

省エネルギー改修 実測調査 省エネルギー基準
古民家 住まい方 自立循環型住宅

1 はじめに

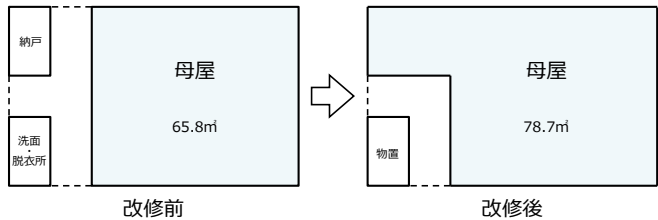
住宅の省エネルギー改修の観点から、既存住宅についても様々な検討が行われている。例えば長期優良住宅化リフォーム推進事業^[1]は申請を行い一定の性能要件を満たすことで改修費用の補助が得られるもので、このような補助制度の活用が既存住宅の有効な改修に繋がると考えられる。特に昭和 55 年以前に建てられた古い住宅におけるエネルギー上の課題として、十分な断熱化がなされていないため、冷暖房使用時に過大なエネルギーが消費されていることが挙げられる^[2]。このようなエネルギー負荷を低減するためには、建物内の冷気・暖気を逃がさず日射や自然風を活用できるようにすることが望ましく、そのためには建物の高断熱化や日射遮蔽の徹底、およびエネルギー使用機器の高効率化を行う、省エネルギー改修が重要である。

そこで本研究では、築 110 年の古民家の省エネルギー改修に関する事例調査を通じて改修によるエネルギー消費量の削減や室内環境について検討を行なった。

2 調査対象住宅

2.1 対象古民家の概要

表 1 に本研究で調査対象とした築 110 年の住宅（以下、対象古民家）の概要を示す。対象古民家は省エネルギー基準における地域区分の 6 地域である^[3]高知県の中山間地域に建築されており、2016 年 4 月に改修工事が開始され 10 月に竣工した。対象古民家は改修にともない納戸を母屋に吸収しており、改修前後の床面積の変化を図 1 に示す。



※図中の色がついている部分をエネルギー評価の対象面積としている
図 1 対象古民家の面積の比較図

表 1 対象古民家の概要

	改修前	改修後
竣工年	1906 年頃（約 110 年）	2016 年 10 月
世帯人数	0 人（2015 年時点）	2 人（2017 年予定）
床面積	65.8㎡*	78.7㎡**

*母屋の面積
**母屋の新築及び増築の面積

2.2 建築環境工学的採用技術

対象古民家の省エネルギー改修において採用された建築環境工学的手法による技術を建築的手法と設備的手法の 2 つの観点から示す。

2.2.1 建築的手法

建築的手法による技術は、主に開口部、日射遮蔽、外壁で活用されている。開口部では、アルミサッシの単板ガラスをアルミサッシの複層ガラスに変更し、昼光利用の観点から天窓が追加された。日射遮蔽については、カーテンにかわり和障子やスクリーンが採用された。土塗り壁の外壁や床、屋根には、断熱材が追加された。

表 2 改修前後の仕様（建築的手法）

	改修前	改修後
開口部	金属製建具・単板ガラス	金属製建具・複層ガラス（天窓の追加）
日射遮蔽	カーテン*	和障子、スクリーン*
外壁	土塗り壁	土塗り壁 + 断熱材（ロックウール 55mm）
床	畳	スタyro（40mm） 合板（12mm） + フローリング
屋根	瓦	レフミラー + 鉄板横葺き

*平成 28 年度省エネ基準で規定されている日射遮蔽部材ではないが仕様として表記している

2.2.2 設備的手法

設備的手法で採用された技術は、主に暖房、給湯、太陽光発電に関するものである。暖房にはストーブやこたつが使用されていたがエアコンに変更された。給湯については、従来型ガス給湯器をエコジョーズに変更し、また浴槽は高断熱浴槽が採用された。加えて 5kW の太陽光発電も採用された。

