

平成 22 年 6 月 4 日現在

研究種目： 基盤研究(B)
 研究期間： 2006 ～ 2009
 課題番号： 18360276
 研究課題名 (和文)
 住宅の躯体内部通気が室内空気環境に与える影響
 研究課題名 (英文)
 Influence of concealed air leakages upon I. A. Q . in houses
 研究代表者
 林 基哉 (HAYASHI MOTOYA)
 宮城学院女子大学・学芸学部・教授
 研究者番号： 40320600

研究成果の概要 (和文)：都市環境や住生活の変化に伴う窓開放習慣の衰退,省エネルギーや新建材普及を背景としたシックハウスの対策のために,内装材料配慮や換気設備導入が行われた。本研究ではさらに,床下や天井裏で発生した汚染物質が隙間経由で室内に侵入し室内空気汚染を生ずるメカニズムを,実態調査,実験,シミュレーションで明らかにした。また,シックハウス対策による化学物質使用抑制は,カビ等の生物汚染の要因となるため,床下や壁中のカビ汚染の実態把握や室内侵入の危険性も示した。

研究成果の概要 (英文)：It is required to consider the interior materials and the ventilation systems in order to prevent the sick house problem caused by closing habit of windows with the change of life style, saving energy and expanding of new building materials with chemical compounds. In the studies, characteristics of infiltration of pollutants from the concealed spaces: crawl spaces and the beam spaces to the indoor spaces were studied with survey on houses, experiments and simulations. The regulation of chemical compounds induces mould. Therefore, the movements of mould from the concealed space are investigated and the influences of the mould infiltration upon indoor air quality were shown.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	6,300,000	1,890,000	8,190,000
2007 年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備・空気環境

キーワード：シックハウス,室内空気質,湿気,換気回路網,カビ

1. 研究開始当初の背景

我が国の住宅構造の特徴は、内装と外装の間に内部空間を持ち、それらが複雑に連結さ

れたネットワークを構成していることである。この特徴は、内部空間で使用される木材防腐剤や防蟻剤等の化学物質の室内侵入、内

部結露、それに伴うカビによる室内空気汚染において、特異な現象をもたらしている。

戸建住宅の構法の基本である在来軸組構法においては、床下、壁内、天井裏などの内部空間があり、これらを介した通気があると考えられている。この内部通気は、内部の湿気を屋外に排出し、建物の腐朽を防止する機能を持つとされ、高温多湿環境に適した構法であると考えられてきた。近年、この在来軸組構法は省エネルギー及び環境負荷低減のために断熱気密化され、それに伴って内部空間における通気性状が変化している。しかし、既往の研究において、建物の気密性能や隙間分布は、気密方法や構法等によって多様であることが知られており、その原因の一つとして内部通気経路の存在が考えられる。従って、断熱気密化がある程度進められた現状においても、内部通気の内容は、我が国の住宅に一般的に見られる特徴であり、欧米の断熱気密化された枠組壁構法住宅に見られるような、木枠によって内部空間が仕切られ断熱材が隙間無く充填されることで内部通気が発生しないと考えられる状況とは異なっており、わが国独自の研究と対策が必要になっている。

2. 研究の目的

既往研究（内部建材の化学物質放散が室内空気質に与える影響、林基哉、大澤元毅、日本建築学会環境系論文集、NO.573、pp.65、2003年など）等において、天井裏などの内部空間で放散したホルムアルデヒドなどの有害な化学物質が室内に侵入することが確認され、建築基準法改正では、その基本的な対策の必要性が示された。また、内部空間からの汚染物質の侵入に関する実態調査が行われ、これまでに在来軸組構法住宅ばかりではなく、各種のプレハブ住宅、RC集合住宅などにおいても、侵入が発生することが確認された。

2003年改正建築基準法においては、室内への侵入を想定し、内部空間に使用される面材に関するホルムアルデヒド放散能力を低減することが求められているが、土台等からの防腐剤、配管の接着剤等の施工材からの化学物質については、未対応で検討が必要である。また、欧米で指摘されている内部での結露に伴うカビから発生した空気汚染物質の室内侵入に関する課題も残されている。土台等からの防腐剤、配管等の接着剤等の施工材からの化学物質については、使用量の低減、代替品への変更などが基本として望まれるが、床下換気の促進などの内部空間の換気性状に関する対策や内部での通気止め等による区

