

「京町家における居住文化に対応した断熱改修手法に関する研究」

研究代表者 土井 脩史（京都大学大学院工学研究科建築学専攻 研究員）

共同研究者 李 明香（立命館グローバル・イノベーション研究機構 専門研究員）

市担当部署 都市計画局住宅室住宅政策課

全体概要

京町家では、夏期の風通しが重視されるとともに、縁側や通り庭といった環境調整空間が積極的に位置づけられるなど、外部空間と内部空間の繋がりに支えられた豊かな居住文化が形成されてきた。我が国では住宅の省エネルギー性能の向上が強く求められているが、京町家において断熱改修を行う場合、外部空間と内部空間の繋がりに配慮する必要がある。

本研究では、京町家における居住文化を継承しつつ省エネルギー性能を改善させることを目指し、断熱建具を用いて入れ子型の断熱区画を計画する部分断熱改修の可能性を検討する。京町家における部分断熱改修の効果と課題を温熱環境と住み方の2つの視点から検証し、京町家における居住文化に対応した断熱改修手法を提示することを目的とした。

まず、温熱環境調査については、対象住宅における簡易な測定に基づき、京町家の断熱・気密性能を定量化する評価指標を構築するとともに、対象住宅の断熱・気密性能を定量的に明らかにすることを試みた。夏期・冬期における空調停止後の温度変動分析から、熱取得並びに熱損失の指標を構築し、対象住宅における断熱性能を相対的に明らかにした。さらに、トレーサーガス実験に基づき、換気回数を算出することで、対象住宅の気密性能を相対的に明らかにした。

続いて、住み方調査では、対象住宅において夏期・中間期（秋期）・冬期の住み方調査を実施し、季節ごとの住み方からみた部分断熱改修の意義を明らかにすることを試みた。調査の結果、部分断熱改修によって、冬期の寒さを軽減に有効であることを確認するとともに、季節ごとに建具の開閉や部屋の使い方を変更することで、季節に応じた住み方が実現可能であることを明らかにした。

さらに、部分断熱改修で冬期に発生しうるヒートショックの問題を検証するために、どの居室に移動した際にヒートショックが発生するかを被験者実験により把握することを試みた。被験者実験の結果、居室間の温度差だけでヒートショックが発生するのではなく、着衣量がヒートショックの発生に影響していることが明らかになった。

以上、本研究では、京町家の居住文化に対応した断熱改修手法として「部分断熱改修」の意義を明らかにした。本研究の成果を踏まえ、京町家における断熱改修の支援政策に関して提言を行った。全体の断熱改修だけではなく部分断熱改修も支援していくこと、断熱・気密性能だけではなく居住者の住み方にも配慮した改修を行うべきであること、トイレや浴室等の着衣量が増える居室への対策も併せて行う必要があることを指摘した。

1. 研究概要

1-1. 研究の背景

京町家では、外部空間と内部空間とのつながりが重視され、その中で豊かな居住文化が蓄積されてきた。例えば、夏の暑い時期に通風を確保するなど、外部空間の環境を住宅の内部空間に取り入れることによって、エネルギー消費を抑えつつ快適性を高めるしくみが備わっていた。しかし、冷暖房が欠かせなくなった現代では、断熱性能の低さゆえに不効率なエネルギー消費が発生するという問題が顕在化しており、京町家においても断熱性能の向上が必要となっている。

一方、我が国では2020年までに全ての新築住宅に省エネ基準の適合を義務化する方針が打ち出されるなど、住宅における省エネルギー性能の向上がより一層求められている。我が国の省エネルギー基準は、主として建物の外皮（外壁や開口部）の断熱性能・気密性能で評価される指標となっている。しかし、冷暖房効率のみを重視した高気密・高断熱は、極端に言えば厚い壁と小さな窓の住宅が望ましいということになり、外部空間と内部空間とのつながりに支えられた京町家の居住文化が失われてしまう危険性がある。

さらに、京町家の場合、外壁が柱を見せる真壁造りとなっていることや、縁側空間のある窓が大きく計画されていること等から、京町家の伝統的な意匠を踏襲したまま省エネルギー基準を満たす断熱改修が困難という問題もある。

以上から、全国的に推奨されている外皮のみの高気密・高断熱化は、外部空間と内部空間のつながりを重視する京町家に適した断熱改修手法とは言えず、伝統構法の木造住宅にふさわしい断熱改修手法を開発・普及させていく必要があると言える。

本研究では、京町家における断熱改修手法として、「入れ子型の部分断熱改修」の可能性を検討する。ここで部分断熱改修とは、外壁全体を外断熱によって改修するのではなく、断熱建具等によって住宅の内部に入れ子型の断熱区画を計画する手法である。入れ子型の断熱区画によって室内の空調効率を高め、省エネルギーを実現するとともに、中間領域によって内部空間と外部空間の急激な温度変化を段階化し、外部空間と内部空間のつながりを維持することを意図している（図1）。

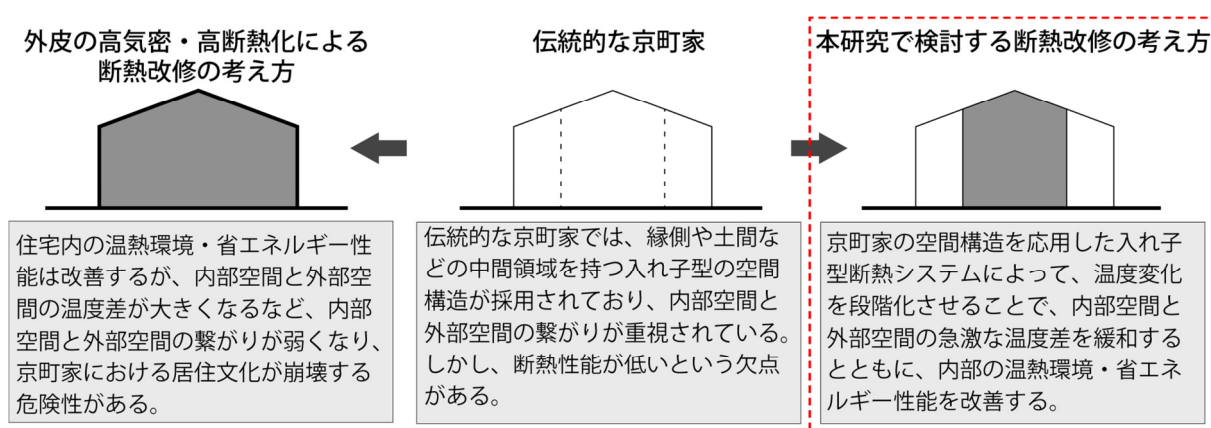


図1. 本研究で検討する断熱改修の概念

1-2. 研究の目的

本研究では、京町家における部分断熱改修の効果と課題を温熱環境と住み方の2つの視点から検証し、京町家における居住文化に対応した断熱改修手法を提示することを目的とした。

1-3. 研究対象

本研究では、京都市中京区に実在する断熱性能・気密性能が異なる同一街区内の3軒の京町家（N邸、I邸、O邸）を対象として温熱環境調査・住み方調査を実施することとした（図2）。N邸では、本研究で仮説として提示している部分断熱改修を実施しており¹、I邸・O邸では開口部などに若干の断熱改修が施されているものの、完全な断熱改修は行われていない。同一街区内で調査を実施することにより、外気温などの外的条件による影響を無視することが可能となる。

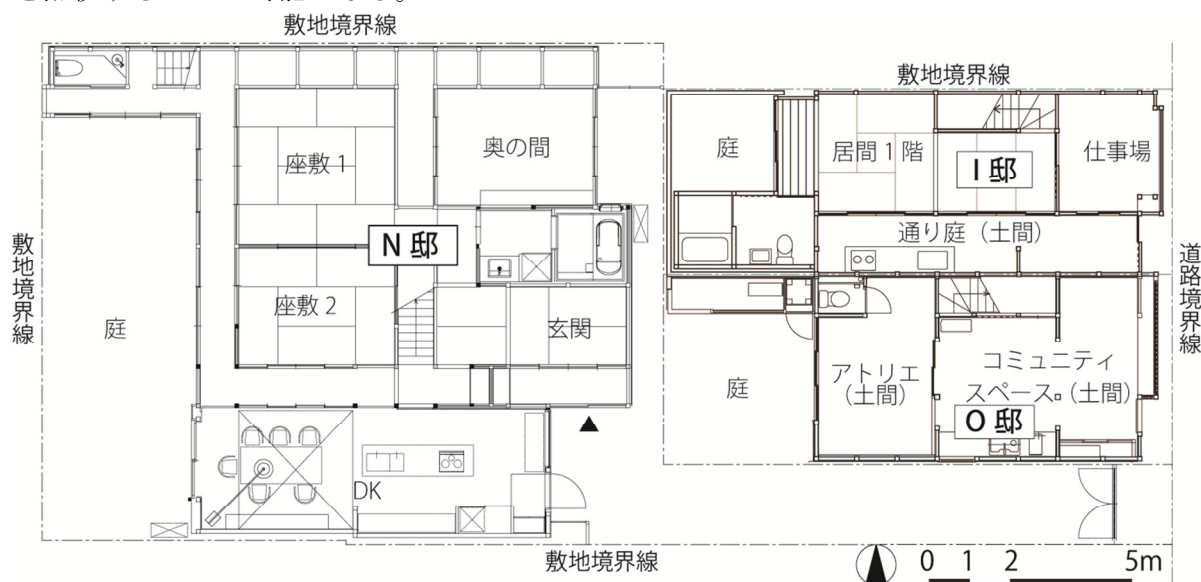


図2. 研究対象の3住宅

(1) N邸

N邸は、1932年（昭和7年）6月に上棟された伝統構法（石場建て）総2階の木造住宅である（図3）。敷地が旗竿形状で前面道路から奥まった部分に建物が立地しており、京都市都心部で一般的に見られる表屋造りの京町家の母屋の部分だけを切り取った平面計画となっている。また、敷地の一番奥に奥庭、建物入口隣にも中庭および進入路が配されており、建物両側に外部空間が取られているのも特徴的である。

N邸では、座敷1、座敷2を断熱区画とする入れ子型断熱改修を実験的に実施している。実施内容は、①断熱建具の設置、②天井裏への断熱材の設置、の2つである。

¹ N邸における部分断熱改修工事については、2011年度三井物産環境基金による研究助成（課題名：部分断熱改修実験を通じた地域居住文化に対応する住宅ストック再生手法の開発、代表者：高田光雄）を受けて実施した。本研究は、その研究の継続研究であり、部分断熱改修における意義・効果・課題をより詳細に検証するものである。

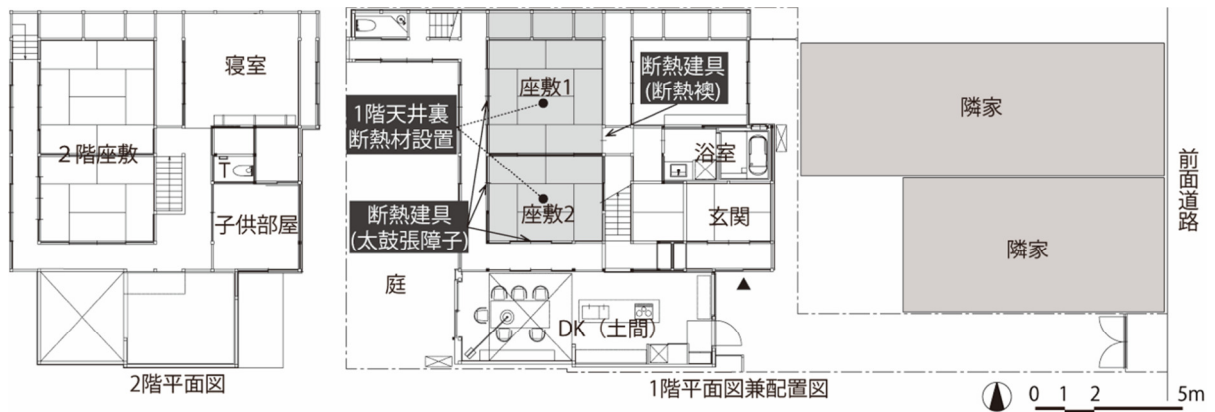


図 3. N 邸の平面図



写真 1. N 邸内観（座敷 1 より座敷 2 を見る）



写真 2. 断熱建具

座敷 1 と座敷 2 に設置した断熱建具は、既存の建具のデザインを踏襲すること、材料に極力自然素材を使うこと条件に制作した。断熱障子は、障子紙の太鼓張りにより、障子内部に空気層を作り、断熱性能を向上させた（写真 2）。気密性能については、断熱建具の召し合わせにカギ型のかみ合わせを設けたり、凹凸の実（さね）を設けたりするなどの対策を行っている。建具の受けとなる既存の柱にも、凸型の部材を取り付けており、木製の引戸でありながら改修前よりも気密性が向上するように配慮している（図 4）。

