

平成 22 年 5 月 19 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007 年度 ～ 2009 年度

課題番号：19406020

研究課題名（和文）

開発途上国における室内空気汚染と居住者の健康状態に関する調査研究

研究課題名（英文）

A field study on indoor air pollution and health condition of residents in developing countries

研究代表者 上島 通浩 (KAMIJIMA MICHHIRO)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・教授

研究者番号：80281070

研究成果の概要（和文）： バングラデシュと中国において、シックビルディング症候群（日本においてはシックハウス症候群）の原因の 1 つとされる揮発性有機化合物(VOC)等の室内空気汚染物質を定量し、健康状態との関係を検討した。VOC 濃度は総じてバングラデシュの住居が高く、農村部より都市部で、化石燃料使用家庭よりバイオマス燃料使用家庭で、また、夏季より冬季に有意に高い結果であった。しかし、VOC 濃度と子どもの健康状態との対応はみられなかった。中国の都市の住居ではバングラデシュに比べおしなべて低い VOC 濃度であった。

研究成果の概要（英文）： We investigated indoor air pollutants, especially volatile organic compounds (VOCs) which are considered as the causes of sick building syndrome, in houses in Bangladesh and China, and analyzed the relationship between their concentrations and health conditions of the residents. VOC concentrations were generally higher in Bangladesh. In that country, they were significantly higher in urban than in rural areas, in houses in which biomass fuel was used than those in which fossil one was used, and in winter than in summer. However, no association was observed between the concentrations and the health. In China, VOC concentrations in urban houses were generally lower than those in Bangladesh.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2008 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	11,200,000	3,360,000	14,560,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：衛生学

キーワード：室内空気汚染、VOC、バングラデシュ、中国、子供、健康、国際研究者交流、
バイオマス燃料

1. 研究開始当初の背景

近年、居住生活空間である建物の室内空気質と健康との関連が世界的に注目されている。先進諸国においては、室内環境で生じる頭痛、全身倦怠感、眼やのどの刺激感など体調の不良がシックビルディング症候群（日本においてはシックハウス症候群）と呼ばれ、室内空気中のホルムアルデヒド、トルエンなどの揮発性有機化合物(VOC)や浮遊菌類の濃度、温湿度、換気量などとの関連に注目して研究と対策が行われている。一方、経済的に発展途上にある国々においても劣悪な室内空気質は大きな健康問題として認識されている。世界資源研究所(WRI)は世界で毎年300万人の死亡が室内空気汚染によると推定し、低開発国では薪、わら、家畜の糞などバイオマス燃料の使用による有害なVOCや粉塵の発生量が多く、気管支炎や肺炎など呼吸器疾患のリスクが増加していると警告している(WHO、2004)。このため、炊事や暖房に用いるエネルギー源をバイオマス燃料から石油やガス等の化石燃料に転換することが推奨されている。

所得水準が向上し室内での使用燃料がバイオマス燃料から化石燃料に移行すると、続いて住居が簡易な構造からより堅牢なものに変わり、換気状況が変化する。また家具や調度類も増え、燃料の燃焼に加え家具や内装が室内空気汚染物質の発生源となる。実際に中国では、生活水準の向上に伴いより豪華になった室内の内装由来のVOCによるシックビル症候群の発生が、都市部を中心に急速に社会問題化している。

シックハウス症候群の予防という見地から見たとき、日本の厚生労働省による室内濃度指針値は、「毒性に係る科学的知見から、ヒトがその濃度の空気を一生涯にわたって摂取しても、健康への有害な影響は受けまいであろうと判断される値」として設定されている。しかし、指針値の多くは動物実験から得られた毒性情報を根拠に設定されている。したがって、日本国内では見られることのない高濃度のVOCが存在する可能性のある住環境で、居住者がどのような健康状態におかれているのか、また、室内空気汚染が日本と比較しどの程度にあるのかという点は、シックハウス症候群対策をさらに推進する上で重要である。

2. 研究の目的

(1) バングラデシュ（国民所得が440米ドル）で夏及び冬に都市部、農村部で室内空気汚染物質濃度を測定し、バイオマス燃料使用国における室内空気汚染状況を明らかにする。また、居住者の症状・健康状態と室内空気汚染物質濃度との関係を明らかにする。

