

## 2.2.12 港湾研究部

### 国際的な海事動向に関するデータ分析

Study on the international maritime trends by data

港湾研究部 港湾計画研究室

(研究期間 平成 16 年度～)  
室 長 安部 智久  
研 究 官 上田 剛士

#### [研究目的及び経緯]

港湾に関する政策の立案・推進においては、基礎情報として世界の海事動向を正確に把握することが必要である。そのため当研究室では、PIERS や Lloyd' s 等の海事ビッグデータを用いて、世界の船舶の諸元や寄港実績、コンテナ貨物流動等の継続的な定量分析を行っている。

特に令和 2 年度は、新型コロナウイルス感染症が海上物流に大きな混乱をもたらしたことを踏まえ、上記について 1 か月単位での数値変化を観察し、報道資料等の文献から収集した定性的な情報と合わせて、パンデミック時の海事動向の変化を調査している。

### 全国 AIS 観測システム運営・分析

Analysis on Ship Movement by using AIS (Ground) Data

港湾研究部 港湾計画研究室

(研究期間 平成 19 年度～)  
室 長 安部 智久  
研 究 官 中島 研司

#### [研究目的及び経緯]

SOLAS 条約の改訂に伴い、一定規模以上の船舶に搭載が義務化された AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置) から発信される信号を受信・分析することで船舶動向の把握分析を行っている。現在は、国内 9 箇所に設置した地上局で AIS 信号を受信し、当研究室にデータを集約している。

本年度は、観測されたデータを活用し、台風襲来時の船舶の避難実態について分析を行い公表する他、昨年度以前に続き、通本省や地方整備局からの依頼に対して通常時・災害時における船舶動向に関する分析を行った。また、コンテナ物流情報サービス Colins ヘリアルタイムデータの提供を行った。

### コンテナターミナルの機能改善に関する調査

Research on The Improvement of Functions of Existing Container Terminals

港湾研究部 港湾計画研究室

(研究期間 平成 30 年度～令和 3 年度)  
室 長 安部 智久  
研 究 官 上田 剛士

#### [研究目的及び経緯]

近年、世界的にコンテナターミナルの機能高度化が進んでおり、その主要な手段として RTG の遠隔自働操作化がある。我が国においても、ターミナルにおける労働環境の改善や安全性の向上等が求められる中、このような新技術の導入の必要性が高まっている。このような趣旨から、本研究は、我が国のコンテナターミナルで RTG の遠隔自働操作化を行った場合の、ターミナルレイアウトの変更の考え方や、それに基づく規模算定の方法等について検討することを目的としている。

これまで、RTG 遠隔自働化に係る技術や導入事例の情報を収集し、国内の主要なコンテナターミナルを対象にヒアリング調査を行い、運営上の実態や今後の遠隔自働化への課題を調査した。また、実在ターミナルをモデルとして、遠隔自働化した場合のレイアウトの試設計を行い、導入前後の貨物取扱能力を数値シミュレーションにより比較・検証した。

## コンテナ船の定時性向上に資するターミナル混雑度指標の開発

Research on punctuality of container ships and congestion of container terminals

港湾研究部 港湾システム研究室

(研究期間 令和元年度～令和3年度)  
室 長 赤倉 康寛

### **[研究目的及び経緯]**

近年、コンテナ船の遅れが大きくなってきている。本研究は、我が国のターミナルにおいてコンテナ船の沖待ちが頻発しないように、かつ、我が国の荷主が定時性の高いコンテナ航路を選択できるように、世界の混雑が激しいターミナルの利用率や沖待ち状況を詳細に把握し、その関係性を評価することにより、定時性確保の目安となるターミナル利用率を開発するものである。

令和2年度は、AISデータを用いた沖待ち・ターミナル利用状況把握手法を開発し、欧米や中国の混雑ターミナルを対象として、沖待ち時間の長さやバースの混雑度や着岸サービス数との関係性を分析した。

