

河川堤防の質的整備の推進に関するガイドラインについて

国土交通省河川局治水課

課長補佐 山田 哲也



はじめに

河川堤防は、住民の生命と資産を洪水から防御するきわめて重要な河川構造物である。しかし、その多くは築造の履歴や材料構成が不明確なため、堤防の安全性評価が非常に難しく、工学的に体系化された設計法の確立が必要とされている。

このような中、国土交通省では、平成14年7月「河川堤防設計指針」をとりまとめ、河川堤防の耐浸透、耐侵食、耐震について所要の機能を確保するために必要な調査・対策の考え方を明確化した。さらに堤防の耐浸透機能および耐侵食機能に関して平成15年5月に「堤防の質的整備に関する技術検討委員会」（委員長：広島工業大学 宇野尚雄教授）を設置し、質的整備の推進に必要となる堤防強化工法選定の考え方やモニタリング方法の検討を進めるとともに、平成16年3月には、委員会での検討結果を踏まえ、「河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）」および「河川堤防モニタリング技術ガイドライン（案）」を策定した。

本稿では、これらのガイドライン（案）に関する具体的な内容と今後の堤防整備の進め方について報告する。



河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）

河川堤防は「計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とする」とされており、河川の水位が計画高水位以下では、河川堤防の安全性が確保されなければならない。「河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）」では、河川堤防の耐浸透機能および耐侵食機能に関する所要の安全性を確保するため、質的整備における堤防強化工法選定の考え方をとりまとめた。

(1) 堤防強化区間の設定

堤防の強化工法の選定に当たっては、堤防強化区間の設定が必要である。強化区間は堤防の安全性に関する照査結果や、堤防の背後地の状況などを勘案して設定される。対象とする区間の堤防が基本断面形状を満たしていない場合には、原則として、基本断面形状を確保する。

(2) 一次選定（安全性の評価）

堤防の安全性を確保する工法の検討に当たっては、耐浸透機能および耐侵食機能に関する堤防強化の基本的考え方を十分に踏まえ、所要の安全性を確保できる構造となるような工法を選定する。

1) 堤防強化の基本的考え方

① 耐浸透機能

- ・堤体には剪断強度の大きい材料を使用する。

- ・堤体内に浸透した水および表面水を速やかに排除する。
- ・表法面や天端等での浸透を防止する。

② 耐侵食機能

- ・堤体表法面の侵食耐力を強化する。
- ・侵食外力を軽減する。
- ・上記両者の複合。

2) 堤防強化工法例

① ドレーン工法

河川堤防に浸透した水が裏側にまで到達して滲出すると、水と一緒に堤体を構成する土砂が流出し、危険な状態になる。このような現象を避けるために、河川堤防の法尻部に水を透過させるドレーン部を設け、堤体の土砂流出を防ぐとともに、堤体に浸透した水を速やかに排出する(図 1)。

② 川表遮水工法

河川堤防の地盤に水が浸透しやすい場合、堤防の表側に遮水壁を設け、動水勾配を小さくし、地盤の浸透量を低減する(図 2)。

③ 侵食対策

コンクリートブロックや蛇籠などで堤防の表側を覆い、洪水で侵食されにくい構造とする(図 3)。

(3) 二次選定(適用性の評価)

一次選定された堤防強化工法について「維持管理」「経済性」「施工性」「事業執行」「堤体材料・地盤とのなじみ、構造物との関係」「環境・利用」の観点から適用性を評価し、適切な工法を二次選定する(図 4)。各観点に関する具体的な考え方を示す。

