

空気式太陽熱集熱システムを採用した実証住宅に関する研究

(第4報) 年間の実測による負荷削減効果の検討

A Study of Demonstration Houses with Air-Based Solar System

Part4. Evaluation of load reduction by annual measurement

学生会員 ○山本 智大 (東京理科大学)

技術フェロー 井上 隆 (東京理科大学)

正会員 前 真之 (東京大学)

正会員 高瀬 幸造 (東京理科大学)

正会員 崔 榮晋 (東京大学)

学生会員 森田 舟哉 (東京理科大学)

学生会員 吉田 英明 (東京理科大学)

学生会員 軽部 達也 (東京大学)

正会員 盧 炫佑 (OMソーラー)

Tomohiro YAMAMOTO*¹ Takashi INOUE*¹ Masayuki MAE*² Kozo TAKASE*¹

Youngjin CHOI *² Shuya MORITA *¹ Hideaki YOSHIDA *¹ Tatsuya KARUBE *² Hyunwoo ROH *³

*¹ Tokyo University of Science *² The University of Tokyo *³ OM Solar

We have been studying and measuring five demonstration houses with air-based solar system. In this paper, we introduce annual results of measurements. We confirmed how much solar energy and each adopted technology affect indoor thermal environment and the energy consumption for heating, cooling and hot water.

1. はじめに

本研究では、気象条件の大きく異なる全国5か所(北海道伊達市、仙台市、浜松市、鹿児島市、沖縄県北谷町)における空気式太陽熱集熱システム(以下、本システム)を用いた実証住宅を対象としている。その1~3では設計段階におけるシミュレーションを用いた仕様決定や年間熱負荷計算、実測開始時のデータ概要を報告した。沖縄実証住宅は2015年10月より計測開始となったため、本報では年間の計測データが得られた沖縄以外の4か所の実測結果について報告する。

2. 研究概要

2.1 システム概要

図1に本報で扱う実証住宅の基本コンセプトを示す。冬期の暖房用途での集熱空気は、ハンドリングボックス(以下、HB)より床下空間に送られる。床下空間に送られた熱は、付加蓄熱体(水入りペットボトル)と潜熱蓄熱材(以下PCM)に蓄熱され、基礎断熱により地中への熱損失は防ぐ。夜は真空断熱材を内蔵した室内建具(以下、真空断熱材建具)を閉めることで窓面での夜間断熱を強化し、外部への熱損失を防ぐ。給湯用途での集熱空気はHB内の熱交換コイルにおいて、不凍液を介して熱交換を行うことで、貯湯を行う。一方、夏期は集熱をバッチ式太陽熱利用デシカント冷房(以下、太陽熱冷房)・給湯用途に用いる。太陽熱冷房はシリカゲルを除湿と再生を繰り返し、潜熱処理を行い、気化冷却器を通すことで顕熱処理を行う。また、窓面に外ブラインドや外付け木製ルーバーを適宜設置し、

日射を遮蔽することで、建物の高断熱化に伴うオーバーヒートの抑制や冷房負荷を削減する。これらを各地域の気候に合わせて導入することで、省エネルギー性を向上させる。

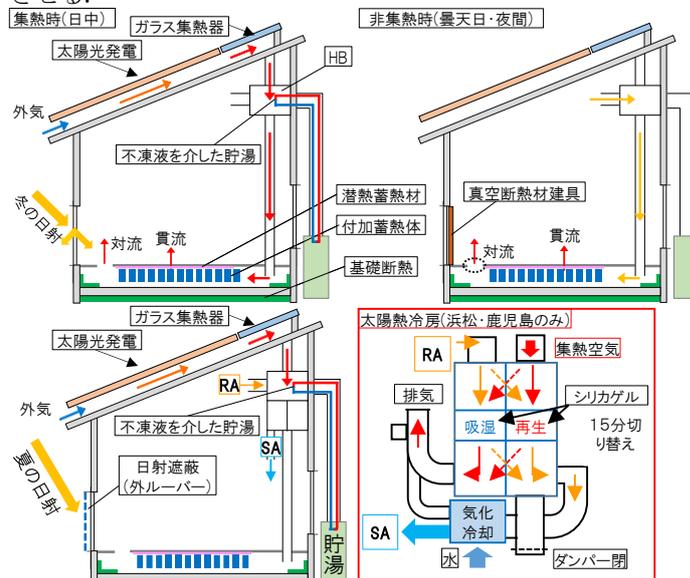


図1 実証住宅におけるコンセプト

2.2 実測条件

本報では2015年4月~2016年3月を対象期間としており、表1に運転スケジュール及び実測条件を示す。4月~6月では毎月1週間の標準生活を模擬した運用を行っている。7月~9月では太陽熱冷房や日射遮蔽の有無を比較し、冷房負荷削減効果を、11月~2016年3月では本システムの暖房・給湯負荷削減効果をそれぞれ検討する。

