

鉄・鋼橋技術の産業的成立過程について* —近代日本における橋梁製作工場・設備の形成—

A Study on the Industrial Development of Steel and Iron Bridge Construction
- Evolution of Bridge Fabrication Industry and Factories in Modern Japan -

五十畑 弘** 榛澤 芳雄***

By Hiroshi ISOHATA and Yoshi HANZAWA

ABSTRACT

The introduction of advanced technology from western countries began at the latter half of 19th century resulted in the modernization of steel and iron bridge construction technology. Before the modernization, iron was never used for the structural purpose and fabrication of iron was unknown technology in Japan. The aim of this study is to clarify the process of the evolution of bridge industry based on the establishment and development for the fabrication and construction of iron and steel bridges. The period to be examined in this paper is about 70 years from the middle of 19th century.

1. はじめに

わが国の近代橋梁の建設は、幕末からの欧米技術の導入をもととして開始された。橋梁建設は、欧米から輸入した鉄桁を架設することから始まったが、明治10(1878)前後から製作工場・設備が徐々に整備され始めて橋梁の国産化へのスタートをきった。

大型鉄材を構造用材として切断、曲げ、鍛造、孔明けおよび、組み立てなどの加工を行うことはわが国の伝統的な技術にはなかった。鉄材加工は橋梁製作の基本的な技術であり、これを可能とする製作工場や、設備の形成は、わが国の近代橋梁技術の発展を構成する大きな要素の一つである。

鉄材加工の技術や設備は、まずは軍事を目的とした幕末の大砲鑄造や洋式造船を通じて欧米から導入が開始された。特に、造船技術は、加工、組立て橋

梁製作と共通する点が多く、後の橋梁製作技術の発展の過程で常に密接な関係をもった。

幕末に建設された製鉄所や造船所は、幕府から明治政府に引き継がれ、鉄道建設で新たに設置された工場とともに、橋梁の国産化の端緒を開いた。その後民間企業の創業をみて橋梁の国産化に拍車がかかり、明治末年には鉄道橋では輸入橋梁に終止符をうった。道路橋についても大正以後、民間企業による国産が主流となるに至った。

本論文では、近代橋梁建設技術の発展過程の中で橋梁製作工場・設備の形成および、材料生産など関連技術がどのように産業的な発展を遂げたかについて明らかにする。

過去、製鉄、機械、あるいは造船については、産業考古学の分野で生産工場、設備などの変遷が扱われてきた。しかし、土木史研究の中で、建設技術としての橋梁製作工場、設備の変遷を扱った既往研究は少ない¹⁾。

まず、幕末の洋式工場、造船所の建設について述べ、次いで、明治初期の工部省などの官営工場の設

* Keywords : 橋梁、製作、工場、近代

** 正会員 工博 NKK(〒100 東京都千代田区丸の内1-1-2)

*** 正会員 工博 日本大学理工学部教授

立過程を明らかにする。この後、官営工場の払い下げを受けた工場、造船系、専業・機械系について民間橋梁工場、設備の形成について述べる。さらに、橋梁材料である鉄鋼、塗料、などの関連産業、および工場体制の形成について言及する。

2. 幕末に創業した鉄材加工工場

1) 各藩の洋式工場

幕末の雄藩の洋式工場は、軍事に関連したものが主体であった。特に、大砲、小銃を製造するための溶鉄を得る技術と鉄を加工する技術が基礎的工業力として必要であった。反射炉については伊豆蕪山で江川英竜が嘉永 3 (1850) 年に築造された他、同年佐賀藩でも 4 基が設置され鑄開台 (砲身に孔を開けるさん孔機械) などの工作機械を含む大砲鑄造設備が設けられた。薩摩藩では島津斉彬によって嘉永 5 (1852) 年に反射炉および溶鋇炉その他の設備をそなえた工場が完成し集成館と名付けられた²⁾。長州藩では安政 6 (1859) 年に佐賀藩に倣って反射炉を完成

させ大砲鑄造所を設けた³⁾。

幕府では嘉永 6 (1853) 年に湯島に大砲製造所を設けて大砲、洋式小銃を製造した。水力を動力源としてオランダから購入した旋条削成機などの機械を動かしていた。この大砲製造所は後に関口に移転し明治になって東京砲兵工廠の前身となった⁴⁾。

一方、造船については嘉永 6 (1853) 年に大船建造の解禁によって幕府は浦賀に造船修理工場を設け翌安政元 (1854) 年に 3 本マストの洋式帆船の建造に着手している。水戸藩は幕府の委嘱で石川島造船所を建設して、安政 3 (1856) 年に洋式帆船旭日丸を竣工させた。しかし、技術的にはオランダの造船術の本の挿絵をもとに建造したものにすぎず、速力、復元力、内部構造などは旧来の域に留まっていた。文久 2 (1862) 年にはいわゆる千代田型とよばれる木造二本マストのスクリュー推進式の汽船の第一号艦が石川島で起工された。長州藩では安政 3 (1856) 年に恵比須ヶ浜に軍艦製造所を設立して西洋型船の建造に着手した。

このような 1850 年代前半よりおこった幕府、諸藩の造船への意欲も西洋との技術力の歴然とした差を認識することにより次第に低下し、この後幕末にむけて幕府、諸藩は艦船については国産から輸入へと方針が切り換えられ^{5) 6)}、佐賀藩、薩摩藩などの一部を除けば、各藩の工場は未成熟のまま明治を迎えた。

2) 長崎製鉄所

安政 2 (1855) 年 8 月オランダから幕府に寄贈された軍艦スムービング号 (観光丸) の修理工場として翌安政 3 (1856) 年、長崎稲佐郷飽浦に設立された。この造船所は、当初長崎溶鉄所と呼ばれたが、後長崎製鉄所と改称された。観光丸は長崎伝習所の練習船として勝海舟らによって使用されたが、にわかに必要なものが補修用の工場であった。オランダから機械設備の購入および、機械工、鍛冶工、銅工、罐工などを招聘をして設立された。動力として 25 馬力の蒸気機関をもち木工、旋盤、鋳鉄、鑄造の各工場をもつわが国で最初の近代的設備をもつ本格的な工場、舶用機関の製造と船舶の小補修が可能であった。安政 4 (1857) 年にはここで長さ 15 間幅 3 間の瓊浦型と称するわが国初の汽船が完成した⁷⁾。



写真一 1 鍛造蒸気ハンマー

(注: "ROTTERDAM 1865" の刻印がある。横須賀米軍基地で使用していたものを横須賀市が譲り受けて保存している。佐賀藩が幕末にオランダから購入して幕府に献納した機械の一部と考えられる。1988 年筆者 撮影)

飽浦の製鐵所が完成した後、立神郷に軍艦製造所として整備が開始され機械類なども搬入されたが、幕府の管理下では完成に至らずに、明治元(1868)年に新政府に接収された。長崎製鐵所はこの後長崎県の所管から工部省の管轄となり明治17(1884)年に三菱に払い下られた⁸⁾。わが国で最初の鉄橋の長崎くろがね橋(鍊鉄桁、橋長:21.8m)は、慶応4(1868)年にオランダ人技術者のフォーゲルによってこの長崎製鐵所で製作された⁹⁾。

