

B-57 降雨に着目した道路交通由来の 粒子状多環芳香族炭化水素に関する 大気現存・挙動調査

○門野 壮¹・市木 敦之^{2*}・荻 佳一郎³・大川 貴洋²

¹立命館大学大学院 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)

²立命館大学理工学部 (〒525-8577滋賀県草津市野路東1-1-1)

³(株)技研製作所 (〒135-0063 東京都江東区有明 1-3-28)

* E-mail: a-ichiki@se.ritsume.ac.jp

1. はじめに

大気汚染物質の発生源は工場、家庭等様々であるが、その中で自動車は大きなウエイトを占めている。また、自動車由来の PM に付着している多環芳香族炭化水素 (PAHs) については、大気中を浮遊している間の直接的な健康影響だけでなく、道路面等へ沈着した後に降雨によって洗い流されて、河川や湖沼などの受水域にも影響を及ぼしている。こうした微量有害物質による環境影響を管理するためには、物質の現存量や挙動特性を理解することが重要である。特に、大気は発生源から排出された汚染物質が存在する最初のステージであることから、筆者らは発生源の近傍における実態調査を継続的に行ってきた^{1,2}。本報告では、大気中における粒子状 PAHs の現存・挙動に及ぼす影響が非常に大きいと考えられる降雨に着目した実態調査を、高速道路および一般国道沿道において実施し、両地点における特性を比較・検討したものである。

2. 調査の概要

調査は、大気浮遊物と大気降下物について、ともに季節変動調査、降雨時調査および降雨時時間変動調査の 3 種類を実施した。季節変動調査は、1 週間の連続サンプリングを毎月 1 回の頻度で 1 年間行ったもので、大気浮遊粒子をアンダーセンタイプのロウボリウムエアサンプラーにより粒径区分別 (9 区分) に捕集するとともに、大気降下物を湿式のダストジャー法にもとづいて捕集した。ダストジャーは、天蓋をつけずにすべての降下・移流粒子を捕集するものと、容器より 2cm 程度上方に天蓋をつ

けて横移流や地表面からの巻き上げのみを捕集するものの 2 種類を設置し、両者の差をもって純粋な大気降下物量を算定した。降雨時調査は、対象とした降雨について、降雨前・降雨時および降雨後の計 3 回サンプリングを行うものである。降雨時時間変動調査は、まず降雨前に 1 回サンプリングを行い、降雨の確認されている間と降雨後には 3~8 時間の連続サンプリングにより時間変動を押さえるものである。降雨時調査および降雨時時間変動調査では、大気浮遊物をハイボリウムエアサンプラーにより捕集するとともに、大気降下物を季節変動調査と同様の方法により捕集した。いずれの調査も、滋賀県草津市の名神高速道路草津第 1 パーキングエリア付近の道路端 (pa 地点) および国道 1 号線草津第 3 交差点 (r1 地点) において同時に行った。調査の概要を表 1、表 2 および表 3 に示す。

表 1 季節変動調査の概要

調査地点	調査回数	調査時間 (h)	期間降雨量 (mm)	期間中交通量	
				大気量 (台)	普通車 (台)
r1	2004年10月~2005年11月の間に12回	1週間	0~84	90824~103911	319441~366278
pa	2004年10月~2005年11月の間に11回	1週間	0~89	174442~240905	255821~480942

表 2 降雨時調査の概要

調査地点	調査種類	調査開始日	調査時間 (h)	期間降雨量 (mm)
r1	降雨前	2006/06/08 12:50	24.5	22
	降雨時	2006/06/10 13:50	24.6	0
	降雨後	2006/06/14 12:30	24.0	0
	降雨前	2006/06/17 15:50	24.5	4
	降雨前	2006/06/21 11:50	23.9	1
	降雨時	2006/06/22 11:57	25.8	44
	降雨後	2006/06/23 14:50	24.3	0
	降雨前	2006/06/25 15:10	45.5	47
	降雨時	2006/06/27 13:40	22.7	0
	降雨前	2006/06/29 12:20	29.0	0
	降雨時	2006/06/30 17:45	188.6	83
	降雨後	2006/07/08 14:49	25.1	2
pa	降雨前	2006/06/05 11:30	25.2	0
	降雨時	2006/06/06 13:10	73.5	43
	降雨後	2006/06/11 18:30	24.3	0
	降雨前	2006/06/12 19:10	44.0	51
	降雨時	2006/06/14 15:30	24.2	0
	降雨前	2006/12/25 15:30	21.2	0
	降雨時	2006/12/26 13:00	28.6	46
	降雨後	2006/12/27 17:55	15.9	0
	降雨前	2006/09/05 13:20	24.0	0
	降雨時	2006/09/06 14:00	73.7	43
	降雨前	2006/09/11 19:20	23.7	0
	降雨時	2006/09/12 19:50	42.2	51

