

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

高知工科大学システム工学群 建築・都市デザイン専攻

1140109 土崎 ゆい

指導教員：田島 昌樹 准教授

住宅 自立循環型住宅 省エネルギー基準 四国

1. はじめに

わが国では、気候変動枠組条約京都議定書^[1]より 2012 年までに 1990 年比 6%の温室効果ガス排出量削減目標が定められ、また 2050 年には約 80%の削減^[2]がビジョンとして掲げられているが、二酸化炭素排出量は年々増加傾向にあり、特に住宅・建築物部門(民生部門)における二酸化炭素排出量の増加が大きい^[3]。また平成 25 年の 4 月(住宅に関しては 10 月)に施行された「建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」(平成 25 年省エネルギー基準)^[4]では建築物の「外皮性能」と「一次エネルギー消費量」の基準値が定められ、建築物・住宅ともに外皮の断熱性能や日射遮蔽手法を必須としたうえエネルギー消費量を計算することが求められることとなった。さらに平成 32 年の省エネルギー基準の完全義務化^[5]に向けて具体的な技術とともにエネルギー計算手法の一般化が進んでいる。しかしながら高知県では住宅の室内環境や性能についてのデータが少ないという現状がある。既往の研究^[6]では高知県を対象として、自然エネルギーの利用に考慮した条件で省エネルギーを達成する場合の具体的な技術とその効果について検討を行った。本研究では、さらにデータ数を増やすことで既往の研究より具体的な省エネルギー技術の検討と効果の検証を行い、高知県を含む四国の住宅の現状把握と、各地域に適した省エネルギー技術とその効果について検討を行った。

2. 研究概要

2-1 研究手法

本研究では、地域型住宅ブランド化事業^[7]による、自立循環型住宅^{[8][9][10]}の仕組みを利用した四国の住宅データ(温暖地：106 件、蒸暑地：32 件)を収集した。分析対象のデータは、国交省監修の自立循環型住宅ガイドライン(以下、ガイドライン)に基づき、自然エネルギー活用(自然風の利用、昼光利用、太陽光発電、日射熱の利用、太陽熱給湯)、建物外皮の熱遮断(断熱、日射遮蔽)、省エネルギー設備(冷暖房、換気、給湯、照明、高効率家電)の要素技術について採用技術が示されており、年間の一次エネルギー消費量やエネルギー消費量標準値に対する削減率などを算定し分析を行った。各要素技術には、省エネルギー目標レベル(以下、レベル)を設定しており、レベルの数字が大きいほどエネルギー削減が大きいことを意味している。

表 1 分析対象の住宅データ概要

	地域区分	データ数
準寒冷地	4 地域	0 件
	5 地域	1 件
温暖地	6 地域	109 件
	7 地域	36 件
蒸暑地	7 地域	36 件

※四国に存在する地域と収集したデータ数

2-2 高知県の省エネルギー地域区分と人口の推計

日本は平成 25 年省エネルギー基準で、8 つの地域区分に分類され(図 1 参照)、その中で四国は準寒冷地(4 地域)、温暖地(5、6 地域)、蒸暑地(7 地域)に属しており、高知県は 4 つの区分がすべて存在している。図 2 は 2013 年 2 月の高知県による人口推計値^[11](現在の市町村ごとの人口推計値)をもとに市町村合併前各地区の人口比のデータ^[12]を用いて推計した値である。6 および 7 地域に人口の約 95%が集中していることから本検討では温暖地、蒸暑地を主対象として検討する。なお収集した蒸暑地のデータは全て高知県であった。

