

Engineering and Construction Features of Kawasaki Steel



富永 眞生
Masanari Tominaga
本社 建材事業開発部
部長



小阪 清
Kiyoshi Kosaka
エンジニアリング事業
部 建築技術部兼本社
土建技術部 部長



越後 勇吉
Yuukichi Echigo
エンジニアリング事業
部 土木技術部 部長

1 はじめに

川崎製鉄の土木建築技術の歴史は、昭和25年(1950年)本社に営繕課が、同26年(1951年)千葉製鉄所に土建部が創設されたときに始まる。38年後の今日、川崎製鉄技報土木建築特集号の編さんが与えられたのを機会に、当社の持つ土木建築技術の特色を歴史的にふり返りつつ、技術的成果の数々を紹介し今後の展望について概説したい。

Fig. 1に土建技術部門の主な流れをまとめた。歴史的にみて大きく4つの流れを見出すことができる。「第1の流れ」は千葉(東、生浜)→水島→千葉(西)で代表される製鉄所のあらゆる設備や構築物の土木建築工事を発注者側の立場からやり遂げてきた工場土建部門の流れ。神戸本社ビル、西山記念館、総合事務所をはじめ川鉄病院、寮社宅、保養施設、体育館、運動場などの建築物も工場土建部門の作品群である。

「第2の流れ」は建材と総称される建設用鉄鋼材料の製品・工法開発、技術サービス、設計・施工技術提供、販売協力などの役割を果たしてきた建材技術部門の流れである。

「第3の流れ」は第1や第2の流れの中で培われた数々の技術を土台に、海外展開へ、そして内需・地域開発展開へと進出中の建設分野におけるエンジニアリング事業部門の流れであり、ブラジルツバロン製鉄所やフィリピンPSCの建設も第3の流れに加えてよい。

そして、「第4の流れ」は、第1、2、3それぞれの流れの実施部門や工事部門を分担する関係会社群の流れである。計画、設計から製作、施工、メンテナンスまでの川崎製鉄グループとしての総合力の一翼を担う役割を果たしつつある。

以上4つの流れの中でいろいろな土木建築の要素技術が相互触発を起こしながら、より総合的な技術へと開発され、融合し、結実し

要旨

川崎製鉄の土木建築技術38年の歴史をふり返り、工場土建部門、建材部門、エンジニアリング事業部門、関係会社部門といった4つの大きな流れが川崎製鉄グループ全体の事業拡大に貢献している姿を認識しつつ、軟弱地盤対策、重量構造物基礎、港湾・浚渫・埋立、海洋構造物、鋼構造建築、総合建築物、環境保全、パイプライン、水道、線路、道路、橋梁、建材、加工製品などの各要素技術や建設マネジメント、海外展開の内容について、それらの技術的成果、当社土木建築技術の特色、今後の展望についてまとめたものである。

Synopsis:

Looking back at the 38-year history of the development of design and construction technology at Kawasaki Steel Corp. (KSC), it can be recognised that there are four major areas of activities which have contributed to the expansion of business for the KSC group of companies, i.e., (1) facility construction section, (2) construction materials section, (3) engineering and construction section, and (4) other related companies.

This report discusses the technical results and characteristics of KSC construction technology and makes predictions for the future regarding the following specific techniques, construction management, and overseas project development: soft-ground improvement, foundations for heavy structures, ports and harbors, dredging, reclamation, offshore structures, steel structures, architectural and structural designs, environmental protection, pipeline design and construction, water treatment, railways, roads, bridges, and construction materials.

ていった過程をふり返ることができる。本特集号にもそれぞれの流れの中で具体化した最近の技術の実例をいくつか紹介した。拡鉄分野へ向けての建材部門の事業化の動きも第2の流れが、第3、第4の流れと交流しながら新たな展開を開始したのだと理解してよいであろう。

ところで川崎製鉄の特色ある土木建築技術の源流はどこから由來するのだろうか。第1の流れの初期、つまり千葉東工場建設開始の時期、千葉ベンベン草伝説の時代の3人の先人達、西山弥太郎初代社長、上野長三郎初代土建部長そして浅川秀雄建築課長の存在を抜きにはできない。西山社長が川崎重工営繕部から、上野部長が海軍施設部から、浅川課長が陸軍建築課からそれぞれ持ち込んだ技術や技術者達が歴史的にみて今日の川崎製鉄の土木建築技術の源流といえるのである。西山社長のもとで上野部長が土木と港湾や水道の技術を、浅川課長が建築の技術を、それぞれが個性と特色を存分に発揮させながらこの源流をつくりあげていった^{1,2)}。

そしてこの源流が第1の流れをつくり、やがて第2の流れ、第3

* 昭和63年9月27日原稿受付

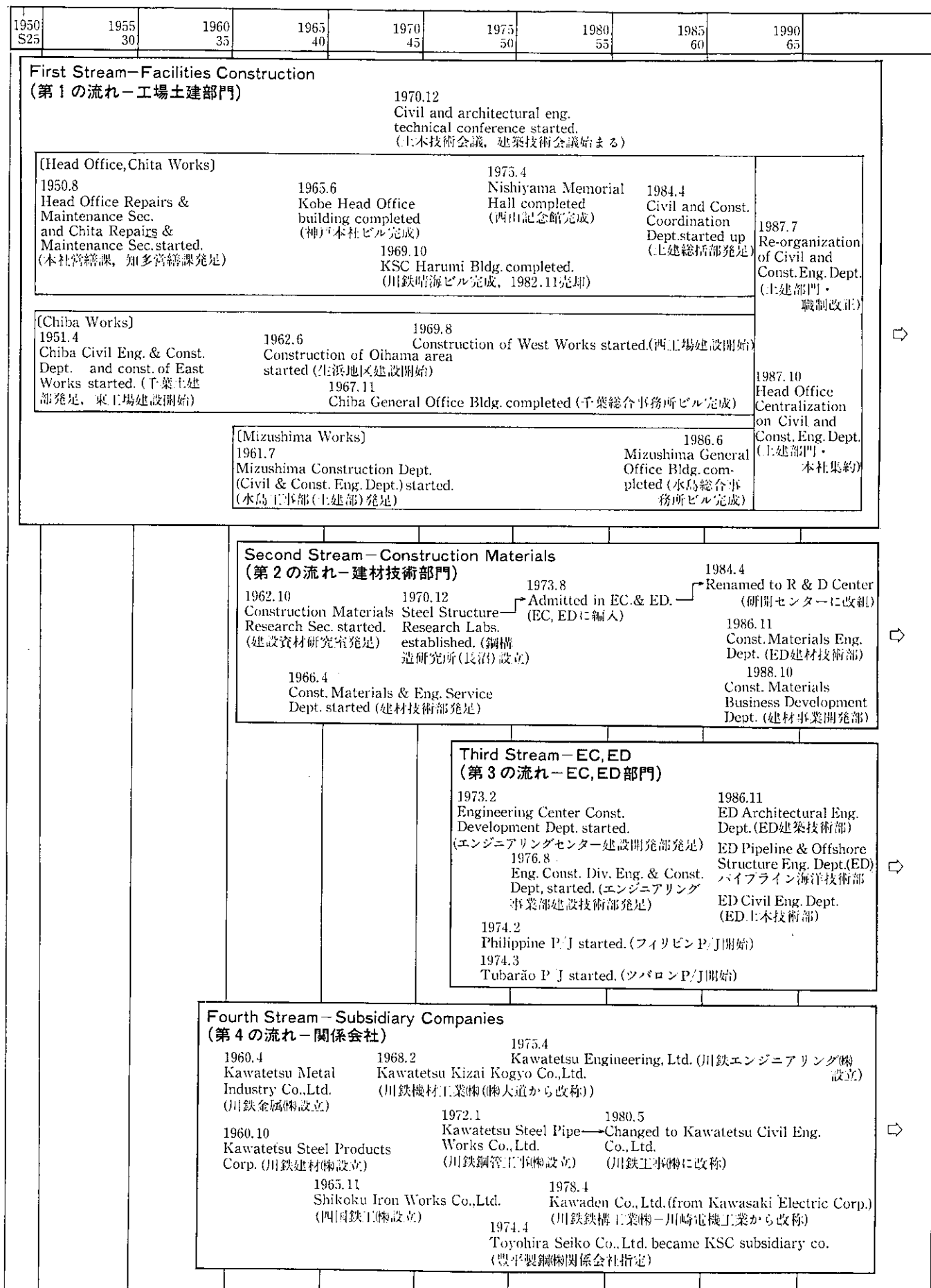


Fig. 1 Four major streams in Kawasaki Steel Corp. civil and construction engineering fields

