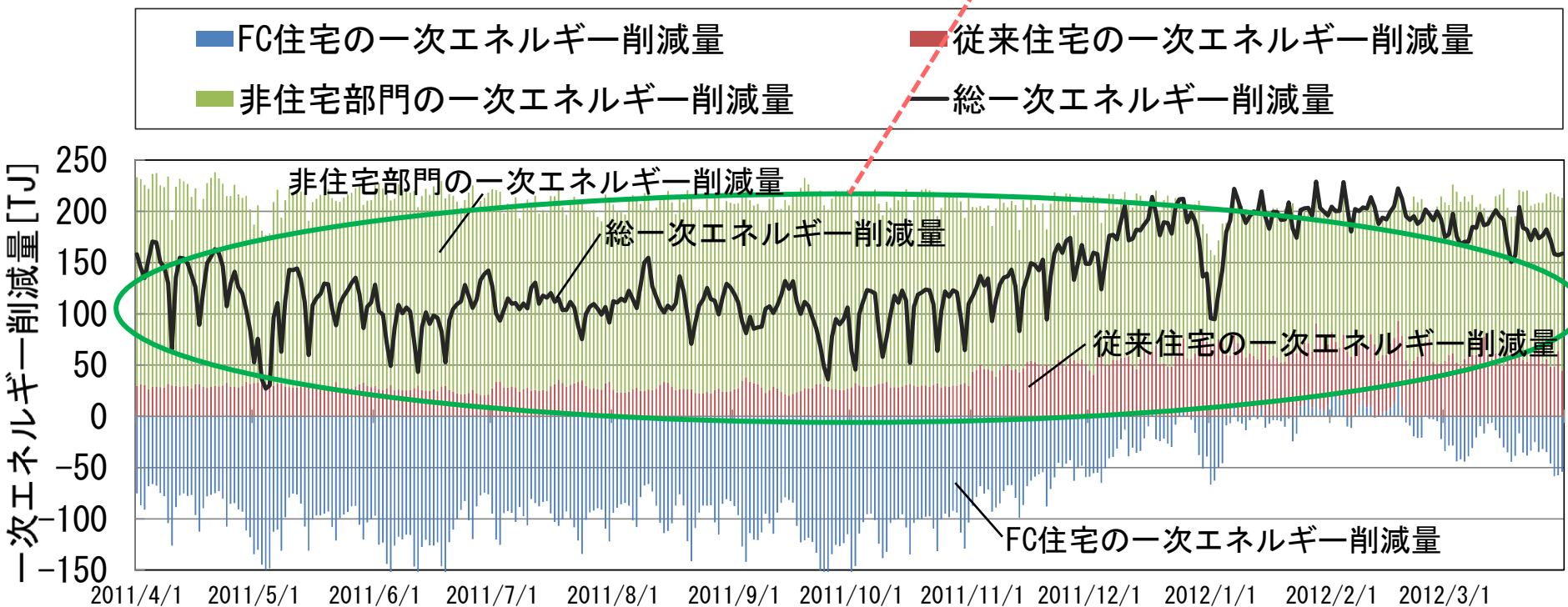