1) 維持管理

堤防強化実施後における維持管理の容易さが重要であり、以下について検討する。

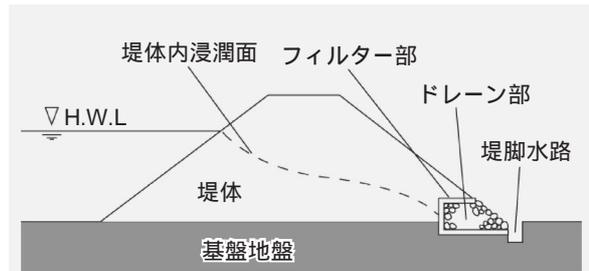
① 状況把握の容易さ

- ・地震、軟弱地盤、地下水等の影響による変状、劣化の把握しやすさ

② 修繕の容易さ

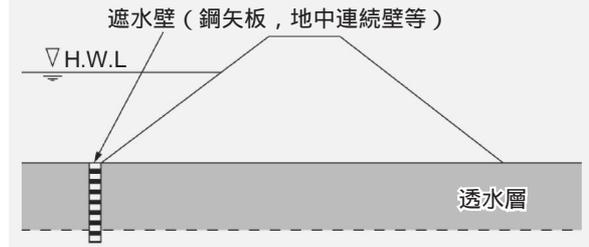
- ・劣化に対する補修工事の迅速性・経済性

③ 機能の持続性



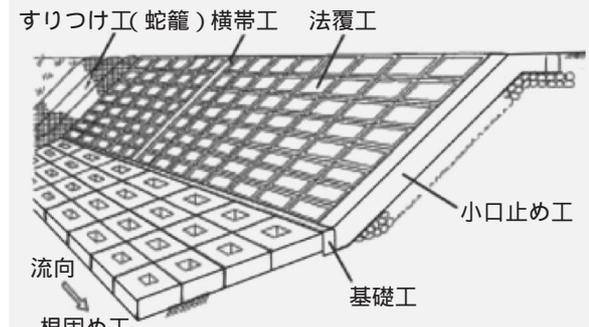
出典：ドレーン工設計マニュアル
平成10年3月 財団法人国土技術研究センター

図 1 ドレーン工法



出典：河川堤防の構造検討の手引き
平成14年7月 財団法人国土技術研究センター

図 2 川表遮水工法



出典：護岸の力学設計工
平成11年2月 財団法人国土技術研究センター

図 3 侵食対策

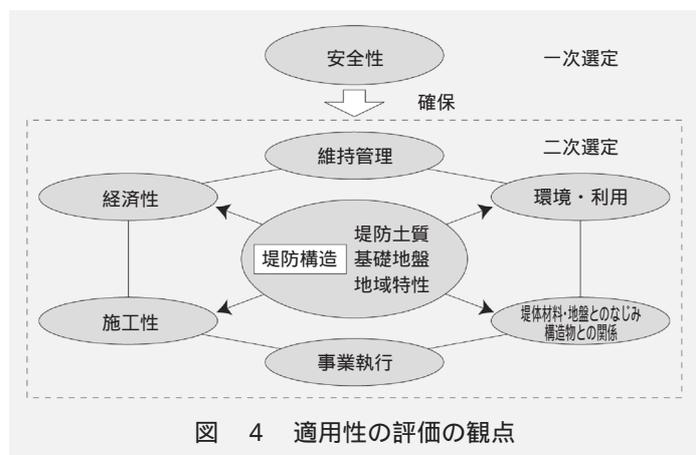


図 4 適用性の評価の観点

- ・堤防強化の効果の持続性やその確認の容易さ
- ・特に、シート等の破損や腐食、フィルター材の目詰まり等、経年的に発生する材料の機能

劣化および地震，軟弱地盤，地下水等の影響による材料の機能劣化

2) 経済性

堤防強化の効果を勘案した上で，維持管理費も含めたトータルコストが最も適正であることが重要である。このため，堤防強化に係る費用について，複数の堤防強化工法を組み合わせた場合も含めて，維持管理費を含めたトータルコストを比較し，投資と効果のバランス等について検討する。

3) 施工性

堤防強化に当たっては，施工により弱点等が生じない等，施工の信頼性・確実性が高い工法を選定する。さらに施工の迅速性についても検討する。

4) 事業執行

円滑な事業執行を行うため，対策実施による地域への影響を把握する。

5) 堤体材料・地盤とのなじみ，構造物との関係
堤防強化部分が堤防の一部として機能するよう，以下について検討する。

① 堤体材料，地盤とのなじみ

・堤防強化工法の施工による堤体等への影響の有無および堤防全体の変形への追従性

② 構造物との関係

・樋門・樋管等，既設の構造物との境界部は弱点となりやすいため，検討が必要

6) 環境・利用

堤防強化にあたっては，周辺の河川環境に及ぼす影響をできる限り回避・低減することが重要であり，以下について検討する。

① 生物の生息・生育環境への影響

・堤防強化の実施による生物の生息・生育環境への影響

② 景観への影響

・周辺の景観との調和，景観の連続性，色彩等

③ 河川利用への影響

・河川空間の利用状況等を踏まえ，横断形状の連続性等

④ 地下水への影響

・堤内地における地下水利用と地下水流の方向

(4) 堤防強化工法の決定

一次および二次の選定結果を踏まえ，さらに，河川の上下流部との構造的な連続性，樋門等の構造物の設置状況などを勘案して，総合的に検討を行い堤防強化工法を決定する。

特に，特定の機能に対する強化工法は，他の機能を低下させることもあり，全体としてバランスの取れた堤防構造となるように調整するとともに，上下流あるいは左右岸の間の構造物の連続性・整合性についても配慮する。また，構造物の境界部が弱点部とならないようにすることも重要である。



