

高度成長期日本の公害防止技術 開発促進政策の枠組み

—大型プロジェクトによる重油直接脱硫技術開発の事例から

伊藤 康

はじめに

- 1 日本の石油産業の特徴と重油脱硫技術開発の必然性
- 2 大型プロジェクト制度導入に至る経緯
- 3 大型プロジェクト制度による重油脱硫技術開発
- 4 大型プロジェクトの効果——成功したと言えるのか？
- 5 「大型プロジェクトの枠組み」が与えた影響

おわりに

はじめに

日本は1960年代から高度成長の時代に入り、それに伴って激甚な公害が全国各地で発生するようになった。大気汚染については、特に「流体革命」によって、爆発的に使用量が増えた重油の燃焼に伴って発生する硫黄酸化物の削減が最大の焦点の1つとなった。硫黄酸化物は、重油等に含まれている硫黄が燃焼されることによって発生する。日本は石油のほとんどを中東からの輸入に依存していたが、中東産の石油は硫黄含有率が高いものが多かったので、硫黄酸化物による大気汚染は、特に日本では大きな問題となったのである。硫黄酸化物を削減するための技術的手段は、大きく分けると、燃焼後の排気ガスから硫黄酸化物を除去する排煙脱硫技術と、重油から硫黄を除去する重油脱硫技術の2つがある⁽¹⁾。両者とも1960年代はまだ確立された技術ではなかったため、経済成長が続き、より一層の重油の燃焼が現実視されていた以上、2種類の脱硫技術の開発・普及は、公害被害を抑制するためには不可欠であった。

一般に、民間企業による環境技術に関する研究開発活動は、二重の意味で社会的に望ましい水準より過少になりやすいと考えられている。1つは、研究開発活動の成果は占有可能性が低い＝公共財的性格をもつという研究開発一般に共通する性質による。この議論は、Arrow（1962）が嚆矢となり、今日では一般論として、研究開発活動に対する何らかの助成措置は支持されることが多い⁽²⁾。

(1) より抜本的な手段としては、硫黄を全く含まない液化天然ガス（LNG）への転換がある。

(2) ただし、技術開発に最初に成功した企業の「先行者利得」が極めて大きく、どの企業がもっとも早く実用化する

もう1つは、環境負荷に係るコストを負担する必要がなければ、それを緩和するような技術開発を行うインセンティブをもたないという環境関連技術特有の問題による。いずれにせよ、何らかの政府の介入がなければ、民間企業が積極的に公害防止技術の開発に取り組むことは期待できない。汚染物質の排出規制等が導入される見通しがあつて、初めて公害防止技術開発に取り組むが、しかし技術開発が進んでいないという理由で、効果的な規制を導入することが困難になるというジレンマが存在する。特に、環境問題が社会に認識されるようになって間がない時期であれば、適切な規制的な環境政策を実施することは難しい。このような状況下では、環境保全型技術に対する何らかの助成政策が重要な意味をもつ。

本稿では、1966年度に日本で導入された「大型工業技術研究開発制度」（以下、大型プロジェクト）の下で、石油精製企業と国立試験研究機関によって研究が行われた重油直接脱硫技術に関する開発プロジェクトについて、その制度の形成及び実施過程に関する検討を行う。1960年代に入り、日本は欧米先進国との経済的な差を埋めつつあったが、技術的には導入技術に大きく依拠していた。開放経済へ移行する中で、日本が経済発展を続けるには国産技術の高度化が必要と認識されるようになっていた。大型プロジェクトは、このような背景の下で、社会的に重要であるが、リスクが高いので民間企業だけでは取り組むことが困難な技術開発を、国が全面的に費用を負担することにより促進することを目的として導入された制度である。重油脱硫技術は、この大型プロジェクトの最初の課題の1つとして取り上げられた⁽³⁾。

大型プロジェクトの下で行われた重油脱硫技術開発を検討する意義としては、以下の点があげられる。まず第1に、重油脱硫技術の開発プロセスは、技術的な解説を除いて、これまで触れられることがほとんどなかったもので、ほとんど知られていない歴史的事実に光を当てるといふ点⁽⁴⁾、第2に、政策が「どのような枠組みで行われるか」ということが、結果に対して重要な役割を与え得ることを示す典型例と考えられるという点である。脱硫技術開発が大型プロジェクトで取り上げられた時期は、国レベルでは有効な排出規制が導入されておらず、環境に関連して大きな影響を与え得る政策としては、日本における初期のものであった。しかし、大型プロジェクトは、時代の制約を受けながら、環境政策ではなく、あくまでも技術政策の「枠組み」の中で行われ、そのことが重油脱硫技術開発の方向性に影響を与えた可能性がある。本稿では、大型プロジェクトの導入時の時代背景や、導入及び実施プロセスを丹念に検討することによって、その政策が行われる「枠組み」が技術開発の方向性に与えた影響について明らかにしたい⁽⁵⁾。

るかということが重要な「序列間競争」になる場合には、研究開発投資が社会全体でむしろ過剰になる可能性も指摘されている。研究開発活動に関する経済分析をまとめた日本語文献としては、伊藤元重他（1988）を参照。

(3) 正確には、最初に乾式排煙脱硫技術が取り上げられたが、その枠内で翌年度から重油脱硫技術も実施されることになった。詳細は3節参照。

(4) 重油脱硫技術開発に関して、社会科学的な面から扱った先行研究としてはMatsuno et al.（2010）があるが、その記述はわずか1ページに過ぎない。

(5) 喜多川（2013）は、「環境政策が歴史的な流れの中で形成され発展してきたことを重視し、歴史的な視点から環境政策を考察する」環境政策史という研究領域あるいはアプローチを提唱した。本稿は、喜多川（2013）に大いに触発されている。

1 日本の石油産業の特徴と重油脱硫技術開発の必然性

(1) 日本の石油産業の特徴

周知のとおり、日本は自国で消費する石油のほとんどを外国からの輸入に依存してきた。ただし、重油等の石油製品を直接輸入するのではなく、原油を輸入して石油製品を精製する「消費地精製主義」を原則とした。その目的は、国内の石油精製産業を育成することにあったが、第2次大戦以前に日本の国内石油会社が、日本に進出した外国石油会社との競争で優位を獲得するために、輸入した原油を国内で精製・販売することに力点を置いたところに源流がある（橘川 2012, p.8）。第2次大戦直後の時期に、日本の石油産業が、外資提携を通じて上流部門をメジャーズ系に大きく依存することによって、より強化・確立された。消費地精製主義が前提である以上、石油製品に何らかの処置を行おうとすれば、国内で対応せざるを得ないという状況にあった。

