

オホーツク海における原油流出事故による 被害予測

ASSESSMENT FOR ECONOMICAL IMPACTS ON FISHERIES BY OIL SPILL IN THE SEA OF OKHOTSK

大塚夏彦¹、大島香織²、宇佐見宣拓²、多田英彦³、米田克幸⁴、
高橋伸次郎⁴、佐伯 浩⁵

Natsuhiko OTSUKA, Kaori OHSHIMA, Noritsugu USAMI, Hidehiko TADA, Katsuyuki YONEDA
Shinjiro TAKAHASHI, and Hiroshi SAEKI

¹正会員 北日本港湾コンサルタント（株）（〒003-0029 札幌市白石区平和通2丁目北11番18号）

²北海道大学大学院工学研究科（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

³北日本港湾コンサルタント（株）（〒003-0029 札幌市白石区平和通2丁目北11番18号）

⁴（株）西村組（〒099-64 紋別郡湧別町栄町）

⁵正会員 工博 北海道大学大学院工学研究科（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）

Development of oil and natural gas deposits are currently under way at the northeastern coast of Sakhalin. In the early stage of this project, it is planed to transport crude oil by surface tanker. But it is well known that the major spills in the ocean were caused by tanker incident.

In this paper, the simulation of oil spreading and drifting with the scenario of oil spill from the tanker at the Soya Straits was conducted. Based on this simulation, it is pointed out that the coast of Soya Bay could be polluted by crude oil spill, and the heavy impacts for fisheries of the coast of Hokkaido should occur. To reduce the impact of oil spill, some requirements for oil-combating plan was discussed.

Key Words: Oil Spill, fisheries, the Sea of Okhotsk

1. 概 要

現在、サハリン北東沿岸のオホーツク海大陸棚において、サハリンⅠおよびⅡと呼ばれる原油・天然ガスの開発プロジェクトが進められている。原油生産の当初は、原油を貯蔵タンカーに一度保管し、続いてシャトルタンカーにて搬出することが計画されている。この原油・天然ガス開発に伴ない、今後、オホーツク海において原油流出事故が発生する可能性が生じてきた¹⁾。本論文は、サハリン沖原油・天然ガス開発において原油流出事故が発生した場合について、北海道地域への被害・影響の概要を、水産業を中心として把握することを目的としている。

2. 北海道沿岸における原油流出事故の危険性

(1) 原油開発に伴う流出事故例

海洋での原油開発にともなって過去に発生した流出事故の多くはタンカー事故によるものである。表

-1 には、ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.) の1974年～1997年までの統計による、タンカーからの油流出・汚染事故の規模とそのときの作業内容、原因を示す²⁾。

表-1 タンカー事故(出典 ITOPF)²⁾

	7トン未満	7-700トン	700トン以上	Total
Loading / discharging	2757	288	15	3060
Bunkering	541	24	0	565
Other operations	1162	47	0	1209
Collisions	144	225	85	454
Groundings	217	186	101	504
Hull failures	547	67	39	653
Fires & explosions	149	16	20	185
OTHER	2213	157	34	2404
Total	7730	1010	294	9034

タンカーからの油流出・汚染事故の多くは航行中に発生しており、また 700 トン以上の流出事故だけでも 294 件が報告されている。タンカー輸送中における事故の原因には、ガスによる視界不良や舵等の機関故障および人的過誤等による衝突・座礁、荒天による船体破損、火災・爆発など、種々のものが考えられる。

(2) サハリンⅡ原油開発計画の概要

サハリンⅡでは、当初は海氷の無い時期に、掘削プラットフォーム(Molikpaq)で生産された原油を約2km離れた係留ブイまで海底パイプラインで運び、そこで15万DWTクラスのタンカーに貯蔵し、さらに9万DWTクラスのシャトルタンカーにて搬出する(図-1)³⁾。タンカーの計画航路を図-2に示す³⁾。ピリトゥンアストフスコエを出たタンカーはサハリン東岸を南下し、アニワ岬から北に回ってコルサコフに入る航路、および宗谷海峡を通過して北上しホルムスクに入る航路をとることが計画されている。こうして原油をタンカー輸送する期間の原油生産量は200~300万トン/年と計画されており、毎年の運輸はおよそ60航海程度と予想される。

