

I-8 建設分野におけるダイオキシン類汚染土壌対策技術の開発

研究予算：運営交付金（一般勘定）

研究期間：平 12～平 14

担当チーム：河川生態チーム

研究担当者：尾澤卓思、伊藤弘之

【要旨】

本研究では、河川・湖沼における底質のダイオキシン類汚染に対して適切かつ効率的に対処できるよう、河川や湖沼の底質の汚染実態の把握を行うとともに、既存の汚泥対策技術等を広く調査し、底質ダイオキシン類対策方法について検討した。その結果、平成 13 年度に全国の河川・湖沼で実施された調査では、計 1769 地点の平均は 8.0pg-TEQ/g で、環境基準を超えたのは、うち 12 地点であったが、690pg-TEQ/g に上る高濃度汚染も存在することが分かった。また、対策技術について、事前の調査から対策工事後の監視に至るまでの一連の工程における技術事項や留意点をとりまとめ、対策マニュアルを作成した。

キーワード：ダイオキシン類、底質、全国調査、対策工法、マニュアル

1. はじめに

平成 11 年 7 月にダイオキシン類対策特別措置法が制定され、平成 12 年 1 月に施行された。これに基づき水質、底質についてダイオキシン類に係わる環境基準値がそれぞれ 1pg-TEQ/L 及び 150pg-TEQ/g と定められるとともに、底質環境基準が達成されていない水域にあっては、可及的速やかに達成されるよう努めることとなった。このため本研究では、環境基準を超える底質のダイオキシン類汚染に対して適切かつ効率的に対処できるよう、河川や湖沼の底質の汚染実態の把握を行うとともに、既存の有機汚泥対策技術等を広く調査し、環境基準値を超えるダイオキシン類汚染底質が発見された場合の対策マニュアルを作成した。

2. 河川・湖沼底質のダイオキシン類汚染実態

河川・湖沼底質のダイオキシン類調査については、環境庁が平成 10 年度に「ダイオキシン類全国緊急一斉調査」を実施して以来、環境省及び国土交通省河川局等が中心となって常時監視が行われてきた。公表されている中で最も新しい平成 13 年度の調査結果によると表-1 のとおりであり、河川局が全国の 1 級水系の直轄管理区間内の 237 地点について、都道府県や政令指定都市がそれら区間を除く全国の河川、湖沼の 1532 地点について調査を行っている。調査にあたっては、「ダイオキシン類に係わる底質調査測定マニュアル（環境庁水質保全局）」に基づき、水底表層の底質を採取している。

調査地点全体の平均値は 8.0pg-TEQ/g であるが、12 地点で環境基準値を超え（ワースト 5 は表-2 参照）、和歌山

県山田川で最大の 690pg-TEQ/g に達した。また 1 級水系直轄管理区間においては、平均値が 3.1pg-TEQ/g で環境基準値を越える地点は発見されず、その他の河川・湖沼に比べダイオキシン類濃度は低かったが、綾瀬川においては河床面から深さ 53～63cm の地点で約 330pg-TEQ/g のダイオキシン類汚染が発見されており、この地点の上流に位置する古綾瀬川（150pg-TEQ/g）から流入してきたものと考えられる。

表-1 平成 13 年度全国調査結果（河川・湖沼）

調査地点数	平均値 (pg-TEQ/g)	最大値 (pg-TEQ/g)	環境基準値 超過地点数
1769	8.0	690	12
237(上記のうち直 轄管理区間)	3.1	63	0

表-2 平成 13 年度ワースト 5（河川・湖沼）

河川・湖沼名	ダイオキシン類濃度(pg-TEQ/g)
山田川	690
長沼	450
北十間川	430
横十間川	360
木津川	320

3. 河川・湖沼におけるダイオキシン類汚染底質対策

3.1 対策の全体の流れ

河川湖沼におけるダイオキシン類汚染底質対策は、河川・湖沼の常時監視等において環境基準値を超える底質ダイオキシン類の発見を開始時点とし、図-1に示す一連の工程よりなる。

