

断熱改修とエアコン・床暖房を 組み合わせた伝統民家の温熱環境 改善効果

— 改修前後と運用時の3時点計測結果
の比較 —

IMPROVEMENT OF THERMAL ENVIRONMENT IN TRADITIONAL TIMBER HOUSE BY INSULATION AND FLOOR HEATING WITH AIR CONDITIONER

— Comparison of measurements before and after
renovation and under actual use —

中園真人 — * 1 吉浦温雅 — * 2
志賀 均 — * 3 水沼 信 — * 4
後藤伴延 — * 5 小金井 真 — * 6

Mahito NAKAZONO — * 1 Atsumasa YOSHIURA — * 2
Hitoshi SHIGA — * 3 Makoto MIZUNUMA — * 4
Tomonobu GOTO — * 5 Makoto KOGANEI — * 6

キーワード:

伝統民家, 温熱環境, 断熱改修, 床暖房

Keywords:

Traditional house, Thermal environment, Insulation retrofit, Floor heating

In this paper, winter thermal environment of traditional timber house was measured before and after installing thermal insulation and floor heating. After this renovation, comfortable environment without vertical temperature difference had been secured even in early morning by the combination of floor heating and air conditioner. Therefore, this technique was considered to be an effective method to repair traditional timber houses in comparatively warm area.

1. 序論

伝統木造民家は断熱・気密性能が低く、冬期の温熱環境には(1)暖房室と非暖房室の間に大きな温度差が生じる、(2)暖房停止後急速に室温が低下し、起床時まで室温を維持することが困難、(3)石油ストーブや電気こたつによる暖房では室内に上下温度差が生じる等の問題がある。このため外壁全体を断熱材で覆い併せて気密化を図り、現代住宅と同等の温熱環境を実現した東北地方での伝統民家改修事例¹⁾があるが、このような民家全体に及ぶ大規模改修は相当の費用を要するため実施例は少ない。上記の問題(1)(2)は容易に断熱材が設置可能な床下や天井裏あるいは開口部の断熱改修により一定程度改善されたと考えられ、問題(3)についても床暖房やエアコンにより室内の上下温度差の解消が期待できることから、断熱改修と床暖房・エアコンを組み合わせた温熱環境改善手法は、コストに制約がある場合の伝統民家の改修を計画設計する上で有効な方法と考えられる。

関連既往研究としては、中部地方山間部での実測調査と居住者アンケート調査から、室内の上下温度差が大きくすきま風や足下の冷たさの不満を抱えている点が報告され²⁾、伝統民家の断熱改修事例調査では、改修後も上下温度差が大きく改修手法再検討の必要性が指摘されている³⁾。また温熱環境計測と使用暖房機器・暖房習慣・室温保持行為調査により、温熱環境の実態把握と改善方向を探る研究も見られる⁴⁻⁷⁾。京都の調査では、住宅の室温と起居様式の関連性について、「ユカ座・こたつ等なし」「イス座」「ユカ座・こたつ等あり」の順に居間の床付近温度が高くなる点が指摘されている⁸⁾。北海道の住宅を対象とした長期調査では⁹⁻¹⁰⁾、ストーブでは外気温低下に伴

う床付近温度の低下を放置せざるを得ず、起床直後はストーブ周辺に生活領域を限定し輻射熱により体感温度低下を補完し、室温上昇につれ活動範囲を広げる傾向が示され、曇天時と比較すると晴天時には日射効果により上下温度差が正午時点で約 1/2 に減少し、暖房温度を低めに設定し、隣接非暖房空間の建具を開放し生活領域を広げることが多いと報告されている。

床暖房については、運転開始後の室温上昇円滑化のための予熱用ファン・コンベクターの併用が指摘され¹⁰⁾、ヒートポンプ式床暖房住宅の実測調査¹¹⁾では、床暖房のみの場合室温が 22℃に達するには 2.5 時間以上必要であるが、エアコン連動床暖房の場合には須永らの快適評価域の「快適感+」に最も早く到達すると報告されている。

筆者らはこれらの知見を参考に、山口市内の伝統民家の福祉施設への改修設計¹²⁾において、日射取得条件や起居様式を考慮した居室の熱環境確保手法として、断熱補強とエアコンの組み合わせ、断熱補強と床暖房・エアコンの組み合わせを併用する手法を適用した。断熱改修と床暖房を敷設した伝統民家の改修事例は多いものの、改修前後の比較を行い温熱環境の改善効果を検証した上で、改修後の暖房器具の使用状況を含めた温熱環境と住み方や使われ方の関係を明らかにした研究は少ない^{注1)}。そこで本論では上記改修設計事例を対象に、改修前後の計測結果の比較により断熱改修とエアコン・床暖房設置による温熱環境の改善効果を示すとともに、施設運営時の使われ方をもとに改修手法の評価を行うことを目的とする。

¹⁾ 山口大学大学院理工学研究科 教授・工博
(〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

²⁾ 山口大学大学院理工学研究科 博士後期課程・工修

³⁾ ㈱ジャスト東海 代表取締役社長

⁴⁾ 山口県産業技術センター グループリーダー・博士(工学)

⁵⁾ 山口大学大学院理工学研究科 講師・博士(工学)

⁶⁾ 山口大学大学院理工学研究科 准教授・博士(工学)

¹⁾ Prof., Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

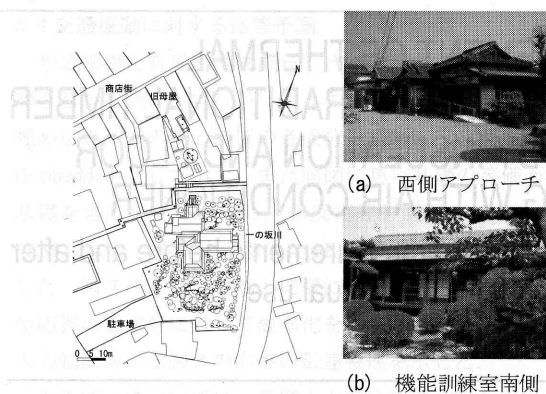
²⁾ Doctoral Course, Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., M. Eng.