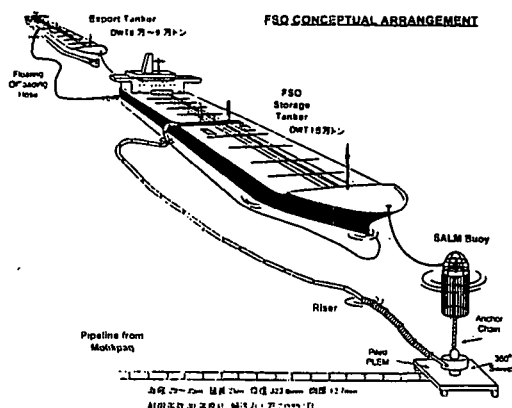


図-1 原油の積み出し

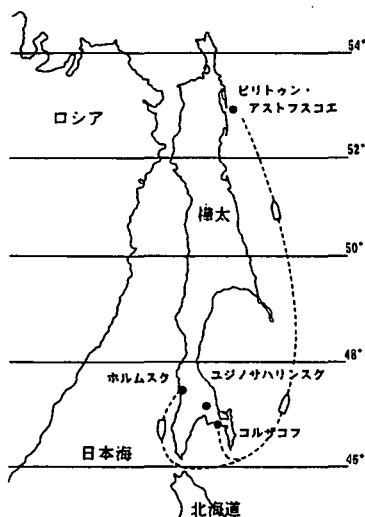


図-2 タンカーの航路

(3) 北海道沿岸における原油流出事故の危険性

掘削サイトであるサハリン東部沿岸海域における物理的環境条件を表-2 に示す⁴⁾。このように、サハリン原油開発サイトの環境は極めて厳しいことがわかる。このため掘削サイトにおける流出事故として、暴噴や火災などのほかに、大地震による施設被害、Gousing や大地震による海底パイプラインの損傷、波浪や機関損傷等による貯蔵タンカーおよび送油管の損傷などが考えられる。

表-2 開発サイトの物理的環境条件

	Northeast Shelf of Sakhalin	Beaufort Shelf	Upper Cook Inlet
水深(m)	20~150	10~200	15~60
開水面期間	5~7 ヶ月	2~3 ヶ月	6~8 ヶ月
最大氷厚(m)	20~30.2	24~45.3	3~6.2
氷の最大直径(m)	20~40	>50	0.25~1
最大氷速度(m/s)	1~2		1~2
潮位(m)	3~4	<2	9~10
異常時波高(m)	11~15	10~12	15~18
流速(m/s)	1~2	<1	3~4
Gousing 深さ(m)	3	1~5	

原油を積んだタンカーが航行することになる宗谷海峡は、サハリン南端のクリリオン岬と宗谷岬間の海峡で、幅 42km と狹隘で両岸には岩礁帯が多い。最狭部の水深は 30~60m 程度である。春から夏にかけては海霧が発生し、暴風日数は年間 131 日、曇天日数 228 日におよぶ。このように宗谷海峡は、船舶の航行に関し、決して安全な海峡ではない。

近年の宗谷海峡近傍で発生した海難事故例を表-3⁵⁾ および図-3 に示す。これより、特に冬期の暴風雪と機関故障および人為的過誤が事故の主要原因となる傾向が認められる。さらに、船体や装備の老朽化も大きな問題となる可能性がある。また近年、サハリンからの水産物輸入や中古車の輸出など、宗谷海峡における貨物船航行が増加する傾向にある。このような状況に加え、今後新たに幅 40m、船長 200m 規模の大型船が海峡を頻繁に通行する事になるため、海難事故の危険性がさらに高まることが指摘できる。