表1 運転スケジュール及び実測条件2015年4月～2016年3月)

	2015年												2016年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
北海道・仙台・鹿児島	11日～17日	16～22日	13～19日	28日～8月3日	4～17日	18～24日	8～15日	9～16日	14～20日	12～18日	23～29日	13～19日	7～13日		
浜松	29日～5月6日	運転(夏モード)						運転(冬モード)							
集熱	運転(冬モード)			運転(中間期モード)			運転(夏モード)								
冷暖房	暖房設定20℃			冷房設定27℃			冷房設定26℃			OFF			暖房設定20℃		
換気	ON														
真空断熱材建具	8時～18時開			8時～18時開			常時開			8時～16時閉					
日射遮蔽物	開														
内部発熱	常時・100W電球4球点灯+家電(人体分を60W*2人とし消費電力には含まない)						100W*2球点灯+家電(人体分120W)								
給湯	自動出湯(約450L・40℃/日)														

3. 実測結果

3.1 気象条件

本報では、季節の区分を2015年6～9月を夏期、4・5・10・11月を中間期、2015年12月・2016年1・2・3月を冬期とする。但し2015年4月は計測開始直後であったため、制御確認のため冬モードで運転した。図2に4物件の気象条件を示す。外気温は実測値と平年値で大きな差はなく、一方、日射量は鹿児島島の夏期の実測値が平年値より約3割小さく、集熱量も平年値より小さくなると思われる。

3.2 集熱量

冬期晴天日における本システム運転時に、集熱空気がピーク時に70～90℃で集熱されることを第1報りで示した。年間の計測においても概ね同様の結果が得られた。図3に集熱面積あたりの集熱量及び分配先を示す。全集熱量(各用途の合計)は日射量・外気温に依り推移していることがわかり、また集熱空気の分配先は、冬期では主に暖房・給湯で概ね全てを利用しており、中間期では暖房・給湯に利用された上で、熱交換しきれない分を排気している。また、夏期では主に給湯用途で使われ、浜松・鹿児島島では太陽熱冷房用途でも使われた。

3.3 給湯負荷削減効果

図4に2016年3月7日～11日の浜松実証住宅における不凍液温度及び不凍液流量を示す。晴天日の日中、貯湯槽の出入り口で最大で10℃程度の温度差があり、熱交換が行われていることが確認できる。図5は実証住宅4物件における季節ごとの給湯負荷削減量を示しており、太陽熱なしの給湯負荷(給湯器からの出湯温度、市水温度、流量より算出)は、冬期に大きく、太陽熱による貯湯量は夏期に大きくなっており、日射量・外気温に依り推移していることがわかる。太陽熱による給湯負荷削減率は計測期間における年間平均で北海道では41%、仙台では13%、浜松では37%、鹿児島島では41%であることから、本システムにより約2～4割の給湯負荷を賄えていることがわかる。

3.4 太陽熱冷房・日射遮蔽による冷房負荷削減効果

図6に2015年9月8日の鹿児島実証住宅における日射遮蔽物(外ルーバー)の有無による熱画像を示す。日射遮蔽物の有無により窓表面温度で約2～4℃の差があり、冷房負荷削減に寄与していると考えられる。また日射熱取得量・日射遮蔽による負荷削減量を、Radianceをエンジンとした光環境シミュレーションツールhoneybeeにより算出しており、日射遮蔽物により取得熱量全体の約3割削減されていた。また太陽熱冷房の処理熱量はSA・RAのエンタ

