

2024年10月29日
東京科学大学

高断熱で暖かい家での暮らしによる 医療費の低減と健康寿命の延伸効果を定量化

－ 建築環境工学に医療経済学を導入した新たな枠組みを提案 －

【ポイント】

- 住宅新築時の高断熱化への初期投資は、費用対効果の面で優れることを解明
- 断熱性能が高く暖かい住宅での暮らしによる高血圧・循環器疾患の予防効果を推計し、費用（断熱工事費・暖房費・医療費）と効果（健康寿命延伸）を算出
- 高断熱住宅の普及による健康格差の是正や気候変動問題の抑制への波及効果も期待

【概要】

東京科学大学* 環境・社会理工学院 建築学系の海塩渉助教、鍵直樹教授、慶應義塾大学の伊香賀俊治名誉教授、自治医科大学の苅尾七臣教授、産業医科大学の藤野善久教授、東京歯科大学の鈴木昌教授、北九州市立大学の安藤真太郎准教授、奈良県立医科大学の佐伯圭吾教授、東京大学の村上周三名誉教授らは、建築環境工学の分野に医療経済学的手法を応用し、高断熱で暖かい家での暮らしによる医療費の低減効果と健康寿命の延伸効果を推計することによって、住宅を新築する際の断熱工事が費用対効果の高い対策であることを明らかにしました。

近年、住環境が健康に与える影響に注目が集まっており、2018年に世界保健機関（WHO）が住宅と健康ガイドラインを発行しました。その中で、循環器疾患（脳血管疾患や心疾患）は寒い住宅で発生しやすいことが示され、寒冷曝露に伴う血圧上昇が一因とされています。本研究グループは、これまでに国土交通省補助事業のスマートウェルネス住宅等推進事業で2,000軒超の住環境を調査し、①対象住宅の9割超がWHOの推奨する最低室温18°Cに届かない寒冷な環境であること、②室温低下に伴い血圧が上昇し、高齢者の方が室温の影響を受けやすいことを明らかにしてきました。寒さ対策として、住宅の高断熱化や暖房が挙げられますが、高額なイニシャルコストやランニングコストが障壁となっていました。

これまで断熱工事のメリットは暖房費低減の観点から説明されることが多かった中で、本研究はそのメリットを高血圧や循環器疾患の予防による医療費低減や健康寿命延伸に拡張し、高断熱で暖かい住宅での暮らしによる費用対効果を計算する医療経済モデルを構築しました。

本成果は、9月24日付の「*BMJ Public Health*」に掲載されました。

●背景

世界保健機関 (WHO) が 2018 年に発行した住宅と健康ガイドライン (文献 1) では、「住環境改善は命を守り、疾病を予防し、QOL (quality of life) を高める」と報告されています。ガイドラインの主要トピックの一つが「低室温と住宅の断熱」であり、寒さによる健康被害防止のために①室温を 18°C 以上に保つこと、②住宅の断熱化をすることが推奨されています。

日本においては、2019 年時点で 5,000 万戸の既存住宅のうち無断熱の住宅が約 3 割にのぼると言われており、寒さによる健康被害が懸念されます。実際に本研究グループが全国の冬の室温を実測した結果、WHO が推奨する室温 18°C 以上を満たす家は 1 割に満たない結果となりました (図 1・文献 2)。また劣悪であることが判明した住宅内の温熱環境と血圧の関連を分析した結果、室温低下に伴い血圧が上昇し、高齢者の血圧の方が室温の影響を受けやすいことが示されました (文献 3)。

従って、高血圧や循環器疾患を始めとする健康被害防止のために高断熱化や室温維持の対策を進める必要がありますが、高額なイニシャル・ランニングコストがハードルとなり、対策が十分に進んでいませんでした。