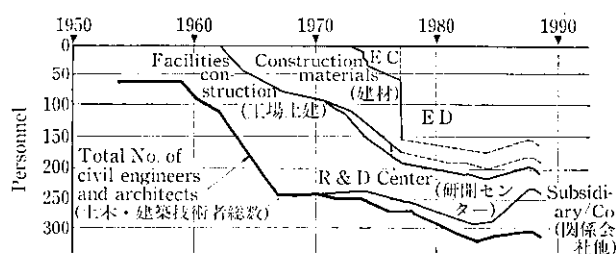


Fig. 2 Increase in the number of civil engineers and architects

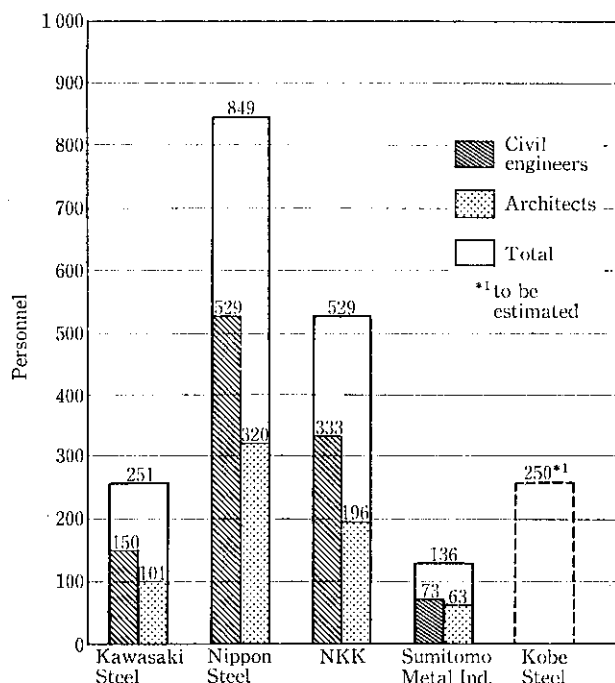


Fig. 3 Comparison of the number of civil engineers and architects among the five major Japanese iron and steel companies (as of Feb. 1988)

の流れ、第4の流れとなって今日に至っている。Fig. 2は土木建築技術者総数の推移を、Fig. 3は1988年2月現在の鉄鋼5社の土木建築技術者数の比較（各社とも関係会社、系列会社分は含まない）をそれぞれ示す。251名の当社土木建築技術者は、今後第1～第4の流れをどのように変革、拡大させていくのだろうか。本特集号発行の意義は大きい。

以下各要素技術分野ごとにそれぞれの特色を列記、略述してみたい。なお、巻末の土建フォーラム（資料）に集大成した土木建築部門の技術年表をあわせて参照いただきたい。

2 軟弱地盤対策に関する技術³⁾

Fig. 4は千葉東、水島、千葉西各地区の代表的な土質柱状図である。千葉東の一部を除きいずれも上層部の地盤が弱く、土木技術者は軟弱地盤対策に苦心していろいろな技術を試みている。

- (1) 水島の貯鉄場では20～40 tf/m²にも及ぶ鉄鉱石荷重を支持できるように、-16 m以深の海底から浚渫された砂礫を用いた砂礫コンパクションパイル工法、砂礫ドレーン工法、プレロード工法、ウエルポイント工法などを多用して、過大沈下やすべり破壊に対処した⁴⁾。
- (2) 千葉西地区は超軟弱地盤対策として、サンドドレーン工法、

ボラコン型ディープウェル地下水位低下工法、粘性土攪拌固結(CMC)工法などを採用して埋立地の圧密沈下を早期に促進させる一次地盤改良工事と構造物周辺の地盤強化を目的とする二次地盤改良工事（主としてサンドコンパクションパイル工法）を実施した^{5,6)}。

- (3) 地盤改良に必要な良質砂の代わりに、1974年頃からは製鉄所内で発生する高炉スラグ、転炉スラグを用いて地盤改良工事のコストダウンを図っている。とくに煙突、タンク、ガスホルダー、重量軌道の基礎や高層・重量構造物基礎（鋼管杭）の周辺にはスラグによるコンパクションパイル工法を多用した。1987年12月17日に発生した千葉東方沖地震による地盤の液状化現象の発生状況をみると、地盤改良実施箇所での被害は皆無であったが、非改良箇所では被災が生じた。
- (4) 製鉄所には溶鉄炉、オイルセラー、スケールピット、受鉄ピット、海水導入渠など深い堀削を必要とする基礎が多い。軟弱地盤内で深い堀削を行う場合、すべり破壊や側方流動を防がなければ安全な基礎工事ができない。そこで堀削中の周辺地盤の挙動を時々刻々現場計測し、その計測情報をコンピュータによって速やかに解析処理して次段階の工事に移行するときの状況判断に役立たせる情報化施工システム(Realtime Construction Control System)⁷⁻⁹⁾を開発して、川崎製鉄が初めて土質・基礎工学の分野に普及させた。川崎製鉄土木技術の定評あるソフトウェアの1つといえよう。
- (5) 軟弱地盤上に盛土を施工したり、護岸の背面を埋戻したりする際、地盤は必ず鉛直沈下と側方変位を起こす。盛土中央部の鉛直沈下量と盛土法尻部の側方変位を現場計測することによって、盛土のすべり破壊の前兆を予測する簡易な方法を提案した¹⁰⁾。この方法で鉄鉱石や石炭の積上げ高さを管理することができる。

以上川崎製鉄が実施した軟弱地盤対策技術の主要例を列挙したが、軟弱地盤対策上の重要な技術的判断の決め手になるのは入念かつ正確な土質調査である。川崎製鉄土木技術の特色の1つは事前に徹底した土質調査を実施し、設計・計画段階の意思決定に十分反映させていること、および技術的に困難な工事では必ず情報化施工と呼ばれる現場計測を実施して安全性と確実性を追究することにあるといえる。

3 重量構造物基礎に関する技術

鉄鋼業界における重量構造物基礎の代表格は、溶鉄炉基礎である。戦前、戦後を通じて日本に建設された溶鉄炉は大、小66基にも及ぶ。Fig. 5は溶鉄炉の基礎にかかる設計荷重（鉛直、水平、モーメント）の重量化の年代的推移を、Fig. 6は比較的大型の溶鉄炉47基の基礎工法の変化をそれぞれ示す¹¹⁾。

溶鉄炉基礎はコンクリートケーソンと鋼管杭の両工法が圧倒的に多いが、川崎製鉄では重量構造物の新しい工法の開発を旨として鋼管矢板井筒工法の実用化を意欲的に実践した。同工法は社内的にも1970年に西山賞銀賞、1973年には金賞を射止め、その後は鋼管利用のヒット商品として基礎業界に貢献した。

川崎製鉄において建設された溶鉄炉基礎を、年代順に並べると、Fig. 7のようになる。千葉東の1～4号が、同形のコンクリートオープンケーソン（ウエル）工法。同じく5号が大口徑鋼管杭（群杭）工法。水島の1～4号が鋼管矢板井筒工法。千葉西の6号が二重鋼管矢板井筒工法である。千葉東工場建設の初期、まだ鋼管杭工法は国内で開発されておらず、松丸太杭かコンクリート製ケーソン