また近年の原油価格の推移は、図-4 に示すように 1 バレルあたり 13 ドル程度に下落している⁹⁾。サハリンⅡプロジェクト計画時に想定されていた原油価格に対し、今後の原油価格が低調に推移した場合、原油生産コストを採算ラインまで合理化する目的で輸送コストの安い老朽船が用いられる可能性が考えられる。その場合、事故の危険性が高まるだけでなく、ひとたび事故が起こると流出・汚染規模が増大するものと考えられる。

表-3 宗谷海峡近傍での海難事故例⁵⁾

発生年月日	事故の概要
1993.12.2	クワルツ号(166ト)『ロシア貨物船』 レーダー故障と暴風雪のため操船を誤り座礁
1994.11.7	MB368号(106ト)『ロシア貨物船』 レーダー誤認と暴風雪のため操船を誤り座礁
1994.12.6	イスカチェリー4号(878ト)『ロシア貨物船』 レーダー故障と悪天候のため操船を誤り座礁
1997.7.12	タリツァ号(172ト)『ロシア貨物船』 操船を誤り座礁
1998.4.14	ホクセイマル53号(234ト)『ロシア貨物船』 夕刻出港後に進路を誤り座礁
1998.11.26	パンフィロボ号(172ト)『ロシア貨物船』 船内浸水、座礁

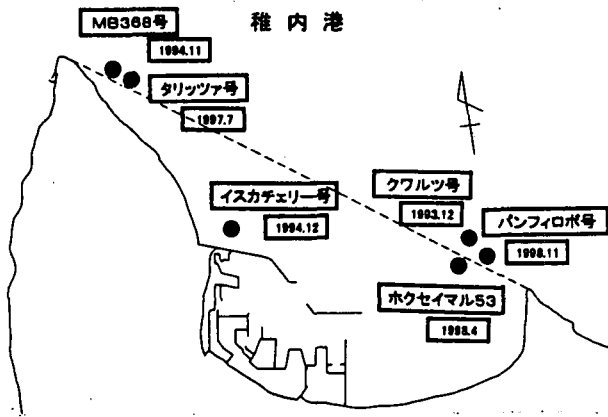


図-3 宗谷海峡近傍での海難事故

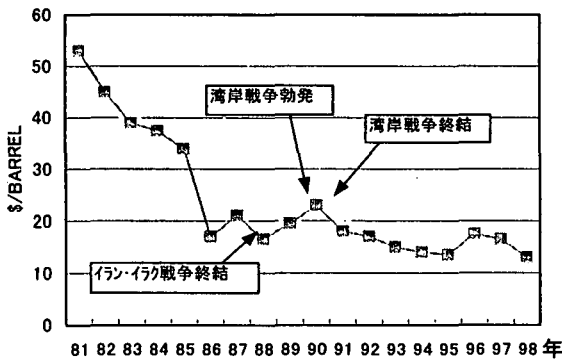


図-4 原油価格の推移⁶⁾

3. 原油流出事故の基礎的予測

(1) タンカーからの流出事故の想定

サハリンⅡで生産された原油をタンカー輸送している際に発生する危険があると思われる原油流出事故について想定する。タンカー輸送時の流出事故のうち、北海道沿岸に最も影響が大きいと考えられるのは宗谷海峡近傍で発生した場合であると考えられる。そこで、宗谷海峡航行中に衝突等により原油流出が発生した場合、および航行不能等により北海道沿岸に座礁した場合について検討を行うことにした。

シングルハル構造であるエクソンバルディーズ号事故の場合、座礁により 11 油槽のうちの 8 つが損

傷を受け、4.1 万 kl が 5 時間のうちに流出した。これを参考に、シングルハル構造 9 万 DWT クラスのタンカーを想定し、総計 10 万 kl を積載した油槽 7 つのうち、座礁あるいは衝突等の事故により 3 つの油槽からその 50%が流出したと想定すると、流出量は約 2 万 kl となる。また流出時間は 12 時間と仮定する。

