

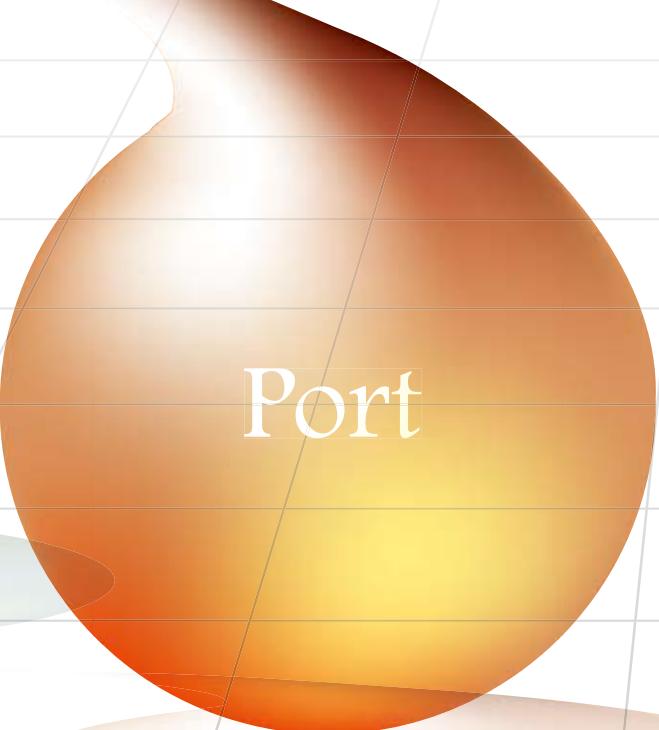
世界に貢献する港湾空港技術

# PARI

VOL.6  
JANUARY 2012



Airport



Technology

FRONT LINE - 特集 -

港湾構造物はいま  
戦略的維持管理の時代へ  
ライフサイクルマネジメントの実現のための研究

FRONT PEOPLE その一歩先へ 挑戦する研究者たち

加藤 絵万 主任研究官  
川端雄一郎 研究官  
審良 善和 研究官

FOCUS ON ファシリティーの最前線へ  
長い時間をかけ、海洋環境下での  
劣化や耐久性を調査研究

海水循環水槽・海水シャワー暴露試験場  
波崎海洋研究施設碎波帯観測用桟橋

CLOSE UP 現場からの報告  
羽田空港 D 滑走路における  
100 年対応の維持管理

# 港湾構造物はいま 戦略的維持管理の時代へ ライフサイクルマネジメントの実現のための研究

今回クローズアップするテーマは、港湾構造物の維持管理と長寿命化。既存の構造物の点検や補修に関する研究は、決して派手ではないけれど、それなしではこの国が滅んでしまう可能性すらある重要な役割を担うもの。研究開発のあらましを構造研究チームの岩波光保チームリーダーに伺いました。



構造研究領域 構造研究チーム  
岩波光保チームリーダー

栈橋上部コンクリートの破壊



栈橋の陥没

## CONTENTS

## 2 FRONT LINE -特集-

港湾構造物はいま  
戦略的維持管理の時代へ  
ライフサイクルマネジメントの  
実現のための研究

## 6 FRONT PEOPLE

その一歩先へ  
挑戦する研究者たち  
加藤 絵万 主任研究官  
川端雄一郎 研究官  
審良 善和 研究官

## 8 FOCUS ON

ファシリティの最前線へ  
長い時間をかけ、海洋環境下での劣化や  
耐久性を調査研究  
海水循環水槽・海水シャワー  
暴露試験場  
波崎海洋研究施設  
碎波帯観測用桟橋

## 10 CLOSE UP

現場からの報告  
羽田空港 D 滑走路における  
100 年対応の維持管理

## 13 Cross Line

国際交流レポート  
ASEAN諸国そのため  
「港湾構造物の戦略的維持管理  
ガイドライン」の策定

## 14 VISITOR'S FILE

COASTAL  
STRUCTURES 2011

## 15 Topics

「静的圧入による液状化対  
策技術の確立」が産学官  
連携功労者表彰における  
「国土交通大臣賞」を受賞！

書籍『港湾の施設の維持  
管理技術マニュアル』の  
紹介

鋼矢板の腐食による穴あき

戦略的維持管理で  
港湾構造物を長寿命化

四方が海である我が国にとって、港湾や空港は重要な社会資本。例えば防波堤や護岸は、高潮や津波といつた自然災害から人命や資産を守り、港湾施設や空港施設は、エネルギー資源や食糧、工業製品などの輸出入を担っています。しかし、港湾や海上空港など海洋環境下に建設されるコンクリート構造物や鋼構造物はほかの陸上の構造物と比較して、より過酷な自然環境に曝されているのが現実。今後ますます重要なになってくるのが、これら港湾構造物の維持管理に関する研究です。構造

研究チームの岩波光保チームリーダーにお話を伺いました。

「例えば、鋼構造物では海水の作用による鋼材の腐食が避けられないし、コンクリート構造物では海水中の塩化物イオンがコンクリートの中に浸透、中の鉄筋が腐食する塩害が発生します。また、高度成長期以

前に建設された構造物も多く、今後、高齢化も急速に進行するでしょう。建設から50年を経過した係留施設は2009年には約5%しかありませんでしたが、2029年には約50%に達すると推計されているんですよ」

一方、昨今の財政状況から、社会資本整備への予算制約は非常に厳しく、求められるのは一層のコスト削減。「既存構造物を長寿命化し、有効活用していくためには、戦略的な維持管理を実施して維持管理にかかる費用を削減するとともに、適時適切な補修補強によつて構造物の性能確保を図らなければ。また、これから建設する構造物については、供用後の維持管理の省力化や構造物の性能低下をあらかじめ設計段階で適切に考慮しておくことで、一層の長寿命化を図る必要があるでしょう」

港湾構造物ならではの  
維持管理上の特徴に注目

従来の港湾構造物の維持管理では、劣化が目に見えようになつてから補修補強の対策を講じる、いわゆる「事後保全」が一般的でした。「これは、港湾構造物に求められる機能（例えば、岸壁水深や荷役形態、ヤード面積など）の増加スピードが、劣化による性能

低下のスピードを上回つていたため。つまりほんどの場合、劣化が明らかになる前に、機能向上のために改良あるいは更新されてきたわけです。しかし、これからはそつはいかない。社会構造が成熟しつつある我が国では、ここから先、機能増加のスピードは削減。「既存構造物を長寿命化し、有効活用していくためには、戦略的な維持管理を実施して維持管理にかかる費用を削減するとともに、適時適切な補修補強によつて構造物の性能確保を図らなければ。また、これから建設する構造物については、供用後の維持管理の省力化や構造物の性能低下をあらかじめ設計段階で適切に考慮しておくことで、一層の長寿命化を図る必要があるでしょう」

