

油処理剤の散布は、専用の散布装置で原液で散布しなければならない。タグボートに取付けられた消防ノズルによりエゼクター方式で海水と混ぜて散布すると、我が国の油処理剤は効果を発揮できない。

このため専用の散布装置で原液で散布することが必須条件である。海上災害防止センターでは、携帯可能な油処理剤散布装置（S A S - I 型）を実用化している。

- 油処理剤を散布する場合、専用の油処理剤散布装置で原液で散布しなければ効果がない。
- 海上災害防止センターでは、油処理剤散布装置（S A S - I 型）を実用化しており、製造メーカーから販売している。
- 油処理剤を散布する場合、油層厚に応じて船の速力を調整することにより適切な散布量とすることが可能である。

油処理剤散布装置（S A S - I 型）販売先

株式会社カネヤス 環境機器事業部 TEL 0832-88-2111



ポンプユニット、ホース、船舶固定用金具、散布竿



総重量約 30kg（携帯可）



散布状況

油処理剤散布装置（S A S - I 型）

## 1 自己攪はん型油処理剤散布装置（S A S - I 型）

自己攪はん型油処理剤（S - 7）は、平成11年に我が国初の型式承認を取得した自己攪はん型油処理剤であるが、これを船上から海面の流出油に有効に散布するためには、専用の散布装置が必要となる。

このため海上災害防止センターが開発したのが「自己攪はん型油処理剤散布装置（S A S - I 型）」である。この散布装置の作業船等への設置要件、要目、圧力と船速の関係等を次に示す。

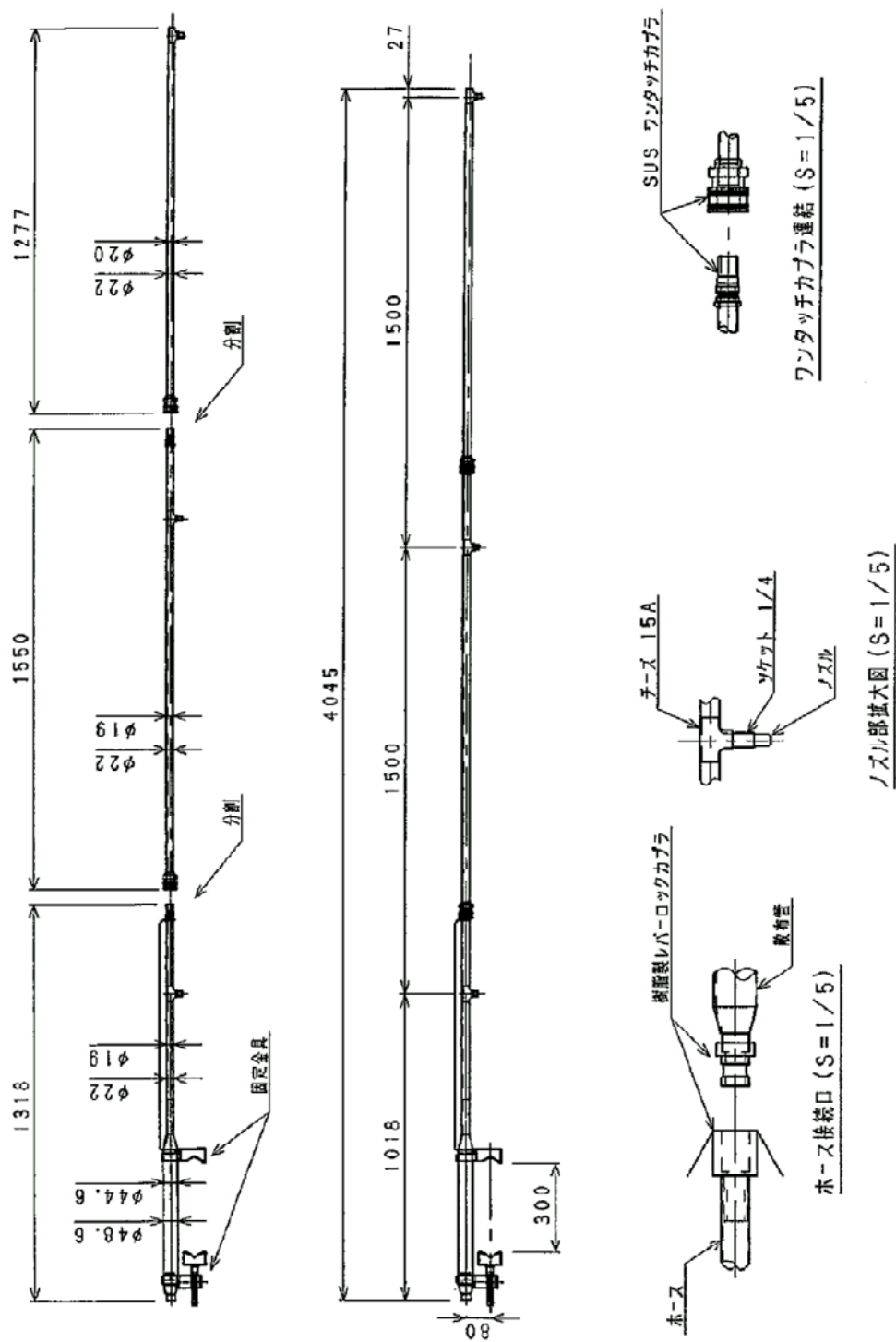
### (1) 作業船等への設置要件

- ① 作業船の舷側高さ 2m（上限3m）
- ② 作業船による散布速力 5ノット～8ノット程度

### (2) 散布装置の要目

- ① ノズル間隔 1500 mm
- ② 吐出圧範囲 0.2Mpa～0.4Mpa
- ③ 圧力調整 リリーフバルブの開度により調節
- ④ 揚程 2m程度（散布管の取付高さ等による）
- ⑤ 散布管長さ 約4.0m（3分割）
- ⑥ 散布管内径 約20A（JIS規格による適合の管径を選択）
- ⑦ 散布管材質 sus304（軽量化を図る）
- ⑧ ノズル 1/4MVEP4078S303
- ⑨ 噴射角 40度（噴射角許容範囲±5度）
- ⑩ ノズル個数 3個
- ⑪ ホース長さ 10m
- ⑫ ホース内径 20A（流量22～38L/min）
- ⑬ ホース材質 耐油性（フレキシブル）
- ⑭ ポンプ流量 1L/h～3L/h程度
- ⑮ ポンプ揚程 約5m
- ⑯ ポンプ動力 エンジンポンプ
- ⑰ その他 散布管は組立式、伸縮式、

(3) 散布装置外形図



散布管外形図

図1. 散布管外形図



ポンプユニット



収納容器



油処理剤散布装置



収納容器（持運び）



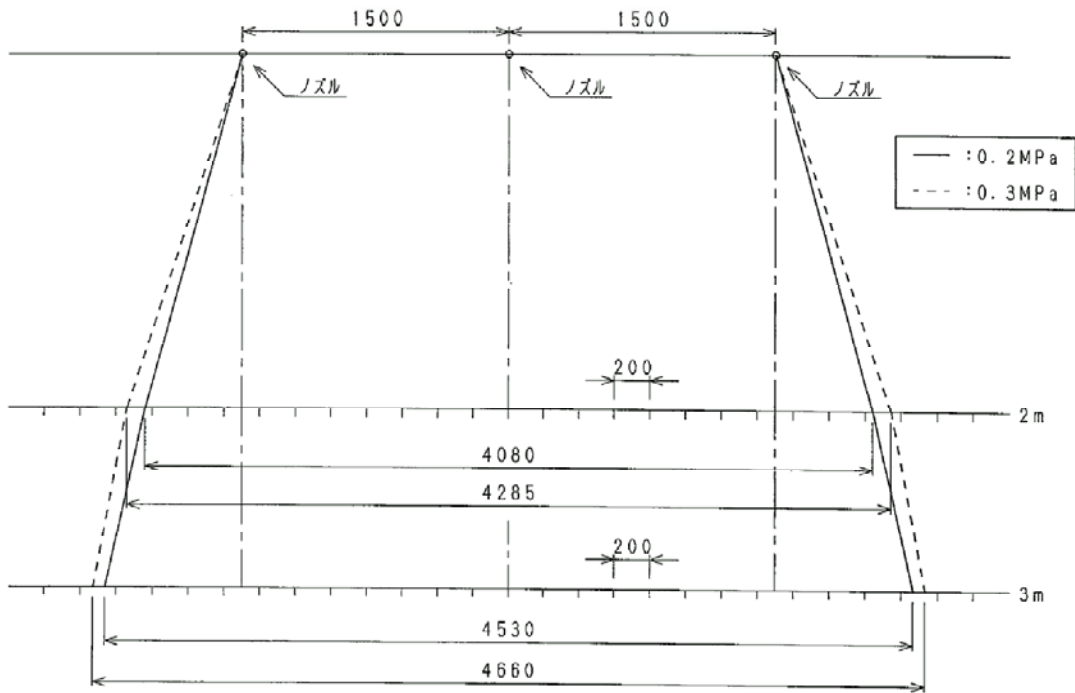
油処理剤散布装置（SAS-I型）



固定金具収納袋

(4) 散布幅

自己攪はん型油処理剤 S-7 を使用した場合の散布幅を次図に示す。



自己攪はん型油処理剤散布装置による S-7 散布時の散布

自己攪はん型油処理剤散布装置 (SAS-I 型) は、海面上 2 m ~ 3 m の高さにおいて使用するよう設計されており、この高さではノズルから放出された処理剤は、ほぼ一定の幅を保つ。すなわち散布幅は、図のとおり散布圧力を 0.3 MPa とした場合には散布幅は約 4.285 m となる。

(5) 圧力と船速の関係

イ 海上実験結果に基づき、任意の油膜厚に対し効果的な油処理剤の散布量、船速、散布圧力、散布圧力の関係を整理してチャート化した。このチャートにより誰でも適正な散布量を読み取ることが出来る。

ロ 油処理剤散布時の船速は、海上実験結果から船体形状にもよるが、最大8knot未満が望まれる。(航走波の影響で、油が船体より離散する可能性がある。)

ハ 油処理剤は、自己攪はん型油処理剤S-7を対象としたが通常型処理剤にも通用できる散布装置である。

原油の場合 (散布率3%)

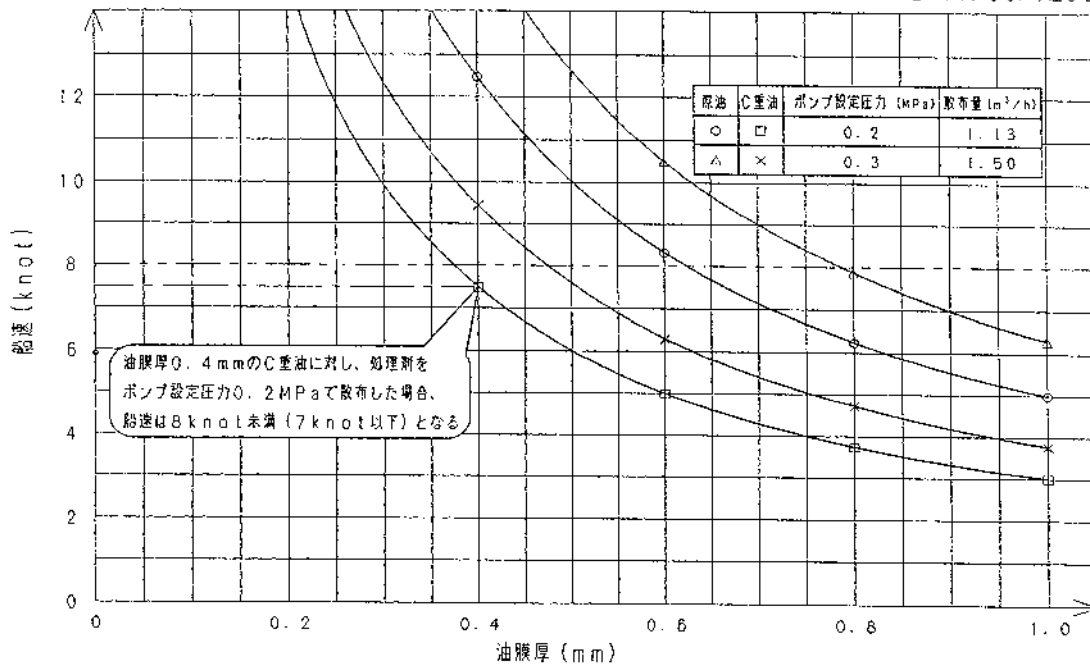
ポンプ設定圧力 (MPa)	散布量 (m <sup>3</sup> /h)	油膜厚 (mm)	船速 (mm)
0.2	0.89 (=14.8L/min)	0.2	8 kt 未満
		0.4	8 kt 未満
		0.6	6 kt 以下
		0.8	4 kt 以下
		1.0	3 kt 以下
0.3	1.21 (=20.2L/min)	0.2	8 kt 未満
		0.4	8 kt 未満
		0.6	8 kt 未満
		0.8	6 kt 以下
		1.0	5 kt 以下

C重油の場合 (散布率5%)

ポンプ設定圧力 (MPa)	散布量 (m <sup>3</sup> /h)	油膜厚 (mm)	船速 (mm)
0.2	0.89 (=14.8L/min)	0.2	8 kt 未満
		0.4	5 kt 以下
		0.6	3 kt 以下
		0.8	2 kt 以下
		1.0	2 kt 以下
0.3	1.21 (=20.2L/min)	0.2	8 kt 未満
		0.4	7 kt 以下
		0.6	5 kt 以下
		0.8	3 kt 以下
		1.0	3 kt 以下

油膜厚 - 船速 (H = 2 m)

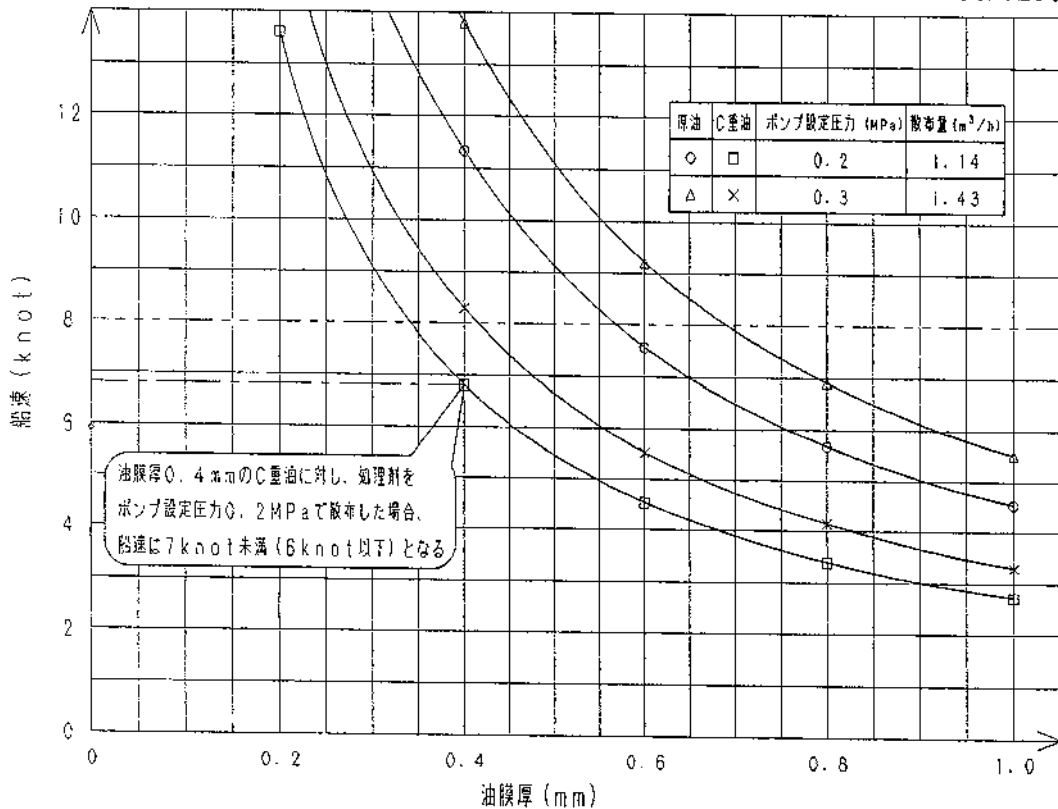
気温: 11.5℃, 水温 9℃



油膜厚 - 船速 (H = 2 m)

油膜厚 - 船速 (H = 3 m)

気温: 11.5℃, 水温 9℃



油膜厚 - 船速 (H = 3 m)

## ニ 油膜厚及び流出量の推定

前掲した「油膜厚—船速」のチャートにより任意の油膜厚に対する船速を求めることができる。この場合において、海上に流出した油の油膜厚については、目視により推定することになる。また、次図により油の流出量を推定することにより、必要な処理剤の量を推定することもできる。

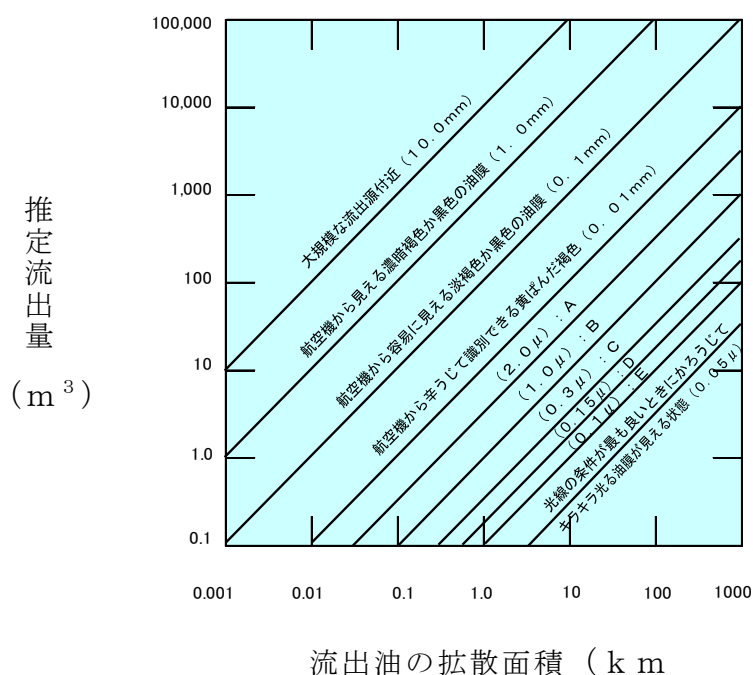
色調による油膜厚の分類（〔油汚染評価マニュアル（海上編）〕参照）

- A（油膜厚 0.002mm、 $2.0\mu$  以上）：油膜の色が黒ずんで見える状態
- B（油膜厚 0.001mm、 $1.0\mu$ ）：油膜鈍褐（茶）色に見える状態
- C（油膜厚 0.0003mm、 $0.3\mu$ ）：水面に明るい褐色の帯がはっきり見える状態、油膜面は虹色に輝いている
- D（油膜厚 0.00015mm、 $0.15\mu$ ）：水面にほんの少し褐色に色づいて見える状態、油膜面は灰色に見える
- E（油膜厚 0.0001mm、 $0.1\mu$ ）：水面が銀色にキラキラ光って見える状態、
- E以下（油膜厚 0.00005mm）：光線の条件がよい時にキラキラ光る油膜が見える状態、

A以上（A以上を油層と表現する）

- ① 油層厚 0.1mm：油層面が薄い茶色または黒色に見える状態
- ② 油層厚 1.0mm：油層面が暗い褐色または黒色に見える状態
- ③ 油層厚 10.0mm：油層面が流出油と同色に見える状態

（計算例：流出油の拡散面積  $1.0\text{ km}^2$  ( $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ ) で、油層厚 0.1mm の場合)  
 散布する処理剤の量（目安）＝推定油流出量 $\times 3\%$ ＝ $100\text{ m}^3$  ( $100,000\text{ L}$ ) $\times 0.03\%$ ＝ $3000\text{ L}$ 、  
 $3,000\text{ L} \div 18\text{ L/缶}$ ＝約 170 缶（接触効率を 100%とした場合であって、接触効率が 50%であれば倍の量が必要となる）  
 ( $1\text{ m}^3 = 1000\text{ L}$ )





(6) 油処理剤の散布装置による散布時の粒径

自己攪はん型油処理剤散布装置（S A S - I 型）に装着されているのと同じノズル 1/4MVEP4078S303（噴射角 40 度）を用いている既存のエンジンポンプ方式の油処理剤散布装置の粒径を測定した結果は以下のとおりである。

イ 粒径測定装置

AEROMETRICS 製（型式：2D FO PDPA/LDV/RSA）  
（2次元位相ドップラー式レーザー粒子分析計）

粒径については、ザウタ平均粒子径（粒径を基準とした、体積の面積に対する割合）を採用した。

ロ 粒径測定結果

水を用いた粒径測定結果は以下のとおりであるが、平均粒径としては、350～400  $\mu$  m が中心となっている。

粒径測定結果

室温：22℃、水温：23℃

吐出圧 (MPa)		0.1	0.2	0.3	0.4
粒径 ( $\mu$ m)	エンジンポンプ方式 (A)	451.7	396.8	345.4	372.4

一般に船上から油処理剤を散布する場合、粒径が 500  $\mu$  m より小さいと風に流され易くなり、700  $\mu$  m を超えると油面を通過し易くなると言われているが、自己攪はん型油処理剤散布装置（S A S - I 型）は、海面上高さ 2 m ～ 3 m の比較的低い位置からの散布を想定しており、また、測定された粒径は、約 400  $\mu$  m が中心となっているが、これは測定された粒径の中で分布が多いものであって、実際はこれより大きい粒径のものも存在しているので、このノズルで十分適切な散布が可能である。

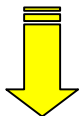
## 2 荒天（強風）時における散布方法（延長ノズルの使用）

荒天（強風）時に自己攪はん型油処理剤散布装置（S A S - I 型）で油処理剤を散布する場合、風の影響で処理剤が後方に流されることが懸念される。

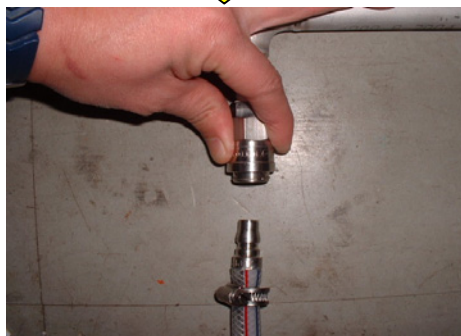
このような場合には、「延長ノズル（ホース長さ1 m）」を取付け、海面上高さを1 m低くすることにより海面への到達時間を短くし後方への拡散を少なくすることが可能となる。

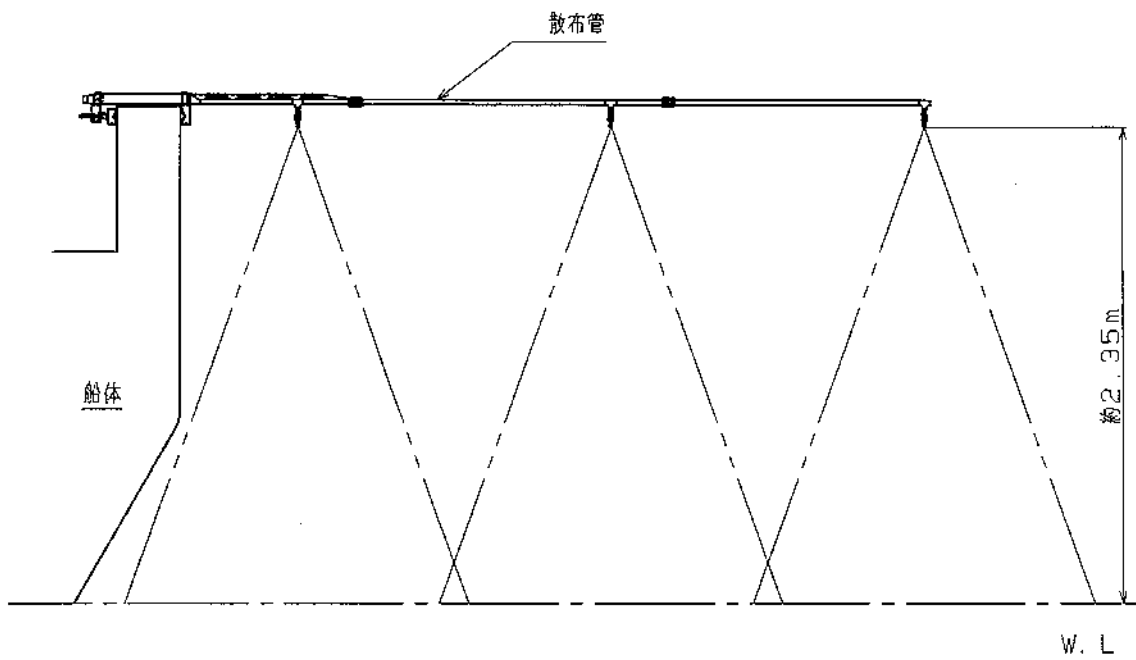
通常のノズル高さ	海面上	2.35 m
延長ノズル取付時	海面上	1.35 m

<通常用ノズル>

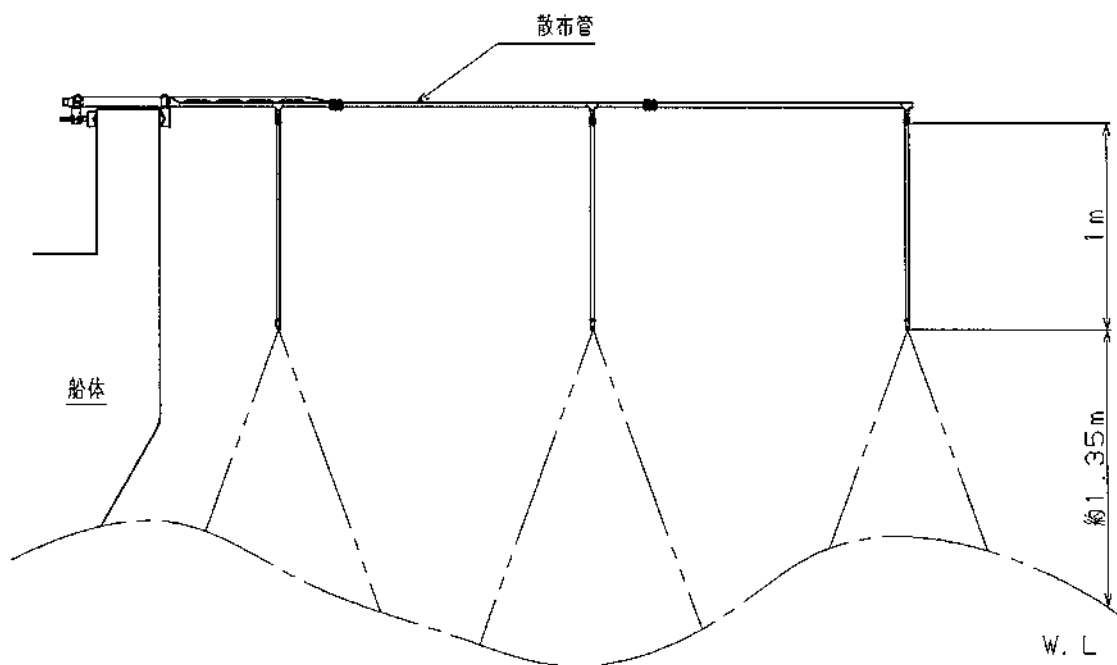


<荒天用ノズル>





通常時



荒天 (強風)

### 3 実海域を模した実験による自己攪はん型油処理剤の分散性能

油処理剤散布装置を使用して、原油に対し自己攪はん型油分散剤を適量散布し油の分散状況を目視観測した。

#### (1) 液面の攪はん試験

使用した自己攪はん型油分散剤の性状等を次頁の表に示す。

- ① 油分散剤散布装置に使用されている規格のノズル1個を取り付けた散布管（管径 27.2mm、長さ 1,000mm）を高さ 2 m に設置した。
- ② ノズル直下 2 m に、海水 50 リットルを入れたトレーを設置した。
- ③ 原油（アラビアンライト）200ml を海面上に散布した。油層面積は海面の約 60% である。

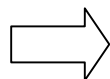


写真 1

- ④ 吐出圧 0.3Mpa として自己攪はん型油分散剤を約 100ml 散布した。

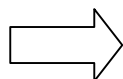


写真 2

#### ⑤ 試験結果

自己攪はん型油分散剤を散布した後、海面を棒で軽く攪はんすると油層は海水中に分断、分散し海面上に油層が無くなった。

この分散状況はラボ試験（横揺れ振とう法）とほぼ同じで分散効果の高いことが観測された。

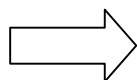


写真 3

## (2) 波浪中における自己攪はん型油分散剤の分散性能

自己攪はん型油処理剤は、従来型の油処理剤に比べ、C重油に対して1/4から1/5程度の散布量で同等以上の分散性能を発揮する。また、散布後も従来型は強制的な攪はんを必要とするのに比べ、自己攪はん型の油処理剤は、強制的な攪はんを必要とせず通常波浪によって油の分散効果が得られるとされている。

このことから、自己攪はん型油処理剤と従来型油処理剤を用いて波浪中における分散性能の比較調査を実施した。

### ① 試験方法

- イ 水槽 (1,600×1,000×500mm) に海水 600 リットルを入れ、水槽中央部を仕切り板で2分割した。
- ロ それぞれの区画に原油を1リットル投入した。形成された油面は水槽の約80%を占めた。
- ハ 2分割された水槽の一方に通常型油処理剤を油量の20%(200cc)、もう一方に自己攪はん型油処理剤を油量の5%(50cc)を均一に霧状に散布し10分間静置した。
- ニ 手動により水槽内に緩やかな波を与え、それぞれの区画の油の分散状況を調査した。
- ホ 10分間水槽内の海水を水面下10, 20, 30cmの3箇所それぞれ採水し、油分濃度を測定した。

### ② 使用資機材及び原油

- ・ 水槽 (1,600×1,000×500 アクリル板製)
- ・ 散布装置 (株日立製作所製 乾電池式噴霧器 BS-142)
- ・ 原油(アラビアンライト)  
動粘度 8.66cSt (30℃) 比重 0.860 (15/4℃)

### ③ 油分散剤

自己攪はん型油処理剤及び通常型油処理剤の性状は次のとおりである。

表 各油処理剤の性状等

	自己攪はん型油処理剤	通常型油処理剤
外 観	淡黄色透明液体	淡黄色液体
密度(15/℃) (g/ml)	0.9±0.1	0.8±0.01
引火点 (℃)	80±20	124
粘度 (mm <sup>2</sup> /s/30℃)	25±15	3.9

#### ④ 試験結果

試験状況を写真1、写真2～写真3に示す。

##### イ 海水中の油の分散状況

通常型油処理剤と自己攪はん型油処理剤の攪はん直後の海水中の分散状況を比較すると、通常型油処理剤は、海水が乳白色で10分静置した状況では、油が浮上し水面に油層を生じたのに対し、自己攪はん型油処理剤は、海水が茶褐色になり10分静置後も油の浮上は僅かであった。(写真4参照)

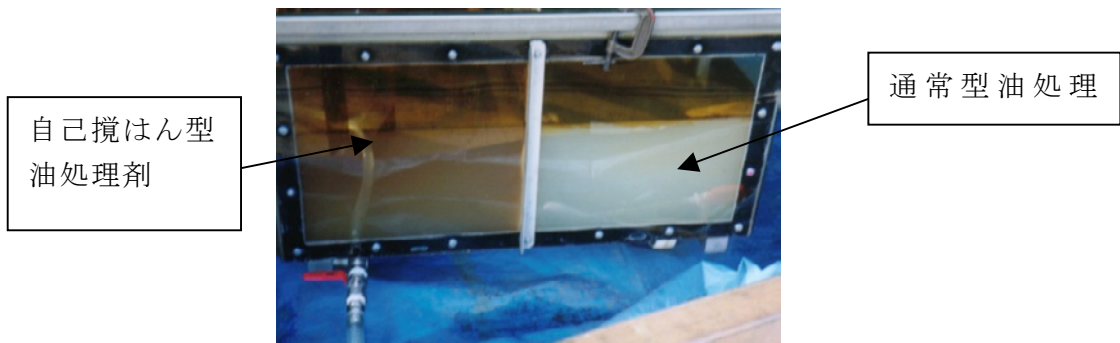


写真1 自己攪はん型及び通常型処理剤による海水中の分散状況

##### ロ 各処理剤の付着状況

静置10分後にアクリル板を海水中に入れて油粒子をアクリル棒に付着させたところ、通常型油処理剤は粒子が大きく多量に付着した。一方、自己攪はん型油処理剤は、細かい油粒子が付着したが写真2に示すように少量で分散効率が高いことを示した。

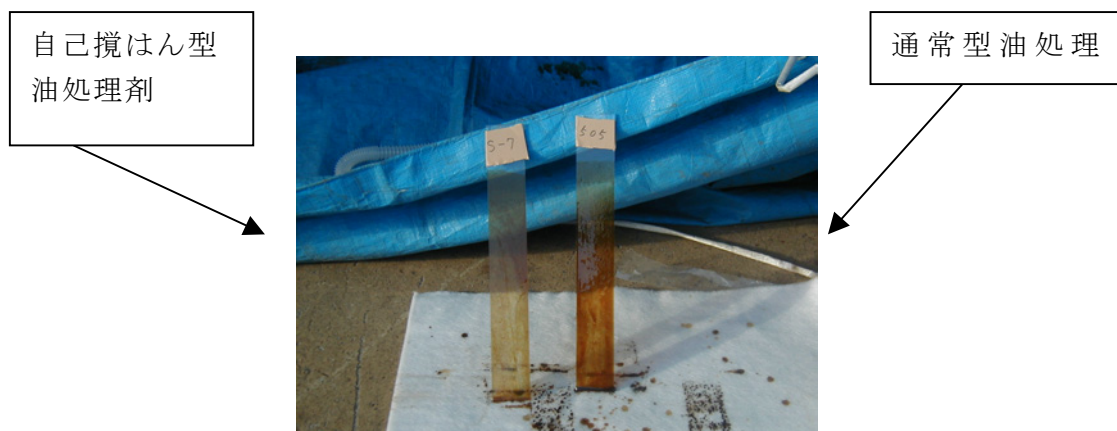


写真2 アクリル板への粒子付着状況

通常型油処理剤



写真 2 a 通常型油処理剤散布状況

自己攪はん型油処理剤

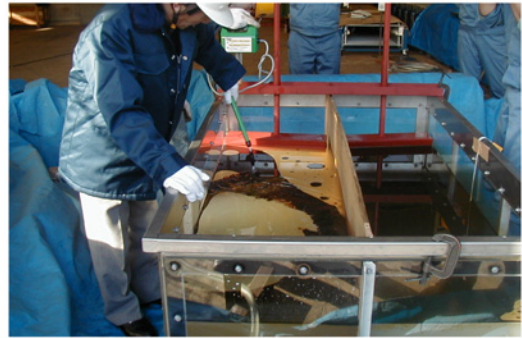


写真 3 a 自己攪はん型油処理剤の散布状況



写真 2 b 手動により波を与えた海面状況

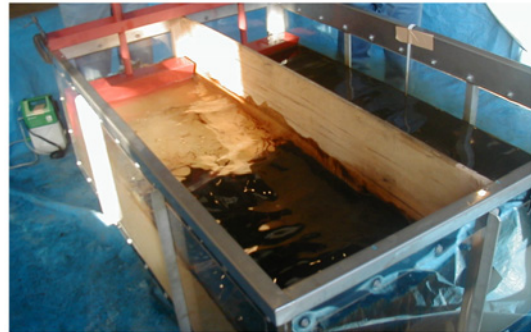


写真 3 b 手動により波を与えた海面状況



写真 2 c 採水した海水



写真 3 c 採水した海水

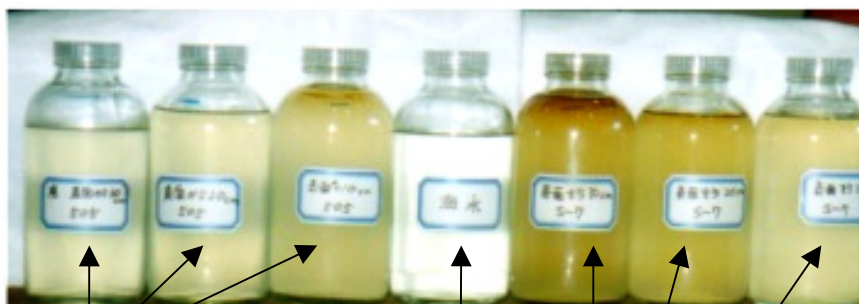
ハ 海水中の油分濃度

自己攪はん型油処理剤の油分濃度は、通常型油処理剤の油分濃度に比べ約5～11倍の高い油分濃度が得られ、小さな攪はんエネルギーで十分分散効果が高いこと、また、散布量も少量でよいことから海洋環境に優しい処理剤であることが分かる。

表2 海水中の油分濃度

(気温：12℃、水温：8℃)

採水位置	自己攪はん型油処理剤	通常型油処理剤
	油分濃度 (mg/L)	油分濃度 (mg/L)
水面から深さ 10cm	230	47
水面から深さ 20cm	140	12
水面から深さ 30cm	46	7



通常型油処理剤散布分  
(左から 30cm、20cm、10cm)

海水

自己攪はん型油処理剤散布分  
(右から 30cm、20cm、10cm)



自己攪はん型油処理剤（S-7）を陸岸において散布する場合においてもやはり専用の散布装置が必要となる。

しかし現在のところ陸岸散布用として開発された装置がないため、海上災害防止センターにおいても、従来から農薬噴霧装置を応用した「海岸用油処理剤散布装置」を使用している。

- 岩場等の海岸に剥離剤として油処理剤を散布する場合、背負式の農薬噴霧装置で十分である。
- 広範囲に散布する場合には、動力付の農薬噴霧装置を応用した散布装置を使用している。



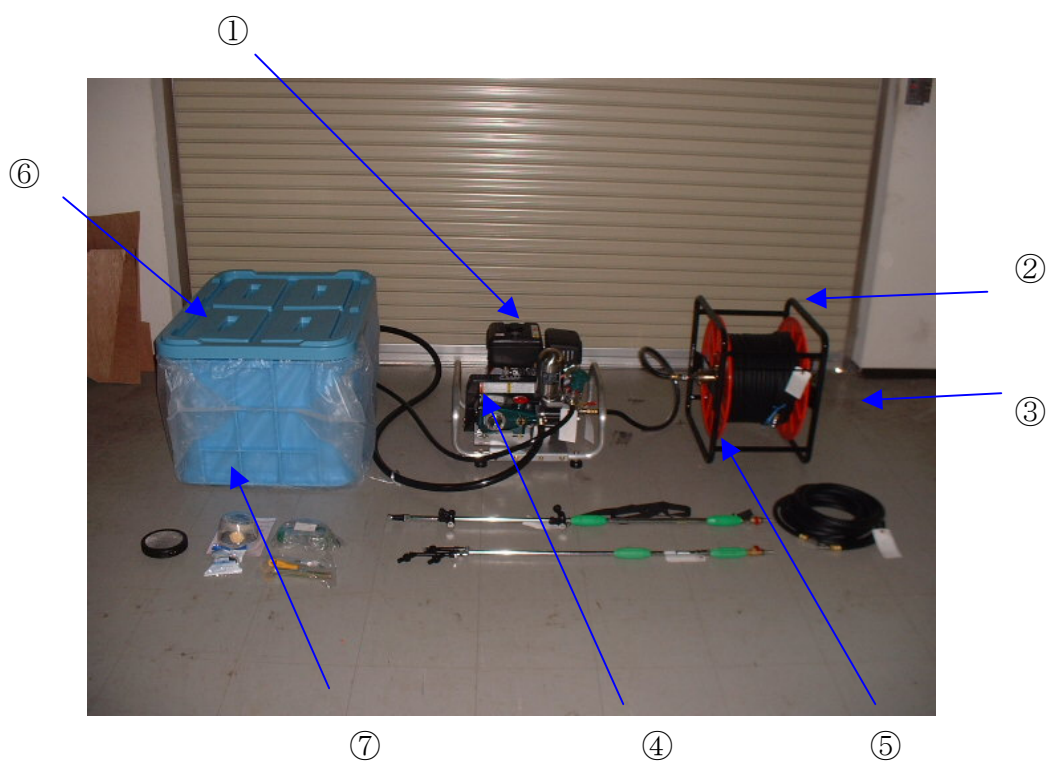
背負式農薬噴霧装置



動力式農薬噴霧装置

## 1 陸岸用油処理剤散布装置の構成

- ① ガソリンエンジン駆動ポンプ
- ② ホースリール (ホース50m巻き)
- ③ ノズル接続用ホース (10m)
- ④ 広域散布用ノズル
- ⑤ 狭域散布用ノズル (切替式)
- ⑥ ポンプ収納ケース兼薬液タンク
- ⑦ 付属品 (保護マスク、フィルター、保護めがね、工具、取扱説明書)

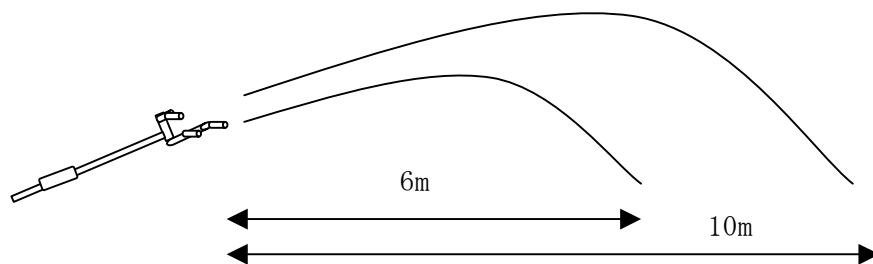


## 2 陸岸用油処理剤散布装置の吐出量、到達距離等

ノズル種類	吐出量	到達距離	粒径
狭域散布用 (キリナシ切替噴口 P-900 型)	1 頭口 6.1L/m (10kgf/cm <sup>2</sup> )	1 頭口 10 m	約 500 μ m
	2 頭口 6.8L/m (10kgf/cm <sup>2</sup> )	2 頭口 6 m	
広域散布用 (アポロ蛙畔噴口 7 型)	19.5L/m (15kgf/cm <sup>2</sup> )	最大約 12 m	先端部 直射放出 中間 約 100 μ m 手元 約 100 μ m

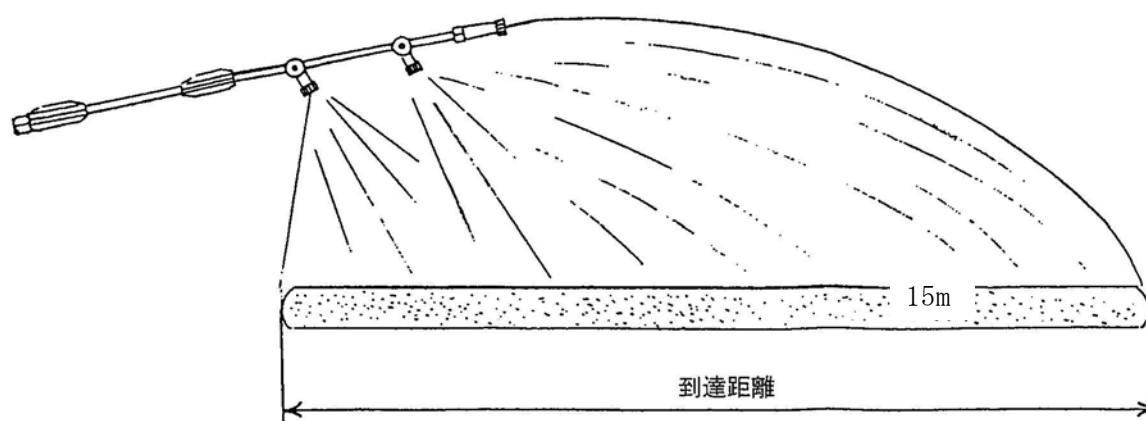
### (1) 狭域用

狭域用の2頭口に切り替えれば、岸壁、岩場などへの散布に適している。



### (2) 広域用

先端のノズルを使えば、角度にもよるが、15m程度散布することは可能である。



### 3 海岸清掃における油処理剤の使用手法

海岸清掃においては、一般的に次の3つの段階がある。

油処理剤は、第二段階又は第三段階において使用される。

第二段階においては、油処理剤は岩などに付着した油を剥がすための剥離剤として使用される。また、第三段階においては、岩などに付着し残ってしみとなった油を除去するために使用され、満潮になる前に農業用の散布装置（バックパック）などで散布した後、満ち潮により洗い流されることが必要である。満ち潮により洗い流すことが期待できない場合には、ポンプにより海水をくみ上げ洗い流す。

**第一段階** 海岸又は波打ち際にある大量の漂着油の除去

スキマー、バキュームポンプ、強力吸引車などを使用する。広大な砂浜に大量の油が漂着した場合は、ホイールローダーなどの重機が有効な場合もあるが、これらを使用すると砂までかき取ってしまうことが多い。スコップなどにより人力で油だけを回収する方が効果的なこともある。

**第二段階** ある程度油を除去した後の油、油性ゴミ、などの清掃。

この段階で、処理剤を使用することにより岩などに付着した油を剥がし易くすることが可能な場合もある。その後、高圧又は低圧の海水による洗浄、波打ち際に展開したブームに向けたフラッシュなどを行い、ブーム内に集められた油を回収装置、バキュームポンプ、強力吸引車などによって回収するか、吸着材によって吸着する。

この場合、高圧洗浄、油処理剤の使用などにより海岸（岩場など）の海洋生物を殺してしまう可能性もあることに留意しなければならない。

**第三段階** 岩に付着ししみとなって残った油を高圧洗浄、処理剤の散布により除去する。この場合、油処理剤は、バックパック、農業用の散布装置などで散布する。油処理剤を散布し、30分程度油に接触、なじませ、その後、満ち潮で洗い流すか、又は、ホースで海水をくみ上げ洗い流すことが必要である。

#### 4 海岸漂着油に対する自己攪はん型油処理剤の性能

海岸に油が漂着したと想定し、実験室内において人工的に潮の干満を作り自己攪はん型油処理剤による海岸清掃の分散性能について調査した結果を示す。

##### (1) 海岸漂着油に対する試験方法

- ① 水槽 (375×575×500mm) に砂を厚さ 5cm 程度均等に敷き詰め、人工海水を砂の上 1cm まで注水した。



写真 1

- ② 原油 (アラビアンエクストラ) を 200ml を投入し油面を作り、海水を水槽底部から排水 (干潮を想定) して原油を砂に付着させた。自己攪はん型油処理剤を原油量の 10% (20ml) を油面に均一に粒状散布し、15 分間静置し油処理剤を原油に浸透させた。



写真 2

- ③ 海水を砂の上5cmまで注水 (満潮を想定) し、水槽ごと緩やかに10分間横揺れ振とう (波高 5cm) させた。静置後、混合海水を 1000cc 採取し油分濃度を測定した。同手順で注水、横揺れ振とう、排水を 4 回繰り返す、最後に残った砂の油分濃度を測定した。(目視観測で水が透明になるまで繰り返した)



写真 3

- ④ C 重油についても同手順で実施した。ただし、C 重油は動粘度が高いため自己攪はん型油処理剤は C 重油に対して 20% (40ml) 散布した。注水、横揺れ、排水は合計 5 回繰り返した。

##### (2) 海岸漂着油に対する試験使用機材等

水槽	(375×575×500 塩化ビニール製)
砂	(熱帯魚飼育水槽用砂 粒径 1～4 mm)
人工海水	八州薬品(株)製「アクアマリン」
横揺れ振とう機	ヤマト科学(株)製 Shaker SA31 型 (振幅 4 cm、振とう周期 40 回/秒)

##### (3) 海岸漂着油に対する試験使用油種及び分散剤

- ① 原油（アラビアンエキストラ）  
動粘度 3.82cSt (30℃)                      比重 0.8311 (15/4℃)
- ② C重油  
動粘度 315cSt (30℃)                      比重 0.9683 (15/4℃)
- ③ 自己攪はん型油処理剤

(4) 海岸漂着油に対する自己攪はん型油処理剤の性能試験結果  
原油、C重油の油分濃度の変化 (mg/L)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
原油	2,100	1,800	650	100	—
C重油	2,400	1,800	500	170	120



