

健康増進に向けた住宅環境整備のための研究

研究代表者 林 基哉 北海道大学大学院 教授

研究要旨

令和1年度特別研究「健康増進のための住環境についての研究」では、住宅環境の健康影響に関するエビデンス、関連統計データの収集が行われた。その中で、外気温低下の過剰死亡率への影響が北欧よりも高いなど、住環境改善の重要性が示された。また、化学物質、湿気、音、光等の影響に関するエビデンスを整理した。さらに、住宅の動向を踏まえた健康リスクの全体像を想定するフローを検討した。本研究は、健康住宅に求められる条件を整理し、健康住宅のガイドライン作成のための基礎資料を得るとともに、住宅環境改善の効果を推定することを目的としている。

令和2年度までに、健康維持増進住宅研究から、空気質、温熱環境、コミュニティと健康との関連性、屋外環境の影響を金額へ換算する手法、スマートウエルネス住宅研究からは、断熱改修前後における居住者の血圧や活動量の変化と健康影響評価に関する知見を得た。文献調査からは、WHO健康と住宅のガイドラインと関連情報、騒音による循環器疾患への影響に関する知見が得られた。また、気象データと人口動態統計を用いた死亡の季節依存性、コホート研究による死亡率の外気温閾値の推定、化学物質及びダンプネスによる健康リスクの実態分析によって、住環境改善による健康リスク低減を示す基礎を得た。さらに、1990年時点の断熱等級別の住宅ストックをベースに断熱等級別の着工戸数を積み上げる方法により、健康影響抑制の将来推計方法の基礎を構築した。

令和3年度には、我国の健康維持増進住宅研究の成果から、社会経済要因・健康志向行動・室温の関連構造に関する知見が得られ、海外の動向に関する調査からは、空気環境、温熱環境と生活習慣病との関連性が注目された。うつ病発症と日照度の関連、SVOC、エンドトキシン、温熱環境特に低湿度環境と健康、居住リテラシーとCOVID-19の影響に関する知見をまとめた。また、死亡率が上昇する室温閾値の推計、死亡の季節依存性に関する経時的分析、化学物質及びダンプネスによる健康リスク、ダストと子供のアレルギーの関係に関する調査を進めた。省エネルギー法の普及に伴う室内温熱環境の改善効果推定では、住宅の室内環境に大きな地域差が続くことが明らかになり、居住リテラシーと健康リスク低減に関する情報整理によって、居住者の健康増進を図るためには、居住リテラシーの醸成が必要であることが改めて確認された。

以上を基礎とし、我国の気象、住宅の環境性能と居住リテラシーの実態と動向を踏まえて、健康住宅のガイドラインに向けた取りまとめを行う。

研究分担者

佐伯 圭吾・奈良県立医科大学 医学部

東 賢一・近畿大学 医学部

杉山 大典・慶應義塾大学 看護医療学部

阪東 美智子・国立保健医療科学院 生活環境研究部

池田 敦子・北海道大学 大学院保健科学研究院

開原 典子・国立保健医療科学院 生活環境研究部

長谷川 兼一・秋田県立大学 システム科学技術学部

金 勲・国立保健医療科学院 生活環境研究部

森 太郎・北海道大学 大学院工学研究院

小林 健一・国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部

桑沢 保夫・建築研究所 環境研究グループ

A. 研究目的

1970年代以降、住宅の省エネルギー化が推進され、新旧の住宅性能に大きな格差が生じる中、建材等の化学物質、真菌・ダニ、ダンプネス等とともにシックハウス症候群・アレルギー疾患、室内温熱環境の影響が示唆されている高血圧症、脂質異常症、虚血性心疾患、脳血管性疾患とヒートショックのような状態像など、多様な住宅環境に係る健康リスクの可能性が指摘され、その対策が厚生労働省及び国土交通省などによって検討されてきた。

近年、健康・省エネ住宅推進協議連や健康・省エネ住宅推進委員会（「健康・省エネ住宅普及啓発活動」を行う学識者、自治体、省庁などによる委員会）の議論を通じて、健康住宅への関心が改めて高まり、厚生労働省においても健康・省エネ住宅の健康に対する影響を調査研究するべきであるとの要請が

あった。また、国土交通省の「スマートウェルネス住宅等推進事業」の調査により住宅環境の健康に対する影響が示唆され、さらに令和元年5月10日に改正建築物省エネ法が成立し、室内温熱環境の整備が進むことが期待されている。

2019年度の特別研究「健康増進のための住環境についての研究」では、住宅環境に係る健康影響・健康増進及びその機序に関するエビデンス、住宅及び健康影響に関連する統計データの収集が行われている。その中で、我国における外気温低下による過剰死亡率が北欧よりも高いなど、住環境改善の重要性を示すエビデンスが得られつつある。この他に、SVOC等の化学物質、湿気、音、光等の影響に関するエビデンスを整理している。また、住宅統計、人口動態統計、省エネルギー住宅の普及率等を用いて、我国の住宅環境に係る健康リスクの全体像を想定するためのフローを検討し、新