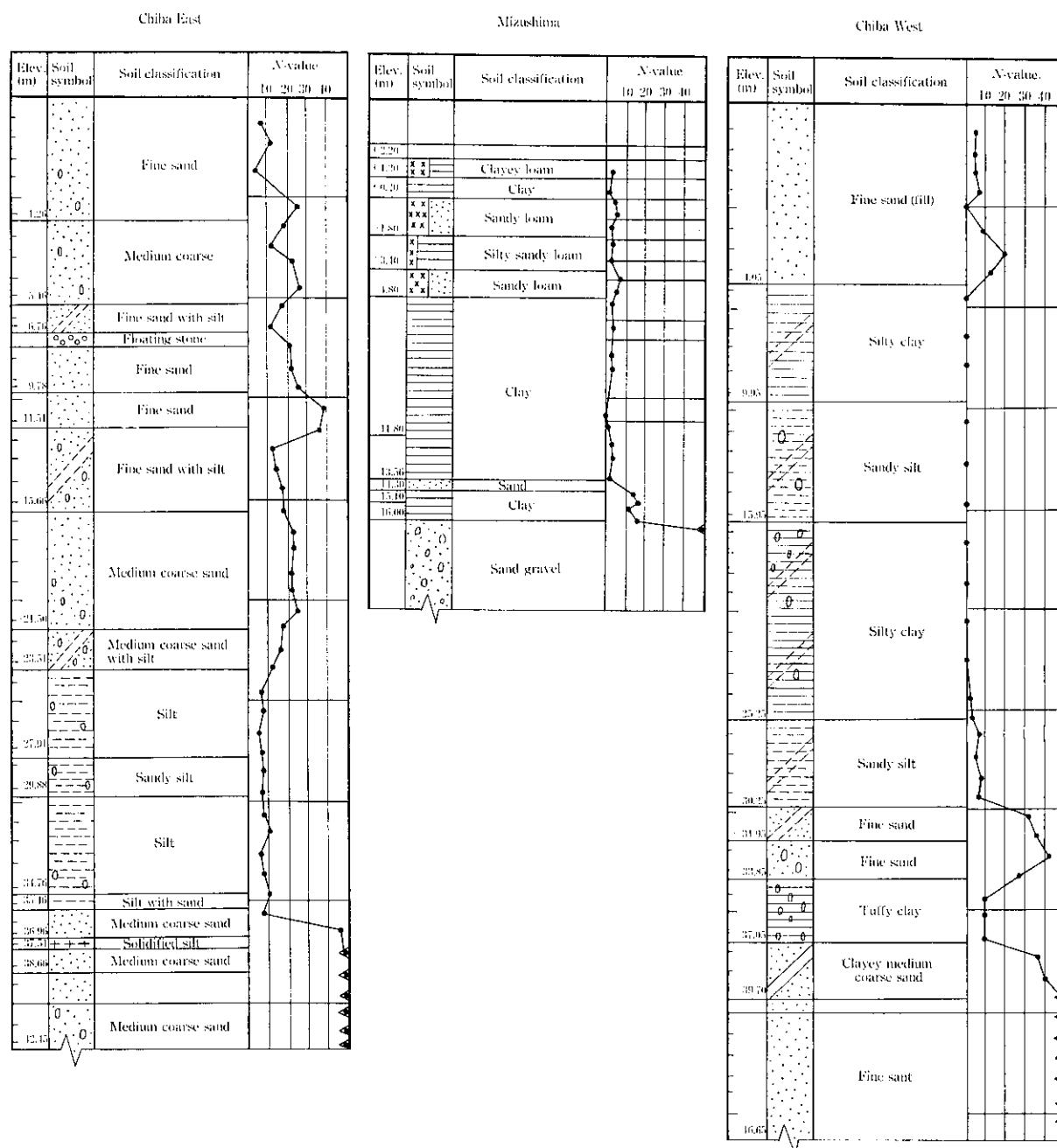


Fig. 4 Soil profiles of three blocks in Kawasaki Steel (Chiba East, Mizushima, Chiba West)

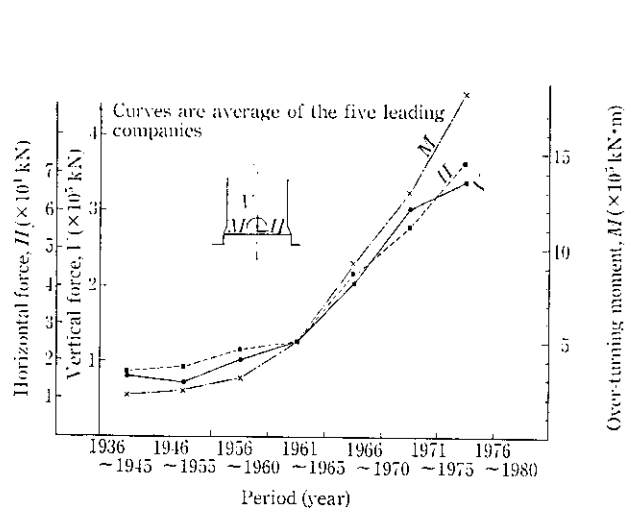


Fig. 5 Changes in design load of blast furnace foundation

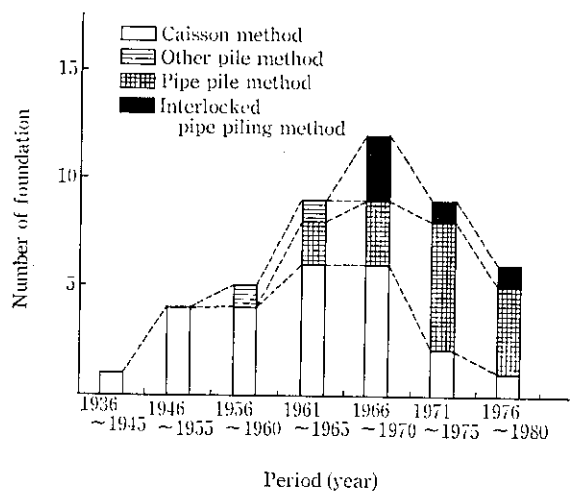


Fig. 6 Changes in blast furnace foundation construction methods

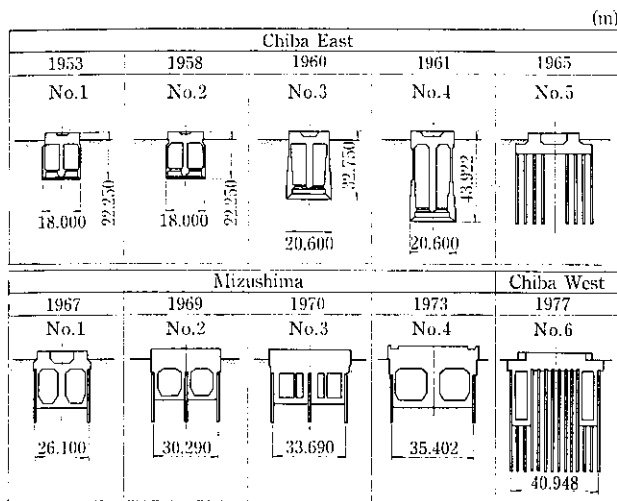


Fig. 7 Development of blast furnace foundation at Kawasaki Steel

が使われていたにすぎない。第1, 2号溶鉱炉基礎に鉄筋コンクリート製井筒（外径18m, 深さ15m）を採用したのは上野長三郎であった。1954年の土木学会への発表¹²⁾が川崎製鉄土木技術の最古の歴史的論文となっている。1953~61年頃は、地盤にも比較的恵まれていたこともあり、鉄筋コンクリート製のオープンケーソン工法を採用していたが、その後溶鉱炉が大型化したため、中間支持層で止められなくなり、ケーソンも深いものが要求されるようになった。そのため1963年頃には、オープンケーソンの施工限界に達したことから、大口径鋼管杭の施工技術が進歩してきたことにより、群杭工法がこれにとって代わってきた。

さらにその後も溶鉱炉の構造は大型化の一途をたどり、川崎製鉄の溶鉱炉建設場所も千葉東から水島に移った。その水島は軟弱な地盤が上層20mほどあったため、耐震構造でありかつ施工性に富んだ鋼管矢板井筒工法が1965年に初めて実施された¹³⁾。その後しばらくはこの工法が採用され続けてきたが、一番新しい1975~77年に建設された千葉西の6号溶鉱炉は、地盤がさらに悪かったため、二重鋼管矢板井筒工法が採用されるに至った。

以下水島1号と千葉6号についてやや詳しく述べよう。

(1) 水島1号溶鉱炉基礎

1965年川崎製鉄の溶鉱炉建設の舞台は、千葉東から水島に移った。千葉東の良質な砂地盤を相手にした技術陣が、いままで見たこともない軟弱な埋立地に対しある種の驚異を感じ、1962年から悪戦苦闘の日々を繰り返していた。そんななかで、さらに大型化の一途をたどる溶鉱炉の基礎を計画するにあたり、初心に帰ってもう一度土木技術の基本から出直す必要が痛感された。

千葉5号溶鉱炉で成功した群杭基礎も捨てがたかったが、軟弱地盤が上層20m程度にも及んでいるため、耐震設計に対する安全性にも問題があった。同じくオープンケーソン工法、ニューマチックケーソン工法なども軟弱地盤がゆえに施工に不安があり、工事費についても割高であることは明らかであった。さらに製鉄会社としては、できる限り鋼材を使った工法を開発する義務感もあり、計画は困難を極めた。当初は、斜杭に水平荷重を分担させ、大口径鋼管杭による群杭基礎が計画の基調になっていたが、いま一步採用にふみきだけの信頼性に乏しかったのは、軟弱地盤における杭の水平方向支持力機構に不安があったからである。

