

機関番号：11201

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20710031

研究課題名 (和文) 多点での粒子状有害物質モニタリング法の開発と有害物質濃度マップの構築

研究課題名 (英文) Development of monitoring methods of particulate matter at multipoint and construction of hazardous materials concentration map

研究代表者

齊藤 貢 (SAITO MITSUGU)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：20271843

研究成果の概要 (和文)：

マイクロ繊維シート捕集材 (MFS) は微小粒子や多環芳香族炭化水素 (PAHs)、Mg, Al, Ca, Mn, V 等の重金属類を安定的に捕集していることが明らかとなった。また、MFS による捕集は、生活地域の Σ PAHs 濃度の指標となり得ると同時に、PM2.5 中の PAHs の環境指標となり得ることが示唆された。さらに、生活地域の大気中 PAHs 濃度を地理情報システム (GIS) により可視化することで、幹線道路沿いで PAHs リスクが高くなっていることがわかった。

研究成果の概要 (英文)：

I found that micro fiber seat (MFS) were stable trapped airborne particle, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and metals as Mg, Al, Ca, Mn, V. When assuming an index of Σ PAHs (6 chemicals with unit risk for WHO) concentration, it was suggested that MFS trapped PAHs in living areas. And Σ PAHs concentration with MFS were suggested an environmental index of PAHs concentration in PM2.5 as Σ PAHs. In addition, airborne PAHs risk in living areas was estimated by interpolating the unmeasurement area using GIS and it was able to visualize. As a result, it was found that there were the high risks at the roadside area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：多点モニタリング、マイクロ繊維シート、可視化、地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

大気中には様々な有害物質が存在し、1968年の大気汚染防止法制定以降、種々の規制、測定、基準制定が行われてきた。中でも、二酸化窒素 (NO₂)、二酸化硫黄 (SO₂)、浮遊粒子状物質 (SPM)、光化学オキシダント (Ox)、一酸化炭素 (CO)、非メタン炭化水素 (NMHC)、

微小粒子状物質 (PM2.5) には環境基準等が制定されており、自動測定機によって1時間毎の測定が行われている。また、長期毒性を有する有害大気汚染物質として、ベンゼン、ジクロロメタン等を始めとする234種類の物質が指定され、一部には環境基準、指針値が設定されている。これらの物質は月1回のモ

モニタリングによる1年平均値で評価され、常時監視されている。しかし、各地方自治体等で行われているこれらの測定には多大な費用、労力等がかかることから測定機器の設置箇所は限られており、現在の測定箇所数では、一般住民が身近な箇所の大気環境や大気中有害物質濃度を知ることは困難である。そのため、有害の可能性のある物質について多点における継続的な観測データを構築し、環境状況を把握することは大変重要であると考えられる。そのような背景のもと本研究課題では、住民の生活環境規模を対象ユニットとするような大気環境情報支援システムを構築するため、『多点での粒子状有害物質モニタリング法の開発と有害物質濃度マップの構築』を研究テーマに掲げた。

2. 研究の目的

(1) 大気中の粒子状有害物質の多点モニタリングは、時間・人手・経済の面を考えると定められた既存の方法では不可能であるため、電源を必要とせず、観測場所を選ばないようなパッシブモニタリング法を検討し確立するのが現実的である。しかし、パッシブモニタリング法は、分析可能なだけの捕集量の確保や対象粒子サイズの制御など課題が多く、一般に汎用している方法は開発されていない。私はこれまで、『多点』で『同時』に『どこにでも』設置可能な大気中粒子状物質のパッシブモニタリング法として“簡易型マイクロ繊維シート捕集材 (MFS)”を利用したオリジナルな方法について研究を進めてきた。本研究課題では、MFS がどのような大気中有害物質のモニタリングに適用可能であるかを捕集能の点から検討し、大気中粒子の粒径特性や各粒径帯に含まれる有害物質の特徴、MFS に捕集される粒子の粒径について調べることを目的とした。

(2) 大気環境情報という点において考えると、現在の大気モニタリングでは、一般住民が身近な箇所の大気環境や大気中有害物質濃度を知ることは困難である。本研究課題では、モデルエリアにおいて継続したMFSによるパッシブモニタリングを多点で同時期に行い、ポイントデータとして得られた粒子状有害物質濃度を地理情報システム (GIS) により面データに変換して視覚的にわかりやすい濃度マップとして情報提供するシステムの構築を目的とした。

