

家庭用燃料電池の ライフサイクルコストに関する研究

東北電力管内を対象としたケーススタディ

志田 眸

指導教員 赤林 伸一 教授

家庭用FCCGS※¹は、各家庭で消費される電力の一部を発電により賄うとともに、排熱を給湯などに利用することで総合効率を約80%に向上させることができる。

※1 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム

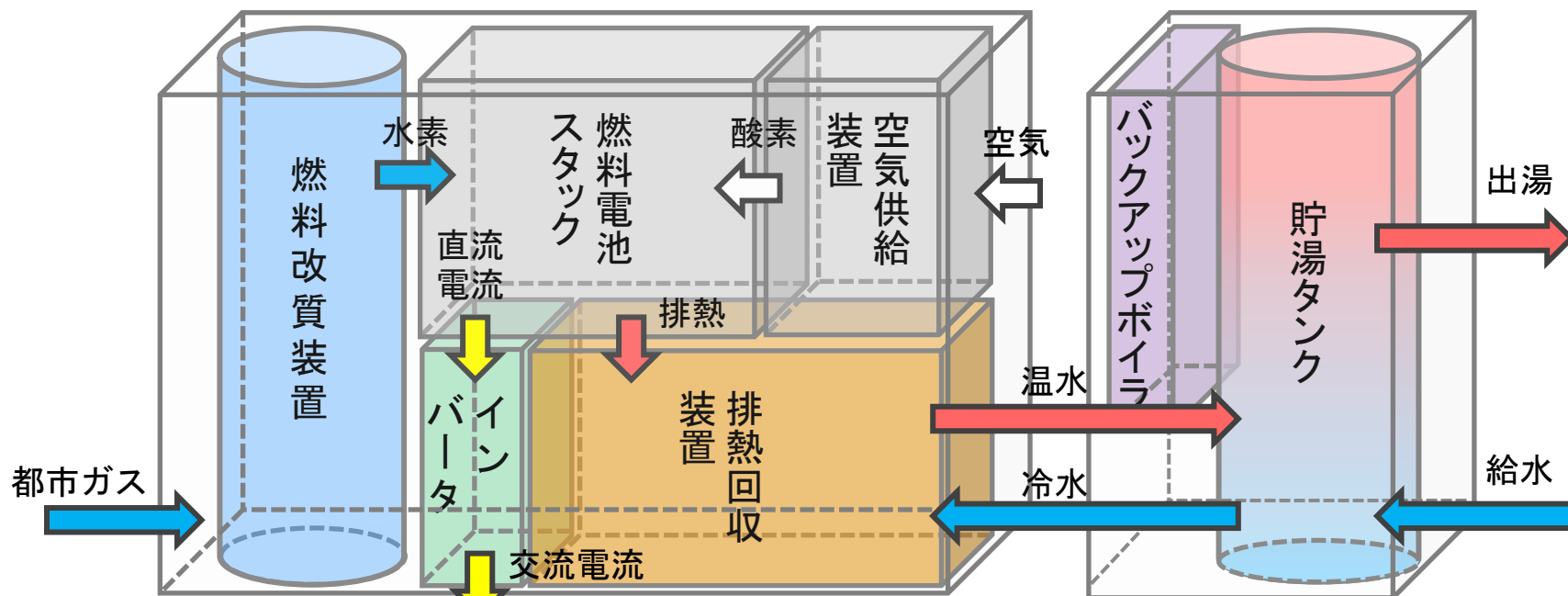


図 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの構成

研究目的

家庭用FCCGSは2030年までに全国で530万台導入することが目標※²とされており、既往の研究^{文1)}では燃料電池が多数普及した場合の我が国全体における一次エネルギー削減効果を明らかにしている。しかし、家庭用FCCGSはイニシャルコストが極めて高価であり、家庭用FCCGS導入時のライフサイクルコストについて検討する必要がある。

