

機関番号：32678

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20360264

研究課題名（和文）人間の安全性に配慮した化学機器併用式オルファクトメーター開発に関する研究

研究課題名（英文）Study on Development of Olfactometer with Chemical Analysis Considering the Safety of Human Being

研究代表者

岩下 剛（IWASHITA GO）

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：90253905

研究成果の概要（和文）：初年度は室内で対象臭気と無臭空気を混合して被験者に臭気を嗅がせる装置（オルファクトメーター）を作成した。オルファクトメーターにはGC/MS計測のためのポートも設置しており、官能検査の事前に対象空気の安全性を化学測定によって確認ができる。二年目は初年度に開発した室内臭気オルファクトメーターを用いて建材から発生する知覚空気汚染物質の放散量を算定するためのスモールチャンバーシステムの開発を行った。最終年度では、これらオルファクトメーター、小型チャンバーを用いて建材などからの臭気を評価する際に用いる参照ガス提示ユニットを作成し、一連の知覚空気質評価システムを完成させた。

研究成果の概要（英文）：In the first year, the olfactometer, with which the panel could sniff the sample air and the clean air, was developed. Since the olfactometer had a sampling port for chemical analysis, the experimenter could check the safety of the sample air. In the second year, the small chamber system for material emission test with the olfactometer, was developed. In the last year, the reference gas presentation unit was developed. The human panel could assess the sample air comparing the several concentrations of the reference gas of acetone.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	7,900,000	2,370,000	10,270,000

研究分野：建築保健工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：オルファクトメーター,知覚空気質,嗅覚パネル,参照ガス,チャンバー

1. 研究開始当初の背景

建材から放たれる化学物質が対象空間に多数存在し、その複合臭が不快の要因となっ

ている場合などは、人間の嗅覚による臭気の測定が有用である。室内環境における臭気の測定手法としては、国内では日本建築学会の

「室内の臭気に関する対策・維持管理基準」があり、臭気の測定法・評価法規準が示されている。また、国外では欧州標準化委員会（CEN）において、「ダイナミックオルファクトメーター法による臭気濃度の算定」に関する欧州規格が採択され、世界的な嗅覚測定法の規格化が進んでいる。上記の「室内の臭気に関する対策・維持管理基準」では、臭気の評価に用いる指標の優先順位を①臭気濃度、②臭気強度、③不快度、④機器測定値とし、非容認率が測定できる場合は、それを最優先する、としている。①の臭気濃度は臭気をどのくらいに薄めれば閾値以下になるかに基づいて計測されるものである。これは希釈法であり、CENの規格でも採用されている。②、③は嗅覚パネルが言語カテゴリー上で申告する値である。①～③は悪臭防止法における悪臭測定法に準じて解説されており、非容認率に関する評価以外は、大気における悪臭測定法を屋内に適用するという形となっている。上記CEN規格も評価範囲を屋外臭気としている。

一方、室内空気質の感覚測定法に関するレポートが欧州共同プログラム（ECA）によって作成されており、ここでは臭気測定という用語は用いず、室内空気汚染を感覚を用いて評価するという立場をとっている。その主な根拠として、空気質の知覚経路として嗅覚と刺激を感じる化学感覚の2つを想定していることが挙げられる。このECAレポートでは、1) 建材試験において推奨される感覚測定法、2) 室内空気質評価において推奨される感覚測定法、3) 建物入室者の母集団応答研究において推奨される感覚測定法、という3タイプの手法が提案されている。このうち、2)、3) については閾値測定という記述は無いが、それは居住環境では、空気汚染を閾値以下にすることが目的ではなく、許容レベル以下にすることが大きな目的だからである。また、空気質の感覚測定の場合、対象とする空気は閾値以上のものが多く、閾値以上の濃度範囲において、どの程度換気をすれば、許容できるか、という視点が重要である一方、上記の国内基準では、そのような観点が無いことが本研究を計画する動機となった。そこで、本研究では、感覚測定によって計測される室内空気質を知覚空気質と称し、目標とする濃度レベルを、閾値以下ではなく、人間の許容レベルとみなすことにする。この点は、知覚するだけで、すなわち閾値以上であれば、すなわち不快とみなすことができる大気臭気との大きな違いである。