3. 研究の方法

(1) MFS の捕集能を検討するためのモデルエリアを岩手県一関市竹山-三反田地域に選定した。同エリアは、岩手県を縦断する国道4号線と交通量の多い県道を含むエリアであり、エリア内には一般大気環境測定局 (竹山局) と自動車排出ガス測定局 (三反田



図1 MFS 設置状況

局) が位置するエリアである。MFS によるモニタリングは、既存研究で知見を得ている7日間捕集とし、月1回行った。図1にMFSの設置状況を示す。また、MFS モニタリングの他に粒子状物質を粒径別に採取可能なアンダーセンエアサンプラー (以下 AN) を設置し、同時モニタリングを行った。測定対象は、捕集された粒子状物質質量 (PM 量) と4環と5環のPAHsのうち、WHOによりunit riskが算出されている6物質 (B[a]A, Chr, B[b]F, B[k]F, DB[a,h]A)、および金属類18物質 (Be, B, Na, Mg, Al, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Si, V, Sb) とした。それぞれの物質の測定は、PAHsは高速液体クロマトグラフィー-蛍光法、金属類は誘導結合プラズマ質量分析装置、粒子の観測は走査型電子顕微鏡 (SEM) により行った。

(2) モニタリング結果の可視化は、モデルエリア内でMFSによりモニタリングを行った33地点のポイントデータをGIS (ESRI, ArcGIS 9.0) 上に構築し、モデルエリア内の未測定領域についてGIS拡張機能であるデータ補間機能を用いて推定濃度分布図を作成した。図2にGIS上に構築したモニタリング地点を示す。

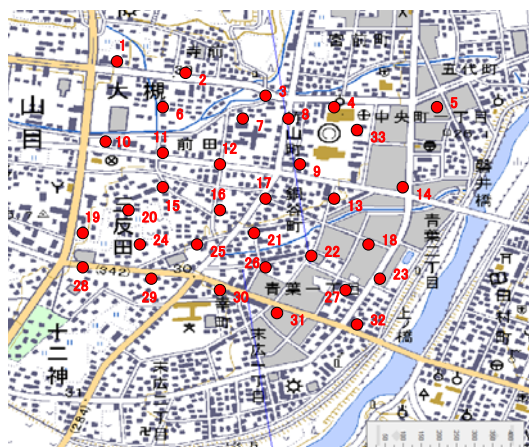


図2 モニタリング地点

す。補間精度評価は、いくつかの既知のポイントデータを削除した上で推定濃度分布を作成し、既知濃度と推定濃度の標準偏差により検討した。また、住民の立場に立ったPAHsによる健康影響リスクの算出についても検討した。

4. 研究成果

(1) 図3にMFSに捕集された単位面積当りのPM量とANで同期間に採取したPM濃度と

の関係を示す。MFS に捕集された PM と AN で捕集された PM との間には高い相関 ($R^2=0.55$,

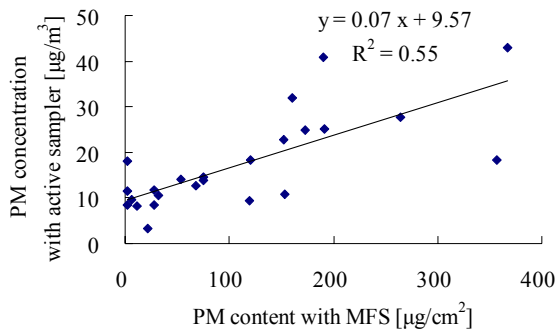


図3 MFS による PM 量と ANPM 濃度の関係

$p < 0.01$) が認められ、PM 量が多い道路沿道だけでなく一般環境でもよく捕集していることが明らかとなった。このことから、MFS による 1 週間捕集は大気中の PM 量の指標となり得ることが示唆された。また、MFS に捕集されている PM の粒径を SEM により視認した結果、 $10 \mu\text{m}$ 以上の粗大粒子だけでなく、 $2 \mu\text{m}$ 以下の微小粒子も MFS に付着していることが確認された。さらに、AN に捕集された粒径別ごとの PAHs 濃度を測定した結果、いずれの PAHs も $3.3 \mu\text{m}$ 以下の粒径で約 75~95% 以上を占めており、特に分子量の大きい物質では大気中 PAHs ののほとんどは PM_{2.5} 中に含有していることが示された。MFS に捕集された Σ PAHs (本研究課題で測定対象とした PAHs6 物質の捕集量の和) と AN による $1.1 \sim 2.1 \mu\text{m}$ の粒子中 Σ PAHs 濃度の相関が見られたことから、MFS を用いた 7 日間の大気モニタリングは Σ PAHs 濃度の指標となり得ると同時に、 Σ PAHs としては PM_{2.5} 中 PAHs の環境指標となり得ることが示唆された。定量的な部分ではまだ検討の余地はあるが、パッシブサンプリングによる PAHs の指標は新たな知見であり、他地域での MFS による多点モニタリングが可能となれば、住民生活に直結した大気環境情報として有用であると思われる。

