

令和5年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究

室内環境・知的生産性の評価システムの検討

研究分担者	東 賢一	関西福祉科学大学健康福祉学部 教授
研究代表者	本間義規	国立保健医療科学院 統括研究官
研究分担者	小林健一	国立保健医療科学院医療・福祉サービス研究部 上席主任研究官
研究分担者	島崎 大	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
研究分担者	阪東美智子	国立保健医療科学院生活環境研究部 上席主任研究官
研究分担者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院生活環境研究部 研究員

研究要旨

本研究班全体では、これまでの研究結果より、中規模建築物の特質を踏まえた維持管理手法の検討が必要であることから、中規模建築物所有者等が自ら管理可能かつIoTとも親和性の高い室内環境の簡易評価システムの検討を行っている。今年度の本分担研究では、このようなシステムの検討を行うにあたり、欧州連合(EU)ALDRENプロジェクトが提案しているTAILスキームに対して、本研究班の測定結果を適用して評価を行った。その結果、TAILスキームは建物の室内環境を評価するうえで、温度(T:温熱)、相対湿度(I:室内空気質)、音圧レベル(A:音環境)、二酸化炭素濃度(I:室内空気質)の各項目の評価結果および総合評価結果が一目瞭然であり、とてもわかりやすい評価スキームであった。日本の建築物衛生法の温度の環境衛生管理基準と比べ、TAILスキームの評価基準が厳しく、音圧レベルでもTAILスキームの評価基準が厳しいことから、冬期(暖房期)、夏期(冷房期)ともに、評価を行った6件の建物すべてにおいて総合評価でグリーン(緑)となった建物はなかった。日本の環境衛生管理基準にあわせた基準の調整が必要ではあるが、室内環境の簡易評価システムを構築するうえで、かなり参考になる有効なスキームであった。また、室内環境の簡易評価システムにおける評価項目として、温熱環境、音環境、空気質、光環境の4項目があげられるが、それぞれの評価項目に関する日本の実態を把握するために、日本のオフィス労働者に対してアンケート調査を行った。その結果、温熱や湿度に関する不満の割合が高く、次いで音環境に対する不満の割合が高かった。延べ床面積による建物の規模との関係性を評価した結果、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。但し、その他の項目では建物の規模との有意な関係はみられなかった。なお、室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、デバイスの保有率の結果より、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

A. 研究目的

建築物衛生法が適用される特定建築物(店舗、事務所等の特定用途で延床面積3000㎡以上の建築物、同8000㎡以上の学校)には、建築物環境衛生管理基準の遵守、その管理実態の報告、建築物環境衛生管理技術者の選任等が義務づけ

られている。同法が適用されない中小規模の建築物(以下、中小建築物)においても衛生管理に努めるように記されているが、現在は監視や報告の義務がないことから衛生管理状況の実態が不明瞭となっている。また近年、省エネに対する建築物所有者や使用者の意識向上が要求さ

れる状況下において、中小建築物は運営や管理形態の多様さなどから十分な技術的支援を得られず、適切な対応がとられていない可能性が懸念される。

このような状況を鑑みると、中規模建築物の特質を踏まえた維持管理手法の検討が不可欠であり、建築物所有者等の行動変容を促すような実効性及び汎用性の高い自主的な維持管理手法の構築が必要と考えられる。そこで本研究全体の目的としては、中規模建築物所有者等が自ら管理可能かつIoTとも親和性の高い室内環境の簡易評価システムの検討と、そのシステムで想定される簡易評価困難な維持管理項目の把握があげられている。本分担研究としては、今年度、簡易評価システムを検討するにあたり、EU ALDREN プロジェクトのTAILスキームを日本の実態調査に適用した際の有効性と課題を把握することを目的とした。

また、室内環境の簡易評価システムにおける評価項目として、温熱環境、音環境、空気質、光環境の4項目があげられるが、それぞれの評価項目に関する日本の実態を把握するために、オフィスの室内環境に関する居住者の主観的な温熱感（暑さや寒さ）、湿気や乾燥感、臭い、明るさ、音の度合いなどに関して、建物の規模（延床面積）でどのような違いがあるかについてアンケート調査を行った。

本研究で得られた成果は、建築物衛生法の適用範囲の検討に資するものであり、今後の建築物衛生行政における施策の立案に寄与するものである。

B. 研究方法

B1. EU ALDREN プロジェクトのTAILスキームの有効性と課題の検討

EU ALDREN プロジェクトのTAILスキームは、評価対象とする建物をオフィス事務所とホテルとし、健康リスクと快適性を評価するスキームが具体的に詳細に提案されている。TAILスキームでは、①Thermal (T) environment (温熱環境)、②Acoustic (A) environment (音環境)、③Indoor air (I) environment (室内空気環境)、④Luminous (L) environment (光環境)の4つの環境を評価する。測定、モデリング、観察に

よってそれぞれの環境をレーティング(格付け)するために、室温、音圧レベル、換気回数、二酸化炭素濃度、ホルムアルデヒド濃度、ベンゼン濃度、PM_{2.5}濃度、ラドン濃度、相対湿度、カビの発生状況 (visible)、照度、昼光率の12のパラメーターが使用されている。評価レベルの判断には、EN-16798-1と世界保健機関(WHO)の空気質ガイドラインが使用され、グリーン(緑)、イエロー(黄)、オレンジ(橙)、レッド(赤)のレーティングがなされる。測定結果の評価には、主としてEN-16798-1とWHO空気質ガイドラインが使用されている。

本スキームは、本研究が目的とする、簡易的な中規模建築物の評価システムの参考になることから、本研究において実態調査を行った結果に対して本スキームを適用した際の有効性と課題の把握を行った。

B2. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

本分担研究者が作成したアンケートを用いて既存のインターネット調査会社(株式会社マクロミル)に調査を委託した。アンケートは本研究者からの指示により、調査会社から電子メールで研究対象者(20~69歳でオフィスで働いている成人、男女は問わない)(北海道50、東北50、関東200、中部80、近畿120、中四国50、九州50の割合)に配信した(回答は無記名)。アンケート調査は、2024年1月17日から同年1月19日の3日間実施した。

最初にスクリーニング調査として、働いている場所を質問し、オフィスで働いている回答者のみを対象として、オフィスの室内環境に関するアンケートに回答していただいた。

アンケートから得られた回答は、性別や年齢、建物の規模や用途、室内環境の各項目等についての集計を行い、建物の規模等と室内環境各項目との関係を把握した。

(倫理面での配慮)

本研究は、公表されている既存資料を中心とした情報収集を行った後、それらの整理を客観的におこなうものであり、特定の個人のプライバシーに係わるような情報を取り扱うものではない。資料の収集・整理にあたっては、公平な

立場をとり、事実のみにもとづいて行う。本研究は、動物実験および個人情報扱うものではなく、研究倫理委員会などに諮る必要のある案件ではないと判断している。

アンケート調査に関しては、関西福祉科学大学研究倫理審査委員会で承認（承認番号 23-45）を得て実施した。

C. 研究結果および考察

C1. EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームの有効性と課題の検討

本研究班が測定を行った 6 件の建物の測定データのうち、測定方法や測定条件等から、TAIL スキームで評価が可能であったのは、温度（T：温熱）、相対湿度（I：室内空気質）、音圧レベル（A：音環境）、二酸化炭素濃度（I：室内空気質）であった。

TAIL スキームでの評価の結果、冬期（暖房期）、夏期（冷房期）ともに、いずれの建物においても総合評価でグリーン（緑）と評価された建物はなかった。冬期では日平均の総合評価で 6 件中 4 件がイエロー（黄）、2 件がオレンジ（橙）であった。夏期では、6 件中全てがオレンジ（橙）となり、夏期の方が評価結果が低かった。

各項目の評価結果をみると、温度（T：温熱）では、冬期で 6 件中 3 件がグリーン（緑）であったが、夏期では 6 件中、イエロー（黄）が 1 件、オレンジ（橙）が 2 件、レッド（赤）が 3 件であり、温度の評価結果の差が総合評価に影響していた。日本の建築物衛生法では、温度の環境衛生管理基準が 18～28℃であるが、TAIL スキームの基準は $24.5 \pm 1^\circ\text{C}$ がグリーン（緑）の基準となっており、日本の基準の方が高いことが影響していると考えられる。

相対湿度（I：室内空気質）では、冬期で 6 件中 2 件がグリーン（緑）、3 件がイエロー（黄）、1 件がレッド（赤）であり、夏期では 6 件中 1 件がグリーン（緑）、4 件がイエロー（黄）、1 件がオレンジ（橙）であり、総じて冬期と夏期でほとんど差はみられなかった。

