

15. 横十間川底質に関する調査報告（その5）

Report of Investigation about Sediments of Yoko-jukken River (Part.5)

技術支援課 中山 哲、大澤 健二

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1m）を固化処理する原位置固化処理工法が採用され、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、原位置固化処理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

る。²⁾

そこで、横十間川におけるモニタリング調査として、高濃度に汚染された河川底質を、原位置でセメント系固化材により固化処理した箇所(天神橋周辺)の、施工5年経過後のダイオキシン類の溶出試験を実施した。また、原位置固化処理施工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。また、別途、マハゼのダイオキシン類調査を実施したので、結果を報告する。

2. 調査内容

本調査は平成22年11月と12月に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、横十間川の天神橋右岸下流側（墨田区太平4丁目地内付近）を中心に上流方向の栗原橋、下流方向の錦糸橋付近から河川水を採取し、河川水質の調査対象とした。

固化処理した底質は、施工時に4つの施工ブロッ

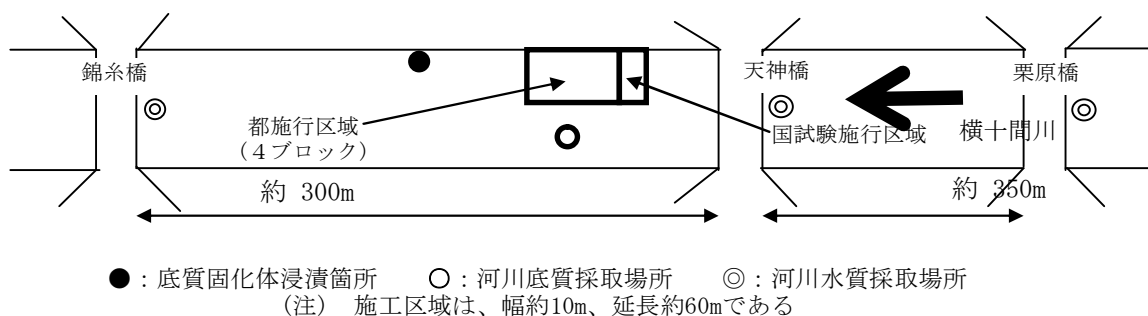


図-1 横十間川底質に関する調査場所

クごとに採取し、円柱形の鉄製モールド（直径 5cm ×高さ10cm）に入れ、天神橋右岸下流側の岸に、浸漬している。この底質固化体を、ダイオキシン類の溶出試験の対象試料とした。

また、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ている。

(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 (JIS K 0312)、SS(浮遊物質量)、 濁度(カオリン)
	天神橋	
	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では、採取した底質固化体を対象に一軸圧縮強度(JIS A 1216)の測定を実施した。底質固化体は4本(4つの施工ブロック各々に対して1本)とした。試験の時期は施工5年後(平成22年11月)とした。

底質固化体の溶出試験では、強度試験実施後の底質固化体を対象にダイオキシン類の濃度を調査した。1回の試験で、底質固化体4本(4つの施工ブロック各々に対して1本)を溶出試験の対象とし、底質固化体4本をハンマー等で破碎したものを全て等量混合して、1試料とした。この試料から溶出試験に供する検体を2検体採取して溶出試験を実施した。試料の前処理及び溶出試験の方法は、環境庁告示第14号及び環境省告示第68号によるものとし、1検体あたり溶出液3Lに対する試料(乾燥重量)の重量比率は3%(W/V)とした。なお、本調査で採取した河川底質部の溶出試験で、風乾状態の底質を対象に、溶出濃度を調査した。

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	0.26
天神橋	4	2	0.40
錦糸橋	6	3	0.46
天神橋 (底質)			1.6

(注) ダイオキシン類の水質環境基準：1pg-TEQ/L

また、平成22年12月に、天神橋の下流と上流で、マハゼを釣り上げ、ダイオキシン類の分析を行った。上流では53匹、下流では62匹を釣り上げた。体長で5.0~10.5cm、平均で7.8cm、体重で2.0~15.1g、平均で6.4gであった。

3. 調査結果

(1) 水質試験

水質試験結果を表-2に示す。

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は、0.40pg-TEQ/L、上流側の栗原橋では0.26pg-TEQ/L、下流側の錦糸橋では0.46 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度程度で、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) 強度試験

底質固化体の一軸圧縮強度試験結果を図-2に示す。

施工5年後の底質固化体一軸圧縮強度は1ブロック386kN/m²、2ブロック526kN/m²、3ブロック146kN/m²、4ブロック476kN/m²で、平均384kN/m²であった。ただし、1年後以降徐々に低下傾向にあるように見える。

