



# 서론

유흡착재는 여타의 방제 기법이 부적합한 상황에서 기름을 회수함으로써 기름 유출 방제 과정에서 유용한 수단으로 활용될 수 있다. 그러나 유흡착재는 특히 과도한 폐기물을 생성함으로써 방제 비용을 현저히 증가시키는 등의 2차적 문제를 최소화할 수 있는 방식으로 적절히 사용되어야 한다.

본 문서에서는 사용 가능한 유흡착재의 종류 및 방제 과정에서의 효과적인 사용법에 대해 검토한다. 본 문서는 다른 ITOPF 문서 시리즈, 특히 오일붐의 사용, 유희수기의 사용, 해안가 정화 기법, 기름과 쓰레기의 처리 등에 대한 문서들과 관련지어 이해해야 한다.

## 개요

유흡착재는 물보다 기름을 회수하기 위해 설계된 다양한 종류의 유기물질, 무기물질 및 합성물질로 만들어진 제품들로 이루어져 있다. 유흡착재의 구성과 성분은 사용된 소재 및 방제 작업에서 의도된 용도에 따라 다르다.

유흡착재는 기름 유출 방제를 위해 광범위하게 사용되는 수단이지만, 부적절하고 과도한 사용을 최소화하기 위해 주의할 점을 기울여야 한다. 그렇지 않으면 2차적 오염, 회수, 보관 및 처리와 관련된 물류상의 주요 문제가 발생 하는데, 이들 문제는 전반적인 방제 비용을 현저히 상승시킨다. 특히 합성물질로 만들어진 유흡착재는 적절한 정도로 사용해야 하며, 추후 폐기물 처리 문제를 최소화하기 위해 사용능력이 다될 때까지 사용해야 한다.

일반적으로 유흡착재는 해안가 정화 작업의 마지막 단계에서 (그림 1), 그리고 여타의 정화 기법으로는 쉽게 회수할 수 없는 작은 기름 웅덩이들을 회수할 때 가장 효과적으로 사용된다. 유흡착재는 외해에서 사용하기에는 부적절하며, 고점도 연료유처럼 점성도가 높은 기름과 풍화된 기름 및 에멀전에는 일반적으로 효과가 덜하지만, 점성도가 높은 기름을 처리하기 위해 특별히 설계된 제품도 있다.

## 유흡착재의 작용 원리

어떤 소재가 유흡착재로 작용하려면 물은 배제하고 기름을 끌어당기는 성질, 다시 말해 친유성이면서 소수성이어야 한다. 유흡착재는 흡착형 또는 (덜 일반적으로는) 흡수형으로 나눌 수 있다. 흡착형 물질은 우선적으로 기름이 소재 표면으로 끌어당겨지는 반면, 흡수형 물질은 기름 또는 기타 회수물을 소재의 내부로 포함시킨다. 기름 유출 방제를 위한 제품의 대다수는 흡착형이며, 진정한 의미의 흡수형은 극소수이다.

### 흡수제

액체는 모세관 작용과 유사한 과정을 통해 고체 흡수 물질의 내부에서 확산되어 흡수 물질을 부풀게 하며, 밖으로 새거나



▲ 그림 1: 정화 작업 중 흘러나온 기름을 회수하기 위해 폴리프로필렌 불형 흡착재가 사용되고 있다.

압착되지 않는 방식으로 해당 물질과 결합한다. 오염 방제를 위한 흡수형 제품은 신속한 흡수를 촉진하기 위해 표면적이 넓은 폴리머 소재로 제조된다. 흡수제는 액체의 표면적을 감소시킬 수 있기 때문에 휘발성 물질과 함께 사용할 수 있다. 이론적으로 흡수제는 저점도 연료유 및 일부 원유를 회수할 수 있지만, 흡수에 필요한 시간이 실용적이거나 바람직하지 않을 정도로 오래 걸리기 때문에 점성도가 낮은 액체 및 유출 화학물질, 특히 위험하고 유해한 물질의 회수에 더욱 적합하다. 이들 물질의 회수에 대해서는 ITOPF 방제기술정보집 중에서 ‘해상에서의 화학 오염 사고 대응 지침’에서 다루고 있다. 흡수형 제품은 흡착형에 비해 기름 유출 방제에 사용되는 경우가 상대적으로 드물다.

### 흡착재(Adsorbent)

혼동을 최소화하기 위해 본 문서에서는 널리 사용되는 일반 용어인 ‘유흡착재(sorbent)’ 라는 표현을 채택했다. 이는 본 문서에서 기름 유출 방제에 필요한 흡착재의 사용에 초점을 두고 있기 때문이다. 어떤 소재에 기름이 흡착할 수 있는 다양한 메커니즘은 아래에서 다루게 된다.

### 습윤성

성공적인 흡착을 위해서는 기름이 소재를 적셔 표면으로 퍼지면서 물을 배제시켜야 한다. 액체는 표면장력이 고체의

임계표면장력( $\gamma_c$ )보다 낮으면 고체를 적시게 된다. 따라서 어떤 유흡착제가 필요 기준을 충족하려면  $\gamma_c$  값이 물보다는 낮고 기름보다는 높아야 한다. 해수의 표면장력은 대략 60-65mN/m이다. 기름의 표면장력은 구성 성분별로 다양하지만, 일반적으로 20 mN/m 정도이다. 따라서 예컨대  $\gamma_c$  값이 18 mN/m인 PTFE에는 기름과 물 모두 흡착하지 않지만,  $\gamma_c$  값이 29 mN/m인 폴리프로필렌은 이상적인 유흡착제이다.

다수의 자연 소재 및 합성 소재로 된 고체는 적정  $\gamma_c$  값을 가지고 있다. 요구되는 값을 가지고 있지 않은 고체 무기물질은 가열을 포함한 다양한 표면 처리를 통해 원하는 조건으로 바꿀 수 있다. 그러한 예 중 하나가 박리 질석이다. 여러 소재, 특히 발포성 흡착제 및 섬유 가닥은 기름에 최초로 적셔지거나 프라이밍(priming)된 후에는 친유성이 향상될 수 있다.

### 모세관 작용

어떤 물질은 흡착이 모세관 작용에 의해 이루어진다. 이것 역시 고체와 액체의 상대적 표면장력이 좌우하지만, 기름의 점성도는 유흡착제 구조로 침투하는 속도에 중요한 영향을 미친다. 기름의 침투율은 경질 원유와 같은 저점도 기름의 경우 빠르고(몇 초), 중질 연료유나 풍화된 기름과 같은 고점도 기름의 경우에는 느리거나(몇 시간) 무시할 만한 수준이 된다.

