

明治期における石油製油技術の発展*

石 田 文 彦** 石 井 太 郎***

- 1 はじめに
- 2 原油成分と製油について
- 3 製油技術の導入と普及
- 4 製油技術の近代化
- 5 石油製品の市場と用途
- 6 おわりに

1 はじめに

灯油ランプがわが国に現れたのは江戸末期であった。明治になると、植物油より明るくて安価な輸入灯油ランプは、文明開化の象徴として急速に普及するとともに、石油産業が勃興した。しかしながら、石油の主たる需要は消費物質の灯油であり、その多くは輸入品であったために、石油産業が産業に占める比重は現在と比較にならないほど小さかった。このために、石油産業は政府の殖産興業政策の対象にならず、新潟県の地場産業として民間主導で開発が進められた。

著者は既報⁽¹⁾において明治・大正期の採油業を述べたが、本報告では明治期の製油業について論述する。石油産業の先行研究については既報⁽¹⁾で述べたので、とくに製油業の研究状況について述べる。従来、わが国への洋式製油の導入については、『北越石油業発達史』に、伝説によ

* 2002年7月21日受理, 大鳥圭介, 洋式製油, 蒸留釜, 灯油, 民間企業, 1999年6月19日の日本産業技術史学会15回年会で講演

** 上越教育大学

*** 上越教育大学大学院

(1) 石田文彦・石井太郎 “わが国における石油井戸掘削技術の発展”, 『技術と文明』第23冊12巻2号, 2001年, 1—25頁。

ると「石坂周造氏其石油会社の支社を長岡に置き小見観止なる人主任となり明治6年同所に一石釜を据付け翻訳書や米国人の伝授により始めて洋式の製油を為し(後略)⁽²⁾」とあるが、技術内容は不明であり、実証性も乏しく、「“西洋式製油法”がいかなる経路で伝来し、一般化したかは、従来までの研究では明らかにされていない。」⁽³⁾という研究状況である。また、明治前期の製油業については、『北越石油業発達史』⁽²⁾、および『日本石油史』⁽⁴⁾と『宝田二十五年史』⁽⁵⁾の杜史に準じており、「越後における製油技術は、幼稚で、遅れたままの状態で明治30年初頭まで持ち越された。」⁽⁶⁾とされ、史実の断片が述べられている程度である。わが国の近代石油産業の成立は、綱掘の普及により原油の生産量が急増し、日本石油柏崎製油所の建設により近代的製油技術が導入され、さらに北越鉄道の開通により越後石油の販路拡大が可能になった明治30(1897)年代初頭とされている⁽⁷⁾。しかしながら、この時期に導入された近代的製油技術に関しては、「日石(日本石油/引用者)製品の品質が高まった背景に、1899年の柏崎製油所建設とその後の拡張工事に代表される、精製部門の改良があったと考えられる。この点に関する詳細は技術史的視点も含めて今後の課題としたい(後略)⁽⁸⁾」と指摘されているように、技術史の視座からの研究はなされていない。

本研究では、明治期において新潟県を中心に展開された製油技術を論究する。主たる論点は、①土着のランビキ(alembic)法と洋式製油法の比較、②洋式製油法の導入と普及の経路、③明治30(1897)年頃までの製油技術、④明治30(1897)年代初頭に導入された近代的製油技術、⑤石油製品の市場と用途等である。

2 原油の成分と製油について

原油は各種炭化水素の混合物であり、飽和炭化水素のパラフィン系炭化水素 C_nH_{2n+2} とナテン系炭化水素 C_nH_{2n} および不飽和炭化水素のオレフィン系炭化水素 C_nH_{2n} を主成分とし、その他の炭化水素および酸素・窒素・硫黄等の化合物等から成る⁽⁹⁾。製油とは原油中のパラフィン系

(2) 門馬豊次『北越石油業発達史』、鉱報社、1909年、148頁。なお、以降、引用文の旧漢字は常用漢字に直す。

(3) 奥野英雄「石脳油基業記」、『石油文化』、石油文化社、1962年8月、40頁。

(4) 伊藤一隆編『日本石油史』、1914年。日本石油に関する記述は、同書によるところが多く、煩雑を避けるためにしばしば引用であることを省略した。

(5) 宝田石油株式会社臨時編纂部編『宝田二十五年史』、1920年。宝田石油に関する記述は、同著書によるところが多く、煩雑を避けるためにしばしば引用であることを省略した。

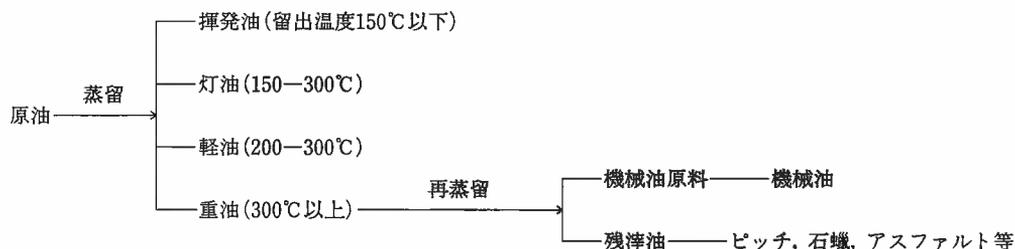
(6) 井口東輔編『石油』、『現代日本産業発達史』II、交詢社、1963年、87頁。

(7) 例えば、森川英正「わが国石油業発達史覚え書」、『経済志林』7巻1号、法政大学、1970年、23—42頁、伊藤武夫「新潟県近代石油業の成立—若干の準備的考察—」、『新潟県史研究』第4号、新潟大学、1971年、53—63頁、阿部聖「近代日本石油産業の生成・発展と浅野総一郎」、『中央大学企業年報』第5号、1988年、141—181頁、内藤隆夫「日本石油会社の成立と展開—日本における「近代石油産業」の成立—」、『土地制度史学』第158号、1998年、32—48頁。

(8) 内藤隆夫「日本石油会社の成立と展開—日本における「近代石油産業」の成立—」、『土地制度史学』第158号、1998年、44—45頁。

(9) 明治期には一般には「製油」と称したが、化学者は「精製」と称し、洋書にある refine は「精製する」と翻訳した。しかしながら、昭和になると一般も「精製」と称した。本論文では「製油」とする。

炭化水素とナフセイン系炭化水素を取り出し、所望の製品にすることである。原油から所望の成分を抽出するには、原油を徐々に加熱して蒸留し、炭化水素成分の沸騰点の差を利用して、図一1のように分留する。



図一1 原油の分留系統図

150℃以下で留出する炭化水素の混合成分を揮発油（ボーマ比重50—90度）、150—300℃での留出を灯油（40—45度）、200—300℃での留出を軽油（商用後で灯油と重油の中間油）（27—33度）、300℃以上での留出を重油（15—24度）と称し、残滓油の重油を再蒸留して機械油等を得る。洗浄はこれら留出物に硫酸、苛性曹達および水を加えて不純物を除去する工程である。硫酸は主に不飽和炭化水素のオレフィン系炭化水素と化学反応し、また苛性曹達はナフテン酸、フェノール、および硫酸洗浄で生じた硫酸エステル、スルホン酸と残留硫酸等と化学反応し、これら不純物との反応化合物は沈殿して除去される。

3 製油技術の導入と普及

(1) 土着のランビキ

原油は昔から灯火用として利用されていたが、燃焼時の悪臭と煤煙のために、利用者は採油地近辺の主として下層階級の住民に限られていた。伝説によると、わが国で原油を初めて蒸留したのは新潟県西蒲原郡吉田村の蘭方医喜斎で、嘉永5（1852）年にランビキ⁽¹⁰⁾と称する蒸留器で原油を蒸留し、その留出油を薬用とした。これにヒントを得て、同刈羽郡妙法寺村の石油稼行業者西村穀一が阿部新左衛門とともに、原油をランビキで蒸留し、灯油を販売したとされている。また、安政5（1858）年頃長野市の浅川真光寺で新井藤左衛門が、佐久間象山の指導によりランビキで灯油を製造したとの記録があり、そのランビキ法は「大きな釜に原油を入れてこれを熱し、その上をかめで蓋をし、かめの口径は釜の縁と合い、かつその内縁に溝を作り、これから外側に導いた一管に、蒸気から液化した石油が流出するのである。」と記載されている。⁽¹²⁾

(10) ランビキとは、16世紀に蘭方医学とともに伝来した、傷口の洗浄用蒸留酒の製造等に用いられた蒸留器のことで、ポルトガル語の *alanbique*（蒸留の意味）を「欄引き」と訳した訳語である。1657年刊『本朝食鑑』には、すでにランビキによる焼酎製造が図示されている。

(11) 前掲(2)、146—147頁。

(12) 八木貞介・八木健三『上水内郡地質誌』、長野県上水内教育会・古今書院、1958年、357頁。なお、長野県松代町松代小学校の佐久間象山遺品に蒸留器がある。

⁽¹³⁾石坂周造は明治4(1871)年にわが国における最初の石油会社である長野石炭油会社(後に長野石油会社と改名)を設立し、採油と製油を業務とした。製油所を長野市北石堂町にある刈萱山西光寺に設置し、ランビキ法により灯油を製造し、販売した。明治5(1872)年の作業報告書『石油石炭略説』に記載の製油装置を図-2に示す。

「精製之方法」は、「径二尺ノ釜元油四斗五升ヲ入
胴器械ヲ釜上ニ置キ目ヌリ土ヲ用ヒ気ノ洩ヲ止メ胴
器上ノ水張エ水ヲ入レ竈裏エ炭火ヲ接シ逐々釜油沸
騰ノ気アルニ從テ蒸留ス(後略)」⁽¹⁴⁾とある。すなわち、
竈に径2尺・容量0.45石(1石は180リットル)の釜を
のせ、釜上に置かれた銅製円筒の頭部は逆円錐で、
その内壁には留出油の溜まる樋がある。釜に張った
原油を加熱すると、油蒸気は水を張った逆円錐部で
冷却されて液化し、樋に溜まった油はレトルトを経

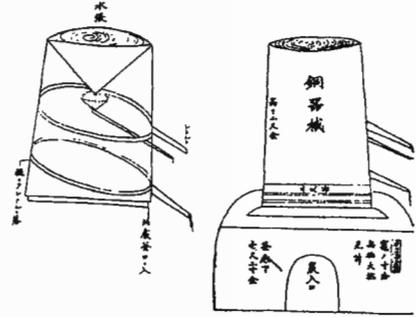


図-2 ランビキ

出典：『石油石炭略説』、前川周治『石坂周造研究』、三秀社、1977年、158-159頁に所収。

て外部に取り出される。創業1年間の製油量は189石とある。新井藤左衛門のランビキと比較すると、冷却部が甕から水冷された銅製円筒となり、冷却効率をよくしてある。

明治10(1877)年の内国勸業博覧会に出品された、長野県水内郡妻科村の石油会社の石油蒸留機を図-3に示す。

装置は歯車による回転軸で操作され、原油貯桶(ト)の原油をポンプにより蒸留釜(ハ)に送り、留出油を貯桶(ニ)に貯め、洗浄桶(ル)で攪拌しながら硫酸洗浄⁽¹⁵⁾とあり硫酸洗浄が取り入れられている。

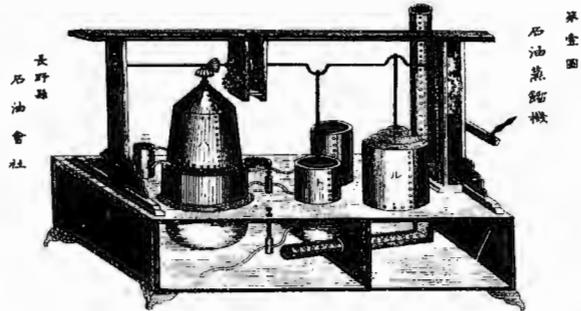


図-3 石油蒸留機

出典：『明治十年内国勸業博覧会出品解説 第4区 機械図式』第11巻、1頁、藤原正人編『明治前期産業発達史資料』第7集(4)、明治文献資料刊行会復刻、1963年に所収。

