

燃料電池を用いた関東地方における 電力ピークカットに関する研究

T O 9 K 7 3 1 A 小池 洋
指導教員 赤林伸一教授

東日本大震災の影響により日本国内では一部を除き原子力発電所が全面停止し、火力発電所も一部被災し停止している(2013年1月現在)。

原発停止による電力供給不足の影響を受け節電の意識は高まっているが、当面の間は冬季・夏季の電力需要ピーク時に電力供給の逼迫が懸念される。

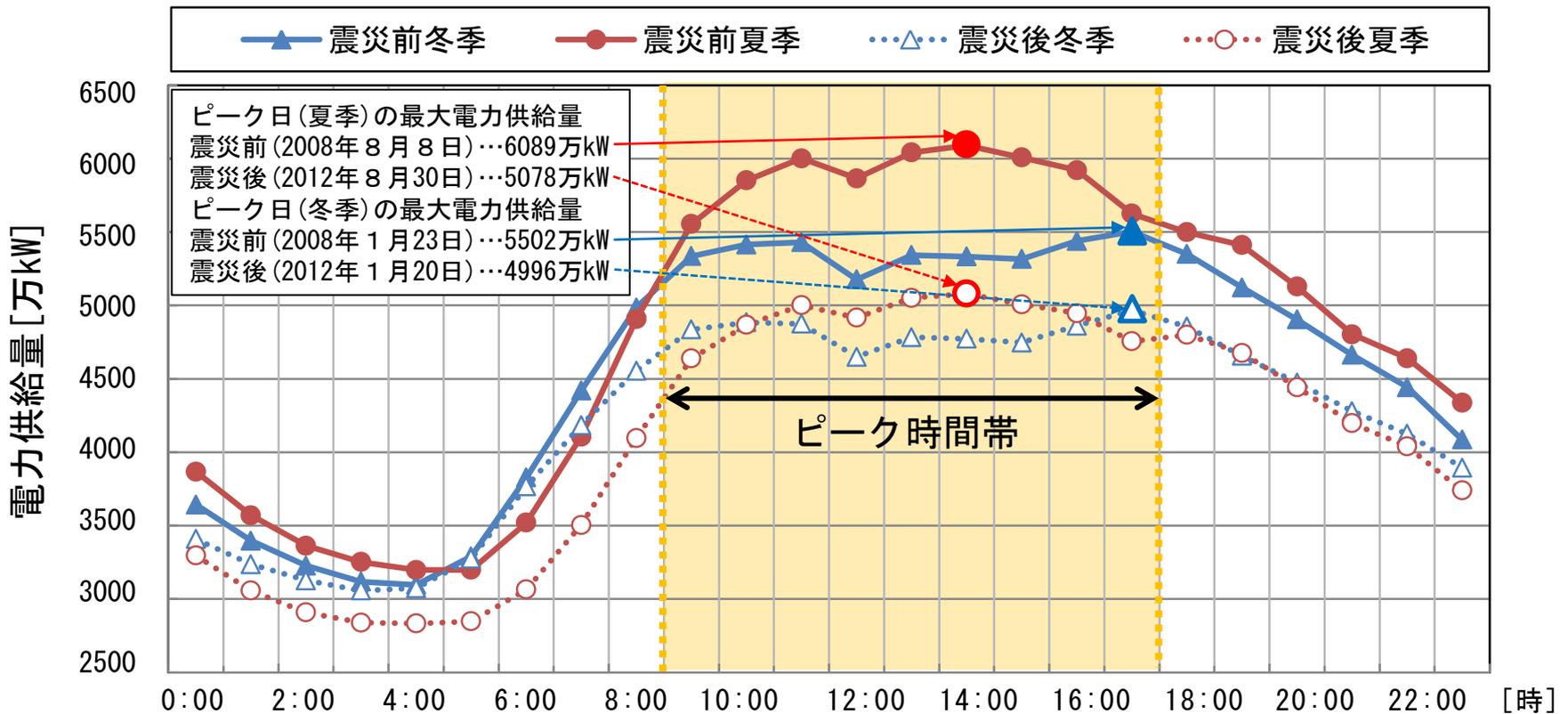


図2 震災前後のピーク日の電力供給量

政府により、代替電源として再生可能エネルギーによる電源を全電源の35%にする政策が進められている。

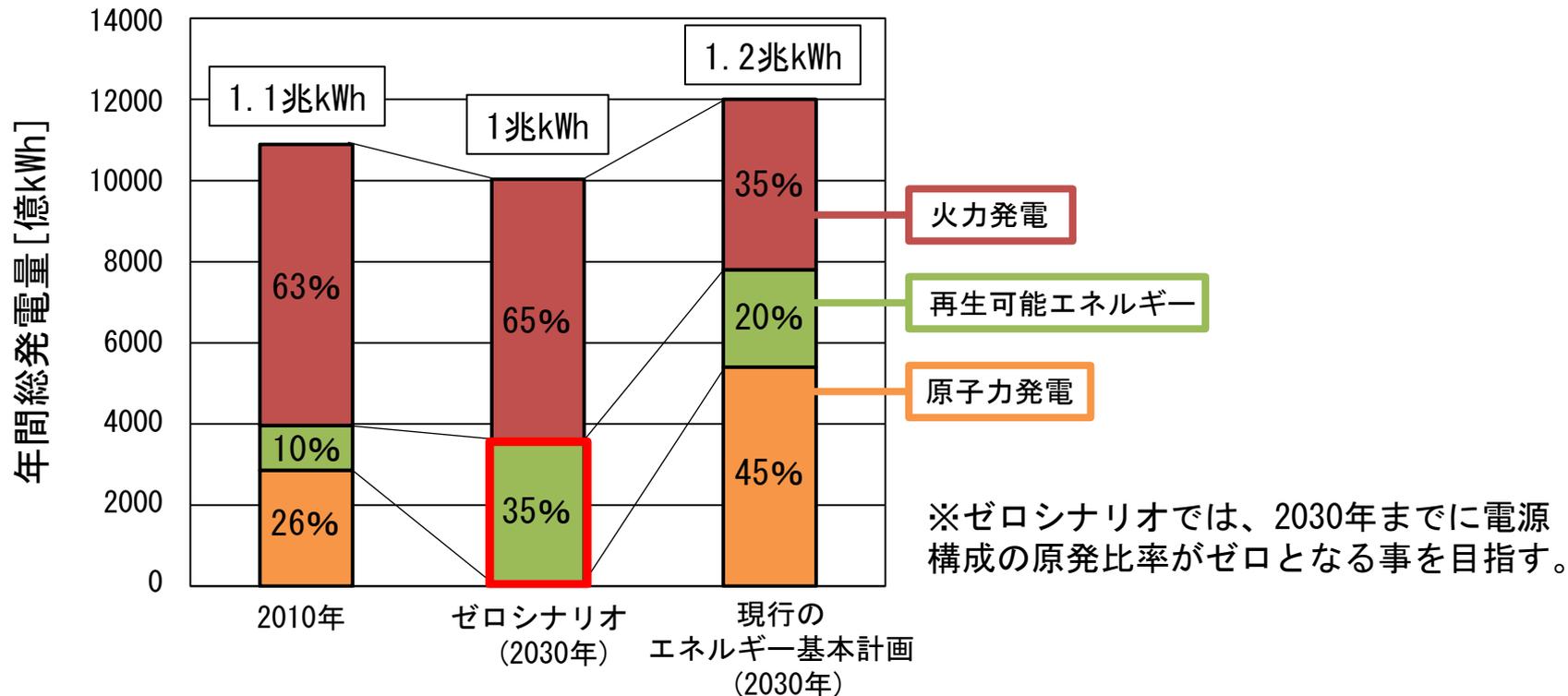


図 ゼロシナリオ※による2030年時点の電源構成(文)

