



地域産業の持続的発展に取り組む

室蘭港

北海道内の港で最大水深を誇り、静穏で広大な水域を有する室蘭港。明治期に開港し、鉄鋼業を中心にわが国の発展を支える物流拠点としての役割を果たしてきた。社会情勢の変化を踏まえ、近年は洋上風力発電や水素関連産業などの次世代エネルギー拠点、インバウンドなど観光需要を呼び込むクルーズ拠点など、港湾機能の更新・拡充が進む。開港から150年を経て、「鉄の街」の発展を支えてきた室蘭港に新たな役割を加えながら、港湾と周辺地域の持続的発展に向けた官民協働の港まちづくりが本格化している。



北海道初の特定重要港湾に重厚長大産業が集積



855 万m²埋め立て
交通網も整備拡充

渡島・絵鞆の2つの半島に囲まれた地形を生かし、大水深か

つ静穏度の高い天然の良港である室蘭港は、札幌と函館を結ぶ札幌本道の海路部分(室蘭～森)を担う港として、1872年に開港した。1892年に産炭地と

室蘭を結ぶ北海道炭鉄道が開設したことを機に、石狩炭田など産炭地の石炭の積出港として飛躍的な発展を遂げる。

1900年代に入って石炭を使



港湾概要

【港湾区域面積】

1,611ha

【臨港地区面積】

1,005ha

【総取扱貨物量】

1,563万t (2021年)

(外貿829万t、内貿735万t)

【外国貿易額】

1,478億円 (2021年)

【港湾管理者】

室蘭市

用した製鉄・製鋼業が興り、戦前・戦中は兵器製造を担い、戦後は民需に転換した鉄鋼業に加え、セメント、石油精製などの操業が相次ぎ、民需中心の重厚長大産業を支える産業港湾として発展していく。

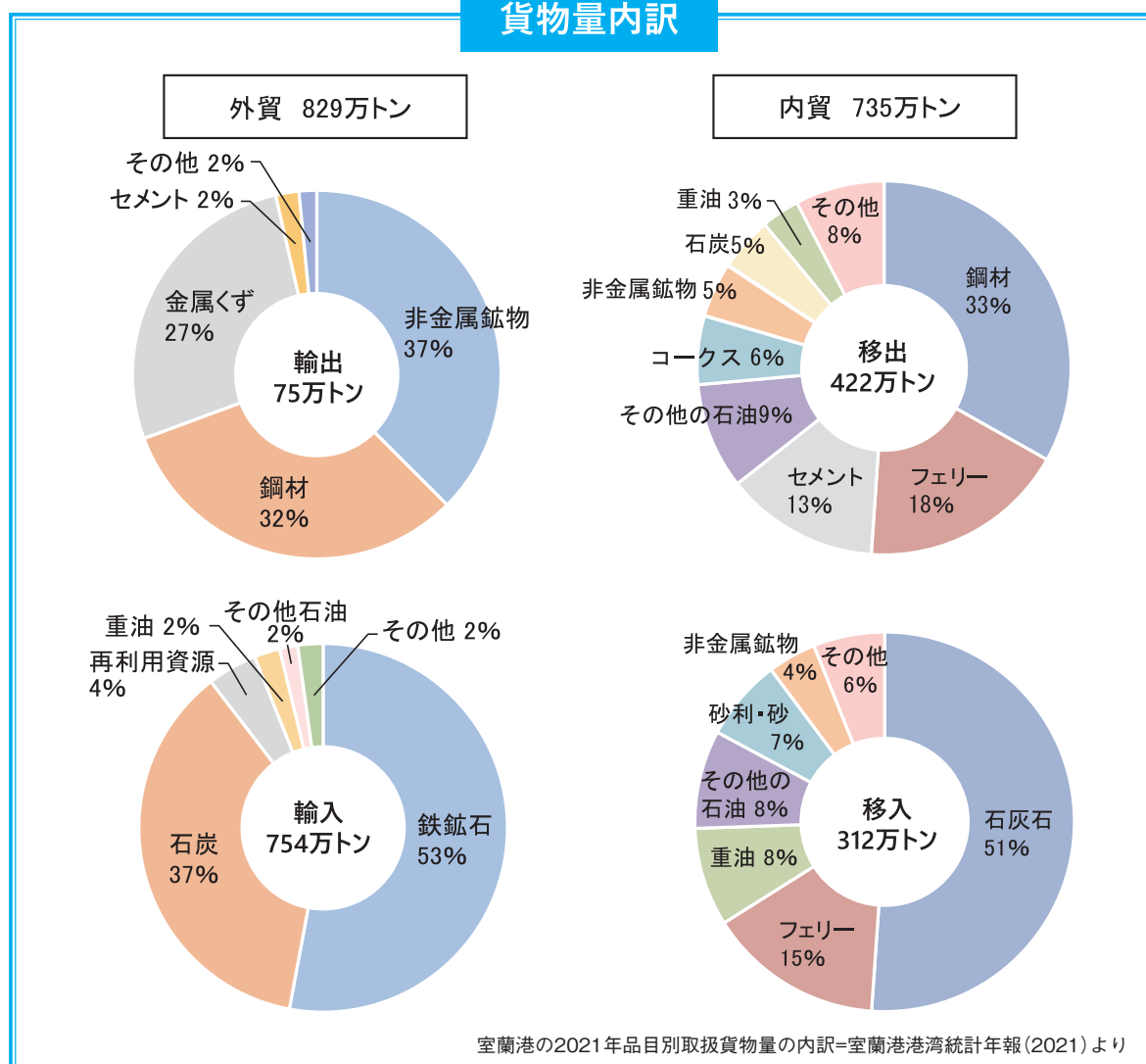
産業集積に当たり、室蘭港は湾内に平坦地が少ないことから、平地の確保が大きな課題となった。1892年に民間の埋立組合によって最初の埋立工事が実施され、明治末期には製鉄所、製鋼所の敷地造成や海陸路設備のための埋め立てが進んだ。