東京大学理学部化学科学生の甲賀⁽¹⁶⁾宣政は、明治12(1879)年に新潟、長野、静岡の製油所を調査し、結果を論文“本邦石油精製工業論”⁽¹⁷⁾に発

(13) 1832年信濃国に生まれる。幕末に尊攘運動に加わり、山岡鉄太郎の知遇を得る。宣教師タムソンの勧めで石油開発に転身し、長野、新潟、静岡にまたがって石油業を行うが、1899年新潟県西山油田の鎌田3号井での噴油を契機に、鎌田鉱区を売却して石油業から引退する。1916年逝去。前川周治『石坂周造研究一志士・石油人としての両半生一』、三秀社、1977年を参照。なお、本論文の石坂周造に関する記述は同書によるところが大きい。

(14) 『石油石炭略説』(国立国会図書館蔵)、前掲(13)、157頁に所収。

(15) 大森惟中纂輯『明治十年内国勸業博覧会出品解説 第四区機械』第10巻、藤原正人編『明治前期産業発達史資料』第7集(3)、明治文献資料刊行会復刻、1963年、1-2頁に所収。

(16) 1880年7月に東京大学理学部化学科を卒業した。卒業論文はR. W. アトキンソン(Robert William Atkinson)の指導による“本邦石油製造”であった。『史料叢書 東京大学史 東京大学年報』第一巻、東京大学出版会復刻、1993年、154頁。

表した。論文に記載の長野石油会社はランビキで製油している。その装置は、

蒸留釜（4石余ヲ容ル）ノ上ニ高凡4尺ノ円筒ヲ載テ蓋トス筒ノ上部ハ円錐ノ形ヲ為シ其内部ヲ繞リテ釣り溝ノ如キモノアリ其末点ニ孔穴アリテ外部ニ通ス蒸留油ノ流出スル処トス又直垂ノ軸アリ円筒ノ中心ヲ貫キ此軸ノ筒内ニアル部分ニ旋翼ヲ附セリ故ニ車ヲ以テ此軸ヲ運転スレハ内部ノ翼モ共ニ回旋シテ為ニ筒内ニ風ヲ生シ以テ蒸留ヲ促進ス。⁽¹⁸⁾

とあり、構造は前述の妻科村の石油蒸留機と同じである。すなわち、4石の蒸留釜を高さ4尺の円筒で蓋をし、その上部の円錐の内壁に留出油のたまる溝がある。前述の石坂の装置と比較すると、釜容量が1桁大きくなり、冷却部の高さを1.2メートルにして冷却効果を高め、蒸留の中心軸に旋翼を設置し、その回転により蒸留を促進している。薪材と残滓油を燃料とし、原油（ボーム比重19度）を約10時間かけて260℃程度迄加熱し、分留液をボーム比重計により測定する。ボーム27度の灯油の割合は原油の45%である。灯油の洗浄は硫酸、苛性曹達と水により、いずれも杓で攪拌の後に静定し、液面の石油層を汲み取る。苛性曹達は炭酸曹達液に石灰を投入して自家製造される。蒸留釜はランビキであるが、洗浄、油の比重を測定して分留する等の洋式を取り入れた和洋折衷である。

（2）洋式製油

英国人J. ヤング（James. Young）は原油を蒸留釜で加熱・蒸留・液化して灯油、機械油、パラフィン等に分留し、分留油の不純物を硫酸・苛性曹達で洗浄して除去する製油法を發明し、嘉永3（1850）年に特許を取得した。この發明は近代製油法の原点とされている。米国では安政2（1855）年、S. M. キーア（Samuel M. Kier）が原油を蒸留して製造した灯油を商品名Carbon Oilで売り出した。さらに、安政6（1859）年には米国人E. L. ドレイク（Edwin L. Drake）が綱掘による油井の掘削に成功し、近代石油産業が始まった。ところで、わが国における原油からの灯油の製造は、英米とほぼ同じ時期である。その後の製油産業の発展に彼我で著しい差が生じたのは、科学・需要・資源等の差違に因るのであろう。

わが国にランプが渡来したのは幕末の万延元（1860）年頃とされ、灯油は慶応2（1866）年に輸入された記録がある。⁽²⁰⁾ 石油ランプ（燭光3.2）は、菜種油等の植物油による灯明（0.25）、行燈（0.2）、蠟燭（0.8）に比べて明るく、さらに輸入灯油は安価であったため急速に広がった。⁽²¹⁾

(17) 甲賀宣政“本邦石油精製工業論”，『東京化学会誌』第二巻，1881年，55—73頁。本論文は卒業論文を基に執筆され、甲賀はボーム比重計、温度計、ブンゼン氏検光器等で石油の諸特性を測定している。

(18) 石坂が創設した長野石油会社の製油所は1877年に焼失し、翌年石坂は社長を辞任している。1879年頃の長野石油会社の経営者は不明である。

(19) 前掲(17)，60—61頁。

(20) 日本石油株式会社・日本石油精製株式会社史編さん室編『日本石油百年史』，1988年，32頁。なお、日本石油に関する記述は同書によるところが多く、煩雑を避けるためにしばしば引用であることを省略した。

(21) 新潟では1石につき、石油3円68銭、菜子油13円43銭、米（下）3円76銭。勸業寮編『明治7年府県物産表（1）』，藤原正人編『明治前期産業発達史資料』第1集（1），明治文献資料刊行会復刻，

明治5(1872)年、開拓使御用係大鳥圭介は兼大蔵少丞として大蔵少輔吉田清成の渡欧米に随行し、外国債発行の業務のかたわら米英における石油事業を自らの意思で調査し、明治7(1874)年に『山油編』⁽²⁴⁾を復命し、明治12(1879)年に開拓使から出版した。この書はペンシルバニア州の油田の調査報告で、「井戸の掘開き法」と「山油精製法」から成る技術書である。後者には、石油の蒸留と洗浄の工程、方法と検査、および装置の材質、形状、価格と操作方法等が具体的に記載されてある。原油を蒸留・冷却・液化し、油の比重を測定して揮発油(ボーム比重60度)、灯油(40度)、重油(35—40度)に分留し、さらに残渣油の重油から機械油、パラフィンを製造する。洗浄は硫酸・水・湯・苛性曹達で行い、炭酸曹達と石灰から苛性曹達を製造する方法等も記載されている。例えば、蒸留釜については、「蒸留釜の周囲と底は鍛鉄にて造る其蓋は銑鉄にて作る其径凡六尺其内面の深も凡六尺にして一日に油一千ガロン(21石/引用者)を蒸留するに足る」とあり、21石の円筒釜の本体は鉄板で、蓋は鋳物である。蒸留釜で蒸留された油蒸気(揮発油)は、「冷桶内の管中へ入り冷へ固りて管中より流れおつるなり直に之ヲ桶内に流入らしめて其の[ボウマー]の測尺にて60度となるまで蒸発せしむべし」と、⁽²⁶⁾導管により冷却桶の管に導かれて液化され、ボウマー比重60になる迄原油を蒸発させる。この冷管は「蛇形に曲りたる銅管にて(中略)此蛇管を木桶又は鉄桶内に納るなり」とあり、⁽²⁵⁾銅製蛇管を水桶で冷却する。前述のランビキと比較すると明らかなように、洋式では蒸留部と冷却部が分離され、熱効率がよくなっていることが特徴である。

ところで、新潟県は明治12(1879)年に「石油製造所営業規則」⁽²⁷⁾を布達し、危険性の高い製油業の許可制、石油製品の検査制等を導入していることから、すでに灯油は営業用に広く製造・販売されていた。当時の製油法については、前記の論文“本邦石油精製工業論”の新潟の高田石油会社⁽²⁸⁾により知ることができる。6基の銑鉄製蒸留釜が土製竈に埋め込まれ、釜は「深

1966年、111頁と114頁に所収。

(22) 1833年播磨国に生まれる。緒方洪庵に蘭学を学び、幕府に仕える。維新後、政府軍と抗戦し、榎本武揚の率いる旧幕艦隊に投じて五稜郭に拠るが、降伏し投獄される。1872年から明治政府に仕えて開拓使御用掛となり、1875年には工部省に出仕し、工部大書記官を経て、工部大学校長となる。その後、元老院議員、学習院院長、華族女学校校長等を経て、1889年特命全権公使として清国に任じ、朝鮮国駐劄公使を兼務中に、政府の訓令により清国兵撤退等を要求し日清戦争の端となる。その後、枢密顧問官に任じられ、男爵を授けられる。1911年逝去する。山崎有信『伝記叢書173 大鳥圭介伝』、大空社、1995年を参照。

(23) 1872年1月から1年半の渡欧米の用件は外債発行であったが、大鳥は業務のかたわら欧米の工業を視察し、帰国後『石炭編』、『山油編』、『木醋編』を復命し、いずれも開拓使から出版した。

(24) 大鳥圭介『山油編』、開拓使、1879年。当時、石油を山油と称した。

(25) 前掲(24)、52頁。

(26) 前掲(24)、45頁。

(27) 「石油製造所営業規則」に、「第一則 石油製造所ヲ建設シ製油営業セントスルモノハ必ス本庁へ願出許可ヲ受クルモノトス、第五則(前略)製油ハ必ス検査人ノ審査ヲ受クヘシ、」とある。新潟県編『稿本 新潟県史』第2巻、国書刊行会、1991年、325頁。

(28) 経営者は明治初期の有力石油業者であった滝沢安之助と推測される。前掲(2)、148—149頁に、明治8年頸城郡高田に於て滝沢安之助氏石油商會を設け製油所を建て(中略)明治10年第1回内国勸業博覧會に石油を出品し賞牌を得たるが後明治12年始めて赤羽根工作局製造の25石張製油汽罐を装置せり是れ即ち北越に於ける洋式製油汽罐据付の嚆矢なり。

とあり、滝沢は当時の新潟県における製油の中心地高田町で製油所を経営していた。

凡四尺ニテ大約四石余ヲ容ルヘク其蓋ハ鑄鉄頭形ニシテ頭部ニ曲首ヲ設ケ〔レトルト〕ノ状ヲ為ス首の長凡2尺首管ノ端径凡2寸冷却器ノ蛇管ト接合ス⁽²⁹⁾と、釜の頭部のレトルトから伸びた導管は冷却蛇管と接合し、とあるように蒸発部と冷却部が分離された洋式である。この釜に「原石油ヲ容レテ蓋ヲ覆ヒ其合セ目ヲ粘土ニテ塗充シ⁽²⁹⁾、約11時間蒸留する。蛇管から流れ出る留出油の分留比は、揮発油（ボーマ比重80度）15%、灯油（40度）68%、残滓油17%とある。燃料と洗浄法は、前述の長野石油会社とほぼ同じである。

同論文に記載の静岡相良の孤松館⁽³⁰⁾も洋式である。厚鉄板製の22～23石蒸留釜が1個あり、火炉は煉瓦で築造され、冷却蛇管の全長は20間で、4石洗浄槽が4個ある。「孤松館ノ機械ハ其規模宏大ニシテ大ニ他ノ精製所ノ右ニ出ツ其蒸留釜ハ厚鉄板ニシテ⁽³¹⁾とあるが、当時の民間には厚鉄板を鋸鉸して、22—23石の大容量釜を作製する技術はなかった。『山油編』に記載の釜と似ており、工部省赤羽工作分局で模造したものと推測される⁽³²⁾。蒸留時間は約10時間で、原油（ボーマ比重47度）からの分留比は揮発油（60度）23%、軽灯油（61—26度）60%、重灯油（27—24度）6%、残滓油11%とある。灯油のボーマ比重61—26度は、揮発油から重油の広い成分領域である。燃料は薪材であり、灯油の蒸留温度および洗浄法は長野石油会社とほぼ同じである。甲賀宣政は長野石油会社、高田石油会社および孤松館の灯油と輸入灯油の比重と発火点を比較検査している。それによると、国産品はいずれも最良品を検査しているが、輸入品と同程度の品質である。

