

労災疾病臨床研究事業費補助金

事務所衛生基準規則に関する研究—妥当性と国際基準との調和

令和元年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 武 藤 剛

令和2（2020）年 3月

労災疾病臨床研究事業費補助金

事務所衛生基準規則に関する研究—妥当性と国際基準との調和

総括・分担研究報告書

令和元年度（3年計画の1年目）

<研究代表者>

武藤 剛 北里大学医学部衛生学 講師

<研究分担者>

花里 真道	千葉大学予防医学センター 准教授
橋本 晴男	東京工業大学キャンパスマネジメント本部総合安全管理部門 特任教授
齊藤 宏之	労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所人間工学研究グループ 上席研究員
中村 裕之	金沢大学医薬保健研究域長学域長 医学系環境生態医学公衆衛生学 教授
横山 和仁	順天堂大学医学部衛生学講座 客員教授
松平 浩	東京大学医学部附属病院22世紀医療センター 特任教授
遠藤 源樹	順天堂大学医学部公衆衛生学講座 准教授

<研究協力者>

浦川 加代子	順天堂大学保健看護学部 教授
岡 敬之	東京大学医学部附属病院 特任准教授
大森 由紀	北里大学医学部衛生学 助教
堀口 兵剛	北里大学医学部衛生学 教授
江口 尚	北里大学医学部公衆衛生学 講師
石井 理奈	順天堂大学医学部衛生学講座
大矢 めぐみ	順天堂大学医学部衛生学講座／千葉大学大学院医学研究院人工知能医学
高橋 麻衣	マウントサイナイ医科大学ベスイスラエル病院
辻口 博聖	金沢大学医薬保健研究域医学系環境生態医学公衆衛生学 助教
原 章規	金沢大学医薬保健研究域医学系環境生態医学公衆衛生学 准教授

目 次

I. 総括研究報告書	
事務所衛生基準規則に関する研究一妥当性と国際基準との調和	7
武藤 剛	
II. 分担研究報告書	
1. 室内執務環境の観点からの多様性包摂と グローバル現代型健康オフィスに関する調査	39
武藤 剛、遠藤源樹	
2. オフィス環境／ビル管理の安全性・利便性・健康快適性 に関する国内外の認証基準	47
花里 真道	
3. 室内空気環境基準と研究の国際動向に関する文献調査	55
橋本 晴男	
4. 室内環境における温湿度、一酸化炭素ならびに二酸化炭素 の基準の妥当性の検討	64
齊藤 宏之	
5. 国際社会における室内の照度・騒音・振動の快適基準	76
中村 裕之	
6. 事務所室内環境と心理的影響（気分）に関する文献調査	81
横山 和仁	
7. 腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクス に関する国内外のエビデンス	100
松平 浩	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	107
IV. 研究成果の刊行物・別刷	111

I．総括研究報告書

労災疾病臨床研究事業費補助金
総括研究報告書

事務所衛生基準規則に関する研究 ―妥当性と国際基準との調和―

研究代表者 武藤 剛 北里大学医学部衛生学 講師

研究要旨

昭和47年に定められた事務所衛生基準規則（以下、事務所則）は、事務所における各種衛生基準を定めている。しかし、分煙や禁煙の広がり、空調設備の機能向上、パソコンやIT機器を用いたデスクワークの普及はもとより、テレワークや、固定席を設けないフリーアドレス制オフィスの出現、女性・障害者・外国人労働者の増加に示されるような、労働形態・室内職場環境・労働者自身の多様性に富む現代の室内執務環境について、改めて基準の妥当性や国際認証基準との整合性を検討する必要が生じている。これらを踏まえ、本研究は以下のサブテーマを主目的に、3年計画で遂行する。

（１）安全性・利便性・健康/快適性の観点からの事務所則各項目の国際/国内認証基準との調和【国内外の認証基準との整合性・調和】（２）温湿度や室内空気環境、救急用具備品、災害や転倒・腰痛予防、多様性対応等に関する各項目と基準の妥当性の検討【現行／新規追加候補項目の基準妥当性】（３）各基準項目に関する国内・国際基準との整合性【室内環境測基準や快適職場の検証】。

研究 1

昨今の働き方の多様化に伴い、わが国の現代型オフィス環境は、労働者側の観点では、女性や高齢者、外国人（様々な文化的背景）の増加、就労形態の観点では、オフィス内フリーアドレス制、オープンスペース活用、同一オフィス内の多様な職種（正規・非正規雇用、派遣、委託請負による客先常駐）、さらにテレワークの進展による事務作業場所の分散化が進んでいる。従来の作業（職場）環境に内在する健康障害リスクとしての物理的因子（騒音、照度、振動ほか）や化学的因子（室内化学物質）に加えて、心理的因子や生物的因子の大きさが指摘されている。

今年度は、①多様性の観点（女性・高齢者・請負下請客先常駐・外国等多様な文化的背景）、②健康空間オフィス（healthy workplace）、③健康危機管理の観点（救急・感染症（生物学的リスク）等）の観点からの国内外の文献やパイロット事例調査を実施した。抽出された検討項目について、次年度以降大規模調査や改善にむけた基準や望まれる在り方について分析を進めていく。

研究 2

国際的には、建築・ビル管理の観点より、2006 年の国連環境計画金融イニシアチブと国連グローバル・コンパクトにより策定された Principal for Responsible Investment

以降、ESG(Environment, Social, Governance)を基本とした評価が普及しつつある。これは、オフィスワーカーが知的生産性向上を健康な状態で実現するための取組みとして、大きく、建物・室の基本性能、運営管理、プログラムに分け、基本性能をさらに、①健康・快適性（空間・内装、音、光、空気空調、リフレッシュ、運動）、②利便性（移動空間・コミュニケーション、情報通信、災害対応）、③安全性確保（有害物質、水質、セキュリティ）の観点から評価する。わが国では CASBEE(建築物総合環境性能評価システム)や、国土交通省のとりまとめによる、健康・快適なビル認証をめざす提言（ESG 投資の普及促進に向けた勉強会/最終とりまとめ（平成 30 年 3 月））のベースとなる複数の評価ツール（SWO チェックリスト（日本サステナブル建築協会）、BOMA360 パフォーマンスプログラム（全米ビル協会、日本ビルディング協会連合会）、WELL Building Standard、Fitwell（米国疾病管理予防センター(CDC)）等）が提案されている。今年度は健康オフィスに関する国内外の認証制度を調査した。WELL、Fitwel、CASBEE-WO の 3 種の認証制度の概要・評価指標を整理し、各々の評価割合を得た。

研究 3

働き方改革のもとで、高齢者や障がいを持つ方などを含む多様な労働者の職場環境を向上させるために、事務所衛生基準規則や関連指針値等を見直す余地がないかとの問題意識を踏まえ、海外の室内環境関連機関等の基準・指針値、及び基準項目中の二酸化炭素に関して文献調査を行った。

海外の基準値等では最新の欧州規格（EN 16798-1:2019）が注目される。これにもとづくと、わが国の基準の温度範囲（17℃～28℃）は同規格に全く適合できず、「21℃～25.5℃」などのより良い目標値に向けた改善を検討する価値がある。照明については、同様に事務所・会議室等（300ルクス）、廊下・階段（100ルクス）の各照度に関して改善の余地があると考えられる。

二酸化炭素に関しては、わが国の基準値（1000 ppm）は、現状の各国の基準値・指針値と比較して遜色はなかった。しかし一方、室内の二酸化炭素濃度と健康影響や業務効率との関係については、最近では1000 ppm以下の領域でも多くの研究がされ、1000ppmを下回る濃度を境に、健康上の訴えや業務効率に有意差があったとの報告が複数ある。また600～800ppmを基準値とする新たなビル管理の指針が出ている。室内の二酸化炭素濃度については、わが国では二酸化炭素の不適合率は40%以上と高い。以上から、現在の基準値（1000 ppm）を下げる、または現在の基準の遵守を強化する方策を検討する時期に来ていると考えられる。この結果として、職場環境と業務効率の向上により、働き方改革に寄与すると共に、国民全体の労働生産性を押し上げられる可能性があると考えられる。

研究 4

本年度は、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素の国内外における各基準値・基準値の確認並びに、文献レビューを実施した。相対湿度の基準値40～70%RHに関し

ては、低湿度側の基準値40%RHは概ね妥当だが、70%RHは高湿度における影響を考えるとやや不十分な可能性が指摘された。一酸化炭素ならびに二酸化炭素については、空調または機械式換気ありの場合の基準値10ppmおよび1000ppmは妥当と考えられる一方で、これらが無い場合の基準値50ppmおよび5000ppmは高すぎる可能性が指摘された。現行の基準値の妥当性が確認された一方で、一部の基準値については健康影響を考慮すると、将来的な改訂の必要があると考えられる。今後、さらに基準値の妥当性について検討する必要がある。

研究 5

照明に関する衛生基準は、労働安全衛生規則および事務所衛生基準規則に記載されている通り、精密な作業では300ルクス以上としているが、しかしながら、本法規で定められているのはあくまで「最低照度」であり、安全かつ快適な視環境を十分に確保しているとはいえる状況ではなくなってきた。そこで、現実的な照度設定の参考にされているのが、JIS照明基準の「推奨照度」である（JIS Z 9110:2010 照明基準総則）。事務作業を行う「机上面」において必要な照度は750ルクスである。しかしながら、JISでは考慮されていない照明要件のなかにも重要なものはあり、「JIS照明基準を満たしている=快適な視環境である」とはいえない。2016年6月、日本建築学会 環境工学委員会より発表される「新しい規準」は、重要な照明要件にも関わらずこれまでは計算が困難であった「輝度」も、近年急速に発達した照明シミュレーションソフトによって算出可能であるという前提に立ち、「照度」≠「私たちが感じている明るさ」ではないことから、視環境とエネルギーの最適化を目指した新たな枠組みの提示がなされているこれまで照度を基準に考えられて来たが「順応」を中心に考えると、輝度バランスを整えることが快適な環境づくりとなる。照度が、単位面積当たりに入射する光の量であり、単位はlx（ルクス）。光源によって照らされている面の明るさの程度を表す。それに対して輝度は、光源や被照面が発するある方向への光度を、その方向への見かけ上の面積で割った値である。単位はcd/m²（カンデラ毎平方メートル）。人の目に入る光の量を表す。照度は「ある面にどれだけの光が到達しているか」を表しているのに対し、輝度は「その面から反射された光が、ある方向から見ている人の目にどれだけ届いているか」を表している。現在の照明計画で一般的に用いられているのは、水平面（机上面や床面など）の照度分布であるが、実際に感じている“明るさ”を表現しているのは、照度分布ではなく、輝度分布だといえる。輝度を用いる新しい基準では、「照明消費電力密度」による評価に基づいた、高い省エネルギー性を要求している。

研究 6

事務所環境と心理的影響（気分）に関して、影響因子6項目（騒音・温度・湿度・照明・事務所デザイン・化学物質）を示す23文献を抽出し、環境ストレス因子と心理的影響について検討した。特に騒音の因子は、仕事の能率性（パフォーマンス）低下と強い関連がみられた。騒音・照明・温度を適正な状態に保持し、オフィス労働者の生産性を高める工夫が必要であるが、すべての事務所でオープンスペースが有効とはいえない可能性がある。6因子は互いに複合的な関連もあり、労働者の文化的背景や個人特性（年齢、性別、性格、ストレス耐性）、職場条件（職種、労働時間、裁量度、仕事の複雑性、支援の程度）を考慮して検討する必要がある。

研究 7

少子高齢化の進展により労働供給に制約がある中で、特に高齢者雇用に対する社会的な配慮が必要となる。高齢労働者は、加齢による機能低下から作業負担が増加、就労困難/健康損失等の問題が生じ、生産性の低下にも繋がる可能性がある。特に腰痛は健康を損なう原因の上位を占めており、その対策は喫緊の課題である。

高齢労働者が健康的に働くことが出来、且つ生産性が確保できる職場づくりに、人間工学が注目を集めており、中でもエルゴノミクスは「人間と作業環境との適切な関係を人間の特性から究明する学問」として応用範囲が広く、工業製品デザイン・ソフトウェア設計、工場のライン設計などにも取り入れられている。

本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。Sit-stand workstationは特定の集団では筋骨格系不快感に効果量は少ないものの有益であることがあきらかになった。腰痛予防に関して、適切な人間工学と高さ調節可能なワークステーションを使用する際に、個別のトレーニング/教育が必要とされる。現場への導入を考えて教育用の資料が必要となる。また勤務時間の1日を通して姿勢を変えることの重要性を想起させるようなシステムの構築が効果的であるものと予想される。

<研究分担者>

花里 真道

千葉大学予防医学センター准教授

齊藤 宏之

労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所上席研究員

橋本 晴男

東京工業大学キャンパスマネジメント本部特任教授

中村 裕之

金沢大学医薬保健研究域長医学系環境生態医学公衆衛生学教授

横山 和仁

順天堂大学医学部衛生学講座客員教授

松平 浩

東京大学医学部附属病院22世紀医療
センター特任教授

遠藤 源樹

順天堂大学医学部公衆衛生学講座准教授

<研究協力者>

浦川 加代子

順天堂大学保健看護学部教授

岡 敬之

東京大学医学部附属病院特任准教授

大森 由紀

北里大学医学部衛生学助教

堀口 兵剛

北里大学医学部衛生学教授

江口 尚

北里大学医学部公衆衛生学講師

石井 理奈

順天堂大学医学部衛生学講座

大矢 めぐみ

順天堂大学医学部衛生学講座／千葉大学
医学研究院人工知能医学

高橋 麻衣

マウントサイナイ医科大学

辻口 博聖

金沢大学医薬保健研究域医学系助教

原 章規

金沢大学医薬保健研究域医学系准教授

A. 研究目的

昭和47年に定められた事務所衛生基準規則（以下、事務所則）は、事務所における各種衛生基準を定めている。しかし、分煙や禁煙の広がり、空調設備の機能向上、パソコンやIT機器を用いたデスクワークの普及はもとより、テレワークや、固定席を設けないフリーアドレス制オフィスの出現、女性・障害者・外国人労働者の増加に示されるような、労働形態・室内職場環境・労働者自身の多様性に富む現代の室内執務環境について、改めて基準の妥当性や国際認証基準との整合性を検討する必要性が生じている。これらを踏まえ、本研究は以下のサブテーマを主目的に、3年計画で遂行する。

（１）安全性・利便性・健康/快適性の観点からの事務所則各項目の国際/国内認証基準との調和【国内外の認証基準との整合性・調和】（２）温湿度や室内空気環境、救急用具備品、災害や転倒・腰痛予防、多様性対応等に関する各項目と基準の妥当性の検討【現行／新規追加候補項目の基準妥当性】（３）各基準項目に関する国内・国際基準との整合性【室内環境測基準や快適職場の検証】。

研究1

室内執務環境の観点からの多様性包摂とグローバル現代型健康オフィスに関する調査

（研究代表者 武藤剛：研究分担者 遠藤源樹）

昨今の働き方改革の進展、労働形態の多様化に伴い、事務所労働環境を取巻く状況は日々変化を遂げている。特にわが

国の今後の就労環境を鑑みると、労働者側の観点では、女性や高年齢、外国人（様々な文化的背景）の増加といった多様性の進展が予想される。就労形態としても、オフィス内フリーアドレス制、オープンスペース活用、同一オフィス内の多様な職種（正規・非正規雇用、派遣、委託請負による客先常駐）、さらにテレワークの進展による事務作業場所の分散化が進んでいる。さらに従来の作業（職場）環境に内在する健康障害リスクとしての物理的因子（騒音、照度、振動ほか）や化学的因子（室内化学物質）に加えて、心理的因子や生物的因子の大きさが指摘されつつある。そして事務所環境としても、健康障害防止の観点からの最低限の基準から、快適職場づくり、ひいては（無意識のうちに）さらに健康推進の効果をあげる健康オフィス（healthy workplace）の考え方がみられるようになってきている。

こうした状況を踏まえて本年度は、①多様性の観点（女性・高年齢・請負下請客先常駐・外国等多様な文化的背景）、②健康空間オフィス（healthy workplace）、③健康危機管理の観点（救急・感染症（生物学的リスク）等）の観点からの文献調査を実施した。

研究2

オフィス環境／ビル管理の安全性・利便性・健康快適性に関する国内外の認証基準（研究分担者 花里 真道）

昭和47年に定められた事務所衛生基準規則（以下、事務所則は、事務所における各種衛生基準を定めている。しかし、分煙や

禁煙の広がり、空調設備の機能向上、IT機器を用いたデスクワークの普及はもとより、テレワークや、固定席を設けないフリーアドレス制オフィスの出現、女性・障害者・外国人労働者の増加に示されるような、労働形態・室内職場環境・労働者自身の多様性に富む現代の室内執務環境について、改めて基準の妥当性や国際認証基準との整合性を検討する必要性が生じている。

国際的には、イノベーションの誘発、生産性の向上、人材の獲得の観点から、よりよいオフィス空間や環境への関心が高まっている。また、近年の健康経営やESG（Environment, Social, Governance）投資などの視点も加わり、オフィスワーカーの健康を増進させる空間づくりへの期待や関心も高まり、いくつかの認証制度が運用されている。本研究では、代表的な認証制度としてWELL（WELL Building Standard）とFitwel、国内からはCASBEE-WO（Wellness Office）の計3種の認証基準の指標を比較し、事務所則の検討に活かす基礎資料を得ることを目的とする。

研究3

室内空気環境基準と研究の国際動向に関する文献調査

（研究分担者 橋本 晴男）

働き方改革においては、実現していくべき3つの柱が示されており、このうち、職場の物理的な環境と大きく関係するものは、「多様で柔軟な働き方の実現」と「長時間労働の是正」がある。「多様で柔軟な働き方の実現」に関しては、高齢労働者や女性、および障がいのある人にとっても働きやすい環境の整備が求められており、安全性の

確保や健康障害の防止はもとより、利便性、快適性、作業効率の向上の観点からの配慮も必要となると考えられる。また「長時間労働の是正」に関しては、テレワークの普及に伴い、これまで事務所衛生基準規則が適用されなかったリモートオフィスやホームオフィスの安全で衛生的な環境の確保、更には、従来のオフィスにおいては業務効率を積極的に促進できるような環境の整備が望まれるところである。これらの観点を踏まえると、事務所衛生基準規則や関連する室内濃度指針値等のわが国での管理基準や指針を見直すことにより、働き方改革の推進に寄与することができる可能性がある。

以上の背景を踏まえて、本年度の本分担研究では、特に以下の2点に焦点を当て文献調査を担当した。

1. 国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界団体などによる規制値、基準値、指針、指導状況などを調査した。ここでは特に、わが国で空気環境基準への不適合率が高い二酸化炭素の濃度に関し一定の重点を置いた。
2. 室内における二酸化炭素の濃度に関して、海外の基準値や指針値、濃度測定結果の実態、室内在席者への健康影響や業務効率との関連について、最新の研究状況や知見などを労働衛生管理の視点から調査した。

研究4

室内環境における温湿度、一酸化炭素ならびに二酸化炭素の基準の妥当性の検討 (研究分担者 齊藤 宏之)

事務所衛生基準規則は昭和47年(1972年)に制定された省令である。制定から長

い年月が経過していることから、実情に合っていない記述も散見される。特に、本規則中に規定されている基準値等については、その妥当性を検証し、必要があれば基準値の再検討を行う必要があると考えられる。こうした事情を踏まえ、本グループでは「室内環境における温湿度、一酸化炭素ならびに二酸化炭素の基準の妥当性の検討」を担当した。

研究5

国際社会における室内の照度・騒音・振動の快適基準

(研究分担者 中村 裕之)

照明に関する衛生基準は、労働安全衛生規則(昭和47年労働省令第32号)の第3編 衛生基準 第4章 採光及び照明(照度)第604条および「事務所衛生基準規則」第二章 事務室の環境管理(第10条)に記載されている通り、「事業者は、労働者を常時就業させる場所の作業面の照度を、次の表の左欄に掲げる作業の区分に応じて、同表の右欄に掲げる基準に適合させなければならない。ただし、感光材料を取り扱う作業場、坑内の作業場その他特殊な作業を行なう作業場については、この限りでない。」

精密な作業	300ルクス以上
普通な作業	150ルクス以上
粗な作業	70ルクス以上

本法規は、「職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進する(労働安全衛生法第1条)」ことを目的に、作業場所の「最低照度」を定めたものである。つまり、本規定値を下回る作業環境は、明るさの不足によ

る健康障害（例：眼精疲労や視力の低下）や安全性の低下（例：作業ミスや標識の見落とし）を及ぼすとみなされ、事業者は罰則の対象となる可能性がある。

上記の照度基準以外に、「事業者は、室の採光及び照明については、明暗の対照が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせない方法によらなければならない」、「事業者は、室の照明設備について、六ヶ月以内ごとに一回、定期的に、点検しなければならない」と規定されてはいる。

しかしながら、本法規で定められているのはあくまで「最低照度」であり、安全かつ快適な視環境を十分に確保しているとはいえる状況ではなくなってきた。そこで、新しい基準の導入についての考察を目的に本研究を行った。

研究 6

事務所室内環境と心理的影響（気分）に関する文献調査

（研究分担者 横山 和仁）

オフィス室内環境の心理的影響や生産性との関連はこれまで国内外で様々な研究がおこなわれてきている。

本グループでは、事務所環境と心理的影響（気分）に関する文献調査を担当した。

研究 7

腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス

（研究分担者 松平 浩）

少子高齢化の進展により労働供給に制約がある中で、限られた労働供給を効率的に就業に結び付けることは重要な課題であり、高齢者雇用に対しては社会的な配慮が必要

となる。高齢労働者においては、加齢による機能低下から作業負担が増加、就労困難/健康損失等の問題が生じ、生産性の低下にも繋がる可能性がある。

特に腰痛は有訴者率が高い症状であり、人口1000人当たり、男性91.8人、女性115.5人である。また、腰痛症で通院している者の割合は人口1000人当たり、男性41.4人、女性56.6人である¹⁾。腰痛は仕事を含む生活に大きな影響があらわれる。腰痛により生活の質（QOL）は大きく損なわれる。仕事への影響の中で、疾病休業(absenteeism)の影響も大きく、イギリスでは疾病休業の12.5%が腰痛が原因であるといわれている²⁾。一方で、休務はしていない（出勤している）が仕事に影響のある状態（presenteeism）の影響はさらに大きく、日本人労働者での調査において腰痛のpresenteeismによる損失は3番目に大きい³⁾。

本邦での高齢労働の腰痛に関しては社会福祉施設などで増加傾向にあり、2019/11/27に開催された「第4回人生100年時代に向けた高年齢労働者の安全と健康に関する有識者会議」においても、働く高齢者の腰痛について一層の対策が求められるとされるなど、その対策は喫緊の課題である。

高齢労働者が健康的に働くことが出来、且つ生産性が確保できる職場づくりに、人間工学が注目を集めており、中でもエルゴノミクスは「人間と作業環境との適切な関係を人間の特性から究明する学問」として応用範囲が広く、工業製品デザイン・ソフトウェア設計、工場のライン設計などにも取り入れられている。本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「転倒・骨折・腰痛予防に資す

るオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。

B. 研究方法とその結果

上記の目的に基づき、以下の分担研究を行った。今年度は文献調査を主体としたため倫理審査の範疇外であるが、来年度以降の大規模実態調査へ向けた予備情報の収集状況に応じて北里大学医学部倫理委員会（観察疫学研究）や分担研究者が所属する施設で研究計画の承認を受けると共に、各種指針倫理規程にもとづいて実施する。

研究1

<方法>

今年度は、来年度以降の実地調査の基礎資料となる国内外の事務所オフィス環境のパイロット事例を収集し、一部国際比較を実施した。

<結果>

【1】多様性の観点からの事務所環境の分析 § 1-1 § 女性活躍の視点

1986年に男女雇用機会均等法が施行され約30年、女性に対する企業による就業継続支援は広く日本社会に浸透しつつある。しかし少子高齢化による労働力不足という喫緊の課題ともあいまって、女性のライフコースや就業世代で罹患しやすい疾病も見据えた、より一層の包括的なサポートが求められている。結婚・妊娠・出産・育児というイベントと就労の両立はもちろん、貧血・乳がん・子宮頸がん・20-30代女性のやせ（低栄養）といった疾病治療や健康課題解決と就労の両立という視点の重要性も高まりつつあ

る。

労働基準法における母性保護規定では、産後8週間の就業は禁止されている。育児介護休業法で定める、産後8週以降の育児休業の取得期間は、企業規模に関わらず10-12ヶ月の取得者が最多（31.1%）、次いで12-18ヶ月（27.6%）となっている（いずれも2015年）。一方で3割以上の女性が産後10か月未満で復職している（平成27年度厚生労働省雇用均等基本調査）。産後過半数の女性が、分娩後3日頃からの情緒不安定・涙もろさ・抑うつ気分・不安感といったいわゆるマタニティー・ブルーを経験するが、通常は数日で、長くても1か月ほどでおさまる。一方、産後うつ病は、産後1か月以内に発症することが多く、産後6か月間で10人に1人がかかるとされる。したがって、産後まもなく、育児休業が短期で復職する女性に対しては、産業保健スタッフが積極的にメンタルヘルスケアを心がけながら支援を行うことが重要と考えられ、女性用休養室についてこの観点を取り入れたものとするのが望まれる。また産後6か月から1年以内の女性では特に、職場で搾乳する場所の確保の悩みも生じやすい。母乳保育の継続や乳腺炎の予防のために、3-4時間ごとに搾乳して冷凍保存し保冷バッグで持ち帰ることが望ましい。女性用休養室（休憩室）のレイアウトについてカーテンを取り付けるなどちょっとした工夫により、産後早期に復職した女性従業員が休養室を搾乳のスペースとして使用できる。

近年、がん患者の職場復帰（return to work）や就業継続（stay at work）

支援に対する社会的注目が高まっているが、20-40代では女性の方が男性よりがん罹患率が高い（20代で男性の1.6倍、30代で男性の3倍）。女性活躍の視点から事務所オフィス環境整備を検討する際、乳がん、婦人科がんといった女性特有のがんに対する重症化予防（検診受診勧奨）と罹患後の就業継続支援、さらにがん治療による生殖機能への影響に対する支援（がんと妊孕性）の観点が求められる。日本の大企業の職域コホートの疫学調査（Endo et al, J Cancer Surviv, 10, 320, 2016）からは、就労女性のがんによる病休期間中央値は、乳がんの場合（時短勤務での復職では）91日、（フルタイム勤務での復職では）209日であった。女性生殖器がんの場合は（時短勤務）83日、（フルタイム勤務）172日であった。この結果から、乳がんや婦人科がんは、大腸がん・胃がんといった早期復職が可能な癌種と、膵臓がん・肝臓がん・血液がんといった病休が長期化しやすい癌種の中間のカテゴリーに入る。進行度によるが、乳がんの手術だけであれば2週間程度で入退院、復職が可能であることが多いことから、本調査で解析したような大企業では、術後化学療法や放射線治療の期間中も病休していたことが予想される。いずれにせよ、一般的な中小企業の病休期間が3か月程度ということとを考慮すると、職場（人事総務）や産業保健スタッフが積極的な支援をしない場合、就労女性のがん罹患による退職とならざるを得ない場合が十分ありうるであろう。さらに、術後早期に復職できたとしても、多くの乳がん治療では化学療

法や放射線治療を外来通院で併用することから、通院時間や治療副作用と就労の両立を支援する姿勢も求められる。なおこの日本の大企業職域コホートでは、がん罹患病休復職後の5年勤務継続率は、乳がんでは63.4%、女性生殖器がんでは67.8%である。これは胃がんと同程度であり、企業が復職継続（stay at work）支援を充実させれば、乳がんや婦人科がん罹患したとしても、本人が希望する限り復職後長く仕事を続けられる可能性を示している。また、乳がんでは再建術が進んでいるとはいえ、乳房や子宮といった女性特有の臓器の喪失感をはじめとして、がん罹患がメンタル面に与える影響も無視できない。実際、筆者らの解析でも、がん罹患者の復職後・再病休の理由として、少なくない割合でメンタルヘルス不調があがっている。がん復職後のメンタルヘルス不調による再病休率は、復職1年後で1.00%、2年後で2.77%、5年後で4.68%に上り、同大企業コホートの一般集団での新規メンタルヘルス不調病休率0.48%/年に比較して有意に高いと考えられる。Cancer-related fatigue（がん関連疲労）や睡眠障害を含め、がんサバイバーのメンタルヘルスも考慮した職域からの支援に資するような休憩室の設計を考える必要がある。

一方、国民健康・栄養調査（平成27年）によると、BMI 18.5 kg/m²未満で定義する「やせ」の割合は、女性全体では11.1%、うち20歳代では22.3%、30歳代では15.5%にのぼる。これは諸外国、特に先進国と比較して異例の高さといわれ、健康日本21(第二次)の数値目標に、「20

歳代女性のやせの者の割合を20%以下」が設定されている。一方、わが国では低出生体重児の増加が指摘されている。経済協力開発機構(OECD;先進30か国)加盟国の平均6.5%に対して、わが国の低出生体重児は9.1%とされる(2003年)。この要因としては、母親の年齢等、人口動態統計で把握できる変数以外の因子(多胎妊娠、妊娠前の母親のやせ、喫煙、妊娠中の体重増加抑制等)の関与の可能性が指摘されているとともに、やせ体型妊産婦で妊娠中の体重増加が少ないほど、light-for-date児発症が多いという報告がある。またカルシウム・鉄といった栄養摂取不足にとどまらず、多くの若いやせ女性にみられる運動不足ともあわせ、筋量や骨量(骨密度)低下から、将来のサルコペニアや骨粗鬆症のリスクも指摘されている。これらのことから、20-30歳代の女性に対する、食生活・栄養教育の重要性が示唆される。米国のオフィスビル認証基準には食堂に関する規程を含むものがあるが、わが国のオフィスで栄養の視点を考える際、この観点は不可避である。

§ 1-2 § 高年齢労働者活躍の視点

わが国の少子高齢化の進展と生産年齢人口の減少や、高年齢者雇用安定法改正(2013年)の流れをうけ、今後さらに高年齢就業者が増加することが予想される。高年齢労働者の特徴として、身体機能の低下(転倒しやすい・骨折しやすい)、感覚機能の低下(見にくい・聞こえにくい)、生理機能(代謝機能や睡眠の質)の低下、精神機能(短期記憶力や感情制

御力)の低下等が挙げられている^{3,4)}。また、がんや脳心血管疾病等の罹患者も多いことから、治療と仕事の両立支援の観点が重要となる。

事務所オフィス環境における対応策としてこれらの観点からの実例やエビデンスを収集した。

❖ 転倒予防対策 ❖

オフィスやフロア内のつまづき・すべり・転倒による災害はわが国のみならず諸外国でも同様の問題となっている。米国の報告でも、同フロア内でのつまづき・すべり・転倒が大きな問題となっている。転倒は、靴の要因もあるが、加齢に伴う機能低下(視覚(色彩やグレア)、認知機能)や床面の問題も少なくないと言われる。液体で汚染、濡れた床面が滑り転倒の大きな原因の一つであることはこれまでも報告されてきた(海外の病院や飲食店の調査、Bell et al, 2008, Lombardi et al, 2007, Verma et al, 2011)

同フロアであつてもちょっとした段差はつまづき転倒のリスクとなるが、13mm(1/2 inch)を超える段差が問題となるという指摘がある(ASTM F1637, Standard practice for safe walking surfaces, ADA Standards for accessible design, Chapter 3, section 303)。またオフィス床面のカーペットの滑りやすさ/抵抗については、米国で明確な基準はみとめられなかった(タイルカーペットの接着剤による室内VOC問題はかつて複数の調査がわが国でもなされている)。

また加齢に伴う歩行機能の変化につい

て、minimum foot clearance(MFC)、minimum toe clearance(MTC)へ影響（ばらつきの大きさ）しうるという文献がみられた（Loverro 2013, Mills 2008, Begg 2007）が、それに伴う歩行環境への具体的な対応策は見いだせなかった。

❖ 治療と仕事の両立支援対策 ❖

高齢就業者の増加は、有病労働者の増加すなわち治療と仕事の両立が継続的に求められる状況が多くなることを意味する。この両立支援においては、がん・脳心血管疾患・糖尿病をはじめとする生活習慣病・非特異的慢性腰痛（運動器疾患）といった疾病に加え、がんや難病で見過ごされがちなinvisible symptoms（ケモブレイン（化学療法中の一過性認知機能低下）やcancer related fatigue（非特異的疲労）、睡眠障害）等に対する対策が必要とされることがある。さらに糖尿病に対するインスリンや自己免疫疾患（関節リウマチ）等に対する自己注射の普及に伴い、就業の合間（休憩時間等）にこれらの自己処置が可能となるようなプライバシーに配慮したスペースの確保が求められる。具体的には下記が検討項目となる。

- ・休養室の拡充（cancer related fatigue、自己注射、捕食（消化管術後））
- ・作業デスク（着席作業に限らない柔軟度、可動式）
- ・室内空気環境（香水をはじめとする臭い：空気清浄機器、スポット空調（温度の個人差対応））
- ・色弱・視覚障害がある労働者にもわか

りやすい表示の工夫（トイレ、エレベータ、避難経路）

- ・聴力障害がある労働者にもわかりやすい、非常時の音声以外（赤色灯等）視覚化装置
- ・オストメイト（トイレ）設置

§ 1－3 § 外国文化圏を背景とする労働者やLGBTQsの観点

言語や文化的背景、宗教等の多様性に対応できるオフィス環境整備として以下が抽出された。

- ・掲示や表示の絵表示化
- ・トイレや休憩室の対応（宗教上必要となる対応可能なスペース、LGBTQsアクセスしやすいトイレ）

§ 1－4 § 請負下請常駐スペース

近年の第3次産業では、多くの業務をアウトソーシングとして外部に業務委託する形態が増加している。その中で、IT業界や医療機関では、発注元（エンドユーザー）や元請けの事業場内に、業務委託を受注した下請け企業の社員が恒常的に常駐して作業を行う場合が少なくない。特にIT業界では元請けから下請けの末端に至る多階層構造が常態化しており、元請け先に常駐する下請け社員に関する労働安全衛生上の課題が指摘されている。多段階構造の元請け一下請け構造が常態化しているIT業界では、元請け先に常駐する下請けのシステムエンジニアの労働安全衛生上の課題として、労務時間や長時間残業の管理不徹底や、元請けと下請け間での安全衛生上の意識やルールの齟齬・安全衛生管理担当者が存在しないこ

とによる下請け企業社員の被る不利益の実態が浮き彫りとなっている。オフィス室内作業環境の観点では、IT関連（システムエンジニア）下請け客先常駐労働者の調査から、常駐室内の作業環境（温湿度・照度・空調・騒音・室内人員密度（気積））に関する不都合な条件について、自身の所属先（下請け）から元請け（客先）への要望により改善可能な状態であるのはわずか30.9%であった。IT系下請常駐労働者の約7割が室内環境の改善について元請けにその要望を伝えられず、元請け側も問題点を把握しないもしくは把握しても改善しない実態について、今後改善策を検討する余地が大きいと考えられる。

