

四国を対象とした住宅の省エネルギー性能に関する分析

高知工科大学 建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室

自立循環型住宅 省エネルギー基準住宅 新築住宅
 既存住宅 断熱改修 設備更新

1160125 西森 優里
 指導教員：田島 昌樹

1 はじめに

日本では低炭素社会を目指し、2050年までに1990年比で80%のCO₂排出量削減が掲げられている^[1]。一方で、建築物の高断熱化や機器効率の向上にもかかわらず住宅・建築分野におけるCO₂排出量の増加が続いている^{[2][3]}。これらの対策として新築住宅では、省エネルギー基準や長期優良住宅、自立循環型住宅など様々な試みが行われており、既存住宅に関しては本格的な対策が望まれているのが現状である。そのため既存住宅の省エネルギー化も新築住宅と同様に行っていくことが不可欠である。先行研究^{[4][5]}では、四国の新築住宅の設計資料について蓄積を行ってきた。本研究では新たに2015年度の設計資料を取得し、さらに既存住宅に対しても自立循環型住宅への設計ガイドライン^{[6][7]}（以下、自立ガイドライン）に基づいて省エネルギー化の検討を行った。一連の研究で取得した設計資料の概要を表1に示す。

2 研究概要

2.1 研究手法

先行研究では自立ガイドラインに基づいて2013年度から2014年度に取得した「自立循環型住宅に準拠した住宅」（以下、自立住宅）および2014年度に取得した「省エネルギー基準に準拠した住宅」（以下、基準住宅）の設計資料の収集分析を行った。自立住宅の特徴として、延べ床面積約120m²の住宅をモデルに比較的簡単にデータを入力でき評価が容易であることから、本研究では2015年度調査で取得した自立住宅および基準住宅（以下、新築住宅）の設計資料と既存住宅の資料を自立ガイドラインに基づいて評価し、新築住宅と既存住宅の現状把握と比較を行った。既存住宅の資料の入手方法として、高知県内の省エネルギー基準における地域区分の6地域、7地域の実住宅でアンケート調査を実施し、自立ガイドラインに基づいて評価することでエネルギー消費量の設計値と削減率を算出した。これらの結果から既存住宅と新築住宅との差を明確化し、コストおよび施工の容易さを考慮した効果的な省エネルギー化手法の検討を行った。

2.2 取得した設計資料の概要

(1) 新築住宅の設計資料の概要

自立住宅の設計資料の概要については2013年度の先行研究^[4]を、基準住宅の設計資料の概要については2014年度の先行研究^[5]を参照されたい。取得した設計資料より自立ガイドラインに基づき、一次エネルギー消費量およびエネルギー削減率を算出した。

表1 一連の研究で取得した設計資料の概要

		2013年度	2014年度	2015年度	3年間の累計
自立住宅 ^{※1} (新築)	温暖地	105件 (36件)*	89件 (28件)*	68件 (32件)*	262件 (96件)*
	蒸暑地	32件 (2件)*	39件 (10件)*	24件 (4件)*	95件 (16件)*
基準住宅 ^{※2} (新築)	温暖地	—	16件 (6件)*	17件 (4件)*	33件 (10件)*
	蒸暑地	—	—	—	—
既存住宅	温暖地	—	—	50件 (4件)*	50件 (4件)*
	蒸暑地	—	—	5件	5件