※2 「日本再興戦略」（平成27年6月30日閣議決定）における家庭用燃料電池の普及目標。
全世帯数の約1割を目標とする。

文1) 赤林ら「家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究 その3,4」

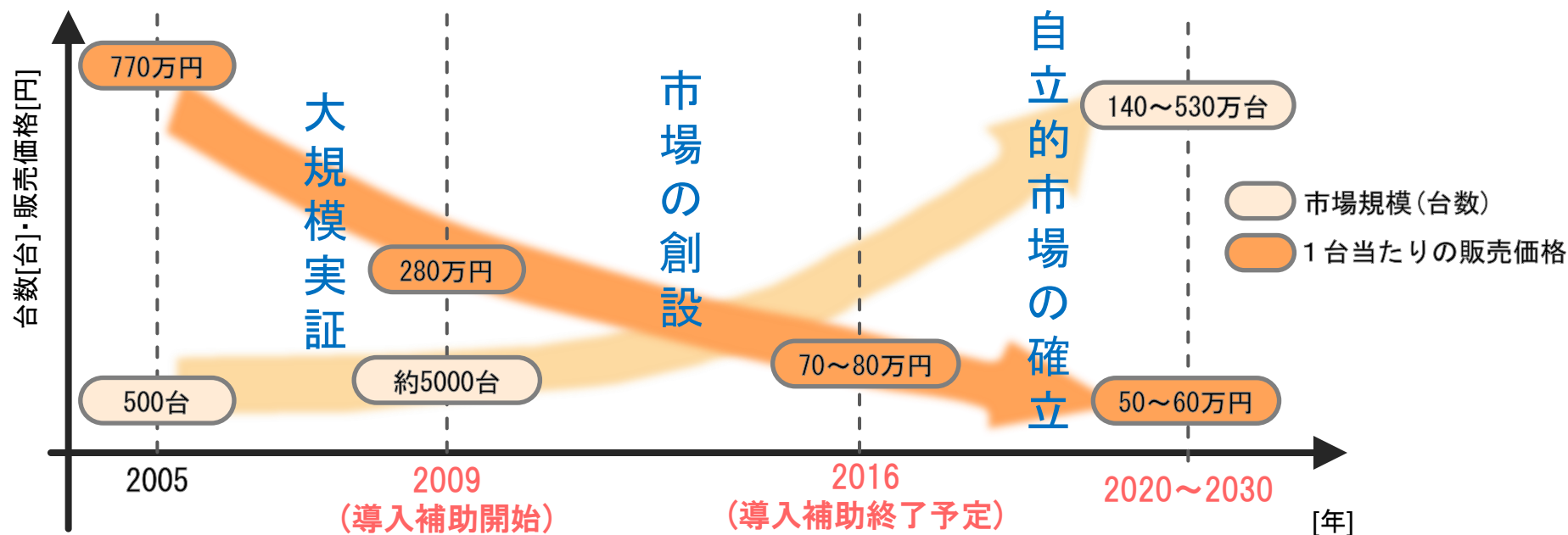


図 家庭用燃料電池の価格低下と普及のシナリオ

出典：資源エネルギー庁

本研究では東北電力管内※³の電気・ガス料金を調査し、既往の研究^{文1)}で算出したFC住宅※⁴における固体酸化物形燃料電池(SOFC)及び固体高分子形燃料電池(PEFC)の稼働シミュレーションを基に、戸建住宅の年間エネルギーコストの算出を行い、家庭用FCCGSのライフサイクルコスト評価を行い、導入を促進させるための料金設定やイニシャルコストの削減の検討を行うことを目的とする。

※3 東北電力の供給地域(青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、新潟県)の7県とする。

※4 家庭用FCCGS導入住宅

文1) 赤林ら「家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究 その3,4」
日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年



図 家庭用FCCGSの外観

研究概要(2.1解析対象)

対象住宅は東北電力管内の戸建住宅とする。住宅モデルは日本建築学会住宅用標準問題モデルを用いる。熱損失係数は $2.57[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ とする。

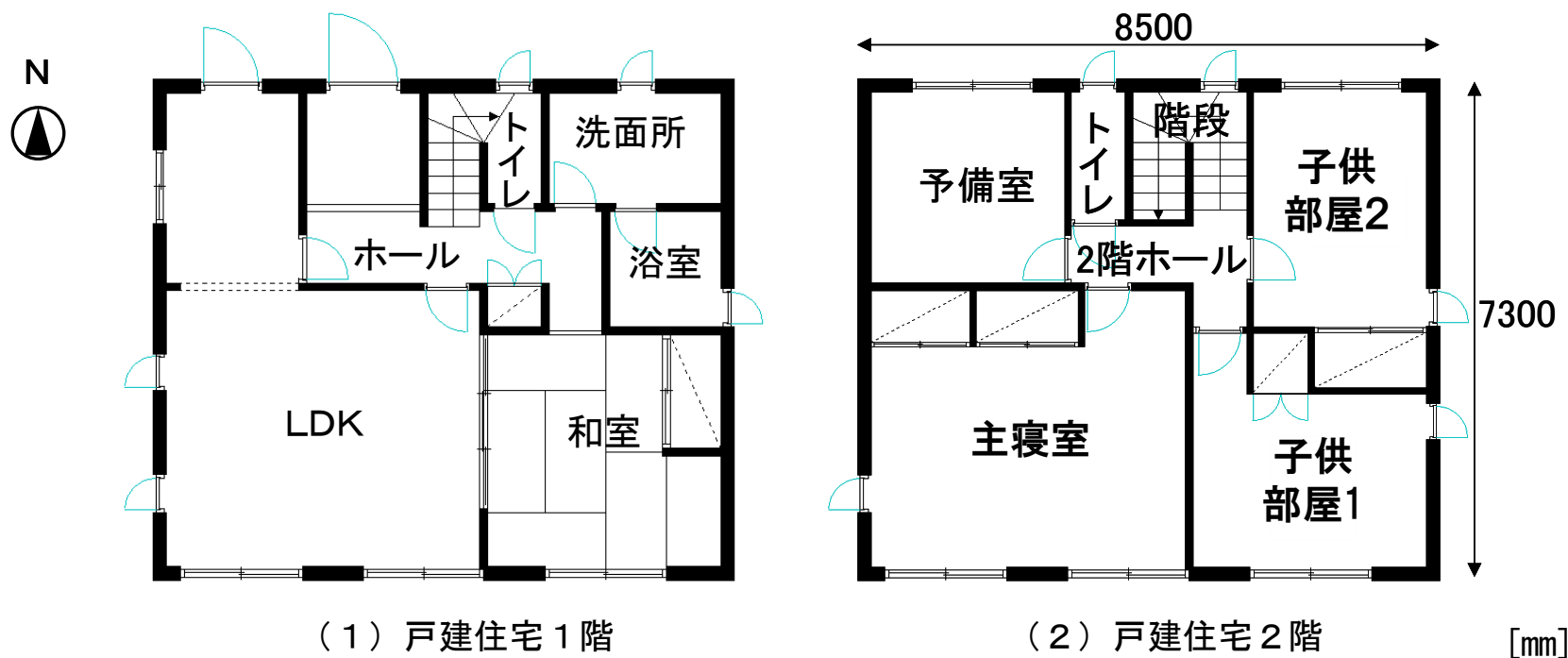


図 解析対象住宅モデル平面

研究概要(2.2電気・ガス料金)

ガス料金の調査対象は東北電力管内を管轄する各ガス事業者^{文3)}とする。ガス料金はガス種別で単位発熱量当たりの価格に換算し、各県においてガス事業者の需要家数で加重平均することにより算出する。

