

200639019A

厚生労働科学研究費補助金地域健康危機管理研究事業

建築物衛生における健康危機管理

のあり方に関する研究

(H17-健康-019)

平成18年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 池田耕一

(国立保健医療科学院 建築衛生部)

平成19(2007)年3月

目 次

I. 総括研究報告	
建築物衛生における健康危機管理のあり方に関する研究 (主任研究者 池田耕一)	1
II. 分担研究報告	
(1) 建築物内における健康影響危険物の拡散特性の数値解明に関する研究 (分担研究者 加藤信介)	6
(2) 建築物内における生物化学物テロの対策に関する研究 (分担研究者 柳 宇)	13
(3) 空調機エアフィルタの汚染物質の捕集と発生 (分担研究者 鍵 直樹)	24
(4) 建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保に関する研究 (分担研究者 伊藤雅喜)	30

建築物衛生における健康危機管理のあり方に関する研究

主任研究者 池田耕一 国立保健医療科学院 建築衛生部 部長

研究要旨

平成 17 年度では、生物化学物質テロ対策に関する研究報告および日本の健康危機管理に関する行政対応の資料のレビューを行い、建築物を対象とした生物化学物質テロが起きた場合の対応のあり方に関して取り込むべき課題を明確にした。すなわち、建築物におけるバイオテロ対策の重要なポイントは、いち早く微生物（病原体）や毒性化学物質の発生（放出）を検知し、適正な室内、室間の気流計画を行い、居住者の避難通路を確保し、建築物と空調システム使用を再開するに於ける対策を施すことであることが明らかになった。

今年度は①建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明に関する研究、②建築物内における生物化学物質テロの対策に関する研究、③空調機エアフィルタの汚染物質の捕集と発生、④建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保に関する研究、の研究を行い、以下の知見を得た。

- [1] 生物化学物質テロといった突発的であり少量の飛散により甚大な被害が予測される危険物質の拡散性状をシミュレーションにて詳細に評価する場合、CFD（Computed fluid Dynamics, 数値流体解析）等の流れ場を考慮したシミュレーションの適用が求められる。
- [2] テロ等は突発的であり特定の条件が想定不可能なため、多ケースの解析を要する。CFD の計算コストは非常に高く繰り返し計算には向かないため、建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明において計算コストの低いマクロモデルと、詳細な解析が可能な CFD を複合させ、両モデルの短所を補完した複合モデルを開発することが効果的である。
- [3] 流れ場の変化が空調の ON/OFF のみに起因し、流れ場の定常性が仮定できる本研究においては、CFD 解析による応答係数の算出と、応答係数を導入したマクロモデルにより構成されるマクロ・CFD 複合モデルを用いた解析コードを開発することの有用性が高いといえる。
- [4] 実環境における IMD（Instantaneous Microbial Detection, 瞬間微生物検知器）（β版）を用いた測定結果は培地法計測器での測定結果との間に有意な相関関係が認められたことから（ $p < 0.01$ ）、室内浮遊微生物濃度のモニターとして使用できるが示唆された。
- [5] IMD は培地法で測定できない一般環境中の生物系粒子を感知することがあるため、バックグラウンド濃度の高い環境中に極微量の微生物（病原体）が放出された場合においてはその適用が難しい。
- [6] IMD は数 CFU/L の濃度レベルの浮遊微生物（*Wallemia sebi* 胞子）の測定が可能で、なおかつ非生物粒子（ラテックス粒子）を生物粒子としてカウントしない（誤認知しない）ことから、バイオテロ対策のツールとしての可能性が示された。この場合はセンサーを空調用エアフィルタの下流の給気中に設置する必要がある。
- [7] エアフィルタによる微小粒子の透過特定については、室内と外気濃度の I/O 比の特性と同様に、粒径 100nm 前後で透過率が大きくなった。
- [8] 空調吹出口と室内粒子濃度の関係から、微小粒子においては室内濃度よりも室内空調吹出口の濃度が非常に高い傾向となった。
- [9] 建築物内給水システムにおける飲料水の安全性における 11 カ国 26 事例の調査結果から、建築物内で発生しうる水質事故、感染症などの健康危機の事例の原因はほとんど微生物によるものであった。

分担研究者

加藤信介（東京大学生産技術研究所 教授）
柳 宇（国立保健医療科学院 建築衛生部 建築物衛生室 室長）
鍵 直樹（国立保健医療科学院 建築衛生部 研究員）
伊藤雅喜（国立保健医療科学院 水道工学部 水道計画室 室長）

A 研究目的

本研究は多数の人が集まる建築物における予測せぬ健康ハザードのような緊急事態が発生した場合の対策を検討し、健康危機が発生した場合における活用できるマニュアルを作成することを目的としている。

B 研究方法

平成 17 年度では、生物化学物テロ対策に関する研究報告および日本の健康危機管理に関する行政対応の資料のレビューを行い、建築物を対象とした生化学物質テロが起きた場合の対応のあり方に関して取り込むべき課題を明確にした。すなわち、建築物におけるバイオテロ対策の重要なポイントは、いち早く微生物（病原体）や毒性化学物質の発生（放出）を検知し、適正な室内、室間の気流計画を行い、居住者の避難通路を確保し、建築物と空調システム使用を早く再開するに於ける対策を施すことであることが明らかになった。

今年度では、昨年度の成果を踏まえた上で、以下に示す研究を行った。

- ① 建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明に関する研究
（分担研究者：加藤信介）
- ② 建築物内における生物化学物テロの対策に関する研究
（分担研究者：柳 宇）
- ③ 空調機エアフィルタの汚染物質の捕集と発生
（分担研究者：鍵 直樹）
- ④ 建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保に関する研究
（分担研究者：伊藤雅喜）

分担研究者の加藤信介は、解析結果の高い信頼性と、不特定の建築に適用できる汎用性をもつ解析コードの開発を目指し、以下のプロセスにより研究を進めた。

イ) 現状において一般的に普及しており汎用性の

高いソフトウェアによる、生物化学テロを想定した危険物質の拡散特性解析に対する適応性の検討を行った。

ロ) 生物化学テロを想定した危険物質の拡散特性を、詳細且つ迅速に解析可能な解析コード開発に必要な諸条件の精査と、開発方向性の検討を行った。

分担研究者の柳宇は、瞬間微生物検知器 IMD の適応について、生物粒子と非生物粒子発生に対する応答特性のチャンバー試験および実環境（6 病院と 1 オフィス）下での検証を行った。

分担研究者の鍵直樹は、実運転中の空調機エアフィルタからのガス状物質の発生特性とナノサイズ超微粒子に対するエアフィルタのろ過特性について検証を行った。

分担研究者の伊藤雅喜は、WHO で行っている“Water Safety in Building”の作成作業において情報収集を行っているケーススタディの情報を整理し、建築物内で発生しうる水質事故、感染症などの健康危機の事例およびその原因についてまとめた。

C 研究結果

（1）分担研究者 加藤信介

本年度はテロ等の突発的であり微量の拡散により甚大な被害が予測される健康影響危険物質の飛散を想定し、秒単位の危険物質拡散性状を評価することを目的とした解析に対する COMIS（Conjunction of Multizone Infiltration Specialists, 多数室換気計算プログラム）の適応性を検討した。検討手法として、室内の不均一な濃度分布を詳細に検証できる CFD による解析結果との比較を行った。

複数室を有する解析ケースにおいて、生物化学（BC）テロを想定し、ある室内にてサリン（分子量：140.9, 致死量：0.1～0.01ppm）が発生した場合において、別の室における 30 分間のサリン濃度推移を解析した。CFD 解析による結果と比較した COMIS の解析結果から、次の特徴が確認された。①濃度の立ち上がり性状が緩やかであり、濃度最大値への到達時間が遅い。②濃度の立ち上がり性状が滑らかである。③濃度の最大値が高い。また、別の室内濃度の上昇性状について詳細な検討を行った結果、流れ場に起因する不均一な危険物質拡散性状の影響を評価できる CFD 解析では危険物質発生濃度に追従した空調リターン空気の濃度変

化が評価されたことに対し、空間内濃度一様分布を前提とする COMIS では同様の性状を評価しなかったことが分かる。本解析におけるサリン発生室以外の空調室への主な危険物質拡散経路はダクトであり、サリン発生室の空調リターン空気の濃度上昇性状の違いが、別の室における解析手法の違いによる室内の濃度立ち上がり性状の差異に影響したことが分かった。

(2) 分担研究者 柳 宇

IMD の測定結果では、試験室(クリーンルーム)内に微量の *Wallemia sebi* 胞子を放出することによる室内濃度の上昇とその後の低減を全て正確に測定できないものの、ほぼゼラチンフィルタを用いたフィルタ法と同程度の濃度が得られ(20CFU/L以下)、微生物粒子に対して応答することが分かった。また、非生物粒子のラテックス粒子に対して、IMD は生物粒子としてカウントすることがなかったことから、IMD は生物系粒子のバックグラウンド濃度の低い環境においてその適応の可能性が示唆された。

