

道路交通に由来する多環芳香族炭化水素類（PAHs）の生態毒性評価手法の検討

立命館大学理工学部 正会員 市木 敦之
建設技術研究所 正生員 ○三浦 陽介

1. はじめに 自動車からの排気ガスには、化石燃料の燃焼にともない発生する多環芳香族炭化水素類（PAHs）が含まれており、こうした汚濁のポテンシャルが高いと考えられる道路近傍における PAHs の挙動特性についての調査研究¹⁾が近年行われ、これまで一定の知見が蓄積されつつある。しかしながら都市面源から発生した汚濁物が降雨等によって水域へ掃流されて後、環境中において生態系に与えるインパクトについては十分な知見がなく、現在のところ、生態影響が明確にはわからないまま議論されている現状にある。本報告は、こうした PAHs のセスジユスリカ（以下ユスリカ）に対する繁殖影響に関する毒性試験を行い、新たな生態毒性の評価手法および評価指標を検討したものである。

2. 調査・試験の概要 道路面排水が流入する都市河川の底質を採取して毒性試験を実施するとともに、試験開始前、試験期間中、試験終了後においてそれぞれ底質含有成分の化学分析を行った。調査地点は図1に示す滋賀県草津市の中心部を流れる都市域中小河川である伊佐々川を対象とし、国道1号線近傍である st.r1a 地点の底質を毒性試験に使用した。st.1 から st.5 においても底質を採取して含有成分の化学分析を行い、後述する底質毒性シミュレーションで用いることとした。調査は、2005年1月から10月にかけて、st.r1a では5回、流下過程である st.1 から st.5 では7回実施した。調査では、各調査地点における底質表層土壌（深さ3cmまでの土壌）をステンレス製採泥器で採取し、運搬用ポリエチレン製容器に移して実験室に持ち帰り、直ちに乾燥して粒径により分画した。また、あわせて表流水も採取した。毒性試験としては、ユスリカの繁殖試験を実施した。st.r1a より採取した底質を乾燥させ、一部を化学分析に使用した残りを、採取時と同じ粒度分布になるように再度調整しなおして繁殖試験に使用した。試験は、OECD テストガイドライン²⁾に準拠し、図2に示される手順で行うとともに底質にくわえて上層水水質も分析した。評価のエンドポイントとしては、「羽化率 = 羽化数(b) / 1 卵塊中の卵数(a)」および「産卵率 = 産み付けられた卵塊数(d) / 羽化中の雌数(c)」を設定した。繁殖試験の条件および結果をそれぞれ表1、表2に示す。

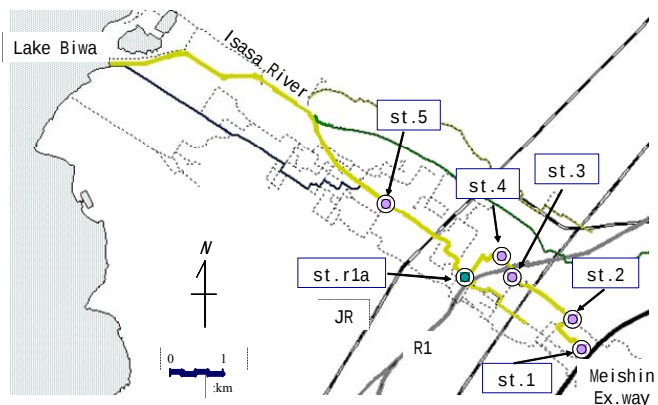


図1 調査地点概要

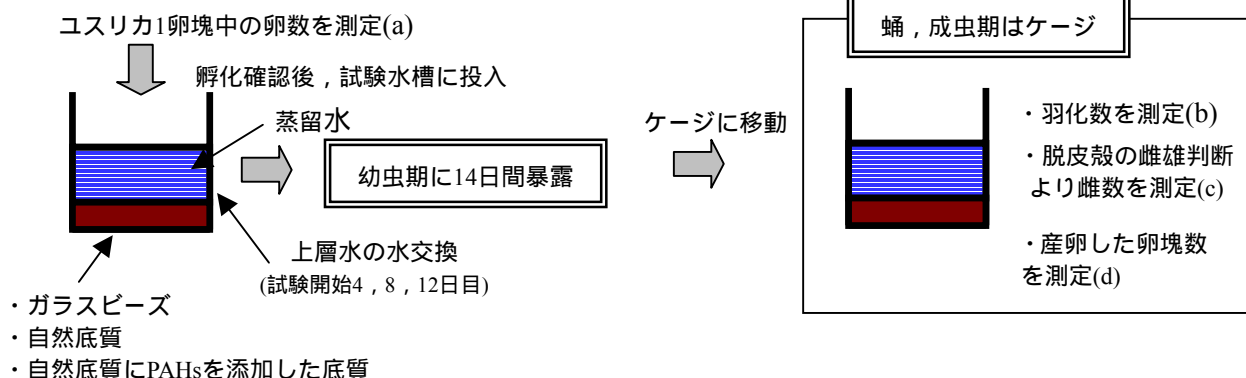


図2 繁殖試験概要

キーワード： セスジユスリカ、生態毒性評価、道路交通、PAHs、繁殖試験

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学部 TEL 077-561-2804 FAX 077-561-2667