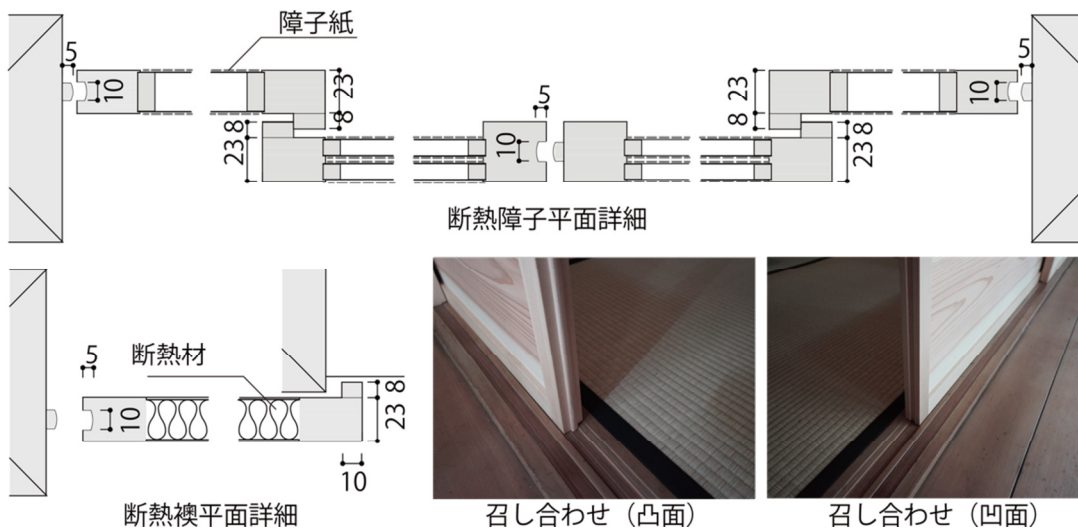


図 4. 断熱建具の召合せ

2階の床と1階の天井の間に断熱材を敷き詰めることで、1階天井部分の断熱性能を向上させている（写真3, 写真4）。天井内部で結露が発生しないように、断熱材の下に気密用のシートを貼ることとした。居住者は2階座敷を暖房するケースがほとんど見られなかったため、断熱材の下に気密シートを貼ることで結露が発生しにくくなると考えられる。



写真3. 断熱材設置前



写真4. 断熱材設置後

(2) I邸, O邸

I邸とO邸は、長屋形式の京町家（北からI邸, O邸）である(図5)。

I邸では、外壁は無断熱であるものの、屋根及び1階床下については断熱材が挿入されており、開口部は複層ガラスとなっている。また、1階東側の窓は嵌め殺し窓となっており、隙間風はないものの通風が制約されている。

O邸では、外壁の一部分が大壁となっているため、その部分に断熱材が挿入されている他、屋根及び2階床下（1階天井裏）にも断熱材が挿入されている。開口部は、西面・東面の窓は単層ガラスとなっており、西側には隙間風を防ぐために召合せ部分のかみ合わせが工夫されている。

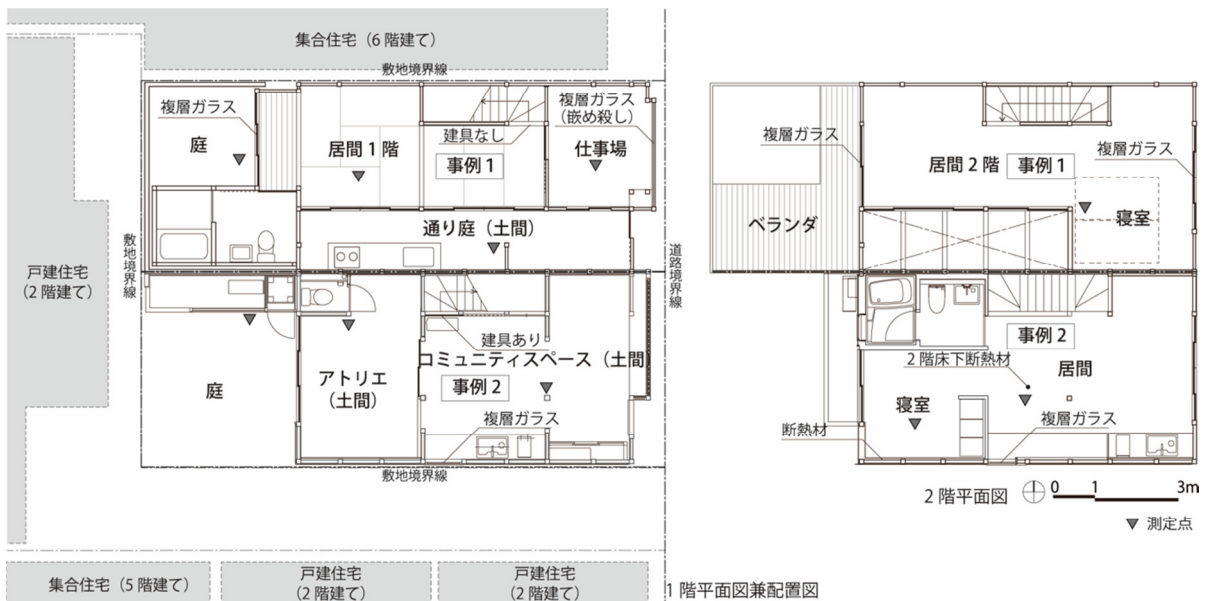


図5. I邸とO邸平面図

1-4. 研究方法

1-4-1. 対象住宅における温熱環境・断熱性能の実測・分析

対象3住宅において温熱環境実測を実施することで、建物の断熱性能・気密性能を定量的に把握する。我が国の省エネ基準は、外皮のみで性能を判断する指標のため、入れ子型の断熱区画によって断熱・気密性能を評価する指標そのものが構築されていない。加えて、京町家では、隙間風が大きく影響するため、シミュレーションのみで断熱性能を評価することが難しい。そこで、簡易な測定に基づいて入れ子型の断熱区画による断熱・気密性能を評価する指標そのものを構築することも目的とし、以下の2つの実測を行った。

(1) 空調停止後の温度変化測定

主要居室における建物の断熱性能を測定するために、主要居室を一定時間空調した上で、空調機を停止させ停止後の室内の温度変化を測定した。この測定は、夏期と冬期両方で実施し、夏期では「総合熱取得率」、冬期では「総合熱損失率」を算出し、3住宅の断熱性能を評価することとした。

(2) 換気回数の測定

トレーサーガス実験により、主要居室における換気回数を把握した。暖房機によって室内の温度を一定時間暖房した後に、二酸化炭素（CO₂）ガスの室内に拡散させ、CO₂濃度の減衰を測定した。測定データを元に、「換気回数」を算出した。

1-4-2. 対象住宅における居住者の住まい方の調査・分析

対象3住宅における居住者への住まい方調査を通じて、対象京町家における生活実態を明らかにするとともに、住み方から見た部分断熱改修の意義と課題を明らかにすることとした。

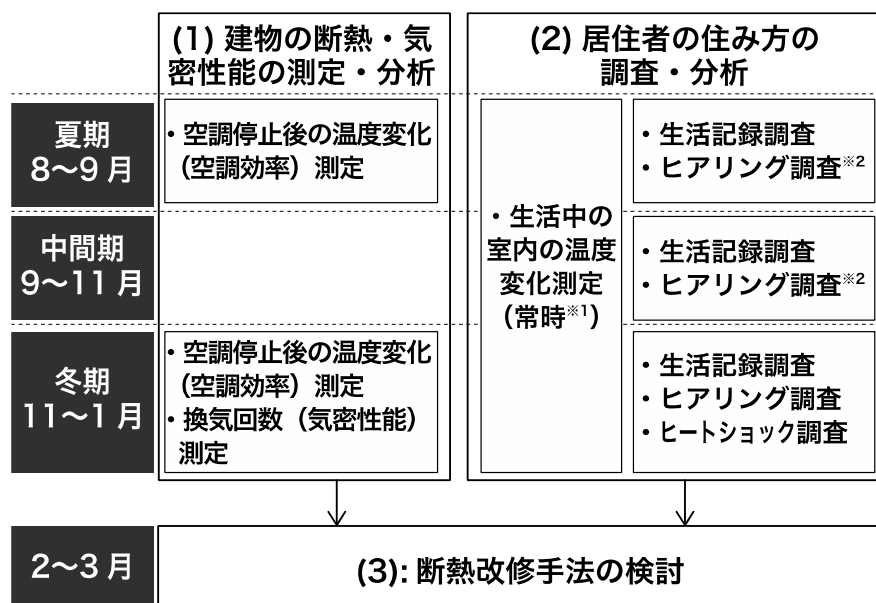
(1) 季節ごとの住み方の分析

季節ごとの住み方については、①タイムダイアリー調査、②生活に伴う温度変化測定、③居住者へのヒアリング調査、という3通りの調査を実施した。タイムダイアリー調査とは、サンプリングした1日の生活を30分おきに詳細に記録する調査方法であり、本研究では、生活行為・居場所・建具の開閉・空調の使用状況・着衣量等を把握した。

断熱性能が十分ではないI邸、O邸では、断熱改修に対する意向・ニーズ、温熱環境と関連する生活上の問題点を把握した。また、入れ子型の部分断熱改修を実施したN邸では、入れ子型部分断熱改修の生活上の効果・課題を分析した。なお、住み方調査は、夏期・中間期・冬期に分けて実施した。

(2) ヒートショックの発生要因の分析

部分断熱改修は、冬期に断熱区画内外における温度差を拡大する可能性が高いため、ヒートショックを助長する危険性がある。本研究では、部分断熱改修を実施したN邸を対象として、断熱区画以外の空間を行き来し、その際の皮膚温度・血圧・温冷感・快適感を調査する被験者実験を実施した。



※1) 1邸のみ夏期・冬期2回実施, ※2) ヒアリング調査は夏期・中間期まとめて実施

図6. 研究方法と実施スケジュール

2. 研究のオリジナリティ

我が国では、2020年までに全ての新築住宅を対象に省エネルギー基準を義務化する方針が打ち出されるなど、外皮の高気密・高断熱化が強く推奨されている。そのため、断熱改修に関する既往研究の大部分が外皮の高気密・高断熱化を前提としている。本研究では、内部空間と外部空間のつながりという京町家の居住文化を踏まえ、断熱建具等の外皮のみに依らない断熱改修手法の検討を行うことに独自性がある。

一方で、少数ではあるが、本研究と同様に「部分断熱改修」を取り上げ、その温熱環境や省エネルギー性能の改善効果を検証した研究も行われている。齋藤ら²は、木造住宅における部分断熱改修の効果を検証し、断熱した居室の温熱環境が改善されること、暖房負荷が改善されること、改修工事費や暖房費の削減につながることを明らかにしている。岩前ら³は、部分断熱改修の効果を数値計算により明らかにしている。これらの研究は、環境工学分野の視点から部分断熱改修の意義を示している。それに対して、筆者ら⁴は、RC造集合住宅において、建築計画分野の視点から部分断熱改修に関する研究を行い、断熱区画内の居室における生活環境が改善されること、断熱建具によって季節に応じた住み方の実現が可能であることを示している。本研究は、建築計画分野と環境工学分野による共同研究であることに新規性があり、研究代表者が居住者の住み方調査等の建築計画分野を、共同研究者が温熱環境調査等の環境工学分野を担当する。

²) 齋藤宏昭, 服部哲幸, 松島加奈, 桑沢保夫, 石崎竜一, 澤地孝男, 瀬戸裕直, 井上隆: 温暖地の木造住宅における部分断熱改修による断熱性能改善効果の検証, 日本建築学会環境系論文集 No.632, pp.1163-1169, 2008.10

³) 岩前篤, 加藤信介, 鈴木大隆: 戸建住宅の部分断熱による効果に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp.89-90, 2006.8

⁴) 土井脩史, 田嶋圭一, 矢谷百代, 生川慶一郎, 近本智行, 高田光雄: 既存賃貸集合住宅における部分断熱改修実験, 日本建築学会技術報告集 第42号, pp.677-682, 2013.6

3. 研究内容

3-1. 建物の断熱・気密性能の測定・分析

3-1-1. 主要居室の設定

本研究では、2つの方法によって建物の断熱・気密性能の測定・分析を行った。なお、主要居室に関しては、N邸とO邸では夏期・冬期ともに同じ居室とし、N邸は断熱区画とした座敷1と座敷2、O邸は2階居室（浴室を除く）とした。一方で、I邸は1階と2階を夏期と冬期とで使い分けていたため、夏期は1階居室（通り庭を除く）、冬期は2階居室にすることとした。それぞれの住戸主要居室における温度の測定点を図7に示す。