【2】健康空間オフィス（healthy workplace）の分析

快適職場づくりや、一步すすんで、そこで働くオフィスワーカーが無意識のうちに健康（行動をとる）支援を享受できる空間づくりについて、IoTを活用した動きが国内でもみられる。作業者個人の位置情報を活用した職場マネジメントは、フリーアドレス（固定席のない）オフィス室内執務空間で活用されはじめている。ビーコン（Bluetooth low energy(BLE)信号の周囲30メートル発信端末）とスマートフォンを組み合わせた個人所在のリアルタイム可視化にとどまらず、出勤とその日の業務内容を認識してIoT制御のフリーアドレス用座席指定システムを導入する企業が少数ながら出てきている。

またオフィス空間の室内環境と労働者の動き、動線や姿勢をIoT制御することで、コミュニケーションを含めた働き方

の最適化をめざす取組みも実験段階として行われており、検証の成果と実装化が期待される。具体的には、環境因子として光（照明）・温湿度・音・香り等に関する測定分析、労働者側の因子として座位・立位を含めた姿勢や動線、作業と休憩等の情報について、集約と最適化IoT制御をめざしている。

さらに、生産性向上と健康障害防止という観点にとどまらず、健康経営の観点から、働くだけでより健康になるオフィスづくりにIoTを活用する取組みもみられる。たとえば健康階段「ta-tta-tta」は、IoTを活用して、階段を利用するオフィスワーカーに、階段を昇ることをつい楽しく感じさせる映像を投影する技術である。階段に設置されたセンサーと労働者個人が持っているタグが連動し、個人の利用履歴に応じて変化する映像を、階段を昇るタイミングにあわせて投影することで、毎日の階段を昇る行動のモチベーションを高める狙いがある。働き方改革とあいまって、テレワークやフレックス勤務の推進により、各オフィスワーカーが様々な時間・空間に点在しながら仕事をする働き方が一般的になるなかで、労働衛生3管理の観点からも、各個人と職場環境双方から得られた情報のIoT管理や、オフィスワーカーの健康と生産性を両立/相乗効果を図る必要性は、今後さらに大きくなると考えられる。

【3】健康危機管理の観点からの分析

❖ 救急対応・救急備品 ❖

職場での整備が求められる救急用具について、各国の労働関係法令の整理がなされている。わが国（1972, 労働安全衛

生規則 633-634 条)、米国 (American National Standard Minimum Requirements for Workplace First Aid Kits, ANSI Z308.1, 2003)、英国 (British Standard Workplace First Aid kits, BS 8599-1, 2011, 2019 revised)、カナダ (労働安全衛生規則 Part XVI, 1986, 2017 revised)、オーストラリア (First Aid in the Workplace Code of Practice NI 2015-330, 2015) の各々の比較である。

職場や作業種別の分類について、米国では室内外を基本に type I: 屋内据え付け、type II: 屋内携帯、type III: 屋外携帯と区別している。英国では、危険有害作業および労働者数を基本に、S: 25 人未満、M: 25-100 人、L: 101 人以上とし、高リスク作業場では各々 5 人、6-25 人、26 人以上とより厳しい基準である。単独作業は規程別途となっている。カナダは、英国同様、人数と有害危険作業別となっており、オーストラリアはリスクアセスメントを基にした検討である。救急箱について規定があるのは米国・英国・オーストラリアで、箱の大きさや FIRST AID の記載、物品名や、箱の耐久・防湿・防カビ・防汚性素材の記載がある。設置場所について、カナダは看板での掲示と設置場所周知、複数階建物の場合上下 2 か所の設置となっている。オーストラリアも同様に、白十字看板の設置や救急箱一覧の掲示、すぐ利用可能場所の記載がある。管理運用について、定期的な点検を米国・カナダ・オーストラリアで指示しており、米国では指定品目以外の保管や施錠の禁止、オーストラリアは管理者任

命の記載がある。カナダ・オーストラリアは使用記録の記載がある。

救急用具の中身について、米国 (type I: 屋内据え付け) では、三角巾・使い捨て手袋・洗眼薬・眼カバー・抗菌消毒薬・消毒綿・ワイプ・ペーパータオル・ガーゼ (滅菌・吸収性)・巻包帯・粘着テープ・絆創膏・火傷薬・火傷パット・瞬間冷却材・救急蘇生フェイスシールドが、配備数とともに規定されている。英国、カナダもほぼ同様で、さらにピンセット・ハサミや、ストレッチャー (副木) (カナダ) の規定がある。オーストラリアはさらに進んで、生理食塩水、ハイドロゲル (流水困難時) や、フェイスシールド (蘇生マスク) CPR 説明書、アルミ毛布の記載がみられた。事務所オフィス環境での生物学的曝露対策 (嘔吐、出血、気道飛沫等の体液曝露や感染防止) について、諸外国では使い捨て手袋等の感染防護具の記載が少ないながらみられた。

❖ 生物学的リスクへの対応 ❖

季節性インフルエンザのみならず、新興・再興感染症などグローバル化の進展に伴う事務所室内環境における生物学的リスクに対する対策の必要性が高まっている。

これまでに海外を中心に、特に室内換気、空調を介した真菌やアレルゲンに関する調査がいくつかみられる。いずれもまだ室内環境基準値として設定できるレベルには至っていない。また生物学的リスクについて曝露と室内換気について複数のモデルが提示されている。今後これらのモデルを室内環境・換気について生

物学的曝露低減の観点から実装しうる指標の開発が必要と考えられる。

研究 2

＜方法＞

ELL、Fitwel、CASBEE-WOの各基準について、評価方法を確認、評価指標を一覧し、評価割合について整理する。

＜結果＞

WELL は、健康増進に繋がる建築物・空間を認証する国際認証制度で、2014 年に運用されている。登録、評価、提出、検証、認証というプロセスを経る。2020 年 2 月時点で、58 ヶ国で 277 件の認証があり、3748 件認証待ちの登録状態にある。日本では、5 件認証があり 31 件が登録状態にある。認証費用は、5000 sq feet の規模で、約 127 万円である。

評価項目は、「空気 (Air)」、「水 (Water)」、「栄養 (Nourishment)」、「光 (Light)」、「運動 (Fitness)」、「快適性 (Comfort)」、「精神 (Mind)」の 7 カテゴリで、100 個の中項目 (Feature) に、205 評価指標がある。建築環境の分野から、空気や水、光など、特定できる曝露因子をもつカテゴリがあるとともに、建築計画の分野から、快適性や精神性など室の機能やレイアウトなどデザインに関わる要因のカテゴリもある。

必須条件 (Preconditions) と最適化条件 (Optimizations) の 2 種類があり、最適化条件の達成度合いにより認証種類が区別される。80%達成以上達成するとプラチナ、40%～80%達成するとゴールド、他はシルバーという認証区別がある。

Fitwel は、WELL と比較してより、簡

便・安価で運用される認証制度として 2017 年より運用されている。米国 CDC により開発がスタートした特徴がある。2020 年 2 月時点で、世界 40 ヶ国で、370 件認証があり、980 件が認証待ちの登録状態にある。日本からは 1 件の登録に留まる。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 66 万円である。

評価項目は、「ロケーション (LOCATION)」、「建物へのアクセス (BUILDING ACCESS)」、「屋外空間 (OUTDOOR SPACES)」、「エントランスと地上階 (ENTRANCES AND GROUND FLOOR)」、「階段吹抜け (STAIRS)」、「室内環境 (INDOOR ENVIRONMENTS)」、「ワークスペース (WORKSPACES)」、「共有スペース (SHARED SPACES)」、「水の供給 (WATER SUPPLY)」、「カフェテリアと調理食品店 (PREPARED FOOD AREAS)」、「自動販売機とスナックバー (VENDING MACHINES AND SNACK BARS)」、「緊急操作 (EMERGENCY PREPAREDNESS)」の 12 カテゴリで、73 評価指標がある。指標ごとのウェイト付き得点が計算され 144 点満点で評価される。125～144 点は三つ星 (★★★)、105～124 点は二つ星 (★★)、90～104 点は一つ星 (★) である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

CASBEE-WO は、国内の認証制度で、2019 年に運用が開始した。2020 年 2 月時点で 8 件が先行認証されている。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 50～70 万円である。

評価項目は、5 大カテゴリ (1 健康性・快適性、2 利便性、3 安全・安心性、4 運営管理、5 プログラム) に、16 中カテゴリ

(空間・内装、音環境、光・視環境、熱・空気環境、リフレッシュ、運動、移動空間・コミュニケーション、情報通信、災害対応、有害物質対策、水質安全性、セキュリティ、維持管理計画、満足度調査、災害時対応、プログラム)があり、計 60 評価指標で評価される。配点は、5 大カテゴリの各々20 点で計 100 点である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

(評価割合)

WELL の必須条件の評価割合を図 1 に示す。空気、水、栄養など、数量として測定できる項目の比重が大きい。WELL の最適化条件の評価割合を図 2 に示す。加要素として、精神性、身体活動、光環境など、デザインや建築計画に関わる要素の比重が大きい。

Fitwel の評価割合は WELL と比較して、LOCATION、ACCESS、OUTDOOR SPACES、ENTRANCE など、建物の立地環境、外構など、外部アクセスの重要性を捉えている特徴がある。近年の建造環境・都市デザインと健康に関する研究を充分に考慮していると言える。室内空間では SHARED SPACES の充実を高く評価している。

CASBEE-WO の評価割合は健康増進プログラムや移動空間・コミュニケーション、維持管理計画などの比重を高く設定している。差がでる部分の評価比重を高く設定していると考えられる。

研究 3

<方法>

国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界

団体等のホームページ、出版物、規格、ガイドラインなどを文献調査した。論文については、主に労働衛生技術関連の出版物、学会誌を中心にキーワード検索などにより調査した。特に労働衛生技術分野で国際的に広く認知されている、AIHA (アメリカ産業衛生協会) と ACGIH (アメリカ産業衛生専門家会議) による JOEH (Journal of Occupational and Environmental Hygiene) 誌に注目して調査した。

<結果>

1. 国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界団体などの調査結果

WHO では屋外の一般環境に関しては健康に関する各種化学物質の規制値を定めている。一方で屋内の空気質 (indoor air quality) に関しては、2006 年の専門家による会議 (Global Update of the WHO Guidelines for Air Quality, WHO) において、次の二つの分野、すなわち生物因子 (カビ) および特定の有害化学物質に関してガイドラインを優先して作成することが提案され、その後以下のガイドラインが発行され現在ホームページに掲載されている。

- Biological indoor air pollutants: dampness and mould (2009)
- Chemical indoor air pollutants: selected pollutants (2010)

これら 2 件が優先的に作成された背景としては、世界的に、カビ及び特定有害化学物質による健康障害の発生及びその防止が、室内空気環境に関する重要な課題と認識されたと推定できる。

「Biological indoor air pollutants: dampness and mould (2009)」では、真菌類、微生物、ダニ、ウイルスなどの健康影響、湿度との関係、ばく露評価の方法、サンプリング法、湿度管理のための換気方法などが詳細に述べられている。室内の湿度に関する基準値や指針などは見いだせなかった。

生物的因子への暴露の評価に関しては、カビなどの目視観察や臭気に関して建物の居住者への聞き取りによる調査、同様に専門家による建物内の調査、及び気中の真菌類などのサンプリングや培養法などに関して詳細に記述がある。ただし、総じて暴露の評価は標準化が困難で難しいとしている。また気中の真菌類等の濃度等に関する基準値や指標値も示されていない。

「Chemical indoor air pollutants: selected pollutants (2010)」では、次の8因子について、指標値（ガイドライン）を定めている。わが国で室内濃度指針値がある一酸化炭素とホルムアルデヒドについては指針値もそれぞれ示す。一酸化炭素とホルムアルデヒドの指針値は、わが国の室内濃度指針値より、やや厳しく（小さく）なっている。

- Benzene
- Carbon Monoxide (Co)
- 15 minutes - 100 mg/m³
- 1 hour - 35 mg/m³
- 8 hours - 10 mg/m³ (8.6ppm)
- 24 hours - 7 mg/m³ (6.0ppm)
- Formaldehyde
- 0.1 mg/m³ - 30-minute average
- Nitrogen Dioxide (No₂)
- Naphthalene

- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)
- Radon
- Tetra- And Tri-chloroethylene

欧州規格のなかで、建物の換気に関する規格「Energy performance of buildings- Ventilation for buildings EN 16798-1:2019 [2]」があり、ビル等の建物内の温度、換気（CO₂ 濃度）、湿度、照明、騒音などに関する具体的な指針を示している。なお、この規格の旧版は EN 15251:2007 である。

温度に関してはオフィス、及び居住用の空調のある建物についてそれぞれ、夏期の冷房時の最高温度、及び冬季の暖房時の最低温度の範囲の指針を示している。これによれば、オフィスについては標準的な範囲（カテゴリーⅡ）として 20℃から 26℃、より望ましい範囲として 21℃から 25.5℃（カテゴリーⅠ）としている。最も低いレベル（カテゴリーⅣ）の範囲は 18℃から 28℃である。

カテゴリーの定義を下表に示す。カテゴリーⅠは「子供や老人、障がいのある人など特別の必要性のある人に適用されてよいレベル」としている。

わが国の衛生管理基準の温度範囲（17℃～28℃）はこのカテゴリーⅣを更に下回るものであり、一般労働者に関して改善の余地が明らかにあるレベルと考えられる。更に、高齢者や障がいのある労働者に関して環境を向上される意味からは、最上位のカテゴリーⅠ（21℃～25.5℃）、または少なくともカテゴリーⅡ（20℃～26℃）を目標

にすることを検討する価値があると考えられる。

二酸化炭素（換気）

室内の二酸化炭素濃度は一般に、換気の良否の指標として扱われる。本規格では、室内の二酸化炭素濃度が外気中の濃度をどれだけ上回って良いかの指標値を示している。これは、後に述べる ASHRAE による指針の設定方法と同様である。現在の大気中の二酸化炭素濃度は平均で約 380 ppm、都市部においては 400 から 450 ppm との数値があるので、外気の二酸化炭素濃度を仮に 400 ppm とすれば、室内の濃度はカテゴリー I で 950 ppm、カテゴリー II で 1200 ppm となる。なお、わが国の衛生管理基準は 1000ppm 以下である。

湿度

調質機能のある建物について次のような範囲で指標が示されている。なお、わが国の管理基準は 40%以上 70%以下である。

照明

オフィスの執務机や会議室、データ処理、タイピング、学校の教室などにおいては 500 ルクス以上を指標値としている。旧版の EN 15251 にはさらに細かい場所別の指標照度が示されており、廊下で 100 ルクス以上、階段で 150 ルクス以上となっている。わが国の事務所の照度基準（JIS Z9110）では事務室、会議室、印刷室、電子計算機室等で 300 ルクス以上、廊下、階段で 100 ルクス以上であるので、改善の余地があると考えられる。

騒音

ここで騒音とは建物内の一般的な騒音レベルを言うのではなく、換気などの空調設備から発生する騒音のことを言う。空調設

備からの騒音が大きいと、居住者が空調能力を下げたり切ったりして、所定の空調を達成することができない。これを防止する目的で空調設備からの騒音レベルを規制する。国立大学の建物内の多数の教員居室や学生室の職場巡視結果に基づくと、二酸化炭素の濃度が 1000 ppm を超えているケースが過半数であり、その一部は換気音が大きく不快なために換気スイッチを切っていることが原因であった。

オフィスの執務室に関しての標準的レベル（カテゴリー II）として、等価騒音レベルで、35 から 40 デシベル（dBA）以下の指針が示されている。わが国にこのような空調設備からの騒音を規制する指標があるかどうかは、現在のところ確認できていない。

米 ASHRAE

ASHRAE（American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers, アメリカ暖房冷凍空調学会）は ASHRAE Standard 62.1 として、良好な室内空気質を確保するための換気の要件を定めている。室内の二酸化炭素濃度を換気効率の代替指標としており、室外の二酸化炭素濃度より 700 ppm を超えないことが、多くの居住者にとって満足できる（人間の体臭に関して不快でない等）環境を維持するために必要であるとしている。外気の二酸化炭素濃度を 300-500 ppm とすれば指標となる室内濃度は 1000-1200ppm とする。以上は、室内居住者からの二酸化炭素発生量を 20 L/hr とし、外気が 15cfm (7.5L/sec) /人の一定速度で取り入れられ、室内の空気と均一に混合された時の定常状態での二酸化炭素濃度を示す考え方で、換気に関し他の

機関の指針などにも広く使用されている。

なお、最近では省エネの圧力が強まっているため、換気の維持や強化によるエネルギー消費と二酸化酸素で代表される室内空気環境のバランスをとることが重要であるとしている。

米 OSHA

OSHA (Occupational Safety and Health Administration, 労働安全衛生庁) はその OSHA Technical Manual の Section III, Chapter 2 中で、「室内空気質の調査」の項目を設け、技術的な資料や指標、分析方法等を示している。

過去 10 年間の約 500 件の建物内の空気環境調査の結果については、米 NIOSH の報告を引用し、問題の原因が以下であったとしている。

- Inadequate ventilation - 52%
- Contamination from inside building - 16%
- Contamination from outside building - 10%
- Microbial contamination - 5%
- Contamination from building fabric - 4%
- Unknown sources - 13%

微生物に汚染による原因が 5%となっている。わが国では微生物による室内汚染の問題はそれほど聞かないように思われるが、この 5%との数値のわが国と比較しての多寡については、現在判断が困難である。

推奨されるオフィスの換気量については、ASHRAE による 15cfm/人（前述の ASHRAE の値）を推奨している。

空気中または水中の微生物のサンプリングについても記述がある。ここで「汚染されていることの指標」として以下を挙げている。ただしこの数値は、不安全あるいは有害な環境であることを必ずしも意味しないとも述べている。他の公的機関等の文書ではこのような指標は全く得られていないので、この指標値はユニークな（または貴重な）ものと言える可能性がある。

- 1,000 viable colony-forming units in a cubic meter of air
- 1,000,000 fungi per gram of dust or material
- 100,000 bacteria or fungi per milliliter of stagnant water or slime

その他の機関

米 CDC と NIOSH, および米 EPA（環境保護庁）については、室内空気質に関する管理上のガイダンス等を多数出しているが、温度、湿度、二酸化炭素（換気）、生物学的因子に関する具体的な指標値などは見いだせていない。一般論として、アメリカでは事務所則のように室内環境を測定するような法令の要求は特にはない。また室内環境の測定が組織的または系統的に行われているわけでもない。最近では省エネのために換気を落とす傾向にあり、室内の汚染物質濃度は上がる傾向にあるという。

AIHA（アメリカインダストリアルハイジーン協会）は室内環境の測定に関わる専門家が多く参加する団体である。AIHA からは、室内空気質に関する指針などは出されていない模様だが、測定に関する総説や

書籍があり、今後調査の予定である。

室内の二酸化炭素濃度（指標値等）

前章で述べたように、室内の二酸化炭素濃度については内外でいくつかの基準が定められている。それ以外で目についたものを以下に挙げた。

学校環境衛生基準（文科省）では「換気の基準として二酸化炭素は、1500ppm 以下であることが望ましい」としている。英国の学校の基準では、教室内の二酸化炭素は1500ppm 以下としている。

フィンランドでは換気の基準として、二酸化炭素濃度で 1200ppm が定められている。オランダではピーク値として 1200 ppm が定められており、スウェーデンでは 1000 ppm 以下 が定められている。

最近のビル評価システムである「WELL Building Standard」および「RESET」は、業務効率の向上を目的とした、従来の基準を超えた室内空気環境の基準を設定している。「WELL Building Standard」は人が多い空間においては二酸化炭素のレベルを800ppm 以下に保つことを求めている。

「RESET」の基準は、同様に二酸化炭素の最大許容濃度を 1000 ppm とするとともに、「高業務効率を発揮できる部屋 (high performance space)」として 600 ppm との目標を提示している。

室内の二酸化炭素濃度と健康影響や業務効率との関係

二酸化炭素の職業性曝露の基準値は、ACGIH、日本産業衛生学会ともに 5000 ppm である。一般的にこれより低い濃度であっても、頭痛や眠気などが生ずると言わ

れている。以下に、二酸化炭素濃度（換気の良否）と健康影響または業務効率などとの関係を検討した研究を示す。

Vehviläinen は、被験者を二つのグループに分け、換気を調整することにより、一方の 平均の二酸化炭素濃度を 2700 ppm, 他方を 900 ppm とし、その中で 4 時間作業させて覚醒度、眠気、その他の生理的測定を行った。この結果、後者に比べて前者のグループでは集中力の低下、頭痛、足の冷え、目の刺激、寒気などが発生した。特に頭痛が症状として最も明らかであった。後者のグループでは特に問題はなかった。

Traube は論文中で ASHRAE で決めている基準よりも換気を強化した場合、シックビル症候群の減少や、認識力の改善という効果が見られたとの報告を複数引用している。特に以下の Allen の報告について述べている。被験者 24 人の 6 日間の目隠しテストで、外気の換気量と認識力スコアとの比較を行った。VOC が一般の建物より低い条件においては認識力スコアが 61%上昇し、また換気速度が大きく二酸化炭素レベルの低い条件においては 101%上昇した。もしこのような条件が労働環境として実現できれば経済的な効果は計り知れないほど大きいものになるとしている。

カリフォルニア大学の Lawrence Berkeley National Laboratory は、Fisk の大規模な文献レビューの結果を紹介している。Fisk によれば、数十校の学校内の二酸化炭素の濃度は時間平均値で 500ppm から 5000ppm（きわめて悪い状況）まで分布していた。また、文献レビューを総合すると、二酸化炭素濃度と学生の作業効率は換気の強化によって明らかに向上し、また

健康上の症状、欠席率も減少したとしている。学校では二酸化炭素のレベルは上昇しやすく、また窓を開けることによってしか換気できないような状況もあるので、二酸化炭素のセンサを備えてその警報によって窓を開け換気を促す策も良いのではないかと述べている。

Tsai らは 111 人のオフィスワーカーについてオフィスの二酸化炭素濃度、温度、湿度、PM2.5 とシックビル症候群との関係を調べ相関分析を行った。この結果、二酸化炭素が 800ppm 以上のレベルでは目の刺激や上気道の症状と相関がある結果となった。また、他の研究の引用があり、二酸化炭素濃度が 500ppm を超えた場合に健康上の症状の訴えが多かったという結果 (Hill), および午後の二酸化炭素濃度の平均値が 1000ppm 以上の場合、800ppm 以下に比較し下気道中の症状と相関があった結果 (Sieber) を紹介している[12]。

以上の研究では、室内の二酸化炭素濃度を外気との換気の有効性（換気量）の指標として取り扱っている。したがって、換気量が変わることにより二酸化炭素濃度も変わるが、同時に（各研究の条件にもよるが）温度、湿度、空気中の汚染物質（contaminants）なども変化している。したがって二酸化炭素濃度が純粋に変更や業務効率に与える影響を見ているとは限らず、二酸化炭素の直接の影響については議論のあるところである。

Satish らは上記の論点に関して解説している。それによると、伝統的にはむしろ気中汚染物質が影響しており、二酸化炭素の直接の影響はないとの考え方もされてきたという。但し、2000 年以降になり、二

酸化炭素の純粋な影響があるとの報告が見られてきた。以下の研究はその他の条件を一定とし、二酸化炭素による単独の影響を評価したものである。

先行的な研究は Kajtar らによってなされた。実験用のチャンバーに二酸化炭素を供給して 600 ppm から 5000 ppm までの環境を作り、被験者の認識力に関し調査した。この結果 600 ppm に比較して、3000 ppm ではやや小さな、また 4000ppm では明らかな認識力の差が見られた。

Satish らは、外気との換気率を一定とし室温も一定に保ち、二酸化炭素をボンベから供給し濃度 600, 1000, 2500 ppm の 3 条件を設定し、各被験者群に 2.5 時間の 9 種類の判断を伴う作業をさせ、各条件での判断力指標を測定した。その結果、各二酸化炭素のレベル間において統計的に有意な判断力の差が観察され、特に 2500ppm での判断力低下が顕著だった。また、以下の考察をしている。

カリフォルニアとテキサスの小学校の環境サーベイの結果によると、二酸化炭素の平均濃度は 1000ppm を超えており、そのうち多数は 2000ppm を超え、さらにテキサスの教室の 21%ではピークの濃度が 3000ppm を超えていた (Corsi, Whitmore)。このような濃度では生徒が学習や試験において不利益を被っている可能性がある。大学の試験会場などでも人の密度が高いことから、二酸化炭素濃度が高い可能性がある。一方でアメリカのオフィスについては一般に二酸化炭素の濃度は低いという。100 件のオフィスを測定した結果では二酸化炭素のピーク値が 1000ppm を超えたのは 5 パーセントのみであった (Perily)。ただし会

議室では 1900ppm まで上昇したとの報告もある (Fisk)。人の密度が高い航空機の客室の濃度を調査した 8 件の研究では、二酸化炭素の平均値は 1000ppm を超えており最大時の濃度は 4200ppm だったとの報告がある (Committee on Air Quality in Commercial Aircraft)。以上から、二酸化炭素濃度の作業効率への影響に関しては、経済的な面、特定の人に対しての不利益等の面から考慮される価値があり、省エネのために建物の換気を落としてよいという動きに歯止めをかける可能性がある」と述べている。

研究 4

＜方法＞

温度、湿度、一酸化炭素、二酸化炭素の国内外における各基準値基準値の確認を行うとともに、文献レビューを実施した。

＜結果＞

文献レビューの結果、相対湿度の基準値 40～70%RH に関しては、低湿度側の基準値 40%RH は概ね妥当だが、70%RH は高湿度における影響を考えるとやや不十分な可能性が指摘された。一酸化炭素ならびに二酸化炭素については、空調または機械式換気ありの場合の基準値 10ppm および 1000ppm は妥当と考えられる一方で、これらがいない場合の基準値 50ppm および 5000ppm は高すぎる可能性が指摘された。

研究 5

＜方法＞

1) JIS照明基準の「推奨照度」

現実的な照度設定の参考にされているのが、JIS照明基準の「推奨照度」であ

る (JIS Z 9110:2010 照明基準総則)。

JIS照明基準は、領域における「作業」に対して推奨照度を定めているので、空間全体で推奨照度を維持する必要はない。例えば、「事務所—事務室」の推奨照度750ルクスは、事務作業を行う「机上面」において必要な照度であり、事務室内であっても、事務作業を行わない場所や通路などでは750ルクスを維持する必要はない。

人間が照度の違いを感覚的に認識するには、1.5倍以上の照度差が必要とされている。つまり、100ルクスとの違いを認識するには150ルクス以上必要である。このことを踏まえ、推奨照度には、それに対応する設計照度の範囲が次のように定められている (JIS Z 9110:2011 照明基準総則)。

加齢に伴い、網膜に到達する光の量は減少していくため、高齢者の作業には若年者よりも高い照度が必要である。年齢層や作業内容を考慮した照明計画を行う必要がある。JIS照明基準の推奨照度は、通常の視覚で行われる、通常の作業を想定しているため、「視覚条件が通常と異なる場合には、設計照度の値は、推奨照度の値から照度段階で少なくとも1段階上下させて設定してもよい」とされている。

設計照度を1段階高く設定することが望ましい場合は次の通りである。

- a) 対象となる作業者の視機能が低いとき
- b) 視作業対象のコントラストが極端に低いとき
- c) 精密な視作業であるとき

設計照度を1段階低く設定することが望ましい場合は、次の通りである。

d) 対象が極端に大きい、または対象のコントラストが高いとき

e) 領域での作業時間または活動時間が極端に短いとき

JIS照明基準では、照度の他に、照度均斉度、不快グレア、演色性についても推奨値を定めている。

3) 業務ビルの照度基準の国際比較 (IEA/OECD, LIGHT'S LOBOUR'S LOST Policies for energy-efficient lighting, 2006)

欧米諸国の多くは照度基準を500ルクス以下に指定しているのに対し、わが国の労働安全衛生規則で定める照度基準は、「精密な作業」において300ルクス以上としている。

<結果>

1) 「照度」 ≠ 「私たちが感じている明るさ」ではない

多くの人が携わる設計業務において、拠りどころとなる基準は必要であり、現在はJIS照明基準がそれを担っている。一方で、JISでは考慮されていない照明要件のなかにも重要なものはあり、「JIS照明基準を満たしている=快適な視環境である」とはいえない。

2016年6月、日本建築学会 環境工学委員会より発表される「新しい規準」は、重要な照明要件にも関わらずこれまでは計算が困難であった「輝度」も、近年急速に発達した照明シミュレーションソフトによって算出可能であるという前提に立ち、「照度」 ≠ 「私たちが感じている明るさ」ではないことから、視環境と

エネルギーの最適化を目指した新たな枠組みの提示がされている。

2) 輝度とは

これまで照度を基準に考えられて来たが「順応」を中心に考えると、輝度バランスを整えることが快適な環境づくりとなる。照度と輝度の違いを簡単にいうと「対正面に届く光の量が照度・対象面が発する光の量が輝度」である。作業するためには適正照度が求められるが、空間を構成するには輝度が大切ということになる。同じ空間に同じ照度の光を配置しても、空間を構成する要素の反射で印象が大きく変わる。黒で統一された空間などは、大量の光を投入しても明るい空間という印象を作ることにはできないが、白で統一された空間だと、少ない光で明るい空間という感覚を提供することができる。つまり、空間の要素を考慮し、輝度配置を行い、照度を設定することが大切である。

すなわち、照度が、単位面積当たりに入射する光の量であり、単位はlx (ルクス)。光源によって照らされている面の明るさの程度を表す。それに対して輝度は、光源や被照面が発するある方向への光度を、その方向への見かけ上の面積で割った値である。単位はcd/m² (カンデラ毎平方メートル)。人の目に入る光の量を表す。照度は「ある面にどれだけの光が到達しているか」を表しているのに対し、輝度は「その面から反射された光が、ある方向から見ている人の目にどれだけ届いているか」を表している。現在の照明計画で一般的に用いられているのは、水平面 (机上面や床面など) の照度

分布であるが、実際に感じている“明るさ”を表現しているのは、照度分布ではなく、輝度分布だといえる。

研究6

＜方法＞

事務所環境と気分に関する研究論文について、Pub Med（Web版）を使用して75文献を収集した。その中から、事務所環境のさまざまな条件について検討するために影響因子6項目を示す23文献を抽出し、環境ストレス因子と心理的影響に関する知見をまとめた。

検索式は、Office AND (temperature OR humidity) AND ((mood OR emotion) OR performance) AND workers NOT environment である（実施日2019/11/07）。

＜結果＞

1992年から2019年までの23文献を分析対象として、環境ストレス因子の「騒音」「温度」「湿度」「照明」「事務所デザイン」「化学物質」の6項目についてどのような影響があるのかを検討した。

1. 騒音の影響

温度、空気の質、騒音、化学物質の存在などを含めた室内環境は、職場の仕事の満足度、感情的幸福、健康、欠勤との関係に影響を与えることが示唆されている。職場の室内環境において労働者が感じる快適性には「騒音」が最も強く影響していることが報告されている。他にも「騒音」が仕事の能率性（パフォーマンス）を低下させることが多く報告されている。114人のオフィス労働者を対象とした8か月間の縦断研究において、環境ストレス因子としての「騒音」「照明」

「温度」の不適切な状態は、労働者の健康状態（気分、頭痛、「オフ」感）を低下させ、間接的にパフォーマンスを低下させることが報告されている。

騒音の中でも、Pawlaczyk-Luszczyńska M (2006) らの報告では、実験室環境とフィールド調査の両方において低周波騒音（LFN）に曝された場合、主観的評価として不快感が示されていた。騒音の影響に焦点をあてた研究では、騒音曝露労働者群（交通警察官39名）と対照群（市役所事務職員42名）との比較研究がある。結果は、2群間では認知および情緒プロフィール(POMS)に顕著な差は認められなかったが、騒音曝露労働者は、習慣的な環境ストレス因子に曝露された時、ストレスに対する高い脳感受性を選択的に示したことから、「騒音」ストレスが常態化することでより刺激に反応しやすくなることが示唆された。

一方、騒音ではないが、職場で流されるBGM (background music) の影響について検討するために実験を実施した研究がある¹⁵⁾。対象者は32名の大学生を3群に分けて、グループ[a]は10分間の注意力テスト中に音楽を聴き、グループ[b]は全く音楽がなく、グループ[c]は注意力テストの10分前に音楽を聴かせる条件で実施した結果、注意力テスト中に音楽を聴いた群は、得点のばらつきが極めて大きく、BGMは労働者のパフォーマンスに影響を与えていることが示唆された。人の情動に影響する音楽が、必ずしも環境に効果的な影響を与えないとはいえず、知覚する対象者によっては雑音のような不快な刺激として知覚される可能性がある

と考えられる。ホテルや病院などの待合室で流される癒し効果を期待したBGMと異なり、作業をしている事務所環境で流されるBGMには、受け取る対象者によっては「騒音」になる可能性がある。

2. 温度の影響

Sakellaris IA (2016) らの報告では、主観的IEQと労働者の快適さとの関係を評価したところ、快適性には「騒音」が最も強く影響し、次いで「空気の質」、「光」、「温度」の順であった。

高気温または低気温に起因する温度不快感 (thermal discomfort) はオフィス労働者の生産性に負の影響を及ぼしていた⁶⁾。この研究では、参加者は、実験室での曝露中にコンピュータ化神経行動試験を行い、心拍変動 (HRV) および脳波 (EEG) を含む生理学的パラメータを測定した。いくつかの主観的評価尺度 (Thermal sensation votes (TSV)、POMS、Well-being and motivation) を用いて、参加者の気分、幸福感、モチベーション、および作業による負担感を評価した。暑すぎるという不快感 (warm discomfort) は参加者の幸福感に悪影響を及ぼし、HRVの高頻度 (HF) に対する低頻度 (LF) の比率を増加させることが分かった。このことから、主観的評価尺度は生産性に対する室内環境 (IEQ) の効果を評価する際の神経行動機能尺度の補足として有用であることが示された。事務所環境において温度不快感には個人差があり、労働者の主観的評価に基づいて温度設定をする必要があると考えられる。

3. 湿度の影響

学校における厨房施設の環境の湿気に

着目して調査した結果、湿気が高い環境では微生物濃度が高く、厨房労働者だけでなく事務員の呼吸器および全身症状を悪化させていた。

また、オフィス労働者を対象に勤務時間の大半を30%~60%の相対湿度 (relative humidity, RH) の条件で過ごした人は、乾燥状態で過ごした人よりも勤務中のストレスが25%少ない結果が示され、睡眠の質とも間接的な関連を見出した。さらに、RHの最適値が約45%付近に存在することが示唆されている。前述した温度と合わせて、適度な湿度の設定が身体と心理の両方の健康維持のために必要である。