写真4 原油（左から1～4回目、右端水）      写真5 C重油（左から1～5回目、右端海水）

### ① 海水中の油分濃度

海水中の油分濃度は、原油及びC重油とも注排水を繰り返すごとに急激に減少した。また、採水した海水については、写真に示すように原油のケースでは3回目と4回目の注排水後の混合海水の色度は格段に薄い色に変色した。

採取したサンプル瓶の混合海水を静置しても油粒の浮上がほとんど認められず陸上に漂着した油に対する自己攪はん型の分散効果が高いことが分かる。

なお、C重油は粘度が高いことから注排水の回数を1回多くしたが原油と同等の効果がある。

砂の油分濃度の変化 (mg/kg)

	1回目排水後の油分濃度		最後の排水後の油分濃度	
	容器の中央部	容器の端寄り	容器の中央部	容器の端寄り
原油の場合	530	28,000	390 (4回)	490
C重油の場合	100,000	690	340 (5回)	610

( ) 内は洗浄回数



写真6 原油の場合の採取した砂



写真7 C重油の場合の採取した砂

### ② 砂中の油分濃度

砂の油分濃度についても、注排水を繰り返すことにより急激に減少した。

なお、原油については4回、C重油については5回、注排水を繰り返したが最終的な砂の油分濃度はほぼ同等になった。

実験は、容器の小さな水槽内で限られた海水量において実施したが、実際の海岸では、広い水域で、無限の海水によって砂は洗浄されることになり分散剤による洗浄力は実験室実験の結果より更に高いものと思われ、効率の良い手法があることが示唆された。

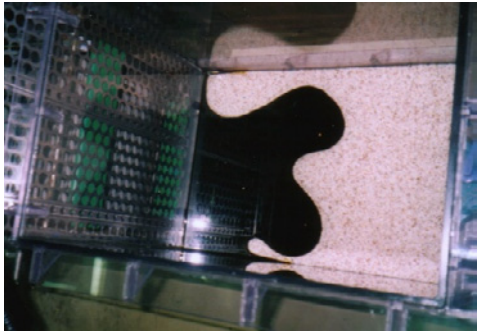


写真 8 a 原油投入直後の状況

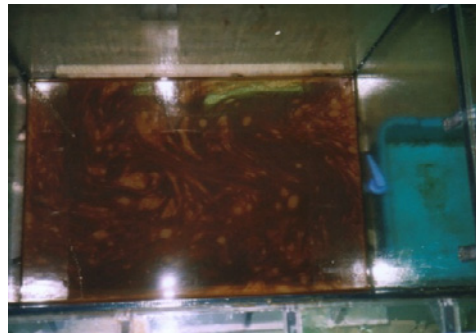


写真 9 b 振とうした後 10 分後の状況

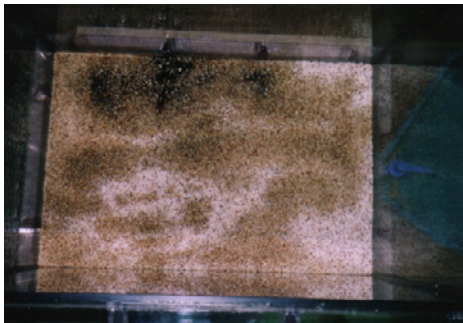


写真 8 b 原油を砂に付着させた状況



写真 9 c 1 回目排水後の状況



写真 8 c 油処理剤を散布直後の状況

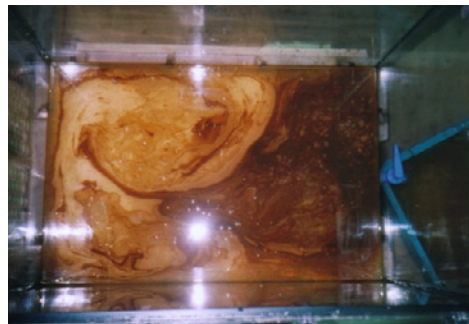


写真 10 a 2 回目海水を注水した状況

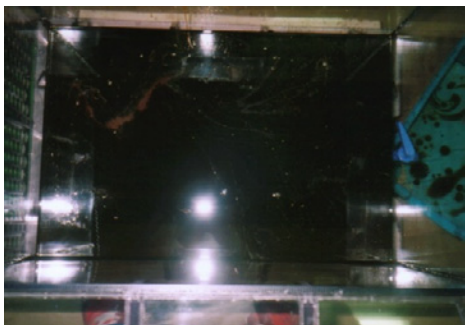


写真 9 a 1 回目海水を注水した状況

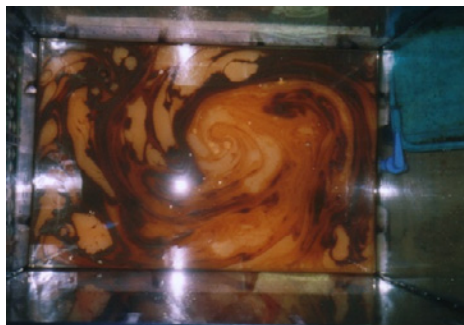


写真 10 b 振とうした後 10 分後の状況





写真 10c 2回目排水後の状況



写真 12a 4回目海水を注水した状況

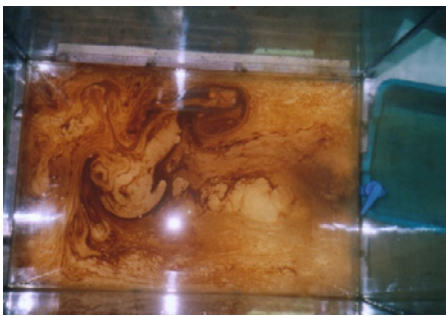


写真 11a 海水を注水した状況

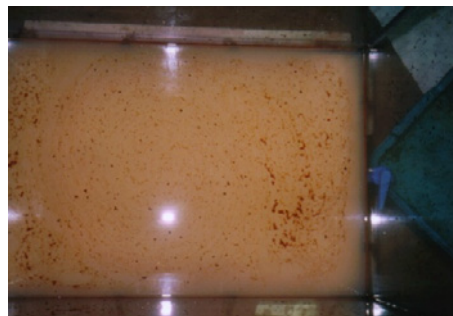


写真 12b 振とうした後10分後の状況

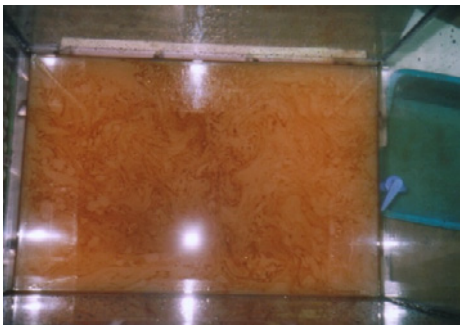


写真 11b 浸透した後10分後の状況



写真 12c 4回目排水後の状況



写真 11c 3回目排水後の状況

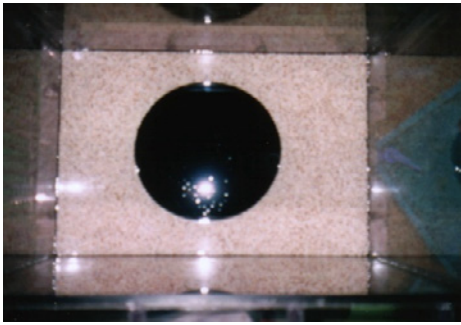


写真 13a C 重油投入直後の状況

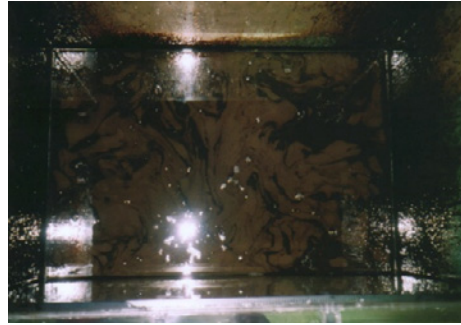


写真 14b 振とうした後 10 分後の状況



写真 13b C 重油を砂に付着させた状況

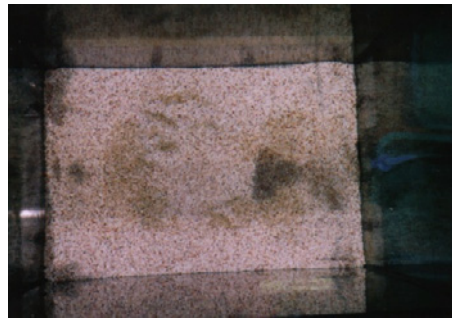


写真 14c 1 回目排水後の状況



写真 13c 油処理剤を散布直後の状況

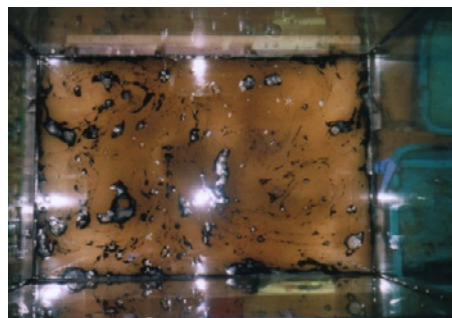


写真 15a 2 回目海水を注水した状況



写真 14a 海水を注水した状況



写真 15b 振とうした後 10 分後の状況

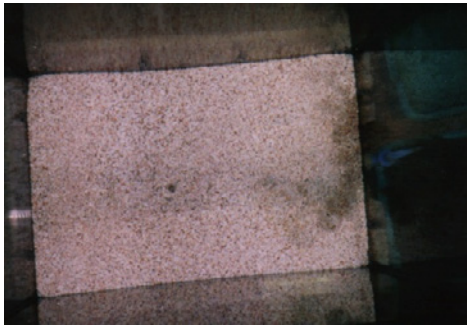


写真 15c 2回目排水後の状況

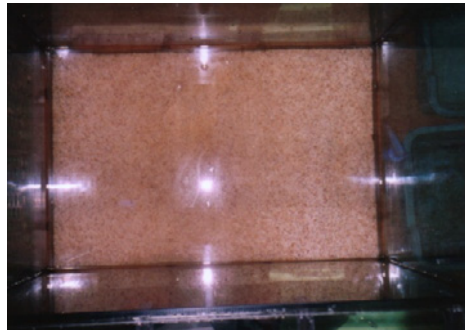


写真 17a 4回目海水を注水した状況

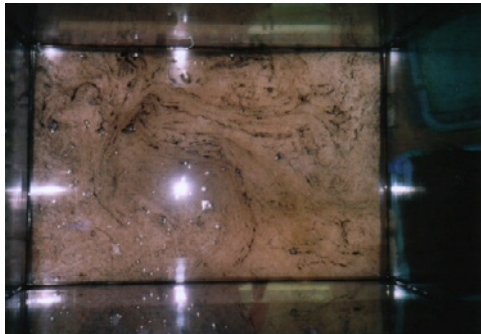


写真 16a 3回目海水を注水した状況

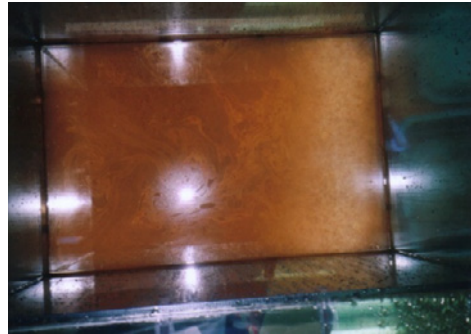


写真 17b 振とうした後10分後の状況

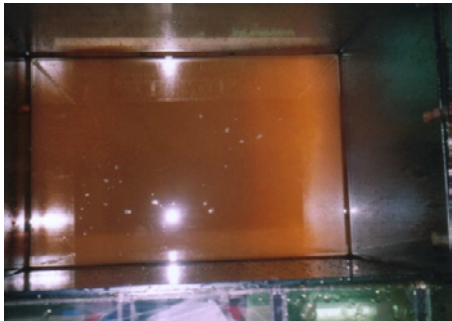


写真 16b 振とうした後10分後の状況

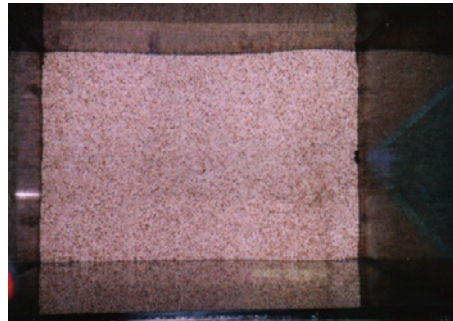


写真 17c 4回目排水後の状況



写真 16c 3回目排水後の状況

- 回転翼航空機は、狭い面積に効率的に散布し、固定翼航空機のように滑走路が不要のため、流出油現場近くの拠点から運航できるメリットがある。
- 自己かく拌型油分散剤は強制かく拌の必要がなく、散布量も通常型の約5分の1程度で済むことから、航空機からの散布に適している。
- 野外において回転翼機により空中散布実験を行った結果、フラットスプレーノズルを使用した場合、散布高度9m、散布速度20～30ノット、ノズル数32個の散布条件が最も効果的であることが分かった。
- 流出油事故が発生し、回転翼機により油分散剤の散布を行う必要が生じた際は、実績豊富な航空事業者（阪急航空）に連絡すればよい。  
また、その際、海上災害防止センターから油分散剤散布用のフラットスプレーノズル40個の貸出が可能である。



航空機からの散布テスト



同左

### 1. 航空機からの油分散剤の散布

油分散剤の散布に使用される航空機は、固定翼機と回転翼機とに大別され、使用される航空機の種類は、油流出の規模及び発生場所によって決定される。

規模が大きく、遠く離れた沖合で発生した事故に対応するためには、速度が速く航続距離の長い大型固定翼機が有効である。ただし、大型機は長い滑走路、大規模な運航上の支援体制が必要になる。

回転翼機の場合は、狭い面積に効率的に散布し、滑走路が不要のため流出現場近くの拠点から運航できるというメリットがある。

自己かく拌型油分散剤は、従来の通常型油分散剤のように強制かく拌の必要がな

く、散布量も通常型の約5分の1程度で済むことから航空機からの散布に適している。

固定翼機の油分散剤散布装置は、エンジンから供給される動力によってポンプを作動し、胴体の下又は翼に沿って取り付けられたスプレーブームから散布する仕組みとなっている。

回転翼機の場合は、電動モータ駆動ポンプ、分散剤タンク及びスプレーブームを備えた「散布バケツ」を下に吊し、これを機内から操作して散布するものや機内にあらかじめ分散剤のタンクとポンプが取り付けられておりスプレーブームを機体に取り付け、機内からの遠隔操作で散布する方式がある。

回転翼機による油分散剤の散布事例を表1に、固定翼機からの油分散剤の散布状況を写真1に、回転翼機からの油分散剤の散布状況を写真2に示す。

表1 回転翼機による油分散剤の散布事例（阪急航空㈱の資料による）

	船名等	日時・場所	排出量	使用機種等	積載容量	散布時間	散布量
1	貨物船 ACADEMY STAR 座礁	57.3.21 千葉県千倉沖	C重油 600KL	AS-350B 散布装置 Simplex 5100	400L/回	2.5分	6,400L
2	タンカー 第8福徳丸 衝突	57.4.3 徳島県橋湾	C重油 83KL	ヒー UH-12E 散布装置 Simplex 3300	180L/回	1.5分	5,800L
3	貨物船 KALIMANTAN IBU 座礁	59.1.22 茨城県鹿島沖	C重油 169KL	ヒー UH-12E 散布装置 Simplex 3300	180L/回	1.5分	42,900L
4	貨物船 SITI FREDA 転覆	60.2 大阪岸和田沖	不明	ヒューズ 500D2 機 散布装置 Simplex 3300	300L/回	2分	26,300L
5	貨物船 GLOLIA FORTUNA 座礁	60.7.2 和歌山県白浜沖	不明	ヒー UH-12E 散布装置 Simplex 3300	180L/回	1.5分	2,000L
6	貨物船 協和丸 衝突	60.7.5 静岡県下田沖	不明	ベル 47G-4A 散布装置 Simplex 1300	180L/回	1.5分	2,500L
7	貨物船 第2あい丸 座礁	61.12.15 茨城県鹿島湾	A重油 42KL	ベル 47G-4A 散布装置 Simplex 1300	180L/回	1分	20,500L
8	貨物船 VISHVA ANURAG 浸水沈没	62.1.14 鹿児島県 串木野沖	不明	ベル 206B 散布装置 Simplex 2700	300L/回	1.5分	2,376L
9	タンカー 第1春日丸 沈没	63.12 京都府経が岬沖	C重油	ヒューズ 500D レンジャー 206 散布装置 Simplex 5000			
10	貨物船 MARITIME GERDENIA 座礁	2.1.25 京都府経が岬沖	C重油 900KL	ヒューズ 500D 散布装置 Simplex 5000	234L/回	2分	70,000L
11	タンカー 泰光丸 衝突	5.5.31 福島県塩屋崎	C重油 521KL	アエロスパシヤル AS350B 散布装置 Simplex 5000	400L/回		102,546L 5,697 缶



写真1 固定翼機からの油分散剤の散布状況

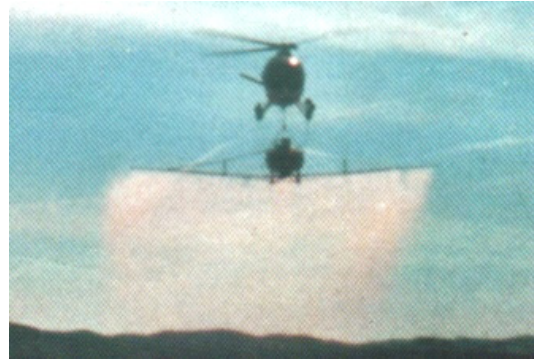


写真2 回転翼機からの油分散剤の散布状況

## 2. 回転翼機による空中散布実験

野外の農道離着陸場を使用して回転翼航空機による空中散布実験を行い、散布速度、飛行速度、散布圧力、散布ノズル数、散布流量等の散布基礎データの取得及び散布幅等の調査を行い、実用的な散布条件についての検討を行った。

その概要を以下に示す。

### (1) 空中散布実験

#### 1) 実験場所

笠岡地区農道離着陸場（岡山県笠岡市）

滑走路 長さ 800m×幅 25m

着陸帯 長さ 920m×幅 17.5m

エプロン 長さ 50m×幅 40m

笠岡地区農道離着陸場全体図を図1に示す。

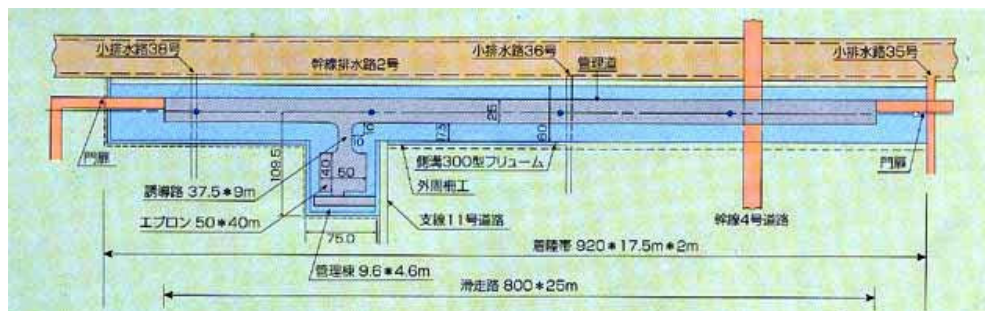


図1 笠岡地区農道離着陸場全体図

## 2) 使用航空機及び資機材等

イ 回転翼機 AS350B JA9393 (阪急航空所属) (写真3参照)

ロ 油分散剤散布装置 (写真4参照)

型式	Simplex Model 5100 (米国製)
タンク容量 (最大)	420 l
散布管長 (両舷)	8,020mm
使用ノズル個数	両舷 4、8、16 個
散布圧力	0.26 Mpa



写真3 回転翼機 AS350B



写真4 油分散剤散布装置 (Simplex Model 5100)

ハ 使用ノズル

スプレーイングシステムズジャパン製

- ・ ボディー Quick Teejet
- ・ チップ フラットスプレー (扇形) TP6520-SS

ノズルの取り付け状況及び噴射の状況を写真5及び6に示す。



写真5 ノズルの取り付け状況



写真6 ノズルの噴射状況

## ニ ノズル取付け位置

散布管装置とノズル取付け金具の装着位置を図2に示す。

ノズルは、散布管片舷あたり 21 箇所、同装置本体下部に 8 箇所の合計 50 箇所に装着が可能となっている。

本空中散布実験では、任意の位置にフラットノズルを取り付けることとした。

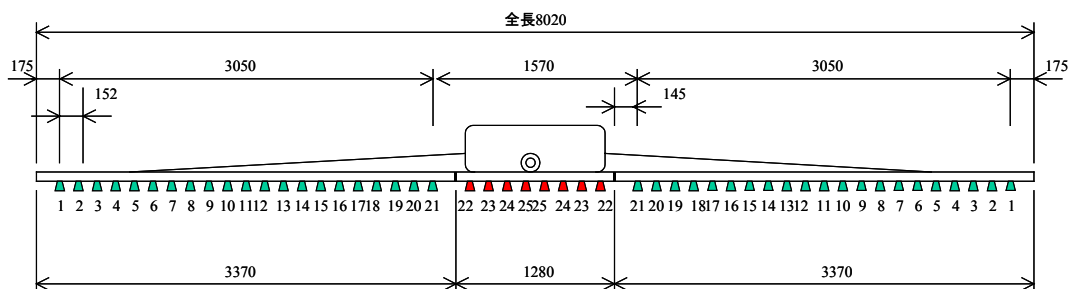


図2 散布管装置とノズル取付け金具の装着位置

## 3) 実験要領

- ① 滑走路上に調査ラインを設置し、調査ライン上に調査紙及びバットを設置する（図3参照）。調査紙はアクリル板に固定し、調査ライン上に1m間隔で21枚置く（写真7、図4参照）。
- ② 滑走路センターライン上及びセンターラインから飛行方向左側（風下側）10m、15mの3箇所に水を張ったバットを設置する。（写真8、9参照）
- ③ 実験条件に従い、滑走路のセンターライン上を飛行し、調査ラインの50m手前の位置で水の散布を開始し、調査ラインから50m通過した位置で終了する。実験条件を表2に、調査ライン付近の状況を写真10及び11に示す。
- ④ 回転翼機が調査ラインに到達した時点から水粒子がバット及び調査紙へ落下するまでの間の時間を計測する。
- ⑤ 回転翼機が調査ラインの上空を通過した時に各バット内に張った水のオーバーフローの有無及び水面の挙動・変位を目視で観測するとともに、滑走路センターラインの左側15mに設置したバットの水粒子の落下状況をビデオ撮影する。
- ⑥ 散布終了後、調査紙の回収を行い、調査紙の記録から散布粒径と散布幅を計測する。

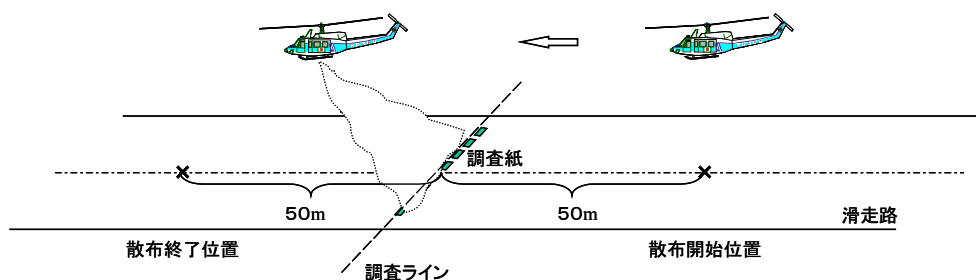


図3 調査ライン及び散布開始・終了位置



表2 実験条件

実験条件			
飛行番号	散布高度 (m)	散布速度 (ノット)	ノズル数
1	14	10	4
2	19	10	4
3	14	20	4
4	9	20	4
5	14	30	4
6	9	30	4
7	14	10	8
8	19	10	8
9	14	20	8
10	9	20	8
11	14	30	8
12	9	30	8
13	14	10	16
14	19	10	16
15	14	20	16
16	9	20	16
17	14	30	16
18	9	30	16

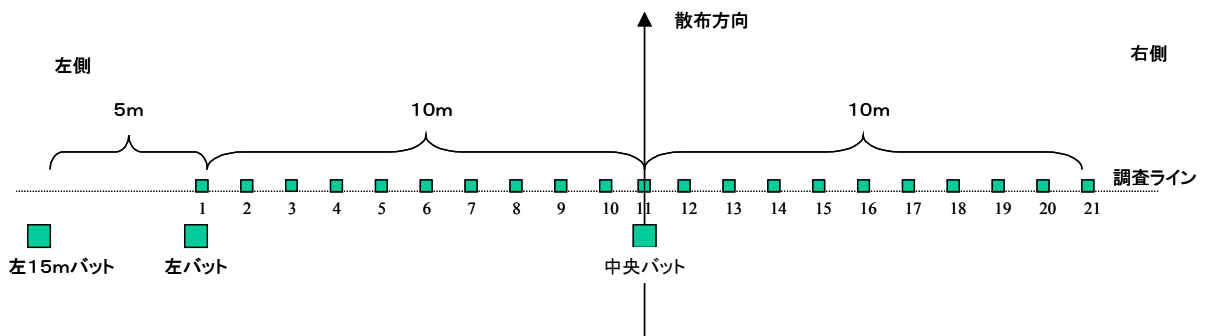


図4 調査紙及びバットの配置図



写真7 調査紙（落下調査板）の状況



写真8 調査紙及びバットの配置

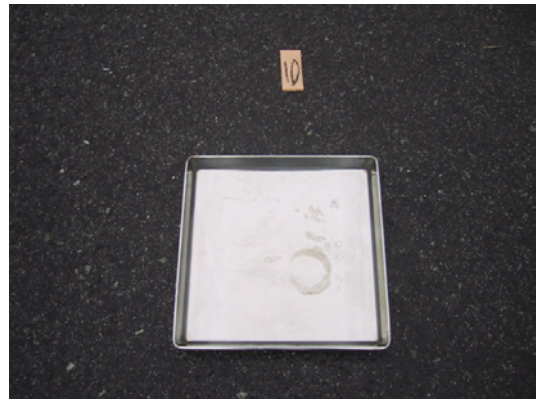


写真9 バットの状況



写真10 調査ライン付近の状況



写真11 調査ライン付近の状況（上空より）

#### 4) 計測項目

- ① 散布速度 (ノット)
- ② 散布圧力 (MPa)
- ③ 散布時間 (sec)
- ④ 散布水量 (リットル)
- ⑤ 散布幅 (m)
- ⑥ 水粒子到達時間 (回転翼機が調査ラインに到達した時点から水粒子がバット及び調査紙へ落下するまでの時間) (sec)
- ⑦ 各バット内に張った水の水面の挙動・変位及びオーバーフローの有無
- ⑧ 気象 (風向、風速、温度、湿度、天候)

#### 5) 実験結果

実験結果を表 3 に示す。

- ① 高度 14m、速度 10 ノットの実験条件では、2 回がバットの水に水粒子が落下する前にダウンウオッシュによる風の到達があり、1 回がバットへの水粒子の落下とダウンウオッシュによる風の到達が同時であった。また、調査ライン上に設置した調査紙が 4 枚飛ばされた。このことにより、高度 14m、速度 10 ノットの実験条件は散布不可能範囲であると考えられる。
- ② 高度 9m、速度 20 ノットの実験条件では、ノズル数に関係なくバットへの水粒子の落下後にダウンウオッシュによる風の到達が見られた。
- ③ 高度 19m、速度 10 ノットの実験条件では、ダウンウオッシュが見られず、良好な散布が可能である。
- ④ 滑走路左 (風下側) 15m に設置したバットに水粒子が落下したことが観察されたことから、水粒子の落下範囲は全幅で 25m 以上あることが分かった。

回転翼機の散布状況等を写真 1 2、1 3 に示す。



写真 1 2 回転翼機の水散布飛行状況



写真 1 3 ノズルからの水散布状況

表3 粒子径及び散布幅実験結果

実験条件				実験結果																
飛行番号	散布高度 (m)	散布速度 (ノット)	ノズル数	散布速度 (ノット)	散布圧力 (Mpa)	散布時間 ※1 (sec)	散布水量 ※2 (リットル)	散布幅 ※3 (m)		バットの状況			風向	風速 (m/s)	温度 (℃)	湿度 (%)	天候	ダウンウォッシュ(DW)の有無	判定	
								左側	右側	水粒子到達 時間(秒)※4	オーバーフロー 有無 ※5	水面の挙動・変位 (mm) ※6								
1	14	10	4	10	0.26	19	8.9	15	10	未計測	有	2/4/4mm減	NE	0.4	15	88	曇り	DW有	×	
2	19	10	4	10	0.26	18.2	8.5	15	10	5.8	なし	0	NE	0.9	15	88	曇り		○	
3	14	20	4	20	0.26	12	5.6	15	10	4.2	有	0/1/1mm減	—	0	15	88	小雨	水粒子落下後DW有	△	
4	9	20	4	20	0.26	10.3	4.8	15	10	未計測	有	0/1/1mm減	NE	0.9	15	89	曇り	水粒子落下後DW有	△	
5	14	30	4	30	0.26	7.1	3.3	15	6	3.8	なし	0	NE	1.3	15	88	曇り		○	
6	9	30	4	30	0.26	6.8	3.2	15	7	2.7	なし	0	E	1.3	15	88	曇り		○	
7	14	10	8	10	0.26	18.5	16.8	15	10	5.5	有	1/1/1mm減	NE	2.7	16	87	小雨	DW有	×	
8	19	10	8	10	0.26	18	16.3	15	10	4.4	なし	0	NE	2.2	16	88	小雨		○	
9	14	20	8	20	0.26	9.4	8.5	15	5	4.1	なし	0	ENE	3.6	16	88	小雨		○	
10	9	20	8	20	0.26	10.3	9.3	15	6	3.1	なし	0	ENE	1.3	16	88	小雨	水粒子落下後DW有	△	
11	14	30	8	30	0.26	7.8	7.1	15	5	4.2	なし	0	ENE	2.7	16	88	曇り		○	
12	9	30	8	30	0.26	7.2	6.5	15	5	3.8	なし	0	NE	1.3	16	88	曇り		○	
13	14	10	16	10	0.26	17.5	30.3	15	10	3.2	有	4/6/6mm減	NE	2.2	16	89	曇り	水粒子落下とDWが同時	×	
14	19	10	16	10	0.26	18	31.2	15	10	6.0	なし	0	NE	1.3	16	89	曇り		○	
15	14	20	16	20	0.26	9.8	17.0	15	10	3.2	なし	0	NE	2.7	16	89	曇り		○	
16	9	20	16	20	0.26	12	20.8	15	10	2.1	有	0/2/2mm減	ENE	2.2	16	89	曇り	水粒子落下後DW有	△	
17	14	30	16	30	0.26	6.9	12.0	15	4	3.1	なし	0	ENE	2.2	16	89	曇り		○	
18	9	30	16	30	0.26	7	12.1	15	10	3.1	なし	0	NE	1.8	16	89	曇り		○	
※1	調査ラインの前後50m(距離100m)の間の飛行時間																			
※2	調査ラインの前後50m(距離100m)の間にノズルから散布した水量(陸上試験の結果から計算)																			
※3	左側については左15mの水バットへの水粒子の落下状況により、右側については調査紙への水粒子の落下状況により計測																			
※4	回転翼機が調査ラインに到達した時点から水粒子がバット及び調査紙へ落下するまでの時間																			
※5	回転翼機が調査ラインを通過した際のバットの水のオーバーフローの有無																			
※6	回転翼機が調査ラインを通過した後のバットの挙動・水位の減少量																			

6) まとめ

空中散布実験の結果より得た散布速度と散布高度との関係を図5に示す。

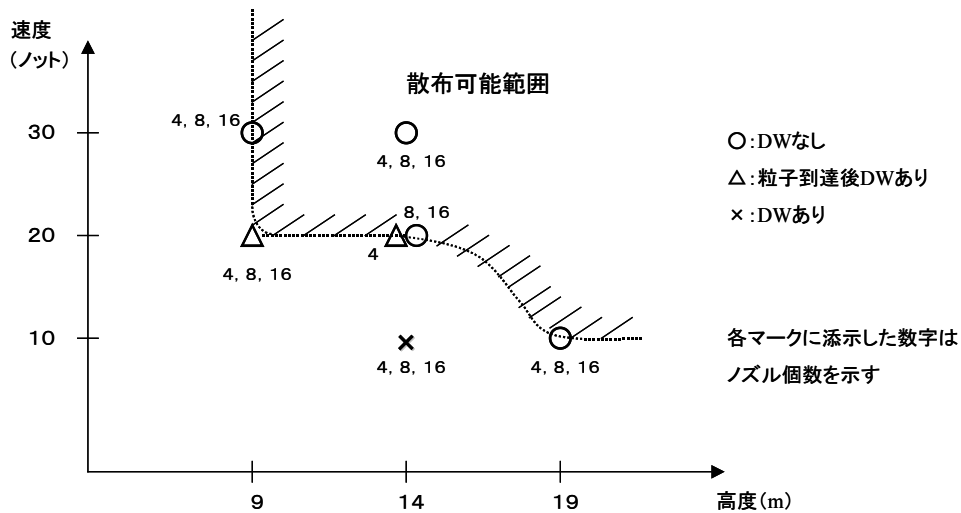


図5 散布高度－散布速度とダウンウオッシュの関係

同図に用いた○、△、×の記号は次の定義による。

- 印：回転翼機がバットの上空を通過しても、バットの水面に変化がなく、オーバーフローが生じないケースを「※ダウンウオッシュなし」とした。
- △印：回転翼機がバットの上空を通過した際、バットにダウンウオッシュの風の到達よりも水粒子の落下が先にあった場合とした。
- ×印：回転翼機がバットの上空を通過した際、バットに水粒子の落下よりもダウンウオッシュによる風の到達が先にあった場合又は水粒子の落下とダウンウオッシュによる風の到達が同時にあった場合を「ダウンウオッシュあり」とした。

※ ダウンウオッシュ

回転翼機が空を飛ぶために回すメインローター（回転する翼）により発生する下降気流

図5から次のことがいえる。

- イ 14m-10ノットの散布条件をノズル数を変えて3回行ったところ、そのうち2回がバットの水に対して水粒子が落下するよりも先にダウンウォッシュによる風の到達があった。このため、14m-10ノットの散布条件は、ダウンウォッシュによる影響が大きいいため、油分散剤の散布に用いることは適当ではない。
- ロ ダウンウォッシュの影響を受けずに海上流出油に油分散剤を散布するためには、図5の斜線で示した範囲の高度と速度の組合せで油分散剤を散布する必要がある。
- ハ 図5で△印となっている散布条件であっても、対象油の油層厚が厚かったり、油の粘度が高い場合は、散布された油分散剤の粒子が油層に浸透する十分な時間がないため、分散効果はかなり低下すると思われる。
- ニ 散布高度が高すぎると油分散剤の粒子の落下までに時間がかかり、その間に風等の外力により油分散剤が空中で拡散し、海上の流出油面に到達しないことが予想される。このため、散布高度はできるだけ低くする必要があり、図5に示す20ノットから30ノットの範囲を実用的な散布速度とするのが適当である。

## 7) 考察

### イ 散布高度について

過去に実施した屋内基礎散布実験により、実用的な散布高度であるとされた地上9mを基準にして5m毎に高さを上げ、9m、14m、19mの高度条件で実施した。

実験の結果、高度が高くなるほどダウンウォッシュの影響が少なくなることが分かった(図5参照)が、高度が高すぎると上空から散布された油分散剤の粒子が風等の外力の影響により流されてしまい、目標地点に到達させることが難しくなるため、散布高度はできるだけ低くする必要がある。

また、高度9mの低高度での散布の場合、散布速度がある値以上であれば散布粒子に対するダウンウォッシュの影響が少なくなり、散布に用いることが可能となることが実証された。

更に、今回の実験に参加したパイロットによれば、経験上、農薬散布は高度9m程度で行うのが一番散布状況を把握しやすいとの感想を得た。

以上から、効率性及び作業性を考慮すれば、散布高度は9mとするのが適当であると考えられる。

#### ロ 散布速度について

10 ノット以下での散布速度では、散布された水粒子がバットに到達する前にダウンウオッシュの影響を受けることから、散布速度 10 ノット以下で油分散剤を海上流出油に散布した場合、海上の油層に S-7 の粒子が到達する前にダウンウオッシュにより油層が激しくかく乱され、油層が流されてしまうことが予想されるため、実際の散布速度には用いることはできないことが明らかとなった。

また、粒子径及び散布幅の調査の結果、高度を高くすれば 10 ノットの速度での散布も可能であるが、高度 9m との組合せを考えれば、20～30 ノットでの散布速度とする必要がある。

#### ハ ノズル数について

ノズル数が多いほど単位散布面積あたり高速度で散布が行えるため、ダウンウオッシュの影響が少ない散布が可能となる。

また、油分散剤の散布率が 1.5% である軽質原油から 4% 程度である重質原油までの幅広い油種への対応を行う場合は、ノズル数を 32 個とする方が油分散効果が高く有効である。

以上から、S-7 を回転翼航空機から散布する場合、フラットスプレーノズルの使用では散布高度 9 m、散布速度 20～30 ノット、ノズル数 32 個の散布条件が最も効果的であると考えられる。

### 3. 事故発生時の対応

空中散布実験の結果より、S-7を回転翼航空機から散布する場合の最も効果的である散布条件が明らかとなったが、実際に流出油事故が発生し、回転翼機により油分散剤の散布を行う必要が生じた際には、実績豊富な航空事業者に連絡を行えばよいと思われる。

また、その際は海上災害防止センターから油分散剤散布用のフラットスプレーノズル40個の貸し出しが可能である。

今回の回転翼機による空中散布実験は、阪急航空株式会社の協力を得て実施したが、同社は昭和35年の設立以来農薬散布の経験が豊富であり、過去、我が国沿岸で発生した流出油事故の際には上空から油分散剤を散布して処理に当たるなど、油分散剤散布の実績を有している。また、最近では平成14年10月に発生した伊豆大島の自動車運搬船の座礁事故の際、当センターからの依頼により付近海域の飛行調査を行っている。

同社の事業所の所在地を表4に示す。

表4 阪急航空株式会社事業所所在地

事業所名	所在地	電話番号
本社	大阪市北区芝田 1-16-1 阪急電鉄本社ビル 6階	(06)6373-1661
八尾運航所	大阪府八尾市空港 2-12 八尾空港内	(0729)91-0835
神戸運航所	神戸市中央区港島中町 8-1 神戸ヘリポート内	(078)302-7071
岡山運航所	岡山市浦安南町 639-1 岡南飛行場内	(086)262-4118
東京事業所 (連絡先)	東京都千代田区有楽町 1-5-2 東宝ツインタワービル 5階 野口所長	(03)3504-0701



油処理剤を散布する場合、事前に海上で流出油をサンプリングし、使用する油処理剤の分散効果を確認しなければならない。

事前に油処理剤の効果を確認するとともに証拠として写真撮影をしておくことも必要である。また、散布後においても油の性状変化に応じて油処理剤の効果があるかどうかを継続的に確認することも必要である。

油流出事故対応後、費用請求を行う場合、とった対応を合理的と判断した理由の説明が求められる。このために油処理剤の有効性を証明しておくことが重要となる。

油処理剤の有効性の簡易試験法は、事故現場等において、油処理剤の分散効果を簡易に確認することができ、油と油処理剤との相性を客観的に比較することで、油処理剤の有効性を総合的に判断するものである。

海上災害防止センターが開発した「油処理剤簡易試験キット」は、様々な分散効果の確認、環境に与える影響の確認、事故に備えた事前の確認、研修・講習会での活用など幅広い活用にも適しているものである。

- 油処理剤を海上で使用する場合、事前に油処理剤と流出油の相性判定を行わなければならない。
- 散布後においても油の性状変化に応じて油処理剤の効果があるかどうかを継続的に確認しなければならない。
- 相性試験結果を写真に撮って、有効性を証明しておくことも必要である。
- 海上災害防止センターが開発した「油処理剤簡易試験キット」は、事故現場で、簡単に油処理剤と流出油の相性判定を行える器具である。

油処理剤簡易試験キット販売先

タイホー工業株式会社 第1事業部 TEL 03-6414-5601



簡易試験キットジュラルミンケース

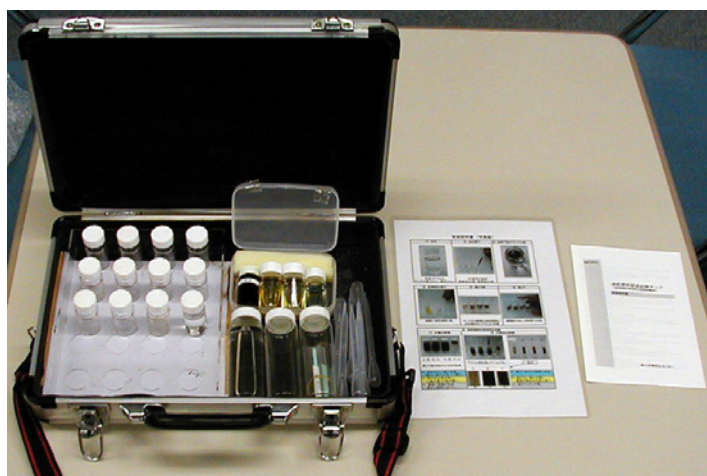


キットの中身

## 油処理剤簡易試験キットの説明

### 油処理剤簡易試験キット使用上の注意事項

- (イ) 本セットのスポイトによる滴下は、3000cSt 程度の油まで使用できるが、さらに高粘度の油の場合はスポイトによる滴下が困難となる。このような油に対しては、通常型油処理剤が分散効果を示さない場合がある。
- (ロ) 付属品の油処理剤は、代表的なものであり、船舶、事業者等において異なる油処理剤を保有している場合は、予備サンプル瓶等に保管しておくことをお勧めする。
- (ハ) サンプル瓶は試験後の判別できるようマジック又はタック等を使用してその名称等を明記しておく。
- (ニ) 流出した油の性状は日々変化するので、これに合わせた簡易試験の実施が必要である。
- (ホ) サンプル瓶、スポイト、アクリル板は使い捨てが原則である。研修目的等で再利用する場合にも、洗剤の使用は厳禁である。熱湯で洗い汚れを拭き取る。
- (ヘ) 付着性の評価は、割り箸などの木材を利用することで、より自然環境に近い評価ができる。



簡易試験キット

### 付属品

- ジュラルミン製簡易試験キット携帯格納ケース (1 箱)、混合割合表 (1 枚)、評価表 (5 枚)
- 通常型油処理剤 (メールクリン 505) (20ml 用×1 本)
- 高粘度油用油処理剤 (メールクリン D1128) (20ml 用×1 本)
- 自己攪はん型油処理剤 (セルフミキシング) (20ml 用×1 本)
- 振とう用サンプル瓶 (20ml 用×20 本)、スポイト (50 本)、振とう箱 (1 箱)
- ミクロスパーテル (5)、温度計 (1 本)、油性マジック (黒、白 2 本)
- はさみ (1)、カッターナイフ (1)、ピンセット (1)、インデックス (1 式)

## 油処理剤簡易試験キット (油処理剤の有効性の簡易試験法)

### はじめに

油処理剤の使用に当たっては、油をサンプリングして、その分散効果を確認することが重要です。油処理剤の有効性の簡易試験法は、事故現場等において、油処理剤の分散効果を簡易に確認することができ、油と油処理剤との相性を客観的に比較することで、油処理剤の有効性を総合的に判断するものです。

### こんなこともできます

さらに、本セットは、様々な分散効果の確認、環境に与える影響の確認、事故に備えた事前の確認、研修・講習会での活用など幅広い活用にも適しています。

#### 1 低散布率における分散効果の確認

簡易試験法は通常型油処理剤の散布率の目安である20%散布を基準としていますが、自己攪はん型油処理剤は4%散布、高粘度用油処理剤は10%散布が目安とされています。このため、混合割合表の4%及び10%散布を基準とした簡易試験を行うことで、その効果が確認できます。

なお、この場合は海水量に対する油分の量が大きくなるため、付着性の評価は低いものとなります。

#### 2 自然の風浪等による分散効果の確認

自己攪はん型油処理剤は、人為的にかく拌を必要とせず、自然の風浪等で分散する油処理剤です。このため、かく拌回数を少なく（例えば、10回程度）した簡易試験を行うことで、その効果が確認できます。

#### 3 環境に与える効果の確認

簡易試験後、数時間から半日程度、更に静置させると、浮上した油滴が振とう前の油層とほぼ同じ状態になります。これを再度振とうすると油層は再び分散し、油滴同士が結合していないことが確認できます。

このことから、処理された油滴は、最終的には海底に沈降せず、海岸・海面付近の生物・鳥類への付着を抑制するなど環境に与える効果が確認できます。

#### 4 流出油事故に備えた有効性の確認

万が一の流出油事故への備え、海上又は陸上の関係者が、貨物油、燃料油等をサンプリングし、保有している油処理剤との有効性を確認することができます。

#### 5 研修・講習会等での活用

簡易試験は、油処理剤の分散後のメカニズム等が簡易に把握できるため、研修・講習会等における実証試験などで活用することで、油処理剤の正しい認識を普及させることにも役立ちます。

## 油処理剤簡易試験キットの使い方


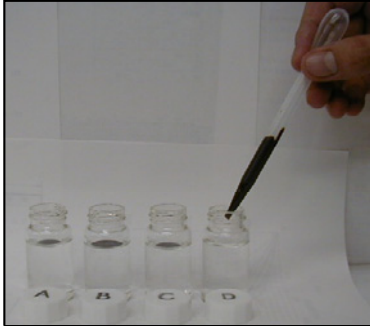

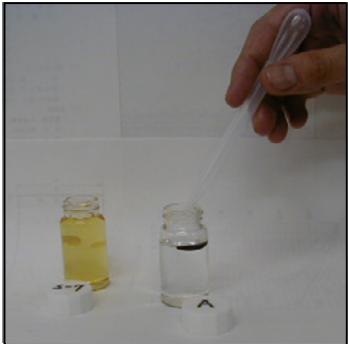
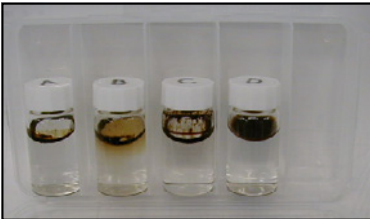

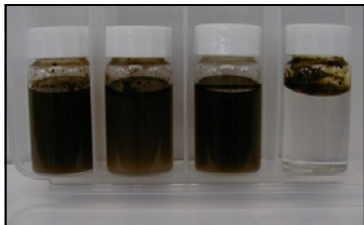




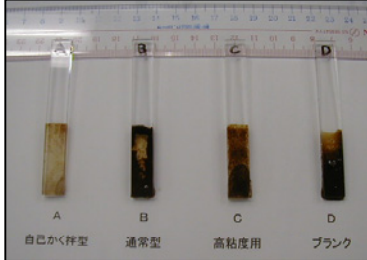
散布可能な油処理剤の分散効果の確認及び油との相性の比較を次の手順で実施し、油処理剤の有効性を総合的に評価します。事故現場では「取扱説明書（写真版）」をご使用ください。

- 1 適当な容器に油及びその周辺の海水を採取。
- 2 サンプル瓶は、散布可能な油処理剤の数にブランク用（油のみ）を加えた数を用意。
- 3 サンプル瓶（200用）の目盛りまで海水（160）を注水。（写真版①）
- 4 20%散布を基準とし、油処理剤1滴に対して、軽質な油5滴、重質な油は3滴。
- 5 スポイトにより油を滴下し、生じた油面に油処理剤を滴下。（写真版②③④）
- 6 サンプル瓶を振とう箱に入れ、急速に振とう。（振幅約10 cm、20秒間に40回が目安）（写真版⑤⑥）
- 7 有効性の判断  
外観及び付着性の評価を行い、油処理剤の有効性を総合的に判断。  
評価の例示を良好な順に◎、○、△で示す。
  - ・外観の評価（振とう後、1分後が目安。）（写真版⑦）
    - ◎ 混合水が一様に混濁している。細かい粒子が均一に漂っている。
    - 粒子の上昇が早く、上部が濃く下部が薄い状態で混濁している。
    - △ 表面に油層が形成され、間もなく下層から透明に近づく。
  - ・付着性の評価（外観の評価後、アクリル棒を浸して実施。）（写真版⑧）
    - ◎ 細かい粒子が表面に点在して付着している。
    - 粒子が一様に付着し表面が混合水の色に近い。
    - △ 油がべっとり付着している。

