

住宅の断熱改修が室内温熱環境変化に与える影響に関する研究

KONO, Ryota / 河野, 涼太

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院デザイン工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

Bulletin of graduate studies. Art and Technology / 法政大学大学院紀要. デザイン工学研究科編

(巻 / Volume)

12

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00030201>

住宅の断熱改修が 室内温熱環境変化に与える影響に関する研究

RESEARCH ON THE EFFECT OF THERMAL INSULATION RETROFIT
ON CHANGES IN INDOOR THERMAL ENVIRONMENT

河野涼太

Ryota KONO

主査 川久保俊

法政大学大学院デザイン工学研究科建築学専攻修士課程

In recent years, attention has focused on the relationship between housing and health. Under such circumstances, health hazards caused by poor living environments, such as heat shock, have become an issue, and the thermal environment in housing needs to be improved as soon as possible. Therefore, this study focused on insulation retrofitting as one means of improving the thermal environment in housing. As a result, it was confirmed that the larger the thermal transmittance difference between openings, i.e., the higher the thermal insulation performance of the openings, the greater the improvement in the thermal environment, including the minimum room temperature, daily temperature difference, and outdoor temperature-room temperature difference.

Key Words : Thermal insulation retrofit, Thermal environment

1. 序論

近年、日本では高齢者人口が増加し、2022 年 9 月時点で日本の総人口の 29.1%が 65 歳以上であることが明らかとなっている [1]。そして、今後も日本における高齢者人口の増加が問題視されており、2040 年には国民の 35.2%が 65 歳以上となることが予測されている [1]。日本における高齢者人口の割合は世界で最も高いため、前例のない高齢化社会の抱える多くの問題をいち早く解決することが求められる [1]。高齢化社会の大きな問題の一つが医療費や介護費等の社会保障関係費の増加である [2]。社会保障関係費は高齢者人口の増加に合わせて費用も増加する [3] ため、今後増え続ける社会保障関係費を抑制するためには国民が健康であることが必要不可欠とされる。現在、様々な分野で健康に与える影響の把握が行われる中、建築分野においても住環境と健康状態の関係性が国内外で確認され始めている。

WHO [4] では住環境の質が居住者の健康状態に影響を与えることをガイドラインで記載しており、居住者の健康状態を良好に保つために室内の温度を 18℃以上とすることを推奨している。また、英国保健省 [5] においても冬季の最低室温を 18℃以上とすることを推奨しており、室温が 9～12℃では血圧上昇や心臓血管疾患発症リスクがあることや 5℃以下では低体温症のリスクがあること

を示している。このように良好な温熱環境が居住者の健康状態に良い影響を与える一方で、劣悪な温熱環境が居住者にもたらす健康被害も問題視されている。例えば、ヒートショックがある。これは冬季の劣悪な温熱環境が脳梗塞や心筋梗塞等を引き起こす健康障害とされており [6-7]、家庭内で最も多い死亡事故である、溺死を引き起こす原因とされているため問題視されている [8]。

国民の健康を維持するためには温熱環境の整備を早急に行うべきである。住宅における温熱環境を改善する手段は様々あるが、本研究では既存住宅の断熱性能を向上させる断熱改修に着目する。断熱改修とは、既存住宅における断熱材の充填や、断熱性能の高い建具への交換をすることで住宅の温熱環境を改善することである [9]。現状、断熱改修はあまり普及されていない。それは、断熱改修の温熱環境改善効果が定量的に示せていないことが要因の一つとして考えられる。そこで、本研究では全国の断熱改修を実施した住宅を対象に、断熱改修が室内温熱環境に与える影響を定量的に示すことで断熱改修の実施を促す一助とする。そして、断熱改修が全国の住宅へ普及することで温熱環境改善によるヒートショック等の健康障害の発生を抑制し、国民の健康状態を良好に維持、最終的に医療費や介護費等の社会保障費増加の抑制に影響を与えることが可能であると考えられる。

