

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：12102

研究種目：新学術領域研究

研究期間：2008～2012

課題番号：20120013

研究課題名（和文） 東アジア・東南アジアの大気汚染による健康影響の評価

研究課題名（英文） Impacts of aerosols in East and Southesst Asia on human health

研究代表者

本田 靖 (HONDA YASUSHI)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：20165616

研究成果の概要（和文）：本研究は、東アジアにおけるエアロゾルの健康影響、特に死亡への影響を、疫学的手法を用いて明らかにしようとした。日本、韓国、台湾の主要都市における粒子状物質濃度、日別死亡数などのデータを収集した。福岡市など九州地域では粒子状物質濃度に越境汚染の影響が示唆されたが、東京などでは大きな影響は見られなかった。死亡への影響ははっきりしなかったが、福岡で大きいという可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to evaluate the impact of aerosol on East Asia, especially on mortality with epidemiological method. We collected data on particulate matter concentration in major cities in Japan, Korea and Taiwan. We observed the influence of transboundary pollution on the particulate matter concentration in Kyushu area such as Fukuoka, but the influence was small in Tokyo. Effect on mortality was not significant, but Fukuoka tended to have higher mortality.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2012年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
総計	21,600,000	6,480,000	28,080,000

研究分野：環境保健学，疫学

科研費の分科・細目：社会医学・衛生学

キーワード：浮遊粒子状物質，死亡，疫学，越境汚染

1. 研究開始当初の背景

エアロゾル、特に PM_{2.5} と呼ばれるディーゼル排ガスなどからの微小粒子による健康影響には地域差があり、その地域差には粒子の性状、あるいは付着する成分が関与しているのではないかとされている。

現在までのところ、東アジア・東南アジアにおける影響研究は、それぞれの国の研究者

が独自に行っており、制御した因子、解析手法などが様々であり、地域差が認められたとしても、それが方法の相違によるという可能性を否定できなかった。

ここ数年、WHO の協力もあり、東アジア・東南アジアの研究協力体制が急速に整ってきている。既に韓国、台湾とはデータ共有が始まっており、データが得られることを予定

していた。

2. 研究の目的

研究協力関係を利用して、東アジアのデータを、共通の要因、解析手法を用いて研究することにより、地域差、越境汚染の影響を評価することがこの研究の目的である。

昨年度までの解析に加え、越境汚染の影響が強まりつつある福岡市と、それほど影響を受けていない東京 23 区とで、越境汚染がそれほど進んでいなかった 1980 年代から無視できなくなってきた最近までの変化を評価するため、1999 年以前 2000 年以降で浮遊粒子状物質 (SPM) による死亡状況がどのように異なるかを解析した。次いで、微小粒子状物質 (PM_{2.5}) のデータが共同研究先である韓国、台湾において収集されつつある現時点で、わが国の既存データに基づく PM_{2.5} の影響について解析を行った。

また、韓国、台湾との共同研究の一環として、黄砂の影響を評価することも目的とした。

3. 研究の方法

札幌市など、各都市における浮遊粒子状物質濃度の日別データを用い、その経年変化、地域差などを評価した。

浮遊粒子状物質の越境汚染寄与を調べるため、基本的に越境しない二酸化窒素の濃度と比較して都市別に検討する。

死亡との関連は、日別の死亡数とその日の浮遊粒子状物質濃度との関連を、曲線を用いて近似した。実際には、浮遊粒子状物質濃度と死亡リスクの関連に影響を与える気温と年次変動を、時系列解析モデルの一つ、distributed lag nonlinear model に組み込み、それらの影響を受けないようにした。

黄砂の影響については、黄砂の影響を受けやすい九州地域のとしとして北九州市、韓国はソウル市、台湾は台北市を対象とした。黄砂の飛んだ日と層でない日とで死亡リスクを比較した。その際、相対湿度、気圧、曜日、気温、年次変化をモデルに組み込んでそれらの影響を受けないようにした。

4. 研究成果

札幌市における月別の浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度を観察すると、3 月に 200 μ g/m³ を越えた日が認められているが、概ね 50 μ g/m³ 未満で、春から夏にかけて高く、冬に低い傾向がある。この季節的な傾向は、他の都市でもほぼ同様であった。

なお、SPM、NO_x、CO 濃度は自排局の方が一般局よりも高かった。SO₂ 濃度には一定の傾向が認められず、オキシダント濃度に関しては SPM などとは逆に一般局の方が高い傾向にあった。自排局の濃度で代表される区域に居住している住民の数が多くないこと、

都市によって一般局と自排局の割合が異なること、また自排局では測定されていない項目もあることから、健康影響を観察する場合には各都市の一般局濃度を平均して用いるのが妥当であろうと考えられた。

各都市における SPM 濃度の年次推移を観察すると、札幌、東京、名古屋、大阪、福岡、長崎の各都市で、1998 年あたりから濃度低下が進んでいることがわかる。特に東京では規制を強めたことも関係して低下傾向が強い。しかし、福岡市と長崎市は、全体としては低下傾向のように見えるが、2005 年以降でも増加局面を示す。このことは、大陸からの越境大気汚染の影響を伺わせる。札幌市も最近やや増加傾向が見られるが、その理由は明かでない。二酸化窒素濃度との関連を年次別に観察すると、九州地域の越境汚染による影響がはっきりと認められた。