昭和期に入り、企業による岸壁整備や埋立事業が積極展開され、国による防波堤整備も本格化。1970年前後には最大水深16.5mの航路浚渫が行われ、浚渫土の中に砲弾が含まれていた

室蘭港の沿革

1872年	トキカラモイの棧橋建設、室蘭～森間定期航路開設、海関所の設置
1891年	大黒島灯台点灯(1974年まで)
1894年	特別輸出港に指定
1899年	関税法上の開港指定
1907～09年	日本製鋼所、北炭輪西製鉄場(現日本製鉄)が創業
1918年	南北防波堤の築設起工(完成＝北・1927年、南・1938年)
1945年	第二次世界大戦で軍需工場へ攻撃(空襲、艦砲射撃)
1954～56年	富士セメント(現日鉄セメント)が創業、日本石油精製(現ENEOS)が立地
1965年	特定重要港湾に指定
1967～91年	フェリー航路を開設(室蘭～青森、室蘭～大間、室蘭～八戸、室蘭～大洗、室蘭～直江津、室蘭～大畑)
1998年	白鳥大橋が開通
1999年	中央ふ頭旅客船バースが供用開始
2000年	韓国と国際コンテナ定期航路を開設
2002年	総合静脈物流拠点港(リサイクルポート)に指定
2003年	浮体式防災施設(広域防災フロート)の供用開始
2008年	入江地区耐震強化岸壁が供用開始
2017年	崎守ふ頭のガントリークレーン更新
2018年	10年ぶりにフェリー航路を開設(室蘭～宮古、八戸)
2020年	室蘭港長期構想を策定
2021年	室蘭港港湾計画を改定
2022年	祝津ふ頭のクルーズ船等岸壁の暫定供用開始

貨物量内訳



との逸話も残る。これまでに埋立・造成された土地は855万㎡に上る。

港湾周辺の交通ネットワークの強化に当たり、港口部で橋長1,380mの「白鳥大橋」(3径間2ヒンジ補剛つり橋、桁下航路高53.5m、航路幅300m)の建設工事が1985年に始まり、1998年に完成・開通した。

フェリー航路再開とドライバー24年問題

室蘭港は1965年、東北・北海道で初の特定重要港湾に指定された。フェリーやコンテナ航路も次々に開設され、バースの

拡張やガントリークレーンの設置などを進めた。取扱貨物量については昭和から平成の前半まで増加傾向にあり、1996年のピーク時には5,385万tに達した。

その後はフェリー便数の減少や航路の休止、民間企業の製造休止などにより、内貿貨物を中心に減少傾向が続く。室蘭港の2021年の取扱貨物量は1,563万tで、苫小牧港、函館港に続いて道内3位。背後圏の製鉄所などで使用される石炭、鉄鉱石、製品である鋼材のほか、石油関係が輸出入・移出入の主要品目となっている。

フェリー航路については最大

5航路が開設されていたが、室蘭・青森間が2008年に休止してゼロとなった。2018年に岩手県の宮古と室蘭を結ぶ航路が新たに開設された(後に青森県八戸を加えて三角航路化、2020年に宮古寄港休止)。しかし、コロナ禍や原油高騰などの社会情勢を受けて事業環境が悪化し、2022年に休止に追い込まれた。

2023年10月には室蘭・青森間のフェリー航路が15年ぶりに復活する予定だ。再開理由について、室蘭市の佐藤肇港湾部長は苫小牧港の過密状況に加え、「時間外労働の罰則付き上限規制が適用されるトラックドライ



脱炭素化と観光を柱に港まちづくり推進



バーの2024年問題への対応」と分析する。フェリーを活用することでドライバーの休憩時間を確保し、運転時間の削減につなげようとする物流業界の切実な事情が背景にあるという。

予防保全事業で 大型船を接岸可能に

2022年に開港150年を迎えた室蘭港では、老朽化した港湾施設の機能更新に向けた取り組みが進められている。現在、国土交通省北海道開発局が予防保全事業として防波堤と岸壁の改良工事を実施中だ。全体事業費は50億円を見込む。今後5年以内をめどに全体完成を予定している。

