

158

耐震・温熱改修による学校建築再生に関する研究

会員 ○池田 直子 (OM ソーラー)

会員 宇田川 光弘 (工学院大学)

会員 盧 炫佑 (OM ソーラー)

藤村 真喜 (野沢正光建築工房)

野沢 正光 (野沢正光建築工房)

**Study on school building renovation
for improving its earthquake-resistant performance
and indoor thermal environment**

Naoko IKEDA*, Masaki FUJIMURA**,
Mitsuhiro UDAGAWA ***, Masamitsu NOZAWA **
and Hyunwoo ROH *

*OM solar,
4601 Murakushi, Nishi-word, Hamamatsu-City,
Shizuoka Pref, Japan 431-1207 Fax:+81-53-488-1715
Email:ikeda@omsolar.jp

** Masamitsu Nozawa Building Workshop, *** Kogakuin University

ABSTRACT

The high school building in Mie-ken Iga-shi, built in 1963 was renovated for improving earthquake-resistant and indoor thermal environment. Solar heat collecting system, OM solar system also installed in school building at that time. No insulated building got outside insulation to make use of the reinforced-concrete structure, having heat storing. OM solar system introduces solar collecting heat air into under-floor in the daytime in winter.

In this paper, the outline of the renovation is described. And the renovation effect is shown by measured data after renovation.

キーワード:学校建築再生, 室内温熱環境, 実測調査

Keywords: School building renovation, Indoor thermal environment, Field survey

1. はじめに

三重県伊賀市にある私立愛農学園農業高等学校は、1963 年の創立時に建てられた校舎本館の耐震診断を行い、その結果から当初、これを解体、木造校舎への建て替えを検討していた。これに対し、学校主催のプロポーザルにより選定された設計者である野沢建築工房は、学校関係者の思い入れのある校舎を減築という手法を用いて耐震改修し、さらに外断熱改修と太陽熱エネルギー利用設備(OM ソーラーシステム)を新たに導入することで温熱環境の改善を図るという、改修工事による既存校舎の再生計画を提案し、了承された。



Fig.1 Exterior view of Aino Gakuen school building

本報では、学校建築再生の事例として、再生プロジェクトの概要を紹介し、改修後の温熱環境の測定資料による温熱環境改善効果と省エネルギー効果について報告する。

2. 再生工事の経緯と設計概要

愛農学園農業高等学校は近鉄大阪線近くを通る伊勢と初瀬を結ぶ初瀬街道沿い、阿保宿近くの「愛農の丘」にある。この地域は一日の寒暖の差が激しく、内陸性気候で、特に冬の1月、2月の平均気温は3°C台と寒さの厳しい地域である。築46年のRC造、床面積約1500 m²の既存校舎はスチールサッシが傷み開閉もままならず、設備は老朽化、天井は雨漏りにより剥離、という過酷な環境ながら2010年まで大事に使われてきた。改修前、冬は特に冷え切った無断熱のコンクリートからの冷気、底冷え、結露、と厳しい室内環境であった。

再生計画では既存躯体を生かし改修工事とすることで工事にかかるコストを縮減し、耐震性と快適性の両方の改善が実現した。耐震改修においては、3階建てを2階建てに減築して構造的負担を軽減し、1階の一部に耐震壁を増設、構造スリットによって長柱化して柱のせん断破壊を抑制した。次に温熱改修として、外断熱化し、既存のスチールサッシをペアガラスのアルミサッシに取り替え、南側には庇をつけて日射を遮蔽した。また、勾配屋根を新設し、OM ソーラーシステムを導入、小屋裏にOMハンドリングボックスを設置した。屋根で温められた新鮮な空気は、室内を暖房する役割を果たす。