3) 横須賀製鐵所

長崎製鐵所に続いて江戸から近傍の地により大規模な造船所として計画されたのが横須賀製鐵所である。石川島造船所の拡張のために元治元(1864)年に肥田浜五郎がオランダの造船事業の視察に派遣された。しかし拡張計画は中止され、別に造船所を設立することとして計画されたのがこの横須賀造船所であった。

フランスは幕府に造船所計画の具体的な提案を行い協議を重ねた結果、フランスのソーロン(Toulon)港の地形に似た横須賀の地に造船所を建設することとし、同時に横浜に小工場を建てることとされた(横浜製鐵所)。上海から派遣されたフランス海軍技官のヴェルニー(F. L. Verny:1837-1908)によって建設計画および各種機械の購入およびフランス人関連技師、職工の雇用が進められた¹⁰⁾。

慶応2(1866)年2月に着工し、翌慶応3(1867)年には第1号船渠が起工した。その後、建設半ばのまま明治政府に引き継がれ、明治2(1869)年に横浜製作所とともに大蔵省の管轄下に入り山尾庸三が総括をすることとなった。

この横須賀製鐵所は明治4(1871)年に横須賀造船所と改名され、翌明治5(1872)年には海軍省の管轄下に入り横須賀海軍工廠として発展した。第二次大戦の敗戦後、アメリカ海軍の基地となって今日に至っている。

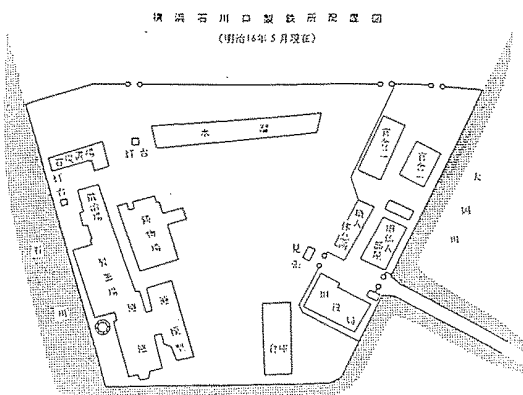
明治28(1895)年に東京石川島造船所で行われた東京日本橋川の湊橋(トス、スパン:32.9m)の製作に際し、ベルギーから輸入した鍊鉄の材料試験をこの横須賀造船所で実施している¹¹⁾。

4) 横浜製鐵所

横須賀製鐵所はヴェルニーの指導によって慶応元(1865)年に着工されたが、同時にこの製鐵所の準備

工場としての性格をもつ工場として計画されたのが横浜製鐵所である。慶応元(1865)年2月に現在の横浜石川町付近の掘割川沿いに場所を決めて着工された。同年の9月には機械は米国より購入したものと幕末に佐賀藩が独自に製鐵所を建設するために購入したものの一部が据え付けられた¹²⁾。翌、慶応2(1866)年7月には、10馬力の小型蒸気船用の機関を製作している。

工場の構成は蒸気機関の原動機室の他、鍊鉄、鑄造、模型、旋盤、製罐、木工、製帆、船具よりなっていた。この横浜製鐵所は、明治に入り、海軍省、大蔵省の管轄を経て、明治12(1879)年に石川島造船所に借用払い下げがなされた。この時の拝借願い書



図一1 横浜製鐵所の配置図(1883)
(文献13), P.223より)

表一1 横浜製鐵所の主な機械設備
(文献13), P.243より)

工場	機械設備	数量
鍊鉄工場	3/41蒸気槌	1
	洋式火床	12
	11簡易ラジアルクレーン	2
	調帯伝送風機	1
製缶工場	3/41可搬ポンプ、シャリング機	1
	ベンチングローラー(調帯伝導)	1
	ベンチングローラー(手動)	1
	ラジアル盤	2
	火床	4
模型工場	木型用、木工用旋盤	2
鑄造工場	3tキョボラー	1
	5tラジアルクレーン	1
	強壁送風機	1
旋盤工場	旋盤、大型3段装置、長20f以上他	2
	旋盤、正面盤 各種	6
	平削盤 大小	2
	ドリル盤 大小	2
	シェービング盤	2
	スロッシング盤	1
	捻切盤	2

によると敷地4,239 坪 6合 3勺 6才(14,193.9m²) 建物面積 1,150坪 2合 7勺 3才(3,802.6m²)、棟数 16 棟、蒸気機械、その他機械類80筆、となっている¹³⁾。

横浜製鉄所は民間工場として、明治13(1880)年に操業を開始したが、4年後の明治17(1884)年に東京の石川島平野造船所に併合することとされて設備一切が移設された。移設時の旧横浜製鉄所の配置図を図一1に、工場設備を表一1に示す。これらの機械類は幕末から明治初年にかけて佐賀藩、幕府、明治政府がイギリス、フランス、オランダ、アメリカなどから購入した比較的新しいものであった。

3. 明治初期に創業した鉄材加工工場

1) 赤羽製作所

赤羽製作所は明治 4(1871)年12月に芝赤羽久留米藩邸に設置された製鐵寮に始まる。フランス人の土木技術者のフロラン(L. F. Florent:1830-1900)の指導によって設立された製鐵所である。フロランは慶応 2 (1866) 年に横須賀製鉄所の建設でヴェルニーラと来日し、観音崎灯台をはじめわが国初期の灯台建設に従事した後、赤羽製鐵寮の設立と同時に横須賀製鉄所より技師長としてむかえられた¹⁴⁾。また製鉄助手には中村博愛が就いた¹⁵⁾。

この製鐵寮の創設は、名称どおり製鉄を目的としたが、すぐにその容易でないことから国内の諸工場へ供給する鉄具などを製作する鉄工所とすることとされた。明治 5(1872)年10月に製鐵寮、造船寮が合併されて製作寮に改組されたが、明治6(1873) 年12月には再び工部省に移管されて赤羽製作所と改称された。

さらに、明治11(1878)年 1月には工部省に工作局が設置されると赤羽製作所は、深川、兵庫、長崎、品川の各製造工場とともにこの管轄下に入り赤羽工作分局と改称された。

横浜製鉄所と同様に機械設備は佐賀藩が幕府に献納したオランダから輸入した製鉄機械をもととしているが、明治 7(1874)年 8月には40馬力の蒸気機関が据えつけられている。赤羽工作分局は、明治16(1883)年 2月に海軍に移管されたが、この時には製図、轆轤、鍛冶、製鋳、仕上および、小細工場をもつ機械139 点を装備した近代工場であった。

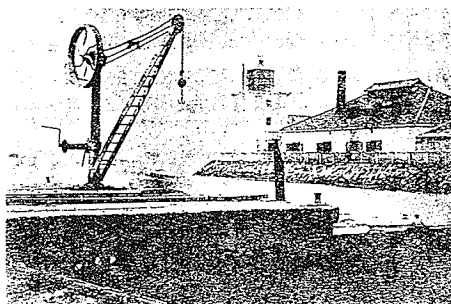
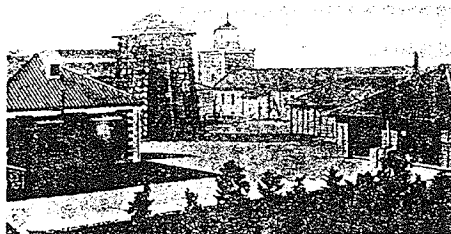
明治11(1878) 年東京楓川に架けられたボーストリングトラスの弾正橋(橋長:15.1m)、明治15(1882)年の鍊鉄トラスの高橋(橋長:48.5m)、明治17(1884)年のボーストリングトラスの浅草橋(橋長:26.1m)は、いずれも赤羽製作所で製作されている。

