

2007년

노면 · 수면에 기름 유출 사고시

## 효과적인 처리방법

한 뷓 케 미 컬

(발행 : 일본 다니구찌 주식회사)

## 머 릿 말

하천이나 호수, 늪에서의 수질 사고의 절반 이상은 기름(탄화 수소)의 유출에 의한 것입니다.

현재, 기름 유출 사고에 대응하기 위해 다양한 자재가 시판되고 있습니다.

그러나 평소부터 적절한 자재를 준비하고, 그 사용 방법을 숙지해두지 않으면 피해의 확대를 신속하고 확실하게 방지할 수 없습니다.

이 매뉴얼에서는 10년 이상에 걸쳐 기름 유출 사고 처리 현장에 관여함과 동시에 방제 자재의 개발에 노력해온 경험과 연구를 기초로 기름 유출 사고 처리 현장에서의 대응 방법을 가능한 구체적으로 기재하고 있습니다.

우선 기름 유출 사고에 대응하기 위한 기본적인 개념을 제시함과 동시에(제1장), 이를 노면, 수면에서 구체화하여 상황에 따라 자세하게 설명하고 있습니다.(제2장과 제3장).

각 장의 작은 문자로 된 문장은 상세 설명이므로 현장의 행동 방침으로 이용할 경우에는 큰 문자의 부분만을 읽어도 충분합니다.

이 문서는 현시점에서 자사의 최신의 견해를 나타내는 것이나, 이후의 연구 조사에서 변경될 수 있으므로 이를 완전한 매뉴얼이라고는 여기지 않습니다. 또한 조사 능력 부족에 따른 오류도 존재할 수 있습니다. 이 문서에 기재된 내용을 100% 신뢰하지 마시고, 의문이 생기는 점은 스스로 확인하도록 해주십시오.

환경 보전 기술이 끊임 없이 발전되고 있는 상황에서, 이 문서는 기름 오염으로부터 환경을 유지, 향상시키기 위해 작은 보탬이 되고자 만들어진 것입니다.

(또한 이 문서는 2001년 3월 발행된 「노면·수면의 기름 처리 매뉴얼」을 전면 개정한 것입니다.)

2007년 10월

발행처 일본 타니구치상회 주식회사  
판매처 한국 한빛케미컬

# 목 차

## 제1장 서 문

1. 기름이란?	1
2. 필수사항 및 금지사항	2

## 제2장 노면, 상면등 육상에서의 누유

1. 시 점 - 어디에 기름을 흘려 보내면 안되나?	6
2. 자재의 선택	6
3. 순서	8
가. 일반포장도로	8
나. 배수성 포장도로	10
다. 도랑(상세논의)	11
라. 오일트랩, 집수통(상세논의)	13
마. 가솔린 등으로의 인화 예방	13

## 제3장 하천, 호수와 늪 등 수역에서의 유출유

1. 시 점	14
2. 기름의 차단	15
가. 자재의 선택(오일펜스)	15
나. 순서	18
(1) 하 천	18
(2) 용수로, 작은 하천(상세논의)	28
(3) 댐이나 호수, 연못 (상세논의)	28
3. 기름을 흡착 회수한다.	29
가. 자재의 선택	29
나. 순서	31
(1) 유막이 얇은 경우 (하천 등 공용수역에서 대개 일반적임)	31
(2) 기름이 고여있는 장소 또는 유막이 매우 두꺼운 경우 (공장의 오일파트 등)	31

## 제4장 부 록

하천에서의 기름유출사고 처리용 지침물 목록 (참고)	32
------------------------------	----

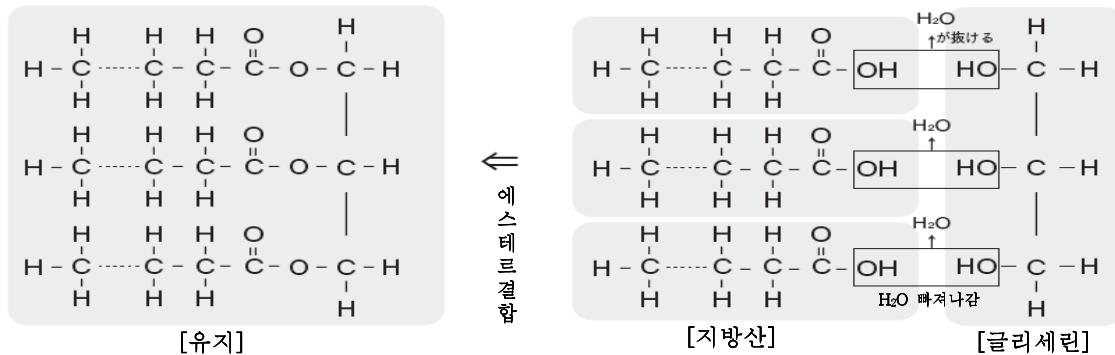
# 제1장 서 문

## 1. 기름이란?

먼저 동식물성 기름과 광물성 기름의 차이에 대해서 설명합니다.

동식물성, 즉 「유지」라고 불리는 것은 일반적으로 지방산과 글리세린이 에스테르 결합(산소를 포함합니다)한 것입니다. 에스테르 결합은 미생물이나 산소에 의해 가수 분해되기 쉽다는 점도 있어 「유지」도 미생물 분해되기 쉽습니다. 특히 긴 지방산을 포함하지 않는 한, 조건만 좋으면 며칠 내로 분해되는 경우도 있습니다.

대부분이 거의 아래와 같은 형태입니다.

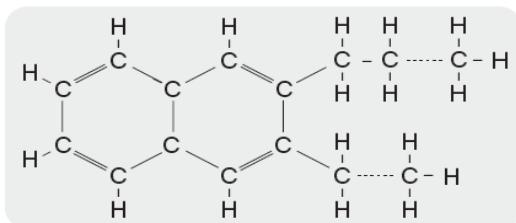


그러나, 많은 기름 유출 사고 현장에서 흘려지는 것은 광물성 기름(탄화수소)입니다. 이는 에스테르 결합을 갖지 않고 탄소끼리가 아닌 탄소와 수소의 강한 결합으로 구성되어 있는 것으로 미생물 분해가 어렵습니다. 게다가 독성이 강한 성분을 포함하는 경우가 있습니다. 이들의 구성 성분으로는,



이들이 계속 결합하여 거대한 분자가 되는 경우도 있습니다.

거대 분자의 예



이 문서에서 「기름」이라고 부르는 경우는, 특별한 부가 설명이 없는 한 광물성 기름(탄화수소)를 의미합니다.

## 2. 필수 사항 및 금지 사항

### 가. 필수 사항

기름 유출 사고를 처리할 때 가장 중요한 것은, 가능한 누유 발원지에 가까운 곳에서 신속하게 기름을 차단하는 것입니다. 왜냐하면 기름은 매우 확산되기 쉬운 성질을 가지며 계다가 확산에 의한 피해도 처리 비용도 급속도로 확대되기 때문입니다.

그러나 현실적으로는 누유를 발견한 때는 이미 어느 정도 확산되고 흘러내려가 있는 경우도 있습니다. 이와 같은 경우에는 누유 발원지뿐만 아니라 (하류의 취수구와 같이) 기름을 접근시키면 안 되는 장소의 앞 또는 상류도 당초부터 확산 방지 포인트로 지정합니다.

유출된 기름을 발견하면 우선 확산을 막는 것을 우선시 해주십시오. 그 다음에 확산이 방지된 장소에서 흡착 회수를 실시합니다.