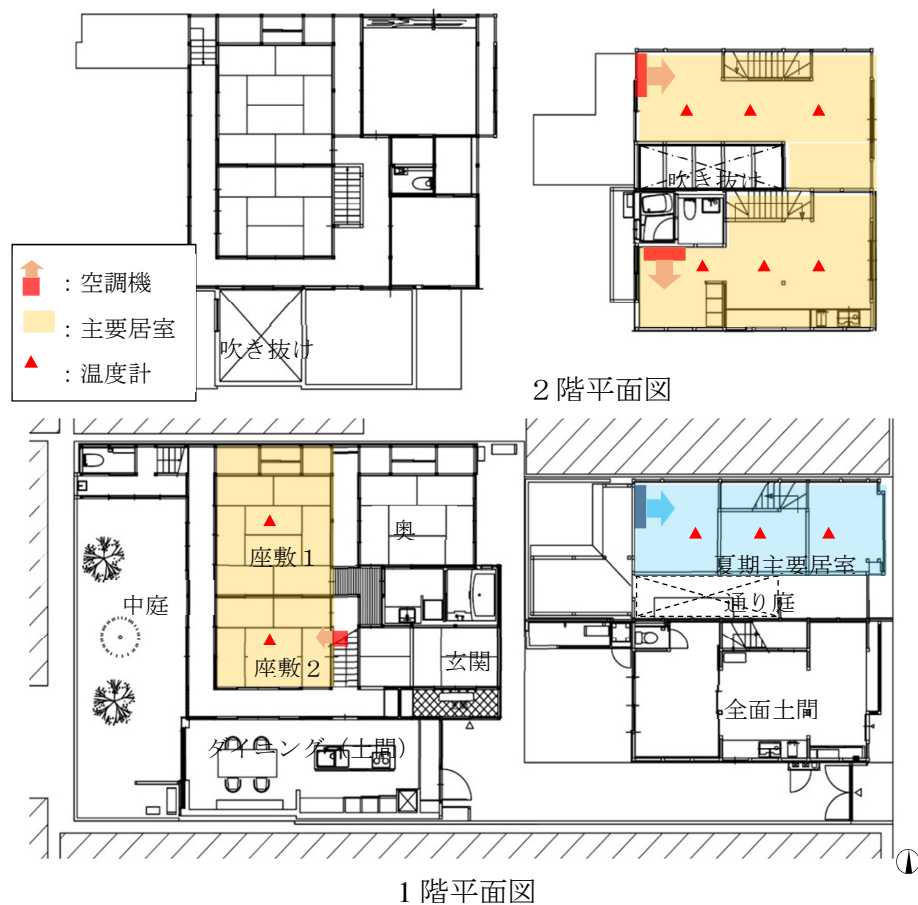


図7. 測定点と主要居室

3-1-2. 夏期の空調停止後の温度変化測定

(1) 実測概要

実測は2015年8月23日（晴天、最高気温 32℃）に行った。夏期実測では3住戸同時に空調停止後の温度変化を測定し、外気温の違いによる熱取得量の算出結果への影響を除外するよう試みた。3住戸の主要居室において空調機で90分程度温度を下げた後に空調機を停止し、そこから120分程度の温度変化を測定した。

(2) 実験結果・考察

実験中における全体の温度変化を図8に、各住宅の温度変化を図9～11に示す。

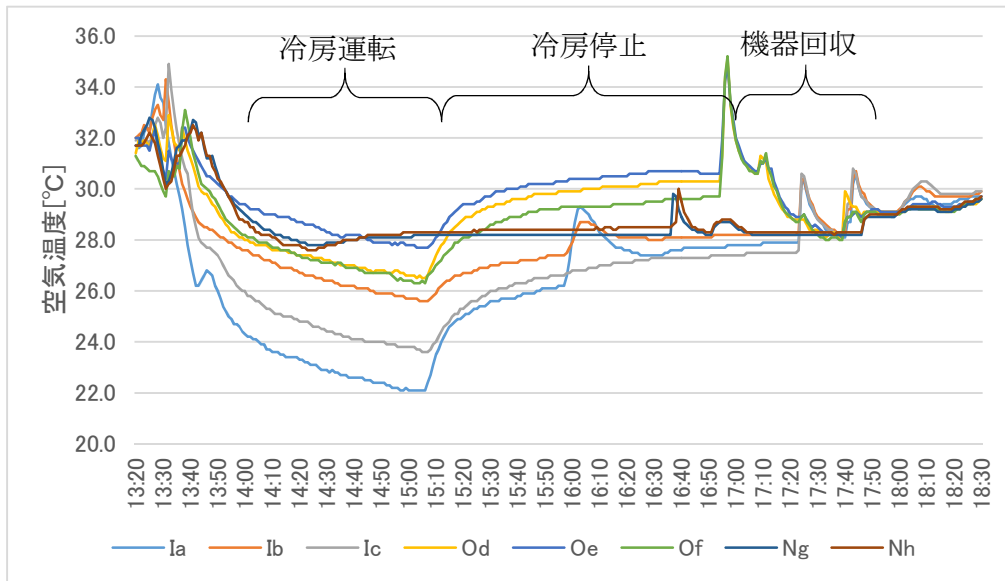


図 8. 実測中の 3 住宅の温度変化

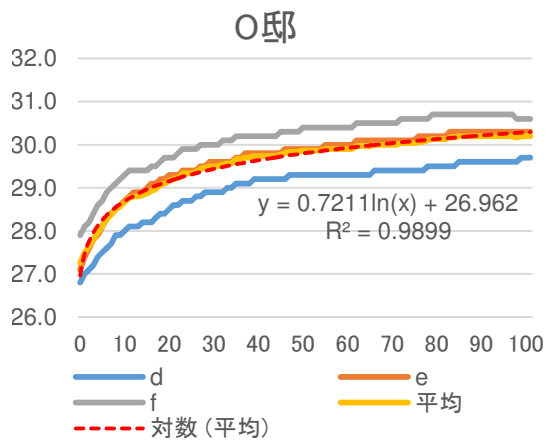


図 9. O 邸の温度変化

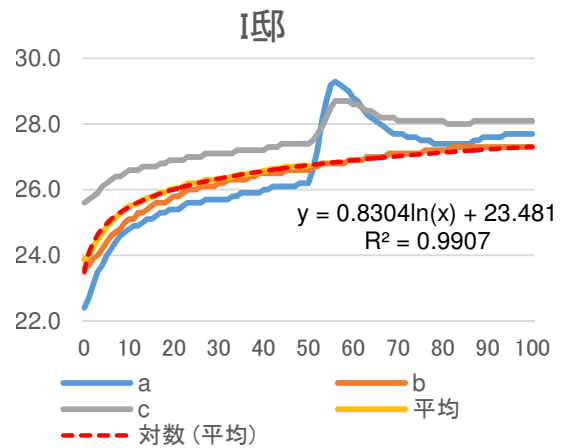


図 10. I 邸の温度変化

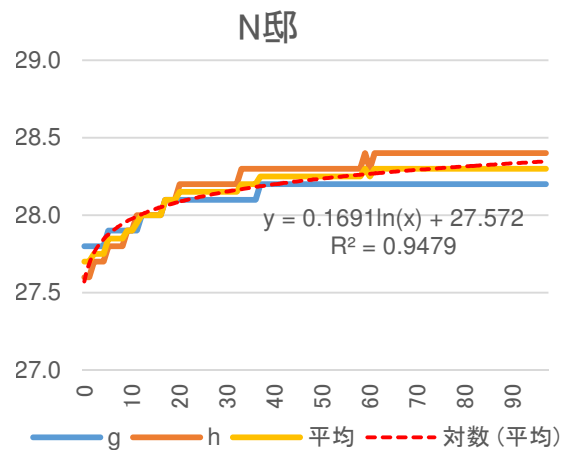


図 11. N 邸の温度変化

さらに、以下の算出式から全熱損失量を算出した。結果を図 12 に示す。

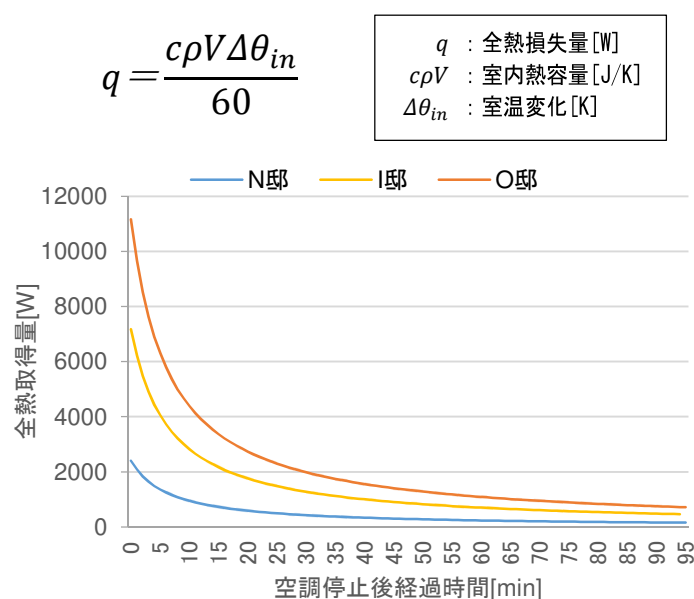


図 12. 総合熱取得量

この結果より N、I、O 邸の順に熱取得量が大きくなることが確認できる。O 邸の熱取得量が多いのは主要居室 2 階であり、空調機によって冷やした空気が階段室から 1 階に逃げていたことや、小屋裏空間がないため、日射の影響を受けたものではないかと考えられる。I 邸においては主要居室が 1 階であり、冷気の逃げ場がなかったこと、日射の影響を受けにくかったこと、隣接する通り庭の土間における蓄冷効果などが影響したと考えられる。N 邸での熱取得量が極端に小さいのは主要居室室容積が小さく、さらに部分断熱改修によって気密性能が向上していたことが影響したと考えられる。また、全熱損失量が空調停止後に非常に大きくなっているのは室内外の温度差が大きく、時間経過とともに小さくなっていくためである。

3-1-3. 冬期の空調停止後の温度変化

(1) 実測概要

冬期においては 3 住戸においてそれぞれ異なる日時に実験を行ったため、熱損失量を室内外温度差で除したものを総合熱損失率と定義し、それぞれの住戸で算出し比較した。空調停止までの空調時間や空調停止時の初期室内外温度差が総合熱損失率の算出にどれほど影響するかを確かめるため、複数の空調時間、初期温度差にて空調停止後の温度変化測定実験を行った。

(2) 実測結果・考察

N 邸では部分断熱改修前後での実験を行った。以下の算出式から総合熱損失率を算出した。

$$\overline{K \cdot S} = \frac{cpV\Delta\theta_{in}}{60(\theta_{in} - \theta_{out})}$$

$\overline{K \cdot S}$: 総合熱損失率[W/K]
 cpV : 室内熱容量[J/K]
 $\Delta\theta_{in}$: 室温変化[K]
 θ_{in} : 室温[°C]
 θ_{out} : 外気温[°C]

図 13 では N 邸改修後の総合熱損失率が改修前より大きい値となっており、断熱性能は低いことになっているが、換気による熱損失の影響で空調停止直後は総合熱損失率が大きい値となり、後にその成分が小さくなると一定の値に収束している。つまり、温度差の大小に依存しており、断熱性能が高く、温度差がついている場合において換気による熱損失が不利に影響していることが考えられる。そこで熱損失量と室内外温度差との相関を図 14 に示す。図 13 においては同程度の熱損失量でも N、O、I 邸の順に室内外の温度差が大きくなっていることが確認できる。

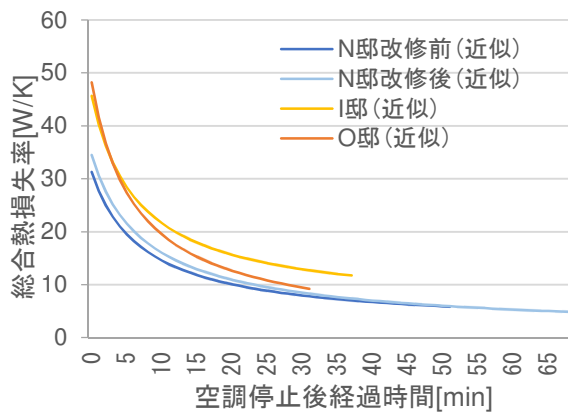


図 13. 総合熱損失率

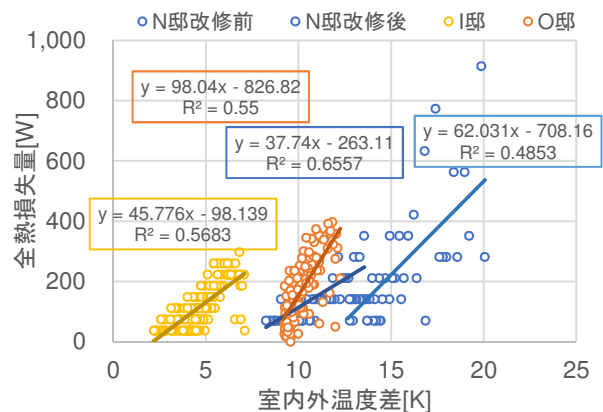


図 14. 全熱損失と室内外温度差の相関

3-1-4. 換気回数の測定

(1) 実験概要

換気回数と温度差の関係性を導き出すために冬期主要居室において換気量測定を行った。実験手法はトレーサーガス減衰法を用いた。空調機によって主要居室の空気温度を外気より設定値まで上昇させ、二酸化炭素 (CO₂) ガスを散布攪拌、二酸化炭素濃度の 7,000ppm~8,000ppm 程度までの上昇を確認して散布攪拌を停止し、その後の濃度減衰を二酸化炭素計によって記録した。実測は 3 住戸で行い、N 邸においては改修前後に行っている。