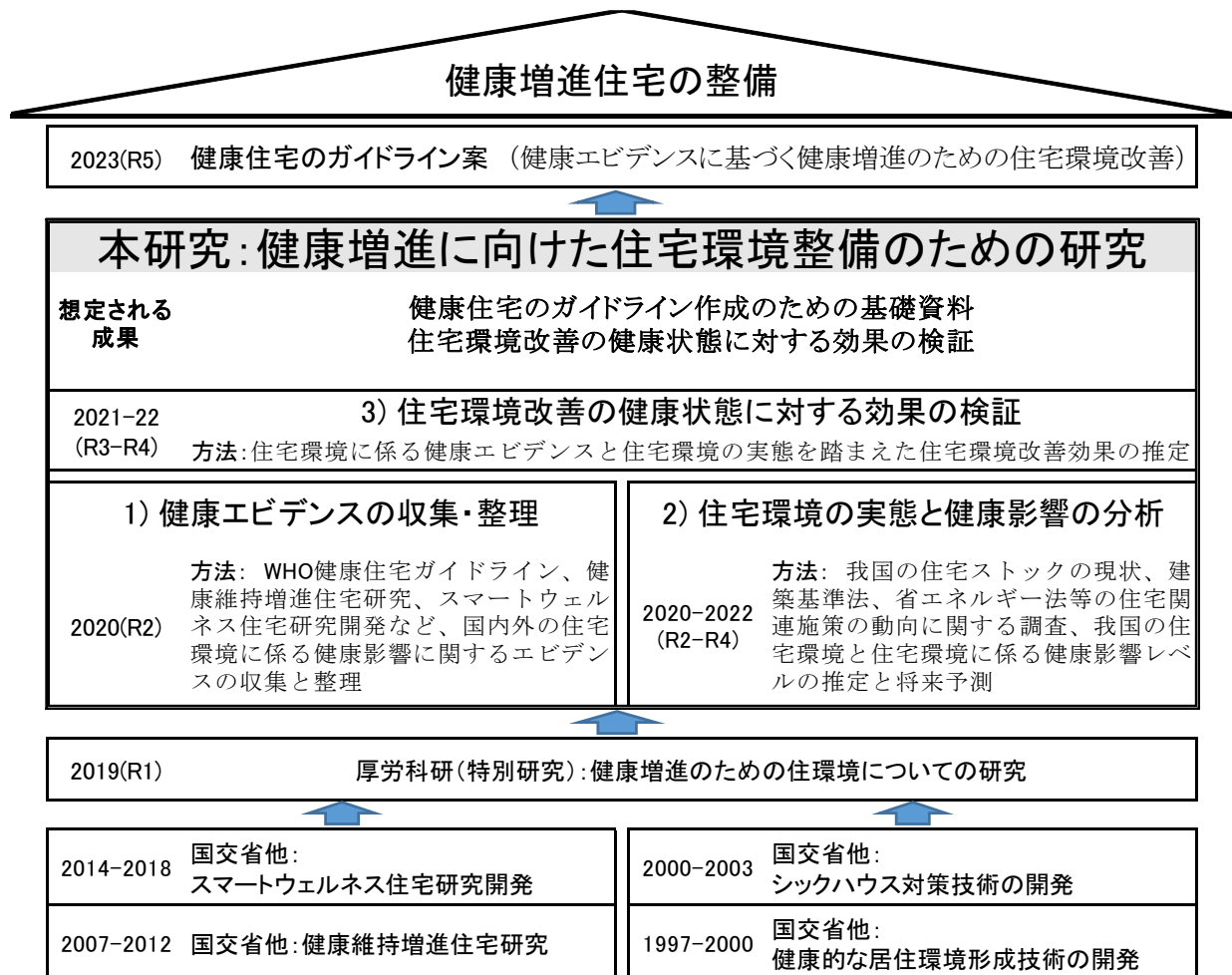


図1 研究の構造

たに必要な情報の整理を行っている。

本研究は、上記の特別研究の成果に基づいて、健康住宅に求められる条件を整理し、健康住宅のガイドライン作成のための基礎資料を得るとともに、住宅環境改善の健康状態に対する効果の検証を行うことを目的としている。令和2～3年度に、住宅環境に係る健康影響に関するエビデンスの収集・整理を行い、住宅環境の実態と健康影響レベルの想定に関する分析方法を確立する。令和2～4年度に、住宅環境の実態を踏まえた健康リスクの想定を行うとともに、令和3～4年度に、省エネルギー住宅の普及などの動向を踏まえて、住宅環境の改善にともなう健康状態の改善に関する推定と検証を行う。

B. 研究方法

(1) 居住に係る健康エビデンスの収集・整理 (R2～R3)

住宅環境と健康影響・健康増進に関する最新情報を収集してガイドラインに向けて整理する。

① 健康維持増進住宅研究成果にもとづくエビデンス整理 (桑沢、長谷川)

健康影響低減(空気質・湿気、温熱環境、屋外環境の影響、ライフスタイルの調査から得られた、健康影響要因、開発技術要素、室内環境ガイドラインに関する情報)、健康増進(住環境満足度やCASBEE健康チェックリスト総合スコア、ストレス・健康・慢性疼痛などの身体症状)に関する成果を整理する。

② スマートウェルネス住宅研究開発委員会成果のエビデンス整理 (長谷川、森)

断熱改修等の温熱環境改善に係る健康関連事象(年間室温と血圧の季節差、温度ムラと血圧、断熱改修と血圧低下、室内温度とコレステロール値、室内温度と可活動膀胱症状など)についての成果を整理する。