二酸化炭素濃度（I：室内空気質）では、冬期で 6 件中 1 件がグリーン（緑）、5 件がイエロー（黄）であり、夏期では 6 件中 2 件がグリーン

（緑）、4 件がイエロー（黄）であった。

音圧レベル（A：音環境）では、冬期で 6 件中 1 件がオレンジ（橙）、5 件がレッド（赤）であり、夏期では 6 件全てでレッド（赤）であった。音圧レベルに関しては、TAIL スキームの基準（小規模オフィス：0.1 人/m²）が 30 dB(A) 以下がグリーン（緑）の基準、35 dB(A) 以下がイエロー（色）となっており、日本の実態に比べて基準がかなり厳しいと考えられる。

TAIL スキームで評価を行った結果、建物の室内環境を評価するうえで、温度（T：温熱）、相対湿度（I：室内空気質）、音圧レベル（A：音環境）、二酸化炭素濃度（I：室内空気質）の各項目の評価結果および総合評価結果が一目瞭然であり、とてもわかりやすい評価スキームであった。

C2. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

アンケート調査の結果、621 名（男性 63.3%、女性 36.7%）から回答を得た。

本調査は冬期の調査であったが、オフィスの室内環境に対する回答を集計した結果、温熱環境が寒いと感じている回答者は 17.7%であり、温熱環境に不満を感じている回答者も 17.1%であった。湿気や乾燥感に不満を感じている回答者も 11.6%であった。空気のおいに関しては、気になると回答したものは 6.8%であり、温熱環境よりも良好な結果であった。但し、換気レベルの不足は 14.8%の回答者が感じており、空気質の不満も 14.0%が感じていることから、寒さや湿気や乾燥感などの温熱環境の要素の方がにおいよりも空気質の満足度に影響を与えていると考えられた。

オフィスの明るさについては、暗いと感じている回答者が 4.4%であり、やや暗いも含めると 14.9%であった。明るさの満足度で不満と感じている回答者は 4.9%であった。

オフィスの音で気になる音は、他人の会話や会話の音で最も高く 20.2%であり、次いで建物外の騒音で 8.5%、空調機やエアコンの音で 6.1%、プリンターやコピー機の音で 4.6%であった。音環境全体で不満を感じている回答者は 7.9%であった。

延べ床面積による建物の規模（2000m² 未満

を小規模、2000～3000m²未満を中規模、3000m²以上を大規模)との関係性を評価した結果、温熱環境、湿気や乾燥感、におい、換気、空気質、明るさのいずれにおいても建物の規模との有意な関係はみられなかった。但し、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。

仕事でのパソコンの使用状況やスマートフォンの保有状況を質問したところ、パソコンの使用割合は92.9%と多くの回答者が仕事でパソコンを使用していた。スマートフォンでは、個人用の保有率は86.9%と高かったが、業務用の保有率は28.1%と4人に1人程度の割合であった。室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

D. 総括

EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームで日本の測定結果を評価した結果、建物の室内環境を評価するうえで、温度 (T: 温熱)、相対湿度 (I: 室内空気質)、音圧レベル (A: 音環境)、二酸化炭素濃度 (I: 室内空気質) の各項目の評価結果および総合評価結果が一目瞭然であり、とてもわかりやすい評価スキームであった。日本の環境衛生管理基準にあわせた基準の調整が必要ではあるが、室内環境の簡易評価システムを構築するうえで、かなり参考になる有効なスキームであると考えられた。

オフィスの室内環境に関するアンケート調査の結果、温熱や湿度に関する不満の割合が高く、次いで音環境に対する不満の割合が高かった。延べ床面積による建物の規模との関係性を評価した結果、音環境の満足度では、建物の規模が小さくなるほど満足度が有意に低下した。特に建物外の騒音において気になる度合いが有意に増加した。但し、その他の項目では建物の規模との有意な関係はみられなかった。なお、室内環境簡易評価システムを導入するにあたっては、デバイスの保有率の結果より、スマホ用のアプリだけでなく、パソコン用のアプリも同時に開発する必要があると考えられた。

E. 研究発表

1. 学会発表

- 1) 東 賢一. 室内環境における健康影響問題の経緯と近年の動向. 大気環境総合センター令和 5 年度特別セミナー. 東京, 2023 年 11 月 17 日.
- 2) 東 賢一. 空気成分の指針動向. 2023 年室内環境学会学術大会車室内環境分科会セミナー. 沖縄, 2023 年 11 月 30 日.

2. 書籍

- 1) 東 賢一、他. 室内環境の事典. 朝倉書店, 東京, 2023.
- 2) 東 賢一、他. テキスト健康科学改訂第 3 版: 第 6 章住宅と健康. 南江堂, 東京, 2024 (印刷中).

F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

予定なし

詳細データ

C1. EU ALDREN プロジェクトの TAIL スキームの有効性と課題の検討

1. TAIL スキームの概要

欧州連合では、ALDREN (ALliance for Deep RENovation in Buildings, <https://aldren.eu/>) というプロジェクトが 2017 年 11 月に発足し、建築物の室内環境質を評価するための TAIL スキーム (オフィス事務所とホテルの IEQ (健康リスクと快不快を指標) のレベルを包括的に評価する新スキーム) を公表している。

TAIL スキームでは、①Thermal (T) environment (温熱環境)、②Acoustic (A) environment (音環境)、③Indoor air (I) environment (室内空気環境)、④Luminous (L) environment (光環境) の 4 つの環境を評価する。測定、モデリング、観察によってそれぞれの環境をレーティング (格付け) するために、12 のパラメーターが使用されている。評価レベルの判断には、EN-16798-1 と世界保健機関 (WHO) の空気質ガイドラインが使用され、グリーン (緑)、イエロー (黄)、オレンジ (橙)、レッド (赤) のレーティングがなされる。測定結果の評価には、主として EN-16798-1 と WHO 空気質ガイドラインが使用されている。

表 1-1 各環境に対する 12 の評価項目

TAIL	評価項目
T (温熱)	室温
A (音環境)	音圧レベル
I (室内空気質)	換気回数
	二酸化炭素濃度
	ホルムアルデヒド濃度
	ベンゼン濃度
	PM2.5 濃度
	ラドン濃度
	相対湿度
	カビの発生状況 (visible)
L (光環境)	照度
	昼光率



表 1 - 2 T (温熱) の基準

Table 2

Ranges of the indoor air temperature (EN 16798-1 [17]).

Quality of the thermal environment (T)	Buildings with mechanical cooling		Buildings without mechanical cooling	
	Heating season ¹	Non-heating ² (cooling) season	Heating season ¹	Non-heating ^{3,4} (+cooling season)
Green	22 ± 1 °C	24.5 ± 1 °C	22 ± 1 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 2 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 3 °C
Yellow	22 ± 2 °C	24.5 ± 1.5 °C	22 ± 2 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 3 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 4 °C
Orange	22 ± 3 °C	24.5 ± 2.5 °C	22 ± 3 °C	upper limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 + 4 °C lower limit 0.33Θ _{rm} + 18.8 - 5 °C
Red	If other quality levels cannot be achieved		If other quality levels cannot be achieved	

$$\Theta_{rm} = (1-\alpha) (\Theta_{ed-1} + \alpha \Theta_{ed-2} + \alpha^2 \Theta_{ed-3}),$$

where:

Θ_{rm} = outdoor running mean temperature for that day (°C).

Θ_{ed-1} = daily mean outdoor air temperature for the previous day.

α = constant between 0 and 1 (recommended value is 0.8).

Θ_{ed-i} = daily mean outdoor air temperature for the i-th previous day.

Alternatively, using the following approximate formula (when records of daily running mean outdoor temperature are not available: $Q_m = (Q_{ed-1} + 0.8 Q_{ed-2} + 0.6 Q_{ed-3} + 0.5 Q_{ed-4} + 0.4 Q_{ed-5} + 0.3 Q_{ed-6} + 0.2 Q_{ed-7}) / 3.8$).

¹ Assuming clo = 1.0, office work and RH = 50%.

² Assuming clo = 0.5, office work, and RH = 50%.

³ Summer and shoulder seasons; Θ_{rm} is the running mean outdoor temperature that can be calculated as follows:

⁴ Daily mean outdoor air temperature for the previous day obtained from measurements or from the nearest meteorological station.

表 1 - 3 I (室内空気質) の基準

Table 4

Ranges of the indoor air quality indicators.

