

12. 横十間川底質に関する調査報告（その6）

Report of Investigation about Sediments of Yoko-jukken River (Part. 6)

技術支援課 中山 哲、橋原正周（現 財務局）

1. はじめに

東京東部の江東内部河川のひとつである横十間川では平成12年度以降、東京都環境局の調査により、底質環境基準(含有量として150pg-TEQ/g)を大きく超える高濃度のダイオキシン類が確認された¹⁾。

東京都建設局は平成15年10月に、学識経験者、河川環境行政担当者をメンバーとする「横十間川底質関連対策検討会」を設置し、高濃度のダイオキシン類に汚染された底質の対策方法を検討した。

その結果、ダイオキシン類の含有量が高濃度の範囲で底質（表層から下1 m）を固化処理する原位置固化工法が採用され、ダイオキシン類の溶出抑制を図ることとなった。

平成17年4月に国土交通省が試験施工を実施し、次いで東京都が試験施工の結果を踏まえて、底質にセメント系固化材を200kg/m³添加する本施工を平成18年1月に実施した。施工後は5年間、水質及び底質の固化状況とダイオキシン類の溶出に関するモニタリング調査を実施して、原位置固化工法によるダ

イオキシン類の溶出抑制効果を確認する計画であった。平成22年度に5年間を経過し、さらに継続して、モニタリングを行うことになった²⁾。

そこで、平成23年度は横十間川におけるモニタリング調査として、施工6年後の、原位置固化工法箇所周辺の水質調査、河川底質の溶出・含有量測定調査等を実施した。固化処理した底質固化体は、残り1組分しか試料がないため、平成23年度は底質固化体関連の試験を行わなかった。別途、横十間川底質固化体のコア抜き調査を実施したので、結果を報告する。

2. 調査内容

平成23年6月にコア抜き調査を実施し、11月にモニタリング調査を以下のとおり実施した。

(1) 調査箇所

調査箇所を図-1に示す。河川水質については、横十間川の天神橋下流側(墨田区太平4丁目地内付近)を中心に上流方向の栗原橋上流、下流方向の錦糸橋

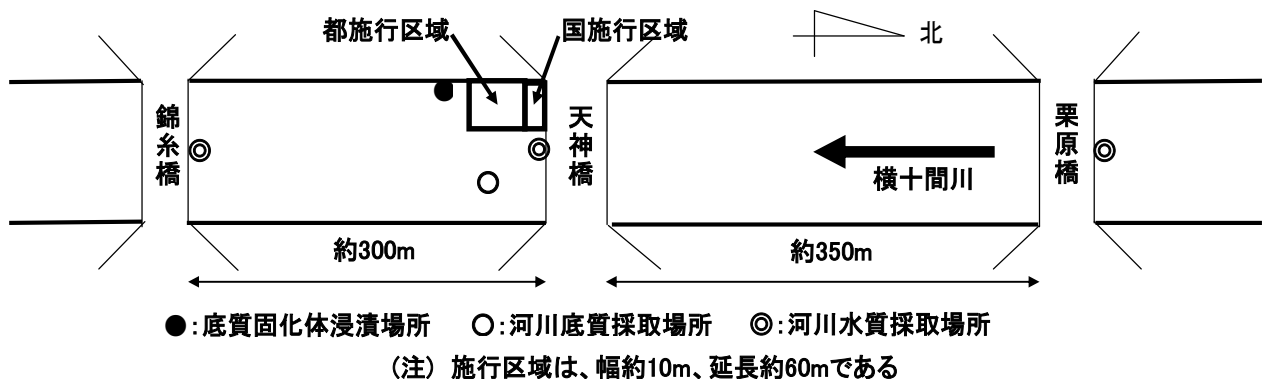


図-1 横十間川底質に関する調査場所

上流から河川水を採取し、河川水質の調査対象とした。

河川底質は、天神橋下流左岸から 3.5 m離れた箇所から採取し、溶出試験と含有量試験を行った。

(2) 調査項目

調査項目を表-1に示す。

表-1 横十間川底質に関する調査項目

調査項目	地点	内容
河川水の水質試験	栗原橋	ダイオキシン類濃度
	天神橋	(JIS K 0312)、SS(浮遊物質量)、濁度(カオリン)
	錦糸橋	
底質固化体の強度試験	天神橋	一軸圧縮強度(JIS A 1216)
底質固化体の溶出試験	天神橋	ダイオキシン類濃度(環境庁告示第14号、環境省告示第68号による溶出・分析)
河川底質の溶出試験	天神橋	ダイオキシン類濃度(環境庁告示第14号、環境省告示第68号による溶出・分析)