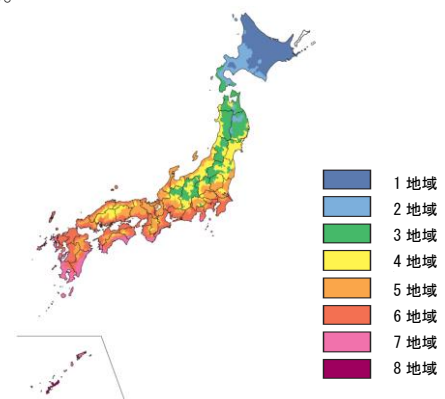


図 1 住宅事業建築主の判断の基準^[4]における地域区分

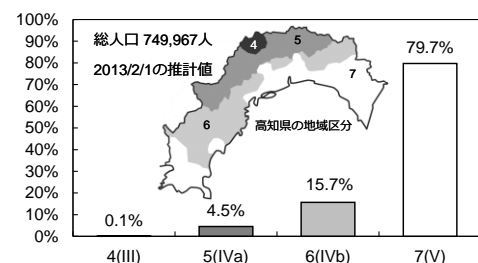


図 2 高知県の省エネルギー地域区分ごとの人口割合推計値

3. 自立循環型住宅の仕組みを利用した設計資料に関する分析

3-1 分析概要

ガイドライン^{[8][9]}を使用し、温暖地、蒸暑地それぞれ年間一次エネルギー量、エネルギー消費量標準値に対する削減率の分析を行う。また、それぞれの地域において、表 2 に示すような PlanM、PlanB、PlanB'、PlanR の住宅を設定し比較を行う。

表 2 PlanM、PlanB、PlanB'、PlanR の定義

PlanM	最も採用割合が高い技術を導入した仮想の住宅
PlanB	最も削減率が高い実在住宅
PlanB'	最も削減効果の高い技術を導入した仮想の住宅
PlanR	地域に適した省エネルギー技術を導入した仮想の住宅

※どの Plan も太陽光発電(以下 PV と表す)を採用していない条件

3-2 温暖地の分析結果

温暖地(5、6 地域)のデータ 109 事例のガイドラインに基づくエネルギー削減率を図 3 に示す。上位 36 例が太陽光発電を導入している事例で、エネルギー削減率は最大値 92.1%、また太陽光発電以外の技術による削減率の最大値は 38.6%であった。全データの平均値、中央値はそれぞれ 47.5%、34.1%であった。

各 Plan のエネルギー削減効果についての検討結果を図 4、それぞれの Plan に採用した要素技術のレベルを図 5 に示す。エネルギー消費量標準値と比較して一次エネルギー消費量で PlanM は約 31.8%削減、PlanB は約 38.6%削減、PlanB' は約 51.9%削減が可能となる結果となった。四国内の温暖地では、本取得データ中において一般的住宅といえる PlanM では特に家電と暖房のエネルギー削減に力を入れて取り組んでいることから一定の削減率となった。また PlanM と PlanB を比べると照明と暖房に更なる削減が期待できる結果となった。

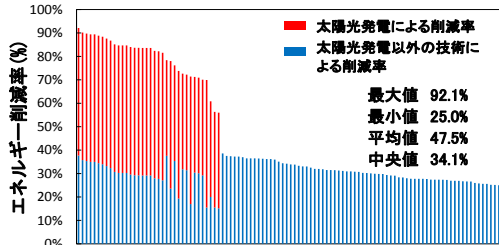


図 3 温暖地におけるエネルギー削減率 (109 事例を降順にしたもの)

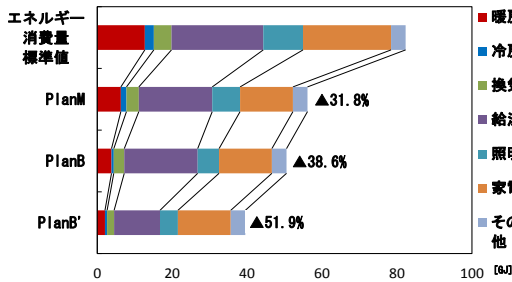


図 4 年間一次エネルギー消費量[GJ] (温暖地)

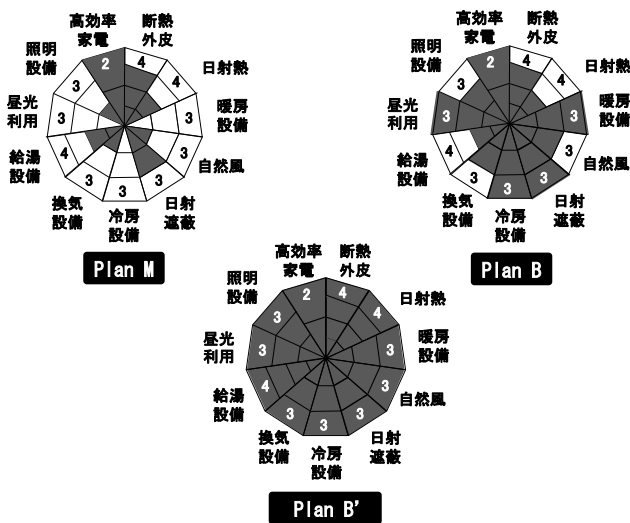


図 5 各プランの要素技術別採用レベルレーダーチャート(温暖地)