ここで、明治12（1879）頃から明治32（1898）年頃迄の約20年間、広く普及していた洋式製油装置の概略を図一4に示す。蒸留釜は直立式の堅釜であり、釜は胴、蓋、兜（レトルト）からなり、レトルトパイプは水桶に設置された冷却蛇管と連結している。原油を釜に注入して徐々に加熱すると、気化した油は冷却蛇管を通過する間に液化する。留出油は別々に洗浄されるが、いずれも洗浄槽に留出油と硫酸を加え、ちぎりと称する杓で攪拌した後静定すると、比重差によって上層の石油層と下層の不純物を含有した硫酸層とに分離し、石油層を回収する。この回収した石油を同様に苛性曹達洗浄し、最後に水洗浄をして製品とする。

窯は土製、後に煉瓦製となり、加熱燃料は薪木、石炭、残滓油（重油）等である。明治8（1875）年に滝沢安之助が「高田町鍋屋町の鑄鉄師山岸九郎兵衛氏に託して製油釜を鑄造せり是より北越各地の製油釜は山岸及び地藏堂町の鑄工に於て鑄造せるもの多し⁽³³⁾」とあるように、

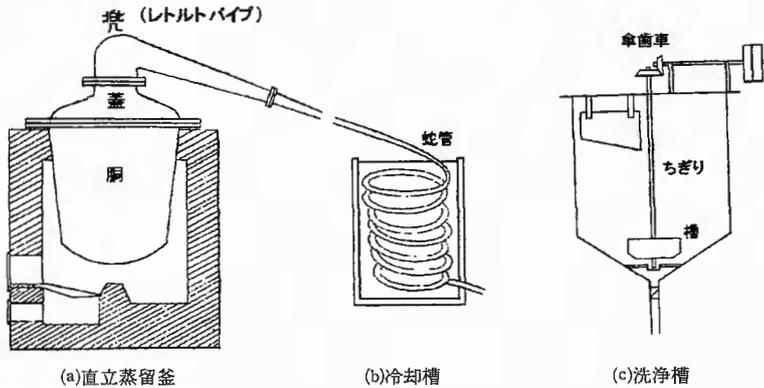
(29) 前掲(17), 59頁。

(30) 経営者は元鹿児島藩士海江田信義である。なお、石坂周造は1879年に相良に移住して第2削井組を設立し、翌年海江田信義から孤松館を買収して相良石油会社とする。前掲(13), 263—264頁。

(31) 前掲(17), 61頁。

(32) 『工部省沿革報告』に、1880年に赤羽工作分局で米国の蒸気鑿井器械を模造し、翌年に越後で油井を掘削した記述がある。大蔵省編『工部省沿革報告』、大内兵衛・土屋喬雄編『明治前期財政経済史料集成』第17巻、原書房復刻、1979年、305頁に所収。また『北越石油業発達史』に、1879年に滝沢安之助が赤羽工作分局製洋式釜を据え付けたとの記述がある。前掲(28)。当時の工部省工作局長は大鳥圭介であり、海江田信義の妻は元老院議長小山健三の息女である。これらの事から、海江田が小山を通して大鳥に釜の製作を依頼したと推測した。

(33) 前掲(2), 148—149頁。



図一 洋式製油の装置

出典：小林久平『石油及其工業』上巻，丸善，1938年，459と510頁。

蒸留釜は近隣の鑄工において鑄造された容量4—6石の鑄物である。一方，米国では20石程度で，釜の本体は厚鉄板を鋲鉸して作製される。わが国の民間では厚鉄板の入手は容易でなく，鋲鉸の加工技術もなく，原油量も少ないために，技術蓄積のある鑄造で小容量の釜を作製した。技術風土に適合した釜である。冷却管の材料は竹，鉛または銅で，後に鉄となる。洗浄槽の材料は木，後に陶器甕，鉛張木も使用され，攪拌用ちぎりは円形の木板または鉄板のついた竹棹または木である。苛性曹達は自家製造され，明治25年頃から輸入苛性曹達が普及した⁽³⁴⁾。

(3) 洋式製油の導入と普及の経路

現在のところ，わが国へ洋式製油を最も早く紹介した技術書は明治7（1874）年に執筆された大鳥圭介『山油編⁽²⁴⁾』であり，またその調査書は明治12（1879）年の調査による甲賀宣政“本邦石油精製工業論⁽¹⁷⁾”である。両者に記載された製油法は，これ迄に述べたごとく極めてよく類似している。

大鳥圭介は『山油編』を復命した翌年の明治8（1875）年9月から11月の2ヶ月間，工部省工学頭兼製作頭，内務省勸業寮四等出仕兼補として，信越羽三洲の石油其他物産を巡見し，同年12月に「信越羽巡歴報告⁽³⁵⁾」を内務卿大久保利通に復命している。この報告書には，例えば長野県庁善光寺町の前石堂村大道にある石油会社の製油場について，「鉄釜銅釜合して31個を安置し其釜は何れも大抵1石5斗を容るべく其蒸留の仕掛は従来本邦にて焼酎を取る法と同様なり（中略）別に又（中略）此釜は深く土中に埋めて蒸気は管に通りて水中に凝冷せるが如く作れり（下線／引用者⁽³⁶⁾）」とあり，ランビキと洋式釜が並置されている。この製油場は石坂の長野製油所⁽³⁷⁾であり，米国の製油場を見聞した大鳥と石坂は技術談義を交わし，さらに大鳥は巡見先の

(34) 前掲(5)，62頁。

(35) 大鳥圭介“信越羽巡歴報告”，『工業化学雑誌』第8編第83号，1905年復刻，報文1—22頁に所収。

(36) 前掲(35)，3—4頁。

製油場で洋式製油の普及に努めたであろう。大鳥は同年陸軍省4等出仕から工部省4等出仕に転補し、明治10（1877）年に工部省工作局長に昇格し、明治14（1881）年からは同技監を兼任し、翌年に工部大学校長に就任した。この間、工部省は内務省徴傭のB. S. ライマン（B. S. Lyman）を工部省に転傭して油田地質の測量にあたらせ、また赤羽工作分局では鑿井器械、蒸留罐等を製作し、新潟、静岡で石油井戸を試掘している。大鳥は「工業家としても成功する素質があつた、憐寸が渡つて来る、製糖、製紙、染織など何でも趣味を以て研究し、分らぬ事はドシドシ翻訳して人に教へられた、洋行中もブリツキ、セメントなどの製法を調べるなど、其の時代としては一歩進んだところを睨つていた、⁽³⁷⁾」とあるように、技術に深い関心を示し、「此の事（洋行中の技術調査／引用者）が伊藤公（伊藤博文工部卿／引用者）の知る処となつて、虎の門内にあつた工部省の内の工学寮頭に任ぜられた、⁽³⁸⁾」と、洋行中の技術調査が評価されて工部省に引き抜かれた。大鳥は工業化学会会長、内国博覧会審査委員長を歴任する等、終生技術に関わりをもち、彼が会長在任中の明治38（1905）年の『工業化学雑誌』に、「信越羽巡歴報告」は歴史的意味を評価されて復刻された。⁽³⁵⁾

工部省雇地質兼鉱山師長ライマンは明治10（1877）年3月から長野・新潟・静岡地方の地質を測検し、8月に『本邦油田地質測量書一部』と其翻訳書を上刻し、翌年4月には静岡相良、新潟黒川金沢で鑿井法を口述し、6月には新潟の石油試掘地を検測し、明治12（1879）年7月に『本邦油田地質測量書第2』を上刻している。⁽⁴¹⁾米国の石油技術に詳しいライマンは検測地でそれを伝授したであろう。

お雇外国人G. ワグネル（G. Wagener）は『明治十年内国勸業博覧会報告書』を執筆し、明治11（1878）年に出版した。この中で、学友の高峰讓吉が静岡・新潟の製油所を視察したところによると、「之（原油／引用者）ヲ蒸留精製スル方法ノ如キハ未全ク緒ニ就カス狭小ノ工場各処ニ星散シ生油ヲ一井ニ仰キテ僅ニ製工ヲ加フルニ過キズ而シテ工家ハ概ネ学識ニ乏シク唯一二聞見スル所ニ依リ暗投冥索スルノミ」と製油業の実状を述べ、製油技術の啓蒙を目的として、ラオレンス・スミスの著書にある米国ドウネル・ケロセイン社の製油工程を抜粋して、紹介している。⁽⁴³⁾

石坂周造は明治5（1872）年に長野で石油業を開業し、ランビキで製油を始めるとともに、翌年から長野茂菅村、新潟尼瀬、静岡相良で米国から購入した綱掘器械により、わが国初の石

(37) 石坂周造の長野製油所は1875年に刈萱堂の南約200メートルの南石堂村に移された。前掲(13), 222頁。

(38) 1878年から越後、遠州で手掘を、また1881年から越後で綱掘を行い、翌年に油井開鑿の業を廃止する。大蔵省編『工部省沿革報告』、大内兵衛・土屋喬雄編『明治前期財政経済史料集成』第17巻、原書房復刻、1979年、304—305頁に所収。

(39) 前掲(22), 278頁。

(40) 前掲(22), 282頁。

(41) 前掲(38), 303—304頁。

(42) ドクトル。ワグネル氏、浅見忠雅輯述『明治十年内国勸業博覧会報告書 化学製品』、25—26頁、藤原正人編『明治前期産業発達史資料』第8集、明治文献資料刊行会復刻、1964年に所収。

(43) 前掲(42), 25—43頁。

油井戸の掘削を試みるが失敗する。明治7(1874)年11月に石油業視察のために渡米し、翌年3月に帰国する。また、彼の息子宗次朗は石油技術の習得に前年から米国ペンシルバニアの製油所等で働き、明治11(1878)年に帰国する。石坂は明治12(1879)年には静岡相良に移住して洋式製油を始める等、長野、新潟、静岡にまたがって活躍した。石坂周造とともに、明治初期の有力石油業者に滝沢安之助がいた。彼は長野県出身で、新潟高田で製油所を経営し、赤羽工作分局製造の25石張製油汽罐で製油したとされており、新潟県の製油検査人であり、また石坂周造の長野石炭油会社への出資者の1人でもあった。前述の高田石油会社は彼の経営によると考えられる。

此れ等の事実から、洋式製油は大鳥、ライマン、ワグネル、石坂、滝沢等により、明治10(1877)年前後に米国から導入されて新潟、長野、静岡に普及した。この期間、ランビキと洋式製油は併存し、前者は後者の技術を取り入れながらそれとの融合を図ると同時に、江戸時代から蓄積されたランビキの蒸留技術は洋式製油の受容を円滑にした。

従来殆ど触れられていなかったが、米国の油田を視察してその報告書を出版するとともに、わが国の油田地域を巡視し、さらに工部省工作局長として赤羽工作分局での掘削機・蒸留装置の試作、現地での作業を指導する立場にあった大鳥圭助が、洋式製油の導入と普及に果たした役割が大きかったことを指摘する。

(4) 家内制工業による製油

周知のように、明治15(1882)年から明治30(1897)年頃の期間に製油技術の発展に寄与したのは、田代虎次郎⁽⁴⁴⁾である。彼は明治15(1882)年東京府下深川木場に石油製造場泰平社を設立し、無二光油と称する灯台用灯油を横浜灯台局に納入し、明治22(1889)年には引火点の高い火止油を陸軍に納入した。当時、官が危険な国産灯油を使用することはなく、彼の製油技術が卓越していたことの証左である。彼が明治17(1884)年頃に海軍の工作所に製作させたとされている蒸留釜⁽⁴⁵⁾の実物を図一5に示す。直立式の約20石の円筒釜で、本体は鍛鉄板を鋸鉸して作製され、頭部の蓋とレトル



図一5 直立式蒸留釜
新潟県出雲崎町石油記念館の実物

(44) 1845年越後に生まれる。戊辰戦争において官軍に属し、各地を転戦し、御新兵第三遊軍隊の取締役を命ぜられる。その後、新潟医学校のお雇い外国人教師および宣教師ファイソンに就いて化学を学び、叔父の石油製造業を助ける。1881年東京に転居し、翌年石油製造場泰平社を設立し、その後精油組合、東洋石油改良社、石油改良株式会社、田代研究所等を興す。1900年逝去する。加納新八編輯『継述小録』、1921年(柏崎市立図書館所蔵)を参照。なお、田代虎次郎に関する記述の多くは同書による。

(45) 前掲(4)、63頁。

トは鑄造である。前述の大鳥圭助『山油編』に記載の釜、および孤松館の釜と類似している⁽⁴⁶⁾。明治18（1885）年頃、彼が作製した直立式の7石鍊鉄製釜について、「当時7石釜は鉄工業の幼稚にして製作不完全なりし為め、破損甚だしく使用に不堪⁽⁴⁷⁾」とあるように、当時厚鉄板を鋳鍛する金属加工技術は、民間では未熟であったため、海軍に作製を依頼したのであろう。

明治18（1885）年頃、彼は新潟市にも製油所を建設し、直立式の鑄鉄製5石釜1基と鍊鉄製7石釜2基を備えた。明治20（1887）年頃、この製油所は倉田久三郎に引き取られ、新潟県で有数の製油所に発展する。すなわち、明治25（1892）年頃、鑄鉄製7石釜等5基を所有し、総容量22.5石で1,000石/月を生産し、明治31（1898）年頃には直立式の鑄鉄製の50石釜等計13基と鍊鉄製の18石釜等計5基、総容量197石を有し、揮発油、灯油、パラフィン、機械油を製造していた⁽⁴⁸⁾。この頃には鍊鉄板を鋳鍛する加工技術は実用化されていた。また、明治25（1892）年長岡町に設立された越後製油株式会社では、田代虎次郎の養子田代孝を技師に招聘し、田代虎次郎の技術指導により10石釜5個を据え付け、火災防止のために蒸留室、冷却室（コンデンサー）、分留室の棟を別にするなど、当時としては最新の設備であった⁽⁴⁹⁾。彼の業績は「我国に於ける石油蒸留釜の創設並に植物油抽出法の発明是なり⁽⁵⁰⁾。」とされているように、当時用途のなかった揮発油による植物油の抽出法に関する特許「油採取装置（植物）」を取得している。宝田石油技師長近藤会次郎が⁽⁵¹⁾

余の大に奇とする所は同翁（田代虎次郎／引用者）が如何にして製造化学の智識を得られしかと云ふ点である恐らく同翁は外国語は勿論日本文を以て書いた何等の書物も見られたることはないと思う唯世間或は或る外国人より或る暗示を受けられたのみで其余は全く同翁の脳髓より創造的に考案せられたものと思はる⁽⁵²⁾。

と述懐しているように、当時の製油は職人の経験と勘に頼っていたが、彼は創造力に富んだ職人であった。

日本石油は明治23（1890）年に尼瀨製油所を建設し、翌年には東京職工学校で製作したロモール鉄製13石と8石蒸留釜で、ポーメ比重60—35度の灯油を2,149石製造した⁽⁵³⁾。明治26（1893）

(46) 赤羽工作分局は1883年に海軍省兵器局に移管された。これらの釜は『山油編』を参照して赤羽工作分局で作製されたと推測される。

(47) 前掲(5), 212頁。

(48) 前掲(5), 212—214頁。

(49) 前掲(4), 195—197頁。

(50) 前掲(44), 32頁。

(51) 1866年岐阜県に生まれる。1892年帝国大学工科大学応用化学科を卒業し、農商務省地質調査所技師試補に任ぜられ、1895年浅野石油部に入社し、翌年石油業の視察に渡米し、1900年浅野柏崎製油所長として同所を設計・竣工する。1902年同所と宝田石油が合併し、宝田石油製油技師長となる。1906年同社を辞し、南北石油会社の製油技師長となり、1908年同社が宝田石油に合併されると、再び宝田製油技師長となり、1912年同社を退く。この間、宝田石油の製油技術を近代化した。その後浅野系各社の役員を務め、1920年逝去する。『石油篇』他論文多数ある。間島三次編『近藤会次郎伝』、1933年を参照。

(52) 前掲(44), 22頁。

(53) 前掲(20), 71—72頁。

年には大蔵省印刷局技師工学士築山鏘太郎に機械油の研究を委嘱し⁽⁵⁴⁾、翌年には機械油用の過熱蒸気蒸留釜を設けた⁽⁵⁵⁾。尼瀨製油所は明治32(1899)年8月の時点で、直立式の25石蒸留釜等9基を有し、羽根洗と称する、動力によるプロペラ回転で攪拌洗浄し、灯油と車軸油等の機械油を150石/日生産していた⁽⁵⁶⁾。

家内制工業の最終段階である明治32(1899)年8月における新潟県の製油状況を、東京帝国大学工科大学応用化学科の学生小林久平の調査報告を基に述べる。当時の主たる製油地は長岡町、柏崎町、新津町、尼瀨、新潟市で、県の製油所総数は約100ヶ所で、総製油量は約2,000石/日であり、とくに東山油田に近接する長岡町には製油所が約30ヶ所あり、県の総製油量の半分を製造している。零細な個人業者による家内製工業により灯油と機械油を製造し、揮発油は爆発の危険性が高いので「きちがいくそうず」と称されて破棄され、蒸留残渣油の重油は燃料と機械油の原料となる。なお、小製油所では原油が不足し、休業することもしばしばある。

製油工程は原油の成分および業者により異なるが、平均的な方法を概括する。直立式の鑄鉄製6石釜が広く普及しており、その理由は操作性、一日の作業時間(6石の蒸留時間は約10時間)、価格、寿命等による。窯の燃料は主として重油であり、硫酸洗滓とピッチも使用される。冷却桶にはポンプで冷水を注入し、洗浄槽は陶器製甕(3-5石)または鉛張木槽(6-10石)で、手荒いと称する、ちぎりで攪拌洗浄し、66度強硫酸、苛性曹達および水で洗浄する。灯油の製造では、原油に「返し」と称して軽油を約3%混入する。灯油を分留した後の残滓油、すなわち重油を再蒸留し、含蠟等を除去して機械油とする。この再蒸留中に重質油成分が軽質油へ熱分解して、機械油の品質が劣化するのを防ぐために、再蒸留は過熱蒸気蒸留による⁽⁵⁹⁾。

欧米では灯油の引火点を規制しているが、わが国には規制もなく、その良否は色と臭によった。製油業者は比重を基準に製造し、灯油の生産量を多くするために、揮発油と軽油を添加して比重を調整する。このため、揮発分の混在は引火点を低くして危険であり、軽油分の混在は黒煙を発生し、光力を弱め、悪臭を漂わす。とくに東山原油には硫黄が多く含まれ、硫黄を混在する灯油が燃焼すると白煙を生じて光力弱く、臭気強くなる。後に、小林は東山原油の硫黄を

(54) 前掲(20), 82頁。

(55) 奥田英雄『小倉常吉伝』, 小倉常吉伝発行会, 1976年, 200頁。

(56) 小林久平“越後に於ける製油法”, 『工業化学雑誌』第2編, 1899年, 709頁。

(57) 新潟県長岡町に生まれる。父の伝作は石油業を営み, 1892年に越後製油株式会社を創立した。1900年東京帝国大学工科大学応用化学科を卒業し, 1902年同大学講師, 1907年浅野石油部に入社し, 1908-1912年宝田石油, 1913-1917年日本酢酸を経て, 1918年早大教授となり, 石油化学を専攻する。『石油及其工業』等著書・論文多数ある。

(58) 前掲(56), 703-736頁は小林久平が1899年の夏季修学旅行で調査した結果を纏めた論文である。なお, 日本石油柏崎製油所は1899年8月7日から稼動しており, 稼動直後の家内制工業最終段階の製油状況を調査した。

(59) 水蒸気を200-300℃の過熱窯で加熱して過熱蒸気とし, 重油を張った過熱蒸気蒸留釜の底部へと鉄管により導き, この鉄管の細口から過熱蒸気を釜内に噴出しながら重油を再蒸留する。重油中への過熱蒸気の吹き込み攪拌により, 重質油成分の蒸気の一部が釜の鉄板面に触れて330℃以上に局部過熱されて軽質油に分解するのを避けると同時に, 水蒸気と油蒸気の混合により釜内の油の分圧が低下して沸騰点が低下し, 重質油成分が軽質油に分解するのを防ぐ。なお, 過熱蒸気蒸留は1878年にワグネルにより前掲(42)で紹介され, 1894年頃日本石油で実施されている。

除去する処理法を考案する⁽⁶⁰⁾。灯油製品のポーメ比重は61—32と幅広く、このために点火時には煤煙と悪臭がひどく、また低引火点で危険である。越後油の低品質を示す例として、明治27（1894）年4月14日付『新潟新聞』に、越後油は発火しやすく危険であるので、東京警察庁は販売を差止めたとの記事が掲載されている⁽⁶¹⁾。また、巷では「石油小売商の多くは越後油二部に外油（外国油／引用者）一部を混じ之を外油の名目にて一般需用者に供給するを以て長岡石油あるを知る人少なし⁽⁶²⁾」とも云われていた。明治32（1899）年の原油産出量は48万石であり、灯油の生産量は22万石、輸入量は110万石と、その自給率は17%にすぎない⁽⁶³⁾。このように、当時の製油産業は、原油量が少なく、石油製品の販売は越後近辺に限られた地場産業であり、また灯油の品質に関する法律上の規制もないために品質向上への意欲は希薄であり、零細業者の家内製工業による粗製濫造の状況にあった。

4 製油技術の近代化

（1）工場制工業への移行

原油生産量は、明治30（1897）年代になると綱掘の普及によって急増し、明治30（1897）年は23万石／年にしかすぎないが、明治40（1907）年には152万石／年と7倍になる⁽⁶⁴⁾。また、明治32（1899）年に北越鉄道が開通し、図一6に示すように製油地の直江津・柏崎・長岡・新津・新潟が結ばれ、東山油田と新津油田も沿線にあり、東京への輸送が容易になった⁽⁶⁵⁾。北越鉄道の開通は越後製品が全国市場へ進出する道を開いた。原油生産量の増大と石油製品の販路拡大の結果、石油製品の量産化と外国製品と競争しうる品質向上が課題となる。

明治30（1897）年日本石油社長内藤久寛等は、農商務省の嘱託を受けて米露両国の石油産地を視察し、『米露両国石油事業調査報告』を復命し、出版した⁽⁶⁶⁾。この調査報告で、わが国の石油産業界への要望を5点列挙した。その一つに「製油所ヲ設置スル事」とあり、

今日ノ有様ヲ見ルニ灯油ハ劣等ニシテ米露ノ輸入品ニ遠ク及ハス剩サヘ副産物ノ如キハ殆ト得ル所ナシト云フモ可ナリ（中略）数十万円ヲ投シテ完全ナル製油所ヲ設置シ其製出スル所ノ灯油ハ米露ノ産ト拮抗シ副産物モ大ニ需要ニ応スルヲ得何程多量ノ噴油アルモ之ヲ

(60) 小林久平「灯油の白煙及び製油法」、『工業化学雑誌』第3編第34号，1900年，801—837頁。

(61) 前掲（8），42頁に所収。

(62) 前掲（56），722頁。

(63) 伊藤一隆編纂『石油便覧』，石油時報社，1921年，228—231頁のデータにより計算。

(64) 前掲（20），958頁。

(65) 越後の石油と輸送網に関しては、内藤隆夫「石油業の発達と輸送網—越後の場合—」，高村直助編『明治の産業発展と社会資本』，ミネルガア書房，1997年，279—304頁に詳しい。なお、信越線の直江津と上野間は1893年に開通した。

(66) 1859年新潟県刈羽郡石地に生まれた。日本石油の創立者の一人で、38年間社長として経営の任に当たり、日本石油をわが国最大の石油会社に育てた。日本工業倶楽部評議員会会長等の財界活動の他、県会議員、衆議院議員、勅撰貴族院議員として政界でも活躍し、石油事業に尽力の功によって緑綬褒章を受ける。1945年に没する。内藤久寛『春風秋雨録』，石油文化社，1957年を参照。

(67) 内藤久寛・三島徳蔵『米露両国石油事業調査報告』，農商務省商務局，1898年。



図一六 新潟県における主要な油田と鉄道(1905年頃)
 出典：内藤隆夫「石油業の発達と輸送網—越後の場合—」，高村直助編『明治の産業発展と社会資本』，ミネルガヤ書房，1997年，287頁。

引受ケ得ベキニ至ラバ斯業ノ進歩を助クル決シテ浅少ニアラサルベシ⁽⁶⁸⁾
 と、近代的な製油所を建設して灯油の品質向上と量産体制を図るとともに、その他の製品の用途を開発することは、わが国の石油産業の発展に必須であると指摘した。

この指摘を受けるようにして、日本石油は本社を尼瀬から柏崎に移して第2製油所（後に柏崎製油所と称する）を建設し、明治32（1899）年8月から稼動させた。なお、柏崎に移動したのは、明治31（1898）年に日本石油長嶺第1号井の大噴油により西山油田が脚光を浴びるとともに、北越鉄道の開業により製油業の中心地が、長岡から、西山油田に近く交通の要路でもある柏崎に移動したことによる。当時の柏崎は「明治33年の初めにおいては其（製油所／引用者）数43。⁽⁶⁹⁾製油力3,200石（日産／引用者）と注された。斯くして柏崎町は油の街と化した観がある」の状況となった。

日本石油柏崎製油所では、⁽⁷⁰⁾水平式の23石円筒横置釜4基からなるロシア式連続蒸留装置を2組新設したが、連続蒸留は技術的に未熟であったために実用化には至らず、単独蒸留釜として稼動させた。⁽⁷¹⁾なお、連続蒸留の導入は露国視察をした内藤の判断による。留出油は300石1個と50石2個の鉄製油槽に貯蔵され、120石鉛張桶に圧搾空気を送り攪拌洗浄する。翌年には水平式の100石釜を5基、明治35（1902）年には600石釜を4基増設し、⁽⁷²⁾釜の総数17基で総容量3,000石となる。明治36（1903）年頃の柏崎製油所内の配置を図一7に示す。

原油蒸留釜からの蒸気油は冷却槽で液化され、蒸留油受場の分留器により揮発油、3種類の灯油、2種類の軽油に分留される。釜残渣油（重油）の一部を燃料とし、一部を機械油蒸留釜

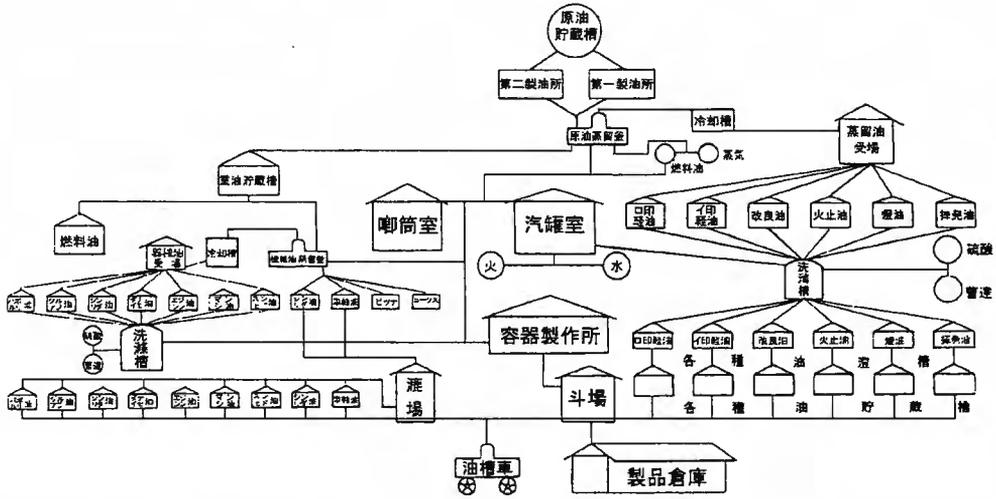
(68) 前掲(67), 105頁。

(69) 『稿本柏崎史読』下巻，柏崎史料叢書頒布会，1957年，160頁（柏崎市立図書館所蔵）。

(70) 稼動直後の設備，製油状況等は前掲(56)，729—732頁，および『中外商業新報』第5269号，1899年8月26日に記載されている。

(71) 杉卯七“本邦産原油並に其精製法に就て”，『日本鉱業会誌』第366号，1915年，656頁。

(72) 前掲(20)，964頁。



図一 日本石油柏崎製油所の配置

出典：日本石油「営業案内」, 1903年版, 『日本石油百年史』, 1988年, 104頁に所収の図を基に作成。

に移して再蒸留して7種類の機械油を製造し、再蒸留での残渣油からコークス、ピッチ、2種類の機械油を取り出す。機械油の製造は旋風機付蒸留と高級品用の過熱蒸気蒸留による。このように、多製品の製造による収益率の向上を図っている。また製油所は原油の受け入れから製造、出荷までが流れ作業のレイアウトがとられ、生産効率の向上が図られている。内藤が、「此製油所は、私が欧米石油地を視察して携え帰つた書類や見取図等に依り指揮して建築したもので、当時は日本に於て最新式のものであつた。」と述懐しているように、欧米から持ち帰った図面等を頼りに、新潟鉄工所等で施設・装置等を製作した。

明治32 (1899) 年に、東京帝国大学工科大学応用化学科卒業の杉卯七が入社する。日本石油で初めての高等教育機関を卒業した技術者であった。さらに明治34 (1901) 年には米国ケース理科大学大学院修士課程で石油化学を専攻し、修了した高野新一が技師長として入社し、翌年には米国ワシントン会社技師 F. C. チャイルズが招聘され、技術陣の充実も図られた。

明治32 (1899) 年に県外販売拠点第1号として東京販売店を開設し、明治34 (1901) 年12月10日付『中外商業新報』には「日本石油会社の蝙蝠 (灯油の商品名/引用者) 浅野石油部の赤扇の如きは品質頗る良好にして優に越後石油界の冠たるものか」と評価されている。明治35 (1902) 年には大阪販売店も設置する等事業を拡張し、明治45 (1912) 年には4製油所を有し、釜の総数36基、総容量9,800石で、製油量は36万石/年となる。

(73) 蒸留中に、釜の中央に設置された鉄扇付の軸を回転し、釜中上部の軽油成分を排出し、高引火点の油を製造する。

(74) 前掲(66), 159頁。

(75) 1873年新潟県に生まれる。1897年東京帝国大学理科大学地質学科を卒業後、米国ケース理科大学大学院に留学する。氏は同郷の日本石油社長内藤久寛の米国視察に同行し、内藤の学資援助で同大学院に学んだ。

(76) 前掲(8), 45頁に所収。

明治33(1900)年には、小倉石油が水平式100石蒸留釜3基を有する製油所⁽⁷⁸⁾を、また輸入灯油の販売業の浅野石油部も製油所を、いずれも柏崎に建設した。浅野石油部の製油所は、帝国大学工科大学応用化学科卒業の同所長兼製油技師長近藤会次郎によって、米国視察を基に設計・建設された。水平式82石蒸留釜5基、鉄製平行式冷却管を配置した冷却槽、圧搾空気攪拌装置、100石洗浄槽2基等を備え、5,000石/月の製油能力を有した。新しい試みは蒸留釜を5基並列に並べ、冷却槽を鉄槽にし、冷却管を鉄製で平行式にし、圧搾空気による攪拌洗浄を取り入れたこと等である。しかしながら、採油部門を持たない浅野北越石油部は原油不足に悩み、2年後にこの製油所を宝田石油に売却した。ところで、近藤会次郎が明治28(1895)年に石油業視察のための渡米の船上で、プラントの著書を参考に執筆した『石油篇』⁽⁸⁰⁾は、「我国における石油技術に関する著書としては最古のものに属する、謂はばピオニールの役を勤めた述作である。従って当時の若き技術者は挙ってこれを読んだもので、斯業に貢献するところが少なくなかった⁽⁸¹⁾。」と評価されたように、この期の製油技術に貢献することが大きかった。

一方、これまで製油の中心地であった長岡は、零細製油所が乱立した粗製濫造の状況にあり、「品質の一定と、製油の統一とを計るには是非此等小製油家を刺激して、一大会社を起させるか、少なくとも組合を設けて、⁽⁸²⁾(後略)」と、製油所の統合、組合の設置等の対策を迫られ、明治34(1901)年に製油所の共同連合体である株式会社長岡製油所が設立された。長岡製油所は製造基準を定め、製品を検査し、同じ容器と商標で一手販売をする製油販売トラストであった。明治26(1893)年に長岡に設立された宝田石油は採油部門のみであったが、製油所を買収して明治31(1898)年から製油事業も開始し、明治35(1902)年には前述の浅野柏崎製油所と長岡製油所を買収し、その後も会社・組合を次々に合併・買収した⁽⁸³⁾。明治36(1903)年には、浅野石油部から移籍した製油技師長近藤会次郎の設計による300石釜を2基新設する等拡張を続け、明治45(1912)年には6製油所を有し、釜の総容量は9,400石、製油量は50万石/年となる⁽⁷⁷⁾。

明治33(1900)年、日本の灯油市場を支配していた米国スタンダード社がインターナショナル・オイル・カンパニー、通称イントルを設立し、日本での採油業と製油業に乗り出してきた。600石の円筒横置釜5基⁽⁸⁴⁾を有し、当時のわが国で最大の2,500石/日の処理能力を持つ直江津製油所を建設した。米国から設備・装置等を持ち込み、米国人技術者によって事業を始めたが、原油を十分に確保できなかったこと、および日本の石油資源に対する失望等から、7年後にはこの製油所を日本石油に売却し、わが国での石油事業から撤退した。しかしながら、世界最大

(77) 前掲(20), 163頁。

(78) 前掲(55), 120頁。

(79) 前掲(51), 74-76頁。

(80) 近藤会次郎『石油篇』, 高松豊吉他編纂『化学工業全書』第五冊, 丸善・南江堂, 1896年。

(81) 前掲(51), 49-50頁。

(82) 「越後油の販路」, 『自由新報』, 1900年12月, 前掲(4), 323頁に所収。

(83) 1896年-1910年の期間に合計125社を合併・買収した。阿部聖「近代日本石油産業の生成・発展と浅野総一郎」, 『中央大学企業年報』第5号, 1988年, 158頁。

(84) 中根良介『石油』, 輝文館, 1944年, 188頁。

の石油資本の進出は、石油業界を震撼させ、宝田石油への中小業者の統合を加速するとともに、日本石油が直江津製油所を受け継ぐことにより、わが国の製油技術の向上にも貢献した。

石油鉱業は失敗を伴うこと、工場制工業には膨大な設備費を要すること等のために大資本企業しか存続できなくなった。その結果、採油と製油部門を有し、工場制工業体制を確立した日本石油と宝田石油の合計製油量は、明治40(1907)年代には表一に示すように、わが国の製油量の約80%を占めるに至り、また両者の原油生産量も約80%を占め、石油業界は2社寡占体制となった。

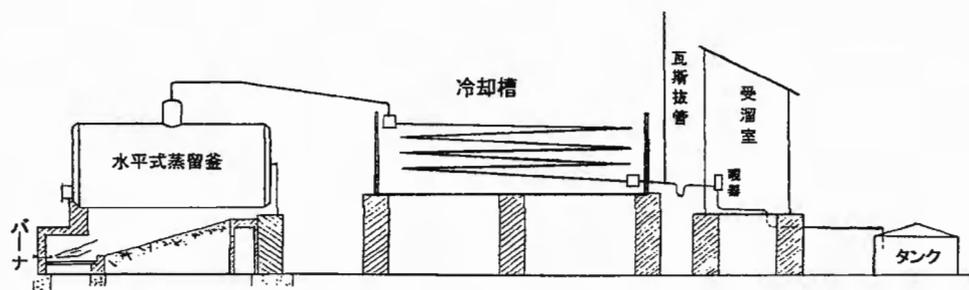
表一 日本石油と宝田石油の製油量の占有率

年度	製油量(石)			日石と宝田の占有率(%)
	日本石油	宝田石油	全 国	
1908	256,889	440,042	1,146,917	60.7
1909	425,853	547,941	1,186,911	86.0
1910	356,474	536,417	1,124,504	79.4
1911	352,590	499,043	1,121,225	75.9
1912	361,432	495,743	1,090,161	78.6

出所：日本石油と宝田石油の製油量は『日本石油百年史』、1988年、163頁、わが国の製油量は伊藤一隆編纂『石油便覧』、1921年、石油時報社、230-231頁を基に作成。

(2)製油技術の近代化

工場制工業による製油装置の概略を図一8に示し、図一4の家内製工業からの主たる改良点を述べる。



図一8 製油装置

出典：小林久平『石油及其工業』上巻、丸善、1938年、463および466頁。

原油

原油の成分は産地により、また同一産地でも油層の浅深により異なるため、使用する原油に

(85) 前掲(1)、323頁。

よって石油製品の種類、割合と品質は異なる。油田による原油の特徴を表一2に示す。

表一2 油田の油質の比較

油田	ボーメ比重 (度)	含有量 (%)					
		揮発油	燈油	軽油	重油	ピッチ	消失
西山	32—45	14	58	15	10		3
東山	20—38	7	43	4—5	31—32	7—8	5—6
新津	13—20			35	40	16	9
頸城	38—45	4	64	16	15		1

出所：東京鉱山監督署編『日本鉱業誌』(III)，1911年，藤原正人編『明治前期産業発達史資料』別冊(69)II，明治文献資料刊行会復刻，1970年，777—793頁に所収を基に作成。

西山と頸城原油は軽質油で約60%の灯油分を含有し，新津原油は濃重粘稠で，重油分が40%でパラフィン含有量が少ないために機械油の原料に適し，東山原油は各成分をバランス良く含んでいるが硫黄分(0.343%)が多い。需要の多い製品を高品質，高歩留で製造するには原油の選択とともに，その特徴に合わせて製油する。このためには経験と熟練が要求される。

蒸 留

製油の効率化と製油量の増大を図るには蒸留釜の大容量化が必須である。しかしながら，従来の直立式の鑄物製蒸留釜を20石以上の容量にすることは鑄造技術において困難であった。そこで，米国で広く普及している，鉄板を鉄鉸して製作される，水平式の円筒横置釜が開発された。鉄板を鉄鉸した釜としては，工部省赤羽工作分局と海軍工作局製の約20石蒸留釜の記録があるが，官による製作である。明治20(1887)年頃に倉田製油所で煉鉄製の7石釜を製作したが，破損したとの記録があり⁽⁴⁷⁾，当時の地元民間では鉄板鉄鉸の加工技術は未熟であった。その後，明治27(1894)年頃に長岡電灯会社が水平式の50石鍛鉄製釜を，また日本石油は明治33(1900)年に100石釜を，翌翌年には500石釜を製作し，大容量の水平式円筒横置釜の時代になり，大正になると釜の材質は鋼鉄になる。なお，500石の蒸留時間は20—40時間である。原油を蒸留中に重質油成分が軽質油へ分解して製品の品質低下を防止するために，釜内に水蒸気を絶えず吹き込むようになった。明治27(1894)年に重油燃焼装置が開発されて以降，蒸留用燃料は重油が主体となるが，重油の用途拡大にともない，従来破棄されていた硫酸滓およびピッチも使用された⁽⁸⁶⁾。

冷 却

冷却槽は木槽から鉄槽となり，冷却管として，50石以下の蒸留には円筒状螺旋式に配列した蛇管を，それ以上には放熱効果の良い，平行管を選ぶ。後に材料は鋼鉄となる。

受 溜

受溜室では，視器で留出油の色を観測し，またボーメ比重計によって比重を測定して揮発油

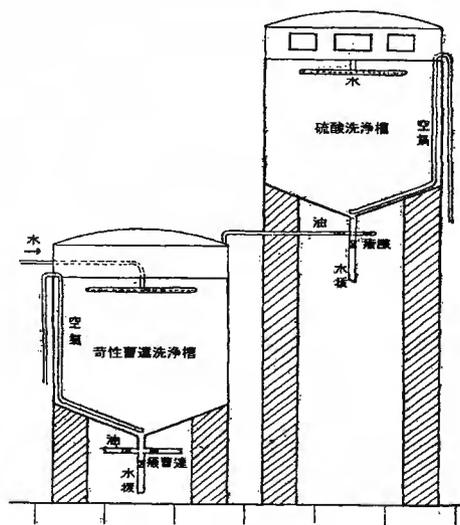
(86) 前掲(4)，205—206頁。

（比重ポーメ55度以上）、灯油（28度以上）、および軽油（15度以上）のタンクにそれぞれ分配する。なお、分留油の色と比重との関係は原油の産地等によって異なるために、予め実験によりその対応表を作成しておくが、識別には熟練を要する。従来、灯油の生産量を上げるために揮発油と軽油成分をも混合した製品を製造し、灯油の品質を下げていたが、揮発油と軽油の用途が開発されることにより、それぞれの成分範囲が狭くなり、結果として製品の品質が向上した。

洗 浄

石油製品の品質を決める最も重要な工程であり、図一9に示す直立円筒形の鉛張鉄槽で圧搾空気により攪拌洗浄する。

例えば灯油洗浄の場合には、灯油1石に対しポーメ比重66度の強硫酸7～15封度を硫酸洗浄槽に入れ、細いパイプから圧搾空気を槽内にポンプで送り込んで攪拌した後、静置すると、油と硫酸の混合液は2層に分離し、硫酸と反応して生成した不純物を含んだ下層の硫酸廃液を底から抜く。次に、上層の油層を苛性曹達洗浄槽に移して清水を注ぎ、油層中の残留硫酸を溶かした水を底から抜き、残った油層に苛性曹達水溶液を入れて圧搾空気攪拌をした後に静置し、苛性曹達と反応して生成した不純物を含んだ苛性曹達廃液を底から抜く。最後に、残った油層に酸性白土の粉末を入れて脱水脱色を図る。100石の洗浄時間は約7時間、吸引不純物量は1.5～3.5%である。硫酸は国内産を購



図一9 圧搾空気攪拌洗浄装置
出典：小林久平『石油及其工業』上巻、丸善、1938年、513頁。

入していたが、その使用量の増大とともに、日本石油は明治40（1907）年に新潟硫曹製造所を設立し、自給体制をとった。一方、苛性曹達は主として安価な輸入品を使用していた。酸性白土⁽⁸⁷⁾による洗浄は小林久平の発明であり、明治32（1899）年に特許を取得し、海外にも輸出されるようになった。酸性白土は精製・脱水・脱色作用があり、硫酸および苛性曹達で除去されない不純物を吸着するが、とくに軽油、機械油の脱色効果が大きい。

明治40（1907）年に開催された東京勸業博覧会の審査報告に、「灯油及機械ノ蒸留設備ハ日二月ニ改良シテ将ニ外油ノ品質ト相拮抗シ得ルノ現象ヲ示サントスル秋ニ向ヘリ、揮発油及パラフィン精製等ニ関シ其装置及出品ノ品質ヲ外国品ニ比較セハ尚ホ遠ク及ハサル点少ナシトセ⁽⁸⁸⁾」とあるように、灯油と機械油の品質は外国品と同程度となり、揮発油とパラフィンはその

(87) 粘土の一種で、珪酸61%、水20%、酸化アルミナ13%を主成分とする。新潟県北蒲原郡川東村字小戸産は優良品で、蒲原白土とも称する。

(88) 大塚専一「東京勸業博覧会石油及土歴青鉱業審査報告」、『日本鉱業会誌』第296号、1909年、1074頁。

に及ばない状況であった。最後に、原油の蒸留、分留と洗浄は職人の経験と熟練が要となる工程であり、品質向上には欧米の技術導入とともに、江戸時代のランビキに遡る蒸留技術の蓄積によるところが大きかった。

(3) 輸入原油からの製油事業

明治40(1907)年、南北石油株式会社は神奈川県程ヶ谷に輸入原油からの製油を専業とする程ヶ谷製油所を設立した。⁽⁸⁹⁾宝田石油から移籍された製油技師長近藤会次郎の監督指導の下に、建設材等一切を米国から購入し、600バーレル(530石)蒸留釜等24基、釜の総容量10,600石を有する巨大な製油所を建設した。同年10月カリフォルニア産原油39,510石が入荷した。わが国における原油輸入の嚆矢とされている。翌年同所は宝田石油に合併され、輸入原油による製油事業は継続されたが、明治45(1912)年閉鎖される。またロイヤルダッチ・シェル系列のライジングサン石油も九州博多湾頭西戸崎に製油所を建設し、南洋諸島から原油を輸入し、明治42(1909)年に初めて製品を出荷するが、大正4(1915)年同製油所も閉鎖される。

輸入原油量は明治42(1909)年の60万石が最大で、その年の原油供給量(国内生産量と輸入量を加算)の26.5%を占めたが、その後しだいに減少し、明治45(1912)年には7万石の4.6%となる。⁽⁹⁰⁾この時期に輸入原油による製油事業が成り立たなかった理由として、輸入ルートが未開発のために所望特性の原油の入手が困難であったこと、明治42(1909)年に石油鉱業界の圧力により輸入原油に関税が課せられたこと、⁽⁹¹⁾外国石油資本から輸入灯油の値下げ圧力を受けたこと⁽⁹²⁾等が挙げられる。また、明治41(1908)年以降、原油供給量が製油量を上回っていることも見逃すことはできない。⁽⁹³⁾

5 石油製品の市場と用途

(1) 石油製品の市場分析

明治期におけるわが国の製油産業は、世界的大資本の米国スタンダード社、露国ノーベル兄弟社、英・和蘭国ロイヤルダッチ・シェル社等の激しい販売競争に曝され、政府の殖産興業政策の対象でもなく、さらに原油資源の貧困という制約の中で展開せざるをえなかった。当初、

(89) 小林久平“精製事業の沿革及将来”，『燃料協会誌』第137号，1934年，205—216頁。小林は南北石油において原油輸入の実務に関与した。原油輸入からの製油事業に関する記述はこの論文に依るところが大きい。

(90) 原油生産量は前掲(20)，958頁，原油輸入量は前掲(63)，229頁に依る。

(91) 当時，原油輸入税率の規定はなかった。原油輸入税率の改正に対し，南北石油会社の浅野総一郎らは重油を船舶燃料に使用する機運に際し改正反対，日本石油の内藤久寛らは内地石油事業の保護の立場から改正賛成と激しい論戦をした。1909年，原油中の灯油含有分に対し灯油税率(1ガロンにつき9銭6厘，1ガロンは3.8リットル)と同一に課税とする改正税率を公布した。

(92) 低廉な原油を輸入して灯油を製造すれば，灯油の輸出入業者，製油業者はともに打撃をうける。そこで，スタンダード社，ライジングサン社，日本石油と宝田石油は灯油の値下げ競争に歯止めをかけるために，1910年1月に4社販売協定を締結したが，9月には解約となる。

(93) 製油量の約120万石/年に対して原油量は約190万石/年であり，約60%の原油過剰である。

わが国の製油量は少なく、販路も越後近辺に限られていたために石油市場は輸入灯油に独占されていたが、明治30（1897）年代になると全国市場で国産品と輸入品が競争する状況になった。

石油製品の年間の生産量、輸入量と自給率の推移を図-10に示す。生産量は明治31（1898）年は33万石/年であるが、その後原油量の増大と製油業の工場制工業への移行により、明治40（1907）年の160万石/年迄急増する。一方、輸入量は一貫して増大するが、明治30（1897）年代になると150万石/年前後を推移する。生産量と輸入量を加算した消費量は、電灯が普及して灯油の需要が飽和したことにより明治40（1907）年の310万石/年で頭打ちとなる。自給率（生産量/消費量）は、明治30（1897）年頃迄は数%にすぎないが、その後急増して明治34（1901）年には42%になり、以降45%前後を推移する。

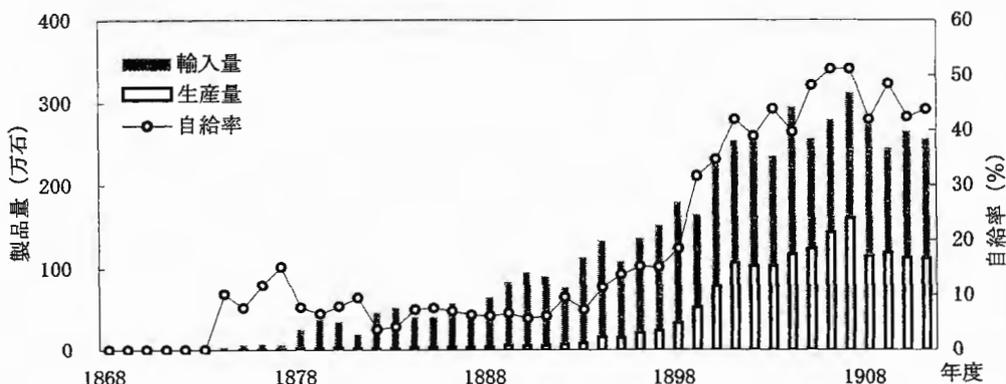


図-10 石油製品の生産量、輸入量および自給率

出所：石油製品の生産量の1898—1911年は伊藤一隆編纂『石油便覧』、石油時報社、1921年、230—231頁、1874—1897年は原油生産量であり、『日本石油百年史』、1988年、980頁、石油製品の輸入量は『石油便覧』、1921年、228—229頁により作成。

それぞれの石油製品の年間消費量と比率を表-3に示す。増大一途の灯油の消費量は、電灯の普及により、明治37（1904）年の220万石/年をピークに飽和状態となり、その比率は明治31（1898）年には88%を占めるが、軽油、重油、機械油の消費量が漸次増大するとともに減少し、明治44（1911）年には灯油70.8%、重油12.0%、機械油8.3%、軽油7.5%、揮発油1.5%と、灯油は71%にまで低下し、燃料油と機械油の合計は29%となる。

それぞれの石油製品の生産量と比率、および原油供給量を表-4に示す。原油量は綱堀の普及により、明治31（1898）年の28万石/年から明治42（1909）年の230万石/年と8倍増大する。これに対応して、製油量も明治31（1898）年の33万石/年から明治40（1907）年の160万石/年と5倍増大する。この間、灯油の生産比率は40%前後を推移するが、軽油と機械油は漸次増大

(94) 1897年以前の石油製品の生産値がないので原油生産量をあてた。この期間、主として灯油を生産し、原油からの灯油の歩留りは40%程度である。したがって、実際の自給率は図の値（0—15%）に対して0—6%である。

表一3 石油製品の消費量と比率

年度	揮発油		灯油		軽油		重油		機械油		合計 石
	石	%	石	%	石	%	石	%	石	%	
1898	8,508	0.5	1,578,549	87.7	22,270	1.2	137,931	7.7	52,791	2.9	1,800,049
1899	11,644	0.7	1,324,837	80.5	35,367	2.1	232,524	14.1	42,300	2.6	1,646,672
1900	16,682	0.7	1,745,620	77.5	71,869	3.2	340,841	15.1	77,592	3.4	2,252,603
1901	28,463	1.1	1,899,532	74.7	94,045	3.7	444,659	17.5	77,105	3.0	2,543,804
1902	22,910	0.9	2,026,394	76.7	89,859	3.4	426,254	16.1	77,824	2.9	2,643,242
1903	24,764	1.1	1,696,517	72.1	110,723	4.7	426,880	18.2	92,493	3.9	2,351,378
1904	29,063	1.0	2,168,898	73.5	134,756	4.6	500,780	17.0	117,528	4.0	2,951,024
1905	35,240	1.4	1,699,782	66.2	174,287	6.8	518,491	20.2	138,607	5.4	2,566,408
1906	34,598	1.2	1,759,635	62.9	312,983	11.2	539,283	19.3	150,314	5.4	2,796,814
1907	37,717	1.2	2,047,405	65.6	290,001	9.3	605,393	19.4	139,037	4.5	3,119,553
1908	4,512	0.2	2,097,429	76.7	173,087	6.3	294,515	10.8	164,402	6.0	2,733,945
1909	16,799	0.7	1,806,471	73.8	191,764	7.8	303,143	12.4	131,083	5.4	2,449,261
1910	24,810	0.9	1,895,715	71.5	221,160	8.3	343,311	12.9	166,151	6.3	2,651,147
1911	37,589	1.5	1,812,344	70.8	190,847	7.5	307,024	12.0	212,453	8.3	2,560,258

出所：消費量は生産量と輸入量を加算した値であり、生産量は伊藤一隆編纂『石油便覧』、1921年、石油時報社、230—231頁、輸入量は同、228—229頁による。

表一4 石油製品の生産量と原油量

年度	揮発油		灯油		軽油		重油		機械油		合計 石	原油 石
	石	%	石	%	石	%	石	%	石	%		
1898	8,508	2.6	149,139	44.8	22,269	6.7	137,931	41.4	15,270	4.6	333,119	281,350
1899	11,643	2.2	221,357	42.5	35,367	6.8	232,523	44.6	20,201	3.9	521,093	475,433
1900	16,682	2.1	317,539	40.7	71,868	9.2	340,840	43.7	32,850	4.2	779,781	768,750
1901	28,462	2.7	447,157	41.9	94,045	8.8	444,659	41.7	52,400	4.9	1,066,725	985,928
1902	22,909	2.2	437,536	42.5	89,859	8.7	426,254	41.4	52,060	5.1	1,028,620	879,739
1903	24,764	2.4	438,143	42.5	90,739	8.8	426,880	41.4	51,323	5.0	1,031,850	1,067,422
1904	29,062	2.5	449,706	38.4	104,044	8.9	500,779	42.7	88,334	7.5	1,171,928	1,075,978
1905	35,239	2.8	464,077	37.5	128,837	10.4	518,491	41.9	89,887	7.3	1,236,533	1,189,706
1906	34,597	2.4	508,654	35.6	251,461	17.6	539,283	37.7	96,056	6.7	1,430,052	1,381,383
1907	37,717	2.4	570,418	35.7	280,876	17.6	605,392	37.9	101,320	6.3	1,595,724	1,517,272
1908	4,512	0.4	577,454	50.3	159,120	13.9	294,514	25.7	111,316	9.7	1,146,917	1,894,677
1909	16,799	1.4	597,634	50.4	172,710	14.6	303,143	25.5	96,624	8.1	1,186,911	2,260,346
1910	10,821	1.0	443,936	39.5	204,647	18.2	343,310	30.5	121,789	10.8	1,124,504	1,839,189
1911	4,001	0.4	472,148	42.1	170,797	15.2	307,023	27.4	167,253	14.9	1,121,225	1,740,896

出所：石油製品の生産量は伊藤一隆編纂『石油便覧』、1921年、石油時報社、230—231頁による。原油は生産量と輸入量を加算した値であり、生産量は『日本石油百年史』、1988年、958頁、輸入量は伊藤一隆編纂『石油便覧』、1921年、石油時報社、229頁による。

し、揮発油は殆ど変化が無く、明治44年における生産比率は灯油42.1%、重油27.4%、軽油15.2%、機械油14.9%、揮発油0.4%である。石油製品の生産比率は需要状況と原油成分に依存するが、原油からの灯油歩留は40%程度と一定である。したがって、明治後期の製油産業を鳥瞰すると、需要の多い灯油をできるだけ多く生産（原油の40%）し、残りの60%から需要に応じて軽油と機械油を生産し、残渣油は重油等となり、灯油生産量の不足分を輸入する構図である。

（2）石油製品の用途

灯油

明治期の石油製品の主たる消費はランプ用の灯油であり、明治末年においても石油製品消費量の70%を占めていた。表一5に示すように、灯油の最大生産量は明治42（1909）年の60万石/年、最大輸入量は明治37（1904）年の170万石、最大消費量は同年の220万石/年である。この間、石油製品輸入量に占める灯油の割合は92—98%を推移し、自給率は明治34（1901）年以降増減はあるが、26%前後である。灯油の関税は明治32（1899）年に定められ、その後3回にわたって引き上げられ、保護政策がとられた⁽⁹⁵⁾。しかしながら、灯油の自給率は26%程度であったのは、原油の供給量に限界があり、しかもその灯油成分は40%程度であることによる。

表一5 灯油の生産量、輸入量、消費量、自給率と石油製品輸入量に占める比率

年度	生産量、輸入量、消費量			自給率と石油製品輸入量に占める比率	
	生産量	輸入量	消費量	自給率	全輸品中の割合
	(石)			(%)	
1898	149,139	1,429,410	1,578,549	9.4	97.4
1899	221,358	1,103,480	1,324,838	16.7	98.0
1900	317,539	1,428,081	1,745,620	18.2	96.9
1901	447,158	1,452,374	1,899,532	23.5	98.3
1902	437,537	1,588,857	2,026,394	21.6	98.4
1903	438,143	1,258,373	1,696,516	25.8	95.3
1904	449,707	1,719,191	2,168,898	20.7	96.6
1905	464,078	1,235,705	1,699,783	27.3	92.9
1906	508,654	1,250,981	1,759,635	28.9	91.5
1907	570,418	1,476,987	2,047,405	27.9	96.9
1908	577,454	1,519,975	2,097,429	27.5	95.7
1909	597,635	1,208,837	1,806,472	33.1	95.7
1910	443,936	1,451,779	1,895,715	23.4	95.0
1911	472,148	1,340,196	1,812,344	26.1	93.1

出所：生産量は伊藤一隆編纂『石油便覧』、1921年、石油時報社、230—231頁、輸入量は同、228—229頁による。

重油

日本石油社長内藤久寛は『米露両国石油事業調査報告』において、「露国ニ於テハ鉄道其他陸用汽罐ノ燃料ハ殆ト全ク石油残渣ヲ以テシ石油運送ノ汽船ニモ亦之ヲ用イラレ軍艦ノ如キモ種々試験ノ末昨年頃ヨリ稍之ヲ用フルニ至レリ⁽⁹⁶⁾」と、露国ではさまざまな分野で重油を燃料としており⁽⁹⁷⁾、「本邦ニ於テ将来燃料トシテ之(石油ノ引用者)ヲ採用スルハ実ニ最大急務ナリト云フベシ⁽⁹⁸⁾」と、わが国でも燃料油としての石油の用途開発が急務であることを、すでに明治31(1898)年に指摘している。

また、明治32(1899)年に新潟鉄工所所長笹村万蔵は「此(重油)燃料ノ使用ハ本邦ニ於ル供給地タルノ故ヲ以テ北越地方最盛ナリ(中略)其多クハ蒸気(汽罐用)発生若クハ石油蒸留等ニ用イラルルニ過キズト雖モ其方法ニヨリテハ石炭コーク及総テ其他ノ燃料ニ代用セラルルコト信シテ疑ハサル処ナリ⁽⁹⁹⁾」と、北越ではすでに蒸気汽罐、原油蒸留用の燃料として重油を使用しているが、その用途はさらに拡大していくと確信している。石油事業に従事する者にとって、灯油を抽出した後の、原油の約60%にあたる残渣油の利用は経営上の切実な問題であり、明治30(1897)年代初頭からその用途を積極的に開発していた。