2. 研究方法

(1) 調査概要

本研究は、国土交通省スマートウェルネス住宅等推進モデル事業〔10-11〕にて収集したデータを使用し分析を実施する。本調査は住環境の改善が居住者の健康状態に与える影響を把握することを目的とし、全国の断熱改修を実施した住宅に対して居住者の健康状態等に関するアンケート調査と温湿度に関する実測調査を行った。

(2) 分析対象

本研究は、全国の断熱改修工事補助を受ける住宅のうち、アンケート調査と温湿度実測調査、住宅図面の提供を行った住宅 886 世帯を対象に分析を実施した。特に、断熱改修の温熱環境改善効果を定量的に把握すべく断熱改修に伴って改築を行った住宅を除外した。有効分析対象を 379 世帯とする。サブジェクトフローを図 1 に示す。

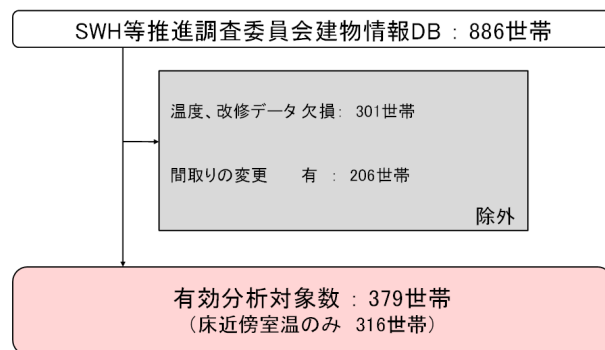


図 1 サブジェクトフロー

(3) 分析対象の基本属性の単純集計

分析対象 379 世帯の基本属性の単純集計結果を示す表 1、図 2 に示す。居住者構成は 2 人が約半数を占め、次に 3 人暮らしが多かった。築年数は 20～30 年が最も多く、20 年未満と 30～40 年が約 2 割を占めた。住宅形態は約 9 割が戸建住宅で約 1 割が集合住宅であった。住宅構造は木造住宅が 55%と多く確認された。次に鉄骨造、RC 造の順で回答が多かった。住宅規模は、ほとんどが 2 階建て住宅で、1 階、3 階建ての住宅も確認された。延床面積は 100～200 m² が約 7 割を占めており、100 m² 未満が約 2 割であった。省エネルギー基準地域区分〔12〕は、6 地域が最も多く、5 地域、4 地域を含めた 3 つの地域が大半を占めた。断熱改修範囲では開口部のみ断熱改修を実施した例がほとんどである。

(4) 基本属性別の断熱改修前後の温熱環境変化

基本属性別の断熱改修前後における温熱環境変化を把握した。基本属性と温熱環境の関連の見られた一部結果を抜粋する。築年数別の居間の最低室温において、築年数が増加するほど最低室温が低い傾向が確認された (図 3)。住宅形態別 18℃達成割合に関して、戸建住宅と比較して集合住宅の居間の 18℃達成割合が高いことが確認された (図 4)。温熱環境に関して築年数や住宅形態、住宅構造が影響を与えることが示唆された。

表 1 基本属性の単純集計

項目	分類	n 数	割合
居住者構成	1 人	40	10.6
	2 人	175	46.2
	3 人	80	21.1
	4 人	55	14.5
	5 人以上	29	7.6
築年数	20 年以下	86	22.7
	21～30	160	42.2
	31～40	85	22.4
	41 年以上	48	12.7
住宅形態	戸建住宅	344	90.8
	共同住宅	32	8.4
	その他	3	0.8
住宅構造	木造	209	55.1
	鉄骨造	124	32.7
	鉄筋コンクリート造	34	9.0
	その他	12	3.2
住宅規模	1 階建	22	5.8
	2 階建	313	82.6
	3 階建以上	44	11.6
延床面積	100 m ² 以下	87	23.0
	101～200 m ²	268	70.7
	201 以上	24	6.3
地域区分	2 地域	1	0.3
	3 地域	3	0.8
	4 地域	36	9.5
	5 地域	95	25.1
	6 地域	231	60.9
	7 地域	13	3.4