## 使用上のご注意

- 1 本セットのスポートによる滴下は、3000cSt 程度の油まで使用できますが、さらに高粘度の油の場合は使用が困難となります。このような油に対しては、通常型油処理剤が分散効果を示さない場合があります。
- 2 付属品の油処理剤は、代表的なものであり、船舶、事業者等において異なる油処理剤を保有している場合は、予備サンプル瓶等に保管しておくことをお勧めします。
- 3 サンプル瓶は試験後の判別できるようマジック又はタック等を使用してその名称等を明記しておきます。
- 4 流出した油の性状は日々変化するので、これに合わせた簡易試験の実施が必要です。
- 5 サンプル瓶、スポート、アクリル板は使い捨てが原則です。研修目的等で再利用する場合にも、洗剤の使用は厳禁です。熱湯で洗い汚れを拭き取ります。
- 6 付着性の評価は、割り箸などの木材を利用することで、より自然環境に近い評価ができます。

## 取扱説明書（写真版）

<p>① 注水</p>  <p>目盛りまで注水。 サンプル瓶(20ml)、海水(16ml)</p>	<p>② 油の滴下</p>  <p>20%散布が基準 軽質油は5滴、重質油は3滴</p>	<p>③ 油滴下後のサンプル瓶</p> 
<p>④ 処理剤の滴下</p>  <p>油面に油処理剤1滴。</p>	<p>⑤ 振とう箱</p>  <p>A~Cは3種類の油処理剤と Dは油のみ(ブランク)の例</p>	<p>⑥ 振とう</p>  <p>振幅約10cm、20秒間で40回</p>
<p>⑨ 油処理剤の有効性を判断</p>		
<p>⑦ 外観の評価</p>  <p>A:◎ B:○ C:◎ D:△ 振とう後30秒から1分が目安。</p> <p>◎ 混合水が一様に混濁。 細かい粒子が均一に漂う。 ○ 粒子の上昇が早い。 上部が濃く下部が薄い。 △ 表面に油層が形成 部から透明に近づく。</p>	<p>⑧ 付着性の評価</p>  <p>アクリル棒を浸しすぐ上げる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>A</p>  <p>◎</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>B</p>  <p>△</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>C</p>  <p>○</p> </div> </div>	
<p>拡大</p>  <p>◎ 細かい粒子が表面に点在。 ○ 粒子が一様に付着し 表面が混合水の色に近い。 △ 油がベっとり付着。</p>		

## I 有効性の判断

外観及び付着性の評価から、有効性を判断。評価の例示を良好な順に◎、○、△で示す。

### 1 外観の評価

- ◎ 混合水が一様に混濁している。細かい粒子が均一に漂っている。(写真A)
- 粒子の上昇が早く、上部が濃く下部が薄い状態で混濁している。(写真B)
- △ 表面に油層が形成され、間もなく下層から透明に近づく。(写真C)

(A)  
◎



(B)  
○



(C)  
△



### 2 付着性の評価

- ◎ 細かい粒子が表面に点在して付着している。(写真D)
- 粒子が一様に付着し表面が混合水の色に近い。(写真E)
- △ 油がべったり付着している。(写真F)

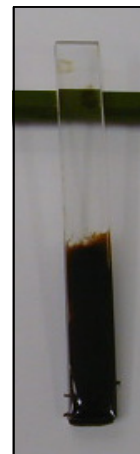
(D)  
◎



(E)  
○



(F)  
△



## II 混合割合 (油処理剤 1 滴に対する油の滴数)

20% 散布 (簡易試験は 20% 散布を基本に実施します。)

重質油	軽質油
3滴	5滴

- ・ 軽質油は原油及びA重油、重質油はC重油とみなして、滴下数を調査したものです。
- ・ 滴下数は、2度、15度及び30度の温度で調査していますが、ほぼ同じ滴下数で扱うことができます。但し、C重油は温度2度で30,000cStと極めて高粘度となるため、スポイト滴下は測定不能となります。
- ・ 軽質油はスポイトに即座に吸い込みますが、重質油は吸い込みに数秒以上かかります。
- ・ 10% 散布と 4% 散布の滴下数は次表のとおりです。
- ・ 低散布(10%→4%)になるほど油の滴下数が多くなり、評価が厳しくなります。
- ・ 10% 散布と 4% 散布の滴下数は次表のとおりです。

10% 散布

重質油	軽質油
7滴	9滴

4% 散布

重質油	軽質油
17滴	23滴

## 自己攪はん型油処理剤による低散布率における分散効果の確認

自己攪はん型油処理剤（S-7）は4%散布が目安とされていますが、次の手順により簡易テストキットを使用することにより自己攪はん型油処理剤の効果を確認できます。

- 1 流出海域に船を出し、適当な容器（バケツ、ひしゃく等）により海上に流出した油及びその周囲の海水を採取する。
- 2 海上で採取した流出油及び海水を持ち帰り、サンプル瓶（100ml 用）を用意し、最初にサンプル瓶（100ml 用）の目盛りまで海水のみ（80ml）を注水する。
- 3 4%散布を基準とし、油処理剤1滴に対して、軽質な油（原油及びA重油）であれば23滴、重質な油（C重油）であれば17滴を海水を入れたサンプル瓶にスポイトで滴下するが、まず、簡易試験キットに入っているスポイトの先端をカッターナイフで斜め鋭角に切断し1滴ずつ滴下できるようにし、海上で回収してきた油をサンプル瓶（海水注入済み）に、油種毎に決められた滴数を先端を切断したスポイトで滴下する。
- 4 続いて、油面に新しいスポイト（先端を切断する必要はない）で油処理剤を1滴滴下する。
- 5 サンプル瓶にふたをし、瓶を2、3回軽く振って油と処理剤をなじませ、ふたに付着しないようにした後、サンプル瓶を横にし、横方向に振とうする。振とう回数は10回、振とう幅は約20cm、10秒程度で振とうを終わらせる。
- 6 **有効性の判断**  
外観目視及びアクリル板で付着性のテストを行い、油処理剤の分散効果を総合的に判断する。

評価の例示を良好な順に◎、○、△で示す。

・ **外観の評価**（振とう後、1分後が目安。）

- ◎ 混合水が一様に混濁している。細かい粒子が均一に漂っている。
- 粒子の上昇が早く、上部が濃く下部が薄い状態で混濁している。
- △ 表面に油層が形成され、間もなく下層から透明に近づく。

・ **付着性の評価**（外観の評価後、アクリル棒を浸して実施。）

- ◎ 細かい粒子が表面に点在して付着している。
- 粒子が一様に付着し表面が混合水の色に近い。
- △ 油がべっとり付着している。

バイオレメディエーションについては、IMO マニュアル・セクションIV (油) からその考え方を紹介するとともに、我が国におけるバイオレメディエーションへの対応状況についても説明する。

- バイオレメディエーションとは、微生物による海岸漂着油の分解手法である。
- バイオレメディエーションは、過去、油流出事故で実験的に使用されたことはあるが、未だ開発途上の手法である。

(過去の流出事故現場での実験例)

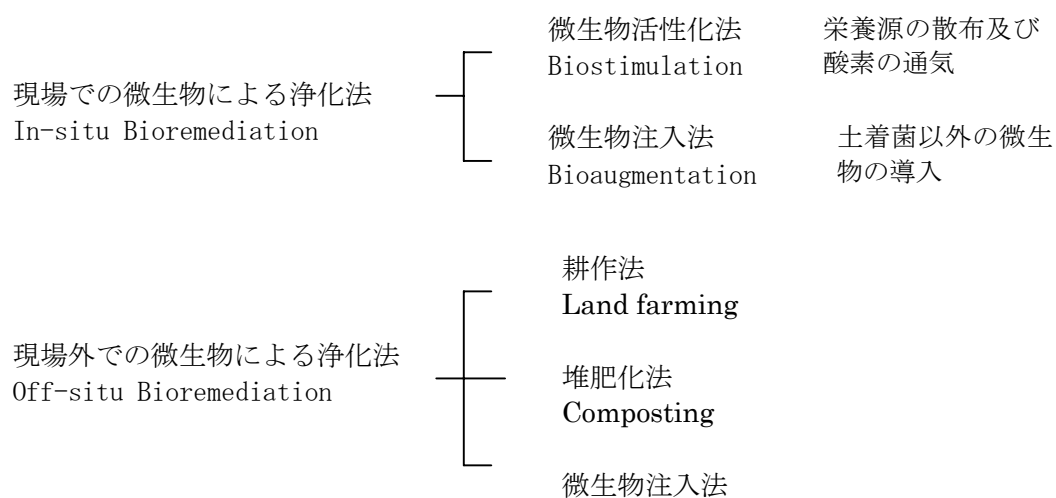
1989年のエクソンバルディーズ号事故 (現場の実験サイトでの栄養剤の散布)

1990年のテキサスでの原油タンカーメガボルグ号事故 (凍結乾燥した微生物とリン、チッソを主成分とした栄養剤を海上散布)

1997年のナホトカ号事故 (兵庫県香住町で2箇所、京都府網野町で2箇所、福井県三国町の越前水族館内敷地の1箇所で実験)

- 油分解菌及び栄養塩 (リン、チッソなど) を投与する方法 (新規微生物導入法 : バイオオーギュメンテーション) と栄養塩のみを投与する方法 (微生物活性化法 : バイオスティミュレーション) がある。

(微生物による浄化法の分類)





## I IMO マニュアル・セクションIV（油）での考え方

1. 多くの種類の微生物が環境中に存在しており、生物による炭化水素を含む幅広い物質をより単純な構造に分解する生分解プロセスは、環境システムの特徴である。流出油事故における炭化水素の増加は、もし条件が適当であれば、微生物が増殖する機会となるものである。

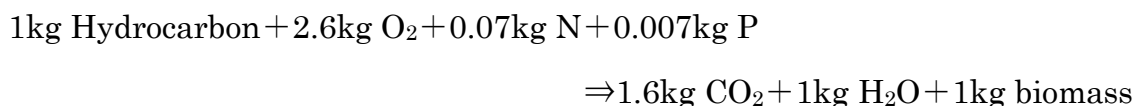
バイオレメディエーションは、生物による分解プロセスを使って、油流出の影響を軽減する技術の積極的な活用である。

バイオレメディエーションは、油流出の際に使われたことあるが、その技術は未だ開発途上のものである。知識及び経験上、バイオレメディエーションが最も効果的なのは、低エネルギーの海岸線環境で油の量の少ない場所であり、そこは、容易に生分解が可能な場所で、一般的に暖かい気候で、一般的な清掃手法がより一層環境にダメージを与え、かつ長期化させるという根本的な問題のために一般的清掃手法が制限されるエリアである。

炭化水素の生分解は、酸素のある状態（有酸素状態）かまたは、ない状態（無酸素状態）で行なわれる。しかしながら、無酸素状態では生分解はゆっくり進むので、無酸素状態でのバイオレメディエーションは利用できるものではない。

バクテリア、カビ菌、酵母、藻は、生分解プロセスを行なうものであり、海洋環境に普通にある窒素、リンなど追加的な食物源を必要とする。

次の式は、有酸素状態での生分解パターンを表わす。



生分解プロセスによる生成物は、二酸化炭素、水、バイオマス（生物量）である。

2. 炭化水素の分解

油の成分の全てが同じ程度に生分解されるのではなく、油の種類と性状が非常に重要である。バイオレメディエーションにとって、それぞれの油が分解されるかどうか、またどの程度分解されるかは、それぞれの油のコンポーネントによる。

生分解の程度に応じて、飽和炭化水素（アルカン、シクロアルカン）から不飽和炭化水素及び芳香族、アスファルテン、レジンまで混合物の異なった種類のもの  
が確認されている。

異なる油の成分は、異なる分解傾向を示す。一般的に軽い成分はより分解され、  
重い成分は分解に時間もかかり、完全には分解されない。

単純な成分の比率が高い軽質原油は、化合物の比率が高い重質原油や重質燃料油  
に比べて、分解され易い。

しかし、軽質石油製品やディーゼル油には、有害な成分が高い比率で含まれてお  
り、それらは生分解を行なう微生物に影響し、殺してしまうこともある。

アルカン（飽和）は有酸素状態において、多くの種類の微生物により生分解され  
る。アルカン（飽和）は、ノーマルパラフィン（直鎖構造、ノーマルアルカン）、  
枝チェーン飽和及び環状飽和に分かれる。直鎖と枝チェーンは、急速に完全に生  
分解される。環状アルカンは、ゆっくり分解され、分解程度は低い。

芳香族は、1個またはそれ以上のベンゼン環で構成される。1個または2個のベ  
ンゼン環は急速によく分解されるが、5個または6個のベンゼン環は生分解しに  
くい。

アスファルテンとレジンは、石油及び精製重質製品の重質分中の炭化水素と定義  
され、原油分解製品の生成物を含む。これらの物質の生分解の速度は、他の原油  
中の成分と比べて遅い。アスファルテンとレジンは、石油製品においては少量の  
割合であるが、生分解には障害となる。

### 3. バイオレメディエーション技法

バイオレメディエーション技法は、便宜的に現場で行なわれるものと現場外で行  
なわれるものに分類される。

現場でのバイオレメディエーション技法は、現場で汚染地域に直接使われる。現  
場外バイオレメディエーションは、現場から除去され、処理場に運ばれたものに  
使われる。

現場外バイオレメディエーションは、ランドファーミング、堆肥化、微生物注入

であるが、これらは今まで成功裡に行なわれてきた。基本的には、ランドファーマーミングであり、油性廃棄物を処理する方法として利用されてきた。

生分解プロセスに影響を与えるメインファクターは、酸素と栄養源である。多くの技法は、生分解を促進するための酸素と栄養源のレベルを扱う手法に集中する。これは、バイオスティミュレーション技法と呼ばれる。その他の方法は、現存する微生物に補足して他の微生物を導入する方法であるが、これはバイオオーギュメンテーションと呼ばれる。バイオスティミュレーションとバイオオーギュメンテーションは、相互排他的なものではなく、一緒に実施することが可能である。

追加的手法である植物分解手法は、生物分解プロセスの代替として利用できる。いくつかの植物は、地面から汚染を除去し、成長に伴う生化学プロセスにおいて、それらを分解し、あるいは堆積物中（植の周囲）における微生物分解を促進する。植物分解手法は、バイオレメディエーション技術の一種と考えられている。

#### (1) バイオスティミュレーション（微生物活性化）

浸透性のある海岸線（砂、砂利、小石、丸石）は、そもそも利用できる炭化水素の量が限られているので、流出事故の際に炭化水素が入り込むことによって、微生物の増殖を進めるものである。

低レベルの油の量（堆積物 1kg 当たり油 1g 以下）において、酸素の存在及び周りの窒素とリンの量が、油の分解プロセスにとって十分であることが必要である。

しかしながら、大量の油のある場所においては、微生物の成長が酸素または栄養源が制限されるため、限定されたものになる。バイオスティミュレーションは、微生物が生きるための酸素と栄養源を十分に供給することにより、微生物が増殖を続け、生分解プロセスを維持することができるようにするものである。

#### 栄養源の付加

栄養源の十分な量を維持するため、海岸線にそれらを付加する。一般的に

受け入れられる比率は、炭化水素：窒素：リン=C：N：P=100：10：1  
である。生分解プロセスは、炭化水素と水の境界面で行なわれる。

それゆえ栄養源は、海岸線を形成するそれぞれの堆積物の間において、溶け出すものであることが必要である。多くの手法について、試験が実施されてきた。それらは、液体肥料、農業用肥料を含み、これらは簡単に入手でき、使える。固形のゆっくり溶け出す形のもの、固まりのようなものがテストされてきた。十分に密度があり、物理的摩擦及び潮や波の作用によって、急激に溶けるのを避けるため、よく繋がれていることが必要である。ゆっくり溶けるペレット、小粒径のものが取って代わり、海水か雨水との接触により栄養源を放出するようになっているが、効果が出る前に洗い流されてしまうこともある。

最近では、油性栄養フォーミュレーションを含んでおり、それは油そのものに引き寄せられ、洗い流されてしまうことを減少するものである。これらの形状のものを使用するときには、これらが栄養過多状態や有害な藻類の繁茂を引き起こさないように、過剰な使用や栄養源の蓄積を避ける手立てが必要である。

#### エアレーション

海岸の堆積物の通気性が、酸素を微生物に送るのに不十分な場合に酸素不足が起きる。いくつかのケースでは、油そのものが堆積物の隙間空間を邪魔して、通気性を減少させる。

有酸素状態を維持するため、堆積物は定期的に手作業または機械により掘り起し、鋤を入れてかき回すことが必要である。これは、現場外で行なわれるランドファージングに共通の技術であり、テストは現場での成功も示している。

しかし、いくつかの環境はあらゆる種類の物理的干渉に対して、脆弱である。通常の海岸清掃手法は、脆弱域では一般的に除外されるかまたは厳格に制限され、通気性を促進する物理的干渉は、環境へのダメージを引き起

こされない程度に検討されなければならない。

また、海岸で資材を動かす際に、油を堆積物の中に深く埋めるようにしてはならない。

## (2) バイオオーギュメンテーション

いくつかの研究は、微生物の量及び多様性を増大させ、微生物分解を加速するために、微生物を添加することに焦点を当てている。

しかしながら、導入された微生物の種類は土着の微生物のようにその特有の環境によく合ったものであることは稀である。部分的には、既に存在している微生物が好まれるものであり、それらはその現場の環境条件に適用しているのである。エコシステムへの外来または遺伝操作した微生物の人為的な導入は、重大な関心事である。今までの実験は成功しておらず、この技術はバイオスティミュレーションと比較して、現段階では成功の見込みは少ない。

## (3) 植物分解

これは、油の微生物分解を促進するため、植物の成長を活用するプロセスである。地上の炭化水素は、植物の成長において変化し、吸収され、植物自身によって代謝される。

これは、産業活動によって汚染された土地改良の長期的な分解技術として、以前から注目を引いてきたものである。植物分解は、全ての油流出に適用でき、とりわけ淡水湿地や塩湿地に適用できる。これらのエリアにおいては、最少限の一時的除去手法が実施される。

植物分解は、現に存在する植物を活性化するための肥料の付加、あるいは汚染地域に特有の植物を新たに導入することにより、残った油が植物が耐えられるレベルまで減少する機会を提供するものである。いくつかのケースでは、植物の成長による復興は侵食の害を防ぎ、減少させる効果も加えるものである。

#### (4) バイオレメディエーションを実施する状況

油によって汚染された海岸線には、いろいろな種類のものがあり、それぞれが海岸清掃技術を決断するのに必要な特徴を持っている。油汚染に対するそのエリアの脆弱性、清掃手法に対する脆弱性を含む。

環境、社会、経済の分野において、これらの特徴をとらえ、それぞれのエリアの性格、清掃の重要性及びプライオリティを評価することが、緊急時計画のプランニングプロセスにおいて、重要な部分である。

海岸対応においては、いくつかの段階がある。初期清掃では、可能な限り早期に油及び汚い汚染物を除去し、油の再移動及びその他のエリアへの二次汚染を避けることである。

バイオレメディエーションは、清掃の初期段階で行なう技術ではない。例外的な場合として、塩湿地などの限られた一般的手法しか適用できない場所や自然に任せた方がよい場所であり、脆弱域などに適用される。

バイオレメディエーションは、いくつかの状況において第二段階において、生息地復興のため残った油の最終分解を行なうためのものである。

バイオレメディエーションは、海上または曝露海岸では実行可能性はない。なぜなら、バイオレメディエーション剤は効果を発揮する前に、洗い流されてしまうからである。

海岸線に漂着した油の種類と状態も重要である。軽質精製油及び軽質原油は、微生物に有害な成分を含み、もしその含有率が高ければ微生物を殺し、活動を防げる成分を含んでいる。

風化した原油、重質原油は分解しにくく、微生物分解の程度を減少させる化合物を含んでいる。

また、バイオレメディエーションは周りの温度（堆積物及び海水）に敏感である。温度が低下すると微生物分解活動も低下する。一般的に気温 5°C 以下では、バイオレメディエーションは効果がない。

バイオレメディエーションは、実際に使われる場合には、注意深い検討が求められる。バイオスティミュレーション、つまり栄養源の付加とエアレ

ーションは、最も良い効果を発揮する段階で使われるべきものである。

実際、一般的な清掃が完了した後に、微生物分解プロセスに影響を与える環境パラメーター（温度、回りの栄養源のレベル、酸素の供給状態）を含めて、海岸線の性質と油性残渣の状態を明らかにするため、現場でいくつかのステップが取られることが必要である。バイオレメディエーションの実施は、実行可能であることが必要であり、実施によってさらに害を引き起こすことを避け、成功のチャンスを与え、自然によって行なわれることと比較して、意味があるものでなければならない。

もし、バイオレメディエーションが実施されたならば、自然のプロセスまたは実施した処理の結果から生じた変化を考慮して、定期的に現場の状態をモニターしなければならない。

バイオレメディエーションは、油の汚染状態が受容できるレベルまで減少したと思われるか、または逆効果が表われた場合には、終了しなければならない。

コストベネフィット分析もまた意思決定過程において、検討されなければならない。全ての対応手段に関して、バイオレメディエーションが炭化水素の全ての成分を除去できると期待することは現実的でない。

環境に関連して生息地の回復、つまり通常のガイドライン内に毒性が収まるとか、元の社会生存構造が回復したという明確な証拠は、測定基準により検討されなければならない。

## (5) 緊急時計画

全ての流出対応手段と同様に、バイオレメディエーションは要求される結果を達成するためには、注意深い計画が求められる。しかし全てのシナリオに対してバイオレメディエーションが適当というわけではなく、特別な基準を満足する現場に適用するということも複雑なプロセスである。

緊急時計画に入れる前に現場を見極め、詳細な分析と検討を行なうことが求められる。明確なガイダンスが緊急時計画の中に盛り込まれるべきであ

り、異なる現場それぞれにおける実施の機会や導入時期のような事項をその承認手続きと共に記述しなければならない。

適用現場の選定に当たって、最も重要な基準は、

- ① 地質形態（海岸線の下層状態、植生）
- ② 海象状態（曝露状態）、波の状態、潮の範囲、海岸近くの流れの状態
- ③ 気象（季節毎の気温、降雨）
- ④ 海岸線の利用状況、脆弱性

バイオレメディエーションの適用に関する更なる詳細な情報や、そのエリアを含む地図を書き込まなければならない。これらには、堆積物の性状、基層の栄養源の量、酸素の量などが含まなければならない。

バイオレメディエーションに対する可能性が確認されたところにおいて、その実施のための資機材についても緊急時計画の中に記載されなければならない。バイオレメディエーションは、環境にやさしい、比較的シンプルな、それほどコストもかからないということで最近注目を集めている。

しかし、実行性、適用性、この技術の全体としての利点について、未だ議論がある。環境は複雑なシステムであり、望んだようには操作できないし、

多くのテスト結果は今のところ、いろいろなものがミックスされた結果にすぎない。

バイオレメディエーションの実施については、十分な知識と経験があるとは言いがたいし、これらが現場で手に入らなければ、外部に専門的意見を求めることが必要である。

しかしながら、いくつかのシナリオにおいては自然の生分解を増加させる機会を提供するものであるし、作業が成功すれば大きな利益をもたらすかもしれない。



## II バイオレメディエーションへの対応状況

### 1. 今までにバイオレメディエーションが使われた例

1989年3月24日にアラスカ湾で発生したエクソン・バルディーズ号事故において、現場に設けられた実験区域で実験的に栄養剤を散布する手法が実施された。この手法については、結論は出ていない。

1990年6月8日にテキサス沖で発生したノルウェーのタンカー、メガボルグ号の爆発事故の際に、海上を浮遊している油に微生物を利用する手法が試みられたが、これも結論は得られていない。アメリカで実施されたものもこの2例に過ぎない。

1997年1月2日に日本海で発生したナホトカ号事故では、兵庫県番住町にて油が漂着した岩場や消波ブロックなどで微生物製剤が試験的に使われた。

また、京都府網野町でも近畿大学により、実験サイトが設けられ実験が行なわれた。

## 2. バイオレメディエーションに対する日本の対応

### (1) ナホトカ事故時

ナホトカ号事故当時、水産庁と環境庁は「ナホトカ号油流出事故の流出油及び漂着油に対する処理剤等の利用について」という文書を出している。

「ナホトカ号油流出事故の流出油及び漂着油に対する処理剤等の利用について」

水産庁、環境庁（1997年2月6日）

- ① バイオ技術などの活用としては、例えば、石油を分解する微生物を活性化させる栄養剤を使用する方法や栄養剤とともに微生物を撒布する方法がある。現場の状況によっては、その有効性が異なり、また、使用方法によっては、栄養剤が窒素、リン酸を含むものであることから、海水の富栄養化が生ずる可能性や微生物の撒布による海洋生態系に与える影響の可能性も考慮する必要がある。
- ② このため、今後とも、これらの調査・研究を推進して、その技術的有効性や環境への影響などを明らかにするとともに、実際の使用にあたっては地元漁業協同組合及び自治体等の理解と協力を得ていく必要がある。

- (2) 「海岸の油汚染に対するバイオレメディエーション利用指針作成検討会」  
標記検討会が、平成 10 年～12 年まで環境情報科学センターの主催により  
環境庁も参加して計 9 回開催され利用指針の案が検討されたが、結論は出  
ていない。

杉の皮は、材木として処理された杉から排出される廃棄物で、年間約 50 万 m<sup>3</sup> の杉樹皮が産出されている。一部はそのまま堆肥としても利用されているが、ほとんどは未利用のまま焼却処分されている。杉の皮は、古くから屋根葺きなどに使われ水をはじく性質を利用されてきたが、油を吸着する性質も合わせ持つ。自然乾燥したスギ樹皮は、高い親油性と疎水性を持っておりこれに着目したのが杉樹皮製油吸着材「杉の油取り」である。

杉はリグニンと呼ばれる成分を多く含み親油性であることと、特有の繊維形状により油の吸着効果を発揮している。「杉の油取り」は、細かく砕いた杉樹皮と浮力を持たせるためのパーライト（発泡させた黒曜石）を綿の袋に入れたものであり、100%天然素材である。

油を吸着した後の「杉の油取り」をバーク堆肥（杉樹皮の堆肥）中に入れておくと微生物により油が分解される。焼却処分する必要がないことから温室効果ガスである二酸化炭素の発生を抑えることに役立つ。また、「杉の油取り」は、大分県の授産施設に製造委託されており、社会貢献度の高い製品と言える。

杉樹皮製吸着材をバーク堆肥中で微生物分解することは、いわゆる現場外バイオレメディエーション（微生物による環境修復手法）であり、堆肥化（コンポストイング）の一つである。平成 17 年度においては、事故現場にバーク堆肥パイルの設置を想定した実験を行うこととしている。

日本財団の助成事業として、海上災害防止センターと大分県産業科学技術センターが共同で実施した杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究について記述する。



オイルフェンスで囲った中での  
杉樹皮製吸着材による油の回収  
平成 16 年 9 月  
広島県廿日市市木材港岸壁



回収した杉樹皮製吸着材のバーク堆肥パイル中での微生物分解  
平成 16 年 9 月  
大分県武田市

- バーク堆肥中での微生物分解処理実験結果
  - ・ 円錐形パイル状の 100m<sup>3</sup> (約 50 トン) のバーク堆肥中に、杉の油取り 1 枚当たり 1 k g の C 重油を吸着させたもの 300 枚 (C 重油量 300kg) を投入した。
  - ・ 2 週間に 1 回パワーショベルで攪拌し、好気発酵に要する酸素を供給した。
  - ・ 開始後 2 週間で、吸着マットは原型を留めないまでに分解された。
  - ・ 開始時点の油分濃度は 6000ppm、開始後 6 0 日で約 1/2 の 3000ppm、120 日で 1/5～1/6 の 1200ppm～1000ppm に低下した。
  - ・ 60 日を過ぎると油の臭気も判別できず、手指への油の付着もなくなった。
- バーク堆肥中から取り出した微生物の DNA 分析の結果、通常の土壌には存在しないウレイバチルス族菌を堆肥内に確認した。また、分解後には、石油分解菌として報告されているサイトファーガ・フラボバクテリウム・バクテロイデスグループを確認した。
- 平成 1 6 年 9 月に広島県廿日市市木材岸壁で発生した木材運搬船の油流出事故で「杉の油取り」を実験的に使用し、油を吸着したものをバーク堆肥中に投入した結果、微生物分解されたことを確認した。

## I 調査研究の概要

杉樹皮製油吸着材の開発研究は、平成9年に発生したナホトカ号事故を契機に着手された大分県産業科学技術センターでの基礎研究をベースに、(独)海上災害防止センターの指導・共同研究のもと、平成10年度から日本財団の調査研究事業として本格的に開始され、平成12年度に実用化に成功、特許出願などを経て製造・販売が開始された。

実製品は、ぶんご有機肥料株式会社（大分県竹田市）によって製造され、「杉の油取り（すぎのゆとり）」の品名で全国的に販売されている（写真－I. 1. 1～3）。



写真－I. 1. 1 杉樹皮製油吸着材「杉の油取り」  
マット型（左）と万国旗型（右）



写真－I. 1. 2 原料の杉の樹皮（自然乾燥、粉碎後）



写真－I. 1. 3 製造工程（縫製）

杉樹皮製油吸着材の特徴は、バイオマス廃棄物である杉の皮を原料とする100%天然素材製という点であり、かつ従来品並みの吸油性能、価格を実現した点にある。その、製造、使用、処分という製品の生涯における環境負荷はいずれも石油原料製品に比較して小さいと考えられる。

例えば、工程が自然乾燥・粗粉碎・縫製とシンプルで熱処理を伴わないために、製造時に使用するエネルギーは小さくて済む。使用時には、全量回収が原則の油吸着材を万一、回収し損ねた場合であっても吸着材自体が生分解性のため、環境に与える影響は小さくて済む。処分時には、焼却の際のダイオキシン類発生は環境基準よりはるかに小さく（800℃焼却時で0.00049TEQ以下。基準は10TEQ以下）、また発生熱量も石油製品より小さくて済む。

一方、せっかく生分解性を持ちながら焼却処分するのでは十分に特徴が活かされていないという声も多く、さらに環境負荷の小さい生分解性製品ならではの処分方法、すなわち微生物活動によって油吸着材を吸着した油ごと分解処理する技術の研究開発が求められていた。

そこで、平成13年度までの日本財団調査研究事業をもとに、14～15年度に海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究」（日本財団補助事業）が行われ、使用後の油吸着材と吸着した油とを、微生物活動によって分解処理する技術の開発が本格的に着手されるに至った。一連の杉樹皮製油吸着材の研究開発は第二段階へと進み、動脈産業から静脈産業へと研究対象をシフトしたことになる。これまでの基礎的な調査研究により本着想の有効性と実用化可能性が確認され、すでに実用をにらんだフィールドでの実験が複数回行われている。

平成16年度は、これまでに行われてきた実験室及び小規模、中規模レベル（36m<sup>3</sup>）での微生物分解処理技術をさらに規模を拡大し、100 m<sup>3</sup>の実用規模における分解パイプでの油分解実験を中心に、本着想に基づく研究開発を行った。あわせて、実際の油流出事故で使用した杉樹皮製油吸着材（マット型、万国旗型）を用い、100 m<sup>3</sup>の実用規模分解パイプでの分解実験を行った。これは、そのまま実用ヤードとして利用することを念頭に置いた実験でもある。また、本技術の実用化に向けて分解工程の安定化および再現性確保に資するため、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（DGGE）の手法を用いて油分解処理・堆肥化に用いる微生物相の変化について研究を行った。このほか、環境負荷の検討、白色腐朽菌との複合化に関する検討をあわせて行った。

II章以降にそれぞれ、内容を報告することとする。

## II 杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の実用化

平成 16 年度に実施した 100 m<sup>3</sup> の実用規模分解パイルでの油分解実験は、平成 15 年度の中規模 (36 m<sup>3</sup>) 分解パイルでの油分解実験のスケールアップモデルを基にした、ステップアップ実験の位置づけである。このため、これまでの経緯につき II-1 に概要を述べた後、平成 16 年度の実験の内容について II-2 に記述する。

### II-1 実験の経緯 (平成 15 年度までの調査研究について)

杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術の開発は、平成 13 年度に日本財団調査研究事業で行われた「杉の皮を使った流出油回収技術の機能向上と微生物分解処理技術の開発研究」において基本的な可能性調査を実施し、杉樹皮と畜糞を原料とする「バーク堆肥」の製造工程の好気発酵微生物を用いることが有望であるとの感触を得た。

これをもとに、平成 14 年度、海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」にて、小型および中型好気発酵処理装置による油分解実験、および小規模分解パイルにおける油分解実験を行い、その可能性調査を更に推し進めた。

続いて、昨 15 年度は 14 年度と同名の委託事業において、36 m<sup>3</sup> の中規模分解パイルでの油分解実験を行い、実用を念頭に置いたフィールドにおいても油分が減少することを明確にした。

#### 1 平成 13 年度の研究成果 (日本財団調査研究事業「杉の皮を使った流出油回収技術の機能向上と微生物分解処理技術の開発研究」)

ビーカー (約 20g 規模)、好気発酵処理装置 (約 20kg 規模)、フィールド (数十 kg 規模) の三種の実験が行われ、ビーカーでの実験は有意のデータが得られなかったものの、中型好気発酵処理装置の実験データでは、比較対象のオガクズに対して 2 週間後で 23%、4 週間後で 15% まで残留油分が減少していた。また、フィールドにおいては 8 週間経過後に臭気や触感で油分を感知できない程度になっており、油分が微生物により分解されたことを示す結果であると考えられた。

一方、これまで得られたデータはいずれも単発の実験であり、再現性や実験・分析方法の検証が必要なことから、昨年度と同様の実験に加え、新たに小型好気発酵処理装置による油分解を試みることにした。



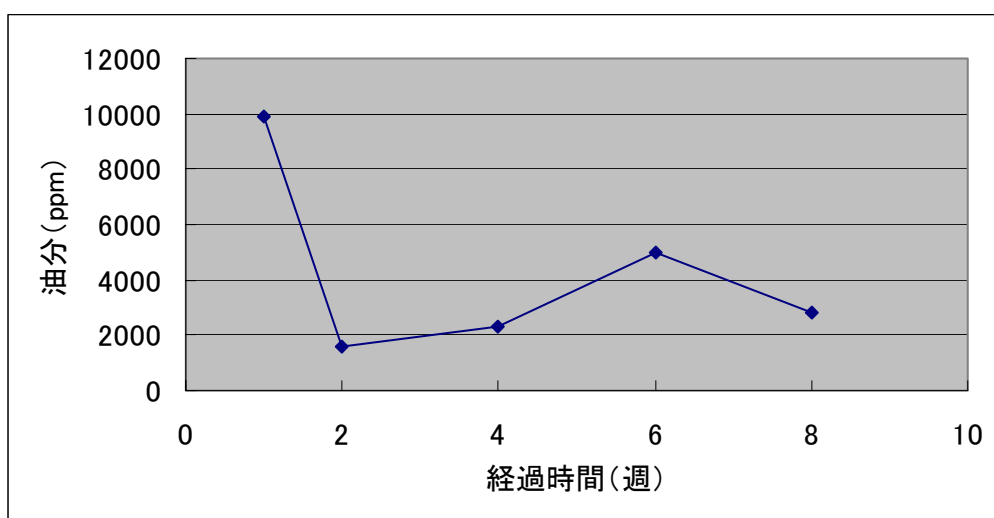
## 2 平成 14 年度の研究成果（海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」）

### (1) 小型好気発酵処理装置による油分分解実験

小型好気発酵処理装置（家庭用生ゴミ処理装置）にて、活性なバーク堆肥中に投入したC重油について、8週間の実験期間における油分濃度（当初 0～100000ppm の4検体）の変化を追ったが、いずれのサンプルの測定値からも傾向らしきものは読み取ることはできなかった。原因として、サンプル採取の問題（槽内が均質でない）、微生物活動の問題（温度、装置規模など）、装置間の遮蔽の問題などが考えられた。

### (2) 中型好気発酵処理装置による油分分解実験

より大きな規模で安定した条件で微生物活動が行えると想定される中型好気発酵処理装置（産業用生ゴミ処理装置）による油分分解実験を行った。C重油 0.6kg を杉樹皮製油吸着材（マット型 15×15cm）8枚に吸着させたものを堆肥原料とともに投入し、サンプル全体で 12kg（油分濃度 50000ppm）とし、残留油分の推移を調べた（図－Ⅱ．1．1）。この実験はC重油を杉樹皮製油吸着材に吸油させた後に分解槽に投入する方法であり、吸着材の形が残っている間は槽内の油分濃度が一定になり得ないため、開始直後の油分は測定していない（理論上は 50000ppm）。従って、1週経過時の油分 10000ppm を基準に考えることになるが、2～8週はいずれも 5000ppm 以下のレベルに保たれており、油分濃度は減少した。



図－Ⅱ．1．1 残留油分の推移

### (3) 小規模フィールドでの油分分解実験

約 10 m<sup>3</sup> (約 5t) の堆肥原料をコンクリート基礎上に盛り、その中に C 重油、A 重油、植物油をそれぞれ 800g ずつ吸着させた油吸着材（製品版「杉の油取り」45×45cm マット型、乾燥自重約 200g）を埋め込んだサンプルセットを 2 組ほど設置した。1 組は 1 ヶ月経過時、もう 1 組は 5 ヶ月経過時において観察を行った。

設置後 1 ヶ月を経過した段階で、被覆堆肥を取り除き観察を行った。C 重油吸着サンプルは原型をとどめておらず、混入してあるパーライト（黒曜石発泡体）の存在によって、そこが油吸着材の原位置であったことがわかる状態であった。

5 ヶ月経過時においては、C 重油、A 重油吸着サンプルともに原型をとどめず、分解が進行していた。植物油吸着サンプルは、油吸着材の外側を構成するコットン不織布が一部原形をとどめているものの、1 ヶ月経過時の状態に比べると格段に分解が進行していた。

また、堆肥内部の温度の推移を調べたところ、設置から 1 週間後にかけては通常のバーク堆肥発酵時の温度とされる 70℃に近い高温を保たれているが、徐々に温度は低下し、5 ヶ月経過時においては 40～50℃程度となり、好気発酵を示す熱の発生が低下しているものと推測された。

このほか、志布志湾での重油流出事故での実験で使用し、C 重油を吸着した油吸着材を以上と同様に分解処理実験を行った。3 ヶ月経過時においてこれまでの実験同様、C 重油の痕跡は目視や触感、臭気感知では認められないレベルであった。また、分解したサンプルを用いて植物の生育（芝、二十日大根）を試みたところ、障害は認められず、通常の堆肥同様に生育した（写真－Ⅱ． 1． 1）。



写真－Ⅱ． 1． 1 回収した油・油吸着材の分解で生成した堆肥で生育した芝

#### (4) まとめ

平成 14 年度までの実験および調査研究により得られた知見は以下のとおりである。

- (A) 小規模フィールド実験において、C 重油を吸着させた杉樹皮製油吸着材は、堆肥原料に埋設させ 1～数ヶ月経過すると残留油分が知覚できない程度となる。
- (B) 中型好気発酵処理装置による堆肥原料・C 重油の分解実験では、2～数週間経過時における残留油分測定値は開始時の数分の 1 程度である。
- (C) 小型好気発酵処理装置による堆肥原料・C 重油の分解実験では、油分が減少する結果が安定して得られていない。

### 3 平成 15 年度の研究成果（海上災害防止センター委託事業「杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術に関する調査研究」）

#### (1) 誤差評価のための実験（溶媒抽出、サンプリングなど）

まず、本調査研究で用いる C 重油の、各種溶媒への可溶分の比較を行った。溶媒により、可溶分それぞれ、四塩化炭素：84%、クロロホルム：81%、n-ヘキサン：71%となった（測定：(株)住化分析センター、JIS 工場排水油分試験法による）。抽出能力の点では四塩化炭素やクロロホルムが優れるが、この二つは現在および今後も社会的に使用が歓迎されない状況にあることと、n-ヘキサンは各種公定法に用いられる一般的な溶媒であることから、15 年度以降の研究では n-ヘキサンを溶媒として用いている。

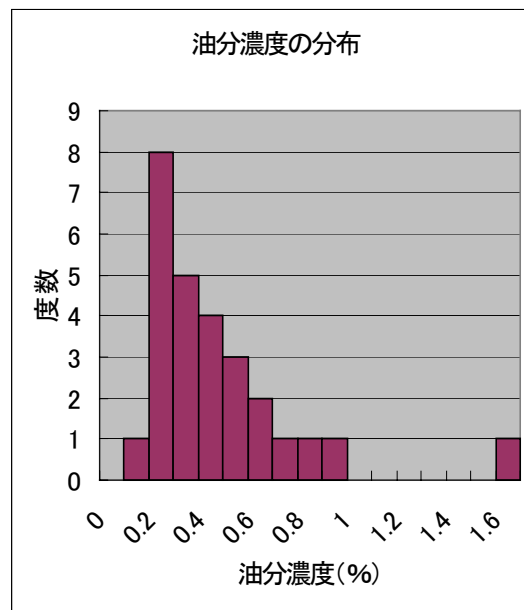
あわせて、実際の油分測定を行うサンプルである「バーク堆肥」から、n-ヘキサンにて C 重油がどれだけ抽出されるかを検証したところ、回収率は平均で 75%であった。一方、C 重油を添加しないバーク堆肥そのものからも重量比で 0.03%ほどの n-ヘキサン可溶物が検出されることが判明した。

以上の実験により得られた溶媒抽出に関する誤差は、今後の測定データを補正する際に利用することとした。

次に、サンプリングに伴う誤差について検証した。油分濃度の経時変化の測定は、27 地点（9 箇所×3 面）のサンプリングによる。これらの油分濃度測定値のバラつきを調べたところ、図-Ⅱ. 1. 2 に示す結果となった。理論上、1%であるはずの油分濃度は平均値で 0.48%しか計測されなかった。これは、溶媒の抽出力の限界によるもの（1%→0.75%）に加え、サンプリング作業に起因する要素による減少、すなわち油は塊になりやすく小さなサジですくい上げる際にはピックアップされにく

いため、油分の薄い部分をサンプリングする可能性が高いことなどが考えられる。これに、バーク堆肥そのものが含む溶媒可溶分（0.03%）による増加などの要因が総合され、この値の変化（0.75%→0.48%）が現れていると考えられる。

従って、今後の油分濃度の経時変化を調べる際には、溶媒抽出に関する誤差の補正を行ったものに加え、サンプリング誤差の補正による推定値をあわせて検討することとする。もちろん、分解が進むか、あるいは攪拌の回数が増すことにより、塊状の油分がほぐされるなどして、上記のサンプリングによる誤差要因が変化することも十分考えられるため、このサンプリング補正は絶対的な信頼のおけるものではなく、参考値と考えるのが妥当である。



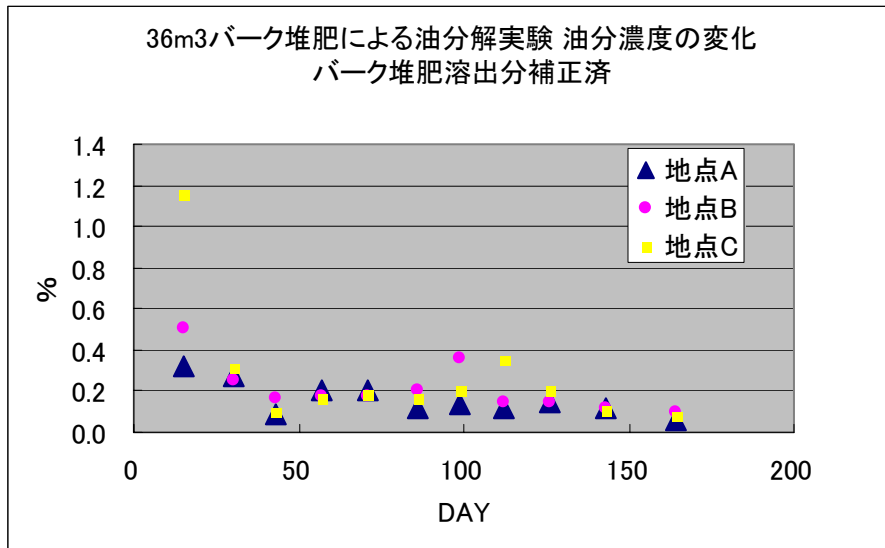
図－Ⅱ． 1． 2 油分濃度の度数分

## (2) 中規模フィールドでの油分分解実験

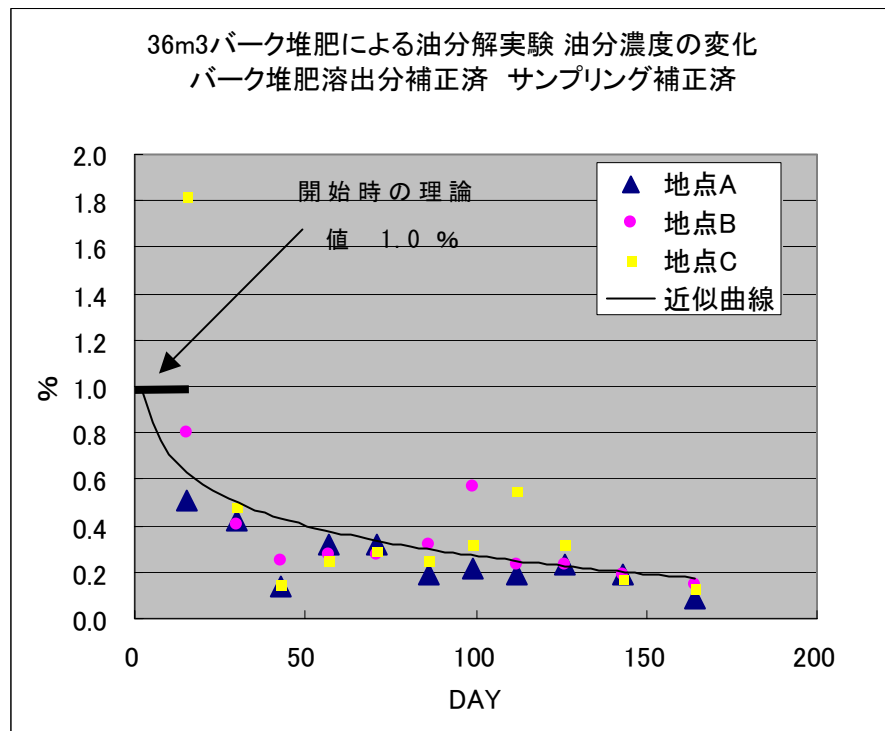
バーク堆肥（約1年発酵段階のもの）中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。C重油 180kg を製品版の「杉の油取り」マット（45cm x 45cm）に吸着させたもの 180 枚を、バーク堆肥約 36 m<sup>3</sup>（約 18t）に埋め込み、上面φ2m、底面φ5m、高さ3.5m程度のパイルとした（当初の油分濃度約1%）。パワーショベルなどを用い、約2週間に1回攪拌し、この際に油分測定のためのサンプリングも同時に行った。

油分濃度の変化を図－Ⅱ． 1． 3および4に表す。実験開始時（0 DAY；油分濃度理論値1%）には吸着マットは原形を保っており、パイル内の油分濃度は均一にならず測定が不可能なため、開始後2週

間時点に 1 回目のサンプリングを行った。既に吸着マットの原形は留めておらず、これまでの実験同様、マット内に含まれるパーライトの存在により、原位置が判明する状況であった。油の臭気については 2 ヶ月後程度まで、明確な臭気を伴っていたものの、徐々に有機物的な臭気に変質し、それと知らぬ人間には油の臭気どうか判別がつかない状態に変化した。