3-3 蒸暑地の分析結果

蒸暑地(7 地域)のデータ 36 事例のガイドラインに基づくエネルギー削減率を図 6 に示す。上位 2 例が太陽光発電を導入している事例でエネルギー削減率は最大値 108.2%、太陽光発電以外の技術による削減率の最大値は 41.6%であった。全データの平均値、中央値はそれぞれ約 36.8%、31.4%であった。蒸暑地を代表する高知県では PV の導入が少ない結果となった。

各 Plan のエネルギー削減効果についての検討結果を図 7、各 Plan に採用した要素技術のレベルを図 8 に示す。エネルギー消費量標準値と比較して PlanM は約 29.4%削減、PlanB は約 37.4%削減、PlanB' は約 57.7%削減が可能となる結果となった。PlanM では家電と給湯のエネルギー削減に力を入れて取り組んでおり、また PlanB と比較すると照明と給湯に更なる削減が期待できる。

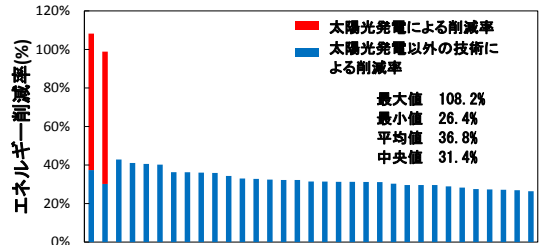


図 6 蒸暑地におけるエネルギー削減率 (36 事例を降順にしたもの)

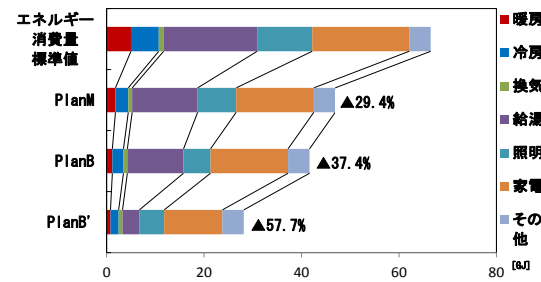


図 7 年間一次エネルギー消費量[GJ] (蒸暑地)

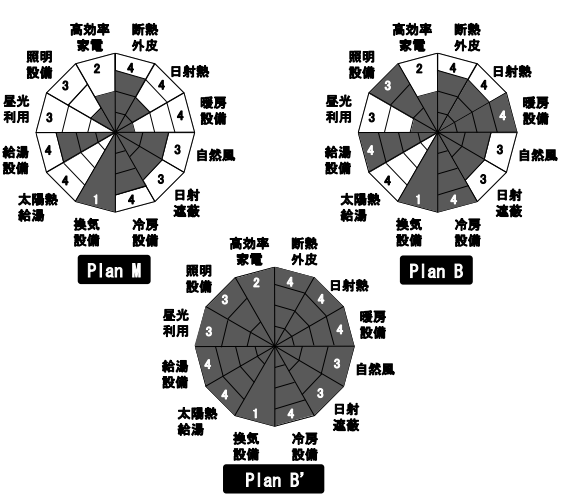


図 8 各プランの要素技術別採用レベルレーダーチャート(蒸暑地)

4. 省エネルギー技術に関する検討

ここでは、温暖地及び蒸暑地の推奨 Plan とする PlanR について検討する。なお、PV については導入することで総エネの効果が明確であるため、PV 以外の技術を対象として検討する。参考として温暖地、蒸暑地の PV 発電量を図 9 に示す。

