

# ・サハリン・プロジェクトの流出油による 海洋汚染対策

村上 隆

## はじめに

サハリン島海域では、現在サハリン～ からサハリン～ までの6つプロジェクトが計画されている。このうち、近い将来本格的な商業生産を見込めるのはサハリン～ およびサハリン～ プロジェクトである。実際には、サハリン～ プロジェクトによるアストフスコエ鉱区の開発は1999年7月から開始されており、解氷期の180日間、海洋プラットフォーム・モリクパックで生産され、これより2km南方に位置するFS0(沖取り施設:係留装置、貯蔵船、シャトルタンカーからなるヴィーチャーズ・コンプレクスと名付けられている)から消費地に向けてタンカーが年間約20回航行している。タンカーは宗谷海峡を航行しており、北海道と隣接する海峡での衝突、座礁などの事故の蓋然性が高まっている。また、サハリン～ の消費地への石油供給は大陸のデ・カストリ石油輸出基地(ハバロフスク地方)からタンカーで日本海を航行して、消費地に石油を供給する方法が決まっており、近い将来石油開発が本格化することから、宗谷海峡の日本海側でタンカーによる流出事故が発生すれば、北海道の海岸の自然環境への損害や漁業、観光資源に与える打撃は図り知り得なく大きい。そこで、本稿ではサハリン～ および の開発当事者が、石油流出による海洋汚染の蓋然性に対し、どのような取り組みをしているのかを検討してみたい。

## 1. サハリンプロジェクトの概要

**サハリン～** 1996年6月に開発当事者とロシア政府との間で生産分与協定を調印。開発当事者によるコンソーシアムの出資比率は、SODECO(日本、30%)、エクソン(米国、30%)、ONGC(インド、20%)、SMNG(ロシア、11.5%)およびロスネフチ(ロシア、8.5%)であり、オペレーターはエクソン。開発対象は、サハリン島北東部大陸棚のチャイウォ、オドプト、アルクトゥン・ダギの3鉱区。開発計画第一段階の2005年末にチャイウォで、2008年初めにオドプトで石油生産開始、第二段階では2008年に両鉱区で天然ガスの生産開始、第三段階では2009年にチャイウォ東部およびアルクトゥン・ダギで石油生産開始、第四段階の2013年にはアルクトゥン・ダギで天然ガス生産開始を予定している。石油はサハリン島北部を横断し、大陸のデ・カストリまでパイプラインで輸送され、石油輸出基地から消費地までタンカー輸送されることになる。投資総額は120億ドル。

**サハリン～** 1994年6月にサハリン・エナジー社とロシア政府との間で生産分与契約を調印。1999年、7月アストフスコエ鉱区で石油の商業生産開始。石油

は解氷期の180日間、タンカーで主として韓国の製油所に供給されている。サハリン・エナジー社の出資比率は、シェル(オランダ、55%)、三井物産(日本、25%)、三菱商事(日本、20%)。開発対象は、サハリン島北東部大陸棚のピリトゥン・アストフスコエおよびルンスコエの2鉱区。2006年から石油の通年生産、天然ガスの生産開始を予定。両鉱区の海岸から陸上を南下するパイプラインが敷設され、サハリン島南端のプリゴロドノエにLNG基地および石油輸出基地が建設され、それぞれタンカーで消費地に石油、LNGを供給する計画である。投資総額は100億ドル。

## 2. プロジェクトの海洋環境保全策

サハリン北東部大陸棚では、現在、サハリン～ とサハリン～ プロジェクトの二つが具体的な開発予定鉱区の計画を作成し、ロシア側の承認を得ている。開発にあたっては、当然のことながらロシア政府から開発予定の鉱区毎に環境保全対策を求められており、これをクリアしなければ開発に移行できない。この他、国際金融機関から融資を受ける場合には、彼らの求める環境基準をクリアしなくてはならない。このような大規模プロジェクトの実施には国際金融機関からの融資なくしては実現が不可能であろう。つまり、ロシア政府と国際金融機関の二つによって課せられた環境評価の条件を満たすことが絶対条件なのである。一般的にみて、ロシア政府の課している条件が特別厳しいわけではなく、本格的な海洋大陸棚石油開発の経験に乏しいロシアは、近年先進産油国の経験にならって法的な整備をはかってきた。しかし、依然として関連法の不整合、施行令の未整備、中央と地方の法的な守備範囲の不明確さなどの問題を抱えており、プロジェクトを進めながらクリアすべき環境基準の法的整備をはかっているのが現実である。サハリン～ プロジェクトは1996年6月に生産分与契約が結ばれたが、これまで具体的な開発計画が明らかにされてこなかった。環境問題がどの程度検討されているのかも明らかではなかった。2001年10月になって鉱区毎の具体的な開発計画が発表され、環境評価とその対策が明らかにされた。全文9冊からなる報告書であり、サハリン州立図書館でこれらを自由に閲覧できる。公表することが開発にあたっての条件となっているからである。