文3) ガス事業便覧：平成26年度版

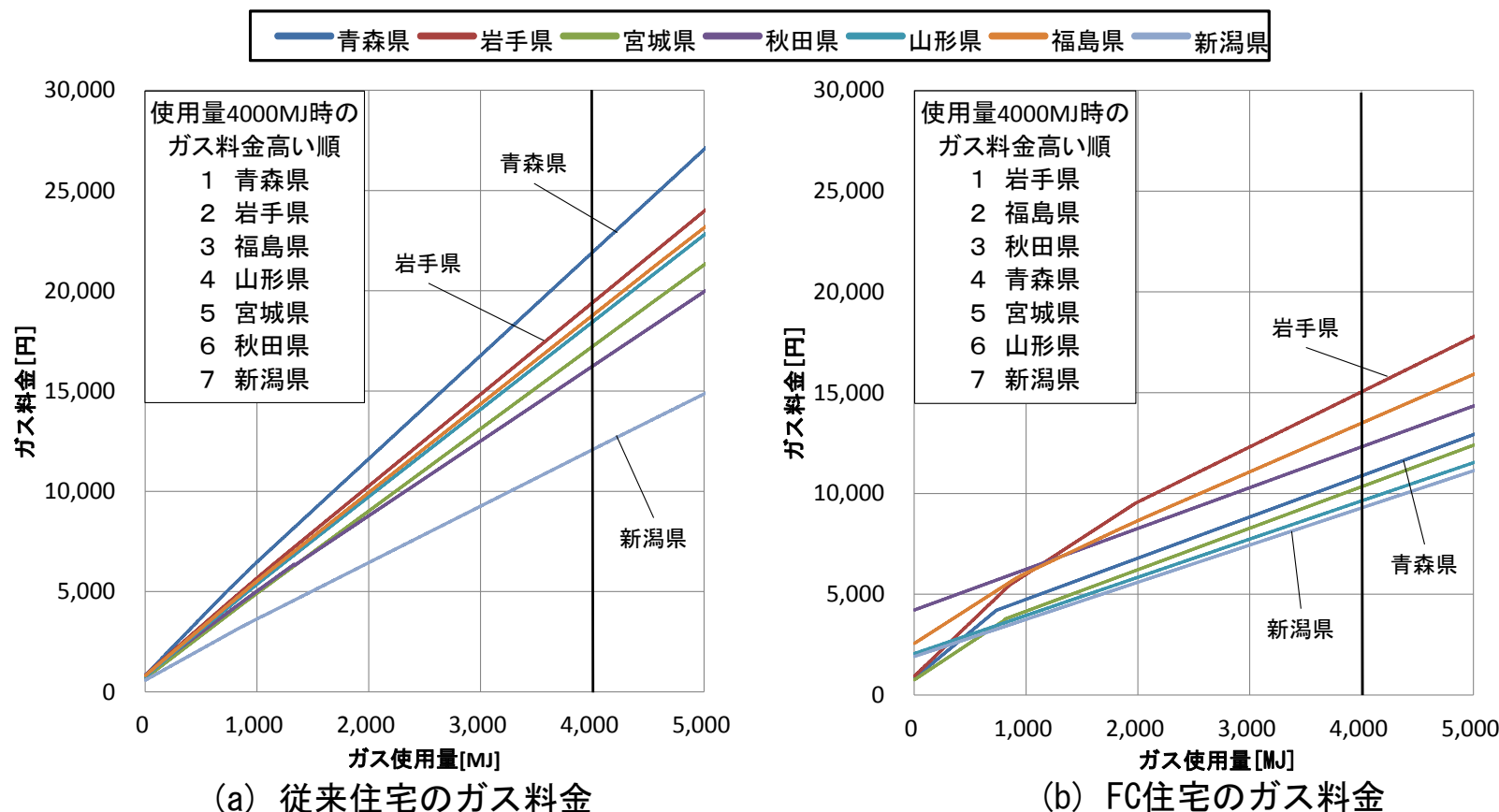


図1 東北電力管内の各県における従来住宅^{※5}及びFC住宅を対象としたガス料金

※5 家庭用FCCGSを導入せず、高効率ガス給湯器を使用する住宅。

家庭用FCCGSからの逆潮流※⁶電力の売電単価は買電単価と同じとする。

※6 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。
現在、電力会社は家庭用FCCGSからの逆潮流を認めていない。

表1 東北電力^{文2)}の電気料金

		区分	単位	料金単価[円]
従量電灯B	基本料金	40A	1契約	1,296
	電力量料金	0～120kWh	1kWh	18.24
		121～300kWh	1kWh	24.87
		301kWh～	1kWh	28.75

文2) 東北電力 <http://www.tohoku-epco.co.jp>

FC住宅及び従来住宅※⁵共に空調はエアコン（平均COP:3.0）で行い、給湯はFC住宅は家庭用FCCGS、従来住宅は高効率ガス給湯器（熱効率：95%）で賄う。FC住宅の発電余剰電力は逆流させ、湯量不足時にはバックアップボイラ（熱効率95%）を用いる。

※⁵ 家庭用FCCGSを導入せず、高効率ガス給湯器を使用する住宅。

表2 対象住宅の空調・換気条件

空調条件 (在室時空調)	エアコン (平均COP : 3.0)	冷房	設定温度	28[℃]
			期間	6月～9月
		暖房	設定温度	20[℃]
			期間	11月～3月
換気条件	換気回数			0.5[回/h]
	台所レンジフード 排気風量			300[m³/h]

FC住宅及び従来住宅※⁵共に空調はエアコン（平均COP:3.0）で行い、給湯はFC住宅は家庭用FCCGS、従来住宅は高効率ガス給湯器（熱効率：95%）で賄う。FC住宅の発電余剰電力は逆流させ、湯量不足時にはバックアップボイラ（熱効率95%）を用いる。