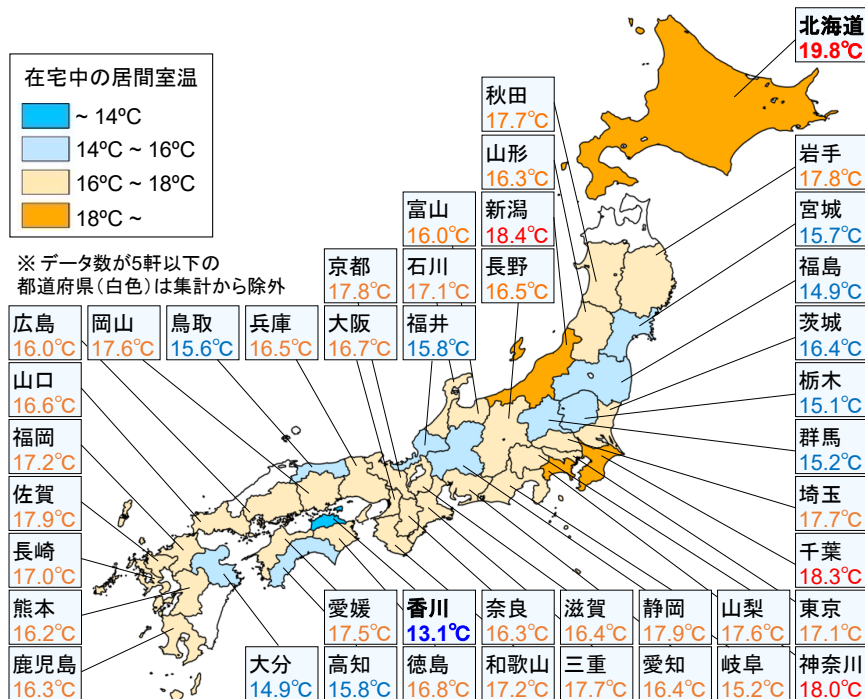


図 1 都道府県別の在宅中の平均居間室温 (日本全国 2,190 軒の実測結果・文献 2)

●研究成果

本研究では、建築環境工学に医療経済学を導入し、高断熱で暖かい住宅での暮らしによる高血圧・循環器疾患関連の医療費低減、健康寿命の延伸効果の推計手法を構築しました。その手法に基づき、日本で最も多い**断熱等級** (用語 1) 2 の住宅で、室温 15°C で

暮らすシナリオ 0 を基準として、40 歳で住宅を新築する際に断熱性能を向上する新築シナリオ（シナリオ 1-1：断熱等級 4 & 18°C、シナリオ 1-2：断熱等級 6 & 21°C）と、60 歳で住宅の全体を断熱改修する改修シナリオ（シナリオ 2-1：断熱等級 4 & 18°C、シナリオ 2-2：断熱等級 6 & 21°C）を比較しました（図 2）。

具体的に、10 万ペアの夫婦に対して**モンテカルロシミュレーション**（用語 2）を実施し、各シナリオの費用（断熱工事費・暖房費・医療費）と効果（**質調整生存年 QALY**（quality-adjusted life-years, 用語 3））を算出、費用対効果（**増分費用効果比 ICER**（incremental cost-effectiveness ratio, 用語 4））を比較しました。

