

## 4 . 最終処分

### 4.1 最終処分方法の選定

浚渫・掘削除去した汚染底質は、汚染濃度に応じて、海面埋立処分、陸上処分及び 1000pg-TEQ/g 以下の場合のリスク管理下の利用の中から適切な最終処分方法を選定する。

#### 【解説】

##### ( 1 ) 最終処分の目的

最終処分は、前出の図-3.1.2 に示すとおり、浚渫・掘削除去したダイオキシン類汚染底質の処理・処分の最終段階に位置付けられる。このため、最終処分された汚染底質が含有するダイオキシン類により、大気、公共用水域および地下水ならびに土壌が汚染されることがないように配慮しなければならない。

##### ( 2 ) 最終処分方法の選定

現段階で考えられるダイオキシン汚染底質の最終処分方法の選定フローを図-4.1.1 に示す。

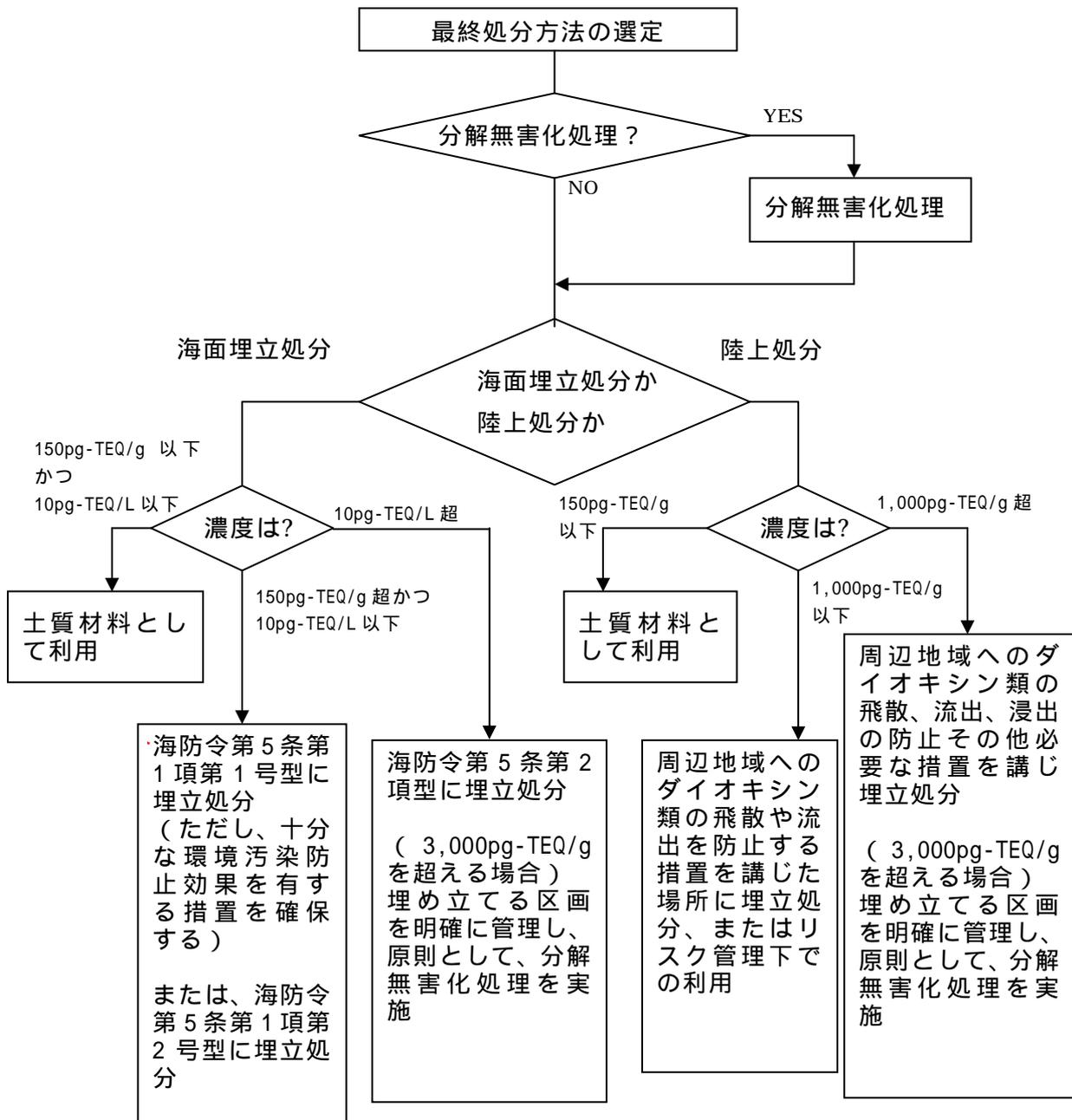


図-4.1.1 最終処分法の選定フロー

## 4.2 海面埋立処分

浚渫・掘削除去した汚染底質を海面埋立処分する場合、汚染底質の濃度に応じて適切な護岸構造を有する処分場を選択するとともに、周辺環境に汚染を拡散させることのないよう、適切な措置を講じるものとする。

### 【解説】

海面埋立処分に当たっては、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」の適用を受けることから、同法施行令及び同法に基づく環境省令、同省指針等に従って対応するものとする。特に具体的な処分方法については、以下によると共に、「ダイオキシン類を含む水底土砂の取扱に関する指針について（平成 15 年 9 月 26 日環境省通知）」によることとする。

(1) ダイオキシン類濃度が、含有濃度で 150pg-TEQ/g を超え、かつ、溶出濃度で 10pg-TEQ/L 以下の場合

以下の、周辺海域への十分な環境汚染防止策を講じた上で「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第 5 条第 1 項第 1 号」に規定する埋立場所(以下、海防令第 5 条第 1 項第 1 号型処分場という。)に埋立処分する。

