

H-061 28℃オフィスにおける生産性・着衣・省エネルギー・室内環境に関する研究
 (4) 温熱・空気環境実測調査

武蔵工業大学

工学部

岩下剛

平成18～20年度合計予算額 9,890千円
 (うち、平成20年度予算額 2,655千円)

※上記の合計予算額には、間接経費2,283千円を含む

[要旨] 地球温暖化対策技術の一つとして、冷房室温を28℃に設定することが考えられる。室温を28℃にすることによって懸念されるのが執務パフォーマンスの低下である。特に温熱環境と空気環境の相互作用について調査し、室温上昇が室内空気質及び作業効率に及ぼす影響を考察した。また作業効率の評価を、作業量という視点だけではなく、注意力、エラー発生率などの観点から評価する手法について提案した。平成18年度は室温上昇が室内空気質へ及ぼす影響の文献調査および実験を行い、平成19年度は28℃設定による体臭成分の変化及び在室者のCO₂吐出量の変化に関する実験及び28℃室温設定に騒音の発生という二重アノイアンス条件下での作業効率を調査する実験を行った。平成20年度は平成18～19年度に開発した実測手法を用い、実際のオフィスにて5カ月に渡る実測を行った。具体的な実施内容は以下の通りである。

- 1) 室温と作業効率・知覚空気質に関する文献調査 (平成18年度)
- 2) 室温がビデオ視聴内容の記憶に及ぼす影響に関する実験 (平成18年度)
- 3) 室温が在室者のCO₂発生量に関する影響の実験 (平成19年度)
- 4) 室温が室内体臭成分VOCへ及ぼす影響に関する実験 (平成19年度)
- 5) 28℃室温条件下で杉材の香りが知覚空気質に及ぼす影響 (平成19年度)
- 6) 28℃室温および交通騒音発生が作業効率に及ぼす影響 (平成19年度)
- 7) 28℃室温および通常冷房設定室温を設定した実際のオフィスにおける実測 (平成20年度)
- 8) 体臭によって汚染された室内空気の臭気強度とVOC濃度に関する調査 (平成20年度)

[キーワード] 室温、作業効率、知覚空気質、注意、覚醒

1. はじめに

室内環境が作業効率に及ぼす研究は、1919年に英国でメッキ工場の労働者の月別生産高と外気温との関係を調査したVernon¹⁾の研究以来、数多く行われている。特に、1924年から1932年にかけて米国のウェスタン・エレクトリック社ホーソン工場で行なわれた「生産効率と照明に関する研究」は有名であり、後の研究に大きな影響を与えた。このホーソン実験では、当初、労働生産性の規定要因として、物理的作業環境が仮定され、労働者は<刺激一反応>という単純な図式で行動すると考えられていたが、結果はこの仮説を支持しなかった²⁾。すなわち、照度を変化させても、生産率の変動に有意な影響は見られなかったのである。明るさを弱めても生産高が減少すること

はなかった理由として、職場に形成される非公式集団の規範や個人の感情や個人的事情など、主観的な要素が重要な役割を果たしていることが考えられた²⁾。この研究を受けて、実験操作環境自体ではなく、被験者の意識から行動が変化することを「ホーソン効果」と呼んでいる。ホーソン効果の影響を避けるためには、被験者の意識を考慮した実験ツールを作成することが重要である。

Wyon³⁾は、室内環境の作業効率への負の効果は、執務時間を減らしたり、モチベーションを下げたり、作業の正確さを減少させたりすることにつながる忌避行動(avoidance behaviour)のような任意の行動反応(voluntary behavioural response)メカニズムによって発生するという仮説を挙げている。ここでは作業量とは別に作業の正確さという視点も取り入れられている。

Fangら⁴⁾は在室者一人当たり10L/sの外気量を供給した状態で、温熱環境を20°C/40%rh、23°C/40%、26°C/60%に変化させ、また3.5L/sの状態でも20°C/40%にした条件も設定して、温熱環境がパフォーマンスへ及ぼす影響を調査し、環境条件が作業パフォーマンスに有意な影響を及ぼさなかったことを報告している。

2. 研究目的

本研究で計画している実験は、温度条件が作業効率に与える影響を調査するものであるが、特にホーソン効果が少なくなるように実験を計画することに配慮した。その対応の一つとして、被験者が意識的に作業の実施を知覚できないような作業を、被験者に課すことを計画した。精神作業のパフォーマンスは、[1]覚醒・集中(vigilance)、[2]統制(control)、[3]論理(logic)、[4]記憶(memory)、[5]創造性(creativity)の5項目によって考えられると、Wyon³⁾は述べている。著者らが、既往研究^{4), 5), 6)}で用いてきた、一位加算作業、校正作業、パソコン画面上の対象物追跡作業、計算作業などは、五項目では、主に[2]、[3]の項目によって遂行される作業であり、被験者が与えられた一定の時間に作業速度を統制して遂行できるため、被験者への動機付けによっては、ホーソン効果が顕著に見出される可能性がある。一方、他人の話を、内容のもれなく聞き取り再生する、というような作業は、[1]、[4]の項目に主に関連する作業であり、集中力は必要であるが、被験者による作業遂行の統制は行なわれないため、ホーソン効果が環境影響を上回る可能性は少ないと思われる。そこで、平成18年度の研究では、実験者の用意した情報を、被験者がどの程度、もれなく獲得できるかを確認する作業を課すことにした。具体的には、TV番組のビデオを被験者に視聴させ、その内容記憶の程度を、作業効率として捉え、室温の違いが作業効率へ及ぼす影響について検討することを目的とした。平成19年度の研究では、28°C設定という従来の冷房設定温度からの室温上昇による在室者由来の体臭成分VOC変化を検討し、また室温上昇による在室者のCO₂吐出量の変化を検討することを目的とした。室内空気質が劣悪な場合、在室者の代謝量は低下し、CO₂吐出量は減少するとの報告⁷⁾がされているからである。また、28°C設定における香りの知覚空気質への影響、28°C設定における騒音の作業効率への影響を調査することも平成19年度の研究目的の一つとした。平成20年度は、それまでに開発・検討を行った実測手法を実際のオフィスにて用いることとした。実測対象オフィスでは、夏季は通常、25°Cの室温設定を行っているが、7月末から8月初頭にかけての2週間のみ特別に室温緩和をおこなってもらい、28°Cに近い室温設定において実測を行った。平成20年度の実測では、実際に執務している社員を被験者として用いることとした。また、室温上昇とともに在室者からの体臭発生量が増加すると想定されるが、そのような空間において嗅覚パネルの申告する臭気強度とVOC濃度との関係を調査し、体臭のVOC成分を算定することも平成

20年度の研究目的の一つとした。

3. 研究方法

(1) 室温と作業効率・知覚空気質に関する文献調査（平成18年度）

室温と作業効率、室温と知覚空気質に関する文献調査を行い、具体的な作業量の測定方法や作業に影響を及ぼす知覚空気質の項目を整理した。

(2) 室温がビデオ視聴内容の記憶に及ぼす影響に関する実験（平成18年度）

低めの冷房設定温度を想定した室温22°C、高めの室温を想定した29°C、その中間を想定した25°Cの室温条件を設定した実験を行った。3つの実験条件は重複しない被験者をそれぞれ50名用いている。実験では、TV番組のビデオを視聴した後、番組内容に関する問いに答えることを作業としたため、異なる条件の被験者間に、記憶力の差が潜在的に存在している場合、温度環境の作業への影響を調査することができない。そこで、実験終了後に、記憶力テストを、各条件の実験日に実施した。その、各条件の被験者間に有意な記憶力の差はみられなかった。