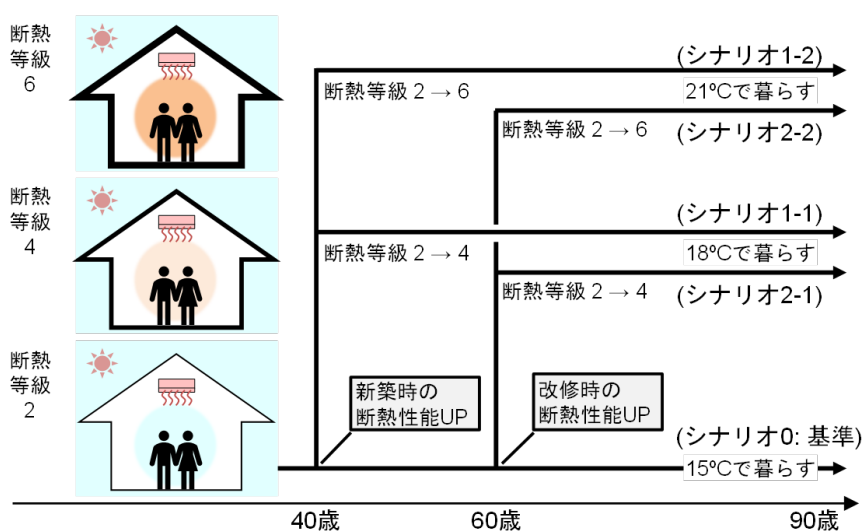


図 2 基準シナリオと新築・改修シナリオ

分析の結果、基準シナリオ 0 と比べて、新築シナリオ 1-2 では断熱工事費として初期費用が 200 万円上乘せになる一方、高血圧・循環器疾患関連の医療費が 109 万円低減することが示されました。暖房費も加味すると夫婦合計の生涯費用は 84 万円増加するものの、健康寿命は 0.48 QALY 延伸し、ICER は 177 万円/QALY となりました。ICER は 500 万円/QALY 以下であれば費用対効果が高いと判定されるため（文献 4）、新築時の断熱性能向上は費用対効果が高い対策であると示唆されました。個人属性のバラツキを考慮した**不確実性分析**（用語 5）でも、86.8%の確率でシナリオ 1-2 の費用対効果はシナリオ 0 と比べて高くなりました（図 3）。

改修シナリオ 2-2 では、基準シナリオ 0 と比べて、生涯費用が 258 万円増加しますが、健康寿命が 0.86 QALY 延伸、ICER は 300 万円/QALY (<500 万円/QALY) となりました。不確実性分析の結果においては、43.3%の確率でシナリオ 2-2 の費用対効果が高くなる一方、56.7%の確率でシナリオ 0 の費用対効果の方が高くなりました。従って、改修シナリオについては、今回想定した住宅全体の改修ではなく、滞在時間が長い居間や寝室のみを断熱する部分断熱改修など、より低コストの対策を検討することが有効と言えます。

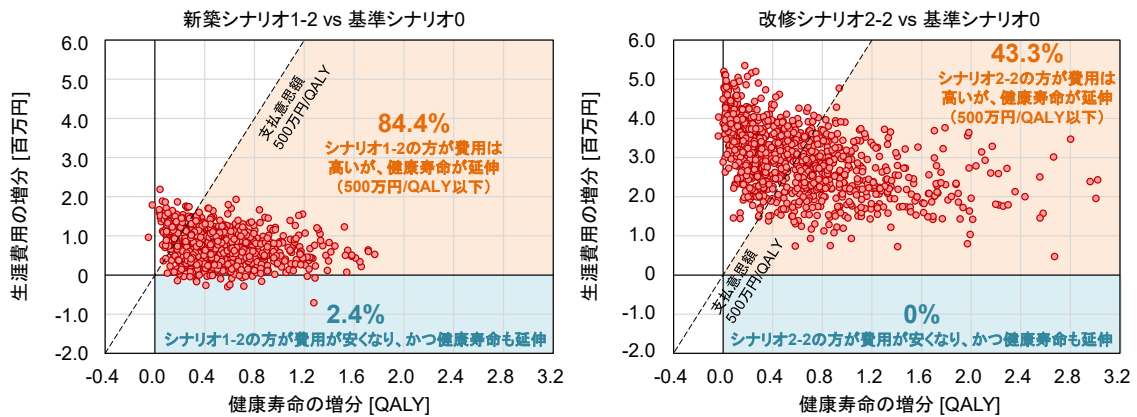


図 3 個人属性のバラツキを考慮した不確実性分析の結果

●社会的インパクト

これまで断熱工事は暖冷房費低減の観点からメリットを説明されることがほとんどで、暖冷房費低減だけでは投資した費用の回収が難しいとされていました。本研究では断熱工事のメリットに医療費の低減や健康寿命の延伸といった**コベネフィット co-benefit** (用語 6) を組み込むことで、断熱化や暖かい家での暮らしの費用対効果を示すことを可能にしました。