弾正橋(現八幡橋)は、長崎くろがね橋、横浜吉田橋に続いて国内で製作された初期の鉄製道路橋である。また高橋は原口要の設計によるものでわが国初の日本人の設計による鉄製道路橋である。

2) 燈台寮

文久 3(1863)年に改正された通商条約に従って、燈台を建設するためにイギリスから土木技術者のブラントン(R. H. Brunton:1841-1901)が雇用された。ブラントンは明治元(1868)年に来日して在日 9カ年の内燈台寮を本拠地として燈台を始め多岐にわたる活躍をしている^{16) 17)}。

燈台寮は現在のJR京浜東北線桜木町駅前の現海上保安庁第三管区保安本部の場所にあった。明治元(1868)年10月に着工され、明治 2(1869)年 7月に事務所建屋まで完成し、さらに明治6(1873) 年には埋め立てて構内を拡張し、波止場の改築と煉瓦造の試験燈台が建築された(写真一2)。



写真一2 燈台寮

(注: 構内と試験燈台(上)と物揚場(下)の岸壁とクレーン。文献 16)添付資料より)

ブラントンが建設した燈台で鉄材を用いたのは羽田、烏帽子島、伊王島、佐多岬の4箇所である。これらは、高さ20～30ftの鉄柱8本程度を垂直に建て、その間を壁用の鉄板で覆うような構造になっていた。鉄柱は、3in×1/2in(75×13)のアンクルと3/8in厚の鉄板で構成された桁高12inのI断面で、壁材には1/4in(6.4mm)と3/16in厚(4.8mm)の鉄板が用いられ鉄柱とリベットで結合された¹⁸⁾。

燈台寮でこの全ての加工が行われたかどうかは不明であるが、加工済みの柱部材がイギリスから輸入されたとしても燈台寮では組み立て用の鉄材加工が必要であり、このための設備が備えられていたものと推察される。わが国で最初のトラス橋である吉田橋(スパン:21.3m, 1868)はブラントンによって設計、製作および、架設が行われた¹⁹⁾。

3) 鉄道寮の工場

わが国の最初の鉄道鉄橋は、神戸・大阪間に建設された70フィート鍊鉄製ワーレントラスの武庫川、神崎川、および十三川橋梁で明治6(1873)年から工事が開始され、翌明治7(1874)年に完工した。技師長のイングランド(J. England:1823-1877)の基本設計によってイギリスのダーリントンで製作されて輸入されたものである。大阪・京都間の鉄道は明治9(1876)年に開通したが、この区間にも輸入された鍊鉄製の桁橋が架設された。

輸入された鉄道橋が建設される一方、国内製作も桁橋から徐々に開始された。トラス橋は、武庫川橋梁以降長らくイギリスを主体とする外国からの輸入によっていたが、木桁の架け換えの鍊鉄桁橋については、鉄道寮の工場である新橋および、神戸工場で明治10(1877)年代より製作が始まった²⁰⁾。

表一2 六郷川岸分工場の最初の桁橋製作実績
(文献24), p. 37 より)

名 称	径 間 数	ス パ ン	架設年・月
金 杉 橋	3	8.84 m	明治13(1880)年 7月
高 島 町	2	9.98 m	明治13(1880)年 5月
〃	2	9.75 m	明治10(1877)年12月
〃	1	6.10 m	明治12(1879)年 6月
〃	2	5.79 m	明治12(1879)年 6月
〃	2	5.79 m	明治11(1878)年 6月

この両工場は鉄道建設にともなってその維持、補修の目的で工場が設置されたものである。新橋・横

浜間の鉄道の開通に先立って、新橋工場が明治4(1871)年に開設された。この工場は主として機関車の修理、保全を目的としていたが新橋工場の分工場の六郷川岸分工場では明治11(1878)年頃からイギリスから輸入された鍊鉄材によって桁橋の製作が行われた^{21) 22)} (表一2)。

表一3 神戸工場の桁橋製作実績
(文献24), p. 37, 38より)

名 称	桁全長	構造形式
戌亥川	5.33 m	単純桁
松田川	5.33 m	〃
蘆原川	6.10 m	〃、斜角
運池川	13.90 m	3径間連続桁
家川	14.17 m	〃
門樋川	14.33 m	〃
馬田橋	10.36 m	2径間連続桁
三四ヶ窪	19.30 m	4径間連続桁
六蔵橋	14.63 m	3径間連続桁
瀧野	7.01 m	2径間連続桁
西池	4.80 m	3径間連続桁
長池	4.72 m	単純桁
東池	11.87 m	3径間連続桁

神戸工場は、明治7(1874)年に開通した大阪、神戸間の鉄道建設にともなって設置された。明治10(1877)年頃より神戸・大阪間の木橋の架け換え用の桁橋の製作が神戸工場で行われた²³⁾ (表一3)。また、神戸工場では、明治27(1894)年に神戸・大阪間の複線工事用のトラスの製作が行われた。これは武庫川、神崎川、十三川の旧単線トラスの直ぐ横に同じ鍊鉄製の70フィートトラスを架設するもので、わが国初の国産鉄道トラスである²⁴⁾。

明治末期になるとクーパー設計荷重を始め、構造詳細など鉄道橋はアメリカの影響を大きく受けるようになりトラスの格点構造はリベットからピンが採用されるようになった。この頃から鉄道橋の製作が民間工場にも発注されるようになり、橋梁の国内生産は急速な増加を辿った。最後の輸入鉄道橋は、大正元(1912)から大正4(1915)年に架設された陸羽線のアメリカ製クーパー型トラスであった。

4. 民間鉄工場の創業

1) 官営払い下げ工場

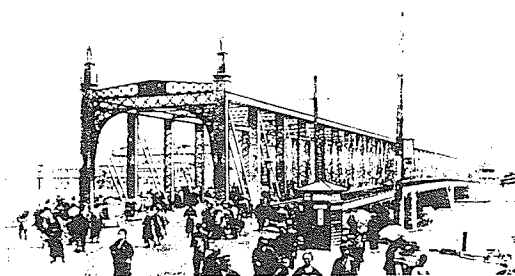
長崎造船所は明治17(1884)年に25年契約で三菱会社に貸出されたが、その後明治20(1887)年に払い下げとなり、三菱合資会社長崎造船所が創設された。

この工場は設備を拡張しつつ次々と鋼船を建造したが、明治末年までには船舶以外に陸用汽機、汽閥、機械の製作および、鉄橋、家屋用鉄骨等の製作も行った²⁵⁾。

三菱長崎造船所と同じように官営工場の払い下げを受けた橋梁関連会社として(株)東京石川島造船所がある。明治9(1876)年に東京石川島に平野造船所を設けた後、さらに工場拡張から当時横須賀製鉄所と同様に、明治12(1879)年に海軍省の管轄下にあった旧横浜製鉄所である石川口海軍製鉄所の借用を受けた。ここでは、機械、船用機械を製造する他、わが国では民間として最初の横浜都橋(トラス、橋長:22.2m, 1884)が製作されている。

表一4 吾妻橋に使用された輸入材料
(文献13), p. 243より)