*：太陽光発電の件数（内数）

※1 自立循環型住宅に準拠した住宅

※2 省エネルギー基準住宅に準拠した住宅

表2 温暖地および蒸暑地のアンケート調査による質問項目ごとの変換概要

要素技術	変換方法	
暖房	断熱外皮計画	築年数に応じて断熱外皮の基準を参照し、レベルを選択する
	日射熱の利用	レベル0を選択する
	暖房設備計画	主居室で使用しているエアコンのメーカーと型番から各メーカーのホームページよりCOP（平均）の値を参照し、レベルを選択する
冷房	自然風の利用	温暖地では夏期に窓開けを6時間以上行っていると回答した場合、住居全体の通風も目的にしていると仮定し、レベル1とする/蒸暑地ではレベル0を選択する
	日射遮蔽手法	アンケート調査を行った地区では主居室が南に面していたことから主開口の向きは南向きに固定し、自立ガイドライン ^{[6][7]} の日射遮蔽部材および庇等を組み合わせた開口部の日射侵入率の算定結果を用いてレベルを選択する
	冷房設備計画	暖房設備計画と同様
換気	換気設備計画	温暖地では住宅の室内の24時間換気が義務化されたのは2003年7月1日だからであるため築10年以降のものはレベル1、その他のものはレベル0とする/蒸暑地では壁付け式換気のレベル0を選択する
給湯	太陽熱給湯給湯設備計画	電気、ガス、石油、太陽熱を利用した給湯機の中で使用している給湯機にチェックを入れ、それぞれの組み合わせ等により手法を選択し、レベルを当てはめる
照明	昼光利用	リビング・ダイニング、老人室等、非居室の窓の数から手法を選択し、レベルを当てはめる
	照明設備計画	白熱灯や調光制御、人感センサーの使用の有無、多灯分散方式の採用の有無から手法を選択し、レベルを当てはめる
家電	高効率家電	冷蔵庫、テレビ、温水暖房便座、その他よく使用する電化製品の製造年よりレベルを選択する

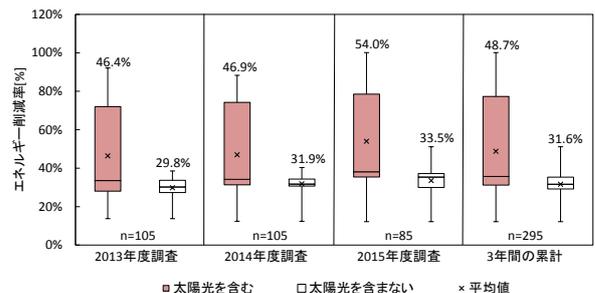


図1 温暖地における各年度調査のエネルギー削減率

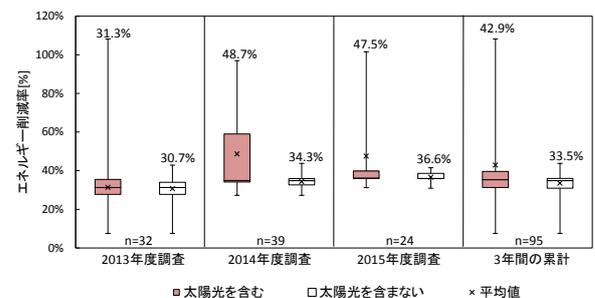


図2 蒸暑地における各年度調査のエネルギー削減率

(2) 既存住宅の資料の概要

高知県内の温暖地（6 地域）にあたる地区と蒸暑地（7 地域）にあたる地区の実住宅に対し、アンケート調査を行い、自立ガイドラインに基づいた既存住宅の資料を取得した。アンケート調査により採用技術を把握し、自立ガイドラインに基づき変換（表 2）を行うことで、エネルギー消費量の設計値および削減率を算出した。なお不明確な回答の項目や無回答の項目については、最低レベルであるレベル 0 を選択した。

3 新築住宅の設計資料に関する分析

3.1 新築住宅のエネルギー削減率の分析結果

温暖地、蒸暑地での太陽光発電を含むエネルギー削減率および太陽光発電を含まないその他の技術によるエネルギー削減率（以下、太陽光発電を含まないエネルギー削減率）について 2013 年度調査、2014 年度調査、2015 年度調査のエネルギー削減率を比較した（図 1、図 2）。2015 年度調査の温暖地における太陽光発電を含まないエネルギー削減率の中央値は、2013 年度調査と比較して 3.7 ポイント、2014 年度調査と比較して 1.6 ポイント上昇する結果となった。また蒸暑地における太陽光発電を含まないエネルギー削減率の中央値は、2013 年度調査と比較して 5.9 ポイント、2014 年度調査と比較して 2.3 ポイント上昇する結果となった。