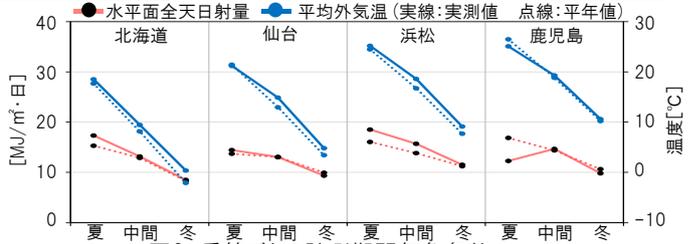


図2 季節ごとの計測期間気象条件

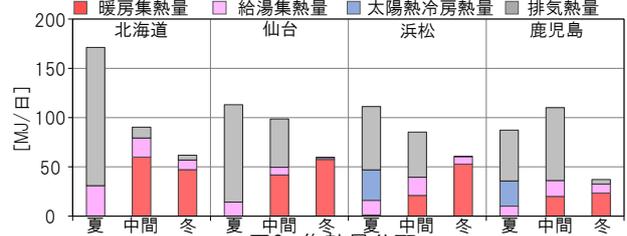


図3 集熱量分配

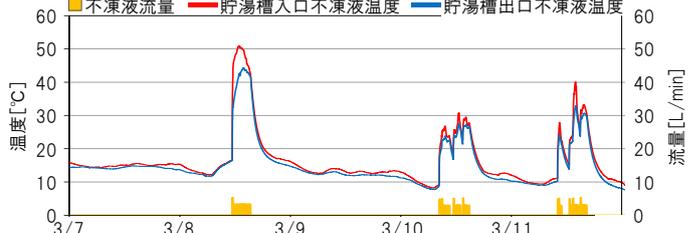


図4 不凍液温度及び流量(浜松実証住宅2016/3/7～3/11)

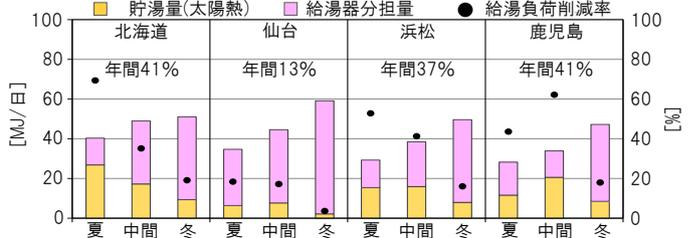


図5 給湯負荷削減量

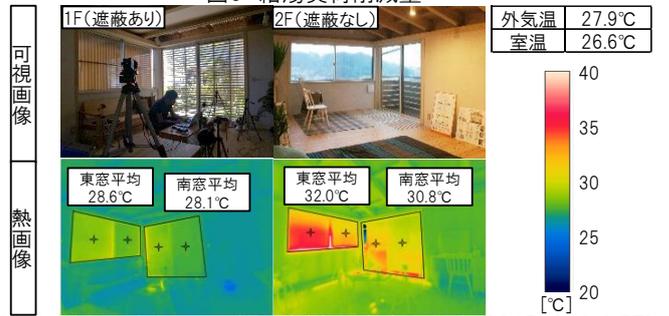


図6 遮蔽物の有無による熱画像(鹿児島実証住宅 2015/9/8 9:57)

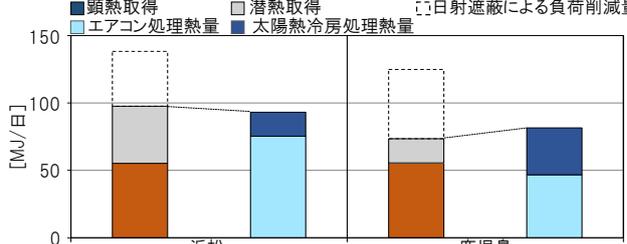


図7 2015年8・9月における熱収支(浜松・鹿児島)

ルピー差、及び吹き出し風量から算出しており約3割の処理熱量を賄った。(図7)

3.5 暖房負荷削減効果

冬期の本システムによる暖房負荷削減効果について、実証住宅4物件の中でも本システムの効果が特に期待された、豊富な日射量を確保でき暖房負荷が比較的小さい温暖地の浜松実証住宅と、より暖房負荷が大きく、最も条件の厳しい寒冷地の北海道実証住宅での暖房負荷削減効果をそれぞれ示す。