これに対して、サハリン～ プロジェクトは1999年7月にアストフスコエ鉱区で石油開発を開始した。もちろん、開発に入る前にロシア政府に提出した環境評価文書は承認を受けており、また、プロジェクト推進にあたっては国際金融機関の融資を受けており、彼らの課した環境基準もクリアしている。開発にあたっては鉱区毎に環境評価の文書と緊急時対応計画 Contingency Plan の作成が義務付けられている。実際に原油流出事故が発生した場合の指針となる緊急時対応計画はアストフスコエ鉱区を対象として、作成されており、日本語版を北海道立図書館、稚内、網走、紋別の各市立図書館で閲覧できる。以下、二つのプロジェクト

が海洋石油流出事故をどのように想定し、事故が発生した場合どう対応しようとしているのかをプロジェクトの環境評価文書から検討してみよう。

### 3. サハリン～ の海洋汚染防止策

#### 1) 海洋石油流出の想定

想定シミュレーションは水文気象学的モデル(とくに3,8,10月の典型的条件、極端な状況を盛り込んでいる)と石油状態のモデルを基本としており、“VOS3.2”モデルおよびApplied Scienc Assosiate Inc.(ASA)社の“OILMAP”を適用して、想定している。

#### (1) プラットフォーム「オルラン」からの石油流出

プラットフォーム「オルラン」から石油が流出した場合の想定としては、風と水流を考慮して50のシナリオが30昼夜を最大期間として計算された。とくに、石油汚染が起こりうる面積、最大の拡大輪郭、沿岸に到達する確率、基本的に南風および東風の場合の沿岸汚染の軌道が重視された。

夏季(8～9月)には比較的弱い南風および南東風が優勢である。流出油の北方への弱い移動がより確実であり、南方向の可能性もある。可能性のある最大限の石油移動規模は以下である。

- ・1昼夜に北方へ40kmまで、西方に20km、南方に40km、チャイウオ湾地区で岸に到達する可能性がある。
- ・3昼夜に北方へ120kmまで、西方に50km、南方に110km
- ・5昼夜に北方へ200kmまで、西方に55km、南方に120km

秋季(10～11月)には、北西に方向を変えつつ風が強まり、このことは水表面の南への移動の強化をもたらす。したがって、流出油の漂流は南および南東方向に多くなり始める。可能性のある最大規模の石油移動は以下である。

- ・1昼夜に北方へ30kmまで、西方に40km、南方に75km、チャイウオ湾地区およびその南で岸に到達する可能性がある。
- ・3昼夜に北方へ70kmまで、西方に100km、南方に220km
- ・5昼夜に北方へ70kmまで、西方に160km、南方に360km

冬季(2～3月)には、この大陸棚に特徴的な凍結された河川水とともに、流出油は南方向に移動する。可能性のある最大規模の石油移動は以下である。

- ・1昼夜に北方へ15kmまで、西方に10km、南方に80km、チャイウオ湾地区およびその南で沿岸氷に到達する可能性がある
- ・3昼夜に北方へ20kmまで、西方に25km、南方に190km
- ・5昼夜に北方へ25kmまで、西方に35km、南方に250km

以上の理論的な計算からは、夏季に南の北海道方面への遠距離流出油の移動は起こりえないし、下記の条件でも30昼夜での流出油の日本への到達は非現実的

であると結論付けている。テルペニア岬から北海道までの地域には渦巻きの海流があり、南への流出油の移動を妨げるが、風の条件によっては東の千島列島方面への移動を促すことになる。この渦巻きのためにテルペニア湾への流出油の侵入の可能性があり、さらにアニワ湾への漂流の可能性もわずかながらある。

プラットフォームから流出した石油が岸に漂着する可能性は3昼夜で最も到達率が高くなり、とくに水文気象条件が悪ければ、岸までの流出油の到達時間は6～8時間と評価されている。30昼夜シナリオの計算結果によれば、岸への流出油の到達可能性は、夏季で71%、秋季には34%、冬季には21%である。

「オルラン」からの流出油の汚染範囲は、流出開始から21昼夜の間広がり続け、その後は拡大がおさまる。夏季の条件下で流出油の汚染面積は3300km<sup>2</sup>、秋季のそれは3700km<sup>2</sup>、冬季には氷の密集度が高いために広がりは少なく、1600km<sup>2</sup>にとどまる。

流出当初の数日間は全体量の約60%が蒸発し、エマルジョン化によって流出油の量は3倍に増えるものとみられる。

## (2) 間宮海峡におけるタンカー事故

間宮海峡でタンカー事故が発生した場合、10年間の実際の風の状況を考慮した確率的シミュレーションが行われた。30昼夜にわたる流出の北、南地点の夏、秋、冬、60昼夜にわたる流出の北、南地点の夏、秋、冬、間宮海峡南部におけるタンカー事故の際の8～9月の4種類の風の方向（基本的風向～50%の確率の風速、基本的風向～95%の確率の風速、大陸に向かう風～50%の確率の風速、サハリン島に向かう風～50%の確率の風速）が計算された。