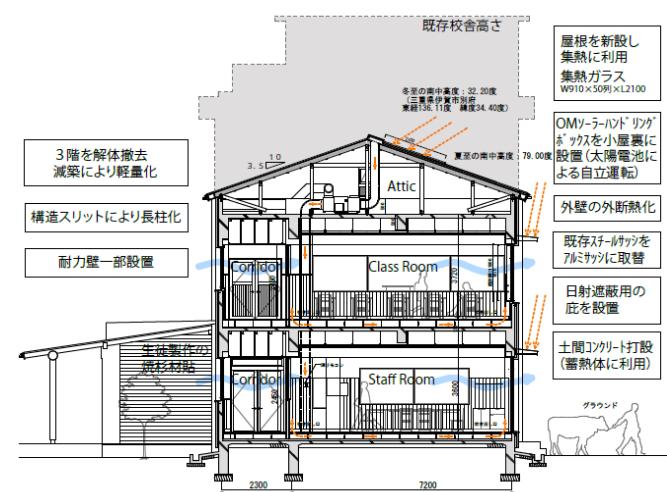
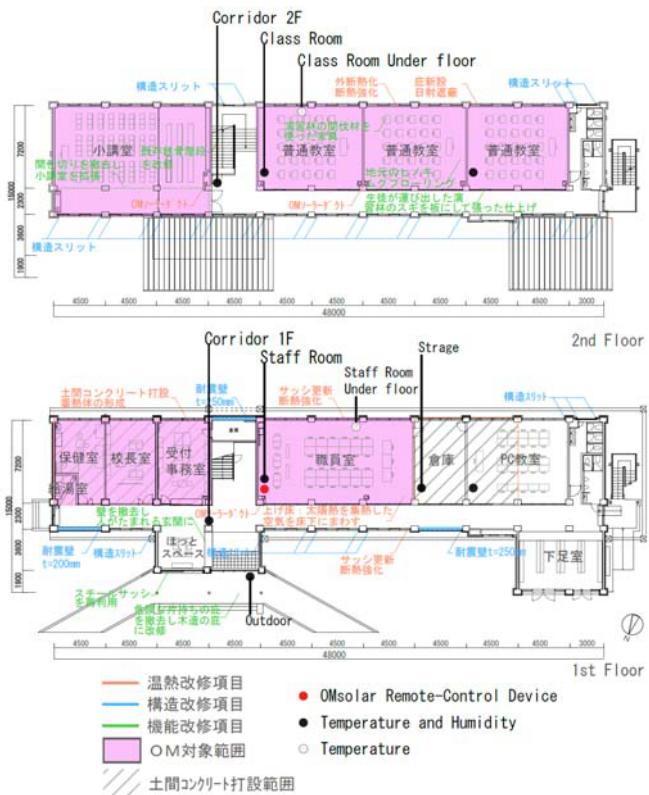
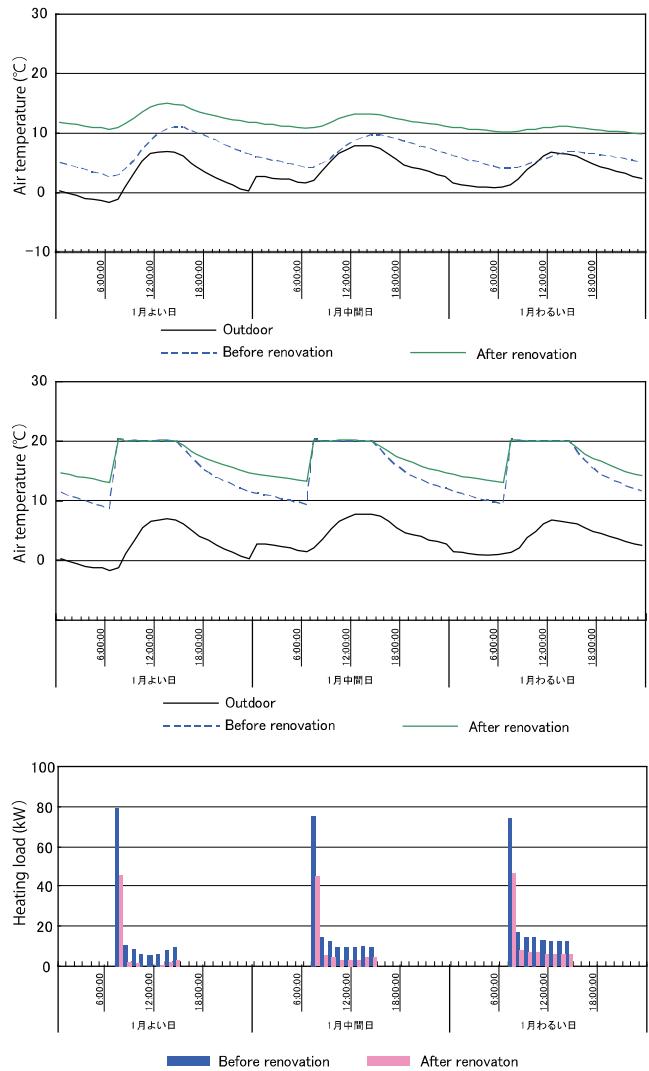


