



JAPAN P&I CLUB

第52号 2021年11月

# P&I ロスプリベンションガイド

編集：日本船主責任相互保険組合 ロスプリベンション推進部

# 油濁

# 事故対応



# 目次

第一章 はじめに	2
----------	---

第二章 海難事故対応	3
------------	---

2-1 海難事故対応（各海難事故および船・陸共通）	3
2-2 陸上支援チームの早急な立ち上げ	6

第三章 油濁事故対応	10
------------	----

3-1 流出油の経時変化	11
3-2 流出油の拡散ファクター	15
3-3 拡散防止対策	17
3-4 油流出の分類	21
3-5 油の種類	22
3-6 油回収資材	24
3-7 油処理剤	28
3-8 流出油事故発生時の対応	30
3-9 破孔を生じた場合の船舶からの油流出	33

第四章 油濁事故例	34
-----------	----

4-1 外航船事故事例	34
4-1-1 事故概要	34
4-1-2 事故処理費用	35
4-1-3 何が起こったのか	36
4-1-4 事故原因	40
4-1-5 再発防止対策	46
4-2 内航船事故事例	48
4-2-1 事故概要	49
4-2-2 事故処理費用	49
4-2-3 被害範囲	50
4-2-4 何が起こったのか	51
4-2-5 事故原因	54
4-2-6 再発防止対策	59

第五章 おわりに	62
----------	----

参考文献	63
資料ご提供	63
P.33 クイズの答え	64
添付1 油種別 回収方法	70
添付2 油流出事故の対応 フロー図（例）	71
添付3 日本国内における大規模油濁事故の対応図（組織図）概念	72
添付4 油流出時 報告書式（参考例）	73

# 第一章 はじめに



イラスト1 油濁事故のイメージ

油濁事故といえば、アラスカで発生したエクソンバルディス号を思い浮かべる人も多いかと思います。1989年3月23日に北米アラスカでエクソンバルディス号が座礁し、積荷の原油1,080万ガロン（約41,000KL）が流出しました。これまでに海上で発生した人為的環境破壊のうち、最大級のものともなされています。その後、タンカーは専用バラスト化や、二重底化などの規制が行われ、積荷油の流出事故は大幅に減少してきました。しかし、当組合にも毎年油流出事故のご報告があり、油濁事故は後を絶たない状況にあります。今回は油濁事故防止とその対応方法について解説します。

# 第二章 海難事故対応

## 2-1 海難事故対応（各海難事故および船・陸共通）

油濁事故に限らず、全ての海難事故に共通する対応をまとめます。海難事故は、その発生を未然に防止するために万全を期することが重要なのはいうまでもありません。しかし、不幸にも海難事故が発生した場合、次の2つがその後の「乗組員・貨物・船体の安全」と「事故処理に関わる費用」に重大な影響を及ぼします。



イラスト2 衝突事故による油流出（燃料油流出イメージ）

- 初期措置の適否
- その後の事故処理の巧拙

そして、陸上の交通事故や火災事故等と大きく異なる点は、陸上は関係者がすぐに現場に駆けつけることができますが、海難事故は発生直後から会社の陸上支援体制や海上保安庁・民間団体の支援が確立されるまでの間、本船（船長）が船主の不利益とならないように配慮しながら事故対応を行わざるを得ないということです。

しかし、特に衝突や火災、油流出事故といった大事故などでは、本船も事故のショッ

クや事故直後の対応の多忙さなどで混乱を極めており、事故処理を円滑に行うために必要とされる状況の確認や、把握すべき内容を記録することが困難な場合が多いのも事実です。

また、メールや衛星電話などが普及した現在の通信手段により、船陸間の連絡が昔と比べるとはるかに速くなった現在、緊急支援チームが現場の状況を把握するために混乱している本船に何度も連絡すると、逆に正確な情報が入手できないばかりか、かえって現場（本船）と陸上間で余計に混乱する場合があります。

海難事故の発生直後は、船長・機関長・航海士・機関士・陸上支援チームはともに動転しています。そうした中で被害を最小限に抑え、その後の事故処理を円滑に行うための初期対応は最も重要な作業です。そのために、本船では各種事故を想定した操練（訓練）を定期的に行っていますし、陸上でも緊急支援チームが構成され、船・陸間合同の訓練なども行っています。

しかし、上述したように船・陸間で数多くの情報交換を衛星電話などで行った場合に、お互いの勘違いや思い込みなどによって正確な情報が伝わらないことも多くみられます。

このような事態を避けるために各社は、安全管理規定やSMS マニュアル（Safety Management System）の中で海難事故の種別ごとに対応方法などを規定しています。こうした訓練と手間をかけて作成したマニュアルを、手順に沿って活用することが必要です。すなわち、船・陸間で状況確認を行う際に、無駄な時間を費やさないためにチェックリストなどの書式をそのまま報告書として利用するなど、効率のよい事故対応方法をあらかじめ確立しておくことが必要です。この機会に安全管理規定やSMS マニュアルの該当部分を見直すことも一案です。見直しを行う場合の要点を以下に述べます。

### ① チェックリストと報告書の見直し

二重作業をなくして正確かつ効率的に情報交換を行うために、事故種別ごとに船・陸上間で共通の報告書式を定めておき、チェックリストなどをそのまま報告書として利用できるような形式にすることも一案です。

### ② 官憲当局への報告は次の点に留意すること

- ▶ 事実のみを簡潔に報告します。
- ▶ 未確認事項、推測や余分な事は報告しないか、不正確な情報であることを断った上で伝えます。
- ▶ 不確実なことを報告する場合は、「およそ」や「約」など幅を持たせた表現にします（後日、正確な情報を入手した場合の修正報告が容易になります）。
- ▶ 官憲当局を意識すると報告内容に手を加えがちになりますが、そうした意図がないとしても、故意に事実関係を捻じ曲げたり、過小評価したような報告は厳禁です。虚偽の報告は「百害あって一利なし」です。

### ③ 書類整理は後で行う

事故が発生すると、数多くの書類交換が船・陸間で行われます。そして、先に送付した書類の内容を確認するために、オリジナルの書類を引っ張り出して利用すると、後日、順番がわからなくなり混乱することが多いようです。こうした事態を避けるために、次のような方法も一案です。

- ▶ 受信 / 発信別に書類には日時を必ず記入する（できれば通し番号を付けておく）。
- ▶ オリジナルは受信 / 発信別の書類箱に積み上げておき、後で整理する。なんらかの理由で発受信済の書類が必要な場合はコピーをその場で取り、すぐに元にあった場所に戻しておく。（後からオリジナルにメモを追記しないこと。コピーを取って、それに追記した場合は、新たな書類として日時と番号を付して、オリジナルの書類箱に積み重ねていく。）

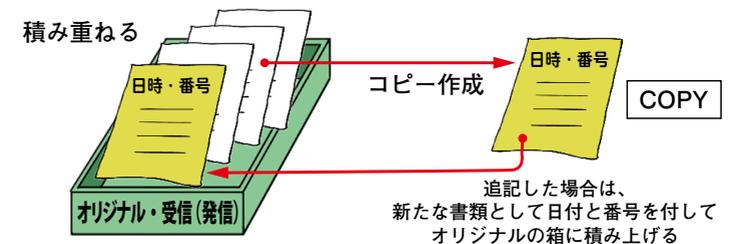


図1 書類整理のイメージ

## 2-2 陸上支援チームの早急な立ち上げ

本船からの「**事故発生に関する第一報**」を陸上部門が受けたら、早急に緊急支援チーム（陸上支援チーム）を立ち上げることが必要です。その時点から記録（時間・行動・誰が行ったかなど）を開始します。

陸上支援体制は各社の安全管理規定や SMS マニュアルに沿ったもので作成されていると思います。陸上支援チームを立ち上げる場合は次の点を考慮します。

### ① 沿岸国官憲への通報

- ▶ 第一報の電話連絡を受けたときに、本船から報告をするのか、あるいは、陸上支援チームから報告するのかを確認します。もし、本船からすでに通報しているのであれば、その内容（誰に、いつ、何をどのような手段で報告したのか）も確認します。
- ▶ 上記打ち合わせにより、本船が報告する場合は通報内容・宛先・通報の方法などを陸上支援チームが本船に指示します。この場合、可能であれば VHF による通報は避けた方がよいでしょう。

### ② 保険会社（船舶保険者、P&I 保険者）へ通知

ほとんどの場合、第一報は本船から船舶監督（SI：Super Intendent）への電話連絡です。その後、陸上部門では支援チームの招集を行いますが、夜間や休日ですと全員が集まるまでに時間を要します。その間、本船では緊急事態チェックリストを使用して状況把握と情報収集を開始しています。そのチェックリストを入手した時点で、船舶保険者と P&I 保険者に連絡を行います。

船舶保険者と P&I 保険者は各種過去事例の情報を持っているので、悩まずに相談するとよいと考えます。

連絡する内容は、上述のチェックリストの内容で十分ですが、以下の点が含まれているか確認してください。

- ▶ 事故発生日時・場所
- ▶ 事故種別
- ▶ 相手船がある場合は、その状況等
- ▶ 人身事故の有無

### ③ 船主代理店を指名する

可能な限り早い段階で現地の船主代理店を指名することが、その後の手配などを円滑にすることに結びつきます。できれば、用船社代理店に船主代理店を引き受けてもらうことがよいと考えます。別々の代理店になりますと、その代理店間での情報錯綜の可能性も否定できません。特に運航形態によりますが、燃料油関係は用船社の所有物ですので、密接な連絡体制が望まれます。

また、できるだけ早く、船主または船舶管理会社の担当者 2 名を現地に派遣し、1 名は船舶代理店に常駐させ連絡係とします。もう 1 名は本船アテンドとします。

### ④ 各種サーベイヤーを手配

後日、損傷の程度、修理等の費用、油濁の被害状況、責任の負担割合を査定するため、第三者機関としてサーベイヤーの起用が必要です。サーベイヤーと一括りにしても、次のような役割のサーベイがあることに留意します。

#### (1) 船体損傷 (Hull Damage)

船舶保険者経由手配

#### (2) 積荷損傷 (Cargo Damage) ・ 油濁対応 (Oil Pollution)

P&I 保険者経由手配

#### (3) 船級 (Classification Survey：堪航性に問題なければ不要)

船主または管理会社手配

#### (4) 必要に応じて水中外板検査 (Under Water Inspection Survey)

船舶保険者経由手配

船体水面下に損傷を受けているような場合には必要となります。

#### (5) ジョイントサーベイ

損傷事故が発生した場合に、事故にかかわる当事者が、共同でサーベイ手配を行うことです。各々が手配したサーベイヤーが現場に立ち会い、損傷の程度、その範囲などを相互に確認するサーベイを行う場合もあります。

このようなサーベイ手配は、船舶保険者や P&I 保険者の事故処理担当者は熟知していますので、保険会社を利用して手配することが可能です。

### ⑤ 本船に手配状況を連絡

事故後は利害関係者や報道機関など、多数の関係者が来船します。場合によっては、船長を含む事故当時の当直員の事情聴取は官憲当局の事務所で行われることもあります。

事後処理で不利にならないように、手配状況、訪船者リストと訪船者対応方法を本船に連絡することが必要です。

本船は、来船者の身元や誰の委嘱で何の目的で来船したのかを確認して「乗船可否」と「調査許可・質問への回答の如何」を判断します。しかし、船長一人で対応することにも限界がありますので、前述したように、可能な限り早いタイミングで陸上支援チームの担当者（S I など）を本船に常駐させることが望まれます。

また、船長は乗組員に対して、対応は船長（またはS I）に限定し、他乗組員は状況等を他言しないように周知することも必要です。これらのことを簡単にまとめたものを図2に示します。

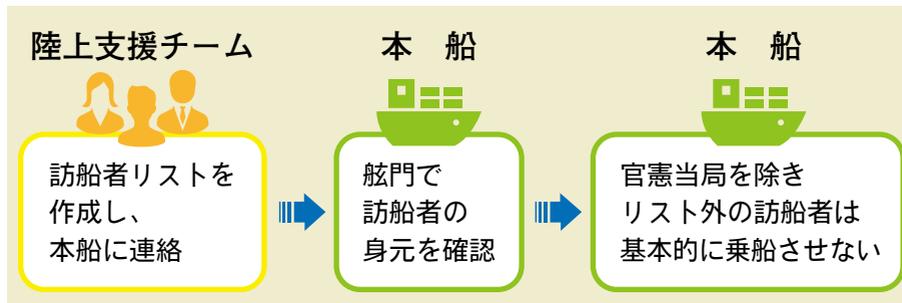


図2 訪船者管理

特に、本船では次のようなことに十分注意しなければなりません。

#### ① 官憲当局対応

**真摯に対応すること。**また、船長以外の乗組員に対しても取り調べが行われるので、聴取された内容は陸上支援チームに報告する。

#### ② 本船側関係者対応

弁護士、サーベイヤー、船舶保険者やP&I保険者などの**本船側関係者の調査には全面的に協力する。**

#### ③ 本船関係者以外への対応

本船関係者以外より記録等の開示や事情聴取を求められた場合、船長の判断では行わず、会社や保険者と相談して対応を決めること。許可する場合は状況を見せるのみとします。コメントや意見（特に非を認めるような発言）は言わないこと。

#### ④ 保証状（Letter of Guarantee or Letter of Undertaking）

求められた場合は保険者と相談しながら作成します。

#### ⑤ 海難報告書の作成とログブックへの記載内容の確認・指示

- ▶ 海難報告書と航海日誌は、取り消し不可の宣誓と解されます。証拠書類としての重要性を認識し、注意深く作成・記入することが求められます。
- ▶ 機関日誌、ベルブック、チェックリストなどの記載内容には整合性を持たせることが必要。ログブックは要点のみを記載します。当然のことながら、虚偽の記載は厳禁です。取り返しのつかない結果を生む可能性があります。

**保険者経由で弁護士に文章案作成を依頼することも一案です。**

## 第三章 油濁事故対応

第二章「2-1 海難事故対応」で「状況把握を正確に行うこと」と「初期対応が重要であること」とを説明しました。特に、油流出事故が発生した場合の状況把握で留意しなければならない事項は次のものが考えられます。

- ① 流出油の種類と性状
- ② 船舶の流出箇所（船体破孔からなのか、それとも甲板からのオーバーフローなのかなど）と流出現場の状況（特に海洋汚染の影響が大きい漁業の周辺環境など）
- ③ 流出油の拡散状況
- ④ 流出油の量

これらの状況を可能な限り早く把握して対応が決定され、現場で防除措置が実行されていきます。特に、流出油の種類によっては有毒ガスが発生して沿岸住民に被害を及ぼすこともあります。そのような油が流出した場合には、流出油防除より住民の避難を優先するといった措置など必要です。流出油防除措置に優先順位を付けることも求められます。

海上に油が流出すると、本船が所持している防除・回収資材だけで防除措置を取ることが不可能に近いものがあります。したがって、拡散を防ぐためにも可能な限り防除作業を専門としている組織に応援を依頼することが、結果として被害や損害を小さくすることになります。本章では上述した、状況を把握しなければならない4つの項目について説明します。

### 3-1 流出油の経時変化

油の大半は自然の気化蒸発、溶解、分散作用を通じて消失します。しかし、ガソリンのように数時間で蒸発するものもあれば、軽質・中質原油のように2～10日間で海面から消失するものもあります。また、本船の燃料油として使用されているC重油やワックス含有量の多い原油などは長時間海面に残存しますが、それでも時間の経過に伴い自然の力で分散します。