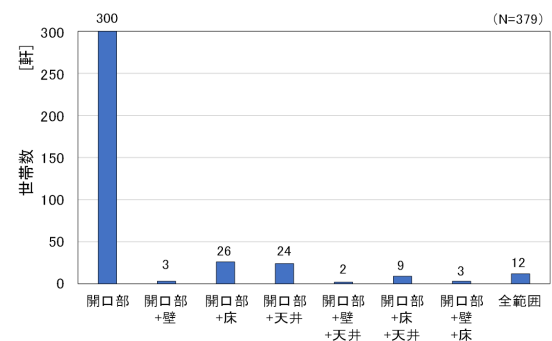


図 2 断熱改修部位ごとの世帯数

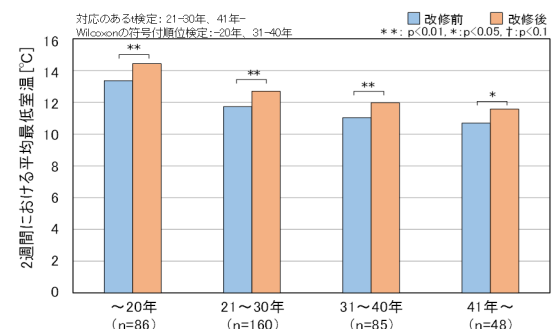


図 3 築年数別の断熱改修前後の最低室温 (居間)

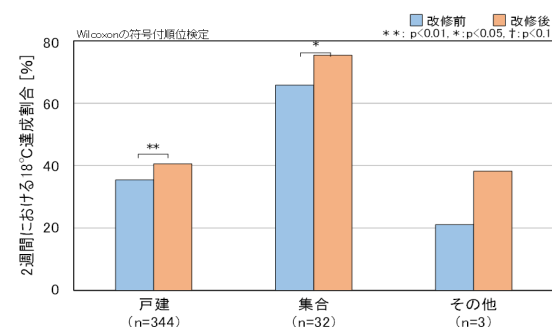


図 4 住宅形態別の断熱改修前後の 18℃達成割合 (居間)

3. 研究結果

(1) 開口部の断熱改修前後の温熱環境変化

断熱改修が温熱環境に与える影響を定量的に把握するにあたり本研究のほとんど全ての住宅が開口部のみ断熱改修をしている点に着目した。先行研究では、開口部熱損失量と最低室温のクロス集計を実施したが、クロス集計のみでは定量的な温熱環境改善効果の把握は難しい[13]。そこで、本研究では開口部の熱貫流率と断熱改修前後の温熱環境に関して重回帰分析を実施することで温熱環境改善効果を定量的に把握する。熱貫流率とは、室内と室外の温度差が1℃の場合に1㎡あたりに逃げる熱量であり、値が大きいほど熱が逃げやすく、小さいほど熱が逃げにくい[12]。

断熱改修前後における開口部の熱貫流率を2群に分け温熱環境とクロス集計を実施した。その結果、居間の最低室温、床近傍最低室温、日較差、外気温-室温温度差、18℃達成割合で熱貫流率の差が大きいほど温熱環境が有意に改善する傾向が確認された(図5、図6)。より詳細に断熱改修による温熱環境改善効果を把握すべく重回帰分析を行った。その結果、最低室温において熱貫流率が1W/㎡・K増加する毎に最低室温が0.31℃高くなることが明らかとなった(表2)。アルミサッシ・単板ガラスの開口部を樹脂サッシ・複層ガラスに改修した場合の熱貫流率差分が4.18W/㎡・Kであるため[12]その場合の最低室温上昇量は約1.3℃であるということが表せる。日較差においても同様の傾向が確認され、1W/㎡・K増加する毎に日較差が0.31℃減少することが明らかとなった(表3)。床近傍最低室温、外気温-室温温度差、18℃達成割合においても熱貫流率の小さい開口部を使用することで有意に温熱環境が改善する傾向が確認された。(表4、表5)