Fig2. Top: Plan of the school building after renovation
Bottom: Section and the elements of renovation

工事は、全3期に区分し、教室を移動しながらプレハブを建てずに「居ながら」改修を行った。2010年3月から室内の解体を始めて同年10月に竣工した。

3. 改修前のシミュレーションによる評価

改修前、コンクリート躯体無断熱であったのに対し、温熱改修設計において、ビーズ法発砲ポリスチレン(熱伝導率 $0.039 \text{W/m}\cdot\text{K}$)厚70mmを選択、外断熱とした。OMソーラーシステムは教室、職員室、管理諸室、小講堂を対象とし、ハンドリングボックス1台(最大風量 $720 \text{m}^3/\text{h}$, 太



陽電池で自立運転)あたり対象面積 100 m^2 前後、これに対し集熱屋根は黒色板金集熱部 22.75 m^2 、ガラス付集熱部 19.11 m^2 、計 41.86 m^2 、校舎全体でハンドリングボックス5台の計画である。既存の床はPタイル直貼りであったが、床下OM空気層(蓄熱部位)を形成するため、1、2階とも既存階段1段分を床上げし、床下が土の箇所は蓄熱コンクリートを打設した。

図3は改修前と上記改修後の仕様による温熱環境のシミュレーションである。シミュレーションソフトはSunSons ver5.8(OMソーラー社製)を使用し、無暖房の場合と暖房設備を使用する場合(暖房時間8:00~15:00)の室温を、2教室、 129.6 m^2 を対象として検討した。改修前と比較して改修後、室温の上昇と、最低最高温度の温度差軽減が見られる。また暖房負荷についても、改修により年間で33%削減される試算であり、改修による効果が予測された。

4. 改修後の温熱環境測定

温湿度測定箇所は図2に示した通りである。2012年6月29日に測定を開始し、2013年5月10日に一部計測機器を追加設置(1階倉庫)した。計測には、データミニ(日置電機(株)製)および、OMソーラーのセンサーの記録データを使用し、計測は15分間隔とした。現在も計測を続けているが、今回は2012年7月～2013年8月末までの1年2ヶ月の結果を報告する。

4.1 冬の計測結果

OMソーラーの集熱取り入れ運転は2012年10月8日に始まり、2013年5月26日まで行われ、期間中、校舎全体の集熱量は44.3GJであった。図4に計測期間中最低外気温(-4°C)を記録した2月10日を含む1週間の室温、集熱温度、集熱量(ハンドリングボックス1台分)を示す。この間外気温は日中でも10°C以下で推移しているが、1階、2階ともに休日でも室温が18°C程度まで上昇している。明け方には外気が零下になる日も見られる中、室温は11°C～12°Cに保たれており、外気温との差は15°Cを越えている。また、2階においては、夜間から明け方にかけて室温よりも床下温度が高くなっている。日中OMソーラーシステムによって床下に送られた暖気がコンクリートスラブに蓄熱され夜間放熱することで、室温の低下に比べて床温度の低下が抑えられていることがわかり、断熱強化に加えて、太陽熱集熱+床下躯体蓄熱を行うことの効果があらわれているといえる。一方1階の職員室床下温度は夜間、室温よりも下がる傾向にある。これは、1階土間コンクリート下に断熱材を敷設していないことが一因であると思われる。また、集熱温度および集熱量は予測を若干下回っており、検証、改善の余地がある。

学校ではこの2月初旬が最も生徒が寒がる時期で、主に曇天日の午前中2時間程度は灯油ストーブを使用しているという。断熱+OM改修で早朝の最低温度が底上げされ、暖房立ち上げ時の灯油使用量抑制に貢献していると考えられる。利用者からは、改修前の温熱環境との違いがはっきりとわかる、足元が寒くないので体感する温度が違う、など改修の効果が挙げられた。また、床や壁材に使用した無垢の木の温かみを挙げる人も多い。