河川堤防モニタリング技術 ガイドライン（案）

「河川堤防モニタリング技術ガイドライン（案）」では，計画高水位以下の水位における河川堤防の耐浸透機能および耐侵食機能に関する安全性・信頼性を維持し，高めていくために必要なモニタリングの標準的な内容をとりまとめた。

モニタリングの目的は，堤防の要注意箇所を把握し，堤防強化技術の検証に大別される。

(1) 堤防の要注意箇所の把握

河川堤防の安全性を高めるため，洪水に対する安全性が相対的に低い要注意箇所（図 5）の把握技術の高度化を図り，堤防強化を実施する箇所を的確に把握する。なお，要注意箇所の把握は原則として目視で行うが，必要に応じて計測機器に

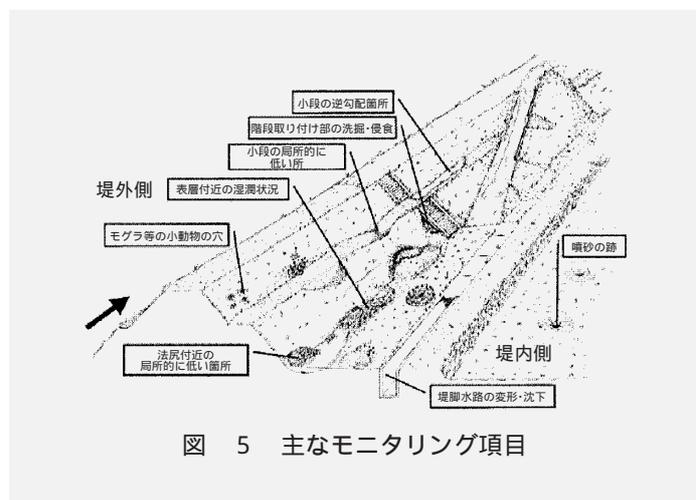


図 5 主なモニタリング項目

よるモニタリングも試行する。

モニタリング項目は堤防の安全性に影響を及ぼす現象について当該河川の実態，実施時期，対象とする機能に応じて適切に設定する。標準的なモニタリング項目を表 1 に示す。

(2) 堤防強化技術の検証

河川堤防の不安定化，あるいは変形のメカニズム等については現時点においてもすべてが解決されたわけではなく，今後河川堤防の安全性の向上

を図るため，「河川堤防質的整備技術ガイドライン（案）」に示す堤防の安全性照査手法の適用性や堤防強化工法の効果を検証する。堤防強化工法の検証は原則として計測機器により実施する。観測に当たっては，堤防・基礎地盤の土質構成，堤体の規模，河道の状況等を十分に考慮し，適切に計測機器を配置する。なお，機器の設置に際しては，設置条件や耐用年数，メンテナンスについても十分に配慮する。具体的なモニタリング項目を

表 1 目視点検等による標準的なモニタリング項目

	洪水中	洪水直後	平常時
河道内		・水制，ベーン工等の変状	・湾曲部，横断工作物下流等における深掘れ
高水敷， 低水護岸	・高水敷の侵食・水面の段差や渦，泡	・高水敷の侵食・低水護岸の変状・高水敷樹木の倒伏	・低水護岸の基礎部の変状
表法面， 高水・堤防護岸	・法面の侵食・亀裂・護岸や侵食防止シート等，耐侵食構造物の変状	・法面の侵食・亀裂 ・法面のはらみだし ・護岸および護岸基礎の変状・侵食防止シート等，耐侵食構造物の変状 ・護岸と堤防境界における侵食等の変状 ・覆土の流失	・張芝の状況や人畜による踏み荒らし，車両のわだち状況 ・法面の亀裂 ・護岸や侵食防止シート等，耐侵食構造物の変状 ・護岸の基礎部の変状 ・坂路・階段取付け部の洗掘，侵食 ・モグラ等の小動物の穴
天端	・亀裂・水溜り・天端舗装端部侵食	・亀裂 ・水溜り ・天端舗装端部侵食	・亀裂 ・局所的に低い箇所の有無 ・天端舗装端部の状況
裏法面	・法面の変状・亀裂・小段付近の漏水・法面および小段の泥濁化・小段の水溜り	・法面の変状・亀裂 ・小段付近からの漏水 ・法面および小段の泥濁化 ・小段の水溜り	・張芝の状況や人畜による踏み荒らし，車両のわだち状況 ・法面の亀裂 ・小段の逆勾配箇所や局所的に低い箇所の有無 ・坂路・階段取付け部の洗掘，侵食 ・モグラ等の小動物の穴
裏法尻	・法尻の変状・法尻付近漏水，噴砂・法尻の泥濁化・堤脚保護工（腰積み）の変形，沈下	・法尻の変状 ・法尻付近漏水，噴砂 ・法尻の泥濁化 ・しぼり水の有無 ・堤脚保護工（腰積み）の変形，沈下	・表層付近の湿潤状態 ・局所的に低い箇所の有無 ・しぼり水の有無 ・モグラ等の小動物の穴 ・堤脚保護工の変形
堤脚水路	・堤脚水路の継目からの漏水，噴砂	・堤脚水路の継目からの漏水，噴砂	・水路の変形，沈下
堤内地	・法尻付近の噴砂・地盤の隆起・陥没	・法尻付近の噴砂・地盤の隆起・陥没・稲刈り後の田の噴砂	・表層付近の湿潤状態
樋門等構造物周辺	・胸壁・翼壁の接合部付近からの漏水，噴砂・堤防との接合部からの漏水，噴砂・堤内地水路の水の色	・胸壁・翼壁の接合部付近からの漏水，噴砂・堤防との接合部からの漏水，噴砂・堤内地水路の水の色	・取付け護岸の変形・クラック ・施設周辺の堤防との段差（抜けあがり） ・胸壁・翼壁等の部材接合部の開口