上記各都市における 65 歳以上の日別死亡数の推移を観察すると、冬期にピークを持つ周期的な変動を繰り返しながら、死亡数は上昇傾向にあった。この理由は人口の高齢化によるものである。ここには示していないが、過去の検討から、65 歳以上の死亡率の年次推移は、むしろ低下傾向を示しており、同じ年齢階級における死亡率は改善傾向にある。その改善傾向を凌駕する高齢化のために、65 歳以上死亡数は上昇傾向を示す。

一方、気温も死亡に影響を及ぼすことが明らかである。よって、generalized additive model に、SPM の他に日最高気温と年次を予測変数として取り込んで、その影響を取り除いた。その結果、SPM との関連は、札幌市では直線的に濃度に従って死亡数が上昇しているように見えるが、東京と福岡市では、高濃度の日数が極端に少なく、そのために高濃度域では推定値が単調増加ではない。今後の解析を待たなければならないが、この理由の一つは、高濃度域の SPM には黄砂が含まれており、黄砂そのものの健康影響がそれほど大きくないことも関与している可能性がある。なお、仙台市、名古屋市、大阪市も同様の傾向を示した。

季節別の SPM と死亡との関連を見ると、春と秋には SPM 濃度に応じて死亡が増加し、夏と冬にはその傾向が弱まった。これは、夏と冬よりも春と秋の方が窓を開ける機会が多いことから曝露レベルの相違が生じ、関連が認められることが予測された。札幌では、夏と冬には濃度に応じた増加が見られたものの冬と秋では曲線を描いており、他に比べて冬期が長いことによる春と秋の攪乱の影響が考えられた。また、福岡と長崎では、春から秋にかけて関連が不安定で、これは越境汚染や都市の規模が小さい (長崎市) ことによる影響が考えられた。

1999 年までと 2000 年以降の相違に関して

は、東京 23 区で春、秋、冬にやや影響が大きくなり、福岡市では 1999 年以前に、もともと影響のあった夏と秋にその影響がやや強くなっているようであった。

越境汚染の影響が考えにくい東京でも 2000 年以降にややリスクの上昇があることから、越境汚染の影響がはっきりと示されたとは言いがたい。その理由としては、年々流行の大きさが変わり、年によっては 3 月まで影響の残るインフルエンザの影響が考えられる。

SPM と PM2.5 との関連について、まず、札幌市における観察期間内の SPM と PM2.5 の関連を図 1 に示す。

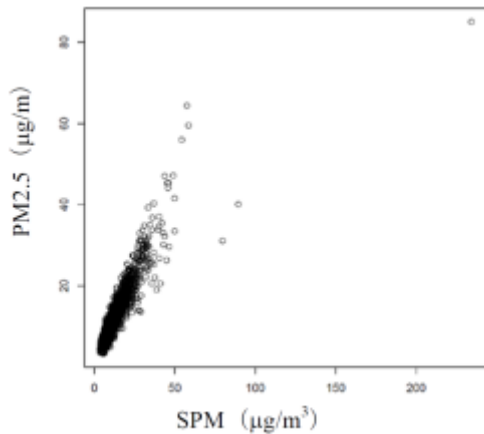


図 1. 札幌市における SPM と PM2.5 の関連。

概ね高い相関を示すが、時として SPM が非常に高くなっている。SPM が $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっているのは黄砂による。他の都市においても、同様の相関を示した。また、札幌市の SPM が $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の日のように、SPM が非常に高い日には、PM2.5 の高さがそれらにみあっていない、すなわち $2.5 \mu\text{m}$ よりも粒径の大きな SPM の濃度が高めになっているようであった。日数も多くなく、やはり黄砂による影響と考えられる。図 2 には PM2.5 が SPM に占める割合

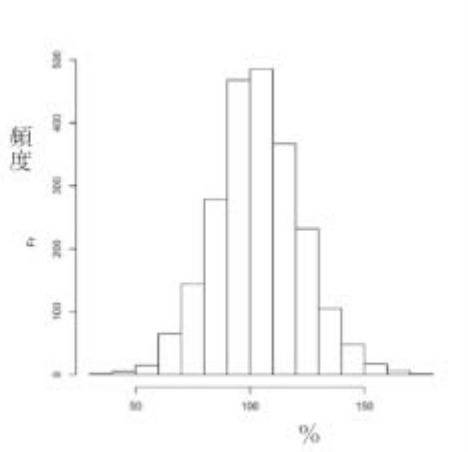


図 2. SPM に占める PM2.5 の割合

(%) を示した。理論的には PM2.5 は SPM の部分集合であるが、本研究において、SPM は測定局の平均、PM2.5 は 1 地点であり、この地点の近くに荷物集積場があるなど濃度が高めのためか、札幌市では 100 を越える場合も多くなっていた。他の都市においても、100 を越える日は認められるものの、その頻度ははるかに少ない。これらの傾向から、濃度のそれほど高くない日においては、SPM から PM2.5、あるいは PM2.5 から SPM を推定することが可能と考えられた。黄砂の飛散を LIDAR からのデータなどから予測すれば、更に精度の高い相互変換が可能になる可能性がある。

