

令和元年5月14日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06551

研究課題名(和文)PM2.5の健康影響評価と対策立案に対するセンサー技術の展開

研究課題名(英文)Health effect evaluation and measures planning of PM2.5 using sensor technology

研究代表者

村尾 直人(Murao, Naoto)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：00190869

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：微小粒子状物質(PM2.5)汚染による健康影響を正確に把握し、適切な対策の立案を行ってゆくため、以下の二つの課題に取り組んだ。

1. 本研究班で開発した越境PM汚染の評価手法を、多摩丘陵、加須市と長崎市に適用したところ、いずれの地点も越境汚染の寄与がPM濃度70%以上に寄与し、夏に減少、秋に増加する季節変化を示した。
2. 開発・使用した個人曝露測定センサーシステムは、体積768cm³、重さ420gで、24時間の連続運用が可能である。センサーを使って札幌に住む5人の被験者の冬の個人曝露を調べたが、個人のPM2.5曝露濃度と固定観測局で測った環境PM2.5データの関係はほとんど見られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、センサー技術の進歩と情報ネットワーク網の整備を背景として、PM2.5汚染に対する健康影響評価と対策立案の構築を目指す大きな目的のもとにあり、(1)個人曝露量測定に対するセンサー手法の確立は世界の疫学研究やリスク軽減対策に貢献するものである。また、(2)確立した越境汚染評価における新手法は、さまざまなリスク削減目標に対して国内対策がどの程度の有効になるかの推定を与えるものとして、汚染対策の立案に大きく寄与することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study works on development, practical use of a small personal exposure measuring equipment and establishment of the new evaluation technique for the long-range transported pollution ratio based on the measurement.

- (1) A new approach to evaluate transboundary PM pollution is applied to Tama-kyuryo, Kazo and Nagasaki city. The results suggest that transboundary pollution contributed more than 70% to the PM2.5 concentrations, and that the contribution has a seasonal variation with a decrease in summer and an increase in autumn.
- (2) The sensor system developed and used in the field test is a particle counter with a volume of 768 cm³, a weight of 420 g, and over 24 h of continuous operation. Using the sensor, personal exposure in winter were characterized for 5 subjects living in Sapporo area. Ambient PM2.5 data measured at fixed stations were used as a comparison against the personal PM2.5 exposures and produced poor correlations between personal and ambient PM2.5.

研究分野：大気保全工学

キーワード：PM2.5 センサー測定 個人曝露量 越境汚染 微小粒子状物質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

環境大気中のPM2.5が世界全体にわたり、大きな健康影響を持つことが示されてきている。例えば、Global Burden of Disease study 2010では、PM2.5汚染によって、毎年、世界で約320万人の尚早死亡が生じているとされている。最近の評価で特に注目されるのは、比較的濃度が低い先進国においても、PM2.5濃度のさらなる低減により(主に虚血性心疾患による)尚早死亡を大きく減らすことができるとされたことである(日本の死亡者数推定は毎年2万5千人)。しかし、このような知見をわが国での健康影響評価に生かし、適切な対策を行うためには次に示す二つの大きな課題がある。すなわち、(1)個人曝露量の把握：疫学研究による健康影響評価では、環境濃度と個人曝露量に一定の関係があることを前提にしているが、PM2.5の個人曝露濃度測定は世界的にもわずかしかない。さらに、(2)越境汚染割合の把握：我が国の都市におけるPM2.5汚染は、大陸からの越境汚染と都市内で排出・生成した粒子(都市汚染)が混在している状態であり、それぞれの寄与を把握することが適切な対策の立案に繋がる。

2. 研究の目的

本研究では、センサー技術を活用した小型個人曝露測定装置の開発・実用化を行うとともに、センサーを用いた都市域での測定に基づく新しい評価手法を用いて、越境汚染割合の把握に取り組む。このような目的が達成できれば、疫学研究の成果に基づくより正確な健康影響評価、さらには地域の実態に則した対策の立案が可能になるとともに、PM2.5による汚染が著しいアジア諸国に対しても多大な貢献が期待できる。

