

# 港湾整備事業等におけるリサイクル材料の適用性に係る技術検討について

恵良 拓路\*・菊地 洋二\*\*・成田 圭介\*\*\*

\* 前 (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 前 国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室 技術企画係 係長

建設副産物及び産業副産物を原料としたリサイクル材料に関する基準・ガイドライン類等及び利用実績について整理を行い、材料・用途毎に利用技術の検討を行った。

キーワード：リサイクル材料，建設副産物，産業副産物，品質管理，実績評価

## 1. はじめに

主要な資源の大部分を輸入に依存している我が国では、国民経済の発展に伴い各種副産物の発生も極めて大きく、リサイクルの一層の推進が望まれている。

このような状況において、港湾・空港等工事では浚渫土砂やコンクリート塊等の建設副産物が大量に排出されている。更に、臨海部では高炉一貫製鉄所や石炭火力発電所等から大量にスラグや石炭灰等の建設資材となりうる産業副産物等が排出されている。

港湾・空港等工事では埋立用材や構造物等の建設資材として山土や砂・石材等の天然資材が大量に消費されていることから、建設副産物や産業副産物等を積極的に活用し、天然資材の消費抑制、環境負荷の低減、建設コストの低減を図ることが望まれている。

法令面においても、平成12年に「循環型社会形成推進基本法」をはじめ、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」(以下、「建設リサイクル法」という)、「資源の有効な利用の促進に関する法律」(以下、「リサイクル法」という)等、6法律が制定又は改正され、循環型社会の形成を目指した取り組みの強化が図られた。一方、環境保全の観点からは、土壌汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護するために、平成14年に「土壌汚染対策法」が制定されている。

このような状況を踏まえ、港湾・空港等リサイクル推進協議会において、建設副産物及び産業副産物等のリサイクル技術を体系的に取りまとめた「港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針(平成16年3月(一部改訂：平成24年3月))」(以下、「技術指針」という。)及び取り組み方針をとりまとめた「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン(平成13年3月)」(以下、「ガイドライン」という。)が策定され、港湾・空港等工事の実務者を中心に活用されてきた。

本稿は、技術指針及びガイドラインの高度化に向けて、現段階までに実用化された建設副産物及び産業副産物等のリサイクル技術及び関係基準・ガイドライン類等を整理し、リサイクル材料の利用技術の検討を行

ったものである。

## 2. 検討内容

図-1に本検討における検討フローを示す。

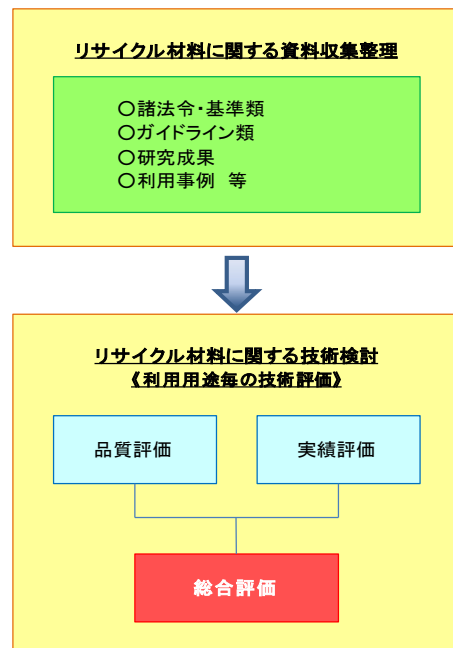


図-1 検討フロー

### 2.1 リサイクル材料に関する資料収集・整理

港湾における建設副産物・産業副産物等の排出及びリサイクルについて、①諸法令・基準類、②ガイドライン類、③研究成果、④排出量の削減事例及び⑤リサイクル材料の利用事例の観点で資料収集・整理を行った。リサイクル材料の利用実績については、各地方整備局及び関連団体(鉄鋼スラグ協会、日本フライアッシュ協会、日本鉱業協会、日本産業機械工業会)から情報提供を受け、整理を行った。また、各リサイクル材料の品質性能についても、関連団体からの情報提供を受け、整理を行った。諸法令・基準類、ガイドライン類等については、公表された最新の情報の収集整理を行った。収集・整理対象とする資料及び収集・整理