以上のような問題点を種々検討した結果、水島1号溶鉱炉基礎には、大型岸壁や地下の大型ビットに施工実績のある鋼管矢板を用いた鋼管矢板井筒工法の採用にふみきった。本工法開発の経緯は当社の発行している「鉄」No. 123¹⁴⁾に詳しい。また、本工法に関する研究¹⁵⁾によって脇黒和彦は工学博士の学位を授与された。この工法は以後、水島2号溶鉱炉から4号溶鉱炉まで引き続き実施し、採用時点では若干試行錯誤気味であった設計・施工上の諸問題もほぼ解明されたため、溶鉱炉基礎以外にも大型橋梁の基礎として各所で採用されるようになった。従来は築島した中で施工されていた橋脚基礎に代わって、鋼管矢板による仮締切り兼用工法¹⁶⁾が開発されるに及び、その汎用性はさらに広がった。

(2) 千葉6号溶鉱炉基礎

水島で約10年間に4基の溶鉱炉を建設し終え、諸般の社会情勢のもと1975年に再び溶鉱炉の建設は千葉にその場を移した。以前に5基の溶鉱炉を建設してきた千葉東とは距離にして約2kmしか離れていないが、千葉6号溶鉱炉の建設場所千葉西の地盤は非常に悪く、軟弱層が地表から40mにも及んでいる。これは水島よりもさらに地盤条件が悪いため、水島での経験をもとにして、さらに研究を重ねる必要があった。また、耐震設計についても、水島の溶鉱炉において加速度計を取り付け、地震観測を続けていた実績もあり、学問的にも構造物の応答を考慮した耐震設計法が急速な進歩をしていた¹⁷⁾。千葉西は水島と異なり、地震の発生が多い場所でもあり、千葉6号溶鉱炉の計画は軟弱地盤における耐震構造であることを主眼点にした。耐震性、施工性、経済性など、総合的に判断した結果、二重鋼管矢板井筒工法を採用した。

以上のような鋼管矢板井筒工法の開発にみられるように、新しい技術的な発想を「第1の流れ」の中で実構造物を利用して実験的に開発し、その成果を「第2の流れ」の中に投入して普及させていくといった技術開発の実践的手順は川崎製鉄土木建築技術の大きな特色である。

鋼管杭は、外径273~318mmサイズのクラスが1960~61年頃から、主として、転炉や圧延機の基礎に使用されて以来、打撃式ハンマーによる打込みの容易性、高い支持力性などの特性により、外径も500, 600, 700mmクラスが実用化されて急速に普及し、有力な重量構造物基礎工法の1つとなっている。しかし、大口径(1500~2000mm)化、継手溶接の信頼性、腐食、ネガティブフリクション、打込み機械の騒音、振動など解決しなければならない技術的課題も増加した。鋼管杭協会や土質工学会、建築学会をつうじて研究開発活動を継続し、現場全自動溶接(KH-P)工法、水中切断機、ネガティブフリクション対策KSLP杭、重防食KPP鋼管杭など特色ある技術を開発できた。残るは打込み機械の低騒音、低振動化であり、最近の重点技術課題となっている。

鋼管杭基礎に関しては代表的な文献^{18~20)}を紹介するにとどめておこう。

4 港湾・浚渫・埋立・海洋構造物に関する技術

千葉製鉄所の浚渫・埋立工事は1951年東工場で開始されて以来、1960年にA号地区、1962年に生浜地区、1969年には西工場地区と続き、1976年12月にはほぼ完了して現在の埋立地形状となった。総埋立土砂7200万m³を用いて863haの土地を造成した。平均1m²当たり8.4m³の土量を要したことになる。一方、水島製鉄所は1962年に浚渫・埋立工事を開始し、1975年3月に完了した。総埋

立土砂 9 800 万 m^3 を用いて 1 128 ha の土地を造成した。1 m^2 当たり平均 8.7 m 厚の埋立を実施したことになる。ちなみに関西新空港の埋立土量は 18 000 万 m^3 、造成面積は 511 ha であり、当社両製鉄所の埋立工事量に匹敵する。いずれも浚渫工事は最大 8 000 馬力クラスの大型ポンプ浚渫船を用いて昼夜兼行で実施された。土砂ソースは大型船受入れの航路を -16 ~ -18 m まで浚渫して確保した。これらの浚渫・埋立工事で活躍したのは川崎製鉄の土木技術陣が開発したコルゲートセル工法²¹⁾ (昭和 43 年度西山賞銅賞) および組杭式鋼矢板護岸工法²²⁾ (昭和 47 年度西山賞銅賞) であり、ともに延長 13 km および 8.8 km の護岸を急速かつ経済的に完成させる主力技術となった。

製鉄所には鉄鉱石や石炭を受け入れる 150 000 DWT クラスの大型原料岸壁や鉄鋼製品を出荷する 30 000 ~ 80 000 DWT クラスの製品岸壁が必要であり、千葉では総延長 5 130 m、水島では総延長 6 160 m の岸壁を建設した。以下に主要な岸壁と技術的特色を挙示しよう。

- (1) 1953 年—千葉正面岸壁 (-9.5 m G, H, I バース)
本岸壁には高栄丸 (10 000 DWT) を初めて受け入れ、6 月 1 日が千葉港開港記念日となっている。
- (2) 1956 年—千葉スクラップ岸壁 (-4.5 m Q バース)
石積護岸の前面に中空三角形断面の鉄筋コンクリート矢板を打設して構築した岸壁。中空部をジェット用のパイプとして使用し、ウォータージェット工法で施工した。
- (3) 1961 年—千葉第 2 正面岸壁 (-12.0 m L バース)
直線形鋼矢板を用いたセル構造岸壁で、当社では初めて鋼矢板を岸壁本体として採用し、外部電源方式の電気防食を施した。
- (4) 1964 年—水島切込港湾 (-7.0 m A バース)
水島で初めて鋼管矢板を用いた岸壁である。岸壁完成後、旧干拓地を切込み浚渫することにより泊地とした。
- (5) 1968 年—水島鉄石岸壁 (-16.0 m, -18.0 m E, F バース)²³⁾
160 000 DWT の船舶を対象とした鋼管杭デタッチドピア方式の鉄石専用岸壁である。
- (6) 1971 年—水島高栄丸輸出岸壁 (-11.5 m T バース)²⁴⁾
鋼管矢板の大きな断面性能を生かした円形鋼管矢板ウェル方式の岸壁であり、本構造と仮設構造を併用する工法で建設された。
- (7) 1971 年—千葉大型岸壁 (-18.0 m EB バース)
千葉西工場の埋立とともに建設された 158 000 DWT 船舶を対象とした鋼管杭デタッチドピア式の鉄鉱石・石炭岸壁である。
- (8) 1973 年—千葉 UO 岸壁 (-11.5 m EA バース)
世界最大の外径 64 インチの UO 鋼管を出荷するデタッチドピア式岸壁。取付護岸には VL 型組合わせ矢板や Z 型矢板などを採用し、当社の鋼矢板の製品開発に大いに貢献した。
- (9) 1978 年—千葉大型原料岸壁 (-18.0 m J バース)²⁵⁾
水中格点工法やマリッジジャケット工法などの当社独自で開発した技術を用いて建設された 154 000 DWT 原料岸壁である。
- (10) 1975 年—千葉西工場製品岸壁 (-15.5 m NA バース)²⁶⁾
80 000 DWT の船舶を対象とした輸出用桟橋である。メンテナンスフリーの重防食鋼管杭 (KPP パイル) や臨海杭打工法 (KST 工法) などの最先端技術を駆使して建設された。

1981 年から運輸省港湾技術研究所と共同で研究²⁷⁾ が開始された二重鋼矢板壁構造物の設計法の開発も川崎製鉄の持つユニークな港湾土木技術の 1 つであり、斯界では大堀式二重矢板構造物の設計法と呼ばれて愛用され、当社のみがコンピュータプログラムを保有し

ている。

千葉及び水島における水際線構造物に用いた防食技術²⁸⁾ は、(1) 腐食しろ方式、(2) 外部電源方式、(3) アルミニウム電極方式、(4) 重防食方式とはほぼ 10 年ごとに新しい方式を採用して今日に至っている。いずれの方式でもメンテナンスにコストがかかるため、最近では (4) の重防食方式が採用されるようになり、鋼管杭にはマレーシア・コタキナバルにおける港湾工事 (1985 年) や千葉 80 000 DWT 製品岸壁工事 (1985 年) において実用化された。鋼矢板や鋼管矢板への重防食技術も実用化段階の開発が進められている。

