

# 油汚染対応における オイルフェンスの使用

ITOPF技術資料

3



# 序

通常、オイルフェンスは海上に流出した油を包囲して封じ込めるため、油の進路を変えて脆弱な資源のある場所に到達させないため、又は回収地点に誘導するために使用される。オイルフェンスの展張作業は、浮遊油の急速な拡散、海流、潮流、風、波によって成功の度合いが限られる場合がある。この問題は、効果的なオイルフェンスのデザインや丁寧に計画、調整された対応によって軽減することができるが、環境によってはどのようなオイルフェンスであっても使用に適さない場合もある。

本技術資料は、オイルフェンス・デザインの原則、並びに二つの主なオイルフェンス展張の方法、つまり海上での船舶による曳航及び浅水域又は沿岸水域での係留について説明する。

## 設計の原則

オイルフェンスは、以下に示す機能を一つ以上実行するために設計された浮体式のバリアである。

- **油の封じ込めと濃縮**：浮遊油を包囲することにより、水面での油の拡散を防止し、厚さを増やして回収を容易にする。
- **誘導**：流出油の流れる方向を変えて海岸の適切な回収地点に移動させた後にバキュームカー、ポンプ、その他の回収方法によって除去する。
- **保護**：流出油が経済的に重要な場所又は生物学的に脆弱な場所（例えば港口、発電所冷却水取水口、海洋生物養殖施設、自然保護区）から離れるように、油の進路を変える。

このような様々な状況と環境における必要性を満たすため、多様なサイズ、材質、デザインのオイルフェンスがある。小型、低価格、軽量で港湾内で手作業で展張できる型式（図1）から、大型、高価、堅牢で、リール、クレーン、相応の大型船を使用して沖合で展張する型式まである。オイルフェンスは各セクションを継手で連結して必要な全長にすることで、種々の長さに調整できる。継手は曳航索と係留索の取付部にもなる。リールの他、曳航ブライドル、送風機、アンカー等の様々な付属品が必要になる場合がある。

オイルフェンスの最も重要な特性は、油の封じ込め又は誘導の能力であり、水の動きへの対応によって決定される。通常、すべてのオイルフェンスはこの対応を強化するために以下の機能を備えている。

- 油の飛び越えを防止又は低減するためのフリーボード
- オイルフェンスの下からの油の漏出を防止又は低減するための水面下のスカート
- 空気、発泡物質、その他の浮力材による浮揚性
- 風、波、海流の力に耐えるための長手方向の引張り部材（チェーン又はワイヤー）
- オイルフェンスの垂直方向の形を維持するためのバラスト

オイルフェンスの型式の大部分は、二つの大きな範疇に分類される。

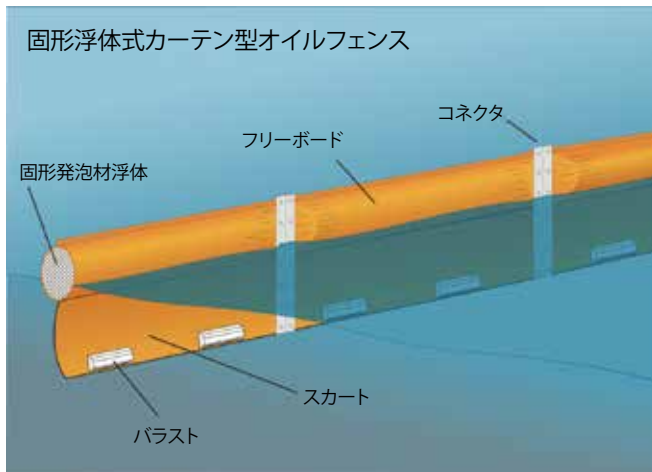


▲ 図1：油を係船施設から逸らすように進路変更させる衝立型オイルフェンス

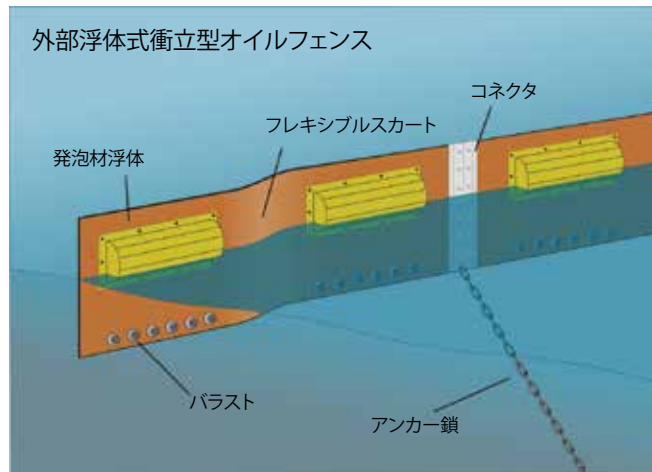
**カーテン型オイルフェンス**—空気又は発泡体を充填した浮室によって支えられた水面下の一体型のスカート又は柔軟なスクリーンを有する。浮室は通常円形の断面を持つ（図2a、2c）。

