

◆ 第52回建設省技術研究会報告特集 ◆

建設副産物のリサイクルに関するフォローアップ調査

建設大臣官房技術調査室
建設経済局事業総括調整官室
建設省土木研究所材料施工部土質研究室、建設省土木研究所材料施工部施工研究室
建設省関東地方建設局企画部積算調査官、東京都財務局営繕部技術管理課
(財)茨城県建設技術管理センター建設副産物リサイクル事業部
鹿島建設(株)エンジニアリング本部環境技術部

1. はじめに

建設省では、「リサイクルプラン21」¹⁾の目標を達成するため、総合技術開発開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」(H4~8)(以下、副産物総プロという)やリサイクルモデル事業等を通じて、発生抑制・再生利用の技術開発に取り組んできた。しかしながら、平成7年度建設副産物実態調査結果²⁾によると、建設汚泥、発生土のリサイクル率(それぞれ14%、32%)は期待するほど伸びていない。平成9年10月には「建設リサイクル推進計画'97」²⁾が策定され、公共工事でのリサイクル率を、さらに引き上げることなど(2000年度までに建設発生土:80%、建設汚泥:60%)が盛り込まれた。また、廃棄物の処理および清掃に関する法律(以下、廃掃法という)が改正され、再生利用認定制度(詳しくは4.2を参照)の対象として建設汚泥が加わった。本研究は、平成9年度より2年間にわたり、建設

副産物のリサイクル率のアップを目的として実施してきたもので³⁾、建設発生土及び建設汚泥のリサイクルを促進するため、技術・行政の両面から適用用途の拡大方法やコストダウンの図り方などをとりまとめた。

2. 建設発生土・建設汚泥のリサイクル促進のための施策の動向

2.1 建設リサイクルガイドライン

リサイクル率向上のためには、事業の計画段階から一貫して、リサイクル推進のための検討を実施していく必要がある。建設省では「建設リサイクルガイドライン」を策定し、設計業務において「リサイクル計画書」を作成し、リサイクル率向上のための検討の参考とするほか、工事発注の仕様書を作成する時点においても「リサイクル計画書」(図-1参照)を作成して、個々の工事について、リサイクルの実施計画をチェックすることを定めた。本ガイドラインは、建設省所管の直轄工

1. 事業(工事)概要

基づく機関名	
工事名	
施工場所	
工事概要等 (予定)	

2. 建設資材利用計画

建設資材	①利用量	②現場内利用量	③再生材利用量	④新材利用量	⑤再生資源利用率 (③+④)/(①×100)	備考
土 砂	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	
砂 石	ソ	ソ	ソ	ソ	%	
アスファルト混合物	ソ	ソ	ソ	ソ	%	

※最終段には、その他の再生資材を使用する場合に記入する。

3. 建設副産物排出計画

指定副産物の種類	⑥発生量	⑦現場内利用量 (被活化量)	⑧既工事への 搬出量	⑨再資源化施設 への搬出量	⑩リサイクルへの 搬出量	⑪既工事への 搬出量	⑫現場内利用率 (⑦/⑥)×100	⑬有効利用率 (⑪+⑫+⑩+⑪)/⑥×100	備考
建設第1種建設発生土	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
建設第2種建設発生土	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
建設第3種建設発生土	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
建設第4種建設発生土	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
泥土(浚渫土)	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
合 計	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	堆山 ³⁾	%	%	
アスファルト塊	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	%	%	
アスファルト・コンクリート塊	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	%	%	
建設汚泥	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	%	%	
建設発生木材	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	ソ	%	%	

図-1 リサイクル計画書の様式

Follow up Study about the Recycle of By-products from Construction

事については平成 10 年 10 月 1 日から適用を開始し、都道府県や政令指定都市に対しても協力を依頼している。

2.2 建設発生土情報交換システム

建設発生土のリサイクルについては、質・量・時期等に関する、事業実施機関の間の情報交換が重要である。しかしながら、現在の情報交換の方法(発注予定情報を年に数回調査し、関係機関に配布する)では、リアルタイムな対応が困難であるため、「建設発生土の公共工事間利用促進のためのオンライン情報交換システムの構築」が行われることとなった。全国で運輸省、農水省、関係公団、都道府県、市町村が実施する公共工事の発注者が利用出来るよう、現在関係機関との調整及びシステムの構築を進めており、平成 11 年度より運用を開始することとしている。