2. 研究の目的

(1) サンプル空気トルエンやホルムアルデヒドのような厚生労働省シックハウスガイドラインに掲載されている物質が含まれ

る場合、被験者の安全性に配慮する必要がある。複合臭気のように各化学物質の濃度と臭気強度（もしくは不快度）との関係が明確でない場合、機器測定よりも官能試験による臭気濃度算定の方が有用であることは事実であるが、それにはまず、サンプル臭気を嗅ぐ被験者の安全性を確認することが必要である。そこで、本研究では知覚空気質測定の前に、GC/MS法によりシックハウスガイドライン指定物質の濃度を測定し、基準濃度を超えていないことをまず確認することとする。

(2) 建材からの空気汚染物質の放散量を測定し、その値に応じてラベリングを行うことはユーザーが化学物質発生量の少ない建材を見分けることができる、という点で非常に重要な作業である。日本では、平成15年に、シックハウス対策のために改正された建築基準法の中で、ホルムアルデヒド放散速度に基づく、建材ラベリングの概念が導入されている。すなわち、F☆☆☆などといったJIS・JAS規格は、ホルムアルデヒド発生に基づく建材ラベリングと考えることができる。

海外における建材ラベリングとしては、1993年にデンマークの都市・住宅省によって開発された、建材ラベリングが挙げられる。ここでは、実際に建材からの汚染物質発生量に基づき、建材のラベリングがされているが、制度の名称としては、「室内気候ラベリング（ICL, Indoor Climate Labelling）」という名前が用いられている。汚染化学物質発生量の試験には、CENの規格ENV13419-1に示されているように、チャンバー、清浄空気供給システム、加湿装置、空気攪拌システム、制御・監視システムの装置が必要である。

そこで、今後、化学物質濃度だけでなく、知覚空気質評価に基づいた建材ラベリングが重要とされることを考慮し、本研究では知覚空気質評価の可能なチャンバーシステムを開発し、上記のオルファクトメーターと併せて使用できるようにした。

また、少数のパネル人数による評価を可能にするため、参照ガスを用いた知覚空気質測定法を開発することにした。

3. 研究の方法

(1) 本研究で開発するオルファクトメーターは nordtest の手法に準拠し、被験者が嗅ぎロディフューザーを通して嗅ぐ空気の流量が 0.6 L/s となるように計画した。嗅ぐ空気量がそれ以下になると、被験者は嗅ぎこむことになり、サンプル空気以外の周囲空気を含んだ空気の評価をしてしまう可能性があるからである。この流量のサンプル空気を図1に示すような嗅ぎ口から嗅ぐこととなる。図1はチャンバー内空気を嗅ぎ評価するシステムとなっているが、本システムは例えば自動

車室内空気を吸引して評価することも可能である。また図1における清浄空気(Clean Air)は被験者の嗅覚疲労・順応を解消するためにサンプル空気評価の前に嗅ぐものである。CLIMPAQ はそれを設置する室に清浄空気供給装置が用意されていることを想定しているが、清浄空気の準備ができていない室での使用を想定して、当該オルファクトメーター自身が清浄空気を供給するようにした。また、知覚空気質評価の事前に、サンプル空気の安全性評価を行うためのGC/MS法測定用のポートも用意した。

サンプル空気の流路を図2に示す。図2上部の嗅ぎ口は図1の清浄空気を嗅ぐものであり、下部の嗅ぎ口は図1におけるサンプル空気評価用のものである。清浄空気は活性炭および化学触媒からなる空気清浄装置(Air purifier)により外気を浄化したものであるが、ただ被験者の嗅覚疲労の解消のためのものではない。図2の流量調整装置(Airflow control unit)を制御することで、サンプル空気を清浄空気希釈することができ、サンプル空気が臭気をもつ場合、その閾値を算出することが可能である。このように清浄空気の供給、さらに希釈機能の付加がされたオルファクトメーターはCLIMPAQでも採用されておらず、本研究のオルファクトメーターの特徴である。この機能は、パネル用の新鮮外気の供給がされていない実験室における知覚空気質実験の際に有用と思われる。