風力・太陽光発電等は天候により発電量が不安定であり、電力会社によっては補助電源の設置が必要となり、設備過多となる可能性がある。

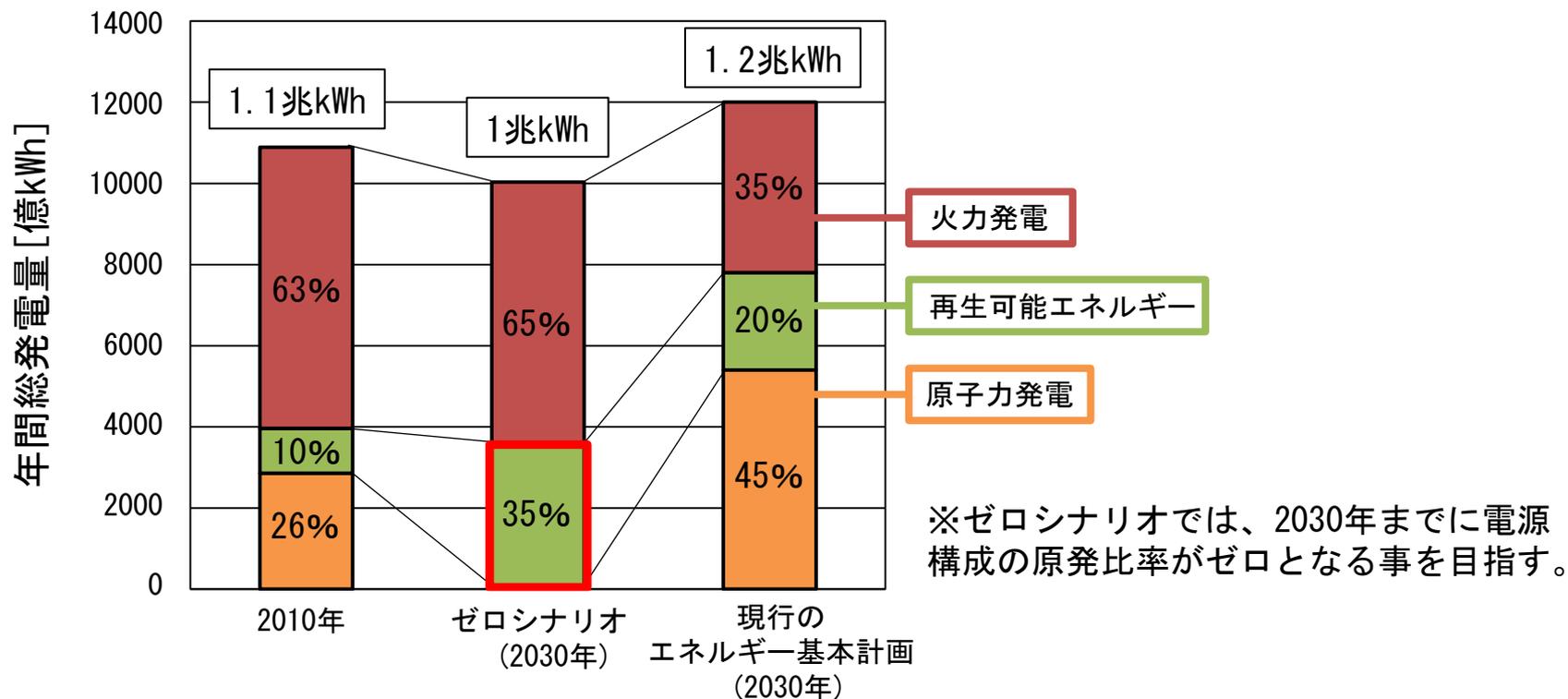


図 ゼロシナリオ※による2030年時点の電源構成(文)

本研究では、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**家庭用燃料電池**）を対象とする。

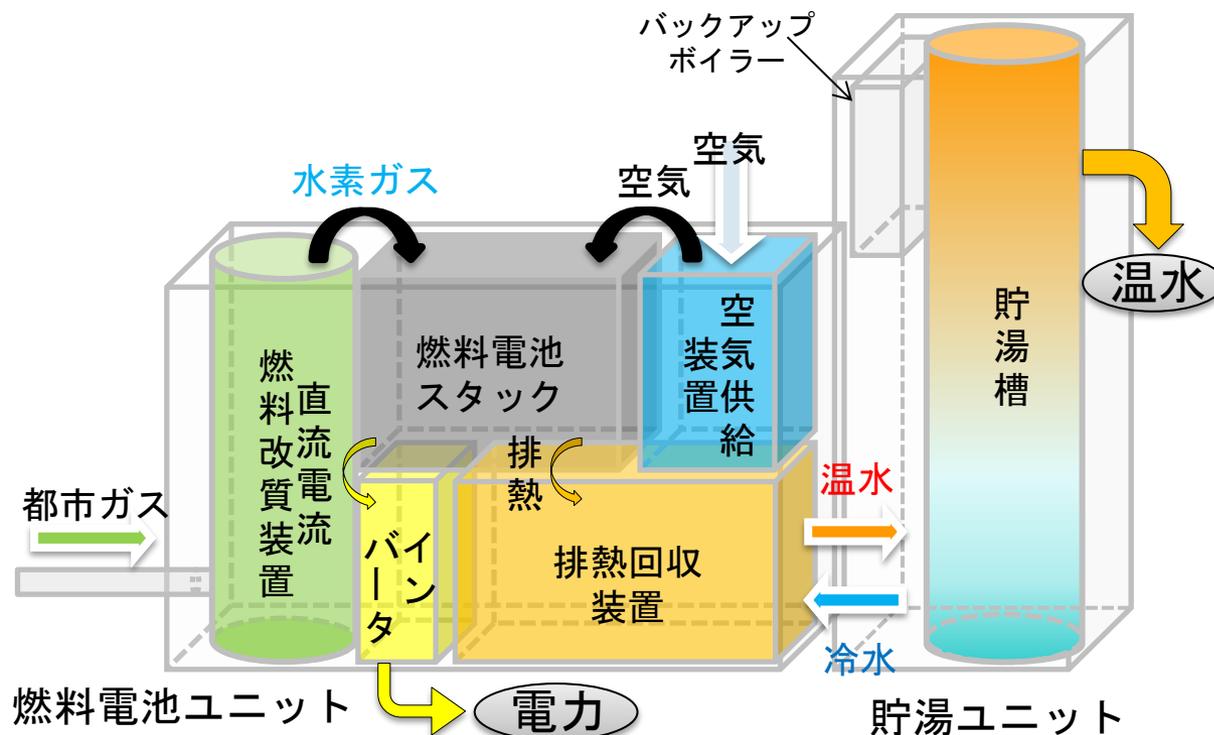


図 家庭用燃料電池の概要

東京電力管内の戸建及び集合住宅に多数の家庭用燃料電池を設置し、燃料電池の種類、発電出力及び運転方法を変化させて稼働させた場合の一次エネルギー削減量、CO₂削減量、ランニングコストの削減量を求める。

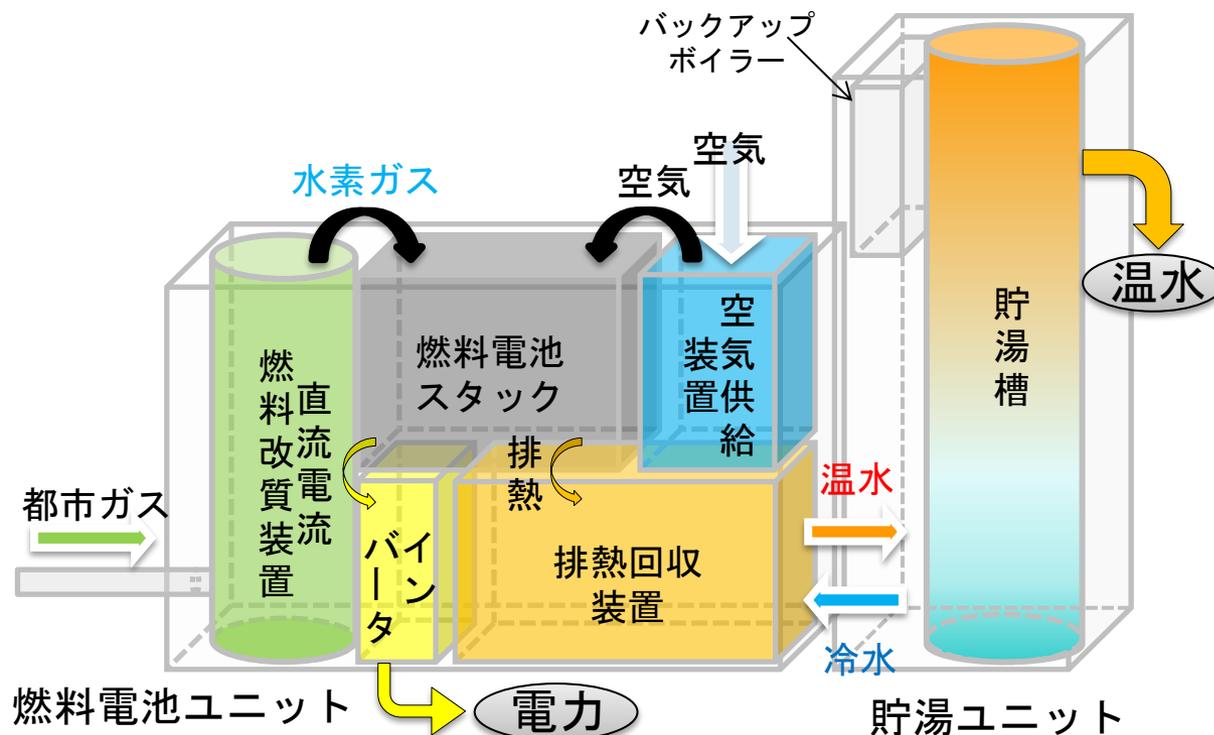


図 家庭用燃料電池の概要

東京電力管内の戸建及び集合住宅に多数の家庭用燃料電池を設置し、燃料電池の種類、発電出力及び運転方法を変化させて稼働させた場合の一次エネルギー削減量、CO₂削減量、ランニングコストの削減量を求める。

