

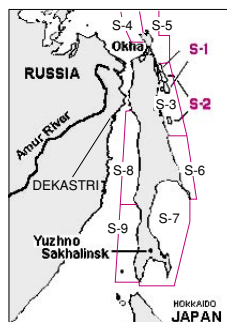
サハリンプロジェクト

世界中には、まだまだ発見を待っている石油・天然ガス資源が数多く存在すると考えられている。これら将来発見が期待される未発見資源量は、既に発見されている確認埋蔵量と同様に中東地域に最も豊富に存在すると推定されているが、極低温でいまだに人間の居住に適さない地域あるいは氷に覆われた海域等のいわゆる極地や氷海域にも、今後の発見の極めて大きな期待がかけられている。

半年以上流水に閉ざされ、最低気温 -40°C 以下にも達するサハリン島周辺の大陸棚もこのような地域のひとつである。ここでは、第二次世界大戦中まで全島陸域で日本による油田開発が続けられており、戦後はソ連に引き継がれたが、1975年に海域での石油・天然ガス探査の基本契約がサハリン石油開発協力（当社の前身）と旧ソ連政府との間で締結され25本もの試掘が行われた結果、多くの海洋油ガス田が発見されている。現在では島の全周にわたってサハリン1～9の9つの鉱区が設定され、石油メジャーも参入して探査が続けられている。これらの鉱区における事業を、それぞれサハリン1～9プロジェクトと呼んでいる。（以下S-1～9）

このうち、S-1、S-2は、いずれも既発見の油ガス層の存在する鉱区であり、1990年代半ばにロシア政府と生産物分与契約（Production Sharing Agreement, PSA）が締結され、その後の評価作業の結果、S-1で原油3億t、天然ガス4,850億 m^3 、S-2で原油1.5億t、天然ガス5,000億 m^3 以上が生産可能であり、近年の技術的成果や油価の上昇もあって十分に採算性があると判断され商業生産への移行が決定されているものである。

S-1は、エクソンモービル（権益30%）をオペレーターとし、当社サハリン石油ガス開発（権益



30%)、ロシア（権益20%）、インド（権益20%）からなる国際コンソーシアムを結成して、2005年からの通年にわたるロシア向けガス生産と最大4万 $\text{kl}/\text{日}$ の原油生産（日本や韓国へ輸出予定）をめざして、坑井の掘

サハリンの石油・天然ガス鉱区 削と原油輸送パイプラインや大規模な処理施設を建設中であり、また今後の天然ガスのパイプラインによる輸出を日本や中国の需要家と交渉中でもある。

S-2は、シェル、三井物産、三菱商事の3社の出資（比率各々55%、25%、20%）による事業会社をオペレーターとして、既に1999年から海洋生産設備1式とそこからの沖合い積出し方式によって最大1.3万 $\text{kl}/\text{日}$ の原油生産を開始し、おもに日本や韓国向けに輸出している。ただし、この原油生産は流水のない夏場の半年間のみのものであり、現在では2007年からの通年にわたる原油と天然ガスの生産をめざしてサハリン島南端までの輸送パイプラインやそこでのLNG液化基地をはじめとする本格的な生産設備を建設中である。製造されたLNGは、おもに日本向けに輸出される予定である。

その他のS-3～9については、いまだ探査が継続中で商業生産の目処は立っていないものの、既に多くの油ガス層が発見されており、将来的に非常に有望な産油・産ガス地域と目されている。

氷海域での原油・天然ガス開発の課題

氷海域では海洋構造物に氷が接触した場合、海水のみに比べ桁違いに大きな力がかかるため、これに耐え得る強固な海洋構造物が必要となる。また、このような地域の生態系は、天候と動植物との長年の微妙なバランスが作り出した極めて再生

能力に乏しい特殊なものであり、貴重な生物種も多く存在するので、環境保護の分野においても技術的に多くの困難が伴っている。そのうえ、サハリン島においては、既存油・ガス田はあるものの古く小規模であり、人口密度も極めて希薄であって、この地域では初めてとなる巨大油・ガス田開発に耐え得るインフラが存在していない。

したがって、耐氷型海洋構造物や極低温環境下での生産設備、不凍港までの長大なパイプラインといった直接的生産施設の他に、道路や鉄道、港湾、飛行場等のあらゆるインフラをすべて改良する必要があり、極めて大きな初期設備投資が要求される。このことは、巨額な初期設備投資に見合うだけの大規模な埋蔵量を発見しないと新たな石油・天然ガスの商業生産が開始できないことを意味する。しかし一方では、探査作業において耐極低温用の高価な掘削設備等を夏場の限られた期間にのみ投入するなどの非効率的作業を強いられ、大きな埋蔵量を発見することは、困難かつ非常に長時間を要する作業となっている。すなわち、サハリン島大陸棚等の氷海域の石油・天然ガス開発では、最初の商業生産への移行におけるハードルの極めて高いことが大きな課題となっているのである。

この課題の克服についてS-1を例に説明すると、単に極低温に起因する問題や環境保護問題を解決する個別技術要素の開発に止まらず、この高いハードルをできるだけ低くすべく、各種技術要素を組み合わせて新たな開発コンセプトを模索することに努力を傾注した。

その結果、耐氷型海洋構造物の建設数削減のためのERD(Extended Reach Drilling、大偏距掘削)技術による坑井掘削の採用と、原油出荷用パイプラインの距離を短縮できる氷海航行システムの採用により、初期設備投資額を抑え、かつ施設建設による環境への影響を最小限とする開発計画が策定でき、商業生産への移行が決定されることとなったのである。

ERD(Extended Reach Drilling、大偏距掘削)

ERDとは、できるだけ遠方まで坑井を到達さ

せようとして従来から行われてきた斜めに坑井を掘削する傾斜掘り技術の一種であるが、偏距(掘削開始地点と終了地点との水平方向の距離)が垂直深度の2倍以上である坑井と定義されており、近年ではこの倍率が5倍に達するほど急速に技術発展し、適用例も急増している技術分野である。そもそもこのERD技術は、環境保護の必要な地域の地下にある油田を遠方から掘削するために開発されてきたものであるが、とくに氷海域のごとく慎重な環境保護が求められ、かつ海洋構造物が極めて高価となる地域においては、非常に重要な技術要素となっている。

ERD技術においては、自由自在に地下を掘り進むため掘削中に常時稼動し得る掘削方向調整装置、方位傾



ERD概念図

斜測量装置、地層状況観測装置等の特殊装置が必要となる。これらの特殊装置は、従来の掘削でも一部で使用されてきたが、ERDに使用するために近年長足の進歩と信頼性の向上が図られてきており、これら装置の新たな開発発展がERDによる到達距離の伸展に大きく寄与している。

S-1では、海岸に1か所の掘削基地を建設し沖合いの地下構造までERD坑井を掘削する他、海洋構造物(海洋プラットフォームと呼ばれる)も1基設置してそこからERDを行う計画である。

現在のところ、海岸の掘削基地から8~10km離れた目標をめざして数本の坑井が完成しており、引き続き多くの生産井や圧入井の掘削が予定されている。ここで使用されている掘削リグはYastreb(ロシア



掘削基地全景

語で鷹の意)と名づけられ、米国で2002年に完成し、現地の海岸に建設された掘削基地に2003年に搬入されたもので、耐震設計がなされ、気温-40℃で稼動可能な極寒冷地仕様リグである。

氷海域航行システム

S-1では、生産した原油を、大陸側のデカストリまで口径24インチ、長さ226kmのパイプラインで輸送し、一旦タンクに貯蔵した後、十分な水深のある沖合いの出荷設備から11万載貨重量トンの大型タンカーに積み込んで輸出する計画である。

氷海域での航海においては、ロシアではアイスパスポートというコンセプトが20年以上にわたってロシア商船に適用されてきた。これは船の耐氷能力と航路上の氷の状況に応じて安全な船の速度を規定しているものであるが、このアイスパスポートを適用した氷海域における原油の出荷は、これまでは比較的小さいタンカーにて限定的に実施されていたにすぎなかった。このため、S-1用タンカーに適用するアイスパスポートについて、1999年からAARI(The Arctic and Antarctic Research Institute, サンクトペテルブルクのロシア国営研究機関)にお

いて検討が開始され、その後2002年には当プロジェクトの予定航路(比較的氷が薄いサハリン島西側航路)



試験航海中の耐氷型タンカー
(写真はいずれもS-1ホームページから引用)

を対象にして2隻の砕氷船の先導による試験航海も実施された。

以上の検討の結果、冬季間には氷の存在する本海域においても砕氷船に先導された耐氷型大型タンカーを使用して、安全で効率的な運航が可能であることが実証されたことから、現在この種の新造タンカー5隻の備船の手配を進めている。

これらのタンカーは、原油流出を防止するために二重船体構造とされ、氷との衝突に耐える頑丈

な船体強度や氷海域航行用の数々の特殊設備を持ち、極低温に耐える特殊鋼材で建造された世界最新鋭の耐氷型タンカーである。

今後の方向性

非常に長い歴史をもった本プロジェクトが、今の時点で商業生産に移行という大きなハードルを越えることができたポイントには、日本による同地域における石油開発の長い知見の蓄積と米国やロシアの極低温地域での開発技術の融合といった、国際情勢の変化による国際協力の進展という要因も大きく存在すると考えている。今後、生産が開始された後は、回収率(石油・天然ガスを地上に回収できる割合)の向上が次の課題となる。通常の回収率は、原油で30%程度、天然ガスで70%程度であり、多くの資源が地下に取り残される。S-1でも水や余剰ガスを油層に圧入して圧力を維持して回収率を高める計画ではあるが、この技術は世界各地で日々進歩している最先端技術であり、国際協力による研鑽の欠かせないものである。国際協力による技術開発を通じて回収率を高め、限られた資源を有効に活用してゆくことも、地球と人類の共生という大きな命題のひとつの答えといえるのではなかろうか。

なお、本稿では、紙面の都合もありサハリンプロジェクトのごく一部を紹介したに過ぎないので、S-1、S-2の最新状況の詳細については、各々のホームページ <http://www.sakhalin1.com> および <http://www.sakhalinenergy.com> を参照されたい。また、サハリンプロジェクトの全体概況については北海道庁経済部商業経済交流課ロシアグループのホームページにまとめられている。石油開発の技術に関しては、石油技術協会のホームページ <http://www.japt.org> がわかりやすく、より詳しい最新技術については、同協会の創立70周年記念出版「石油・天然ガス資源の未来を拓く、2004年6月」が非常に参考になる。是非ご参照されることをお勧めする。