

14. 関東地方における二次粒子汚染対策による健康便益の評価

村尾直人*、丸藤ゆう紀、真田あすみ、太田幸雄、山形 定

北海道大学大学院工学研究科（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

* E-mail: murao@eng.hokudai.ac.jp

本研究では、関東地域を対象として、排出削減による水溶性二次粒子濃度減少の健康便益を評価した。排出削減による二次粒子濃度変化は、現況と関東地域の排出量を半減した場合に関する速水による計算結果を利用し、比較対象として濃度半減ケースについても計算を行った。その結果、濃度半減ケースでは、地域全体にわたり $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度低下となり、回避できる年間死亡者数は5878人、その経済価値は4兆円近くにもなったが、排出量半減ケースでは、濃度低下は $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で、年間死亡回避者数は1639人、経済価値は1兆円となった。この死亡者数は年間交通事故死亡者数と同程度であり、微粒子汚染の影響は大きいといえるが、関東地方では、領域外からの二次粒子流入の影響が大きく、地域の微粒子汚染対策だけでは不十分といえる。

Key Words : PM2.5, Secondary inorganic particles, Health impact, Kanto area

1. はじめに

最近アメリカでまとめられた疫学研究¹⁾で、大気中の微粒子汚染とその健康影響の関係が示された。その結果を用いた計算によれば、我が国においても微粒子汚染によって、損失余命が10カ月以上にもなる地域があると推定され²⁾、これは他の環境中有害汚染物質に対するそれら³⁾の数十倍～数百倍にもなる。

関東地方では、最近のディーゼル車規制によって、車から直接排出される一次粒子は減少傾向にあり、大気中で生成する二次粒子の重要性が高まっている。

そこで本研究では、関東地域において、排出削減による二次粒子(水溶性成分)濃度減少が、健康影響をどれだけ軽減するかを評価し、その経済価値を推定した。

2. 方法

EPA が開発した BenMAP プログラム (The Environmental Benefits Mapping and Analysis Program) を使用し、PM2.5 の濃度変化に関連した死亡数の変化とそれに伴う経済価値を推定した。すなわち、

死亡数変化 = $a \times b \times c \times d$

a : PM2.5 二次粒子濃度変化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

b : 濃度応答関数 ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)

c : 対象地域の男女別年齢別死亡率

d : 対象地域の男女別年齢別人口

価値付けについては、

経済価値 = 死亡数変化 × 確率的生命の価値
とした。以上の分析手順を図1にまとめた。

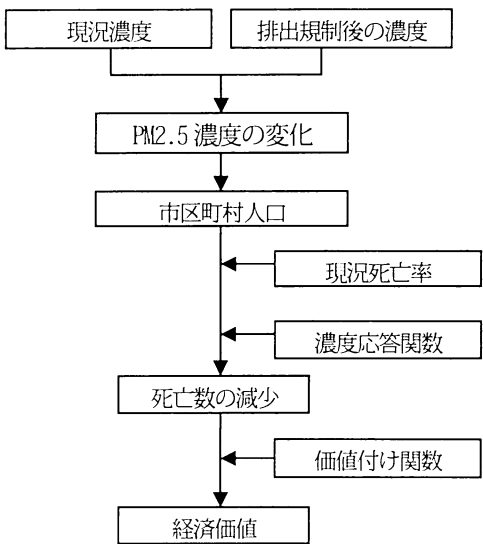


図1 分析手順の概要

二次粒子濃度変化は、現況と関東地域の排出量を半減した場合に関する速水による計算結果⁴⁾を利用した。この計算の対象発生源は 2000 年度の首都圏の全発生源で、大規模固定煙源、中小固定煙源、自動車、その他の移動源、VOC 蒸発源、自然源である。本研究では、一律の発生源対策による二次粒子中の水溶性成分（硫酸塩・硝酸塩・アンモニウム塩）の濃度変化(年平均値)を使用した。したがって、この計算結果には有機炭素成分の濃度変化は含まれていない。

死亡率と人口は各都県の統計資料から作成した。人口データは各市区町村別に、死亡率データは都県別統計データを作成し、各市区町村に与えた。どちらのデータも男女別かつ 5 歳階級別のデータを作成し、85 歳以上は一つの年齢階級とした。年齢の上限は 100 歳とし、100 歳以上の生存者と死亡者数は 85～100 歳の階級に加算した。死亡率については五年平均をとり、人口の少ない町村での死亡率変化を平均化した。

濃度応答関数は全米ガン協会の疫学調査結果を使用した。これは対数線形モデルに基づくもので、PM_{2.5} 濃度が $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 増えるごとに死亡の相対リスクが 0.0046 上昇する結果である。

死亡回避による経済価値推定は、死亡数の変化と確率的生命価値から求めた。確率的生命価値は「確率的」な死亡を前提に考えられ、「確率的な死亡＝リスク」を削減するために人々が支払ってもよいと考える支払意志額 (WTP) によって測られる。具体的な推定方法として、トラベルコスト法やヘドニック価格法、質問法などがあるが、今回は 26 の研究 (2000 年) を基に推定された \$6,324,101 (1\$=105 円で計算すると 6.64 億円) を採用した。また価値付けに関連して、個々人の所得(2007 年の全国平均=563.8 万円)およびインフレーション率を考慮した。

