

IPIECA  
報告書  
シリーズ

第5巻

# 油処理剤と 油流出対応における役割



国際石油産業環境保全連盟

IPIECA  
報告書  
シリーズ  
第5巻

## 油処理剤と 油流出対応における役割



International Petroleum Industry Environmental Conservation Association  
2nd Floor, Monmouth House, 87-93 Westbourne Grove, London W2 4UL, United Kingdom  
Telephone: +44 (0)20 7221 2026 Facsimile: +44 (0)20 7229 4948  
E-mail: info@ipieca.org Internet: <http://www.ipieca.org>

© IPIECA 1992. Japanese edition printed August 2000. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior consent of IPIECA.

*This publication is printed on paper manufactured from fibre obtained from sustainably grown softwood forests and bleached without any damage to the environment.*

PAJ

日本語版：翻訳／発行  
石油連盟  
東京都千代田区大手町1-9-4  
(経団連会館ビル 4F)  
Tel: 03-3279-3819  
Fax: 03-3242-5688

# 目 次

- ② はじめに
- ③ 序 論
- ④ 油処理剤とその作用
- ⑥ 油処理剤の効果と限界
- ⑨ 効果及び毒性に関する試験
- ⑩ 敷布の判断
  - 総合環境影響評価
  - 水中の分散油
  - 化学分散油と非処理油の環境への影響比較の現場実験
  - 経済的考察
- ⑭ シアーズポート実験
- ⑯ 油処理剤と緊急時対応計画
  - 油処理剤使用の事前承認
  - デシジョンツリー
- ⑮ シナリオの例
- ⑯ 敷布方法
- ㉑ 結 論
- ㉒ 謝辞及び参考文献

# はじめに

この報告書は、国際石油産業環境保全連盟(IPIECA)の依頼により作成された新シリーズのうちの一つである。この報告書シリーズは、1989年から1990年にかけて発生した大規模油流出事故を契機として起った、油流出に対する準備及び対応に関する世界的な論議に対するIPIECA会員共同の貢献を表すものである。

これらの報告書は会員の共通認識を示すもので、IPIECAはその作成に当つて、「石油製品の海上輸送に関わるすべての組織が、石油及び石油製品の輸送、取扱、貯蔵に関連する作業を管理する際に考慮すべき原則」として下記の事項を指針とした。

- 流出防止に全力を注ぐことが特に重要である。
- 個々の組織が最善の努力をしても、依然として流出は起り、地域環境に影響を与えるであろう。
- 環境被害を最小限に抑え、また被害を受けた生態系を速やかに回復させるような流出対応を講ずるべきである。
- 対応は、常にできる限り自然の力をを利用して行うべきである。

石油及び石油製品の輸送・貯蔵・取扱の作業においては、流出防止措置を優先した管理に重点をおくことが求められている。しかし、今後も流出事故を皆無にすることはできないと考えざるを得ない以上、緊急時対応計画の策定も優先すべきである。それによって流出の被害を少なくする迅速な対応をとることができるようになる。緊急時対応計画は、操業の特性、流出の規模、地域の地形、気象条件に応じて臨機応変な対応をとることができるようになつていなければならず、また、関係者の支援が得られ、要員・資機材を迅速に動員できるようになつていなければならない。油流出管理と防除技術に関する要員を養成し、緊急時対応計画を評価するために訓練と演習が必要であり、それが最大の効果をあげるために官民両機関の代表が協力して実施することが必要である。

企業と第三者が請負契約を結び、協力体制や共同事業体制で油流出対応を行う方法も効率的である。このような体制をとる場合、定期的に見直し・評価を行うことによって能力と効率を維持することができる。

産業界と国家機関との間の密接な協力のもとに緊急時対応計画が策定されると、それぞれの計画の間で最大限の調整と理解が可能になる。この協力は、産業活動の分野における政府の環境保全施策を支持するものでなければならない。

マスコミや社会全般が、石油産業の操業(特に油流出に関して)に关心を持っていることを考えると、彼らの心配を和らげるためにマスコミ及び直接大衆と積極的に協調することが重要である。事故に対し迅速且つ充分に対応できる(対応能力の限度内のことであるが)ことを確認し合うことも望ましい。

防除措置は、廃棄物処理を含めて、生態系や公共施設への被害を最小限に抑えるような技術を用いて行うことが重要である。油流出対応に関する経営の役割として重要なことは、特に発生の防止、包囲、軽減等の方法(機械的・化学的手段を含む)に関する研究分野を拡大することである。

## 序　論

油流出による最悪且つ悲惨な結果を考えてみよう。油に覆われて死んだ野生生物、窒息して死滅した海岸の甲殻類養殖場、油浸しのマングローブ湿地、枯れた樹木。このような破壊を最小限に抑えることができる対応法があれば、検討に値する。

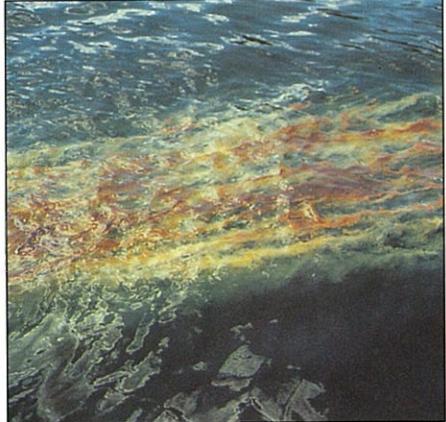
油処理剤もそのような対応法の一つである。油塊を破壊することによって、油による被覆作用や窒息作用を小さくすることができる。また、生物学的被害を減らすことができる場合もあるという科学的な証拠もある。しかし、油処理剤は万能薬ではない。この報告書は、特に環境に関する事項に言及することにより、油処理剤の使用が有効である場合とそうでない場合について、公平に見解を示すことを目的としている。