Quality of indoor air quality (I)	Green	Yellow	Orange	Red
Carbon dioxide (concentration above outdoors) ^{1,2}	≤550 ppm	≤800 ppm	≤1350 ppm	If other quality levels cannot be achieved
Ventilation rate ^{3,7}	≥(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor) and <(10 L/s/p + 2.0 L/s/m ² floor)	≥(4 L/s/p + 0.8 L/s/m ² floor) and <(7 L/s/p + 1.4 L/s/m ² floor)	If other quality levels cannot be achieved
Relative humidity offices ^{2,4} hotel rooms ^{2,4,5}	≥30% <50% ≥30% and ≤50%	≥25% <60% ≥25% and ≤60%	≥20% <70% ≥20% and ≤60%	If other quality levels cannot be achieved
Visible mold ^{6,7}	No visible mould	Minor moisture damage, minor areas with visible mould (<400 cm ²)	Damaged interior structural component, larger areas with visible mould (<2500 cm ²)	Large areas with visible mould (≥2500 cm ²)
Benzene ⁷	<2 µg/m ³	≥2 µg/m ³	no criteria	≥5 µg/m ³
Formaldehyde ⁷	<30 µg/m ³	≥30 µg/m ³	no criteria	≥100 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (gravimetric) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Particles PM _{2.5} (optical) ⁷	<10 µg/m ³	≥10 µg/m ³	no criteria	≥25 µg/m ³
Radon ^{7,8}	<100 Bq/m ³	≥100 Bq/m ³	no criteria	≥300 Bq/m ³

¹ Outdoor CO₂ should be measured or assumed using <https://www.co2.earth/>; indoor CO₂ according to EN 16798-1 [17].

² To be classified in each quality level, the measurements shall not exceed the range defined by the indicated quality level and the lower quality level for more than 5% of the time, and the range defined by the next lowest quality level for more than 1% of the time.

³ For non-low polluting buildings according to EN 16798-1 [17], because no information on pollution load; the measured ventilation rates (average values of the two measurements) shall be compared with the nominal ventilation rate for that area according to design.

⁴ The levels match EN 16798-1 in terms of the humidification requirements [17].

⁵ The higher levels selected to avoid house dust mite infestation (survival and reproduction).

⁶ According to the Nordic classification system and Level(s); observations in the instrumented rooms should be supplemented by observations in locations where the risk of mould is likely (e.g., those identified by using simulations of surface relative humidity).

⁷ The permissible levels that cannot be exceeded: benzene ([45]; [12]), formaldehyde [29]; [45]) and PM_{2.5} [47].

⁸ Two-month average value measured in winter [45;11]).

表 1-4 A (音環境) の基準

Table 3

Ranges of the sound pressure level.

Quality of the acoustic environment (A)	Offices ¹		Hotel rooms ¹
	Small office	Landscape office	
Green	≤30 dB(A)	≤35 dB(A)	≤25 dB(A)
Yellow	≤35 dB(A)	≤40 dB(A)	≤30 dB(A)
Orange	≤40 dB(A)	≤45 dB(A)	≤35 dB(A)
Red	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved

¹ According to EN16798-1 [17]; in a small office, i.e., individual office, the nominal occupation density is 0.1 person per m² floor, and in the landscape office, it is 0.07 person per m² floor.

表 1-5 L (光環境) の基準

Table 5

Ranges of the visual environmental indicators.

Quality of the luminous environment (L)	Offices		Hotel rooms
	Daylight factor ¹	% of the time with measured illuminance between 300 and 500 Lux ²	
Green	≥5.0%	≥60% and ≤100%	0%
Yellow	≥3.3%	≥40% and <60%	>0% to ≤50%
Orange	≥2.0%	≥10% and <40%	>50% to ≤90%
Red	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved	If other quality levels cannot be achieved

¹ The lowest daylight factor to reach respectively ≥750 Lux, ≥500 Lux, ≥300 Lux and ≥100 Lux; the daylight factor values are taken according to Standard EN 17037 [18] for Brussels.

² Following the requirements of the HQE green building certification scheme [23].

³ Following the requirements of CASBEE [3]; CASBEE requirement is only for the illuminance level and not for the frequency of occurrence.

EN-16798-1 は、「Energy performance of buildings. Ventilation for buildings - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. Module M1-6: 建物のエネルギー性能—建物の換気・室内空気質、熱環境、照明および音響に対処する建物の設計およびエネルギー性能評価のための室内環境入力パラメーターモジュール M1-6」という欧州連合 (EU)

域内における統一規格である。EN規格は European Standards と呼ばれる。

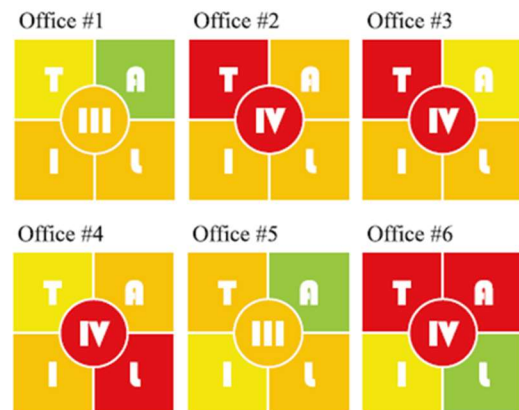
温熱、室内空気質、音環境、光環境の4つの評価項目を総じた室内環境質 (IEQ) の総合評価を以下の式で行っている。この総合評価の結果は、4つの評価項目の中心部分に提示されるシステムとなっている。

IEQ の総合評価

$$\text{Interim rating} = \frac{\sum_1^k R_k * O_k}{n}$$

where k is the number of quality levels; R is the rank for the specific quality level k (R = 1 for green level, R = 2 for yellow level, R = 3 for orange level, and R = 4 for red level); O is the number of observations (measurements) for the specific quality level k; n is the total number of observations (measurements) where the quality of the parameter was determined.

Green: 1~1.4
 Yellow: 1.5~2.4
 Orange: 2.5~3.4
 Red: 3.5~4



TAIL スキームでは、評価プロトコルが作成されている。12 の評価項目のうち、昼光率についてはシミュレーション、カビの発生状況については専門家による目視観察で評価が実施される。他の 10 項目については測定で評価される。測定は建物の室内と屋外の両方で実施される。

評価項目の測定は、季節の違いを避けるために、同じ季節の同じ月（可能であれば同じ天候）の改修前後に実施される。また、季節の違いを把握するために、暖房期（冬期）と冷房期（夏期）の両方の季節で実施するのが理想的ですが、1つの季節でも構わない。春期と秋期での評価は必須とはされていない。ラドンの測定は、冬期のみラドンが発生しやすい地域でのみ実施される。現場での測定は、建物を通常通りに使用している時間帯に実施される。

本スキームは、建物に対するエネルギー改修の効果や影響を把握するために用いられるため、改修前ではエネルギー回収の数か月前に実施され、建物の改修後は改修後 3 か月以上遅くとも 1 年以内に通常の運用を行った後に実施されることが望ましいとされている。全体的なプロセスを図 1-1 に示す。