また計算結果の比較対象として、濃度半減ケースについても計算を行った。

3. 結果と考察

(1) 関東地域での排出削減による二次粒子濃度減少

関東地域における現況の微粒子水溶性成分濃度は群馬県が一番高く、 $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、一方、東京湾沿岸の京浜工業地帯や京葉工業地域、また東京を中心とする自動車排ガス排出源地域での濃度は $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度とさほど高くなかった。内陸部での濃度は、アメリカの環境基準(年平均値 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)に近い値であり、水溶性成分の重要性を示している。内陸で濃度が比較的高濃度となるのは、二次粒子生成が進むためである。

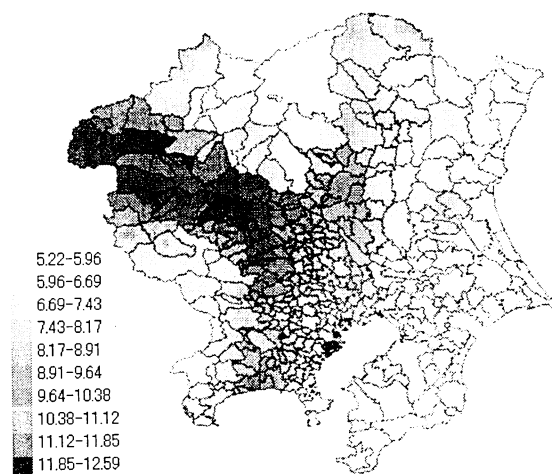


図1 微粒子水溶性成分の現況濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

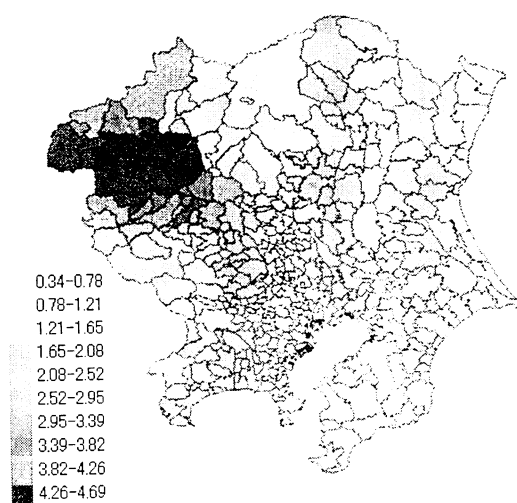


図2 排出量半減による濃度変化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

人為排出を一律 50%削減した場合の濃度分布を図 2 に示す。群馬県西部で $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ の最大減少となるが、関東地域全体では 50%もの人為排出削減に対しても 2～3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度減少にしかならない。主要排出源地域である東京湾沿岸における濃度減少は $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、ほとんど変化していない。

人為起源の排出量抑制シナリオのリファレンスケースとして用意した濃度半減ケースでは関東地域一様に $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度減少となる。

(2) 回避できる年間死亡者数

排出量を半減した場合 (図 3)、高崎や前橋、宇都宮で 50～60 人、宇都宮付近で 30～40 人程度、東京・神奈川においては八王子や相模原などで 30 人程度の死亡が回避される。しかし、他の市区町村においては 50%もの排出削減を行ったとしても、死亡回避者数は 1 市区町村毎に 10 人程度しか望めないという結果になった。

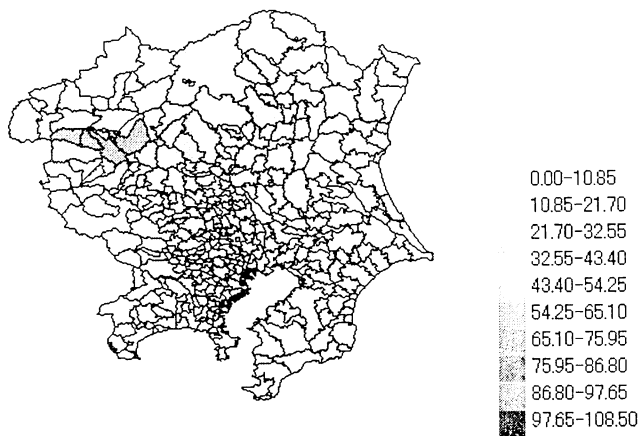


図3 排出量半減による死亡者数の減少

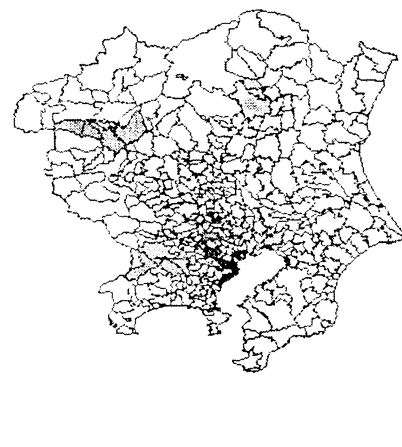


図4 濃度半減による死亡者数の減少

表1 死亡回避数とそれに伴う経済価値

	リファレンス:濃度半減		排出量半減	
	死亡回避数	経済価値	死亡回避数	経済価値
関東地区	5878 人	3.9 兆円	1630 人	1.1 兆円
東京	1714 人	1.1 兆円	358 人	2378 億円
神奈川	1127 人	7483 億円	259 人	1726 億円

