【5-1452】PM2.5 成分および黄砂が循環器・呼吸器疾患に及ぼす短期曝露影響に関する研究（H26～H28）

高見　昭憲（国立研究開発法人　国立環境研究所）

１．研究開発目的

本研究では、主に熊本及び福岡において粒子状物質の重量濃度および化学組成（無機塩、金属元素、黒色炭素など）を観測し、$PM_{2.5}$や黄砂による汚染状況を把握する。これとともに同地区における循環器疾患発症や救急搬送データを取得し、粒子状物質の健康影響を統計的に評価する。これにより、$PM_{2.5}$あるいは黄砂が及ぼす短期曝露に関する健康影響を明らかにすることを目的とする。

具体的には、大気観測班は、福岡と熊本でエアロゾル質量分析計（AMS）、大気エアロゾル化学成分連続自動分析装置（ACSA-14）を稼働し、PM 質量濃度および PM 中の化学成分の連続観測および分析を行う。また、集中観測時にハイボリュームサンプラー、カスケードインパクター、フィルターパックサンプラーを用いて粒子のサンプリングを行い、上記連続観測装置では分析できない多環芳香族(PAH)、金属元素、イオン成分、ガス成分の濃度測定を行う。これらのバルク分析の結果を用いて、黄砂日、越境大気汚染日、ローカルな汚染日などを特定し、これらの日に捕集した粒子について、個別の粒子を飛行時間型二次イオン分析装置（TOF-SIMS）によって分析し、粒子表面および粒子内部のどの部分に、どのような化学物質が含まれていのるかを明らかにする。

疫学班では、まず、SPM と $PM_{2.5}$濃度の差（cPM）および比（PM ratio）を用いて黄砂の曝露指標を開発する。同時に $PM_{2.5}$、その化学成分データも用いて、福岡での PM 化学組成と心臓疾患の影響について調査する。また、PM の短期変動や黄砂が救急搬送件数に及ぼす影響について解析するため、全国主要都市の救急搬送データを入手し、人口に対する比率や、重症度、原因疾患等によって分類し、地域間比較を行う。さらに、熊本急性冠症候群研究会（Kumamoto Acute Coronary Events [KACE] study group）のデータと、黄砂、気温、相対湿度、大気汚染物質濃度(SO_2など)、$PM_{2.5}$質量濃度などのデータを用い、時間層別化ケースクロスオーバーデザインの手法を用いて黄砂や$PM_{2.5}$と関連した心臓疾患（AMI）発症の関連を評価する。

２．研究の進捗状況

サブテーマ(1) $PM_{2.5}$成分の曝露評価モデルの精緻化に関する研究

熊本および福岡において、微小粒子状物質（PM）の化学組成自動観測装置（Q-AMS、ACSA-14）を用いて観測を行った。その結果、越境大気汚染が卓越するときには、$PM_{2.5}$濃度が高く、硫酸イオンの割合が高かった。一方、ローカルな大気汚染が卓越するときは、相対的に$PM_{2.5}$濃度が低く硝酸イオンや有機物の割合が高かった。火山や野焼きの影響も見られた。

福岡における PM 化学成分濃度と急性心筋梗塞との関連について検討したところ、一部の粒子成分についてオッズ比が１を超えていた場合が見られたが、いずれも統計的に有意な関連はみられなかった。黄砂曝露指標を検討するために、福岡市において、黄砂日を SPM と $PM_{2.5}$濃度の差（cPM）および比（PM ratio）の分布に基づいて４つに分類し、黄砂飛来時に濃度が上昇する非海塩性カルシウム濃度の分布について比較した。cPM 濃度は、黄砂飛来日における黄砂粒子濃度を反映していると考えられ、黄砂の曝露量―健康影響関係を評価するための新たな曝露指標となりうることが分かった。

サブテーマ(2) 越境大気微粒子中の金属、有機物の分析

ハイボリュームサンプラーおよびカスケードインパクターを用いた粒子の捕集を行い、粒子に含まれている多環芳香族（PAH）の定量的分析と、金属元素およびイオン成分の粒径別濃度測定を行った。熊本での観測では 2014 年 10 月 18 日に総 PAH 濃度は最高濃度を記録した。後方流跡線解析の結果、中国都市部を通過しており中国由来の汚染気塊を捉えたため高濃度になったと推察された。アンチモン（Sb）の動態を解析すると、粗大粒子中の Sb は熊本ローカル由来、微小粒子中の Sb は越境大気汚染由来であることが分かった。これらのデータを総合すると、越境大気汚染とローカルな汚染を区別で