2.3 ストックヤードの整備

建設発生土の再利用を阻害する要因の 1 つとして、搬出と搬入の時期の不一致があり、これを調整する手段として、ストックヤードの整備が非常に有効である。「建設リサイクル推進計画'97」の行動計画には、「先行買収用地等のストックヤードとしての利用計画の策定」が盛り込まれており、また、整備に際しては、日本開発銀行の融資制度がある。

2.4 建設汚泥の再生利用の係る制度・技術マニュアルの作成

建設汚泥は廃棄法に基づく産業廃棄物であるため、その再生利用に当たっては、①自ら利用②有償売却③個別指定制度④再生利用認定制度の 4 通りのいずれかの方法を選択する必要がある。ただし、これらの制度の活用による再生利用を推進するためには、強度や生活環境に対する安全性等を確認するための基準類を整備し、事業者等の判断を迅速に進めが必要である。現在、これに当たるものとして、「建設汚泥再生利用技術暫定マニュアル(案)」⁴⁾があるが、これを基礎として、公共工事の発注・設計・施工者を対象として、技術基準及び制度の解説をしたマニュアルを作成することとし、検討を進めている。

2.5 新技術活用促進システム

民間等で開発された優れた新技術を公共事業において積極的かつ円滑に活用していくため、建設省では新技術活用促進システムの運用を平成 10 年 4 月より開始した。本システムでは技術の熟度な

どを評価して試験フィールド、技術活用パイロット、一般工事の振り分けを行うこととしている。各地方建設局における情報収集重点分野として、リサイクル技術に関連した募集課題が非常に増えている。

3. 発生土利用促進のための現場での取り組み

3.1 ストックヤードの整備事例

茨城県では平成 8 年 4 月に県が中心となって、建設発生土リサイクルのための業務を専門に行う機関((財)茨城県建設技術管理センターリサイクル事業部)を発足させた。事業は県・市町村、建設業協会などから貸付を受け、事業経営が軌道に乗った時点で償還するものである。現状と課題は以下のとおりである。

- ①県内のすべての土木事務所管内に、少なくとも 2 カ所のストックヤードを整備することを目標としているが、用地の不足に悩んでいる。
- ②利用料金は県で定めており、管理業務費(人件費、事務所管理費)、施設の新設・更新費用に充當している。現在、搬入時は 900 円/m³、搬出時は 500 円/m³ で採算が取れてきている。
- ③大規模工事よりも 1,000m³ 以下の小規模工事からの受け入れが多い。また、ストックヤードに低品質土が残留する傾向がみられ、新たな土砂の受け入れに支障が生じることが懸念される。
- ④低品質土には土質改良が必要であるが、対象工事が少なく、購入土も安価入手できるため、定置式土質改良プラントの導入は難しい。当面は現場内の造成工事等での利用を働きかけたい。
- ⑤今後、土量の取り扱い能力を大幅に増強する必要があるほか、県外の関係機関とも積極的に利用調整を図っていく必要がある。

3.2 流動化処理土取り扱い基準の追加

東京都では、道路占用工事が毎年膨大な件数となっているが、狭い範囲で夜間に実施される場合が多く、埋め戻し復旧などの作業性が悪い。また、掘削残土の捨場、運搬による交通公害等の環境問題も深刻化している。晴海通りの道路陥没事故(昭和 63 年 5 月)などを契機に、埋戻し方法の再検討を行い、平成 10 年 4 月 1 日付けで「道路占用工事要綱」を改正し、埋戻し材料として「流動化処理土取り扱い基準」を追加した。取り扱い基準の内容は以下のとおりであり、平成 11 年度から

の本格施工に向け、現在、試験施工中である。

①使用部分は舗装部を除き、占用物件の周囲とその上端 0.1m とし、また、占用物件の幅プラス 0.2m を最小掘削幅とする。

②原料土は、関東ローム等と水を混和した泥水にセメントあるいは固化材(セメント系固化材)他を添加し、ゴミ、ガラ、木根、産業廃棄物等の異物や有害物質を含まないものとする。

③最大粒径は管回り部で 13mm 以下、その他で 40mm 以下とする。

④フロー値は 180~300mm、ブリージング率は 1%未満とし、一軸圧縮強度は交通解放時で 1.3kgf/cm² 以上、28 日後で 5.6kgf/cm² 以下とする。