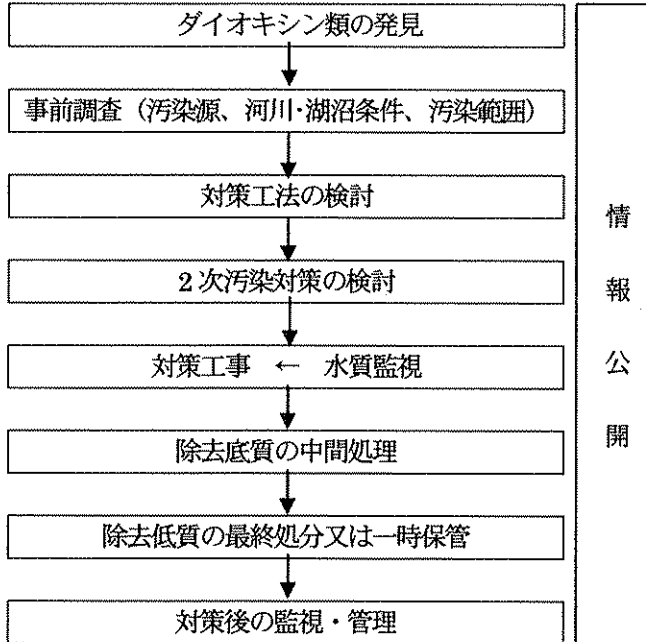


図-1 底質ダイオキシン類対策の流れ

3.2 事前調査

河川・湖沼において、環境基準値を超えるダイオキシン類汚染底質が発見された場合は、その対策を講じる範囲や対策方法等について検討するため、①汚染源の調査、②河川・湖沼条件調査及び③ダイオキシン類による汚染範囲調査を行うものとする。

(1) 汚染源の調査

汚染水域上流の河川・水路における既存のダイオキシン類測定結果、排水系統、流域の土地利用、工場・廃棄物処理場の立地条件、排水水質等を調査し、ダイオキシン類の排出源及び排出状況等を把握することにより、汚染分布の推定や対策方法の検討材料とする。

(2) 河川・湖沼条件調査

当該河川・湖沼における地形、流況、取水、漁場・漁法、舟運、河川改修や橋梁等の計画等を調査し、対策方法の検討材料とする。

(3) ダイオキシン類による汚染範囲調査

当該水域におけるダイオキシン類濃度ほか底質の性状を把握し、対策が必要な範囲を決定したり、対策方法を検討するための資料とする。なお、汚染範囲調査は、ダイオキシン類の比較的広域の分布傾向を把握し詳細調査

を実施すべき範囲を絞り込むための概略調査と、汚染対策を実施すべき範囲を確定するための詳細調査の2段階で行うものとし、概略調査においては期間の短縮や効率化のため簡易分析法や代替指標による推定方法については、当該水域における精度を確認した上で積極的に使用するものとする。

3.3 対策工法の検討

対策工法としては、水底にダイオキシン類を残したまま汚染底質を砂等で覆ったり、セメント等で固化することにより、ダイオキシン類が水に溶出したり、巻き上がったりを抑制する原位置対策工法や、汚染底質を河川・湖沼の水底から取り除き、水との接触を遮断する底質除去工法がある。汚染底質を除去した場合は、その除去底質を無害化して再利用したり、そのまま埋立処分等にする必要がある。原位置対策及び底質除去に係わる一連の工事を図-2に示す。