バックアップ

電力需要のピークカット及び**分散型代替電源としての導入効果の評価**を行う事を目的とする。

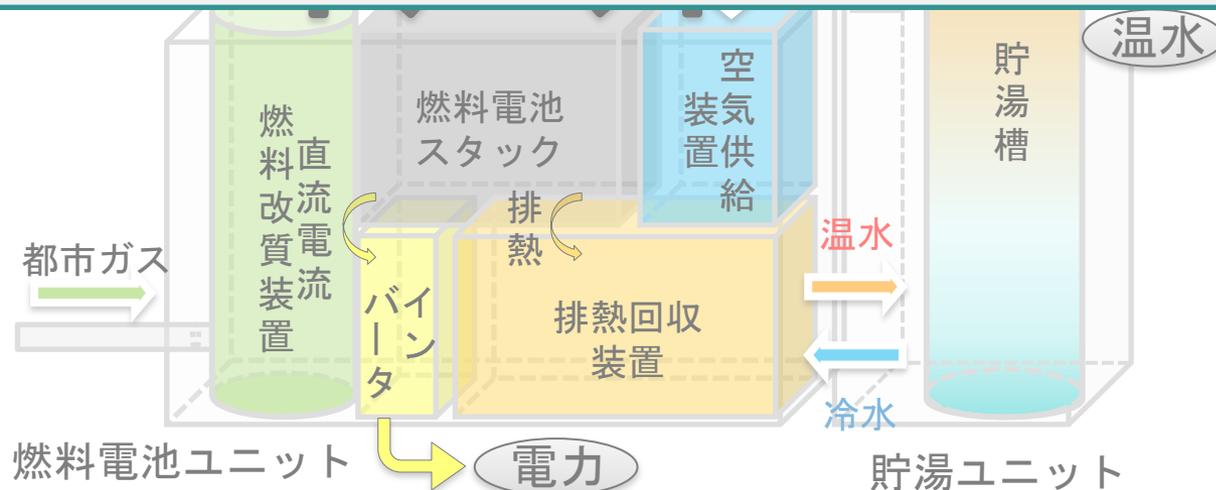


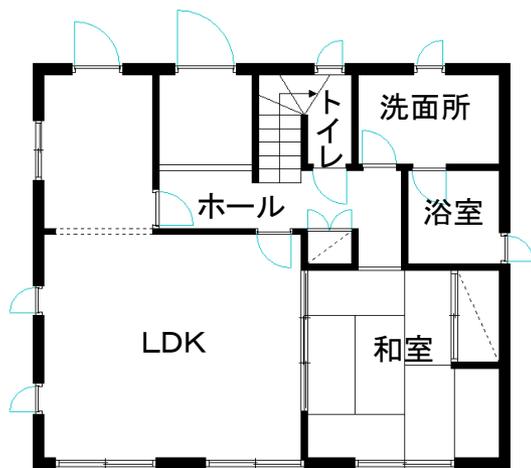
図 家庭用燃料電池の概要

■ 解析対象地域

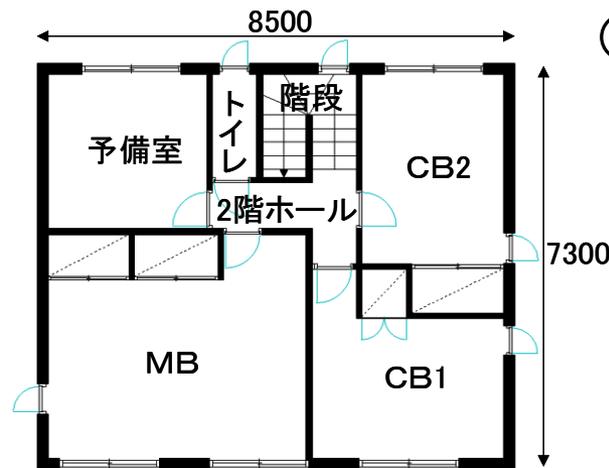
- ・ 東京電力管内

■ 解析対象住宅

- ・ 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) 1階平面図



(2) 2階平面図

図 対象住宅モデル(戸建住宅)

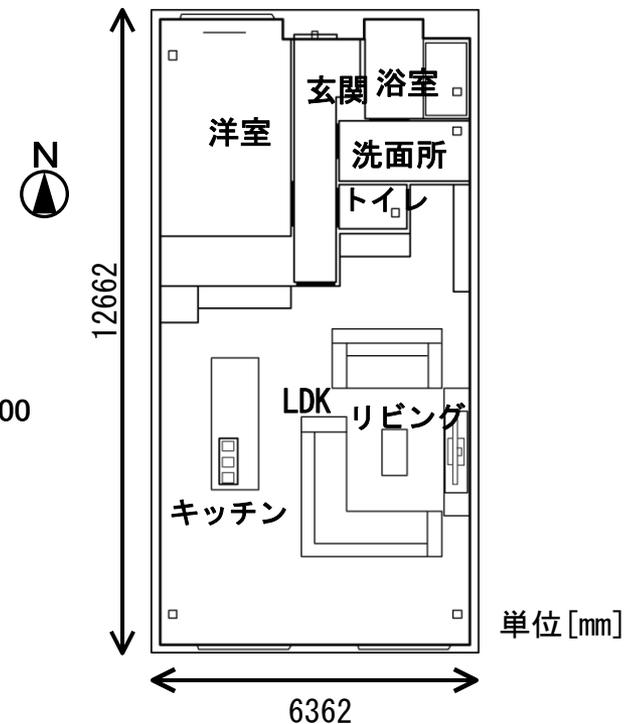


図 対象住宅モデル(集合住宅)

日本建築学会拡張アメダス気象データ（標準年）の外気温データ及びIBEC※¹の給水温度推定式^{文1}）を基に各都市の給水温度を算出する。算出した給水温度、1日当たりの平均世帯人数別給湯量（40℃）^{文2}）及びIBECの給湯スケジュール^{文1}）を基に、冬季・夏季の給湯量（60℃）※²を求め時刻別のスケジュールを作成する。

表1 対象住宅の解析条件

住宅形式	世帯数 [万世帯]	世帯人員数 [万人]	1世帯当たり 世帯人員数[人/世帯]	給湯量 (40℃) [ℓ/日]	給水温度 [℃]		給湯量 (60℃) ※ ² [ℓ/日]	
					1月	8月	1月	8月
戸建住宅	889	2513	3	400	6.3	25.0	252	173
集合住宅	942	1782	2	268			167	114

※1 建築環境・省エネルギー機構。

※2 家庭用燃料電池では、60℃の湯を貯湯しており、月毎の給水温度の水と混ぜ合わせる事で使用温度(40℃)の湯を作り出す。

文1) 建築環境・省エネルギー機構：住宅事業建築主の判断基準 6章給湯設備のエネルギー消費量に関する評価方法

文2) 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

生活スケジュール自動生成プログラムSCHEDULE及び熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSにより対象住宅の照明、各種機器(テレビ等)及び空調※の消費電力を算出し、各住宅における時刻別の電力消費スケジュールを作成する。