3. 研究の方法

(1) 小型個人曝露測定装置の開発・実用化

個人曝露測定用への転用を図るほこりセンサーPPD 60PV(神栄テクノロジー社製)は、粒子による光散乱に基づき、直径0.5 μm 以上の粒子数を30秒ごとに計測する。PPD 60PVは内蔵ヒーターにより空気を自己吸引するよう設計されているが、縦置きが原則であり、持ち運びに向かないため、ファンを用いた吸引に変更した。また、PM2.5の自動測定機との並行測定を行い、個数濃度から質量濃度への変換係数を得た。さらに、センサーの器差について検討を行い、校正手段を検討した。

(2) 越境汚染割合の把握

申請者らが開発した「観測に基づいて都市汚染と越境汚染を分離する手法」を、東京都八王子市、埼玉県加須市、および長崎市に適用し、手法の妥当性を確認するとともに、各都市における越境汚染割合を評価した。観測内容は以下の通りである。まず、分担者の山形が開発したテープ式吸収率計でPM2.5の光学的吸収係数(a_{ap})、申請者らが開発と評価を行ったPM2.5センサーでPNC(0.5 μm 以上の粒径を持つ粒子個数濃度)をそれぞれ測定し、両者の比(a_{ap}/PNC)を求める。この比はPM2.5の粒子1個あたりの光吸収性を表し、値が高いほど光吸収性が高く、低いほど散乱性が高い。大規模な黄砂時を除くと、 a_{ap} は黒色炭素濃度にはほぼ対応し、PNCはPM2.5の質量濃度との対応するため、この比はPM2.5中の黒色炭素割合、すなわち「PM2.5の総体としての黒さ」と見ることができる。越境汚染割合は以下の手順で求める。すなわち、都市内の発生源に由来するPM2.5粒子と越境汚染に由来するその a_{ap}/PNC をそれぞれ(a_{ap}/PNC)_{UB}、(a_{ap}/PNC)_{BC}とすると、それが混在した都市内での観測値(a_{ap}/PNC)_{obs}を次式で表すことが出来る。越境汚染割合：都市汚染割合 = x : 1 のとき、

$$(a_{\text{ap}}/\text{PNC})_{\text{obs}} = ((a_{\text{ap}}/\text{PNC})_{\text{BC}} \times x + (a_{\text{ap}}/\text{PNC})_{\text{UB}}) / (1+x)$$

観測地点において、越境汚染が支配的になる(光吸収性が低い)日と都市汚染が支配的になる(光吸収性が高い)日があるとすると、(a_{ap}/PNC)_{BC}は、観測期間に得た(a_{ap}/PNC)の時間最大値、(a_{ap}/PNC)_{UB}は(a_{ap}/PNC)_{obs}の時間最小値として決定でき、上式から越境汚染割合xを求めることができる。

4. 研究成果

(1) 小型個人曝露測定装置の開発・実用化

作成した測定装置は約120 \times 80 \times 80mm、420gで一回の充電で24時間以上の連続測定ができる。これを5個作成し、札幌市において、冬季を対象に個人曝露濃度測定を行い、大気濃度との関係を明らかにした。大気濃度日平均値と全被験者の個人曝露濃度日平均値を図1に示す。被験者4を除くと、おおむね個人曝露濃度は大気濃度の1/2以下であった。被験者4は発生源がある自宅での曝露濃度が高かった一方で、その他の被験者は自宅での曝露濃度が低かった。このことは、大気

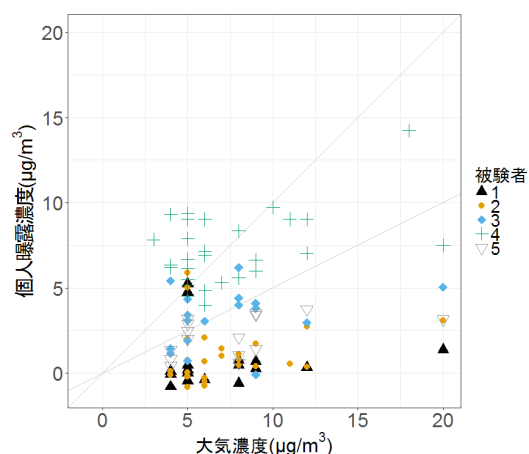


図1 大気濃度と個人曝露濃度の関係
(冬季日平均値)