表 3 改修前後の仕様（設備的手法）

	改修前	改修後
暖房	石油ストーブ*及びこたつ*	エアコン（高効率のものを導入予定）
冷房	なし	
換気	なし	24 時間換気
給湯	ガス従来型給湯機（効率:78.2%） 一般浴槽	ガス潜熱回収型給湯機（消費効率:93.0%） 高断熱浴槽
照明	白熱灯	LED
発電	なし	太陽光発電（5kW）

*平成 28 年度省エネ基準で規定されている暖房設備機器ではないが仕様として表記している

2.3 その他の改修

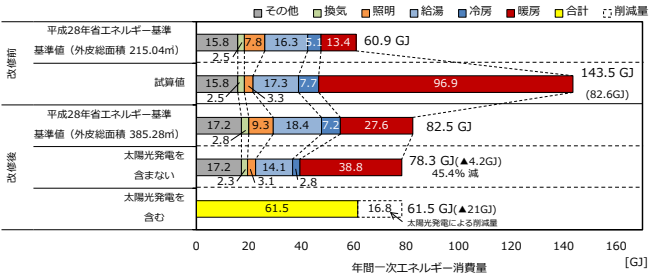
その他の改修として、リビング・ダイニング間の仕切りをなくし同一の空間とされた。またシロアリの被害が大きかった、柱は 2 本にし耐震補強を行い、以前は床下にあった囲炉裏は居間において使用できるように改修された。

3 エネルギー消費量の試算

対象古民家は本論文執筆時点で本格的な居住に至っていないため、エネルギー消費量については計算による評価を行った。計算にあたっては、現行の省エネルギー基準のエネルギー消費性能計算プログラム^{[4][5]}と自立循環型住宅への設計ガイドライン^[6]の手法の 2 種類を用いた。

3.1 平成 28 年度基準エネルギー消費性能計算プログラムによる計算

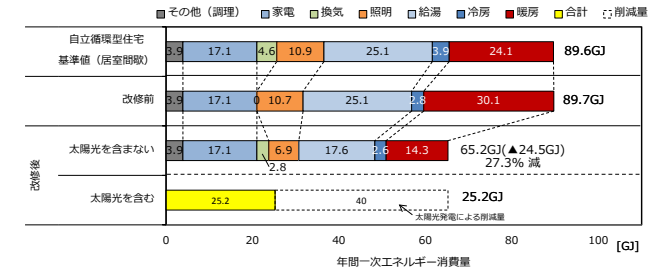
省エネルギー基準のエネルギー消費性能計算プログラムを用いて、エネルギー消費量の計算を行った結果を図 2 に、計算に用いた仕様を表 4 に示す。図中の括弧内は基準値と省エネルギー改修条件との差を示している。年間一次エネルギー消費量は改修前 143.5GJ であったのに対して、改修後は 78.3GJ と 45.4%のエネルギー消費量が削減される結果となった。太陽光発電による削減量を含むと、更に 16.8GJ の削減が見込まれ、全体で 57.1%の削減率となった。最も削減できた用途が暖房であり、およそ 58GJ の削減が期待できる結果となった。



※図中の括弧内は基準値との差を示す
図 2 改修前後の年間一次エネルギー消費量の比較
(平成 28 年度基準エネルギー消費性能計算プログラム)

3.2 自立循環型住宅への設計ガイドラインの手法による計算

自立循環型住宅への設計ガイドラインの手法によって、エネルギー消費量の計算を行なった結果を図 3 に、計算に用いた仕様を表 5 に示す。住宅全体での年間一次エネルギー消費量は、改修前が 89.7GJ、改修後が 65.2GJ と 24.5GJ 削減される試算結果となった。最も削減量が多かった用途は、省エネルギー基準によるプログラムでの試算同様暖房であり、およそ 16GJ の削減が期待できる結果となった。また、太陽光発電については、対象古民家が年間日射量地域区分の A4 に位置し、太陽光発電の容量が 4kW 程度であるため、発電総量として 40.0GJ 削減される結果となった。



※図中の括弧内は基準値との差を示す
図 3 改修前後の年間一次エネルギー消費量の比較
(自立循環型住宅への設計ガイドライン)