³⁾ President, Just Tokai Corporation

⁴⁾ Group Leader, Yamaguchi Prefectural Industrial Technology Institute, Dr. Eng.

⁵⁾ Lecturer, Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.

⁶⁾ Assoc. Prof., Graduate School of Science and Eng., Yamaguchi Univ., Dr. Eng.



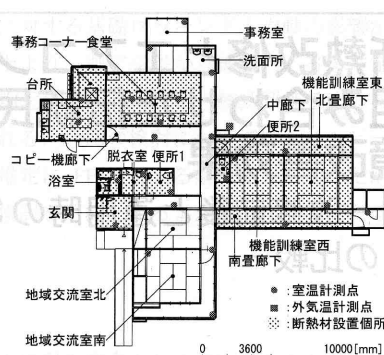
(a) 西側アプローチ



(b) 機能訓練室南側



(a) 改修前

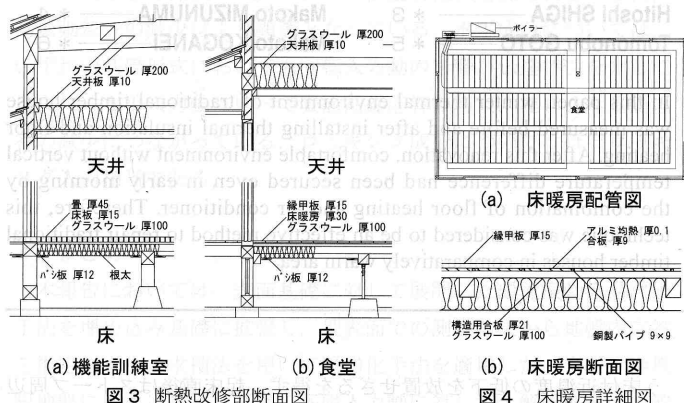


(b) 改修後

図1 河村邸敷地周辺図

写真1 河村邸外観写真

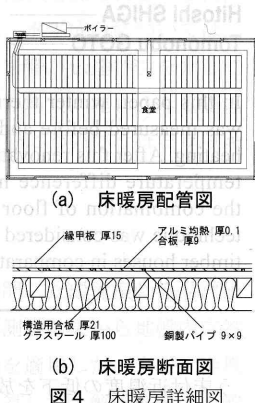
図2 改修前後の平面図と計測点



(a) 機能訓練室

(b) 食堂

図3 断熱改修部断面図



(a) 床暖房配管図

(b) 床暖房断面図

図4 床暖房詳細図

表1 計測の概要

計測・調査内容	計測・調査期間	分析対象日の概要					
		日付	対象	使用暖房機器	天候	平均気温(°C)	日積算水平面全日射量(MJ/m²)
改修前	自然室温の計測	2006年12月28日～30日	12月30日 民家全体	なし	晴	3.0	10.2
	暖房使用時の温熱環境計測	2007年1月1日～3日	1月1日 地域交流室	ファンヒータ	曇一時晴れ	6.4	6.7
			1月2日 機能訓練室		雨一時曇	8.5	2.3
			1月3日 食堂		曇	8.4	5.7
改修後	暖房使用時の温熱環境計測	2008年1月13日～3月2日の施設休日(日曜)の8日間	1月13日 機能訓練室	ファンヒータ	曇時々雨一時晴	6.4	8.6
			2月3日 食堂		曇後雨	3.9	3.8
			2月17日 食堂		晴一時雪	2.2	9.7
			3月2日 食堂		床暖房とエアコン併用	6.2	13.6
施設運営時	温熱環境計測と使われ方調査	2008年12月15日～20日	12月20日 民家全体	ファンヒータ、エアコン、床暖房等	晴	8.2	10.2

内7日間、改修前平面図(図2(a))に示す計測点において、無線型温度記録端末(HIOKI)を使用し、機能訓練室(東側和室)、食堂(東側和室)では床付近(床上0.05m)、床上0.5m、1.0m、1.5m、2.0m、天井付近(床上2.7m、天井面-0.05m)の位置及び小屋裏で、地域交流室では床上1.0mの位置で、非暖房時の室内温度を計測した。また機能訓練室(東側和室)、食堂(東側和室)及び地域交流室では、石油ファンヒータ暖房時(6:00～22:00)の室内温度を、同一計測点において60分間隔で24時間計測した。(2)改修後は2008年1月13日～3月2日の内施設休日(日曜)の8日間、無線型温度記録端末(HIOKI)を使用し、石油ファンヒータ暖房時(6:00～22:00)の機能訓練室室内温度と、熱電対とデータロガー(YOKOGAWA)を使用し、食堂の床暖房単独運転及びエアコン連動床暖房時(6:00～22:00)の室内温度を、垂直方向9点(床表面、床上0.05m、0.1m、0.5m、1.0m、1.5m、2.0m、2.7m、天井表面)において10分間隔で24時間計測した。

