

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24404019

研究課題名(和文)中国の都市住宅におけるMVOC・カビ汚染の実態把握と防止対策の設計法に関する研究

研究課題名(英文) Research on air pollution by MVOC and mold in urban residences in China, and design method for the pollution prevention

研究代表者

吉野 博 (Yoshino, Hiroshi)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・名誉教授

研究者番号：30092373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：中国の6都市で実施したアンケート調査から、カビや化学物質と子供のアレルギー性疾患との関連性が示唆された。また、南部3都市の方が北部3都市よりもアレルギー性疾患の有症率が高かった。一方、実測調査からは、アレルギー疾患を有するケース群とコントロール群間に空気中のカビや化学物質の濃度差は認められなかった。ただし、南部が北部よりTVOCとPM2.5の濃度が高い結果が得られ、有症率の地域差と整合していた。室内温湿度の結果から、中国の住宅ではこの十年で断熱性は変わらないが、換気回数が減少していることが示唆された。カビ防止の観点から、冬型結露を防ぐための最小熱抵抗を中国の観測気象データに基づいて求めた。

研究成果の概要(英文)：We conducted questionnaire survey and field measurements on 6 cities in China. Results of the questionnaire survey suggested the association between mold and chemical pollution and children's allergic diseases. The results also showed that the prevalence of allergic diseases in southern three cities was higher than that in northern three cities. On the other hand, results of the field measurements showed that there was no difference in air concentrations of fungus and chemical substances between the groups with and without allergic diseases. However, concentrations of TVOC and PM2.5 were higher in southern cities than in northern cities, and it is not contradictory to the prevalence of allergic diseases. Measured indoor temperature and humidity suggested that Chinese houses were little improved on thermal insulation but reduced air change rate in this decade. We proposed the minimum thermal resistance of houses for preventing winter dew condensation from the aspect of mold prevention.

研究分野：建築環境工学

キーワード：住宅 エネルギー消費 アンケート調査 実測調査 シミュレーション ダンプネス 結露 カビ

## 1. 研究開始当初の背景

中国の都市住宅における室内環境調査について、代表研究者らは平成13~16年度に文部科学省科学研究費補助金を得て、9都市の住宅(冬期76戸・夏期91戸)を詳細に調査した。その結果、地域によって室内温度湿度は大きな違いが見られ、温度では5~25℃、相対湿度では5~95%と大きくばらついていることが判明した。上海では湿気が多く、カビ問題が数多く指摘され、実際に観察された。近年、ベランダの手すりに窓を設置して、ベランダ空間を室内に取り込んでしてしまう改修が多く行われているが、冬期はベランダでの結露が激しく、カビの発生も見られる。冬期に外気温が低いハルピンの住宅では、窓の結露・カビの被害は甚大であり、後から貼付された断熱材の一部を剥がすとカビが一面に発生していることが観察された。

また、中国の室内空気質問題に関しては、代表研究者らがVOCを測定した経験があり、窓の開放が少ない北部地方において室内のVOC濃度が高い結果となっている。空気質に関しては中国でも許容基準が策定され、対策も進んでいるが、カビの実態把握に至っていない。

今後、中国においては省エネルギーのために建物の気密化が進むことが予想される。従って、結露・カビなどが原因となる建物被害が進むと同時に、MVOCも含めた臭気問題や健康への影響も極めて重要な課題となるものと推定される。また、このような問題を解決するためには、室内湿度・建物性能・住まい方などの環境要因とカビの発生状況、建物被害の状況、並びに臭気問題や健康との関係を解明することが重要である。又、結露・カビ問題を解決するためには、我が国における各種技術を用いて断熱設計・調湿設計・換気設計を行い、適切な住まい方についてアドバイスすることが重要である。

## 2. 研究の目的

本研究は、中国の都市住宅における結露・カビ問題の実態を明らかにし、ダンプネス問題の防止対策を立案するための基礎的資料を構築するために、現地の共同研究者とともに取り組んだ国際プロジェクトである。