4.2 夏の計測結果

OMソーラーは夏の夜間、放射冷却で冷えた外気を室温との差温を運転条件にして床下から室内に取り入れる機能がある。各年の運転データのから概ね年間3.5ヶ月

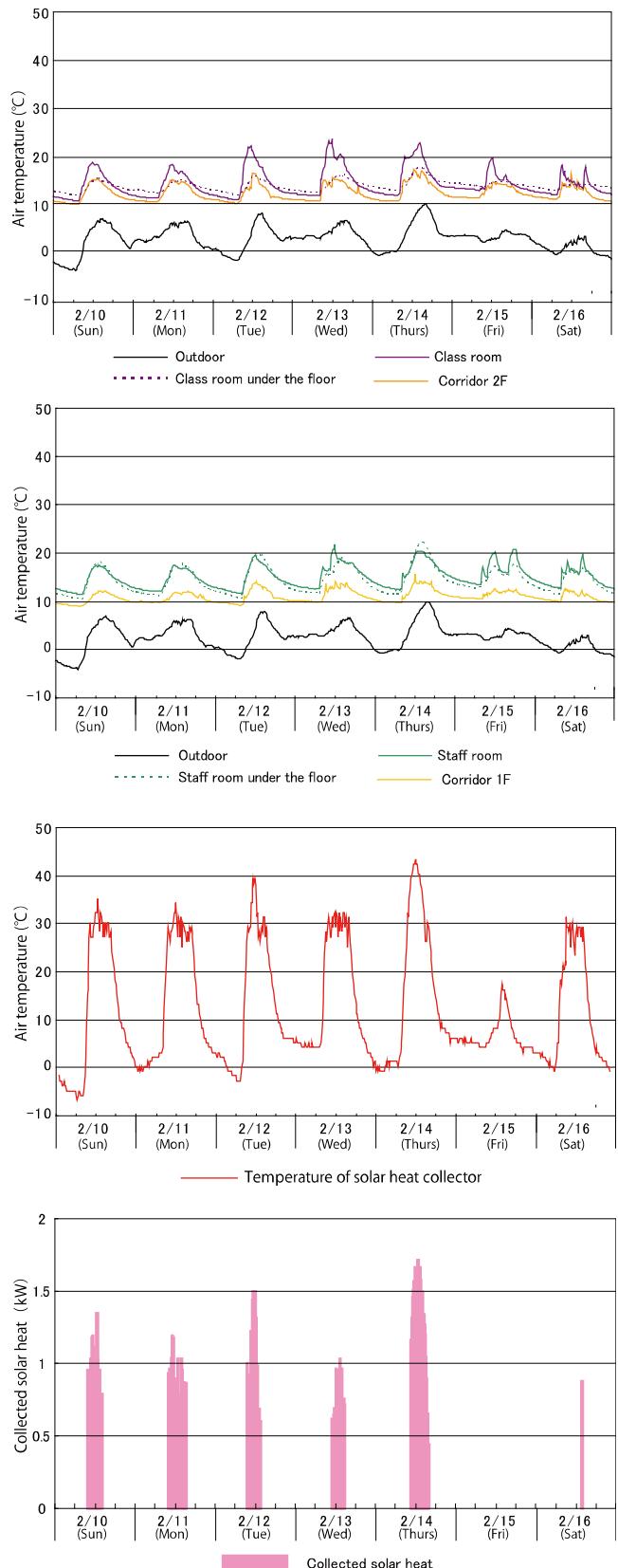


Fig.4 Measurements in winter
Air temperature and collected solar heat in One Week in February, 2013 (top: 2F, 2nd:1F, 3rd: temperature of solar heat collector, bottom: collected solar heat)

