



# 序

大抵の流出油清掃作業、特に海岸での作業では大量の油と油混じりの廃棄物を回収することになる。廃棄物の貯蔵と処分は、すべての対応作業の重要な側面であり、油流出緊急時対応計画において適切な廃棄物管理の規定が明記されなければならない。廃棄物の問題が対応活動の支障となったり、流出油清掃の完了後に長期にわたって費用のかかる問題になったりしないように、事故発生時に計画を立てることが非常に重要である。

本技術資料では、海洋環境において船舶を発生源とする油流出の結果として生じる廃棄物の管理に利用できる様々な対応方法を検討する。

## 廃棄物の問題

これまでの経験から、流出油対応の中で最も時間と費用のかかる要素は、多くの場合、回収された廃棄物の処理又は処分であることが分っている。発生する廃棄物の量は多くの要因に左右される。例えば、流出油の種類と量、油の拡散による海岸線汚染の程度等であるが、最も重要な要因は、流出油と油混じりのゴミを海面及び海岸線から回収するために使用される方法である。

比較的小規模な油流出でも、回収される廃棄物の量は直ぐに既存の処理施設の能力を超えてしまう可能性がある。この問題への取組を容易にするため、廃棄物への対処方法を油流出緊急時対応計画の重要な構成要素とすべきである。対応方法を決定する際には、予想される廃棄物の発生量を考慮するべきであり、可能であれば回収される廃棄物の量を最少限に抑えられる方法が優先される。加えて、特に海岸線の清掃においては、しっかりと作業員を監督することが不可欠である。しかし、たとえ適切で合理的な対応方法を使用するとしても、発生する廃棄物の量は、時には流出した油量の10倍にも達する可能性がある。

廃棄物が回収されると、その処理に必要な労力と費用は、貯蔵、移送、処理、処分の利用可能な方法並びに地域の規制要件に左右される。廃棄物の処理に関する決定は、事故の発生当初に、廃棄物の発生量と種類についての現実的な推定に基づいて行われなければならない。大規模で費用のかかる問題を避けるために、廃棄物処理過程のすべての段階で効果的な組織が必要不可欠である。世界的に環境意識が高まり、廃棄物の処分に関する規制要件が厳しさを増す中で、廃棄物の使用、リサイクル、処分の革新的な方法が必要になると思われる。

## 廃棄物の管理方法

「廃棄物への階層的対応」は、あらゆる形態の廃棄物に適用できる管理方法を分類し、優先順位を定めるために確立された国際的枠組であり、油流出による廃棄物の管理の基準として等しく効果的である。この階層的対応は、望ましい順に明確な5段階で構成されている。



▲ 図1：低圧フラッシングによって現場で油混じりの砂を洗浄する。吸着型オイルフェンスを適切に展張して、流れ出た油を捕捉する。

1. **発生抑制** 例えば、選択的海岸線清掃方法を使用して、汚染されていないものや水の回収を最小限に抑えるか油で汚染されたものを現場で処理することによって、油混じり廃棄物の発生量を抑える（図1）。消耗品、特に吸着材の使用を慎重に管理することも、廃棄物の発生を抑制する効果がある。海岸線における油の清掃及び吸着材の使用に関する他のITOPF技術資料に、廃棄物抑制の適切な方法について、さらに詳しく説明されている。
2. **再使用** 可能であれば、油で汚れた資機材や防護服を洗浄する等して、清掃作業中に使用した対応資源を再使用する。（図2）
3. **リサイクル** 液状の油を製油所の精製工程へ組み入れる、あるいは油と油混じりの物質を安定化させて土地埋立や道路建設事業において使用する。
4. **回収** 廃棄物の熱量を発電用又は熱源用の燃料として回収する。
5. **処分** 上記の方法で処理できない廃棄物は、焼却、埋立、堆肥化によって処分する。

現実には、廃棄物管理方法は、事故発生地域の廃棄物処理規制に適合する、利用可能な対応方法の中から、費用と能力とを考慮して決定される。様々な対応方法が技術的に実行可能である場合には（表1）、処分経路の選択においては費用効果が重要な要因になると思われる。しかし、油流



▲ 図2：廃棄物を最小限に抑えることは、油流出対応において考慮すべき非常に重要な問題である。防護服を含めて個人用保護具（PPE）は、可能であれば洗濯し再使用すべきである。

出はその性質上多くは迅速な対応が求められる緊急事態であり、また緊急時対応計画策定時に廃棄物管理に十分な注意が払われていない場合には、最も現実的で費用効果の高

い処分方法が環境を破壊せずに持続可能な廃棄物管理方法より優先されることになりかねない。

## 油及び油で汚染された物質の性質

一般論として、原油、比較的重質の重油、一部の潤滑油等の持続性油の流出は、大量の廃棄物を発生するものと見込まれる。油は、一旦流出すると風化が始まり、それに伴って水分含有量と粘度が上昇する。流出後最短時間で回収した油は、流動性が高く比較的汚染が少ない可能性が高い。時間が経つにつれて、船舶の破損、遺失貨物（図3）、海岸から流れ出したゴミ（図4）によって、油はより多くのゴミと混じり合う。