(2) 実測結果

二酸化炭素濃度の減衰速度から換気回数を算出した。算出結果を図 15 に示す。この結果より、N 邸改修後、O 邸、N 邸改修前、I 邸の順に単位温度差当たりの換気回数が小さく、気密性能が高いことが確認できる。

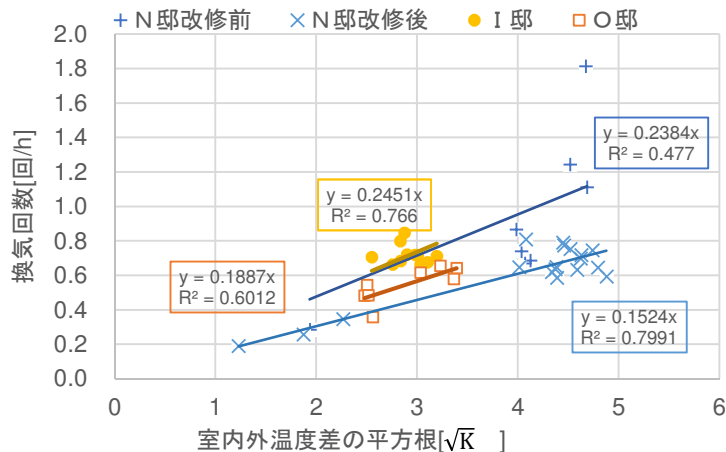


図 15. 換気回数と室内外温度差の平方根の相関

3-1-5. 総合熱損失率による評価

それぞれの住戸における主要居室の総合熱損失率と室内外温度差の相関関係と現行の省エネ基準を総合熱損失率に換算したものを図 16 に示す。このグラフにおいて冬期空調期間中に室内気温を快適域に保つために最低限必要な温度差 13K^5 に着目してみると I、O 邸は基準値を満たしておらず、N 邸は基準値を満たしている。

3、4 章での全熱損失量と単位温度差あたりの換気回数の算出結果に加え、空調停止時の温度変化測定実験時に測定した主要居室室内側表面温度から以下の熱収支式を作成した。O 邸における熱損失量内訳の経時変化を図 17 に示す。

この結果より、主要居室内の熱損失量は蓄熱による熱取得と換気による熱損失に大きく依存していることが確認できる。

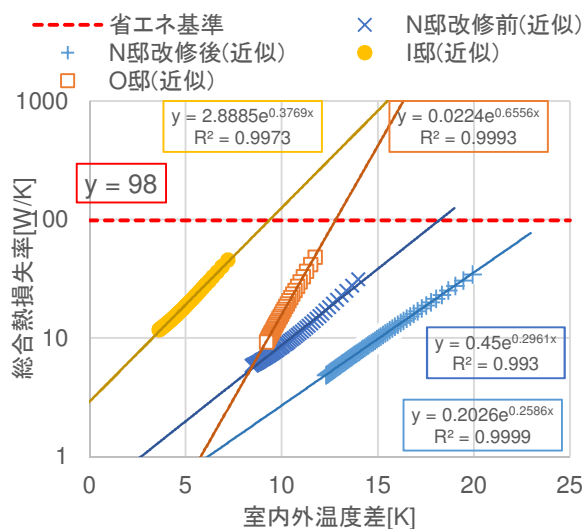


図 16. 総合熱損失率と室内外温度差の相関

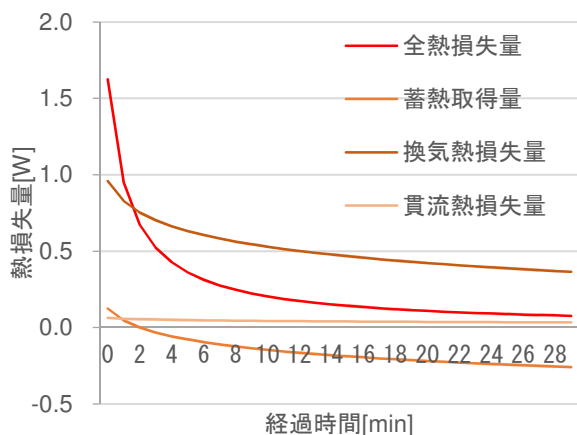


図 17. O 邸空調停止後熱損失内訳

⁵⁾ 京都の 1 月の平均気温標準気象データ 5°C と室内快適温度 18°C との差とした。

3-2. 居住者の季節ごとの住み方分析

3-2-1. 調査概要

本研究では、①タイムダイアリー調査(サンプリングした1日における居住者の居場所、建具の開閉、空調使用の有無を30ごとに記述する調査方法)、②生活に伴う室内の温度変動測定、③居住者へのヒアリング調査を実施した。なお、2015年8月～9月に夏期調査、2015年12月～2016年1月に冬期調査を実施した。調査概要を表1、表2に示す。

表1. 夏期調査概要

	調査方法	実施日
N邸	タイムダイアリー調査	(平日) 9月2日 (休日) 9月12日
	室内温度変動測定	2015年8月23日～9月16日
	ヒアリング調査	2015年9月29日 14:00-15:30
I邸	タイムダイアリー調査	(平日) 9月8日 (休日) 9月13日
	室内温度変動測定	2015年8月23日～9月16日
	ヒアリング調査	2015年9月29日 14:00-15:30
O邸	タイムダイアリー調査	※夏期の普通の生活を記録
	室内温度変動測定	2015年8月23日より継続中
	ヒアリング調査	2015年9月29日 14:00-15:30

表2. 冬期調査概要

	調査方法	実施日
N邸	室内温度測定	2015年12月4日～2016年1月13日
	タイムダイアリー調査	(来客あり) 12月31日、1月1日、1月2日 (来客なし) 1月24日
	ヒアリング調査	2016年2月23日
I邸	室内温度測定	2015年12月4日～2016年1月8日
	タイムダイアリー調査	(平日) 12月22日 (休日) 12月26日
	ヒアリング調査	実施できず
O邸	室内温度測定	2015年11月7日～2016年1月19日
	タイムダイアリー調査	(平日) 1月18日 (休日) 1月3日
	ヒアリング調査	2016年2月16日

3-2-2. N邸における住み方の分析

(1) 調査対象居住者の住み方概要

N邸には、40代夫・30代妻・小学生の子どもという共働き子育て世帯が居住している。夫婦共に会社勤めをしているため、平日の昼間は家に滞在していないことが多くなっている。

1階が主な居住スペースとなっており、DKもしくは座敷2で食事をとり、座敷1で就寝する。家族の団らん行為もDKもしくは座敷2で行っており、夫の仕事もDKもしくは座敷2で行われている。2階には、子供部屋・寝室・座敷があるものの、使用する頻度は少なくなっている。図18に居住者の主な居場所と生活行為を示す。

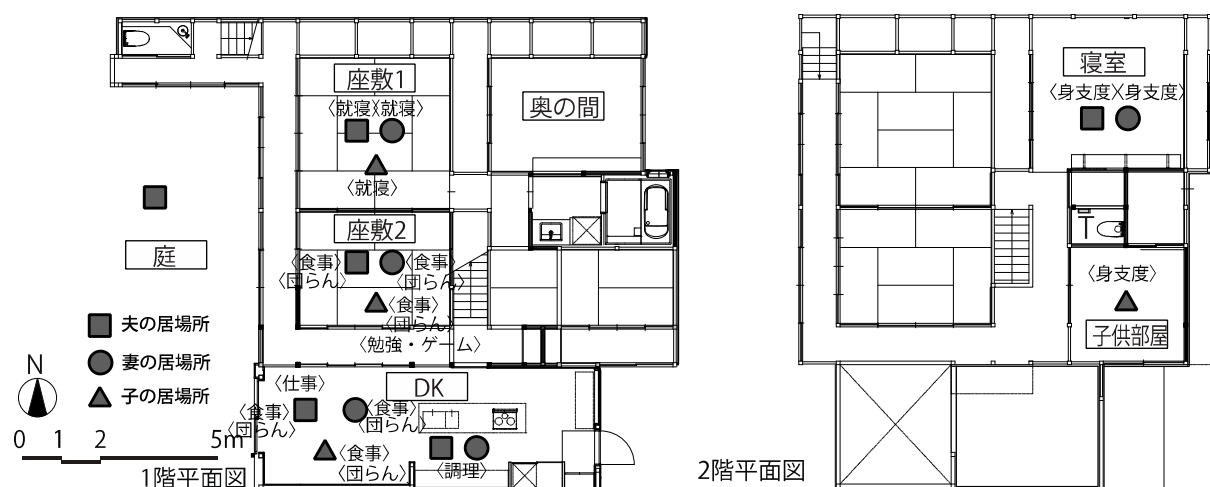


図18. N邸における主な居場所と生活行為

(2) 季節ごとの住み方

居住者へのタイムダイアリー調査、ヒアリング調査を元に、季節ごとの生活における建具の開閉状況及び冷暖房の使用状況を図 19 にまとめた。さらに、季節ごとの住み方に関連する居住者のコメントを表 3 にまとめた。

① 夏期・中間期

居住者は、建具替えを行いながら生活しており、夏期については、座敷 1 や 2 階座敷の建具を、御簾や葦戸に変更することで、風通しの良い建具に変更していた。2015 年 9 月 28 日に建具替えを行い、冬期の建具に変更している。

夏期の最も暑い時期であっても、基本的には冷房を使用せずに通風を重視した生活を送っている。

冷房未使用時は、基本的には風通しのみで対応しており、常時開放している窓を複数設けていた。また、DK の窓を昼間は開放することによって対応していた。室内建具については、基本的に全て開放した状態で生活を送っており、座敷 1 の建具については御簾を使用していた。

一方で、1 階の座敷 2 の冷房を使用したケースは、入浴直後、就寝時、子どもの勉強時の 3 回であった。その時には、座敷 2 の断熱建具を閉めている。普段は座敷 1 で就寝しているが、冷房を使用した時のみ、布団を座敷 2 に移動させて就寝していた。

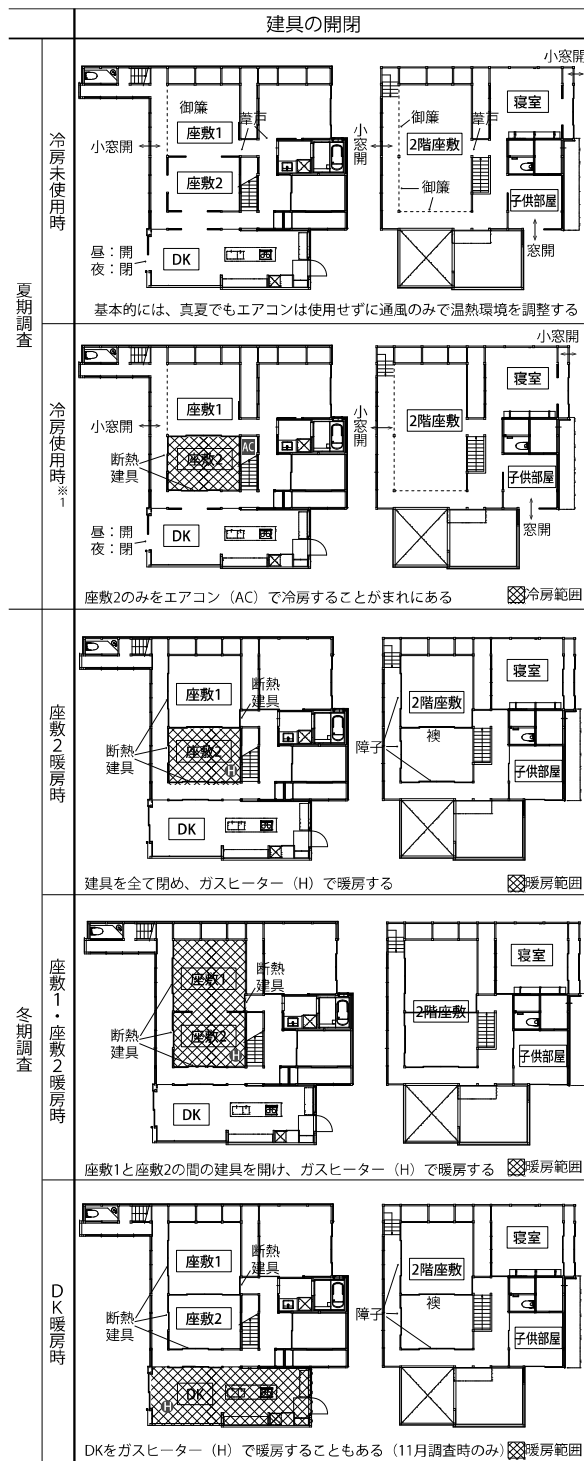
食事は、外気温や食事のメニューによって DK を使用する場合と座敷 2 を使用する場合とを使い分けていた。主に外気温の高い日に土間である DK を使用し、気温が低い日には座敷 2 を使用していた。

