

ニセネコゼミジンコを用いた雨天時道路排水の生態毒性に関する検討

立命館大学大学院

学生会員

○三輪

航平

立命館大学理工学部

正会員

市木

敦之

パナソニック（株）

非会員

小南

優紀

西日本旅客鉄道（株）

非会員

岸田

侑大

1. はじめに

近年、我が国では、生活排水や工場排水などの点源汚染について、生物応答を利用した排水管理（WET手法）の導入が検討されつつある。一方で、面源汚染源についてはこうした取り組みが行われておらず、重金属やPAHs（多環芳香族炭化水素類）といった微量有害物質を含む雨天時道路排水が河川や湖沼といった公共用水域へ流入することによる生態影響が懸念されている。筆者らは、環境省より提案されているWET手法の検討案¹⁾を利用して、ニセネコゼミジンコを指標種に用いた道路排水の生態毒性試験を実施することで、生態毒性の把握や毒性の発現特性について検討を行ってきた。本報告は、こうした道路排水の生態毒性について、実態調査を行うことによりその毒性レベルを明らかにするとともに、それら毒性の再現実験を行ったものである。

2. 研究方法

実態調査では、国道一号線（滋賀県草津市）における雨天時道路排水を30分間隔で採取し、降雨ごとに流出水量比例でコンポジットしたものについて、水質を測定するとともに生態毒性試験としてミジンコ繁殖試験¹⁾を行った。調査は2017年5月から2019年7月の間で21降雨について行ったが、そのうち結果を整理して有効であった8降雨について議論する。実態調査結果の概要を表1に示す。降雨IDは調査年月日を表している。生態毒性試験では、それぞれ無害な希釈水を用いて試料を0～80%の6濃度区（公比2）に希釈したものに投入したニセネコゼミジンコの産仔数を観察し、NOEC（最大無影響濃度）およびEC50（半数影響濃度）を算定した。水質の測定項目は、SS、金属元素（15元素）、US EPAの奨励するPAHs16物質およびC1PAHs6物質（9-chlorofluorene、9-chlorophenanthrene、2-chloroanthracene、3-chlorofluoranthene、1-chloropyrene、6-chlorobenzo[a]pyrene）などである。再現実験では、冬季において自動車交通由来のPAHsが融雪剤（NaCl）と触媒（Cu、Zn）を介した光変換（UV照射）により塩素化して高い毒性を発現することを想定し、作成した模擬道路排水を試料として実態調査の場合と同様のミジンコ繁殖試験を行った。また、PAHs、NaCl、重金属（Cu、Zn）それぞれ個別の毒性把握を目的として、単体での添加試験も実施した。模擬道路排水の水質等諸条件（表2）は実態調査試料の測定水質等をもとに設定した。ここで、PAHsの添加に際しては、DMF（0.1%）を助剤として使用している。また、UV照射については、波長を282nm（ウシオ電機エキシマランプ）とし、照射時間は気象庁による照射熱量の観測結果にもとづいて決定した。

3. 結果と考察

試験における最大濃度区が80%であるため、NOEC80%を生態毒性なし、NOEC80%未満を毒性ありとすると、実

表 1 実態調査結果の概要

降雨ID	降雨量 (mm)	毒性		水質					
		NOEC* (%)	EC50 (%)	SS (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	PAHs (ng/L)	6C1PAHs (ng/L)	
20180424	43	80	3813.5	532.8	2.7	16.5	2300.9	15.9	
20180823	25	40	30.5	146.0	3.0	3.8	607.5	4.5	
20181106	28	40	53.7	129.4	0.0	0.2	610.9	4017.4	
20181203	5	40	46.0	46.1	0.0	0.4	826.2	605.2	
20190126	5	80	105.5	53.4	0.2	0.3	5740.2	610.8	
20190131	10	80	6E+10	139.2	0.0	0.0	4810.5	397.3	
20190203	10	20	14.6	72.9	0.1	0.5	3113.2	355.2	
20190711	12	80	88.1	10.3	0.1	0.3	117.4	39.9	

*有意水準1%

表 2 模擬道路排水の概要

試料ID	100%濃度区水質(mg/L)				UV照射 (h)	毒性	
	NaCl	Cu	Zn	PAHs		NOEC* (%)	EC50 (%)
PAHs	—	—	—	0.001	—	80	415.5
NaCl	60	—	—	—	—	80	—
Cu+Zn	—	0.05	0.2	—	—	20	32.5
Mix	60	0.05	0.2	0.001	—	40	33.0
Mix+UV	60	0.05	0.2	0.001	4	5	12.1

*有意水準1%

キーワード 道路排水，生態毒性，バイオアッセイ，ニセネコゼミジンコ

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 TEL 077-561-2804

態調査の結果については、8 降雨中 4 降雨で毒性が認められた。毒性が認められた降雨についての産仔阻害曲線を図 1 に示す。4 降雨いずれについても、それぞれ NOEC と EC50 は近い値となっており、また、この中で降雨 20190203 は他の 3 降雨に比べて高い毒性を示している。融雪剤散布期間は例年 11 月 20 日から翌 3 月 31 日であるため、降雨 20190203 の高い毒性はこうした冬季の融雪剤散布に起因している可能性がある。調査降雨を毒性なし (NOEC80%) と毒性あり (NOEC80%未満) に区分して水質の分布をみたものが図 2 である。測定した水質項目のうち C1PAHs でのみ、平均値、中央値とも毒性なしに比べて毒性ありの方が高い値を示したが、両者に統計的な有意差は認められないため、毒性との関係は明瞭でない。