油に固体ゴミが混じっていない場合でも、海上の油回収は、使用される回収方法や油中水型エマルジョンの生成によって、大量の水が回収される可能性がある（図5）。あるいは、流動点が海水温より高い油は、流出後間もなく半固体になるため（図6）、スコップやグラブによる回収が必要になり、大量の海水が回収される結果になりがち

	廃棄物の種類	分離方法	処分方法
液体	非乳化油と廃水	<ul style="list-style-type: none"> <li>遊離水を静置及び重力分離する。</li> <li>回収した水はさらに処理及び濾過が必要な場合がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収油を燃料又は精製用原料として使用する。</li> <li>処理水を発生源へ戻す。</li> </ul>
	乳化油	次の方法でエマルジョンを破壊して水を取り出す。 <ul style="list-style-type: none"> <li>熱処理</li> <li>エマルジョン破壊剤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収油を燃料又は精製用原料として使用する。</li> <li>安定化と再使用</li> <li>焼却</li> </ul>
固体	砂混じりの油	<ul style="list-style-type: none"> <li>一時貯蔵中に砂から滲出した液状油を回収する。</li> <li>水又は溶剤で砂を洗浄して油を抽出する。</li> <li>篩に掛けて固体油又はタールボールを除去する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収した液状油を燃料又は精製用原料として使用する。</li> <li>処理水を発生源へ戻す。</li> <li>安定化と再使用</li> <li>ランドファーマーミング又は堆肥化によって分解する。</li> <li>埋立</li> <li>焼却</li> </ul>
	大礫、中礫、砂利と混じった油	<ul style="list-style-type: none"> <li>一時貯蔵中に海浜の砂等から滲出した液状油を回収する。</li> <li>水又は溶剤で海浜の砂等を洗浄して油を抽出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>洗浄後の石を発生源に戻す。</li> <li>安定化と再使用</li> <li>埋立</li> </ul>
	木材、プラスチック、海草、貝類、吸着材と混じった油。 油で汚染された漁具と資材一網、浮き、棚	<ul style="list-style-type: none"> <li>一時貯蔵中に滲出した液状油を回収する。</li> <li>ゴミに付着した油を水で洗い流す。</li> <li>遊離水を除去する。</li> <li>圧縮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチックと大型ゴミを除去してから安定化し再使用する。</li> <li>海草、貝類、天然の吸着材と混じった油をランドファーマーミング又は堆肥化によって分解する。</li> <li>埋立</li> <li>焼却</li> </ul>
	タールボール	<ul style="list-style-type: none"> <li>篩に掛けて砂と分離する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定化と再使用</li> <li>埋立</li> <li>焼却</li> </ul>

▲ 表1：油とゴミの分離と処分に利用可能な主な方法の概要。

である。また、非持続性の油が流出した場合は、短時間で自然に蒸発及び分散する傾向があるため、廃棄物の発生が問題になる可能性は小さい。

海岸線で回収された油は、通常、砂、中礫、木材、プラスチック、海草等の他の物質が大量に混じっていて、それぞれに必要な処理又は処分の方法が異なりまた分離が困難な可能性がある。例えば、油で汚染された木材は管理された条件下で、場合によっては現場で焼却できるが、一方、油で汚染された海草の焼却は現実的ではない。対応作業で発生する油混じりの物質、例えば吸着材（図7）、個人用保護具（PPE）、破損した封じ込め用オイルフェンス、貯蔵用袋（図8）及びその他の種類の廃棄物容器等は、油流出の結果生じる廃棄物の量を著しく増大させる。特に、経験の浅い作業員やボランティアが大勢動員された場合にその傾向が強い。漁具と養殖施設が汚染されて十分に清掃できない場合や、資材が廃棄処分される場合には、大量の廃棄物が発生する可能性がある。これらの問題は、漁業及び養殖業に対する油汚染の影響に関する他のITOPF技術資料でさらに詳細に検討されている。

## 移送、貯蔵、処分の準備

清掃の結果、大量の廃棄物の処分が必要になると、取り扱い及び移送の際に大規模な後方支援の問題がしばしば発生する。清掃作業を円滑に継続するために、通常、回収と最終処理及び／又は処分との間の緩衝措置として、廃棄物を一時的に貯蔵する必要がある。それによって、関係当局が廃棄物の適切な処理方法を決めていない場合に、処理方法を決定する時間の余裕ができる。海岸線清掃で生じる廃棄物については、海浜の奥の高潮線より高い位置に廃棄物を貯蔵することにより（図8）、移送を2段階に分けて行うことが可能になる。つまり、海浜での第一次貯蔵から中間貯蔵への移送、及び最終処理及び／又は必要に応じて処分への移送である。これにより、海浜からの第一段階の移送に使用する車両数を制限できるため、道路の汚染リスクが低く抑えられる。

