

バンコクの都市大気環境における浮遊粒子付着多環芳香族炭化水素類の挙動

東京大学環境安全センター 非会員 星子智美 正会員 ○福士謙介 正会員 山本和夫
非会員 Tassanee Chetwittayachan

1. はじめに

多環芳香族炭化水素(以下 PAH)は、都市の大気環境を汚染する微量物質の一つである。PAH は化石燃料や有機物の燃焼過程において容易に生成するが、都市域においては近年の自動車台数の増加や大型化、交通渋滞などにより、自動車排ガスが主な発生源となっている。PAH の中には発ガン性や内分泌攪乱性、変異原性を有するものがあり、大気を経由して人間の呼吸器系への障害をもたらす恐れがある。

本研究においては、交通量が多く、特に交通渋滞が激しいために大気汚染が深刻な問題となっており、タイのバンコク市街地を対象とし、粒子付着 PAH の挙動をトータルの PAH (tPAH) 濃度変化と、大気中個別 PAH の組成(以下 PAH プロファイル)の二つの測定から明らかにすることを目的とする。また PAH は付着粒子の粒径によって挙動が異なり、呼吸器系への沈着部位や沈着率も異なるため、粒径別に浮遊粒子をサンプリングし、粒径別の PAH プロファイルを調べた。

2. 方法

tPAH 濃度の経時測定には、EcoChem Analytics 社製の PAH センサー、PAS2000CE (Photoelectric Aerosol Sensor、以下 PAS) を用いた。PAS は約 1 μm の浮遊粒子に付着した PAH を検出する。大気の吸引流量は 1 L/min、データ記録の間隔は 2 分で行った。

浮遊粒子のサンプリングには、MSP Corporation 製のローボリウム・エアサンプラー、MOUDI(Micro-orifice uniform deposited impactor、Model100)を用い、PTFE フィルターに粒子を捕集した。大気の吸引流量は 30L/min で行った。粒径区分は、0.18[μm]以下、0.18~0.31、0.31~0.56、0.56~1.0、1.0~1.8、1.8~3.2、3.2~5.6、5.6~10、10~18、18[μm]以上の 10 種類である。PAH の抽出は超音波により

キーワード: PAH バンコク PAS MOUDI スペクトル分析 PAH プロファイル

連絡先: 東京都文京区本郷 7-3-1 環境安全センター
Tel)03-5841-2971 FAX)03-5802-2987

行い、GC/MS で定量分析をして特定 12PAH の各濃度を求めた。特定の 12PAH とは、U.S.EPA 指定の 16PAH のうち、粒子状で存在する 3~6 環のものである。

サンプリング地点はタイの Pollution Control Department (PCD) のモニタリングステーションの 5 地点を提供していただいた。モニタリングステーションは道路沿い (RS) と一般域 (GA) に分類されており、各地点名は、バンコクの Chockchai4(CC、RS)、Din Deang(DD、RS)、Klongjarn(KJ、GA)、Nonsri(NT、GA)と、トンブリの Intrapitak(IP、RS)である。DD と NT はバンコク市街地の中心に最も近く、CC は DD から北東に約 5 km、IP は DD から南西に約 5 km の場所に位置し、これら IP-DD-CC の RS モニタリングステーションは北東に向かってほぼ直線状に並んでいる。KJ はバンコクの北の外れに位置する。

以上 5 地点で PAS と MOUDI を同じ箇所に設置して測定した。各大気吸入口の高さは約 3 m である。PAS は 2003 年 9 月 1 日から 29 日まで連続して稼働し、MOUDI はその期間中各 3 日間、表 1 の日程でサンプリングを行った。

表 1. MOUDI のサンプリング日程

日程	9月1-4日	5-8	9-12	13-16	17-20	22-25	26-29
地点	DD 1st	DD 2nd	NT 1st	NT 2nd	IP	CC	KJ

3. PAS モニタリングの結果とスペクトル分析

2 分ごとの PAS シグナルを PAS モニタリング結果の生データとして図 1 に示した。ただし IP は PAS の故障のため、ここでは削除した。また、PAS シグナルの

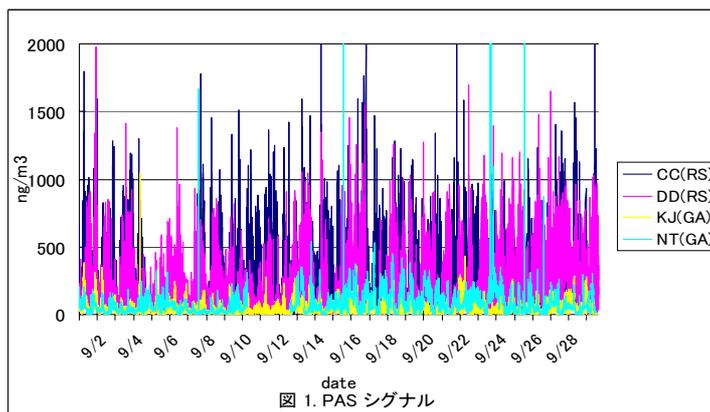


図 1. PAS シグナル

サンプリング地点	CC(RS)	DD(RS)	KJ(GA)	NT(GA)
平均値[ng/m ³]	226.8	167.0	48.7	78.2
標準偏差[ng/m ³]	180.6	180.0	43.4	96.1
変動係数	0.80	1.08	0.89	1.23

