

指標元素を用いた PM_{2.5} の発生源寄与割合の推定

秋山 薫*・上野 広行・内田 悠太**・齊藤 伸治

(*非常勤研究員 **現・東京都環境局環境改善部)

【要約】指標元素を用いて PM_{2.5} の発生源寄与を推定した。推定結果は線形計画法による推定値と良く一致し、この指標元素法に依っても妥当な結果が得られているものと考えられた。その結果によれば、自動車に由来する濃度は道路沿道では明らかに高いこと、重油燃焼由来の濃度は湾岸部よりで夏期に特に高い傾向にあることなどが明らかとなった。

【目的】

東京都は 2008 年春から明けて 2009 年冬にかけて PM_{2.5} に関する詳細な調査¹⁾ を実施した。ここでは、この調査結果から簡単な計算により求められる指標元素を用いた方法による発生源寄与濃度の推定を試み、線形計画法による推定値と比較してその妥当性を確認すると共に、ここで得られた発生源寄与の地域的特徴及び季節特性について検討した。

【方法】

調査は 2008 年度に表 1 に示した都内 17 地点で春夏秋冬の 4 季節について実施した。1 季節は 2 週間であり、その間毎日 PM_{2.5} を捕集した。捕集は PM_{2.5} サンプラー (SIBATA LV-250 型 (インパクター方式)) を用いて、炭素成分とイオン成分は石英ろ紙(Pallflex 社 2500QAT-UP 47φ)で、金属成分は PTFE ろ紙(Pallflex 社 Teflo 2μm 47φ)で行った。

各成分の分析は、炭素成分は熱分離光学補正法で、イオン成分はイオンクロマトグラフ法で、金属成分は中性子放射化分析法で、それぞれ行った。

【結果の概要】

(1) 発生源寄与の推定

指標元素を用いた発生源寄与の推定は、表 2 に示した発生源プロファイルに依った。ここで、表 3 に示した線形計画法による寄与濃度の推定値と各発生源の指標元素との関係が最も良いのが重油燃焼と V であることから、はじめに PM_{2.5} 中の V は全て重油燃焼に由来すると仮定して重油燃焼寄与を算出した。次に線形計画法による寄与濃度の高い順に、重油燃焼に由来する分を除いた PM_{2.5} 中の EC は全て自動車に由来すると仮定して自動車寄与を算出した。同様に重油燃焼と自動車に由来する分を除いた PM_{2.5} 中の K は全て廃棄物焼却に由来すると仮定して廃棄物焼却寄与を算出した。以下同様に図 2 に示した順に順次算出した。ここで、海塩寄与の算出にあたって負の値となった場合には 0 と見なした。なお、この推定法では、はじめに計算する重油燃焼は過大に、最後に計算する海塩は過小に評価する嫌いがあることは否めない。

ここでの指標元素法と、同様に表 2 を用いた線形計画法による推定結果の関係(n=68)を図 1 に示したが、1 季節 2 週間分の平均濃度による推定値では両者は良く一致し、この指標元素法は線形計画法と共に概ね妥当な結果が得られているものと考えられた。なお、測定日毎の推定値での両者の関係(n=952)は表 4 に示したが、良好な結果とはならなかった。

(2) 発生源寄与の地域的特徴、季節特性

良好な結果の得られた 2 週間分の平均濃度から指標元素法で求めた、各発生源の寄与濃度の推定結果を地点ごとに季節別に図 2 に示した。発生源寄与濃度は自動車が最も高く、特に道路沿道で高かった。重油燃焼は湾岸部が高く、鉄鋼工業と海塩も同様であった。廃棄物焼却と道路粉塵は比較的地域差が少なかった。季節的には自動車と鉄鋼工業は秋期が高く、重油燃焼と海塩は夏期が高く、廃棄物焼却と道路粉塵は冬期が高い傾向であった。次に、発生源寄与濃度の PM_{2.5} 濃度に対する割合を求めると、自動車の寄与割合が高くて 9~28% の範囲にあった。他の発生源は高くても 1 割に満たなかった。

参考：1) 東京都微小粒子状物質検討会報告書、同検討会報告資料集、東京都微小粒子状物質検討会 (平成 23 年 7 月)

表1 調査地点

| 区部 | 一般環境 | 道路沿道 |
|-----|---------|----------|
| 区部 | ①中央区晴海 | ⑩永代通り新川 |
| | ②港区白金 | ⑪京葉道路亀戸 |
| | ③江戸川区鹿骨 | ⑫中原口交差点 |
| | ④足立区綾瀬 | ⑬甲州街道大原 |
| | ⑤練馬区練馬 | ⑭北本通り王子 |
| 多摩部 | ⑥小金井市本町 | ⑮連雀通り下連雀 |
| | ⑦町田市中町 | ⑯甲州街道国立 |
| | ⑧多摩市愛宕 | ⑰青梅街道柳沢 |
| | ⑨青梅市東青梅 | |

表2 発生源プロファイル (%) *及び各発生源の指標元素 (網掛け部分)

| | 自動車 | 重油燃焼 | 廃棄物焼却 | 鉄鋼工業 | 道路粉塵 | 海塩 |
|------------|----------|-------|--------|--------|--------|-----------|
| 元素炭素(EC) | 49.4 | 30 | 5 | 0.5 | 1.28 | 0.0000028 |
| バナジウム(V) | 0.000725 | 0.638 | 0.0027 | 0.0125 | 0.0108 | 0.0000058 |
| カリウム(K) | 0.0197 | 0.085 | 20 | 1.32 | 1.27 | 1.1 |
| マンガン(Mn) | 0.00193 | 0.012 | 0.033 | 2.2 | 0.106 | 0.0000058 |
| アルミニウム(Al) | 0.157 | 0.21 | 0.42 | 0.999 | 6.11 | 0.000029 |
| カルシウム(Ca) | 0.146 | 0.085 | 1.1 | 4.51 | 5.52 | 1.17 |
| ナトリウム(Na) | 0.00764 | 1 | 12 | 1.36 | 1.25 | 30.4 |