海域へのダイオキシン類の流出や飛散による健康リスクを回避するため、護岸からの濁りの流出を防止する護岸構造とし、埋立地の中の的確な管理を行っている区域の部分にダイオキシン類を含有した底質を投入するとともに、埋立地周辺に監視点を設けて十分なモニタリングを行うこととする。

特に開口部からの流出を防止するため、埋立処分時の汚濁発生に対して汚濁拡散計算による確認、流下距離の確保、開口部におけるモニタリングなど、暴露リスク低減に必要な措置を講ずるものとする。

また、セメント固化処理等により、上記の暴露リスク低減措置と同等の効果を発揮させることも考えられる。

なお、モニタリング項目、方法、頻度などについては 5.3 工事中のモニタリングを参照すること。

また、上記の特段の措置をとらずに、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第 5 条第 1 項第 2 号」に規定する埋立場所(以下、海防令第 5 条第 1 項第 2 号型処分場という。)に埋立処分することができる。

加えて、いずれの処分場の場合も、埋立の進捗に伴い、表層土の流出、飛散を防止するために、必要に応じて覆土を行うことが必要である。また、残留水や雨水の管理を適切に行い、ダイオキシン類の周辺への流出を防止する必要がある。

( 2 ) ダイオキシン類濃度が、溶出濃度で 10pg-TEQ/L を超える場合

「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行令第 5 条第 2 項」に規定する埋立場所（以下、海防令第 5 条第 2 項型処分場という。）に埋立処分する。

なお、含有濃度が 3,000pg-TEQ/g を超える底質については、海防令第 5 条第 2 項型処分場の中で、埋立てる区画を明確に管理し、技術の動向、経済性等を踏まえ、分解無害化処理を実施するものとする。

また、溶出濃度が 10pg-TEQ/L を超え、含有濃度が 3000pg-TEQ/g 以下の底質を海防令第 5 条第 2 項型処分場に処分する場合についても、分解無害化処理を実施することが望ましい。

分解無害化処理により溶出濃度を 10pg-TEQ/L 以下に低減させた場合は、( 1 ) 等に準じて、海防令第 5 条第 1 項第 1 号型（または同第 2 号型）に埋立処分できる。