外気温がやや下がり始めると、窓や室内建具を閉めて生活するようになる。玄関付近の建具を閉めることで、寒暖差に対応していた。また、就寝時には、座敷 1 を閉めきって就寝するようにしていた。

② 冬期

冬期になると、ガスヒーターを使用して居室単位で暖房をしていた。全ての居室の建具を閉めきった上で、来客のない日は主に座敷 2 を暖房して使用する生活を送っていた。居住者へのヒアリング調査によると、就寝は基本的に座敷 1で行っているということであったが、特に寒い日は座敷 2 で就寝することもあるというコメントを得た。

来客がある場合は、DK や座敷 1 を暖房する機会も見られ、状況や外気温に応じて柔軟に住み方を変えながら冬期の寒さに対応している実態が把握された。



※1 今回のタイムダイアリー調査では、確認できなかったが、別の日の室温分布や居住者のコメントから、冷房使用時の建具の開閉を把握している。

図 19. N 邸における季節ごとの建具の開閉

表 3. N 邸居住者の住み方に関するコメント

	主なコメント
夏期	【冷房の使用に関して】 ・最も暑い昼間に外出していることが多いため、エアコンはあまり使用しない。昼間に家にいれば、使用していると思う。 ・エアコンを使用したのは夏の間で数回くらい。1 回は、お風呂あがり。1 回は、就寝時にどうしても暑くて座敷 2 で家族 3 人就寝した。もう 1 回は、子どもが勉強していて集中できなくなったので使用した。じっとしているときに耐えられない時が夏の間で 2-3 日程度ある。 ・エアコンを使用しない代わりに、扇風機は常時使用している。 【建具の開閉について】 ・夏期は、基本的に全ての室内建具を開けている。窓は、DK の西側の窓を開閉することで調整している。 ・エアコンを使用するときには、座敷 2 の建具を閉めている。 ・8 月後半くらいになると、室内の建具を閉め始める。外気温が下がると、まず玄関付近の建具を閉めるようになる。また、就寝時に座敷 1 の建具も閉めるようになる。 ・就寝時刻が家族で異なる（夫が遅い）ため、光が入らないように座敷 1 と座敷 2 の間の建具を閉めることがある。 ・DK と廊下の建具はあまり閉めないが、10 月後半くらいになると閉め始めている。 ・建具替えは、9 月 28 日に行った。 【行為を行う場所の選択】 ・夏期の間は、2 階には極力上がらない。 ・食事の場所は、温熱環境と食事のメニューによって決定する。暑い時は DK で食事をとり、涼しくなると座敷 2 で食事をとる。メニューに関しては、鉄板料理などは DK で行わざるをえないので、温熱環境に関わらず DK で行う。次の日に見学等来客がある場合は、掃除をしたくないので、座敷 2 で食事をとることもある。 ・子どもの勉強は、最近は座敷 2 で行うことが多い。怒られた時だけ子供部屋で行うことがある。 ・夫の仕事を座敷 2 と DK で使い分けているのは、あまり意識はしていないが、温熱環境と気分転換の両方の意味があると思う。子どもが座敷 2 で勉強やゲームをし始めた時は、DK で作業する。 【建築に関わらない環境調節行動】 ・シャワーに入るタイミングを変える。帰宅後にすぐにシャワーを浴びる（夫） ・扇風機の向きは頻繁に変える。 ・着衣で調節する。
	・中間期は建具の開閉を頻繁に行うことで対応する。 ・着衣による調節も頻繁に行っている。10 月からスリッパをはくようになった。
	・昨年までは、中間期になると 2 階に移動して就寝していたが、今年の春からは就寝場所が 1 階の座敷 1 で固定されるようになった。
冬期	・冬期は、座敷 2 を主に使用し、座敷 2 のみをガスヒーターで暖房する。 ・就寝場所は基本的には座敷 1 であるが、子どもが 1 人で寝るようになったため、子どもが就寝する前に座敷 1 と座敷 2 の間の建具を開放し、座敷 1 を暖房しておく。子どもが座敷 1 で寝始めると、再び建具を閉める。 ・DK には食事の準備をする以外ではあまり使用しない。 ・特に寒いと感じた日には、座敷 1 まで移動することを諦めて座敷 2 で就寝することが多い。次の日に学校や仕事に行く必要のない土曜日に座敷 2 で就寝することが多い。 ・来客がある場合は、DK を暖房したり、座敷 1・座敷 2 を一体的に暖房することがある。 ・暖房を切った場合、建具を開放して外出することが多い。

(3) 1日の生活記録分析

タイムダイアリー調査で記録した1日の夏期・冬期の生活記録を、それぞれ図20、図21にまとめた。なお、夏期は2015年9月12日、冬期は2016年1月24日の生活記録である。

夏期と冬期を見比べた場合、居住者のコメント通り、夏期よりも冬期の方が座敷2に生活行為が集中していることが確認できる。夏期は食事や団らんをDKで、就寝を座敷1で行っているのに対して、冬期はほとんどの行為が座敷2に集中している。外気温の変化によって使用する居室を変えながら生活をしていることがうかがえる。

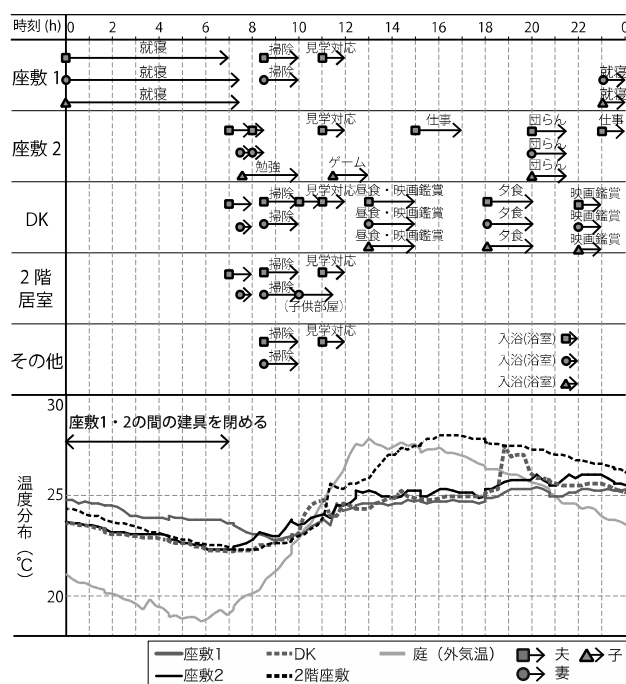


図20. 夏期の1日の生活記録

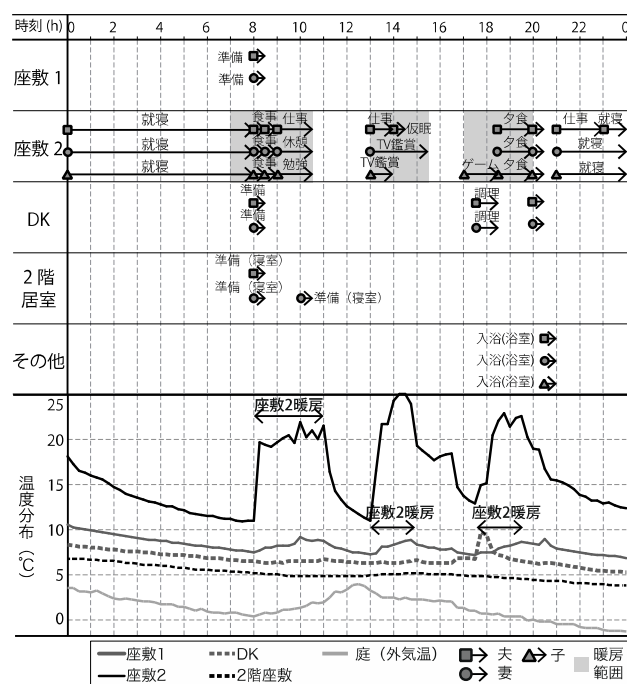


図21. 冬期の1日の生活記録

3-2-3. I邸における住み方の分析

(1) 調査対象居住者の住み方概要

I邸には、30代の共働き夫婦世帯が居住している。夫は自宅（1階）でデザイン事務所を開設しており、妻は会社勤めをしており、平日の昼間(9-20h)、土曜の昼間(9-17h)は自宅にいないことが多い。

1階は、夫の仕事場・居間が作られており、夫婦共に居間で食事をする。また、土間である通り庭に台所が計画されており、主として妻が使用する。2階は、食後にくつろぐスペースと寝室が作られている。接客行為は、1階の居間で対応する。I邸における居住者の主な居場所と生活行為を図22にまとめた。

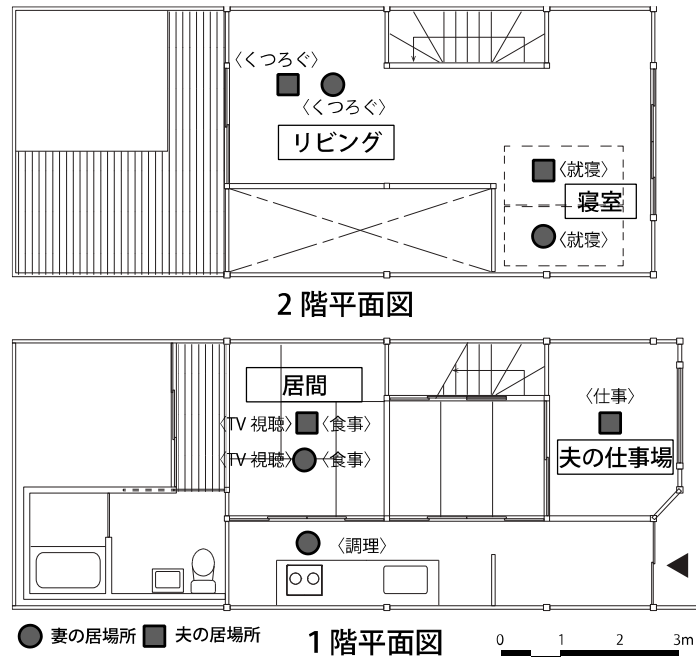


図 22. I 邸における主な居場所と生活行為

(2) 季節ごとの住み方

I 邸における季節ごとの建具の開閉、コメントを図 23 にまとめた。

① 夏期・中間期の住み方

夏期に 1 階で冷房を使用する際は、夫が仕事場にいるかどうかにより、冷房範囲を変更していた。また、妻が台所で料理を行う際には、扇風機と冷房により台所を冷房するという対策も見られた。

1 階で通風を確保するときには、まず庭側の建具を開放していた。夏期の最も暑い時期のみ、玄関部分の窓を開放する対応が見られた。2 階では、ベランダ側の窓は全開にすることもあったが、道路側の窓は騒音の影響を考慮して少し開ける程度だった。

夏期の 1 日の生活を見ると (図 24)、外気温があまり高くなかったためか、冷房は使用しておらず痛風による対応であった。夫の仕事場は 1 階の他の居室よりも常時 1~2℃程度温度が高く、東側窓が嵌め殺しとなっていることが要因と考えられる。

② 冬期の住み方

冬期の暖房については、仕事場ではヒーターにより部屋を暖めていた。ひざ掛けなども併用しながら生活しているというコメントも得られた。その他の居室では、部屋自体を暖めるのではなく、ホットカーペット等によって居住者の居場所付近を暖める「採暖」による対応であった。実際に冬期の 1 日の生活を見ると (図 25)、仕事場のみの温度が 25℃まで上がっている一方で、その他の居室大きな温度変化が見られない。妻が料理を行う際には、ヒーターを台所に向けることがあるというコメントも得られた。