#### =自然浄化作用=

図3に自然浄化作用を示します。いかなる油でも時間の差こそあれ、自然浄化作用により自然の姿に還元されます。

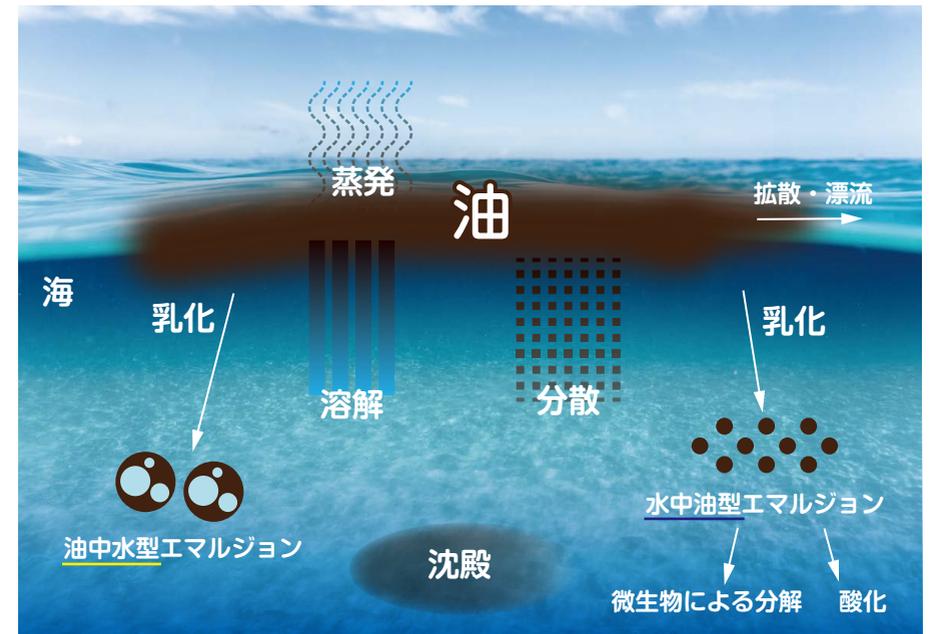


図3 油の経時変化

参考：公益財団法人 海と渚環境美化・油濁対策機構 資料

### ① 拡散

拡散は、流出の初期段階で把握しなければならない最も重要な課程のひとつです。油の初期拡散の原動力は、その重量です。大量の油が瞬間的に流出した場合、ゆっくり流出したときよりも急速に拡散します。

初期段階では、油は一団の油塊として拡散していきますが、その速度は油の粘度によって異なります。高粘度の油はゆっくり拡散しますし、流動点（註1）以下の温度で流出した油（船舶の燃料油であるC重油など）は殆ど拡散しません。しかし、この油塊は数時間後には壊れ始め、風や潮流によって狭い帯状の潮目のようなものを形成していきます。

註1 流動点：

油の流動性を測る尺度として流動点（℃）があります。流動点とは、その温度以下では油が流れなくなるという温度のこと。もし、気温が流動点未満であれば、油は本質的に固体としての挙動を示します。

### ② 蒸発

蒸発の速度と量の程度は、油の揮発性により決まります。ガソリンや灯油といった低沸点のものは蒸発する速度も速く、数時間以内に完全に蒸発します。逆に、重質原油やC重油といった沸点の高いものは、蒸発したとしてもごく僅かです。

また、流出した場合、表面積が大きいほど、軽い成分は急速に蒸発するので、油の初期拡散速度と広がり具合も蒸発に影響を与えます。

また、ガソリンのように極端に揮発性の高い油（沸点は35～180℃、引火点は-40℃）が閉鎖水域で流出した場合、蒸発して空気と混合すると、火災・爆発の危険があります。

流出したばかりの油塊に着火させることは多くの場合可能です。しかし、拡散して揮発分が蒸発した後は、残った流出油の油層が薄いことと、下にある海水の冷却効果によって、灯芯材を用いても燃焼を維持することは難しくなります。

### ③ 分散

海面の波と乱流は、流出した油塊に作用してある範囲の大きさの油滴を海面上に生じさせる作用があります。小さい油滴は懸濁状態（液体中に個体の微粒子が分散した状態）で水中に残り、大きな油滴は海面に再浮上し、海面上に残っていた油滴と合体して新たな油塊を形成し、油滴を再度生じさせていくとともに、非常に薄い油

膜となって拡散していきます。懸濁状態となって水中に残った小さい油滴が生分解作用（バクテリア、菌類、その他の生物によって化合物が無機物まで分解されること）を促進していきます。

マイクロプラスチックも長期間で見れば生分解するかも知れませんが、その速度がとても遅いので分解しないまま残っているというのが海洋汚染の問題として顕在化してきました。

### ④ 乳化

「乳化（エマルジョン：Emulsion）」とは、油や水分のように本来混ざり合わないものが均一に混ざり合う現象のことを指します。たとえば、油と酢は混ざり合わない物質ですが、激しく振ることで一時的に混ざり合った状態にすることができます。この現象を乳化と呼びます。

海中に流出した油は厚い皮膜から薄い皮膜へと変化し、この間に石油ガスやガソリンなどの軽質分は蒸発し、最終的には不揮発成分が残り、これが波にもまれて「エマルジョン」を形成します。このエマルジョンには次の2つの種類があります。

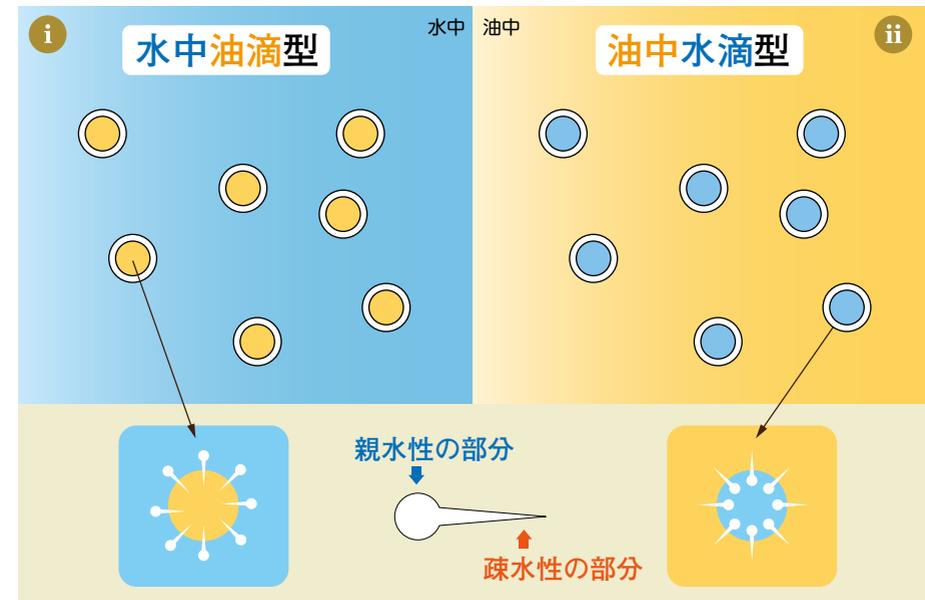


図4 エマルジョンのイメージ図

**i 水中油 (オイルインウォーター : Oil in Water)**

水中に油粒子が存在している状態。バクテリアによる消化分解や酸化分解によって海水に還元されます。

**ii 油中水 (ウォーターインオイル : Water in Oil)**

油の中に水 (海水) を含んだ状態。エマルジョンが形成されると体積は3~4倍にもなり、粘度も数段高くなります。特にアスファルテンの含有量が多いと「チョコレートムース」といわれる処理が極めて困難な安定した状態のタール状の油塊となり、タールボールとなったりします。その分解には数年~十数年といった長期間かかります。したがって、防除措置は流出油がエマルジョンになる前に行わなければなりません。



写真1 エマルジョン (チョコレートムース状)



写真2 エマルジョン (タールボール・廃油ボール)

図5に流出油の経時変化を示します。

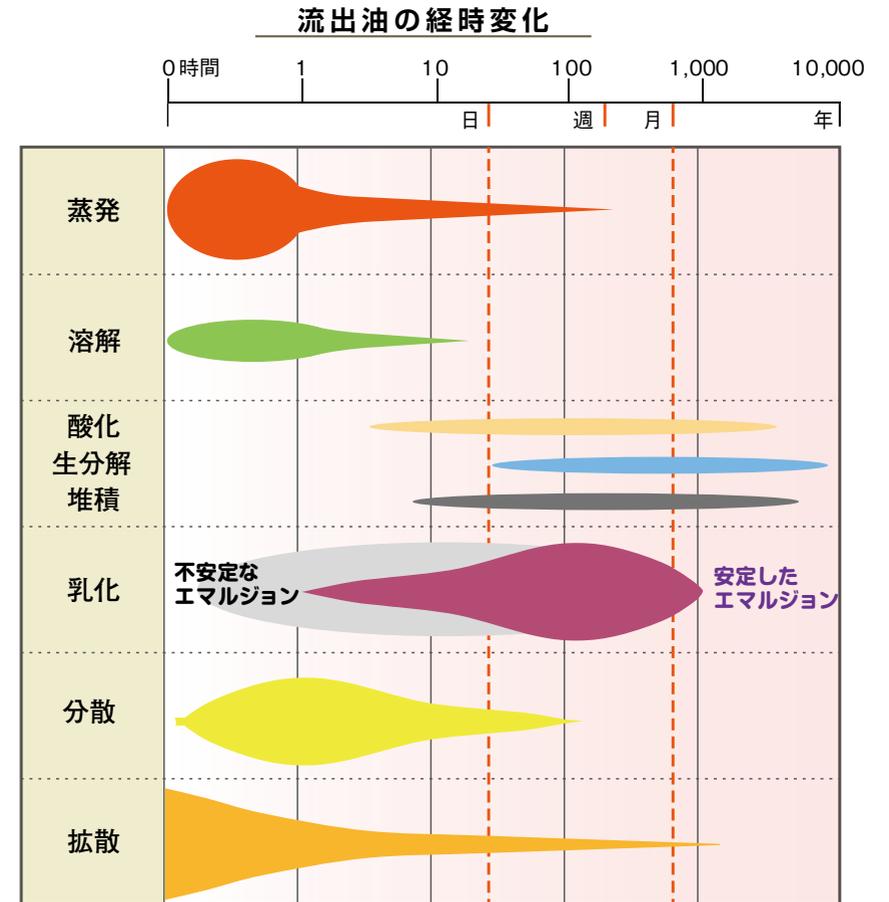


図5 参考：石油連盟「ITOPF 技術資料」

**3-2 流出油の拡散ファクター**

流出した油は、初期段階では油に働く重力 (油の重さ) によって拡散し、その後は油の表面張力によって拡散します。これらの拡散は時間も短く範囲も限定的です。しかし、実際には次にあげるような外力の影響を受けて、円形ではなく不正形の状態で、細長い帯状あるいは油塊状を形成したまま断続的に拡散していきます。

＝ 外力：拡散ファクター ＝

① 風

浮遊する流出油は吹奏流・風圧流の影響を受けて風速の約3%の速度で風化されます。

② 海潮流

海潮流の強さ（速度）と方向に流されていきます。

③ 潮汐

海潮流を考慮する際、潮汐による潮の流れも考慮することが必要です。

④ 波やうねり

拡散に関して、波やうねりの影響は計算で求めることは難しいのですが、波やうねりは油の乳化（エマルジョン）を促進します。

＝ 流出油の流れる方向：ベクトル計算 ＝

図6に流出油の流れる方向と速度をベクトル計算で求める方法を示します。

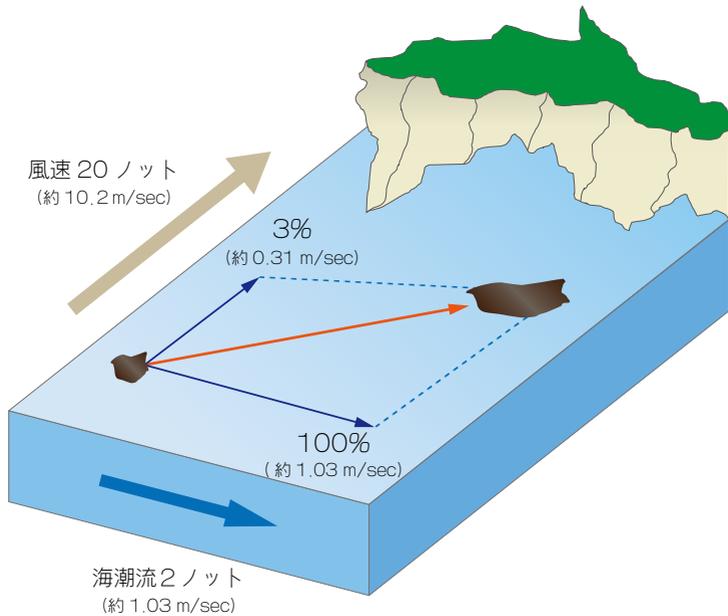


図6 流出油の流れる方向と速度

参考：一般財団法人海上災害防止センター 資料

海潮流の流れる方向（100%）と、卓越風の風速の3%のデータをベクトル計算することで、流出油の流れる方向と速度は作図で求められます。

3-3 拡散防止対策

油流出事故の被害を最小限にするためには、流出油の拡散を広げないことです。しかし、本船が所持している資材には限りがあり、その資材で船外に流出した油の拡散を押さえることは、ほとんど不可能です。したがって、油回収資材を可能な限り早く手配することが、結果的に、被害や損害を抑えることとなります。石油連盟は日本の7か所に資材基地を設けています（図7参照）。



図7 石油連盟資材基地  
参考：石油連盟ウェブサイト

一般財団法人海上災害防止センター（MDPC：Maritime Disaster Prevention Center）も日本各地に資材基地を設けています（図8参照）。同センターの目的と業務は次のとおりです。

## MDPCの事故対応体制および資機材要員配備基地配置図(2021年度)

### 1. 目的

一般財団法人海上災害防止センターは海上災害の発生及び拡大の防止（以下「海上防災」という）のための措置を実施する業務を行うとともに、海上防災のための措置に必要な船舶、機械器具及び資材の保有、海上防災のための措置に関する訓練等の業務、海上災害の防止に関する国際協力の推進に資する業務等を行うことにより、人の生命及び身体並びに財産の保護に資することを目的としています。

### 2. 業務

- (1) 海上保安庁長官の指示により排出油等の防除のための措置を実施し、当該措置に要した費用を徴収すること。
- (2) 船舶所有者その他の者の委託により、排出油等の防除、消防船による消火及び延焼の防止その他の海上防災のための措置を実施すること。
- (3) 海上防災のための措置に必要な油回収船、油を回収するための機械器具、オイルフェンスその他の船舶、機械器具及び資材を保有し、これらを船舶所有者その他の者の利用に供すること。
- (4) 海上防災のための措置に関する訓練を行うこと。
- (5) 海上防災のための措置に必要な機械器具及び資材並びに海上防災のための措置に関する技術について調査及び研究を行い、その成果を普及すること並びに船舶所有者その他の者の委託により、海洋環境汚染物質を含む各種物質の測定及び分析を行うこと。
- (6) 海上防災のための措置に関する情報を収集し、整理し、及び提供すること。
- (7) 船舶所有者その他の者の委託により、海上防災のための措置に関する指導及び助言を行うこと。
- (8) 海外における海上防災のための措置に関する指導及び助言、海外からの研修員に対する海上防災のための措置に関する訓練の実施その他海上災害の防止に関する国際協力の推進に資する業務を行うこと。
- (9) 海上防災のための措置に必要な資材及び機械器具等の製造及び販売を行うこと、海上防災のための措置に関する図書等の刊行及び販売を行うこと並びに前各号に掲げる業務に附帯する業務を行うこと。
- (10) 湖沼、河川等において、前各号に掲げる業務に類似する業務を行うこと。

出典：一般財団法人 海上災害防止センター ウェブサイト

- 本部(横浜)、西日本支所(神戸)、九州支所(北九州)の3拠点に加え、5か所の駐在所(苫小牧、千葉、四日市、水島、岩国)を設け、平時における**スタンバイ業務の効率的、効果的な実施**と、契防者システムを活用した**全国規模の迅速かつ適確な事故対応体制の確立**を図る。

- 契約防災措置実施者(166社)
- 組織
  - 本部(横浜)
  - 西日本支所(神戸)
  - 九州支所(北九州)
  - 駐在所(苫小牧、千葉、四日市、水島、岩国)
- 訓練研修施設
  - 横須賀研修所

- ▼ 油回収装置等配備
- ▶ 排出特定油防除資材配備
- ▲ HNS資機材配備
- ▲ HNS防災要員配備
- 災害対応拠点基地(川崎、堺泉北、北九州)
- MDSS実施地区(26)  
(※ 横浜・川崎で「京浜地区」、今治・松山で1地区)