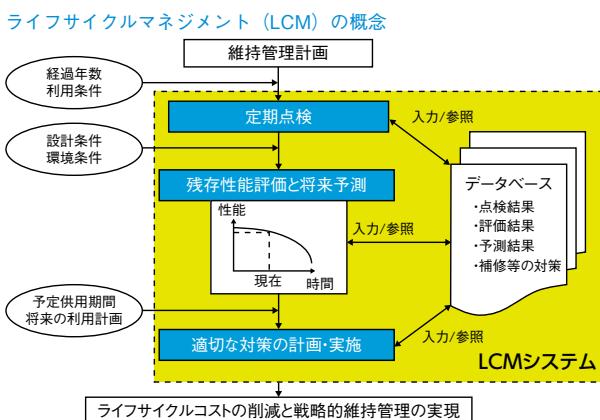
港湾構造物はそのほとんどが海中や土中に没していて、目視による点検診断が難しく、波浪や潮汐などの海象条件の制約もあり、維持管理が容易に行えないことも特徴の一つ。また、多くの建設材料が使われていることも、維持管理を難しくしているといいます。「ある劣化の発生・進行が、ほかの劣化を誘発したり、また別の劣化の進行を加速させたり。変状は互いにつながつていて、そのメカニズムは非常に複雑なんですよ。維持管理の実施にあたつては、そのことを十分に考慮する必要があるでしょう」。さらに、法令や制度の上でも港湾に特有な事情があります。これら多岐にわたる港湾構造物の維持管理上の特徴を踏まえ、戦略的な維持管理と長寿命化を実現していく必要があるというわけです。

桟橋上部コンクリート  
の塩害による劣化

## 法令上の明確化が 推進を後押し

2007年の「港湾の施設の技術上の基準（港湾技術基準）」改正の際、港湾構造物に対する適切な維持管理の実施に関する規定が盛り込まれ、これを補足する形で「技術基準対象施設の維持に関する必要な事項を定める告示（維持告示）」も新たに制定されました。また、維持管理の実施手順として、その施設を取り巻く自然状況、利用状況、構造特性、材料特性などを考え合わせながら点検診断を定期的に実行し、その結果に基づいて総合評価を適切に行つた上で、必要に応じて維持補修などの対策を行うことが、法令上明確に規定されました。このことは、これから戦略的維持管理を推進していく上で大きな原動力になっています。

定期的な点検診断によって劣化を発見し、劣化が構造物の保有性能に及ぼす影響を定量的に評価。さらに将来の性能低下を予測した上で、適時適切な対策を計画・実行していく。このライフサイクルマネジメント（LCM）の考え方を広く浸透、



普及させるために、港湾空港技術研究所では『港湾の施設の維持管理技術マニュアル』と『港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き』を作成。個別の港湾構造物の維持管理計画を定める際には「手引き」が参考になる「マニュアル」という位置付けです。「土木構造物は一品生産。二つとして同じものはないし、建設される場所の気候も違えば使われ方も違います。すべてにあてはまる、いわゆる「マニュアル」は作りようがない。これらはいわば、それぞれ個別のマニュアル作りのマニュアルになるのですね」

## ライフサイクルマネジメントに 必要な技術を研究開発

港湾構造物の戦略的維持管理は技術的にはまだ途上にあり、港湾空港技術研究所では現在、精力的に研究開発が実施されています。ライフサイクルマネジメントを構成する要素技術ごとに、最近の取り組み事例を伺いました。

### 材料の長期耐久性

「コンクリートや鋼材といった、構造物を構成する建設材料の長期的な耐久性を明らかにしておくことが重要。海水循環水槽や波浪観測棧橋などの実験施設を用いて、古くから材料の長期耐久性評価のための暴露実験を実施しています。地味な実験ですが、あらゆる技術的な検討の基礎となる、非常に価値のあるものです」

### 点検診断

「目視での点検診断の問題点は、実施する人ごとに結果が変わってしまう可能性があること。このばらつき

を極力小さくするために、目視による劣化度判定基準を構造物ごとに整備し、先に述べた「マニュアル」に掲載しました。これを使えば、ある程度、全国一律の点検診断が可能になります」。しかし、これだけでは十分ではありません。構造物内部で進行する劣化や損傷に対し、予防保全的に対策を講じようとする場合には、目に見える変化があつた時点では既に手遅れといふことも。「そこで、コンクリートの中の鉄筋腐食を対象に、外観に劣化や損傷が生じる前に、非破壊的に診断できる技術を検討しています。この技術が確立されれば予防保全的な対策が可能となり、ライフサイクルコストの削減に役立つものと期待しています」

### 保有性能評価と将来予測

目視では情報を得にくい構造物の保有性能を正確に評価するには、高度な専門知識を要する詳細調査と分析が必要。しかし、すべての部材についてこれを行うことは労力や費用の面からも困難です。そのため土木構造物では、外から見た不具合を劣化度として表し、それを、その部材の保有性能の指標とするのが一般的。「そこでわれわれは、この二つ、外観上の不具合と保有性能を直接的に結びつけるために、既存の港湾構造物から採取した鉄筋コンクリート部材について、

目視で判定した劣化度から部材の耐荷力を確率的に推定する手法を検討中。劣化度と耐荷力比の関係を明らかにし、確率的な分析を行うことで構造物の保有性能評価を試みています」。

また、最適なタイミングで適切

港湾コンクリート構造物の劣化度と耐荷性に関する調査の様子。既存の港湾構造物から鉄筋コンクリートを採取し、外観目視で劣化度を判定する。その後、研究所内の大型構造実験施設で曲げ載荷実験を実施し、耐荷力を調べる



「港湾構造物の補修補強で問題となるのは、海洋環境下での作業性と耐久性の確保。近年さまざまな補修補強法が開発され、実構造物への適用も進んでいます。われわれも、海洋環境下での作業性に優れ高い補修補強効果が見込まれる手法を対象に、材料の性能評価実験、補修補強効果の確認実験、長期暴露実験などに取り組んでいます」