この研究では、被験者が視聴したTV番組ビデオの内容を、両条件において、どの程度、把握しているかを調査することを目的としている。被験者に視聴させるTV番組としては、「NHKクロズアップ現代、『あなたの家がゴミになる時』（30分間）」を使用した。被験者は入室後、ビデオ視聴に関する説明を受け、30分間、室内で待機した。ビデオ上映後、番組内容の確認テストを配布し、5分間で回答してもらった。その後、室温の設定温度を26°Cに変更し、室温がほぼ26°Cになったところで、記憶力テストを実施した。

(3) 室温が在室者のCO₂発生量に及ぼす影響の実験（平成19年度）

28°C設定にした場合に空気質が悪化したとすると、空気質悪化による作業効率の低下が考えられる。空気質が良好でない場合、代謝が低下し在室者のCO₂吐出量が低下することが報告されている。作業効率の評価ツールとしてCO₂吐出量を用いることができれば有用である。そこで、表4-1に示す実験条件に被験者を暴露し、実験中に測定したCO₂濃度及び換気量から、在室者一人あたりのCO₂吐出量を求めた。

表4-1 在室者のCO₂発生量に関する実験の条件

条件名	条件A	条件B	条件C	条件D	条件E	条件F	条件G	条件H
在室人数(人)	58	46	5	5	5	5	13	13
室温条件(°C)	27.5±1.2	24.9±0.5	25.8±0.8	27.6±0.9	25±0.7	27.4±1.3	24.8±0.4	27.7±0.6
在室時間(分)	75		30					
室容積(m ³)	302		22				120	
想定される汚染源	体臭		体臭+杉材				体臭+騒音	

(4) 室温が室内体臭成分VOCへ及ぼす影響に関する実験（平成19年度）

非喫煙空間において、主な空気汚染物質発生源は体臭及び建材といわれている。シックハウス問題への対応の結果、建材から発生するホルムアルデヒド、トルエン、キシレンなどの化学物質濃度の量は減少したが、人体から発生する体臭成分に関しては明確でない。室温が上昇すること

により人体からの体臭成分VOCの発生量が増すことが考えられるため、室温上昇の影響だけでなく、体臭による知覚空気質の悪化が作業効率低下につながる可能性がある。そこで表4-2に示す実験条件のもと、被験者実験を行った。

表4-2 室内体臭成分VOCに関する実験の条件

	条件A	条件B	条件C
在室人数	58	46	56
室温 (°C)	27.5	24.9	23.2
在室時間 (分)	75		
室容積 (m ³)	300		

(5) 28°C室温条件下で杉材の香りが知覚空気質に及ぼす影響 (平成19年度)

28°C温度設定オフィスのように、比較的高温の室温設定をされた (以下、温度緩和状態) 空調空間では、より設定温度の低い空間に比べて作業効率が低下することが懸念される。室温上昇による作業効率低下の因果関係は明確ではないが、室温上昇による覚醒感の低下が原因の一つとして考えられる。そこで、温度緩和状態において、木の香りの発生を行い、香りが在室者の覚醒感へ及ぼす影響を調査する。表4-3に示す実験条件を設定した。なお、実験室は、壁面、床面、天井面が無垢の杉材で構成されている杉材室、および床の表面がウレタン塗装のオーク無垢材、壁4面と天井がともに石膏ボードを使用している対照室の2室を使用した。香りへの暴露の有無は、被験者が杉材室もしくは対照室に入ることによってコントロールした。被験者は各条件に30分曝露され、その時間中は5分ごとに知覚空気質アンケート項目に回答した。

表4-3 杉材の香りが知覚空気質に及ぼす影響実験の条件

	室温 (°C)	実施室
実験タイプ A	25	杉材設置室
実験タイプ B	25	標準室 (対照室)
実験タイプ C	28	杉材設置室
実験タイプ D	28	標準室 (対照室)

(6) 28°C室温および交通騒音発生が作業効率に及ぼす影響 (平成19年度)

実験操作環境自体ではなく、被験者の意識から行動が変化し、見掛け上、物理量と作業効率とに関係がみられない「ホーン効果」は、単一物理量に曝露された場合に顕著と考えられる。たとえば室温も高くさらに騒音も激しい場合、被験者は二重の障害 (アノイアンス) によって作業効率が低下することが考えられる。そこで、実際に生起するであろう二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響の度合いを考察する実験を行った。また個々のアノイアンスが単独で存在する実験条件も設定し、室温と騒音の個々の影響の度合いについても考察した。実験は10名の被験者を用い、表4-4に示す実験条件を設定した。騒音⁸⁾は交通騒音が記録されたCDを再生する状態とし、この状態を組み合わせた。被験者は入室後45分座位状態で在室した後、30分間の作業を行った。作業は問題A、B、Cの3種類からなり、作業を遂行した後、5分間アンケートに答えた。問題A、B、Cは企業の採用活動に使用される、業務活動に必要な言語能力や数学・理学的能力を測定するWeb

上の試験問題^{9)~13)}を抜粋したものである。問題Aは示された一次方程式の空欄の数字を選択肢より選ぶ問題である。問題Bは示された一つの表と設問から答えを導き出し選択肢より選択する問題であり、計算は四則演算で解けるものである。問題Cは示された長文を読み、趣旨にあった選択肢を選ぶ問題である。問題A、Bに関しては電卓の使用を許可している。作業課題を表4-5に示す。

表4-4 実験条件

条件	室温条件	騒音	実施順序
I	25°C	なし	1
II	25°C	あり	4
III	28°C	なし	3
IV	28°C	あり	2

表4-5 作業内容

問題	問題名	問題内容	解答時間
A (25)	四則逆算	例題： $4+6+8=\square/4$ \square に当てはまる数を求める。	5分*
B (20)	表の読み取り 及び計算	表を見て簡単な問に答える。	10分
C (10)	文章読解	900字程度の文章を読み、文章の趣旨又は筆者の訴えと一致するものを選択肢から選ぶ。	10分

() 内の数字は出題数

(7) 28°C室温および通常冷房設定室温を設定した実際のオフィスにおける実測（平成20年度）

2008年夏季に、神奈川県にあるT社オフィス内にて、室温を25°Cまたは28°Cに設定した状態で室内温湿度、CO₂濃度の連続測定及びVOC濃度測定を行った。表4-6に測定項目及び測定機器を示す。在室者は執務時間内に室内環境に関するアンケートと自覚症しらべの回答及び10分間の作業課題を行った。作業課題は企業の採用活動に使用される、業務活動に必要な言語能力や数学・理学的能力を測定するWeb上の試験問題を抜粋した問題A、Bの2種類からなる。作業内容を表4-7に、問題B出題例を表4-8に示す。ここで述べる問題Aおよび問題Bは平成19年度の研究で用いたもの（表4-5に表記）と同じ問題である。