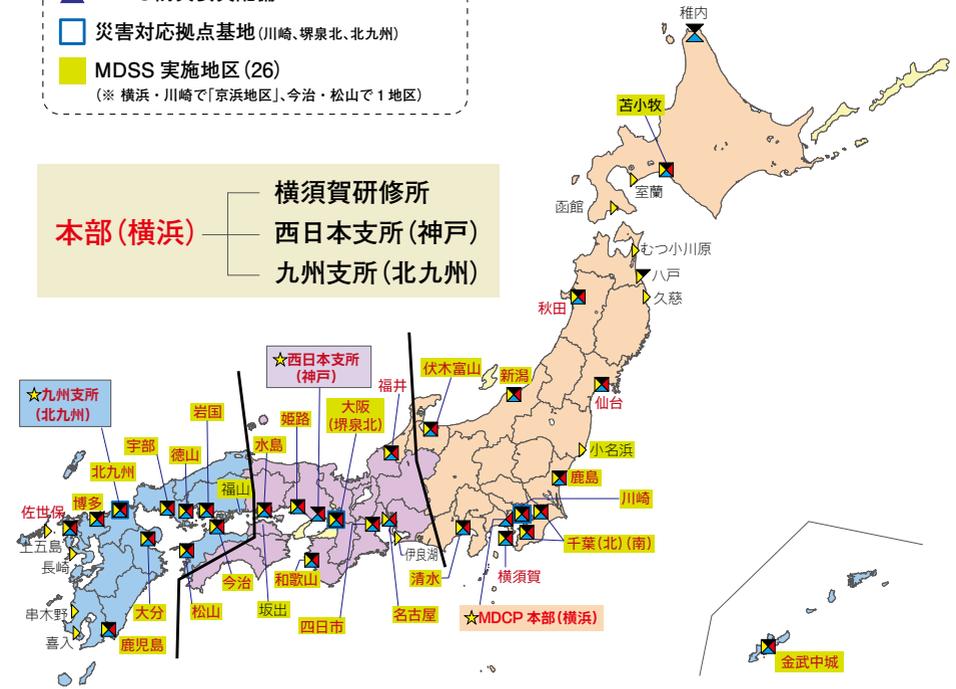


図8 一般財団法人 海上災害防止センター 基地配置図  
参考：一般財団法人 海上災害防止センター ウェブサイト

一般財団法人 海上災害防止センター（MDPC）は、船舶の事故等によって油等が海上へ流出した場合に船舶所有者等からの要請を受けて、原因者の代行として事故対応を実施します。

特に、総トン数 150 トン以上のタンカーが、原油、重油等の特定油を貨物として積載し、「適用海域※ 1」を航行中の場合は、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」の定めるところにより船舶所有者に対して、特定油防除資材（オイルフェンス、油吸着材、油処理剤など）の備え付けが義務づけられています。また、総トン数 5,000 トン以上の特定油タンカーが「特定海域※ 2」を航行する場合には、船舶所有者に対して油回収装置等の配備が義務づけられています。さらに、総トン数 150 トン以上の特定油以外の油や有害液体物質（HNS）を運ぶタンカーも特定海域を航行する場合、同様に防除資機材や要員の配備が義務付けられていることから、MDPC が船舶所有者に代わって防除資機材の備え付け等の法令要件を担保する証明書（HNS 証明書および特定油証明書）を発行し、これら証明書受有船舶が万一油や HNS の排出事故を起こした場合には、船舶所有者や船長からの要請を受け、直ちに当該事故現場に急行し緊急の防除措置を実施する“緊急措置サービス”を提供しています。

一方、証明書未保有船や MDPC と別途スタンバイ契約を締結していない場合には、別途契約締結手続き後の対応となります。

※ 1：適用海域とは、特定海域のほか、特定海域以外の港則法に基づく港および鹿児島湾をいう。

【海防法第 39 条の 3 および第 39 条の 4、施行規則 33 条の 6 および第 33 条の 9】

※ 2：特定海域とは、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海をいう。

【海防法第 39 条の 3 および第 39 条の 4、施行規則 33 条の 6 および第 33 条の 9】

このほかにも民間の油回収業者もありますが、回収業者選定に時間を要し、その間、流出油が拡散して被害を拡大させた事例もあります。回収作業の費用も重要ですが、結果としては事故発生場所の最寄りにある回収機関・業者に即決で作業依頼することが、結果として回収費用も抑えることに繋がります。

### 3-4 油流出の分類

船舶からの油流出を分類すると図 9 のとおりです。大きく分けると、タンカーの「貨物油の流出」とタンカーを含む全船からの「燃料油や潤滑油、スラッジの流出」の 2 つになります。

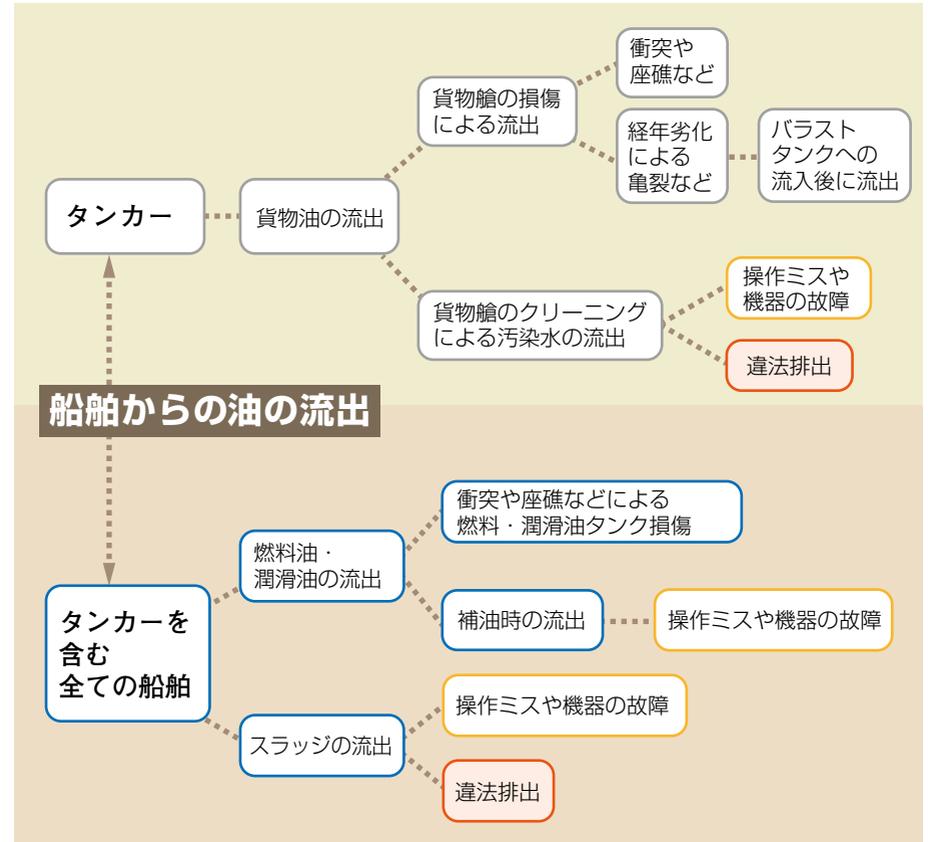


図 9 油流出の分類

衝突や座礁といった事故の二次災害として燃料油や貨物油が流出することがありますが、事故の大多数は、補油中の操作ミスによる燃料油や潤滑油の流出です。

### 3-5 油の種類

原油から精製される油の種類を図10に示します。

原油は沸点の差を利用して混合物を成分別に分離濃縮する方法で分けられています。原油を加熱して常圧蒸留装置という高さ50mほどの塔内の棚段で分離していきますが、沸点の低い物質（ガス、ナフサなど）ほど上部棚段で取り出され、沸点の高い物質（重油など）が底部から抜き出されます。その後、硫黄分を除去するなど二次処理を行って製品となります。

最初に液化石油ガス（Liquid Petroleum Gas：LP Gas）が精製され、その後、沸点が低い順番にガソリン、ナフサ、ジェット燃料・灯油、軽油の順番に分離され、最後に残るのが残渣油で重油やアスファルトです。（図10、表1）

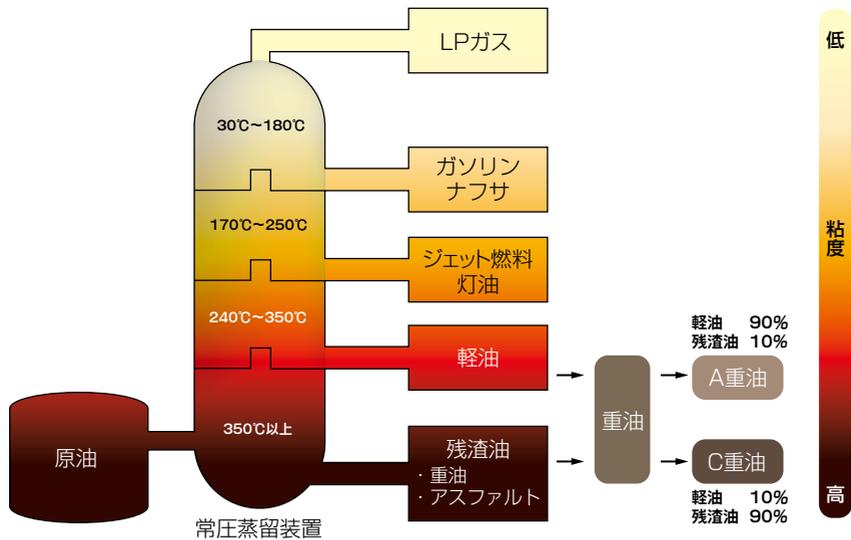


図10 油の種類

参考：出光興産株式会社 ウェブサイト

油種	用途	留意点・対応方法
A重油	船舶や工場 等	軽質油で海上に流出すると、風浪の影響で比較的早く蒸発してしまう。しかし、冬季や港内では、蒸発が遅く、残留性が高くなり、早期の回収が必要となる。
軽油	船舶や車両	
灯油	主として暖房用	
潤滑油	内燃機関 等	殆ど蒸発しない。万国旗状油吸着材等で囲い、絞って回収が基本。
作動油	油圧機器	
C重油	大型船、工場、火力発電所 等	殆ど蒸発しない高粘度油。海水と混じり合いエマルジョンとなり含水して超高粘度になる。容積も3倍位に膨張するので物理的に回収する。
ガソリン	自動車、遊漁船	引火性が高く、風下側は避難・逃げる。
原油	製油所で精製 原油焚き火力発電所	大型タンカーが運搬している。油種により引火性、有毒性に要注意。

表1 油種別 用途

参考：公益財団法人 海と渚環境美化・油濁対策機構 油防除マニュアル

発生場所	油種	防除目標	方法	必要資材	想定被害	備考
港内	A重油	回収・拡散	A,B	オイルフェンス、吸着フェンス	港の閉鎖、取水口汚損等	拡散して薄い油膜となる
	C重油	回収	A,B,C	オイルフェンス、吸着フェンス、強力吸引車	港の閉鎖、取水口汚損等	高粘度用吸着材使用、エマルジョン化
	エマルジョン	回収	A,B	オイルフェンス、吸着フェンス		高粘度用吸着材、またはオйлスネア(写真)使用
	ガソリン	監視・避難		粉末ゲル化剤	火災・爆発・人命	二次的被害の拡大を防ぐ
	ケミカル	調査・確認	専門家の指示	粉末ゲル化剤	ケミカル種類により異なる	種類により対応が異なるので専門家に必ず相談
	液化ガス	監視・避難			火災・爆発・人命	LNG、LPG
港外	A重油	回収・分散	A,B,D	オイルフェンス、吸着フェンス、油回収船、油処理剤	漁業・観光・自然環境破壊	
	C重油	回収・分散	A,B,D	オイルフェンス、吸着フェンス、油処理剤	漁業・観光・自然環境破壊	
	エマルジョン	回収	A,B	オイルフェンス、吸着フェンス、油回収機	漁業・観光・自然環境破壊	
	ガソリン	監視・避難			火災・爆発・人命	二次的被害の拡大を防ぐ、自然蒸発
	原油	回収・分散	A,B,D	オイルフェンス、回収船、油回収機	漁業・観光・自然環境破壊、火災、爆発、人命	初期は原油ガスの危険、その後エマルジョン化
	ケミカル	調査・確認	専門家の指示		ケミカル種類により異なる	種類により対応が異なるので専門家に必ず相談
液化ガス	監視・避難			火災・爆発・人命	LNG、LPG	

方法 A 大量の場合、オイルフェンスで集油し、回収船や強力吸引車等で回収。または、油吸着材で吸着させる。少量の場合は油吸着材使用  
 B 少量の場合、吸着フェンス（オイルフェンスや万国旗状、ロール等）で取り囲み、絞って吸着  
 C 大量の場合、オイルフェンスで集油して強力吸引車で回収  
 D 油処理剤の直接噴霧・散布（船舶や航空機）

表2 油種別 回収方法

参考：公益財団法人 海と渚環境美化・油濁対策機構 油防除マニュアル

そして、流出事故が発生した場合の回収方法は、油の種別や発生場所（港内か港外）によって大きく異なります。その回収方法を一覧表（表2）にまとめました。拡大した表は添付1を参照ください。

沸点温度が低く揮発分の多いガソリンや液化ガスを回収することは難しく、蒸発するのを待つこととなります。同時に火災・爆発・有毒ガス発生があるので、まずは人命に影響を及ぼさないように避難対策を取る必要があります。

船舶燃料に使用されている重油の内、A重油は粘度が低いので拡散して薄い油膜となります。従って、広い範囲に拡散する前に回収作業を終了させなければなりません。一方、粘度が高いC重油の拡散する速度はA重油より遅いのですが、乳化（エマルジョン）する可能性が高く、そうなるとう回収作業は長期化します。これを防ぐには、やはり拡散していく前に回収しなければなりません。

### 3-6 油回収資材

国土交通省は各地の地方整備局に浚渫兼油回収船等を配備していますし、民間でもこうした回収船を所持している会社や団体があります。しかし、こうした船は普段浚渫作業等に従事していることが多く、流出油事故が発生したとしても、すぐに現場に駆け付けることは難しいのが実情です。



写真3 べいくりん号：清掃兼油回収船

参考：国土交通省関東地方整備局 千葉港湾事務所 ウェブサイト

したがって、油流出事故発生直後は可能な限り早期に拡散を防除するとともに回収作業を開始しなければなりません、人海戦術に頼らざるを得ないというのが実情です。

そのための資材をいくつかご紹介します。

#### =オイルスネア (Oil Snare) =

Oil Snare を直訳すると「油の捕獲罟」です。オイルスネアは米国バージニア州のパーカーシステムズにより開発された高粘度油専用の油回収材です。その非常にユニークな形状により従来の油吸着剤では回収できないC重油等の高粘度油を、細かいループ状の房の中に絡めとってしまう他に例を見ない“油捕獲材”で、過去25年間世界の主なタンカー等の油流出事故においてその実力を遺憾なく発揮し、高粘度油の回収には欠かせない油回収材として、高く評価されています。また、オイルスネアは、海上保安庁「排出油防除計画」にてご採用されています。長さ15mのロープに30ヶのオイルスネアが付いておりポリバッグに入れて出荷されます。1ヶ重量230gのオイルスネアが最大14kgの油を捕獲できます。材料はポリプロピレンを使用しており、使用後は焼却処理ができます。



写真4 オイルスネア

出典：阿南電機株式会社 ウェブサイト

＝ 油吸着マット ＝

現場では流出した油に合った防除資機材を選ぶ必要があります。A重油などの粘り気が少ない油には油吸着マット（以下、マット）などの油吸着材の使用が効果的です。マットは、ポリプロピレンや植物繊維で製造され、性能は型式承認で定められていますが、使用には型式承認の有無は問題とされおらず、承認を得ていない資材の使用も認められています。水より油の方をよく吸収します。

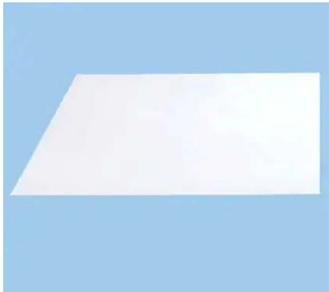


写真5 油吸着マット  
(三井化学株式会社 タフネルオイルプロッター®)



写真6 油吸着マット使用例  
出典：三井化学株式会社 ウェブサイト



写真7 長尺マット  
(三井化学株式会社 BL-6500®)