※5 家庭用FCCGSを導入せず、高効率ガス給湯器を使用する住宅。

表3 家庭用FCCGSと高効率ガス給湯器の性能と価格

機種			SOFC-Ⅰ (現行仕様)	SOFC-Ⅱ (将来仕様)	PEFC	高効率ガス 給湯器(24号)
性能	燃料種類		都市ガス	都市ガス	都市ガス	都市・LPガス
	定格効率 (HHV) [%]	発電	42.0	49.6	35.2	—
		熱回収	39.2	27.1	50.6	—
		総合	81.2	76.7	85.8	—
	定格出力 [kW]	発電	0.70	0.70	0.75	—
		熱回収	0.65	0.38	1.08	—
	ガス消費量[kW]		1.67	1.41	2.13	48.4(最大)
	貯湯タンク容量[ℓ]		90	30	147	—
	出湯温度[℃]		70	70	60	70
	バックアップボイラ熱効率[%]		95			
耐久年数※ ⁸ [年]		10				
価格	希望小売価格[万円]		215	215	160	25
	設置費用[万円]		20			3
	補助金[万円]		40	40	35	—
	導入価格[万円]		195	195	145	28

※8 稼働からオーバーホールまでの年数（本研究では10年）とする。

研究概要(2.3解析条件)

SOFC及びPEFCの稼働シミュレーションには既往の研究^{文1)}のデータを使用する。FC住宅及び従来住宅において年間のエネルギーコストを算出し、イニシャルコストを含めて評価を行う。

文1) 赤林ら「家庭用燃料電池による一次エネルギー削減効果に関する研究 その3,4」
日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年

表4 家庭用FCGSの運転条件

SOFC	①終日定格運転	・定格出力で運転を行う。(逆潮流あり)
	②終日電主運転	・電力需要に追従して運転を行う。(逆潮流なし)
	③ピーク時定格運転他電主運転	・ピーク時(13:00~16:00)は定格出力で運転を行い、それ以外の時間帯は電力需要に追従して運転を行う。(ピーク時:逆潮流あり、その他:逆潮流なし)
	稼働条件	・SOFCは24時間365日運転し続けるものとする。 ・余剰排熱はファンにより大気中に放熱する。
PEFC	運転時定格運転	・定格出力で運転を行う。(逆潮流あり)
	起動条件	・起動時刻は給湯需要のピークを迎える20:45から稼働時間を逆算し、決定する。 ・発電開始時刻が13時以降になる場合、発電開始時刻は13時とする。
	停止条件	・作湯量が日積算給湯需要を満たした場合、貯湯タンクが満蓄になった場合及び発電時間が20時間に達した場合に発電を停止する。 ・起動停止は1日1回とし、1日当たり4時間は強制的に停止する。

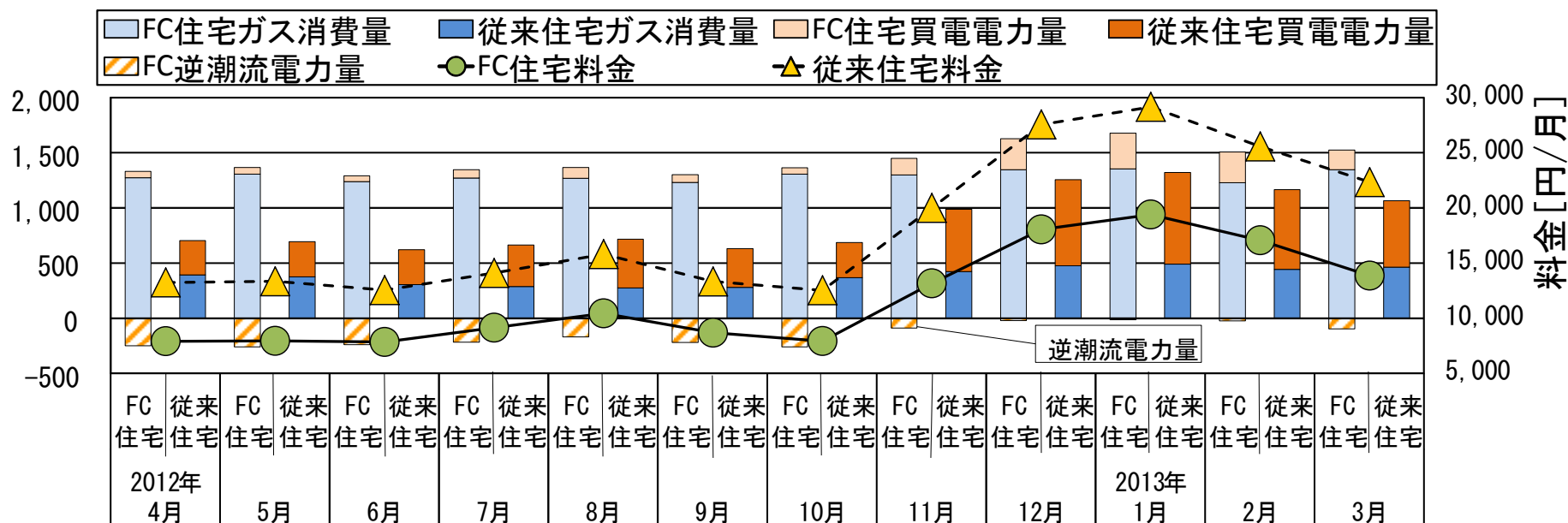
表5 解析case

解析case	世帯人員数	FC設置条件	FC運転条件
case1	3人	SOFC- I	終日定格運転
case2	4人	SOFC- I	終日定格運転
case3	3人	SOFC- II	終日定格運転
case4	3人	PEFC	運転時定格運転
case5	3人	SOFC- I	終日電主運転
case6	3人	SOFC- I	ピーク時定格運転他電主運転

解析結果(3.1新潟県における年間の解析結果)