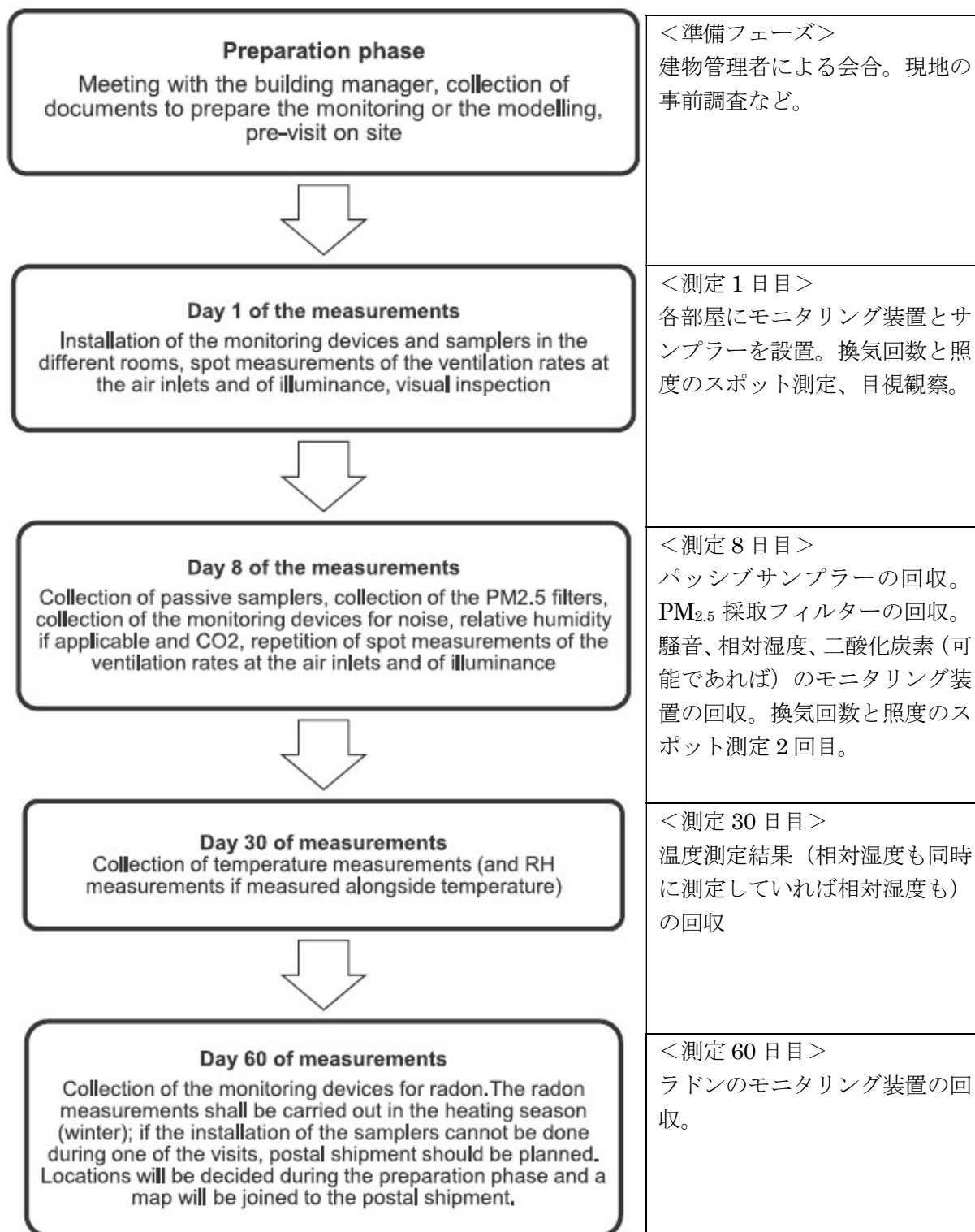


図 1-1 TAIL のレベルを評価するための各評価項目の評価プロセス

各建物においては、各評価項目をいくつかの場所で実施する必要があるが、場所の数は、評価結果が建物全体を表していると考えられることや、技術的及び費用的な面を考慮して場所の数が決定される。なお、場所の選定に関しては、以下の基準がある。

- ① 居住者の密度が最も小さい部屋と最も大きい部屋を選定する
- ② 地理的な方向が異なる部屋を選択する
- ③ 街路、道路、庭に面した部屋を選択する
- ④ 種類の異なる部屋を選択する、例えば：
 - ・ 今回の改装前において、同時期に、新たに建築されていた、あるいは改装されていた部屋
 - ・ 同じ空調ユニットと換気または空調ゾーンを共有する部屋
 - ・ 建材や家具等が類似している部屋
 - ・ 同様のタイプの日射遮断装置が設置された部屋
- ⑤ オフィスビルではシングルオフィス、あるいはオープンプランのオフィス、ホテルでは異なるサイズの部屋
- ⑥ 居住者がいる部屋

評価は、オフィスビルではオフィスルーム、ホテルでは客室でのみ実施される。ロビー、サービスルーム、会議室、廊下は対象外となる。測定箇所の面積の合計は、オフィスビルでは延床面積、ホテルでは客室の延床面積の約 10%とする。建物のサイズに応じて最低 2つの場所を選択するが、少なくともフロアーに 1 か所など、評価結果の質的な向上のためには場所を多くとる。

部屋の中央で、壁から 1m 以上離れた場所、床から約 0.8~1m の高さ、テーブル/机またはベッドサイドテーブルの上などで評価は実施される。温熱の測定では、0.6m の高さが座位の高さと考えられている。温熱の測定機器は、通気口や直射日光の近くを避けて設置する。

季節ごとに、オフィスビルでは少なくとも 1 週間のうち労働時間帯（月～金の勤務時間帯のみ）、ホテルでは全時間帯（月曜から月曜、火曜から火曜など、但し就寝時間帯のみ）に評価を実施する。但し、温度は 1 か月間、ラドンは 2 か月間測定する必要がある。

<参考資料>

Sesana MM, et al. (2021) ALDREN: A Methodological Framework to Support Decision-Making and Investments in Deep Energy Renovation of Non-Residential Buildings 11:3. の
 Wargocki P, et al. (2021) TAIL, a new scheme for rating indoor environmental quality in offices and hotels undergoing deep energy renovation (EU ALDREN project). Energy & Buildings 244:111029. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111029>

2. TAIL スキームを日本の実態調査結果に適用した際の有効性と課題の検討

表 1-6 に TAIL スキームの評価項目と測定プロトコルに対して本研究班で実施した測定項目と測定方法をまとめた。また、表 1-7 に本研究班の評価に使用した項目と評価基準を示す。表 1-8 には冬期における本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果、表 1-9 には夏期における本研究班の測定データの TAIL スキームでの評価結果を示す。

表 1-6 TAIL スキームの測定プロトコルの概要と本研究班の測定項目と測定機器類

項目	測定プロトコル	本研究班の測定機器類と測定条件
1) 温度	ISO 7730 と ISO 7726。精度: ± 0.5 °C 以上。測定間隔の推奨値 1~10 分。屋外の温度は同時に記録するか最寄りの気象観測所から取得。測定期間1か月。	おんどとり TR-76Ui THA-3001(サーミスタ 精度: ± 0.5 °C) 記録インターバル 長期 10min., 短期 1min. 測定期間1か月。
2) 音圧レベル	EN ISO 10052 と EN ISO 16032。精度: ± 1 dB(A) 以上。全てのシステムが稼中でバックグラウンド(周囲の)ノイズが存在し、窓を閉めた状態。連続測定では 1~10 分の測定間隔。居住者が存在するオフィスでは、勤務時間中に測定された音圧レベルの 5 パーセントイルを使用(5 パーセントイルを居住者がいない状況の代表レベルと仮定)居住者がいないオフィスでは平均音圧レベル。	RION NL-42, NL-52: 計量法普通騒音計, JIS C1509-1 クラス 2, A 特性 25~138dB, サンプリング周波数 48kHz, 騒音計マイクロホン UC-59, 感度レベル-27dB \pm 2dB, 温度感度レベル変化 \pm 0.35dB@-10-50°C@1kHz, 湿度感度レベル変化 \pm 0.14dB 以内 (23°C50%@1kHz) 記録インターバル 1min. 音圧レベル(居住者有り: 5 パーセントイル値)。
3) 換気回数	機械換気装置のある建物では、他の評価項目の測定の初めと終わり(1日目、8日目)の2回測定する。自然換気の建物では、外気侵入率(infiltration rate)について、測定対象とする部屋の吸気口と排気口の気流を測定する。	風量測定は未実施。
4) 二酸化炭素濃度	オンライン測定。精度: ± 50 ppm。測定期間はオフィスでは月曜日から金曜日まで、ホテルでは連続7日間。測定間隔は1~10分。オフィスとホテルの両方で屋外での測定を推奨。	おんどとり TR-76Ui (NDIR方式 ± 50 ppm, Senseair社 K-30: ± 30 ppm), 長期測定時インターバル 10min. 短期インターバル 1min. 月曜日から金曜日までのデータを抜粋。
5) ホルムアルデヒド濃度	ISO 16000-4:2011。オフィスでは月曜日から金曜日まで、ホテルでは連続7日間のパッシブ測定。冬期と夏期の2回測定を推奨。平均濃度をランキングに使用。	N/A
6) ベンゼン濃度	ISO 16017-2:2003。オフィスでは月曜日から金曜日まで、ホテルでは連続7日間のパッシブ測定。屋外濃度の測定を推奨するが最寄りの大気中濃度の監視局のデータを使用可能。冬期と夏期の2回の測定を推奨。平均濃度をランキングに使用。	N/A
7) PM _{2.5} 濃度	CEN- EN 12341:2014。重量測定または光学カウンターで測。オフィスでは月曜日から金曜日まで、ホテルでは連続7日間。屋外濃度の測定を推奨するが最寄りの大気中濃度の監視局のデータを使用可能。冬期と夏期の2回の測定を推奨。平均濃度をランキングに使用。	Kanomax パーティクルカウンター MODEL 3889 粒子数での TAIL 基準がないため評価未実施。

8)ラドン濃度	ISO 11665-8:2013。パッシブ測定。冬季のみの2ヶ月間測定。パッシブ線量計は1階の2か所に設置。	N/A
9)相対湿度	オンライン測定。精度:±5%。測定期間:、温度と同一機器では1ヶ月、それ以外ではオフィスで月～金、ホテルで連続7日間。測定間隔1～10分。屋外測定を推奨するが最寄りの気象測定局のデータを使用可能。	おんどとり TR-76Ui THA-3001(高分子膜抵抗式 精度:±5%RH)記録インターバル 長期 10min., 短期 1min. 測定期間1か月(温度と同一機器)
10)カビの発生状況	目視観察による。表面の相対湿度によるシミュレーションを用いてカビのリスクが存在する場所を測定に含める。	not visible
11)照度	水平方向に供給される全光。床から0.85mで人工照明システムまたは窓(日光)を介して表面を机の表面を照らす。初日(朝+正午+午後)と最終日(朝+正午+午後)に部屋ごとに5か所でスポット測定。連続測定も利用可能(測定間隔1～10分)。精度±3ルクス。屋外の照度の測定を推奨。	Sekonic スペクトロメーター C-700 測定条件等が異なるため評価未実施。
12)昼光率	EN17037 及び ISO 15469 規格の TYPE 1 または TYPE 16。屋内外の照度レベル比率。床面から0.85mの高さのグリッドに分割された水平作業面。昼光率を推定するための専用のシミュレーションツールも使用可能。	屋外照度の測定未実施で測定条件等が異なるため評価未実施。