本事例が立地する地域の冬季の平年値として、平均気温を5.0°C、日積算水平面全日射量を7.7MJ/m²とすると注3)、改修前の機能訓練室(2007年1月2日)では平均気温に3.5°Cと日積算水平面全日射量において-5.4MJ/m²、食堂(2007年1月3日)では平均気温において3.4°Cの平年値との差があり、改修後の食堂(2008年2月3日)は日射量において-3.9MJ/m²と平年値との間に差がある。しかし改修前については、ほぼ平年値を示している機能訓練室(2007年1月1日)を含めた3日間を分析することにより、改修前の暖房時の居室が有す温熱環境の問題点を確認することは可能と考えられる。また、改修前後の温熱環境を直接に比較することは難しいが、断熱材付加により表れる温度変動の差異から、熱移動の減少や早朝の温度低下緩和の傾向を把握することは可能と考える。改修後の床暖房とエアコン併用時(2008年3月2日)についても、日射量が13.6MJ/m²と平年値より5.9MJ/m²高いが、計測対象の食堂は日射取得条件が不良のため、

2. 改修内容と計測の概要

2.1 対象施設の改修内容

河村邸は山口市中心市街地の商店街に隣接する位置にあり、敷地面積1563㎡、延床面積228㎡の木造平屋建ての別荘建築である(図1、写真1)。2007年1～3月に改修工事を行い3月中旬に竣工し、4月より高齢者デイサービス施設として供用開始されている。

改修前後の平面図を図2に示すが、南棟西側にスロープと玄関を設け、既存浴室・脱衣洗面室を浴室・脱衣洗面室・車椅子用トイレに改修し、床・天井にそれぞれ住宅用グラスウール断熱材(16K)100mmと200mmを充填している。床下・天井の断熱材の熱抵抗値は、それぞれ2.2m²・K/Wと4.0m²・K/Wで次世代省エネルギー基準を満たしている。高齢者の居場所として、面積が広く日照条件と南北の庭園の眺望に恵まれた東棟続き間座敷を機能訓練室とし(図2(b))、床・天井に断熱材を充填している。また南北の畳廊下床下も断熱材を充填している(図3(a))。

既存台所の利用を前提に北棟4畳半和室と6畳和室間の押入を撤去し食堂に改修した(図2(b))。日照条件が悪く冬季の寒さが予想されたため、大引き・根太を交換し断熱材を充填した上で、標準的な暖房性能を満たす温水式床暖房注2)を敷設し空調機を設置した(図3(b)・図4)。また台所・事務コーナーも床・天井に断熱材を充填した。南棟の8畳・6畳続き間は将来的な障害児・児童の預かりサービスや地域交流の場として計画されており、床下・天井裏の断熱補強は次期計画に先送りし空調機のみ設置している。

2.2 計測概要

計測期間・条件及び分析対象日の天候、日積算水平面全日射量を表1に示す。(1)改修前は2006年12月28日～2007年1月3日の

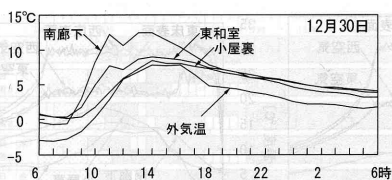


図5 改修前機能訓練室(自然室温)

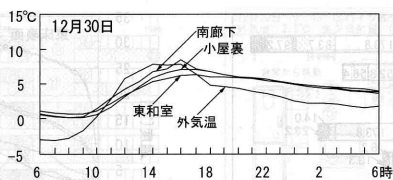


図6 改修前食堂(自然室温)

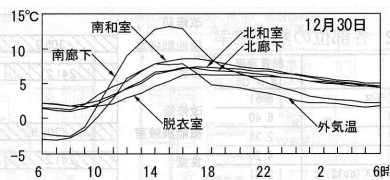


図7 改修前地域交流室(自然室温)

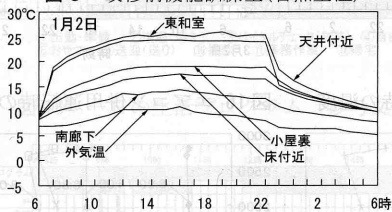


図8 改修前機能訓練室(暖房時)

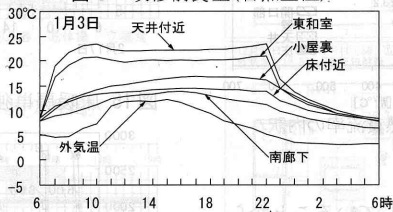


図9 改修前食堂(暖房時)

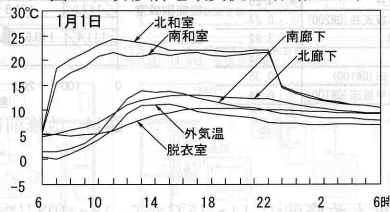


図10 改修前地域交流室(暖房時)

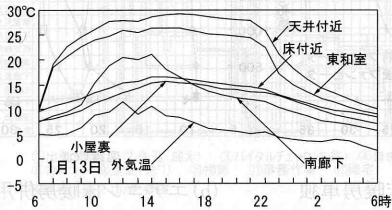


図11 改修後機能訓練室(暖房時)

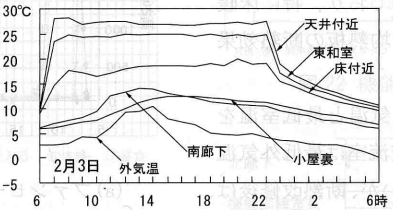


図12 改修後食堂(暖房時)