油混じりの廃棄物は、地域の規制に従って移送、貯蔵、処分されなければならない。国によっては、一時処分場所、及び様々な処分業務を行う請負業者について許可が必要である。事故の発生当初から規制及び許可当局との



▲ 図3：船外へ失われたコンテナから流れ出たプラスチック廃棄物。油と混じり、マングローブ林に漂着した。



▲ 図4：廃棄されたプラスチック、家庭ゴミ、木材、植物、その他の廃棄物と混じった油。



▲ 図5：砂浜に漂着した乳化油。手作業による選択的回収によって、清浄な基層の除去される量を最小限度に抑えられる。



▲ 図6：オイルフェンスに封じ込められた半固体油。油をポンプで輸送することが困難なため、利用可能な処分方法が限られる可能性がある。

協議を行うことで、処分工程に関する重要な行政手続きが円滑に進む。

種々の廃棄物の流れは、できる限り、また複数の処分経路が利用できる場合には、回収時点で分離し、別々に貯蔵すべきである。処分経路のどの段階であっても、統制と規律が失われると、その後の処理が複雑になり、不要な追加費用が発生する恐れがある（図9）。例えば、大量の油、油混じりのゴミ、油で汚染されていないものは、別々の区域で貯蔵すべきであり、それによって夫々の区分について異なる処理・処分方法を適用することが可能になる。大量の油を周囲温度でポンプ移送できる場合には、油を密閉型のタンクに貯蔵することがある。しかし、粘度の比較的高い油のバルク貯蔵は、慎重に行わなければならない。タンクに加熱コイルが備わっていない場合は、加熱せずにタンクの内容物を完全に出し切るとは難しい場合があり、特に慎重を期すべきである。タンカーが利用できる場合には、費用がかかることがあるが大量の回収油を貯蔵することがある。

高粘度油は、処理と移送作業が円滑に進むように、舢、大型ゴミ容器、ドラム缶等蓋のない容器に貯蔵すべきであ

る。廃油の貯蔵が長期間必要になると思われる場合には、雨水の侵入を防ぐために蓋付きの容器に収納することが不可欠である（図10）。雨水によって油が浮き上り溢れ出す場合があるからである。専用の容器を利用できない場合には、海岸線で回収した大量の油は、締め固めた土の囲いの中又は厚手のポリエチレン（又はその他の適当な耐油性材料）で内張りしただけの簡単な貯蔵ピットに入れておくことができる。貯蔵ピットは、どこからでも容易に接近できるようにするために、大凡幅2メートル、深さ1.5メートルの細長いものが望ましい（図11）。しかし、ピットの大きさや数は、予想される廃棄物の量に相応しいものでなければならない。大雨の可能性がある場合には、廃棄物を入れる際にピットに余裕を持たせるべきである。砂丘等の脆弱な地域で大量の油の一時貯蔵が必要な場合には、浸食に繋がる恐れがあるので、安定化剤として役に立つ植物を阻害しないことが重要である。ピットを掘った場所はすべて、油の除去が完了した後埋戻しまたできる限りその区域を原状回復しなければならない。

プラスチック袋は、日光に曝されると劣化及び分解しやすく、内容物が漏れ出るため、油混じりの物質の貯蔵ではなく移送手段と考えるべきである（図12）。内容物が処分の



▲ 図7：部分的に油で汚染された吸着型オイルフェンス。廃棄物の発生を最小限度に抑えるため、吸着物質の大規模な使用は避けるべきである。



▲ 図8：油混じりの海浜の砂等を入れたプラスチック袋を一時的に高水標より上の場所に貯蔵する。滲出液を封じ込めるためにプラスチックシートを敷いてある。



▲ 図9：ほとんど分別されていない廃棄物を入れた内張りをしたピット。後に分別と処理に多大の労力が必要になる。



▲ 図10：舢に貯蔵された回収油。雨水が入らないように覆いが必要である。

前に何らかの処理を必要とする場合、通常、袋を空にして別々に処分する必要がある。廃棄物が容器に入れられているか、山積みされているか、その他の方法によって貯蔵されているかに関係なく、周辺区域や地下水の二次汚染を防ぐために、貯蔵区域を内張りして滲出液の捕捉及び処理対策を講じるべきである（図13）。一時貯蔵場所が住宅地の近くにある場合は、油で汚染された植物、ハエ、害虫の腐敗による悪臭が生活妨害になる可能性がある。

廃棄物の一時貯蔵区域の安全対策は、不法侵入に伴うリスクに応じて講じられるべきであり、警告板や規制線による区域の遮断から侵入を阻止するフェンスや24時間の監視まで多様な対策がある。特に都市中心部に近い場所では、適切な安全が確保されないと、家庭ゴミや商業廃棄物が一時貯蔵区域に投棄されるリスクもある。廃棄物の投棄や二次汚染から生じる問題を防止するために、廃棄物を指定された最終処分地へ移送するまでに要する期間を最小限に抑えるべきである。