重油は「ばか草水」と称され、多くは捨てられていたが、すでに明治12(1879)年頃から石油蒸留の燃料に使用されていた。しかしながら、重油と空気の混合不足による不完全燃焼により黒煙濛々の状態で、住民からの非難が絶えなかった。田代虎次郎の養子で越後製油株式会社の田代孝は、明治27(1894)年に重油に水蒸気の気流を噴射して、重油を霧化しながら完全燃焼させる、煤煙の少ない蒸気霧吹法を開発した。わが国における重油燃焼装置の嚆矢とされている⁽⁸⁶⁾。前述したように、明治32(1899)年の調査によると原油蒸留用燃料は重油となっている。また、笹村吉郎は重油を燃料とする反射炉を開発して明治36(1903)年に特許を取り、冶金分野での用途を開発した⁽¹⁰⁰⁾。北越鉄道では明治30(1897)年から機関車の蒸気罐用に重油燃焼機の開発を始め、明治32(1899)年には蒸気と重油の二重管燃焼機を開発し、機関車に搭載した⁽¹⁰¹⁾。明治40(1907)年代になると奥羽本線、中央線等の一部でも使用されるようになった。なお、米国で鉄道に石油の使用を始めたのは明治35(1902)年であり、わが国とほぼ同時期である。このように、重油は明治27(1894)年に外焚燃料として実用化され、北越地方では明治30(1897)年代には広く使用されていた。

(95) 罐入り灯油1ガロン(3.8リットル)につき、1899年1銭6厘、1901年3銭2厘、1904年7銭6厘、1905年9銭6厘。なお、1899年8月23日付き『中外商業新報』によれば灯油2斗(36リットル)の価格は1円90銭であり、関税率は約8%に相当する。

(96) 前掲(67), 90頁。

(97) バクー油田の石油は重質油であること、石炭に乏しいこと等により露国では重油の用途開発に積極的であった。

(98) 前掲(67), 103頁。

(99) 笹村万蔵“液体燃料ニ就テ”, 『工学会誌』210巻, 1899年, 435頁。

(100) 山下良彦編『新潟鉄工所40年』, 1934年, 212頁。

(101) “重油問題の近状(一), (二), (三)”, 『中外商業新報』, 1899年8月26, 27, 30日。

海軍は明治39（1906）年に艦艇の蒸気タービン用燃料に重油の採用を決定し、横須賀に6,000トン重油槽を建設した。海軍で初めて炭油混焼汽罐を装備したのは、明治40（1907）年進水の軍艦「生駒」である。最初に重油専焼汽罐を装備したのは、大正4（1915）年英国より購入した駆逐艦「浦風」で、国産では同年竣工した駆逐艦10隻であり、その後新造の主要艦艇は総て重油専焼となった。⁽¹⁰²⁾英国海軍が重油専焼汽罐を装備したのは明治36（1903）年である。なお、海軍は重油に関する数値を公表しておらず、本論文の表には含まれてない。民間では東洋汽船の天洋丸が明治41（1908）年に初めて重油を使用した。⁽¹⁰³⁾このように、明治40（1907）年代になると重油は船用燃料としても使用されるようになった。

軽油

新潟鉄工所では明治28（1895）年に石油発動機を輸入し、木工場の動力として使用するかたわら、軽油の用途を開発する目的で石油発動機の研究を進めた。明治36（1903）年に米国から2サイクル15馬力の石油発動機を購入し、油田における石油井戸の試掘用、採油ポンプ用に模造生産を始めた。⁽¹⁰⁴⁾その後、石油発動機の用途は精米、製材、ポンプ、工場の動力用等に拡大し、明治40（1907）年の全国調査によると石油発動機を所有する事業所は2670ヶ所であった。⁽¹⁰⁵⁾とくに軽油の需要が最も多くなったのは漁船用発動機の燃料であった。これは、日清・日露の両戦役により漁場海域が東支那海、台湾、朝鮮および千島列島近海に迄拡張し、遠洋漁業への需要が増したことによる。わが国初の石油発動機船は明治39（1906）年に建造された静岡県水産試験所の漁業試験船富士丸であり、米国製ユニオン型18馬力発動機を補助機関として据え付けた。⁽¹⁰⁶⁾発動機漁船は明治44（1911）年には541隻となる。⁽¹⁰⁷⁾新潟鉄工所でも明治41（1907）年からデンマークのダン型石油発動機の模造生産を始め、⁽¹⁰⁸⁾大正2（1913）年には石油発動機専門の東京分工場を設立するに至る。

機械油

明治23（1890）年の内国勸業博覧会の審査報告に、「機械油モ亦灯油ト同シク植物性ニ属スルモノ最モ多数ヲ占メ鉱物性ニ属スルモノ甚ダ少シ、」⁽¹⁰⁹⁾とあるように、当時の機械油の主流は植物油であった。しかしながら、日清戦争後の工業化の進展とともに、明治30（1897）年前後から石油機械油時代が到来した。石油機械油の自給率をみると、明治31（1898）年は29%にしかならないが、その後着実に上昇して明治34（1901）年には68%、明治44（1911）年には79%となる。⁽¹¹⁰⁾明治42（1909）年の大蔵省『外国貿易概覧』に「外部油（車軸油等／引用者）ハ皆国品ヲ以

(102) 燃料懇話会編『日本海軍燃料史』上、1971年、17頁。

(103) 前掲(6)、165頁。

(104) 前掲(100)、166頁。

(105) 『石油発動機及汽罐汽機統計』、南北石油株式会社、1908年（国会図書館所蔵マイクロフィルム）。

(106) 日本船用発動機学会『日本漁船発動機史』、1959年、4頁。

(107) 前掲(106)、5頁。

(108) 前掲(100)、168頁。

(109) 『潤滑油産業史』、社団法人潤滑油協会、1981年、23頁に所収。

(110) 機械油の自給率は表-3と4の値から計算した。

テ弁スルコトヲ得レド、内部油（内燃機関油等／引用者）ハ猶外国品ノ方品モ良シク且ツ廉値ナ⁽¹¹¹⁾リ、」とあるように、一部の内部油を除いて自給体制となった。明治40（1907）年に開催された東京勸業博覧会に、日本石油は機械油としてスピンドル油、マシン油、ダイナモ油、エンジン油、シリンドル油、バルブ油、車軸油、ベルト油の8種を出品し、いずれも良質で外国品に劣らないと評価され、機械油一般に対しても「外国製品ニ対シ世界ノ市場ニ競争スルコト難カラサルヲ信ス⁽¹¹²⁾」と評価された。

揮発油

石油消費量の1%程度にしかすぎず、植物油の浸出用、護膜・樹脂類溶解用等に使用された。

最後に、従来、「わが国の石油精製技術は、少くとも明治末年の頃、石油製品のほとんどがランプ用灯油に限られていた時には著しい進歩は示さなかつた。」とされている。しかしながら、明治末年の頃には石油製品の生産量の60%、および消費量の30%は軽油、重油と機械油であり、また石油製品の品質は外国品と同程度であり、その消費量の約45%は自給されていた。

5 おわりに

洋式製油は明治10（1877）年前後に米国から導入され、新潟、静岡、長野に普及した。この導入と普及には、工部省工作局長大鳥圭助、お雇外国人のG. ワグネルとB. S. ライマン、石油事業家の石坂周造と滝沢安之助等が寄与し、とくに大鳥圭助『山油編』の寄与は大きかった。一方、土着のランビキは洋式技術を取り入れながらそれとの融合を図ると同時に、ランビキに蓄積された蒸留技術は洋式製油の受容を円滑にした。

明治30（1897）年頃迄の製油業は零細な個人業者による家内製工業であった。直立式の6石鑄鉄製釜による製油量は30万石／年程度と少なく、販路が越後近辺に限られた地場産業による粗製濫造の状況にあった。石油製品の殆どは灯油であり、その90%以上は輸入品であった。

明治30（1897）年代になると網掘の普及により原油生産量が急増するとともに、北越鉄道の開通により販路が拡大し、石油製品の量産化と品質向上が課題となる。明治32（1899）年の日本石油柏崎製油所の建設を契機に、製油業は工場制工業への転換が始まった。欧米視察、翻訳書等による西洋技術の導入、ランビキ以来の蒸留技術の蓄積、高等教育を受けた技術者の参入等により製油の近代化が進められた。水平式の100—600石円筒横置釜による量産化体制が確立し、水蒸気吹き込みによる蒸留、分留器、圧搾空気攪拌洗浄および酸性白土洗浄等の導入、さらには揮発油、軽油、重油、機械油の需要増大により、それぞれの成分範囲を狭くした結果として製品の品質が向上した。この結果、製油量は明治40（1907）年頃には160万石／年となり、

(111) 大蔵省『外国貿易概覧』、前掲(100)、42頁に所収。

(112) 前掲(88)、1082頁。

(113) 東京府庁編『東京勸業博覧会審査報告』巻参II、1908年、藤原正人編『明治前期産業発達史資料 勸業博覧会資料』217、明治文献資料刊行会復刻、1976年、283頁に所収。

(114) 板倉忠雄「石油精製業における技術的發展の諸段階」、有沢広巳編『現代日本産業講座』III、1960年、岩波書店、346頁。

その品質は外国製品と同程度となるとともに、日本石油と宝田石油の2社寡占体制となった。

灯油の消費量は、電灯の普及により明治37（1904）年の220万石／年で頭打ち状態となり、明治末期における石油製品消費量に占める灯油の割合は70%となる。しかしながら、その自給率は26%と低かったのは、わが国の原油に占める灯油成分の割合が40%程度であることによる。このために、石油事業にとって、原油から灯油成分を抽出した残油、すなわち原油の60%を有効利用することは経営上の切実な問題であり、明治30（1897）年代初頭から燃料油としての用途の開発を積極的に進めた。重油は外焚燃料として、軽油は発動機の燃料としての用途が開発され、日清日露戦争を経て工業化が進展するとともに機械油の需要は着実に増大した。この結果、明治末年の石油製品の生産量および消費量に占める燃料油と機械油の合計の割合は、それぞれ60および30%となる。

わが国の石油産業が、貧弱な石油資源、圧倒的な外国製品の攻勢、政府の殖産興業の対象でない状況において、石油製品消費量の約45%を自給できるようになったのは、明治期の製油工程は経験と熟練への依存が大きく、江戸のランビキに遡る蒸留技術の蓄積、および日本石油を中心とする民間企業の積極的な西洋技術の導入によるところが大きかった。

Development of Petroleum Refining Technology in the Meiji Era

by

Fumihiko ISHIDA

(Joetsu University of Education)

Taro ISHII

(Graduate School, Joetsu University of Education)

The development of petroleum refining technology that took place in the Meiji Era (1868-1911) is discussed in this paper.

Sanyuu Hen (Petroleum) written by Ootori Keisuke contributed greatly to the introduction and spread of western refining processes, and the preceding alembic method was basic to the newly introduced western oil refining. Until about 1898, the petroleum refining industry was limited to home manufacturing, and crude petroleum was refined mainly for kerosene using vertical cast iron stills with a capacity of 1 kiloliter. Refined petroleum was of a poor quality, and the annual refining capacity was about 60,000 kiloliters.

The petroleum refining industry began to shift to factories in 1899, and an oligopolistic system was established by the Nihon and Houden oil companies. Refined quantity increased to 300,000 kiloliter per year by the introduction of horizontal type 100 kiloliter stills made of riveting wrought iron plates. And the quality of products equivalent to that of foreign products was attained by the introduction of live steam blowing distillation, air-blown agitator purification, acid clay purification, etc. The annual capacity increased to 300,000 kiloliters with the introduction of horizontal 100 kiloliter stills made of riveted wrought iron plates, and the quality of products was equivalent to that of foreign ones. These accomplishments were attained by the introduction of live steam-blown distillation, air-blown agitator purification, and acid clay purification, etc.

The consumption of petroleum products was saturated in around 1902 being affected by a peak in kerosene consumption due to the spread of electric lamps. On the other hand, the increased demands for heavy oil as a fuel, for light oil as a fuel for engines, and for lubricant oil with the development of industry continued to grow. The production and consumption of these petroleum products came to 60% and 30% of the total, respectively. The establishment of a self supply system capable of producing about 45% of the consumption of petroleum products was due largely to the accumulation of distillation technologies since the Edo Era and the aggressive introduction of western technologies by private enterprise in duruig the Meiji Era.