

B-39 カイミジンコを用いた毒性試験による 都内運河底質汚染の評価

○渡部 春奈^{1*}・中島 典之²・古米 弘明³

¹ 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

² 東京大学環境安全研究センター (〒113-0033 同上)

³ 東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センター (〒113-8656 同上)

* E-mail: h_watanabe@env. t. u-tokyo. ac. jp

1. 研究背景と目的

底質は水域に排出された栄養塩や重金属、その他の有害化学物質の蓄積の場であるとともに、溶出等によるそれらの供給の場として、水域の汚染状況を把握する上で重要な媒体となっている。底質汚染を評価するにあたり、有害物質濃度の測定だけでなく、底生生物を始めとする水域生態系に与える影響を評価する必要がある¹⁾。そこで欧米では、評価方法としてユスリカやヨコエビなどの底生生物を試験生物に用いた底質用の生物毒性試験が開発され、水生生物保全のための底質基準の設定や、環境モニタリングに用いられている²⁾。しかし日本では毒性試験を用いた底質毒性評価に関する研究が充分ではないのが現状である。

本研究ではカイミジンコを用いた底質毒性試験を利用して、底質の慢性毒性を評価する上での留意点を明らかにすることを目的に次の実験を行った。まず研究例の少ないカイミジンコ *Heterocypris incongruens* の毒性応答特性を理解するため、汚染源と考えられる道路塵埃や、非汚染底泥として人工底泥に対する毒性応答を評価し、次に実際に都市内運河である江東内部河川底泥の毒性試験を行った。

2. 実験方法

(1) 調査対象地点および底泥採取方法と性状分析

調査対象は東京都江東区の「江東内部河川」で、隅田川と荒川、東京湾に囲まれた江東三角地帯を縦横に流れる中小河川群(荒川水系の一級河川 10 河川と独立水系の二級河川 1 河川の計 11 河川)である(図 1)。このうち旧中川、北十間川、横十間川、小名木川については、水害対策のため、周辺河川から樋門等によって締め切り、人工的に水位を低下させている。そのため平常時の流速は非常に小さく(0.028~0.228m/s)、止水状態に近い。東京湾に近い海水の影響を受け、塩分濃度が 15‰前後と海水の半分近い汽水域である^{3),4)}。

採泥は江東区の底質調査地点を中心に計 11 地点において、橋の上から小型ドレッジ(DIK-190A 0.5L 用大起理化工業(株))を用いて行った。St.2,4,11 は 2005 年 12 月に、他 8 地点は 2006 年 1 月に採取し、基本的に当日又は翌日に 2.(3)に示す毒性試験を行った。さらに、St.2,4,11 以外の 8 地点については採泥から 10 日後に冷蔵保存しておいた底泥を 4 倍希釈して毒性試験を行った。

採取後、実験室にて含水率、強熱減量を環境省の底質調査方法⁵⁾により測定した。また、湿泥を目幅 63 μ m のステンレスメッシュにより分画し、63 μ m 以下の画分の全乾燥重量あたりに占める割合(泥分率)を求めた⁶⁾。

(2) 道路塵埃及び人工底泥

道路塵埃は東京都文京区内の本郷通りで 2004 年 9 月に業務用乾式掃除機により採取し、106 μ m のふるいを通した画分を凍結乾燥後、約 16 ヶ月冷蔵保存されていたものを用いた⁷⁾。

人工底泥は化審法テストガイドラインの底質添加によるユスリカ毒性試験で用いられているもの(石英砂 75%、カオリン 20%、モスピート 5%)を参考に、モスピートを除く石英砂(メルク社, Cat.No.1.07536.1000)やカオリン(和光化学 117-00025)の単体や混合物を使用した。

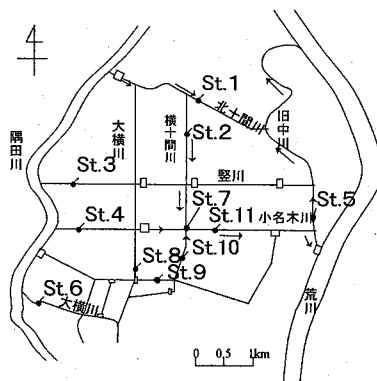


図 1 調査対象地点図(江東内部河川)

(3) カイミジンコを用いた底質毒性試験³⁾

カイミジンコを用いた底質毒性試験には MicroBioTest 社の Ostracodtoxkit F™ を用いた。この試験は、底生生物のカイミジンコを底泥に直接 6 日間曝露させ、6 日後の致死率と成長阻害率(=1-(試験底泥での体長増分)/(参照底泥での体長増分)×100)から毒性を評価するものである。

試験はキット付属のプロトコルに従って行い、各試料について n=3、対照系(キット付属の参照底泥での試験)は n=6 で試験を行った。また、一部の試料については、参照底泥を用いて底泥希釈列を作成し、用量反応関係を調べた。