にする。

(2) 中国（沿海部の都市では4000-6000米ドル）の住居を対象に室内空気汚染物質濃度の測定を冬季と夏季に行い、室内空気汚染状況を明らかにする。症状との関係も解析する。

3. 研究の方法

(1) バングラデシュ：首都ダッカの中心部及び近郊農村部、地方都市モルビバザールの中心部及び近郊農村部において、5歳未満の子どもをもつ家庭の家屋を対象に、夏と冬の両季節に調査した。居住者については調査時点での自覚症状に加え過去1年間の子どもの感染症罹患状況を聴取し、また、ダッカにおいては2008年1月～8月の1週間ごとの症状を毎週記録した。VOC等をサンプリングした拡散型サンプラーチューブは日本に持ち帰り、定量分析を行った。

(2) 中国：大連市、上海市の集合住宅を中心にVOC及び二酸化窒素濃度を測定した。サンプラーチューブは、バングラデシュで得たサンプルと同一の条件で定量分析した。大連市においては夏と冬の両季節に調査した。居住者の自覚症状は質問票により調査した。

4. 研究成果

(1) バングラデシュにおける調査結果

室内空気中の粉じん、一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO₂)を表1に、VOC濃度を表2に示した。VOC濃度は化石燃料使用家庭よりバイオマス燃料使用家庭において有意に高く、また、冬季は夏季より有意に高い結果であった。

表1. 台所における室内空気質：温湿度、CO、CO₂、粉じん

	During cooking ^a		During non-cooking ^a	
	(n=51)		(n=57)	
	Biomass	Fossil	Biomass	Fossil
	(n=18)	(n=33)	(n=24)	(n=33)
<i>Winter</i>				
Temperature (°C)	27.4 ± 2.4 [†]	27.7 ± 2.5 [†]	27.6 ± 2.8 [†]	28.0 ± 2.9
Humidity (%)	52.0 ± 8.4 ^{†,‡}	57.9 ± 7.3 [†]	50.5 ± 8.7 ^{†,‡}	58.3 ± 6.0
CO (ppm)	6.3 ± 9.8 ^{†,‡}	2.3 ± 3.6 [*]	2.8 ± 4.0 [†]	0.6 ± 0.9
CO ₂ (ppm)	619 ± 196 [†]	582 ± 158	652 ± 235	617 ± 186
Dust particles (mg/m ³)	0.821 ± 1.011 [†]	0.141 ± 0.119 [†]	0.454 ± 0.306 ^{†,‡}	0.097 ± 0.080
<i>Summer</i>				
Temperature (°C)	31.0 ± 1.6	31.6 ± 2.1	33.5 ± 7.6	33.1 ± 8.1
Humidity (%)	81.1 ± 7.2 ^{*,†}	73.6 ± 7.4	75.1 ± 6.8	75.7 ± 4.9
CO (ppm)	19.6 ± 15.1 ^{*,†}	2.0 ± 3.7	3.6 ± 7.6 [†]	0.6 ± 1.9
CO ₂ (ppm)	858 ± 278 [†]	674 ± 259	797 ± 296 [†]	597 ± 182
Dust particles (mg/m ³)	0.633 ± 0.727 [†]	0.064 ± 0.099	0.208 ± 0.253 [†]	0.041 ± 0.049

^aHouseholds were divided according to whether mothers were cooking or not during the environmental measurement.

Mean ± sd, **p*<0.05, compared with non-cooking time; [†]*p*<0.05 compared with fossil; [‡]*p*<0.05 compared with summer.