3.2 新築住宅の Plan_M の分析結果

温暖地における Plan_M（最も採用割合が高かった各技術のレベルを組み合わせた住宅の設計値）を各年度で比較すると（図 3）、2015 年度調査では、2013 年度調査、2014 年度調査に比べ、エネルギー消費量が 3.4GJ 少なく、エネルギー削減率が 4.1 ポイント高い値を示した（図 5）。また蒸暑地における Plan_M を各年度で比較すると（図 4）、2015 年度調査では、2013 年度調査に比べ、エネルギー消費量が 4.3GJ 少なく、エネルギー削減率が 6.5 ポイント高い値を示し、2014 年度調査に比べ、エネルギー消費量が 0.9GJ 少なく、エネルギー削減率が 1.3 ポイント高い結果となった（図 6）。

3.3 まとめ

2015 年度調査では、温暖地および蒸暑地において、太陽光発電を含まないエネルギー削減率が上昇する結果となった。また、Plan_M においても 2015 年度調査で過去 2 年間の調査結果よりも改善する結果が得られた。

4 既存住宅の設計資料に関する分析

4.1 新築住宅と既存住宅のエネルギー削減率の分析結果

データとして取得した既存住宅の築年数の概要を図 7 に示す。築 35 年以前（本検討では、昭和 55 年基準相当）の住宅が最も多く、断熱性能が低いと考えられる。新築住宅と既存住宅の太陽光発電を含むエネルギー削減率および太陽光発電を含まないその他の技術によるエネルギー削減率を温暖地、蒸暑地でそれぞれ比較した（図 8、

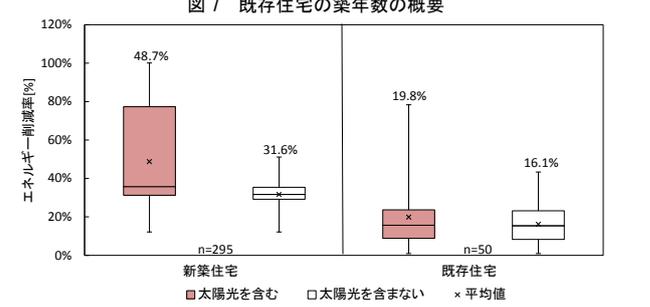
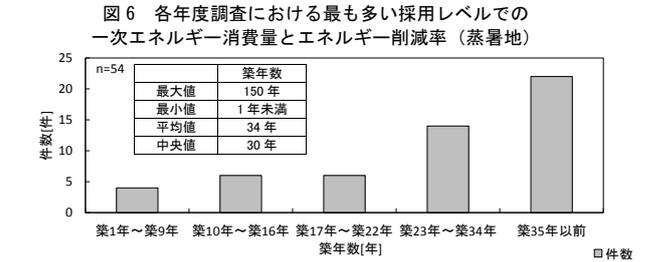
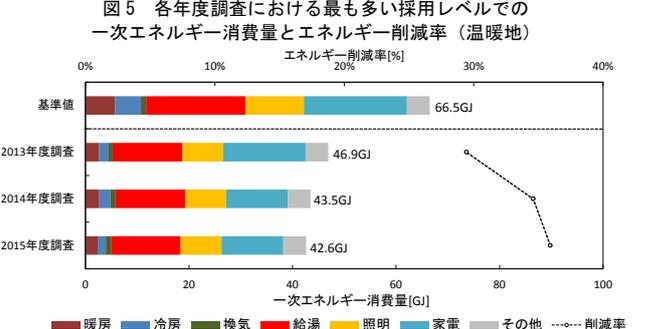
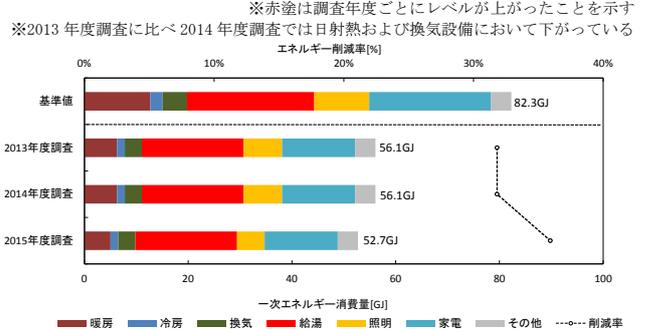
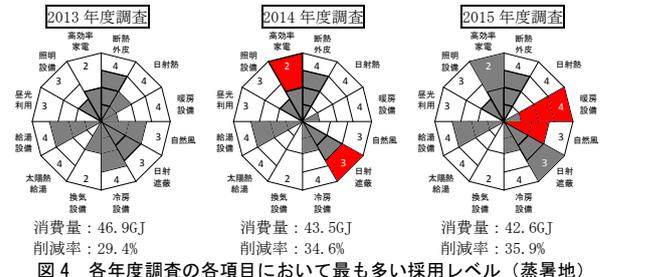
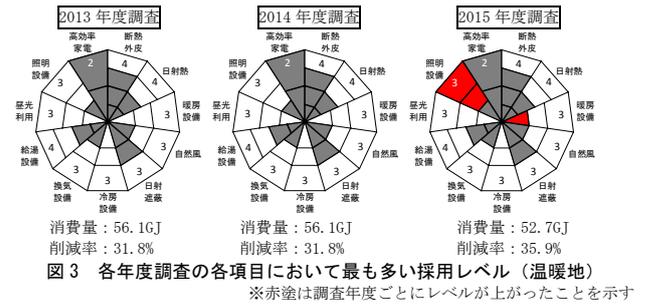