SOFc-I を導入し終日定格運転を行った場合、従来住宅と比較して燃料電池の稼働によりガス消費量は増加するが、燃料電池の発電により買電電力量は減少する。

電気・ガス消費量[kWh]



(世帯人員数3人、FC住宅：SOFc-I(終日定格運転)、従来住宅：高効率ガス給湯器(24号))

図2 新潟県における一世帯あたりの電気・ガス消費量とランニングコスト※7の月積算値の推移(case1)

※7 電気料金は東北電力の従量電灯Bを、ガス料金はFC住宅には家庭用FCGGS用ガス料金を、従来住宅には一般ガス料金を適用させる。

解析結果(3.1新潟県における年間の解析結果)

逆潮流による売電を含めると年間ランニングコストは約8万円削減される。

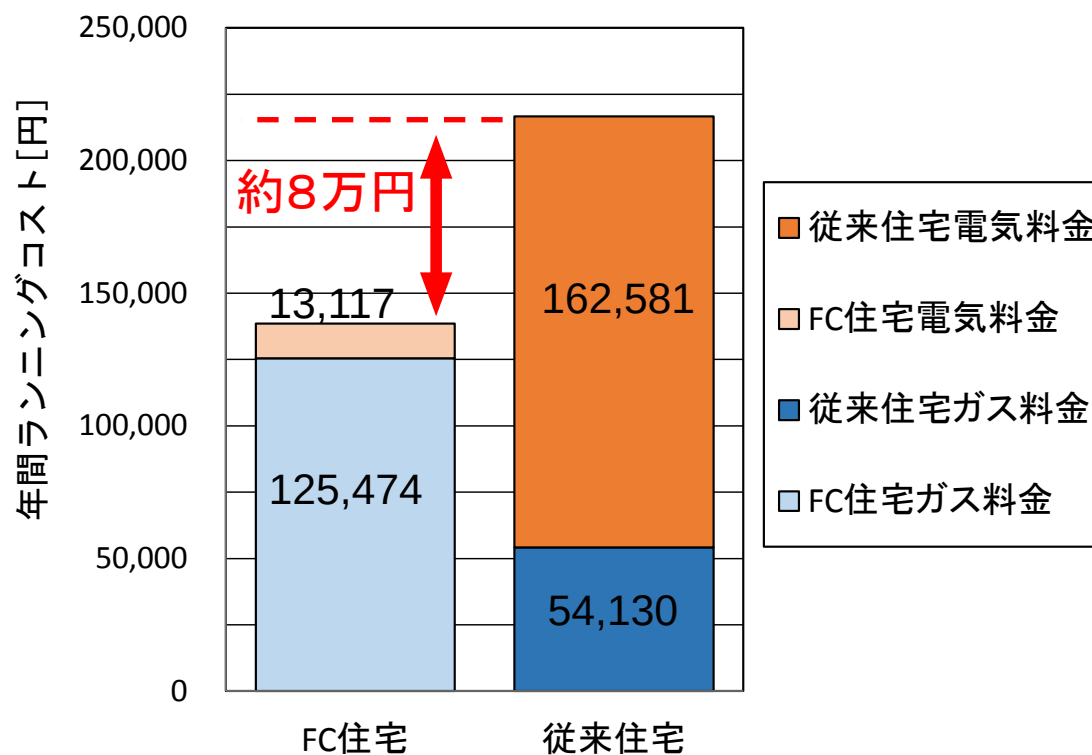


図 年間ランニングコストの比較

解析結果(3. 2新潟県における各caseの解析結果)

世帯人員数の違い(case1, 2)で比較すると、case2ではcase1と比較して給湯の需要量が多いため、燃料電池の大気放熱量が減少し、総合熱効率が向上するため、年間ランニングコスト削減額は多くなる。今回の解析caseではcase2が最も年間ランニングコスト削減額が多く、約8万5千円削減される。