種 別	数 量
板 鉄 (厚板)	113.13 t
円 鉄 (パイ)	9.2
L 形 鉄 (アングル)	79.29
環頭桿鉄 (バルブ pl)	80.00
綴 釘 (リベット)	16.32
角 鉄 (角バー)	12.23
桿 鉄 (フラットバー)	11.74
U 形 鉄 (チャンネル)	17.42
螺 旋 (ボルト)	1.55
合 計	340.88 t



写真一3 吾妻橋

(文献9), p. 45 より)

石川口造船所は、明治17(1884)年には閉鎖されて工場の設備、機械が東京石川島に移設された。この後、東京石川島造船所では船舶の製造をする傍らで

横浜港大江橋(鉸桁、橋長:50.9m, 1886)、東京吾妻橋(トラス、スパン:48.8m, 1887)、お茶の水橋(トラス、橋長:69.8m, 1889)、厩橋(トラス、スパン:60.8m, 1893)湊橋(トラス、スパン:32.9m, 1895)、永代橋(トラス、スパン:67.4m, 1907)などを次々と製作し、民間鉄橋メーカーのパイオニアの地位を築いた²⁶⁾。

吾妻橋は都橋、大江橋の経験をもとに錬鉄をイギリスから輸入して製作をしたもので材料重量は340トンに上る大工事であった(表一4)²⁷⁾。また、永代橋はわが国で最初の鋼道路橋であった。

2) 造船系工場

長崎造船所、石川島造船所以外の造船系工場としては、明治11(1878)年に石川島造船所に隣接した東京築地に設立された川崎造船所がある。川崎造船所は明治13(1880)年には、政府の払い下げを受けて兵庫にも造船所を設け船舶、船舶用機械の製造を開始した。また、同年に大阪鉄工所(日立造船)も創業した。川崎造船所は、石川島造船所とならんで明治末年までには、東京山手線の鍛冶橋、呉服橋、第一および、第二有楽橋架道橋(鉸桁/橋脚, 1909)などの鉄道橋の製作も行う有力な民間橋梁製作会社となった²⁸⁾。

明治16(1883)年には北海道、函館に船舶の修理を目的とする函館造船所が操業した。その後、明治28(1895)年に函館船渠株式会社となり、船舶の修理、小型船の新造の他、明治44(1911)年までには北海道鉄道向の鉄桁52連を製作している²⁹⁾。

明治18(1885)年には藤永田造船所、明治26(1893)年には横浜船渠会社が設立された。明治33(1900)年には、浦賀船渠会社が操業を開始し2年後に石川島造船所が建設した浦賀造船所の売却を受けた³⁰⁾。

明治38(1905)年には三菱神戸造船所が創業し、大正に入り第一次世界大戦による海運の活況と造船ブームを背景として大正5(1916)年に浅野造船所が設立された³¹⁾。浅野造船所では、東京の厩橋(7-チ、スパン:52.6m, 1928)が製作されている。

これらの造船所は、船舶や船用機械の製造の傍ら工場設備や、機械、鉄骨、水圧鉄管、セメントギルン、ボイラ、熱交換器などとともに、橋梁を陸上部門として扱った。

3) 専業系・機械系工場

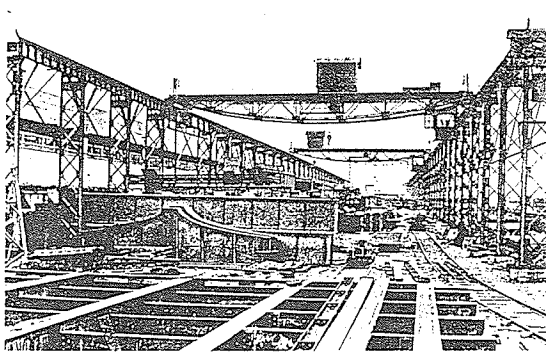
専業系の創業は明治の後半から、大正、昭和初期

である。明治39(1906)年には横河橋梁製作所が、明治41(1908)年に宮地铁工所、大正3(1914)年に東京鉄骨橋梁製作所の前身の清水組鉄工部、大正8(1919)年に日本橋梁株式会社、大正15(1926)年に駒井喜商店、昭和5(1930)年に松尾商店を前身とする松尾鉄管橋梁が創業した。

機械系では、明治29(1896)年に汽車製造合資会社が、明治34(1901)年に桜田機械製造所が創業した。汽車製造合資会社は、明治35(1902)年に、石川島造船所と共同して鉄道院に国産の鉄道橋の使用を出願しており³²⁾、石川島造船所と並んで最初の指定工場となり国産化に寄与した。

また、明治14(1881)年に設立された田中製造所(芝浦製作所)は明治36(1903)年には横浜の万国橋(トラス)の製作をした^{33) 34)}。

横河橋梁製作所は、建築設計および、監督をしていた横河工務所(明治36年創業)の工場として、明治39(1906)年に発足し、翌明治40(1907)年に製作組み立て部門として独立した。



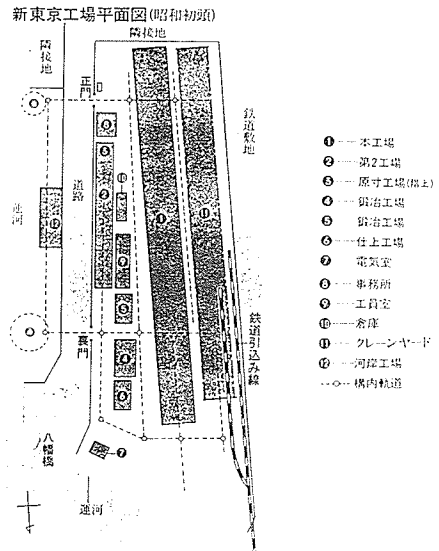
写真—4 昭和初期の工場(横河橋梁製作所)
(文献35), p. 108より)

横河橋梁製作所の創業時の技術を支えたのは、創業者の横河民輔(1864-1945)とともに明治36(1903)年に東京帝国大学土木工学科を卒業後、アメリカンブリッジ Co. Ltd. での実地研修を経て明治41年に技師長として迎えられた關場茂樹(1876-1942)であった。關場は、アメリカ式の詳細図、材料表を重視してそれ以前の原寸主体の造船系の橋梁製作とは対照的な工作手順を導入し、わが国の橋梁製作に影響を与えた。

大正3(1914)年に、關場はわが国で最初の『標準

橋梁仕様書』を策定し、大正8(1918)年には日本橋梁株式会社の技師長に就いた。その後、大阪での設計事務所開設を経て、昭和5(1930)年に松尾橋梁株式会社の技師長に就任する等、わが国の民間橋梁工場の技術の向上に貢献した^{35) 36)}。

横河橋梁製作所の創業当時の設備は、500坪の敷地に200坪の木造トタン葺工場と50坪の事務室・倉庫で、工場は蒸気汽缶1台、空気圧搾機1台、鑽孔機2台、穿孔機1台、エアハンマー3台が設備の全てであった³⁷⁾。この工場で、明治45(1912)年に京都に建設されたスパン83.7mの上路固定トラスアーチの山家橋を始め、東京のハツ山橋(タイド-チ, スパン:41.5m, 1913)、福井の勝山橋(吊橋, 橋長:93.0m, 1915)、天竜川鉄橋(ワレントラス, 1914)、などが製作された。なお、横河橋梁製作所は石川島造船所、汽車製造合資会社、川崎造船所、大阪鉄工所と並んで明治44(1911)年には鉄道院の橋梁製作工場の指定を受けた。