図 9)。新築住宅は 3 年間の累計データ、既存住宅は 2015 年度調査データとなっている。温暖地においては、太陽光発電を含まないその他の技術のみの評価では、新築住宅に比べ既存住宅のエネルギー削減率は 16.4 ポイント低い値を示しており、新築住宅と既存住宅の省エネルギー性能には差がある結果となった。蒸暑地でも、太陽光発電を含まないエネルギー削減率は、既存住宅の方が 24.7 ポイント低い結果となった。

4.2 新築住宅と既存住宅の Plan_M の分析結果

2015 年度調査のデータに基づく新築住宅と既存住宅の Plan_M を比較したところ、温暖地においては、新築住宅よりも既存住宅のエネルギー消費量が 22.9GJ 多く、エネルギー削減率が 27.8 ポイント低い結果となった (図 10、図 12)。また蒸暑地も同様に既存住宅のエネルギー消費量が 16.4GJ 高く、エネルギー削減率が 24.5 ポイント低い結果となった (図 11、図 13)。温暖地では、日射遮蔽、給湯設備、昼光利用については新築住宅と大きな差はないが、断熱外皮、日射熱、暖房設備、自然風、冷房設備、換気設備、照明設備、高効率家電における採用技術がレベル 0 となっており、これらのレベル差が影響していると考えられる。また蒸暑地では、断熱外皮、暖房設備、自然風、冷房設備、給湯設備、照明設備、高効率家電の採用レベルにおいて差が見られた。

4.3 まとめ

新築住宅と既存住宅のエネルギー削減率の比較結果より、既存住宅の省エネルギー技術には改善の余地があり、省エネルギー改修の有用性が伺える。次章では、改修の中でも比較的容易で効果的な改修プランを設定し、改修コストや施工方法を考慮した改善策を提案する。

5 既存住宅での断熱改修および設備更新に関する検討

5.1 検討概要

高知県の既存住宅の現状として、前章で示したように一次エネルギー消費量およびエネルギー削減率に向上の余地があり、改修案を提示する必要がある。しかし、改修にはコストもかかり、施工方法によっては施工時に居住者の日常生活に影響を与える可能性がある。そこで、本章ではコストおよび施工方法にも考慮し、100 万円程度の断熱改修プラン、70 万円程度の設備更新プラン、断熱改修プランと設備更新プランを合わせたプランの 3 通りを検討した。既存住宅の現状として温暖地および蒸暑地の評価を行ってきたが、本検討では温暖地のみを検討対象とする。100 万円程度の断熱改修プランとしては、断熱外皮の技術レベルの向上を考慮し、70 万円程度の設備更新プランとしては、暖房設備・冷房設備 (ルームエアコン)、照明設備、高効率家電の技術レベル向上を考え検討を行った。

