

B-36 テープ式吸収率計を用いた大気中黒色純炭素の通年観測と

拡散モデルによる自動車寄与の推定

北海道大学大学院工学研究科 ○佐藤和弥・山形定・村尾直人・太田幸雄

1.はじめに

都市域を中心にディーゼル排気微粒子(DEP: Diesel Exhaust Particles)の健康影響が懸念されており、その大気中濃度の把握や測定法の確立が急がれている。本研究では着色エアロゾルの光学特性である体積吸収係数の長期自動測定が可能な小型のテープ式吸収率計を開発した。本研究では、DEPの主要成分である黒色純炭素(BC: Black Carbon)に着目し、札幌市内10地点の大気中濃度を光学的手法で連続測定した。観測結果からBC濃度を推定し、DEP生涯発ガンリスクを推定した。また、札幌市内において大気中の黒色純炭素にどの程度影響しているのかを推定するため、拡散モデル計算を行った。

2.サンプリング

2003年7月28日から2004年7月29日までのおよそ1年間、札幌市内10ヶ所の測定局(北1条、西、手稲、篠路、東18丁目、東、北白石、厚別、東月寒、伏見)にテープ式吸収率計、6ヶ所にローボリュウムエアサンプラーを設置し、大気中エアロゾルの反射光強度の連続測定と石英フィルターへのエアロゾル捕集を同時に行った。なお、北1条局と東18丁目局は自動車排出ガス測定局で残り8局は一般環境大気測定局である。

2.1 テープ式吸収率計概要 1)

サンプリングヘッド部の概略図を図

1に示す。ヘッド上部に取り付けた光ファイバーセンサーで捕集部の反射光強度(シグナル)を連続測定する。捕集部は着色粒子が捕集されることによって反射光強度が弱まり、ある閾値を超えると自動的にテープフィルターが送

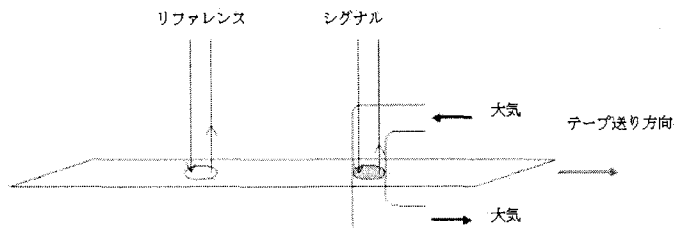


図1 サンプリングヘッド概略図

り出され、新しい捕集面で再び測定が行われることになっている。また、同時に捕集前の反射光強度(リファレンス)を測定し、温度変化によるセンサーの感度を補正している。測定日の日付と時間、シグナルとリファレンスの反射光強度、マスフローセンサーの値が1日ごとに小型の記録メディアに記録される。フィルターの分析が不要な場合などに長期の無人連続測定が可能である。

3.分析

3.1 BC 濃度算出方法

フィルターの分析によってBC濃度を求め、反射光強度からは体積吸収係数を算出した。BC濃度と体積吸収係数の関係から回帰式を求め、回帰式に体積吸収係数の1時間値を代入してテープ式吸収率計によるBC濃度とした。

3.2 体積吸収係数の算出方法

右の式を用いて反射光強度から体積吸収係数を算出した。なお、この式で求めた体積吸収係数は Particle

$$\sigma_i = \frac{A}{V_i} \left(\ln \frac{S_{i-1} \times R_i}{S_i \times R_{i-1}} \right) \frac{1}{2 \times \left(0.5398 \times \frac{S_i \times R_0}{S_0 \times R_i} + 0.355 \right)}$$

σ_i : 時間*i*-1から*i*までの体積吸収係数(m^{-1})
 A : フィルター捕集面積 $5.02 \times 10^{-5} (m^2)$
 V_i : 時間*i*-1から*i*までの採気量(m^3)
 S_i : 時間*i*のシグナル反射光強度(-)
 R_i : 時間*i*のリファレンス反射光強度(-)

Soot/Absorption Photometer(PSAP)から得られた値と良好に一致する。²⁾

3.3 フィルターの分析

フィルターに捕集した炭素成分中の BC のみを求めるために、300℃30 分加熱し有機炭素成分を揮発または燃焼させた後、BC 成分を carbon analyzer を用いメタンに変換して BC 量を求めた。