生態毒性の再現実験としては、まず、道路面上を想定した濃度レベルの PAHs や NaCl、Cu、Zn を対象に、それぞれ生態毒性試験を行った (表 2)。PAHs や NaCl については NOEC が 80% となり、これらは単体で毒性を発現しないことがわかる。一方、Cu と Zn の混合試料 (試料 Cu+Zn) については一定の毒性 (NOEC20%) がみてとれる。次いで、冬季の雨天時道路排水を再現するため、Cu と Zn の混合試料 (試料 Cu+Zn)、PAHs、NaCl、Cu、Zn の混合試料 (試料 Mix) およびそれに UV 照射を行った試料 (試料 Mix+UV) を作成し、生態毒性試験を行った。結果を産仔阻害曲線にして比較したものが図 3 である。試料 Cu+Zn と試料 Mix の産仔阻害曲線はほぼ重なっており、EC50 もよく似た値 (試料 Cu+Zn 32.5%、試料 Mix 33.0%) となることから、両者の毒性に差はない。これに対して、試料 Mix+UV では顕著な毒性 (EC50 として 12.1%) が現れている。こうした水質成分 (PAHs、NaCl、Cu、Zn) の組み合わせに UV が照射することで PAHs の代謝物質が生成し、複合的な毒性の顕在化が生じているものと推察できる。今回の結果を EC50 で評価すると、試料 Mix+UV (EC50 として 12.1%) は、実態調査で比較的毒性が高かった降雨 20190203 (EC50 として 14.6%) を良く再現できているといえる。雨天時道路排水の水質や毒性は、降雨や路面の条件によって大きく変動すると考えられるため、今後さらに実態調査を進めるとともに、模擬道路排水作成条件を変化させるなど再現実験の充実を図っていきたい。

参考文献 1) 排水 (環境水) 管理のバイオアッセイ技術検討分科会: 生物応答を用いた排水試験法 (検討案), 2014. 3.

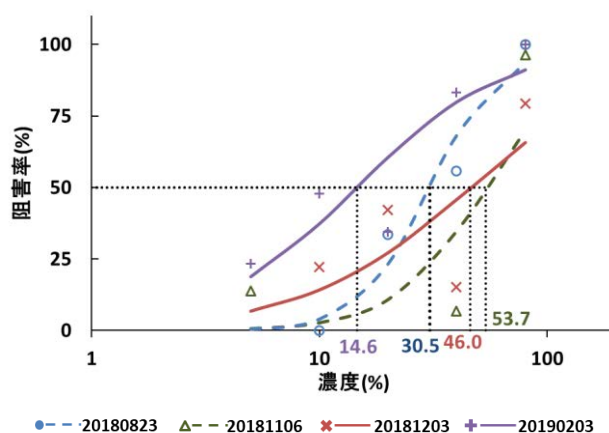


図 1 毒性が認められた降雨の産仔阻害曲線

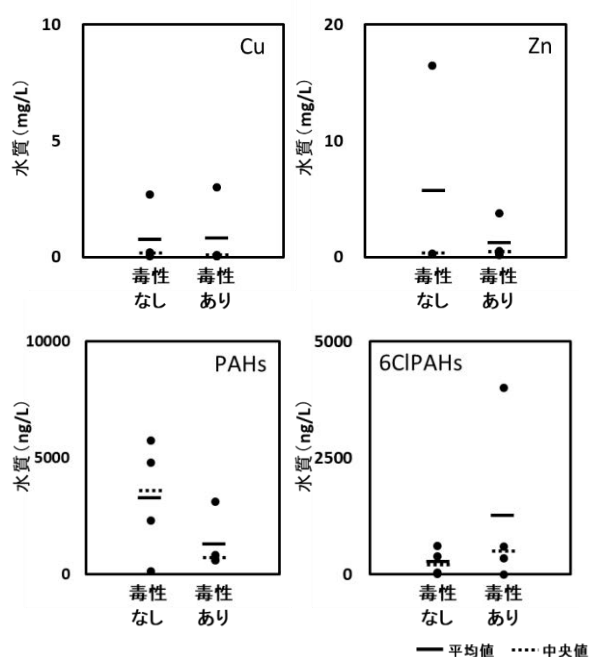


図 2 実態調査における毒性の有無と水質の関係

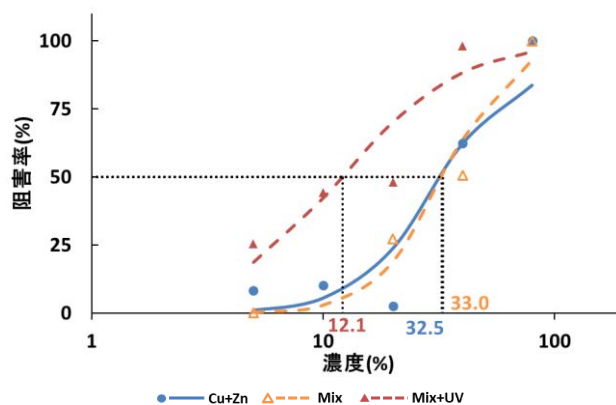


図 3 再現実験における複合毒性の検討