河川水の水質試験では、各地点ごとに採取した河川水について、ダイオキシン類濃度、SS(浮遊物質量)及び濁度(カオリン)を調査した。

底質固化体の強度試験、底質固化体のダイオキシン類溶出試験は、固化体試料が、あと1回分しか残りがいないため、平成23年度は行わなかった。

3. 調査結果

(1) 水質試験

平成23年度の水質試験結果を表-2に示す。

横十間川天神橋の水質におけるダイオキシン類は、0.75 pg-TEQ/L、上流側の栗原橋では 0.27 pg-TEQ/L、下流側の錦糸橋では0.40 pg-TEQ/Lであり、いずれもダイオキシン類の水質環境基準(1pg-TEQ/L)を下回っていた。

SS(浮遊物質量)は、河川(C類型)の水質環境基準(50mg/L)に対し4~6mg/L、濁度は2~3程度で、採水時の河川水に濁りはみられなかった。

よって、昨年までと同様、施工箇所において河川水質に影響を及ぼすダイオキシン類の溶出はないと考えられる。

(2) 水質と底質溶出・含有の経年変化

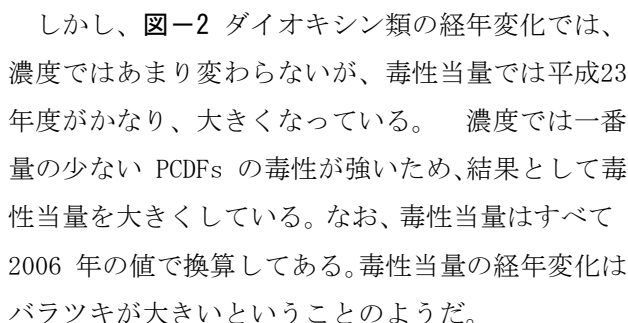
平成23年度の水質採水に当たって、以下のような状況が判明した。横十間川において、採水時刻によ

表-2 水質試験及び底質の溶出試験結果

調査地点	SS (mg/L)	濁度 (カオリン) (度)	ダイオキシン類 (pg-TEQ/L)
栗原橋	4	2	0.27
天神橋	5	2	0.75
錦糸橋	6	3	0.40
天神橋 底質溶出			0.82

(注)ダイオキシン類の水質環境基準:1pg-TEQ/L

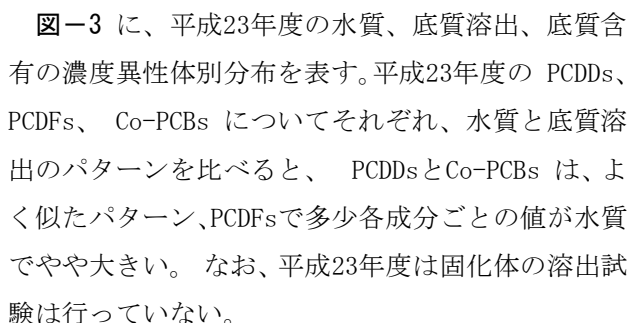
って、また、船の就航の後と、朝一番の船が動く前で、水質の透明度等に大きな影響があることが分かった。そのため、日時を変えて早朝7時ころに採水し直した。一晩の静置の後の採水ということで、透明度も充分であった。

しかし、-2 ダイオキシン類の経年変化では、濃度ではあまり変わらないが、毒性当量では平成23年度がかなり、大きくなっている。濃度では一番量の少ない PCDFs の毒性が強いため、結果として毒性当量を大きくしている。なお、毒性当量はすべて2006年の値で換算してある。毒性当量の経年変化はバラツキが大きいということのようだ。

底質含有から底質溶出への濃度のオーダーはおおよそ2桁下がり、底質溶出から水質ではおおよそ1桁下がるという状況である。

毒性当量についても、おおよそ同様のオーダーだといえる。底質についても、含有も溶出も濃度よりは毒性当量の方が、水質同様バラツキが大きいようだ。

(3) 水質と底質溶出のパターン

-3 に、平成23年度の水質、底質溶出、底質含有の濃度異性体別分布を表す。平成23年度の PCDDs、PCDFs、Co-PCBs についてそれぞれ、水質と底質溶出のパターンを比べると、PCDDsとCo-PCBs は、よく似たパターン、PCDFsで多少各成分ごとの値が水質でやや大きい。なお、平成23年度は固化体の溶出試験は行っていない。