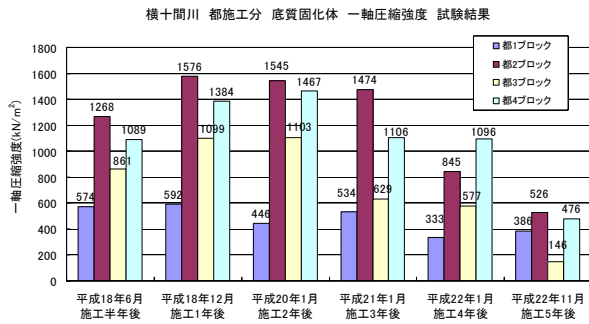


図-2 底質固化体の一軸圧縮強度試験結果

(3) 溶出試験

底質固化体の溶出試験結果を図-3に示す。施工半年後及び1年後では、モニタリング調査の目標値である1pg-TEQ/Lを上回った³⁾が、2-5年後は目標値未満であった。

また前述の河川水質におけるダイオキシン類は水質環境基準(1pg-TEQ/L)を下回っていることから原位固化工法によるダイオキシン類の溶出抑制効果が認められた。

なお、平成20年4月1日以降、WHO/IPCS(2006)の新しい毒性等価係数を用いることになったため、表-3のグレー表示のように、全部ではないが、一部濃度測定値に掛ける係数が変わった。そこで、本報告では、平成18年度以降のすべての毒性等量データについて、WHO/IPCS(2006)の新しい毒性等価係数(TEF)で、計算し直したものでグラフ表示した。底質の溶出試験結果は表-2により、1.6pg-TEQ/Lであり、海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律に基づく水底土砂(底質)の排出基準値(10pg-TEQ/L)未満であった。

前記の底質固化体の溶出試験で、施工2-5年後において、施工半年後及び1年後よりもダイオキシン類の値が低かった理由は、施工半年後、1年後については、含有量測定のために、絶乾状態にした試料を用いて、溶出試験を行った。これらの数値が高かった原因は、その試料調整方法(絶乾状態にしたこと)に問題があったと考えられる。⁸⁾

そこで、施工2年後以降の底質固化体のダイオキシン類の溶出状況について詳細に把握するために、溶出試験での化合物群別ダイオキシン類の量を図-

4により検討した。ダイオキシン類を構成する3つの化合物群とは、PCDDs:ポリ塩化ジベンゾ-パラジオキシン、PCDFs:ポリ塩化ジベンゾフラン、Co-PCBs:コプラナーPCBのことである。図-4により以下のことが言える。濃度では、底質固化体、水質、底質溶出、底質含有のすべてで、Co-PCBs、PCDDs、PCDFsの順になっている。毒性等量では、底

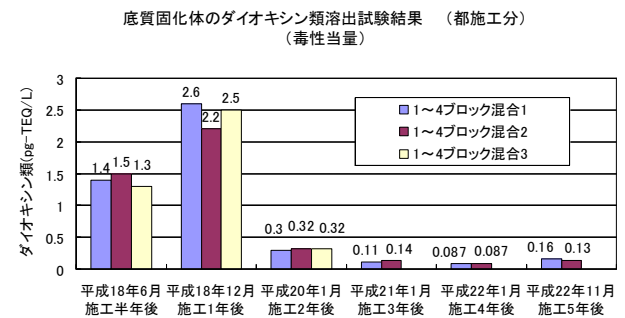


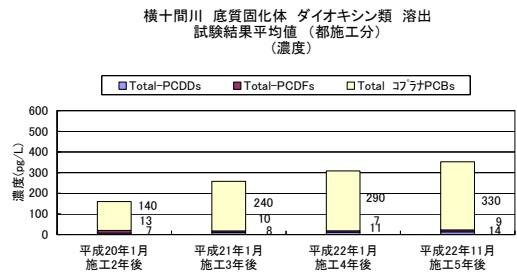
図-3 底質固化体の溶出試験結果

表-3 毒性等価係数改正(1998と2006)