### 나. 금지 사항

#### (1) 「기름 처리제」 「기름 중화제」로 불리는 액체는 가능한 사용하지 마십시오.

「기름 처리제」 「기름 중화제」를 유막이 떠있는 수면에 투입하면 틀림없이 유막은 사라지지만, 「기름 처리제」 「기름 중화제」는 모두 기름을 단기간에 분해시킬 수 있는 것이 아니라 기름을 씻어 내려 물 속으로 미세하게 유화 분산시키는 작용밖에 하지 않습니다.

이에 대해 「물 속으로 기름을 유화·분산시키는 것은 미생물 분해(산화)를 촉진한다」라는 반론도 있습니다. 그러나 아무리 촉진시켜도 분해에 몇 주~몇 개월 간의 시간이 걸립니다. 이에 비해 하천은 몇 일 내에 바다까지 흘러가 버립니다. 즉, 하천에 있는 동안에 기름은 기름인 체로 미세한 알갱이가 되어 물 속을 떠다니게 되어 취수구나 논으로 기름이 흘러 들어갈 위험이 있는 것입니다. 강 바닥의 돌 등에 기름이 부착되면 기름 오염을 오히려 장기화시키는 경우도 있습니다.

또한, 일부나마 미생물 분해(산화)가 된다고 하더라도 그 과정에서 물 속의 산소를 소비하여 용존 산소량(DO)를 감소시켜 수질을 악화시키게 됩니다.

계다가 기름 처리제에 의해 물 속으로 모두 분해된 기름은 물고기의 아가미에 부착되기 쉬워져 「기름만」 또는 「기름 처리제만」의 경우와 비교하여 어독성이 상승적으로 높아집니다.

경관에 대해서도 언급하자면, 기름 처리제를 전한 농도 그대로 사용하면 거품이 심하게 발생되어 하류 수역을 거품투성이로 만들어 버립니다.

#### 「기름 처리제」에는 크게 2종류가 있습니다.

한 종류는 등유 등의 경질유를 주성분으로 하는 것이고, 다른 한 종류는 계면 활성제 (기름과 물이 섞이기 쉽도록 하기 위한 고분자 화합물. 비누도 이것의 일종)를 주성분으로 한 것입니다.

전자는 물에 넣으면 하얗게 변하며 용기에 「제4류 제3석유류」 등으로 표시되어 있습니다. 이는 특히 해양 사고로 유출된 원유 등의 중질유를 부드럽게 하여 유화 분해시켜 미생물 분해를 촉진시키기 위해 사용됩니다. 바닷물은 양이 엄청나며 식용·농공업 용수로 사용되는 경우도 없으므로 흡착 회수하지 못한 중질유의 처리 수단으로서 이와 같은 방법도 허용됩니다. 그렇다고 하더라도 이 방법은 환경에 큰 부하를 가하게 되므로 바다에서도 경질류·동식물유에 대해서는 사용을 자제하도록 사용 전에 어업 관계자 등의 승인을 얻도록 지도하고 있습니다.

후자는 기본적으로는 비눗물이나 부엌 세제와 같은 계면 활성제를 주체로 하는 것으로(물론 전자에도 계면 활성제는 포함되어 있습니다) 환경 부하는 전자보다도 낮은 것이 보통입니다.

두 타입 모두 하천 등의 내수에 직접 투입은 피해야 합니다. 어차피 하천이나 하류로 흘러 들어가게 되는 이상, 노면이나 상면 등에도 필요 이상으로 뿌리지 않도록 해야 합니다.

특히 전자는 뿌리면 오히려 미끄러지기 쉬워져, 기름을 오히려 추가로 뿌려줘야 하게 되므로 바다 이외에서는 절대로 사용하지 마십시오.

노면에 누출된 기름이나 하천 또는 호수, 늪 등의 내수에 유출된 기름은, 최대한 흡착 회수해야 한다는 점을 사고 처리 시작 시점부터 염두하여 행동해 주십시오.

그리고 「흡착 회수하기」 위해서도 기름 처리제는 뿌리지 않는 것이 좋습니다.

기름은 평상시에는 물에 뜹니다. 따라서 오일 펜스나 오일 매트를 수면에 띄우는 것으로 확산이 방지되고 흡착되는 것입니다.

기름 처리제를 뿌리면 기름은 물 속으로 분산되어 좀처럼 떠오르지 않습니다. 다른 장소로부터 다량의 물이 흘러 들어 기름 처리제의 농도가 낮아져 분산력이 약해짐에 따라 다시 기름이 수면으로 떠오른 시점(강인 경우에는 아주 하류 부분이 됩니다)에서 막을 수 밖에 없습니다. 일부(활성탄 계열 등)의 매트는 가라앉지 않고 흡착력도 없어지지는 않지만, 기름 처리제의 농도가 진한 때에는 역시 흡착력이 떨어집니다.

기름 처리제의 분산력이 너무 강한 경우에는, 펜스로 막거나 매트로 흡착시키는 것은 전혀 불가능해져 진공으로 빨아 들이는 방법밖에 없게 됩니다.

또한, 유수 분리조 등으로 기름 처리제를 넣어 버리면 기름을 하천이나 하수에 흘려버리는 것이 됩니다. 왜냐하면 유수 분리조는 기름의 부력을 이용하여 물만을 아래로 빼내는 원리이므로 기름 처리제에 의해 유화된 기름은 물과 섞여 수면 위로 떠오르기 어려워지기 때문입니다.

단, 노면(특히 배수성 포장·고기능 포장의 내부)이나 호안에 부착된 기름을 씻어내기 위해서 어쩔 수 없이 세정제를 사용해야만 하는 경우도 있습니다. 이 때는 환경 친화적인 기름 처리제를 충분히 희석시켜 필요한 최소의 양을 사용해 주십시오. 또한 배수 중인 기름은 가능한 도량 등에서 흡착 회수해 주십시오.

「기름 처리제」「기름 중화제」 중에는, 부엌 세제 등과 비교하여 매우 독성이 낮은 생분해성이 좋은 것이나 씻어낸 기름을 배수의 수면 위로 다시 떠오르기 쉽게 하는 기능을 가진 것도 있습니다.

(2) 덧붙여, 「하수도로 흘러갈 경우에는 어차피 하수 처리장에서 처리할 것임으로 기름도 흡착시키지 않아도 상관 없다」는 생각도 고쳐주십시오.

왜냐하면 하수 처리장에서 실시되는 처리도 기본적으로는 미생물 분해이기 때문입니다.

하수 처리장에 흘러 들어간 오염된 물은 우선 침전조를 통과한 후, 혼기조로 들어갑니다. 여기서 혼기성 미생물에 의해 오염된 물 안의 유기물이 대략적으로 분해됩니다. 그리고 난 후, 폭기조에서 호기성 미생물에 의해 더욱 정밀하게 유기물은 분해·산화되어 최종 침전조를 지나 강이나 바다로 방출됩니다. 그러나 기름은 기본적으로 어느 미생물에 의해서도 분해되기 어렵습니다. 특히 계면 활성제와 함께 물속에 분산되어 있던 기름이 폭기조의 미생물 집단(플럭)의 표면에 부착되어 버리면 산소가 안으로 들어갈 수 없게 되어 분해가 원활하게 이루어지지 않습니다(스컴(Scum) 발생, 파킹 등).

따라서 기름의 대량 유입은 하수 처리장에 있어서도 곤란한 일입니다. 기름이 지나치게 많은 경우에는 하수 처리장에서도 미리 오일 매트로 흡착 회수한 후에 처리하는 경우도 있습니다.