表1-7 本研究班の評価に使用した項目と評価基準

評価項目	参考規格	単位	評価分類				備考
			緑(1点)	黄(2点)	橙(3点)	赤(4点)	
室温 (月平均値)	EN 16798-1	°C	22±1	22±2	22±3	左記以外	暖房期(機械換気あり)
		°C	24.5±1	24.5±1.5	24.5±2.5	左記以外	非暖房(冷房)期 (機械換気あり)
音圧レベル (5パーセント イル値)	EN 16798-1	dB(A)	30以下	35以下	40以下	左記以外	小規模オフィス (0.1人/m ²)
		dB(A)	35以下	40以下	45以下	左記以外	ランドスケープ オフィス (0.07 人/m ²)
二酸化炭素濃度	EN 16798-1	ppm	550以下	800以下	1350以下	左記以外	
相対湿度 (月平均値)	EN 16798-1	%	30～50	25～60	20～70	左記以外	
評価項目全体の平均値			1～1.4	1.5～2.4	2.5～3.4	3.5～4	

表1-8 本研究班の測定データのTAILスキームでの評価結果（冬期）

建物ID	TAIL	評価項目	単位	測定日：2023年2月						
				時間帯	24h平均	時間帯	9-12平均	時間帯	13-17平均	
				測定結果	評価点	測定結果	評価点	測定結果	評価点	
001(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	22.5	1	23.9	3	24.2	2	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	45.1	4	45.1	4	44.6	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	596	2	677	2	667	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	40	1	40.5	1	38.6	1	
	総合評価	評価項目全体の平均値				2.0		2.5		
002(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	23.4	3	25.6	2	25.7	2	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	44.2	4	45.2	4	45.2	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	599	2	724	2	753	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	15.4	4	14.7	4	15.8	4	
	総合評価	評価項目全体の平均値				3.3		3.0		
003(東北)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	21.4	1	23.2	3	23.1	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	39.1	3	44.1	4	39.7	3	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値				2.0		2.8		
004(東京)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	22	1	23.4	3	23.8	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	46.9	4	47	4	46.8	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値				2.3		2.8		
005(熊本)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	24.1	2	25	2	26.4	4	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	42.2	4	42	4	42.4	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	707	2	787	2	807	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	26.8	2	25.1	2	25.3	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値				2.5		2.5		
006(金沢)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	19.2	3	20.9	3	22.9	1	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	47	4	46.9	4	50.1	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	500	1	580	2	558	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	30.5	1	30.5	1	28.5	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値				2.3		2.5		

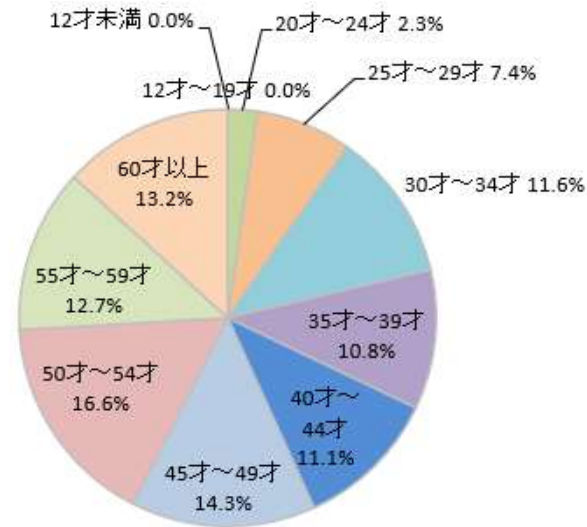
表1-9 本研究班の測定データのTAILスキームでの評価結果(夏期)

建物ID	TAIL	評価項目	単位	測定日:2023年8月						
				時間帯	24h平均	時間帯	9-12平均	時間帯	13-17平均	
				測定結果	評価点	測定結果	評価点	測定結果	評価点	
001(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)暖房期	°C	25.9	2	25.3	1	25.6	2	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	43.8	4	44.7	4	43.5	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	551	2	622	2	644	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	58.3	2	58.7	2	57.7	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.5		2.3		2.5	
002(北海道)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	26.8	3	26.4	3	26.5	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	44.6	4	45.6	4	43.7	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	582	2	695	2	743	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	57.5	2	53.1	2	51.7	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.8		2.8	
003(東北)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	28.3	4	26.9	3	27.3	4	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	43.7	4	44.1	4	46.3	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	774	2	764	2	954	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	48.7	1	49.9	1	48.4	1	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.5		3.0	
004(東京)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	26.6	3	26.1	3	26.2	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	47.3	4	47.2	4	47.2	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	705	2	817	3	823	3	
		相対湿度(月平均)	RH%	59.2	2	60	2	60	2	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		3.0		3.0	
005(熊本)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	27.3	4	26.4	3	26.3	3	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	45.8	4	45.8	4	45.8	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	519	1	567	2	606	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	54.7	2	49.8	1	49.4	1	
	総合評価	評価項目全体の平均値			2.8		2.5		2.5	
006(金沢)	T(温熱)	室温(月平均)冷房期	°C	27.6	4	26.9	3	27.6	4	
	A(音環境)	音圧(5%),小規模	dB(A)	50.1	4	49.8	4	51	4	
	I(室内空気質)	二酸化炭素濃度	ppm	492	1	557	2	556	2	
		相対湿度(月平均)	RH%	68.9	3	68	3	64.4	3	
	総合評価	評価項目全体の平均値			3.0		3.0		3.3	