一方、6 病院の待合室及び 1 オフィスビルの実環境における IMD の測定結果は、培地法の MG サンプラーによる室内浮遊細菌濃度の変動特性とほぼ同じ傾向を示したことから、IMD は浮遊細菌濃度の変動をリアルタイムで測定できることが示唆された。しかし、IMD が MG サンプラーの約 100 倍の値を示した。これは、SCD (Soybean Casein Digest, ソイビーンカゼインダイジェスト) 培地は限られた一部の細菌しか測定できないのに対して、IMD は一部の細菌のみならず、蛍光を放出するほかの生物粒子を測定することも可能であるためと考えられる。この結果は在来言われている“環境微生物のうち人工培地に生育できるものは 1% 程度である”という報告と整合する。従って、以上の結果から、バックグラウンド濃度の高い環境中に極微量の微生物(病原体)が放出された場合における IMD の適用が難しいと思われる。

(3) 分担研究者 鍵 直樹

実空調機によるエアフィルタ前後での VOC 濃度の実測については、空調機に流れる空気は外気と多く混合するため、比較的低濃度であるが、トルエンや TVOC に関しては、若干後流側の濃度が高い傾向となっており、エアフィルタなど空調機による発生が認められた。

エアフィルタ前後での濃度変化では、エアフィルタの粒子の沈着により、粒径 0.1 μm 前後をピークとして、微小・粗大になると透過率が下がり(除去率が上がり)、粒径 0.1 μm 程度がこの環境下でもフィルタで除去することが困難であることが分かった。

(4) 分担研究者 伊藤雅喜

建築物内で発生しうる水質事故、感染症などの健康危機の事例およびその原因について調査した結果、原因物質としてはレジオネラの報告事例が最も多く、そのほかの原因物質ではクリプトスポリジウム、ジアルジア (*Giardia*) などがあり、ほとんどの事例が微生物によるものであった。

発生場所では病院および療養施設 (nursing home) の事例が最も多く、ついでホテル、高層ビルなどでの事例が報告されている。建築物内の発生箇所では配水系等におけるものが最も多く、そのほかでは貯水槽、冷却塔の事例が複数報告されている。発生原因は多岐にわたりまとめるのは難しいが、冷却塔における微生物汚染、不十分な貯水槽の管理、配管内の滞留、温度管理の不徹底、間欠給水、逆流などが報告されている。

D 考察

気流解析については、開発した応答係数法は建物内が定常流れ場を前提としており、時間と共に流れ場が変化する火災性状等のシミュレーションには不適であるが、基本的に空調による建物内の定常流れ場を前提とすることが可能な本研究においてはその適用が可能である。

IMD の適応については、一般環境における空中浮遊微生物の変動をリアルタイムで測定できることから、室内浮遊微生物汚染のモニターとして使用できることが示唆された。一方、バイオテロ対策のツールに関して、IMD は生物系粒子のバックグラウンド濃度の低い特殊環境においてその適応の可能性が示唆されたものの、バックグラウンド濃度の高い一般環境中に極微量の微生物(病原体)が放出された場合における IMD の適用が難しい。

エアフィルタからの汚染物質の発生と除去については、親水性のホルムアルデヒドは、除・加湿により除去される。他の VOC は低発生量レベルで発生しているは、加湿・除湿、または化学物質の親水性か疎水性によってエアフィルタからの化学物質の発生特性が異なると考えられる。

建築物内給水システムにおける飲料水の安全性については、微生物による事故の報告事例が大半であり、微生物の場合には水道水にもともと存在していたもの、または外部から受水槽等へ混入したものが配管や水槽内で再増殖することによりリスクが高くなることが原因として考えられる。

E 結論

建築物におけるバイオテロ対策の初期段階において、最も重要なポイントはいち早く微生物（病原体など）の発生（放出）を検知し、適正な室内、室間の気流計画を行うことである。

空中微生物濃度をリアルタイムで検知する計測器 IMD を用いた諸環境での検証を行い、その適応の可能性と限界が明らかになった。即ち、バックグラウンド濃度の低い特殊環境に適応しうるものの、バックグラウンド濃度の高い一般環境に適応するのは難しいことが明らかになった。しかし一方、一般環境、たとえば、病院の待合室においては室内空中浮遊微生物濃度のモニターとして使用できることが分かった。

気流計画については、開発しているマクロ・CFD 複合モデルは空調による建物内の定常流れ場を前提とすることが可能な本研究においてその適用が可能であることが明らかになった。

また、エアフィルタによる化学物質の放出は湿度条件、化学物質の性質（疎水性か親水性）に影響されるなど、次年度の研究における基礎的な資料を得た。

一方、建築物内給水システムにおける飲料水の安全性には微生物によるものが多く、その対策が必要であることが明らかになった。

F 健康危険情報

なし。

G 研究発表

1. 原著論文

- [1] 石田義洋, 加藤信介, 黄弘, 張先権 : 定常流れ場における非定常濃度応答計算法 第 1 報—非定常濃度応答計算法と再循環のある室内気流場の濃度計算例, 空気調和・衛生工学論文集 No.114, pp.19-28, 2006.09
- [2] 柳 宇, 池田耕一: 空調システムにおける微生物汚染の実態と対策に関する研究, 第 2 報—エアフィルタによる浮遊微生物粒子の捕集率と

その評価方法, 日本建築学会環境系論文集(投稿中)

2. Full paper

- [3] Yanagi U, Yamada K, Ikeda K: A Study on the Filtration Efficiency of an Air Filter over Airborne Bacteria and Fungi vs Elapsed Time. *Proceeding of Healthy buildings 2006*, Nol.4, 479-82, 2006
- [4] Yamada K, Yanagi U, Kagi N, Ikeda K: A Study about Microbes on the Surface of Air Filter in an Air Conditioning System. *Proceeding of Healthy buildings 2006*, Nol.2, 443-6, 2006.

3. 総説・解説

- [5] 柳 宇: 病院環境と微生物, 臨床環境医学, 第 15 巻, 第 2 号, 91-100, 2006.12
- [6] 柳 宇: 事務所ビルにおけるバイオエアロゾルの挙動とその制御方法, クリーンロジー, Vol.17(5), 2007.05
- [7] 柳 宇: エアフィルタによる浮遊微生物粒子の捕集性能の評価について, 室内環境学会誌, Vol.10, No.2, 2007.06

4. 学会発表

- [8] 柳 宇, 山田花菜, 池田耕一: エアフィルタによる細菌と真菌の捕集特性に関する研究 (その 1) 捕集率の経時変化. 第 24 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集. 60-2. 2006
- [9] 山田花菜, 柳 宇, 鍵 直樹, 池田耕一: エアフィルタによる細菌と真菌の捕集特性に関する研究 (その 1) エアフィルタに捕集された細菌と真菌について. 第 24 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集. 63-5, 2006
- [10] 鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 山田花菜, 堀越玲子: 各種チャンバーによるエアフィルタから発生する揮発性有機化合物, 第 24 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp. 270-272, 2006.4
- [11] 柳 宇, 山田花菜, 池田耕一: 浮遊真菌の測定における PDA・DG18・M40Y 培地の比較, 日本防菌防黴学会第 33 回年次大会要旨集. 135, 2006
- [12] 菅原文子, 吉澤晋, 柳 宇: 空中菌測定器による測定値の比較, 日本建築学会大会学術講

演梗概集, 831-2, 2006

[13]柳 宇:室内空気中の微生物－細菌・カビ・ウイルス, 平成18年度室内環境学会総会講演集, 32-3, 2006

[14]柳 宇, 池田耕一:空中浮遊微生物粒子の測定における瞬間微生物計測器の適応に関する研究, その1 オフィス環境でのリアルタイム測定, 平成18年度室内環境学会総会講演集, 128-9, 2006

[15]柳 宇, 池田耕一, 鍵直樹, 山田花菜:空中浮遊微生物粒子の測定における瞬間微生物計測器の適応に関する研究, その2 病院環境でのリアルタイム測定, 第25回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, 2007.4 (印刷中)

H 知的財産権の出願・登録状況
なし。

建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明に関する研究

分担研究者 加藤 信介 東京大学生産技術研究所 教授

研究要旨

不特定多数の利用者がある建築物において想定されうる病原性微生物や有害な化学物質の突発的な放出から利用者の健康安全性を確保するためには、健康影響危険物質の拡散の抑制を目的とした具体的な対策を思索する必要がある。危険物質拡散の防止には、建築設計段階における危険物質の拡散を最小限に抑制するプランニングと適切な設備計画はもちろんのこと、実際に建築物内で危険物質が発生した場合において、特定地点に設置したセンサーによる危険物の検知から危険物質の発生源を同定し、迅速な拡散抑制対策を実行することが求められる。これらの防止策は、共に建築物内における危険物質の拡散特性を高精度且つ迅速に数値解明する手法を必要とする。