画化も対策として必要となる。内部での結露に伴うカビについては、上記の内部空間の換気や区画化による遮断に加えて、内部結露の防止も重要な対策となる。この対策について検討するためには、内部空間での換気性状を知る必要があるが、その実態はほとんど把握されていない。内部通気は、従来の居住空間と外部とに繋がる通気のネットワークとさらに、内部空間に存在する複雑な隙間によるネットワークの構造、機械換気、温度差と外部風による自然換気の影響下にある。この室内と内部のネットワークにおける通気の他に、例えば内部空間の一つである壁体においては、壁内の温度分布に伴う内部の気流の影響も考慮することが望まれる。

既往研究で、気密化されていない在来木造住宅、次世代基準に準じて断熱気密化された在来木造住宅と枠組壁構法の住宅をスライスした部分構造模型(スライスモデル)を作成し、内部空間における隙間量を測定して、その結果を用いて換気回路網計算を行うことで、スライスモデルにおける基本的な内部通気性状を示した。

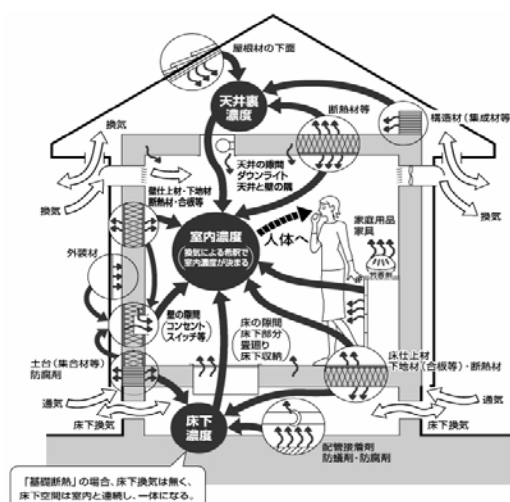


図1 躯体内部空間の空気質とIAQ

本研究では、住宅の躯体内部通気が室内空気環境に与える影響について、防腐剤・防蟻剤・カビなどの内部汚染源及び汚染物質の挙動と室内空気質への影響に注目して、実証的に取り組むために、以下の5つの研究を行った。

- ・研究1: 主要な住宅構法における内部通気ネットワークの実態調査
- ・研究2: 主要な住宅構法における内部通気ネットワークの定量化
- ・研究3: 内部通気の年間推移の数値実験
- ・研究4: 内部空間内の気流性状の数値実験

・研究5: 内部空間の換気・気流による内部結露とカビ発生環境の調査・実験

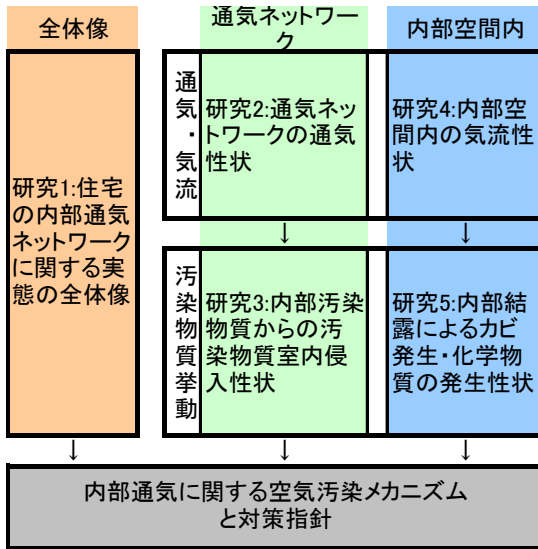


図2 研究方法と構造

3. 研究の方法

研究1では、主要な住宅構法における内部通気ネットワークの実態調査:各種の住宅構法における内部通気のネットワークについて、既往の設計指針及び設計及び施工に関するアンケート調査とそれらの統計分析によって、実態を明らかにする。既往の住宅構法に関する設計施工指針等の設計図書(旧省エネルギー基準施工指針、次世代省エネルギー基準施工指針、改正建築基準法等)の文献調査を行う。また、一般住宅供給者の設計図面及びアンケート調査結果、国土交通省による2000年度からの室内空気環境に関する全国実態調査結果を活用して、構法、換気方式などに注目して内部通気に関する統計分析を行い、内部通気が室内空気環境に与える可能性に関する基礎的データを得る。