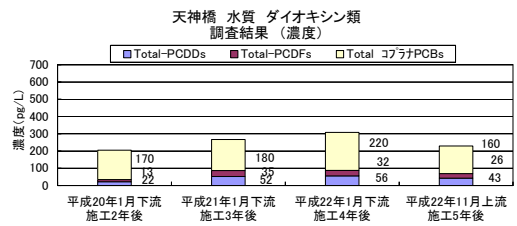
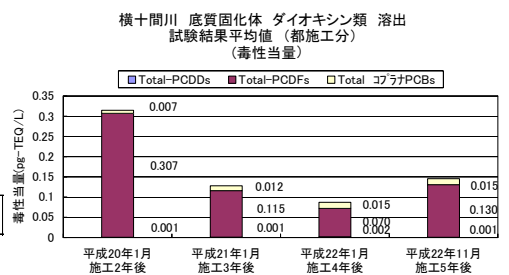
異性体/同族体	1998 TEF	2006 TEF
2, 3, 7, 8-TeCDD	1	1
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	1	1
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.1	0.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.01	0.01
OCDD	0.0001	0.0003
2, 3, 7, 8-TeCDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.05	0.03
2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.5	0.3
1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	0.1	0.1
2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	0.1	0.1
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	0.01	0.01
1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	0.01	0.01
OCDF	0.0001	0.0003
3, 4, 4', 5-TeCB (#81)	0.0001	0.0003
3, 3', 4, 4'-TeCB (#77)	0.0001	0.0001
3, 3', 4, 4', 5-PeCB (#126)	0.1	0.1
3, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#169)	0.01	0.03
2', 3, 4, 4', 5-PeCB (#123)	0.0001	0.00003
2, 3', 4, 4', 5-PeCB (#118)	0.0001	0.00003
2, 3, 3', 4, 4'-PeCB (#105)	0.0001	0.00003
2, 3, 4, 4', 5-PeCB (#114)	0.0005	0.00003
2, 3', 4, 4', 5, 5'-HxCB (#167)	0.00001	0.00003
2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB (#156)	0.0005	0.00003
2, 3, 3', 4, 4', 5'-HxCB (#157)	0.0005	0.00003
2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'-HpCB (#189)	0.0001	0.00003

濃度

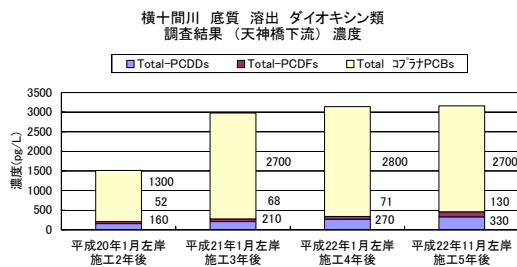
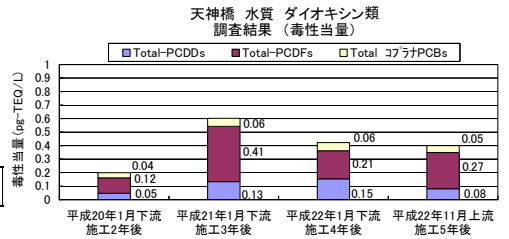
毒性等量



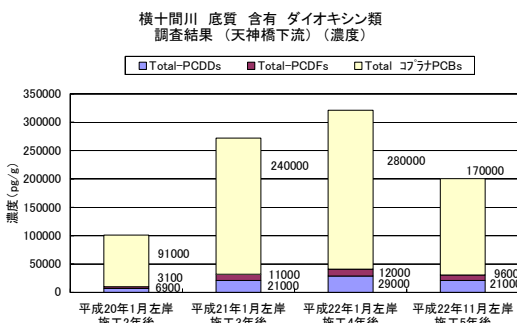
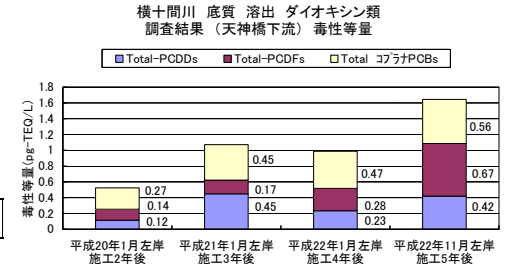
底質固化体



水質



底質溶出



底質含有

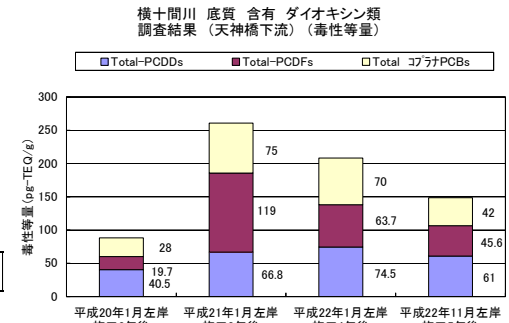


図-4 底質固化体溶出、水質、底質溶出、提出含有、化合物群別ダイオキシン類

質固化体の溶出量では、PCDFsの割合が大変大きくPCDDsの割合は非常に小さい。水質では、PCDFs、PCDDs、Co-PCBsの順であり、底質固化体と異なり、PCDDの割合が比較的大きい。底質では溶出でも含有でも、3つの化合物群がおおよそ等分の割合である。