(4) 底質固化体コア抜き試料の強度試験

平成22年度までの都試料の一軸圧縮試験結果を

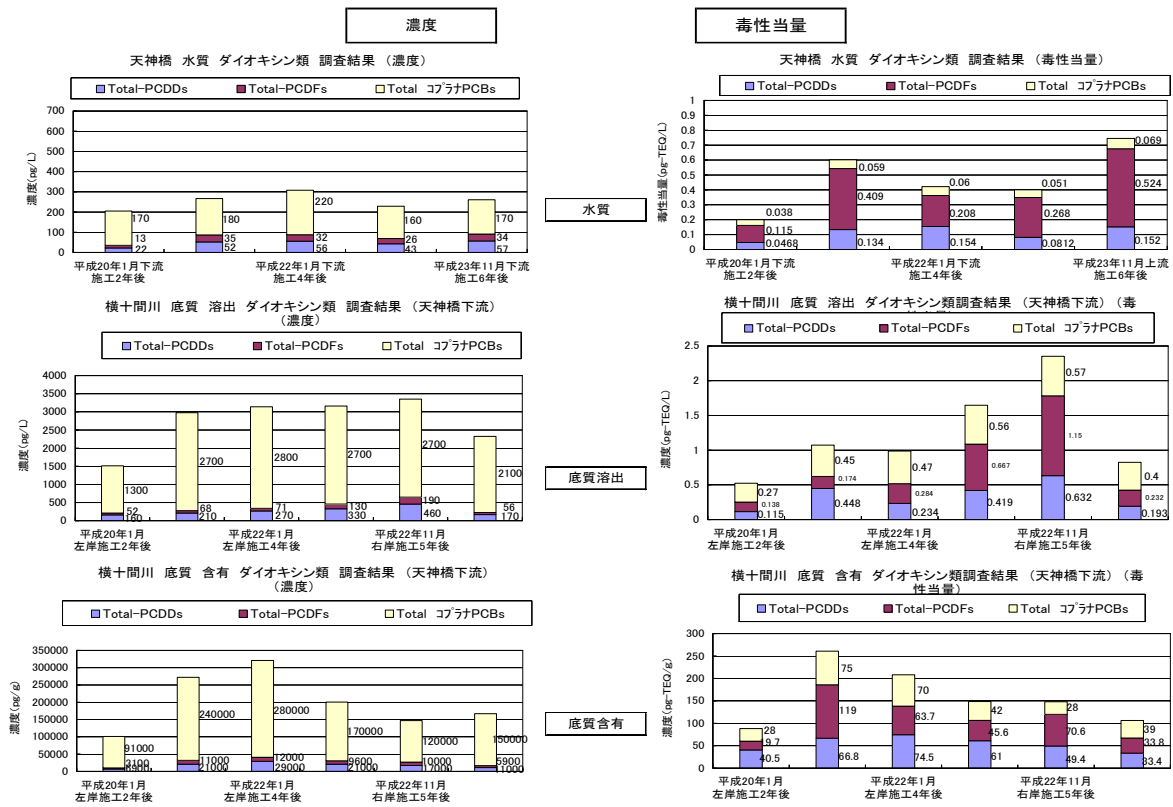


図-2 水質、底質溶出、底質含有の化合物別ダイオキシン類の経年変化

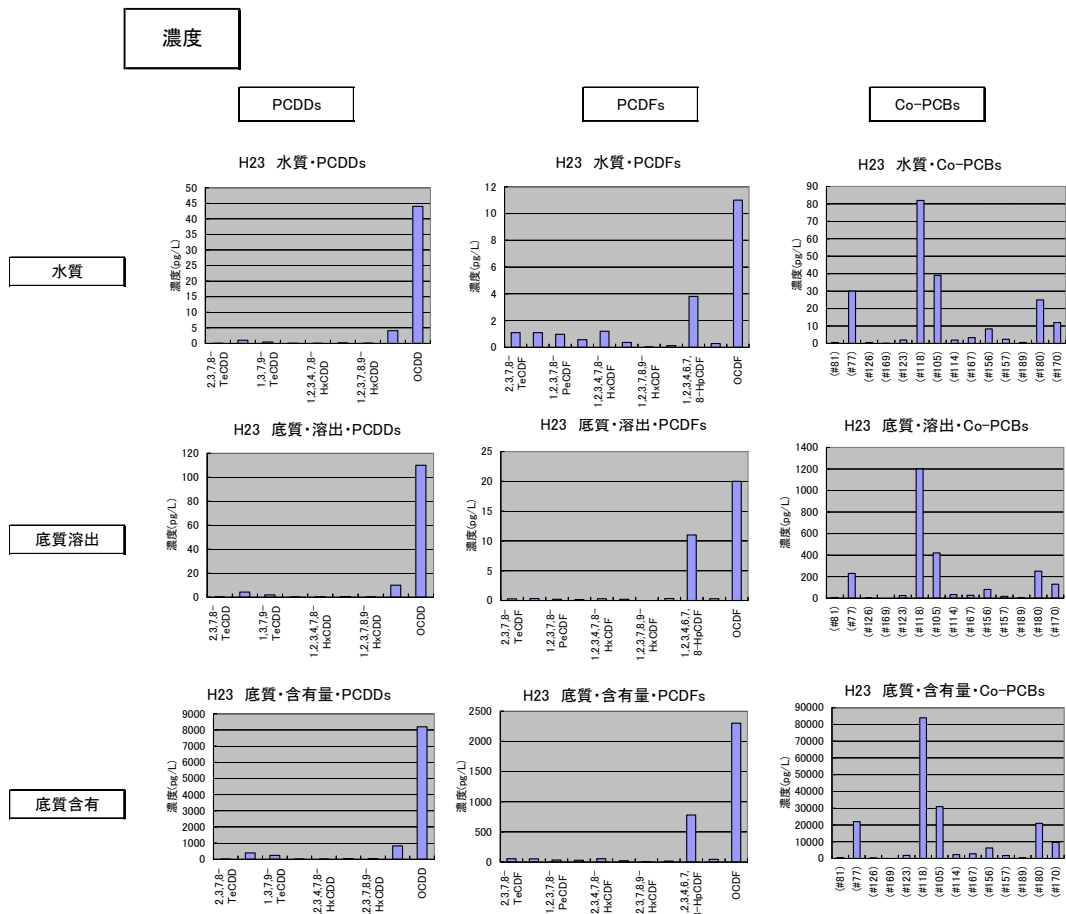


図-3 平成23年度 水質、底質溶出、底質含有のダイオキシン類濃度異性体別分布

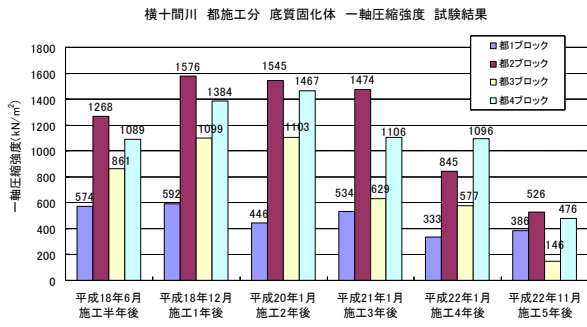


図-4 都試料の一軸圧縮試験結果

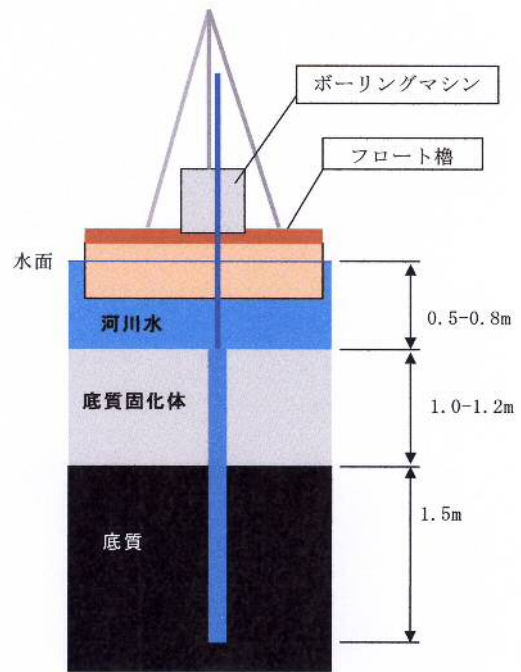


図-6 試料の採取深度

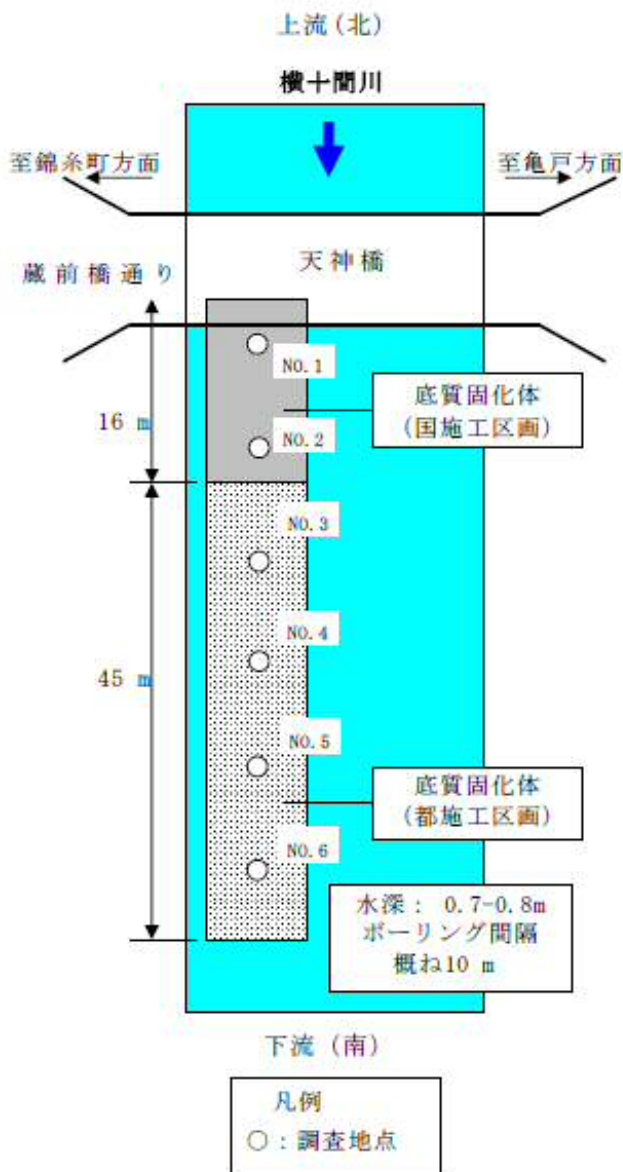


図-5 試料採取位置



写真-1 横十間川・試料採取場所（天神橋下流）
水上ボーリング