(2) 流出油の拡散・漂流予測モデル

石油連盟による『流出油拡散・漂流予測モデル Ver.4.0』⁷⁾を用いて、流出した原油の拡散・漂流予測解析を行った。これは、流出油の漂流、拡がり、蒸発、鉛直分散、乳化、沿岸漂着を考慮しており、計算のアルゴリズムには Lagrangian discrete particle 法を用いているものである。

漂流の計算では、海水の流れには水平成分のみを考慮し、鉛直方向の油の挙動は、乱れによる鉛直分散と浮力による上昇が考慮されている。また海水の流れとして潮流、潮汐差流、風による漂流速度、海流の成分が考慮され、油膜の拡がりには Mackay 等⁸⁾のモデルが用いられている。

蒸発現象は、油をいくつかの溜分に分け、それぞれの蒸発特性を考慮して算定している。乳化は Mackay 等⁸⁾のモデルに従い、海上風をパラメータとして油の含水率変化を算定する方法がとられている。

実際の計算にあたり、当モデルでは、潮流流、海流、月平均気象・海象などのデータベースを用意し、予測計算の効率化を図っている。

このモデルを用いて、(1)で想定したタンカー事故により、宗谷岬およびノシャップ岬を流出点とする拡散・漂流予測計算を行った。計算は 1～12 月の各月における月平均風を用い、原油の物性にはサハリン原油の特性と性状が似ていると言われるイランライトを想定した。計算は流出後 10 日間までとし、その間に防除・回収が行われないものとした。なお、冬期における流水の影響はここでは考慮していない。計算結果より、流出原油の油膜先端の軌跡を図-5～図-6 に示す。

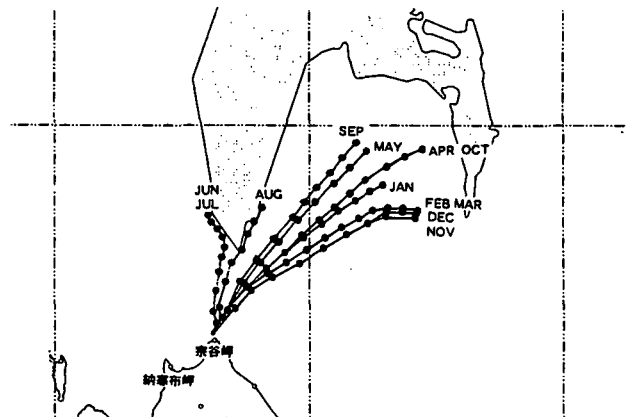


図-5 宗谷岬からの流出 (月平均風)

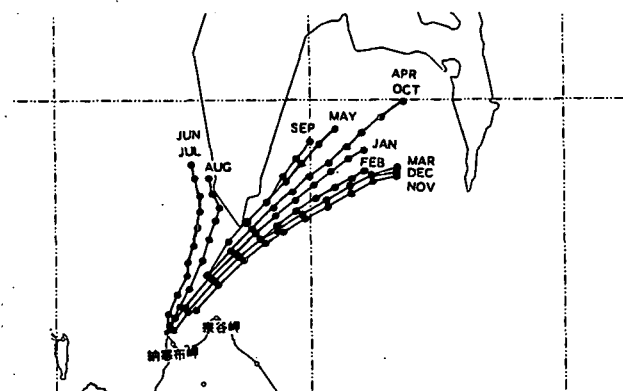


図-6 ノシャップ岬からの流出（月平均風）

平均風を用いた解析では、いずれの季節でも流出原油は北東方向へと拡散・漂流していき、最終的にはサハリン沿岸に達する結果となった。本計算に用いた風向は各月とも SSW の場合が多く、漂流の軌跡は概ねこれと一致する。

このように流出原油の挙動はその時の風の条件によって大きな影響を受けるものと考えられる。とくに事故が発生した時の気象条件はかなり厳しいことが予想される。そこで、1999 年 2 月 28 日にオホーツク海を低気圧が通過して大きな擾乱が発生した際の風向・風速を用いて、宗谷岬、ノシャップ岬、および宗谷海峡の西側海上を流出点とする拡散・漂流解析を行った。結果より、油膜先端の軌跡および油膜分布の推移を図-7～図-10 に示す。

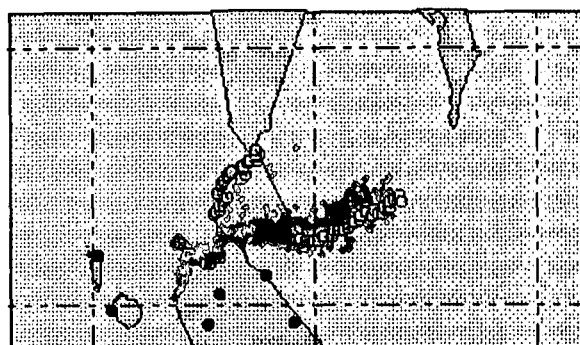


図-9 ノシャップ岬からの流出時（240hr 後）

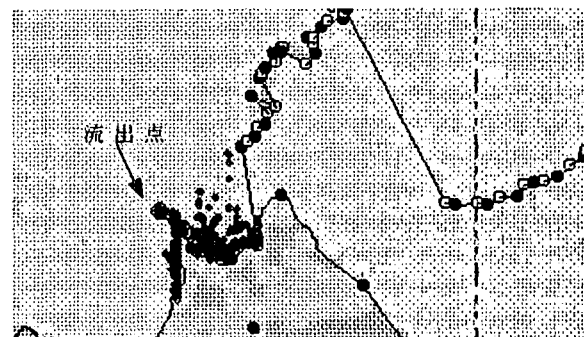


図-10 ノシャップ岬からの流出時（48hr 後）

平均風を用いた場合と異なり、NW 方向の強風が継続した 2/28 の気象条件では、流出原油は北海道沿岸に沿って東～南東方向へ向かう挙動を示し、沿岸海域に深刻な汚染をもたらす危険のあることがわかった。特に、ノシャップ岬からの流出では、宗谷湾西岸を汚染しつつ南東に進み、24 時間後には湾岸中央まで、48 時間後には宗谷岬手前まで広がる。またノシャップ岬の日本海側にも拡散し、沿岸を汚染する。さらに、72 時間後までには宗谷湾内水域のほぼ全体に拡散し、その後宗谷海峡を通過して東進し、オホーツク海へと広がる。

宗谷岬からの流出では、初めは岬から続くオホーツク海沿岸に沿って南東に進んだのち、東北東へ転じて沖合の海域に拡散する結果となった。宗谷海峡の西側での流出では、流出原油は南東進して海峡を過ぎたあと東北東に転じ、アニワ岬へと進む結果となった。

宗谷海峡の海流は、暖候期には日本海を北上した対馬暖流が宗谷暖流と名を変えてオホーツク海へ東～南南東に進行したのち、北海道沿岸に沿って南東に進み、知床半島に達する。一方流水期には海峡の流れは弱まり、流向は反対の北西となると報告されている⁹⁾。これに対して今回の計算に用いた海流データベースは年平均流となっているため、季節別の特徴は反映されていない。また、流水期における海流はまだよくわかっておらず、流水下での原油拡散についても特別な検討は行っていない。