3.5.1 浜松実証住宅における実測結果

浜松実証住宅における2016年3月8日～10日(集熱あり)、15日～17日(集熱なし)を比較により、本システムによる負荷削減効果及び快適性の向上を検討した。図8に代表期間における気象条件、図9に集熱量及びエアコン消費電力を示す。集熱ありの期間の方が日射量は少なく、ダイレクトゲインの期待はできないが、晴天日には集熱運転を行い、エアコン運転なしで運用(制御では必要に応じて運転するように設定している)しているが、集熱なしの期間ではエアコンを運転していることが分かる。図10に代表期間の主居室・床表面・付加蓄熱体平均温度を示す。集熱運転を行った3月8日の日中以降、付加蓄熱体平均温度は主居室温度より常に約1～2℃、床表面温度も約1℃室温より高くなっていることが分かる。これにより足元の冷えを緩和し、快適性の向上に寄与すると考えられる。また図11に示す床下空間における吸放熱量を見ると、付加蓄熱体では概ね吸熱した熱を全て放熱できており、蓄熱効率の改善に有効であり、最低室温の向上に寄与していると考えられる。一方、基礎では吸熱量は大きい地中への熱損失により放熱量が小さく、PCMの吸放熱量はほぼなく、これは敷設量が少なく潜熱量が小さいため、吸放熱量が小さかったと考えられる。図12に代表期間の熱収支を示す。集熱ありの期間ではエアコン運転無しで太陽熱により取得・供給熱量の約65%(集熱取得で約20%、ダイレクトゲインで約45%)を賄えていることが分かる。集熱なしの期間では日射量が大きかったが、ダイレクトゲインだけでは賄えず、エアコンの運転が必要だった。これらより計測期間における気象条件には差があるので注意が必要だが、本システムによる暖房負荷削減効果及び快適性の向上を示した。

3.5.2 北海道実証住宅における実測結果

北海道実証住宅の計測期間で最も条件の厳しい2016年1月23日～24日における本システム運用による暖房負荷削減効果及び快適性の向上を検討する。図13に代表期間の気象条件を示す。代表期間は晴天日であり、図14に示す集熱量及び補助暖房の消費エネルギーを見ても、集熱が行われており、全時間で補助暖房(輻射式の温水パネルと、熱交換コイルを介して床下空間に吹き出すガス温水式暖房)が運転されていることがわかる。図15に代表期間の主

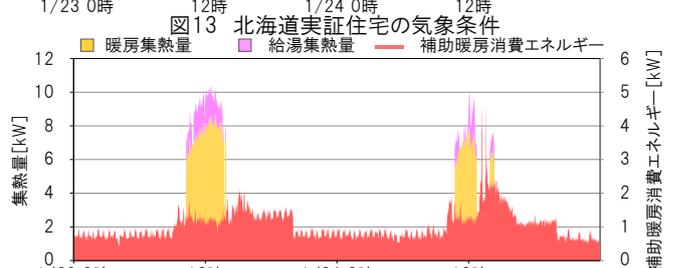
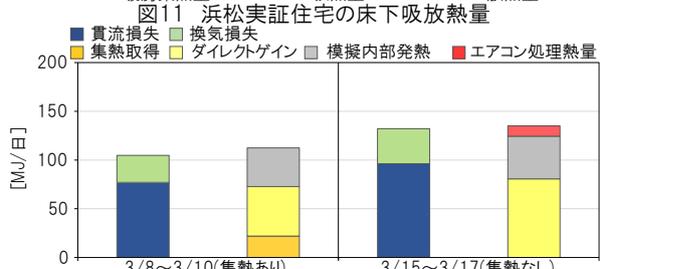
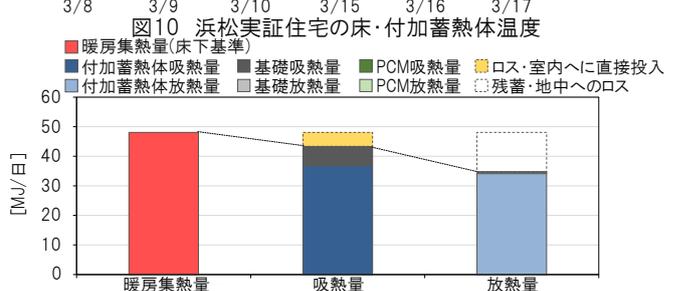
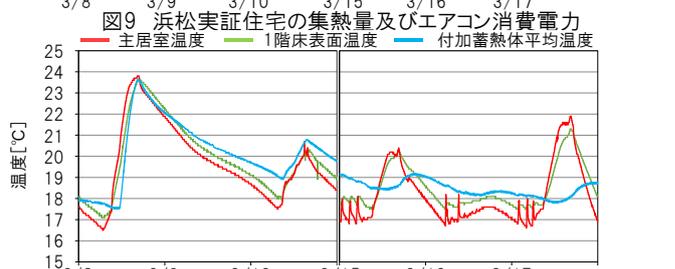
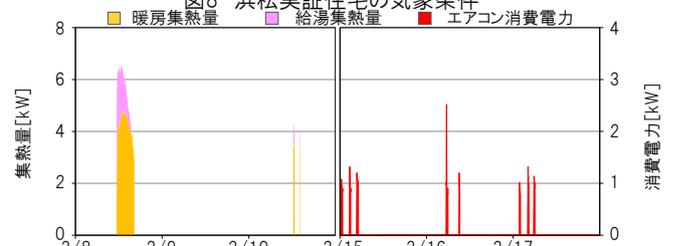
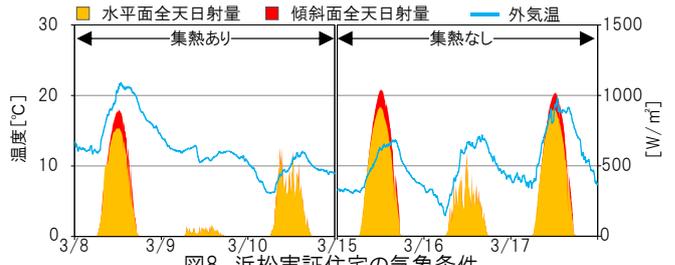