## 将来港湾貨物量の算定高度化

Research on estimating of future port cargo volume

港湾研究部 港湾システム研究室

(研究期間 平成24年度～)  
室 長 赤倉 康寛  
主任研究官 佐々木 友子  
研 究 員 大前 真人

### **[研究目的及び経緯]**

我が国の港湾政策を企画・立案し、港湾計画の審査を行う上で精度の高い港湾貨物量を推計するモデルが必要とされている。そこで、本研究では、外貿港湾貨物量に関して、将来の世界の経済社会情勢や経済連携等を反映できる外貿港湾貨物量推計モデルや、将来の我が国への寄港コンテナ航路や港湾政策の進展を反映できる外貿コンテナ貨物の港湾・経路選択モデルを構築する。また、内貿港湾貨物量に関しても、ユニットロード貨物量の動向等を、適宜分析する。

令和2年度は、外貿コンテナ貨物の港湾・経路選択モデルについて、全国輸出入コンテナ貨物流動調査（平成30年）のデータを用い、北米航路を例として、3つのモデル構造で試算を行うことにより、今後構築するモデルの検討を行った。また、内貿港湾貨物に関して、最新のユニットロード調査結果等を用いて、現状を分析した。

## 港湾の事業評価手法の高度化

Research on cost-benefit analysis of port development projects

港湾研究部 港湾システム研究室

(研究期間 平成21年度～)  
室 長 赤倉 康寛  
主任研究官 佐々木 友子  
研 究 員 大前 真人

### **[研究目的及び経緯]**

港湾整備事業の必要性や社会的効果について、投資の効率性、客観性、透明性のより一層の向上が求められている。これを踏まえて、港整備事業の評価手法の改善が進められてきており、手法の改善、原単位の更新や研究成果の普及等を行っている。

令和2年度は、B/Cカルテを活用した港湾整備事業の経済効果について、特に国際コンテナ戦略港湾政策の効果算定を行った。また、本省や地方整備局からの個別の事業評価に関する問い合わせへの対応や委員会への参画等により、成果の普及を行った。

## クルーズの需要動向とその効果に関する分析

Analysis on trend of cruise demand and impact assessment of cruise ship calling

(研究期間 平成 27 年度～令和 4 年度)

港湾研究部 港湾システム研究室

室 長 赤倉 康寛  
主任研究官 佐々木 友子  
研 究 員 大前 真人

### [研究目的及び経緯]

東アジア地域のクルーズが活況を呈し、我が国へのクルーズ寄港やクルーズによる訪日旅行客が近年において急増した一方、最新の状況としては、新型コロナウイルス感染拡大によるクルーズ産業の停滞が発生している。このように我が国を取り巻くクルーズ環境が激変する中、より効率的な港湾の計画・整備を行うためには、各地方への乗降客に関するデータの取得や蓄積が重要であり、またクルーズ船寄港に伴う経済効果の把握が必要であるものの、その手法は確立されていない。本分析では、我が国のクルーズ需要に関して寄港動向や乗降客に関するデータの収集分析を行い、クルーズ寄港に伴う効果の推計手法を構築する。

令和 2 年度は、日本に寄港したクルーズ船のデータベースを構築すると共に、日本に寄港したクルーズ船乗客の消費について、港湾所在市・県において消費しているかどうかを判別するためのツールを開発した。

## 物流の災害リスクに関する分析

Research of disaster risk on global supply chain

(研究期間 平成 28 年度～令和 5 年度)

港湾研究部 港湾システム研究室

室 長 赤倉 康寛

### [研究目的及び経緯]

高頻度で安定した国際海運網に依ってグローバル・サプライチェーンが大きく進展してきた。一方で、ジャスト・イン・タイムに代表される精緻なサプライチェーンは、災害による輸送途絶に対して脆弱性を有している。そのため、港湾や海運の機能停止・低下が発生すれば、世界貿易・経済に大きな影響が発生する可能性がある。本研究では、重要海峡・運河・港湾の災害リスクを定量的に評価すると共に、日本の港湾の物流機能の継続性を向上させるための災害対応の分析を行う。