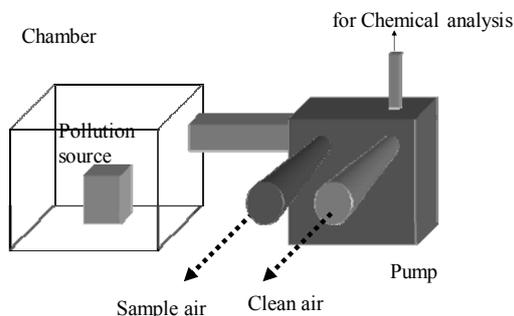


図1 オルファクトメーターの概要

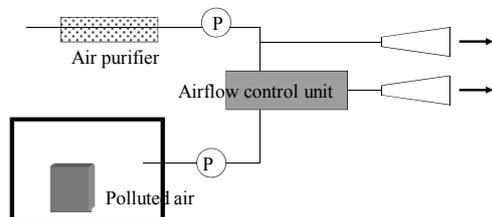


図2 サンプル空気・清浄空気の経路(P:ポンプ)

図2に示した流路の配管およびユニットは、すべて分解可能なため、実験後のクリーニングとして、配管・ユニットを分解・加熱した後、清浄空気フラッシング flushing することができる。

(2) 建材を設置し、空気汚染物質の放散量を測定するためのチャンバーの開発にあたっては、*nordtest method NT BUILD 482* を参考にした。これは北欧で標準的に用いられている CLIMPAQ チャンバーを用いた試験方法である。この試験方法では、チャンバー試験によって得られた、建材由来の化学物質の濃度や知覚空気汚染濃度から、実際の標準的な部屋における汚染レベルを算定することになる。この際、チャンバーの容積及び換気量、建材の試料負荷率(建材の暴露面積と、チャンバー容積の比)を明らかにしておくことが必要である。



写真1 チャンバー

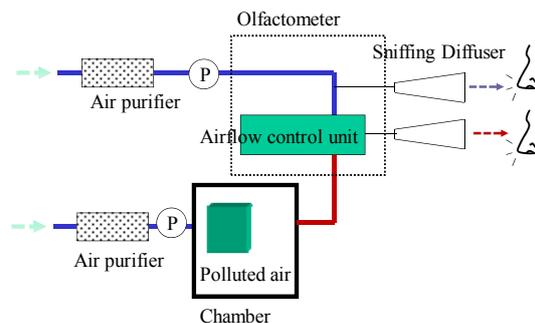


図3 チャンバー・オルファクトメーターの空気の流路

本研究では、床材および壁材の評価を対象とするため、試料負荷率として 0.42 を用いることにした。*nordtest* では、さらに換気回数を試料負荷率で除した値(n/L)を *area specific airflow rate* と呼び、この値が実大空間とチャンバーで等しくなるように指示している。本研究では、*nordtest* で規定された床材/天井材の n/L ($=4.76$) の値を、スモールチャンバーにて再現することを想定して、本研究のチャンバーの開発を行った。写真1に開発したスモールチャンバーを示すが、これは円筒形の SUS 製チャンバーであり容積は、45 リットルである。換気のための流量を、上記のオルファクトメーターの流量と同一にするため、 $0.6L/s$ とした。この換気量を維持しながら上記の n/L 値を再現するためには供試材の暴露面積は約 $0.5m^2$ が必要となる。チャンバーおよびオルファクトメーターの空気の流路を図3に示す。図3上部の嗅ぎ口は清浄空気を嗅ぐものであり、下部の嗅ぎ口は建材が設置されたチャンバー内の空気評価用のもの

のである。

(3) デンマーク建築研究所, デンマーク工科大学などでは知覚空気測定を行う際, 通常, 30名以上のパネルを用いている。これは許容度スケール, Yaglou の臭気強度スケールを用いた非訓練パネル(Untrained Panel)による測定には個人差, 個人内変動を考慮して必要な人数とされている。一方, 時間的, 金銭的な合理性を考慮すれば, より少ない人数のパネルによる評価が有用であり, Bluysen らによって少数の訓練パネル(Trained Panel)による測定法が提案された。少数のパネルによる測定には, 参照ガスの提示がパネルによる空気質評価の際に用いられるのが特徴である。濃度が既知であり, 濃度段階の異なるアセトンガスを4本用意し, 対象汚染空気を知覚濃度が4本の既知ガスのどれに近いかわかるか, もしくはどの2つの中間なのかを判断して評価する方法である。