# 유처리제(중화제)는 위험합니다!

## 도로 · 하천 · 호수와 농 · 수로 등에서 사용하지 말아 주세요!



1

식별하기 쉽게 붉게 칠색한 경유를 물이 들어간 병에 넣는다.



2

그 중에 해양용이 아닌(용제, 등유가 들어 있지 않다) 유처리제(중화제)를 따른다.



3

하천, 호수와 농 등을 재현하기 위해 병을 훤히들어 혼합한다.



4

기름이 중화되어 무해화 된 것은 아니다.



5

즉, 예를 들면 10리터의 기름에 유처리제를 따른다는 것은, 그대로 10리터의 기름을 함유하고 있는 것과 같게 된다.



6

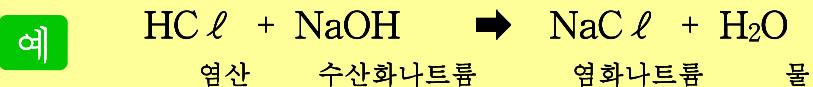
몇 분 경과후 미립자화된 기름은 재결합해 수면에 떠 있다. 병안의 물은 백탁하고 있다.

※ 결국, 기름은 흡착하여 제거해야만 합니다.

## 유처리제(중화제)의 현실태

유처리제(중화제)는 “기름을 중화하는” 이라든지 “기름을 가수분해 하는”과 같이 알려져 있는 경우가 있습니다만...

중화하는 → 산과 알칼리가 반응해 소금과 H<sub>2</sub>O가 생기는 반응



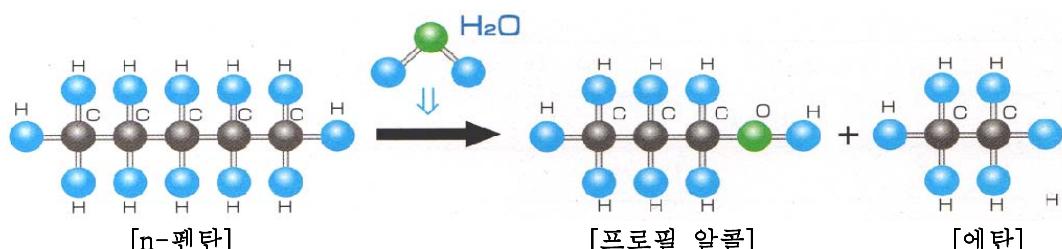
기름은 H<sup>+</sup>를 내기 쉽지도(산 이라도) 빼앗기 쉬운 것도(알칼리도) 아니다

▶ 중화는 아니다.

가수분해하는 → 물과 반응해 보다 작은 다른 분자에 변화하는 것



기름에 가수분해가 일어난다고 하면



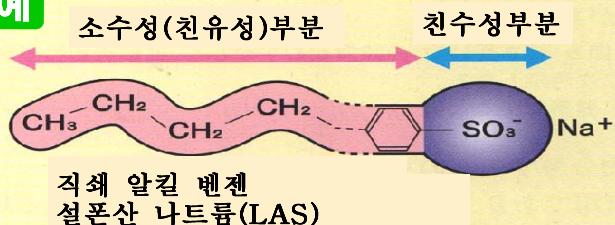
실제는 유처리제에 의해 기름이 H<sub>2</sub>O와 반응하고 있는 것은 아니다

▶ 가수분해는 아니다.

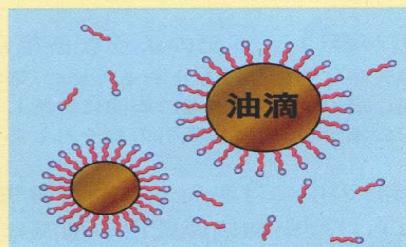
유처리제의 내용은 계면활성제입니다.

계면활성제의 구조

예



분산 이미지



기름은 계면활성제의 소수성 부분에 둘러싸여

세세한 유적과 개수 중에 분산할 뿐입니다.

## 제2장 노면, 상면 등 육상에서의 누유

### 1. 시점 - 어디에 기름을 흘려 보내면 안되나? -

육상에서 기름이 유출되어도 우선 중요한 것은 확산을 방지시키는 것입니다.

특히 수역으로 들어가지 않도록 하는 것과, 지면에 스며들지 않도록 하는 것에 주의를 기울여 주십시오.

하천 등의 수역에 들어간 기름을 회수하기 위해서는 회수하기 위한 작업량도 비용도 육상의 기름을 회수하는 경우의 10배 이상으로(기름 처리제가 섞여 있으면 그 이상) 증가하게 됩니다.

땅 속으로 스며든 기름은 간단히 미생물 분해되지 않습니다. 분명히 땅 속에는 기름을 분해할 수 있는 균이 생식하고 있지만 이들이 기름을 분해하기 위해서는 공기(산소)도 필요합니다. 그러나 땅 속 깊은 곳에 공기는 없습니다.

지표면 가까운 땅 속에도 산소는 적어, 분해에는 수 개월이 걸립니다(물 속보다도 더 시간이 걸리는 경우도 있습니다). 특히 많은 고리를 갖거나 연쇄 또는 탄소 수가 많은 탄화수소가 고농도로 땅 속에서 대류하고 있는 경우는 분해되기 매우 어렵게 됩니다.

기름 오염 토양의 정화 기술은 다양하게 있으나 상당한 비용이 소요됩니다.

### 2. 자재의 선택

육상에서는(빗물에 기름이 흘러가는 경우는 제외), 기름의 확산을 막는 자재와 흡착하는 자재는 공통입니다. 각종 자재의 장단점을 아래 표에 정리하였습니다.

형상	흡착포(섬유계열 오일매트)	분상(가루)	분상을 포함하는 입상	입상(입자)
재질	유기질		무기질(광물)	
비중	가벼움		무거움	
대상	기름 이외의 강산 등의 액체는 흡착할 수 없거나 화학 반응을 하는 경우가 있음		기름 이외의 강산 등의 액체도 대부분 흡착할 수 있음	
마무리	노면의 작게 패인 면에 들어간 액체는 흡착하기 어려움 (접촉하기 어려움)	노면의 작게 패인 면에 들어간 액체는 흡착하기 어려움 (흡착재 자체가 패인 면에 남게 됨)	노면의 작게 패인 면에 들어간 액체도 흡착할 수 있음	
회수	회수는 쉽지만 하면 되므로 편리  흡착력이 약하며 흡착 후의 기름의 흘림이나 냄새가 심함. 반드시 흡착 후 바로 비닐 봉지에 담아야 함	솔이나 철 브러쉬로 털어낼 필요가 있음  흡착력이 강하여 흡착 후의 기름 흘림이나 냄새가 적음		

\* 비중이 가벼우면 아래와 같은 이상이 발생됩니다.

- 악천후 시에 기름의 확산을 막기 위한 「들러쌓기·받아내기 형식」의 설치가 어려워져 확산 방지에 불리함.
- 바람이 불어 사고 현장 주위에 산란되어 2차 오염이 발생됨.
- 가루의 경우, 작업자가 들이마실 우려도 있어 건강에 해로움.

\* 흡착재 중에는 흡착된 기름을 미생물 분해하는 것도 있습니다.

이는 폐기물 처리 비용의 삭감에 유리하며, 소량의 잔재가 남은 경우에는 주위의 풀숲에 방치해 두면 기름이 없어지므로 편리합니다.