消費地精製主義の枠組みの下、1962年に「石油業法」が制定された。第2次大戦後、日本は「外貨割当」を通じて、貿易・為替管理を行っていたが、経済発展が進むにつれて、諸外国から貿易自由化を求められるようになった。しかし、石油は重要な基礎的なエネルギーであるにもかかわらず、日本は輸入依存度が極めて高いことから、自由化後も低廉かつ安定的な供給を確保するためには国内石油市場の一定割合を国の影響下に置くことが必要であるとされ、そのために制定されたのが石油業法である。石油業法は、石油精製業を許可制とする、特定の精製設備の新增設も許可制とするなど、いわば「石油精製業をコントロールすることによって、石油の安定供給を達成しようとする」ものであった（橘川 2012, p.249）。日本の石油産業は長期にわたって、この石油業法の制約下に置かれることになる。

(2) 重油脱硫技術の概要⁽⁶⁾

石油精製は、原油を「常圧蒸留装置」にかけることによって、原油に含まれる各留分の沸点の違いを利用して行う。沸点の低いLPガス、ナフサ、灯油、軽油の留分を除いた常圧残油は、いわば原油の残渣と言えるもので、工場等の燃料として使用される重油は、この常圧残油に軽油等を混合して得られる燃料の総称である。重油は残渣であるから、ここに硫黄分等が凝縮される。日本は、もともと硫黄含有率の高い中東原油に大きく依存しており、更に工業燃料として重油に依存するようになっていたので、大気汚染対策の観点からは、重油の低硫黄化＝重油脱硫は不可欠の課題であった。（次頁図表1）

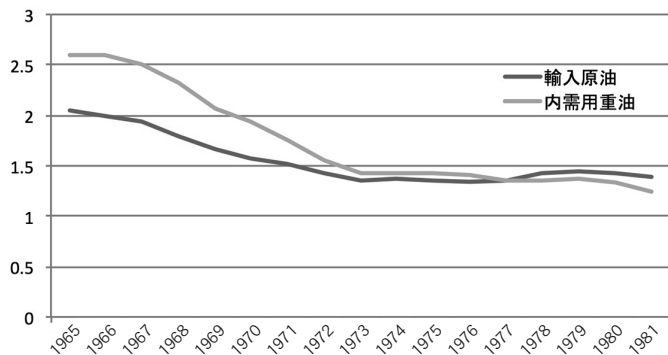
重油脱硫技術の基本は、高温・高圧下で重油中の硫黄を適当な触媒によって水素と反応させ、硫化水素（ H_2S ）として除去する「水素化脱硫」にある。水素化脱硫は、大きく分けると直接脱硫と間接脱硫に分けられる。直接脱硫は、常圧残油全体を脱硫処理するもので、この方が脱硫効果は大きいですが、常圧残油にはアスファルテンや金属化合物等、様々な不純物が含まれていることから、触媒がすぐに不活性化してしまうという問題があった。一方、常圧残油を「減圧蒸留装置」によって減圧軽油と減圧残油に分けた後に、不純物がほとんど含まれない減圧軽油のみ脱硫し、後に減圧残

(6) 重油脱硫技術の概要については、大気汚染学会資料整理研究委員会（2000）を参照。

油と混合するのが間接脱硫である。この方式は技術としては比較的容易であったが、減圧残油の硫黄はそのままだったので、硫黄含有率は十分に下がらない。こうしたことから、重油直接脱硫の開発が求められるようになったのである。

2 大型プロジェクト 制度導入に至る経緯

図表 1 輸入原油と内需用重油の硫黄含有率の推移 (%)



出所：石油連盟『内外石油資料』各年度版より作成

(1) 技術開発に対する政府の介入に関する議論

大型プロジェクトの事例を検討する前に、技術開発一般に対する政府の介入をめぐる議論について、概観しておこう。上述のように、研究開発 (R&D) 活動の成果は公共財的性格を持ち、民間部門に任せるだけでは、社会的にみて十分な研究開発活動は行われないと考えられるため、何らかの形で政府が研究・技術開発を促進するための助成措置を講じることが必要とされることが多い。助成措置として最も一般的なものは、研究開発補助金であり、額はあまり大きくない場合が多いものの、幅広く拠出されている⁽⁷⁾。

しかし、研究開発補助金は必ずしも民間企業の研究開発活動を促進していないのではないかという議論も、しばしばなされている。研究開発に対する政府補助金は、民間企業の研究開発支出を増加させるのではなく単に置き換わるだけで、全体として研究開発支出は増加していないのではないか、すなわち研究開発補助金と民間企業の研究開発支出は代替の関係にあるのではないか、という議論である。この問題については、いくつかの実証研究が行われ、例えばDavid et al. (2000) がそれまでに発表された主な実証分析の包括的なサーベイを行っている。これによると、分析によりその結果は千差万別であるが、政府補助金と民間企業の研究開発支出は代替的という結果が得られている分析もいくつかみられる。もし、両者の間に代替的な関係が存在するとしたら、その理由としては次のような要因が考えられる。まず第1に、補助金がなくても企業が行うような研究開発プロジェクトに対して補助金が支給されている場合である。補助金を与えるべき研究開発活動とは、補助金がなければリスクが大きいといった理由により民間企業の研究開発活動が行われにくいようなものである。ただし、支給できる補助金の額には制約があり、またほとんど成功の見込みのないプロジェクトに拠出しても無駄に終わる可能性が高いわけであるから、上記のプロジェクトの中で、最も成功する確率が高いと考えられるもの、ということになる。しかし、政府がこのような条件を満たす研究開発プロジェクトを選択するのは、技術開発が持つ不確実性を考えると、決して容易なこ

(7) 大型プロジェクトは、国が資金を出して民間企業に対して開発を「委託」するもので、民間が行いたい開発に対して助成を行う「補助金」とは厳密には異なる。しかし、企業の側から、自らが行いたい研究開発を大型プロジェクトの委託対象となるように要請することもあるので（重油脱硫技術に関しては、まさにそうであった）、ここでは両者に対して厳密な区別を行わず議論を進める。