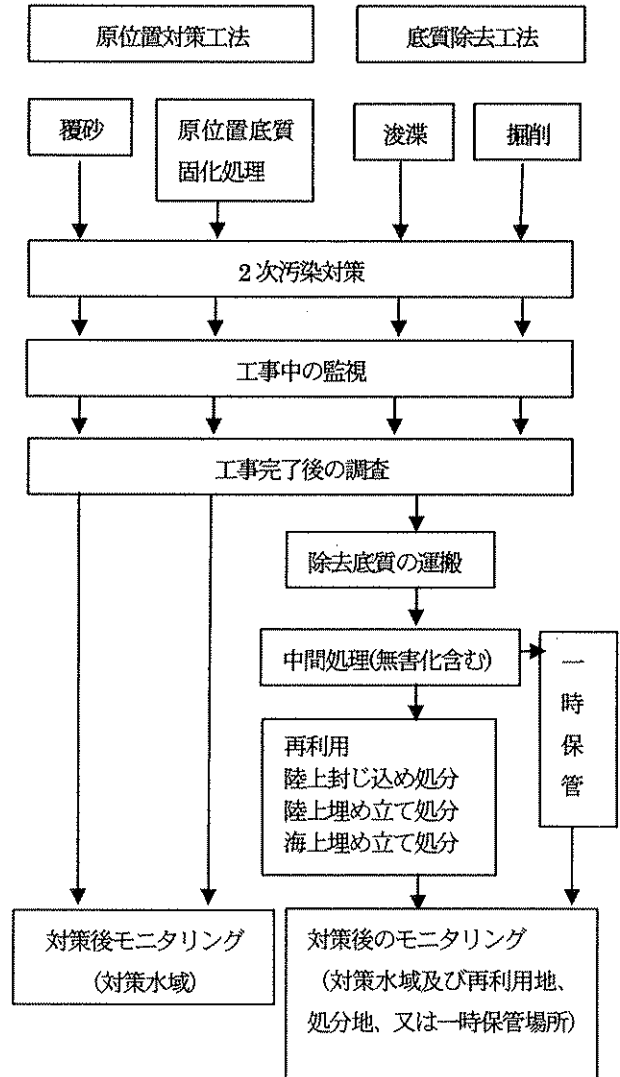


図-2 対策工事の流れ

3.3.1 原位置対策工法

原位置対策工法は、汚染底質の移動を伴わない、汚染底質の処分が不要であること等から、工費は比較的安価である。その一方で、水底にダイオキシン類が残るため、異常気象等に伴い対策工が破損等した場合にダイオキシン類が水中に拡散するリスクを内在する、河川環境の根本的な改善とならない、対策の結果として水深が減少するため舟運等の水域利用や治水対策との整合性が問題になる場合がある、ダイオキシン類の流入が続いている場合は持続的な対策とならない、といった短所を有しており、また当該汚染水域が周辺地下水の供給源となっており、かつ周辺地下水のダイオキシン類濃度が水質環境基準値(1pg-TEQ/L)を越えている場合は、原則適用できない。

対策効果の持続性が課題となるため、継続的なモニタリングが必要であり、将来的な費用を含めた総費用としては、必ずしも安価にならないことに十分留意する必要がある。

(1) 覆砂

覆砂工法は、汚染底質を砂で被覆し、汚染底質と水との接触を低減するとともに、汚染底質への流体力の作用を阻止することにより、ダイオキシン類の巻上や溶出を抑制するとともに、生物によるダイオキシン類の摂取を低減するものである。覆砂工の検討では、①流れや波浪、水底地形等に対する覆砂工の安定性、②ダイオキシン類の溶出抑制効果、③水生生物と汚染底質の隔離、④施工精度やめり込み厚、⑤水域利用や治水計画等との整合性項目について検討し、覆砂材料及び覆砂厚を決定する必要がある。

覆砂工によるダイオキシン類の溶出抑制効果については、有機物等の溶出抑制効果に関する調査結果とダイオキシン類の大部分が有機物等に付着した形で移動することから類推すると、一般に覆砂材料の粒径が小さく、覆砂厚が大きいほどダイオキシン類の溶出抑制効果は高く、30cm以上の覆砂厚があれば一定の効果を確保できると考えられる。

(2) 原位置底質固化処理

原位置底質固化処理工法は、汚染底質をセメント等で固化、結合させ、底質間隙への水の侵入や汚染底質の拡散を防ぐことにより、ダイオキシン類の水への巻上や溶出、生物による摂取を抑制するものである。固化材は水硬セメントを基本とし、所要の強度、溶出低減効果を確保するため必要な量を、汚染底質層に添加する。強度の目安としては一軸圧縮強度で196kN/m²(2.0kgf/cm²)程度を確保することが目安となり、ダイオキシン類の溶