住宅のダンプネス(湿度が高い状態)と喘息やアレルギー症状などの健康影響との因果関係に着目した先行研究は海外では多く見られ、高湿度環境が喘息等のアレルギー疾患を発症・悪化させる可能性が高いことが、多くの既往研究にて示されている。また、WHO(世界保健機関)は2009年にダンプネスとカビに関する室内環境ガイドラインをまとめ、ダンプネスに関連する知見を整理し、健康影響には不明な点があるものの無視できないとしている。また、米国医学会(IOM)は、ダンプネスに誘発される環境汚染の暴露が、上気道症状やせき、喘鳴、喘息の増悪と関連があると結論づけている。しかしながら、

真菌などの具体的な暴露要因との因果関係を明示する知見は極端に少ないのが現状である。

そこで、本研究は、都市住宅におけるMVOC汚染・結露・カビ問題の実態を全国的規模で把握し、室内温度湿度・建物性能・住まい方などの環境要因と結露・カビの発生状況、MVOCも含めた臭気問題や健康との関係を解明すると共に、結露・カビ発生の防止対策のための各種技術を用いた最適設計法、並びに適切な住まい方を提案することを目的としている。

## 3. 研究の方法

### (1) アンケート調査

#### 調査対象及び調査方法

アンケート調査の対象者は、調査を担当する大学の附属小学校又は大学周辺の小学校に通う児童である。調査対象都市はハルピン、北京、大連、上海、武漢、長沙の計6都市である。調査対象児童は小学校5年生の児童とし、担任を通じて児童にアンケート用紙を配布した。保護者にアンケートへ回答して頂き、教員を通じて回収している。

#### アンケート調査項目

アンケート用紙は、日本で代表研究者らが実施した全国規模の疫学調査で用いたものを基に、中国の事情に合わせて一部変更を加えたものを用いた。このアンケート用紙は呼吸器・アレルギー性疾患の疫学調査に広く用いられているATS-DLD質問票(環境庁版)を基にした質問項目に、居住環境や家族の健康状態に関する質問を追加して作成されている。

表1に主な調査項目を示す。質問は全84問で構成され、主な調査項目は住環境に関する項目と児童の健康状態に関する項目に分類できる。住環境に関する項目は、住宅の周辺環境や「築年数」などの住宅属性、「結露・カビの有無」などの室内環境の3項目に分類できる。なお、「結露・カビの有無」などの一部の設問では季節ごとの回答ができるように設問を設けている。

児童の健康状態に関する項目では「性別」や「授乳期の栄養」などの個人属性、「呼吸器症状の有無」などの健康状態を尋ねている。

#### 症状の判定方法

本調査で定義している症状は「持続性せき」、「持続性たん」、「喘鳴」、「気道過敏症」、「花粉症様症状」、「喘息様症状(現在)」、「喘息様症状(既往)」、「アレルギー性疾患(既往)」の計8項目である。

「喘息様症状(現在)」と「喘息様症状(既往)」の判別はアンケート調査時点で過去2年間に喘息様の症状を起こしたかどうかで区分している。「アレルギー性疾患(既往)」に関しては、過去に医師によってアレルギー体質に関わる診断をされたことのある児童が該当し、アレルギー体質の有無を大まかに把握するのに用いる。

また、「持続性せき」、「持続性たん」、「喘

鳴」、「気道過敏症」、「花粉症様症状」、「喘息様症状(現在)」のいずれかに当てはまる児童を「何らかのアレルギー性疾患(現在)」と判定し、さらに「喘息様症状(既往)」、「アレルギー性疾患(既往)」を加えた8項目のうちいずれかに当たる児童を「何らかのアレルギー性疾患(既往)」と分類する。この分類により、現在または今までにアレルギー性疾患に罹ったことのある児童の総数を把握する。

#### アンケート回収状況

929 件のアンケートを配布し、916 件のアンケートを回収した。多くの地域で回収率が高くなったが、これは学校の協力を得たうえで、担任を通じて配布と回収を実施したためであると考えられる。

表1 アンケート調査の主な質問項目

主な分類	調査項目	
個人属性	性別	乳児期の栄養
健康状態	アレルギーの甘みやたん、気道過敏症、花粉症様症状、喘息様症状などの呼吸器系の症状	
	医師に診断されたことのあるアレルギーに関する症状	
周辺環境	児童・家族の体調不良症状	睡眠状態
住環境要因	周辺環境	周辺施設
住宅属性	築年数	居住年数
	延べ床面積	部屋の面積
室内環境	壁と床の仕上げ材の種類	窓ガラス・窓サッシの種類
	冷暖房設備	換気設備
室内環境	湿気感・乾燥感の有無	結露・カビ・水だれの発生
	ペットの有無	掃除の頻度
	防虫剤等の使用状況	喫煙者の有無