令和 2 年度は、国際海峡・運河途絶時の経済影響の評価手法の成果発表や、災害等によって海外 T/S 港湾が機能停止する場合のリスク評価を行った。また、大規模災害発生後の物流継続のため、AIS データ等を活用した災害情報を収集する防災プラットフォーム構築への技術指導を行った。

# 大規模地震時の港湾施設の即時被害推定手法に関する研究

## A Study on an Immediate Damage Estimation Method for Port Facilities under Large-Scale Earthquakes

(研究期間 平成 30 年度～令和 2 年度)

港湾研究部 港湾施設研究室  
Port and Harbor Department  
Port Facilities Division

室 長	宮田 正史
Head	MIYATA Masafumi
主任研究官	福永 勇介
Senior Researcher	FUKUNAGA Yusuke
主任研究官	赤間 康一
Senior Researcher	AKAMA Koichi
研 究 官	菅原 法城
Researcher	SUGAHARA Noriki

When a large-scale earthquake occurs, multiple port facilities may be damaged over a wide area, and it is difficult to grasp the damage situation in a short time. In addition, if earthquakes occurring during the night or aftershocks make it impossible to get close to the affected area, it becomes even more difficult to obtain information on the damage. In this study, we will establish a method for immediate damage estimation of mooring facilities for large-scale earthquakes, so that officials in departments related to disaster prevention of ports can use the results of estimating the extent of damage to port facilities and determine initial response systems and policies quickly before receiving damage reports from the field. This paper describes the research and results of the study on the reasonable selection of site amplification factor in the design of port facilities.

### 〔研究目的及び経緯〕

大規模地震が発生すると広範囲で複数の港湾施設が被災する可能性があり、被災状況を短時間で把握するのは困難である。しかも、地震が夜間に発生した場合や余震などで被災地域に近寄れない場合は、被害情報の入手は一層困難となる。本研究では、大規模地震を対象とした係留施設の即時被害推定手法を確立し、港湾関連防災部局の関係者が港湾の被災範囲及び港湾施設の被災程度の推定結果を活用することで、現地からの被害報告が入る前に初動体制や対応方針を速やかに決定できるようにする。

本研究は大別して、1. 港湾施設の設計におけるサイト増幅特性の合理的な選択法、2. サイト増幅特性の空間的補間、3. 実データに基づくベイズ推論による係留施設の地震時 fragility 曲線の構築の 3 つの研究から構成されるが、紙面の都合上、1 のみについてその研究内容と成果について記す。

### 〔研究内容〕

港湾の施設の技術上の基準・同解説（以下、同解説と呼称）によれば、設計対象の施設の設置地点（以下、対象地点と呼称）の地震動の増幅特性を踏まえ、設計に用いるレベル 1 地震動を設定するには、サイト増幅特性を評価することになっている。対象地点のサイト増幅特性の評価は、サイト増幅特性が既知の近隣の地震観測点（以下、参照地点と呼称）のサイト増幅

特性の補正によってなされるが、その方法は補正の際に利用可能な参照・対象両地点の現地観測記録の種類に応じて異なる。大別すると、両地点の複数の同時地震観測記録による方法（以下、松補正と呼称）、地震観測記録が得られない場合に両地点の微動観測記録による方法（以下、竹補正と呼称）の 2 つがあり、後者は更に、サイト増幅特性のピーク周波数のみ補正する方法（竹補正 A）、サイト増幅特性のピーク周波数とピーク値の両方を補正する方法（竹補正 B）に分かれる。従来、竹補正 A、B の選択は、両地点の微動 HVSR のピーク値の比  $\alpha$  に応じてなされてきたが、その閾値  $\alpha^{\text{th}}$  は同解説には記載されておらず、設計者の判断に委ねられていた。そこで本研究では、複数の地点の地震観測記録と微動観測記録を用いて、 $\alpha^{\text{th}}$  を合理的に決定することを目的としている。

