

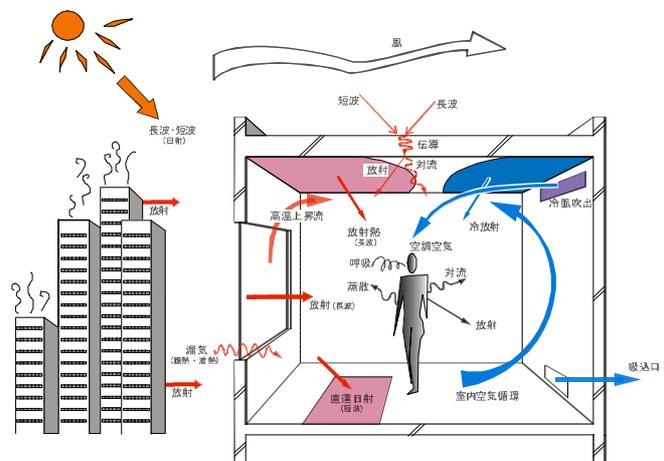
慶應環境学生会議 2003総会

15/12/06

理工学部システムデザイン工学科

村上周三研究室

Shuzo MURAKAMI Lab.



人間・建築・都市の環境デザイン

< Contents >

- | | |
|--------------|------|
| 1 . 人体周辺微気象班 | p. 2 |
| 2 . IAQ 班 | p. 3 |
| 3 . 屋外気候班 | p. 4 |
| 4 . LCA 班 | p. 5 |

< 人体周辺微気象班 >

“ マイクロスケールにおける人体の特徴と「環境」と「医学」の融合した人体周辺微気象の研究 ”

1. 人体周辺微気象とは

人間は発熱体として、その周辺環境に様々な物理的影響を与えています。具体的には、人間が存在することによって人間の周りの流れ場や温度場などが変化します。周辺環境から人間が影響を受けることは当たり前のように思われていますが、同じように人間が周辺環境に与えている影響も存在するのです。そして、この影響は人間スケール・室内スケールなどでは十分考慮に入れるべき要素となります。このような人体と周辺環境との関わり合いを研究の対象とするのが、人体周辺微気象の研究です。この研究は、人間の呼吸する空気質に着目する空気環境の研究と人間の居住快適性に着目する快適環境の研究の2つに大きく分けられます。また、研究手法としては CFD(Computational Fluid Dynamics: 計算流体力学)解析と実験が主なものとなります。

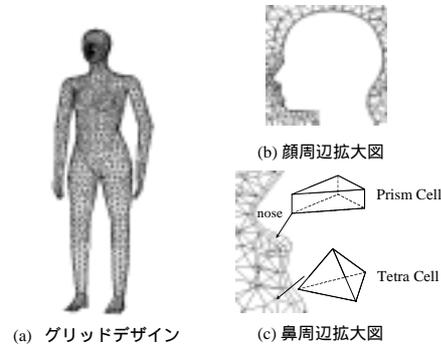


図1 実人体形状モデル

2. 人体周辺微気象と CFD 解析

2.1 CFD 解析

人体周辺微気象の研究を行う際に、CFD 解析は非常に重要な手法となります。この CFD 解析では非常に細かくメッシュ分割された実人体形状モデル(図1)を用いて、実現象に近い解析を行うことが可能となっています。

2.2 空気環境

人体は室内における主要な熱源であり、静穏な環境下では、自らの発熱により周辺に上昇流(最大風速: 0.24m/s)が形成されます(図2)。人間自身がこの上昇流にくるまれているため、人間の呼吸空気は室内下部から上昇流により誘引されるものとなります。すなわち、たとえ人体の口や鼻付近の高さにある空気の汚染質濃度が低くとも、室内下部の空気が汚染されていれば人体は汚染された空気を呼吸することになるのです。そのため、床面は清浄に保つことが大切になります。

2.3 快適環境

空調や建築的手法による室内の温熱環境制御の主な目的は、発熱する人体からの放熱が適切に行われる環境(人間の温熱快適性が保たれる環境)をつくることにあります。室内温熱環境において、人間は体内で生産した熱量を周囲環境に放散することで熱平衡を保ち、体温調節を行っています。人体周辺微気象のシミュレーションにより、人体の局所的な熱放散(対流・放射・潜熱)がどのように行われ、どのような値であるのかを詳細に解析します(図3)。このような解析を行うことで、空調制御を行う際の環境センサーと真の空調制御対象である人間の快適性との関係を導き、きめの細かい環境制御を行うことを可能にします。

