

港湾工事等における低炭素型材料の  
活用マニュアル

(Ver. 1.0)

令和5年3月

国土交通省 関東地方整備局  
港湾空港部

## 《 目次 》

まえがき	.....	2
第 1 章	総説 .....	3
1.1	マニュアルの位置づけ .....	3
1.2	CO <sub>2</sub> 排出量の削減対象 .....	5
第 2 章	材料の選定 .....	9
2.1	対象工種・主な材料 .....	9
2.2	低炭素型材料の活用に関する検討の流れ（設計段階から活用を検討する場合）	15
2.3	低炭素型材料の活用に関する検討の流れ（発注段階から活用を検討する場合）	18
2.4	低炭素型材料の活用可否の検討 .....	19
第 3 章	CO <sub>2</sub> 排出量の算定方法・ CO <sub>2</sub> 排出量と工事費の評価 .....	21
3.1	算定の基本的考え方 .....	21
3.2	算定に必要な数量の設定 .....	21
3.3	CO <sub>2</sub> 排出原単位の設定 .....	21
3.4	設計段階または発注段階における各排出源の CO <sub>2</sub> 排出量の算定 .....	22
3.5	積算 .....	22
3.6	CO <sub>2</sub> の排出量と工事費の評価 .....	22
第 4 章	施工終了後における CO <sub>2</sub> 排出量の削減量の確認 .....	23
第 5 章	記録・保存 .....	24
附則	今後の検討項目 .....	25

2020年10月26日、政府は内閣総理大臣所信表明演説において、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年にカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。

国土交通省港湾局では、港湾工事の脱炭素化に向けて、「カーボンニュートラルポート（CNP）の形成に向けた施策の方向性」（2021年12月）を踏まえ、港湾工事においてCO<sub>2</sub>排出量の削減に資する低炭素型材料の活用や施工機械の低炭素化・自動化といった新技術を積極的に導入することを促進するための取り組みを進めている。具体的には、2021年度から学識経験者、業界団体も参画した「港湾工事における二酸化炭素排出量削減に向けた検討WG」を開催しており、まずは現状の港湾工事におけるCO<sub>2</sub>排出量を定量的に把握するため、「港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編）」（2022年6月）を策定している。さらに、施工段階でのCO<sub>2</sub>排出量の算定手法の検討、CO<sub>2</sub>排出の削減に資する取り組みの普及促進に向けた試行工事の内容検討などを進めている。

今般、関東地方整備局 港湾空港部では、このような動きを現場レベルに落とし込み、港湾工事・空港工事・海岸工事（以下、「港湾工事等」という。）における低炭素型材料の活用を促進するため、低炭素型材料が活用可能な対象工種の整理、低炭素型材料の選定フローの作成等、低炭素型材料活用における基本的考え方を整理し、「港湾工事等における低炭素型材料の活用マニュアル」（以下、本マニュアルという。）として取りまとめた。

なお、本マニュアルは、「港湾工事における二酸化炭素排出量削減に向けたWG」や本マニュアル「附則 今後の検討項目」の検討状況等に応じ、随時更新することを予定している。

## 第1章 総説

### 1.1 マニュアルの位置づけ

- 「港湾工事等における低炭素型材料の活用マニュアル」は、港湾工事等から排出される CO<sub>2</sub> 量を削減するため、港湾工事等において低炭素型材料を活用する際の基本的な考え方や、活用に係る検討手順を示すことを目的とする。
- 本マニュアルでは、設計段階や発注段階において発注者が低炭素型材料の活用を検討する場合の考え方を整理する。
- 本マニュアルに記載のない事項については、関係省庁等から発刊されている各種ガイドライン等を参照するものとする。

(解説)

#### (1) 本マニュアルの目的

本マニュアルは、港湾工事等から排出される CO<sub>2</sub> 量を削減するため、港湾工事等において低炭素型材料を活用する際の基本的な考え方や、活用に係る検討手順を示すことを目的とする。

港湾工事等での CO<sub>2</sub> 排出量の多くは鋼材、コンクリートおよび石材に起因する。このうち、現時点において、コンクリートでは低炭素型材料が開発されており、比較的炭素化の余地が大きい。我が国におけるセメント製造時に発生する CO<sub>2</sub> 排出量は約 3,300 万 t (我が国における CO<sub>2</sub> 排出量の約 3%) [2020 年] というデータ<sup>1</sup>もあり、特にセメント・コンクリートを使用する構造物において、低炭素型材料の活用を促進することが重要である。また、近年では天然石材の価格高騰等に伴い、経済性および環境負荷低減の観点から人工石材の活用も期待されている。この様な状況等を踏まえ、本マニュアルは、極力簡便かつ効率的な低炭素型材料活用の検討に貢献することを目指す。

#### (2) 想定される本マニュアルの使用者

本マニュアルでは、設計段階や発注段階において発注者が低炭素型材料の活用を検討する場合の考え方を整理する。

#### (3) 本マニュアルの対象範囲

本マニュアルでは、設計段階または発注段階における低炭素型材料の活用に関する検討を円滑に実施できるよう、低炭素型材料の活用対象工種および検討フローを示す。本マニュアルは港湾工事等での低炭素型材料等の活用について、現時点での方策を示すものであるが、今後の研究開発の進捗等に応じ、随時更新する予定である。

---

<sup>1</sup> 「セメントの LCI データの概要」 ([https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jg1i\\_01.pdf](https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jg1i_01.pdf)) と 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」 ([https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm10000017uzyw-att/NIR-JPN-2022-v3.0\\_J\\_GIOweb.pdf](https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm10000017uzyw-att/NIR-JPN-2022-v3.0_J_GIOweb.pdf)) をもとに関東地方整備局で試算。

(4) 関連するガイドライン等

本マニュアルに記載のない事項については、関係省庁等から発刊されている各種ガイドライン等を参照するものとする。

○港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編）

〔港湾工事における二酸化炭素排出量削減に向けた検討WG〕

CO<sub>2</sub>排出量削減の取り組みの前提となる排出量の実態把握を目的として、工事発注段階での排出量算定の基本的考え方を整理している。（以下、「ガイドライン（発注段階編）」）

○「カーボンニュートラルポート（CNP）形成計画」策定マニュアル

〔国土交通省港湾局〕

CNP 形成に向けた施策の方向性を整理しており、合わせて CO<sub>2</sub> 排出量の推計方法が記載されている。

○港湾空港技術研究所資料 No.1399

〔国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 中村 董、川端 雄一郎、辰巳 大介〕

港湾工事のプロセスの中で、CO<sub>2</sub> 排出量の事前推定を行う場面ごとに、算定主体や算定方法等を整理するとともに、工事発注段階において CO<sub>2</sub> 排出量を事前推定することを想定し、算定範囲や算定手法に関して整理している。

## 1.2 CO<sub>2</sub>排出量の削減対象

○本マニュアルでは、港湾工事等から発生する CO<sub>2</sub> 排出源のうち、「材料の製造」由来の CO<sub>2</sub> 排出量を削減対象とすることを基本とする。また、必要に応じて「材料の運搬」由来の CO<sub>2</sub> 排出量も削減の対象とする。

(解説)

港湾工事等では、材料の生産から廃棄物の処理まで、様々な活動が行われる。しかし、それぞれの CO<sub>2</sub> 排出源が全体の CO<sub>2</sub> 排出量に占める割合には大きな差があり、すべての排出源について CO<sub>2</sub> 排出量を算定することは非効率となる場合がある。そのため、本マニュアルでは、当面、港湾工事等における全 CO<sub>2</sub> 排出源のうち、CO<sub>2</sub> 排出量が比較的多い排出源を対象として削減方策を講じることで、効率的な港湾工事等の低炭素化を図る。