出抑制効果については、固化された汚染底質に対して浸透・分配試験(環境庁告示13号)を行い、溶出量が1pg-TEQ/L以下であることを確認する必要がある。環境省が河床と海底の1000pg-TEQ/g近いダイオキシン類汚染底質を用いて行った実験では、セメント添加量が100kg/m³以上あれば、固化底質が破壊・粉碎され、粒子が水中に巻き上がった状態でも、水への移行量は環境基準値の1pg-TEQ/Lより十分小さいことが確認されている。

固化工法を大きく分類すると、比較的浅い土層(深度3m程度まで)を固化する表層混合処理工法と、比較的深い土層まで固化処理が可能な深層混合処理工法に分類されるが、締切・排水後陸上施工する場合は表層混合処理工法が、水上施工の場合は深層混合処理工法がより高い適用性を有すると考えられる。

3.3.2 底質除去工法

底質除去工法では、水底のダイオキシン類を除去するため、水や魚介類を介した人への曝露経路については、ほぼ完全な遮断が可能であるとともに、河川・湖沼環境の根本的な回復が望めるため、基本的に本工法を適用することが望ましい。しかし、周辺構造物に影響が生じたり、底質の処分に高額な費用を要する場合がある。底質の処分方法には、陸上埋立処分、海面埋立処分、陸上封じ込め処分、無害化処理した上での再利用等があり、除去底質の汚染レベルに応じて、適切な方法や処分施設の構造を選ぶ必要がある。一般に、ダイオキシン類濃度が高いほど、処分費用が高額になるとともに、処分地周辺住民の理解を得るのが困難となる。

(1) 浚渫

浚渫は浚渫船による水上施工により、汚染底質を除去するものであり、汚染底質の巻上げ、拡散による2次汚染を防止するため、施工に伴う濁りの発生の少ない方式や、比較的表層に集中していると考えられる高濃度のダイオキシン類を高い含泥率で除去できる高濃度薄層浚渫船、ポンプ式汚泥浚渫船(カッターレスポンプ浚渫船)、密閉式グラブ浚渫船の適用性が高いと考えられる。また、必要に応じて汚濁防止工の設置等について検討する必要がある。

(2) 掘削

掘削は水域を遮水矢板等で締め切り、締切内を排水することにより、気中施工として底質を除去するものである。水域が広く、水深が大きい場合には、締切や排水が大規模になるため工費が増大するが、簡易な陸上機械での施工が可能となり、気中施工となるため確実な施工管理が可能となる。また、排水後の水底が軟弱で陸上施工

機械の乗り入れが困難な場合は、仮設栈橋や土質改良等により、足場を確保する必要がある。

3.4 2次汚染防止対策

ダイオキシン類汚染底質の対策工事においては、少なからず汚染底質を攪乱・巻き上げるため、これに伴うダイオキシン類の水中への拡散に十分注意するとともに、水質環境基準を超える2次汚染が予想される場合は、利水や漁業等に影響を及ぼさないよう対策を講じる必要がある。2次汚染対策の検討は、「底質の処理・処分等に関

する指針」に準じ、図-3の手順で行うものとする。

(1) 工事水域、基本監視点等及び監視基準値の設定

2次汚染対策の基本条件となる工事水域、基本監視点及び基本監視点における水質を予察するための補助監視点を設定する(図-4参照)。取水地点や漁場等に工事の影響が及ばないように工事水域を設定するとともに、水質への影響が最も大きいと考えられる工事水域境界上に2地点以上の基本監視点を、また基本監視点における水質を予察できる位置に補助監視点を設定する。また、水質のバックグラウンド値や環境基準を踏まえた上で、現況の水質を悪化させない範囲で、基本監視地点の水質監視基準値を設定する。

(2) 汚濁拡散防止対策の検討

汚濁防止柵や汚濁防止膜の適用性や、これらの組み合わせ使用等について検討する。

(3) 工事に伴うダイオキシン類拡散予測と汚濁拡散防止対策の決定

汚濁拡散防止工の使用案ごとに、工事中の基本監視点におけるダイオキシン類濃度を予測し、その結果を基に汚濁拡散防止対策を決定する。ダイオキシン類の濃度予測については、あらかじめ工事に伴うSSの拡散予測計算を行い、この結果と別途求めたSSとダイオキシン類濃度の関係からダイオキシン類濃度を予測することができる。