濃度と屋内濃度が異なること、そして個人曝露が屋内濃度に大きく影響を受けることを示唆する。被験者が学生のみで、人数は5人と限られた条件ではあるが、冬季の札幌市では、疫学が仮定する大気濃度 個人曝露濃度とならないことが示唆された。

(2) 越境汚染割合の把握

申請者が札幌市を対象として開発した「観測に基づいて都市汚染と越境汚染を分離する手法」を各地域に適用するため、2017年3月に東京都八王子市堀之内にあるFM多摩丘陵の大気観測鉄塔高度25mに、また2017年11月には長崎大学に機器を設置し、観測を開始した。長崎での観測結果を図2に示す。実線で示すように、PNCの増加が何度もみられたが、注目されるのは、PNCと σ_{ap}/PNC (点線)間に逆の変動がみられることである。大陸からの越境汚染では、PM2.5粒子中の硫酸塩の割合が高く、地域の汚染では(濃度は低いものの)相対的に黒色炭素エアロゾルの割合が高くなるため、このような関係が得られたと考えられる。越境汚染割合については、三地点とも冬季、春季に越境汚染割合が6割以上と高くなり、夏季、秋季においては都市汚染が卓越する日が見られることがわかった。

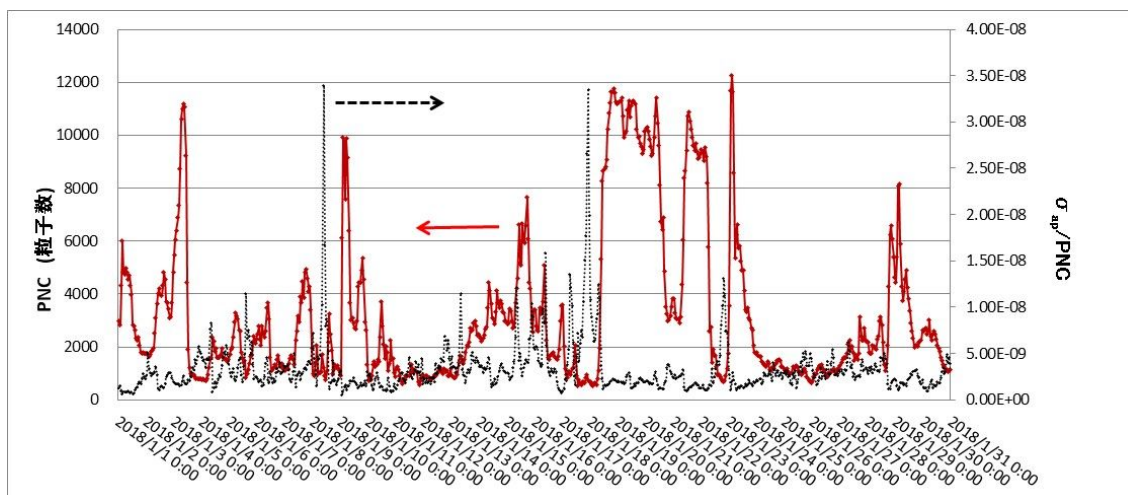


図2 長崎でのPNC(粒子数,283ccあたり)と σ_{ap}/PNC の変動(2018年1月)

<引用文献>

坂内俊暁, 村尾直人, 山形 定, 山口 高志, 深澤 達矢 (2015), 札幌市のPM2.5 濃度に対する都市・越境汚染の寄与評価, 土木学会論文集 G, I_227-233.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Yamaguchi, M., Tsuji, S., Ogata, K., Ide, H., Matsushita, T. and Murao, N., Deposition of long-range transported particulate matter on the needle surfaces of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) grown in Nagasaki located in the western region of Japan, *Journal of Agricultural Meteorology*, 査読有, 75(1), 30-38. 2019, 10.2480/agrmet.D-18-00016

