

海軍の技術選択の失敗：航空機用ガソリンと石炭液化

三輪, 宗弘
九州大学記録資料館産業経済資料部門：教授

<https://hdl.handle.net/2324/16167>

出版情報：第5回シンポジウム「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」研究論文発表会論文集，
pp. 27-30, 2009-12-15. 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」総括班
バージョン：
権利関係：

海軍の技術選択の失敗—航空機用ガソリンと石炭液化 Japanese Navy and the Coal Direct Hydrogenation

三輪 宗弘*
MIWA Munehiro

石炭液化法、航空機用ガソリン、コールタールの水素添加、人造石油、アルキレーション
Bergius Process, Aviation Gasoline, Coal Tar Hydrogenation, Synthetic Oil, Alkylation

要旨

ドイツは本当に石炭液化法で航空機用ガソリンを製造していたのであろうか。日本海軍はドイツが石炭液化で航空機燃料を製造していると考えていた。しかしPBレポートを検討すると、日本海軍が低く評価していた低温乾留で得られたコールタールやピッチを原料にして、水素添加し、さらにDHD法やアルキレーション法などを駆使して、オクタン価の高い航空機燃料を製造していたことがわかる。日本と同じくドイツもベルギウス法によってまったく生産していなかった。ここには日本の技術開発における技術情報の大切さというものを、失敗の事例から学ぶことができる。

問題の所在—ドイツは石炭液化に成功していたのか—

ドイツは第二次世界大戦で石炭液化(直接液化法、ベルギウス法)という製法で航空機燃料を補給したのだろうか。管見の範囲でこの点への疑問を提示しているのは、嘉納吉彦『日本航空燃料史』(注1)である。

「筆者はドイツのロイナ工場(Leuna)、イギリスのビルingham工場(Billingham)—いずれも当時揮発油年産20-30万klと称していた—視察の際、主としてタールの水素添加を行っているのではないかと注意していたが操業中の洗炭工場は見せてもペースト工場は見せず、結局疑問を残して帰つて来たものである。」

嘉納は訪独した昭和10(1935)年にPier博士からドイツが低温乾留のコールタールから航空機燃料を取得しているという話を聞いたことが記されている。「筆者は最初からわが石炭直接液化は失敗せざるまでも非常に遅れると見ていた者である」と述べていることからうかがえることであるが、ドイツが石炭液化に成功しているのにもかかわらず、日本海軍は成功していると思ひ込み、開発に取り組んだということが暗示されている。嘉納大佐が暗にほめかしているようにドイツは低温乾留のコールタールから航空機燃料を製造したのであろうか。この点を明らかにすることが、本稿の目的である。このこと

は日本の技術開発の問題点として何を意味するのか、今日何を教訓として学べるのか真摯に考えなければならない。日本海軍はドイツが石炭液化法で航空機燃料を製造しているとの思い込みを前提に石炭液化法による航空機燃料生産に邁進した。その一方で低温乾留に対しては、芳香族が多く、加鉛効果が悪く、航空燃料には適さないとの低い評価を下した。海軍は、低温乾留は航空機燃料には適さないとの烙印を押ししたのであった。

米国戦略爆撃調査団『石油に関する総合的最終報告』(注2)を一読すると、ドイツのHydrogenationというのは日本で訳語をあてるとしたら「低温乾留で得たコールタールに水素を添加した」という意味で用いられていると気づいた。有機化学の教科書のおさらいになるが、水素添加(Hydrogenation)の通常定義は「水素下で接触的に行われる還元反応であるが、単に二重結合や三重結合を飽和化する反応と、分解を伴う水素添加分解(Hydrogenolysis, Hydrocracking)反応に大別される」(注3)であるが、この定義だと石炭液化も、FT法も、海軍の九八水添もすべて水素添加に含まれる。低温タールやオイルシェールのハイドロクラッキングも水素添加の範疇である。

なぜ戦前の日本は、特に海軍はドイツがベルギウス法で石炭液化を行っていると思ひ込み、低温乾留のタールの水素添加に着目しなかったのであろうか。ここには日本の技術開発の問題が凝縮されていると思わざるを得なかった。海軍燃料廠の化学技術者もドイツの人造石油工場を見学したにもかかわらず、

*九州大学記録資料館 産業経済資料部門 教授

* Kyushu University Manuscript Library Business and Economics Section Professor

石炭液化法で航空機燃料を製造しているという前提に疑問を感じなかった。まったく生産実績のない石炭液化にドイツが成功していると思いついて、当時日本の最高の技術スタッフを擁した海軍燃料廠が音頭を取り邁進したなら、その背景や理由を問いたださなければならない。海軍は石炭液化にこだわったし、膨大な資金を費やし、満鉄や朝鮮窒素での工業化にも着手した。(注4)

1. アルキレーションへの関心の低さ

これに関連して、米国、ドイツで高オクタン価の航空機燃料増産に大きな役割を果たしたアルキレーションにも関心を払わなかった点も付言しておきたい。

『日本海軍燃料史 上』(原書房、昭和47年、非売品)の第五編「研究」の第三章「海軍燃料廠の研究成果」の中で「アルキレーション法の研究」という項目があり、「脱水素重合の組合せに依るイソオクタンの増産法に研究の重心を置いたこと、及び原料イソブタンの適当なる資源が見当たらなかった」を等閑に付した原因であるとしている(注5)。同書の第四編「生産技術」の第十九章「アルキレーション」で山本為親は以下のように述べる。

「アルキレーションによる高オクタンガソリン配合燃料の製造はパイロットプラントのテストによって技術的には略確立されたが、クラッキングの副生ガス中のブタンの量が少なく工業化されるにいたらなかった。」

米国が石油化学プラントの廃ガスC4留分を利用していたため、海軍は廃ガスからイソオクタンの合成に並々ならぬ関心を示したが、低温乾留から得られるC4のブタンに着目しなかった。イソオクタンの当時の製造法が米国の廃ガスを利用するUOP法であったために、100オクタンのイソオクタン製造には情報を収集し、工業化を推進した。日本石油や三菱石油のUOPイソオクタン法の導入を積極的に慫慂した。

ドイツがアルキレーション技術を確立していたのならば、海軍の技術選択は二重の意味で誤りであったと指摘できる。

2. 米国戦略爆撃調査団『石油に関する総合的最終報告』を読み直す

米国戦略爆撃調査団『石油に関する総合的最終報告』では実際にどのように表記されているのであろうか。関連する表現を拾っておこう。(引用はそれぞれ31~32、46、47、124頁)

「褐炭及び褐炭を低温乾溜して得た褐炭コールタールの兩種から取得する工場」(傍点 引用者 以下同じ)

「6 工場は石炭—炭素化工場からタールを補給せられ、2 工場は天然油からガス—オイル及び媒体を供給されることになっていた。」

「水素処理法工場が破壊されたために、石炭乾溜によつて産出するコールタールが過剰になった」

上の引用は低温乾留などのタールの水素添加ではないのかという傍証となる。石炭液化(ベルギウス法)であることを示唆する文章もある。公平さのために引用しよう。

「水素添加法はフィッシャー法に比して遙かに複雑である。この方法では、石炭は、粉末に砕かれ、泥状にするために重油に混ぜ、高温のinterchangerにポンプで送り、こゝには圧力をかけられた水素があつて、その中で約800Fに加熱せられ、その温度で水素は石炭の一部と結合し、重い構内(ママ)で反応を起すに至る。」

ここで大切なのは「石炭が粉末にされ重油に混ぜられ、水素と反応する」という内容である。いわゆるペースト(石炭の粉とタールの混合物)が水素添加され、液体燃料になるというベルギウス法の典型的な特徴が述べられている。これこそ日本が失敗したベルギウス法の石炭液化のやり方である。

この点に関しては C. I. O. S. INVESTIGATION OF RUHR SYNTHETIC OIL ETC. PLANTS Preliminary Progressive Report (PB17)によれば、Wielheim(ヴェールハイム)で行われた、ペーストを原料とする石炭液化でうまく水素添加できなかったために、炭素電極棒製造に切り替えたと記されている。これをPott-Broche Processであるとしている。つまり日本海軍の石炭液化法は「ベルギウス法」のことであったが、ドイツではこの「ベルギウス法」をPott-Broche Processと呼称していた。Pott-Broche Processがうまくいかなかったと書かれている。そのためコールタールピッチや重質油のタールオイルを原料にして水素添加を行ったとしている。同工異曲のPB23739: Visit to BOTROP-WELHEIM HYDROGENATION PLANTにも同じ記述がある。ドイツ

が石炭液化法（ベルギウス法）に成功していなかった事実がはっきり浮かび上がる。

表1と表2をご覧いただきたい。1947年に出されたPBレポート88981: Report on the petroleum and Synthetic Oil Industry of Germany（注6）から引用したものである。

表1 ドイツ水素添加工場(1939年)

