

＜資 料＞

川底表面底質中のダイオキシン類濃度測定を目的とした 吸引式採泥装置の開発*

野尻喜好**・茂木 守**・大塚宜寿**・蓑毛康太郎**・堀井勇一**

キーワード ①底質採取 ②吸引ポンプ ③ダイオキシン類 ④表面底質

要 旨

河川感潮域でダイオキシン類の環境基準超過がみられる場合には、底質の影響が考えられる。しかし、川底のごく表面に存在し、潮汐による水位変動で浮遊しやすい底質の採取および含まれるダイオキシン類測定は、容易ではなかった。本研究では、試料採取用ポンプとニードルバルブ式圧力調整器を用いて採取時の最大試料吸引速度と最大吸引圧力を制御でき、川底表面の底質を容易に効率的に採取する装置を開発した。感潮河川である古綾瀬川において川底表面の底質中ダイオキシン類を測定したところ、底質中に含まれるダイオキシン類の平均濃度は、水位変動による巻き上げに由来する古綾瀬川河川水中のSS当たりのダイオキシン類濃度とおおむね同等であったことから、本採泥装置が河川の水位変動で巻き上げに寄与する川底表面の底質採取に適用できることが示された。

1. はじめに

河川水中のダイオキシン類濃度は河川の流況に応じて変化しており、特に感潮域においては水位変動による流速の変化で起こる河川底質の巻き上げの影響によって河川水中のダイオキシン類濃度が上昇する河川が認められている^{1, 2)}。このような河川を調査する場合、河川水中濃度だけではなく、底質中の存在状況も把握することが重要である。更に、河川水中濃度への河川底質の寄与を評価するには川底のごく表面に堆積していて巻き上げにより水中へ浮遊しやすい底質（以後、浮泥とする）に含まれるダイオキシン類の存在状況を把握することが必要である。

底質中のダイオキシン類の測定をダイオキシン類対策特別措置法の常時監視として行う場合、採取方法はエクマンバーge型採泥器かこれに準ずる採泥器の使用が基本となっている³⁾。また、底質に含まれる化学物質等の濃度を把握することを目的とした調査に関しては、「底質調査方法」⁴⁾が一般的に利用されている。ここでも、エクマンバーge型採泥器の使用が記載されており、さらに、深さ方向での調査が必要な場合には、柱状試料の採取が示されている。エクマンバーge型採泥器は底質表面から

約10cmまでを採取するため、水位変動による巻き上げに直接寄与すると推測される川底のごく表面の浮泥の試料採取は困難である。また、柱状試料からの採取には特殊な柱状試料採泥器⁵⁾などの使用と柱状試料から川底表面の浮遊する部分の判定などが必要である。しかも、試料採取には多くの時間が必要となり多検体の採取には適していない。巻き上げが生じる川底の表面底質中に含まれるダイオキシン類を測定、解析するためには、広範囲で川底表面の底質を採取することが重要となる。また、本研究において調査対象とした河川の同一区間で、2003年にステンレス製の柄杓（エクマンバーge型採泥器に準ずる）を用いて採取した表面底質のダイオキシン類測定調査がなされている⁶⁾。しかし、採取試料には砂質の混入が見られ、巻き上げに寄与する河川表面底質を評価するための試料を採取する目的には適していなかった。

そこで、本研究では簡便で迅速な川底の表面の浮泥を採取することを目的とした採泥装置の開発を行った。また、これを用いて河川底質の巻き上げの影響が認められる古綾瀬川において採取を実施し、ダイオキシン類等を測定して本装置の評価を行った。

*Development of suction sediment sampler for the measurement of dioxin concentrations in riverbed surface bottom

**Kiyoshi NOJIRI, Mamoru MOTEKI, Nobutoshi OHTSUKA, Kotaro MINOMO, Yuichi HORII (埼玉県環境科学国際センター) Center for Environmental Science in Saitama