3. 結果・考察

(1) 道路塵埃及び人工底泥に対する毒性応答特性

都市周辺の底質汚染源の一つとして考えられる道路塵埃を、参照底泥を用いて公比 4 (体積比) で 6 段階の希釈列(希釈倍率 40~4⁶)を作って毒性試験を行った。得られた致死率・成長阻害率の測定値から対数・正規分布を仮定し、LC₅₀などを算出した²⁾。LC₅₀=4.1%、LC₂₀=1.4%となり(図2)、致死率を参照底泥(対照系)の値未満にするには塵埃を約 70 倍希釈する必要があることが分かった。また、本来であれば成長阻害率の方が感度が高いと考えられるが、今回の結果では致死率より感度が低く EC₅₀=12.3%、EC₂₀=3.5%であった。

次に人工底泥の成分であるカオリンと石英砂を組成別、粒径別に試験した(表1)。石英砂の系(a-1, 2)では致死毒性は検出されず(致死率が対照系以下)、石英砂が非汚染底泥として利用できることがわかった。一方、同じ粒径画分(63~250μm:a-1, b-2)を比較すると、カオリンでは致死率 100%と大きな違いが認められた。これは、カオリンがカイミジンコに対し毒性があるとも考えられるが、同じ粒径画分でも石英砂に比べカオリンの粒径はより小さく、鰓などを閉塞させやすかった可能性もある。なお、体長については粒径の小さい a-1 の方が a-2 よりも 46μm 小さく、参照底泥(平均 713μm)との有意な差(多重比較法、5%水準)が見られた。底質の化学組成によらず、粒径のような物理的な特性によっても成長が阻害される可能性がある。

(2) 都内運河底泥の性状および過去の化学分析結果

全地点で黒~黒灰色、腐敗臭のある泥状の、いわゆるヘドロが堆積していた。表2に含水率、強熱減量、泥分率の値を示す。強熱減量は都内平均値の 3.6%(都内河川 44 地点の平均値⁹⁾)に比べて全体に高く、有機物量が多い。泥分率は地点によりばらつきがあった。

今回の採泥試料の化学分析は行っていないが、過去に

実施された同一地点での東京都環境局や江東区の底質調査^{3,4,9~11)}によると、ダイオキシン類は St.2 において底質基準(150pg-TEQ/L)を超過しており(H.16 で 570 pg-TEQ/L)、St.4~6,8,10,11 でも 33~96pg-TEQ/L 検出されている。重金属類も St.2,4~6,8,10,11 において都平均に比べ 2~5 倍の高濃度で蓄積している。特に重金属類については道路塵埃と同等以上の濃度である⁷⁾。

(3) 都内運河底泥の底質毒性試験結果

無希釈試験の致死率は St.1~5 で 100%、St.6~9 で 80% 前後、St.10,11 で 40~60%と、全地点でカイミジンコにとって毒性があると分かった(図3)。4 倍希釈すると、St.3,7,8,9 は 3.3~13.3%と参照底泥の 15.0%より低く、毒性を示さないとと言える。

成長阻害率はより感度の高い指標なので、80%前後と地点間に有意な差はなかったが、4 倍希釈試験では有意な差(多重比較法、有意水準 5%)が出た。成長阻害率は体長測定の際で測定誤差が出やすく、また死亡した個体の計測はできないことから、今回の底泥試料のように致死率が高い場合には、致死率を評価に用い、希釈系列での試験を行って詳細な毒性評価を行うことが有効と思われる。

なお、地点番号は致死率が総合的に高い順に振ってあるが、これと地点図を合わせてみると、位置的に近い地点の底泥が同程度の毒性を示すことが分かる。すなわち、低水位整備河川(北十間川、横十間川、小名木川、旧中川)内の地点(St.1,2,5)は毒性が高く、親水公園内(St.9,10)

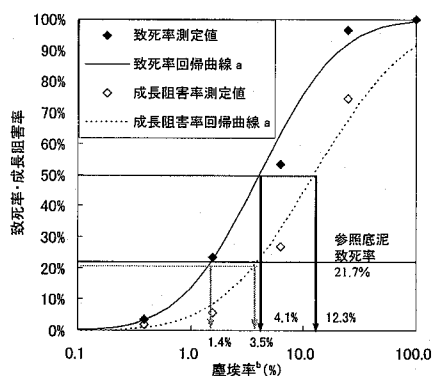


図2 道路塵埃の測定値と回帰曲線 (a: 測定値が対数・正規分布に従うと仮定し最小二乗法により回帰した曲線、b: 試料中の道路塵埃量の%(v/v)表示)

表1 人工底泥の毒性試験結果(mean±SE, n=3(参照底泥はn=6))

番号	試料内容	致死率(%)	成長阻害率(%)	体長(μm)
a-1	石英砂(63~250μm画分)	0±0	22.7±0.9	608±7
a-2	石英砂(250μm~2mm画分)	6.7±5.4	12.9±0.8	654±16
b-1	カオリン(<63μm画分)	100±0	-	-
b-2	カオリン(63~250μm画分)	100±0	-	-
c-1	石英砂:カオリン=75:20(63~250μm画分)	100±0	-	-
c-2	石英砂:カオリン=75:20(全画分)	100±0	-	-
	参照底泥	6.7±3.0	-	713±11