表1 繁殖試験条件

試験ID	試験回	使用底質	PAHs条件	PAHs含有率(ng/g)		給餌量(g)
				開始時	終了時	
1-1 1-ga	第1回	自然底質(050120)	Σ PAHs $\times$ 1	222.2	-	2.8
		ガラスビーズ	-	-	-	
2-1 2-2 2-ga	第2回	自然底質(050327)	Σ PAHs $\times$ 1	709.1	-	2.8
		ガラスビーズ	-	-	-	
3-1 3-2 3-ga	第3回	自然底質(050424)	Σ PAHs $\times$ 5	1116.0	375.1	2.8
		ガラスビーズ	Σ PAHs $\times$ 1	271.8	132.4	
4-1 4-2 4-ga	第4回	自然底質(050530)	Σ PAHs $\times$ 10	1825.7	628.0	3.4
		ガラスビーズ	Σ PAHs $\times$ 1	225.8	168.0	
5-1 5-2 5-ga	第5回	自然底質(050604)	Σ PAHs $\times$ 20	3585.8	1196.0	3.4
		ガラスビーズ	Σ PAHs $\times$ 1	246.9	236.0	

表2 繁殖試験結果

試験ID	(%)	
	孵化率	産卵率
1-1	42.5	62.5
1-ga	73.2	48.8
2-1	37.0	81.4
2-2	53.2	67.0
2-ga	65.0	90.1
3-1	54.1	90.0
3-2	49.0	87.9
3-ga	85.8	76.5
4-1	48.0	44.4
4-2	59.8	86.7
4-ga	57.5	57.1
5-1	49.8	60.5
5-2	38.6	66.7
5-ga	45.1	53.9

3. 繁殖試験による生態毒性の評価 PAHsの底質含有率や上層水中濃度と羽化率、産卵率との関係は明瞭ではない。孵化後8日間の上層水中の NH_4 濃度と産卵率の関係(図3)をみると、 NH_4 の産卵に及ぼす毒性影響は顕著であり、試験ID 4-1を除くと決定係数は0.9073ときわめて高い。試験ID 4-1は、PAHsの影響がなければ産卵率は85%程度あったと考えられるが、試験結果では44.4%しかなく、約50%の低下であった。Lakeらは、微量有害物質と底質中の有機物、生体内の脂質を用いることにより、微量有害物質の生物濃縮を表した³⁾。各試験において底質に由来するPAHs/TOCを求めると表3のようになり、試験ID 4-1における産卵率の低下がうまく説明できる。今、産卵率を50%低下させる底質由来PAHs/TOCの値を50%低下濃度(50% Restraint Concentration, 以下 RC_{50})と定義すると、 RC_{50} 67.2(試験ID 4-1)である。そこで、ある環境水中における底質由来PAHs/TOCの RC_{50} に対する比を算定すると、その値はPAHsの生態毒性を相対的に表すリスク指標となると考えられる。

4. 流下過程における生態毒性の評価 調査地点st.1からst.5のそれぞれにおいて、調査日ごとに求めたPAHs/TOCの RC_{50} に対する比を算定して、これをリスク値とした。リスク値の算定結果を図4に示す。あらかじめリスク値が高いものと予想された高速道路近傍のst.1は、その下流にあるst.2よりリスク値が低い。これは、st.1では水深が浅く、流速が速いのに対して、st.2では水深が深く、流速が遅いことから、高速道路排水として流出したPAHsの多くがst.1を通過してst.2の底質成分として堆積しているものと推察できる。さらに下流のst.3はリスクが低くなり、道路交通量の多い国道1号線を横断した後はリスク値がきわめて高くなる。分流式雨水管からの流出負荷があるst.5においても相対的にリスク値が高くなった。

参考文献 1)たとえば Ichiki, et al.: 8th Int'l Conf. on DP, 2004.10, 2) OECD Chemicals Testing – Guidelines, 3) Lake, et al.: Predicting Bioaccumulation, New York: Pergamon Press, 1987.

表3 底質由来PAHs/TOC (8日間)

試験ID	PAHs/TOC (mg/g)
3-1	8.8
3-2	0.9
4-1	67.2
4-2	2.5
5-1	25.8
5-2	0.1

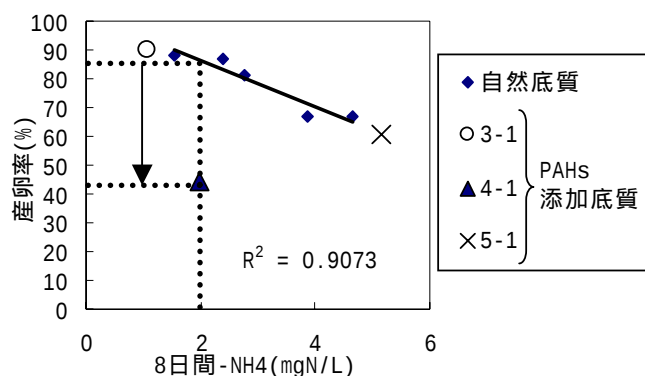
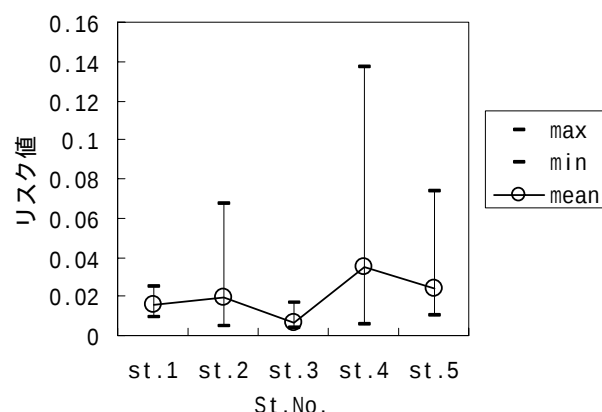
図3 産卵に対する NH_4 の影響(8日間)

図4 調査対象地点におけるリスク