③ 国内外の住宅環境に係る健康エビデンス整理 (東、池田、杉山)

世界保健機関(WHO)及びその欧州地域事務局(WHO欧州)、欧州北米、国内の研究機関を対象に、室内温熱環境及び空気環境等の

室内環境要素と健康影響に関する最新のエビデンスを整理する。

④ スマートウェルネス住宅、トップランナー住宅、健康増進に配慮した復興住宅に関する調査(全員)

健康維持増進を目的とした、先進的住宅事業に関するヒアリング及び実地調査を行い、事業コンセプト、設計施工状況、居住者の健康状態等の情報を収集整理する。

(2) 住宅環境の実態と健康影響の分析 (R2～R4)

① 総務省統計局住宅・土地統計調査、省エネ住宅普及率を用いた住宅性能の実態(桑沢、長谷川)

既存統計データを用いて、住宅ストックの仕様、温熱空気環境に関する性能の地域分布を把握する。

② アメダス気象データ、人口動態統計、家計調査を用いた気象と死亡率の関係(森)

アメダス気象データの観測点と死亡地との突合を行い、家計調査から暖房レベルを推定したうえで、気象条件と死因別死亡の関係性を明らかにする。

③ 室温の死亡率上昇閾値の推計：既存データとコホートデータリンケージによる分析(佐伯)

既存情報を用いて、外気温低下による寒冷曝露からイベント発現までの潜時を考慮した最新の分析手法(DLNM)を用い、死亡率が上昇する外気温閾値を推計する。さらに住環境の健康影響に関するコホート研究(平城京スタディ n=1127)の室温データと外気温の相関から、死亡率が上昇する室温閾値を推計する。

④ 化学物質及びダンプネスによる健康リスクの実態(池田、金、開原)

地域、築年数等を踏まえ、化学物質濃度及びダンプネスに伴う健康リスクの実態を推定する。

(3) 住宅環境改善の健康状態に関する効果の検証 (R3～R4)

研究1、研究2を踏まえて、住宅環境の改善による健康増進効果の可能性を明らかにする。

① 省エネルギー法の普及に伴う室内温熱環境の

改善による健康リスクの変化(桑沢、長谷川、森)

省エネ住宅の普及による室内温熱環境の向上と健康増進効果について、地域性を考慮して推定する。

② 居住リテラシーと健康リスク低減効果の推定(長谷川、池田、阪東)

既存の住まい方マニュアル、居住リテラシー調査の結果を整理し、健康住宅ガイドラインの基礎とする。

③ 住宅環境に係る健康リスクと QOL 及び医療費の関係(杉山、小林、阪東)

居住環境と疾病、障がい、高齢化、QOL の関係、医療費及び環境改善費の関係について整理を行い、住宅環境の改善効果の波及範囲に関する考え方を示す。

以上のように、本研究は既往の文献および公表データに基づいており、個人情報を含み使用せず、倫理面の問題は発生しない。

C. 研究結果及び考察

C1. 居住に係る健康エビデンスの収集・整理

令和3年度の調査によって、以下の知見が得られた。

健康維持増進住宅研究成果のエビデンスについて、以下に示す。健康維持増進住宅研究第一フェーズでは、住宅内の空気質、温熱環境さらには屋外環境、コミュニティと健康との関連を検討しており、屋外環境の影響を金額へ換算する手法など、今後の研究上参考にするべき点が多くある。

令和3年度は、スマートウェルネス住宅研究開発委員会成果のエビデンス整理を行った。スマートウェルネス住宅研究開発委員会(委員長:村上周三、東京大学名誉教授)は、2014年度から2019年度にかけて断熱改修を予定・実施する住宅を対象として、改修前後における居住者の血圧や活動量等を計測し、住環境の変化に伴う健康への影響を評価している。得られたデータ(改修前後を対象にした約1,800世帯、約3,600人を対象)により、①家庭血圧と室温、②健康診断数値と室温、

③過活動膀胱・睡眠障害と室温、④入浴習慣と室温、⑤傷病・症状と室温、⑥身体活動と温熱環境、⑦社会経済要因・健康志向行動・室温の関連構造、⑧断熱改修方法と室温上昇量、の観点から、住宅の温熱環境の向上が健康増進に繋がる可能性を示唆する貴重な知見を整理し、社会に発信している。この中で以下の知見が目された。

社会経済要因・健康志向行動・室温の関連構造については、冬季における住宅内室温と外気温の実態とその関連性が分析され、以下のことが分かった。住宅床近傍室温は床上1m室温よりも低く、居間と脱衣所とでは大きな温度較差がある。省エネ区分地域4の住宅床近傍室温と床上1m室温が最も低い可能性が示唆された。断熱改修方法と室温上昇量については、断熱改修範囲・費用と室温上昇量の関係性を把握するため、居間室温に関する分析では改修前後の調査データに欠落のない266世帯、費用対効果の分析については133世帯を対象として分析された。現時点では以下のことがわかった。また、開口部の断熱改修に多くの費用を投じるほど、平均室温が上昇すること、15℃・18℃未満の割合が減少する。

