



# 序

ITOPFの統計によると、船舶を流出源とする油流出の大半は海岸に近い場所で発生している。海上浮遊油への対応は、一般的に時間、天候、その他の種々の制約によって制限されるので、海岸線への油の到達を防止する試みは、部分的にしか成功しない場合がある。油が海岸線に到達すると汚染された地域の清掃に多大な努力が必要になる。したがって、包括的で十分に予行演習を行った海岸線清掃計画を緊急時対応計画に取り入れることが不可欠である。

海岸線清掃に使用できる方法は比較的簡単であり、通常は特殊な資機材を必要としない。しかし、方法と組織が不適切であると、油自体によって引き起こされる損害を更に悪化させる可能性がある。

本技術資料では、一般的に利用される海岸清掃方法について説明し、様々な海岸線における作業の段階毎に最適な方法について助言を提供する。

## 計画の概要

最適な清掃方法を選択するには、汚染の程度と種類、汚染された海岸線の長さ、状況、接近しやすさについて迅速に評価する必要がある。優先的に行う行動を決定する際は、海洋環境についての相容れない差し迫った必要性を考慮しなければならない。例えば、観光資源として利用するには、迅速かつ効果的な方法で油を除去することが求められるが、環境に配慮すると、さほど積極的でなく緩やかな方法が求められ、両者は両立しない場合がある。このような状況では、対応に関して全体として、また、現場毎にこれらの相反する可能性のある利害間のバランスを取らなければならない。

多くの場合、清掃作業は以下の3段階に分けて検討される。

- **第1段階－緊急段階：**海岸線近くで浮遊している油及び海岸に溜まった油の回収。
- **第2段階－プロジェクト段階：**漂着油及び油で汚染された海岸線の砂等の除去。
- **第3段階－仕上段階：**軽度の汚染の最終浄化及び必要に応じた油污れの除去。

最初の段階では、できる限り迅速に対応するために、対応資源はほとんど予告なしに動員される。例えば、油が海岸線に沿って移動して二次的な損害を与えたり、あるいは野生生物に悪影響を及ぼしたりする可能性を最小限に抑えるため等である。第2段階に移行すると、対応資源は慎重に、場合によっては入札を行って契約することがある。第2段階はプロジェクト段階と呼ばれ、海岸線清掃作業の中で最も長引くことが多いが、この段階は油流出によって生じた緊急事態対応の一部と見なすべきであって、長期のプロジェクト管理と考えるべきではない。

状況によっては、必ずしもこれらの各段階の全てを実施する必要はない。一つの段階だけで全作業が完了することも



▲ 図1：大量の油の手作業による除去。海岸線から油を選択的に回収するために人力を利用すると、汚染されていない物質の除去量を最小限にできる。

あり、第1及び第2段階を同時に行うこともある。多くの状況では、第2段階が完了した後、残存する油は放置して風化と自然分解に委ねるのが最善なことがある。

全ての事故対応において最優先で行うべきは、陸に向って浮遊している油をできるだけ早期に回収し、汚染されていない地域や清掃された地域に移動しないようにすることである（図1）。大量に蓄積した漂着油についても、その後の潮汐によって再移動する恐れがあるため、同様である。回収作業の進行中に、オイルフェンスを使用して陸に向う油を止めることが可能な場合がある。しかし、この考え方は環境上脆弱な海岸線には適用できない。このような場合には、あまり脆弱でない地域又はより接近しやすい場所へ油を移動させることが望ましいことがある。

移動する可能性がある油の回収が完了した後、同じ範囲の清掃を繰り返さずに済むように海上に残っている油がすべて海岸に到達するまで待つか、あるいは直ちに第2段階の作業を開始するか、両者の間で折り合いをつける必要がある。ただし、特に砂浜では次の潮汐によって油が埋没する可能性がある。多くの場合、この段階の作業を直ちに完了しようとせずに、最も接近しやすい場所の最も油層の厚いところで油の除去に集中することが一つの解決策となる。

過去の多くの事故から、流出油対応全体の中で最も費用と時間を要するのは、廃棄物の処理又は処分であることが分かっている。したがって、他に優先すべき要因がない限り、流出油除去の際に集める廃棄物の量が最も少なくなる清掃方法を選択すべきである。これは、海岸線の浸食の可能性を小さくするばかりでなく、その後に貯蔵、移送、最終処理又は処分する物量を最小限に抑えるという利点もある。

多くの種類の海岸線について、油の痕跡をすべて除去することは困難であるか又は得策でない。したがって、海岸線又は特定の作業現場が十分に清掃されていつ作業を終了できるかは必ずしも明らかでない。重要な判断要因は、汚染された地域の「用途」が環境、社会、経済的利害の観点からどの程度の相対的重要性を持っているかである。当該地域の重要性、脆弱性、自然の浄化作用を受ける度合の季節的変動が、費用の問題と同様に一層重要な問題である。海岸の残存油量の減少に伴って費用がより重要になる。更なる清掃に要する作業量と費用が、除去される油の量と釣り合わない程に上昇するからである。したがって、油の痕跡と汚れを除去する徹底的な最終浄化段階が求められるのは、通常は観光シーズンの最中又は直前の低エネルギー環境の風致地域に限られる。

清掃作業の終了の尺度は、通常、対応に参加した様々な組織の代表者から成るチームが検査を行った上で、議論し合意される(図2)。必要な合意に達するためには、使用された海岸清掃方法の限度が理解されることと清掃の目的が現実的であり、且つ早い段階で(できれば清掃作業の開始



▲ 図2：対応に参加する関係者による合同調査を行うことで、適切な清掃方法及び清掃作業を終了する時点についての合意が可能になる。

前に) 合意されることが重要である。理想としては、検査チームのメンバーは事故の最初から最後まで関与すべきである。清掃作業の完了を最初の状況に照らして判断できるようにするためである。

## 清掃方法

汚染された海岸線の清掃には、多くの方法が利用できる。一つの対応の複数の段階に適用できる方法もある。特に、第2段階の方法は、第1又は第3段階でも利用できる場合がある。したがって、清掃方法は第1段階と第2段階又は第2段階と第3段階としてグループ分けされる。

## 大量の油の除去及び油で汚染された海浜堆積物の処理(第1段階、第2段階)

### ポンプ、バキュームカー、油回収機

道路通行車両が接近できる海岸線に接した比較的静穏な水域に蓄積した浮遊油は、通常、ポンプ、バキュームカー、又は十分な水深があれば油回収機で回収できる。バキュームカーの効率は、流出油の種類と量、ポンプとタンクの能力によって異なるが、1日当り20m<sup>3</sup>の油の回収量が一般的である。効率は、油と共に回収される水の量を減らすことで改善できるが、そのためには、堰式油回収機をポンプ等の吸い込みホースに取り付け、オイルフェンスを利用して海岸近くに油を濃縮させる(図3)。

潮の干満のある砂浜及び細かい礫浜が重度に汚染された場合、水際に平行に掘られた溝へ油を洗い流す又は押し流すこともある(「トレンチング」と呼ぶ)。溝の中に集められた油は、ポンプ、バキュームカー、又はタンクローリーを使って除去できる(図4)。通常、この溝が使えるのは1回の潮周期の間だけである。次の満潮が来るまでに溝の中を空にして清掃しておかなければ、残った油が基層に混入する可能性がある。溝は、次の干潮の時に再利用できるよう