5.2 要素技術ごとの改修・更新の条件

断熱改修プランおよび設備更新プランの概要を表 3、

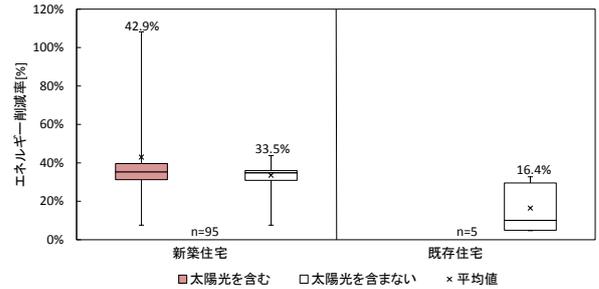


図 9 新築住宅および既存住宅のエネルギー削減率 (蒸暑地)

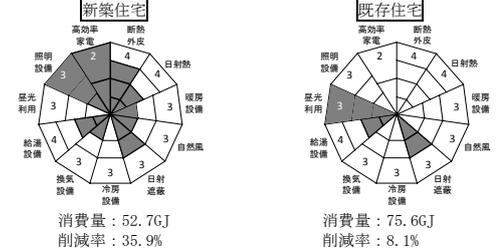


図 10 新築住宅および既存住宅の最も多い採用レベル (温暖地)

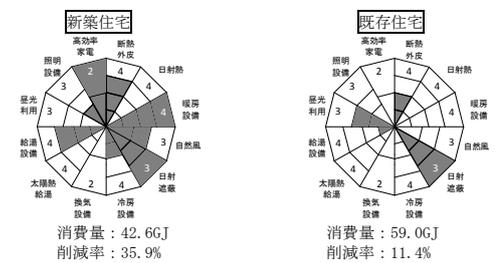


図 11 新築住宅および既存住宅の最も多い採用レベル (蒸暑地)

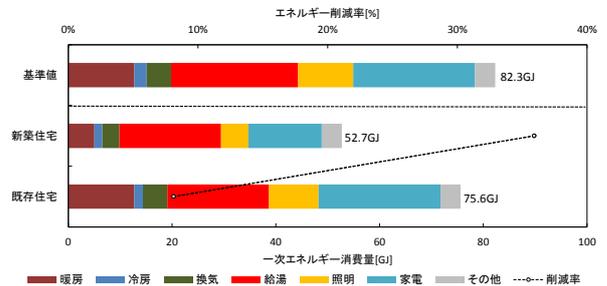


図 12 新築住宅および既存住宅における最も多い採用レベルでの一次エネルギー消費量とエネルギー削減率 (温暖地)

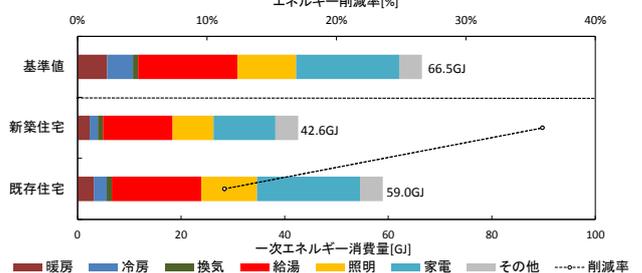


図 13 新築住宅および既存住宅における最も多い採用レベルでの一次エネルギー消費量とエネルギー削減率 (蒸暑地)

表 3 改修前後の断熱改修プランの概要

部位 (一般モデルの 各部位の面積)	改修前の仕様 (ベースプラン)	改修後の仕様	改修コスト
天井 (67.91m ²)	GW10K t=25mm	GW16K t=160 小屋裏敷込み断熱工法 (1,800円/m ²)	12.2万円
床 (65.42m ²)	無断熱	GW32 t=80mm 床下充填断熱工法 (12,000円/m ²)	78.5万円