2. 方法

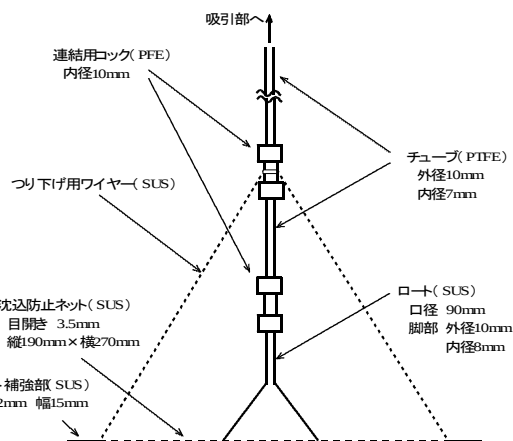
2.1 採泥装置の概要と動作原理

装置の概略を図1、外観を図2に示す。採泥装置は、川底表面へ沈める採泥部（図1 A）とボート等の上から吸引するための吸引部（図1 B）より構成され、採泥部と吸引部はチューブ（PTFE製、内径7mm、外径10mm）で連結している。採泥部の先端は口径90mmのステンレス製ロートを用い、軟泥状態の川底へ沈み込まぬよう、目開き3.5mmのステンレス製のネット（縦190mm×横270mm）に固定した。ステンレス製ネットは周囲をステンレス製金属板（厚さ2mm 幅15mm）で補強し、川底へ垂直に下ろすためステンレスワイヤーを用い連結コックとステンレス製ネットの四隅をつなげた。吸引部はマスフローセンサーにより吸引流量の制御可能な大気試料採取用吸引ポンプ（柴田科学 LV-W40BW）でバッテリーユニット（柴田科学 BU-24B）を電源として使用した。また、最大吸引圧力を制御するため試料採取ビンとポンプの間に、ニードルバルブ式調圧器をつけた減圧ビンを経由して連結した。各構成部品を接続して、吸引部をゴムボートなどの小型船から川底へ下ろしポンプを作動させ、解放孔を開けると試料採取ビンが減圧され河川水と川底の表面底質の混合物（以後、底質混合物とする）が試料採取ビン（柴田科学 2Lねじロガラスビン）に流入する。本装置の試料の最大試料吸引速度と最大吸引圧力はポンプの吸引速度の設定とニードルバルブの開度で調整し、採取部からの試料の吸引速度を制御する。この吸引速度を制御することで、浮泥の採取が可能となる。ここで用いた吸引による採泥法は、ベントス採取のための装置⁷⁾や港湾などで行われるポンプ浚渫と原理的には類似する。

2.2 底質の採取

2012年10月30日に古綾瀬川の環境基準点である綾瀬川合流点前と上流の弁天橋の間で、本装置をゴムボート上で操作し、川底表面の底質の採泥を実施した（図3）。試料採取地点は松江新橋上流500mから下流450mの間の18箇所（採取地点番号1～18）とした。調査対象河川は川幅が約20mで兩岸とも護岸されている。ただし、弁天橋、松江新橋、採取地点16近傍および採取地点18から下流で川幅が約2m前後、狭くなっている。それぞれの採取地点の間隔は松江新橋を基点として50m間隔としたが、河川護岸の形状とボート係留の関係で調査地点18から下流では採取は実施せず、また採取地点17と18の間隔は100mとした。底質混合物は、各調査地点において河川右岸寄り5m付近、中央、左岸寄り5mの3ヶ所で、吸引量を約600mLずつ同一の試料容器に採取し、採取地点1ヶ所で約1800mLの底質混合物を採取した。今回の調査では一定の吸引速度で試料

A（採泥部）



B（吸引部）

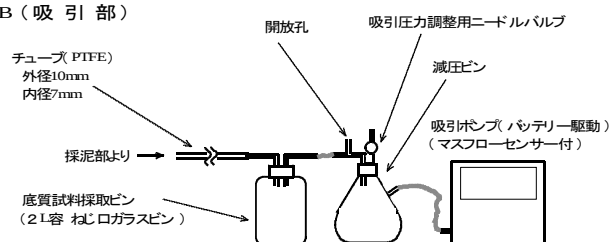


図1 吸引式採泥装置の概略



図2 吸引式採泥装置の外観

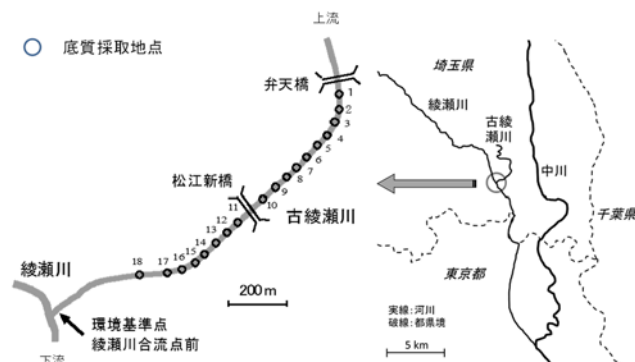


図3 河川底質の調査地点

表1 底質混合物のダイオキシン類等の測定結果

地点番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
採取位置 松江新橋上流(m)	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50
採取開始時間	11:42	11:36	11:27	11:22	11:14	11:07	10:58	10:51	10:43	10:34
SS mg/L	218	1330	98	393	774	2620	2800	2170	1530	960
SS強熱減量 %	19	16	21	18	18	18	18	17	19	19
ダイオキシン類 pg-TEQ/g-ss	80	110	100	110	140	120	130	130	270	140
地点番号	11	12	13	14	15	16	17	18		
採取位置 松江新橋下流(m)	50	100	150	200	250	300	350	450		
採取開始時間	14:21	14:16	14:10	14:00	13:54	13:48	13:42	13:33		
SS mg/L	327	645	1130	1880	567	62	368	93		
SS強熱減量 %	17	18	18	18	18	15	20	17		
ダイオキシン類 pg-TEQ/g-ss	110	120	170	120	220	74	99	85		