図-4 に示す。1年後以降徐々に強度が低下傾向にあるように見える。そこで、平成23年度に底質固化体コア抜き試料の一軸圧縮強度試験を行い、強度が確かにあるかどうかを確認した。まず、水上ボーリングによってコア抜き資料を採取する。その試料採取位置を図-5 に、試料の採取深度を図-6 に、試料採取場所での水上ボーリングの写真を写真-1 に示す。水上ボーリングで採取した試料について各種試験を行った。都試料においては、図-7 の一番右側がコア抜き試料の一軸圧縮強度試験結果だが、都試料の中でのバラツキはかなりあるが、目安である200kN/m²以上あることが確認できた。ただ、図-8 の国試料のコア抜き試料一軸圧縮強度試験結果では、一番右側の値が200kN/m²を下回った。

コア抜き試料の一軸圧縮強度をさらに詳しく見てまず、図-8 によると、国試料の特に No.2 の強度が全体に低いのが分かる。No.2 はセメントの添加量が200kg/m³と多いのに、強度が出ない理由は不明である。JIS規格では、試料の形状について、あまり細長いものや、短いものは除き、試料の高さ/直径比で1.8~2.5の強度結果のみを採用している。図-9 に供試体の高さ/直径比の状況を示す。特に、No.6 では、JIS規格に合致するものが1本しかなかった。図-10 に、一軸圧縮強度試験の全データを示す。No.1~No.3 で強度が小さく、No.4~No.6 で十分な強度が出ている。図-11 に、コア抜き資料の一軸圧縮強度試験結果を JIS 規格に基づいて示す。国試料 No.2 で200kN/m²を下回っているのが見られるが、都試料においては十分な強度が出ているのが分かる。一方、図-12 で湿潤密度では、比較的バラツキが小さい。図-13 の含水比を見ると No.1、No.2、No.3 でバラツキが大きいのが見て取れる。強度が出なかったグループと関連があるかもしれない。ただし、コア抜き試料については、セメントに