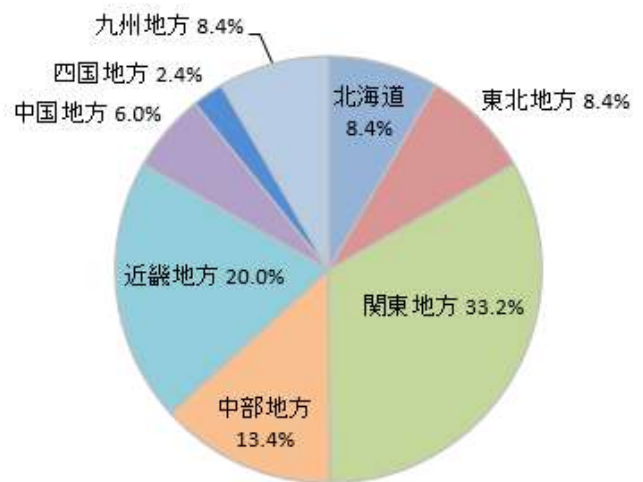
C2. オフィスの室内環境に関するアンケート調査

アンケート調査の結果、621名（男性 63.3%、女性 36.7%）から回答を得た。

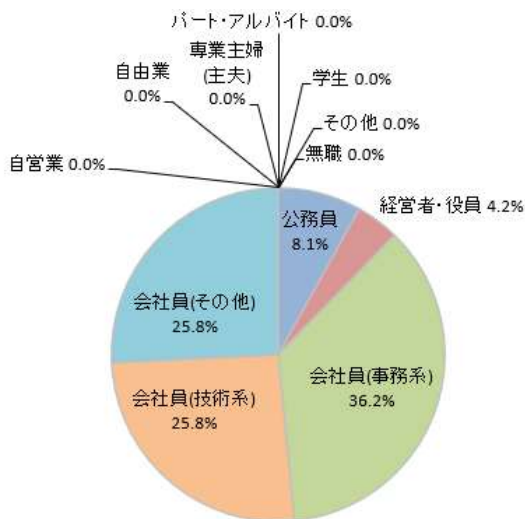
1) 単純集計結果



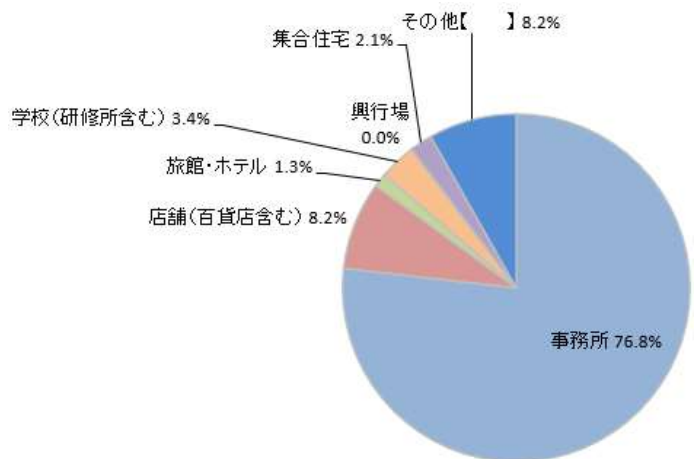
年齢構成



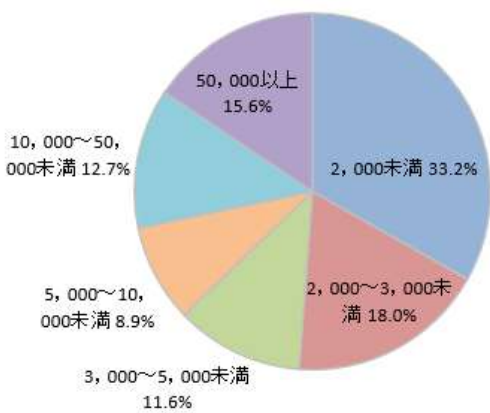
所在地域



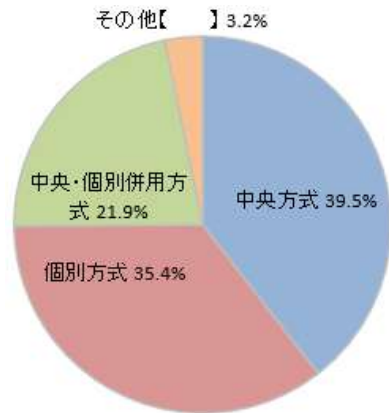
職業



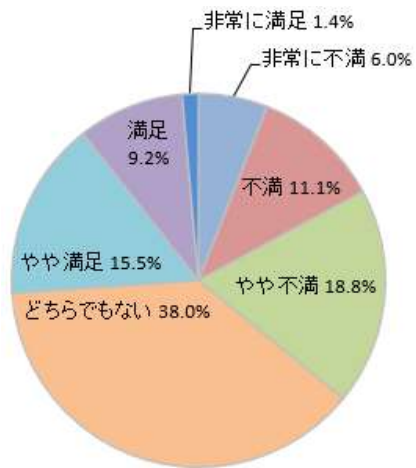
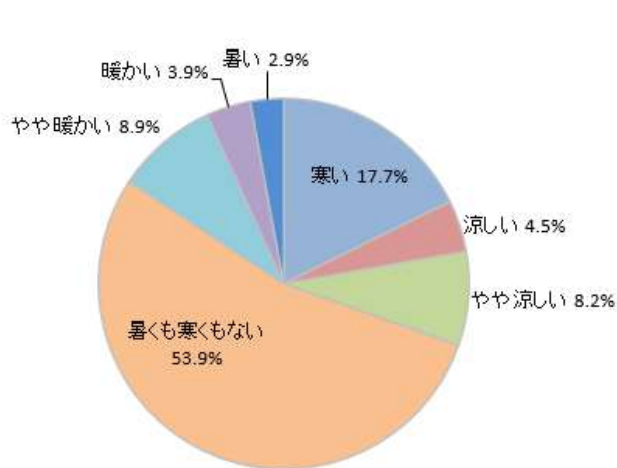
建物の主な用途



建物の延床面積

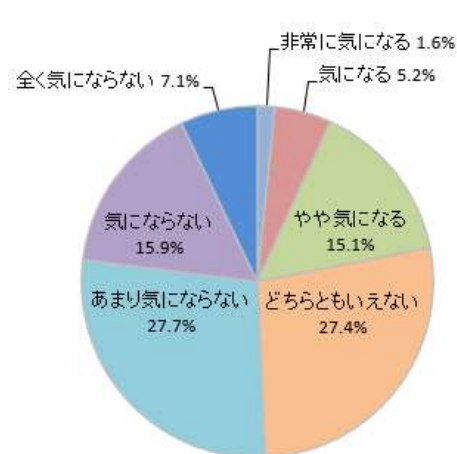
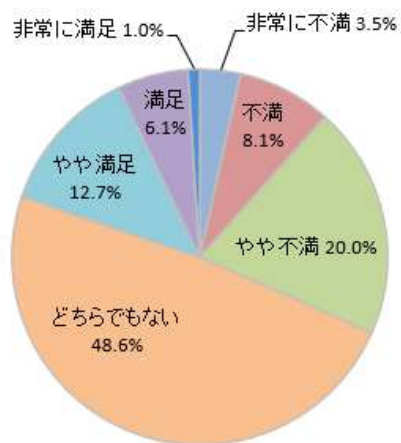


建物内の空調方式



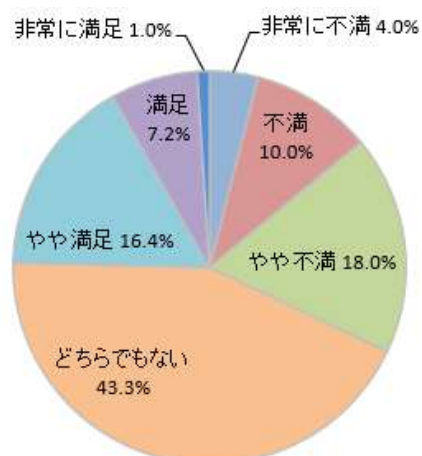
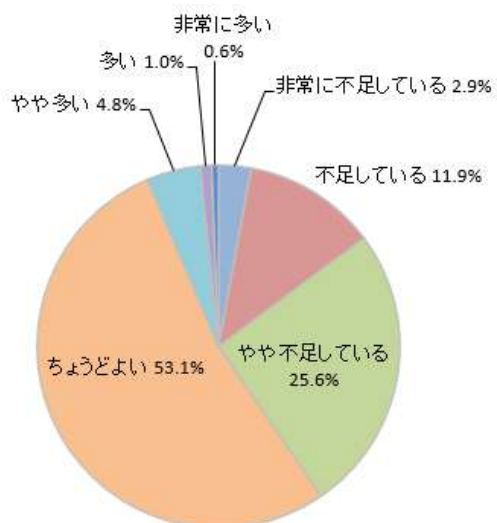
温熱環境の評価