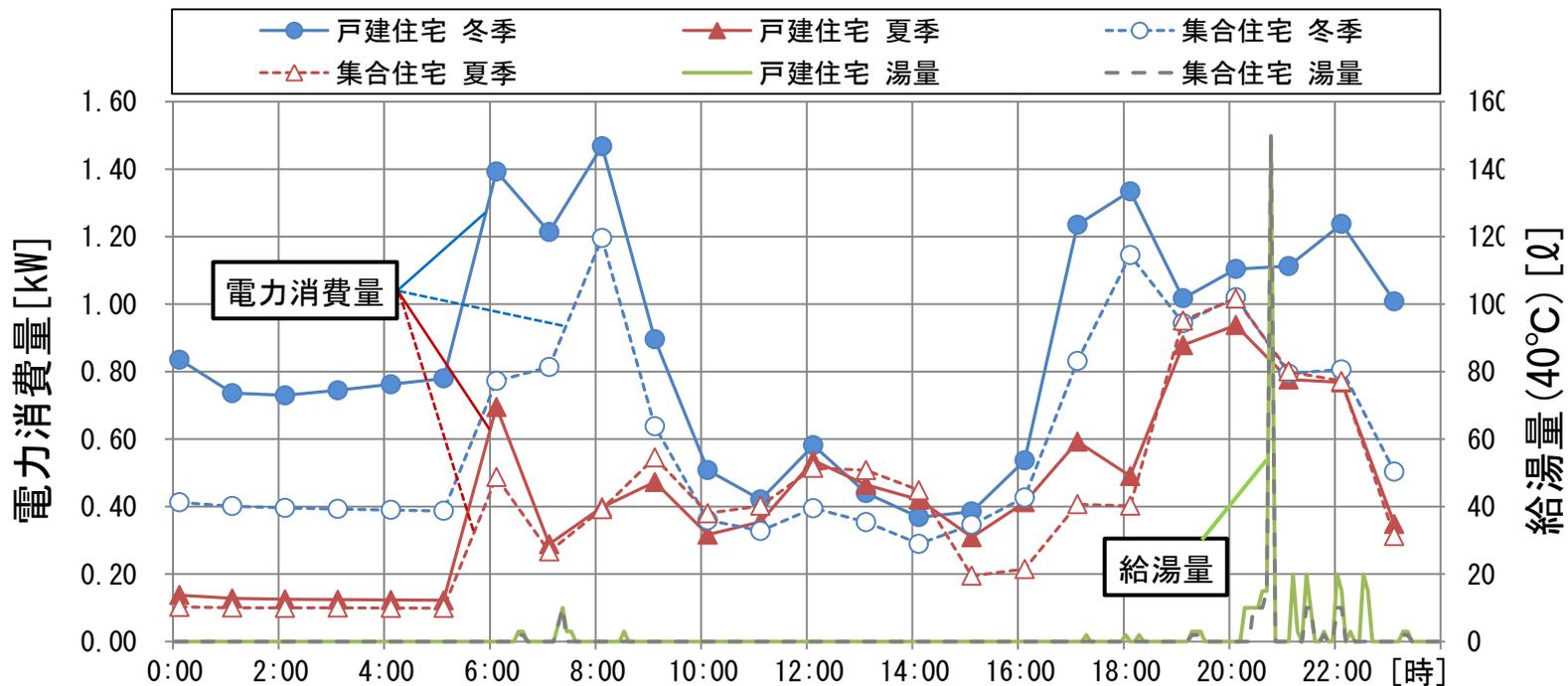


図1 対象住宅の電力消費及び給湯スケジュール

※ 空調は電力(エアコン: 冷暖房平均COP3)で賄い、電力は系統電力からの買電とする。

東京電力管内において解析case毎に家庭用燃料電池の解析条件、各種換算値を組み合せ、家庭用燃料電池導入前後※³の一次エネルギー消費量、CO₂排出量及びランニングコストを算出する。

表2 家庭用燃料電池の性能・解析条件

解析case			case1		case2		case3		case4		case5	
住宅形式			戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合
燃料電池の種類			PEFC	PEFC	PEFC	SOFC-I	PEFC	SOFC-II	SOFC-I	SOFC-I	SOFC-II	SOFC-II
定格能力 (HHV基準)	出力[kW]	定格	0.75	0.75	0.70	0.75	1.50	0.70	0.70	1.50	1.50	1.50
		最小	-	-	0.05	-	0.11	0.05	0.05	0.11	0.11	0.11
	効率[%]	発電	36	36	42	36	42	42	42	42	42	42
		熱回収	45	45	39	45	39	39	39	39	39	39
稼動時ガス消費量[kW]			2.1	2.1	1.7	2.1	3.6	1.7	1.7	3.6	3.6	
給湯能力 (60℃)[ℓ/h]	冬季		14	14	14	14	30	14	14	30	30	
	夏季		21	21	22	21	46	22	22	46	46	
運転方法			熱主定格運転	熱主定格運転	熱主定格運転	case A ~ case E	熱主定格運転	case A ~ case E				

表5 固体酸化物形燃料電池(SOFC)の運転方法

解析case	運転方法
case A	終日定格運転
case B	ピーク時間帯(9時~19時)は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力(アイドリング)運転
case C	ピーク時間帯(9時~19時)は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転
case D	7時~23時は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力(アイドリング)運転
case E	7時~23時は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転

※³ 比較対象住宅は電力・給湯需要共に家庭用燃料電池使用住宅と同時刻に発生するものとする。給湯機器は高効率ガス給湯器(熱効率95%)を使用し、空調は電力(エアコン:冷暖房平均COP3)で賄い、電力は系統電力からの買電とする。

東京電力管内において解析case毎に家庭用燃料電池の解析条件、各種換算値を組み合せ、家庭用燃料電池導入前後※³の一次エネルギー消費量、CO₂排出量及びランニングコストを算出する。

表2 家庭用燃料電池の性能・解析条件

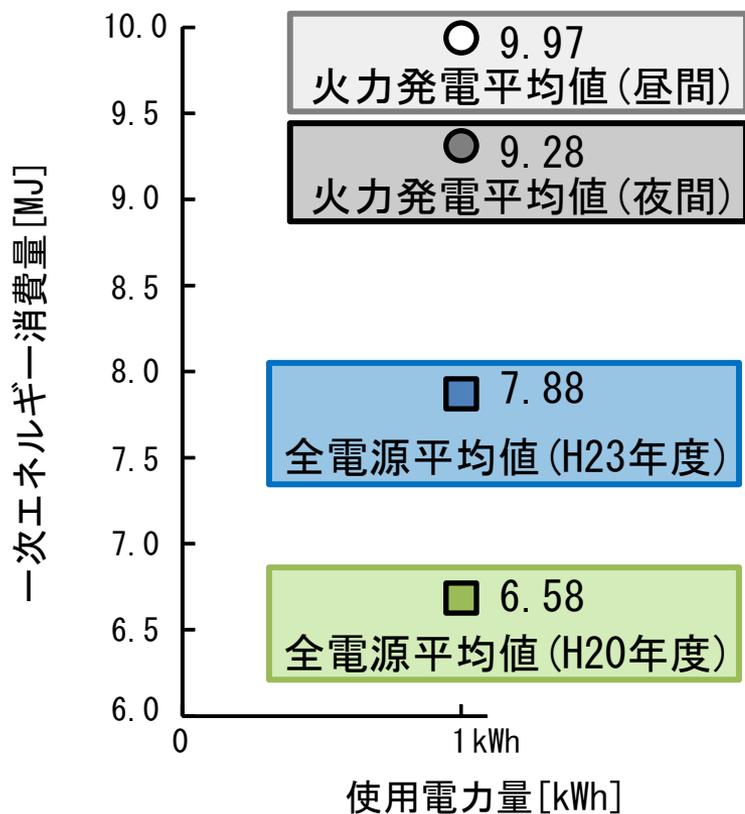
解析case			case1		case2		case3		case4		case5	
住宅形式			戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合	戸建	集合
燃料電池の種類			PEFC	PEFC	PEFC	SOFC-I	PEFC	SOFC-II	SOFC-I	SOFC-I	SOFC-II	SOFC-II
定格能力 (HHV基準)	出力[kW]	定格	0.75	0.75	0.70	0.75	1.50	0.70	0.70	1.50	1.50	1.50
		最小	-	-	0.05	-	0.11	0.05	0.05	0.11	0.11	0.11
	効率[%]	発電	36	36	42	36	42	42	42	42	42	42
		熱回収	45	45	39	45	39	39	39	39	39	39
稼動時ガス消費量[kW]			2.1	2.1	1.7	2.1	3.6	1.7	1.7	3.6	3.6	
給湯能力 (60℃)[ℓ/h]	冬季		14	14	14	14	30	14	14	30	30	
	夏季		21	21	22	21	46	22	22	46	46	
運転方法			熱主定格運転	熱主定格運転	熱主定格運転	case A ~ case E	熱主定格運転	case A ~ case E				