実測は5階建オフィスビルの4階東（在籍人数22人）、4階西（同7人）で行い、通常設定室温は25~26°Cであり、7月28日~8月8日の間28°C設定とした。図4-1に4階オフィス平面図を示す。

アンケート調査及び作業課題実施は7月末（7月22日~25日）、28°C設定期間後半（8月4日~8日）、8月末（8月25日~29日）に行った。表4-9にアンケート回答者数及び作業課題解答者数、また、実施したアンケート項目より抜粋し、表4-10に温熱環境に関する項目を、表4-11に空気環境に関する項目を、表4-12に作業損失要因に関する項目を示す。執務者には、上述した期間内、任意の時間帯に（昼休み直後、出社直後、外出先から戻った直後を避け、通常実務の延長線上の時間帯で実施するよう、注意書きをした上で）アンケート及び作業課題を行ってもらった。

表4-6 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
温度 相対湿度	メモリー付温湿度計 (T&D 社)
CO ₂ 濃度	デジタル CO ₂ モニター (リオンテック社)
VOC 濃度	GC/MS(パーキンエルマー社)
	加熱脱着装置 (パーキンエルマー社)
	エアースAMPLER(柴田科学株式会社)
	テナックスチューブ(SUPELCO社)

表4-7 作業内容

問題			問題数
A	四則逆算	例題：4+6+8=□/4 □に当てはまる数を求める。	25問
B	表の読み取り	表を見て簡単な問に答える。	10問

※問題A、Bそれぞれ5分間ずつ行った

表4-8 問題B出題例

【トウモロコシの品種改良の実験結果】				
(単位: 千t, %, 千ha)				
品種名	収穫量	(前年比)	作付面積	(前年比)
J01	70	136	20	101
J02	40	183	10	101
J03	1166	103	338	105
J04	302	142	74	96

前年のJ03の作付面積はおよそ何千haか。最も近いものを以下の選択肢から1つ選びなさい。
 A: 99(千ha) B: 151(千ha) C: 216(千ha)
 D: 322(千ha) E: 355(千ha)

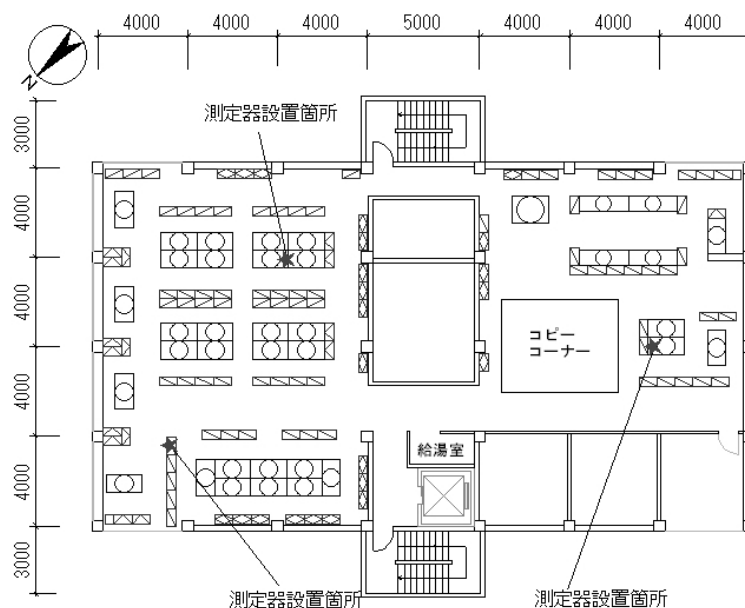


図4-1 実測階平面図

表4-9 アンケート回答者数及び作業課題解答者数

期間	7月末 (7/22~7/25)	28℃設定 (7/28~8/8)	8月末 (8/25~8/29)
条件	通常室温	28℃	通常室温
人数	19<16>	9<8>	9<7>

<>内は作業課題解答者人数

表4-10 温熱環境アンケート項目

質問項目	回答項目 (評価数値)
体全体として温度の感じはいかがですか？ (温冷感)	寒い (-2) やや寒い (-1) 適当 (0) やや暑い (1) 暑い (2)
体全体として湿度の感じはいかがですか？ (乾湿感)	低い (-2) やや低い (-1) 適当 (0) やや高い (1) 高い (2)
体全体で風のあたりが気になりますか？ (気流感)	気にならない (1) あまり気にならない (2) やや気になる (3) 気になる (4) 非常に気になる (5)
放射熱(窓際での夏の太陽熱や冬の窓面からの冷たい感じ)が気になりますか？ (放射熱感)	
上半身と下半身で温度差が気になりますか？ (上下半身の温度差)	
温度の変動が気になりますか？ (温度変動)	
現状の温熱環境に満足しておられますか？ (温熱環境満足度)	不満 (-2) やや不満 (-1) どちらともいえない (0) やや満足 (1) 満足 (2)
以上の温熱環境は仕事の効率にどのような影響を与えていますか？ (温熱環境影響度)	低下させている (-2) やや低下させている (-1) どちらともいえない (0) やや高めてくれる (1) 高めてくれる (2)

表4-11 空気環境アンケート項目

質問項目	回答項目 (評価数値)
室内の空気の汚れが気になりますか？ (汚れ感)	気にならない (1) あまり気にならない (2) やや気になる (3) 気になる (4) 非常に気になる (5)
室内の空気のとどみ(換気が不十分、空気の新鮮さが不足している)を感じますか？ (とどみ感)	
室内で何かにおいが気になりますか？ (臭気感)	
室内でほこりっぽさが気になりますか？ (ほこり感)	
現状の空気環境に満足しておられますか？ (空気環境満足度)	不満 (-2) やや不満 (-1) どちらともいえない (0) やや満足 (1) 満足 (2)
以上の空気環境は仕事の効率にどのような影響を与えていますか？ (空気環境影響度)	低下させている (-2) やや低下させている (-1) どちらともいえない (0) やや高めてくれる (1) 高めてくれる (2)

表4-12 作業損失要因アンケート項目

質問項目	回答項目 (評価数値)
作業を損なっている主な障害は何ですか？ 1~5の中から大きい順に3つまで数値で記載ください。他に障害となっている要因があればその他の欄に記述ください。 (作業損失要因)	1. 光環境 2. 温熱環境 3. 空気環境 4. 音環境 5. 空間環境 その他
お伺いしたような室内環境(1~6)は作業状態や作業のし易さにどのような影響を与えていると考えられますか？ (作業状態への影響)	低下させている (-2) やや低下させている (-1) どちらともいえない (0) やや高めてくれる (1) 高めてくれる (2)
作業への集中のし易さはいかがですか？ (作業への集中)	し易い (1) ややし易い (2) 普通 (3) ややし難い (4) し難い (5)

(8) 体臭によって汚染された室内空気の臭気強度とVOC濃度に関する調査 (平成20年度)

実際のオフィスでは在室者からの体臭発生以外にも、建材、パソコン機器、書類、什器など様々な空気汚染物質が存在する。そこで、在室密度の比較的高い居住空間を作成し、被験者を在室させて実験を行うことにより、体臭由来のVOC濃度と、対象空気を嗅いで申告した臭気強度との関係を調査し、体臭による空気汚染をVOC濃度で表現することを試みた。従来、体臭の指標としてはCO₂濃度が広く用いられているが、CO₂は無臭のガスであり、体臭の一成分ではない。