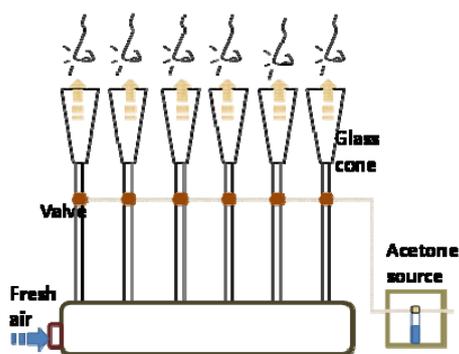


図4 参照ガス呈示装置の概要



写真2 参照ガス呈示装置

本研究では AgBB (ドイツ規準) で用いている参照ガス呈示方法を参考にして, 知覚臭気強度を評価する際に用いる参照ガス呈示装置を開発することにした。参照ガスにはアセトンを用い, 図4のように恒温器に入れたアセトン溶液小瓶に空気を送り, アセトンガスを定量発生させる。また6本用意した円錐形のガラスディフューザーへは新鮮空気と, アセトンガスが混合されたものが供給され, パ

ネルはこれを嗅ぐことになる。混合比はバルブによって制御され, 6段階のアセトンガス濃度が設定される。この濃度段階は, Müllerらの研究に基づき, 20~320mg/m³のアセトン濃度になるようにした。開発した参照ガス呈示装置を写真2に示す。

4. 研究成果

(1) オルファクトメーターを用いた実験は東京都市大学世田谷キャンパス環境実験室(図5)にて, 排気の換気機器を取り付けた居室大チャンバー(縦1830mm×横1830mm×高さ1845mm)を作成して行った。チャンバーへの給気は自然給気, 排気は機械換気の第二種機械換気である。実験条件は表1に示すように, 換気量の変化, 人数の変化による4条件とした。換気量「小」は約16m³/hの設定であり, 換気量「大」は約70m³/hとなるよう設定し, 変圧器を用いて制御した。

在室者として, 全条件を通して同じ3名の学生(男子3人)が参加した。在室者は居室大チャンバーに用意された椅子に坐り, 実験中安静状態で滞在した。また, チャンバー外部からオルファクトメーターを用いて室内空気を嗅ぐ感覚パネル(以下 パネル)は12名が各実験に参加した。本実験における空気汚染物質は在室者自ら発生する体臭のみであること, および実験途中であっても, 体調がすぐれない場合は, 退室して良い旨を被験者に事前に伝えた。また実験中のチャンバー内CO₂濃度は, 空気調和衛生工学会による単独指標によるCO₂設計基準濃度の3500ppmを瞬間的にでも越えないこととした。また, 本実験と同じ実験条件を設定し, 3名の在室者を用いた予備実験において, チャンバー内空気を捕集し, GC/MS分析を行い, シックハウスガイドライン指定物質の濃度が基準値を超えていないことを事前に確認した。

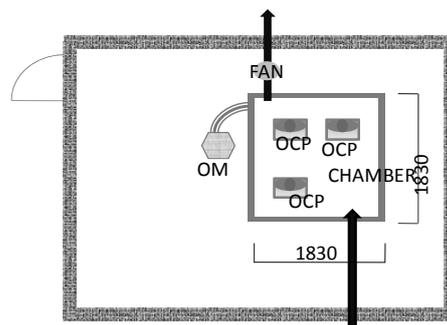


図5 環境実験室内の居室大チャンバー

(FAN: 排気ファン, OM: オルファクトメーター, OCP: 在室者)

表1 実験条件

	実験 A	実験 B	実験 C	実験 D
在室者人数	1	1	3	3
換気量	小	大	小	大

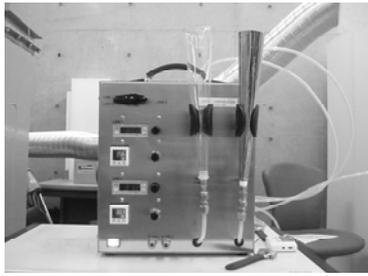


写真3 オルファクトメーターの外観

被験者が室内空気質を知覚評価するアンケート調査は、在室者用のアンケートおよびパネル用アンケートを用意し、同時刻の空気質を両者が評価できるようにした。在室者は、チャンパー入室後10分間隔で、臭気強度(0:無臭, 1:かすかに感じるにおい, 2:軽度を感じるにおい, 3:強く感じるにおい, 4:非常に強く感じるにおい, 5:耐え難く感じるにおい)、空気質の快適感(+3:非常に快⇔-3:非常に不快)について評価し、また入室直後と退室直前には上記の項目に加え、空気許容度(-1:明らかに受け入れられない⇔+1:明らかに受け入れられる)について評価した。一方、パネルも10分間隔で、チャンパー内空気を写真3に示すオルファクトメーターのコーン管(円錐形のディフューザー)に鼻をあてて嗅ぎ、臭気強度、空気許容度について評価した。パネルはチャンパー内空気を嗅ぐ前に、清浄空気の出ている嗅ぎ口に鼻をあて、嗅覚疲労の影響を極力避けるようこころがけた。

