

# 鉄構海洋事業における技術開発の展望

## Prospects for Technology Development in Civil Engineering & Marine Construction

海老名 正 裕<sup>\*(1)</sup>  
Masahiro EBINA

### 抄 録

新日本製鐵鉄構海洋事業部は、その複合経営の先駆けとしてスタートしたエンジニアリング事業部の一翼を担う部門であり、現在、六部体制の下に多岐に渡る事業を展開している。事業の基盤となっている技術開発、商品開発、総合エンジニアリングの強化に対するチャレンジの歴史を振り返ると共に、鉄構海洋事業の新たな飛躍のための技術開発の課題、商品開発のニーズを各事業分野毎に展望した。

### Abstract

The Civil Engineering & Marine Construction Division of Nippon Steel Corporation is a part of the Engineering Divisions Group which was established as a pioneer in Nippon Steel's multiple business strategy. The Division, consisting of six divisions, offers a wide range of engineering and construction services in diversified areas. This paper presents an overview of the Division's challenges to technology and product development and strengthening of its total engineering capability which form the basis of the Division's activities, and describes the future prospects for technology and product development in each area of activity for further expansion of civil engineering and marine construction business.

### 1. はじめに

新日本製鐵鉄構海洋事業部の技術開発の歩みは、新規事業分野開拓のための挑戦の歴史とも言えるものである。1960年代後期に芽を出したエンジニアリング事業は、90年に及ぶ製鉄所の建設・操業ノウハウをバックグラウンドに、当初は鋼材の拡販を主目的として市場に進出を開始した。

現在の鉄構海洋事業部の前身である鉄構事業部の時代から、その事業方針は“市場のニーズを先取りした事業の展開”であり、必然的に、技術開発はその事業方針に沿った“ニーズオリエンティッドの技術開発、商品開発”を志向してきた。

海外市場においては、1969年から1971年にかけて大型海洋作業船と大型海洋構造物加工基地を柱として海洋開発分野に進出し、東南アジア市場を中心に、海底石油・天然ガス生産プラットフォームの建設、海底パイプライン敷設、石油ガス関連陸上設備の建設を手がけた。海外プロジェクトの遂行の過程で、海洋構造物に適用されるAPI等の国際規格を学びとり、初期の段階では海外のコンサルタント、エンジニアリング会社を起用しつつ、苛酷な海象条件に曝される海洋構造物の設計、製作、据付に関する多くのノウハウを蓄積し、水中構造物の動的解析手法、品質管理基準、加工技術、防食技術、作業船の操業技術等に関して、新日本製鐵相模原技術センターを中心に独自の技術開発を進めてきた。現在では、日本で唯一の世界的なマリコントラクターとしてメジャー石油の間に位置付けされる

までになっている。

一方、国内市場においては、海底石油・天然ガス生産プラットフォームの建設はもとより、原油受入れ設備、石油備蓄基地、鋼製沖合人工島の建設等の事業分野に積極的に進出し、この間に莫大なノウハウと技術蓄積を行った。

国内市場の柱の一つである長大吊橋ケーブル架設分野においても、高級線材の供給能力を基に、ケーブルストランドの製作技術、短工期架設技術の研究開発を積極的に行い、本州四国連絡橋のプロジェクトニーズに応え得る独自の技術開発を行ってきた。その成果を基礎に、世界最大の明石海峡大橋のケーブル架設工事では、始めて採用された180kgf/mm<sup>2</sup>級鋼の超高張力ケーブルワイヤーの製造、品質管理、4,000mを超えるワイヤーストランドの品質、寸法の精度管理、海峡の船舶の航行を妨げない架設工法の開発、高い防食性能を有するハンガーロープ及びケーブルバンドの開発等多くの技術課題を解決して現在工事を実行中である。

又、現在事業の基盤となっている公共公益施設関連の土木基礎工事、ガス配管敷設工事、水道用配管敷設工事等の分野に建設用鋼材の市場開発拡販の目的をもって事業進出を行った。この分野は鉄鋼メカの有する高い加工技術、溶接技術が客先の信頼を得て工事込みの受注が拡大してきたものと考えられる。この分野における鋼材の加工・溶接技術のみならず、設計ソフトウェアの開発、新工法の開発、防食技術開発に努力を傾注し、STM工法等の画期的な差別化技術を開発した。

<sup>\*(1)</sup> 鉄構海洋事業部 副事業部長

橋梁分野では、標準化を進めた HBB 橋の開発から始まり、1979 年に“日本橋梁建設協会”へ加入して一般橋梁分野を手掛けるようになり、広大な敷地を有する新日本製鉄若松鉄構海洋センターの一角に橋梁の専用加工工場を設立した。設計の自動化、製作工程の自動化、省力化を推進し、高品質の大型橋梁構造物を短工期で製作出来る体制を整備した。