実験は容積 6m^3 の第3種機械換気設備をもつ居室大チャンバーで行い、被験者3人がチャンバーに40分在室した。チャンバーの換気量を変化させ、異なる空気質レベルを設定した。なお、室内臭気強度の評価には、嗅覚疲労を起こしていると考えられる在室者ではなく、来室者を想定した嗅覚パネルを用いた。嗅覚パネルはチャンバーに入室することなく、室外からチャンバー内臭気を嗅ぎ、臭気強度を申告した。

4. 結果・考察

(1) 室温と作業効率・知覚空気質に関する文献調査（平成18年度）

Wyon¹⁴⁾は、室内環境の作業効率への負の効果は、執務時間を減らしたり、モチベーションを下げたり、作業の正確さを減少させたりすることにつながる忌避行動のような任意の行動反応メカニズムによって発生するという仮説を挙げている。Fangら¹⁵⁾は在室者一人当たり 10L/s の外気量を供給した状態で、温熱環境・換気量を変化させ、環境因子がパフォーマンスへ及ぼす影響を調査し、環境条件が作業パフォーマンスに有意な影響を及ぼさなかったことを報告している。

このようにホーソン効果の影響は大きいと考えられるため、本研究ではホーソン効果を生じさせない配慮をすることにし、以下の実験を計画した。

(2) 室温がビデオ視聴内容の記憶に及ぼす影響に関する実験（平成18年度）

被験者に回答させた9つの質問における各質問別の正解率（正解者数/被験者数）を図4-2に示す。なお、条件間に有意差があったものを*で示してあるが、*の数と危険率 p との対応を図題下に示す。図中折れ線で繋いでいる値は 22°C 、 25°C 、 29°C の3条件の平均正解率である。

質問の順序は番組の進行内容の順序になっており、番組冒頭の内容である質問1を除くと、条件間で正解率に有意差があったのは、質問2、質問6、質問7、質問9である。質問6、質問7、質問9では室温の低い条件の正解率が室温の高い条件よりも高くなっているのに対し、質問2では 29°C 条件の正解率が 25°C を上回っていた。図4-3に各質問において「覚えていない」という選択肢を選んだ人の割合（以下、覚えていない率）を示す。番組冒頭部の内容である質問1を除くと、番組後半の内容に関する質問である質問7、質問8、質問9において 29°C 条件の覚えていない率が突出していることがわかる。一方、 22°C 条件と 25°C 条件では覚えていない率に有意差がない。

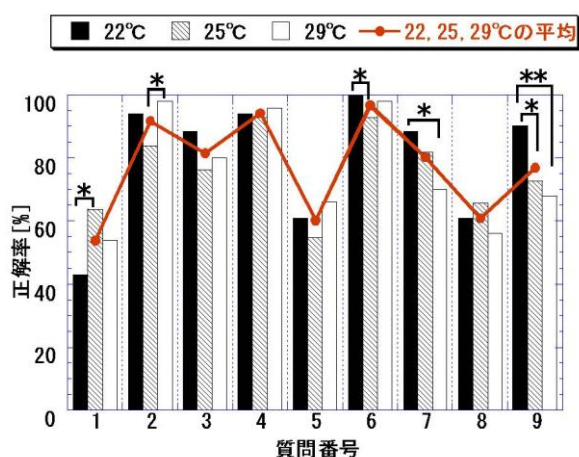


図4-2 各質問ごとの正解率
(** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$)

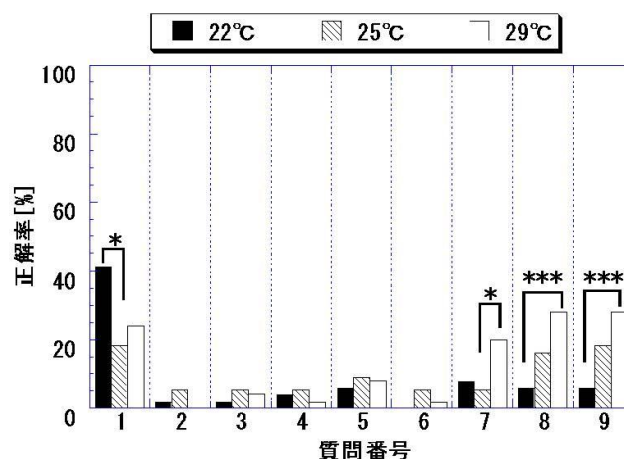


図4-3 各質問ごとの覚えていない率
(*** : $p < 0.005$, * : $p < 0.05$)

(3) 室温が在室者のCO₂発生量に及ぼす影響の実験（平成19年度）

表4-1に示した各実験条件において測定した換気量及び室内CO₂濃度から、在室者一人当たりのCO₂吐出量を算定した。在室者一人当たりのCO₂吐出量とそのときの室温との関係を図4-4に示す。両者の相関は低く、室温上昇に起因する知覚空気質の悪化がCO₂吐出量を低下させる傾向はみられなかった。

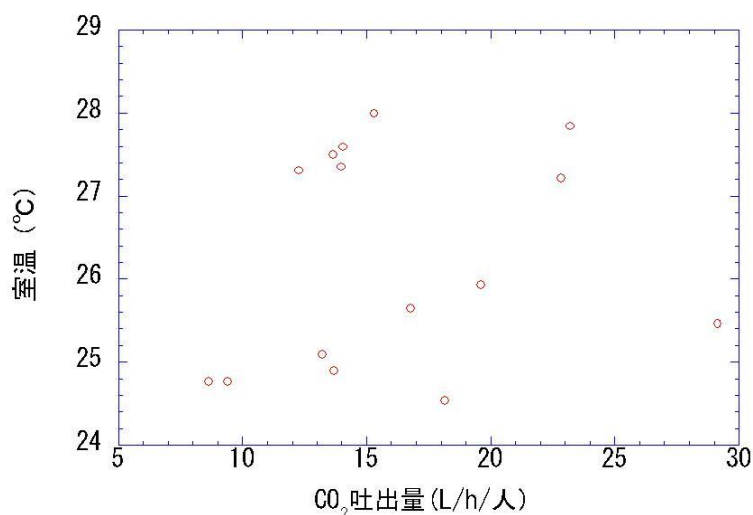


図4-4 室温とCO₂吐出量との関係

(4) 室温が室内体臭成分VOCへ及ぼす影響に関する実験（平成19年度）

表4-2に示した実験条件で被験者を室内に在室させ、在室中にVOC濃度を計測した。図4-5に示す各条件の空気成分クロマトグラムを見ると、トルエンの左右に人体由来と思われるVOCが3種類あった。これを保持時間の小さいものからa、b、cと呼ぶ。ピークaのマススペクトルとオクタン酸分解物のマススペクトルを比較すると、一致率が高いことから、ピークbもオクタン酸分解物と考えられ、同様にして、ピークcは、ヘキサナールと考えられる。図4-6に上記のa、b、cのVOCの濃度から算出した在室者一人あたりの発生量を示す。温度が高い条件ほど人体由来VOCはピークbを除き、高濃度になることがわかった。室温の高い環境に、人が曝露されることで発汗等により人体からの生体発散物質の放散が増加することが考えられる。