健康増進に関わる住宅環境に関する国際機関の動向と関連文献等の調査について、以下に示す。住環境による居住者の健康影響として、主として室内環境化学物質に起因するシックハウス症候群や化学物質過敏症、真菌・ダニ等によるアレルギー疾患、室内温度に起因する高血圧、脂質異常症、虚血性心疾患、脳血管障害等の多様な疾病が示唆されている。本分担研究では、主として生活習慣病等に関わる住宅環境要因について、世界保健機関(WHO)の動向や関連文献を収集・整理し、これらのエビデンスに関わる情報をとりまとめた。WHOのガイドラインの状況としては、2021年9月に空気質ガイドラインをアップデートしたことが大きな動きであった。粒子状物質(PM_{2.5}、PM₁₀)、オゾン、二酸化窒素、二酸化硫黄、一酸化炭素の空気質ガイドラインが最新の科学的知見に基づき改正された。また、諸外国の空気質ガイドラインの状況として、ドイツ、カナダ、フランスを調査したところ、2021年度にドイツでは、メタクリル酸メ

チル、ベンゾ・a-ピレン、アセトン、2-プロパノール、一酸化炭素、塩化ビニルの指針値が新たに設定され、カナダではアクロレインと二酸化炭素に室内空気質ガイドラインが設定された。フランスでは新たに設定された室内空気質ガイドラインはなかった。その他では、WHO が 2018 年に公表した環境騒音ガイドライン、2016 年と 2017 年に公表した生活習慣病と緑化環境 (Greenness) に関する報告書を取りまとめた。環境騒音では、近年、夜間騒音と不眠症、認知力の低下、高血圧、心筋梗塞、精神疾患との関係が示唆されており、環境騒音による心血管系や代謝系への影響に関するより強いエビデンスの存在が示唆されたことから、騒音源別にガイドラインが公表されている。緑化環境については、都市の緑化空間の有益な効果として、メンタルヘルスの改善、循環器疾患の有病率や死亡率・肥満・2型糖尿病リスクの低減、妊娠における悪影響の改善に関して利用可能なエビデンスがあると報告している。また、これらの効果をもたらすメカニズムとしては、心理的なリラックス効果、ストレス軽減、身体活動の増加、空気汚染・騒音・暑熱曝露の低減があると報告している。また、諸外国の温熱環境基準に関する調査を行った。カナダ・トロント公衆衛生局とイギリス公衆衛生局 (現、英国保健安全保障庁) は、夏期の室内温度として 26°C 以下を求めている。特にトロントの基準は、トロントにおける外気温と死亡率及び救急医療の増加との関係から 26°C の最大基準を導出している。

うつ病発症と日照度の関連に関する文献レビューを行い、以下の知見を得た。うつ病はわが国のみならず、世界的に増加が著しい精神疾患である。うつ病の発症にはさまざまな因子の関与があるとされ、生活習慣・経済的背景・社会的関係などの社会的環境要因だけでなく、日照度などの自然環境もうつ病の発症に寄与すると考えられている。そこで、そこで、本研究では日照度とうつ病の関係に着目した研究に関する文献レビューを行った。

文献検索は PubMed および APA PsycINFO を使用して実施され、2013 年 1 月 1 日から 2021 年 9 月 21 日の最終検索日まで公開された研究を対象

とした。採用基準は、1) 抑うつ症状・周産期うつ病・季節性情動障害をアウトカムにしている事 (ただし、双極性障害またはその他の精神疾患は除く)。うつ症状を主なアウトカムとしている場合は、CES-D・PHQ-8 および 9・GDS-15・HAM-D6・EPDS といった尺度を用いている、もしくはこれらの尺度を modify した質問紙を用いている。また、うつ病を主なアウトカムとしている場合は、診断基準として DSM-5 および ICD9 もしくは 10 を用いている。2) 2013 年以降に発表された研究である。3) 対象がヒトに限られる (ヒト以外の動物を対象とした研究は除外)。4) 1 日の日照時間、年間日照時間、季節差などの日周期データが記載されている。5) 英語で公開されている。以上の 5 項目とした。

文献検索の結果抽出された 506 件の研究のうち 8 件の研究が適格基準を満たし、それらはすべて横断的研究であった。採択された 8 つの研究のうち 4 つの研究では、「日興曝露時間が上昇するとうつ病に関する尺度が下がる」など日照度とうつ病もしくはうつ症状の発症との間に有意な関連があることを示した。一方、8 件の研究のうち 4 件は有意な関連を示さなかった。また、8 つの研究を地域・国別に分けて検討したところ、スウェーデンとブラジルの比較を行った以外はすべて北半球 (ヨーロッパと北米のみ) であったこともあり、国・地域による系統的な差異は見られなかった。加えて、英国バイオバンクのデータを用いた研究を除いて、性差による系統的な差異も見られなかった。

今回採択した研究は北米・ヨーロッパの研究のみで地域の偏りがある事や、研究デザインは全て横断研究であるため因果関係に言及するのは難しく、日照度とうつ病の関係について現時点のエビデンスは十分とは言えず、今後は縦断的研究や欧米以外の地域での研究等が必要と考えられた。

住宅における室内汚染物質としての SVOC (揮発性有機化合物) とエンドトキシンに関する知見を整理した。昨今、PM2.5、ダンプネス、真菌・細菌、アレルゲンなど室内環境として考慮すべき要素も増えてきている。本項では、室内汚染質と