本研究は、上記の研究必要性に基づき、危険物質拡散シミュレーションの開発方向性を検討し、以下の知見を得た。

- [1] マクロモデルによる1次元換気シミュレーションは、空間間の物質輸送性状を解明することを目的としており、空間内の流れ場による危険物質の不均一分布を考慮しない。そのため、各空間における危険物質濃度の立ち上がり特性等の詳細データが必要なケースにおいては、同モデルにより適切な解析を行うことは難しい。
- [2] 生物化学テロといった突発的であり少量の飛散により甚大な被害が予測される危険物質の拡散性状をシミュレーションにて詳細に評価する場合、CFD等の流れ場を考慮したシミュレーションの適用が求められる。
- [3] テロ等は突発的であり特定の条件が想定不可能なため、多ケースの解析を要する。CFDの計算コストは非常に高く繰り返し計算には向かないため、建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明において計算コストの低いマクロモデルと、詳細な解析が可能なCFDを複合させ両モデルの短所を補完した複合モデルを開発することが効果的であると考えられる。
- [4] 流れ場の変化が空調のON/OFFのみに起因し、流れ場の定常性が仮定できる本研究においては、CFD解析による応答係数の算出と、応答係数を導入したマクロモデルにより構成されるマクロ・CFD複合モデルを用いた解析コードを開発することの有用性が高いといえる。

A 研究目的

一般的に複雑な換気経路を持つ大規模な地下街や超高層ビルなどの狭域市街地においては、局所にて発生した汚染質がその複雑な換気経路により市街地内広域にわたって拡散する危険性が高い。そのため、病原性微生物の飛散や生物化学(BC)テロが発生した場合に被害を最小限に抑制するためには、換気経路を介した危険物質の拡散を抑制する適切な危険物質排気システムの計画が求められ

る。しかしながら、一般的な二酸化炭素や臭気といった空気汚染物質と異なり、病原性微生物や生物化学テロにより発生する健康影響危険物質は微量の吸引により重大な健康被害をもたらす危険性を持ち、適切な危険物質排気システムを計画した場合においても、設備の作動条件の設定ミスにより大規模な災害に発展する可能性がある。そこで、危険物質排気システムの性能評価の一環として、事前に建築物空間全体における危険物質の移流拡

散及び各場所における濃度分布を評価することの有用性は高い。

また、危険物質拡散の防止には、建築設計段階における危険物質の拡散を最小限に抑制するプランニングと適切な設備計画はもちろんのこと、実際に建築物内で危険物質が発生した場合において、特定地点に設置したセンサーによる危険物の検知から危険物質の発生源を同定し、迅速な拡散抑制対策を実行することが求められる。

これらの防止策は、共に建築物内における危険物質の拡散特性を高精度且つ迅速に数値解明する手法を必要とする。本研究では、建築プランニングにおいて建物内の危険物質の拡散性状を評価できるのみでなく、将来的には突発的な危険物質発生に対して迅速な拡散抑制対策を実行するために必要な解析コードの開発を目指す。

B 研究方法

解析結果の高い信頼性と、不特定の建築に適用できる汎用性をもつ解析コードの開発を目指し、以下のプロセスにより研究を進めた。

[1] 現状において一般的に普及しており汎用性の高いソフトウェアによる、生物化学テロを想定した危険物質の拡散特性解析に対する適応性の検討を行った。

[2] 生物化学テロを想定した危険物質の拡散特性を、詳細且つ迅速に解析可能な解析コード開発に必要な諸条件の精査と、開発方向性の検討を行った。

C 研究成果

現在、動的に汚染質の拡散シミュレーションが行える汎用的なソフトウェアとして“COMIS”が挙げられる。COMISとは、室内に物質完全混合の仮定を設け室内空気を1質点としてマクロに扱うマクロモデルを用い、各質点をネットワーク化

することで各空間の空気の流出入を解析できる換気回路網シミュレーションの代表的なソフトウェアである。COMISは、年間シミュレーション等の繰り返し計算も可能な計算負荷の低さより、熱負荷計算との連成等で広く活用されており、既往の研究にて一定の成果が確認されている。¹⁾²⁾³⁾ 本研究においても、昨年度の研究にて、時間単位における建築物内の汚染質拡散性状を検討しており、Toluen等のVOCsといった健康影響危険物質の拡散性状を把握する目的において活用することの有用性を示した。本年度はテロ等の突発的であり微量の拡散により甚大な被害が予測される健康影響危険物質の飛散を想定し、秒単位の危険物質拡散性状を評価することを目的とした解析に対するCOMISの適応性を検討した。検討手法として、室内の不均一な濃度分布を詳細に検証できるCFDによる解析結果との比較を行った。

C-1 解析対象と解析条件

複数の室空間により構成された単層の建築空間を想定する。表1に各室空間の概要と各室空間を結合する開口条件を、図1に対象建築空間の平面を示す。各室の平面はRoom1, Room2, Room3は同形状であり5.0[m]×4.0[m], Room4は10.0[m]×6.0[m], Lobbyは15.0[m]×2.9[m], MRは5.0[m]×

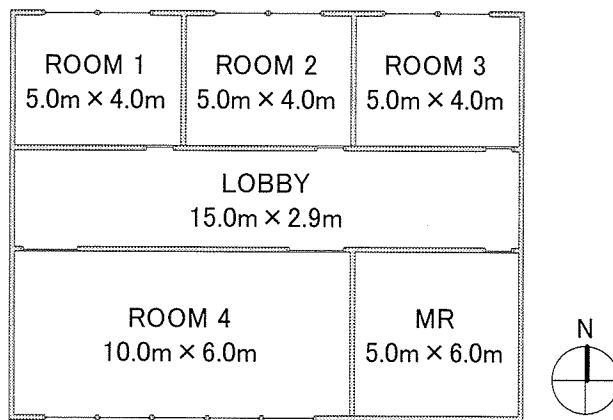


図1 対象建築平面

表1 各室空間の概要

		Room1	Room2	Room3	Room4	Lobby	MR
床面積 [m ²]		20.0	20.0	20.0	60.0	43.5	30.0
室容積 [m ³]		52.0	52.0	52.0	156.0	113.1	78.0
窓	形式	引違い	引違い	引違い	引違い		
	寸法 [m ²]	3.2×1.0	3.2×1.0	3.2×1.0	8.0×1.0		
扉 Room-Lobby間	形式	片開き	片開き	片開き	両開き×2箇所		片開き
	寸法 [m ²]	0.8×2.0	0.8×2.0	0.8×2.0	1.6×2.0		0.8×2.0

6.0[m]とし、天井高さは一律2.6[m]とした。各室間の開口は、Room1-Lobby間、Room2-Lobby間、Room3-Lobby間、MR-Lobby間は片開き扉をそれぞれ1箇所、Room4-Lobby間は両開き扉を2箇所設置した。各室と屋外間の窓は、Room1、Room2、Room3、Room4にそれぞれ1箇所設置した。空調は単一ダクト方式とし、MRに設置した単一の空調機によりMRを除く全室の空調が行われていると設定した。各空調室は第1種機械換気方式とする。空調換気回数は10回/hとし、空調機において(1- α)の割合で再循環空気が外気と交換される設定とした。ここで α を再循環風量率と呼び、本解析では0.9とした。

C-1.1 COMISにおける諸条件

隙間長さ1[m]あたりの通気量は、窓：0.079 [dm³.s⁻¹.m⁻¹.Pa^{-0.6}]、扉：1.1 [dm³.s⁻¹.m⁻¹.Pa^{-0.6}]とした。⁴⁾空調機と各空調室間のダクト長さは、Room1は37.5[m]、Room2は30.0[m]、Room3は22.5[m]、Room4は22.5[m]、Lobbyは30.0[m]とした。国土交通省の建築設備設計基準（平成14年版）に従いダクト通過圧力損失を1.0～1.5[Pa/m]とし、ダクトサイズをRoom1は0.20[m]×0.20[m]、Room2は0.20[m]×0.20[m]、Room3は0.20[m]×0.20[m]、Room4は0.30[m]×0.30[m]、Lobbyは0.25[m]×0.25[m]とした。各空調室において空調による空気質量バランスの乱れが発生しないように、各空調室と空調機間のサプライダクトとリターンダクトにそれぞれ給気ファンと排気ファンを設置し同量の給排気量を設定した。

解析対象層レベルにおける屋外風速は6.0[m/s]とし、風向は北からの定風向とした。外気温と室温は等しく設定し、室内外温度差による換気駆動力は考慮しない。

C-1.2 検証計算における諸条件

CFD解析による検証計算は、主に室内の流れ場に起因する不均一な危険物質拡散性状を、室内空気を1質点にて代表するマクロモデルにより解析することで発生する誤差を評価することを目的とする。そのため、その他のマスバランス等の諸条件はCOMISと同等に設定した。各空間間のマスバランスをCOMISにおける条件と同等にするため、各室と屋外間の空気流入出はCOMISの計算結果により得られた空気流入出量を、窓面想定位置周囲の壁面に境界条件として与えることでモデル化した。各室間の空気流入出は開口想定位置にアンダーカットを設置し、隙間部分のセルにCOMISの計算結果により得られた開口前後の圧力差 ΔP から以下の式(1)により求めた抵抗値 β を扉面の垂線方向に与えモデル化することで、開口前後の圧力差がCOMISの結果と同等に評価されるように設定した。ここで S_L はアンダーカット部の開口面積、 Q_L はアンダーカット部の隙間風量とする。

$$\Delta P = \beta \left(\frac{Q_L}{S_L} \right)^2 \quad (1)$$

表2 CFDの境界条件

		Room 1	Room 2	Room 3	Room 4	Lobby
空調風量 Q_A [m ³ /h]		560	560	560	1560	1131
吹出口	形式	ライン型	ライン型	ライン型	ライン型	角型アネモ
	サイズ S_L [m ²]	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	0.5 × 0.5
	設置個数 N_L	2	2	2	5	3
	吹出風速 V_L [m/s]	$Q_A / (3600 \times S_L \times N_L)$				
	乱流強度 k	0.1				
乱れの長さスケール l [m]		0.03				
吸入口	形式	ライン型	ライン型	ライン型	ライン型	角型アネモ
	サイズ S_O [m ²]	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	1.0 × 0.1	0.5 × 0.5
	設置個数 N_O	2	2	2	5	3
	吸込風速 V_O [m/s]	$Q_A / (3600 \times S_O \times N_O)$				
隙間風	隙間想定位置セルの合計面積 S_L [m ²]	0.8	0.8	0.8	1.76	
	隙間風量 Q_L [m ³ /h]	COMIS計算値				流量配分
	吹出風速 V_L [m/s]	$Q_L / (3600 \times S_L)$				
	乱流強度 k	0.1				
	乱れの長さスケール l [m]	0.03				
壁面境界条件		気流は一般化対数則(定数E=9)を適用、汚染質の吸放出なし				