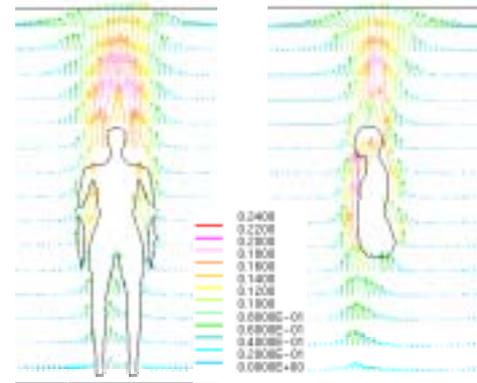
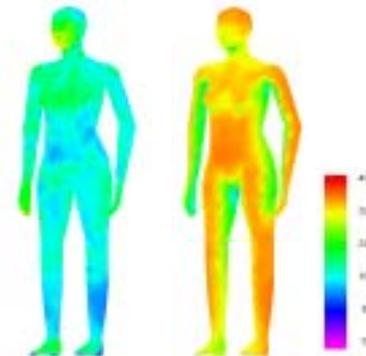


図2 人間周囲の速度分布[m/s]



(a) 対流による熱放散 (b) 放射による熱放散

図3 人間からの熱放散[w/m²]

3. 人体周辺微気象の今後の展望

現在、村上周三研究室では、

- ・マスク着用時の人体呼吸空気質の検討
 - ・空調気流がドライアイへ及ぼす影響の検討
 - ・人体周辺の非定常解析による快適性の検討
- の研究を行っています。これらの研究は、人間の空気環境・快適環境だけでなく、人間の健康性を考慮に入れた研究になります。そこで、人体周辺微気象班では、「環境」と「医学」を融合させた「環境医学」という生命をより重視した研究を行っていかようとしています。

< IAQ 班 >

“新しいシックハウス原因物質の生成メカニズム解明から空気質改善へ”

1. 研究背景：新しいシックハウス問題

近年、室内のホルムアルデヒドやトルエンなどの濃度が低くても、深刻なシックハウスやシックスクールの事例が多発し、新しいシックハウス問題として大きな社会的関心を集めている。このような状況の下で、現在新しいシックハウス問題の原因と推測されているのが、これまで問題の中心にあった一次放散した揮発性有機化合物VOCsが、さらに室内空気中や建材内で化学的な反応を起こす事で、発生している二次汚染物質である。例えば、オフィス空間に欠かせないIOA機器(コピー機、プリンタ等)からは、オゾンが発生しており、このオゾンが、建材などから放散される揮発性有機化合物VOCsと反応する事で、二次汚染物質が生成されている(図1)。しかしながら、これら二次汚染物質発生に関する室内環境要因、発生メカニズムは未だ不明な点が多い。

2. 二次汚染物質：粒子状物質の生成と換気回数

一般に、ある程度の大きさを持つ粒子は呼吸により吸引される際、気道が有するフィルタ的な機能により人体内部への侵入が防御される。しかし、上述の反応・凝縮後の生成粒子はサブミクロン(0.5 μm)以下で非常に小さく、気道の持つフィルタ機能が働かない。そのため呼吸により吸引された粒子は直接肺に到達し、しかも肺における吸収率が極めて高く、健康影響が強く懸念されている。近年、オゾンに係る化学反応の研究は部分的に開始されているが、化学物質の凝縮までも含めて生成される粒子に関しては全く研究されていない。また反応速度や生成物質の濃度、粒径、さらには換気回数との関連に関する研究もほとんど行われていない。殆ど唯一の研究例はC.J.Weschler(米国)によるもので、化学反応により生成される刺激性物質と室内の換気回数に高い相関関係が存在することを指摘している(図2)。特に換気回数が0.5 回/h 以下に低下すると、化学反応による生成物の室内濃度が急激に高くなることが報告されている。近年建設された我が国の住宅は一般に高気密で換気回数は0.1 回/h~0.3 回/h 程度と非常に少なく、この問題による健康被害の拡大が予想される。海外を含め低換気回数環境下での二次汚染物質濃度上昇のメカニズムは全く解明されていないため、生成メカニズムと換気回数との関係を明らかにする必要がある。