図－Ⅱ． 1． 3 油分濃度の変化

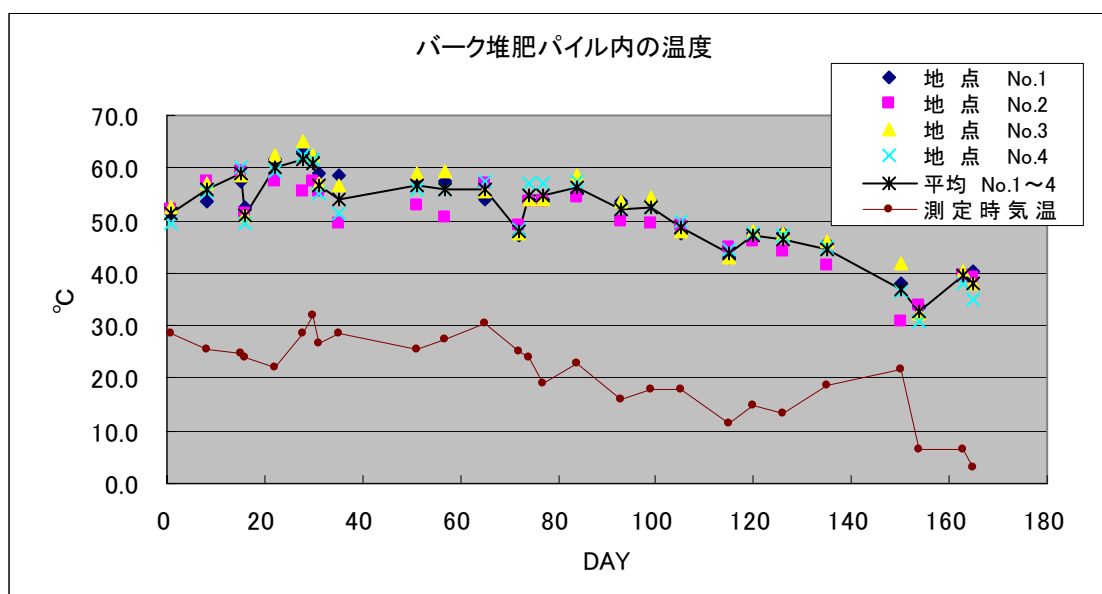


図－Ⅱ． 1． 4 油分濃度の変化 (サンプリング補正済)

なお、興味深いことに、この本実験用パイルに隣接する誤差評価実験用の小型パイルにカブトムシが産卵をした模様で、秋～冬にかけて幼虫が数十匹ほど生育している様子が観察された（図－Ⅱ． 1． 5）。



図－Ⅱ． 1． 5 バーク堆肥小型パイルで育つカブトムシの幼虫



図－Ⅱ． 1． 6 バーク堆肥パイル内の温度変化

バーク堆肥パイル内の温度変化を図－Ⅱ． 1． 6 に示す。実験当初は、バーク堆肥の活性な状態とされる 60℃前後を保っていたが、徐々に温度が低下する傾向が見られた。開始後 100 日経過時点からはほぼ 50℃以下を推移し、140 日経過時点以降は 40℃を下回る状態が現れた。

(3) まとめ

油分濃度は減少傾向にあり、開始後数十日程度で本来の油分濃度の1/5以下にまで低下していた。厳しい見方をしたとしても、当初の1/2～1/3程度にまで低下していると考えても良いと思われる。

一方で、数十日経過時点から先は目に見えた変化が現れていない、というのも今回ほぼ明らかになった傾向である。これについては、大きく二つの解釈が可能である。

(A) 微生物活動が低下したために油分分解が進展しなくなった  
(パイル内温度の低下がそれを裏付けている)

(B) C重油のうち、バーク堆肥に生息する微生物では分解困難な成分が残留した

これらの点については、平成16年度以降に結論が持ち越された。

## II-2 平成16年度 油及び杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理実験

本調査研究の最終目標は、生分解性を持つ杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理技術およびシステムの確立である。その場合の実用モデルとして考えられる例は、油濁発生現場から運搬されてきた使用後の油吸着材を、「閉鎖された空間」において必要量の微生物、栄養源、および活動に適した環境を与えて、速やかに分解処理を行い、安全基準範囲内に達した残留物を環境（例えば土壌）に戻す、というものである。

この「閉鎖された空間」に、バーク堆肥製造工場における微生物活動ヤードをそのまま適用することをモデルとし、このモデルの可能性を検証するべく、II-1に概要を述べたように13、14年度実施の小規模フィールド実験（堆肥全量で約10 m<sup>3</sup>、攪拌無し、知覚試験のみ）および、15年度の中規模フィールド実験（同36 m<sup>3</sup>、攪拌有り、油分濃度測定有り）を行い、油分の推移につき調査を行ってきた。これを基に、平成16年度はパイル容積の規模を拡大し、いわば「実用フィールド実験（同100 m<sup>3</sup>、攪拌有り、油分濃度測定有り）」を行った。

### 1 実験の方法

#### (1) 概要

バーク堆肥原料に、昨年度の油分分解実験に供した分解残留物を混合し、その中に吸油後の油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。実験のフィールドは、昨年と同様に、ぶんご有機肥料(株)（大分県竹田市）内に設けた。

用いた油はC重油300kgで、製品版の「杉の油取り」マット型（45cm x 45cm）に、1枚あたり1.0kgを吸着させたものを合計300枚用いた。バーク堆肥はホイールローダのバケットで容積を計量した約100 m<sup>3</sup>ほどを用いた。嵩比重が約0.5であることから約50tであると推定される。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面φ2m、底面φ7m、高さ3.5m程度となった。

バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なものを使用した（油分濃度0.03%）。昨年度の油分分解実験に供した分解残留物は、分解開始後約1年が経過したもので、油分濃度は0.09%である。これらを9:1で混合したものを実験に使用した（油分濃度0.03%）。

以上により、パイル全体の実験開始時の油分濃度の平均値は約0.6%と推定される。



なお、前回使用した分解残留物を少量混入するのは、油分分解に馴化した微生物相による通常のバーク堆肥原料よりも高い油分分解機能を期待してのことである。

攪拌はパワーショベルなどの重機を用い、バーク堆肥パイルの上側からすくい取ったものを隣接するサイトに順次移動させる方法で行った。頻度は約2週間に1回であり、この際に油分測定のためのサンプリングも同時に行った。

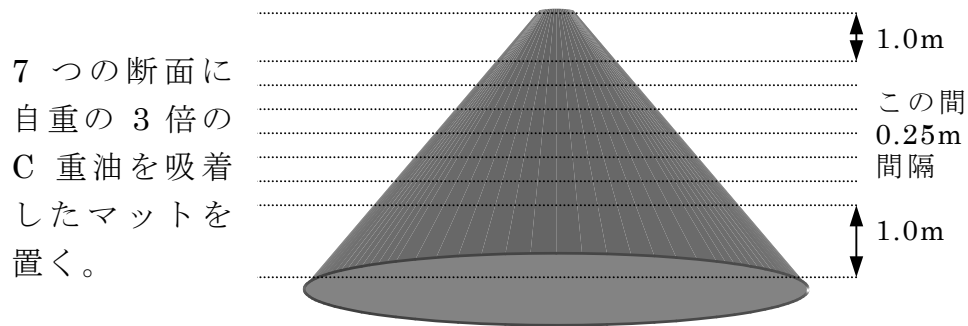
## (2) 吸着マット投入の方法

以下の手順に従って、吸着マットをバーク堆肥パイルに埋め込んだ。

- ① 大型容器（ドラム缶）を計量する
- ② 大型容器に吸着マットを入れる
- ③ 大型容器に計量したC重油を注ぎ、吸着マットに吸着させる  
（写真－Ⅱ． 2． 1）
- ④ 吸油後の吸着マットを大型容器から取り出し各パイル断面に規定枚数並べる  
（写真－Ⅱ． 2． 2）
- ⑤ 大型容器の減量分を計量する
- ⑥ パイル断面に吸着マットを並べ終わるとバーク堆肥で規定の間隔（高さ）だけ被覆し、順次上のパイル断面に移り、同様の作業を行う（図－Ⅱ． 2． 1）
- ⑦ 結果的に規定枚数で規定油量がほぼ全て吸着されるように途中で微調整する



写真－Ⅱ． 2． 1 C重油を吸着マットに吸わせる様子



それぞれの断面に、外輪縁を 50cm あけ、中央部に重ならないように  
マットを置く。枚数は、上の断面から順に、29, 33, 38, 42, 47, 53, 58 枚  
(合計 300 枚) とする。

(パイル外寸：上面  $\phi$  4m、底面  $\phi$  8m、高さ 3.5m 程度、容積約 100 m<sup>3</sup>)

図－Ⅱ． 2． 1      バーク堆肥パイル断面への吸着マット設置の  
概念図



写真－Ⅱ． 2． 2      パイル断面に並べた吸着マットを被覆する様子

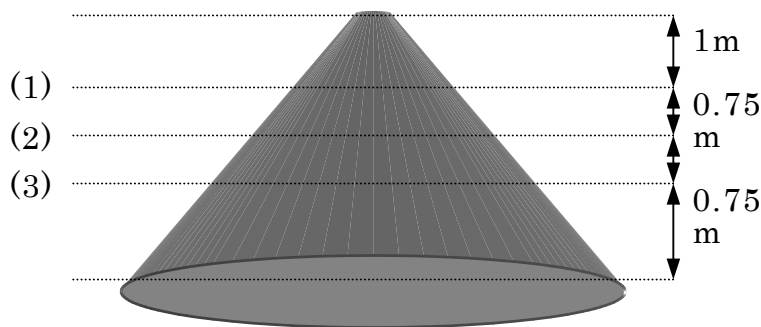
### (3) 攪拌およびサンプリング

バーク堆肥は製造工程において、好気発酵に要する酸素供給のために定期的  
に攪拌（切り返し）を行っている。活発な微生物活動に資するため、本実験にお  
いても約 2 週間に 1 回の頻度で攪拌を行った。パワーショベルなどの重機を用  
い、バーク堆肥パイルの上側からすくい取ったものを隣接するサイトに順次移動  
させる方法で行った（写真－

Ⅱ． 2． 3)。攪拌の際に油分測定のためのサンプリングも同時に行った（図－Ⅱ． 2． 2および写真－Ⅱ． 2． 4）。

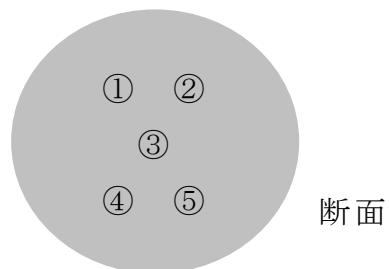


写真－Ⅱ． 2． 3 パイルの攪拌の様子



(1)～(3)の各断面につき、①～⑨の各点でサンプリングを行う。上から重機でバーク堆肥を取り除き、(1),(2),(3)の順でサンプリングを行う。サンプリングは一箇所 5g 程度とする。

①～⑨は採取後によく混合し、各 50g ずつ取りだし、(1)～(3)



図－Ⅱ． 2． 2 バーク堆肥パイルからのサンプリング概念図



写真－Ⅱ． 2． 4 バーク堆肥パイルからのサンプリングの様子

#### (4) 測定項目

測定項目は以下のとおりとした。

- ① 油分濃度（n-ヘキサン抽出重量法）
    - (ア) 2週間に1回程度（攪拌時毎）
    - (イ) 曲線がほぼフラットになる時期（4～6ヶ月程度）まで計測
  - ② 油種の調査（ガスクロマトグラフィー(GC)定性分析）
    - (ア) 8週間に1回程度
    - (イ) 曲線がほぼフラットになる時期（4～6ヶ月程度）まで計測
  - ③ 微生物相の調査（変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE)）
    - (ア) 6週間に1回程度
    - (イ) 曲線がほぼフラットになる時期（4～6ヶ月程度）まで計測
- ※詳細はⅢ－2に述べる。
- ④ 目視観察など（油の臭気、手指への油分付着など）
  - ⑤ パイル内の温度（週1回程度）

なお、油分の測定はⅡ－1で述べた理由からn-ヘキサン抽出重量法によった。①および②の分析作業は㈱住化分析センターに、③については広島大学生物圏科学研究科に委託した。⑤はぶんご有機肥料㈱が行った。①については測定値からバーク堆肥そのものが含む溶媒可溶分（0.03）を減じ、バーク堆肥からのC重油回収率（0.75）で除することにより、サンプルに含まれる油分濃度を推定した。

また、本方式のサンプリング作業に起因すると思われる測定値が低く出る現象を補正するため、バーク堆肥からのC重油回収率（0.75）

のかわりにⅡ． 1 で述べたサンプリング補正の係数（0.48）で除したものを併せて算出することとした。

温度の測定は、4 箇所での測定点におけるパイル表面から 70cm の深さ地点にて行った。

## 2 実験の結果

### (1) 油分濃度

実験開始時（0 DAY）における油分濃度の理論値は、約 0.6% である。この時点では、吸着マットは原形を保っており、油はその中に含まれているので、パイル内の油分濃度は均一になりようがない。従って、測定も不可能である。

1 回目のサンプリングは最初の攪拌が行われた開始後 2 週間時点に行った。既に吸着マットの原形は留めておらず、これまでの実験同様、マット内に含まれるパーライトの存在により、原位置が判明する状況であった。

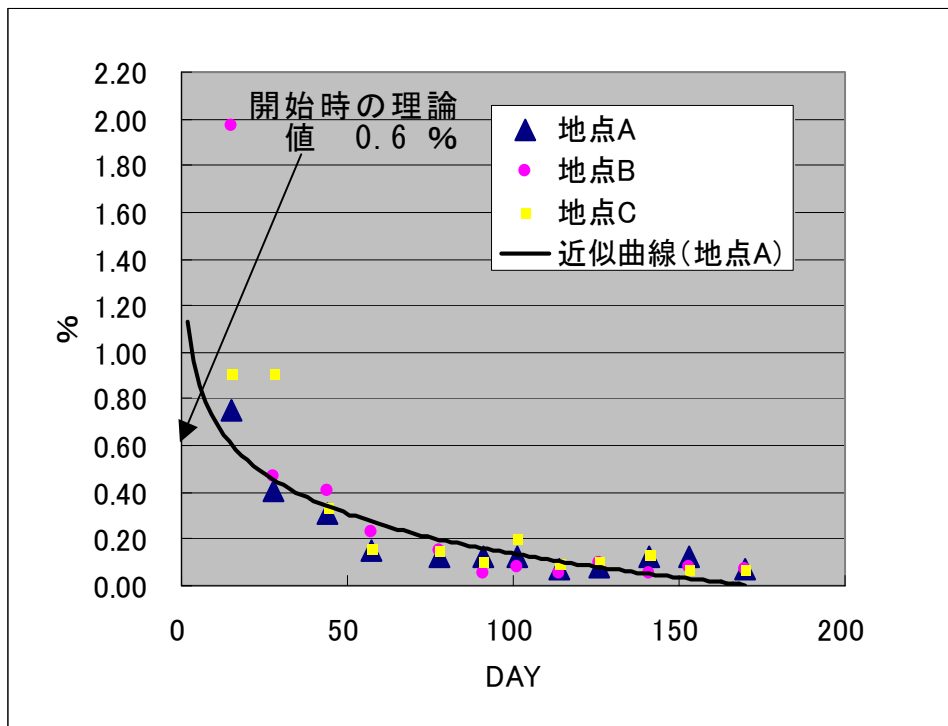
この後、約 2 週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取し、それぞれの油分濃度を測定した。油分濃度の変化を図－Ⅱ． 2． 3 および 4 に表す。

図－Ⅱ． 2． 3 は、油分濃度の推定値、すなわちオリジナルの測定値からバーク堆肥がもともと有している n-ヘキサン可溶分（0.03%）を減じ、溶媒抽出力による誤差の係数（0.75）で除する補正を行った数値の、時系列変化を表したものである。一方、図－Ⅱ． 2． 4 は、以上の補正に加え、サンプリングの際の誤差を加味した補正を行った参考値である（誤差補正の詳細はⅡ－1 参照のこと）。

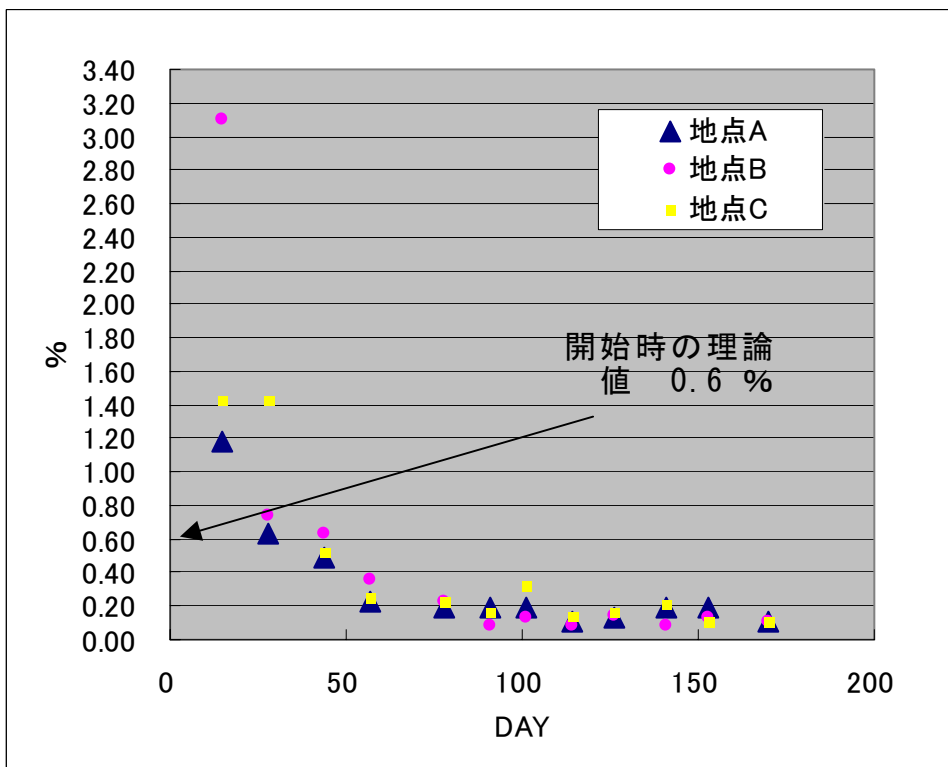
これら 2 つの図によると、開始直後の油分濃度は 60 日後に約 1/2 程度に、120 日後に約 1/5～1/6 に低下していることが判明した。一方、120 日後以降には油分濃度に大きな変化は見られなかった。これは従来の実験（36 m<sup>3</sup> パイルなど）と共通する結果である。また、開始から 30 日後までは値が大きく外れたものが見られるが、それ以降はほぼ安定した値となった。

また、昨 15 年度の 36 m<sup>3</sup> のパイルによる実験と、今回の実験（100 m<sup>3</sup> パイル）による実験において、平均油分濃度（誤差補正済）を比較した（図－Ⅱ． 2． 5）。開始時の油分濃度の理論値は今回の実験（100 m<sup>3</sup> パイル）で約 0.6%、昨 15 年度の実験（36 m<sup>3</sup> パイル）で約 1.0% であり、いずれも時間経過とともに油分が減少する様子が明らかである。より大規模に行った 100 m<sup>3</sup> パイル（16 年度）による分解の方が、36 m<sup>3</sup> パイル（15 年度）に比して、より安定に減少する傾向が見られる。あ

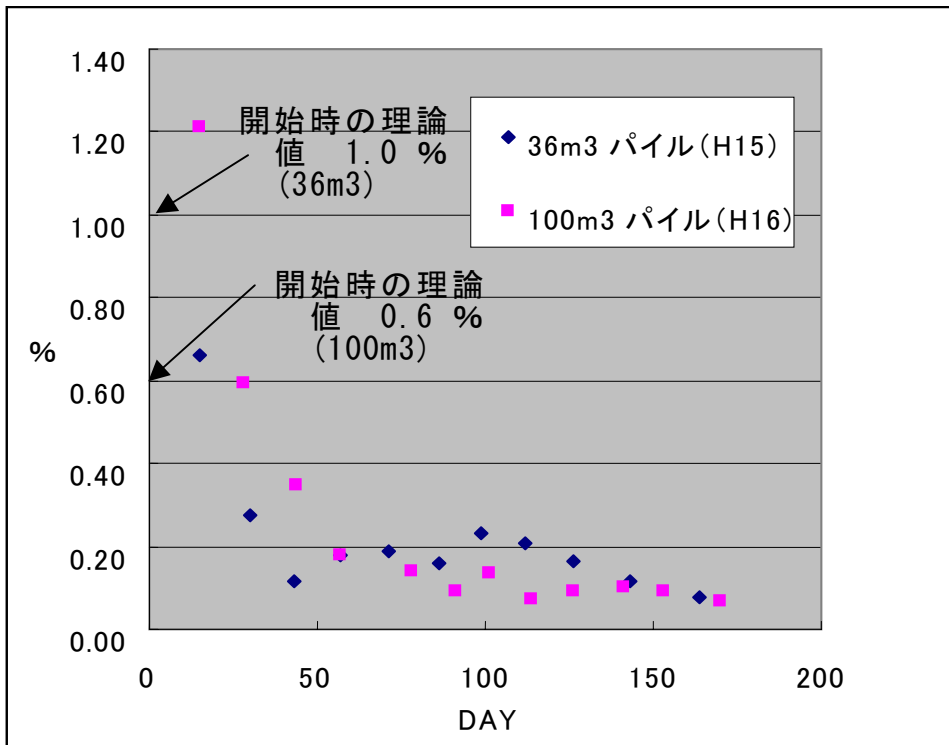
わせて、図－Ⅱ． 2． 3と図－Ⅱ． 2． 6を比較してみると、各時点における油分濃度測定値のバラつきは 100 m<sup>3</sup> パイルでの実験の方が小さいことがわかる。



図－Ⅱ． 2． 3 油分濃度の変化 (100 m<sup>3</sup> ; 誤差補正済)

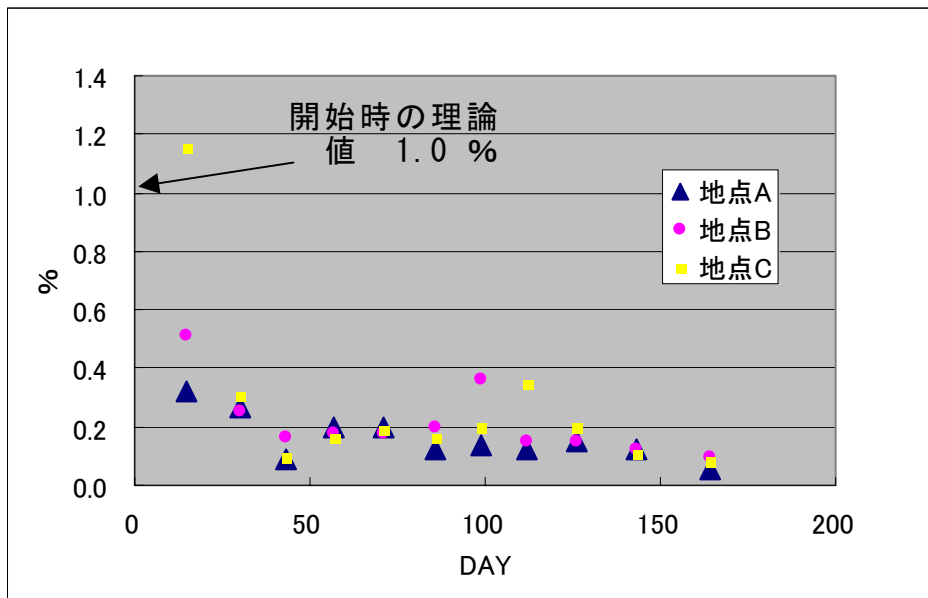


図－Ⅱ． 2． 4 油分濃度の変化 (100 m<sup>3</sup> ; 誤差補正・サンプリング補正済)



図－Ⅱ． 2． 5 平均油分濃度（誤差補正済）推移の比較

< 参考 >



図－Ⅱ． 2． 6 油分濃度の変化（36 m<sup>3</sup>；誤差補正済）  
（図－Ⅱ． 1． 3 の再掲）

(2) 油種の調査

投入したC重油が微生物分解によりどのように変化するかを、ガスクロマトグラフィー(GC)による定性分析により調査した。

図-Ⅱ. 2. 7に今回実験に使用したC重油(100ppm相当)のクロマトグラムを、図-Ⅱ. 2. 8に代表的な炭化水素(100ppm相当)のクロマトグラムを示す。C重油のピーク分布は、代表的な炭化水素のピーク位置から判断されるように、C17付近を中心とした分布となっている。規則性のあるシャープなピークは直鎖の炭化水素とみられるが、ピーク分布の中央付近でベースラインが山のように盛り上がっているが、これは枝分かれした炭化水素などの成分ピークが重なりあって形成したものと考えられる。

以下、バーク堆肥パイルの残留油分の定性分析結果を示す。いずれも1000ppm相当にして分析を行っている。図-Ⅱ. 2. 9に58日経過時点、図-Ⅱ. 2. 10に115日経過時点、図-Ⅱ. 2. 11に16日経過時点における残留油分のクロマトグラムをそれぞれ示す。また油を投入する前のバーク堆肥そのもののクロマトグラムを図-Ⅱ. 12に示す。

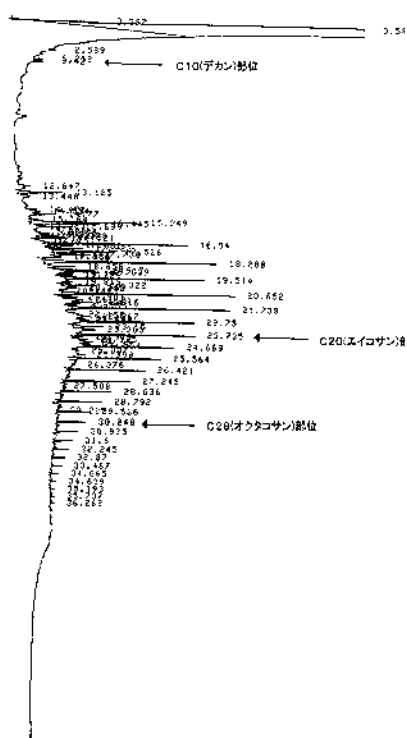


図-Ⅱ. 2. 7  
C重油(100ppm相当)

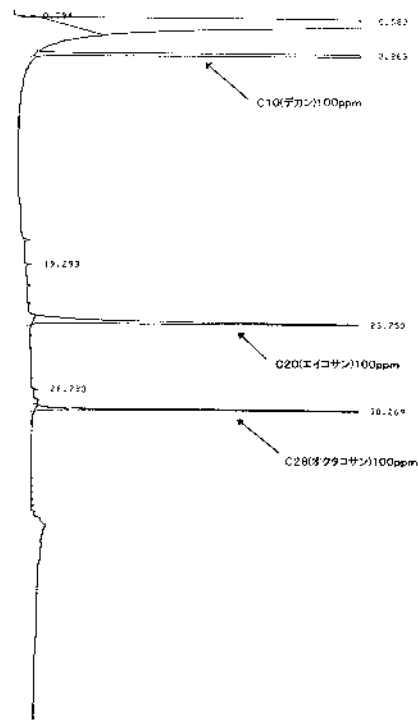


図-Ⅱ. 2. 8  
代表的な炭化水素(100ppm相当)



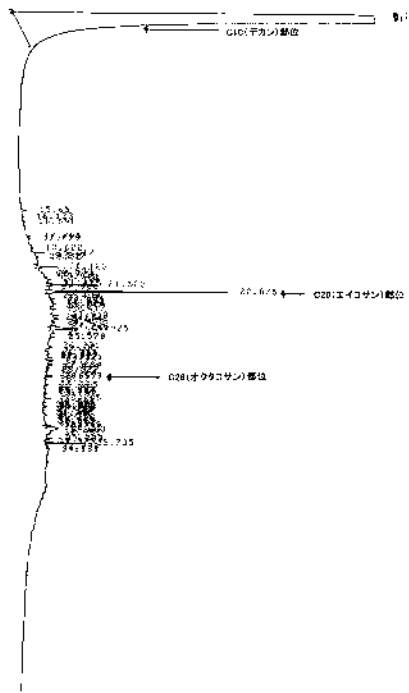


図-Ⅱ. 2. 9

58日経過時点 (1000ppm 相当)

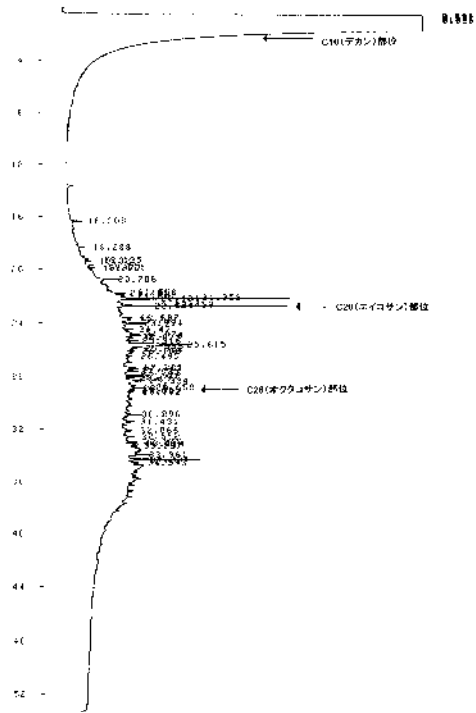


図-Ⅱ. 2. 10

115日経過時点 (1000ppm 相当)

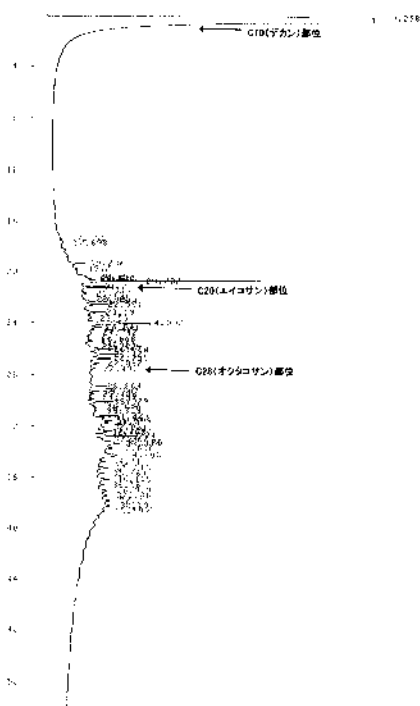


図-Ⅱ. 2. 11

169日経過時点 (1000ppm 相当) 油投入前のバーク堆肥 (1000ppm 相当)

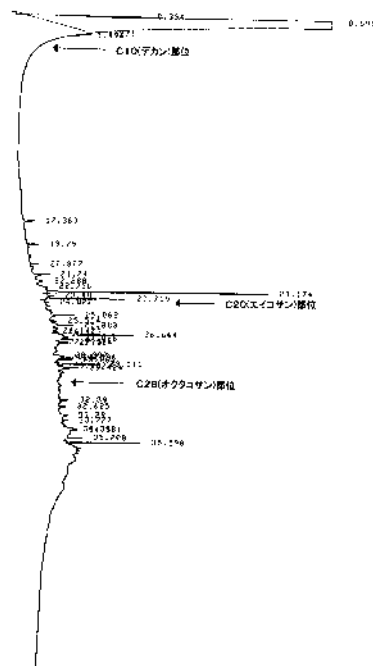


図-Ⅱ. 2. 12

(3) 図－Ⅱ． 2． 9～11の、油分解が進行している過程のクロマトグラムを見ると、投入したC重油そのもの（図－Ⅱ． 2． 7）のピーク分布とほぼ一致するものの、いずれもC重油の組成成分炭化水素のピーク強度は減少していることが確認される。

図－Ⅱ． 2． 10～11の、115日および169日経過時点におけるクロマトグラムを見ると、C28検出部位以降にベースラインの盛り上がりを確認できる。これは投入C重油そのものとは差異のある結果であり、堆肥のブランク物質やC重油分解過程の副生成物などの影響が可能性として考えられる。

(4) 微生物相の調査（変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法(DGGE)）

油分解前後の微生物相の変化を調べたところ、油分解後には特異的にCFB（サイトファーガ・フラボバクテリウム・バクテロイデスグループ）が確認された。CFBは石油分解菌として働くとの報告がある微生物であり、この微生物が油分解に関与している可能性を示している。詳細な内容はⅢ－2に述べる。

(5) 目視観察など

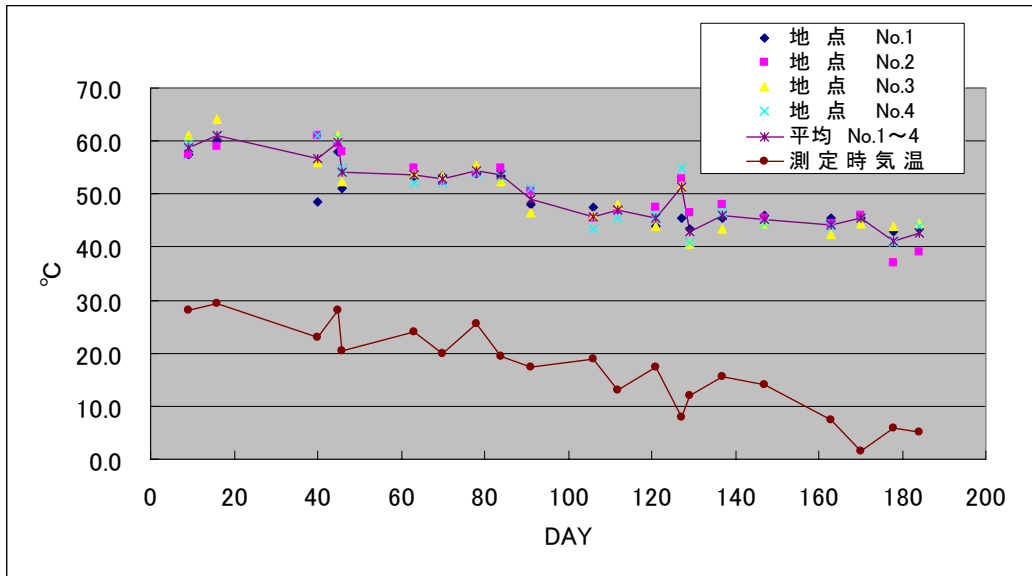
油の臭気については、40～60日後程度までは、本来のC重油の臭気から若干変質した感じを受けるものの、いまだ明確に油の臭気であると判別可能な程度に感じられた。その後は徐々に臭気の変質し、もとの投入物が重油であることを知らない人間には油の臭気どうか判別がつかない状態に変化した。

また、60日経過時点で手指への油の付着は感じられず、周囲の水溜りにおける油膜も観察されなかった。

(6) パイル内の温度

バーク堆肥パイル内の温度変化を図－Ⅱ． 2． 13に示す。実験当初はバーク堆肥の活性な状態とされる60℃前後を保っていたが、徐々に温度が低下する傾向が見られた。開始後90日経過時点からはほぼ50℃以下を推移し、180日経過時点ではほぼ40℃程度となった。この傾向はこれまでの36 m<sup>3</sup>の実験とほぼ同じものである。

温度が低下する原因は、微生物活動の低下、外気温の低下などが考えられる。また、切り返し直後は温度が一旦低下し、その後上昇する傾向があるが、この現象は通常のバーク堆肥製造過程でも同様であり、好気発酵が酸素供給により活発化することを示していると考えられる。



図－Ⅱ． 2． 13 バーク堆肥パイル内の温度変化

#### まとめ

今回の 100 m<sup>3</sup> バーク堆肥パイルによる実用フィールド実験において、投入した C 重油の油分濃度は減少傾向となることが明確になった。開始直後の油分濃度（約 0.6%）は 60 日後に約 1/2 程度に、120 日後に約 1/5～1/6 に低下していることが判明した。一方、120 日後以降には油分濃度に大きな変化は見られなかった。また、開始から 30 日後までは値が大きく外れたものが見られるが、それ以降はほぼ安定した値となった。

36 m<sup>3</sup> パイルによる実験（15 年度）との比較においては、油分濃度の減少傾向は共通する結果が得られた。また、今回の実験の方が油分濃度はより安定に減少する傾向があるほか、各時点における油分濃度測定値のバラつきがより小さいことが確認された。

油分の定性分析により、油分解過程における残留油分のクロマトグラムにおいて、投入した C 重油そのもの（図－Ⅱ． 2． 7）のピーク分布とほぼ一致するものの、いずれも C 重油の組成成分炭化水素のピーク強度が減少していることが判明した。

油分解前後の微生物相の変化を調べたところ、油分解後には特異的に CFB（サイトファーガ・フラボバクテリウム・バクテロイデスグループ）が確認された。CFB は石油分解菌として働くとの報告がある微生物であり、この微生物が油分解に関与している可能性が示された（微生物相の変化の詳細はⅢ－2 に述べる）。

### III 微生物相の特定

第II章に記述したように、杉樹皮製油吸着材は使用後に焼却処分ではなく、吸着材本体が生分解性である特徴を活かし、微生物分解の手法によって油分および吸着材本体を分解し、低い環境負荷かつ安全な形で土壌などに還元しようとする試みをこれまで行ってきた。

一方、これまでバーク堆肥パイルという活性な微生物活動が行われているフィールドにおいて、油分濃度が減少していくということは確認されていたが、その中にどのような微生物が生息し、油分解に貢献しているかについては確認されていなかった。

そこで、今回は油分分解処理・堆肥化工程の微生物相を、変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法（D G G E）の手法を用いて特定を試みた。このことは、今後の本技術の実用化に向け、技術自体の信頼性を向上すると共に、分解工程の安定化および再現性確保に資するものと考えられる。なお、D G G Eについては広島大学生物圏科学研究科・長沼毅助教授に依頼した。

#### 1 実験の方法

II-2記述のバーク堆肥パイルにおいて6週間ごとにサンプルを採取し、サンプル中の微生物相について、D G G Eによる解析を行った。サンプルからのDNA抽出は、バーク堆肥というサンプルの性質からある程度テクニックを要した。一般に、サンプルからのDNA抽出は、基本的に水と油を加え、水に溶けるもの、油に溶けるものに分けることを繰り返し、欲しいもの（DNA）だけを取り出す、というものである。今回のサンプルについては以下の手順で行った。

- (1) バーク堆肥サンプルをビードビーターで振動し、微生物の細胞壁を破壊し、DNAを取り出す。
- (2) 次に、チューブにサンプルとP C Iを加えてよく混ぜる。上層に水、下層にフェノール、という状態になり、DNAや糖質は水に溶けるので上層に、タンパク質は両方に溶ける（両親媒性）なので中間層に、脂質その他は下層に溜まる。DNAのある上層のみを取り出すが、このときに不純物の入らないよう、中間層を取らないように上だけを取るが、中間層を嫌いとすると欲しいものまで取れないので、多少テクニックを要する。
- (3) その後、別のチューブに入れた上澄みにアルコールを加えると不要物である糖質は溶けるがDNAは溶けずに沈殿する。その沈殿物を取り、乾燥してDNAを抽出する。今回はバーク堆肥のサンプルであり、この沈殿物はいろいろな有機物が含まれているため、褐色である。

(4) 取りだしたDNAにつきDGGEを行い、油分解前後の2サンプルの相違を比較した(図-III. 1. 1)。分解前に特異的なもの、分解後に特異的なもの、分解前後で共通のものにつき、16S rDNAのシーケンス解析を行って微生物種を推定した(図-III. 1. 2)。相同性は99%で同種、97%以下だと異なると考えてよく、90%台だと属レベルで同じ、それ以下だとほとんど関連はない、或いはあてにならないレベルであると言える。

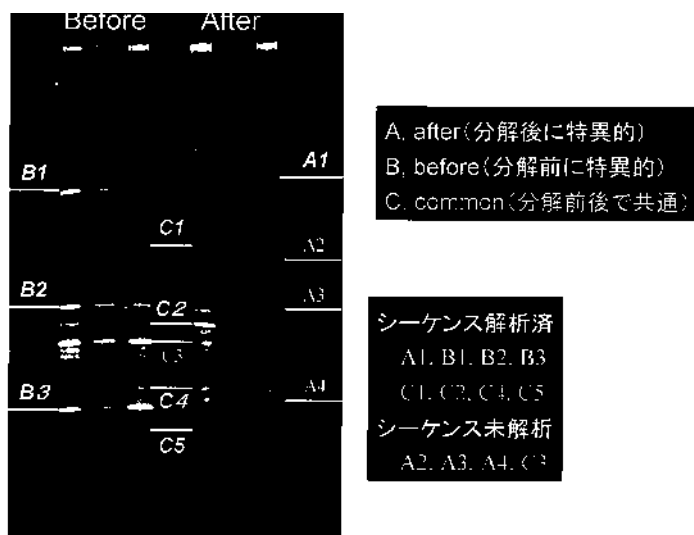


図-III. 1. 1 油分解前後のDGGEパターン比較

	バンド	相同性が最も高いシーケンス	相同性 (%)	相同性が高い培養菌株	相同性 (%)
Before	B2	<i>Bacillus</i> sp.	99.40%	<i>Ureibacillus thermosphaericus</i>	97.01%
		uncultured compost bacterium	97.01%		
	B3	Uncultured bacterium	94.34%		
		Uncultured Chloroflexi bacterium	92.45%		
After	A1	Uncultured CFB group bacterium clone	97.95%	<i>Flexibacter japonensis</i>	91.96%
		uncultured compost bacterium	96.24%		
Common	C2	uncultured bacterium	87.84%	<i>Clostridium formicaceticum</i>	83.91%
	C4	Uncultured Chloroflexi bacterium	96.18%	<i>Dehalococcoides</i> sp.	87.50%
	C5	uncultured bacterium	95.65%		
		uncultured Chlorobi bacterium	94.20%		

図-III. 1. 2 油分解前後の微生物種の推定

## 2 実験の結果

図－Ⅲ．１．２において、「Before」は分解前に特異的なもの、「After」は分解後に特異的なもの、「Common」は両者に共通するものを示す。

*s thermosphaericus* (ウレイバチルス属) は好熱菌であり、通常の土壌には存在しないウレイバチルス属細菌を高温となる堆肥内に確認し、本実験の有意性が示唆されたと言える。

After (油分解後に特異的) に、CFB (サイトファーガ・フラボバクテリウム・バクテロイデスグループ) が確認された。CFB は油流出事故のバイオレメディエーションにおいて増え、石油分解菌として働く微生物であるという報告がなされており、この微生物が我々の行うバーク堆肥パイルでの実験において、油分分解に関与している可能性が示された。

#### IV 白色腐朽菌との複合化に関する検討

これまでの研究成果から、バーク堆肥微生物による油分分解処理技術において 1% レベル（乾燥土壌換算で約 20000ppm）の油分が、0.1%（同 2000ppm）程度まで減少することが明らかになってきた。本来、この技術は油流出事故における回収物すなわち油・油吸着材の処理方法に適用することを目指しているが、平成 15 年 2 月の土壌汚染対策法施行に伴う油分汚染土壌浄化ニーズの高まりに伴い、この分野への応用が期待され始めた。

現在、油分汚染についてはベンゼンが定められているのみであるが、今後、新たに基準が定められることが予測されている。これに備え、各社では土壌油分浄化技術の開発・実用化が進められており、そのターゲットの油分濃度はおおむね 500~1000ppm であることが多い。

本技術の本来の目的にとっても、微生物分解処理後の最終的な油分濃度が、予測基準値と目されている 500~1000ppm レベルまで減少すれば、そのまま土壌に還元することも可能となるため、その意義は大きい。

そこで、現在の最終油分濃度である 0.1%（乾燥土壌換算で 2000ppm）レベルから更に油分濃度を低下させることを目的に、白色腐朽菌との複合化について検討を行った。すなわち、バーク堆肥微生物で分解した後に一部残留すると考えられる難分解性重質油の分解を目指し、この分野で効果があると期待される白色腐朽菌を、バーク堆肥微生物の後に利用する試みである。

本研究は、九州大学生物資源環境科学府・近藤隆一郎教授と共同で行った。

白色腐朽菌とバーク堆肥分解残留物を混合し（混合比 2 種）、ポリ容器（946ml）の 2/3 程度まで入れ、油分濃度の経時変化（0~3 ヶ月）を追った。当初の油分濃度 0.07~0.11% であった。なお、油分濃度の分析は n-ヘキサン重量法にて行った。

結果は、当初の油分濃度 0.07~0.11% からの減少は見られず、残念ながら今回は有意あるデータは得られなかった。

この原因としては、白色腐朽菌が十分に働く環境になかった、分解が行われたものの副生成物が n-ヘキサン可溶物であった、などいくつか考えられる。今後、培養条件や混合比、使用菌体などを再検討し、実験を行う予定である。

## V 環境影響評価の研究

杉樹皮製油吸着材は、いわば「ポリプロピレン製品など従来品と同等の性能、同等の価格で、環境負荷が低い」という位置付けの製品である。すなわち、多くの油吸着材がある中での存在意義の最大のものは、環境性能であると言える。実際に、杉樹皮製油吸着材の開発者は、天然原料(一部は廃棄物)で生分解性を有し、熱処理なく製造を行っており、製造・使用・処分時における環境負荷が小さいことがその特徴であると主張してきた。

そこで、本章では環境影響評価の指標として用いられるLCI（ライフサイクルインベントリ）の手法を参考に、杉樹皮製油吸着材の原料調達から製品製造における環境負荷を試算した。

ただし、環境負荷試算の結果は、一般的に根拠となるデータや計算方法などが仮定に基づくものや十分な議論がされていないものが多いのが現状である。今回の調査もその例に漏れないため、必要な説明を認識することなく結果のみを解釈することは避けるべきであり、その点をご留意いただきたい。

### V-1 杉樹皮製油吸着材の環境負荷について

#### 1 製品のライフサイクル

杉樹皮製油吸着材のライフサイクルフローを図-V. 1. 2に示す。

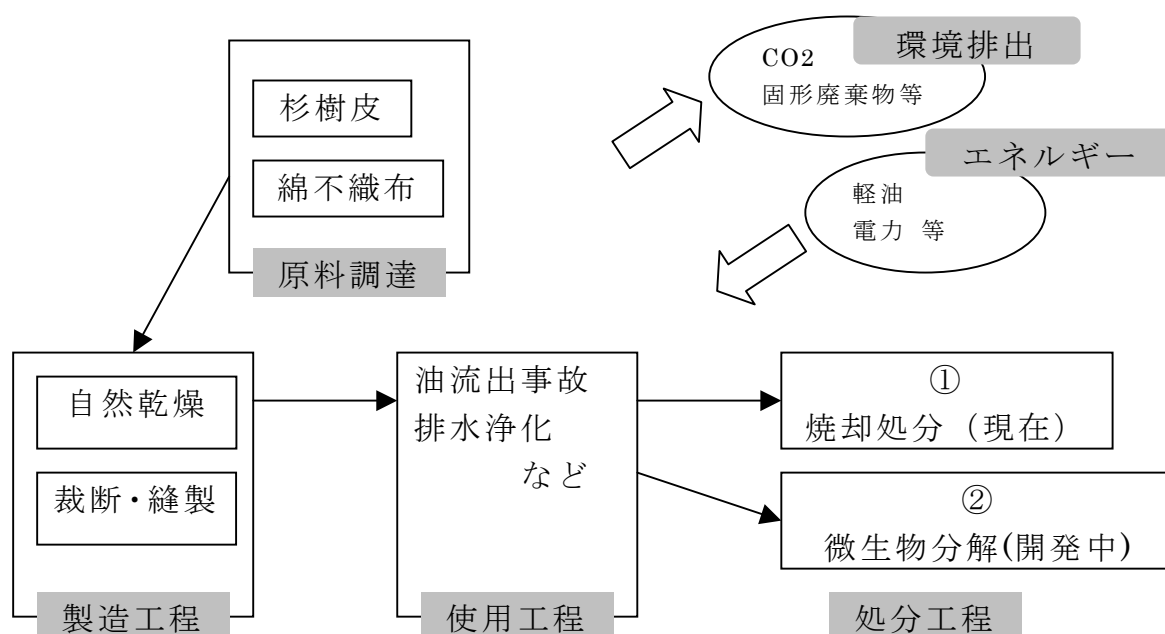


図-V. 1. 2 杉樹皮製油吸着材のライフサイクルフロー



## 2 調査範囲と計算方法

使用工程以降については今回、考慮しないものとする。

対象は、杉樹皮製油吸着材のマット型（45cm角）とし、分かりやすさを考慮し、単位生産量を10,000枚と仮定した。評価項目はエネルギー消費量に限定して行うものとする。