可能な限り、油流出事故や現場実験から得た現実の情報を用い、また、緊急時対応計画の策定との関連で油処理剤の使用を検討した。



Jenifer M. Baker

## 油処理剤とその作用

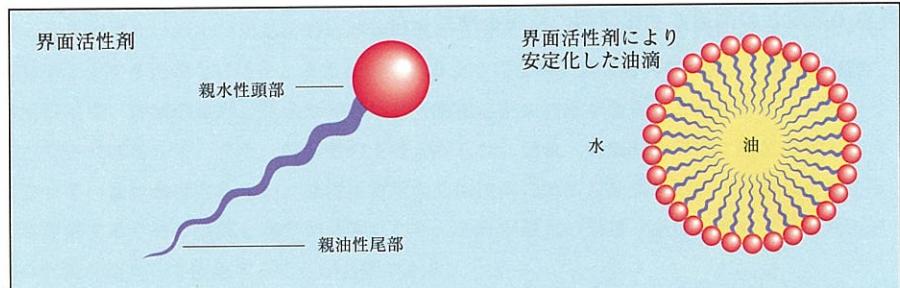


分散して油滴群になった油処理剤処理油

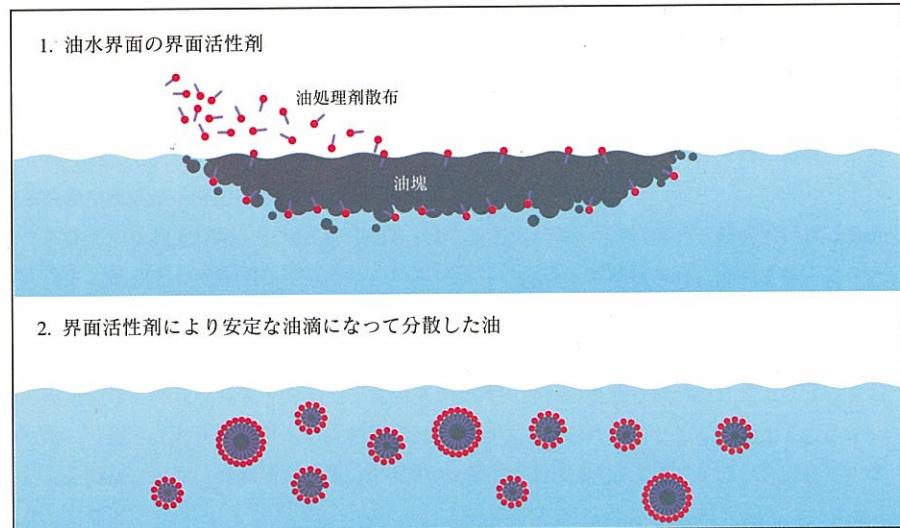
「油と水は混じり合わない」というのが常識である。しかし、少量の油を水と振盪すると、油は小滴となって物理的に分散する。同様に、海面の油塊は波動エネルギーによって物理的に小滴に分散することがある。波動エネルギーが低いと分散は起り難く、その上物理的に分散した油滴が比較的静穏な海域へ移動すると、凝集して更に大きな油滴となり再び油塊を生成する傾向がある。

油処理剤は、多数の小さな油滴の生成を促進し、油滴が再凝集して油塊になることを遅らせる。これは、油処理剤中に含まれている界面活性剤が油水間の界面張力を減少させるからである。界面活性剤分子は、水分子と結合する親水性の頭部と、油と結合する親油性の尾部を持っている。従って、油滴は界面活性剤分子に囲まれて安定な形になり、水の移動によって希釈が急速に進む。

界面活性剤は、水を求める親水性の頭部と油を求める親油性の尾部から成り、それによつて油滴を安定させることができる。



図は、油水界面にある界面活性剤(1)、及び界面活性剤の作用で安定な油滴に分散した油(2)を示す。



無数の小滴の生成により、油の表面積が増大してバクテリア及び酸素との接触が増加し、生分解が促進される。揮発性炭化水素の蒸発が増大し、ムース(高粘度で、扱いにくい油中水エマルジョン)の生成が抑えられるが、水中への油の分布が増加する。これらの利点と欠点及び油処理剤使用に関する他の問題を考慮することが最も重要であり、これについては次章以降で述べる。

界面活性剤を作用させるためには、油全体に分布させる必要があるが、そのために溶剤が用いられる。油処理剤は通常、溶剤の種類と使用法によって分類される。現在使用されている主な種類は下表に示すとおりである。1967年のトリー・キャニオン号の油流出事故で使用された第一世代の油処理剤に比べると、これらはすべて低毒性である。

	溶剤の種類	使 用 法
タイプ1	芳香族含有率が低い炭化水素	希釈せずに使用、高散布率で使用することが多い(油処理剤1:油1~3)
タイプ2	アルコール、グリコール又は水	10%海水溶液で使用するのが一般的、希釈油処理剤1:油3(=無希釈油処理剤1:油30)
タイプ3	アルコール、グリコール又は水	無希釈、油処理剤1:油30で使用するのが一般的。空中散布用。実際の油処理剤使用量は、約5ガロン/エーカー(50リットル/ヘクタール)

表は油処理剤の種類を開発年代順に記載したものである。

## 油処理剤の効果と限界



西アフリカ・ガボン沖における海上実験。油処理剤は、約5 - 10%の散布率で、軽質原油に対して船艇から散布されている。

油処理剤は実際に効果があるのか、もしそうであればどのような条件下で効果があるのか。この質問に答えるために、世界各地で現場試験が行われ、また多くの実験室試験も行われた。その他に流出事故の観察記録もある。

米国学術研究会議(1989)は、「周到に計画され、観察され、記録された現場試験において、実験室試験と同様に、幾つかの油処理剤が効果があることが分った。即ち、分散可能な油に適切に使用すれば、水面にある油の大部分を除去することができた」という結論を出した。

流出事故からの情報は、観察が不適切であつたりまた水面の油の除去に種々の対応法を用いた場合それらの効果を区別することが困難であつたり等の理由で、限界がある。油処理剤が効果的であったと評価された事例を下表に示す。

表は、油流出事故における油処理剤の効果に関する情報を要約したものである。評価は、目視による観察に基くもので、定量的な分析に基くものではない。

シバンド号流出油に対する油処理剤散布(1983年)。油処理剤散布ブームの後部で曳航される碎波板により、油処理剤と油の混合が促進される。これが初期の散布技術であった。



船名／流出場所	観察結果
1979年： ペテルギウス号 南西アイルランド	12日間で約1000トンの原油が処理されたと推定される。油は海岸近くで難破船から流出したが、油処理剤が空中散布されたので、効率的に散布地点を決定して最も被害を及ぼしそうな油塊を処理することができた。
1983年： シバンド号 東イングランド	原油の1/6～1/3が化学分散したと推定される。流出地点が河口であつたため、処理前に油の一部が漂着した。
1989年： フィリップス・オクラホマ号 東イングランド	約7海里沖合で、原油800トンが流出した。3.5時間以内に油処理剤の空中散布が開始され、2日以上続けられた。油の海岸漂着はなかった。化学分散が重要な役割を果たしたが、一部は燃焼・蒸発・自然分散によって除去された。
1990年： ローズベイ号 南西イングランド	流出原油1100トンの内約75%が、蒸発・化学分散・自然分散によって海面から除去されたと推定されるが、化学分散が重要な役割を果した。油処理剤を使用しなければ、大量のムースが生成して海岸を汚染したものと考えられる。



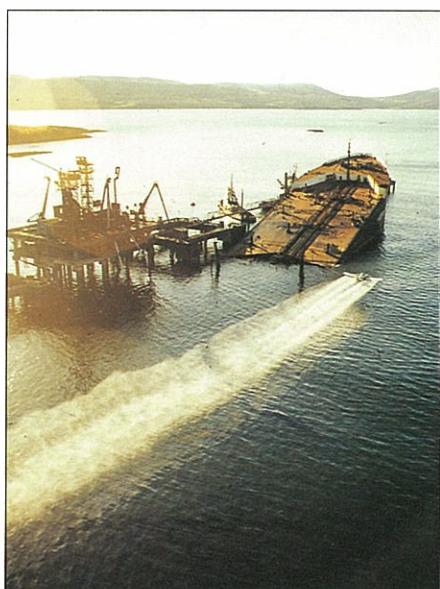
1993年1月、荒天候下のスコットランドのシェトランド諸島で、プレア号が座礁して85,000トンの積荷全量が流出した際、軽質原油が自然分散する可能性が実証された。天候がわずかに好転したとき、主に船の近くの油塊を処理するために、約120トンの油処理剤が空中散布された。

油処理剤の効果を評価する場合には、物理的な対応法の効果と比較すべきである。海が荒れている場合、後者の方が種々の制約を受ける。海上における大規模流出の場合、機械的回収では10%回収できればよいと考えられる。状況によっては、物理的な方法より油処理剤の方が多くの油を水面から除去できると考えられる。更に、油処理剤による処理は比較的迅速に行われ、また物理的な回収が不可能な海況でも実施できる。