SS強熱減量 % = ((SS - 強熱残留物) / SS) × 100

を採取することを課題とし、ポンプの吸引速度は8L/分に設定、ニードルバルブ式調圧器の開度は吸引圧力-65cmH₂Oに調整した。

2.3 分析方法

底質混合物は2種のガラス繊維ろ紙（アドバンテック東洋 φ90mm GA-100, GA-55）を重ね吸引ろ過した後、ろ過残渣を風乾し、これを乾燥底質として、ダイオキシン類に係る底質調査マニュアル³⁾に従って測定した。ダイオキシン類の検出には、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計（Agilent 7890A, 日本電子 JMS-800D）を用いた。毒性等量（TEQ）は、世界保健機関が2006年に定めた毒性等価係数（WHO-TEF(2006)）を用い算出した。

また、底質混合物の一部を分取し、懸濁物質（以後SS濃度とする）と強熱残留物を、「工場排水試験方法（JIS K 0102）」に基づいて測定した。底質混合物中のダイオキシン類濃度は、ダイオキシン類の測定に供した底質混合物1Lあたりに含まれるダイオキシン類量をSS濃度で除して毒性等量（pg-TEQ/g-ss）として算出した。

3. 結果と考察

3.1 採泥装置の特性

表1に各地点における採取開始時刻、底質混合物のSS濃度、SS強熱減量（%）およびダイオキシン類濃度を示した。ゴムボートを利用した採取作業は、松江新橋上流部で午前10時30分頃から午前12時で10地点、松江新橋下流部で午後1時30分頃から午後2時30分頃で8地点が終了した。よって、ボートの移動時間を除くと1地点数分で採取が可能であり、本装置による採取操作が極めて簡便に行えることが確認できた。SS濃度は62～2800mg/Lと変動

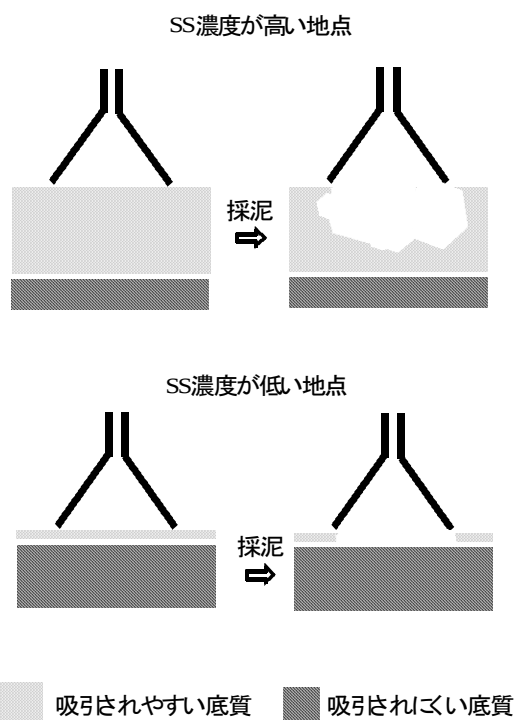


図4 吸引式採泥装置での予想される採泥の状況

が大きく、これは各採取地点において川底表面に存在し、吸引されやすい底質の堆積量の違いによるものと推察され、本採取装置の使用により、巻き上げへの影響が大きいと推測される浮泥の存在量についての情報も得られることが示された（図4）。SS強熱減量（%）は15%～21%（n=18, 標準偏差1.4%）と概してばらつきが小さかった。底質の浮遊しやすさの因子の一つにその密度が関与する。また、採泥装置の採取部の吸引速度が一定であれば、浮遊しやすさが同等な底質が採泥されると考えられ

る。SS強熱減量（％）は底質混合物に含まれる懸濁物質の有機物割合の指標であり、採取した底質混合物中の懸濁物質の密度もばらつきが小さいと推測される。よって、本装置による各地点における底質混合物の吸引流速はおおむね一定に制御できていると考えられた。