方法を表-1 に示す。

表-1 収集・整理対象資料及び方法

観点	収集・整理対象資料及び方法
①諸法令・基準類	<p>●国土交通省、経済産業省、環境省等の関係省庁が所管する諸法令、基準類に関する最新の情報を収集・整理した。</p> <p>【諸法令】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>循環型社会形成推進基本法</li> <li>グリーン購入法</li> <li>建設リサイクル法</li> <li>資源有効利用促進法</li> <li>廃棄物処理法</li> <li>海洋汚染防止法</li> <li>土壌汚染対策法</li> </ul> <p>【基準類】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>環境基準（水質・底質・土壌）（環境基本法）</li> <li>排水基準（水質汚濁防止法）</li> <li>水底土砂に係る判定基準（海洋汚染防止法）</li> <li>金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（廃棄物処理法）</li> <li>土壌溶出量基準、土壌含有量基準、地下水基準（土壌汚染対策法）</li> <li>環境安全品質基準（港湾・一般用途溶出量基準、含有量基準）（コンクリート用骨材又は道路用等のスラグ類に化学物質評価方法を導入する指針に関する検討会総合報告書、平成24年3月）</li> <li>コンクリート副産物の再利用に関する用途別暫定品質基準（国土交通省）</li> <li>発生土利用基準（国土交通省）</li> <li>建設汚泥処理土利用基準（国土交通省）</li> </ul>
②ガイドライン類	<p>●各地整、関係団体等で発行されているリサイクル材料の利用に関する手引き、マニュアル、ガイドライン等に関する最新の情報を関係機関・団体等のホームページ等を通じて収集・整理した。</p> <p>【関係機関・団体及び収集資料】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本工業標準調査会：リサイクル材料に係る J I S 規格</li> <li>(独) 港湾空港技術研究所：建設分野（港湾空港）に係る各種資料</li> <li>国土技術政策総合研究所：建設分野（港湾空港）に係る各種資料</li> <li>(財) 沿岸技術研究センター：建設分野（港湾空港）に係る各種資料</li> <li>(独) 土木研究所：建設分野に係る各種資料</li> <li>(財) 土木研究センター：建設分野に係る各種資料</li> <li>鉄鋼スラグ協会：鉄鋼スラグに係る各種資料</li> <li>日本フライアッシュ協会：石炭灰に係る各種資料</li> <li>日本鉱業協会：非鉄金属スラグに係る各種資料</li> <li>(一財) 日本産業機械工業会：エコスラグに係る各種資料</li> <li>リサイクルポータル推進協議会：リサイクル材料全般に係る各種資料</li> <li>国土交通省港湾局：共通仕様書、リサイクル材料に係る各種技術指針等</li> <li>地方整備局：リサイクル材料に係る各種技術指針等</li> </ul>
③研究成果	<p>●業界団体からの情報提供及び研究機関、学会等の論文・図書検索データベース等を通じて関連する研究成果を収集・整理した。</p> <p>【データベース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>土木学会：土木学会付属土木図書館 書誌検索 (<a href="http://www.jsce.or.jp/library/page/opac.shtml">http://www.jsce.or.jp/library/page/opac.shtml</a>)</li> <li>港湾空港技術研究所：研究成果 (<a href="http://www.pari.go.jp/result/">http://www.pari.go.jp/result/</a>)</li> <li>国土技術政策総合研究所（横須賀庁舎）：研究成果 (<a href="http://www.ysk.nilim.go.jp/kenkyuseika/index.html">http://www.ysk.nilim.go.jp/kenkyuseika/index.html</a>)</li> <li>(独) 土木研究所：研究成果・技術情報 (<a href="https://www.pwri.go.jp/jpn/seika.html">https://www.pwri.go.jp/jpn/seika.html</a>)</li> <li>(独) 科学技術振興機構(JST)：科学技術情報発信・流通総合システム(J-STAGE, <a href="https://www.jstage.jst.go.jp/">https://www.jstage.jst.go.jp/</a>)</li> </ul>
④排出量の削減事例	<p>●「②ガイドライン類」「③研究成果」ならびに業界団体への情報提供依頼により、リサイクル材料を利用した場合の用途・工種毎の廃棄物の排出量削減に係る情報を収集・整理した。</p> <p>【調査対象機関】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>業界団体（鉄鋼スラグ協会、日本フライアッシュ協会、日本鉱業協会、日本産業機械工業会）</li> </ul> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>用途・工種毎の廃棄物の排出量（標準材料を利用した場合、リサイクル材料を利用した場合）</li> </ul>