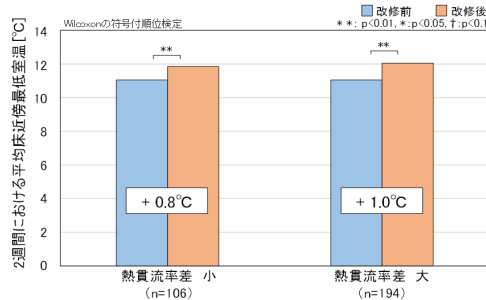


図5 熱貫流率差と改修前後の床近傍最低室温(居間)

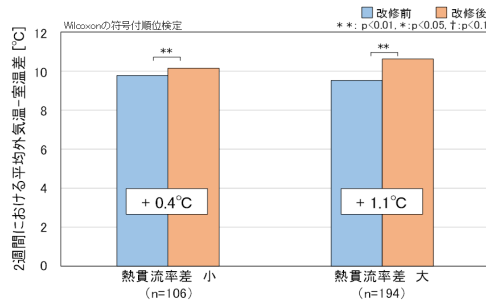


図6 熱貫流率差と改修前後の外気温-室温温度差(居間)

表2 最低室温変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の最低室温変化量 [℃]			
説明変数	偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-1.30	—	0.04 *
延床面積 [㎡]	4.9×10 ⁻³	0.10	0.03 *
居間開口面積 [㎡]	0.06	0.07	0.10 †
熱貫流率の差分 [W/㎡・K]	0.31	0.12	0.01**
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	0.67	0.67	<0.01**

表3 日較差変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の日較差変化量 [℃]			
説明変数	偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	1.15	—	0.19
延床面積 [㎡]	-3.1×10 ⁻³	-0.05	0.31
居間開口面積 [㎡]	-0.01	-0.01	0.79
熱貫流率の差分 [W/㎡・K]	-0.31	-0.10	0.05†
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	-0.55	-0.47	<0.01**

表4 床近傍最低室温変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の床近傍最低室温変化量 [℃]			
説明変数	偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-0.95	—	0.09†
延床面積 [㎡]	-0.3×10 ⁻³	-0.01	0.86
居間開口面積 [㎡]	0.07	0.09	0.03†
熱貫流率の差分 [W/㎡・K]	0.40	0.16	<0.01**
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	0.70	0.62	<0.01**

表5 外気温-室温温度差を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の外気温-室温温度差 [℃]			
説明変数	偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-1.31	—	0.04*
延床面積 [㎡]	4.9×10 ⁻³	0.12	0.03*
居間開口面積 [㎡]	0.06	0.09	0.10†
熱貫流率の差分 [W/㎡・K]	0.31	0.14	0.01**
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	-0.55	-0.47	<0.01**

（２）開口部の断熱改修前後の温熱環境変化

本節では、前節の開口部のみ断熱改修を実施した住宅以外の住宅に着目し分析を実施した。断熱改修範囲を3群に分け温熱環境とクロス集計を行った。断熱改修範囲の分類を表6に示す。その結果、断熱改修範囲が広いほど居間の最低室温、床近傍最低室温、日較差、外気温-室温温度差、18℃達成割合が有意に改善されることが確認された（図7、図8）。断熱改修範囲における温熱環境の改善効果をより詳細に分析するために重回帰分析を実施した。居間の最低室温に関して、全ての範囲を断熱改修した住宅は開口部のみ断熱改修した住宅と比較して2.03℃高く、開口部に加えその他の外皮を1箇所又は2箇所改修した住宅は0.89℃高いことが確認された（表7）。日較差においては全範囲断熱改修をした住宅が開口部のみ断熱改修した住宅と比較して-2.64℃減少することが確認された（表8）。床近傍最低室温、外気温-室温温度差において断熱改修範囲が広いほど有意に温熱環境が改善することが明らかとなった（表9）。