しかし、油処理剤はどのような状況でも効果があるとは限らない。例えば(上記の原油の事例とは反対に)、エレニV号(東イングランド、1978年)及びビスタ・ペラ号(カリブ海、1991年)から流出した重質燃料油に対しては効果がなかった。油処理剤の効果を左右する要因については充分に解明されていない。多くの要因は相互に関連があつてそれらを完全に区別することは難しいが、現場試験や実験室試験の結果から下記の諸項目が重要であることが分った。

- 油の粘度：一般的に、油処理剤は低粘度油(約2000センチストークス以下)に対してより効果があり、粘度が約5000センチストークス以上の油には効果がない。しかし、新製品の中には比較的高粘度の油に効果があるものがある。
- 油の流動点：外界温度近辺又はそれ以上の流動点の油に対しては、油処理剤の効果に限度がある。
- 油の風化：海上の油が風化すると、組成が変化し、粘度が高くなり、また次第に水を取り込んで粘性の高いムースを生成することがある。これらの変化により、時間の経過とともに油処理剤の効果がなくなる(例えば、8ページのローズベイ号の作業日誌参照)。

難破したペテルギウス号から流出する油に油処理剤を散布(改造した農薬散布機により)、南西アイルランド、1979年





ローズベイ号流出油に対する油処理剤散布

- 油処理剤の種類：環境条件が同じであっても、油処理剤によって効果が異なることがある。
- 油処理剤の量：油処理剤／油の割合が下がると、効果が減少するが、その程度は現場のエネルギーに左右される（エネルギーの項参照）。
- 塩分：大抵の油処理剤は海水中で使用するように想定されている。淡水中や陸上で使用するように開発されたものは少ない。
- 温度：温度が高いほど、油処理剤の効果が大きいが、これは高温になると油の粘度が低下するためである。また、油処理剤によっては、高温では水に溶けにくくなり従って油中に留まりやすくなる。
- エネルギー：乱流の動エネルギーが特に重要であり、種々の海洋学的要因に関連がある。このエネルギーにより、自然分散と化学分散が共に増大する。しかし、化学分散は自然分散より低エネルギーレベルで起り、またエネルギーの増加に伴う分散の増大が自然分散の場合より大きい。

南西イングランド沖のローズベイ号油流出対応の作業日誌から油処理剤使用に関する事項を抜粋したものである。イラン原油約1100トンが流出した。迅速な対応により当初は油処理剤散布の効果があつたが、それも流出の27時間後まであつた。出所：海洋汚染対策部（MPCU）

#### 1990年5月12日(土)

14.09	衝突事故発生
14.30	MPCU監視機出動(C404)
14.50	C404離陸 流出油は最初のうちは分散しやすいが、迅速な散布が必要であることを、MPCUの技術者が勧告 漁業及び自然保護当局が油処理剤使用に同意
16.03	C404流出現場の基準地點到着
16.39	C404流出油の状況について第一報
17.50	C404詳細状況報告
18.00	DC3油処理剤散布機により油塊に試験散布
18.07	油処理剤の効果確認。DC3散布作業を続行
20.56	日没のため空中散布中止

#### 1990年5月13日(日)

05.00	C404状況監視のため離陸
06.20	DC3数機10分間隔で離陸 先導DC3の試験散布により油処理剤の効果を確認
11.18	エマルジョン化(ムース生成)の徵候
16.55	油処理剤効果なし 散布作業終了

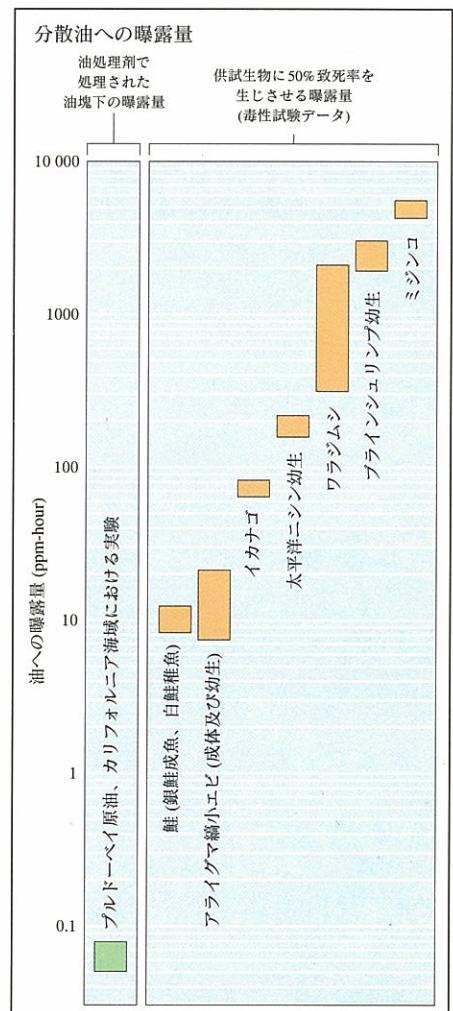
## 効果及び毒性に関する試験

実際の流出事故で油処理剤が最終的にテストされることになるが、信頼できる定量的な情報が得られることは稀である。油処理剤の効果は、通常、目視又は写真によつて判定するが、水中に分散した油の実際の濃度と関連付けることは難しい。油処理剤を散布された油は時間が経つてから分散するので、散布直後に目視で評価すると過小評価にあることがある。また、薄い油膜が分散せずに凝集したり、或いは分散した油が時間が経つてから再び油膜を生成したりするために、過大評価になることもある。流出油に対する油処理剤の効果を継続してモニタリングすることにより、緊急時対応計画の策定に役立てることが必要である。

油、油処理剤、環境条件について考えられる組合せの数は非常に多いが、流出事故や現場実験でこれらをテストすることは不可能である。その代りとして、タンクやフラスコを用いて実験室で行う様々な小規模試験がある。このような試験では、油塊に対して定められた油処理剤／油比で油処理剤を加え、試験の種類に応じて種々の方法で(例えば、攪拌機又は気流により)混合エネルギーを与える。効果は、水中に分散した油の量、分散した油滴のサイズ、油滴の安定性等を基準にして評価する。この試験では実際に起る現象を再現することはできないが、高性能と低性能の油処理剤を区別したり、効果に影響を与える要因を見出すのに役立つ。

同様に、毒性試験にも多くの実験室的方法がある。高毒性と低毒性の油処理剤を区別するのに役立つが、環境への影響を確実に予測することはできない。公表されている多くの毒性データは、実験条件及び生物の油処理剤と油に対する実際の曝露を評価する方法を考慮した上で、慎重に判断することが必要である。油処理剤単体の試験では、最近の油処理剤は第一世代のものに比べてはるかに毒性が低いことが示されている。従つて、毒性試験は、化学分散油の影響と非処理油又は物理分散油の影響との比較に重点をおいて行うのが一般的である。

右の図に示す結果から二つのことが分る。第一は、影響の程度が生物の種類によって異なることであり、第二は、供試生物を死に至らしめるような分散油への曝露量は、実験的に分散させた油塊で実際に示された曝露量よりはるかに大きいことである。



図は、供試生物に50%致死率を生じさせる分散油に対する曝露量と、海上試験で示された曝露量との比較を示す。単位は、50%致死率に対する ppm-h (平均実測濃度と時間との積)である。この単位は、分散油への総曝露量を表すもので、多くの研究で用いられており、異なるデータ間の比較ができる。生物が油の濃度及び曝露時間の両者の影響を受けると仮定しており、これは実験的に証明されている。