加えて、埋立の進捗に伴い、表層土の流出、飛散を防止するために、埋立の進捗が完了段階に近づき埋立地内の水分が無くなってきた以降は、覆土を行うことが必要である。また、残留水や雨水の管理を適切に行い、ダイオキシン類の周辺への流出・浸出を防止する必要がある。

#### 4.3 陸上処分

浚渫・掘削除去した汚染底質を陸上処分する場合、汚染底質の濃度に応じて汚染の流出等を防止する適切な構造を選択するとともに、周辺環境に汚染を拡散させることのないよう、適切な措置を講じるものとする。

##### 【解説】

##### (1) ダイオキシン類濃度が 1,000pg-TEQ/g 以下の場合

周辺地域へのダイオキシン類の飛散、流出の防止その他の必要な措置を講じ、埋立処分する。その際、埋立地周辺のモニタリングを行うなど、十分な管理を行うこととする。また、ダイオキシン類以外の物質等についても周辺の生活環境に支障がないよう措置を講じる必要がある。

##### (2) ダイオキシン類濃度が 1,000pg-TEQ/g を超える場合

周辺地域へのダイオキシン類の飛散、流出、浸出の防止その他必要な措置を講じ、例えば、遮水工封じ込め構造に準じた場所へ埋立処分する。その際、埋立地周辺のモニタリングを行うなど、十分な管理を行うこととする。これらの場合、中間処理などにより減容化を行うことが現実的である。

なお、3,000pg-TEQ/g を超える底質については、埋立てる区画を的確に管理し、技術の動向、経済性等を踏まえ、分解無害化処理を実施するものとする。

また、分解無害化処理により 1,000pg-TEQ/g 以下に低減した場合は(1)に準じた処分とすることができる。

#### 4.4 分解無害化処理

浚渫・掘削除去した汚染底質のうち、中間処理後を含め、ダイオキシン類濃度が3,000pg-TEQ/gを超える場合は、分解無害化処理により、濃度を3,000pg-TEQ/g以下にした後、濃度レベルに応じた最終処分を行う。

##### 【解説】

##### (1) 分解無害化処理の適用

ダイオキシン類に汚染された底質は、恒久的処理として分解無害化処理によって、ダイオキシン類を分解・消滅させるのが理想である。しかしながら、現在の分解無害化処理技術は開発段階にあり、また底質への適用性の検討がなされておらず、処理コストも高い。また、港湾・海域での汚染底質の特徴として扱い土量が多くなることから、技術的、経済的にも分解無害化処理を適用できるケースは多くないものと考えられる。

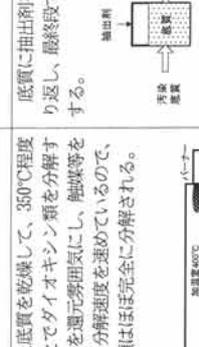
したがって、現段階では、高濃度ほど底質単位重量当たりの分解量および分解効率が高いので、3,000pg-TEQ/g 超の高濃度汚染底質で、最終処分が困難な場合から適用を検討し、順次低濃度の底質へと適用範囲の拡大を進めて行く。

##### (2) 分解無害化処理技術の選定

##### 1) 技術の現況

現在研究開発されているダイオキシン類分解無害化処理技術には、溶融固化法、キルン焼却(焼成)法、低温還元熱分解法、化学分解法、抽出法、バイオレメディエーション法などがある。これらのうちバイオレメディエーションによる分解法は、研究開発段階で、性能も安定していない。現段階で高濃度汚染底質を確実に目標の汚染レベルまで浄化できる技術は、溶融固化法、キルン焼却(焼成)法、低温還元熱分解法、化学分解法、抽出法である。これらの技術の原理、処理方式、特長・欠点、底質への適用性等についての概要を表-4.4.1に示す。いずれの方法でも水分の多い底質は土壌に較べて適用しにくい。