4. 照明の影響

オフィス環境における昼間の労働時間中の高青色白色光 (blue-enriched white light) への曝露の影響を調査するために、各参加者は2つの照明条件に曝露され、それぞれ4週間継続した。1つは高青色白色光 (17000K) 白色光 (4000K) であり、その順序はフロア間でバランスをとり、質問票および評価尺度を用いて8週間の介入期間を通して、覚醒度、気分、睡眠の質、パフォーマンス、精神的努力 (mental effort)、頭痛および眼の緊張、および気分を評価した。その結果、白色光 (4000K) と比較して、高青色白色光 (17000K) は、覚醒 ($P<0.0001$)、陽性気分 ($P=0.0001$)、パフォーマンス ($P<0.0001$)、夕方の疲労 ($P=0.0001$)、易刺激性 ($P=0.004$)、集中力 ($P<0.0001$) および眼の不快感 ($p=0.002$) を改善し、高青色白色光では、昼間の眠気が減少し ($P=0.0001$)、夜間睡眠の質 ($P=0.016$) は改善し

ていた。

適切な照度だけでなく、高青色白色光（blue-enriched white light）は白色光（4000K）と比較して、より効果的であることが示唆された。

5. 事務所デザインの影響

「職場デザイン（特に、個人別オフィスと共有オフィスの比較）は労働者の健康に影響するか？」どうかを検証する目的で、2000年から2017年の間に発表された論文に限定されたシステマティック・レビューを実施したところ、各オフィスと比較した共有オフィスまたはオープンプランオフィスの健康への影響を扱った15件の関連研究が同定された。この結果から、個別オフィスと比較して、共有またはオープンオフィススペースは従業員の健康に有益ではなく、スタッフの健康、福利および生産性に有害な影響を及ぼすというこれまでの研究結果と一致していることが明らかにされた。

また、米国のオフィスビルを中心に、主観的に評価した室内環境パラメータと建物の特徴が入居者の満足度に影響することを検討するため、建設環境センターが10年間に351のオフィスビルの52,980人の入居者に実施したウェブ調査のデータを分析した¹²⁾。その結果、最も重要なパラメータは、空間量に対する満足度（オッズ比OR 1.57、95%CI:1.55~1.59）、雑音レベル（OR 1.27、95%CI:1.25~1.29）、視覚的プライバシー（OR 1.26、95%CI:1.24~1.28）であったことから、オフィスビルの設計者にはこれら3点を配慮した建築が推奨されると考えられる。オフィス労働者は、窓の近くの個室が与

えられたときに、自分の作業空間と建物に最も満足するであろうと示唆している。

6. 化学物質の影響

シックハウス症候群は、現代のオフィスビルの労働者の訴える一連の症状に与えられた用語であり、外気の供給が減少したときに建物内から発生する汚染物質の蓄積により起こると仮定されている。

シックビルディング症候群に典型的な症状、筋骨格症状、および報告された屋内環境曝露、心理状態、労働ストレス、および職場における対人関係の間の関係を、3つの建物の624人の事務所労働者を対象に調査した研究では、症状の有病率は3つの建物で同様であったが、女性は男性よりも、3つの建物すべてにおいてほとんどの症状を訴える傾向が高く、心理的症状および性別が、シックハウス症状の有意な独立予測因子であることを示した。また、シックハウスの自覚症状と室内環境の関連では、4つのオフィスビルにおける外気供給の変化が労働者の自覚症状と室内環境の認識に及ぼす影響を検討した結果、外気供給の増加は、職場環境に対する労働者の認識やシックハウス症候群の典型症状に影響しなかった報告もみられた。

最近、日本では都市ごみ焼却炉（MSWI）のダイオキシン問題が社会問題となったことから、このストレスの多い出来事が労働者にもたらした影響に関心があり、MSWI労働者のメンタルヘルス状態をオフィス労働者と比較して評価することを意図した研究がある。対象は、2つのMSWI工場および1つの地方自治体の公務員、健康管理に従事していた20人の国家公務

員、および55人のMSWI労働者であった（いずれも男性）。被験者に年齢、教育キャリア、および労働スケジュールについてインタビューを実施し、POMSおよびGHQ30を用いて被験者の気分状態を評価した。POMSは、Tension - Anxiety、Depression - Dejection、およびFatigueレベルが、健康管理作業群で高いことを示した。GHQ30では、全身疾患、社会機能障害、不安・不快気分状態が、健康管理群で異常に逸脱していることが示された。GHQ30スコアで評価した全身精神衛生状態も、事務労働群で異常に逸脱した。これらの結果は、健康管理作業群のメンタルヘルス状態はMSWI作業群より悪いことを示した。これは、ダイオキシンに曝露されたのではないかという恐怖によって増強されたMSWI作業員のストレスは、行政職員が通常被っているストレスを超えていないことを意味している。

化学物質による症状に対応するには、心理的症状、性別などを考慮して、換気、温度などの環境ストレス因子を適正に保つ必要があると考えられる。

研究7

＜方法＞

医学中央雑誌およびOvid Medlineで検索を行った。労働者、勤労者、腰痛、Occupational Injuries, Prevention & Control, 職場環境, エルゴノミクスなどの検索語を用い、医学中央雑誌では3件、Medlineでは19件がヒットした。アブストラクトの内容から本研究と関連があると考えられたのは7件であった。このう

ち入手可能だった7件の全文を読み、その中から主要な1文献を中心にレビューを行った。

倫理的配慮： 文献レビューであり、特に倫理的配慮は必要がない。

＜結果＞

2016年11月17日以前に公開された文献のメタ解析を実施し、腰痛に焦点を当て、座位・立位ワークステーションと筋骨格不快感との関係を扱ったシステマティックレビューに関して要旨をまとめた。

（背景情報）

- 米国労働者にて就業時間の約3分の2がsedentaryである、NHANES 2003-2006の研究で米国成人のsedentaryの時間を測定、1日8 - 9時間であることが報告されている。sedentaryなライフスタイルと中枢脂肪症、リポタンパク質リパーゼとの間に関連性があり、心血管系疾患を含めた死亡率が増加している。

- sedentaryが主な原因であると考えられる身体的な不快感をオフィスワーカーの60%が訴えている。

- コンピューター作業中の首と肩の筋肉の持続的な緊張は、痛みの発生の素因として特定されている。

- 長時間の静的姿勢を軽減し、生理学的および生体力学的負荷を最小限に抑える作業位置の開発に多くの注意が向けられている。座位姿勢を比較すると、疲労と快適性に違いがあることを示され、たとえば、腕を支えて座り、背もたれの傾きを大きくすると、椎間板と背中筋肉にか

かる圧縮力が減少する。長時間座位では筋骨格痛が生じるだけでなく、これらの障害を治療せずに放置すると、重大な労働災害が発生し、医療費・労働生産性低下にて数十億ドルの経済損失が発生する可能性がある。

●トレッドミルデスクなどの運動ワークステーションは、長時間の座位に関連する筋骨格の不快感と心臓代謝の懸念に対処するために登場した。いくつかの研究では、座りがちな時間、肥満度指数、および筋骨格の不快感の減少が示されるものの、仕事のパフォーマンス上昇に関して結果は一貫していない。高コスト、スペースを要する、ワークステーション上ですべての作業タスクを完了するのが困難であるなどの理由から、トレッドミルデスクは実用的ではない。

(結果)

●2016年11月17日以前に公開された文献のメタ分析を実施。Sit-stand workstationと筋骨格不快感との関係を検討

●12論文をPick up, 8論文でメタアナリシス

●Sit-stand workstationの筋骨格不快感に与える影響の標準化平均差(Standardised mean difference :SMD)は-0.2395であり、95%信頼区間は-0.437~-0.023であった。解釈に関しては以下に示す。

●8文献中、1文献において(Karacolis, 2016)がmaleとfemaleに分けて結果が提示されているので、SMDの9

5%CIが9つ提示されている。複数の研究において、同じ構成要素を測定するために異なるツールが使われている場合に連続データを統合するためのSMDが用いられる。SMDは、もとの測定単位ではなく、標準偏差(SD)の単位として介入効果を表すもので平均差(ベースラインから研究終了までの変化、または研究終了時の値)を当該研究の対照群での標準偏差で割ることにより、平均差を標準化したものである。

●コーエンによる効果サイズの解釈は、 < 0.40 :小さい効果、 $0.40 \sim 0.70$:中等度の効果、 > 0.70 :大きい効果となっており、本研究の結果は小さい効果ということになる。

●funnel プロットにて公表バイアスを表示しているが「funnel プロットによって公表バイアスが評価できる前提として、精度が小さい研究から大きな研究まである程度、縦軸がばらつく必要があり、観察研究のように、症例数設計をしにくい場合は、精度は相対的に大きくばらつくはずであるが、無作為化臨床試験のように厳密な症例数設計を行う場合は、精度が研究間でばらつきにくいため、funnel プロットによる公表バイアスの視覚的検討は困難である」ことから参考として提示している。

funnel プロットが左右対称性であれば横軸と縦軸の相関は0 になることを利用して、ケンドールの順位相関係数を計算のうえ公表バイアスの有無を検定しており、本研究においては実質的な出版バイアスはない。

本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。

主要な1文献を中心にレビューを行い、Sit-stand workstationは特定の集団では筋骨格系不快感に効果量は少ないものの有益であることがあきらかになった。

腰痛予防に関して、適切な人間工学と高さ調節可能なワークステーションを使用する際に、個別のトレーニング/教育が必要とされる。現場への導入を考えて教育用の資材が必要となる。また勤務時間の1日を通して姿勢を変えることの重要性を想起させるようなシステムの構築が効果的であるものと予想される。

D. 健康危険情報

該当事項なし

E. 研究発表

1. 武藤剛、石井理奈、神田橋宏治、大矢めぐみ、横山和仁. 遠隔機器や IoT・AI 等を活用した産業保健活動の展開. 保健の科学. 62(1)45-51, 2020.

2. Go Muto, Ryoko Katagiri, Atsushi Goto, Motoki Endo, and Ichiro Kawachi. Effect of collaborative support of occupational and clinical physicians - Evaluation of outcome due to treatment drop out in non-communicable diseases. Epidemiology in Occupational Health (EPICOH 27th), Wellington, NZ, May 1, 2019.

3. 武藤剛、片桐諒子、横山和仁、遠藤源樹、松平浩、石井理奈、福田洋、大森由紀、堀口兵剛. 健康経営投資は、健診後受療行動と正に相関する—未治療者53万人の健診レセプト解析. 第92回日本産業衛生学会. 名古屋. 2019年5月

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

2. 実用新案登録

3. その他

1・2・3ともに該当事項なし

Ⅱ. 分担研究報告書

室内執務環境の観点からの多様性包摂とグローバル現代型健康オフィスに関する調査

研究分担者 武藤 剛 北里大学医学部衛生学 講師
研究分担者 遠藤 源樹 順天堂大学医学部公衆衛生学 准教授

研究要旨

昨今の働き方の多様化に伴い、わが国の現代型オフィス環境は、労働者側の観点では、女性や高年齢、外国人（様々な文化的背景）の増加、就労形態の観点では、オフィス内フリーアドレス制、オープンスペース活用、同一オフィス内の多様な職種（正規・非正規雇用、派遣、委託請負による客先常駐）、さらにテレワークの進展による事務作業場所の分散化が進んでいる。従来の作業（職場）環境に内在する健康障害リスクとしての物理的因子（騒音、照度、振動ほか）や化学的因子（室内化学物質）に加えて、心理的因子や生物的因子の大きさが指摘されている。

今年度は、①多様性の観点（女性・高年齢・請負下請客先常駐・外国等多様な文化的背景）、②健康空間オフィス（healthy workplace）、③健康危機管理の観点（救急・感染症（生物学的リスク）等）の観点からの国内外の文献やパイロット事例調査を実施した。抽出された検討項目について、次年度以降大規模調査や改善にむけた基準や望まれる在り方について分析を進めていく。

<研究協力者>

大森 由紀
北里大学医学部

堀口 兵剛
北里大学医学部

江口 尚
北里大学医学部

石井 理奈
順天堂大学医学部

大矢 めぐみ
順天堂大学医学部

高橋 麻衣
マウントサイナイ医科大学ベスイスラエル病院

A. 研究背景および目的

昨今の働き方改革の進展、労働形態の多様化に伴い、事務所労働環境を取巻く状況は日々変化を遂げている。特にわが国の今後の就労環境を鑑みると、労働者側の観点では、女性や高年齢、外国人（様々な文化的背景）の増加といった多様性の進展が予想される。就労形態としても、オフィス内フリーアドレス制、オープンスペース活用、同一オフィス内の多様な職種（正規・非正規雇用、派遣、委託請負による客先常駐）、さらにテレワークの進展による事務作業場所の分散化が進んでいる。さらに従来の作業（職場）環境に内在する健康障害リスクとしての物理的因子（騒音、照度、振動ほか）や化学的因子（室内化学物質）に加えて、心理的因子や生物的因子の大きさが指摘されつつある。そして事務所環境としても、健康障害防止の観点からの最低限の基準から、快適職場づくり、ひいては（無意識のうちに）さらに健康推進の効果をあげる健康オフィス（hea

lthy workplace) の考え方がみられるようになってきている。

こうした状況を踏まえて本年度は、①多様性の観点（女性・高齢・請負下請客先常駐・外国等多様な文化的背景）、②健康空間オフィス（healthy workplace）、③健康危機管理の観点（救急・感染症（生物学的リスク）等）の観点からの文献調査を実施した。

B. 研究方法

今年度は、来年度以降の实地調査の基礎資料となる国内外の事務所オフィス環境のパイロット事例を収集し、一部国際比較を実施した。

C. 研究結果

【1】多様性の観点からの事務所環境の分析

§ 1-1 § 女性活躍の視点

1986 年に男女雇用機会均等法が施行され約 30 年、女性に対する企業による就業継続支援は広く日本社会に浸透しつつある。しかし少子高齢化による労働力不足という喫緊の課題ともあいまって、女性のライフコースや就業世代で罹患しやすい疾病も見据えた、より一層の包括的なサポートが求められている。結婚・妊娠・出産・育児というイベントと就労の両立はもちろん、貧血・乳がん・子宮頸がん・20-30 代女性のやせ（低栄養）といった疾病治療や健康課題解決と就労の両立という視点の重要性も高まりつつある。

労働基準法における母性保護規定では、産後 8 週間の就業は禁止されている。育児介護休業法で定める、産後 8 週以降の育児休業の取得期間は、企業規模に関わらず 10-12 ヶ月の取得者が最多 (31.1%)、次いで 12-18 ヶ月 (27.6%) となっている (いずれも 2015 年)。一方で 3 割以上の女性が産後 10 か月未満で復職している (平成 27 年度厚生労働省雇用均等基本調査)。産後過半数の女性が、分娩後 3 日頃からの情緒不安定・涙もろさ・抑うつ気分・不安感といった

いわゆるマタニティー・ブルーを経験するが、通常は数日で、長くても 1 か月ほどでおさまる。一方、産後うつ病は、産後 1 か月以内に発症することが多く、産後 6 か月間で 10 人に 1 人がかかるとされる。したがって、産後まもなく、育児休業が短期で復職する女性に対しては、産業保健スタッフが積極的にメンタルヘルスケアを心がけながら支援を行うことが重要と考えられ、女性用休養室についてこの観点を取り入れたものとするのが望まれる。また産後 6 か月から 1 年以内の女性では特に、職場で搾乳する場所の確保の悩みも生じやすい。母乳保育の継続や乳腺炎の予防のために、3-4 時間ごとに搾乳して冷凍保存し保冷バッグで持ち帰ることが望ましい。女性用休養室（休憩室）のレイアウトについてカーテンを取り付けるなどちょっとした工夫により、産後早期に復職した女性従業員が休養室を搾乳のスペースとして使用できる¹⁾。

近年、がん患者の職場復帰 (return to work) や就業継続 (stay at work) 支援に対する社会的注目が高まっているが、20-40 代では女性の方が男性よりがん罹患率が高い (20 代で男性の 1.6 倍、30 代で男性の 3 倍)。女性活躍の観点から事務所オフィス環境整備を検討する際、乳がん、婦人科がんといった女性特有のがんに対する重症化予防 (検診受診勧奨) と罹患後の就業継続支援、さらになん治療による生殖機能への影響に対する支援 (がんと妊孕性) の観点が求められる²⁾。

筆者らによる日本の大企業の職域コホートの疫学調査 (Endo et al, J Cancer Surviv, 10, 320, 2016) からは、就労女性のがんによる病休期間中央値は、乳がんの場合 (時短勤務での復職では) 91 日、(フルタイム勤務での復職では) 209 日であった。女性生殖器がんの場合は (時短勤務) 83 日、(フルタイム勤務) 172 日であった。この結果から、乳がんや婦人科がんは、大腸がん・胃がんといった早期復職が可能な癌種と、膵臓がん・肝臓がん・血液がんといった病休が

長期化しやすい癌種の中間のカテゴリーに入る。進行度によるが、乳がんの手術だけであれば 2 週間程度で入退院、復職が可能であることが多いことから、本調査で解析したような大企業では、術後化学療法や放射線治療の期間中も病休していたことが予想される。いずれにせよ、一般的な中小企業の病休期間が 3 か月程度ということ を考慮すると、職場（人事総務）や産業保健スタッフが積極的な支援をしない場合、就労女性ががん罹患による退職とならざるを得ない場合が十分ありうるであろう。さらに、術後早期に復職できたとしても、多くの乳がん治療では化学療法や放射線治療を外来通院で併用することから、通院時間や治療副作用と就労の両立を支援する姿勢も求められる。なおこの日本の大企業職域コホートでは、がん罹患病休復職後の 5 年勤務継続率は、乳がんでは 63.4%、女性生殖器がんでは 67.8%である。これは胃がんと同程度であり、企業が復職継続（stay at work）支援を充実させれば、乳がんや婦人科がん に罹患したとしても、本人が希望する限り復職後長く仕事を続けられる可能性を示している。また、乳がんでは再建術が進んでいるとはいえ、乳房や子宮といった女性特有の臓器の喪失感をはじめとして、がん罹患がメンタル面に与える影響も無視できない。同コホートの解析でも、がん罹患者の復職後・再病休の理由として、少ない割合でメンタルヘルス不調があがっている。がん復職後のメンタルヘルス不調による再病休率は、復職 1 年後で 1.00%、2 年後で 2.77%、5 年後で 4.68%に上り、同大企業コホートの一般集団での新規メンタルヘルス不調病休率 0.48%/年に比較して有意に高いと考えられる。Cancer-related fatigue（がん関連疲労）や睡眠障害を含め、がんサバイバーのメンタルヘルスも考慮した職域からの支援に資するような休憩室の設計を考える必要がある。

一方、国民健康・栄養調査（平成 27 年）によると、BMI 18.5 kg/m² 未満で定義する「やせ」の割合は、女性全体では 11.1%、うち 20 歳代

では 22.3%、30 歳代では 15.5%にのぼる。これは諸外国、特に先進国と比較して異例の高さといわれ、健康日本 21(第二次)の数値目標に、「20 歳代女性のやせの者の割合を 20%以下」が設定されている。一方、わが国では低出生体重児の増加が指摘されている。経済協力開発機構(OECD; 先進 30 か国)加盟国の平均 6.5%に対して、わが国の低出生体重児は 9.1%とされる(2003 年)。この要因としては、母親の年齢等、人口動態統計で把握できる変数以外の因子(多胎妊娠、妊娠前の母親のやせ、喫煙、妊娠中の体重増加抑制等)の関与の可能性が指摘されているとともに、やせ体型妊産婦で妊娠中の体重増加が少ないほど、light-for-date 児発症が多いという報告がある。またカルシウム・鉄といった栄養摂取不足にとどまらず、多くの若いやせ女性にみられる運動不足ともあわせ、筋量や骨量(骨密度)低下から、将来のサルコペニアや骨粗鬆症のリスクも指摘されている。これらのことから、20-30 歳代の女性に対する、食生活・栄養教育の重要性が示唆される。米国のオフィスビル認証基準には食堂に関する規程を含むものがあるが、わが国のオフィスで栄養の視点を考える際、この観点は不可避である。

§ 1－2 § 高年齢労働者活躍の視点

わが国の少子高齢化の進展と生産年齢人口の減少や、高年齢者雇用安定法改正(2013 年)の流れをうけ、今後さらに高年齢就業者が増加することが予想される。高年齢労働者の特徴として、身体機能の低下(転倒しやすい・骨折しやすい)、感覚機能の低下(見にくい・聞こえにくい)、生理機能(代謝機能や睡眠の質)の低下、精神機能(短期記憶力や感情制御力)の低下等が挙げられている^{3,4)}。また、がんや脳心血管疾病等の罹患者も多いことから、治療と仕事の両立支援の観点が重要となる。

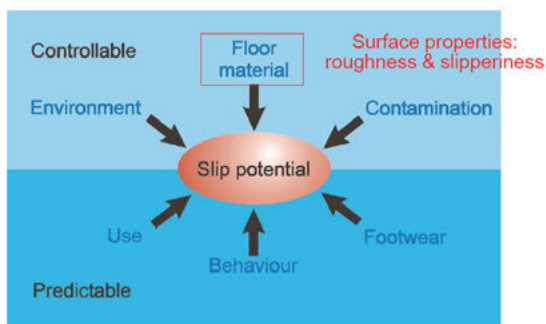
事務所オフィス環境における対応策としてこれらの観点からの実例やエビデンスを収集した。

❖ 転倒予防対策 ❖

オフィスやフロア内のつまづき・すべり・転倒による災害はわが国のみならず諸外国でも同様の問題となっている。米国の報告でも、同フロア内でのつまづき・すべり・転倒が大きな問題となっている⁵⁾。転倒は、靴の要因もあるが、加齢に伴う機能低下（視覚（色彩やグレア）、認知機能）や床面の問題も少なくないとされる。液体で汚染、濡れた床面が滑り転倒の大きな原因の一つであることはこれまでも報告されてきた（海外の病院や飲食店の調査、Bell et al, 2008, Lombardi et al, 2007, Verma et al, 2011）。



同フロアであってもちょっとした段差はつまづき転倒のリスクとなるが、13mm (1/2 inch) を超える段差が問題となるという指摘がある（ASTM F1637, Standard practice for safe walking surfaces, ADA Standards for accessible design, Chapter 3, section 303）。またオフィス床面のカーペットの滑りやすさ/抵抗については、米国で明確な基準はみとめられなかった（タイルカーペットの接着剤による室内 VOC 問題はかつて複数の調査がわが国でもなされている）。



CIRIA C652 Safer Surfaces to Walk On; Reducing the Risk of Slipping, HSE, 2006

また加齢に伴う歩行機能の変化について、minimum foot clearance (MFC), minimum toe clearance (MTC) へ影響（ばらつきの大きさ）するという文献がみられた（Loverro 2013, Mills 2008, Begg 2007）が、それに伴う歩行環境への具体的な対応策は見いだせなかった。

❖ 治療と仕事の両立支援対策 ❖

高齢就業者の増加は、有病労働者の増加すなわち治療と仕事の両立が継続的に求められる状況が多くなることを意味する⁶⁾。この両立支援においては、がん・脳心血管疾患・糖尿病をはじめとする生活習慣病・非特異的慢性腰痛（運動器疾患）といった疾病に加え、がんや難病で見過ごされがちな invisible symptoms（ケモブレイン（化学療法中の一過性認知機能低下）や cancer related fatigue（非特異的疲労）、睡眠障害）等に対する対策が必要とされることがある。さらに糖尿病に対するインスリンや自己免疫疾患（関節リウマチ）等に対する自己注射の普及に伴い、就業の合間（休憩時間等）にこれらの自己処置が可能となるようなプライバシーに配慮したスペースの確保が求められる。具体的には下記が検討項目となる。

- ・休養室の拡充（cancer related fatigue、自己注射、捕食（消化管術後））
- ・作業デスク（着席作業に限らない柔軟度、可動式）
- ・室内空気環境（香水をはじめとする臭い：空気清浄機器、スポット空調（温度の個人差対応））
- ・色弱・視覚障害がある労働者にもわかりやすい表示の工夫（トイレ、エレベータ、避難経路）
- ・聴力障害がある労働者にもわかりやすい、非常時の音声以外（赤色灯等）視覚化装置
- ・オストメイト（トイレ）設置

§ 1－3 § 外国文化圏を背景とする労働者やLGBTQsの観点

言語や文化的背景、宗教等の多様性に対応できるオフィス環境整備として以下が抽出された。

- ・ 掲示や表示の絵表示化
- ・ トイレや休憩室の対応（宗教上必要となる対応可能なスペース、LGBTQs アクセスしやすいトイレ）

§ 1-4 § 請負下請常駐スペース

近年の第3次産業では、多くの業務をアウトソーシングとして外部に業務委託する形態が増加している。その中で、IT業界や医療機関では、発注元（エンドユーザー）や元請けの事業場内に、業務委託を受注した下請け企業の社員が恒常的に常駐して作業を行う場合が少なくない。特にIT業界では元請けから下請けの末端に至る多階層構造が常態化しており、元請け先に常駐する下請け社員に関する労働安全衛生上の課題が指摘されている。

多段階構造の元請け一下請け構造が常態化しているIT業界では、元請け先に常駐する下請けのシステムエンジニアの労働安全衛生上の課題として、労務時間や長時間残業の管理不徹底や、元請けと下請け間での安全衛生上の意識やルールの齟齬・安全衛生管理担当者が存在しないことによる下請け企業社員の被る不利益の実態が浮き彫りとなっている。オフィス室内作業環境の観点では、IT関連（システムエンジニア）下請け客先常駐労働者の調査から、常駐室内の作業環境（温湿度・照度・空調・騒音・室内人員密度（気積））に関する不都合な条件について、自身の所属先（下請け）から元請け（客先）への要望により改善可能な状態であるのはわずか30.9%であった⁷⁾。IT系下請常駐労働者の約7割が室内環境の改善について元請けにその要望を伝えられず、元請け側も問題点を把握しないもしくは把握しても改善しない実態について、今後改善策を検討する余地が大きいと考えられる。

【2】健康空間オフィス（healthy workplace）の分析

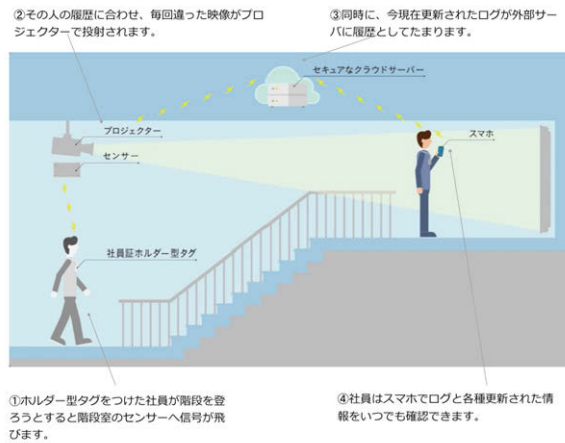
快適職場づくりや、一歩すすんで、そこで働くオフィスワーカーが無意識のうちに健康（行動をとる）支援を享受できる空間づくりについて、IoTを活用した動きが国内でもみられる⁸⁾。作業個人個人の位置情報を活用した職場マネジメントは、フリーアドレス（固定席のない）オフィス室内執務空間で活用されはじめている。ビーコン（Bluetooth low energy (BLE) 信号の周囲30メートル発信端末）とスマートフォンを組み合わせた個人所在のリアルタイム可視化にとどまらず、出勤とその日の業務内容を認識してIoT制御のフリーアドレス用座席指定システム⁹⁾を導入する企業が少数ながら出てきている。

図：現代型オフィス空間でのIoT実証実験¹⁰⁾



また、オフィス空間の室内環境と労働者の動き、動線や姿勢をIoT制御することで、コミュニケーションを含めた働き方の最適化をめざす取り組みも実験段階として行われており、検証の成果と実装化が期待される^{10, 11)}。具体的には、環境因子として光（照明）・温湿度・音・香り等に関する測定分析、労働者側の因子として座位・立位を含めた姿勢や動線、作業と休憩等の情報について、集約と最適化IoT制御をめざしている。

図：健康階段「ta-tta-tta」¹¹⁾



さらに、生産性向上と健康障害防止という観点にとどまらず、健康経営の観点から、働くだけでより健康になるオフィスづくりにIoTを活用する取組みもみられる¹²⁾。たとえば健康階段「ta-tta-tta」は、IoTを活用して、階段を利用するオフィスワーカーに、階段を昇ることをつい楽しく感じさせる映像を投影する技術である。階段に設置されたセンサーと労働者個人が持っているタグが連動し、個人の利用履歴に応じて変化する映像を、階段を昇るタイミングにあわせて投影することで、毎日の階段を昇る行動のモチベーションを高める狙いがある。働き方改革とあいまって、テレワークやフレックス勤務の推進により、各オフィスワーカーが様々な時間・空間に点在しながら仕事をする働き方が一般的になるなかで、労働衛生3管理の観点からも、各個人と職場環境双方から得られた情報のIoT管理や、オフィスワーカーの健康と生産性を両立/相乗効果を図る¹³⁾必要性は、今後さらに大きくなると考えられる。

【3】健康危機管理の観点からの分析

❖ 救急対応・救急備品 ❖

職場での整備が求められる救急用具について、各国の労働関係法令の整理がなされている¹⁴⁾。わが国（1972，労働安全衛生規則 633-634 条）、米国（American National Standard Minimum Requirements for Workplace First Aid Kits, ANSI Z308.1, 2003）、英国（British Standard Workplace First Aid kits, BS 8599-1, 2011, 2019 revised）、カナダ（労働安全衛生規則 Part XVI, 1986, 2017 revised）、オーストラリア（First Aid in the Workplace Code of Practice NI 2015-330, 2015）の各々の比較である。

職場や作業種別の分類について、米国では室内外を基本に type I:屋内据え付け、type II:屋内携帯、type III:屋外携帯と区別している。英国では、危険有害作業および労働者数を基本に、S:25 人未満、M:25-100 人、L:101 人以上とし、高リスク作業場では各々5 人、6-25 人、26 人以上とより厳しい基準である。単独作業は規程別途となっている。カナダは、英国同様、人数と有害危険作業別となっており、オーストラリアはリスクアセスメントを基にした検討である。救急箱について規定があるのは米国・英国・オーストラリアで、箱の大きさや FIRST AID の記載、物品名や、箱の耐久・防湿・防カビ・防汚性素材の記載がある。設置場所について、カナダは看板での掲示と設置場所周知、複数階建物の場合上下2 か所の設置となっている。オーストラリアも同様に、白十字看板の設置や救急箱一覧の掲示、すぐ利用可能場所の記載がある。管理運用について、定期的な点検を米国・カナダ・オーストラリアで指示しており、米国では指定品目以外の保管や施錠の禁止、オーストラリアは管理者任命の記載がある。カナダ・オーストラリアは使用記録の記載がある。

救急用具の中身について、米国（type I:屋内据え付け）では、三角巾・使い捨て手袋・洗眼薬・眼カバー・抗菌消毒薬・消毒綿・ワイプ・ペーパータオル・ガーゼ（滅菌・吸収性）・巻包

帯・粘着テープ・絆創膏・火傷薬・火傷パット・瞬間冷却材・救急蘇生フェイスシールドが、配備数とともに規定されている。英国、カナダもほぼ同様で、さらにピンセット・ハサミや、ストレッチャー（副木）（カナダ）の規定がある。オーストラリアはさらに進んで、生理食塩水、ハイドロゲル（流水困難時）や、フェイスシールド（蘇生マスク）CPR 説明書、アルミ毛布の記載がみられた。事務所オフィス環境での生物学的曝露対策（嘔吐、出血、気道飛沫等の体液曝露や感染防止）について、諸外国では使い捨て手袋等の感染防護具の記載が少ないながらみられた。

❖ 生物学的リスクへの対応 ❖

季節性インフルエンザのみならず、新興・再興感染症などグローバル化の進展に伴う事務所室内環境における生物学的リスクに対する対策の必要性が高まっている。

これまでに海外を中心に、特に室内換気、空調を介した真菌やアレルゲンに関する調査がいくつかみられる^{15, 16, 17)}。いずれもまだ室内環境基準値として設定できるレベルには至っていない。また生物学的リスクについて曝露と室内換気について複数のモデルが提示されている^{18, 19, 20)}。今後これらのモデルを室内環境・換気について生物学的曝露低減の観点から実装しうる指標の開発が必要と考えられる。

D. 考察

①多様性の観点（女性・高年齢・請負下請客先常駐・外国等多様な文化的背景）、②健康空間オフィス（healthy workplace）、③健康危機管理の観点（救急・感染症（生物学的リスク）等）の観点からの文献・パイロット実態調査により、現代型グローバルオフィス環境整備に求められる検討課題を抽出した。ことができた。

今後、これらの抽出項目について大規模な実態調査ならびに改善へ向けた実践的提言の検討を行う予定である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表・学会発表

1. 武藤剛、石井理奈、神田橋宏治、大矢めぐみ、横山和仁. 遠隔機器や IoT・AI 等を活用した産業保健活動の展開. 保健の科学. 62(1)45-51, 2020.
2. Go Muto, Ryoko Katagiri, Atsushi Goto, Motoki Endo, and Ichiro Kawachi. Effect of collaborative support of occupational and clinical physicians - Evaluation of outcome due to treatment drop out in non-communicable diseases. Epidemiology in Occupational Health (EPICOH 27th), Wellington, NZ, May 1, 2019.
3. 武藤剛、片桐諒子、横山和仁、遠藤源樹、松平浩、石井理奈、福田洋、大森由紀、堀口兵剛. 健康経営投資は、健診後受療行動と正に相関する—未治療者 53 万人の健診レセプト解析. 第 92 回日本産業衛生学会. 名古屋. 2019 年 5 月

H. 知的財産権の出願・登録

特に記載するべきものなし

I. 参考文献

1. 武藤剛ら. 職場からの女性の健康支援—就労と女性のライフコース両立をめざして—保健の科学 59:680-687, 2017.
2. 武藤剛ら. 少子高齢化対策としての職業生活と健康・社会問題の両立：妊孕性保護、育児ならびに疾病治療に対する支援. 日本衛生学雑誌 73:200-209, 2018.
3. 高年齢者の雇用・就業の実態に関する調査. 独立行政法人労働政策研究・研修機構. 2010. <https://www.jil.go.jp/press/documents/20100705.pdf>
4. 月刊エルダー. エイジマネジメント 働く人の健康を守る. 独立行政法人高齢・障害者雇用支援機構. 2010.
5. Liberty mutual 2019 workplace safety index

reveals workplace injuries cost US. Companies over \$1 billion per week. 2019.
<https://www.libertymutualgroup.com/about-1m/news/documents/2019-workplace-safety-index.pdf>

<https://business.libertymutualgroup.com/business-insurance/Documents/Services/RC2026.pdf>

<https://viewpoint.libertymutualgroup.com/article/top-10-causes-disabling-injuries-at-work-2019/>

6. 武藤剛、横山和仁、北村文彦. 疾病と就労の両立支援—産業医と主治医の連携の観点から—産業医学ジャーナル 39(4), 2016.