表5 固体酸化物形燃料電池(SOFC)の運転方法

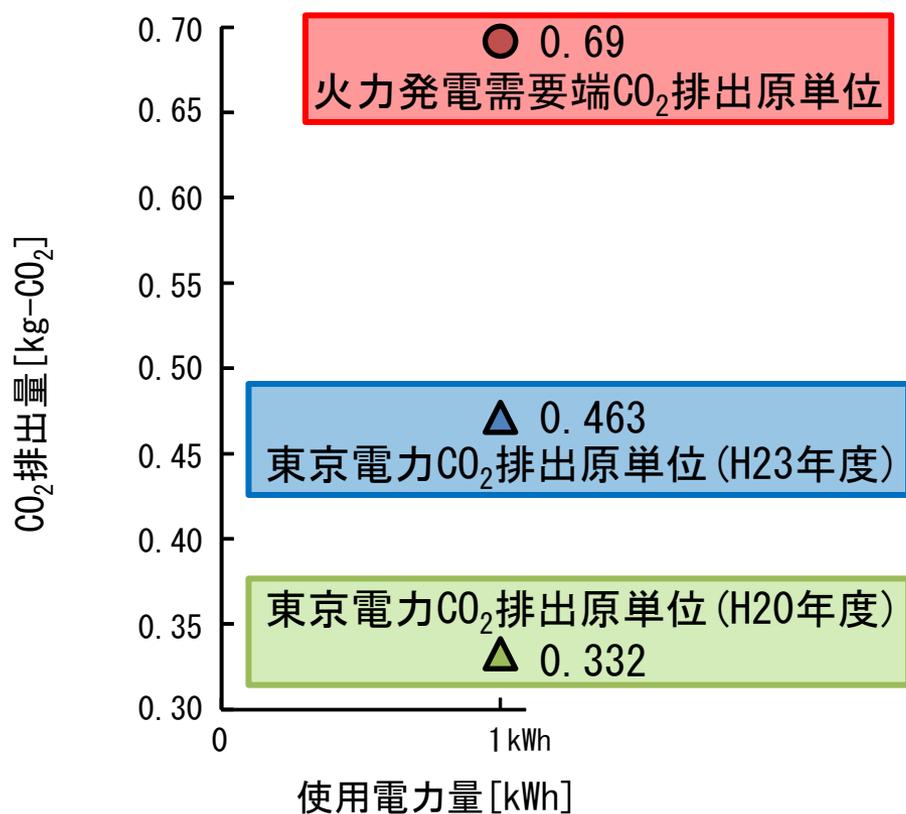
解析case	運転方法
case A	終日定格運転
case B	ピーク時間帯(9時~19時)は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力(アイドリング)運転
case C	ピーク時間帯(9時~19時)は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転
case D	7時~23時は定格出力運転、それ以外の時間帯は最小出力(アイドリング)運転
case E	7時~23時は定格出力運転、それ以外の時間帯は電主運転

※³ 比較対象住宅は電力・給湯需要共に家庭用燃料電池使用住宅と同時刻に発生するものとする。給湯機器は高効率ガス給湯器(熱効率95%)を使用し、空調は電力(エアコン:冷暖房平均COP3)で賄い、電力は系統電力からの買電とする。

東京電力管内において解析case毎に家庭用燃料電池の解析条件、各種換算値を組み合せ、家庭用燃料電池導入前後※³の一次エネルギー消費量、CO₂排出量及びランニングコストを算出する。



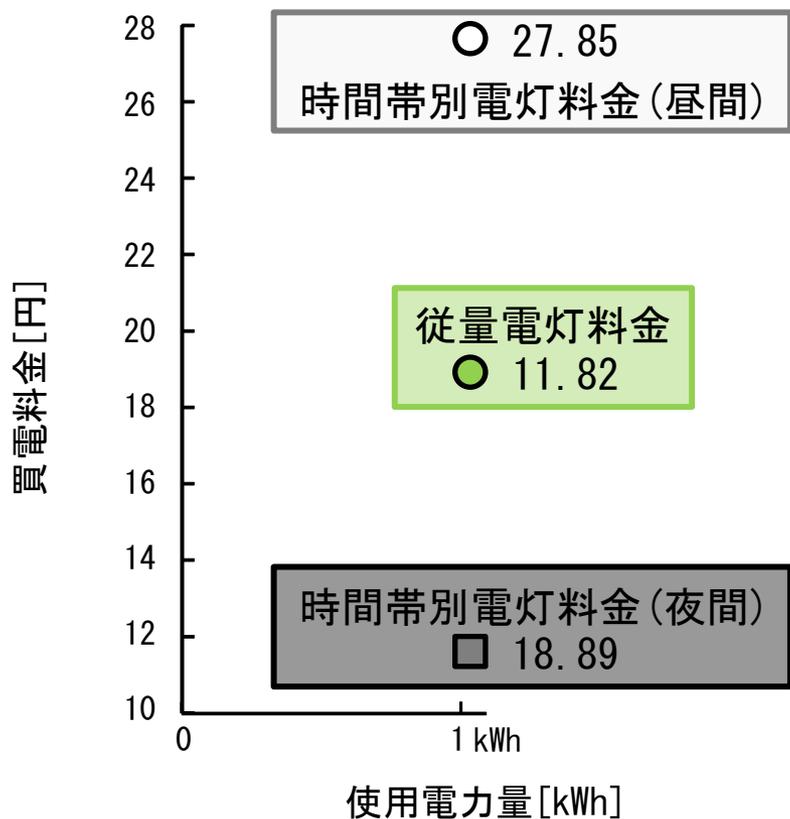
(1) 一次エネルギー換算値(HHV基準)



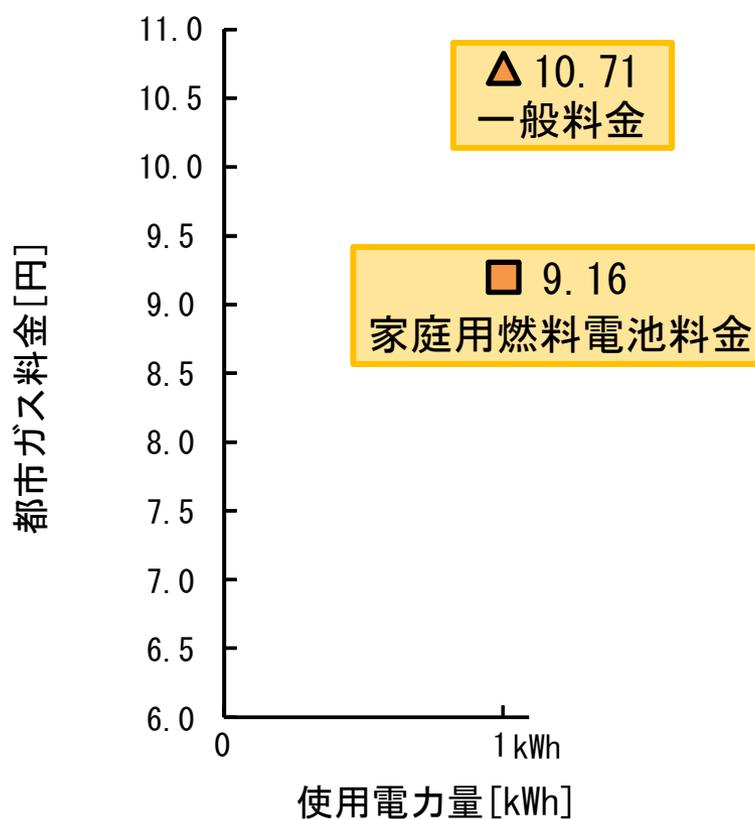
(2) CO₂排出原単位

図 電力の一次エネルギー換算値及びCO₂排出原単位

東京電力管内において解析case毎に家庭用燃料電池の解析条件、各種換算値を組み合せ、家庭用燃料電池導入前後※³の一次エネルギー消費量、CO₂排出量及びランニングコストを算出する。



(1) 電気料金プラン



(2) 都市ガス料金プラン

※電気の逆潮流料金は
 昼間：各種料金プランの料金
 夜間：時間帯別夜間料金

家庭用燃料電池を稼働する際に発生した余剰電力は**逆潮流**させ、給湯需要を満たした後の余剰熱はラジエータ（ファンの消費電力4.8W）で大気に放出する。

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事を言う。現在、電力会社は家庭用燃料電池からの逆潮流を認めていない。