図6に各実験における在室者とパネルの臭気強度平均値の経時変化を示す。入室時には在室者の臭気強度申告とパネルの申告に大きな差は無いが、時間の経過とともに在室者とパネルの申告に大きな差が生じ、在室者に嗅覚疲労が起こっていることがわかる。

図7にパネルの申告した空気の許容度平均申告値の経時変化を、図8に在室者の申告した空気質の快適感申告値の経時変化を示す。パネルが申告する空気の許容度では経過時間とともに評価が劣悪な側へと推移していき、特に実験Cに対する許容度が他の実験に比べ低い値となっている。図8の空気質の快適感をみると、実験B>実験D≒実験A>実験Cの順に快適感が低下していき、これは在室者一人当たりの換気量の順に一致している。図6の臭気強度申告においては在室者の嗅覚疲労が顕著であり、経過時間とともに空気質が悪化していく状況を表現していなかったが、空気質の快適感という評価項目では、パネルの許容度申告と同様に、経時にともなう空気質の悪化を表していることがわかる。

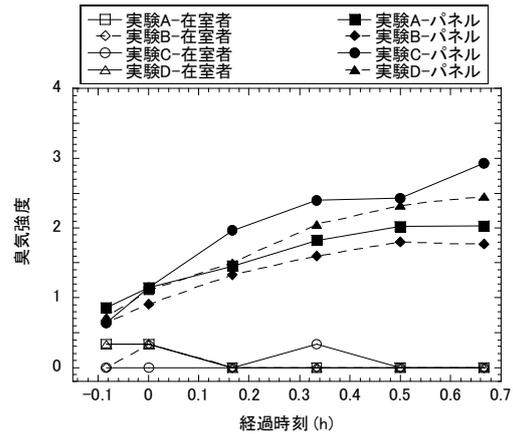


図6 臭気強度申告値の経時変化

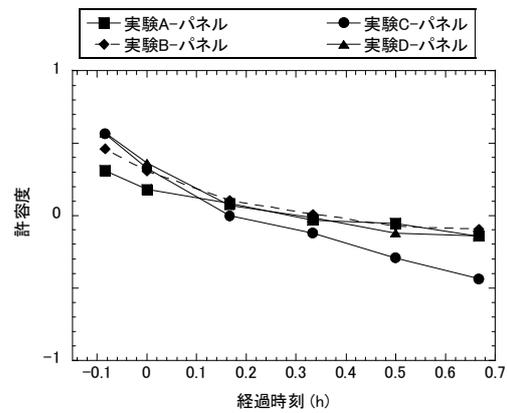


図7 パネルの空気許容度申告値の経時変化

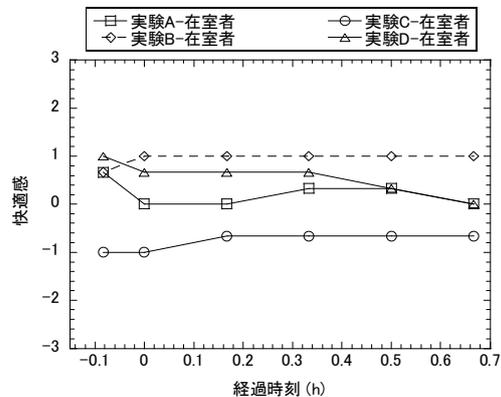


図8 在室者の空気質の快適感申告値の経時変化

図6に示した臭気強度ではパネルと在室者では評価に大きな開きがみられた。在室者を用いた知覚空気質測定ではCO₂濃度が高い状態であっても、嗅覚疲労のため不快感を感じない一方、パネルの多くはそれを不快と知覚することが推測される。そこでパネルの申告する臭気強度とCO₂濃度との関係、および在室者の申告する臭気強度とCO₂濃度との関係を求め、図9に示した。在室者の申告する