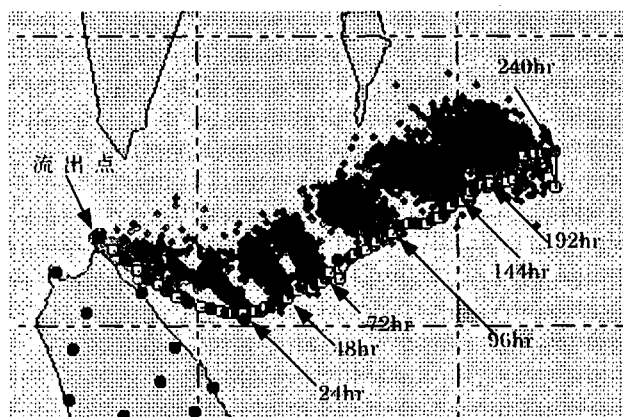


図-7 宗谷岬からの流出時

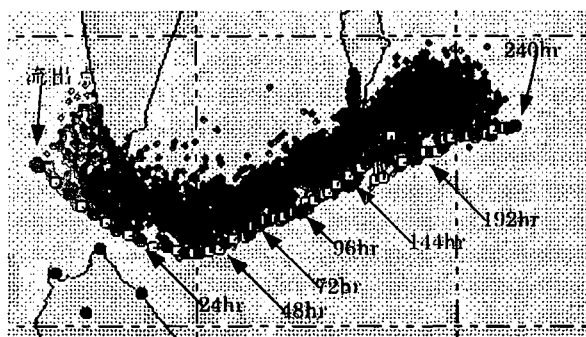


図-8 宗谷海峡西側からの流出時

4. 原油流出による漁業被害の予測

(1) 宗谷地域の漁場と水揚げ

1996 年における宗谷海峡近隣市町村の月別水揚げ高を図-11 に示す¹⁰⁾。水揚げ額は春～夏がピークであるが、冬場においても比較的多くなっている。宗谷海峡付近における主な漁場を図-12 に示す¹¹⁾。また宗谷管内における各漁種別の漁期を整理して表-4 に示す¹²⁾。

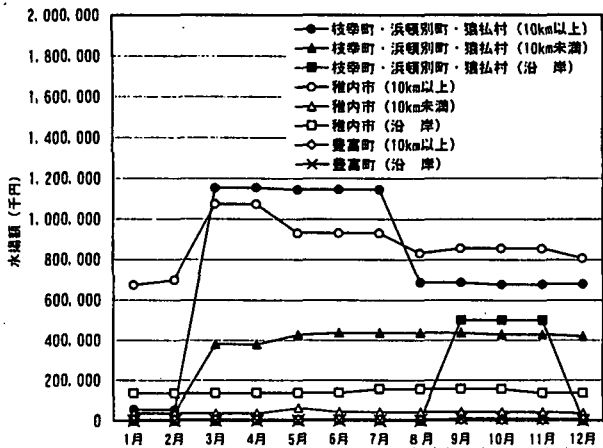


図-11 宗谷管内の水揚げ額

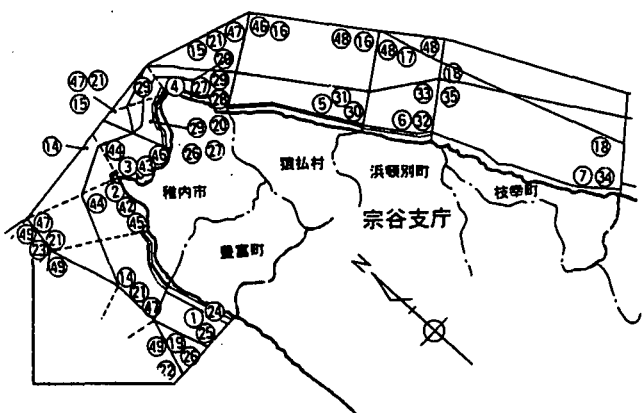


図-12 宗谷海峡近海の漁場

表-4 宗谷海峡近海における主な漁期

主 要 漁 法	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
イワシ巻網												
サメ底曳網												
サメ桁曳網												
サメ養殖												
コブ養殖												
サメ棒受網等												
サケ定置網												
小定置												
サメ刺網等												
イカ一本釣												
タラシ刺網												
カレイ刺網												
タコ(箱)												
ニシン刺網												
ウニも採り												
毛ガニ(カ)												