最終処分方法が決定していて処分能力が十分にある場合には、廃棄物を海岸線から最終処分地まで直接移送することにより一時貯蔵の必要が無くなる。これにより二度

手間が省かれて廃棄物の集積が最小限度に抑えられ、対応全体をより迅速にまたより優れた費用効果で完了することができる。

指揮センター内で作業の進捗状況を監視できるように、回収された油混じりの廃棄物の量と種類を記録すると良い。記録はその後の求償書類の作成にも役に立つ。

## 廃棄物の最小化

対応作業中に発生する廃棄物の量を最小限度に抑えることを優先的に考えれば、処分に伴う諸問題は軽減される。他に優先すべき要因がなければ、清掃方法を検討する際の重要要因として考えるべきである。

油と共に回収されるゴミの量によって、廃棄物の処分が複雑になる場合が多い。ゴミが自然に集まる場所を確認するために海岸の調査を行っておけば、油が海岸に漂着しそうな場所が分ることが多い。このような海岸線で、油が到達する前にゴミを除去できる場合がある。それによって、油で汚染されてからの処分費用に比べて、ごく僅かの費用で



▲ 図11：乳化した重油を大型ゴミ容器から内張りした一時貯蔵ピットに移している。



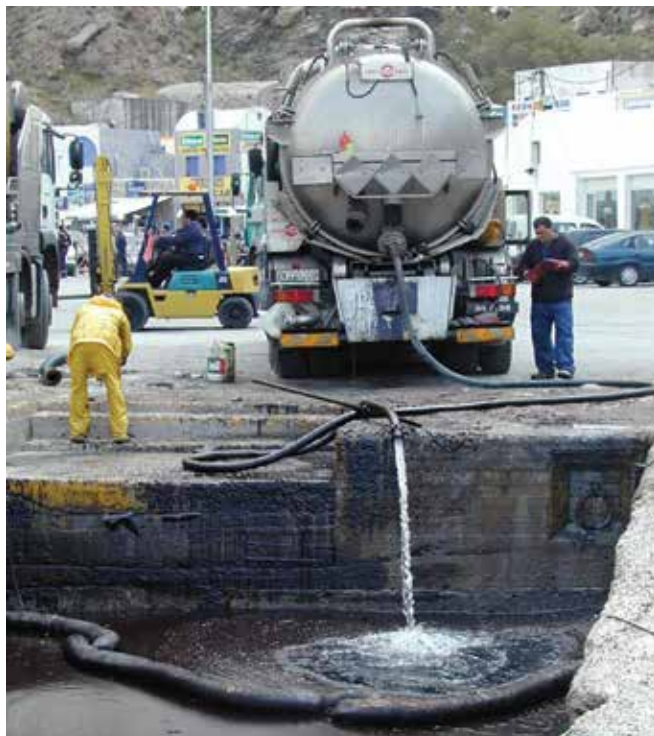
▲ 図12：プラスチック袋を長期間日光に曝しておく、劣化して再汚染に繋がる可能性がある。



▲ 図13：一時貯蔵で積み上げられた油混じりの砂から流れ出した滲出液を捕捉し処理することにより、周辺区域と地下水の二次汚染を防止する。



▲ 図14：油が漂着する前に海岸線からゴミを除去すれば、処分の必要な油混じりの廃棄物の量を減らす効果がある。



▲ 図15：回収された油混じりの水をバキュームカーの中で静置分離した後、分離水を流出区域に排出する。

済む（図14）。あるいは、ゴミが集まる区域をオイルフェンスで優先的に保護して、汚染されていないゴミが油で汚染されるリスクを減らすこともできる。

最終処分が必要な廃水の量を最小限に抑える取組みとして、海上又は海岸付近で回収された油水混合物から分離した水を排出できることがある。油回収船上のタンク、バキュームカー（図15）、その他の装置内で油を静置分離した後、底部の弁からオイルフェンスを展開した区域に水を放出することがある。このようにして油を濃縮すると、一時貯蔵設備の容量を最大限に活用できるため、容量の追加を手配している間の回収作業の中断を減らすことができる。しかし、国によっては、管轄当局から特別許可を受けない限り、地域の規制によって如何なる液体も海上放出が禁止されている場合があることを注意すべきである。

汚染された海浜の砂等から現場で油を回収できる場合がある。例えば、回収した海浜の砂やゴミ等から滲出した油を貯蔵区域の周囲に設けた溝の中又は堤の内側に封じ込めることができる。次に、油で汚染された海浜の砂等を水で洗浄して油を流し出すことがあるが、時には柑橘系の洗浄剤等の適当な溶剤を水と併用することもある。洗浄は低圧ホースを使用して行い、一時貯蔵ピット内のゴミから油を分離して浮き上がらせることができる。それによって生成した油水混合物を、次の重力分離工程へポンプで移送することができる。別の方法として、汚染物を格子又はワイヤメッシュの上に置き、下に置いた大型ゴミ容器又はタンクに油を排出させる（図16）。この方法は、廃棄物を水で洗い流しながら行くと円滑に進むが、油混じりの水が大量に発生する可能性がある。分離は、水又は溶剤を使用して閉鎖系で行うこともできる。装置は、小規模バッチ作業用の標準セメントミキサーか