冬季において一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギーは、case4-A, C, Eで最も多く削減される。

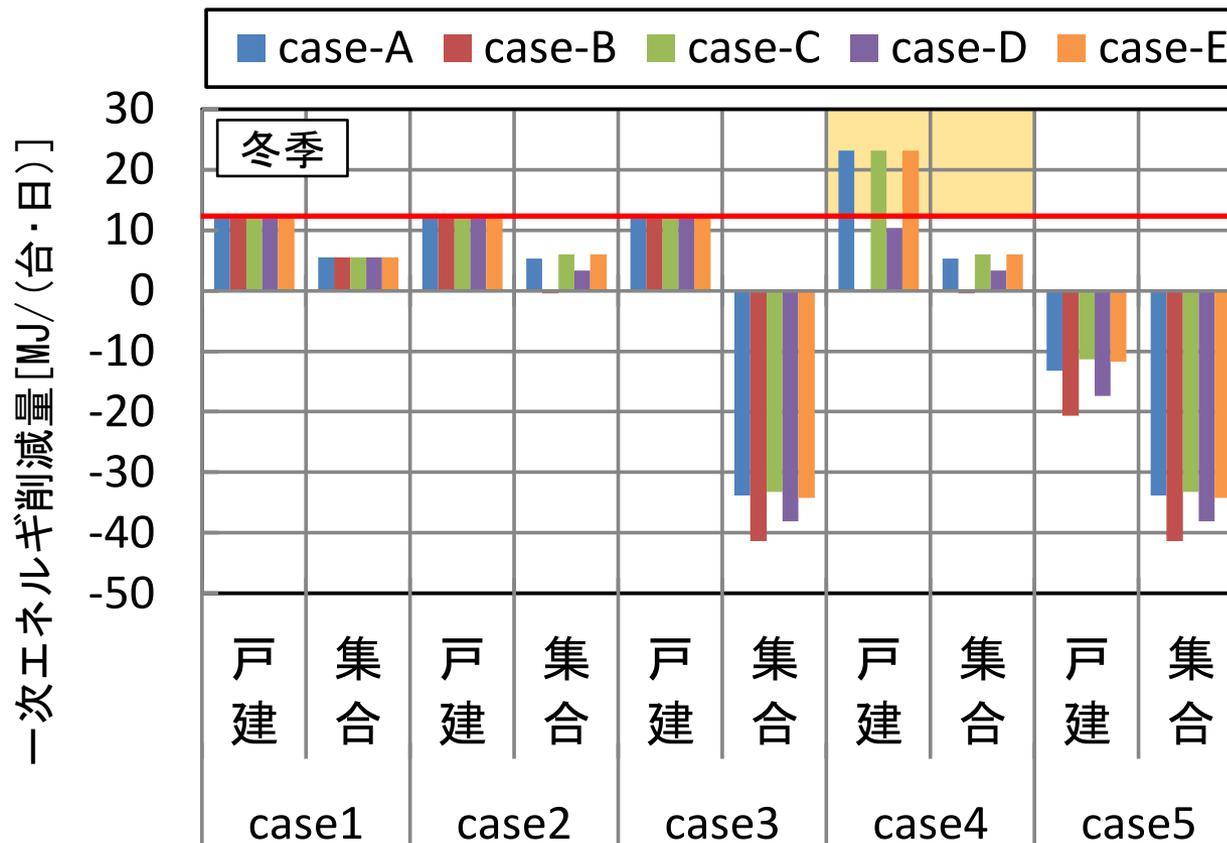


図4 震災前の一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギー削減量

case1では冬季・夏季共にいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

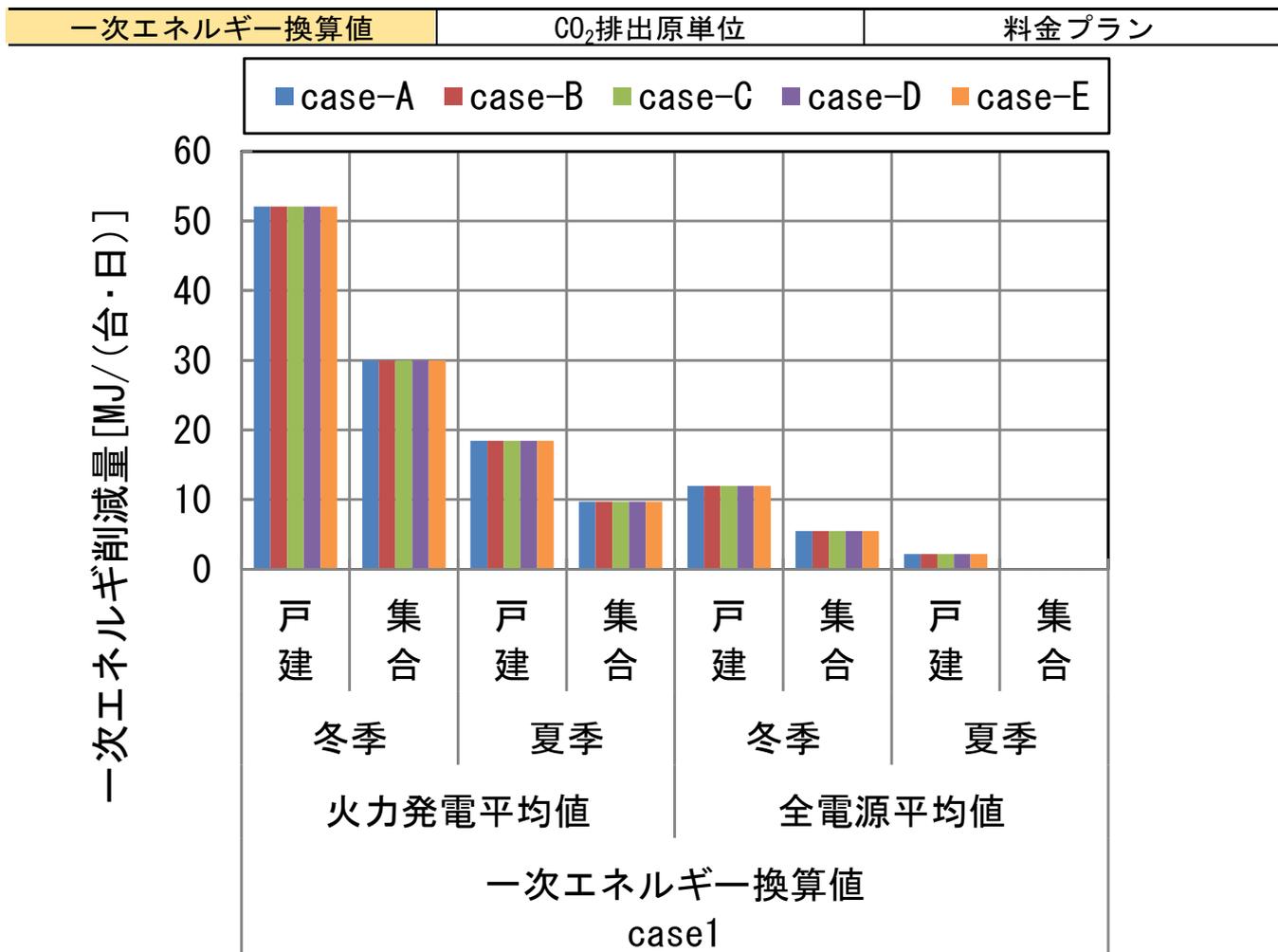


図 震災前のcase1の一次エネルギー削減量

case1では冬季・夏季共にいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