図—2 昭和初期の工場図(横河橋梁製作所)
(文献35), p. 108より)

日本橋梁株式会社は、關場らが経営参加した小林鉄工所(日本橋梁建築合資会社と改名)を前身として大正8(1919)年に鉄鋼問屋の岩井商店から資金を得て設立された。

創業とともに工場設備に資金が投資され、鉄骨造の組立工場、リベット工場建屋に木造の製作工場、機

械工場、鍛冶工場、工具室が新設された。

工場設備としてはベンディングローラー、エッジプレーナー、コールドソー、パンチング機、圧搾機および、圧搾鋳打機などが整備された³⁸⁾。

横河橋梁製作所から移った關場は、この新設された設備を駆使して技師長として、札幌の豊平橋(1924, アーチ)、金沢の犀川大橋(トラス, スパン:60.0m, 1924) 神奈川の六郷大橋(アーク/ 桁, 1925) などの設計、製作の指揮をとった。

東京鉄骨橋梁製作所は大正3(1914)年に建設会社の鉄工部門である清水組本店深川工場鉄工部として発足した。暫くは専ら鉄骨を製作していたが、昭和3(1928)年に東京市道路局の竹内季一技師長と谷井陽之助橋梁課長を工場長として招聘し、橋梁製作を本格化した³⁹⁾。最初の橋梁製作は池上電鉄の五反田駅乗換跨線橋(1928, テーブル/ 桁)であった。

創業当初は関連商品の扱いや架設工事の請負を手掛けながら、その後工場を設立して橋梁製作に移行していった企業もある。

明治41(1908)年に設立した宮地鉄工所はボルト、鉄扉、鉄柵などの製作の一方、鉄骨の組み立て、鋳打ちなどを専門として創業した。大正3(1914)年には東北本線名取川橋梁の架設工事が最初の橋梁工事であった。大正9(1920)年には大島工場(現江東区大島)を新設し鉄骨の製作を手掛けるとともに鉄道院、復興局の橋梁の架設に従事した。

創業後の主な橋梁工事は新宿駅構内中央線鉄桁架設(桁, 1920)、常磐線取手橋梁架設(トラス, 1920)、利根川鉄橋梁架設(トラス, 1925)、山手線呉服橋梁架設(桁, 1925)などがある⁴⁰⁾。

同様に、建築金物の製作や、架設工事から創業した企業として、例えば、片山鉄工所がある。大正6(1917)年に、松尾商店からの暖簾分けに近い形で創業し、橋梁の架設工事や、同業鉄工所の下請け製作から開始した。仮工場から本格的な恩加島工場を昭和2(1927)年に稼働させ、その後軍備拡張を背景として陸海軍の鉄骨工事の請負の傍ら橋梁の製作も手掛けた⁴¹⁾。

高田機工(株)は、大正11(1922)年に設立された土木機械、工具などを扱う毛利商店を前身として大正13(1922)年頃から橋梁、鉄骨も扱うようになり大正15(1924)年には岐阜県飛騨川の吊橋である麻生橋の架

設、昭和8(1933)年には宮崎の美々津橋(プレート-チ)を架設した⁴²⁾。また、昭和初期に増加し始めた鉄筋コンクリートの橋の施工も手掛けている。

明治34(1901)年に創業した機械系の桜田機械製造所も当初は機械商品を扱う商社であったが工場を新設して鉄道局や私設鉄道会社へ機械部品の納入をする経過を辿っている。明治41(1908)年には現場工事として東海道線大井川鉄橋の架替工事を初めての橋梁工事として行った。昭和7(1932)年には、鋼重量2,624トンの大橋梁の長野の丹波島橋(トラス, スパン:65m)を製作、架設した⁴³⁾。

水圧鉄管の製作は橋梁製作と類似し、共通的な加工設備や技術を必要とする。水圧鉄管を専門として後年橋梁製作に移行した企業として(株)酒井鉄工所がある。(株)酒井鉄工所は、明治37(1904)年に大阪で水圧鉄管の製作を専門として創業を開始した。

ベンディングローラーと鍛造用の定盤だけの小規模な工場として発足したが、明治末期から大正年間にかけて電源開発による水圧鉄管工事の活況を背景として専門メーカーとしての地位を築いた。

大正8(1917)年には、台湾へ進出して水圧鉄管の製作、据付を行っている⁴⁴⁾。

水圧鉄管は橋梁と異なる構造物ではあるが、構造鉄材の加工、組み立てで多くの類似点を持ち、造船技術と同じく橋梁製作技術に影響を与えながら橋梁建設の産業力の形成に寄与した。

5. 産業力の形成

1) 工場体制の形成

a) 従業員数にみる工場規模

明治中期における工場の規模は、海軍省の管轄下の横須賀造船所が職工数2,478人、陸軍省の東京砲兵工廠が2,094人で群を抜いており、工部省管轄下の長崎造船所の同じ時期の職工数は466人と5分の1の規模であった(表-5)。

工部省の工作局はさらに規模が小さく、硝子を生産していた品川工作分局は職工は34人であり、これと同じ組織であった赤羽工作分局(赤羽製作所を改名)は表-6に示すように、予算規模が品川の2倍程度であることから50~60人程度の規模の鉄工所であったものと思われる。

明治末から大正にかけて創業した民間の造船所で

表一5 主な官営工場の従業員数（1884）
（文献4），p.694 より）

部 門		職 工 数（人）
陸軍省	東京砲兵工廠	2, 0 9 4
	大阪砲兵工廠	9 2 5
海軍省	横須賀造船所	2, 4 7 8
	小野浜造船所	7 5 5
	兵器製造所	6 3 9
	火薬製造所	8 1
工部省	兵庫造船局	2 4 1
	長崎造船局	4 6 6
	品川硝子製造所	3 4

表一6 工部省の事業支出（明治3-18年）
（注：比率は赤羽工作分局を基準の1.00として
示した。文献4），p.689,690 より）

部 門	事業費（円）	業務内容	比 率
鉦 山	9,327,444	—	16.95
鉄 道	14,293,286		26.00
工作	赤羽工作分局	機械製作	1.00
	深川工作分局	セメント、煉瓦	0.18
	品川工作分局	ガラス	0.53
	製鉄寮	製鉄	0.11
	兵庫造船局	造船	1.48
	長崎造船所	造船所建設	1.14

も、数百人から1000人を越える職工を抱えていた。三菱長崎造船所は明治末年で技術員80人、事務員15人、職工1500人、人夫800人の規模であった⁴⁵⁾。また、函館船渠では明治39(1906)年の時点で技術員42人、事務員15人、職工770人、人夫100人を擁していた⁴⁶⁾。職員数の点からも民間造船所は明治末年には官営の工場と比肩できる規模となっている。

専業系工場では、明治39(1906)年に創業した横河橋梁製作所の場合では、創業直後の職工数は、50～100人程度の規模であった⁴⁷⁾。大正8(1919)年創業の日本橋梁(株)では、創業時の職工は50人で内下請工20余名であった⁴⁸⁾。

b) 民間企業の建設技術範囲の拡大

工場設備の設備、熟練職工の育成とともに、工場の組織体制も次第に整っていった。欧米では、設計技術も含めて、製作工場が橋梁技術を保有していたが、わが国の場合明治前半までは欧米技術者に依存