T. J. Yasunari, M. Niwano, Y. Fujiyoshi, A. Shimizu, M. Hayasaki, T. Aoki, A. M. da Silva, B. N. Holben, S. Matoba, N. Murao, S. Yamagata, and Kyu-Myong Kim, An Unreported Asian Dust (Kosa) Event in Hokkaido, Japan: A Case Study of 7 March 2016, *SOLA*, 査読有, 13, 96-101 2017, 10.2151/sola.2017-018

[学会発表](計9件)

山口 真弘, 辻 彩加, 緒方 佳澄, 村尾 直人, 長崎に生育するヒノキの葉に沈着した粒子状物質の量と金属組成の継時的変化, 第130回日本森林学会大会 朱鷺メッセ(新潟県新潟市), 2019年

Yamaguchi, M., Tsuji, S., Ogata, K. and Murao, N., Deposition of long-range transported particulate matter on the needle surfaces of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) grown in Nagasaki located in the western region of Japan, 4th Asian Air Pollution Workshop Nanjing, China, 2018

河西萌, 伊藤奏, 福尾彩, 荒井裕春, 村尾直人, 中井里史, 新たに開発された連続型PM2.5個人曝露モニターに関する比較検討, 第59回大気環境学会年会 九州大学(福岡市), 2018年

村尾直人, センサーを用いた大気汚染の測定, 第35回エアロゾル科学, 技術研究討論会 名古屋大学(名古屋市) 2018年

村尾直人, 高橋洋介, 山形 定, 深澤達矢, 山口高志, 松井利仁, PM2.5 個人曝露モニター

の開発, 第 25 回地球環境シンポジウム, 神戸大学, 2017 年
村尾直人, 落合展大, 山形 定, 松井利仁, PM2.5 対策はどこまで進めたらいいのか, 第 24 回大気環境学会北海道東北支部学術集会(秋田市市民交流プラザ, 秋田市), 2017 年
高橋洋介, 村尾直人, 深澤達矢, 谷内翔, 今井適センサーを用いた PM2.5 濃度の高密度観測と個人曝露測定用センサーの試作, 第 23 回大気環境学会 北海道東北支部学術集会 山形テルサ, 2016 年
T. J. Yasunari, Y. Fujiyoshi, M. Niwano, A. Shimizu, M. Hayasaki, T. Aoki, A. M. da Silva, H. N. Brent, N. Murao, S. Yamagata, and Kyu-Myong Kim, An identified Asian dust transport to Hokkaido in the spring of 2016, 第 57 回大気環境学会年会 北海道大学(札幌市), 2016 年
村尾直人, 並木曹汰, 長谷川就一, 山形 定, 安成哲平, 松井利仁, 関東における都市汚染/越境汚染寄与割合の評価, 第 57 回大気環境学会年会 北海道大学(札幌市), 2016 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 山形 定

ローマ字氏名: Yamagata Sadamu

所属研究機関名: 北海道大学

部局名: 工学研究院

職名: 助教

研究者番号(8桁): 80220242

研究分担者氏名: 深澤 達矢

ローマ字氏名: Fukazawa Tatsuya

所属研究機関名: 北海道大学

部局名: 工学研究院

職名: 助教

研究者番号(8桁): 80292051

研究分担者氏名: 安成 哲平

ローマ字氏名: Yasunari Teppei

所属研究機関名: 北海道大学

部局名: 工学研究院

職名: 助教

研究者番号(8桁): 70506782

研究分担者氏名: 山口 高志

ローマ字氏名: Yamaguchi Takashi

所属研究機関名：地方独立行政法人北海道立総合研究機構

部局名：北海道立総合研究機構 環境科学研究センター

職名：研究主任

研究者番号(8桁): 90462316

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。