本研究は、行政に対して将来の医療費低減を見据えて「住宅に補助金を投入すべきか」といった意思決定の上で活用されることが期待されます。社会全体に対するインパクトとして、高断熱住宅の普及 (SDG 11) が国民の健康増進 (SDG 3) につながり、ひいては健康格差是正 (SDG 10) や気候変動問題の抑制 (SDG 13) への波及効果が生まれると期待されます。

●今後の展開

本研究では、第一段階として高血圧と循環器疾患に関連する医療費や健康寿命を算定しましたが、暖かい家での暮らしはこの他にも呼吸器疾患や夜間頻尿、睡眠の質の改善等に繋がることが先行研究から明らかになりつつあります。従って、本医療経済評価のモデルにさまざまな疾患を加えることで、住環境の健康影響がより顕著に表れると予想されます。また循環器疾患は要介護となる原因の 2 割以上を占めていることから介護費を含める、疾患に伴う**生産性損失** (用語 7) を含めるといった追加分析も考えられます。以上のような、住環境による健康影響の多角的評価を本研究の今後の展望としています (図 4)。

なお本研究は費用対効果評価のガイドライン (文献 5) に従い、公的医療費支払者の立場で分析しており、保険者負担分、公費、患者負担分の総額で分析を行っています。従って、居住者一人ひとりに還元される結果でない点に注意が必要です。

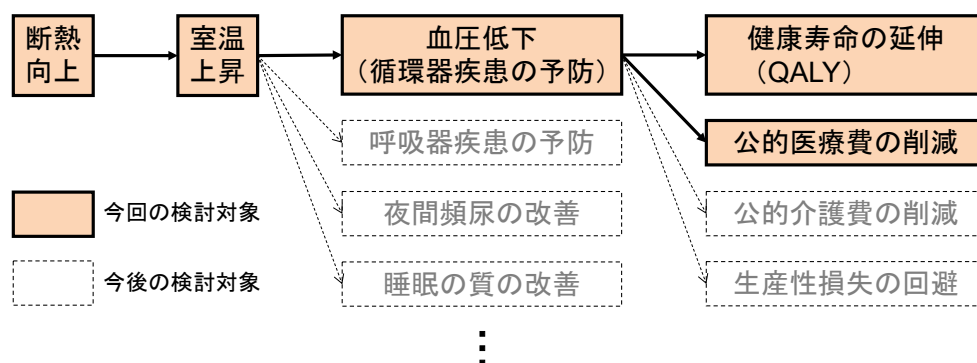


図4 高断熱で暖かい家での暮らしによる Co-benefit の多角的評価 (今後の展望)

●付記

本研究は、国土交通省「スマートウェルネス住宅等推進事業」のうち調査事業の一環として実施したものであり、日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費助成事業基盤研究 (S) 「住環境が脳・循環器・呼吸器・運動器に及ぼす影響実測と疾病・介護予防便益評価 (課題番号: JP17H06151, 研究代表者: 伊香賀俊治)」、科学技術振興機構 (JST) 創発的研究支援事業「寒冷負荷の解明とモデル化による高血圧予見医学への挑戦 (課題番号: JPMJFR2154, 研究代表者: 海塩 渉)」の支援により実施されました。