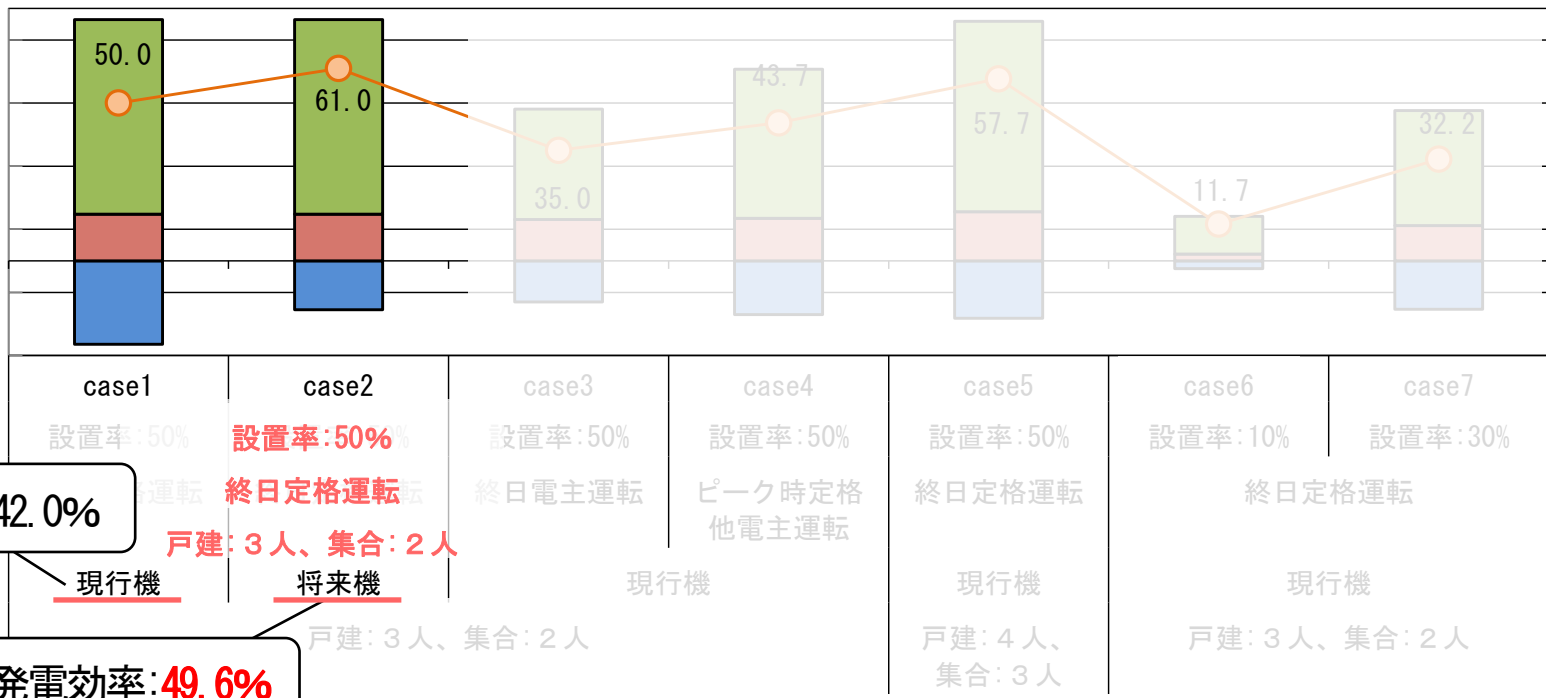