3. 研究概要

化学反応により生成される刺激性物質、化学反応や凝縮により生成される粒子状の化学物質等、二次汚染物質の生成メカニズムを解明し、放散実態調査を行う。

それを踏まえ、

室内換気回数と生成メカニズムの関連性を明らかにし

化学物質の反応・凝縮を組み込んだ数値予測モデルの開発を行う。

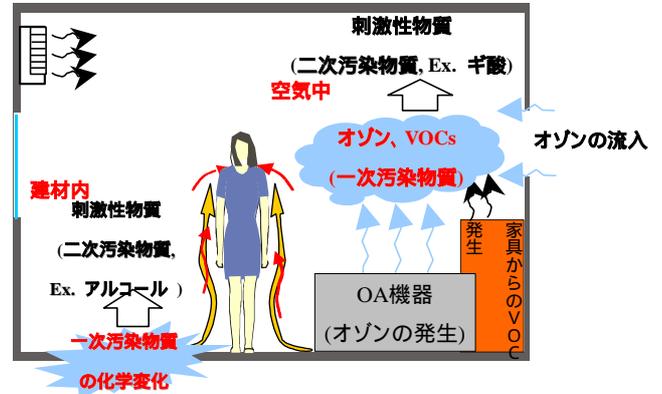


図1 化学反応による2次汚染物質の生成

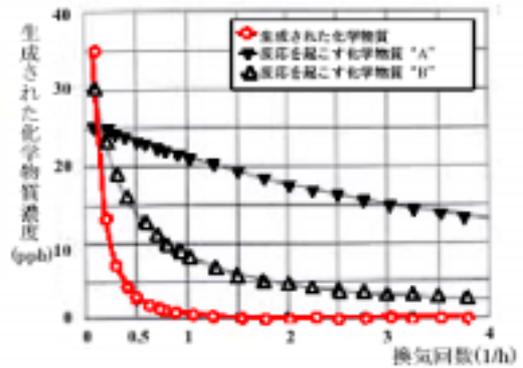


図2 換気回数と反応物、生成物と濃度の関係

4. 研究の具体的な流れ

- (1) 新旧シックハウス問題の実態調査
- (2) SVOC 放散量の測定
- (3) SVOCの分解物質の検討
- (4) 粒子状化学物質の粒径分布、粒子数
- (5) 換気と粒子状化学物質の関係
- (6) オゾンの分解、反応速度の検討
- (7) オゾンの化学反応モデル
- (8) SVOCの凝縮モデル

SVOC 半揮発性有機化合物

5. 空気質改善を目指して

シックハウスは一度かかると、完全に回復する事が難しい病気である。今年7月に改正された建築基準法には、大幅にシックハウスに関する対応策が盛り込まれたが、これは先行した問題の発生に必ずしも対応する形での緊急の処置である。それゆえ、対応の遅れ、さらなる複雑な問題に関する研究の遅れは否めない。今後患者を出さないためには、問題が発生してから研究を進めるのではなく、事前の対応が求められており、室内化学物質濃度事前予測手法の早急な開発を通して、そのような社会的要求に応えていく必要がある。

< 屋外気候班 >

“ CFD と放射解析を連成した温熱環境解析手法を用いたヒートアイランド緩和対策の提案 ”

1. 深刻化するヒートアイランド現象

東京を含め大都市におけるヒートアイランド問題は深刻化の一途を辿っている。これは世界的な傾向であり、我々の都市生活は重大な危機に直面しているといえる。東京における、年平均気温の変化を図1に示す。過去100年間で約2℃上昇していることがわかる。これは地球温暖化のスピードよりはるかに急速な温度上昇である。

2. マクロスケールのヒートアイランドとミクロスケールのヒートアイランド

ヒートアイランド現象は一般に、都市スケールの数キロから数十キロの現象として、すなわち気象学のメソスケールの現象として捉えられてきた。一方、建築は都市の構成要素の中で最も重要なものの一つであり、夏季の建物周辺の歩行者空間の暑熱環境などヒートアイランド問題の発生にも深く関わっている。我々の居住環境を構成する人間スケール、室スケール、建物スケール、街区スケール、都市スケールの各現象は、相互に関連し合っており、相互影響の結果としてそれぞれの特徴的な環境性状を形成している。このような各種スケールの環境の相互影響を視野に入れるとき、ヒートアイランド現象をマクロスケール（メソスケール、広域）のヒートアイランドとミクロスケール（建築・街区スケール）のヒートアイランドに分類して考察することが適切であると考えられる。今回は主としてミクロスケールのヒートアイランドについて検討する。建築関係者はこのような環境の相互関連性を認識した上で、個々の建築がミクロスケールとマクロスケールの両者のヒートアイランド現象の発生に深く関与している事実を正しく認識して、建築計画、街区計画の立場から、ヒートアイランド現象の緩和に努める必要があると考える。

