

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33920

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10059

研究課題名（和文）南アジアにおける大気汚染と健康障害：都市と農村の比較およびマスク介入の効果

研究課題名（英文）Air pollution and the health effects in South Asia: Comparison between urban and rural area and assessment of prevention with mask

研究代表者

梅村 朋弘 (Umemura, Tomohiro)

愛知医科大学・医学部・講師

研究者番号：10401960

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はインド西ベンガル州の都市部および農村部に住む貧困層の児童を対象として実施した。雨季になると都市部、農村部ともにアレルギー症状は緩和されるものの、気道炎症の指標である呼気中一酸化窒素（FeNO）の値に季節差はなかった。大気汚染が気道炎症を引き起こす主要因とすると、雨季都市部のAQI（大気汚染指標）は乾季農村部のAQIより低いため、都市部雨季のFeNOは農村部乾季のそれより低いはずである。しかし、都市部雨季のFeNOは農村部乾季のFeNOより高かった。それゆえ、大気汚染のみならず、一年を通してほぼ同じようなレベルの曝露が推測される室内空気汚染の影響も受けていることが考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インドやバングラデシュが位置する南アジアでは大気汚染の影響が深刻と考えられているが、室内汚染も深刻であることが示唆された。特に貧困層は室内でバイオマスなどを用いた調理をしているが、換気扇がない住居に住んでいる人が多い。また、本研究は児童を対象としたが、実際に家庭で調理を担当するのは女性（主婦）であることがほとんどであり、室内空気汚染が女性に及ぼす健康影響が懸念される結果となった。

研究成果の概要（英文）：This study was conducted on poor children in both urban and rural areas of West Bengal, India. There was no seasonal difference in FeNO, an index of airway inflammation, although allergic symptoms were relieved in both urban and rural areas during the rainy season. If air pollution is the primary cause of airway inflammation, FeNO in the urban area during the rainy season should be lower than that in the rural area during the dry season because the AQI (air pollution index) in urban areas during the rainy season is lower than the AQI in rural areas during the dry season. However, FeNO level was higher in urban areas even during the rainy season than in rural areas during the dry season. Therefore, they may be affected not only by air pollution, but also by indoor air pollution, which is considered to be at a constant level of exposure throughout the year.

研究分野：環境保健学

キーワード：室内空気汚染 大気汚染 南アジア 貧困層 気道炎症 呼気中一酸化窒素（FeNO） アレルギー

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

南アジアでは乾季(外気温が下がり、空気が乾燥する11月~3月頃)の大気汚染が深刻である。研究開始前の2017年3月にインド東部に位置する西ベンガル州コルカタで実施した予備調査では、PM2.5濃度が平均で100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えており、最大時には高い時は400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回っていた(環境省が示す日本の環境基準は35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、外出を控える目安は70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。湿度が上昇し始めて大気汚染が収束を迎える時期でもこのような高濃度の汚染状況だった。

大気汚染の原因は一般的に工場のばい煙や車の排気ガスだが、南アジア都市部の特徴的な要因として貧困もある。南アジアでも12月~2月上旬は気温が下がり、10度を下回ることもある。路上生活者らは、街中に廃棄されているビニールやペットボトル等の塵芥を夜通し燃やして暖をとることも多い。様々な化学物質を含んだ煙が空を覆う。貧しい南アジアでは、職を求めて都市部に次々と人が流入して大気汚染を加速させる。他の理由には、ガンジス川巨大デルタに位置するインド東部やバングラデシュは泥の固まった土地で乾季には土埃になりやすいこと、経済発展に伴う車の増加、地場産業の排煙(たくさんあるレンガ工場は乾季のみ操業)、街に溢れる動物(牛、ヤギ、犬、ネズミ、鶏)の有機粉じん(毛や糞)などがある。

コルカタ都市圏の人口は1500万人を超えるが、人口の3割以上と推測される貧困層は粗末な家に住んでいる。しかし、インドにおいて大気汚染が貧困層に与える健康影響(特に呼吸器系への影響)はほとんど調査されておらず、また、大気汚染による影響の季節変化も分かっていなかった。そして、研究開始当初、現地では大気汚染による健康影響を防ぐためにマスクを着用するという習慣はほとんどなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は(1)「南アジア都市部の大気汚染の実態(濃度、成分、季節性など)と貧困層への健康影響(呼吸器系への影響)を明らかにすること」と(2)「現実的で実行可能な予防介入として、マスクを供与してその効果を検証すること」の2点である。