이 타입의 제품에는 2종류가 있습니다.

한 종류는 다양한 크기의 미세 구멍을 가진 입상 광물(규조토) 계열 흡착재로 해당 토양에 원래부터 서식하고 있는 미생물을 이용하는 것입니다. (광물임에도 pH가 중성이 아닌 점, 다양한 크기의 미세 구멍이 없다는 점, 발수성인 경우 미생물이 서식하기 어렵다는 점, 입상은 유실되기 쉽다는 점에 의해 이들은 부적합함)

다른 한 종류는 기름을 분해하는 능력이 특히 뛰어난 미생물을 부착시킨 유기물 계열 흡착재(분상)입니다.

전자는 풀 숲 등 미생물이 많은 곳에 두어야 한다는 조건이 따르나, 시간이 지남에 따라 열화되지 않는다는 점, 기존의 생태계에 주는 영향이 적다는 점이 장점입니다.

후자는 그와 반대로 시간이 경과됨에 따라 미생물의 활성이 저하되거나 해당 장소의 미생물 생태계에 영향을 줄 가능성성이 있습니다.

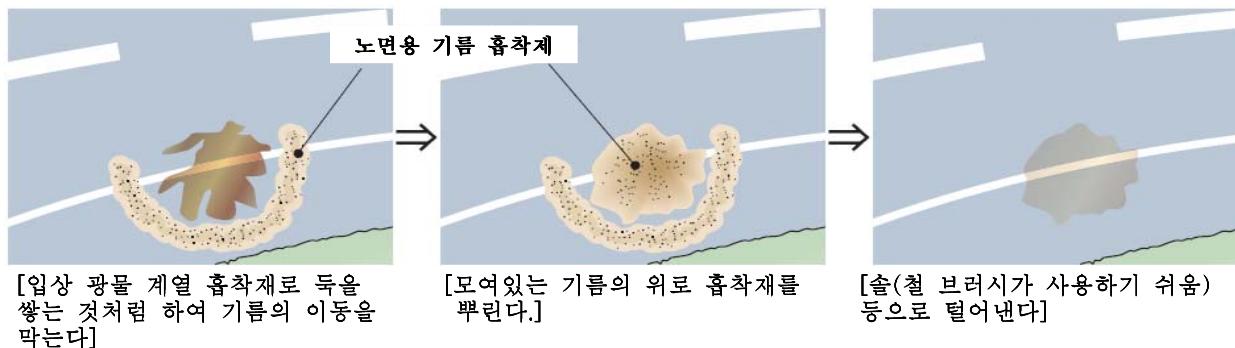
덧붙여, 기름(탄화수소)의 구성 원소는 탄소(C)와 수소(H)입니다. 이들을 물( $H_2O$ )을 없애고 이산화탄소( $CO_2$ )로 변화시키기 위해서는 산소( $O_2$ )가 불가결하나, 땅이나 물 속에는 충분한 산소가 없습니다. 따라서 두 타입 모두 땅속에 묻거나 물속에 가라앉히거나 하면 기름 분해 능력이 매우 약해지므로 흡착 후에도 지표면에 두도록 해주십시오.

일반적으로 말하자면 입상 광물 계열의 흡착재가 노면용 흡착재로서는 가장 적당하다고 볼 수 있습니다. 입상 광물 계열 흡착재에도 다양한 종류가 있어 제품에 따라 흡착량이나 속도, 투수성(배수성 포장 노면을 막히기 쉽도록 하는지 여부) 등에 큰 차이가 있습니다.

### 3. 순서

#### 가. 일반 포장 도로

##### (1) 액체량이 적은 경우 (단비가 내릴 때의 사고 등도 포함)



- 유분을 남기고 싶지 않은 경우에는, 계면 활성제(기름 처리제, 세제)를 물로 충분히 희석시켜 누유 현장에 소량을 뿌리고 철 브러시로 털고 오염된 물을 흡착제로 흡수시킨다.

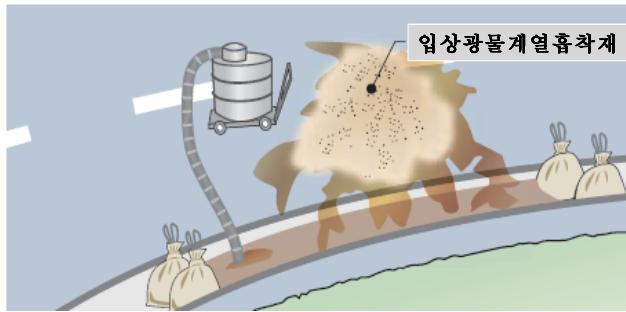
##### (2) 액체량이 많고, 그 대부분이 기름인 경우 (탱크트리리 전복 사고 등)

###### A) 도랑이 있는 경우

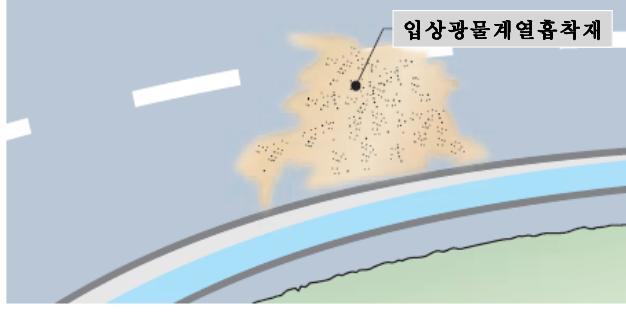
- ① 막는법: 모래 주머니 등으로 도랑에 기름을 모은다.



- ② 초기 회수: 모인 기름을 진공으로 빨아들인다. 또는 광물계열 흡착재로 흡착시킨다.

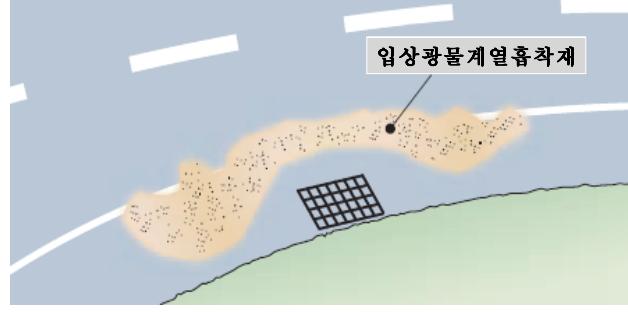


- ③ 마무리 회수: 계면 활성제(저독성 · 이분해성)으로 씻어내, 입상 물 계열 흡착재로 흡착시킨다.



###### B) 도랑이 없는 경우

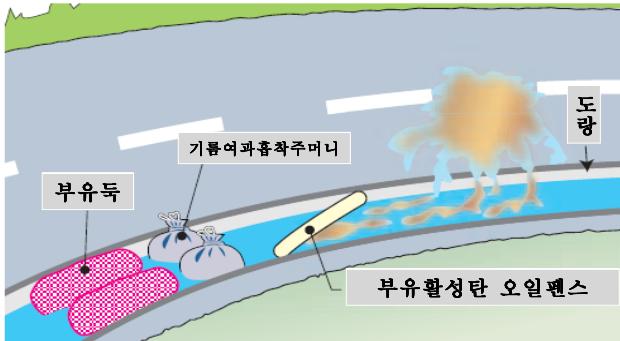
- 부유 활성탄 오일 펜스나 모래 주머니 등으로 기름이 집수통으로 들어가지 않도록 둘러 쌈다.