모세관 작용은 발포성 흡착제와 관련하여 특히 중요하다. 미세한 구멍들이 나 있는 발포성 소재는 저점도 기름을 쉽게 회수하지만, 더 두꺼운 기름으로 인해 구멍들이 급속히 막히게 된다. 반대로 거친 셀 구조로 되어 있는 발포성 소재는 점성도가 높은 기름에 효과적이지만 저점도 기름은 효과적으로 흡수하지 못한다.

### 응집력/접착력

응집력(cohesion)은 어떤 물질이 스스로를 끌어당김으로써 단단한 표면에서 퍼지는 것을 막는 힘인 반면, 접착력(adhesion)은 어떤 물질이 다른 물질을 끌어당기는 힘을 말한다. 유흡착제는 기름이 유흡착제 표면에 달라붙는

접착력과, 더 많은 양의 기름을 유흡착제가 보유하도록 하는 응집력 모두에 의존한다. 유흡착제가 섬유 가닥들로 이루어진 타래 형태인 경우, 유흡착제의 구성 분자 사이에 있는 기름의 응집력에 의해 엉기면서 기름이 퍼지는 것을 지연시키기 때문에 기름과 유흡착제 혼합물을 회수하기가 더욱 쉬워진다. 응집력은 기름의 점성도가 높을수록 커진다.

### 표면적

특정 흡착 물질의 적심, 퍼짐 및 모세관 작용 관련 특성 외에도 흡착율과 흡착 용량 역시 표면적과 직접적인 관련이 있다. 효과적인 흡착 물질은 외부 표면 및 내부 표면(존재하는 경우)의 부피 대비 표면적의 비율이 커야 한다.

흡착 물질로 신속히 유입될 수 없는 고점도 기름의 경우, 유흡착제의 성능은 외부 표면적에 의해 결정된다. 예컨대 섬유 가닥들로 이루어진 흡착제는 불형 흡착제보다 외부 표면적이 상대적으로 넓기 때문에 흡착률이 상대적으로 더 높을 것이며, 고점도 기름에 더욱 효과적일 것이다.

흡수제와 달리 흡착 물질을 휘발성 액체에 사용할 때에는 주의를 요한다. 흡착 물질의 내외부 표면에 퍼진 휘발성 액체는 증기 방출률을 증가시킴으로써 연소되거나 건강에 해를 입힐 수 있다.

## 흡착제의 소재와 형태

### 흡착제의 소재

다양한 종류의 소재를 흡착제로 사용할 수 있다. 구체적으로 나무껍질, 이탄, 톱밥, 종이펄프, 바가스(사탕수수 찌꺼기), 코르크, 닭털, 짚(그림 2), 양모, 인모 등의 유기물질과 질석, 부석 등의 무기물질, 그리고 폴리프로필렌(그림 3, 그림 4 및 그림 5) 및 그 밖의 폴리머와 같은 합성물질이 포함된다. 합성물질로 만든 유흡착제는 일반적으로 기름을 가장 효과적으로 회수한다. 어떤 경우에는 기름 대 유흡착제 중량비가 40:1에 이르기도 하는 반면, 유기물질 제품은



▲ 그림 2: 짚과 그물로 즉석에서 제작한 오일불형 유흡착제. 이러한 종류는 저렴하고 만들기 쉬우며, 적절한 지역에서 사용되었을 경우 효과적인 단기적 보호 효과를 거둘 수 있다.



▲ 그림 3: 그물로 둘러싼 폴리프로필렌 조각들. 비균일 구조이기 때문에 기름이 구조 내로 쉽게 침투함으로써 내부 표면에 기름이 흡착하지만, 그물이 쉽게 손상될 수 있다.



▲ 그림 4: 연속적이고 균일한 붐형 유흡착재의 찢어진 표면. 일부만이 사용되었음을 알 수 있다. 내부에는 기름이 함유되어 있지 않다. 유흡착재의 사용 시간이 너무 짧았거나, 기름의 점도가 너무 높아서 내부 구조로 침투하지 못했기 때문이다.



▲ 그림 5: 사진의 해안가에 놓여 있는 시트형 유흡착재와 같이 연속적이고 납작한 유흡착재는 부피 대비 표면적의 비율이 크다는 특성이 있다. 이러한 방식으로 유흡착재를 대규모로 사용할 때에는 기름 비함유 폐기물이 상당량 생길 수 있다는 점을 고려해야 한다.

10:1이고 무기물질 소재는 2:1에 불과하다. 한정된 흡착 능력에도 불구하고 유기물질 및 무기물질 소재는 자연에 풍부하게 존재하거나 산업 폐부산물인 경우가 많고, 저렴하게 구입하거나 무료로 얻을 수 있기 때문에 매력적이다.

여러 기관에서는 주어진 중량의 특정 유흡착재 소재가 어느

정도의 기름을 보유할 수 있는가를 파악하기 위해 다양한 유흡착재 소재의 상대적 사용 효과를 시험해 왔다. 이러한 시험 결과들은 유흡착재 소재들의 사용 효과와 관련된 비교 우위를 정하는 데 유용할 수 있지만, 실험실 또는 통제된 현장 조건에서 실시된 시험이기 때문에 오류의 가능성이 있다. 실제로 유흡착재는 바람, 파도, 조류 등의 영향을 받으며,

|            | 소재   | 장점   | 단점  |
|------------|--|--|---|
| <b>벌크식</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>유기물질: 나무껍질, 이탄, 톱밥, 종이펄프, 코르크, 닭털, 짚, 양모, 인모 등</li> <li>무기물질: 질석 및 부석</li> <li>합성물질: 주로 폴리프로필렌</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>자연에 풍부하게 존재하거나 산업 폐부산물인 경우가 많음</li> <li>저렴함</li> <li>물개 등의 출몰 지역에서 야생 생물을 보호할 수 있음</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>통제가 어렵고 바람에 흩날릴 수 있음</li> <li>회수가 어려움</li> <li>기름/유흡착재 혼합물은 펌핑이 어려움</li> <li>기름/유흡착재 혼합물의 처리는 기름보다 더 제한적임</li> </ul> |
| <b>폐쇄식</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>상기 벌크 소재 모두 망사 또는 그물로 둘러쌀 수 있음</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>벌크식 유흡착재에 비해 배치 및 회수가 용이함</li> <li>폐쇄형 오일붐은 연속형 오일붐보다 표면적이 넓음</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>구조적 강도가 망사 또는 그물의 강도로 제한됨</li> <li>유기물질 오일붐은 급속히 포화되어 가라앉음. 기름 보유가 제한적임</li> </ul>                                   |
| <b>연속식</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>합성물질: 주로 폴리프로필렌</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>장기 보관 가능</li> <li>배치와 회수가 비교적 용이함</li> <li>최대 용량으로 사용한다면 기름 회수율이 높음</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>풍화된 기름 또는 고점도 기름의 경우 효율이 제한적임</li> <li>쉽게 분해되지 않아 처리 방법이 제한적임</li> </ul>   |
| <b>섬유</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>합성물질: 주로 폴리프로필렌</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>풍화된 기름 또는 고점도 기름에 효과적임</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>금방 유출된 저점도 및 중점도 기름에는 덜 효과적임</li> </ul>  |

▲ 표 1: 유흡착재 소재의 장점과 단점



▲ 그림 6: 현지 주민들이 폴리프로필렌 띠들을 묶어 스네어를 만들고 있다. 현지에서 조달가능한 소재로 유흡착재를 만들면 가격 및 운송 효율 측면에서 비용이 절감된다.