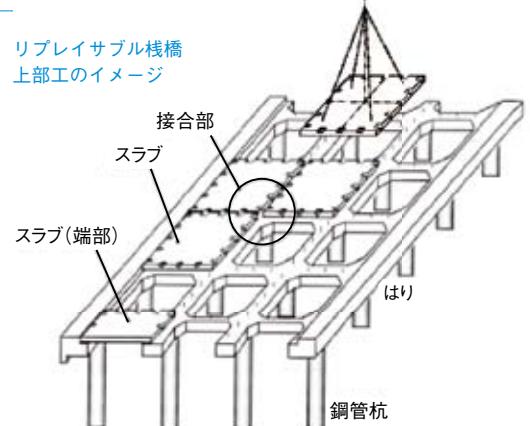
## 維持管理を考慮した設計

構造物の計画・設計・施工の段階から維持管理に配慮しておこことで、維持管理業務の省力化やコスト削減が図れる可能性があります。「例えば、桟橋上部工。塩害が生じやすく、劣化事例が数多く報告されています。進行すれば構造物の力学性能に悪影響が生じることから、そななる前の補修強が重要に。しかし、定期点検診断では波浪や潮位によって作業時間が制限され、場合によっては足場が必要になるなど、とくに上部工下面の目視調査は容易ではありません。そこで、施設の構造計画の段階で維持管理の省力化に配慮することでライフサイクルコスト削減に寄与できる、新しい桟橋上部工（リプレイスブル桟橋上部工）を検討してい

な補修補強を計画・実施するためには、保有性能の将来的な低下傾向を把握しておくことも必要に。「予測手法の高度化には多くの実構造物のデータが必要。国土交通省や各地方整備局等、港湾管理者などの方々と連携し、データの収集と蓄積に努めているところです」

## 補修補強

「港湾構造物の補修補強で問題となるのは、海洋環境下での作業性と耐久性の確保。近年さまざまな補修補強法が開発され、実構造物への適用も進んでいます。われわれも、海洋環境下での作業性に優れ高い補修補強効果が見込まれる手法を対象に、材料の性能評価実験、補修補強効果の確認実験、長期暴露実験などに取り組んでいます」



※1 現地打設ではなく工場生産方式に切り替えること

## 維持管理技術の普及を目指す今後を見据えた取り組みを

構造物の維持管理の問題は日本に限ったことではありません。とくに、いままでに発展途上にある国々では、やはり新しい構造物の建設に重きが置かれ、既存

構造物の維持管理には意識が向き難いもの。「維持管理技術の普及を図るべく、現地でのセミナーや点検診断の実習、現地技術者を招聘しての共同研究、維持管理計画策定の支援などを、国土交通省やJICAと連携して進めています。2011年3月には、ASEANとの3年間の共同プロジェクトの成果として「港湾構造物の戦略的維持管理ガイドライン」をとりまとめました。今後は、このガイドラインを携え、世界中のさまざまな国への技術移転・普及を通じて、国際貢献に寄与していきたいと考えています」（13ページ参照）一方、国内では港湾技術基準の改正とともに、港湾構造物の維持管理業務に携わる技術者の資格認定も求められています。「2008年度より、沿岸技術研究センターが『海洋・港湾構造物維持管理資格制度』を発足させ、講習会を年2回開催するとともに、海洋・港湾構造物維持管理士の資格認定試験を実施。われわれも制度発足時より協力しています。講習会や資格認定によって、港湾構造物の維持管理に関する技術や知識が、維持管理業務に関わる建設会社やコンサルタント等だけでなく施設の設置者や管理者においても蓄積され、維持管理技術の裾野が広がっていくことを期待しているんですよ」

「ライフサイクルマネジメントの概念に基づく取り組みを今後さらに発展させ、港湾のアセットマネジメントにつなげていきたい」と、岩波チームリーダー。「そのためには、モニタリングを含む点検診断技術の高度化、保有性能評価と将来予測の高精度化、海洋環境下で有効な補修補強技術の開発、維持管理を考慮した設計体系の構築など、まだまだ技術開発を進める要素が数多く残されています。データベースなどを活用し、実構造物の点検・調査データを可能な限り多く収集・蓄積。ライフサイクルコストの算定方法の標準化や投資の平準化に関する検討などについても、関係機関と協力して取り組んでいく予定です」



今回のインタビューー澤田さんは、大学院では土質研究室に所属。研究者を志す者として、港湾空港技術研究所の研究には興味津々！構造研究領域という、彼にとっては未知なる分野に携わる3人の研究者に取材しました。



東京工業大学大学院 理工学研究科  
土木工学専攻 博士課程2年  
澤田幸平

### 港湾空港技術研究所 構造研究領域 材料研究チーム 番良善和 研究官

1973年 京都府生まれ  
1999年 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科卒業  
2004年 鹿児島大学大学院理工学研究科博士後期課程修了  
博士（工学）  
2004年 独立行政法人 港湾空港技術研究所 地盤・構造部  
材料研究室 特別研究員  
2007年～現職

### 港湾空港技術研究所 構造研究領域 構造研究チーム 加藤絵万 主任研究官

1975年 茨城県生まれ  
1997年 東京工業大学工学部土木工学科卒業  
2002年 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻  
博士課程修了 博士（工学）  
2002年 独立行政法人 港湾空港技術研究所 地盤・構造部  
構造強度研究室 研究官  
2007年 独立行政法人 港湾空港技術研究所 LCM研究センター  
主任研究官  
2009年～現職

### 港湾空港技術研究所 構造研究領域 構造研究チーム 川端雄一郎 研究官

1980年 宮崎県生まれ  
2003年 九州大学工学部地球環境工学科卒業  
2007年 九州大学大学院工学府建設システム工学専攻  
博士課程修了 博士（工学）  
2007年 独立行政法人 日本学術振興会 特別研究員PD  
2008年～現職

**多角的なアプローチで  
港湾構造物の維持管理を研究**  
どのような研究をされているのですか？

**番良** 構造物を造る際、その耐久性設計を合理化させていこうというのがテーマ。どのくらいの材料を用いてどういう構造物を造れば何年保つというのを、設計の段階で決めないと不可以ないんです。ほかの二人は構造研究で、僕は材料研究。同じ研究を一緒にやっている感じなんだけど、そのなかで、僕は材料側からのアプローチを。

**川端** 僕のほうでは、その材料を使って、港湾構造物の構造設計を重点的に。どのように設計すればいいか、ライフサイクルでどう考えればいいかということを研究しています。

**加藤** ともに港湾構造物のライフサイクルマネジメント、合理的な維持管理という流れに沿った、その要素技術の研究ですね。要は、古い物をどう活かすか。何でも活かせばいいという話ではなく、きちんと評価してダメな物は新しくする。大丈夫ならうまく使っていく。そういうことを戦略的に考えている。この10年くらいで急速に進んできた分野です。