崎守地区の「防波堤(北外)(改良)」(延長420m)では、完成から50年以上が経過して上部工の損傷が目立ち、安定性にも問題があると判断し、堤体の拡張などに取り組む。施工効率化と品質確保の一環で、プレキャストコンクリート製残置型枠工法を採用。6月現在で事業延長の約5割を施工済みだ。

祝津絵鞆地区の「岸壁(-11m)(改良)」(延長410m)では、建設後40年近く経過し、既設鋼矢板セル構造の棚部鋼管杭の腐食と上部工の鉄筋露出など老朽化が進み、機能が著しく低下していたことから、鋼管杭の撤去・新設、既設上部工・舗装工・付属工の更新、地盤改良工などを行う。

鉄スクラップなどを取り扱っている同岸壁では、老朽化対策と併せて、既存ストックを有効活用した岸壁改良を実施。2022年5月、北海道・東北で唯一、22万t級の大型クルーズ船が接岸できる岸壁として暫定供用を開始した。

室蘭開発建設部室蘭港湾事務所の久保純一所長は「近年、クルーズ船は白鳥大橋建設時の想定を超えて大型化し、橋の下を通過できないものも運航している。橋の手前に位置し、観光施設などにも近い祝津地区に大型船が接岸できるよう、関係者らと調整しながら施工し、開港150年の2022年中に暫定供用を間に合わせることができた」と振り返る。

クルーズ船呼び込み にぎわい・交流拠点に

2023年度の室蘭港へのクルーズ船の入港予定は、祝津ふ頭が

2隻、白鳥大橋を通過した港奥側の入江地区中央ふ頭が10隻となっている。室蘭市はアフターコロナの観光需要の増大を見据え、クルーズ船の呼び込みと併せて、周辺観光地域とも連携したにぎわい・交流拠点として地域の活性化にも力を入れる。

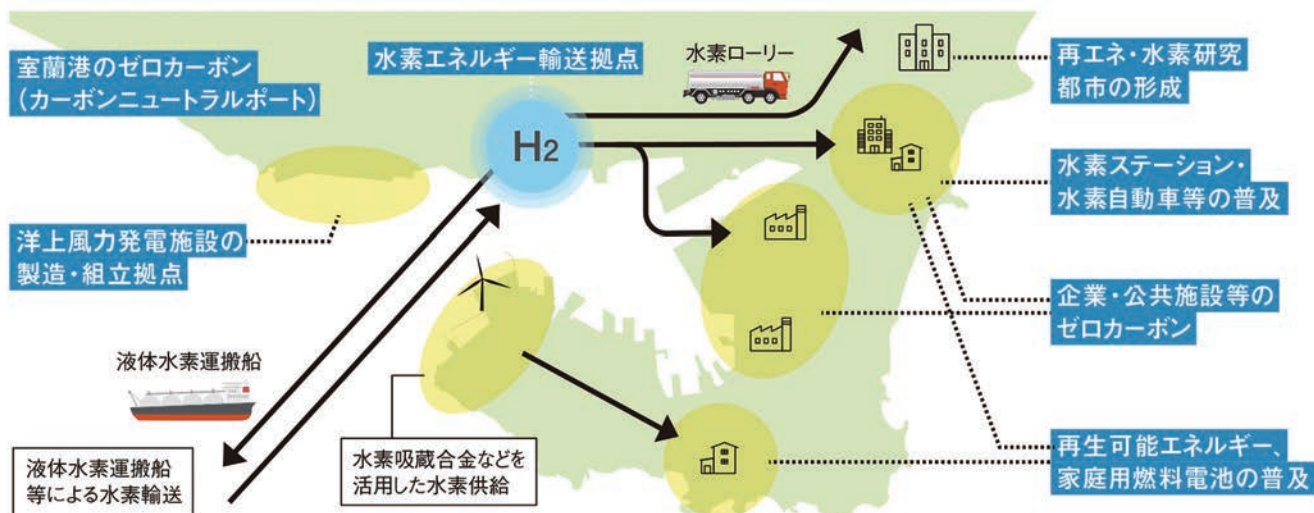
祝津・入江両地区を中心に港を核としたまちづくりを促進する「みなとオアシス室蘭」(2012年7月登録)、日本遺産の「炭鉄港」(2019年5月認定)の構成施設のほか、地球岬など室蘭八景といった観光資源を生かし、室蘭市内や周辺地域の集客力を高めたい考えだ。

開港150年関連事業の一環で、昨年6月の25、26日には絵鞆臨海公園で「みなとオアシスSea級グルメ北海道大会in室蘭」を開いた。コロナ下ながら約1万6,000人が来場し、市全体が大