表-4.4.1 高濃度汚染底質に適用可能な分解無害化処理技術

原理図	溶融固化法	キルン焼却(焼成)法	低温還元熱分解法	化学分解法	溶媒抽出法
<p>乾燥汚染底質を投入して、アーク放電、プラズマ、電気抵抗加熱等で1,400℃程度の溶融温度まで高温にし、溶融する。</p>  <p>乾燥汚染底質 溶融 H<sub>2</sub>O スラグ</p> <p>溶融方式</p> <p>ダイオキシン類は分解し、水銀、鉛、亜鉛等の重金属類は揮散し排ガス中に移行し、残留重金属類は溶融処理スラグに閉じ込められるので、無害になる。</p>	<p>回転型のロータリーキルンには、図に示すように乾燥、焼却、焼成の3つに区分されている。</p>  <p>乾燥 100℃ 焼却 800℃ 焼成 1000℃</p> <p>キルン焼却方式</p> <p>汚泥、ゴミのガス化溶融あるいは軽質骨材、セメント製造等広く適用されている。直接加熱方式で排ガス量が多く、排ガス処理は、ゴミ焼却施設と同じダイオキシン類対策が必要である。排ガスは、高温にしてダイオキシン類を分解した後急冷するので、熱回収ができず、エネルギー消費量が多い。</p>	<p>間接加熱方式で、500～600℃に加熱し、反応室内は窒素ガス等で還元雰囲気にし、脱塩素する方式である。</p>  <p>還元雰囲気 加熱ジャケット 窒素ガス</p> <p>脱塩素した底質は、下段の反応機で急冷し、ダイオキシン類の再合成を防止している。</p>	<p>脱水処理した底質を乾燥して、350℃程度に加熱することでダイオキシン類を分解する。反応槽内部を還元雰囲気にし、触媒等を添加することで分解速度を速めているので、ダイオキシン類はほぼ完全に分解される。</p>  <p>加熱ジャケット 分解 350℃ 触媒 還元雰囲気</p> <p>有機物を燃焼させないので、排ガス量がキルン法に比べると少ない。従って、排ガス処理が容易である。</p>	<p>底質に抽出剤を混合し、分離する工程を繰り返す。最終段階ではバージンの抽出剤で抽出する。</p>  <p>抽出剤 抽出槽 抽出剤 抽出槽 抽出剤 抽出槽 抽出剤 抽出槽</p> <p>抽出後の底質中には必ず残留する抽出剤があるので、乾燥して抽出剤を回収する。スラリー状で抽出剤と混合でき抽出できるか、脱水ケーキ状で抽出剤と混合できる部分がある開発途上の技術である。</p>	
処理方式	<ol style="list-style-type: none"> <li>① アーク式溶融(3,000～7,000℃のアーケ放電)。</li> <li>② 電気抵抗式溶融(ジオメルト法)。</li> <li>③ プラズマ溶融(10,000～20,000℃のプラズマ流)。</li> <li>④ 表面溶融(バーナーによる溶融)。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 回転型のロータリーキルンには、焼却、焼成、ガス化溶融等の型式がある。</li> <li>② シャフト型のシャフトキルンはガス化溶融方式。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 低温還元熱分解法</li> <li>② 真空加熱分解法</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① アルカリ触媒化学分解法</li> <li>② 金属ナトリウム脱塩素法</li> </ol>	抽出剤の種類に特徴のある抽出方法が提案されている。
特長・欠点	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 大量処理に適した装置である。大規模処理になるほどコストが安い。</li> <li>② 直接加熱で、水分蒸発、燃焼ガス等の排ガス処理量が多い。</li> <li>③ はいじんは、特別管理産業廃棄物として処分する。</li> <li>④ 排ガス中の重金属等を処理する必要があり。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① ダイオキシン類のみを対象とした処理方式で、溶融法、焼却法に比べコストは安い。</li> <li>② 高濃度汚染になるほど処理能力が低下する可能性がある。</li> <li>③ 中濃度中規模処理に適している。</li> <li>④ 排ガス中の重金属等を処理する必要があり。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① ダイオキシン類のみを対象とした処理方式で、溶融法、焼却法に比べコストは安い。</li> <li>② 高濃度汚染になるほど処理能力が低下する可能性がある。</li> <li>③ 中濃度中規模処理に適している。</li> <li>④ 排ガス中の重金属等を処理する必要があり。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 底質中の濃度と抽出剤とが平衡関係にあるので、底質中の濃度レベルを下げると、常にバージンの抽出剤と接触させる必要がある。</li> <li>② 抽出剤は、揮発性物質で大気汚染対策が必要である。</li> <li>③ 抽出した溶媒を適正に処理する必要がある。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 底質中の濃度と抽出剤とが平衡関係にあるので、底質中の濃度レベルを下げると、常にバージンの抽出剤と接触させる必要がある。</li> <li>② 抽出剤は、揮発性物質で大気汚染対策が必要である。</li> <li>③ 抽出した溶媒を適正に処理する必要がある。</li> </ol>
底質への適用性	低濃度から高濃度の広範囲のダイオキシン類濃度に適用される技術である。	低濃度から高濃度の広範囲の焼却灰のダイオキシン類濃度に適用される技術である。	ダイオキシン類のような有機汚染物の分解に適した装置である。中規模、中濃度のダイオキシン類汚染底質に適する方式である。	ダイオキシン類のような有機汚染物の分解に適した装置である。中規模、中濃度のダイオキシン類汚染底質に適する方式である。	ダイオキシン類が少ないの実験例が少なく、開発段階である。