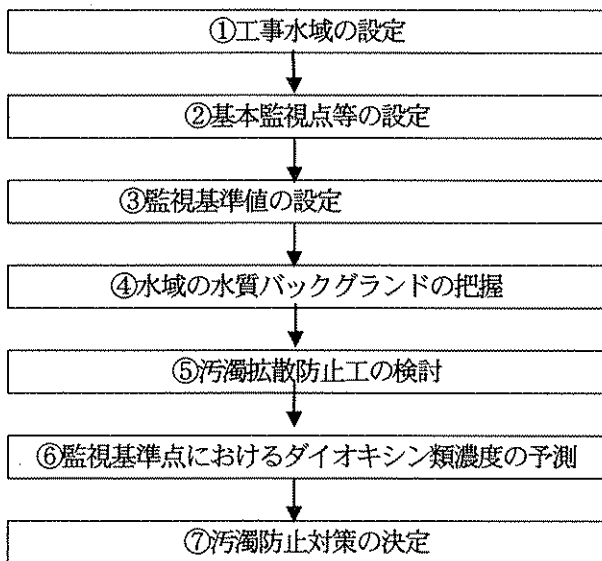


図-3 2次汚染対策の検討の流れ

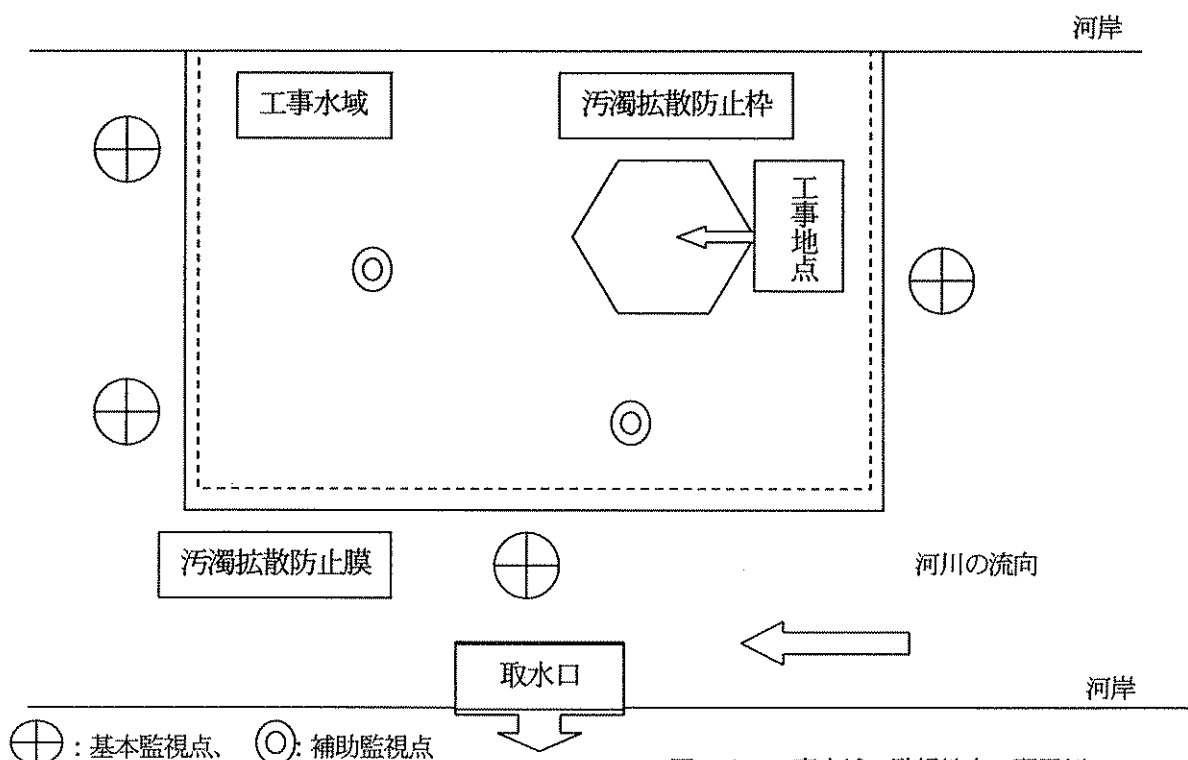


図-4 工事水域、監視地点の配置例

3.5 工事中の水質監視

工事中の水質監視は、「底質の処理・処分等に関する指針」に従い行うものとし、基本監視点や補助監視点におけるダイオキシン類の監視には、ダイオキシン類とSSや濁度の関係を把握した上で、SSや濁度を代替指標として行う。なお、工事中の水質監視の結果が監視基準に適合しない場合は、以下の通り、工事を中断する等の所要の措置を講じるものとする。

①水質ダイオキシン類について、基本監視点における水質調査結果が監視基準に適合しない場合又はその恐れがある場合は、直ちに工事を中断し、その原因を究明した上、必要な措置をとる。

②生活環境項目について、基本監視点における水質調査結果が、監視基準に適合しない場合、補助監視点の水質調査結果が監視基準に適合しない場合又は工事地点周辺の水質に異常が認められた場合は、監視を強化し、その原因を究明するとともに、必要に応じて工事速度を減ずるか又は工事を中断するなど、早急に環境基準が達成されるよう所要の措置を講ずる。

3.6 除去底質の中間処理工法

中間処理工法は除去底質のワーカビリティの向上、減容化、不溶化、無害化等を目的として行うものであり、脱水、固化、分級、無害化等の処理及びこれらの処理に伴い生じた余水の処理からなる（ダイオキシン類の水質排出基準値は10pg-TEQ/l）。

(1) 脱水

脱水処理は運搬や処分における底質のワーカビリティの向上、汚染水の浸出防止、減量化等を目的として行われるものである。工法としては、標準型フィルタープレス、高圧薄層型フィルタープレス、高圧型フィルタープレスは作業中の密閉度が高く、遠隔操作も可能であるため、ダイオキシン類汚染底質の処理には適用性が高いと考えられる。

(2) 固化処理

固化処理は除去底質の拡散や浸出水の発生を防止することを目的として行われる。工法としては、管中固化工法、仮置場混合方式、プラント混合方式があり、除去底質の含水比や処理量に応じて適切な工法を選定する必要がある。

(3) 分級

分級は、除去底質について、ダイオキシン類がより付着していると考えられる細粒成分と比較的清浄と考えられる粗粒成分やゴミ等を選別することにより、汚染濃度や粒径別の処理を可能とし、処理効率全体を向上させるものである。

(4) 無害化処理

ダイオキシン類の無害化技術については、これまでに①溶融固化法、②アルカリ触媒化学分解法等の技術が開発されており、溶融固化法については、和歌山県においてダイオキシン類汚染土の無害化処理を安全に施工した実績を残している。

しかし、現状においては、いずれの技術も単位処理量当たりの費用が高額で、大量の汚染底質の発生が想定される河川・湖沼のダイオキシン類対策への適用は容易でないため、極めてダイオキシン類濃度の高い比較的少量の汚染底質に対して重点的に適用するか、より安価な技術が開発されるまで、安全な場所に一時保管することが考えられる。

(5) 余水処理

ダイオキシン類の水質排出基準値は10pg-TEQ/lであり、中間処理場や埋立処分地等からの排水がこれを越える場合は、周辺公共用水域を汚染しないよう適切な処理を実施する必要がある。余水の処理方式は、余水中の不純物質の濃度、粒子の大きさ及び溶存物質等に応じて適切なものを適用する。

3.7 除去底質の処分

除去底質もしくは無害化処理等された底質の処分に当たっては、処分時点のダイオキシン類濃度に応じて適切な処分方法を選定するものとする。ダイオキシン類濃度に応じた適用可能な処分方法は、以下の通りである。

