

## 一般道路と高速道路における微量有害物質の降雨時流出特性に関する実態調査

立命館大学大学院 学生会員 ○今井 健登  
立命館大学理工学部 正会員 市木 敦之  
(株)日水コン 非会員 中山 駿仁

**1. はじめに** 自動車交通由来の都市系ノンポイント汚染源とされる幹線道路は、交通量の多さなどから汚濁ポテンシャルが高いと考えられている。重金属やPAHs(多環芳香族炭化水素類)、PAHsの光変換生成物質であるCIPAHs(塩素化多環芳香族炭化水素類)等の微量有害物質を含むこうした道路からの降雨時排水は、雨水排水系統を経て公共用水域へ未処理のまま流入することから、これらによる生態影響が懸念されている。筆者らは、これまで特徴の異なる2つの幹線道路を対象として、道路排水を概ね30分ごとに採水して、流量比例でコンポジットすることにより、降雨ごとの平均水質や積算流出負荷量について検討を行ってきた<sup>1)</sup>。本報告は、両道路における排水試料をさらに10分ごとに採水することにより、微量有害物質流出の経時変動特性を比較して議論するものである。

**2. 調査方法** 対象としたのは、自動車の停発進や加減速が頻繁に行われる国道交差点付近の一般道路と高速定速で多量の自動車が走行する高速道路である。両調査地点では、降雨量を観測するとともに、圧力式水位計と三角堰を用いて1分間隔の流出水量を測定した。試料としては、降雨による流出開始から終了までの道路排水を、自動採水機を用いて10分間隔で採水した。採水した試料については、流出水量の増加期や流出ピーク付近ではそのまま時系列試料として、また、流出水量の逓減期では流出水量比例でのコンポジット試料として、水質を分析した。水質分析項目としては、SS, TN, TP, TOCの他、微量有害物質である重金属(15物質)、PAHs(US.EPA推奨16物質)、CIPAHs(6物質; 9-chlorofluorene, 9-chlorophenanthrene, 2-chloroanthracene, 3-chlorofluoranthene, 1-chloropyrene, 6-chlorobenzo[a]pyrene)を、懸濁態と溶解態に分けて測定した。調査結果の概要を表1に示す。

**3. 結果と考察** 両道路における調査の結果を一降雨流出負荷量と降雨量の関係として整理して図1に示す。

表1 調査結果の概要(一降雨平均水質)

調査 (調査年)	試料数	降雨量 (mm)	PAHs(ng/L)			CIPAHs (ng/L)
			2-3rings	4rings	5-6rings	
一般 (2017~2020年)	154 (23)	1~108 (3~108)	19.6~109573.7 (27.2~1665.2)	1.8~55704.0 (1.8~1120.3)	10.9~105838.3 (14.1~4144.3)	1.2~6288.6 (15.7~5449.4)
道路 経時変動 (2020,2021年)	6 (3)	34~101 (37~65)	338.2~645.9 (373.5~595.3)	51.4~262.3 (51.4~262.3)	32.1~2147.6 (32.1~2147.6)	150.1~3345.7 (150.1~2539.1)
高速 (2019,2020年)	24 (23)	3~108 (3~108)	50.3~1993.4 (50.3~1993.4)	3.5~521.6 (3.5~521.6)	5.0~2512.7 (5.0~2512.7)	39.2~29423.2 (39.2~29123.2)
道路 経時変動 (2020,2021年)	3 (3)	37~65 (37~65)	423.3~598.0 (423.3~598.0)	60.8~165.0 (60.8~165.0)	47.0~1782.4 (47.0~1782.4)	211.1~1840.3 (211.1~1840.3)