外気取り入れ運転が行われており、稼動時間は長い日で10時間以上になる。稼動時間中は最大で対象室が2回/h以上換気される計算である。

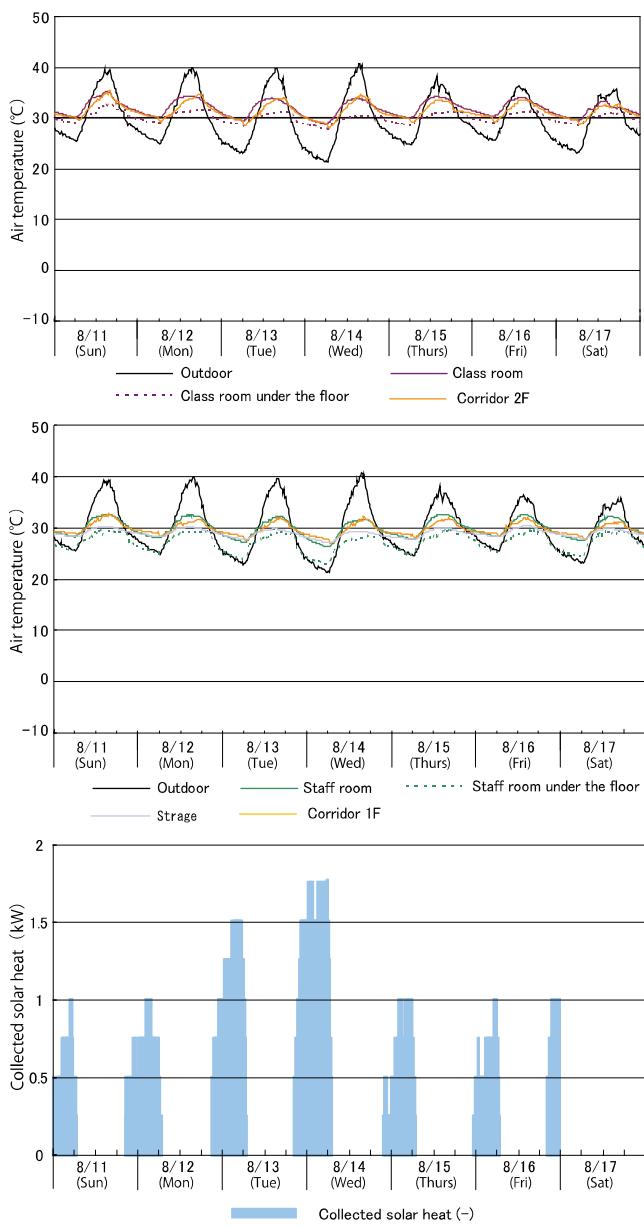


Fig.5 Measurements in summer

Air temperature and collected cold heat by night radiation in One Week in August, 2012 (top: 2F, Middle: 1F, Bottom: collected solar heat)

	Total	Lunch Room (Not subject of renovation)	Main school building (Subject of renovation)
Before renovation			
Heating area(m ²)	919.12	246.82	672.30
Heating oil consumption(l)	2718.00	729.89	1988.11①
An equivarent for heating area of after renovation (l)	-	-	1720.65②
After renovation			
Heating area(m ²)	828.67	246.82	581.85
Heating oil consumption(l)	1512.00	729.89	782.11③
Reduction amount of main school building	-60% (③/①) -55% (③/②)		

Table 1. Heating oil consumption
(Before and after the renovation)

図5に8月の1週間の室温、夜間外気取入れ冷熱量を示す。日中外気温度が35°Cを越える日でも夜間から明け方外気は25°C前後まで低下している。1、2階ともに、外気取入れが始まると同時に床下温度が下がり、室内に涼しい空気が取入れられていることがわかる。日中の職員室は窓開けの影響で室温が上昇しているが(職員室や教室は冷房設備を設置していない)、夜間は外気取入れによって非OM対象室の倉庫よりも室温が下がっている。

夏期期間中、室温より外気温度は3°C~5°C程度低いこと、学校は防犯上夜間開口部を施錠することから、夜間の換気、翌朝登校時までに熱気を排出することにOMソーラー外気取入れ機能が有効であるといえる。

4.3 改修前後の暖房エネルギー使用量比較

表1に改修前後の灯油使用量を示す。記録は校舎と別棟の食堂の合算値のため、改修前の面積比から食堂の使用量を算出し改修前後で変わらないとして、校舎単体で使用した量を推定した。結果、灯油使用量は改修前と比較して61%削減された。また改修で暖房対象面積が減少したことを勘案し、改修前校舎の使用量を面積比で減免すると、改修後校舎の灯油使用量は55%削減されたことになる。面積を勘案しても灯油使用量は半分以下となっており、改修によって省エネルギー化が計られた。

5.おわりに

文部科学省の調査によると少子化とともに学校の統廃合が進み、公立学校の年度別廃校数の推移では調査開始の1992年度から2011年度までで計6834校、毎年400~500前後の公立学校が廃校になっている。既存の建物をストックと考えてどのように再生、活用するかの課題は全国的に急務である。減築により耐震改修して適正な規模に調べ、さらに現代の仕様にあわせて温熱改修を行い、自然エネルギーを利用して省エネルギー化を図る今回の再生プロジェクトは、学校建築だけでなく、多くの公共的な建築物の再生モデルになると確信している。

※改修の経緯や建築的詳細については以下に挙げる文献を参照されたい。

【参考文献】

- (1)『新建築』2011年4月号、新建築社
- (2)『建築ジャーナル』2012年3月号、建築ジャーナル
- (3)『BELCA NEWS』2013年4月号、公益社団法人ロングラ・イフビル推進協議会