し、その後は発注者の技術者がこれにかわった。従って、明治10年代以降創業を開始した民間造船所、明治後半に創業した専業工場では発注者の指揮のもと、製作と架設を請け負うことから開始した。この点は、労務提供を主体として鉄道工事の請負から近代企業としての発展を開始した建設企業と似ている面もある。しかし、一般建設の請負のほとんどが労務提供、労務管理であったのに比べて橋梁建設においては、工場製作の部分があることにより設備とそれに付随する技能、技術を提供する点で異なっていた。

明治20(1887)年に完成した吾妻橋は、設計については、鉄道技師の原口要によって行われ、材料をイギリスから輸入して発注者の東京府技師、原竜太が監督をして架設したものである。すなわち、設計および、施工管理については発注者の範囲でこれ以外の部分を民間企業が請け負って施工をした。石川島造船所は橋梁上部工の製作および、橋台建設、上部工の架設を実施した。しかし橋梁架設工事については、職工を全て派遣することはできずに、一部鉄道局から職工と機械を借用した⁴⁹⁾とされている。

しかし、大正に入ると横河橋梁製作所の技師長の立場にあった關場茂樹が『橋梁標準仕様書』を著したように、橋梁建設技術全体における民間工場の果たす部分は増加の傾向を辿った。

大正以前にあっては、鉄道橋の技術者層は、発注者側が圧倒的に厚かったが、道路橋の場合については、発注者側の技術者は必ずしも十分とはいえなかった。このため鉄道橋の製作、架設で経験した民間工場の技術が期待されることが多く、大正中頃以降の道路橋の建設数の増加に従って、民間工場の技術力の発揮の場が増加した。

民間工場の技術の確立を示す一つの事例を、関東大震災の復興道路橋の建設にみることができる。

復興事業は大正13(1924)年から、昭和5(1930)年までの7か年わたって実施されたもので施工した道路橋は、東京、横浜の合計で149橋にのぼった。

主なものでは、永代橋(タイアチ、橋長:184.5m)、相生橋(鉾桁、橋長:146.5m)、蔵前橋(アチ、橋長:173.2m)、清洲橋(吊橋、橋長:186.2m)、厩橋(アチ、橋長:152.0m)などがある。

復興局は直営工場を蔵前に設けたが、殆どの橋梁

は民間工場で製作された⁵⁰⁾。これらの民間工場の中では、横河橋梁製作所が最も多く製作をしており約11,000トであった。次いで川崎造船所が約9,000ト、石川島造船所が約6,000ト、汽車製造大阪工場が3,000トと続いている。工場別の製作数量を表一7に示す。

復興橋梁の建設は民間橋梁工場の産業的な確立を示していると言える。

図一7 復興橋梁の製作工場
(文献50) p. 686 より)

製作工場	製作橋数		製作数量	
	橋数	比率	重量	比率
横河橋梁製作所	35	33.3%	10,793 t	30.9%
川崎造船所	10	9.5	8,818	25.2
石川島造船所	18	17.1	6,205	17.8
汽車製造大阪工場	6	5.7	3,498	10.0
日本橋梁	11	10.5	2,385	6.8
三菱神戸造船所	16	15.2	2,094	6.0
復興局蔵前工場	6	5.7	613	1.8
浅野造船所	2	1.9	291	0.8
大阪鉄工所	1	1.0	229	0.7
合計	105	100.0%	34,926 t	100.0%

c) 雇用制度

日本橋梁株式会社は創業後5年目の大正13(1924)年に経営不振に陥った際に、職工の常雇制度から下請制度への切替えを行って切り抜けている。元の職工を解雇して新たに5つの組を組織してそれぞれと下請け契約を結んで職工の派遣を受ける仕組みであった⁵¹⁾。これは、当時、鉄構関係の職種でも一般的に行われていた雇用システムである。

芝浦に工場があった東京鉄骨橋梁製作所では、大正末年で職員20名に対して、職工50～60名でその殆どは親方の元に組織された下請けであった。罫書、組立、絞鉄などの職種ごとに親方がいて会社から仕事を請け負う仕組みになっていた⁵²⁾。

また、昭和初期の片山鉄工所でも同様に罫書、孔明加工、絞鉄、鳶、塗装などの職種ごとの下請け組織をもっていた⁵³⁾。この下請けシステムは、機械系の桜田機械製造所でも同様で工場製作は職工長の請負制で職工長は工場の監督であるとともに請負人でもあった⁵⁴⁾。

この元請け・下請け制は雇用の柔軟性を保ちつつあたかも同族のような連帯感も合わせ持つわが国独特のものであった。今日でも橋梁工場、造船所では社外工、協力会社、構内外注などの形で下請け制度が残っている。

2) 関連産業の形成

橋梁の国産化は、関連工業に支えられたわが国全体の工業力の結果である。橋梁製作は、工場の設備の整備、機械や工具類、その他材料などを供給する鉄工所の発展も橋梁の国産化を支えた産業である。

工場の機械設備では、明治22(1889)年の池貝鉄工所(工作機械)、明治31(1898)大隅鉄工所(工作機械、工具)などを挙げることができる⁵⁵⁾。

関係の大きい関連産業としては、主要材料である鉄鋼および、塗料、建設の基礎材料であるセメントがある。

a) 鉄鋼材料

19世紀後半は、欧米では製鉄技術でシーメンスやクルップの転炉や平炉法の成功によって製鋼技術が確立され、造船や橋梁などの構造材で鋼が錬鉄にとって代わった時期であった。わが国では製鉄技術の自立は他の西欧からの導入技術の中でも最も遅れたものの一つであり、橋梁の国産化を達成した後も輸入材に依存し、その産業的確立は20世紀に入ってからである⁵⁶⁾。

製鉄技術の導入は、工部省によって明治7(1874)年に釜石鉾山、中小坂鉾山で開始された。イギリス人のゴッドfrey(J. G. Godfrey)、キャスリー(W. J. B. Casley)らの指導に加え、イギリス留学より帰国した山田純安を主任技師に迎えて25t/日能力の高炉2基、パドル炉12基、スチームハンマー2基などが据えつけられ、明治13(1880)年9月に製鉄を開始した。しかし失敗の繰り返しの後、明治15(1882)年には閉鎖の止むなきに至り官営の製鉄事業は大きな挫折を迎えた。

一方、明治18(1885)年には閉鎖された釜石鉾山の払い下げを受けた田中長兵衛は木炭を燃料とした小型高炉を建設して明治19(1886)年9月に銑鉄の試製に成功し、釜石鉾山田中製鉄所を創設した。その後明治27(1894)年にはコークスを原料とする高炉製銑にも成功した。この田中製鉄所がわが国最初の近代的高炉製銑であった⁵⁷⁾。

製鋼については軍器、艦船の需要から陸海軍工廠によって明治15(1882)年に築地海軍兵器局でのクルップ式坩堝製鋼が試みられたのが最初である。明治23(1890)年には横須賀海軍工廠で重油を燃料とするフランス式のシーメンス炉が建設されて大量生産技