エネルギー関連分野では、海外の長距離陸上パイプライン建設、天然ガス受入れ設備の建設で得たプラント建設ノウハウと実績をもとに、国内の発電所の循環水配管、LNG 受入れ施設、幹線高圧ガス配管等の分野に応用し、更に進んで海外から導入した地中弧状推進技術に新日本製鉄独自の技術改良、工法の改善を行い、外径900mm の鋼管を900m の長さにあわせて、短期間に環境を損うことなく地下埋設する技術を開発した。この工法を応用して河川・港湾横断の石油、天然ガスの高圧配管、燃料配管、水道配管等の工事を無公害で、安全かつ安価に実施出来るようになり、国内のユーザー、社会の要請に応じている。

更に、この技術を発展させて大容量の地下蓄熱槽の建設、発電用の地下高圧空気貯蔵タンクの設置等、将来の社会のニーズに対応する無限の可能性を追求したいと考えている。同様にエネルギー関連プラントの設計・建設ノウハウを応用し、近年ニーズの高まりをみせている地域冷暖房分野の基本計画、設計、設備の建設に積極的に取り組み、資源の有効活用、地球環境の保護等の社会ニーズに応えている。

新しい事業分野としては、内需拡大対応として港湾等のインフラストラクチャー整備、都市・地域・リゾート開発関連等の土木事業を新規事業開発課題として位置付けた。

港湾等のインフラストラクチャー整備に関しては、従来培ってきた大型海洋構造物の設計、製作、据付技術を基礎に、様々な構造形式の防波堤、消波堤、沈埋函を開発し、積極的に受注活動を続けている。都市・地域・リゾート開発に関しては製鉄事業で培った製鉄所建設技術を背景に、他の事業部門と協同で積極的事業展開を計っている。

以上のように、鉄構海洋事業部は社会のニーズに沿って次々と新しい事業展開と技術開発に挑戦してきたが、以下に各事業分野別に技術課題と技術の展望を述べる。

## 2. 土木事業開発分野の技術展望

新規事業への展開を目指して1989年に土木事業開発部が発足して以来、海洋工事や製鉄所の建設技術で培われた土木技術を基盤とし、沿岸鋼構造物の製作、据付、及び一般土木、土地造成の分野で積極的な技術開発を進めてきた。以下に分野毎の技術動向と将来展望にふれる。

### 2.1 沿岸鋼構造物

沿岸域には、大都市周辺での過密な陸上道路網改善のために数多くの沈埋トンネルが計画されており、従来の RC 構造の沈埋函製作に不可欠なドライドックが必要に応じていない現状である。そのためドライドックを必要とせず、かつ経済性も高い鋼・コンクリート合成沈埋函の開発を進めている。1992年、土木学会から出版された二重鋼殻構造の設計指針は、合成構造沈埋函を対象にした初めての指針である。二重鋼殻内に充填する締め固め不要コンクリートについては、新日本製鉄鉄鋼研究所鋼構造研究開発センターと共に施工法の検討を進めている段階である。大阪南港トンネルに採用され

たオープンサンドイッチ形式の沈埋函に対しても、新日本製鉄建材開発技術部が開発した NS スタッド工法が適用され、現在工事中である。更に新しい沈埋函の構造形式について運輸省港湾技術研究所と共同研究を始めている。

近年、建設、運輸、水産の各省庁が沿岸域開発構想を打ち出し、開発対象領域も湾内から外洋に向かっていく。このため大水深、高波浪、軟弱地盤の過酷な施工条件に対応し、更に水質保全、低反射、経済性にも配慮した消波堤、防波堤の技術開発が要請されている。建設省土木研究所等と共同開発 (MMZ 計画) した消波堤 CALMOS は、激しい海象に対応する鋼製ジャケット式消波堤である。工場でプレファブ化された消波堤は、短工期での現場据付を可能にし、日本でも有数の過酷な海象条件にさらされる蒲原海岸に設置される消波堤としては最適の構造形式であると判断され、採用されることが決定した。又、東京大学と共同で開発した傾斜式消波堤 PSR は、新日本製鉄君津製鉄所護岸の消波構造物として設置され、更に北海道内の漁港にも採用が決定された。

これら一連の沿岸構造物の技術開発の延長線として、現在運輸省港湾技術研究所と本格的な鋼製防波堤の共同研究に着手している。

### 2.2 一般土木、土地造成

鉄構海洋事業部の発足時から鋼材の市場拡販のために実施されてきた一般土木工事は、今後も、新日本製鉄製鉄部門の建材開発技術部、設備技術センター、鋼構造研究開発センターとの連携をとりつつ、総合エンジニアリングが生かせる分野の拡大を図っていく予定である。具体的事業としては、護岸・棧橋・杭基礎・防食・防災工事及び全天候バス建設等が上げられる。一方、“土地区画整理事業に代表される街づくり”や“ゴルフ場、リゾート施設の建設”に伴う大規模な土地造成は、民間土木工事の主要な事業対象である。特に、業務代行方式による土地区画整理事業は近年増加傾向にある。