なお、綿不織布そのもののデータが入手できなかったため、新規綿糸の製造原単位を流用した（出展：経済産業省製造産業局繊維課、産業情報研究センター資料、2003.3）。ポリプロピレンの製造原単位は既存のデータを利用した（出展：LCA実務入門、（社）産業環境管理協会、1998）。また、構成比10%未満の原料等についてはカットオフし、今回の計算外としている。

## 3 計算結果および評価

### 1. 原料調達：材料搬送に係るエネルギー量の算定

#### ①杉樹皮トラック1台当たり積載容量

・1台当たり杉樹皮搬送量  $8\text{m}^3 \Rightarrow$  製品枚数換算

$$8\text{m}^3 \div 0.45 \times 0.45 \times 0.015 \div 2,600 \text{ 枚}$$

・単位生産量に対する使用台数

$$10,000 \text{ 枚} \div 2,600 \text{ 枚/台} \div 4 \text{ 台}$$

#### ②消費燃料（軽油）

・距離 60km、燃費（実績値）6.0km/ℓ

・消費燃料

$$60\text{km} \div 6\text{km}/\ell \times 4 \text{ 台} = 40.00$$

#### ③軽油分のエネルギー量の算定

$$40.00 \text{ (軽油)} \times \text{換算係数 } 38.2 \times 10^6 \text{ J}/1000 = 1,528 \times 1,000\text{kJ}$$

#### ④綿不織布分のエネルギー量の算定

$$338\text{kg}/\text{単位生産量} \times 4,690\text{wh} \times 860\text{cal}/\text{wh} \times 4.2\text{J}/\text{cal} \\ = 5,726 \times 1,000\text{kJ}$$

#### ⑤エネルギー量の算定

$$1,528 \times 1,000\text{kJ} + 5,726 \times 1,000\text{kJ} = 7,254 \times 1,000\text{kJ}$$

### 2. 製造工程：裁断・縫製、材料混合・封入等に係るエネルギー量の算定

#### ①使用電力量の算定

・時間電力量  $0.53\text{kwh} \times (\text{単位生産量 } 10,000 \div 10 \text{ 枚/h}) = 530\text{kwh}$

#### ②エネルギー量の算定

$$530\text{kwh} \times \text{換算係数 } 3.6 \times 10^6 \text{ J}/1000 = 1,908 \times 1,000 \text{ kJ}$$

### 3. 製造工程：製品搬送に関わるエネルギー量の算定

①トラック 1 台当たり積載容量

- ・ 1 台当たり材料搬送量 30 ケース (50 枚/ケース)
- ・ 単位生産量に対する使用台数

$$10,000 \text{ 枚} \div [(30 \text{ ケース} \times 50 \text{ 枚}) / \text{台}] \doteq 7 \text{ 台}$$

②消費燃料(軽油)

$$60 \text{ km} \div 6 \text{ km/l} \times 7 \text{ 台} = 70.00$$

③エネルギー量の算定

$$70.00 \text{ (軽油)} \times \text{換算係数 } 38.2 \times 10^6 \text{ J/1000} = 2,674 \times 1,000 \text{ kJ}$$

4. 製品 1 枚当りエネルギー使用量の算定

①単位生産量あたりのエネルギー使用量

$$1 + 2 + 3$$

$$= 7,254 \times 1,000 \text{ kJ} + 1,908 \times 1,000 \text{ kJ} + 2,674 \times 1,000 \text{ kJ} = 11,838 \times 1,000 \text{ kJ}$$

②1 枚当りエネルギー使用量

$$11,838 \times 1,000 \text{ kJ} \div 10,000 \text{ 枚} = 1,184 \text{ kJ}$$

③1 kg 当りエネルギー使用量

$$1,184 \text{ kJ/枚} \div 0.2 \text{ kg/枚} = 5,920 \text{ kJ}$$

以上により、杉樹皮製油吸着材（マット型）の 1 kg 当りの製造に係るエネルギー使用量は、5,920 kJ (1,410 kcal) であると試算された。

この数値を他の油吸着材と比較するにはさらなる調査研究データが必要であるが、例えば、ポリプロピレンの製造原単位は 18,526 kJ/kg (4,411 kcal/kg) とされており、これに吸着マットへの加工工程を加味するとさらに大きなエネルギーを消費すると考えられる。製品の杉樹皮製油吸着材とポリプロピレン（原料）で仮に比較しても、そのエネルギー使用量は約 1 : 3 であり、杉樹皮製油吸着材の優位性を示していると言える。

ただし、今回の試算はあくまで製造工程までのいわば“上流側”に限ったものである。微生物分解処理と焼却処分の比較まで含めて考慮すると、杉樹皮製油吸着材の優位性がさらに確認されると推測される。なお、正確な環境負荷の比較を行うには、今後さらに必要なデータを蓄積し、製品生涯を通しての LCA 評価を行うことが必要である。

## V-2 エコマーク取得について

杉樹皮製油吸着材の環境性能に基づき、同製品のメーカーであるぶんご有機肥料(株)から(財)日本環境協会へエコマークの申請が提出され、商品ブランド名「杉の油取り」、認定番号 04 115 009 号、類型番号 115 号（間伐材、再・未利用木材などを使用した製品 Version 2）にて、平成 16 年 12 月に認定がなされた。

## VI 実海域における油回収性能及び微生物分解処理技術の調査

杉樹皮製油吸着材に関して、実海域での油流出事故における油回収性能と、回収後の同品を実際に用いた微生物分解処理の実証実験を行った。

昨年度の調査研究において各地の海上保安関係者などにモニター用として配布した杉樹皮製油吸着材サンプルの使用感のアンケート結果がまとめられ、油回収性能については「まずまず」、全体的な使用感については「使いやすい」が大勢を占め、今後の使用についても「続けて使用したい」という評価を76%相当で頂いた。また、モニター調査において回収された使用後の杉樹皮製油吸着材を、活性なバーク堆肥原料中に埋め込み、微生物により分解処理する実験を行ったところ、目視レベルで良好な生分解性が確認されていた。一方、実海域での油流出事故における回収物を微生物分解処理した定量的な油分濃度データはいまだ得られておらず、実験の機会が待たれていた。

今年度の半ばである平成16年9月に、広島県廿日市海岸において、木材運搬船の転覆に伴う油流出事故が発生し、杉樹皮製油吸着材を使用する機会が得られたため、油回収性能の検証と、回収後の同品を実際に用いた微生物分解処理の実証実験を行った。

### VI-1 実海域における杉樹皮製油吸着材を用いた油回収作業について

平成16年9月7日、折からの台風により木材運搬船が、広島県廿日市市木材港岸壁で停泊中に係留索が切断、岸壁と接触、浸水、沈没した。油が流出しているとの連絡を受け、実海域での油回収実験および微生物分解処理実験のためのサンプル採取のため、(独)海上災害防止センター調査研究室、大分県産業科学技術センター、ぶんご有機肥料(株)のスタッフが9月10日に現地に赴いた。

<9月10日 16:30 広島県廿日市市木材港南岸壁 雨天>

木材運搬船が転覆しており、A重油らしき油と粘調な油が流出中であった(写真-VI. 1. 1)。オイルフェンスが展張され、オイルフェンス内側と外側にそれぞれPP製(ポリプロピレン製)の油吸着材(万国旗型)が張られており、黒く変色していた。半径100m程度の半円形に油が包囲されていて、外側には薄いキラキラした油膜のみが流れ出していた。

オイルフェンスの内部は風と潮により油が下流側に偏在していて、直径十数m程度の範囲に集中し、最下流部ではかなりの膜厚になっている様子。油回収実験と微生物分解実験用サンプルの採取には好条件であることが確認された。

岸壁は東南の角地で、南に面した岸壁で船が転覆していて、その衝撃か

ら岸壁が少々、破損していた。沖合いでは対岸・宮島のカキ養殖イカダへの漂着を防ぐために、航走攪拌作業が2隻の巡視艇により行われていた。オイルフェンスの展張と位置の移動は数人乗りの小型ボート2隻で行われていた。この日は、翌日の回収作業に向けてのポンプの動作試験が(独)海上災害防止センターの防災部スタッフにより行われた。

なお、流出しているのはA重油とC重油との連絡があり、観察したところでは数十cSt程度の比較的low粘度のもので、杉樹皮製油吸着材による吸着・回収には問題がなさそうであった。

<9月11日 6:00 回収作業スタート>

潮流は西から東方向、岸壁東側L字部分のオイルフェンス内部に油が滞留していて実験には好条件であった。

まず、オイルフェンス型の杉樹皮製油吸着材を展張した。15mタイプを1本、10mタイプを6本、5mタイプを12本使用し、状況に応じてロープで連結し、再大20mにして海面に投入した。また、その内側にマット型(45cm角)の吸着材を350枚、投入した。

油膜は潮流と風の影響で刻々と移動するため、海面には油の濃い部分と薄い部分とがあった。濃い部分に投入したものは総じて吸着が早く、数分で黒々と油で満たされていく様子が観察された。薄い部分に投入したものは徐々に褐色に変化し、吸着スピードは遅いものの、数十分から数時間でほぼ油の吸着を終えた。吸着マットについては、下面での吸着が終わったものを適宜、フック付き棒で裏返し、吸着を促進した。

1~5時間後に、それぞれの吸着材の回収(引き上げ)を行った。おおむねよく吸着しており、外観が褐色程度のもの、黒色のものなど様々であった。褐色のものをカッターで切り開き、内部の樹皮部分を観察したところ、繊維内に油を保持し、褐色~黒色に変色している様子が観察された。

作業船の後方に幅5m程度の桁(棒の両先端に浮きを付けたもの)を設置し、これにオイルフェンス型の吸着材をU字型に固定し、オイルフェンス外側の薄い油膜の回収を試みた((独)海上災害防止センター業務課)。0~数ノット程度で曳航し、速度が上がった際に上部からの油のくぐり抜けが見られたものの、強度と作業性には問題が見られなかった。

吸着性については、薄い油膜部分での吸着においてはその厚みから過剰装備(つまりもったいない)の感があるものの、オイルフェンス曳航で集められて厚い油膜の部分では、その本領を發揮することが出来ており、みるみる黒々と油が吸着され、マットの厚みすべてに油が充たされていく様子が観察された。契約防災措置実施者の作業員からも「これは良く吸う」と賞賛の声が聞かれた。

一方、薄い油膜だけがある場合のように、ほとんどが水の状況で使用さ

れた場合、その吸水量は比較的多めであり、引き上げ時に少し重めであった。しかし、引き上げと同時に水切りが行われるため、水はどんどん落ちて少なくなった。しかし、オイルフェンス型のような場合、このことが引き上げの障害になるため、全長は 10m 以下の製品が作業性の面から適していることが判明した。

強度については、外包材、ロープ、縫製部分ともに全く問題が発生しなかった。特に、吸着マットは、カギ付きの棒でかなり手荒に扱われたにも関わらず、破れや穴開きが生じず、作業員などから高い評価を受けた。

この回収作業において使用された杉樹皮製油吸着材の合計枚数は、マット型：4,350 枚、オイルフェンス型：490m であり、回収された一部（マット型：350 枚、オイルフェンス型：259m）が油分分解処理実験に供されるため、ぶんご有機肥料（大分県竹田市）へ運ばれた。



写真－VI. 1. 1  
転覆した木材運搬船（3,249トン）



写真－VI. 1. 2  
作業の様子



写真－VI. 1. 3  
杉樹皮製油吸着材（マット型）の投入



写真－VI. 1. 4 油吸着の様子



写真－VI. 1. 5  
オイルフェンスで包囲された油を回収する様子



写真－VI. 1. 6  
回収された杉樹皮製油吸着材（マット型）

## VI-2 実海域で使用した杉樹皮製油吸着材の微生物分解処理実験

VI-1 に記述した平成16年9月に発生した木材運搬船の事故において回収した油および杉樹皮製油吸着材を、100 m<sup>3</sup>のバーク堆肥パイルに埋め込み、微生物で分解処理する実験を行った。

### 1 回収油量の推定

回収した杉樹皮製油吸着材に含まれる油の量を推定するため、油を十分に吸着しているマットの一部を切り取り、油分濃度の調査を行った。マット片3片を採取し、それぞれの重量、面積を測定し、n-ヘキサン抽出重量法により油分濃度を測定した。結果を表-VI. 1. 1に示す。

表-VI. 1. 1 回収した杉樹皮製油吸着材の推定油分量

サンプル名	重量 (g)	面積 (cm <sup>2</sup> )	推定マット 重量 (g)	油分濃度 (%) 測定値	推定油分 量 (g)	推定油分 量 (g) 補正後
マット片 No. 1	64	104	1,253	15	188	185
マット片 No. 2	67	72	1,895	20	379	376
マット片 No. 3	44	63	1,413	14	198	195
コントロール	200	2,025	200	1.5	3	

推定油分量 : 1m<sup>2</sup>あたり平均 1,240g (マット1枚あたり平均 252g)

今回使用量 : 187 m<sup>2</sup> (マット型 : 350枚、オイルフェンス型 : 259m)

**推定総油分量 : 232kg**

(マットに一樣に油が吸着されているとし、n-ヘキサンにて全量が抽出されたと仮定。コントロールはバージンの杉樹皮製油吸着材)

この計算によると、この分解実験のために使用される油は推定 232kg となる。ただし、写真-VI. 1. 4 などにも見られるように、回収されたマットなどに吸着されている油は濃淡があり、油膜状の海面で使用されたものは油分を多く含んでいないものもあると考えられる。仮に実際の油量が推定値の半分程度とすると 116kg が分解実験に供される油という計算になる。

## 2 微生物分解処理実験の方法

バーク堆肥原料と昨年度の油分分解実験に供した分解残留物を混合したものの中に、事故で回収した油吸着材を埋め込み、円錐形パイル状に被覆した後、定期的に攪拌（切り返し）を行い、油分濃度の変化を調査した。実験のフィールドは、Ⅱ－2の実験と同様に、ぶんご有機肥料(株)（大分県竹田市）内に設けた。

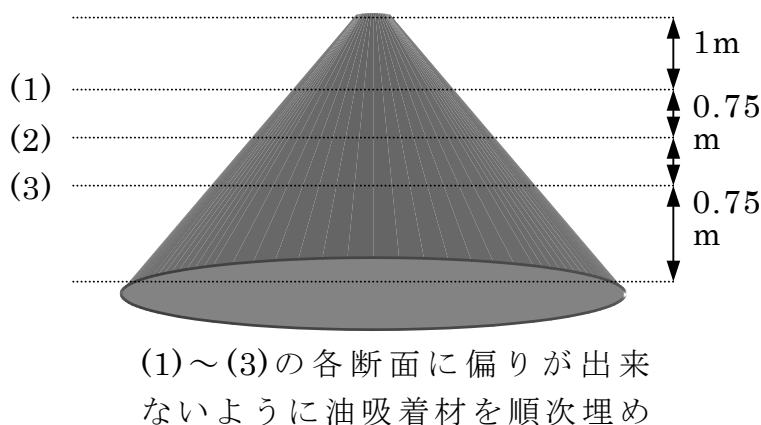
バーク堆肥はホイールローダのバケットで容積を計量した約 100 m<sup>3</sup>ほどを用いた。嵩比重が約 0.5 であることから約 50t であると推定される。全体の 1/3 程度に積上げたバーク堆肥原料に偏りが出来ないように油吸着材を順次設置し（写真－Ⅵ. 2. 1～2）、3層に埋め込み、バーク堆肥原料にて被覆した（図－Ⅵ. 2. 1）。パイルの形状はやや膨らんだ円錐台状で、上面φ4m、底面φ8m、高さ3.5m程度となった。

バーク堆肥原料は発酵開始から数ヶ月経過した微生物活動の活発なものを使用した（油分濃度 0.03%）。昨年度の油分分解実験に供した分解残留物は、分解開始後約 1年が経過したもので、油分濃度は 0.09%である。これらを 9：1 で混合したものを実験に使用した（油分濃度 0.03%）。

実験開始時の油分濃度は、先述の推定油量 232kg とすると 0.46%に、半分の 116kg とすると 0.23%となる。

なお、攪拌、サンプリング、測定手法などはⅡ－2の実験と同様の方法で行った。測定項目は以下のとおりとした。

- ① 油分濃度（n-ヘキサン抽出重量法）
  - (ア) 2週間に1回程度（攪拌時毎）
  - (イ) 曲線がほぼフラットになる時期（4～6ヶ月程度）まで計測
- ② 目視観察など（油の臭気、手指への油分付着など）
- ③ パイル内の温度（週1回程度）



図－Ⅵ. 2. 1 バーク堆肥パイル断面への油吸着材設置の概念図





写真－Ⅵ． 2． 1  
バーク堆肥パイル断面  
への油吸着材設置の様子



写真－Ⅵ． 2． 2  
バーク堆肥で  
油吸着材を被覆する様子

### 3 実験の結果

#### (1) 油分濃度

実験開始時（0 DAY）における油分濃度は、0.23～0.46％程度と考えられる。この時点では、吸着マットは原形を保っており、油はその中に含まれているので、パイル内の油分濃度は均一になりようがない。従って、測定も不可能である。

1回目のサンプリングは最初の攪拌が行われた開始後21日経過時点に行った。既に吸着マットの原形は留めておらず、これまでの実験同様、マット内に含まれるパーライトの存在により、原位置が判明する状況であった。

この後、約2週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取し、それぞれの油分濃度を測定した。油分濃度の変化（オリジナルデータ）を図Ⅵ. 2. 2に示す。

当初に0.23～0.46％程度であったと考えられる油分濃度は、最初の攪拌・サンプリング時である21日経過時点で既に通常のバーク堆肥と同じ0.03％程度となっており、それ以降はほとんど油分濃度に変化が見られない結果となった。

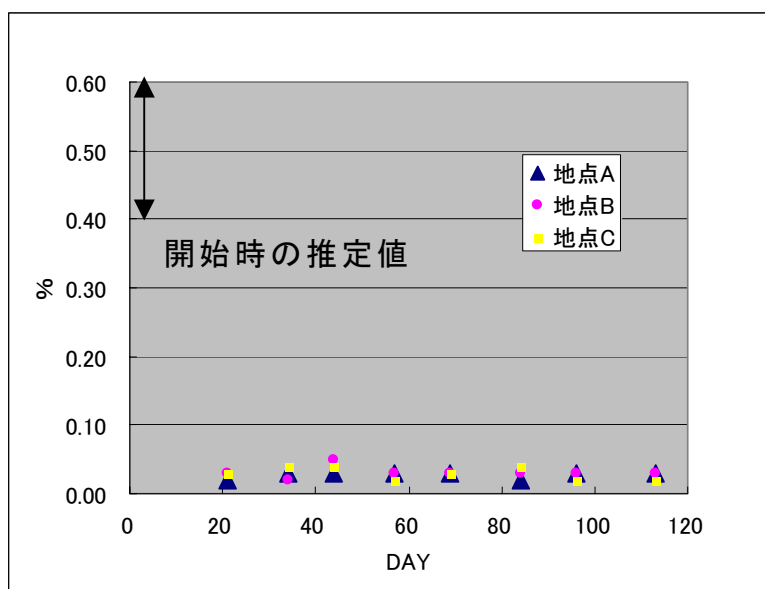
一方、Ⅱ－2の実験では、当初約1％であった油分濃度は21日経過時点では少なくとも1/2程度は残留しており、通常のバーク堆肥レベルになるのは早くとも100日後以降となっている。

この分解処理の進行速度の差異にはいくつかの考え方ができる。一つには、Ⅱ－2の実験と油種が異なるために進行速度に差異が生じて

いるという解釈である。今回の流出油はA重油とC重油の両方と伝えられており、回収したものはそれらの混合物である可能性が高い。Ⅱ-2の実験では純粋なC重油を用いているが、目視や手指への感触においても今回の油と粘度の差がかなり感じられた。A重油のような軽質油には揮発成分も多く含まれ、分解が比較的容易な低分子の成分も多いと考えられるため、分解処理の進行速度は速くなると考えられる。

二つ目に考えられるのは、油分濃度 1%レベルと今回の 0.23～0.46%レベルでは、微生物分解のメカニズムが異なり、進行速度に差異が生じるという可能性である。これについては今後さらなる実験を行うことが求められる。

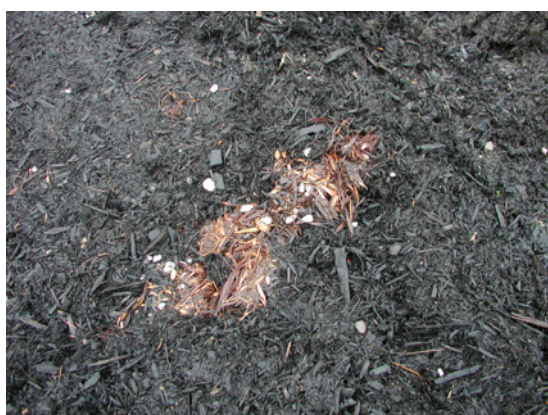
いずれにせよ、実海域における油流出事故の回収油および杉樹皮製油吸着材を微生物分解処理し、油分濃度変化を定量的に調査する試みは今回が初めてであり、今後、油分濃度、パイル規模、油種などの異なるデータを蓄積することにより、実用化に必要な知見が得られると考えられる。



図－VI. 2. 2 油分濃度の変化 (100 m<sup>3</sup>；実事故回収油；オリジナルデータ)

## (2) 目視観察など

21 日経過時点で吸着マットの外側の白いコットンは既に分解しており、ところどころに若い樹皮繊維やパーライトが観察され、その位置に吸着マットが設置されていたことをうかがわせた（写真－VI. 2. 3）。油の臭気については、40 日後程度においてパイル付近に鼻を近づけると少し感じられるものの、周辺では感じられなかった。手指への油の付着は感じられず、パイル周囲の水溜りにおける油膜も観察されなかった（写真－VI. 2. 4）。



写真－VI. 2. 3  
パイル中の樹皮繊維や  
パーライト



写真－VI. 2. 4 パイ  
ル周辺の水溜り



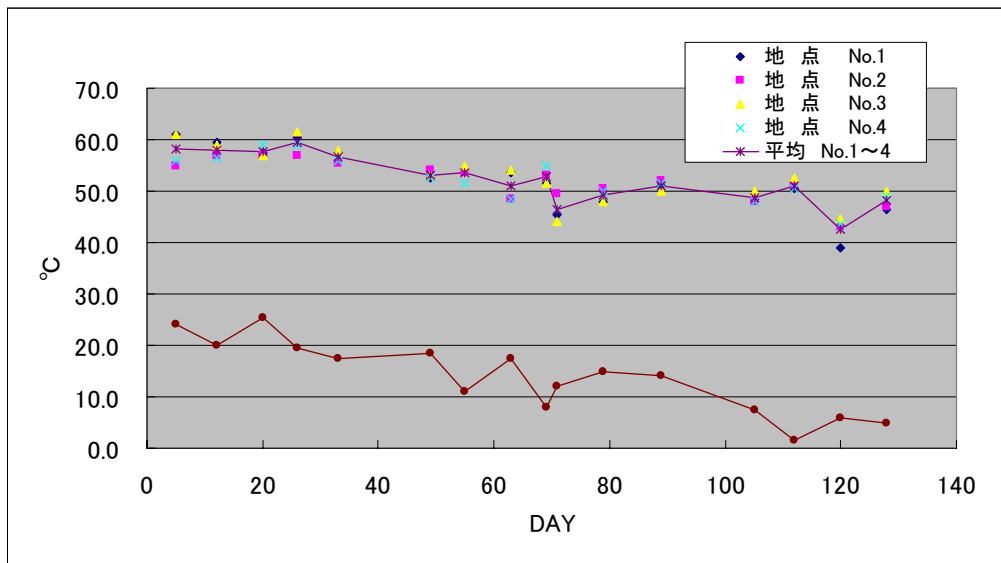
写真－VI. 2. 5  
分解途中のオイルフェン  
スの綿ロープ

また、吸着材本体は最初の観察時である 21 日経過時点ですでに原

型を留めないものの、太い綿ロープを使用しているオイルフェンス型の杉樹皮製油吸着材については綿ロープのみが100日経過時点でもまだ分解途中で原型を留めており、パイルの中に散見された（写真－VI. 2. 5）。

### (3) パイル内の温度

バーク堆肥パイル内の温度変化を図－VI. 2. 3に示す。実験当初は、バーク堆肥の活性な状態とされる60℃前後を保っていたが、徐々に温度が低下する傾向が見られた。これは、II－2で行った実験（図－II. 2. 13）とほぼ同じ傾向である。



図－VI. 2. 3 バーク堆肥パイル内の温度変化

## 4 まとめ

今回のブルー・オーシャン号事故に際しての実験により、杉樹皮製油吸着材の実海域における油回収性能が評価され、回収物の微生物分解処理について一定の知見が得られた。

特に、今回の事故においては油のほとんど全量が杉樹皮製油吸着材によって回収されており、使用実績として意味のある事象であった。また、事故処理の最前線で作業を行う契約防災措置実施者スタッフなどから油吸着性能が高い評価を受けたことは、今後の杉樹皮製油吸着材の普及に資するものと期待される。

微生物分解処理実験については、油の量に限度があったことから一定の知見を得るに留まったが、今後、同様の機会を捉えて実験を続行し、データを蓄積する予定である。

### VI-3 河川用の吸着型オイルフェンスの試作・実験

杉樹皮製油吸着材には、基本型であるマット型（45cm角）、万国旗型（マット型を連結したもの；45cm×10m）、オイルフェンス型（45cm×5m, 10mなど）があり、海洋流出油回収を中心とする各種用途に使用されている。

一方、河川における油流出事故は、例えば水路への農業機械の転落やガソリンスタンドからの油漏出など小規模ながらかなりの件数が発生しており、流れのある水面での使用に適するタイプ、いわゆる河川用の吸着型オイルフェンスについて開発を求める声が寄せられていた。

平成11年度に行った杉樹皮製油吸着材の試験により、円筒形のブーム型およびこれにスカートを設置したタイプの評価が高かったことから、作業性と製造コストを考慮し、円筒部（φ7cm）＋スカート部（幅45cm）の構造のサンプル（長さ5m）を試作し、波と流れのある実験水槽において評価を行った。実験は平成16年12月10日に、(独)海上災害防止センター横須賀訓練所にて行った。

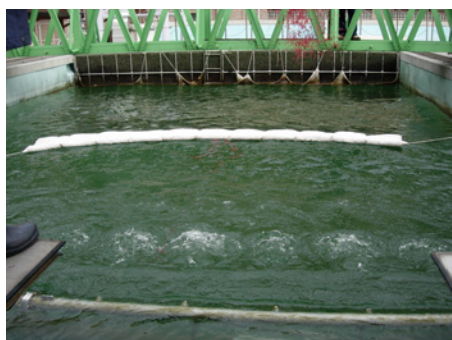


写真-VI. 3. 1  
水流及び波を発生させた様子



写真-VI. 3. 2 水流の状態



写真-VI. 3. 3  
上流から着色した灯油を  
投入した様子



写真-VI. 3. 4  
油を吸着したサンプル（河川用の杉樹皮製油吸着材）

この実験において、サンプルは流れの中で、かつ波がある状態においても十分流れ及び波に追従していた。上流から流した着色灯油は、吸着材サンプルの底面を通過することがなく油は吸着された。なお、写真－VI. 3. 3では、銀色の薄い油膜が吸着材の下流に見られるが、これは吸着型オイルフェンスに一般的に見られる現象であり、通常は二重、三重に展張することにより下流への散逸を防ぐ。

本実験結果から今回開発した河川用の吸着型オイルフェンス（杉樹皮製油吸着材）は、実際の河川において十分使用可能であると判断された。



お問い合わせ・製造元

**ぶんご有機肥料 株式会社**  
 〒879-6182 大分県竹田市大字今1015  
 TEL 0974-65-2316 FAX 0974-65-2318  
<http://suginoyutori.hp.infoseek.co.jp/>

ご注文は **入交産業(株)** (担当 角谷)  
 〒812-0051  
 福岡市東区箱崎ふ頭 5-7-8  
 TEL092-642-0701 FAX092-642-0700



**ぶんご有機肥料 株式会社**



吸着マット  
45cm×45cm

ラインナップ

国土交通省  
型式承認  
P-577

特許出願中



万国旗型  
吸着マット  
45cm×10m  
(サイズ各種)  
オイルフェンス型  
河川用もあります



原料のスギ樹皮

\*十分な吸油能力

自重の9.3~9.7倍<sup>(\*)</sup>のB重油を速やかに吸着します<sup>(\*\*)</sup>。  
国土交通省の基準(自重の6倍)を十分クリアしています。

(\*)海上保安試験研究センターの試験による  
(\*\*)ASTM試験法では自重の最大13.4倍のA重油を吸着

\*地球環境に優しい「100%天然素材」

原材料はスギの皮、パーライト(黒曜石の発泡体)、綿。だから…  
製造時: スギ皮(廃棄物)の有効活用になります。

炭化工程・熱処理が無く製造に使うエネルギーが小さくて済みます。

使用時: 万一、吸着材自体の回収に失敗した場合でも、  
化学製品に比べて環境への影響が小さくて済みます。

処分時: 天然素材だから焼却時の安心感が違います(焼却試験で安全確認済)。

また、回収した「杉の油取り」を油ごと微生物で分解処理する研究が進められ、  
実用化が期待されています。



使い方

(1)  
水面の油に  
「杉の油とり」  
を投入します  
(例: C重油)



(2)  
「杉の油とり」を  
引き上げます  
(1分後)

C重油は  
ほぼ回収されます



大興部に用 未利用材を100%使用  
汚染保険料 不適用

色んなところで「杉の油取り」

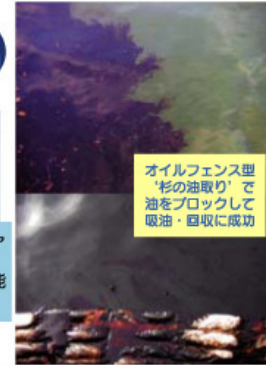


2004年9月 広島廿日市  
ブルーオーシャン号事故

事故での  
使用実績



広島・廿日市岸壁のブルーオーシャン号事故の流出油は「杉の油取り」により全量が回収され、吸油性能が高く評価されました。



オイルフェンス型  
「杉の油取り」で  
油をブロックして  
吸油・回収に成功



海・河川の  
油除去に

河川での使用例



工場での  
油除去に

マシニングセンタ  
冷却液での使用例



塗料溶剤  
の除去に

溶剤を  
消す  
作業の  
使用例



罐製作業の様子

障害者施設に縫製が委託され、環境安全と社会福祉の両方に貢献しています。

性能も  
環境も  
福祉も

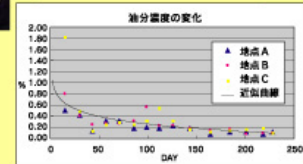
油流出事故の他、工場内のいろいろな場面で使えます。100%天然素材製だから使用後の焼却処理も安心です。

「杉の油取り」の次のステップ  
微生物分解による処理



土壌の微生物を活性化させ、油を分解させて処理します。実験で生成した堆肥にはカブトムシ幼虫が生育しました。

焼却しない、新しい処理法  
「微生物分解技術」を  
たぐいま研究開発中です!





平成9年1月に発生したナホトカ号事故においては、1,311羽（1997年3月17日現在、環境庁調べ）の海鳥が油汚染の被害を受けたと記録されている。実際に海鳥の保護に当たったのは、環境庁（現環境省）、各県の自然保護課、野生動物救護獣医師協会、全国の自然・保護のNGO団体から参加したボランティアであった。

「油汚染事件への準備及び対応のための国家的な緊急時計画」（平成12年12月26日閣議決定）の第3章「油汚染事件に対する対応に関する基本的事項」第8節「野生生物の救護の実施」において、油汚染事件により野生生物に被害が発生した場合には、油が付着した野生生物の洗浄、油付着に伴う病気の予防、回復までの飼育等野生生物の救護が、獣医師、関係団体等の協力を得て円滑かつ適切に実施されるよう措置すると記述されている。

油流出事故が発生した場合、回収、清掃作業といった防除作業に加え、被害を受けた海鳥等の野生生物に対する救護も必要な活動といえる。

以下に、野鳥等の油汚染救護マニュアル（財団法人日本鳥類保護連盟発行）に記載されている野生生物の保護に関する要点を記述する。

- 野生生物の救護に関しては、行政、民間非営利団体、ボランティアなどが適切に役割分担を行いながら進めていく必要がある。
- 行政機関は、ボランティアも含めて救護活動が円滑に行われるよう全体を統括する役目を担う。
- 油流出事故によって汚染された野鳥等の野生生物を発見した際には、それぞれの都道府県の野生生物保護（鳥獣保護）担当部署に連絡を行い、指示を受ける。
- 野生生物に関する専門的なアドバイスを求めるべきである。

日本環境災害情報センター（JEDIC）

野生動物救護獣医師協会

東京都立川市富士見町 1-23-16 TEL 042-529-1279 FAX 042-526-2556

URL; <http://homepage2.nifty.com/jedic/>



油に汚染された野鳥の洗浄  
野生動物救護獣医師協会 HP より

## 1 油流出事故における野生生物救護に関わる組織の役割分担

油流出事故が発生した際には、野生生物に関しては、少なくとも被害を受けた野生生物の救護、被害規模の把握に関する調査といった2つの活動を実施する必要がある。

この活動は、事故時には被害が一時に広範囲で生ずるおそれがあることから、行政、民間非営利団体、ボランティアなどが適切に役割分担を行いながら進めていく必要がある。

油流出事故における行政、民間非営利団体、ボランティアの各組織の役割分担について以下に示す。

### (1) 行政の役割

油流出事故が発生した際の野生生物の救護、被害規模の把握調査に関し、行政は専門的組織の能力や私的ボランティアの労働力などを円滑に役立て、その全体を統括する役割を担う。

特に事故時に現場で中心となるボランティアに対しては、役割分担を決定し、ボランティアの健康面での安全を考慮し、責任限界を明確にしておかなければならない。

具体的な役割としては、次のとおりである。

- イ 事故発生時の連絡網の確立
- ロ 野生生物被害対策に利用可能な施設等の整備と収納能力の把握
- ハ 資機材の準備と手配
- ニ ボランティア受け入れ態勢の整備
- ホ 情報の記録と発信
- ヘ 事態の收拾
- ト 活動費用の船主賠償保険及び国際油濁補償基金への請求
- チ 報告書の作成

### (2) 民間非営利団体（NPO）の役割

民間非営利団体の存在基盤は、科学的知識に裏付けられた専門性と世代や地域・国益にとらわれない行動様式にある。その特性から、地域や国を越えたネットワークを通じた専門的知識、情報を提供することができる。

具体的な役割としては、次のとおりである。

- イ 油汚染被害発生時の初期システム立ち上げに関するアドバイス
- ロ 救護施設におけるボランティアのマネージメント
- ハ 流出海域の野生生物生息情報の提供
- ニ 野生生物の繁殖地や希少な生態系の保全に関する専門的情報の提供
- ホ 野生生物の死体の病理解剖や生物試料から得られた原因油分析など

の専門的分析

- へ 生態系被害評価 (NRDA : Natural Resources Damage Assessment) の調査方法に関するアドバイス
- ト NRDA のために集められた調査結果の分析に関するアドバイス
- チ 野生生物救護や生態系保全活動の費用補償請求に関するアドバイス
- リ 地域における油汚染への対応計画策定に関するアドバイス
- ヌ 技術的な講習会やボランティア養成講座などへの講師の派遣

### (3) ボランティアの役割

ボランティアとして油汚染野生生物の救護や被害調査に参加するのは、個人の自発的意思で、その人の時間と労働を無償で提供する人々である。鳥類の保護団体や自然保護団体の会員、動物愛護団体の会員、動物園や水族館の職員、生物系の学会の会員、地域の奉仕団体の会員、学生、主婦などその参加の動機や背景は様々となっている。

実際の活動は数ヶ月に及ぶことがあるため、ボランティアで参加する人々は自ずと時間的制約があり、全体の作業の一部を交代で担うこととなる。地方公共団体職員と NPO スタッフによって調整されたスケジュールに従って、無理のない作業を選択するとともに、自己の健康管理・ケガや施設内外での事故発生防止を最優先し、自発的に作業に参加することが求められる。ボランティアとして参加した時点から、自己のバックグラウンドより、救護活動全体の目的や役割分担が優先される。

具体的な役割としては、次のとおりである。

- イ 海岸線の調査
- ロ 被害生物や資機材の搬送
- ハ 汚染生物の洗浄
- ニ 保護・収容中の個体の給餌
- ホ 保護・収容中の個体の観察
- へ リハビリテーションに必要な材料などの工作
- ト 収容施設の清掃
- チ 回復訓練用資機材の洗浄
- リ 記録の整理
- ヌ 救護活動参加者の食事の世話

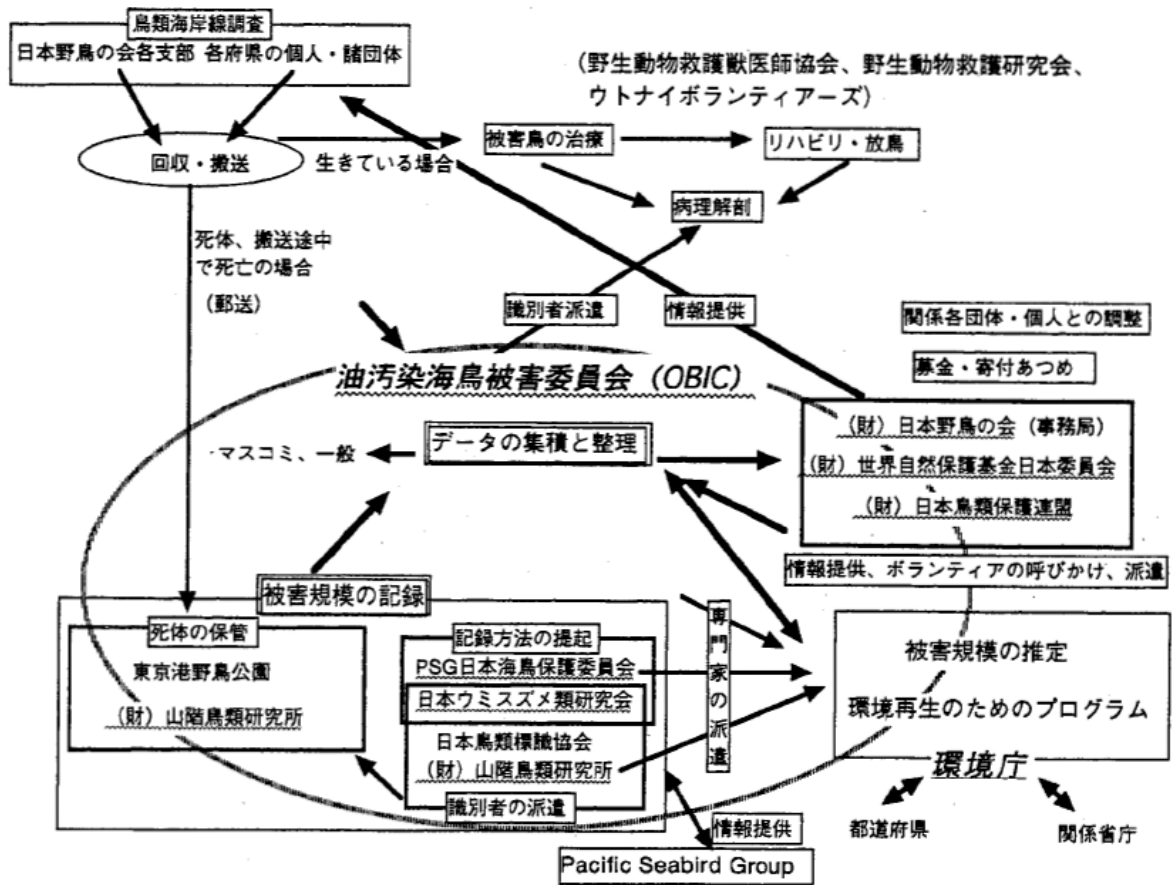
油流出事故によって汚染された野鳥等の野生生物を発見した際には、それぞれの都道府県の野生生物保護（鳥獣保護）担当部署に連絡を行い、指示を受ける。

汚染された野鳥等が文化財保護法上の特別天然記念物及び天然記念物に指定されている場合や、種の保存法上の国内希少種に指定されている場合、国や地方自治体毎のレッドデータブックに記載されている場合には、特に注意が必要であるため、専門家にアドバイスを求めた方がよい。

専門家のアドバイスを求める場合の連絡先を、以下に示す。

日本環境災害情報センター (JEDIC)  
野生動物救護獣医師協会  
東京都立川市富士見町 1-23-16  
TEL 042-529-1279      FAX 042-526-2556  
URL; <http://homepage2.nifty.com/jedic/>

2 ナホトカ号事故の際に NPO によって組織された油汚染海鳥被害委員会 (OBIC: Oiled Bird Information Committee) の参加団体と役割を次図に示す。



「野鳥等の油汚染救護マニュアル」より

油汚染海鳥被害委員会 (OBIC) の参加団体と役割

参考文献

「野鳥等の油汚染救護マニュアル」  
環境庁自然保護局野生生物課鳥獣保護業務室編  
財団法人 日本鳥類保護連盟発行

「重油汚染」海洋工学研究所出版部編

サハリン島北東部沖での石油開発が進み1999年（平成11年）7月には、原油の生産が開始され、同年9月には原油が初出荷されている。

こうした中、寒冷海域での流出油防除技術として「現場焼却」が注目されることとなった。過去、海上災害防止センターが行ったムース化油の焼却実験の概要及びIn Situ Burning of Oil Spills in Ice and Snow(Ian Buist, SL Ross Environmental Research)を掲載する。

- 現場焼却技術は、1970年代から80年代に研究された技術である。
- 原油タンカーの事故で火災が発生したことはあるが、人為的に流出油を焼却したのはごくまれである（IMOによれば過去3回人為的に現場焼却が行われたことが報告されている）。
- 現場焼却は、機械的回収と比較して回収の手間・貯蔵・輸送・処分が軽減されるという利点はあるものの、発生する煤煙・残渣物の問題がある。
- 現場焼却は北極海などの遠隔地、とりわけ氷海域での有効な防除手法と考えられている。北極海などでは、回収資機材及び回収物の輸送が困難であること、また遠隔地で煤煙の問題が比較的少ないことによる。
- 1969年11月16日、フィンランド湾でタンカー「ラファエル」が座礁し、約200トンの原油が氷海に流出し、85%が焼却された。しかし、約80kmの島の海岸線が汚染され、海岸清掃作業は春の間中続けられたことが報告されている。



1969年原油タンカー「ラファエル」の原油の焼却（フィンランド）

## 1. 海上災害防止センターが行ったムース化油の焼却処理技術の調査研究

現場焼却技術において最も問題となるのが、油の中に含まれる水の量であり、ムース化油の中に水分が **25%以上**含まれると点火しにくくなる。

このため海上災害防止センターでは、平成 6 年度から 8 年度において、日本財団の助成事業として「ムース化油の焼却処理の実用化に関する調査研究」を実施した。その結果、エマルジョンブレイカー（乳化破壊剤）と溶剤を組み合わせた処理薬剤をムース化油に散布することにより、油水分離を行ない、粘度を低下させることができることを確認した。また点火は、原油を油ゲル化剤で固化したものをを使用することにより、可能であることも示された。

処理薬剤の組み合わせは以下の通りであり、原油に対しては **EB-G**（原油用乳化破壊剤）、重油に対しては **EB-H**（重油用乳化破壊剤）を溶剤と **1 : 5** の混合比で混ぜる。

エマルジョンブレイカー	EB-G（原油用）
エマルジョンブレイカー	EB-H（重油用）
溶 剤	SOL-B
混合比	EB : SOL = 1 : 5



平成6年度から8年度に実施した小・中規模実験結果を下表に示す。

ムース化油種 (蒸発率-含水率)	薬剤名	焼却面積 (m <sup>2</sup> ) (初期油層厚 (mm))	燃焼状況	残渣 油層厚 (mm)	静置 時間 (分)	年度
マーバン (24-60)	EB-C SOL-SM S-A LG-B	1 (20)	気泡の発生は少ないが、残渣にタール分が少し残る	LG-Bの 効果に より固 化	—	6
	EB-C SOL-SM S-B LG-B	1 (20)	気泡の発生が少なく、残渣にタール分もほとんど残らない	—	—	
マーバン (32-60)	EB-C SOL-SM LG-B S-B	12.25 (35)	延燃焼時間 15分30秒	1.7	—	
C重油1号 (0-40)	EB-F SOL-SM LG-B S-B	1 (30)	油層面が微粒子化しており、燃焼しなかった	30	15	7
クウェート (22-60)	EG-B SOL-B	1 (30)	気泡の発生により燃焼が度々中断した	4.1	10	
	EB-G SOL-B S-B	1 (30)	消泡剤の効果により、気泡が小さく早く消えるため燃焼継続時間が長い	3.4	10	
C重油1号 (0-60)	EB-H SOL-B	1 (30)	気泡の発生により度々燃焼の中断があったが、クウェート原油の燃焼より火炎が明るく、勢いがある	2.7	15	
	EB-H SOL-B	1 (30)	煙の発生状況はFEを添加しないものに比べ、1/5程度の量である	2.9	15	
	EB-H SOL-B FE	1 (30)		2.6	15	
C重油 (0-60)	EB-H SOL-B	薬剤散布区画 1/2 1 (30)	燃焼初期においては薬剤の燃焼により火炎は一時的に油面全面に拡大し、その後薬剤散布面まで縮小した	—	15	8
		薬剤散布区画 1/4 1 (30)	火炎は一時的に油面の1/3程度まで拡大したが、すぐに薬剤散布面まで縮小した	—	15	
A重油 (0-60)	EB-H SOL-B	0.0154 (30)	水の沸騰を交え激しく燃焼した	2.6	10	
A重油 (0-60)	—	0.0154 (30)	薬剤を点火している場合に比べ着火に若干時間を要したが、上記と同じような燃焼状態であった	2.6	10	



3.5m 角仮設水槽での焼却試験（中規模試験）

— 公開試験時の模様（平成6年11月17日） —

## ***In Situ* Burning of Oil Spills in Ice and Snow**

### 氷海域における現場焼却

Ian Buist

SL Ross Environmental Research

200-717 Belfast Rd.