研究2では、主要な住宅構法における内部通気ネットワークの定量化:最も一般的な在来構法による部分スライスモデルを作製して、内部空間における隙間量を測定し、内部通気のネットワークの定量化を行う。在来構法による部分スライスモデルの設計・試作を行い、同圧法による通気ネットワーク自動測定システムを製作し、部分スライスモデルを用いて、測定精度、時間等の検証を行う。

研究3では、内部通気の年間推移の数値実験:非正常熱負荷計算(逐次積分法)、換気回路網計算、濃度計算を連成させたシミュレーションプログラムを用い、年間の生活スケジュール及び暖冷房と窓開放習慣を考慮したシミュレーションを行い、換気方法、構法、気象条件などによる年間の内部通気の基本

性状を把握する。

研究4では、内部空間内の気流性状の数値実験:外壁の室内側空隙、断熱層、外気側空隙及び通気層を含む内部空間における内部の気流性状について、基本的な条件を想定して、気流性状に与える内部通気の影響を、トレーサーガス法を用いて明らかにする。

研究5では、内部空間の換気・気流による内部結露とカビ発生環境の調査・実験:内部空間の湿度、通気・気流性状、材料含水率等に関する実態調査を行ったうえで、実験室実験及び数値実験によって、内部空間の環境形成機構を明らかにし、内部通気が内部空間におけるカビの発生環境形成に与える影響を明らかにする。在来構法の実在住宅10件を対象とした実測調査を行い、床下、小屋裏、壁体の内部空間における温湿度、カビ量を測定する。測定は年間を通じて行い、温湿度は測定器をコンセントボックスなどから挿入し、自動計測を行う。また、カビ量は、各季節毎に測定する。以上より、内部空間におけるカビ由来による空気汚染の実態を把握する。

4. 研究成果

住宅の躯体内部通気が室内空気環境に与える影響について、内部汚染物質の挙動と室内空気質への影響に注目して、以下項目についての具体的成果が得られた。

- 化学物質の室内侵入性状(換気実験棟及び部分構造モデル)、隙間ネットワークの測定(スライスモデル/在来木造・木造枠組)図3-図5
- 実建物の侵入率の実態(実験住宅、実建物/戸建住宅[在来木造、木造枠組、プレハブ]、集合住宅、基礎パッキン仕様)図6、図7