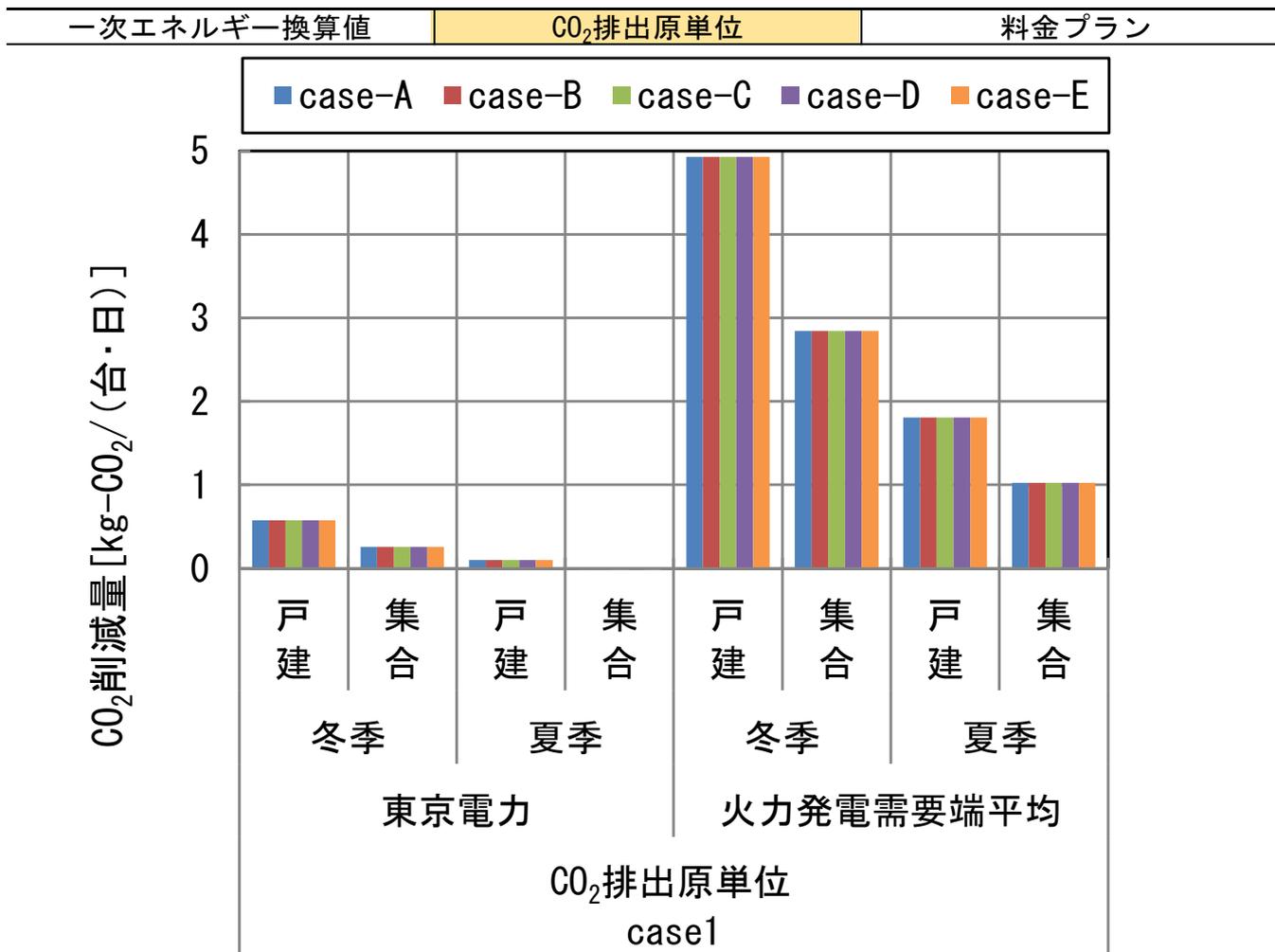


図 震災前のcase1のCO₂削減量

case1では冬季・夏季共にいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

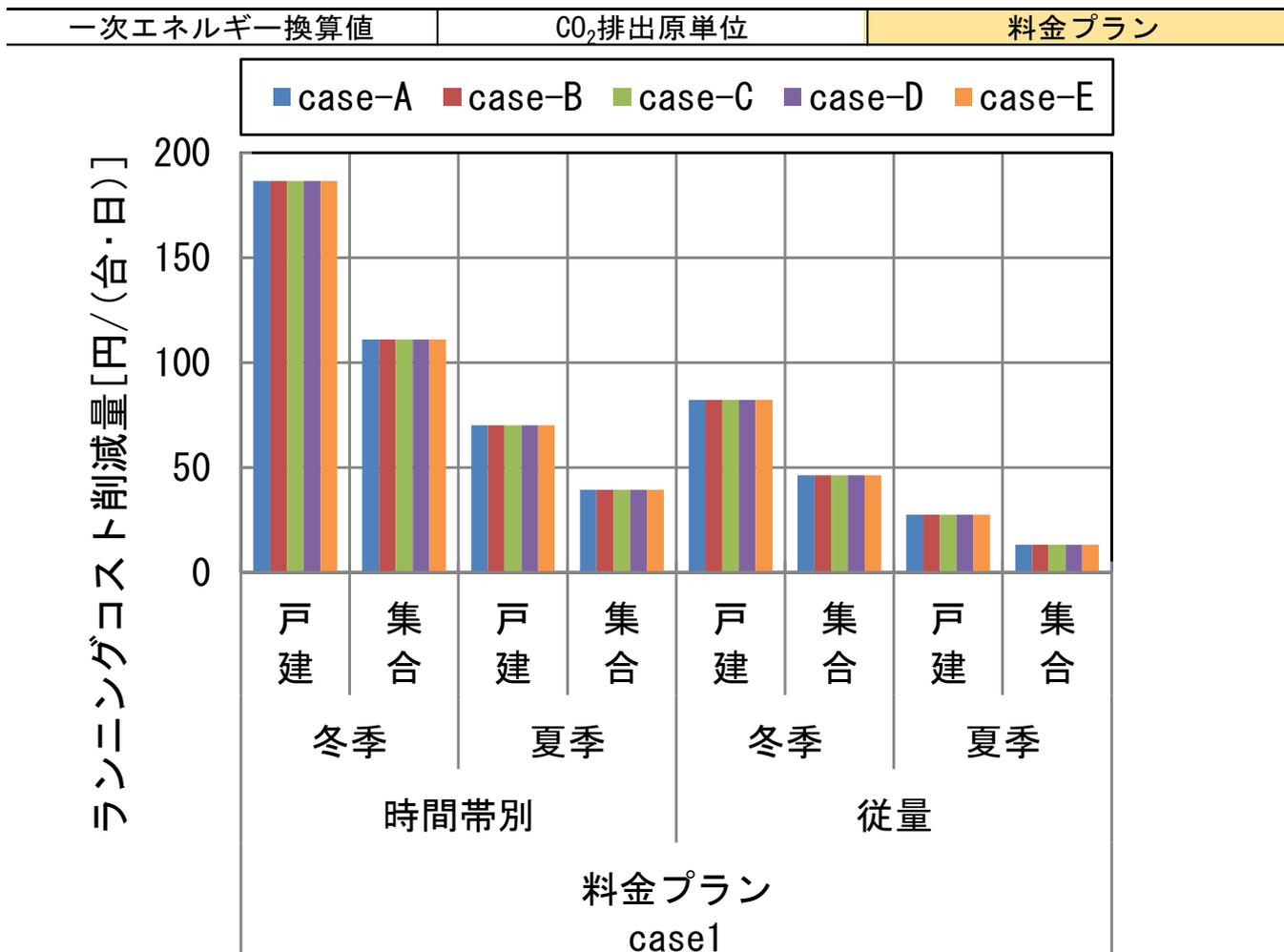


図 震災前のcase1のランニングコスト削減量

一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端のCO₂排出原単位を用いた場合のCO₂排出量及び時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全てのcaseで一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