## 散布の判断

### 総合環境影響評価 (Net Environmental Benefit Analysis)

意思決定プロセスにおいては、油処理剤散布の利点と欠点を比較判断することが最も重要である。更に、潜在的な欠点が認められたとしても、油処理剤を使用しなかつた場合に起り得ることと比較検討する必要がある。総合環境影響評価を行う場合には、下記の項目について検討する必要がある：

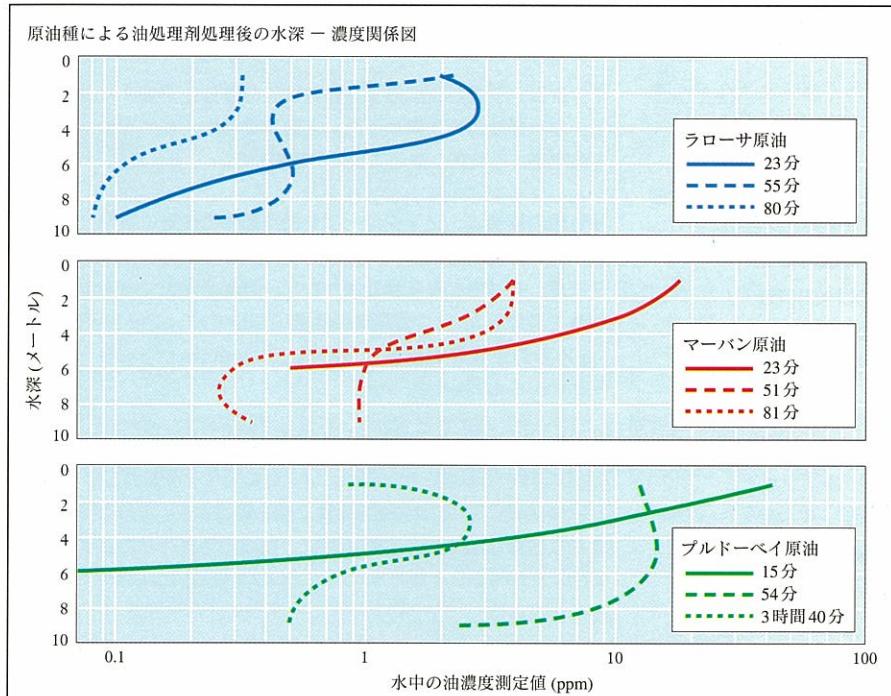
- 油処理剤で処理した油塊下の分散油の予想濃度、及び水域のタイプによる希釈可能性；
- 予想される濃度の分散油の地域の動植物に対する毒性；
- 水中、堆積物中、生物体内における分散油の分布及び最終結果；
- 油処理剤処理を行わなかつた場合の、油の分布、最終結果、生物学的影響－例えば、海岸の生息地又は野生生物に害を及ぼすか(油処理剤を使用しないことが、悪影響を及ぼさない方法であるという誤った判断をされることが多い)。

上記の問題を検討するには、これまでの流出事例や実験から得られた知見が役に立つ。これらをまとめて以下に記す。

### 水中の分散油

油処理剤で処理した油塊下の油の濃度に関する情報は、主に外洋の現場実験で得られている。フランス、英国、ノルウェー、アメリカ合衆国、カナダにおける実験で得られた多くの分析結果が技術文献に報告されている。測定された油の濃度は、1ppm以下から60ppm以上に及び、時間の経過と水深の増加により減少する。最高濃度は、処理後一定時間以内では、通常水面下1m付近に現れる(次ページの図参照)。

このような状況に曝露されると、海洋生物はどのような被害を受けるか。米国学術研究会議による詳細報告(1989)の結論によれば、「水中で非処理油及び化学分散油に曝露されても、一般に、多くの生物や成長段階に対して、死に至らせる或いは行動影響を生じさせるに必要な曝露量よりはるかに低いものである」。この結論は多くの実験で裏付けられている。例えば、毒性試験に関する前節の説明である。浅海域のため希釈ポテンシャルが制限される沿岸地域に特に関心が向けられることが多い。沿岸の情報は、シアーズポート、TROPICS、BIOSの各実験結果から入手できる(詳細につ



図は、3種類の原油について油処理剤処理後の水深 - 濃度の関係を示すものである。データは、ニュージャージー及びカリフォルニアの海岸沖の海上実験で得られたもので、分散油の濃度は時間の経過と水深の増加とともに減少し、水深が10mに近づくと時間に関係なく1ppm以下であるのが一般的である。

いては12、14、15ページ参照)。これらの実験では、油と油処理剤を予め混合してから徐々に浅海域へ排出した。シアーズポート実験においては、浅海域(水深3m以下)では海底から10cm上で最高濃度20~40ppmであり、2回の潮汐周期以内でバックグラウンドレベルまで低下した。生物学上の悪影響は確認されなかつた。

極端又は最悪ケースのシナリオの考察:TROPICS実験では平均水深は1m以下であり、分散油の濃度は222ppmに達した。珊瑚やその他の礁生物の多くは減少し、成長速度が低下した珊瑚が1種あり、また海藻類への影響は極めて僅かであるか又は全くなかつた。 BIOS実験で記録された最高濃度は、水深10mで160ppmであつたが、この場合は油は水面下へ調節しながら排出された。下干潮帯の動物の中には深刻な行動影響が現れたものがあつたが、広範囲にわたる死滅はなかつた。

#### カリフォルニア海岸沖の海上実験



## 化学分散油と非処理油の環境への影響比較の現場実験

状況によっては、分散油が悪影響を与えることがあるが、これを非処理油の影響と比較するとどうであるか。化学分散油と非処理油を比較するために多くの現場実験が行われ、その結果は緊急時対応計画策定者にとって特に関心的となっている。