表 3 降雨時時間変動調査の概要

調査地点	調査種類	調査開始日	期間降雨量 (mm)
pa	降雨前	2007/05/24 10:30	0
	降雨時	2007/05/25 3:20	3.5
	降雨時	2007/05/25 6:30	11.5
	降雨時	2007/05/25 9:40	15
	降雨時	2007/05/25 12:50	15.5
	降雨時	2007/05/25 15:00	16.5
	降雨後	2007/05/25 19:20	0
	降雨前	2007/05/29 12:00	0
	降雨時	2007/05/30 7:30	13.5
	降雨時	2007/05/30 10:30	6.5
	降雨後	2007/05/30 12:00	0
	降雨前	2007/05/24 10:00	0
r1	降雨前	2007/05/25 3:00	3.5
	降雨時	2007/05/25 6:00	11.5
	降雨時	2007/05/25 9:15	15
	降雨時	2007/05/25 12:20	15.5
	降雨時	2007/05/25 15:30	16.5
	降雨後	2007/05/25 18:40	0
	降雨前	2007/05/29 11:20	0
	降雨時	2007/05/30 7:10	13.5
	降雨時	2007/05/30 10:15	6.5
	降雨後	2007/05/30 11:40	0

3. 結果および考察

(1) 季節変動調査

季節変動調査の結果を図1に示す。1週間のサンプリング期間中に起こった降雨などの不確定な要因のために、たとえばPa地点で4月に特異的に大きな大気降下物量が認められたりするものの、全体的には、一般にいわれているような冬季の高濃度・高負荷、夏季の低濃度・低負荷が確認できる。大気浮遊物について、PM濃度の平均値はpa地点 $54.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、r1地点 $57.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、PAH濃度の平均値はpa地点 $3.1\text{ng}/\text{m}^3$ 、r1地点 $3.8\text{ng}/\text{m}^3$ となり、両地点で大きな差はみられなかった。しかしながら、大気降下物については、降下粒子量であるSDフラックスの平均値はpa地点 $103.5\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 、r1地点 $219.6\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 、PAHsフラックスの平均値はpa地点 $1.2\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 、r1地点 $1.7\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ とr1地点の方がpa地点よりも大きい。これは、r1地点の粒子の方がpa地点のものよりも沈着しやすい性質であることを示しており、道路や交通性状の違いに起因するものと考えられる。

(2) 降雨時調査

大気浮遊粒子の挙動は、降雨の影響を強く受けることから、この影響を検討するために降雨時調査を行った。降雨時調査の結果を図2に示す。図には、各調査のPM濃度およびSDフラックスを示し、またそれらおよびPAHs濃度・フラックスの各平均値を示している。大気浮遊物については、pa地点におけるPAHsを除いて、降雨時には濃度がその前後に比べておおむね半減する。それにともない大気降下物については、両地点ともに降雨時のフラックスが降雨前のその約2倍から2.5倍の高負荷となっている。r1地点では4~5環、pa地点では2~4環のPAHsフラックスの増加が顕著である。大気浮遊物濃度の降雨による減少分が、降雨時の大気降下フラックスの増加につながっていると考え、大気浮遊物濃度、大気降下フラックスそれぞれにおける降雨前から降雨時への変化量 ΔPAHs を求めた。ここに、

$$\Delta\text{PAHs conc.} = \text{PAHs conc.}_{(\text{ante})} - \text{PAHs conc.}_{(\text{rain})}$$

$$\Delta\text{PAHs flux} = \text{PAHs flux}_{(\text{rain})} - \text{PAHs flux}_{(\text{ante})}$$

添字 ante, rain はそれぞれ降雨前、降雨時を表す。各調査における降雨時の平均降雨強度と ΔPAHs の関係を図4に示す。いずれも調査現場出動の遅れから降雨前成分の一部を含んでしまった特異な1点を除いて、正の相関がみられる。大気浮遊物、大気降下物ともに、降雨時の変化量が降雨強度に大きく依存していることがわかる。