▲ 図16：間に合わせで作成された廃棄物濾過装置。回収油を格子付き漏斗に通して、ゴミを取り除く。

ら大規模連続処理用の鉱石処理装置まで、広範囲に亘る機材をベースに開発された。これらの大規模なシステムは、特定の状況において好結果が得られることが判明しているが、十分な清浄レベルに到達するまでに時間がかかり、また廃水中の高レベルの細粒や屑の分離が難しい場合がある。したがって、油流出事故で広く使用されるまでには到っていない。

高度の清浄基準が求められるリゾートビーチ等では、清浄な砂から油をタールボールの形で手作業で選別して拾い集めることで、廃棄物の量を減らすことができる。軽度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、機械式及び静電気式の篩分け装置が使用される場合がある（図17）。油で汚染された大量の海浜の砂等を現場で清掃する作業は、多くの場合労働集約的であるが、砂等を海岸線から離れた場所へ運んで処分する他の方法と比較すると、費用については有利な場合もある。

多くの事故において、発生する廃棄物の相当部分は合成物質の吸着材であり、この吸着材のかなりの部分は、油をあまり吸着していないかあるいは全く吸着していないことが多い（図7）。したがって、吸着材の使用を、他の対応方法では適当でない場合に限りまた完全に使い切るように注意すれば、廃棄物の問題はかなり減少する。

油混じり廃棄物を家庭ゴミと共に焼却処分しなければならない場合は、廃棄物の発熱量に応じた費用のスライド制（油含有量が多い即ち発熱量が高いほど処分料金が安くなる）に合意しておけば、油で汚染されていない廃棄物の収集量を最小限に抑えようとする動機付けになる。



▲ 図17：発生する廃棄物の量を減らすために、砂からターボールを機械的に篩い分ける。



▲ 図18：生石灰を使用した油混じり廃棄物の安定化。

## 処理と処分の方法

油及び油混じりの廃棄物の最終処理と処分には多くの方法が利用できる。その概要を表2にまとめ、また以下の各節で説明する。事故における最適な処分方法は、様々な要因によって決まる。例えば、廃棄物の種類と状態、適当な処分場所と設備の利用可能性、必要な費用、規制による制約等である。

### 油の回収

油混じりの廃棄物について、二次使用を目的として、最終処理又は重油との混合を行えるように、十分な量の油を回収するべく処理する場合がある。このプロセスは、油の発熱量を利用するもので、油を販売することで金銭収入を得て処分費用と相殺される。多くの場合、最も費用効果が高い回収油の利用法であり、最初に検討する対応方法の中に含めるべきである。処理又は混合した油の引き取り先として、製油所、廃油リサイクル専門の油回収請負業者、発電所、セメント工場が考えられる。しかし、これらの施設の大半は、厳しい規格基準に適合した原料しか受け入れないので、回収油は適切な品質を備えていなければならない。例えば、ポンプで輸送できること、固形分が少ないこと、塩分含有量が製油所での処理のためには0.1%未満であること又は重油に混合するためには0.5%未満であることが必要になる（※数値は製油所により異なる）。油がリサイクルに適している場合であっても、精製業者やその他の業者は貯蔵又は処理能力が限られていると思われるため、代替の中間貯蔵設備が必要になる場合がある。この点では船舶スロップ受入設備とタンカーバラスト排出ステーションが適しているが、容量が限られる場合がある。

海上で回収した油は、通常、同伴する遊離水を分離するだけで良いため、処理の準備が最も容易であると言える。これに比べると、油中水型エマルジョンから水を抽出することはより難しい。不安定なエマルジョンは最大80°Cまでの加熱処理によって破壊でき、油と水を重力で分離できる。より安定したエマルジョンは、「エマルジョンブレイカー」又は「解乳化剤」と呼ばれる化学薬品を使用しなければならない場合がある。大半の油は、熱処理と解乳化剤によって粘度を下げ、ポンプで輸送できる状態にすることができる。

すべての種類のエマルジョンの破壊に適した化学薬品は存在せず、また最も効果的な薬品と最適の添加量を決めるには、現場試験が必要になる。一般的な添加量は、処理するエマルジョン容積の0.1%から0.5%の範囲内である。処理は、混合が十分に行われて必要な薬品添加量を最小限に抑えられるように、回収装置からタンク又はタンクからタンクへのエマルジョンの移送の間に行うべきである。エマルジョンブレイカーは、ポンプの入口又は真空吸気口に組み込まれたインラインスタティックミキサーの入口へ注入される。分離後、水相にはエマルジョンブレイカーの大部分と最大0.1%までの油が含まれるため、この混合物を処分する際には注意を払わなければならない。

### 安定化

流木やその他のゴミを大量に含まない油混じりの砂は、生石灰（酸化カルシウム）等の無機物質と結合して不活性物質を生成することにより油の滲出を防ぎ、また未処理の油混じりの砂より緩い条件での処分が可能になる（図18）。また、このような混合物は、土地改良及び道路建設に利用されることがある。ただし、道路への利用は、側道や道路脇の盛土等、高耐荷重特性が求められる場所に限られる。言うまでもなく、この技術が適切であるためには、安定化材を潤沢に供給できなければならない。通常、生石灰はセメント工場から調達することができる。また、廃棄物中の水と反応して熱が発生するため、油の粘度が下がり、結合が容易になるという利点がある。他にもセメント、ゼオライト、微粉燃料灰廃棄物、一部の市販品等も使用できる。

必要な結合剤の最適量は、油の量ではなく主に廃棄物中の水分量によって決まる。水分量は実験によって測定できる。生石灰は、通常、処理される廃棄物の5〜30%の重量が必要になる。処理は、中央施設又は流出現場で行うことができる。結合剤は処理センターで連続工程により廃棄物と混合される。この工程では、連続式ドラムミキサー等高価な機材を使用しなければならない。この工程で熱が発生しまた反応が腐食性であるためにコンクリートミキサーは使用できないが、少量であればコンクリートミキサーを使用してバッチ工程で処理できる場合がある。



あるいは、最終処理場所の処理床に最大30cmまでの厚さに廃棄物を広げ、粉碎ミキサーを使用して石灰と廃棄物とを混合することができる。処理後、廃棄物は適当な場所に置いて覆いをするか、埋立地へ送る。十分な土地が利用できれば、費用効果の優れた方法になり得る。

例えばタンクローリーではなく無蓋トラックや大型ゴミ容器で混合物をより容易に移送できるようにするために、流出現場に設置されたピットで一次混合を行うことが望ましい場合がある。その後、専用機材を使用する大型受入施設で最終処理を行うことになる。

この方法では、大量の腐食性粉塵が発生する可能性があるため、可能であれば、周辺地域への拡散を最小限度に抑えられるように処理場所を選択すべきである。また、作業員が防護服と防護マスクを着用して皮膚、肺、眼を保護することも重要である。混合後、それを道路建設に利用する場合には、必ず道路建設用機材を使って締固めを行わなければならない。

## 焼却

状況によっては、流出したばかりの浮遊油を現場で焼却することが、大量の油を迅速に除去する効果的な方法になる場合がある。しかし、流出油は海上では短時間のうちに揮発性成分を失う傾向があり、また通常は大量の水を取り込む。その結果、特に油が長時間海上を漂っていた場合、海岸に漂着した油の焼却は初めに水分含有量を減らさない限り困難である。非常に遠隔の地域を除いて、封じ込められ

ていない油や海岸の油混じりのゴミを直接焼却することは勧められない。焼却によって生じる炎と濃い煙は制御が困難なためである。油を陸上の屋外で焼却すると、油が拡散し地中に吸収される傾向もある。さらに、完全燃焼させることはほとんど不可能であるので、タール状の残渣が残る可能性がある。

これらの諸問題は、高温制御燃焼によって廃棄物を消滅させる焼却炉を使用することで克服できる。主に医療廃棄物の焼却用として、辺鄙な場所で使用するために開発された可搬型焼却炉がある。しかし、地域の規制と環境への配慮から、海岸線で油混じりの廃棄物を焼却するためにこのような装置を使用することが禁止されている場合があり、またこの装置は小規模の廃棄物を小バッチでしか受け入れられない。大規模の場合は、セメント工場や工業用炉による焼却が油混じりの廃棄物の効果的な焼却方法である。ただし、大型の固形物の除去等の技術的な制約並びに廃棄物中の重金属、塩素、硫黄に関連する問題がある。

十分な発熱量を持った廃棄物は、炉を焚くために必要な燃料の代替として使用できるため、セメント工場での混焼も費用効果の優れた処分方法である。しかも、通常はセメント製造の原材料供給工程においてアルミニウム、シリカ、粘土、その他の無機物が添加されるが、廃棄物の焼却によって生成する灰からそれらが供給される。しかし、受け入れられる油混じりの廃棄物の種類が限られ、またセメント工場は大抵海岸線から遠い場所にあるので、輸送費と後方支援を考慮しなければならない。

	長所	短所
再処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>油の熱特性を利用してリサイクルする。</li> <li>永続的な貯蔵が不要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>油混じり廃棄物は前処理が必要になる場合がある。</li> <li>施設と処理能力が限られる。</li> <li>処理待ちの間、廃棄物の長期貯蔵が必要になる場合がある。</li> </ul>
安定化	<ul style="list-style-type: none"> <li>国の規制により、安定化された油混じり廃棄物についてはより容易な処分が認められている場合が多い。</li> <li>安定化された油混じり廃棄物を建設工事にリサイクルする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小さなゴミが含まれる油混じりの砂、砂利、中礫に限り適切な方法である。</li> <li>油混じり廃棄物の処理には、熟練の要員と適切な受入設備、資機材が必要になる。</li> </ul>
焼却	<ul style="list-style-type: none"> <li>多種類の油混じり廃棄物に使用できる。</li> <li>永続的な貯蔵は不要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>費用が比較的高額になる処分プロセスである。</li> <li>適切な施設と処理能力が限られる。</li> <li>廃棄物の長期貯蔵が必要な場合がある。</li> </ul>
ランドファーマーミング又は堆肥化	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然の生分解作用を加速する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適切な場所が見つげにくくなっている。</li> <li>広い土地が必要なため、比較的小規模な流出事故にのみ適用可能である。</li> <li>油の全成分が分解されるとは限らない。</li> <li>時間のかかる方法で、定期的な耕耘と監視が必要。</li> </ul>
埋立	<ul style="list-style-type: none"> <li>有機廃棄物は、埋立地で自然生分解する可能性がある。</li> <li>大量の廃棄物を迅速に処理できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域の規制によって、適用が制限される。</li> <li>有害廃棄物用に指定された処分場所は非常に少なく、料金も高い。</li> <li>多種類の廃棄物が長期間持続すると思われる。</li> </ul>

▲ 表2：油とゴミの処理と処分に利用可能な代表的な方法の長所と短所の概要。



▲ 図19：家庭廃棄物との混合処分のために大型工業用焼却炉の積み込みシュートに投入される油混じり廃棄物の袋。

一般的に、家庭廃棄物用の焼却炉は大量の油の処分には適さない。海水から生成する塩化物が焼却炉の基幹部分の腐食を引き起こす場合があるためである。少量の油混じりの廃棄物と他のゴミとの混合処分の受入可能な施設も一部にはあるが、焼却温度を制御するために油混じりの廃棄物と油の混じらない廃棄物との比率を慎重に検討しなければならない(図19)。油で汚れた防護服、吸着材、網、その他の資材は、油の含有量が少ないことがあり、混焼で処理できる場合が多い。高温産業廃棄物用焼却炉は、塩分への耐性が高いと思われるが、台数に限りがあり、辺鄙な場所に設置されている場合がある。また大量の油混じり廃棄物による追加の負担に迅速に対処できるだけの十分な能力を持っていない可能性もある。しかし、油混じりの廃棄物の長期貯蔵が可能で時間をかけて廃棄物処分工程へ投入することが可能であれば、受入可能かつ効果的な処分方法になり得る。

熱分解つまり無酸素環境で廃棄物を熱によってガスと固体残渣に分解する方法は、専門的で費用がかかり施設も限られるが、大規模事故において使用されてきたもう一つの処理方法である。

## ランドファームと堆肥化

油及び油混じりの廃棄物は、十分な時間を掛ければ、通常は生物学的作用(生分解)によって分解する。しかし、この作用は進行速度があまりにも遅いため、短期間の清掃方法としては現実的でない。微生物による油の生分解は、油水界面でのみ起るため、陸上では油を湿った基層と混ぜなければならない。分解速度は、温度及び酸素、窒素、リンの供給量によって決まる。またレジンやアスファルテン等油に含まれる一部の成分は分解耐性があり、長期間持続する可能性がある。

生物的環境修復法は、油の微生物分解を加速する方法を表す用語である。このような方法の一つがランドファームであり、油とゴミは指定された範囲の土地に薄く広げられる。長年に渡り、製油所は油混じりの廃棄物を処理するためにランドファームを建設していたが、次第に規制によ



▲ 図20：廃棄物埋立場所。油分濃度の低い廃棄物は、慎重に制御された条件下で家庭廃棄物と混在させることがある。

って使用が制限されるようになり、ランドファームに適した場所も見つけにくくなっている。ランドファームは広大な土地が必要でありまた分解速度が遅いため、比較的小規模な油流出にしか適用できない。汚染された物質は、油含有量が比較的少ないものでなければならない。また、理想としては選定される土地は価値の低い、飲用水供給施設から十分な距離のある場所で、浸透性があってはならない。最初に耕耘機を使用して表層土をほぐし、油の流出を抑えるために区域の周囲を堤で囲う必要がある。次に油混じりのゴミを20cm以下の深さで表層土の上に広げるが、最大適用率は、土地1ヘクタール当り油400トン程度である。油は、粘着性が無くなるまで風化させ、その後鋤や回転式耕耘機を使用して土と十分に混ぜる。混合は、曝気とそれによる生分解速度を増大させるように、間隔を置いて繰り返し行わなければならない。生分解速度を上げるために肥料を加えても良い。ランドファーム技術を使用する場合、清掃作業に使用する吸着材は、天然素材の方が分解が速いので、合成物質素材より藁、ピート、樹皮等が望ましい。木材や巨石等の大型のゴミは取り除かなければならない。油の大半が分解すると、その土壌で樹木や草等の多くの種類の植物を育てることが可能になる筈である。作物が成長した際には、重金属の含有量について慎重に監視すべきである。

分解を加速するもう一つの効果的な方法は、堆肥化技術の利用であり、汚染された海草や天然の吸着素材に対して特に有効である。混合物の油含有量が比較的低ければ、山積みして堆肥化を促進することができる。空気を導入して分解を加速することにより成果が上がった例もある。山積みすると、堆肥化が続く間に発生した熱が保持されるため、寒冷な気候でランドファームによる分解に時間がかかる場合に、特にこの技術が適している。

状況によっては、油の自然分解を加速するために、市販の生物的環境修復剤や肥料の使用が適している場合もある。しかし、その使用によって得られる利益が費用に見合うものであるように、慎重に使用すべきである。

## 埋立

油混じりの廃棄物を特別に指定された埋立地で処分することは、最も一般的に使用される方法である。現在は多くの国で規制によって厳しく制限されているものの、この方法が油流出事故で発生した廃棄物量に対応する唯一の現実的対応方法になる場合がある。埋立地は、特別な条件下で許可される場合が多く、廃棄物の受入は廃棄物の種類又は量が制限されるか、あるいは汚染物質の濃度が一定の限度以下の廃棄物に限られる場合がある。国によっては、油で汚染された廃棄物は、有害廃棄物用に指定された場所で処分する必要がある。通常、このような場所は数が少なく、汚染された海岸線からかなり離れていることがある。

直接処分が可能な場合には、滲出液による二次汚染を防ぐために、処分予定の廃棄物は油の含有量が少なくなければならない。正確な含有量は場所によって異なる。油混じりの廃棄物の処分地は、地下水の汚染リスクを防ぐために、特に地下水が家庭用又は工業用に汲み上げられている場合には、亀裂のある又は多孔性の地層から十分に離れていなければならない。油と家庭廃棄物の混合処分は、油がすべての種類の家庭廃棄物にしっかりと吸着されて滲出する可能性がほとんど無いと思われるため、一部の国では許容される場合がある（図20）。油混じりの廃棄物は、家庭ゴミを少なくとも4m積み上げた上に、水が自由排出できるように、厚さ0.1mの細長い表面層にして又は深さ0.5mの溝を掘った中に置かなければならない。現場の車両によっ

て圧迫されても表面に油が滲み出さないようにするため、最低2メートルの家庭廃棄物で覆わなければならない。

## 緊急時対応計画の策定

緊急時対応計画においては、様々な量と種類の油混じりの物質に対処できる処分方法を検討しなければならない。計画は、対象地域の範囲を限定しなければならない。採用される清掃方法と処分方法は、国及び地域の廃棄物規制並びに原材料、資機材、流出現場に近い適切な処分地の利用可能性によって大きく左右されるためである。計画は定期的に更新して、処分方法の利用可能性に影響を与えることがある規制の変更に対応しなければならない。油の回収や処理を専門とする請負業者の連絡先の詳細、及び廃棄物の受入が可能と思われる製油所、焼却炉、その他の施設の場所と能力を計画の情報ディレクトリに含めるべきである。

緊急時対応計画策定プロセスの一環として行われるリスク評価によって、油流出が発生する可能性がある区域及び油が漂着すると思われる海岸を特定する。早い段階で、廃棄物の一時貯蔵地をこれらの高リスク区域の近くに特定すべきである。次に、最終処分の問題は、各処分経路の能力を超えないように段階的に取り組むとよい。土地所有者及び規制当局との事前合意があれば、事故発生時に貯蔵場所の建設が容易になる。緊急時対応計画策定については、他のITOPF技術資料で詳細な手引が示されている。

## 要点

- 油及び油混じりの廃棄物の処分は、特に海岸線の清掃後に大量のゴミが発生しそうな場合に重要な問題である。したがって、緊急時対応計画策定時に廃棄物の処分について考慮することが必要不可欠である。
- 油及び油混じりの廃棄物を処理するために様々な方法が開発されているが、多くは適用と能力に制約がある。大規模流出事故の発生時には、あらゆる対応方法を検討する必要がある。
- 廃棄物の処理に関する決定は、事故当初に行うのが最良であり、発生すると考えられる廃棄物の種類と量についての現実的な推定に基づいて行わなければならない。
- 可能性のある廃棄物回収又は処分の方法を決定する場合には、地域の廃棄物規制を遵守し、また管轄当局に相談すべきである。
- 油流出リスクの高い地域では、海上又は海岸での油の回収と最終処分との間の緩衝措置となる一時貯蔵の利用可能性を予め確認しておくべきである。
- 様々な廃棄物についてそれぞれの処分方法がある場合には、回収時点で廃棄物を分別すべきである。
- 有用な油の回収の実現可能性を処分の前に検討し、廃棄物の熱量を有効活用できるように考えるべきである。
- 油を分解する方法は費用がかかると思われるが、埋立よりも望ましい。
- 取り扱いと移送を含む処分費用は、油流出対応の総費用の相当部分を占めると思われる。

## 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)