

## サハリン 2 LNG 積出栈橋の建設

有田 恵次・増田 稔

サハリンでは、日本を含むアジア各国、欧米各国を巻き込んだ9つの天然ガス・石油開発のプロジェクト計画があり、これらのプロジェクトで生産される天然ガス・石油の生産物は周辺各国に輸出され、それらの多くは日本にも輸出される。サハリン2プロジェクトはそれらのプロジェクトのひとつであり、オイルメジャー“シェル”主導で開発されている。

このプロジェクトは、ピルトン・アストフスコエ工区（原油）・ルンスコエ工区（天然ガス）と不凍港のプリゴドノエをパイプラインで結び、天然ガスと原油を輸出するプロジェクトであり、流氷対策を設計に取り入れたケーソンと鋼製連絡橋による LNG 輸出栈橋の急速施工・建設、原油輸出ターミナルの土木工事および LNG Processing Terminal 建設工事用のコンクリート供給工事の3工事を、日本のエンジニアリング会社2社の共同企業体より受注した。

キーワード：港湾、サハリン開発、サハリン2、流氷対策、ケーソン、LNG 栈橋、急速施工

### 1. はじめに

サハリンの南端にあるプリゴドノエは、日本軍上陸記念碑があり、日本最北端の宗谷岬から100 kmほどの距離しかない。とはいえ、建設予定地の気象・海象条件は厳しく、冬季にはマイナス20度にもなる気候と、日本海からの時化に加え、太平洋側からは時に流氷が流れ着く厳しい環境下にある。

また、栈橋は、周辺への影響を配慮して、800 m 沖合に LNG 船の係留栈橋を建設するものとなり、建設地域の地盤は土丹ということもあり、重力式ケーソンと鋼製の連絡橋の組み合わせで設計することとなった。しかしながら、ケーソンで考える場合、流氷を考慮すると、耐久性、耐力性において大きな課題があった。

ロシアの設計会社、カナダの設計会社の協力を得ながら、コーン型砕氷機能を持つ海中橋脚型ケーソンによって設計し、2004年7月から11月までの海上作業可能な時期に浚渫を終え、翌年ケーソンを据え、その上に連絡橋を載せていくという急速施工を行い、短期に栈橋を建設するものとした。

### 2. サハリンのエネルギー開発

サハリン島の周辺には、図-1に示すように数多

くの鉱床があり、サハリン1からサハリン9までの鉱区に分けられそれぞれオイルメジャーが開発計画をもっている。

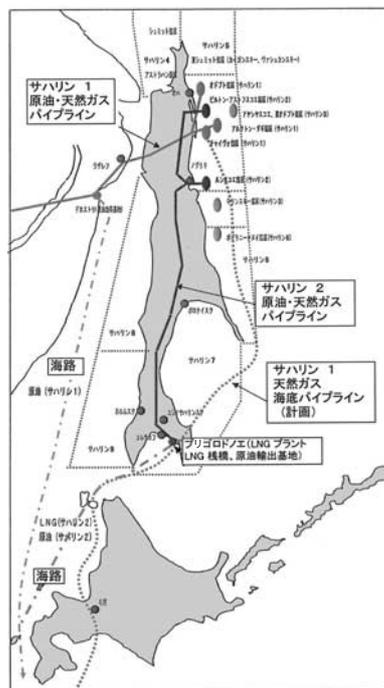


図-1 サハリン大陸棚石油・天然ガス開発プロジェクト

現在すでに開発が進んでいる鉱区は、サハリン1およびサハリン2の2鉱区である。サハリン1はエクソ

ン・モービルが主体となって開発しているプロジェクトであり、1972年に日本、ロシア、アメリカ、インドの4カ国の企業でコンソーシアムを組み、2002年より原油の輸出を開始し、2006年には日本への原油の輸出も始まった。すでにサハリン島から間宮海峡を海底パイプラインでロシア本土に渡り、デカストリに貯油タンク群、積み出し栈橋の建設が進んでいるが、フェーズ2以降についてはロシア政府との交渉に行き詰まり、先行きは不透明である。

サハリン2は、シェルの主導で、三井物産、三菱商事との3社の出資で、1994年より始まったが、2001年の全体計画の承認に基づき、島内のパイプラインの計画、プリゴノドノエにLNG・原油の出荷ターミナルの計画に取りかかった。2003年には設計に取り掛かり、2004年工事に着工し、2006年にLNG積み出し栈橋を完了、2007年には原油輸出ターミナルの土木工事およびコンクリート供給工を終えた。

LNGターミナルは、2008年後期の開業に向け、現在コミッショニング作業中である。

### 3. 工事概要

ここでは受注した3工事の中でLNG栈橋について紹介したい。(流氷からの荷重を回避するため、ケーソンは図-2に示すように、海中に沈む構造であり、水を割るコーンが付いている。ケーソン中央に、橋台を支える鋼管が立っている。)

LNG栈橋は図-3のような配置となり、25基のケ

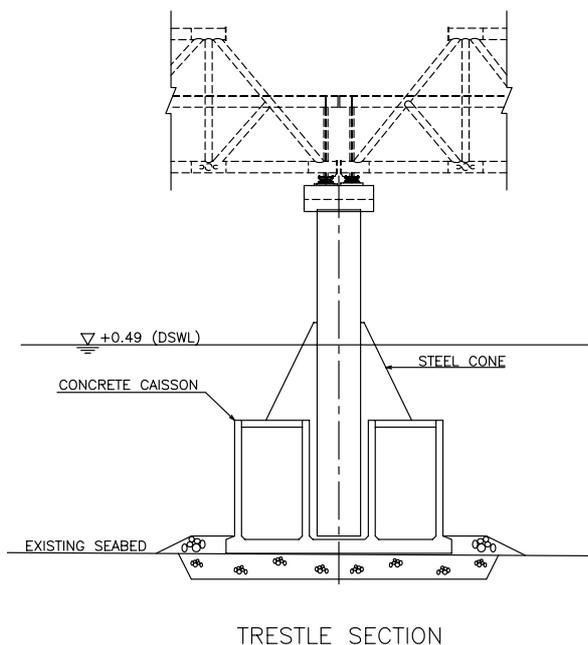


図-2 橋台ケーソン

ーソンと800m(80m×9+40m×2基)の鋼製連絡橋、32m×36mの2階建ての作業プラットフォームと9基のキャットウォークから構成されている(写真-1)。

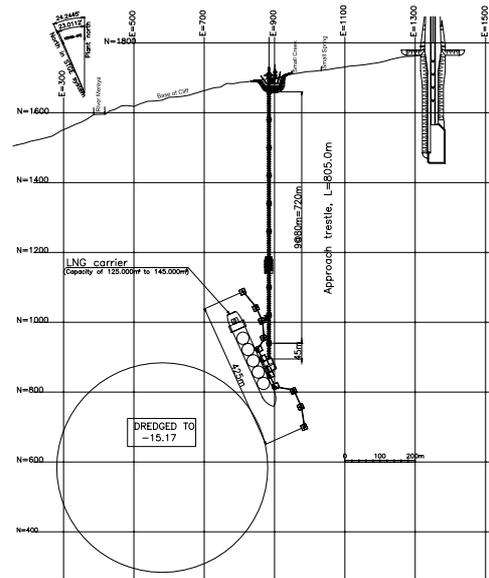


図-3 LNG栈橋平面図



写真-1 2006年LNG栈橋とターミナル

### 4. LNG栈橋建設工事の施工機械選定

#### (1) 海象・気象条件

サハリンの気温は札幌より5度くらい低く、平均気温は夏季で15度くらい、冬季で-15度くらいである。10月から雪が降り始め、5月まで積雪が残っている。北海道と同じように11月からは凍結のため寒中養生を行わないと工事を進めることはできない。

アニバ湾の海象条件はと言えば、1月から4月までは流氷に覆われたりしているが、寒さを除けば比較的、海象条件は安定している。4月半ばから8月にかけて

ては、最も海象条件の良い季節であるが、後で分かったことであるが、5月から9月中旬までは、鮭の産卵のため浚渫作業は禁止される。9月以降は南からの風が吹く時はうねりが打ち寄せ、海上作業船の稼働率は30%程度に低下する。時には台風にみまわれることもあった。11月に入ると、北風が吹き、日本海の時化の影響を受け始める。12月には気温の低下により、作業船に波が結氷し、遭難等の危険に曝される場合もあった。

このような条件の下で夏季から秋季の4~5か月という短期間で現地での施工を完結させるためには、できるだけ日本において構造物を完成させて持ち込み、現場での作業を最小限にする必要があった。構造的に浮かばないケーソンであり、陸上で製作して、吊りあげ、台船に載せて運搬するしかなかった。

稚内、東京湾、瀬戸内とケーソン製作・保管ヤード、連絡橋製作・保管ヤードを探したが、候補地を見つけるのは非常に困難であった。幸いにして、近くの北海道石狩新港にケーソン製作・保管ヤードが見つかった。また、800mに及ぶ連絡道路橋、作業プラットフォーム他を大分で製作・保管できる工場が見つかった。ケーソンは、完成時には5,000Tにも及ぶ重量になるが、そのような重量を吊るクレーン船は見当たらなかった。

結局、3,000T吊りのクレーン船を選択し、ケーソンの重量を完成型ではなく2,600Tに制限することで製作にかかった。連絡橋は、重量はないものの、長さが80m、幅8m、高さ8.5mと大きく、取り扱い、吊り込み、運搬に超大型作業船が必要であった。

## (2) ケーソン、Trestle の製作

石狩新港の護岸岸壁沿いに、幅50m、延長600m



写真—2 石狩新港のケーソンヤード

のヤードを借り受け、2004年春からケーソンの製作にとりかかった(写真—2)。

2004年中にはケーソンを製作し終え、越冬して翌2005年からサハリンへ向け積み出した。

一方、連絡橋の製作は、設計変更、材料の鋼材の手配に時間がかかり、2005年2月に開始した(写真—3)。5月には必要な2基を完了して、据付には間に合った。その後、翌年の据付に向け製作を続けた。



写真—3 80m<sup>2</sup> 階建て連絡橋の製作

## (3) 運搬

ケーソンは、3,000T起重機船によって、陸上のヤードから吊上げられ、積載容量10,000T~24,000T積みの外洋平台船(延べ11航海)で、石狩新港からサハリン・プリゴドノエまで運搬され、同3,000T起重機船で据え付けられた(写真—4)。



写真—4 3,000T起重機船によるケーソンの積込

連絡橋、作業プラットフォームは大分で、3,300T起重機船により、同じく積載容量10,000T~15,000T積の外洋平台船に載せられて、サハリンまで輸送された(写真—5)。



写真—5 連絡橋他の積込

国土地理院承認 平13陸保 第367号



図—4 連絡橋、プラットフォーム他輸送路

#### (4) 据付

ケーソン、連絡橋、プラットフォームの据付は、日本から回航した 3,000 T 起重機船によって行われた



写真—6 3,000 T 起重機船によるケーソン据付

(写真—6)。ケーソンマウンド床掘、石投入、均しは、3隻のグラブ船、5,000 T 積みガットバージ2隻によって短期間に施工され、ケーソンの中詰め、蓋コンクリート、鋼管の中詰め、橋台据付は 300 T 起重機船によって行われた。

後で据え付ける連絡橋、作業プラットフォーム、キャットウォークは完成品として来るので、これらのケーソンの据付、橋台の据付には非常に高い精度が要求され、最新のテクノロジーと機材が採用された。

据付対象の Trestle は、ケーソン部分が没水しパイル上部のみが水面上に現れる構造のため、パイル天端部分の据付位置精度の確保はもちろんのこと、水面下のケーソン部分が矩形のマウンドに対してねじれて据わることのないような施工管理が求められた。

そこで Trestle の据付には、自動追尾式トータルステーションを利用した誘導システムを使用した(写真—7)。この誘導システムはパイル上部2箇所に取り付けた反射プリズムを陸上に設置した2台の自動追尾式トータルステーションで計測し、Trestle の現在位置(平面位置および高さ)、設計位置までの移動距離、移動方向、ねじれ量等が起重機船の PC モニタ上へリアルタイムに表示される施工支援システムである。