きることが分かった。

サブテーマ(3) 個別粒子の化学組成イメージングに関する研究

個別分析用の試料を粒子イメージング法（独自開発の TOF-SIMS 装置）によって分析し、$PM_{2.5}$および黄砂に含まれる化学物質の粒子表面および内部における分布図（マップ画像）取得を行った。サブテーマ１）からの情報提供をもとに、黄砂飛来時において、汚染物質（硫酸塩エアロゾル）の濃度が高い場合と低い場合の２つの試料の比較分析を行った。その結果、黄砂単独での飛来時は黄砂特有の形状を保ち、表面・内部とも粘土成分しか検出されなかった。一方、黄砂が汚染物質と同時に飛来した場合、黄砂は大きく変性していた。具体的には、黄砂・硫酸ガス・海塩が関与したと思われる化学反応の結果、黄砂粒子は $CaCl_2$ の生成により、固形ではなく流動性のある溶解したような状態であることが判った。このとき、黄砂に含まれるシリカ、アルミナの微小粒子は溶けておらず、粒状に分散していた。このことは、黄砂が汚染物質と反応し得ること、反応によってもともと微小粒子の集合体である黄砂が分裂し、$PM_{2.5}$に変化する可能性を示している。また、黄砂表面には 100～200 nm 程度の無機炭素粒子(=BC)が付着していることを画像として初めて明らかにした。

一方、$PM_{2.5}$に属する典型的な硫酸塩エアロゾルの成分、内部構造の分析を行った。これにより、少なくとも越境してきた硫酸塩エアロゾルにはある確率で BC 粒子が含まれていることが判った。さらに、黄砂が溶けている日と溶けていない日において、粒子の総数に対する硫酸塩エアロゾルの個数比率はそれぞれ約 40%、約 18%と有意な差が見られた。つまり、大気汚染と黄砂が同時に輸送されると、黄砂は大気汚染成分と化学反応をすることを裏付けている。

サブテーマ(4) 大気中粒子が救急搬送に及ぼす影響の疫学研究

政令指定都市の札幌市、仙台市、名古屋市、大阪市、広島市および、越境大気汚染や黄砂の影響を受けやすい福岡市熊本市の救急搬送データの整備を行った。救急搬送データを原因疾患別に分類し、地域間比較を行った。その結果、人口 10 万人当たりの年間搬送件数が大阪市で突出して多かった。傷病程度別救急搬送件数においては仙台市を除く６都市で軽症が約半数を占め、重症は全ての都市で10%以下であった。次に、疾病区分による分析では、都市間による差が認められ、特に脳疾患において顕著であった。脳疾患の救急搬送件数は最も多い福岡市と最も少ない熊本市の間で約４倍の差が認められた。

福岡市における救急搬送統計データを用いて、黄砂および$PM_{2.5}$曝露の健康影響を評価した。その結果、黄砂飛来により当日の急病による救急搬送数が増加する可能性が示唆された。また、サブテーマ１）で開発した cPM や PM ratio を併用した黄砂曝露指標を用いた解析では、黄砂量が少なくても救急搬送リスクは上昇していたが、統計的に有意なほど明らかではなかった。PM（$PM_{2.5}$、SPM、cPM）濃度と救急搬送件数との関連では、それぞれ統計的有意、もしくは有意に近い関連が得られた。

サブテーマ(5) 粒子成分、黄砂の急性心筋梗塞・心肺停止発症に対する影響と高感受性集団に関する研究

急性心筋梗塞（AMI）発症と $PM_{2.5}$質量濃度との関係を、既存の健康アウトカムデータである熊本急性冠症候群研究会(Kumamoto Acute Coronary Events［KACE］study group)のデータを用いて統合データベースを構築し、時間層別化ケースクロスオーバーデザインの手法を用いて解析した。気温と相対湿度で調整した結果、35$\mu g/m^3$以上の$PM_{2.5}$濃度を観測した日、およびその１日後から５日後のいずれにおいても現状では AMI 発症との関係は見られなかった。

３．環境政策への貢献（研究代表者による記述）

上記$PM_{2.5}$および黄砂と急性心筋梗塞についての疫学調査は前例がなく、貴重な国内知見の創出であり、$PM_{2.5}$の環境行政に大いに貢献すると考えられる。そのほか以下の委員会等で貢献した。

・環境省大気モニタリングデータ総合解析ワーキンググループ委員会に参加し、越境大気汚染の総合的解析方法を検討した。(高見・畠山)

・韓国環境省主催の Long-range Transboundary Air Pollutants in Northeast Asia に環境省担当官

と共に参加し、越境大気汚染の総合的解析方法を検討した。（高見）
・黄砂の健康影響に関する疫学研究を行うワーキンググループ委員会に参加し、黄砂の健康影響の疫学手法を用いて検討した。（上田）
・微小粒子状物質等疫学調査実施班の会合に参加し、粒子状物質の健康影響の疫学的評価について検討した。（新田、上田）
・光化学オキシダント等大気汚染物質文献レビュー検討会に参加し、粒子状物質の過去の疫学知見について整理した。（新田、上田）
※上田は研究協力者

４．委員の指摘及び提言概要

個々のサブテーマは順調に進展しており、$PM_{2.5}$と黄砂による急性健康影響の疫学データが得られたことは有益である。粒子の成分分析を精力的に行っているが、化学組成に関する情報が疫学研究に十分活用されていない感がある。本基礎研究の成果として$PM_{2.5}$と黄砂が循環器・呼吸器疾患の原因となるという結論が導かれた時には本疫学調査の意義が生かされるようにまとめてほしい。熊本以外の地域での心筋梗塞発症への影響についての情報も必要と思われる。今後、環境行政にどのような情報を提供するのかを具体化する必要がある。

５．評点

総合評点： A