▲ 그림 7: 부유 기름을 포집하기 위해 강어귀에 길게 이어져 있는 스네어 오일붐. 개방형 구조이고 표면적이 넓어서 고점도 기름의 회수에 특히 적합하다.

이렇듯 자연적이고 예측 불가능한 조건에서 유흡착재의 성능은 그러한 시험 결과와 일치하지 않을 가능성이 있다.

## 유흡착재의 형태

유흡착재는 구성 성분 및 용도에 따라 다양한 형태로 시판되고 있지만, 일반적으로 다음과 같은 네 가지 유형으로 분류할 수 있다. (1) 벌크식: 주로 낱알의 입자 형태로 되어 있는 소재, (2) 폐쇄식: 망사로 둘러싸인 베개 또는 오일붐 형태, (3) 연속식: 매트, 시트, 오일붐 또는 롤 형태, (4) 스네어 또는 스네어 오일붐을 만들기 위해 결합되는 섬유 가닥들(표 1). 그 밖에도 특정 용도로 사용할 수 있는 여타 형태의 유흡착재가 존재할 수 있다.

### 벌크식 유흡착재

앞서 열거한 소재 대부분은 개별 포장 등이 없는 벌크식으로 시판되며, 육상에서 소규모로 기름이 유출되었을 때 유용하게 사용할 수 있다. 일차적으로 살포 및 회수의 어려움이 있기 때문에 벌크식 유흡착재를 해양에서 사용하는 것은 특정 시나리오로 제한되어야 한다. 그러한 시나리오에 대해서는 본 문서의 ‘해안가 또는 연해에서의 유흡착재 사용’ 섹션에서 설명한다.

### 폐쇄식 유흡착재

비포장 벌크식 유흡착재는 외부 직물, 망사 또는 그물로 둘러싸 오일붐, 베개, 양말 등의 형태로 만들 수 있는데, 벌크식 자체만 사용할 때보다 배치, 제어 및 회수가 훨씬 용이하다. 폐쇄식 유흡착재 제품은 형태와 크기가 다양한데, 붐형(다음 단락에서 다루는 연속식 오일붐형 유흡착재와 혼동하지 않아야 함)이 가장 일반적이다. 폐쇄식 유흡착재는 일반적으로 짚과 같이 쉽게 이용할 수 있는 천연 유기물질 또는 무기물질로 만들지만(그림 2), 폴리프로필렌과 같은 합성물질로도 구성할 수 있다(그림 3).

### 연속식 유흡착재

연속적인 원통형으로 되어 있는 유흡착재(주로 붐형)는 앞서

단락에서 언급한 폐쇄식 붐형 유흡착재에 비해 균일성이 높고 부피 대비 표면적 비율이 낮기 때문에 기름이 오일붐의 중심부로 침투하기가 비교적 어렵다(그림 4). 시트, 롤, 매트, 패드, 웹 등의 형태로 된 납작한 유흡착재들은 부피 대비 표면적의 비율이 크다는 특성이 있다(그림 5).

연속식 유흡착재는 일차적으로 합성물질의 직조, 용융 분사(melt-blown) 등의 방식을 통해 제조되는데, 폴리프로필렌은 기름 유출 방제 시에 가장 일반적으로 사용하는 소재이다. 그러나 폴리우레탄, 나일론, 폴리에틸렌 등과 같은 여타의 소재로 만든 유흡착재도 사용하는 경우가 있다.

### 섬유 가닥 유흡착재

벌크식, 폐쇄식 및 연속식 유흡착재 제품들은 다양한 종류의 기름에 효과를 발휘하는 반면 풍화가 심하고 점성도가 높은 기름의 회수에는 덜 효율적이다. 유흡착재 섬유 가닥들의 다발 또는 타래를 사용하면, 넓은 표면에 달라붙는 부착력 및 기름 자체의 응집력이 결합되면서 그러한 기름을 회수할 수 있다. 이들 유흡착재는 1차적으로 폴리프로필렌 띠들을 묶어 먼지떨이 또는 치어리더들의 응원 도구처럼 생긴 스네어로 제작된다(그림 6). 몇 개의 스네어를 로프 길이로 결합하면 고점도 기름을 흡착할 수 있는 ‘스네어 오일붐’이 된다(그림 7). 로프 몸 유효회수기는 기름의 포집 및 회수를 위해 수 미터 길이의 연속적인 밴드에서 모종의 스네어 오일붐 형태를 사용한다. 자세한 정보는 ITOPF 방제기술정보집 「기름오염 방제시 유효회수기 사용지침」을 참고한다.

고점도 기름용 스네어는 수면 아래에 있거나 바닥으로 가라앉은 기름의 탐지에도 효과적으로 사용할 수 있는데, 부유체와 앵커를 통해 수중에 걸려 있거나 금속 프레임에 연결되어 해저를 쓸거나 훑고 다니는 방식으로 이루어진다. 바다에 기름이 있다는 사실은 유흡착재에 기름이 흡착되어 있는 것을 통해 알 수 있으며, 이를 통해 식별된 지역에 초점을 맞추어 더욱 정량적인 방식을 사용할 수 있게 된다.

## 유흡착재의 선택 기준

유흡착재의 형태 및 특정 소재의 기름 흡착 능력 외에도 다음과 같은 요소들이 유흡착재의 사용 효과에 영향을 미친다.

### 부력

유흡착재가 부유 기름에 효과적으로 사용되려면 부력이 커서 기름과 물로 포화 상태가 되더라도 계속해서 떠 있어야 한다. 짚이나 톱밥과 같은 다수의 천연 유기물질은 초기 부력이 좋지만 마지막에는 완전히 젖어서 가라앉는다. 어떤 경우에는 부력이 유흡착재의 사용 효과에 악영향을 미칠 수 있다. 예컨대 가볍고 밀도가 낮은 소재는 무겁고 점성도가 높은 기름 위에 머물 수 있다. 이 경우 유흡착재와 기름을 수작업으로 섞어 포화를 촉진시키고 효과적인 회수가 이루어지도록 해야 한다.

폼 유흡착재의 부력은 개방 셀 대비 폐쇄 셀의 비율과 직접적인 관련이 있다. 개방된 셀의 수가 많을수록 흡착 능력은 증가하지만 부력이 떨어진다.