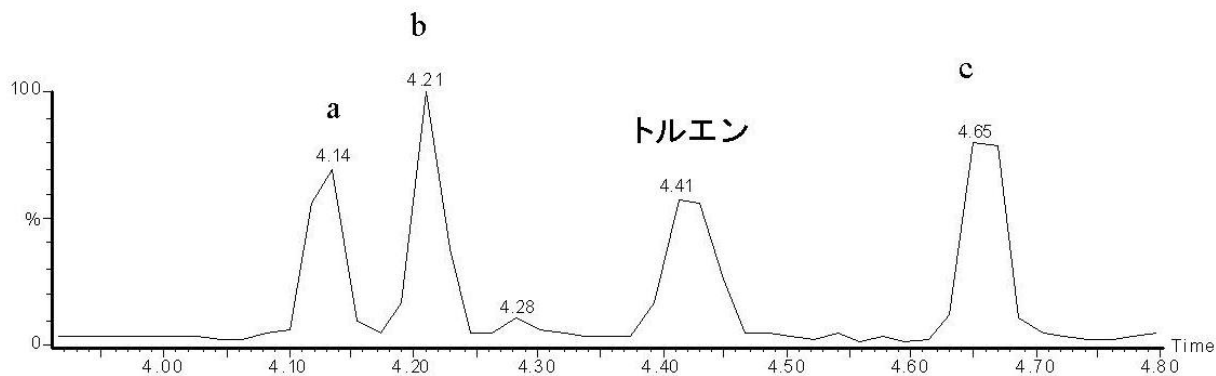


図4-5 人体由来と考えられるVOC (a,b,c)

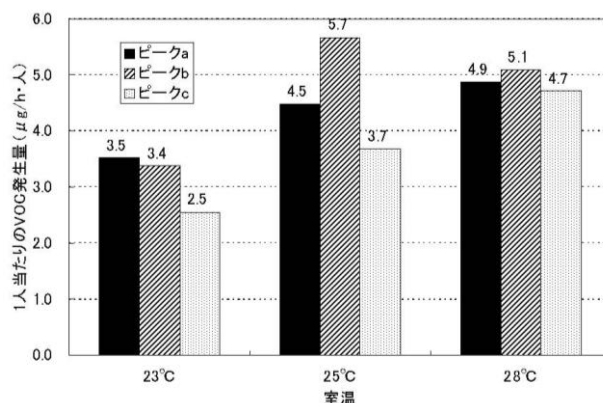


図4-6 人体由来VOCの発生量

(5) 28°C室温条件下で杉材の香りが知覚空気質に及ぼす影響（平成19年度）

図4-7に各実験条件における臭気強度申告値の経時変化を示す。嗅覚疲労のため、臭気強度申告は入室後、経過時間とともに減衰傾向であったが、28°C杉材室のみは入室後30分が経過しても、他条件よりも高い臭気強度が申告された。図4-8に入室直後と、退室直前に回答した「集中のしやすさ感」アンケートの申告結果を示す。同一温度の28°C杉材室と28°C対照室を比べると、28°C杉材室の方が集中しやすいと申告されており、杉の香りの効果がみられた。

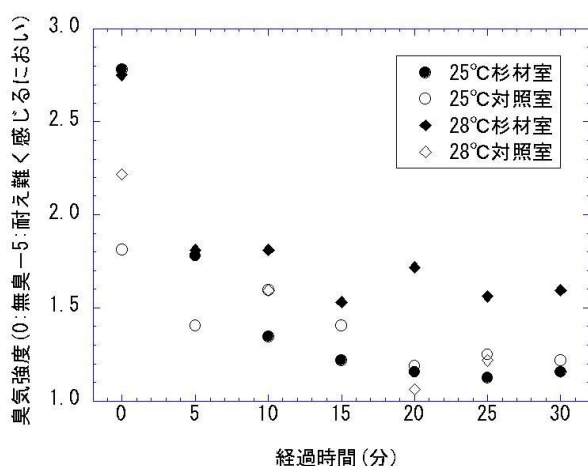


図4-7 臭気強度申告値の経時変化

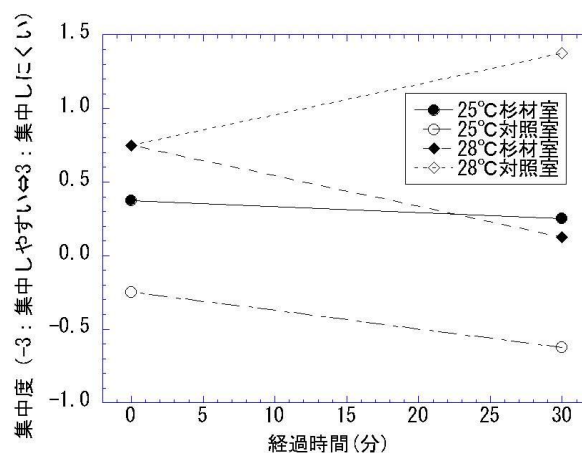


図4-8 集中のしやすさ感

(6) 28°C室温および交通騒音発生が作業効率に及ぼす影響（平成19年度）

表4-5に示した作業課題の問題A、B、Cの各条件における被験者10名の平均正解数を図4-9に示す。なお、条件間の有意差がある場合は図中に有意差の程度を*印で示してある。問題Aにおいては騒音のある条件Ⅱ、Ⅳが条件Ⅰ、Ⅲに対し有意に正解数が多い結果となった。また、騒音のない状態では25°C環境である条件Ⅰが28°C環境である条件Ⅲに比べ有意に作業効率が高かった。問題Bにおいては騒音のない条件Ⅰ、Ⅲが条件Ⅱ、Ⅳに対し有意に正解数が多い結果となった。また、騒音のない状態では条件Ⅰが条件Ⅲに比べ有意に作業効率が低かった。問題Cにおいては各条件下においても正解数に大きな差はなく、騒音・温度条件による作業への影響はみられなかった。図

4-10に自覚症しらべのⅠ群ねむけ感、Ⅱ群不安定感、Ⅲ群不快感の平均申告値を示す。これより、各申告値に騒音の有無による差は見られなかったが、室温による差は見られ、28℃環境であった条件Ⅲ、条件Ⅳにおける申告値が高い結果となった。特に二重アノイアンスを与えた条件Ⅳは条件Ⅰに対し有意に不安定感と不快感の申告が高かった。