#### (2) 環境測定

アンケート調査の回答者のうち、住宅内の環境測定にも協力が得られた住宅での実測を行った。研究協力者所在地域の小学校1校について10件程度(上海では2校で約20件)を、ケース群とコントロール群がおおよそ半々になるように選出した。測定項目については日本の測定と同様な項目、すなわち、温度、相対湿度、浮遊真菌、堆積真菌、VOCs、ハウスダスト中のSVOC、カルボニル化合物のほか、日本で行った堆積真菌量の測定が可能なのでハウスダストを採取できないケースがあることを勘案して、テープ法による付着真菌の測定を追加した。また、近年中国の大気汚染が深刻であるため、その代表的な指標であるPM<sub>2.5</sub>を測定項目に加えた。さらに、測定対象住宅の室内換気状況を把握するために二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度の測定も加えた。

測定の当日は、測定者が対象住宅を訪問し測定の概要について説明を行った後、聞き取り担当者と実測担当者に分かれて作業を行った。1件につき測定に所要する時間は1時間以内であった。測定終了後温湿度とCO<sub>2</sub>濃度の連続測定器を2~4週間設置し、室内温湿度、CO<sub>2</sub>濃度の連続測定を行った。

聞き取り調査の項目は次のとおりである：住戸形式・床面積・冷暖房設備と使用状況(居間)・冷暖房設備と使用状況(子供部屋)・換気扇運転状況(台所、浴室、トイレ)・住宅内での生活状況・家族の健康状況・換気扇運転での問題点・室内の暑さ寒さ・湿気・ニオイ・結露の発生・カビの発生・虫の侵入・その他の問題点。

#### 4. 研究成果

##### (1) アンケート調査

分析の流れとしては、全地域+6都市に分けてアンケートの集計を行い、カビの発生と住環境要因の関係をクロス集計によって検討した。次に疫学の分野で広く用いられているロジスティック回帰分析を用いてアレルギー性疾患の有無を目的変数、住環境要因を説明変数とした分析を実施し、アレルギー性疾患に影響を及ぼす要因を検討した。さらに、厳寒地域と寒冷地域を合わせた厳寒・寒冷地域と夏暑冬冷地域の2地域に分け、地域差の検討を実施した。最後に、季節別のカビの発生と症状の関連を検討し、どの季節にカビが発生することが健康に影響を及ぼすか検討した。以下に得られた主な結論を示す。

##### 地域別集計結果

1) 児童のアレルギー症状の有症率は、アンケートの回答の組み合わせにより判定した。日本で実施した調査と比べると多少有症率は低いが、全体的な傾向としては既往の研究と同程度の有症率を示しており、ある程度の代表性を有していると言える。上海や武漢で「何らかのアレルギー性疾患(現在)」の割合が高く、地域ごとに分けると、厳寒・寒冷地域よりも夏暑冬冷地域の方が、何らかのアレルギー性疾患を有する児童の割合が約15%大きい。

2) 結露の発生を約30~40%の住宅が申告しており、カビの発生は約20%の住宅が申告していた。結露に関しては窓サッシでの発生が結露を申告した住宅のうち約80%で確認できた。カビに関しては、カビの発生を申告する住宅のうち壁での発生を申告する割合が全地域で半数以上に達していた。

##### クロス集計結果

1) 築年数が古い住宅ほど、居室の面積が小さいほどカビの発生割合が大きくなる傾向が確認できた。一方で壁や床の仕上げ材、冷暖房に関連する項目に関して特に関連性は確認できなかった。

2) 湿気を感じる住宅のほうがカビの発生割合が大きく、乾燥を感じる住宅の方がカビの発生割合が小さかった。このことから主観である湿気感や乾燥感とカビの発生に対応がある事が確認できた。また、結露の発生とのクロス集計結果からは、結露が発生している住宅のうち約40%の住宅がカビの発生を申告していることが分かった。