Ottawa, ON

Canada K1G0Z4

(613) 232-1564 Phone

(613) 232-6660 Fax

[www.slross.com](http://www.slross.com)

[Ian@slross.com](mailto:Ian@slross.com)

### 要約

現場焼却は、氷で覆われた海域での流出油除去の数少ない実用的なオプションの1つである。多くの場合、現場焼却、それは監視とモニタリングとを一緒に行うものであるが、唯一の対応可能な方法かもしれない。どんな環境においても全ての対応方法と同様に、特定の流出油を焼却することが適当かどうかは、特定の氷環境の中で流出油がどのように振る舞うかに依る。氷海での現場焼却に関しては多くの知識の蓄積がある。それは1970年代のボーフォート海における原油の掘削を支援するための実験室試験、タンク及びフィールド研究から始まっている。このペーパーは、次のトピックを要約するもので、主題の入門としての役割を果たすものである。

- ・ 現場焼却における基本的な必要条件とプロセス
- ・ 氷中における焼却に関連するトレードオフ（交換）
- ・ 種々の氷状態での流出油の態様がどのように現場焼却に影響するか
- ・ 様々な氷の状態での焼却の適用性
- ・ 雪の中での流出油の現場焼却
- ・ 一般的ロジスティクスと資機材の必要条件と制約

## イントロダクション

流出油対応テクニックとしての現場焼却は、新しいものではなく、1960年代後期から様々な油流出のために研究され、使われてきた。一般に、この現場焼却の技術は、氷状態での流出油に対して非常に効果的であることが証明されており、アラスカ、カナダ、スカンジナビアでは、油貯蔵タンクや船舶事故により生じる氷で覆われた海域での流出油の除去に成功裡に使用されてきた。

現場焼却は、氷状態での使用に特に適しており、しばしば氷が存在する状態において表面の油の除去のための唯一の選択肢を提供している。現場焼却に関する初期の研究開発の多くは、氷状態での油流出への適用に焦点を合わせたものであった。偶然に火災が発生した船舶からの油流出事故が多数あったけれども、開水域でのオイルスリック（油膜）への人為的な点火は、1980年代初期に耐火ブームが開発されてから考慮されたのであった。これらの耐火ブームの開発は、開水域での制御された油の焼却を実施できる可能性を提供した。これらの耐火ブームを使うことによる現場焼却という対応方法は、過去10年間に3つの流出事故において実施された：大規模な沖合のタンカー流出、海岸線近くの環境での油田の暴噴とパイプラインからの川への流出。現場焼却を行うために油を囲い込む耐火ブームの使用は、技術開発の早い段階からブロークンアイス状態での使用に対して考えられていた。

フレッシュで厚い油層の現場焼却は、油吸着材と同じぐらい単純な装置で油に火をつけることによって、非常に素速く開始することができる。現場焼却では、非常に効率的に、海面上から油を除去することができる。厚い油層に対する除去率は容易に90%を超える。1時間当たり2,000 m<sup>3</sup>/hの除去率は、直径100mの円内あるいはおよそ10,000 m<sup>2</sup>のエリアで達成できる。油に点火した後、流出油を取り囲み、油層を厚くし、そして流出油の一部を引き離すために耐火ブーム

を曳航して使用することは、機械的回収、輸送、貯蔵、処理、廃棄に関連する作業よりずっと複雑なものではない。もし効率的な焼却の結果生ずる少量の残さを回収するとすれば、粘着性の、あめのようなものが回収され、さらなる処理と処分のために貯蔵することができる。現在利用可能な技術で現場焼却を行うには、“ウインドウズ オブ オポチュニティ”（実施の機会）は限定される。この窓は、油が乳化するのに要する時間によって規定される；安定したエマルジョンの水含有率がおよそ25%を越えると、たいていの油層は点火不可能となる。研究はこの限界を克服するために現在も行われている。

現場焼却が主要な対応方法であると考えられる強いインセンティブがあるにもかかわらず、実施することには若干の抵抗が残っている。そこには2つの主要な関心事がある：第一は、人間の生命、財産、天然資源を危険にさらす二次火災を引き起こすことについての恐れ、そして第二は、燃焼による副産物、主に煙の環境及び人間の健康への影響である。

このペーパーの目的は、氷が存在する状態での流出油対応策としての現場焼却の科学、技術、実際の能力及び現場焼却の限界、環境的影響を再検討することである。この章で主に焦点を当てるのは海洋での油流出である。この章の多くは、1994年に「海洋流出対応会社（MSRC）」のために行われた現場焼却に関するレビューに基づいて更新されている（Buist et al. 1994.）興味を持つ読者には、ここで提出された要約を完全に紹介しているオリジナルの報告書を参照することをお勧めする。MSRCの報告書は、The American Petroleum Institute in Washington, DCから入手可能である。

## 現場焼却の基本的事項

### 点火のための必要条件

海上に流出した油を燃やすためには、3つの要素が存在している：燃料、酸素と点火源。油は、油層の上の大気中に燃焼を継続するために十分な炭化水素が蒸発させられる温度に加熱されなくてはならない。実際に燃焼するのは、油層の上の炭化水素蒸気であって、液体それ自身ではない。油層が火がつくために十分な率で炭化水素蒸気を作り出す温度は引火点と呼ばれる。燃焼点とは引火点の数度上であり、継続的な燃焼を行うのに十分な率で油が炭化水素蒸気を供給するのに十分な温度である。

### 油層への熱の伝達

図1（図1は本論文に添付なし）は、水面上での現場焼却時に起こる熱の伝達プロセスを示している。燃焼からのほとんどの熱は、燃焼ガスの上昇によって運ばれる。しかし少しのパーセンテージ（およそ3%）は、炎から油層の表面に放出される。この熱は、部分的に液体の炭化水素を蒸発させ、炭化水素が油層と燃焼の上に向かって空気と混合することに使われる。少量の熱は、油層の中あるいは下層の水の中に伝わる。ひとたび火が着くと、燃えている油膜厚は安定し、蒸発率は燃焼反応を維持する状態になり、そして気化を続けるために必要な熱を油層表面に放射する。

## 炎の温度と熱の流れ

水面上での原油の燃焼温度はおよそ900℃から1200℃である (Fingas et al. 1995)。しかし油膜/水の境界面における温度は、決して水の沸点より高いことはなく、通常温度の周辺にある。油層の厚さの中を横断してきつい温度勾配がある。油層表面の温度は非常に熱い(350℃から500℃)けれども、そのすぐ下の油は周囲の温度に近い。油のプール火災によって生成されるトータルの熱の流れは、100から250 kw/m<sup>2</sup> のオーダーで炎の内部及びその周囲においても測定される (SL Ross 1997, Walton et al. 1997)。より大きい熱の放出値は、燃焼をさらに促進する風の状態と関連する。

## 油層厚の重要性

油が燃えるかどうかを決定する油膜の鍵となる要素は、油層厚である。もし油層厚が十分厚いなら、それは断熱材の役割を務めて、下層の水への熱損失を減らし、油層の表面の温度を高温に保持する。この熱い温度の油層は「ホットゾーン」と呼ばれる。油層が薄くなると、多くの熱が油層を通して逃げてしまう。結局は、十分な熱が油層を通して逃げてしまい、油の温度はその引火点以下に下がり、燃焼はストップする。

## 激しい燃焼段階

燃焼の最終段階において“ホットゾーン”は水表面に近づく。油層の直下の水の層の温度は、厚い油層によって絶縁されないため増加する。流れがない静な海面上の油層に対しては、それはブローケンアイスが漂流している場合かあるいは融解したプールかもしれないが、直下の水の層の温度は沸点にまで上がる。水が沸騰し始

めるとき、蒸気は残っている油層を混ぜ、炎の中に油の小滴を排出する。この結果、燃焼率、炎の高さ、放出熱量、泡が増加する。これは「激しい燃焼段階」と呼ばれる。この現象は、耐火ブームを曳航しての焼却では観察されない。それはたぶん油層直下の水が、沸騰するのに必要な十分長い時間そこにとどまらないからである。

### 油層への点火の条件

様々な点火装置を使用した広範囲の環境条件において、原油と燃料油に対する大規模な実験が行われ、比較的静な、静止した条件における次の“「経験則」”が確認された。

- ・ フレッシュな、揮発しやすい原油の水面上での点火に必要な最小油層厚さはおよそ1ミリである。
- ・ 時間が経過した、しかしエマルジョン化していない原油とディーゼル油の最小点火可能油層厚さはおよそ3ミリから5ミリである。
- ・ 船用燃料の“バンカーC”あるいは“№.6燃料油”のような残さ燃料油の最小点火可能油層厚さはおよそ10ミリメートルである。
- ・  $1\text{ m}^2$ の範囲の燃焼油層があれば、点火可能と考えられる。

### 点火に影響を与える他の要因

油の種類は別として、水面上の油膜に点火することに影響を与える他の要因としては、風速、油の乳化度と点火装置の強さである。第二の要因は、周囲の温度と波浪である。



- ・ 大きい燃焼を成功させる点火のための最大風速は、10から12 m/s であると決定された。
- ・ 「ウォーターインオイル型」の安定した乳化物を形成している風化した原油にあつては、点火が成功するための含水率の上限はおよそ25%である。パラフィン成分の多い原油はこのカテゴリーに分類される (Fingas et al. 1997)。
- ・ もし周囲の温度が油の燃焼点より上であれば、油層は急速に、そして容易に火がつき、そして炎は油層表面に速く広がるであろう。周囲の温度が引火点であれば、炎は油膜の上をゆっくり広がる。

### 油の燃焼率

現場焼却により油が消費される率は、一般に「時間当たりの厚さ」という単位によって報告される (mm/min が最も一般的に使われる単位である)。現場焼却における油の燃焼による油の除去率は、燃焼の大きさ (あるいは直径)、油層の厚さ、油種と周囲の環境条件である。エマルジョン化していない原油の水上での大きな燃焼 (>直径3 m) の燃焼率は、「経験則」では3.5 mm/min である。水上での自動車用ディーゼル油とジェット燃料油は、およそ4 mm/min より少し高い率で燃焼する。

### **残さの量及び焼却効率に影響を与える要因**

油の除去効率は、主に3つの要因の結果である。：油層の最初の厚さ；消火後に残る残さの厚さ；炎がカバーする範囲。成功した焼却の後に残る残さに関する一般的な「経験則」は以下に記述される。他の、第二の要因は、油を囲い込みブームに向かって集めることとなる風や流れ及び油の風化というような環境の影響である。

次の「経験則」は燃焼後の残さの厚さについて適用できる。

- ・ エマルジョン化していない10ミリから20ミリの厚さの原油プールでは、残さの厚さは1ミリである。
- ・ より厚い原油の油層では残さも厚くなる。例えば、50ミリの油層厚では、残さは3ミリから5ミリである。
- ・ エマルジョン化した油層では、残さの厚さはもっと厚くなる。
- ・ 軽質及び中質の燃料油では、油層厚にかかわらず、残さの厚さは1ミリである。

風と流れは、油を曳航されたブームのようなバリアーに向かって集め、継続的な焼却のために油層を厚くする。2 m/sほどの風では、燃焼を維持するための厚さに油を集めることはできない。実際は、ブローケンアイス状態での囲い込まれていない現場焼却の現象は、自身によって引き起こされた風（燃焼プロセスによって引き入れられた熱いガスの上昇流）によって、油を燃焼可能な厚さに集め、保持するはずである。流れもまた燃えている油をバリアーの方に集めることによって、燃焼効率を劇的に増大させることができる（すなわち、焼却残さの量を減らす）。流の不利な効果は、燃焼過程で燃焼残さの密度と粘度が増加し浮いているバリアーの下で残さが流れること、燃えているオイルスリックを洗い流してしまうこと、消炎させてしまうことである。極端な大きな波が同じく燃焼プロセスに否定的な効果を与えることもある。

典型的な効率 (> 85%以上) の10から20ミリの油層厚の原油の現場焼却での残さは、半固体の、タールのような層であり、ゲル化した古い、不完全に封印されたペイント缶の上層の皮膚に類似している外観である。曳航された耐火ブームに期待される典型的なより厚い油層（およそ150から300ミリ）では、残さは個

体である。厚い油層 (> 100 ミリ) からできた残さの冷却したものは、重質の原油の効率的な焼却によるものであるが、真水及び海水に沈む (SL Ross 1996)。

## 炎の拡散

炎の拡散は、効率的な現場焼却が持つ極めて重要な面である。もし炎が油層の表面を広くカバーするように広がらないなら、全体的な除去能力は低いであろう。液体燃料のプールを横断して炎が広がるには2つの方法がある：隣接した液体油の熱が燃料を燃焼点にまで加熱する；また、炎の下の熱い液体が周囲の冷たい燃料の上に広がること。

油の蒸発（あるいは風化）が増加するにつれて、炎の拡散速度は減少する。これは周囲の温度と油の燃焼温度との差が増加し、油層の表面温度を上げるために油層を加熱する追加の熱が必要になるためである。炎の拡散速度は、油層が厚ければ油層の断熱効果により増大する。コンスタントな油層厚と燃焼温度があれば、粘度が増加し炎の拡散速度は減少する。風下への炎の拡散は、風速が増せば増加する。これは油層の加熱を促進している風によって炎が曲げられるためであろう。炎は横風によって大きく広がらなければ、点火ポイントから風下にまっすぐに広がる傾向がある。風を防ぐバリアーの存在が風上あるいは横への拡散を可能にするけれども、炎の風上への拡散は遅い。流れと波（あるいはうねり）の存在は、エマルジョン化していない油にあっては、炎の拡散には影響を与えるように思われない。しかし波立った陰しい波は、炎の拡散を削減するということが分かっている。

## 炎の高さ

大きな油の燃焼による炎は、燃焼によって作られる黒い煙によって不明瞭になり、炎の高さを見積もることは難しい。しかしながら、入手可能な最も良いデータは次の「経験則」を示唆する。

- ・ 燃焼範囲が 10m 以下の直径の小サイズ及び中サイズ燃焼では、火の高さは燃焼直径の 2 倍である。
- ・ より大きい燃焼では、そのレシオは下がる。非常に大きい燃焼での数値は 1 に近づく。

## エマルジョン化（乳化）の効果

「ウォーターインオイル」型のエマルジョンの形成は、氷海域での油流出における風化プロセスでは開水域での油流出ほど卓越するものではないが、エマルジョンはいくつかの状態では形成されることはある（例えば、ブローケンアイス中の水中での暴噴）。「ウォーターインオイル」型のエマルジョンの現場焼却に関係すると思われるプロセスは、図 2 で示される。流出油のエマルジョン化は、現場焼却の点火と燃焼に否定的に影響する。これはエマルジョン中の水のためである。エマルジョン中の水分は、一般的に 60% から 80% の範囲であるが、時には 90% になることもある。エマルジョン中の油は、水が分離されるか沸騰されて取り除かれるまで 100℃ 以上の高い温度に達することができない。点火装置あるいは隣接した燃えている油からの熱は、最初はその燃焼点に油を加熱するよりむしろ水を沸騰するために使われる。

エマルジョンの焼却では、2つのステップが関与する。エマルジョンを「壊す」か、あるいはこの「水を沸騰」させてエマルジョンの上にエマルジョン化していな

い油層を作り、この油層を燃焼することである。高い温度がエマルジョンを壊すことが知られている。石油業界で通常「エマルジョンブレイカー」と呼ばれる化学薬品が同じく使われるかもしれない。

安定したエマルジョンでは、水分が増えているため、燃焼効率は際立って下落する。多量の水分による燃焼効率の低下は、油の蒸発によってさらに減少する。風化した原油のエマルジョンの除去効率に与える水分の影響は、次の「経験則」に要約される。

- ・ 容積率でおよそ12.5%までの低い水分率では、油除去効果に対する水分の影響は少ない。
- ・ 12.5%以上の水分率では、焼却効果は目立って低下する。風化した油ではさらに効率が低下するということが断言できる。
- ・ 25%あるいはそれ以上の含水率のエマルジョンでは、焼却能力はゼロである。いつかの原油は、より高い含水率でも効率的に焼却できるある程度安定性があるエマルジョンを形成する。パラフィンの多い原油がこのカテゴリーに分類されるように思われる (Fingas et al. 1997)。

燃えているエマルジョンの消化は、燃えている油層が泡を出すことによって始まる。泡を出すということは、水を沸かすことと関連している。燃えているエマルジョンの油層が泡を出して、そしてそれらの表面の1つのエリアを消す。しかし隣接した炎によって後に再び点火されるかもしれない。これはエマルジョンの燃焼の終わり近くで、突然の、速い炎の上昇をたらず。エマルジョン化していない油層と比較して、エマルジョンは点火することがずっと難しく、そして、いったん火をつけられても、炎の拡散が遅く、風と波の動きに鋭敏である。

## 環境及び人間の健康への危険性

このセクションは、流出油の現場焼却に関連する主な危険性とこれらの危険性を克服するための安全手段を記述するものである。人と環境は危険にさらされるかもしれないのである。

- ・ 燃焼から生ずる炎と熱
- ・ 火によって生成される放出物
- ・ 消火後に表面に残された残さ分

### 火と熱

現場焼却から生じる炎は、焼却実施者と野生生物の双方にひどい傷害あるいは死の危険性を課すものである。脅威は明白で、手の込んだものではない。このセクションは、焼却によって放射される熱の問題に焦点をあてる。危険性は、通常のオペレーション及び船艇の故障やブームの損傷のような異常な状態の双方に存在する。流出現場での流出油対応者に対する危険性が主な関心事である。なぜなら一般大衆に対する危険性は、流出サイトを取り巻く立ち入り禁止区域の設定により削除されるからである。

### 流出油対応者に対する熱の影響

油の現場焼却は、大量の熱量をつくりだし、輻射と対流によって環境の中に運ばれる。現場焼却の燃焼によって作られる熱のおよそ90%が大気の中に伝達される。残りは四方八方に火から放射される。しかし、対応者に向かって放出される熱が最

も重要な関心事である。それは無防備な皮膚に熱排出と火傷を起こす。下方へ移動した熱が水資源に影響を与えるかもしれないということは小さな関心事である。

戸外にいる労働者が傷害を受ける可能性は、熱放射レベルと曝露時間双方の作用である。もし焼却現場の縁から火の直径の半分距離に位置していたなら、木は木炭になる。現場焼却の安全な接近距離は、表 1 に示されるように、曝露の時間によるが火の直径の 2 倍から 4 倍である。

控えめに見て、現場焼却の油の火の縁までの安全接近距離は、およそ火の直径の 4 倍であると推定される。

曳航されているブーム内に囲い込まれている油は、焼却の初期の段階においては相対的に厚く、この厚さは曳航されることにより維持されるということを知っておくことは重要である。もし曳航を止めるかあるいはスピードダウンされたなら、この油層は、ブーム内の油の何倍もの広さにすぐに広がる。これは火の直径、火からの熱の流出を増大させ、作業員が不快を避けるために火から遠くに移動する必要性を増大させる。

TABLE 1. Safe Approach Distances for *In Situ* Oil Fires

表1 現場焼却の油の火からの安全な距離

Exposure Time 曝露時間	Safe Approach Distance for Personnel 人員の安全な距離 (fire diameters) 火の直径の倍数
infinite 無限	4 4倍
30 minutes 30分	3 3倍
5 minutes 5分	2 2倍

### 熱の環境への影響

炎からの熱が、外へと同様に下方へ放射される。そして下方へ放射される熱の多くが油膜に吸収される。このエネルギーの大部分が更なる燃焼のために炭化水素を蒸発させるために使われる。しかし熱の一部は下層の水に伝わる。曳航されたブーム内あるいは流れの中で静止しているブーム内の燃焼では、油層の下の水は相当程度に熱せられるほど長く油層に接触し続けない。

しかしながら、静的な状態（油層が下層の水に対して動かない状態—例えばメルトプール）では、下層の水の上部数インチは、焼却の最後の段階で加熱されるかもしれない。長時間の静的な焼却では、水層の上部数ミリが沸騰温度近くまで加熱されないかもしれない。しかし、オイルスリックの下数インチの水は火に影響されな



いことが証明された。アラスカ地域対応チームは、現場焼却の彼らの影響評価において、この加熱が水の表面層に存在する小さな生命体を排除するかもしれないことを認めているが、しかし、それに巻き込まれるエリアは小さく、失われる生物相はすぐに元に戻り、全体的な影響は無視できると結論した。結論は、現場焼却からの熱の環境への影響は無視できるということである。

## 燃焼排気

表 2 は、現場焼却からの出る煙の成分と比率を示す（しかしながら、焼却排気の成分は、焼却のサイズと油の種類によって変化することを認識する必要がある）。煙の粒子は、主要な関心事であり、詳細の記述において最初に扱われる。

## 煙

主な関心事。炭素の煙の粒子は、現場焼却から上がる煙の特有の黒い色の元である。煙は目障りなものであるが、さらに重要である。もし高い濃度で吸い込まれると、煙の粒子は重大な健康上の問題を起こすことになる。特別な感受性を持っている非常に若い人、非常に年をとった人、妊娠している女性、ぜんそくを持っている人々、肺や気管の病気を持った人々にとっては特別の関心事である。加えて、煙は呼吸器管の中深く他の吸着された有毒な物質（例えば、PAHs）を運ぶことになる。煙の粒子は、視界を遮り、火のすぐ近くの船、航空機、自動車の運行に対して安全上の危険を課すかもしれないので同じく重要な関心事である。

粒子の大きさ、PM-10。煙の粒子は、完全に燃焼していない炭素のごく小さい粒の固まりとして形成される。粒子の大きさは、非常に異なる。健康上の見地からの関心事は、肺の中に吸い込まれるのに十分小さい粒子にある。すなわち直径 10

$\mu\text{m}$ より小さいものである。健康に関わる科学者は、これらを PM-10s (PM は“微粒子” “*particulate matter*”を表す) と呼ぶ。PM-10s は、現場焼却から放出される粒子の量のおよそ 90 パーセントを占める。すすの粒子の平均的大きさはおよそ  $1\ \mu\text{m}$  である。

健康標準。PM-10s のために存在する 1 つの曝露基準は、空気清浄度基準 “the U.S. National Ambient Air Quality Standard (NAAQS)” であるが、24 時間の平均で  $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の PM-10 の曝露は、呼吸器及び心臓の持病の状態の人になぜか悪化の兆候を引き起こし、健康な人々にいらだちの兆候を引き起こすとしている。しかしながら、現場焼却のエキスパート、健康のエキスパート、当局は、なんらのデータもないままに、現場焼却での濃度は 1 時間の平均値で  $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えるべきではないとするより保守的な基準を採用することに同意してしまった。

**TABLE 2. Airborne Emissions from an *In Situ* Petroleum Fire<sup>a</sup>**

表2 現場焼却の油の火から大気中に出る排気

Constituent 構成要素	Quantity Emitted <sup>b</sup> , 排出量 <sup>b</sup> kg emission/kg oil burned kg 放射/kg 燃烧油
carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) 二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	3 3
Particulate matter 微粒子	0.05 - 0.20 <sup>c, d</sup> 0.05 - 0.20 <sup>c, d</sup>
carbon monoxide (CO) 一酸化炭素 (CO)	0.02 - 0.05 0.02 - 0.05
nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) 窒素酸化物 (NO <sub>x</sub> )	0.001 0.001
volatile organic compounds (VOC) 蒸発有機化合物 (VOC)	0.005 0.005
polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) polynuclear 芳香族炭化水素 (PAH)	0.000004 0.000004
<p><sup>a</sup> updated from ref. 1 based on Kuwait pool fire (Allen and Ferek 1993) and NOBE data (Ross et al. 1996)</p> <p><sup>b</sup> Quantities will vary with burn efficiency and composition of parent oil</p> <p><sup>c</sup> for crude oils <math>soot\ yield = 4 + 3\ lg(\text{fire diameter})</math>; yield in mass %, <i>fire diameter</i> in cm (Fraser et al. 1997)</p> <p><sup>d</sup> Estimates published by Environment Canada are considerably lower, ca. 0.2 to 3% for crude oil (Fingas 1998)</p>	

PM-10の大きさとモデル。煙における粒子の濃度は、焼却現場が最も大きく、焼却現場からの距離が増加すると、希薄、分散、降下するとともに、雨と雪によって洗い流され減少する。

1993の夏に実施した大規模な現場焼却実験において、微粒子の濃度が煙の中及びその他で測定された。ニューファンドランド沖合の焼却実験（NOBE: Newfoundland Offshore Burn Experiment）において、平均焼却率140バレル/時間で、火の近くの煙の粒子の濃度は一般に800から1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあったが、風下側1.5時間以内のところではおよそ150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に低下した。とりわけ重要な事実は、煙の下のPM-10の濃度が、海面上150から200フィートでさえ、決してバックグラウンドのレベル（30から40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超えなかったということである。1時間当たり115バレル/hの焼却率であったアラスカでの原油の焼却実験における煙の下の地上の粒子濃度は、風下側1kmで86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が、4km風下で22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に低下した。煙の下の地面に近い場所での煙の濃度の測定が、2つのさらに大きいディーゼル油の焼却（428バレル/時間）がモービル、ALで1994年に行われ、1つのケースで11km風下で25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ がピークで、他のケースでは11km風下で15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

煙の中のPM-10の濃度は、予測することは容易ではない。なぜならそれは、すすの発生、火の大きさ、焼却効率、焼却現場から風下への距離、地形特徴と大気の状態（例えば風速）を含む多くのファクターの機能だからである。防除手法の決定者に役立つために、コンピュータモデルが、高度と火からの距離の機能として現場焼却の煙の微粒子すすの濃度を予測するために開発され続けている。人口が多いエリアに近いとき、現場焼却を開始するべきかどうかを決めるのに、このようなモデルは支援となり得る。

これらのコンピュータモデルが広く使えるようになるまでの暫定的方法として、一般的な例を指針として用いることができる。その技術は、現場焼却の火による煙の下の地上の濃度に対し、所定の濃度以下に下げ、分散させるに足る風下側の複雑な地形を越えた最大距離を大まかに評価するためのものである。そのテーブルは、ALOFT-CT コンピュータモデルの多くのランの結果の分析に基づいて、米国の国立研究所によって、現場焼却の場所からの煙の分散を予測するために開発された。

すすの濃度が所定のレベルの以下に落ちる距離は、風速が次の最も重要なファクターとして、主に地形高さや焼却現場の高度と関連する混合層の厚さに依存する。表3は、風速1 m/s から12 m/s までの種々の地形高さにおける時間当たり10,000 バレル/hの火による地上レベルのPM-10の濃度が $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下に下がる風下側のおよその距離を表している。もし煙が高い地形の上を通過するのであれば、PM-10の濃度が $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下に減少する距離が、同じ気象条件では平坦な地形の上よりずっと大きいことが見られる。

煙の濃度が風下側で $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下に下がる距離は、「高い混合度合で平らな地形の上において1 km」(akin to Stability Class A) から「非常に安定した状態で山の地形において20 km」(akin to Stability Class F) の範囲である。低い混合度合の層の厚い所は、Stability クラスEそしてF条件と関連して、一般に夜にだけ起こる。一般的原則として、風下の水上と平らな地形の上の5 kmの距離が重要な地域として用いられる。

フィンガスとパント（2000）は、現場焼却の風下側の排気濃度について、経験に基づいた統計上の相関性を火の大きさの機能として提示した。データは、2 m/s から 5 m/s の風速において風向きの反転がない状態で集められた。最大限の注意が、データが集められた大きさ外の火の範囲による誤差、“吹き上げのような誤差”を採用しないように払われた。

サンプル採取手法。いくつかの管轄区域で、PM-10 のリアルタイムの環境サンプル採取法が規定された。ヘリコプターによって迅速に配置されることが出来る煙の中で微粒子を測定するための試料採取装置が開発された（Walton et al. 1995）。これらサンプルの中で  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の地上濃度レベルは、控えめな、一般的なガイドラインであると考えられるべきである。もしそれをなんとか大きく超えるなら、焼却の終了が決断されるべきである。しかしながら、もし地上レベルの PM-10 読み値の傾向が限界より低く、限界より高いレベルがただ時折読まれるのであれば、付近の住民がひどく脅かされると信じる理由はない。

**TABLE 3. Estimates for maximum downwind extent of 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  over complex terrain<sup>a</sup>**

表3 複雑な地形における風下側で最大150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  となる範囲の推定

Fire Size 火の 大きさ (bbl/hr)	Terrain Height 地形 高さ (m)	与えられた煙の層の厚さの範囲“mixing layer depths”(m) <sup>b</sup> において PM-10の濃度が地上レベルで 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達する最大距離 (km)				
		0 to 100	100 to 250	250 to 500	500 to 1000	>1000
1000	0 to 25 Flat	5	4	3	2	1
1000	25 to 250	10	8	6	4	3
1000	250 to 500	15	12	10	8	5
1000	> 500	20	17	15	12	10

McGrattan およびその他 1997年

- a 風速 1 m/s から 12 m/s において本表適用可
- b “mixing layer depths”は大まかに大気の安定性に対応し、安定性クラスC：200から300メートル；クラスD：150から200m

作業員に対する脅威とその安全措置。火にごく近接した場所での曝露度合は、煙粒子の中及び地上において公衆衛生基準を越えるであろう。しかし産業的な安全基準に従った受容できるレベル内にある。いずれにしても、安全措置が労働者を保護のために必要とされる。これらは以下を含むべきである：

1. スクリーニングプロセス。大気中の高濃度化した粒子に敏感に反応する「ぜんそく」のような状態について焼却作業における労働者を調査することは重要である。
2. 呼吸器の保護。呼吸器の保護、目の保護と防護服は、焼却オペレーションに従事する全ての人員のために利用可能とすべきである。
3. 視界に対する効果。予防対策は、視界が制限される問題と影響を受けるおそれのある地域をその地域の行政に通知して、連絡を取ることである。ローカル航空管制、船舶交通管制、警察、消防及び運輸当局に通知しなければならない。

### 焼却残渣

このセクションは焼却の後に残る残渣を扱う。この残渣は、焼却の始めの油の量から比べれば非常に少ない。それは化学的素成と物性ともしかすると油の変性（すなわち、残渣は浮くよりむしろ沈むかもしれない）に関して変化したものとなるで



あろう。焼却残渣と関連する環境の危険は、その変性に依存する。浮上する残渣は、野生生物と海岸線に対する脅威であり続けるかもしれない。沈降する残渣は、水底生物相に対する脅威になるかもしれない。双方とも水域の生物に何らかの毒性あるいは汚染の危険性であり続けるかもしれない。

### 化学的組成

原油及び精製油は、広い範囲の炭化水素を含んでいる。原油は、最も軽いアルカンから最も重いアスファルテンまで幅広い範囲の化合物を含んでいる。他方ディーゼル燃料あるいは残渣燃料のような精製された製品は、もっと狭い範囲のコンポーネントを含んでいる。現場焼却の間に、油の軽く、そして重い構成物は燃焼されてしまうが、しかしもっと軽い、より低沸点（LBP）の炭化水素は優先的に取り去られ、そしてより重い、より高沸点（HBP）の構成物は残渣に集中残留している。そのため消火後に残っている残渣は、親油の成分と特性とは異なる。原油の厚い油層（50から150ミリ）の実験室での燃焼テストでは、焼却の自然の消火後の残渣は、低沸点の化合物については完全に除去され、そして主に中間の沸点範囲の炭化水素がほとんど減っていた。そういうわけで、焼却残渣においては、原油に含まれる有毒で、危険なコンポーネント（ベンゼン、naphthalene、benzopyrenes）の多くを含む揮発性の低沸点留分が除去されていることが予想できる。それ故、焼却残渣は、親油より危険性は低く、それほど有毒ではない。

一般的には、残渣の正確な化学的組成は、親油、風化の度合、焼却効率による。いくつかの研究では、比較的薄い油層の焼却からできる残渣のPAHのレベルは親油より、40%程度大きいことを示した。現場焼却では油の量が減少すると考えれば、残渣に残っているPAHsの全体量は、点火の前に油層にあった分である。

## 物性

焼却残渣の物理的性状は、それらの環境での変化と影響及びそれらの回収可能性の両方の見地から重要である。3つの特性が重大である：状態、粘性、密度。

状態。焼却残渣の状態は重要である。それは残渣が機械的手段によって収集及び除去がたやすくできるかどうかを決定するものだからである。液体の残渣は、流出油を回収するために従来から使われている方法によって取り除かれることが可能である。個体あるいは半個体の残渣は、手作業を含む特別に設計された回収方法を必要とするであろう。

粘性。粘性は、環境という見地から重要である。粘性は、海洋野生生物に影響を与える可能性があるからである。液体あるいは粘性のある半個体の残渣は、鳥の羽毛に付着することによって、羽の防水性がなくなり、あるいは化学毒性を通して、身繕いする間に摂取され鳥に影響を与えるという点で、親油と同じくらい環境に危険である。原油から生じる残渣は、どちらかというとな粘性があり、半固体かあるいは粘性がない固体になるかは、焼却の前の油の風化の度合と焼却効率のような要素による。軽質及び中質の燃料油からの残渣は、親油に類似している。

密度。焼却残渣の密度は重要である。残渣が浮くかあるいは沈むかを決定するからである。今日までの経験では、たいていの残渣は、火が消えたとき水より密度は低く、水面上でしばらく浮く、しかし、それらが冷えると多くの油の残渣は沈むかもしれない。沈降の可能性は、環境及び清掃の見地から重要である。環境の見地から、沈降の可能性は不利とみなされる。それは海底の生物相に対する沈降した残渣の潜在的関連影響による。焼却がいくつかの区域でサンゴ礁の近くで禁止されたのもこの理由のためである。もし残渣を集めなければならないなら、残渣の沈降の可能性

は、対応者にとって重大な問題である。火が消えた後すぐに、全ての残渣がまだ暖かく、浮揚性がある間に回収しなくてはならないことを意味するから。

現場の残渣が沈むという可能性は、ただ不完全に理解されるだけである。初期の比較的薄い油層（すなわち、10から20ミリ）による現場焼却の研究は、残渣は親油より密度が大きくなるが、しかし、清水においてでさえ、おそらく浮くことを示唆した。しかしながら、最近の実際の重質油の流出による経験では、これらの原油の焼却残渣は、海水でさえ、沈むことを示唆している。実験室の予備テストは、多くの重質原油の厚い油層での効率のよい焼却の残渣は、海水及び清水の両方で沈むかもしれないことを示唆している。

#### 焼却残渣からの環境の危険

焼却残渣の化学毒性は低いように思われる。NOBEで行われたテストでは、油膜の下から採取された水は、低い濃度の炭化水素（< 13 ppb）だけを含んでいて、二枚貝の幼虫あるいはひれ魚の幼魚にとって有毒ではなかった（EVS 1995）。さらに最近では、カナダ環境省の科学者は、焼却残渣が水に溶けたものの毒性テストを行う方法を開発した。結果は、これらの水に溶けたものがいろいろな標準的なテスト生体、ウニの卵子（sea urchin gametes）と3本トゲウオを含む、に有毒ではなかったことを示した（Bleinkinsopp et al 1997）。

沈降残渣に関連する環境の危険のいくつかは、実際の流出で証明された。それは；M/T “*Honan Jade*”（韓国、1983年2月）とM/T “*Haven*”（イタリア、1991年4月）である。前のケースでは、沈降した残渣でカニ養殖漁業が崩壊した（Moller 1992）。後のケースでは、およそ141 km<sup>2</sup> の範囲の海底が残渣に

よって無惨に汚染され、2年の間ほとんどの地元のトロール網漁師はその海域を放棄した（Martinelli およびその他1995）。

### 予防手段と影響の緩和

焼却残渣は、その構成物と物理的性状によって環境に重大な危険となるかもしれないし、そうならないかもしれない。液体あるいは半個体の残渣は回収されるべきである。なぜならそれらが、野生生物と財産に対して脅威になるかもしれないからである。沈降の兆候を示す残渣は、海底環境、養殖漁業設備と漁場への心配から回収されるべきである。実際、現在の考え方は、全ての残渣は、その成分にかかわらず回収されるべきであるということである。残渣が散逸し、沈んでしまうことを許すようなことを示唆する海底の生物相に与える残渣の潜在的影響に関する意図的な情報は、現時点ではない。

## 氷と雪における流出油の焼却

現場焼却は、1970年代半ばにボーフォート海で沖合の原油採掘がスタートした時から北極海における主要な流出油対策として考えられてきた。その当時のフィールドテストは、氷上での焼却が、人手による回収に回す最小の残渣を残すだけで、表面にあるほとんど全ての油を除去する能力を提供するものであることを証明した。その時から、非常に多くの研究と実験が、開水域、スラッシュアイス、ブローケンアイス、実験水槽で大きな原油の油層（フレッシュ及びエマルジョン化したもの）の焼却を調査し、証明するために行われた。

### ブローケンアイス中における水上の油

ブローケンアイス中での現場焼却の実施は、存在する氷の密集とタイプによって、ある程度コントロールされる。一般に、焼却の適用性は、3つの広範囲の氷の密集度に分けられる。

- ・ 10分の3までの開水域。
- ・ 10分の3から6-7まで
- ・ 10分の6-7から9 +まで

最も氷の密集度の低い範囲では、油の広がりや動きは、氷の存在にそれほど大きく影響を受けることはないであろう。開水域での現場焼却は実施可能である。これは、一般にタグボートによって曳航される耐火ブームで油層を集めることを含むものである。氷の密集度合いが10分の3から6-7までが、現場焼却の見地からは最も難しい。氷は油層の拡散と動きを減ずるが、油を囲い込むというほどではない。不可能でないとしても、この程度の氷の密集度においてブームの展張とオペレーショ

ンは難しいであろう。ほったらかしにするのであればブームはヘリコプターによって氷の中に展張することはできるが、しかしこのテクニックによって集めることができる油の量は未知である。最も高い氷の密集度で、流氷は接触しており、油を囲い込む。もし油層が十分に厚いなら、この氷の密集度において効率的に焼却できる (SL Ross and Dickins 1987; Singaas et al. 1994)。

融解期におけるブローケンアイス中に流出した油の現場焼却は、結氷期の同じ氷の密集度におけるよりも容易であろう。秋には、海はいつも結氷し、大量のスラッシュアイス（半解けのような氷）を形成し、それは現場焼却を行うための油の囲い込みと油層を厚くすること（自然に、あるいはブームでもって）を非常に妨げることになる。1日の多くの時間が暗く、寒く、そして冬の兆候が現れればもっと寒くなる。ブレイクアップの期間においては、スラッシュアイス（半解け氷）及びブラッシュアイス（もろい氷）の存在はずっと少なく、流氷は小さくなり、そして融け、24時間昼間で、温度は上がってくる。

## 固体氷の上の油

現場焼却は、氷の上の油プールを除去するための選択肢の中の対応策である（春になって、閉じこめられた油層から油が垂直に上がってくることによってできるかあるいは、氷の層に閉じこめられたレンズ状の油層に穴を空けることによってできる油プール）。融解プール上の油の点火と焼却については、かなりの知識がある。大きな範囲に点在する融解プールについては、ヘリコプターに装備する点火装置が、それぞれの油プールに火をつけるために使われる。より小さいエリアでは、手動式点火テクニックが使用される。

風は、一般的に融解プール上の油を風下の氷のエッジに吹き寄せ、およそ10ミリの厚さに油を集めるであろう。そういうわけでそれぞれの融解プールの焼却効率は90%のオーダーとなる。油を氷の表面から取り除く現場焼却の全体的な効率は30から90%までの範囲であり、平均では60から70%の範囲にあるが、それは流出の状況による（例えば、融解プールの大きさの配分対点火装置の設置の正確さ、油層フィルムの厚さ、エマルジョン化の程度、プールが現れるタイミング対ブレイクアップ）。融解初期の油表面では、焼却残渣を手作業で洗い流し、回収することが可能である。

水路の中の油は風と流れによって風化側のエッジに集められ、点火され、そして焼却される。流れが油をエッジに向かって集める水路の中においては、非常に高い除去率が得られる。

## 雪の中の油

最初に氷表面に流出し、そして雪と混ぜられた油のケースでは、油混じりの雪の堆積物の焼却は、真冬の状態においてさえ成功裏に実施できる。油混じりの雪、最高70%の雪の重量までは、現場で焼却できる。さらに多い雪の混合量（すなわち、より低い油分）では、燃焼促進剤として、ディーゼル燃料あるいはフレッシュな原油などが、燃焼を始めるために使われる。同じく、油分のより低い濃度の雪では、油分濃度の高い雪の堆積の中に油混じりの雪を鋤き込むという技術が、点火及び焼却を精巧に導く唯一の方法であるかもしれない。

多くの場合、雪が融けるのを待つことは、燃焼を継続できない薄い油膜という結果をもたらし、広範な氷のエリアの上に油を広げてしまうことになる。このテクニ

ックでは、その堆積物の火山の中央部に氷表面まで穴を掘って、油を火山の形をした堆積物の中にかき落とす。少量の燃焼促進剤が、堆積物の中心で点火される。炎からの熱が、円錐形の堆積物の壁の内側の周りを溶かし、油を雪から解放し、中心に向かわせ、火を燃やす。このテクニックは、かなりの量の融解水を生み出すので、それは管理されなければならない。

## 現場焼却を行うための技術

このセクションは、現場焼却を行うために必要な技術を扱う。いくつかの特殊な装置を点火装置と耐火ブームのカテゴリーで記述する。

上記の技術に関し多くのバリエーションが研究開発され、そして過去の流出で使われた。そしてこれらのものの大部分は限られた成功でしかなく、一つかあるいはそれ以外の理由によりもはや利用可能ではない。これらの時代遅れのシステムは、より厚い MSRC の 報告書で詳細に論じられる(Buist et al. 1994)。次は現在も利用可能な技術だけを論じるものである。

## 点火装置

これらは2つのタイプに分けられる。船からあるいは氷の上で使用するための点火装置とヘリコプターから使用するための点火装置。

### 表面 (船上あるいは氷上) に配置される点火装置

ポータブルのプロパンあるいはブタンのトーチ、あるいは雑草バーナー、ディーゼル油をしみ込ませた着古しあるいは油吸着材が、過去水上のオイルスリックに点



火するのに何度も使われ成功している。プロパントーチは薄い油膜を炎から吹き飛ばしてしまう傾向があり、厚く、囲い込まれた油層が最も有効である。ディーゼル油は点火装置として使用するために吸着材あるいはぼろにしみ込ませるのに最も良い燃料である。ガソリンは比較的炎が弱く、かつ、扱うのが危険である。

この種の油吸着材点火装置のバリエーションは1980年代の実験で使われたもので、それは長さの短い **Ethafoam** (あるタイプの **styrofoam**) の芯のまわりに吸着材が巻き付けられていて、ディーゼル油あるいは原油にちょっとつけられて、そして次に **dimethyl** エーテル (同じく点火液として知られている) がスプレーされたものである。これは容易に火がついて、そして長い間燃え、波があっても燃えた。

エクソン・バルデスの流出においては、“**Surefire**”というゲル化剤でゲル化したガソリンの入ったプラスチック袋が現場焼却テストにおいて油に火をつけるために使われ、成功した。その袋の内容物は、手で混ぜられ、水面上に置かれ、タグボートからその後ろに曳航されている耐火ブームの中に囲い込まれている油の方へ流れて行くようにされた。現在の **Heli-**トーチの製造業者は、さらに洗練されたタイプのものを提供している。気泡浮体管を取り付けた海上で炎を発生するプラスチックボトルからできているものである (**Thornborough 1997**)。

**Heli-**トーチの製造業者は、また、**Groundtorch** と呼ばれる「海上 (陸上) で展開可能」な型式のものを生産している。その装置は、貯蔵ドラムとポンプから構成されており、燃えているゲル化ガソリンを撒くための手で持つ“棒状のさお”に接続している。

## 飛行機に搭載される点火装置

現在、油流出に利用可能な飛行機に搭載される2つの点火システムがある。これらはドーム点火装置と Heli-トーチ点火装置である。

**ドーム点火装置**、その点火装置（図3）は、だいたい25cm×15cm×10cmの大きさで、およそ500gの重さである。そのユニットは、固形のスタート燃焼用燃料の入ったワイヤーメッシュのフューエルバスケットと2つの金属フロート間にぶら下がった板状のゲル化灯油から成り立っている。このドームユニットは、人間の手で投げるための装置である。ヒューズワイヤーは、電気点火システムで発火されるが、それはジェル電解液とヒーターエレメントを備えた12ボルトの、水密のバッテリーから構成されている。これは接触から2秒以内に点火装置のヒューズワイヤーを作動させるために十分な熱を提供する。

いったん点火すると、25cmの長さの安全ヒューズが45秒の遅れを与えることにより、点火装置を投げ、そして目標とする油膜の中にそれが固定することを可能にする。一旦点火すると、固形のスタート燃料が1,200℃以上の温度でおよそ10秒間強烈に燃焼する。この最初の燃焼の間に、ゲル化灯油の燃焼が始まり700℃から800℃の温度を作り出す。点火装置の合計の燃焼時間はおよそ10分である。点火装置の比較的長い燃焼・時間は、たとえ風が一時的に点火装置を油の最も濃縮しているところから離れたとしても、油層を着火させるのに役立つ。焼却の完了後、点火装置の金属コンポーネントの全ては、2つの浮体に付いたまま水面上に残る。

**Heli-torch**、Heli-トーチ（図4）は、フィールドで実証された、ヘリコプターで展開可能な、ゲル化燃料を使う点火装置であるが、一般に森林の伐採枝を燃やし

たり、山火事制御オペレーションにおける延焼防止のためのバックファイヤー（向かい火）を起こすことに使われる。3つのモデル、110リットル、210リットル及び1,100リットルのゲル化燃料の容量を持つものが利用可能である。これらのうち、210Lモデルは、油流出で最も広範囲にテストされてきた。点火システムは、ゲル化燃料ラム、ポンプ、ヘリコプターの下に掛けられるモーターアセンブリから構成される独立したユニットであり、そして Heli-トーチからコックピットのパネルまでつながっている電氣的接続で制御される。燃料は、必要に応じて、制御弁と点火チップにポンプで汲み出される。

ガソリン（場合によってはディーゼル油）を固形にするために使われゲル化剤は、細かいパウダーで、液体燃料と混ぜられると、穏やかな、粘度の高いジェルを作り出す。燃料210Lに対して1.8kgから2.7kgの比率で製品が使われると、適当な粘度のものが、常温で数分でできる。氷点下の温度では、2倍の量が必要とされる。ゲル化剤は、通常、Heli-トーチの燃料貯蔵ドラムの入り口ポートを通して入れられ、そしてそれには混合するための手動クランクが取付けられている。そしてそれが1つあるいはそれ以上のノズルを出るときに、ゲル化した燃料混合物が電氣的に点火されたプロパンジェットによって火を着けられる。

燃えているジェルは、非常に粘度の高いものが一連で落ちて、地面を打つ前に、小球体にこなごなに壊れる。経験では、Heli-トーチは高度7mから23mの高さで、時速40km/hから50km/hのスピードで上空を飛行されるべきとされている。指示される高度はジェルが放出される間正確に維持されるべきであり、空中で燃焼する間のジェル燃料の損失を少なくし、ヘリコプターが低いスピードで飛んでいるときのダウンウォッシュによって地上に落ちたジェル燃料の小球体が破裂することを防ぐべきである。Heli-トーチ点火システムは、米国連邦航空局によって承認され

ている。最近、 Heli-トーチはイギリスでの海上テストで使われた。このテストの一部では、イギリス当局から Heli-トーチの飛行許可を得た。

## 耐火ブーム

現在利用可能な耐火ブームは、以下に要約される。入手可能なブームは3つのカテゴリーに分けられる。: スチールから作られるもの、耐火性生地から作られるもの、強力な水冷を採用しているもの。以下に記述されたブームの多くは、U.S.C.Gによって、波の中での油の囲い込み及び耐火性能について、1997年及び1998年の秋にアラバマ州モービルにおいてテストされている(Bitting and Coyne 1997、Hiltebrand 1997, Walz 1999)。

### スチール製の耐火ブーム

最初の5つのスチールブームは、商業製品であり (Fireguard, FESTOP, Pocket Boom, Sandvik and Spilltain)、そして次の2つはそうではないが (Dome and Merkalon)、しかし、それらのデザインは、製作のために利用可能である。

**ファイヤーガードブーム (Fireguard boom)**: このブームは、短く、堅い浮体ユニットから作られており、それは柔軟性のある、生地パネルが付けられている。浮体は、厚さ2 mmのAG-3 (亜鉛メッキされたスチールの等級) の2つの正方形のチューブから作られる。これらはセールとスカート部になる厚さ3 mmのAG-3のプレートが両側に付けられる。熱の伝達を最小にするため、浮体と垂直プレートは、1センチのすきまで分離され、そして2つの接続はアスベスト細片で絶縁される。喫水と乾舷の設計は、温度1,300℃で、熱を水へ十分に伝達し、ブームが融けないように計算されている。コネクターは、熱を受けるPVCの皮膜で覆った3層の

アスベスト生地で囲まれたステンレス・スチールメッシュからできている。ステンレス・スチール・ケーブルが、頂部と底で、テンションを保持しており、柔軟性パネルでテンションを保持しているわけではない。それぞれのユニット（浮体とコネクタ）の長さは5 mである。それぞれのセクションは、5つのボルトで接続されている。火炎に曝された後、アスベスト生地と柔軟性のあるコネクショパネルは、交換しなくてはならない。

**FESTOP ブーム**：これはフランスで製作された新しいステンレス・スチールブームである。詳細なインフォメーションは、現在ほとんどない（Fingas and Punt 2000）。

**ポケットブーム (Pocket Boom)**：大きな外洋用のステンレス・スチールブーム (the Dome boom-see below) は、従来の耐火生地のブームの2つの長さの間に挿入された丈夫な焼却ポケットの役をするためにデザイン変更されたものである。ポケットブームの最終的なデザインは、オリジナルデザインに対して、かなりのコスト、重量及び大きさの縮小をもたらし、さらにそれに比例して取扱の容易さの増加をもたらした。浮力対重量の比が「3」で、引っ張り強さが  $1.8 \times 10^5 \text{ N}$  (40,000 lbf) を超えており、100 cm (39インチ) の全高は、想定した作業環境 (静穏、あるいは1 m [3 ft] までの波浪中) で、商業的に入手可能な繊維製の耐火ブームと結合して、うまく役割を果たすものである。