**チームを組んで一つの研究を？**

**川端** 研究は個人でやっているけど、大きな方向性は同じです。

**加藤** いまのプロジェクトで私がやっているのは、構造物の維持管理のために行う保有性能の評価などに、ひとつの手法として統計や確率を用いるというアプローチ。物を作る以



加藤絵万 主任研究官

「趣味は床掃除。新しい掃除グッズを試すのが好き。長期の休みがあつてもずっと家で床を磨いてます(笑)」

前の、思想的な部分といつてもいいかも。実験して結果が出るタイプの研究とは違うので、そこがちょっと難しいですね。

**川端** 実験は僕がガンガンやります。(笑)。

**審良** 彼らがやっているのは、おもに構造物にどれくらいの耐力があるかということ。一方で僕がみているのは材料の耐久性。コンクリートや鋼材の劣化のメカニズムを研究している。10年、20年スパンの研究です。先輩たちがつくれて残してくれた物を使ったり、現地で情報を得たり。あとは新たにつくった物と比べたりするなかで、50年后にはおそらくこうなるという予測がついてくる。それを評価していくわけ。僕たちは僕たちで、つくれた物をここに残していく、未来の研究者がそれを使う。ずっと続いているんですよ。

## 現場との密なつながりが 体系的な研究を可能に

どういきつかけがあつて研究者に?

**川端** 大学ではコンクリートの研究室にいました。物づくりが好きなので就職しようと思つていたんですよ。だけど修士のとき、ある先生と出会つて目覚めてしまつた。理学部の



審良善和 研究官

「もうすぐ父親になるので、休日は専らその準備。これからは子どもの成長を見守ることが趣味になりそう」

宇宙科学の先生なんですが、コンクリートに使う石を見ながら宇宙を語り出します。面白いな、こういう研究をしたいなと。僕も、先生との出会いがきっかけ。この先生の下で学びたいと思つて研究室に入つたら、はまつてしまつてドクターまで(笑)。その後長線上に港湾空港技術研究所があつたところに入ったが、ここに入つて鋼構造物も見るようになつた。研究の幅が広がりました。

## ここでの研究の醍醐味を教えてください。

**加藤** 大学に残るという選択肢もあつたけど、日本全国に現場を持つていて、実際のフィールドを対象に研究できるというのは魅力的でしたね。

**川端** 必ずしもすぐ物ができるわけではない。その先の、新しい物を作るための発想自体を考えいくというのが、現場に一番近いところで研究できる醍醐味。ニーズもシーケンスも、お互い提供し合いながらできますから。

**審良** 現場を対象としてやるからこそ、設計はこう、維持管理の手法はこうで点検はこう、といった一つの体系がつくれる。それは行き着くところ、現場での構造物ができあがるた

## 研究者に必要な資質とは?

**加藤** 自由な発想!

**川端** 健康、好奇心。

**加藤** あと、煮詰まらないことかな。煮詰まつてしまつたら、いつたんやめて寝かしておく。そうするとたまに、後からポンといい考えが浮かんだり。突き詰めすぎないくらいが長く続くコツだと思いますよ。

**川端** うーん、煮詰まることが楽しいんじゃないですかね。そこに楽しさを感じられれば何も苦じやしない。

**加藤** わー、研究者っぽい(笑)

**川端** 憤んだら、いろんな人に聞いて意見をもらつて。コミュニケーションとディスカッションを大事にしています。で、少しずつ前に進めばいいと思う。



川端雄一郎 研究官

「休日は寝て、買物して、食べて、あと野球!独身なので気楽ですね。ストレスはあまり溜まらないほう」

ずっと興味を持ってやってきた杭基礎の研究を掘り下げるばかりでいいのか、広く浅くやる方法もあるのかと、実はいま、ちょっと悩んでいたんです。核になるものをしっかりと持つて、広げていけばいいんですね。今日はありがとうございました。いずれ僕も、みなさんがどうぞいきます。

りがとうございました。このように、現場に近いところでも働く研究員になりました。核になるものをしっかりと持つて、広げていけばいいんですね。今日はありがとうございました。いずれ僕も、みなさんがどうぞいきます。

## 澤田幸平さん

東京工業大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 博士課程 2年

社会基盤として世の中に残り、その性能を何十年と保障しなければならない研究をすることへの誇りを強く感じるとともに、この研究所で行われている研究の重要性を感じました。また専門的な話だけではなく、研究者としての基本的な姿勢、問題の解決法等の生の声を聞く機会はあまりなかったので、貴重な経験となりました。今後自分が研究者の道を歩む上で、大きな力になると思います。





海水循環水槽内。  
さまざまな試験体が置かれている



海水シャワー暴露試験場（海水散布時）



長い時間をかけ、海洋環境下での劣化や耐久性を調査研究

## 海水循環水槽・海水シャワー暴露試験場 波崎海洋研究施設碎波帯観測用桟橋

港湾構造物の劣化は、過酷な自然環境の下、長い年月を経て進行するもの。

評価するには同様の環境と、やはり同じように長い時間が必要です。

それを可能にする、港湾空港技術研究所ならではの施設を紹介。

時間を味方につけた研究で、港湾構造物の維持管理と長寿命化に貢献！

構造研究領域 材料研究チーム 山路 徹チームリーダー



50年から100年と、非常に長い期間の安全性を確保しなければならない港湾構造物。その鍵になるのが、使用する材料や採用する防食工法の長期耐久性の評価です。港湾空港技術研究所では、敷地内にある長期暴露試験場「海水循環水槽」「海水シャワー暴露試験場」と、茨城県神栖市の「波崎海洋研究施設碎波帯観測用桟橋」（以下、波崎観測桟橋）で、長い年月をかけて劣化の進展や耐久性の調査を実施しています。

まずは、海水循環水槽と海水シャワー暴露試験場に注目。1966年につくられ、40年以上にわたって稼働している海洋環境を模擬した施設です。海水循環水槽には、目の前の久里浜湾の自然海水をポンプで汲み上げて溜め、一定時間放置して排水。これを繰り返すことで一日2回の潮の干満が人工的に再現されています。潮位差は1・5m。さらに、水槽の深いところの一部は、海中を模して常時海水に浸つた状態に。一方、海水シャワーエクスプローラーでは、海水飛沫を模擬。海水循環水槽内に貯留された海水を1日2回排水するこの海水が噴霧ノズルを介してシャワー状に散水される仕組みです。つまり、この2つの施設で、干満帯・海中・飛沫帯の3つの環境が再現されているというわけ。

「実際の海洋環境下に暴露すると、試験体が波にさらわれる可能性がある。ここは波の影響も付着生物（フジツボ等）の影響も受けず、ある程度一定の状態が維持できます。比較的安全かつ確実に、長期間にわたって試験が行いやすいというのは、この施設の強みですね」と、構造研究領域 材料研究チームの