1986 年新しい港湾土木技術として杭打船を使わない「臨海杭打工法 (KST 工法)」が開発され実用化された^{29), 30)}。本工法が昭和 60 年度土木学会技術開発賞を受賞したことは特筆に値する成果であろう。その後、20 社に及ぶ大手建設会社の参加を得て臨海杭打工法協会 (会長堤一高川崎製鉄専務取締役) を設立し、ウォーターフロント開発プロジェクトなどに向けて本工法の普及を開始した。

海洋構造物に関する技術は、まずフランス ETPM 社との技術提携 (1978 年) による設計製作技術の修得から始まり、東播磨加工センターを中心とする製作ヤードの整備を続けたあと 1980 ~ 1982 年インド ONGC 社よりボンベイハイ向けジャケット 4 基の製作を受注して、川崎製鉄グループの海洋構造物製作技術を確立した。その後、シエブロン社ヘルモサ (1983 年)、シエル社ブルウインクル (1985 年) などの大型ジャケットを受注し、これらのコンポーネント加工では世界レベルの実績を達成するようになった。

現在、海洋構造物の受注環境は円高の影響などで冷えきっているものの、ジャケット、パイル、コンポーネントの設計、見積、製作および施工に関するコンピュータソフト群は整備され、日本国内の鉄鋼・造船メーカーの中では製作実績が新日鉄に次いで 2 番目のシェアを占めるに至っている。

5 鋼構造建築に関する技術

鋼構造建築は、H 形鋼の出現により、1965 年代に入って急速に発展した。この時代は、川崎製鉄を含む H 形鋼メーカーが、その拡販のために用途開発や工(構)法開発などの利用技術の開発にしのぎを削った時代であった。プレハブフレームである H フレームなどが売り出されたのもこの頃で、鉄骨の架構法や接合法の研究とともに、標準化・システム化が盛んに進められた。

コンピュータが活用され始めたのもこの頃で、構造設計分野では、現在一般的になっている一貫設計プログラム等の開発が行われ、重要なツールとなった。コンピュータの活用は、大型コンピュータを有する製鉄メーカーにとって強みの 1 つで、複雑な構造解析等には威力を発揮したものである。

1970 年には鋼構造研究所 (現研究開発センター) が開設され、1 000 t 構造試験機や各種疲労試験機を増設し、実大実験など数多くの実験研究を重ねられ、静的、動的な性状の解明がなされた。さらに、製鉄所およびその関連施設の建設において、転炉、発電所など多数の鋼構造建築を直接経験出来たことと、それらの建築物にさまざまな構造的試みを、実行することによって技術の向上を図ることが出来たことも、川崎製鉄の技術的強みといえる。

鉄骨加工技術分野においては、1974 年に高能率溶接工法である KX 溶接技術を応用した角鋼管柱 (リバーボックス W) の開発³¹⁾ があり、現在 100 mm 超の厚肉鉄骨部材への応用技術として受け継がれ、川崎製鉄独自の技術として業界をリードしている。

架構法の研究は、トラス構造 (キール構造等) や高層アパートの量産工法³²⁾ (KS 工法、KK 工法) や高層ユニット住宅³³⁾ 等に関し

て1965年代盛んに行われ、現在の川崎製鉄建築技術の基礎となっている。1975年代は、クレーンガーダーの耐久性や設計法について実例の損傷調査・研究が大々的に取り上げられ、その成果は疲労設計等の技術向上に寄与した。また1980年代前半には、重量物高層ラック倉庫の実大振動実験による耐震性の研究により、地震記録の実測や新耐震設計技術に関して、貴重な技術データを保有することができた³⁴⁾。

鉄骨建方技術では、水島体育館屋根のリフトアップ工法や鉄骨骨組を含めた屋根や壁の大組み工法（無足場工法）等構造設計の段階から十分な検討を必要とする建方技術を得意としている。

以上のように数多くの建築物の実績と、大型実験設備や大型コンピュータの活用による技術開発が進められる点が川崎製鉄建築技術の大きな特徴で、スーパーウィング構法などの最近の開発にその特徴が生かされている。

6 総合建築・環境保全に関する技術

川崎製鉄の総合建築技術は、1951年の千葉製鉄所建設開始以来、千葉を初めとして水島等における一貫製鉄所とその関連施設の建設の経験に培われてきたものであると言っても言い過ぎではない。そこには、製鉄所の施設だけでなく、寮、社宅等の住宅から病院、保養所、体育施設等々多種多様の建築物に対して、設計から施工・保全に至るまでの一連の技術が含まれている。特徴的に言えることは、「第1の流れ」の中で新しい技術に対して積極的にチャレンジできる環境にあったこと、すなわち自社建設での技術革新の機会が多くあったこととその試みに対する事後評価が長年にわたって可能であったことである。

新材料面では、1964年にホーロー鋼板パネルを全面外装に用いた川崎製鉄本社（神戸）本館ビル等があり、川崎製鉄グループの建材製品の技術強化に大いに協力した。また、両国日大講堂屋根（現在撤去）や千葉の技術研究所建屋外壁には、1965年代後半から耐候性鋼の用途開発を積極的に行い、今日では安定化処理法RSコート等の技術に至っている。さらに、ステンレスや表面処理鋼板等の新材料の建築物への適用は、自社建設建屋にて技術の定着化、安定化を図ったうえで「第3および第4の流れ」の受注物件へとつなげている。

工法面では、1969年に高層住宅の量産工法（KS工法等）を開発し、千葉、水島等の社宅への適用を通じて改良を加えて、技術の確立を行うなど現在の高層住宅発展の基礎となっている。水島体育館の建設では、ジャッキを用いた柱スライディング工法と大屋根リフトアップ工法の並行開発を行い、川崎製鉄グループの特殊工法技術の強化・充実に果たした役割は大きい。最近開発の技術であるスーパーウィング構法などにこのような特殊工法の強さは引き継がれている。

エンジニアリング事業分野では、単に工場建築の設計・施工経験だけでなく、技術研究本部ハイテク棟のクリーンルーム、水島総合事務所などのインテリジェントビル、神戸本山スポーツセンターや芦屋体育館のソーラーシステムによる省エネ施設など最近の建築技術に必要なノウハウ、さらに地域開発案件などに見られるようなプロジェクト全体のコーディネーション、マネジメントなどの総合的なソフト力も蓄積され、今後のより一層の活用が期待される。

環境保全に関する技術面では1969年千葉市、1971年倉敷市との公害防止協定による環境整備として行った緑化事業の技術経験が、現在ゴルフ場建設やリゾート開発に大きく生かされている。一例を挙げると千葉製鉄所内には81万 m^2 の緑地に2000本の桜の木を含

む52万本の樹木が植えられ、当社従業員の潤いと憩いの景観を形成している。また、騒音や換気、断熱、結露対策などは、自社建設を通じて確証されたり、確立された技術がエンジニアリング事業方面でも大いに役立っている。

7 パイプライン・水道に関する技術

川崎製鉄の水道技術は、1952年溶鉱炉、発電所、コークス炉などに必要な冷却用海水を取水するための、千葉第1海水導入渠の建設から始まった²⁾。同時期、浄水は深井戸30本のさく井と沈砂池技術によって給水された。

しかし、水道技術の原点は、印旛沼からの工業用水の水利権1.8 m^3/s を確保し、1963年に第1期工事0.9 m^3/s 分のパイプライン（ $\phi 900\text{mm}$ 、延長約20 km ）を完成した時点であろう。さらに、第2期工事、残り0.9 m^3/s 分のパイプライン（ $\phi 1350\text{mm}$ ）を千葉県との共同事業によって1971年に完成させ、権利水量15.5万 m^3/d の工業用水を供給している。ちなみに印旛沼の浄水場は1963年以来、25年間にわたり安定操業を続けている。

工業用水配管に用いられた管材は、普通鋳鉄管（鉛コーキング）→内面モルタルライニング鋳鉄管（メカニカルジョイント）→ダクタイル鋳鉄管（メカニカルジョイント）→塗膜装鋼管（溶接継手）と開発が進められてきた。また、

- (1) $\phi 600\text{mm}$ 以下の中小径管を対象とした内面自動塗装機
- (2) 大径鋼管内面円周自動溶接法（KEIP工法）³⁵⁾
- (3) 拡張継手、Z継手、R継手などの接合接合法