表 2. 台所および外気における室内空気質 : VOC

Compounds	Detection limit	Kitchen		Outdoors	
		Biomass (n=42)	Fossil (n=66)	Biomass (n=9)	Fossil (n=10)
Hexane	3.2	7.1 (2.7)*	<DL ^b	13.4 (3.7)*	<DL ^d
		5.4 (2.2)	7.3 (2.7)	5.8 (2.9)	20.4 (1.9)
Benzene	7.6	54.2 (2.5) ^a *	13.7 (2.1) ^f	60.8 (2.2) ^a *	7.4 (2.0)
		31.4 (2.7)	7.8 (2.3)	23.1 (2.3)	5.6 (2.2)
Toluene	1.6	34.2 (5.1) ^a *	2.7 (6.3) ^e	35.1 (8.7) ^a *	1.1 (3.0)
		26.8 (2.8)	7.3 (2.8)	15.3 (2.2)	3.0 (4.2)
Xylene	3.3	18.5 (2.9) ^a *	3.8 (3.2) ^f	17.8 (3.9) ^a *	2.0 (1.9)
		9.3 (3.0)	4.6 (2.4)	5.2 (1.9)	<DL
Tetrachloroethylene	1.4	2.9 (2.3) ^a *	<DL	4.3 (3.0) ^a *	<DL
		<DL ^a	<DL	<DL	<DL
Methyl ethyl ketone	8.1	<DL ^a	<DL	8.6 (2.2) ^a *	<DL
		<DL ^a	<DL	<DL	<DL
Formaldehyde		9.9 (4.1) ^a *	17.2 (3.2)	5.5 (2.6)	3.7 (4.0)
		19.1 (2.7)	14.4 (3.8)	9.6 (2.6)	1.8 (5.2)
NO ₂		60.1 (2.0)	56.2 (2.3)	68.0 (2.0) ^a *	18.5 (1.6) ^f
		45.2 (1.9)	46.7 (3.3)	38.2 (2.1) ^a *	7.4 (2.2)

Geometric mean (geometric standard deviation). Concentrations below the detection limit were set at half of the detection limit for calculating geometric means. * $p < 0.05$ compared with fossil; ^b $p < 0.05$ compared with summer. Levels of Trichloroethylene, Chloroform, 1,1,1-Trichloroethane, 1,2-Dichloroethane, Carbon tetrachloride, p-Dichlorobenzene, Butyl acetate, and Butyl alcohol are not shown as they were found to be below the detection limit in all measured cases.

表 3. 冬と夏における子どもの健康状態

Symptoms in last 1 month	Crude OR					Adjusted OR ^b			Other significant factors
	Biomass ^a n (%)	Fossil ^a n (%)	OR	95% CI	p-value	OR	95% CI	p-value	
<i>Winter</i>									
Redness of eye	24 (57)	19 (29)	0.3	0.1-0.7	<0.01	2.4	0.5-12.3	0.29	
Eye itchiness	11 (26)	18 (27)	1.1	0.4-2.5	0.90	1.7	0.2-14.0	0.60	Main wall material of house
Skin itchiness	17 (41)	21 (32)	0.7	0.3-1.5	0.36	0.3	0.1-1.4	0.12	Education, frequency of cooking
Runny nose	39 (93)	45 (68)	0.2	0.04-0.6	<0.01	1.3	0.1-11.9	0.82	
Cough	36 (86)	52 (79)	0.6	0.2-1.8	0.37	0.9	0.1-6.4	0.89	
Shortness of breath	8 (19)	10 (15)	0.8	0.3-2.1	0.60	1.6	0.2-11.3	0.63	Main wall material of house
Throat pain	5 (12)	7 (11)	0.9	0.3-3.0	0.83	0.6	0.5-7.3	0.72	
Diarrhea	16 (38)	26 (39)	1.1	0.5-2.3	0.89	0.7	0.1-3.3	0.61	Education
<i>Summer</i>									
Redness of eye	12 (29)	8 (12)	0.3	0.1-0.9	<0.05	0.9	0.1-7.9	0.92	Number of family members/room
Eye itchiness	7 (17)	4 (6)	0.3	0.1-1.2	0.09	0.9	0.1-11.0	0.60	Number of family members/room
Skin itchiness	8 (19)	7 (11)	0.5	0.2-1.5	0.22	0.3	0.03-2.2	0.23	
Runny nose	7 (64)	40 (61)	0.9	0.4-1.9	0.70	0.9	0.2-5.4	0.99	Location of kitchen
Cough	30 (71)	39 (59)	0.6	0.3-1.3	0.20	0.4	0.1-2.3	0.30	Main wall material of house, location of kitchen
Shortness of breath	10 (24)	17 (26)	1.1	0.5-2.7	0.82	3.6	0.6-20.4	0.15	Main wall material of house
Throat pain	0 (0)	0 (0)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Diarrhea	10 (24)	7 (11)	0.4	0.1-1.1	0.07	0.5	0.1-2.8	0.46	

OR, odds ratio; 95% CI, 95 percent confidence interval; NC, not calculated due to small number.