とではない。もし、助成を受けた研究開発が当初期待した成果をあげることができずに終わったときに非難されることを恐れて、比較的成功確率が高く、たとえ補助がなかったとしても企業が実施するようなプロジェクトにばかり補助金が抛出されれば、補助金が民間企業の研究開発活動を促進したことにはならない。単に、民間企業の研究開発にかかわる費用負担を軽減するだけである。研究開発補助金と民間研究開発支出が代替的になる第2の要因としては、研究開発活動に関わる様々な資源供給の非弾力性が考えられる。特に研究者・技術者の供給が非弾力的な場合には、Goolsbee（1998）が指摘しているように、補助金を抛出して研究開発活動を刺激しようとしても、研究者・技術者の賃金が上昇するだけで、実質的に企業の研究開発支出はほとんど増加しないと考えられる。

このように、研究開発に対する助成（補助金）が民間企業の研究開発活動を促進するか否かは、政府が適切なプロジェクトに補助金を抛出できるか、あるいは研究開発のための資源の供給が弾力的かどうか、といった要因によって影響を受ける。上記のDavid et al.（2000）あるいはGoolsbee（1998）は、特に環境関連技術を対象としたものではないが、（効果的な環境政策が導入されていない状況下における）環境関連技術に関してもその傾向は同様に当てはまるものと考えられる。

（2）大型プロジェクト制度成立に至る経緯

1960年代中頃の日本は、欧米先進諸国との経済力の差を埋めつつあったが、技術という面からみると、鍵となる中核技術は未だ導入技術に依存することが多く、国内で独自技術の開発が活発に行われることが必要と認識されていた。しかしながら、当時の日本企業の規模は欧米の大企業に比べて小さく、独自の研究開発活動を十分に行う余力はなかった。国際的には、日本は経済力向上の結果、資本・貿易の自由化を迫られるようになり、開放経済の中で経済発展を継続的に達成するには、技術開発力の向上が課題と意識されるようになった。

例えば、1963年11月に出された、通商産業省の産業構造調査会（後の産業構造審議会の前身）産業技術部会の答申では、開放経済下において国際競争力を強化するための技術分野の課題は、外国技術導入型から先進国的自己開発型へと転換しなければならないことであり、その際には産業構造高度化ないしは国際競争力強化のための核となる技術＝中核技術を選定し、重点的に開発することが効率的であると指摘した。特に、政府が産業構造高度化の中核となり得る重要な技術に関する強力な開発体制、具体的には重点技術開発計画を策定し、産官学協力体制を構築することを求めた⁽⁸⁾。この答申を受けて、1964年度から「鉦工業技術試験研究委託費」が設立されることになる。更に、1964年7月に工業技術院院長の諮問機関である工業技術協議会に対して、「国として総合的かつ計画的に研究開発を推進する必要があると考えられる重点技術の選定とプロジェクトの策定」という諮問が行われ、それに対して、産業構造の高度化、国際競争力の強化、緊急性、波及効果、リスクを勘案して、①MHD（Magnet Hydro Dynamics：電磁流体）発電、②海水淡水化、③石炭ガス地下化、④石炭無人採炭、⑤直流送電、⑥新材料、⑦超高性能電子計算機、⑧新加工技術の8分野を重要技術として開発すべきという答申を行った。

(8) ここでの通産省の諮問等は、大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）に収められたものを利用している。

1964年11月には、産業構造審議会産業技術部会が通商産業大臣から「産業構造高度化のための技術開発力の強化方策について」諮問を受け、1965年10月に中間答申を提出した。その中間答申では、「大型プロジェクト開発」の意義・必要性が以下のように明確に述べられている。

「ここに提案する大型プロジェクト開発は、まさにわが国の将来の経済発展のために、国として開発を必要とする重要な技術であるが、その開発にはあまりにも大きなリスクが伴うために民間のみでは開発し得ない技術について、国が資金的リスクを全面的に負担し民間の研究能力をフルに活用することによって、研究開発を強力に推進する体制を確立しようとするものである。この体制を確立することにより、特定のテーマに対し大幅な研究費と研究者を動員し新技術、新製品の開発が可能になった暁には、独自の新しい産業をおこすこととなり、わが国産業および経済にきわめて大きな効果を期待することができることになる。」（下線部は筆者による）

そして、国が自らの事業として総合的な計画の下で、その研究開発を推進しなければならないプロジェクトとは、

- ① わが国の将来の産業発展に重要な影響を与える画期的、先導的技術であって、技術、研究の波及効果が大きく、かつその技術によってもたらされる経済効果が国民経済上きわめて重要なもの
- ② わが国の産業育成、国際競争力の強化ならびに社会開発の立場から、その技術開発が緊急に要請されるものであって、その研究開発に長い期間と巨額の資金と多数の研究者を要し、民間ではとうていリスクを負担し得ないものを対象とする

とされた。

そして、大型プロジェクトによる研究開発は、国として行わなければならない重要性・緊急性の高い画期的・先導的技術の研究開発であるという位置づけなので、研究開発に要する費用は国が全額負担すべきであり、開発の成否に関わりなく委託費の償還を伴わないが、大型プロジェクトを通じて取得した特許やノウハウについては、国に帰属するものとされた。この点は、通常の研究開発補助金とは異なる点である⁹⁾。一般の研究開発補助金も多くの場合、返還する必要はないが、研究開発費の全額が補助されることは少ない。それでは莫大と予想される研究開発費を当時の民間企業が拠出することはできないと予想されたため、「委託研究」という形式がとられたのである。

この答申、及びそこに至る様々な関連する文書を見ると、「社会開発」あるいは「公害防止」という文言も入っていることはあるものの、あくまでも大型プロジェクトの目的は「国際競争力」向上に資する、すなわち将来的に輸出を可能にするような技術を中心に考えられていたことは明らか

9) 特許が国に帰属するという点が、その優先的利用権が委託先企業に与えられたとはいえ、企業が大型プロジェクトに参画するメリットを弱めたことは事実である。例えば、経団連（1968）は、企業に対して大型プロジェクトへの要望等をたずねたアンケートをまとめているが、それによると、多くの企業が特許権を企業に帰属するように制度を変更するように求めている。工業技術院の担当者の中からも、特許が100%国に帰属することに疑問の声も上がっている。大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）、p.41参照。