再循環空気が吸込口から吹出口までの給排気ダクトを通過するのに要する時間 lag は、COMISにて設定したダクト長さ L_D 、ダクトサイズ S_D と、ダクト内通過風量 Q_D を用いて以下の式 (2) にてモデル化した。

$$lag = \frac{L_D S_D}{Q_D} \quad (2)$$

流体数値解析コードは商用ソフト：Star-CDを用いた。境界条件を表2に示す。乱流モデルは標準 $k-\epsilon$ モデルを用いた。気流計算はSIMPLE法による定常解法、空間差分スキームは一次風上差分適用して、ほぼ定常とみなしうる速度分布が得られるまで計算を行った。その後、速度分布を固定した非定常濃度計算を実施し、危険物質発生時における濃度の時系列拡散性状を解析した。

C-2 解析ケース

生物化学 (BC) テロを想定し、Room3にてサリン (分子量: 140.9, 致死量: 0.1~0.01ppm) が図2のスケジュールにて発生したケースにおいて、Room4における30分間のサリン濃度推移を解析した。時間ステップは、COMISでは最小時間ステップ単位 $\Delta t=1[s]$ を用い、CFD解析ではクーラン数を考慮して $\Delta t=0.02[s]$ とした。

C-3 解析結果

C-3.1 Room4における濃度の時系列推移

図3にRoom4におけるサリン濃度の時系列推移を示す。ここでRoom4の濃度とは、室内空気を1質点で代表するCOMISにおいては室内平均濃度、空間内の濃度分布を詳細に評価できるCFD解析では室内中心位置における濃度となる。CFD解析による結果と比較したCOMISの解析結果から、以下の特徴が確認できる。

- ① 濃度の立ち上がり性状が緩やかであり、濃度最大値への到達時間が遅い。
- ② 濃度の立ち上がり性状が滑らかである。
- ③ 濃度の最大値が高い。

C-3.2 Room4の濃度立ち上がり性状への影響因子

図4にサリン発生量とサリン発生室 (Room3)

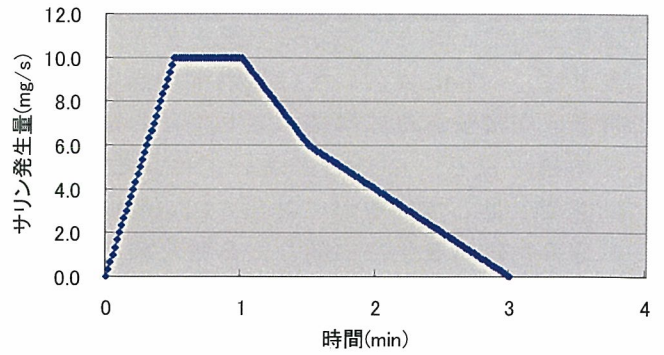


図2 サリン発生スケジュール

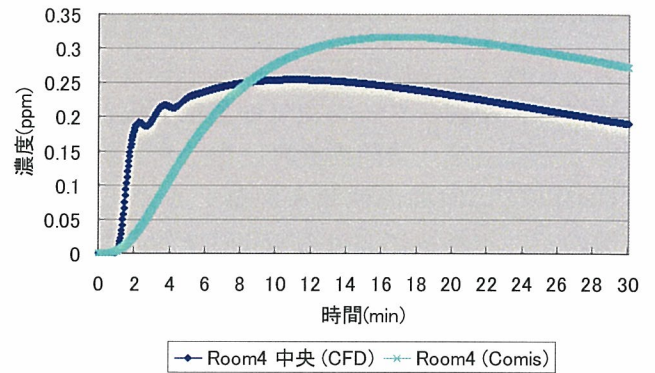


図3 Room4におけるサリン濃度推移

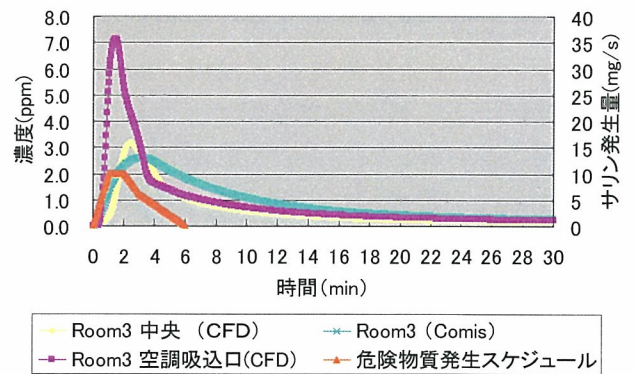


図4 Room3におけるサリン濃度推移

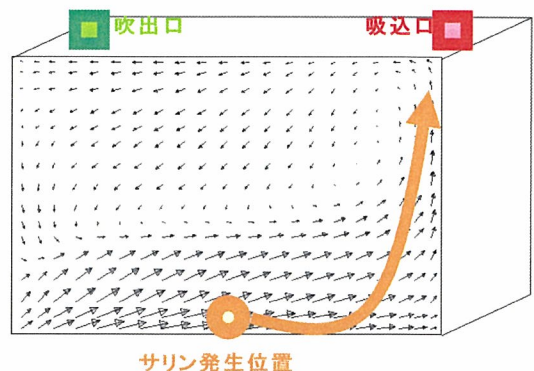


図5 Room3中央断面の気流分布

における空調リターン空気のサリン濃度の時系列推移を示す。ここでRoom3空調リターン空気の濃度とは、COMISにおいては室内平均濃度、CFD解析では空調吸込口に隣接するセルにおける濃度の平均値となる。COMISにおいては比較的緩やかに濃度上昇しているのに対し、CFD解析においては危険物質の発生に追従した急激な濃度立ち上がり確認できる。図5にRoom3中央断面におけるCFD解析による気流分布を示す。これより、本解析において設定した危険物質発生位置は空調吹出口から吸込口にかけて確認できる比較的早い流れ場上に位置していることが分かる。結果として、流れ場に起因する不均一な危険物質拡散性状の影響を評価できるCFD解析では危険物質発生濃度に追従した空調リターン空気の濃度変化が評価されたことに対し、空間内濃度一様分布を前提とするCOMISでは同様の性状を評価しなかったことが分かる。本解析におけるRoom3以外の空調室への主な危険物質拡散経路はダクトであり、Room3空調リターン空気の濃度立ち上がり性状の違いが、C-3.1節で確認されたRoom4における解析手法の違いによる室内の濃度立ち上がり性状の差異に影響したことがわかる。

C-3.3 Room4の濃度最大値への影響因子

図6にRoom4給排気口設置位置の断面におけるCFD解析による気流分布を示す。これより、本空調吹出口から吸込口にかけて比較的早い流れ場が確認でき、空調起因にて流入する危険物質は効率的に空調吸込口から空調機へ循環し、外気混合にて希釈されることが考えられる。Room4における主な危険物質の発生源は空調吹出口であり、C-3.1節で確認されたRoom4における解析手法の違いによる室内の濃度立ち上がり性状の差異に影響したことがわかる。

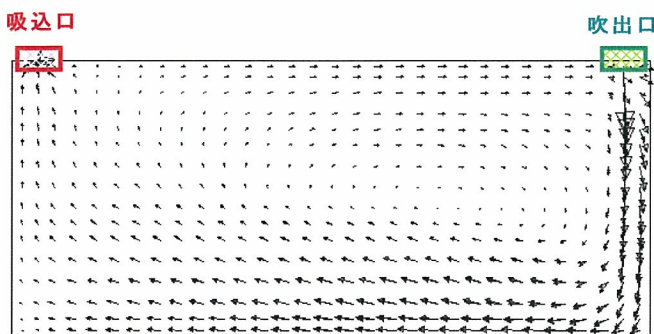


図6 Room4断面の気流分布

いによる濃度最大値の差異は、室内空間の流れ場による危険物質拡散性状の考慮の有無に起因するといえる。

D 考察

生物化学テロといった突発的であり少量の飛散により甚大な被害が予測される危険物質の拡散性状をシミュレーションにて評価する場合、流れ場の影響を考慮した詳細な解析が必要であり、COMIS等のマクロモデルによるシミュレーションのみにて解析することは難しい。しかしながら、テロといったように突発的であり特定の条件が想定不可能な場合において、CFDを用いて多ケースの検証を行うことによる計算コストは非常に高い。そこで、計算コストの低いマクロモデルと、詳細な解析が可能なCFDを複合させ、両モデルの短所を補完した複合モデルを開発することが、建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明において効果的であると考えられる。この複合モデルの開発には2通りのアプローチがある。