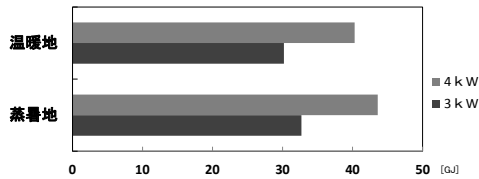


図 9 各地域における PV 発電量(ガイドラインによる)

4-1 検討概要

各地域の一般的な住宅ともいえる PlanM と高い省エネルギーレベルの住宅である PlanB、PlanB' との比較を行い、ガイドラインで設定されたレベルより上位かつ、難易度が著しく高くないレベルとなる温暖地、蒸暑地それぞれの地域に適した新たな Plan の検討を行う。また、コストの検証も行うことでより実用的な省エネルギー住宅 Plan を推奨する。

4-2 省エネルギー技術の提案

推奨する PlanR の採用レベル、技術の選択方法について以下に示す。

- ① 各用途のレベルが PlanM 以上となるようなレベルを選択する
- ② 選択できる技術のうち一般的又はイニシャルコストが低く、かつ室内環境の質の向上が見込める技術を選択する

4-2-1 温暖地における推奨レベル

推奨する PlanR に採用した要素技術のレベルを図 10、各 Plan の年間一次エネルギー消費量を図 11、計画における採用技術を表 3 に示す。PlanR の年間一次エネルギー消費量はエネルギー消費量標準値より約 39.3%削減、PlanM より約 11.0%削減が可能となる結果となった。

4-2-2 蒸暑地における推奨レベル

PlanR に採用した要素技術のレベルを図 12、各プランの年間一次エネルギー消費量を図 13、計画における採用技術を表 4 に示す。換気では風量の低下が少ないダクト式換気を採用する (PlanM、PlanB、PlanB' では壁付け式換気が採用されていた)。PlanR の年間一次エネルギー消費量はエネルギー消費量標準値より約 34.6%削減、PlanM より 7.3%削減が可能となる結果となった。また 4kW の PV を導入すると年間の一次エネルギー消費量がゼロとなりゼロエネルギー住宅の実現が可能となる結果になった。

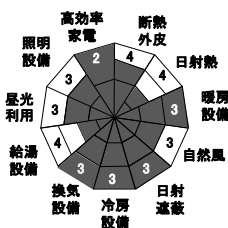


図 10 PlanR(温暖地)の各要素別採用レベルレーダーチャート

表 3 推奨 Plan(温暖地)の採用技術

	標準値	要素技術	採用技術
冷房	2.4GJ	自然風の利用*1	直接的手法 間接的手法 室内通風向上
		日射遮蔽手法 (主方位は南)	日射侵入率を最小(断熱型低放射 複層ガラス A12、庇、内付ブライ ンド、すだれ、紙障子)
		冷房設備計画	エアコン COP : 6.0 以上
暖房	12.7GJ	断熱外皮計画	平成 11 年基準 (Q 値 2.7W/m ² K)
		日射熱の利用*2	開口部断熱性能向上 (プラスチック製 サッシ) 集熱面積増加 蓄熱 (外壁・間仕切り壁: 土塗壁、 土間床: コンクリート床)
		暖房設備計画	エアコン COP : 6.0 以上
換気	4.7GJ	換気設備計画	ダクト換気適正化 高効率機器 換気方式簡略化
給湯	24.5GJ	給湯設備計画	CO ₂ HP 給湯器
照明	10.6GJ	昼光利用*3	LD・老 2 面採光
		照明設備計画	機器による手法 運転・制御手法
家電	23.5GJ	高効率家電の導入	省エネ製品 (▲1,000kWh) + 待機 電力低減

*1: 自然風の利用に工夫が必要な過密型の立地(立地 2)

*2: 日射量が多く暖かい地域 (PSP 区分: ほ)

日照障害の影響が少なく(25%程度)日射熱利用が可能で、冬至時の日照時間は 5 時間以上の立地(立地 2)

*3: 太陽光の利用に工夫が必要な過密型の立地(立地 2)