また、図-5 に、平成22年度 (施工5年後)における底質固化体溶出、水質、底質溶出の各ダイオキシン類検査結果を化合物群ごとに異性体別に分類して、平成22年度の濃度のみ示した。Co-PCBsでは、底質固化体、水質、底質溶出とも、ほぼ同様なパター

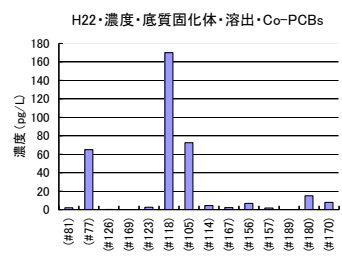
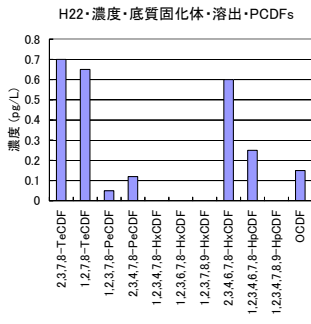
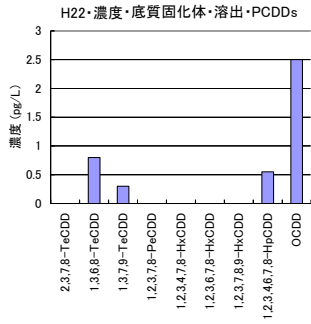
ンである。底質固化体のパターンでは、PCDDsでは左の2種の濃度がわずかに高かった。PCDFsでは底質固化体のパターンは、水質、底質溶出とは異なる。

濃度

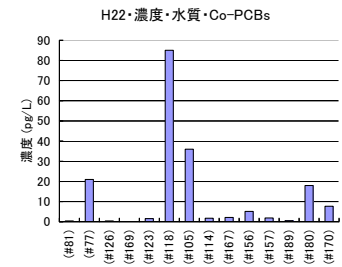
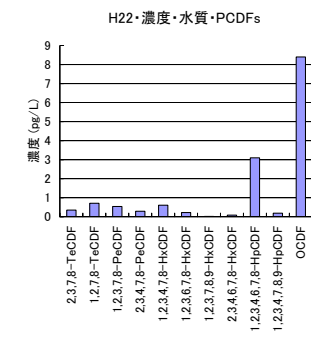
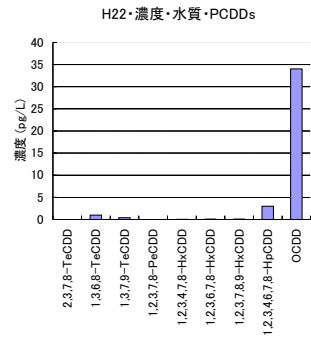
PCDDs

PCDFs

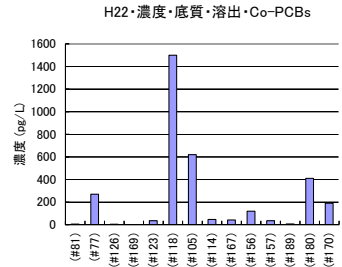
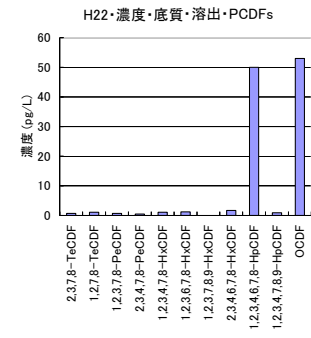
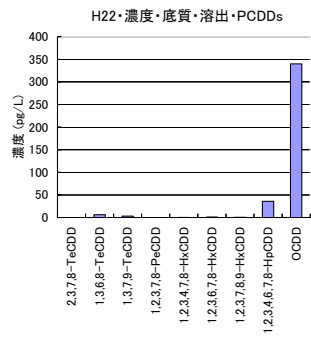
Co-PCBs



底質固化体



水質



底質溶出

図-5 平成22年 底質固化体・水質・底質の濃度異性体別分布



図-6 釣り上げたマハゼ

(5) マハゼのダイオキシン類分析結果

マハゼのダイオキシン類分析結果では以下の通りである。ダイオキシン類毒性等量については、平成16年度に環境局が測定した結果があり、今回は毒性等価係数を2006のもので換算し直した。図-6に、釣り上げたマハゼの一番大きなものの写真、図-7に、ダイオキシン類の部位別化合物群別毒性等量を示した。