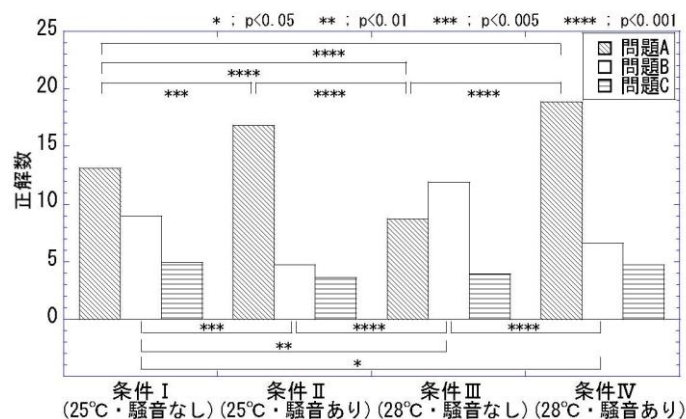


図4-9 作業課題平均正解数

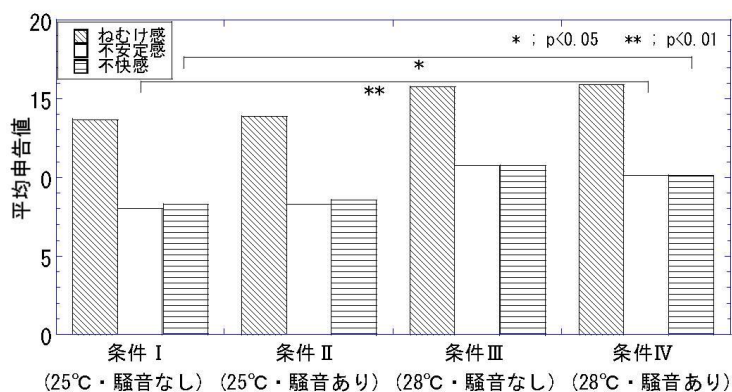


図4-10 自覚症しらべ平均申告値（群別）

(7) 28℃室温および通常冷房設定室温を設定した実際のオフィスにおける実測（平成20年度）
 (7-1) 物理量

表4-13に各期間における、オフィス内の平均室温、平均相対湿度、平均CO₂濃度を示す。表4-13より、28℃設定期間外の7月末、8月末において平均室温は25℃～26℃に保たれていた。平均相対湿度においてはほぼ50～60%であった。CO₂濃度については、各期間で大きな差は見られない結果となった。

表4-13 各期間平均室内温度・相対湿度・CO₂濃度

項目	7月末	28℃期間	8月末
温度 (°C)	25.3±0.3	27.4±0.5	25.6±0.4
相対湿度 (%)	51.9±3.5	50.9±3.6	59.9±5.7
CO ₂ 濃度 (ppm)	609±31	566±57	657±52

(7-2) 作業効率調査テスト

図4-11に作業効率調査テストの解答数を、図4-12に全体正解率を示す。図4-11より解答数は問題Aでは有意に28℃設定期間に減少した。また8月が7月に対して有意に少ない結果となった ($p<0.05$)。問題Bに関しては28℃設定期間が最も少ない結果となったが、28℃設定期間と8月との間に有意差は見られなかった。図4-12より全体正解率に関しては、問題Aにおいて7月に対し28℃設定期間が有意に低下したが ($p<0.05$)、問題Bにおいては7月、28℃設定期間が8月に対し有意に高い結果となった ($p<0.05$)。これより問題A、Bの解答数及び問題A正解率には室温緩和による影響があると考えられるが、問題B正解率においては有意な影響が見られなかった。

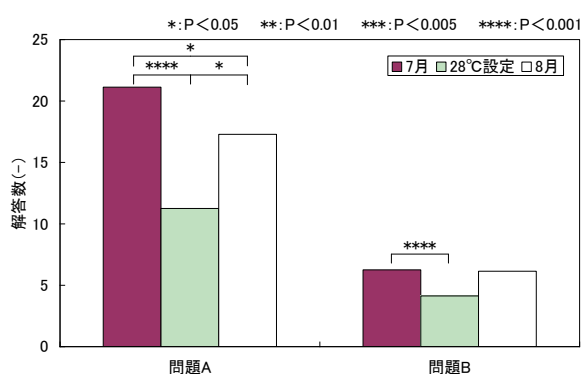


図4-11 解答数

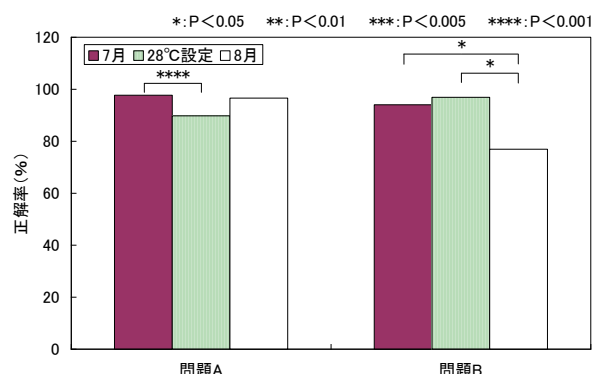


図4-12 全体正解率

(7-3) アンケート申告

図4-13に温冷感、乾湿感、温熱環境満足度、温熱環境作業影響度の平均申告値を示す。28℃設定期間において温冷感が有意に暑いという申告を示し ($p<0.001$)、乾湿感には有意に湿っているという申告を示した ($p<0.001$)。温冷感の増加は室温緩和によるものと考えられる。乾湿感もまた28℃設定期間に有意に増加したが、表4-13より28℃設定期間に相対湿度の上昇は見られなかったため、在室者は室温が上昇したことを相対湿度の上昇とも捕らえたと考えられる。また温熱環境満足度においては28℃設定期間と8月において有意差が見られ ($p<0.005$)、8月のみ満足側の申告となった。28℃設定期間で最も満足度が低い原因として温冷感、乾湿感の上昇が影響していると思われる。温熱環境作業影響度に関しては全期間において作業効率を低下させる側の申告となった。

図4-14に空気環境満足度及び空気環境作業影響度を示す。満足度に関しては全期間満足側の申告が、作業影響度に関してはやや低下させる側の申告が得られ、空気環境評価に対して28℃環境による明確な変化は見られなかった。

図4-15に環境因子別作業損失点数を示す。作業損失点数は「作業を損なっている主な障害は何ですか？1～5（光・温熱・空気・音・空間環境）の中から大きい順に3つまで記載ください。」という質問に対し1位を3点、2位を2点、3位を1点として数値化したものである。2位、3位は任意の回答であり、またアンケート期間によって回答人数が異なるため期間による点数比較は出来ない。図4-15より在室者は全期間において温熱環境を最も作業を損失させる原因としている。2位には7月及び28℃設定期間では音環境を、8月では空気環境を挙げ、3位には7月では空間環境、28℃設定期間では空気環境、8月では音環境を挙げており、温熱環境以下では音環境、空気環境の回答が比

較的多く得られた。

図4-16に作業集中困難度平均申告値を示す。作業集中困難度は期間による明確な差は得られなかったが、ここで作業集中困難度については3が「普通」であることを考慮すると28℃設定期間のみ、し難い側の申告が得られた。