### 포화 상태

유흡착재는 기름에 의해 급속히 포화 상태가 될 수 있다. 소규모의 유막이라도 오일분형 유흡착재를 흠뻑 젖게 함으로써 기름이 흘러나와 원래 보호하고자 했던 자원을 오염시킬 수 있다. 일단 포화 상태가 된 유흡착재는 기름을 더 이상 회수할 수 없으므로 기름이 스며 나오기 전에 최대한 신속히 제거해야 한다. 포화 상태의 정도는 식별하기 어려운 경우가 많다. 이에 따라 붐형 흡착재를 직접 절개해 보아야 하는 경우가 흔하다. 고점도 기름의 경우에는 불안정한 포화 상태가 자주 생기는데, 이러한 사실을 발견하지 못하고 오일붐의 내부 층이 사용되지 않은 상태에서 회수 및 폐기하는 경우가 있다(그림 4). 그러한 불필요한 자원 낭비는 걱정이 작은 붐형 유흡착재를 사용함으로써 방지하거나 감소시킬 수 있다. 오일붐의 걱정이 작아지면 사용 효과를 유지하면서도 내부의 사용되지 못한 부분이 줄어든다. 그



▲ 그림 8: 유흡착재의 소재는 특성상 부피가 크다. 기름 유출 방제 도중과 방제 전후에 유흡착재를 보관 및 운송하는 작업은 물류 및 비용 관련 문제를 야기할 수 있다.

밖에도 스네어를 사용하는 방식도 있다.

시트형 유흡착재는 소량의 기름만 접촉해도 신속히 포화 상태에 도달하기 때문에, 회수해야 할 기름의 양이 한정적인 소규모 유출 사고로 사용이 제한되어야 한다.

### 기름 보유력

유흡착재의 전반적인 성능을 좌우하는 핵심 요소 중 하나는 기름을 보유할 수 있는 능력이다. 어떤 소재는 기름을 신속히 흡착시키지만, 제때 회수되지 않으면 흡착된 기름의 상당 부분이 바람, 파도 및 조류의 영향으로 방출된다. 마찬가지로 일부 유흡착재는 바다에서 회수될 때 기름을 방출한다. 회수된 액체의 무게로 인해 유흡착재가 늘어지고 변형되면서 내부 구멍 또는 표면에서 기름이 압착되기 때문이다. 기름 보유력은 내부 응력이 낮은 유흡착재, 특히 유기물질로 만든 유흡착재를 사용할 때 문제가 될 수 있다.

질석 및 일부 폼 소재와 같이 미세한 구멍들이 있는 유흡착재 소재는 일반적으로 기름 보유력이 좋다. 그러나 이들 소재의 단점은 고점도 기름의 회수 성능이 열악하다는 점이다. 스네어는 표면적이 크기 때문에 기름이 흡착하면 신속히 포화 상태에 도달하며, 수면 위로 인양될 때 기름을 방출할 수 있다. 방출률은 기름의 점성도와 직접적인 관련이 있는데, 가볍고 점성이 낮은 기름이 가장 빠르게 빠져나간다.

### 강도 및 내구성

유흡착재의 내구성은 회수 전 오랫동안 현장에 그대로 두어야 하는 상황에서 중요한 고려 사항이다. 붐형 유흡착재는 과도한 작용이나 바위에 의한 마모와 같은 환경적 영향으로 인해 몇 시간 내에 품질이 저하되거나 분해된다. 일부 붐형 유흡착재, 특히 폐쇄형 제품의 강도는 그물 소재의 내구성이 좌우한다. 이러한 그물 소재는 열악한 환경 조건에서 찢어질 가능성이 있다. 일단 손상을 입게 되면 내용물이 쉽게 유실됨으로써 2차 오염의 원인이 될 수 있다.

### 발효

일부 유기물질 유흡착재는 물과 접촉해 있는 상태가 오랫동안 유지되면 발효되는 경우가 있다. 이렇게 되면 구성 성분 및 기름의 선별적 회수 능력이 변화할 뿐만 아니라, 유흡착재/액체 혼합물의 회수, 저장 및 처리와 관련된 문제를 야기할 수 있다.

### 비용

유흡착재 제품의 비용은 매우 다양하며 일차적으로 사용 소재가 좌우한다. 유기물질 및 무기물질 소재는 합성물질 소재보다 비교적 저렴한 편이다. 그러나 이렇듯 단위 비용이 낮음과 동시에 효율도 비교적 낮기 때문에 추가적인 분량이 필요할 수도 있음을 고려해야 한다. 또한 가장 적절한 제품을 선택할 때에는 대량의 폐기물로 인한 추가적인 처리 비용도 고려해야 한다. 합성물질 소재는 비용이 상대적으로 높지만 훨씬 효과적인 경우가 많으며, 어떤 경우에는 재사용도 가능하다.

## 가용성, 보관 및 운송

합성물질로 된 유흡착재의 성능은 매력적이지만 유출 사고 현장에서 항상 즉각적으로 사용할 수 있는 것은 아니다. 유기물질 및 무기물질 소재는 효율이 떨어질 수는 있으나, 훨씬 쉽게 입수할 수 있다는 실용성이 있다. 그러나 유기물질 소재는 효과적으로 사용되기 전에 표면 처리 등의 과정을 거쳐야 한다는 점에서 긴급 방제 시에는 가용성이 제한적이다.

유흡착재는 특성상 부피가 크며(그림 8), 대량으로 사용할 때에는 보관에 필요한 공간이 주요 고려 사항이 된다. 보관 공간이 제한되어 있고 다량의 유흡착재가 요구되는 경우, 보관은 실외에서 이루어질 수밖에 없다. 그러한 경우에는 특히 합성물질 유흡착재가 자외선 등으로 인해 품질이 저하되지 않도록 태양광으로부터 차단해야 한다. 유기물질 유흡착재를 보관할 때에는 습기로 인한 품질 저하 및 곰팡이, 쥐, 해충 등으로 인한 손상 가능성을 고려해야 한다.

보관과 마찬가지로 다량의 유흡착재를 창고에서부터 유출 사고 현장 부근의 물류 센터까지, 그리고 물류 센터에서 유흡착재 살포 현장까지 운송하는 과정은 물류 관련 문제를 야기할 수 있다. 특히 유흡착재를 항공기에 적재하여 유출 현장으로 운송하는 방식은 비용 효과적이지 않을 것이다.