7. 武藤剛. 元請け—下請け構造 (請負・業務委託) に起因する第3次産業の労働安全衛生問題とその解決に関する研究: 情報関連 (IT) および病院内滅菌中小事業者を例として. 平成30年度産業医学調査研究助成調査研究報告書. 産業医学振興財団. 1-26, 2019.

8. 武藤剛、石井理奈、神田橋宏治、大矢めぐみ、横山和仁. 遠隔機器やIoT、AIを活用した産業保健活動の展開. 保健の科学 62(1):45-51, 2020.

9. キーポート・ソリューションズ、フリーアドレス用座席指定システム「オフィスダーツ」
<https://i.sios.com/news/press/20180920-kps-darts.html>

10. 株式会社オカムラ 未来のオフィス空間『point0 marunouchi』において実証実験を開始
http://www.okamura.co.jp/company/topics/office/2019/point_0_start.php

11. 竹中工務店 新たなワークスタイルを促す空間デザインの効果を検証
<https://www.takenaka.co.jp/news/2016/08/01/index.html>

12. 竹中工務店 生きる場所をつくる健築 健康階段「ta-tta-tta」IoTでオフィスの階段利用を促進する新技術
<https://kenkou-kenchiku.jp/case/20181101/>

13. Dupont, Leger, and Mathieu et al. Health and productivity at work: which active workstation for which benefits: a systematic review. Occupational Environmental Medicine. 76(5):281-294, 2019.

14. 高山祥子ら. 職場で配慮すべき救急用具の国際比較. 産衛誌. (61)452, 2019.

15. Ramachandran, Adgate, and Fredrickson et al. Indoor Air Quality in two urban elementary schools - measurements of airborne fungi, carpet allergens, CO₂, temperature, and relative humidity. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2:553-366, 2005.

16. Niemeier, Sivasubramani, and Grinshpun et al. Assessment of fungal contamination in moldy homes: comparison of different methods. Journal of Occupational Environmental Hygiene. 3(5):262-273, 2006.

17. Mota, Gibbs, and Ortiz et al. Seasonal fine and coarse culturable fungal constituents and concentrations from indoor and outdoor air samples taken from an arid environment. Journal of Occupational and Environment Hygiene. 5:511-518, 2008.

18. To, Wan, and Kwan et al. A methodology for estimating airborne virus exposure in indoor environments using the spatial distribution of expiratory aerosols and virus viability characteristics. Indoor Air 18:425-438, 2008.

19. Khare and Marr. Simulation of vertical concentration gradient of influenza viruses in dust resuspended by walking. Indoor Air 25:428-440, 2015.

20. Cheng, Wang and Liao et al. Assessing coughing-induced influenza droplet transmission and implications for infection risk control. Epidemiology Infection 144:333-345, 2016.

オフィス環境／ビル管理の安全性・利便性・健康快適性に関する国内外の認証基準

研究分担者 花里 真道 千葉大学予防医学センター 准教授

研究要旨

今年度は健康オフィスに関する国内外の認証制度を調査した。WELL、Fitwel、CASBEE-WO の 3 種の認証制度の概要・評価指標を整理し、各々の評価割合を得た。

A. 研究背景および目的

昭和47年に定められた事務所衛生基準規則（以下、事務所則は、事務所における各種衛生基準を定めている。しかし、分煙や禁煙の広がり、空調設備の機能向上、IT機器を用いたデスクワークの普及はもとより、テレワークや、固定席を設けないフリーアドレス制オフィスの出現、女性・障害者・外国人労働者の増加に示されるような、労働形態・室内職場環境・労働者自身の多様性に富む現代の室内執務環境について、改めて基準の妥当性や国際認証基準との整合性を検討する必要性が生じている。

国際的には、イノベーションの誘発、生産性の向上、人材の獲得の観点から、よりよいオフィス空間や環境への関心が高まっている。また、近年の健康経営やESG (Environment, Social, Governance) 投資などの視点も加わり、オフィスワーカーの健康を増進させる空間づくりへの期待や関心も高まり、いくつかの認証制度が運用されている。本研究では、代表的な認証制度としてWELL (WELL Building Standard) とFitwel、国内からはCASBEE-WO (Wellness Office) の計3種の認証基準の指標を比較し、事務所則の検討に活かす基礎資料を得ることを目的とする。

B. 研究方法

WELL、Fitwel、CASBEE-WO の各基準について、

評価方法を確認、評価指標を一覧し、評価割合について整理する。

C. 研究結果

(認証の概要)

WELL は、健康増進に繋がる建築物・空間を認証する国際認証制度で、2014 年に運用されている。登録、評価、提出、検証、認証というプロセスを経る。2020 年 2 月時点で、58 ヶ国で 277 件の認証があり、3748 件認証待ちの登録状態にある。日本では、5 件認証があり 31 件が登録状態にある。認証費用は、5000 sq feet の規模で、約 127 万円である。

評価項目は、「空気 (Air)」、「水 (Water)」、「栄養 (Nourishment)」、「光 (Light)」、「運動 (Fitness)」、「快適性 (Comfort)」、「精神 (Mind)」の 7 カテゴリーで、100 個の中項目 (Feature) に、205 評価指標がある。建築環境の分野から、空気や水、光など、特定できる曝露因子をもつカテゴリがあるとともに、建築計画の分野から、快適性や精神性など室の機能やレイアウトなどデザインに関わる要因のカテゴリもある。

必須条件 (Preconditions) と最適化条件 (Optimizations) の 2 種類があり、最適化条件の達成度合いにより認証種類が区別される。

80%達成以上達成するとプラチナ、40%～80%達成するとゴールド、他はシルバーという認証区別がある。

Fitwel は、WELL と比較してより、簡便・安価で運用される認証制度として 2017 年より運用されている。米国 CDC により開発がスタートした特徴がある。2020 年 2 月時点で、世界 40 ヶ国で、370 件認証があり、980 件が認証待ちの登録状態にある。日本からは 1 件の登録に留まる。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 66 万円である。

評価項目は、「ロケーション (LOCATION)」「建物へのアクセス (BUILDING ACCESS)」「屋外空間 (OUTDOOR SPACES)」「エントランスと地上階 (ENTRANCES AND GROUND FLOOR)」「階段吹抜け (STAIRS)」「室内環境 (INDOOR ENVIRONMENTS)」「ワークスペース (WORKSPACES)」「共有スペース (SHARED SPACES)」「水の供給 (WATER SUPPLY)」「カフェテリアと調理食品店 (PREPARED FOOD AREAS)」「自動販売機とスナックバー (VENDING MACHINES AND SNACK BARS)」「緊急操作 (EMERGENCY PREPAREDNESS)」の 12 カテゴリで、73 評価指標がある。指標ごとのウェイト付き得点が計算され 144 点満点で評価される。125～144 点は三つ星 (★★★)、105～124 点は二つ星 (★★)、90～104 点は一つ星 (★) である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

CASBEE-WO は、国内の認証制度で、2019 年に運用が開始した。2020 年 2 月時点で 8 件が先行認証されている。認証費用は、5000 sq feet の規模で約 50～70 万円である。

評価項目は、5 大カテゴリ (1 健康性・快適性、2 利便性、3 安全・安心性、4 運営管理、5 プログラム) に、16 中カテゴリ (空間・内装、音環境、光・視環境、熱・空気環境、リフレッシュ、運動、移動空間・コミュニケーション、情報通信、災害対応、有害物質対策、水質安全性、セキュリティ、維持管理計画、満足度調査、災害時対応、プログラム) があり、計 60 評価指

標で評価される。配点は、5 大カテゴリの各々 20 点で計 100 点である。WELL と同様、建築環境の指標と建築計画の指標の両面がある。

(評価割合)

WELL の必須条件の評価割合を図 1 に示す。空気、水、栄養など、数量として測定できる項目の比重が大きい。WELL の最適化条件の評価割合を図 2 に示す。加点要素として、精神性、身体活動、光環境など、デザインや建築計画に関わる要素の比重が大きい。

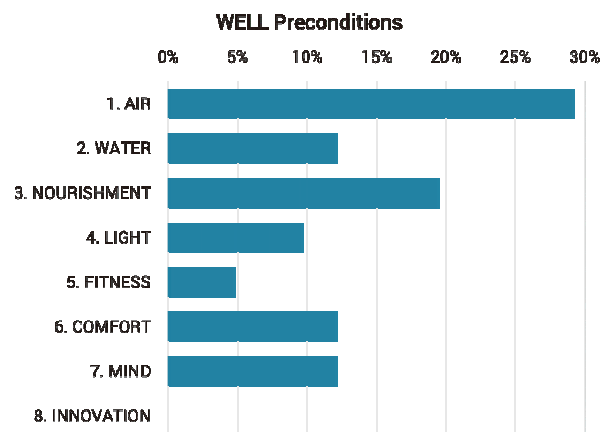


図 1 WELL の必須条件の評価割合

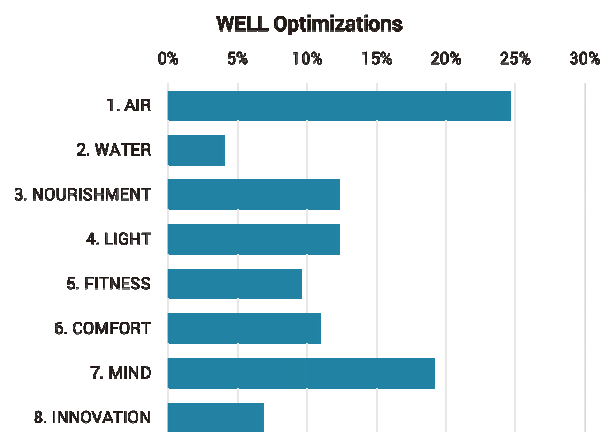


図 2 WELL の最適化条件の評価割合

Fitwel の評価割合を図 3 に示す。WELL と比較して、LOCATION、ACCESS、OUTDOOR SPACES、ENTRANCE など、建物の立地環境、外構など、外部アクセスの重要性を捉えている特徴がある。

近年の建造環境・都市デザインと健康に関する研究を十分に考慮していると言える。室内空間ではSHARED SPACESの充実を高く評価している。

CASBEE-WO の評価割合を図4に示す。健康増進プログラムや移動空間・コミュニケーション、維持管理計画などの比重を高く設定している。差がでる部分の評価比重を高く設定していると考えられる。

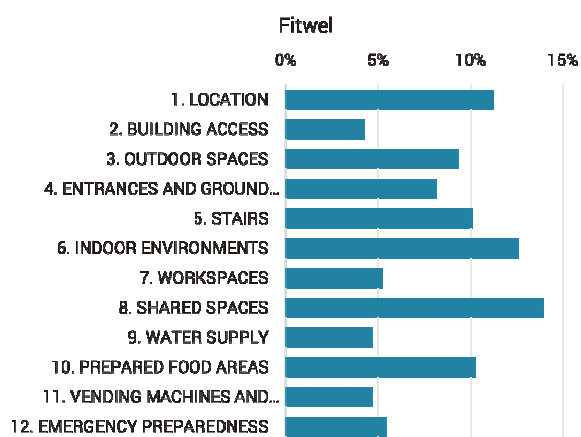


図3 Fitwel の評価割合

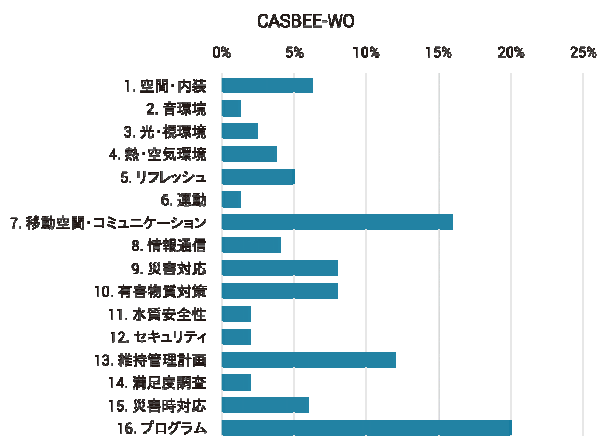


図4 CASBEE-WO の評価割合

D. 考察

国内外の3認証制度の評価指標を概覧した。総論として次の点が考察された。国内外のエビデンスに基づいた評価指標であるが、健康の増進に係る指標であるため、低いエビデンスレベルの文献も多数含まれるといえる。そのため、ひとつひとつの項目がどの程度の影響を及ぼすかに関する議論には及んでいない。総体として多くの評価指標を達成する建築物・空間であれば、健康増進に寄与するはずであるという仮定に基づく評価体系である点に注意が必要である。これらの認証を取得した建築物で、オフィスワーカーの健康が増進されているか否かの評価に関する今後の研究報告が待たれる。

評価指標には、明確な曝露因子が想定できる建築環境の指標と空間計画や機能計画など、建築計画の指標の両面がある。また、評価割合は、認証制度によって異なる。

今後は、これらの認証制度の評価指標と、事務所則の評価指標との関係の詳細な分析を予定している。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表・学会発表

特になし

G. 知的財産権の出願・登録

特になし

H. 参考文献

特になし

付表 1 WELL の必須条件の一覧

カテゴリ	指標数	評価割合		番号	小項目
AIR	12	29%	P	1	Air Quality Standards
			P	2	Smoking Ban
			P	3	Ventilation Effectiveness
			P	4	VOC Reduction
			P	5	Air Filtration
			P	6	Microbe And Mold Control
			P	7	Construction Pollution Management
			P	8	Healthy Entrance
			P	9	Cleaning Protocol
			P	10	Pesticide Management
			P	11	Fundamental Material Safety
			P	12	Moisture Management
WATER	5	12%	P	30	Fundamental Water Quality
			P	31	Inorganic Contaminants
			P	32	Organic Contaminants
			P	33	Agricultural Contaminants
			P	34	Public Water Additives
NOURISHMENT	8	20%	P	38	Fruits And Vegetables
			P	39	Processed Foods
			P	40	Food Allergies
			P	41	Hand Washing
			P	42	Food Contamination
			P	43	Artificial Ingredients
			P	44	Nutritional Information
			P	45	Food Advertising
LIGHT	4	10%	P	53	Visual Lighting Design
			P	54	Circadian Lighting Design
			P	55	Electric Light Glare Control
			P	56	Solar Glare Control
FITNESS	2	5%	P	64	Interior Fitness Circulation
			P	65	Activity Incentive Programs
COMFORT	5	12%	P	72	Accessible Design
			P	73	Ergonomics: Visual And Physical
			P	74	Exterior Noise Intrusion
			P	75	Internally Generated Noise
			P	76	Thermal Comfort
MIND	5	12%	P	84	Health And Wellness Awareness
			P	85	Integrative Design
			P	86	Post-Occupancy Surveys
			P	87	Beauty And Design I
			P	88	Biophilia I – Qualitative

付表 2 WELL の最適化条件の一覧

カテゴリ	指標数	評価割合		番号	小項目
AIR	18	25%	O	13	Air Flush
			O	14	Air Infiltration Management
			O	15	Increased Ventilation
			O	16	Humidity Control
			O	17	Direct Source Ventilation
			O	18	Air Quality Monitoring And Feedback
			O	19	Operable Windows
			O	20	Outdoor Air Systems
			O	21	Displacement Ventilation
			O	22	Pest Control
			O	23	Advanced Air Purification
			O	24	Combustion Minimization
			O	25	Toxic Material Reduction
			O	26	Enhanced Material Safety
			O	27	Antimicrobial Activity for Surfaces
			O	28	Cleanable Environment
			O	29	Cleaning Equipment
			n/a	P9	Advanced Cleaning

WATER	3	4%	0	35	Periodic Water Quality Testing
			0	36	Water Treatment
			0	37	Drinking Water Promotion
NOURISHMENT	9	12%	0	46	Safe Food Preparation Materials
			0	47	Serving Sizes
			0	48	Special Diets
			0	49	Responsible Food Production
			0	50	Food Storage
			0	51	Food Production
			0	52	Mindful Eating
			n/a	P1	Food Environment
			n/a	P7	Strategic Dining Design
LIGHT	9	12%	0	57	Low-Glare Workstation Design
			0	58	Color Quality
			0	59	Surface Design
			0	60	Automated Shading And Dimming Controls
			0	61	Right To Light
			0	62	Daylight Modeling
			0	63	Daylighting Fenestration
			n/a	P2	Light at Night
			n/a	P3	Circadian Emulation
FITNESS	7	10%	0	66	Structured Fitness Opportunities
			0	67	Exterior Active Design
			0	68	Physical Activity Spaces
			0	69	Active Transportation Support
			0	70	Fitness Equipment
			0	71	Active Furnishings
			n/a	P8	Injury Prevention
COMFORT	8	11%	0	77	Olfactory Comfort
			0	78	Reverberation Time
			0	79	Sound Masking
			0	80	Sound Reducing Surfaces
			0	81	Sound Barriers
			0	82	Individual Thermal Control
			0	83	Radiant Thermal Comfort
			n/a	P4	Impact Reducing Flooring
MIND	14	19%	0	89	Adaptable Spaces
			0	90	Healthy Sleep Policy
			0	91	Business Travel
			0	92	Building Health Policy
			0	93	Workplace Family Support
			0	94	Self-Monitoring
			0	95	Stress And Addiction Treatment
			0	96	Altruism
			0	97	Material Transparency
			0	98	Organizational Transparency
			0	99	Beauty And Design II
			0	100	Biophilia II – Quantitative
			n/a	P5	Health Through Housing Equity
			n/a	P6	Education Space Provisions
Innovation	5	7%	0	101	Innovation Feature I
			0	102	Innovation Feature II
			0	103	Innovation Feature III
			0	104	Innovation Feature IV
			0	105	Innovation Feature V

付表3 Fitwel の指標一覧

カテゴリ	指標数	評価割合	ID	SUB-TITLE	STRATEGY
1. LOCATION	4	11%	1.1	Walkability	Building located in an area with a Walk Score of 50 or above
			1.2	Walkability	Building located in an area with a Walk Score of 70 or above
			1.3	Walkability	Building located in an area with a Walk Score of 90 or above
			1.4	Proximity To Transit	Locate a transit stop within a 1/2 mile or 800 meters of a main building entrance
2. BUILDING ACCESS	6	4%	2.1	Pedestrian Route to Transit	Provide a universally accessible pedestrian route between the main building entrance and a transit stop
			2.2	Commuter Survey	Conduct an occupant commuter survey for regular occupants
			2.3	Bicycle Parking	Provide regular occupants access to bicycle parking
			2.4	Active Commuter Showers	Provide regular occupants access to showers and lockers
			2.5	Incentivizing Transit	Provide regular occupants access to transit benefits
			2.6	Efficiency Parking	Implement parking efficiency practices
3. OUTDOOR SPACES	8	9%	3.1	Outdoor Space Amenities	Provide regular occupants access to an outdoor space amenity
			3.2	Walking Trail	Provide regular occupants access to an outdoor walking trail
			3.3	Outdoor Fitness Area	Provide regular occupants access to an outdoor fitness area
			3.4	Restorative Garden	Provide regular occupants access to an outdoor restorative garden
			3.5	Farmers Market	Provide regular occupants access to a farmers market
			3.6	Fruit and Vegetable Garden	Provide regular occupants access to a fruit and vegetable garden
			3.7	Pathway and Parking Area Lighting	Provide lighting in all outdoor spaces, pathways, and parking areas
			3.8	Tobacco- and Smoke-Free Outdoor Spaces	Establish and implement a tobacco- and smoke-free policy for all outdoor spaces
4. ENTRANCES AND GROUND FLOOR	8	8%	4.1	Tobacco- and Smoke-Free Signage	Provide tobacco- and smoke-free signage at all entrances and outdoor areas
			4.2	Main Pedestrian Entrance	Orient a main building entrance towards an outdoor pedestrian area
			4.3	Main Entrance Amenities	Include sidewalk amenities at main building entrances
			4.4	Safe Entry and Exit Lighting	Provide continuous lighting at all building entrances
			4.5	Publicly Accessible Use	Provide a publicly accessible use on the ground floor
			4.6	Activate Pedestrian Areas	Orient the publicly accessible use directly to an outdoor pedestrian area
			4.7	Local Amenities Advertising	Provide a permanent display advertising local amenities
			4.8	Entryway Systems	Provide entryway systems at all building entrances
5. STAIRS	6	10%	5.1	Stair Access	Provide access to at least one stair that connects building floors
			5.2	Stair Location	Locate the stair in an equally or more prominent area than escalators or elevators
			5.3	Stair Design	Implement active design strategies in the stair design
			5.4	Stair Signage	Place educational point-of-decision signs promoting stair use at elevator call areas
			5.5	Stair Visibility	Increase visibility of the stair
			5.6	Stair Safety	Implement best practices in stair safety
6. INDOOR ENVIRONMENTS	8	13%	6.1	Tobacco- and Smoke-Free Environment	Establish and implement a tobacco- and smoke-free policy for all indoor areas
			6.2	Asbestos-Safe Property	Confirm that asbestos has been properly abated and control measures are implemented
			6.3	Indoor Air Quality (IAQ) Policy	Establish and implement an Indoor Air Quality (IAQ) Policy
			6.4	Indoor Air Quality Testing	Conduct regular Indoor Air Quality (IAQ) testing
			6.5	IAQ Testing Results	Share Indoor Air Quality (IAQ) testing results with regular occupants
			6.6	Green Purchasing Policy	Establish and implement a Green Purchasing Policy
			6.7	Chemical Storage Ventilation	Provide separate ventilation in all areas with chemical use or storage
			6.8	Integrated Pest Management	Establish and implement an Integrated Pest Management (IPM) Plan
7. WORKSPACES	5	5%	7.1	Natural Daylight	Provide regular occupants access to natural daylight
			7.2	Views of Nature	Provide regular occupants access to views of nature
			7.3	Operable Shading	Provide regular occupants access to operable shading
			7.4	Active Workstations	Provide regular occupants access to active workstations
			7.5	Thermal Control	Provide regular occupants access to thermal control devices
8. SHARED SPACES	13	14%	8.1	Bathroom Cleaning Protocol	Establish and implement a regular cleaning protocol for bathrooms
			8.2	Hand-Washing Signage	Provide permanent educational signs promoting hand-washing in bathrooms
			8.3	Common Break Areas	Provide regular occupants access to a common break area
			8.4	Break Areas Cleaning Protocol	Establish and implement a regular cleaning protocol for all break areas

			8.5	Quiet Room	Provide regular occupants access to a dedicated quiet room
			8.6	Lactation Rooms and Stations	Provide regular occupants access to a sufficient number of dedicated lactation rooms
			8.7	Multi-purpose Room	Provide regular occupants access to a multi-purpose room
			8.8	Exercise Room	Provide regular occupants access to a dedicated exercise room
			8.9	Fitness Facility	Provide regular occupants subsidized access to a fitness facility
			8.1	Crop Share Drop-Off	Provide regular occupants access to crop share or other fresh food delivery programs
			8.11	Health Programming	Establish and implement health promotion programming for regular occupants
			8.12	Occupant Satisfaction Survey	Conduct an occupant satisfaction survey for regular occupants
			8.13	Stakeholder Collaboration Process	Establish and Implement a Stakeholder Collaboration Process
9. WATER SUPPLY	3	5%	9.1	Universally Accessible Water Supply	Provide a sufficient number of universally accessible water supplies
			9.2	Water Bottle Refilling Station	Provide bottle refilling stations at water supplies
			9.3	Water Quality	Conduct regular water quality testing
10. PREPARED FOOD AREAS	4	10%	10.1	Healthy Food and Beverage Policy	Establish and implement a healthy food and beverage policy as rigorous as the Fitwel Food and Beverage Standard in a prepared food area
			10.2	Choice Architecture	Implement choice architecture practices in a prepared food area
			10.3	Pricing Incentives	Implement pricing incentive practices in a prepared food area
			10.4	Water Access	Provide access to free water supplies in a prepared food area
11. VENDING MACHINES AND SNACK BARS	4	5%	11.1	Healthy Vending Machines and Snack bars	Establish and implement a healthy food and beverage policy as rigorous as the Fitwel Food and Beverage Standard for vending machines and snack bars
			11.2	Vending and Snack Bar Choice Architecture	Implement choice architecture practices for vending machines and snack bars
			11.3	Vending and Snack Bar Pricing Incentives	Implement pricing incentive practices for vending machines and snack bars
			11.4	Water Access	Provide access to free water supplies near vending machines and snack bars
12. EMERGENCY PREPAREDNESS	4	5%	12.1	Emergency Preparedness Plan	Establish and Implement a comprehensive Emergency Preparedness Plan
			12.2	Automated External Defibrillator (AED)	Install a sufficient number of Automated External Defibrillators (AED)
			12.3	Certified First Responders	Provide a sufficient number of Certified First Responders (CFR)
			12.4	Emergency Address Notification	Provide an automated emergency address notification system

付表4 CASBEE-WOの指標一覧

区分	評価割合	カテゴリ	指標数	評価割合		
Qw1 健康性・快適性	20%	空間・内装	10	6%	1.1 レイアウトの柔軟性	1.1.1 空間の形状・自由さ
						1.1.2 荷重のゆとり
						1.1.3 設備機器の区画別運用の可変性
					1.2 知的生産性を高めるワークプレイス	
					1.3 内装計画	1.3.1 専有部の内装計画
						1.3.2 共用部の内装計画
					1.4 作業環境	1.4.1 オフィス什器の機能性・選択性
						1.4.2 OA機器等の充実度
					1.5 広さ	
					1.6 外観デザイン	
		音環境	2	1%	2.1 室内騒音レベル	
					2.2 吸音	
		光・視環境	4	3%	3.1 自然光の導入	
					3.2 グレア対策	3.2.1 開口部のグレア対策
						3.2.2 照明器具のグレア対策
		3.3 照度				
		熱・空気環境	6	4%	4.1 空調方式及び個別制御性	
					4.2 室温制御	4.2.1 室温
						4.2.2 外皮性能
					4.3 湿度制御	
		リフレッシュ	8	5%	4.4 換気性能	
					4.4.1 換気量	
					4.4.2 自然換気性能	
					5.1 オフィスからの眺望	
					5.2 室内の植栽・自然とのつながり	
					5.3 室外(敷地内)の植栽・自然とのつながり	
運動	2	1%	5.4 トイレの充足性・機能性			
			5.5 給排水設備の設置自由度			
			5.6 リフレッシュスペース			
			5.7 食事のための空間			
			5.8 分煙対応、禁煙対応			
Qw2 利便性	20%	移動空間・コミュニケーション	4	16%	6.1 運動促進・支援機能	
					6.2 階段の位置・アクセス表示	
					1.1 動線における出会いの場の創出	
					1.2 EV 利用の快適性	
		情報通信	1	4%	1.3 バリアフリー法への対応	
1.4 打ち合わせスペース						
Qw3 安全・安心性	20%	災害対応	4	8%	2.1 高度情報通信インフラ	
					1.1 耐震性	1.1.1 躯体の耐震性能
						1.1.2 免振・制振・制震性能
		1.1.3 設備の信頼性				
		1.2 災害時エネルギー供給				
		有害物質対策	4	8%	2.1 化学汚染物質	
					2.2 有害物質を含まない材料の使用	
					2.3 有害物質の既存不適格対応	2.3.1 アスベスト、PCB 対応
		2.3.3 土壌汚染等対応				
		水質安全性		1	2%	3.1 水質安全性
セキュリティ		1	2%	4.1 セキュリティ設備		
Qw4 運営管理	20%	維持管理計画	6	12%	1.1 維持管理に配慮した設計	
					1.2 維持管理用機能の確保	
					1.3 維持保全計画	
					1.4 維持管理の状況	1.4.1 定期調査・検査報告書
						1.4.2 維持管理レベル
		1.5 中長期保全計画の有無と実行性				
		満足度調査	1	2%	2.1 満足度調査の定期的実施等	
		災害時対応	3	6%	3.1 BCP の有無	
					3.2 消防訓練の実施	
3.3 AED の設置						
Qw5 プログラム	20%	プログラム	3	20%	メンタルヘルス対策、医療サービス	
					社内情報共有インフラ	
					健康増進プログラム	

室内空気環境基準と研究の国際動向に関する文献調査

研究分担者 橋本 晴男 東京工業大学 キャンパスマネジメント本部 特任教授

研究要旨

働き方改革のもとで、高齢者や障がいを持つ方などを含む多様な労働者の職場環境を向上させるために、事務所衛生基準規則や関連指針値等を見直す余地がないかとの問題意識を踏まえ、海外の室内環境関連機関等の基準・指針値、及び基準項目中の二酸化酸素に関して文献調査を行った。

海外の基準値等では最新の欧州規格（EN 16798-1:2019）が注目される。これにもとづくと、わが国の基準の温度範囲（17℃～28℃）は同規格に全く適合できず、「21℃～25.5℃」などのより良い目標値に向けた改善を検討する価値がある。照明については、同様に事務所・会議室等（300ルクス）、廊下・階段（100ルクス）の各照度に関して改善の余地があると考えられる。

二酸化炭素に関しては、わが国の基準値（1000 ppm）は、現状の各国の基準値・指針値と比較して遜色はなかった。しかし一方、室内の二酸化炭素濃度と健康影響や業務効率との関係については、最近では1000 ppm以下の領域でも多くの研究がされ、1000ppmを下回る濃度を境に、健康上の訴えや業務効率に有意差があったとの報告が複数ある。また600～800ppmを基準値とする新たなビル管理の指針が出ている。室内の二酸化炭素濃度については、わが国では二酸化炭素の不適合率は40%以上と高い。以上から、現在の基準値（1000 ppm）を下げる、または現在の基準の遵守を強化する方策を検討する時期に来ていると考えられる。この結果として、職場環境と業務効率の向上により、働き方改革に寄与すると共に、国民全体の労働生産性を押し上げられる可能性があると考えられる。

A.研究背景および目的

働き方改革においては、実現していくべき3つの柱が示されており、このうち、職場の物理的な環境と大きく関係するものは、「多様で柔軟な働き方の実現」と「長時間労働の是正」がある。「多様で柔軟な働き方の実現」に関しては、高齢労働者や女性、および障がいのある人にとっても働きやすい環境の整備が求められており、安全性の確保や健康障害の防止はもとより、利便性、快適性、作業効率の向上の観点からの配慮も必要となると考えられる。また「長時間労働の是正」に関しては、テレワークの普及に伴い、これまで事務所衛生基準規則が適用されなかったリモートオフィスやホームオフィスの安全で衛生的な環境の確保、更には、従来のオフィ

スにおいては業務効率を積極的に促進できるような環境の整備が望まれるところである。これらの観点を踏まえると、事務所衛生基準規則や関連する室内濃度指針値等のわが国での管理基準や指針を見直すことにより、働き方改革の推進に寄与することができる可能性がある。

以上の背景を踏まえて、本年度の本分担研究では、特に以下の2点に焦点を当て文献調査を担当した。

- ① 国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界団体などによる規制値、基準値、指針、指導状況などを調査した。ここでは特に、わが国で空気環境基準への不適合率が高い二酸化炭素の濃度に関し一定の重点を置いた。

- ② 室内における二酸化炭素の濃度に関して、海外の基準値や指針値、濃度測定結果の実態、室内在席者への健康影響や業務効率との関連について、最新の研究状況や知見などを労働衛生管理の視点から調査した。

B.研究方法

文献調査は以下のように行った。

国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界団体等のホームページ、出版物、規格、ガイドラインなどを調査した。

論文については、主に労働衛生技術関連の出版物、学会誌を中心にキーワード検索などにより調査した。特に労働衛生技術分野で国際的に広く認知されている、AIHA(アメリカ産業衛生協会)とACGIH(アメリカ産業衛生専門家会議)によるJOEH (Journal of Occupational and Environmental Hygiene)誌に注目した。

C.研究結果

1. 国際機関、海外各国の安全衛生行政機関、安全衛生関連学会、室内環境に関する業界団体などの調査結果

(1) WHO

WHO では屋外の一般環境に関しては健康に関する各種化学物質の規制値を定めている。一方で屋内の空気質(indoor air quality)に関しては、2006 年の専門家による会議(Global Update of the WHO Guidelines for Air Quality, WHO)において、次の二つの分野、すなわち生物因子(カビ)および特定の有害化学物質に関してガイドラインを優先して作成することが提案され、その後以下のガイドラインが発行され現在ホームページに掲載されている。

- Biological indoor air pollutants: dampness and mould (2009)
- Chemical indoor air pollutants: selected pollutants (2010)

これら 2 件が優先的に作成された背景としては、世界的に、カビ及び特定有害化学物質による健康障害の発生及びその防止が、室内空気環境に関する重要な課題と認識されたと推定できる。

「Biological indoor air pollutants: dampness and mould (2009)」では、真菌類、微生物、ダニ、ウイルスなどの健康影響、湿度との関係、ばく露評価の方法、サンプリング法、湿度管理のための換気方法などが詳細に述べられている。室内の湿度に関する基準値や指針などは見いだせなかった。

生物学的因子への暴露の評価に関しては、カビなどの目視観察や臭気に関して建物の居住者への聞き取りによる調査、同様に専門家による建物内の調査、及び気中の真菌類などのサンプリングや培養法などに関して詳細に記述がある。ただし、総じて暴露の評価は標準化が困難で難しいとしている。また気中の真菌類等の濃度等に関する基準値や指標値も示されていない。

「Chemical indoor air pollutants: selected pollutants (2010)」では、次の 8 因子について、指標値(ガイドライン)を定めている。わが国で室内濃度指針値がある一酸化炭素とホルムアルデヒドについては指針値もそれぞれ示す。一酸化炭素とホルムアルデヒドの指針値は、わが国の室内濃度指針値より、やや厳しく(小さく)なっている。

- Benzene
- Carbon Monoxide (Co)
 - 15 minutes – 100 mg/m³
 - 1 hour – 35 mg/m³
 - 8 hours – 10 mg/m³ (8.6ppm)
 - 24 hours – 7 mg/m³ (6.0ppm)
- Formaldehyde
 - 0.1 mg/m³ – 30-minute average
- Nitrogen Dioxide (No₂)
- Naphthalene
- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)
- Radon
- Tetra- And Tri-chloroethylene

(2) 欧州規格

欧州規格のなかで、建物の換気に関する規格「Energy performance of buildings-Ventilation for buildings EN 16798-1:2019 [2]」があり、ビル等の建物内の温度、換気(CO₂濃度)、湿度、照明、騒音などに関する具体的な指針を示している。なお、この規格の旧版は EN 15251:2007 である[3]。

① 温度

温度に関してはオフィス、及び居住用の空調のある建物についてそれぞれ、夏期の冷房時の最高温度、及び冬季の暖房時の最低温度の範囲の指針を示している。これによれば、オフィスについては標準的な範囲(カテゴリー II)として 20℃から 26℃、より望ましい範囲として 21℃から 25.5℃(カテゴリー I)としている。最も低いレベル(カテゴリー IV)の範囲は 18℃から 28℃である。(下表)