また、MFS に捕集された PM 量と金属類の相関関係から、Mg, Al, Ca, Mn, V の 5 金属は MFS に安定的に捕集されることが確認された。MFS の捕集能として金属類のモニタリングの可能性も示唆された。

(2) MFS による PAHs モニタリングデータと WHO により算出されている各 PAH の inhalation unit risk を用いて大気中 PAHs リスクを算出した。式(1)に算出式を示す。

大気中 PAHs リスク

$$= \Sigma (\text{unit risk} \times \text{各点の濃度}) \dots (1)$$

図 4 に式(1)より算出された季節ごとの大気中 PAHs リスクのポイントデータを示す。冬季・春季において、複数の地点で 1×10^{-5}

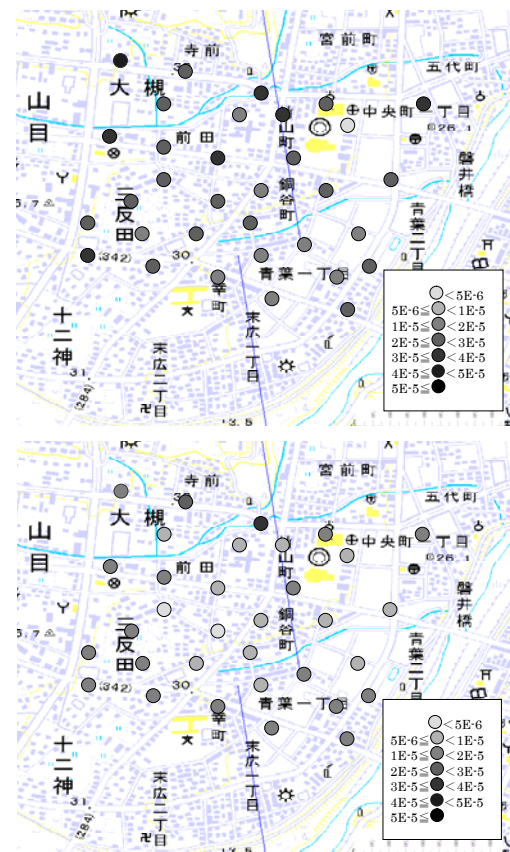


図4 大気中 PAHs リスク (上図：春季、下図：夏季)

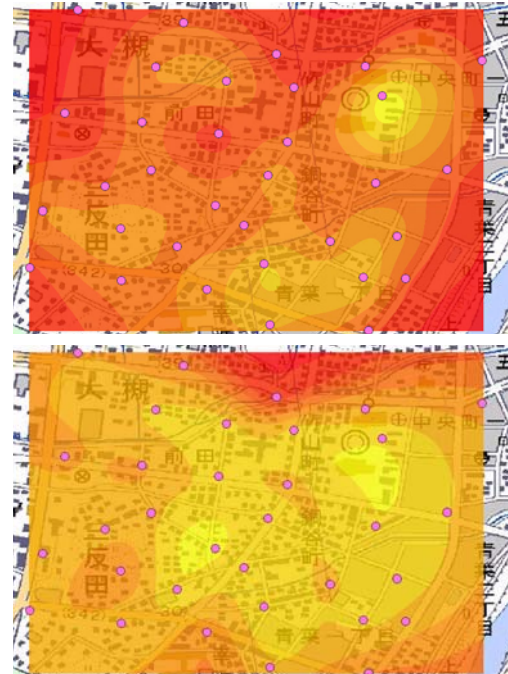


図5 推定大気中 PAHs リスク度マップ (上図：春季、下図：夏季)

リスクレベルを超えていたことが明らかとなった。地点の特徴で見ると、全ての季節において 4 車線道路沿いのリスクが最も高く、

次いで2車線道路沿い、1車線道路沿いであり、夏季、秋季の1車線道路沿い（住宅地）を除いては、大気中PAHsリスクは看過できないレベルにあることが示された。大気中PAHsリスクという考え方を適用することで、現在行われている大気環境測定局での観測では網羅されない沿道や住宅地等、住民に身近な箇所のリスクを推察できる可能性のあることが示唆された。