図14 北海道実証住宅の集熱量及び補助暖房消費エネルギー

居室・床表面・付加蓄熱体平均温度を示す。主居室温度は常に 20℃以上を保っており、付加蓄熱体平均温度は主居室温度より常に約3~5℃、床表面温度も約1℃室温より高くなっていることが分かる。これにより足元の冷えを緩和し、快適性の向上に寄与すると考えられる。また図16に示す床下空間における吸放熱を見ると、浜松実証住宅同様に付加蓄熱体では吸熱量に対する放熱量が大きく、蓄熱効率の改善に有効であり、最低室温の向上・暖房負荷の削減に寄与していると考えられる。図17に代表期間の熱収支を示す。太陽熱により取得・供給熱量の約37% (集熱取得で約14%, ダイレクトゲインで約23%)を賅っていることが分かる。これらより条件が最も厳しい寒冷地の1月でも本システムによる快適性の向上と暖房負荷低減に寄与していることを示した。

3.5.3 真空断熱材建具による暖房負荷削減

現状の真空断熱材建具では、建具の周囲の隙間から窓と真空断熱材の間の空間の冷たい空気が室内に流入し、性能を最大限に発揮できていないと考えられる。そこで周囲を目張りし気密性を高めることで性能向上を図った。図18に計測パターン及び計測結果を示す。真空断熱材建具を閉じることで、熱貫流率が約3割小さくなり、さらに目張りをする事で約1割小さくなった。

3.5.4 物件における冬期の熱収支

図19に4物件の冬期の熱収支を示す。計測期間の平均で太陽熱(集熱取得・ダイレクトゲイン)により北海道では27%, 仙台では64%, 浜松では76%, 鹿児島では45%であることから太陽熱により約2~8割の供給・取得熱を賅っていることが分かる。

3.5.5 消費エネルギー

図20に4物件の発電量及び消費エネルギーを示す。暖房・給湯負荷の大きい北海道や、冷房負荷の大きい浜松など以外では、概ね発電量が消費エネルギーを上回っていることがわかる。また仙台・浜松では暖房消費エネルギーが小さく、実証期間においては無暖房化の可能性が示された。

4. 総括

本報では異なる地域・気象条件に位置する4物件の実証住宅の年間の実測結果を示した。以下に主な知見を示す。

- 1)本システムにより計測期間では、1日あたり70~180MJの集熱量を得ることができ、季節ごとの用途に応じて利用した。給湯用途では年間平均で太陽熱により給湯負荷の約2~5割程度を賅った。
- 2)仙台・浜松・鹿児島実証住宅の夏期において、日射遮蔽物により冷房負荷の約3割を削減、太陽熱冷房により約3割の処理熱量を賅い、冷房負荷削減効果を示した
- 3)冬期において集熱取得とダイレクトゲインにより取得・供給熱量の約6割を賅っており、暖房負荷削減効果を示した。また床下空間の蓄熱効率改善により、最低室温の向上及び足元の冷えの緩和による快適性の向上を示した。