カテゴリーの定義を下表に示す。カテゴリー I は「子供や老人、障がいのある人など特別の必要性のある人に適用されてよいレベル」としている。

Category	Operative temperature °C	
	Minimum for heating (winter season), approximately 1,0 clo	Maximum for cooling (summer season), approximately 0,5 clo
I	21,0	25,5
II	20,0	26,0
III	19,0	27,0
IV	18,0	28,0

Table 4 — Categories of indoor environmental quality

Category	Level of expectation
IEQ _I	High
IEQ _{II}	Medium
IEQ _{III}	Moderate
IEQ _{IV}	Low

わが国の衛生管理基準の温度範囲(17℃～28℃)はこのカテゴリー IV を更に下回るものであり、一般労働者に関して改善の余地が明らかにあるレベルと考えられる。更に、高齢者や障がいのある

労働者に関して環境を向上される意味からは、最上位のカテゴリー I (21℃～25.5℃)、または少なくともカテゴリー II (20℃～26℃)を目標にすることを検討する価値があると考えられる。

② 二酸化炭素(換気)

室内の二酸化炭素濃度は一般に、換気の良否の指標として扱われる。本規格では、室内の二酸化炭素濃度が外気中の濃度をどれだけ上回って良いかの指標値を示している(下表)。これは、後に述べる ASHRAE による指針の設定方法と同様である。現在の大気中の二酸化炭素濃度は平均で約 380 ppm、都市部においては 400 から 450 ppm との数値があるので[4]、外気の二酸化炭素濃度を仮に 400 ppm とすれば、室内の濃度はカテゴリー I で 950 ppm、カテゴリー II で 1200 ppm となる。なお、わが国の衛生管理基準は 1000ppm 以下である。

Category	Corresponding CO ₂ concentration above outdoors in PPM for non-adapted persons
I	550 (10)
II	800 (7)
III	1 350 (4)
IV	1 350 (4)

③ 湿度

調質機能のある建物について次のような範囲で指標が示されている。なお、わが国の管理基準は 40%以上 70%以下である。

Category	Design relative humidity for dehumidification, %	Design relative humidity for humidification, %
I	50	30
II	60	25
III	70	20

④ 照明

オフィスの執務机や会議室、データ処理、タイピング、学校の教室などにおいては 500 ルクス以上を指標値としている。旧版の EN 15251 にはさらに細かい場所別の指標照度が示されており、廊下で 100 ルクス以上、階段で 150 ルクス以上とな

っている。わが国の事務所の照度基準(JIS Z9110)では事務室、会議室、印刷室、電子計算機室等で 300 ルクス以上、廊下、階段で 100 ルクス以上であるので、改善の余地があると考えられる。

⑤ 騒音

ここで騒音とは建物内の一般的な騒音レベルを言うのではなく、換気などの空調設備から発生する騒音のことを言う。空調設備からの騒音が大きいと、居住者が空調能力を下げたり切ったりして、所定の空調を達成することができない。これを防止する目的で空調設備からの騒音レベルを規制する。筆者の個人的な経験(国立大学の建物内の多数の教員居室や学生室の職場巡視結果)に基づく、二酸化炭素の濃度が 1000 ppm を超えているケースが過半数であり、その一部は換気音が大きく不快なために換気スイッチを切っていることが原因であった。

オフィスの執務室に関しての標準的レベル(カテゴリーⅡ)として、等価騒音レベルで、35 から 40 デシベル(dBA)以下の指針が示されている。わが国にこのような空調設備からの騒音を規制する指標があるかどうかは、現在のところ確認できていない。

(3) 米 ASHRAE

ASHRAE(American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers, アメリカ暖房冷凍空調学会)は ASHRAE Standard 62.1 として、良好な室内空気質を確保するための換気の要件を定めている[5]。室内の二酸化炭素濃度を換気効率の代替指標としており、室外の二酸化炭素濃度より 700 ppm を超えないことが、多くの居住者にとって満足できる(人間の体臭に関して不快でない等)環境を維持するために必要であるとしている。外気の二酸化炭素濃度を 300-500 ppm とすれば指標となる室内濃度は 1000-1200ppm とする。以上は、室内居住者からの二酸化炭素発生量を 20 L/hr とし、外気が 15cfm(7.5L/sec)/人の一定速度で取り入れられ、

室内の空気と均一に混合された時の定常状態での二酸化炭素濃度を示す考え方で、換気に関し他の機関の指針などにも広く使用されている。

なお、最近では省エネの圧力が強まっているため、換気の維持や強化によるエネルギー消費と二酸化炭素で代表される室内空気環境のバランスをとることが重要であるとしている。

(4) 米 OSHA

OSHA (Occupational Safety and Health Administration, 労働安全衛生庁)はその OSHA Technical Manual の Section III, Chapter 2 中で、「室内空気質の調査」の項目を設け、技術的な資料や指標、分析方法等を示している[6]。

過去 10 年間の約 500 件の建物内の空気環境調査の結果については、米 NIOSH の報告を引用し、問題の原因が以下であったとしている。

- Inadequate ventilation - 52%
- Contamination from inside building - 16%
- Contamination from outside building - 10%
- Microbial contamination - 5%
- Contamination from building fabric - 4%
- Unknown sources - 13%

微生物に汚染による原因が 5%となっている。わが国では微生物による室内汚染の問題はそれほど聞かないように思われるが、この 5%との数値のわが国と比較しての多寡については、現在判断が困難である。

推奨されるオフィスの換気量については、ASHRAE による 15cfm/人(前述の ASHRAE の値)を推奨している。

空気中または水中の微生物のサンプリングについても記述がある。ここで「汚染されていることの指標」として以下を挙げている。ただしこの数値は、不安全あるいは有害な環境であることを必ずしも意味しないとも述べている。他の公的機関等の文

書ではこのような指標は全く得られていないので、この指標値はユニークな(または貴重な)ものと言える可能性がある。

- 1,000 viable colony-forming units in a cubic meter of air
- 1,000,000 fungi per gram of dust or material
- 100,000 bacteria or fungi per milliliter of stagnant water or slime

(5) その他の機関

米 CDC と NIOSH, および米 EPA(環境保護庁)については、室内空気質に関する管理上のガイダンス等を多数出しているが、温度、湿度、二酸化炭素(換気)、生物学的因子に関する具体的な指標値などは見いだせていない。一般論として、アメリカでは事務所則のように室内環境を測定するような法令の要求は特にない。また室内環境の測定が組織的または系統的に行われているわけでもない。最近では省エネのために換気を落とす傾向にあり、室内の汚染物質濃度は上がる傾向にあるという。

AIHA(アメリカインダストリアルハイジーン協会)は室内環境の測定に関わる専門家が多く参加する団体である。AIHA からは、室内空気質に関する指針などは出されていない模様だが、測定に関する総説や書籍があり、今後調査の予定である。

2. 室内の二酸化炭素濃度について

(1) 室内の二酸化炭素濃度の指標値等

前章で述べたように、室内の二酸化炭素濃度については内外でいくつかの基準が定められている。それ以外で目についたものを以下に挙げた。

学校環境衛生基準(文科省)では「換気の基準として二酸化炭素は、1500ppm 以下であることが望ましい」としている。英国の学校の基準では、教室内の二酸化炭素は1500ppm 以下としている[4]。

フィンランドでは換気の基準として、二酸化炭素濃度で 1200ppm が定められている[7]。オランダではピーク値として 1200 ppm が定められており、スウェーデンでは1000 ppm 以下が定められている[8]。

最近のビル評価システムである「WELL Building Standard」および「RESET」は、業務効率の向上を目的とした、従来の基準を超えた室内空気環境の基準を設定している。

「WELL Building Standard」は人が多い空間においては二酸化炭素のレベルを800ppm以下に保つことを求めている。「RESET」の基準は、同様に二酸化炭素の最大許容濃度を1000 ppm とするとともに、「高業務効率を発揮できる部屋(high performance space)」として600 ppm との目標を提示している[9]。

(2) 室内の二酸化炭素濃度と健康影響や業務効率との関係

二酸化炭素の職業性曝露の基準値は、ACGIH, 日本産業衛生学会ともに5000 ppm である。一般的にこれより低い濃度であっても、頭痛や眠気などが生ずると言われている。以下に、二酸化炭素濃度(換気の良否)と健康影響または業務効率などとの関係を検討した研究を示す。

Vehviläinen は、被験者を二つのグループに分け、換気を調整することにより、一方の平均の二酸化炭素濃度を2700 ppm, 他方を900 ppm とし、その中で4時間作業させて覚醒度、眠気、その他の生理的測定を行った。この結果、後者に比べて前者のグループでは集中力の低下、頭痛、足の冷え、目の刺激、寒気などが発生した。特に頭痛が症状として最も明らかであった。後者のグループでは特に問題はなかった。

Traube は論文でASHRAEで決めている基準よりも換気を強化した場合、シックビル症候群の減少や、認識力の改善という効果が見られたとの報告を複数引用している[9]。特に以下のAllenの報告について述べている。被験者24人の6日間の目隠しテストで、外気の換気量と

認識力スコアとの比較を行った。VOC が一般の建物より低い条件においては認識力スコアが 61% 上昇し、また換気速度が大きく二酸化炭素レベルの低い条件においては 101% 上昇した [10]。もしこのような条件が労働環境として実現できれば経済的な効果は計り知れないほど大きいものになるとしている。

カリフォルニア大学の Lawrence Berkeley National Laboratory は、Fisk の大規模な文献レビューの結果(*)を紹介している [11]。Fisk によれば、数十校の学校内の二酸化炭素の濃度は時間平均値で 500ppm から 5000ppm（きわめて悪い状況）まで分布していた。また、文献レビューを総合すると、二酸化炭素濃度と学生の作業効率は換気の強化によって明らかに向上し、また健康上の症状、欠席率も減少したとしている。学校では二酸化炭素のレベルは上昇しやすく、また窓を開けることによってしか換気できないような状況もあるので、二酸化炭素のセンサを備えてその警報によって窓を開け換気を促す策も良いのではないかと述べている。（*筆者注：この内容の詳細についてはさらに調査が必要と考える。）

Tsai らは 111 人のオフィスワーカーについてオフィスの二酸化炭素濃度、温度、湿度、PM2.5 とシックビル症候群との関係を調べ相関分析を行った。この結果、二酸化炭素が 800ppm 以上のレベルでは目の刺激や上気道の症状と相関がある結果となった。また、他の研究の引用があり、二酸化炭素濃度が 500ppm を超えた場合に健康上の症状の訴えが多かったという結果 (Hill)、および午後の二酸化炭素濃度の平均値が 1000ppm 以上の場合、800ppm 以下に比較し下気道中の症状と相関があった結果 (Sieber) を紹介している [12]。

以上の研究では、室内の二酸化炭素濃度を外気との換気の有効性（換気量）の指標として取り扱っている。したがって、換気量が変わることにより二酸化炭素濃度も変わるが、同時に（各研究の条件にもよるが）温度、湿度、空気中の

汚染物質 (contaminants) などとも変化している。したがって二酸化炭素濃度が純粋に変更や業務効率に与える影響を見ているとは限らず、二酸化炭素の直接の影響については議論のあるところである。

Satish らは上記の論点に関して解説している [13]。それによると、伝統的にはむしろ気中汚染物質が影響しており、二酸化炭素の直接の影響はないとの考え方もされてきたという。但し、2000 年以降になり、二酸化炭素の純粋な影響があるとの報告が見られてきた。以下の研究はその他の条件を一定とし、二酸化炭素による単独の影響を評価したものである。

先行的な研究は Kajtar らによってなされた。実験用のチャンバーに二酸化炭素を供給して 600 ppm から 5000 ppm までの環境を作り、被験者の認識力に関し調査した。この結果 600 ppm に比較して、3000 ppm ではやや小さな、また 4000ppm では明らかな認識力の差が見られた [14, 15]。

Satish らは、外気との換気率を一定とし室温も一定に保ち、二酸化炭素をボンベから供給し濃度 600, 1000, 2500 ppm の 3 条件を設定し、各被験者群に 2.5 時間の 9 種類の判断を伴う作業をさせ、各条件での判断力指標を測定した。その結果、各二酸化炭素のレベル間において統計的に有意な判断力の差が観察され、特に 2500ppm での判断力低下が顕著だった。また、以下の考察をしている。

カリフォルニアとテキサスの小学校の環境サーベイの結果によると、二酸化炭素の平均濃度は 1000ppm を超えており、そのうち多数は 2000ppm を超え、さらにテキサスの教室の 21% ではピークの濃度が 3000ppm を超えていた (Corsi, Whitmore)。このような濃度では生徒が学習や試験において不利益を被っている可能性がある。大学の試験会場などでも人の密度が高いことから、二酸化炭素濃度が高い可能性がある。一方でアメリカのオフィスについては一般に二酸化炭素の濃度は低いという。100 件

のオフィスを測定した結果では二酸化炭素のピーク値が 1000ppm を超えたのは 5 パーセントのみであった (Perily)。ただし会議室では 1900ppm まで上昇したとの報告もある (Fisk)。人の密度が高い航空機の客室の濃度を調査した 8 件の研究では、二酸化炭素の平均値は 1000ppm を超えており最大時の濃度は 4200ppm だったとの報告がある (Committee on Air Quality in Commercial Aircraft)。以上から、二酸化炭素濃度の作業効率への影響に関しては、経済的な面、特定の人に対しての不利益等の面から考慮される価値があり、省エネのために建物の換気を落としてよいという動きに歯止めをかける可能性があるとして述べている。

D. 考察

わが国の事務所衛生基準規則の数値の妥当性や、一般の労働者、さらには高齢の労働者や障がいがある人にとって働きやすい環境のための改善の余地という観点から、次のように考察する。

海外の室内環境関連機関や団体に関する調査結果を踏まえると、2019 年版の最新の欧州規格 (EN 16798-1) に注目したい。温度に関しては わが国の基準の温度範囲 (17℃～28℃) は、欧州規格が定める 4 段階の温度範囲のカテゴリー中、最も下位のカテゴリー (IV) よりもさらに外れており、一般労働者に関して改善の余地が明らかににあると考えられるとともに、高齢者や障がいのある労働者への環境を向上させる意味からは、最上位のカテゴリー (I, 21℃～25.5℃) または少なくとも次位のカテゴリー (II, 20℃～26℃) を目標にすることを検討する価値があると考えられる。照明については欧州規格に比較すると、わが国の照度基準のうち、事務所・会議室等 (300 ルクス)、廊下・階段 (100 ルクス) に関して改善の余地があると考えられる。

二酸化炭素に関しては、わが国の事務所衛生基準値である 1000 ppm は、欧州規格、

ASHRAE、その他各国の基準値・指針値と比較して遜色の無いものと考えられる。室内の二酸化炭素濃度と健康影響や業務効率との関係については、従来から 1000 ppm を超える領域において濃度と健康影響等の相関が報告されている。最近では 1000 ppm 以下の領域でも多くの研究がされており、例えば 500 ppm, 600 ppm, 800 ppm 等の値を境にして、健康上の訴えや認識力・判断力に有意差があったとの研究が複数あることに着目したい。特に Satish らの研究は室内二酸化炭素濃度を換気の良否の指標として扱わず、二酸化炭素が純粋に作業効率に影響したとの結論を出していることが重要である。また最近のビル評価システム (WELL Building Standard) 等では、業務効率の向上を目的として、従来の基準を超えた 600～800ppm という基準を設定している。

一方で海外における室内の二酸化炭素の測定結果からは、特に学校などにおいて 1000 ppm を優に超える状況が多発していることが見て取れる。わが国の事務所則に基づく測定においても、二酸化炭素の不適合率は 40%以上と突出して高い。従って、わが国の事務室等では明確な認識と伴わないものの、健康への影響や業務効率の低下が既に起きている可能性がある。

以上の状況を鑑みて、一般の労働者、さらには高齢者や障がいを持った方のオフィスでの健康影響の防止や快適性、業務効率の向上を考えた時に、現在の基準 (1000 ppm) を下げること、または現在の基準を保ったままでその遵守を強化する方策を検討する時期に来ていると考えられる。この結果として、働き方改革に寄与するのみでなく、国民全体の生産性を押し上げる効果の可能性があると考えられ、経済的な効果も極めて大きいと推定される。また、法制度面からの規制だけでなく、二酸化炭素モニターを普及させその警告 (アラーム) によって換気を強化するなど環境改善の意識向上を図ることも、現実的な対策となると考えられる。

なお、次年度の調査研究では二酸化炭素濃度

と健康影響や業務効率との関係についてさらに深耕し、可能であれば高齢者や身体的弱者への影響も掘り起こしたい。また本年度は着手できなかった生物学的因子（真菌類等）や、化学物質（ホルムアルデヒド等）についても調査を進める予定である。

E.健康危険情報

なし

F.研究発表・学会発表

なし

G.知的財産権の出願・登録

なし

H.参考文献

- [1] WHO guidelines for indoor air quality.
Available from: URL:
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/who-guidelines-for-indoor-air-quality>
- [2] Energy performance of buildings-
Ventilation for buildings. BS EN
16798-1:2019.
- [3] Indoor environmental input parameters
for design and assessment of energy
performance of buildings addressing
indoor air quality, thermal environment,
lighting and acoustics. BS EN
15251:2007.
- [4] Caul F. et al. Indoor Air Quality, An
introduction. ASHRAE Ireland Section
2016. Available from: URL:
<http://www.energycork.ie/wp-content/uploads/2016/12/ASHRAE-IAQ.pdf>
- [5] Ventilation for Acceptable Indoor Air
Quality, ANSI/ASHRAE Standard
62.1-2013, ASHRAE.
- [6] Indoor Air Quality Investigation. OSHA

Technical Manual, Section III, Chapter 2.
Available from: URL:

https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/otm_iii_2.html

- [7] Vehviläinen T. et al. High indoor CO₂
concentrations in an office environment
increases the transcutaneous CO₂ level
and sleepiness during cognitive work. J
Occup Environ Hyg. 2016;13(1):19-29.
- [8] Benjamin J. et al. Indoor air quality in
U.K. school classrooms ventilated by
natural ventilation windcatchers.
International Journal of Ventilation
2012;10(4):323-337.
- [9] Traube C. et al. Considerations for the
design and energy modeling of new
commercial buildings with increased
ventilation rates. 2018 Building
Performance Analysis Conference and
SimBuild co-organized by ASHRAE and
IBPSA-USA, Chicago, IL September
26-28, 2018.
- [10] Allen J. et al. Associations of cognitive
function scores with carbon dioxide,
ventilation, and volatile organic
compound exposures in office workers: a
controlled exposure study of green and
conventional office environments.
Environmental Health Perspectives 124:
805–812. ASHRAE. 2016.
- [11] Berkeley Lab, Indoor Air Quality,
Scientific Finding Resources Bank, 2020.
Available from: URL:
<https://iaqscience.lbl.gov/topic/ventilation-outdoor-air>
- [12] Tsai DH. et al. Office workers' sick
building syndrome and indoor carbon
dioxide concentrations. J Occup Environ
Hyg. 2012; 9(5):345-51.
- [13] Satish U. et al, Is CO₂ an indoor

pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect.* 2012 Dec; 120(12):1671–1677.

- [14] Kajtar L. et al., Examination of influence of CO₂ concentration by scientific methods in the laboratory. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2003*, 7–11 December 2003. Singapore: Stallion Press, 176–181, 2003.
- [15] Kajtar L. et al, Influence of carbon-dioxide pollutant on human well-being and work intensity. In: *Proceedings of Healthy Buildings 2006*, 4–8 June 2006, Lisbon, Portugal: Universidade do Porto, 85–90, 2006.

室内環境における温湿度，一酸化炭素ならびに二酸化炭素の基準の妥当性の検討

研究分担者 齊藤宏之

独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 上席研究員

研究要旨

事務所衛生基準規則は昭和 47 年（1972 年）に制定された省令である。制定から長い年月が経過していることから、規定されている基準値等について、その妥当性を検証し、必要があれば基準値の再検討を行う必要がある。本年度は、温度、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素の国内外における各基準値基準値の確認並びに、文献レビューを実施した。その結果、現行の基準値の妥当性が確認された一方で、一部の基準値については健康影響を考慮すると、将来的な改訂の必要があると考えられる。今後、さらに基準値の妥当性について検討する必要がある。

A. 研究背景および目的

事務所衛生基準規則は昭和 47 年（1972 年）に制定された省令である。制定から長い年月が経過していることから、実情に合っていない記述も散見される。特に、本規則中に規定されている基準値等については、その妥当性を検証し、必要があれば基準値の再検討を行う必要があると考えられる。

こうした事情を踏まえ、本グループでは「室内環境における温湿度，一酸化炭素ならびに二酸化炭素の基準の妥当性の検討」を担当した。

B. 研究方法

温度、湿度、一酸化炭素、二酸化炭素の国内外における各基準値基準値の確認を行うとともに、文献レビューを実施した。

C. 研究結果

文献レビューの結果、相対湿度の基準値 40～70%RH に関しては、低湿度側の基準値 40%RH は概ね妥当だが、70%RH は高湿度における影響を考えるとやや不十分な可能性が指摘された。

一酸化炭素ならびに二酸化炭素については、空調または機械式換気ありの場合の基準値 10ppm および 1000ppm は妥当と考えられる一方で、これらが無い場合の基準値 50ppm および 5000ppm は高すぎる可能性が指摘された。

D. 考察

文献レビューによって、現行の基準値の妥当性が確認された一方で、一部の基準値については健康影響を考慮すると、将来的な改訂の必要があると考えられる。今後、さらに基準値の妥当性について検討する必要がある。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表・学会発表

特になし

G. 知的財産権の出願・登録

特に記載すべきものなし

H. 参考文献

- 1) Peder Wolkoff, Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. Int J Hyg Environ Health 221 (2018) 376–390.
- 2) 東賢一, 室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響. 室内環境 21, 113–120, 2018.
- 3) C L Townsend, R L Maynard, Effects on health of prolonged exposure to low concentrations of carbon monoxide. Occup Environ Med 2002;59:708–711.

現行の事務所則ならびに 他の基準値の確認



			気温	相対湿度	CO	CO2
空調なし	室内環境の環境基準	第3条			50ppm以下	5000ppm以下
空気調和設備	供給空気	第5条			10ppm以下	1000ppm以下
	室内環境の環境基準		17℃以上 28℃以下	40%以上 70%以下		
機械換気設備	供給空気				10ppm以下	1000ppm以下
燃焼器具	換気	第6条			50ppm以下	5000ppm以下
学校環境衛生基準		第1条	10℃以上 30℃以下	30%以上 80%以下	10ppm以下	1500ppm以下

低湿度についてのレビュー



- 30～50%RHと比較して低湿度(<30%)と高湿度(>50%)の両方で呼吸器症状の軽微な増加 (Angeleon-Gaetz 2016)
- 加湿中(30～40%RH)では非加湿(20～30%RH)と比較して乾燥症状(乾燥感, 皮膚・眼の刺激と痒み, 喉・鼻の乾燥)が有意に小さかった (Reinikainen 1992)
- 高温条件において, 非加湿条件で乾燥症状とSBSが増加。RHが25～35%から増加するとSBSが減少。加湿によって乾燥感とSBSは減少と結論 (Reinikainen & Jaakkola 2001)
- アンケートデータから屋内生産性指標を計算したところ, 乾燥したオフィスで生産性の低下が見られた (Wilk 2011)
- 30%RHにおいてまばたき頻度が大幅に増加 (Sunwoo 2006)

Peder Wolkoff, Indoor air humidity, air quality, and health - An overview.
 Int J Hyg Environ Health 221 (2018) 376-390

低湿度による健康影響のまとめ

- 眼・上気道の刺激について
 - 眼・上気道の刺激は、オフィスでのアンケート調査での上位2症状。
 - 「乾燥」によって眼や鼻などの粘膜刺激を訴える率が増加。
 - ただし、乾燥空気だけの影響ではなく、「ほこりっぽい空気」の影響も考えられる（乾燥による再発塵の増加）。
 - 加湿によって粘膜刺激が軽減
- オフィスの「屋内生産性指数」が低RHによって低下。
 - 加湿によって粘膜刺激が軽減され、作業能率向上の可能性。
- インフルエンザウィルスは絶対湿度が低い方が生存率が高い。
 - ウィルスの種類によって異なる。
 - 低湿度における粒子の再飛散性も影響する可能性あり。
- 眼・上気道周辺の湿度と、建物構造の湿度（粉塵やVOCの放出に関連）は別個に考える必要がある。
 - 「乾燥空気」「湿潤空気」の定義は再検討が必要。

低湿度による健康影響のまとめ

- オフィスの「屋内生産性指数」が低RHによって低下。
 - 加湿によって粘膜刺激が軽減され、作業能率向上の可能性。
- インフルエンザウィルスは絶対湿度が低い方が生存率が高い。
 - ウィルスの種類によって異なる。
 - 低湿度における粒子の再飛散性も影響する可能性あり。
- 眼・上気道周辺の湿度と、建物構造の湿度（粉塵やVOCの放出に関連）は別個に考える必要がある。
 - 「乾燥空気」「湿潤空気」の定義は再検討が必要。

高温湿度による健康影響



□ “Dump Building”問題

- 「Dampness」による呼吸器症状（咳嗽，喘鳴，喘息）へのオッズ比は1.4～2.2，倦怠感，頭痛，気道感染などのリスクも上昇（Bornehag 2001）
- 住居のDampnessにおけるメタアナリシスにて，上気道症状，咳嗽，喘鳴，喘息について1.3～1.7倍のオッズ比で有意に悪化（Fisk 2007）
- 集合住宅の調査において，結露・風呂場の湿気・カビ臭さ・水漏れと目や鼻，のどの刺激症状，咳，顔の皮膚の刺激症状，頭痛や倦怠感に1.5～3倍台のオッズ比で有意に関連，量－反応関係が存在（Engvall 2011）

DampnessとSBSの関係



表1 カビまたは結露のいずれか1つと両方がある場合のオッズ比（札幌とその近郊の戸建て住宅 n=564）

	発症・悪化群 (n=91)		多病群 (n=55)	
	オッズ比 (95%信頼区間)	P value	オッズ比 (95%信頼区間)	P value
いずれもない	基準		基準	
カビまたは結露あり	1.78 (1.06-2.84)	0.03	1.80 (0.99-3.28)	0.06
カビと結露（両方）あり	3.80 (2.11-6.84)	<0.001	4.05 (2.02-8.10)	0.001
P for trend		<0.001		<0.001

（文献（12）より）（西條，岸，佐田ら，2002）

表2 Dampnessの指標の各症状に対する調整オッズ比（札幌市の戸建て住宅：n=317）

	窓の結露 調整オッズ比 (95%信頼区間)	カビの発生 調整オッズ比 (95%信頼区間)
皮膚症状	2.75 (1.31-5.82)**	2.15 (0.95-4.87)
眼の症状	2.49 (1.18-5.25)*	2.75 (1.21-6.25)*
鼻の症状	1.95 (0.93-4.08)	2.57 (1.09-6.05)**
喉・呼吸器の症状	2.30 (1.13-4.69)*	2.38 (1.03-5.50)*
精神・神経症状	2.12 (0.98-4.57)	1.28 (0.48-3.39)
いずれかの症状あり	2.39 (1.39-4.11)**	1.98 (1.02-3.85)*

*P<0.05, **P<0.01

調整：性，年齢，喫煙，ペット，家で過ごす時間，世帯人数，アレルギーや喘息の既往
（文献（13）より）（Saijo, Kishi, Sata et al, 2004）

西條，吉田，岸：「シックハウス症候群への湿度環境・生物学的汚染の影響」日本衛生学雑誌 64, 665-671, 2009

相対湿度の至適範囲

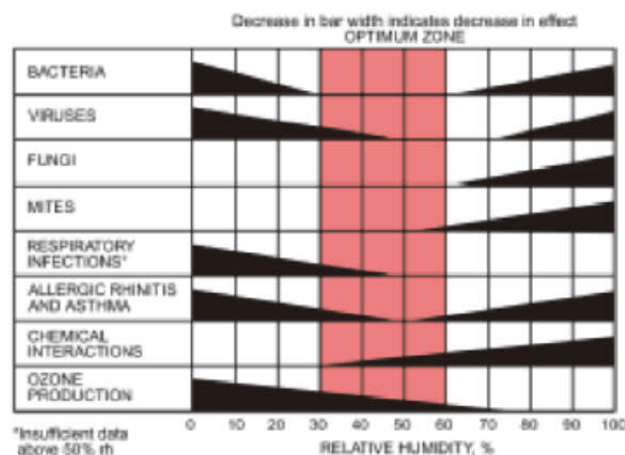


Fig. 1 Optimum Humidity Range for Human Comfort and Health
(Adapted from Sterling et al. 1985)

2016 ASHRAE HVAC System and Equipment Handbook, Ch. 22.

CO2についての文献レビュー



室内環境中における二酸化炭素の吸入曝露によるヒトへの影響

東 賢一*

室内環境 21, 113-120, 2018

近畿大学医学部環境医学・行動科学教室 〒589-8511 大阪狭山市大野東377-2

Effects of inhalation exposure to carbon dioxide on human health in indoor environment

Kenichi AZUMA*

Department of Environmental Medicine and Behavioral Science, Kindai University Faculty of Medicine

要 旨

1970年に制定された建築物衛生法の二酸化炭素の環境衛生管理基準は、1000 ppmを超えると倦怠感、頭痛、耳鳴り、息苦しさ等の症状が増加することや、疲労度が著しく上昇することに基づき定められたものである。二酸化炭素に関する近年の複数のエビデンスが、500～2000 ppmの範囲における二酸化炭素濃度の上昇と生理学的変化(血液中の二酸化炭素分圧や心拍数の上昇等)を確認している。また、1000 ppm程度の低濃度域におけるシックビルディング症候群(SBS)関連症状については、多くの疫学研究で報告されている。ヒトにおける生理学的変化は二酸化炭素によるものと考えられるが、低濃度域におけるSBS症状については、他の汚染物質との混合曝露による影響の可能性が高いと考えられる。近年、1000 ppm程度の二酸化炭素に短時間曝露した際の二酸化炭素そのものによる生産性(意思決定能力や問題解決能力等)への影響が示唆されており、このような影響は社会経済への影響が懸念されることから、慎重な対応が必要であると考えられる。建物内の二酸化炭素の室内濃度を1000 ppm以下に抑えることで、SBS症状や生産性への影響を防止できる。大気中の二酸化炭素濃度が上昇し続けているが、地球温暖化のみならず、室内の二酸化炭素濃度の維持管理のためにも大気中二酸化炭素濃度の低減に関する早急な対策が必要である。

諸外国におけるCO2の基準値



表1 諸外国における二酸化炭素の室内空気質ガイドライン

諸外国	設定年	室内濃度の指針値(ppm)	対象
カナダ保健省	1987	3500以下 (許容可能な長期曝露範囲)	居住空間
カナダ保健省	1995	1000未満 (換気の指標)	オフィス環境
シンガポール環境省	1996	1000未満 (8時間平均, 換気の指標)	空調設備を有するオフィスビル
ノルウェー厚生省	1999	1000未満 (最大値, 室内空気汚染の指標)	居住空間
中国環境保護総局	2002	1000未満 (24時間平均)	住宅とオフィス
中国香港特別行政区	2003	8時間平均 最良質: 800未満 良質: 1000未満	機械換気や空調設備を有する建物や閉鎖空間
韓国環境部	2003	1000以下	大規模店舗, 医療機関等
ドイツ連邦環境庁	2008	1000未満 (無害とみなされる) 1000~2000 (有害性が上昇する) 2000超 (許容できない)	
台湾環境保護庁	2012	1000以下 (8時間平均)	公共の室内空間

東賢一, 室内環境 21, 113-120, 2018

CO2基準値の設定根拠 (建築物衛生法, 1000ppm)



- 古典的なCO2の健康影響についての知見
 - 5000ppm以上で呼吸数がガス交換が必要なレベル以上に増加し, 呼吸系統に付加的な重荷を負わせる。
 - 700~1000ppmを二酸化炭素の許容濃度とみなすとの提言 (Pettenkoferら, 1881年)
- 1000ppmの吸入実験で呼吸, 循環器系, 大脳の電気活動に変化, 室内濃度として1000ppmを超えるべきではないと提言
- これらがWHO「住居の衛生基準に対する生理学的基礎」(1968年)で引用。これを根拠に建築物衛生法の基準値 (= 事務所則の基準値) が決定されたと考えられる。

東賢一, 室内環境 21, 113-120, 2018

低濃度CO₂の吸入曝露による 生体影響



□ シックビルディング症候群（SBS）について

- 21の論文中約半数の研究で、800ppm未満でSBS症状が減少（Seppanen 1999）
- 米国BASE研究にて、一日平均800ppm以下の領域でも室内平均濃度と外気濃度の差が100ppm（最大濃度との差が250ppm）上昇すると粘膜刺激と下気道症状が有意に上昇（Apte 2000, Erdmann 2004）
- スウェーデン調査（674～1450ppm）にてCO₂が100ppm上昇すると頭痛が有意に増加（Norback 2008）
- 1000ppm以上のCO₂に暴露した学童で乾性咳と鼻炎の症状が有意に増悪（Simoni 2010）
- 台湾の事務所労働者にて、800ppm以上で目や上気道の刺激が報告（Tsai 2012）
- 保育所（1000～2000ppm）にて200ppm上昇で有意な喘鳴の増加（Carreiro-Martins 2014）
- 550～1320ppmの濃度域において、100ppm上昇と頭痛等の関連あり（Azuma, 2018）
- SBSについては、他の室内空気汚染物質、ヒト由来の汚染物質の影響が関与している可能性あり（CO₂濃度と他の室内汚染物質濃度、居住者数、外気導入量との高い相関が指摘）。

低濃度CO₂の吸入曝露による 生体影響



□ 自律神経機能，精神運動機能

- 500～4000ppmでも血中CO₂分圧が上昇し、心拍変動や抹消血液循環増加が報告（McNaughton 2016, Vehvilainen 2016）
- 1500ppm数時間曝露で、600ppmに比べて血圧上昇や心拍数上昇（Kajtar 2012）
- 1000ppmで有意に意思決定能力が低下（Satish 2012）

CO2によるSBSのリスク増加



TABLE IV. Odds Ratios and 95% Confidence Intervals for Associations between Risk Factors and SBS

SBS Groups and Individual Symptoms	Age ≥ 40 Years vs. < 40 Years			Sex Female vs. Male			Allergic History ^a Yes vs. No			Smoking Habit Yes vs. No			CO ₂ Concentration < 500 ppm vs. ≥ 800 ppm		
	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value
Eye irritation	1.4	0.4-4.7	0.0212	5.6	2.2-14.1*	0.0003	2.3	1.0-5.4*	0.0467	0.8	0.3-2.0	0.5875	1.7	1.1-2.7*	0.0099
Tired or strained eyes	0.8	0.3-2.7	0.7747	0.6	0.2-1.4	0.2223	1.6	0.7-3.9	0.2659	0.6	0.2-1.5	0.2831	1.7	1.1-2.7*	0.0171
Dry, itching, or irritated eyes	1.6	0.5-4.9	0.4444	6.5	2.6-16.5*	<0.0001	1.8	0.8-4.0	0.1246	0.7	0.3-1.7	0.3902	1.8	1.2-2.8*	0.0083
Nonspecific Symptoms	1.4	0.6-3.2	0.4608	2.6	1.2-6.0*	0.0199	2.4	1.1-5.0*	0.0253	1.0	0.4-2.4	0.9691	1.4	0.9-2.2	0.1927
Headache	1.0	0.4-2.6	0.9794	2.4	1.1-5.2*	0.0241	2.0	1.0-4.0*	0.0413	0.8	0.3-2.1	0.6670	1.7	1.0-3.0	0.0620
Unusual tiredness, fatigue, or drowsiness	1.5	0.3-7.4	0.6456	0.9	0.4-2.3	0.8969	2.6	1.2-6.0*	0.0209	0.7	0.3-1.5	0.3432	1.0	0.6-1.7	0.8527
Tension, irritability, or nervousness	5.7	0.8-41.8	0.0645	3.6	1.7-7.7*	0.0012	2.7	1.2-6.2*	0.0185	2.8	1.0-7.8	0.0525	1.3	0.8-2.2	0.2880
Difficulty in remembering things or in concentrating	1.8	0.6-5.8	0.3051	2.9	1.3-6.4*	0.0077	2.5	1.2-5.2*	0.0116	1.0	0.5-2.4	0.9230	1.7	1.0-2.9*	0.0441
Dizziness or lightheadedness	1.0	0.3-3.2	0.9735	2.1	0.8-5.2	0.1151	2.2	0.9-5.9	0.0975	1.3	0.4-4.1	0.6959	1.4	0.8-2.3	0.2505
Feeling depressed	1.6	0.2-12.4	0.6458	1.6	0.5-5.7	0.4616	3.6	1.1-11.4*	0.0324	0.5	0.1-2.0	0.3303	1.4	0.7-2.6	0.3172
Nausea or upset stomach	N/A ^b			3.3	1.0-11.3	0.0540	1.9	0.5-7.0	0.3079	1.2	0.3-5.5	0.8203	0.8	0.3-1.8	0.5276
Upper Respiratory Symptoms	2.7	0.6-11.1	0.1734	3.1	1.3-7.0*	0.0084	2.0	0.9-4.8	0.0993	1.7	0.5-5.4	0.3901	1.7	1.0-2.7*	0.0326
Sore or dry throat	2.5	0.3-18.3	0.3806	3.7	1.4-9.6*	0.0078	2.3	0.8-6.4	0.1024	0.6	0.2-2.2	0.4538	1.6	0.9-2.9	0.1332
Suffy or runny nose, or sinus congestion	2.1	0.3-15.6	0.4792	2.3	0.7-7.0	0.1539	3.0	1.1-8.1*	0.0317	1.3	0.4-4.1	0.7261	1.2	0.6-2.3	0.5930
Cough	N/A ^b			2.6	0.9-7.9	0.0883	4.2	1.5-12.1*	0.0071	1.2	0.2-6.0	0.8236	0.8	0.4-1.6	0.5637
Sneezing	3.0	0.4-21.9	0.2862	2.8	1.1-6.8*	0.0277	1.8	0.7-4.5	0.2045	1.4	0.5-3.9	0.5061	1.1	0.6-2.0	0.8348
Lower Respiratory Symptoms	0.8	0.2-3.7	0.8138	1.7	0.5-5.4	0.3828	4.2	1.4-12.7*	0.0103	0.6	0.12-4.0	0.4718	1.5	0.8-2.6	0.2053
Wheezing ^c	0.3	0.0-3.0	0.3006	N/A ^b			6.4	0.8-49.7	0.0741	0.2	0.0-1.8	0.1666	0.7	0.2-2.7	0.5659
Chest tightness	1.6	0.2-12.4	0.6458	1.6	0.5-5.7	0.4616	3.6	1.1-11.4*	0.0324	0.5	0.1-2.0	0.3303	1.4	0.7-2.6	0.3172
Shortness of breath	0.7	0.1-5.8	0.7287	1.7	0.4-7.8	0.5034	11.0	2.3-53.2*	0.0028	0.7	0.1-5.9	0.7105	1.0	0.4-2.3	1.0000
Skin irritation	N/A ^b			3.5	1.3-9.2*	0.0122	1.9	0.7-5.4	0.2162	0.6	0.2-1.6	0.2727	0.9	0.4-2.0	0.8084

^aAllergic history refers to rhinitis, asthma, eczema, hay fever, allergies to dust, mold, or pets.