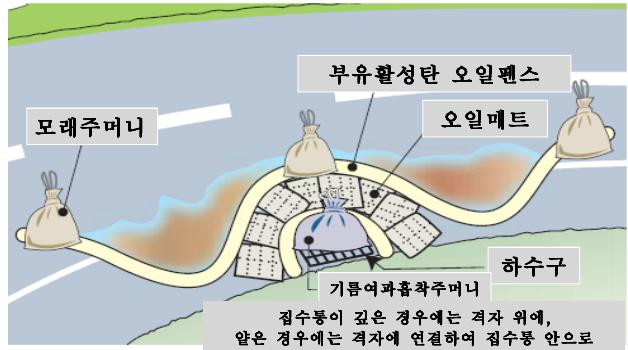
(3) 액체량이 많고, 그 대부분이 물인 경우 (큰비가 내린 때의 사고 등)

A) 도랑이 있는 경우

① 막는법 : 강과 마찬가로 본다. 1단으로 막을 수 없으면, 2단 3단으로 설치한다.

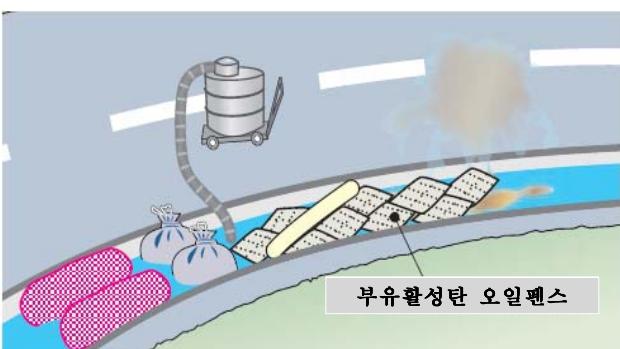


B) 도랑이 없는 경우



② 초기 회수 : 모여진 기름을 진공으로 빨아들인다. 또는 광물계열 흡착재로 흡착시킨다.

(섬유 계열 오일 매트도 사용할 수 있으나, 일단 흡착시킨 기름이 흘러 떨어짐에 따른 2차 오염을 방지하기 위해서는 부유 활성탄 매트가 편리)



③ 마무리 회수 : 부유 활성탄 계열 오일 매트로 유막을 흡착시킨다.



덧붙여, 입상 흡착재 중에는 발수성을 가진 것도 있으며, 이들은 기름과 물이 섞여 있을 때에 기름만을 흡착한다.

그러나, 기름을 흡수하지 않는 동안에는 물에 떠있으므로 노면에 빗물이 흐르는 경우에는 유실을 멈추는 것이 어렵다.

또한, 교통 사고 등의 현장에는 기름뿐만이 아니라 배터리 액이나 냉각액, 소화 용제도 흘러져 있는 것이 흔하므로 이들을 동시에 흡착 회수할 필요가 있으나 발수성 흡착재는 이들을 흡착시킬 수 없다. 이를 고려하여 사용해야 한다.

현재, 발수 가공토 계열과 부유 활성탄 계열이 있으며, 발수 가공토 계열은 흡착량이 많으나 일단 기름을 흡착하면 무거워져 바닥으로 가라앉아 제거할 수 없을 뿐만 아니라 일단 흡착시킨 기름의 일부를 방출하게 된다.

부유 활성탄 계열은 흡착량이 다소 적으나 기름을 흡착한 후에도 수면에 계속 떠있으며 일단 흡착한 기름을 다시 방출하지 않는다.

## 나. 배수성 포장 도로

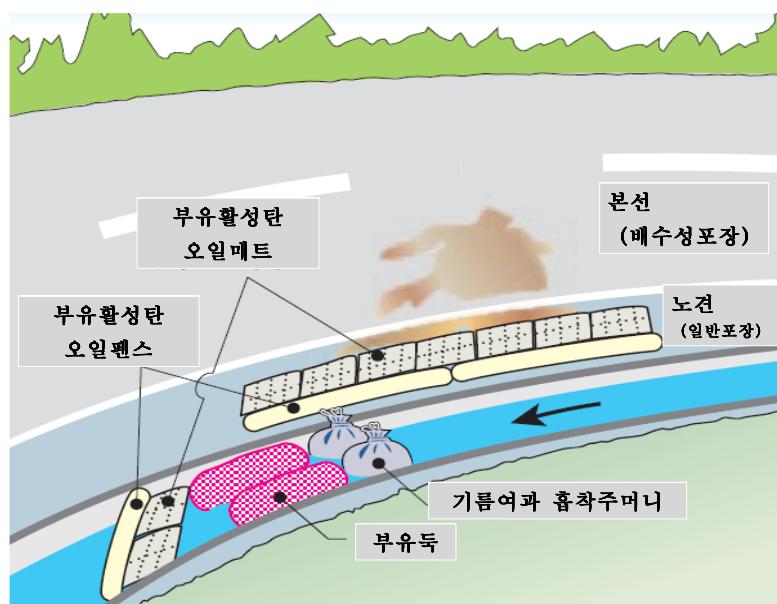
배수성 포장·고기능 포장은 불투수층 위로 수 cm의 투수성이 있는 포장이 올려져 있는 구조이나 이와 같은 노면에 기름 유출 사고가 발생되면 기름이 투수층에 스며들어 열화(브리딩(Bleeding), 폐인 구멍 등)를 일으킬 위험이 있다.

포장 부분이 투수층만으로 이루어져 불투수층이 없는 것, 즉 고인 물이 지면으로 스며들어가는 타입을 「투수성 포장」이라고 하며, 보도 등에 시공되는 경우가 있다.

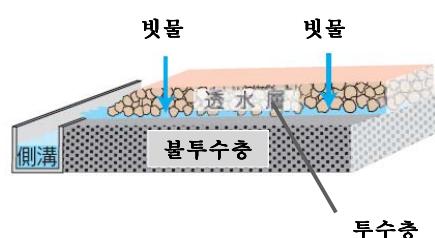
- ① 먼저 표층에 남아 있는 기름은 일반 포장에서 액체량이 적은 경우와 마찬가지로 처리한다(一 (1)). 이 때 발수 가공토 계열 흡착재나 물로 봉괴되는 흡착재를 사용하면 막힘을 발생시키므로 이들의 사용을 피한다.
- ② 스며든 기름을 물과 기름 세정제로 씻어 낸다. 단 배수는 모아두어 나중에 진공으로 빨아 들이거나 미리 아래 그림과 같이 기름만을 흡착 회수할 수 있도록 흡착재를 부설해 둔다,

흡착재를 사용할 경우에는 부유 활성탄 계열과 같은 흡착력이 강한 것이어야 합니다. 또한 세정제는 씻어 낸 기름을 다시 위로 띄우기 쉬운 타입의 것을 충분히 희석시켜 사용해야 합니다.

### [서피스 다운형의 경우]

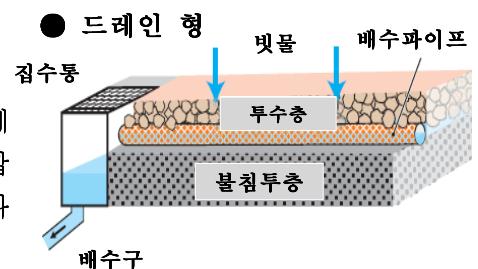


### ● 서피스 다운형



### [드레인 형의 경우]

- 드레인 형의 배수성 포장·고기능 포장인 경우, 지하 드레인을 통과한 도랑>집수통>작은 하천으로 각각의 장소에 적합한 기름 흡착 회수를 실시한다. 이 때에도 유부 활성탄 계열과 같이 흡착력이 강한 것을 사용해야 한다.



- 기름 처리제 자체는 하천에 흘러 들어가게 된 이상, 안전성이 높은 것을 잘 희석시켜서 사용한다. 기름 처리제의 상세한 설명에 대해서는 「제 1장 2」 참고.

### 3. 도랑 (상세 논의)

(1) 기름을 막는 자재는 기본적으로는 오일 펜스이나, 폭이 좁은 도랑에는 웬만해서는 오일 펜스를 설치할 수 없는 경우도 있습니다.

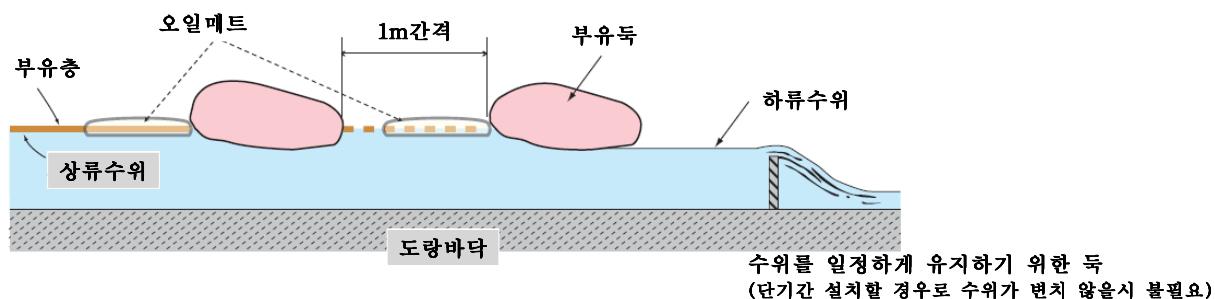
(2) 이 같은 경우를 위해 부유 둑 형태의 변형 오일 펜스가 시판되고 있습니다. 이 타입은 2개까지는 옆으로 나란히 채워 넣을 수 있습니다.

◎ 유입 장소의 하류에 부유 둑을 채워 넣는다. 이때 위로 떠오르지 않도록 도랑의 양쪽 벽에 마찰로 지탱되도록 눌러 넣어 주십시오. (도랑 바닥에 간격을 두고 설치하여 상층의 기름만을 막고 아래의 물은 흐르게 한다.)

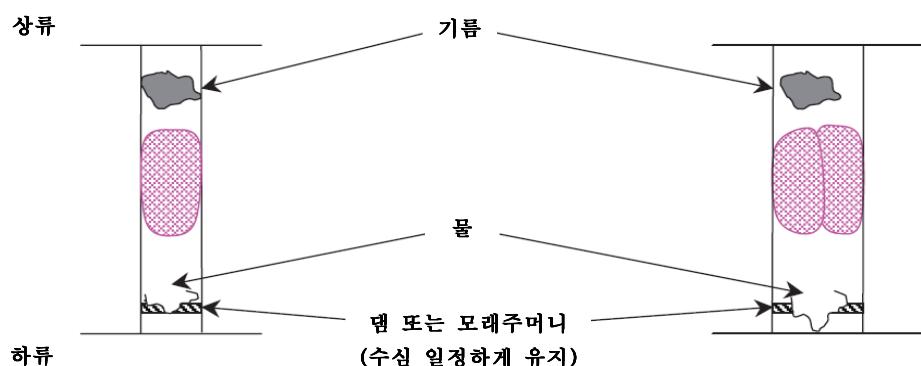


\* 유속이  $0.20\text{m/sec}$ 을 넘으면 비말 동반 누설로 기름이 밀으로 빠져나갑니다.  $0.5\text{m} \sim 1\text{m}$  정도의 간격을 두고 몇 군데에 부유 둑을 설치하면 비말 동반 누설을 방지하여 간격 누설을 경감시킬 수 있어, 결과적으로 성능이 향상됩니다. 장기간 설치하기 위해, 수위의 고저가 발생하거나 수위가 너무 낮을 경우에는 부유 둑의 하류에 모래 주머니를 쌓아 수위를 일정하게 합니다.

#### [시공 예]

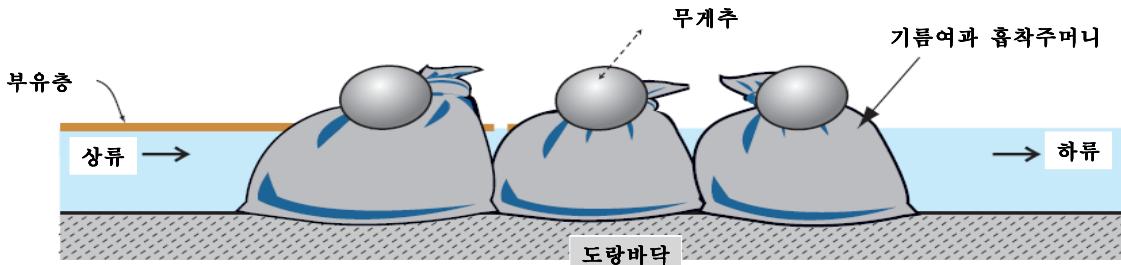


a) 폭이 25cm이하의 지하인 경우



b) 폭이 36cm의 지하인 경우

(3) 오일 펜스 등의 확산 방제 자재가 없는 경우, 흡착 자재(오일 매트나 여과 주머니 등)가 하류로 유실되지 않도록 돌, 나무, 끈 등으로 고정시켜 둘 수 있으면 이는 응급 확산 방제 자재가 됩니다. 특히 부력이 강하고 일단 흡착된 기름을 방출하지 않는 강한 흡착력을 가진 타입의 오일 매트나 여과 주머니(부유 활성탄 계열 등)는 흘려 내려가지 않도록 해두면 그 자체로 기름을 막는 도구라고도 할 수 있습니다.

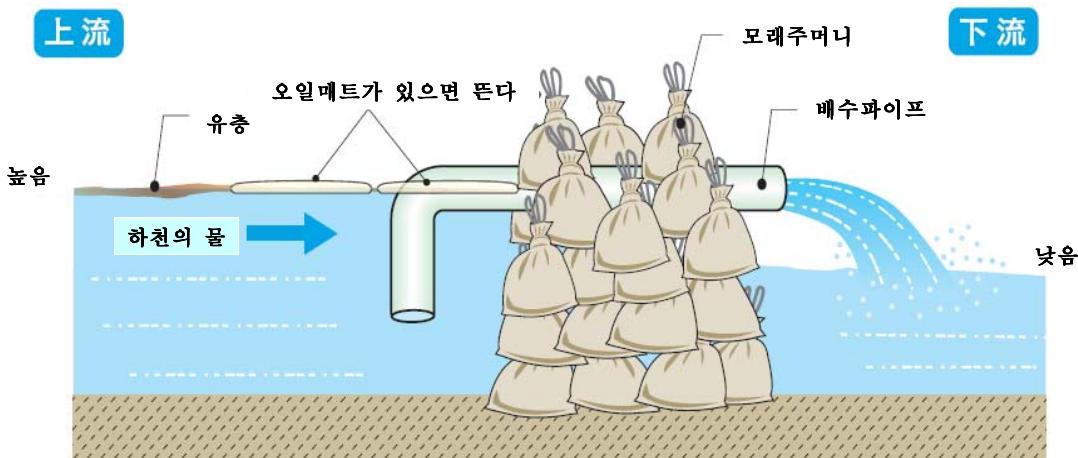


◎ 기름 여과 흡착 주머니를 여러 개 늘어놓아 기름을 흡착 여과한다.