## 해안에서의 유흡착재 사용

유흡착재는 연안 및 해안 방제 작업 시 여러 유용한 역할을 수행할 수 있다. 그러나 가능하다면 대량으로 사용하는 것을 피함으로써 유흡착재의 처리와 관련된 2차적 문제를 최소화해야 한다(그림 9). 따라서 해안가에서 유흡착재를 대규모로 사용하는 방식은 여타의 기법이 효과를 거둘 수 없거나 불가능한 경우로 제한되어야 한다. 예컨대 단단한 모래사장에 있는 기름은 유흡착재를 광범위하게 사용하지 않고도 작업 인력이 삽으로 작업하거나 도랑을 이용할 수 있다. 반면 해안가에 기름이 표착되어 있고 걸어서가 아니면

접근할 수 없으며 유희수기와 펌프를 사용할 수 없는 경우, 유흡착재를 사용하지 않고서는 기름을 처리하기가 매우 어렵다. 그럼에도 유흡착재의 가용성, 운송 및 보관 관련 문제는 유흡착재의 사용 전후에 여전히 고려해야 할 사항이다.

해안 가까이에서 앵커로 고정되어 있는 범형 유흡착재는 기름에 묻은 바위를 고압 호스로 세척하는(앞표지 참조) 등의 해안 세척 작업 중에 유출유를 효과적으로 포집하기 위해, 또는 조간대 지역에서 다시 떠오르거나 이동하는 기름을 포집하기 위해 사용할 수 있다. ‘수동적 방제’ 방식이라고도 일컬어지는 유흡착재 및 스네어BUM은, 특히 해수 소택지나 맹그로브 숲과 같은 고도의 민감 지역에서 연이은 조류에 의해 이동하는 기름을 포집하는 데 효과적이다. 이는 여타의 방제 기법을 사용할 경우 추가적인 손해가 발생하는 경우에 그러하다. 마찬가지로 이 기법은 연이은 조류에 의해 사석 및 쇄석 지대에서 방출되는 기름을 회수하는 데 사용할 수 있다. 아울러 크고 작은 자갈과 거친 모래로 구성된 해안가에 방출되는 고점도 기름을 포집하기 위해서는 건축 공사장의 먼지 스크린에 사용되는 촘촘한 그물망 소재도 효과적이다. 그물의 한쪽 끝은 해안에 고정시키고 다른 한 쪽은 바다에서 자유로이 움직일 수 있게 되어 있다. 환경 조건이 적절하다면, 특히 물의 속도가 너무 빠르지 않은 경우, 산업용 취수구를 가로지르는 방향으로 스네어BUM을 설치함으로써 고점도 부유 기름의 유입을 효과적으로 제한할 수 있다(그림 7).

일반적으로 방제 작업의 마지막 단계에서 해안방제기술과 유흡착재의 사용을 병행하는 방식은 바위에서 기름을 제거하려는 과정에서 유흡착재를 직접 사용하는 방식보다 낫다. 후자의 방식은 나중에 처리해야 할 물질을 대량으로 만들어 내기 때문이다. 그럼에도 불구하고 유흡착재는 다른 방식을 통해 합리적인 비용과 노력으로 회수하기 어려운 소량의 잔존유를 제거하는 데 유용하다.

특히 오염된 바위 지대와 같은 장소는 점도가 높고 풍화된 기름의 제거에 효과적인 폴리프로필렌 스네어 등의 유흡착재를 사용하여 정화하기에 적합하다. 얇은 유막을



▲ 그림 9: 단단한 모래사장에서 기름을 회수하기 위해 유흡착재를 대규모로 사용하고 있다. 유흡착재의 사용은 오염의 규모에 적합해야 하고 주목할 만한 방제 효과를 거두어야 하며, 처리해야 할 폐기물을 지나치게 많이 발생시키지 않아야 한다.



▲ 그림 10: 이탄이나 나무껍질과 같은 유기물질 입자형 유흡착재는 펭귄, 물개 등의 야생동물 보호에 중요한 바위 해안에 살포함으로써, 해안가에 출몰하는 동물의 털이나 깃털의 오염을 최소화할 수 있다.



▲ 그림 11: 바다에 살포된 패드형 유흡착재. 이차적 오염을 방지하기 위해 패드를 회수하기 위해서는 상당한 노력이 필요하다. 이 경우, 포집용 오일붐과 유회수기를 사용하는 것이 유흡착재의 사용보다 기름 회수에 더욱 효과적이다.



▲ 그림 12: 해상에서 얽은 유막을 회수하기 위해 오일붐형 유흡착재를 선박 두 척이 U자형으로 예인하고 있다. 해수에 의해 오일붐이 포화 상태가 되면 효과가 제한되며, 스커트 부분이 없기 때문에 기름 포집 능력이 제한된다. 사진에서는 기름이 오일붐을 빠져나가는 모습이 보인다.

회수하기 위해 유흡착재를 사용하는 것은 일반적으로 대부분의 기상 조건에서 불필요하다. 유막이 자연적으로 분해될 것이기 때문이다.

연안 또는 해안가에서 벌크식 유흡착재를 대규모로 사용하는 것은 일반적으로 권장되지 않는다. 1차적으로 흡착 소재의 살포 및 회수를 통제하기가 어렵기 때문이다. 그럼에도 불구하고 유흡착재의 회수를 고려하지 않아도 되는 경우, 그리고 유흡착재의 사용이 이로울 경우가 발생할 수 있다. 예컨대 기름으로 오염된 해안가에 이탄이나 나무껍질과 같은 유기물질 유흡착재에 대량의 기름이 흡착하도록 함으로써, 특히 물개나 펭귄과 같은 민감 해양 포유류와 조류를 보호하기 위한 조치를 출몰 지역에서 수행할 수 있다(그림 10). 일부 국가의 경우, 정화 작업의 마지막 단계에서 벌크식 유기물질 및 무기물질 유흡착재가 사용된다. 이는 유흡착재가 회수되지 못하더라도 기름/유흡착재 혼합물이 자연적 과정에 의해 시간이 지나면 제거될 것임을 알고 진행된다. 자연적 과정을 통해 광범위한 지역으로 혼합물이 분산되면서 기름이 점진적으로 분해되기 때문이다.

## 해상에서의 유흡착재 사용

중대한 해상 기름 유출 사고의 1차적 방제 수단으로 유흡착재를 사용하는 것은 바람직하지 않다. 수면에 떠 있는 유흡착재를 통제하기가 어렵고 처리해야 할 기름 함유 폐기물의 양이 증가할 뿐만 아니라(그림 11), 유막에 유흡착재를 살포하는 것은 해상 오염 및 회수 작업에 내재하는 난점들의 해결에 도움이 되지 못한다. 기름/유흡착재 혼합물은 유회수기의 작업을 방해할 가능성이 있고, 바람, 조류 및 파도의 영향을 계속 받아 유막을 부수게 되면 원래 유출 상태보다 통제하기가 더 어려워질 수도 있다.