【用語説明】

- (1) **断熱等級**: 等級 1~7 の 7 段階あり、数字が大きいほど住宅の断熱性能が高い。2022 年 4 月に等級 5 が、同年 10 月に等級 6・7 が新設された。
- (2) **モンテカルロシミュレーション**: 不確実な事象について、結果を推定するために使用される、数学的手法。
- (3) **QALY**: 質調整生存年という指標であり、生存年に QOL 値を乗じることにより求められる。QOL 値が 1 は完全な健康を、0 は死亡を表す。QOL 値 が 0.5 の状態で 2 年間生存した場合、 $0.5 \times 2 = 1.0$ QALY となる。これは、「完全に健康な状態で 1.0 年生存したのと同じ価値」と解釈される。
- (4) **ICER**: 増分費用効果比という指標であり、断熱工事費等の「追加の費用」を、新たに得られる「追加の効果」で割ったもの。例えば、200 万円の追加費用で 0.5 QALY の延命が期待できれば、 $200 \text{万円} / 0.5 \text{ QALY} = 400 \text{万円/QALY}$ となる。これは、「完全な健康状態で、1 年追加で生きるのにおよ 400 万円かかる」と解釈される。日本のガイドラインでは 500 万円/QALY 以下で費用対効果が高いと判断され、値が小さければ小さいほど費用対効果が高い指標である。
- (5) **不確実性分析**: 医療経済評価ではさまざまな不確実性を考慮した分析が必要である。今回は個人属性や生活習慣のパラメータ (例: 肥満か否か、喫煙をするか否か) の不確実性を考慮して、先行調査における肥満者や喫煙者の存在割合に基づき解析を実施した。

- (6) **コベネフィット Co-benefit**：一つの活動から副次的・派生的に得られる便益のこと。
- (7) **生産性損失**：病気等による欠勤や、疾患を抱えながら仕事をして業務遂行能力が低下した状態により生じる損失。

【参考文献】

- (1) WHO: Housing and health guidelines. 2018.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376> (2024.10.4 閲覧)
- (2) Umishio W, Ikaga T, Fujino Y, et al. Disparities of indoor temperature in winter: A cross-sectional analysis of the Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan. *Indoor Air*. 2020;30:1317-1328.
doi: 10.1111/ina.12708.
- (3) Umishio W, Ikaga T, Kario K, et al. Cross-Sectional Analysis of the Relationship Between Home Blood Pressure and Indoor Temperature in Winter: A Nationwide Smart Wellness Housing Survey in Japan. *Hypertension*. 2019;74:756-766.
doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12914.
- (4) 厚生労働省：費用対効果評価における基準値の設定について
<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000211609.pdf> (2024.10.8 閲覧)
- (5) 国立保健医療科学院 保健医療経済評価研究センター：中央社会保険医療協議会における費用対効果評価の分析ガイドライン 2024 年度版
https://c2h.niph.go.jp/tools/guideline/guideline_ja_2024.pdf (2024.10.8 閲覧)

【論文情報】

掲載誌： *BMJ Public Health*

論文タイトル： Effect of living in well-insulated warm houses on hypertension and cardiovascular diseases based on a nationwide epidemiological survey in Japan: a modelling and cost-effectiveness analysis

著者： Wataru Umishio^{1*}, Toshiharu Ikaga², Kazuomi Kario³, Yoshihisa Fujino⁴, Naoki Kagi¹, Masaru Suzuki⁵, Shintaro Ando⁶, Keigo Saeki⁷, Shuzo Murakami² (*責任著者)
所属

1 東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系

2 一般財団法人住宅・建築 SDGs 推進センター

3 自治医科大学 医学部 内科学講座 循環器内科学部門

4 産業医科大学 産業生態科学研究所

- 5 東京歯科大学 市川総合病院 救急科
 - 6 北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科
 - 7 奈良県立医科大学 医学部 疫学・予防医学講座
- DOI: 10.1136/bmjph-2024-001143

【研究者プロフィール】

海塩 渉 (ウミシオ ワタル) Wataru UMISHIO
東京科学大学 環境・社会理工学院 建築学系 助教
研究分野: 建築環境工学、公衆衛生学

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)
東京科学大学 環境・社会理工学院 建築学系 助教
海塩 渉
Email: umishio.w.7191@m.isct.ac.jp
TEL: 03-5734-2908
FAX: 03-5734-2908

(報道取材申し込み先)

東京科学大学 総務企画部 広報課
申し込みフォーム: <https://forms.office.com/r/F3shqsN7zY>



Email: media@ml.tmd.ac.jp
TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661