技術面では、大容量のデータベース構築と環境アセスメントを含む計画手法、企画・計画技術及び土に関する圧密沈下や液状化対策技術、道路、調整池ダム等の設計技術、地域全体の環境管理システム手法などがあるが、いずれも更なるノウハウの蓄積が重要であると考えられる。“スペースワールド”“上総土地造成事業”“東田開発事業”等を通じて得た技術蓄積・経験を生かしつつ、総合的技術力の向上に取り組んでいる。

## 3. 海洋エンジニアリング分野の技術展望

海洋事業は現在、国内では東京湾横断道路や白島石油備蓄基地の建設、海外ではイーストジャワの長距離海底配管やイランサルマンの石油生産設備等の大規模工事を実施しており、25年の歴史のなかで最盛期を迎えている。しかし、いずれのプロジェクトも技術的には従来から得意としてきたジャケット構造物の設計、製作、設置又は海底パイプラインの敷設等の内容のものである。

東京湾横断道路の人工島建設は海底資源開発で培った技術を応用したものであるが、工場で大ブロックの鋼製ジャケットを製作し、現場で短工期で施工し、船舶の航行制約を最小限にとどめ、かつ環境保全面でも従来からの人工島築造方式に比べ画期的に改良された構造形式である。ジャケット構造形式の最大の特長は、ジャケットの脚部を通して海底面に鋼管杭を打ち込んで構造物を海底に固定する方式のため、埋設後の地盤沈下が皆無に近いこと、設置水深も100~200mまで可能である点にある。この構造形式は北海等の海象の厳しい地区での海底油田の開発で、その性能は十分に実証されて

いる。国内でのインフラストラクチャー整備の一つの手段として今後共、大いに期待が持てるものである。

海洋分野における21世紀の市場の展望と技術課題を以下に整理してみる。

海外市場では、インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナム、中国及びサハラ海域での大規模油田、ガス田の開発が急ピッチで進められようとしている。特にエネルギーの有効利用と地球環境の保護の観点から、今まで立ち遅れていた大規模ガス田の開発がその中心になろうとしている。

ガス田開発における最大の特徴は、従来油田の開発に対して開発コスト及び輸送コストが高く、採算が取れなかった点である。従って今後の課題はいかに開発・輸送コストを下げるかにかかっている。

従来のプラットフォームの構造形式は、下部工をジャケット形式として加工基地で一体に製作し、それをロンチバージと呼ばれる特殊台船で輸送、設置現場で水中にスライドロンチを行い、ジャケットの脚部パイプに注水してジャケットの浮力を徐々に調整しながら所定の位置に設置する工法が取られてきた。この工法により2,000t～3,000tのジャケットも、これを吊り上げる作業船を必要とせずに安価に施工することが出来た。今後はこの工法を更に適用拡大し、上記の地域で予定されている20,000t級のジャケットも同様の工法で施工出来るロンチ技術、注水制御技術の開発が必須になる。

一方、プラットフォームは1基当たり20,000t～40,000tの重量に及ぶが、従来は1,000t～2,000tのモジュールに分割され、バージによる海上輸送を行い、現地で作業船によりジャケット上に吊り上げ設置され、その後洋上でモジュール間の配管配線、試験、コミショニングが行われる工法が採用されていた。このため洋上での作業期間が長くかかり、これがプラットフォーム建設費の上昇の要因となっていた。

今後、ガス田開発に要求される技術は、40,000tの生産設備を製作基地で1体に製作し、そのまま輸送台船で現地まで輸送し、台船の注水により生産設備をジャケット上に設置する方法を確立することである。これにより大型作業船を不要とし、かつ現地の工事期間を大幅に短縮して開発コストを大きく下げることが可能になる。

こうして生産されたガスの輸送については、従来は最寄の陸上にLNGプラントを建設し、プラットフォームとLNGプラント間を海底パイプラインで連結するシステムが採られてきた。この方式の欠点は、ガス田の規模が小さいとLNGプラントの建設コストの割合が大きく、採算が採れないことであった。この欠点を補う方法として、各プラットフォーム間を海底パイプラインで結び、これらをまとめてLNG基地に輸送する方式、又はLNG基地を経由せずにプラットフォームで生産された天然ガスを海底長距離パイプラインで直接消費地まで輸送し、LNG設備及びLNGタンカーを省略する方式が実施に移されつつある。