6月14日に祝津ふ頭に接岸したイタリア船籍の大型客船「コスタ・セレーナ」

2050年 室蘭市「ゼロカーボンシティ」のイメージ



いに盛り上がった。

佐藤港湾部長は「近隣には洞爺湖有珠山ジオパークや登別温泉、ウポポイ(民族共生象徴空間)といったメジャーな観光地が多く、クルーズ船の乗客など室蘭を訪れる人々が素通りせずに室蘭市内で楽しんでもらえるような、ハード・ソフト両面からの仕掛けづくりがより重要になる」と話している。

2022年11月には土木学会の選奨土木遺産に「室蘭港港湾施設群」が認定された。1927～38年に竣工した南防波堤や北防波堤、旧大黒島灯台などで構

成。土木遺産認定を機に、東洋一の石炭積出港として日本の近代化と、「鉄の街」としての飛躍的發展に貢献し、港湾の歴史と技術を現代に伝える港湾施設群の文化的価値などを社会に広くアピールする。土木を学ぶ学生らに現地を見学してもらうなど、新たな魅力発信の取り組みも今後検討していく方針だ。

洋上風力・水素など 新たな産業拠点形成

国交省が主導し、港湾の脱炭素化を推進する「カーボンニュートラルポート(CNP)」の

取り組みは、室蘭港でも産官学連携で具体的な施策の検討が進んでいる。室蘭港のCNP形成計画では、①立地・利用企業のCN化 ②洋上風力産業拠点の形成 ③水素等の地産地消および水素ハブ拠点の形成 ④ブルーカーボン生態系の創出-といった方針を掲げる。温室効果ガスの削減と併せて、新たな産業形成へとつなげ、環境保全と経済活性化の両立を目指す。

室蘭市では2000年ごろから水素の可能性に着目し、水素や再生可能エネルギーの利活用なども含め、環境・エネルギー産



10月就航予定の室蘭～青森フェリーのトライアル入港(入江地区)



祝津ふ頭岸壁改良工事での上部工コンクリートの打設作業

業を核とした街づくりを志向してきた。近年は洋上風力発電関連の取り組みでも注目を集める。2020年12月に策定した室蘭港長期構想の中で洋上風力発電や水素受け入れ拠点港の具体化を視野に入れる。

2021年5月に室蘭脱炭素社会創造協議会を設立し、新たな産業とビジネスの創出、競争力の強化に向けて産官学の関係者らが連携を強める。同10月には2050年のCN実現に向けて室蘭市「ゼロカーボンシティ」を宣言した。

官民の室蘭洋上風力関連事業

推進協議会を中心に、関連産業の誘致による地域活性化を目指している。国交省港湾局の意向調査に対して室蘭市は2022年5月、洋上風力基地港湾として「室蘭港の指定を希望する」と回答。地元関係者らとの議論を深め、合意形成を図りながら今後の対応を固めていく方針だ。建設企業らによる洋上風力発電関連事業への設備投資や産業化に向けた取り組みも活発化しており、室蘭港を洋上風力発電施設建設用のSEP船(自己昇降式作業台船)の母港として利用する

事例も出てきた。

「洋上風力やCNPなどの理解を深めることで関係者の意識を高めつつ、スパイラルアップを図っていく」と佐藤港湾部長。天然の良港としての高いスペック(静穏度、水深など)に加え、背後にある厚いものづくり産業基盤といった室蘭港の強みを生かし、引き続き基幹産業の生産を支える役割を担う。併せて、洋上風力関連の産業振興、クルーズ船来航を契機としたにぎわいの創出など、新たな室蘭港の未来を築いていく。

Muroran port

PICK UP



室蘭港土木遺産カードを配布開始

2022年度北海道選奨土木遺産に選定された「室蘭港港湾施設群」のカードが今年6月1日から、みなとオアシス道の駅「みたら室蘭」で配布開始した(枚数限定)。表面は室蘭港を一望する写真を配置、裏面に遺産の概要が紹介されている。

土木学会北海道支部では2014年から道内の選奨土木遺産を紹介する「土木遺産カード」を製作・

配布している。今回作られた室蘭港港湾施設群のカードには、施設分の完成年や所在地、規模のほか、「当時最新の荷役機械が導入された石炭積み出し拠点(国鉄ふ頭・北荷ふ頭)、道内初のケーソン式岸壁である本輪西ふ頭など、我が国の近代化と鉄の街の飛躍的發展に貢献した」などの紹介文が掲載されている。



室蘭港港湾施設群の土木遺産カード



施設群の一つである大黒島灯台(島の頂上部)

※人物の肩書きは6月上旬の取材時点のものです
(取材協力・資料提供 / 北海道室蘭市、国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部室蘭港湾事務所)



デジタルツインで 地盤改良工事を“見える化”

五洋建設株式会社 土木本部土木設計部 堤 彩人

■ 見えない地中を“見える化”する技術

地盤改良工事は地中が施工対象なので、目視で施工状況を確認できません。施工中はオペレーターが地盤改良機械の管理画面から施工位置や地盤改良材の供給量などの情報を入手することで、地中の施工状況の把握に努めています。しかしながら、オペレーター以外の工事関係者が地中の施工状況を的確にイメージすることは容易ではありませんでした。高度な施工管理を行うためには、見えない地中を“見える化”する技術が必要と考え、施工情報をリアルタイムに3Dモデル化し地盤改良工事のデジタルツインを構築する技術(Gi-CIM-DT: Ground Improvement Construction Information Modeling for Digital Twin)を開発しました。