などの技術開発とともに、鋼管による水道パイプライン技術を完成させ、さらに、ガス、油関係のパイプライン技術へと技術の範囲を拡げている。とくに、工業用水管漏水トラブルに対する迅速復旧・補修技術は、川鉄工事（株）の特有の技術となっている。

各種脱水・汚泥処理技術、汚泥の脱臭・除臭技術、コンポスト化技術、リンス液の処理技術、再生パーム油回収技術（特許取得）、脂肪酸再生燃料油の回収技術、アルカリ、クロム、亜鉛、フッ素、廃油等の処理技術なども、川崎製鉄の水道技術から誕生した特色ある技術群である。

パイプラインに関する主要工事を列挙してみよう。航空燃料成田パイプライン印旛沼放水路地区配管工事（1982年）、新潟東港左岸部パイプライン布設工事（1983年）、水島港横断海底酸素パイプライン敷設工事³⁶⁾、由利原送ガスパイプライン布設工事（1984年）、水島・倉敷間ガス導管工事（1985年）、フィリピン・マニラ水道工事PG6（1985年）およびPG7（1987年）、シンガポール海底水道パイプライン布設工事（1987年）などがある。

8 線路、道路、橋梁に関する技術

当社の線路技術は、狭軌で350 t トビードカー走行実績³⁷⁾をもつ、鉄マクラギを用いた軌道³⁸⁾の設計、建設、保守の技術に代表される。鉄マクラギは、1960年水島製鉄所建設において研究開発され、また、鉄マクラギに適合した信号装置も同時期に実用化した。その後、これらの技術は、研究改良を加えて1976年、千葉製鉄所西工場建設に生かされた。さらに、ブラジル（ツパロン）、カナダ、インドネシアなどへも供給している（実用化されたこれらの技術は、1969年の社内表彰で西山賞銅賞を受賞している）。

千葉、水島両製鉄所の道路舗装が本格化したのは、1965年代からである。現在、千葉では約55万 m^2 の道路面積のうち46万 m^2 が舗装され、水島では約105万 m^2 のうち、76万 m^2 の道路が舗装さ

れている。道路の路盤材としては高炉スラグが用いられている。表層舗装材には、当初高炉スラグを骨材とした加熱アスファルト合材を使用していたが、1978年には転炉スラグを骨材とした加熱アスファルト合材を製造し、両製鉄所の道路舗装に使用されている。道路舗装の路盤から表層まで、高炉スラグ、転炉スラグを舗装材として、全面的に利用されているのは、当社道路技術の特色の1つといえる。

当社の橋梁は、1962年、プレストレストコンクリートの初の国産工法（MDC工法）の特許を取得したのに始まり、まず、土木学会で「MDC工法の設計施工指針」（案）を制定していただき、東海道新幹線（名古屋地区）、上越線、東北本線、東名高速道路などに、多くの設計、施工の実績を残した。また、海外では、香港のダム取水塔橋梁、タイマレーシア高速道路に採用され、当社にて設計、施工を実施した。

一方、鋼橋では、ほぼこれと同時期に、KB（溶接H形鋼橋）およびKBH（H形鋼橋）を開発し、設計、施工の省力化と経済性を考慮して標準設計図集を作成、現在でも多く採用されている。最近では、当社独自のKCSB（合成床版橋）を開発し、ここ1~2年で多くの実績を残しつつある。海外では、サウジアラビア向の耐候性鋼材無塗装橋（3スパン連続鉄桁橋など）約5000tを製作、輸出したのをはじめ、アメリカ（アラスカ）には超低温（-45.6℃）でのシャルビー（2.8kgf・m）を保証したパイプライン用橋梁（4500t）、東南アジアでは鉄道橋、道路橋など、数多くの施工実績がある。さらに最近では無償供与の橋梁プロジェクト2件を受注し、現場工事も実施した。

9 建材・加工製品に関する技術

「第2の流れ」は1962年当時の東京支店に建設資材研究室という組織が設置され、建設省から和里田新平、相良忠の両氏を迎えたときに始まる。その後鉄筋、H形鋼、コルゲートセルなどの研究開発活動をスタートさせた。

鋼管杭、鋼管矢板に関する川崎製鉄の保有技術は多く、当社の伝統的な土木技術となっている。設計法や施工法に関して鋼管杭協会、土質工学会などを通じて共同開発された技術も多い。現場における鋼管杭の継手溶接では半自動溶接（リバージョイント）工法（1969年）から全自動溶接（KH-P）工法（1974、1976年）へと開発が進み、現場溶接技術としては完成に近い。また、最近の製品としては重防食鋼管杭や鋼管矢板が開発され、徐々に建設市場に普及し始めている。

鋼管矢板井筒工法では1970年に西山賞銀賞、1973年に金賞を受賞して1970年代には川崎製鉄のヒット商品として50%以上（1978年度）のシェア獲得を誇っていた。現在では弾性設計、立体骨組構造解析、仮締切設計などの川崎製鉄独自の設計法や、袋詰粘土モルタルによる継手止水工法、プレカット工法、水中切断工法などの周辺施工技術を開発・保有してコンサルタントや建設会社各位に愛用されている。

1968年、水島大形条鋼工場の稼働に伴い、H形鋼、鋼矢板に関する技術レベルも高まった。1972年には組杭式鋼矢板護岸工法を大量に千葉西工場の埋立工事に採用した（社内表彰で西山賞銅賞を受賞）。鋼矢板もU形、Z形、直線形、H形の4種類23サイズの品揃えを終えている。最近ニーズの高い重防食鋼矢板に関しても研究開発が進められている。

直線鋼矢板セルに必要なT矢板のほかH矢板（1978年）、コーナー矢板（1984年）、広幅鋼矢板（1986年）なども川崎製鉄によって

開発された製品群である。直線鋼矢板セルの新設計法の開発は現在も続けられており、鋼板セルとの競争力を回復する日も近い。

特筆すべき技術の1つとしては運輸省港湾技術研究所と共同開発した大堀見一式と呼ばれる二重鋼矢板壁の設計法があり、その計算プログラムは川崎製鉄にしかない。2章の（4）で述べた情報化施工システムや開発途上の耐震設計法と組み合わせると川崎製鉄の特色ある技術の強味となる。

建築用主要構造材としてはH形鋼があるが、プレハブ用Hフレームや軽量溶接Hの開発によって世間に鉄骨構造部材を普及させるきっかけとなった。1985年代に入ってからでは中層SRC構造建築分野でハイスレンドH形鋼が有望製品となりつつある。

高速高能率1パス自動溶接法による角鋼管柱製作システム（リバーボックスW）は、1974年川崎製鉄が業界に先駆けて開発した建材製品の1つであり、現在ではビルの高層化に伴う部材の極厚化ニーズと相まって川崎製鉄グループの有力製品となっている。

ボルトや吊子を用いないボルトレス屋根工法（リバーロック50、30、160ハゼ）や金属屋根瓦ブレーゲルなどは、基本的には外国から技術導入されたものであるが、川崎製鉄グループによって日本の風土に合うように改良、開発された製品群である。

さらにはリバーウォールメタリックシリーズ、フッ素樹脂鋼板外装パネル「レジノウォール」、「WALL 21」、「グランセラ」、「QLデッキ」、ステンレスルミナカラー、各種照明柱などの新建材製品が開発されている。詳細は新製品・新技術欄を参照いただきたい。

10 建設マネジメントに関する技術

製鉄所の立地条件を決定するのは、原料の輸送、エネルギー源、土地造成・地盤、周辺のインフラ（港湾、用水、道路、線路、住宅ほか）、工場のレイアウト、製品市場などの要因であり、土木技術者はその計画段階から意思決定に貢献できる技術を有している。千葉、水島の立地決定に参画した経験がフィリピンPSC³⁹⁾、ブラジルCSTやウオロギン鉱山開発計画などいくつかの海外プラントプロジェクトの立地決定にも生かされている。

工場建設の土木建築工事を発注者側の立場に立って、計画、設計から施工管理、操業、メンテナンスまで一貫して実施し、とくに、図面が読め、施工計画ができ、安全第一の施工管理を経験し、しかも積算もできるエンジニアがOJTされてきたことは力強い。鉄鋼5社の中でも特色ある技術者群として、エンジニアリング事業の中核を支えている。

1973年にエンジニアリングセンターを設置し、1976年にエンジニアリング事業部を発足させて以来、「第1の流れ」の中で学んだ建設マネジメント力は、徐々に「第3の流れ」の中に蓄積されて、1979年以降の数々の海外プロジェクトにおいて、サイトの設営、ローカルパートナーとの協調、予算・工程などの管理、資機材の調達、コンサルタントとの交渉などあらゆる方面で総合技術力を発揮し始めている。