(3) 降雨時時間変動調査

降雨時調査では、降雨時の大気浮遊物濃度や大気降下物量の細かい時間変動まではわからないため、降雨の影

響が時間的にどの部分で強く現れているのかが明確に確認できなかった。そこで、降雨時の時間変動調査を行うこととした。降雨時時間変動調査の結果の一例を図4に示す。総降雨量 62.0mm のうち、降り始めからの3時間は 3.5mm という比較的小さな降雨量であったが、濃度やフラックスは大きく変動しており、降雨の降り始めに大気浮遊物濃度の減少、大気降下フラックスの増加がた

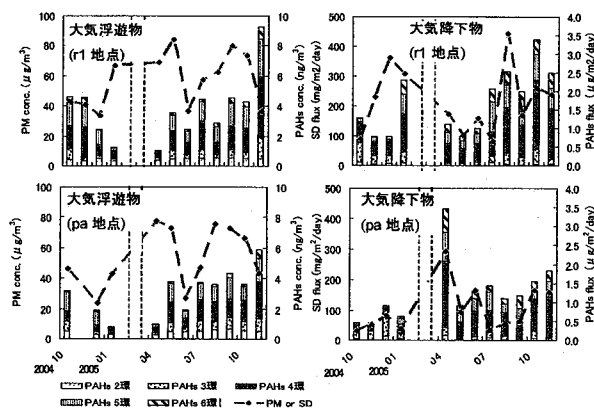


図1 季節変動調査の結果

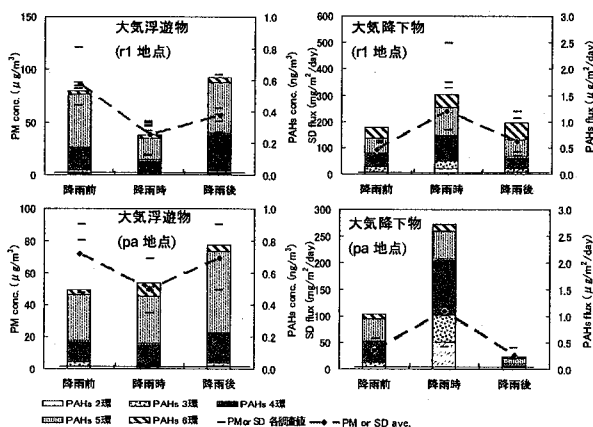


図2 降雨時調査の結果

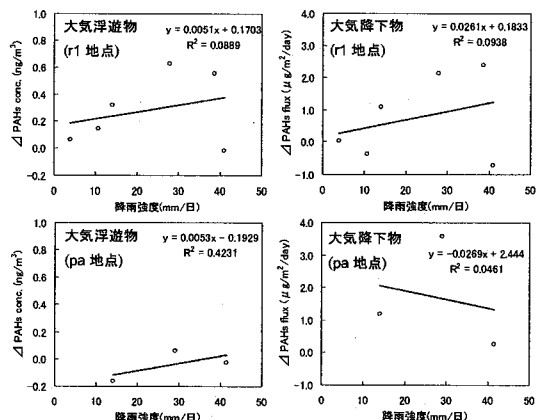


図3 $\Delta\text{PAHs conc.}$ 、 $\Delta\text{PAHs flux}$ と降雨強度との関係

いへん大きいことが確認できる。PAHsについて、大気浮遊物濃度では高環の物質の変化が著しいのに対して、大気降下フラックスでは、ガス状で大気中に存在していた成分の降雨による取り込みなどのために、これらに加えて2環や3環といった低環の物質の変化も認められた。

両地点における大気浮遊物濃度と大気降下フラックスの関係を、降雨前・降雨時・降雨後の段階別に図5および図6に示す。降雨前後では降下フラックスの変動が小さいために両者の関係は明瞭ではないのに対して、降雨時ではほとんどの物質において正の相関が認められる。これは、降雨によって大気から洗い出されて降下する粒子の量が、降雨の他にその時の大気浮遊物濃度に大きく依存していることを表している。そのため、本調査の結果についても、図3におけると同様の考え方で、サンプリング期間中の大気浮遊物濃度や大気降下フラックスの変化量を算定して、降雨強度との関係の検討を試みたが、この要因だけとでは明瞭な関係を示すことができなかった。こうした傾向は、pa地点に比べて自動車の停止や発進が頻繁に行われているr1地点の方で顕著である。図中の傾向線の傾きは大気浮遊物の沈着速度を表すものであり、物質によって異なる値をとるものの、比較的高環のPAHsで大きな沈着速度となる傾向がある。