図4 日積算一次エネルギー削減量の年変化 (case1 (終日定格運転、現行機))

解析結果 (関西電力管内における年間の解析結果)

case1とcase2を比較すると、**case2の方が家庭用FCCGSの発電効率が**
高いため、**一次エネルギー削減量は多くなる**。

一次エネルギー削減量 [千TJ]



発電効率: 42.0%

発電効率: 49.6%

図5 各caseの年積算一次エネルギー削減量

case1, 3, 4について運転方法で比較すると、**終日定格運転の場合の一次エネルギー削減量が最も多く**、**終日電主運転の場合が最も少ない**。

一次エネルギー削減量 [千TJ]

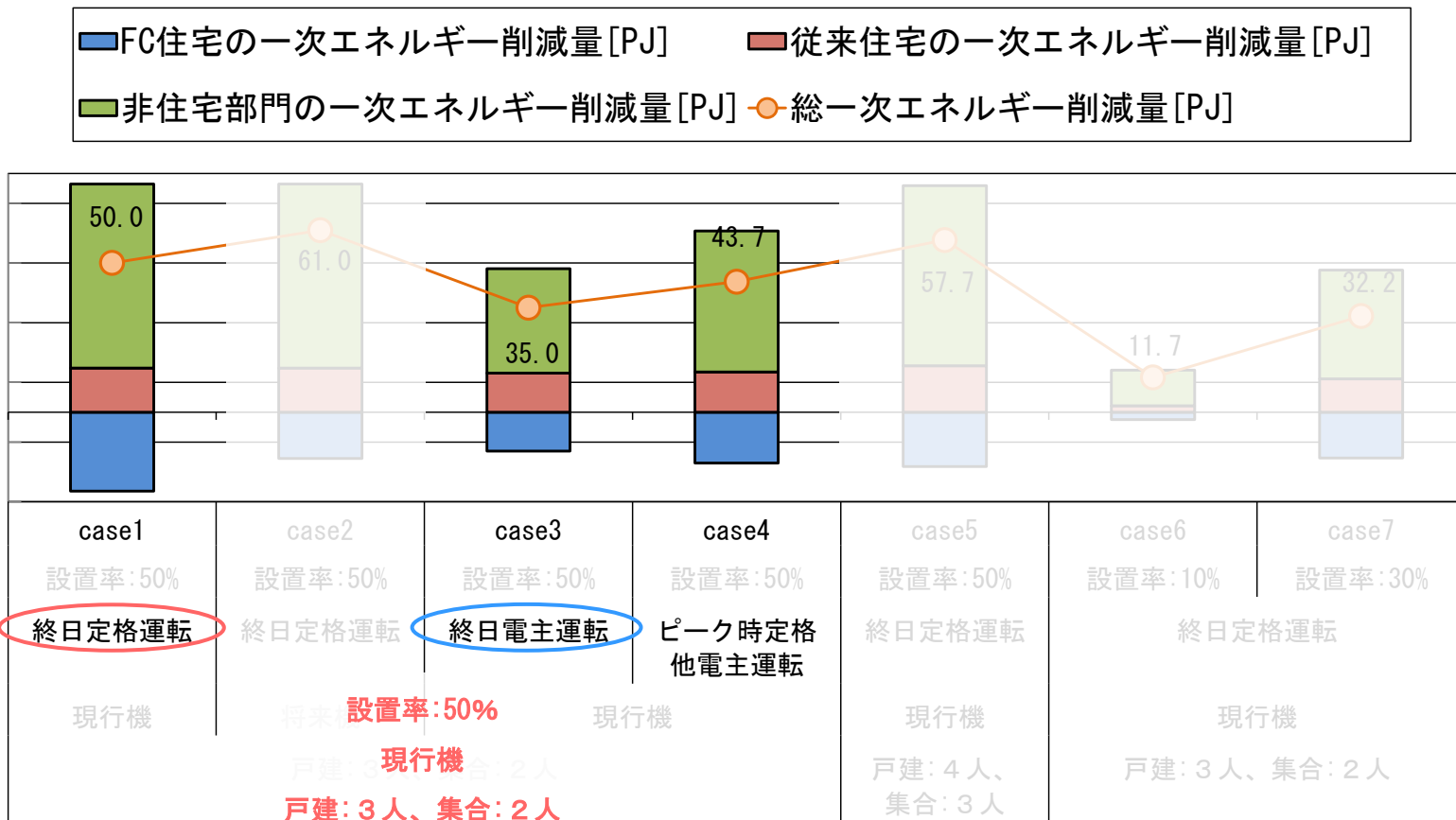


図5 各caseの年積算一次エネルギー削減量

case1とcase5を比較すると、**case5の方が給湯需要量が相対的に多い**ため、**FC住宅における一次エネルギー削減量が多く**、**年積算一次エネルギー削減量も多くなる**。

一次エネルギー削減量 [千TJ]