また、図-8に、ダイオキシン類の部位別異性体分布図の濃度と毒性等量を示した。

さらに、図-9には、部位別ダイオキシン類濃度の

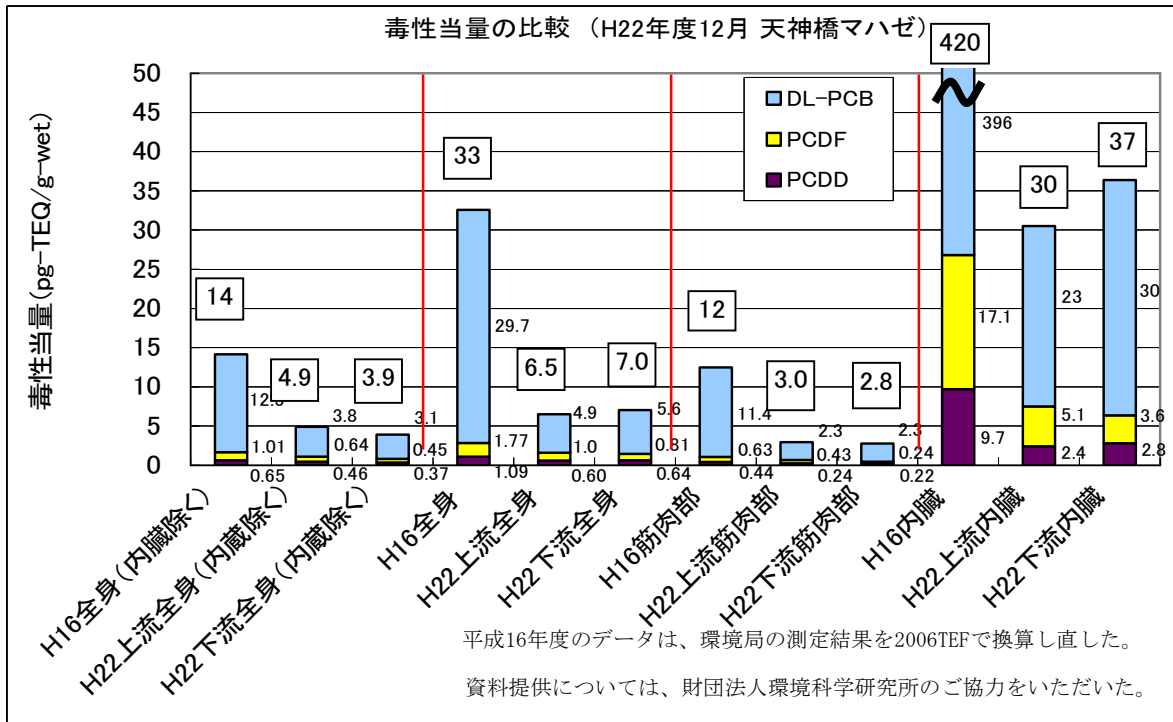


図-7 マハゼの部位別化合物群別ダイオキシン類

うちCo-PCBs部分と、PCB製品と焼却炉の排ガス成分のCo-PCBs部分と比較したパターン分析⁹⁾を行った。

マハゼのダイオキシン類部位別分布の異性体類別分布を16年度と今回を比較すると、今回の毒性等量は、16年度の数分の一に落ちている。ダイオキシン類をセメントで固化したことにより、ダイオキシン類の溶出は抑えられていると言える。なお、ここでは上流側もあまり変わらないので、下流側のデータのみ示した。また、特に内臓で、毒性等量が高くなっている。部位別異性体分布図-8を見ると、濃度・毒性等量ともに、部位により、値は大きく異なるが、パターンは変わらない。

パターン分析⁹⁾で濃度のCo-PCBs部分を、水質、堆積物の底質、部位別に見ると、PCB製品の濃度パターンによく似たパターンを示す。一方、焼却炉の排ガスのパターンとは、異性体の出現頻度がすべての部位で全体に異なる。

環境局の報告で既に指摘されたように⁹⁾、平成22年度の毒性等量で、底質 (Co-PCBs 28%) や水質 (Co-PCBs 13%) よりも、マハゼ全身 (Co-PCBs 80%)、マハゼ内臓 (Co-PCBs 81%) に、Co-PCBsが特に蓄積