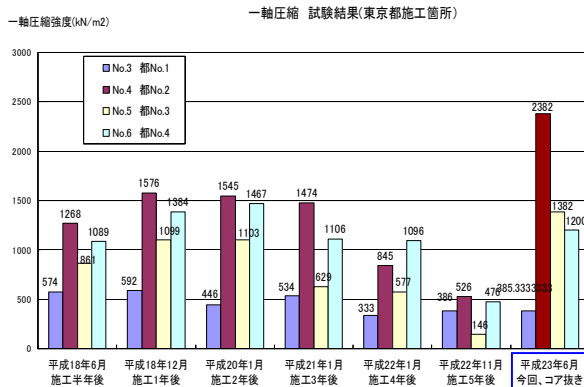


図-7 都試料の一軸圧縮試験結果

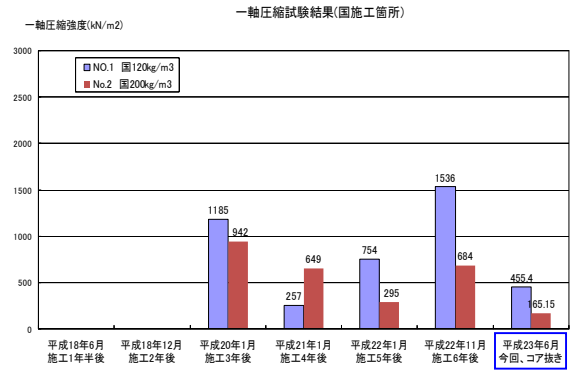


図-8 国試料の一軸圧縮試験結果

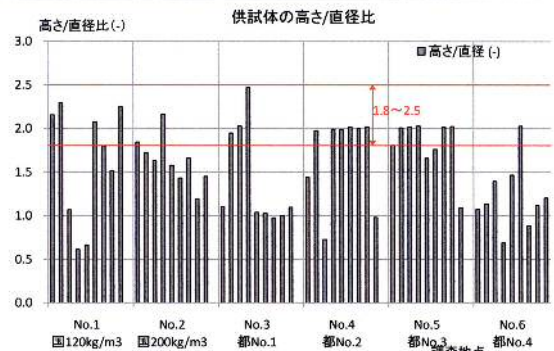


図-9 試料の高さ/直径比1.8~2.5の試料のみ採用

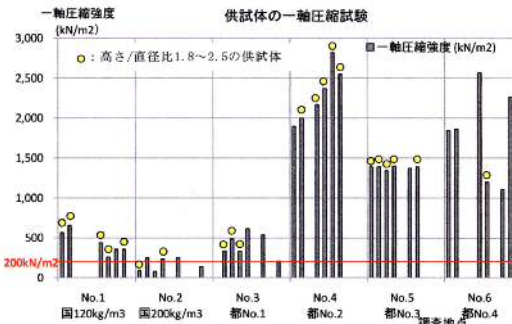


図-10 一軸圧縮強度試験の全データ

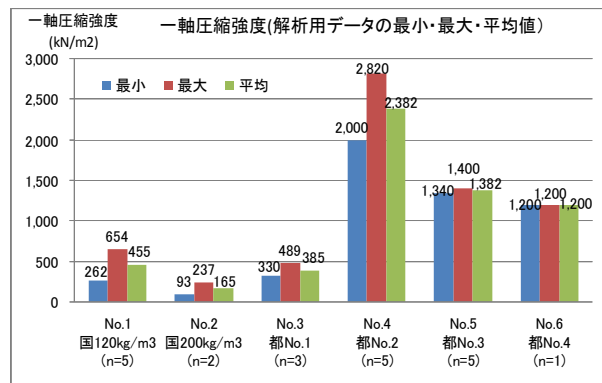


図-11 JIS規格に基づいたコア抜き試料の一軸圧縮強度試験結果

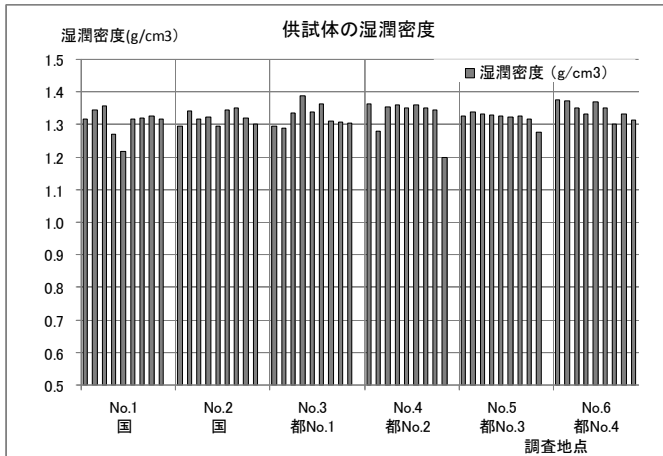


図-12 コア抜き試料の湿潤密度試験結果

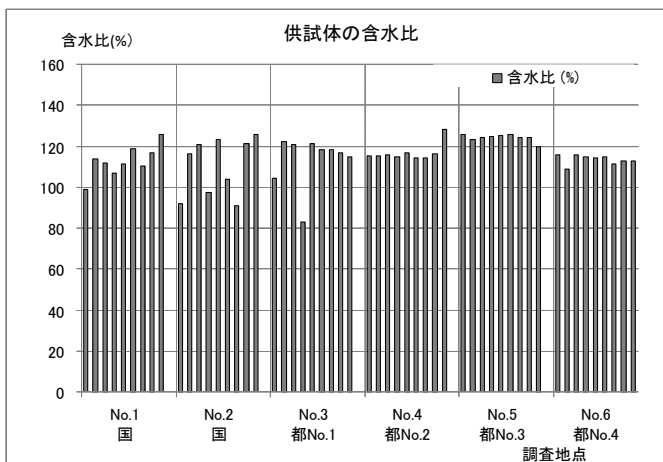


図-13 コア抜き試料の含水比試験結果

よる固化後にずっと水中養生しているのだが、工事の最中は鋼矢板で囲った中で水位を下げた施工していた期間との関係等、今となつては分からない要因があるかも知れない。図-14 に、コア抜き試料からのダイオキシン類溶出試験結果を示す。コア抜き試料の値も例年と大きく変わらず、基準値の1pg-TEQ/Lを下回っている。図-15 に、底質固化体下の底質部分のダイオキシン類含有量を示す。No. 4 のみが1,000pg-TEQ/gを超え2,900pg-TEQ/gを示したが、No. 4 以外の No. 1からNo. 6 では、概ね500pg-TEQ/g 前後程度であった。