### 海洋環境を再現した施設で 材料の耐久性を評価

リーダー、山路徹さん。干満帯や飛沫帯を再現する理由は、そこが材料にとって、とくに厳しい環境だから。「鉄の腐食反応に必要な水と酸素の両方が供給されるので、鉄の腐食反応が進みやすいんですよ。例えば鋼構造物。

防食していない鋼材は、干満帯や飛沫帯での腐食の速度が速い。コンクリートの場合は、一番劣化が激しいのが飛沫帯。浸透した海水中の塩分によってコンクリート中の鉄筋が腐食して膨張し、その膨張圧でコンクリートが剥離するという現象が起ころんです」

港湾構造物の補修補強は、早ければ早いほど、かかる「コストも抑えられるもの。「理想を言えば、少々コストが高くついても造る段階で劣化しにくい材料を使い、補修を行わなくていいようにするのが、長い目で見ればいいはずなんです。例えば、いま研究しているステンレス鉄筋。実環境に相当する場所で、実際に同じくらいの時間をかけて暴露試験を行い、品質を調べ、コンクリート中に埋設していたステンレス鉄筋に腐食が生じていないことを確認しています」

### 長期の暴露試験を経て 世に送り出される新材料

このような長いスパンの研究では、自らが手掛けたことの結果を在職中に見届けられないことも。「そういうジレンマはありますね。でも逆に、私の立場で言えば、先輩方が作って置いておいてくれた物があるから、それを使って結果が出せているわけ。何世代にもわたって試験体が確実に受け継がれている、これは非常にありがたいことです」。現在残っているもっとも古い試験体は、1973年につくられた物なのだと。「幸いにもステンレス鉄筋に関しては、10年前のスタートの段階



波崎海洋研究施設碎波帯観測用桟橋



から自分で扱い続けられています。予定では10年を区切りに解体調査を行って、最終のまとめを行うことになっているんですよ」

近年JIS規格等が整備され、広く使われるところが期待されているステンレス鉄筋。また、コンクリートそのものには、鉄鋼業の副産物として出る鉄鋼スラグを固めた新材料の検討が数年前から行われ、既に実構造物に使われたりもしているといいます。「環境問題が深刻化するなか、循環型社会の構築をめざして取り組みの一つとして、産業副産物のリサイクル資材を構造物に使おうという動きがあります。そういった材料の耐久性などをここで確認してから現場で使うという場合もありますね。これはその一つの例です」

### 鋼管杭の防食工法は 実際の海洋環境下で評価

一方、波崎観測桟橋では、再現でなく実際の海洋環境下で、鋼管杭に対する防食工法の耐久性の評価が行われています。これは水槽の中ではできない試験。この施設は、日本一の規模を誇る全長427mの観測用桟橋で、波が激しく乱れて打ち付ける、防食工法にとつて非常に厳しい環境にあるのです。「もともとは海底における物質移動や海底面の変形といった各種の海象観測のために、1982年から1985年にかけて建設された施設。桟橋形式なので、計47本もの鋼管杭が用いられています。どうせ防食する必要があるので、様々な防食工法を適用し、実環境での長期暴露試験を行おうということになつたんですよ」

例えば昨年オープンした羽田空港のD滑走路。桟橋部分の杭にはステンレスの薄板が巻かれています。「これは新しい材料で、同種の

から自分で扱い続けられています。予定では10年を区切りに解体調査を行って、最終のまとめを行うことになっているんですよ」

材料の暴露試験を波崎観測桟橋でも行っています。約10年経過したところですが、異常はみられない。また、(D滑走路)コンクリート版の下に設置されているカバープレートにはチタンを採用。これも波崎観測桟橋で26年間経過をみていますが異常なし。このような長期間暴露後の状態はほかの施設でも確認されています。このようないくつかの実環境での长期暴露試験の結果も踏まえて、羽田で使用されることになつたんです」

### 歴代の多様な試験体を駆使し 未来に役立つ結果を出す

どちらも、実際と同じような長い時間をかけて結果を出すという施設。「いま、これらの施設を使って研究できるのは幸運だと思います。例えば海洋環境下でのコンクリートの劣化に関しては、長いこと、わかつているようなわかつていないような感じだったんですね。

よく簡単にわかる方法はないかと、正直もどかしく思っていたところだった。この長期暴露試験施設には、さまざまな種類の材料の、長期間経った試験体がある。それを使えば劣化の進行について多くのデータが得られるわけです。ならば、これを用えば劣化予測の方法も出せるのではないかと思つて。5年以上の長い時間をかけて、その結果をもとに予測の方法を提案することができました。暴露試験を始めてから十分な時間が経つていて、いろいろな種類の試験体が揃っている、ちょうどいまのタイミングで、この施設があつて初めて成り立つこと。感謝しないと罰がありました。今後も、これらの施設を有效地に使って、港湾構造物の戦略的維持管理などの実務に貢献していきたいですね」



## 羽田空港D滑走路における 100年対応の維持管理

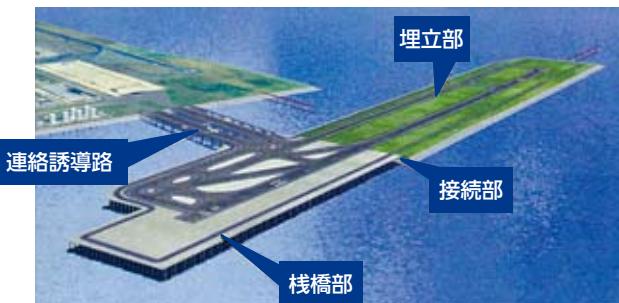
昨年10月に供用開始した羽田空港D滑走路は、設計・施工だけでなく維持管理においても新しい試みに挑戦しています。今回は、D滑走路100年対応の維持管理についてご紹介します。

**30年間の維持管理も含めた一括契約**

羽田空港D滑走路は、埋立部とジャケット工法による桟橋部を組み合わせた、世界でも類を見ないハイブリッド構造の滑走路です。施設の設計供用期間は100年として設計されており、設計・施工に引き続き、竣工後、最大30年間にわたり維持管理業務を担うという工事請負契約が盛り込まれています。

「D滑走路はデザインビルド方式（設計施工一括契約方式）を採用していますが、これを採用しただけではなく、施工と維持管理に

羽田空港D滑走路が昨年10月に供用開始されから、早くも1年が過ぎました。D滑走路は、建設にあたり積極的な新材料の活用や、高度な維持管理システムの導入により、100年という長期にわたる設計供用期間を実現しています。こうした維持管理システムの実現にも、港湾空港技術研究所の研究が役立っています。今回は、D滑走路の維持管理技術とその現状について、建設にかかわった元国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所設計監理課長（現国土交通省関東地方整備局港湾空港部港湾物流企画室補佐）野口孝俊さんと、現在運用を担っている国土交通省東京航空局東京空港事務所次長渡辺正己さんにお話をうかがいました。