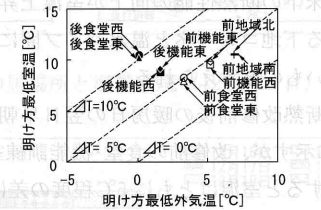


図13 明け方最低室温と最低外気温

日射量が居室内の温熱環境へ与える影響は少ないと考えられる。その他の分析対象日は、計測期間の中から概ね平年の平均気温と日積算水平面全天日射量を示した日を選択した。

3. 改修前の計測結果

3.1 改修前非暖房時の計測結果

機能訓練室・食堂・地域交流室の非暖房時の室温を図5～7に示す。南面に面する機能訓練室の東和室と南廊下の床上1.0mの室内温度(以下室温と略称する)は、日射により11:00頃から上昇し始め、13:00～14:00のピーク時には外気温が7℃程度の状態でそれぞれ9℃、13℃程度に達し、小屋裏の温度も8℃に上昇している。南面に位置する地域交流室の南和室と南廊下も機能訓練室同様日射により室温はそれぞれ7℃、12℃程度に上昇している。これに対し建物北側の日照条件に劣る食堂の東和室と南廊下では、11:00から15:00の外気温上昇時にも室温の上昇はわずかでそれぞれ5℃、7℃程度に過ぎず、小屋裏の温度も室内と同程度で温度差がなく、冬季晴天時の日射取得による室温上昇が期待出来ないことを示している。

3.2 改修前暖房時の計測結果

機能訓練室(東側和室)、食堂(東側和室)及び地域交流室(北側和室)をファンヒータにより6:00から22:00の間暖房(設定温度23℃)した結果を図8～10に示す。3室とも暖房開始直後から室温が上昇し始めるものの、定常状態に達するのは11:00頃で約5時間を要しており、定常状態の室温は機能訓練室で23～24℃、食堂・地域交流室では20～21℃とやや低い。また定常状態の床付近温度と天井付近温度を比較すると、機能訓練室の床付近温度は16℃程度、食堂は15℃程度で室温と比較して約6℃程度低く、天井付近温度はそれぞれ25℃、23℃程度で、床付近と天井付近の温度差は9℃程度あり、ファンヒータによる暖房の場合には室内の上下温度差が大きい。

次に機能訓練室と食堂の小屋裏の温度を見ると、暖房開始後から温度が上昇し室温が定常状態の時間帯には15℃以上で推移しており、

天井は杉板のみで断熱性能が低いため、室内から小屋裏への熱移動が生じている。各室の廊下部分の温度(床上1.0m)も小屋裏ほどではないが暖房開始後(5～8℃)から上昇し、定常状態では12～13℃程度で推移している。廊下の場合には外気温と日射の影響を受けるため、小屋裏よりも日中の変動幅が大きいものの、建具が障子のみのため、断熱性能の低さや隙間からの漏気により室内からの熱移動が生じているものと考えられる。

夜間の暖房停止時(22:00)以降の室温は、3室とも急速に低下し始め、2時間後の12:00には、外気温(1月2日)が6.4℃に低下している機能訓練室では13.9℃、外気温(1月3日)が3.6℃に低下している食堂では12.6℃まで低下している。さらに6時間後の早朝6:00には3室とも8～9℃程度まで低下しており、小屋裏・廊下の温度低下からも室内からの熱移動が生じていることを示している。ただし24:00以降の外気温と小屋裏・廊下温度には5～7℃の差があり、かつ室温と小屋裏・廊下温度にもそれぞれ1℃と3℃の差が認められることから、小屋裏・廊下が緩衝空間として室内の温度低下を一定防いでいる。

4. 断熱改修による温熱環境改善効果

機能訓練室・食堂の床下と小屋裏の断熱改修後の暖房時計測結果を図11、12に示す。機能訓練室の定常状態の室温は25℃程度で推移しており改修前とほとんど差はみられないが、小屋裏の温度上昇は改修前より小さく、かつ天井付近の温度が改修前の25℃程度から27～29℃程度に上昇していることから、天井の断熱性が向上したことが示されている。暖房開始から定常状態に達するまでの室温の上昇傾向と、暖房停止時以降の室温低下傾向は改修前と大差はみられないが、これは居室から廊下への熱移動が大きいためと考えられる。また改修前と同様室内の上下温度差が認められる。

食堂の定常状態の室温は25℃程度で推移しており、改修前と比較すると外気温が4℃程度低いにもかかわらず5℃程度室温が高い。天井付近の温度が改修前の22～23℃から27℃程度に上昇し、かつ床付

表2 各部位の熱貫流率

部位	熱貫流率 [W/m ² ・℃]
単板ガラス	6.51
障子戸	6.40
ふすま	2.36
板戸	4.20
複層ガラス(as12)と	2.31
土壁	4.04
杉板天井	4.20
断熱杉板天井(GW200)	0.24
瓦屋根	3.82
畳床	1.45
断熱畳床(GW100)	0.35
断熱縁甲板床(GW100)	0.34

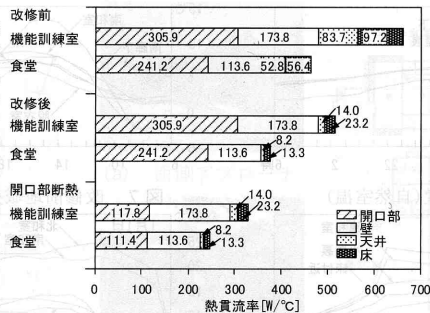


図14 改修前後の熱貫流率の内訳

近温度も改修前の 14～15℃から 18～19℃に上昇していることから、天井と床下の断熱性能の向上が室温上昇に寄与しており、特に床暖房による下地コンパネと温水パイプ間に敷かれた均熱板の断熱効果が大きいものと考えられる。