### 〔研究成果〕

$\alpha^{\text{th}}$  を求めるために、参照・対象両地点の観測記録を基に松補正、竹補正による対象地点の速度 PSI 値を求め、その関数として目的関数を定式化し最小化問題を解いた。目的関数には、松補正の速度 PSI 値を真値と仮定し、それに対する竹補正の速度 PSI 値の比（以下、速度 PSI 値比と呼称）と 1 との 2 乗誤差による損失関数を基とした次の式で表される期待損失

$E_{p(w)}[sse(\alpha^{\text{th}}, w)]$  を採用した。

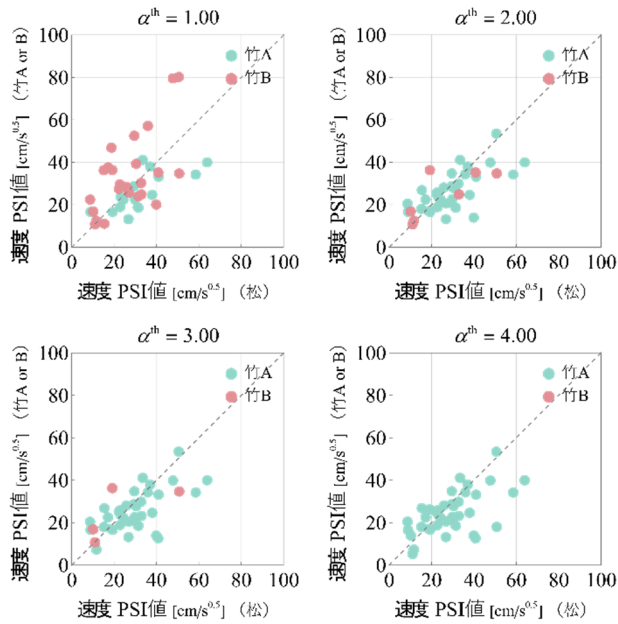


図-1 速度 PSI 値の散布図に見る、 $\alpha^{\text{th}}$  の値に応じて採用される竹補正のデータセットの変化の様子

表-1 解析に用いたデータの取得地点 (対象地点のみ表示)

港名	ゾーン名	港名	ゾーン名
釧路港	ゾーンB	清水港①	-
十勝港	-	清水港②	-
室蘭港	ゾーン1	田子の浦港	-
釧路港	ゾーンE	御前崎港	-
仙台塩釜港	仙台(旧)	清水港③	-
小名浜港①	ゾーン1, 3号埠頭	七尾港	太田地区
小名浜港	旧	和歌山下津港	ゾーンA
宮古港	ゾーン1	和歌山下津港	本港, 西浜地区
小名浜港③	ゾーン3	広島港	広島-G
相馬港②	ゾーン2	徳山下松港	下松地区
宮古港	ゾーン3	徳山下松港	徳山地区
大船渡港	ゾーンA	広島港	五日市地区
東京港①	ゾーン1	高知港	高知-G
川崎港	-	松山港	松山-G
横浜港	大黒地区	徳島小松島港	赤石地区
敦賀港	-	三池港	-
直江津港	旧事務所	八代港	外港地区
尾鷲港	-	宮崎港	-
三河港①	-	大分港	大在地区
名古屋港①	-	細島港	白浜地区

$$E_{p(w)}[\text{sse}(\alpha^{\text{th}}, w)] := \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{N} \left( \sum_{n \in S_{\text{PSI}_{\text{竹}}^{\text{th}} > \text{PSI}_{\text{松}}^{\text{th}}}} \left| 1 - \frac{\text{PSI}_{\text{竹}}^{(n)}}{\text{PSI}_{\text{松}}^{(n)}} \right|^2 + w \sum_{n \in S_{\text{PSI}_{\text{竹}}^{\text{th}} \leq \text{PSI}_{\text{松}}^{\text{th}}}} \left| 1 - \frac{\text{PSI}_{\text{竹}}^{(n)}}{\text{PSI}_{\text{松}}^{(n)}} \right|^2 \right) p(w) dw \quad (1)$$