羽田空港D滑走路の構造

も「性能型設計」という概念を当てはめたということ  
が大きいのです。国内でも道路などでは性能型の維持  
管理契約をしていますが、施工する人と維持管理する  
人が違うとリスク問題も出でてきます。D滑走路の場合  
は設計も施工も維持管理も一括して契約していますか  
ら、施工にお金をかけるか、維持管理にお金をかける  
か選択肢は複数ありました。さまざまな方法があるな  
かで、費用がミニマムに抑えられるようにLCC（ラ  
イフサイクルコスト）を検討して、現在のスタイルに  
なっています」（野口さん）

## 港空研での試験を経て採用された材料

維持管理計画ではライフサイクルコストを考慮し、  
コスト最小化を目的として維持管理が合理的に実施で  
きるよう次の3つが計画の基本方針とされました。

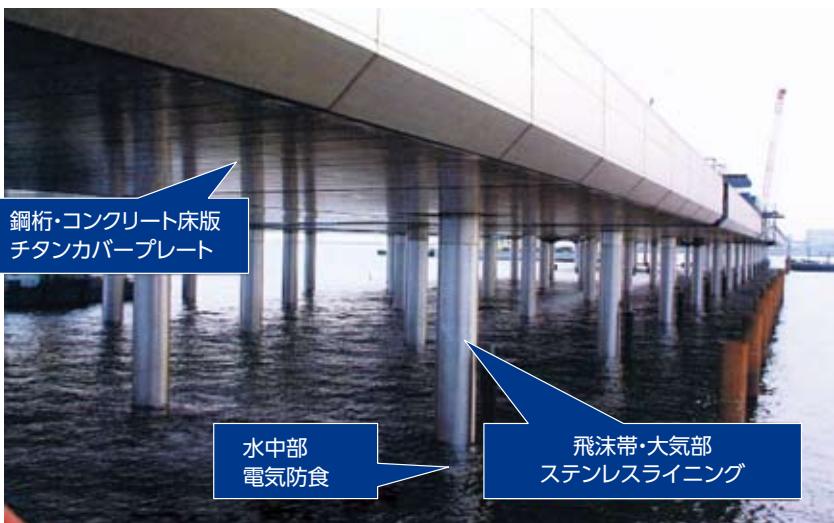
- ① 設計・施工上の思想を反映した一貫性のある維持管理
  - ② 重要施設への「予防保全」の考え方の導入
  - ③ 継続的に維持管理計画の見直しを図る体制の構築
- ①については、「ライフサイクルコストを考慮した構造部  
材・材質の採用」が重視され、桟橋部では100年の長期  
耐久性を考慮して各部材に防食仕様を選定しています。  
そのひとつが、耐海水性ステンレスライニングの採用です。  
「ステンレスライニングを使つた桟橋部は今でも腐食  
はありません。ステンレスは潮を浴びると白くなつて  
しまうのですが、工場から出荷した時と同じような状

態が保たれています。同じステンレス材料でも色々な  
種類がありますが、今回採用したもののはいきなり出て  
きたものではなく、これが一番よいと選定するまでに  
10年くらいかかっているのです。港空研の暴露試験場  
で10年にわたり試験したり、東京港大井埠頭の5バ  
スに点検できるような台を作り試験片を置いて耐用を  
試験しました。このような結果があつたので、D滑走  
路の桟橋の1600本の杭にステンレスライニングを  
採用できたのです。維持管理システムには、港空研な  
どで行われているような基礎的な研究というものが非  
常に重要だと改めて思います」（野口さん）



国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部  
港湾物流企画室 楽佐 孝俊さん

D滑走路桟橋部



## 一貫性のある維持管理のために

D滑走路工事では、施工結果の情報を維持管理に活か  
すために、維持管理上の基礎データとして施工記録を工  
事管理システムに保管し、データベース化しています。

また、維持管理設備に関しては、点検作業などが簡  
単にできるものを採用しています。たとえば、点検員  
の移動や資材運搬がしやすいようなく通路を設置する、  
ひび割れや漏水を見逃さないように点検スキヤナーカーを  
挿入できる点検孔を設けるなど、構  
造上重要な箇所について、細部の点  
検が可能になるよ  
うな仕組みがあら  
かじめ考えられて  
いるのです。

D滑走路接続部



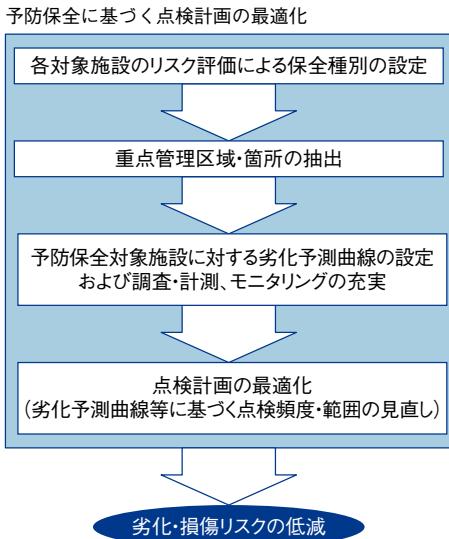
「羽田空港D滑走路の構造」「D滑走路桟橋部」「D滑走路接続部」「接続部桟橋側点検通路」「接続部スリット内点検通路」の図・写真は、東京空港整備事務所 提供

## 「予防保全」という考え方

施設の劣化がひどくなり、大がかりな補修が必要になる状態を防ぐために、「予防保全」という考え方を導入しています。これは、部材劣化が大きく進行する前に補修を行い、大がかりな補修を未然に回避することです。トータルな維持管理コストを抑えるためでもあります。具体策としては、

- ・対象施設の重点化
- ・劣化指標の数値化
- ・維持管理情報のデータベース化

の3つの方針で策定しています。  
致命的な劣化の前に補修を行うためには予測行為が必要であり、これにはそれなりのコストが伴うため、リスクの高い施設を「環境の厳しさ」と「損失の大きさ」の観点でさまざまなデータを元に選び、予防保全対象を決定しています。



## 20年後、50年に向けての維持管理

維持管理計画は、対象期間が100年という長期なので、当初の想定とは変わっていく可能性もあります。このために施工時のデータや、蓄積していく維持管理データをもとに合理的な計画の見直しを行うことも重要です。新しい技術が導入されれば、さらにライフサイクルコストの削減にもつながり、維持管理計画の合理化を継続的に実現し、安全でより効果的、経済的な維持管理が達成されるでしょう。