(2) ノシャップ岬からの原油流出による水産被害
2 月 28 日の気象条件を用いた流出原油の拡散・漂流予測計算結果によれば、ノシャップ岬より原油流出が発生した場合、宗谷湾全体にわたって原油が拡散する結果となり、汚染は特に深刻なものとなることが予想された。そこで、この結果を用いて汚染水域を定め、宗谷地方の水産業へ及ぼす被害を試算する。汚染時期は、北東風が吹く季節で、水揚げの多い月として 10 月を想定する。まず、宗谷海域の流出原油による汚染の形態を簡単に表-5、表-6¹³⁾に示す。

表-5 汚染区域と汚染形態

区域	汚染の形態
宗谷湾内海岸、ノシャップ岬西側海岸、宗谷岬東側海岸	岩礁帯や砂浜海岸の底質・海藻への原油付着。 日数経過後はムシの付着。
宗谷湾内水域	ほぼ全域に渡って油膜が拡散・漂流。 原油成分の海水中への拡散・沈降。
宗谷海峡、宗谷岬～オホーツク海	ムシ状となりつつ拡散・漂流。

表-6 油流出による直接的な水産被害¹³⁾

海面漁業	魚群散逸	: さけ, ニシン, いか, ほか
	貝藻類死滅	: つぶ, ホタテ, うに, こんぶ, その他藻類
	油臭魚	: たこ, かに, えび, かれい, ほか
	漁具汚損	: 刺し網, かご, 底建網, 定置
	出漁不可	:
養殖漁業	養殖生物死滅	: ホタテ, こんぶ, さけ,
	施設汚損	:
	油臭魚貝藻	: ホタテ, こんぶ, さけ

原油による漁場汚染に起因する漁業への直接的な被害には、出漁不可・死滅・散逸による水揚げ額の減少および漁具・施設の汚損がある。このうち出漁不可の内容は、防除作業への参加、漁場の汚染、油臭などが考えられる。

油臭魚とは、原油が海面に浮遊したり、原油が水中に懸濁した環境下におかれた魚の体に原油中の芳香族化合物や脂肪族化合物などが移行し、食べると油臭や芳香族化合物と思われる苦みを感じられるもののことである。油臭をつけたウナギを使った実験では、清浄水中で石油成分が魚体から離脱するのに要する期間が 35～50 日であった事例が報告されている¹⁴⁾。本論ではこのような油臭の影響をうける水産生物として底性の根付き魚類を想定する。また、油臭が回復するまでの期間を 2 ヶ月とみなし、その間を出漁不可と評価して被害額を試算する。

水産物にひとたび油臭がつくと、流通段階で荷受けが停止され、場合によっては油臭が無くとも、その海域からの漁獲物全般が対象となりうる。したが

って底性根付き魚類以外の回遊性のある魚類についても、汚染後1ヶ月は出漁不可とみなすことにした。

浅い岩礁域や砂浜域に汚染が及んだ場合、短期間で汚染を除去することは極めて難しい。また、このような領域に生息する生物類は、容易に深場へ逃れることが困難なため、その多くが死滅する危険性がある。したがって、これらの場所を漁場とする磯根漁業においては、汚染発生以降のその年の出漁は不可とみなした。

以上の手順により、1996年の水揚げ金額をもとに、直接的な水産被害額を出漁不可による減少分として試算した結果、被害額は約18億円となった(表-7)。これは宗谷支庁管内10月の水揚げ額の約4割にあたる。このような被害を少しでも軽減するためには、迅速に流出油を除去・回収することに加え、被害の受けやすい水域・資源にも配慮して合理的に実施することが重要である。

表-7 原油流出による漁業への直接被害額の試算

魚 種	漁 場	稚 内	猿 払
さけ定置		144,512	0
沖合底引き網	47,48	433,448	77,141
北洋延縄・刺し網	47	24,784	0
いかつり	47	50,237	0
たこ	5,6,7,21	118,456	0
手ぐり第3種	16,17,18	0	404,637
採藻	2,3,4	411,054	0
かれい・その他刺し網	28,45,46,47	73,160	0
小定置		11,736	9,491
底建網	29,44	702	0
つぶかご	2,3,4	2,936	0
こんぶ養殖	2,3,4	18,837	0
小 計		1,289,862	491,269
総 計		1,781,131 (千円)	

単位：千円

(3) その他の影響

前表の被害予測には、漁具の汚損、防除活動費、資源・漁場への影響、水産加工業や漁業関連産業への影響などは考慮していない。したがって実際の漁業被害額は表-7を上回るものと考えられる。

また、宗谷支庁管内には年間約400万人の観光客入り込みがあり、道北観光の拠点となっている¹⁹⁾。稚内港から利尻島・礼文島へのフェリー航路は、両島の生活物資供給のライフラインとしての機能を果たしている。航路・港湾閉鎖による港湾機能の低下、物流への影響は甚大となることが予想される。

5. 結 論

- 1) 海洋での原油開発において発生した流出事故の多くはタンカー事故によるものである。サハリン沖原油開発のフィージビリティスタディが実施された時点に比べ、最近の原油価格が下落しているため、輸送コスト削減のため

に老朽船が使用されると、輸送中における事故の危険が高まる。

- 2) シャトルタンカーの航路となることが予想される宗谷海峡では、流出事故の危険が高まる。
- 3) 宗谷海峡で流出事故が発生すると、流出原油はオホーツク海の北海道沿岸海域および北部日本海沿岸の海域に拡散・漂流することが予想される。流出油の挙動を精度良く予測するためには、オホーツク海の海流についてさらに詳しく調査することが必要である。
- 4) 原油流出による水産業への影響には、環境・資源への影響のほか、出漁不可、油臭による出荷停止、流出報道による商品価値低下などがある。特に、わずかな濃度の汚染によっても油臭がつく漁種があるため、漁業被害を軽減するためには、流出油を迅速に除去することが重要である。
- 5) 季節によって漁場・漁種が異なるため、流出原油の除去・回収活動においては、流出の時期や場所、および状況に応じて優先海域や方法を変えることが必要である。

参考文献

1) 大塚夏彦・高橋伸次郎・河合邦広・徳永道彦・大島香織・佐伯浩：サハリン石油ガス開発に伴う北海道沿岸への経済・環境インパクト，テクノ・オーシャン'98 国際シンポジウム，pp.373～376，1998。

2) ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.) : www.itopf.com，1998。

3) 「サハリン大陸棚石油・天然ガスの開発と環境に関する学際的研究」，ユジノサハリンスク全体会議，1998.8.25。

4) Kuang, J.G. et al. : Development Concepts for Offshore Sakhalin, Development of Russian Arctic Offshore, pp.189-194, 1995。

5) 稚内市建設部港湾課，1998。

6) WTRG Economics : www.wtrg.com，1998。

7) 石油連盟 油濁対策部，1998。

8) Mackay, D. et al. : A Mathematical Model of Oil Spill Behavior, Environmental Protection Series, Fisheries and Environment Canada, 1980。

9) 日本海洋学会 沿岸海洋研究部会編：続・日本全国沿岸海洋誌，東海大学出版会，1990。

10) 北海道水産林務部編集：北海道水産統計，北海道統計協会，1998。

11) 北海道宗谷支庁：平成8年度版宗谷の水産，北海道宗谷支庁，1998。

12) 北海道水産林務部：北海道漁業白書'98，北海道水産林務部，1998.10。

13) 日本水産学会編：石油汚染と水産生物，恒星社厚生閣，1976。

14) 大崎紘一，緒方正名：石油等の汚染物質の魚体や生体への蓄積過程の推定式，医学と生物学，90(3)，1975。

15) 北海道宗谷支庁経済部商工労働観光課，1998。

(1999.4.19 受付)