天然ガスパイプラインの特徴は、原油パイプラインに比べて径が大きいこと、更に浮力対策として重量コンクリートで外周を被覆して単位重量を大きくする必要があるのである。長距離パイプラインは、必然的に水深も深くなり、敷設中の大径パイプを水中で折れ曲げることなしに(敷設中のパイプに引張荷重を与えつつ)、高速でかつ連続的に施工する必要性が生じてくる。このためには耐波浪性の高い専用敷設船の開発はもとより、鋼管の高速全自動溶接機の開発、敷設中のパイプ応力の検出技術の開発等々多くの技術課題があるが、現在、事業部を挙げて課題の解決に取り組んでいる。

最終的な目標は、石油、天然ガス開発分野における構造物の加工、施工、パイプラインの敷設にとどまらず、生産設備全体の基本計画、基本設計、総合エンジニアリング、加工、施工のフルターンキーのプロジェクトの受注を目指しており、そのためのノウハウの蓄積、基本技術、要素技術の開発も、今後、積極的に押し進めていく方針である。

一方、国内では海洋空間の利用が積極的に行われるであろう。本州四国架橋、東京湾横断道路に続き、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡そして豊予海峡に海峡横断道路が計画されている。又、空港、発電所のような内陸陸地の困難な施設を対象とした沖合の人工島も多数建設されるであろう。

これらのプロジェクトに対する技術展望の一例として空港を取り上げてみる。グローバル化が進展する中で、今後も航空需要は大幅な増加が見込まれており、大都市圏でそれぞれ新しい24時間稼働可能な国際空港の建設が急務となっていることは衆知のとおりである。過密な大都市圏では空港の立地は海上に求めざるをえないが、用地は埋立によって造成することが従来の常識であった。しかし、関西空港の埋立では予定を大きく上回る工期、工費となり、常識は必ずしも常識ではなくなった。又、埋立のために山を削り、大きく自然を変えることにも、これからの社会は寛容ではなくなるであろう。

新日本製鐵は、100年以上の半永久的の使用が可能で、水深20m以上の海域では埋立よりも低コストで建設出来る浮体式空港の基本概念を既に作成している。もちろん、この概念は、加工、防食、現場接合等の各分野における多くの技術課題が克服されて初めて実現されるものである。浮体式空港は世界最大の海洋構造物であり、海洋国家日本を象徴し、技術立国日本を世界にアピールするプロジェクトとして位置づけられる。海洋エンジニアリング分野における大きな目標の一つであり、主要な技術開発課題である。

#### 4. エネルギーエンジニアリング分野の技術展望

エネルギーエンジニアリング分野は、エネルギーの生産、処理、輸送、貯蔵、受入れ、払出し等のプラント設備とパイプライン設備の建設を事業の柱としている。基礎となる技術分野は、プロセス、機器、配管、電機計装、土建の各技術を総合的に駆使するプラント技術分野と、材料、溶接、防食、施工の各要素技術を基礎にしたパイプライン技術分野から構成されており、この二つの技術分野が相互に補完しあって客先の総合的要求に対応している。以下に各事業分野の技術動向と将来展望について述べる。

##### 4.1 パイプライン

当分野は、1970年代に都市施設の高度化の一環として、ガス会社による高圧都市ガス幹線計画や、官庁、石油会社、旧国鉄などを中心とした石油製品パイプライン計画が明らかにされたのを受け、新日本製鐵の鋼管工事分野として出発した。その後、都市ガス会社向けの導管工事を主体に事業として定着化することになった。最近では、天然ガス需要増大に伴うガス会社の高圧幹線網の拡充や、電力会社のLNG基地、LNG火力発電所間のネットワーク化で仕事量は徐々に増加しており、国内インフラストラクチャー充実の一環として全国縦断パイプライン構想も検討されている。

技術的には、このような状況のもとで、溶接工不足や工事量の増加に対応できる自動溶接技術の確立、施工能率並びに施工コストの改善を目指した新しい施工方法の開発、更なる高圧化を可能にする

材料をも含めた設計技術の確立、既設管を高圧管に更新する施工技術の開発等の技術開発が急がれている。

#### 4.2 LNG, LPG

1980年代に LNG 火力発電所構内の配管工事から出発した当分野は、その後、国内外における LNG, LPG の受入れ、払出し、処理設備工事の受注とあいまって着実に実績を上げてきた。現在も LNG 基地内の種々の配管設備工事を受注、実行すると共に、LNG 火力発電所向けの送受ガス設備の建設も行っている。LNG 年間国内需要量は今後の20年間で3,500万トン規模の増加が予想されており、LNG 関連設備工事は今後の事業の中核の一つである。技術的には、LNG 基地建設に必要な立地環境の検討能力が不可欠であり、種々のシミュレーション技術を含めた基本計画能力を育成し、これを完成させることが急務の課題である。