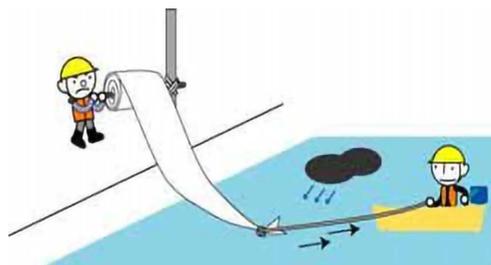


イラスト3 長尺型油吸着マット  
出典：公益財団海と渚環境美化・油濁対策機構 資料

＝ オイルフェンス ＝

オイルフェンス (oil fence) とは、油流出事故が発生した場合にその拡散を防止する目的で水域に展張する浮体で、ブーム (boom) とも呼ばれています。浮沈式オイルフェンス等の特殊なものを除き、異なるメーカーのオイルフェンスでも接続して使用できるよう規格化されており、日本の規格では A 型と B 型があります。流出し

た油の拡散を制御するための資材で、主な効果は「集める」・「誘導する」・「囲む」・「防ぐ」といったものです。単体で使用するものではなく、油を回収する資材や機械と併用して使用します。海上が平穏なときは可能ですが、風、潮流、波がある限界を超えると、油が下部から漏出または上部を乗り越え、制御ができなくなります。

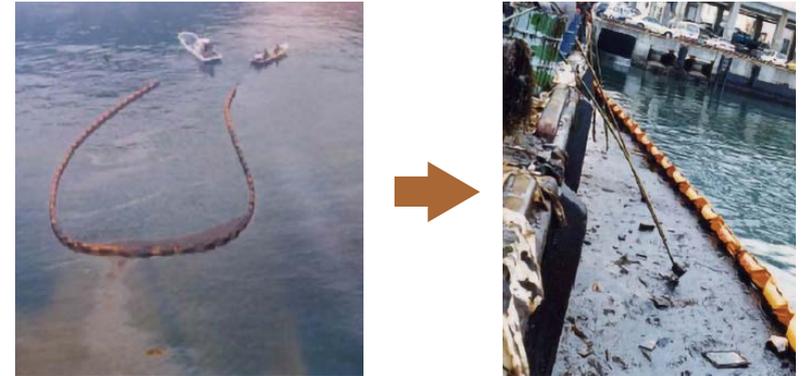


写真8 出典：オイルフェンス展張例  
(公益財団 海と渚環境美化・油濁対策機構「改訂」油濁防除マニュアル(平成27年3月編))

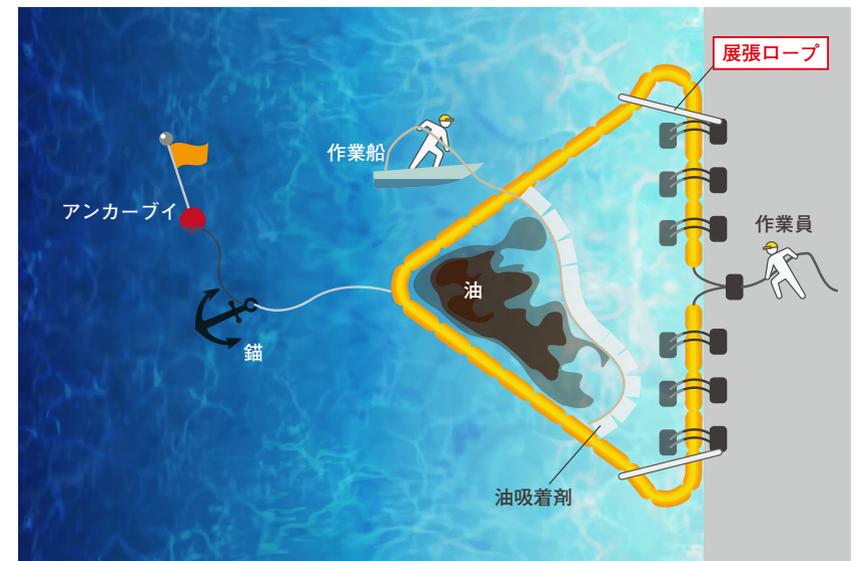


図11 オイルフェンス展張例

### 3-7 油処理剤

油処理剤は、「水面の浮遊油に散布し、攪拌することによって速やかに油を微粒子状態に乳化分散させ、最終的には海底に沈降させず、自然浄化を受けやすい状態にすることができ、かつ、水産生物に対して低毒性の物質」と定義されています。

かつて油処理剤は「中和剤」と呼ばれ、あたかも油を化学的に別の物質に変化させるような誤った認識を与えていました。

しかし、上述した定義のとおり、油処理剤は油を微粒子化し海面付近の水中に分散させ、表面積を大きくして、微生物や酸素による自然浄化作用を促進する薬剤です。その効果は、微粒子化した油を沈殿させることなく、海岸・海面付近の生物への毒性、海鳥などへの付着の影響を抑制します。(総務省消防庁のウェブサイトより) すなわち、油処理剤は、決して油を消滅させたり、中和して別のものに変化させるものではありません。

#### = 油処理剤の種類 =

溶剤の種類によって以下2つの型があります。また、界面活性剤の含有量によって、含有量10～15%のものを低濃度、15～20%のものを中濃度、35～60%のものを高濃度(コンセントレート)と呼んでいます。

#### 1) 炭化水素型

第一世代型と第二世代型があり、第一世代型は毒性が高い芳香族系の溶剤を用いています。また、第二世代型(Type 1)はパラフィン系の溶剤を用いています。界面活性剤の含有量から見ると、第二世代型は低～中濃度のタイプです。現在、日本で市販・使用されているものは第二世代型です。

#### 2) 濃縮型(コンセントレート)

コンセントレートタイプ(Type 2)あるいはセルフミキシングタイプ(Type 3)は、第三世代型の油処理剤といわれ、溶剤にはアルコール系またはグリコール系が用いられています。高い比率で界面活性剤が含有されています。

#### = 油処理剤の有効性と散布方法 =

流出油の粘度が高いと、溶剤が油に浸透しないうちに油処理剤が油面から海中に滑り落ちて効果を発揮できません。一般的な目安として、相対粘度で2,000 cSt以下で効果を発揮し、これを超えると海上での使用効果は急激に低下し、5,000～10,000 cStの範囲のものには効果を示さなくなります。したがって、油処理剤は高粘度のエマルジョンや流動点が周辺温度以上の油には適していません。また、流出時は分散可能であったとしても揮発分が蒸発していったり、自然の風化等によって粘度が上がっていったりします。そうすると、短時間での分散が不可能となります。こうしたことから、油処理剤を有効に使用するには気象・海象にも左右されますが、粘度が高くなる前の1～2日を目安としなければなりません。散布方法は、作業船によるものと航空機による空中散布が主流です。

#### = 毒性について =

最近の油処理剤は第一世代型と比べると、毒性は低くなっていますが、使用方法については依然として多くの議論がなされています。また、国や地域によっても油処理剤の使用に対する姿勢も異なっています。特に、油処理剤の使用によって、別の海洋汚染物質を海中に投入するようなことにもなりかねず、海中の炭化水素濃度を局部的に高めるので、海洋生物への影響も心配されています。したがって、油処理剤を使用するには地元関係機関や漁業関係者等との合意形成が重要となります。

### 3-8 流出油事故発生時の対応

油流出事故の対応フロー図を示します。(拡大したものは添付2を参照)

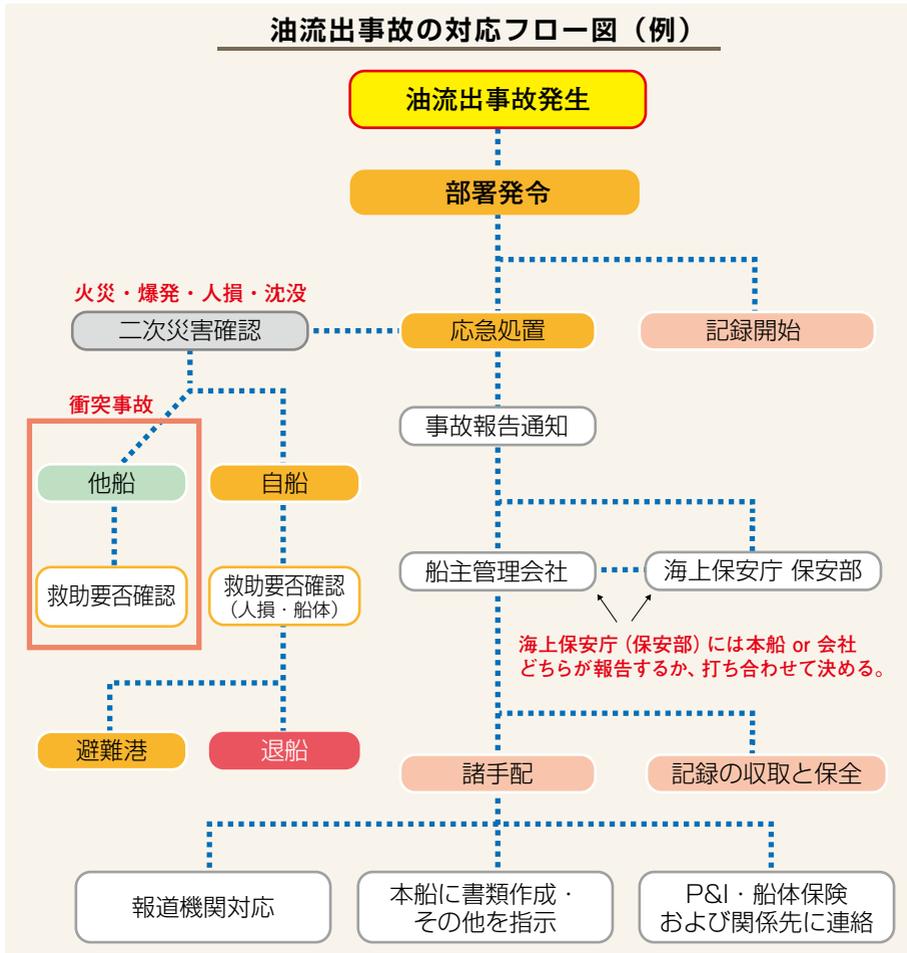


図 12 油流出事故対応 フロー図(例)

- 1 補油中にオーバーフローさせた場合、まずは補給船からの送油を緊急停止します。その後、油防除緊急部署を発令します。
- 2 非常部署の役割分担に沿って乗組員は船長の指示にしたがって作業を開始します。当然のことながら人身事故が発生していないかどうかは最優先の確認事項です。
- 3 船外への油流出を食い止める応急措置を開始します。当組合に報告があった油濁事故についてみると、いくつかの事故ではスカッパープラグをセットしておらず、そこから船外に流出していました。あるいは、ベント管の油受け(スピルコーミング:Spill Coaming)のプラグの閉め忘れやプラグの紛失があり、そこから甲板に流出し、スカッパー経由で船外に流出した事例もあります。

#### ＝流出防止・軽減・漏洩箇所の閉鎖対策＝

応急措置の中で、流出防止・軽減を図るためのポイントは以下のとおりです。

- 漏洩タンクとパイプ内の減圧
- 必要に応じて関連バルブの閉鎖 (場合によってはガス抜き管の閉鎖)
- タンク損傷の場合は、漏洩タンク内の残り油をほかのタンクへ移送する
- バラスト調整による船体姿勢制御

- 4 応急措置と同時に船主(または船舶管理会社)に事故報告の通知を行い、その際、官庁(日本であれば管轄海上保安本部)に報告を、本船から行うのか、あるいは、船主(または船舶管理会社)から行うのか確認します。しかし、拡散を最小限とするためにも、この事故通報は時間との勝負となることを忘れてはなりません。

- 5 さらに、二次災害（火災・爆発・人損・沈没の可能性など）についても確認し、衝突事故などであれば、自船の状況を確認したのち、相手船の状況も確認します。
- 6 回収業者の手配は、船主（または船舶管理会社）が行いますが、第二章「2-1 海難事故対応（各海難事故および船・陸共通）」で述べたように、現地の船主代理店のアポイントを取ることを忘れないこと。

日本国内における大規模油濁事故の対応図（組織図）概念を図13に示します。  
（石油連盟の技術資料を加工して作図：拡大図は添付3を参照）

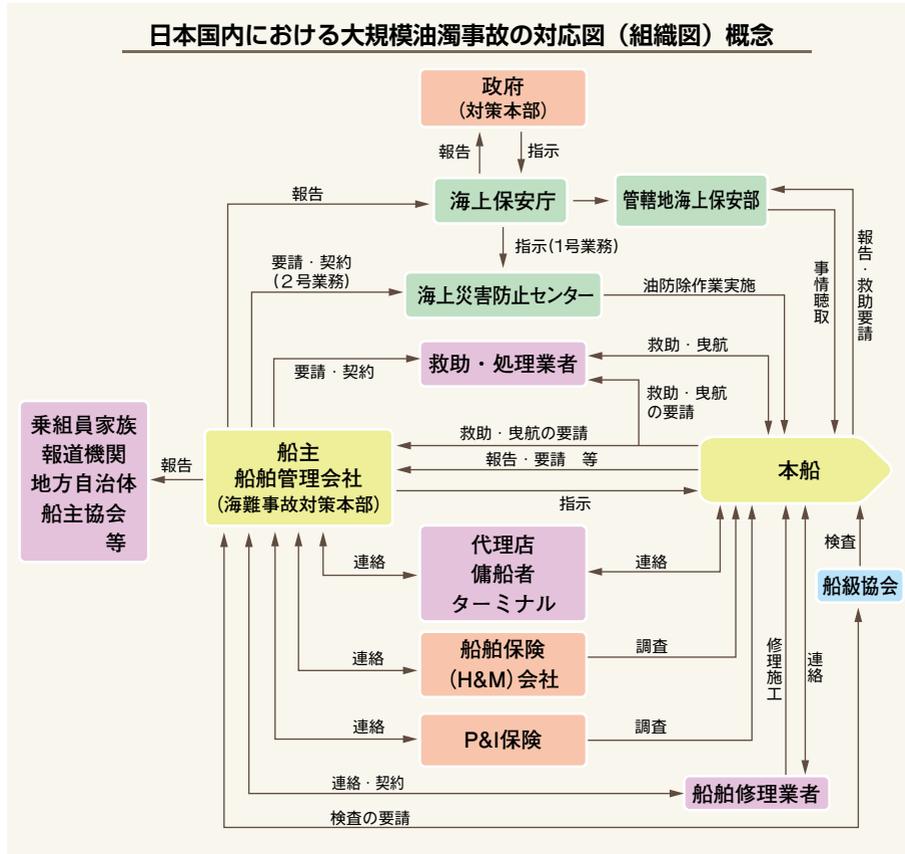


図13 日本国内における大規模油濁事故の対応図

### 3-9 破孔を生じた場合の船舶からの油流出

突然ですが、ここでクイズです。

**Q** 衝突事故等で、図14に示すように、①～④のどこか1箇所に破孔を生じた際に、どれくらいの油が流出するか、それぞれを予想してみてください。なお、船体傾斜やトリム、喫水については変化がなく、潮流や波の影響もないという前提です。また、実際にダブルボトムと両舷のサイドタンクが繋がっているような燃料タンクはありません。

図14 船体破孔箇所による流出油の違い  
実際にはこのようなタンクの配置はありません

考え方のヒントとしては、流出する油が破孔を生じた瞬間に流れ出す「瞬間流出油」と、その後、じわじわと流れ出していく「継続流出油」に分けて考えるとわかりやすいと思います。答えはP.64 ページです。

# 第四章 油濁事故例

外航船と内航船の事故例を紹介します。

## 4-1 外航船事故例

### ＝事故発生日時と場所＝

事故発生日時：

20XX年XX月01日

発生場所：

某修繕ドック汐入り岸壁

船種：

一般貨物船 約19,000 G/T



写真9 事故発生後の本船汚損状況

### 4-1-1 事故概要

本船は、補油作業中にC重油が本船 No.2 燃料タンクのエアメントから甲板上に噴出し、そのうち、約3KLが海上に流出しました。流出油の一部は事故後本船周囲に展開されたオイルフェンスを越え、周辺に拡散し、付近の海岸や漁業施設に被害を与えました。



写真10 沿岸部の流出油漂着状況



写真11 漁業施設の被害状況

### 4-1-2 事故処理費用

事故処理にあたり、以下の費用が発生しました。

流出油回収・清掃費用	約	1億2,900万円
漁業補償金	約	4,600万円
過怠金（罰金）	約	1,300万円
弁護士費用	約	2,000万円
サーベイ費用・その他	約	700万円
<b>合計</b>		<b>約2億1,500万円</b>



写真12 甲板上から回収された燃料油



写真13 油吸着材による回収



写真14 油吸着材による回収作業



図 15 事故発生から5日後の漁業施設の被害状況



写真 15 海面に流出した燃料油



写真 16 護岸に漂着した燃料油

### 4-1-3 何が起きたのか

本船は修繕ドックに入渠し、ほぼドック工事は終了してドックの汐入り岸壁に着岸していました。出帆予定日の20XX年XX月01日夕方に補油を行うことになっており、本船の補油計画は、表3に示すように、低硫黄マリンガスオイル

(LSMGO) 100M/T を No.5 Center DO タンクに 380 cSt. C 重油 600M/T を No.3 Center と No.4 Center FO タンクに受け入れる予定でした。

油種	補油量	受け入れ予定タンク
LSMGO	100/MT	No.5C DO タンク
HFO(380 cSt)	300/MT	No.3C FO タンク
	300/MT	No.4C FO タンク

表 3 補油予定量

事故発生に至るまでの経過を表4に示します。

### ＝事故発生に至るまでの経過＝

日付	時間	作業内容
20XX年XX月01日	19:15	補油船 B号 本船に接触。事前打ち合わせ終了
	19:30	A 重油 補油ホース接続
	20:30	A 重油 (LSMGO: Low Sulphur Marine Gas Oil) 補油開始 受け入れタンク: DO タンク No.5 C
	21:30	A 重油 (LSMGO: Low Sulphur Marine Gas Oil) 補油終了
	21:45	A 重油補油量確認 A 重油ホースを外し、C 重油用補油接続
	22:00	C 重油 (380 cSt. 補油開始) 受け入れタンク: FO タンク No.3 C
	20XX年XX月02日	01:25
01:25		機関長: 補油船 B号に送油緊急停止指示。船長に報告
01:30		船長: 油濁部署発令
01:50		船長: 管理会社 (SI)、ドック、代理店に油流出事故発生を電話連絡
03:00		機関長: No.2C FO タンクから No.4C FO タンクに燃料油移送開始
13:00		5名の MSA (Marine Safety Agency) が乗船し調査開始 2社の油回収業者 (SPROs) を起用するように指示 その後、油回収業者による流出油回収作業開始
20XX年XX月03日	15:00	機関長: No.2C FO タンクから No.4C FO タンクに燃料油移送終了
	午後	甲板上の流出油回収と清掃完了

表 4 事故発生に至るまでの経過

燃料補給船（バンカーバージ：以下バージ）が20XX年XX月01日19：15頃、本船右舷に接舷した後、バージ船長との打ち合わせやバージの燃料手持ち量の確認を終了しました。

その後、19：30頃にバンカーホースを接続し、20：30からLSMGO 100 M/TをNo.5C DOタンクに受け入れを開始し、21：30にLSMDOの補油を完了しました。その後、21：45頃、LSMGOの本船での受け入れ量を確認するとともに、バンカーホースを380 cSt.のC重油用に交換しました。

当初の補油計画では、最初にNo.3C FOタンクに300 M/Tを補油し、その後、No.4C FOタンクに残りの300 M/Tを受け入れる予定でした。

22：00からC重油が最初はゆっくりとした送油量で補油開始され、パイプラインからの漏れがないことを確認した後、送油量を130KL/h程度まで上げました。

補油を開始してから3時間25分経過した20XX年XX月02日01：25頃、甲板上を見回り巡検していたOS（Ordinary Seaman：甲板員）から、補油予定ではないNo.2C FOタンクの空気抜き管（エアベント）から燃料油が甲板上に流出していることが報告されました。

機関長は直ちに送油の緊急停止をバージに要請するとともに、就寝中の船長に漏油発生を報告しました。

01：30頃、船長は「油濁部署」を発令し、01：50頃に管理会社（Super Intendent <SI>）、ドックの本船担当者、および、代理店に漏油事故が発生したことを電話連絡しました。

油濁部署発令後に、甲板上に流出した燃料油の回収作業を乗組員が開始するとともに、船外流出の状況把握を行いました。また、03：00頃より、No.2C FOタンクが満杯でしたので、機関長はその一部をNo.4C FOタンクに移送を開始しました。

同日の13：00頃、MSA（Marine Safety Agency：日本の海上保安庁や国土交通省にあたる）職員5名が乗船。流出状況の確認を行うとともに、乗組員への職務質問を開始。2社の油回収業者SPROs（油濁対応業者<Ship Pollution Response Organizations>）を起用し、船外流出した燃料油の回収や護岸・漁業施設の清掃作業を行うように指示をしました。

20XX年XX月03日午後、甲板上に流出した燃料油の回収と清掃作業が終了しましたが、船外に流出した燃料油の回収と沿岸部や漁業施設に漂着した油の清掃作業には、約1か月の時間を要しました。

**＝流出油量の推定＝**

補油開始前の残油量や補油停止後の残油量、甲板上から回収した流出油量とバージ申告の送油量から計算した船外への流出燃料油は約3.0 KLと推定されました。詳細は表5を参照ください。

**流出量の推定**

単位：m<sup>3</sup>

FOT No.	タンク容積 (AA)	補油前残油量 (BB)	余積 1 - (BB)/(AA)%	送油停止後の残油量 (CC)	Supply Total (<CC> - <BB>)	
2C	375.23	265.40	29.3%	329.37	63.97	
3C	375.23	5.36	98.6%	251.02	245.66	
4C	375.23	4.65	98.8%	65.02	60.37	
<b>Total</b>	<b>1,125.69</b>	<b>275.41</b>	<b>75.5%</b>	<b>645.41</b>	<b>(A) 370.00</b>	
油補給船の送油量					(B)	414.00
油流出合計 ((B) - (A))					(C)	44.00
本船甲板上から回収した油量 (およそ)					(D)	4.00
本船バラスタンクに流入・回収した油量 (およそ)					(E)	37.00
船外への油流出量 (推定) < (C) - (D) - (E) >						3.00
送油速度 (414.00 m <sup>3</sup> ÷ 3時間25分)						121.17m <sup>3</sup> /h

表5 船外への流出量推定計算

送油開始が22：00で緊急停止したのが01：25でしたので、この3時間25分で約414.00KLの燃料油が送油されています。ここから推定される送油速度は、開始直後のゆっくりした送油速度を考慮しない単純平均で計算すると121.17m<sup>3</sup>/hとなります。表5で計算した甲板上への流出も含む流出量は44.00m<sup>3</sup><表の(C)>なので、これを送油速度で割ると、No.2C FOタンクのエアベントから流出が始まってから約22分間、誰も流出したことに気がつかなかったこととなります。

## 4-1-4 事故原因

## =直接原因=

直接原因は、補油予定としていなかった No.2C FOタンクの Filling Valve（フィリングバルブ）がなんらかの原因で「全閉」となっておらず、若干開いていたので、そこから送られてきた燃料が No.2C FOタンクに入り込み、エアイベントを通じてオーバーフローしたことです。

また、船外流出した直接原因は、前述したように事故後の計算によれば、エアイベントからの流出に気がつくのが遅れ（流出開始後 22 分間、誰も気がつかなかった）、緊急停止するタイミングを失したることによるものです。



写真 17 No.2C FO タンク Air Vent.

= なぜ、補油予定でなかった No.2C FOタンクの Filling Valve が開いていたのか？ =

本船機関長の説明によると、No.2C FOタンクの Filling Valve が若干開いていた理由は次のとおりです。

- No.2C FOタンクに前回補油を行った後は、確実に Filling Valve は閉じた。
- 機関室内にある各燃料タンクの Filling Valve の上方にある燃料暖気用蒸気パイプラインの修理を行い、断熱材（Insulation）の取り付けも含めてドック工事として行った。
- 通常であれば、脚立を使用して修理を行うべきもの。パイプライン工事は脚立による足場を組んで行ったが、その後の断熱材（Insulation）の取り付けのみという作業は簡単な作業であったので、パイプライン工事とは別のドック作業員が No.2C FOタンクの Filling Valve に足をかけてよじ登り、その作業を行った。
- その際に、閉まっていたバルブが開いたものと推定する。

取り付けた断熱材（Insulation）

No.2C FO タンクの Filling Valve



写真 18 断熱材（Insulation）の取り付け場所

## 本船乗組員による再現デモンストレーション



No.2C FO タンクのFilling Valve

写真19 No.2C FOタンクの Filling Valve が開いた原因

### =ヒューマンエラーの連鎖による事故原因=

事故が発生した後に「たれば」で見直すこととなりますが、後知恵バイアス（物事が起きてからそれが予測可能だったと考える傾向。事象の後に記録された予言<懐古的予言>で、後からなら、いかようにもいえるというもの：心理学分析）があることを承知したうえで、ヒューマンエラーの連鎖について事故原因を分析してみます。間接的な原因は次が挙げられます。

#### ① 人員配置も含めた補油計画に関するヒューマンエラー発生要素

- (1) 管理者（本船船長・機関長、会社の運航管理者）の安全・環境意識は十分であったでしょうか？
  - ▶ 流出油が始まってから発見するまで、推定で22分の時間を要しています。補油作業には直接携わらないOS（Ordinary Seaman：甲板員）が甲板上の巡検を行っていました。とはいえ、漏油事故を発生させたらそれが大きな海洋汚染に繋がるといった意識を乗組員全員が持っていたでしょうか？
- (2) 補油計画および補油手順はあらかじめ適切に策定されていたか？（例：補油

ライン、人員配置など）

- ▶ 今回の事故分析において、補油計画書や人員配置表まで調査することができませんでしたので推測の域を出ませんが、深夜ということもあり、甲板部当直士官や巡検要員の人数を確保していなかったのではないかとということが考えられます。
- (3) 作業に関わる全ての者が補油計画を事前ミーティングによって理解していたか？
    - ▶ 作業に関わる全ての者が補油の作業手順や補油ラインの状態を理解していたでしょうか？ また、緊急事態に備えて、船長と一等航海士も機関部ミーティングに参加していたでしょうか？
    - ▶ 誰が、いつ、どのバルブ切り替えに従事するか、あらかじめ決められていたでしょうか？
    - ▶ 夜間の補油作業ですので、他作業は行っていなかったものと思われそうですが、もし、他作業と重なるような場合に適切な要員配置となっていたでしょうか？
    - ▶ 見回りをしていた甲板部 OS は、どの燃料タンクに補油を行うのか説明を受けていたでしょうか？
  - (4) 「No.3 C」と「No.4 C」FO タンクが受け入れタンクなのに、なぜ「No.3 C」のひとつのバルブ開で補油作業を開始したのでしょうか？（理由は後述する「複数タンクに同一種の燃料を受け入れる場合の一般的な方法」を参照）。関係バルブの開閉手順にミスを誘発する要素はないでしょうか？

#### ② 補油作業中の状態監視に関するヒューマンエラーの発生

次の4つがヒューマンエラーを誘発する原因であるとして、今までもいくつかのロスプリベンションガイドで紹介してきました。今回はその中の人の行動特性（図16）に当てはめて分析してみます。

### ＝ヒューマンエラーを誘発する原因＝

1. 高度な技術を持っている技術者に共通する性格
2. 人間の行動特性 12 ケ条
3. 4つの心理的要因
4. 人の脳力と錯覚

### 人間の行動特性 12 ケ条

- |                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| ① 人間だから間違えることがある                 | ⑦ 人間だから先を急ぐことがある           |
| ② 人間だからつい、うっかりすることがある            | ⑧ 人間だから感情に走ることがある          |
| ③ 人間だから忘れることがある                  | ⑨ 人間だから思い込みがある             |
| ④ 人間だから気が付かないことがある               | ⑩ 人間だから横着することがある           |
| ⑤ 人間だから不注意の瞬間がある                 | ⑪ 人間だからパニックになることがある        |
| ⑥ 人間だから、ひとつのことしか見えない、考えられないことがある | ⑫ 人間だから人が見ていないときに違反することがある |

図 16 人の行動特性 12 ケ条

出典：株式会社日本 VM センター「安全の小窓 18」

- (1) 補油開始後に**全ての FO タンクのレベルチェックは継続して行い、タンクレベル変化のモニターを継続**していたでしょうか？ もし行っていないければ、図 16 の②うっかりする、③忘れる、⑩横着をするといったものが当てはまります。
- (2) 遠隔液面計だけでなく、巻尺で**定期的**にレベルチェックをしていたでしょうか？ ④気が付かない、⑥ひとつのことしか見えない、⑨思い込み、⑩横着をするなどが当てはまります。
- (3) **指示した油送流量 (121 m<sup>3</sup>/h) は適切であった**でしょうか？  
本船の補油ラインのパイプ直径などを調査できなかったため、送油速度が妥当であったかどうかの判断はできませんが、補油作業を早く終わらせたいという気持ちで焦っていなかったでしょうか？ ⑦の先を急ぐといったものが当てはまります。

- (4) 全ての燃料タンクのベントの空気の抜け具合を確認していたでしょうか？ ③忘れることがある、④気が付かないことがある、⑩横着をするといったものなどが当てはまります。



写真 20 タンクサウンディング

### ③ 複数タンクに同一種の燃料を受け入れる場合の一般的な方法

複数の船会社に、複数タンクに同一種の燃料を受け入れる場合の方法についてインタビュー形式で調査しました。それをまとめると、以下のようになりました。

#### (1) 補油ラインのバルブを全て全閉確認

今回の事故例のような事態を避けるため、補油開始の 1～2 時間前に、FO や DO の Settling タンクを満杯とし、その上で、**燃料系のパイプラインにある全てのバルブを一度「全て閉」にして、それを確認する。**

#### (2) ラインアップ

補油計画に従って、受け入れ作業に必要なバルブを開いていく「ラインアップ方式」を採用している会社がほとんどでした。最後に開くバルブは、バンカーホースを接続しているゲートバルブにする。

#### (3) 積み切りの順番

補油作業開始後は、各タンクレベルの経過とともに、弁開度とバンカーバージからの送油流量を減量調整させ、レベルに達したタンクのバルブを閉鎖していく。積み切りの順番はマニホールドから遠い FO タンクから順番に積み切る手順が合理的です。逆に、途中の弁の開け閉めは危険があるというコメントが多くありました。

#### (4) 流入確認

補油開始直後は受け入れ中のタンクだけでなく、**全ての FO/DO タンクのサウンディング**を行う。全ての FO/DO タンク エアベントからの空気の流れも確認

する。サウンディングの間隔は、船会社によって基準を定めている会社と、本船に任せている会社がそれぞれ半分程度でしたが、概ね、開始直後はそれぞれのタンクに機関部乗組員の総員を配置し、頻繁にサウンディングを行い、送油量が定常に達した時点で、総員体制から当直体制に移行するといった会社が多くありました。また、エアイベントからの空気の流れの確認は、甲板部の当直要員に依頼するという会社もありました。

#### 4-1-5 再発防止対策

##### ① 船舶管理会社の提出した再発防止対策

甲板上の流出油の回収が終了した時点で、本船の船舶管理会社は次のような再発防止対策を策定しました。

- 補油中の定期的なサウンディング
- 追加甲板上の巡検強化
- 定期的な FO Filling Valve の状態確認
- 補油前には、必ず FO Filling Valve の状態確認を実施
- 定期的な油濁事故操練の実施

その後、さらに具体的な再発防止対策を策定し、SMS マニュアルに取り入れるなど改訂を行うとともに事故概要を関係船に周知したと伺っています。

##### ② 技術面とヒューマンエラーの観点から考察した再発防止対策

上述した船舶管理会社の再発防止対策に加え、技術面とヒューマンエラーの観点から再発防止対策を考察してみました。

###### (ア) 適切な補油計画の策定

- 余裕ある受け入れタンクの計画、適切な送油流量 (m<sup>3</sup>/h)  
各燃料タンクの最大受け入れ量は、船会社ごとに基準が異なりましたが、

概ね 85% から 90% がほとんどで、最大でも 93% でした。また、毎時の送油量は各船とも燃料系のパイプの直径が異なるので、基本的には本船判断としている会社がほとんどでした。

- 作業配置の明確化 (ライン切り替え&作業内容&配置) 等  
具体的に誰が何をどのタイミングで行うのかといった内容を補油計画書に記載します。
- 基本的にはタンクバルブの切り替えを行わない方法で補油計画を策定する。  
やむなく切り替えを行う場合は、他作業 (できれば機関士) がダブルチェックを行うようにします。

###### (イ) 事前ミーティング

- 受け入れタンクの目標液位の確認や関係するパイプライン・バルブ等の操作確認。
- 作業分担の確認 (作業員だけでなく、管理者自身の作業内容も) 等。

###### (ウ) ラインアップの徹底

複数のタンクに補油を行う・行わないに拘わらず、基本的に補油前には、全ての関係バルブの「全閉」を確認し、それから必要なバルブを開いていくといったラインアップ作業を徹底することが、誤って補油予定外のタンクへの流入防止に繋がります。

###### (エ) 定期的な巻尺によるタンクレベルチェック

コンソールが設置されていても遠隔液面計の表示のみに頼らないこと。前項で説明したように、補油予定のないタンクに流入していないことを確認するために、全ての燃料タンクのサウンディングも定期的に行うことが必要です。

###### (オ) イレギュラー時の適切な対応と乗組員教育

- 補油作業責任者 (機関長) のみならず、事前に割り振られた計画に沿った作業員がなんらかの理由で急遽変更となる場合などは、確実に管理者は本人のみならず、本船上の関係する全ての乗組員へ担当者変更や作業内容を再度指示しなければなりません。また、それによって作業手順の変更が必要となる

場合には、いったん、補油を止めることも考えなくてはなりません。

- 普段の作業手順書に関する勉強会などを開催し、機関士・機関部員の教育を行っていくことも必要です。特に、乗組員が交代したような場合には必ず勉強会などを開催することが求められます。

**(カ) 甲板部も補油中であることを意識する**

補油作業というと機関部作業と捉えてしまい、船長と一等航海士のみが事前ミーティングに参加するだけで、実際に甲板上の見回りを行っている甲板部員や当直航海士への説明・指示が忘れられる傾向があります。航海士と甲板部員にも補油作業の概要を説明し、明確な指示を出すことも必要です。たとえば、機関部はサウンディング作業で手一杯のこともあるので、エアイベントからの空気の流れを定期的に確認する作業を巡検している甲板部員に実施させ、当直航海士経由で機関長に報告するといった情報共有体制を確立しておくことも必要です。

**4-2-1 事故概要**

補油作業中にC重油が本船燃料タンク共通エアイベントから甲板上に流出し、そのうちの約300Lが海上に流出しました。流出油の一部は事故後本船周囲に展張されたオイルフェンスを越えて、周辺に拡散。付近の岸壁に漂着しました。漁業施設への損害は発生しませんでした。



写真22 漂着した油による護岸汚染

**4-2 内航船事故事例**

**＝事故発生日時と場所＝**

事故発生日時：  
20XX年XX月01日  
発生場所：  
日本の某港  
船種：  
一般貨物船 499 G/T



写真21 イメージ写真  
(事故例とは関係ありません)

**4-2-2 事故処理費用**

事故処理にあたり、以下の費用が発生しました。

流出油回収費用	約	930万円
護岸等の清掃費用	約	940万円
サーベイ・その他費用	約	340万円
<b>合計</b>	<b>約</b>	<b>2,210万円</b>



写真23 漏油を発生させたスカッパ護岸汚染



写真 24 油吸着材による回収作業

#### 4-2-3 被害範囲

ほとんどの流出油は事故発生日の夕方までに回収できたのですが、一部が潮流に乗って拡散。その後、半径 3km 程度の範囲の護岸や、岸壁エプロンの内側に入り込み、その油の拡散や汚損した護岸の清掃に 16 日間を要し、損害額は初日の回収作業とほぼ同額になりました。幸い、漁業被害はありませんでした。



写真 25 攪拌処理の様子



写真 26 海面の流出油状況



写真 27 岸壁の汚染状況

#### 4-2-4 何が起こったのか

20XX 年 XX 月 01 日 07:00 頃、揚げ荷のために日本の某港の公共岸壁に左舷付けで着岸しました。その後、09:00 頃にバンカーバージが本船右舷に接舷し、09:10 から C 重油 55 KL の補油作業を開始しました。その後、09:50 頃に右舷 No.1 FO (S:右舷) タンクがオーバーフローし、流出油は「オーバーフロータンク:容量 500 L」に入りましたが、ここも容量が一杯となったので、最終的に 2,450 L の燃料油が共通エアイベントを経由して甲板上に流出しました。

送油速度から後日計算したところ、約 2 分 40 秒の間、継続してエアイベントから甲板上に流出していました。そして、デッキスカッパーのセットが不十分であったことから、その一部の約 300L が船外に流出しました。

#### ＝補油予定量＝

今回の補油予定量は表 6 のとおりにて、C 重油は合計で 55 KL の補油を計画していました。最初に No.1 FO タンク (P:左舷) に 27 KL を受け入れ、続いて No.1 FO タンク (S:右舷) に残り 28 KL を受け入れることにしており、C 重油の補油が終了した後、続いて A 重油 15 KL を受け入れる計画としていました。

補油予定量

油種	補油量	受け入れ予定タンク	備考
A 重油	15 KL	No.2 DO タンク (P)	それぞれのタンクの受け入れ予定量は不明
		No.2 DO タンク (S)	
C 重油	27 KL	No.1 FO タンク (P)	
	28 KL	No.1 FO タンク (S)	

表 6 補油予定量

事故発生と事故処理の経過を表7に示します。

＝事故発生と事故処理の経過＝

日付	時間	作業内容
20XX年XX月01日	09:00	バンカーバージが本船右舷に接舷。
	09:10	FO(C重油)の送油開始。No.1 FOタンク(P)で受け入れ開始。
	09:30	バンカーバージから27KLの送油が終了したという連絡を受けた。 計画では、この27KLはNo.1 FOタンク(P)に受け入れる予定だったが、約8KLのFOが、No.1 FOタンク(S)のFilling Valveが若干開いていたので、そこに流入。 No.1 FOタンク(P)のFilling Valveを閉め、No.1 FOタンク(S)のFilling Valveを開けた。この時点で、No.1 FOタンク(S)には、19KLのFOが入っていたので、余積は26KL分のみ。そこに28KLの追い積みをしたので、合計で2KLが流出することになった。
		09:50
	10:10	DO(A重油)の送油開始。
	10:20	船外に流出していることを確認したので、海上保安本部に通報した。 DO(A重油)の送油開始(予定量15KLのところ、10KL受け取って補油中止)。
	12:00	最初の油回収作業船が現場に到着し、回収作業開始。
	13:00	海上保安官が乗船し、流出状況と事情聴取開始。 消防局の作業船が現場到着。できる限り回収した後に攪拌処理に移行するよう、海上保安官から指示を受ける。
		19:00
	20XX年XX月02日	06:00
19:00		攪拌処理作業終了。
20XX年XX月03日	06:00	周辺岸壁に漂着(付着)した流出油の清掃開始。
	19:00	上記作業終了し、回収・清掃作業を一旦完了した。

日付	時間	作業内容
20XX年XX月04日	08:00	周辺岸壁に流出油が漂着(付着)している報告があり、清掃作業再開。
	17:00	海面にも薄い油膜が確認されたので、作業船による攪拌処理再開。
20XX年XX月05日	08:00	周辺岸壁の流出油が漂着(付着)している箇所の清掃作業継続。
	17:00	海面にも薄い油膜が確認されたので、作業船による攪拌処理継続。
20XX年XX月06日	08:00	周辺岸壁の流出油が漂着(付着)している箇所の清掃作業継続。
	17:00	海面にも薄い油膜はなくなったので、作業船による攪拌処理は終了。
20XX年XX月06～16日		周辺岸壁の清掃作業継続。また、その清掃作業で海面に油膜が発生するので作業船による攪拌作業を行った。事故発生から16日目に、作業終了。

表7 事故発生と事故処理の経過

09:10～09:50の40分間で、C重油55KLの補油が終了しています。そして、09:50に機関長は当直航海士から甲板上に漏油している報告を受け、船長が部署発令したのですが、10:10からA重油の補油を開始しています。10KLのA重油の送油があった時点で、船外にC重油が流出していることを確認し、補油を緊急停止するとともに、最寄りの海上保安本部に通報しました。12:00には最初の油回収船が現場に到着し、すぐに回収作業を開始しています。

一方、13:00に海上保安官が来船し、流出状況の確認と本船乗組員の事情聴取を開始しました。そして、できる限りの流出油を回収することと、海面に拡散して回収不能となったものについては攪拌処理をするように指示が出されました。

甲板上に流出していた油は当日に回収できましたが、思いのほか海面の広範囲に油が拡散しており、その結果護岸や岸壁を油汚染させたり岸壁エプロンの奥まで流出油が入り込んでしまったので、その清掃作業や攪拌処理に約16日間の時間を要しました。

＝流出油量の推定＝

補油開始前の残油量や補油停止後の残油量、甲板上から回収した流出油量とバージ申告の送油量から計算した船外への流出燃料油は約0.3KL(300L)と推定されました。(詳細は表8を参照)

単位：m<sup>3</sup>

FOT No.	タンク容積 (AA)	補油前残油量 (BB)	余積 1 - (BB)/(AA) %	送油停止後の残油量 (CC)	Supply Total ((CC) - (BB))	
No.1 (P)	45.00	13.00	71.1%	32.00	19.00	
No.1 (S)	45.00	11.00	75.6%	45.00	34.00	
<b>Total</b>	<b>90.00</b>	<b>24.00</b>	<b>73.3%</b>	<b>76.55</b>	<b>(A)</b>	<b>53.00</b>
油補給船の送油量 (B)						55.00
油流出合計 ((B) - (A)) (C)						2.00
Over Flow タンクの残油量 (D)						0.50
甲板上から回収した油量と油受けに残っていた油量 合計 (E)						1.20
船外への油流出量 (推定) < (C) - (D) - (E) >						0.30
送油速度 (55 m <sup>3</sup> ÷ 40 分)						82.50 m <sup>3</sup> /h

表 8 流出量計算

補油計画では、補油終了時点で容積が45m<sup>3</sup>のFOタンクに、左舷は40KL(89% Full)、右舷は39KL(87% Full)の予定でしたので、計画そのものは妥当であったことがわかります。

#### 4-2-5 事故原因

##### ＝直接原因＝

当初はNo.1 FOタンク(P:左舷)に27KLのC重油を受け入れた後、バルブを切り替えて残りの28KLをNo.1 FOタンク(S:右舷)に受け入れる予定でしたが、右舷のFilling Valveが開いており、左舷タンクに入るはずだった約8KLが右舷タンクに入ってしまう、これに気がつかないまま右舷タンクに残りの28KLを追い積みしたので、オーバーフローしました。パイプラインを図17に示します。

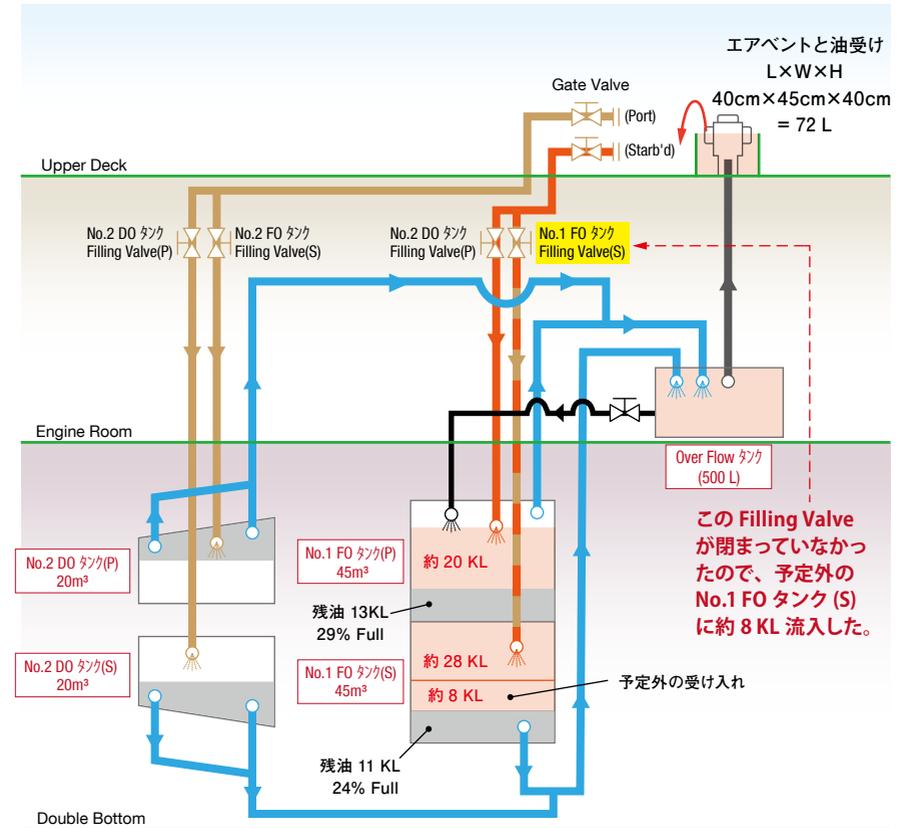


図 17 補油パイプラインとタンク配置図

- ▶ 09:10にC重油の補油が開始され、当初の計画どおり、残油量が13KLのNo.1 FOタンク(P)に27KLの受け入れを開始しました。
- ▶ とところが、No.1 FOタンク(S)のFilling Valveが完全に閉まっていなかったので、送油されたC重油の一部(約8KL)が残油量11KLのNo.1 FOタンク(S)に流入しました。
- ▶ 09:30に機関長はバンカーバージから27KLの送油が終了した旨を受け、全量が予定どおりNo.1 FOタンク(P)に入ったものと思い込んでいたのでサウンディングを行わず、No.1 FOタンク(S)のFilling Valveを開け、No.1 FOタンク(P)のFilling Valveを閉めて、残りの28KLの受け入れを開始しまし

た。しかしこの時点において、No.1 FO タンク (S) には計約 19 KL の C 重油が入っており、そこに追加で 28 KL を積み込めば、タンク容量が 45m<sup>3</sup>なので 2 KL はオーバーフローします。そして、このオーバーフローした 2 KL (2,000 L) の内 500L はオーバーフロータンク (容量 500 L) に残りましたが、最終的に 1,500 L が共通エアイベントから流出しました。最終的に甲板上に残っていた 1,200 L は回収できましたが、スカッパー経由流出した 300 L が船外に流出しました。09:50 にバンカーバージから予定量 55 KL の送油終了連絡がありますが、送油速度 (82.5 m<sup>3</sup>/h) から逆算すると、2,000 L 流出するには約 1 分 27 秒かかるので、流出が始まったのは 09:48 頃と推定できます。この約 2 分間弱、誰も流出に気が付かなかったものと思われる。

### ＝なぜ、補油予定でなかった No.1 FO タンク (S) の Filling Valve が開いていたのか？＝

本船乗組員は、「前回の補油作業終了後に、全ての Filling Valve は閉鎖したと思う。したがって、なぜ少しだけ開いていたのか理由はわからない」と証言しました。閉まったバルブが航海中の振動等で開いてしまったのか、それとも、前回の補油終了後に確実に閉まったことを確認したのかは不明です。また、間違っただけで開いたりしないように、バルブを固縛するといったことは行われていませんでした。

### ＝ヒューマンエラーの連鎖による事故原因＝

外航船の事故例と同様に「…するはず」とか「…すべきだった」という分析は、後知恵バイアスの評価になるので事故予防対策にはなりません。しかし、こうしたことが行われていなかった結果、ヒューマンエラーの連鎖が発生し、断ち切ることができなかったことで事故に至りました。これを十分承知のうえで、P.44 の「図 16 人間の行動特性 12 条」に当てはめて、どのようなヒューマンエラーが発生したのか事故原因について考察します。

#### (1) サウンディングを行っていなかった

オーバーフロータンクを含む全ての燃料タンクの実測 (サウンディング) を行っていれば、最初の受け入れタンクに予定量の C 重油が入っていなかったことや、

No.1 FO タンク (S) に誤って流入していたことに気がついたはず

補油作業の主管担当者である機関長は、過去にも実測 (サウンディング) は補油作業開始前と終了後だけ行っており、補油中の定期的なサウンディングは行っていなかったと証言していました。従って、複数タンクに補油する場合でもバンカーバージの報告を鵜呑みにしていました。これを人間の行動特性 12 条に照らし合わせてみると、③ 忘れることがある、⑨ 思い込みがある、⑩ 横着をするといったことが当てはまります。

#### (2) 流出油対策をすぐに取りなかった

09:50 に当直航海士から甲板上への漏油発生報告を受けましたが、船外流出がないと思い込み、そのまま A 重油の補油を継続しました。もし、すぐに補油を緊急停止していれば船外流出は発生しなかったはず

① 緊急対策手順を間違える、② うっかりする、⑦ 先を急ぐことがある、⑨ 思い込みがあるといった人の行動特性が当てはまります。

#### (3) 管理者 (本船船長・機関長、会社の運航管理者) の安全・環境意識は十分だったか？ また、補油計画や手順書、乗組員による事前ミーティングを行って役割分担などを確認していたか？

油の流出が始まってから発見するまで推定で 2 分弱の時間を要しています。何名の乗組員が乗船していたのかは調査できませんでしたが、当直航海士や船長と補油計画や補油中の役割分担が明確にされていなかったようです。③ 忘れることがある、⑥ ひとつのことしか見えない、⑩ 横着をするといった人間の行動特性が当てはまります。

#### (4) スカッパーが適切に設置されていなかった

流出した油はスカッパーを経由して船外に流出しました。甲板上に 2,450L の燃料油が流出しているので、もしかしたら舷側を乗り越えてしまったかも知れませんが、もしスカッパーが適切に設置されていれば船外への流出量はもっと少なかったかも知れません。④ 気が付かないことがある、⑤ 不注意の瞬間があるという人の行動特性が当てはまります。

**(5) 補油系バルブの補油開始前の全閉鎖確認とラインアップ作業ができていなかった。また、なぜ燃料タンクを1つずつ積み切っていくことにしたのか？**

補油作業の基本である作業開始前の補油系バルブの閉鎖確認と、それに続くラインアップ作業が行われていませんでした。本船の場合、両舷のゲートバルブ（計2個）を含めても、燃料タンクの数も4つですので、合計で6個のバルブの全閉鎖確認と、No.1 FO タンク（P/S）の2つの Filling valve を開けるという作業のみです。⑦ 先を急ぐ、⑩ 横着をするという人の行動特性が当てはまります。複数タンクの同時受け入れは、時間をずらした積み切り順序になるようにバルブの開度調整を行って流入量を調整しなければなりませんし、定期的にサウンディングを行う必要があります。こうした手間を省くために、さらにサウンディングを行わずバンカーバージからの送油量報告のみに頼っていることが定例化し、それで事故を発生させていないと、どうしても楽をしようと思ってしまう。③ 基本を忘れる、⑨ 思い込みがある、⑩ 横着をするといった人の行動特性が当てはまります。

**(6) オーバーフロータンクの液位（レベル）警報は鳴らなかったのか**

船舶のオーバーフロータンクには「液位（レベル）警報装置」が設置されているものと、設置されていないものがあり、一般的にはほとんどのタンクに液位（レベル）警報装置が設置されています。本船のオーバーフロータンクにこの装置が設置されていたか否かは確認できませんでしたが、もし、警報装置が設置されていて警報（アラーム）が鳴らなかったとしたら、整備不良、警報の人為的なカット、警報作動テストの未実施などが考えられます。② うっかりすることがある、③ 忘れることがある、⑤ 不注意の瞬間があるなどが当てはまります。

**4-2-6 再発防止対策**

4-1-5 ② 技術面とヒューマンエラーの観点から考察した再発防止対策で取り上げた次の6つの同じものが再発防止対策として挙げられます。詳細は同項をご参照ください。

**(ア) 適切な補油計画の策定**

内航船の場合、頻繁に行われる定例作業的なものとして捉えられているのかも知れませんが、本船に任せきりにせず、会社の管理部門も本船の補油計画について積極的に関与していくことが必要です。

**(イ) 事前ミーティング**

本船の大きさからすると6～7名の乗組員かも知れませんが、時間を見つけて乗組員全員で事前ミーティングを行うことも必要です。

**(ウ) ラインアップの徹底**

基本に忠実に従うことが求められます。人の思い込み（他の Filling Valve は閉まっているはずだ）を排除し、開いているかもしれないと疑って、確認作業を行うことが重要です。

**(エ) 定期的な巻尺によるタンクレベルチェック**

遠隔液面計やバンカーバージの報告を鵜呑みにせず、ダブルチェックするという作業を確実に行うことが求められます。

**(オ) イレギュラー時の適切な対応と乗組員教育**

今回の事故では、当直航海士から漏油報告を受けていたにも拘わらず、A 重油の補油を開始しました。油の流出事故は必ず海洋汚染事故に繋がることを意識し、緊急対応を常に意識することが必要です。

**(カ) 甲板部も補油中であることを意識する**

乗組員の人数は少ないかも知れませんが、各自の役割分担を明確にしておくことが必要です。

### ＝工学的な再発防止対策＝

2つの事故例に共通する根本原因は、補油前に燃料系統の全バルブの「閉鎖」確認を行っていないかったこと、および、補油を行っていないタンクの実測（サウンディング）を行っていないかったことです。したがって、基本に戻ってバルブの状態を確認することが重要です。

受け入れタンク元弁：Filling Valve



フローメーター(Flow Meter)



図 18 工学的対策案 (Flow Meter)

しかし、2つの事故例のように、機関室内に各燃料タンクの Filling Valve が並んでいるような場合、そこに着脱可能なフローメーターを設置し、パイプ内部を燃料油が流れているかどうか可視的に確認するといったことができないのでしょうか？ 予定外のタンクに燃料油が流れ込んでいることが視認できていれば、その時点で異常に気が付いたかもしれません。

また、最近ではエアメントに取り付ける「折りたたみ式流出油防止器具:写真 28（予定外のタンクに燃料油が流入した際、エアメントからの空気で風船を膨らませるようになるもの）」も市販されていますので、適宜活用することも一案です。



写真 28 オーバーフロータンク（折り畳み式燃料油排出防止タンク）

提供：(株) ナショナルマリンプラスチック



第一章の内外航の事故統計で説明したように、当組合にご報告があった油濁事故のほとんどが補油作業中の油流出事故です。また、事故を発生させると、流出量の多い・少ないに拘わらず、その処理作業に時間と莫大な費用がかかります。

そして、事故例で紹介したように根本原因はヒューマンエラーの連鎖です。事故に至らないようにするには、どこかでこの連鎖を断ち切らなければなりませんし、いくつかのチャンスもあることがお分かりいただけたと思います。

また、各社の安全管理規定や SMS マニュアルでは事故例に示す再発防止対策や手順書が必ず取り入れられていますが、事故分析の中で乗組員がそれに従わなかったことが表面上の原因とされていることがほとんどです。しかし、乗組員もこうしたことは十分理解しているのですが、なぜ手順書に沿った作業ができなかったのかという部分まで踏み込んで分析されている例は少ないようです。

簡単に乗組員教育を徹底するとしている例もありましたが、実際はとても難しいものです。しかし、諦めることはできないので、繰り返しの説明・指導・教育が求められます。本船の船長・機関長に任せるだけでなく、会社の管理部門も積極的に関与していくことが求められます。

不幸にして船外への油流出事故を発生させた場合、その損害を最小限にするかは、拡散区域を小さくするかに掛かってきます。そして、本船の所持している油処理機材では海上に流出した油の拡散を止めることは不可能に近いので、いかに回収作業を早く開始するかということが重要です。今回は事故例として紹介しませんでした。回収業者手配で費用が気になり、遠隔地の回収業者を手配したことによって回収作業の開始が遅れ、結果として広範囲に拡散させてしまい、費用が却って割高となった例もいくつかあります。

補油作業中の流出事故は、基本を忠実に守ること、乗組員の安全・環境意識を高めていくことで防ぐことができるものと考えます。この P&I ロスプリベンションガイドが少しでもお役に立てることができれば幸いです。

---



---

## 参考文献・資料ご提供

---

### 参考文献

- ・一般財団法人 海上災害防止センター  
海洋汚染対応コース講習資料
- ・石油連盟  
油濁防除技術資料 ITOPF 技術資料
- ・公益財団法人 海と渚環境美化・油濁対策機構  
「改訂」油濁防除マニュアル（平成 27 年 3 月編）
- ・公益社団法人 日本海難防止協会 情報誌（2017 年春 No.572）
- ・出光興産株式会社（公式ウェブサイト）

### 資料提供

- ・国土交通省地方整備局
- ・三井化学株式会社
- ・阿南電機株式会社
- ・株式会社ナショナルマリンプラスチック

## P.33 クイズの答え

### ① 水面より上に破孔を生じた場合

破孔の下端より上に積載されている油（灰色部分）が瞬間的に流出します。

その後は、船体動揺による微量の油が流出することはありますが、継続しての流出にはなりません。しかし、こうした船体動揺や状況変化による流出や修理に備えて破孔を生じたタンク内の貨物油をできれば全量シフトしてガス抜きすることが理想です。他の貨物タンクが満載であったり、瀬取りができないような場合には、応急措置として破孔から洩れ出ない程度までの量だけほかのタンクに油のシフトを行う必要があります。

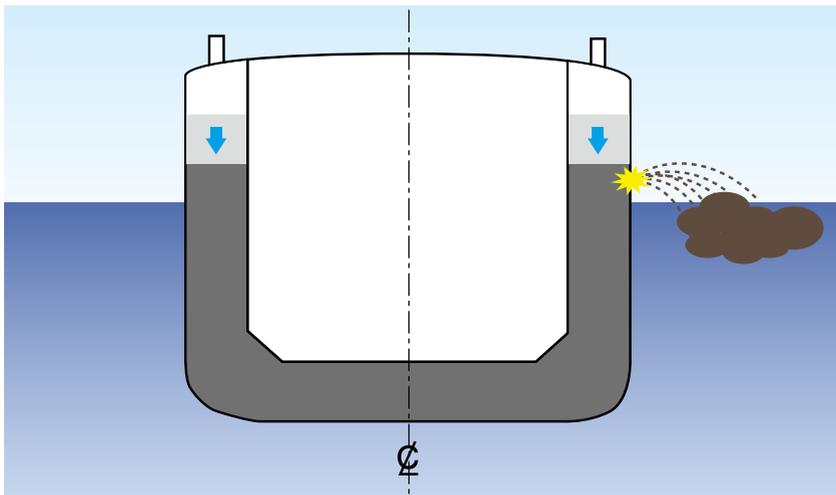


図 19 水面より上の破孔

### ② 水面付近に破孔を生じた場合

まず、①と同様に水面より上の油が瞬間流出します。

その後、水と油の比重の関係により破孔部分から海水が浸入してタンクの底の方に徐々に溜まっていきます。その溜まった海水の分だけ油が押し出されるような形で順次継続流出し（この作用は「置換」と呼ばれることもあります）、放置すれば破孔の無い側（図 20 では左舷側の灰色の部分）を残して全量流出してしまいます。

破孔が生じた際の初期対応として排水量を小さくすることやトリムとヒールを調整することなどの方法で破孔の下端が水面より上に出るようにして継続流出を防ぎます。また、油のシフトも行う必要があります。

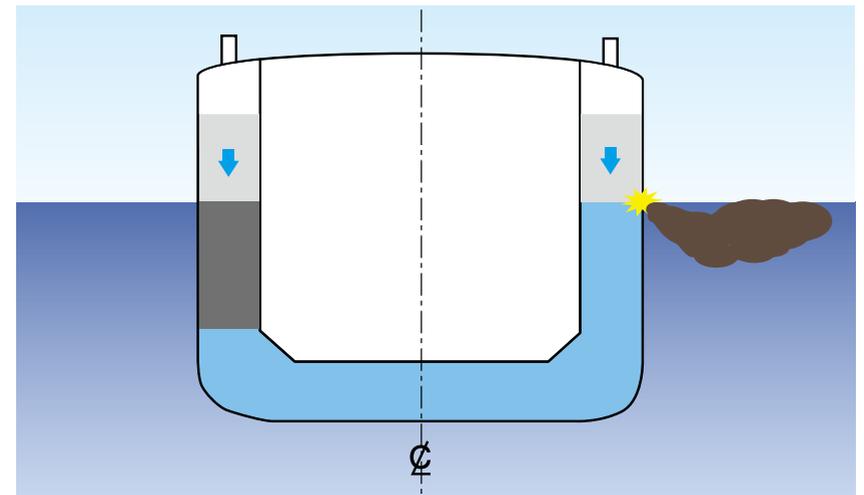


図 20 水面付近に破孔

### ③ 水面下の船体側面に破孔を生じた場合

まず、①と同様に水面より上の油が瞬間流出します。

その後、②と同様に水と油の比重の関係（置換）により、破孔部分から海水が浸入してタンクの底の方に徐々に溜まっていき、その分だけ油が押し出されるような形で順次継続流出し、破孔部まで海水に置き換わります。

座礁した場合、潮汐変化によって水面が下がったり、あるいは排水量を調整して喫水を小さくさせた場合には、油面が水面よりその分だけ高くなります。そうすると、その分だけ油の継続流出が続いていくので注意が必要です。

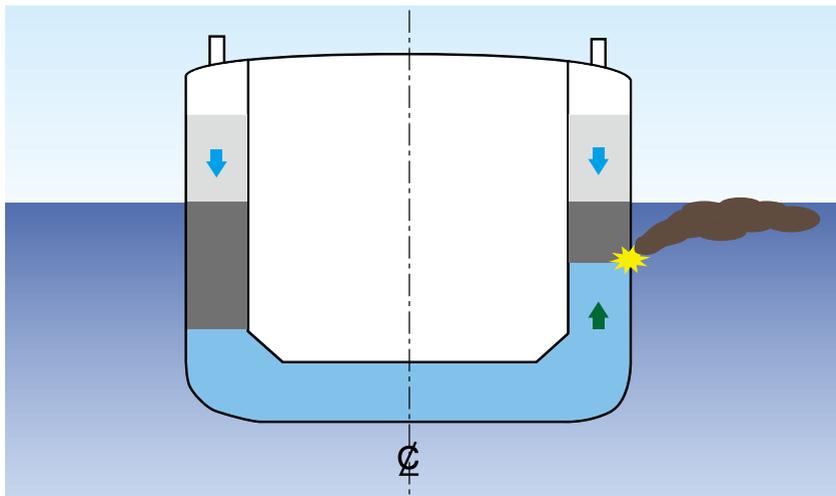


図 21 水面下の船体側面に破孔

### ④ 船底に破孔を生じた場合

①と同様に水面より上の油が瞬間流出します。

その後、タンク底部の油の圧力と船底に掛かる圧力が同じになって釣り合った状態で流出は止ります。油の比重は海水より小さいので、水面から船底部までの圧力は、船底に掛かる水圧より小さくなります。その圧力差だけ海水は破孔部からタンク内に浸水します。

（例えば、喫水が 10m で海水比重が 1.025 の場合は水圧は 1.025kg/cm<sup>2</sup> です。一方、C 重油の比重は約 0.998 です。船底部の圧力は 0.998kg/cm<sup>2</sup> です。この圧力差がなくなるまで海水は破孔部から浸水します）

③と同様に、喫水や排水量調整で油面が水面より高くなると、その分だけ船底破孔部から海水と油の混ざりあったものが流出していくので、注意が必要です。

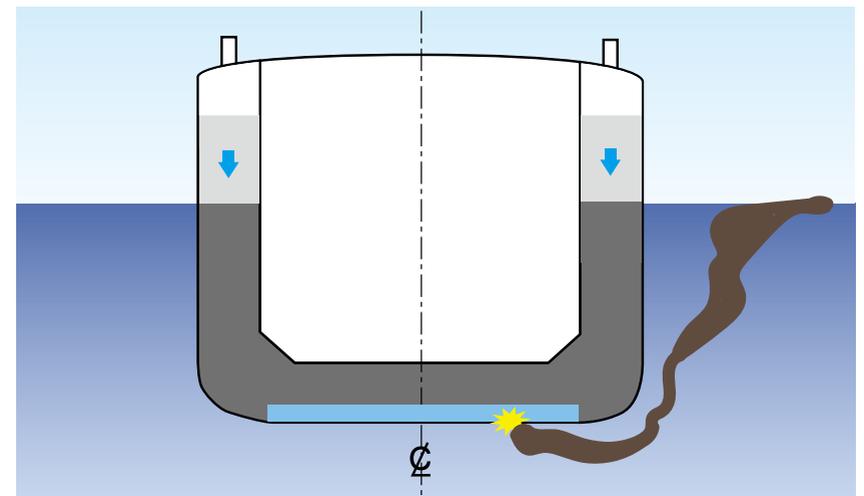


図 22 船底に破孔

### ⑤ 一般的な二重底燃料タンクで船底部に破孔を生じた場合

会社ごとに燃料タンクの容量に対して最大どれくらいまで燃料を受け入れるかは安全管理規定や SMS マニュアル、社内規定で決められており、概ねタンク容量の 85～90% としている会社が多いようです。したがって、エアベント（Air Ventilation：通気管）まで燃料が入っていることはありません。＜図 23(1)＞

座礁等で二重底燃料タンクに破孔を生じると、船底にかかっている水圧によりタンク内の燃料油をベントラインの水面高さまで押し上げ、その分だけ海水が浸水します。＜図 23(2)＞ただし、タンク内の燃料が流出することはほとんどありません。

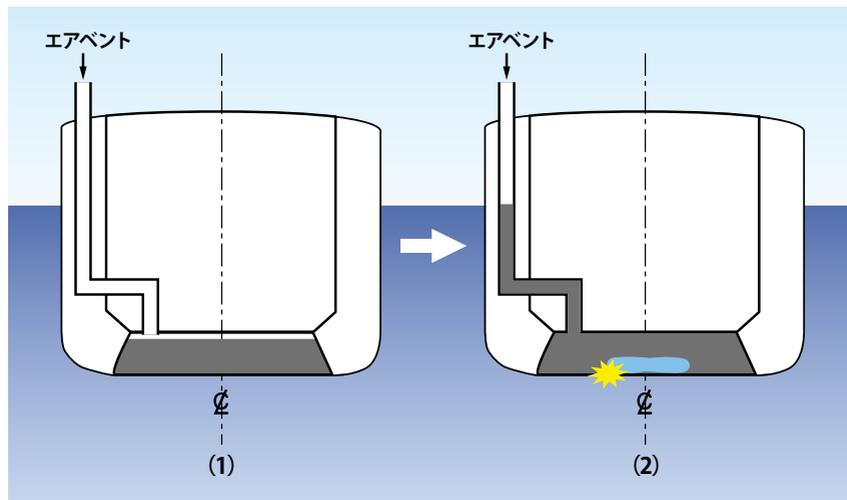


図 23 一般的な二重底燃料タンクの船底に破孔

### ⑥ タンクに内圧をかけていて、船底に破孔を生じた場合

現在 Single Hull のタンカーはなく、Double Hull となっていますが、簡易的に図 70 のような Single Hull にて内圧をかけている場合で、船底に破孔を生じたとします。

喫水が 10 m だと、船底にかかる水圧は  $1.025 \text{ kg/cm}^2$  です。ここに破孔が生じると油の比重にもよりますが、貨物油の船底にかかる圧力が水圧と等しく釣り合うまで、貨物油は押し出されるようにして流出します。

「① 水面より上に破孔を生じた場合」を除き、継続流出を防ぐにはタンク内に残った油をシフトする必要があります。しかし、燃料油の場合は移送ポンプ（Transfer Pump）、タンカーではカーゴポンプを使用してもサクシヨンの位置がタンクの底に近い場所に設置されているので、破孔が大きい場合には、浸水した海水ばかり吸い込んで、油のシフトが難しくなります。時間はかかりますが、可搬式のポンプで、油面付近から油を吸い上げてシフトするなど状況に応じた臨機応変な対応が必要となります。

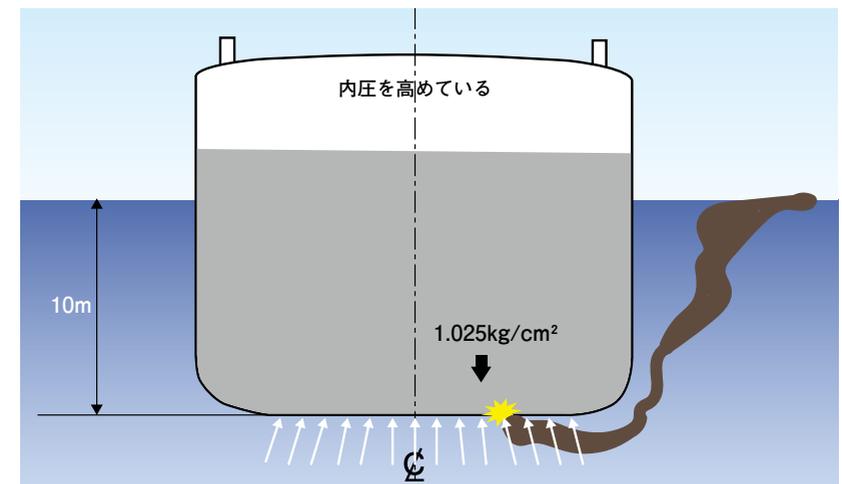


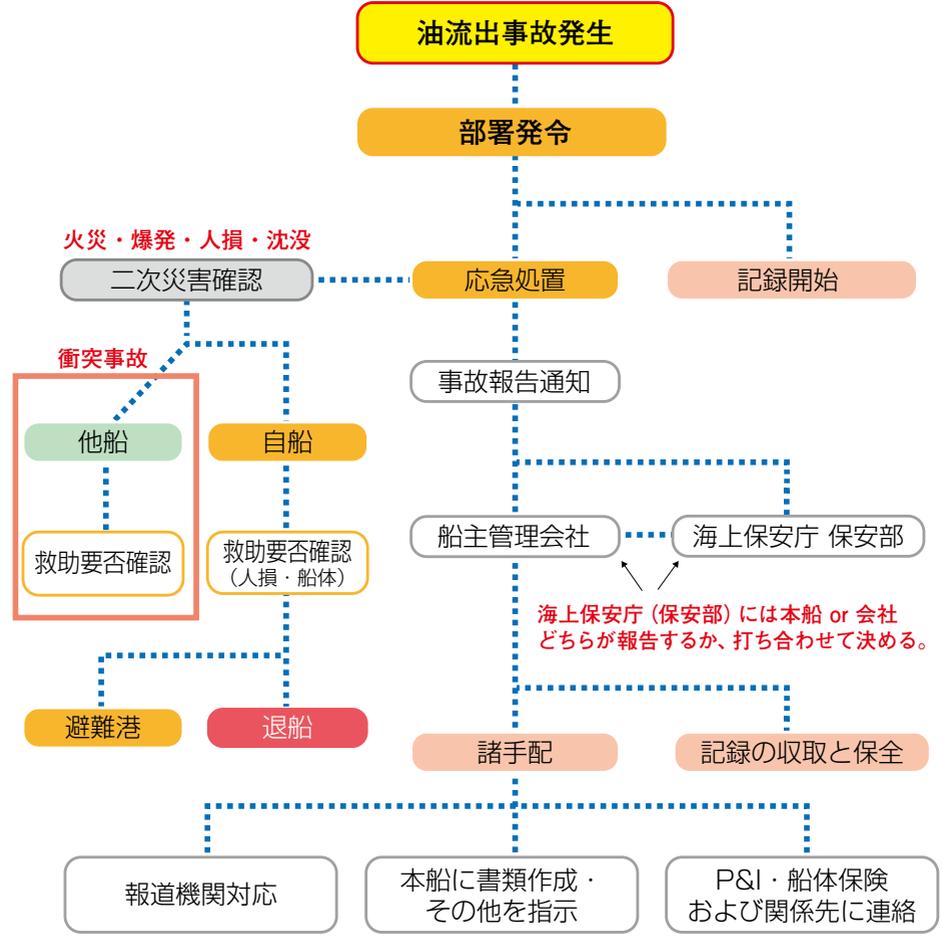
図 24 Single Hull タンカーの船底に破孔

破孔の位置によって、取るべき対策が違うのがわかりただけだと思います。状況を的確に把握し、状況に応じた適切な措置を行っていくことが求められます。

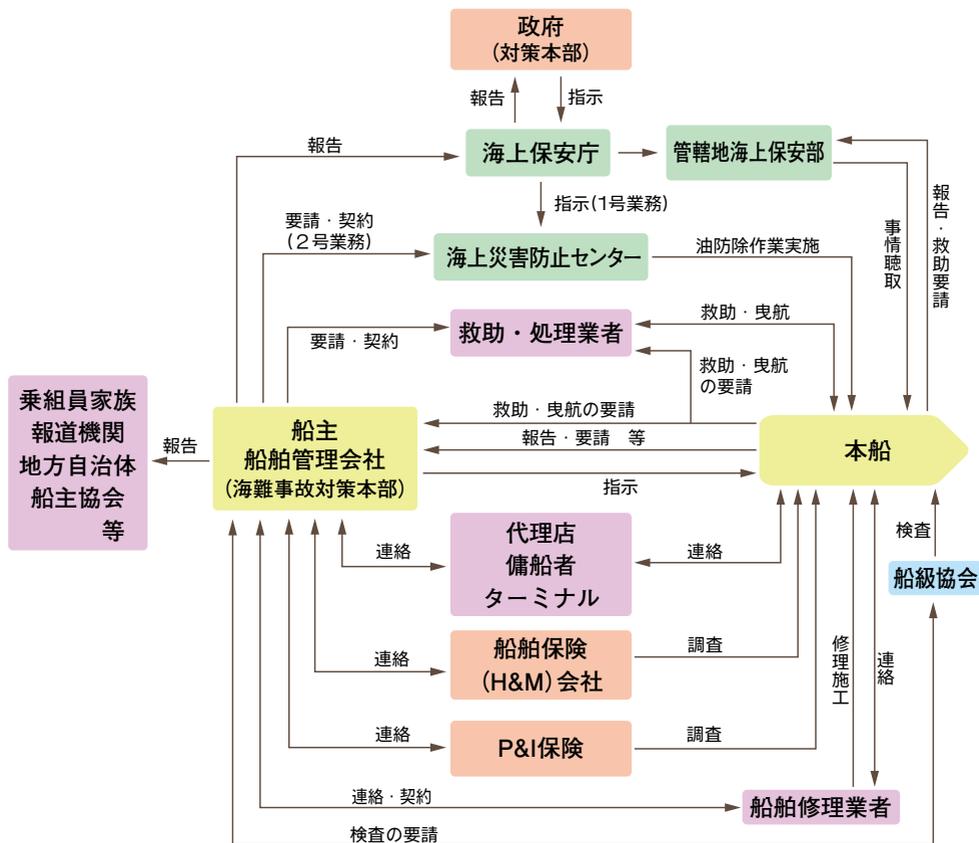
油種別	回収方法	防除目標	方法	必要資材	想定被害	備考
港内	A 重油	回収・拡散	A、B	オイルフェンス、吸着フェンス	港の閉鎖、取水口汚損等	拡散して薄い油膜となる
	C 重油	回収	A、B、C	オイルフェンス、吸着フェンス、強力吸引車	港の閉鎖、取水口汚損等	高粘度用吸着材使用、エマルジョン化
	エマルジョン	回収	A、B	オイルフェンス、吸着フェンス		高粘度用吸着材、またはスナア（写真）使用
	ガソリン	監視・避難		粉末ゲル化剤	火災・爆発・人命	二次的被害の拡大を防ぐ
	ケミカル	調査・確認	専門家の指示	粉末ゲル化剤	ケミカル種類により異なる	種類により対応が異なるので専門家に必ず相談
	液化ガス	監視・避難			火災・爆発・人命	LNG、LPG
	A 重油	回収・分散	A、B、D	オイルフェンス、吸着フェンス、油回収船、油処理剤	漁業・観光・自然環境破壊	
	C 重油	回収・分散	A、B、D	オイルフェンス、吸着フェンス、油処理剤	漁業・観光・自然環境破壊	
	エマルジョン	回収	A、B	オイルフェンス、吸着フェンス、油回収機	漁業・観光・自然環境破壊	
	ガソリン	監視・避難			火災・爆発・人命	二次的被害の拡大を防ぐ、自然蒸発
港外	原油	回収・分散	A、B、D	オイルフェンス、回収船、油回収機	漁業・観光・自然環境破壊、火災・爆発・人命	初期は原油ガスの危険、その後エマルジョン化
	ケミカル	調査・確認	専門家の指示		ケミカル種類により異なる	種類により対応が異なるので専門家に必ず相談
	液化ガス	監視・避難			火災・爆発・人命	LNG、LPG

方法 A 大量の場合、オイルフェンスで集油し、回収船や強力吸引車等で回収。または、油吸着材で吸着させる。少量の場合は油吸着材使用  
 B 少量の場合、吸着フェンス(オイルフェンスや万国旗、ロール等)で取り囲み、絞って吸着  
 C 大量の場合、オイルフェンスで集油して強力吸引車で回収  
 D 油処理剤の直接噴霧・散布(船舶や航空機)

油流出事故の対応フロー図 (例)



日本国内における大規模油濁事故の対応図（組織図）概念



宛 \_\_\_\_\_ Ref. No. \_\_\_\_\_

発 所属先 : \_\_\_\_\_ 役職名 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_ 連絡先 \_\_\_\_\_

第 報 \_\_\_\_\_ 発信日時 \_\_\_\_\_ JST・世界時 \_\_\_\_\_

油流出時 報告書式

1	船名・船籍港	船名	船籍港		
2	船種・総トン数	船種	総トン数		
3	船主名 (担当者名を含む)・連絡先	船主名	担当者名	連絡先	電話 メール
4	船舶管理会社名 (担当者名を含む)・連絡先	船舶管理会社名	担当者名	連絡先	電話 メール
5	船長・機関長氏名・連絡先	船長名	機関長名	連絡先	電話 メール
6	発生日時 (JST・世界時)	日付	JST・世界時	時	
7	発生場所	港名・岸壁番号			
		物標名		方位・距離	
		船位 (緯度・経度)			
8	差し迫った危険の有無 (人命・船体)	人命	有・無	救助要否	要・否
		船体	有・無	救助要否	要・否
9	喫水 (事故発生前)	船首喫水	m	船尾喫水	m
10	発航港・予定されている次港				
11	流出油の種類 (燃料・潤滑油・貨物油)				
12	流出の原因	衝突・座礁・補油中のオーバーフロー・貨物油の流出・その他 ( )			
13	海上への流出	有・無	海上流出は継続中か	Yes・No	
14	流出に至る経過 (理由): 簡単に (箇条書き可)				
15	船体からの流出箇所				
16	流出程度 (破孔の大きさなど)				
17	推定流出量				
18	積荷種類と流出時の保有数	(1)			
		(2)			
		(3)			
19	海上への流出状況	長さ (単位)	気象状況	風向・風力	
		幅 (単位)		波高	
		方向		うねりの方向・高さ	
		油膜濃度		潮流の方向・速度	
20	周辺の状況 (漁業施設・娯楽施設等)				
21	行った流出防止措置				
22	外部からの援助の必要性	要・否			
23	その他				



JAPAN P&I CLUB

日本船主責任相互保険組合

コーポレートサイト

[www.piclub.or.jp](http://www.piclub.or.jp)

**東京本部**

Principal Office (Tokyo)

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2丁目15番14号

2-15-14, Nihonbashi-Ningyocho Chuo-ku, Tokyo 103-0013, Japan

Phone : 03-3662-7272 Fax : 03-3662-7107

**神戸支部**

Kobe Branch

〒650-0024 兵庫県神戸市中央区海岸通5番地 商船三井ビル6階

6th Floor Shosen-Mitsui Bldg. 5, Kaigandori Chuo-ku, Kobe, Hyogo 650-0024, Japan

Phone : 078-321-6886 Fax : 078-332-6519

**福岡支部**

Fukuoka Branch

〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前1丁目14番16号 博多駅前センタービル3階

3rd Floor Hakata-Ekimae Center Bldg., 1-14-16 Hakata Ekimae, Hakata-ku, Fukuoka, Fukuoka 812-0011, Japan

Phone : 092-260-8945 Fax : 092-482-2500

**今治支部**

Imabari Branch

〒794-0028 愛媛県今治市北宝来町2丁目2番1号 今治北宝来町ビル5階

5th Floor Imabari-Kitahoraicho Building, 2-2-1 Kitahoraicho, Imabari, Ehime 794-0028, Japan

Phone : 0898-33-1117 Fax : 0898-33-1251

**シンガポール支部**

Singapore Branch

80 Robinson Road #14-01 Singapore 068898

Phone : 65-6224-6451 Fax : 65-6224-1476

**JPI英国サービス株式会社**

Japan P&I Club (UK) Services Ltd

5th Floor, 38 Lombard Street, London, U.K., EC3V 9BS

Phone : 44-20-7929-3633 Fax : 44-20-7929-7557