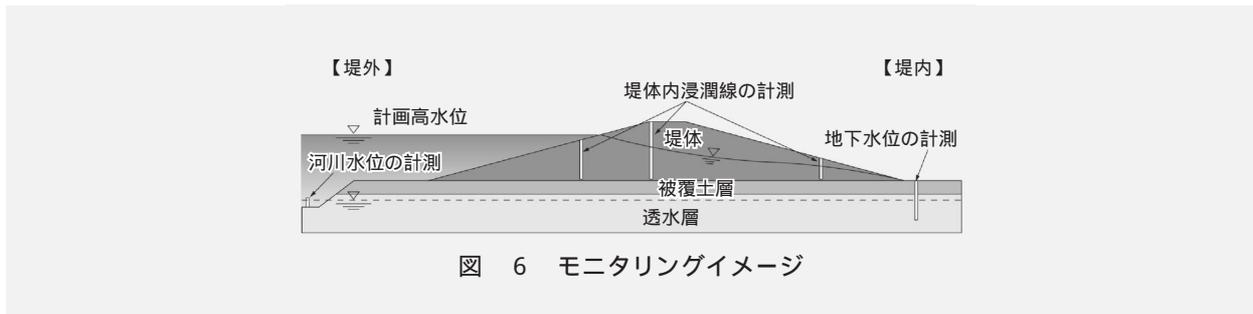


図 6 モニタリングイメージ

以下に示す。

1) 安全性照査手法の適用性

① 耐浸透機能

- ・堤体内および地盤内の浸潤線の位置を把握するために、堤体内水位観測を少なくとも3カ所、地下水位観測、雨量観測、河川水位観測をおのの1カ所で行う。なお、観測に当たっては、堤防の土質構成や強度を十分に把握しておく(図6)。

② 耐侵食機能

- ・洪水が堤防を侵食する力を把握するために、河川の水位(ハイドログラフ)、流れの向き、流れの速さ、洪水の水位の痕跡を観測する。
- ・平常時において根毛量を調査する。また、主流路(低水路)からの側方侵食、洗掘現象に対しては、洪水前後の測量や航空写真を用いて侵食の状況の把握を行う。
- ・定量的には洗掘センサーを用いて侵食・洗掘状況の経時的変化を把握する。

2) 堤防強化工法の効果

- ・各堤防強化工法の原理を考慮し、効果が適切に評価できるように計測項目を設定する。なお、堤防強化工法の効果の把握に当たっては、堤防強化の実施前あるいは類似箇所においても観測を行い、観測結果を比較検討することにより検証することが望ましい。

(3) モニタリング結果の蓄積および分析

モニタリングを行った結果は、電子情報として蓄積し定期的に分析する。分析結果は各種技術基準の改定に反映させるとともに、堤防管理技術の高度化に向けた検討に活用する。



4 今後の堤防整備

国土交通省では、平成16年6月に直轄河川堤防約1万1,000kmのうち、約2,000kmを点検した結果、水位が計画高水位に達した時の浸透破壊に対する安全性が、約4割の区間で確保されておらず、最終的には未調査区間約8,000kmを含め約3割の区間で安全性が確保されていない可能性がある」と公表した。