D-1 開発モデルA

開発モデルAの概念を図7に示す。⁵⁾⁶⁾ このモデルは、マクロモデルをベースとし、大空間といった空気流動により室内に大きな環境分布ができる空間のみCFD解析により解くモデルであり、最小限の空間のみをCFD解析することで建物全体の解析が可能である。居住域における温熱快適性を含めた熱負荷シミュレーションや、避難経路における煙流動の検討を含めた火災シミュレーションといったように、建物内の特定箇所においてのみ流れ場を考慮した解析が必要な場合、このモデルを用いて計算負荷を軽減することの有用性は高い。

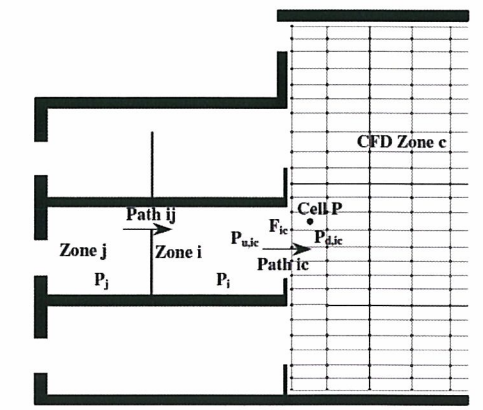


図7 開発モデルAの概念図⁵⁾

しかしながら、特定箇所とはいえ、1ケースの解析につき1回のCFD解析が必要となるため、年間シミュレーションといった繰り返し計算が必要な場合においては計算コストの増加は避けられない。また、生物化学テロといった不確定箇所においての危険物質散布が想定でき、流れ場の解析箇所を限定できない解析ケースにおいては、このモデルにより計算負荷を軽減することは難しい。

D-2 開発モデルB

開発モデルBは、建築分野の非定常伝熱計算にて汎用されているレスポンスファクタ法を、物質の移流解析に応用する手法である。⁷⁾⁸⁾ 室内における定常な流れ場においては、移流・拡散方程式が線形であることから、有限な時間幅のパルスに対する応答係数を用いて、畳み込み計算によって非定常濃度応答を計算することができる。図8にパルスに対する応答係数の概念を示す。定常な流れ場におけるパルス入力に対する濃度応答を解析的に得ることは困難であるが、流れ場をセルに分割してCFDを適用すれば、任意のセルで発生した汚染質パルスに対して、容易に各セルの応答係数を計算することができる。図9に示す空間を対象にした危険物質の移流解析において、流体数値解析コードSTAR-CDでは、クラスタマシンの1ノード (CPU:Pentium4, 3.6GHz, Memory:2GB) を使用して、Real timeで約63minを要した。本手法では、PC (CPU : Pentium4, 3.4GHz, Memory : 1GB) を使用して計算時間は0.281sである (言語はJavaを使用, Dateクラスで測定)。

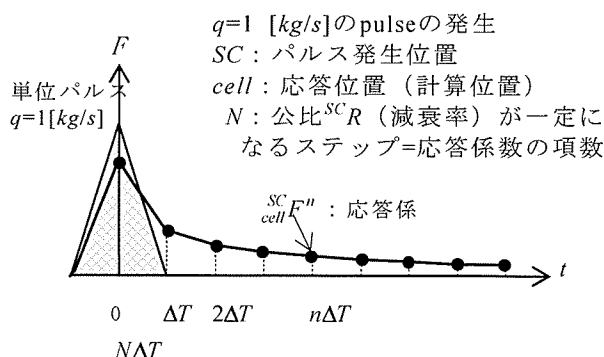


図8 Pulse発生とそれに対する応答係数の定義

このレスポンスファクタ法により各空間セルと、ダクトや開口部の隙間といった空間結合因子間の物質の移流性状を解きCOMIS等の回路網シミュレーションに導入することで、計算負荷はマクロモデルと同等であり、且つ流れ場の物質の移流性状への影響を組み入れた計算モデルの開発が可能となると考えられる。

本モデルを用いるにあたり考慮すべき計算負荷の増大要因は、応答係数算出のためのCFD解析が挙げられる。応答係数は流れ場と相関性を持ち、流れ場が変化するケースにおいては応答係数も変化する。この場合、流れ場と同回数の応答係数算出用CFD解析を行う必要があり、計算コストの増加は避けられない。しかしながら、本研究では流れ場の変化は空調のON/OFFに起因する2ケースのみと設定することが可能なため、本モデルを導入し計算負荷の低減を図ることの有用性は高い。

E 結論

本研究では生物化学テロ等を想定し、危険物質の拡散特性を高精度且つ迅速に数値解明する危険物質拡散シミュレーションの開発方向性を検討し、以下の知見を得た。

- [1] マクロモデルに代表される1次元換気シミュレーションは、空間間の物質輸送性状を解明することを目的としており、空間内の流れ場による危険物質の不均一分布を考慮しない。そのため、各空間における危険物質濃度の立ち上がり特性等の詳細データが必要なケースにおいては、同モデルにより適切な解析を行うことは難しい。

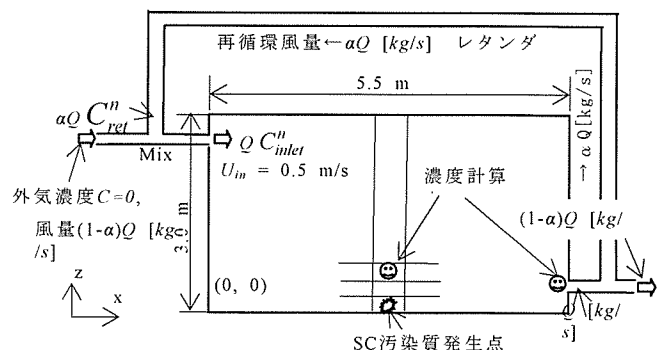


図9 解析モデル

- [2] 生物化学テロといった突発的であり少量の飛散により甚大な被害が予測される危険物質の拡散性状をシミュレーションにて詳細に評価する場合、CFD等の流れ場を考慮したシミュレーションの適用が求められる。
- [3] テロ等は突発的であり特定の条件が想定不可能なため、多ケースの解析を要する。CFDの計算コストは非常に高く繰り返し計算には向かないため、建築物内における健康影響危険物質の拡散特性の数値解明において計算コストの低いマクロモデルと、詳細な解析が可能なCFDを複合させ両モデルの短所を補完した複合モデルを開発することが効果的であると考えられる。
- [4] 流れ場の変化が空調のON/OFFのみに起因し、流れ場の定常性が仮定できる本研究においては、CFD解析による応答係数の算出と、応答係数を導入したマクロモデルにより構成されるマクロ・CFD複合モデルを用いた解析の有用性が高いといえる。

参考文献

- 1) 吉野博, 劉京, 堀内通之, 澤地孝男: 住宅換気システムのCOMISモデルによる評価 (その1) 計算条件と評価方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 41274, pp.547-548, 1998年9月.
- 2) 堀内通之, 吉野博, 劉京, 澤地孝男: 住宅換気システムのCOMISモデルによる評価 (その2) 各室における汚染質濃度の計算結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 41275, pp.549-550, 1998年9月.
- 3) 劉京, 吉野博, 堀内通之, 澤地孝男: 住宅換気システムのCOMISモデルによる評価 (その3) 暖房期間における室内汚染の曝露量と換気負荷の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), 41276, pp.551-552, 1998年9月.
- 4) M. Orme, M. W. Liddament, A. Wilson : Numerical Data for Air Infiltration & Natural Ventilation Calculations, AIVC, 1998年
- 5) Wang, L. and Chen, Q.: Theoretical and numerical studies of coupling multizone and CFD models for building air distribution simulations, Accepted by Indoor Air 2007年
- 6) M. Bartak, I. Beausoleil-Morrison, J.A. Clarke, J. Denev, F. Drkal, M. Lain, I.A. Macdonald, A. Melikov, Z. Popiolek, P. Stankov : Integrating CFD and building simulation, Building and Environment, pp.865-871, 2002年
- 7) 空調設備基準委員会第2小委員会負荷計算法分科会報告: 電算機による動的空調負荷計算法, 空気調和・衛生工学会第46巻第3号, pp.1-38, 1972年3月.
- 8) 空気調和・衛生工学会編: 空気調和・衛生工学便覧, 第12版, III, 第5編2章, 2001年.