##### 全都市をまとめた場合のロジスティック回帰分析結果

1) カビが発生する住宅や本研究で提案したDampness Indexが大きい住宅では、「気道過敏症」と「何らかのアレルギー性疾患(現在)」の発症リスクを高める結果が得られた。このことから高湿度に由来するDampness問題が生じていると考えられる住宅では、アレルギー性疾患の発症リスクが高くなることを示唆しているといえる。

2) Dampness以外の要因ではリフォームの実施や「芳香剤などの日用品」、「新建材臭がす

る」などの化学物質による影響を示唆する要因との有意な関連が確認でき、いずれもアレルギー性疾患の発症リスクを増加させる要因であった。

3) 上記以外の要因では周辺環境に関する「高圧電線」や住宅属性に関する「築年数」、「居住年数」、「窓サッシの種類」、住宅の設備に関する「子供部屋のエアコン」、住まい方に関する「ペットの有無」や「掃除機の使用頻度」との関連が確認できた。

地域ごとに分析した場合のロジスティック回帰分析結果

1) 全地域をまとめた場合に「気道過敏症」で有意な関連が見られていた「カビの発生」は、地域ごとに分析を行ったところ、夏暑冬冷地域では有意な関連が認められたが、厳寒・寒冷地域では有意な関連は認められず、カビ以外の要因による影響が強いことが示唆された。

2) 夏暑冬冷地域でエアコンがある住宅では「気道過敏症」の発症リスクが高くなっており、エアコンの使用による何らかの影響が示唆される結果が得られた。夏暑冬冷地域では夏季にエアコンを使用することが厳寒・寒冷地域よりも多いと考えられるため、この地域において特に注意すべき要因であると言える。

## (2) 環境測定 温熱環境

### 1) 冬期における温湿度の地域比較

上海の住宅の測定例では、暖房器具としてパッケージ型エアコンを所有しているが、暖房はほとんど使用されていない。各温度の変動は外気温に近く、10 前後となっており、湿度は 70%前後にて推移している。一方、北京の住宅の測定例では、居間の温度が終日 20 前後に維持されており安定した変動を示している。この住宅では温水パネルヒーターが設置されており終日運転している。上下温度差や他室(子供部屋)との温度差は小さく 2 程度に収まっているが、窓付近の温度が若干低くなっている。相対湿度は 40%前後にて推移しており、絶対湿度は外気が 2g/kg 前後であるのに対して、室内は 5g/kg 程度である。(図省略)

また、寒冷な地域であるハルビン、北京、大連の住宅では暖房運転がされているため、温度は 20 付近に分布していることが確認でき、上海、長沙、武漢では 10 付近に分布している。地域による暖房習慣の違いが明確に表れている。また、居間と子供部屋との温度差は顕著ではない。

### 2) 住宅内温湿度変動実態とこれに基づく建物シェルター性能の推定

冬期、開放型の暖房装置を使用すると、燃料燃焼に伴う加湿により、内外の全体湿度差が大きくなる。また、絶対湿度の上昇と温度の上昇は燃料固有の加湿と発熱の割合に比例する。断熱性能が高くなれば、燃料燃焼に

対し、室温上昇が大きくなる。一方、換気量が大きいと、湿度差・温度差、共に小さくなる。これらについて、燃料燃焼に伴う発熱と加湿の収バランスに基づいて推定した。

室内温湿度の実測結果から、ハルビン・大連・上海の建物性能を推定した結果、大連・上海については、約十年前との変化が示唆された。いずれの都市においても、この十年における断熱化はそれほど進んでいない可能性が高いが、いずれの都市も換気回数が減少しており、都市の高密度化等によって窓を開ける行為が減少した可能性がある。

### 3) 気候と結露対策

住宅内のカビの発生は結露と深く関わっている。結露は構造体の表面結露と内部結露に大別されるが、ここでは表面結露について検討を行った。また、季節によって分類すれば、壁体の表面結露は冬型結露と夏型結露に分けられる。冬型結露の対策は外壁の内面温度の低下防止に帰結し、夏型結露は換気によって除湿できるかどうかの問題に尽きる。いずれも外気の温度や湿度と深く関わっており、結露対策はその地域の気候特性によって大きく異なる。本研究では、まず各地域の気候特性をクリモグラフによって分析したうえで、夏型結露と冬型結露について検討を行った結果、以下に示す成果を得た。