(6) 底質固化体と底質の資源化分析

河川部との協議の中で、底質固化体とその下の底質の資源化について、確認することになった。表-3 がその分析結果である。一番上の表は、底質固化体国試料の蛍光X線分析による重金属の分析結果、

2番目の表が底質固化体都試料の蛍光X線分析による重金属の分析結果、3番目の表は底質固化体の湿式分析結果、4番目の表が底質固化体の迅速法によるダイオキシン類含有量の分析結果である。以下は、分析結果に基づき、エコセメントの材料として可能かどうかについての、エコセメント製作会社の判断結果である。

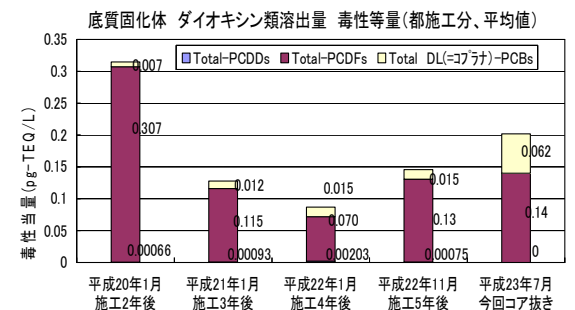
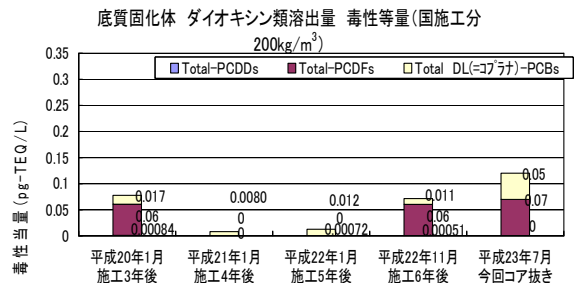
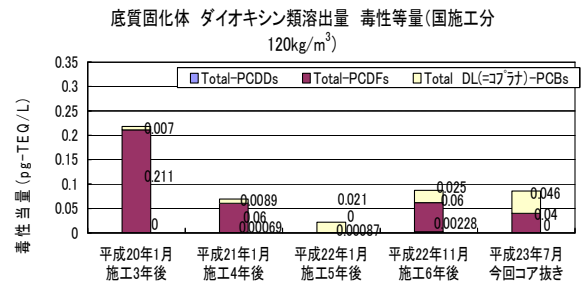


図-14 コア抜き試料ダイオキシン類溶出試験結果

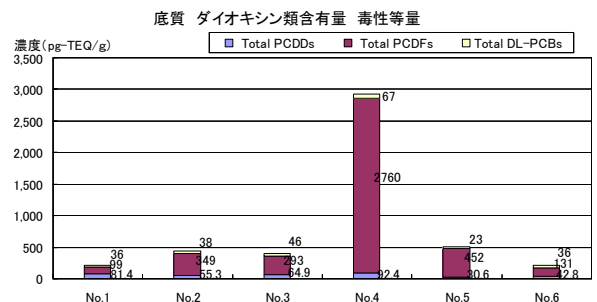


図-15 底質のダイオキシン類含有量

表-3 資源化分析結果

● 底質固化体 国施工2地点の蛍光X線分析結果

単位: %

ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
17.37	34.47	10.07	5.61	17.83	3.37	5.33	1.90	1.00	0.49	0.55	0.08
Cl	F	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	Br	Rb	Sr	Y
1.192	0.046	0.011	0.065	0.014	0.048	0.152	0.002	0.006	0.004	0.031	0.002
Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb			Na ₂ O*	K ₂ O*
0.007	0.001	0.000	0.001	0.006	ND	0.030	0.037			1.92	1.06

※記載成分以外は検出せず(ND)。試験結果は105°C乾燥ヘース値。
Na₂O*及びK₂O*は検量線法。

● 底質固化体 都施工4地点の蛍光X線分析結果

単位: %

ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
18.98	31.55	9.33	5.44	20.29	2.78	5.83	1.80	0.95	0.47	0.55	0.08
Cl	F	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Ga	Br	Rb	Sr	Y
1.177	0.059	0.010	0.073	0.017	0.051	0.171	0.001	0.005	0.004	0.034	0.001
Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Sb	Ba	Pb			Na ₂ O*	K ₂ O*
0.005	0.001	ND	0.001	0.011	0.001	0.047	0.050			1.83	1.00