#### 4.3 地熱発電

ここ数年の内に本格的な建設ラッシュが予定されている当分野においては、1975年の濁川での二相流実験を実施し、以降、森地熱発電所の建設や数多くの試験井設備の建設試運転を通じ、技術の標準化と技術データの蓄積を行ってきた。今後の浅部地熱発電所の建設にあたっては、これらを基にした着実な実行が期待されている。将来の地熱発電分野の課題の抽出が現在行われており、今後着実に対応していく必要がある。

#### 4.4 地域冷暖房

地域冷暖房用熱供給事業は1970年代から始まっていたが、本格的に大規模設備の建設が開始されたのは最近のことで、大規模設備になると従来のような空調設備の延長線上でとらえることはできず、熱供給プラントとしてプラントエンジニアリング力の活用が必要となり、エネルギーエンジニアリング分野の新しい事業分野として積極的に取り組んでいる。

電力やガスを動力源とする種々の熱源機器を、その各々の特徴をふまえ、初期投資並びに操作上最適になるシステムを構築することが最も重要である。特に最近では、海水、河川水、下水、あるいは工場や地下鉄の排熱等、未利用エネルギーを活用するシステムが注目を集めており、その導入に拍車がかかっている。

又一方で、高いエネルギー効率で省エネルギーに貢献できるコージェネレーションシステムや従来の水蓄熱に比べより蓄熱効率の高い水蓄熱など種々のシステムが開発されつつあり、システムの検討はより一層複雑さを増してきている。施工上は、建築物の地下部分に熱供給プラントを設置することが多く、スペース並びに工程上の制約が多く、プラントエンジニアリング力を基にした万全の準備が必要となる。今後の技術開発では、熱負荷量の動的予測システムの開発、大規模水蓄熱システムにおける製氷、解氷並びにその制御システムの開発等が急がれている。

上記の他に、石油、ガス分野については、将来予想されるインドネシアにおけるナツナ天然ガスプロジェクトやサハリン開発等のビッグプロジェクトに備えた技術蓄積と体制の整備が課題である。又、LNG 時代の次に来ると考えられる石炭時代に備え、石炭の処理技術についての技術開発を進めていく必要がある。

### 5. 水道・水処理分野の技術展望

#### 5.1 水道, PLAD

水道分野は配管敷設技術を起点として、一般埋設管、水管橋、各種導水路、発電所における海水取水管、循環水配管、更には新幹線、

高速道路の消雪設備、融雪設備など水に関する幅広い分野に事業を展開している。一般埋設管では、中小径管(300~1000mm程度)の敷設技術を基礎に、耐圧性、耐震性などの溶接鋼管の特性を活かし、上水道をはじめとして、直径4mに及ぶ導水路及び原子力発電所における海水取水管などの超大径管の敷設技術へと展開していった。

主な成果としては、設計・施工法の確立、自動溶接機などの施工機械の開発、実用化が挙げられる。配管敷設以外にも積極的に技術開発に取り組み、豪雪地帯を通る上越新幹線の大規模散水循環方式による消雪技術の開発に参画し、その消雪設備の建設に貢献した。

最近の技術動向としては、配管に関する技術の一層の拡大と配管以外の新規分野参入のための技術開発を積極的に推進している。前者としては、5mを超える大径鋼管の最適構造形式、設計手法、施工技術の開発、老朽化したパイプ及びトンネルの改修技術(INS工法、STM工法)、新素材、特殊ステンレス鋼、プラスチックその他複合材を利用した新商品の開発を推進している。パイプ以外についても、高い熱交換特性を持つ消雪パネルを含む鉄道用消雪システムの開発に取り組むほか、消融雪エンジニアリングに関するノウハウの蓄積を基礎に高速道路散水融雪システムを開発し、名神高速道路及び関越自動車道において数々の実績を残している。

一方、配管敷設の技術と石油掘削の技術の融合から生まれた弧状錐進工法(PLAD工法)は、堅坑を必要としない長距離地中配管工法であり、多様な工法、商品を有する鉄構海洋事業部の中でも技術的に特異な存在である。開削を必要とせず、安全性、経済性に優れた点がユーザーの評価を集め、上下水道、ガス、石油など数多くの分野における工事実績を残すことが出来た。最近では、ジェット水による掘削、岩盤掘削工法の開発、特殊な浮力調整法を利用した大径管の長距離施工法の開発に成果を挙げるなど、幅広い分野への技術展開を図っている。

今後の課題は、更に安価な短距離簡易 PLAD 工法の開発及び大径(2m超) PLAD 工法の開発である。

#### 5.2 水処理, 汚泥処理

我が国の下水道普及率は、先進諸国の中で依然として低水準にある。これを急速に向上させるために第7次下水道整備5か年計画が、総額16.5兆円で1991年度から実施されている。