工場名	主な原料
Leuna(ロイナ)	Brown coal
Böhlen(ベーレン)	Brown coal tar
Magdeburg(マクデブル)	Brown coal tar
Zeitz(ツァイツ)	Brown coal tar
Scholven(シオルフェン)	Bituminous coal
Welheim(ヴェールハイム)	Bituminous coal tar pitch
Gelsenberg(ゲルゼンベルク)	Bituminous coal

出所:PB88981

表2 ドイツの水素添加工場一覧 (1945年)

工場名	主な原料	アルキレーション
ロイナ	Brown coal and brown coal tar	○
ベーレン	Brown coal tar	○
マクデブルク	Brown coal tar	×
ツァイツ	Brown coal tar	×
シオルフェン	Bituminous coal	○
ゲルゼンベルク	Bituminous coal	×
ヴェールハイム	Pitch and tar	×
シュテティンペーリッツ	Bituminous coal, pitch, tar and petroleum residues	○
リュツケンドルフ	Petroleum residues and tar	×
ヴェセリング	Rhine brown coal	○
ブリュクス	Brown coal tar	○
プレッヒハマー	Bituminous coal	○

出所:PB88981

1939年と1945年の水素添加工場の原料が掲げられている。主要な原料として、褐炭コールタール、瀝青炭コールタール、褐炭、瀝青炭が並んでいる。褐炭や瀝青炭はどのように使用されたのだろうか。

褐炭や瀝青炭を原料にしている工場ではアルキレーションが行われているが、石炭のガス化が行われていたということではないだろうか。石炭を粉にしてコールタールと混ぜてペーストを作ったのではなく、石炭はガス化されブタン、イソブタンを分留し、n-ブタンをDHD法で脱水素させ製造したn-ブチレンとイソブタンとの合成（アルキレーション）によってイソオクタンを製造していたのではなかろうか。

ドイツの航空機燃料生産高

表3（最後に掲載）は空襲を受ける前の1944年のドイツ石油生産量である。ドイツ国内で石炭から得られた液体燃料は年産500万tがピークで、ドイツ占領地域を含めれば、ドイツ・オーストリアで産出される原油が200万トン、ルーマニアなどの原油が700万トンである。1944年8月の空襲後の生産高はわずか12万トンに急減した。（注7）

ピーク時にあたる1943年と1944年5月までの数字を一瞥しておきたい。ドイツが消費した航空機燃料は15万トン/月であり、その内空軍の需要が13.5万トンであった。自動車揮発油に関しては民需が2.5万トン、輸出が2.1万トン、陸軍が13.5万トンで合計18万トン毎月消費していた。ディーゼル油は軍需が7.5万トンで、民需が4.5万トンであった。（注8）

日本海軍の航空機用揮発油の1943年度月平均消費量は、5.34万キロリットルであり、重油は29.3万キロリットルであった。（注9）

おわりに

当時最高のレベルの技術陣を擁した海軍燃料廠が難解で確立されていない石炭液化法（ベルギウス法）の実現という希望的思考に拘泥され、またドイツで成功しているという幻想にとらわれ、ベルギウス法で成功していないと気づかなかつた。海軍は、コールタールのハイドロクラッキングから航空機燃料やディーゼル油を取得しようとしなかつた。ドイツで低温タールのハイドロクラッキング、DHDプロセス、アルキレーションプロセスを経てオクタン価の高い芳香族留分の多い揮発油を製造しているという情報を掴んでいれば、石炭乾留による液体燃料の生産量は大幅な増産が可能であったのではないだろうか。ガソリン1トンつくるのに褐炭10トン必要であるとして、500万トンの石炭から50万トンの石油を取得し、国産原油、オイルシールでそれぞれ30万トン取得できたとすれば、米国の石油禁輸に対

	年産額						トン/年
	水素添加	フィッシャー法	ドイツ、オーストリア原油の精製	褐炭・瀝青炭の蒸留	ベンゼン	ルーマニア、ハンガリーからの輸入	合計
航空機用燃料	1,900,000	—	—	—	50,000	100,000	2,050,000
自動車用揮発油	350,000	270,000	160,000	35,000	330,000	600,000	1,745,000
ディーゼル油	680,000	135,000	670,000	110,000	—	480,000	2,075,000
重油	240,000	—	120,000	750,000	—	—	1,110,000
潤滑油	40,000	20,000	780,000	—	—	—	840,000
その他	40,000	160,000	40,000	50,000	—	—	290,000