4. まとめ

道路交通性状の異なる2つの道路近傍において、大気浮遊物と大気降下物に関する実態調査を同時に行い、結

果について考察した。その結果、主に粒子状PAHsを対象とした季節変動、降雨による影響および降雨時変動に関する現存・挙動特性が明らかとなった。

参考文献

- 1) 市木他:第39回環境工学研究フォーラム講演概要集 2002.11.
- 2) 市木他:第42回環境工学研究フォーラム講演概要集 2005.12.

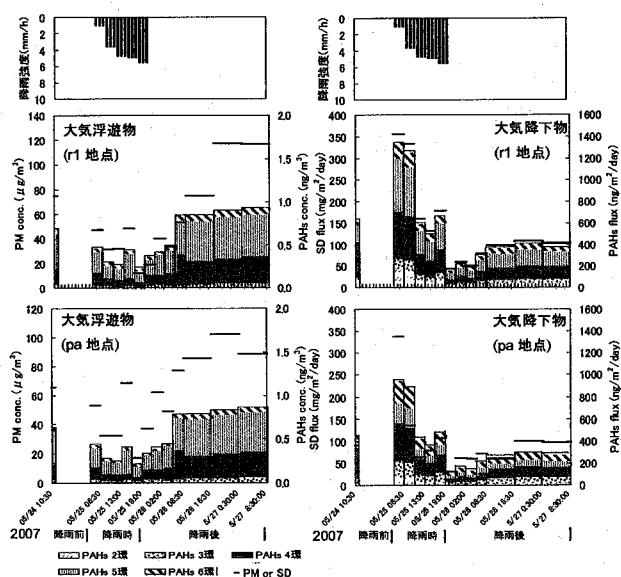


図4 降雨時時間変動調査の結果 (2007/05/24~27)

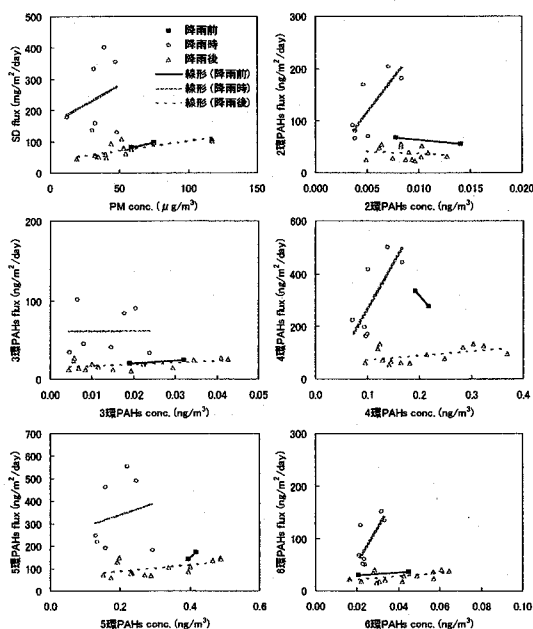


図5 r1地点における大気浮遊物濃度と大気降下フラックスの関係

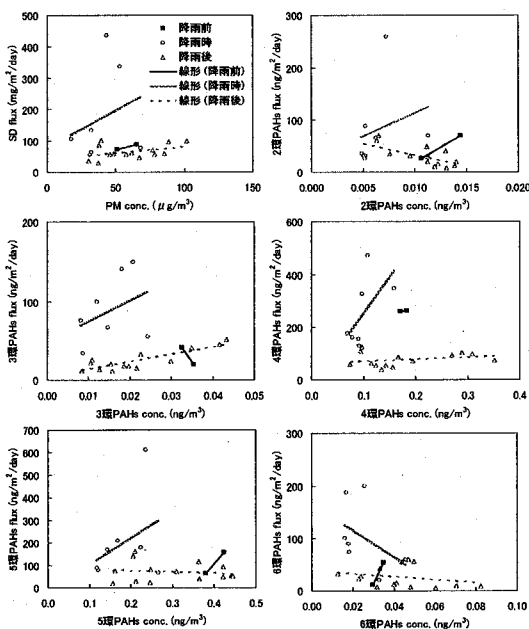


図6 pa地点における大気浮遊物濃度と大気降下フラックスの関係