表 4 計算上の仕様 (省エネルギー基準)

仕様	設備項目	改修前	改修後
外皮	外皮総面積	215.04㎡	385.28㎡
	U _e 値	3.54W/㎡K	0.87W/㎡K
	η _{all}	7.95	1.14
	η _{ac}	6.8	0.92
	通風	主居室、その他の居室:換気回数 0.5 回/h 相当以上	主居室、その他の居室:換気回数 0.5 回/h 相当以上
暖冷房	運転方式	居室間欠運転	居室間欠運転
換気	設備	エアコン:特に省エネルギー対策をしていない 壁付け式第三種換気設備	エアコン:エネルギー消費効率の区分 (区分 (い)) ダクト式第二種またはダクト式第三種換気設備
	設備の仕様	- 換気回数: 0.5 回/h	経の太いダクトを使用する 換気回数: 0.5 回/h
給湯	給湯設備・浴室等の有無	給湯設備がある (浴室等がある)	給湯設備がある (浴室等がある)
	熱源機	ガス従来型給湯機 (効率:78.2%)	ガス潜熱回収型給湯機 (エネルギー消費効率: 93%)
	配管	先分岐方式	ヘッダー方式:A13 以下
	水栓	台所、浴室シャワー、洗面:2 バルブ水栓	台所、洗面:2 バルブ水栓以外のその他の水栓 (水優先吐水) 浴室シャワー:2 バルブ水栓以外のその他の水栓 (小流量吐水機能)
	浴槽	高断熱浴槽を採用しない	高断熱浴槽を採用する
照明	主たる居室	すべての機器において白熱灯を使用している	すべての機器において LED を使用している 調光が可能な制御:採用する
	その他の居室		すべての機器において LED を使用している 人感センサー:採用する
	非居室		
発電	太陽光発電設備	太陽光発電を採用しない	システム容量:5kW (種類、設置方式、パネルの傾斜、パネルの方向はデフォルト値)

表 5 計算上の仕様 (自立循環型住宅)

用途	要素・手法	改修前	改修後
暖房	断熱外皮計画	レベル 1 (1.25) :無断熱を想定	レベル 2 (0.7) :平成 25 年基準 レベル 2 (0.9)
	日射熱の利用	レベル 0 (1.0) :手法非採用	主開口方位:南±15° 以内 蓄熱容量 250KJ/㎡K 未満
	暖冷房設備 (エアコン)	レベル 0 (1.0) :手法を非採用	主居室:レベル 1 (0.95)、その他の居室:レベル 2 (0.9) 高効率機器 (区分 (い)) + 適切な機器容量
冷房	自然風	居間、子ども室:レベル 3 (0.91) 換気回数:20 回/h 以上 立地 2、風速 1~2m/s、開口面積大、卓越風に応じた開口	居間、子ども室:レベル 3 (0.91) 換気回数:20 回/h 以上 立地 2、風速 1~2m/s、開口面積大、卓越風に応じた開口
	日射遮蔽	レベル 1 (0.8) :主方位、庇あり、南・北	レベル 1 (0.8) :主方位、庇あり、南・北
	暖冷房設備	レベル 0 (1.0) :手法を非採用	主居室、その他の居室:レベル 2 (0.9) 高効率機器 (区分 (い))
換気	換気設備計画	レベルなし (0) :換気設備を使用していない	レベル 3 (0.6) 壁付け式第三種換気、ファンと屋外端末の組み合わせを適正化
給湯	太陽熱給湯	レベル 0 (1.0) :太陽熱温水器:設置なし	-
	給湯設備計画	レベル 0 (1.0) :従来型ガス給湯機	レベル 3 (0.7) :潜熱回収型給湯機 (効率 95%) 配管計画、断熱浴槽の手法計 15%以上
照明	昼光利用	レベル 1 (0.98) :立地 3、LD2 面採光	レベル 1 (0.98) :立地 3、LD2 面採光
	照明設備計画	レベル 0 (1.0) :従来型	レベル 1 (0.65) :機器による手法
家電	高効率家電	レベル 0 (1.0) :一般的な仕様	レベル 0 (1.0) :一般的な仕様
その他 (調理)	機器の導入	レベル 0 (1.0) :固定値	レベル 0 (1.0) :固定値

4 室内環境の実態調査

4.1 調査概要

対象古民家の室内環境の実態を把握する目的で、対象古民家と同地区の周辺住宅において空気環境の測定を行った。なお対象古民家は先述のように本稿執筆時点で本格的な居住に至っておらず、夏期については周辺住宅のみ、冬期については仮居住の状態と周辺住宅の測定を行なった。測定は主にリビング・寝室・非居室（トイレ、脱衣所など）を測定対象室とした。測定項目と使用した測定機器を表 6 に示す。測定間隔は全ての項目で 10 分間隔とした。室内環境の評価には建築物衛生法の衛生管理基準を用いており、同基準値を表 7 に示す。

実測対象住宅の概要を表 8 に示す。B 邸は 2 棟あり、一方が改修後の建物であるため、改修前のリビングを旧リビング、改修後のリビングを新リビングと表記している。測定結果は起居時と就寝時に分けて示しており、7 時～22 時を起居時、23 時～6 時を就寝時と設定した。また暖冷房機器の使用スケジュール等の把握を目的として、アンケート調査も併せて実施した。

表 6 測定機器と測定項目

測定項目	測定機器
空気温度・相対湿度	RTR-53A
二酸化炭素濃度	KNS-CO2S
WBGT	HI-2000SD
電力消費量	KNS-WP-WL
放射温度	KNS-RTM

表 7 建築物衛生法の衛生管理基準値^{*[7]}

項目	衛生管理基準値
二酸化炭素濃度	1,000ppm
温度	17～28℃
相対湿度	40～70%RH

^{*}本研究での評価項目のみを抜粋

表 8 実測した住宅の概要

	対象古民家	A 邸 [*]	B 邸 ^{**}
築年数	改修前:110 年 改修後:4 ヶ月	築約 50 年	旧 (改修前): 築 50 年 新 (改修後): 築 24 年
測定時期	夏期	2016/8/30～9/9	2016/8/30～9/11
	冬期	2017/1/16～1/27 一時滞在	2016/12/27～ 2017/1/27

^{*}対象古民家の改修前の状態を想定

^{**}対象古民家の改修前後の状態を想定

4.2 夏期の調査結果

(1) 実測結果

図 4 に夏期における起居時の二酸化炭素濃度を示す。A 邸の寝室では窓開けを行っていないこともあり、二酸化炭素濃度が高くなっている。B 邸の旧リビングにはキッチンがあり、調理時に二酸化炭素濃度が高かった。

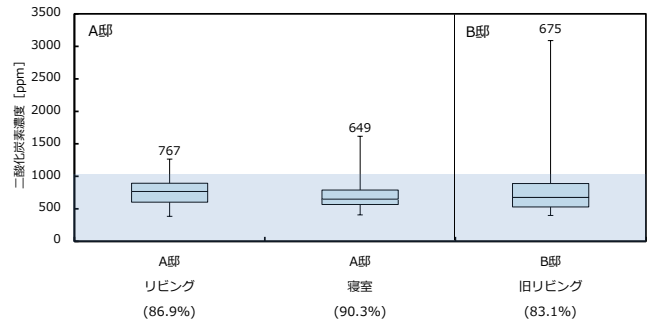
図 5 に起居時の空気温度を示す。A 邸のリビングの空気温度は日中エアコンを使用していることもあり、基準値内となっている一方で、キッチンや寝室の空気温度は高くなっている。B 邸の旧リビングは日中エアコンを使用しているため、ほぼ基準値内となっている。

図 6 に起居時の相対湿度を示す。A 邸、B 邸共に、どの

部屋でも概ね基準値内となっている。

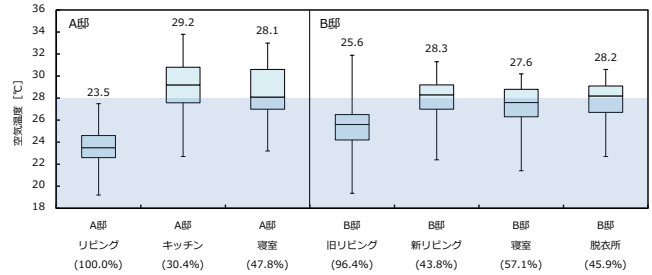
(2) アンケート調査の結果

アンケート調査の結果、A 邸では、リビングでエアコンと扇風機 2 台を使用しており、エアコンの設定温度は 27℃であった。また寝室では、27℃設定のエアコンを 21 時から 24 時まで使用していた。B 邸では、旧リビングでエアコン、扇風機、除湿器 2 台を使用しており、エアコンの設定温度は 23℃としていた。また窓開けを 7 時～22 時まで行っており、軒先にはすだれをかけていた。新リビングでは高さ 30 cm ほどの窓を 7 時～22 時にかけて開放しており、障子等の日射遮蔽は 1 日中行っていた。洗面・脱衣所では 7 時～22 時まで窓開けを行っていた。



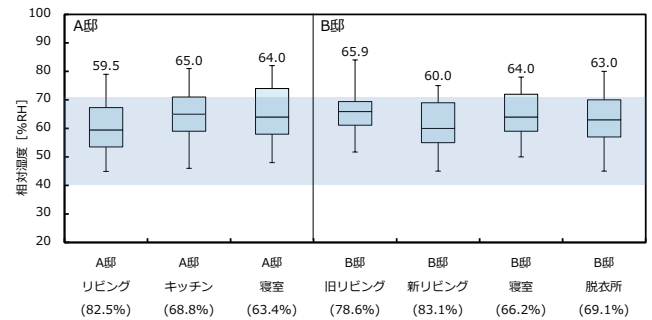
※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図 4 起居時の二酸化炭素濃度（夏期）



※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図 5 起居時の空気温度（夏期）



※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図 6 起居時の相対湿度（夏期）

4.3 冬期の調査結果

冬期は夏期に測定した周辺住宅に加えて居住者1名が一時的滞在した状態での対象古民家での実測調査を行った。

(1) 実測結果

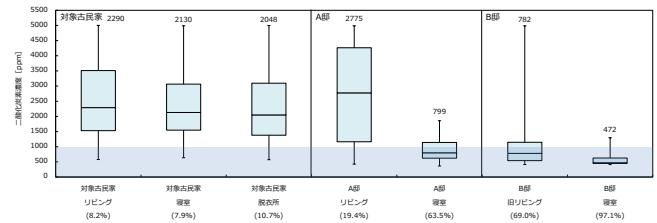
図7に冬期における起居時(7時～22時)の二酸化炭素濃度の測定結果を示す。対象古民家では、エアコンがまだ導入されておらず、石油ストーブを使用していたため、二酸化炭素濃度が基準値を大きく超える結果となった。A邸では夏期と同様に窓開けを行っていないため、二酸化炭素濃度が高くなった。加えて石油ストーブを使用しているため、基準を大きく超える結果となった。B邸の旧リビングは夏期同様、調理の際に二酸化炭素濃度が高くなっているが、窓あけを行っていることもあり、ほぼ基準値内となった。

図8に起居時の空気温度を示す。対象古民家は仮居住ということもあり、全ての測定場所で基準値を下回る結果となった。A邸で主に使用されている暖房機器は石油ストーブであり、寝室やキッチンでは一時的にしか暖房機器を使用しないため、基準値を大きく下回る結果となった。B邸は旧リビングでエアコンを使用しているが、窓開けも行っているためほとんどの時間で基準値を下回った。また新リビング、寝室、脱衣所はほとんど暖房機器を使用していないため、ほぼ基準値を下回る結果となった。

図9に起居時の相対湿度を示す。対象古民家では、ストーブを使用していたこともあり、すべての測定場所で相対湿度の平均値が70%RHを超えた。A邸では、寝室ではほぼ基準値内の値となっているが、日中過ごしているリビングでは、基準値以下の値もみられた。B邸では、ほぼ基準値内となっているが、旧リビングでは全ての部屋で基準値内の割合が7割程度となった。