表6 断熱改修範囲の分類

分類	改修範囲
小	開口部
中	開口部+開口部以外の外皮（天井、壁、床） 1箇所または2箇所
大	開口部+天井+壁+床

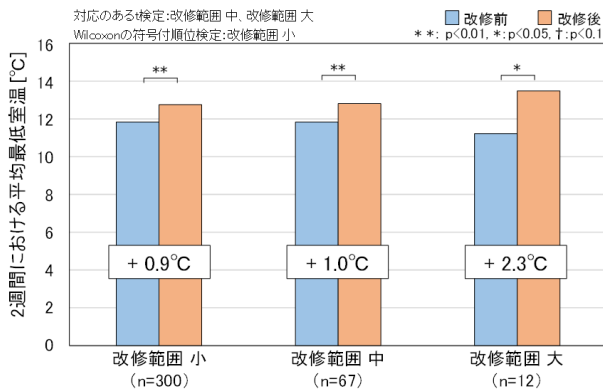


図7 断熱改修範囲と断熱改修前後の平均室温（居間）

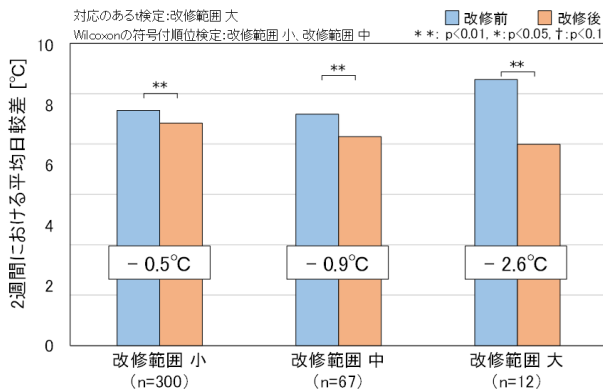


図8 断熱改修範囲と断熱改修前後の日較差（居間）

表7 最低室温変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の最低室温変化量 [℃]				
説明変数		偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-	-0.84	—	0.08†
改修範囲 (ref.開口部のみ)	大	2.03	0.14	<0.01**
	中	0.89	0.13	<0.01**
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	-	0.68	0.67	<0.01**
延床面積[m ²]	-	5.3×10 ⁻³	0.10	0.01**
断熱改修前後の開口部の熱貫流率の差分 [W/m ² ・K]	-	0.29	0.11	0.01**

表8 日較差変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の日較差変化量 [℃]				
説明変数		偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-	0.99	—	0.15†
改修範囲 (ref.開口部のみ)	大	-2.64	-0.15	<0.01**
	中	-1.09	-0.13	<0.01**
断熱改修前後の最低外気温差分 [℃]	-	-0.56	-0.45	<0.01**
延床面積[m ²]	-	-3.8×10 ⁻³	-0.06	0.21
断熱改修前後の開口部の熱貫流率の差分 [W/m ² ・K]	-	-0.27	-0.08	0.07†

表9 外気温-室温温度差変化量を目的変数とした重回帰分析

目的変数：断熱改修前後の居間の外気温-室温温度差変化量 [℃]				
説明変数		偏回帰変数	標準化偏回帰変数	有意確率
定数	-	-1.47	—	<0.01**
改修範囲 (ref.開口部のみ)	大	2.37	0.19	<0.01**
	中	1.29	0.22	<0.01**
延床面積[m ²]	-	7.2×10 ⁻³	0.16	<0.01**
断熱改修前後の開口部の熱貫流率の差分 [W/m ² ・K]	-	0.39	0.17	<0.01**

4. 結論

本研究では、断熱改修を実施した住宅を対象に改修前後の温度データを用いて、断熱改修が温熱環境に与える定量的な影響を把握することを目的とした。分析は、属性別の断熱改修前後の温熱環境比較、開口部熱貫流率差分と温熱環境の関係性に関する分析、断熱改修範囲と温熱環境の関係性に関する分析を実施した。得られた知見を以下に示す。

- ・断熱改修前後で開口部の熱貫流率差（断熱性能の向上効果）が大きいほど最低室温、床近最低傍室温が上昇することが確認された。最低室温の上昇に伴い日較差の減少等、温熱環境が改善することが明らかとなった。

