

TED Plaza

準寒冷地における 夏・冬のパッシブデザインの統合に関する研究



宮岡 大

日本大学 助教
工学部機械工学科
miyaoka@mech.ce.nihon-u.ac.jp

1. はじめに

地域特性を読み、そのポテンシャルを生かすように、建物各部位の断熱性、集熱性、蓄熱性を設定し、建物の暖房、冷房効果を得ることが、パッシブデザインの目的であるが、準寒冷地では、冬期の太陽熱利用による暖房（パッシブソーラーヒーティング）と夏期のパッシブクーリングとの両立を図ることが必須である。東日本大震災より4年が経過し、復興住宅への移行時期が迫っているなか、福島県において省エネルギー性と快適性を目的として住宅の提案が求められている⁽¹⁾。

そこで、準寒冷地型のパッシブデザイン住宅の開発を目指し、夏・冬のパッシブデザインの統合について室内の温熱環境の実測調査とシミュレーション計算により検討した。

まず、日本大学工学部郡山キャンパスに建設された実験棟「ロハスの家3号」における夏・冬のパッシブデザイン統合手法の計画概要とシミュレーション計算によって検討した基本性能について述べる。次に、実験棟での実測調査によって、熱容量の大小（水の有無）による室内温熱環境への影響を明らかにするため、室内熱容量を変えた居室の比較によって熱容量の効果を検討した。最後に、熱容量をより大きくした場合における室内環境への影響と改善方法について明らかにするため、シミュレーション計算により準寒冷地における熱容量の違いによる蓄冷・蓄熱効果を検討した結果を紹介する。

2. 実験方法

2-1 実験対象「ロハスの家3号」の概要

日本大学工学部（福島県郡山市）のキャンパス内に建つ実験棟「ロハスの家3号」は、夏・冬のパッシブデザイン手法を設計段階より計画された建物である（図1）。実験棟は、平屋建て・地下1階（設備室）となっており、1階平面は東・西に同面積の居室を有し、居住実験が可能なように水回り設備を設けている。1階中央部は外部空間（ポーチ）である。

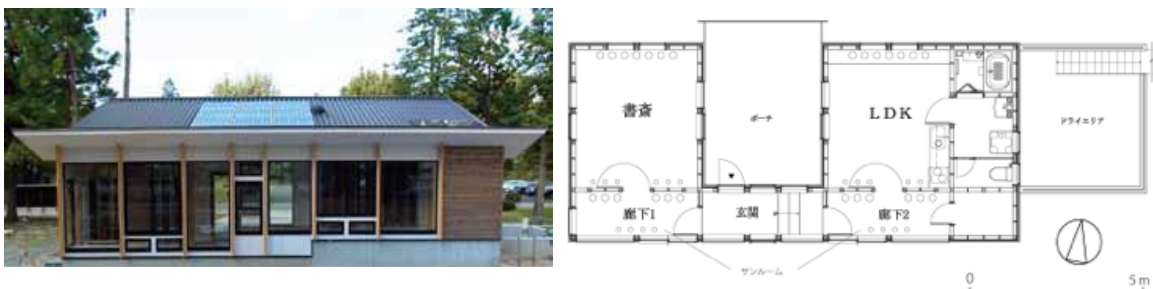


図1 ロハスの家南側外観（左）と1階平面図（右）

また、表 1 に示すように、自立型水環境負荷実験システムや地中熱利用設備など様々な技術を導入した実験棟である。さらに、本実験で主に使用する書斎と LDK に設置したウォーターウォール（以下 W.W）仕様を図 2 に示す。

表 1 ロハスの家 3 号で用いられた技術

①自立型水環境負荷実験システム	上下水を循環するシステム
②ウォーターウォール(ヒートパイプ)	南北に面に大きく設置したウォーターウォール
③雨水利用システム	屋根に降った雨水を雨樋で集め、水循環を行う
④地熱利用クール&ヒートチューブ	地熱を熱源として利用し、夏期・冬期に用いる
⑤太陽光発電	太陽光で生活に必要な電気エネルギーを発電
⑥太陽熱収集	太陽熱温水器により、温水を作り出す
⑦空気循環システム	様々通風・換気の経路を計画
⑧蓄熱床	サンルームの床下に蓄熱体を設置
⑨電気自動車充電システム	太陽光により発電した電気で、電気自動車へ充電