3.3 改良工法の現場フォローアップ事例

建設発生土の再利用技術については、副産物総

プロ共同研究の成果を集約し、平成 9 年 12 月に「発生土利用促進のための改良工法マニュアル」(監修:建設省大臣官房技術調査室)を発行した。建設省ではマニュアルに示された新工法の普及、発生土の再利用率の向上を図るため、各地方建設局の工事あるいは設計業務に適用し、フォローアップを行っている。平成 10 年 9 月現在の検討案件は 14 件(表-1 は代表事例)で、以下のような問題点が指摘できる。

①コスト的には、適用工事単独で従来工法と比較すると不利になるケースが多い。併用工事や事業全体でのコスト軽減の検討が必要である。(例えば、軽量盛土を利用することによって、軟弱地盤改良や基礎構造物の工事費を低減できるなど)

②新工法の採用により、建設用地の縮減等が図れ

表-1 発生土利用工法の現場適用事例(建設省)

地建名	担当事務所	業務名	対象工法	発生土 発生元	案件の概要、フォローアップの状況
九州地建	鹿児島国道工事事務所	芦北出水道路予備設計 出水阿久根道路予備設計 川内隈之城道路予備設計	発泡ビーズ混合軽量土 気泡混合土 サンドイッチ工法	同一工区内の切り土、掘削土	本件は南九州西回り道路の各 10km 程度の区間の、山地部や平地部を含む路線予備設計業務である。一般に、工法比較・選定の検討は詳細設計の段階で実施されるが、本件は路線計画の段階で、発生量抑制や発生土利用工法を考慮するもの。以下のよう観点などからの適用箇所の選定を想定している。 * 橋梁取り付け部等の盛土(サンドイッチ工法) * 山岳部における切土の軽減(軽量盛土) * 盛土部の擁壁構造の規模軽減(軽量盛土) * 計画路線上のカルバートなどの構造物理め戻し(軽量盛土) * 計画路線上の盛土部の軟弱地盤対策(軽量盛土)
近畿地建	浪速国道工事事務所	京都南道路田辺松井環境施設帯植栽工事	発泡ビーズ混合軽量土	現地床堀堀削土	第二京阪道路が大規模宅地内を掘削構造で通過する区間で、遮音効果と緑地空間確保を目的として、擁壁背面に築堤を行うもの。擁壁への土圧低減を図るために、床堀で発生したシルト質粘土を用いて発泡ビーズ混合土を施工する。延べ 150m 区間(約 1,000m ³)の施工を完了した。以下の点からフォローアップ結果をとりまとめる予定。 * 擁壁構造物側の対応のみによる工法との経済比較 * 混合性能、締め固めなどの施工性の確認
中国地建	鳥取工事事務所	青谷高架橋下部工事	気泡混合土 基礎杭施工	高含水比 軟弱粘土	橋長 846m の橋梁下部工事(7/28 基)に伴って、高含水比の軟弱粘性土が 2,000m ³ 発生するため、下部工の埋め戻しに現地内利用するもの。締固めが不要で、基礎構造物の土圧軽減が図れることから、気泡混合土を適用用。現在、工事が進捗中であり以下のような点からフォローアップを予定。 * 発生側工事と利用側工事をトータルした経済性の検討 * 混合性能を主とした施工性の確認(混合解泥、ポンプ圧送) * 周辺へのアルカリ等の影響 * 混合土の長期耐久性の確認(サンプリング法の検討を含む)
関東地建	横浜国道工事事務所	子安共同溝工事	流動化処理工法	民間のアーラントより購入	民間アーラントより製品化された流動化処理土を購入し、共同溝の埋め戻しに使用した。既に施工を完了したが、沈下等の変状もなく経過は良好である
東北地建	青森工事事務所	鶴入道路改良工事	土質安定処理工法 火山灰粘性土	同一路線上の切土	バイパス改築工事区间(延長 5km)の切土箇所から発生する火山灰性粘性土(約 15 万 m ³)を、同工区内の路体盛土に利用するものである。発生側において大規模な生石灰による混合掘削が行われた。現地火山灰土に対する施工性、締め固め特性などのフォローアップを実施している。地山混合掘削による隣接河川へのアルカリの影響はみられなかった。