F 健康危険情報

なし

G 研究発表

1. 原著論文
石田義洋, 加藤信介, 黄弘, 張先権 : 定常流れ場における非定常濃度応答計算法 第1報—非定常濃度応答計算法と再循環のある室内気流場の濃度計算例, 空気調和・衛生工学論文集No.114, pp.19-28, 2006.09
2. 学会発表
朱晟偉, 加藤信介, 黄弘, 奈良昌則: ネットワークモデルによる建物内の非定常汚染物質移流拡散解析 (その1) 多数室建物内における空気流動と汚染質輸送解析の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, pp.933-934, 2006.09

H 知的財産権の出願・登録状況

なし

厚生労働科学研究費補助金（健康科学研究事業）
分担研究報告書

建築物内における生物化学物テロの対策に関する研究

分担研究者 柳 宇 国立保健医療科学院 建築衛生部 室長

研究要旨

建築物を対象とした生物化学物テロが起きた緊急時の対応方法は、基本的に病原体などの拡散を防ぐことであり、その病原体などを早く検知し、空調と個別ファンを止め、居住者の避難通路を確保することであるが、病原体などをリアルタイムで検知できることが前提となっている。本年度ではアメリカで開発されたバイオセンサー技術を応用した IMD (Instantaneous Microbial Detection, 瞬間微生物検知器) (β版) を用い、①微生物粒子に対する感度の実験、②非生物粒子に対する応答特性の実験、及び③一般環境 (6 病院の待合室, 1 オフィスビル室内, 1 執務室の空調給気) における培地法での測定結果と比較し、IMD の適応について検討を行った。今年度の研究から得られた主な結果は以下の通りである。

- [1] 実環境における IMD を用いた測定結果は培地法計測器での測定結果との間に有意な相関関係 ($p < 0.01$) が認められたことから、室内浮遊微生物濃度のモニターとして使用できるが示唆された。
- [2] IMD は培地法で測定できない一般環境中の生物系粒子を感知することがあるため、バックグラウンド濃度の高い環境中に極微量の微生物 (病原体) が放出された場合においてはその適用が難しい。
- [3] IMD は数 CFU/L の濃度レベルの浮遊微生物 (*Wallemia sebi* 孢子) の測定が可能で、なおかつ非生物粒子 (ラテックス粒子) を生物粒子としてカウントしない (誤認知しない) ことから、バイオテロ対策のツールとしての可能性が示された。この場合においては、センサーを空調用エアフィルタの下流の給気中に設置する必要がある。

A 研究目的

平成 17 年度では、生物化学物テロ対策に関する研究報告および日本の健康危機管理に関する行政対応の資料のレビューを行い、建築物を対象とした生物化学物テロが起きた場合の対応のあり方に関しての取り込むべき課題を明確にした。すなわち、建築物におけるバイオテロ対策の重要なポイントはいち早く微生物 (病原体) や毒性化学物質の発生 (放出) を検知し、適正な室内、室間の気流計画を行い、居住者の避難通路を確保し、建築物と空調システムの使用を早く再開することに関する対策を施すことである。この一連の対応は、

病原体などをリアルタイムで検知できることが前提となっている。微生物をリアルで検知できるセンサーが開発されているが、その実用性についての検証が必要である。

そこで、本年度ではアメリカで開発されたバイオセンサー技術を応用した IMD (Instantaneous Microbial Detection, 瞬間微生物検知器) (β版) を用い、①微生物粒子に対する感度の実験、②非生物粒子に対する応答特性の実験、及び③一般環境 (6 病院の待合室, 1 オフィスビル室内, 1 執務室の空調給気) における培地法での測定結果と比較し、IMD の適応について検討を行った。

B 研究方法

B-1 IMD の測定原理

IMD は BioVigilant 社より開発された、 $0.5\mu\text{m}$ から $16\mu\text{m}$ 以上の 33 粒径範囲 ($0.5\mu\text{m}$ 間隔) における粒径別浮遊粒子と浮遊微生物粒子数を測定するものである。細菌、真菌のような微生物に特定波長の紫外線を照射すると、細胞の代謝物、即ち蛍光物質（蛍光を放射する全ての分子の総称、ニコチンジアミドアデニンネクレオチド NADH とリボフラビンなど）を放出することが知られている^[1]。IMD はこの原理を応用したものであり、蛍光を計測する検知部、Mie 散乱理論に基づく在来のパーティクルカウンター、微生物と非生物粒子を区別する演算部から構成されている。（図-1）

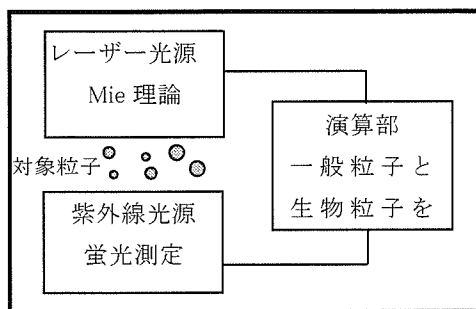


図-1 IMD の概要

B-2 微生物粒子に対する感度の試験

特定できる微生物粒子が放出された場合における IMD の応答特性（感度）を確認するために検証試験を行った。

(1) 試験室

試験に用いたのは $3\text{m} \times 3\text{m} \times 2.2\text{m}$ (容積約 20m^3)、HEPA フィルタ (High Efficiency Particulate Air Filter, 高性能エアフィルタ) が備えられている試験室である。

(2) 試験菌とその発生方法

試験にトレース菌としてカビの 1 種である *Wallemia sebi* の胞子を用いた。予め培養した *W. sebi* 胞子を、超音波発生器にて発生させ、同時に大気基準圧 $0.25\text{kgf}/\text{cm}^2$ の加圧空気計 25L (5L/分 \times 5分) を試験室内に送り込んだ。*W. sebi* 胞子を送り込む前に試験室内をクリーンアップ運転を行った。試験室内の胞子濃度が均一になるように攪拌ファンで攪拌を行った。なお、*W. sebi* の発生は 5分とした。

(3) 測定方法

カビ胞子放出 10 分前から放出終了 45 分後の間において、IMD を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。また、*W. sebi* 胞子を放出終了 3 分後、33 分後においてゼラチンフィルタを用いたフィルタ法での測定を行った。なお、上記の実験を 3 回繰り返した。

1 回目は胞子を送り込んだ後、何にもせずに測定を行った。2, 3 回はカビ胞子発生後試験室内に空気清浄機 30 分間の運転を行い、濃度の低下をはかった状態で行った。なお、空気清浄機運転の有無による試験室内浮遊微生物濃度の差に関しては別途の研究であるため、ここではその詳細を省略する。

B-3 非生物粒子に対する IMD の応答特性

非生物粒子に対する IMD の応答特性を把握するために図-2 と写真-1 に示す計測システムを用いた。

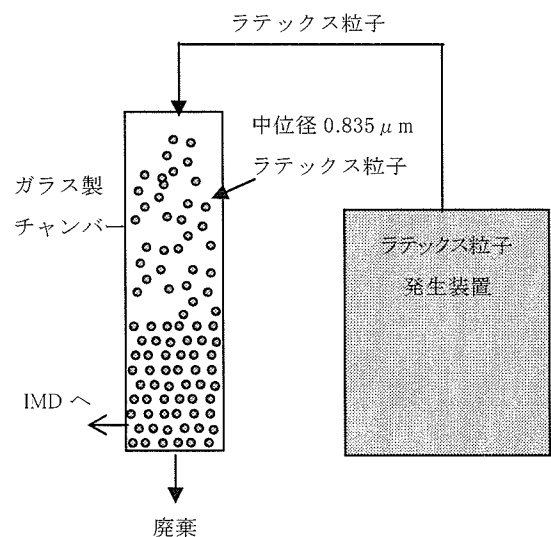


図-2 計測システムの概要

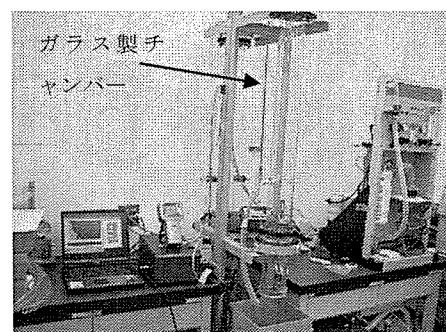


写真-1 測定風景

標準粒子（ラテックス粒子，中位径 $0.835 \mu\text{m}$ ）をネブライザー法の発生装置（PG-102LB，柴田科学製）から発生し，その粒子をチューブ介して円柱型のガラスチャンバーの上部から導入した。チャンバー内のラテックス粒子が整流されながら下部の出口より排出される。また，チャンバーの下部に設けられている測定口から IMD の測定チューブにつなぎ，ラテックス粒子発生前と発生中の浮遊粒子と浮遊微生物粒子濃度の連続測定を行った。

B-4 病院環境における IMD の検証

測定対象病院の概要を表-1，測定対象の待合室の空調設備概要を表-2に示す。

各測定対象室において，10:00～16:00 の間に MG サンプラー（MATTSON-GARVIN 社製）を用いた浮遊細菌の連続測定，IMD を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。

MG サンプラーに使用する培地を SCD (Soybean Casein Digest, ソイビーンカゼインダイジェスト) とし，その培養条件を 32°C ，2 日間とした。