次に断熱改修前後の暖房日の翌日早朝の最低外気温と最低室温を図13に示すが、改修前の食堂・機能訓練室・地域交流室は最低外気温と比較すると室温はともに5℃程度の差に過ぎないが、断熱改修後は、機能訓練室の室温は外気温より約7℃高く、早朝の室温低下が2℃程度改善されている。食堂の改修後の最低室温は外気温より約10℃高く、室温低下が5℃程度改善されており、床面の断熱性能の向上が床下への熱移動を抑制し室温低下に寄与していることがわかる。

次に各部位の仕様から算出した熱貫流率[W/m²・℃]を表2に、それらに各部位の面積を乗じて求めた改修前後の機能訓練室と食堂の熱貫流率[W/℃]の内訳を図14に示す。改修前後の熱貫流率を比較すると、改修後にはそれぞれ517.0W/℃と376.2W/℃と、改修前の8割程度に低下している。しかし、熱貫流率の大きな単板ガラスと土壁が構成面の大部分を占める開口部と壁からは、依然多くの熱損失があることが分かる。改修後の仕様に加え開口部を複層ガラスと障子戸により断熱した場合には、両室とも改修前の約1/2まで熱貫流率が低下することが予想され、開口部断熱による損失熱量の削減効果が期待される。

5. 床暖房敷設による温熱環境改善効果

5.1 床暖房単独運転とエアコン併用時の計測結果

床暖房単独運転時(運転時間:6:00～22:00, 設定温度:ボイラー60℃, パイプ50℃)の食堂の計測結果を図15に示す。床表面温度と室温は運転開始8時間後に定常状態に達しており、ファンヒータ使用時よりも約3時間遅い。定常時の床表面温度は約30℃、室温は18℃程度で、室温は快適推奨範囲の最低値(18℃)^{注4)}は満たしているものの、床表面温度との差は12℃程度と大きい。計測日の外気温が-1.1～7.1℃と低く、南廊下の空気温度も5～10℃の範囲を推移しており、かつ障子の間仕切りのため、廊下への熱損失の大きさが室温の低さに影響しているものと推定される。

次に床暖房(運転時間:6:00～22:00, 設定温度:ボイラー60℃, パイプ45℃)とエアコン(運転時間:6:00～10:00, 設定温度22℃)によるエアコン連動床暖房時の計測結果を図16に示す。6:00の外気温は-0.6℃と低いものの、暖房開始直後から床表面温度と室温は上昇し始め、1時間後には室温は約24℃に達し、7:00～10:00の間25℃程度の定常状態に保たれている。エアコン停止後室温は低下するもの

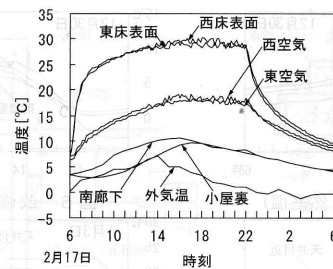


図15 床暖房単独運転時の温度

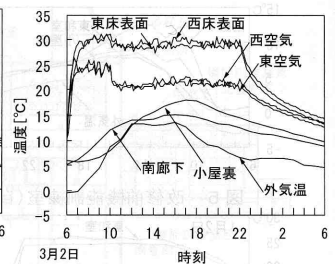
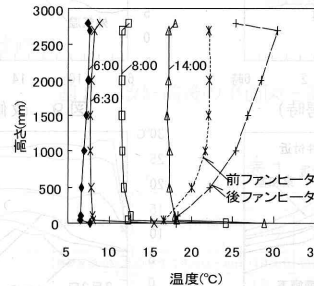
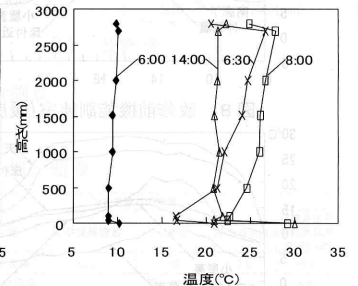


図16 エアコン併用運転時の温度



(a) ファンヒータ・床暖房単独



(b) エアコン床暖房併用

図17 垂直方向温度分布の比較

の、床暖房停止時まで20℃程度の定常状態に保たれ、エアコン連動床暖房による改善が認められる。

5.2 垂直温度分布の比較

断熱改修前後のファンヒータによる暖房時と床暖房単独運転時の食堂の垂直方向室内温度分布を図17(a)に示す。改修前のファンヒータ暖房時は、床付近温度(16.6℃)と床上1.0mの温度(21.6℃)に5℃の差があるが、床上1.0mから天井付近にかけては22℃でほとんど温度差がない。これに対し改修後のファンヒータ暖房時は、床上1.0mの温度が25.4℃と改修前よりも約3℃高く、天井付近まで温度上昇が継続し天井付近温度は約30℃に達している。このように床下・小屋裏断熱により熱損失が抑制され、垂直方向温度分布が大きく変化しているのが特徴である。

床暖房単独運転の場合、暖房開始30分後に垂直方向に温度差がない温度分布が形成され、定常状態の8時間後には床上0.5mと1.0mともに17.3℃で安定している。改修後のファンヒータ使用時と比較すると、外気温が-1.1～7.1℃と低いため定常状態の室温は8℃程度低いが、室内の上下温度差は改善されている。

次にエアコン併用時の垂直温度分布は、暖房開始30分後に床表面温度は20.9℃まで上昇し、床上0.05mの温度は16.7℃、床上1.0mでは22℃に上昇している。天井付近の温度は27℃程度で垂直方向の温度差が認められる。しかし2時間後の安定した時間帯では、床上0.05mの温度は22.4℃、床上1.0mでは26℃で、床上1.0mと天井付近の温度差も30分後と比べ縮小している。以上から、エアコン併用により暖房開始30分後には快適推奨温度を確保しつつ、ファンヒータ使用時よりも室内上下温度差を小さく保てることが示された。