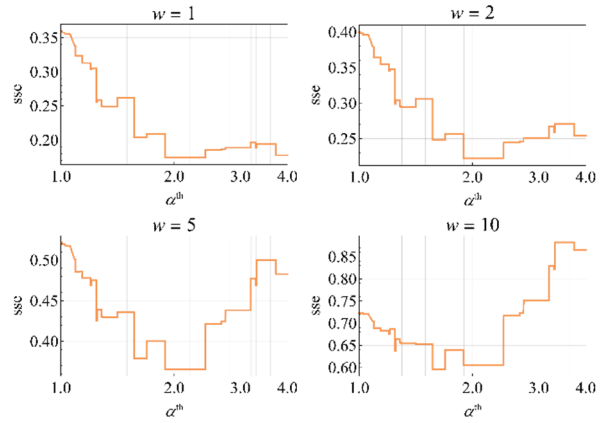


図-2 異なる  $w$  の値に対する損失

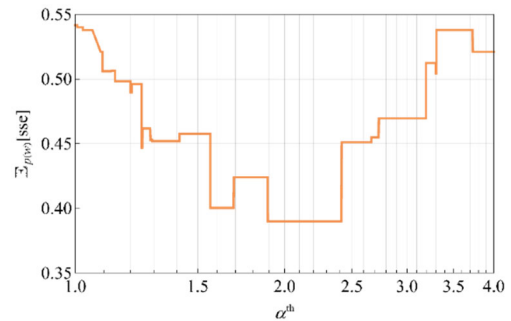


図-3  $w$  を積分消去した期待損失

ここに、 $E_{p(w)}[f(w)]$ :  $f(w)$  の  $p(w)$  による期待値、 $N$ : サンプル・サイズ、 $\text{PSI}_n^c$ : 補正法  $c$  ( $c \in \{\text{松}, \text{竹}\}$ ) による  $n$  ( $n \in \{1, \dots, N\}$ ) 番目のデータの速度 PSI 値、 $S_{P(x)}$ : 不等式  $P(x)$  を満たすデータの集合、 $p$ : 確率密度関数である。

対象地点の速度 PSI 値の算出には 40 対の参照・対象両地点の観測記録を用いた (表-1)。ここで注意すべきは、最小解  $\alpha_{\text{min}}^{\text{th}}$  の数値的な算出のために  $\alpha^{\text{th}}$  を 1 から 0.01 刻みで漸増させると、竹補正 A、B の選択は  $\alpha^{\text{th}}$  と  $\alpha$  の大小関係で決まるため、各  $\alpha^{\text{th}}$  の値に対して期待損失の算出に使用する竹補正の速度 PSI 値のデータセットが異なるということである (図-1)。式(1)の定式化に当たり工夫した事項は次のとおりである。1. 速度 PSI 値比が 1 未満となる場合は、設計対象の施設にとって危険側のサイト増幅特性の評価となるので、2 乗誤差にペナルティ  $w$  ( $w \geq 1.0$ ) を科した。2.  $w$  を一様確率変数と仮定し、損失  $\text{sse}(\alpha^{\text{th}}, w)$  を  $w$  について積分消去した。これは、 $w$  の値により  $(\alpha^{\text{th}}, \text{sse}(\alpha^{\text{th}}, w))$  のグラフが異なり、延いては最小解が異なる (図-2) ので、 $w$  の値の選択の恣意性を弱めたかったためである。

式(1)を目的関数とする最小化問題を解いたところ、 $\alpha^{\text{th}}$  の解空間は  $[1.90, 2.41]$  となった (図-3)。従来行われてきた竹補正 A、B の選択における  $\alpha^{\text{th}}$  と大きく変わらない妥当な値が合理的な方法で得られた。

## 社会情勢の変化を踏まえた次世代港湾基準の策定に向けた検討

Study for formulation the next generation “Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour in Japan” meeting the social situation