ポケットブームの展張、海上での保持、曳航及び揚収特性はすべて良い。オムセット (Ohmsett) での油囲い込みテストでは、そのブームは標準的な限界 ( $0.4 \text{ m/s} = 0.75 \text{ ノット}$ ) まで油を囲い込み、そして曳航速度  $1.5 \text{ m/s}$  (3 kt) までカタナリーを維持できることを示した。油の燃焼への曝露は、ブームの油囲い込みの特性に影響を与えることはない。そのブームは、最大の熱放射を伴う火炎に6

時間曝された。：アラバマ州モービルでの3時間のディーゼル油の火炎(Walz 1999)、そしてオムセットにおける3時間の強力なプロパンの火炎 (SL Ross and AFTI 1999)。そのブームは、マイナーな損傷のみでこの熱の攻撃から生き残り、その油囲い込み能力は際立って減少することはなかった。コネクターセクションの最終的なデザインは、ブームの耐用時間が少なくとも1,000,000ウェーブサイクルとなるような修正を含む。これは、シーステート3の海上で45日間以上と同等である。

**Sandvik Steel Barrier** : この製品は、溶接されたステンレス・スチールシリンダーからなるポンツーンによって支持された「冷延ステンレス・スチール板」で構成されている。ブームの各セクションは、ボルトジョイントによって結合され、製造業者によれば、それによりブームは自由に動き、波に追従することができる。製造業者は、その製品はメンテナンスなしに、7年間従来の油囲い込みブームとして能力を発揮してきたと主張する。

**Spilltain boom** : この製品は、1980年代初期に“Bennet Pollution Controls”によって製作された古いデザインの復活である。現在の型式は、亜鉛メッキされたスチールの浮体から成り、それはピアノタイプのちょうつがいで結合された亜鉛メッキのスチール板を支持する。そのブームは、1995年にシアトルエリア (McCarthy 1996) 及び1996年にオムセットで (Bitting and Coyne 1997)、耐火及び曳航テストが行われた。最近では、NIST (Walz 1999) によって耐火テストが行われた。

***Dome stainless steel boom*** : このブームは、1970年代後期から1980年代初期にドーム石油会社によって開発された、大きく、重いものであるが、それは沖合での長期の展張と氷の衝撃に対抗するという設計基準を満たすためである。それぞれのセクション（フローティングユニット及びコネクターユニット）は、重さ210kg、長さは2.7m、喫水1.2m、乾舷0.6mである。そのブームは、沖合海域での耐久性、風と波がある状態での耐火性能、油囲い込み性能について広範囲にテストされてきた。

そのブームのデザインは、2つのユニット、浮体とコネクターから成る。浮体ユニットは、スチールのセイルとスカート部が付けられ、タイプ310ステンレス・スチールで作られている。それぞれの浮体ユニットは、ドレインプラグと通気孔パイプを含む（燃焼中加圧された空気を逃がし、冷却時に空気を取り入れる）。コネクターユニットは、ひだをとった薄い規格321のステンレス・スチール板から成り、それはあまねく接合されたボックスビームを通る。このデザインは、濡れた場合に鉱物ベースの耐火性の布との摩滅の問題を回避するために必要であり、単純なスチールコネクターデザインと関連する金属ストレス破壊を避けるために必要である。このブームの展張と回収は、扱いにくいプロセスとなる。ポケットブームと呼ばれるもっと新しいデザインが（上述）開発されている。

### 耐火性の生地ブーム

次の4つの耐火ブームは、耐火性の生地で組み立てられた商業的に入手可能なものである。

***3M or American Marine Fire Boom*** : このブームは最もテストされており、最も

進んだ生地でできたブームである。それは、3Mが特許を取ったセラミック泡から作られる高温に強い浮体からできている。この素材は、1,100℃まで安定している。浮体の中心部は、ステンレス・スチールで編まれたワイヤーメッシュで巻かれている。これらの長さ2mの浮体部分は、端と端がつながれており、3M NEXTEL 繊維の覆いによって、全て囲まれている。これらの不燃性の、ポリクリスタル (poly-crystalline) の金属酸化物繊維は、400℃までの温度に耐えるように設計されている。NEXTEL の層 (NEXTEL layer) は、もう1つのステンレス・スチールのメッシュの層で包まれている。この全てのパッケージは、PVC 層で覆われており、それは浮体の下まで伸びスカートを形成し、亜鉛メッキされたチェーンのテンション部材にあつては二重の袋を形成している。

浮体の下層を通してリベット打ちされている短い、ステンレス・スチールのつなぎ合わせバーは、そのパッケージを繋ぐために使われる。個々の浮体部分は、PVC/メッシュ/NEXTEL の“サンドウィッチ”を貫通してメタルクランプでしめられた7ftの長さに分割された区画に入れられている。15mの各セクション(7つの区画から成り立っている)のコネクターは、ステンレス・スチールプレートのクイックコネクターである。

この製品は、非常に多くのテストの後に実施された改良の結果、1980年代中ごろから発達した。1980年代後期に行われた静穏な海域でのいくつかのテストで成功した後、そのブームは、1989年3月のエクソン・バルデス流出の対応において実際に使用された。1990年7月から1991年5月まで行われた静穏な塩水タンクでのテストを含む実験プログラムの結果、そのブームにさらなる設計修正が行われた。

1993の夏に、18インチの型式の210mが、ニューファンドランドのセン



ト・ジョーンズ沖合 45 km の海域で、燃えている油を囲い込むために使われた。2 つの別の燃焼が、1 m の波及び 2 m/s から 3 m/s の風の中で行われた。最初の少し風化した 300 バレルの原油は、1.5 時間以上にわたって燃えた。燃焼の終わりに、ブームのステンレス・スチールは、疲労の兆候を示し、NEXTEL 生地 of いくらかが欠けてなくなった。しかしながら、そのブームは十分に 2 回目の燃焼に使えると思われた。2 回目の燃焼中の 1 時間 15 分で、ブームのいくつかの浮体部分がはずれ、油が漏れ始めたため、油をくみ上げるのを止めた。燃焼を中止した後（すでに 180 bbls が燃やされていた）、ブームは再び点検された。ブームのプロトタイプセクション、それは真ん中のテンション部材となっているが、3 つの浮体部分が失われており、そして多くの他の部分は、垂直スチフナに近いところの NEXTEL 生地を完全に失っていた。次のことが推測された。熱、海水及び波の動きが合わさったことによる、自身による擦過（損傷）という問題のためであると。

1994 年に、耐火ブームの初期の型式のものが、ノーススロープの貯水ピットの中で、燃えている ANS 油及びエマルジョンの厚い油層を囲い込むために使われた。3 回の燃焼のそれぞれにおいて、5 分間炎に曝された後、油は生地を通して漏れ始めた。類似の漏れが、1995 年にシアトルの近くで行われた最新の型式のブームによるテストにおいても報告された (McCarthy 1996)。1996 春にイギリスの沖合で行われたテスト燃焼では、漏れは報告されなかった。これらのテストにおいて、ブームは、波浪 1 m から 1.5 m の海で、2 回の短い燃焼（およそそれぞれ 15 分間）から生き残ったと伝えられた。NIST による最近のテストでは、ウェーブタンクにおける燃焼テストの間にブームの劣化（退廃）が見られた (Hiltabrand 1997)。

**Sea Curtain Fireguard**: このブームは、リールに巻かれ (reel-able)、自己充気式に設計されている。ブームがリールから引き出されると、ステンレス・スチールコイルが、平らな形のポジションかららせん形のポジションにはね上がり、浮力と乾舷を供給する。浮体部分は、熱ガラス生地 (Thermoglas fabric) によって守られた閉じた蜂の巣状の発泡材から成る。コイルは、自己擦過による損傷を防ぐための覆いで覆われた Thermotex の二重の層を支持している。この覆いは 300°C において燃え尽きるであろう。スカート部は、ポリエステルを覆った丈夫なポリウレタンから作られる。バラストとテンション強度は、スカート部の一番下の袋にある亜鉛メッキされた高張力チェーンによって供給される。曳航テストでは、その新しいブームは、0.5 m/s までのスピードにおいて、良好な曳航性能と波乗り特性を持つことを示した。

ブームは、静穏で、清水及び塩水の状態で燃焼テストが行われ、油囲い込みテストはウエーブタンクで行われた。900°Cの最大炎温度に1時間暴露した後、黄色の犠牲用の覆いは、できが悪い芝生のような緑色に色あせて、明らかに残りのブームより砕けやすくなっていた。しかしながら、24時間炎に曝された後でさえ、Thermotex 生地が非常にもろくなっていること及び内側の層の自己擦過防止コーティングのダメージにもかかわらず、ブームの形、乾舷及び形状はまだ満足できるものであった。1992年のデザイン変更が、燃焼テストで満足がいくものでないと分かった。そして製造業者は、オリジナルのデザインに戻し、カバーの上にさらに強化された熱対策コーティングを施し、内部の浮体システムに熱防護を追加した。NIST による波の中での、ディーゼル油の炎での最近のテストは、3時間のテストプロトコルうちの最初の1時間の後、終了された(Walz 1999)。

**Pyroboom** : この衝立式ブームは、Fibrefrax 生地から作られているセールからな

り、それは Inconel ワイヤーマッシュによって支持され、そして PVC コーティングされた生地スカートに接着させたシリコンゴムで覆われている。ブームの一番底の袋にあるチェーンは、バラストとテンションを受け持っている（これは前の型式の鉛バラストに取って代わったものである）。浮力は、最高水位の上と下の両方にボルト締めされた一連のステンレス・スチール半球によって供給される。浮体は、非常に高温に強い、密閉された蜂の巣状の発泡ガラスが充填されている。

そのブームは、静穏な状態での燃焼テスト及びウエーブタンクでの曳航、囲い込みテストの両方が主題であった。燃焼テストは、24時間続き、記録されたピーク温度は930℃に達した。6時間の暴露の後、ブームはまだ油を囲い込み、フレキシブルであった。セールの上部数センチは脱落し、内部の Inconel ワイヤーが露出し、いくつかの小さい穴があったけれども。24時間のテストの残りの間に、ブームは乾舷がなくなることなく燃えている油を囲い込み続けた。終わりの頃に、ブーム上部の焼けただれたシリコンラバー及び生地は摩滅に対して傷つきやすいということが分かった、ウォーターラインから10cmから12cmの高さまでのシリコンと焼けた油性残留物が組合わさったものがフレキシブルでブームを保護する不透過の障壁を作っていたけれども。浮体の内部の泡が溶けているということが分かったけれども、それは最小であって、テストの間中乾舷の損失をもたらすことはなかった。

曳航の結果は、0.35 m/s を越える曳航速度において、非常に大きい油の流出をもたらした。デザインは、より柔軟なスカート部を含むように修正され、それは類似のデザインの非耐火ブームと連結されて行われたテストにおいて上手に能力を発揮したと伝えられている。修正されたデザインは、1998年に NIST によって行われた3時間のディーゼル油の炎において生き残った。しかしウォーターライン

の上は損傷をこうむった。

**Autoboomb - Fire Model**: これは保管とリールからの展張のために設計されたシングルポイント（充気口が一つ）の充気式ブームである。それには耐火性のカバーが取り付けられ、個々の浮体気室を保護する。それは川から沖合の展張に適した広範囲サイズのもので利用可能である。このブームに関しては、現在、テストインフォメーションはほとんどない。このブームは、アラバマ州モービルの U.S.C.G. 消防訓練ファシリティで火に曝されたけれども。このブームは、1,093°Cを越える温度に耐えるように設計していると主張されている。

### 水冷式ブーム

アクティブな水冷式ブームについては、3つのデザインのもので利用可能である。これらは、一連の透過性ホースを通じてポンプで汲み出された周囲の水によるものであり、内部の浮体と構造部材を火の熱から守るために外部カバーを水に浸すものである。入手可能なブームは：“Oil Stop model”、もう一つは“Elastec/American Marine”によって作られたもの、三番目は“Environmental Marine Technology Associates”によって開発されたものである。3つ全ては波の中で燃焼テストが行われ、最初の2つは全てのテストを通過した(Walz 1999, Stahovec et al. 1999)。

### 操作上の局面

このセクションは、安全で、効果的な制御された現場焼却を実施するために一般的に要求される資機材について要約したものである。：訓練された人員、船及び航空機、耐火ブーム及び点火装置である。ある特定のタイプの現場焼却は、これら全

での資機材を必要としないかもしれないということが認識されている。例えば、氷の密集度が高く油層が厚く、囲い込まれていない流出を焼却するという意味のプログラムでは、耐火ブームを使うことはないであろう。訓練された人員及び焼却オペレーションの種々な計画局面において必要となる詳細な事項に関することは、MSRC のレポート(Buist et al. 1994)及びいくつかの現場焼却マニュアルに出ている(e.g.,Allen 1993, Fingas and Punt 2000)。

### 船と航空機

沖合での焼却オペレーションの間に使用される全ての船は、想定されるサイズ及び長さの耐火ブームを曳航するために必要な十分なパワーを持つことが重要である。二つの可変ピッチプロペラを備えている船が一般には好まれる。；そして機関出力100kwから150kw（150-200馬力）の範囲のパワーがブーム牽引ボートには一般的に十分である。大きい船（例えば、長さ45mから60mのサブライベッセル）は、大きな油囲い込みブーム及び回収システムの理想的なプラットフォームとなる。このような船は、しばしばブーム牽引ボートとしては過剰な機関出力であるけれども。

経験では、8mから12mの範囲の小さな曳船が、単純な曳航及び回収作業をコントロールすることにおいて通常もっと良いことを示した。とりわけ曳航速度が0.4m/s かそれ以下で曳航が継続される場合は。このサイズの牽引ボートは、大きい船で焼却現場に輸送され、展開されることができる。選択された船の大きさにかかわらず、その推進力システムは、0.4m/s あるいはそれより遅い速度で保針性を維持できることが重要である。全ての船は可燃性ガス検知器を装備されなければならない。

耐火ブームを牽引するために使われる船は、適切な場所に設置された牽引ポストあるいはビット及び適当な長さの曳航ライン（通常150 mから250 m）が装備されることが必要である。牽引ラインは、開水域でブームを曳航する間に受けることが予測される最大の曳航抗力を受容するのに十分な強さがあることが必要である。

船は、焼却現場に耐火ブームを輸送するスペースとそれらを展張するスペースを持たなければならない。ブームの大きさと重量は、それぞれの船の収容できるデッキスペースと安全荷重に従わなくてはならない。ブーム牽引ボートが小さすぎて、デッキ上の全てのブームを運ぶことができない場合は、耐火ブームは直線的に牽引されなければならないかもしれない（通常およそ9から18 km/hの速度で）、さもなければ、ブームは追加の船あるいはバージの支援を得て油回収現場に輸送されなければならない。ある場合には、ヘリコプターが陸あるいは船から流出現場にブームを輸送することに使われるかもしれない。

航空による支援オペレーションに関して、ヘリコプターは、ブーム及び人員の輸送のためだけでなく、焼却対象とする油の上に着火物を投下するための効果的なプラットフォームとなるであろう。ヘリコプターは、オイルスリックの位置を見つけ、流出の最も濃いところに船を誘導し、焼却効果及び煙粒子の移動及び分散をモニタリングすることにおいても役立つであろう。ヘリコプターが使用される仕事の多様性と沖合に飛行しなければならない距離を考えて、航空機の機種及び大きさ、エンジンの数、フロートの必要性が適切に検討されることが重要である。

通常、航空機は焼却オペレーションの間、重要な役割を果たすであろうが、それらがなくとも制御された焼却を開始できる可能性のある状態があり得るとい

とを認識すべきである。例えば、海上のオペレーションが、財産及びその他の被害を受けやすい資源から安全な距離を離れて位置している限り、ボートで油を集め、そしてブームを曳航する船のうちの1隻からリリースされた手動着火装置で油に着火することを開始できる。

### 耐火ブーム及び点火装置

操作上の見地からは、流出の起こった特定の場所、囲い込むべき流出の性質、氷の状態を勘案して、必要とされる耐火ブームのタイプ、サイズ、展張の方式を決めなければならない。流出の場所と流出の性質によって、ブームの展張方式と共に、囲い込んだ油に火を着けるために、最も適当なタイプの点火装置と最も適切なスキームを決定される。ある特定の流出シナリオでは、流出した大量の油を効果的に焼却するために耐火ブームを使用する必要があるかもしれないことを覚えておくことが重要であり、このような場合とは、非常に密集度の高い氷の中での流出である。このような状態においては、余分の安全のための準備が、予想もできなかったほどの大きい範囲に焼却エリアが広がること及び危険な暴露レベルになることを回避するために必要であるかもしれない。

流出油が、広範囲のエリアを覆って薄い油の層に広がった場合、耐火ブームで油層を厚くし、焼却できるようにすることが必要である。もし燃焼が曳航されているブームの形状の外側の油に広がるような見込みがあるならば、囲い込んだ油は、メインのオイルスリックから離して曳航し、点火する。

#### U字形状

個々のU字形状は、150mから300mの耐火ブームで作られるべきである。

開水域ではより大きい耐火ブームが使用されるべきであり、小さな耐火ブームは静穏あるいは氷のある状態で使われるべきである。短い長さの耐火ブームは、氷のある状態ではより高い機動性を発揮するかもしれない。風と海象状態が大きな耐火ブームのU字形状を使うことを要する場合には、個々のU字形状は、U字の頂部を形成する短い長さの大きな耐火ブームと“U”型のそれぞれの両サイドの前方に続く油を偏向させるブームとして使用中サイズで構成されるべきである。

この状態では、2つのサイズの異なるブームの接続部が、それぞれのタイプのブームの異なる波追従特性によって生じる特別な荷重に耐えることができるように最新の注意が払われなければならない。安全と考えられれば（すなわち、ブームの頂点の中で油層を厚くしたところ以外は、油があまりにも薄い状態で焼却することができないような場合）、従来型のブームは、U字形状の耐火ブームの中に直接油をそらして入れるために使うことができる。

いくつかの耐火ブームは、重く、扱うことが難しいが、丈夫で、沖合の海洋環境において、長期間燃焼に生き残ることが可能である。これらは一般的にメタルブームである。それ以外は、もっと軽く、扱い易く展張し易い、しかし沖合での長期の展張及び炎火への長期間の暴露できるようには設計されていない。これらは通常耐火性の、鋳物ベースの生地とセラミックスを使用する。水冷式ブームは、最初は比較的軽いですが、水に浸されると非常に重くなる。同様に、水の濾過、くみ上げポンプの追加の複雑さが、水冷式のブームにおいて付加されなくてはならない。計画立案者とフィールドの人員は、ブームの重量と取扱条件によって焼却作業に課せられるかもしれない全ての制約の範囲を予想することが重要である。適切な訓練によって、耐火ブームを素速く展張し、同等のサイズの従来型のブームと同様に使用することができるが、経験上示されている。もし耐火ブームが、油の焼却のために使わ



れなかったならば、それは、回収され、清掃され、そして後の再使用のためにしまっておくことができる。

耐火ブームが燃焼中の油を囲い込むために使われる場合、ほとんど常に時間の経過と伴にある程度の熱ストレスと材料の劣化が生じる。いくつかの耐火ブームは、耐火性の非常に強い材料から作られている（例えば、スチール）。他の耐火ブームの設計は、取扱う間に生じるすり傷と貯蔵から、いっそう壊れやすい下層の材料を守るための外カバーを持っているものであるが、しかし焼却の早い段階で破壊されてしまう。下層の基礎をなしているものの材質は、耐火性があり、燃焼効果に耐え、数時間にわたる燃焼でも完全であるように設計されている。波の動き及び氷との接触が、これらのブームタイプの劣化を速めるかもしれない。耐火ブームを使用できる実際の回数は、製品及び使用によって変動する。繰り返し使用は、明らかに燃焼の激しさと時間、焼却中の海象状態、焼却中及び焼却と焼却の間におけるブームの扱われ方に依存する。いくつかの従来型ブームでは、使用の延長と損傷の程度は、ブームを清掃し、修復を試みるよりむしろ、役立てた後ブームを捨てることの方が費用対効果が高くなるであろう。

多くの焼却に耐火ブームを使う場合、ブームは、機械的故障あるいは囲い込みからの漏れを引き起こす結果となるあらゆる影響を及ぼすおそれのある破れ目、引き裂き、あるいは劣化について点検されなければならない（少なくとも最も熱のストレスにさらされる部分に沿って）。損傷を受けた部分はどこも必要に応じて修繕されるか、あるいは撤去されるか、取り替えられなければならない。もし一度使用した自己焼失の覆いタイプの耐火ブームを新しい現場に曳航する必要があるならば、一本の直線の形で曳航する場合であっても、極端なスピード（4～8 km/h以上あるいは2～4ノット以上）は避けるという注意が払われなければならない。

これは保護用の外カバーが燃え尽きて露出したエリアが、さらに引っ張られることになり、摩滅に対して抵抗力がなくなるからである。メタルのブームでさえ、そのコンポーネントの上にかかる機械的及び熱ストレスの累積効果のために、ブームを輸送及び再利用する場合には、注意が払われるべきである。

このセクションは、流出油に着火するためのいくつかの点火装置について記述した。これらのうち、ヘリトーチは空中からの点火方式として、最も費用効果、信頼性が高く、そして柔軟なシステムである。輸送可能なゲル化燃料が多いために、それは各点火ポイントに、連続的に投下可能である。

ホバリングポジションからヘリトーチを作動することにより、点火が難しい風化あるいは部分的にエマルジョン化した油層の非常に大きなエリアに最初に着火することが可能となる。

ヘリコプターの活動範囲が、計画された焼却現場から遠いところにあるような流出にあっては、ヘリコプターが点火の合間に着陸できるテンポラリーな着陸場所を決めることが賢明である。ヘリトーチのドラム缶一本の中のゲル化燃料は、通常、多くの点火場所に着火するのに十分な量である。

大規模な焼却オペレーションを実施中、バックアップ用ヘリトーチ、燃料、混合装置、ゲル化剤を前進基地に移動することは、元の着陸場所への長い輸送距離のために遅れが生じることを回避するために役立つかもしれない。

もしガソリンベースのヘリトーチ燃料を輸送し、混合することが船上で許されるならば、適当なヘリデッキを持っている船が使われるかもしれない。



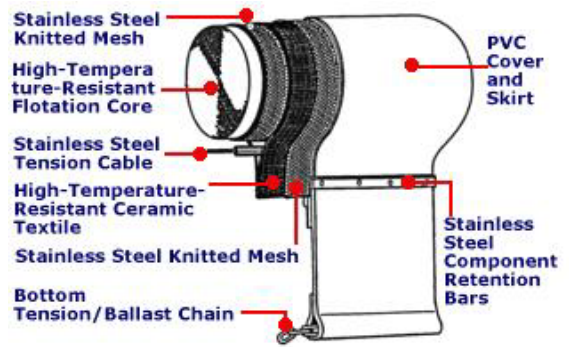
現場焼却（雪の中の油）



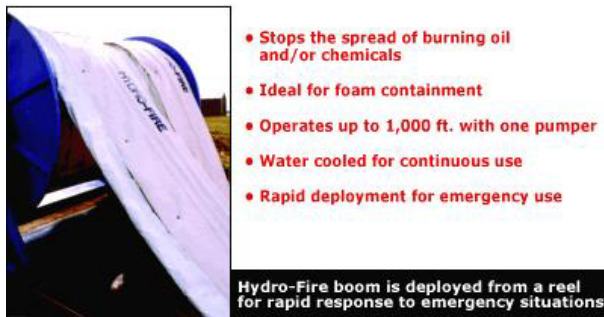
点火装置



セラミックファイアブーム



ファイアブームの構造



ファイアブームリール 1



緊急時計画という言葉は、国レベル、地方レベル、港及びターミナルレベルなどいくつかのレベルで使用される。「1990年の油による汚に係る準備、対応及び協力に関する国際条約（OPRC条約）」に規定される。

我が国においては、OPRC条約加入に合わせ「油汚染事件への準備及び対応のための国家的な緊急時計画」が平成7年12月15日に閣議決定され、その後、ナホトカ号事故を踏まえて、平成9年12月19日の閣議決定により、分野別専門家等情報の一元化、警戒本部・非常災害対策本部等の設置、ボランティア等への支援体制の整備、防除作業実施者の健康安全管理等が追加され、平成12年12月には省庁改編による改正が行われている。

なお、米国では、1990年米国油濁法に基づき、国家緊急時計画の他に、大統領が指定した地域に地域委員会を設置し、重要な経済・環境保護地域、原因者の責任、油分散剤の使用に係る手続、原因者の保有する資機材・人員を明らかにした地域緊急時計画を策定している。

ここでは、IMOによって緊急時計画策定のための指針としてまとめられた油汚染マニュアルII（緊急時計画）を紹介する。

- 緊急時計画には国全体をまとめるものや、港湾や地域を対象とするものなどがあり、後者は詳細という点では前者をはるかに上回るが、全ての計画は整合性を持たなければならない。
- 守るべきものの優先度を定める一助となる沿岸脆弱域マップを作成する。
- 優先度は、油汚染に対する脆弱度、社会経済的要因の双方を基盤として決定する。
- 流出油対応は、確立された学問ではない。状況に合わせた最善の方法の組み合わせを確立することである。
- 緊急時計画は、油汚染事態への対応責任機関の責任と方針を明確にし、次の事項を保証する。
  1. 関係諸機関全ての代表で構成される実体のある活動機関の設置
  2. 高いリスク域の識別
  3. 保護及び清掃の優先度の高い海岸域の識別
  4. 適切な流出油対応機器の確保
  5. 管理要員及び活動人員の訓練
- 緊急時計画の内容として、次の事項についての計画を定める。
  1. 通報システム、警報システム
  2. サーベイランス、モニタリング、海岸線汚染の評価
  3. 対応策、流出の阻止、洋上回収の可否、海岸の優先度、清掃手法
  4. 油処理剤の使用の可否、時期、場所
  5. 回収物の一時貯蔵及び最終処分
  6. 清掃活動終了の手順

# 国際海事機関（IMO）

## 油濁マニュアル

### 第II部 緊急時計画

# 油濁マニュアル

## 第Ⅱ部 緊急対応計画

IMO

ロンドン、1988年

1978年初版刊行

国際海事機関

4 Albert Embarkment, London SE1 7SR

第2版 1988年

国際海事機関（ロンドン）印刷

1990年再刷

ISBN92-801-1233-3

IMO 資料
--------

販売番号 : 56088.02.E
-------------------

表紙写真は 1983 年オマーン湾におけるタンカー「Asimi」火災である。
--

著作権 © IMO 1988



## はしがき

本書は、国際海事機関（IMO）海洋環境保護委員会が作成したもので、1978年6月に発行された油濁マニュアル第II部の後継資料である。各国政府、特に発展途上国の政府に対して、対応期間の設立及び港湾と全国の双方のレベルにおける緊急時計画策定のための方法や手段の指針となるほか、複数の国に影響する（その恐れを含む）大規模汚染事故への対処のための各国政府の二国間ないし多国間協定の策定を支援するための国際緊急時計画の作成についても全般的な説明を記している。油濁損害の責任と補償に関わる取り決めについても、費用回収請求の準備とあわせて詳細に取り上げている。

本油濁マニュアルは、次の4章から構成される：

- －第1部 予防、1983年発行の改訂版
- －第2部 緊急時計画、1978年発行、1988年改訂版（現行版）
- －第3部 サルベージ、1983年発行
- －第4部 流出油対処手段についての実用的情報、1972年発行、1980年改訂第1版、現在改訂第2版を作成中

油濁対応を取り上げた関連資料として、IMO/UNEP 流出油における油処理剤の使用及び環境考慮事項についてのガイドライン（1982年）がある。

化学汚染についての一連のマニュアルは、現在順次作成中であり、第I部：問題の評価と対応計画は1987年に発行済みである。化学汚染マニュアルの後続資料は1988/89年に完成の予定である。

## 目次

<b>第1章 緊急時計画立案にあたって考慮すべき事項</b>	1
1.1 計画の策定及び運用の責任機関の指定	1
1.2 流出油事故の起こる可能性の高い地域の識別	1
1.3 油の性状変化	2
1.4 局地的な風・潮流に基づく流出油の動き	2
1.5 沿岸域脆弱マップの作成	2
1.6 保護すべきものの優先度	3
1.7 流出油対応方針	3
1.8 対応機関	4
<b>第2章 国家油緊急時計画</b>	6
2.1 背景	6
2.2 目的と目標	6
2.3 計画の範囲及び内容	6
2.4 定義	7
2.5 他機関からの支援	7
2.6 通報システム	7
2.7 警報システム	8
2.8 流出油の評価	8
2.9 サルベージ及び積み荷の除去に関して考慮すべき事項	8
2.10 流出油の監視サーベイランス	8
2.11 対応策の決定	8
2.12 清掃活動	9
2.13 通信	9
2.14 回収した油及び油濁物の処分	9
2.15 油濁域の復元及び事後のモニタリング	10
2.16 記録の保管及び賠償請求準備	10
2.17 広報	10
2.18 訓練及び演習	10
2.19 計画の見直し	11
<b>第3章 港湾及びターミナルの緊急時計画</b>	12
3.1 はじめに	12
3.2 範囲及び地理的広がり	12
3.3 義務と責任	13
3.4 対応活動の拡大及び追加援助要請の方法	13
3.5 訓練及び演習	13

<b>第4章 国際海洋流出油緊急時計画</b>	14
4.1 はじめに	14
4.2 参加国政府間の協力の範囲	15
4.3 地理的領域と責任分担の定義	15
4.4 通報、警報、及び通信	15
4.5 ロジスティックス、管理運用、及び資金調達	16
4.6 国際緊急時計画の見直しと更新	17
付録1 国際緊急時計画の概略案	18
付録2 油濁通報システム (POLREP)	20
付録3 対応機器リスト作成の指針	33
<b>第5章 締約国の介入措置及び費用回収</b>	36
5.1 はじめに	36
5.2 公海上での締約国の介入	36
5.3 領海内での締約国の介入	36
5.4 油濁損害の補償に関する政府間取り決め	38
5.5 油濁損害の補償のための業界自主協定	39
5.6 汚染者の特定	40
5.7 請求の準備	40
5.8 政府間補償取り決めではカバーされない油濁損害	42
5.9 海洋事故に関する P&I クラブの役割	42

## 第1章 緊急時計画立案にあたって考慮すべき事項

### 1.1 計画の策定及び運用の責任機関の指定

1.1.1 油濁対応計画の策定を本格的に検討するに先立って、責任機関(単数または複数)を定めておく必要がある。責任機関の決め方は国によって千差万別であるが、政府レベルでの主要な選択肢としては次のようなものがある：

- － 軍(または海軍) 当局
- － 海事交通(民事) 機関
- － 環境保護機関
- － 沿岸警備隊
- － 国家委員会

1.1.2 海上や陸上など、油濁防除計画の部分ごとに責任機関が異なる場合もあるが、対応活動を成功させるためには、単一の指定機関または主導機関が全体の調整役となることが肝要である。同様に、多方面の専門知識を利用可能とする必要がある。必要なスキルは、下記を含めて多岐にわたる：

- － サルベージ
- － シップオペレーション
- － 気象学・海洋学
- － 航空機の運用
- － 各種の科学知識
- － 漁業
- － 環境保護
- － 土木
- － 法律

1.1.3 緊急時計画といっても、国の海岸全体をカバーするものと1つの港湾や地区を対象とするものでは大きな違いがある。前者は大規模なものとなり、後者は細部の詳細さという点ではるかに前者を上回る。しかしながら、任意の地域をカバーする全ての計画が整合性を持つべきである。

### 1.2 流出油事故の起こる可能性の高い地域の識別

1.2.1 油濁防除能力の確保について決定するにあたっては、リスクが最大の地域に特に重点を置くべきことは明白である。リスクの認知は、航行するタンカーの数やその他の輸送交通、航海上の危険、精油所や石油ターミナルの所在地、及び沖合油田開発・産油活動や関連する海中パイプラインの存在などを基盤とすることができる。

- 1.2.2 計画立案の当該側面にどの程度注意を払うかは国によってさまざまである。国内の海岸線の総距離が短い国の場合は高リスク地域の識別は比較的容易であろうが、海岸線が長く上記の諸要因が複雑に相互に作用している国では、識別作業は難しくなる。難易の差はあっても、平均を上回る高リスクの地域を明らかにすることは常に可能である。

### 1.3 油の性状変化

油の特性及び海洋環境への流出後の時間変化の仕方には大きなばらつきがある。これらは、利用できる対応案を左右し、対応速度が不可欠の要件となることもある。各種の油の特性に関する情報は、石油産業をはじめ各種資料から入手できる。流出油の性状変化を決定する物理的・化学的プロセスの詳細については、『IMO 油濁マニュアル』の第IV部第3章が参照できる。

### 1.4 局地的な風・潮流に基づく流出油の動き

- 1.4.1 油膜の移動については、潮や風の向きと速度が判明していれば予測可能である。熟練者による迅速かつ高精度の流出油の移動予測が可能となるよう、適切な手配が必要である。しかしながら、高密度の油は常に水面にとどまるとは限らず、油の移動の予測が困難になるものもあるので、注意が必要である。
- 1.4.2 簡便な油膜移動予測には各種コンピュータプログラムが利用できる。単なるベクトル合成から、海洋データや関連する海岸線の詳細概要を内蔵し、各種の油の特性や流出油の性状変化モデルを備えた高性能なものまで、プログラムは千差万別である。いずれも、風及び潮流に関する情報を入力できるようになっている。精度の高い油膜移動予測はデータの信頼性に左右されるが、信頼性の高いデータが常に入手できるとは限らない。このため、実際の油膜の移動を監視するための空中サーベイランスを実施することが望ましい。

### 1.5 沿岸域脆弱マップの作成

- 1.5.1 理由は様々だが、ある種の海岸区画や海岸水域は、油濁に対してより鋭敏である。鋭敏度を決定する要因としては次のようなものがある。
- － 漁業
  - － 養殖
  - － 鳥類及びその他の野生動物
  - － 湿地帯など環境保護の重要性が高い地域

- － 発電所など海水の産業利用がある地域
- － 淡水化施設
- － アメニティ海浜
- － ヨットなどレクリエーション施設

1.5.2 一般に海岸線全体を油濁から守ることは不可能であり、したがって優先順位を定める必要があることから、流出油対応プランニングでは、油濁危険域内の脆弱度についての知識があれば、利用可能な清掃資源を最大限に活用できる。意思決定者にとって一助となるように、沿岸域脆弱マップを作成する。

1.5.3 優先順位は、既知の油濁脆弱度及び社会経済的要因の双方を基盤として決定できる。利用可能な防除技法の予想される有効性についても考慮に入れる必要がある。例えば、工業用水の取水口、淡水化プラント、貝類生息地の付近では油処理剤の使用は不適切と考えられる。

## 1.6 保護すべきものの優先度

1.6.1 多くの流出油では、全ての油の海岸漂着を阻止できるとは断言できないであろうし、所定の海岸に油を誘導することが適策となる場合もあろう。したがって、優先的に保護すべき地域を事前に定めておく必要がある。この決定を下すにあたっては、事前に多方面の利害関係者と協議する必要がある。

1.6.2 下記は、考慮すべき諸要因の一例である：

- － それぞれの地域の知見の利用可能性
- － 特定の資源防護の実用性
- － 競合するニーズの相対的重要性
- － 季節による優先度の変化：魚類や鳥類の繁殖期や人々の休暇期間（ホリデーシーズン）
- － 防護措置ができないうちに油に汚染されてしまった場合、優先度の変更が生じること。

1.6.3 合意された優先順位に関する情報は、入手しやすく広く公開される必要がある。優先順位は一覧表を作成し、任意の脆弱度マップと相互参照する必要がある。優先順位を確立することで、流出油緊急時の最中に困難な選択決定を迫られたときにも、意見の不一致や決定の逡巡のリスクが小さくなる。

## 1.7 流出油対応方針

- 1.7.1 流出油対応は確立された学問ではなく、最善策については様々な見解がある。特定の事故にあたって既存状況に照らして最善の対応法の組み合わせを確立できるよう、計画立案者は対応案の柔軟性を維持するよう努めるべきである。
- 1.7.2 下記は、対応策の一例である：
- － 可能な場合、流出源からの油の流出を阻止または減らす
  - － 海洋または海岸の資源に油濁の危険がない場合は、油膜のモニタリングを実施する
  - － 海上での油回収を試みる
  - － 海上での油処理剤の散布
  - － 主要資源の防護
  - － 海岸清掃
  - － または、上記の任意の組み合わせ
- 1.7.3 どんな対応でも、海上での活動を奏功させるには迅速に動く必要がある。
- 1.7.4 海岸での油の処理は海上ほどの緊急性はなく、自然のクリーニング作用が働く、あるいは清掃作業によって環境影響が増す場合など、漂着油に対してことさらに措置を講じないことが適切な場合もある。
- 1.7.5 上記の対応法の詳細については、『IMO 油濁マニュアル』の第 IV 章を参照されたい。

## 1.8 対応機関

- 1.8.1 一定の規模と性質の油濁事故の対応に携わるためには、対応機関は十分な規模と資金を備えた組織でなければならない。また、より大規模な活動に対処できるよう、拡大や変更が可能でなければならない。
- 1.8.2 実際の油濁または油濁のおそれに関する情報の迅速な収集と伝達のための手段を確立しておくべきである。対応機関内部の意思決定者は、昼夜を問わず当該情報を受け取れる状況になくしてはならない。そのためには、指示や情報の伝達のための適切な通信設備が必要である。
- 1.8.3 対応機関内部の意思決定者は、流出油または流出油につながるおそれのある事故

に対して直ちに行動開始できるよう十分な権限を付与されていなければならない。

- 1.8.4 対応機関は、多数の人員や多種多様な機械類の管理を含めて他機関の活動を調整する能力を持つべきである。
- 1.8.5 どのような対応技法が使用されるにせよ、油濁防除資源は容易に利用可能となっているべきである。
- 1.8.6 大事故への対処のため事前に人員・機器・資材の追加について事前に識別し、それらの確保のための手配を前もって行っておくべきである。
- 1.8.7 活動の効果的な指揮と管理のため適切な本部を設定できるようにしておくべきである。対応活動の種類別に本部を立てることもあろうが、全体的な指揮本部を設けるべきである。
- 1.8.8 対応機関の部門別の責任を規定する明瞭な指示がなされるべきである。



## 第2章 国家油緊急時計画

### 2.1 背景

- 2.1.1 海上交通、特に港湾を利用したり沿岸域を航行する石油タンカーには、衝突、座礁、積み荷の油や燃料油の移送、あるいはその他の海洋事故による海上油濁のリスクが存する。原油探索や産油活動も油濁リスクを引き起こす。油濁は、レクリエーション域、海鳥、海洋生物、海岸の施設、そして漁業にとって脅威となる可能性がある。
- 2.1.2 油流出事故への対応は、流出油影響を最小限に抑えられるよう細心の事前計画が必要である。通常、そのために策定されているのが緊急時計画である。緊急時計画は、可能性はあるが必ずしも発生しないかもしれない出来事への迅速な対応を開始できるよう通信や活動の流れを事前に規定したものであるといえる。

### 2.2 目的と目標

- 2.2.1 国家緊急時計画は、海洋環境への油流入につながりかねない海洋緊急事態への対応のための責任を明確にすることが狙いである。
- 2.2.2 当該計画は、流出油またはその脅威に対して適時で効果的な対応を保証することを目標とする。
- そのために下記事項が実施される：
1. 関係諸機関全ての代表で構成される実体のある活動機関の設置
  2. 高いリスク域の識別
  3. 保護及び清掃の優先度の高い海岸域の識別
  4. 適切な流出油対応機器の確保
  5. 管理要員及び活動人員の訓練

### 2.3 計画の範囲及び内容

- 2.3.1 ほとんどの流出油は規模が小さく地方レベルで対応できるが、大規模流出にあたっては、対応を国家ないし国際レベルまで拡大可能なメカニズムが確立されている必要がある。おおむね、緊急時計画はレベルの違いにかかわらず類似の形式にしている。
- 2.3.2 緊急時計画では、方針と責任を規定し、計画の策定及び実施の責任を負う管轄機

関または主導機関、及び土台となる法律を定めるべきである。計画の対象となる地理的範囲を明確にし、土台となる法律や協定に言及する。

## 2.4 定義

下記の用語は次のとおりに定義されている：

対応： 油濁の防止、軽減、モニタリング、または対処のために実施される任意の活動

主導機関： 計画にもとづき、海洋緊急事対応の全責任を負う組織として指定された国家政府機関

支援機関： 計画にもとづき、特定の対応支援任務を割り振られた機関

現場指揮官： 必要な資源の現場への動員の責任者

海洋緊急事態： 原因を問わず、海洋環境の甚大な油濁またはその直接的脅威を引き起こした災害、事故、出来事、または状況で、特に、船舶の衝突、座礁、その他の事故、石油掘削及び産油活動に起因する暴噴、及び産業施設の異常に起因する油の存在を含む

## 2.5 他機関からの支援

計画では、現場指揮官に対して資源や専門・学術的助言を提供することができる他の政府機関や民間組織の任務を明確に規定すべきである。

## 2.6 通報システム

油流出に至った（そのおそれを含む）海洋緊急事態に関する情報は、多数の情報源から寄せられるであろう。計画では、この種の通報を受領し伝達する機関を明らかにすべきである。当該情報は、下記のできるだけ多くの事項を含むべきである：

- 事故通報者の氏名
- 電話番号（勤務先／自宅）またはその他の連絡方法
- 発見した日時
- 発見したことの詳細
- 場所（例えば経緯度または海岸との相対的位置）
- 油濁の源及び原因（例えば、船舶の名称及び種類、衝突または座礁）
- 流出した油の種類及び推定流出油量（並びに、さらなる油濁の可能性）
- 天候及び海上条件
- 事故対応のために講じられた、または意図されている活動

## 2.7 警報システム

計画には、警報発令手順を組み入れるべきである。主導機関と支援機関に対しては、可能な最速の手段で初通報及び後続通報を伝達する。

## 2.8 流出の評価

海洋緊急事態がもたらしている脅威について迅速に評価することが肝要である。実際に流出が発生しているときは、現場指揮官が油膜のサーベイランスを手配し、気象・海象学データを用いて油膜の以後の動きを予測する。

## 2.9 サルベージ及び積み荷の除去に関して考慮すべき事項

2.9.1 船舶事故では、直接的な油の流出はないかもしれないが、船舶の状態によっては流出のおそれが存在し、積み荷の油や燃料油タンクからの漏出の可能性もある。

2.9.2 サルベージ作業は複雑で、普通はプロのサルベージ業者に委ねる必要がある。政府、サルベージ業者、船主及び船長、並びに積み荷所有権者の間の連絡通信を促進する計画を立案すべきである。政府の関心事は災害時の油濁被害の軽減にあるが、そのためには、船舶と積み荷の迅速で効率的なサルベージを行うことが早道となる可能性がある。原油タンカー事故では、携帯ポンプ機器による別タンカーへのカーゴ原油移送が必要となることが少なくないであろう。『油濁マニュアル第 III 部』では、この件について政府に対する指針を記している。

## 2.10 流出油の監視（サーベイランス）

2.10.1 海上サーベイランスには、固定翼機またはヘリコプターが利用できる。空中リモートセンシング機器が有用であろう。空中サーベイランスによって油膜の移動や広がりをプロットすることは、現場指揮官が適切な対応措置を講じる上で役立つ。

2.10.2 空中サーベイランスは、海岸線油濁の全体的な規模の判定にも役立つ。ただし、この場合は、油濁海岸線の視察で確認すべきである。

2.10.3 清掃活動の一部の段階では、連続的サーベイランスが必要となることもある。

## 2.11 対応策の決定

- 2.11.1 考慮対象となる各種対応案について計画で定めるべきである：
1. 可能な場合、流出源からの油の流出を阻止または減量
  2. 脅威にさらされている、またはそのおそれのある海洋資源・海岸資源がないときは、油膜の移動及び挙動のモニタリングの継続
  3. 海洋・海岸資源が脅威にさらされているときは、海上対応活動やオイルフェンスによって鋭敏海岸線を守るなどの活動を開始すべきか否かを決定
  4. 天候条件から海上対応や海岸防護が実施不能、または海岸資源がすでに油濁しているときは、清掃の優先順位を決定
  5. 必要な人員・機器・資材の動員開始

## 2.12 清掃活動

- 2.12.1 計画では、どのような状況で、どの清掃法を使用するかを明らかにすべきである。一般に、流出油の囲い込み及び回収が優先されるが、状況によっては油処理剤の使用が必要になる。油処理剤については、使用すべきか否か、どこで、いつ使用すべきかについて方針を明確に規定しておくべきである。
- 2.12.2 多くの場合、油は海岸域に到達し、海岸や、湾やラグーン内の水面から油及び油濁物の除去が必要となるであろう。海岸清掃については、大量の労働力と土木機械が必要になることが多く、したがって計画ではそれらの利用可能性について明らかにしておくべきである。
- 2.12.3 空中サーベイランスや現場指揮官からのデータをもとに清掃活動の進捗状況をモニタリングし、対応策について評価し直す。アメニティ海浜の清掃レベルは開放性岩浜よりも高く設定されるなど、清掃レベル目標はエリアごとに設定する必要がある。清掃活動の終了については、現場指揮官が他の関係当事者との協議を踏まえて決定する。一般に、それ以上活動を続けても効果がないと思われるとき、または望ましい清掃レベルが達成された時点で、終了決定が下される。

## 2.13 通信

活動に関わる現場指揮官、現場、船舶、航空機間の効果的な通信のためのシステム及び手順を計画で確立すべきである。通信本部を定め、最小限の機器として電話、テレックス、無線通信機を装備する。無線通信には専用の周波数を割り当てることを考慮すべきである。

## 2.14 回収した油及び油濁物の処分

- 2.14.1 回収した油及び油濁物を運び込むために利用可能な機器及び一時保管場所を計画で明らかにすべきである。最終的な処分は、回収物の種類や油濁程度に左右される。
- 2.14.2 大量に発生し取扱いに困る油濁物及び油濁砂の処分は、特に大きな問題となる。計画の中で、関係政府機関と協議の上で適切な最終処分場所を定めておくことが望ましい。『IMO 油濁マニュアル』第IV部の第9章を参照されたい。

## 2.15 油濁域の復元及び事後のモニタリング

- 2.15.1 清掃作業の完了時には、なんらかの復元措置が必要となる。復元の程度について、主導機関は、環境・観光・漁業・海岸の産業・港湾などを管轄する他機関との協議を踏まえて決定する。復元措置の例としては、油濁海浜砂の入れ替え、マングローブ林、湿地帯、海草繁茂地への苗木の植林、水産養殖資源再生プロジェクトなどがある。
- 2.15.2 計画で環境脆弱地域に指定されたエリアでは、清掃活動の終了後、動植物への長期的影響判別のためのモニタリングプログラムが行われるべきである。事後のモニタリングを通じて、海岸環境、特に漁業への長期的影響評価が可能となる。

## 2.16 記録の保管及び賠償請求準備

賠償請求の円滑な処理のためには、清掃場所個別に講じられたすべての措置、投入された人員と機器、及び使用された消費資材に関する精確な記録を作成しておくことが肝要である。計画の付録にワークシート見本を付すとよいであろう。詳細については、本書の第5章で取り上げる。

## 2.17 広報

効果的な広報は対応活動にとって不可欠な一部である。計画では、メディアとの連絡窓口として経験豊かな広報担当者を任命しておくことが望ましい。対応活動に使用するものとは別個の適切な休憩施設や電話回線を確保する必要がある。一般住民やメディアへの迅速な関連情報の提供が行われなかった場合、流出油事故の処理に不要な問題を引き起こすことにもなりかねない点に留意されたい。

## 2.18 訓練及び演習

- 2.18.1 訓練及び演習に関する要件は、計画において明文で規定しておくべきである。  
船舶や航空機の乗員、機器操作員、海岸清掃人員、及び司令部を含めたすべてのレベルにおける訓練計画を策定すべきである。
- 2.18.2 通報、警報、通信網が有効に機能するためには定期的な演習が不可欠である。  
計画で特定の責任を割り当てられた人員は、演習を通じて責務に習熟することができる。
- 2.18.3 人員・機器・資材の利用可能性や性能を確認するためにも、実際の動員・投入を含めた演習がときおり必要である。