表 4 推奨 Plan(蒸暑地)の採用技術

	標準値	要素技術	採用技術
冷房	5.7GJ	自然風の利用*1 (風速 1~2m/s)	卓越風向に応じた開口 高窓小
		日射遮蔽手法 (主方位は南)	日射侵入率を最小(断熱型低放射 複層ガラス A12、庇、すだれ、 紙障子)
		冷房設備計画	高効率エアコン (COP: 4.9 以上) 機器容量の適正化 扇風機・天井扇利用
暖房	5.0GJ	断熱外皮計画	平成 11 年基準 (Q 値 2.7W/m ² K)
		日射熱の利用*2	開口部断熱性能向上 (プラスチック製 サッシ) 集熱面積増加 蓄熱 (外壁・間仕切り壁: 土塗壁、 土間床: コンクリート床)
		暖房設備計画	高効率エアコン (COP: 6.2 以上) 機器容量の適正化
換気	3.1GJ	換気設備計画 (ダクト式換気)	ダクト圧力損失低減 高効率機器
給湯	19.2GJ	給湯設備計画	CO ₂ HP 給湯器 (省エネモード) 配管工法・節湯具
照明	11.3GJ	昼光利用*3	LD・老 2 面採光
		照明設備計画	機器による手法 運転・制御手法
家電	19.9GJ	高効率家電の導入	省エネ製品 (▲500kWh)

*1: 郊外型の立地(区域建蔽率が 20%以下)

*2: 日射量が多く暖かい地域 (PSP 区分: ほ)

日照障害の影響が少なく(25%程度)日射熱利用が可能で、冬至時の日照時間は 5 時間以上の立地(立地 2)

*3: 太陽光の利用に工夫が必要な過密型の立地(立地 2)

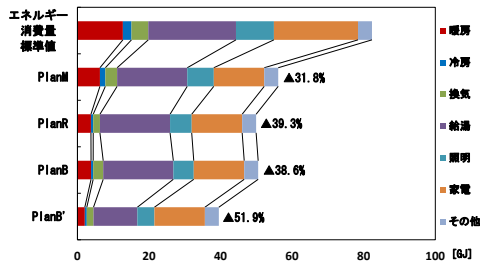


図 11 各プラン別年間一次エネルギー消費量[GJ] (温暖地)

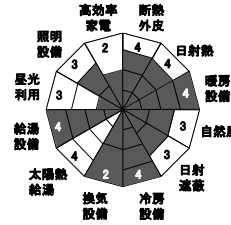


図 12 PlanR(蒸暑地)の各要素採用レベルレーダーチャート

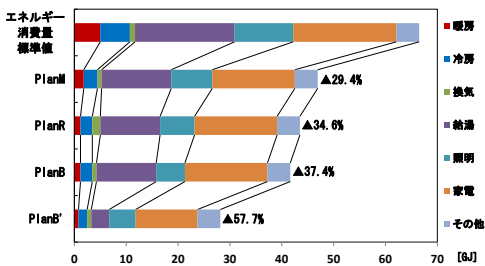


図 13 各プラン別年間一次エネルギー消費量[GJ] (蒸暑地)

4-3 コストの検証

PVについては一般に10~15年でインシヤルコストを償却する。そのため、以下の検討結果はPV導入でさらに短くなる。

4-3-1 温暖地におけるコストの検証

各 Plan におけるインシヤルコストとインシヤルコスト償却年数を図 14 に示す。一般モデル(全てレベル0の2000年当時の一般住宅程度)のインシヤルコストを基準とした PlanR のインシヤルコストは872千円、インシヤルコストの償却年数は約20年という結果となった。PlanM は暖房、冷房機器が一般仕様だったため、インシヤルコスト、インシヤルコストの償却コストが低くなっているが、室内環境の向上や年間一次エネルギー量の削減も考慮し考えると、PlanR は高い省エネルギー効果が得られる住宅であると言える。

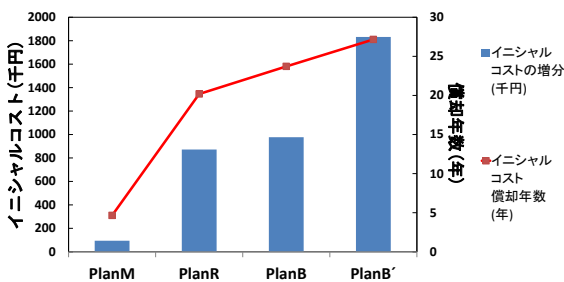


図 14 各 Plan のインシヤルコストとインシヤルコスト回収年数(温暖地)