- ・断熱改修前後で開口部の熱貫流率差（断熱性能の向上効果）が大きいほど外気温-室温温度差が上昇することが明らかとなった。

- ・開口部の断熱改修を実施する際、アルミサッシ・単板ガラスから、樹脂サッシ・複層ガラスへ交換することで最低室温が約1.3℃上昇することが確認された。

- ・開口部のみ断熱改修した群と比較して全範囲断熱改修を実施した住宅は約2.0℃室温上昇量が多いことが示唆された。

- ・断熱改修範囲を大きくするほど最低室温が上昇し、それに伴う日較差の減少等の温熱環境が安定した。

本研究において住宅の断熱改修が室内温熱環境に大きな影響を与えることが明らかとなった。しかし、本研究において分析を実施する上で課題点が多く浮上した。

課題点は、改修前後で暖房方式や生活リズムの把握ができていない点、分析対象データが少ない点である。

本研究では、断熱改修に伴う温熱環境変化に関して把握を行ったが最低室温等の暖房にあまり大きく影響しない指標に関しては有意な結果が得られた。一方で平均室温や18℃達成割合等の暖房による影響を直接的に受けてしまう指標に関しては有意な結果が得られなかった。これらの居住者の生活による影響を考慮することが今後の分析で必要不可欠である。

次に、本研究で用いたデータに関して温度データが欠損している住宅、室名が記載されていない住宅等データ欠損のある住宅が多く確認された。これらの住宅に関して閾値の設定や居室の仮定を行うこと等のデータの取り扱いに関して検討する必要があると考える。また、欠損がないが断熱改修前後で間取りを変更した住宅を多く除外したがこれらのデータの使用方法次第でデータの拡充が可能であると考えられる。本分析では使用しなかったが断熱改修費用のデータや居住者の主観評価等のデータを使用することで断熱改修による投資回収年数の算出や温熱環境に対する主観評価の分析等が可能となり本研究のさらなる発展へと繋がる可能性がある。

謝辞：本研究は国土交通省が支援するスマートウェルネス等推進事業の調査結果を使用させていただきました。データの提供をしていただきました国土交通省、一般社団法人日本サステナブル建築協会、調査実施に協力していただきました多くの医師、改修工事施工者の方々、回答に協力していただきました全国の沢山の方々に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 総務省統計局：高齢者の人口，<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1321.html> [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 2) 厚生労働省：社会保障の給付と負担，https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21509.html [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 3) 財務省：なぜ社会保障関係費は増えるのか，<https://www.mof.go.jp/zaisei/aging-society/society-increase.html> [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 4) WHO：WHO Housing and health guidelines
- 5) Department of Health（英国保健省）：Winter kills, 2009 Annual report of the chief medical officer, pp.31-37, 2010.3
- 6) 公益社団法人日本医師会：健康トピックス，<http://www.kagoshima.med.or.jp/people/topic/2010/308.htm> [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 7) 消費者庁：冬季に多発する高齢者の入浴中の事故に御注意ください！，https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/caution/caution_042/assets/consumer_safety_cms204_20201119_02.pdf [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 8) 厚生労働省：令和3年（2021）人口動態統計（確定数）の概況，<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei21/index.html> [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 9) 外張断熱耐震改修工法委員会：住宅の断熱改修について，<https://b-cep.org/insulation/> [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 10) 国土交通省：住宅の断熱化と居住者の健康への影響に関する調査の中間報告（第1回）～スマートウェルネス住宅等推進事業の調査の実施状況について～，https://www.mlit.go.jp/report/press/house07_hh_000164.html [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 11) 国土交通省：スマートウェルネス住宅等推進事業について，https://www.chisou.go.jp/sousei/meeting/ccrc/h300601_siryoul.pdf [最終アクセス 2023 月 1 月 12 日]
- 12) 国土交通省：令和2年度国土交通省補助事業 住宅省エネルギー技術講習テキスト https://www.mlit.go.jp/jutaku_kukentiku/shoenehou_assets/img/library/r2text_standard.pdf [最終アクセス：2023 年 1 月 12 日]
- 13) 大門俊介：住宅の断熱化が室温変化に及ぼす影響の要因分析，2019 年度法政大学大学院，学位論文，修士（工学）