※記載成分以外は検出せず(ND)。試験結果は105°C乾燥ヘース値。
Na₂O*及びK₂O*は検量線法。

● 底質固化体の湿式分析結果

対象	試料名	含水率 (%)	ふっ素 (mg/kg)	ほう素 (mg/kg)	砒素 (mg/kg)	全水銀 (mg/kg)	カドミウム (mg/kg)	塩素 (%)	六価クロム (mg/kg)	油分 (%)
底質固化体	国施工2地点	52.4	475	58	35.3	2.99	7	1.15	<2	0.52
	都施工4地点	58.7	485	52	41.3	3.52	8	1.12	<2	0.54

※含水率は採取固化体の含水率。その他の試験結果は105°C乾燥ヘース値。

● 底質固化体のダイオキシン類含有量試験結果(迅速法)

項目	底質固化体					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
選択異性体による全毒性当量推定値 (pg-TEQ/g)	380 (360)	2100 (2200)	680 (770)	900 (800)	1700 (1800)	570 (570)

※()内の数値はダイオキシン類にかかる底質調査測定マニュアルによる公定法の試験結果(参考値)

① エコセメント製作会社での無害化/資源化処理

- ・塩素、ダイオキシン類の含有量ともに、通常、資源化原料として使用している都市ゴミ焼却灰の範囲内なので資源化可能。

② 通常のセメント工場での無害化/資源化処理

- ・いずれの試料も塩素(国施工分: 1.15%、都施工分: 1.12%)が高く、発生数量も含めて判断すると、通常のセメント工場での資源化は対応できない。
- ・また、ダイオキシン類含有量も土壌の基準値で

ある1,000pg-TEQ/gを超過しており、通常のセメント工場での資源化は対応できない。

4. まとめ

- (1) 施工箇所である横十間川天神橋周辺の水質におけるダイオキシン類濃度は、水質環境基準(1pg-TEQ/L)を下回っていた。
- (2) 底質固化体コア抜き試料の一軸圧縮強度は、国試料、No.1 455kN/m²、No.2 165kN/m²、都試料、No.3 385kN/m²、No.4 2,382kN/m²、No.5 1,382kN/m²、No.6 1,200kN/m²であった。国試料の一部を

除き、モールド供試体による一軸圧縮強度より、高い値が出ていた。

(3) 底質固化体粉碎後ダイオキシン類溶出濃度毒性等量は、施工後2-5年後、及びコア抜き試料において、モニタリング調査の目標値（1 pg-TEQ/g）を下回っていた。したがって、施工箇所から河川水質に影響を及ぼすダイオキシン類の溶出はないと考えられる。

(4) 施工後6年間のモニタリングにおいて、施工箇所からの水質に影響を及ぼすダイオキシン類の溶出は確認されず、ダイオキシン類の対策工としての原位置固化処理工法が有効であったと判断できる。

(5) 底質固化体は、エコセメント製作会社での無害化／資源化処理においては、通常、資源化原料として使用している都市ゴミ焼却灰の範囲内なので資源化可能であるという調査結果が得られた。

参考文献

- 1) http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kasen/yokoju_dxn/index.html:横十間川における底質ダイオキシン類対策について、東京都建設局ホームページ
- 2) 国土交通省河川局河川環境課(2007):底質のダイオキシン類対策技術資料集、101、平成19年3月
- 3) 武本敏男、松村真人(2007):横十間川底質に関する調査報告、平19.都土木技術センター年報、61-66、平成19年10月
- 4) 武本敏男、松村真人(2008):横十間川底質に関する調査報告(その2)、平20.都土木技術センター年報、179-182、平成20年10月
- 5) 大澤健二、武本敏男、松村真人(2009):横十間川底質に関する調査報告(その3)、平21.都土木技術支援・人材育成センター年報、109-112、平成21年10月
- 6) 中山 哲、木村理聡、大澤健二(2010):横十間川底質に関する調査報告(その4)、平22.都土木技術支援・人材育成センター年報、149-154、平成22年10月
- 7) 中山 哲、大澤健二(2011):横十間川底質に関する調査報告(その5)、平23.都土木技術支援・人材育成センター年報、153-161、平成23年10月
- 8) 環境省地球環境局、環境管理局水環境部(2003):環地保発第030926003号・環水管発第030926001号、ダイオキシン類を含む水底土砂の取扱いに関する指針について（通知）、平成15年9月
- 9) 松村真人、大澤健二、武本敏男(現水道局)(2009):ダイオキシン類を含む底質固化体の溶出試験方法について、平21.都土木技術支援・人材育成センター年報、113-121、平成21年10月