夏季（8～9月）には、弱風と比較的流速の遅い水表面が特徴で、比較的弱い南風と南東風が優勢である。このような条件下では北方方向への流出油の移動の可能性が最も高いが、別の方向への漂流の可能性もある。“VOS3.2”と“OILMAP”による夏季の北地点における流出油の漂流の可能性は以下である。

- ・1昼夜で北方へ25kmまで、東方へ40km、南方へ50km、西方へ25km
- ・3昼夜で北方へ50kmまで、東方へ80km、南方へ80km、西方へ35km、シュルクム岬地区およびその南で岸に到達する可能性がある
- ・5昼夜で北方へ75kmまで、東方へ100km、サハリンの西海岸への到達、南方へ95km、西方へ35kmで岸に到達

夏季の南地点では以下の可能性がある。

- ・1昼夜で北方へ45kmまで、東方へ40km、南方へ30km、西方へ30km
- ・3昼夜で北方へ100kmまで、東方へ90km、ホルムスク市およびネベリスク市の地域でサハリン沿岸に到達、南方へ35km、西方へ75km
- ・5昼夜で北方へ160kmまで、東方へ100km、サハリンの西海岸への到達、南方へ45km、西方へ95km

秋季（10～11月）には北西に風向きを変えつつ、風力も強まる。これによって水表面が南東に移動する。したがって、東および南東方向に漂流する流出油が多くなる。可能性のある漂流油の最大規模は北地点では以下である。

- ・1昼夜で北方へ30kmまで、東方へ60km、南方へ50km、西方へ15km
- ・3昼夜で北方へ40kmまで、東方へ95kmサハリンの西岸への到達、南方へ125km、西方へ25km
- ・5昼夜で北方へ75kmまで、東方へ100km、サハリンの西岸への到達、南方へ150km、西方へ35km、シュルクム岬地区およびその南で岸に到達

秋季には南地点では東および南東方向への移動が圧倒的に多く、その際、流出後2昼夜目に沿岸地帯への到達の可能性がある。10昼夜後には流出油が宗谷海峡に侵入する可能性がある。モネロン島の自然保護区への汚染の可能性が高い。

冬季（2～3月）には、流出油の動きは氷の条件に左右される。2～3月には流出油は主として南に漂流するが、風向の季節的な変化によって4～5月には流出油が北の方向に変化する可能性がある。冬季のシナリオによれば、流出油の最大漂流規模は北地点では以下である。

- ・1昼夜で北方へ5kmまで、東方へ15km、南方へ70km、西方へ10km
- ・3昼夜で北方へ8kmまで、東方へ35km、南方へ120km、西方へ15km
- ・5昼夜で北方へ10km、東方へ55km、南方へ150km、西方へ20km
- ・サハリンの西岸への到達は、8～10昼夜、大陸の沿岸への到達は15～20昼夜の可能性はある

冬季（2～3月）には南地点で西サハリンの海岸線への到達は3昼夜目に予測され、大陸の東海岸への到達は10昼夜後に予測される。また、10昼夜後に流出油が宗谷海峡に到達する可能性がある。

夏季のシナリオの水文気象条件下では北海道方面への遠距離の石油漂流の可能性は低い。とはいえ、宗谷海峡、アニワ湾、北海道への到達の可能性は秋季には90%まで高まる。

北地点における流出油の岸への到達の可能性は、夏季には58%、秋季には84%、冬季には22%、南地点におけるそれは、夏季には73%、秋季には90%、冬季には27%である。

南地点では西サハリンの海岸への流出油の到達の可能性が極めて高い。夏季と冬季には、例えば流出の時間によっては岸への到達の可能性が高まる傾向がみられる。

タンカー事故による流出油の汚染面積は夏から秋の条件では10昼夜広がり続け、それぞれ300km<sup>2</sup>、250km<sup>2</sup>になる。冬季には物理的・化学的特性や南に動く氷原が汚染面積の拡大に影響を与える。その際、顕著な拡大は流出から20昼夜の間に起こり、その面積は400km<sup>2</sup>に達する。

流出油の軽質留分の主要部分は事故後12時間で蒸発し、その後は流出の最初の

2日間にその総量の約60%が蒸発し、エマルジョン化によって2.5～3倍に増大する。

### (3) 宗谷海峡の入り口でのタンカー事故

宗谷海峡の入り口でのタンカー事故の場合、10年間の実際の風の状況を考慮してシミュレーションが行われた。石油流出の時間毎の輪郭は“VOS3.2”モデルにより30昼夜にわたる夏、秋、冬の時期を対象にしており、参照として“OILMAP”による90日昼夜における夏、冬の時期の計算が行われた。