る場合があるが、工事の段階では変更がきかないケース（道路中心線がシフトしたり、橋梁の渡河地点が変化するなど）もある。事業計画の段階で新工法の検討に着手する必要があり、国や自治体の調査・計画部局、設計コンサルタントなどにも、工法マニュアルの普及を図る必要がある。

- ③該当案件があがらなかった工法もあり（袋詰脱水処理工法及び短纖維混合補強土工法）、自治体等の事業などに枠を広げた適用用途の検討が必要である。
- ④コストダウンの方策として、プラントによる混合土材料の供給、都市部の工事に対応出来る施工法の工夫（流動化処理土では、移動式プラントが開発）なども必要である。

4. 建設汚泥利用促進のための現場の取り組み

4.1 個別指定制度の活用例

建設汚泥の利用方法の一つとして、個別指定制度の活用がある。これは再生利用業者（処理業者と輸送業者）が申請を行い、都道府県知事が廃棄物の種類、発生場所と再生利用の場所及び用途を指定するものである。申請者は、廃棄物処理業の許可を取らなくても廃棄物を再生利用できるが、処理施設の設置許可是必要である。東京都における指定は、平成4年から現在までで24件、うち建設汚泥に関するものは15件である。（表-2は主な事例）現状では思うように制度が普及しておらず、以下のような問題点や課題が指摘されている。

- ①公的機関の工事に限って指定している（知事が審査～再生利用～その後の経緯を確認出来るため）という実態がある。また、運搬及び再生活用が営利を目的としないことが明記されている。
- ②指定を受けた汚泥は、管理型処分場と同等の施設で埋め立て等をしなければならない。そのた

め、処分業と同様の添付書類が必要である。また、再生利用の受入県が個別指定を行わなければならず、受入県側が難色を示す場合もある。

- ③都内の工事においては、建設汚泥の発生量は増加傾向にあるが、盛土や堤防工事など再生利用できる受入れ工事があまり多くなく、再生利用の障害となっている。
- ④今後、書類提出・審査などの手続きを簡略化するとともに、民間工事に対しても活用を図るようPRしていく必要がある。また、ストック場所の整備も含めて、複数の排出工事から受け入れ先工事に円滑に搬出が図れるシステムづくりが必要である。

4.2 再生利用認定制度の利用例

関東地方建設副産物再利用方策等連絡協議会では、平成9年6月の「廃掃法」の改正で新たに創設された「再生利用認定制度」を初めて活用した。この制度は、産業廃棄物処理業の許可及び施設設置の許可を伴わずに再生利用出来るよう、厚生大臣が認定を行うものであり、建設汚泥に関しては、現在のところ河川法に規定する高規格堤防の盛土材への利用に限定されている。さらに、利用基準についても、地表から1.5m以深に用いること、コーン指数が4kgf/cm²以上又は一軸圧縮強度が1kgf/cm²以上であることが定められている。今回の江戸川工事事務所の事例は、首都圏外郭放水路のシールドトンネル工事（埼玉県春日部市）から発生する建設汚泥（約15万m³）を「金野井高規格堤防（江戸川）」に再利用するものであり、シールドトンネル施工業者が厚生大臣に再生利用認定を申請し、平成10年7月に認定されたもので、以下のとおりである。

- ①申請書受理から認定までに3か月を要しており、手続きの効率化が必要である。申請手続きマニュアル等の整備や、審査のポイント、厚生

表-2 建設汚泥の主な個別指定の状況（東京都）

番号	再生活用者及び場所	再生利用方法	利用量 (m ³)	利用期間
1号	東京都港湾局 江東区青海2丁目・中央防波堤	護岸裏込め材	55,000	H.4.11～5.3
2号	帝都高速度交通営団 南北線本駒込駅	駅舎道路の路床材	17,200	H.5.4～5.8
21号	日本道路公団八王子工事事務所 八王子市長沼町	高速道路の盛土材	35,700	H.8.4～11.3
22 23号	住宅・都市整備公団 足立区新田他	堤防の盛土材	25,800	H.10.2～10.8

