

歴史の散歩道(54)



我が国における蒸気動力技術の展開②

幕末、明治初期における技術導入過程

A Short History of Steam Power Technology in Japan Vol. 2
Technology Transfer of Boilers and Steam Engines
during the Late Edo to the Early Meiji Period

小 澤 守*
Mamoru Ozawa

1. 我が国を取り巻く国際情勢

我が国は鎖国令の下で一般国民の出入国や諸藩による自由な通商は禁じられ、かろうじて長崎出島でオランダを通じて、西欧諸国の状況を窺っていた。本稿第1回目(2025年5月号)に述べたように、蒸気動力技術を始めとする西欧の近代文明は18世紀から19世紀にかけて大いに花開いたのであり、わが国はその大きな流れからは切り離されていたのである。とはいえオランダ船によってもたらされる近代科学技術の情報は当時のわが国の知識人にとって大変興味深いものであったろう¹⁾。

蒸気動力応用の蒸気船建造の試みが早くも1787年にJames RamseyやJohn Fitchによって行われたが、実用に供する蒸気船は20年後のRobert FultonのClaremont号であり、両舷側に設置したパドル(外車)で推進した。搭載されたボイラはレンガ積み火炉に載せたBoulton-Watt商会のワゴンボイラであった。その後1822年には英国海軍初のHMS Cometが進水、それ以降も続々と蒸気軍艦が建造されるようになる。そのような時期にオランダに替わって世界的なヘゲモニーを握った英国の蒸気船等が我が国沿岸に出没し、遂には琉球那覇港に入港するなどには慌しくなった。

2. 海外技術の導入

海外ではすでに多くの蒸気機関や蒸気船に関する書籍が発刊されており、オランダを通じて我が国にもたらされた代表的なものとして、G. J. Verdam²⁾やH. Huygens(Huijgens)^{3, 4)}の著書などがあった。この時期第1報で述べたように英国を中心として西欧では高圧機関が出現しており、関連して多数の報告書や書籍⁵⁻⁸⁾が出版されていた。製鉄関連としてはU. Hugueninの『ロイク王立鉄製大砲製造所における鑄造法⁹⁾』(翻訳タイトル『鉄煩鑄鑑』、『西洋鉄煩鑄造篇』、『鉄煩全書』、さらには『鉄砲全書』、『煩鉄新書』¹⁰⁾など)が非常に重要であろう。

このような状況の中で幕府は当初異国船の打払令(1825年)を決定した。しかし1853年7月に米国のMatthew Calbraith Perryが軍艦4隻(蒸気艦2隻)を率いて浦賀に来航して通商貿易を求めたことから、幕府は翌年横浜にて通商条約を締結し、長崎のほかに下田と函館の2港を開港した。ロシアのJevfimij Vasil'jevich Putjatinも蒸気軍艦2隻を含む4艦を率いて長崎に入港、樺太の境界線の決定と開国通商を求め、日露和親条約(1855年)、日露修好通商条約(1858年)が締結された。同年、幕府は世界の趨勢から鎖国の維持が困難と判断し、函館、神奈川、兵庫、長崎、新潟の5港を開くことになった。さらに大船の建造もしくは外国より購入することをも許可し、急ぎ海軍の整備に努めた。

これより先に佐賀鍋島藩ではHugueninの著書⁹⁾を翻訳するなどして1850年の10月には洋式砲鑄工場を建設、反射炉を築造、1852年末には鑄砲を完成させた。一方、薩摩藩の島津斉彬は箕作阮甫に命じてVerdamの著書²⁾を翻訳させ『水蒸船説略¹¹⁾』(1849年)を完成、蒸気船の建造に着手し、1851年には江戸と鹿児島城内でその模型を造った。また佐賀と同様に反射炉の建設や製造工場としての集成館を建設した。

