

藻類、甲殻類、魚類を用いた都内環境水の有害性調査

塩田 勉 若林 明子

要 旨

都内の河川水及びゴルフ場排水を対象に、藻類・甲殻類（ミジンコ）・魚類（ヒメダカ）の3生物種を用いたバイオアッセイを行い、それらの水域生態系に対する有害性を調査した。その結果、ヒメダカ仔魚に影響を与える試料はなかったが、中川潮止橋で採水した試料において、ミジンコの遊泳阻害や藻類の増殖阻害が発生する場合があった。試料水中の農薬濃度を分析した結果、藻類の増殖阻害の見られた試料からは数種の除草剤が検出された。特にプレチラクロールなどいくつかの除草剤は藻類の増殖を阻害するレベルにあり、増殖阻害の主たる原因物質であると考えられた。これまでの調査において、一部の河川水中の有機リン系殺虫剤はミジンコの遊泳を阻害するレベルにあることを報告してきたが、今回新たに、除草剤が藻類の増殖を阻害するレベルで存在する場合のあることが明らかになった。水域生態系保全のためには、甲殻類・藻類に対する農薬類のリスクを早急に削減する必要がある。

キーワード： 藻類、ミジンコ、メダカ、除草剤、増殖阻害

1 はじめに

我が国における水質基準は、人の健康保護を目的に設定されてきたが、欧米等においては既に1970年代から水生生物保護の視点に立った水質基準が設定されている。近年、環境省においても水生生物保全に係る水質目標について検討が開始され、昨年12月に中間報告書が提出されるなど、我が国でも水生生物保全に向けた動きが活発化してきている。水生生物は化学物質に対する感受性に種間差があることから、水質基準の設定に当たっては栄養段階の異なる数種の生物に対する有害性を考慮しなければならない。このことを踏まえて当研究所では、藻類やミジンコ、発光細菌などを用いたバイオアッセイを行い、都内河川水が水生生物に及ぼす有害性を調査してきた¹⁻⁴⁾。一方、OECD等においては、生態リスク評価に当たりベースセットとして藻類・甲殻類に魚類を加えた3生物種を用いることとされている。

そこで本研究では、既存の甲殻類・藻類に新たに魚類を加えた毒性試験を行い、都内環境水の水域生態系

に対する有害性を総合的に調査した。また、調査対象地点数をこれまでより増やし、いくつかのゴルフ場排水についても調査した。

2 実験方法

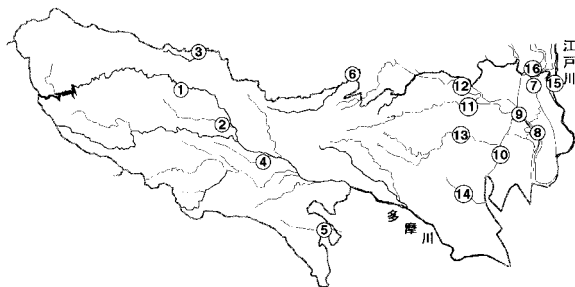
(1) 試料の採取

図1に①～⑭で示した14地点で、平成11年7月及び9月の年2回、河川水を採水した。また、江戸川金町(⑮)と中川潮止橋(⑯)において、平成11年4月～8月まで月1回、河川水を採水した。ゴルフ場排水については、平成12年7月に都内6箇所のゴルフ場から採取した。試料は採水後直ちに凍結し、試験の直前に解凍して使用した。

(2) ミジンコ遊泳阻害試験

JIS K0229「化学物質などによるミジンコ類の遊泳阻害試験」に準拠し、解凍した試料にオオミジンコ(*Daphnia magna*)の幼体を20個体入れ、48時間後の遊泳阻害状況から遊泳阻害率(%)を算定した。

(3) 藻類増殖阻害試験



(①多摩川和田橋 ②平井川多西橋 ③成木川両郡橋 ④谷地川新旭橋 ⑤鶴見川麻生橋 ⑥柳瀬川清柳橋 ⑦中川飯塚橋 ⑧中川平井小橋 ⑨荒川堀切橋 ⑩隅田川両国橋 ⑪石神井川豊石橋 ⑫新河岸川志茂橋 ⑬神田川一休橋 ⑭目黒川太鼓橋 ⑮江戸川金町取水点 ⑯中川潮止橋)

図1 調査地点

解凍した試料をセップパックPS-2 Plus (Waters社製)を用いて固相抽出し、濃縮・乾固後、DMSOに転溶した。DMSO溶液を元の試料と同濃度となるようにC培地で希釈し、緑藻類(*Selenastrum capricornutum*)を10000細胞/mL加え、温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、照度 $4000 \pm 200\text{lux}$ の連続照明下で培養した。72時間後、細胞数を対照区のそれと比較して有害性を評価した。