- 省への事前説明などの手順の解説も行う必要がある。
- ②今回のように発生者と受入者が同一のケースばかりではないため、発生者と受入者間の情報交換(特に時期の不確定要因は大きな問題)が重要である。また、建設汚泥再生利用調整会議(仮称)を発足させ、大規模汚泥発生事業者の対象を順次拡大する予定である。
- ③現在のところ利用用途が高規格堤防に限られているため、今後、道路や公園整備等への利用範囲の拡充が望まれる。
- ④今回は官地での施工であったが、民地内のケースも出てくると思われる。環境面への安全性など周辺住民に対する理解が得られるよう、技術的な裏付けが重要である。

4.3 有価物としての検討例及び活用例

東京都では、建設汚泥が土木材料として有効に活用される方向についても検討を進めている。安定液を含まないシールド泥水等については、既に流動化処理土への再生が一部実用化されている。平成9年度には、ベントナイト安定液を含んだ泥土について実証実験を行ったが、流動化処理土による埋戻し用材料として、所定の品質を得ることができた。今後、実施工に向けて更に検討を進めていくこととしている。

また、鹿島建設でも東京圏において、建設汚泥を混合した流動化処理土を埋め戻し材、充填材等に有価で利用する事業を展開している。平成9年

度実績では、約3.2万m³の受入れに対し約1.7万m³の流動化処理土を生産している。その他、焼成ドレン材の検討が進められており、加熱過程に廃熱利用を導入するなど、省エネ・低コスト化の取り組みがなされている。

4.4 建設汚泥処理工法の現場フォローアップ

建設省では、副産物総プロで開発した高圧薄層フィルタープレス(以下、高圧薄層FPとする)⁵⁾を用いた高度脱水技術に重点を置き、9つのフォローアップ現場を設定して調査を行っている。平成10年8月現在の時点では1つが施工中、4つが採用を検討中、残り4つが工法を変更しており(表-3参照)、以下のような知見が得られた。

- ①従来型FPに比べて脱水ケーキの強度が上がり、良質な改良土が得られることや、脱水時間が短縮されることが確認された。再生利用認定制度に示されている再生品は、コーン指数が4kgf/cm²以上であることが規定されているが、高圧FPによりコーン指数6kgf/cm²以上が確保出来た。
- ②高圧薄層FPはリースが不可能なため、工事ごとに新規作成している。そのため、処理量が少ない小規模な工事ではコスト高になる傾向がある。
- ③発生側との施工時期の調整が難しかったり、工期の余裕、コスト、施工ヤードの確保等を検討した結果、安価な天日乾燥や処理施設へ搬出するケースがみられた。

表-3 建設汚泥処理工法の現場適用事例(建設省)

	現場 No.	事務所	発生工種	予定工法・利用用途	発生土質・処理量 (m ³)	進捗状況
検討中	①	△△川	泥水シールド工事	高圧FP 高規格堤防に利用	402,000	工事施工中
	②	××川	浚渫工事	高圧薄層FP	砂質土および粘性土 *78,000	河床材料の調査中
	③	○○国道	地中連続壁工法	焼成処理または高圧薄層FP	砂質土および粘性土 30,000	採用の検討中
	④	△△国道	シールド工事	未定	*160,000	概略検討段階
	⑤	◎◎国道	場所打ち杭	未定 試験盛土を実施	未定	詳細設計準備中
変更	⑥	○○川	浚渫工事	高圧薄層FP	粘性土 10,000,000	天日乾燥に変更
	⑦	××国道	橋梁基礎工压気ケーソン	高圧薄層FP 盛土に利用	ヘドロ 20,000	外洋への養浜処理に変更
	⑧	□□国道	シールド工事	高圧薄層FP	砂、礫 22,000	中間処理場へ搬出・処理に変更
	⑨	◇◇国道	地盤改良 JSG	高圧薄層FP	シルト質砂・粘土 270	工場へ持ち込み、再利用することに変更