表4に示す。断熱改修プランにおける改修コストは既存住宅の省エネ改修ガイドライン^[8]を参照し、断熱改修プランの組み合わせについては既往研究^[9]を参考とした。設備更新においては、アンケート調査の実施地区でのルームエアコンのシェアが高かったT社のエアコン、照明、高効率家電の市場価格およびT社の希望小売価格をコストとして用いる。また機器台数の算出の際には、自立ガイドライン^{[6][7]}に記載されているケーススタディモデルの一般モデルより、ルームエアコンの容量および照明器具の設置台数を設定した。

5.3 要素技術ごとの施工・更新方法

断熱改修プランにおける改修部位の施工方法は既存住宅の省エネ改修ガイドライン^[8]を参考とした。天井の断熱改修は、半日から1日ほどで工事を完了することが可能で、床の断熱改修に関しても住まいながらの改修が可能である。設備更新プランにおける更新方法はLED電球および照明は居住者自身で設置でき、その他設備機器については配送・設置サービスを利用することで、日常生活に影響を与えることなく施工が完了するものとする。

5.4 年間一次エネルギー削減量と費用対効果

断熱改修プランでは断熱外皮で2レベル上昇し、設備更新プランではすべての検討項目で1レベル以上の上昇が見られた(図14)。各プランを加えた採用レベルでの一次エネルギー消費量および削減率を図15に示す。エネルギー削減量は断熱改修および設備更新を行う場合が20.2GJと最も高く、費用対効果(年間一次エネルギー削減量をコストで除した値)としては設備更新プランの0.23GJ/万円が一番高い結果となっている(図16)。断熱改修プランはエネルギー削減量および費用対効果の値も低いが、高知県では断熱化工事による補助金が25万円^[10]、我が国では省エネルギー改修(断熱改修)による補助金として補助上限額100万円(補助率:1/2)^[11]が提供されているため、設備改修のみのプランと大差のないコストで断熱改修および設備改修を行うことができる。そのため、省エネルギー化と共に室内温暖環境の向上を図るためにも、断熱改修および設備更新の両方を行うことが望ましいと言える。

6 おわりに

本研究では四国の温暖地と蒸暑地を対象として、自立住宅と基準住宅の設計資料に基づき四国の住宅の省エネルギー性能の現状把握を行った。新築住宅では太陽光発電を含まないその他の技術で年度ごとにエネルギー削減率が上昇する結果となった。また自立住宅の設計手法に基づき高知県内の既存住宅のエネルギー消費量の評価を行い、新築住宅との省エネルギー性能の差を明らかにした。既存住宅の省エネルギー性能には改善の余地があり、省エネルギー化を図るには、断熱改修および設備更新の両方を行うことが効果的であることを明らかにした。

表4 設備更新プランの概要と価格

更新項目	必要台数 [台]	単位コスト [円/台]	更新コスト [円]
ルームエアコン (4.0kW)	COP		
	暖房時	冷房時	
	4.35	4.15	1 200,760* (227,340)**
LED電球(4.9W)	10	930* (2,484)**	9,300* (24,840)**
LED照明(6畳)	3	(21,060)**	(63,180)**
LED照明(8畳)	4	(24,840)**	(99,360)**
テレビ(40V)	1	71,000* (92,664)**	71,000* (92,664)**
冷蔵庫(458ℓ)	1	204,420* (321,840)**	204,420* (321,840)**
温水便座(瞬間式)	2	20,489* (35,794)**	40,978* (71,558)**
合計			688,998* (900,782)**