^aThe number of children observed at biomass and fossil fuel users was 42 and 66, respectively. ^bAdjusted for education, monthly income, number of family members per room, frequency of cooking, main wall material of house, main floor material of house, and location of kitchen

5歳未満の子どもの健康状態について、表3に示した。交絡要因で調整後は夏、冬ともに直近1か月の症状と使用燃料の種類との間に有意な関係は認められなかった。一方で、交絡要因については、眼のかゆみ、咳、息切れと壁の建材の種類との有意な関連が認められた。壁の種類としては、煉瓦、トタン、竹の3種類が主要なものであり、カビの生えやすさなどの生物学的要因の関与が疑われる結果となった。夏においては、眼の発赤やかゆみと一部屋あたりの居住人数との間に有意な関連が認められた。

表 4. 冬から夏にかけて半年間の都市部・農村部における子どもの健康状態の比較

Symptoms	Urban (n=51)		Rural (n=51)		IRR	95% CI
	Incidence ^a	Duration / episode ^b	Incidence	Duration / episode ^b		
Respiratory symptoms	17.5	4.7	28.6	3.8	1.6	2.2-3.3
Non respiratory symptoms						
Redness of eye	1.0	1.5	0.9	3.4	0.9	0.4-0.6
Eye itchiness	0.6	5.2	0.4	5.7	0.6	0.2-0.3
Skin itchiness	2.2	10.3	7.2	5.1	3.3	0.9-1.3
Diarrhea	5.7	3.3	10.4	3.3	1.8	1.1-1.6
Dysentery	0.4	2.7	1.9	4.2	2.6	1.1-1.7
Fever	1.4	4.8	5.6	4.7	0.5	0.5-0.8

IRR, incidence rate ratio.

^aIncidence is expressed as episode/1000 children. ^bDuration/episode is calculated in days.

また、冬から夏にかけての半年間の子どもの健康状態(表4)に関しては、呼吸器症状及び下痢、赤痢が、測定した室内空気汚染物質濃度の高い農村部の方が都市部より有意に高い結果となった。室内空気質の健康への寄与の程度は、他の要因に比べ相対的に低いと考えられる。

(2) 中国における調査結果

大連における室内 VOC 濃度を表5に示した。バングラデシュに比べ濃度は低い値であった。ただし、ベンゼン濃度に関しては、冬季において最も高い家屋で寝室、台所ともにバングラデシュでの高濃度検出家庭に匹敵する 185 µg/m³に達する家庭が存在し、屋内での発生源の存在が考えられた。夏季の最大値は 32.4 µg/m³であった。上海での測定結果も大連とほぼ同様の結果であったが、ベンゼンの最高濃度は 17.3 µg/m³であった。

質問票により調査した夏における自覚症状に関して、59家庭の109人の居住者(男性

59人、女性50人)のうち寝室では7人の男性、10人の女性が、台所では3人の男性及び5人の女性が症状を訴えた。

表5. 大連における室内空気汚染物質濃度

Compounds	Detection limit	Kitchen	Bedroom	Outdoors
		(Winter: n=107) (Summer: n=59)	(W: n=107) (S: n=59)	(Win: n=14) (S: n=34)
Hexane	0.4			
	Winter	1.2 (2.4)	1.2 (2.4)	<DL
	Summer	1.6 (2.2)	1.4 (2.0)	1.4 (1.9)
Benzene	1.0			
	Winter	8.0 (2.2)	7.5 (2.1)	5.3 (1.5)
	Summer	2.9 (1.9)	2.5 (1.8)	2.2 (1.6)
Toluene	0.5			
	Winter	14.1 (2.0)	14.2 (1.9)	6.7 (1.7)
	Summer	13.6 (2.0)	13.4 (2.1)	9.5 (1.7)
Xylene	1.2			
	Winter	6.1 (2.6)	6.6 (2.4)	2.5 (2.4)
	Summer	7.8 (1.2)	7.3 (2.2)	4.8 (2.6)
Tetrachloroethylene	0.4			
	Winter	<DL	<DL	<DL
	Summer	<DL	<DL	<DL
Methyl ethyl ketone	1.2			
	Winter	<DL	<DL	<DL
	Summer	<DL	<DL	<DL
Formaldehyde				
	Winter	36.2 (1.6)	35.1 (1.6)	22.7 (1.6)
	Summer	32.3 (1.7)	33.5 (1.7)	15.2 (1.6)
NO ₂				
	Winter	45.0 (2.3)	26.4 (2.1)	36.6 (2.1)
	Summer	36.3 (2.4)	18.7 (2.1)	24.8 (2.0)