ア・冬型結露を防止するために、最小熱抵抗の概念を導入し、その地域性を明らかにした。

イ・夏型結露について、外気の 6~8 月の平均絶対湿度の等値線図を作成した。平均絶対湿度の低い地域では換気、高い地域では冷房による除湿による結露防止策を提案した。

## 空気質

### 1) HCHO・VOCs・SVOC

図 1 に厚生労働省より指針値として示されているホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼン、トリデカン及び TVOC の冬期及び夏期の濃度分布を示す。ホルムアルデヒドの指針値 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超過する住宅は 9 箇所、アセトアルデヒドの 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  は 3 箇所、p-ジクロロベンゼンの 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  の 5 箇所であった。その他の個別の物質については指針値を超過するものはなかったが、TVOC の暫定目標値 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  は 46 箇所であった。冬期と夏期を比較すると、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは夏期が高いものの、TVOC については冬期が高い値となっていた。夏期に高い物質は温度上昇により発生量が増加するため濃度が高くなり、冬期に高い TVOC などは冬期の換気の減少によるものと考えられる。また、その他の物質については、酢酸ブチルが非常に高い濃度で検出された箇所があった。この物質は果物から発生することから、室内で果物を置いていたことによるものと考えられる。

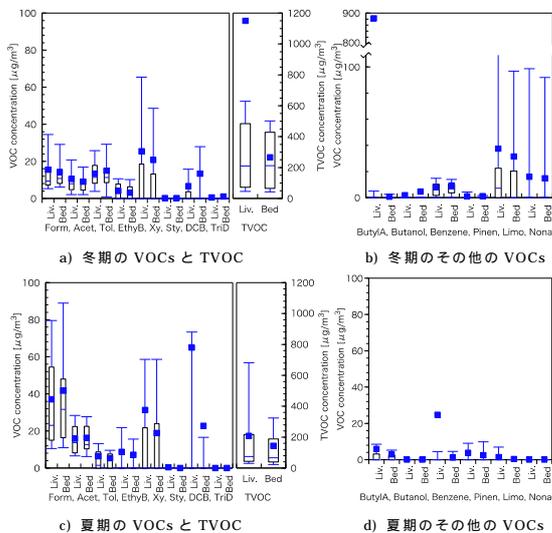


図1 居間と寝室内のVOC濃度

## 2) CO<sub>2</sub>濃度

各地域におけるCO<sub>2</sub>濃度の最小値・中位値・最大値の範囲を求めたところ、夏季より冬季の方が中央値と最大値の濃度範囲は高い方にシフトすることが分かる。これは、夏季より冬季の方が窓開け換気を行う頻度が少なく高濃度になりやすいためである。このことは、CO<sub>2</sub>濃度の経時変化からも解釈される。すなわち、窓を閉めた就寝時においてCO<sub>2</sub>濃度が上昇し、朝明け方時にその濃度が最も高くなっている。冬季の就寝時に窓を開けないため(窓を開けない時間帯が長いため)、室内濃度が夏期時に比べより高くなる。

## 3) PM<sub>2.5</sub>

中国では下記に示す通り、大気中のPM<sub>2.5</sub>濃度に応じた汚染度合いを空気質指数(Air Quality Index, AQI)による評価を行っており、また、AQIに応じて必要な行動を促している(括弧中の数値はPM<sub>2.5</sub>の濃度µg/m<sup>3</sup>を表している)。

AQI 1 (0 ~ 50): Good (優)

AQI 2 (50 ~ 100): Moderate (良)。屋外活動はできるだけ控える。

AQI 3 (100 ~ 150): Unhealthy for Sensitive Groups (軽度汚染)。心臓や肺疾患患者、高齢者、子どもは長時間の屋外活動は控える。