「維持管理をするためには設計の考え方をわかつていなければならぬし、いかにして施工したかという情報を探らなければいけません。D滑走路に関してはこれを踏まえて設計・施工しています。これは世界で初めてのことなんですよ。この維持管理の方法が本当によかつたとわかるのは、10年、20年、50年後の人たちが判断することになるのかもしれませんね」（野口さん）



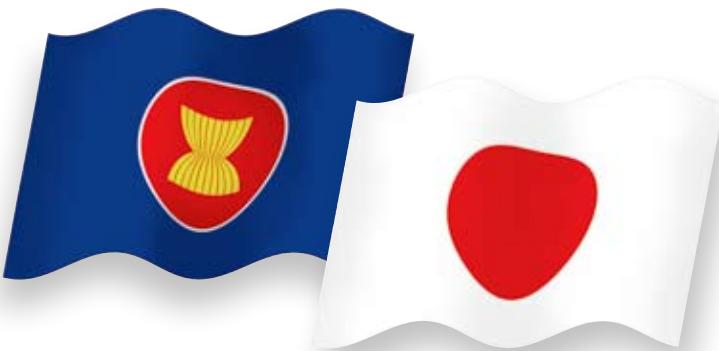
取材日に偶然見ることが出来たボーイング787。機体の全部品の35%（主翼や接合部などの重要な部品）が日本企業製で「準国産」とも呼べる最新鋭機。今後このような最新鋭機が登場してくると思われるが、それらがD滑走路を安全に離発着できるためには土木構造物の維持管理技術が欠かせない

国土交通省 東京航空局 東京空港事務所 次長  
渡辺正己さん



国土交通省 東京航空局 東京空港事務所  
次長 渡辺正己さん

「羽田空港は1931年に供用を開始して今年で80年になります。新たにD滑走路がオープンし、国際線が成田空港に移った昭和53年以来、羽田に再び国際線が戻ってきて活気が溢れている状況です。D滑走路には新しい試みが採用されました。その一つが維持管理系统です。従来のA～C滑走路の維持管理は東京航空局が行っていますが、D滑走路は設計・施工一括発注方式を採用、その中には維持管理も含まれており、関東地方整備局から事業を請け負ったジョイントベンチャー企業が行っています。空港運営上の安全は我々が担っていますから、常に航空会社に耳を傾けていて『少し段差が大きいのではないか』などといった状況を聞き、分析した上で、維持管理をしている事業者にリクエストするということになります。直すにしてもどのタイミングでやるのか、もっとも合理的で経済的なタイミングを見極めるのは難しいところです。24時間オーブンしているので、どの時間に点検・修理を行うかという問題もあります。深夜から早朝にかけて、たとえば4本の滑走路のうちの2本を点検して補修したり滑走路のランプを換えて朝までに復旧させて、残りの2本はまた次回に点検するというような方法をとっています。劣化のスピードは箇所によって異なるので、適切なタイミングで維持管理事業者に伝えることが重要になりますね」



## ASEAN諸国とのための 「港湾構造物の戦略的維持管理ガイドライン」の策定



港湾技術者会合参加者（カンボジアにおいて）

日本と東南アジア諸国連合（A S E A N）の港湾技術者会合の成果として、「港湾構造物の戦略的維持管理ガイドライン（Guidelines on Strategic Maintenance for Port Structures）」を、2011年3月31日に公表しました。

このガイドラインは、日本とA S E A Nの連携プロジェクトのひとつである「港湾技術共同研究プロジェクト」の一環として、2008年度から3年にわたる活動を通じて作成したものです。港空研の港湾構造物の維持管理に関する最新の知見を活用し、A S E A N諸国の現状・事情を踏まえて、老朽化によって機能低下が進行している各国の港湾構造物を戦略的に維持管理していくための指針とすることを目的にとりまとめられたもので、我が国の港湾構造物の維持管理技術の海外展開につながるものとなります。

ガイドラインは、フィリピン・マニラ（2009年）、カンボジア・シハヌークビル（2010年）、マレーシア・クアラルンプール（2011年）での3回の港湾技術者会合において検討・作成されました。また、これらの3カ国では同会合とともに「港湾構造物の戦略的維持管理セミナー」を開催し、現地の港湾技術者に対して、日本の港湾構造物の維持管理技術を紹介するとともに、実際の港湾構造物を対象に点検診断の現地実習を行いました。

このガイドラインは共通編と国別編に分かれて構成されており、共通編では港湾構造物の戦略的維持管理のための基本的な考え方を紹介。国別編では各国で実施された港湾構造物の補修事例を紹介しています。

今後のガイドラインの活用方策としては、以下の通りです。

- ① A S E A N各国で維持管理マニュアルを作成する際の基本的考え方を提供できます。
- ② A S E A N各国で港湾構造物の点検診断・補修補強を実施する際に参考にできます。
- ③ A S E A N以外の地域においても戦略的維持管理を展開していく際に参考にできます。

ガイドラインは、港空研と国土交通省港湾局のホームページでご覧頂けます。

港空研 <http://www.pari.go.jp/press/2010/20110331.html>

国土交通省港湾局 [http://www.mlit.go.jp/report/press/port06\\_hh\\_000056.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/port06_hh_000056.html)



フィリピン：マニラ北港コンテナヤードでの点検診断の実習



カンボジア：シハヌークビル港桟橋での点検診断の実習



## COASTAL STRUCTURES 2011

この会議に参加した技術者達が港空研の施設を見学に訪れました。



三次元水中振動台



大規模地震津波実験施設



大規模波動地盤総合水路

9月6日（火）～8日（木）の3日間、横浜市開港記念会館にてCOASTAL STRUCTURES 2011 (COST2011) が開催されました。CSTは、海岸構造物に関する国際会議として4年に1度開催されており、前回(2007年)はベネチアで開催されています。

今年の会議には、日、米、欧、アジアなど世界各国から200名程度の研究者・技術者が参加し、一般投稿の論文発表のほか、基調講演、企画型セッション、ポスターセッションなどが行われました。主要テーマは「気候変動下における沿岸防災と海洋利用」で、高潮防災、津波防災、海岸構造物に関する事業など、最先端の研究成果や技術開発の事例が発表されました。

9月9日（金）は研究者・技術者が港空研の施設見学会に参加し、三次元水中振動台、大規模地震津波実験施設、デュアルフレンジメント水槽、干渉実験施設、大規模波動地盤総合水路、長期暴露試験施設などを見学しました。