術への道を開いた。また、明治25(1892)年 5月には呉海軍工廠で 3.5トン酸性平炉が設置されて艦船用の鑄鋼の製造が開始された。陸軍の大阪砲兵工廠でも明治22(1889)年にルツボ製鋼を翌明治23(1890)年には小型酸性平炉による製鋼を開始した。

明治24(1891)年頃に大阪砲兵工廠で生産された鋼をヨーロッパより輸入したものと比較した結果によれば国産鋼はなんら遜色がないレベルにあることがわかる⁵⁸⁾ (表一8)。

表一8 国産鋼と欧州産鋼の比較
(文献57, p. 58より)

硬 鋼			軟 鋼		
製 造 所	引張強度	延伸率	製 造 所	引張強度	延伸率
砲兵工廠製	48,671/ in ²	4.21%	砲兵工廠製	41,081/ in ²	12.00%
エー・ビー・社製	47,751/ in ²	3.42%	ルツボ鋼	37,051/ in ²	12.12%

陸海軍が中心となった技術の移入が進められた製鋼については世界のレベルに早くも達しつつあったが、小型高炉の銑鉄ではとても需要に答えることはできず海外に依存せざるを得ない状況にあった。明治22(1889)年での自給率は20%に満たない程度であり、橋梁をはじめ機械その他のほとんどの工業製品については輸入の鉄材によっていた(表一9)。

表一9 明治中期の鉄鋼需給(1889)
(文献58, p. 55より)

供 給 高			需 要 高		
種 別	数 量	比 率	種 別	数 量	比 率
外国産	90,295 t	81.1%	陸海軍用	10,665 t	9.6%
国内産	20,995 t	18.9%	その他一般用	100,625 t	90.4%
合 計	111,290 t	100.0%	合 計	111,290 t	100.0%

国内生産が軌道にのるのは八幡製鉄所の操業が開始されてからである。明治30(1897)年 6月工事に着手され、明治34(1901)年に第一高炉の点火が行われて生産に入った。当初年産 6万t の規模を計画したが日露戦争による需要増加もあり明治39(1906)年には年産18万t に修正され、さらに同明治44(1911)年には年産35万t へ上方修正された。明治40(1907)年にはわが国で最初の戦艦安藝が呉海軍工廠で竣工したが、この戦艦の全ての鋼材は、八幡製鉄所から供給されたものであり、この頃より八幡製鉄所は造船

の他鉄道、建築、橋梁などへ鋼材の供給を順次すすめていった。

八幡製鉄所の操業が軌道にのると民間においても製鉄所設立の動きが出てきた。住友鑄鋼所は日本鑄鋼所を買収して明治34(1901)年に設立された。神戸製鋼所は明治44(1911)年に小林製鋼所を買収して設立された。また、日本製鋼所は明治40(1907)年に日英双方の出資によって室蘭に設立された。川崎造船所は明治29(1896)年に創立したが兵庫工場内に製鋼所と中型圧延の事業を開始した。明治45(1912)年には日本鋼管が設立された。

b) 塗料材料

欧米から導入された機械、船、機関車などの鉄製品とともに、鉄橋を国内で建設、維持してゆくために塗料は不可欠の材料であった。塗料材料も明治10(1877)年以前までは、国内で生産が出来ずに鉄材、セメントと同様に全面的に欧米からの輸入に頼っていた。

わが国で塗料の工業生産が開始されたのは明治14(1881)年の光明社の設立からである。船舶、機械、鉄、鋼構造物の塗料として昭和40(1965)年頃まで使用されていた鉛丹(亜鉛華)は明治11(1878)年に光明社の創業者である茂木重次郎が製造に成功して特許を取得したものであり商品名の光明丹は鉛丹の代名詞として広く使用された⁵⁹⁾。

光明社は明治31(1898)年に日本ペイントとして東京荏原に大規模な工場をもつ本格的な塗料メーカーとなり明治38(1905)年には大阪浦江にも工場を設けた。

昭和の初めには合成樹脂塗料が開発されると、国内でもフェノール樹脂塗料、フタル酸樹脂塗料の生産が行われ、塗装方法もエア式スプレーガンが国産されて施工された。塗料生産量はこの頃には海外に輸出するまでの生産量となった。また大正7(1918)年には関西ペイントが創業した。

c) セメント、コンクリート

ヨーロッパでポルトランドセメントが発明されたのは1844年であり、わが国では明治初期の燈台建設や洋式建築材料に使用されたのが最初である。建築材料としてセメントは板ガラスとならんで、多額の経費を支出してヨーロッパより輸入した。土木工事においてもセメントは明治 5(1872)年開通の新橋、

横浜間の鉄道建設には鉄とともに、全てイギリスより輸入された。しかし、セメントは他のどの建設材料よりも民営化および、国産化の体制が早く確立された。

国内でのセメントの工業生産は、明治4(1871)年に設立された深川清住町の深川セメント製作所の設立に始まる。明治7(1874)年には官営の深川製作寮出張所を経て、深川工作分局となって、生産が行われた^{60) 61)}。明治11(1878)年の国内需要は1,000 樽であったが深川工作分局ではその50% を供給しており残りは輸入に依存していた。

明治14(1881)年には小野田セメントが設立され、2年後の明治16(1883)年には深川工作分局が廃止されて民間の浅野総一郎に払い下げられた。これが後の浅野セメント(株)になる。その後国内製造量は増加するがそれ以上に国内工事が盛んになり需要が供給を大きく上回り、明治22(1889)年にはセメントの輸入高がピークに達した。

これ以降国内生産の伸びが大きくなり輸入は減少傾向になり、明治28(1895)年には国内需要を国内生産でまかなった上、輸出するようになった⁶¹⁾。セメント産業は国内で生産を開始してわずかに20年余で完全自給を達成した。

鉄筋コンクリート構造は欧米で1900年前後より実用化が開始され、わが国では明治36(1903)年にスラブ桁の神戸若狭橋(スパン:3.65m)、および琵琶湖疏水山科運河のメラン式桁橋(スパン:7.28m)の鉄筋コンクリート橋が架設された。橋梁下部構造ではコンクリート構造が一般的となり石積構造は急速に減少していった。大正8(1919)年には初めての鉄筋コンクリート床版(岩田橋)が施工された。昭和初年には鉄筋コンクリート橋の工事が増加し、橋梁製作工場ではコンクリート構造も手掛けた。大正15(1925)年に完成した復興局発注の東京聖橋(ア+イ)の建設には宮地鉄工所が参加している。

6. まとめ

橋梁製作の基礎的技術、設備である鉄材の加工技術は幕末の雄藩の洋式工場の他、長崎製鉄所、横須賀製鉄所、横浜製鉄所の創設によって始まった。明治に入り工部省の赤羽製鉄所や鉄道寮の新橋、神戸工場で鉄橋の桁橋から国産が開始された。

民間工場は、官営造船所払い下げの三菱長崎造船所、石川口海軍造船所(旧横浜製鉄所)などが最初で石川島造船所では都橋他の初期の民間製橋梁が製作された。

造船系工場では川崎造船所、大阪鉄工所(日立造船)、函館船渠、藤永田造船所、横浜造船所、浦賀造船所、三菱神戸造船所などが明治10年代から40年頃までに操業を開始し、陸上部門の一部として橋梁製作、架設を扱った。

専業、機械系工場は明治の後半から大正、昭和にかけて操業を開始した。汽車製造合資会社、横河橋梁製作所は造船系の石川島造船所とともに明治末年までには鉄道省の指定工場となり、鉄道省の工場とともに明治末年の鉄道橋の国産化を達成した。

