



# 序

空中監視は、油汚染の場所と範囲の確認、及び海上の油膜の移動と結末についての予測を目的とする、油流出に対する効果的な対応のための重要な活動である。空中監視で得た情報により、海上作業の展開と統制、汚染の恐れのある海岸線の時宜にかなった保護、海岸線浄化用資源の準備が容易になる。

本技術資料は、効果的な空中監視を行うための助言と指針を示すものである。

## 空中監視の計画

事故発生時には、汚染の状況と規模を的確に判断するために監視飛行による報告が極めて重要になることが多い。対応の初期段階における高度の優先事項として、時宜を得た監視飛行の手配をすべきである。空中監視の計画並びに適切な関係機関及び航空機運航者との連絡要件の詳細は、関連する緊急時対応計画の重要な記載事項となる。

最初の出動の後も、定期的に監視飛行を行うべきである（図1）。通常は、この監視飛行は日々の作業の最初又は最後に設定し、対応作業計画を立てる決定会議でその結果を利用できるようにする。監視飛行は、飛行時間と飛行経路を含めて、関連機関の間で不要な重複が生じないように調整されるべきである。汚染状況を制御できるようになれば、監視飛行の必要性は減少し、やがて終了することになる。

安全への配慮は非常に重要であり、航空機の出発前に監視作業のあらゆる面について操縦士に意見を求めるべきである。監視飛行に参加する者は、航空機の安全機能及び緊急時に実施すべき手順について予め定期的かつ徹底的に説明を受けていなければならない。救命胴衣等の適切な個人用保護具を用意し、使用すべきである。

最適な航空機を選定する際には、流出場所、最近接の滑走路、燃料の入手、監視飛行の所要距離を考慮する必要がある。空中監視に使用する航空機は、広範囲の視界と適切な航行援助システムを備えていなければならない。例えば、固定翼機では高翼機がより良い視界が得られる（図2）。沿岸海域の上空では、ヘリコプターの融通性が利点となる。例えば、断崖、入り江、島等で入り組んだ海岸線の調査の場合である。しかし、外洋では飛行速度、方向、高度を急激に変える必要があまりなく、固定翼機との航続距離が有利である。航空機を選定においては飛行速度を考慮する必要がある。速すぎると流出油を観察、記録する能力が低下し、逆に遅すぎると飛行距離が制限されるからである。外洋での調査では、双発以上の航空機による安全性の余裕が非常に重要であり、法令によって求められる場合もある。

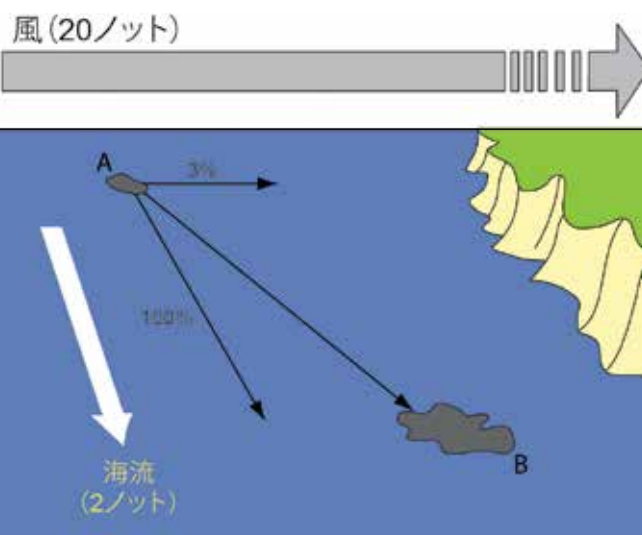


▲ 図1：空中監視によって汚染の状況と規模を迅速に決定することができる。しかし、飛行時間から最大の成果を得るためには十分な準備が求められる。

航空機の種類と大きさによって、飛行に参加できる人数が制限される。小型固定翼機及び特にヘリコプターについては、乗員数が燃料消費量即ち航続時間に大きな影響を及ぼす可能性がある。監視飛行に複数の監視員が搭乗する場合は、監視員は密接に協力して目撃内容を比較して確認すべきである。操縦士に指示を出す先導監視員は、空中監視の経験が豊かで、海上の油汚染を確実に発見、認識、記録できる者でなければならない。一連の飛行を通じて少なくとも一人は同一の監視員でなければならない。こうすることで、報告内容の変化が監視員による認識の違いではなく油汚染状況の変化を反映するようになる。