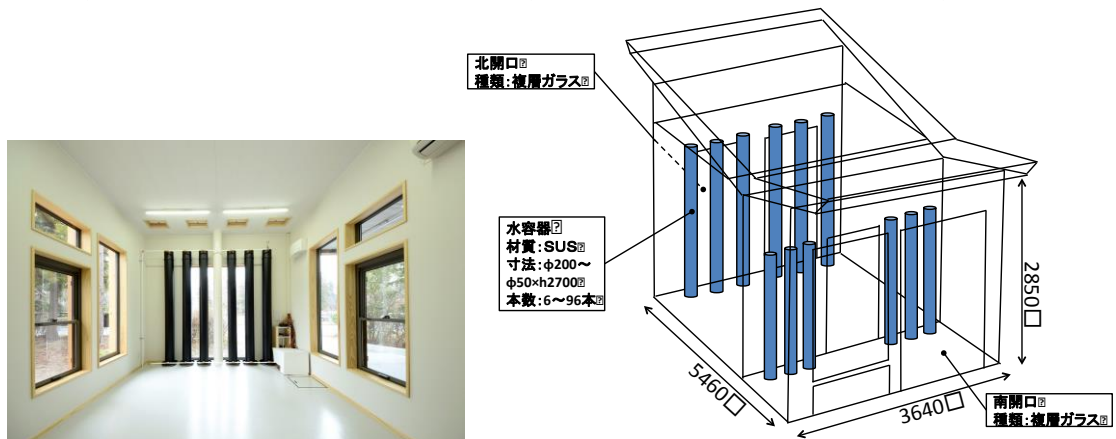


図 2 ロハスの家 3 号の 1 階平面図 (左) とウォーターウォール仕様 (右)

2・2 夏・冬の環境計画

図 3 に実験棟における夏と冬の環境計画を示す。

・夏の環境計画

- 1) 通風・換気による冷却効果を目的として、ダブルスキンの床・天井を設け、通風および室内空気循環を確保した。また、南側の池で冷やされた風を、南側の地窓から取り入れ、天井裏、床下を通して、北側の高窓から出すような、様々な通風・換気の経路を計画した。
- 2) 夏の日差しの調整として、ルーバーや、簾、壁面緑化などを簡易に取り付けられるよう外壁に、縦桟を取り付けた。
- 3) 蓄冷効果の利用を目的として、十分な熱容量を確保するために鋼管に水を満たした W.W を東西の居室の南側と北側に設置した。
- 4) 地中熱利用による冷却効果を目的として、クールチューブを計画した。

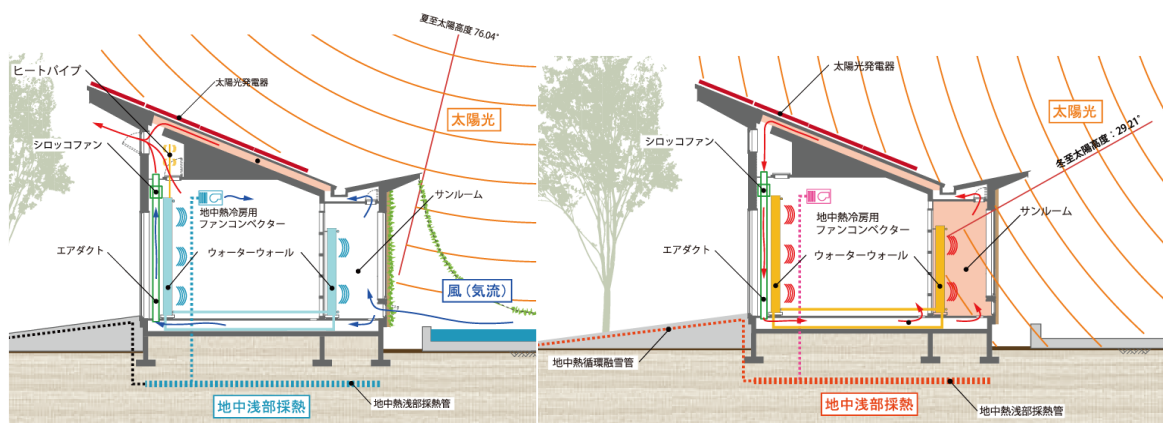


図 3 ロハスの家 3 号 夏の環境計画 (左) と冬の環境計画 (右)

・冬の環境計画

- 1) 断熱性能は次世代省エネルギー基準並みであり，開口部はLOW-E ガラスを採用した。
- 2) 日射熱取得とその利用を目的に，東西居室の南側にサンルームを設け，さらに天井裏で温められた空気を，ファンにより床下へ送り，居室内へ循環させる計画とした。
- 3) また，蓄熱効果を目的として，サンルーム床面の仕上げをタイルとした。また，日射熱を蓄熱した W.W 内の水を南北の管内で循環できるシステムとした。