冬期には 1 階の室温が 2 階より低いため、居間(1 階)で過ごす時間を減らし、居間 (2 階) で過ごす時間を長くするという対応も見られた。

	夏期（冷房時）	中間期（通風時）	冬期（暖房時）
平面図	AC: エアコン F: 扇風機 2階 夫の仕事時は建具を開放する 1階 妻の調理時 通常の位置	2階 夜間は建具を閉める 1階 妻の調理時	HC: ホットカーペット H: ヒーター 2階 妻の調理時に建具を開放する 1階 妻の調理時
居住者のコメント	・一番暑い時期は、エアコンを一日中つけるとときもあつた。仕事に集中できない暑さになると辛い（夫）。 ・（夫が）居間1階で過ごすときには、仕事場の建具を閉める。 ・仕事場の方がその他の居室より暑い。エアコンをつけるだけでは、仕事場があまり涼しくならないので、扇風機を使用している。 ・エアコンの設定温度はまず26℃にして、部屋が冷えたと感じたら28℃に上げる。 ・一旦1階庭側の窓を開けて、風が通ったらしばらくそれでいいでみる。風が通らなければすぐにエアコンをつける。 ・夏の暑い時期はエアコンをつけたまま寝ていた。 ・通風で料理をしているときは、通風庭の建具を開けて扇風機を置いてエアコンの冷気を取り入れる。夏は料理中に汗だくになってしまう。 ・1階は涼しいと思うが、やはり2階は暑い。しかし、気密性の高い家（RC造など）よりはカラッとしており、ジメッとした蒸し暑さは感じない。	・エアコンを使用していない時間帯は庭側の窓を開放している。 ・夏場の一番暑い時期は玄関を開けて風通しを確保している。8月下旬ごろにはそこまでやっていない。 ・通風庭の建具は、夜には閉める。玄関から斜めに視線が入ってくる。 ・2階の道路側の窓は少しだけ開けている。外から丸見えなので全部は開けないが、十分それで風は通る。騒音も問題で、歩きながらの音が上に聞こえる。駐車場があるときもさうさうさかつた。騒音は1階の方が気にならない。 ・風通しは良い。特に2階の風通しが良い。 ・比較的早めに衣替えをする。寒暖差対策は、着衣量を変えることで調整している。	・窓はペアガラスにはしたが、建具と柱の隙間は開いており、ビツタリ閉まっていない。2階は隙間風を強く感じる。1階はそもそも寒いので、隙間風の問題ではない。 ・仕事場については、建具を閉めきって暖房をかける。動かないと結構寒いので、暖房しないときつい。 ・寒さの対策としては、着衣量が大きくなる。 ・居間は、火鉢と小さいヒーターを使って部屋を暖める。居間1階で長くじっとしていることは少ない。 ・季節によって居間1階の使い方が主に変わる。 ・2階では、ホットカーペットを出す。暖かくはないが、行動範囲が狭くなる。 ・料理中は、着こんでヒーターを置いて作業をする。靴下2枚くらい履いていることもある。

図 23. 1 邸における建具の開閉と居住者のコメント

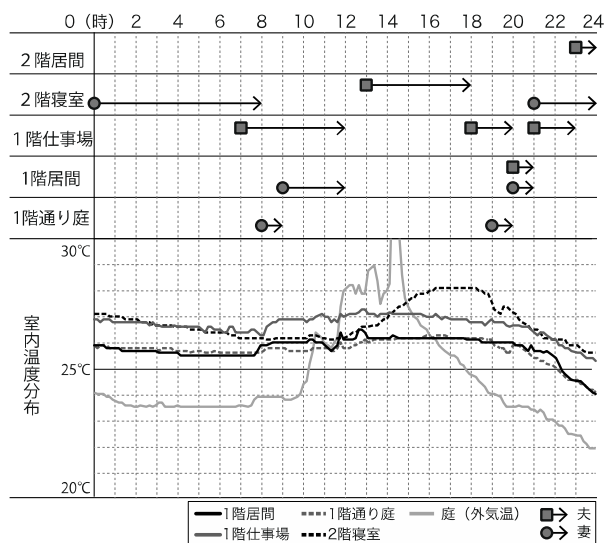


図 24. 夏期の 1 日の生活記録

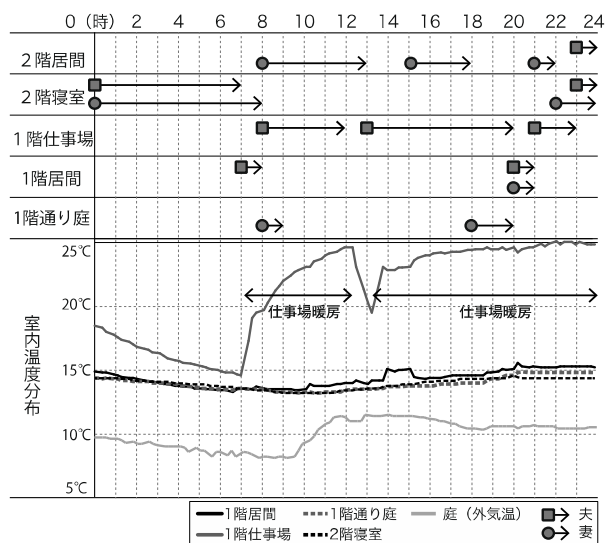


図 25. 冬期の 1 日の生活記録

3-2-4. O邸における住み方の分析

(1) 調査対象居住者の住み方概要

O邸には、30代の共働き夫婦世帯が居住している。夫は自宅（2階）で建築設計事務所を開設しており、妻は芸術家であり自宅（1階）で制作活動を行っている。夫婦共に自宅で仕事を行っているため、基本的には家に滞在していることが多い。

1階は、妻のアトリエ、及びコミュニティスペースとして使用している。2階が居住スペースとなっている。ワンルームの中に、夫の職場・DK・寝室が作られている。接客行為は、基本的には2階で行うが、夏期の非常に暑い時期については、1階で対応することもある。I邸における居住者の主な居場所と生活行為を図26にまとめた。

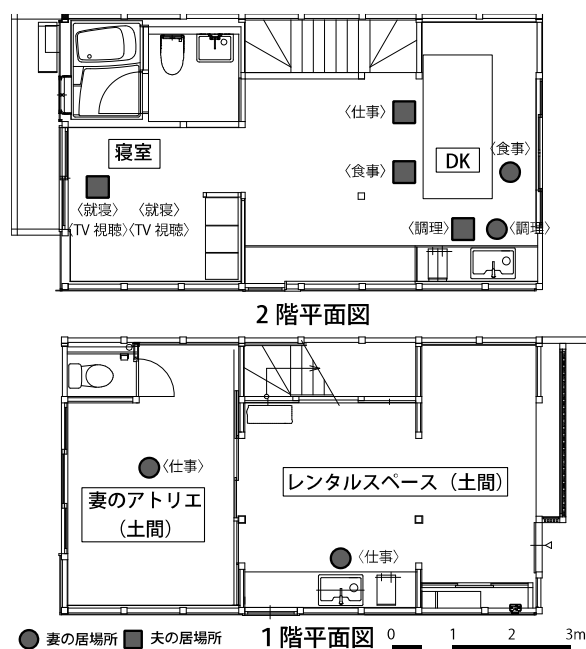


図 26. O邸における主な居場所と生活行為

(2) 季節ごとの住み方

I 邸における季節ごとの建具の開閉、コメントを図 27 にまとめた。

① 夏期及び中間期の住み方

夏期の 2 階冷房時には、エアコンと扇風機を使用していた。夏期の最も暑い時期(8 月上旬)は、常時冷房をしていたが、やや温度が下がり始めた 8 月下旬には、昼間のみ冷房する生活になっていた。2 階エアコンの室外機の熱風が室内に入らないように簾の上げ下げによる対応も見られた。1 階では、天井カセット式のエアコンにより冷房をしていた。夏期の 1 日の生活を見ると(図 28)、2 階の冷房時にも、室温が大きく下がっていないため、室温を維持するためにエアコンを使用していると推察される。

中間期では、窓を常時開放することで通風を取り入れた生活を送っていた。2 階の簾を 10-20cm 上げることで、風通しを良くする工夫が見られた。

② 冬期の住み方

冬期では、2 階中央でホットカーペット・灯油ストーブを使用していた。冬期の 1 日の生活を見ると(図 29)、2 階居室の温度は 20℃を超えておらず、2 階居室全体を暖めるのではなく、I 邸と同様に「採暖」による対応を行っていることが窺えた。冬期は行動範囲が狭くなり、家にいる時はストーブの周りからあまり動かないというコメントを得た。

1 階の居室を使用する時は、ガスヒーターとエアコンを併用していた。1 階では、窓建具のカギを掛けることによって、隙間風を防ぐという対策をすることもあるというコメントが得られた。

	夏期（冷房時）	中間期	冬期（暖房時）
平面図	2階 1階 AC：エアコン F：扇風機 アトリエ（土間） コミュニティスペース（土間） 居室 寝室 上部の小窓を常時開放 簾を20cm程度上げる	2階 1階 アトリエ（土間） コミュニティスペース（土間） 居室 寝室 上部の小窓を常時開放 家具1枚のみを開放する 簾を20cm程度上げる	2階 1階 アトリエ（土間） コミュニティスペース（土間） 居室 寝室 上部の小窓を常時開放 特に寒い日は鍵をかけて隙間風を防止する AC：エアコン S：灯油ストーブ H：ヒーター HC：ホットカーペット
居住者のコメント	- 一番暑い8月上旬ときは、寝ている時もずっと2階のエアコン(27℃設定)をつける。窓を開けると熱気が入ってくるので、夏期の暑い時期は窓は開けない。 8月下旬からは、11時にエアコンをつけて夜寝るときに切る(夫)。 - エアコンは室温を維持する程度に使用している。室内を冷やすという感覚はあまりない。机に置いている温度計で29℃くらいまでは我慢できる。 - 扇風機はエアコンの冷気を前に押し出すために一日中使用する。 1階では、エアコンを27℃設定でつけて作業している。暑いと集中できないので、すぐにエアコンを付ける(妻)。 2階でエアコンを使用していると、室外機の熱気が室内に入ってくる。簾の下部を20cm上げる事で対応している。 - エアコン一台でなんとか住めているので、苦しくはない(夫)。 - 快適とは言えないが、我慢できなくはない。エアコンによる温度差で体調を崩すことはなかった(妻)。	- 夏期でもエアコンを使用しない時間帯は、窓を開けっ放しにしている。扇風機は一日中ついている。 1階の道路側の窓は開けにくいので、小窓は常に開けている。 - 中間期は窓を開けっ放しにしている。9月中旬は夜寝る時も開けていた。 9月下旬は昼だけ建具を開けており、夜間は建具を閉めている。 - 寝室の入り口に布をかけて、夜間には直接風が当たらないようにしている。 - 風通しの良い中間期が一番気持ちいい。 - 風通しが良くなるように、簾を10-20cmくらい上げている。	2階は灯油ストーブとホットカーペットで暖房する。ホットカーペットは常時電源を入れている。ネコを飼っているため、ネコが寒くないように外出している時もホットカーペットの電源を入れている。 20℃前後の温度で生活している。知らず知らずに我慢しているのかもしれない。 2階にいる時は灯油ストーブのある付近で生活している。基本的には、ストーブの付近から動かない。 1階は天井カセツ式のエアコンとガスヒーターで暖房する。1階の方が室温自体は高くなる。 1階の方が足元が冷えるため、寒く感じる(妻)。 1階の方が部屋全体が暖かくなる(夫)。1階から2階に移動する時、階段で一度冷えて、2階で少しあたたかくなる。 1階は非常に寒いので、アトリエでの制作ベースが落ちる。2階でできる作業を行うなどで対応している(妻)。