( )内は一般道路と高速道路における同時調査

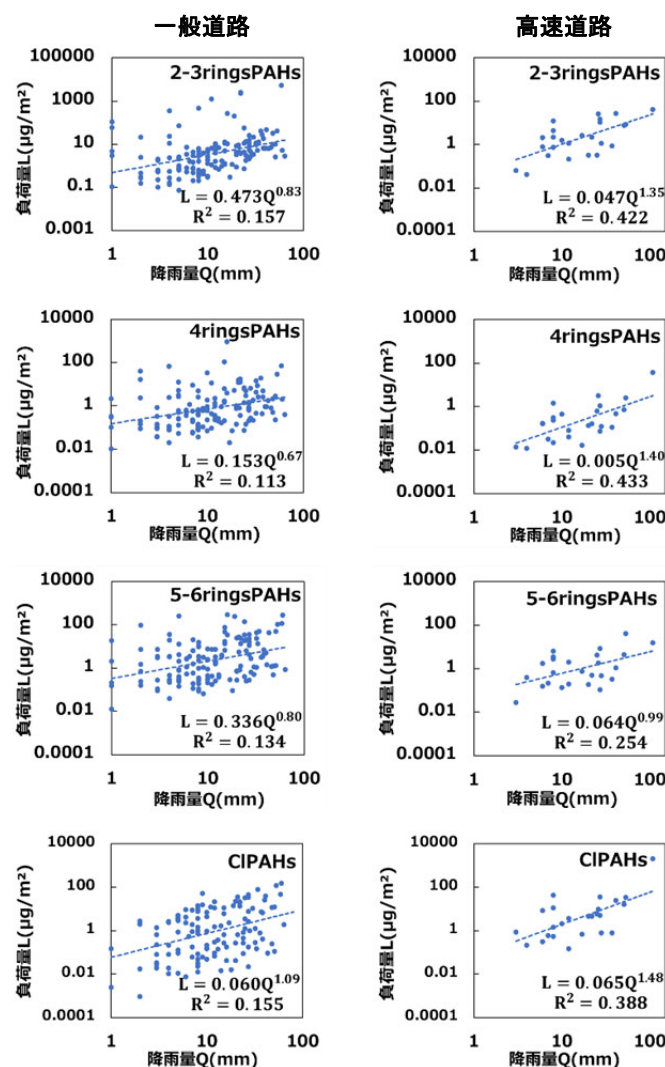


図1 一降雨流出負荷量と降雨量の関係  
(左:一般道路, 右:高速道路)

キーワード 汚濁物流出, 面源汚濁負荷, 道路排水, 微量有害物質, PAHs(多環芳香族炭化水素類)

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学理工学部 TEL077-561-2804

こうした関係は、しばしば一降雨流出負荷量(L)が有効降雨量(Q)のべき乗に比例するとして、いわゆるL-Q式 ( $L = k \cdot Q^n$ ;ここに、Lは負荷量( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ), Qは(有効)降雨量(mm), kは係数, nは指数)で整理される<sup>2)</sup>。道路面の流出係数は近似的に1と考えてよいことから、ここでは有効降雨量をすなわち降雨量として整理したものを図1に記している。係数kは、汚濁のポテンシャルを表すと考えられるが、PAHsではベンゼン環の数によらず一般道路の方が高速道路より1桁程度大きいものに対して、CIPAHsでは両道路に差がない。指数nは、降雨に対する流出応答性を表し、1より大きいと掃流型、小さいと希釈型という分類をされることが多いが、ここでは物質によって1付近でばらつく結果となった。CIPAHsではこの指数nが総じて1より大きいため、これらは両道路面に充分量存在していることがうかがえる。両道路における流出経時変動について同時調査を行った結果の一例を負荷量の変動図にして図2に示す。一般道路の方が高速道路に比べて初期フラッシュの傾向が強いことや、両道路とも5-6環PAHsとCIPAHsでは、降雨強度が一定以上強くなることで洗い出される特徴がみてとれる。初期フラッシュについて検討するため、経時変動調査について、流量が総流出流量の50%まで流出する時刻を境に流出期を前半と後半に分け、流出前半部分における流出負荷量が総流出負荷量に占める比率を算定したものを整理して表2に示す。前半部分比率は、一般道路と高速道路共ともに80%前後となっており、負荷量の大半が前半で流出することがみてとれる。また、この前半部分比率は物質や降雨によるばらつきが大きく、一般道路と高速道路を比べると、特に5-6環PAHsでの違いが大きい。一方で、4環PAHsとCIPAHsに関しては、一般道路と高速道路で同じような比率を示した。平均値でみると全体的に一般道路よりも高速道路で前半部分比率が高くなっているが、これは高速道路では、比較的路面清掃頻度が高く汚濁ポテンシャルが小さいために、前半部分で大半が流出し尽くしてしまっているものと思われる。物質によっては、初期フラッシュの効果に加えて、降雨の強さによって洗い出されるものもあると考えられるため、流出負荷量のピーク高さを各降雨における平均負荷量に対する比にして表3に整理した。降雨によるピーク負荷量比の変動(物質ごとの最大値と最小値の差)は大きいですが、これらの両道路による違いは5-6環PAHsを除いて大きくない。5-6環PAHsは、道路面から剥がれにくいことと、前述したように高速道路における汚濁ポテンシャルが一般道路に比べて小さいことから、こうした違いが現れているものと思われる。路面清掃頻度に加えて、大型車や普通車といった車種、また、定速や加減速といった自動車の速行性状などが複雑に影響しているものと推察している。