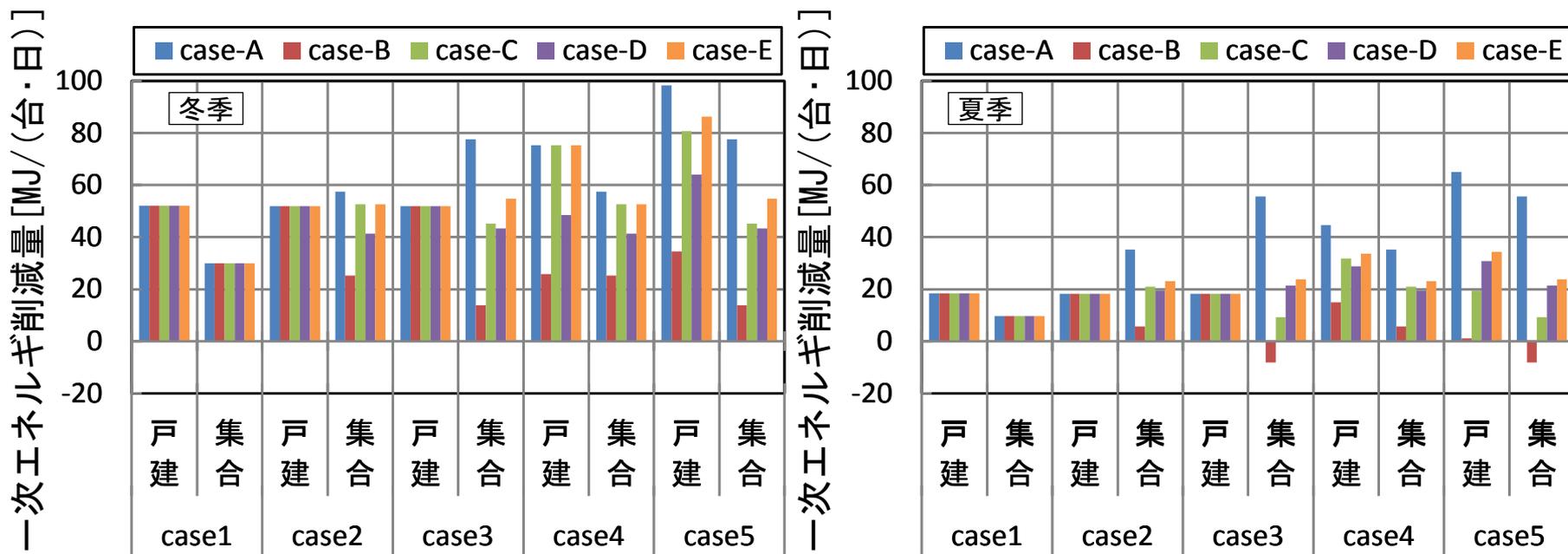


図3 震災前の一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー削減量

一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端のCO₂排出原単位を用いた場合のCO₂排出量及び時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全てのcaseで一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

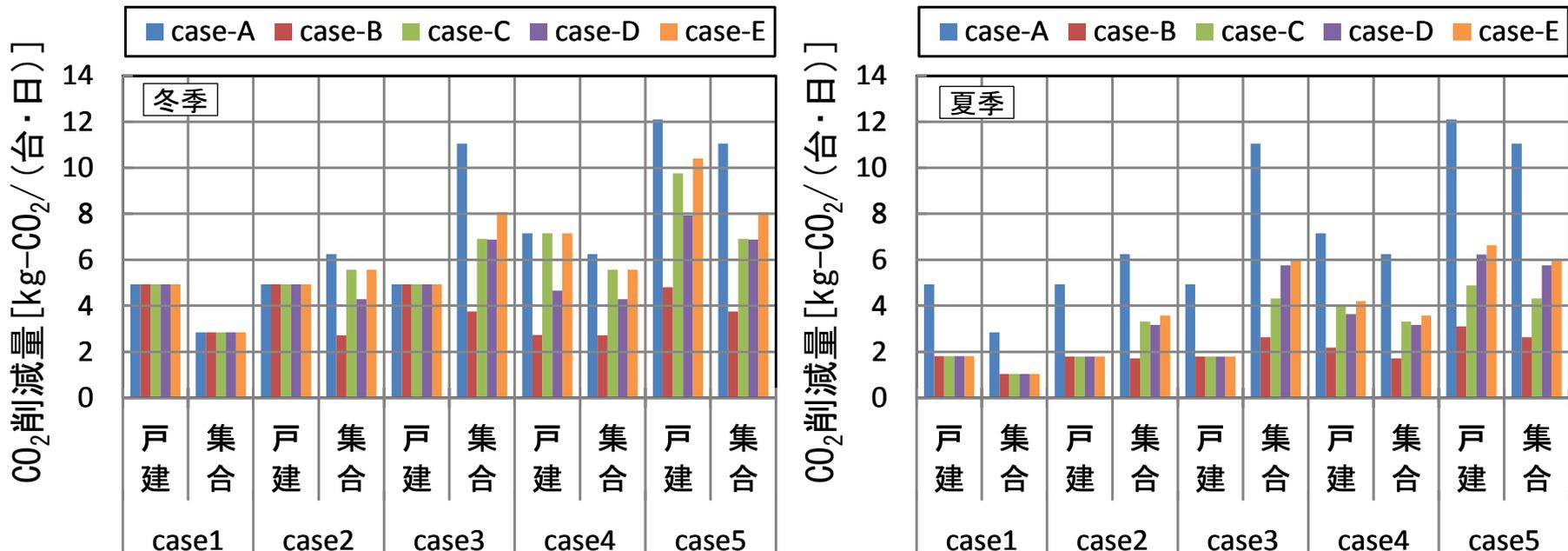


図6 震災前の火力発電需要端のCO₂排出原単位を用いた場合のCO₂削減量

一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端のCO₂排出原単位を用いた場合のCO₂排出量及び時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全てのcaseで一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストが削減される。

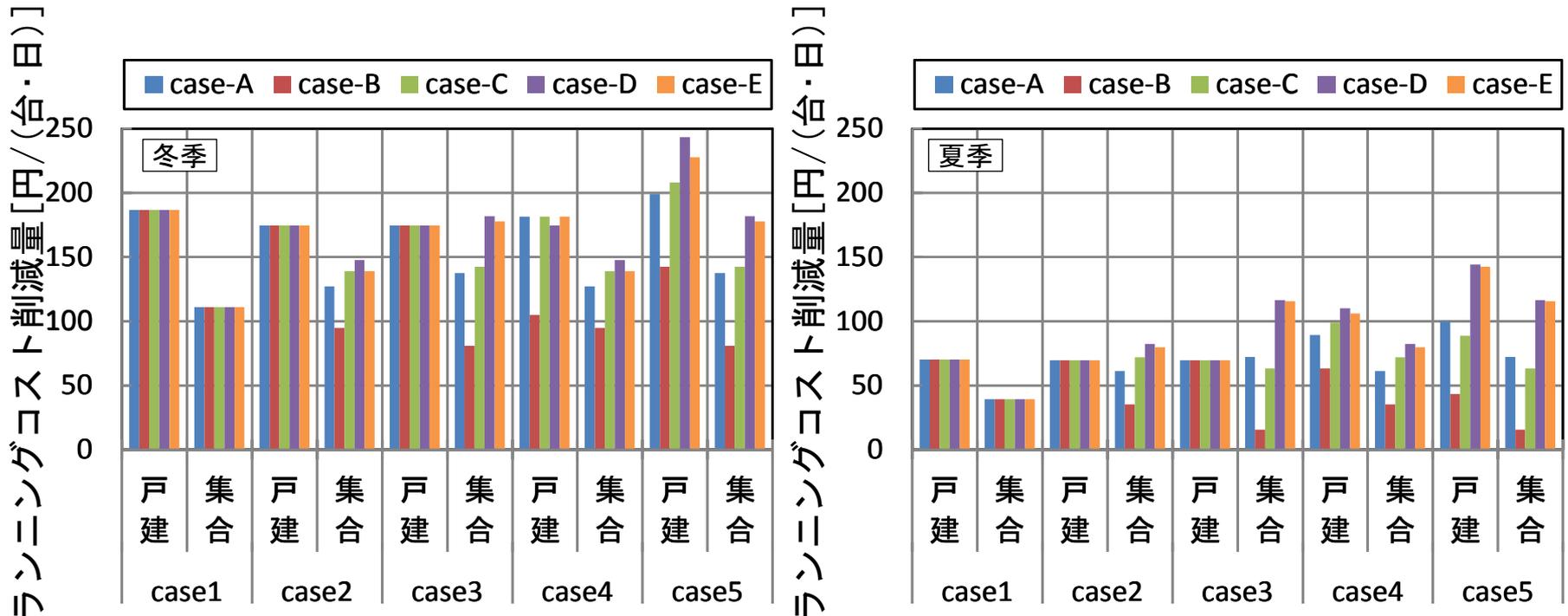


図7 震災前の時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコスト削減量

- ① 冬季では一次エネルギー換算値に全電源平均値を用いた場合の一次エネルギーは、case4-A, C, Eで最も削減される。
- ② case1では冬季・夏季ともにいずれの換算値を用いた場合でも一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストは削減される。
- ③ 一次エネルギー換算値に火力発電平均値を用いた場合の一次エネルギー、火力発電需要端のCO₂排出原単位を用いた場合のCO₂排出量及び時間帯別電灯料金プランを用いた場合のランニングコストは、冬季・夏季ともにほぼ全てのcaseで一次エネルギー、CO₂排出量及びランニングコストは削減される。