また、後述する毒性総和値の算出に当たり、個別農薬の毒性値を算出した。実験方法は上記と同一であり、72時間後の細胞数からprobit法により半数影響濃度(EC50)を算定した。

表1 生態毒性試験結果

採水地点	採水年月	ミシコ 遊泳阻害率(%)	藻類 増殖率(対照比)	メダカ仔魚 死亡率(%)
多摩川 : 和田橋	H11年7月	0	1.08	0
	H11年9月	0	0.93	0
平井川 : 多西橋	H11年7月	0	0.91	0
	H11年9月	0	0.95	0
成木川 : 両郡橋	H11年7月	0	1.09	0
	H11年9月	5	1.04	0
谷地川 : 新旭橋	H11年7月	0	1.12	0
	H11年9月	0	0.97	0
鶴見川 : 麻生橋	H11年7月	0	0.94	0
	H11年9月	0	0.96	0
柳瀬川 : 清柳橋	H11年7月	5	1.07	0
	H11年9月	0	1.04	0
中川 : 飯塚橋	H11年7月	0	0.94	0
	H11年9月	0	0.99	0
中川 : 平井小橋	H11年7月	0	0.88	0
	H11年9月	0	1.12	0
荒川 : 堀切橋	H11年7月	0	0.95	0
	H11年9月	0	1.07	0
隅田川 : 両国橋	H11年7月	0	1.02	0
	H11年9月	100 (0)*	0.98	0
石神井川 : 豊石橋	H11年7月	0	1.08	0
	H11年9月	5	0.98	0
新河岸川 : 志茂橋	H11年7月	0	0.97	0
	H11年9月	0	0.95	0
神田川 : 一休橋	H11年7月	0	0.95	0
	H11年9月	0	1.04	0
目黒川 : 太鼓橋	H11年7月	0	0.91	0
	H11年9月	70 (0)*	1.00	0
江戸川 : 金町	H11年4月	0	1.02	0
	H11年5月	5	1.05	10
	H11年6月	5	1.02	0
	H11年7月	5	1.06	10
	H11年8月	0	1.09	0
中川 : 潮止橋	H11年4月	0	1.02	10
	H11年5月	0	0.50	0
	H11年6月	5	0.72	10
	H11年7月	90	1.05	10
	H11年8月	0	1.00	0
Aゴルフ場排水	H12年7月	0	0.86	0
Bゴルフ場排水		0	0.96	0
Cゴルフ場排水		0	0.89	0
Dゴルフ場排水		10	0.94	0
Eゴルフ場排水		5	0.95	0
Fゴルフ場排水		0	0.97	0

* () 内は、固相抽出後、脱塩素水道水に再溶解した試料の結果

(4) ヒメダカ急性毒性試験

解凍した試料に、孵化後24時間以内のヒメダカ (*Oryzias latipes*) 仔魚を10尾入れ、24±1℃で96時間暴露した。試験溶液は48時間後に全量を交換し、96時間後の生存数から有害性を評価した。

(5) 化学分析

江戸川金町、中川潮止橋で採水した試料は農薬10種、ゴルフ場排水試料はゴルフ場農薬として指導指針値が設定されている35種について、固相抽出後、ガスクロマトグラフ質量分析計または高速液体クロマトグラフを用いて分析した。

3 結果と考察

(1) 3生物種に対する有害性

調査結果の一覧を表1に示す。すべての試料はヒメダカ仔魚に有害な影響を与えなかった。

ミジンコに対しては、中川潮止橋で7月に90%の遊泳阻害が観察された。この試料については殺虫剤の分析を行っていないが、既報^{1,4)}で報告したように、本地点の河川水では有機リン系殺虫剤によるミジンコの遊泳阻害がしばしば発生していることから、原因物質として有機リン系殺虫剤等が考えられる。一方、隅田川両国橋、目黒川太鼓橋においても100%及び70%の遊泳阻害が観察されたが、これらをセップパックPS-2 Plusを用いて固相抽出し、脱塩素水道水に再溶解した試料では、遊泳阻害は全く見られなかった。両地点の水質は海水の影響が大きいこと、ミジンコは浸透圧に対する感受性が高いこと⁵⁾等を考えると、遊泳阻害の原因物質は農薬類ではなく、塩分ではないかと推察される。

藻類に対しては、5月、6月の中川潮止橋にてそれぞれ50%、28%の増殖阻害が観察された。これらの試料からは、いくつかの除草剤が0.1 μg/Lを超える濃度で検出されたことから、増殖阻害の原因物質が除草剤であると考え、以下の検討を行った。