表は、化学分散油と非処理油の影響(大規模現場実験)を比較した公開情報をまとめたものである。

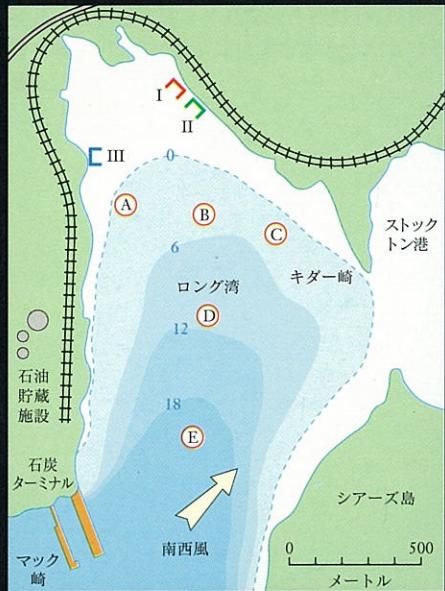
生息環境／場所／発表者	結 果
マングローブ、マレーシア Lai & Feng (1985)	マングローブの若木に対する毒性は、分散した原油より分散していない原油の方が高かった。上層堆積物中の非処理油は、化学分散油より風化と浄化に長時間を要した。
マングローブ／珊瑚礁／海藻、 TROPICS 実験 パナマ Ballou et al (1989)	非処理の新油は、マングローブや関連動物の生存に長期にわたる重大な影響を与えた。沖合で化学分散した油は、マングローブに対しては僅かな影響であったが、珊瑚や海藻にはかなりの影響を及ぼした。(この実験の詳細については、IPIECA 報告書「油汚染の生物学的影响：珊瑚礁 (Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs)」参照)
珊瑚礁 サウジアラビア、 ジュレイド島 LeGore et al (1989)	1年間の観察期間中、浮遊原油(厚さ 0.25mm)又は油処理剤単体(油量の 5%)に曝露された珊瑚には、目に見える影響はなかった。分散油については、24 時間曝露では影響はなく、5 日間曝露で僅かな影響があった。この影響は、珊瑚の色が褪せたこと及び冬季に生き残ることができなかつたのは全珊瑚の 5% 以下であったことである。
潮間帯堆積物 アメリカ合衆国メイン州 シーアズポート Page et al (1983)、 Gilfillan et al (1983, 1984)	油処理剤処理原油と非処理原油を沿岸に排出した。潮間帯堆積物が分散油に曝露されても、動物に対する明白な悪影響はなかつた。非処理油は商品価値がある二枚貝の一部を死滅させる等の明らかな影響があつた。この実験の詳細については、14 - 15 ページの記事参照。
北極圏の潮間帯及び沿岸、 BIOS 実験 カナダ、バ芬島 Sergy and Blackall (1987)	オイルフェンスで囲まれた実験区域に非処理油を排出し、海岸へ漂着させた。また、油／油処理剤／海水の混合物を下干潮帯で拡散器から沿岸に排出させて分散油群を生成させた。化学分散油への曝露条件は非常に厳しいものであったが、代表的な浅海海底生息環境に対する大きな生態学的影響はなかつた。下干潮帯生物は分散油を取り込んだが、大部分は 1 年以内に分解又は浄化された。非処理油の残渣は、2 年後も砂浜に残つていたが、一部は近くの下干潮帯堆積物へ移動した。
潮間帯岩、堆積海岸、 塩生沼沢、 英國 Baker et al (1984)	海岸清掃のシミュレーションを行うために、油で汚染された地點を油処理剤で処理した。油処理剤が、油による生物学的被害を更に大きくすることはなかつたが、清掃効果には限界があつた。油処理剤処理油が非処理油より高濃度で残っている堆積物もあつた。

鳥類や哺乳類に関する比較情報は殆どない。鳥類や毛皮で覆われた哺乳類(ラッコ等)が直接油で汚染されることは明らかに破滅的であり、また水面の油塊が分散すれば、このような汚染リスクを減少させることになるので、有益であると考えられている。更に、油が分散することにより鳥類が油を摂取するリスクが減少する。米国学術研究会議が取りまとめた研究成果(1989)によれば、清掃実験で油処理剤をシャンプーとして使用することにより、毛皮や羽毛の湿潤性が増大し、そのために体温が低下して死に至ることがある。このことは、未希釈の油処理剤が野生生物に直接散布されたと危険であることを示唆している。結論は、鳥類や哺乳類からできる限り離れて散布すべきということである。

### 経済的考察

油処理剤を散布すべきかすべきでないかの決定において、経済的要因が重要であることはいうまでもない。例えば、ツーリストビーチやマリーナは地域経済にかなりの収入をもたらすであろうし(少なくともある季節に限っては)、従って適切であると考えられるならば、沖合で油処理剤を散布して優先的に保護すべき地域であろう。別の地域には、冷却水取水口又は淡水化装置がある工業地帯があるかも知れない。このような場合には、工業装置に対する悪影響を最小限に抑える対応が必要であり、油処理剤が最良の方法ではないこともあろう。経済的考察と生物学的考察とが一致する例として、マングローブ沼澤地は生態学的にも経済的にも重要であるから優先的に保護する必要があり、場合によっては沖合で油処理剤散布を行うことがある。経済的考察については、油処理剤と緊急時対応計画の章の想定シナリオの中でも述べる。

## シアーズポート実験



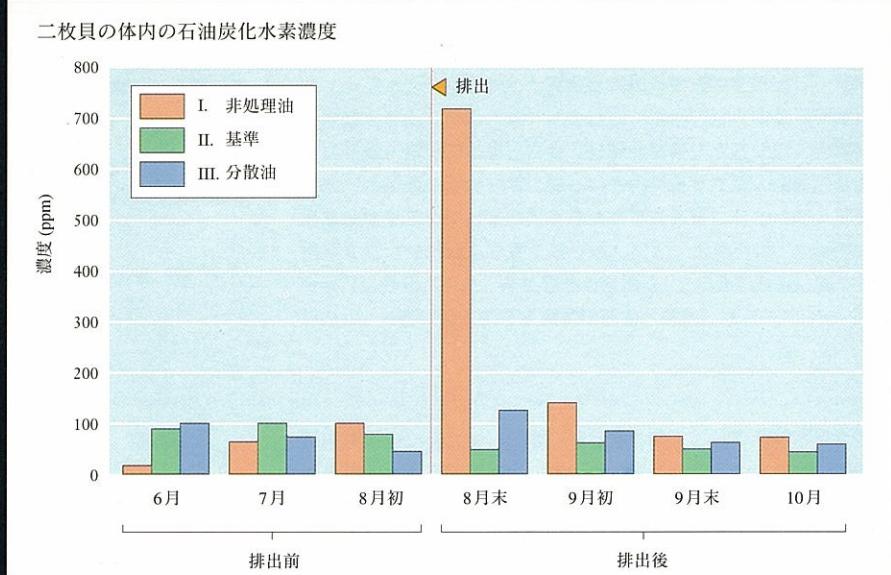
シアーズポート実験地図：潮間帯実験地点(I-III)及び下干潮帯試料採取地点(A-E)の位置を示す。地点Iは非処理油に曝露され、地点IIは油に汚染されていない基準地点であり、地点IIIは油と油処理剤に曝露された。

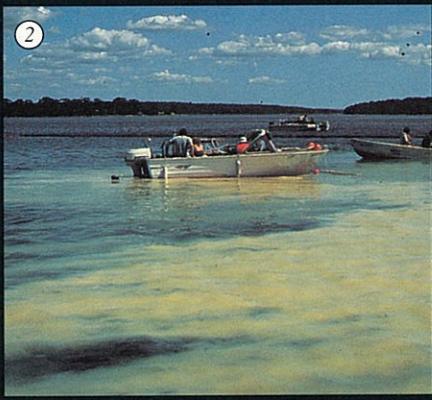
この現場実験の目的は、沿岸地域において化学分散油と非処理油の最終結果と影響に関する定量的な情報を得ることであった。1981年8月、メイン州シアーズポートの実験場所で、マーバン原油の化学分散油及び非処理油各250ガロンを、浅海域(水深4m以下)へ制御しながら排出した。排出前1年間のバックグラウンド測定期間及び排出後の測定期間に、水、堆積物、海洋生物の試料を採取した。

この実験で得られた重要な知見は下記のとおりである：

- 化学分散油は、油滴が下方へ拡散するにつれて揮発性炭化水素が失われた；
- 分散油群に曝露された堆積物中へ油が入り込むことは殆どなかつた；
- 非処理油に曝露された堆積物中へはかなりの油が入り込んだが、海岸下部より上部の方に多く見られた；
- 分散油に曝露したことにより、堆積物動物群が悪影響を受けた形跡はなかつた；
- 非処理油に曝露したことにより、堆積物動物が悪影響を受けた明白な形跡があつた。