表 1 には PM2.5 濃度の分布を示す。札幌でやや低く、東京 23 区、名古屋がほぼ同じでそれにつき、福岡市ではやや高めになっている。この表からは名古屋市、東京 23 区と大きな相違がないようにも見えるが、汚染源の少ない九州の他地域でも PM2.5 が高めになっているとの報告もあり 3)、越境汚染が関与しているものと考えられる。

表 1. 各都市の PM2.5 分布

都市	最小値	第 1 四分位	中央値	第 3 四分位	最大値
札幌市	3.3	8.3	10.9	14.5	85.1
東京 23 区	1.7	12.4	17.8	24.3	63.7
名古屋市	3.2	12.0	17.8	25.5	72.2
福岡市	3.3	13.3	19.0	27.3	81.1

図 3 は、各都市における季節毎の PM2.5 濃度と死亡リスクの関連である。概ねリスクは高くないことが示されている。信頼区間が広いとは言え、特に札幌市で奇妙な曲線を認めた。この理由は定かではないが、何らかの交絡要因によるものと考えられる。

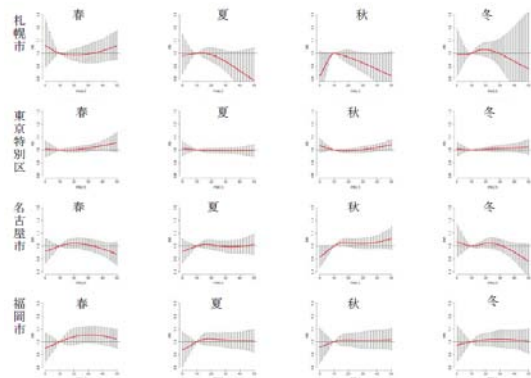


図 3. 2001 年 - 2008 年における PM2.5 濃度と死亡リスクの関連 (PM2.5 の範囲は $0-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

あるいは、季節に関連する交絡因子が関与している可能性も考えられる。追加解析において、札幌市のモデルで PM2.5 の lag を 3 日まで取った場合に、秋の曲線が更に奇妙な形に

なったほか、他の季節や都市においても lag を考えていない図 3 とは異なる曲線が認められることなどは、そのことと矛盾しない。

黄砂の影響については、北九州で悪影響が認められたが、台湾では逆に好影響が認められた。韓国では循環器疾患死亡には悪影響、呼吸器疾患には好影響が観察された。韓国の影響は解釈が難しいが、日本に比べて黄砂の飛ぶ日が多い韓国と台湾で好影響が認められたことは、黄砂注意報の有効性を示唆することも考えられた。そうであれば、日本においても注意報などで黄砂の飛ぶ日には脆弱な集団、老人、循環器・呼吸器疾患患者は外出を控えるようにすべきかも知れない。

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 3 件)

- (1) Ueda, K., Shimizu, A., Nitta, H., & Inoue, K. (2012). Long-range transported Asian Dust and emergency ambulance dispatches. *Inhalation toxicology*, 24(12), 858-67, 査読有
- (2) Kamouchi, M., Ueda, K., Ago, T., Nitta, H., & Kitazono, T. (2012). Relationship between Asian dust and ischemic stroke: a time-stratified case-crossover study. *Stroke* 43(11), 3085-7. 査読有
- (3) 本田 靖 (2011). エアロゾルの健康影響の解明. *エアロゾル研究*, 26, 127-132, 査読有

[学会発表] (計 3 件)

- (1) 本田 靖, 中井里史, 小野雅司, 田村憲治, 新田裕史, 上田佳代. 浮遊粒子状物質が死亡に与える年代・地域別短期影響. 第 83 回日本衛生学会学術総会, 金沢, 2013 年 3 月 26 日.
- (2) 本田 靖. 越境大気汚染の死亡影響. 第 82 回日本衛生学会学術総会, 京都, 2012 年 3 月 25 日.
- (3) Honda Y. Health effect of air pollution and temperature in Japan. Research Network for Health Effect of Climate Change and Air Pollution in the East Asian Countries, Seoul, Korea, August 31, 2010.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本田 靖 (HONDA YASUSHI)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号：20165616

(2) 研究分担者

中井 里史 (NAKAI SATOSHI)
横浜国立大学・大学院環境情報学研究所・
研究院
研究者番号：70217644

(3) 連携研究者

小野雅司 (ONO MASAJI)
国立環境研究所・環境健康研究センター
研究者番号：80125228

田村憲治 (TAMURA KENJI)
国立環境研究所・環境健康研究センター
研究者番号：10179898

新田裕史 (NITTA HIROSHI)
国立環境研究所・環境健康研究センター
研究者番号：40156138

上田佳代 (UEDA KAYO)
国立環境研究所・環境健康研究センター
研究者番号：60444717