さらに先般の平成16年7月新潟・福島豪雨や平成16年7月福井豪雨では、都道府県管理の河川において、堤防の破堤等により甚大な被害が発生し、目視による緊急点検の実施等を各地方整備局で行うとともに、都道府県にも要請を行ったところである。また、点検・対策の効率的な推進を図るため、平成16年10月を目途に「中小河川における堤防点検・対策ガイドライン(案)」をとりまとめることとしている。

このように、堤防に関する調査・対策の早急な取り組みが求められているところであるが、今後、未調査区間の調査を進めるとともに、現時点で安全性の不足が確認された区間については、堤防強化を計画的に実施することとしている。あわせて、モニタリングを実施するに当たり、平成16年9月に「モニタリング委員会」(委員長:広島工業大学 宇野尚雄教授)を設立し、モニタリングで得られた情報を利用した堤防の管理技術の高度化についても検討をはじめており、これらの状況も踏まえ、今後も効率的な堤防整備を進めてまいりたい。

下水汚泥資源化・先端技術 誘導プロジェクト (LOTUS Project) について

国土交通省都市・地域整備局下水道企画課

さかきばら たかし
下水道技術開発官 榊原 隆



はじめに

下水道の普及が進むにつれ、下水汚泥の発生量は着実に増大する。その効率的処理・処分、および利活用は各下水道管理者の重大な関心事であると同時に、地球温暖化対策や省エネの推進の観点からも重要な課題である。

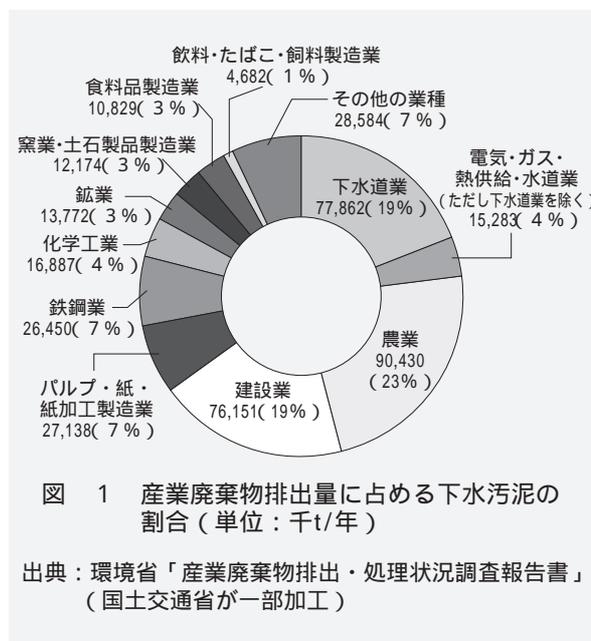
本稿では、我が国の下水汚泥の処理・処分およびリサイクルの現状と課題、および汚泥リサイクルの最大の課題である、リサイクル（エネルギー活用）の費用の低減を目標とした、下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト（LOTUS Project）の概要について述べる。



汚泥処理・処分およびリサイクルの現状と課題

平成13年度における全国の産業廃棄物の総量は湿潤ベースで約4億tである。その中に占める下水汚泥の割合は、図1に示すように約19%（約7,800万t）であり、農業由来の産業廃棄物に次いで大きなシェアを占める。下水汚泥の利活用の重要性が伺える。

一方、『公共下水道管理者は、発生汚泥等の処理に当たっては、脱水、焼却、再生利用等によりその減量化に努めなければならない（下水道法第



21条の2第2項』と規定されていることもあり、各下水道管理者において、減量化の努力がされている。その結果として、最も基本的な汚泥処理工程である濃縮・消化工程のみの形態で引き渡されている量は、重量ベースでほぼゼロ、体積ベースでわずかに2%となっている。すなわちほとんどの汚泥は下水道管理者の脱水工程を経て処理・処分されているといえる。

下水汚泥の利活用の状況について、用途別に整理したものを図2に示す。用途は緑農地利用、建設資材利用、エネルギー利用に大別される。また有効利用の用途を図3に示す。ここ数年埋立