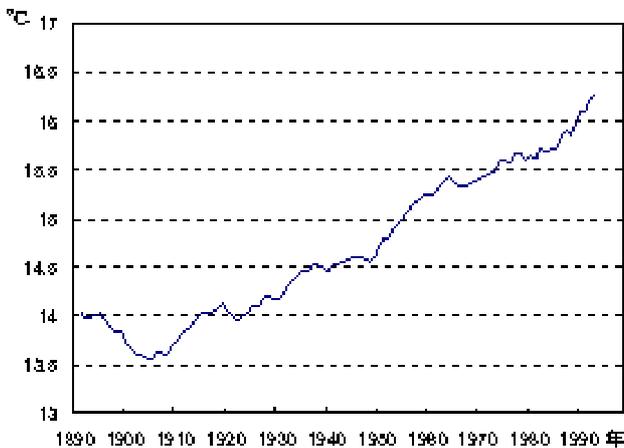


図1 東京の過去100年の年平均気温の変化

3. 解析結果について

ミクロスケール（建築スケール）のヒートアイランド問題は夏季の温熱環境問題が中心となるが、これを解析する場合は建築環境工学分野で開発された、CFDと放射解析を連成した温熱環境解析手法をもちいる。建物・街区スケールの解析事例を図2、3に示す。この事例は、東京都北区の新田地区と呼ばれる隅田川と荒川に挟まれた地区に建設予定の団地内の温熱環境に関して、川風を利用して夏季の環境改善を試みた研究である。図2は川風の導入を検討するために行ったCFD解析で、風速ベクトルを示す。図3は河川がなくなった場合に団地内の気温がどの程度上昇するかを調べた思考実験である。河川がなくなるとかなりの領域で気温が上昇し、河川の気温低減効果がかなり大きいことがわかる。



図2 街区スケールの風速分布に関する数値解析例
(東京都、北区、新田地区への川風の導入効果の検討)

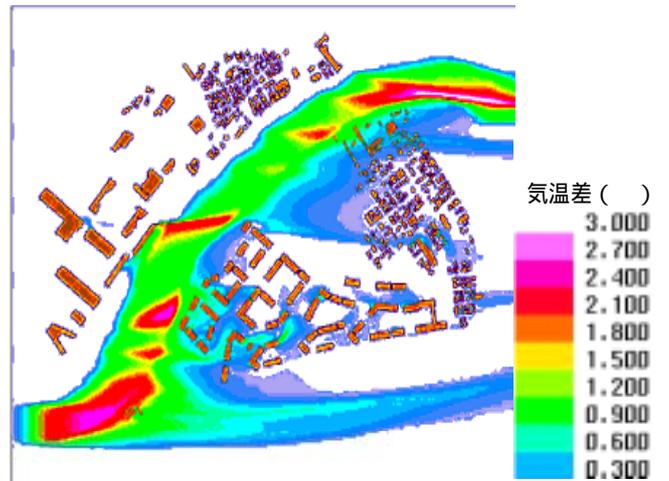


図3 河川の気温低減効果の検討
(図中の黒～グレーの部分が河川がなくなった場合に気温が上昇する領域を示す)

< L C A 班 >

“ 居住環境デザインにおける環境負荷や温熱環境等を科学的に評価し、サステナブル社会の実現へと貢献 ”

1. L C A 班の研究概要

本研究班では、建築・都市環境に関わる環境影響の定量的評価研究や、建築環境工学分野での最新の技術やプロジェクトに関わる研究などを通し、サステナブル社会実現に貢献することを目標として研究を行っている。

研究手法として C F D (Computational Fluid Dynamics : 計算流体力学) による数値シミュレーション技術や、熱回路網モデルによる熱負荷計算シミュレーション等、物理・数学モデルを用いたコンピュータによる解析や、実験住棟や戸建住宅モデル等における物理量の実測の両方を持って、定量的で信頼性のある研究結果へと結びつけている。

また、本研究班の特徴として、上記シミュレーションによる解析結果や実測の結果を用いて、L C A (Life Cycle Assessment) を行うことが挙げられる。これにより、居住環境デザインにおける環境負荷を評価することになり、建築設計や都市設計における環境負荷低減政策立案の基盤となるような結果の提示が可能となるのである。