## 2) 調査計画の流れ

分解無害化処理の計画を行うためには、初期要件の設定が必要である。図-4.4.1に示すように、初期要件は、除去底質の処理計画、分解無害化処理プラント設置場所、最終処分方法で構成され、地域特性、周辺環境を考慮して設定する。

次に、これら初期要件および分解無害化処理方式に適した中間処理方式を選定し、各分解無害化処理システムについて性能、処理能力、維持管理、建設費、運転費および環境対策などを検討し、総合的に評価して処理技術を選定する。

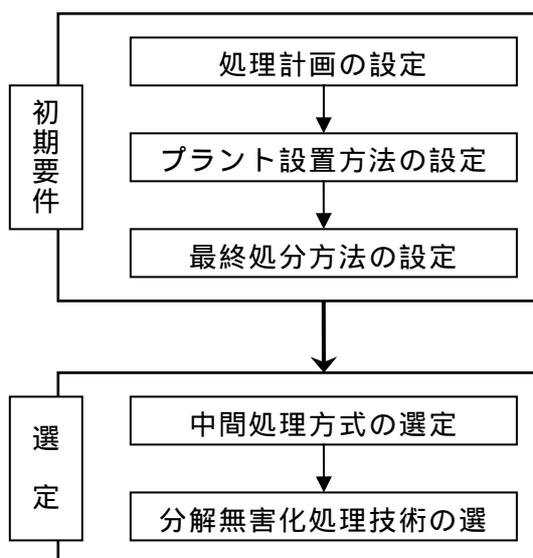


図-4.4.1 調査計画の流れ

## 3) 初期要件の設定

### 除去底質の処理計画

底質の汚染濃度レベルごとの底質の総土量 ( $m^3$ )、底質の基本性状 (含水比、汚染濃度)、計画処理土量 ( $m^3$ /日)、工期 (月)などを設定する。

### プラント設置場所の設定

- ・実プラントの建設用地の確保が可能かどうかを検討する。
- ・プラント建設候補地の周辺環境への影響評価を行い、住民との合意形成を図る必要がある。

この住民説明会などの合意形成の段階で、分解無害化処理方式が絞り込まれる場合がある。

### 最終処分の方法

分解無害化処理土の最終処分の方法は、埋立処分、土質材料としての利用が考えられる。分解無害化処理土の品質は、最終処分の方法により異なり、どのような最終処分を選択するかを設定し、目標とする最終処分の要求品質に適合する最適な分解無害化処理システムを選定する。