(1)「南アジア都市部の大気汚染の実態(濃度、成分、季節性など)と貧困層への健康影響(呼吸器系への影響)を明らかにすること」

背景で述べたように貧困層への大気汚染の健康影響はほとんど調べられていない。また、少ないながらも存在する先行研究は症状調査が主であった。それゆえ、本研究ではこれまで顧みられなかった貧困層を対象として、客観的な数値による評価をすることを目的のひとつとした。

(2)「現実的で実行可能な予防介入として、マスクを供与してその効果を検証すること」

研究開始前の時点で、現地(西ベンガル州)ではマスクを着用する習慣がなかった。そこで大気汚染の深刻な時期に対象者がマスクを着用することによって大気汚染の健康影響を緩和できるか検証することも目的のひとつであった。

3. 研究の方法

インドの西ベンガル州の都市部(コルカタ)と農村部(ジャタ)において乾季(2019年1月)と雨季(2019年8月)に児童を対象として実施した。調査項目は気道炎症の指標である呼気中一酸化窒素(FeNO)、呼吸機能(FVC 、 FEV_1 、 $\text{FEV}_{1\%}$ 、 PEF)、症状であった。 FeNO の測定はNObreathを、呼吸機能検査はSpirodocを用いた。症状はATS-DLDを元に作成した調査票を用いて通訳を介した聞き取りによって確認した。また、都市部と農村部の大気汚染状況は公表されているAQI(Air Quality Index)で評価した。ただし、ジャタのAQIデータは存在しないため、直近の測定ポイントであるハルディアのデータで代用した。

参加者はコルカタとジャタの貧困層が通う学校の男女児童とした。コルカタの参加者は男児が24名、女児が23名、ジャタの参加者は男児が20名、女児が23名だった。しかし、女児の年齢にコルカタとジャタで有意差があった。有意ではなかったが、身長にも差があった(p 値=0.06)したがって、都市と農村で女児を比較することは適切ではないと考えられた。さらに女児の多くが呼吸機能検査を正しく実施できなかった。こうしたことから、女児は分析から除外された。

研究開始前に愛知医科大学倫理委員会による承認を得た(番号:18-M022)。調査に際して保護者からインフォームドコンセントを、対象者の児童からアセントを得た。保護者と対象者に説明する前、対象者の通う学校の理事長(医師)に研究内容や手順を説明し、研究実施の承認を得た。

4. 研究成果

表 1：研究開始時における男児の比較（年齢、身長、体重）

	Kolkata	Jata
Males	n = 24	n = 20
Age (years)	12.5 ± 0.8	12.5 ± 0.5
Height (cm)	147.0 ± 9.3	147.8 ± 6.6
Weight (kg)	33.8 ± 10.6	34.1 ± 8.2

研究開始時（2019年1月）参加者（男児）の年齢、身長、体重の地域差はなかった。

図 1：コルカタハルディアにおける大気汚染状況の推移（乾季と雨季）

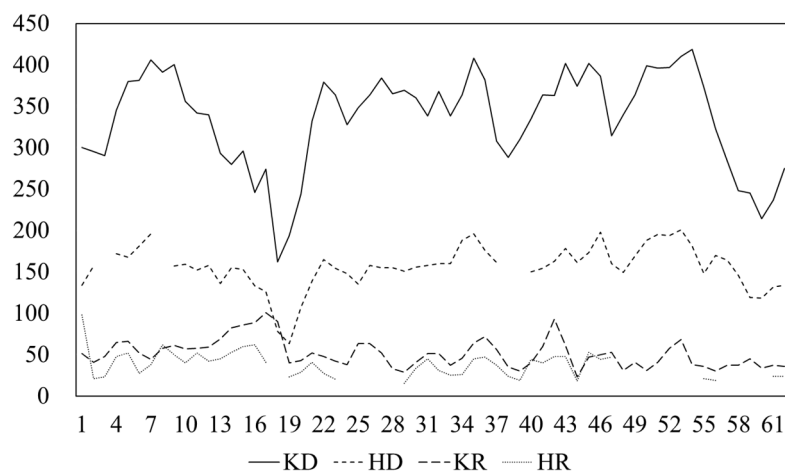


図 1 は研究期間中の大気汚染状況を地域と季節別に示したものである。K はコルカタ、H はハルディア（ジャタ代用）、D は乾季、R は雨季を表す。例えば KD はコルカタの雨季値である。評価期間は、現地で FeNO、呼吸機能、症状などを調査した期間の直近 2 ヶ月である。