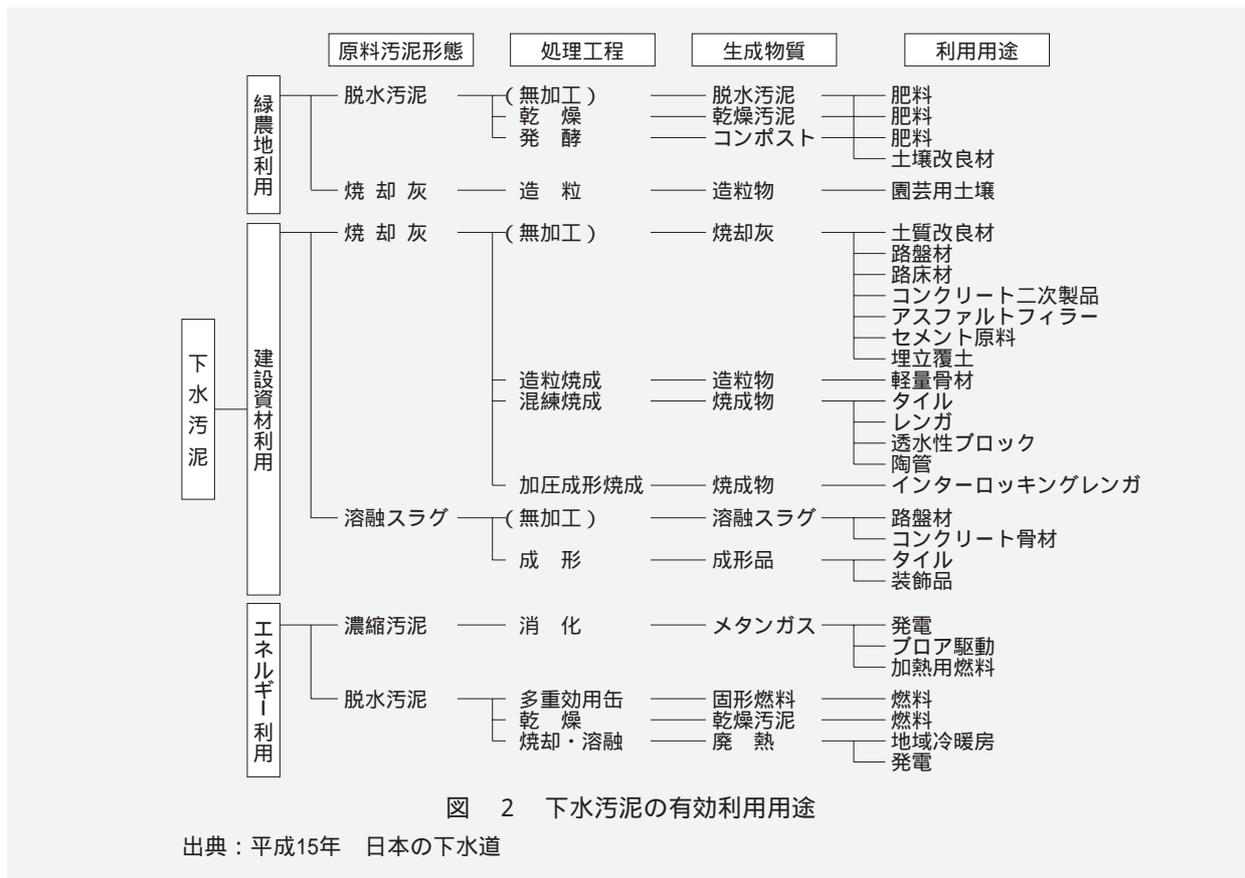


図 2 下水汚泥の有効利用用途

出典：平成15年 日本の下水道

処分の割合が減少し着実に有効利用の割合が増加している。また有効利用の内訳としては、従来は緑農地利用が中心であったが、近年はセメント原料としての利用や溶融スラグの利用などの建設資材利用が進んでいる。

下水汚泥の有効利用を促進する意味合いから、下水汚泥の最終処分量に占める有効利用量（エネルギー利用を除く）の割合を「下水道汚泥リサイクル率」と定義し、リサイクル促進の目安としている。平成15年度に定められた社会資本整備重点

計画においては、下水汚泥リサイクル率を平成14年度末の60%から平成19年度末の68%へ引き上げること目標としている（平成15年度末は64%（速報値））。

ここで下水汚泥の利活用の課題を整理すると、①リサイクル率の全国的な向上による地域差の解消、②リサイクル施設の建設および維持管理におけるコスト縮減とリサイクル製品の市場性の確保、③エネルギー消費量の抑制・削減等によるエネルギー使用の合理化、が挙げられる。