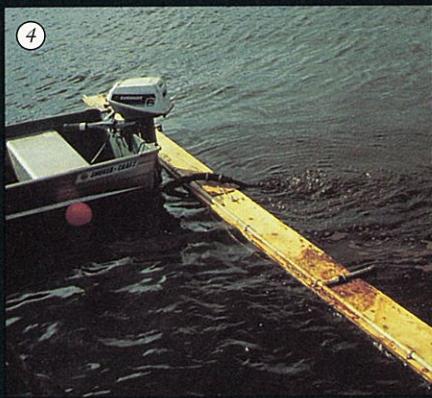
シアーズポート実験における、二枚貝の体内の石油炭化水素(芳香族)濃度。地点I(非処理油)の潮間帯の二枚貝は高く、地点III(分散油)の二枚貝は非常に低かつた。脂肪族炭化水素と蛤貝についても同様な結果が得られた。





1. 分散油の排出

2. 分散油の水中への混合



3. 化学分散油の全景

4. 非処理油の排出



5. 海岸に漂着した非処理油の全景

6. 海岸の非処理油



7. 水試料採取船

8. 二枚貝試料採取

## 油処理剤と緊急時対応計画

### 油処理剤使用の事前承認

効果的な油処理剤散布の最適時間帯は流出直後に始まり、何時まで続くかは多くの要因に左右される。一般的に2~3日以上続くことはないので、できる限り早期に散布を開始することが賛成であり、そのためには油処理剤使用の事前承認が必要不可欠である。

第1に、指定された場所で、一定の条件下であれば、原則として油処理剤を散布してよいという承認が必要である。これには、水深、水流、波動特性と混合エネルギー、影響を受けやすい資源からの距離等の要因の検討が必要である。油流出緊急時対応計画の対象地域については、環境に関する情報が絶対に必要であり、センシティビティマップとして提供されることが望ましい。このような情報は、過去の事例及び実験結果(この報告書でまとめられているような)と併せて、油処理剤が有効である場所の確認に役立つ。

第2に、指定された製品を承認し、特定の地域で使用できるように備蓄しておくことが必要である。製品の承認には、効果と毒性に関する試験が含まれるが、地域条件(例えば、塩度、地域の動植物の主要種)も考慮すべきである。

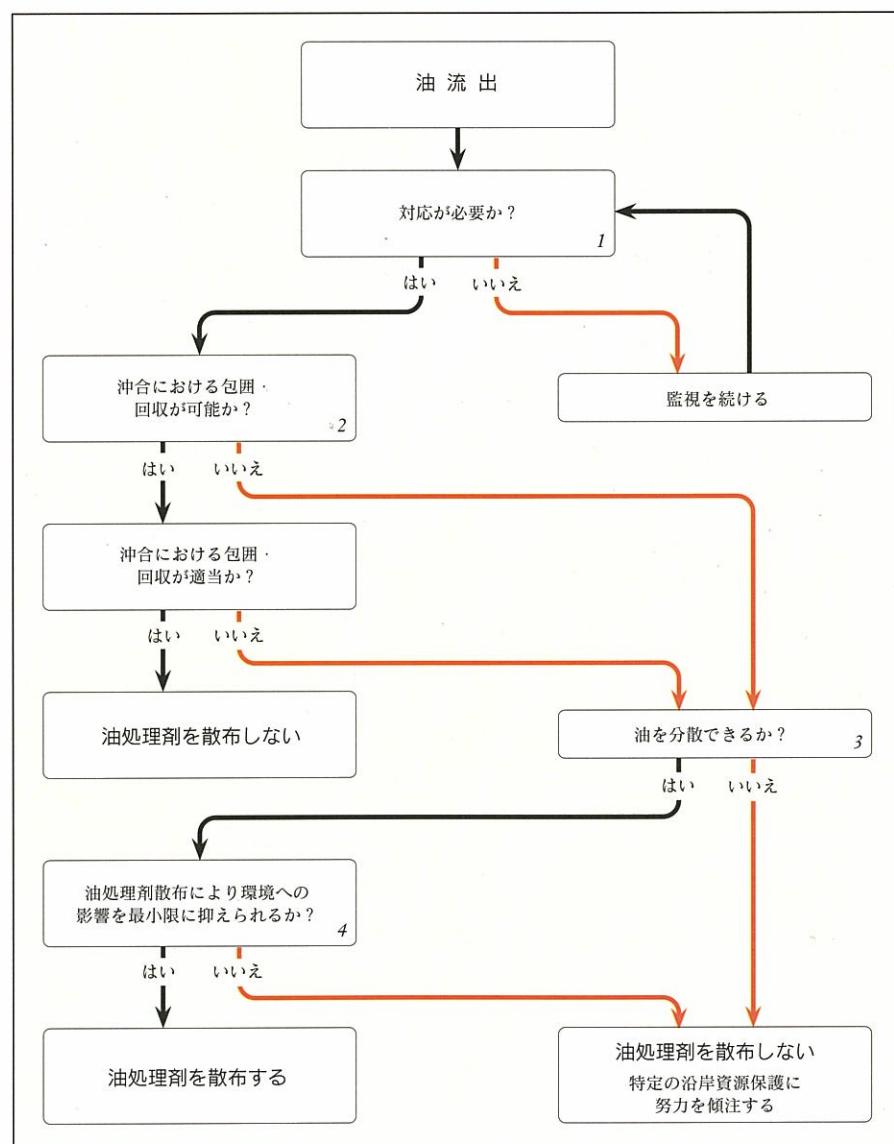
第3に、地域によっては航空機の使用(航空管制等の必要なバックアップを伴った)を原則として承認する等の後方支援が必要である。

事前承認の手続きは、下記の事項等について、すべての関連機関(関係官庁、自然保護団体、研究機関)と協議の上で行うことが必要である。

- 油種の限定、シナリオ、及び後方支援の観点から油処理剤散布が可能な地理的区域；
- 総合環境影響評価 - 油処理剤使用の利点・欠点及び他の対応法の利点・欠点の比較検討；
- 上記に照らして、油処理剤使用を事前に承認できる或いはできない場所と状況の確認；制約事項はすべてセンシティビティマップ上に明示する。

## デシジョンツリー

デシジョンツリーは、油処理剤使用の種々の局面に関する段階的指針を示すもので、散布開始前に検討する必要がある。また、緊急時対応計画に入れておくと役に立つ。



この図は、適当と判断されれば油処理剤を使用する方針である場合の、油処理剤使用に関する基本的なデシジョンツリーである。

1. 油塊を監視している間は、この質問を繰り返し行う；油が外洋へ向って移動している場合、答は「いいえ」であり、海岸へ向って移動し始めた場合は「はい」であると考えられる。
2. 状況によっては、包囲・回収以外で油処理剤を使用しない方法(例えば燃焼)を検討することがある。
3. この質問については、油種、海上の混合エネルギー、航空機／船艇による後方支援の実行可能性に関する検討が必要である。
4. この質問に迅速に答えるために、事前の総合環境影響評価が必要である。また、経済的因素の検討も重要である。

## シナリオの例

仮想シナリオにおける油処理剤の使用について、環境上考慮すべき事柄を以下に記す。各事例において、油は分散性の油種であり、また油処理剤散布のための後方支援が得られると仮定した。