#### 4) 分解無害化処理技術の選定

初期要件の設定に基づいて、分解無害化処理システムの詳細な検討を行う。

- ・底質以外について最大規模装置の設計および実施の実績についての調査。
- ・実証試験により、処理性能、処理能力、処理土の汚染濃度レベル（目標値に達しているか）、経済性（設備費、運転費、維持費、分析費など）および環境対策(排ガス、排水、悪臭、騒音などの環境への影響を含む)の実証試験結果の整理。
- ・実証試験規模での実験結果の実装置規模へのスケールアップについての理論あるいは経験則に関する調査。

以上の調査結果に基づいて、さらに下記に示す項目について検討し、最適な分解無害化処理システムを選定する。

- ・技術的実用レベルにあり、汚染底質について最終処分目標値まで処理できる。
- ・設備費、運転費、維持管理費、分析費などの経済性を検討し、経済性が許容範囲である。
- ・自動制御により遠隔操作ができる。
- ・分解物の収支、排ガス、凝縮液、廃棄物などの物質収支が把握されている。
- ・環境汚染防止対策および安全衛生対策が適切に講じられている。

#### (3) 環境汚染防止および安全衛生対策

分解無害化処理施設の建設、操業、撤去などにおける周辺環境への影響防止および施設の運転管理における安全衛生対策を適切に講じる必要がある。

- ・騒音、振動、悪臭、排ガスおよび周辺環境などの監視を実施し、基準を遵守するように管理する。
- ・安全衛生の組織・作業体制を確立し、運転操作、安全対策に関するマニュアルを作成し、安全で適正な運転操作がなされるように教育訓練を実施する。
- ・汚染のレベルに応じて、防護マスク、防護眼鏡、手袋、長靴などを着用する。
- ・作業室内のばいじん濃度、ダイオキシン濃度を測定し、安全性を確認する。

#### 4.5 土質材料としての利用

分解無害化処理等によってダイオキシン類濃度が含有濃度で 150 pg-TEQ/g 以下になった底質は土質材料として利用できる。ただし、含有濃度で 150pg-TEQ/g 以下の底質であっても、養浜、覆砂等水域で有効利用する場合は、溶出濃度で 10pg-TEQ/L 以下であるものに限る。

150pg-TEQ/g を超え 1,000pg-TEQ/g 以下のものを陸上で土質材料として利用する場合は、土壌からの暴露リスクを考慮し、適切な管理の元で利用しなければならない。

#### 【解説】

##### (1) 土壌中ダイオキシン類の暴露リスク

土壌中のダイオキシン類の人への暴露リスクとして、以下のものがある。

###### 1) 土壌からの直接摂取

手などに付着した土壌の摂取や皮膚接触による土壌の直接摂取の経路である。特に、高濃度に汚染された事例が報告されている地域においては、汚染土壌の上での居住・活動により、土壌中のダイオキシン類を直接、人が摂取し、これにより健康被害が生じるおそれがある。

###### 2) 農用地土壌から農畜産物を通じての摂取

農用地土壌中のダイオキシン類が当該土壌の上で生産される農畜産物に移行し、それらが人に摂取されるリスクである。

###### 3) 土壌から水域を通じての摂取

土壌の粒子が水域に移行し、更に食物連鎖を経て水産物を經由するリスクである。ダイオキシン類は難溶性であるが、ごく微量溶出するといわれている。

##### (2) リスク管理下での利用

無害化処理等により濃度が低減されたものも含め、ダイオキシン類濃度が 150pg-TEQ/g を超え 1,000pg-TEQ/g 以下の底質は、陸上において、流出防止等の管理を十分に行うことができれば、地中や堤体内部などへの埋め土材などとして利用しても、人への曝露を防ぐことができる可能性がある。この場合は、周辺環境への流出・漏出の可能性のない場所を選定し、モニタリングを始め、十分な管理を継続しつつ利用することが必要となる。

##### (3) ダイオキシン類濃度が 150pg-TEQ/g 以下の場合

分解無害化処理等によってダイオキシン類濃度が 150 pg-TEQ/g 以下となった底質は、土質材料として利用できる。ただし、含有濃度で 150pg-TEQ/g 以下の底質であっても、養浜、覆砂等水域で有効利用する場合は、溶出濃度で 10pg-TEQ/L 以下であるものに限る。