港湾研究部 港湾施設研究室

(研究期間 令和2年度～)  
室 長 宮田 正史  
主任研究官 福永 勇介  
主任研究官 赤間 康一  
研 究 官 菅原 法城

### [研究目的及び経緯]

今後の港湾設計基準の改訂に向けた大きな方向性について検討を行うことを目的とする。サステナビリティを考慮した設計体系、数値解析や各種データを活用した全体最適を考慮した設計体系、汎用性のあるレベル1信頼性設計法（部分係数法）への転換等を軸として検討を進める。

令和2年度は、主に、栈橋の耐震設計における管内水・付加質量の取り扱いの必要性について検討を行った。20の既存断面、及び3つの仮想断面について、FLIPを使用し、有限要素法による動的解析を実施し、管内水・付加質量を考慮することによる、栈橋の固有周期や応力への影響について確認を行った。管内水・付加質量は、節点集中質量要素を用いてモデリングを行った。地震動としては、最大加速度を200Galに調整したレベル1地震動相当の地震動3波および、微動相当のホワイトノイズを用いて計算を行った。結果として、管内水・付加質量を考慮することで、影響が出やすい断面についてある程度把握することができた。また、5つの断面については、フレームモデルを作成し、静的解析において、管内水・付加質量を考慮することでの影響の確認も実施した。静的解析については、令和2年度では少ない断面数での検討に留まったため、その傾向がまだ網羅的に把握できておらず、次年度以降、更に多くの断面について検討することが必要と考えられた。

## 国際標準等の最新動向をふまえた新たな技術基準の検討

Study on Technical Standards for Port and Harbour Facilities in the Next Generation considering the latest trend of the International Standard

港湾研究部 港湾施設研究室

(研究期間 平成30年度～令和4年度)  
室 長 宮田 正史  
主任研究官 福永 勇介  
主任研究官 赤間 康一  
研 究 官 菅原 法城

### [研究目的及び経緯]

インフラシステム輸出戦略（令和元年度改訂版）には、インフラシステムの海外導入のためには、官民のコンサルティング機能の強化を図ることが前提となる旨が、規定されている。このため、本邦技術者が我が国の港湾の施設の設計の考え方について、相手国の技術者に説明する際の一助となるよう、我が国の港湾の施設の技術上の基準の特徴等を内容とする「設計に関する海外利用者手引き書（仮称）」を作成している。

令和2年度は、有識者の意見を聴きながら、偏心傾斜荷重に対する基礎地盤の支持力及び栈橋の設計震度について、日本の技術基準を用いた設計と海外の技術基準を用いた設計を比較し、その成果を踏まえ、当該手引き書の該当箇所の精度を高めた。

また、同じくインフラシステム輸出戦略（令和元年度改訂版）によれば、我が国企業が経営及びO&Mに参画することを通じた施設の運営・維持管理、サービスの対価徴収、インフラメンテナンスといった「川下」に至る一貫した取組の重要性が高まっている。このため、本邦技術者が港湾の施設の維持管理の考え方について、相手国の技術者に説明する際の一助となるよう、我が国の港湾の施設の維持管理の考え方や点検方法を内容とする「港湾維持管理技術ガイドライン（仮称）」を作成している。

令和2年度は、昨年度作成した当該ガイドラインの英訳について、有識者の意見を聴きながら、英文の精度を高めた。

## 港湾施設の効果的維持管理の実現に向けた研究

Research for effective maintenance and management of port and harbor facilities

(研究期間 平成 25 年度～)

港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室

室 長	櫻井 義夫
主任研究官	坂田 憲治
主任研究官	小川 雅史

### [研究目的及び経緯]

今後も老朽化する港湾施設の急増が見込まれる中、港湾管理者等における人員・技術力が不足している。その一方で、施設の保有性能を評価し、点検・補修、利用制限等の時期や範囲を的確に判断するには、専門知識と相応の時間・費用が必要であり、点検・補修、利用制限等の判断の支援が求められている。

本年度は、点検・補修、利用制限等の判断を支援する情報提供システムについて、利用者ニーズを踏まえた対象施設拡大（外郭施設等）の改良を行うと共に、ライフサイクル計算プログラムにおいては、当該プログラムの利用促進に向けて計算事例集や操作説明動画の作成及びプログラム改善などを実施した。