---

シナリオ：外洋。流出油は、漁場及び重要な鳥類コロニーがある島へ向って急速に移動している。



分散油は、外洋では、魚類に害を及ぼさない程度の濃度まで急速に希釈されることが明らかである。卵や稚魚は成魚より影響を受けやすいが、油の影響は大量自然致死率(例えば捕食による)に比べると殆ど取るに足りないものである。このタイプの最悪シナリオである1967年のトリー・キャニオン号油流出事故では、第一世代の有毒な油処理剤が、南西イングランドのコーンウォール海岸沖の、ニシン科海産魚の孤立した小さな群の近くに大量に散布された。2~3年後、影響を受けた年の魚(即ち、1967年に卵であった魚)が成長して漁獲され始めたが、量が不足することはなかつた。

非処理油により多くの鳥類が死ぬであろうが、更に鳥類の近くにある油に油処理剤が散布されると、油と油処理剤の有害な混合物が羽に吸収されることがある。効果的な包囲ができる場合は、できる限り陸地から離れたところに油処理剤を散布することが望ましい。しかし、季節による変動があり、鳥類は産卵期には大群を成すが、そうでない時期にはあちこちに散らばっている。したがつて、産卵期には、油処理剤散布によって環境への影響を最小限に抑えることができる。

---

シナリオ：沿岸。流出油は、珊瑚礁がある浅海域を経て砂浜へ向って移動している。



分散油は、一部の珊瑚礁生物に被害を及ぼすおそれがある。生物学の立場から見ると、砂浜は比較的生産性がなく防除しやすいので、油を海岸に漂着させてから物理的な方法で防除するのが最善の方法であろう。

#### シナリオ：沿岸。流出油は、珊瑚礁がある浅海域を経て

マングローブ域へ向って移動している。

分散油は一部の珊瑚礁生物に被害を及ぼすおそれがあるが、非処理油はマングローブを荒廃せることがある。更に、マングローブ中に取り込まれた非処理油は、時間の経過とともに沿岸海域へ染み出し、長期にわたる汚染を引き起して珊瑚礁に影響を与えることがある。海面から物理的に油を回収したり、或いは物理的な障壁を設けてマングローブを保護することが不可能な場合には、できる限り水深がある海域で、できる限り迅速に油処理剤を使用することが正しい方法であろう。(このタイプのシナリオに関する詳細な情報については、IPIECA報告書「油汚染の生物学的影響：珊瑚礁 (Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs)」参照)



#### シナリオ：沿岸。流出油は、工業用水取水口又は港湾に向って移動している。

油が分散すると、オイルフェンスの下を潜り抜け、取水口に入り、工業プロセスに被害を与えることがある。油処理剤を使用しないで、油の流れの方向を変えて包囲・回収することが望ましい。港湾等の静穏な水域では、物理的な回収が比較的容易である。



#### シナリオ：沿岸。流出油は、下干潮帯甲殻類動物がいる浅海域を経て

ツーリストリゾートへ向って移動している。

浅海域で油処理剤を使用すると、下干潮帯甲殻類に油が蓄積する可能性が増大する。大量死は起りそうになく、また甲殻類は最終的には自己浄化力があるが、一時的には商品にならない。油処理剤の使用により、ツーリスト施設の油汚染は最小限に抑えられる。油処理剤を使用しなければ、甲殻類は護られ、またリゾート地に漂着した油は防除できるが、一時的に観光収入がなくなる。このような場合、基本的には油処理剤使用が実利的な決定である。問題は、どの資源が経済的な意義が最も大きいかということである。



#### シナリオ：大規模河川

流れが早いと、物理的な包囲は非常に難しい。大河で流れが早い場合、及び油処理剤を使用しないと被害を受けやすい河沿いの湿地帯へ油が侵入する可能性が増大する場合には、油処理剤の使用が容認されることがある。清水中の性能が良い油処理剤を選ぶことが必要である。(このタイプのシナリオについては、事例情報が特に必要である。)



#### シナリオ：岩石海岸。海岸近くに下干潮帯魚介類資源（例えば、ロブスター）がある。

海岸で油処理剤による防除作業を行うと、油が沿岸海域へ流れて魚介類中に油が蓄積される可能性が増すと思われる。油が海岸に残っていると、沿岸海域へ徐々に染み出すことになる。油を海岸から物理的に除去することが望ましい。



## 散布方法

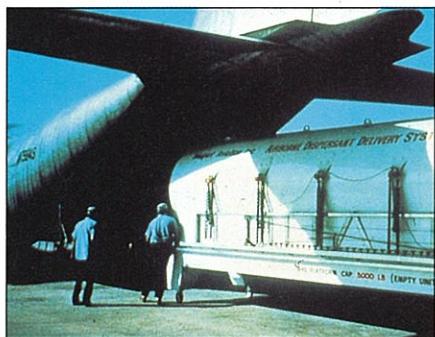
理想的な散布は、油処理剤と油の混合を最大にし、且つ風に流される量を最小にするような方法で、油処理剤を油塊に対し一様に散布することである。油処理剤の効果に影響を与える主な要因は、散布される油処理剤の小滴のサイズであり、小さ過ぎると極端に風に流れやすくなる。油処理剤散布方法にはそれぞれ利点と欠点があるが、まとめると下記のようになる。

- パックパックは、軽量で持運び可能で安価であるが、搭載量が小さく散布速度が小さい。海岸でごく狭い範囲を処理する場合特に有用であり、また浅海域において小型ボートで特に限定された範囲の処理を行う場合にも使用できる。
- 船艇による方法は比較的安価で、種々の船型を使用できるが、処理速度が極めて低い。油塊の厚さが一様でない場合は、監視航空機により油層が比較的厚い地域へ船艇を誘導する必要がある。「タイプ2」の油処理剤を使用し、海水で希釈した上でスプレーブーム又はスプレーガンで散布することが多い。

ウェールズ州ミルフォードヘブン石油港。潮流が早い航行制限水域であるため、包囲・回収による方法は制約を受ける。1960年以来、船艇による油処理剤散布が第一次対応法になつていて。これまで何年間も、多くの小規模流出事故に油処理剤で対応して成功しており、また生態系への悪影響も出ていない。



- 固定翼航空機による方法は、迅速な対応と高処理速度が可能である。小型機(例えば、農薬散布機)は搭載量は小さいが、沿岸海域で役に立つ。しかし、農薬散布用スプレーノズルは油処理剤散布には適当でなく、交換しなければならぬので、改造が必要であり、時間がかかる。外洋の大規模流出については、大型専用機が唯一の現実的な方法であるが、費用がかかり、またかなりの作業支援を必要とする。
- ヘリコプターによる方法は、流出現場近くの基地から作業でき、また限られた状況或いは接近不可能な状況における小規模流出に使用できる。小型固定翼機より費用がかかるが、多くの役割を果たすことができる。



左：ADDSPACK(油処理剤空中散布装置)一翼に取り付け、取り外し可能な散布ブームによる散布装置

右：ADDSPACKの実演



左：恒久的に取り付けられた散布装置の実演

右：ヘリコプターによる油処理剤散布バケットの実演  
(オーストラリア、クイーンズランド)

## 結論

油処理剤について種々の利点と欠点を述べてきたが、まとめると次のようになる。肯定的な点は、油処理剤が、他の対応法と違って広範囲の気象・海象条件下で使用でき、迅速な対応がされることである。分散させることにより、油による被覆や窒息の影響を受けやすい生物(例えば、鳥類、ラッコ、マングローブ)に対する被害を減らすことができる。また、ムースの生成や海岸の汚染を減らし、生分解を促進することができる。