◎ 돌 등으로 올려 두면 기름 여과 주머니는 떠내려가지 않고 돌 아래에 생긴 간격으로 물만 흘러간다.

(4) 도랑 · 작은 하천 등 폭이 좁은 수로이면서 유속이 느린 경우에는, 오일 펜스나 오일 매트가 구축되지 않은 경우라도 모래 주머니와 관재가 있으면 하류 댐을 만들어 기름을 막아 물만을 하류로 흐르게 할 수 있습니다.



◎ 배수 파이프의 상류 측을 낮게 하여 설치한다.

(5) 지하 배수로에 들어간 기름을 흡착할 경우에는 상류 쪽에서 길이가 긴 물건(롱 매트)의 한 쪽 끝을 흘려 넣습니다. 다른 한쪽 끝을 고정시켜 주십시오.

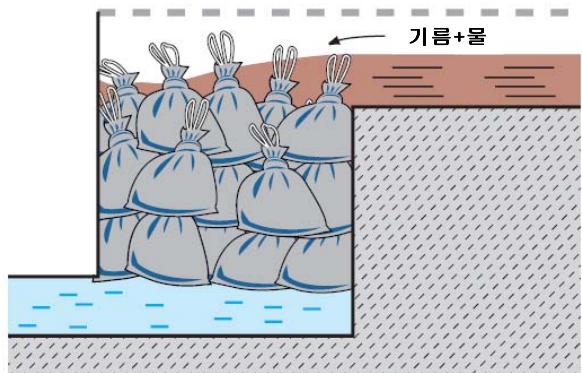
## 라. 오일 트랩, 집수통 (상세 논의)

기름의 양이 많은 경우에는 이곳으로 가라앉아 빠져나가는 경우가 있으므로, 이때는 이를 안으로 흡착재를 넣습니다. 이 경우, 물의 흐름이 위아래로 격렬하므로, 부력이 약하고 물을 쉽게 흡착시켜 버리는 흡착매트는 즉시 쓸모 없어져버리므로 부력이 강한 것(부유 활성탄 등)을 사용합니다. 지하 등에 흘러 들어갈 위험이 있는 경우에도 여과 주머니 등을 로프로 연결하여 달아 맙니다.

[시공 예]



[단면도]



▲ 집수통용 여과흡착주머니 여러개

또한, 기름 처리재나 세제가 섞이면 기름이 물 속으로 유화 분산되어 오일 트랩을 설치했음에도 기름을 막을 수 없게 되므로 가능한 섞지 않도록 한다. (「제 1장 2」 참고)



【부유활성탄으로 어제든 흡착회수함】

## 마. 가솔린 등으로의 인화 예방

- ① 예를 들어, 사고 현장에서 인명 구조를 위해 커터를 사용할 경우, 불꽃에 의해 인화될 위험이 있다. 광물 계열 입상 흡착재를 기름이 새는 곳이 보이지 않도록 덮어 써우는 것으로 이와 같은 인화를 방지할 수 있다.  
(모래를 이용하는 것도 가능하나, 무겁고 흡착량이 적으므로 후처리가 번거롭다. 입상 흡착재는 바람이 불어 누유면이 노출될 위험이 있음.)



- ② 또한, 계면 활성제(기름 처리제 등)가 섞인 물을 뿌려서 가볍게 섞어 입상 광물 계열 흡착재에 함께 흡착시키면(보송보송한 느낌이 들 정도의 흡착재가 필요) 인화되지 않는다.

## 제3장 하천, 호수와 늪 등 수역에서의 유출유

### 1. 시 점

보통 「기름 유출 사고」라는 말을 들으면, 가장 먼저 떠오르는 것은 매스컴을 통해 대대적으로 보도되는 탱커의 좌초 등에 의해 바다로 원유가 유출되는 사고입니다. 그래서인지 바다에서 사용되는 오일 펜스나 오일 매트를 내수에서의 기름 유출 사고에서도 사용하며 또 이것이 당연하다고 생각하기 쉽습니다.

그러나 바다에서의 기름 유출 사고와 하천, 호수나 늪 등의 내수에서의 기름 유출 사고에는 몇 가지 중요한 차이점이 있습니다.

#### 어떤 기름이 흘러 드나?

해양 사고에서 유출되는 기름은 원유나 C중유와 같은 고점도유입니다.

그러나 하천이나 호수, 늪에 흘러 드는 기름은 A중유, 등유, 경유, 가솔린, 유휠유, 식용유와 같은 저점도유입니다. 후자는 전자와 비교하여 수평으로 확산되기 쉽고 작은 기름 방울로 확산되기 쉽습니다.

#### 어떤 곳으로 흘러 갈까?

해양 사고에서 기름은 바로 넓은 해수면으로 방출됩니다.

그러나 내수의 기름 유출 사고의 50% 이상은 육상에서 유출된 기름이 확산되어 도량이나 작은 하천에서 큰 하천이나 호수, 늪으로 흘러 들어가는, 「작게 생겨나 크게 커지는」 경우가 대부분입니다.

이와 같은 경우, 신속하게 대응할 수 있으면 간단하고 확실하게 손해를 방지할 수 있는 반면에 여러 상황에 대응하기 위한 자재나 지식도 필요합니다.

(따라서 이 문서도 육상에서의 누설 대책부터 설명을 시작한 것입니다)

#### 어느 정도까지 회수해야 하나?

바닷물과 달리 강이나 땅의 물은 양이 적고 식용수나 농·공업용수가 됩니다. 여기에 「얇은 유막 정도는 남아있어도 상관없겠지」라고 말해도 괜찮은 걸까요?

내수로 흘러 나온 기름은 정밀하게 회수하지 않으면 안됩니다.

2003년에 열린 세계 물 포럼에서 물 부족을 호소하는 것은 주로 개발 도상국이었습니다. 바꿔 말하면 하천 등에서 간단히 얻을 수 있는 깨끗한 물이 풍부한 나라는 이미 공업화를 달성한 나라들이었습니다. 물은 산업 발전에 필수불가결한 중요한 지하(?) 자원입니다.

한편 지금도 「유막은 기름 처리제를 뿌리면 안전해진다」고 주장하고 있는 업자들이 있다고 합니다. 그러나 제 1장에서 기술한 바와 같이 기름 처리제를 뿌려도 기름은 물 속에서 바로 없어지지 않습니다. 예를 들어 해당 지역에 농작물이 심어져 있지 않다고 하더라도 회수량이나 잔류 성분에 대해서 영향이 없다고 말할 수 있을까 궁금합니다. 물은 예민한 자원이기도 합니다.

해양과 내수에서의 이런 차이점들이 기름을 막고 회수하는 방식에도 큰 차이를 초래합니다.

## 2. 기름을 차단

### 가. 자재의 선택 (오일 펜스)

바다에서 사용되는 오일 펜스에는 가반식과 고정식이 있습니다.  
이 중에 가반식 오일 펜스는 고무 재질의 강도 높은 것으로 하천 등의 내수에서의 기름 유출 사고에 사용되는 경우도 있습니다. 형상은 폭 20m 정도, 원통형의 부표 부분의 아래에 스커트(무게 추가 매달린 줄)가 매달려 있어, 물 속으로 집어 넣으면 부표와 스커트의 경계선 부근에 수면이 오도록 물에 뜨게 됩니다. 가반식 오일 펜스 중에 해양 사고 대책용의 구축 자재로서 인정된 형식으로는, A형(수면 부분의 높이: 20cm, 수면 아래의 흘수: 30cm)과 B형(수면 부분의 높이: 30cm, 수면 아래의 흘수: 40cm)의 2종류가 있습니다.