## 살포

해상에서 벌크식 유흡착재를 사용하는 것은 효율성 및 안전과 관련된 여러 문제를 야기한다. 외해에서 분말형이나 입자형 유흡착재를 살포하는 방식에는 몇 가지 근본적인 단점이 존재하기 때문이다. 바람이 불면 유흡착재가 날려 유막에서 떨어짐으로써 낭비 및 추가적 오염이 발생한다. 유막을 향해 벌크식 유흡착재를 살포하기 위해 블로어를 사용하는 경우도 있는데, 작업자는 먼지로부터 자신의 눈을 보호하고 무의식중에 흡입하거나 소화시키지 않도록 주의해야 한다. 유흡착재가 기름과 적절히 섞이지 않으면 단순히 기름 위에 떠 있기만 하기 때문에 효율성이 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 선박의 측면에서 분말형 및 입자형 유흡착재를 통제된 방식으로 살포할 수 있는 여러 종류의 특수 장비들이 제작되었다. 이들 장비가 효과를 발휘하려면 유출 현장과 가까운 곳에서 그러한 장비를 확보해야 하는데, 아직까지 쉽게 사용할 수 있는 정도는 아니다.

붐형 유흡착재는 벌크식 유흡착재보다 배치하기가 쉽다. 그러나 조류, 바람 및 바다 상태에 의해 오일붐의 포집 능력이 제한된다는 사실은 붐형 유흡착재에 더욱 심각하게 적용된다. 붐형 유흡착재는 상대적으로 가볍고, 특히 배치 직후 바람 때문에 들어 올려질 수 있다. 따라서 밧줄 또는 앵커로 고정시켜야 하는데, 일부 붐형 유흡착재는 밧줄을 연결할 수 있는 부분이 마련되어 있다. 유흡착재의 장점과 일반적인 포집용 오일붐의 장점을 결합하기 위해 일부 제조업체에서는 발라스트와 스커트가 있는 붐형 유흡착재를 출시했다. 정박지 또는 어장과 같은 지역에서 기름 유출 사고가 경미하게 발생한 경우, 이러한 제품은 포집 작업과 회수 작업 모두를 보조할 수 있다. 이들 제품은 일회용으로 시판되기 때문에 재사용하기에는 부적합하며, 추가적인 처리 비용이 발생한다.

해수면에서 얽은 유막을 제거하기 위해 붐형 유흡착재를

예인하는 방식(그림 12)은 일반적으로 자원의 비효율적인 사용으로 간주된다. 유막이 자연적으로 증발하거나 분산될 것이기 때문이다. 나아가 과도와 난류의 영향으로 오일붙이 물로 인해 포화 상태에 도달함으로써 기름 회수 작업을 심각하게 제약할 수 있다. 포화 상태는 균일하고 연속적인 소재를 포함하고 있는 오일분보다는 벌크식 유흡착재로 구성된 오일분에서 더욱 현저하다. 또한 대부분의 오일분형 유흡착재는 예인으로 인한 지나친 장력으로 인해 찢어짐으로써 유흡착재 내용물과 기름이 유실될 수 있다.

시트형 및 패드형 유흡착재는 밧줄이나 닻으로 고정하도록 설계되어 있지 않고 설령 고정 가능하더라도 비실용적이기 때문에 오일분형보다 바람에 더 쉽게 날린다. 해상에서 시트형 또는 패드형 유흡착재를 대규모로 사용하는 것은 권장할 만한 기법이 아니다. 넓은 지역으로 급속히 퍼질 수 있기 때문이다. 이들 유형은 벌크식보다 회수 가능성이 상대적으로 높지만, 수작업에 의한 느리고 비효율적인 회수 방식에 의존한다. 시트형, 패드형 및 기타 부유식 유흡착재가 해안에 표착하면 기층에서의 연이은 조석 운동으로 인해 땅에 묻히게 되어 발견하기가 어려워진다(그림 13).

## 다른 정화 기법과의 병행 사용

채택된 정화 기법들이 상충하지 않도록 하기 위해 방제작업 및 방제 인력을 신중하게 관리해야 한다. 유흡착재를 사용할 때에는 기름과 물의 표면장력이 계면활성제에 의해 현저하게 변할 수 있다는 점을 염두에 두어야 한다. 유처리제 또는 그 밖의 유출방제용 화학약품은 유흡착재의 친수성 및 소수성을 약화시킴으로써 회수되는 물의 양은 현저히 증가하고 기름의 양은 감소하기 때문에, 유흡착재의 의도된 기능을 방해할 수 있다. 따라서 유흡착재를 효과적으로 사용하려면 방제 작업 중에 유처리제와 함께 사용하지 않아야 한다.

마찬가지로 유흡착재의 사용은 유회수기에 의한 기계적 회수 방식과 병행할 수 없다. 벌크식 유흡착재, 패드형 유흡착재, 그 밖에 날개로 되어 있는 유흡착재는 위어 또는 펌프를 막거나 기능을 심각하게 제한할 수 있으며, 붐형 유흡착재는 기름이 유회수기로 유입되는 것을 방해할 수 있다.

## 회수

유흡착재를 수면에서 제거하지 못하면 유출유와 마찬가지로의 오염 물질이 된다. 날날의 입자로 되어 있는 벌크식 유흡착재는 아주 멀리까지 날아가기 때문에 동물이 그러한 유흡착재를 먹음으로써 위험해질 수 있다. 특히 벌크식 유흡착재는 먹이로 오인될 수 있으므로 바다 양식 시설 근처에서 사용하지 않아야 한다.

기름/유흡착재 혼합물을 해수면에서 회수하는 작업은 여러 측면에서 어렵다. 기름만 있을 때보다 혼합물의 점성도와 부피가 더 커질 수 있기 때문에 강력한 성능을 갖춘 펌프와 유회수기가 필요하다. 그러한 혼합물을 펌핑할 수 없는 경우, 회수선에 있는 저장 탱크는 쓸모가 없어지고 더 큰 규모의 갑판 적재 용 저장 탱크가 필요하게 된다.

그간 후릿그물 형태의 어망으로 벌크식 유흡착재/기름



▲ 그림 13: 해상에 배치된 후 만조 때 해안가에 표착한 패드형 유흡착재. 신속하게 제거하지 않으면 뒤따르는 간조 때 패드가 모래로 뒤덮여 회수가 어려워진다.

혼합물을 회수하려는 시도가 있어 왔다. 그러나 막힘 및 반사파와 같이 기름을 단독으로 회수할 때 직면하게 되는 문제들이 해당 방식에도 동일하게 적용된다. 기름이 묻은 그물 또한 회수, 저장 및 세척/처리가 필요하다. 이러한 상황에서의 회수 작업은 비효율적이고 노동 집약적인 뜰채나 기계적 그레브(grab)로 한정된다.

오일분형과 시트형 및 패드형 유흡착재를 수면에서 회수하는 작업 역시 시간이 많이 걸리고 노동 집약적이다. 특히 포화 상태에 이른 붐형 유흡착재는 무겁기 때문에 인양하는 데 대단히 많은 힘이 든다.