6. 施設運営時の温熱環境の計測結果

6.1 運営プログラムと利用者の居場所

調査期間中の一日の生活プログラムを図18に示すが、基本的に(1)9:00～9:30:送迎(迎え)(2)9:00～10:00:バイタルチェック・お茶

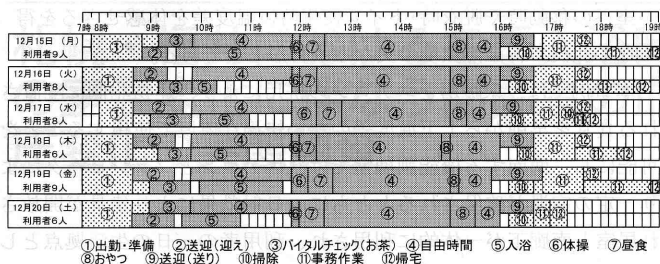


図 18 一日の生活プログラム (参考文献(13)より再掲)

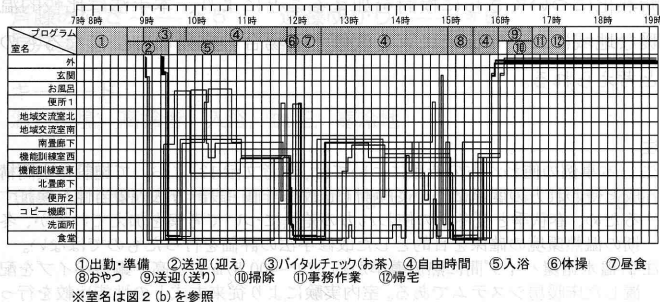


図 19 運営プログラムと利用者の居場所 (12月20日)

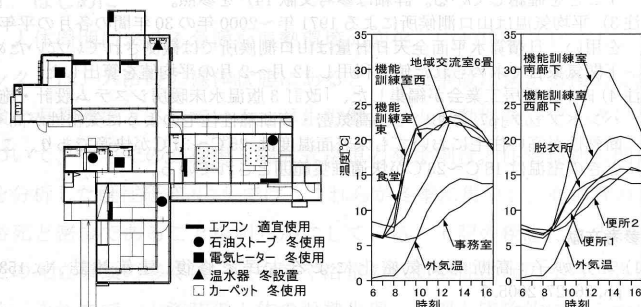


図 20 暖房機器の設置場所

(a) 居室 (b) 非居室

図 21 運営時の建物内の室温

(3) 9:50～11:50: 入浴及び自由時間 (4) 11:50～12:00: 体操 (5) 12:00～12:30: 昼食 (6) 12:30～15:00: 自由時間 (7) 15:00～15:20: おやつ (8) 15:20～16:00: 自由時間 (9) 16:00～: 送迎(送り)の順で構成されている。生活プログラムと利用者の居場所の関係の一例を図 19 に示すが、利用者はバイタルチェック・お茶、昼食、おやつの時間は食堂、それ以外の自由時間はほぼ機能訓練室で過ごし、トイレや浴室以外の居室移動は少なく、機能訓練室が一日の生活拠点となっている。

6.2 施設運営時の室温

図 20 に暖房機器の設置位置、図 21 に 12 月 20 日の室温を示す。7:00 頃にスタッフが出勤し、同時に食堂の床暖房とエアコンの運転を開始する。3 時間後には 21℃程度まで室温が上昇しており、この間食堂では職員の打ち合わせが行われる。床暖房とエアコンの併用により短時間で室温が上昇するため、朝から食堂が有効に活用されている。昼食時も床暖房により室温は 20℃以上の定常状態を保っている。また利用者の生活拠点である機能訓練室東西和室の 8:00 の室温は 8℃程度であるが、エアコンとファンヒーターによる暖房を開始し、施設の利用者が機能訓練室を使用開始する 10:00 頃には 20～22℃程度に上昇している。特に機能訓練室の南廊下は日当たりがよく、晴天日の昼間には暖房室の障子を開放した状態で温度(床上 1.0m)は

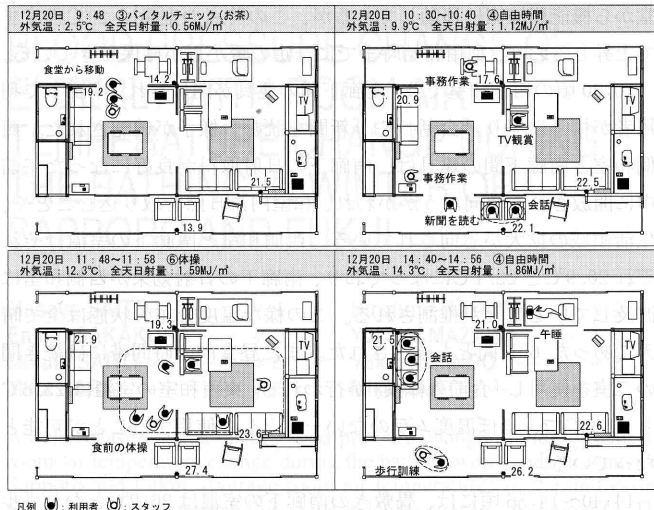


図 22 機能訓練室の居場所と温熱環境 (12月20日)