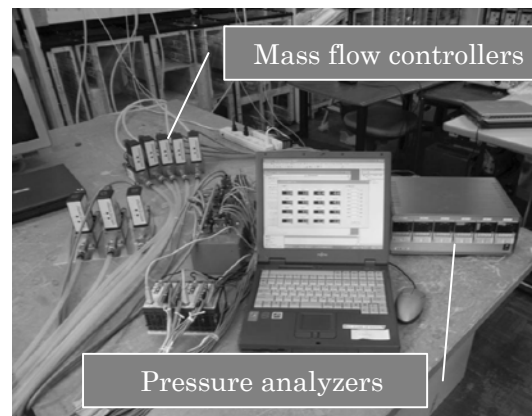


図3 隙間ネットワークの測定システム

○ 隙間ネットワークを用いたシミュレーション：Fresh2006（構法、換気[第1種、第3種]、通気止仕様、改良換気[床下換気、天井裏換気]の特徴）図8

○ 生物汚染（カビ）の実態（実住宅の室内、壁内、床下の年間カビ数測定：東北地域約20件）

○ 生物汚染物質（カビ）の躯体内空間からの室内侵入性状（スライスモデルを利用したトレーサガス・擬似粉体の侵入率測定）

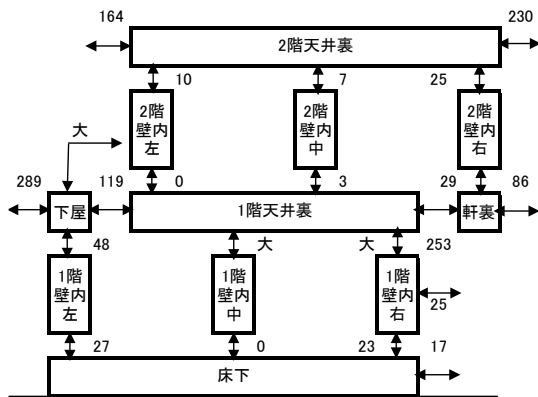


図4 在来木造構法の隙間ネットワーク

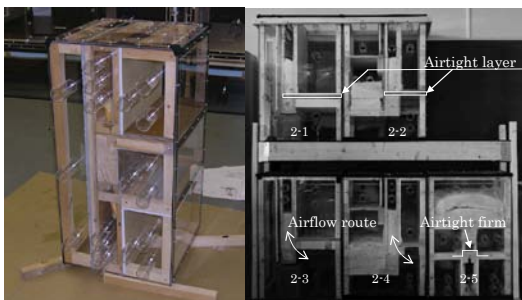


図5 枠組壁工法及び通気止仕様のスライスモデル

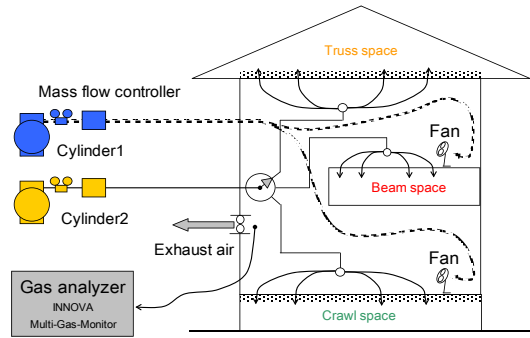


図6 実住宅での侵入率の測定方法

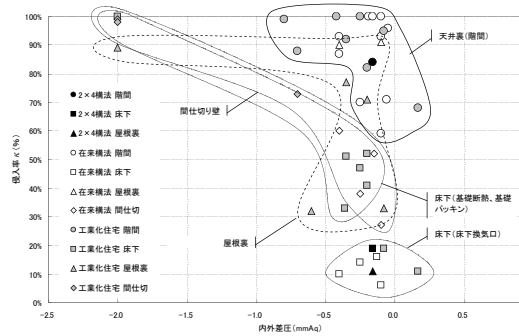


図7 実住宅の侵入率測定結果（内外差圧と侵入率）

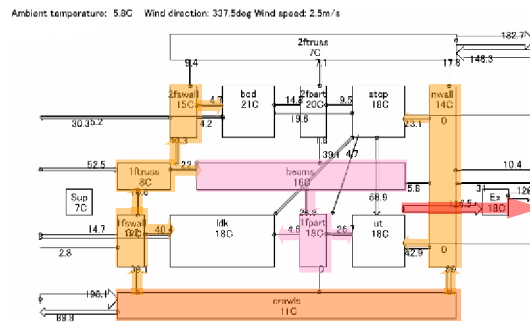


図8 Fresh2006による非定常換気空気質シミュレーション

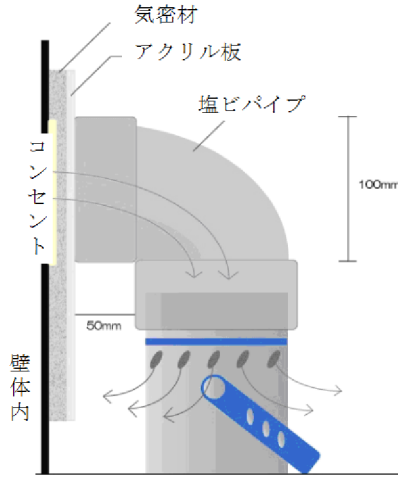
上記の研究により以下の知見が得られた。隙間ネットワークを介した躯体内空間（床下、壁内、天井裏）からの汚染物質の侵入によるIAQへの影響が確認され、建物設計・換気設計において考慮すべき新たな以下の要素がある。