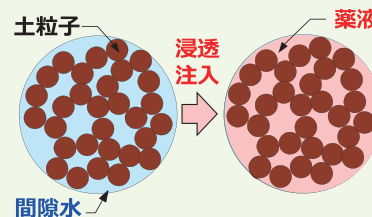
デジタルツインとは、現実世界で取得したデータを使って、コンピュータ上でリアルタイムに現実世界のコピー(双子)を作り出す技術のことです。コンピュータ上では簡単に地中の中を覗き見ることができるので、地盤改良工事を間接的に“見える化”するには、デジタルツインはまさにうってつけの技術といえます。

ここでは、施工方法が複雑で“見える化”の必要性の高い「曲がり削孔式浸透固化処理工法」を題材にデジタルツインの構築方法について紹介します。

■ 曲がり削孔式浸透固化処理工法

臨海部の埋立地など、地下水位が高く緩い砂地盤上にある施設は液状化しやすいことが知られています。液状化は、地震が発生して地盤が強い衝撃を受けると、互いに支えあっていた土粒子の骨格構造がバラバラになり、土粒子が間隙水(地盤中の地下水)に浮いた状態になることで、地盤全体がドロドロの液体状になることです。それを防ぐための方法の一つとして、「曲がり削孔式浸透

【改良原理】



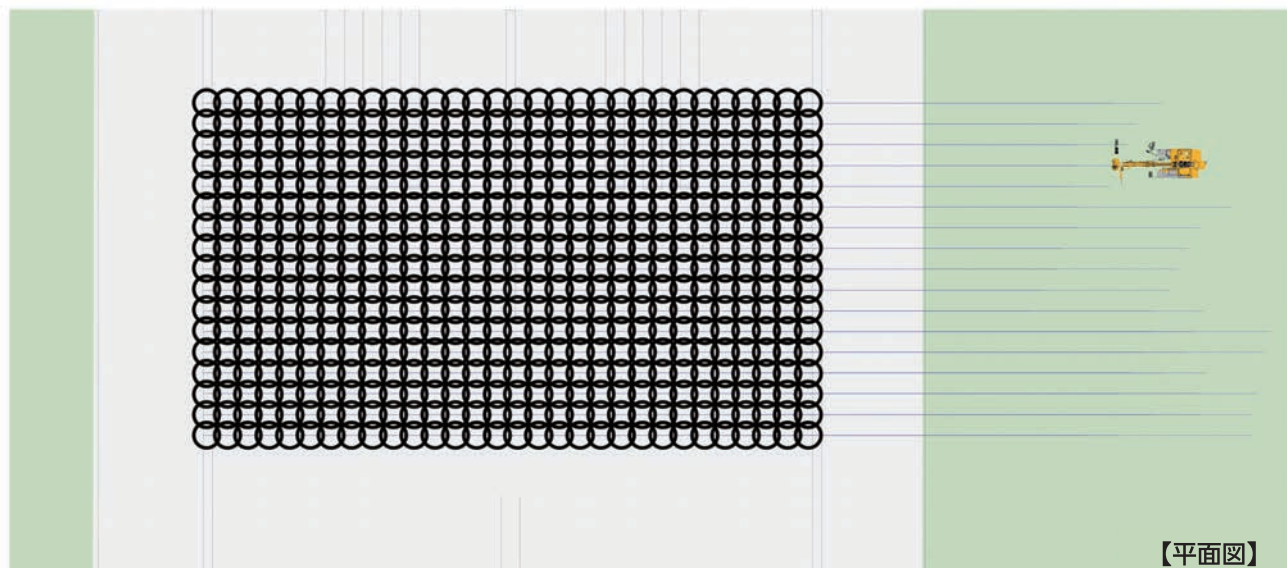
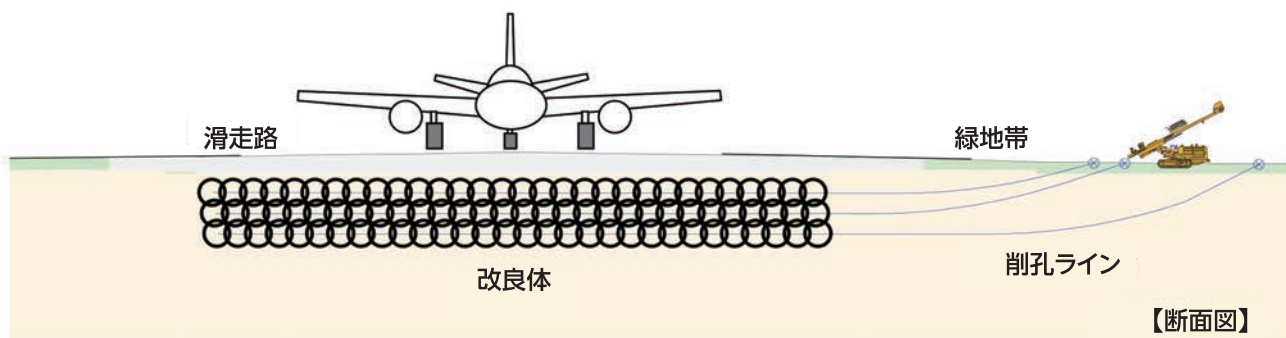
砂地盤中の間隙水が固結物に置き換わる