^bN/A indicates that the model failed to carry out any estimation because the sample count was too low.

^cIndicates that the GEE model estimation has statistical significance (p -value < 0.05).

Dai-Hua Tsai et al., Office Workers' Sick Building Syndrome and Indoor Carbon Dioxide Concentrations. J Occup Environ Hyg 9, 345-351, 2012.

CO2濃度と健康影響のまとめ



表3 二酸化炭素濃度と健康等への影響のまとめ

二酸化炭素濃度 (ppm)	生理変化	精神運動機能	症状	室内基準等
500 以上	pCO ₂ , 心拍数, 心拍変動, 血圧, 末梢血液循環		700 ppm以上でシックビルディング症候群の症状 ^a	
1,000以上		認識能力(意思決定, 問題解決等)	学童の喘息症状の増悪 ^a	居住空間における室内空気質指標値
5,000 以上				労働環境基準(8時間加重平均値TWA)
10,000 以上	呼吸数増加, 呼吸性アシドーシス, 代謝性酸中毒(血中Caや尿中濃度の低下), 脳血流増加, 分時換気量増加			
50,000 以上			めまい, 頭痛, 混乱, 呼吸困難	
100,000 以上			激しい呼吸困難に続き, 嘔吐, 失見当, 高血圧, 意識消失	労働環境基準(短時間限界値STEL)

^a 共存する室内汚染物質による影響の可能性が高い

東賢一, 室内環境 21, 113-120, 2018

文献レビュー (CO)



Table 2. 空気汚染物質と汚染実態、既存基準、提案水準及び対策など^{a)}

対象物質	実 態	既 存 基 準	提 案 水 準	対策・その他
一 酸 化 炭 素 (1 ppm = 1.145 mg/m ³)	屋外 0.01-0.20 ppm (自然環境)	事務所・一般環境 日本 10 ppm (ビル管理法・環境基準：1時間値の日平均) 20 ppm (学校保健法)	随時的：10 ppm以下 その他：2 ppm以下、出来れば1.5 ppm以下 (COの人体影響は、COHb ^{a)} のレベルにより決まるが、WHOでは一般人での許容最大レベルを2.5-3.0%としている。COHbは環境濃度と暴露時間により影響されるが2%以下に保つためには、環境濃度を10 ppm以下にする必要がある。但し、受動喫煙の場合、感覚的には2 ppmを超えると不快感、目痛み等が出現するので、短い時間では10 ppm以下、その他では2 ppm以下を提案した。感覚的影響には個人差があるので、出来れば1.5 ppmが望ましい)	・発生源 (喫煙場所) の制限 ・喫煙場所 (居間に特別な排気装置を設置) ・開放型暖房器使用制限。少ないくともFF ^o 式の設置が望ましい ・調理器具使用時換気確保 (大量の排気ガス、水蒸気、臭気が出るので、直接室外に排気する装置必要)
	17.5 ppm (都市・8時間値)	米国 10 mg/m ³ (8時間環境基準：EPA, 1時間ASHRAE ^{a)}) 40 mg/m ³ (1時間値)		
	屋内 台所：10-30 ppm カフェテリア 0.7 ppm (禁煙席) 3-5 ppm (喫煙席)	カナダ 11 ppm以下 (8時間平均濃度) 25 ppm以下 (1時間平均濃度) WHO・ヨーロッパ ^{a)} 100 mg/m ³ (15分間STEL ^{a)}) 60 mg/m ³ (30分間：TWA ^{a)}) 30 mg/m ³ (1時間：TWA ^{a)}) 10 mg/m ³ (8時間：TWA ^{a)})		
	事務所ビル 日本 (2.8±1.3 ppm) 米国 (1.75-5.2 ppm)	産業現場 日本 50 mg/m ³ (産業衛生学会勧告値) 米国 55 mg/m ³ (8時間許容値ACGIH ^{a)})		

市川勇，松村年郎：室内空気環境基準の現状，衛生化学 43, 162-173, 1997

文献レビュー (CO)



- 健康な男子において、COHb濃度4~6%で骨格筋に悪影響，運動能力の低下 (Adir, 1999)
- 2.5~4%の血中COHbレベルが「若い健康な男性の短期最大運動時間の減少」に関連
- 2.7-5.1%COHbのレベルは「運動時間の減少 虚血性心疾患の患者の胸痛 (狭心症) の増加」
- 2.20%のCOHbのレベルは、「視知覚、聴覚、運動および感覚運動パフォーマンス、警戒、および神経行動パフォーマンスの他の尺度に対する明確な影響」
(大気質基準に関する専門委員会, 1994)

文献レビュー（CO）



- 最近の研究にて、低濃度COへの長時間曝露が脳に微妙な影響を与えることが示唆（Townsend 2002）
- 認知能力のテストでは、COHbレベルが増加するにつれて被験者のエラー数と完了時間が増加し、5%のCOHbで効果が明らかになった。
- 1%, 3%, 5%のCOHbレベルに4時間曝露した結果、特に応答時間と効率の点で5%のパフォーマンスが悪かった。
- COHbレベルが1.10%（周囲のCO濃度が17から100 ppmまで変化した）の被験者は、認知能力試験の多くの部分、著しく低いスコアを示した。

文献レビュー（CO）



- WHO：血中COHbレベルが2.5%を超えないようにするために、空气中CO濃度について下記のガイドラインを発行（WHO, 1999）
 - 100 mg/m³ (87.1 ppm) for 15 minutes
 - 60 mg/m³ (52.3 ppm) for 30 minutes
 - 30 mg/m³ (26.1 ppm) for 1 hour
 - 10 mg/m³ (8.7 ppm) for 8 hours

文献レビュー（まとめ）



□ 湿度

- 低湿度では皮膚や粘膜系の影響，SBSの問題
- 高湿度ではDumppnessの問題（SBSとの関連性）
- 現状の40～70%RHで妥当かどうか？

□ CO2

- 1000ppm前後の低濃度でもSBS増加や能率低下が報告
- 現状の1000ppm（空調 or 機械換気あり）は維持すべき？
- 空調なしの場合の5000ppmはどうする？

□ CO

- 低濃度長時間曝露による影響が指摘
- WHOはCOHb 2.5%を超えないために，8.7 ppm×8時間，26.1 ppm×1時間，52.3ppm×30分を規定。
- 現行の10ppm（空調or機械換気あり）は概ね妥当として，空調なしの50ppmは高すぎないか？

国際社会における室内の照度・騒音・振動の快適基準

研究分担者 中村 裕之 金沢大学医薬保健研究域医学系 環境生態医学・公衆衛生学 教授

研究要旨 照明に関する衛生基準は、労働安全衛生規則および事務所衛生基準規則に記載されている通り、精密な作業では 300 ルクス以上としているが、しかしながら、本法規で定められているのはあくまで「最低照度」であり、安全かつ快適な視環境を十分に確保しているとはいえる状況ではなくなってきた。そこで、現実的な照度設定の参考にされているのが、JIS 照明基準の「推奨照度」である（JIS Z 9110:2010 照明基準総則）。事務作業を行う「机上面」において必要な照度は 750 ルクスである。しかしながら、JIS では考慮されていない照明要件のなかにも重要なものはあり、「JIS 照明基準を満たしている=快適な視環境である」とはいえない。2016 年 6 月、日本建築学会 環境工学委員会より発表される「新しい規準」は、重要な照明要件にも関わらずこれまでは計算が困難であった「輝度」も、近年急速に発達した照明シミュレーションソフトによって算出可能であるという前提に立ち、「照度」≠「私たちが感じている明るさ」ではないことから、視環境とエネルギーの最適化を目指した新たな枠組みの提示がなされているこれまで照度を基準に考えられて来たが「順応」を中心に考えると、輝度バランスを整えることが快適な環境づくりとなる。照度が、単位面積当たりに入射する光の量であり、単位は lx（ルクス）。光源によって照らされている面の明るさの程度を表す。それに対して輝度は、光源や被照面が発するある方向への光度を、その方向への見かけ上の面積で割った値である。単位は cd/m²（カンデラ毎平方メートル）。人の目に入る光の量を表す。照度は「ある面にどれだけの光が到達しているか」を表しているのに対し、輝度は「その面から反射された光が、ある方向から見ている人の目にどれだけ届いているか」を表している。現在の照明計画で一般的に用いられているのは、水平面（机上面や床面など）の照度分布であるが、実際に感じている“明るさ”を表現しているのは、照度分布ではなく、輝度分布だといえる。輝度を用いる新しい基準では、「照明消費電力密度」による評価に基づいた、高い省エネルギー性を要求している。

<研究協力者>

金沢大学医薬保健研究域医学系
環境生態医学・公衆衛生学 辻口博聖

金沢大学医薬保健研究域医学系
環境生態医学・公衆衛生学 原 章規

A. 研究背景および目的

照明に関する衛生基準は、労働安全衛生規則

（昭和 47 年労働省令第 32 号）の第 3 編 衛生基準 第 4 章 採光及び照明（照度）第 604 条および「事務所衛生基準規則」第二章 事務室の環境管理（第 10 条）に記載されている通り、「事業者は、労働者を常時就業させる場所の作業面の照度を、次の表の左欄に掲げる作業の区分に応じて、同表の右欄に掲げる基準に適合させなければならない。ただし、感光材料を取り扱う作業場、坑内の作業場その他特殊な作業を行なう作業場については、この限りでない。」

精密な作業	300 ルクス以上
普通な作業	150 ルクス以上
粗な作業	70 ルクス以上

本法規は、「職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進する（労働安全衛生法第1条）」ことを目的に、作業場所の「最低照度」を定めたものである。つまり、本規定値を下回る作業環境は、明るさの不足による健康障害（例：眼精疲労や視力の低下）や安全性の低下（例：作業ミスや標識の見落とし）を及ぼすとみなされ、事業者は罰則の対象となる可能性がある。

上記の照度基準以外に、「事業者は、室の採光及び照明については、明暗の対照が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせない方法によらなければならない」、「事業者は、室の照明設備について、六ヶ月以内ごとに一回、定期的に、点検しなければならない」と規定されている。

しかしながら、本法規で定められているのはあくまで「最低照度」であり、安全かつ快適な視環境を十分に確保しているとはいえる状況ではなくなってきた。そこで、新しい基準の導入についての考察を目的に本研究を行った。

B. 研究方法

1) JIS 照明基準の「推奨照度」

そこで、現実的な照度設定の参考にされているのが、JIS 照明基準の「推奨照度」である（JIS Z 9110:2010 照明基準総則）。

設計製図、印刷工場での植字、校正	750 ルクス
住宅内での勉強スペース	750 ルクス
美容室	1,000 ルクス
ショーウィンドウの重要部	1 万ルクス
学校の学習空間	500-750 ルクス程度

JIS 照明基準は、領域における「作業」に対し

て推奨照度を定めているので、空間全体で推奨照度を維持する必要はない。例えば、「事務所—事務室」の推奨照度 750 ルクスは、事務作業を行う「机上面」において必要な照度であり、事務室内であっても、事務作業を行わない場所や通路などでは 750 ルクスを維持する必要はない。

人間が照度の違いを感覚的に認識するには、1.5 倍以上の照度差が必要とされている。つまり、100 ルクスとの違いを認識するには 150 ルクス以上必要である。このことを踏まえ、推奨照度には、それに対応する設計照度の範囲が次のように定められている（JIS Z 9110:2011 照明基準総則）。

加齢に伴い、網膜に到達する光の量は減少していくため、高齢者の作業には若年者よりも高い照度が必要である。年齢層や作業内容を考慮した照明計画を行う必要がある。JIS 照明基準の推奨照度は、通常の視覚で行われる、通常の作業を想定しているため、「視覚条件が通常と異なる場合には、設計照度の値は、推奨照度の値から照度段階で少なくとも 1 段階上下させて設定してもよい」とされている。

設計照度を 1 段階高く設定することが望ましい場合は次の通りである。

- a) 対象となる作業者の視機能が低いとき
 - b) 視作業対象のコントラストが極端に低いとき
 - c) 精密な視作業であるとき
- 設計照度を 1 段階低く設定することが望ましい場合は、次の通りである。
- d) 対象が極端に大きい、または対象のコントラストが高いとき
 - e) 領域での作業時間または活動時間が極端に短いとき

JIS 照明基準では、照度の他に、照度均斉度、不快グレア、演色性についても推奨値を定めている。

3) 業務ビルの照度基準の国際比較

(IEA/OECD, LIGHT'S LOBOUR'S LOST Policies for energy-efficient lighting, 2006)

国	オフィス	商店
日本 (JIS)	750 ルクス	500 ルクス
アメリカ・カナダ	200－500	200－500
フランス	425	100－1000
ドイツ	500	300
オーストラリア	160	160

欧米諸国の多くは照度基準を 500 ルクス以下に指定しているのに対し、わが国の労働安全衛生規則で定める照度基準は、「精密な作業」において 300 ルクス以上としている。

C. 研究結果

1) 「照度」 ≠ 「私たちが感じている明るさ」ではない

多くの人が携わる設計業務において、拠りどころとなる基準は必要であり、現在は JIS 照明基準がそれを担っている。一方で、JIS では考慮されていない照明要件のなかにも重要なものがあり、「JIS 照明基準を満たしている＝快適な視環境である」とはいえない。

2016 年 6 月、日本建築学会 環境工学委員会より発表される「新しい規準」は、重要な照明要件にも関わらずこれまでは計算が困難であった「輝度」も、近年急速に発達した照明シミュレーションソフトによって算出可能であるという前提に立ち、「照度」 ≠ 「私たちが感じている明るさ」ではないことから、視環境とエネルギーの最適化を目指した新たな枠組みの提示がされている。

2) 輝度とは

これまで照度を基準に考えられて来たが「順応」を中心に考えると、輝度バランスを整えることが快適な環境づくりとなる。照度と輝度の

違いを簡単にいうと「対正面に届く光の量が照度・対象面が発する光の量が輝度」である。作業するためには適正照度が求められるが、空間を構成するには輝度が大切ということになる。同じ空間に同じ照度の光を配置しても、空間を構成する要素の反射で印象が大きく変わる。黒で統一された空間などは、大量の光を投入しても明るい空間という印象を作ることにはできないが、白で統一された空間だと、少ない光で明るい空間という感覚を提供することができる。つまり、空間の要素を考慮し、輝度配置を行い、照度を設定することが大切である。

すなわち、照度が、単位面積当たりに入射する光の量であり、単位は lx (ルクス)。光源によって照らされている面の明るさの程度を表す。それに対して輝度は、光源や被照面が発するある方向への光度を、その方向への見かけ上の面積で割った値である。単位は cd/m² (カンデラ毎平方メートル)。人の目に入る光の量を表す。照度は「ある面にどれだけの光が到達しているか」を表しているのに対し、輝度は「その面から反射された光が、ある方向から見ている人の目にどれだけ届いているか」を表している。現在の照明計画で一般的に用いられているのは、水平面（机上面や床面など）の照度分布であるが、実際に感じている“明るさ”を表現しているのは、照度分布ではなく、輝度分布だといえる。

D. 考察

1) 輝度導入の背景と目的

室内における適切な照明環境の形成や普及を目的として、エネルギー有効利用の観点を含みながら、照明環境設計のための要件を示し、可能なものについては推奨値または目標値を定める（「1.1 規準の目的 (AIJES-L0002-2016)」より）。本規準の背景には、2011 年 3 月に発生した東日本大震災および福島第一原子力発電所の事故に伴う電力供給不足がある。この非常事態による節電の経験をきっかけに、「照明設計が照

度に偏重し過ぎている状態を見直し、できる限り小電力で本来あるべき照明環境を創造するために、照明環境設計方法および照明環境の基準の構築)を行ったのが本規準である。そのため、「エネルギー消費を最小限に抑える」ことに重点を置き、「省エネルギー規準」を定めている。また、近年の照明シミュレーションソフトの発達により、私たちでも簡易計算による輝度分布の算出が可能になったことを受け、設計規準の中心に「照度」ではなく「輝度」を据えている。この点も、既存の照明規準と異なる、大きな特徴であるといえる（『照明環境に関する緊急提言』（日本建築学会環境工学委員会・光環境運営委員会、2011年5月）

4) 「ターゲット照明」と「タスク照明」の違い
アンビエント照明と対になる存在として、現在広く認識されているのは「タスク照明」である。「タスク照明」は“作業を行う場所”に対する局部照明を指すのに対し、「ターゲット照明」は“視対象（作業を行う場所を含む）”に対する局部照明を指す。すなわち、「ターゲット照明」における手法のひとつが「タスク照明」、という位置づけになる。エネルギーの有効利用を前提とする本規準では、昼光においても本設計規準を適用するものとし、積極的な昼光利用を促している。つまり、設計上では「窓などの開口部＝照明器具」として扱う。

2) 設計規準

本規準では、作業、活動または用途の大分類ごとに、設計要件に応じた推奨値を定めている（照明環境の設計規準（AIJES-L0002-2016）」より抜粋）。輝度を中心とした設計規準を満たすことに加え、「最も少ない電力消費で最大の効果が得られるような照明手法を採用する2）」ことが求められています。その際、省エネルギー性の指標となっているのが「照明消費電力密度」である（照明消費電力量密度および照明消費電力密度の算出（AIJES-L0002-2016）」より）。本規

準では、作業、活動または用途が「事務」の場合に、「5 W/m²以下」という目標値を定めている。

3) 新しい照明環境規準のまとめ

・「アンビエント照明とターゲット照明」という理念の導入によって、設計規準の中心は「輝度」にする。「照明消費電力密度」による評価に基づいた、高い省エネルギー性を要求している。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表・学会発表

<論文発表>

1. Tiguchi H, Thi Thu Nguyen T, Goto D, Miyagi S, Kambayashi Y, Hara A, Yamada Y, Nakamura H, Shimizu Y, Hori D, Suzuki F, Hayashi K, Tamai S, Nakamura H: Relationship between the Intake of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Depressive Symptoms in Elderly Japanese People: Differences According to Sex and Weight Status. *Nutrients*. 2019 Apr 3;11(4). pii: E775. doi: 10.3390/nu11040775 , 2019
2. Hirota R, Ohya Y, Yamamoto-Hanada K, Fukutomi I Y, Muto G, Ngatu-Nlandu R, Nakamura T, Nakamura H: Triclosan-induced Alteration of Gut Microbiome and Aggravation of Asthmatic Airway Response in Aeroallergen-sensitized mice. *Allergy*. 74 (5):996-999. DOI: 10.1111/all.13639 ,2019
3. Nakamura H, Tsujiguchi H, Hara A, Kambayashi Y, Miyagi S, Thu Nguyen TT, Suzuki K, Tao Y, Sakamoto Y, Shimizu Y, Yamamoto N, Nakamura H: Dietary Calcium Intake and Hypertension: Importance of Serum Concentrations of 25-Hydroxyvitamin D. *Nutrients*. 2019 Apr 23;11(4). pii: E911. doi: 10.3390/nu11040911 ,2019
4. Haruki Nakamura, Hiromasa Tsujiguchi, Yasuhiro Kambayashi, Akinori Hara, Sakae Miyagi, Yohei Yamada, Thao Thi Thu Nguyen, Yukari Shimizu, Daisuke Hori, Hiroyuki Nakamura:

Relationship between Saturated Fatty Acid Intake and Hypertension and Oxidative Stress. *Nutrition*. 2019 May;61:8-15. doi: 10.1016/j.nut.2018.10.020 ,2019

5. Hidehiro Tajima, Tetsuo Ohta, Mitsuyoshi Okazaki, Takahisa Yamaguchi, Yoshinao Ohbatake, Koichi Okamoto, Shinichi Nakanuma, Jun Kinoshita, Isamu Makino, Keishi Nakamura, Tomoharu Miyashita, Hiroyuki Takamura, Itasu Ninomiya, Sachio Fushida, Hiroyuki Nakamura: Neoadjuvant Chemotherapy With Gemcitabine-Based Regimens Improves the Prognosis of Node Positive Resectable Pancreatic Head Cancer. *Mol Clin Oncol*, 11 (2), 157-166. doi: 10.1016/j.nut.2018.10.020 ,2019

6. Moeko Noguchi-Shinohara, Kohei Hirako, Makoto Fujiu, Masahiko Sagae, Hikaru Samuta, Hiroyuki Nakamura, Masahito Yamada: Presence of a Synergistic Interaction Between Current Cigarette Smoking and Diabetes Mellitus on Development of Dementia in Older Adults. *J Alzheimers Dis*, 71 (3), 833-840,2019

7. Akinori Hara, Yoshitaka Koshino, Yukie Kurokawa, Yasuyuki Shinozaki, Taito Miyake, Shinji Kitajima, Tadashi Toyama, Yasunori Iwata, Norihiko Sakai, Miho Shimizu, Kengo Furuichi, Hiroyuki Nakamura, Takashi Wada: Relationship Between Anti-Erythropoietin Receptor Autoantibodies and Responsiveness to Erythropoiesis-Stimulating Agents in Patients on Hemodialysis: A Multi-Center Cross-Sectional Study. *Clin Exp Nephrol*, 24(1), 88-95,2020

G. 知的財産権の出願・登録
特に記載すべきものなし

H. 参考文献
特になし

<学会発表>

中村裕之、清水由香里、神林康弘、荒船丈一、原章規、辻口博聖、堀大介、Nguen Thi Thu Thao、濱岸利夫、鈴木史彦、林宏一郎、柴田亜樹、相良多喜子、弘田量二、林宏一：乳幼児におけるパラベン類の曝露によるアレルギー症に対する影響に関する疫学研究、第17回日本予防医学会学術総会、2019年6月、宇部市

事務所室内環境と心理的影響（気分）に関する文献調査

研究分担者 横山 和仁 順天堂大学医学部衛生学 客員教授

研究要旨

事務所環境と心理的影響（気分）に関して、影響因子 6 項目（騒音・温度・湿度・照明・事務所デザイン・化学物質）を示す 23 文献を抽出し、環境ストレス因子と心理的影響について検討した。特に騒音の因子は、仕事の能率性（パフォーマンス）低下と強い関連がみられた。騒音・照明・温度を適正な状態に保持し、オフィス労働者の生産性を高める工夫が必要であるが、すべての事務所でオープンスペースが有効とはいえない可能性がある。6 因子は互いに複合的な関連もあり、労働者の文化的背景や個人特性（年齢、性別、性格、ストレス耐性）、職場条件（職種、労働時間、裁量度、仕事の複雑性、支援の程度）を考慮して検討する必要がある。

<研究協力者>

浦川 加代子

順天堂大学保健看護学部

A. 研究背景および目的

オフィス室内環境の心理的影響や生産性との関連はこれまで国内外で様々な研究がおこなわれてきている。

本グループでは、事務所環境と心理的影響（気分）に関する文献調査を担当した。

B. 研究方法

事務所環境と気分に関する研究論文について、Pub Med（Web 版）を使用して 75 文献を収集した。その中から、事務所環境のさまざまな条件について検討するために影響因子 6 項目を示す 23 文献を抽出し、環境ストレス因子と心理的影響に関する知見をまとめた。

検索式は、Office AND (temperature OR humidity) AND ((mood OR emotion) OR performance) AND workers NOT environment である（実施日 2019/11/07）。

C. 研究結果

1992 年から 2019 年までの 23 文献を分析対象として、環境ストレス因子の「騒音」「温度」「湿度」「照明」「事務所デザイン」「化学物質」の 6 項目についてどのような影響があるのかを検討した。

結果を、表 1.職場環境と気分に関する研究論文（No.1）（No.2）に示す。

D. 考察

1. 騒音の影響

温度、空気の質、騒音、化学物質の存在などを含めた室内環境は、職場の仕事の満足度、感情的幸福、健康、欠勤との関係に影響を与えることが示唆されている²⁾。職場の室内環境において労働者が感じる快適性には「騒音」が最も強く影響していることが報告されている¹⁾。他にも「騒音」が仕事の能率性（パフォーマンス）を低下させることが多く報告されている。114 人のオフィス労働者を対象とした 8 か月間の縦

断研究において、環境ストレス因子としての「騒音」「照明」「温度」の不適切な状態は、労働者の健康状態（気分、頭痛、「オフ」感）を低下させ、間接的にパフォーマンスを低下させることが報告されている³⁾。

騒音の中でも、Pawlaczyk-Luszczynska M (2006) らの報告では、実験室環境とフィールド調査の両方において低周波騒音（LFN）に曝された場合、主観的評価として不快感が示されていた。騒音の影響に焦点をあてた研究では、騒音曝露労働者群（交通警察官 39 名）と対照群（市役所事務職員 42 名）との比較研究がある⁴⁾。結果は、2 群間では認知および情緒プロフィール(POMS)に顕著な差は認められなかったが、騒音曝露労働者は、習慣的な環境ストレス因子に曝露された時、ストレスに対する高い脳感受性を選択的に示したことから、「騒音」ストレスが常態化することでより刺激に反応しやすくなることが示唆された。

一方、騒音ではないが、職場で流される BGM (background music) の影響について検討するために実験を実施した研究がある¹⁵⁾。対象者は 32 名の大学生を 3 群に分けて、グループ[a]は 10 分間の注意力テスト中に音楽を聴き、グループ[b]は全く音楽がなく、グループ[c]は注意力テストの 10 分前に音楽を聴かせる条件で実施した結果、注意力テスト中に音楽を聴いた群は、得点のばらつきが極めて大きく、BGM は労働者のパフォーマンスに影響を与えていることが示唆された。人の情動に影響する音楽が、必ずしも環境に効果的な影響を与えとはいえず、知覚する対象者によっては雑音のような不快な刺激として知覚される可能性があると考えられる。ホテルや病院などの待合室で流される癒し効果を期待した BGM と異なり、作業をしている事務所環境で流される BGM には、受け取る対象者によっては「騒音」になる可能性がある。

2. 温度の影響

Sakellaris IA (2016) らの報告では、主観的 IEQ と労働者の快適さとの関係性を評価したところ、快適性には「騒音」が最も強く影響し、次いで「空気の質」、「光」、「温度」の順であった¹⁾。

高気温または低気温に起因する温度不快感 (thermal discomfort) はオフィス労働者の生産性に負の影響を及ぼしていた⁶⁾。この研究では、参加者は、実験室での曝露中にコンピュータ化神経行動試験を行い、心拍変動 (HRV) および脳波 (EEG) を含む生理学的パラメータを測定した。いくつかの主観的評価尺度 (Thermal sensation votes (TSV)、POMS、Well-being and motivation) を用いて、参加者の気分、幸福感、モチベーション、および作業による負担感を評価した。暑すぎるという不快感 (warm discomfort) は参加者の幸福感に悪影響を及ぼし、HRV の高頻度 (HF) に対する低頻度 (LF) の比率を増加させることが分かった。このことから、主観的評価尺度は生産性に対する室内環境 (IEQ) の効果を評価する際の神経行動機能尺度の補足として有用であることが示された。事務所環境において温度不快感には個人差があり、労働者の主観的評価に基づいて温度設定をする必要があると考えられる。

3. 湿度の影響

学校における厨房施設の環境の湿気に着目して調査した結果、湿度が高い環境では微生物濃度が高く、厨房労働者だけでなく事務員の呼吸器および全身症状を悪化させていた¹⁶⁾。

また、オフィス労働者を対象に勤務時間の大半を 30%~60%の相対湿度 (relative humidity, RH) の条件で過ごした人は、乾燥状態で過ごした人よりも勤務中のストレスが 25%少ない結果が示され、睡眠の質とも間接的な関連を見出した。さらに、RH の最適値が約 45%付近に存在することが示唆されている²⁰⁾。前述した温度と合わせて、適度な湿度の設定が身体と心理の両方の健康維持のために必要である。

4. 照明の影響

オフィス環境における昼間の労働時間中の高青色白色光 (blue-enriched white light) への曝露の影響を調査するために、各参加者は2つの照明条件に曝露され、それぞれ4週間継続した。1つは高青色白色光 (17000K) 白色光 (4000K) であり、その順序はフロア間でバランスをとり、質問票および評価尺度を用いて8週間の介入期間を通して、覚醒度、気分、睡眠の質、パフォーマンス、精神的努力 (mental effort)、頭痛および眼の緊張、および気分を評価した。その結果、白色光 (4000K) と比較して、高青色白色光 (17000K) は、覚醒($P<0.0001$)、陽性気分($P=0.0001$)、パフォーマンス($P<0.0001$)、夕方の疲労($P=0.0001$)、易刺激性($P=0.004$)、集中力($P<0.0001$)および眼の不快感($p=0.002$)を改善し、高青色白色光では、昼間の眠気が減少し($P=0.0001$)、夜間睡眠の質($P=0.016$)は改善していた⁹⁾。

適切な照度だけでなく、高青色白色光 (blue-enriched white light) は白色光 (4000K) と比較して、より効果的であることが示唆された。

5. 事務所デザインの影響

「職場デザイン (特に、個人別オフィスと共有オフィスの比較) は労働者の健康に影響するか?」どうかを検証する目的で、2000年から2017年の間に発表された論文に限定されたシステムティック・レビューを実施したところ、各オフィスと比較した共有オフィスまたはオープンプランオフィスの健康への影響を扱った15件の関連研究が同定された。この結果から、個別オフィスと比較して、共有またはオープンオフィススペースは従業員の健康に有益ではなく、スタッフの健康、福利および生産性に有害な影響を及ぼすというこれまでの研究結果と一致していることが明らかにされた⁸⁾。

また、米国のオフィスビルを中心に、主観的に評価した室内環境パラメータと建物の特徴が

入居者の満足度に影響することを検討するため、建設環境センターが10年間に351のオフィスビルの52,980人の入居者に実施したウェブ調査のデータを分析した¹²⁾。その結果、最も重要なパラメータは、空間量に対する満足度 (オッズ比 OR 1.57、95%CI:1.55~1.59)、雑音レベル (OR 1.27、95%CI:1.25~1.29)、視覚的プライバシー (OR 1.26、95%CI:1.24-1.28) であったことから、オフィスビルの設計者にはこれら3点を配慮した建築が推奨されることが考えられる。オフィス労働者は、窓の近くの個室が与えられたときに、自分の作業空間と建物に最も満足するであろうと示唆している。

6. 化学物質の影響

シックハウス症候群は、現代のオフィスビルの労働者の訴える一連の症状に与えられた用語であり、外気の供給が減少したときに建物内から発生する汚染物質の蓄積により起こると仮定されている¹⁸⁾。