2. 地球環境問題と居住環境問題

L C A というツールの特性から、研究対象や範囲として、人体周辺や室、建築といった小さなスケールの居住環境問題から、都市・国家・地球をも包含する大きな地球環境問題のスケールまでをも考慮することができる。このように、多種多様な空間スケールや時間スケールを持って進行する環境問題というものを同じ土俵で比較評価できることとなるため、L C A は自然科学的研究と社会科学・人文科学的研究の架け橋になることが期待される。

図 1 に図示したように、地球環境問題の中でも近年世界的に注目を集めており、各国に定量的目標が設定されつつある、地球温暖化問題に関しては、温室効果ガス (CO₂)

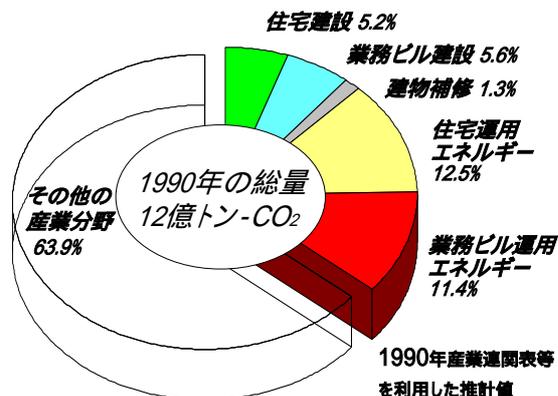


図 1 日本の CO₂ 排出量に占める建築関連の割合

の排出量において、建築分野は全産業分野のうちの 3 分の 1 を占めるという推計結果となっている。

このように、地球温暖化をはじめとする環境影響を軽減する上で、建築の環境負荷削減努力が不可欠といえる。

3. 現在進行している研究テーマ

3-1. フロン系発泡剤を用いた断熱材の温暖化防止効果の L C A

住宅の断熱を強化することにより、暖冷房エネルギーの削減という省エネ効果が期待できる。しかし、断熱材にフロン系発泡剤を利用したものをを用いると、フロンの漏洩により、逆に温暖化が促進されてしまう。以上の点において断熱材の温暖化防止効果を総合的定量的評価する。

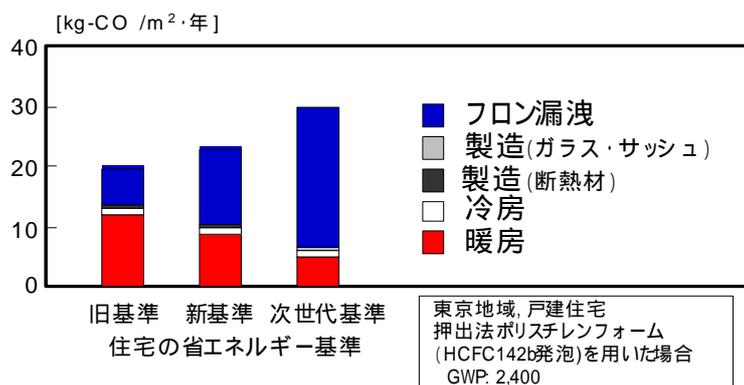


図 2 住宅の断熱と温暖化ガス

3-2. 被害算定型評価方法の建築環境問題への導入

近年、L C A 中の影響評価という項目に、保護対象を設定した上でその被害量に着目した評価を行う被害算定型影響評価という手法に注目が集まっている。本研究では、トレードオフの関係にある、室内空気質汚染対策と、暖冷房エネルギー消費による CO₂ 排出とを人間の健康被害の観点から定量的に評価することを目的として研究している。

3-3. 国際共同研究 (日本とベトナム): 高温多湿化における環境負荷低減型高密度居住区モデルの開発 (環境グループ) 図 3 に示したような、ポラス型住棟モデルにおける環境の実測、評価、数値シミュレーションを行っている。

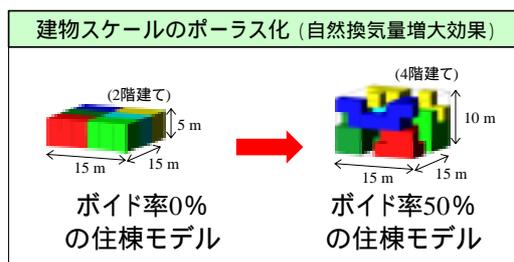


図 3 建物のポラス化概念図