菊池俊彦の解説¹¹⁾によれば、箕作はVerdamの著書²⁾のすべてを訳出したのではなく、『水蒸船説略』に収録したのは低圧機関(軽圧機関)の部分のみであり、さらには『舶用水蒸機盤考卷之一』としてH. HuygensのScheeps-Stoomwerktuig³⁾の蒸気機関の原理を訳出している。また現在残っている『水蒸船説略』には図がなく、菊池は原書の図版をそのまま利用したのではないかと推論している。国会図書館や静岡県立図書館葵文庫にはVerdamやHuygensの著書など多数が収蔵¹⁾されていることから、箕作は蒸気船に関連してVerdamの著書²⁾のみならずその他多くの蘭書を参照したものと考えてよい。

3. 薩摩、佐賀藩の動向

薩摩藩では模型製作に成功したのを受けて、本格的な蒸気船建造を計画し、1854年に着手、同時に関係者を長崎

*関西大学名誉教授

E-mail: ozawa@kansai-u.ac.jp

に派遣してオランダ船の見学をさせるなど様々な研究も行った。そして1855年に田町の藩邸で船用蒸気機関が完成、鹿児島から輸送した長さ16.4 m、巾3.33 mの越通船（洋式の小船）に搭載し、試運転に成功。これを運行丸と名付けた。帝国海軍機関史¹²⁾によれば機関は計画では45 HPの図1に示すサイドレバー外車機関、黄銅製のシリンダ2個、ボイラは6.4 mm程度の銅板製、注射（噴射）式復水器は9.5 mm程度のやはり銅板製であったという。運行丸の機関は1873年（明治6年）兵学寮におかれたが、1891年に地金同様払い下げたという。

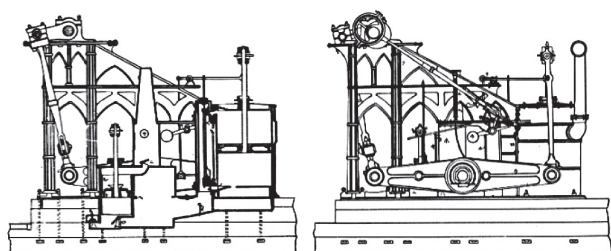


図1 運行丸の機関¹²⁾

Verdamの著書²⁾に蒸気機関として掲載されているのは、図1とは異なり、ビーム機関である。升本¹³⁾によれば、運行丸の機関と考えられている図1はHuygensの図面¹⁴⁾と完全に一致し、薩摩藩邸で製造されたのは、実際にはHuygensの著書とその図面に従って作成されたとするのが妥当という。そうであれば、運行丸のボイラは図2¹⁴⁾に示す角缶（角形煙管ボイラ）であった可能性が高い。

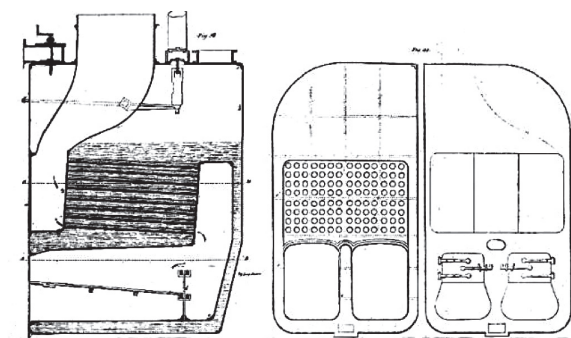


図2 Huygensの著書¹⁴⁾に記載の角缶

薩摩藩は雲行丸建造を通じて蒸気船の建造はかなり困難であることを実感したが、ヤスリとハンマーで何とか動く蒸気船が製造できたのは、不十分ながら日本の技術レベルが徐々に高かったからであり、そしてそのためにこそその後急速に発展したのである。

佐賀藩は1850年にHugueninの前記の著書⁹⁾を参考に築地反射炉を建造し、1852年には36ポンド鉄製大砲の鋳造に成功している¹⁰⁾。さらに1858年に三重津海軍所の前身である船手稽古所を設置。これは長崎海軍伝習所閉鎖のあと海軍伝習の受け皿として機能した。1861年には同所に汽缶製造所を設置し、1865年に木製外車汽船「凌風丸」

竣工。長さ18.2 m、巾3.3 m、10馬力¹⁰⁾。なお機関や汽缶の詳細は不明である。

4. 海外技術の導入

幕府は世界情勢を鑑みて海軍創設を決定し、オランダに軍艦購入を依頼した。オランダは我が国海軍の創設に協力するとともに1855年にはSoembing（スンピング号）を幕府に贈呈した。幕府はこれを「観光」と改称し、日本最初の軍艦となった。幕府はこれを練習艦として長崎にて海軍伝習を始めた。

観光の仕様は次の通り^{12, 15)}である。製造：1850年（嘉永3年）オランダ製、船体：木製、長さ51.8 m、巾9.1 m、720 ton、3 檣スクーナコルベット型、図3に示すように主機関は軽圧（低圧）揺動機関、ピストン速度1.02~1.12 m/s、出力は150 HPで外車推進、ボイラ本体は鉄製で銅管の煙管を持つボイラ2缶、使用圧力0.034 MPaG、復水器は注射式。

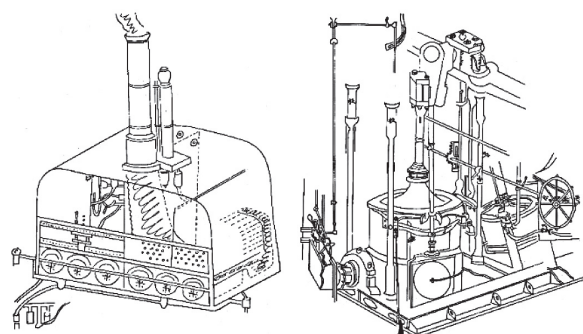
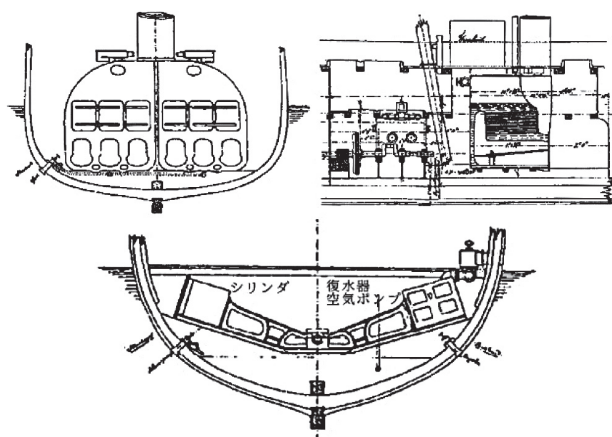
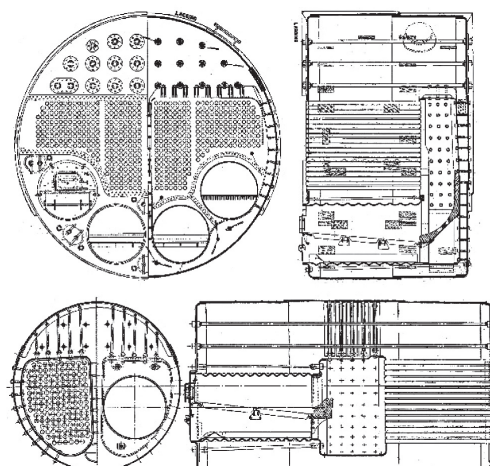


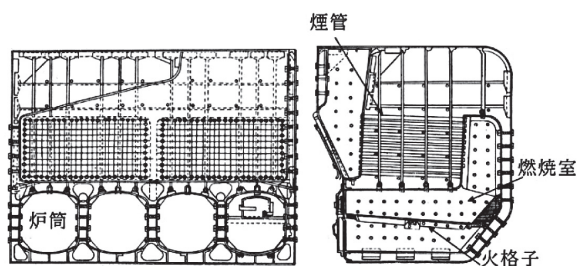
図3 観光の角形ボイラと軽圧揺動機関¹²⁾

安政4年（1857年）3月、幕府は江戸にも軍艦操練所を設け、観光は練習艦となるために回航された。オランダに注文していた軍艦2隻のうち、「咸臨」が長崎に到着し、しばらく教育に使用したのち、これも江戸軍艦操練所に回航された。長崎製鉄所用の機械器具を運んできた英艦Katharina Theresaを買収して「鵬翔」と命名し、練習艦として利用。さらに1858年に咸臨の姉妹艦「朝陽」が到着したので練習艦として使用し、鵬翔についてはこれを江戸の操練所の練習艦となった。同年7月、英船4隻が江戸に来航し、Emperorを将軍に献上した。幕府はこれを「蟠龍」と命名、練習艦とした。1859年には朝陽も江戸に回航し、長崎の海軍伝習は終了となった¹⁵⁾。

図4に咸臨のボイラと機関、その配置を示す。元網¹⁶⁾によれば1シリンダ・1復水器ユニット2組を左右に斜めに配置した直働機関で、ボイラは角缶、圧力は0.103 MPaであったという。図4のボイラ、機関配置はHuygens¹⁷⁾による図とほとんど一致し、なおかつ、Huygensの図は1869年（明治2年）に沼津海軍学校の教科書『蒸気器械書』¹⁸⁾に掲載の図とも一致する。

図4 咸臨のボイラ，機関配置および機関室断面¹⁶⁾図6 高円缶（上）と低円缶（下）²⁰⁾表1 幕末期に輸入した蒸気艦船^{12, 15, 19)} (抜粋)

受入年	和暦	艦船名	原名	所有藩	種類	排水量 t	機関形式	ボイラ	圧力 MPaG	復水器	馬力	製造
1855	安政2	観光	Soering	幕府	木造外車	400	軽圧揺動	角缶, 2基	0.034	注射式	150	和蘭
1857	安政4	咸臨	Japan	幕府	木造螺旋	625	斜置直働1汽筒, 2基	角缶, 2基	0.103	注射式	100	和蘭
1858	安政5	朝陽	Edo	幕府	木造螺旋	625	斜置直働1汽筒, 2基	角缶, 2基	0.103	注射式	100	和蘭
1858	安政5	蟠龍	Emperor	幕府	木造螺旋	370	トランク式, 2汽筒	2炉筒円缶, 1基	0.103	注射式	128	英国
1865	慶応1	富士山	—	幕府	木造螺旋	1000	直働, 2基	円缶, 2基			360	米国
1867	慶応3	甲鉄 (東)	Stonewall Jackson	幕府	木造装甲螺旋	1800	直立直働, 2基	円缶, 2基			1200	仏国
1867	慶応3	開陽	—	幕府	木造螺旋	3000	横置トランク式, 2基	角缶, 2基			400	和蘭
1864	元治1	乾行	Stork	薩摩	木造螺旋	523	横置2汽筒	角缶, 2基			150	英国
1867	慶応3	春日	Kiangsoo	薩摩	木造外車	1015	揺動2汽筒	5炉筒角缶, 4基	0.103	注射式	1200	英国
1868	慶応4	孟春	Eugenie	佐賀	鉄骨板暗車	357	斜動2汽筒, 2基	1炉筒角缶, 2基	0.115	注射式	120	英国
1868	明治1	日進	—	佐賀	木造螺旋	1468	横置還働, 1基	角缶4基	0.159		710	和蘭

図5 角形煙管ボイラ (4炉筒の例)¹²⁾

幕末期に幕府及び薩摩と佐賀の2藩が海外から導入した艦船の中で少なくともボイラの形式が明らかな例を表1に示す。幕府の輸入蒸気船24隻中に軍艦8隻（外車2，螺旋6），運輸船16隻（鉄製外車4，木造外車3，鉄製螺旋5，木造螺旋4）となっている。なお螺旋とはスクリュウ推進をいう。薩摩藩は全体で16隻，佐賀藩は4隻，その他諸藩で40隻，不明が数隻，合計約90隻である^{12, 15, 19)}。全体として，ボイラ，機関などについて不明のことが多い。使用されていたボイラは角缶が多く，円缶と記したのは現在という炉筒煙管ボイラ（1パスあるいは2パス）である。この当時蒸気圧力は0.103 MPaG程度，復水器もほとんど

が注射型（噴射型）であった。

ここで当時多く用いられたボイラについて説明しておく。図5は角形煙管ボイラで，低圧用である。火格子上に石炭を投入し，炉筒で発生した熱エネルギーの一部は炉筒周囲の水に与えられ，発生した燃焼ガスは炉筒後部から前部に向かって設置された煙管を通過して冷却され，煙道へ導かれる。一方円缶は角缶に比べて高圧向きで，図6に示す高円缶（high-type of high-pressure boilerまたはreturn-tube boiler，2パス）と低円缶（low-type of high-pressure boilerまたはthrough-tube boiler，1パス）の2種類がある。一般に前者はScotchボイラと呼ばれている。機関は咸臨の図4に示した斜置直働機関（Direct acting engine）のほか横置直働機関，揺動式機関（Oscillating engine），横置還働機関（Return connecting engine），トランクピストン機関（Trunk-piston engine）などで，以下の図7～10に示しておく。なお帝国海軍機関史¹²⁾に掲載されているこれら図面と，Sennett & Oram²⁰⁾およびJamieson²¹⁾の挿図が同じである。このことは西欧からの技術導入過程であった証左でもある。

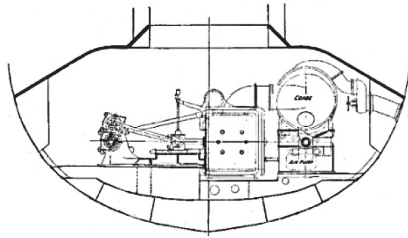
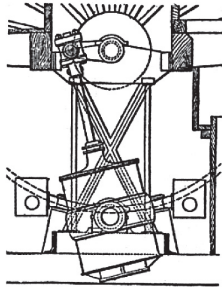
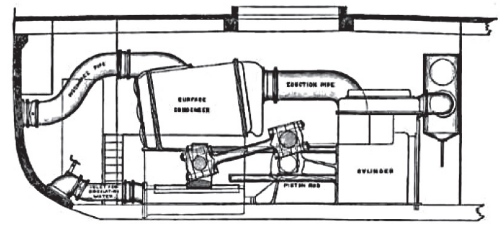
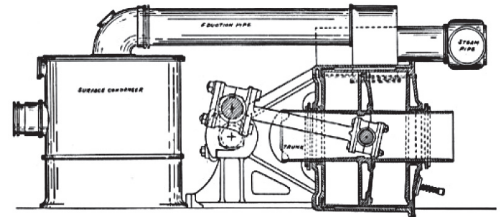
図7 横置直働機関（直結合機関）^{12, 20)}図8 揺動型機関（春日に搭載）¹²⁾図9 横置還働機関^{12, 20)}図10 トランクピストン機関^{12, 20)}

表2に旧幕時代の保有蒸汽船数を示す。ここで挙げたのは83隻であるが、これ以外に汽船なのか帆船なのか不明なものが20余件あるという。艦船の導入は当初オランダが先行するが、後には英国が群を抜いて多い。なお海外から導入した中には直ちに修理が必要な、廃船に近いものであった¹²⁾という。後進国の宿命ともいえるが、逆に修理によって各造船所では西欧の技術習得が大いに進んだともいえる。

5. 造船所の建設

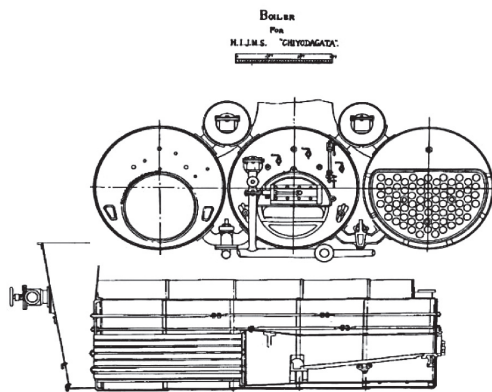
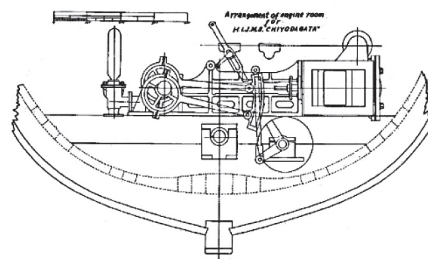
艦船を購入しても当初は修理もできなかったが、必要な工作機械など設備を順次整え、部品供給が可能になれば修理のみならず新規造船も可能になってくる。その典型的な事例をいくつか述べておきたい。

幕府は艦船の修理、造船・造機のために以下の造船所を建設した¹⁵⁾。

- (1) 浦賀造船所（1854年）：洋式3檣帆船鳳凰丸を起工。観光、咸臨、朝陽などの艦船修理工場として建設。1859年に我が国最初の乾船渠（ドライドック）が建設された。明治維新とともに閉鎖されたが、後に浦賀船渠、浦賀重工業、そして住友重工業へと移行。
- (2) 石川島造船所：水戸斉昭が1856年に木造バーク型帆船旭日丸（長さ24.1 m）を建造、後に砲艦千代田形が建造される（1866年）。
- (3) 長崎製鉄所（飽の浦に開設した艦船の修理及び造船、造機の工場）：オランダ人Hendrik Hardesが工事全般を監督して1856年に起工。当初は「長崎熔鉄所」。この鋳鉄所では艦船の修理や50 HP程度の船用機関を製造。軍艦観光のボイラ換装を行い、1857年には汽船瓊浦形（長さ27.3 m、巾5.5 m）竣工（機関の詳細不明）。鋳鉄所の機械設備は咸

表2 旧幕時代の我が国の所有蒸汽船数表^{12, 15)}

西暦	和暦	和蘭	英国	米国	佛国	普国	不明	日本	合計	日本船備考
1855	安政2年	1						1	2	8月竣工の雲行丸(薩摩)
1856	安政3年								0	
1857	安政4年	1						1	2	5月竣工の瓊浦形(幕府/長崎)
1858	安政5年	2	1						3	
1859	安政6年							1	0	内車小汽艇(宇和島)
1860	万延元年		2						2	
1861	文久元年							1	0	先登丸(長崎2番船)
1862	文久2年		6	3					9	
1863	文久3年		9	4					13	
1864	元治元年		8	2	1				11	
1865	慶応元年		6	2				1	9	10月竣工の凌雲丸(佐賀)
1866	慶応2年		13	2		1	1	2	18	5月竣工の千代田形(幕府/船体は石川島、機関は長崎)及び横須賀製鉄所向け小汽艇(横浜製鉄所)
1867	慶応3年	1	7				1		9	
1868	慶応4年		2						2	
合計		5	54	13	1	1	2	7	83	

図11 千代田形のボイラ¹²⁾図12 千代田形の機関配置¹²⁾

臨（ヤッパン，Japan）がオランダから回航される際に運搬してきた機械装置類（選定はさきのH. Huygens），蒸気機械缶，旋盤，穿孔機，螺旋盤，鉄床，蒸気槌，蒸気唧筒車など。1860年に上棟式を行い長崎製鉄所と改称。1861年竣工。鍛冶場，工作場，鋸鐵場の3工場に当時最新の工作機械類を設置。機械，鍛冶，木型等についてオランダ人技師が協力²²⁾。

(4) 横浜製鉄所：江戸湾内に海軍工廠設立を計画。実施にあたって佛国海軍技師François Léonce Vernyが原案作成。海軍修理工場は横浜，海軍工廠は横須賀が適当であると決定。横浜本村に発動汽機室，鍊鉄，鑄造，模型，旋盤，製缶，木工，製帆，船具等の工場を建設。機械類は米国より購入したもの及び佐賀藩が幕府に献納した製鉄機械の一部を据付。1865年竣工。当時最新鋭の艦船修理工場として活躍したほか，新造工事にも従事。1868年には明治新政府に引継がれ，大蔵省，工部省の管理に移つるも，間もなく廃止。

(5) 横須賀造船所：横須賀造船所もVernyの設計によって1865年に起工。初めの計画では船渠2か所，船台3か所，鍊鉄，模型，旋盤，組立，製缶，木工，製帆，船具，製鋼

の各工場，試験所，治療室及び技師や職工等の伝習学校までも組み込む。工場用機械としては，石川島造船所拡張用としてオランダを通じて購入したもの及び佐賀藩より幕府に献納された機械の一部を据付。1871年竣工。1868年明治新政府の所管。のちに横須賀海軍工廠となる。

幕府は1861年6月軍艦千代田形の製造を決定し，石川島造船所にて1862年に起工，1863年に船体が完成した。長崎製鉄所で製造した機関（図11，12）を搭載して1866年12月，軍艦千代田形が竣工した。長さ29.6 m，巾4.9 m，排水量158 tonの木造砲艦で，横置歯車式機関1基（推定60 HP，速力5 kn）^{12, 15)}。日本人のみで建造した最初の軍艦。なおボイラは佐賀藩の三重津造船所で製造した²³⁾。

機械要目^{12, 15)} は次の通りである。

シリンダ2個，シリンダ直径0.4 m，ピストンの行程0.4 m，回転数67 rpm，2翼普通形青銅製螺旋推進器の直径1.68 m，低円缶3缶，円缶の直径1.39 m，長さ4.24 m，各缶1炉筒，最高使用圧力0.262 MPaG，復水器なし。

加賀藩は購入汽船の修繕のために当初能登七尾港に工場を建設したが，造船には不適とのことで機械類を兵庫に移し阪神地区に必要な小蒸気船の製造や修繕を行っていた。明治新政府のもとで工部省の所管となり，後の川崎造船所につながる。その他多くの藩が造船所や修繕工場を建設したが，廃藩置県の際に明治新政府は諸藩の艦船をすべて新

表3 軍務官，兵部省期に購入外国船（21隻中11隻）^{12, 15)}

購入年月 西暦	和暦	竣工	艦船名	製造国	主機関の形式	ボイラ	蒸気圧力 (MPaG)
1868	明治1	1867	第一丁卯	英国	横置直働機関	角缶2	0.152
1868/5	明治1	1867	第二丁卯	英国	横置直働機関	角缶2	0.152
1868/9	明治1	1868	延年	英国	複暗車機関		
1869	明治2	1866	大阪丸	英国	直立機関	フリュー ボイラ (煙管 缶)1	
1869/1	明治2	1868	鳳翔	英国	横置単膨張2シリンダ機関		0.172
1869/2	明治2	1864	甲鉄/東	佛国	直立直働2螺旋機関	チューブ ラルボイ ラ(煙管 缶)2	
1869/4	明治2	1870	雲揚	英国	横置直働2シリンダ機関		0.115
1870/3	明治3	1869	龍驤	英国	横置直働2シリンダ機関	角缶4	0.145
1870/4	明治3	1869	日進	蘭国	横置直働2シリンダ機関	角缶4	0.159
1871/7	明治4	1854	東京丸	米国	横置直働単膨張2シリンダ機関		
1871/9	明治4	1851	筑波	英国	横置単膨張2シリンダ機関	角缶2	0.172

政府のもとに吸収し、諸藩によって建設された造船所の多くは消滅していった。

6. 明治初期の状況

大政奉還（1868年）によって徳川家は70万石の静岡藩となったが、海軍力増強を目指した従来の延長線上で沼津に海軍学校を創設した。後にこの学校から蒸気機関に関する教科書『蒸気器械書』¹⁸⁾が出版されることになる。これはHuygensの著書^{4, 17)}のいわば翻訳版であるが、広く造船造機技術を植え付けたいとの熱意が感じられる。その一方で海軍力の整備が喫緊の課題と判断した明治政府は依然として英国を中心として多くの艦船を購入することになる。明治新政府は初期にはこれら艦船については軍務官の職掌とし、後に兵部省に移管され、最後には海軍省の所管（1872年）となる。表3は海軍省に移管される前の輸入船の機関、ボイラの一覧^{12, 15)}である。この時期の機関は螺旋推進、復水器は注射式で、直立機関は少なく横置直働2シリンダ単膨張機関が最も多い。ボイラは機関が単膨張であることから明らかなように、0.15 MPaG程度の低圧角缶が中心であった。