して今後考慮が必要な物質を提案することを目的とし、可塑剤・難燃剤成分である SVOC（準揮発性有機化合物）、及びアレルギーとの関連性が言われているエンドトキシン（Endotoxin；内毒素）について情報を収集・検討、報告した。

可塑剤として多く使われてきたフタル酸エステル類は内分泌かく乱作用が、リン酸系難燃剤はアレルギー関連性や発がん性に加え、神経系への影響と生殖毒性が懸念されている。日本を含め先進各国では DEHP、DBP、BBP、DIBP など一部成分に対する規制が行われている。日本住宅のダスト中では DEHP 濃度が最も高く次に DINP となり、成分比は DEHP が全体の 83～84%、DINP が 13%で、両成分が全体の 9 割以上を占めている。SVOC の空気中濃度は低く、TDI に対する 1 歳乳児の平均摂取割合も高くなかったが、最大値から試算すると DIBP 28.0%、DBP 14.3%、DEHP 2.0%と DIBP 及び DBP は摂取割合が高くなると報告されている。

グラム陰性菌が産生するエンドトキシンへの曝露はアレルギー症の重要な因子とされているが、曝露時期によって免疫調節能力が付くことも、アレルギー症状を悪化させることもある。環境中のあらゆるところに存在することから、微生物汚染の指標として活用することも考えられる。

ハウスダスト中エンドトキシンは約 250～35、000EU/g と幅広く分布するが、数千 EU/g 程度が一般的である。

空気濃度では、高齢者施設や住宅では 1EU/m³ 未満が多く全体的に低いが、10～30 EU/m³ 以上まで検出される居室など他室より有意に高い室が一部に存在する。オフィス環境では 1EU/m³ 未満が殆どであり、オフィスより高齢者施設がやや高めの濃度を示す傾向にある。また、高齢者施設の一部では冬期のみ高い ET 濃度が観察されるが、この要因としては加湿器の汚染が疑われるとしている。室内における細菌濃度は建物や設備に汚染が無い限り人体が主な発生源であり、複数の人が集まって活動する共用空間の濃度が高くなる傾向が見られるとしている。

住居環境向上に資する温熱環境の文献等調査では、以下の知見が得られた。住宅の省エネルギー

化が推進され、新旧の住宅性能に大きな格差が生じる中、多様な住居環境に係る健康リスクの可能性が示唆されているとともに、高齢少子化、都市への人口集中、単身世帯の増加、住宅の洋風化、省エネルギー化にともない多様な住居環境が存在していることが指摘されている。住居環境に係る健康影響・健康増進の実態を明らかにするためには、多面的な調査研究を行うことが必要である。本報告では、温熱環境、特に低湿度環境と健康に関する文献調査を行った。

検索を行うデータベースについて、CiNii Articles、J-STAGE、メディカルオンライン、医中誌 Web、メディカルオンライン、最新看護索引 Web、MedicalFinder、JDream III、PubMed、Web of Science Core Collection の 9 つとし、2020 年 2 月の調査と同様、温湿度環境と健康に関する文献検索が行われた。検索のワードについて、温度、湿度、温湿度、健康、室内、住宅、皮膚として検索を行ったところ、2020 年 2 月に行った COVID-19 の感染拡大前の結果と 2022 年 3 月の調査結果を比較すると、健康というキーワードで急激に論文数が増えている。

これらの全体論文数の概要のほか、日本の傾向、日本の室内湿度と健康に関する実態調査と生理・心理量の研究、COVID-19 対策と熱中症対策を両立させる換気と冷房に関する内容の紹介を行っている。

温湿度環境と健康、特に低湿度環境と健康に関する文献調査を行った結果、一定のエビデンスの蓄積が確認されたものの、健康維持及び健康増進などを目指し、湿度と健康に関するエビデンスの構築が期待されている。湿度管理目標の設定は、目的により異なる。特に、高齢化が急速に進展している我が国では、高齢者に向けた湿度管理の情報発信も重要となる。一方で、COVID-19 等、感染症の拡大時には、平時の室内環境と比較して優先される物理因子も異なる場合も想定される。今後、健康増進に向けた住環境整備の中で、多面的な情報の整備や議論が必要となるだろう。

健康住宅及び居住リテラシーに関する文献調査では、健康住宅のガイドライン作成のための基礎資料とするため、健康住宅の動向や COVID-19 の流行下における居住リテラシーの現状と課題について、既往研究や文献等から最新の知見を得ることを目的とした。具体的には、①健康課題についてまちづくりとして取り組むスマートシティプロジェクトにおける健康住宅の位置づけ、② COVID-19 に関する KAP 調査の動向からみる知識・態度・行動の関係、③東京都の「健康・快適居住環境に関するアンケート調査」の調査結果から見た住まいの問題とそれに対する住民の行動の関係、の3つの課題について調査を行った。スマートシティプロジェクトの中では、住宅を対象とした取り組みはわずかに2プロジェクトしか見つからなかった。COVID-19 に関する KAP 調査からは、知識・態度はおおむね良好であることが明らかになった。この背景には、COVID-19 に関する情報がメディア等を通じて多数発信されていることがあると考えられ、適切な機会に適切な手法で正しい情報提供・啓発を行うことの重要性が示唆された。東京都のアンケート調査からは、住宅の室内環境に問題を抱えている世帯は少なく、課題に対し何らかの対策を行っている世帯があることが分かった。このような正しい行動をとる世帯の割合を今後増やしていくこと、すなわち居住リテラシーの向上を図ることが必要であることが改めて確認された。