していたことがわかる。

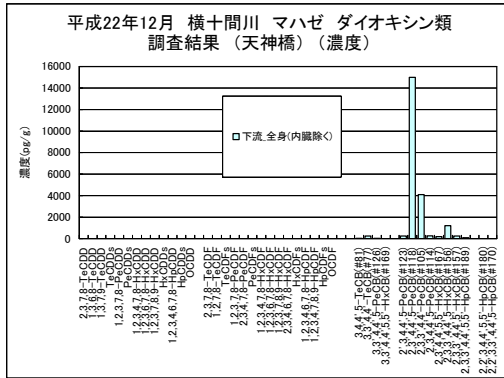
(6) その他

天神橋下流の現状把握のため、底質固化体工事18年度以降に底質固化体の上に堆積した泥の厚さ21箇所、固化体表面までの水深21箇所、2つの断面図を図-10に示した。

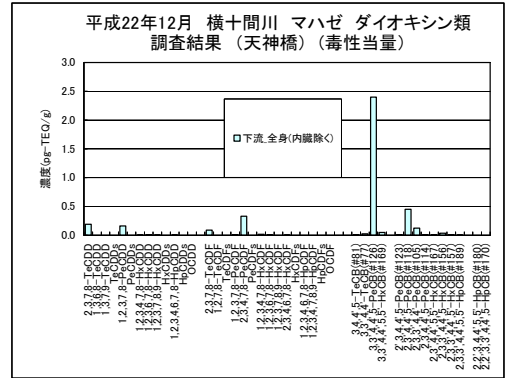
底質固化体の上に堆積したヘドロの厚さは、底質固化体上流側で2~7cm、下流側で0~1cmであった。平均厚さ 1.6cm、面積60m×10mで、体積にして約1立方メートルであった。底質固化体工事の後、毎日の船の航行のたびに、周辺底質の細粒分が巻き上がり、堆積したものと考えられる。また、図-9によれば、底質固化体上の堆積物の化合物群別の濃度では、PCDFsがやや高いのが分かる。

底質固化体までの水深については、約0.8mのところが多く、下流側で一部 0.5m~0.7mの部分がある。断面測量と併せ、固化体表面は、やや不陸はあるが、固化体の上を歩くのに支障が生じるほどではなく、ほぼ平らに仕上げられていた。河川断面の最深部は左岸寄り 1/3 程度のところで水面下約2.4mの深さで、水面標高はA.P. -0.9mであった。

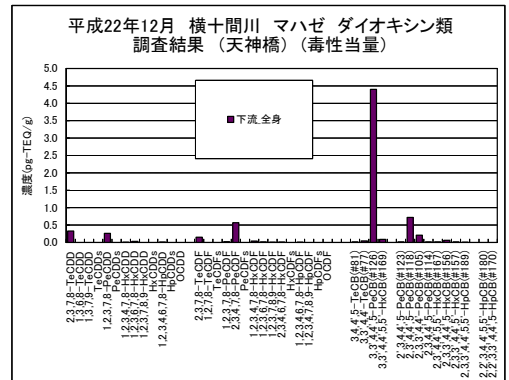
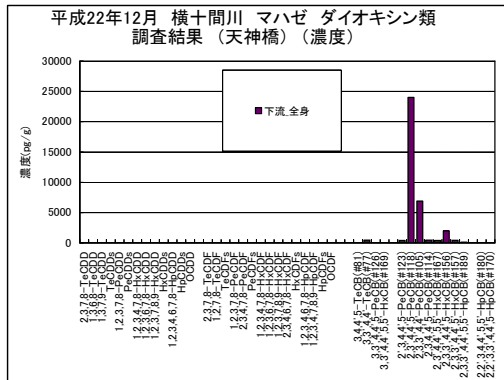
濃度



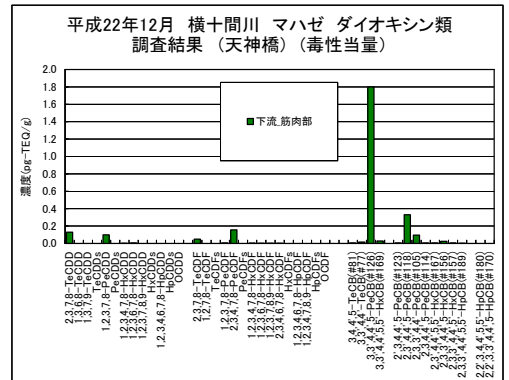
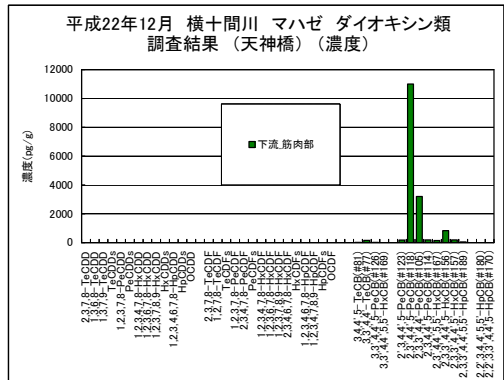
毒性等量