①1000pg-TEQ/g以下

底質のダイオキシン類濃度が1000pg-TEQ/g以下の場合は、陸上で再利用することができる。除去底質については、汚染土の監視、拡散防止のため、公共用地で使用するを原則とする。再利用にあたっては、環境基準を超える浸出水の発生を防止するとともに、汚染土には覆土や植樹、シート掛け等を行い、風による拡散を防止する他、ダイオキシン類濃度が150pg-TEQ/gを超える場合は、降雨等により水域へ流出することを防止するための対策を講じる必要がある。また、ダイオキシン類の拡散を防止し、管理を徹底するため、再利用は原則官地に限り、運搬等は行わないものとする

②1000pg-TEQ/g～3000pg-TEQ/g

底質のダイオキシン類濃度が1000pg-TEQ/g超の場合は、土壌の環境基準を超えており、再利用することはできない。このため、陸上埋立処分、海面埋立処分、陸上封じ込め処分とするか、もしくは無害化処理を前提とした一時保管を行うものとする。

③3000pg-TEQ/g～

底質のダイオキシン類濃度が3000pg-TEQ/g超の場合

は無害化を原則とするが、大量の底質に適用可能な無害化技術が未確立であることから、当面無害化処理を前提とした一時保管でもよいものとする。なお、一時保管の形態は、陸上埋め立て処分、もしくは陸上封じ込め処分とする。

3.8 対策後の監視・管理

工事完了後の調査により工事の成果が確認され、対策が終了した後においても、対策効果の持続、対策工の安定性、新たなダイオキシン類の流入等について引き続き調査を実施するものとし、対策工の破損や所要の対策効果が持続されていないことが確認された場合は、必要に応じて補修等の適切な対策を講じるものとする。

3.9 情報公開

ダイオキシン類の詳細調査や対策に当たっては、調査及び対策の実施者が、関係地方公共団体及び地元関係者に対して当該事業に関する情報を保管・提供することが重要である。

4. まとめ

本研究では、河川・湖沼における底質のダイオキシン類汚染実態の把握及び、ダイオキシン類汚染底質対策に関する検討を行い、以下の成果が得られた。

1) 平成13年度に全国の河川・湖沼で実施された調査では、計1769地点の平均は8.0pg-TEQ/gで、環境基準を超えたのは、そのうちわずか12地点であったが、690pg-TEQ/gに上る高濃度汚染域も存在することが分かった。

2) ダイオキシン類対策の観点から、既存の汚泥対策技術の適用性を検討し、ダイオキシン類汚染底質に関する一連の工程、技術事項及び留意事項等を整理し、対策マニュアルを作成した。この成果の内容は、現在作成中の河川局のダイオキシン類対策マニュアルにも反映されている。

参考文献

- 1) 環境省：「ダイオキシン類による大気汚染、水質汚濁（水底の底質汚染を含む。）及び土壌汚染に係わる環境基準について（平成14年環境省告示第46号）」、2002年
- 2) 環境省環境管理水環境部：「ダイオキシン類対策特別措置法に基づく底質環境基準の試行について」、2002年
- 3) 環境省環境管理水環境部：「底質の処理・処分等に関する指針」、2002年
- 4) 環境庁水質保全局水質管理課：「ダイオキシン類に係わる底質調査マニュアル」、2000年
- 5) 千山善幸：「沿岸の環境圏、第5章底質改良技術第1節覆砂の設計」、1989年
- 6) 運輸省第三港湾建設局編：「広島湾（呉湾）底質浄化調査報告書」、1987年
- 7) G. トーン（堀越増典、堀越トシ訳）：「海の生物、その環境と生態」、平凡社、1975年
- 8) 国土交通省港湾局：「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針」（平成15年2月、国土交通省港湾局）、2003年
- 9) 運輸省港湾局：「特定水底土砂及び海洋汚染防止法施工令第5条第2項第2号に掲げる水底土砂等の固形化に関する基準（運輸省告示第419号）」、1977年
- 10) セメント協会：「セメント系固着材による地盤改良マニュアル」（社）、技法堂出版社、1994年