B-5 オフィス環境における IMD の検証

単一ダクト空調方式を有する都内にあるオフィスの 1 室を対象に，就業時間中の 9:30～17:30 において IMD を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。また，IMD の測定期間中に培地法の MG サンプラーを用いた連続測定も行った。

MG サンプラーに使用する培地を SCD とし，その培養条件を 32°C ，2 日間とした。

表-1 対象病院の概要

病院名	所在地	延べ床面積[m ²]	一般病床数
A	港区	28,549	535
C	和光市	24,426	350
E	青梅市	3,732	120
F	日立市	58,196	563
G	大阪市	30,288	487
I	守口市	29,123	359

表-2 対象待合室の空調設備概要

病院名	空調方式 ¹⁾	エアフィルタ捕集率 ²⁾	
		前段	後段
A	AHU+ダクト	70%	なし
C	FCU	なし	
E	FCU	なし	
F	AHU+ダクト+FCU	なし	90%
G	AHU	[-]	
I	AHU+ダクト+FCU	70%	90%

1) AHU: エアハンドリングユニット, OAHU: 外調機, FCU: ファンコイルユニット

2) 前段: 重量法, 後段: 比色法

B-6 空調の給気中における IMD の連続測定

2007 年 1 月 10～16 日の間において，図-3に示す空調システムを有する執務室の空調給気中の浮遊粒子と浮遊微生物粒子濃度を，IMD を用いた 1 分間隔の連続測定を行った。なお，空調機に使用されているエアフィルタは日本の一般オフィスビルなどで最も多く用いられるものである。

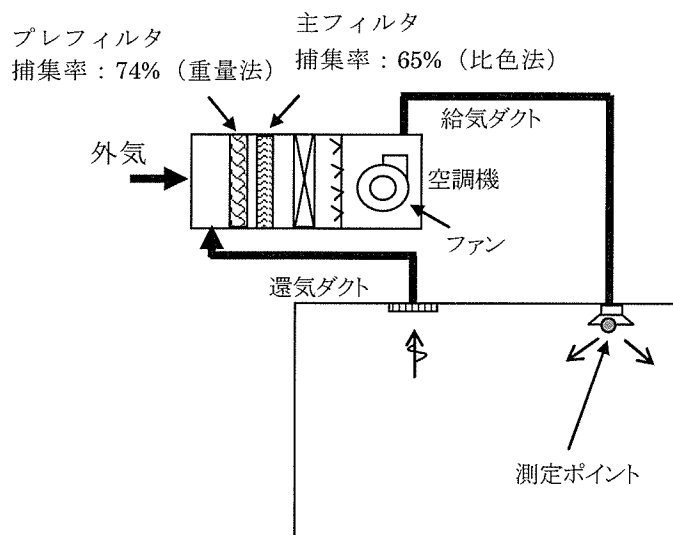


図-3 測定対象執務室の概要

C 研究結果

C-1 生物粒子に対する IMD の応答特性

図-4～6にIMDとゼラチンフィルタの測定結果を示す。*W.sebi* 胞子の発生時間帯を網掛けで示している。IMDの測定結果においては、ゼラチンフィルタ法と同程度の値（実験1の胞子放出3分後

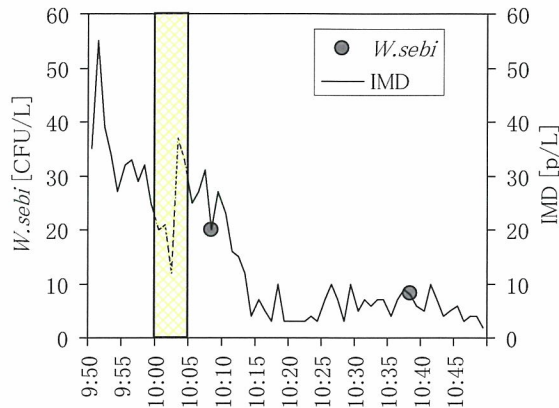


図-4 実験1の結果

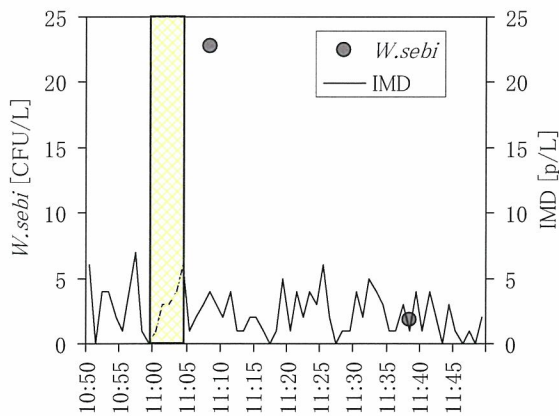


図-5 実験2の結果

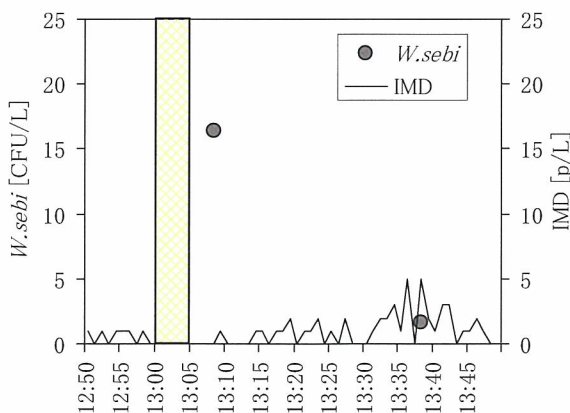


図-6 実験3の結果

と33分後、実験2と3の胞子放出33分後)を示す一方、異なる値を示すものもあった(実験2と3の胞子放出3分後)。

C-2 非生物粒子に対する IMD の応答特性

図-7にIMDの測定結果から求めた0.5-1 μ m, 1-2 μ m, 2-5 μ m, 5 μ m-の粒径別濃度の経時変化を示す。ラテックス粒子の発生に伴い5 μ m以下の粒径別濃度の上昇が見られた。ラテックス粒子の中位径0.835 μ mの入っている粒径範囲の濃度が最も高く、IMDの分粒特性が確認された。一方、生物粒子のカウント数は0のまま推移していた。一例として写真-2にラテックス粒子発生2分後のPC画面を示す。棒グラフの横軸は粒径、縦軸はカウント数である。非生物粒子は黄色い棒、生物粒子は赤い棒で表示されているが、写真-2に示している通り、赤い棒の表示はなかった。以上の結果より、IMDはラテックス粒子を生物粒子としてカウントしていないことが確認された。

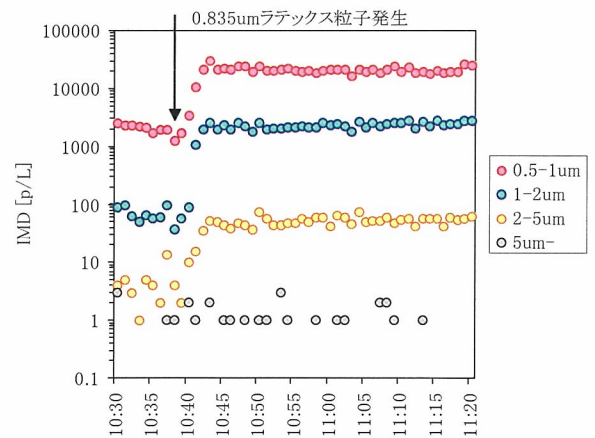


図-7 IMDの測定結果(非生物粒子)

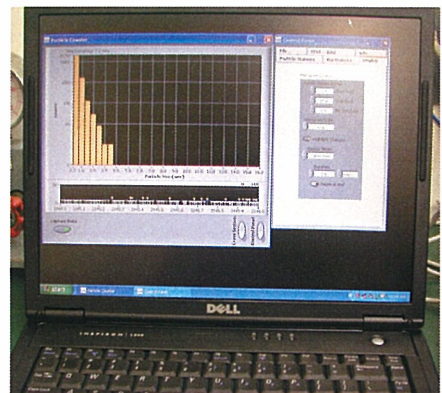


写真-2 ラテックス粒子放出2分後のPC画面

C-3 病院環境における IMD の検証結果

(1) 浮遊微生物濃度の経時変化

図-8に各病院の待合室内における浮遊細菌濃度 (MG サンプラー) と浮遊微生物粒子濃度の測定結果 (IMD) を示す。MG サンプラーの結果は5分間隔で計数したものである。また。MGサン

プラーの結果と比較するために、IMD での測定結果から各5分間の平均値を求めた。

図-8 に示しているように総じて両計測器から得られた経時変化のパターンは同様であり、G 病院を除いた他の病院では両者間に有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$)。