宗谷海峡を日本海からオホーツク海に圧倒的な水量が移動するのが大きな特徴になっている。ここでは夏季(8～9月)には比較的弱い南および南東の風が優勢である。その際、北および北東方向に流出油が漂流する可能性がより高く、同時に宗谷海流によりアニワ湾および北海道の沿岸の汚染をもたらす流出油の東への宗谷海峡への漂流の可能性がある。南西サハリン沿岸の汚染をとまなう北への移動もしくは東へ、宗谷海峡を越えてアニワ湾への移動の可能性もある。複数のシナリオによって流出油漂流の最大規模は以下である。

- ・1昼夜で北方へ20kmまで、東方へ70km、北海道または南サハリン沿岸への到達、南方へ20km、西方へ10km
- ・3昼夜で北方へ50kmまで、東方へ140km、南方へ30km、西方へ20km
- ・5昼夜で北方へ80kmまで、東方へ180km、南方へ40km、西方へ25km

秋季(10～11月)には、北方に方角を変えつつ風が強まり、このことは流出油の宗谷海峡を経てアニワ湾までの、その後は北海道の北沿岸を沿って千島列島への方面の漂流が強まることを示している。夏のバリエーションとの違いは北海道北岸に沿っての流出油の漂流速度が速いことであり、北海道の日本海沿岸側の汚染の可能性がある。流出油は発生後1昼夜で北海道沿岸に達する可能性がある。

冬季(2～3月および3～4月)には、流出油の動きは、密集度の低い氷との相互作用、2～3月の南東への移動方向、4～5月の北への漂流およびその動きの変化の可能性によって、また風向の季節的变化に左右される。南東方向への移動の特徴は秋季の状況に類似しており、4月には北方へ漂流し、5月には夏季の状況に似ている。

漂流の30昼夜後の岸への流出油到達率は、夏季には87%、秋季には68%、冬季には49%となっている。

## 2) 流出油の処理

サハリン北東部大陸棚で流出油事故が発生した場合、どのように対応し、迅速に除去作業を行うかは氷の層がある場合とそうでない場合とでは大きく異なる。サハリン～ はまだ商業的生産を開始していない。石油流出事故による油処理に関する細部のプランはまだ作成されていないし、必要となる緊急時対応計画も

2002年末現在完成していない。細部プラン作成のために、現在、自然環境に影響を及ぼしうる作業区域の詳細な調査、石油流出の影響を受けやすい地域の環境脆弱性指標地図の作成、プラットフォーム、パイプライン、デ・カストリの輸出ターミナル・タンカー輸送を盛り込んだ複合的プランなどの策定作業が実施されている。開発側の防除対応システムはオペレーターであるエクソン社の作業信頼性管理システム(OIMS)による要求・規準に従って作成されている。

海上の流出油除去にあたっては、機械手段による物理的回収、船舶もしくは航空機による分散剤の使用、海上における焼却の三つの方向が常に検討されることになっており、以下サハリン～ が検討している氷層のない場合とある場合の除去方法をまとめてみよう。

#### (1) 海水面からの流出油除去方法

##### 機械化手段による回収

流出事故発生直後、流出油は急速に広がり、油膜の厚みは迅速に小さくなっていく。サハリン大陸棚北東部地域や間宮海峡地域のように低温を特徴としている地域でも、この基本的な状況には変わらない。事故発生時の初期における機械化手段の採用は効果的であるが、数日間の間には海水面からの機械化手段による回収は非効率となる。エクソン・パルディーズ事故では石油流出から1ヶ月間の間に石油の7～10%が海中で回収され、約50%が岸に到達した。

海水面から石油を除去する方法として吸着剤とスキマーの二つがある。吸着剤はおもに沿岸部からの石油除去もしくは満潮時に岸に漂着した石油の回収のために、岸の石油処理作業中に使われるのが一般的である。サハリン地域では吸着剤はラグーンの水面の石油除去の際、または沿岸部の除去中に岸に漂着した石油の回収に有効である。

スキマーは通常オイルフェンスで流出油を封じ込めた後に利用される。しかし、気象条件に大きく左右され、海上がしけていたり氷塊がある場合には非効率となる。サハリン島地域ではしばしば起こる悪天候がスキマーの生産性を低めてしまう。

##### 現場での石油焼却

現場での石油焼却は、流出油の厚さ、石油の大気作用への安定性、エマルジョンの程度、海上の波、風速、水温、気温など一連のファクターによって決められる。正常なエマルジョンの段階での現場での焼却による除去効率は50～90%以上である。流出油を焼却させるにはその厚さは2～3mm必要であり、これよりも薄いと自然消火してしまう。

石油焼却で問題となるのは非効率的な焼却で生じる煙であり、高濃度の多環芳香族炭化水素(RAU)およびその他の炭化水素、ニッケル、パラジウムが含有され

ている。現場焼却の至近距離にいる鳥、動物および人間は短期的に有害な物資の影響にさらされることになる。しかし、現場焼却による大気の変化は短期的であり、サハリン島地域の焼却現場は無人か人口の少ない地域に位置し、生物資源や人間への影響は最低もしくはわずかしか及ばされない。以上のように、サハリン島の北東部の人跡未踏の繊細な海岸線に流出油が漂着しないようにするためには、現場での焼却が有効な手段となりうると開発側は判断している。

#### 分散剤の使用

この30年間で分散剤の適用技術が著しく進歩している。原油の分散の効果が高まる反面、海の有機体に対する毒性の影響も急速に低下している。分散剤の毒性は弱まっているとはいえ、海の生物資源に与える否定的な影響を排除することはできない。分散剤の使用によって分散した石油の潜在的長期的影響は解明されていない。一方、沿岸に住む繊細な海鳥、海獣などの海面に棲息する動物にとって、分散剤を使用することで被害を低めることが可能になる。

#### 沿岸部からの流出油除去

開発側の見解によれば、石油の一部が岸に漂着した場合、岸に付着した石油を取り除く方法として、機械的な回収、冷水および温水による洗浄、岸の浄化のための試薬適用、石油を生化学的に分解させるための土壌および路辺の上層部の剥離などがある。沿岸部を恒常的あるいは暫定的に棲息地としている生物資源にとって最低限の損害で済むような石油の回収方法が選択されるべきである。沿岸部での石油除去は、流出油除去の最も困難で、労力を要し、費用もかさむ。その除去にはさまざまな方法があるが、どれをとっても十分に効果的ではなく、その多くは海浜の生態系を損害にさらすことになる。沿岸部の石油除去手法として、石油の洗い流し、石油の物理的除去、生物学的洗浄剤もしくは化学洗剤(洗浄剤)の使用の3つのタイプがある。これらは沿岸の特徴に沿って採用される。

サハリン~ のプラットフォームあるいは石油輸出ターミナル、タンカーで流出油事故が発生し、不幸にして海上で回収できず、海岸に漂着した場合、どのような方法によって岸の油を除去するのかの具体的な検討はまだない。環境評価では世界が経験している除去方法の一般的な特徴を記述しているにすぎない。

#### (2) 氷海域における流出油回収

開発側の見解をまとめれば以下の通りである。厳しい極北の自然・気象条件下では氷層にある流出油の回収は、現場への作業員・機械の輸送に限界があることや日照時間が極端に短いために戸外での作業が制限されることなどで著しく制限されている。その反面、石油汚染の拡大が制限され氷上、氷中、氷下に流出油が封じ込められ、沿岸部に石油が漂着するのを食い止めてくれる。封じ込められた



石油を回収するためにはいくつかの戦術的な対応が必要であり、それぞれの対応には一定の制限があり、万能策はない。サハリン～ では実験室のテストやフィールド調査に基づいて、よさそうにみえる対応方法が、「北極海での石油流出に関するマニュアル」や「北極海の沿岸の石油汚染の防止と除去に関するマニュアル」に盛り込まれている。どのような回収方法をとるかは、戦略を選択する時点での氷の状況による。氷は成長する氷塊に閉じ込められることもあれば、氷上、氷下あるいは流氷に閉じ込められることもある。

一般的に氷の密集度が10分の3以下の場合、流出油の機械的回収、現場焼却、分散剤の採用の通常の方法がとられる。氷の密集度が10分の3を超えた場合、オイルフェンスは氷塊の間の水路に設置され、氷と一緒に移動できるようにする。この場合、氷のない条件下での機械的回収と同じように海の波が比較的低い場合のみ効果的であるかもしれない。沿岸氷の場合には水路、氷の穴、溝の開削の方法がとられる。

デ・カストリ地域でのタンカーからの石油流出事故の場合、流出油封じ込め手段として水泡性のフェンスの設置が可能である。このフェンスはすでに極北の条件下でテストをすませている。

スキマーの有効な利用は、氷の密集度が10分の1以下の場合に可能である。もし、密集度がこれより高い場合には、特別な長いブラシやモップの利用が効果的である。

氷のなかでの作業のためのスキマーはまだ量産されていないが、氷の中での流出油を封じ込めるための船舶の建造の可能性は高い。

厳しい冬季の気象条件下では機械化回収方法には限界があり、条件が許すなら、できる限り現場での石油焼却すなわち石油がたまっている場所で石油焼却を行うべきである。

氷中に閉じ込められた石油の回収はかなり問題があり、時には不可能でもある。可能であれば、現場の氷上に重機械を設置し、あるいは砕氷船タイプの船舶を配置し、少量の流出の場合には氷が切り出され、溶かして流出油を除去するために岸に運び出す。氷の穴に残された流出油はポンプ、スキマーもしくは吸着剤を使って取り除く。

流出油が氷の下に入り込んだ場合、その除去には開削された溝や穴にスキマーを設置し、氷の下におかれたブラシ型スキマーあるいはポンプを使用できる。

#### 4. サハリン～ の海洋汚染防除対策

サハリン～ プロジェクトは既に石油生産に着手しており、開発対象となっているアストフスコエ鉱区は、当然のことながらロシア政府の環境アセスメントをクリアし、国際金融機関からの融資も受けていることから、この金融機関の環境評価基準もクリアしている。この鉱区を対象にして緊急時対応計画 Contingency

Plan が作成され、公表されている。日本語は北海道立図書館、稚内、網走、紋別の各市立図書館で閲覧できる。

開発を先行させているサハリン～ は緊急時対応計画を作成済みであるのに対し、まだ商業生産を開始していないサハリン～ は全般的な環境評価の段階にある。両者を比べた場合の大きな差異は、サハリン～ がタンカーからの流出油も想定しているのに対し、サハリン～ は原油輸出が FOB 条件であることから、タンカーに原油を引き渡した後は責任を負っていないとして、タンカーからの流出油を全く想定していないことにある。したがって、サハリン～ における海洋での原油流出想定は、プラットフォームおよびヴィーチャーズ・コンプレクス( FS0、沖合いの石油積み出し施設) を対象としているだけである。

もちろん、サハリン～ のように一定の条件下での油流出方向のシミュレーションは環境評価の報告書に盛り込まれている。緊急時対応計画には、原油流出が起きた場合どのように対応すべきかが国際的な基準にほぼ沿った形で盛り込まれている。

### 1) 鉾区近くの海岸線の特徴

サハリン島北東部の開発現場に近い海岸線は沼地や湿地帯からなる干潟地域が支配的であり、油濁には最も脆弱である。この地域は鳥類および魚類を含めて多種多様な生物群集の生息地となっている。海岸ラグーンには海洋哺乳類が生息しており、とくにコクジラのさく餌地域になっている。また、陸生哺乳類は野生動物を食料としていることが多く、油濁した野生動物の死体を食べる可能性が高い。

一旦、油で汚染された沼沢地を清掃するのは事実上困難であり、清掃に起因する被害も甚大なものになる。したがって、干潟の保護のためにオイルフェンスを展開して干潟への油の侵入を阻止する必要がある。

### 2) 流出油の想定

サハリン～ の緊急時対応計画に採用されている流出油のシナリオはロシア極東の Far East Region Hydrometeorological Scientific-Research Institute (FERHSRI) がサハリン～ の依頼で作成したもので、アストフスコエ鉾区の開発にともなう流出の想定を以下のように設定している。

- a. 輸送ラインの破裂による FS0 からの操業時の流出の場合：1 時間当たりの流出量は 5,564m<sup>3</sup> であり、破損が起きてからシステムの運転停止までの時間を 1 分間と計算している。1 分間の合計流出油は 94.3m<sup>3</sup> である。
- b. 掘削操業中にモリクパックの油井制御ができなくなり、油が流出した場合：1 日当たり 1,272m<sup>3</sup> と計算されている。計算されている流出日は 10 日であり、合計 12,720m<sup>3</sup> の流出量を想定している。この量は過去の米国における暴噴による

最大の流出量（1969年のサンタバーバラの流出量12.250m<sup>3</sup>）よりもわずかながら大きい。

- c. 係船中のシャトルタンカーとFSOとの衝突による場合：流出量は、24時間以上にわたって合計1,590m<sup>3</sup>を想定している。FSOがダブルハル構造になっていることと現場での操業手続きのことを考慮すれば、これだけの規模の流出は考えにくいとみている

それぞれのシナリオは夏と秋の二つのシーズン中における10日間の海象条件を前提としてモデル化された。夏と秋の季節における典型的な15タイプの風と流れを条件に入れて計算されている。その際の夏の風は南および南東風が40～50%の割合で出現するという。冬の風に変わるのは10月中であり、北西風と西風によって区別される。夏の平均風速は毎秒6m、10～11月には毎秒9mまで強くなる。

モリクパック、掘削リグあるいはFSOで原油が流出した場合、直ちに対応するのは操業中に常時監視を続けている回収船「アガト」である。この回収船は流出油を包囲し、回収できるように約1～2時間以内にフェンスを張り、スキマーを設置して24時間回収態勢をとれるように装備されている。プラットフォーム・モリクパックから2km南にはSALM（係留装置）、FSOおよびシャトルタンカーが配備され、原油を貯蔵船からシャトルタンカーに積み込む際には回収船はFSOの潮の流れの下方に配備される。積荷作業が終了し、タンカーが現場を離れたら、回収船は元のモリクパックに戻ることになる。小規模の流出の場合には回収船の資機材で十分に対応できるが、暴噴のような大規模流出の場合には限界があり、ロシア国内の資機材あるいは外国の応援を頼むことになる。資機材の装備に加えて、回収船の回収油の貯蔵能力も重要であり、回収船「アガト」は船上に800m<sup>3</sup>の貯蔵能力を有している。油流出事故は、人的ミスや危険であることを知りながら無理に操業したこととから発生する場合が非常に高い。サハリン～では、モリクパックによる石油開発にあたって「海洋ターミナル『ヴィーチャーズ』使用条件、ターミナル関係の情報・規律」マニュアルを作っている（1999年7月）が、どの程度海が荒れていたら作業を停止するのかがオペレーター側の自由裁量になっており、無理をしてでも操業する余地を残している。それだけリスクが高いわけであり、操作の基準をロシア政府が派遣している海事監督官に委せる必要がある。