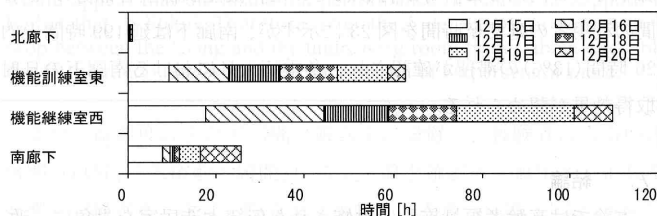


図 23 機能訓練室の延滞留時間

25℃以上に上昇している。スタッフの休憩の場にもなる地域交流室(6畳)も、エアコン暖房により 20℃程度の室温が確保されている。

一方、脱衣室・機能訓練室西廊下・便所 1, 2 は日照条件が悪く、朝 9:00 頃から暖房が開始されている。スタッフ事務室は電気ヒーターによる暖房が行われるものの、10:00 の室温は 6℃程度で、脱衣室も 11:00 までの入浴時間中の室温は 10℃程度と低い。食堂やトイレ・浴室への動線となる機能訓練室西廊下は運営時間中暖房が続けられるが、温度上昇は緩やかで利用者が帰宅する 15:00 頃によりや 20℃程度まで上昇している。便所 1, 2 も運営時間中は暖房が続けられるが 18℃程度までしか上昇していない。従って、食堂・機能訓練室間の移動とトイレ・浴室への移動回数を含めると、一日に何度も温度差を体感せざるを得ない。脱衣室・機能訓練室西側廊下・便所 1, 2 の非居室の暖房はスタッフ・利用者による寒さの体感から行われているものの、16～18℃程度の低温の状態が継続しており断熱性能の向上が課題として指摘される。

6.3 機能訓練室の使われ方と温熱環境の関係

利用者が一日の中で最も長い時間を過ごす機能訓練室の使われ方と温熱環境の一例を図 22 に示す。東側和室のユカ座が行われる範囲や西側和室のテーブル・イスが置かれたイス座の範囲には電気カーペットが敷かれ、着座状態での足元の温度を保持する配慮が行われている。東側和室では、ソファの設置個所に対して対角線にファンヒーターが設置されており、ソファに座る利用者の暖かさが保持されるよう工夫されている。機能訓練室では出勤・準備の時間帯に暖房(エアコン・ファンヒーター・電気カーペット)が開始されるが、東側和室と北廊下間の建具を除く南北廊下間 3 か所の建具を閉じ、効率よく室温を上昇させる工夫がなされている。9:48 に利用者が食

堂から機能訓練室に移動してくるが、この時点の室温は 20℃程度まで上昇しており、利用開始時まで一定の暖かさが確保できている。

10:30 頃の西側和室では、南廊下間の建具が開放され、南廊下で利用者が椅子に座り「会話」や「新聞を読む」様子が確認された。西側和室と南廊下間の建具は、南廊下の日射取得が良好になった午前中に開放される傾向がうかがわれ、和室内に日照を取り込むことや、生活領域の拡大が志向されている。西側和室と南廊下の室温はそれぞれ 20.9℃と 22.1℃になっており、南廊下の日射効果が西側和室に波及していることが推測される。この様な温度分布の状態は全て晴天であった 6 日間とも確認された。また昼食前の時間帯には続き間の二室を使用し「食前の体操」が行われる。東西和室の室温は 23.6℃と 21.9℃で、ほぼ温度ムラのない一室として使用することが可能となっている。

14:40~14:56 頃には、畳敷きの南廊下の室温は 26.2℃となり「歩行訓練」をする様子が確認できる。また調査期間中は 6 日間とも南廊下で「日向ぼっこ」等が行われていた。機能訓練室各部分の 6 日間の利用者の延滞留時間を図 23 に示すが、南廊下は延 199 時間の内 26 時間(13%)の滞留が確認され、冬季晴天日における南廊下の日射取得効果が認められる。

7. 結論

本論では高齢者福祉施設に改修された伝統木造民家を対象に、改修前後と施設運営時の 3 時点の冬季温熱環境計測結果をもとに、断熱改修と床暖房・エアコンを併用した暖房方法による熱環境改善効果について検討した。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 改修前暖房時の食堂・機能訓練室の室温が定常状態に達するのに約 5 時間を要し、かつ室内の上下温度差が大きい。小屋裏の温度は定常状態には 15℃以上で推移し、小屋裏への熱移動が生じている。廊下部分も障子の断熱性能の低さや隙間からの漏気により室内からの熱移動が生じているものと考えられる。暖房停止後室温は急速に低下し始め、翌日早朝 6:00 には 8~9℃程度に低下しているが、改修後は食堂・機能訓練室とも断熱性能の向上により、同時刻の外気温との温度差は 2~5℃程度改善されている。
- 2) 床暖房単独運転の場合には、定常状態で室温は 18℃に保たれ床暖房時の快適推奨範囲を満たしているものの、床表面温度と室温が定常状態に達するのに開始後約 8 時間を要している。暖房開始時にエアコンを 4 時間併用した場合には、暖房開始直後から十分な暖房効果が得られ、かつ均一な垂直温度分布が形成され室内の上下温度差が解消されており、短時間のエアコン運転によって床暖房の立ち上がり時間が短縮される効果が認められた。
- 3) 運営時の食堂では、床暖房・エアコン併用により室温上昇時間が短縮されるため 8:00 以降は職員の打ち合わせやバイタルチェックに使用されている。利用者が機能訓練室に移動する 10:00 頃には、機能訓練室の室温は 20~22℃程度が確保され、晴天日の日中は日射効果により南廊下の温度が暖房居室と同等以上に上昇するため、建具を開放し縁側での庭を眺めながらの日向ぼっこや会話・歩行訓練等が行われている。
- 4) 一方、中廊下・便所 1,2・脱衣室や北側事務室は日照条件に劣るため、個別暖房が継続されているにもかかわらず日中の温度は 16~18℃程度と低い。利用者の食堂・機能訓練室間の移動、トイレ・浴

