

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 星子 智美

本論文は「Diurnal and seasonal variations of particle size-fractioned polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their risk assessment in roadside air environment in Bangkok (バンコクの沿道大気環境における粒径別多環芳香族炭化水素類 (PAHs) の日間変動と季節変動及びリスク評価)」と題し、開発途上国の大都市であるバンコクを現場として、沿道大気環境の自動車排ガスに起因する粒子付着 PAHs による健康リスクに関するより詳細な情報を、時間帯別、季節別、粒径別、組成別に分析し特徴を明らかにすることにより、大気汚染の深刻な沿道環境において人がリスク回避行動を取るための有用な知見を与えるものである。

第1章は「緒論」である。研究の背景と研究目的、及び論文構成等を述べている。

第2章は「既往の研究」である。PAHs に関する基礎情報、規制、発生源、大気中での挙動、運命、時間変動やリスク評価に関する既往の研究をまとめている。また、調査現場としてのバンコクに関する基礎情報、大気汚染の状況、既往の PAHs モニタリングデータや関連研究等について述べている。

第3章は「材料と方法」である。現場調査のサンプリングサイトの情報、粒子付着 PAHs の捕集方法、分析方法、用いた測定機材、気象データの取得方法、交通量の調査方法、統計データ解析方法について述べている。特に、光電子エアロゾルセンサー (PAS) を連続測定に用いる場合、別に粒径別に捕集した PAHs のガスクロマトグラフィー質量分析による化学組成分析結果と毎回の現場調査ごとにキャリブレーションを取る必要があり、そのキャリブレーションの方法と結果についても述べている。

第4章は「バンコクにおける沿道及び一般地域での PAH 濃度の比較」である。沿道環境に焦点を絞る前に、乾季で年間で最も暑くなる2004年4月と雨季の2003年9月の異なる季節で沿道大気と一般大気中の PAH 濃度の比較を行い、PAS を用いた連続モニタリング結果では、沿道環境の PAH 濃度は一般大気環境に比べて1.6から3倍高くなることを明らかにした。

第5章は「沿道大気環境中の PAHs に対する自動車排ガスの寄与の実証」である。道路側溝からの下水臭が存在する中でも自動車排ガスは人間の鼻で嗅ぎ分けられるという特徴を利用して、実際に排ガスブルーム検知試験を実施し、それと PAS のデータ、ビデオ撮影から得た交通量調査データの3者の関係のクロススペクトルから相互の時系列に合理的な解釈を与えることができ、それぞれの時系列の周期は信号周期に関係することを明らかにした。従って、PAS から得られる測定データは直接的に自動車排ガスの影響を受けていることを実証できた。また、道路内異なる5箇所 PAS の出力値は場所によって9倍異なり、リスク評価を行うに当たっての不確実

性に関する留意点となる。

第6章は「バンコク沿道環境における粒径別 PAH 濃度の日間変動と組成プロファイル」である。1年を暑季、雨季、冷季にわけ、また一日を朝、昼、夕、晩の4時間帯にわけ、粒径別に PAHs の特徴を分析している。沿道は、上部が高架道路によって覆盖されている幹線道路（ラーマ6世道路、R6）と上部がオープンな幹線道路（チョクイチャイシー、CC）の2箇所において比較し、道路構造の影響を抽出した。暑季において、測定点が道路の風下側になっていた気象状況で、交通量が少ないにもかかわらず、覆盖のあるR6における濃度が、特に高濃度となる朝の時間帯及び昼の時間帯に高かった。これは覆盖により希釈拡散が阻害されていること、組成変動の違いからも日光が遮蔽され光分解が起きにくかったためと推定された。また場所や時間によらず $1\ \mu\text{m}$ 以上の粗粒子には3-4環の PAHs の寄与が大きく、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の細粒径では5-6環の PAHs の寄与が大きかった。また時間帯別の組成変動には、交通車種の時間帯別の変動が反映されていることが明らかになった。

第7章は「バンコク沿道環境における粒径別 PAH 濃度の季節変動」である。如上の2箇所のサイトともに冷季に最も高い PAH 濃度となった。気温が相対的に低い時期であるので、混合層厚さが小さかったことが相対的に高濃度を与えた要因であるとしている。季節による風向の変動も測定点の PAH 濃度に大きく影響した。各季節での2日間捕集の粒子付着 PAHs の測定結果から、PAH 組成は粗粒子付着の場合以外は大きな変化はなかった。また、日光の影響を大きく受ける CC において、PAH 組成比として BaP/BeP（ベンゾ a ピレン/ベンゾ e ピレン）を取ると、光分解の影響を受けてその変化が大きかった。このような挙動の詳細を明らかにしている。

第8章は、「バンコク沿道環境における PAHs のリスク評価」である。現在多く採用されているユニットリスクを用いると、2箇所の測定点での生涯リスクは 10^{-5} を越え、決して無視できるリスクではないことが示された。また、CC において晩に 2.5 時間曝露するだけで生涯リスク 10^{-5} を越えるという結果は、夜間沿道に居住する人にも注意を喚起させるものである。また、このように時間帯別のリスク評価が可能となったことは、その時間帯、その場所に働きまた住む人々に有用な情報を与えるものである。組成では BaP の寄与率が最も高いが、それでも6割程度であり、他の組成の寄与も無視できるものではないことが示された。粒径別では、 $1.8\ \mu\text{m}$ 以下の粒子に付着している PAHs の寄与が80%以上であった。しかし、既報のユニットリスクのオーダーが大きく異なり、リスク評価の値の変化に最も大きく影響する。上記の値はユニットリスクの大きいほうの値を採用しており、安全側の評価となっている。本章においては、そのような不確定要因をまとめ、推定の幅を示している。

第9章は「結論」である。

以上要するに、本論文は、バンコクを調査フィールドとして、開発途上国の大都市沿道における特に自動車排ガスに起因する粒子付着 PAHs に注目して、時間帯別、季節別、粒径別、組成別に PAH 濃度を分析し、その特徴を明らかにすることにより、時間帯別、季節別リスクを評価することにより、大気汚染の深刻な沿道環境において人がリスク回避行動を取るための有用な知見を与えたものである。よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。