ガイドライン（発注段階編）では、港湾工事における排出源は、図 1.2.1 のように整理されている。一方、港湾空港技術研究所資料 No.1399 では、消波ブロック被覆堤を対象に CO<sub>2</sub> 排出量が算定され、図 1.2.2 に示すように排出源別の CO<sub>2</sub> 排出割合が示されている。消波ブロック被覆堤を対象とした算定結果によれば、およそ 90%は材料由来の CO<sub>2</sub> 排出量が占め、機械稼働（燃料生産）由来がおよそ 1%、機械稼働（燃料燃焼）由来がおよそ 10%、運搬由来がおよそ 0.01%と整理されている。このように、港湾工事等における CO<sub>2</sub> 排出量の削減を検討する際は、材料由来の CO<sub>2</sub> 排出量に着目することが重要である。

なお、ガイドライン（発注段階編）では、発注段階において十分なデータが取得できないことを理由に、材料の運搬時の CO<sub>2</sub> 排出量は算定対象となっていない。しかしながら、低炭素型材料であっても、遠方から運搬した場合には CO<sub>2</sub> 排出量の観点からの優位性が失われる場合もある。例えば、天然石材と人工石材の材料製造時の CO<sub>2</sub> 排出量を比較すると、一般的に天然石材の方が優位である。一方、関東地方周辺で天然石材を入手することが困難な場合もあり、その場合には遠方からの運搬時の CO<sub>2</sub> 排出量が付加される。このような条件において、現場周辺で人工石材が調達可能な場合、人工石材の方が CO<sub>2</sub> 排出量の観点で優位になる可能性がある。このため、必要に応じて材料の製造時だけでなく、材料の運搬も含めて CO<sub>2</sub> 排出量を算定する必要がある。なお、一般材料と低炭素型材料の運搬距離が概ね同程度の場合は材料運搬による CO<sub>2</sub> 排出量に関する検討を省略することができる。

また、施工時に使用する施工機械を工夫することにより CO<sub>2</sub> 排出量の削減が見込める場合もあるが、当面、本マニュアルでは、簡便に CO<sub>2</sub> 排出量を比較するため、「材料の製造」由来の CO<sub>2</sub> 排出量を削減対象とすることを基本とし、必要に応じ「材料の運搬」由来の CO<sub>2</sub> 排出量も削減の対象とする。

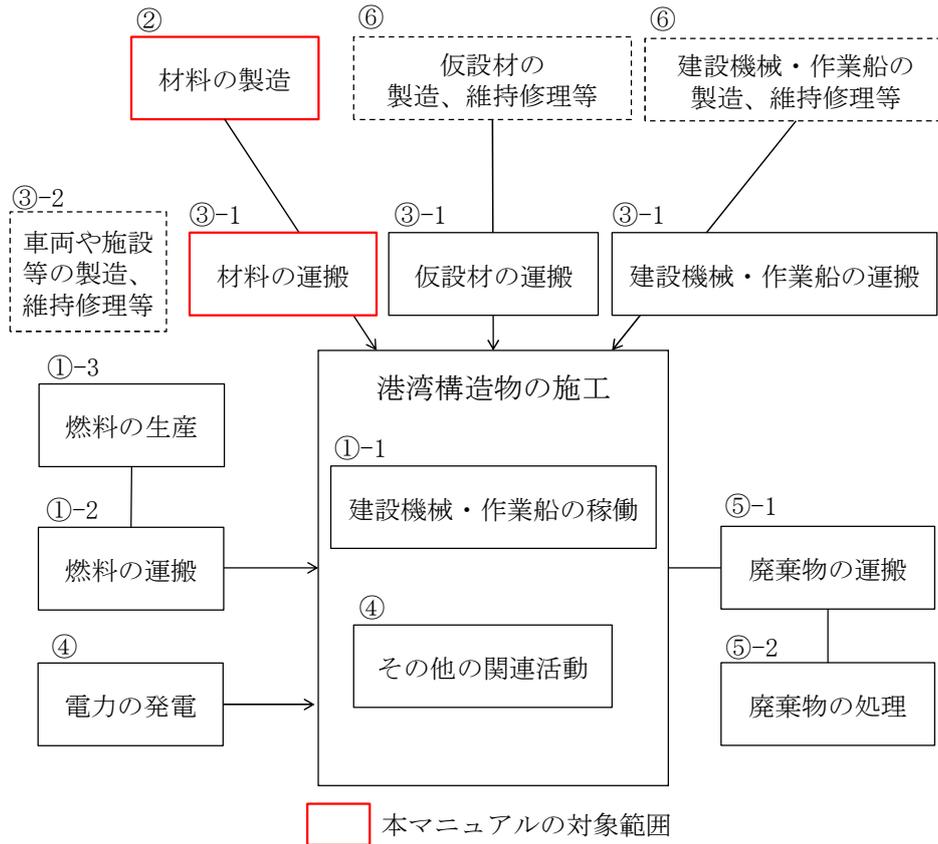


図 1.2.1 港湾工事における CO<sub>2</sub> 排出を伴う活動

出典：港湾工事における二酸化炭素排出量算定ガイドライン（発注段階編）に一部加筆

【参考】

図 1.2.2 は、図 1.2.3 に示す消波ブロック被覆堤の建設に際して排出される CO<sub>2</sub> のうち、各 CO<sub>2</sub> 排出源別の排出割合を示している。異なる算定方法（産業連関法、積み上げ法）で比較しても、CO<sub>2</sub> 排出源の概ね 90%が材料の製造に由来するものであり、その排出源としての支配要因となっている。なお、本算定には高炉セメント B 種を用いたコンクリートが想定されている。

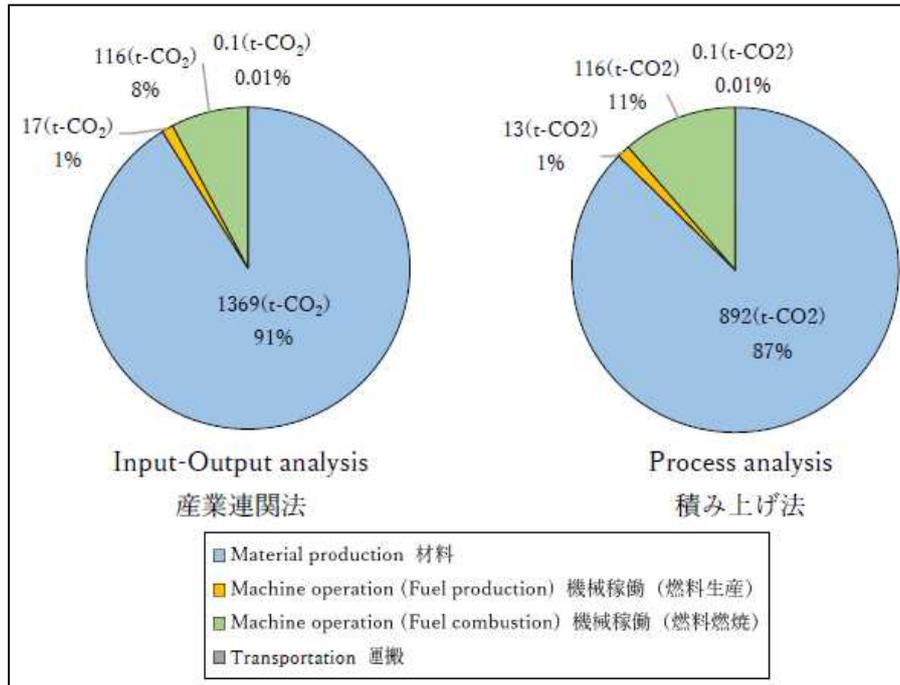


図 1.2.2 排出源別 CO<sub>2</sub> 排出割合<sup>1</sup>

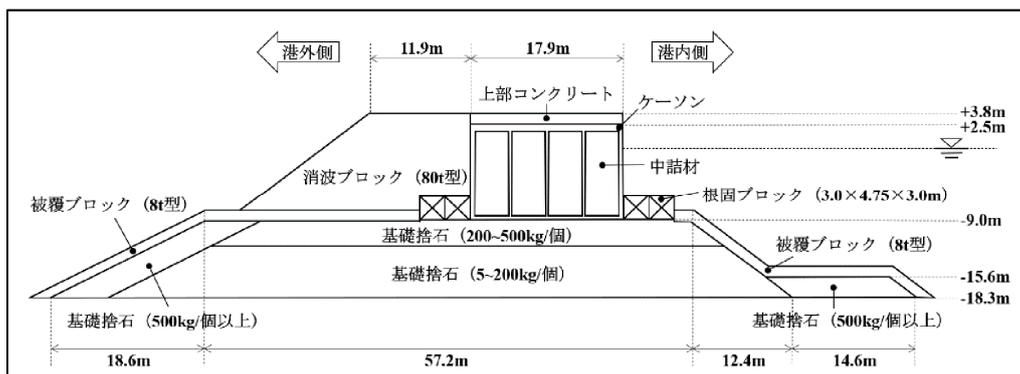


図 1.2.3 排出源別 CO<sub>2</sub> 排出割合の算定に用いられた防波堤断面<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 出典：「港湾空港技術研究所資料 No.1399」（2022.3）中村堇、川端雄一郎、辰巳大介

## 【参考】用語の定義

本マニュアルで使用する用語の定義を示す。

### ➤ 低炭素型材料

本マニュアルでは、一般材料と比較し CO<sub>2</sub> 削減に資する材料を低炭素型材料とする。具体的には以下のとおり。

- ①材料の製造時に発生する CO<sub>2</sub> 排出量を低減する材料
- ②材料の製造時に CO<sub>2</sub> を材料内に貯留することにより CO<sub>2</sub> 削減に資する材料
- ③高い生物付着性を有し藻場造成等を促進することにより CO<sub>2</sub> 削減に資する材料
- ④運搬により発生する CO<sub>2</sub> の削減に資する材料

### ➤ 一般材料

港湾工事等において、一般的に使用される材料とする。本マニュアルでは、コンクリートについては高炉セメントB種をセメントに用いたもの、石材については天然石材を指す。

### ➤ 特性値

設計において定量的に考慮される作用または材料の特性<sup>1</sup>を指し、本マニュアルでは、単位体積重量や粘着力、内部摩擦角等、各材料が有する値を指す。

---

<sup>1</sup> 出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説〔平成30年5月〕公益社団法人 日本港湾協会

## 第2章 材料の選定

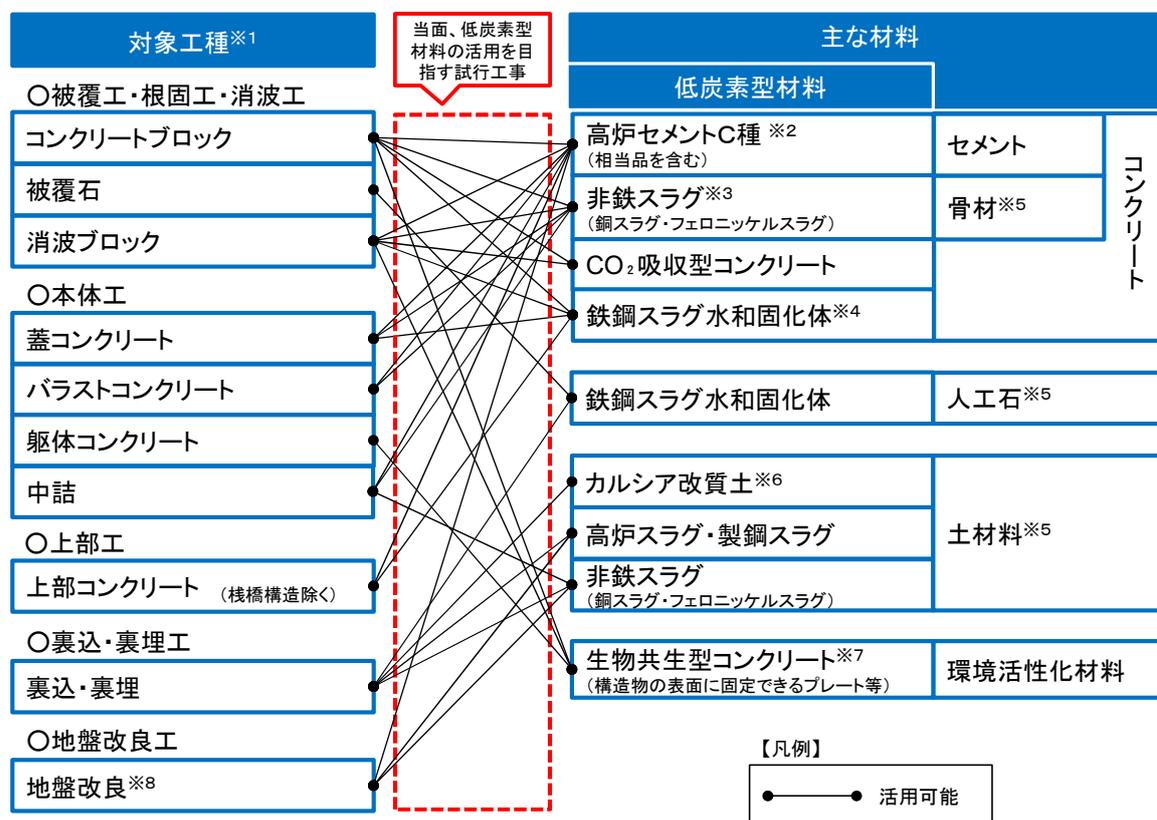
### 2.1 対象工種・主な材料

○港湾工事等で低炭素型材料の活用を検討するにあたっては、当該時点での材料の調達可能性や技術動向を鑑み、適切なものを選定しなければならない。

(解説)

低炭素型材料は各機関で研究開発がなされており、様々なものが提案されているが、現時点で港湾工事等に即座に適用可能な材料は限定的である。また、多くの低炭素型材料において、その材料の調達可能性が課題になる。したがって、港湾工事等における低炭素型材料の活用を検討するにあたっては、当該時点での材料の調達可能性や技術動向を鑑み、適切なものを選定する必要がある。

図 2.1.1 に低炭素型材料の活用を目指す試行工事の対象工種及び主な材料の案を示す。ただし、本図は当面の活用案であって、図に示す工種及び材料以外であっても、活用可能性がある場合には、個別に検討を行うこととする。なお、対象工種・材料については、今後の試行工事の実績や技術動向等を踏まえ、可能な箇所から追加を行う予定である。



※1 当面の取組みとしては、無筋コンクリートを想定する。

※2 高炉セメントC種はJIS R5211に定義された高炉スラグの混入率が60～70%のものを指す。

また、高炉セメントC種相当品とは、普通ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末を混和材として混入し、高炉セメントC種相当の高炉スラグ混入率(60～70%)になるように配合した材料を指す。

※3 コンクリート用骨材に活用できる非鉄スラグのうち、フェロニッケルスラグは細骨材及び粗骨材に活用でき(JIS A 5011-2)、銅スラグは細骨材に活用できる(JIS A 5011-3)。

※4 鉄鋼スラグ水和固化体は、工場や陸上施工ヤードなどで品質管理が行われることから、プレキャスト材を想定する。

※5 一般材料と比べ、運搬距離の縮減により低炭素化を図れる材料も検討の対象とする。

※6 浚渫土とカルシウム改質材を混合し、浚渫土中のCO<sub>2</sub>を貯留することにより低炭素化を図れる材料も対象とする。

※7 藻場造成等の環境活性化に資するコンクリートのこと。

※8 地盤改良工に活用する場合、工法により適用の可否が異なる。(2.1(5)参照)

図 2.1.1 低炭素型材料の対象工種及び主な材料の活用案（当面の取組み）

【参考】低炭素型材料を活用する対象工種と材料の例

港湾施設には様々な形式のものがあるが、ここでは外郭施設や係留施設の構造形式に採用される重量式構造物を事例として示す。

重力式防波堤（図 2.1.2）及び重力式係船岸（図 2.1.3）を事例として、対象工種と活用可能な低炭素型材料を整理したものを表 2.1.1 に示す。なお、本マニュアルは重力式構造物に限定するものではなく、その他の構造形式であっても活用可能性がある場合には低炭素型材料の活用に関して検討を行う。その場合には、専門家の意見を聴取することが望ましい。

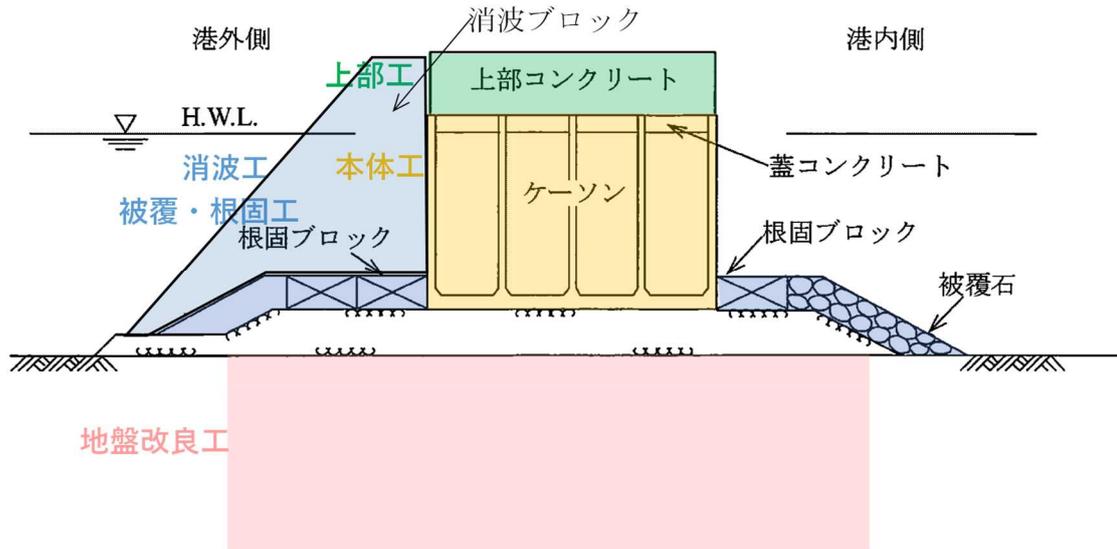


図 2.1.2 重力式防波堤の模式図

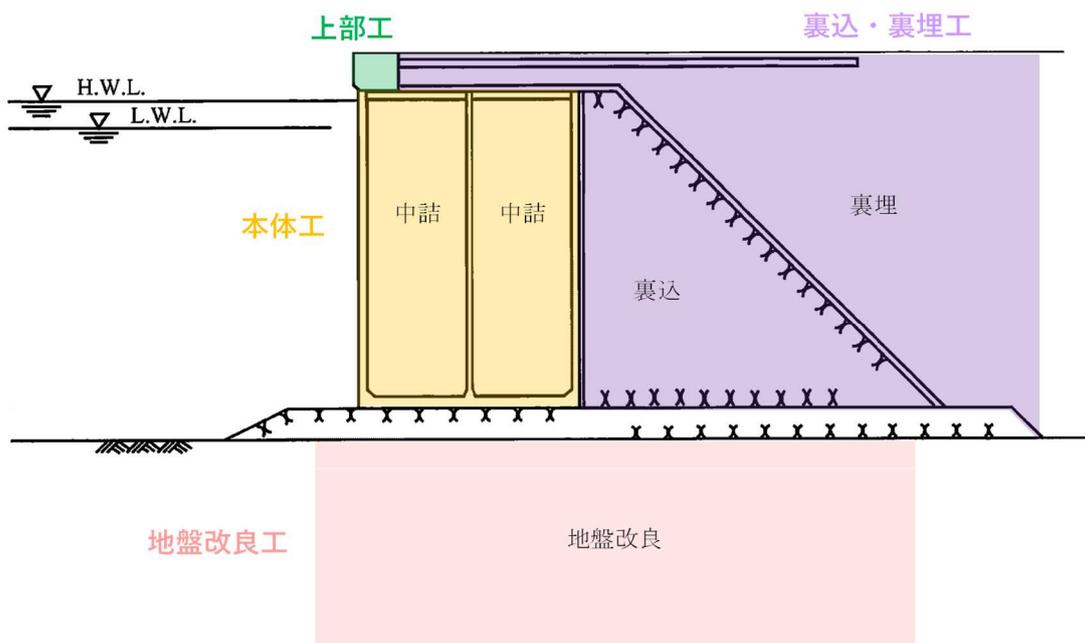


図 2.1.3 重力式係船岸の模式図

表 2.1.1 対象工種と低炭素型材料（重力式構造物の場合）

		工 種											
		本体内				上部工	裏込・裏埋工	被覆工・根固工・消波工				地盤改良工	
		躯体コンクリート工 ※1	中詰工	蓋コンクリート工	パラストコンクリート工	上部コンクリート工	裏込・裏埋工	被覆石工	被覆ブロック工	根固ブロック工	消波ブロック工	地盤改良工 ※5	
コンクリート	セメント ※2	高炉セメントC種 (相当品を含む)	—	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○
	骨材 (細骨材・粗骨材) ※3	非鉄スラグ ※4	—	○	○	○	○	—	—	○	○	○	—
		CO <sub>2</sub> 吸収型コンクリート	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—
		鉄鋼スラグ水和固化体 ※6	—	—	○	—	○	—	—	○	○	○	—
人工石 ※3	鉄鋼スラグ水和固化体	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	
人工土材料 ※3	カルシア改質土	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	
	高炉スラグ・製鋼スラグ	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	
	非鉄スラグ	—	○	—	—	—	○	—	—	—	—	○	
環境活性化材料	生物共生型コンクリート	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	

○：活用可能

※1 本マニュアルでは、躯体コンクリート表面に設置するパネル状のコンクリートを指す。

※2 セメントに低炭素型材料を活用する場合、低炭素型材料の供給が安定するまでは、専用プラントやコンクリートプラント台船の使用の検討も必要。

※3 コンクリート用骨材、人工石、人工土材料は、天然石材等と比べ、運搬距離が削減できる場合は、低炭素型材料としての活用が可能。

※4 本マニュアルでは、骨材に活用する非鉄スラグとして、JIS規格品を想定する。具体的には、細骨材にはフェロニッケルスラグが骨材として活用可能とする。なお、亜鉛スラグは、コンクリート用骨材として JIS 規格で定められていないため、本マニュアルでは使用不可と想定している。

※5 地盤改良工に低炭素型材料を活用する場合、工法により適用の可否が異なる。詳細は (5) ①に示す。

※6 鉄鋼スラグ水和固化体をコンクリート材料として活用する場合、十分な品質管理を行う必要性より工場製作が一般的であるため、本マニュアルではプレキャスト材を想定する。

出典：「港湾・空港等整備におけるリサイクルガイドライン（平成 30 年 4 月 国土交通省港湾局、航空局）」、「港湾・空港・海岸等におけるカルシア改質土利用技術マニュアル」（平成 29 年 2 月 一般財団法人 沿岸技術研究センター）」を参考に関東地方整備局で作成

表 2.1.1 について、一般材料及びこれに代わり活用できる低炭素型材料の候補を以下に示す。なお、以下に示す材料以外であっても、活用可能性がある場合には、個別に検討を行うこととする。

## (1) 本体工

本体工は、躯体コンクリート工、中詰工、蓋コンクリート工、バラストコンクリート工からなる。

### ① 躯体コンクリート工

躯体コンクリートには、パネル状の生物共生型コンクリートを躯体コンクリート表面に設置すること等により、藻場造成等の環境活性化によって CO<sub>2</sub> の削減が可能になる。また、表面形状の工夫によって、生物付着性が高まる場合がある。

### ② 中詰工

中詰には、一般材料として、セメントにポルトランドセメント、高炉セメント B 種、シリカセメント及びフライアッシュセメント、細骨材及び粗骨材に天然石材を使用したコンクリート（コンクリートブロックを含む）、砂、天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品含む）、細骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ）、粗骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用したコンクリート（コンクリートブロック含む）、砂、天然石材の代替に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ、亜鉛スラグ）を活用できる。

### ③ 蓋コンクリート工

蓋コンクリートには、一般材料として、セメントにポルトランドセメント、高炉セメント B 種、シリカセメント及びフライアッシュセメントが使用される。また、細骨材及び粗骨材には天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品含む）、細骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ）、粗骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。また、プレキャスト材を使用する場合は、コンクリートの代替品に鉄鋼スラグ水和固化体を活用できる。

### ④ バラストコンクリート工

バラストコンクリートには、一般材料として、セメントにポルトランドセメント、高炉セメント B 種、シリカセメント、フライアッシュセメントが使用される。また、細骨材及び粗骨材には天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品を含む）、細骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ）、粗骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。

## (2) 上部工（無筋コンクリートを想定）

### ① 上部コンクリート工

上部コンクリートには、一般材料として、セメントにポルトランドセメント、高炉セメント B 種、シリカセメント、フライアッシュセメントが使用される。また、細骨材及び粗骨材には天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品を含む）、細骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ）、粗骨材に非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。また、プレキャスト材を使用する場合は、コンクリートの代替品に鉄鋼スラグ水和固化体を活用できる。

### (3) 裏込・裏埋工

#### ① 裏込・裏埋工

裏込材には、一般材料として、天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、鉄鋼スラグ水和固化体、高炉スラグ（土工用水砕スラグ）を活用できる。なお、裏込材は内部摩擦角を十分確保できるよう留意する必要がある。

裏埋材には、一般材料として、砂や天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、鉄鋼スラグ水和固化体、カルシア改質土、高炉スラグ（土工用水砕スラグ）、製鋼スラグ（土工用・地盤改良用製鋼スラグ）、非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。但し、カルシア改質土については、浚渫土砂を固化することによって、浚渫土砂中の有機物を封じ込め、炭素を貯留することにより低炭素化に寄与することが考えられるが、カルシア改質土の裏埋材への活用による低炭素化については現在技術開発段階であるため、活用にあたっては専門家の意見を聴取することが望ましい。

### (4) 被覆工・根固工・消波工

被覆工は石材を使用する被覆石工と、コンクリートブロックを用いる被覆ブロック工に分類される。また、根固工・消波工はコンクリートブロックを用いる根固ブロック工・消波ブロック工が一般的である。

#### ① 被覆石工

一般材料には、天然石材が使用される。なお、被覆石は激しい気象作用による摩耗作用を受けることから、堅硬、ち密、耐久性に富み風化凍害の恐れのない品質が必要となる。

これに代わる低炭素型材料として、鉄鋼スラグ水和固化体を活用できる。

#### ② 被覆ブロック工・根固ブロック工・消波ブロック工

一般材料として、セメントにポルトランドセメント、高炉セメント B 種、シリカセメント及びフライアッシュセメントが使用される。また、細骨材及び粗骨材には天然石材が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品を含む）、細骨材には非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ、銅スラグ）、粗骨材には非鉄スラグ（フェ

ロニッケルスラグ) を活用できる。

また、低炭素型材料として、プレキャスト材を使用する場合は CO<sub>2</sub> 吸収型コンクリートや鉄鋼スラグ水和固化体、生物共生型コンクリートを活用できる。

## (5) 地盤改良工

### ① 地盤改良工

バーチカルドレーン材には、一般材料として、砂等が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。

サンドマット材には、一般材料として、砂が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、高炉スラグ（土木用水砕スラグ）、非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ）を活用できる。

サンドコンパクションパイル材には、一般材料として、砂が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、高炉スラグ（土木用水砕スラグ）、製鋼スラグ（土工用水砕スラグ及び土工用・地盤改良用製鋼スラグ）、非鉄スラグ（フェロニッケルスラグ及び銅スラグ）を活用できる。

静的圧入締め固め工法（CPG 工法）に用いるセメント材料では、一般材料として高炉セメント B 種が使用される。

これに代わる低炭素型材料として、セメントに高炉セメント C 種（相当品を含む）を活用できる可能性があるため、今後、実験や試験施工等を行い、実用化に向けた検討を進め、必要に応じ本マニュアルに反映することとする。

## 2.2 低炭素型材料の活用に関する検討の流れ（設計段階から活用を検討する場合）

○設計段階から低炭素型材料の活用を検討するにあたっては、設計から施工に至る各段階で適切な検討を行って進めるものとする。

（解説）

図 2.2.1 は設計段階から低炭素型材料の活用を検討する場合の検討フローである。以下に、各時点において必要な検討項目を示す。

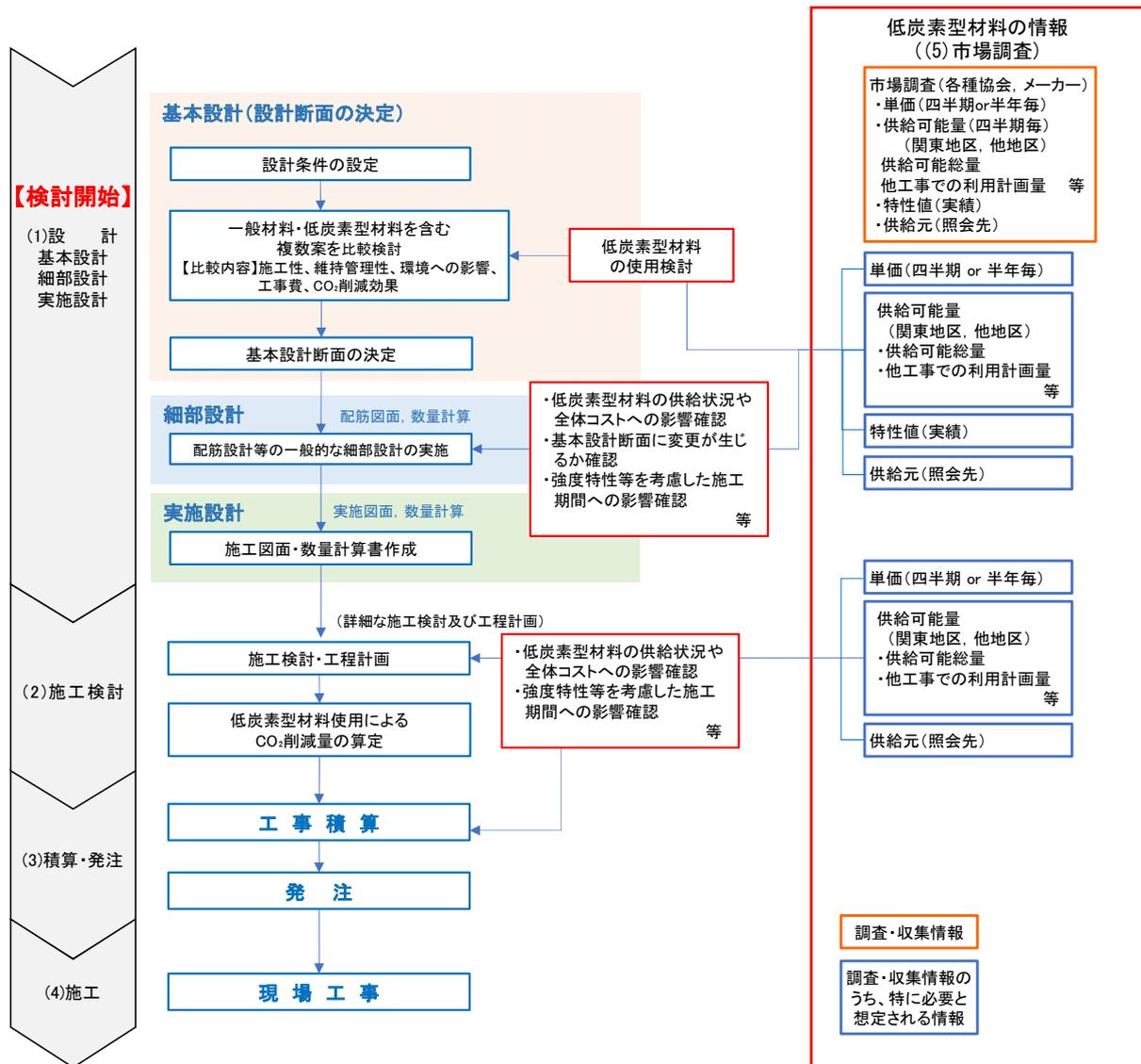


図 2.2.1 低炭素型材料の活用検討フロー（設計段階から活用を検討する場合）

(1) 設計

基本設計では、一次選定及び二次選定にて一般材料を使用した構造形式の抽出・選定を行い、選定された断面に対して低炭素型材料を使用した場合の経済性（工事費等）やCO<sub>2</sub>削減効果を比較検討し、基本設計断面を決定する。

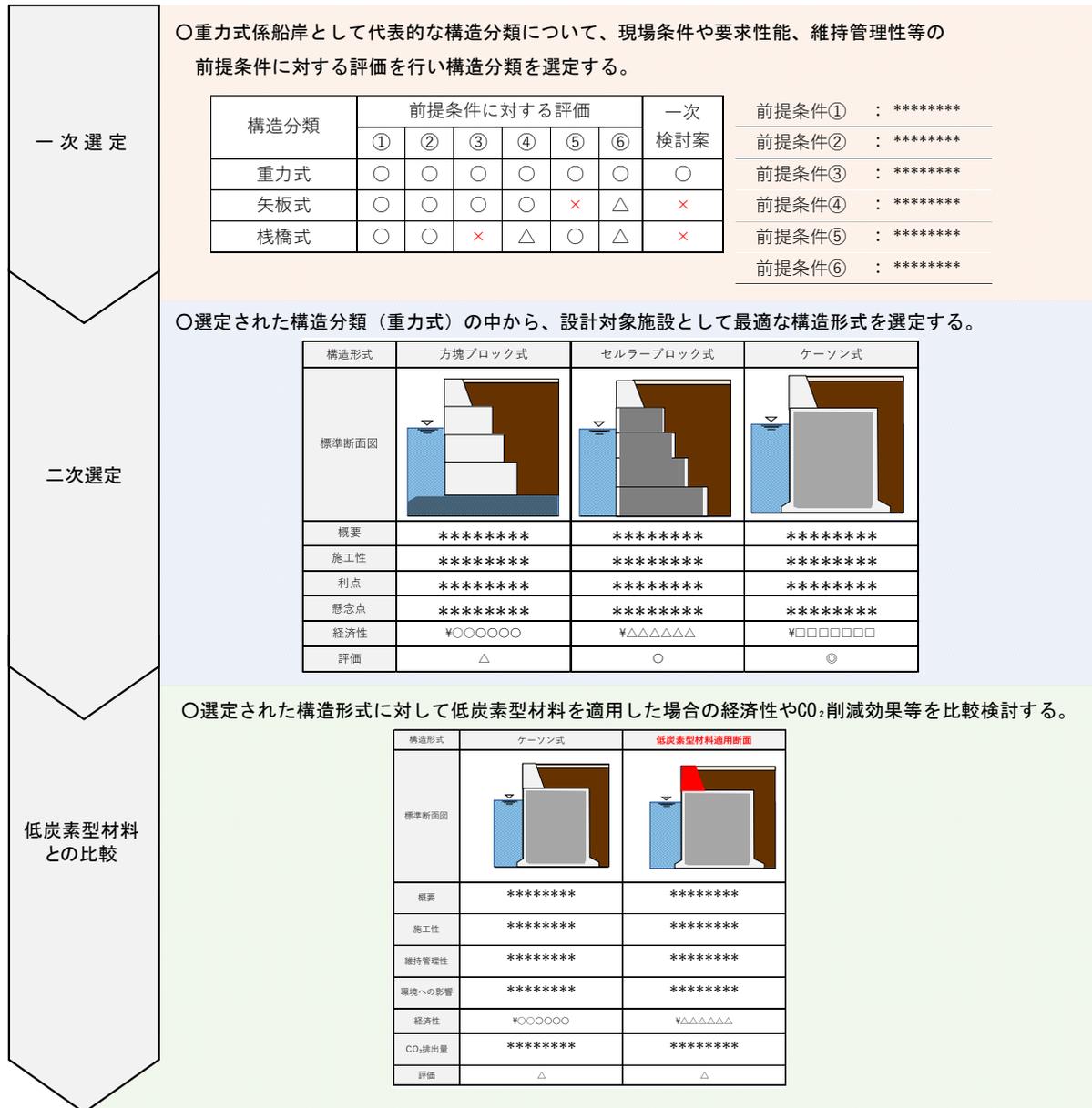


図 2.3.2 構造形式及び使用材料の選定フロー（重力式係船岸の例）

(2) 施工検討

施工検討では、市場調査結果を基に最新の供給元別、年次別の供給可能量及び単価とともに強度特性等を考慮した施工期間への影響等を確認し、低炭素型材料の活用可能性を再確認する。

(3) 積算・発注

工事積算では、市場調査結果を基に最新の供給元別、年次別の供給可能量及び単価とともに強度特性等を考慮した施工期間への影響等を確認し、設計図書のとおり問題なく施工可能であることを再確認する。

(4) 施工

低炭素型材料の施工性、強度発現性・凝結性、必要養生期間等の特性を十分に把握し、設計上必要な強度や特性値、養生期間を満足するように品質を管理して施工を行う。

(5) 市場調査

設計や施工検討において低炭素型材料の活用を検討するために、低炭素型材料の供給可能量や単価、供給元などの市場調査を定期的に行う。

## 2.3 低炭素型材料の活用に関する検討の流れ（発注段階から活用を検討する場合）

○発注段階から低炭素型材料の活用を検討するにあたっては、各段階において適切な検討を行って進めるものとする。

（解説）

図 2.3.1 は発注段階で低炭素型材料の活用を検討する場合の検討フローである。以下には、各時点において必要な検討項目を示す。

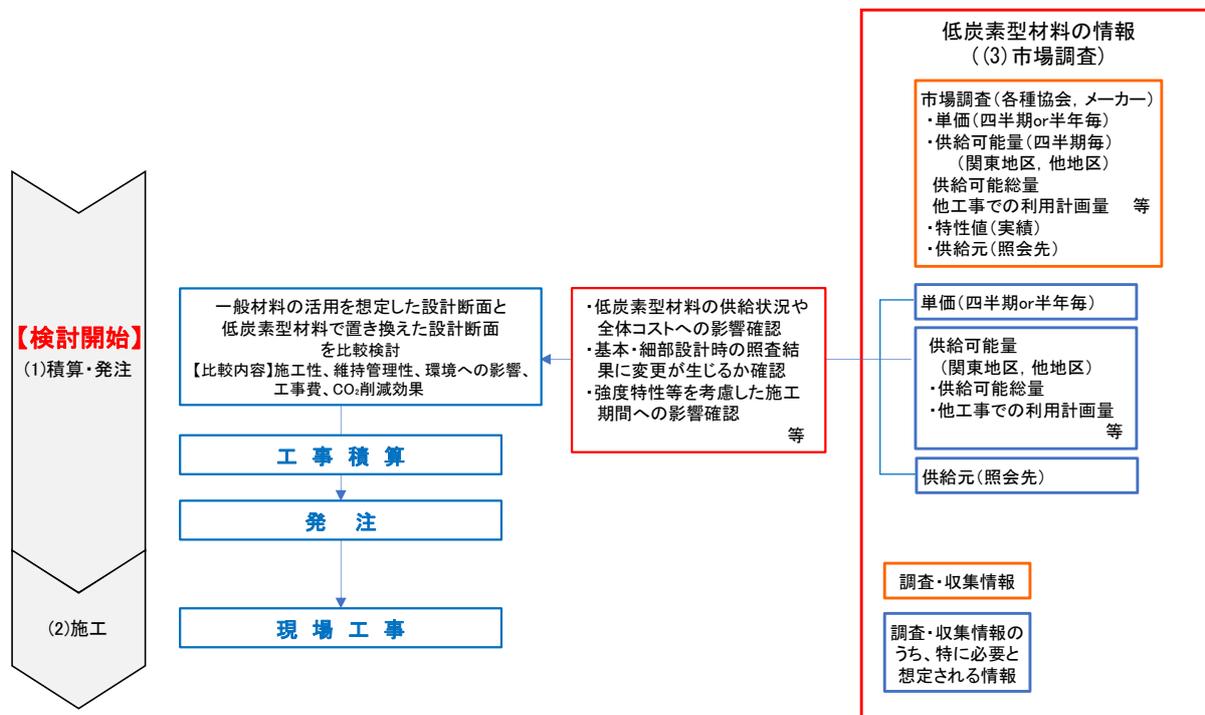


図 2.3.1 低炭素型材料の活用検討フロー（発注段階から活用を検討する場合）

### (1) 積算・発注

工事積算では、市場調査結果を基に最新の供給元別、年次別の供給可能量及び単価とともに強度特性等を考慮した施工期間への影響等を確認し、設計図書のとおり問題なく施工可能であることを再確認する。併せて、基本・細部設計時の照査結果に変更が生じるか確認する。

### (2) 施工

低炭素型材料の施工性、強度発現性や凝結性、必要養生期間等の特性を十分に把握し、設計上必要な強度や特性値、養生期間を満足するように品質を管理して施工を行う。

### (3) 市場調査

積算・発注段階において低炭素型材料の使用を検討するために、低炭素型材料の供給可能量や単価、供給元などの市場調査を定期的に行う。

## 2.4 低炭素型材料の活用可否の検討

- 設計段階もしくは発注段階から低炭素型材料の活用を検討する場合、構造安定性や工期、CO<sub>2</sub>排出量、工事費等について確認し、低炭素型材料の活用の可否を検討する。
- なお、これら以外にも留意点、懸念点等がある場合には併せて検討する。

(解説)

設計段階もしくは発注段階に低炭素型材料活用可否を検討する際には図 2.4.1 に示すフローにしたがって確認を行うものとする。

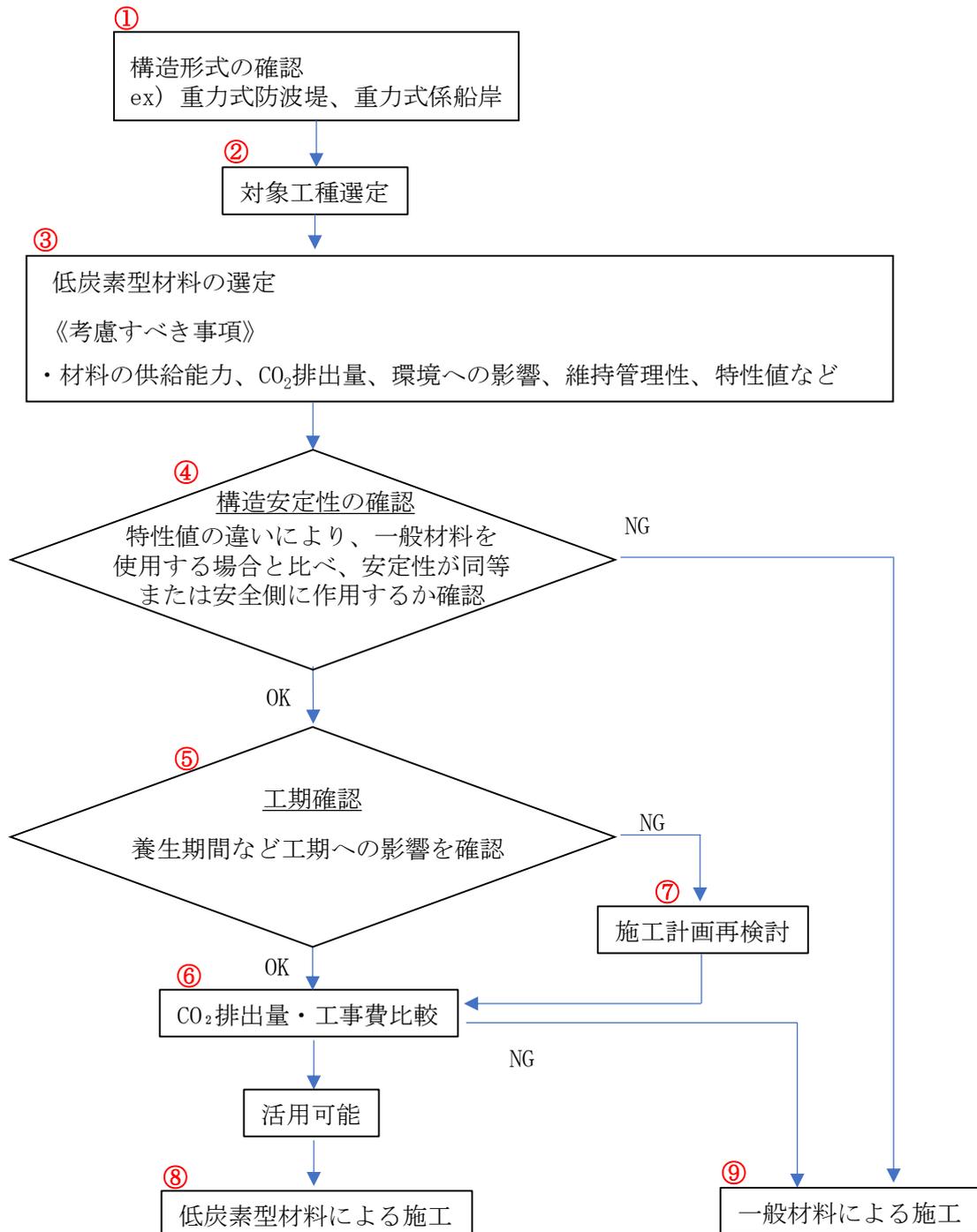


図 2.4.1 低炭素型材料の活用可否の検討

①構造形式の確認

低炭素型材料の活用を検討する施設の構造形式の確認を行う。

②対象工種選定

低炭素型材料の活用を検討する対象工種を選定する。一例として、重力式防波堤及び重力式係船岸における工種を図 2.1.2、図 2.1.3 に示す。

③低炭素型材料の選定

②で選定された対象工種に対して、活用する低炭素型材料を選定する。一例として、重力式防波堤及び重力式係船岸における各対象工種に対して活用可能な材料を表 2.1.1 に示す。材料の供給能力、CO<sub>2</sub> 排出量、環境への影響、維持管理性、特性値等を考慮して活用可能な低炭素型材料を選定する。

④構造安定性の確認

③で選定した低炭素型材料の特性値が一般材料と異なる場合、施設に対する作用が設計時の想定から変化する可能性がある。そのため、低炭素型材料を活用した場合、一般材料を使用した場合と比べ、施設の安定性が同等または安全側に作用するか確認する。

⑤工期の確認

低炭素コンクリートの場合、例えば、所定の強度が発現するまでの期間が長くなり、養生期間が一般的なコンクリートよりも長くなる場合がある。この様な観点で低炭素型材料の活用による工期への影響を確認する。

⑥CO<sub>2</sub> 排出量・工事費比較

一般材料を使用した場合と低炭素型材料を活用した場合の CO<sub>2</sub> 排出量・工事費を比較し、低炭素型材料の活用可否を判断する。

⑦施工計画再検討

当初の施工計画の変更が必要になった場合、施工計画を再検討する。(例：パーティー数の調整等)

⑧低炭素型材料による施工

低炭素型材料を活用し施工する。

⑨一般材料による施工

低炭素型材料を活用することにより、構造安定性が担保出来ない場合や CO<sub>2</sub> 排出量・工事費比較の結果により優位でないと判断された場合は一般材料を使用する。

## 第3章 CO<sub>2</sub>排出量の算定方法・CO<sub>2</sub>排出量と工事費の評価

### 3.1 算定の基本的考え方

○算定対象に対して、算定に必要な数量（材料使用量、運搬距離）を設定し、CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いてCO<sub>2</sub>排出量を適切に算定する。

(解説)

本マニュアルでは港湾工事におけるCO<sub>2</sub>排出源(図1.2.1)のうち、主に「材料の製造」を算定対象とするが、必要に応じて「材料の運搬」も算定対象とする。数量やCO<sub>2</sub>排出原単位の設定およびCO<sub>2</sub>排出量の具体的な算定方法については3.2～3.4で述べる。

なお、本マニュアルの算定対象外の排出源によるCO<sub>2</sub>排出量を算定する場合には、ガイドライン(発注段階編)を参考とするか、専門家の意見を聴取することが望ましい。

### 3.2 算定に必要な数量の設定

○各排出源について、材料使用量や必要に応じて運搬距離を設定する。

(解説)

「材料の製造」によるCO<sub>2</sub>排出量の算定にあたっては、国土交通省港湾局による港湾土木請負工事積算基準等を参考とし、工事積算の考え方に基づき材料使用量を設定するものとする。「材料の運搬」によるCO<sub>2</sub>排出量の算定にあたっては、材料使用量に加えて運搬距離を適切に設定するものとする。

### 3.3 CO<sub>2</sub>排出原単位の設定

○材料または燃料のCO<sub>2</sub>排出原単位を適切に設定する。

(解説)

材料または燃料のCO<sub>2</sub>排出原単位を適切に設定する。CO<sub>2</sub>排出原単位について、メーカーによる算定値およびその根拠資料が明確であればそれを用いて良い。また、必要に応じて専門家の意見を聴取することが望ましい。

### 3.4 設計段階または発注段階における各排出源の CO<sub>2</sub> 排出量の算定

○設定された各種数量および CO<sub>2</sub> 排出原単位を基に、CO<sub>2</sub> 排出量を算定する。

(解説)

港湾空港技術研究所資料 No.1399 に掲載されている、(1) 材料製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量及び (2) 材料運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法を以下に示す。

#### (1) 材料製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の算定

材料製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、各材料の CO<sub>2</sub> 排出原単位と工事積算に基づく材料使用量を掛け合わせるにより求められる。

材料の製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量

$$= \text{各材料の製造に伴う CO}_2\text{排出原単位} \times \text{工事積算に基づく材料使用量}$$

#### (2) 材料の運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の算定

材料運搬に伴う CO<sub>2</sub> 排出量( $E_f$ )は、各燃料単位量の燃焼( $I_f$ )と燃料投入量( $V_f$ )の乗算により求める。

$$E_f = I_f \times V_f$$

$I_f$ については、地球温暖化対策の推進に関する法律施行令で示される「燃料単位量あたりの発熱量」と「単位発熱量あたりの炭素排出量」を用いることができる。そのほか、総合エネルギー統計に示される標準発熱量・標準炭素排出係数と実質発熱量・実質炭素排出係数を用いることもできる。

$$I_f = \text{単位量あたり発熱量} \times \text{単位量あたり炭素排出量} \times 44/12$$

### 3.5 積算

○各工種に対して「港湾土木請負工事積算基準〔国土交通省港湾局〕」等の積算基準や、各種低炭素型材料の積算マニュアルに基づいて概算の工事費を算出する。

### 3.6 CO<sub>2</sub> の排出量と工事費の評価

○一般材料を活用する場合の CO<sub>2</sub> 排出量・工事費と低炭素型材料を活用する場合の CO<sub>2</sub> 排出量・工事費を比較し、総合的に評価を行う。

#### 第4章 施工終了後における CO<sub>2</sub> 排出量の削減量の確認

○低炭素型材料を活用した場合には、施工終了後、使用実績に基づき、CO<sub>2</sub> 削減量を確認するものとする。

(解説)

設計段階または発注段階において実施した CO<sub>2</sub> 排出量の算定結果の妥当性を確認し、また CO<sub>2</sub> 削減量をより正確に評価するため、施工終了後には、低炭素型材料の使用実績に基づき、CO<sub>2</sub> 削減量を確認するものとする。

また、他事例の参考とするため、施工検討時から変更された施工方法などがあれば併せて取りまとめることが望ましい。

## 第5章 記録・保存

○CO<sub>2</sub>排出量の算定結果は適切な方法で記録・保存するものとする。

(解説)

港湾工事等における施工前、施工終了後それぞれにおける CO<sub>2</sub> 排出量の算定結果は今後様々な用途で活用されることが期待される。したがって、それらの CO<sub>2</sub> 排出量の算定結果は電子データ等、適切な方法で保存することが望ましい。

## 附則 今後の検討項目

### 1. 「材料の製造」・「材料の運搬」以外の排出源に関する効率的な CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法《第 1 章 1.2 関連》

港湾工事等では材料の生産から廃棄物の処理まで様々な活動がなされるが、本マニュアルでは、簡便に CO<sub>2</sub> 排出量を比較するため、「材料の製造」由来の CO<sub>2</sub> 排出量を算定対象とすることを基本とし、必要に応じ「材料の運搬」由来の CO<sub>2</sub> 排出量を算定対象とした。

本マニュアルで対象とした「材料の製造」及び「材料の運搬」以外の排出源（例えば、建設機械・作業船の稼働や材料製造時の機械稼働等）からの CO<sub>2</sub> 排出量を効率的に算定する手法の確立が期待される。

### 2. 低炭素型材料の対象工種及び主な材料の拡大《第 2 章 2.1 関連》

本マニュアルでは、現時点での調達可能性や技術動向を鑑み、当面、低炭素型材料の活用を目指す試行工事の対象工種及び主な材料を整理した。今後試行工事の実績や技術動向を踏まえ、新たな低炭素型材料の採用も含めて、活用範囲の拡大の検討を行う必要がある。

### 3. CO<sub>2</sub> 排出量が少ない構造形式や構造断面の検討《第 2 章 2.2 関連》

本マニュアルは、港湾工事等において使用する材料に着目して、港湾工事等から排出される CO<sub>2</sub> 量を削減するための考え方を整理した。他方、港湾工事等から排出される CO<sub>2</sub> 量を削減するための手法として、CO<sub>2</sub> 排出量が少ない構造形式や構造断面の検討を行うことも有効と考えられる。今後、CO<sub>2</sub> 排出量の更なる削減に向けて、設計段階において CO<sub>2</sub> 排出量が少ない構造形式や構造断面の効果的な検討手法の確立が期待される。

### 4. 低炭素型材料の使用による構造物の安定性の確認《第 2 章 2.2、2.3 関連》

一般材料と異なる特性値（単位体積重量、強度等）を持つ低炭素型材料の使用を検討するにあたり、構造物の安定性に問題がないことを確認する必要がある。しかし、設計後に再度安定性照査を行うことは実務上効率的ではない。そのため、低炭素型材料を活用した場合の構造物の安定性を容易に判断できる工夫を設計段階でビルドインすることが有効であると考えられる。具体的な工夫の方法について今後検討を行う必要がある。

### 5. 市場調査の方法等《第 2 章 2.2、2.3 関連》

設計や施工検討、積算・発注段階において低炭素型材料の使用を検討するために、低炭素型材料の供給可能量や単価、供給元などの市場調査を行う必要がある。市場調査の方法・調査頻度等について今後検討を行う必要がある。

### 6. 低炭素型材料を活用する場合の総合的な評価方法《第 3 章 3.6 関連》

低炭素型材料を活用する場合、一般材料を活用する場合に比べて工事費が増加する可能性がある。そのため、低炭素型材料を活用する場合は経済性や施工性等の従来の評価指標に加え、CO<sub>2</sub> 削減量も含めた総合的な評価方法について今後検討を行う必要がある。

#### 7. CO<sub>2</sub>排出量に関する施工後の事後確認方法《第4章 関連》

低炭素型材料を使用した工事において、工事前に推算した CO<sub>2</sub> 排出量と工事後に算出した CO<sub>2</sub> 量を比較することは、事前の CO<sub>2</sub> 排出量の予測精度を高める他、低炭素型材料を今後どのように活用すると CO<sub>2</sub> 削減に有効かを評価するための参考になると考えられる。そのため、今後 CO<sub>2</sub> 排出量を効率的に事後確認する手法の確立が期待される。

港湾工事等における低炭素型材料の活用マニュアル(Ver. 1.0)

(問合せ先)

国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 港湾事業企画課

TEL : 045-211-7417