これらの家庭での室内 VOC 濃度を症状のない居住者の家庭と比較したとき、1, 1, 1-トリクロロエタン、キシレン、ブタノール、メチルイソブチルケトン、スチレンの濃度が有意に高い結果であった。

以上、バングラデシュにおいては特にバイオマス燃料使用家庭において、室内 VOC 濃度が高い結果が得られた。中国においても、日本国内では検出されることがまれな高いベンゼン濃度を呈する家庭が存在することが明らかになった。こうした VOC 類の健康への影響は、短期的により問題となる感染症等に比較し顕在化しにくい、引き続き注目していく必要があると思われる。特に、バイオマス燃料使用による健康影響については、最近、慢性閉塞性肺疾患のリスクであることが指摘されており、今回測定した汚染物質以外の関与も含め、さらなる研究が必要である。

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4件)

- ①. Md. Khalequzzaman, Michihiro Kamijima, Kiyoshi Sakai, Bilqis Amin Hoque、

Tamie Nakajima. Indoor air pollution and the health of children: situation in two different seasons, Environ Health Prev Med, 査読有、2010、印刷中

- ② 上島通浩, 酒井 潔、伊藤由起、榎原毅、柴田英治、シックハウス症候群・化学物質過敏症への対応、現代医学、査読無、2010、印刷中
- ③ H Lu, FY Piao, FY Lu, P Guo, K Yokoyama, Kamijima M, Investigation of indoor volatile organic compound concentrations, J Environ Health (in Chinese)、査読有、26、2009、514-516

[学会発表] (計5件)

- ① Md. Khalequzzaman, Michihiro Kamijima, Kiyoshi Sakai, Bilqis Amin Hoque、Tamie Nakajima. Indoor air pollution and the health of children in biomass and fossil fuel-users of Bangladesh: situation in two different seasons, The Joint Scientific Meeting of IEA Western Pacific Region and Japan Epidemiological Association, 2010年1月9-10日、越谷市
- ② 上島通浩、化学物質による新しい健康問題の抽出: 職業・環境起因性疾病予防への貢献をめざして、第82回日本産業衛生学会、2009年5月20-22日、福岡市
- ③ エムディ カルクザマン、上島通浩、酒井潔、ホック ビルクシアミン、那須民江、バングラデシュのバイオマス燃料使用家庭における室内空気汚染及び5歳以下の子供の健康状態: 都市部と農村部の比較、第79回日本衛生学会総会、2009年3月29日-4月1日、東京

[図書] (計4件)

- ① 上島通浩 他、中山書店、内科学総論 病因・病態 中毒 2. 工業毒中毒. 小川聡編 内科学書改訂第7版 Vol.1、2009、29-32
- ② 上島通浩 他、健康文化振興財団、シックハウス症候群対策におけるアートとサイエンス. 健康文化振興財団紀要、2009、29-32
- ③ 上島通浩 (分担執筆)、医歯薬出版、櫻林郁之介・熊坂一成 監修 最新臨床検査項目辞典、2008、864

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.med.nagoya-cu.ac.jp/hygiene.dir/study.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上島 通浩 (KAMIJIMA MICHIHIRO)

名古屋市立大学・大学院医学研究科・教授
研究者番号：80281070

(2) 研究分担者

北村 文彦 (KITAMURA FUMIHIKO)

三重大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号：20301145

横山 和仁 (YOKOYAMA KAZUHITO)

順天堂大学・医学部・教授
研究者番号：00158370

那須 民江 (NASU-NAKAJIMA TAMIE)

名古屋大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：10020794

(H20→H21：連携研究者)

柴田 英治 (SHIBATA EIJI)

愛知医科大学・医学部・教授
研究者番号：90206128

(H19→H20：連携研究者)

(3) 連携研究者