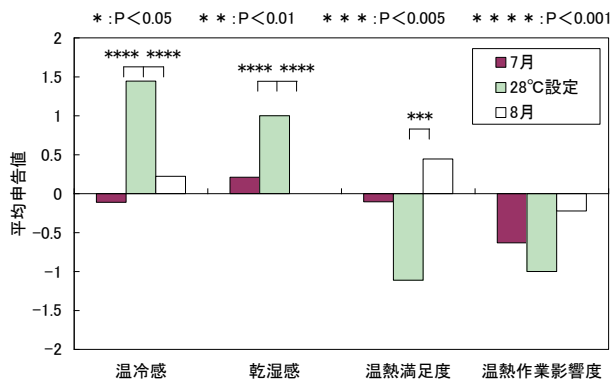


図4-13 温熱環境評価平均申告値

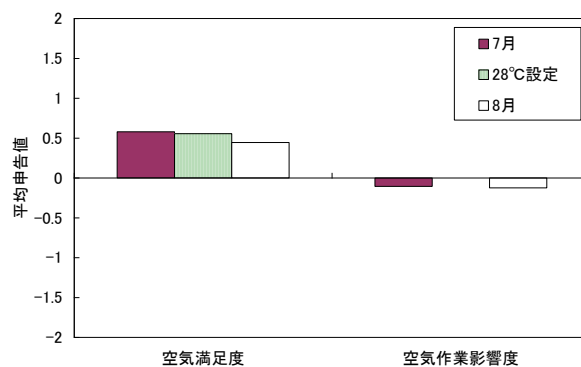


図4-14 空気環境評価平均申告値

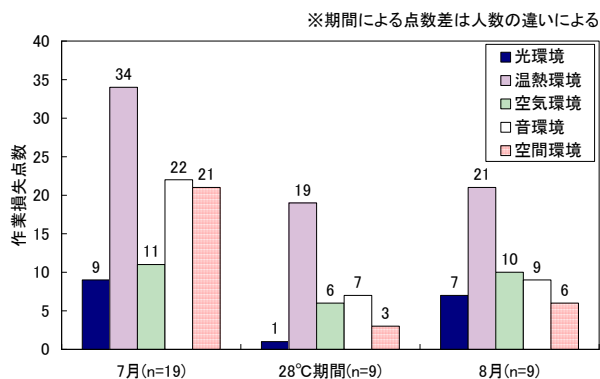


図4-15 作業損失原因

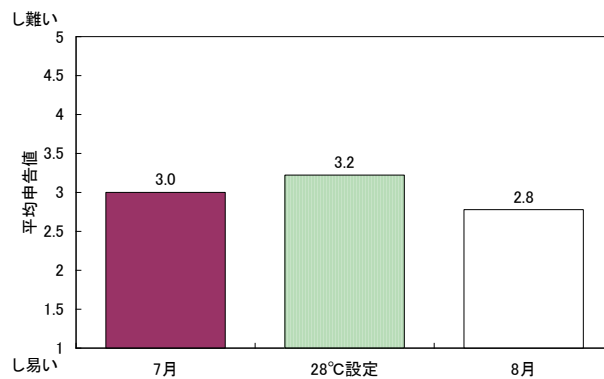


図4-16 作業集中困難度 (作業のし難さ)

(7-4) 作業効率と室温緩和

図4-17に室温と解答数、正解率との相関図を示す。問題A、Bの解答数と問題Aの正解率では、温度が上昇するほど成績が低下する負の相関が見られたが、問題Bの正解率には高い相関は見られなかった。解答数(処理速度)には覚醒感が関与し、正解率には注意力が関与すると仮定すると、覚醒は約3℃の室温緩和により阻害されたと考えられる。一方、注意力においては問題Aの様な単純作業においては阻害されたが、問題Bの様な、より複雑な作業においては阻害されなかったと考えられる。

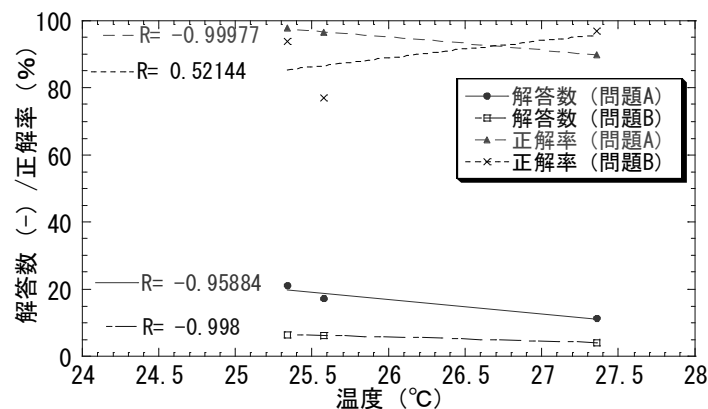


図4-17 温度と作業効率の相関

(8) 体臭によって汚染された室内空気の臭気強度とVOC濃度に関する調査（平成20年度）

図4-18に嗅覚パネルの申告した臭気強度とノナナル、デカナル濃度との関係を示す。VOCはこれら以外にも測定したが、定量ができ、臭気強度申告と高い相関が得られたものは、この2物質であった。臭気強度申告は尺度の0が「無臭」、1が「かすかに感じるにおい」、2が「軽度を感じるにおい」、3が「強く感じるにおい」、4が「非常に強く感じるにおい」、5が「耐えがたく感じるにおい」である。図4-18をみるとデカナル濃度と臭気強度申告との相関が高く、体臭の指標としてデカナル濃度を用いることが可能ではないかと考えられる。

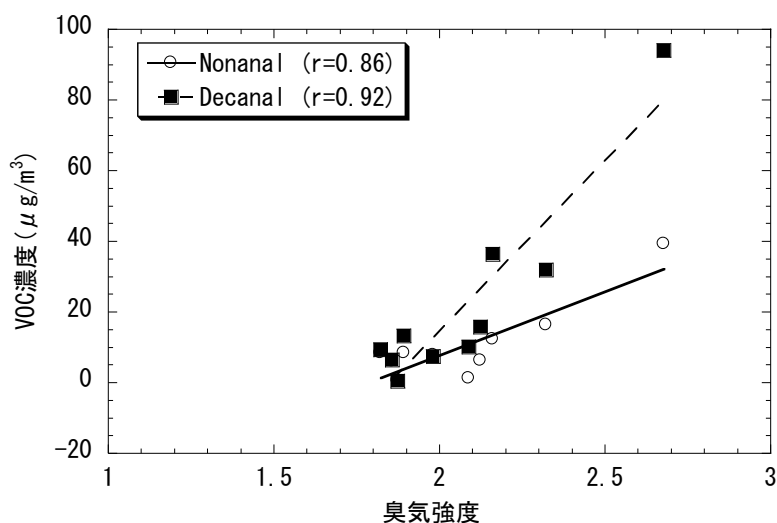


図4-18 臭気強度とノナナル、デカナル濃度との関係

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) オフィスを想定した室温 22°C、25°C、29°Cの実験条件において、室温の高い条件の方が、被験者の自己申告による覚醒感、精神的な気分、集中のしやすさに関するアンケート項目において、ネガティブ（不快）側の申告をしていた。数値や語句の組み合わせを問うような、難易度の中程度の問いでは、22°Cの条件が25°C、29°Cの条件よりも高い正解率が得られた。これは、

室温が高いことによる覚醒の低下が、被験者のビデオ視聴時の注意力を低下させ、正解率に影響を及ぼしたものと考えられる。(平成18年度)