9月9日（金）は研究者・技術者が港空研の施設見学会に参加し、三次元水中振動台、大規模地震津波実験施設、デュアルフレンジメント水槽、干渉実験施設、大規模波動地盤総合水路、長期暴露試験施設などを見学しました。

とても大きい実験装置で、感銘を受けました。私たちは数値シミュレーションで、波のスピードから構造物の受け容れ力などを小さい模型実験の結果を用いて推定しているので、実際の状況と違うかもしれません。が、リアルスケールに近い実験をするとスケールの効果がわかるのです。

——大規模波動地盤総合水路を見て、どう思われましたか？

ユニークな実験ですね。土質試験には、遠心載荷させる実験が大切ですが、それと波の実験を同時にやっている施設は私は他に知りません。重要な実験だと思いますし、とても興味深かったです。

——施設を見学して、一番印象に残ったことを教えてください。

長期暴露試験施設です。普通の破壊実験は人工的に力を与えて週に数10ケースも実験をしたりしているけれども、ここでの研究所のように10年以上の非常に長いスパンでコンクリートが実際にどのように化学的に変化していくのか実験しているように、時間をかけて変化する作用を知るというのも重要な実験だと思いました。



長期暴露試験施設

Dr. John-Paul Latham

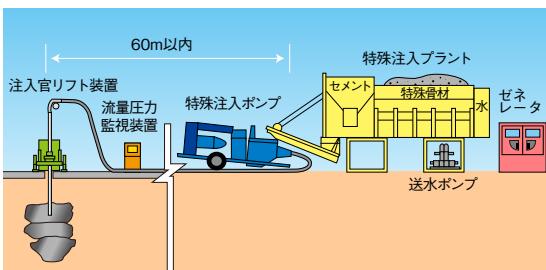
## 「静的圧入による液状化対策技術の確立」 が産学官連携功労者表彰における「国土交通大臣賞」を受賞！



受賞者：山崎浩之地盤研究領域長  
秋元恵一（静的圧入締固め工法（CPG工法）研究会会長）  
善 功企（九州大学大学院教授・西部地区自然災害資料センター長）



供用中の空港での施工事例



静的圧入締固め工法の概要図  
詳しくは <http://www.pari.go.jp/unit/doudo/theme/>

去る9月22日、東京国際フォーラムにて、「第10回産学官連携推進会議」が開かれ、産学官連携功労者表彰式が行われました。

産学官連携功労者表彰とは大学や公的研究機関、企業等における“産学官連携活動（企業＜産＞や大学＜学＞、公的研究機関等＜官＞らが連携して事業や技術研究などを行うこと）”の中で大きな成果を収めたり、先導的な取り組みを行うなど、産学官連携の推進に大きく貢献した優れた成功事例について表彰するものです。

我が国の産学官連携のさらなる進展に寄与することを目的に、2003年度から内閣府を中心に、内閣総理大臣賞等の授与が毎年一回行われてきました。

2008年度からは「国土交通大臣賞」を設け、国土交通分野における科学技術の振興という視点からも、多大な貢献が認められた技術に対して表彰しています。そしてこのほど、「静的圧入による液状化対策技術」が、2011年度の「国土交通大臣賞」を受賞しました。

今回受賞した「静的圧入による液状化対策技術」とは、港湾工事における液状化対策技術のひとつです。地盤を締め固める通常の工法は振動や騒音が激しいため、既存の構造物の直下の地盤工事には不適切でした。そこで、モルタルを静的に圧入して地盤を締め固めることによって、直下地盤の液状化対策を行う技術が開発されました。

この技術は、既に羽田空港、仙台空港、青森港沖館岸壁護岸などの既設滑走路、既設岸壁や既設護岸の液状化対策に利用されており、先の東日本大震災の際には、仙台空港において本工法による液状化対策効果が実証され、仙台空港の早期復旧に貢献するなど、目覚ましい成果をあげています。この技術は、上部構造物を持ち上げることもできるので、液状化で傾斜した建築物等の修復も可能です。

産学官連携功労者表彰は国土交通大臣賞の他に、内閣総理大臣賞、科学技術政策担当大臣賞、総務大臣賞、文部科学大臣賞、厚生労働大臣賞、農林水産大臣賞、経済産業大臣賞、環境大臣賞、日本経済団体連合会会長賞、日本学術会議会長賞が設けられています。

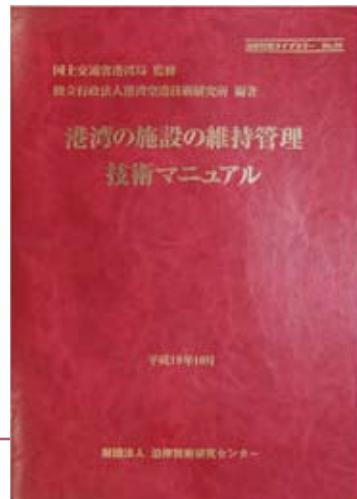
## 書籍『港湾の施設の維持管理技術マニュアル』の紹介

長期間にわたって利用される港湾施設では、施設に求められる機能を十分に発揮させるために、構成部材や附帯設備等の維持管理が欠かせません。

維持管理を合理的に行うためには、あらかじめ施設の設計や施工に配慮することが効果的ですが、供用開始後の点検診断や適時適切な補修・補強が特に重要となります。

2007年4月1日に施行された「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」では、技術基準対象施設の維持に関する事項が明記され、「技術基準対象施設の維持管理計画書等は、当該施設の設置者が定めることを標準とする」ことが規定されました。これを受けて、港空研は、最新の維持管理に関する技術的知見を結集し、港湾施設の維持管理にかかる基本的な考え方について取りまとめた『港湾の施設の維持管理技術マニュアル』を作成しました。

本マニュアルは「港湾の施設の技術上の基準・同解説」における維持管理に関する考え方を具現化する方策を提示しており、別途発行されている「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」とともに、港湾施設の維持管理を戦略的に行う上での参考資料として、港湾施設の維持管理に携わる方々に、広く活用して頂ける内容となっています。



2007年10月 独立行政法人港湾空港技術研究所 編著、財団法人沿岸技術研究センター 発行  
A4判／229頁 6,000円（税込み・送料同センター負担）

世界に貢献する港湾空港技術  
**PARI**



独立行政法人 港湾空港技術研究所  
Port and Airport Research Institute (PARI)

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
TEL : 046 (844) 5010 FAX : 046 (841) 8307  
URL : <http://www.pari.go.jp/>



●この印刷物は環境にやさしい  
植物性大豆油インキを使用しています。  
グリーン購入法に基づいた用紙を使用しています。