**衝立型オイルフェンス**—一般的に平坦な断面を持ち、一体型又は外付型の浮体、バラスト、支柱によって水中で垂直に保たれる（図2b）。

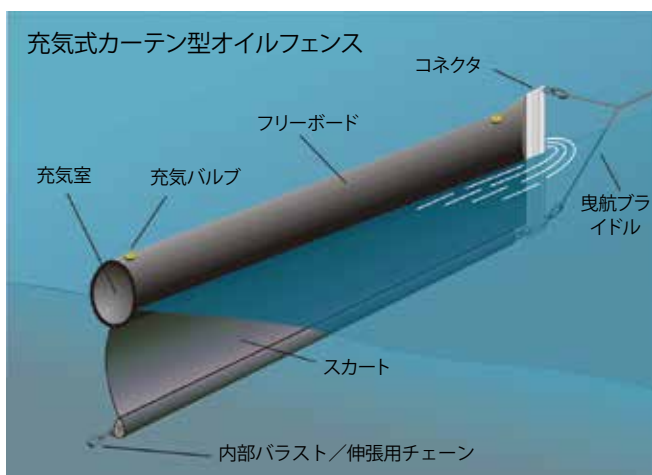
海岸密着型又は砂浜密着型オイルフェンスも利用できる。これにはスカート部に代わって水を充填した区画があり、干潮時に露出した海岸でもオイルフェンスと砂の間を密閉することができる（図2d）。耐火型オイルフェンスは油の燃焼によって生じる高温に耐えるように特別に作られたもので、衝立型とカーテン型のいずれかが使



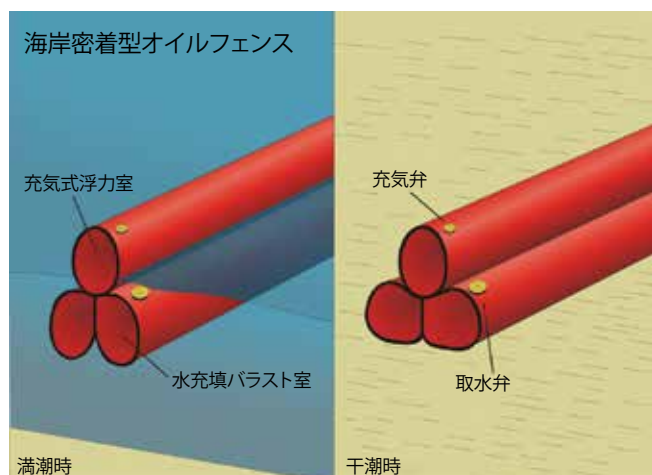
▲ 図2a：固形浮体式カーテン型オイルフェンス、外部バラスト付き



▲ 図2b：外部浮体式衝立型オイルフェンス、外部浮体とバラスト付き。係留装置が下縁に間隔を置いて取り付けられている。



▲ 図2c：スカート底部付属の一体型ポケットに備えられたバラスト・伸張用チェーン付の充気式カーテン型オイルフェンス



▲ 図2d：潮間帯海岸密着型オイルフェンス。上部の充気ポケットは浮力を与え、水を充填した下部ポケットは浮揚時にバラストとして機能し、干潮時には基層に密着させる。

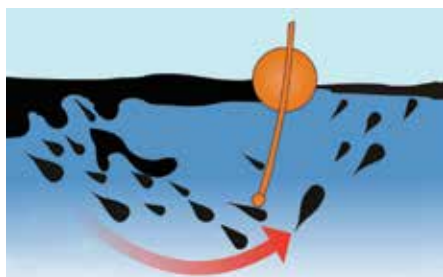
用されるが、流出油を封じ込める場合に、それぞれの型式によって能力と制約がある。

オイルフェンスは波動に追従できるように十分な柔軟性を備えるとともに、可能な限り多くの油を保持するに十分な堅牢さも必要である。衝立型及び固形浮体式カーテン型オイルフェンスの一部のデザインは、波が通過するときに、波への追従性が不十分なためにフリーボードが水面下に沈んだり、スカート部が波頭と波頭の間に浮んで、油が漏出する。したがって、このタイプのオイルフェンスは平水域での使用に限定すべきである。

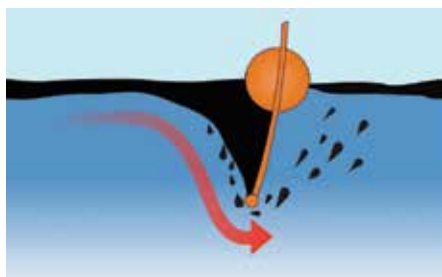
急流水域での使用や比較的高速での曳航のために開発されたオイルフェンスがあるが、大半の従来型のオイルフェンスは、それに直角に作用する水の流速が0.5m/s（1ノット）を大幅に超えると油を封じ込められない。実際には、大半のオイルフェンスにおける漏出速度は、スカートの深さに関係なく0.35m/s（0.7ノット）前後である。油漏出の仕方と水の流速との関係には、オイルフェンスのデザインだけでなく油種も影響する。低粘度油は高粘度油より低い速度で漏出する。低粘度油の場

合、高速の海流によって発生する先頭波中の乱流が油層の下側から油滴を剥ぎ取り、油滴はオイルフェンスの下に運ばれる。「伴出」と呼ばれる作用である（図3a）。低粘度油は「排出異常」（図3b）を生じる傾向もある。これは、海流の速度が高くなると、オイルフェンスの表面に蓄積している油から油滴が千切れて下方に流れ落ち、スカートの下をくぐる現象である。さらに高粘度油になると水中で伴出されにくくなり、オイルフェンスの表面でより厚い層を形成することがある。油は一定の厚さまで蓄積すると、オイルフェンスの下から押し流される（図3c）。