下水処理の中心プロセスである生物処理については、回分式 NP 処理システム、セラミック固定床式バイオリアクター、活性汚泥循環変法を建設省等と共同開発している。処理水を資源として再利用するための高度処理には、濾過法のほか活性炭吸着又はオゾン処理又は UF/RO 膜分離法などが開発実用化されている。低コスト超高度処理法として、膜分離法を下水道事業団との共同研究で実施中であり、現在千葉県花見川処理場で実証プラントを運転中である。

汚泥処理分野では、従来の重力濃縮に替わって遠心濃縮、浮上濃縮など機械濃縮を適用することによって増加している難濃縮性汚泥に対処している。クロフタ加圧浮上濃縮法を技術導入して新日本製鉄社内設備に適用している。処分地の逼迫により、最近では汚泥の直接溶融、焼却灰溶融技術が脚光を浴びており、大阪ガスよりコークスベッド法を技術導入している。大阪南エースプランにおいて表面溶融法での実績があり、新日本製鉄機械・プラント事業部が開発した焼却灰溶融炉を下水汚泥向けに適用を計画中である。

今後これらの水処理・汚泥処理プロセスは、水質、汚泥性状に合わせた最適化が進み、省エネルギー、省スペースへの努力が継続されるものと考えられる。

## 6. 橋梁分野の技術展望

橋梁の事業規模に直接的に関係する道路整備計画予算は、第11次5か年計画（1993～1997年）で76兆円と、それ以前の5か年計画よりも43%増が見込まれている。

このような橋梁を取巻く環境下における橋梁分野の技術動向は、以下のとおりである。

### 6.1 長大橋梁

ポスト本州四国連絡橋として、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡などを横断する長大橋梁プロジェクトが注目されてきている。また技術検討に着手した段階であるが、現在建設中の明石海峡大橋などで蓄積してきた技術を更に発展させ、応用展開していくことが必要である。

明石海峡大橋は中央径間1,990mの世界一の長大吊橋であるが、前記のプロジェクトではそれ以上の規模の長大吊橋となる可能性がある。メインケーブルの材料、架設ロープの材料などのほか、架設方法、架設用設備などについても新しい発想からの開発が必要である。

斜張橋用ケーブルであるNEW-PWSは、ベイブリッジに適用されたのをはじめ、これまでに多くの斜張橋に採用されている。斜張橋では、架設時や完成後における塔、桁、ケーブルの振動抑制が課題であり、ケーブルの疲労強度や制振対策の研究を実施している。斜張橋は、そのシンボリックな構造から景観を重視する傾向が強い。そのようなニーズに対して着色ケーブルを開発し、斜張橋やニールセン橋に適用している。斜張橋の適用支間の伸びは著しく、現在では名港中央大橋（中央径間590m）、多々羅大橋（中央径間890m）の建設が進められている。これらの長大斜張橋では、制振対策のほか長大化に対応したNEW-PWSのプレファブ製作技術、大重量ストランドのハンドリング技術の開発が課題である。

### 6.2 橋梁構造物の維持管理

道路網の整備に伴い、今後維持管理していかなければならない橋梁の数は年々増加している。又、近年の著しい交通量増大、特に大型車両の増大により、道路橋でも床組構造を中心に疲労亀裂が問題となってきている。更に、今後の高齢化社会における労働力不足などを考えると、維持管理に関する技術課題としては、点検、評価、補修のそれぞれのマニュアルの整備と関連技術の開発、維持管理の容易な橋梁形式の開発に関する研究をあげることができる。具体的には、鋼橋における維持管理上の課題である腐食と疲労に対応する技術が要望されており、主に鋼材関連技術を基礎として、これらの課題に取り組んでいる。

### 6.3 都市内鋼構造事業

社会資本の整備に伴い、都市内においては既設構造物の上空に、新たに橋梁や軌道構造物を建設しなければならない場合も多くなってきている。これらの構造物では限られた空間に短期間で建設していかなければならないことから、比較的小さな断面で大きな荷重に耐えうる鋼部材が必要となる。又、軌道構造物の場合には鋼桁から発生する騒音対策も大きな課題である。

これらの課題に対して制振鋼板の橋梁部材への適用及び厚肉部材の製造技術と現場接合技術の開発が重要である。

## 7. 鋼構造加工分野

1969年に、現在の若松鉄橋海洋センターの前身である“響灘鉄橋事務所”が設立され、以来、同センターは鉄橋海洋事業部の国内に

における唯一の鋼構造物加工基地として位置付けられ、東南アジアのみならず、米国西海岸、アラスカ湾、メキシコ湾、中国渤海湾、インド沖、ニュージーランド沖、アラビヤ湾、及び北海市場に多数の石油天然ガス生産用プラットフォーム及び原油横出し用シーバースの大型構造物を出荷してきた。