温熱環境の満足度



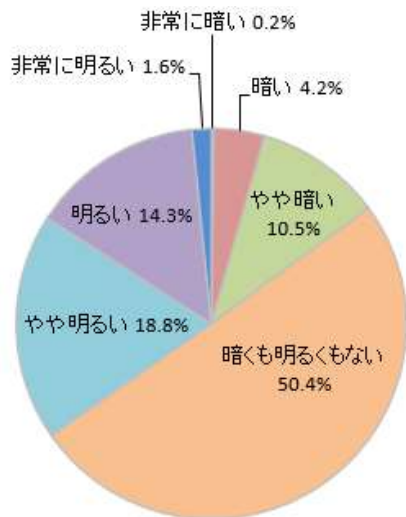
湿気や乾燥感の満足度

空気の臭いの評価

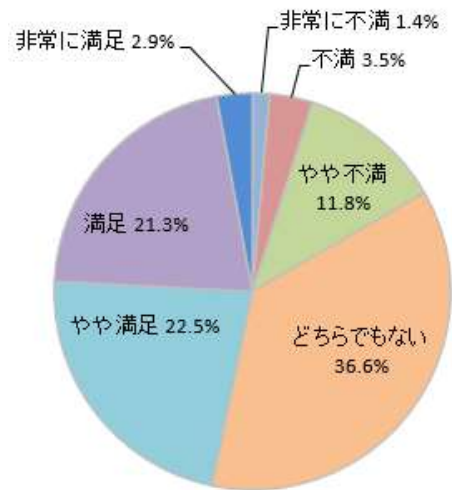


換気のレベル

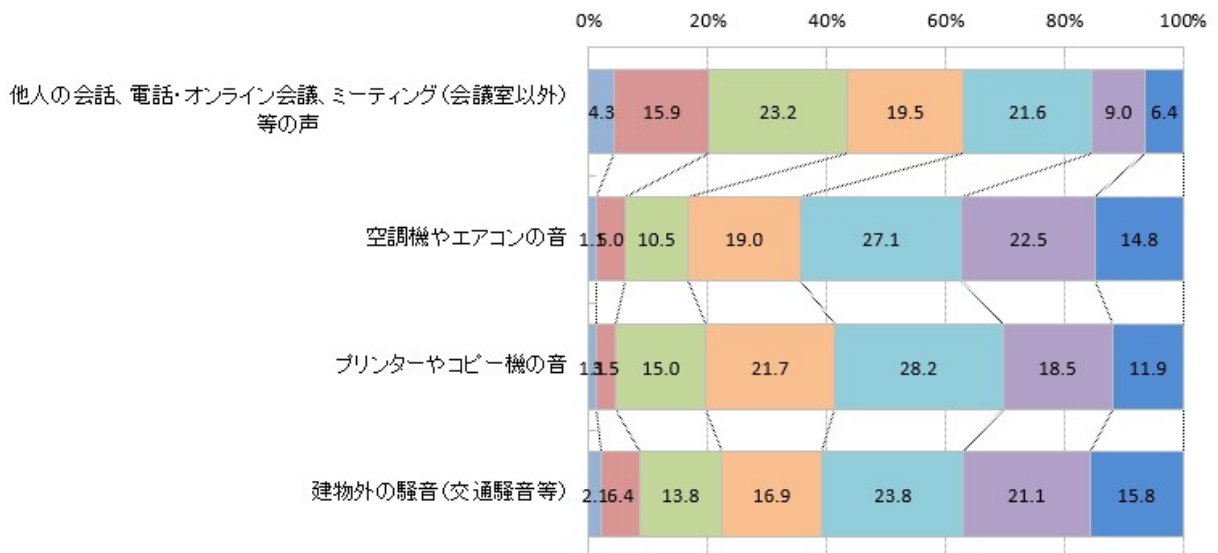
空気質の満足度



明るさの評価



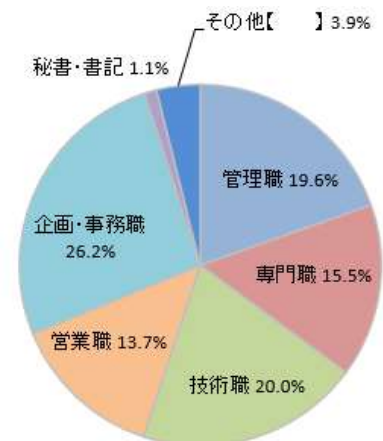
明るさの満足度



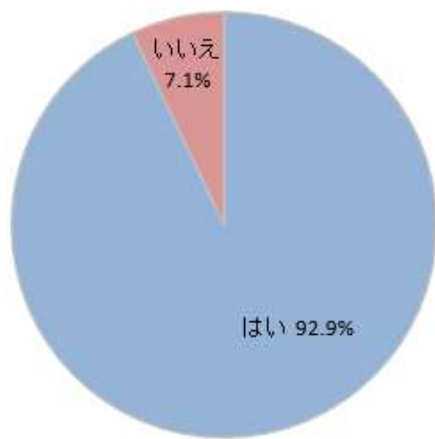
オフィスの音で気になる度合い



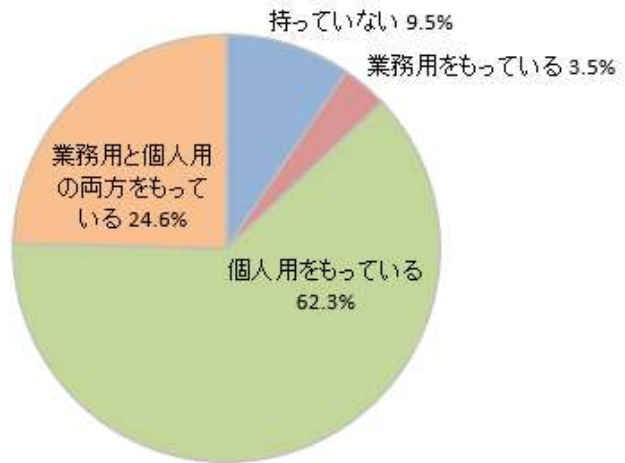
音環境の満足度



職種

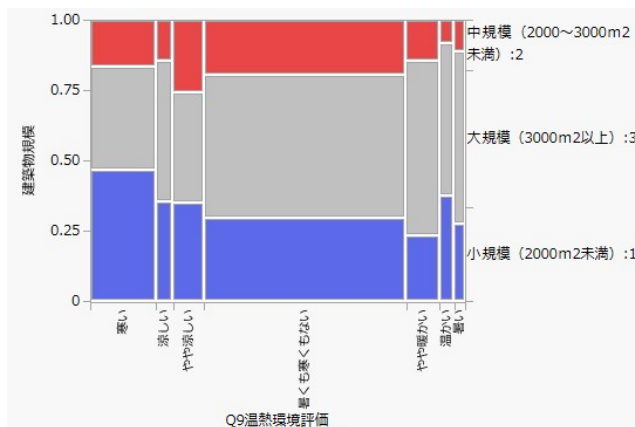


仕事でのパソコンの使用の有無

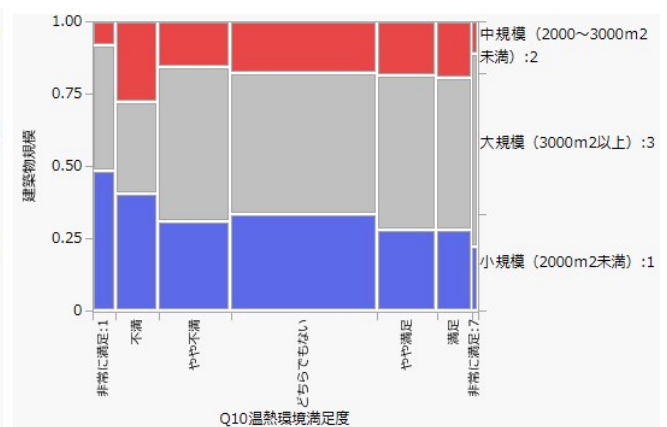


スマートフォンの保有状況

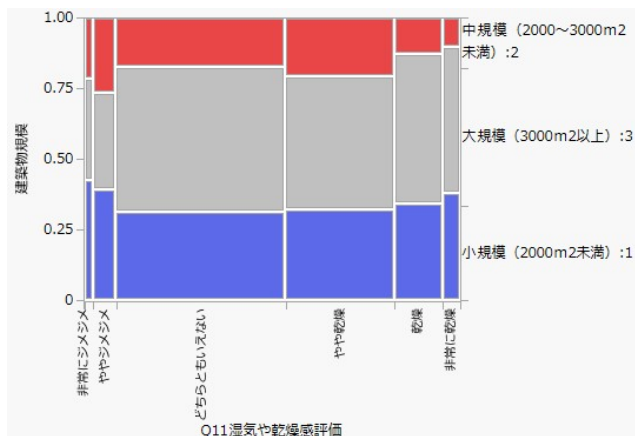
2) 延床面積とのクロス集計のカイ二乗検定の結果



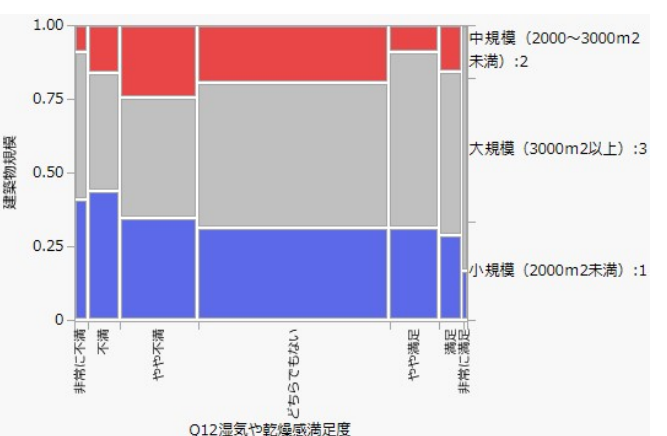
温熱環境評価 ($p=0.0564$)



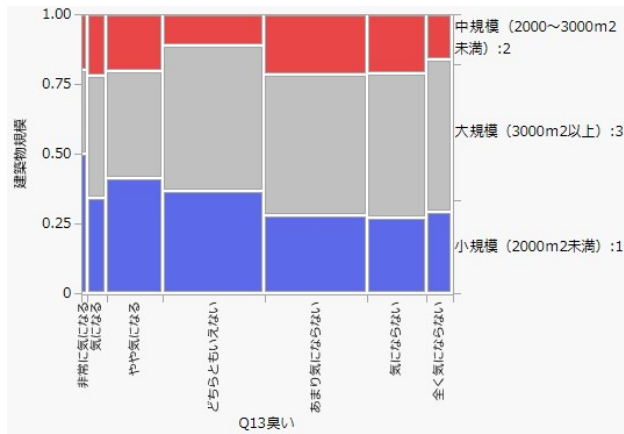
温熱環境満足度 ($p=0.1281$)