C2. 住宅環境の実態と健康影響の分析

死亡率が上昇する室温閾値の推計（既存データとコホートデータリンケージ分析）では、以下の知見を得た。外気温が低下する冬に死亡率が上昇する現象は、1900年代前半から世界各国の統計から認識されていた。近年、外気温低下に関連する総死亡の相対危険を、曝露からイベント発生までの潜時を考慮して正確に推定する時系列分析法が開発された。この方法を用いた推定の結果、わが国の外気温低下と関連する過剰死亡数は、高血圧による過剰死亡に匹敵することから、公衆衛生上重要な課題と考える。WHOは

住環境に関するガイドライン（2018年）は冬の室温を18℃以上に維持するように勧奨しているが、その室温目標値の設定には根拠が乏しい状況である。前向きコホート研究から室温コントロールの目標値を設定するには、数十万人単位の大規模対象者の調査が必要と考えられ現実的ではない。

本研究では既存の死亡率および外気温データと、筆者らが実施するコホート研究参加者の室温データのリンケージによって、死亡率上昇の室温閾値を推定することを目標とする。今年度は、2010年～2019年の奈良県および全国の日別死亡数、日別平均外気温の関連を、温度曝露から死亡までの潜時を考慮した時系列分析モデル(DLNM: Distributed Lag Non-linear Model)を用いて、死亡率が上昇する外気温の閾値を推定した。さらに奈良県在住対象者を対象とする住環境と健康に関する平城京スタディ参加者の日中室温と外気温の関連を一般加法モデルで用いて回帰し、死亡率が上昇する室温閾値を推定した。

気象データと人口動態統計を用いた疾病による死亡の季節依存性に関する経時的分析では、以下の知見が得られた。日本人の死因で心疾患、脳血管疾患、呼吸器疾患、不慮の溺死溺水は冬季に増加するという報告が多い。本研究では1972～2015年の人口動態統計死亡票と気象データの関係を整理し、健康で安全な建築、都市計画の指標とすることを目的とした。個々の死亡データと日平均気温をマージさせてデータベースを作成し2021年度は省エネ区分ごとに分類したデータベースを用いて、下記の知見を得た。

昨年分析と同様に、省エネ区分でデータを分割しても、住宅で亡くなっているグループのほうが冬季の死亡感度が高く、年齢層が高いほど死亡感度が高くなった。

死亡感度における多変量解析の結果、第一四分位数（低温時）において、年齢層が上がると回帰係数推定値が減少し、死亡感度に関してはⅧ地域に近づくにつれ回帰係数推定値が減少した。一方、外気温の第三四分位数においては、65歳未満の年齢層と85歳以上の年齢層の比較、Ⅰ地域とⅧ

地域との差において有意差がみられた。

化学物質及びダンプネスによる健康リスクの実態については、以下の知見が得られた。一般家庭における短期/長期堆積ダストを活用した子どものハウスダスト中リン系難燃剤・可塑剤の一日摂取量に関する研究結果が示された。

リン酸トリエステル類は難燃性可塑剤として、火災や燃焼予防のために建材や家具、カーテンやじゅうたん、壁紙などの内装材、電化製品を含む様々な製品に添加されるほか、床のワックスや光沢剤に用いられる。沸点が240-260°C~380-400°Cの準揮発性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds: SVOC) であり、製品とは化学的には結合していないため、製品から徐々に染み出し、ハウスダストホコリに吸着することで室内に存在する。過去に、分担研究者らはリン系難燃剤とアレルギー症状との関連を報告した。本研究では掃除機で収集したダスト中濃度と、部屋に堆積したダスト中濃度から、子どもの一日摂取量を計算し、アレルギーとの関連を明らかにすることを目的とした。

出生コホート「環境と子どもの健康に関する北海道研究」に参加する7歳児に自宅の環境訪問調査への協力を依頼し、91軒の兄弟姉妹及び双子を含む96人の協力を得た。小学校入学時検診時の身長と体重に加えて、喘息・アレルギーに関する情報をISAAC調査票から定義した。ダストサンプルは、居間および子どもの寝室の「床ダスト」と「棚ダスト」に加えて、居間に6か月間設置した「堆積ダスト」の3種類を収集した。リン酸トリエステル類14化合物の各ダスト中濃度を、LC-MSMSを用いて国立保健医療科学院で分析した。それぞれのダスト中濃度から、一日摂取量 (Daily Intake (DI)) を計算した。多変量解析では、「喘鳴、鼻結膜炎、湿疹のいずれか一つでもあり」を従属変数、「性」「世帯収入」「両親いずれかの喫煙あり (Environmental Tobacco Smoke)」および「両親いずれかのアレルギー (喘息、鼻炎、アトピー性皮膚炎) 既往あり」を説明変数として算出した傾向スコアを用いて調整した。