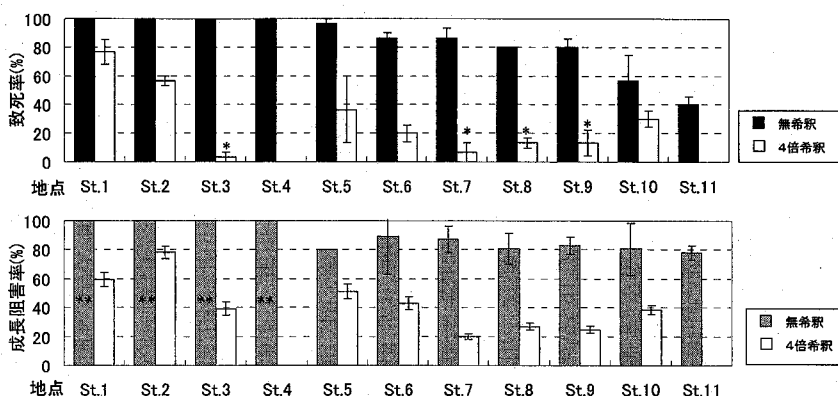


図3 都内運河底泥のカイミジンコを用いた底質毒性試験の結果

(上段: 致死率、下段: 成長阻害率 *: 参照底泥の致死率(15.0%)より低い **: 致死率100%のため算出不可能)

表2 底泥試料の含水率・強熱減量・泥分率

地点名	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10	St.11
含水率(%)	68.2	67.4	74.3	60.2	70.8	74.2	64.9	70.5	77.4	73.5	59.3
強熱減量(%)	11.4	9.7	13.2	9.6	12.7	13.1	10.0	11.7	15.6	12.5	10.2
泥分率(%)	60	26	90	51	35	80	26	67	50	49	20

表3 St.2と道路塵埃のLC₅₀・EC₅₀の比較

項目	単位	St.2(天神橋)	道路塵埃
LC ₅₀		16.0	4.1
LC ₂₀	試料濃度	7.6	1.4
EC ₅₀	(%)	4.7	12.3
EC ₂₀		0.8	3.5

とその近辺(St.7,8,11)は毒性が低かった。

また、採取底泥そのものの化学分析結果ではないため、直接関連付けることはできないが、過去の底質化学分析結果と比較してみると、重金属類・ダイオキシン類濃度が高い地点ほど高い毒性を示したと言える。ただSt.10,11では相対的に汚染レベルが高いのに、毒性は低かった。カイミジンコが摂食し易いと思われる泥分の割合が低かったことが一因として考えられる。

(5) 道路塵埃とSt.2(天神橋)底泥のLC₅₀・EC₅₀比較

毒性の高かったSt.2(天神橋)底泥を対象に、公比2(体積比)で6段階に希釈し、LC・ECの算出を行った(表3)。

致死率で見ると、St.2底泥の方が道路塵埃よりも毒性が低く、St.2のLC₅₀は16.0%と道路塵埃の4倍、つまり1/4の毒性を示した。成長阻害率で比較すると、EC₅₀は道路塵埃の約1/3倍と逆転し、St.2の方が高い毒性を示した。

4. まとめ

カイミジンコを用いた底質毒性試験の毒性応答特性評価と、それを用いた都内運河底泥の毒性評価を行い、次の結論を得た。

1) カイミジンコの致死率で評価すると、道路塵埃は高い毒性を示し、石英砂は毒性を示さなかった。また、毒性

試験においては底泥の物理的特性である粒径の影響も認められた。

2) 江東内部河川の底泥は全域でカイミジンコに対して高い致死率を示し、希釈試験によって有効な比較が行えた。また、毒性の高かった地点の底泥について、希釈列を作成して詳細な毒性評価を行ったところ、道路塵埃の約4倍のLC₅₀となった。

5. 参考文献

- 鈴木基之 他 (1998) バイオアッセイ水環境のリスク管理, 講談社サイエンティフィック
- 日本環境毒性学会編 (2003) 生態影響試験ハンドブック - 化学物質の環境リスク評価 -, 朝倉書店
- 江東区の環境 平成15年度, 江東区役所
- 江東区の環境 平成16年度, 江東区役所
- 環境省水環境部水環境管理課 (2001) 底質調査方法, 国立環境研究所環境測定法データベース, <http://db-out3.nies.go.jp/emdb/ManualView.php?manualID=87>
- 西條八東 他 (1995) 新編湖沼調査法, 講談社サイエンティック
- 村上道夫 (2005) 都市ノンポイント汚染源由来の重金属類の雨水浸透施設における吸脱着, 東京大学博士論文
- MicroBioTest Inc.ホームページ, Ostracodtoxkit F™, <http://www.microbiotests.be/product.htm>
- 飯村文成 他 (2002) 都内運河におけるダイオキシン類の堆積状況, 東京都環境科学研究所年報2002, <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/kankyoken/report-news/2002/mizu8.pdf>
- 東京都環境局ダイオキシン類対策ホームページ, <http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/chem/dioxin/dioxin.htm>
- 東京都建設局河川部計画課 (2004) 横十間川底質関連対策検討会中間のまとめ, http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kasen/yokoku_dxn/pdf/chukan.pdf