### 3) 流出油の規模と対応

流出事故への対応は、その大きさによってTier-1、Tier-2、Tier-3の三段階に区分されており、北海やアラスカの対応方法に倣っている。

Tier-1の小規模流出とは、サハリン・エナジー社の現場設備・資源で流出油を包囲し、回収できる規模であり、オフショアのマネージャーは直ちにオフショア回収船（OSRV）に通知し、OSRVの専門家に対して取られるべき救助、包囲、回収

の指示を与える。その通知手順はマネジャー OSRV Tier-2対応マネージャー サハリン・エナジー社 地区・地方の機関となっている。流出量が159リットル(1バレル)以下の場合にはプラットフォームの毎日の観察記録簿に記録され、またサハリン・エナジー社およびホルムスクの救難調整センターに口頭で報告される。また、そのデータはサハリン州国家環境委員会に毎月提出される。流出量が159リットル以上の場合には、記録簿記載のほか、サハリン・エナジー社に口頭で連絡される。サハリン・エナジー社はできる限り迅速に24時間以内に政府機関、組織に口頭で報告しなくてはならない。

Tier-2の中規模流出とは、サハリン・エナジー社を越えたロシアの他地域からの機資材・要員を必要とする規模であり、現場マネージャー OIMは直ちにOSRVに通知する。

Tier-3の大規模流出とは、ロシア以外に機資材・要員を必要とする規模である。サハリン・エナジー社はシンガポールのEast Asia Response Limited (EARL) と英国サザンプトンのOil Spill Response Limited (OSRL)、日本の海上災害防止センターと契約を結んでいる。

#### 4) 海岸線の防除

石油流出事故が起きた場合、海が荒れている場合にはオイルフェンスは全く役に立たず、流出油の拡散する可能性が高い。その場合、16kmしか離れていない海岸線に流出油が漂着する危険性が非常に高いのである。このような想定の場合、海岸線を守る手段が重要になる。そのための資機材の現在の保有は限られている。沿岸域の対応資機材はノグリキ倉庫に保管され、サハリン～ と プロジェクトが共有するシステムを取り入れている。このような資機材は沼沢地内に油が流れ込むのを防ぐためであり、他の海岸線やサハリン南部に位置する島については考慮されていない。流出油が海岸線に漂着した場合どのように対応するかの準備は極めて遅れている。

緊急時対応計画には、海岸線の地形、生物資源、社会情報を盛り込んだ詳細な環境脆弱指標マップ ESI map が公表されていないことも問題である。海岸線の特徴については確かに「流出油防除計画に必要な情報」の章で述べられているが、概説的である。詳細は海岸線を21に分けた観測データのソフトウェア「SHORECLEAN」に盛り込まれており、ユーザーはこのデータにアクセスできるとされているが、実際には困難である。ソフトウェアの一部は緊急時対応計画に記載されているが、付属資料の海岸図は、海岸線の特徴(砂利、岸壁、砂浜、入り江など)、区分の長さや幅が簡単に記されているだけである。

#### 5) 分散剤の使用

海上における流出油の回収方法として、事故発生後可能な限り早急に分散剤を

散布するのが効果的である。漁業関係者や環境保護団体が分散剤の使用には反対している場合が多い。国によって使用手続きには差異がみられるが、サハリン～の緊急時対応計画によれば、ロシアでは現在、OM-6(ロシア・キヴィンギ衛生・化学保護工場製)、OM-84(ロシア・ヴォルゴドンスク化学工場製)およびCOREXIT9527(エクソン社製)の3種の分散剤使用が認められている。分散剤は流出油の機械的な除去手段が取れないときにのみ採用でき、次ぎの3つの組織の使用許可を得る必要があるとされている。

- a. ロシア連邦土地改良・水利経済省水保全総局(1987年当時の組織名)
- b. ロシア漁業省養魚総局(同上)
- c. CIS 国家保健衛生・疫学組織・機関

上述以外の分散剤を使用する場合にはサハリン保健衛生部から証明書を取得しなくてはならない。ロシアにおける分散剤OM-6、OM-8、COREXIT9527の使用規則はソ連時代の1987年1月に発効しており、サハリン～はこのガイダンスをそのまま採用している。

## 6) 現場での石油焼却

サハリン・エナジー社は、現場での石油焼却方法を、冬の凍結期間中の流出油対応としては最も適切な方法であると考えている。解氷期間中において焼却方法を採用するには一定の条件が必要であると、油膜の一定の厚さを確保するためには難燃性オイルフェンスを使用して、流出油を移送させる必要があると判断している。効果的な現場焼却の最適条件として、油膜の厚さが2～3mm以上、流出後2～3日未満で風化していないこと、水分量が25%未満であること、風速は20ノット未満、波高1m未満、潮流はオイルフェンスと水の相対速度が0.75ノット未満をあげている。現場焼却についてはロシア側の規制当局と事前に合意に達しているわけではない。