【模型実験】



浸透注入後の地盤

緑地帯から曲がり削孔により供用中の滑走路下の地盤にアプローチ



固化処理工法」があります。浸透性がよく長期的に品質が劣化しない薬液を地盤に浸透注入し、間隙水をゼリー状の固結物に置き換えることで地盤の液状化を防止する地盤改良工法です。

ここでは、空港滑走路を供用しながら行う液状化対策工事の施工イメージで説明します。

・施工工程

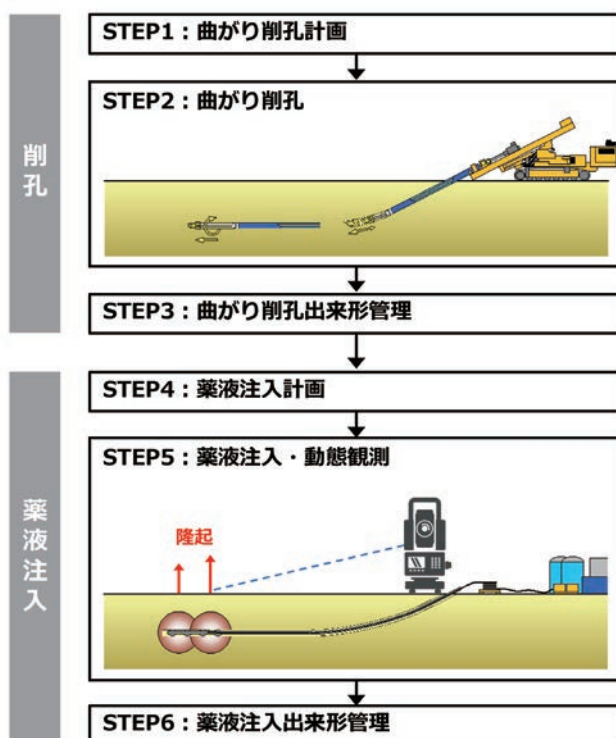
この工法は、「削孔」と「薬液注入」の2工程から構成されています。

「削孔」では、緑地帯に削孔機を配置し、滑走路下の狙った地中の目標に向かって曲がりながら削孔します。滑走路を横断するため、100mを超える長距離削孔が必要となることもあり、高度な削孔制御技術が求められます。

「薬液注入」では、削孔出来形や埋設物を考慮して施工順序を計画し、1箇所ずつ薬液を注入することで直径2～2.5mの球体状の改良体をつくります。

その際、注入に伴う滑走路面隆起は空港の運用に当たって重大な懸念事項となるため、施工中に

は滑走路の隆起抑制に着目した施工管理が必要となります。

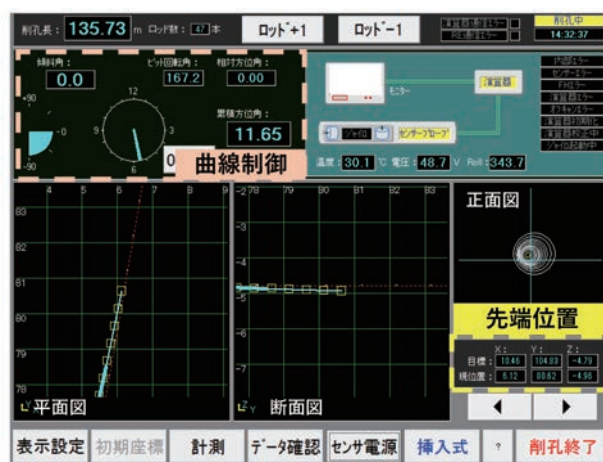


■ デジタルツインを用いた施工管理

・ 曲がり削孔管理の高度化

従来は、削孔軌跡を数mごとに計測し、計測結果を削孔管理装置に表示していました。しかし、その表示内容は断片的で、地中の施工状況の全体像を把握することが困難であったため、削孔機への操作には習熟が必要でした。