- 2) 温度条件の違いは、ビデオ視聴1ヵ月後、3ヵ月後の長期記憶には有意な影響を及ぼさなかった。(平成18年度)
- 3) 24~28°Cの室温に被験者を在室させ、室内CO₂濃度及び換気量から在室者一人あたりのCO₂吐出量と室温との関係を求めた。その結果、室温上昇による知覚空気質の低下が、CO₂吐出量の減少を引き起こす現象はみられなかった。(平成19年度)
- 4) オフィスを想定し、23°C、25°C、28°Cの実験条件において被験者を在室させ、人体からの体臭成分のVOCの同定を行った。その結果、生体発散物質の成分と考えられる低級脂肪酸が3種類検出され、その放散量は室温の上昇とともに増加する傾向にあった。(平成19年度)
- 5) 25°Cおよび28°Cの室温条件で杉の香りを発生させた結果、杉材が設置された室では標準的な内装である対照室よりも「集中しやすい」という申告が得られた。これは杉の香りの作業効率向上への効果と考えられる。しかし、28°C杉材室では刺激感申告値および超微粒子濃度も高いため、これらを抑制するための対策(換気等)が必要であろう。(平成19年度)
- 6) 25°Cおよび28°Cの室温条件、交通騒音の発生あり・なしという二重アノイアンス下において被験者を在室させ、作業課題の遂行およびアンケート調査を実施した。その結果、騒音および室温は在室者の作業効率へ影響することがわかり、特に騒音は作業効率に大きく影響を及ぼしていた。騒音が作業効率へ与える影響の正負は作業内容によって異なり、単純作業においては騒音があることによって在室者の覚醒感が増加し作業成績が上昇し、文章の理解や表の探索など複雑な作業においては騒音が作業の妨げとなっていた。(平成19年度)
- 7) 室温緩和による温熱・空気質環境の変化が作業効率に与える影響を实在オフィスで実測した。その結果、室温緩和による在室者の作業速度の低下傾向が見られた。しかし複雑な作業においては室温緩和による注意力の阻害は見られなかった。また室温緩和によって在室者の温熱環境評価が低下したが、空気環境評価及び集中容易度に変化はなかった。(平成20年度)
- 8) 体臭によって汚染された室内空気の臭気強度とVOC濃度との相関を調査した結果、ノナル濃度およびデカナル濃度と臭気強度申告との相関が高かった。(平成20年度)

(2) 地球環境政策への貢献

夏季の室温を28°Cにすることによる省エネ効果が期待される一方、室温上昇による作業効率の低下が懸念される。しかし、作業効率にはいくつかの側面があり、本サブテーマの研究結果では、作業速度という側面は室温緩和の影響がみられたが、作業の正確性という面には有意な影響がえられなかった。室内環境の質は、快適性、満足度、覚醒など個々人にとって感度の異なる因子を介して作業速度へ影響が表れると思われる。全体的な制御、平均的な制御のみでなく、個別的、局所的な環境制御を行い、省エネルギーが図られれば、地球環境政策への寄与にもなると思われる。今後、作業の質を含めた環境制御について研究を進める予定である。

6. 引用文献

- 1) H.M. Vernon: The Influence of hours of work and of ventilation on output in tinsplate manufacture., Industrial Fatigue Research Board, Report No.1, H. Majesty's Stationery Office, 1919

- 2) E. Sundstrom and M. Sundstrom: Work Places, The Psychology of the physical environment in offices and factories, Cambridge University Press, 1986 (邦題：仕事の場の心理学、西村書店), 1992
- 3) D.P. Wyon: Creative Thinking as the Dependent Variable in Six Environmental Experiments: A Review, Proc. of Indoor Air 96, Vol.1, 419-422, 1996
- 4) 合原妙美、岩下剛: 一般的オフィス空間における執務者の知覚空気質及びPerformanceの評価方法に関する検討、日本建築学会計画系論文集、No.550、pp.107-112、2001.12
- 5) 岩下剛、合原妙美: 一位加算作業パフォーマンスによる被験者タイプの分類法及び室内空気汚染が異なる被験者群へ及ぼす影響に関する試験研究、日本建築学会環境系論文集、第571号、pp.63-68、2003.9
- 6) 合原妙美、岩下剛: 室内環境の快適性と単純作業パフォーマンスに関する考察-室内の気温及び香りによる覚醒がパフォーマンスに及ぼす影響-、日本建築学会環境系論文集、第572号、pp.75-80、2003.10
- 7) Z.S. Bakó-Biró, P. Wargocki, D.P. Wyon and P.O. Fanger: Poor Indoor Air Quality Slows Down Metabolic Rate of Office Workers, Proc. of Indoor Air 2005, I(1), pp.76-80, 2005
- 8) 社団法人日本電子工業振興協会 電子協 騒音データベース No.9a幹線道路
- 9) サクセス！WEBテスト、クイック教育システムズ、2007
- 10) Webテスト①完全対策【玉手箱シリーズ】、就活ネットワーク、2007年
- 11) Webテスト②完全対策【TG-WEB,Web-CAB,WEBテストサービス】、就活ネットワーク、2007年
- 12) Webテストの完全攻略2008年度版、日経ナビ&就職ガイド編集部内定ロボット、2006年
- 13) この業界・企業でこの「採用テスト」が使われている！SPIノートの会、2006年
- 14) D.P. Wyon: Evaluating IAQ effects on people, Proc. of Healthy Buildings 2003, Vol.1, pp.51-60, 2003
- 15) L. Fang, , D.P. Wyon, G. Clausen and P.O. Fanger: Sick Building Syndrome Symptoms and Performance in A Field Laboratory Study at Different Levels of Temperature and Humidity, Proc. of Indoor Air 2002, Vol.3, pp.466-471, 2002

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 岩下剛: 中立温度環境の作業効率への影響及びビデオ視聴内容の長期記憶— 室温の違いが作業効率に及ぼす影響 (その2)—日本建築学会環境系論文集、Vol.73、No.628、pp.815-821、2008.6.
- 2) 岩下剛、玉木元太郎、仲川純子: 体臭による知覚空気汚染に関する研究 —その1— 生体発散物質のVOCによる表現に関する試験研究—、日本建築学会環境系論文集、Vol.74、No.641、2009.7 (掲載決定)

<その他誌上発表（査読なし）>

口頭発表の欄に示す。

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) G. Iwashita and S. Tanabe: Effect of Work Motivation on the Task Performance under the Different Thermal Conditions, Proceedings of CLIMA 2007, Vol.1, pp.19-26, 2007.6 (査読付)
- 2) 岩下剛: 室温の違いが知覚空気質および作業パフォーマンスに及ぼす影響、第31回人間-生活環境系シンポジウム報告集、pp.57-60、2007.11
- 3) J. Nakagawa and G. Iwashita: Impact of air pollution caused by human bioeffluents on perceived air quality in warm condition, Proceedings of Indoor Air 2008, ID368, 2008.8 (査読付)
- 4) G. Iwashita: Influence of room temperature on long time memory as work performance, Proceedings of Indoor Air 2008, ID384, 2008.8 (査読付)
- 5) 玉木元太郎、岩下剛、仲川純子: 室温及び交通騒音の二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響に関する研究 その1 実験方法及び作業効率の結果、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1147-1148、2008.9
- 6) 仲川純子、岩下剛、玉木元太郎、:室温及び交通騒音の二重アノイアンスが作業効率へ及ぼす影響に関する研究 その2 アンケート結果及びアノイアンスと作業効率の関係、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-II、pp.1149-1150、2008.9

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない