

ISSN 1346-7328

国総研資料 第651号
平成23年9月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.651

September 2011

港湾施設整備に起因する二酸化炭素排出量推計の事例分析

前川 直紀・林 友弥・鈴木 武・菅野 甚活

Life Cycle Analysis on CO2 Emission Ascribed to
Constructing Two Types of Port Facility

Naoki MAEKAWA, Tomoya HAYASHI, Takeshi SUZUKI, Jinkatsu SUGENO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

港湾施設整備に起因する二酸化炭素排出量推計の事例分析

前川 直紀*・林 友弥**・鈴木 武***・菅野 甚活**

要 旨

IPCC 報告書の公表などを契機として、人間活動によって温室効果ガスが増加し、それによって地球温暖化が進むことが広く認識されるようになった。そのため近年では、地球温暖化への対応が様々な分野で検討、実施されるようになってきた。

国土交通省では、運輸分野、建設分野、住宅・建築分野、都市分野など様々な分野で社会の持続可能性を高める取組を進めている。建設分野における取組は建設機械からの直接排出量を減らそうとするものが中心で、多くのものが建設活動のライフサイクル全体を対象にしていない。建設分野では、建設機械からの直接排出量に比べ、建設資機材の製造時の二酸化炭素排出量が多い場合が少なくない。建設活動に起因する二酸化炭素排出量を減らしていくためには、使用する資機材の製造から工事の施工、施設の廃棄に至るまで施設のライフサイクル全体を考えることが重要である。

そのため、港湾施設整備に起因する二酸化炭素排出量の削減を港湾施設の設計・施工段階において検討するための基礎情報として、港湾施設の建設に起因する二酸化炭素排出量を推計するための二酸化炭素排出量原単位を作成した。そしてそれを使い、ケーソン式係船岸の建設と航路浚渫を対象に二酸化炭素排出量を試算し、二酸化炭素の排出特性を分析した。

キーワード：港湾施設、建設段階、ライフサイクルアセスメント、二酸化炭素排出量

* 港湾研究部 港湾施工システム課 前係長

** 港湾研究部 港湾施工システム課 係員

*** 港湾研究部 部長

** 港湾研究部 港湾施工システム課長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5030 Fax：046-844-5073 E-mail：suzuki-t92y3@ysk.nilim.go.jp

Life Cycle Analysis on CO2 Emission Ascribed to Constructing Two Types of Port Facility

Naoki MAEKAWA*
Tomoya HAYASHI**
Takeshi SUZUKI ***
Jinkatsu SUGENO ****

Synopsis

Taking the opportunities of publication of the IPCC reports, people recognized that human activity increased green house gases (GHG) and that GHG increased global warming. Measures against global warming are considered and executed in various fields of society in recent years.

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan is making efforts to enhance social sustainability in fields of transport, public works, housing, building and urban development. The major effort in public works is direct decreasing of CO2 emission from construction machinery, and is not concerning whole life cycle of infrastructure. Cases that CO2 is more emitted in production of construction materials and machinery than in operation of construction machinery are not few. For decreasing CO2 emission ascribed to public works, it is important to consider whole life cycle of infrastructures, which is from production of materials and machinery to disposal of facilities through construction.

Considering that, we calculated CO2 emission rates for estimating CO2 emission ascribed to port facilities at construction phase. The rates support us to consider measures to reduce CO2 emission from constructing port facilities. And, we calculated and analyzed life cycle CO2 ascribed to constructing caisson type quay and to dredging fairway.

Key Words: Port facility, construction phase, LCA, CO2 emission

* Former Chief Official, Port Construction Systems Division, Port and Harbor Department
** Researcher, Port Construction Systems Division, Port and Harbor Department
*** Director, Port and Harbor Department
**** Head of Port Construction Systems Division, Port and Harbor Department
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan National Institute for Land and Infrastructure Management
Phone : +81-46-8445030 Fax : +81-46-8445073 e-mail : suzuki-t92y3@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 推計の枠組	1
3. インベントリ分析の方法	2
3.1 インベントリ分析の基本的考え方	2
3.2 環境負荷原単位の作成方針	2
3.3 二酸化炭素排出量原単位の作成	3
3.4 港湾施設建設時の二酸化炭素排出量の推計	6
4. ケーソン式係船岸建設時の二酸化炭素排出量の推計	6
4.1 施設の概要	6
4.2 対象工種	7
4.3 推計条件	7
4.4 推計結果	8
5. 航路浚渫時の二酸化炭素排出量の推計	10
5.1 施設の概要	10
5.2 対象工種	10
5.3 推計条件	11
5.4 推計結果	11
6. おわりに	12
謝辞	13
参考文献	13
付録	14

1. はじめに

IPCC 報告書により人間活動の増大にともない温室効果ガスが増大し、それによって地球温暖化が進んでいることが広く認識されるようになり、近年では様々な分野で地球温暖化への取組が行われている。

国土交通省が掲げる地球温暖化対策として、自動車・道路交通対策(運輸分野)、住宅・建築物の省エネ対策(住宅・建築分野)、コンパクトシティーの推進(都市分野)などがあるが、それらの中で社会資本整備に関するものは低炭素建設機械の普及が挙げられているだけである。

図-1 に示すとおり、建設活動から直接排出される二酸化炭素は約 1%である。しかし、それらが何をするために排出されたものであるかという視点で見た場合、建設活動からの二酸化炭素排出量は約 14%になる。つまり、建設活動による二酸化炭素の排出は、使用する資機材の製造や輸送に関する排出量が大きく、建設活動において二酸化炭素排出量の削減を図るためには、建設機械からの直接排出だけでなく、資機材の製造や輸送も含めたライフサイクル全体で考える必要がある。

京都議定書の第一次約束期間(この期間の日本の温室効果ガス排出量の削減目標は 1990 年比 6%削減である。)が 2012 年に終了するため、ポスト京都議定書の枠組みについての議論が活発化している。また、日本は 2009 年 12 月のコペンハーゲン合意を受け、COP に対して「全ての主要国による公平かつ実効性のある国際枠組の構築及び意欲的な目標の合意を前提として 2020 年の温室効果ガス排出量を 1990 年比で 25%削減する」ことを回答している。このような背景から、建設分野においても地球温暖化の緩和に向けた取組の範囲が広がっていくことが予想される。

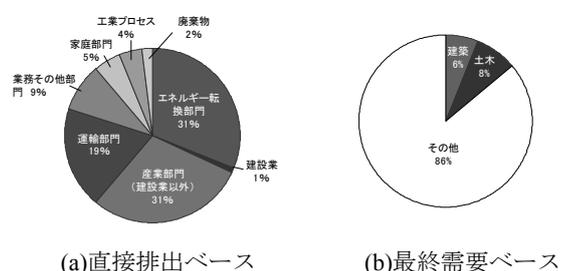


図-1 建設業における二酸化炭素排出量¹⁾

以上を勘案し、本研究では港湾施設建設段階の二酸化炭素排出量を推計するための環境負荷原単位を作成し、港湾施設を対象とした試算を行う。それによって、港湾施設の建設段階において二酸化炭素排出量の削減に向け

た検討を行う際の基礎資料とするものである。

2. 推計の枠組

LCA (LCA : Life Cycle Assessment) は、対象とする財・サービスを製造・提供するため資源採取、輸送、加工等の過程からだけではなく、財・サービスの使用や廃棄などを含めた財・サービスのライフサイクル全体を通じて投入あるいは排出される物質やエネルギーを定量的に把握、評価する手法である。

JIS Q 14040s は、LCA を、目的及び調査範囲の設定、ライフサイクルインベントリ分析、ライフサイクル影響評価、ライフサイクル解釈、報告、クリティカルレビューで構成されるとしている。そこからクリティカルレビューを除いた図式が図-2 である。本研究は、港湾事業に起因する二酸化炭素排出量を推計することが目的であるため、目標及び調査範囲の設定とインベントリ分析のみを実施する。インベントリ分析は LCI (Life Cycle Inventory) と呼ばれている。

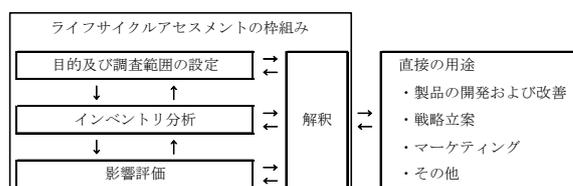


図-2 LCA の基本的枠組み²⁾

港湾工事に起因する二酸化炭素排出は、資源採取や製品加工、運搬、現場施工、利用、維持管理、廃棄に至る様々なライフステージで発生する。そのため、二酸化炭素排出量削減の取組をさらに進めるため、港湾工事を発注するにあたって港湾工事に起因する二酸化炭素排出量を推定する手法を整理する。そして、港湾工事からの二酸化炭素排出量をその手法を用いて試算することを目的とする。

LCA は、一般的には、資源採取から廃棄までの全てのライフステージを考慮した上で最も有効な材料・工法等を選定することを目標に実施されるのが望ましい。しかし、港湾構造物の維持管理計画やライフタイムなどについては十分な情報が得られていないため、それら要素を考慮した検討を行うことが困難である。本研究ではそうした状況を勘案し、図-3 に示す港湾施設のライフサイクルのうち資材調達から施工までを対象とする。本研究で

はそのような割り切りを行うが、維持管理や廃棄について十分な情報が得られ、適切な条件設定が可能な場合には、必要に応じて維持管理や廃棄も検討の対象とすることが望ましいと思われる。

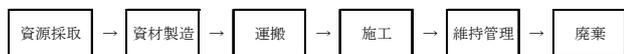


図-3 港湾施設のライフサイクル

港湾整備の施工段階は工事発注，工事実施に細分される。本研究では，港湾施設を建設する際，構造物の基本的な条件が決定される設計および工事発注段階を対象とする。表-1 に各事業段階の概要を示す。

表-1 港湾整備の施工段階の細分類

細分類	概要
計画段階	何を建設するかが決まる段階
設計段階	施設の構造形式・主要諸元が決まる段階
工事発注段階	施設建設に使用する資材の種類や施工方法等が決まる段階
工事実施段階	施設建設に使用する資材の調達場所や施工機械の規格など，工事の詳細な施工条件が決まる段階

3. インベントリ分析の方法

3.1 インベントリ分析の基本的考え方

インベントリ分析とは，対象物に対して投入される資源やエネルギー（インプット）と製品・排出物（アウトプット）のデータを収集し，それをもとに二酸化炭素排出量を算定することである。以下，本研究で使用するインベントリ分析手法について述べ，続いて，インベントリ分析の手順について述べる。

(1) インベントリ分析手法

LCAのインベントリ分析手法には，対象とする資機材の製造過程で発生する環境負荷を積み上げる「積み上げ法」と日本国内全体の生産・販売等の活動の流れを金額単位で表した産業連関表を用いて環境負荷量を求める「産業連関法」がある。実態に応じてきめ細かく二酸化炭素排出量を求めるには積み上げ法が適しているが，製造工程に投入される材料や部品の製造工程にまで遡って網羅的に二酸化炭素排出量を推計することは困難である。

これに対して産業連関法は対象資機材の生産・販売等の連関関係を網羅的に計算することができるが，産業・品目分類よりも細かい分類での二酸化炭素排出量推計は困難である。

積み上げ法では，対象資機材が製造される際に要したエネルギー消費量等の情報が必要になる。しかし港湾施設の建設に使用される資機材については，製造時に投入された資源やエネルギーの内訳が公開されていないものが殆どであり，二酸化炭素排出量を算定することは困難である。そのため，本研究では産業連関表を用いることを基本とし，産業副産物を原料とした資材のように産業連関表では主製品となっていない資機材について積み上げ法と産業連関法を併用する。

(2) インベントリ分析の手順

使用資材や機械の使用量などのデータをフォアグラウンドデータ，資機材の製造時に排出された二酸化炭素量などのデータをバックグラウンドデータとしてインベントリ分析を行う。インベントリ分析の手順は図-4のとおりである。

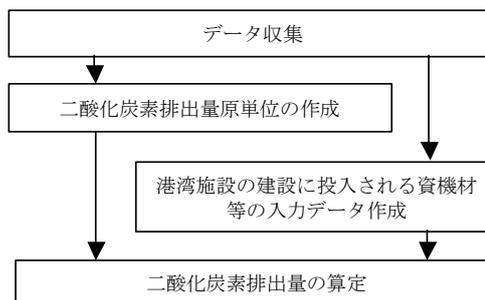


図-4 インベントリ分析の手順

(3) 二酸化炭素排出量の計算式

二酸化炭素排出量は次式により計算する。

$$I = I_{PCL} \cdot V \quad (1)$$

ここで， I は二酸化炭素排出量 (t-CO₂)， I_{PCL} は資機材等の単位投入量あたりの二酸化炭素排出量 (t-CO₂/unit)， V は資機材等の投入量 (unit) である。

3.2 環境負荷原単位の作成方針

(1) 港湾 LCA の既往研究成果（環境負荷原単位）

港湾施設の二酸化炭素排出量の推計に使用可能な原単位としては，2001年に九州地方整備局³⁾が作成した産業連関表（1992表）によるもの（以下「九州原単位」とい

う.)と、その考え方を引き継ぎ、2009年に国土技術政策総合研究所港湾研究部で作成した産業連関表(2000表)によるもの(以下「国総研原単位」という。)がある。双方とも、産業副産物を原料としたスラグ資材の環境負荷原単位は積み上げ法と産業連関法を併用した手法を用いて作成している。

(2) 推計に既存原単位を使用する場合の問題点

九州原単位は産業連関表(1992表)を用いて作成されたものであり、使用した産業連関表並びに各種統計資料が古い。そして、船舶及び建設機械の規格が現在の工事発注段階で使用する作業船規格とあっていない。また、国総研原単位は使用した産業連関表が2000表と九州原単位よりも新しいが、九州原単位同様、船舶及び建設機械の規格が現在の工事発注段階で使用する作業船規格とあっていない。

(3) 二酸化炭素排出量原単位の作成方針

九州原単位及び国総研原単位は、産業連関表と各種統計資料を用いて二酸化炭素排出量原単位が作成されている。これと同様の方法で国立環境研究所が作成した原単位が3EID⁴⁾である。3EIDは、原単位の推計過程がかなり公開された透明性の高いデータであるとともに、産業連関表の更新に伴い継続的に作成されている。これらを勘案して本研究では3EIDを基本として使用し、3EIDの原単位を使用することができないあるいは使用することが不適切な場合にそれとは別に原単位を作成して使用する。

3.3 二酸化炭素排出量原単位の作成

(1) 二酸化炭素排出量原単位作成に使用する資料

二酸化炭素排出量原単位は表-2に示す資料を用いて作成する。3EIDは最新のもの(2000表)を使用する。それに合わせて船舶および機械器具等の損料算定基準についても2000年を使用する。また、リサイクル資材の積み上げデータは日本鋳業協会からのヒアリング値を使用する。

(2) 産業連関表の逆行列表

環境負荷原単位を算定する際、一般的に用いられる産業連関表の逆行列表には(I-A)⁻¹型と(I-(I-M)A)⁻¹型の2種類がある。(I-A)⁻¹型は、投入に輸入がないものとして、全て国内で製造されたとして計算する手法である。また、(I-(I-M)A)⁻¹型は、輸入品に対する投入を除外し、国内の生産活動に関わる製品だけを対象として計算する手法である。ここでは、製品を製造する際に投入されるものは

すべて産業連関表にしたがって投入されると考えて環境負荷原単位を作成することとし、(I-A)⁻¹型を使用する。

(3) 二酸化炭素排出量原単位の算定式

3EIDは、産業連関表の基本分類、行517、列405部門を行列401部門の正方向列にして作成されている。3EIDで公表されている原単位は、401部門別の金額ベースのものである。

使用資材等の二酸化炭素排出量原単位は、3EIDで公表されている部門別の環境負荷原単位に使用資材等の国内生産額および生産数量を考慮し求める。これにより資材等の単位数量当たりの二酸化炭素排出量原単位を作成する。その際、国内生産額および生産数量は3EID付録「環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表(2000)」を使用する。

二酸化炭素排出量原単位は、資材、エネルギーおよび建設機械について作成する。資材については、天然資源を原料として製造された一般資材と産業副産物を原料として製造されたリサイクル資材に分けて作成する。算定式は以下の通りである。

①一般資材

$$I_{PCL} = I_{ELC} \cdot \frac{Mp}{Vp} \tag{2}$$

ここで、 I_{PCL} は二酸化炭素排出量原単位(t-CO2/unit)、 I_{ELC} は単位生産額あたりの誘発を含む二酸化炭素排出量(t-CO2/M¥)、 Mp は生産額(M¥)、 Vp は生産量(unit)である。

表-2 環境負荷原単位作成に用いる資料

名称	発刊機関, (提供機関)
環境負荷原単位データブック(3EID)	国立環境研究所
環境負荷原単位データブック(3EID)付録「環境負荷原単位と品目別国内生産額との対応表(2000)」	国立環境研究所
船舶および機械器具等の損料算定基準(2000)	国土交通省 港湾局, 航空局
リサイクル資材積み上げデータ(ヒアリング値)	(日本鋳業協会)

②リサイクル資材

$$I_{PCL} = I_{ELC} \cdot Pm + I_f \cdot Cf \tag{3}$$

ここで、 I_{PCL} は二酸化炭素排出量原単位(t-CO2/unit)、 I_{ELC}

は単位生産額あたりの誘発を含む二酸化炭素排出量 (t-CO2/M¥), P_m は資材化単位数量あたりの資材化価格 (M¥/unit), I_f は機械燃料・投入物単位数量あたりの誘発を含む CO2 排出量 (t-CO2/kl etc.), C_f は資材化単位数量あたりの資材化機械燃料・投入物消費量 (kl etc.) である。

③エネルギー

$$I_{PCL} = I_{ELC} \cdot Mp / Vp + I_b \quad (4)$$

ここで, I_{PCL} は二酸化炭素排出量原単位 (t-CO2/kl), I_{ELC} は単位生産額あたりの誘発を含む二酸化炭素排出量 (t-CO2/M¥), Mp はエネルギーの生産額 (M¥), Vp はエネルギーの生産量 (kl), I_b は燃焼による CO2 排出量 (t-CO2/kl) である。

④建設機械

$$I_{PCL} = I_{ELC} \cdot Pf \cdot Rr \quad (5)$$

ここで, I_{PCL} は二酸化炭素排出量原単位 (t-CO2/time), I_{ELC} は単位生産額あたりの誘発を含む二酸化炭素排出量 (t-CO2/M¥), Pf は購入価格 (M¥), Rr は時間あたりの損料率 (1/time) である。

(4) 境界条件

鉄, 銅, フェロニッケルを製造する際に副次的に生成される物質 (以下「スラグ」という) を加工した資材が港湾工事で使用される場合がある。スラグの生成のように1つのプロセスから複数の製品が製造される場合, 製品が製造されるまでに生じた環境負荷をそれぞれの製品で按分する必要がある。スラグは副次的に生成されるものであるため, スラグが排出されるまでの環境負荷は主製品に計上し, スラグ排出から製品化 (加工) されるまでの環境負荷はスラグに計上する。鉄, 銅, フェロニッケルの主製品とスラグの製造プロセスを現地調査により把握し, リサイクル資材の環境負荷原単位の算定範囲を本研究では図-5~8 のとおり設定した。

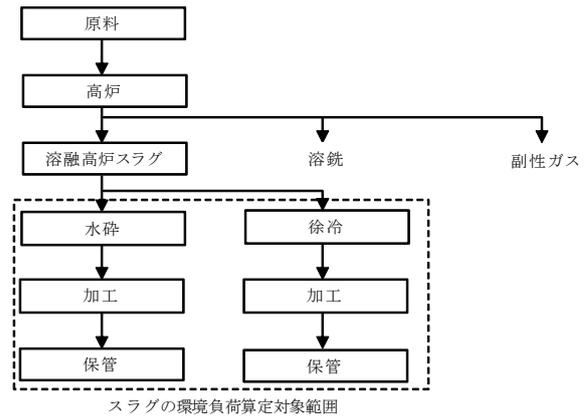


図-5 高炉の境界条件

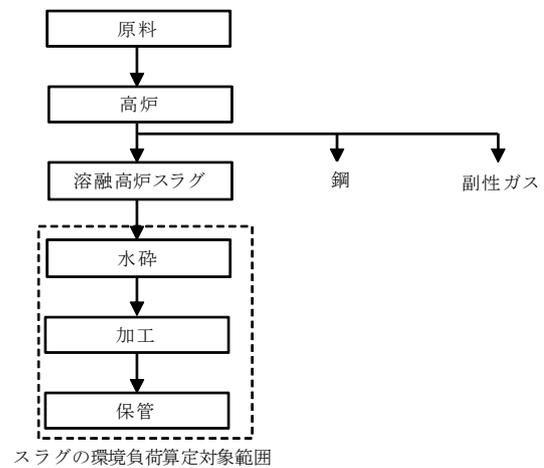


図-6 転炉の境界条件

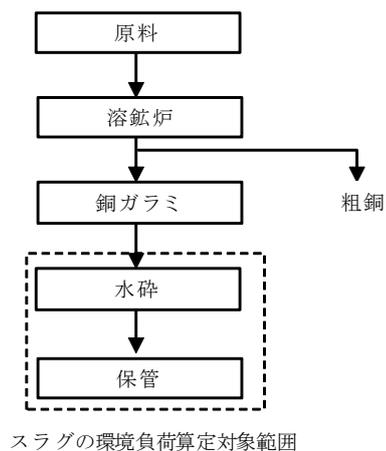


図-7 銅の境界条件

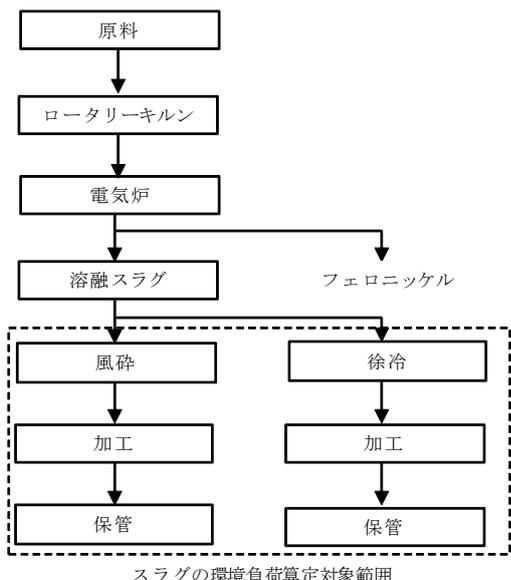


図-8 フェロニッケルの境界条件

(5) 環境負荷原単位の算定対象

環境負荷原単位を作成する項目（一般資材，リサイクル資材，エネルギー，建設機械）は一般的に港湾工事で使用しているものを対象とする。対象項目は表-3のとおりである。

表-3 環境負荷原単位の算定品目一覧

種別	種類	
一般資材	砂利・砂，砕石（道路用，コンクリート用），石材（割石，割ぐり石），ボルトランドセメント（普通），高炉セメント，生コンクリート，鋼矢板，H型钢，鉄筋用異形棒，鋼管杭	
リサイクル資材	高炉水砕スラグ（徐冷，水砕），転炉スラグ，フェロニッケルスラグ（徐冷，風砕）	
エネルギー	電力，都市ガス，ガソリン，灯油，軽油，A重油	
建設機械	海上機械	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式，ポンプ浚渫船，バックホウ浚渫船，バージアンローダ船，サンドドレーン船，サンドコンパクション船，深層混合処理船，杭打船（ディーゼルハンマ，油圧ハンマ），ケーソン製作用台船（フローティングドッグ，ドルフィンドッグ），コンクリートミキサー船（バッチ式，コンティニアス式），起重機船（非航固定，非航旋回，自航旋回），クレーン付台船，ガット船，ガットバージ，揚錨船，引船，押船，潜水士船，安全監視船，土運船（開閉式，密閉式），台船，空気圧送船
	陸上機械	トラッククレーン，ラフテレーンクレーン，クローラクレーン，クローラ式杭打機（ディーゼルハンマ），クローラ式サンドパイル打機（パイプロ式），トラック，トラック（クレーン付），トレーラ，バックホウ（排ガス対策型），クラムシェル（機械ロープ式），モータグレーダ（排ガス対策型），タイヤローラ，ロードローラ，振動ローラ（排ガス対策型），タンバ，アスファルトフィニッシャー，コンクリートフィニッシャー，コンクリートスプレッダ，コンクリートレベラー，振動目地切機，ジョイントシーラ，インナーパイプレータ，散水車，コンクリートカッター，コンクリートポンプ車
その他	排砂管	

(6) 環境負荷原単位の算定手順

環境負荷原単位は前述のとおり 3EID や船舶および機

械器具等の損料算定基準などを用いて算定する。一般資材，リサイクル資材，エネルギー，建設機械の環境負荷原単位作成の手順を図9～12に示す。

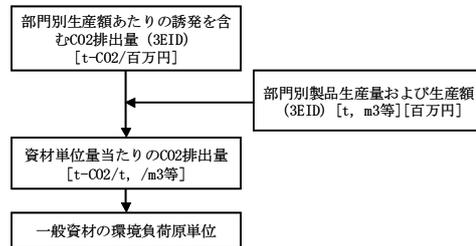


図-9 一般資材の環境負荷原単位の算定手順

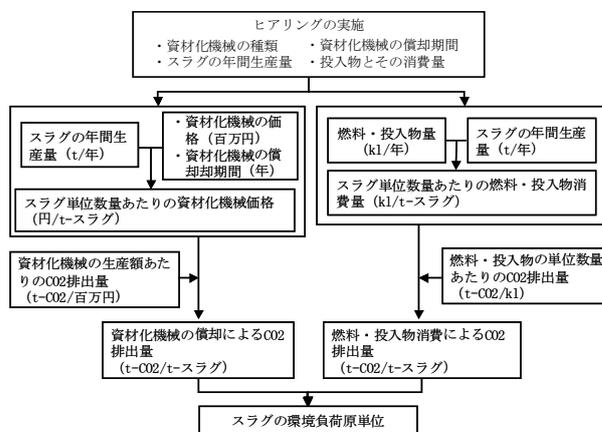


図-10 リサイクル資材の環境負荷原単位の算定手順

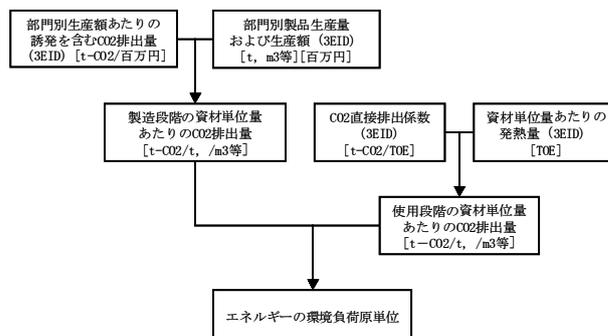


図-11 エネルギーの環境負荷原単位の算定手順

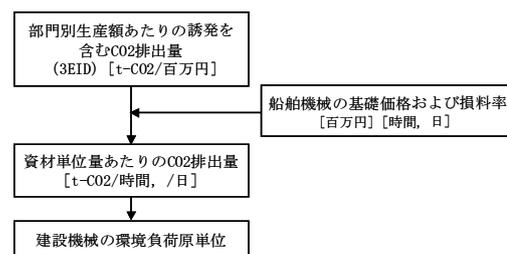


図-12 建設機械の環境負荷原単位の算定手順

(7) 環境負荷原単位の算定結果

算定した環境負荷原単位を表-4~5に示す。このうちリサイクル材は、データが得られなかった項目に想定値を与えて今回の検討用に便宜的に算出したものである。一定の信頼性のあるリサイクル材の環境負荷原単位を求めることは今後の課題である。

表-4 主要資材およびエネルギーの環境負荷原単位

種別	単位(☆)	単位数量あたりCO2排出量(kg-CO2/☆)
砂利、砂	m3	1.51E+01
砕石	m3	9.62E+00
石材(割石、割ぐり石)	m3	9.62E+00
生コンクリート	m3	5.39E+01
ポルトランドセメント(普通)	t	7.13E+02
高炉セメント	t	6.39E+02
鋼矢板	t	1.42E+03
H型鋼	t	1.42E+03
鉄筋用異形棒	t	1.13E+03
鋼管杭	t	1.40E+03
高炉(水砕)スラグ	t	2.37E+00
高炉(徐令)スラグ	t	7.52E+00
銅スラグ	t	1.39E+00
軽油	l	2.96E+00
A重油	l	2.88E+00

表-5 主要な建設機械の環境負荷原単位

機械種類	規格	運転時間あたりCO2排出量(kg-CO2/時間)	供用日あたりCO2排出量(kg-CO2/日)
グラブ浚渫船(普通地盤用)スパッド方式	鋼D2.5m3	9.56E+01	8.53E+02
ポンプ浚渫船	鋼D1350PS型	2.06E+02	3.64E+03
バージアンローダ船	鋼D420PS型	1.78E+02	1.60E+03
空気圧送船	鋼D2000PS	3.56E+02	4.71E+03
サンドコンパクション船	3連装 35m	7.48E+02	6.72E+03
ケーソン製作用台船(フローティングドック)	鋼1300t積	-	1.43E+03
起重機船(非航旋回)	鋼D25t吊	4.38E+01	3.74E+02
グリーン付台船	35t吊	7.07E+01	3.00E+02
ガット船	グラブ容量1.8m3	9.64E+01	9.24E+02
揚錨船	鋼D3t吊	1.10E+02	1.42E+02
引船	鋼D200PS	8.31E+00	8.88E+01
ラフテレーンクレーン(ホイールクレーン)	(油)4.8t吊	2.76E-01	2.43E+00
クローラークレーン	(油)4.9t吊	3.23E-01	2.02E+00
バックホウ(排ガス対策型)	山積0.28m3(平積0.2m3)	2.36E-01	1.08E+00
コンクリートポンプ車	ブーム式90~110m3/h	1.33E+00	7.42E+00

3.4 港湾施設建設時の二酸化炭素排出量の推計

(1) 計算方法

港湾施設建設時の二酸化炭素排出量を正確に計算するためには、建設時に使用した資材の種類や数量、建設機械の種類や稼働時間などの詳細な情報が必要となる。本研究では、工事積算の考え方にに基づき、深い階層から上位の階層に向けて遡及的に積み上げることにより二酸化炭素排出量を計算する。図-13に工事積算書のデータ構造の模式を示す。



図-13 工事積算書のデータ構造の模式

(2) 対象施設

ケーソン式係船岸および航路浚渫を対象に二酸化炭素排出量の推計を行う。推計条件は、近年の施設建設の事例を参考に設定する。

4. ケーソン式係船岸建設時の二酸化炭素排出量の推計

ケーソン中詰材に銅スラグ又は砂利を使用した場合を対象に二酸化炭素の排出量を推計する。砂利に比べて単位体積重量の大きいスラグをケーソン中詰材に用いることによって、ケーソン幅を小さくすることができる。そして、それによって各工種の資機材の投入量が変化する。そうした資材数量の変化による二酸化炭素排出量の違いを把握するため、資材別に二酸化炭素排出量の推計を行う。以下、①施設の概要、②対象工種、③推計条件、④推計結果について述べる。

4.1 施設の概要

ケーソン式係船岸(設計水深-15m)を対象に、設計段階での検討を想定し、二酸化炭素排出量を推計し、比較を行う。設計では、通常、複数の断面を設定し、施工性や経済性等を比較する。また、検討ケース間の工事費の違いをみるため、概略の直接工事費を工種別に計算する。

本研究では、ケーソン中詰材に銅スラグを使用した場合を CaseA とし、砂利を使用した場合を CaseB として両者を比較する。図-14 に推計の対象とするケーソン式係船岸の断面図を示す。断面図では中詰材の違いにより、寸法が異なる箇所のみ寸法を記載している。

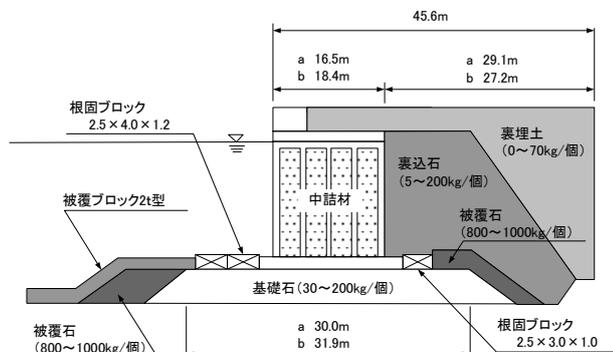


図-14 ケーソン式係船岸断面図

4.2 対象工種

事業段階によって要求される分析の精度が異なる。例えば設計段階では、概算工事費を算出して設計断面を比較するため、主要な工種のみが計算の対象となり、型枠組立組外や仮設足場などは対象とならない。

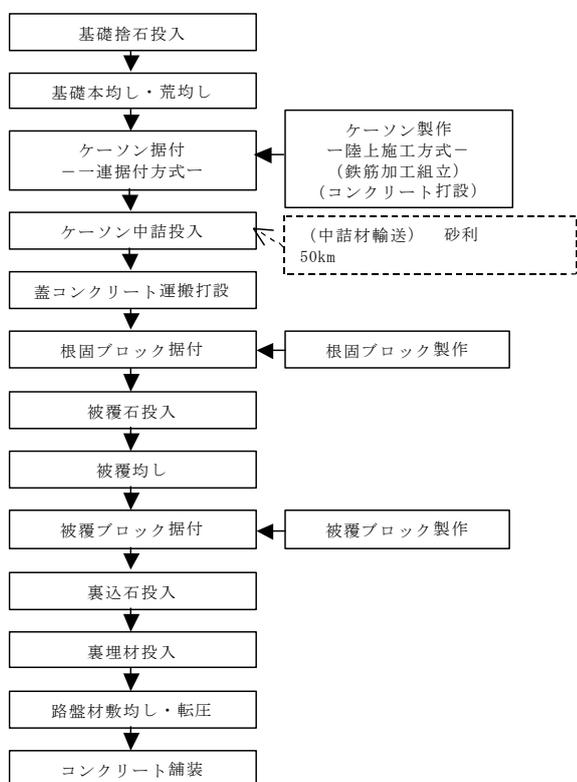


図-15 ケーソン式係船岸の施工手順

本研究では、ケーソン式係船岸の概算工事費を算出する際に一般的に使用される工種を使用して二酸化炭素排出量の推計を行う。ケーソン式係船岸の施工手順は図-15のとおりである。

4.3 推計条件

資材製造、輸送および施工を対象として二酸化炭素排出量を推計する。

表-6 工種別資機材投入量

名称	単位	数量	
		CaseA	CaseB
基礎工			
基礎捨石投入	m ³	1,190	1,255
基礎荒均し(±50cm)	m ²	179	179
基礎本均し(±5cm)	m ²	349	381
本体工			
鉄筋加工組立	kg	101,618	108,320
コンクリート打設(ケーソン)	m ³	1,019	1,090
ケーソン据付(ウインチ方式)	函	1	1
中詰材投入	m ³	3,538	3,985
コンクリート運搬(蓋コン)	m ³	117	132
コンクリート打設(蓋コン)	m ³	117	132
根固工			
根固ブロック製作	m ³	145	145
根固ブロック据付	個	12	12
被覆工			
被覆石投入	m ³	478	478
被覆均し(±30cm)	m ²	409	409
被覆ブロック製作	m ³	275	275
被覆ブロック据付	個	127	127
上部工			
コンクリート運搬(上部・嵩上げ)	m ³	483	515
コンクリート打設(上部・嵩上げ)	m ³	483	515
舗装工			
路盤材敷均し転圧	m ²	264	264
コンクリート舗装	m ²	264	264
裏込工			
裏込石投入	m ³	4,482	4,482
裏埋材投入	m ³	5,661	5,147

環境負荷原単位を産業連関法にて作成したものについては、資材の輸送を含んだ原単位となっているため、輸送に関する二酸化炭素排出量を別途積み上げる必要がない。しかし、リサイクル資材については、生成から保管までに投入された資材やエネルギーなどの投入量を積み上げて作成しているため、出荷のための輸送による排出量を別途計上する必要がある。また、中詰材に使用する砂利も、作業船に積み込んで海上輸送することはまれであるため、砂利の作業船による輸送についても別途計上する。中詰材の輸送条件は図-15のとおりである。設計断面1スパン(17m)に対応する資材の使用量は表-6のとおりとなる。また、推計に使用する環境負荷原単位は

表-7~8 のとおりである。

表-7 建設機械の CO2 排出量原単位

名称	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
潜水土船	D180PS型 3~5t吊	5.22E+01	6.59E+01
揚船	鋼D5t吊	※ 2.05E+02	2.65E+02
台船	鋼D300t積	-	2.24E+02
引船	鋼D300PS	1.33E+01	1.42E+02
引船	鋼D450PS	1.90E+01	2.03E+02
引船	鋼D500PS	2.11E+01	2.25E+02
引船	鋼D600PS	2.47E+01	2.64E+02
引船	鋼D700PS	2.84E+01	3.03E+02
起重機船	非航旋回 鋼D25t吊	4.93E+01	4.21E+02
起重機船	非航旋回 鋼D100t吊	1.17E+01	9.99E+02
起重機船	非航旋回 鋼D120t吊	1.35E+02	1.15E+03
クレーン付台船	45~50t吊	1.12E+02	4.29E+02
クレーン付台船	80t吊	1.98E+02	5.75E+02
ガット船	グラブ容量3.0m3	1.79E+02	1.72E+03
ラフテレーンクレーン	排ガス対策型(油)25t吊	6.87E-01	6.04E+00
クローラクレーン	(油)100t吊	3.58E+00	2.25E+01
モータグレーダ	排ガス対策型 油圧3.1m級	5.50E-01	3.28E+00
タイヤローラ	排ガス対策型 8~20t	4.06E+00	2.09E+00
ロードローラ	排ガス対策型マカダム10~12t	3.48E+00	2.45E+00
コンクリートフィニッシャ	3.0~7.5m	2.04E+00	1.08E+01
コンクリートスプレッダ	ブレード式 3.0~7.5m	1.03E+00	6.07E+00
コンクリートベレーラ	3.0~7.5m	1.51E+00	9.58E+00
ブルドーザ	排ガス対策型15t級	8.32E-01	3.21E+00
クラムシエル	1.2m3	2.01E+00	1.27E+01
コンクリートポンプ車	ブーム式 90~110m3/h	1.56E+00	8.73E+00

※は運転日あたりの CO2 排出量 (kg-CO2/日) である。

表-8 資材の CO2 排出量原単位

名称	単位(☆)	CO2排出原単位 (kg-CO2/☆)
軽油	l	2.96E+00
A重油	l	2.88E+00
捨石	m3	5.39E+01
鉄筋(異形棒鋼)	t	1.13E+03
コンクリート	m3	2.62E+02
銅スラグ	m3	3.05E+00
砂利	m3	1.51E+01
路盤材	m3	9.62E+00

4.4 推計結果

工種別、項目別、資材別の二酸化炭素排出量と工種別の工事費についての推計結果とその特徴は次のとおりである。

(1) 工種別

中詰材に銅スラグおよび砂利を使用した場合の工種別の二酸化炭素排出量の推計結果は表-9 および図-16 のとおりである。

ケーソン中詰材に銅スラグを使用する場合の二酸化炭素排出量 (CaseA) は 1,876t-CO2/span である。これに対して中詰材に砂利を使用する場合 (CaseB) は

1,939t-CO2/span である。ケーソン中詰材に銅スラグを使用する場合が砂利を使用する場合よりも 3.2%小さい。

表-9 工種別の二酸化炭素排出量

名称	CO2排出量(kg-CO2/span)	
	CaseA	CaseB
基礎工	108,547	115,013
基礎捨石投入	84,597	89,218
基礎荒均し(±50cm)	3,834	3,834
基礎本均し(±5cm)	20,116	21,961
本体工	507,937	586,788
鉄筋加工組立	127,023	135,400
コンクリート打設(ケーソン)	270,137	288,959
ケーソン据付(ウインチ方式)	24,454	24,454
中詰材投入	33,505	78,385
コンクリート運搬(蓋コン)	17,819	20,104
コンクリート打設(蓋コン)	34,999	39,486
根固工	46,464	46,464
根固ブロック製作	39,585	39,585
根固ブロック据付	6,879	6,879
被覆工	163,103	163,103
被覆石投入	34,010	34,010
被覆均し(±30cm)	14,016	14,016
被覆ブロック製作	82,033	82,033
被覆ブロック据付	33,044	33,044
上部工	218,046	232,492
コンクリート運搬(上部・嵩上げ)	73,561	78,435
コンクリート打設(上部・嵩上げ)	144,485	154,057
舗装工	15,146	15,146
路盤材敷均し転圧	708	708
コンクリート舗装	14,438	14,438
裏込工	816,953	780,757
裏込石投入	418,305	418,305
裏埋材投入	398,648	362,452
合計	1,876,196	1,939,763

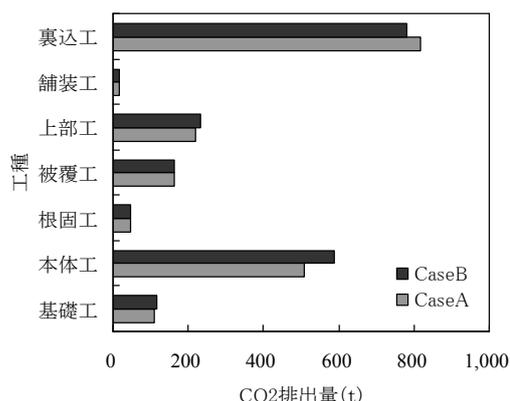


図-16 工種別の二酸化炭素排出量

ケーソン式係船岸における中詰材の違いによる工事費の差を、中詰材に砂利を使う場合 (CaseB) の工種金額を 100 として中詰材に銅スラグを使う場合 (CaseA) の

工種別の工事費を求めたものが図-17である。

基礎工・本体工・上部工では CaseA の工事費が CaseB より小さい。これは単位体積重量が大きいスラグを用いることによってケーソン幅が小さくなり、必要とする資材、機械稼働および機械減耗が減ったためである。一方で裏込工が 100 を超えているのは、ケーソン幅が小さくなったことにより裏埋範囲が増加したためである。それらの結果、全体の直接工事費では CaseA が CaseB より小さくなっている。この傾向は二酸化炭素排出量の大小関係と同じであるため、CaseA を選択すれば、二酸化炭素排出量の削減と同時に工事費の削減が実現することになる。

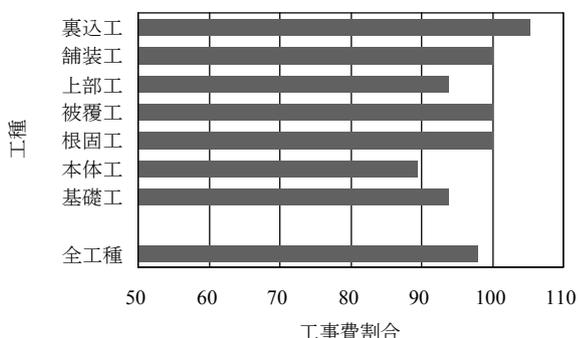


図-17 CaseA の工事費割合

(2) 項目別

二酸化炭素排出の形態を資材、機械稼働、機械減耗の 3 項目に分けて整理した二酸化炭素排出量の推計結果は表-10 および図-18 のとおりである。中詰材に銅スラグを使用する場合と砂利を使用する場合では、二酸化炭素の総排出量は異なるものの、二酸化炭素排出量の資材、機械稼働および機械減耗の割合はほぼ等しい。資材に起因する二酸化炭素排出量が全体の約 8 割を占め、機械稼働と機械減耗は共に 1 割程度を占める。

表-10 項目別の二酸化炭素排出量

ケース	(kg-CO2/span)			
	資材	機械稼働	機械減耗	計
CaseA	1,490,226	189,470	196,499	1,876,196
CaseB	1,553,924	183,637	202,201	1,939,763

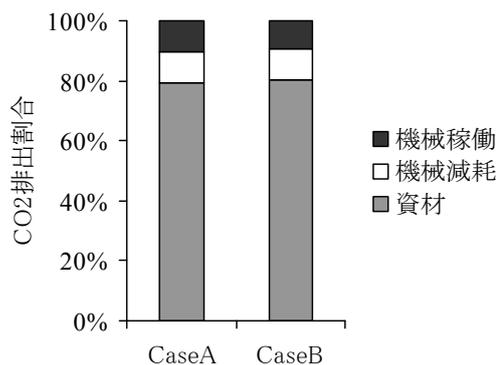


図-18 二酸化炭素排出量の項目別割合

(3) 資材別

資材別の二酸化炭素排出量は表-11 および図-19 のとおりである。ケーソン中詰材を砂利から銅スラグへ替えることにより、ケーソン中詰材が二酸化炭素排出量原単位の小さい資材に置き替わることで、また二酸化炭素排出量の大きいコンクリートと鉄筋の使用数量が減少することにより、1 スパンあたり約 63.6t の二酸化炭素排出量を削減することができる。とりわけ、中詰材の削減割合が約 82%と大きい。

表-11 資材別の二酸化炭素排出量

資材等	CO2排出量(t-CO2/span)			減少率
	CaseA	CaseB	差	
基礎石	116.9	121.4	-4.6	-3.8%
鉄筋	118.9	126.7	-7.8	-6.2%
コンクリート	558.6	590.2	-31.6	-5.4%
中詰材	11.9	66.2	-54.3	-82.1%
裏込材	683.3	648.7	34.6	5.3%
路盤材	0.6	0.6	0.0	0.0%
資材計	1,490.2	1,553.9	-63.7	-4.1%
機械稼働他	386.0	385.8	0.1	0.0%
合計	1,876.2	1,939.8	-63.6	-3.3%

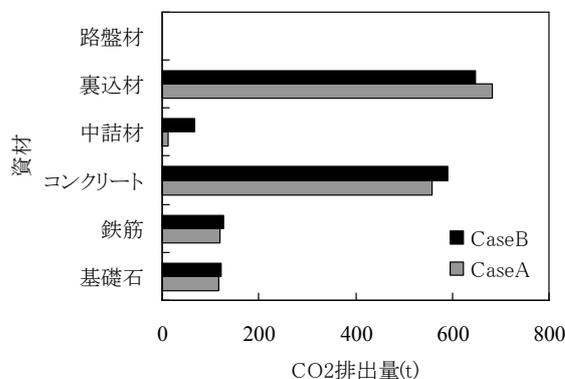


図-19 資材別の二酸化炭素排出量

5. 航路浚渫時の二酸化炭素排出量の推計

グラブ浚渫船による航路浚渫に起因して排出される二酸化炭素の量を推計する。浚渫船のグラブ容量の違いによる二酸化炭素排出量の違いを工種別に把握する。

以下①施設の概要、②対象工種、③推計条件、④推計結果について記述する。

5.1 施設の概要

工事発注段階で施工計画を検討する場合を想定し、航路浚渫に起因する二酸化炭素排出量を推計し、施工計画

表-12 浚渫工事の工事規模および施工条件

工事規模	浚渫面積	30,200m ²
	浚渫土量	49,310m ³
	平均土厚	1.6m
施工条件	船団構成	グラブ浚渫船, 空気圧送船
	浚渫期間	20日間
	土捨場	港内(運搬距離 6.8km)

表-13 浚渫工事の船団構成

ケース	船団構成	
Case1	グラブ浚渫船 23m ³	2隻
	空気圧送船 6000PS	1隻
	土運船 1300m ³	2隻
	引船 1500PS	2隻
Case2	グラブ浚渫船 15m ³	2隻
	空気圧送船 6000PS	1隻
	土運船 1300m ³	2隻
	引船 1500PS	2隻
Case3	グラブ浚渫船 23m ³	1隻
	グラブ浚渫船 15m ³	1隻
	空気圧送船 6000PS	1隻
	土運船 1300m ³	2隻
	引船 1500PS	2隻

表-14 1日あたりの作業船の運転時間等

項目	Case1	Case2	Case3
グラブ浚渫船 運転最大時間	6.5hr	7.5hr	7.5hr
空気圧送船 運転時間	8hr	7hr	8hr
引船 運転時間	8hr, 8hr	6hr, 8hr	6hr, 8hr
浚渫土量	5,380m ³	4,758m ³	5,496m ³

注) グラブ浚渫船の最大運転時間は一時退避を行うものとして7.5hr, 空気圧送船の最大運転時間は8hrとした。

の違いによる二酸化炭素排出量の違いを分析する。また、検討ケース間の工事費の違いをみるため、概略の直接工事費を工種別に計算する。浚渫工事の工事発注段階においては、作業船(浚渫船と揚土船)の種類・能力の組み合わせを変えて経済比較を行い、船団構成を決定することがよく行われる。そのためここでは、工事規模と施工条件を表-12のように想定し、それに対して検討する船団構成を表-13のとおり設定する。そして、各船団構成に対応する作業船の運転時間を表-14のとおり設定する。

5.2 対象工種

それぞれの事業段階によって、要求される建設費の詳細さが異なる。工事発注段階では、施設の建設に必要な費用を見積もる。そのため、航路浚渫工事の二酸化炭素排出量を推計するにあたっては、工事の費用を見積もるために使用する項目を二酸化炭素排出量推定のために使用する。ここでは、土捨場内の陸上排砂設備は既設として、海上排砂設備より海側の作業を二酸化炭素排出量推計の対象とする。また、想定する浚渫工事の施工手順は図-19のとおりであり、浚渫工事の全体構成は図-20のとおりである。

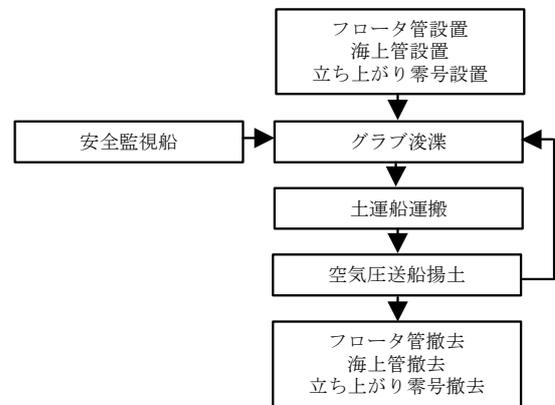


図-20 浚渫工事の施工手順

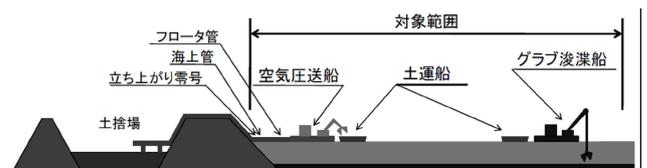


図-21 浚渫工事の機材構成

5.3 推計条件

工種別数量を表-15 に示す。また、推計に使用する環境負荷原単位は表-16~17 のとおりである。

表-15 推計に使用した工種別数量

名称	単位	数量
グラブ浚渫工		
グラブ浚渫	m ³	49,310
土運船運搬工		
土運船運搬	m ³	49,310
揚土土捨工		
空気圧送船揚土	m ³	49,310
排砂管設備工		
フロータ管設置・撤去	m	42
海上管設置・撤去	m	18
立上がり零号設置	組	1
排砂管設備	式	1
安全対策工		
安全監視船	式	1

表-16 建設機械の CO2 排出量原単位

名称	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
グラブ浚渫船	D15m3スパッド式	6.16E+02	5.50E+03
グラブ浚渫船	D23m3スパッド式	9.31E+02	8.30E+03
引船	鋼D250PS	1.16E+01	1.24E+02
引船	鋼D350PS	1.53E+01	1.63E+02
引船	鋼D1500PS	5.59E+01	5.97E+02
土運船	鋼1300m3 密閉式	—	8.17E+02
空気圧送船	鋼D6000PS	1.01E+03	1.34E+04
揚錨船	鋼D30t吊	※ 1.16E+03	1.50E+03
台船	鋼200t積	—	1.64E+02
安全監視船(引船)	鋼D200PS	9.35E+00	9.99E+00
トラッククレーン	油圧伸縮型20t吊	7.04E-01	4.99E+00
トラック	8t積	2.72E-01	1.85E+00
排砂管	長さ6m 660mm	—	4.45E+00

※は運転日あたりの CO2 排出量 (kg-CO2/日) である。

表-17 燃料の CO2 排出量原単位

名称	単位(☆)	CO2排出原単位 (kg-CO2/☆)
軽油	1	2.96E+00
A重油	1	2.88E+00

5.4 推計結果

二酸化炭素排出量の推計結果を工種別、項目別に述べる。

(1) 工種別

グラブ浚渫船の組み合わせを変えた3ケースについて工種別の二酸化炭素排出量の推計結果は表-18、図-22 のとおりである。

表-18 工種別の二酸化炭素排出量

工種	CO2排出量(kg-CO2/span)		
	Case1	Case2	Case3
グラブ浚渫工	529,589	445,762	472,390
グラブ浚渫	529,589	445,762	472,390
土運船運搬工	202,664	214,005	184,913
土運船運搬	202,664	214,005	184,913
揚土土捨工	500,786	523,962	489,938
空気圧送船揚土	494,086	517,262	483,238
空気圧送船拘束	6,700	6,700	6,700
排砂管設備工	9,604	9,604	9,604
フロータ管設置・撤去	1,903	1,903	1,903
海上管設置・撤去	2,369	2,369	2,369
立上がり零号設置	4,531	4,531	4,531
排砂管設備	801	801	801
安全対策工	8,340	9,174	7,506
安全監視船	8,340	9,174	7,506
合計	1,250,983	1,202,507	1,164,351

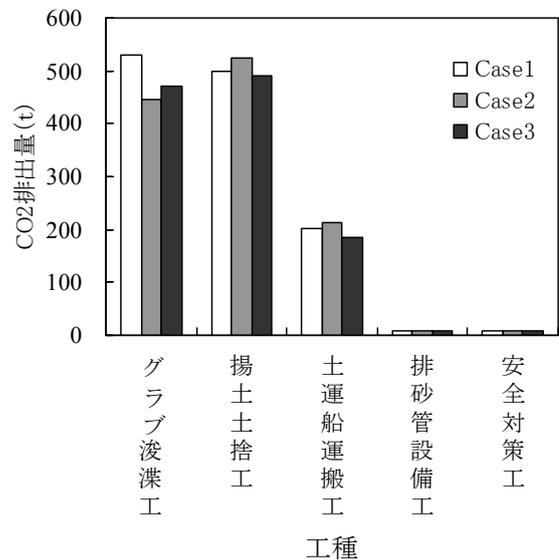


図-22 工種別の二酸化炭素排出量

浚渫工程からの二酸化炭素排出量は、浚渫船のグラブ容量の合計が最小となる Case2 が最小となる。しかし、運搬、揚土土捨、排砂管設置、安全対策を含めた航路浚渫全体では、グラブ容量の合計が中間の Case3 が最小となる。

表-18 に示すとおり、空気圧送船や土運船の運転時間が同じであっても一日あたりの浚渫土量がケース間で異なる。これによって作業船の稼働率が変化するため二酸化炭素排出量が変化している。こうしたことを考えると、浚渫全体における二酸化炭素排出量を小さくするために、浚渫作業全体の効率性が重要であることが分かる。

工種毎の工事費の大小をみるために、Case1 の各工種の工事費を100としたときの他のCaseの工種ごとの工事

費を求めたものが図-23である。

グラブ浚渫工の工事費は Case2<Case3<Case1 の関係にあるが、土運船運搬工、揚土土捨工、安全対策工では工事費の大小関係が Case2>Case1>Case3 となっており、土運船運搬工、揚土土捨工、安全対策工では Case2 が最大で、Case3 が最小である。これは空気圧送船や土運船の運転時間が同じであっても作業船の稼働効率によって1日あたりの浚渫土量が異なるためである。それらの結果、直接工事費全体では Case3<Case2<Case1 となり、Case1 が最大で、Case3 が最小である。この関係は二酸化炭素排出量の大小関係と同じであるため、Case3 を選ばば、二酸化炭素排出量の削減と同時に工事費の削減が実現することになる。

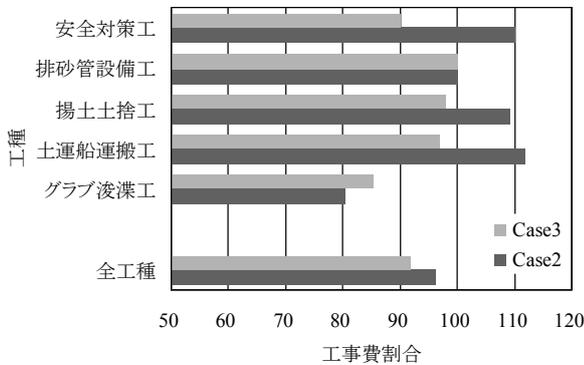


図-23 Case1 に対する工事費の割合

(2) 項目別

二酸化炭素排出の形態を機械稼働、機械減耗の2項目に分けて整理した二酸化炭素排出量の推計結果は表-19および図-24のとおりである。

機械減耗に起因する二酸化炭素排出量が全体の約6割で、機械稼働が約4割である。

表-19 項目別の二酸化炭素排出量

ケース	(kg-CO2/span)		
	機械稼働	機械減耗	計
Case1	490,969	760,014	1,250,983
Case2	482,343	720,164	1,202,507
Case3	466,558	697,793	1,164,351

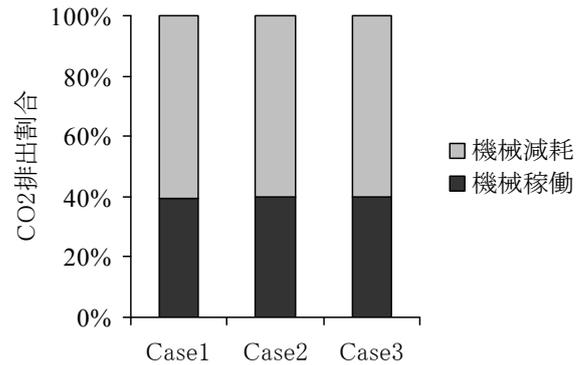


図-24 二酸化炭素排出量の項目別割合

6. おわりに

本研究では、港湾施設建設に起因する港湾施設のライフサイクル全体を通して排出される二酸化炭素量を設計・施工を検討する段階に推計するため、必要な環境負荷原単位を作成した。そして、作成した環境負荷原単位を使用し、ケーソン式係船岸の建設と航路浚渫に起因する二酸化炭素排出量を近年の工事事例をもとに条件を設定して推計した。

港湾施設建設時に使用する一般的な資材、エネルギー、船舶機械について、環境負荷原単位を作成した。これによって様々な港湾構造物の二酸化炭素排出量をこれまでと比べて容易に計算することができるようになった。

ケーソン式係船岸の中詰材として銅スラグまたは砂利を使用し、施設を建設する場合、そして浚渫船のグラブ容量を変化させて航路を浚渫する場合について二酸化炭素排出量を推計した。

ケーソン式係船岸の建設に伴う二酸化炭素排出量は、本研究で設定した条件の下では、ケーソンの中詰材に銅スラグを使用することで、砂利を使用する場合と比較して二酸化炭素排出量が削減されるという結果になった。そして、銅スラグを使用した場合が砂利を使用した場合よりも工事費が小さいという結果になり、本研究で設定した条件の下では二酸化炭素排出量の削減が同時に工事費の削減をもたらすという結果になった。

航路浚渫に伴う二酸化炭素排出量については、グラブ容量の合計が設定した計算条件の中では中間となるケースで二酸化炭素排出量が最小となった。グラブ容量の小さい浚渫船を使用すれば浚渫工程での二酸化炭素排出量が減少するが、他の工程の稼働時間が長くなるため、航

路浚渫全体としての二酸化炭素排出量は必ずしも最小とはならない。浚渫作業全体の効率化が重要であることが分かる。そして、グラブ容量の合計が中の浚渫船を使用した場合がグラブ容量の合計が大や小の場合よりも工事費が小さいという結果になり、本研究で設定した条件の下では二酸化炭素排出量の削減が同時に工事費の削減をもたらすという結果になった。

二酸化炭素排出量を計算するためには、通常、細かい積み上げ計算を行う必要があり、多くの時間を要する。そのため、多くの試算を行ってそれをもとに感度分析を行うことにより、積算代価レベルの原単位を作成することが、二酸化炭素排出量の計算を容易にする可能性がある。

(2011年8月31日受付)

謝辞

本分析を行うにあたっては、国総研の港湾研究部の方々をはじめとして、多くの方々に助言を頂いた。ここに記して深く感謝する。

参考文献

- 1) 土木学会社会資本のライフ・サイクルをとおした環境評価技術の開発に関する研究委員会 (2010) : LCA 活用方策検討委員会平成 22 年度第 3 回資料.
- 2) 経済産業省 (2010) : 環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み (JIS Q 14040), 日本規格協会.
- 3) 国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所 (2001) : 港湾整備における LCA 手法導入調査報告書.
- 4) 南斉規介・森口祐一 (2006) : 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) LCA のインベントリデータとして, 国立環境研究所.

付録 環境負荷原単位

附表-1 環境負荷原単位（資材）

No.	種別	単位（☆）	CO2排出量 [kg-CO2/☆]
1	砂利、砂	t	7.57E+00
2	碎石（道路用）	t	5.49E+00
3	碎石（コンクリート用）	t	5.49E+00
4	石材（割石、割ぐり石）	t	2.03E+01
5	ポルトランドセメント（普通）	t	7.13E+02
6	高炉セメント	t	6.39E+02
7	生コンクリート	m3	2.62E+02
8	鋼矢板	t	1.42E+03
9	H型鋼	t	1.42E+03
10	鉄筋用異形棒	t	1.13E+03
11	鋼管杭	t	1.40E+03
12	高炉（徐冷）スラグ	t	7.52E+00
13	高炉（水砕）スラグ	t	2.37E+00
14	転炉スラグ	t	2.96E+00
15	銅スラグ	t	1.39E+00
16	フェロニッケルスラグ（徐冷）	t	6.60E-01
17	フェロニッケルスラグ（風砕）	t	9.02E+00
18	電力	kW	3.63E-01
19	都市ガス	Nm3	2.15E+03
20	ガソリン	kl	2.71E+03
21	灯油	kl	2.62E+03
22	軽油	kl	2.96E+03
23	A重油	kl	2.88E+03

附表-2 環境負荷原単位（建設機械①）

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
1-1	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式	鋼D2.5m3	1.34E+02	1.10E+03
1-2	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式	鋼D5m3	2.12E+02	1.89E+03
1-3	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式	鋼D9m3	3.75E+02	3.34E+03
1-4	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式	鋼D15m3	6.16E+02	5.50E+03
1-5	グラブ浚渫船（普通地盤用）スパッド方式	鋼D23m3	9.31E+02	8.30E+03
2-1	ポンプ浚渫船	鋼D1350PS型	2.31E+02	4.10E+03
2-2	ポンプ浚渫船	鋼D2250PS型	4.04E+02	7.16E+03
2-3	ポンプ浚渫船	鋼D3200PS型	5.77E+02	1.02E+04
2-4	ポンプ浚渫船	鋼D4000PS型	7.45E+02	1.32E+04
2-5	ポンプ浚渫船	鋼D6000PS型	1.06E+03	1.88E+04
2-6	ポンプ浚渫船	鋼D8000PS型	1.33E+03	2.35E+04
3-1	バックホウ浚渫船	鋼D1.0m3	5.93E+01	5.79E+02
3-2	バックホウ浚渫船	鋼D2.0m3	1.19E+02	1.17E+03
4-1	バージアンローダ船	鋼D420PS型	2.00E+02	1.80E+03
4-2	バージアンローダ船	鋼D1000PS型	4.06E+02	3.65E+03
4-3	バージアンローダ船	鋼D1600PS型	4.88E+02	4.39E+03
4-4	バージアンローダ船	鋼D2000PS型	5.47E+02	4.93E+03
4-5	バージアンローダ船	鋼D2500PS型	6.17E+02	5.55E+03
5-1	サンドドレーン船	6連装	2.76E+02	3.64E+03
5-2	サンドドレーン船	12連装	1.30E+03	1.71E+04
6-1	サンドコンパクション船	3連装 35m	8.42E+02	7.56E+03
6-2	サンドコンパクション船	3連装 40m	9.70E+02	8.72E+03
6-3	サンドコンパクション船	3連装 45m	1.04E+03	9.37E+03
6-4	サンドコンパクション船	3連装 50m	1.12E+03	1.01E+04
6-5	サンドコンパクション船	3連装 55m	1.15E+03	1.03E+04
7-1	深層混合処理船	2.2m2	2.56E+02	3.85E+03
7-2	深層混合処理船	4.6m2	8.47E+02	1.28E+04
7-3	深層混合処理船	5.7m2	1.09E+03	1.65E+04
8-1	杭打船（ディーゼルハンマ）	D-25	1.17E+02	1.07E+03
8-2	杭打船（ディーゼルハンマ）	D-45	2.51E+02	2.29E+03
8-3	杭打船（ディーゼルハンマ）	D-72	5.12E+02	3.99E+03
8-4	杭打船（ディーゼルハンマ）	D-80	6.50E+02	5.07E+03
9-1	杭打船（油圧ハンマ）	H-65	2.70E+02	2.10E+03
9-2	杭打船（油圧ハンマ）	H-125	5.19E+02	4.04E+03
9-3	杭打船（油圧ハンマ）	H-150	6.60E+02	5.14E+03
10-1	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼1300t積	-	1.61E+03
10-2	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼1500t積	-	1.89E+03
10-3	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼2000t積	-	2.37E+03
10-4	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼2500t積	-	2.81E+03
10-5	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼3200t積	-	3.41E+03
10-6	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼4000t積	-	4.21E+03
10-7	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼6000t積	-	6.27E+03
10-8	ケーソン製作用台船（フローティングドック）	鋼7000t積	-	7.37E+03

附表-3 環境負荷原単位（建設機械②）

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間) ※運転日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
11-1	ケーソン製作用台船（ドルフィンドック）	1300t積	-	1.31E+03
11-2	ケーソン製作用台船（ドルフィンドック）	1700t積	-	1.47E+03
11-3	ケーソン製作用台船（ドルフィンドック）	2500t積	-	1.97E+03
12-1	コンクリートミキサー船（バッチ式）	鋼DE0.75m3	1.36E+02	1.01E+03
12-2	コンクリートミキサー船（バッチ式）	鋼DE1.00m3	2.44E+02	1.81E+03
12-3	コンクリートミキサー船（バッチ式）	鋼DE1.50m3	3.82E+02	2.84E+03
12-4	コンクリートミキサー船（バッチ式）	鋼DE2.00m3	4.25E+02	3.16E+03
12-5	コンクリートミキサー船（バッチ式）	鋼DE2.50m3	4.65E+02	3.45E+03
13-1	コンクリートミキサー船（コンティニアス式）	鋼DE25型	1.30E+02	9.69E+02
13-2	コンクリートミキサー船（コンティニアス式）	鋼DE45型	2.36E+02	1.75E+03
13-3	コンクリートミキサー船（コンティニアス式）	鋼DE90型	3.88E+02	2.88E+03
14-1	起重機船（非航固定）	500t吊	6.21E+02	4.22E+03
14-2	起重機船（非航固定）	1300t吊	1.25E+03	8.46E+03
14-3	起重機船（非航固定）	2000t吊	2.09E+03	1.42E+04
14-4	起重機船（非航固定）	2200t吊	2.34E+03	1.59E+04
14-5	起重機船（非航固定）	3000t吊	3.30E+03	2.24E+04
15-1	起重機船（非航旋回）	鋼D25t吊	4.93E+01	4.21E+02
15-2	起重機船（非航旋回）	鋼D30t吊	5.34E+01	4.57E+02
15-3	起重機船（非航旋回）	鋼D40t吊	6.30E+01	5.39E+02
15-4	起重機船（非航旋回）	鋼D50t吊	7.16E+01	6.12E+02
15-5	起重機船（非航旋回）	鋼D70t吊	8.94E+01	7.64E+02
15-6	起重機船（非航旋回）	鋼D100t吊	1.17E+02	9.99E+02
15-7	起重機船（非航旋回）	鋼D120t吊	1.35E+02	1.15E+03
15-8	起重機船（非航旋回）	鋼D150t吊	1.61E+02	1.38E+03
15-9	起重機船（非航旋回）	鋼D200t吊	2.28E+02	1.95E+03
15-10	起重機船（非航旋回）	鋼D250t吊	2.86E+02	2.44E+03
16-1	起重機船（自航旋回）	鋼D50t吊	1.83E+02	1.26E+03
16-2	起重機船（自航旋回）	鋼D70t吊	2.34E+02	1.61E+03
16-3	起重機船（自航旋回）	鋼D100t吊	3.09E+02	2.13E+03
16-4	起重機船（自航旋回）	鋼D120t吊	3.31E+02	2.28E+03
16-5	起重機船（自航旋回）	鋼D150t吊	3.70E+02	2.55E+03
16-6	起重機船（自航旋回）	鋼D200t吊	4.33E+02	2.98E+03
17-1	グリーン付台船	35t吊	※ 8.07E+01	3.38E+02
17-2	グリーン付台船	40t吊	※ 8.83E+01	3.44E+02
17-3	グリーン付台船	50t吊	※ 1.12E+02	4.29E+02
17-4	グリーン付台船	80t吊	※ 1.98E+02	5.75E+02
17-5	グリーン付台船	100t吊	※ 2.68E+02	7.65E+02
17-6	グリーン付台船	150t吊	※ 3.64E+02	8.44E+02
18-1	ガット船	グラブ容量1.8m3	1.09E+02	1.04E+03
18-2	ガット船	グラブ容量3.0m3	1.79E+02	1.72E+03

附表-4 環境負荷原単位 (建設機械③)

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間) ※運転日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
19	ガットバージ	グラブ容量3.0m3	※ 9.09E+02	1.09E+03
20-1	揚錨船	鋼D3t吊	※ 1.24E+02	1.60E+02
20-2	揚錨船	鋼D5t吊	※ 2.05E+02	2.65E+02
20-3	揚錨船	鋼D10t吊	※ 4.06E+02	5.23E+02
20-4	揚錨船	鋼D15t吊	※ 6.08E+02	7.84E+02
20-5	揚錨船	鋼D20t吊	※ 8.06E+02	1.04E+03
20-6	揚錨船	鋼D25t吊	※ 9.99E+02	1.29E+03
20-7	揚錨船	鋼D30t吊	※ 1.16E+03	1.50E+03
20-8	揚錨船	鋼D35t吊	※ 1.33E+03	1.71E+03
21-1	引船	鋼D200PS	9.35E+00	9.99E+01
21-2	引船	鋼D250PS	1.16E+01	1.24E+02
21-3	引船	鋼D300PS	1.33E+01	1.42E+02
21-4	引船	鋼D350PS	1.53E+01	1.63E+02
21-5	引船	鋼D450PS	1.90E+01	2.03E+02
21-6	引船	鋼D500PS	2.11E+01	2.25E+02
21-7	引船	鋼D550PS	2.29E+01	2.45E+02
21-8	引船	鋼D600PS	2.47E+01	2.64E+02
21-9	引船	鋼D700PS	2.84E+01	3.03E+02
21-10	引船	鋼D800PS	3.17E+01	3.39E+02
21-11	引船	鋼D1000PS	4.01E+01	4.28E+02
21-12	引船	鋼D1200PS	4.59E+01	4.91E+02
21-13	引船	鋼D1500PS	5.59E+01	5.97E+02
21-14	引船	鋼D2000PS	7.32E+01	7.82E+02
21-15	引船	鋼D2500PS	9.09E+01	9.72E+02
21-16	引船	鋼D3000PS	1.26E+02	1.34E+03
21-17	引船	鋼D4000PS	1.66E+02	1.77E+03
22-1	押船	鋼D1300PS	7.16E+01	7.11E+02
22-2	押船	鋼D2000PS	9.36E+01	9.30E+02
23	潜水士船	D180PS型 3~5t吊	※ 5.22E+01	6.59E+01
24	安全監視船	FRP D70PS型	※ 8.55E+00	1.11E+01
25-1	土運船 (開閉式)	鋼D100t積	-	1.71E+02
25-2	土運船 (開閉式)	鋼D300t積	-	4.44E+02
25-3	土運船 (開閉式)	鋼D650t積	-	7.38E+02
25-4	土運船 (開閉式)	鋼D1300t積	-	1.16E+03
25-5	土運船 (密閉式)	鋼D100t積	-	1.20E+02
25-6	土運船 (密閉式)	鋼D300t積	-	3.11E+02
25-7	土運船 (密閉式)	鋼D650t積	-	5.18E+02
25-8	土運船 (密閉式)	鋼D1300t積	-	8.17E+02
26-1	台船	鋼100t積	-	8.65E+01
26-2	台船	鋼200t積	-	1.64E+02
26-3	台船	鋼300t積	-	2.24E+02
26-4	台船	鋼400t積	-	2.61E+02
26-5	台船	鋼500t積	-	2.98E+02
26-6	台船	鋼700t積	-	3.78E+02
26-7	台船	鋼1000t積	-	5.25E+02

附表-5 環境負荷原単位（建設機械④）

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
27-1	空気圧送船	鋼D2000PS	4.00E+02	5.30E+03
27-2	空気圧送船	鋼D3000PS	8.02E+02	1.06E+04
27-3	空気圧送船	鋼D6000PS	1.01E+03	1.34E+04
28-1	トラッククレーン	(油) 4.8～4.9t吊	2.49E-01	1.77E+00
28-2	トラッククレーン	(油) 10～11t吊	4.52E-01	3.21E+00
28-3	トラッククレーン	(油) 15～16t吊	6.16E-01	4.37E+00
28-4	トラッククレーン	(油) 20～22t吊	7.04E-01	4.99E+00
28-5	トラッククレーン	(油) 25t吊	8.47E-01	6.01E+00
28-6	トラッククレーン	(油) 30t吊	1.05E+00	7.48E+00
28-7	トラッククレーン	(油) 35～36t吊	1.16E+00	8.22E+00
28-8	トラッククレーン	(油) 40～45t吊	1.46E+00	1.03E+01
28-9	トラッククレーン	(油) 60t吊	1.91E+00	1.35E+01
28-10	トラッククレーン	(油) 80t吊	3.49E+00	2.48E+01
28-11	トラッククレーン	(油) 120t吊	4.90E+00	3.48E+01
28-12	トラッククレーン	(油) 160t吊	6.55E+00	4.65E+01
28-13	トラッククレーン	(油) 200t吊	8.67E+00	6.09E+01
28-14	トラッククレーン	(油) 360t吊	1.45E+01	1.02E+02
29-1	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 4.8t吊	3.15E-01	2.77E+00
29-2	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 7t吊	3.23E-01	2.84E+00
29-3	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 15t吊	5.24E-01	4.61E+00
29-4	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 16t吊	5.48E-01	4.81E+00
29-5	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 20～22t吊	6.02E-01	5.29E+00
29-6	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 25t吊	6.87E-01	6.04E+00
29-7	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 35t吊	9.76E-01	8.58E+00
29-8	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 40t吊	1.15E+00	1.01E+01
29-9	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 45t吊	1.24E+00	1.09E+01
29-10	ラフテレーンクレーン (ホイルクレーン)	(油) 50t吊	1.29E+00	1.14E+01
30-1	クローラークレーン	(油) 4.9t吊	3.68E-01	2.31E+00
30-2	クローラークレーン	(油) 30t吊	8.97E-01	5.63E+00
30-3	クローラークレーン	(油) 35t吊	1.05E+00	6.60E+00
30-4	クローラークレーン	(油) 40t吊	1.13E+00	7.07E+00
30-5	クローラークレーン	(油) 45t吊	1.34E+00	8.39E+00
30-6	クローラークレーン	(油) 50t吊	1.48E+00	9.30E+00
30-7	クローラークレーン	(油) 55t吊	1.50E+00	9.44E+00
30-8	クローラークレーン	(油) 60t吊	1.97E+00	1.24E+01
30-9	クローラークレーン	(油) 65t吊	2.13E+00	1.33E+01
30-10	クローラークレーン	(油) 80t吊	2.76E+00	1.73E+01
30-11	クローラークレーン	(油) 100t吊	3.58E+00	2.25E+01
30-12	クローラークレーン	(油) 150t吊	5.00E+00	3.14E+01
30-13	クローラークレーン	(油) 200t吊	6.41E+00	4.02E+01
30-14	クローラークレーン	(油) 250t吊	6.63E+00	4.16E+01
30-15	クローラークレーン	(油) 300t吊	1.61E+01	1.01E+02
30-16	クローラークレーン	(油) 450t吊	2.96E+01	1.86E+02

附表-6 環境負荷原単位 (建設機械⑤)

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
31-1	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 2.5t	2.30E+00	1.11E+01
31-2	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 3.5t	2.76E+00	1.32E+01
31-3	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 4.5t	3.02E+00	1.45E+01
31-4	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 6.0t	3.96E+00	1.90E+01
31-5	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 7.2t	4.85E+00	2.33E+01
31-6	クローラ式杭打機 (ディーゼルハンマ)	ラム質量 8.0t	4.87E+00	2.34E+01
32-1	クローラ式サンドパイル打機 (バイプロ式)	リーダー長30m 35~37t吊	5.49E+00	2.82E+01
32-2	クローラ式サンドパイル打機 (バイプロ式)	リーダー長30m 40t吊	6.21E+00	3.19E+01
32-3	クローラ式サンドパイル打機 (バイプロ式)	リーダー長45m 40t吊	8.93E+00	4.58E+01
33-1	トラック	2t積	9.40E-02	6.40E-01
33-2	トラック	8t積	2.72E-01	1.85E+00
33-3	トラック	11t積	4.18E-01	2.84E+00
34-1	トラック (クレーン付)	2t積 2t吊	1.35E-01	1.11E+00
34-2	トラック (クレーン付)	4t積 2t吊	2.02E-01	1.65E+00
34-3	トラック (クレーン付)	4t積 2.9t吊	2.08E-01	1.70E+00
35-1	トレーラ	15t積	4.28E-01	2.43E+00
35-2	トレーラ	20t積	5.58E-01	3.17E+00
35-3	トレーラ	25t積	6.25E-01	3.55E+00
35-4	トレーラ	32t積	7.13E-01	4.05E+00
35-5	トレーラ	40t積	9.65E-01	5.47E+00
35-6	トレーラ	50t積	1.04E+00	5.90E+00
36-1	ブルドーザ	3t級	2.62E-01	1.00E+00
36-2	ブルドーザ	15t級	8.22E-01	3.18E+00
36-3	ブルドーザ	21t級	1.23E+00	5.47E+00
36-4	ブルドーザ	32t級	1.45E+00	6.48E+00
36-5	ブルドーザ	湿地16t級	8.57E-01	3.31E+00
36-6	ブルドーザ	湿地20t級	9.04E-01	4.04E+00
37-1	バックホウ (排ガス対策型)	山積0.28m3 (平積0.2m3)	2.74E-01	1.25E+00
37-2	バックホウ (排ガス対策型)	山積0.45m3 (平積0.35m3)	3.90E-01	1.78E+00
37-3	バックホウ (排ガス対策型)	山積0.5m3 (平積0.4m3)	4.31E-01	1.97E+00
37-4	バックホウ (排ガス対策型)	山積0.6m3 (平積0.5m3)	4.69E-01	2.15E+00
37-5	バックホウ (排ガス対策型)	山積0.8m3 (平積0.6m3)	6.74E-01	3.08E+00
37-6	バックホウ (排ガス対策型)	山積1.0m3 (平積0.7m3)	7.19E-01	3.29E+00
37-7	バックホウ (排ガス対策型)	山積1.1m3 (平積0.8m3)	8.20E-01	3.75E+00
37-8	バックホウ (排ガス対策型)	山積1.4m3 (平積1.0m3)	1.04E+00	4.77E+00
37-9	バックホウ (排ガス対策型)	山積1.6m3 (平積1.2m3)	1.19E+00	5.42E+00
37-10	バックホウ (排ガス対策型)	山積2.1m3 (平積1.5m3)	1.55E+00	7.11E+00
38-1	クラムシェル (機械ロープ式)	平積0.6m3	1.05E+00	6.66E+00
38-2	クラムシェル (機械ロープ式)	平積1.2m3	2.01E+00	1.27E+01
39	モータグレーダ (排ガス対策型)	3.1m	5.50E-01	3.28E+00
40	タイヤローラ	8~20t	4.06E-01	2.09E+00
41	ロードローラ	マカダム 10~12t	3.48E-01	2.45E+00

附表-7 環境負荷原単位（建設機械⑥）

No.	機械種類	規格	運転時間あたり CO2排出量 (kg-CO2/時間)	供用日あたり CO2排出量 (kg-CO2/日)
42-1	振動ローラ	ハンドガイド式	7.16E-02	3.60E-01
42-2	振動ローラ(排ガス対策型)	搭乗式タンデム型2.4~2.8t	2.48E-01	1.39E+00
42-3	振動ローラ(排ガス対策型)	搭乗式コンバインド型3~4t	2.69E-01	1.32E+00
43	タンパ	60~80kg	1.60E-01	8.67E-02
44	アスファルトフィニッシャー	クローラ型2.4~4.5m	1.17E+00	6.17E+00
45	コンクリートフィニッシャー	3.0~7.5m	2.04E+00	1.08E+01
46-1	コンクリートスプレッダ	ブレード式 3.0~7.5m	1.03E+00	6.07E+00
46-2	コンクリートスプレッダ	ボックス式 3.0m~7.5m	2.09E+00	1.23E+01
47	コンクリートレベラー	3.0~7.5m	1.51E+00	9.58E+00
48	振動目地切機	3.0~7.6m	7.23E-01	4.18E-01
49	ジョイントシーラ	100l	5.15E-01	2.99E-01
50	インナーバイブレータ	3.5~7.5m	1.82E+00	7.16E+00
51-1	コンクリートカッタ	ブレード径 20cm	7.81E-02	3.78E-02
51-2	コンクリートカッタ	ブレード径 30cm	1.55E-01	7.48E-02
52	コンクリートポンプ車	ブーム式90~110m ³ /h	1.56E+00	8.73E+00
53-1	排砂管	長さ5.5m 径300mm	-	1.48E+00
53-2	排砂管	長さ6.0m 径350mm	-	1.75E+00
53-3	排砂管	長さ6.0m 径400mm	-	2.11E+00
53-4	排砂管	長さ6.0m 径510mm	-	2.82E+00
53-5	排砂管	長さ6.0m 径560mm	-	3.32E+00
53-6	排砂管	長さ6.0m 径610mm	-	3.80E+00
53-7	排砂管	長さ6.0m 径660mm	-	4.45E+00
53-8	排砂管	長さ6.0m 径710mm	-	5.18E+00
53-9	排砂管	長さ6.0m 径760mm	-	6.16E+00

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 651 September 2011

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019