## 2.19 計画の見直し

計画は定期的な見直しを行い、定期的な演習や事故実例で得られた経験の取り込みを図る。警報リストや機器在庫リストは定期的に更新すべきである。

## 第3章 港湾及びターミナルの緊急時計画

### 3.1 はじめに

- 3.1.1 ITOPF が作成した原因別・進行中の作業別の流出油分析によると、これらの流出の過半数が港湾域内でターミナル作業中に発生したものである。IMO の1978～85年の外洋タンカー重大事故の定期的分析からも、事故の60%は港湾や制限水域で起こったことが示唆されている。ターミナル作業や燃料補給中に発生する流出のほとんどは規模は大きくないが、港湾当局やターミナル事業者はこうした流出に対処できるよう準備をしておく必要がある。
- 3.1.2 港湾の緊急時計画の策定にあたって、港湾当局は、国家計画の場合とほぼ同じアウトラインに従うが、必要に応じて追加資源を得るための規模拡大についての規定が必要である。港湾の緊急時計画の狙いは、海洋流出油対応のための組織、通信、及びその他の手順を確立することである。港湾やターミナルでは、流出の発生するおそれのある場所及び油種は識別しやすい。しかしながら、港湾の緊急時計画の策定では、衝突、座礁、火災、人身事故など発生可能性のあるあらゆる緊急事態を考慮する必要がある。前記事項にもとづいて、優先事項を定めたいうで対応のメカニズムを確立することができる。
- 3.1.3 現場指揮官（通常、港長、副港湾管理者、または港務官）、及び利用可能な機器の使用並びに機器を動員する訓練を受けた要員も任命されるべきである。流出通報、港湾及び周辺域の関係当事者への警報、対応活動の必要性を判定するための流出評価、並びに承認された後、活動を開始するためのメカニズムも確立されるべきである。
- 3.1.4 港湾内の石油ターミナルが独立所有・運用されている場合、ターミナルにおける流出の初期責任は運用事業者が負う。港湾当局は流出の報告を受けて、他の船舶や港湾施設の安全確保のための適切な措置を講じ、清掃活動をモニタリングする。ターミナル運用事業者の対処能力を超える流出に備えて、ターミナルの緊急時計画では、港湾当局をはじめ外部からの追加資源投入を要請するための規定を設けておくべきである。

### 3.2 範囲及び地理的広がり

対象となる事故のタイプ、及び計画発動の権限を持つ指揮者を、計画で明確に規定するべきである。また、計画の対象となる地理的範囲についても明らかにして

おくべきである。さらに根拠となる法律にも言及すべきである。計画は、領域内の他の緊急時計画と整合するものでなければならない。

### 3.3 義務と責任

3.3.1 港湾の緊急時計画では、関係者全員の義務と責任を明確に規定することがきわめて重要である。規定すべき事項には、警報手順、通信、及び活動本部の設置も含まれる。

3.3.2 指名されている者が計画を発動すると、現場指揮官は活動の各側面についての命令を出し、活動を調整する。現場指揮官は、自分の現場代理とするため他の港湾関係者を補佐に登用することができる。その他、次の諸機関から援助を受けることができる：

- － 消防
- － 警察
- － 保健安全局
- － 産業界及びその契約者
- － 地方自治体
- － 漁業局
- － 環境専門家など

3.3.3 特に、下記事項を重視すべきである：

- － 無許可の船舶、車両、人員の事故現場立ち入りを阻止する
- － 必要な場合は、港湾職員及び一般住民の退避
- － 事故や対応活動での負傷者の受入と治療
- － 正確な費用記録の作成

### 3.4 対応活動の拡大及び追加援助要請の方法

地元の対応資源では不十分な大規模油濁事故については、追加資源の確保のために国家緊急時計画が発動される。利用可能な国家資源では適切に流出に対処できない場合、国家当局は地域協定に基づく、または国際機関や契約者に対する援助要請を検討する。



### 3.5 訓練及び演習

- 3.5.1 港湾及びターミナルの緊急時計画の実施が成功するためには、最も効果的な方法で利用可能な機器を利用・維持管理できるよう機器オペレーターを対象とした訓練、現場指揮官とそのチームを対象とした訓練の双方を定期的実施しなければならない。
  
- 3.5.2 計画は定期的演習されなければならない。演習は、通信手順を確認する机上演習や、人員・機器・資材を動員する実地演習がある。毎回、演習の終了時には評価を実施し、判明した欠点について吟味し、計画の有効性を高めるために必要な改訂や修正を行うべきである。

## 第4章 国際海洋流出油緊急時計画

### 4.1 はじめに

4.1.1 第4章では、各国政府間の油濁または油濁の脅威に対する対応協力についての全般的合意を運用レベルで効果的なものとするために国際緊急時計画に組み入れるべき事項を取り上げる。これらの事項は、拡大発展させて地域、サブ地域、または二国間協定の枠組みでの国際緊急時計画の策定に利用できるが、既存の緊急時計画への置き換えは意図されていない。発展途上国における近隣諸国との活動取り決めの確立に一助となることを主たる狙いとしている。計画参加国の政府は、各自の能力の範囲内で適度な規模でこうした活動に着手すべきである。本章の付録1は、国際緊急時計画の概要案である。

4.1.2 国際緊急時計画への参加を意図している各国政府は、まず最初に自国の国家流出油緊急時計画を策定し実施することが肝要である。国レベルの計画は、国連専門機関や石油産業を含めて、リスク評価、海上での流出油の挙動、可能な処理法、及び流出油対応機器の利用可能性について専門的知識を提供できる諸機関との緊密な協議を経て策定することができる。

4.1.3 国家計画は国によって異なるであろうが、下記の通り、国際対応協定を最大限に活用可能となるためには共通の基本的要素が多数存在する必要がある。

1. 流出油事件を管轄する国の責任当局の指定
2. 国家流出油対応組織の説明
3. 可能性のある流出源、リスクにさらされる脆弱資源、及び保護の優先度の識別
4. 既存の対応資源（存在する場合）、及び流出油防除のための対応選択肢、並びに国家レベルで対処可能な流出規模
5. 対応に利用可能な国内ロジスティックス支援施設の識別
6. 回収した油の保管及び処分法の識別

4.1.4 この種の国レベルの手配は、国際流出油計画の補足として確保されているべきである。国際緊急時計画の対象地域については、国家計画に盛り込まれた情報をもとに、潜在的流出源、リスクにさらされている資源、及び保護優先度の概要をまとめておくことが望ましい。

4.1.5 国際緊急時計画は、簡素で運用しやすいものでなくてはならない。対応レベルは個々の流出事例によって異なるであろうが、一連の既定の信号に基づいて段階ごとに活動許可を出し、国がかかる活動を開始できる手順を確立するためのメカ

ニズムが必要である。

## 4.2 計画参加国政府間の協力の範囲

4.2.1 国際緊急時計画は、2国または3国以上の政府間で流出油サーベイランス及び対応の運用面の協力の枠組みを確立するためのものである。下記を含めて、これだけに限定されない事項が組み入れられる：

- － 情報交換
- － 船舶、航空機、流出油対応機器の利用
- － 油濁事故が発生した水域を管轄する国が主導的役割を果たすという仮定についての取り決め
- － 合同対応活動のための指揮系統及び連絡に関する明確な規定
- － 優先度の高い海岸及び海域の識別
- － 他国領内での船舶運用または上空通過飛行のための取り決め
- － 計画の適切性を検証するための机上及び実地演習の実施

## 4.3 地理的領域と責任分担の定義

4.3.1 国際緊急時計画でカバーされる地理的領域を明確に規定すべきである。個々の国が、または複数の国が合同で、サーベイランス、通報、警報、対応活動などの責任を負う領域についても明確に規定すべきである。

4.3.2 地理的領域は、適切な注釈を付した計画に添付されている地図または経緯座標、または双方を用いて特定できる。

4.3.3 流出油の追跡と必要な対応の双方に関連したすべての措置は、流出発生地点を管轄する国が主導的役割を果たし、初期責任を負う。国際緊急時計画では、他国への責任移管の基盤について規定しなければならない。任意の関係国は対応活動を拡大して、計画に参加している他の国々、または非参加の国や組織に対し、援助を要請することができる。

## 4.4 通報、警報、及び通信

4.4.1 国際緊急時計画には、各国の国家緊急時計画で指定された責任当局または責任機関について詳しく記した各国の合意リストを組み入れなければならない。これらのリストは、連絡先、及び24時間連絡がつく電話・テレックス番号を特定しなけれ

ばならない。通報の受理と伝達には、国防、沿岸警備隊、警察本部などの既存施設が利用できる。

- 4.4.2 流出またはその重大な脅威が発生した領域を管轄する国は、近隣諸国の海域や海岸に悪影響が生じるおそれがあると認めた場合、その旨を直ちに近隣諸国に通報し、事故について可能な限り詳細な情報を伝えるべきである。発生した流出事故についての情報としては、流出源、日時、位置、流出した油の種類と量、さらなる流出の可能性、卓越的天候条件と気象予報、及び対策案が含まれる。状況の進展につれて、たえず更新情報を伝えるほか、定期的に要約を提供して近隣諸国が常に最新情報を手にするように努めなければならない。付録2は通報書式の一例である。完全な情報がすぐに入手できない場合も、この種の通報の伝達を遅らせてはならない。
- 4.4.3 利用可能な気象・海象データを分析し、流出油の全般的な動きについておおざっぱな初期予測を行う。より高精度の移動予測法は、後段階で使用できるであろう。しかしながら、あらゆる流出は肉眼観測が必須であり、該当する国家緊急時計画にもとづく責任当局は、チャーター船、軍用機や商業機などすでに識別されているサーベイランス資源を活用すべきである。肉眼観測および予測の結果は、計画対象域内の流出油の影響を被るおそれのある国々に対しては、脅威が完全に消失するまで情報を伝えることが肝要である。
- 4.4.4 流出事故に際して援助を要請・提供・受理するための手順を策定すべきである。
- 4.4.5 現場無線通信を容易にするためには、専用周波数の割り当てや対応関係者の間の公用語について、指定責任機関の間で事前合意を確立しておくことが肝要である。

#### 4.5 ロジスティックス、管理運用、及び資金調達

- 4.5.1 国際緊急時計画には、各国当局を通じて利用可能な対応機器や専門家のリスト、機器・資材の動員のための手続及び料金のリストを組み込む必要がある。付録3は書式案である。地域内にあり援助に活用できる各国政府や民間企業の資源には不備や不足があり適正レベルには達していない可能性がある。したがって、個々の保有物の増強について合意する、あるいは、共同の補足的保有物の確保や機器・資材の備蓄に関する取り決めを行うなどの対処が必要となる。また、最悪の状況に適切な対応がとれるよう地域外の容易に利用できる官民の資源を特定しておくことも国際緊急時計画として必要である。それにもかかわらず、自国資源の対応参加についての裁量権は各国に存する。

- 4.5.2 国際緊急時計画の実施面では、機器・資材・人員を必要とされる場所に形式的手続なしに速やかに動員可能なことが重要である。したがって、同計画の参加各国が、油濁またはその脅威の防除において自国または他国を支援する目的で自国に出入りする人員や資材については税関、入管、その他の取締りを免除する行政取り決めを確立することが重要である。
- 4.5.3 こうした取り決めの細目を国際緊急計画に組み入れ、全計画参加国及び国際機関や油濁事故に際して支援要請する可能性のある国々に配布する。取り決め細目には、管轄国家機関（税関・入管など）が特別取り決めに容易にするために必要とする基本的情報も含まれる。この種の取り決めに、入国ビザの迅速な交付や流出油清掃機器・資材の一時的輸入に対する関税や輸入税の免除などの条項を組み込むのが理想である。
- 4.5.4 合同対応活動の資金調達や資源貸出に関する具体的な合意を策定すべきである。計画参加国は、地域内で流出油清掃費用に関する補償獲得について適用される国際制度や任意取り決めを了知しておくべきである。
- 4.5.5 各国は、事故対応のために講じられた措置や使用された機器・資源の個別記録を作成すべきである。これらの記録は補償請求の裏付けとなるほか、後日の流出油事故で講じられた対策の分析と国際緊急時計画更新に活用できる。

## 4.6 国際緊急時計画の見直しと更新

- 4.6.1 国際緊急時計画については、定期的な見直しを実施して、地域内の定期演習や事故実例で得られた経験を組み入れる。連絡窓口や機器在庫リストについても各国から寄せられる情報をもとに定期的に更新する。

## 付録1 国際緊急時計画の概略案

- 1 序論
  - 1.1 背景
  - 1.2 目的及び目標
  - 1.3 計画の範囲及び地理的対象範囲
  - 1.4 略語
  - 1.5 定義
  
- 2 方針と責任
  - 2.1 情報交換
  - 2.2 国家機関及び連絡窓口の指定
  - 2.3 主導的役割の引き受け
  - 2.4 対応計画立案
  - 2.5 合同訓練・演習
  
- 3 対応活動
  - 3.1 流出サーベイランス及び予測
  - 3.2 支援要請
  - 3.3 合同対応活動
  - 3.4 油処理剤の使用
  
- 4 通報及び通信
  - 4.1 初期警報システム
  - 4.2 油濁通報 (POLREPS)
  - 4.3 事後報告
  
- 5 運用管理及びロジスティックス
  - 5.1 資金調達
  - 5.2 税関、入管、上空飛行手続
  - 5.3 清掃費用書類
  - 5.4 計画の改訂

付録1 地理的対象範囲及び参加国の責任領域を示す地図

付録2 潜在的流出源及び環境脆弱域の地図

付録3 通信計画

付録4 機器在庫リスト及び専門家リスト

付録5 参加国の国家緊急時計画

## 付録2

### 汚染通報システム (POLREP)

ボン条約締約国は第8回会合（1984年5月8～11日、ストックホルム）において、関係国際協定の承認受託を前提に、1985年1月1日より新規POLREP通報システムを採択する旨を決議した（BA8/12/1、第5.47段）。この新規システムについて、コペンハーゲン協定締約国は1984年8月、ヘルシンキ条約防除案件協力に関する専門家委員会（EGC）は1984年9月に、各々採択した。これを踏まえて、新規POLREPシステムの上記3協定における共通発効日は1985年1月1日となった。

### 汚染通報システム (POLREP)

1 汚染通報システムは、海洋油濁が発生またはそのおそれが存在するときに契約国相互の情報交換に用いられることが狙いである。

2 POLREPは、次の3部に分かれる：

- |                                   |      |                             |
|-----------------------------------|------|-----------------------------|
| 1. 第I部 (POLWARN)<br>(数字1～5)       | 汚染警告 | 最初の情報提供、または汚染もしくはそのおそれの警告   |
| 2. 第II部 (POLINF)<br>(数字40～60)     | 汚染情報 | 詳細な補足的報告及び状況報告              |
| 3. 第III部<br>(POLFAC)<br>(数字80～99) | 汚染対策 | 汚染防除施設または資源の要請、並びに運用面の特徴を記す |

3 上記の3部構成はもっぱらわかり易さのためである。このため、個々の数字に賦される内容の形式は統一されていない。しかし、通報を受け取った側は、数字を見るだけで、第I部（1～5）、第II部（40～60）、第III部（80～99）のどの部分かを理解できる。使い方に制約はなく、すべての数字を1件の詳細報告書に組み入れることもできるし、各部の個々の数字を独立に使用したり、個別の数字を各部から適宜抜き出して組み合わせ1件の報告書にまとめることもできる。

4 第I部をヘルシンキ条約、コペンハーゲン協定、またはDANGER PLANの警告として使用するときは、常に緊急（URGENT）と付記することになっているが、ボン協定では「緊急」と記すか否かは任意である。

- 5 第 II 部は第 I 部の後続部分である。第 I 部提出後、関係締約国は他の締約国に対して、第 II 部の中の適切な数字を用いて事故の性質及び規模について自己評価を知らせることができる。
- 6 第 III 部は、もっぱら支援要請や関連事項に関する部分である。
- 7 表 1 は、POLREP 第 I 部、第 II 部、第 III 部の各数字についての詳細説明である。
- 8 表 2 は、本システムによる POLREP3 例である。
- 9 個々の POLREP を識別可能であること、及び POLREP 受領者の側で問題となっている特定の汚染や脅威に関するすべての報告を受領したことをチェックできることが必要である。
- 10 POLREP は、「DK2/3」など連続番号で識別する。この識別記号は、デンマーク当局の提出した POLREP であり、この報告は第 2 の汚染事件に関するものであること、並びにこの汚染事件について第 3 報であることを意味している。
- 11 最後の報告である最終 POLREP には「DK25 FINAL」と記し、この報告が第 2 の汚染事件についての第 5 報であり最終報告であることを示す。
- 12 POLREP 受領者が提出された報告書のすべてについて了知しているよう、POLREP 提出側は、連続番号に続いて、過去に提出された POLREP の受領者に関する情報を明記しなければならない。例えば：
  - DK2/5—DK2/1、FRG 及び S
  - DK2/2、FRG
  - DK2/3、S
  - DK2/4、FRG 及び S
- 13 数字 5、60、及び 99 については、管轄国家機関が問題となっている連続番号の参照について「承認」を与えることが重要である。
- 14 POLREP への返答に際しては、提出国が使用した連続番号を返答参照番号として使用する。しかしながら、POLREP への応答にあたって必ずしも POLREP システムを固守しなければならないということではない。



15 POLREP を演習で使用する場合は、本文の冒頭に「演習 (EXERCISE)」という語を記し、末尾には3 回繰り返す。当該演習に関連する後続報告書は各々、上記と同様に EXERCISE という語を冒頭及び末尾に付す。

16 以下は、POLREP の概要リストである。

#### POLREP 概要リスト

	住所	発信者	送信者
	日時群 識別記号 連続番号		
第 I 部 (POLWARN)	1 日時 2 位置 3 事故 4 流出 5 承認		
第 II 部 (POLINF)	40 日時 41 位置 42 油濁の特徴事項 43 流出源及び油濁の原因 44 風向・風速 45 潮流または潮汐 46 海上条件及び視認性 47 油濁の漂流 48 予測 49 観測者及び現場船舶の識別 50 講じられた措置 51 写真またはサンプル 52 通知先各国名 53～59 予備 60 承認		
第 III 部 (POLFAC)	80 日時 81 支援要請 82 費用 83 引き渡しの事前手配		

- 84 支援の場所及び方法
- 85 他の援助要請国
- 86 指揮系統の変更
- 87 情報交換
- 88～98 予備
- 99 承認

表 1

内容	備考
DTG (日時群)	テレックス草案作成の日時 (DTG)。常に 6 桁の数字。月を付すことも可。DTG は参照番号として使用できる。
POLREP BONN AGREEMENT/NORDIC/BALTIC/DENGER	<p>報告書の種類を示す。  「POL…」は、あらゆる汚染（油だけでなく他の有害物質の汚染）に関する報告書であることを示す。  「REP…」は、汚染事故報告書であることを示す。  次の主要 3 部構成をとることができる：</p> <p>第 I 部 (POLWARN) 災害または油膜や聴け物の存在についての初期通知（最初の情報または警告）。この部分は 1～5 の数字が振られる。</p> <p>第 II 部 (POLINF) 第 I 部を詳細にした補足報告書。40～60 の数字が振られる。</p> <p>第 III 部 (POLFAC) 他の締約国からの支援要請、及び支援状況の運用面の事項。80～99 の数字が振られる。</p> <p>BONN AGREEMENT 該当する協定を示す（他のコード語として、1971 年コペンハーゲン協定を表す「NORDIC」、1974 年ヘルシンキ条約を表す「BALTIC」、及び 1982 年ドイツ・デンマーク合同海事緊急計画を表す「DENGER」）</p> <p>第 I 部、第 II 部、及び第 III 部は、まとめて 1 報告書とすることもできるし、別立てとすることもできる。さらに、各部の個々の数字を単独で、または残る 2 つの部分の数字と組み合わせることもできる。  付属する文がない数字は POLREP では割愛される。</p> <p>第 I 部を重大な脅威の警告として使用するとき、テレックスの冒頭には</p>

	<p>通信の優先度を示す「URGENT」の語を付す。</p> <p>承認数字（5、60、または99）を含むPOLREPはすべて、管轄国家機関の可及的速やかな承認を得るべきである。</p> <p>POLREPは、常に報告国からのテレックスで終了する。このことは、その特定の事故についてはそれ以上の業務通信はおこなわれないことを示す。</p>
--	---

内容	備考
DK1/1	<p>各々の報告書は識別可能であるべきとし、報告書受領機関が、取り上げられている事故についてのすべての報告書を受け取ったか否かをチェックできるべきである。このためには、国家ID記号（DK、FRG、UK、PO、FIなど）を用い、それにスラッシュ（/）で区切った数字を続ける。スラッシュの前の数字は報告書で取り上げられている事故を表し、スラッシュの後の数字はその事故について作成された報告書件数を表す。</p> <p>「POLREP BONN AGREEMENT DK1/1」は、ボン協定地域で発生した事故についてのデンマークの報告書第1号であることを示す。</p> <p>「POLREP BONN AGREEMENT DK1/2」は、上記と同じ事故についての報告書第2号であることを表す。</p> <p>事故に起因した汚染が明白に規定されたパッチに分離したとき（この例では2パッチに分離と想定）、POLREP BONN AGREEMENT 2とPOLREP BONN AGREEMENT 3に分かれたPOLREP BONN AGREEMENT 1は、事故についての最終報告書においてスラッシュの前に数字1を付して識別する。</p> <p>最初に報告された事故から派生した2つのパッチについての第1号報告書は、それぞれPOLREP BONN AGREEMENT DK2/1及びPOLREP BONN AGREEMENT DK3/1となり、後続の報告書はスラッシュの後の数字を増分して示す。</p>

## 第 I 部 (POLWARN)

内容	備考
1 日時	事故が発生した日にちと時刻、または汚染原因が不明の場合は観測時刻を、6桁数字で示す。091900z など時刻は GMT 表記とする（すなわち、その月の9日の1900GMTであることを示す）。
2 位置	事故の主な位置を、経緯度（度と分）で示す。受領者に既知の位置からの方位角及び距離を付記することができよう。
3 事故	事故の性質を記す。暴噴、タンカー座礁、タンカー衝突、油膜など
4 流出	汚染の性質（原油、塩素、DINITROL、フェノールなど）、及び総流出量（トン）と流出率、及び今後の流出リスクを記す。汚染は発生していないがその脅威が存するときは、物質名の前に NOT YET と記す（NOT YET FUEL OIL）。
5 承認	この数字が使用されているとき、管轄国家機関による可及的速やかな承認を必要とするテレックスであることを示す。

## 第 II 部 (POLINF)

内容	備考
40 日時	NO. 40 は、1 と異なる場合に、41～60 に説明する状況の日時を表す。
41 位置や汚染の程度—海面・海面上空・海中	主な汚染の位置を経緯度(度・分)で示す。数字2における記述以外に、受信者に既知の著明なランドマークからの距離及び方位角を付すことができよう。汚染水定量(汚染域のサイズ、数字4の記述以外に流出油のトン数、または失われたコンテナやドラム缶などの数)。数字2に記述がないときは、油膜の長さや幅を記す(単位:海里)
42 汚染の特徴	粘度や流動点などによる油種、梱包物またはばら積み化学品、廃水など、汚染の種類を示す。化学品の場合、判明しているときは正式名または国連番号。液体、浮遊固体、液状油、半液体スラッジ、廃油塊、風化した油、海面の変色、ペーパー視認などの外見を記す。ドラム缶、コンテナなどの表記事項も記す。
43 汚染源及び汚染の原因	船舶または他の活動などを示す。船舶からの場合、意図的な放出か事故によるものか。事故の場合は簡単な説明を付す。可能であれば、汚染源船舶の名称、種類、サイズ、コールサイン、国籍及び登録港。航行中の船舶については、針路、速度、目的地
44 風向・風速	風向(度)及び風速(m/s)。風向は常に、風の吹いてくる向きとして示す。
45 潮流の向き・流速・潮汐	潮流の向き(度)及び流速(ノット及び10分の1ノット)。潮流の向きは、常に潮の流れていく向きとして示す。
46 海上条件及び視認性	海上条件は波高(m)で示す。視認性は海里で示す。
47 汚染物の漂流	漂流の針路(度)及び速度(ノット及び10分の1ノット)。空気汚染(ガス雲)の場合、漂流速度の単位はm/sを用いる。
48 汚染影響及び汚染域の予測	海浜への漂着の予想時刻など。数値モデルの結果
49 観測者/通報者の身元、現場船舶の身元	事故通報者が誰か。船舶の場合は、船名、母港、船籍、及びコールサインを付す。 現場船舶についても、同様に、船名、母港、船籍、コールサインで識別する。特に汚染者が特定できないとき、及び最近の流出と考えられるとき。
50 講じられた措置	汚染対処のために講じられた措置

内容	備考
51 写真またはサンプル	汚染状況を写真撮影またはサンプル採取した場合。サンプル採取機関のテレックス番号を付す。
52 通知先の国・組織	
53～59	他の関連情報のための予備項目（サンプルまたは写真分析の結果、調査官の視察結果、船舶乗員の説明など）
60 承認	この数字が用いられているテレックスは、管轄国家機関による可及的速やかな承認を得るべきである。

### 第III部 (POLFAC)

内容	備考
80 日時	No. 80 は、No. 1 やNo. 40 と異なる場合は、下記の状況に関連がある。
81 支援要請	必要な支援の種類と量を、次の形式で記す： ー特定の機器 ー特定の機器と熟練人員 ー完全対応チーム ー専門知識を持つ人員 要請国を明記
82 費用	支援要請国に対する支援提供に関わる費用
83 支援提供の事前手配	要請国内の税関手続、内陸水系へのアクセスなどの情報
84 支援の提供場所及び方法	支援提供に関する情報。海上ランデブーの場合は使用する周波数、コールサイン、及び要請国の最高現場指揮官の名前、または陸上当局とその電話番号、テレックス番号、及び連絡担当者
85 他の国家・機関	No. 81 で記述されていない場合のみ記す。例えば、後日他国がさらなる支援を必要とするときなど
86 指揮権の変更	油濁またはその重大な脅威が他の締約国の領域内に移ったとき、活動の最高指揮権を行使してきた国は、最高指揮権の引継を要請することができる。
87 情報交換	最高指揮権の変更について当事者双方の間で相互合意が成立したとき、指揮権引き渡し側は、活動に関連するあらゆる情報の報告書を引き受け側に提供する。
88～99	他の関連要件や指示のための予備項目
99 承認	この数字が用いられているテレックスは、管轄国家機関による可及的速やかな承認を得るべきである。

表 2  
POLREP  
例 No. 1  
完全報告書 (第 I 部・第 II 部・第 III 部)

アドレス	発信元 : DK  宛先 : FRG 及び NL
日時群	181100z 6月
識別	POLREP BONN AGREEMENT
連続番号	DK1/2 (FRG 宛での DK 1/1)
≠	≠
1 日時	1 181000z
2 位置	2 55° 30'N - 07° 00'E
3 事故	3 タンカー衝突
4 流出	4 原油、推定 3000 トン
41 位置、海面／上空／海中の汚染の程度	41 油は南東 0.5 海里に油膜を形成中。幅は最大 0.3 海里
42 汚染の特徴	42 ベネズエラ原油。粘度 : 37.8°C で 3780cS、かなり粘性
43 汚染源及び汚染原因	43 デンマークのタンカー ESSO BALTICA (母港コペンハーゲン、22,000GRT、コールサイン xxx) が、ノルウェーのばら積み船 AGNEDAL (母港スタヴァンゲル、30,000GRT、コールサイン yyy) と衝突。ESSO BALTICA はタンク 2 基が損傷。AGNEDAL には損傷なし
44 風向・風速	44 270-10m/s



45	潮流の向きと流速または潮汐	45	180-0.3 ノット
46	海上状態及び視認性	46	波高 2m、10 海里
47	汚染の漂流	47	135-0.4 ノット
48	汚染影響及び影響域の予測	48	シルト島、FRG、またはさらに南下し、今月 23 日には NL に漂着の恐れ
49	観測者／通報者の身元、現場船舶の身元	49	AGNEDAL、No. 43 を参照
50	講じられた措置	50	高性能重機を持つデンマークの 2 つの対応チームが現場に向かっている。
51	写真またはサンプル	51	油標本を採取。Telex 64 471 SOK DK
52	通知先の国・機関	52	FRG
53	予備項目	53	DENGER PLAN を起動
<hr/>			
81	支援要請	81	FRG に対して回収能力の高い機器を持つ 2 チームを要請
82	費用	82	FRG に対して、提供される支援の 1 日辺りの妥当な費用額を請求
83	支援提供の事前手配	83	FRG チームに対し、SOSC への事前通知により、防除目的でデンマーク水域へ入り、ロジスティックス目的でデンマーク港湾に帰港することを許可
84	支援提供場所及び方法	84	57° 30' N-07° 00' E でランデブー。VHF16 及び 67 チャンネルを使用。SOSC、GUNNAR SEIDENFADEN (コールサイン：OWAJ) の Hansen 少佐
99	承認	99	承認
≠		≠	

POLREP  
 例 No. 2  
 略語報告（第 III 部の個別項目）

アドレス	発信元 : FRG
	宛先 : DK
日時群	182230z 6月
識別	POLREP BONN AGREEMENT
連続番号	貴方 DK1/2
≠	≠
80 日時	80 182020z
82 費用	82 1日辺りの費用総額は約・・・
84 援助提供場所及び方法	84 POLREP BONN AGREEMENT DK1/2 の ETA FRG ユニッ トは 182100z
≠	≠

POLREP  
例 No. 3  
演習レポート

アドレス	発信元 : DK
	宛先 : N
日時群	210940z 6月
	至急
	演習
識別	POLREP BONN AGREEMENT
連続番号	貴方 DK1/1
1 日時	1 210830
2 位置	2 57° 50' N—10° 00' E
3 事故	3 タンカー衝突
4 流出	4 未発生
5 承認	5 承認
	演習 演習 演習
≠	≠

## 付録3 対応機器リスト作成の指針

### オイルフェンス\*

タイプ  
総長  
喫水／乾舷長さ、及び単位当たり重量  
追加サポート機器の必要性  
設計または用途（外洋用または遮蔽水域用など）  
動員所要時間\*\*  
必要な輸送手段  
利用可能輸送手段  
取扱い人員  
推定調達費用／m  
推定レンタル日額／m

### スキマー及びその他の回収装置\*

タイプ、総数  
単位当たりの重量・サイズ  
追加サポート機器の必要性  
設計または用途（外洋用または遮蔽水域用など）  
動員所要時間\*\*  
必要な輸送手段  
利用可能輸送手段  
取扱い人員  
推定調達費用  
推定レンタル日額

### 油囲い込み用機器\*

タイプ、総数／能力  
単位当たりの重量・サイズ  
追加サポート機器の必要性  
設計または用途（外洋用または遮蔽水域用など）  
動員所要時間\*\*  
必要な輸送手段  
利用可能輸送手段  
取扱い人員  
推定調達費用  
推定レンタル日額

---

\*寸法及び重量はメートル単位系で表記のこと

\*\*要請から機器搭載船舶派遣までの時間など

#### 海岸清掃専用機器\*

タイプ

単位当たりの重量・サイズ

追加サポート機器の必要性

設計または用途

動員所要時間\*\*

必要な輸送手段

利用可能輸送手段

取扱い人員

推定調達費用

推定レンタル日額

#### 船舶（専用船とその他）\*

タイプ、全長、幅員、速度

作業員の宿泊設備

船上貯蔵能力（m<sup>3</sup>）（該当する場合）

用途（外洋または遮蔽水域）

動員所要時間\*\*

取扱い人員

推定レンタル日額

#### 航空機

タイプ、回転翼／固定翼

飛行速度

滞空時間

旅客収容能力

積載能力

乗員数

動員所要時間\*\*

燃料種

推定レンタル日額

#### 油処理剤

タイプ、タイプ別備蓄総量（単位：リットル）

備蓄システム

使用法

承認データ（国の承認、承認番号など）

毒性・有効性データ（実施された試験と結果）

必要な散布機器のタイプ

供給元及び動員所要時間\*\*

必要な輸送手段

利用可能輸送手段

推定価格／リットル

---

\*寸法及び重量はメートル単位系で表記のこと

---

\*\*要請から機器搭載船舶派遣までの時間など

**船舶・航空機からの油処理剤散布機器\***

タイプ別・サイズ別の備蓄

濃縮製剤への適性、及び用量率

設計または用途

動員所要時間\*\*

必要な輸送手段、単位当たり重量

利用可能輸送手段

取扱い人員

推定調達費用

推定レンタル日額

**油処理剤ピロータンク\***

タイプ／性能別及び重量（空／満）別の備蓄総量

船上での固定手段

動員所要時間\*\*

必要な輸送手段、単位当たり重量

利用可能輸送手段

取扱い人員

推定調達費用

推定レンタル日額

**はしけ機器\***

ポンプ、タイプ／性能及び原動力を含めた重量別の備蓄総量

ホース、長さ、口径、重量／セクション

フェンダー、タイプ／サイズ及び重量別備蓄総量

取扱い人員

推定調達費用

推定レンタル日額

動員所要時間\*\*

**通信・補助機器**

搭載機器

ポータブル機器（搭載・陸上）

周波数

電波の種類

動力源

信号灯

推定調達費用

推定レンタル日額

動員所要時間\*\*

---

\*寸法及び重量はメートル単位系で表記のこと

\*\*要請から機器搭載船舶派遣までの時間など

## 第5章 締約国の介入措置及び費用回収

### 5.1 はじめに

本章では、流出油（その脅威を含む）を引き起こした輸送事故で生じた介入と費用回収の問題を取り上げる。一般に国内法によって規制されているその他の流出源からの流出は、ここでは割愛する。

### 5.2 締約国の公海上での介入

5.2.1 海域及び海岸の油濁危険に至った海洋事故の重大な影響から沿岸諸国の利益を守る必要性に鑑み、1969年油濁時の公海上における介入に関する国際条約、及び1973年油以外の物質による汚染の公海上での介入に関する議定書が策定された。こうした状況においては、沿岸諸国の利益を守るため公海上において例外的な性質を持つ対策を講じる必要が生じかねないこと、並びにこれらの対策は公海域の自由の原則に支障を来さないことが理解されている。

5.2.2 本条約締約国は、大規模な危険に満ちた帰結が合理的に予想されるような海洋事故または当該事故に関連した行為に続く油による海洋汚染またはその脅威に起因した自国海岸または関連利益への重大かつ切迫した危険を阻止、軽減、排除するために必要な対策を公海上で講じることができる。IMOは、介入の必要性評価及び適切な行動の決定において沿岸諸国を援助できる専門家リストを作成している。

### 5.3 締約国の領海内での介入

5.3.1 多くの国は、関係政府機関に対して領海内で発生した海洋事故における介入権利を付与する法律を定めている。こうした国々では、状況を評価し、船主またはその代理人による対策の性質や程度が不十分と判断するのは、管轄機関の任務である。当該管轄機関は、船主またはその代理人に対して対処法に関する指示や助言を提供することができる。または、活動を直接管理することも可能である。

5.3.2 いずれの場合にも、事故船舶の船長は、ただちに、乗員の安全と船舶及び積み荷の保全を確保するための措置を講じ、必要とあればサルベージの手配を行う。サルベージはサルベージ専門業者に委託されるのが一般的である。サルベージは事故救済を狙いとした活動であり、政府は海岸環境及び商業資源の保護を優先しなければならないという相違点に注意されたい。したがって、国家流出油緊急時計画において、政府、船舶・積み荷所有者、及びサルベージ業者の間で対立を解決し責任の所在を明確にするための相互協力について規定すべきである。サルベージ業者が、

積み荷取り出し、タンク清掃、仮修理などの作業に使用できる避難港・退避港の必要性についても、国家流出油緊急時計画で定めておくべきである。

#### 5.4 油濁損害の補償に関する政府間の取り決め

5.4.1 タンカーからの油流出に起因した損害の補償に関する政府間取り決めは、1969年国際油濁損害民事責任条約（民事責任条約）と1971年国際油濁損害補償基金の設立に関する国際条約（基金条約）の2つの条約が基盤となっている。民事責任条約は、船主の厳格責任の原則に則り、油濁による損害の適切な補償のための強制保険制度を定めている。基金条約は、民事責任条約を補足するもので、民事責任条約にもとづく補償が不十分な場合の犠牲者への追加補償について規定している。1978年10月16日には、基金条約にもとづく補償制度の運用管理を目的とした国際油濁補償基金（IOPC基金）が設立された。IOPC基金は、基金条約締約国の領内を海上輸送された原油や重質燃料油の受領者の資金で賄われている。1987年12月1日現在、民事責任条約の締約国は59、基金条約は38である。

5.4.2 民事責任条約は、了解を含めて締約国領土内で生じた汚染損害に対して適用される。また、締約国領土内の汚染損害を防止または最小限に抑えるために講じられた対策についても、当該対策が事故発生後に講じられた場合は同条約が適用される。しかしながら、対象となるのは、荷を積んだタンカーからの永続的な油流出に起因した汚染損害に限られている。タンカー船主は、汚染損害に対する厳格責任を負っている（すなわち、無過失の場合も責任を問われる）。船主が責任を免除されるのは、損害が全面的に（a）戦争または重大な自然災害、（b）第三者による破壊行為、（c）政府当局の航行援助過失の結果として生じた場合のごく少数の特定事例に限られる。船主の個人的過失の結果として発生した場合を除き、船主は、賠償責任の上限を、船舶重量1トンあたり2000（ゴールド）フラン（133特別引出権（SDR）\*、または2億1000万（ゴールド）フラン（1400万SDR）のいずれか少額の方とする権利を持つ\*\*。本条約にもとづく汚染損害請求の相手は、タンカー登録船主に限定される。ばら積みカーゴとして2000トン以上の持続性油を輸送するタンカーの所有者は、船主責任をカバーする保険の加入が義務づけられている。

5.4.3 基金条約は、下記のいずれかの理由から民事責任条約では適切かつ十分な油濁損害補償を受けられない場合の補足的補償を確保するために採択された：

1. タンカー所油者が民事責任条約の定める責任を免除されている。
2. 所有者に、同人の義務を満たす財務能力がなく、保険額は汚染損害補償請求には不十分
3. 損害が民事責任条約の船主責任を超えている：現在のところ、IOPC基金が支払



われる事例のほとんどは、この範疇にはいる。

- 5.4.4 IOPC 基金は、戦争行為の結果としての、または戦艦からの流出に起因した汚染損害については、補償金支払い義務を負わない。損害は1隻または2隻以上のタンカーが関与する事故の結果であることが実証されない場合、IOPC 基金は補償金支払い義務を負わない。
- 5.4.5 任意の事故1件について IOPC 基金から支払われる補償金は、9億（ゴールド）フラン（6億SDR）が上限である。\*\*\*油濁損害の被害者はすべて、直接、IOPC 基金に対して請求することができる。IOPC 基金は、IOPC 基金への請求の提出を容易にするため、要求があれば「請求マニュアル」を配布している。
- 5.4.6 1984年、民事責任条約及び基金条約を改正する議定書が採択された。同議定書に基づき、補償上限額の引き上げと適用範囲の拡大が行われることになる。ただし、この1984年議定書は未だ発効していない。

---

\* 民事責任条約及び基金条約に定められている金額は、当初は（ゴールド）フラン（ポアンカレ・フラン）建てであったが、1976年に条約の規定金額は国際金融基金の特別引出権（SDR）建てとすることを定めた同条約議定書が採択されたことで変更された。SDRは、通貨バスケット（現在、USドル、ポンド・スターリング、フランス・フラン、日本円、及びドイツマルク）から構成される。

\*\* 当該金額は、1987年12月1日の交換比率では、各々、1億8100万USドル、1910万USドルに相当する。

\*\*\* 当該金額は、1987年12月1日の交換比率では、8200万USドルに相当する。

## 5.6 汚染者の特定

一般に、大規模流出油では原因特定が困難となることはほとんどない。しかしながら、忘れてはならないのは、各国法の下で違反船舶に適用できる法手続は汚染事例に限られるという点である。直ちに流出油サンプルを採取し、適切な表示を付し、証拠を添えて、分析に提出し、管理連鎖を法廷で実証可能とするべきである。流出油サンプルとの比較分析のため、違反が疑われる船の油カーゴタンク、燃料油タンク、及び機械室からも同じくサンプル採取すべきであろう（同様に表示と証拠添付）。

## 5.7 請求の準備

5.7.1 流出が発生したときは、流出を引き起こした船舶の船首を相手取って清掃費用や損害を請求することができ、船主責任上限額を超えるときは IOPC 基金（汚染損害を引き起こされた国が IOPC 基金加盟の場合）または CRISTAL（カーゴ所有権者が CRISTAL 加盟の場合）に対して請求することができる。一般に、各種請求の提出にあたって政府が調整役となるであろうから、請求の裏付けとなる精確で詳細な記録を保持することが重要である。

5.7.2 個々の請求は、下記事項を明記すべきである。

1. 請求者または代理人の住所・氏名
2. 事故に関係した船舶の ID
3. 事故発生日、発生場所、および油種を含めた細目
4. 講じられた清掃活動、汚染損害の種類、及び被害場所についての細目
5. 請求金額

5.7.3 請求の金額と性質によっては、下記のように細分類すべきであろう。

5.7.3.1 予防的措置及び清掃活動の費用

- 各種分野で実施された作業や事故時の支配的状況との関連で選択された方法の説明を含めて、活動の概要
- 損害域の明記。汚染の程度を記し、もっとも油濁程度のひどい領域を明らかにする。地図やチャートの形で表し、写真やビデオテープを添えるべきである。
- 事故に関係した船舶と油濁を関連づける分析データや各種証拠（化学分析、風、潮汐・潮流データ、浮遊物の移動の観測及びプロットなど）
- 作業実施日数（日または週あたりの費用）
- 人件費（対応人員の人数及び種類、基本報酬及び超過勤務手当、作業時間／日数）
- 機器・資材の費用（使用した機器の種類、賃貸料、消費資材の数量及び費用）
- 交通費（船舶、航空機、車両の種類と数、作業の時間／日数、賃貸料または運用費）

一回収した油及び油濁物の一時保管費用（該当する場合）及び最終処分費用

5.7.3.1.1 全ての活動と支出の細目を記した総合的な記録を作成・維持することが重要である。実施される作業や使用される機器の監督責任者は毎日のワークシートを作成し、使用された場所と使い方、登用した人員数、配置の仕方と場所、及び使用した消費資材について記録する。標準ワークシートがあれば記録が容易になる。

5.7.3.1.2 上記の活動では航空機、船舶、特殊機器、重機、トラック、人員が動員されることになり、流出油事故支出のなかで主要部分を占めることが通例である。こうした資源の一部は政府が保有しているが、雇用契約で投入されるものもある。支出の適正管理のためには、対応チームに財務管理者を任命することが重要である。

#### 5.7.3.2 交換・修理費用

－財物の汚染損害の程度

－破損、損壊、または交換・修理が必要な項目の説明（船舶、漁具、道路、着衣など）、及びその位置

－修理工事や交換の費用

－交換すべき項目の古さ

5.7.3.2.1 このカテゴリーについては、漁民、プレジャーボート所有者、マリーナ事業者など、官民双方から多数の請求が提出されるであろう。そのような場合は、船舶保険者を通じて保険調整者を任命し請求者との窓口とするとよいであろう。事故によっては、少額の請求の処理のために専用の電話と事務所を設け、メディアを通じて一般住民に周知することもできよう。

#### 5.7.3.3 経済損失

－損失が事故の直接的結果である旨の実証を含めて、損失の性質

－損害発生期間の収益と過去の同一期間の収益との比較数字

－流出被害のなかった類似領域との比較

－損失査定法

IOPC 基金は、定量化できる経済損失のみが補償対象であり、経済以外の環境被害についての請求は受理しない点に注意すべきである。

5.7.3.3.1 経済損失は、漁業活動の制限、沿岸産業・処理施設の閉鎖、リゾート事業者（ホテルやレストラン経営者）の収入損失などを含めてこれに限定されない。多

くの場合、前年度の財務記録が容易に利用できるが、流出油に起因する損失と、悪天候や獲りすぎなど他の無関係の要員による損失との区別が難しいこともある。漁民の場合、正式な記録がなく他の査定法が必要となることもあろう。流出影響を受けた海岸コミュニティに対して地方政府が代替タンパク源を提供する場合の間接的費用も考えられる（記録を作成する必要がある）。

5.7.4 上記は、おそらく受理されるであろう主な請求カテゴリーであるが、他の請求カテゴリーも考えられる。いずれの場合にも、請求は明確に記述し、事実を基盤として損害額を査定できるよう十分な細目を記した書類を提出すべきである。請求の各項目には、請求書や、毎日のワークシートや説明文などの関係書類を添える必要がある点に注意されたい。詳細については、IOPC 基金の「請求マニュアル」を参照されたい。

5.7.5 IOPC 基金の請求では、同基金がくわしく清掃活動を追跡し損害を確認できるよう直ちに事故を通報しておくことがきわめて重要である。そうしておくことで、請求が迅速に処理可能となるであろう。

## 5.8 政府間補償取り決めではカバーされない油濁損害

5.8.1 民事責任条約と基金条約の補償規定ではカバーされない流出油、すなわち非持続性油の流出、非積載タンカー\*からの流出、及びタンカー以外の船舶からの流出の場合、該当する国法による補償を模索することになる。各国は、この種の流出について適切とみなす法律を定める自由を有している。しかしながら、船主及びその他の所定の人物の損害賠償責任を制限することを定めた外航船の船主責任制限に関する国際条約（ブリュッセル、1957年）や開示請求責任制限条約（1976年）（LLMC1976）を締結している国もある。このような国では当然ながら、その国法はこれらの条約に規定された制限を尊重しているであろう。1976年LLMC条約は、5.4に概説したとおり民事責任条約の積載タンカーによる汚染損害には適用されない点に注意されたい。

5.8.2 港湾構造物、貯水池や水路、及び航行補助の損害についての請求は、他種の請求よりも優先度が高いと国法に定められている場合もあろう。一部の国の政府は、流出油は港湾施設への損害の定義に該当すると規定している。しかしながら、民事責任条約の締約国では、油が流出したタンカーの船首に対する汚染損害請求はすべて平等な優先度を持つとしている。

## 5.9 海洋事故に関するP&Iクラブの役割

5.9.1 船主が第三者、すなわち保険者である船主以外の任意の人物に対して負う損害賠償責任の保険を提供するため、損害補償組合（P&Iクラブ）が設立されている。外航船全体の約85%がP&Iクラブに加入しており、タンカーに限ると加入率は95%近くに達している。

---

\* 非積載タンカーからの流出は、TOVALOPにカバーされている。

5.9.2 P&Iクラブは油濁責任を含めて様々なリスクをカバーしている。政府間取り決めやタンカーの補償と責任をカバーする業界自主協定については5.4及び5.5で触れたが、タンカー以外の船舶も燃料油漏出などによる油濁を引き起こすおそれがある。

5.9.3 典型的な重大事故では、船主は多数の直接的で緊急の問題に直面する。今後の損害額を最小限に抑えるためには、船と積み荷のサルベージを試みるべきか否か、それとも双方またはいずれか一方をできるだけ簡単に処分すべきかの決定もその一つである。油流出が発生してしまっているときは、船主は、汚染対処のために対策を講じる必要があるだろう。P&Iクラブは、各国連絡先を通じて、船主の権利と義務について助言を提供し、船主のために管轄機関と交渉し、損害と後続の責任を最小限に抑えるための迅速で有効な行動を起こすであろう。後日の段階では、同クラブは損害に関する最終的補償額や補償範囲の決定を補助するであろう。

5.9.4 一つの重要な原則として、船主はまず最初に請求に対して補償支払いを行う必要がある。その後で初めてP&Iクラブに払戻を求めることができるという点である。原則として、P&Iクラブは請求者に直接補償金を支払うことはしない。P&Iクラブが船主の補償支払を補償する旨の書状を送付した場合などの例外はあるが、大半の事例では、P&Iクラブは船主が最初に支払うという原則は守られるべきであるとの主張を固持している。