AQI 4 (150 ~ 200): Unhealthy (中度汚染)。長時間の屋外活動を控える。

AQI 5 (200 ~ 300): Very Unhealthy (重度汚染)。屋外活動は中止する。

AQI 6 (300 ~ ): Hazardous (嚴重汚染)。屋外での活動はNG。

図2に冬期と夏期における各住宅のPM<sub>2.5</sub>濃度(横軸)とそれに対応したAQI(縦軸)を示す。室内でも、AQIが3以上の住宅は冬期で64件中47件(73%)、夏期で50件中41件(82%)であり、PM<sub>2.5</sub>による住宅内の汚染が深刻であることが明らかになった。

また、PM<sub>2.5</sub>の対策として、空気清浄機の活

用が有効であると考えられる。武漢の1住宅の測定時に空気清浄機による除去効果を確認できたが、外空中濃度が高く、またそれが室内に侵入するため、室内のバックグラウンド濃度が高くなっており、空気清浄機の効果が限定的であった。

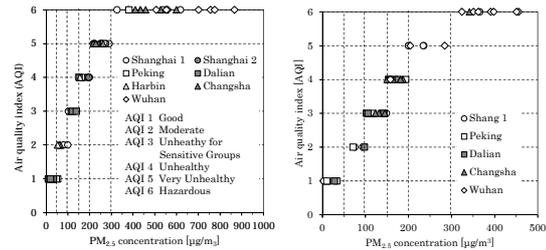


図2 居間におけるPM<sub>2.5</sub>の濃度とAQIの関係(左:冬期,右:夏期)

## 4) 真菌

各地域の居間と寝室の菌種別堆積真菌量は浮遊真菌濃度と異なる傾向が見られた。空中では*Cladosporium* spp., *Penicillium* spp. が顕著に分離されたが、HD中では*Wallemia sebi*, *Yeast*が多く検出された。これらのことは冬季の測定結果より顕著に示された。

また、地域別の浮遊真菌濃度を比較してみると、夏季と冬季ともに最も高い濃度を示したのは北京、最も低い濃度を示したのは上海であり、地域間の差が見られた。しかし、HD中の堆積真菌量については夏期に長沙、冬季に武漢が比較的多く、住まい方に起因するものであると思われる。また、夏季に比べると冬期の方がHD中から好湿性真菌の*Yeast*が多く分離され、結露などの影響によるものと推察される。

居住者の健康に与える真菌汚染の影響は経気道によるものであるため、空中浮遊真菌による評価が最もわかりやすいと考えられる。しかしながら、室内浮遊真菌はHDの再飛散や外気の侵入などに影響される。測定結果に示されているように、各地域の夏期と冬期ともに、室内浮遊真菌への外気の影響が大きかった。また、浮遊真菌と堆積真菌の間で菌叢が異なることから、普段の居住者の堆積真菌の飛散による被曝は測定時点での状況と異なっていると考えられる。言い換えれば、実測時点での室内浮遊真菌だけの測定は、必ずしも対象住宅の平常時の真菌汚染を評価できていたとは限らず、堆積真菌を含めた検討が重要であることが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

- Shengwei Zhu, Wei Cai, Hiroshi Yoshino, U. Yanagi, Kenichi Hasegawa, Naoki Kagi, Mingqing Chen: Primary pollutants in school children's homes in Wuhan, China, Building and Environment, 査読有, 2015, doi:10.1016/j.buildenv.2015.02.028

- 2) Na CUI, Jing-chao XIE, Wen-yue BIAN, Hiroshi Yoshino, U Yanagi, Huibo Zhang, Zhenhai Li, Jing Liu and Yang Lv : Study on the Relationship between Indoor Air Quality and Children ' s Health in Beijing, Applied Mechanics and Materials, 査読有, Vols, 368-370, 2013, 525-530

〔学会発表〕(計 11 件)