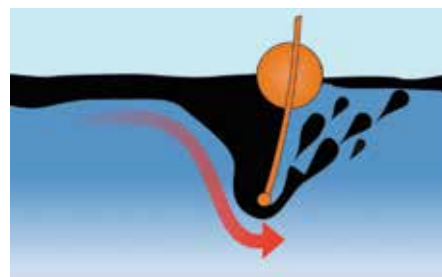
河川と潮の流れ以外に、風と波によって漏出速度を超える水の動きが発生する可能性があり、封じ込められた油が飛び越す場合もある（図3d）。海流の速度が非常に大きくなると、特に浮力が十分でない場合にはオイルフェンスが水中に沈んだり（図3e）、オイルフェンスが浮き上って横倒しになり油が流れ出てしまう場合もある（図3f及び4）。また、油の漏出はオイルフェンスに沿って発生する乱流によって誘発される場合もあるため、側面は均一で突起部がないことが望ましい。



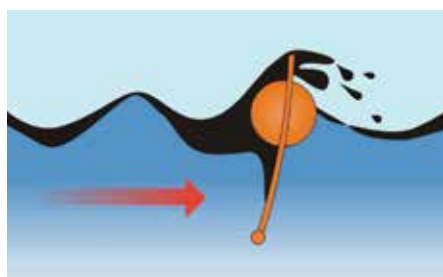
▲ 図3a：油水同伴



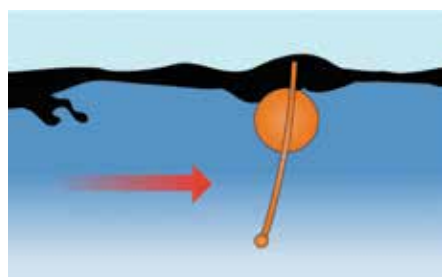
▲ 図3b：排出異常



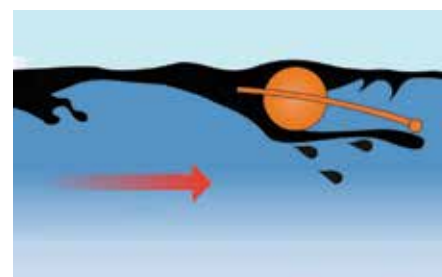
▲ 図3c：臨界蓄積



▲ 図3d：飛び越し



▲ 図3e：沈水



▲ 図3f：横倒し

▲ 図3：オイルフェンスの機能不全状態。矢印は水流の方向を示す。（『Oil Spill Science and Technology』中の図から引用。提供：MervFingas）

オイルフェンスのセクションの大きさと長さも重要な問題である。オイルフェンスの最適な大きさは、使用される海況に大きく左右される。一般論として、フリーボードは油の飛び越しを防ぐために必要な最低限の高さを選択すべきである。スカートの高さもほぼ同等の寸法にすべきである。フリーボードが高すぎると、帆の動きをして煽りの問題が生じる恐れがある。また、スカートの深さが増すほどオイルフェンスの下を通過する水の速度が増すため、排出異常を起こしやすくなる。オイルフェンスの各セクションが短かければ、取り扱いが容易であるとともに、一つのセクションが故障してもオイルフェンス全体としての機能を守ることができる。ただし、このような利点と、セクションを効果的に接続する上での不自由さや困難さを良く比較検討しなければならない。セクションを接続することによって、オイルフェンスの形状の均一性が保てなくなるため、可能な限り、油の濃度が最も高いポイントに接続部が重ならないようにすべきである。コネクタのデザインは、展張時及びオイルフェンスが水中に設置されているときに着脱が容易に行えるものにすべきである。

様々な種類のオイルフェンス・コネクタが製造されている。UNICON又は全米材料試験協会（ASTM）標準のコネクタが普及したために種類は減少しているが、多くのデザインがあるため、異なるメーカーのオイルフェンスを接続する場合に問題が起きる可能性がある。したがって、異なる業者にオイルフェンスを発注する場合には注意が必要である。

その他の重要な特性は、引張り強度、展張の容易さと速さ、信頼性、重量、費用である（表1）。オイルフェンスは、多くの場合、未熟練者による取り扱い、ねじれ、大型で重い浮遊ゴミ、並びに岩、岸壁、珊瑚による摩耗への耐性が必要であるため、意図する目的に十分な堅牢さ

と耐久性を備えていることが不可欠である（図5）。オイルフェンスが曳航又は係留される際に水と風によって加えられる力に耐えられるように構造的な強度が求められる。展張の容易さと速さは、信頼性と併せて、急速に変化する状況において非常に重要であることは明らかであり、選択に影響を与えることがある。

安価なオイルフェンスの中には使い捨てのものもあり、使用後は焼却されるか又はメーカーに返却してリサイクルされる。高価で堅牢なオイルフェンスの多くは、適切に展張しメンテナンスすれば何回も繰り返し使用できる。通常、オイルフェンスは使用後の洗浄が必要である



▲ 図4：強い海流によってオイルフェンスが浮上して横倒しになり、スカートの下から油が漏出した。

オイルフェンスの種類	浮体方式	保管	波への追従性	係留か曳航か?	清掃の容易さ	相対的費用	望ましい使用法
カーテン型オイルフェンス	充気式	抜気時はコンパクト	良好	両方	簡単	高	沿岸又は沖合
	発泡材	かさばる	中程度	係留	容易で簡単	中～低	遮浪沿岸水域 例：港湾
衝立型オイルフェンス	外部発泡材フロート	かさばる	不十分	係留	難又は中程度。油が外部フロートの裏側やフロート室の接合部に入り込む場合がある。	低	遮浪水域（例：港、マリーナ）
海岸密着型オイルフェンス	上室は充気式、下室は水充填式	抜気時はコンパクト	良好	係留	中程度。油が二つの室の接合部に入り込む可能性がある。	高	遮浪潮間帯海岸（砕波が発生しない）

▲ 表1：一般的な種類のオイルフェンスの特性

が、デザインによっては洗浄が困難なものもある（図6）。通常はスチーム又は溶剤による洗浄が行われるが、溶剤を使用する場合は、オイルフェンスの繊維の化学薬品に対する耐性を確認することが重要である。オイルフェンスの寿命を延ばし、通報後短時間で使用できるように常に準備しておくためには、オイルフェンスの適切な回収、メンテナンス、保管が大切である。一部のオイルフェンス、特に自己充気式のもの、慎重に回収しないと摩耗による損傷を受けやすい。軽微な損傷に対処するため応急修理キットを備え付けておくべきであり、さもないと、一つのセクション又はオイルフェンス全体が使

用できなくなる恐れがある。オイルフェンスの繊維の重大な損傷は修理が難しい場合が多く、全セクションの交換を要することもある。オイルフェンスを長期的に保管する場合には、高温、紫外線、白カビによるオイルフェンス素材の劣化を最小限度に抑えるために正しい保管が重要である。ただし、一般的にポリウレタンやネオプレン等の先進的な素材ではこのような問題は生じにくい。空気浮揚式オイルフェンスは空気を抜くと狭い場所に保管でき、固形浮揚式オイルフェンスはかさばる。オイルフェンスを現場まで輸送する際に船上等で保管場所が不足する場合には、この点を考慮すべきである。



▲ 図5：展張したオイルフェンスは損傷しやすい。潮周期を通じてオイルフェンスの効果が保たれるようにするため、定期的な点検が必要である。



▲ 図6：衝立型オイルフェンスの外部浮体の裏側に付着した油は、特に掃除が難しい。

# オイルフェンスにかかる力

水面下の面積A (m<sup>2</sup>) に対して水流の速度V (m/s) でオイルフェンスにかかる大凡の力F (kg) は、次の式によって推定することができる。

$$F = 100 \times A \times V^2$$

したがって、流速0.25m/s (0.5ノット) において、スカート0.6mのオイルフェンスの100mの長さにかかる力は、大凡次のように計算できる。

$$F = 100 \times (0.6 \times 100) \times (0.25)^2 \approx 375 \text{ kg (力)}$$

図7のグラフから、水流速が2倍になると負荷が4倍になることが分かる。風によってオイルフェンスのフリーボードに直接かかる大凡の力もかなり大きくなる場合がある。風擦を推定するため、水流とその40倍の風速によってほぼ同じ圧力を生じると想定して、上の式を用いることができる。たとえば、風速7.5m/s (15ノット) において、フリーボード0.5mのオイルフェンスの100mの長さにかかる大凡の力は、次のように計算できる。

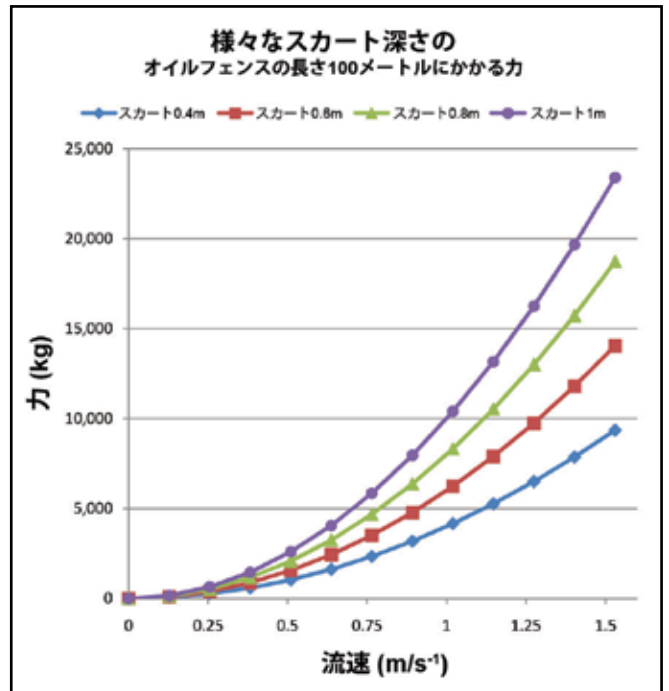
$$F = 100 \times (0.5 \times 100) \times (7.5/40)^2 \approx 175 \text{ kg (力)}$$

上の例で、堅固なバリアに対して水流と風が同じ方向に作用すると仮定すれば、その合成力は約550kgである。実際には、オイルフェンスは流れに対して角度を付けて配備されて曲線状になることで、力の大きさと方向が変わる(9ページの表2を参照)。しかし、これらの計算は力についての指針を示し、係留又は曳航船を選択する際の助けになる。オイルフェンスを曳航する場合は、水中の速度をこの項の最初に示した式のVとして入力する。

非碎波又はうねりがオイルフェンスに作用する力は、通常は小さい。オイルフェンスが必要な程度の柔軟性を備えていれば、オイルフェンスは水の表面運動に追従することができ、ほとんど影響を受けない。しかし、波がオイルフェンスに激しく当たった場合、引張り強度と素材の強度が不十分であると、波によって生じる瞬間的負荷がオイルフェンスを引き裂く場合がある。

## オイルフェンスの展張

オイルフェンスの展張は困難で危険性をはらむ作業になる場合がある。天候条件が悪く海が荒れていると作業に制約が生じ、また、縦横に揺れる船上で水に濡れて油の付いた資機材を扱うのは過酷であり、作業要員が危険にさらされる可能性がある。穏やかで理想的な条件においても、これらのリスクとオイルフェンスの損傷の可能性を最小にするようによく考え抜いて統制することが重要である。緊急時対応計画策定プロセスの一環として適切な戦略を作成すべきである。事故が発生する前に、地域の条件、展張現場、使用できるオイルフェンスの種類と長さ、適切なオイルフェンスの配置、作業船とその他の対応資源の調達可能性を十分に検討しておかなければならない。さらに、オイルフェンスの固定係留ポイントの設置を必要に応じて検討し、その位置を緊急時対応計画に示しておくべきである。オイルターミナル及び類似の施設では、油の流出



▲ 図7：様々なスカート深さのオイルフェンスの長さ100メートルにかかる力。流速の上昇に伴って急激に増加する。

源と最も可能性のある流出規模を予測できるため、緊急時対応計画の策定が特に有効である。対応要員が作業手順に十分に習熟するために、定期的にオイルフェンスの展張演習を行うべきである。

## オイルフェンスの曳航

油が広範囲に急速に拡散すると、海上での封じ込め及び回収作業の成功にとって重大な課題が生じる。油回収機の掃集率を最大にするために、油の拡散を防いで封じ込め、長いオイルフェンスをU、V、又はJ字形に展張して、2隻の船で曳航することがある(図8)。例えば、300メートルのオイルフェンスを曳航する場合、最大で幅100メートルの範囲を掃海することが可能である。全体的に作業が成功するには、適切な回収装置と十分な船上貯蔵が非常に重要である。油回収機は曳航する船のうちの1隻から、又はオイルフェンスの後部の第三番目の船から展開することができる(図9)。油回収機をオイルフェンスの表面に組み込んで封じ込めと回収を一体化したシステムは、油を回収できる範囲が狭く、仕組みも複雑になることから、現在ではほとんど使用されない。油回収機の使用については、他の技術資料でより詳しく説明されている。

オイルフェンスのセクションを繋ぐ接続部は柔軟性がなく、油は接続部の下から漏出しやすい。したがって、セクションを接続してU、V又はJ字形に展張したオイルフェンスを曳航する場合、油の漏出を最小限に抑えるためには、オイルフェンスの展張形態の頂点にコネクタが来ないようにすることが重要である。U字形展張では、オイルフェンスのセクションを奇数枚使用することで、この問題を緩和できる。急激な引張りによる衝撃、つまりスナッチングを避けるために、オイルフェンスを曳航船に直接繋ぐべきではなく、オイルフェンスの端部と曳航船との間に十分な長さの曳航索を用いるべきである。長



▲ 図8：重質原油を封じ込めるため、2隻の作業船の間にU字形に展張された充気式オイルフェンス。油の回収によって、この作業は成功裡に終了する。

長さ300メートルのオイルフェンスを曳航する場合、通常は50メートル以上の曳航索が適当である。

オイルフェンスの性能は観察によって判断するのが最良である。オイルフェンスの下から漏出する油は、小球又は小滴となってオイルフェンスの後部側に浮び上がる。オイルフェンスの性能が良くてもギラツキが見られる場合がある。オイルフェンスの後部側に渦が形成される場合は、曳航速度が速すぎる可能性がある。

最大の性能を発揮するために、曳航船は、曳航するオイルフェンスの正しい展張形態及び水上で望ましい超低速即ち漏出速度より低い速度を維持できなければならない。つまり、2隻の曳航船のそれぞれについて、油を保持し続けられる最高速度でオイルフェンスを曳航するために必要な全動力の少なくとも半分の力が必要であり、かつ十分に低い速度で操船できなければならない。指針として、船内エンジンの定格馬力の1馬力は20kgfの引張



▲ 図10：双胴型の油回収船から展張された長さの短いカーテン型オイルフェンスを使用する単船油回収システム。対象は、乳化の著しい原油。



▲ 図9：先端部に別の油回収船を配置して、2隻の曳航船によってV字形に展張されたカーテン型オイルフェンス

能力に相当する。ツインの推進ユニット、船首と船尾の補助エンジン、可変ピッチプロペラが有用である。さらに、嵩張って重量のあるオイルフェンスを取り扱うときには、ウインチ、吊り上げ装置又はオイルフェンスリールを備えたオープンで低い後部甲板の作業場が必要である。しかし、経験上、このような船の吹きさらしの甲板は、荒れた海況においては乗組員を危険にさらす可能性がある。

船上の理想的な曳航索取り付け位置を実験によって見つける必要があり、進路と風向に応じて変更する必要が生じる場合もある。例えば、一軸船は船尾でオイルフェンスを曳航すると操船が難しくなるため、船の前部で曳航することが望ましい。2隻の曳航船が同じ速度かつ制御、調整された状態で動くためには、両船の間で良好な意思疎通が保たれていなければならない。船舶の動きと活動を調整し、最も油層の厚い場所へ誘導するために、海空間の通信設備を備えた航空機を使うこともできる。



▲ 図11：オイルフェンスは、波の動きに追従できる十分な柔軟性を備えているが、船体取付け部で海面から持ち上がり、先端部から油が漏出する可能性がある。



▲ 図12：漏出の恐れのあるバンカー燃料を封じ込めるために、沈みかけた難破船の周囲に係留された充気式オイルフェンス。

1隻の船が油の封じ込め、回収、分離、貯蔵等の多くの役割を果たすこともある。アウトリガー（図10）又は堅い掃海アームに取り付けられた柔軟なオイルフェンスも、油を封じ込め、回収を可能にするために使用できる。船舶に取り付けられた封じ込め装置や回収装置については、うねりがあると、船舶に堅く取り付けられたオイルフェンスから油が漏出することがある（図11）。単船方式は、油との接触幅や掃集幅が制限されて船幅と同じ程度になり、より複雑な多船方式よりも柔軟性がある。掃集幅が大き過ぎると取付けが厄介になり、荒天では損傷しやすくなる。浮遊油が細かい畝状になっている場合には、掃集幅の制約はそれほど重要でない場合もある。

オイルフェンスの性能上の制限により、油回収機の使用に対する他の制約と相俟って、海上での油の封じ込めや回収作業が部分的にしか成功しないことが多い。

## オイルフェンスの係留

状況によっては、油流出中の船舶等の流出源の近くで油を封じ込めるために、オイルフェンスに係留することが適切な場合が稀にある（図12）。しかし、水域に風雨を遮るものがなく、海流が強すぎる場合、係留したオイルフェンスが効果を発揮できず、また、水深が深くてオイルフェンスの係留が困難な場合もある。さらに、オイルフェンスを流出源の近くに配置すると、火災の危険が生じる場合や、油の流れを止めたり船舶を救出する作業の妨げになる場合がある。静穏な条件においてさえ、瞬間的に大量の油が排出されるとオイルフェンスはたやすく沈んでしまい、効果が失われることがある。これは軽質油の場合に特にありがちである。軽質油は、通常はオイルフェンスを使用しないほうが自然に、また、より効果的に消散する。

オイルフェンスは、河口、沼地、マングローブ林、アメニティ地域、取水口等の脆弱な地域を保護するために海岸近くに展張される場合が多い（図13）が、実際には、このような場所のすべてを保護することはできない場合がある。したがって、まず効果的にオイルフェンスを設置できる場所を特定し、次にそれらの場所に優先順位を付け、慎重に計画を立てるべきである。



▲ 図13：発電所の冷却水取水装置の前に展張されたカーテン型オイルフェンス。

アクセスポイントを含めて、オイルフェンスの使用に適していると思われる場所を特定するには、航空機による調査が役立つ場合がある。オイルフェンス展張の場所と方法を選択する際、相反するいくつかの要件の間で折り合いを付ける必要が生じる場合がある。例えば、河川全体を保護することが望ましくても、特に潮の影響が大きい場合には、それを達成するには河口が広すぎたり、水流が強すぎることがある。河川又は河口からの流出が強い場合は、海から接近する油に対してオイルフェンスを展張する必要がなくなるかもしれない。

オイルフェンスの展張と集められた油の除去のために接近する必要性を考慮して、より適した場所をもっと上流に探す必要が生じる場合もある。油が海岸近くに到達する速度に合わせて除去されなければ、油は蓄積して川の中心部へ移動し、そこで強い水流がオイルフェンスの下から油を押し流すことがある。

オイルフェンスを、油を封じ込めるためではなく、油の回収が可能な比較的静穏な水域に進路変更させるために使用したほうが良いことがしばしばある（図14）。表2に示すように、1.5m/s（3ノット）の水流であっても、オイルフェンスで浮遊油の流れの方向を変えることができる。この場合、流れに直角に設置したオイルフェンスでは、どのような油も封じ込めることはできない。この原則に従い、河川を保護するには、オイルフェンスを流れの方向に対して斜めに置けばよいことになる。航路を維持するため、又は川の一方の側から他方へ油を誘導して回収しやすくするために、潮流の反転を考慮に入れて、オイルフェンスの2セクションを相対する岸から互い違いに配置するとよい。

支配的な流速に対して適切な進路変更の角度を維持できるか否かによってオイルフェンスの性能が左右されるため、オイルフェンスの正しい係留が重要である。この角度を維持してオイルフェンスにポケットができて油が入り込むことを防ぐために、多くの係留ポイントが必要になる場合があるが、緊急時に多数の係留装置を設置することは現実的ではない。6ページに示したオイルフェンスにかかる力の計算式を表2及び3と併せて用いることで、既知の流速において、予想される最大の風の影響を考慮





▲ 図14：回収するために、油を海岸方向へ進路変更させる小突堤として使用されているオイルフェンス (©ノルウェー沿岸管理局)

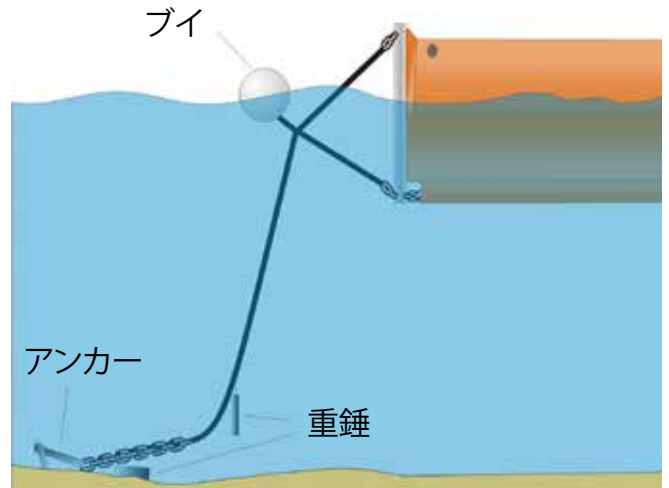
して、オイルフェンスを保持するために必要な係留装置の最小サイズと数を導くことができる。ダンフォース型つまりフックアンカーは砂や泥の基層で効果的であり(図15)、フィッシャーマン型つまりフックアンカーは、岩礁地帯により適している。時間があれば、コンクリートブロックを投入して、使い勝手がよくて信頼性の高い係留ポイントにすることもできる。しかし、ブロックの陸上での重量は、海水中での浮力を補正すると、予想される負荷の3倍以上が必要である。重い係留装置を扱うには、吊り上げ装置を備えた作業船が必要になる。

どのような種類の係留装置を用いるとしても、想定される水深、うねり、潮差に適した係留索の長さを選択することが重要である(図16)。索が短すぎるとオイルフェンスが水上でうまく浮かばず、波によって索にスナッチングを生じ、そのために係留装置が外れたりオイルフェンスが損傷する場合がある。逆に、索が長すぎるとオイルフェンスの展張形態を制御することが難しくなる。アンカーと索を繋ぐ重い鎖の長さを調整すると、アンカーの把駐力を大幅に向上できる。オイルフェンスとアンカーの間に中間ブイを取り付けると、オイルフェンス端部の水没防止に効果がある。同様に、係留索に重錘を吊るしておく、憩流時に索が水面上に浮び上らないようにすることができる。

磁気式係留装置を用いると、オイルフェンスを船側に直接取り付けることができる。スライド式係留装置を

	流速		最大角度 (度)
	(ノット)	(m/s)	
	0.7	0.35	90
	1.0	0.5	45
	1.5	0.75	28
	2.0	1.0	20
	2.5	1.25	16
	3.0	1.5	13

▲ 表2：様々な流速においてボトムテンション型オイルフェンスからの油漏出を防止するための流れの方向に対する最大展張角度。90°での油漏出速度を0.7ノット (0.35m/s) として計算。



▲ 図15：一般的なオイルフェンス係留方法。同じ設備をオイルフェンスに沿って一定間隔で取り付ける。

港口等のあらかじめ決められた場所に取り付けておけば、潮汐周期に応じてオイルフェンスが上下に動くことができる。

オイルフェンスを海岸線から展張するときは、樹木や岩等の海岸にある定着物を利用できる場合が多い。利用できるものが何もない海岸では、数本の杭を打つ(図17)、又は丸太等を埋めると、優れた係留ポイントになる。バラスト水を入れた砂浜又は海岸密着型オイルフェンスは、潮汐周期の間、封じ込めが可能なように設計されているため、このような環境での展張に最適である。しかし、この種類のオイルフェンスは一旦水を充填すると陸上で人力で取り扱うことが難しくなるので、バラスト水を充填する前にオイルフェンスの設置場所を慎重に考えなければならない(図18)。この種類のオイルフェンスはカーテン型オイルフェンスと併用する場合が多い。

上述の検討結果に基づいて、現場固有のオイルフェンス展張計画を作成することができ、この計画に従って、特定の場所に合わせた係留ポイント、回収ポイント、進入経路、オイルフェンスの長さの種類を決定することになる。このような計画を地域の緊急時対応計画に統合する前に、様々な潮汐条件の下で実際的な検証試験を行い、これらの準備が想定どおりに機能することを確信できるようにすべきである。

風、海流、潮流が変化するにつれて、オイルフェンスの展張形態も変わる。係留装置を頻繁に点検して再調整す

アンカー 重量 (kg)	把駐力 (kgf)		
	泥	砂	粘土
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

▲ 表3：緩んだ泥、砂又は砂利、粘土中のダンフォース型アンカーの把駐力



▲ 図16：長さが不十分な係留索を使用すると、干潮時にオイルフェンスが宙吊り状態になり、下部を油が通り抜けられる。潮周期を通じてオイルフェンスが効果的な位置に保たれるように、定期的に索を調整する必要がある。この場面では、スライド式の係留装置がより効果的である。

る必要があり、また、封じ込められた油とゴミは速やかに除去すべきである。さもないと、オイルフェンスの性能と利点は著しく減少する。日中の気温が高く夜間は冷えるという条件では、充気式オイルフェンス内の空気の膨張及び収縮を考慮することが重要である。そのため、日中の抜気と夜間の再充気が必要になる場合がある。オイルフェンスは特に夜間に船舶の通行によって損傷を受けやすい。船員への通告、オイルフェンスへの警告灯の取り付け等の予防策が、このような損傷を防ぐ上で効果がある。明るい色で塗装したオイルフェンスは、太陽光の下ではよく見えるが、夜間は照明を当てて目立たせる方が良い。

オイルフェンスは油の流れを遮断したり方向を変えるように使用するだけでなく、油が自然に集まった遮浪区域で条件が変化した場合に油の移動を防止するためにも使用できる(図19)。これによって汚染範囲を最小限にするだけでなく、捕捉された油を制御しながら除



▲ 図18：河口に展張された海岸密着型オイルフェンス。下部の水バラスト室によって、干潮時にオイルフェンスが海岸で安定できる。この例では、海岸密着型オイルフェンスのセクションが充気式カーテン型オイルフェンスのセクションに接続されている。



▲ 図17：樹木やその他の天然の固定物がない海岸でオイルフェンスを固定する係留杭。

去できる。オイルフェンスは、フラッシングや高圧洗浄作業等によって海岸線や岩から洗い流された油を封じ込めることで、海岸線浄化の助けにもなる。油をオイルフェンスの中へ引き入れることにより、濃縮させて回収装置へ移動させることができる。状況によっては、薄い油膜を集めるために使い捨ての吸着式オイルフェンスを使用することもできるが、その使用は厳しく管理すべきである。吸着材の利用については、他の技術資料で説明されている。

## 代替システム

海流が比較的低速で、浮動式オイルフェンスが船舶の通行を阻害するような港を保護するために、気泡式バリアが常設されている。海底に設置された多孔管に空気を送り込むと、上昇する気泡のカーテンが形成される。気泡は海面で向流を生じさせ、最大0.35m/s (0.7ノット) の



▲ 図19：回収を容易にするために、充気式オイルフェンスのセクションによって海岸線に保持された半固形油。



▲ 図20：網とわらで作成された即席のオイルフェンス。一潮周期以上の使用は期待できないが、入って来る浮遊油による海岸の汚染を低減させる役に立つことがある。



▲ 図21：牡蠣殻で作成されたバリア。杭と網で保持されている。

水流に対して油を保持することができる。しかし、微風でも油を逃がすことがあるので、このシステムの効果は静穏な条件で薄い油層に限られる。簡単なシステムでも、十分な空気を送り込むためには多くのコンプレッサーが必要になる。このようなシステムでは、多孔管の気孔が沈泥や海洋生物によって塞がらないようにするため、定期点検が欠かせない。

専用の資機材が入手できない場合には、現地で入手可能な材料で作成した即席のシステムによって油を封じ込め、あるいは回収することができる。代替の係留用オイルフェンスは、木材、ドラム缶、充気した消防ホース、ゴムタイヤ、わらを詰めた漁網で作ることができる（図

20）。浅水域では、杭を水底に打ち込んで、そこに粗麻布、アシ、竹、その他の同様の素材で作られたスクリーンやマットを張ることができる（図21）。このような場合には、オイルフェンス又はバリアが吸着剤としても機能し、油の回収に役立つ。

長い砂浜では、ブルドーザーによって浅瀬に砂州を築くと、油が海岸線に沿って移動するのを止めたり、狭い河口域や潟に油が入り込むのを防ぐことができる。しかし、このような方法は多大な労力を要し、しかも海流や繰り返される潮汐によって急激に洗い流される可能性があり、さらに砂浜の構造や生態系を損傷するおそれもあるため、慎重に用いるべきである。

## 要点

- 調達可能なオイルフェンスを最大限に効果的に使用するために、保護の優先順位を決定する。
- 選定した地域がオイルフェンスの曳航と係留のどちらによって保護できるかを判断する。
- 海流、潮汐、風について可能な限り多くの情報を入手する。
- オイルフェンスへの想定荷重を計算する。
- 調達できるオイルフェンスの種類を検討し、想定される使用条件に最適なものを選定する。
- 信頼性、展張の容易さと速さ、適切な保管、維持、修理のための準備を検討する。
- 曳航に適した船を選定し、海上作業の支援に必要な後方支援体制を検討する。
- オイルフェンス展張の成功が見込まれる場所を特定し、国と地域の緊急時対応計画に組み込めるようオイルフェンス展張計画を策定して検証する。
- 要員を徹底的に訓練し、実際的な演習によって技能を維持する。
- 油の封じ込めにおけるオイルフェンスの限界を理解し、必要に応じて即席で工夫する必要性を認識する。

## ITOPF技術資料

- 1 海上流出油の空中監視
- 2 海上流出油の結末
- 3 油汚染対応におけるオイルフェンスの使用
- 4 流出油処理における油処理剤の使用
- 5 油汚染対応における油回収機の使用
- 6 海岸線における油の確認
- 7 海岸線における油の清掃
- 8 油流出対応における油吸着材の使用
- 9 油とゴミの処分
- 10 油流出対応における統率、指揮、管理
- 11 漁業及び養殖業に対する油汚染の影響
- 12 社会・経済活動に対する油汚染の影響
- 13 環境に対する油汚染の影響
- 14 海上流出油のサンプリングと監視
- 15 油汚染に関する求償の準備と請求
- 16 海上油流出に対する緊急時対応計画の策定
- 17 海上の化学物質事故への対応

ITOPFは、油や化学物質、その他危険物質の海洋流出に対する効果的な対応の推進を目的として、世界中の船主や保険業者のために設立された非営利団体です。技術サービスには、緊急時対応、清掃技術におけるアドバイス、公害損害評価、流出油対応計画に対するサポートならびにトレーニングの項目が含まれます。ITOPFは海洋油汚染における総合的な情報ソースで、本資料はITOPFの技術スタッフの経験に基づく文書シリーズの一部です。本資料内の情報はITOPFから事前に許可を受けた場合にのみ複製可能です。詳細は下記までご連絡ください。



### ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Tel: +44 (0)20 7566 6999

Fax: +44 (0)20 7566 6950

24時間受付: +44 (0)20 7566 6998

Eメール: [central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)

Web: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)



## 石油連盟

<http://www.paj-gr.jp/>

〒100-0004東京都千代田区大手町1-3-2 (経団連会館)

Tel: 03-5218-2306 (油濁対策室)

Fax: 03-5218-2320

Eメール: [pajosr@sekiren.gr.jp](mailto:pajosr@sekiren.gr.jp)