3.4 DEP による生涯発ガンリスクの算出方法

各地点で測定した BC 濃度の年平均値を求め DEP 濃度年平均値を推定し、ユニットリスクをかけて発ガンリスクを算出した。なお、算出には以下の算出式を用いた。

DEP 発ガンリスク=BC 年平均濃度×環境中 BC の DEP 寄与割合÷DEP 組成の BC 割合
ただし、推定の際に以下のような仮定を行った。

- 1)大気中 BC がすべて DEP 由来
- 2)DEP 組成中の 40%が BC
- 3)DEP ユニットリスク： $3.4 \times 10^{-5}(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (WHO)

4. 拡散計算

大気中 BC の自動車寄与の程度を知るために道路を BC 排出源として拡散計算を行った。計算はサンプリングと同期間、季節別に行った。対象領域は札幌市内全域であり、1km×1km のメッシュに分割し、主要道路を線源として近似し車種別交通量と排出係数から BC 排出量を与えた。汚染物質の排出源データとして道路の区間毎の交通量を平成 11 年度道路交通情報センサスから入手し、それをもとに札幌市の高速道路、国道、主要地方道、一部市道の平日・休日 24 時間、調査区間毎の交通量を用いた。気象条件は気象庁監修、(財)気象業務支援センターの地上気象観測時日別データを、パスキルの安定度階級に従って求めた大気安定度を用いた。拡散計算には富士通 FIP の FINES を用いた。このモデルではブルーム・パフモデルが使われている。松本³⁾によると、大気中微小粒子の挙動は非反応性大気汚染物質と同様に考慮することが出来るということなので、粒子拡散モデルにも同様に適用できるとして計算を行った。なお、本研究では冬季の逆転層の出現、計算領域外からの BC 流入を考慮していない。自動車の BC 排出係数は様々な値が報告されているため、複数の文献から最大値と最小値を用いて 2 パターン計算した。

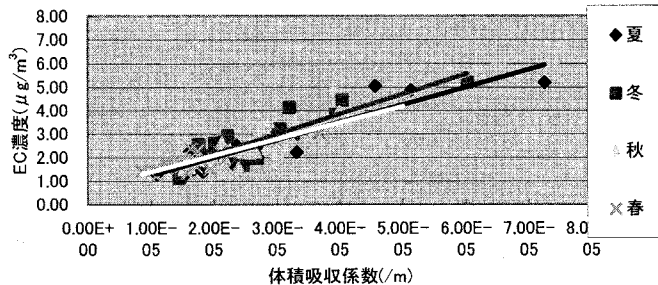


図2 BC 濃度と体積吸収係数の関係

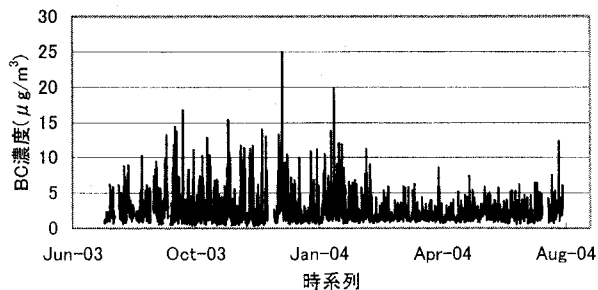


図3 西局における BC 濃度変動

5. 結果と考察

図2に体積吸収係数と BC 濃度の関係を示す。冬季に多少のばらつきは見られるが、どの季節においても

よい相関が見られた($R^2=0.747\sim0.892$)。春季における回帰直線の傾きが他の季節に比べて緩やかであるが、これは黄砂の影響であると考えられる。この回帰式と吸収係数の 1 時間値から BC 濃度を推定した。図3よ

り、高い時間分解能で変動を捉えることが出来ている。一部、ポンプやセンサーの異常、流量漏れによるデータ欠損が見られたが、全体的に高いデータ収率であった。図4にBC濃度月別平均値を示す。夏季は冬季に比べて高いか同程度となった。これは夏季に交通量が多い、排出係数の温度依存性、冬季固定発生源の排出源対策が進んだ結果によるものと考えられる。