4-3-2 蒸暑地におけるコストの検証

各 Plan のインシヤルコストとインシヤルコスト償却年数を図 15 に示す。PlanR のインシヤルコストは、1542千円、インシヤルコストの償却年数は約13年という結果になった。PlanM と比較しても、インシヤルコストは約20千円増、インシヤルプラン償却年数は1年増というあまり変わらない結果となった。室内環境の向上と年間一次エネルギー量の削減、またコストの面においても PlanR は高い省エネルギー住宅であると言える。

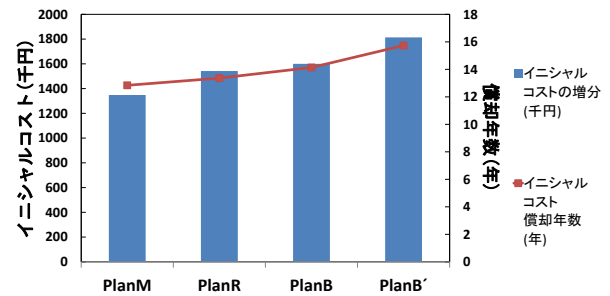


図 15 各 Plan のインシヤルコストとインシヤルコスト回収年数(蒸暑地)

5. おわりに

本検討では高知県を含む四国の温暖地(5、6地域)と蒸暑地(7地域)を対象として自立循環型住宅への設計ガイドラインの手法に基づいて、年間の一次エネルギー消費量やエネルギー標準値に対する削減率などを算定し、具体的な省エネルギー技術の検討と効果の検証を行った。温暖地、蒸暑地において現在の住宅の現状を把握すると共に、推奨する PlanR はエネルギー消費量標準値よりも温暖地は約39.3%、蒸暑地は約34.6%、また各地域の最も採用割合が高かった技術を導入した仮想の住宅(一般的な住宅)と比較しても温暖地は約11.0%、蒸暑地は約7.3%の年間一次エネルギーの削減効果が得られる結果となった。

【謝辞】住宅データの収集にあたりゆにと四国優良木造住宅推進協議会各位に多大なる協力をいただいた。記して謝意を示します。

【参考文献】 [1]環境省、「気候変動枠組条約・京都議定書」、<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop.html>、2012.2.8取得 [2]環境大臣 齊藤鉄夫:「温室効果ガス2050年80%削減のためのビジョン」、<http://goo.gl/sDr6m>、2012.2.8取得 [3]国土交通省:住宅・建築物に関する省エネ・省CO2対策の最近の動向、<http://www.kenken.go.jp/shouco2/pdf/symposium/10/presen10-1.pdf> [4]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:住宅・建築物の省エネルギー基準及び低炭素建築物の認定基準に関する技術情報、<http://www.kenken.go.jp/becc/index.html> [5]省エネ講習会 研修資料作成WG監修「住宅省エネルギー技術設計者講習テキスト」、一般社団法人 木を活かす建築推進協議会、2013.11 [6]土崎ゆい、田島昌樹:「高知県を対象とした住宅の省エネルギー性能向上に関する検討 自然エネルギー利用に関する検討」、日本建築学会四国支部研究報告書 第13号、p97-98、2013.5 [7]国土交通省、「地域住宅ブランド化事業について」、http://www.2x4assoc.or.jp/builder/news/pdf/h24_brand.pdf、2012.2.8取得 [8] 国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修「自立循環住宅への設計ガイドライン 入門編」、財団法人建築環境・省エネルギー機構刊、2012年5月 [9] 国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修「蒸暑地版自立循環住宅への設計ガイドライン」、財団法人建築環境・省エネルギー機構刊、2008年10月 [10] 国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修「準寒冷地版自立循環住宅への設計ガイドライン」、財団法人建築環境・省エネルギー機構刊、2012年7月 [11] 高知県:高知県推計人口調査、<http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/111901/t-suik.html>、2013.3 [12] 高知県:人口移動調査、<http://www.pref.kochi.lg.jp/~toukei/t-kochi/jin/jin.htm>、2006.3