図 27. I 邸における建具の開閉と居住者のコメント

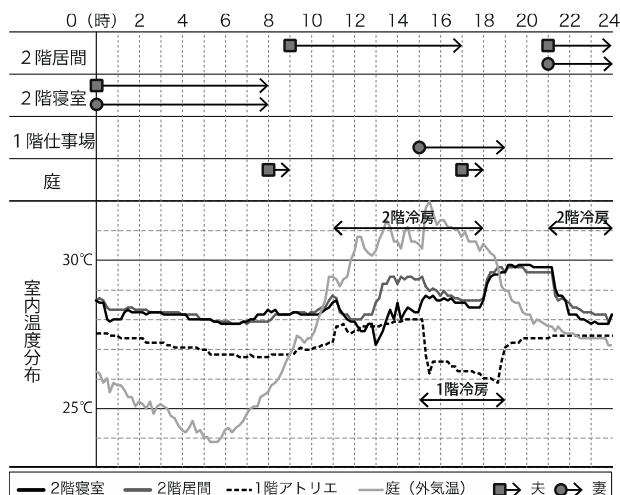


図 28. 夏期の1日の生活記録

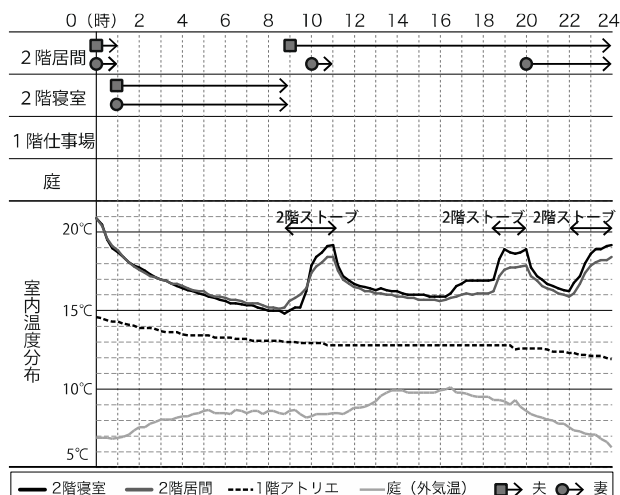


図 29. 冬期の1日の生活記録

3-3. ヒートショックの発生要因の分析

3-3-1. 被験者実験の方法

冬期において、被験者に断熱区画内（座敷 2）から断熱区画外に移動してもらう実験を実施した。被験者は 20 分間座敷 2 に滞在し、その後断熱区画外の指定された移動空間に移動し、再び座敷 2 に戻ってくる（図 30）。測定項目は、被験者の血圧変動⁶・皮膚温度・温冷感、及び、移動経路の気温・床表面温度である。血圧は、座敷 2 から移動する直前、移動空間滞在 3 分後、座敷 2 に戻った直後の 3 箇所所で測定した。

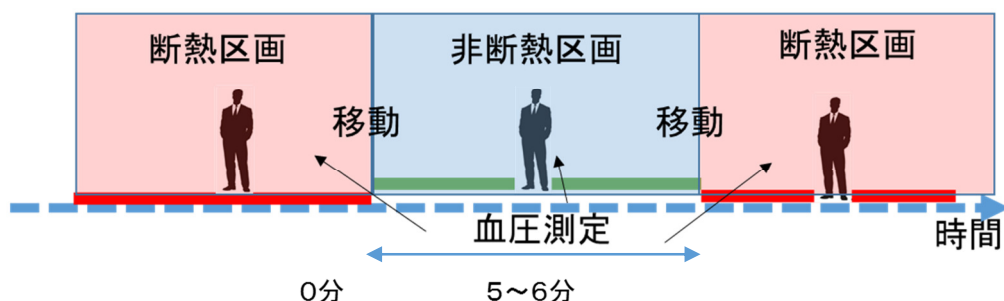


図 30. 被験者実験の概要

3-3-2. 日常生活におけるヒートショック実験

(1) 実験概要

改修後の日常生活におけるヒートショックを調査することを目的とし、被験者を居住者（40 代男性）、移動空間をダイニング（土間）、トイレ、庭とした。ダイニング及びトイレの実験については、被験者がスリッパを履く場合と裸足の場合の 2 パターンで実施した。トイレでは、被験者に下半身の衣服を脱いでもらった。被験者の着衣量は普段通りのものであり、その値は約 0.7(clo)であった。被験者実験のパターンを表 4

⁶⁾ 血圧の分析には変化量が大きく、室温の影響を最も受けやすいと考えられる「収縮期血圧」の値を用い、座敷 2 → 非断熱区画 → 座敷 2 の 3 つの地点で測定した。

に示す。また、被験者の移動経路を図 31 に示す。

表 4. 日常生活における被験者実験の概要

移動パターン	I-1	I-2	II-1	II-2	III
移動空間	ダイニング	ダイニング	トイレ	トイレ	庭
被験者の足元	スリッパ	裸足	スリッパ	裸足	スリッパ
着衣の変化			下半身脱衣	下半身脱衣	

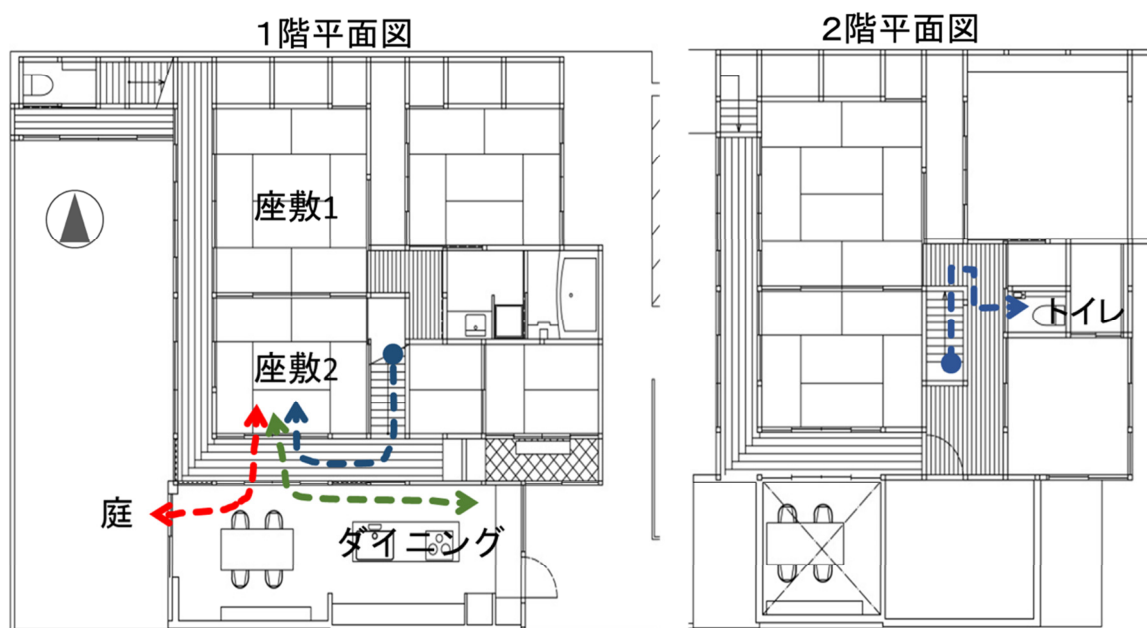


図 31. 改修後の被験者実験における移動経路

(2) 実験結果の考察

図 32～図 34 に各実験における血圧変動を示した。ダイニングのスリッパを履いた場合と庭に出た場合では、それほど大きな血圧変動は見られなかったが、それ以外の場合では収縮期血圧が 30(mmHg)程度変動した。これはめまいが起こる可能性があると言われる変動である。図 35 に示した実験中の皮膚温度の変動を比較すると、血圧変動が大きい時は皮膚温度の変化も大きいという結果となった。

ダイニングの実験では、スリッパを履くことで裸足より血圧変動が小さくなっていた。住み方の工夫によってヒートショックを緩和できる可能性が示唆された。トイレの実験では、スリッパ、裸足に関わらず大きな血圧変動となり、温度格差だけではなく着衣量の変化が血圧変動に影響していると推察された。温度格差が最も大きかった庭の実験では、血圧・皮膚温度の変化は共に小さくなく、温度格差だけがヒートショックの原因とは言えない結果となった。

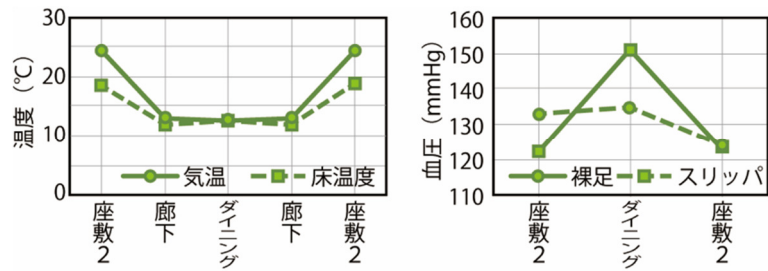


図 32. ダイニングへの移動時の温度（左）と血圧（右）

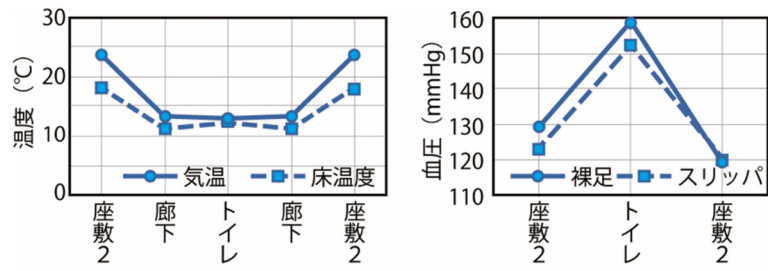


図 33. トイレへの移動時の温度（左）と血圧（右）

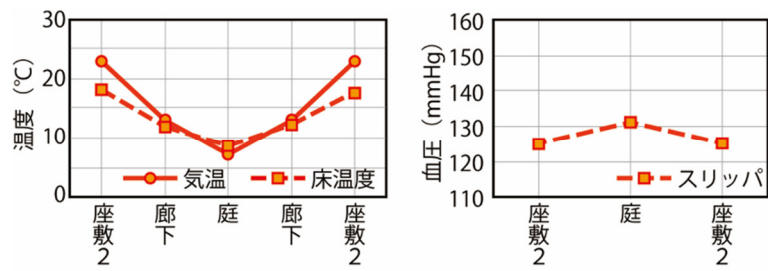


図 34. 庭への移動時の温度（左）と血圧（右）

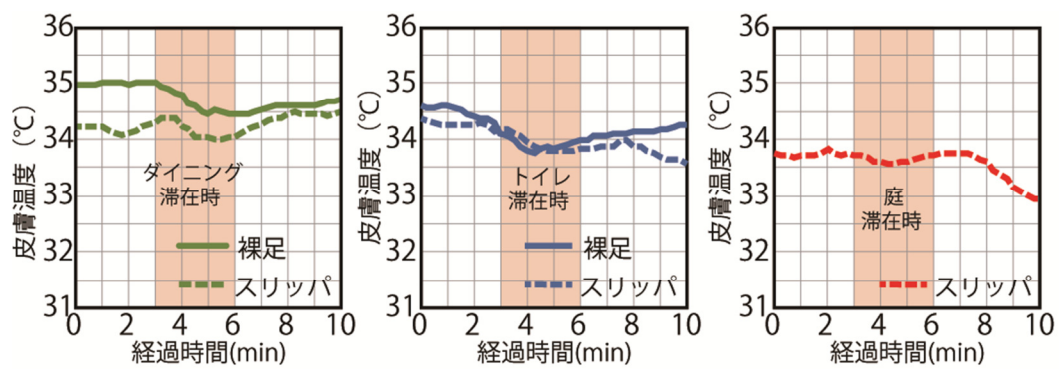


図 35. 核実験における皮膚温度

3-3-3. 改修前後におけるヒートショック実験

(1) 実験概要

部分断熱改修によるヒートショック発生の有無を検証するために、大学生4名を被験者とし、改修前と改修後の条件を比較した。トイレ及び脱衣所を移動空間とし、被験者には衣服を脱ぐところまで行ってもらった。「改修前」については、生活調査に基づいて改修前の室温と居住者の着衣量を再現した。改修前後で座敷2の室温に差をつけるとともに、被験者の着衣量を、改修前1.5(clo)、改修後0.7(clo)とした。

被験者実験のパターンを表5に示す。また、被験者の移動経路を図36に示す。実験中の室温は図37に示した通りであった。

表5. 改修前後における被験者実験のパターン

移動パターン	IV-1	IV-2	V-1	V-2	V-3
移動空間	脱衣所	脱衣所	トイレ	トイレ	トイレ
温度と着衣量	改修前	改修後	改修前	改修後	改修後
着衣の変化	全身脱衣	全身脱衣	下半身脱衣	下半身脱衣	下半身脱衣
その他の条件			暖房便座 ON	暖房便座 ON	暖房便座 OFF