室への移動時や脱衣時・トイレ使用時に温度差を体感せざるを得ない状況で、温熱環境の更なる改善が必要である。

本事例では、床暖房とエアコンの併用により、建物北側に配置される食堂を早朝から上下温度差のない快適な環境で使用することを可能にし、南面する機能訓練室では、エアコンとファンヒータにより一定の室温が確保されるとともに、日射効果により建具が開放され居室と南廊下が一体的に利用され、利用者の一日の生活拠点として十分な環境が確保されている。従って、廊下・トイレ・脱衣室等の非居室部や日照条件に劣る北側居室の断熱・暖房方法、また開口部の断熱化についてさらに検討を加えることにより、本手法は比較的温暖な地域において伝統民家を改修する場合の有効な方法になるものと考えられる。

注

- 注 1) 本事例の使われ方の特徴については、参考文献 13) において施設の空間構成と使われ方の関係について検討し、改修計画・設計方法の妥当性を検証するため、春秋と夏冬季の使われ方の差異について考察を加えているが、冬季の温熱環境の確保を目的とした改修手法の評価を行ったものではない。
- 注 2) 温水循環パイプ間に熱伝導率が約 370~400 W/m・K と高い銅製パイプを配置した床暖房システムである。室内実験により従来方式との性能比較を行った結果、床表面平均温度は定常状態で 21~22℃、床表面平均放熱量についても、定常状態で 95W/m²程度に達し、市販の標準タイプと同等の性能を有することを確認している。詳細は参考文献 14) を参照。
- 注 3) 平均気温は山口測候所による 1971 年~2000 年の 30 年間の各月の平年値を用い、日積算水平面全天日射量は山口測候所では観測されていないため、下関気象台で求められた値を利用し 12 月~2 月の平均値を算出した。
- 注 4) 日本床暖房工業会が編集した、「改訂 3 版温水床暖房システム設計・施工ハンドブック」p7 において、高気密・高断熱性住宅のように気密性が高く、断熱性が高い住宅においても床表面温度は 25℃~31℃が快適であり、このときの室温は 18℃~23℃が快適推奨範囲とされている。

参考文献

- 1) 安井 妙子：高断熱高気密化による古民家修復，建築雑誌，No. 1535，pp. 26-27，2005. 7
- 2) 宇野 勇治 他 3 名：中部日本の山間部における伝統的住宅の室内気候調節と立地集落の微気候，日本建築学会計画系論文集，第 532 号，pp. 93-100，2000. 1
- 3) 長谷川 兼一 他 2 名：宮城県における民家を対象とした室内熱環境に関する実測調査，日本建築学会技術報告集，第 3 号，pp. 189-192，1996. 12
- 4) 長谷川 房雄 他 2 名：東北地方都市部の木造独立住宅における冬季の温熱環境に関する調査研究，日本建築学会論文報告集，第 326 号，pp. 91-102，1983. 4
- 5) 加藤 友也 他 2 名：長野市を中心とした一戸建住宅の冬季室内温熱環境に関する調査研究—熱損失係数から見た室内温熱環境と居住者意識の違いについて—，日本建築学会計画系論文集，第 470 号，pp. 19-27，1995. 4
- 6) 垂水 弘夫 他 2 名：北陸の戸建住宅における温冷感を中心とした居住者意識調査—断熱仕様・暖冷房等の実態と快適性評価の高い住宅の抽出—，日本建築学会計画系論文集，第 488 号，pp. 25-34，1996. 10
- 7) 佐藤 豊・郡 公子：栃木県における住宅の熱環境と住まい方に関する研究—冬季の暖房室・非暖房室の熱環境と意識・住まい方—，日本建築学会計画系論文集，第 522 号，pp. 7-14，1999. 8
- 8) 松原 斎樹・澤島 智明：京都市近辺地域における冬季住宅居間の熱環境と居住者の住まい方に関する事例研究—暖房機器使用の特徴と団らん時の起居様式—，日本建築学会計画系論文集，第 488 号，pp. 75-84，1996. 10
- 9) 絵内 正道・荒谷 登：居住室の温熱環境の実体 その 1 寒さに応じた住まい方と室温変動パターンについて，日本建築学会論文報告集，第 264 号，pp. 91-98，1978. 2
- 10) 絵内 正道・荒谷 登：居住室の温熱環境の実体その 2 寒さに応じた住まい方と設定室温について，日本建築学会論文報告集，第 265 号，pp. 105-113，1978. 3
- 11) 芥川 郁雄・岩前 篤：温水床暖房パネル付エアコンによる暖房時の温熱環境調査，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2 分冊，pp. 249-250，2002. 8
- 12) 中国眞人 他 5 名，定期借家方式により福祉施設に改修された伝統民家の再生プロセス，日本建築学会計画系論文集，第 631 号，pp. 1953-1960，2008. 09
- 13) 中国眞人 他 2 名：街なかの伝統民家を再利用した地域福祉施設「さんコープ河村邸」の使われ方，日本建築学会計画系論文集，第 652 号，pp. 1581-1589，2010. 06
- 14) 志賀 均 他 5 名，銅の熱伝導特性を利用した中空パイプ床暖房システムの放熱性能実験，日本建築学会技術報告集，第 21 号，pp. 189-194，2005. 06

[2010 年 10 月 20 日原稿受理 2011 年 1 月 7 日採用決定]