2・3 計測方法

実験では，書斎とLDKの二部屋を用いて比較実験を行う。二部屋の日射取得量及び断熱性能を等しくするため東西の窓には断熱材を設置した。ロハスの家3号の室内には高さ2700mm，直径200mmの鋼管が6本設置されており，1本あたりに入る水量は約85L，計6本の総水量は510Lであり，熱容量約2.1MJ/Kに相当する。図4に使用した計測機器と設置位置を示す。

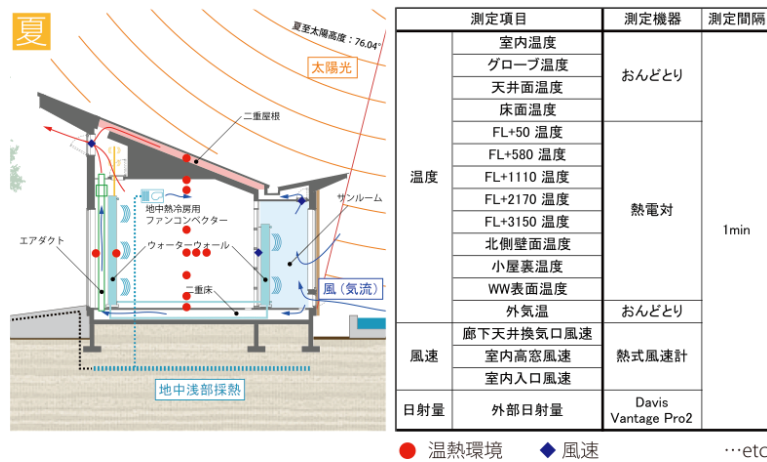


図4 使用した計測機器と設置位置

2・4 実験内容

夏期実験は，夜間の外気導入による蓄冷効果の検討した。外気導入は18:00～翌日9:00まで開口部を開放し，それ以外の時間においては窓を閉じた。実験期間は7月8日から13日の6日間とした(図5上)。

冬期実験は，日中のダイレクトゲインによる蓄熱効果を検討した。ダイレクトゲインは10:00～16:00までカーテンを開け日射を室内に取り込み，それ以外の時間においては窓を閉じた。また，室内の発熱は終日250Wとした。実験期間は2月10日から15日の6日間とした(図5下)。

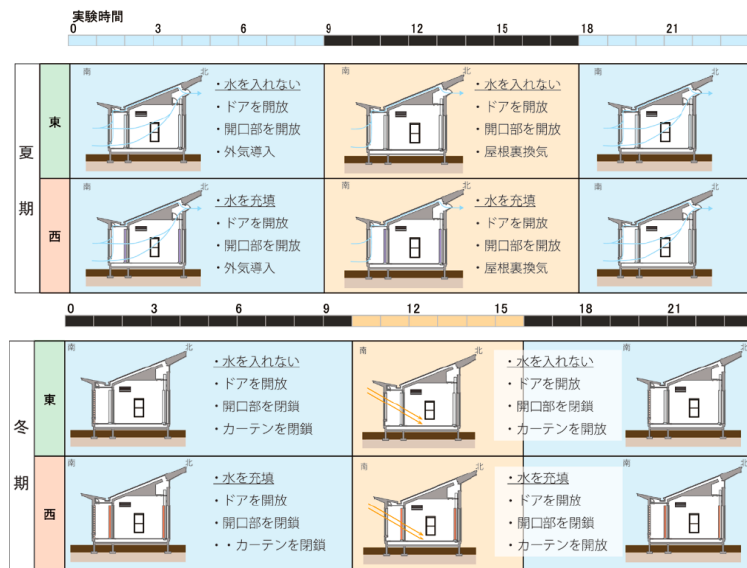


図5 夏期の建物モード(上)と冬期の建物モード(下)

3. 実験結果及び考察

3.1 夏期の実験結果

図6に2014年7月の室内温度, W.W表面温度, MRTの変動を示す. 外気温が30℃の時, 熱容量が小さい場合は室内温度が31.9℃, 熱容量が大きい場合は29.6℃であり, 熱容量の大きさによって最大2.3℃の温度差となった. これはW.Wの表面温度にみられるように, 最大11℃程度の日較差を活かした夜間の外気導入による蓄冷による効果と考えられる.