さらに、未測定地域の大气中PAHsリスクを評価するため、GISの補間機能を用いて可視化を行った。種々の補間法およびパラメータの検討を試行錯誤した結果、「スプライン法・レギュラー手法・ウェイト：0.001・ポイント数：4」の設定が最適であるとの結論が得られた。図5にGISによる大気中PAHsの推定リスク度マップを示す。ポイントデータを面的に補間することで生活環境地域でも大気中PAHsリスクは 1×10^{-5} を超えているエリアが推定され、見逃せないレベルのリスクが存在していることが示唆された。特に冬季・春季にはほとんど全ての街区において高いリスクが存在することがわかった。

また、GISを用いた大気環境情報の可視化を行うことで、面的な大気環境リスクを把握することが可能となったと同時に、大気環境リスクの径月変動、季節変動等を地域住民が視覚的にわかりやすく描写できたといえる。定量的な精度評価の検証という大事な課題はクリアされてはいないものの、定性的な健康リスク情報を地域住民へ提供するベースができたといえる。

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1件）

- ①F. Matsumoto, M. Saito and N. Otsuka, Environmental Distribution of Air Pollutants and Environmental Risk Assessment in Regional Scale, International Journal of Safety, 査読有, Vol. 9, No. 1, 2010, pp. 35-42

〔学会発表〕（計11件）

- ①松本文雄、盛合宏太、田沼大樹、齊藤 貢、大塚尚寛、簡易モニタリング法によるPAHsの測定とGISを用いた生活圏での大気環境リスク評価の検討、日本リスク研究学会第23回年次大会、2010.11.28、明治大学（東京都）
- ②盛合宏太、齊藤 貢、松本文雄、大塚尚寛、交通データを用いた大気中予測NOx分布と大気中実測NO2濃度分布の可視化による比較、第17回大気環境学会北海道東北支部総会、2010.10.22、山形テルサ（山形県）

- ③田沼大樹、齊藤 貢、松本文雄、大塚尚寛、マイクロ繊維シートを用いた多成分PAHs捕集能の検討、第17回大気環境学会北海道東北支部総会、2010.10.22、山形テルサ（山形県）

- ④齊藤 貢、松本文雄、大塚尚寛、マイクロ繊維シート捕集材による大気中重金属モニタリングの可能性、第51回大気環境学会年会、2010.9.9、大阪大学（大阪府）

- ⑤松本文雄、田沼大樹、齊藤 貢、大塚尚寛、マイクロ繊維シート捕集材に捕集された粒子状物質と多環芳香族炭化水素類の捕集能の検討、第51回大気環境学会年会、2010.9.9、大阪大学（大阪府）

- ⑥盛合宏太、大塚尚寛、齊藤 貢、松本文雄、GISを用いた生活地域規模での大気モニタリング地点の検討、第16回大気環境学会北海道東北支部総会、2009.11.6、福島大学（福島県）

- ⑦倉谷昌臣、大塚尚寛、齊藤 貢、鳴海貴之、松本文雄、大気中PAHsの粒径濃度分布解析と懸架式パッシブモニタリング法への適応、第16回大気環境学会北海道東北支部総会、2009.11.6、福島大学（福島県）

- ⑧松本文雄、倉谷昌臣、齊藤 貢、大塚尚寛、マイクロ繊維シート捕集材に捕集された大気中粒子の粒径特性、第50回大気環境学会年会、2009.9.16、慶応大学（神奈川県）

- ⑨齊藤 貢、大塚尚寛、盛合宏太、倉谷昌臣、松本文雄、大気汚染物質の未測定地域におけるGISを用いた濃度補間精度の検証、第50回大気環境学会年会、2009.9.16、慶応大学（神奈川県）

- ⑩倉谷昌臣、大塚尚寛、齊藤 貢、鳴海貴之、懸架式パッシブサンプラーによる大気モニタリングデータと大気環境常時観測データの比較、第15回大気環境学会北海道東北支部総会、2008.11.7、東北学院大学（宮城県）

- ⑪齊藤 貢、大塚尚寛、マイクロ繊維シート捕集材を用いた道路沿道における粒子状物質およびB(a)Pの相対濃度分布と補間精度、第49回大気環境学会年会、2008.9.17、金沢大学（石川県）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齊藤 貢 (SAITO MITSUGU)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：20271843