全員7歳で、身長と体重は平均±標準偏差がそ

れぞれ 119.3 ± 5.44 cm、 22.78 ± 2.73 kg だった。喘鳴、鼻結膜炎および湿疹の有病はそれぞれ26人 (27.1%)、15人 (15.6%)、23人 (24.0%) だった。一日摂取量の中央値が最も高いのは床ダスト中TBOEPの0.3 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$) で、最も高い床ダストTDCIPPの最大値は2.91 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)、床ダストTBOEPの最大値は1.36 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$) だった。しかし、RfDを上回るDIを示した児はいなかった。多変量解析で調整後、長期堆積ダスト中のTCsPが喘鳴のリスクを上げ (自然対数2.7倍にDIが増加した時のOdds Ratio (OR) (95%Confidence Interval (CI)は3.56 (1.11-11.41)、棚ダスト中のTNBPのOR (95%CI)は2.45 (1.26-4.79)、棚ダスト中のTBOEPは1.90 (1.01、3.54)、長期堆積ダスト中のTCsPは5.34 (1.38-20.72)と統計学的に有意だった。

本研究の限界は、横断研究であり因果関係を示すことはできない。一方、床ダスト、棚ダストおよび堆積ダストから個別に一日摂取量を推計しており、実際にはそれらをまとめて摂取しているため、リスクを過小評価している可能性がある。有意差が認められた化合物はTBOEP、TNBPおよびTCsPと一貫しており、TBOEPは先行研究でもアレルギーとの関連が認められたことから、今後も調査研究を継続する必要があるといえる。

省エネルギー法の普及に伴う室内温熱環境の改善効果推定のための住宅ストックの断熱水準の推計では、統計データを組み合わせて、住宅ストックの断熱性能の地域分布を推定する手法の構築を目指している。断熱性能が高い住宅ストックが増加すれば、それに伴う室内温熱環境を始めとする室内環境の質の向上と健康増進効果に期待できる。本年度は、構築している手法を用いて都道府県別の2050年までの断熱水準(断熱等級1~4)の割合を推計した。住宅ストックの断熱水準割合には地域性が明確に現れており、戸建住宅を例にすると、宮城県では2030年時点で等級4が41.3%であるのに対し、同じ東北地方に位置する秋田県では、2030年で25.3%に留まっている。このような地域性は当然、温熱環境の質にも影響するため居住者の健康リスクにも大きく作用することになる。今

後、断熱等級に見合った温熱環境を評価するため、明け方の室温の低下に着目して都道府県別の温熱環境の水準を定量化する予定である。地域を代表する定量化指標を用いて明け方の室温を評価し、これと循環器系疾患との関連性を示唆するエビデンスを引用することにより、健康リスクの変化を評価する。

居住リテラシーと健康リスク低減に関する情報整理について、居住者の健康増進を図るためには住宅の環境性能を高めることは重要である。現時点では、住宅関連技術が進歩し施工レベルも向上しているため、これらを適用することにより、望ましい環境を構築することができる。しかしながら、断熱性能や設備性能が高くとも、技術の使用や住まい方に誤りがあれば、意図した環境性能を發揮することができず、逆に、環境汚染を招くことが想定される。例えば、断熱気密性能が高い住宅において、開放型ストーブを使用すれば、結露の発生や空気汚染を引き起こすことは容易に想像できる。

住宅での健康リスク要因には、先に挙げた空気汚染によるシックハウス症状やヒートショックによる循環器系の疾患、寒冷環境への曝露による低体温症、過度な温度上昇に伴う熱中症など、いくつか挙げられる。住宅で適切に住まう知識や行動を居住リテラシーと定義すると、健康リスクの原因の多くは、居住リテラシーの欠如が関連していると考えられる。従って、住宅内での健康リスクを低減させるためには、居住リテラシーの涵養は不可欠である。

そこで本研究では、住宅環境の改善には欠かせない居住リテラシーに資する情報を整備することを目的とする。特に、既存の住まい方マニュアル等を調査し、健康リスク低減の観点から見た居住リテラシーに関する情報を抽出した。

D. 総括

居住に係る健康エビデンスの収集・整理では、以下の知見が得られた。我国の健康維持増進住宅研究の成果から、社会経済要因・健康志向行動・室温の関連構造に関する知見が得られ、海外の動向

に関する調査からは、空気環境、温熱環境と生活習慣病との関連性が注目される。国内外で、うつ病発症と日照度の関連、SVOC（準揮発性有機化合物）、エンドトキシン、が注目され研究が進行している。居住リテラシーについては、居住環境との関係性の解明が重要とされ、COVID-19 の影響も研究されている。死亡率が上昇する室温閾値の推計（既存データとコホートデータリンケージ分析）、気象データと人口動態統計を用いた疾病による死亡の季節依存性に関する経時的分析では、外気温及び室内環境の死亡率への影響が、化学物質及びダンプネスによる健康リスクの実態では、ダストと子供のアレルギーの関係が明らかになりつつある。

住宅環境の実態と健康影響の分析では、以下の知見が得られた。省エネルギー法の普及に伴う室内温熱環境の改善効果推定のための住宅ストックの断熱水準の推計では、今後の断熱性能の向上を考慮しても、住宅の室内環境に大きな地域差が続くことが明らかになり、居住リテラシーと健康リスク低減に関する情報整理によって、居住者の健康増進を図るためには、居住リテラシーの醸成が必要であることが改めて確認された。