PASシグナルの時系列データから、PAH濃度変動の特徴的な周期性を見出すためにスペクトル分析を行い、表3にそれらの周期をまとめた。全地点より共通にかつ顕著に得られた周期は、0.33、0.5、1日であった。

	CC(RS)	DD(RS)	KJ(GA)	NT(GA)
CC(RS)		0.33	0.5	1
DD(RS)		0.33	0.5	1
KJ(GA)	0.2	0.25	0.33	0.5
NT(GA)		0.33	0.5	1

また、PAH濃度変動要因の一つと考えられる気象要素、温度、日射、風速、風向、湿度、雨量と、NO_xのデータについてもスペクトル分析を行い、特徴的な周期を表4にまとめた。温度と日射、湿度は、全地点共通の周期のみ得られた。各地点ごとに固有の周期を持つのは、風速・風向とNO_xであった。その中でも、風向とNO_xは常に一つの共通の周期を持っていた。このことにより、PAHと同じく自動車排ガスが主な排出源であるNO_xは風向の影響を受けて濃度変動することが予想される。また、NO_xはPAHと同じく自動車排ガス由来であり、かつ顕著に抽出された0.33日周期は気象データの中には存在しないことから、NO_xとPAHの0.33日周期は交通因子であると推測される。

	温度	日射	風速	風向	湿度	雨量	Nox
全地点共通	1 0.5 6.8	1 0.5			1 6.8 0.5	N.D.	0.5
CC(RS)			1	5.1			5.1 0.33
DD(RS)			1	5.1 1			5.1 3.7
IP(RS)			1	1			1 0.33
KJ(GA)				5.1			1 5.1 0.33
NT(GA)			1	6.8 5.8			5.8 1

4. MOUDI サンプリングの結果と考察

GC/MSによるPAH濃度の定量分析の結果、12tPAH濃度の粒子サイズ分布は図2のようになった。微小粒子ほどPAH濃度に対する寄与が大きく、粒径1.0μm付近以上は濃度がほぼ一定といえる。また、全粒径範囲のPAHプロファイルの地点間比較では、図3のようにプロファイルはある程度一定の形を示した。一方、

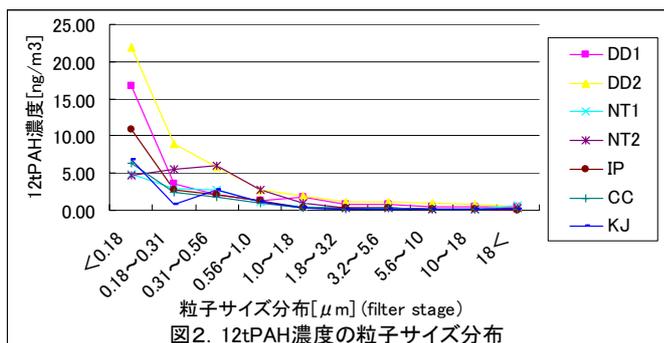


図2. 12tPAH濃度の粒子サイズ分布

粒径別プロファイルの地点間比較では、地点間、粒径別ともにプロファイルはばらつく結果となった。したがって、粒子サイズの違いによって呼吸器系への影響の仕方は異なり、特に粒径1μm以下の粒子は呼吸器系に侵入し、さらに粒径が小さいほど系の内部にまで沈着するため、PAH曝露の影響はPAH濃度と粒径別プロファイルによって、各地点ごとに異なるといえる。

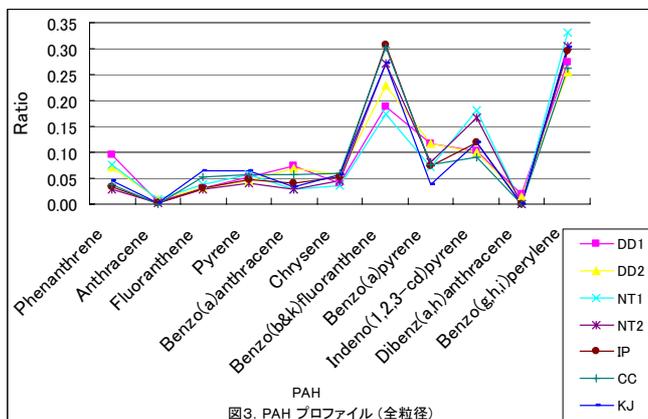


図3. PAHプロファイル(全粒径)

5. PASシグナルー12tPAH濃度の相関と今後の課題

MOUDIによる3日間の各サンプリング期間において、12tPAH濃度とPASシグナル平均値の相関を調べたところ、粒径1.0~1.8μmで最も高い相関を持ち、これより微小粒径では相関がなく、大きい粒径では弱い相関を持つ結果となった。これは、図2で微小粒径の方が濃度がばらついていることから説明される。

今後の課題としては、実際のPAHのリスクを評価するためには、PAH濃度は一日のうちで大きく変動するのに対して、各エリアに滞在する人の曝露も一日中で一様ではないために、3日間の粒子サンプリングから得られた平均濃度を用いたリスク評価では不十分であるといえる。よってPASを一緒に用いることにより、リスクの大きさの時間帯変動や、周期を伴った変化などが推測できないかという問題がある。また、その周期を与える因子を明らかにする必要がある。

<参考文献>T. Chetwittayachan et al.:A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons(pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand, *Atmospheric Environment* 36 (2002) 2027-2037.

T. Chetwittayachan et al.:Diurnal profile of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbon(pPAH) concentration in urban environment in Tokyo metropolitan area, *Water, Air, and Soil Pollution:Focus* 2: 203-221, 2002.