参 考 文 献

- 1) 蘭学資料研究会編；江戸幕府旧蔵洋書目録（1951）。
- 2) G. J. Verdam; Volledige verhandeling over de Stoomwerktuigen, W. van Boekeren, Groningen (1832) (蒸気機関精説, 国内にあるのは1837年版)。
- 3) H. Huygens (または Huijgens); Handleiding tot de Kennis van het Scheeps-Stoomwerktuig, Wed. G. Hulst van Keulen, Amsterdam (1847) (船用蒸気機関説案内)。
- 4) H. Huygens; Bijdrage tot de Kennis der Schroef-Stoomwerktuigen van de Nederlandsche Marine, Wed. G. Hulst van Keulen, Amsterdam (1856)。
- 5) Robert Stuart; Historical and Descriptive Anecdotes of Steam-Engines, Wightman & Cramp, London (1820)。
- 6) John Farey; A Treatise on the Steam Engine, Longman, Rees, Orme, Brown and Green, London (1827)。
- 7) John Bourne; A Treatise on the Steam Engine, Longman, Rees, Orme, Brown and Green, London (1846)。
- 8) William John Macquorn Rankine; A Manual of the Steam Engine and other Prime Movers, Charles Griffin & Co., London (1859)。
- 9) U. Huguenin; Het gietwezen in 's rijks ijzer-geschutgieterij te Luik, met betrekking, zoo tot het vervaardigen van geschut, projectiles, enz., als tot de gebruikt wordende ijzersoorten en derzelver bewerking, A. Kloots en Comp., 's Gravenhage (1826) (ロイク王立鉄製大砲鑄造所における鑄造法)。
- 10) 幕末佐賀藩の科学技術編集委員会編；幕末佐賀藩の科学技術, 上, 下2巻, 岩田書店 (2016)。
- 11) G. J. Verdam原著, 箕作阮甫訳；水蒸船説略, 江戸科学古典叢書46, 軍艦図解/水蒸船説略, 恒和出版 (1983)。
- 12) 日本船用機関史編集委員会編；帝国海軍機関史 (上), 原書房 (1975)。
- 13) 升本清；幕末の蒸気船, 蘭学資料研究会, 研究報告, 第121号 (1962)。
- 14) H. Huygens; Scheeps-Stoomwerktuig; Atlas, Wed. G. Hulst van Keulen, Amsterdam (1847)。
- 15) 日本船用機関史編集委員会編；日本船用機関史 (蒸気往復機関編), 未公表資料, 執筆は長坂政二, 堀田秀夫, 中村寿夫など。関連資料：石谷清幹, 当学会の日本船用機関史編集事業, 船用機関学会誌, Vol. 11, No. 8 (1976), pp. 672-675および石谷清幹, 幸田功, 堀田秀夫, 長坂政二, 商船用主機をめぐる明治前半期諸状況, 船用機関学会誌, Vol. 20, No. 3 (1985), pp. 213-220。
- 16) 元網数道；幕府軍艦咸臨丸の要目について, 日本造船学会誌, No. 874 (2003), pp. 530-533。
- 17) H. Huygens; Schroef-Stoomwerktuigen; Atlas, Wed. G. Hulst van Keulen, Amsterdam (1856)。
- 18) 海軍学校編；蒸気器械書 (1869)。
- 19) 坂本賢三；幕末期輸入船とその主機, 日本船用機関学会誌, Vol. 18, No. 6 (1983), pp. 456-464。
- 20) R. Sennett, H. J. Oram; The Marine Steam Engine, Longman, Green, and Co., London (1899)。
- 21) A. Jamieson; Text-Book on Steam and Steam Engines, Charles Griffin and Co., London (1897)。
- 22) 三菱造船(株)長崎造船所職工課；三菱長崎造船所史 (1) (1928)。
- 23) 幕末佐賀藩の科学技術編集委員会編；幕末佐賀藩の科学技術, 下巻, 岩田書店 (2016), pp.274-275。