当社は、1970年に鋼構造研究所を設立、1984年には研究開発センターと改組して技術開発力を充実させた。鋼材に関する新しい製品技術や工法技術に関し、建設業界のニーズに速やかに対応できる研究開発陣容を備えている。

1950、51年の本社営繕課、千葉土建部の設置以来、37年間続いた工場における土木建築工事の契約業務所管は、1987年7月の工場土建部門本社集約化にともなって、資材部門に移管された。同時に設計・施工管理・工事費・工事単価積算の一貫した全社統一基準と、基準のコード体系、積算のコンピュータシステムを完成した。

これらの基準やシステムは土木建築工事の積算、契約業務の効率化に役立っている。

1987年の工場土建部門の本社集約化と同時に、設計業務は川鉄エンジニアリング(株)、施工管理業務は川鉄工事(株)の両社にそれぞれ分担させる仕組みをスタートさせ、本社に集約化された土建技術部は川鉄グループ全体の技術や技術者を柔軟かつ有効に活用しつつ、総合力を発揮できる組織に変革した。

千葉、水島両製鉄所の建設工事に使用したコンクリート量は概略800万m³にも及ぶが、各工場とも特定した生コンプラントの操業協力を得て、高炉碎スラグ、水砕スラグ、リバーメント、高炉セメントなどのコンクリート素材の供給に貢献した。とくに、水砕スラグの土木工事への利用技術開発に関しては、1982年クリーン・ジャパン・センターより、再資源化貢献企業表彰を受けている。

川崎製鉄では1971年から年に1度、グループ全体の土木建築技術者が一堂に集まって、技術発表会を続けている。この土木・建築技術部会が技術の交流、蓄積、展開の場であると同時に、若い技術者達の成長の場にもなっている。1985年、論文数が急増し、内容の充実が見られるに及んで、先輩OBの諸兄から優秀論文賞(上野賞)を創設していただくこととなったことは喜ばしいことであろう。また、過去、川鉄技報には140編の論・報文を、土木学会、建築学会等、社外には324編の論・報文を発表している。さらに、土木・建築分野における特許・実用新案の出願件数は923件にも及んでいる。土木建築部門の技術資格取得者数も主要技術だけで延べ312人に達している。これらの技術の数々は、川崎製鉄土木建築技術の特色ある財産となって記録、保存、活用されている(川崎製鉄の土木・建築部門の歴史については本特集号の巻末の土建フォーラム⁴⁰⁾を参照されたい)。

11 土木・建築技術の海外展開

川崎製鉄の土木・建築技術者が参加した海外プロジェクトは、1966年のタイG.S. Steel工場のSV派遣以来、相手国は20箇国以上に及んでいる。工場建設プロジェクトとしてはタイTTP(1972年)、フィリピンPSC(1974年)、ブラジルツパロンヤカパネマ(1974~83年)、マレーシアETL(1980年)などがある。また、中近東や中米での還元鉄・電炉プロジェクトのFS(1974~77年)、リベリアのウオロギン鉱山開発のFS(1978年)、タイ貫製鉄所のJICA-鉄連によるFS(1979年)へも積極的に参加した実績がある。

港湾関連のプロジェクトとしては、フィリピンのPSCシーバース(1977年)、LUSTEVECO岸壁(1978年)、NPC発電台船係留設備(1979、1984年)、セブドロマイト積出港(1980年)、台湾のHSINTA揚炭設備棧橋(1981~82年)、フィリピンのレイテ島Philphos港湾(1982年)、コロンビアの漁港棧橋(1983年)、マレーシアのコタキナバル港湾(1985年)、そして1987年のインドネシアのパンジャン港、モザンビークのキリマネ漁港、フィリピンのナンビット港と続く。港湾建設に関連するあらゆる土木技術を駆使した総合力は、川崎製鉄土木技術の伝統ある特色となってエンジニアリング事業に貢献している。ちなみに、フィリピンのレイテ島PHILPHOS港湾と台湾のHSINTA揚炭設備棧橋プロジェクトは、その技術内容やED事業への貢献によって、1985年度の社内表彰で西山賞銀賞を受賞している。

建築関連は、まず、鉄骨供給から海外展開を開始した。主な実績としては、イランのNISIC電炉・連铸工場向(1976年)、OSCO向(1977年)、BANDAR SHAHPOUR倉庫向(1978年)、香港のSHANGRI-LAホテル向(1978年)、CASTLE PEAK発電所向

(1979年)、UAE RUWAIS向(1979年)、台湾のCSC工場向(1979年)、フィリピンのPASAR向(1980年)、サウジのNCBビル向(1980年)、ARAMCO向(1981年)、バーレンのALBA向(1980年)、タイのMAE MOH発電所向(1981年)、マレーシアのPNBビル向(1982年)、米国のアラスカARCO向(1984年)、CHEUNG KONGビル向(1982年)、LAMMA発電所向(1983年)、ビルマのSAWMILLビル向(1983年)、シンガポールのパラゴンショッピングセンター向(1984年)、中国の深圳発展中心大厦向(1985年)、石家荘発電所向(1986年)、インドネシアのスララヤ発電所向(1985年)と続き、1986年の円高150円レートに突入するまでの10年間に、総数25万8千tの鉄骨を海外14箇国に供給して、エンジニアリング事業を支えた。

上記以外の建築技術で特筆すべき実施例は、1982年のフィリピンPHILPHOS肥料工場、1986年に入って手がけたシンガポール地下鉄駅舎向リバーウォールの提供、ビルマの織物工場建築工事、オーストラリアのハイアット・リージェンシー保養所建設工事、ハワイのマウイ島リゾートホテル工事であろう。建築技術も着々と総合力を発揮し始めている。

水道・線路工事や海洋構造物については、1980年のフィリピン・マニラ水道PG6、PG7、1984年および1986年のパラオ島上下水道、1985年のシンガポール海底パイプライン布設、1986年のマレーシア・サンダカン水処理、1987年のマーシャル水道、インドネシア国鉄改修などがある。

当社の土木・建築技術の海外展開の最大の特色は、フィリピン・ミンダナオ島におけるPSC建設と、ブラジル・ツパロンにおけるCST建設に意欲的に参画して、いろいろな海外体験を通じて、海外工事の総合的なマネジメントを学んだことであろう。今ではそれが大きな財産となってエンジニアリング事業の海外展開を支えている。そして、特筆すべきニュースは、世界の建設会社の海外工事受注高ランキング100社1987年版(ENR誌調べ)で、川崎製鉄は98位に登場したことである。1986年の160位からの躍進ぶりをみてもエンジニアリング事業の海外展開が着実に前進していることがわかる。フィリピン、ポルトガル、米国などから外国人技術者をいち早く受け入れ戦力化した国際性もこれらの海外展開の寄与に対し見逃せないポイントである。今後は、さらに総合力を蓄積して50位以内をめざし、海外に広く認知された事業集団へと発展を目指していきたい。

12 おわりに

38年の歴史をもつ川崎製鉄土木建築技術の特色を4つの流れとそれぞれの要素技術に分けて略述した。数多くの先輩達から「現場主義」ともいえる技術風土を脈々と受け継いでいる人材の流れも心強い伝統である。土木・建築部門の牽引車となった歴代の部長経験者を見ても29名に達している。若い技術者達がこの伝統を今後とも継承していくことを強く期待したい。

当社の技術は、土木の鋼管矢板井筒工法や建築の鉄骨構造等の開発に代表的に見られるように、新技術を最初に自社建設で実践し完成させることが特徴といえる。これが「現場主義」である。

1970年代前半から土木建築技術者の効率的活用が社内でも検討され、「第1の流れ」、「第2の流れ」の中で培われた技術を外向きに生かすため、1973年にエンジニアリングセンター(EC)が、1976年に現エンジニアリング事業部(ED)が発足した。ECの時代はフィリピンのミンダナオ島におけるシンター工場の建設をはじめ、ツパロン製鉄所建設のFS等の当社関連の海外建設が中心であった

が、EDが発足してからは、前述のように様々な海外プロジェクトの受注など東南アジアや中近東、アフリカ等開発途上国を中心にソフト・ハードを外販してきた。そして最近では、アメリカやオーストラリア等の先進国において、ホテル、住宅建設などのプロジェクト開発を手掛けている。

また、国内では社有地の有効利用としてのマンションをはじめ、レジャー施設としてのゴルフ場、テニスコートなどの建設プロジェクトを企画・設計から施工まで一貫して実施している。