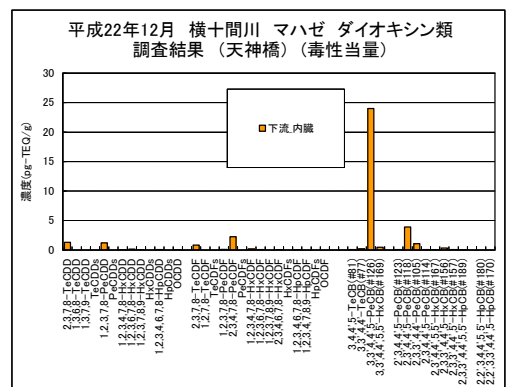
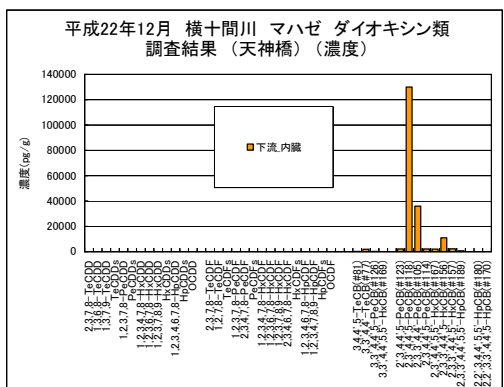
全身(内臓除く)



全身



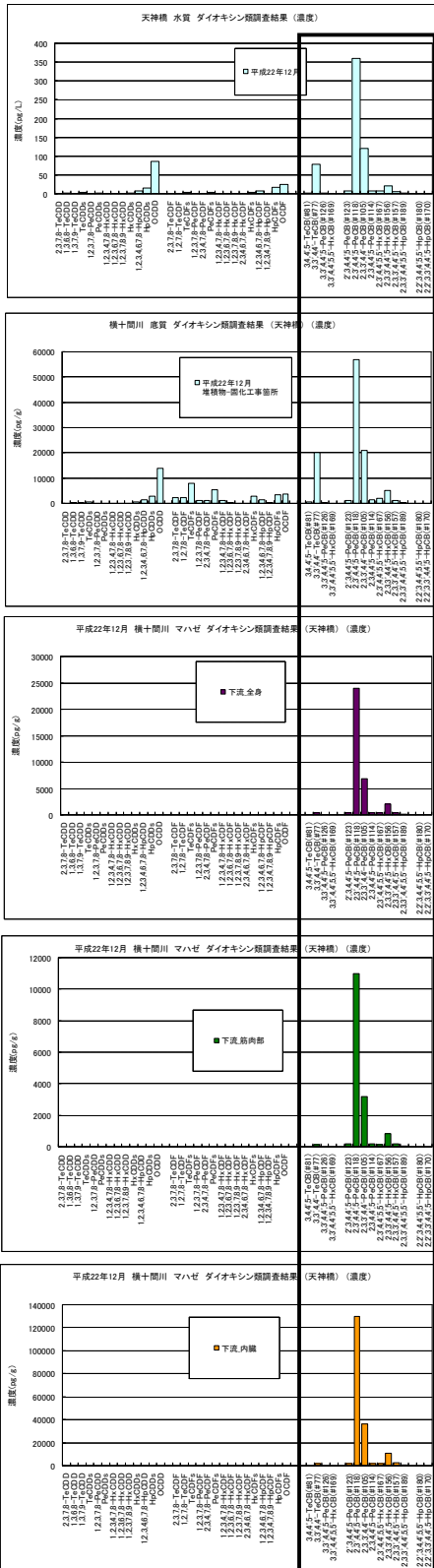
筋肉部



内臓

図-8 マハゼ部位別異性体分布図

濃度のCo-PCB



水質

底質固化体上の堆積物

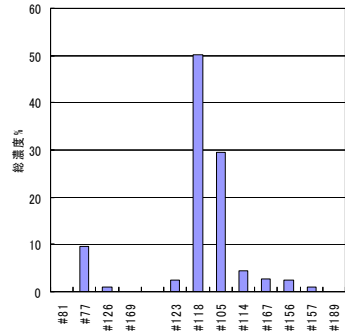
全身

筋肉部

内臓

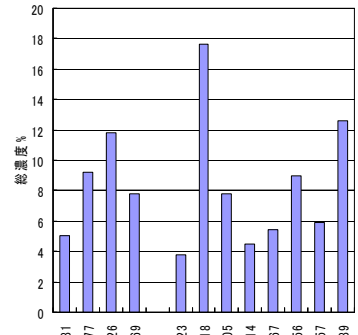
PCB製品

PCB製品(KC-400)