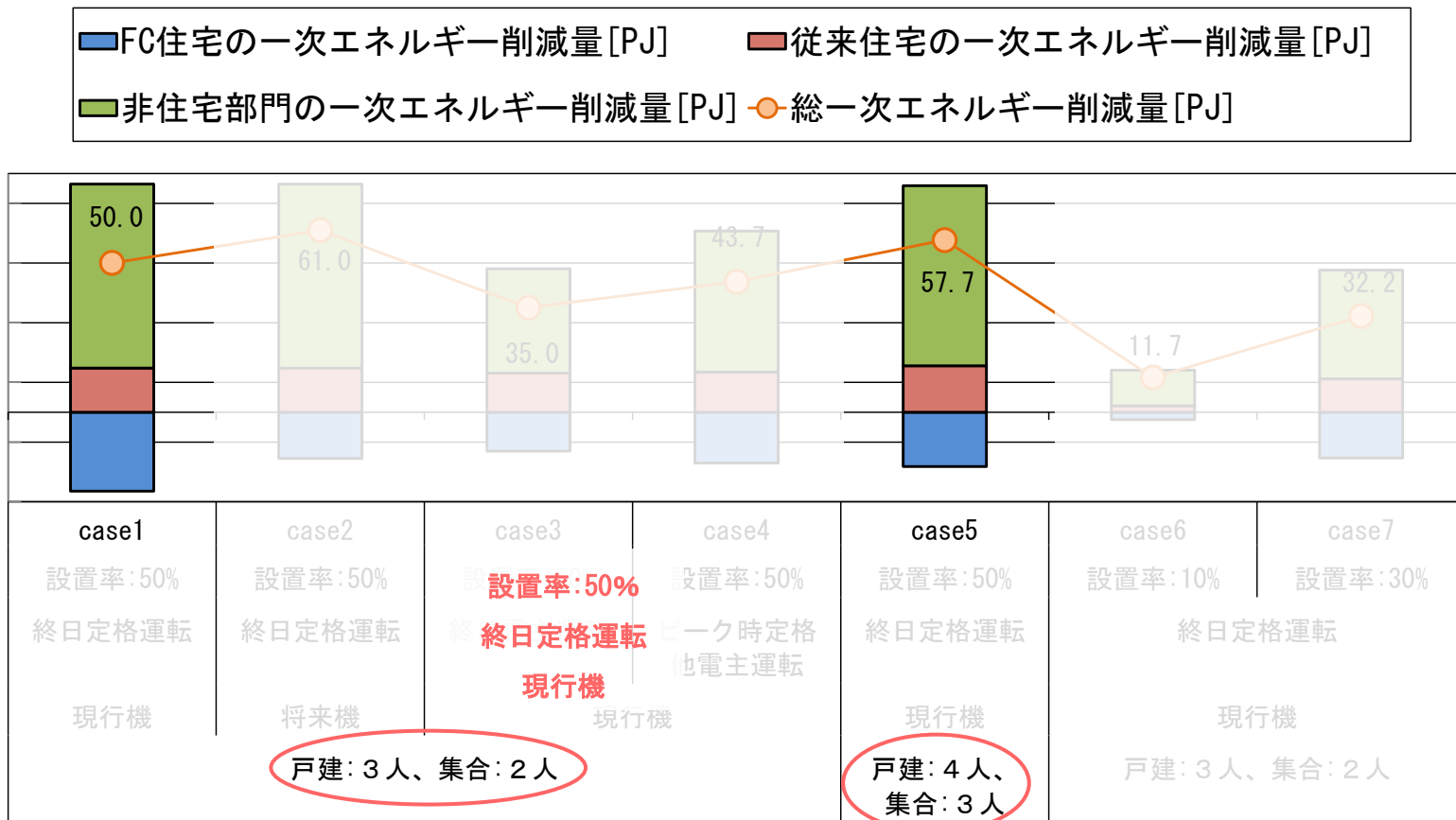
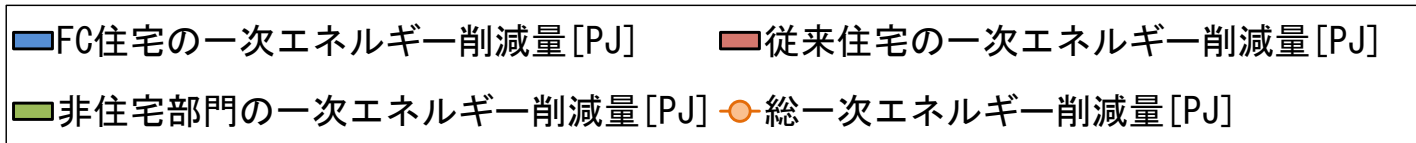


図5 各caseの年積算一次エネルギー削減量

case1, 6, 7についてFC設置率で比較すると、**設置率が高いほど、一次エネルギー削減量は多くなる。**



一次エネルギー削減量 [千TJ]