出所 PBレポート88981
 駐1: ベンゼンと訳したが、芳香族全般を指している。
 駐2: hydrogenation(水素添加)という項目がある。日独の表記の違いに着目されたい。

して、開戦という選択肢でない余地も残されていたはずである。海軍の技術選択の失敗は、技術にとどまらず、日米開戦決定にも大きな影響を及ぼしたことを考えると、海軍の技術政策の失敗は徹底的に追及されなければならない。

嘉納吉彦『日本航空燃料史』は「あとがき」の中で「航空燃料失敗の原因」という一項を削除したことについて触れている。ドイツが低温乾留から得たタールからオクタン価の高いイソオクタンを製造し、芳香族の多い揮発油と混ぜて航空機用ガソリンを製造していたことに海軍が気付かなかったということを書いたために、海軍批判と受け取られかねないことを心配して公表をためらったのではないだろうか。

本稿ではPBレポートを跡付けることにより、ドイツは石炭液化法ではなく、低温タールや高温タールを原料にして、航空機燃料を製造した事実を明らかにした。日本海軍は石炭乾留から得たコールタールは芳香族リッチであるため、四エチル鉛の加鉛効果が悪くオクタン価が高くなるとして、航空機燃料の原料としてコールタールの利用という考えを早い段階で放棄した。当時の文献を読むと、低温乾留のコールタールはオクタン価が高い揮発油は得られないとの認識が広く受け入れられていた。ドイツでまったく製造されていないのに、大島義清東京大学教授（海軍燃料廠の技術指導も行う）は「直接液化法と称せられ、既に独、英、其の他に於て工業的に行はれ」と書いているのが象徴的である。（注10）当時の一般的な認識であった。

注

- 1) 嘉納吉彦『日本航空燃料史』p35、p61、1956年
- 2) 米国戦略爆撃調査団、坂間訓一訳『石油に関する総合的最終報告』空幹校教資5-2-26-106、1959年。
- 3) 三井啓策「水素添加を中心とした工業と将来」『化学工業』35巻9号、pp.965—66、1971年)

- 4) 前掲三井啓策、pp.972-73
- 5) 燃料懇話会編『日本海軍燃料史 上』p441、p358、1972年
- 6) B. I. O. S. OVERALL REPORT No. 1. : Report on the Petroleum and Synthetic Oil Industry of Germany、PBレポート88981（国会図書館関西館に所蔵がないため、米国議会図書館でコピーした）。本格的なPBレポートである。PBレポートは敗戦直後のドイツや日本の産業や技術を調査したレポートである。FIATやCIOS、BIOSのレポートがあり、米国戦略爆撃調査団の報告書、日本とヨーロッパに派遣された海軍調査団の報告書もPB番号が付され、PBレポートになっている。有機合成化学協会編『ドイツ有機合成技術 PBレポート集録I』（丸善、昭和二九年、六—一二頁）の「PBレポート調査方法解説」が詳しい。PB番号とFIAT番号、PB番号とCIOS番号の照合はCORRELATION INDEX Document Series and PB Reports で確認ができる。国立国会図書館関西館5-bの棚に配架されている。
- 7) NOTE ON ENEMY OIL INTELLIGENCE, ECONOMIC ADVISORY BRANCH, MAY 8th, 1945, NO. 45/18(RG59(米国国立公文書館), Entry: 456-c: Records of the Petroleum Division Records of the Committee 1942-47, Box21) PP. 1-2.
- 8) OIL AS A FACTOR IN THE GERMAN WAR EFFORT, 1933-1945, 8th march, 1946, p. 49, p. 27, p. 44, CAB121/418(英国国立公文書館所蔵)
- 9) 拙書『太平洋戦争と石油』pp. 182-85、2004年。
- 10) 大島義清「燃料」（五堂卓雄編『国防資源論』p. 212、1937年）

参考文献

- 1) 人造石油事業史編纂刊行会『本邦人造石油事業史概要』pp72-95、pp232-33、1962年。
 - 2) A History of the Petroleum Administration for War, 1941-1945, University Press of the Pacific, 2005, Reprinted from the 1946 Edition.
 - 3) PB1657, The Manufacture of Aviation Gasoline in Germany, July 1945
 - 4) 海軍燃料廠『作業経過』、<http://mars.lib.kyushu-u.ac.jp/mlbes/sagyo/1935.pdf>
 - 5) 雨宮登三『ペトロケミカル』1953年。
- (2009年9月30日原稿受理、2009年10月29日採用決定)