一方、濃度を半減した場合（図4）、群馬県の高崎市や前橋市付近、栃木県の宇都宮市付近では100人もの死亡者数が回避できることがわかる。また、東京湾沿岸の汚染物質排出源付近においても、各市区町村別で多くの死亡回避が期待できることがわかる。このように、濃度半減ケースと排出半減ケースでは、その健康影響に大きな違いが生じる。両シナリオにおける県別の死亡回避者合計数を表1に示す。関東地域全体では、濃度半減ケースの死亡回避者数は5878人となり、交通事故による年間死亡者数1599人の4倍近くの死亡を回避できる。一方、排出量半減ケースでは、死亡回避者数は1630人に留まり濃度を半減した場合に比べ4分の1から3分の1程度の回避しか望めないが、これは年間の交通事故死亡者数と同程度である。

(3) 死亡回避の経済価値

表1に都県別の経済価値推定(1ドル＝105円で換算)を示す。濃度を半減した場合、京浜地区、宇都宮、高崎、前橋、八王子など多数の死亡回避が望めた市区町村では6億ドル程度、日本円にして630億円もの経済価値が推定された。その他の市区町村においても、1～3億ドル、すなわち105～315億円の経済価値が推定された。しかし排出量を半減した場合になると、京浜地区における経済価値は1億ドル（105億円）程度と少なくなり、その差は525億円となる。地域別には、高崎、前橋付近での経済

価値が最も多く3.4億ドル（360億円）、その他の市区町村では5000万ドル（52億円）程度となった。

関東地域全体での経済価値は、濃度半減ケースで3.9兆円、排出量半減ケースで1.1兆円と推定され、排出量半減ケースでの経済価値は都県別に多少のばらつきはあるものの濃度半減ケースのおよそ3分の1程度になった。排出量半減ケースの経済価値はほぼ1県の一般会計予算と同程度である。

我が国の粒子状物質規制の便益解析については、東京に関する事例研究⁹⁾がある。そこでは、1975年に観測された規制前の微粒子濃度と1998年の規制後のそれを比較することによって、東京において行われた粒子状物質規制政策の経済便益を評価しており、PM汚染規制によって回避された尚早の死亡と罹病率の追加事例数の推定値(1年間)は、30才以上（人口5,098,000）の3900人の長期の死亡が回避され、全体の便益を380億ドルと推定している。この結果はSPM濃度からPM2.5濃度への変換の仮定等に問題があり、全体的に過小評価と考えられるが、大気汚染対策がうまく社会的出費を防いだことを示す例である。この計算で得られた380億ドルは、本研究での濃度半減ケースと同程度であり、初期の一次粒子規制が大きな効果を挙げたことを示すとともに、二次粒子規制の難しさを示すものであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、関東地域において、排出削減による二次粒子濃度減少が、健康死亡影響をどれだけ軽減するかを評価し、その経済価値を推定した。

二次粒子濃度を半減した場合と排出を半減した場合では、その健康影響に大きな違いが生じた。濃度半減ケースでは、地域全体にわたり $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度低下となるが、回避できる死亡者数は5878人、その経済価値は4兆円近くにもなる。一方、排出量半減ケースでは、濃度低下は $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で、死亡回避者数は1639人、経済価値は1兆円となった。この死亡者数は、年間交通事故死亡者数と同程度であり、微粒子汚染の影響は大きいといえる。しかし、関東地方では、国外からの二次粒子流入の影響が大きいと考えられ、地域の微粒子汚染対策だけでは有効な環境改善は難しいといえる。

参考文献

- 1) Pope III, C. A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., Thurston, G. D.: Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution, *J. American Medical Assoc.*, 287, 1132-1141, 2002.
- 2) Mechler, R., Amann, M. and Schöpp, W.: (2002) A methodology to estimate changes in statistical life expectancy due to the control of particulate matter air pollution. IIASA IR-02-035..
- 3) Gamo, M., Oka, T., and Nakanishi, J. (2003) Ranking the Risks of Twelve Major Environmental Pollutants That Occur in Japan, *Chemosphere*, vol. 53, pp. 277-284.
- 4) 速氷洋: 首都圏における人為燃焼発生源の排出量抑制と二次粒子無機イオン成分濃度の関係, *大気環境学会誌*, 42, 234-252, 2007.
- 5) Voorheess, A.S.: Benefits analysis of particulate matter control programs - a case study of Tokyo, *Journal of Risk Research*, Volume 8, Number 4, June 2005, pp. 311-329(19).