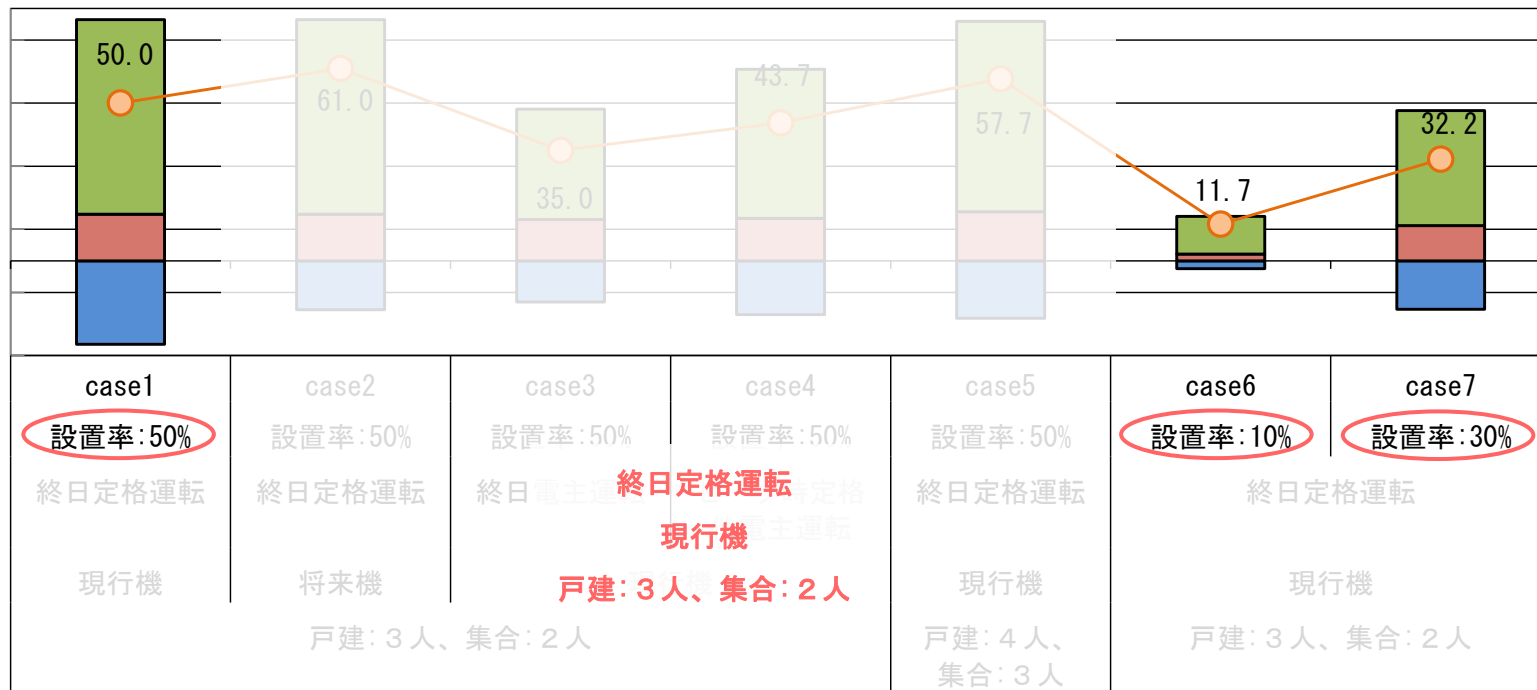


図5 各caseの年積算一次エネルギー削減量

- ① case 1, 6, 7の場合、冬季ピーク日において家庭用FCCGSの日平均総合効率は約67%である。
- ② FC住宅単体で終日定格運転を行う場合、冬季の一部を除き、一次エネルギー消費量はFC住宅では増加するが、従来住宅及び非住宅部門では年間を通じて一次エネルギー消費量が削減されるため、関西電力管内全体での一次エネルギー削減量は、case 1の場合、約50PJ(50000TJ)程度削減される。
- ③ case 1とcase 2を比較すると、case 2の方が家庭用FCCGSの発電効率が高いため、一次エネルギー削減量は多い。
- ④ case 1, 3, 4について運転方法で比較すると、終日定格運転の場合の一次エネルギー削減量が最も多く、終日電主運転の場合が最も少ない。
- ⑤ case 1とcase 5を比較すると、case 5の方が給湯需要量が相対的に多いため、FC住宅における一次エネルギー削減量が多く、年積算一次エネルギー削減量も多くなる。
- ⑥ case 1, 6, 7についてFC設置率で比較すると、設置率が高いほど、一次エネルギー削減量は多くなる。