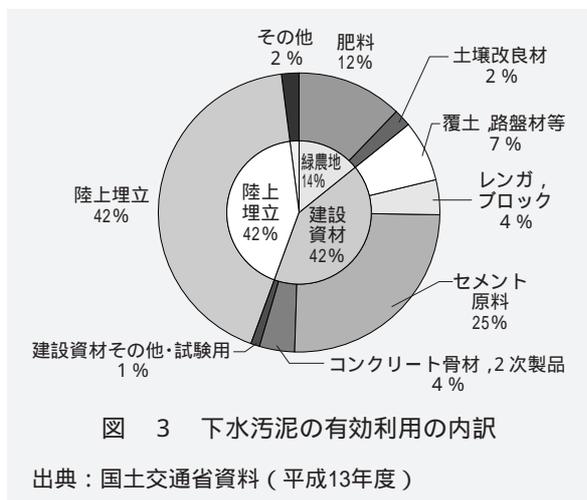


図 3 下水汚泥の有効利用の内訳

出典：国土交通省資料（平成13年度）

3 LOTUS Project の概要

国土交通省では、下水道で特に重点的に技術開発を推進すべき分野において、産官学の適切な役割分担のもと、民間による技術開発を誘導、推進するとともに、開発された技術の早期かつ幅広い実用化を目的として、下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）を進めている。平成14年度から平成16年度までは、「合流式下水道改善技術プロジェクト」を実施中であるが、平成17年度から平

成20年度までの4カ年間は、「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト」(LOTUS Project)を推進することとしている。このプロジェクトでは以下の二つの開発目標を掲げている。

① スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術の開発

汚泥の有効利用率100%を達成するため、下水汚泥を処分するコストよりも安いコストでリサイクルができる技術の開発

② グリーン・スラッジ・エネルギー技術の開発

地球温暖化対策のため、下水汚泥等のバイオマスエネルギーを使って、商用電力価格と同等かそれよりも安いコストで電気エネルギーを生産できる技術の開発



開発目標（コスト）とその評価方法

開発目標については、現状の処分費または電力費を踏まえ、政策目標や技術要望者のニーズ、技術提案者の提案を勘案しながら、以下のように決定した。

(スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術)
脱水汚泥：16,000円/t以下(現物量ベース)
焼却灰：8,000円/t以下(現物量ベース)

これは、バイオマス・ニッポン総合戦略が2010年を目途に下水汚泥を含む廃棄物系バイオマスを80%以上(炭素換算)利活用することを目標としていることから、この目標を満たす技術の開発および普及を行うことを念頭において算定したものである。

(グリーン・スラッジ・エネルギー技術)
対象処理場の契約種別に応じた全国年間平均電力料金(評価時の料金)以下

ここで、全国年間平均電力料金とは、全国の電力会社10社における契約種別(低圧、高圧A、高圧B)ごとの電力料金の単純平均をいう。平成16年の全国年間平均電力料金(予定)は低圧で

10.42円/kWh、高圧Aで10.16円/kWh、高圧Bで8.78円/kWhとなっている。

評価の方法については、コストの積算に反映する要素および反映しない要素を具体的に明らかにしその積算の考え方を示すとともに、技術提案に当たっては、実験フィールドを提供する技術要望者(公共団体等)の判断資料として、提案技術や開発目標(コスト)の前提条件(処理場の規模、処理方法等)を具体的に明らかにするよう求めた。

今後の公募スケジュールを示す。

平成16年11月末：技術提案者から開発すべき技術提案の受け付け締め切り

(速やかに開発技術の公表)