である。

さて、実際には上記中間答申が出される前の1965年8月、工業技術院は1966年度の概算要求で、①MHD発電、②超高性能電子計算機、③エチレンの新製造技術、④石炭の地下ガス化、⑤大型火力発電所排ガス中の硫黄除去、⑥高電圧直流送電の6プロジェクトに対する予算要求を行っていた。1964年の工業技術協議会による最初の答申には含まれていなかった脱硫技術が、ここで取り上げられるようになった。この後、通産省と大蔵省との折衝の結果、脱硫技術の開発は、MHD発電、超高性能電子計算機と並んで、1966年度からスタートする大型プロジェクト制度による最初のテーマの1つとして選定される。最初の（1964年9月）段階では重要技術として取り上げられていなかった脱硫技術が、最終的に最初のプロジェクト3つの中の1つに選ばれたという事実は、短期間に硫黄酸化物による大気汚染の深刻さが明らかになり、脱硫技術開発・普及の重要性が広く社会に認識されるようになったということを示唆している。ただし、大型プロジェクトの発足時、工業技術院の機関誌『工業技術』において、脱硫技術については、その開発に成功すれば「世界最先端技術として技術輸出の可能性大」（『工業技術』1965年11月、p.16）と評価されていたことが示すように、あくまでも技術輸出が可能になるような分野、という枠内でのものであったことに変わりはない。

3 大型プロジェクト制度による重油脱硫技術開発

(1) 大型プロジェクトによる重油脱硫技術開発に至る経緯⁽¹⁰⁾

当初、大型プロジェクトの対象とされていた脱硫技術とは、火力発電所等から排出される大量の排気ガスに含まれる硫黄酸化物を除去するのに適していると考えられていた乾式排煙脱硫技術であった。重油脱硫については、日本では1960年頃から調査・研究が行われ始め、硫黄酸化物排出削減のための抜本的対策の1つとして認識され、実験室レベルでは重油脱硫が可能であることは知られていたものの⁽¹¹⁾、コストが高すぎるので実用化はかなり先のことと認識されていたのである。例えば、1959年9月、第3節でもふれた工業技術協議会に臨時で設けられた「エネルギー技術部会」の下部機構「エネルギー技術対策本部」に「石油中のいおう対策に関する専門委員会」が設置され、官民学合同で石油中の硫黄問題について議論が行われたが、そこでの結論は、重油脱硫は費用が高く、とても経済ベースに乗らないというものであった⁽¹²⁾。

しかし、重油脱硫に関する否定的な評価は、政府内の別の組織からのレポートによって、大きく変わることになる。1964年4月、科学技術庁の「資源調査会」⁽¹³⁾ エネルギー部会の下に、石油小

(10) 大型プロジェクトの概要については、基本的に大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）、および通商産業省（1993）を参考している。

(11) 例えば出光興産では、1960年に社内の技報に重油脱硫技術の動向を紹介する論文が掲載されている。南雲（1960）参照。

(12) 藤沼（1967）、pp.565-566参照。藤沼は、ここで出された「費用が高い」という結論により、しばらくの間、重油脱硫は費用が高いという通念が植えつけられたのではないかと述べている。

(13) 資源調査会とは、国内資源を一体的に捉えた提言を行うことにより、第2次大戦後の経済復興に貢献すること

委員会が設置されたことを契機にして、将来の硫黄酸化物による大気汚染に対して、その後の重油脱硫技術がどのように進展したかに関する調査が行われることとなった。そこでの調査・議論の結果が、1966年2月22日に、「重油の低いおう化に関する調査研究」としてまとめられ、科学技術庁長官に報告された。この報告では、「重油の脱硫法としては、金属化合物による方法、微生物による方法等があるが、いずれも研究段階である、水素化法のみが有望であり、この技術は実用化の段階にほぼ達している、水素化法では脱硫費用は硫黄分を1%引き下げるのに、重油1klあたり500円ほどかかる」とまとめられた。

この調査報告が発表されたのは、丁度通常国会が開会中で、大気汚染問題が議論されていた時期であった。それまで政府は、重油脱硫はコスト面から実用化は困難であるという見解をとっていたが、この報告書で発表された重油脱硫のコスト試算値が従来のものと比較してかなり低いものであったこともあり、国会や政府内部に大きな刺激を与え、重油脱硫の是非が活発に議論されるようになる。そして、1966年4月13日に開催された衆議院産業公害対策特別委員会において、石油精製業界に対して、政府の政策措置に対して要求があれば提出するようにとの要請があったことから、4月19日に、石油連盟は会長名で同特別委員会委員長あてに「重油低硫黄化に関する要望」を提出したが、そこには以下のような記述があった⁽¹⁴⁾。

「重油の水素化脱硫に関しては、外国技術の導入につき検討を行うほか、将来の企業化を安定かつ低廉化するため、国産技術の開発も併行的に行いたいので、その場合国家的見地から政府の強力な援助が望ましい。」(石油連盟(1966))

4月21日、同特別委員会は、「亜硫酸ガス排出防止につき重油直接脱硫技術の早期実現に関する決議」を行った。こうしたことから、1966年7月、(工業技術院)工業技術協議会公害対策特別部に重油脱硫分科会が設置され、工業技術院傘下の資源技術研究所および東京工業試験所、触媒工業懇話会、石油連盟等から選出された委員によって、重油脱硫技術の予備的検討が行われた上で、翌1967年度から大型プロジェクトとして実施されることとなった。

(2) 研究開発体制

研究開発期間は、1967年度より4年9か月、その間の研究開発総額は約12億円という規模で、大型プロジェクトの下での研究開発はスタートした。研究開発の目標は、脱硫率70%、費用(硫黄含有率4%の重油を1%程度に脱硫)は1,000円程度とであった。

具体的な研究開発の内容は、適切な触媒の開発とテストプラント(処理能力1日当たり500パー

を目的として1947年に経済安定本部に設置された資源委員会の後継組織である。資源調査会は、行政の諮問を受けて答申を出すだけでなく、自律的に課題を設定でき、また「資源」の概念を広くとらえているところに特徴があった。戦後の広義の資源問題に関し、資源調査会が果たしてきた役割については、佐藤(2012)が詳しい。

(14) 提出された要望書には明確には書かれていないが、石油連盟が重油脱硫を大型プロジェクトの対象とするように要請する際、「資本自由化を控えている」ことを理由の1つとしてあげていたとのことである。当時、石油連盟技術課長であった藤沼茂氏による。藤沼(1967)、p.12参照。

レル)による運用である。重油直接脱硫の方法は、プロセスの違いにより大きく分けて「固定床方式」と「懸濁床方式」の2つであり、研究開発体制も2つの組織に分かれて行われた。当時、アメリカを中心にそれぞれの方式が研究されていたが、両方式の優劣はついていなかった。「大型」プロジェクトとは言いながらも、予算上の制約から、いずれか一方の方式を選択せざるを得ない状況にあったが、早急に決定することは危険であると判断して、プラント建設に支障のない時点まで選択を延期し、触媒の研究開発は両方式に関して行われたのである。

固定床方式については、工業技術院公害資源研究所と日本鉱業、東亜燃料工業、東亜石油、大協石油、丸善石油、興亜石油、アジア石油、三菱石油、昭和石油、ゼネラル石油の民間企業10社が「重油直接脱硫研究開発組合」を組織して研究開発を行い、懸濁床方式については、工業技術院東京工業試験所と日本石油が担当した。

技術開発の主な経緯は、以下の通りである。まず1967年度には、各研究グループとも数十種類以上の触媒を試作し、初期活性化試験による触媒の探索を集中的に行った。1968年度には、これらの触媒の中で優良と認められたもの、及び前年度の研究から得られた知見に基づいて改良された触媒の中で優良と認められたものについて、長期活性試験を実施するとともに、物質収支や製品性状等の測定が行われ、民間における研究は68年度に、国の研究機関では69年度に終了した。なお、重油直接脱硫研究開発組合は、69年度に公害資源研究所との共同研究により開発触媒の寿命試験を行い、また日本石油は、その後も触媒の改良を継続した。

触媒の研究と並行してプロセスの基礎的研究も行われたが、固定床方式及び懸濁床方式に加えて、両方式の特長を持つ「移動床方式」も考案された。それらの長所・短所を比較し、大型プロジェクトのプロセスとしてどの方式を採用するかについて検討した結果、装置の稼働中に触媒の交換ができ、処理する油種に制約がない、また技術開発の可能性が大きいといった理由により、懸濁床及び移動床方式が適当であると判断された。

懸濁床方式は、日本石油の考案による反応塔を用いたプロセスであり、一方の移動床方式は東京工業試験所が懸濁床方式について実験を行っている間に見出した方法に基づくものである。両者とも基礎研究のさらにスケールアップを行い、その中で得られた実績データから検討した結果、テストプラントには日本石油の懸濁床方式を採用することが決定された。

懸濁床方式のテストプラントによる研究開発については、日本石油の他に、プラント・エンジニアリングメーカーの千代田化工建設と新潟鉄鋼所が加わり、計3社による共同研究体制で行われ、1970年10月に日本石油の中央技術研究所校内にテストプラントを建設、70年末から運転を開始し、7回の運転を行って1972年5月にテストプラントによる運転研究を終了した。なお、大型プロジェクト終了後も、東京工業試験所及び日本石油は、上記プロセスの研究を継続して行った。

ところで、多くの石油精製企業が参加した大型プロジェクトによる重油脱硫技術開発に、業界大手の出光興産は参加していない。出光興産は、世界でも重油直接脱硫装置が実用機としては1台も稼働していなかった1966年1月に、重油直接脱硫装置の実用機を設置すると発表、4月にアメリカUOP社からの技術導入の認可を通産省に申請していた。つまり、資源調査会の重油低硫黄化に関する報告書が公にされ、それが契機となって重油脱硫技術の開発促進が論じられていたとき、既に出光興産は実用機の設定を決めていたのである。1966年9月に建設着工、1967年10月から稼働

を始めた⁽¹⁵⁾。出光興産の存在は、大型プロジェクトの方向性に、大きな影響を与えた可能性がある。

(3) 共同研究開発組合による開発

固定床方式は、大型プロジェクトの下ではテストプラント建設には至らなかったわけであるが、それは共同研究開発という体制をとったことが原因となって開発が進まなかった、という可能性について、検討しておこう。

図表2が示すように、研究開発組合に参加して共同研究を行った企業は、相対的に企業規模が小さな企業が多い。共同研究開発を行う意義・メリットとは、何か⁽¹⁶⁾。まず第1に、1社では実施が困難な研究開発を複数の企業が費用を支出することによって、研究開発に取り組むことが可能になるということがあげられる。研究開発に規模の経済が働く場合は、特に共同研究開発のメリットは大きい。すなわち、共同研究開発を行わなければ社会的に最適な水準以下にとどまっていた研究開発の水準を増大させるかもしれないということである。相対的に規模の小さな企業の多くが研究開発組合に参加したのは、こうした理由であろう。

第2に、共同研究開発という形態をとることによって、同じ技術課題に関して複数の企業が重複して研究開発に関わる資源を投入するという非効率を回避できる可能性がある。最初に開発に成功した企業が大きな利得を得ることができると予想される場合は、技術開発に関する「序列競争」の様相を呈することが多く、他の企業に負けられないために過剰な資源が投入され、二番手以降の企業の研究開発が社会的に無駄になるかもしれない。特に、課題に対するアプローチがそれほど多くない場合は、重複する可能性が高くなるだろう。共同研究開発を実施し、開発の意思決定を集権化することによって、それを防ぐことが理論的には可能になる。

しかし一方では、後藤（1993）が指摘するように、マイナスの影響を与える可能性も否定できない。企業が共同研究開発を行うプロセスで共謀することで、逆に研究開発を遅延させたり、更に研究開発段階にとどまらず、製品市場における結託へと発展する恐れもある。この弊害は、公害防止技術の場合、特に問題になりやすい。政府は排出基準等を設定する際には、多くの企業の技術開発状況を勘案しながら決定するのが一般的であるが、多大なコスト発生を回避するために、共同研究開発の場がまさに「共謀」の場となって、業界全体で一致団結して技術的に不可能と主張するこ

図表2 大型プロジェクト参加企業の精製能力比率（%）

	1962	1965	1967
日本鉱業	4.8	5.3	4.7
東亜燃料工業	13.1	11.2	9.9
東亜石油	4.1	2.4	2.1
大協石油	5.3	5.6	4.9
丸善石油	7.1	6.7	7.4
興亜石油	7.2	7.2	6.4
アジア石油	4.5	2.7	4.1
三菱石油	8.8	6.0	8.8
昭和石油	5.4	5.0	4.4
ゼネラル石油	4.5	5.6	4.9
日本石油	1.3	0.8	0.7
日本石油精製	9.9	11.3	10.0
出光興産	11.4	11.7	13.7

出所：石油連盟資料より作成

(15) 出光興産の重油脱硫技術開発の経緯については、出光興産株式会社（1967）、出光興産株式会社（1994）を参照。具体的な規制が存在しない時期に、出光興産が莫大な費用をかけて重油直接脱硫装置の設置を決めた要因に関する考察は、伊藤康（2014）を参照。

(16) 共同研究開発と一言で言っても、様々なタイプのものが考えられるが、ここでは重油脱硫技術に関して行われたような、同業他社とのものに限定している。これは、同業他社との共同研究が、様々な問題を生じさせる可能性があるからである。

とによって、規制導入を妨げることが可能になるかもしれないからである。この典型例として、アメリカの自動車メーカーが排気ガス浄化技術に関して、共謀して開発を制限しようとしたケースがあげられる⁽¹⁷⁾。固定床方式が選ばれなかったことに関して、そのような事態が発生した結果、技術開発が進まなかったという可能性はないのだろうか。重油脱硫に関する大型プロジェクトに工業技術院におかれた「研究開発連絡会議」の議長として関わった斯波忠夫は、以下のように、各社とも開発に非常に積極的であったと主張している。

「……企業としては競争相手同士である石油精製11社が、はたしてよい協力体制を作れるかどうか当初懸念されたが、これは全くよけいなことであった。とくに重油直接脱硫研究開発組合は10社で結成されたにもかかわらず、各社は競って優秀な研究者、技術者を1か所に派遣し、住居、健康管理、人事管理などの諸問題を円満に解決し、国費で支弁できない研究室の建設などを短期間に遂行した。また派遣された研究者、技術者の研究意欲は極めて旺盛で、チームワークも申し分ない状態であった。このような良好な人間関係が、現在までの順調な進行の原動力となったと言える。」（斯波 1970, p. 7）

重油直接脱硫については、既に出光興産が実用機の設置を決め、建設着工していたことから、参加企業が共謀して技術的に不可能と主張したとしても、それが受け入れられる可能性は高くなかったため、意図的な遅延化といった、共同研究開発のマイナス面は出にくかったと考えられる。

4 大型プロジェクトの効果——成功したと言えるのか？

大型プロジェクトとしての開発は1972年5月に終了した。工業技術院は終了直後から重油脱硫開発プロジェクトに関する評価を開始し、12月に報告書が了承された（工業技術院研究開発官室1972）。そこでは、技術の選択や基本計画の目標達成度などは概ね妥当であり、プロジェクトによる開発の成果は今後の工業的規模の重油直接脱硫に適用し得るが、処理費用に関しては目標値よりも割高であった。また、最終的にはテストプラント建設に至らなかった固定床方式も含めて、触媒製造技術や石油精製の高圧技術等の向上に資する効果は大きい、という評価がなされている。ただし、これはあくまでもプロジェクト終了直後のものである⁽¹⁸⁾。

それでは、終了後十分な時間が経過した後で、現実を評価するとどうだったのか。大型プロジェクトによる研究開発の終了後、その成果を踏まえて、日本石油は同社の室蘭製油所において、設備能力1万バレル／日の実装置の設計・政策に着手したが、反応塔が製作された段階で第1次石油シ

(17) アメリカ自動車産業において、いわゆる「ビッグスリー」（GM、フォード、クライスラー）が共同で意図的に排気ガス浄化技術を遅延化させた経緯については、水谷（1990）が詳細にサーベイを行っている。

(18) 約20年後に出版された大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）では、その後の経緯も書かれているが、日本石油でその後計画が中止されたということが簡潔に触れられているに過ぎない。ただし、上記文献が大型プロジェクト20周年を記念して刊行されたものであることを考えれば、実用化されなかった技術に関する詳細な記述がないのは致し方ない。

ショックが発生したこともあり、この計画は中断され、その後中止されるに至った⁽¹⁹⁾。

大型プロジェクト終了後に、多数の重油直接脱硫装置が設置された。日本国内の重油直接脱硫装置の導入時期は、図表3のようになっており、そのほとんどが1970年代に設置され、運転実績を積み重ねていった。しかし、実用化された装置の中に、大型プロジェクトで最終的に選択された懸濁床及び移動床方式はなく、全て従来型の固定床方式である。大型プロジェクトに最後までかかわった日本石油は、間接脱硫装置を設置し、子会社の日本石油精製が直接脱硫装置を設置しているものの、本体は設置していない。また、重油直接脱硫装置を設置した石油精製企業には、大型プロジェクトに参加していない企業も多い。これは、同じく大型プロジェクトの対象となった、乾式排煙脱硫技術と同様である。乾式排煙脱硫装置はほとんど普及せず、結果として普及したのは、大型プロジェクト実施以前は大量の排ガスを処理するのには不適と考えられていた湿式法であった⁽²⁰⁾。(図表3)

大型プロジェクト制度の下で最終的に採用された方式は、実用化されなかったこと、日本石油も重油直接脱硫装置を設置していないこと、更に固定床方式に関しては、大型プロジェクト実施期間中には特許取得も行われていない⁽²¹⁾ ことなどを考えると、関連技術、特に触媒技術へのプラスの影響はあったかもしれないが、少なくとも直接的には、「大型プロジェクトによる重油脱硫技術開発が成功し、その普及に大きく貢献した」という評価をすることは困難である。

5 「大型プロジェクトの枠組み」が与えた影響

少なくとも直接的には、大型プロジェクトによる重油脱硫技術開発は成功したと評価できない以上、目的へのアプローチが適切だったのか、すなわち対象となる技術選択が適切だったのかということが問われざるを得ない。第2節で述べたように、大型プロジェクトは開放経済に向かう中で、

(19) ただし、日本石油の関係者に対する聞き取り調査（2014年7月29日）によると、石油ショックだけが重油脱硫技術開発中止の理由ではなく、社内事情もあったものと思われる。

(20) 大型プロジェクトの下での乾式排煙脱硫技術開発の詳細については、伊藤康（2005）を参照。

(21) 大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）、p.803に、大型プロジェクトの脱硫技術開発のプロセスで出願・登録された特許の一覧が掲載されており、重油脱硫に関する特許は10ある。各々の特許番号を工業所有権情報・研修館が運営している「特許電子図書館」（IPDL）で検索したところ、固定床方式の開発を行っていた企業からの出願はなかった。なお、大型プロジェクトの下で特許出願する組織は工業技術院となるが、実際の発明者の名前も掲載される。その発明者の名前を技報等で調べて、所属企業を特定した。

図表3 国内の重油脱硫装置の設置状況

年月	会社名	製油所	能力
1967年12月	出光興産	千葉	40,000
1970年1月	日本鉱業	水島	27,760
1970年4月	鹿島石油	鹿島	45,000
1972年4月	出光興産	兵庫	40,000
1972年5月	沖縄石油精製	沖縄	38,000
1974年4月	三菱石油	水島	45,000
1975年12月	出光興産	愛知	50,000
1976年1月	アジア石油	横浜	30,000
1976年2月	西部石油	山口	45,000
1976年6月	丸善石油	千葉	30,000
1977年6月	丸善石油	千葉	30,000
1980年8月	アジア共石	坂出	28,000
1982年12月	日本石油精製	室蘭	25,000
1993年1月	日本石油精製	根岸	30,000
1994年10月	出光興産	北海道	35,000
1996年9月	昭石四日市石油	四日市	45,000
1996年10月	東北石油	宮城	45,000

注：能力は（バレル／日）
出所：石油連盟資料より作成

「国産技術の振興」を重要な目的として導入された制度である。重油脱硫技術開発では、国産技術という基準は、どの程度重視されたのだろうか。

上述のように、大型プロジェクトで重油脱硫技術の開発が行われるより前の1966年4月、出光興産は、アメリカのUOP社が開発した重油脱硫プロセスの技術導入を申請、その技術を基に重油脱硫装置を設置、1967年10月より稼働させた。出光興産の重油脱硫処理方式が導入技術であったことから、「国産技術」を開発することが重要であるということを通産省関係者はたびたび発言している。

例えば、1968年12月2日の参議院商工委員会で、重油脱硫に関する議論で、通産省の矢島嗣郎氏は小柳勇議員の質問に対する説明員として答弁に立ち、

「……たとえばいまの具体例で重油の脱硫ということに関しては、現に技術導入でもってある程度やっているわけでございます。しかしながら、技術導入では大部分がいわば間接脱硫でございまして、いま脱硫率も低いので十分じゃない。やはり直接脱硫—直接脱硫も技術導入で—社くらいやっておりますけれども、必ずしもこれだけでいいとは限らぬ。やはり国産技術の開発ということが大切で、これは通産省の工業技術院の大型プロジェクトということでやっておりますが、国産技術が完成するのは（昭和）46年ということで、だいぶ先になるわけでございます……」（『国会会議録（063/299）59—参—商工委員会—閉3号 昭和43年12月2日』下線、括弧は筆者）

と、出光興産の重油脱硫装置が外国の技術を利用したものであるから、国産技術の開発が重要であると発言している。

また、当時「国際派」で知られた宮澤喜一氏が通産大臣であった1971年3月5日の衆議院商工委員会において、排煙脱硫・重油脱硫技術に関し、岡本富夫議員から以下のような貿易収支とからめた質問を受けた。

「……わが国の技術開発というものが非常におくれているということは、貿易収支を見ましても、わが国から技術を外に売っておるのは、受け取りは四千六百万ドル、それに引きかえて支払いは三億四千八百万ドルというような、収支の赤字を生んでいるということは、やはりそういった技術開発に非常に力を入れてないんじゃないか、こういうことでありますので、まず取り上げたうち、排煙脱硫あるいは直接脱硫、これに対して、政府が、通産省が特に主導型になってこれから開発を行なうかどうか。いままでのように、補助金を出して、そしてどうだというようなことでは、とても進まないんじゃないか、私はこういうように思うのですが、その点について、大臣から所見があったらひとつ伺いたいと思います。」（『国会会議録（007/038）65—衆—商工委員会—7号 昭和46年3月5日』）

それに対する宮澤通産大臣の答弁のうち、重油脱硫技術開発に関わるのは、以下の通りである。

「……それから、直接脱硫につきましては、これも以前から大型プロジェクトとして研究を進めておりますけれども、まだわが国独自のものが完成いたしておりませんで、御指摘のように、外国のものを幾つかの会社が導入をいたしたところで、当初ややつまずきがありましたようですが、まあ、ここへきましてやや落ちついてきたというふう聞いておるわけでございます。これもしかし外国の技術でございますので、できるだけ早くわれわれの工業技術院の技術を完成いたしまして、それを使ってもらうようにしたいと考えております。」（同上、下線は筆者）

こうした国会答弁を見ると、通産大臣をはじめとして通産省関係者は、「欧米先進国へ技術面で追いつく」という、1960年代半ばの社会風潮から導入された大型プロジェクトの最大の目的の1つである、国産技術重視の姿勢・原則を明確に表明している。これはすなわち、大型プロジェクト制度の最大の目的は、国産技術開発にあるから、より望ましいと思われる外国からの導入技術があったとしても、その問題点を克服して普及させるよりも、国産技術開発を優先する可能性が高かったことを意味している。逆に、既に出光興産が外国からの導入技術を用いた実用機設置を決めていた以上、重油脱硫技術を大型プロジェクトの対象とするには、国産技術を選ばざるを得なかったと言えるかもしれない。いずれにせよ、最終的に採用された方式は、日本石油が独自に開発したとされる懸濁床方式であった。

おわりに

政府が開発にコミットする技術の選択は、完全に定量化可能な明確な基準のみによって行うことは困難であるから、いくつかの基準から「総合的判断」を行わざるを得ない。一定の選択を行い、技術開発への取り組みを始めてからその成果が表れるまでに、最短でも数年はかかり、最終的にその技術が普及するかどうかは明らかになるのに10年以上かかるのが一般的である。そもそも不確実性が高く、特に大型プロジェクトは、リスクが非常に高く民間だけでは取り組むことが困難な技術を対象としていたわけであるから、成功しなかったからと言って、目的へのアプローチが適切でなかったとは必ずしも言えない。適切な技術選択を行えたとしても、もともと失敗する可能性は高かった。また、第1次石油ショックという制御不可能な突発事項が、開発プロジェクトに大きな影響を与えたことも事実である。対象とすべき技術の選択が適切でなかったから失敗したのか、技術的に困難だったから、あるいは偶然に左右されるような突発的な事象が発生したから失敗したのかを明らかにするのは、容易ではない。しかし、容易ではないからと言って検証を十分に行わなければ、文字通り「不適切な技術選択」の温床となる。不確実性が高く、偶然に左右される部分が大きい技術開発を促進することを目的とした政策の影響を検証するには、結果に対して、不確実な部分の影響を明らかにするという意味でも、どのような歴史的な文脈で、どのようなプロセスで、何を重要な基準として技術選択が行われたのか、ということの詳細に検討することが求められる。

本稿においては、様々な文献や国会での通産省関係者の証言などから、大型プロジェクトの本来の目的＝国産技術の振興が技術選択に際してバイアスを与えた可能性を指摘したが、実際の重油脱

硫技術（方式）の選定プロセスについては、十分に検討することはできなかった。技術選択プロセスの詳細に関する検討は、今後の課題としたい。

（いとう・やすし 千葉商科大学人間社会学部教授）

〈参考文献〉

- 出光興産株式会社（1966）『出光オイルダイジェスト』1966年8月号
出光興産株式会社（1967）『出光オイルダイジェスト』1967年12月号
出光興産株式会社店主室（1994）『積み重ねの70年』
伊藤元重・清野一治・奥野正寛・鈴木興太郎（1988）『産業政策の経済分析』東京大学出版会
伊藤康（2005）「環境技術開発に対する助成措置の役割—日本における脱硫技術開発の経験から—」（寺尾・大塚（2004），243-272所収）
伊藤康（2014）「日本における重油脱硫技術開発の要因—出光興産は何故、重油脱硫装置を設置したのか？」環境経済・政策学会2014年度大会報告論文
大型工業技術開発制度20周年記念事業推進団体連合会（1987）『大型プロジェクト20年の歩み』通商産業調査会
喜多川進（2013）「環境政策史研究の動向と可能性」『環境経済・政策研究』第6巻1号
橘川武郎（2012）『日本石油産業の競争力構築』名古屋大学出版会
経済団体連合会（1962）「座談会石油自由化をめぐる諸問題」『経団連月報』1962年4月
経済団体連合会（1968）「大型プロジェクト（大型工業技術研究開発制度）に関するアンケート調査の概要」『経団連月報』
後藤晃（1993）『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会
工業技術院（1967）『工業技術院年報 昭和41年度』
工業技術院研究開発官室（1972）『重油直接脱硫技術の研究開発に関する評価について』
小宮隆太郎・奥野正寛・鈴木興太郎編（1984）『日本の産業政策』東京大学出版会
佐藤仁（2011）『「持たざる国」の資源論 持続可能な国土をめぐるもう一つの知』東京大学出版会
資源調査会（1966）『重油の低硫黄化に関する調査報告』
斯波忠夫（1970）「脱硫のプロジェクト開発について」『化学工学』第34巻12号
石油連盟（1966）「重油低硫黄化に関する要望」
石油連盟（1967）『石油業界の推移 昭和41年度版』
大気汚染学会資料整理研究委員会（2000）『日本の大気汚染Ⅱ』LATICCE
通商産業省（1993）『通商産業政策史 第11巻 高度成長期（4）』通商産業調査会
寺尾忠能・大塚健司編（2004）『アジアにおける環境政策と社会変動—産業化・民主化・グローバル化—』アジア経済研究所研究双書No.541
東京電力株式会社（1983）『東京電力30年史』
南雲公太郎（1960）「重油の脱硫について」『出光石油技術』第3号
日本システム開発研究所（1983）『昭和57年度環境庁委託調査 複合大気汚染総合対策検討調査（硫黄酸化物対策効果分析調査）報告書』
日本石油株式会社（1988）『日本石油100年史』
日本の大気汚染経験検討委員会（1997）『日本の大気汚染経験—持続可能な開発への挑戦』公害健康補償予防協会
藤沼茂（1967）「重油脱硫の国産技術開発の現状」『日化協月報』1967年10月号
水谷洋一（1990）「アメリカにおける自動車排気ガス規制の歴史（1）—（3）」『一橋研究』第15巻4号，16巻1号，16巻3号
大和勝（1966）「出光の公害予防」（出光興産株式会社（1966），30-45）.
Arrow, K. J., (1962) 'Economic Welfare and the Allocation of Resource of Invention', in Nelson, R. R. ed., *The Rate*

and *Direction of Inventive Activity*, Princeton Univ. Press: 619-622.

David, P. A., B. H. Hall and A. A. Toole, (2000) "Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence", *Research Policy*, 29, 2000, 497-529.

Goolsbee, A. (1998), Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers?, *American Economic Review*, 88, 2, 298-302.

Matsuno, Y., Terao, T., Ito, Y. and Ueta, K., *The impacts of the SOx charge and related policy instruments on technological innovation in Japan*, OECD Environment Directorate Center for Tax Policy and Administration, 2010.

法政大学大原社会問題研究所 ワーキング・ペーパー（旧調査研究報告）のご案内

ワーキング・ペーパーは、教育研究機関などには無料で配布しており、個人・一般の方には実費で頒布しています。入手ご希望の方・機関はご連絡ください。

No.	タイトル	発行年月
52	最新刊 持続可能な地域における社会政策策定にむけての事例研究 Vol. 3—倉敷地域調査および桐生繊維産業調査報告—（500円）	2014年 4 月
51	棚橋小虎日記（昭和十八年）（500円）	2014年 1 月
50	持続可能な地域における社会政策策定にむけての事例研究 Vol. 2—繊維産業調査および公害病認定患者等調査報告—（500円）	2013年 4 月
49	電産中国関係資料（300円）	2013年 3 月
48	協調会の企業調査資料（300円）	2012年 4 月
47	戦後ジャーナリスト職能運動の原点（その2）（500円）	2012年 3 月

法政大学大原社会問題研究所 〒194-0298 東京都町田市相原町4342
tel:042-783-2305 fax:042-783-2311 e-mail oharains@adm.hosei.ac.jp