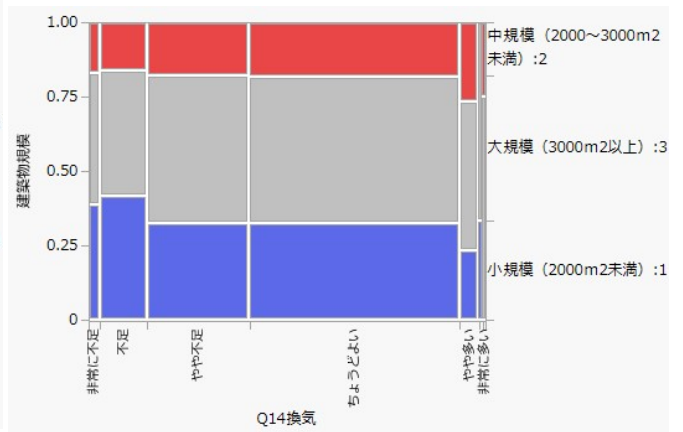
湿気や乾燥感の評価 ($p=0.5178$)



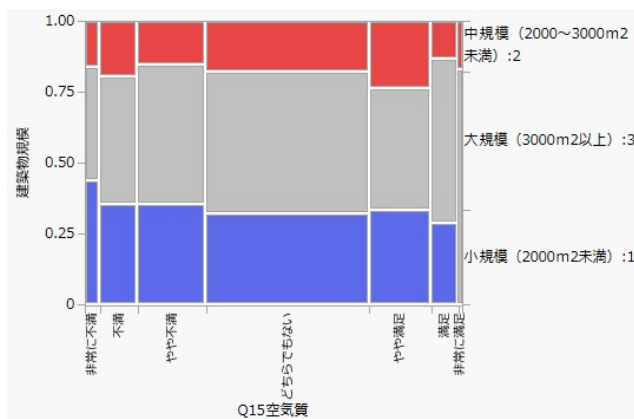
湿気や乾燥感の満足度 ($p=0.1011$)



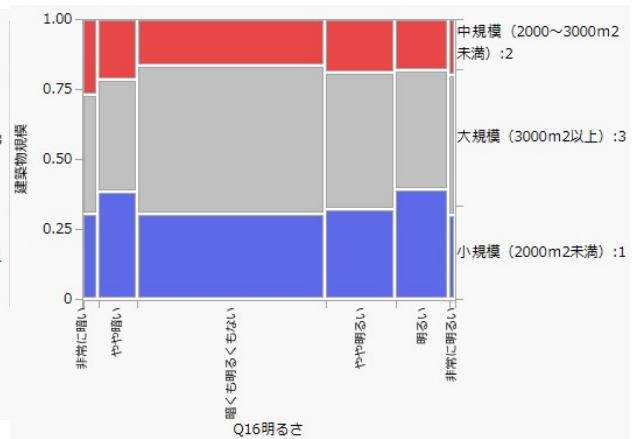
臭いの評価 ($p=0.1554$)



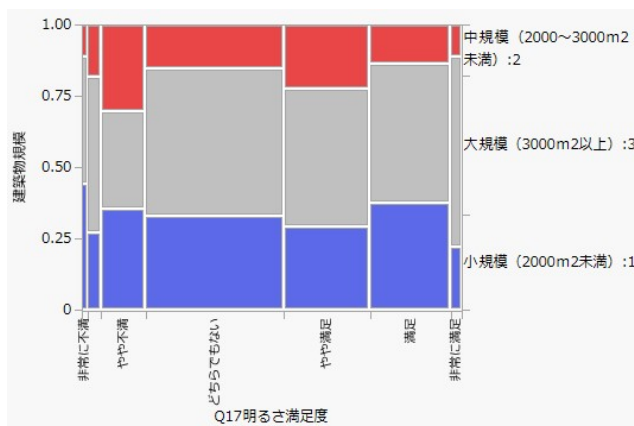
換気の評価 ($p=0.7431$)



空気質の評価 ($p=0.6205$)

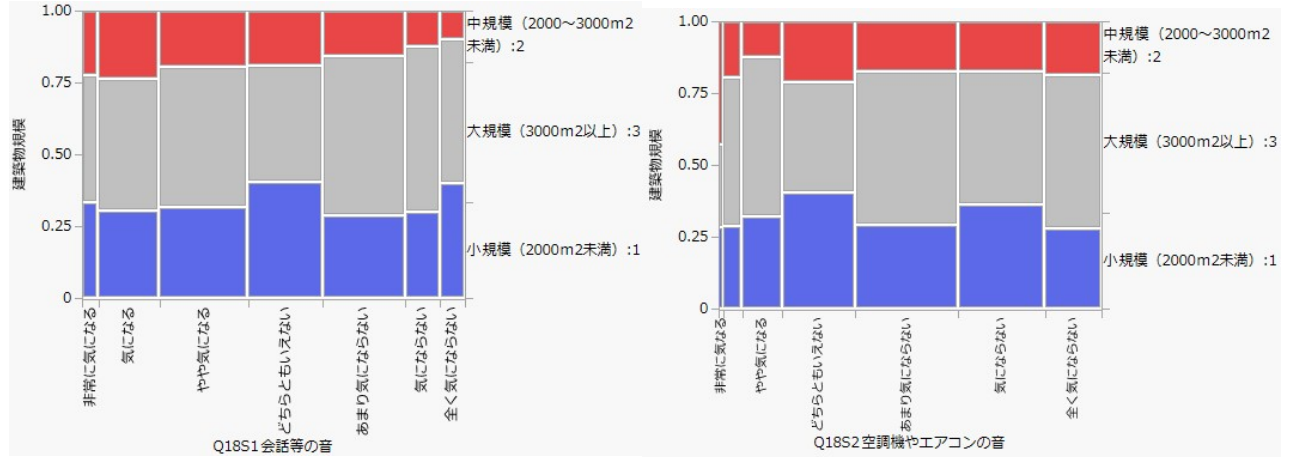


明るさの評価 ($p=0.6728$)



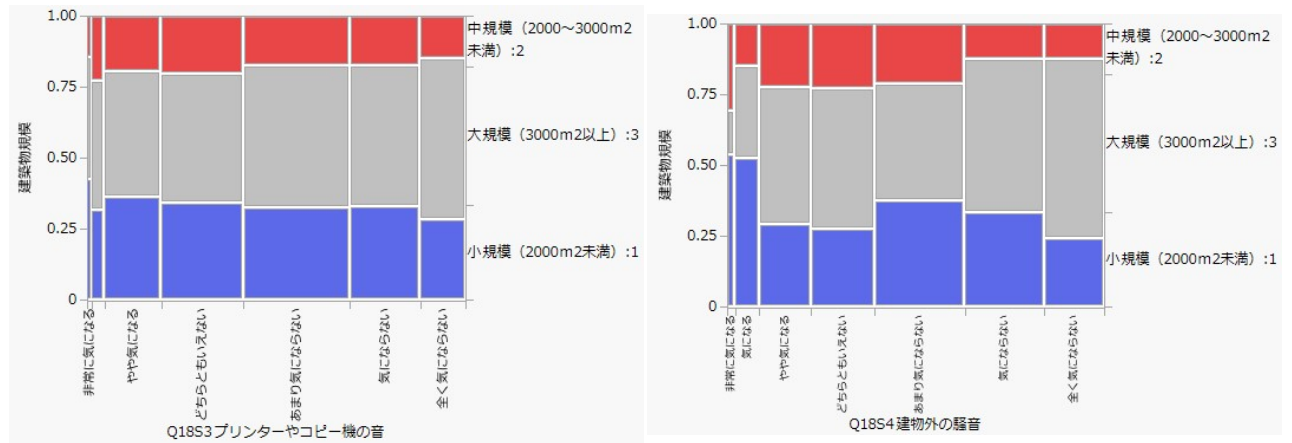
明るさの満足度 ($p=0.1070$)

オフィスの音で気になる度合いの評価（4項目）



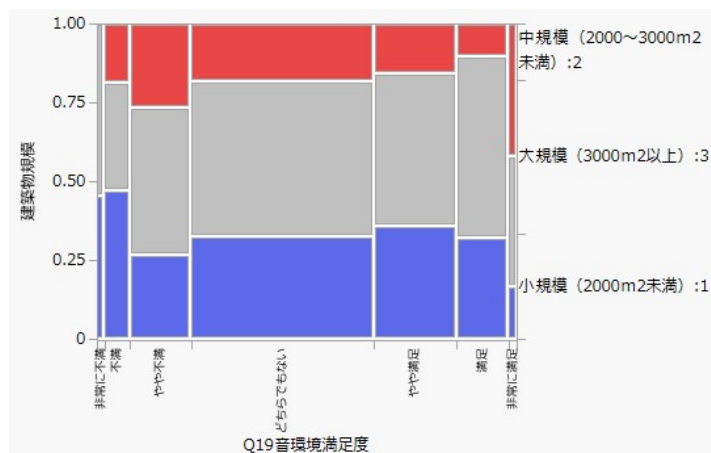
①会話等の音 ($p=0.4152$)

②空調機やエアコンの音 ($p=0.3248$)



③プリンターやコピー機の音 ($p=0.9785$)

④建物外の音 ($p=0.0018^*$)



音環境満足度 ($p=0.0058$)