平成17年3月末：技術提案に対する技術要望者(地方公共団体)からの応募の締め切り

平成17年4月～平成21年3月：研究開発期間



おわりに

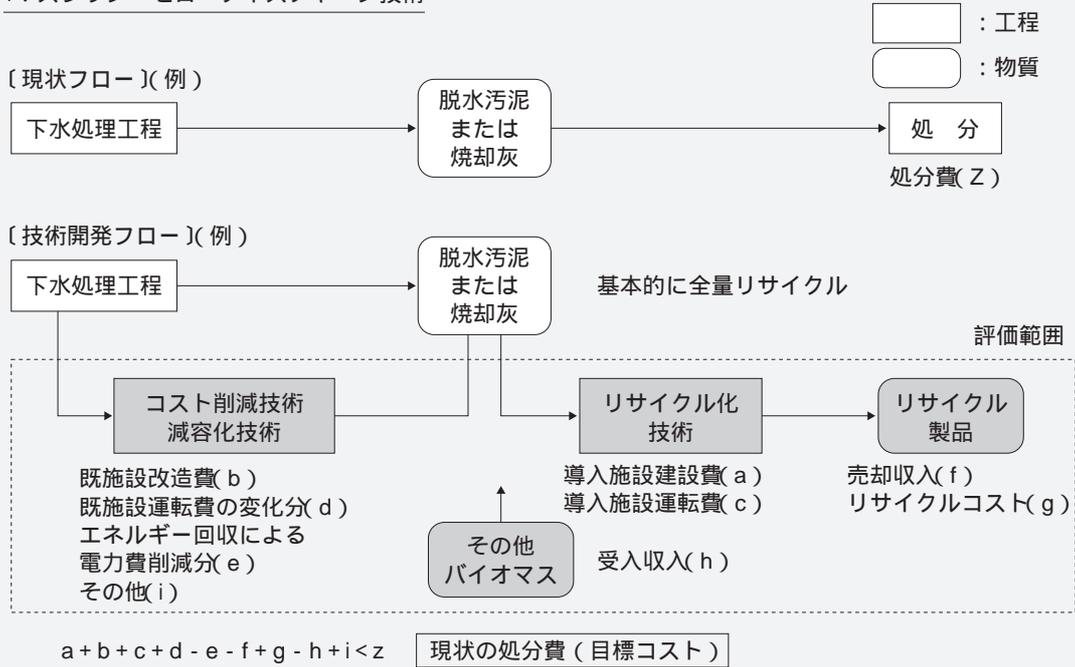
下水道は、汚濁の除去を通じて良好な水環境の保全・創出に寄与するだけでなく、生態系の保全や自然の循環の健全化に貢献するという重要な役割を担う施設である。今後共、地域の諸活動を支えながら、それらに伴い発生する環境負荷を極力抑制することが大きな使命である。

LOTUS Projectの推進により実現される汚泥の利活用は、これらの課題解決に大きく貢献するものであり、地方公共団体および住民、企業、大学等の研究機関との連携を一層強化していくことで、その積極的な推進に努めて参りたい。

【参考文献等】

- 1) www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage (国土交通省下水道部関係)
- 2) www.jiwet-spirit21.jp/ (LOTUS Project 関係)
- 3) 国土交通省都市・地域整備局下水道部監修：「平成15年 日本下水道」、平成15年12月、日本下水道協会

1. スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術



2. グリーン・スラッジ・エネルギー技術

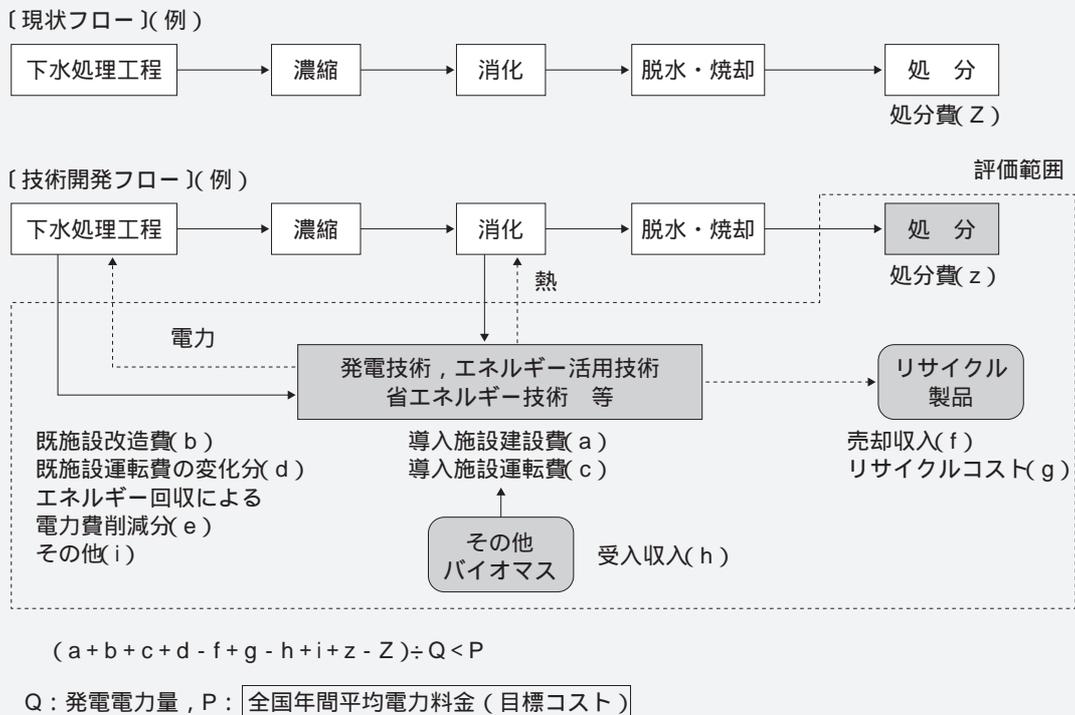


図 4 開発目標(コスト)の範囲