開発した技術では、計測した削孔軌跡の3次元座標データをリアルタイムに3Dモデル化することで、削孔出来形、設計削孔ライン、埋設物を統合して“見える化”できます。



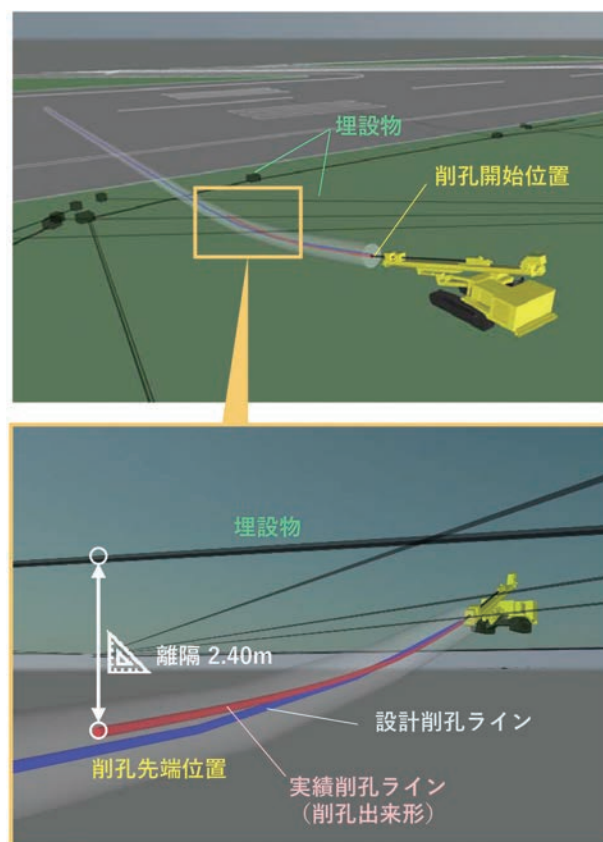
地中をイメージするには習熟が必要

・ 薬液注入計画の最適化

これまでは、2次元の削孔出来形図を用いて、1断面ごとに注入順序を計画していましたが、この方法では、削孔出来形と設計値との3次元的なズレ量を考慮することはできませんでした。

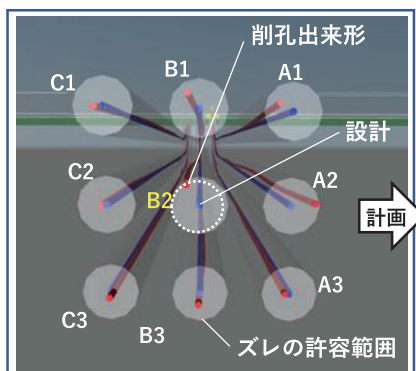
開発した技術では、全ての削孔ラインの出来形情報と設計情報を3Dモデル上で統合管理するため、隣り合う削孔ラインとの間隔が容易に把握できるようになります。これにより、未改良部が残らないよう、注入順序や注入量の組み合わせについて、複数ケース比較検討することができるため、最適な薬液注入計画の立案により改良品質の低下を防ぐことが可能になります。

例えば、削孔出来形B2はズレの許容範囲内で削孔できていますが、設計通りの注入順序と注入量で薬液を注入すると、改良体B2の右側に未改良部が残ってしまいます。そこで、対策として、B2の周りの改良体を先に作った後、B2から設計値よりも多めの薬液を注入すると、先に作った改良体が壁となり隙間を満たすように薬液を注入す

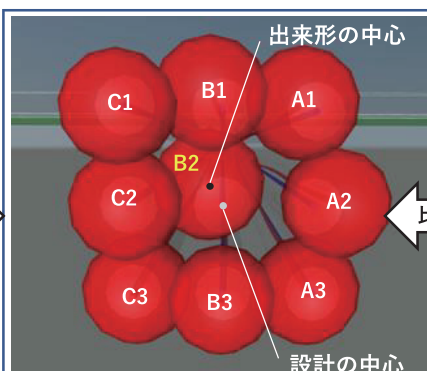


3Dで削孔ラインを“見える化”