⑤リサイクル材料の利用事例	<p>●「②ガイドライン類」「③研究成果」ならびに関係機関（各地整、業界団体）への情報提供依頼により、リサイクル材料の利用事例に係る情報を収集・整理した。</p> <p>●国土技術政策総合研究所より「港湾整備事業等におけるリサイクル材料利用実態調査結果」の情報提供を受け、情報を整理した。</p> <p>【調査対象機関】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地方整備局</li> <li>業界団体（鉄鋼スラグ協会、日本フライアッシュ協会、日本鉱業協会、日本産業機械工業会）</li> </ul> <p>【調査対象事例】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>主として平成16年度以降の利用事例</li> </ul> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基本情報（材料、用途・工種、実施機関・場所・時期、工事概要等）</li> <li>リサイクル材料の利用数量</li> <li>標準材料と比較した利点（環境改善効果等）及び課題（経済面、施工面等）</li> </ul>
---------------	--

## 2.2 リサイクル材料に関する技術検討

### (1) 検討対象材料及び適用する工種・用途

資料収集整理した結果に基づき、港湾整備事業等において、9種類の建設副産物及び産業副産物をリサイクルする場合の工種・用途別の適用性について、技術検討を行った。表-2 に検討対象材料を示す。

また、検討対象とする港湾・空港等工事における工種及び用途については、これまでの活用実績等をもとに、表-3 に示す通りとする。

表-2 検討対象材料

区分	対象材料
建設副産物	建設発生土
	浚渫土砂
	アスファルト・コンクリート塊
	コンクリート塊
	その他建設副産物（建設発生木材、建設汚泥）
産業副産物	鉄鋼スラグ (高炉スラグ、製鋼スラグ、鉄鋼スラグ混合製品)
	石炭灰（フライアッシュ、クリンカアッシュ、二次産品）
	非鉄金属スラグ (銅スラグ、フェロニッケルスラグ、亜鉛スラグ)
	その他産業副産物（貝殻、エコスラグ、破碎瓦）

表-3 検討対象の工種及び用途

工種	用途
コンクリート工	①コンクリート用細骨材 ②コンクリート用粗骨材 ③混和材
地盤改良工	④バーチカルドレーン及びサンドマット材 ⑤サンドコンパクションパイル用材 ⑥深層混合処理固化材
基礎工	⑦捨石
本土工	⑧中詰材
被覆・根固工、消波工	⑨被覆石、根固・消波ブロック
裏込・裏埋工	⑩裏込材 ⑪裏埋材
土工	⑫盛土材、覆土材、載荷盛土材 ⑬埋立柱
舗装工	⑭路床盛土材 ⑮路盤材 ⑯As 舗装骨材、As フィラー材
その他	⑰藻場、浅場・干潟造成、覆砂材、人工砂浜等 ⑱その他

(2) 技術評価の基本的考え方

利用用途別に各リサイクル材料の品質性能及び利用実績の両面から評価を行い、総合評価として6段階で評価を行った。具体的な評価基準を表-4、表-5に示し、図-2に評価方法、表-6に評価の定義を示す。

これらの評価は、品質性能及び利用実績の両面からみた各リサイクル材料の利用可能性の目安を示すものであり、評価の高いリサイクル材料であっても、全ての工事に利用できることを保証するものではなく、「現段階では利用が難しいと考えるもの」又は「用途対象外」とされたリサイクル材料であっても、設置者等の判断による利用を妨げるものではないことに留意する必要がある。

したがって、リサイクル材料の適用に際しては、対象とする工種・用途ごとに、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」、「港湾工事共通仕様書」及び「空港工事共通仕様書」等に準拠し、マニュアル等や既存事例等を参考とし、対象となるリサイクル材料の特徴（重量、水硬性、せん断抵抗角等）や供給量等を踏まえ、経済性等を十分検討する必要がある。

表-4 リサイクル材料の品質性能の評価基準

	評価基準	判断基準の定義
A	既に当該用途を想定した品質基準が設けられている	JISまたは、JISと同等の基準（国等の指針や通達等）が整備されているもの
B	利用マニュアル案等が整備されている	次の事項を全て満足するマニュアル等（利用マニュアル、手引き、ガイドライン、ハンドブック等）が整備されているもの（用途として準用可能と見なせるものを含む） ①中立性のある機関により策定されたもの（個別民間企業の自社基準・技術資料は対象としない） ②有識者による技術検討委員会等により取りまとめられたもの ③品質管理に関する記載があるもの（材料に関する調査・試験の実施方法、施工後のモニタリング方法等）
C	標準材料に準ずる性能を有するもの	技術資料等（パンフレット、研究論文（査読付き）、研究所報告、自社基準等）により、標準材料に準ずる性能が確認されるもの（用途として準用可能と見なせるものを含む）
D	用途として利用可能であるが、課題等も挙げられているもの	次のいずれかに該当するもの ①マニュアル等や技術資料等で用途として利用可能であるが、課題等も挙げられているもの（用途として準用可能と見なせるものを含む） ②査読なしの研究論文等（講演資料等）に限られているもの ③マニュアル等や技術資料等で、用途の検討が行われたことは確認できないが、公共工事において利用実績があり、かつ汎用性が高いと考えられるもの
E	現段階では利用が難しいと考えられるもの	マニュアル等や技術資料等で利用用途に関する検討は行われているが、品質面で利用が難しいと考えられるもの
-	用途対象外	マニュアル等や技術資料等で、用途の検討が行われたことが確認されないもので、利用実績が限定されるもの 等

表-5 リサイクル材料の利用実績の評価基準

	評価基準	判断基準の定義
a	利用実績が多いもの、または汎用性が高いもの	公共工事（国直轄の本施工に限る）において、利用実績が複数あるもの、又は、既に一般的に普及されているもので汎用性が高いと考えられるもの
b	利用実績（試験施工含む）はあるが限定されるもの	次のいずれかに該当するもの ①公共工事（国直轄に限る）以外の、公的機関や民間企業の工事で利用実績があるもの ②公共工事（国直轄に限る）の試験施工や実証実験で利用実績があるもの ③公共工事（国直轄に限る）で利用実績はあるが限定されるもの（同一港湾のみ1箇所での利用等限定されるもの、適用条件が限定されるもの等）
c	利用実績（試験施工含む）はあるが課題があるもの	本施工や試験施工、実証実験等における利用実績はあるが、施工後の品質的な課題等が存在するもの
-	利用実績がないもの	本施工や試験施工、実証実験等における利用実績がないもの

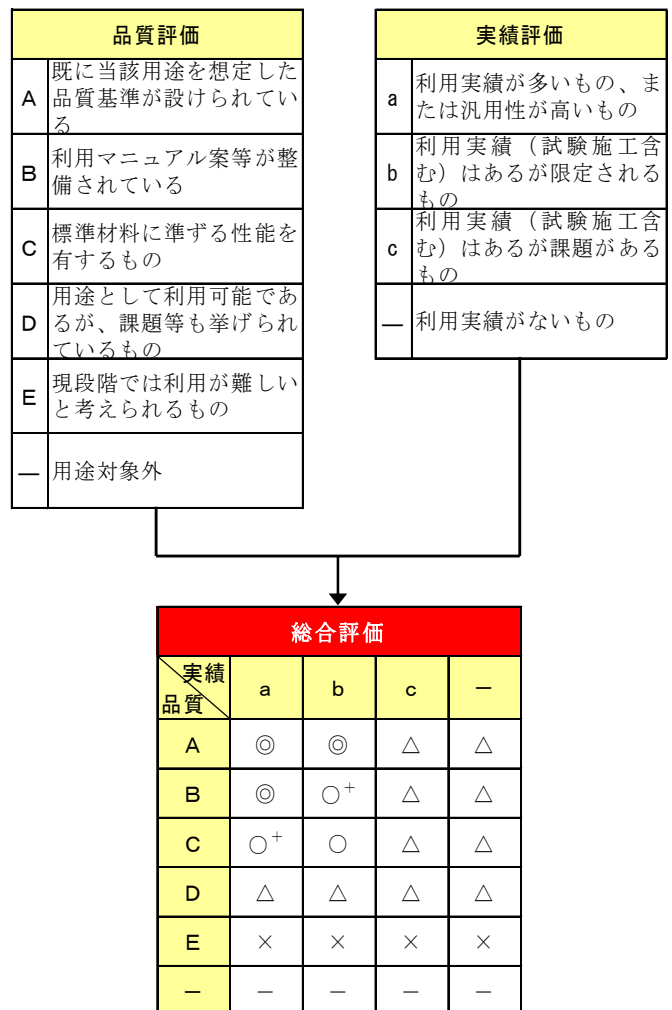


図-2 評価方法

表-6 総合評価の定義

評価	定義
◎	すでに当該用途を想定した品質基準が設けられる等、利用が可能
○+	利用実績が多いものまたは○に加えて利用マニュアル案等が整備されているもの
○	標準材料と同等、または利用実績や実証実験等で品質が確認され利用可能性の高いもの
△	利用可能性はあるが、既存資料からは判定できず、今後の検討を要するもの
×	現段階では利用は難しいと考えるもの
—	用途対象外