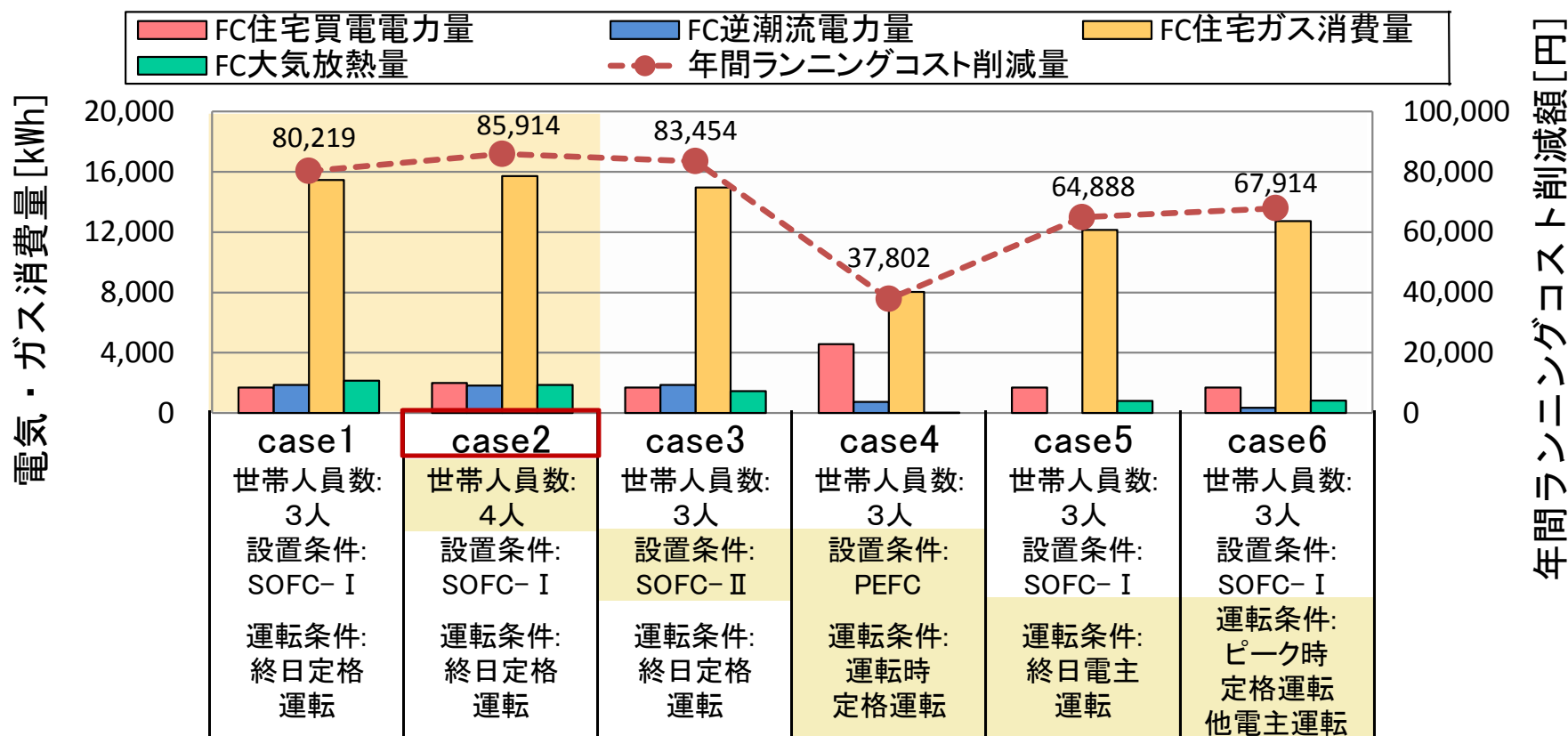


図3 新潟県における各caseの電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

解析結果(3. 2新潟県における各caseの解析結果)

家庭用FCGSの機種の違い(case1, 3, 4)で比較すると、**発電効率の高いSOFC-Ⅱ**を用いるcase3が3 caseの中で最も年間ランニングコスト削減額が多い。

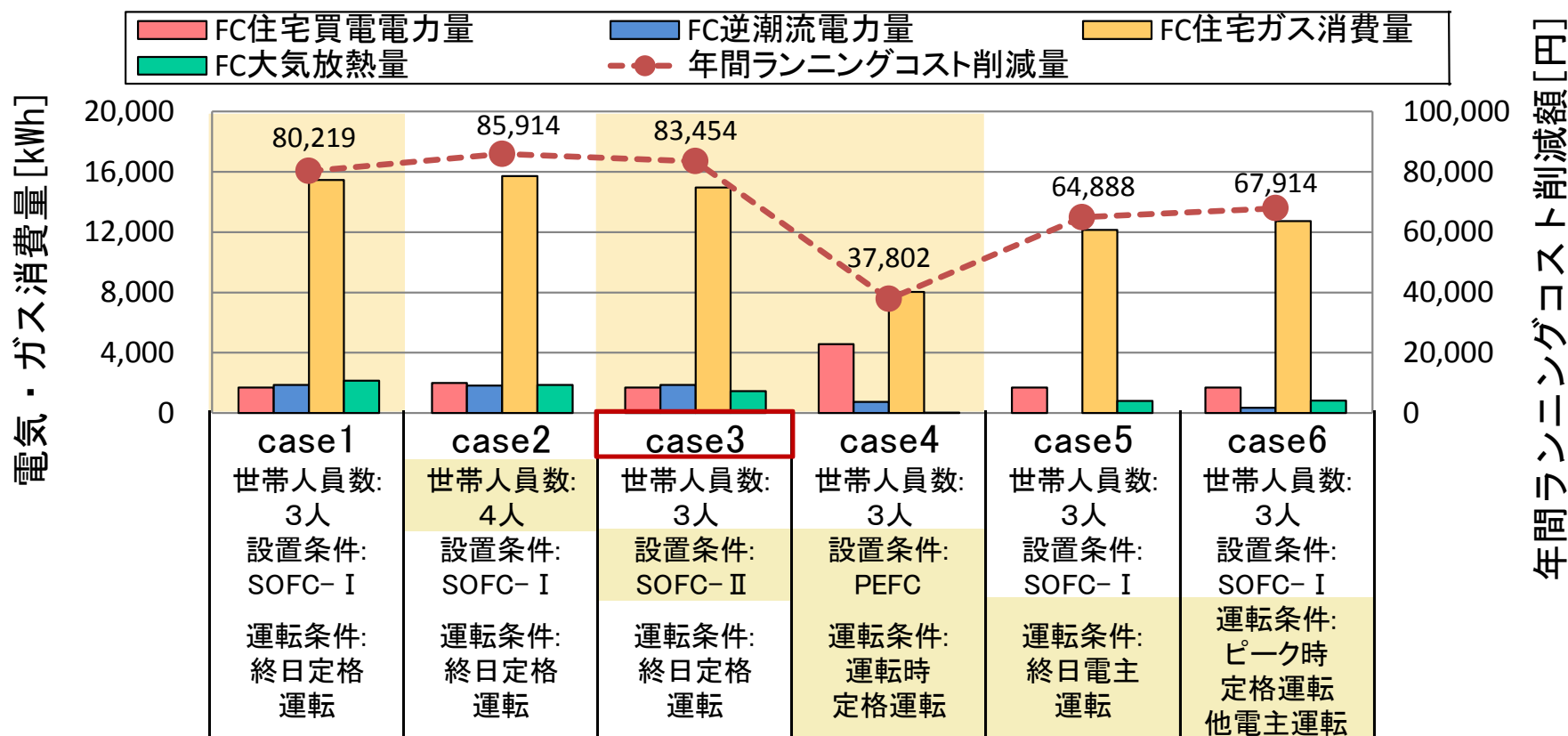


図3 新潟県における各caseの電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

解析結果(3. 2新潟県における各caseの解析結果)