* ムラタ計測器サービス株式会社：平成20年度 環境省請負業務結果報告書「平成20年度 微小粒子状物質等実測調査（データ解析（発生源寄与濃度の推計）報告書）」（2009）

表3 線形計画法による推定値と

指標元素との関係(n=68)

| 発生源 | 指標元素 | 寄与率(R ²) |
|-------|------|----------------------|
| 自動車 | EC | 0.965 |
| 重油燃焼 | V | 0.9998 |
| 廃棄物焼却 | K | 0.991 |
| 鉄鋼工業 | Mn | 0.984 |
| 道路粉塵 | Al | 0.978 |
| 海塩 | Na | 0.577 |

n=68

表4 指標元素法と線形計画法に

よる推定値の関係(n=952)

| | 寄与率(R ²) |
|-------|----------------------|
| 重油燃焼 | 0.979 |
| 自動車 | 0.991 |
| 廃棄物焼却 | 0.780 |
| 道路粉塵 | 0.721 |
| 鉄鋼工業 | 0.898 |
| 海塩 | 0.988 |

n=952

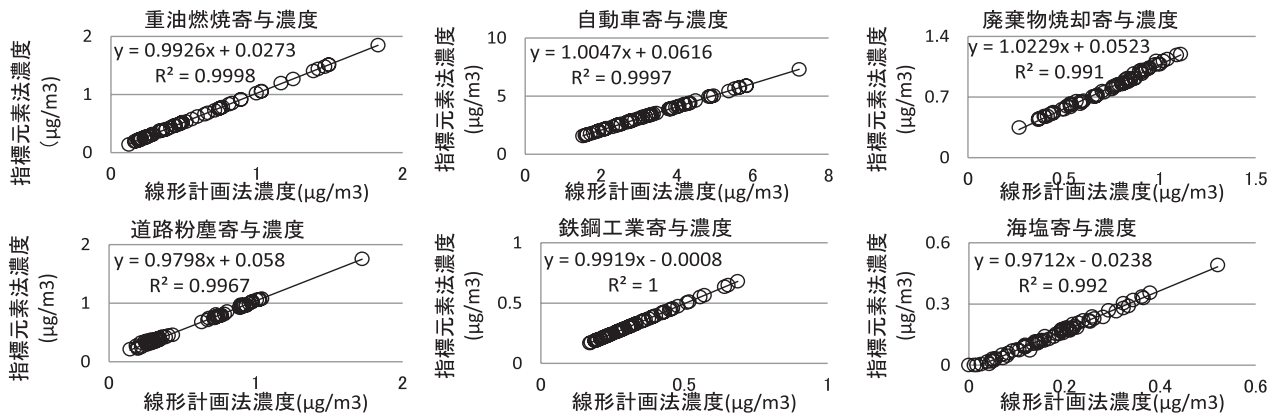


図1 指標元素法と線形計画法による推定寄与濃度の関係 (n=68)

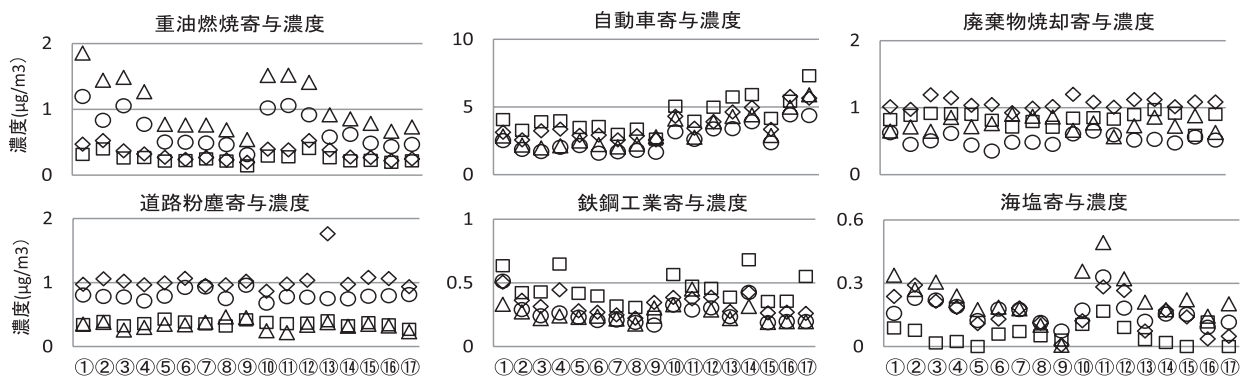


図2 指標元素法による発生源寄与濃度

注1) ○春期 △夏期 □秋期 ◇冬期

注2) ①中央区晴海 ②港区白金 ③江戸川区鹿骨 ④足立区綾瀬 ⑤練馬区練馬 ⑥小金井市本町
⑦町田市中町 ⑧多摩市愛宕 ⑨青梅市東青梅 ⑩永代通り新川 ⑪京葉道路亀戸 ⑫中原口交差点
⑬甲州街道大原 ⑭北本通り王子 ⑮連雀通り下連雀 ⑯甲州街道国立 ⑰青梅街道柳沢