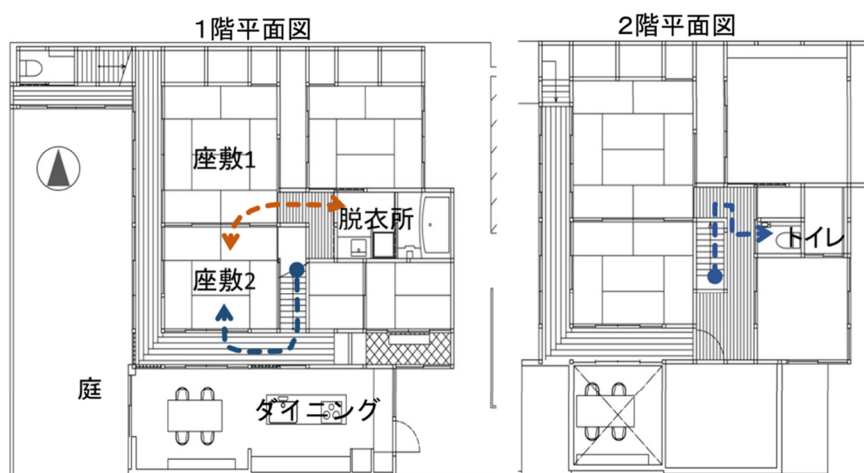


図36. 改修後のヒートショック実験における移動経路

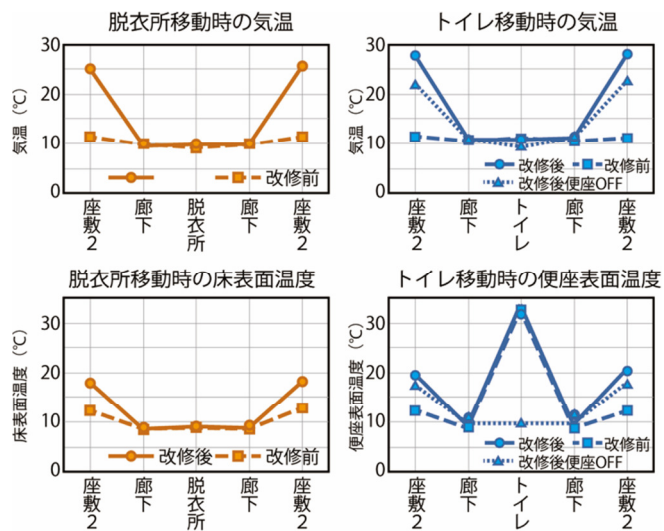


図37. 各実験における室温と表面温度

(2) 実験結果の考察

血圧の変動は、被験者の収縮期血圧の平均値を図 38 に示した。改修前、改修後ともに血圧が 20 (mmHg) 程度変化しているが、わずかに改修前の方が小さな変化であった。トイレでは、暖房便座を OFF にした場合、より大きな血圧変動となった。皮膚温度は、1 人の被験者の皮膚温度の変化を図 39 に示した。改修前の皮膚温度は移動前から低くなっており、皮膚温度の変化は改修後よりも小さくなった。脱衣所に移動した際の標準有効温度 SET* と被験者の温冷感を図 40 に示した。改修前後で温冷感を比較すると、座敷 2 では改修後の方が高くなっており、温冷感の変化も改修後の方が大きかった。

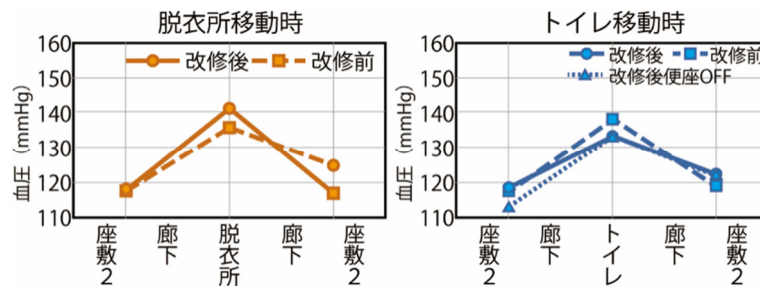


図 38. 各実験における血圧

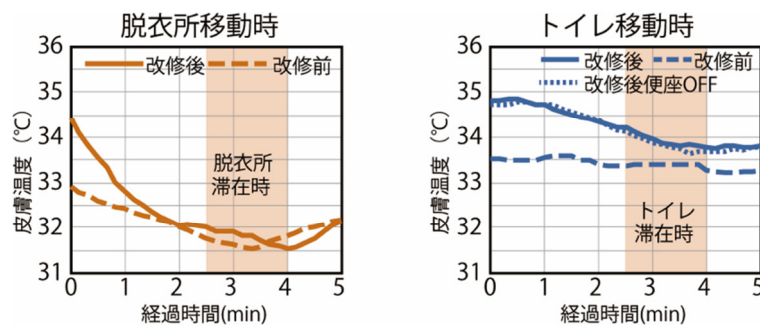


図 39. 各実験における皮膚温度

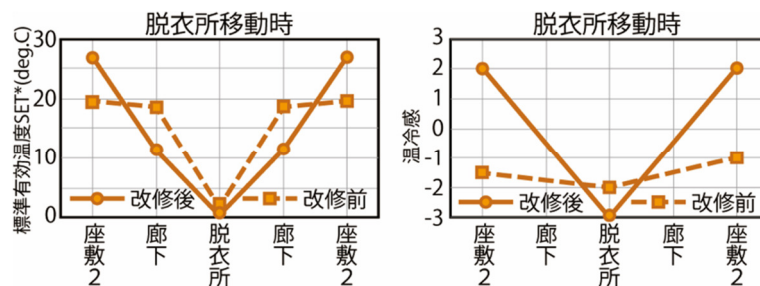


図 40. 有効標準温度 SET* と温冷感

4. 結果と考察

本研究では、伝統構法の木造住宅における断熱改修手法として「部分断熱改修」の可能性に着目し、京都における京町家を対象とした測定・調査を通じて、その意義を検証した。以下に、本研究で得られた知見を示す。

4－1．部分断熱改修による断熱・気密性能の改善効果の定量化

- ・ 入れ子型断熱区画を評価する指標として、簡易な実測に基づく「熱取得」及び「熱損失」の算出式を構築し、対象住宅において適用した。
- ・ 伝統構法の木造住宅における部分断熱改修による断熱・気密性能の改善効果を定量的に明らかにすることができた。
- ・ さらに、熱損失量の内訳を実測値から算出し、総合熱損失率が蓄熱と換気の影響を大きく受けていることを確認した。

4－2．季節ごとの住み方から見た部分断熱改修の意義

- ・ 断熱区画内への生活行為を集約させることにより、冬期の寒さ対策としての入れ子型部分断熱改修に意義があることを明らかにした。
- ・ 建具の開閉や建具替えによって、夏期や中間期における、風通しの確保など内部空間と外部空間の繋がりを活かした住まい方の継承に意義があった。
- ・ 繊細な季節の変化によって住み方を変更する等、住まい手自らの選択性のある断熱改修手法として意義があった。
- ・ 断熱建具には、温熱環境的な効果だけではなく、住まい手が住まいに積極的に関わる仕掛けとしての意義も確認された。

4－3．部分断熱改修によるヒートショックの発生要因

- ・ ヒートショックは部分断熱改修による温度格差だけが原因で発生するとは限らないことが明らかになった。着衣量の変化やスリッパを履くかどうかもヒートショックの要因であり、居住者による住み方の工夫によってヒートショック対策の可能性が示唆された。
- ・ 着衣量に変化せざるを得ない脱衣所やトイレでは、血圧、皮膚温度共に大きな変化となっており、温熱環境の改善や補助暖房の設置などの対策が必要である。
- ・ 標準有効温度 SET*と温冷感から、改修によって断熱区画内の温冷感、快適感は確保されたが、断熱区画内外での変化が大きくなったことが確認された。

以上、本研究では、京町家における断熱改修手法として、部分断熱改修が一定の有効性を持っていることを示すとともに、ヒートショックに対する配慮が特に課題であることを明らかにした。

5．京都市の政策に繋がる実践的な提言

本研究では、部分断熱改修によって京町家の断熱改修に効果があることを示した。今後、京町家の断熱改修の普及促進を支援する政策の一層の展開が望まれる。本研究で得られた成果を踏まえると、京町家の断熱改修政策の展開にあたっては、以下の3点に配慮すべきである。

- 1) 京町家の場合、本研究で示したような居室単位の部分断熱改修についても支援の対

象とすべきである。

- 2) 部分断熱改修では、単に断熱・気密性能を向上させるだけではなく、通風経路の確保、間取りの柔軟性といった居住者の住み方に関わる要素も重要であり、断熱建具などの居住者が温熱環境の調整に積極的に関わることでできる技術も積極的に支援すべきである。
- 3) 着衣量が変化するトイレや浴室ではヒートショックが発生する可能性が高く、主要居室だけではなく、トイレや浴室における温熱環境の改善を重点的に支援すべきである。

6. 今後の研究課題

今後の研究課題を、温熱環境の視点と住み方の視点に分けて整理すると、以下の項目を挙げることができる。

1) 部分断熱改修の効果の定量化手法に関する課題

本研究では、3住宅における簡易な実測を元に「総合熱損失率」という指標を用いて部分断熱改修の効果の定量化を試みたが、対象事例のサンプル数が少ないこともあり、対象住宅の断熱性能を相対的に示す段階に留まっている。現行の省エネ基準と照らしあわせて、どの程度の数値を目指すべきかという絶対値評価には至っていない。今後は、サンプル数を増やすなどして、目指すべき「総合熱損失率」の値を明確化する必要がある。

2) ライフスタイルと部分断熱改修手法との関係に関する課題

本研究で対象としたN邸では、家族が一つの部屋で行為をすることが多い居住者であったため、1室だけの部分断熱改修であっても効果的であった。しかし、家族が別々の部屋で単独行為を行うことが多いライフスタイルについては、必ずしも一部屋のみの部分断熱改修が効果的とは言えない可能性がある。今後は、居住者のライフスタイルに応じた部分断熱改修手法を提示する必要がある。

3) ヒートショック対策に関する課題

本研究で対象とした住宅の居住者は、30～40代と比較的若い世帯であったため、ヒートショックは大きな問題ではなかった。しかし、京町家には高齢者が暮らしているケースも多いと考えられるため、ヒートショック対策は非常に重要な課題である。本研究で提言しているトイレや浴室を部分断熱改修した場合等の効果について検証が必要である。

参考文献

生川慶一郎，高田光雄，近本智行，土井脩史，原田和幸：居住者の住み方に配慮した部分断熱改修設計の検討—伝統構法の木造住宅における断熱改修手法に関する研究 その1—，日本建築学会近畿支部研究報告集（計画系）pp. 49-52，2015. 6

土井脩史，高田光雄，近本智行，生川慶一郎，原田和幸：居住者の住み方から見た部分断熱改修の意義－伝統構法の木造住宅における断熱改修手法に関する研究 その2－，日本建築学会近畿支部研究報告集（計画系）pp. 53-56，2015. 6

原田和幸，高田光雄，近本智行，生川慶一郎，土井脩史：京町家における建具及び天井部での部分断熱改修による夏期・冬期の省エネ効果の検証，日本建築学会近畿支部研究報告集（環境系）pp. 229-232，2015. 6

生川慶一郎，高田光雄，近本智行，土井脩史，酒向真考，原田和幸：京町家における地域居住文化に配慮した部分断熱改修 その1，日本建築学会学術講演梗概集（近畿）建築デザイン pp. 4-5，2014. 9

田中哲，高田光雄，近本智行，生川慶一郎，土井脩史，酒向真考，原田和幸：京町家における地域居住文化に配慮した部分断熱改修 その2，日本建築学会学術講演梗概集（近畿）建築デザイン pp. 6-7，2014. 9

土井脩史，高田光雄，近本智行，生川慶一郎：既存集合住宅における断熱建具を導入した部分断熱改修手法に関する研究，日本建築学会計画系論文集第 81 巻第 720 号，pp. 249-258，2016. 2

土井脩史，高田光雄，近本智行，生川慶一郎，酒向真考：部分断熱改修における断熱建具によるフレキシビリティの有効性，住宅系研究報告論文集 8，pp.21-28，2013.12

土井脩史，田嶋圭一，矢谷百代，生川慶一郎，近本智行，高田光雄：既存賃貸集合住宅における部分断熱改修実験，日本建築学会技術報告集 第 42 号，pp.677-682，2013.6

平林真介，遠山征希，豊田兼昭，岩前篤：戸建住宅の部分断熱改修における断熱効果の検証，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2，pp.421-422，2012.8

齋藤宏昭，服部哲幸，松島加奈，桑沢保夫，石崎竜一，澤地孝男，瀬戸裕直，井上隆：温暖地の木造住宅における部分断熱改修による断熱性能改善効果の検証，日本建築学会環境系論文集 No.632，pp.1163-1169，2008.10

岩前篤，加藤信介，鈴木大隆：戸建住宅の部分断熱による効果に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2，pp.89-90，2006.8

坂部芳平，鈴木大隆，北谷幸恵：部分断熱区画導入による住宅高断熱化手法の基礎的検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2,pp.23-24,2008.9

島村昇，鈴木幸雄他：京の町家-生活と空間の原理-，鹿島出版会，1971

京都新聞社編：京の町家考，京都新聞社，1995

宗田好史：町家再生の論理-創造的まちづくりへの方途-，学芸出版社，2009

増田啓子，北川秀樹：町家と暮らし-伝統、快適性、低炭素社会の実現を目指して-，晃洋書房，2014