家庭用FCCGSの運転条件の違い(case1, 5, 6)で比較すると、case1では逆潮流電力量が比較的多いため、年間ランニングコスト削減額が3 caseの中で最も多くなる。

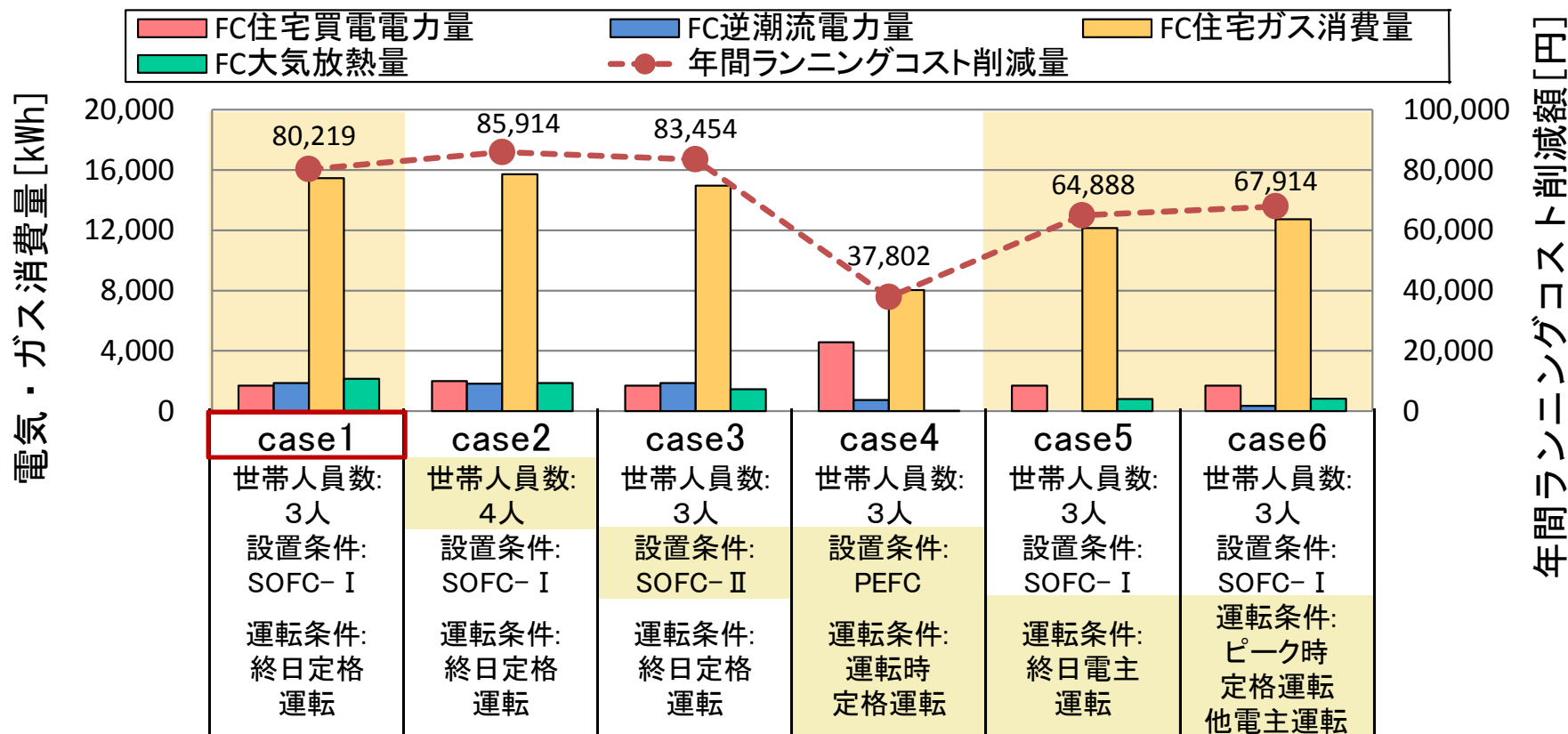


図3 新潟県における各caseの電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額

解析結果(3.2新潟県における各caseの解析結果)

caseAを基準とし、caseBではイニシャルコストを2016年度の目標値(SOFC-I・II:80万円、PEFC:70万円)とし、caseCではイニシャルコストを2030年度の目標値(SOFC-I・II:60万円、PEFC:50万円)とする。caseDは耐久年数※8までに減価償却するためのイニシャルコストを算出する。

※8 稼働からオーバーホールまでの年数(本研究では10年)とする。

表6 新潟県においてイニシャルコストを変化させた場合の減価償却までの年数(case1, 3, 4)

解析case		caseA	caseB	caseC	caseD
解析条件		現状料金設定	イニシャルコスト低下(2016年度の目標値)	イニシャルコスト低下(2030年度の目標値)	イニシャルコスト低下(10年で減価償却)
イニシャルコスト [万円]	SOFC-I	195.0	80.0	60.0	108.2
	SOFC-II	195.0	80.0	60.0	111.5
	PEFC	145.0	70.0	50.0	65.8
	高効率ガス給湯器	28.0	28.0	28.0	28.0
年間ランニングコスト削減額[万円]	SOFC-I	8.0	8.0	8.0	8.0
	SOFC-II	8.3	8.3	8.3	8.3
	PEFC	3.8	3.8	3.8	3.8
減価償却までの年数[年]	SOFC-I	20.8	6.5	4.0	10.0
	SOFC-II	20.0	6.2	3.8	10.0
	PEFC	31.0	11.1	5.8	10.0