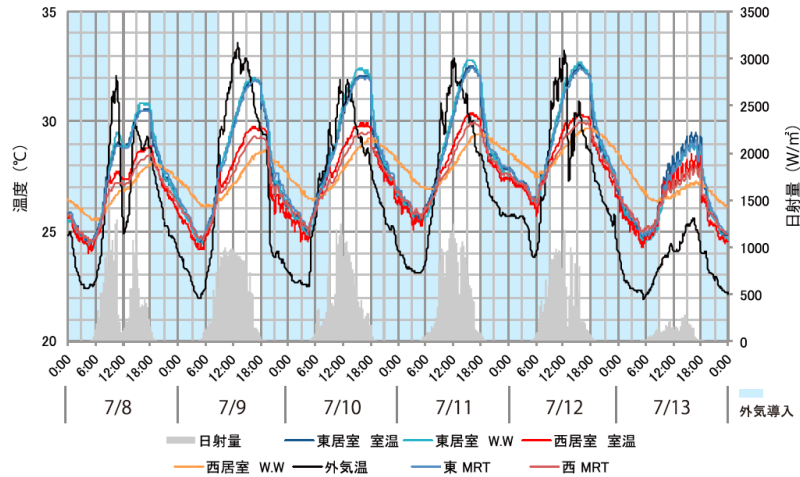


図6 2014年7月の室内温度, W.W表面温度, MRTの変動

3.2 冬期の実験結果

図7に2014年2月の室内温度, W.W表面温度, MRTの変動を示す. 夜間の外気温が-2.4℃の時, 熱容量の小さい場合は9.5℃であったが, 熱容量の大きい場合は11.2℃であった. 日中のダイレクトゲインによって蓄えた熱を夜間に活用できていると考えられる. ただし, 日中15℃を超える日はほとんどなく, 室温変動全体を上昇させる改善案が必要である.

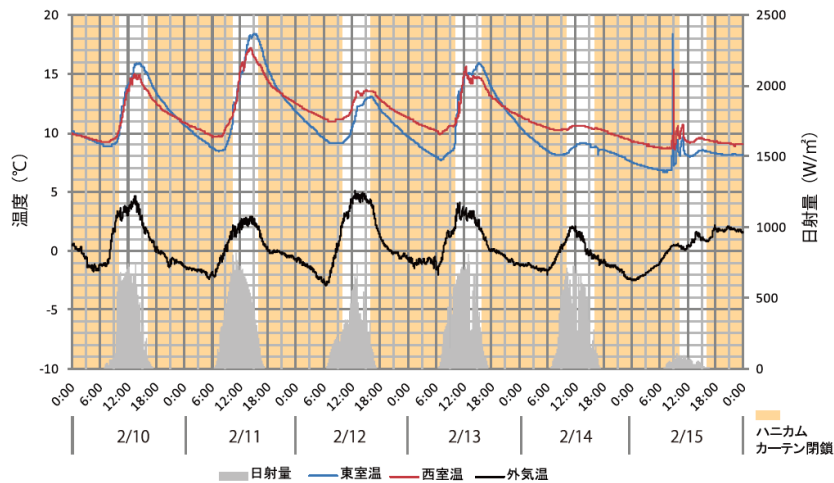


図7 2014年2月の室内温度の変動

3.3 シミュレーション計算による改善案の検討

実験棟は夏期と冬期でサンルームの使用方法を変えているため, 解析においても夏期・冬期でモデルを変更した. また, 熱容量の検討パターンとして, 実測したW.Wなしの「熱容量小」とW.Wを設置した「基準」, W.Wの熱容量を東西面の壁にも設置した「熱容量3倍」の3モデルを設定した. 図8にシミュレーション計算モデルと設定条件を示す.

計算には, PASSWORを用いた. PASSWORの計算から室温と平均放射温度MRT(壁・床・天井の表面温度から計算)と暖冷房負荷を用いて検討した. 外気導入時の換気回数は, 室内の空気が一様に置き換える換気として計算した. 但し, 対象としたのは顕熱のみであり, 湿度の影響は無視するものとする. 冷房設定時間帯は, 外気導入時以外の終日連続的に使用し, 人体・照明・機器等の室内発熱スケジュールはないものとして計算する.