シックビルディング症候群に典型的な症状、筋骨格症状、および報告された屋内環境曝露、心理状態、労働ストレス、および職場における対人関係の間の関係を、3つの建物の624人の事務所労働者を対象に調査した研究では、症状の有病率は3つの建物で同様であったが、女性は男性よりも、3つの建物すべてにおいてほとんどの症状を訴える傾向が高く、心理的症状および性別が、シックハウス症状の有意な独立予測因子であることを示した¹⁹⁾。

また、シックハウスの自覚症状と室内環境の関連では、4つのオフィスビルにおける外気供給の変化が労働者の自覚症状と室内環境の認識に及ぼす影響を検討した結果、外気供給の増加は、職場環境に対する労働者の認識やシックハウス症候群の典型症状に影響しなかった報告もみられた¹⁸⁾。

最近、日本では都市ごみ焼却炉 (MSWI) のダイオキシン問題が社会問題となったことから、このストレスの多い出来事が労働者にもたらし

た影響に関心があり、MSWI 労働者のメンタルヘルス状態をオフィス労働者と比較して評価することを意図した研究がある⁵⁾。対象は、2つのMSWI工場および1つの地方自治体の公務員、健康管理に従事していた20人の国家公務員、および55人のMSWI労働者であった(いずれも男性)。被験者に年齢、教育キャリア、および労働スケジュールについてインタビューを実施し、POMS および GHQ30 を用いて被験者の気分状態を評価した。POMS は、Tension□Anxiety、Depression□Dejection、および Fatigue レベルが、健康管理作業群で高いことを示した。GHQ30 では、全身疾患、社会機能障害、不安・不快気分状態が、健康管理者群で異常に逸脱していることが示された。GHQ30 スコアで評価した全身精神衛生状態も、事務労働者群で異常に逸脱した。これらの結果は、健康管理作業者のメンタルヘルス状態は MSWI 作業員より悪いことを示した。これは、ダイオキシンに曝露されたのではないかとこの恐怖によって増強された MSWI 作業員のストレスは、行政職員が通常被っているストレスを超えていないことを意味している。

化学物質による症状に対応するには、心理的症状、性別などを考慮して、換気、温度などの環境ストレス因子を適正に保つ必要があると考えられる。

E. 結論

環境ストレス因子としての「騒音」「照明」「温度」の不適切な状態は、労働者の健康状態(気分、頭痛、「オフ」感)を低下させ、間接的にパフォーマンスを低下させることが明らかである。

その中でも、労働者が感じる快適性には「騒音」が最も強く影響しており、仕事の能率性(パフォーマンス)を低下させることから、最も配慮されなければならない環境ストレス因子である。また、高気温または低気温に起因する温度不快感(thermal discomfort)はオフィス労働者

の生産性に負の影響を及ぼしていたことから、適正な温度設定が必要である。照度が不足した環境は不適切であり、高青色白色光(blue-enriched white light、17000K は、白色光(4000K)と比較して、良い効果を与えていた。事務所のデザインについては、環境ストレス因子としての「騒音」「照明」「温度」を適正な状態に保持して、さらにオフィス労働者のパフォーマンスを高める工夫が必要であることが示された。すべての事務所でオープンスペースが有効であるとはいえない。

ヨーロッパ諸国の1306人のオフィス労働者を対象に健康状態(1項目)、仕事満足度(8項目)、感情的幸福(5項目)、欠勤の自己申告レベル(1項目)について調べたところ、職場環境(干渉・複雑性・職場での教育)の4条件において、仕事が複雑で双方向のやり取りが増すにつれてその影響は大きい²⁾ことが示唆された。このように職場の条件によって人に与える影響が異なる。

また、職場の環境ストレス因子は、「騒音」「照明」「温度」「湿度」「換気」「化学物質」など複合的である。さまざまな環境ストレス因子と労働者の気分の関係性を検討する場合には、環境ストレス因子の統制と、対象者の文化的背景や個人特性(ex.年齢、性別、性格、ストレス耐性)、および労働者の置かれた職場条件(ex.職種、労働時間、裁量度、仕事の複雑性、支援の程度)を考慮して検討をする必要があるといえる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表・学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録

特に記載すべきものなし

I. 参考文献

1. Sakellaris IA, Saraga DE, Mandin C, Roda C, Fossati S, de Kluizenaar Y, Carrer P, Dimitroulopoulou S, Mihucz VG, Szigeti T, Hänninen O, de Oliveira Fernandes E, Bartzis JG, Bluysen PM. Perceived Indoor Environment and Occupants' Comfort in European "Modern" Office Buildings: The OFFICAIR Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Apr 25;13(5). pii: E444. doi: 10.3390/ijerph13050444. PubMed PMID: 27120608; PubMed Central PMCID: PMC4881069.
2. Soriano A, Kozusznik MW, Peiró JM, Mateo C. Mediating role of job satisfaction, affective well-being, and health in the relationship between indoor environment and absenteeism: Work patterns matter! *Work*. 2018;61(2):313-325. doi: 10.3233/WOR-182802. PubMed PMID: 30373981.
3. Lamb S, Kwok KC. A longitudinal investigation of work environment stressors on the performance and wellbeing of office workers. *Appl Ergon*. 2016 Jan;52:104-11. doi: 10.1016/j.apergo.2015.07.010. Epub 2015 Jul 25. PubMed PMID: 26360200.
4. Chioventa P, Pasqualetti P, Zappasodi F, Ercolani M, Milazzo D, Tomei G, Capozzella A, Tomei F, Rossini PM, Tecchio F. Environmental noise-exposed workers: event-related potentials, neuropsychological and mood assessment. *Int J Psychophysiol*. 2007 Sep;65(3):228-37. Epub 2007 May 3. PubMed PMID: 17544162.
5. Nakayama O, Ohkuma K. Mental health status of municipal solid waste incinerator workers compared with local government office workers. *Ind Health*. 2006 Oct;44(4):613-8. PubMed PMID: 17085923.
6. Lan L, Lian Z, Pan L. The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. *Appl Ergon*. 2010 Dec;42(1):29-36. doi: 10.1016/j.apergo.2010.04.003. Epub 2010 May 15. PubMed PMID: 20478555.
7. Clohessy S, Walasek L, Meyer C. Factors influencing employees' eating behaviours in the office-based workplace: A systematic review. *Obes Rev*. 2019 Aug 27. doi: 10.1111/obr.12920. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 31456340.
8. Richardson A, Potter J, Paterson M, Harding T, Tyler-Merrick G, Kirk R, Reid K, McChesney J. Office design and health: a systematic review. *N Z Med J*. 2017 Dec 15;130(1467):39-49. Review. PubMed PMID: 29240739.
9. Viola AU, James LM, Schlangen LJ, Dijk DJ. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Environ Health*. 2008 Aug;34(4):297-306. Epub 2008 Sep 22. PubMed PMID: 18815716.
10. Brasche S, Bullinger M, Schwab R, Gebhardt H, Herzog V, Bischof W. Comparison of risk factor profiles concerning self-reported skin complaints and objectively determined skin symptoms in German office workers. *Indoor Air*. 2004 Apr;14(2):137-43. PubMed PMID: 15009420.
11. Ishihara I, Ikushima M, Horikawa J, Haraga M, Kawamoto R, Murase C, Tashiro T, Tsutsui Y, Kawashima M, Kasai H, Yamazaki S, Majima Y, Kurokawa Y. A very low level of magnetic field exposure does not affect a participant's mental

fatigue and stress as much as VDT work. *J UOEH*. 2005 Mar 1;27(1):25-40. PubMed PMID: 15794590.

12. Frontczak M, Schiavon S, Goins J, Arens E, Zhang H, Wargocki P. Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor Air*. 2012 Apr;22(2):119-31. doi: 10.1111/j.1600-0668.2011.00745.x. Epub 2011 Oct 20. PubMed PMID: 21929547.

13. Salamone F, Belussi L, Danza L, Ghellere M, Meroni I. An Open Source "Smart Lamp" for the Optimization of Plant Systems and Thermal Comfort of Offices. *Sensors (Basel)*. 2016 Mar 7;16(3). pii: E338. doi: 10.3390/s16030338. PubMed PMID: 26959035; PubMed Central PMCID: PMC4813913.

14. Pawlaczyk-Luszczynska M, Szymczak W, Dudarewicz A, Sliwińska-Kowalska M. Proposed criteria for assessing low frequency noise annoyance in occupational settings. *Int J Occup Med Environ Health*. 2006;19(3):185-97. PubMed PMID: 17252670.

15. Lessenger JE. Five office workers inadvertently exposed to cypermethrin. *J Toxicol Environ Health*. 1992 Apr;35(4):261-7. PubMed PMID: 1578509.

16. Lignell U, Meklin T, Putus T, Vepsäläinen A, Roponen M, Torvinen E, Reeslev M, Pennanen S, Hirvonen MR, Kalliokoski P, Nevalainen A. Microbial exposure, symptoms and inflammatory mediators in nasal lavage fluid of kitchen and clerical personnel in schools. *Int J Occup Med Environ*

Health. 2005;18(2):139-50. PubMed PMID: 16201205.

17. Chen YC, Wu YC, Chie WC. Effects of work-related factors on the breastfeeding behavior of working mothers in a Taiwanese semiconductor manufacturer: a cross-sectional survey. *BMC Public Health*. 2006 Jun 21;6:160. PubMed PMID: 16787546; PubMed Central PMCID: PMC1538587.

18. Menzies R, Tamblyn R, Farant JP, Hanley J, Nunes F, Tamblyn R. The effect of varying levels of outdoor-air supply on the symptoms of sick building syndrome. *N Engl J Med*. 1993 Mar 25;328(12):821-7. PubMed PMID: 8441426.

19. Bachmann MO, Myers JE. Influences on sick building syndrome symptoms in three buildings. *Soc Sci Med*. 1995 Jan;40(2):245-51. PubMed PMID: 7899936.

20. Razjouyan J, Lee H, Gilligan B, Lindberg C, Nguyen H, Canada K, Burton A, Sharafkhaneh A, Srinivasan K, Currim F, Ram S, Mehl MR, Goebel N, Lunden M, Bhangar S, Heerwagen J, Kampschroer K, Sternberg EM, Najafi B. Wellbuilt for Wellbeing: Controlling Relative Humidity in the Workplace Matters for Our Health. *Indoor Air*. 2019 Oct 30. doi: 10.1111/ina.12618. [Epub ahead of print]

21. Koren K, Pišot R, Šimunič B. Active workstation allows office workers to work efficiently while sitting and exercising moderately. *Appl Ergon*. 2016 May;54:83-9. doi: 10.1016/j.apergo.2015.11.013. Epub 2015 Dec 22.

22. Nayak T, Zhang T, Mao Z, Xu X, Zhang L,

Pack DJ, Dong B, Huang Y. Prediction of Human Performance Using Electroencephalography under Different Indoor Room Temperatures. *Brain Sci.* 2018 Apr 23;8(4). pii: E74. doi: 10.3390/brainsci8040074.

23. Alberdi A, Aztiria A, Basarab A. Towards an automatic early stress recognition system for office environments based on multimodal measurements: A review. *J Biomed Inform.* 2016 Feb;59:49-75. doi: 10.1016/j.jbi.2015.11.007. Epub 2015 Nov 28.

表 1.職場環境と気分に関する研究論文 (No.1)

Table1. Characteristics of reviewed studies of Occupational stress and mood. (No.1)

No.	Author	Year	Purpose	Sample	Scale	Results
	[Ref.No.]					
1	Sakellaris IA, Saraga DE, Mandin C, Roda C,et al.	2016	室内環境の主観的評価と居住者の快適性との関係性を分析し、個人および建物特性の両方の影響を調べる	欧州 8 カ国（フィンランド、フランス、ギリシャ、ハンガリー、イタリア、オランダ、ポルトガル、スペイン）の 167 の「近代的」オフィスの 7441 人の労働者にアンケート調査を実施	オフィスの環境の IEQ 項目（温度の快適性、騒音、光、および室内空気質に対する満足度）と室内環境パラメータ（例えば、暑すぎ/寒すぎる、高温/乾燥、室内/室外騒音、自然/人工光、臭気）に関する詳細項目の両方を用いて室内環境の質（Indoor Environment Quality, IEQ）を評価	ロジスティック回帰分析で主観的 IEQ と労働者の快適さとの関係を評価したところ、快適性には「騒音」が最も強く影響し、次いで「空気の質」、「光」、「温度」の順であった。労働者により健康で快適な状態を提供するために、労働者と建物の特性の両方を考慮に入れるべきである。
2	Soriano A, Kozusznik MW, Peiró JM, Mateo C.	2018	職場環境における室内環境と欠勤（absenteeism）との関係、および仕事の満足度、感情的幸福度（affective well-being）、および健	ヨーロッパ諸国の 1306 人のオフィスの労働者	劣悪と見なされた室内環境（6 項目）、健康状態（1 項目）、仕事満足度（8 項目）、感情的幸福	仕事の満足度、感情的幸福、および健康的な室内環境と欠勤との関係に影響し、

			康の影響を分析する		福（5項目）、欠勤の自己申告レベル（1項目）、職場環境（干渉・複雑性・職場での教育）	職場環境によって仕事が増え、やり取りが増え、影響は大きい。
3	Lamb S, Kwok KC.	2015	不良な室内環境（IEQ）が仕事のパフォーマンスと健康に及ぼす影響を8か月間、縦断調査	114人のオフィス労働者	温度の快適さ、照明の快適さおよび騒音の不快さの主観的評価、仕事パフォーマンスの指標、およびパフォーマンスと幸福度の背景に関する個人要因に関する計2261件のオンライン調査に参加した。	不適切なIEQを環境ストレス因子としてほとんどの状況で自己申告された仕事パフォーマンスと客観的に測定した認知能力を2.4%～5.8%、稀な例では最大14.8%低下させ得ることが示された。環境ストレス因子は、労働者の健康状態（気分、頭痛、「オフ」感）を低下させ、間接的にパフォーマンスを低下させる。

4	Chiovenda P, Pasqualetti P, Zappasodi F, Ercolani M, et al.	2007	長期の職業性騒音曝露が、神経生理学のおよび情緒状態、特に注意と作業記憶、に影響するか否かを調べる、また体性感覚 P300 に対する特定のストレス（交通騒音）と非特異的ストレスの影響の比較（Stroop 試験）	騒音曝露労働者群（交通警察官 39 名）と対照群（市役所事務職員 42 名）との比較	WAIS-R から注意力、記憶力、論理能力を測定、年齢・性別・教育別に収集した。STAI-Y、POMS によって不安と気分を測定した。	体性感覚（電気）弁別作業中に記録されたベースライン認知電位（P300）の振幅は、対照よりも騒音曝露労働者で高く、この増強は、より低いレベルの特性不安およびより良好な気分プロフィールと関連した。騒音曝露労働者は、習慣的な環境ストレス因子に曝露された時、ストレスに対する高い脳感受性を選択的に示した。
5	Nakayama O, Ohkuma K.	2006	都市ごみ焼却炉（MSWI）労働者のメンタルヘルス状態をオフィス労働者と比較して評価する	対象は、2 つの MSWI 工場および 1 つの地方自治体の公務員、健康管理に従事していた 20 人の国家公務員、お	被験者に年齢、教育キヤリア、および労働スケジュールについてインタビューを行った。POMS および GHQ30 を用いて被験者の気分状態を評価した。	健康管理作業者のメンタルヘルス状態は MSWI 作業者より悪いことを示した。

				よび 55 人の MSWI 労働者で あった（いずれ も男性）。			実験室での曝露中にコ ンピュータ化神経行動 試験を行い、心拍変動 （HRV）および脳波 （EEG）を含む生理学 的パラメータも測定し た。いくつかの主観的 評価尺度を用いて、参 加者の気分、幸福感、 モチベーション、およ び作業による負担感を 評価した。	高温または低気温 に起因する温度不快 感（thermal discomfort）はオフイ ス労働者の生産性に 負の影響を及ぼし、 また、主観的評価尺 度は生産性に対する IEQ の効果を評価す る際の神経行動機能 尺度の補足として有 用である。
6	Lan L, Lian Z, Pan L.	2010	室内気温（17° C、21° C、28° C） が生産性に及ぼす影響を、ボラン ティア参加者 21 名を対象に実験 的に研究した。	ボランティア参 加者 21 名			文献検索は、 2008 年 1 月から 2018 年 4 月の間 に英語で発表さ れた研究に限定 した。計 5,017 件の論文をスク リーニングし、	職務役割、職場食環 境、およびオフィス ベースの職場の社会 的側面に関連した職 場での食行動に影響 する多くの因子が明 らかになった。既存 の研究のほとんど
7	Clohesy S, Walasek L, Meyer C.	2019	本シシデマティック・レビュー は、オフィス労働者の食行動に影 響する要因を取り巻く証拠を特 定し、統合することを目的とし た。					

				適格性を評価し、そのうち 22 件の論文 (n=23) を本レビューに含めた。		は、オフィス勤務が食行動に悪影響を及ぼすことを示唆している。
8	Richardson A, Potter J, Paterson M, Harding T, et al.	2017	従業員の健康に及ぼす職場デザインの影響に関する最近の研究を、個人と職場を比較して系統的にレビューする	2000 年から 2017 年の間に発表された論文に限定して システムティック・レビューを実施し、各オフィスと比較した共有オフィスまたはオープンプランオフィスの健康への影響を扱った 15 件の関連研究	「職場デザイン(特に、個人別オフィスと共有オフィスの比較)は労働者の健康に影響するか?」	個別オフィスの比較して、共有またはオープンオフィススペースは従業員の健康に有益ではなく、スタッフの健康、福利および生産性に有害な影響を及ぼすという結果と一致していることが明らかにされた。
9	Viola AU, James LM, Schlangen LJ, Dijk DJ.	2008	オフィス環境における昼間の労働時間中の高青色光 (blue-enriched white light) への曝露の影響を調査した。	2 つのオフィスのフロアの 104 人のホワイトカラー労働者のうち 94 名参加者[平均年齢	各参加者は 2 つの新しい照明条件に曝露され、それぞれ 4 週間続いた。1 つは高青色白光 (17000K) 白光 (4000K) から成った。	日中の労働時間中に高青色白光に曝露すると、注意力、パフォーマンス、およびタ方の疲労が改善する。

10	Brasche S, Bullinger M, Schwab R, Gebhardt H, et al.			主観的皮膚感覚 (skin sensation) と客観的な皮膚症状に影響を及ぼす要因 (impact factor profile) が一致するかを、ProKlimA プロジェクト(1994～1999)のデータを用いて調べた。	925 人のオフィス労働者	36.4(SD10.2) 歳] を解析	その順序はフロア間でバランスをとった。質問票および評価尺度を用いて、8 週間の介入期間を通して、覚醒度、気分、睡眠の質、パフォーマンス、精神的努力 (mental effort)、頭痛および眼の緊張、および気分を評価した。	皮膚感覚の主観的知覚に対する有意なリスクは、女性であること、ソフトウェア不良、仕事の特性が好ましくない、およびアレルギー疾患であった。皮膚水分量の客観的検査では、高い濃度の全揮発性有機化合物および低い相対湿度で有意なリスク増加が検出された。
----	--	--	--	--	---------------	---------------------	---	--

11	Ishihara I, Ikushima M, Horikawa J, Haraga M, et al.	2005	視覚表示端末 (VDT) 作業中の磁場 (MF) への曝露が労働者の精神的疲労に影響するか、または精神 - 生理学的変化に関連するストレスを誘発するかを調べる	37 名の学生	Incredibly Short Profiles of Mood States (ISP) を VDT 作業前後の心理的ストレスおよび精神疲労の指標、唾液クロモグラニン A および尿中 8 - ヒドロキシデオキシグアノシン (8 - OH - dG) を VDT 作業前後の生理学的変化として使用した。	VDT 参加者に対する MF 曝露の有害な健康影響を検出しなかったが、VDT 作業自体が彼らの精神疲労および精神生理学的状態に影響することを示唆した。
12	Frontczak M, Schiavon S, Goins J, Arens E, et al.	2012	米国のオフィスビルを中心に、主観的に評価した室内環境パラメータと建物の特徴が入居者の満足度に影響することを検討した。	建設環境センサーが 10 年間に 351 のオフィスの 52,980 人の入居者を実施したウェブ調査のデータを分析した。	室内環境パラメータ、作業空間、および建物の特徴に対する満足度に関する 7 点順序尺度質問を使用した。	作業空間の満足度を最大化するために最も重要なパラメータは、空間量に対する満足度、雑音レベル、視覚的プライバシーであり、オフィスの労働者は、窓の近くの個室にあるときに、自分の作業空間と建物に最も満足するだろう。

表 1.職場環境と気分に関する研究論文 (No.2)

Table1. Characteristics of reviewed studies of Occupational stress and mood. (No.2)

No.	Author	Year	Purpose	Sample	Scale	Results
	[Ref.No.]					
13	Salamone F, Belussi L, Danza L, Ghellere M,et al.	2016	スマートランプは、マイクロコントローラ、温度・相対湿度の統合センサー、いくつかの他のモジュール、および 3D プリンタから成る。このスマートデバイスは、通常オフイスで使われるデスクランプに似ているが、空調機と直接対話することで室内の温度快適性を調整することができ。スマートランプの設計、開発、実用化について検討した。	4 名の作業者	4 名の作業者が常駐するオフィスをスマートランプを設置し、夏場の室内温度快適性と冷房消費量を評価した。	スマートランプの適用がエネルギー消費を効果的に低減し、温度快適性を最適化することを示した。
14	Pawlaczyk-Luszczynska M, Szymczak W, Dudarewicz A, Sliwińska-Kowalska M.	2006	職場環境における低周波騒音 (LFN) を評価し、仕事パフォーマンスへの妨げと影響を防止する方法を推奨する。	①実験室：聴力が正常 (<25 dB HL) の 21.8±2.1 歳の 55 人のボランティア、②フィールド調査：低周波騒音 (LFN) に曝露した男性労働者 35 人	被験者は 45～65 dB の A 強調 SPL で異なる雑音を聴き、100 スコアのグラフィカル評価尺度を用いて不快感を評価した。フィードバックで同様のグラフスケールを用いて職場での騒音不快感を評価した。	低周波騒音 (LFN) の主観的評価と 3 つの曝露基準による結果との間に線形関係が観察された。

15	Lessenger JE.	199 2	作業への集中度とバックグラウンド音楽との関連を調べるため、被験者の注意力テスト (attention test) のスコアに対する音楽の影響を解析した。	32 人の大学生を 3 群に分けた	グループ[a]は 10 分間のテスト中に音楽を聴き、グループ[b]は全く音楽がなく、グループ[c]は注意力テストの 10 分前に音楽を聴いた。実験は雑音がない環境で実施した。次に、各群の平均得点と誤答率を求めた。	音楽がない群と比較して、検査前に音楽を聴いた群は注意力テスト得点が高かったが（音楽の補助効果である可能性が高い）、一方、注意力テストに音楽を聴いた群は、得点のばらつきが極めて大きかった。BGM は労働者のパフォーマンスに影響を与えている。
16	Lignell U, Meklin T, Putus T, Vepsäläinen A, et al.	200 5	学校における厨房施設の微生物条件が他の施設とどのように異なるかを調べ、職員の健康状態も調査した。	湿気でダメージを受けた 6 つの学校と 2 つの対照学校で微生物調査を行った。	厨房職員の症状を質問紙で調査し、また鼻洗浄液 (NAL) 中の炎症反応を測定した。	湿気によるダメージは、厨房および他の施設の両方で気中微生物濃度を増加させた。呼吸器および全身症状は、湿気のダメージのある環境では厨房労働者および事務員の双方に認められた。

17	Chen YC, Wu YC, Chie WC.	2006	母乳育児に優しい政策と職場関連因子が働く母親の行動に及ぼす影響を評価する	有効な質問票 998 件を収集し、回収率は 75.3%であった。	台湾の大手半導体メーカーでアンケートを用いて、女性従業員の母乳育児行動、育児、および最近生まれた子を育てる際の職場の状態に関するデータを収集した。	調査回答者の 66.9%が、平均 56 日の出産休暇中に最初に母乳を与えていた。授乳室や授乳休憩の提供にかかわらず、事務作業者や会社員の母乳育児への配慮を知っている作業者を中心に、職場復帰後も母乳育児を続けたのはわずか 10.6%であった。
18	Menzies R, Tambllyn R, Farant JP, Hanley J, et al.	1993	4 つのオフィスビルにおける外気供給の変化が労働者のシックハウスの自覚症状と室内環境の認識に及ぼす影響を明らかにする。	4 つの建物の 1838 名の労働者のうち、1546 名 (84%) が本研究に参加した。	3 つの連続する 2 週間の期間の各々で、各建物の換気システムをランダムに操作して、1 回につき 1 人・1 分あたり 20 または 50ft ³ (0.57 または 1.4m ³) の外気を室内環境に 1 週間供給した。	外気供給の変化は (換気量の変化)、被験者のオフィス環境の評価または症状と関連しなかった
19	Bachmann MO, Myers JE.	1995	シックビルディング症候群に典型的な症状、筋骨格症状、および報告された屋内環境曝露、心理状態、労働ストレス、および職場における対人関係の間の関係を明らかにする。	3 つの建物の 624 人の事務所労働者	アンケート調査によって、個人の環境、職場環境、心理社会的項目には皮膚症状などの身体症状を含む。POMS、Karasek	女性は男性よりも、3 つの建物すべてにおいて、ほとんどの症状を訴える傾向が高かった。心理的症状、性別

20	Razjouyan J, Lee H, Gilligan B, Lindberg C, et al.	2019	オフィス労働者の健康と幸福度 (well being) を改善するための戦略における相対湿度 (relative humidity, RH) の役割に関する新しい展望を提供する。RH と、ストレス応答、身体活動 (Physical activity, PA)、および睡眠の質の関連を調べた。	4 つの連邦政府の多様なオフィス労働者グループ (n = 134)	の職業性ストレスに基づいて、仕事関連項目を調査した。	が建物関連疾患の重要な予測因子であることを示している。
21	Koren K, Pišot R, Šimunič B.	2016	シミュレーションオフィスタスク中の非座位のオフィス労働者の作業と運動を同時に分析する	13 名 (神経疾患、心疾患の既往がない) 大学職員	胸部に拍変動モニターを 3 日間連続で装着させ、同時に、職場で RH と温度を測定した。	勤務時間の大半を 30%~60% の RH の条件で過ごした人は、勤務時間の大半を乾燥状態で過ごした人よりも、勤務中のストレスが 25% 少なかった。RH の最適値が約 45% 付近の狭い範囲内に存在する可能性を示唆する。
					酸素摂取量、心拍数、発汗、主観的努力、タイピング時間と誤り、および 40 および 80 W での自転車こぎがありまたはなしでの 30 分間の運動中の認知機能をモニターした。	中等強度運動は、生理学的応答の増加を示し作業タスク実行時間を増加させるが、エラー率を増加させない。

22	Nayak T, Zhang T, Mao Z, Xu X, et al.	2018	脳波検査 (EEG) を用いて記録したヒト脳信号から、異なる室内温度 (22.2 および 30°C) よって起こる誘発されるオフィス作業中のパフォーマンスを予測することを試みた。	7名の被験者	EEG、皮膚温、心拍数、および温度調査問票を収集した。	EEG パワースペクトル密度 (PSD) の有効性は最も高い R^2 (>0.70) をもたらし、これは他の生理学的信号を予測因子として用いるよりも 17 倍高く、より頑健 (robust) であることを示した。
23	Alberdi A, Aztiria A, Basarab A.	2015	心理学的、生理学のおよび行動様式の 3 つの主な方法 (種類) に沿って測定されたストレスの最近の研究をレビューしまとめた。			

腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス

研究分担者 松平 浩 東京大学医学部附属病院 特任教授

研究要旨

少子高齢化の進展により労働供給に制約がある中で、特に高齢者雇用に対する社会的な配慮が必要となる。高齢労働者は、加齢による機能低下から作業負担が増加、就労困難/健康損失等の問題が生じ、生産性の低下にも繋がる可能性がある。特に腰痛は健康を損なう原因の上位を占めており、その対策は喫緊の課題である。

高齢労働者が健康的に働くことが出来、且つ生産性が確保できる職場づくりに、人間工学が注目を集めており、中でもエルゴノミクスは「人間と作業環境との適切な関係を人間の特性から究明する学問」として応用範囲が広く、工業製品デザイン・ソフトウェア設計、工場のライン設計などにも取り入れられている。

本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。

<研究協力者>

岡 敬之

東京大学医学部附属病院 特任准教授

イギリスでは疾病休業の12.5%が腰痛が原因であるといわれている²⁾。一方で、休務はしていない（出勤している）が仕事に影響のある状態（presenteeism）の影響はさらに大きく、日本人労働者での調査において腰痛のpresenteeismによる損失は3番目に大きい³⁾。

A. 研究背景および目的

少子高齢化の進展により労働供給に制約がある中で、限られた労働供給を効率的に就業に結び付けることは重要な課題であり、高齢者雇用に対しては社会的な配慮が必要となる。高齢労働者においては、加齢による機能低下から作業負担が増加、就労困難/健康損失等の問題が生じ、生産性の低下にも繋がる可能性がある。

特に腰痛は有訴者率が高い症状であり、人口1000人当たり、男性91.8人、女性115.5人である。また、腰痛症で通院している者の割合は人口1000人当たり、男性41.4人、女性56.6人である¹⁾。腰痛は仕事を含む生活に大きな影響があらわれる。腰痛により生活の質（QOL）は大きく損なわれる。仕事への影響の中で、疾病休業(absenteeism)の影響も大きく、

本邦での高齢労働の腰痛に関しては社会福祉施設などで増加傾向にあり、2019/11/27に開催された「第4回人生100年時代に向けた高年齢労働者の安全と健康に関する有識者会議」においても、働く高齢者の腰痛について一層の対策が求められるとされるなど、その対策は喫緊の課題である。

高齢労働者が健康的に働くことが出来、且つ生産性が確保できる職場づくりに、人間工学が注目を集めており、中でもエルゴノミクスは「人間と作業環境との適切な関係を人間の特性から究明する学問」として応用範囲が広く、工業製品デザイン・ソフトウェア設計、工場のライン設計などにも取り入れられている。

本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「転倒・骨折・腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。

B. 研究方法

医学中央雑誌および Ovid Medline で検索を行った。労働者、勤労者、腰痛、Occupational Injuries, Prevention & Control, 職場環境, エルゴノミクスなどの検索語を用い、医学中央雑誌では 3 件、Medline では 19 件がヒットした。アブストラクトの内容から本研究と関連があると考えられたのは 7 件であった。このうち入手可能だった 7 件の全文を読み、その中から主要な 1 文献を中心にレビューを行った。

倫理的配慮： 文献レビューであり、特に倫理的配慮は必要がない。

C. 研究結果

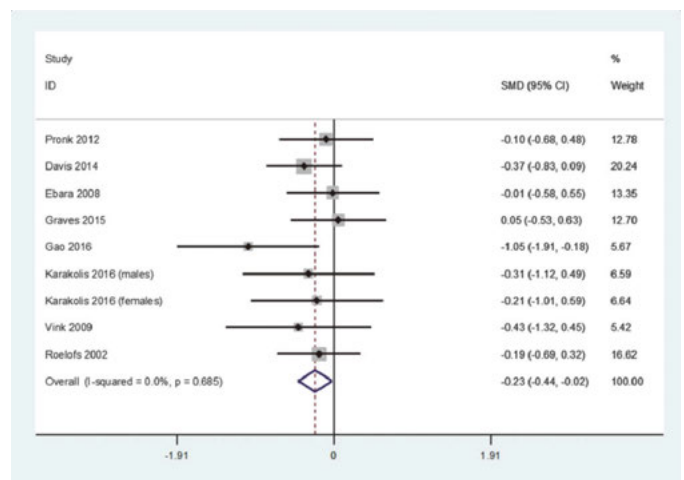
2016 年 11 月 17 日以前に公開された文献のメタ解析を実施し、腰痛に焦点を当てて、座位・立位ワークステーションと筋骨格不快感との関係を扱ったシステマティックレビュー⁴⁾に関して要旨をまとめた。

(背景情報)

- 米国労働者にて就業時間の約 3 分の 2 が sedentary である、NHANES 2003- 2006 の研究で米国成人の sedentary の時間を測定、1 日 8 - 9 時間であることが報告されている。sedentary なライフスタイルと中枢脂肪症、リポタンパク質リパーゼとの間に関連性があり、心血管系疾患を含めた死亡率が増加している。
- sedentary が主な原因であると考えられる身体的な不快感をオフィスワーカーの 60% が訴えている。
- コンピューター作業中の首と肩の筋肉の持続的な緊張は、痛みの発生の素因として特定されている。
- 長時間の静的姿勢を軽減し、生理学的およ

び生体力学的負荷を最小限に抑える作業位置の開発に多くの注意が向けられている。座位姿勢を比較すると、疲労と快適性に違いがあることを示され、たとえば、腕を支えて座り、背もたれの傾きを大きくすると、椎間板と背中の筋肉にかかる圧縮力が減少する。長時間座位では筋骨格痛が生じるだけでなく、これらの障害を治療せずに放置すると、重大な労働災害が発生し、医療費・労働生産性低下にて数十億ドルの経済損失が発生する可能性がある。

- トレッドミルデスクなどの運動ワークステーションは、長時間の座位に関連する筋骨格の不快感と心臓代謝の懸念に対処するために登場した。いくつかの研究では、座りがちな時間、肥満度指数、および筋骨格の不快感の減少が示されるものの、仕事のパフォーマンス上昇に関して結果は一



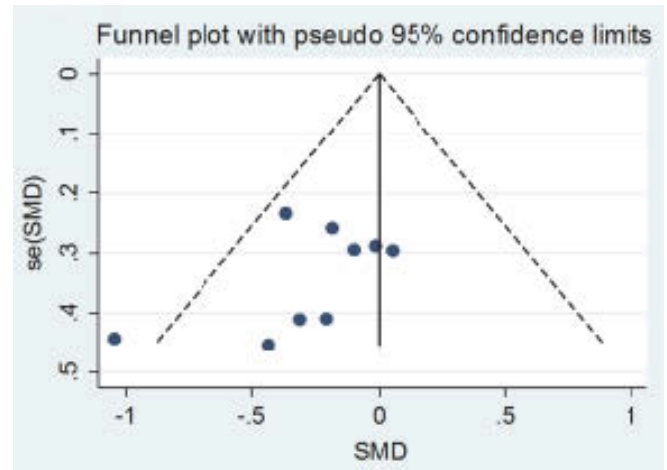
貫していない。高コスト、スペースを要する、ワークステーション上ですべての作業タスクを完了するのが困難であるなどの理由から、トレッドミルデスクは実用的ではない。

(結果)

- 2016 年 11 月 17 日以前に公開された文献のメタ解析を実施。Sit-stand workstation と筋骨格不快感との関係を検討
- 12 論文を Pick up, 8 論文でメタアナリシス
- Sit-stand workstation の筋骨格不快感に与え