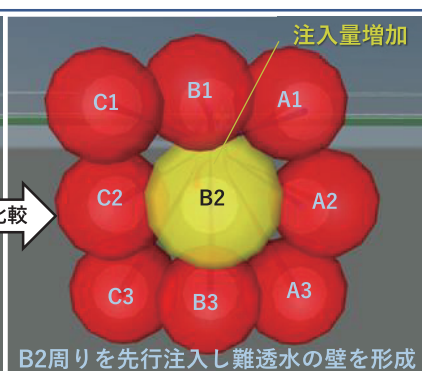
ることができるため、未改良部の発生を防ぐことができます。



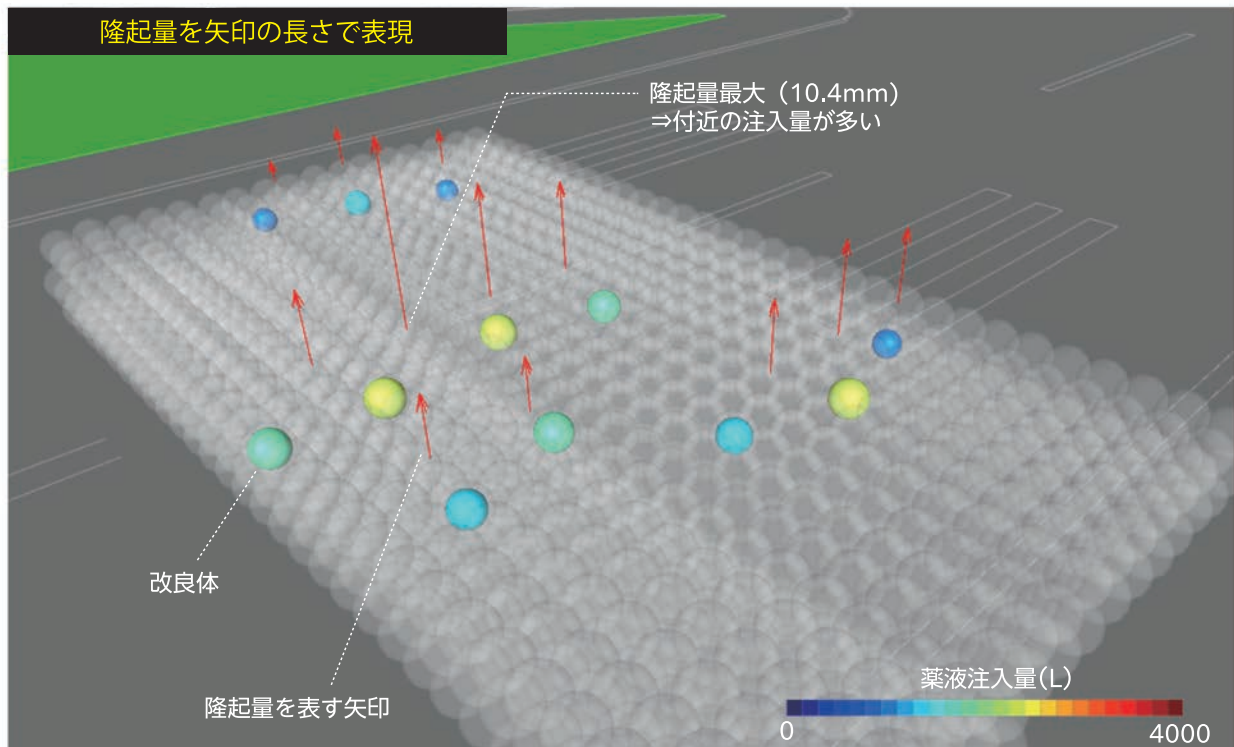
<ズレの把握が容易>
B2のズレが大きい



<注入計画A>
設計量を注入 ⇒ 未改良部が発生



<注入計画B>
B2の注入量を増加 ⇒ 隙間に浸透



注入状況が“見える化” 滑走路面の隆起量も見える

・隆起計測結果を考慮した薬液注入管理

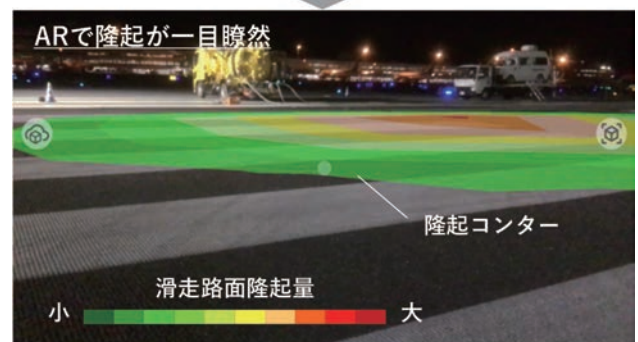
従来は、施工中の滑走路面の隆起量を自動追尾トータルステーション(TS)で巡回計測し、滑走路面の状態を監視していましたが、注入と隆起の関係を俯瞰的に観察することができませんでした。

開発した技術では、注入管理装置の施工情報からリアルタイムで3Dの改良体を作成します。合わせて、TSの計測データを基にして滑走路の隆起量の大きさや方向を表す矢印を表示します。これらの方法により、注入状況が“見える化”されるとともに、注入の結果として現れる滑走路面隆起も一体的に薬液注入工程を管理できるようになります。

例えば、薬液注入量が多い改良体ほど暖色(赤色や黄色)になるように、隆起量が大きいほど矢印が長くなるように3Dモデル化しています。図では、薬液注入量が多い(黄色の)改良体の近くで、隆起量が大きく(矢印が長く)なっている様子が確認できます。このような高度な管理により、滑走路の安全確保に、より一層貢献することが可能になります。

■ まとめ

「曲がり削孔式浸透固化処理工法」を題材に、従来の施工管理において日常的に取得している施工情報を基にデジタルツインを構築する方法を紹介



介しました。デジタルツインにより施工管理を高度化することで、従来よりも高品質で安全な施工を実現することができます。

今後はデジタルツインを発展させ、本技術を様々なICT技術と組み合わせることで、工程管理、品質・出来形管理、安全管理などを高度化することを考えています。例えば、注入に伴う隆起量の分布をAR技術により“見える化”することで、滑走路の安全管理に活用する取り組みを始めています。