▲ 図3：ロープモップ式油回収機と真空ポンプを使用して、大量の流動性のある油を海岸線から回収。



▲ 図4：溝の中に流し込まれた油を回収している農業用バキューム車。

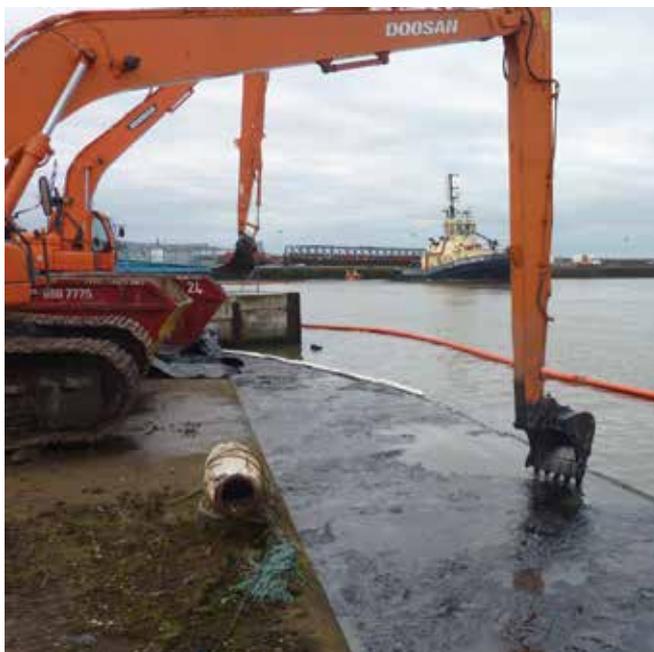
に、また、対応の後の段階で溝の最終清掃ができるように、慎重に場所を決めなければならない。

静穏な条件が暫時続くと思込まれる場合は、高潮線の直下に溝を掘って、油を集めるための堰として利用することができる。高潮時又は風的作用で海面が上昇した結果、波打ち際に集まった油が溝の中へ流入し、水が引いた後もそこに残るため、貯蔵装置へ移送できる。

ポンプと油回収機で回収した油は、ドラム缶や可搬型タンク等の一時貯蔵装置へ移送しなければならない。そこからバキュームカーで吸い取るか、タンクローリーへ移送する。輸送に関する後方支援を最大限に利用し、地域の規制を順守するために、油と共に回収した遊離水は現場から移送する前に静置分離すべきである。

### 機械的回収

高粘度油、著しいエマルジョン、又は流動点以下の半固形油は、掘削機のバケット又はグラブで海面から直接引き上げて、トラック又は大型ゴミ容器に入れることがある（図5）。回収される水量を最小限に抑えるには、熟練した操作が必要である。機械類を水中で操作しなければならない場合、潮汐と海底の地形（よく分っていない場合には）に注意を払わなければならない。湿地帯の海岸線では、別の地域に再移動しないように大量の油を回収する必要性と、作業のために重機類によって生ずる、自然回復までに長期間を要するような基層に対する二次的な損害との間でバランスを取る必要が生じる。



▲ 図5：港湾地区で油を回収している土木機械。この状況では、水温が油の流動点より低く油が半固体になっているため、油回収機を使用できなかった。

容易に接近できる開放性の海岸線、特に砂浜では、地ならし機、フロントエンドローダー、掘削機等の種々の汎用土木機械を用いて漂着油と汚染物を回収し除去することができる。例えば、固く締った砂浜で、油があまり深く浸透していなければ、地ならし機を使って回収できることがある。地ならし機のブレードを海浜の表面のすぐ下をすくい取るように調整し、海岸線に平行に走行させて油と砂をすくい取り、フロントエンドローダーで集める。下部にある清浄な砂を深く掘ってしまうことが避けられないが、フロントエンドローダー又はブルドーザーも同様な方法で海浜の表面をすくい取るために利用できる。この重機は油を清浄な堆積物に混ぜ込んでしまう可能性もあるため、一層慎重を期さなければならない（図6）。



▲ 図6：油で汚染された海岸線で機械を使用すると、二次汚染が発生する場合がある。この例では、トラクターが油で汚染された区域を走行し、砂浜へ油を持ち込んでしまった。

指針として、重機は1日に400～800m<sup>3</sup>の油混じりの砂等を回収することができる。しかし、このうち油及び油混じりの砂等はわずか25%であり、残りの75%は清浄で、油の混じっていない砂等である。清浄な砂と油混じりの砂等は、一旦集められると混じり合って大量の油混じりの廃棄物になる（図7）。比べてみると、作業員は通常1人で1日に1～2m<sup>3</sup>の油混じりの砂を回収するが、清浄な砂の混入は極めて少ない。集められた砂等の油の含有量は様々であるが、機械的に集められた浜砂等の平均油含有量は通常1～2%であるのに対し、手作業で集められた場合は5～10%が油である。



▲ 図7：重機により直接回収したため、汚染されていない物質の割合が非常に高く、廃棄物中の油の濃度が非常に低かった。



▲ 図8：油及び油で汚染された海草を伸縮バケツに入れる手作業による除去。この方法は、油で汚染された物質を優先的に選択できるため、廃棄物の量を最小限度に抑えられる。



▲ 図9：スコップを使用して手作業で回収され、袋に詰められた漂着重油。



▲ 図10：廃棄物の小袋を1トンの大型「ビッグバッグ」にまとめ、処分場への移送を容易にする。

通常、汚染された浜砂等を回収するには、重機と手作業を組み合わせることが望ましい。油混じりの砂、海草、その他の物質が手作業で回収されると、砂浜のあちこちに積み上げたり、袋等の容器に入れて置かれたりする。次に、フロントエンドローダーを使って、集めた物を例えば砂浜の最も高い場所にある一時貯蔵施設に移送する。又は、油混じりの砂等を直接スコップ等でローダーのバケツに積み込むこともある（図8）。油が砂浜に広がらないようにするため、現場を汚れた区域と清浄な区域とに分け、重機は清浄な側に置いて作業する。

## 手作業による回収

人力によって油やひどく汚染された海岸線の砂等を集めることは、あらゆる種類の海岸線に適しているが、脆弱な海岸及び車両が近づけない地域で特に有用である。手作業を使う作業は、表面下にある清浄な砂等の回収量を最小限に抑えられるため、機械のみを使用する方法より選択性がある。手作業による清掃は労働力を必要とするが、手作業で清掃した海岸線の全体的な回復は、基層への物理的な攪乱

が少ないため、より早くなる傾向がある。

水際で浮遊する高粘度油又はエマルジョンは、レーキ又は過剰の水を排出させるための孔を空けてあるスコップを使って集め、適切な容器に移した上で海岸線から除去することができる。漂着油が著しく乳化している、高粘度である又は砂と混じている場合、スコップを使って直接プラスチック袋に入れることがある（図9）。袋の重量を10～15kgに抑えられれば、その後に人力で容易に扱うことができる。この重量に耐えられるように、袋は少なくとも500ゲージの素材（>125µm）を使用すべきである。瓦礫や肥料の袋が理想的である。袋の二重化、つまり袋の中にもう1枚の袋を入れることは、袋が破れる可能性を減らすのに適している。500ゲージより軽い袋は、直射日光に曝されたまま放置されると劣化が早く、内容物が流れ出て2次汚染の原因になる。砂糖や米の輸送に使用されるようなポリプロピレン袋が役に立つが、日光や高温に曝されると油がしみ出す恐れがある。