▲ 図2：高翼式双発固定翼機は、海上の油の空中監視にとって最適なものである。海岸近くでは、優れた操作性と低速のゆえにヘリコプターの方が望ましい場合がある。



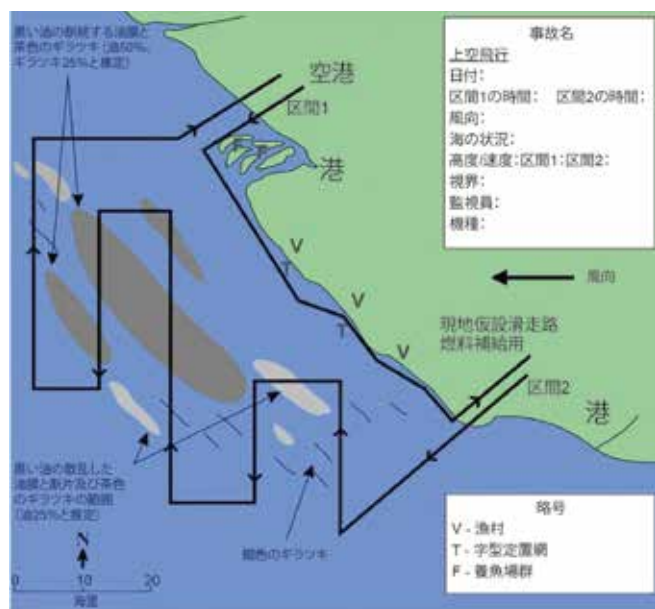
▲ 図3：風と海流が海上の油の動きに与える影響。

## 空中監視の準備

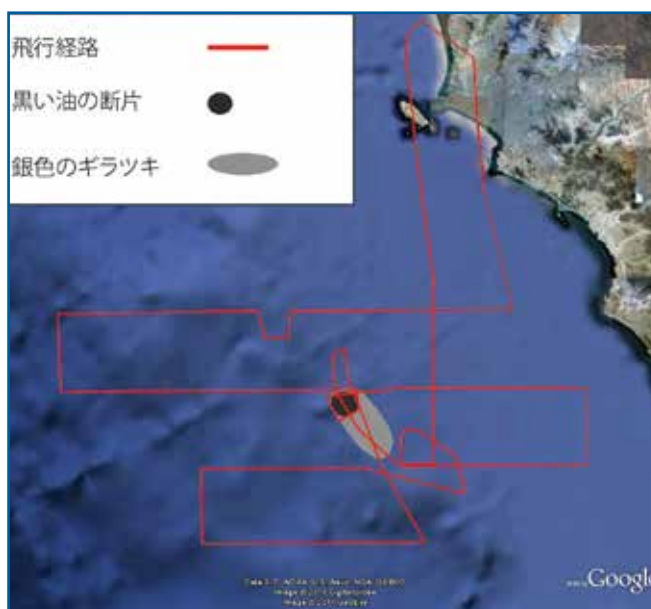
監視飛行は、海面又は海岸線を監視するために十分な明るさがある間に開始し、終了するように計画すべきである。濃霧、霞、下層雲、雪、豪雨等の天候条件も監視に影響を与える可能性があり、飛行ができなくなる場合もある。

飛行計画は、予め用意され、搭乗前に操縦士及び管轄当局

と適宜合意されなければならない。この計画では、直前の目撃内容、油の予想経路等、探索範囲を可能な限り狭められるような情報を考慮すべきである。さらに、飛行制限にも注意を要するが、油流出の結果として特別に制限が課される場合もある。例えば、船舶事故現場、外国の領空、軍の作戦空域あるいは野生動物の妨げになる可能性のある環境脆弱地域（例：鳥類やアザラシの繁殖地）では、飛行が禁止される場合がある。



▲ 図4：飛行経路と観測された油の範囲を示す地図の例。監視飛行中に他の様々な特徴も観察し記録することができる。例えば、海上及び陸上での対応と清掃作業、野生生物や特殊な生息地等の脆弱な環境資源、及びアメニティ地域、工業地帯、海洋養殖施設等の商業関連等がある。地図上に飛行経路を書き込むと、調査を行った地域がわかりやすくなる。図中の梯子形搜索は、油の予想分布、視界及び光線の具合に合わせて行われた。



▲ 図5：グーグルアースの地図に記載された南米の事故での飛行経路。油の位置を特定するために、北から基本的な梯子形搜索が行われた。次に、航空機はより接近して油を観察できるように油の周囲を旋回した後、梯子形搜索をさらに南に向かって続け、油膜の全範囲を決定した。

監視結果は、オンラインの地図サイトから必要な地図をダウンロードして、あるいは電子海図を使ってノートパソコン又はタブレットに記録することができる。地図にリンクさせた携帯型GPS（全地球測位システム）受信機を使って航路座標を記入し、観察された油やその他の注目すべき特徴の位置を特定することができる。コンピュータを使用するシステムのバックアップとして、適当な縮尺の紙の地図と海図の抜粋又はコピーを入手し、飛行中に補足事項を書き入れる。流出源の位置や関連のある沿岸の特徴等の基本データを目立たせると役に立つことがある。また、紙の地図に格子を引いておくと、格子を参照してあるいは代りにラジオビーコンからの距離と方角を参照して任意の場所を容易に特定できるので有用である。