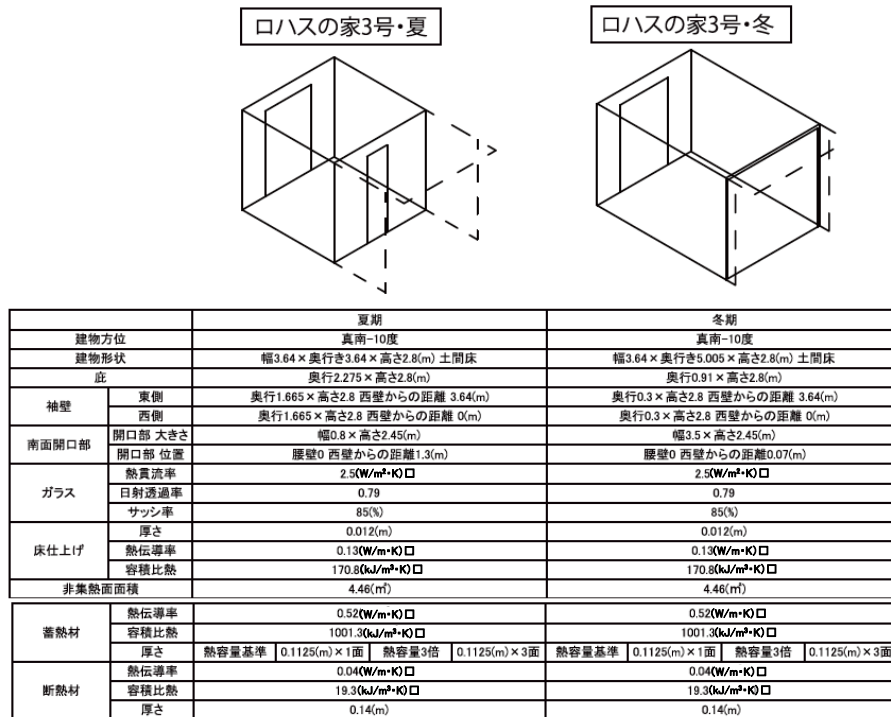


図8 シミュレーション計算モデルと設定条件

・夏期の計算結果

図9左に夏期改善案の計算結果を示す。基準の熱容量に比べて3倍では、最大1.5℃の差となった(図9左)。これは熱容量を増大させたことにより基準以上に夜間の外気導入による蓄冷効果が発揮されているためである。年間の冷房負荷は、基準より熱容量が小さい場合には2.01MJの負荷が必要であったが、基準と同程度の熱容量を確保し夜間外気導入をすることで冷房負荷は0となった。しかし、実測を鑑みると基準の熱容量では室温が30℃を上回ることもあったため、より蓄冷効果の期待できる熱容量3倍が効果的であると考えられる。

・冬期の計算結果

図9右に冬期改善案の計算結果を示す。基準の熱容量に比べて3倍では、外気温が-4.6℃の時に基準4.7℃、3倍7.9℃と3.2℃の差となった。これは日中の室内へのダイレクトゲインによる日射熱を蓄熱している効果である。さらに、年間暖房負荷では、熱容量を3倍にすることで基準の86%に減少した。しかしながら、PMVにおいては基準に比べ、安定はしているが-2~-3程度となり、快適範囲には入っていない。

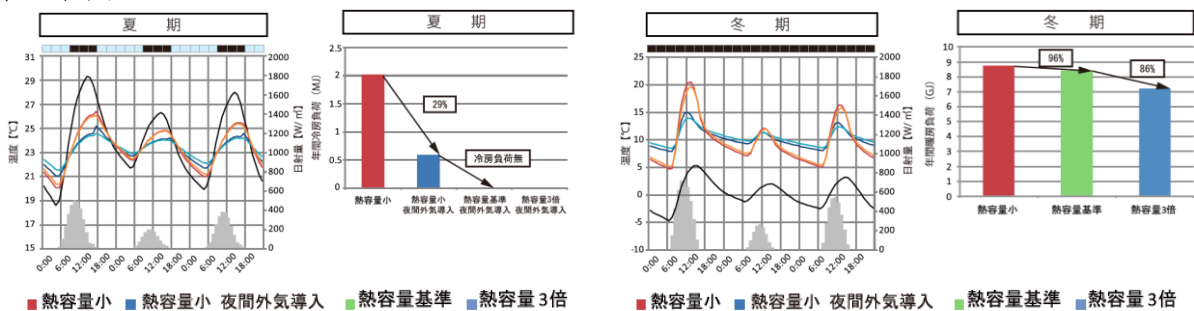


図9 夏期改善案の計算結果(左)と冬期改善案の計算結果(右)

・冬期の改善方法の検討

熱容量の増大のみで室内環境の改善は困難であったため、室内での発熱(終日200W)を加えた上で①北側開口部を4.46 → 1 m²に減少 ②開口部性能を2.5 → 1.7W/(m²・K)に向上させて室内温熱環境と暖房負荷を検討した。