一方、国内市場においては、日本海及び太平洋沿岸に現在設置されている海底石油・天然ガス生産用プラットフォーム及び原油・LNG受け入れシーバース、東京湾横断道路川崎人工島の鋼製ジャケット等の海洋構造物、横浜ランドマークタワー柱材、関西空港メインターミナルビル大屋根等の大型鉄骨及び建設省、公団、公社向けの大型橋梁等多数の構造物の製作実績を誇っている。同センターの広大な敷地、大型構造物の出荷に最適な専用泊地、豊富な熟練労働力と、新日本製鐵の高級鋼材を背景に、独自の技術開発と積極的な設備投資を行い、その製品の質の高さ及び納期の確実さをもって国内外の施主から高い評価を得てきた。

しかるに、近年の労務費の高騰と急激な円高により、海外市場における価格競争力に陰りが生じ、競争力回復のための技術開発、システムの再整備が急務の課題となっている。

大型構造物の加工工程は、設計に始まり、資材調達、原寸、け書、切断、重畳ブロックの組立及びハンドリング、溶接、防食、及び各工程における品質、精度の管理、進捗管理等のイベントが複雑にからみ合ったものであり、かつ製品の形状、品質ニーズも多種多様で、省力化のための工程の自動化が極めて困難な分野である。しかし、このような困難を乗り越え、同センターでは現在まで積極的に製作工程の自動化に取り組んできた。

海洋構造物を例にとれば、パイプ構造物の加工設計は完全にコンピュータ化されており、加工図、型板は自動プロッターで出図され、かつコンピュータのアウトプットデータは同センター開発の自動切断機に連動され、パイプ相貫部の切断も自動的に行えるシステムになっている。ただし、組立工程は依然として手作業で行われており、又パイプ格点部の溶接はガスシールドあるいはインナーシールドによる半自動溶接が主体である。

橋梁、鉄骨に関しては、組立、溶接の自動化は更に進み、橋梁の箱桁パネル溶接、鋳桁の組立、溶接及び鉄骨のBox柱の組立、溶接はライン化、自動化が完了している。自動化に未着手の分野の省力化が今後の鋼構造物加工分野の主要な技術課題であるが、完全自動化のみが市場競争力の向上につながるものでもない。海洋構造物の組立工程における汎用組立治具、架台の開発、作業の標準化と並行して、国内市場において今後ますます需要が高まるであろうと予測される構造物の大ブロック化、所要部材の大断面化、極厚化に対処し、高入熱溶接を可能とする高張力鋼材及び溶材の開発、センシング技術、プレチーニング技術を先取りした自動溶接ロボットの開発、歪管理技術の確立が重要な技術課題である。

## 8. 要素技術の技術展望

前章まで各々の事業分野における技術展望を行ってきたが、各事業分野共通の基盤技術は高度な“鉄の利用技術”である。要素技術の開発に関しては相模原技術センターが位置づけられており、同センターは新日本製鐵技術開発本部その他の社内の研究開発部門と密接な連携を取りつつ要素技術の開発に取り組んできた。ここではその中で特に鋼材の溶接技術と防食技術について技術動向と将来展望について述べる。

## 8.1 溶接技術

鋼構造物の工場製作、配管等の工場プレファブは言うに及ばず、現地における据付、配管工事の主な作業の一つである溶接作業に関しては熟練溶接工の不足と高齢化が深刻な問題として表面化しつつある。加えて深海における資源開発、国土開発、都市部における大空間開発のニーズの高まり等を背景に、構造物の大ブロック化、鋼材の大断面化、厚肉化は急速に進み、高効率、高品質溶接を前提とした自動溶接機、溶接ロボットの開発適用が重要な技術課題となっている。

最近、若松鉄構海洋センターの橋梁製作ラインに導入した箱桁のパネル溶接、鉸桁の首溶接及びスティフナーの溶接装置は新日本製鉄鉄鋼研究所接合研究部、日鐵溶接工業の協力を得て開発したものであり、橋梁製作における大幅な省力化が期待されている。

今後の課題は、箱桁内のスティフナー、ダイヤフラム等の溶接の自動化と地組立時における溶接の自動化である。海洋構造物等主として野外で製作される大型構造物は溶接の自動化を進めにくい環境にある。特にジャケット構造物の格点部の溶接は、継手形状が複雑で自動化が困難な箇所であるが、従来からTKYジョイントの自動溶接ロボットの開発に挑戦している。最近のエレクトロニクス技術、制御技術の動向からみて実用化もそう遠い将来ではないと思われる。海底配管の溶接作業に関しては、既にMK-IIと称する高速自動溶接機を保有しているが、更に高能率で維持管理の容易な専用溶接機の開発に近々着手する予定である。