解析結果(3.2新潟県における各caseの解析結果)

caseAの場合、減価償却するためにSOFC- I ・ II では約20年、PEFCでは約30年かかる。caseBでは約 6 ～11年、caseCでは約 4 ～ 6 年で減価償却が可能となる。10年で減価償却 (caseD) するためにはSOFC- I ・ II を約110万円、PEFCを約66万円とする必要がある。

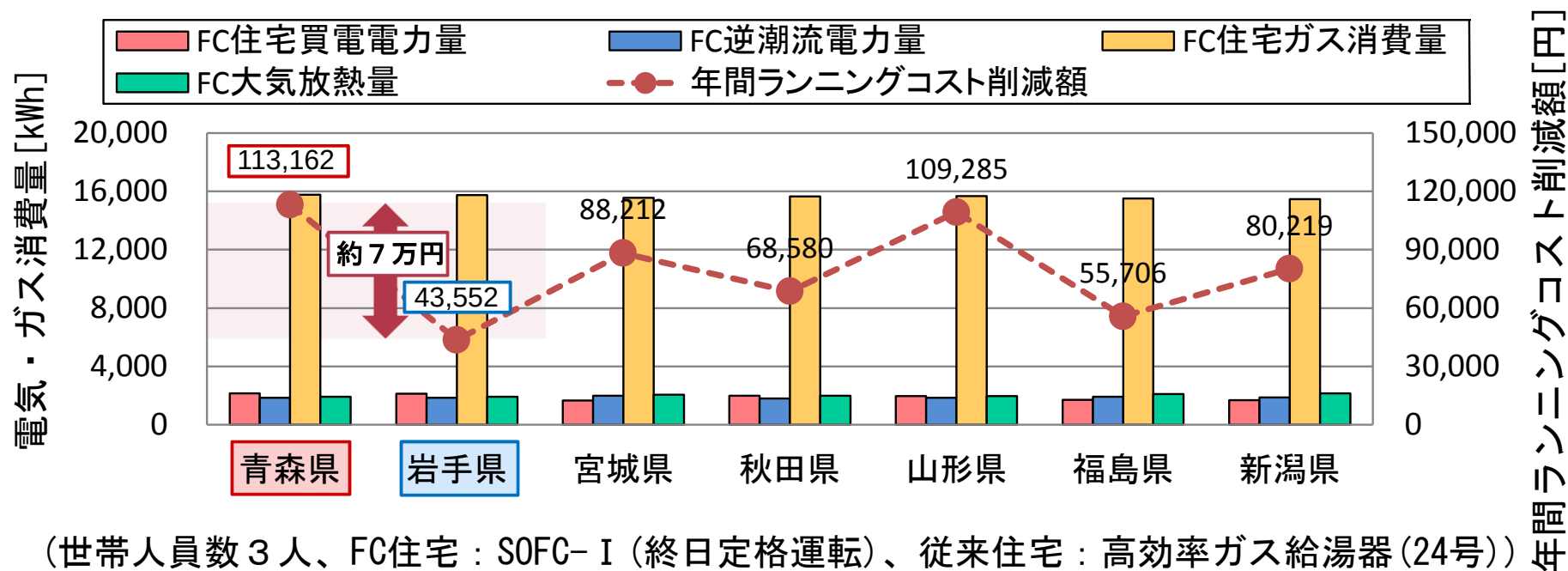
※8 稼働からオーバーホールまでの年数(本研究では10年)とする。

表 6 新潟県においてイニシャルコストを変化させた場合の減価償却までの年数(case1, 3, 4)

解析case		caseA	caseB	caseC	caseD
解析条件		現状料金設定	イニシャルコスト低下(2016年度の目標値)	イニシャルコスト低下(2030年度の目標値)	イニシャルコスト低下(10年で減価償却)
イニシャルコスト [万円]	SOFC- I	195.0	80.0	60.0	108.2
	SOFC- II	195.0	80.0	60.0	111.5
	PEFC	145.0	70.0	50.0	65.8
	高効率ガス給湯器	28.0	28.0	28.0	28.0
年間ランニングコスト削減額[万円]	SOFC- I	8.0	8.0	8.0	8.0
	SOFC- II	8.3	8.3	8.3	8.3
	PEFC	3.8	3.8	3.8	3.8
減価償却までの年数[年]	SOFC- I	20.8	6.5	4.0	10.0
	SOFC- II	20.0	6.2	3.8	10.0
	PEFC	31.0	11.1	5.8	10.0

解析結果(3.3東北電力管内の各県における解析結果)

最も年間ランニングコストの削減額が多い県は、従来住宅のガス料金が最も高く、FC住宅のガス料金が比較的安い**青森県**であり、**約11万円**削減される。また、最も削減額が少ない県は**岩手県**であり、**約4万円**の削減にとどまる。青森県と岩手県の年間ランニングコストの削減額の差は**約7万円**となる。



(世帯人員数3人、FC住宅：SOFC-I(終日定格運転)、従来住宅：高効率ガス給湯器(24号))
 図4 東北電力管内の各県における電気・ガス消費量と年間ランニングコスト削減額(case1)

- ①新潟県で世帯人員数が3人の戸建住宅にSOFC-Iを設置し、終日定格運転を行った場合、年間ランニングコストは約8万円削減される。
- ②家庭用FCCGSの種類の違い(case1, 3, 4)で比較すると、発電効率が高いSOFC-IIを用いるcase3が3case中で最も年間ランニングコストの削減額が多くなる。
- ③運転条件の違い(case1, 5, 6)で比較すると、case1では逆潮流電力量が多くなり、年間ランニングコスト削減額が3caseの中で最も多くなる。
- ④耐久年数までに減価償却するためには、イニシャルコストをSOFC I・IIで約110万円、PEFCでは約66万円とする必要がある。
- ⑤東北電力管内の7県の中では青森県の年間ランニングコスト削減額が約11万円と最も多い。