臭気強度とチャンバー室内 CO₂ 濃度との相関は低く (r=0.26), 体臭による空気汚染の指標である CO₂ 濃度が上昇しても臭気強度がそれに合わせて増大する傾向はみられない。

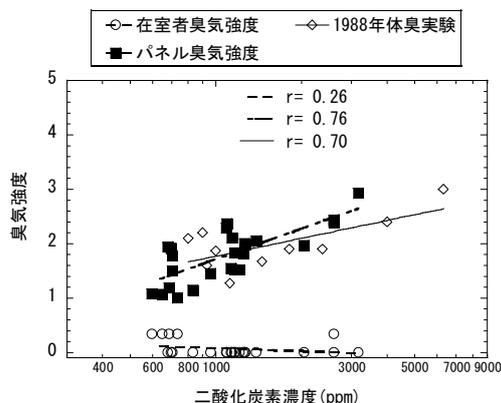


図9 臭気強度申告値と CO₂ 濃度との関係

一方、パネルの申告する臭気強度と CO₂ 濃度との相関は高く (r=0.76), CO₂ 濃度の上昇とともに臭気強度が増大する傾向がみられる。なお、図9には1988年に筆者らが体臭を空気汚染源として行った被験者実験の結果も併記してある。これは54名の在室者、107名のパネルを用い、パネルはオルファクトメーターではなくチャンバーに顔を入れ、自然な嗅ぎ方で室内空気を評価した実験におけるパネルの臭気強度申告値と CO₂ 濃度との相関である。本実験におけるパネルの臭気強度申告値と CO₂ 濃度との関係は、1988年実験における臭気強度と CO₂ 濃度との関係に近く、当該オルファクトメーターの嗅ぎ口から強制的に供給される室内空気を嗅いだ感覚と、自然な吸引によって嗅いだ感覚に大きな違いがないことがわかる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕計(2)件

- ①岩下 剛, 日比野貴生, VOC 濃度による体臭臭気強度の評価, 体臭による知覚空気汚染に関する研究(その2), 日本建築学会環境系論文集, 査読有り, 76巻664号, 2011, 539-545
- ②岩下 剛, 羽田 陽, 室内空気汚染の知覚評価のためのオルファクトメーターシステムの開発(その1 知覚空気質評価オルファクトメーター), 日本建築学会技術報告集, 査読有り, 16巻34号, 2010, 1037-1040

〔学会発表〕計(8)件

- ①岩下 剛, Development of Olfactometer/Chamber System with Reference Gas for Sensory Evaluation of Emission from Building Materials, 8th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia, 2010年11月10日、北九州市

- ②岩下 剛, 日比野貴生, 建材からの知覚空気汚染物質放散量評価のためのオルファクトメーター・チャンバーシステムの開発に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会講演論文集I, 2011年9月1日、山口大学

- ③岩下 剛, 日比野貴生, 有賀隆男, 建材からの知覚空気汚染源放散速度を計測するチャンバーシステムの開発 — 参照ガス呈示装置を用いた知覚空気質評価 —, 第23回におい・かおり環境学会, 2010年8月5日、千葉工業大学

- ④岩下 剛, Perceived Air Quality in Car Compartment measured with Dynamic Olfactory Diffuser, Proceedings of Healthy Buildings 2009, 2009年9月16日、シラキュース大学(米国)

- ⑤岩下 剛, 知覚空気質評価のためのオルファクトメーターの開発に関する研究(その1オルファクトメーター), 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 2009年8月26日、東北工業大学

- ⑥羽田陽, 岩下剛, 換気量および気積が生体発散物質によって汚染された空気の知覚評価に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 2009年8月26日、東北工業大学

- ⑦久田大健, 岩下剛他2名, 体臭で汚染された室内空気質に対する在室者の知覚と来室者の知覚との比較, 第22回におい・かおり環境学会, 2009年7月24日、東京工業大学

- ⑧玉木元太郎, 岩下剛他2名, 温熱環境の変化が在室者由来の知覚空気汚染へ及ぼす影響, 第22回におい・かおり環境学会, 2009年7月24日、東京工業大学

〔図書〕計(0)件

〔産業財産権〕

- 出願状況(計0)件
- 取得状況(計0)件

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩下 剛 (IWASHITA GO)
 東京都市大学・工学部・教授
 研究者番号: 90253905

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし