

既存住宅の省エネルギー化手法の開発 (その2)

——省エネルギー改修とその評価——

渡 辺 真知子 田 中 辰 明
岡 建 雄 小 宮 英 孝
石 岡 正 幸

Retrofitting of Existing House for Energy Conservation (Part 2)

——Retrofitting of Experimental Houses——

Machiko Watanabe Tatsuaki Tanaka
Tatsuo Oka Hidetaka Komiya
Masayuki Ishioka

Abstract

This study aims to develop means of making energy audits and carrying out retrofitting of existing houses. The retrofitting procedures for an existing single-family house and a multi-family house for energy conservation and the results of energy audits are described in this paper. The major items of retrofitting were insulation of ceiling, wall and floor, and provision of double windows. Measurements in the single-family and multi-family houses showed that the energy saving effects were remarkable and reliable retrofitting work had been accomplished. Better comfortableness in living spaces due to retrofitting, and energy conservation measurements through the year will be reported on in the next paper.

概 要

本研究は既存住宅の省エネルギー診断手法と省エネルギー改修に必要な各種手法を開発することを目的としている。本報告ではAuditに従って、戸建住宅および集合住宅の省エネルギー改修を行なった。改修箇所は天井、外壁、床などの断熱と開口部の二重窓化が主なものとなっている。改修後、断熱性や気密性に関する計測を行ない、省エネルギー改修の効果は極めて顕著に現われており、施工上の問題点も出ないことが明らかとなった。今後は居住性能やエネルギー消費量など総合的な改修効果を明らかにする予定である。

1. はじめに

既存住宅が日本全体の建築物に占める割合は大きく、これを省エネルギー化していく意義は大きい。本研究は住宅の中でも既存住宅の省エネルギー化に焦点を当てて研究を行なったもので、既存住宅のエネルギー診断法と、省エネルギー改修手法の研究開発を目的としている。前報¹⁾では Audit 手法を実験住宅に適用した結果を示すと共に、省エネルギー改修に関するアンケート調査を行ない、居住者の省エネルギー改修に対する意識や改修工事の支払い限度額に関して報告した。本報告では前報の

Audit に従って実験住宅の省エネルギー改修を行なった結果とその評価を報告する。

2. 実験住宅の省エネルギー改修

2.1. 木造戸建住宅

本研究で開発したエネルギー診断法と省エネルギー改修手法を戸建住宅に適用した結果、必要な改修箇所が明確になり、Audit に従った省エネルギー改修を行なった。工事期間は昭和58年11月25日から12月22日までである。

戸建住宅の代表的な省エネルギー化手法の実施例を写

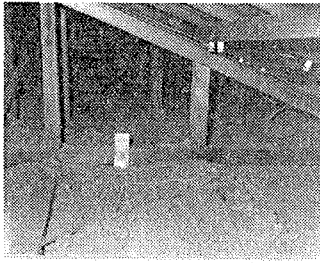


写真-1 天井断熱

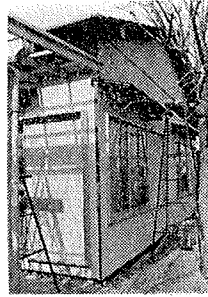


写真-2 外壁断熱



写真-3 開口部二重窓化

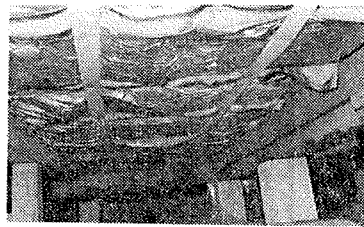


写真-4 床断熱

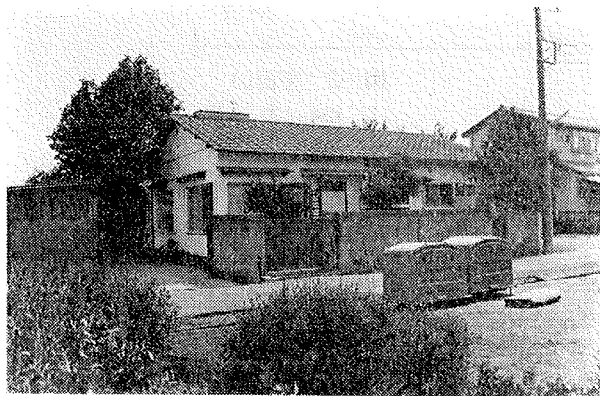


写真-5 戸建住宅

写真-1～4に、改修後の全景を写真-5に示した。また住宅の平面図および断面詳細図を図-1、2に示し、表-1に改修箇所と改修費用を示す。省エネルギー改修の施工性については、構造材や仕上材が木材であるために加工が大変容易であった。反面、長年使用された木造住宅では柱、梁構造のため変形が生じやすく、本実験住宅でも建物の各部位の納まりに狂いを生じていた。このため開口部の改修に比較的多くの手間を必要とした。また本実験住宅では床下空間が十分あったので施工できたが、床下空間のない住宅には別の断熱工法が必要であろう。外壁に施した断熱材は、軽量骨材を用いたこて塗材である。今回の改修工事では居住者が引越することなく普段と同様の生活をしながら行なうという方式を取ったが、特に問題は生じず本改修手法は一般既存住宅にそのまま適用できると考えられた。

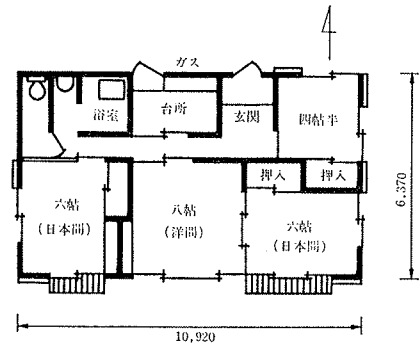


図-1 平面図

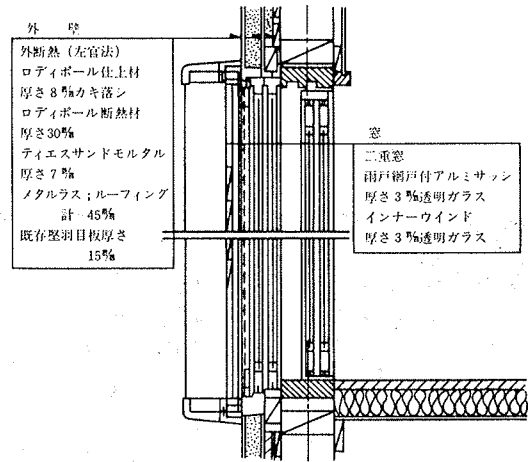


図-2 断面詳細図

戸建住宅の省エネルギー化に必要な施工費用は実験住宅ということもあり、総額359万円に達した。一方、アンケート調査によると省エネルギー改修に支出できるとする平均許容支出額は断熱関係24万円、気密化関係で27万円である。毎年継続して支出できる許容額は11万円/年である。改修を行なった経験のある人は平均83万円を支出している。実際に省エネルギー改修を行なうと、建物の痛んだ箇所も修理されるし、内外装共に綺麗に仕上がるというところから、今後、省エネルギー改修の需要は相当出てくるのではないかと推察される。

2.2. RC 造集合住宅

集合住宅に関しても Audit に従った省エネルギー改修を行なった。工事期間は昭和58年12月2日から28日までであった。集合住宅の代表的な省エネルギー化手法の実施例を写真-6～9に、改修後の全景を写真-10に示した。住宅の平面図および断面詳細図を図-3、4に示した。また表-2に改修箇所と改修費用を示す。今回、改修対象とした住戸は4階の一戸だけである。

施工性について言えば、本建物は実験的なプレキャスト RC 造であったことから壁に15～25 mm の凹凸があり、壁の立上がりも悪く1階当り8～12 mm のずれが生じていた。このため外断熱工事に際して多少の手間を必

部 位	省エネルギー化手法	改修費用 (千円)
天 井	粒状グラスファイバー吹込み (厚さ200mm)	150
外 壁	ロディポール吹付け (厚さ45mm)	900
床	グラスウール貼付(厚さ50mm) 断熱量 (厚さ25mm発泡スチレン板貼の畳)	210
開 口 部	アルミサッシ+インナーウインドウ (二重窓化)	1,370
玄関扉、台所扉 屋根裏 他 雑 工 事	断熱材入りの扉に交換 屋根裏換気用換気扉の設置 トイレのすきまふさぎ等	690
給 湯	電気温水器の設置	270
総 額		3,590

表-1 戸建住宅の改修箇所と改修費用

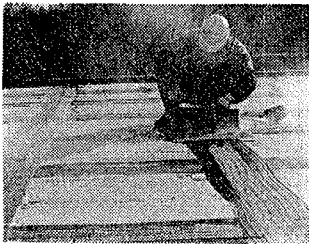


写真-6 屋根断熱



写真-7 開口部
二重窓化



写真-8 玄関の内扉
取付

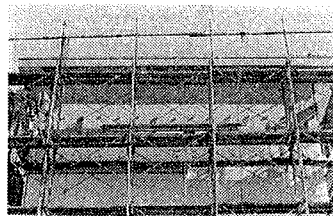


写真-9 外壁断熱



写真-10 集合住宅

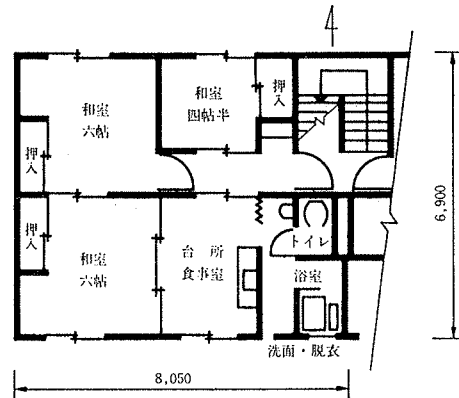


図-3 平面図

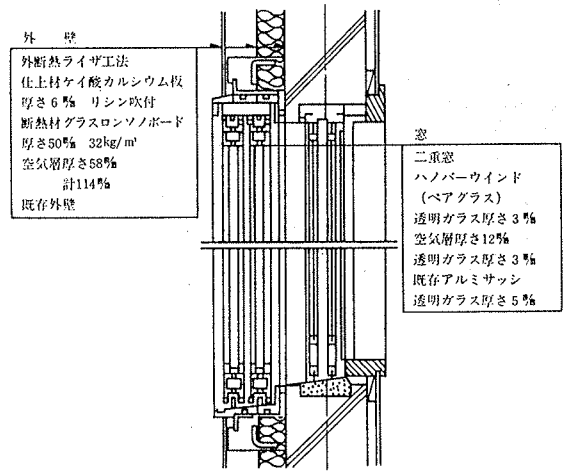


図-4 断面詳細図

要とした。省エネルギー改修費用は総額310万円必要であった。集合住宅は一棟単位で省エネルギー改修を行なうのが一般的であろうから、本研究で行なった実施工事価格よりも相対的に一戸当りの価格は低減することになるが、見積った結果では、一戸当たり30%施工費が減少する。省エネルギー改修に必要な施工価格を、単位面積当りに換算すると、木造戸建住宅では48,000円/m²、RC造集合住宅で60,000円/m²となり、集合住宅は割高である。価格を低減させるには、例えば開口部では内側から簡単なサッシを張る程度にするなどの手法が挙げられる。しかし、外壁に関しては、防災上の観点から無機系の材

部 位	省エネルギー化手法	改修費用 (千円)
屋 根	グラスウール外断熱(厚さ50mm)	950
外 壁	グラスウール外断熱(厚さ50mm)	1,400
開 口 部	ハノーバーウインド取付け 一部インナーウインド取付け (二重窓化)	440
玄 関 扉 その他仮設費含む	内 扉 取 付	310
総 額	—	3,100

表-2 集合住宅の改修箇所と改修費用

料を使わざるを得ないことになると予想され、価格が低減される余地は少ないと考えられる。

3. 実験住宅の Audit

省エネルギー改修後の戸建住宅の熱性能を実測によって確認するために、本研究で開発した現場実測による診断手法を適用した。測定結果を表-3に示す。表-3に示されるごとく省エネルギー改修による効果は明らかである。計測上問題となる点は、断熱性能が向上する程、部材を通過する熱量は少なく、また表面温度と空気が小さくなるために測定精度が低下することである。測定精度を確認しておくために、本研究ではサーモフロー計と呼ばれる表面温度計の他に、熱流板を使用して各部材の通過熱量を測定し、その断熱性を求めた。熱流板による計測値とサーモフロー計による計測値を比較すると、熱通過量の大きい場合は指示値は一致しており、精度の高いことが確認されたが、熱通過量が小さくなるに従い、測定精度は低下してくる。しかしながら、測定誤差が大きくなるような部材は、熱通過量が小さく断熱性能が極めて高いと判断して差しつかえないために、実際には本研究で提案した現場測定手法によって、十分住宅の熱性能を把握できる。

改修後の実験住宅と我国の断熱基準を比較すると、いずれの部位も基準値以上の断熱性能となっていた。特に住宅の総合熱性能を良く示す総括熱貫流率は大幅に向上し、省エネルギー改修の効果が十分反映されている。換気回数は外部風速により大分異なった計測値となるが、改修後の換気回数は改修前に比べ約2分の1になっている。上級木造住宅の換気回数は2回/h程度となっているので、本実験住宅は気密性に関しても一応の水準に達していると言える。

省エネルギー改修前と改修後の室温変動を図-5に示す。図中の黒い横線は、暖房器がONの状態を示している。改修前の戸建住宅では外気温および室温の日較差が同程度で、暖房している部屋としていない部屋との温度差が非常に大きいことが特徴となっており、暖房して

部 位	省エネルギー改修前の 診断結果	省エネルギー改修後の 診断結果	日本の基準値
天井の熱貫流率 (kcal/m ² h ² °C)	2.24	0.25	0.8
外壁の熱貫流率 (kcal/m ² h ² °C)	1.31	0.61	0.9
床の熱貫流率 (kcal/m ² h ² °C)	0.57	0.17	0.9
窓の熱貫流率 (kcal/m ² h ² °C)	3.4	1.42	6.0
換 気 回 数 (回/h)	2.6 (8帖+東6帖)	1.57	(2)
総括熱貫流率 (kcal/h ² °C)	215 (8帖+6帖) (床面積当り9.48kcal/m ² h ² °C)	69 (8帖+6帖) (床面積当り2.95kcal/m ² h ² °C)	床面積当り 4.5 kcal/m ² h ² °C

表-3 Audit 結果の一部

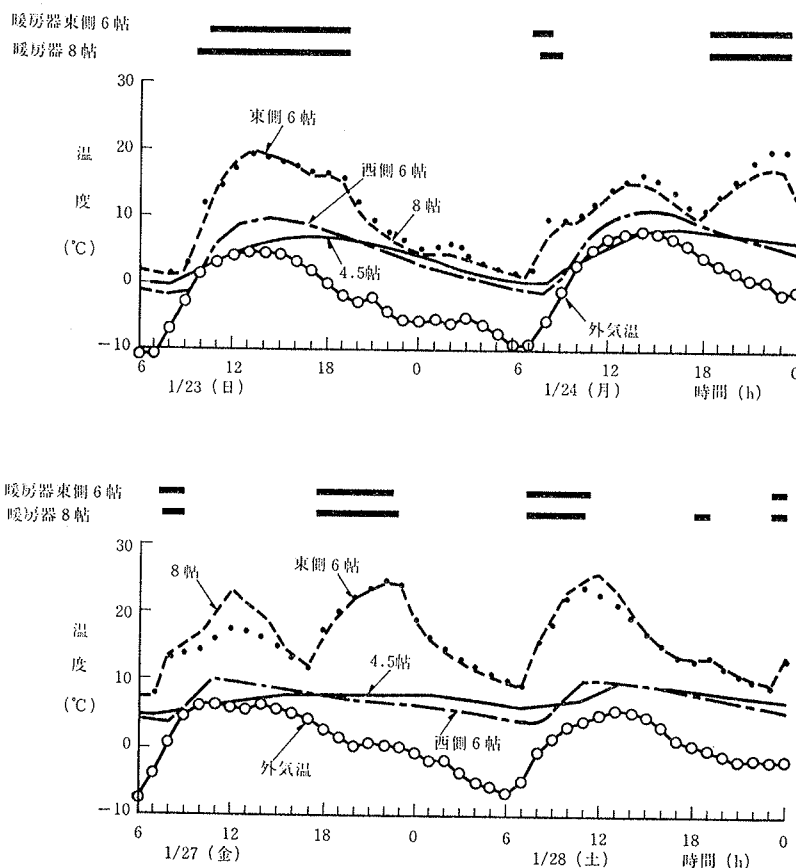


図-5 戸建住宅の室温変動

いない部屋の温度が朝方には0°Cまで降下することもあった。暖房している部屋の温度は15~20°C程度に辛うじて保たれており、1時間当りの電力消費量は、東側の6帖と8帖で合計3~3.5 kWhであった。また暖房器をOFFにすると2時間後には室温が10°C以下に降下してしまう。これは室熱容量が小さいということの他に、断熱材や気密性の劣悪さに起因する問題であると言える。改修後は外気温の日較差に比べて室温の日較差が小さくなっている。暖房停止時に外気温が-10°C近くに降下しても室内温度は5°C以下にはならない。暖房している部

屋の温度は18~22℃に保たれており、そのときの暖房器の1時間当りの電力消費量は、合計2kWhである。また暖房停止後5時間が経過しても室内温度は10℃程度に保たれている。また砂埃による部屋の汚れや冬季において足元が寒いというようなことがなくなり、省エネルギー改修によって居住性がかなり向上したことが生活実感によっても明らかにされた。なお集合住宅の熱性能については、現在測定中である。

戸建住宅のエネルギー使用状態を図-6に示す。このエネルギー使用量は、定期的に各系統ごとに取付けられた電力メータやガスメータを読み取り算出したものである。暖房はすべてファン付電気ヒータで行なっている。厨房、給湯、風呂はガス焚であるが、昭和59年1月1日より電気温水器を設置したため、ガスの使用は厨房のガスコンロのみとなった。

本戸建住宅の全エネルギー消費量は改修前に比べて15%程度減少している。照明用エネルギー消費量は変化していない。暖房用エネルギー消費量は30%削減されている。昨年の暖冬に比べて今年の冬は長く厳しかったことを考慮すると、同一気象条件であれば暖房用のエネルギー削減量はさらに大きくなると予想される。改修前の電気ヒータの出力は3.5kWが必要であったが、改修後は2kWで十分であり、居住環境と共に省エネルギー効果も大きいことが確認された。

4. おわりに

本研究は実験住宅に省エネルギー改修を施し、その効果を測定により評価したものである。改修後では改修前に比べて、室温が高く保たれる傾向があり、充足率を用いて予想されたエネルギー削減量程、エネルギー消費量

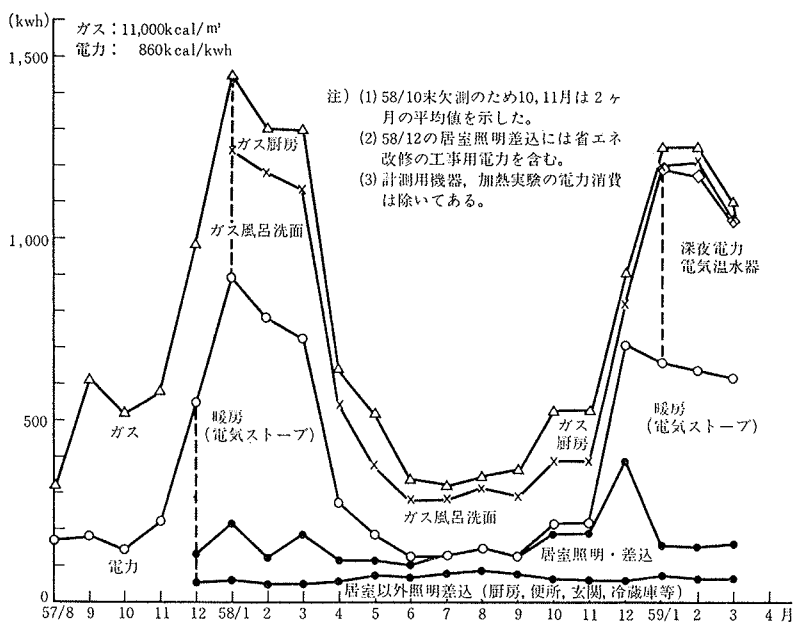


図-6 電力消費量の月変化

は減少しない。その分、室内環境の向上のためにエネルギーが振り分けられていることになり、省エネルギー改修はエネルギー削減量と共に、室内環境の面からも評価していく必要がある。今後は改修された実験住宅の性能を測定し、居住性能やエネルギー消費量など総合的な改修効果を明らかにする予定である。それに伴い、提案された Audit も手法の妥当性を吟味し、改良すべき箇所を修正することにした。

謝辞

本研究は東京電力(株)営業開発部による委託研究「既存住宅の省エネルギー化手法の開発」の一環として行なったものであり、関係各位に深謝致します。

参考文献

1) 成田, 前川, 他: 既存住宅の省エネルギー化手法の開発, その1~3, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, (昭和58. 10), pp. 477~488