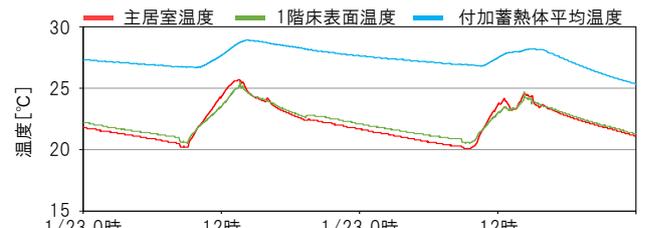


図15 北海道実証住宅の床・付加蓄熱体温度(1/23~1/29)

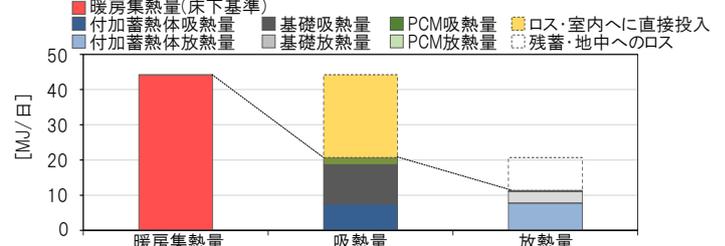


図16 北海道実証住宅の床下吸放熱量(2016/1/23~1/29)

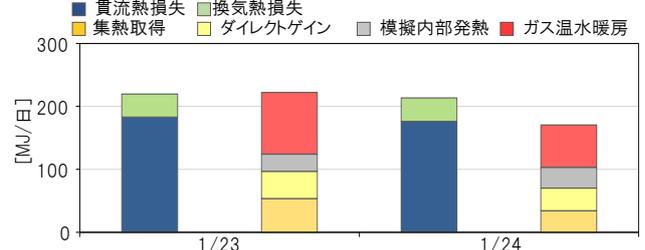


図17 北海道実証住宅(2016/1/23~29)の熱収支



図18 真空断熱材建具の計測パターン及び結果(北海道 11/13)

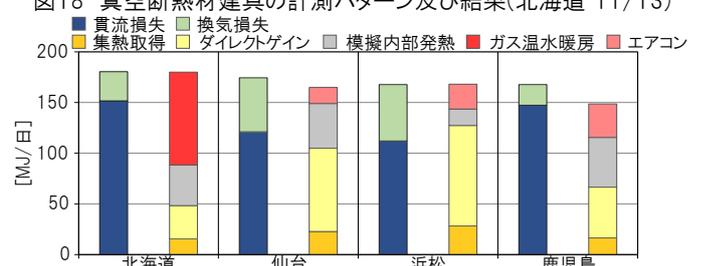


図19 冬期の熱収支

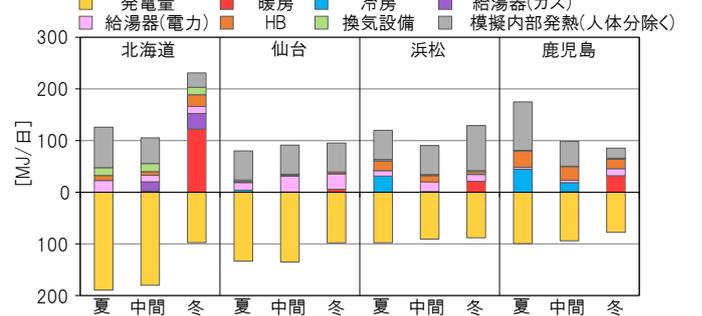


図20 発電量及び1次消費エネルギー

[参考文献]

- 1) 森田, 崔, 軽部ら: 空気式太陽熱集システムを採用した実証住宅に関する研究 第1~3報, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2015. 9

[謝辞]

本研究は平成 26~27 年度 NEDO 太陽熱フル活用型住宅の地域適合理化に関する研究開発による。データの提供・計測に関するご協力を賜りました OM ソーラー株式会社, 小松建設株式会社, サイト工業株式会社, OM 建築工房株式会社, 山佐産業株式会社, 株式会社アイムホーム各位, また工学院大学宇田川光弘名誉教授, 鹿児島大学二宮秀興教授, 琉球大学堤純一郎教授に多大な助言を頂きました。関係者各位に感謝の意を表します。