*は処理量が未定のため発生量を示す。

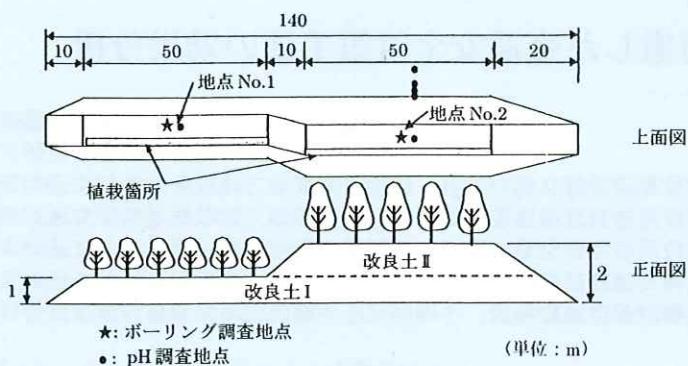


図-2 建設汚泥改良盛土の状況と調査地点

- ④民間レベルでは車両搭載型の高圧FPを試作し、施工ヤードが確保出来ない現場や、処理量の少ない現場に対応しようとする動きも出てきている。
- ⑤今後、現在稼働している現場のデータ収集、および技術の改善と実績づくりに努めていく必要がある。

また、建設汚泥の改良土を用いた試験盛土を対象に強度、pHに関する追跡調査を行った。盛土材は、セメント系改良材による建設汚泥の改良土($3,700\text{m}^3$)であり、施工後約3年を経過している。品質は、ときほぐさない3日材令の一軸圧縮強さ 400kN/m^2 (4kgf/cm^2)(改良土I)及び 700kN/m^2 (7kgf/cm^2)(改良土II)の2種類とした。(図-2参照)その結果、以下のことがわかった。

①改良土の強度には3年程度ではほとんど劣化が見られないことや、覆土などを行うことで、改良土からのアルカリ溶出を抑えられることなどが確認された。

②一軸圧縮強さを算定すると、改良土Iが $380\sim 600\text{kN/m}^2$ ($3.8\sim 6\text{kgf/cm}^2$)、改良土IIが $800\sim 1,000\text{kN/m}^2$ ($8\sim 10\text{kgf/cm}^2$)となり、設計強度(それぞれ 400 、 700kN/m^2 (4 、 7kgf/cm^2))とほぼ同等あるいは上回っている。

③改良土内部では高アルカリ性を保持しているが、改良土表面では中性化が進み、改良土以深ではいずれも環境基準のpH値以内(pH6~8.5)となっている。水平方向の測定値についても、盛土下及び側方20m以内で基準値を下回っている。

5. おわりに

本指定課題の研究成果を総括すると以下のようになる。

(1) 建設リサイクルガイドライン、新技術活用システム、建設設発生土情報交換システムなどを、自治体などの事業にも展開してゆく必要がある。

(2) 「発生土利用促進のための改良工法マニュアル(案)」「建設汚泥再生利用技術暫定マニュアル(案)」を普及させ、今後、自治体等の事業で工法の適用用途を発掘してもらったり、調査・計画段階で適用性の検討を実施

してもらえるようにする必要がある。

(3) 建設汚泥に対する個別指定制度や再生利用認定制度については、今後、申請手続きの効率化を図ったり、建設汚泥再生利用調整会議(仮称)などを発足させ、参加者の拡大を図っていく必要がある。

(4) 建設汚泥については、再生利用認定制度や有価物としての適用用途を更に拡大する必要がある。そのため、建設工事で使用した場合の安全性に対する検討結果を蓄積する必要がある。

(5) プラントや施工法改善によるコストダウン、安全性の検証などの技術的な取り組み意欲は、需要拡大(もしくはその見通し)に支えられている。以上のような観点から建設事業に関わる各者が、日常業務においてリサイクル方法を考え、行動に移すことが不可欠である。

最後に、討論や論文執筆などに御協力下さった方々に、紙面をかりて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中谷昌一:建設副産物の今後のあり方について、積算技術、1997年7月号、pp43-49
- 2) 池田豊人:総説 建設副産物のリサイクルの推進について、基礎工、Vol.26、No.11、pp7-11、1998.
- 3) 建設副産物のフォローアップ調査、平成9~10年度(第51,52回)建設省技術研究会指定課題
- 4) 塚田幸広、小川伸吉:建設汚泥再生利用技術暫定マニュアル(案)、土木研究所資料、第3407号、1996.
- 5) 塚田幸広、落合良隆:最近の建設汚泥処理技術の動向、基礎工、Vol.26、No.7、pp42-47、1998.

<文責>

建設省土木研究所材料施工部土質研究室長 三木博史
 同 施工研究室長 大下武志
 同 土質研究室主任研究員 小橋秀俊
 同 施工研究室研究員 石崎麻子