札幌市の各観測地点における発ガン生涯リスクは 1.7×10^{-4} ~ 3.7×10^{-4} となり、自動車排出ガス測定局で高い値となった。ベンゼンの環境基準は 10^{-5} 発ガンリスクレベルに基づいており、この DEP リスクは高いと言える。ただし、カリフォルニア EPA などは DEP のユニットリスクを WHO の値の 10 倍ほどに設定しているため、更に高い発ガンリスクも予想される。

拡散計算の計算結果例を図5に示す。自動車の大気中 BC への寄与率を計算

したところ、札幌市内の観測所 10 地点での平均寄与率は 40 数%~100%以上であった。リスク計算を行う上で 1)、2) のような仮定をしているため、発生源データの整備が必要と考える。排出係数最小値を用いて計算したもの、最大値を用いて計算したもののどちらの結果でも BC 濃度は春季に低く秋季に高い傾向が見られた。また、どの季節においても市内中心部や高速道路沿道で高い BC 濃度が見られた。

6. まとめ

本研究開発のテープ式吸収率計を用いて札幌市内 10 地点における BC 濃度の通年連続モニタリングを行うことが出来た。拡散モデル計算を行った結果、自動車からの大気中 BC への寄与率は低く見積もっても 50% 近い値となり、従来仮定されている値より高いと考えられる。 10^{-4} レベルの高い DEP 発ガンリスクが推測され、札幌のような地方都市においても DEP 対策の必要性があると考ええる。

参考文献

- 1) 加藤秀樹、山形定、村尾直人、太田幸雄：ディーゼル排気微粒子の濃度分布推定を目的とした黒色純炭素連続測定装置の開発
- 2) 野亀梢：北海道大学工学部卒業論文、大気エアロゾルの吸収係数連続測定装置の開発(2003)
- 3) 若松信司：大気中微小粒子状物質・ディーゼル排気粒子に関する研究の動向と今後の課題、p44(2002)、国立環境研究所

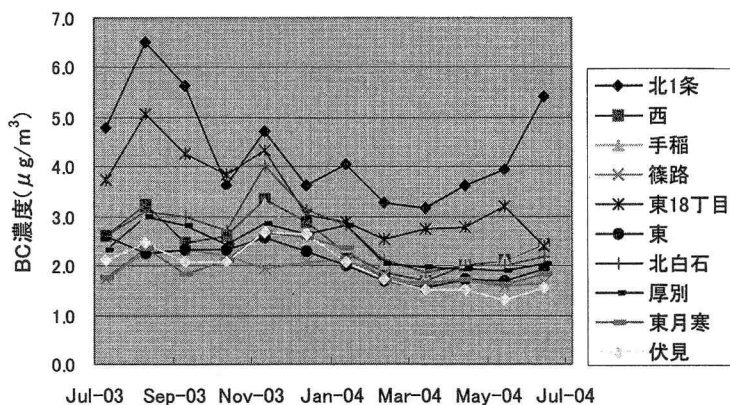


図4 BC濃度月別平均値

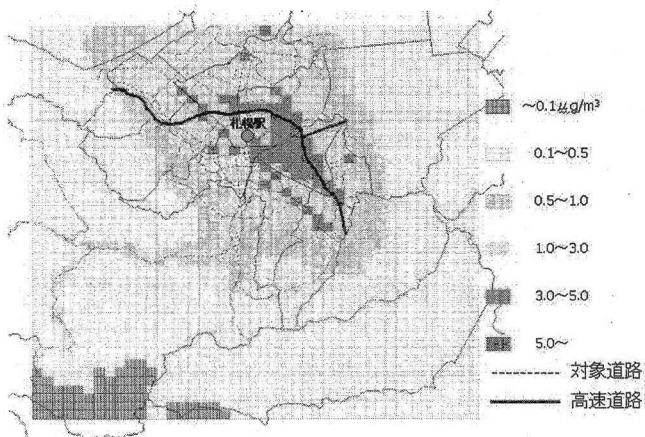


図5 拡散計算結果例