焼却炉の排ガス

根拠炉の排ガス



* PCB製品と焼却炉の排ガスのパターンは、左の測定値と合わせるため、グラフの順番を入れ替え、環境局の論文⁹⁾を一部改変

図-9 パターン分析

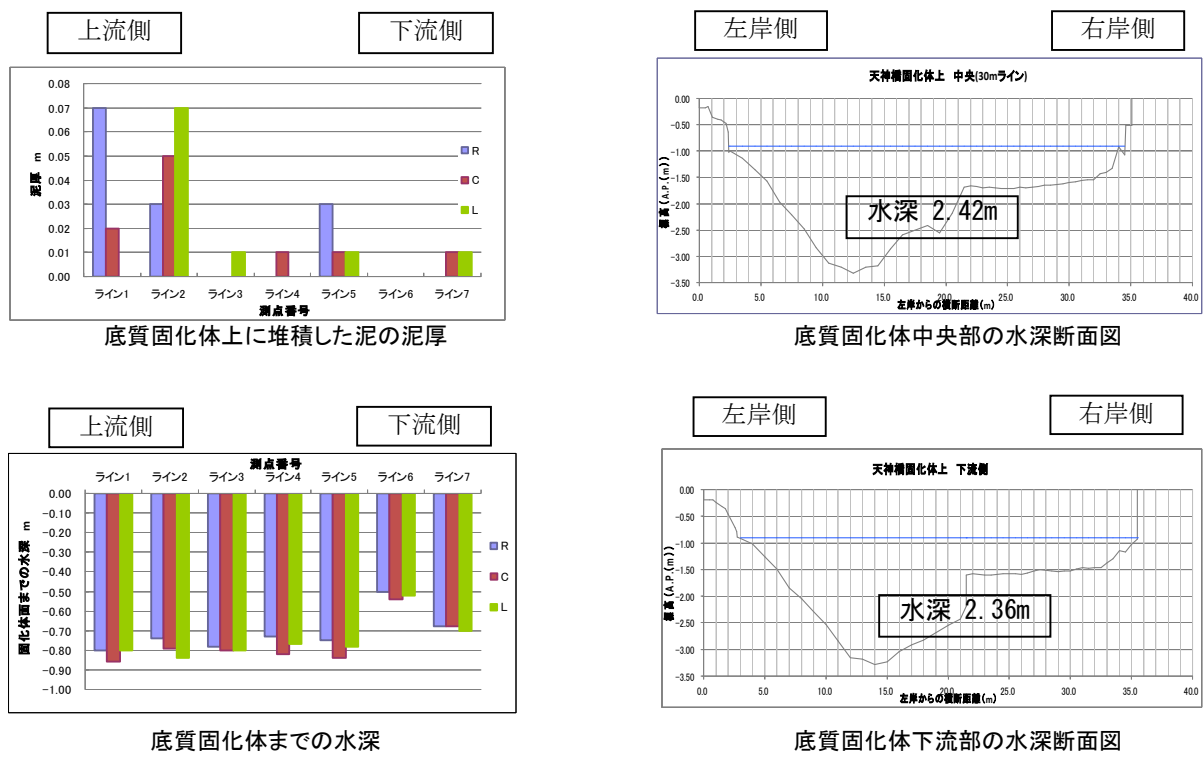


図-10 横十間川底質固化体上の泥厚、底質固化体までの水深、底質固化体を含む水深断面図

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（1 pg-TEQ/L）を下回っていた。

(2) 底質固化体の一軸圧縮強度は、1ブロック 386kN/m²、2ブロック526kN/m²、3ブロック146kN/m²、4ブロック476kN/m²で、平均 384kN/m²であった。

(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年後において、モニタリング調査の目標値（1 pg-TEQ/g）を下回り、半年後及び1年後より低かった。以上より、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た。

(4) 以上、当初計画された施工後5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) マハゼのダイオキシン類分析結果によれば、平成16年度と比較して、22年度の結果は、毒性等量で数分の一に落ちていた。特に、平成16、22年度ともに、内臓で毒性等量が高い。

謝辞

マハゼのダイオキシン類分析において、平成16年分析結果の生データ提供について、環境局の阿部圭恵氏、山崎正夫氏のご協力をいただいたことを、ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kasen/yokoku_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) 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
- 8) 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
- 9) 阿部圭恵、山本 央、佐々木啓行、佐々木裕子(2005):環境中のダイオキシン類の魚類への影響、東京都環境科学研究所年報 2005、176-182、平成17年12月