大正中頃以降、道路橋の建設量の増加とともに橋梁建設技術全体における民間工場の果たす役割は増加の傾向を辿った。この間、わが国独自の職種ごとの下請け制による雇用制度を作り上げた。

民間橋梁工場の産業的な確立の一つの検証は、震災復興橋梁の建設における民間工場の果たした役割によってみることができる。

橋梁製作の関連産業としては、鉄鋼が最も自立が遅く民需用の材料供給は八幡製鉄所の操業以後しばらくの経過を要した。塗料は明治後半に日本ペイントの塗料工場が本格稼働し大正に入って自給に至り昭和初年より輸出に転じた。セメントは建設材料の中で最も国産化、民営化が早く明治20年代末には輸出に転じている。

【文献および注釈】

- 1) 例えば、製鉄分野では、三枝福音、飯田賢一：『日本近代製鉄技術発達史—八幡製鉄所の確立過程』、東洋経済新報社、1957年、飯田賢一、芹沢正雄：『わが国における近代製鉄技術の生成—土着技術と洋式技術の接点』、江戸科学古典叢書、第7巻、1977年、その他多数の論文で近代製鉄技術史の研究の一環として生産設備の変遷が扱われている。しかし、建設分野で工場製作技術や設備を建設技術の範疇に含めて扱った研究は少ない。本研究では、参考文献とし

て後に示した橋梁企業の発行した社史を基礎史料として多く参照した。

- 2) 尚古集成館編：『集成館事業のすべて』，尚古集成館，p. 7, 1989年。
- 3) 栗原隆一：幕末日本の軍制，新人物往来社，p. 97, 1972年。
- 4) 東京百年史編集委員会編：『東京百年史（第二巻）』，pp. 688-714, 1977 年。
- 5) 武田楠雄：維新と科学，岩波新書，p. 18-19, 1972年。
- 6) 工學會編：『明治工業史（造船編）』，pp. 278-283, 1929年。
- 7) 前掲 6)，p. 282。
- 8) 前掲 6)，p. 295。
- 9) 日本橋梁建設協会編：『日本の橋』，朝倉書店，p. 24, 1993 年。
- 10) 富田仁，他：横須賀製鉄所の人びと，有隣新書，pp. 11-26, 1983 年。
- 11) 金井彦三郎：鉄橋設計施工実例圖画，建築書院，1903 年。
- 12) 前掲 6)，pp. 283-284。
- 13) 石川島重工株式会社編：石川島重工 108 年史，pp. 221-225, 1961 年。
- 14) 前掲 10)，p. 42。
- 15) 工學會編：『明治工業史（化学工業編）』，pp. 508-510, 1929年。
- 16) 横浜開港資料館編：『R. H. フラントー日本の灯台と横浜のまちづくりの父ー』，1890年17)、五十畑弘：明治初期における英国からの技術移植ーR. H. フラントーの業績を通じた一考察ー，土木史研究No. 7, pp. 79-87, 1987年。
- 18) R. H. Brunton: The Japan Lights, Minutes of Proceedings of ICE Vol. XLVII, p. 10, 1877。
- 19) 『Building Japan 1868-1876』(R. H. Brunton 著)のp. 36-37 には吉田橋の建設のことが述べられている。これによればブラントンは吉田橋を孔明機と剪断機をある工場から借用して鉄板を加工した、と述べている。架設場所、燈台寮、横浜製鉄所は地理的に1km 未満に位置すること、横浜製鉄所は加工設備をもち当時すでに稼働をしていたことなどからある工場とは横浜製作所であると推測される(五十畑弘『横浜吉田橋』土木史研究, No. 11, 1991 を参照)。
- 20) 日本国有鉄道：『日本国有鉄道 100年史 通史』，pp. 20-53, 1975 年。
- 21) 工學會編：『明治工業史（鉄道編）』，pp. 231-241, 1929年。
- 22) 工學會編：『明治工業史（提要）』，pp. 16-91, 1929 年。
- 23) 前掲 20)，pp. 231-241。
- 24) 久保田敬一：本邦鉄道橋ノ沿革ニ就テ，鉄道省大臣官房，p. 9, 1934。
- 25) 前掲 6)，pp. 295-296, 360。
- 26) 前掲 13)，p. 221-278。
- 27) 前掲 13)，p. 243。
- 28) 川崎重工(株)：川崎重工の古典橋（橋梁ハフレット），pp. 11-12, 1992。
- 29) 前掲 20)，pp. 364-367。
- 30) 前掲 20)，p. 362。
- 31) 日本鋼管(株)：日本鋼管株式会社 70 年史，p. 44, 225, 1982年。
- 32) 前掲 13)，p. 308。
- 33) 前掲 4)，p. 712, 第43。
- 34) 日本橋梁建設協会編：年代別鋼橋一覽，p. 2-34, 1985年。
- 35) 岸本實編：横河橋梁八十年史，横河橋梁製作所，pp. 91-92, 95, 1987年。
- 36) 日本橋梁(株)編：『かけはし』創立70周年記念号，pp. 13, 16, 1989 年。
- 37) 前掲 33)，p. 91。
- 38) 前掲 34)，p. 13, 16。
- 39) (株)東京鉄骨橋梁製作所：東京鉄骨橋梁製作所七十年史，Ⅱ資料編，pp. 96-97, 1984 年。
- 40) (株)宮地鉄工所：M I Y A J I, 80 周年記念，pp. 45-50, 1988年。
- 41) 片山鉄工所40年略史，pp. 20-21, 1981年。
- 42) 高田機工(株)：高田機工五十年史，pp. 77, 1982 年。
- 43) 桜田機械六十年史，pp. 2-9, 1981年。
- 44) 酒井鉄工所 75 年のあゆみ，(株)酒井鉄工所，pp. 3-7, 1984 年。
- 45) 前掲 6)，p. 360。
- 46) 前掲 6)，p. 367。
- 47) 前掲 35)，p. 92。

- 48) 前掲 36), p. 13.
- 49) 前掲 13), p. 243.
- 50) 土木学会編：『日本土木史（大正元年～昭和15年）』, pp. 683-686, 1964 年.
- 51) 前掲 36), p. 18.
- 52) 前掲 39), p. 37.
- 53) 片山鉄工所40年略史(1981)、p. 21-22 によれば
罫書の神田三代吉組、孔明けの菅組、絞紙の川
岸組、鷹の三島組、塗装の野島組など11の下請
けがトイチ(11)会を組織していたとある。
- 54) 前掲 43), p. 8.
- 55) 工學會編：『明治工業史（機械編、地学編）』
pp. 90, 1929 年.
- 56) 工學會編：『明治工業史（鐵鋼編）』, pp. 18-
35, 1929年.
- 57) 岩波講座『日本歴史17, 近代4』, pp. 68-77,
1976年.
- 58) 海野福寿編：『技術の社会史3 - 西欧技術の移
入と明治社会-, pp. 55-60, 有斐閣, 1982年.
- 59) 日本ペイント(株)：日本ペイント110 年史,
pp. 38-43, 1992年.
- 60) 前掲 15), pp. 508-510.
- 61) 前掲 4), pp. 691, 693, 712.
- 62) 前掲 22), p. 44.