以上のエビデンスを基礎として、我国の気象、住宅の環境性能と居住リテラシーの実態と動向を踏まえて、健康住宅のガイドラインに向けた取りまとめを行う。

E. 研究業績等

1. 論文発表

- 1) Taro Mori, Taisei Akamatsu, Kouhei Kuwabara, Motoya Hayashi, Comparison of Indoor Environment and Energy Consumption before and after Spread of COVID-19 in Schools in Japanese Cold-Climate Region, *Energies* 15(5) 2022.3
- 2) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態, *室内環境*, pp.33-40, 2022
- 3) 東 賢一. 世界保健機関 (WHO) による「住宅と健康のガイドライン」. *公衆衛生* Vol 85,

No.7, pp. 432-437, 2021.

- 4) Tai Y, Obayashi K, Okumura K, Yamagami Y, Negoro H, Kurumatani N, Saeki K. Association between before-bedtime passive body heating and nocturia during the cold season among older adults. *J Epidemiol.* 2022. In press, DOI: 10.2188/jea.JE20210471
- 5) Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Association Between Passive Body Heating by Hot Water Bathing Before Bedtime and Depressive Symptoms Among Community-Dwelling Older Adults. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2022; 30: 161-170. DOI: 10.1016/j.jagp.2021.06.010
- 6) Mitsui K, Saeki K, Tone N, Suzuki S, Takamiya S, Tai Y, Yamagami Y, Obayashi K. Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort. *Sleep Med.* 2022; 90: 192-198. DOI: 10.1016/j.sleep.2022.01.023
- 7) Obayashi K, Saeki K, Yamagami Y, Kurumatani N, Sugie K, Kataoka H. Circadian activity rhythm in Parkinson's disease: findings from the PHASE study. *Sleep Med* 2021; 85: 8-14. DOI: 10.1016/j.sleep.2021.06.023
- 8) 長谷川舞,森太郎,羽山広文,林基哉,人口動態統計を用いた疾病による死亡の季節依存性に関する経時的分析,日本建築学会環境系論文集,Vol783,pp.557-566,2021.05

2. 書籍

- 1) 東賢一. 新版生活健康科学第2版: 第7章 生活環境と健康. 218頁, 三共出版, 東京, 2022.

3. 総説

- 1) 開原典子. COVID-19 対策と熱中症対策を両

立させる換気と冷房. 公衆衛生 2021; 85 (7): 477-82.

4. 学会発表

- 1) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男,住宅居住者の居住リテラシーと新型コロナウイルス感染症対策に関するWEB調査 その1 春期及び夏期の調査結果,日本建築学会大会,pp.1007-1008,2021.07
- 2) 伊藤圭汰,菊田弘輝,林基哉サービス付き高齢者向け住宅における室内環境と睡眠に関する研究,日本建築学会大会,pp.1235-1238,2021.07
- 3) 長谷川舞,森太郎,羽山広文,林基哉,気象データと人口動態統計を用いた疾病発生の季節依存性に関する経時的分析 その3 日別死亡割合と日平均外気温の波形解析,日本建築学会大会,pp.1691-1692,2021.07
- 4) 東賢一. Covid-19 に関する環境要因. 第80回日本公衆衛生学会総会シンポジウム, 東京, 2021年12月21日.
- 5) Atsuko Ikeda-Araki, Kanae Bekki, Yu Ait Bamai, Yohei Inaba, Hoon Kim, Reiko Kishi. Intake of phosphate flame retardants from short and long-term accumulated house dust and asthma and allergies among children: Hokkaido Study. 33rd Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology / ISEE 2021, New York (online), (2021.8.23-26)
- 6) 戸次加奈江,池田敦子,アイツバマイゆふ,稲葉洋平,東賢一,金勲,岸玲子:一般家庭における短期/長期堆積ダストを活用したSVOCの曝露評価研究1 リン系難燃剤・可塑剤の室内濃度分布と汚染要因の解析. 2021年室内環境学会学術大会,京都リサーチパーク,京都,2021.12.
- 7) 池田敦子,戸次加奈江,アイツバマイゆふ,稲葉洋平,金勲,岸玲子:一般家庭における短期/長期堆積ダストを活用したSVOCの曝露評価研究2. 子どものハウスダスト中リン系難燃剤・可塑剤の一日摂取量. 2021年室内環境学会学

術大会,京都リサーチパーク,京都,2021.12.

- 8) Atsuko IKEDA-Araki, Yu Ait Bamai, Reiko Kishi. Exposure to phthalate esters and phosphate flame retardants: concentrations in house dust, urinary metabolite, and their association with allergies. The 5th International Symposium for Persistent, Bio-accumulating and Toxic Substances (5th PBTS), Beijing, China (hybrid with online) (July 26-28, 2021)
- 9) 荒木敦子：北海道大学大学院保健科学研究所 公開講座 ようこそ！ヘルスサイエンスの世界へ「自宅の生活環境を見直そう」（北海道大学大学院保健科学研究所,札幌市 2022.11.3）
- 10) 池田敦子：北海道大学公開講座 環境×健康×SDGs「室内環境から見る SDGs」（オンライン,2022.11.9）

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