- a) 汚染物質発生源を躯体内空間に設けないこと（化学物質の使用抑制、カビ発生環境の抑止）
- b) 汚染物質の侵入経路の遮断（気密化・通気止）
- c) 内部空間と室内の差圧制御（換気方式の配慮）

さらに これらの対策について、以下の知

見が得られている。

- a)はもっとも重要で効果的な方法である。
- b)は、効果が限定的である。
- c)は、隙間ネットワークを考慮した高度な換気設計が必要であり、現状の設計施工レベル



壁体内部のカビ数の測定方法

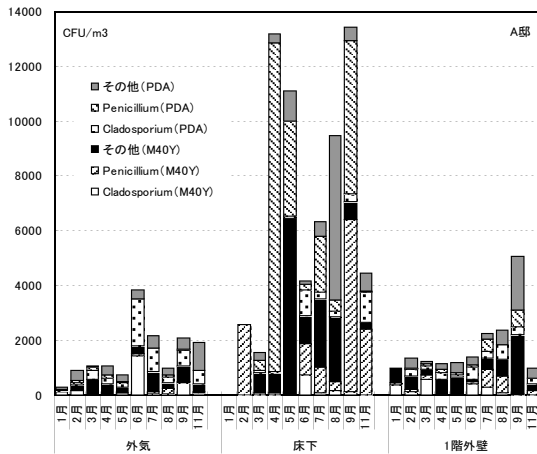


図9 壁体内の簡易カビ測定法と内部空間等のカビ測定結果例

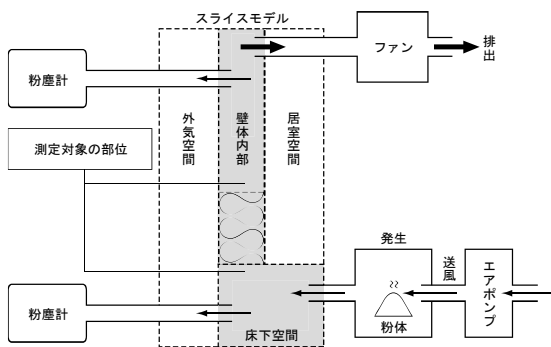


図10 生物汚染物質(カビ)の躯体内空間からの室内侵入実験

では対応できない。

生物汚染に関しては、壁内や床下からのカビの室内侵入があり、特に床下空間については、特に基礎パッキン仕様においてカビ数が多い事例があり、注目する必要がある。

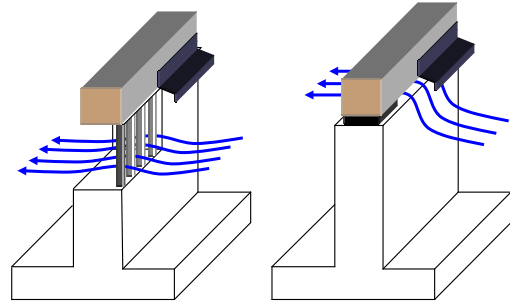


図11 従来の床下換気口と基礎パッキン仕様

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Motoya Hayashi, Kenichi Hasegawa, Field Survey on Indoor Microorganism in Twenty-Five Residences in Japan, Naoya Ando, Hiroshi Yoshino, Rie Takaki, Shin-ichi Tanabe, Proceedings of Healthy Buildings 2009, 査読有, Paper708 (p4), (2009)
- ② Yoshinori Honma, Motoya Hayashi, Kenichi Hasegawa and Haruki Osawa, Field measurement of airborne fungal spores of detached houses with insulated crawl space foundation in Japan, Proceedings of Healthy Buildings 2009, 査読有, Paper237 (p4), (2009)
- ③ Motoya HAYASHI and Haruki OSAWA, A Field Study on Mould, Mites and Environmental Factors in Houses, Proceedings of Healthy Buildings 2009, 査読有, Paper262 (p4), (2009)
- ④ Motoya Hayashi and Haruki osawa, Influence of the concealed air leaks upon the indoor Air Quality in Houses with prefabricated bathroom, Proceedings: ROOMVENT 2009, 査読有, 05-512, (2009)
- ⑤ M. Hayashi and H. Osawa, The influence of the concealed pollution sources upon the indoor air quality in houses, Building and Environment Volume 43 査読有, 29-336, (2008)