表 2：コルカタとハルディアにおける大気汚染状況（乾季と雨季）のまとめ

	Dry season	Rainy season
Kolkata	335.1 ± 58.4	51.5 ± 17.3
Haldia	155.9 ± 26.5	38.1 ± 15.5

Values are expressed as mean ± SD.

コルカタもハルディアも乾季は雨季よりも AQI が高く大気汚染状況が深刻だった。地域と季節の間に交互作用があり、post-hoc テストでは全ての群間で有意差が認められた。

表 3 : FeNO と呼吸機能検査の結果 (男児)

Index	KD (n = 24)	JD (n = 20)	KR (n = 24)	JR (n = 19)
FeNO (ppb)	24.9 ± 16.1	11.3 ± 4.0 ^a	22.3 ± 17.5	16.8 ± 6.7
FVC (L)	2.78 ± 0.51	2.76 ± 0.30	2.95 ± 0.48	2.98 ± 0.38
FEV ₁ (L)	2.50 ± 0.47	2.46 ± 0.27	2.64 ± 0.45	2.66 ± 0.35
FEV _{1%} (%)	89.3 ± 0.5	89.1 ± 0.3	89.4 ± 0.5	89.5 ± 0.4 ^b
PEF (L/s)	5.28 ± 1.36	4.92 ± 0.50	5.33 ± 0.92	5.37 ± 0.66

Values are expressed as mean ± SD.

K はコルカタ、J はジャタ、D は乾季、R は雨季を表す。全ての指標で、二元配置分散分析による交互作用はみられなかった。それゆえ、主効果についてのみ post-hoc テストを行った。FeNO に関して乾季のジャタは乾季のコルカタより有意に低かった。FEV_{1%} に関しては、雨季のジャタは乾季より有意に高かった。

表 4 : 症状調査の結果 (男児)

Symptom	KD		KR		JD		JR	
	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI
Cough	Ref		0.073 ^a	0.008 - 0.632	0.391	0.033 - 4.660	0.232	0.022 - 2.430
Sneeze	Ref		0.165	0.018 - 1.540	0.101 ^a	0.011 - 0.933	0.163	0.017 - 1.600
Red eyes	Ref		0.500	0.156 - 1.605	0.538	0.159 - 1.821	0.583	0.171 - 1.993
Itchy eyes	Ref		0.487	0.148 - 1.602	0.967	0.294 - 3.185	0.945	0.277 - 3.230
Phlegm	Ref		1.800	0.521 - 6.218	1.286	0.340 - 4.860	1.385	0.363 - 5.276
Congestion	Ref		0.102 ^b	0.024 - 0.438	0.117 ^b	0.026 - 0.522	0.066 ^b	0.014 - 0.310
Wheezy	Ref		0.294 ^a	0.089 - 0.974	0.077 ^b	0.017 - 0.351	0.077 ^b	0.017 - 0.351
Itchy skin	Ref		0.348	0.106 - 1.147	1.451	0.424 - 4.964	0.494	0.144 - 1.689
Runny nose	Ref		0.129 ^b	0.033 - 0.502	1.070	0.208 - 5.470	0.433	0.102 - 1.840
Blocked nose	Ref		0.033 ^b	0.004 - 0.292	NA	NA	0.094 ^a	0.010 - 0.870

表 3 は症状のオッズ比と 95% 信頼区間である。雨季のコルカタでは咳、鼻づまり、喘鳴、鼻水、鼻閉の、乾季のジャタではくしゃみ、鼻づまり、喘鳴、雨季のジャタでは鼻づまり、喘鳴、鼻閉に有意差が認められた。これらのオッズ比はすべて基準 (乾季のコルカタ) より有意に小さく、基準より大きいオッズ比を示したものはなかった。