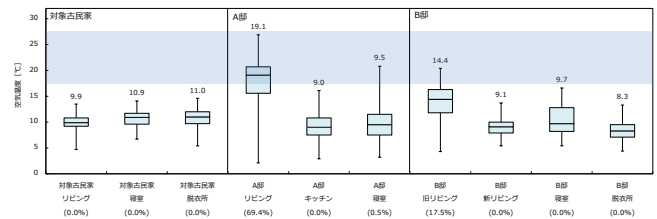
(2) アンケート調査の結果

アンケートの結果、対象古民家ではリビングで石油ストーブ、こたつを使用していた。窓開けはリビングと広縁で15時～17時まで行っていた。障子を8時～17時まで使用しており、寝室、リビング共に窓に付属している換気口を1日中開けていた。洗面・脱衣所、浴室それぞれで窓開けを行っていた。A邸のリビングでは24℃に設定したエアコン、石油ストーブ、こたつを日中使用しており、石油ストーブ、こたつは21時まで使用していた。また寝室ではエアコンを19時～24時まで、あんかを19時～7時まで使用していた。B邸では旧リビングでエアコン、電気ヒーター、加湿器を使用しており、エアコンの設定温度は28℃、電気ヒーターは500Wの設定であった。また軒先にすだれを1日中かけていた。新リビングでは障子等による日射遮蔽を1日中行っていた。寝室ではエアコン、電気毛布を22時～24時まで使用し、窓開けも22時～24時まで行っていた。



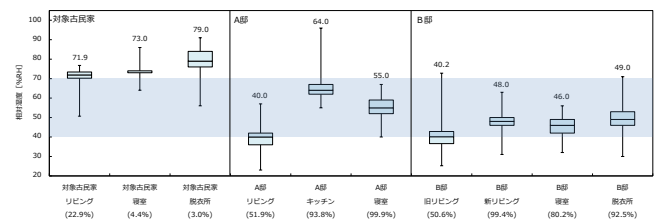
※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図7 起居時の二酸化炭素濃度(冬期)



※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図8 起居時の空気温度(冬期)



※図中の箱ひげ図上部の数字は平均値、括弧内は基準値内割合を示す

図9 起居時の相対湿度(冬期)

4.4 調査結果のまとめ

対象古民家について、本調査により冬期の室内環境に関する課題がある結果となった。特に石油ストーブを使用していることにより二酸化炭素濃度が高く、換気の必要性が示唆された。今後はエアコンの導入がなされる予定であり、24時間換気の使用とあわせて温湿度や二酸化炭素濃度といった室内環境が改善されることが期待される。

5 おわりに

本研究では、省エネルギー改修を行った古民家で改修前後のエネルギー消費性能の比較を行い、また室内環境や住まい方等の調査を行った。省エネルギー改修を行うことにより、改修前から45.4%の削減ができ、さらに太陽光発電を含むことで57.1%の削減ができる計算結果となった。また改修後の住宅の実測から仮居住状態で石油ストーブが使用されており二酸化炭素濃度が高い結果となったが、本格的な居住時には高効率エアコンの使用が想定され、また住宅の性能が高いことから省エネルギーで、かつ衛生的な空気環境での運用が期待できる。

<参考文献>[1]国立研究開発法人建築研究所『長期優良住宅化リフォーム推進事業』2017.1.19取得 http://www.kenken.go.jp/chouki_r/ [2]環境省「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化2050プロジェクト」<https://www.env.go.jp/council/06earth/y060-80/mat04.pdf> 2017.2.13取得 [3]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『平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説(II住宅)』, 2013.5 pp1070-1074 [4]国立研究開発法人建築研究所『建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報』2017.2.9取得 <http://www.kenken.go.jp/becc/index.html#4-1> [5]平成28年省エネルギー基準対応住宅省エネルギー技術設計者講習テキスト [6]温暖地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン [7]厚生労働省建築環境衛生管理基準 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-ei/sei10/> 2017.2.13取得