- ⑥ H. Osawa, M. Hayashi, Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005, Building and Environment (2008), 査読有 doi:10.1016/j.buildenv (2008)
- ⑦ Kenichi Hasegawa, Junko Kudo, Shin-ichi Matsumoto and Kahori Genjo, Long term measurement of mold in inner space of walls in Japanese detached houses, Proceedings of Indoor Air 2008 査読有, 17-22, ID559, (2008)
- ⑧ Motoya Hayashi and Haruki Osawa, The present status on the pollutant infiltration from the concealed spaces in Japanese houses, Proceedings of Indoor Air 2008, 査読有, ID298, (2008)
- ⑨ K. Hasegawa, M. Hayashi, Y. Honma and H. Osawa, Long Term Measurement of Molds in the Concealed Spaces of Detached Houses in Japan, Proceedings of the 29th AIVC Conference Voll, 査読有, 321-326 (2008)
- ⑩ Y. Honma, H. Osawa, Y. Kuwasawa and H. Suzuki, Simulation on Evaluation of Indoor Air Pollutant Diffused in the Crawl Spaces of Detached House, Proceedings of the 29th AIVC Conference Voll, 査読有, 63-68 (2008)
- ⑪ M Hayashi, H Osawa, Y Honma and M Matsui, PREDICTION OF AIR QUALITY CONSIDERING THE CONCEALED AIR LEAKS OF HOUSES, Proc. int. conf. "Building Simulation 2007", 査読有, 870-877, (2007)

[学会発表] (計 9 件)

- ① 本間義規, 林基哉, 長谷川兼一, 大澤元毅, 基礎断熱工法住宅の床下環境と室内浮遊真菌濃度との関係 その1 浮遊真菌濃度に対する躯体内部移流と床下暖房の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 査読無, 環境工学D-2 分冊, pp. 825-pp. 826, (2009)
- ② 呂陽, 吉野博, 高木理恵, 中村安季, 田辺新一, 林基哉, 長谷川兼一, 宮城県内の住宅 8 件を対象とした室内微生物とハウスダストの実測調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, 査読無, 905-908 (2008)
- ③ 本間義規, 齋藤宏昭, 三浦尚志, 桑沢保夫, 鈴木大隆, 小屋裏を対象とした防露性能評価手法の開発 (その1) 熱空気湿気連成シミュレーションに基づく小屋裏温湿度

性状, 日本建築学会大会学術講演梗概D-2, 査読無, 277-278 (2008)

- ④ 長谷川兼一, 林基哉, 本間義規, 大澤元毅, 住宅の躯体内部通気が室内空気環境に与える影響に関する研究 その2 床下空間におけるカビ数と温湿度の年間変動, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 査読無, pp. 1357-1360, 2008
- ⑤ 三田村輝章, 大澤元毅, 三浦尚志, 桑沢保夫, 香川治美, 尾崎明仁, 住宅内における空気汚染状況の実測とその動向把握, 空気調和衛生工学会学術論文集, 査読無, 437-440, (2007)
- ⑥ 源城かほり, 松本真一, 長谷川兼一, 住宅における室内化学物質濃度と換気量との関連性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, 査読無, 795-797
- ⑦ 大澤元毅, 林基哉, 日下彩, カビダニの実態と建築的要因に関する調査研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, 査読無, 897-902, (2007)

[図書] (計 1 件)

- ① 林基哉, シックハウス問題の発生と対応, 住宅総合研究財団編 現代住宅研究の変遷と展望 11-2 屋内環境と健康問題, 査読有, 244-247, (2009)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林基哉 (HAYASHI MOTOYA)
宮城学院女子大学・学芸学部・教授
研究者番号: 40320600

(2) 研究分担者

本間義規 (HONMA YOSHINORI)
岩手県立大学・盛岡短期大学部・准教授
研究者番号: 90331272

長谷川兼一 (HASEGAWA KENNICHI)

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号: 50293494

(3) 連携研究者

大澤元毅 (OSAWA HARUKI)
国立保健医療科学院・建築衛生部・部長
研究者番号: 20356009