3.2 表面底質のダイオキシン類濃度での評価

底質混合物のダイオキシン類濃度の範囲は74 ～ 270 pg-TEQ/g-ss (n = 18, 平均130 pg-TEQ/g-ss) であった(表1)。2003年にステンレス製の柄杓を用いて採取された表面底質のダイオキシン類測定調査⁶⁾での測定結果との比較を図5に示す。松江新橋上流部の地点番号5から10は、どちらの調査でも連続してダイオキシン類濃度が高い傾向を示している。この区間は、表1に示した底質混合物中のSS濃度が連続して高めの傾向があり、ダイオキシン類を多く含んでいる浮泥が広範囲に堆積していると推測される。そのため、採取方法の違いが測定結果にあまり影響を及ぼしていない。一方、概して本法で底質混合物中のSS濃度が低い地点（地点番号1, 18）では、2003年の柄杓採取による調査結果において本法と比べ低い結果を示しており、柄杓による採取ではダイオキシン類濃度が低いと考えられる砂質を多く含む部分を採取したと考えられた。

調査対象とした区間の最下流である綾瀬川合流点前で、2010年10月6日に潮位変動に伴う河川水中のダイオキシン類濃度の測定調査¹⁾を行っている。2010年調査¹⁾において、順流時に河川底質からの巻き上げの影響による河川水中のダイオキシン類濃度とSS濃度の増加が認められた結果から、増加したSS当たりのダイオキシン類濃度を算出すると110～140 pg-TEQ/gとなった。これは、本調査

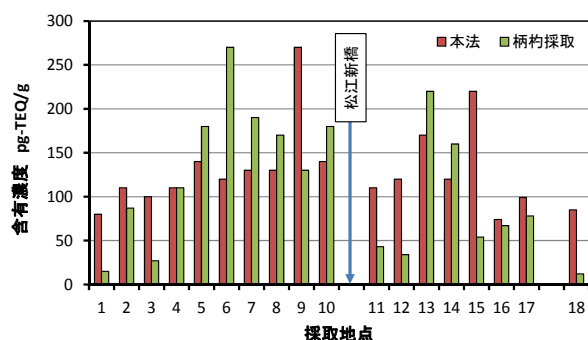


図5 古綾瀬川の同一調査範囲における本法と柄杓採取との比較

の底質混合物のダイオキシン類の平均濃度 130 pg-TEQ/g-ss とほぼ同等な結果であった。よって、本調査における採泥装置が河川水中のダイオキシン類濃度に影響を及ぼす可能性のある川底表面の浮遊しやすい底質の採取に有効であることが確認された。

4. まとめ

簡便で迅速に川底の表面底質を採取することを目的とした採泥装置の開発を行った。これを用いた河川底質の採取を古綾瀬川で実施し、評価結果を以下に要約した。

(1) 1地点数分以内で採取が可能であり、本装置による操作が極めて簡便であった。

(2) 採取した混合底質のSS強熱減量（％）は15％～21％ (n=18, 標準偏差1.4％) とばらつきは小さく、本装置の吸引速度は一定に制御できていると考えられた。

(3) 底質混合物のダイオキシン類濃度平均値は、河川底質からの巻き上げによると推測される河川水中のSS当たりのダイオキシン類濃度と同等であり、本装置が河川水中のダイオキシン類濃度に影響を及ぼす川底表面の浮泥採取に有効となることが確認された。

5. 参考文献

- 1) 野尻喜好, 茂木 守, 大塚宜寿, 蓑毛康太郎, 堀井勇一, 茂木 亨, 後藤政秀: 潮位変動による古綾瀬川河川水のダイオキシン類濃度の変動. 全国環境研会誌, **40**, 58-62, 2015
- 2) 関本順之, 木原幸喜: 干潮河川域での河川水中ダイオキシン類調査におけるサンプリング時期の検討. 佐賀県環境センター所報, **18**, 50-52, 2006
- 3) 環境省 水・大気環境局水環境課: ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル. 2009
- 4) 環境省 水・大気環境局: 底質調査方法. 2012
- 5) 井澤博文, 清木徹, 伊達悦二: 大口径パイプを用いた簡易不攪乱柱状採泥器の試作. 水質汚濁研究, **13**, 320-323, 1990
- 6) 細野繁雄, 大塚宜寿, 蓑毛康太郎, 王効挙, 杉崎三男: 古綾瀬川における底質中ダイオキシン類の濃度分布と汚染の特徴. 環境化学, **22**, 89-96, 2012
- 7) 荒川純平, 柳澤豊重, 塩田博一, 黒田信郎, 甲斐正信, 岡村康弘, 岡本俊治: 吸引式ベントス定量採集器の開発について. 愛知県水産試験場研究報告, **15**, 1-7, 2009-10