考察

インドやバングラデシュをはじめとする南アジアは大気汚染が深刻であり、乾季に最も悪化し、雨季に改善される。現地では大気汚染による健康影響が懸念されるが、研究開始当初、マスク等で自己防衛をする人はほとんどいなかった。本研究では、乾季と雨季にインド・ベンガル地方の都市部と農村部において大気汚染が人々の健康に及ぼす影響を調査して、大気汚染による健康影響の地域差や季節差を評価することを最初のステップとし、さらにマスク着用 (介入) による健康状態の改善を検証することが次のステップであった。また、顧みられない存在である貧困層を対象としていることが本研究の特徴であった。

結果として、雨季になると都市部、農村部ともに症状は緩和されるものの、気道炎症の指標である呼気中一酸化窒素 (FeNO) の値に季節差はなかった。また、大気汚染レベルは地域の AQI という指標で評価したが、大気汚染が気道炎症を引き起こす主要因とすると、雨季都市部の AQI は乾季農村部の AQI より低いいため、雨季都市部の FeNO は乾季農村部の FeNO より低いはずである。しかし、雨季都市部の FeNO は乾季農村部の FeNO より高かった。それゆえ、大気汚染のほかに、一年を通してほぼ同じようなレベルの曝露が推測される室内空気汚染の影響も受けていることが示唆された。室内空気汚染としては、現地で調理用燃料に使われているバイオマス由来の室内空気汚染が考えられる。調理は主に女性の仕事であるため、今後は女性 (特に主婦) の健康影響も調べる必要がある。

なお、女兒は都市部と農村部で対象者の平均年齢に有意差があった（都市部平均：12.8 歳、農村部平均：14.7 歳）ため、最終的な分析からは除外した。これは FeNO や呼吸機能は体格の影響を受けるためであった。しかし、都市部と農村部のそれぞれにおいて、乾季と雨季で気道炎症の比較をしたところ、女兒においても、都市部（乾季： 11.9 ± 6.2 ppb、雨季： 17.5 ± 10.8 ppb）と農村部（乾季： 14.7 ± 12.6 ppb、雨季： 20.6 ± 25.3 ppb）のそれぞれで FeNO に季節差は認められなかった。

COVID-19 の影響について

2020 年乾季に対象者（同じ児童）にマスクを配布し、対象者が着用することで大気汚染の健康影響を緩和・低減できるか検証する予定であった。具体的にはマスクの配布・着用前に、2019 年と同じく、FeNO、呼吸機能、症状を調査し、着用後の状態も調査することで比較することを計画していた。しかし、介入を実施する前に COVID-19 が世界的に流行し、現地でフィールドワークができなくなってしまった。また、これを機に現地でもマスク着用をする人が散見されるようになった。さらに、渡航再開まで 3 年ほど経ってしまったことで、対象児童が成長しベースラインと比較ができなくなってしまった。こうした理由からマスク介入には至らなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Umemura T, Terasaki H, Onishi K, Matsumi Y, Ueda K, Suzuki K	4. 巻 30
2. 論文標題 Comparison of effects of air pollution on children between urban and rural area in west Bengal, India	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Public Health	6. 最初と最後の頁 v590
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/eurpub/ckaa166.164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomohiro Umemura, Hiroaki Terasaki, Kazunari Onishi, Yutaka Matsumi, Kayo Ueda, Kohta Suzuki
2. 発表標題 Comparison of effects of air pollution on children between urban and rural area in west Bengal, India
3. 学会等名 16th World Congress on Public Health（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅村朋弘、寺崎寛章、大西一成、上田佳代、鈴木孝太
2. 発表標題 大気汚染が児童に及ぼす影響：インド西ベンガル州における都市と農村の比較
3. 学会等名 第91回日本衛生学会学術総会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寺崎 寛章 (Terasaki Hiroaki) (40608113)	福井大学・学術研究院工学系部門・講師 (13401)	主としてフィールドワークを担当した。

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	大西 一成 (Onishi Kazunari) (50596278)	聖路加国際大学・専門職大学院公衆衛生学研究科（公衆衛生 大学院）・准教授 (32633)	主に結果の分析や評価を担当した。

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協 力 者	ブラモチャリー スージット (Brahmochary Sujit)		研究対象社が通う学校（Institute for Indian Mother and Child）のトップであり、医師の資格を 有する。

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関