る影響の標準化平均差(Standardised mean difference :SMD)は-0.2395 であり、95%信頼区間は-0.437~-0.023 であった。解釈に関しては以下に示す。

- 8 文献中、1 文献において (Karacollis,2016)が male と female に分けて結果が提示されているので、SMD の 95%CI が 9 つ提示されている。複数の研究において、同じ構成要素を測定するために異なるツールが使われている場合に連続データを統合するための SMD が用いられる。SMD は、もともとの測定単位ではなく、標準偏差 (SD) の単位として介入効果を表すもので平均差 (ベースラインから研究終了までの変化、または研究終了時の値) を当該研究の対照群での標準偏差で割ることにより、平均差を標準化したものである。
- コーエンによる効果サイズの解釈は、< 0.40:小さい効果、0.40~0.70:中等度の効果、> 0.70:大きい効果となっており、本研究の結果は小さい効果ということになる。
- funnel プロットにて公表バイアスを表示しているが「funnel プロットによって公表バイアスが評価できる前提として、精度が小さい研究から大きな研究まである程度、縦軸がばらつく必要があり、観察研究のように、症例数設計をしにくい場合は、精度は相対的に大きくばらつくはずであるが、無作為化臨床試験のように厳密な症例数設計を行う場合は、精度が研究間でばらつきにくいいため、funnel プロットによる公表バイアスの視覚的検討は困難である」ことから参考として提示している。



funnel プロットが左右対称性であれば横軸と縦軸の相関は 0 になることを利用して、ケンドールの順位相関係数を計算のうえ公表バイアスの有無を検定しており、本研究においては実質的な出版バイアスはない。

D. 考察

本研究では、適切なオフィス環境構築の参考事例を提示することを目的に「腰痛予防に資するオフィス環境・エルゴノミクスに関する国内外のエビデンス」に関する文献レビューを行った。

主要な 1 文献を中心にレビューを行い、Sit-stand workstation は特定の集団では筋骨格系不快感に効果量は少ないものの有益であることがあきらかになった。

腰痛予防に関して、適切な人間工学と高さ調節可能なワークステーションを使用する際に、個別のトレーニング/教育が必要とされる。現場への導入を考えて教育用の資材が必要となる。また勤務時間の 1 日を通して姿勢を変えることの重要性を想起させるようなシステムの構築が効果的であるものと予想される。

E. 結論

高齢労働者が健康的に働くことが出来、且つ生産性が確保できる職場づくりに、Sit-stand workstationを導入することは筋骨格系不快感に効果量は少ないものの有益であるものと予想される。教育資材やシステム構築を念頭に置いて、Sit-stand workstationの導入を視野に入れることも対策の一つとなり得る。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表・学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録

特に記載すべきものなし

I. 参考文献

- 1) 平成 28 年国民生活基礎調査
- 2) Bevan S, Quadrello T, McGee R, et al. Fit for work? Musculoskeletal disorders in the European workforce. The Work Foundation Report. 2012
- 3) Nagata T, Mori K, Ohtani M, et al. Total Health-Related Costs Due to Absenteeism, Presenteeism, and Medical and Pharmaceutical Expenses in Japanese Employers. J Occup Environ Med. 2018; 60(5): e273-e280.
- 4) Agarwala S, Sit-stand workstations and impact on low back discomfort: a systematic review and meta-analysis, Ergonomics 61(4);538- 552, 2018

WHOファクトシート

筋骨格系の症状 (Musculoskeletal conditions) 2019. 11. 26

重要事項

- 筋骨格系の症状は、身体的障がいの中で世界的に主要な要因であり、その中で腰痛は単独の障がい原因として第1位となっています。
- 筋骨格系の症状と傷が、高齢者に限られるのではなく、各年齢層を通じて広く存在します。3人に1人から5人に1人の割合の人々（子供を含む）に、筋骨格系の痛みがあります。
- 筋骨格系の症状が悪化すると、可動性や器用さが著しく制限され、仕事を早期にあきらめることにつながります。貯蓄した富を減少させ、社会的役割に参画する能力を低減させます。
- 持続的ながん性疼痛以外の痛みの症状のほとんどは、筋骨格系の症状に原因が求められます。
- 複数の疾患を抱える状態の中で、筋骨格系の症状は3分の1から半分と高い割合（特に高齢者において）で見られ、またうつ病との関連も非常によく見られます。
- 筋骨格系の症状は往々にしてうつ病と関連し、その他の慢性的な症状を引き起こすリスクを高めます。

© World Health Organization. この文書は、日本WHO協会がWHOのIPDセンターより提供されているファクトシートの一部を翻訳し、2019年3月にWHO本部より提供された最新情報に基づいて作成したものです。ファクトシートには、訳文部分以外に最新の情報や詳細情報へのリンク先が示されています。また最新事項に合わせて随時更新が行われますので、更新日時の確認をこのWHOホームページでの原文をご確認ください。
<http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/musculoskeletal-conditions>

- 高齢労働者の腰痛：糖尿病、高血圧、がん、心肺疾患等の併存症を増やし、早期リタイアにつながる

Schofield DJ, et al. Med J Aust 189, 2008

Sedentary lifestyle

- 座りすぎによるハザード比は、死亡1.24、糖尿病1.91

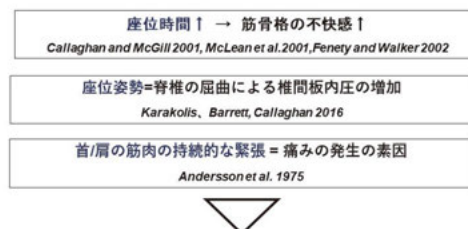
Biswas A, et al. Ann Intern Med 162, 2015

- 世界で一番座っている時間が長い国は？
日本 サウジアラビア 中央値が約7時間

Bauman A, et al. Am J Prev Med 41, 2011

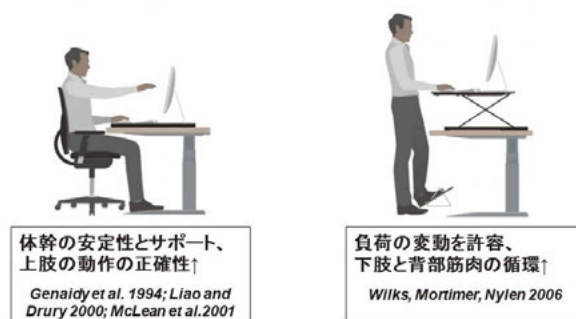
- 日本人が1日8時間座っていると死亡リスクは1.2倍

Inoue M, et al. Ann Epidemiol 2008



長時間の静的姿勢を軽減し、生理/生体力学的負荷を最小限に抑える作業環境が必要

Sit-stand workstationのほうが良い？



長時間の同一姿勢による負荷を軽減

Karakolis, Barrett, Callaghan 2016

Treadmills desk



長時間の座位に関連する筋骨格の不快感+心血管系疾患への対処が目的
Karol and Robertson 2015

Sedentary BMI 筋骨格の不快感
だが仕事のパフォーマンスに関して一貫性がない

Roelofs et al. 2002; Alkhajjeh et al. 2012; Ellegast et al. 2012

歩行により、タイピングやコンピューターワークなどの安定した手の姿勢を必要とするタスクを完了することが困難

John et al. 2009; Straker et al. 2009

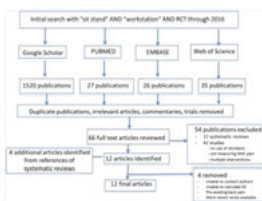
高コスト+高スペース+ワークステーション上ですべての作業タスクを完了するのが困難なため、実用的ではない

Sit-stand workstation=職場での座位時間を短縮するための提案されたソリューション、多くの企業が筋骨格系の不快感を軽減するために導入



12論文をPick up, 8論文でメタアナリシス

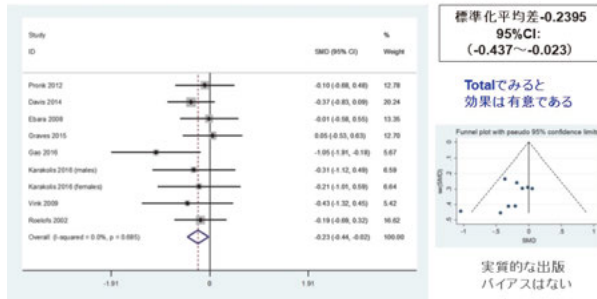
2016年11月17日以前に公開された文献のメタ分析を実施。Sit-stand workstationと筋骨格不快感との関係を検討



Agarwala S. Sit-stand workstations and impact on low back discomfort: a systematic review and meta-analysis, *Ergonomics* 61(4):538-552, 2018

筋骨格不快感の測定法

VAS: 1-100 (n = 3), NRS: 0-10 (n = 4), 5点スケール (n = 1)



1~2ポイントの変化 (0~10ポイントスケール) が患者集団で意味がある
Minimal Clinically Important Difference: MCID

- ①適切な人間工学と高さ調節可能なワークステーションの使用に関する個別のトレーニング/教育の必要性
- ②1日を通して姿勢を変えることの重要性を人々に思い出させるシステムを持つことの重要性
- ③Sit-stand workstationは特定の集団では多かれ少なかれ有益であり、身体の種々の部分にさまざまな影響を与える

Sit-stand workstationの使用で筋骨格系疾患の不快感がわずかに減少する

ただし、どの特定のレジメが最もインパクトがあり、有効かを特定する文献は不足している

- ブレイク(座りっぱなしの中断)すると死亡リスク↓

Diaz KM Ann Intern Med 167. 2017

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

報告書

発表者氏名	報告書名	巻号	出版地	出版年	ページ
武藤 剛 遠藤 源樹 花里 真道 橋本 晴男 齊藤 宏之 中村 裕之 横山 和仁 松平 浩	事務所衛生基準規則に関する研究—妥当性と国際基準との調和 労災疾病臨床研究事業費補助金 令和元年度総括・分担研究報告書 (本冊子)	令和元年度	神奈川	2020年	1-117

雑誌

発表者氏名	論文タイトル	発表誌名	巻号	ページ	出版年
武藤剛、石井理奈、 神田橋宏治、大矢めぐみ	遠隔機器やIoT・AI等を活用した産業保健活動の展開	保健の科学	62 (1)	45-51	2020

IV. 研究成果の刊行物・別刷

特集

IoT・AI, 遠隔機器を活用した保健・医療活動

遠隔機器やIoT・AI等を活用した 産業保健活動の展開

武藤 剛¹⁾, 石井 理奈²⁾, 神田橋宏治³⁾
大矢めぐみ⁴⁾, 横山 和仁⁵⁾

はじめに

IT機器等の技術革新により,これまで「現地・現物・現実」にて行われてきた産業保健活動に,変化が起き始めている。実際に,産業医による面接指導の一部では,法令にもとづくものとして,情報通信機器(遠隔機器等)の活用も補助的ななされてきている¹⁾。保険診療や医療の分野では,すでにオンライン機器等を用いた活動について,その功罪に関する学術的な検証や行政的な方針が少しずつ示されつつあり,産業保健活動でも今後同様の動きが見込まれる。

本稿では,労働衛生5管理の観点からその現状を整理し,展望を述べる。

1. 熱中症対策におけるIoT活用

筆者らが世話人の1人として2019年1月に日本産業衛生学会内に立ち上げた遠隔産業衛生研究会では,研究会設置申請書において,遠隔産業衛生の定義を「空間・時間的距離のある2点を結び付ける機器(デバイス,ネットワーク)を活用した産業衛生活動,すなわち,リアルタイム動画通信,

動画記録媒体,ネットワークプラットフォーム,ウェアラブルモニターセンサー(リアルタイム・記録媒体)等の機器を活用した産業衛生活動」としている²⁾。

現在,すでにわが国の労働衛生の現場で実用化されているIoTデバイスとして,まず,熱中症対策としての機器があげられる。近年の夏季酷暑の影響もあり,警備業や建設業,製造業のうち,特に労働者の単独作業が多い現場では,熱中症による労働災害防止に向けた取り組みとしての活用事例がみとめられる。

富通が開発した労働安全衛生,特に作業管理と作業環境管理におけるIoTシステムは,①GPSや加速度計による労働者の位置情報ならびに作業姿勢(座位,立位,臥位)情報,②労働者の生体モニター(心拍数ほか),③作業環境(1分ごとの温度,湿度,気圧等)計測情報等の収集を,各労働者のセンサー(腕時計型のバイタルセンシング・GPSバッジ)を介して,遠隔の管理者に伝達するものである(図1)³⁾。収集情報は独自のAIアルゴリズムによって解析され,①熱ストレスや身体負荷推定(心拍数と温湿度から算出),②転倒・転落検知(加速度や気圧から身体姿勢情報を

筆者:1) 武藤 剛 (北里大学医学部衛生学講師)

2) いしい りな (フェミナス産業医事務所)

3) かんだばし こうじ (合同会社DB-SeeD代表,としま昭和病院)

4) おおや めぐみ (順天堂大学医学部衛生学,千葉大学大学院医学研究院人工知能医学)

5) よこやま かずひと (順天堂大学客員教授,国際医療福祉大学大学院教授)

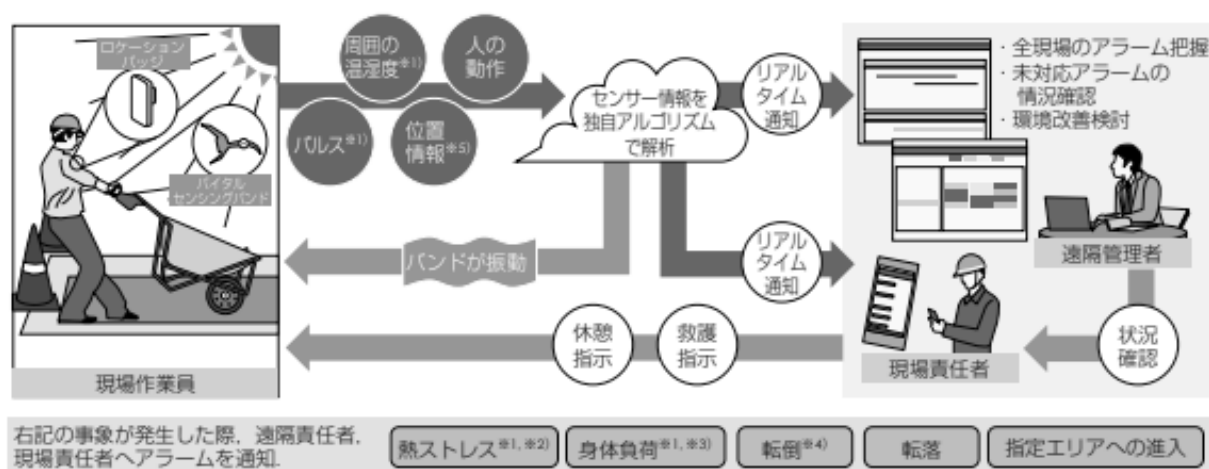


図1 熱中症対策としてのIoTシステム（富士通³⁾）

- ※1) バイタルセンシングバンドを装着時に対応。
 ※2) 熱ストレス：日本気象学会の「WBGTと気温、湿度との関係」をもとに、温湿度にパルス数を加えて算出。
 ※3) 身体負荷：カルボネン法などの指標をもとに、パルス数から算出した活動による身体負荷を推定。
 ※4) ロケーションバッジを使用した場合「転倒検知」、バイタルセンシングバンドを使用した場合「転倒の後、一定時間起き上がれないことを検知する」が可能。
 ※5) 屋内位置情報の取得にはロケーターまたは、ビーコンが必要。ロケーター使用時は、別途サーバなどの構築が必要。

算出)を行う。このデータはリアルタイムにフィードバックされ、①労働者本人へ休憩を促すバイブレーション通知（現場監督者へも同情報を通知）、②転倒や転落のおそれに対して監督者への救護指示・労働者の位置情報の提供という形で活用される。同様のIoTシステムは、他複数社からの提供や、さらに付加価値をつけた研究段階のシステムもみられ、今後さらなる発展が期待される。

2. オフィス空間でのIoT活用

同様に、作業員個人の位置情報を活用した職場マネジメントは、フリーアドレス（固定座席のない）オフィス室内執務空間でも活用されはじめている。ビーコン（Bluetooth low energy (BLE)：信号の周囲30メートル発信機）とスマートフォンを組み合わせた個人認証のリアルタイム可視化に留まらず、出勤日とその日の業務内容を認識してIoT制御のフリーアドレス用座席指定システム⁴⁾を導入する企業が少数ながら出てきている。

また、オフィス空間の室内環境と労働者の動

き、動線や姿勢をIoT制御することで、コミュニケーションを含めた働き方の最適化をめざす取り組みも実験段階として行われており、検証の成果と実装化が期待される^{5,6)}。具体的には、環境因子として光（照明）・温湿度・音・香り等に関する測定分析、労働者側の因子として座位・立位を含めた姿勢や動線、作業と休憩等の情報について、集約と最適化IoT制御をめざしている。

さらに、生産性向上と健康障害防止という観点に留まらず、健康経営の観点から、働くだけでより健康になるオフィスづくりにIoTを活用する取り組みもみられる⁷⁾。例えば、健康階段「ta-tta-tta」は、IoTを活用して、階段を利用するオフィスワーカーに、階段を昇ることをつい楽しく感じさせる映像を投影する技術である。階段に設置されたセンサーと労働者個人が持っているタグが連動し、個人の利用履歴に応じて変化する映像を、階段を昇るタイミングにあわせて投影することで、毎日の階段を昇る行動のモチベーションを高めるねらいがある。働き方改革とあいまって、テレワークやフレックス勤務の推進により、各オフィスワーカーがさまざまな時間・空間に点在し

資料1 リアルタイムモニターと小型カメラによる化学物質個人曝露の見える化
(中央労働災害防止協会⁸⁾)

VEM サービス
料金 ¥33,600~

○ビデオカメラとセンサーを使い
ばく露を「見える化」する。

○測定後、測定結果を元に今後の
対策について指導を行う。
※システム上で実施可能。実施に成功しない



「見える化」で問題解決をサポート

○作業環境測定や
特殊環境計測の結果が不備
「見える化」でばく露やばく作を特定し、
適切な改善方法や適切な作業方法を指導します。

○リスクアセスメントの実施
健康のリスクアセスメントを進めるために、
「見える化」でばく露状況を把握し、
ばく露をばく作を特定します。

3 Stepで「見える化」

Step1
事前打ち合わせ
「見える化」についての説明と打ち合わせを
行います。「見える化」にはビデオカメラに
よる作業の映像とモニタリング装置による
測定データを同時発生させるシステムを用います。

Step2
測定
作業中にリアルタイムモニターとウェアラブル
カメラを装着し付け、作業中測定を行います。
測定時間は、事前打ち合わせで決定します。

Step3
結果説明・指導
測定結果について、関係者の皆様に説明します。
今後の対策について一緒に話し合うと共に、
専門家としての指導を行います。

まずは最寄りの安全衛生サービスセンターまでご連絡ください

労働安全衛生センター	03-3432-3576
大阪労働安全センター	06-6448-3454
北海道労働安全サービスセンター	011-512-2031
東北労働安全サービスセンター	023-267-2871
関東労働安全サービスセンター	03-5484-6701
中部労働安全サービスセンター	052-682-1731
中国・四国労働安全サービスセンター	082-2384-6701
九州労働安全サービスセンター	092-437-1554

もっとばく露を知ることができる JISHA 中労防

ながら仕事をする働き方が一般的になる中で、労働衛生3管理の観点からも、各個人と職場環境双方から得られた情報のIoT管理の必要性は、今後さらに大きくなると考えられる。

3. 化学物質管理におけるIoT活用

わが国でも化学物質曝露の3管理における個人曝露測定の知見が増えており、そのツールとしてリアルタイムモニターを活用する事例がある。

もっともシンプルなのは、直読式計器（リアルタイムモニター）を作業者の体に装着して曝露物質を連続的に測定し、その記録状況から、作業後に経時的な曝露について評価できるものである。このリアルタイムモニターと小型動画カメラを組み合わせたシステムはすでに実用化されており（資料1⁸⁾）、具体的にどの作業現場のどの作業工程で個人曝露への影響が大きいのか、詳細な分析と対策に向けた重要なデータを得ることが可能である。また、測定データを別地点へ送信して遠隔制御を行う機器も実用化されており、ガス検知器やVOC（揮発性有機化合物）モニターを労働者に装着して連続的な測定を行ってコントロール室

へ送信するものもある。アラームやパニック警報、マンダウン警報機能（センサーが一定時間、動きを感知しない場合に自動で警報を発報することで、労働者が倒れた場合の警報となる）が搭載されている場合は、緊急時の対応も可能となる。さらに、熱中症対策機器と同様、GPSの位置情報も活用して、個人曝露測定・リアルタイムモニターと同期させながら、より詳細かつリアルタイムな曝露源の特定と双方向の対応を可能とする機器も開発中である。

4. 産業医等、産業保健スタッフによる面談における遠隔機器の活用

医療の現場では、平成30年度診療報酬改定でオンライン診療料が新設され、遠隔診療の制度面での整備が行われつつある。労働安全衛生5管理の中でも健康管理等の領域で、面談に遠隔機器を活用する動きは徐々にみられるが、その運用方法や労働者への効果、安全性等の評価については未検証の部分が多い。

労働安全衛生法ならびに厚生労働省通達では、2019年10月現在、労働者に対する医師の面接指

導のうち、長時間労働者に対する面接指導とストレスチェック制度（労働者の心理的な負担の程度を把握するための検査）に伴う面接指導の2つに関して、「原則として直接対面によって行うことが望ましく、情報通信機器を用いた面接指導を行った場合も、労働者の心身の状況を把握し、必要な指導を行うことができる状況で実施するのであれば、直ちに法違反となるものではない」との形で、遠隔機器を併用して活用することが容認されている¹⁾。この中では、実際の運用にあたっての前提・留意要件があり、①衛生委員会で調査審議して事前に労働者に通知すること、②（実施医師について）i）当該事業場の産業医、ii）過去1年以上、当該事業場の健康管理を担当、iii）過去1年以内に当該事業場の職場巡視をした、または面談対象者と直接対面の指導を行った、③（面談環境について）i）相互に表情・顔色・声・しぐさなど確認できる（音声のみの電話は認められない）、ii）プライバシーへの配慮、iii）情報セキュリティの確保（情報漏洩や不正アクセス対策）、iv）機器操作の容易さ、v）緊急時対応の体制、等が示されている。

労働安全衛生法の体系は、原則として事業場単位での活動である。しかし従来型の1カ所の大工場での集団集約型の労働現場から、時間・フレックス勤務・空間（多施設での小規模分散型事業や、テレワークといった個別行動での勤務）的な多様性に富んだ労働形態が広がっている現在、「原則として直接対面」を維持しつつも、「現実として遠隔機器を用いた面談を併用」している場面は少なくないと想定される。上記の法令・通達で容認されている長時間労働者面接指導・ストレスチェック実施後の面接指導の2つに留まらず、職場復帰面談や健康相談等、活用範囲は実際には徐々に広がっているのが実情である⁹⁾。

実際の運用方法については各産業医をはじめとする産業保健スタッフが、事業場の実際や緊急時の対応可否等に応じて手探りでやっているのが現実とされる。特に、どの状況で直接対面を必須とするか（どの状況であれば、遠隔機器活用面談

が容認されるか）、実際の通信技術や面談場所のセキュリティ・プライバシー確保の担保等について、見解は定まっていない。診療・医療に資する対応¹⁰⁾や、これまで行われてきた海外駐在員向けの遠隔支援の実践¹¹⁾に準じて、産業保健領域での指針づくりが望まれる。なお、近年「オンライン産業医等の名称で、原則オンライン完結型と解釈できかねない産業保健サービスを打ち出す事業者が散見される。冒頭に述べたように産業保健活動は、労働安全衛生法をはじめとする法令等を遵守しながら、労働安全衛生5管理の原則に沿った実践によりはじめて成り立つものである。産業医をはじめとする産業保健スタッフの役割は、事業者との信頼関係とともに独立した中立性を基本とする。職場巡視による事業場（作業環境）や労働者の就業状況（作業そのもの）に対する理解を基本としてはじめて産業医・産業保健スタッフとしての意見が可能となるものであり、オンライン面談のみでの対応（もしくはそれを主体とする対応）では、臨床医・医療機関スタッフとしての健康相談・意見の域を出るものになりえない。オンラインを主体とする活動は、法令違反と指摘されうるばかりか、産業保健活動の実践の根幹を踏まえ、保健活動の質を安易に低下するものと考えざるを得ない。労働者自身へ提供される産業保健サービスの質の向上をめざした遠隔機器の活用について、事業者を含めた周知が重要と考えられる。

5. 遠隔機器による健康推進・ヘルスプロモーションへの展開—産業保健—

高齢者医療確保法にもとづく特定保健指導に関しては、2013年よりICTを活用した遠隔保健指導が認められている^{12,13)}。それに付随して、禁煙（ニコチン依存症）やNASH（非アルコール性脂肪肝炎）、睡眠、腰痛（筋骨格系慢性疼痛）等の生活習慣関連疾患について、健康保険組合を主体としたオンライン指導・IoT・アプリの開発が進んでいる。その一例として、例えば、SNSで不調の



資料2 首こり肩こり・腰痛予防改善プログラムアプリ
「se・ca・ide (self care guide サービス)」
(se・ca・ide¹⁴⁾)

改善予防に役立つ健康運動の習慣化をめざし、1日1分人工知能のガイドによるセルフケアの実現を図るアプリの実証実験が行われている(資料2)¹⁴⁾。

このような遠隔機器を用いた健康推進、ヘルスプロモーション活動の特徴として、対象者が楽しみながら取り組むことができた場合の継続性の高さがあげられる。さらに、個人にダイレクトに介入できる特性から、対象者が所属する事業場の規模等によらずサービスを提供できる点がある。中小事業場における産業保健活動の充実化は、これまで長年の課題であったが、アプリ等による労働者への直接介入ツールの登場は、事業場規模による産業保健サービス提供の格差を、根幹から解消する可能性を秘めている。ただし、アプリが提供するサービス内容自体が保健・医療・科学の観点から妥当なものであることが前提となるのは論を待たない。健康保険組合の医療職や事業場の産業保健スタッフが、各々の専門職としての観点から適切なツールを選び、紹介することの重要性は肝に銘じる必要があろう。

6. AIを活用した産業保健・ヘルスプロモーション活動

人工知能(AI:機械学習やディープラーニング)が産業保健活動に活用しようという試みも、すでに始まっている¹⁵⁾。筆者らは、全国約100健

保が保有する、被保険者の定期健診ならびに医療レセプトが突合されたデータセットを活用し、AIをヘルスプロモーションや行動変容支援に活かす分析を行っている。労働安全衛生法にもとづく定期健康診断で血糖・脂質・血圧の項目で受診勧奨レベル判定となった、未治療者約50万人の医療機関治療/受療行動を追跡して解析した上で、このデータセットをもとに、training: test set=5:5や7:3でランダム分割して、図2に示す各アルゴリズムのうちもっとも高い検出性能(AUC)を有するモデル構築を行った(論文投稿中)。この予測モデルからは、健診時の採血・問診項目結果から、医療機関受診勧奨レベル判定となった対象者が、その後1年間に実際に受療行動をとるかどうかの予測が可能となり、産業保健スタッフがどの対象者を健康支援のターゲットにするか戦略を立てる際の重要な個別化予測情報となりうる(図2)。同様の考え方で、職場のメンタルヘルス対策や熱中症、治療と仕事の両立支援へ既存ビッグデータをもとにしたAI活用モデルが構築されつつあり、今後の実装展開が期待される。

7. 遠隔機器を活用したD to D連携や、産業保健スタッフ自身の教育・実践活動の質の向上へ向けて

保険診療の枠組みでは、放射線や病理の画像診断に関してD to D(医師間)連携にオンライン機器を活用する仕組みが進んでいる。同様に産業保健の分野でも、D to D連携に遠隔機器を活用できる可能性がある。例えば、職場復帰支援を含む、治療と仕事の両立支援の分野では、こころの健康問題のみならずがんを初めとするさまざまな疾病において、職場復帰時に産業医と主治医の連携が必要となる場面がある¹⁶⁻¹⁸⁾。現在は文書(主治医意見書/両立支援様式)や産業保健スタッフが労働者(患者)本人と主治医外来に同行する形の連携が多いが、遠隔機器の活用により、本人の同意を前提とした医療機関と職場の連携がより円滑に行われ、結果として両立支援を大きく推進する可能

Algo리즘	関数/ R パッケージ名
generalized linear model	glm/ caret
Artificial neural networks	nnet/ caret
K-nearest neighbors	knn/ caret
Random forest	rf/ caret
Support vector machines (radial kernel)	svmRadial/ kernlab
Gradient boosted trees	xgb Tree/ xgboost
Lasso regression	glmnet (with glmnetUtils)
Ridge regression	glmnet (with glmnetUtils)

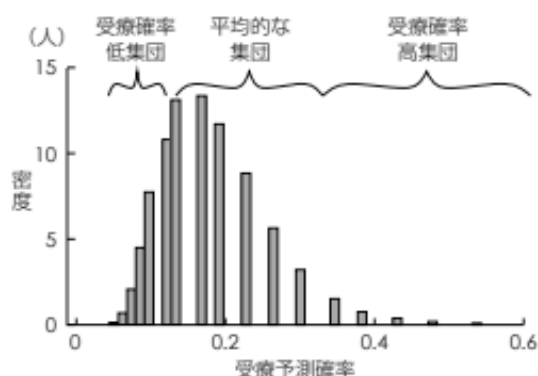


図2 機械学習アルゴリズム (左) と、それらを活用した定期健診後受療行動予測モデルによる分析例 (右)

性がある。D to D 連携に留まらず、事業場内での総括管理として、遠隔地での衛生委員会での活用についても検討の余地がある¹⁹⁾。

さらに遠隔機器を活用することで、産業医間のD to Dを推進することも技術的に可能である。多くの嘱託非常勤産業医や産業看護職は、一事業場を単独で担当していることが多いため、困難事例を抱えた際の相談先が少ないことが従来より指摘されてきた。臨床という医局に存在するものが産業保健領域で少ない中、遠隔機器を活用することで、駆け出し産業医・産業看護職がベテランの先輩にコンサルトすることで、専門職が提供する産業保健サービスの質の向上に寄与できる可能性が高い。今後のシステムづくりと効果検証が期待される。

おわりに

IoT や遠隔機器の技術進歩はめざましく、技術先行により産業保健の領域での活用が手探りで進んでいるのが実態である。関連法令の理念に則りながら、労働者・事業者双方の利益となるべく、5 管理と中立公正な立場の原則を念頭に、実践サービスの質の向上を旨とした技術の有効活用と効果検証が期待される。

本研究内容の一部は、厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金「事務所衛生基準規則に関する研究一委

当性と国際基準との調和（令和元-3 年度、代表武蔵剛）」による。また執筆に際し、花里真道千葉大学准教授、橋本晴男東京工業大学教授、松平浩東大教授、吉村健佑千葉大学教授、片桐諒子国立がん研究センター分析疫学研究室研究員らに貴重のご助言をいただいた。謝して記す。

文 献

- 1) 厚生労働省：情報通信機器を用いた労働安全衛生法第 66 条の 9 第 1 項及び第 66 条の 10 第 3 項の規定に基づく医師による面接指導の実施について。基指 0915 第 5 号、2015.9.15. <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/pdf/150918-2.pdf> (2019 年 11 月 27 日現在)
- 2) 日本産業衛生学会：遠隔産業衛生研究会. <https://enkaku-sangyoisei-kenkyukaijimdosite.com/> (2019 年 11 月 27 日現在)
- 3) 富士通：IoT 安全管理支援ソリューション. <https://www.fujitsu.com/jp/solutions/innovative/iot/uware/solutions/svuw-aa/> (2019 年 11 月 27 日現在)
- 4) SIOS：キーボード・ソリューションズ、フリーアドレス用座席指定システム「オフィスダーツ」. <https://i.sios.com/news/press/20180920-kps-darts.html> (2019 年 11 月 27 日現在)
- 5) オカムラ：未来のオフィス空間 [point 0 marunouchi] において実証実験を開始. http://www.okamura.co.jp/company/topics/office/2019/point_0_start.php (2019 年 11 月 27 日現在)
- 6) 竹中工務店：新たなワークスタイルを促す空間デザインの効果を検証. <https://www.takenaka.co.jp/news/2016/08/01/index.html> (2019 年 11 月 27 日現在)
- 7) 竹中工務店：生きる場所をつくる健康。健康階

- 段「ta-tta-tta」IoTでオフィスの階段利用を促進する新技術. <https://kenkou-kenchiku.jp/case/20181101/> (2019年11月27日現在)
- 8) 中央労働災害防止協会 (中災防): 大阪労働衛生総合センター. ばく露の見える化「VEMサービス」. https://www.jisha.or.jp/oohsc/VEM_service/index.html (2019年11月27日現在)
 - 9) 北田昇平: 産業保健における遠隔面談の有用性について. 精神科治療学, 34(2): 181-184, 2019.
 - 10) デジタル・フォレンジック研究会「医療」分科会, メディカルITセキュリティフォーラム合同委員会: 「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」対応のための手引き Ver1.00. 2016. <https://digitalforensic.jp/wp-content/uploads/2016/02/idfmitsf-medi-guideline-160301-Ver1.00.pdf> (2019年11月27日現在)
 - 11) 岸本泰士郎: 日本医療研究開発機構によるJ-INTEREST研究の概要と成果. 精神科治療学, 34(2): 153-157, 2019.
 - 12) 厚生労働省: 特定保健指導における情報通信技術を活用した面接による指導の実施について. 健発0801第1号, 保発0801第8号, 2013. https://www.mhlw.go.jp/bunya/shakaihoshou/iryousu0001/dl/info03j-130822_01.pdf (2019年11月27日現在)
 - 13) 厚生労働省: 情報通信技術を活用した特定保健指導の初回面接の実施について. 健発0209第9号, 保発0209第8号, 2018. <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-1240000-Hokenkyoku/0000196587.pdf> (2019年11月27日現在)
 - 14) se・ca・ide: 肩こり首こり腰痛予防改善プログラムアプリ. <https://www.secaide.me/> (2019年11月27日現在)
 - 15) 日本産業衛生学会: 産業保健AI研究会. <https://www.sanpoai.com/> (2019年12月6日現在)
 - 16) Muto G et al.: Information exchange using a prescribed form and involvement of occupational health nurses promotes occupational physicians to collaborate with attending physicians for supporting workers with illness in Japan. Industrial Health, 57(1): 10-21, 2019.
 - 17) 武藤 剛ほか: 疾病と就労の両立支援—産業医と主治医の連携の観点から—. 産業医学ジャーナル, 39(4): 90-94, 2016.
 - 18) 武藤 剛ほか: 嘱託産業医と主治医の連携. 保健の科学, 57(9): 595-602, 2015.
 - 19) 厚生労働省: 産業医制度の在り方に関する検討会報告書. 2016. <https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000146365.html> (2019年11月27日現在)