▲ 図11：1トンの「ビッグバッグ」にまとめられた、油で汚染された廃棄物の小袋が、孤立した海岸から除去するために、上陸用舟艇へ移される。



▲ 図12：固く締った砂浜で掻き寄せられる原油。溝に集められ、処分場へ送られるためにバキュームカーで回収される。



▲ 図13：岩場の海岸線で集めた油を一時的に蓋のない大型容器に貯蔵。この油を崖の上に移し、タンクローリーに積み込むため、ポンプが必要になった。

波に攫われて内容物が散乱しないように、袋を海岸線から海浜の最も高い場所にある中間貯蔵所又は一時貯蔵設備まで運ぶ必要がある。袋又はその他の容器をフロントエンドローダー、ローリー、四輪バイク、トレーラー、上陸用舟艇等に積み込んでも良い。荷役機械が利用できる場合には、廃棄物を入れた小型の袋をより大きな1トン袋（ビッグバッグ、トンパック、ジャンボバッグとも呼ばれる）にまとめることができる（図10&11）。1トン袋は、油を吸った吸着材やその他の油混じりのゴミを直接入れて貯蔵することもできる。ゴミ等を入れた袋は、貯蔵中の油の漏出による二次汚染を最小限に抑えるため、プラスチックシートの上に置くべきである。

固く締った砂浜にある流動性のある油は、スクレーパーで押し溝に落として集めることができる（図12）。別の海岸では、ゴミ箱、蓋のない200リットルの樽とドラム缶、蓋のない1m<sup>3</sup>の中容量コンテナ（IBC）にスコップ、バケツ、ポンプを使って油を詰めることができる。この場合も、容器は高潮線より上に置くべきである。この種の容器は、一旦満杯にすると人力で動かすことが難しいため、荷役機械が利用できる場合又は次の貯蔵設備へ内容物をポンプで移送できる場合に限って使用すべきである（図13）。あるいは、水際から一時貯蔵設備まで「バケツリレー」で油を運ぶ方法が望ましい場合がある（図14&15）。

安全に作業ができる状況であれば、海岸近くで回収された油を貯蔵するためにドラム缶やその他の容器を小型船で運ぶ場合もある。蓋のない容器の取り扱いに関して指摘した上記の懸念は、このような状況では更に重要になる。

例外的な状況においては、流動性のある油が吸着材又は他の物質と混じり合って、固体として扱うべき場合がある。吸着材／物質／油の混合物をポンプで移送することはできないが、フォークとレーキで集めることはできる。この方法は、発生する廃棄物の量が著しく増加し、吸着材等の購入費用も新たに発生する可能性がある。通常、合成物質製の吸着材は、現地で入手して吸着材の代替として利用できる麦わら、ココナツ又は稲のむしろ、バガス（サトウキビの繊維）、挽き割り麦等の天然素材より遙かに高価である。廃棄物の量が増えるために、溝を掘る等の別の方法が望ましく、混ぜられる前に、検討すべきである。

## フラッシング

フラッシングは大量の低圧水を吹き付けて漂着油又は埋まっている油を海岸線から洗い流す方法である。この方法が使用される最も一般的な二つの事例は、堆積物の中に入り込んだ油の除去及び脆弱な海岸線からの油の除去である。

### 堆積物の中に閉じ込められた油の除去

油は、自然の滲出によって、潮汐運動や漂着後の嵐で生成した清浄な堆積物の下へ埋没することによって、あるいは清掃作業の結果として、基層（砂、砂利、中礫等）と混じり合う場合がある。多くの場合、フラッシングは、汚染された海岸線の砂等の除去に代る実行可能な手段であり、廃棄物の量を大幅に減少させることができる。

海水を可搬式水ポンプ（遠心自給式、30～60m<sup>3</sup>/時）の吸込フィルタ又はスクリーンから吸い込み、ホースを介して放水銃やノズルから吐出する。長さ1メートルのプラスチック管が、手動フラッシング用の放水銃として理想的である。埋まっている油を取り出すために、水を堆積物中に注入して攪拌させ、油を表面に浮かび上がらせる。大礫や中礫の海浜では、更に水を海浜の最上部からも注入して、海岸線を水浸しにして水流を増やす場合もある（図16）。

水位線より上でフラッシングを行う場合は、浮き上がった油を既存の自然の潮だまり、又はこのために作った堰、孔、溝に誘導することができる。静穏な条件下では、油を海に向かって洗い流して、短い軽量の封じ込め型又は吸着型オイルフェンスの中に封じ込めることができる。吸着型オイルフェンスは油の回収にも使える。あるいは、油の量、海岸線のアクセス、特質にもよるが、油回収機、ポンプ、又はバキュームカーで油を回収できる場合もある。水位線より下でフラッシングを行う場合は、油が浮き上がっている間に直接回収できる。

#### 脆弱な区域又は接近できない区域からの油の除去

海岸線を水浸しにすると、流動性のある油と油混じりのゴミを湿地やマングローブ林等の脆弱な海岸線から洗い流す効果もある。低圧フラッシングは、海岸線及びその周辺の動植物相への物理的被害の可能性を、他のより浸食的な方法に比べて小さくすることができる。この種の海岸線は、通常静穏な水域にあるため、海岸線から追い出された油は吸着型オイルフェンスあるいは封じ込め型オイルフェンスと油回収機を使って海岸に近い水面から回収される。

フラッシングは、例えば岩場（図17）等の接近しにくい場所、テトラポッドや捨て石等の防潮設備内、杭や柱で支えられている突堤や波止場の下から油を除去するためにも用いられる場合がある。水は、陸からホースを使って、又は海側から船上の消防ホースや回転筒先を使って放出することができる。船舶のスクリューを使って、構造物の内部あるいは下に水流を作って、油の排出を促し回収することができる。

#### 磯波洗浄

磯波洗浄は自然浄化作用を利用する方法で、通常は露出した砂、砂利、中礫、大礫の海岸線で用いられる。潮間磯波帯における波のエネルギーが汚染された海浜の砂等から油を引き剥がし、水中で分散させる。磯波洗浄は、原理的にはフラッシングに類似しているが、波による自然エネルギーを利用して洗浄作業を行うため、ポンプが提供するより遙かに大量の水を使うことができる。堆積物の粒子間で生じる攪拌と剥離によって、基層から油を排出し、油を油滴に分解することができる。砂と泥の非常に細かい粒子によって油滴は安定化する。この作用は「粘土-油凝集」又は「油-鉱物凝集」と呼ばれる。これらの凝集物は中間的な浮遊性があり、海中で広く分散する。



▲ 図14：作業員の「バケツリレー」によって油の入ったバケツと廃棄物を詰めた袋を運ぶと、大量の廃棄物を迅速に海岸線から除去することができる。



▲ 図15：作業員のバケツリレーによって油と油で汚染された海浜堆積物を一時貯蔵用大型ゴミ箱へ運ぶ。



▲ 図16：砂浜に埋まった油を、放水銃と多孔管から供給される低圧水で洗い出す。基層を手作業でも攪拌して、油と砂の分離を促進する。次に、油を作業区域の周囲に展開した吸着型オイルフェンスで回収する。



▲ 図17：低圧水を使って岩の間に入った油を流し出し、吸着材で海岸線に沿って回収する。



▲ 図18：軽度に汚染された砂は、潮間の磯波帯へ移され、その後の潮汐によって洗浄される。



▲ 図19：積み上げられた砂が上げ潮によって洗われ、閉じ込められた油が再移動する。(画像提供：Bernard Fichaut, Britannia Brest University)



▲ 図20：洗浄のために磯波帯へ移された、油で汚染された大礫。

本資料で既に述べた方法は、海岸線にある大量の油を除去するために最初に用いるべきものである。残った軽度から中程度に汚染された海浜の砂等を処理するために、人力又は重機で、海岸の高い場所から低潮時の磯波帯へ移動させる(図18)。上げ潮が海岸線の基層を動かして再配分し、その過程で油を排出する(図19)。この過程は、最初の洗浄が不十分で、汚染を所期のレベルまで除去できなければ、必要に応じて繰り返される。

放出された油の一部が高潮線まで移動する場合があります。そこで手作業で回収することができる。又は、再移動した油を吸着材によって回収することもできる。特に建設業界で足場の周囲の粉塵とゴミを管理するために用いられているスネア又は目の細かい網が適している。網は、海岸線に一方の端を固定し、他方の端は海中で動けるように自由にしておくと、最も効果的であることが分っている。

磯波洗浄が特に有効であるのは、埋まっている油の問題を解決する際に大量の砂等を除去して別の場所で処分することを避けたい場合である。しかし、海浜の状況により回復

までに何回もの潮周期が必要になる場合がある。大きな石を持ち上げて海浜へ戻す強い波の作用が必要になるためである(図20)。その結果、油混じりの基層が磯波帯に移動するまでに、浸食がより長期間続くリスクを考慮しなければならない。

## 海岸線浄化の後半(第2段階、第3段階)で用いられる方法

大量の油及び重度に油で汚染された海岸線の砂等が除去又は処理されると、次に、残りの汚染地域の清掃に移ることができる。この作業には、以下の方法を一つ又は幾つかを組み合わせる。

### 圧力洗浄

高圧洗浄は大抵の固い基層と表面に用いることができるが、自然浄化が不十分あるいは時間がかかりすぎて、風致海岸や注目されている海岸におけるレクリエーション面や美的な関心を満たすことができないと思われる場合

に用いられることが多い（図21）。この方法は商業地域の岸壁から油を除去するためにしばしば用いられる。使用できる機材と油種に応じて、温水と冷水のいずれも用いることができる。高粘度油を取り除くには、より高い温度が必要になる。

これは積極的な方法であり、高圧/冷水洗浄の方が高圧/温水より与える被害は小さくて済むが、それでも固い表面に生息する海洋生物相、例えばカサガイや地衣類の多くが死滅することは避けられない。とりわけ極度に高い圧力を使用する場合、特に古いコンクリート、煉瓦積み、あるいは軟岩等の表面自体に若干の損害が生じる場合もある。

高圧/温水洗浄では、作業温度は70～95℃が推奨される。これより高い温度は推奨されない。スチームは加圧水ほどの効果がないためである。推奨圧力は50～150バール、流量は10～20リットル/分である。油種、風化の程度、厚さによるが、放水銃の操作者が1人で清掃できる範囲は、一般的な場合で、コンクリート壁等滑らかで平坦な表面で平均1～3m<sup>2</sup>/時である。粗い表面や接近の困難な地域では、清掃時間は著しく延びる場合がある。

淡水ではなく塩水を使う場合は、作業の後方支援が容易になる。しかし、海水は内部のシールとピストンを急速に劣化させるため、機械類のメンテナンスをより頻繁に行わなければならない。スペアパーツの供給が容易で、かつ有資格の熟練工が作業期間中現場に駐在する場合以外は、海水を用いる作業を検討すべきではない。さらに、機械に水を供給するために、海中のゴミが装置を詰まらせないようにフィルタ又はスクリーンを取り付けた水中ポンプが必要になる。可能であれば、水ポンプと高圧洗浄機の間には緩衝装置として機能する一時貯水タンクを準備すべきである（図22）。淡水が容易に入手できる場所では、機械類の故障と作業の中断を減らして作業を進めることが期待できる。機械類がレンタルで、事前の合意がない場合には、恐らく塩水の使用は貸出条件に抵触すると思われる。

圧力洗浄によって洗い流された油は、清掃すべき表面に取り付けられた吸着シートで回収できる。このシートは、隣接する清掃作業済みの表面に跳ね返る油を最小限度に抑えるためにも役立つ。洗い流された油が水際まで移動する場合があるが、オイルフェンス中に封じ込めて回収することができる。洗い流された油を封じ込め区域に誘導するために、フラッシングが役立つ場合がある。

圧力洗浄後、表面の一部に残る油汚れは、通常は時間が経ち風雨に曝される間に薄くなる。しかし、風致地区では、特に観光シーズン中は更に徹底した清掃を必要とする場合がある。そのためには、更に圧力洗浄を続けるか、標的となる場所を定めて洗浄剤を用いることがある（図23）。熱帯及び亜熱帯環境では、温暖な気候の場所に比べると、温水洗浄の効果が弱くなる場合がある。日光に曝された油が岩に焼き固められたようになる場合があるためである。



▲ 図21：アメリティ海浜の上にある崖の表面の圧力洗浄。油は暴風で崖の上方へ吹き上げられ、清掃しなければ、暫くの間持続すると思われた。



▲ 図22：離れた場所にある岩礁の圧力洗浄。海水は一時貯蔵タンクへポンプで汲み上げられ、隣の高圧洗浄機で使用される。



▲ 図23：圧力洗浄を行う前に、油汚れの個所に散布される海岸線洗浄用薬剤。

## 圧力洗浄と薬剤の併用

場合によっては、適切な薬剤で油污れを前処理することにより、高圧洗浄の効果を高めることができる。

**海岸線洗浄剤**は、固い表面から分散させずに油を除去するために特別に設計されていて、洗い流された油を回収できる。メーカーが推奨する使用量を遵守すべきである。使用後の油と薬品の混合液は、理想としては、中程度の圧力の冷水で洗い流すべきである。国の規制当局に承認されている製品のみを使用すべきである。

油膜に**油処理剤**を強く塗りつけて生成される油と油処理剤の混合物は、通常、中程度の圧力の冷水で洗い流すことができる。油厚を推定し、濃縮油処理剤と油の混合比を1:20として、適切な使用量を計算できる。例えば、油膜の厚さが1mmと推定されると、1平方メートルあたりの油の量は1リットルであるので、油で汚染された表面20m<sup>2</sup>につき油処理剤を約1リットル使う必要がある。

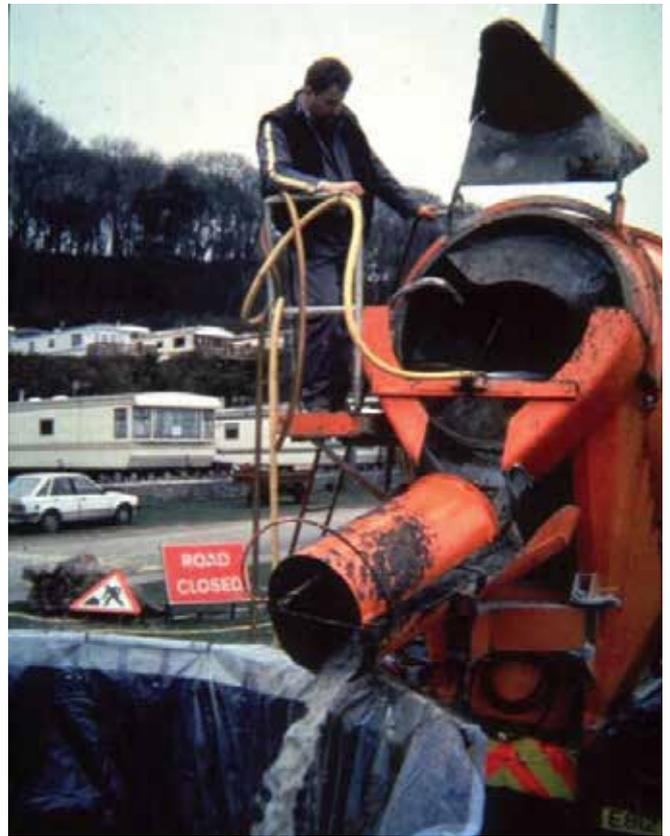
多くの油について、結果として生ずる混合物は、近傍の水中で分散して回収できない。一般的に、吸着材は分散した油には効果がない。しかし、特に高粘度油については、油処理剤が単に油を表面から放出する作用をするだけで、分散を生じない場合もある。したがって、放出された油を回収して再汚染を防止すべきである。

多くの潮間帯生物種及び沿岸生物種は、分散した油の影響を受けやすい。したがって、海岸線での油処理剤の使用は、分散した油を急速に希釈するに十分な水の動きがある水域に限られるべきである。海岸線での油処理剤の使用は法令で禁止されている場合があるが、認められている場合でも適法な製品だけを使用すべきである。

例外的な状況ではあるが、限定され明確に定められた区域については、油のあらゆる痕跡を除去する必要がある場所でサンドブラストが用いられている。この方法の摩損性を抑えるために空気ではなく水を分散媒として用いるが、にもかかわらず、この方法は油の下の表面に大きな損傷を与えることがある。

## 中礫/大礫の洗浄

中礫と大礫は、コンクリートミキサー車の回転ドラム又は専用の設備でうまく洗浄することができる。ドラム容量が7.5~10m<sup>3</sup>のコンクリートミキサー車では、5~6トン/時程度のバッチ処理能力が確保される。油で汚染された石を、無臭の灯油等の溶剤あるいは表面洗浄剤と共にミキサーに入れ、混合してから水を加える。溶剤と油で汚染された基層との割合は1:50を指針として使用するが、汚染の程度によって変える。5分程度高速混合した後、ミキサードラムの速度を落とし、容量まで水を満たす。短時間の混合の後、ミキサーを非常に低速で回転させながら水を追加する。これによって、放出された油をミキサーから一連の可搬式タンクへ洗い流すことができる。油はタンクの中で分離・回収される(図24)。できるだけ多くの水を次の洗浄のためにリサイクルすべきである。



▲ 図24：中礫と小さめの大礫を洗浄後、コンクリートミキサー車から放出される排液。

通常、1回のバッチ処理でほとんどの油を洗い落とすには、30分から60分のフラッシングで十分である。ミキサーから取り出した中礫は、汚染の程度は軽くても若干油で汚れた感じが残っていることがある。しかし、それは磯波帯で自然に洗浄される。コンクリートミキサー車を十分な台数確保できれば、「清掃基地」を設置し、ローダー、ポンプ、タンク等必要な全ての資機材を一個所に集結させることができる。これにより、バッチ処理を最適化して、例えば、第1のミキサーで投入作業を行っている間に、第2のミキサーで洗浄とフラッシングを行い、第3のミキサーで洗浄後の石を取り出すことができる。

経験から、数回のバッチ処理の後、中礫や大礫と混じっていた「細粒の集り」、主として微細な砂と粘土がミキシングドラムの中に蓄積する場合があることが分っている。これらの細粒の集りは、海岸線に戻すには汚れ落ちが十分ではない場合があり、これらの物質のために別の処分方法を見つけないといけない。更に、汚染水の最終処分も考えなければならない。大礫の洗浄について検討する際は、費用効果とこのような作業を支えるに要する後方支援との慎重な分析が必要である。

この他の大礫の洗浄法としては、油で汚染された中礫と大礫を開放タンク又は温水バスに入れる方法もある。この方法はミキサーを使用する場合と似ているが、掘削機のバケットで混合を行う。油で汚染された大礫の小さい断片を、特に近付き難い場所で洗浄する場合は、半切りドラム缶等の適当な容器を使用して、手作業で同様の処理を行っている。

## 掘り起し及び砕土

砂又は砂利の海浜で大量の油及び重度の汚染を除去した後、通常は軽度の汚染が残る。車両の往来によって油が基層に混入している海浜がその一例である。この段階では、堆積物は一般的に油脂で汚れたような感触があり、干潮時に農具を用いて軽度の油汚染がある堆積物を何回も掘り起しあるいは砕土すると、干満のある海浜からこの残留油を除去する効果がある（図25）。油混じりの堆積物をばらばらにすると、風化作用に曝される油の表面積が増えるため、粘土-油凝集又は油-鉱物凝集が促進され、堆積物が曝気される状態が維持される。これにより、自然発生するバクテリア等の微生物による油の分解が加速される。時には潮周期の間に少量の油が放出されるが、満潮時に吸着材を使って回収するか、あるいは潮が引いた時に海浜の表面から回収できる。このようにして海岸線の砂等に手を加えると堆積物寄生種に影響を及ぼす可能性があるが、この方法は磯波洗浄が現実的でない場合に特に役に立つことがある。

## 砂の篩分けと海浜清掃機械

砂浜の清掃後に残る汚染は、通常、タールボール又は油混じりの砂の小塊の外観を呈し、直径は50mm以下である。海浜のゴミや漂流物、捨て荷等を日常的に回収するための機械を使用して、油混じりのゴミ、油混じりの砂の比較的大型の塊、タールボールを集めることがある。通常、このような機械は動力駆動又は牽引によって海浜を移動し、予め設定した深さに砂の表面を掘り、回収物を振動又は回転する篩にかける（図26）。網目の大きさに応じて、回収物は車両に積まれた貯蔵容器に送られ、清浄な砂は海浜に戻される。このような機械は、より小さいタールボール、あるいは流出して間もない低粘度油の回収には効果的ではない場合がある。油と砂の塊が篩の振動によって壊れ、網目を通して下に落ちるためである。

手作業で回収された軽度に汚染された砂から油混じりの砂の残渣及びタールボールを除去するために、自動及び手動の小型篩分け装置を使うことがある（図27）。このような方法は労働力を要し、適用は風致地域に限られる。このような地域では労働力が豊富であり、また回収される廃棄物量を最小限にする必要性が非常に大きい。あるいは、個々のタールボールや油混じりの砂の小さな残渣は、人の手で、時には園芸用の手持ちの篩で集める場合がある。しかし、価値の高い風致地域であっても、このような方法は費用効果が高いとは思われない。

## 手作業による拭き取り

岩場又は中礫の海岸線に接近するのが難しいために圧力洗浄やその他の機材を使用できない場合は、手で拭き取ることが油の積極的除去のための唯一の選択肢である。油の蓄積が軽から中程度の場合、拭き取りで除去できる（図28）。一般的に、合成物質製の吸着材よりぼろ布のほうが費用効果が優れている。一度使って汚れた吸着材は、袋に詰めて処分場に運ばなければならない。洗浄剤の使用が法的に認められている場所では、その方が適切な場合もあるが、



▲ 図25：汚染された海浜の基層は、掘り起しによって表面へ移される。次に、油は上げ潮で分離され水際で回収される。



▲ 図26：タールボールを回収中の、トラクターに牽引されるビーチクリーナー。



▲ 図27：タールボール回収用の即席の篩。

それによって吸着材の効果が減少する。手で拭き取る方法は、労働力が豊富な国では好まれる傾向があるが、海岸線全体で作業が着実に進捗することを確認するため、また二次汚染を最小限度に抑えるため、作業員を注意深く監視する必要がある。

### 生物的環境修復

油を二酸化炭素、水、バイオマス等の単純な化合物に分解する作用が自然生分解であるが、生物的環境修復は自然生分解を加速するために利用可能な多様な作用を表す用語である。より具体的には、生物的刺激は栄養分を利用することであり、生物の増強又はシーディングは油を分解するために特に選ばれた微生物を添加することである。

自然生分解は、土壌に対してランドファーミングのような生物的刺激が利用される場合に最も効果的に加速される。そこでは、生物的環境修復に影響を及ぼす物理的、化学的、生物学的要因を制御して、生分解にとって最適の条件を作り出すことができる。海岸線に於いてこの作用の使用が提案されることはほとんどない。同レベルの制御を海洋環境において達成することが困難なためである。

### 自然浄化

時間の経過とともに油は風化、分解するため、大半の海岸線は自然に浄化される。自然除去の主要な作用は、剥離、粘土-油凝集又は鉱物-油凝集、光酸化、生分解である。風や波等の自然エネルギーが大きく、露出した海岸線では、油の大半は季節周期内で除去されると思われる。高水標より上の油汚れは例外として、油の痕跡の大半は、2~3年で消失する。しかし、油が堆積物や微細な嫌気性泥の中に入り込んでいる状況においては、分解の進みが非常に遅くなるため、油は例えば「アスファルト舗装」のようになって長年持続する場合がある。

多くの流出事故において、第1及び第2段階の清掃作業終了後、最終清掃は自然作用に委ねるのが最も効率的で費用効果の高い解決策である。季節特有の嵐が近づいている場合に特にこの方法が効果的である(図29)。状況が許せば、



▲ 図28：油で汚れた岩をぼろ布で拭いているボランティア。

自然浄化は、例えばマングローブ林や湿地帯等の多くの脆弱な海岸線の種類について、清掃活動による損害を最小限に抑えるために望ましい選択肢である。自然浄化によって対応の所期の目的が達成されたかあるいは更に清掃が必要かを判断するため、海岸線の調査は冬又は熱帯暴風雨が過ぎた後に行うのが最も効果的である。

### 海岸線の種類

7種類の海岸線について清掃方法を説明する。

### 港湾及びその他の施設

壁及びその他の垂直構造物に潮差の範囲に油が帯状に付着する場合があります。小舟又は筏から圧力洗浄によって除去できる(図30)。波止場、突堤、その他杭や柱の上に構築されている構造物の下に入り込んだ油は、特に隙間が余りない場合には、除去が難しくなる可能性がある(図31)。船舶のスクリューで水流を作り出すと、大量の油の除去に役



▲ 図29：多くの場合、海岸線の最終浄化は自然作用に委ねられる。



▲ 図30：小型筏で高圧洗浄される、油で汚染された杭と岸壁。流れ出た油は、吸着型オイルフェンスで回収される。



▲ 図31：清掃チームが波止場の下へ近付くことは、空間と換気の不足のため、困難で危険な場合がある。



▲ 図32：高圧洗浄機による捨て石の清掃。



▲ 図33：油で汚染されたテトラポッドの清掃は、隙間に入った油には容易に手が届かないため、厄介である。

立つ場合があるが、細かいところまで丁寧な清掃はできない場合があるため、残った油は自然分解を待つことになる。木製構造物は、特にその腐食が確認されている場合は、より積極的な清掃方法によって傷む場合がある。海岸線で商業利用されている地域の清掃については、「社会・経済活動に対する油汚染の影響」についての他の技術資料でより詳しく説明されている。

## 防潮施設

様々なデザインの防潮施設が清掃においては特に難しい問題になる。油は岩やコンクリート製テトラポッドの隙間を通して構造物の中に深く入り込む可能性がある。そこでは、油は波の作用から守られるため、風化作用の進行が非常に遅くなる。捨て石（図32）やテトラポッド（図33）の剥き出しの形も、大量のゴミを集める。このゴミが吸着材のように作用し、油の除去が更に厄介になる。油流出が冬に発生すると、構造物の間に入った油は、夏まで留まっている可能性がある。夏には流動性が高くなり流れ出す。更に、防潮施設は当然外洋に面しているため、作業環境が危険なものになる可能性がある。

天候条件に恵まれれば、浮遊油を船で防潮施設の基部で回収できる。作業員が防潮施設に乗り移り、ある程度その中に入って（安全な範囲で）、油混じりのゴミを取り除き、

防潮施設		
	接近可能	接近困難
第1段階	油回収機/ポンプ バキュームカー フラッシング	手作業 手作業&吸着材
第2段階	圧力洗浄 受動的清掃 解体(稀) 自然浄化	自然浄化 手で拭き取る
第3段階	手で拭き取る 自然浄化	自然浄化

▲ 表1：様々な種類の防潮施設の清掃に適用できる方法。

巨石とテトラポッドを圧力洗浄によって、あるいはボロ布と吸着材を使って手で清掃することができる。吸着材を防潮施設の表面に沿って配置する受動的な清掃を行うことで、潮汐運動、うねり、波動によって洗い流された油を回収することができる。特定の状況では、ポンプで水を防潮施設の中に送り込んで油を洗い流すことにより、このような自然作用を強化することができる。

非常に稀ではあるが、油混じりのゴミを除去して個々の巨石やテトラポッドを圧力洗浄するために、防潮施設を解体することがある。油が流れ出して観光海浜や海中養殖施設が汚染される危険がある場合にはこの方法が適しているが、その場合でも、通常は汚染の恐れと防潮施設を解体し再度組み直す費用とのバランスを考慮しなければならない。例えば、防潮施設のメンテナンスのためにこのような作業が日頃から行われていて、必要な資機材とインフラストラクチャーが既に用意されている場合に限って、施設の解体が有利であると考えられる。

### 岩と巨石

岩や巨石等の固い表面は、潮差によって油で被覆されたり、潮だまりと裂け目に溜まった油や油混じりのゴミで覆われたりする（図34）。露出した海岸では、通常油は留まっていることはなく、海岸に沿って移動して最終的には遮浪地域に漂着する。岩場の海岸への接近は、時には困難であり、滑りやすい表面で作業する作業員の安全並びに波と潮の危険に特に注意を払う必要がある。例えば海側からの接近等、別の手段による接近ができない場合、仮設通路を設置して作業条件を改善することができる（図35）。

野生生物の密度が高い地域に大量の油が漂着した場合、ばらの吸着材を油で汚染された岩の上に撒き、時にはそれを刷毛で油に塗り込んで、油を覆い動物の毛や羽の汚染を低減することができる。一部の国では吸着材として樹皮の粉末が好まれ、別の国では顆粒状の鉱物性吸着材が使用されている。この方法はアザラシやペンギンの有名な上陸場で動物の保護等に用いられている。吸着材と油の混合物は、

通常は回収されず、潮流等で除去されるまで放置され、やがて広く分散して分解される。しかし、この方法は慎重に用いなければならない。何故なら、吸着材と油の混合物のマットが漂流して二次汚染が生じる可能性や、吸着材の費用が高額になる可能性があるからである。

### 大礫、中礫、砂利

この種類の海岸線は、油が石の間に入り込んだり、海浜に深く入り込む場合があるため、十分に清掃することが最も難しい海岸線の一つである。油が入り込んだこのような海岸線は支持力が弱く、車両も人も海浜を移動することができないために、重度に油で汚染された石を大量に除去することが厄介な問題になる場合がある。しかも、重度に油で汚染された大礫は、油混じりの砂や砂利に比べて、利用できる処分経路が限られる。しかし、遮浪性の海岸線では、

#### 大礫、中礫、砂利

	接近可能	接近困難
第1段階	油回収機/ポンプ バキュームカー フラッシング	手作業 手作業&吸着材
第2段階	フラッシング 磯波/大礫洗浄 機械 自然浄化	自然浄化 手で拭き取る
第3段階	自然浄化 磯波/大礫洗浄 サンドブラスト(稀)	自然浄化

▲ 表3：中間の基層の清掃に適用できる方法。



▲ 図34：岩場のある海岸線では、油と油混じりのゴミが潮だまりや割れ目に集まるため、手作業による大がかりな清掃作業が必要になる。

#### 岩と巨石

	接近可能	接近困難
第1段階	油回収機/ポンプ バキュームカー フラッシング	手作業 手作業&吸着材
第2段階	圧力洗浄 吸着材 自然浄化	自然浄化 手で拭き取る
第3段階	自然浄化 圧力洗浄 サンドブラスト(稀)	自然浄化

▲ 表2：岩と巨石の清掃に適用できる方法。



▲ 図35：岩場のある海岸線では、作業員の危険を最小限度に抑えるために、仮設通路を設けることがある。



▲ 図36：油混じりの砂利を袋に詰めて回収。

持続的なアスファルト舗装状態が形成されないように、重度に油で汚染された砂利を除去する必要が生じる場合がある（図36）。可能であれば、油で汚染された石を現場で洗浄すると、輸送、処分を要する廃棄物の量を最小限度に抑えられる。これらの環境では、フラッシングと磯波洗浄方法も特に有用である。

## 砂浜

多くの場合砂浜は貴重な観光資源と見なされ、清掃の優先順位が高い（図37）。通常、リゾート海浜はアクセスが良く、多くの油は海浜への浸透の深さが限られるため、一般的にリゾート海浜は清掃が最も容易な種類の海岸線と見なされている（図38）。しかし、潮汐の繰り返しによって油が海浜に埋まる可能性があり、低粘度油は粗粒砂中に浸透する。埋没した油を除去するには、フラッシング、磯波洗浄、砕土方法が適している。

仮設道路を設置して重機が海浜に入れるようにすると、例えば、脆弱な砂丘の動物生息地への損害を防ぐことができる。緩い又は粗い海浜で作業する車両は、車輪や轍が砂の中に埋まるリスクがある（図39）。これによって漂着油が海浜基層中に更に深く入り込む可能性がある。タンクローリーやその他の車両が海浜に乗り入れる場合は、荷を積んで重くなると、動けなくなることがある。

砂を過剰に除去すると海浜の浸食が生じる可能性があるとの懸念がしばしば示されている。しかし、大半の露出した海浜では季節周期による浸食と拡張が非常に大きいため、清掃作業中に除去された砂等の量は、通常、自然の変化に比べれば微々たるものであり、自然に補充されるのが普通である。しかしながら、海浜を可能な限り最短の時間で当初の使用状態に戻すために、時には他の場所から清浄な砂を運び入れることが提案される。この方法を採用する場合には、清浄な砂の密度と粒度を可能な限り元の砂と同じにして、新しい砂が元の砂と同じ挙動を示すようにすることが重要である。例えば、最初の砂より細かい粒度の砂を補充すると、洗い流されてしまうリスクがある。



▲ 図37：観光シーズンには、砂浜の清掃が優先事項になる場合がある。



▲ 図38：粗い砂浜で手作業による重油の回収。

砂浜		
	接近可能	接近困難
第1段階	油回収機/ポンプ バキュームカー 手作業/機械 溝 フラッシング	手作業 手作業&吸着材
第2段階	フラッシング 磯波洗浄 手作業/機械	自然浄化 手作業
第3段階	自然浄化 磯波洗浄 掘り返し及び砕土 機械 砂の篩分け	自然浄化

▲ 表4：砂浜の清掃に適用できる方法。

流出油が海浜に到達する前に十分な余裕をもって通報されれば、砂を高潮線より上に移動できる可能性がある。海浜の清掃が終了してから、この砂を元に戻すことができる。漂流物が漂着する前に除去すれば、処分すべき油混じりのゴミの量を大幅に減らすことができる。

## 泥の海岸

可能であれば、この種類の海岸に到達した油は、特に植生に打ち上げられた場合には、自然の風化に委ねることが望ましい。多くの場合、汚染の清掃を目的とする活動が却って油自体より多くの損害をもたらすことが分っている。踏み荒されたり、基層が浸食されることが原因である（図40&41）。

温暖な気候では、湿地の植生は一度油に覆われた程度であれば生き残る場合が多く、油に覆われた中から新しい植物が成長している事例も多い。これに比べると、熱帯地域でのマングローブ林への損害は予測が困難であり、マングローブの種類、油の性質（軽質油は重質油より毒性が強い）、基層の多孔度によっても異なる。粗い堆積物中のマングローブ林は、細泥の中で成長しているものより強いように思われる。

油が再移動して海岸線に拡散することを防ぐために油の除去が不可欠な場合、油を開水域に洗い流し、そこで封じ込めて回収することがある。この方法は海側から喫水の浅いボートであるいは陸側から仮設通路で海岸線に接近することで可能となる。代わりに、手作業で油を回収する場合は、植物の根と新芽に対する二次的な損害を最小限に抑えるように綿密な指揮の下で行わなければならない（図42）。



▲ 図39：荷を積んだ車両が柔らかい基層中へ沈む可能性がある。これによって、更なる損害を生じ、油が清浄な堆積物と混じる場合がある。

泥の海岸		
	接近可能	接近困難
第1段階	油回収機/ポンプ バキュームカー フラッシング	手作業 手作業&吸着材
第2段階	フラッシング 手作業	自然浄化 手作業
第3段階	自然浄化	自然浄化

▲ 表5：泥の海岸の清掃に適用できる方法。

鳥やその他の動物相に危険が及ぶ場合には、油で汚染された湿地の植生の切断及び除去を考えなければならない場合もあるが、踏み荒らすことによる長期にわたる損害のリスクとの間でバランスをとるべきである。マングローブは、切断すると回復までに長時間を要することが分かっているため避けるべきである。

## 珊瑚

生きている珊瑚は海面に露出していることは稀であるため、油で汚染されることはないと思われる。しかし、万一露出している珊瑚が油に汚染された場合は、そのまま放置して自然に回復するのを待つのが最良である。干潮時に干上がる珊瑚台地の自然浄化は、海水の低圧フラッシングによって珊瑚礁の油への露出を最小限度に抑えることで促進される。

例えば、油の再移動を防ぐために回収が必要な場合には、珊瑚の脆弱な構造に与える損害を最小限度に抑えるよう慎重に行うべきである。

## 管理と組織

海岸線清掃作業を成功させるには、清掃作業に投入される対応資源の効率的な管理が非常に重要である。事故対応の管理責任は、様々な組織又は機関から選ばれたチーム又は単一の政府機関が負うことがある。それぞれの場合、その役割は、海岸線で働く作業員を支援し、日々の作業上の問題、後方支援、今後の計画策定、メディア関係、作業の資金調達に対処することである。

使用する清掃方法を決定する際には、管理チームは、現地で海洋環境を様々な形で利用しているすべての人達の利害を考慮しなければならない。一般的には、レクリエーション、観光、漁業、工業、環境への関心等の利害が含まれる。これらの問題に取り組むための手段は、国の緊急事態への準備によって、また国毎に異なる。多くの場合、これらの関係各分野を代表するアドバイザーが管理チームに参加する。特に、環境脆弱性について適切な理解を欠いていることによって清掃作業が不要な害を与えないように、環境アドバイザーは多くの管理チームに共通する機能である。

海岸線の作業員の適切な組織も、同様に非常に重要である（図43）。これは、汚染された海岸線を小さい区域に分割することで実現できる。多くの場合は、海岸線の種類による自然の区分を利用する。各区域にスーパーバイザー又はビーチマスターを任命して、その区域の作業員について責任を持たせるべきである。人力による方法を利用する場合は、作業員を更に小さいチームに分けることがある。各チームにリーダーを置き、海岸線の一部を清掃するように割当を決める。任務は半日程度を目安として現実的な時間で達成できなければならない。任務を完了したことの満足感と成し遂げた進歩とが、過酷な条件で働く作業員が意欲を維持するために役立つ場合がある。同時に、海岸線は区画毎に整然と清掃される。通常、各チームは5～10名の作業員で構成され（図44）、各スーパーバイザー又はビーチマスターが受け持つ作業員が約100人即ち約10チームを超えないようにする。作業員は、手順良く効果的に清掃を行えるようにするため、また、安全衛生の問題についての意識を向上させるために、基礎訓練を受けるべきである。チームの食事と衛生面の必要性を担う施設は、作業現場の近くに設置すべきである（図45）。

作業員の潜在能力は作業がある程度進まなければ判断が難しい。そのため、海岸線で必要な作業員数は、代表的な区画で小規模な作業を確立して作業方法が最適化された後、別の区画で適切なレベルの労働力でこの作業を繰り返すことによって決定するのが最良である。必要な人数は、使用する清掃方法がどの程度の労力を必要とするか及び1日に無理なく処理できる汚染物質の量によって決まる。しかし、作業員の能力は、訓練、意欲、監督、さらに海岸の種類、接近のしやすさ、天候条件、汚染の程度によっても影響を受ける。既成の管理構造を備え、確立された指揮系統と協力関係を提供する現地の組織から作業員を集めるのが理想的である。軍隊の命令系統はこれらの基準を満たして



▲ 図40：油で汚染された湿地に押し入るような清掃作業を行ったために、油自体による汚染に加えてかなりの二次的な損害を与えた。



▲ 図41：海岸線の脆弱な地区で重機を使用すると、かなりの二次的な損害を生じる場合がある。この写真の例では、浮遊油を迅速に回収する必要性が優先事項とされた。



▲ 図42：マングローブ林の中に入り込んだ油は、脆弱性の高い構造への二次的な損害を最小限に抑えるために、除去の必要性を慎重に検討すべきである。



▲ 図43：作業の目的及びその目的を達成する手段を明確に理解できるように、作業員に明確な説明を行うべきである。



▲ 図44：最適の海岸線清掃チームは、任務を効果的に監督し進捗できるように10名の作業員で構成される。



▲ 図45：作業現場の近くに仮設の建物を設け、作業員に食事と衛生に関する便宜を提供する。

いる上に、この種の作業に役立つように思われるが、チームが大きくなりすぎる可能性があり、組織構造に若干の変更を加える必要があるかもしれない。更に詳しい情報は、別資料「油流出対応における指揮、管理」を参照のこと。

海岸線で作業を行う機材と車両の組織も同様に重要である。作業現場を清浄な区域と汚染区域に分離し、汚染区域内の車両数を制限しまたそれらの車両の汚染区域内の移動を制限することが、二次汚染を最小限にするために有効である。また、回収物の貯蔵施設や処分場への移送等を使用されるより大型のトラックは、海浜の外に待機させ、汚染区域と清浄な区域が分離された状態を維持する。これは、路面に拡散される油の量を減らすためにも役に立つ。車両の種類は、移送する廃棄物に相応しいものを選択し、積み荷が確実に固定されまた油が漏れ出ないようにしなければならない。

作業現場周辺の道路交通を管理して、作業現場に出入りするトラックの走行が妨げられないようにすべきである。公衆安全のため、特に重車両が使用される場合には、海浜を閉鎖する必要が生じる場合もある。

干満がある海岸では、潮汐を考慮して作業計画を立てなければならない。休憩時間と食事時間は高潮時にとることが望ましい。適切な照明を提供できる港内では夜間の作業が適している場合もあるが、その他の、例えば開放性の海岸線等では、たとえ照明があったとしても、夜間の作業は非効率であり、恐らく危険でもある。

除去された油と油混じりのゴミの量を毎日記録すると、指揮センターで進捗状況を作業現場毎に容易に監視できる。文書による報告の他に、大縮尺の地図上に各作業現場の状況及び人員と資機材の配置場所を容易に記録・監視できる。

各作業現場で使用する人員、資機材、材料の毎日の記録は、後に求償用書類の作成にも不可欠である。対応に関する求償のための更に詳しい情報は、別資料「油流出に関する求償の準備と提出」を参照のこと。

## 緊急時対応計画の策定

海岸線清掃の緊急時対応計画は地域についての高度な知識を必要とするため、計画の地理的範囲は、通常は単一の海岸行政当局の管轄区域内に限定される。計画は海岸の特定された長さの範囲内で油の清掃に責任を負う当局と組織によって策定されることが重要である。これらの組織の職員は、地域の準備を熟知していると思われるだけでなく、現実的で実践的な計画を確実に策定するための助けにもなる。ビーチマスターは通常、地元地域からその海岸線を熟知している人材が選任される。しかし、それでもビーチマスターは清掃方法及び作業員の管理と安全について訓練を必要とする。流出が発生した場合には、警察やその他の公的機関に、汚染地域への立入りの取締り又は別の面での対応支援が求められる。

清掃作業を管理する中心拠点又は一連の拠点を指定すべきである。この拠点は管理チームの收容施設として適当なものでまた適切な通信設備を備えていなければならない。管理チームと海岸線の各スーパーバイザーとの間に信頼できる通信設備があれば、調和がとれた対応が容易になる。必要があれば、想定されるシナリオに適した通信設備を調達すべきである。

回収された油混じり廃棄物の一時貯蔵、移送、最終処分についても、緊急時対応計画策定の中で検討すべきである。これらの問題が清掃の効率に強く影響する可能性があるからである。人員及び資機材の調達元、並びに調達元との連絡法の詳細を計画に明記すべきである。バキュームカー、フロントエンドローダー、一時貯蔵用の大型ゴミ容器又はその他の容器、温水洗浄装置、その他の資機材を提供できる請負業者を特定する必要がある。また、理想としては、流出事故が発生する前に貸出条件を合意しておく必要がある。

流出の初期段階では、海岸線の脆弱性を示す地図が特に役に立ち、緊急時対応計画策定プロセスの一環として、地図情報システム（GIS）に通常入力されている情報を用いてこれらの地図を作成することができる。これらの地図には、環境面で脆弱な資源の位置及び優先度の高い風致地域を示し、両者の季節による変動を特記すべきである。その他に、海岸線の種類、車両の進入路、重機に耐えられる海浜、海岸線で油処理剤を使つてはならない地域等の主要事項も記録されることがある。

緊急時対応計画については、組織に関する側面をテストするだけでなく、計画で特定されている資機材を実際に動員できることを確認するために、実践的演習を定期的を実施すべきである。緊急時対応計画の策定に関する更に詳しい情報は、別資料「海上油流出に対する緊急時対応計画の策定」を参照のこと。

## 要点

- 海岸線清掃の成否は、人員及び資機材の適時な動員の可否、並びに、作業を管理、遂行するために設立された組織の質によって決まる。
- 海岸線清掃の目的と終了時点は、作業の開始前に定義し、合意しておくことが最良である。
- 廃棄物の貯蔵、移送、最終処分は作業に強い影響を及ぼす可能性があるため、早い段階で考慮しなければならない。
- 使用すべき最も適切な清掃方法の決定は、海岸線の種類に大きく左右される。
- 移動性のある油は、他の場所へ移動しないようにするために、できるだけ早期に回収すべきである。
- 重機類は海浜を迅速に清掃できるが、清浄な基層も大量に除去され、移送、処分、浸食の可能性の問題が生じる。手間取るが手作業による方法の方が良いことが多い。
- 湿地帯、遮浪性の干潟、マングローブ林、珊瑚等の環境面で脆弱な海岸線は、自然の浄化作用が行われるように放置しておくのが最良であることが多い。
- 非風致地区では、対応の第1段階及び第2段階が終了すると、残留油は放置されて風化と自然分解に委ねられることがある。
- 人員と資機材を地域の緊急時対応計画で特定し、定期的実践的演習に動員して実効性をテストすべきである。

## 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。



## THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

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

Tel: +44 (0)20 7566 6999

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

Fax: +44 (0)20 7566 6950

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

24時間受付: +44 (0)7623 984 606



## 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)