否定的な点は、油処理剤が、すべての油に対しまたあらゆる条件下で有効に働くわけではないことである。油処理剤使用の最適時間帯は比較的短いが、これは自然の風化作用により油が次第に分散しにくくなるためである。最適時間帯の間に全流出油を処理することは理論上不可能なことがある。うまく分散すると油は再び水中にまき散らされ、そこで珊瑚等の海洋生物に影響を及ぼしたり或いは下干潮帯の魚介類に一時的に蓄積されたりすることがある。

緊急時対応計画策定時には、地域の諸条件に照らしてこれらの利点と欠点を検討する必要がある。意思決定においては、科学的なプロセスがすべてではなく、種々の利害を比較検討することも含まれる。大多数の地域で、幾つかの油流出シナリオについては、油処理剤を使用することによって環境に対する影響を最小限に抑えることができると考えられる。

## 謝辞及び参考文献

### 謝 辞

H. Aston、S. Horn、A. Ladousse、D. Lessard、P. Shirtの各氏から、本報告書の全般に亘って貴重なご意見や情報をいただきました。また、建設的なご意見をいただいたり、写真を提供していただいたことについて、E. Gilfillan、P. Taylor両氏及び国際タンカ一船主汚染防止連盟 (ITOPF) にお礼申し上げます。カナダ石油連盟からは技術情報を提供していただきました。また、技術文献中の貴重なデータは、アメリカ石油協会及び英国石油協会のご支援による研究で得られたものであります。ローズベイ号の作業日誌からの抜粋の使用については、英国海洋汚染対策部 (MPCU) の承認をいただきました。4、9、11、14、17ページの図は、それぞれCanevari/NRC (1989)、NRC (1989)、McAuleffe et al (1980, 81)、Gilfillan et al (1984)、ボン協定 (1988)/ITOPF (1987)から引用しました。

### 参考文献

- Baker, J. M., et al (1984). Comparison of the fate and ecological effects of dispersed and non-dispersed oil in a variety of inter-tidal habitats. In *Oil Spill Chemical Dispersants: Research, Experience and Recommendations*, STP 840. T. E. Allen, ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p 239-279.
- Ballou, T. G., et al (1989) Effects of untreated and chemically dispersed oil on tropical marine communities: a long-term field experiment. *Proceedings 1989 Oil Spill Conference*, API Publication Number 4479, American Petroleum Institute, Washington, DC, p 447-454.
- Bonn Agreement (1988) *Position Paper on Dispersants*. Bonn Agreement, New Court, 48 Carey Street, London WC2A 2JE.
- Gilfillan, E. S., et al (1983) Effect of spills of dispersed and non-dispersed oil on inter-tidal infaunal community structure. *Proceedings 1983 Oil Spill Conference*, API Publication Number 4356. American Petroleum Institute, Washington, DC, p 457-463.
- Gilfillan, E. S., et al (1984) Effects of test spills of chemically dispersed and non-dispersed oil on the activity of aspartate amino-transferase and glucose-6-phosphate dehydrogenase in two inter-tidal bivalves, *Mya arenaria* and *Mytilus edulis*. In *Oil Spill Chemical Dispersants: Research, Experience and Recommendations*, STP 840. T. E. Allen, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia. p 299-313.

次ページへ続く…

…参考文献続き

- IPIECA (1992) *Biological Impacts of Oil Pollution: Coral Reefs*. IPIECA Report Series Volume 3. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, London.
- ITOPF (1987) *Response to Marine Oil Spills*. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd., London. Pub. Witherby and Co., London, (ISBN 0 948691 51 4).
- Lai, H. C. and Feng, M. C. (1985) Field and laboratory studies on the toxicity of oils to mangroves. *Proceedings 1985 Oil Spill Conference*, API Publication No. 4385, American Petroleum Institute, Washington DC, p 539-546.
- LeGore, S., et al (1989) Effect of chemically dispersed oil on Arabian Gulf corals: a field experiment. *Proceedings 1989 Oil Spill Conference*, API Publication No. 4479, American Petroleum Institute, Washington DC, p 375-380.
- McAuliffe, C. D., et al (1980) Dispersion and weathering of chemically treated crude oils on the ocean. *Environ. Sci. Technol.* 14, p 1509-1518.
- McAuliffe, C. D., et al (1981) The 1979 southern California dispersant treated research oil spills. *Proceedings 1981 Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington DC, p 269-282.
- National Research Council (1989) *Using Oil Spill Dispersants on the Sea*. National Academy Press, Washington, DC.
- Page, D. S. et al (1983). Long-term fate of dispersed and undispersed crude oil in two nearshore test spills. *Proceedings 1983 Oil Spill Conference*, API Publication No. 4356, American Petroleum Institute, Washington DC, p 465-471.
- Sergy, G. A. and Blackall, P. J. (1987) Design and conclusions of the Baffin Island oil spill project. *Arctic* Vol. 40, Supplement 1, p 1-9.

The International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) was founded in 1974 following the establishment of the United Nations Environment Programme (UNEP) at the Stockholm Conference of the United Nations in 1972. IPIECA is the petroleum industry's principal channel of communication with the United Nations.

IPIECA is involved in global and international environmental and health issues related to the petroleum industry, including global climate change, oil spill preparedness and response, urban air quality management, emerging issues, and biodiversity and Agenda 21.

IPIECA's programme takes full account of international developments in these global issues, including those developments within the United Nations and within intergovernmental institutions and industry groups.

#### **Enterprise Members**

Atlantic Richfield Co. (ARCO)  
BHP Petroleum Pty Ltd  
BP Amoco  
Caltex Petroleum Corporation  
Canadian Occidental Petroleum Ltd  
Chevron Corporation  
Conoco Inc.  
ENI SpA  
Enterprise Oil  
ExxonMobil  
Kuwait Petroleum Corporation  
Maersk Olie og Gas  
Marathon Oil  
Pertamina  
Petroleum Development Oman L.L.C.  
Petronas  
Saudi Aramco  
Shell International Ltd.  
Statoil  
Texaco  
TotalFinaElf  
Unocal Corporation  
Woodside Energy Ltd.

#### **Association Members**

American Petroleum Institute (API)  
Regional Association of Oil and Natural Gas Companies in Latin America and the Caribbean (ARPEL)  
Australian Institute of Petroleum (AIP)  
Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP)  
Canadian Petroleum Products Institute (CPPI)  
European Petroleum Industry Association (Europia)  
Gulf Area Oil Companies Mutual Aid Organization (GAOCMAO)  
Institut Français du Pétrole (IFP)  
International Association of Oil & Gas Producers (OGP) (*Formerly E&P Forum*)  
Oil Companies' International Marine Forum (OCLMF)  
Petroleum Association of Japan (PAJ)  
South African Oil Industry Environment Committee  
The Oil Companies European Organization for Environment, Health and Safety (CONCAWE)



International Petroleum Industry Environmental Conservation Association  
2nd Floor, Monmouth House, 87-93 Westbourne Grove, London W2 4UL, United Kingdom  
Telephone: +44 (0)20 7221 2026 Facsimile: +44 (0)20 7229 4948  
E-mail: info@ipieca.org Internet: <http://www.ipieca.org>



石油連盟

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-9-4 (経団連会館ビル 4F)  
Tel: 03-3279-3819 Fax: 03-3242-5688  
<http://www.pcs.gr.jp>