- 1) 柳 宇, 吉野博, 李振海, 張会波, 謝静超, 劉京, 呂陽, 朱晟伟, 李念平, 長谷川兼一, 鍵直樹, 後藤伴延: 中国の都市住宅における PM<sub>2.5</sub> 汚染の実態とその対策, 第 32 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, 2015 年 4 月 22 日, 早稲田大学 (東京都)
- 2) B. Q. Liu, Z. H. Li, J. F. Zhao, Hiroshi Yoshino, H. B. Zhang, U. Yanagi, Kenichi Hasegawa, Kagi Naoki : A correlation analysis on children ' s allergic disease and contaminants of microbe and chemical substance from indoor environment in Shanghai ,ICEERB 2014, 2014 年 11 月 9 日, Zhengzhou Songshan Hotel (鄭州・中国)
- 3) G. T. Fan, J. C. Xie, H. Yoshino, U. Yanagi, K. Hasegawa, J. P. Liu : Field study on residential air quality in Beijing, ICEERB 2014, 2014 年 11 月 9 日, Zhengzhou Songshan Hotel (鄭州・中国)
- 4) J. H. Hu, Hiroshi Yoshino, N. P. Li, U Yanagi, Y. Zhang : Particulate matter air pollution in children ' s residential environments in Changsha, China , Paper ID : Iceerb2014I22104, ICEERB 2014, 2014 年 11 月 9 日, Zhengzhou Songshan Hotel (鄭州・中国)
- 5) Yang Zhang, Hiroshi Yoshino, Nianping Li, U. Yanagi, Jinhua Hu : The effects of indoor air quality of residence on children ' s health in Changsha, China, ICEERB 2014, 2014 年 11 月 9 日, Zhengzhou Songshan Hotel (鄭州・中国)
- 6) U. Yanagi, Hiroshi Yoshino, Zhenhai Li , Huibo Zhang , Jing-chao XIE , Yang Lv ,Jing Liu ,Shengwei ZHU ,Niapen Li , Kenichi Hasegawa , N. Kagi , T. Goto : Microbial characterization of school children ' s homes in China relationship between dampness and fungal contamination, ICEERB 2014, 2014 年 11 月 8 日, Zhengzhou Songshan Hotel (鄭州・中国)
- 7) 柳 宇, 吉野博, 長谷川兼一, 後藤伴延, 鍵直樹, 岩前篤, 張晴原, 大竹徹: 中国における居住環境と児童の健康障害との関連性に関する調査研究 第 1 報 調査デザインと実施状況, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿), 2014 年 9 月 12 日,

神戸大学 (兵庫県神戸市)

- 8) 大竹徹, 吉野博, 柳 宇, 長谷川兼一, 後藤伴延, 鍵直樹, 岩前篤, 張晴原: 中国における居住環境と児童の健康障害との関連性に関する調査研究 第 2 報 アンケート調査の集計結果, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿), 2014 年 9 月 12 日, 神戸大学 (兵庫県神戸市)
- 9) Wei CAI, Hiroshi YOSHINO, Shengwei ZHU, U YANAGI, and Zhubing JING : Particulate Matter Air Pollution in Children ' s Residential Environments in Wuhan, China, Indoor Air 2014, 2014 年 7 月 12 日, 香港大学 (香港・中国)
- 10) Huibo ZHANG, Hiroshi YOSHINO, U Yanagi, Jingchao XIE and Zhiwei LIAN : A Detailed Survey on Indoor Air Quality and Children ' s Health in Shanghai , Indoor Air 2014, 2014 年 7 月 9 日, 香港大学 (香港・中国)
- 11) Junfang Zhao, Zhenhai Li, Hiroshi Yoshino, Correlation analysis between children ' s allergic disorders and living environment, Proceedings of The 8th Yellow Sea Rim International Exchange Meeting on Building Environment and Energy, 2013 年 1 月 26 日, Suyuan Hotel (蘇州・中国)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉野 博 (YOSHINO, HIROSHI)  
東北大学・大学院工学研究科・名誉教授  
研究者番号: 30092373

### (2) 研究分担者

長谷川 兼一 (HASEGAWA, KENICHI)  
秋田県立大学・システム科学技術学部・教授  
研究者番号: 50293494  
柳 宇 (YANAGI, U)  
工学院大学・建築学部・建築学科・教授  
研究者番号: 50370945  
岩前 篤 (IWAMAE, ATUSHI)  
近畿大学・理工学部・教授  
研究者番号: 90368283  
張 晴原 (ZHANG, QINGYUAN)  
横浜国立大学・都市イノベーション研究院・教授  
研究者番号: 70227346  
鍵 直樹 (KAGI, NAOKI)  
東京工業大学・情報理工学研究科・准教授  
研究者番号: 20345383  
後藤 伴延 (GOTO, TOMONOBU)  
東北大学・大学院工学研究科・准教授  
研究番号: 20386907