(3) リサイクル材料の技術評価

図-2 評価方法に従い、表-2 に示すリサイクル材料について、利用用途別の技術評価を行った。表-7 にその結果を示す。

平成24年3月に一部改訂した技術評価と比較すると以下の点に特徴がある。

- ・対象材料（産業廃棄物のスラグ等）を細分化し、工種用途（埋立柱材、As フィラー材）を追加することによって、リサイクル材料の開発・利用動向に対応した。

・上記項目の追加だけでなく、従来の材料、工種用途についても評価の見直しを行った結果、約 40 項目で評価の向上が見られた。

3. おわりに

本稿は、平成 26 年度までに実用化された建設副産物及び産業副産物等のリサイクル技術及び関係法令等の動向を踏まえ、利用用途別の技術評価を行ったものである。本稿では対象としていないリサイクルに関する技術開発が、各関係機関において積極的に取り組まれており、今後のリサイクル技術の開発動向や港湾・空港等工事でのニーズを勘案しつつ、適宜最新情報に更新する必要がある。

謝辞

本稿は、国土交通省港湾局技術企画課発注の港湾整備事業等におけるリサイクル材料の適用性に係る技術検討外業務の成果の一部をまとめたものである。

検討にあたっては、港湾・空港等リサイクル推進検討会（委員長：東京理科大学 理工学部 土木学科 菊池教授）の各委員及びリサイクルポート推進協議会の関係団体から貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

表-7 リサイクル材料の利用技術の状況

対象材料	工種用途	コンクリート		地盤改良工	地盤改良工	地盤改良工	基礎工	本体内	覆層・掘削工、掘削土	表土・表層工	土工		舗装工	舗装工	その他		その他	
		①コンクリート用 集骨材	②コンクリート用 集骨材	③混和材	④不凍材用 及びパッド材	⑤パッド用 及びパッド材	⑥深層混合処理 固化材	⑦砕石	⑧中継材	⑨砕石、砂、 活字土	⑩表土	⑪表土	⑫埋立柱材	⑬埋立柱材	⑭As 埋立柱材、 As フィラー材	⑮埋立柱材、 埋立柱材、 埋立柱材、 埋立柱材	⑯その他	⑰その他
建設発生土		-	-	-	△	○	△	○	-	○	○	○	○	-	-	○	-	-
資源土砂	砂質系	-	-	-	△	△	-	○	-	○	○	○	△	-	-	○	-	-
	粘性土系 (資源土質材料による改良土を含む)	-	-	-	△	△	-	-	-	○	○	○	△	-	-	○	-	-
アスファルトコンクリート		x	x	-	-	-	-	-	-	-	△	-	○	○	○	-	-	-
コンクリート		(再生骨材)	(再生骨材)	-	△	○	-	△	△	△	△	△	-	○	○	x	-	-
建設発生木材		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
建設発生		-	-	-	△	△	-	x	-	-	-	△	△	△	△	-	-	○
産業廃棄物	コンクリート用 集骨材	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	集骨材スラグ	-	-	○	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
As 埋立柱材	土工用 As 埋立柱材	-	-	-	○	○	-	△	-	○	○	○	○	-	-	-	-	○
	コンクリート用 As 埋立柱材	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
混合土	土工用・地盤改良用集骨材	-	-	-	-	-	-	△	-	△	○	△	-	○	-	-	-	○
	道路用集骨材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
埋立柱材	As 埋立柱材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
	As 埋立柱材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
埋立柱材	埋立柱材	-	-	-	-	-	○	-	○	○	△	○	-	-	-	-	-	○
	埋立柱材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
埋立柱材	埋立柱材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	○	-	-	-	-	○
	埋立柱材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
埋立柱材	埋立柱材	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
	埋立柱材	○	○	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
埋立柱材	埋立柱材	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
	埋立柱材	△	x	-	○	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
埋立柱材	埋立柱材	○	-	-	○	○	-	△	△	△	△	-	-	△	-	-	-	○
	埋立柱材	○	△	-	△	○	-	△	△	△	△	△	-	△	○	-	-	○
埋立柱材		○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	△	-	-	

【総合評価】  
 ◎：すでに当該用途を想定した品質基準が設けられる等、利用が可能  
 ○+：利用実績が多いものまたは○に加えて利用マニュアル案等が整備されているもの  
 ○：標準材料と同等、または利用実績や実証実験などで品質が確認され利用可能性の高いもの  
 △：利用可能性はあるが、既存資料からは判定できず、今後の検討を要するもの  
 ×：現段階では利用は難しいと考えるもの  
 -：用途対象外