## ‘시설 관리’ 및 기타 용도를 위한 유흡착재 사용

유흡착재의 가장 일반적인 용도 중 하나는 육상 또는 선상에 소규모로 유출된 기름을 빨아들여 없애는 것이지만, 작업자의 안전성 개선과 오염 확대 방지 등 일반적인 ‘시설 관리’ 용도로도 효과적으로 적용 가능하다. 매트형 유흡착재는 회수선의 선상, 장비 오염 제거 지점, 작업의 깨끗하고 더러운 측면을 구별하기 위한 클리닝 스테이션 등에서 기름으로 미끄러운 상황을 최소화하기 위해 사용할 수 있다. 마찬가지로 매트형 유흡착재는 해안에 위치한 선박 수용 시설 또는 통제 센터의 출입구에 깔아 놓음으로써 내부로 들어갈 때 바닥에 기름이 묻지 않도록 하기 위해 사용하는 경우도 많다. 지금까지 언급한 모든 시나리오에서는 낭비를 줄이기 위해 유흡착재를 용량(수명)이 다할 때까지 사용한 뒤 폐기해야 한다.

바다 양식 산업에서는 양식장 내의 수면에서 부유 기름과 유막을 성공적으로 회수하기 위해 시트형 유흡착재를 사용해 왔다. 양식장과 같은 공간에서는 기름이 흡착된 시트가 봉쇄되어 있기 때문에 회수하기가 쉽다. 비교적 잔잔한 바다에서는 양식장 또는 기타 민감 자원을 둘러싸기 위해



▲ 그림 14: 회수된 불형 유흡착재에서 스며 나오는 기름은 2차적 오염의 원인이 된다.



▲ 그림 15: 사용하고 난 뒤 임시 저장소에 쌓여 있는 유흡착재. 압축 작업을 진행하면 오일분에서 회수유가 압착되기 때문에 2차적 오염을 방지하기 위해 주의가 필요하다.



▲ 그림 16: 회수된 스네어를 막대기에 걸쳐 기름이 컨테이너로 떨어지도록 하고 있다. 이렇게 함으로써 폐기물 내의 잔존유를 최소화할 수 있다.

오일분형 유흡착재를 사용함으로써 오염 가능성을 줄일 수 있다. 아울러 산란장이나 염전과 같은 다양한 해안 시설에 해수를 공급하는 취수구로 기름이 유입되는 것을 방지하는 필터를 구축하기 위해, 섬유 바닥에서부터 벌크식 무기물질 소재에 이르기까지 다양한 종류의 유흡착재가 사용되어 왔다.

## 사용이 끝난 유흡착재의 보관, 운송 및 처리

### 기름 오염 물질의 임시 보관 및 운송

해상에서 사용된 유흡착재를 회수하면 회수선 선상에 보관했다가 해안으로 옮긴 뒤 최종적으로 처리해야 한다. 포화 상태가 된 유흡착재, 특히 불형은 위에 쌓인 다른 장비들에 의해 눌리면서 흡착유가 스며 나올 수 있다. 따라서 선상에서 보관할 때에는 스며 나온 기름이 갑판 또는 통로를 오염시키지 않도록 보관 지점 주위를 폐쇄해야 한다. 아울러 기름 함유 유흡착재를 적하할 때에는 선창이나 방파제의 오염을 최소화해야 한다(그림 14).

유흡착재를 포함하여 기름이 오염된 함유한 쓰레기와 물질이 해안가에서 적하 및 수거되면 운송 및 처리 등의 물류 지원이 조직되는 동안 임시로 보관되어야 한다. 대형 유출 사고의 경우, 수거된 물질의 양이 현지의 취급 시설이나 처리 시설의 용량을 초과할 수 있다. 유흡착재를 과도하게 사용하면 이러한 문제가 악화되면서(그림 15) 훨씬 큰 규모의 임시 보관소가 필요하게 되는데, 이러한 보관소는 인가를 받아야 하는 국가가 많다. 이들 물질을 운송하기 전에 최대한 많은 기름을 제거하며(그림 16), 이상적인 상황에서는 부피를 줄이고 운송 물류를 최적화하기 위해 유흡착재를 압축한다. 이를 통해 방출되는 기름과 물은 회수해야 하며, 임시 보관소는 스며 나온 기름이 유출되지 않도록 방벽을 둘러야 한다.

### 처리 방식

기름 함유 유흡착재의 처리 방식은 회수유에 비해 제한적이다. 폐기물 스트림(waste stream)에 소량의 유흡착재만 있더라도 정유소에서 공급 원료로 사용하는 것과 같은 특정 처리 방식이 불가능해진다.

### 재사용

이론적으로 볼 때 어떤 종류의 유흡착재는 기름을 추출이 가능한 경우 재사용도 가능하다. 이는 압착기 또는 탈수기(로프 몹 유회수기 시스템처럼)에 의한 압착, 원심분리기 또는 솔벤트에 의한 추출을 통해 가능하다. 일반적으로 압착이 훨씬 실용적인 방식이며, 일부 합성물질 제품에도 사용할 수 있다. 그러나 찢어지거나 구겨지거나 일반적인 품질 저하로 인해 유흡착재가 사용 불가능해지기 전까지 몇 차례의 재사용 사이클이 가능한지를 고려해야 한다.

유흡착재의 재사용과 관련하여 고려해야 할 그밖의 사항으로는

압착 시 분리된 유흡착재 입자의 폐유 스트림(waste oil stream) 오염, 흡착 능력의 감소율, 합리적인 수준의 인력과 장비로 제거 가능한 기름의 백분율 등이다. 그럼에도 불구하고 일부 유흡착재는 재사용이 반복되면서 특히 고점도 기름의 흡착 능력이 향상되기도 한다.

## 소각

오염된 유흡착재의 소각은 해당 유흡착재가 가연성 소재이고 과도한 물을 함유하지 않은 경우에 가능한 방식이다. 과도한 물이 없어야 한다는 기준은 사용이 끝난 유기물질 유흡착재를 소각하지 않는 데 적용된다. 유기물질 소재는 기름을 회수하고 물은 배제하는 선별성이 약하기 때문에 물이 지나치게 많이 함유되어 있기 때문이다. 사고 발생 국가에 소각로가 있더라도 일반적으로 국내 수요에 맞춘 것이기 때문에, 중대한 유출 사고에서 기름 함유 폐기물이 대량으로 쇄도하는 것을 감당하지 못할 수 있다. 여러 소각로 유형 중에서 회전 가마와 평로(open hearth furnace)가 방대한 분량의 고체 쓰레기 소각에 가장 적절하다. 불형 유흡착재와 같은 대형 쓰레기는 폐기물 스트림에서 제거하여 소각 전에 크기를 줄여야 한다.

합성물질 유흡착재의 발열량이 높으면 가마나 노의 온도를 제어하기가 어렵다. 공급량을 낮추려면 가연성이 낮은 물질로 구성되어 있는 폐기물 스트림에 기름 문은 유흡착재를 섞어야 하는 경우가 있다. 합성물질 및 유기물질 유흡착재가 완전히 연소하면 매립해야 할 물질의 부피가 현저하게 줄어든다. 반면 유기물질 소재를 소각하면 기름 성분은 제거되지만 최종 처리를 위한 전체 부피는 크게 줄어들지 않는다.

일반적으로 소각은 엄격하게 통제되는 방식으로 이루어진다. 특히 합성물질 유흡착재를 소각하는 경우, 유독성 다이옥신, PAH 및 HCl가 대기 중으로 배출되지 않도록 고온으로 연소해야 함과 아울러 배출 가스를 면밀히 모니터링해야 한다. 소각 비용은 다른 처리 기법에 비해 상당히 높은 경우가 많으므로, 소각을 선택할 때에는 이러한 점을 고려해야 한다.

## 매립

일반적으로 유흡착재의 매립 역시 현지 또는 국가 규정에 의해 엄격히 통제된다. 일부 국가에서는 기름 문은 유흡착재를 위험 폐기물로 취급하기 때문에 지정된 위험 물질 매립장을 사용해야 한다. 이에 따라 운송 및 처리 비용이 증가하게 된다. 현대식 매립지는 유출을 방지하기 위해 일반적으로 불침투성 막으로 둘러싸여 있다. 그러한 장치가 통상적으로 사용되지 않는 국가에서는 인근 토양과 수질의 오염을 방지하기 위한 조치를 강구해야 한다.

## 생물학적 분해

유기물질 유흡착재는 일반적으로 생물학적 분해성이라는 장점이 있다. 현지 폐기물 처리 규정에 따라, 그리고 기름 함유량이 낮다는 가정하에, 토양경작법에 의한 유기물질 처리가 허용된다. 이러한 유흡착재는 광대한 토지에 산포되어 생분해가 진행된다. 이들 물질이 분해되는 데에는 여러 해가 걸리지만, 경작 장비에 의한 통풍과 비료의 사용을 통해 훨씬 빠르게 분해시킬 수도 있다. 특정 유기물질 소재의 경우에는 퇴비화도 적용 가능한 처리 방식이다.

## Key points

- 해상과 해안에서 유흡착재를 대규모로 사용하는 것은 처리해야 할 유성폐기물을 과도하게 생성시키므로 바람직하지 않다.
- 그럼에도 불구하고 유흡착재의 사용은 특정 시나리오에 적절하기 때문에 효과를 거둘 수 있다. 1차적으로 해안 방제 작업 또는 여타의 기법이 사용 불가능한 경우 등이 그러한 예이다.
- 외해에서 기름을 회수하기 위해 유흡착재를 사용하는 것은 자원의 지극히 비효율적이고 비효율적인 사용으로 간주된다. 기름을 향해 유흡착재를 정확히 살포하기가 어렵고, (더 중요하게는) 일단 기름이 흡착되면 후속적인 회수가 어렵기 때문이다.
- 유처리제나 유회수기와 같은 정화 기법을 활용하는 작업은 유흡착재의 사용과 상충하기 때문에, 상이한 기법 간의 작업 방해를 방지하기 위해서는 신중한 방제 관리가 요구된다.
- 유흡착재는 부피가 크기 때문에 보관 및 운송이 까다롭다. 쥐, 해충, 곰팡이, 습기, 자외선, 화재 등으로 인한 손상을 방지할 수 있는 보관 방법을 신중히 검토해야 한다.
- 비용이 저렴하고 현지에서 입수 가능한 유기물질 또는 무기물질 소재는 비축되어 있는 합성물질 유흡착재에 비해 더욱 큰 비용 효과를 거둘 수 있지만, 유흡착재의 무게가 동일할 경우 상대적으로 회수 효율이 낮다.
- 유흡착재를 과도하게 그리고 비효율적으로 사용하면 2차적 오염이 발생할 수 있으며, 기름 함유 물질의 임시 보관, 운송 및 처리 과정에서 중대한 물류 및 재정 관련 문제를 야기할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 예방할 수 있도록 유흡착재의 수량을 통제하고 작업 인원을 면밀히 감독해야 한다.

## ITOPF 방제기술정보집 목록

- 1 기름오염 항공탐색 지침
- 2 해상 유출기름의 특성변화
- 3 기름오염방제시 오일펜스 사용지침
- 4 기름오염방제시 유처리제 사용지침
- 5 기름오염방제시 유회수기 사용지침
- 6 해안오염 식별지침
- 7 해안방제 지침
- 8 기름오염방제시 유흡착재 사용지침
- 9 기름 및 폐기물의 처리 지침
- 10 기름유출 대응의 리더쉽, 지휘 및 관리
- 11 어업 및 양식업에 대한 기름유출의 영향
- 12 사회·경제적 활동에 대한 기름유출의 영향
- 13 환경에 대한 기름유출의 영향
- 14 해상유출기름의 시료채취 및 모니터링 지침
- 15 기름오염에 대한 보상청구 지침
- 16 기름오염에 대한 긴급방제계획 수립지침
- 17 해상에서의 화학오염사고 대응 지침

국제유조선선주오염연맹(ITOPF)은 유류, 화학물질 및 기타 유해물질의 해양 유출에 효과적으로 대응하기 위해 전 세계 선주들과 그들의 보험사를 대표하여 설립된 비영리 조직입니다. 긴급 사고대응, 방제기술에 대한 권고, 피해 평가, 방제계획 수립 지원 및 교육훈련 제공 등의 기술적 서비스를 제공합니다.

본 방제기술정보집은 국제유조선선주오염연맹(ITOPF)의 기술진들의 경험을 바탕으로 개발되었고, 국제유조선선주오염연맹(ITOPF)의 승인 하에 해양경찰청에서 국문으로 번역하였습니다.



### ITOPF Ltd

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

Tel: +44 (0)20 7566 6999  
 Fax: +44 (0)20 7566 6950  
 24hr: +44 (0)20 7566 6998

E-mail: [central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)  
 Web: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)

#### 번역기관



### 해양경찰청

인천광역시 연수구 해돋이로 130  
 Tel: 032-835-2293 Fax: 032-835-2991  
 Web: [www.kcg.go.kr](http://www.kcg.go.kr)



### 해양환경관리공단

서울특별시 강남구 삼성로610  
 (삼성동 71번지 해공빌딩)  
 Tel: 02-3498-8500 Fax: 02-3462-7707  
 Web: [www.koem.or.kr](http://www.koem.or.kr)

※ 본 정보집에 수록된 해양오염 방제기술은 다양한 오염사고 특성 및 환경에 따라 다르게 적용될 수 있으며, 내용중 일부는 생략 또는 의역되어 있을 수 있으므로 해당부분은 원문을 참고 하시길 바랍니다.