風と海流はいずれも浮遊油の動きに影響を及ぼすので、これらに関するデータを利用できれば油の位置を予測する作業が容易になる。浮遊油は風速の約3%で風下に動くことが経験上分かっている。表層海流がある場合には、その海流の速度の100%での油の移動を風による油の動きに上乗せする。陸地に近い場所では、油の動きを予測する際に潮流の強さと方向を考慮すべきであり、一方、沖合では周期的な潮流の影響より他の海流の影響が上回る。したがって、支配的な風と海流の状態が分かれば、図3に示すように、既知の位置から浮遊油が移動する速度と方向を予測することが可能である。様々な精度のコンピュータ援用流出油軌道モデルを使って予想軌道を記入することができる。しかし、コンピュータモデルでも手動の計算でも、その精度は使用する水路測量学的データの精度並びに風速及び風向の予測の信頼度によって異なる。

油の移動予測に特有の誤りを踏まえると、通常、大海域において油の有無を確認するには体系的な空中搜索を計画的に行う必要がある。多くの場合、ある区域を調査する方法として「梯子形搜索」が最も経済的な方法である（図4及び5）。搜索計画を立てる際には、操縦士からの助言に加えて、視界と高度、予想飛行時間、燃料の入手可能性に



▲ 図6：特徴的な地形と陸標（岬、灯台等）が、海岸線を調査する際の明確な基準点となる。



▲ 図7：目撃内容を確認し、観察結果を踏まえて飛行計画の変更を話し合うために、航空機の乗員と監視員との間の意思疎通が重要である。

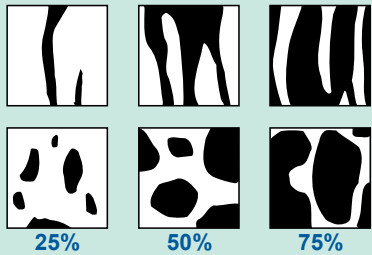
十分配慮しなければならない。浮遊油は、風の方向に沿って細く伸びる傾向があり、一般的に30～50メートル間隔で細長い「畝」を形成する。油発見の可能性を上げるために、卓越風の方向を横切るように梯子形搜索を設定するのが望ましい。これにより油を検知できる可能性が大きくなる。梯子形搜索における段間隔は、飛行中の視界によって決められる。

その他に考慮すべき要素として、煙霧、海面の光反射等が油の視認性に影響を与える可能性がある。多くの場合、油は、監視者の背後に太陽がある場合に最も発見しやすく、太陽の位置によっては当初の計画とは異なる方向の搜索パターンを飛行する方が発見しやすい場合もある。光の条件によっては、偏光レンズ付きサングラスが海上での油の発見の助けになる可能性がある。

## 記録と報告

慎重な予測を行い、体系的な梯子形搜索を計画しても、飛行中に観察される実際の汚染状況が予想した状況とは異なっている場合がある。したがって、油を発見し、その広がり完全に特定する可能性を最大にするためには、理にかなった効率的な飛行計画の維持に努めながらも、緊急事態に留意して飛行中に調整を行うことが重要である。

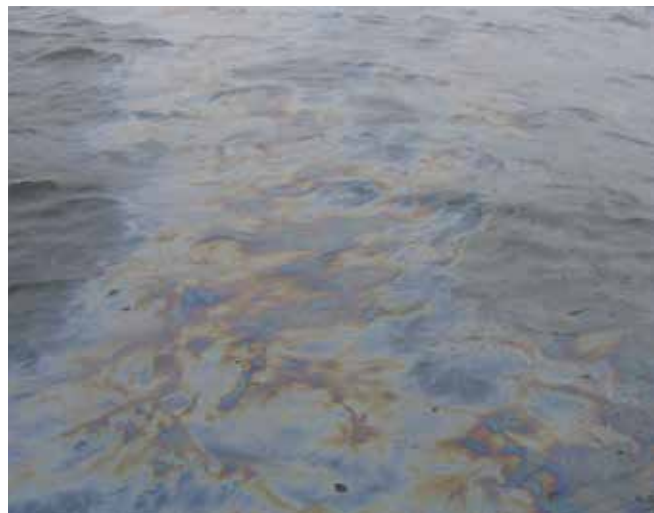
搜索高度は、一般的に卓越視程によって決められる。外洋域で晴天時であれば、視覚の明瞭さを失わずに搜索区域を最大化するには、多くの場合1,000～1,500フィート（300～450メートル）が最適である。しかし、目撃された浮遊油を確認あるいはその状況を分析するためには、高度を半分以上にする必要がある。ヘリコプターについては、海岸近くを飛行し、かつ操縦士又は海岸線の状態による制限がない場合には、飛行速度80～90ノット、高度400～500フィート（120～150メートル）が多くの場合に実用的な出発点になる。その後、飛行中に適宜調整をすることがある。

特徴	データ	所見		
場所と範囲	油膜の場所を示す緯度と経度 (GPSを使用することが望ましい)  大きな油膜の中心または外縁のGPSデータ	水面で観察されたものが記録時に誇張されないように、大きさの感覚を維持することが重要。往路の飛行で、識別しやすい陸地を観察・注目することによって距離感を作っておくとよい。油で汚染された広い海域を観察する際には、船舶の姿があると油膜の規模の測定に役立つ。視覚による推定値を確認するのにGPSデータを絶えず参照すると効果的である。		
色	油膜: 黒、茶、橙黄  ギラツキ: 銀、玉虫色(虹色)	色は、油厚を判断する重要な手がかりになる。油膜が茶色または橙黄色であれば、油中水型エマルジョンが存在する可能性がある。流出油対応の点では、ギラツキは無視することができる(ごくわずかな量の油を示し、既存の対応方法では回収及び有効な処理ができない、また容易かつ自然に消散すると思われるため)。ギラツキは、状況次第では飛行後に作成する最終報告書から除外される場合も多い。		
特性	畝、油膜、断片、縞	監視員は、種々の記述表現を避け、選んだ用語を一貫して使用すること。		
特徴	先端部分	油膜の先端部分を特徴づける厚い油層が認められる場合は、地図上に太線で示し、添付された報告書で参照できるようにすること。		
被覆率	 <p>25%      50%      75%</p>	油汚染の最も深刻な区域に対応作業を集中させるためには、相対的な濃縮状態及び最も濃縮された区域に関する情報を入手することが重要である。見方を誤らないために、油の分布状況をチェックする際には垂直に見下ろす必要がある。油の被覆率を正確に評価することは困難であり、推定を極端に厳密に行おうとしないことが望ましい。参考としてこの図を利用すると良い。経験豊かな監視員は、中間の油の被覆率を推定することもできる。		
<p>一般的な表現でも特定の区域に存在する油の量を表すことができる。油の被覆率の推定値と下記の表現を組み合わせることにより、対応策決定のために十分な精度で区域内の油量を表すための一貫性と柔軟性を備えた方法となる。</p>				
微量 <10%	散乱 25%	断片状 50%	断続 75%	連続 >90%

▲ 表1:監視飛行中に記録すべき主な特徴。

携帯型GPS受信機または航空機搭載のGPSにより、監視員は航空機の地理的位置を随時把握できるので、搜索の進捗状況を監視して、飛行中に判明した状況に応じて必要な変更を行うことができる。海岸線の調査の場合は、海岸沿いの特徴的地形や陸標を海図と比較することができるが、外洋の場合には、明白な基準点が見えず方向を見失いやすい(図6)。その場合、監視者は航空機の計器を見て速度と方向を確認することがある。予め、計器の読み取りができるように熟練しておく必要がある。

飛行中は常に、進捗状況を監視し、観察結果を確認し、飛行をどのように調整するのが望ましいか、あるいは適切かについて議論し合意するために、同僚の監視員や操縦士との意思疎通が重要である(図7)。他の航空機及び管制当局との相互連絡が途切れないようにするために、離陸前にヘッドセットの使用について操縦士から指導を受けておくべきである。



▲ 図8 及び 9：航空機から観察された、B重油 (IFO180) の流出によるキラツキの大きな断片 (左)。同日遅くに船舶の間近で (右)。断片は、薄い油層の範囲を含むが、拡散して玉虫色のキラツキ、更に銀色のキラツキになる。



▲ 図10：写真の左から右に黒色油の帯が観察される。風は油を横切るように吹き、この帯を監視員から遠ざける方向に押している。その結果、黒い帯に対して直角に様々なキラツキの帯が生成している。



▲ 図11：C重油の非常に大きな断続した油膜—キラツキが見られないことに注意。



▲ 図12：茶色及び橙黄色の乳化したC重油 (IFO 600) の大きな油膜の一部。3~4週後、海上で油膜が断片化し始め、その後最終的には多数の小さな板状の油及びタールボールに分解した。



▲ 図13：バラ積み船の壊滅的な損傷の結果、C重油が流出した。貨物が油と混じり、流出油の容量を現実的に推定し決定することが困難になった。



▲ 図14：雲がかかって黒い浮遊油の断片のように見える。



▲ 図15：海岸線に漂着したC重油。底生海草と海底の岩層が油量の推定を混乱させる可能性がある。



▲ 図16：断片のような裾礁が、誤って油と報告される原因になることがある。



▲ 図17：浅海域で海流によってかき乱された羽状の堆積物。乳化した軽質原油の断片のように見える。



▲ 図18：狭い入り江から流出した淡水。濁って黒みがかった水と合流して、著しい局地的汚染のような外観を呈している。



▲ 図19：風と波によって海岸に固着した、乳化したC重油。岩の間の裂け目にどの程度の油が貯留しているかを空中から決定することは容易でないで、油厚の推定が困難である。



▲ 図20：写真に船舶やその他の特徴を入れておくと、汚染の規模を推定できる。

デジタル写真は、油汚染の非常に貴重な記録となる。可能な限り、大きさの目安となるように、船舶や海岸線等の特徴的なものを写真に含めておくべきである（図20）。航空機の動きと振動によるボケを防ぐために比較的速いシャッタースピード（1/500秒）が推奨される。UVフィルター及び偏光フィルターは、キラキラとまぶしい光を抑えるためにしばしば有効であり、また海上の油を鮮明に撮影するために役立つ場合もある。ただし、一部の偏光フィルターは航空機のプラスチック製の窓を通して撮影すると色ずれを生じさせる（図21）。GPS内蔵のカメラは、撮影した写真の記録を管理するのに役立つ。デジタル画像は、対応作業の指揮・統制を支援するために、広範囲の関係者に迅速に配信することができる。

油汚染の範囲についての観察内容と推断は、飛行後速やかに報告されるべきであり、海上及び海岸付近の油汚染の状況と範囲を明確に記述していなければならない。以前の飛行の記録と比較することによって、状況が時間と共にどのように変化しているかを理解できることもある。どのような情報を集めるか、それをどのように記録し提示する必要があるかは、事故の規模及び監視飛行の所期の目的を満たすために必要な詳細度によって異なる。観察された油について記録すべき主な特徴を表1に示す（5ページ）。現場で作成されたスケッチとメモは、手書き又はパソコン等で



▲ 図21：海面からの光反射が、航空写真撮影の障害になる場合がある。UVフィルター及び偏光フィルターは油を鮮明に撮影するために役立つ場合がある。

一定の様式にまとめ、発表用の最終地図を作成するために用いる。最初のスケッチとメモは、後々の参考のために保存しておくべきである。

ビデオカメラも観察結果を記録する追加的手段となり得るが、乱気流の中や航空機の旋回中は監視員による撮影が難しくなる場合がある。手持ちカメラの使用は、接眼レンズを通すことで視野が狭められるという制約があり、監視員が海面を素早く見渡すことが難しくなる。したがって、ビデオ撮影を担当する監視員を一名追加することが望ましい。可能であれば、航空機に取り付けられたビデオカメラを使って撮影すると良い。

手持ち式ビデオカメラでは、実況説明を加えることができる。場所についての適当な参考資料と共に詳しい実況説明がないと、後になって他の観察結果とビデオとの調整が難しくなる場合がある（特に長尺のビデオを撮影し、編集時間を確保できない場合）。ビデオは、経験豊富な監視員による報告の代わりではなく、その補足として用いるのが最適である。

## 油の外観

海上へ流出した原油及び重油は、時間の経過と共に風化作

油の種類	外観	大凡の厚さ	大凡の容量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )
油のキラツキ	銀色	>0.0001 mm	0.1
油のキラツキ	玉虫色(虹色)	>0.0003 mm	0.3
原油と重油	茶色から黒	>0.1 mm	100
油中水型エマルジョン	茶/橙黄色	>1 mm	1,000

▲ 表2：浮遊油の外観、厚さ、容量の関連に関する指標。この表に示した厚さと容量の数値は極めて大凡の値に過ぎないが、キラツキが大きく広がっていても油の量は比較的少ないことが示されている。したがって、対応の効果を最大にするためには、黒色又は茶色の油及びエマルジョンの範囲に集中して作業を行うべきである。



用の結果として外観が著しく変化する。監視員は、この風化作用について熟知し、流出油の存在を確実に検知し、その状況を正確に報告できるようになることが重要である。\*

多くの油は、短時間で広範囲の海面に広く拡散する。この油は、最初は連続的な油膜を生成する場合もあるが、通常、油膜は循環流や乱流によってバラバラになって、断片状や畝状になる（図8～12）。油が拡散し、油厚が減少するにつれて、外観は、黒又は暗褐色の厚い油膜の断片から外縁部に玉虫色と銀色のキラツキのある油膜に変わる（図8&9）。キラツキのある部分は非常に薄い膜状の油であり、この部分は広範囲に拡散する場合があるが、油量は無視できるほど少ない（表2）。対照的に、一部の原油とC重油は、特に粘度が高くあまり拡散せず、断片状に凝集し、その周辺部にはキラツキがほとんど又は全く無い。流出した原油及び一部のC重油に共通する特徴は、油中水型エマルジョンが急速に生成することである。このエマルジョンは、茶色又は橙黄色と凝集した油膜とによって特徴付けられる（図12）。

水中に大量のゴミがあったり貨物が散乱していると（図13）、それらが油と混ざって油の外観が覆い隠される場合がある。さらに、油と見間違えやすいその他様々な現象があり、上空から油とこのような現象とを区別することは困難である（図14～18）。最も多く油と間違えて報告される現象として次のものがある：雲の影、波紋、隣接する二つの水塊の色の違い、水中で浮遊する堆積物、水面または水中で浮遊する有機物、浮遊する海草、異常発生した藻又はプランクトン、海草、浅海域の珊瑚の断片、下水と産業廃水。

海岸線の油汚染を上空から測定する場合は、さらに別の問題が生じる（図19）。油が、海岸線の基層にどの程度浸透したか、岩の割れ目にどの程度貯留しているか、マングローブ林にどの程度進入したか等は、上空からは確認できない。さらに、植生や岩石層の変化等多くの海岸線の特徴は、遠目には油によく似て見える。\*\*

一見油ではないかと思われる物が見つかった場合は、はっきりと識別できるように十分に高度を下げて上空を飛行して確認すべきである。疑念が残る場合には、ボート又は徒歩で現場に接近して調べ、空中監視の結果を確認すべきである（図8及び9）。

## 油量の測定

海上で観察された油は、その厚さと面積の測定が困難なために、油量を正確に算定することが不可能な場合もある。しかし、特定の要因を考慮することにより、必要な対応の規模を計画できる程度の精度で油膜に含まれる油の量を推定することが可能な場合がある。ただし、不確実な要素がある以上、このような推定値はすべて慎重に扱わなければならない。



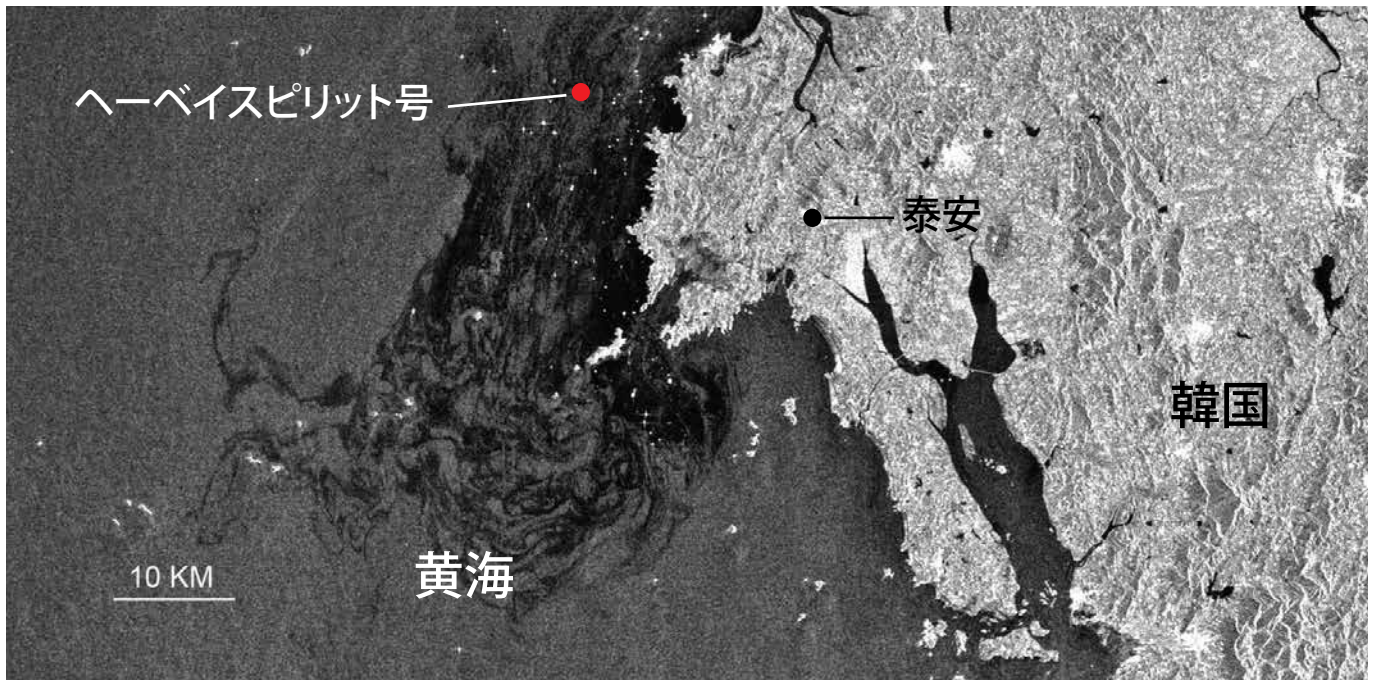
▲ 図22：氷海での流出は、油量の測定が困難。

低粘度の油は、急速に拡散し、油層の厚さはすぐに平均0.1mm程度になる。しかし、油層の厚さは一つの油膜又は油膜の断片の中でもかなりばらつくことがあり、0.001mm未満から1mm超までである。粘度が高くなると、油の厚さは0.1mmを大きく超える場合さえある。油の外観は、その厚さを知る手がかりとして利用できる（表2）。油が小さな水滴を包含することでエマルジョンを生成することがあり、この場合、体積が増加する。水分含有量を確実に推定することは、実験室で分析しない限り不可能であるが、通常は50～75%である。エマルジョンの厚さは、油種、海の状態、エマルジョンが自由に浮遊しているかあるいはオイルフェンスや海岸線等の障害物で保持されているかによって大きく異なる。1mmを厚さの指標にできるが、1cmやそれをはるかに上回る厚さのエマルジョンに遭遇する場合もある。エマルジョンやその他の高粘度油はあまり拡散しないので、厚さの測定が特に困難である。海面が荒れていると、浮揚性が低い状態の油は、特に風化した場合、波に飲み込まれてほとんどの時間海面下に止まっているため、観察が困難又は不可能になる。海水温が低い場合、一部の高流動点の油は固化して予測不可能な形状になり、浮遊部分の外観から油の総量を判断できないことがある。さらに、浮氷や雪があると、油の相当部分又は全部が覆い隠される場合があり、一層見難くなる（図22）。

浮遊油の量を推定するには、厚さだけでなく観察された種々のタイプの汚染における油の被覆率も決定する必要がある（表1）。被害を受けた全海域に対して実際に油が占める比率を推定できるように、断片状の浮遊油の範囲を正しく評価する必要がある。被害を受けた海域の範囲は、飛行中に決定する必要がある。ここでも、主要な区域の範囲を

\* 技術資料「海上流出油の結末」参照。

\*\* 技術資料「海岸線における油の確認」参照。



▲ 図23：黄海東部を衛星の高度合成開口レーダー (ASAR) で撮影した画像。韓国の泰安郡沖でタンカー・ヘーベイスピリット号の衝突によって原油が流出してから約3.5日後に撮影された。油は全体的に風と海流によって南へ移動し、広範囲に拡散している。この画像は2007年12月11日、エンビサット衛星により撮影。欧州宇宙機関 (ESA) 提供。不許複製。

正確に記録するために携帯型GPS受信機が役立つ。GPS装置が利用できない場合は、一定速度での上空飛行時間を計測して、油の範囲を確定しなければならない。

次の例は、油量の推定方法を示している。

時速250kmの一定速度で空中監視飛行中に、海域内を浮遊する原油エマルジョンと銀色のギラツキが観察され、上空通過に、長さ方向で65秒、幅方向で35秒を要した。エマルジョン断片の被覆率は10%、ギラツキの被覆率は90%と推定された。この情報から、汚染海域の長さを次のように計算することができる。

$$\frac{65 \text{ (秒)} \times 250 \text{ (km/時)}}{3600 \text{ (秒/時)}} = 4.5 \text{ km}$$

同様に、海域の幅は次のように計算される。

$$\frac{35 \times 250}{3600} = 2.4 \text{ km}$$

この結果、総面積は約11km<sup>2</sup>、又は3.2平方海里となる。

上の例において：エマルジョンの容量は、10% (被覆率) x 11 (km<sup>2</sup>) x 1,000 (表2に示す大凡の容量[m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>]) として計算できる。このエマルジョンの50~75%は水であるので、油量は約275~550m<sup>3</sup>となる。ギラツキの容量についても同様の計算を行うと、(11の90%) x 0.1=約1m<sup>3</sup>の油量が得られる。

この例は、ギラツキが比較的広い海域を覆っているとしても、油量への影響は無視できるほど小さいことを示している。したがって、正確な報告を行うためには、監視員はギラツキとより厚さのある油膜の断片とを区別できなければならない。

## リモートセンシング

海上の油の分布を記録するために、可視光を利用するカメラが広く用いられているが、航空機搭載リモートセンシング装置によって可視スペクトルの範囲外の放射を検出し、油について追加の情報を提供することで、カメラの機能を補足することができる。航空機搭載リモートセンシングシステムは、通常、洋上の排出源の検知、監視、特定に用いられるが、油流出事故の監視にも利用できる。これらのセンサーは、海面の様々な特性が油の存在によって変化する様子を検知することによって機能する。最も一般的に用いられるセンサーの組み合わせは、側方監視機上レーダー (SLAR)、下方監視熱赤外線 (IR) 画像システム及び紫外線 (UV) 画像システムである。その他に、前方監視赤外線装置 (FLIR)、マイクロ波放射計 (MWR)、蛍光レーザーセンサー (LF)、航空機用小型分光写真画像記録装置 (CASI) 等のシステムも追加情報を提供できる。特に油以外の排出物や自然現象が油と同様の結果を示す場合があるので、全てのセンサーは、操作し結果を解釈するために高度な訓練を受けた操作員を必要とする。技術の進歩によって装置の小型化が進んだとはいえ、多くのリモートセンシングシステムは大きく、それらが取り付けられた専用の航空機でなければ使用できない。しかし、手持ち式FLIRカメラは、専用機に限定されない可搬式のリモートセンシングシステムとして使うことができる。

UV、熱IR、FLIR、MWR、CASIはパッシブセンサーであり、放出された又は反射した放射を測定するものである。MWRを除いて、これらのセンサーは雲、霧、煙霧、雨を透過できない。したがって、これらの使用は晴天時に限られる。SLARとLFはアクティブな放射源を内蔵し、反射信号の高度な電子解析によって油を検知する。LFは油の種類についても何らかの手がかりを提供する。MWRは、海面にある油の厚さについての情報を提供できるが、油が乳化しているとその機能が働かない。MWRとLF画像システムは研究用ツールである。大抵の場合、この技術を利用するセンサーが提供できるのは、航空機の直下で幅の狭い区域に存在する油の情報に限られる。MWR、LF及びIRは、いずれも晴天であれば夜間でも使用できる。レーダーシステムは、昼夜を問わず雲と霧を透過し、大抵の条件下で使用できるが、無風条件下や強風下では効果が落ちる。

通常、それぞれのセンサーが持つ限界を克服し、油の広がりや状態についてより良い情報を得るために、異なる装置を組み合わせる。SLARとIR/UVシステムの組み合わせは、油流出時にかなり広く用いられてきた。SLARは高高度で使用できるので、航空機の両側各20海里までの広い範囲を高速走査できる。しかし、SLARは非常に薄いギラツキの層とそれより厚い油膜の断片を区別できないので、画像の解釈は慎重を要する。SLARとIRの組み合わせを搭載した航空機は、SLARを使って油膜の全体的な広がりを確定することができる。油の位置が特定されると、IRセンサーによる画像を用いて、油膜の厚さ及びより汚染の深刻な区域について定性的な情報を提供できる。日中は、IRとUVセンサーの組み合わせで同様の機能を実行できるが、SLARに比べて範囲が限られる。UVセンサーは、厚さに関係なく油に覆われた全水域を検知し、熱IRセンサーは、条件が整えば比較的厚い層の範囲を確定できる。

全てのタイプのセンサーの信号は通常、航空機に搭載されているディスプレイに表示され、記録される。その画

像を対応作業の管理に効果的に使用するためには、指揮センターへ画像を転送し、正しく解釈し、簡潔で理解しやすいフォーマットで提示する必要がある。リモートセンシングシステムで得られた結果を正しく解釈するには、通常、その所見を目視による観察結果と突き合わせて確認することが望ましい。

衛星利用リモートセンサーも海上の油を検知できる。衛星画像は非常に広い海域をカバーするので、汚染の全体的な広がりを総合的に見ることができる(図23)。使用されるセンサーとして、スペクトルの可視領域及び赤外線領域で動作するセンサー、合成開口レーダー(SAR)等がある。油の光学的観察には、明るい晴れた空が必要である。したがって、このようなシステムを利用できる機会は著しく限られている。一方、SARは雲があっても制約を受けず、反射光を使用しないため夜間でも使用できる。ただし、レーダー画像には海氷、藻の異常発生、風による色むら、積乱雲を伴うスコール等、油と間違える恐れのある多くの異常外観又は誤った画像がしばしば含まれるため、専門家による解釈が必要になる。全ての衛星画像が持つもう一つの限界は、衛星が同じ区域を通過するのに、軌道によって数日から数週間の間隔が空くことである。複数の衛星プラットフォームに呼び掛け信号を送る、あるいは可能であれば衛星アンテナの向きを選択的に変更することによって、この遅れの一部は克服できる。さらに、衛星に搭載されているシステムは、通常、重要な区域の画像を取得するように指示を受ける必要があり、先々の計画策定のための情報を求められる。

地上受信局に届いた衛星画像は、誤った画像の除去に必要な解釈が施される。ただし、多くの衛星ではこの固有の遅れは最小化され、ほぼリアルタイムのサービスが可能である。したがって、衛星画像は流出対応の管理において効果的な対応手段になる。

## 要点

- 流出事故の初期評価は、汚染の範囲を決定して浄化計画を策定できるようにするために不可欠である。この評価は上空から行うのが最良である。
- 航空監視によって油の移動、外観、推定量を決定することが可能になる。
- 航空機に搭乗する前に完全な準備をすることで、空中監視の最大の成果が得られる。
- 油の観察結果についての正しい解釈は、無関係な現象と油厚推定における困難さに妨げられる可能性がある。
- リモートセンシング装置は目視による観察を補うことができるが、油と混同する恐れのある他の特徴までも検知するので、慎重に用いるべきである。

## 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)