(2) 藻類増殖阻害の原因物質

いくつかの除草剤は、極めて低濃度で藻類の増殖を阻害する。また、5月から6月にかけては水田除草剤の散布時期であることから、増殖阻害の原因物質は除草剤である可能性が高い。そこで、農薬濃度の分析結果を基に、河川水中の農薬が藻類に及ぼす毒性を総合的に表す指標として、既報⁴⁾と同様に「毒性総和値」を算出した。算出式は以下の通りである。

$$\text{毒性総和値} = \sum (\text{河川水中濃度} / \text{藻類72hrEC50値})$$

上式は、農薬の藻類に対する毒性が相加的である場合、毒性総和値が1を超えると藻類の増殖が50%以上阻害されることを示している。

農薬分析を行った江戸川金町・中川潮止橋の試料について、毒性総和値を計算した結果が表2である。毒性総和値は、増殖が50%阻害された5月の試料で1.83、28%阻害された6月の試料で0.92であり、総和値と阻害率に相関が認められた。総和値に対する個別農薬の寄与率では、5月の試料ではプレチラクロールが90%を、6月の試料ではプレチラクロールが47%、シメトリンが32%を占めており、これらの物質が藻類増殖阻害の主な原因物質と考えられた。中川流域には水田が多く存在しており、除草剤の多くは田植え前に使用される。このような時期には、河川水中に藻類の増殖を阻害する濃度で除草剤が存在する場合のあることが本研究より

表2 農薬濃度と毒性総和値

地点		江戸川金町					中川潮止橋					EC50値* (mg/L)
採水月 (平成11年)		4月	5月	6月	7月	8月	4月	5月	6月	7月	8月	
藻類増殖率 (対照比)		1.02	1.05	1.02	1.06	1.09	1.02	0.50	0.72	1.05	1.00	
農薬濃度 (mg/L)	モリネート	除草剤	-	-	-	-	-	-	0.0024	-	-	>0.3
	プロモフチド	除草剤	-	-	-	-	-	0.0023	0.0023	-	-	>0.1
	シメトリン	除草剤	-	-	-	-	-	0.0002	0.0022	0.0001	0.0001	0.0075
	メフェソット	除草剤	-	-	-	-	-	0.0045	0.0055	-	-	0.028
	ペンデイメタリン	除草剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	プレチラクロール	除草剤	-	-	-	-	-	0.0023	0.0006	-	-	0.0014
	イプロジオン	殺菌剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	トリクロホスメチル	殺菌剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	トリクラゾール	殺菌剤	-	-	-	-	-	-	-	0.0012	-	-
ビリダフェンチオン	殺虫剤	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
毒性総和値		-	-	-	-	-	-	1.83	0.92	-	-	-

* *Selenastrum capricornutum* に対する72時間半数影響濃度

明らかになった。

4 まとめ

都内河川水やゴルフ場排水を対象に、藻類・甲殻類・魚類に対する有害性調査を行った。その結果、ヒメダカ仔魚に有害な影響を与える試料はなかったが、いくつかの河川水で藻類・甲殻類に有害な影響が認められた。これまで、有機リン系殺虫剤がミジンコの遊泳を阻害するレベルで存在する事例はいくつかあったが¹⁻⁴⁾、今回新たに数種の除草剤が藻類の増殖を阻害するレベルで存在する場所があることが明らかになった。

健全な水域生態系の保全・維持のためには、水域生態系ピラミッドを構成する基本生物種である藻類（一次生産者）、甲殻類（一次消費者）、魚類（捕食者）が保全されていなければならない。生態系においては、一部の構成生物種がダメージを受けるとその影響は生態系全体に波及するため、一度きりであっても藻類や甲殻類が壊滅的なダメージを受ければ、生態系の修復には長い時間がかかる。このようなことから、都内河川水中の藻類・甲殻類に対するリスクを低減するためのリスクマネジメントを早急に行う必要がある。具体的には、いずれの生物に対しても農薬のリスクが高いことから、農薬の雨天前散布の抑制や、より生態毒性

の低い農薬への転換といった対策が有効であろう。

本研究における農薬の化学分析は、環境保全局水質保全部水質監視課（現：環境局環境評価部広域監視課）が新日本気象海洋（株）（現：国土環境（株））に委託して行った。

参考文献

- 1) 菊地幹夫、若林明子：オオミジンコによる河川水中の化学物質の有害性モニタリング，日本水産学会誌，63(4)，pp. 627-633 (1997)
- 2) Kikuchi M. et al. : Screening of organophosphate insecticide pollution in water by using *Daphnia magna*, *Ecotoxicology and environmental safety*, 47, pp. 239-245 (2000)
- 3) 佐々木祐子ら：水環境中の有害化学物質把握のためのバイオアッセイと化学分析，東京都環境科学研究所年報1998，pp. 93-100
- 4) 菊地幹夫ら：ミジンコを用いた生態系リスク調査，東京都環境科学研究所年報1996，pp. 88-92
- 5) 長島寛ら：バイオアッセイによる排水試料の有害性評価に伴う問題点の解析，水環境学会誌，24(2)，pp. 110-114 (2001)