*:市場価格を示す ** : T社の小売希望価格を示す
※コストはすべて消費税を含む価格を示す
※コストはすべて消費税を含む価格の総コストは小売希望価格を用いる

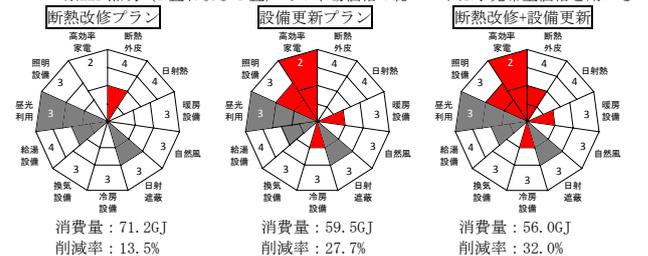


図14 既存住宅の現状に各プランを加えた採用レベル(温暖地)
※赤塗は各プランで改修・更新を検討したものを示す

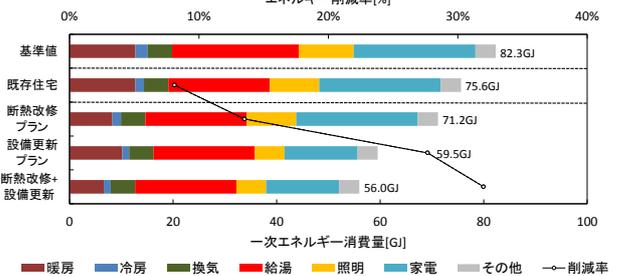


図15 既存住宅の現状と各プランを加えた採用レベルでの一次エネルギー消費量とエネルギー削減率(温暖地)

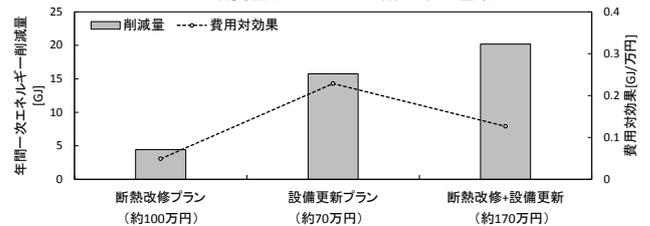


図16 各プランの年間一次エネルギー削減量および費用対効果

※費用対効果:年間一次エネルギー削減量をコストで除した値
※()内はコストの合計を示す

参考文献

[1]国土交通省:運輸分野におけるCO2排出削減対策とその総合的評価手法に関する調査研究, <http://www.mlit.go.jp/pri/houkoku/gaiyou/pdf/kkk113.pdf>,最終取得日2015.12.7 [2]国土交通省:国土交通省における地球温暖化対策について【概要】, http://www.mlit.go.jp/sogoseisa/ku/environment/sosei_environment_tk_000006.html,最終取得日2015.12.7 [3]国土交通省:住宅・建築物の省エネルギー施策に関する最近の動向について, <http://www.mlit.go.jp/common/001004714.pdf>,最終取得日2015.12.7 [4]田島昌樹 坂本友恵 土崎ゆい:四国を対象とした設計データの分析に基づく住宅の省エネルギー性能向上に関する検討その1設計データの分析,その2推奨プランの提案,日本建築学会四国支部研究報告集 第14号, pp53-54, pp55-56, 2014.5 [5]田島昌樹 西森優里 坂本友恵:四国を対象とした設計データの分析に基づく住宅の省エネルギー性能向上に関する検討その3設計資料の分析,その4省エネルギー基準の自立循環型住宅への読解,日本建築学会四国支部研究報告集 第15号, pp87-88, pp89-90, 2015.5 [6]国土交通省・国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修:自立循環型住宅への設計ガイドライン入門編,一般社団法人建築環境・省エネルギー機構刊,2012.5.20 [7]国土交通省・国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修:蒸暑地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン,一般社団法人建築環境・省エネルギー機構刊,2010.10.5 [8]国土交通省・国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修:既存住宅の省エネ改修ガイドライン,一般社団法人建築環境・省エネルギー機構刊,2010.7.6 [9]田島昌樹 市原亮 河田浩太郎:既存住宅を対象とした省エネルギー改修の評価に関する研究その1研究概要と省エネルギー改修に関する助成金制度の調査,その2一次エネルギー消費量の削減効果の推計,日本建築学会四国支部研究報告集 第15号, pp81-82, pp83-84, 2015.5 [10]高知県庁:こうち健康・省エネ住宅リフォームモニター支援事業, <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/171901/files/2015070200050/youkoubeppyou150520.pdf>,最終取得日2016.2.9 [11]国土交通省:スマートウェルネス住宅等推進モデル事業, <http://www.mlit.go.jp/common/001094719.pdf>,最終取得日2016.2.10