改善により常時4℃程度の差異が現れ、外気温が-4.6℃の時も室温は15.2℃と15℃を下回ることにはなくなった(図10)。

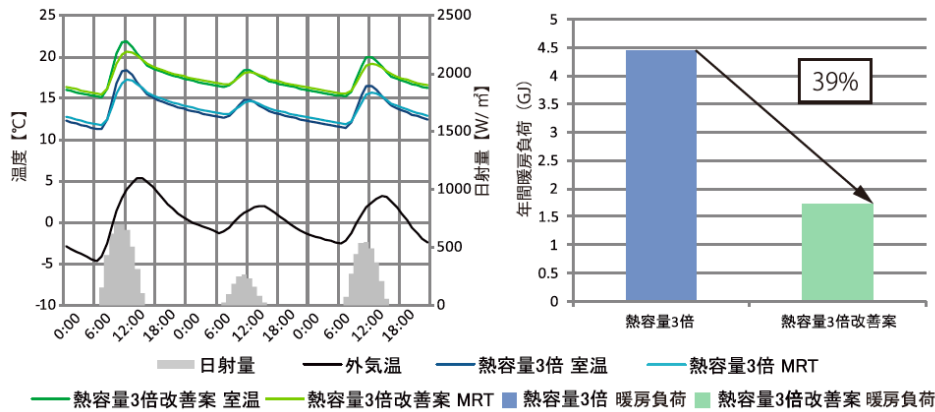


図 10 冬期改善案における室温変動と年間暖房負荷

4. まとめ

夏期及び冬期の実験結果とその分析から、準寒冷地におけるパッシブデザイン住宅の熱容量を活用に向けた提案と室内温熱環境向上に与える影響についてシミュレーション計算を用いて検討した。

夏期は、外気温が 30°C の時、熱容量が小さい場合は室内温度が 31.9°C、熱容量が大きい場合は 29.6°C であり、熱容量の大小によって最大 2.3°C の温度差となった。さらに、シミュレーション計算から、基準の熱容量に比べて 3 倍にすると、最大で日中の室温が 1.5°C 低下した。

冬期は、夜間の外気温が -2.4°C の時、熱容量の小さい場合は 9.5°C であったが、熱容量の大きい場合は 11.2°C であった。また、基準の熱容量に比べて 3 倍では、外気温が -4.6°C の時に基準 4.7°C、3 倍 7.9°C と 3.2°C の差となった。年間暖房負荷では、熱容量を 3 倍にすることで基準の 86% に減少した。さらに、室内での発熱 (終日 200W) を加えた上で北側開口部を減少し、開口部性能を LOW-E ガラス相当に向上することで、15°C を下回ることにはなくなった。

準寒冷地では夏期の大きな日較差を利用するため、熱容量を活用した蓄冷効果が期待されるが、冬期では十分な断熱仕様や余分な開口部を除く等の現在の断熱基準値以上の断熱性能を前提としなければ、蓄熱効果を活用することは難しいことが明らかとなった。

謝辞

本実験棟および本研究は下記の研究費及び助成金により実施されたものである。

- ・平成 22 年度大学院設備拡充費「ロハス工学の研究 II」(代表 日本大学工学部機械工学科 橋本純教授)
- ・平成 23 年度工学部長指定研究 (特別研究) [個人研究発掘支援型 (個人研究)] 「パッシブ手法を用いた建築空間の温熱環境的側面から見た快適性の研究」(代表 日本大学工学部建築学科 浦部智義准教授)
- ・平成 24 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「福島県発の災害に強く自立可能な住環境の創成に関する研究」(代表 日本大学工学部土木工学科 中村晋教授)
- ・日本大学工学部機械工学科創成学研究室 (伊藤耕祐准教授, 加藤康司上席研究員)

References

- (1) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 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, 準寒冷地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン, 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 (2012).
- (2) 小玉祐一郎, 武政孝治, 設計支援を目的とするパッシブソーラーシステム性能予測技法の研究(1) パソコンを用いたプログラムの開発と検証, 日本建築学会論文報告集, No.374(1987), pp.44-53.
- (3) 武政孝治, 小玉祐一郎, 設計支援を目的とするパッシブソーラーシステム性能予測技法の研究(2) 地域特性を反映する気候パターンの作成と検証, 日本建築学会計画系論文報告集, No.427 (1991), pp.39-47.