## 港湾分野における i - Construction の推進に関する調査研究

Research on promotion of i - Construction in port facilities

(研究期間 平成 28 年度～)

港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室

室 長	櫻井 義夫
主任研究官	坂田 憲治
主任研究官	小川 雅史
係 員	長田 康輝
交流研究員	吉野 拓之

### [研究目的及び経緯]

建設業においては、他産業に比べ技能労働者の高齢化が著しく、担い手不足が喫緊の課題となっている。そこで、国土交通省では、建設生産プロセスにおいて抜本的に生産性を向上させる「i - Construction」の取り組みを行っている。港湾分野においても 3 次元化データ等を使用することで生産性向上を目指す「ICT 浚渫工」等が本格的に開始され、BIM/CIM モデル活用業務等も開始されている。

本年度は、ICT 浚渫工の作業効率化に向けたマルチビーム測深における重複率の緩和について現場検証をもとに検討すると共に、点群データのノイズ処理時間の短縮化に向け、AI 技術を活用した処理プログラムを開発した。また、ICT ブロック据付工における作業効率化に向け、消波ブロックを対象とした効率的な UAV 写真測量方法を現場検証を通じて検討し、関係要領改善を提案した。更に、ICT 基礎工の出来形測量（本均し）におけるマルチビーム測深の適用について、3 次元測量データによる出来形管理のあり方や出来形管理基準（±5cm）とマルチビーム計測精度との関係性等について検討しているところである。

また、BIM/CIM 活用の促進に向けて、過年度に作成した港湾施設（栈橋等）のプロトタイプモデルを活用し、現場での 3 次元モデル作成時間や手間の削減を図るため、ジェネリックオブジェクトを利用者に提供できる環境（ライブラリー）を整備検討すると共に、過年度事業等を踏まえ BIM/CIM 事例集を作成した。

## 港湾分野における環境負荷の低減に関する調査研究

Research on reduction of environmental load by field of port

港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室

(研究期間 平成 15 年度～)  
室 長 櫻井 義夫  
主任研究官 坂田 憲治  
係 員 長田 康輝

### [研究目的及び経緯]

平成 13 年度に施行されたグリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に基づき「環境物品等の調達推進に関する基本方針」が策定され、国等が重点的に調達を推進すべき環境物品等の種類（以下、「特定調達品目」という。）及びその判断基準を定めて、特定調達品目が毎年更新されている。また、地球環境問題に対する取り組みの一環として、特定調達品目の利用を始めとした環境負荷が低減できる資材等を利用した公共工事への調達推進の取り組みが求められている。

本年度は、港湾空港分野におけるリサイクル材料について、マニュアル類の情報収集整理及び調達実績を整理し総合評価への反映内容を検討した。また、港湾分野における新たなリサイクル材料の利用や取り組みの拡大について、既往文献による情報収集や関係機関・団体へヒアリング調査を行い、今後リサイクル材料として使用できる可能性のある材料について品質性能や経済性、実績等の観点から検討した。

## 港湾空港分野における品質確保の促進に関する調査研究

Research on promotion measures of quality assurance in port

港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室

(研究期間 平成 18 年度～)  
室 長 櫻井 義夫  
主任研究官 坂田 憲治

### [研究目的及び経緯]

公共事業の品質確保については、平成 17 年 4 月の「公共工事の品質確保の促進に関する法律」、平成 26 年 6 月及び令和元年 6 月の「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律」施行により、一般競争入札及び総合評価方式の適用拡大をはじめとする様々な入札契約制度の改善・改革が進められ、公共調達改革を進めるうえで更なる品質確保に向けた取り組みが求められている。

本年度は、港湾空港分野の更なる品質確保に資することを目的とし、令和 3・4 年度の競争参加資格審査に関する試算・分析を行うとともに、港湾工事・業務における落札率・応札率の変動状況等の分析、更には工事の難易度評価マニュアルの見直し案を作成検討した。