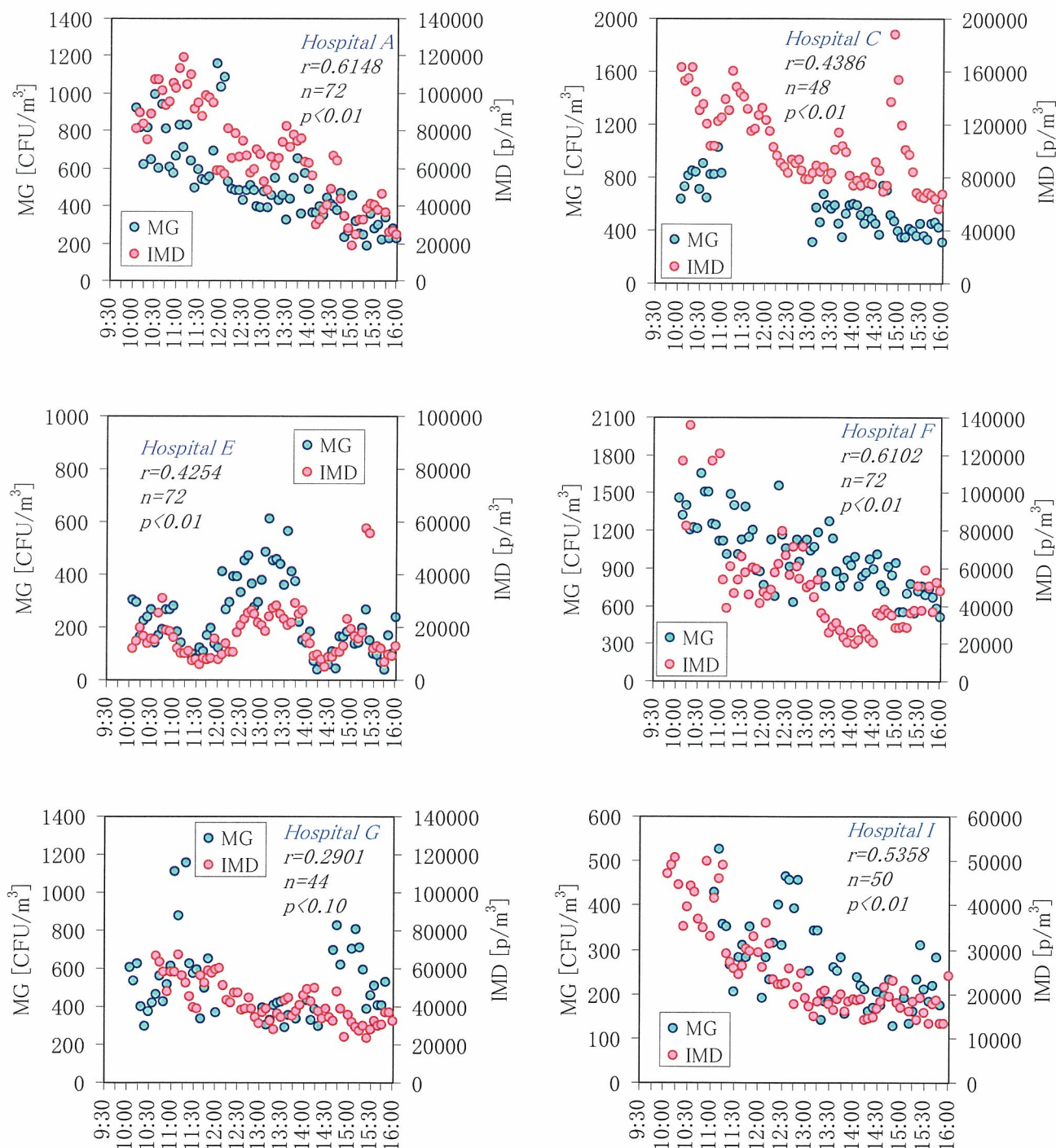


図-8 各病院の待合室における浮遊細菌濃度と微生物数の経時変化

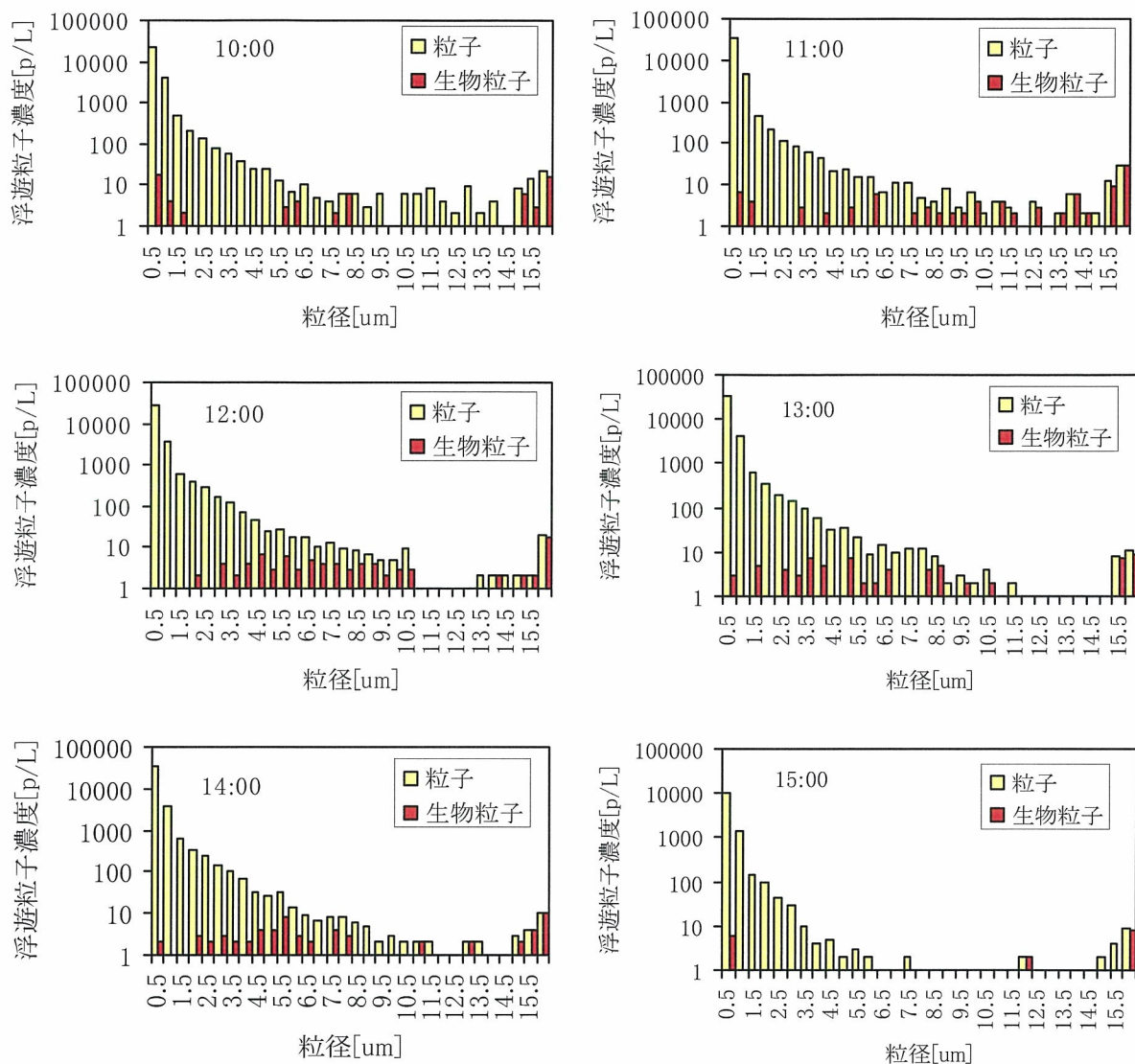


図-9 A病院における浮遊粒子と浮遊微生物粒子の粒度分布

(2) 浮遊粒子の粒度分布

一例として、A病院における10:00~15:00の毎正時の浮遊粒子と浮遊微生物粒子の粒度分布を図-9に示す。浮遊細菌濃度の比較的高い午前中(図-8参照)では各粒径範囲の粒子が検出されたのに対して、濃度の比較的低い午後、とくに15:00では大きい粒子の濃度が低くなった。また、10 μ m以上の大きい粒子の殆どは微生物粒子であることが図-9からも読み取れる。

(3) 浮遊微生物粒子との浮遊粒子の関係

図-10に各病院の測定結果から求めた浮遊微生物粒子と浮遊粒子の粒径別濃度の相関係数を示す。全体的に粒径が大きいほど相関係数は高くなる。1 μ m以上の粒子については、殆ど全てにおいて両

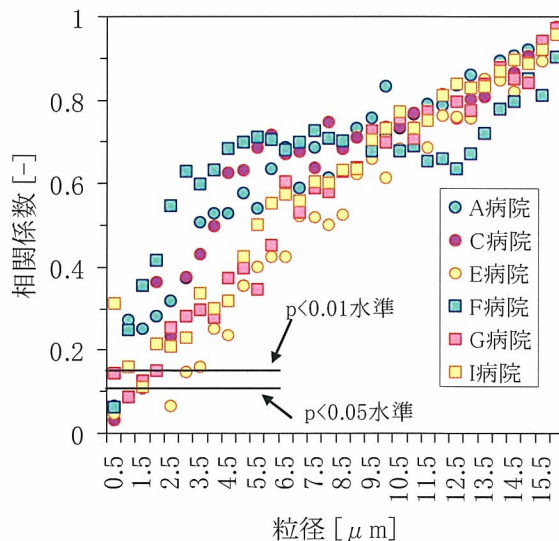


図-10 浮遊微生物粒子と浮遊粒子の相関係数