**4. まとめ** 今後さらに採水調査を進めて、道路の性状に応じた汚濁物流出の経時変動特性を明らかにし、合理的な流出管理の方策を検討していきたい。

**参考文献** 1) たとえば、中山, 市木他: 第55回日本水環境学会年会, 2021.3. 2) 海老瀬: 国立公害研究所研究報告, 50, 1984.

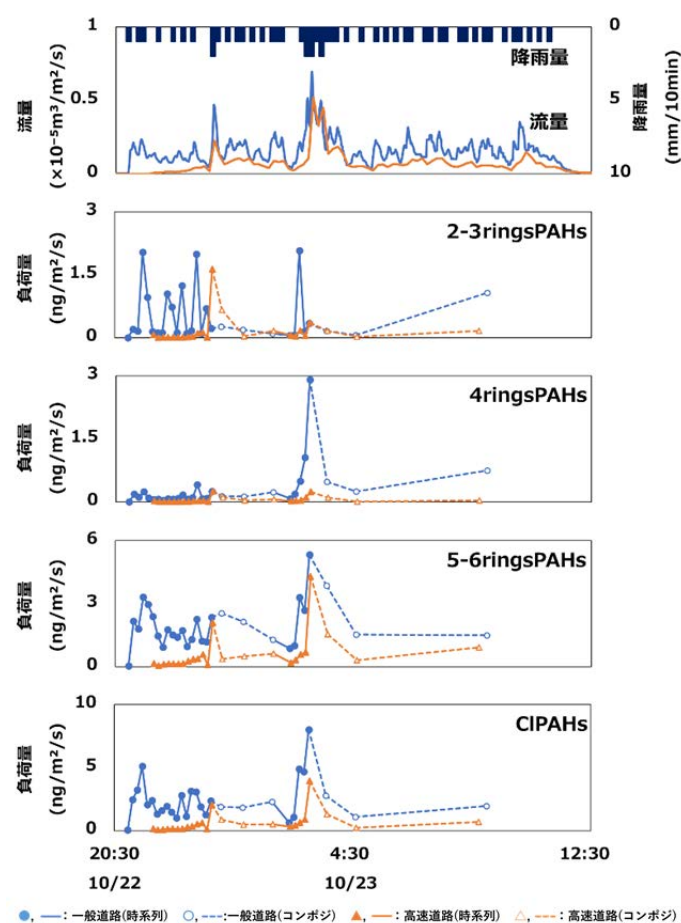


図2 同時調査における負荷量変動図(2020/10/22-23 降雨)

表2 降雨ごとの初期流出比率

道路	PAHs(%)			CIPAHs (%)
	2-3ringsPAHs	4ringsPAHs	5-6ringsPAHs	
一般道路	49.1 ~ 99.1 (78.1)	35.9 ~ 99.0 (71.7)	34.3 ~ 97.9 (76.6)	35.8 ~ 98.4 (74.5)
高速道路	53.1 ~ 96.6 (81.3)	36.6 ~ 98.3 (77.7)	65.5 ~ 98.9 (86.4)	37.5 ~ 96.6 (76.8)

表3 降雨ごとの平均負荷量に対するピーク負荷量の比

道路	PAHs(%)			CIPAHs (%)
	2-3ringsPAHs	4ringsPAHs	5-6ringsPAHs	
一般道路	409 ~ 1993 (760)	474 ~ 1347 (830)	272 ~ 1523 (781)	335 ~ 1408 (750)
高速道路	377 ~ 1017 (793)	383 ~ 1376 (748)	509 ~ 690 (609)	389 ~ 1426 (816)