陸上配管工事においては、大径水道配管にパルスアーク自動溶接機を開発して効果を上げている。更にガス導管現地溶接に関しては、固定管MAG自動溶接機の開発実用化を進めている。その他、既設配管の継手部の補修溶接用として、管内を自走して継手部を検査し、補修溶接が行える補修溶接ロボット、及び橋脚の現場溶接継手部にユニオスコンVHという溶接機を開発して省熟練化を達成している。

今後の現場溶接の主な技術上の課題は、厚肉部材の高速自動溶接機及び、従来分野では取扱の簡便な操作性に優れた自動溶接機器の開発がある。特に最近の市場のニーズとして、鋼構造物の無保守のための新しい材料の開発適用が活発になると予想されている。例えば、二相ステンレス鋼を使用した水管橋、チタンクラッド材を表面に貼りつけて海水中に設置される橋脚等がある。これらの特殊材料の切断、加工、溶接技術の確立も、要素技術の開発を担当する部門の新たな技術課題である。

## 8.2 防食技術

鋼材を周囲の環境から保護し、いかにして腐食の進行を阻止するかは鉄鋼関係者の永遠の課題の一つである。構造物が大型化し、設置環境が多様化するに従い、無保守の防食機構がより強く求められるようになってきている。

鋼構造物の防食方法には、鋼材面を腐食物質や環境から遮断することにより防食する被覆防食法と、鋼材腐食の電気化学反応を利用して鋼材面を人為的に防食電位に保持することにより防食する電気

防食法がある。ここでは、技術革新の速い前者を対象に、近年、防食性能評価、検討の機会が多い海洋構造物、水道配管、循環水配管について述べる。

海洋構造物の防食は、設置される環境が保守の困難な海洋であり、中でも波浪の影響を受ける干満帯、飛沫帯が腐食も激しく、防食上最も重要な部位である。近年は耐食性、耐衝撃性に優れたエポキシ樹脂を基にした超厚膜塗装が適用され、良好な実績を上げている。

一方、東京湾横断道路の鋼構造物のように、寿命が100年にも及ぶものもあり、今後、50年以上の耐食性、耐久性を有し、無保守を条件とする防食法の適用が要求される構造物の増加が予想される。現在海洋構造物に適用されている有機被覆防食法の耐久性は、せいぜい20～30年程度であり、50年以上物性的に安定し、耐食性、耐久性を有する防食法としてはステンレス鋼やチタン等の耐食金属を被覆する方法がある。既に東京湾横断道路の鋼製橋脚にはチタンクラッド鋼板を被覆材として使用した防食法が適用されており、今後ますます金属被覆が多くなると同時に、構造物の寿命に合せた防食法の使い分けが進むものと思われる。これに伴い、耐食金属のより経済的な被覆方法の研究開発が進展するものと期待している。

水道配管の防食は、従来、内面防食はタールエポキシ塗装で実施されてきたが、タールの発がん性が問題になり、現在、全面的にノントールエポキシ塗装が適用されている。又、水道水の溶剤臭の面から、無溶剤型ノントールエポキシ塗料の開発が終了し、実用化が進展しつつある。一方外面防食はアスファルトビニロンクロス被覆が主流で実施されてきたが、近年3K職場での技術者不足から適用が困難になりつつあり、今後はポリエチレン、ポリウレタン被覆を適用すべく検討が進んでいる。

発電に伴う冷却海水配管用の循環水管の内面防食は、タールエポキシ塗装で始まったが、配管内面に付着するふじつぼが塗膜内に食い込み、除去時にタールエポキシ塗膜に損傷を与えたため、塗膜硬度の大きいガラスフレークエポキシ樹脂塗装やガラスフレークポリエステル樹脂塗装に変わった。しかし塗膜硬度を大きくしたための欠点として伸びが減少し、鋼管の変形が大きくなると塗膜割れを発生させる危険がでてきたため、塗膜硬度がある程度大きく、伸びも5%程度確保できる塗料の開発が進められており、1～2年のうちに適用可能となろう。これらの海水を取り込む配管内面は常にふじつぼやむらさきいがい付着が問題となり、現在は防汚塗料で対応しているが、耐久性のある効率の良い防汚方法の開発が望まれている。

## 9. むすび

本特集号では、鉄構海洋事業部の多岐にわたる技術の中から、最近の主要研究開発成果を選んで特集した。当鉄構海洋事業部は、新たな事業展開を目指し、新技術の開発に社内外の研究開発部門と連携をとりながら研究開発を進め、鉄鋼メーカーとしての独自性を保ちながら、ユーザーの期待に応えられるように努力する所存である。