これら内外の技術経験を活かしながら、リゾート開発、都市再開発、ウォーターフロント開発等の地域開発プロジェクトに取り組み、川崎製鉄グループの土木建築技術者達は今後もこのような建設産業に関わる新しい分野への挑戦を続けるであろう。

一方、鉄鋼メーカーならではの鉄という材料の強みを思う存分発揮させながら展開してきた土木建築技術の数々は前述したとおりである。それぞれの要素技術から、さらには土木建築の複合技術へ、

そして総合技術へと前進しているのが現在の姿であろう。土木と建築の複合技術や総合技術を発揮できることも当社の土木建築技術の強みである。技術の複合化や総合化には多くのパートナーとの協力関係が必要であることは言うまでもなく、今後とも官界、学界を初めとする建設産業の各界とのより一層の交流は続けていかなければならないであろう。21世紀に向けて新しい社会のニーズに対応出来る新しい技術の提供が求められ、当社の土木建築技術も社外へ、海外へ、そしてそれぞれの地域に根ざしてもっと広く、もっと深く、もっと強く、敢しいながらも夢のある展開を続けていくであろう。

国際化、ハイテク化、高度情報化という技術の3大潮流の中で、やがて当社の土木建築技術4つの流れが合流して1つのより大きな流れを形成しながら、社業の発展に力強く貢献できる時代の近いことを信じてやまない。今後とも関係各位のより一層のご指導とご鞭撻を切望して結びとしたい。

参考文献

- 1) 川崎製鉄「上野長三郎追悼録」刊行会：「上野長三郎さんを偲んで」、(1985)
- 2) 川崎製鉄(株)千葉製鉄所土建部：「土建部35周年記念誌」、(1987)
- 3) 富永眞生、根井基雄、越後勇吉、飼持 敏、鹿毛征二、橋本正治：「大規模臨海工場の基礎工事(製鉄所の場合、川崎製鉄)」、基礎工、(1976) 6, 55-90
- 4) 鹿黒和彦、富永眞生：「40 T/M² 貯鉄場の地盤改良工法について(その1、その2)」、第15回土質工学会シンポジウム、(1971)
- 5) 根井基雄、城 郁夫、田中靖雄：「川崎製鉄(株)千葉製鉄所西工場における地盤改良について」、土と基礎、24 (1976) 9
- 6) 堤 一高、根井基雄、城 郁夫：「千葉西工場の軟弱地盤対策について—地盤改良と基礎ぐい—」、川崎製鉄技報、10 (1979) 2・3, 5
- 7) 富永眞生、越後勇吉、橋本正治、木村 保：「新しい情報化施工(R.C.C)システムの開発について」、第11回土質工学会発表会講演集、(1976) 1013-1016
- 8) 富永眞生、越後勇吉、橋本正治、木村 保：第12回土質工学会発表会講演集、(1977)、1121-1124
- 9) 富永眞生、越後勇吉、橋本正治、木村 保：第13回土質工学会発表会講演集、(1978)、1181-1184
- 10) 富永眞生、橋本正治：「側方変位の現地計測による盛土の施工管理について」、土と基礎、22 (1974) 11, 43-45
- 11) 富永眞生：「土質工学ケースヒストリー—ケースC(川崎製鉄(株)の例)」、土質工学ケースヒストリー集1、(1983)、[土質工学会]
- 12) 上野長三郎：「川崎製鉄千葉製鉄所における井筒工法の応用に就て」、土木学会春季技術発表会、(1954)
- 13) 小松雅彦、鹿黒和彦、富永眞生：「大口径鋼管矢板ウエルによる深礎工法」、土木学会誌、53 (1968) 3, 19-24
- 14) 川崎製鉄：鉄、No. 123、(1984)
- 15) 鹿黒和彦：「鋼管矢板ウエルによる重量構造物基礎の設計・施工に関する研究」、京都大学博士論文、(1971)
- 16) 嶋 文雄、鹿黒和彦：「橋梁基礎の新工法—仮締切兼用鋼管矢板井筒工法—」、土木学会誌、57 (1972) 9, 12-19
- 17) 石田昌弘、原 道彦、西山 銀、城 郁夫：「千葉第6高炉の地震応答解析」、川崎製鉄技報、13 (1981) 2, 97-108
- 18) 山原 浩：「鋼管グイの支持力機構と適用例」、土と基礎、17 (1969) 11, 19-27
- 19) 富永眞生、越後勇吉、鹿毛征二：「大口径鋼管グイの支持力について」、第11回土質工学会発表会講演集、(1976)、653-656
- 20) 富永眞生、木村 保、塩田啓介、深谷建雄：「周面摩擦測定試験による杭の挙動予測」、土と基礎、35 (1987) 12, 43-48
- 21) 小松雅彦、嶋 文雄、間瀬倫一、加藤親男：「コルゲートセル工法」、川崎製鉄技報、1 (1969) 1
- 22) 根井基雄、古谷博明：「組杭式鋼板護岸工法シリーズについて」、川崎製鉄技報、4 (1972) 2
- 23) 小松雅彦、鹿黒和彦、越後勇吉：「川鉄水島鉄石岸壁の設計と施工—16 m, 10万t級鉄石専用船岸壁—」、施工技術、2 (1969) 3, 118-127
- 24) 鹿黒和彦、長野昌雄、藤井 薫、紙居 努：「鋼管矢板ウエルによる—11.5 m岸壁の施工—」、施工技術、5 (1972) 5, 89-100
- 25) 堤 一高、根井基雄、城 郁夫：「川崎製鉄千葉製鉄所15万トン原料岸壁建設工事について」、日本港湾協会、第25回全国港湾工事報告会報告概要集、(1979)、217-222
- 26) 富永眞生、飼持 敏、木村 保、奥村一郎：「80000 D.W.T. 製品岸壁の建設」、土木学会論文集、385 (1987)、116-125
- 27) 大堀晃一、莊司喜博、高橋邦夫、上田 寛、原 道彦、川井 豊、塩田啓介：「二重矢板式構造物の力学的特性に関する研究」、運輸省港湾技術研究所報告、23 (1984) 1, 103-151
- 28) 橋本正治、岡本勝昭、森川孝義：「水島製鉄所港湾構造物における電気防食設備と維持管理」、川崎製鉄技報、17 (1985) 2, 185
- 29) 富永眞生、源波修一郎、小城 了：「臨海杭打工法(KST工法)の開発」、建設の機械化、432 (1986)、1-6
- 30) 柳 豊和、青木義清、杉本邦昭：「臨海杭打ち工法KST工法」、基礎工、14 (1986) 4, 68-71
- 31) 山口修一、赤秀公造、滝沢章三、阿草一男、永易正光、西村 誠：「KK溶接法による角鋼管柱リバーボックスWの開発」、川崎製鉄技報、8 (1976) 1, 116
- 32) 荻野英也、山口修一、宮下 巖、吉田三千万：「高層アパート量産工法(K-S工法)」、川崎製鉄技報、3 (1971) 1, 65
- 33) 中原利雄、大野勝彦、荻野英也、大寺保光、宮下 巖、武井秀文：「高層ユニット住宅工法の計画概要」、川崎製鉄技報、4 (1972) 2, 152
- 34) 武元弘之、橋本順次、小泉秀夫、一ノ瀬満郎：「重量物用高層ラック式立体自動倉庫の建設」、川崎製鉄技報、18 (1986) 4
- 35) 藤本智也、堀 義春、加藤誠一、明石 均、坪井潤一郎、齊藤通生：「大径鋼管内面内周自動溶接工法の開発—KEIP工法について」、川崎製鉄技報、11 (1979) 3
- 36) 河本 清、白砂秀夫、金野春幸：「日鉄—川鉄間海底パイプラインの施工」、川崎製鉄技報、6 (1974) 4, 124
- 37) 小幡晃志、小関為久、香月淳一、丸島弘也、古内真穂、高橋真人：「千葉製鉄所西工場の狭軌道用大型トビドカー」、川崎製鉄技報、10 (1978) 2・3, 137
- 38) 小高喜彦：「川鉄の鉄マクラギおよびレール締結装置」、川崎製鉄技報、3 (1971) 4, 152
- 39) 清水久男、古谷博明、柳 豊和：「フィリピン焼結工場土木構造物のための調査と計画」、川崎製鉄技報、9 (1977) 1・2, 69
- 40) 中田茂之助、池田正員、佐藤憲郎：「土建フォーラム」、川崎製鉄技報、20 (1988) 4, 369