写真—7 Trestle の据付状況

据付精度を左右する反射プリズム(×2個)は輸送台船上での設置が困難であったため、日本からの浜出し前に高所作業車を使用して全 Trestle のパイル上部へ事前に設置し、ケーソン端部との位置関係を正確に測量した。

本システムの導入により、実際の据付作業では起重機船のオペレータが据付位置の正確な情報を視覚的に得られたため、作業の効率化と高い据付位置精度を実現することができた(写真—8～10)。

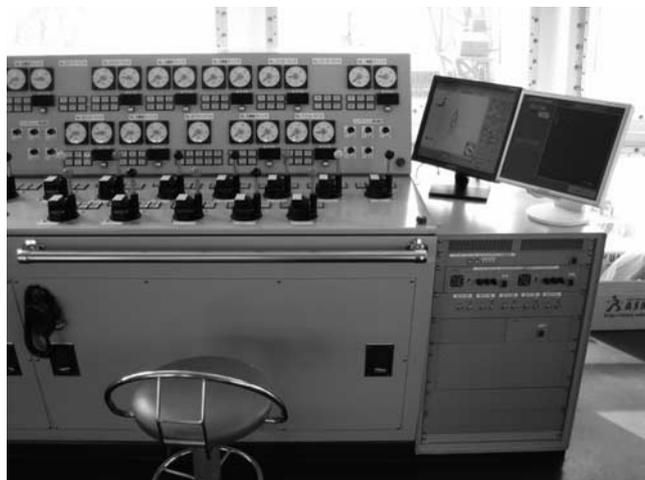


写真-8 クレーン船操船室内状況

タイムの施工管理が可能となり、短期間に確実な施工が可能となった。

### (5) 工程

当初、1年で据え付ける予定であったが、天候の良い5月から9月まで鮭の産卵期であるため浚渫が許可されず、結局2年にわたる施工となってしまった。

2005年にケーソン14基と連絡橋2基、2006年に残りのケーソン11基、作業プラットフォーム、連絡橋9基を運搬・据付を行い、2006年12月に無事引渡しを終えた(写真-11)。

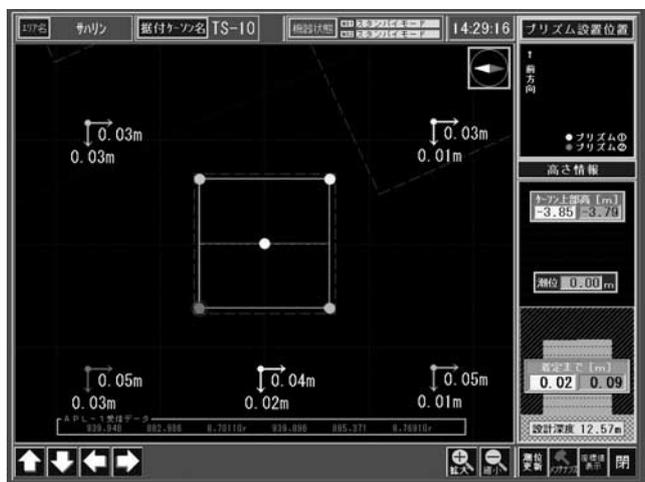


写真-9 誘導画面例



写真-11 完成したLNG輸出栈橋

## 5. おわりに

幸運にも恵まれて無事栈橋を完成することができたが、日本の海洋工事機械船舶は欧米の機材と比較するとまだ本当の意味での外洋仕様になっているものが少ない。今後の開発、発展を期待したい。

また、近い将来この栈橋が日本のエネルギー危機の解決に役立ってくれることを期待する。 JICMA



写真-10 据付状況

ケーソンの据付のほか、浚渫床掘工、ケーソンマウンド捨込み、マウンド均しにもWDGPSが導入され、マルチビーム音測機との組み合わせによって、リアル

#### [筆者紹介]

有田 恵次 (ありた けいじ)  
東亜建設工業(株)  
国際事業部  
次長



増田 稔 (ますだ みのる)  
東亜建設工業(株)  
土木事業本部 機電部  
部長