## 7) 氷海域での流出油回収

氷が集中している状況で油が流出した場合には、通常、氷と氷との間に封じ込められることになる。砕氷状態(カバー率75%)あるいは氷塊群が解氷する時期には、トラップされた油は水路内に拡散し始める。風や潮流によって、油のムーソ化が進み、軟氷や砕氷群に混じり始める。カバー率が35～75%の状況で油が流出した場合、水温が低く、氷という物理的な障害があるために、油の拡散速度はゆっくりと進む。

氷海の状況によって氷の中の油の包囲方法が異なるが、氷のカバー率が50%未満であればオイルフェンスの使用は可能とみており、軽量でコンパクトなフェンスが望ましいとしている。ケーキ状の氷や氷床の間に形成される水路に展張が可能となる。その際、オイルフェンスは氷の移動と共に漂流できるようになってい

ることが必要である。油が少量の氷の中に混じっている状況では、船舶にオイルフェンスをU字型構成で曳航させると、油を囲い込んで小面積に集中させる効果を期待できる。しかし、大型の氷の場合には、オイルフェンスを損傷させ、油回収を中断させる可能性が高いので、慎重に作業を進める必要がある。この種の作業の場合には引っ張り強度の高いオイルフェンスを使用すべきであるとしている。ヘリコプターや氷海対応船舶によってオイルフェンスを展張させることも可能であるとしている。

油の回収作業では、ポータブル・ロープモップが最も効果的なスキマーであるとみなしている。ロープモップ・スキマーは柔軟性に優れており、油吸着ベルトは氷表面の不規則さに対処できる。この場合、スキマーは、回収する油の上方に船から吊り下げる方式で使用する。ただ、極寒状況ではロープモップ・スキマーのローラーに着氷問題が発生する可能性がある。熱源を用いてローラーとベルトの着氷を防止する必要がある。

油が集中して厚みのある状況では、携帯型ポンプを油回収ヘッドを取り付けた装置を用いて油を回収できるが、氷が目詰まりを起こす可能性もある。

吸着材を用いた人力作業による油の除去は、油の量が少量のとき、とくに氷が厚くしっかりしており、氷上で安全に作業ができる状況では効果的である。

氷海域での最も効果的な対応方法は現場焼却であり、流出油量の95%削減も可能であると判断している。氷カバー率が75%未満の場合には、効果的な焼却に必要な油膜厚とするため、ヘリコプターから難燃性オイルフェンスを展張して、油を囲い込む方法が採用される。高密度の浮氷群のなかでは、油は窪みや水路のなかに蓄積する傾向があり、油を除去するためには数カ所に点火点を設ける必要があるとしている。

これに対して、分散剤は氷の存在する領域では現実味のある対応方法とはみなしていない。また、ロシアでは氷の存在下における分散剤の使用は承認されていない。

## おわりに

北海道にとっての最大の関心事のひとつは、オホーツク海および日本海北部が流出油による海洋汚染の危機にさらされた時に、開発当事者（汚染責任者）がどのような対応をとるかである。今のところ、緊急時対応計画を作成しているのはサハリン～ だけであるが、これを見る限りでは一応国際基準に則っていると判断できよう。そのなかで特に問題となるのは以下の点である。

- a. サハリン～ にはタンカー輸送の緊急時対応計画が含まれていないことである。タンカーの衝突、座礁などにより原油が流出した場合、どのように対応するのが全く不透明である。

- b. オホーツク海および日本海北部で流出油が発生した場合、開発側が日本政府あるいは北海道に通知する法的義務を負っていないことである。海上保安庁および北海道は事故の場合の連絡体制をとっているが、その実効性には疑問が残る。
- c. 万一事故が発生した場合の訓練が開発側のイニシアチブで行われていないことである。確かに、海上保安庁とロシア運輸省との間ではアドホックに訓練を行っているが、開発側は消極的である。
- d. 事故が発生して、北海道に被害が及んだ場合、汚染責任者の責任が不明確である。

(引用文献)

- ・ エクソン石油ガス会社『プロジェクト「サハリン～」』、第一段階環境影響評価』第6巻、ロシア語版、2001年12月
- ・ サハリン・エナジー社『プロジェクト「サハリン～」』第二段階、環境影響暫定評価資料』、ロシア語版、2001年12月
- ・ サハリン・エナジー社『流出油防除計画・プロジェクト「サハリン～」』ピリトゥン・アストフスコエ鉱区』、ロシア語版、2001年5月
- ・ 村上隆編著『サハリン大陸棚石油・ガス開発と環境保全』、北海道大学図書刊行会、2003年3月