하천 등의 내수에서도 위의 가반식 오일 펜스는 이용되고 있으나, 이 이외에 확산 방지와 흡착을 동시에 실시하는 방식의 흡착형 오일 펜스를 사용할 수 있습니다.



그러면 어느 오일 펜스를 선택하면 좋을 것인가?

일반적으로는 하천 등의 내수에서는 가반식 오일 펜스보다 경량으로 흘수도 얇은 흡착형 오일 펜스가 사용하기 쉽고 효과적이라고 할 수 있습니다.

#### [이유 1]

내수로 흘러 나온 기름은 점도가 낮고 수평으로 확산되려고 하는 성질이 강하므로, 흐름에 따라 오일 펜스에 강하게 밀려도 변형되어 깊게 가라앉지는 않습니다. 오히려 오일 펜스에서 가장 먼 상류 부분에서 흐름의 전단력에 의해 작게 분산되어 하류로 흘러 오일 펜스 부근의 난류에 휘말려 그 아래로 잠겨 빠져나옵니다. (비말-Entrainment-현상).

그리고 펜스 부근에서 발생한 난류는 오일 펜스의 흘수(수면 아래로 잠긴 부분)가 깊어질수록 이에 대응하여 깊어지므로 오일 펜스의 흘수를 너무 깊게 해도 비말 현상을 억제하기에는 의미가 없습니다.

또한 오일 펜스의 흘수 부분에 진로가 막힌 물은 좁은 바닥 부근의 틈새로부터 하류로 매우 빠르게 흘러 나가려고 하므로 이에 따라 난류가 심해집니다. 따라서 오일 펜스의 흘수가 깊으면 오히려 비말 현상을 심하게 만드는 경우가 있습니다.(수심의 1/3 이상의 흘수를 가진 오일 펜스의 사용은 피하는 것이 좋습니다).

또한 오일 펜스의 표면이 단단한 경우는 반사파가 발생되어 난류를 발생시키기 쉬워 집니다.

해양으로 흘러 나가는 원유 등의 고점도유의 경우에는, 오일 펜스에 부딪히면 펜스의 스커트를 따라 흘수 끝까지 잡겨 이곳에서 빠져 나오게 되므로(배수 - drainage-현상), 흘수는 깊은 것이 방제 능력이 높아집니다.

### 오일 펜스에서 기름이 새는 경우

구 분	부표 · 스커트 형 펜스	봄 형 펜스
비 말 현상 (파두 붕괴) <u>주로 하천</u>	<p>저점도유 흐름 발생한다 막기 어려움</p> <p>주) 흘수가 수심의 1/3 이상으로 깊어지면 오일 펜스는 오히려 기름이 새기 쉬워집</p>	<p>저점도유 흐름 발생하나 막기 쉬움</p>
배수 (기름 막힘) <u>주로 바다</u>	<p>고점도유 흐름 발생되기 어려움</p>	<p>고점도유 흐름 발생하기 쉬움</p>

부표 · 스커트 형 펜스: 가반식 오일 펜스

봄 형 펜스: 원주형의 흡착형 오일 펜스

### [이유 2]

무거운 가반식 오일 펜스는 강변까지 트럭이 들어오고 작업자가 많은 경우가 아니면 운반이 힘듭니다. 아래에서 설명할 바와 같이 하천의 유속이 빠른 경우에 대처하기 위해서는 몇 개의 단을 갖는 오일 펜스의 전장이 필요하므로 특히 기동성에 문제가 발생됩니다.

### [이유 3]

오일 펜스의 지지점에 가해지는 힘에도 각별히 주의해야 합니다.

오일 펜스를 전장한 경우에 양단의 지지점에 가하는 힘은 홀수 부분의 면적에 비례합니다(표준 계산식은 「제 5장 부록」을 참고해 주십시오), 따라서 홀수 부분이 깊은 오일 펜스일수록 보다 확실한 지지점을 정할 필요가 있습니다. 예를 들어 가반식 오일 펜스의 경우, 호안 공사가 실시되고 있는 하천 바닥 등에서 지지점을 정할 수 없으므로 전장이 어려워지는 경우가 많습니다.

흡착형 오일 펜스에는 섬유로 만들어진 것이나 부유 활성탄으로 만들어진 것 등이 있습니다.

섬유로 만들어진 오일 펜스는 유속이 빠른 경우 충분한 방제력을 갖지 못하는 경우가 있습니다.

활성탄으로 만들어진 오일 펜스는 유속이 빠른 경우 얇은 것(직경 7.5cm)은 수면 아래로 빠져 가라앉을 위험이 있으므로 굵은 것(직경 11cm 이상)을 사용해야 합니다.

또한, 원통형으로 접속 부분(조인트)가 얇게 되어 있어 기름이 샐 수 있는 것은 오일 펜스가 아닌 오일 매트의 일종으로 여겨야 합니다.

게다가, 길이가 긴 오일 매트(롱 매트) 중에는 흐름이 거의 없는 수면에서는 오일 펜스를 대신하여 사용할 수 있는 것도 있습니다. 그러나 기본적으로는 기름을 막는 것이 아니라 기름을 흡착 회수하는 것입니다.

## 나. 순서

### (1) 하천

#### 1) 오일펜스를 설치할 장소를 정한다.

오일 펜스를 설치할 장소를 선정할 때 고려해야 할 점은 아래와 같습니다.

- 취수구 등 특히 기름의 접근을 피해야 하는 장소에 기름이 흘러 들어가지 않도록 한다.
- 흐름이 느린 곳을 선택한다.
  - … 흐름이 좁은 곳에 오일 펜스를 설치하고자 할 수도 있으나, 먼저 우선시해야 할 것은 흐름의 느리다는 것이지 좁다는 것은 아닙니다.
- 가능한 강변까지 차로 접근할 수 있는 장소를 선택한다. 특히 가반식 오일 펜스는 4명 이상이 아니면 운반하기에 힘듭니다.
  - 또한, 앞으로 설명(六)할 바와 같이 접근하는 쪽의 강변이 회수 지점이 되므로 그 강변 쪽이 흐름이 느린 것이 좋습니다.
  - … 자재를 간단하게 운반할 수 있는 것은 작업의 신속성으로 이어집니다.

#### 2) 자재를 전장해야 할 장소로 옮긴다.

#### 3) 리드 로프를 가로질러 건넨다.

오일 펜스를 설치하기 위해서는 우선 리드 로프를 반대편 강변까지 걸 필요가 있습니다.

전장 위치 부근에 다리가 있을 경우나 수심이 얕은 곳을 걸어서 건너갈 수 있는 경우에는 간단하지만, (一)에서 선정한 장소 근처에는 다리도 없고 흐름이 깊은 경우가 많다고 생각됩니다. 이와 같은 장소는 아래의 3가지 선택 항목이 있습니다.

##### ① 보트를 타고 반대편 강변으로 건너간다.

… 흐름이 심하게 빠르지 않은 한, 이 방법이 가장 범용성이 높으며 특히 한 쪽 강변에서 강 중간의 모래톱으로 오일 펜스를 설치할 경우에는 이 방법밖에 없습니다. 단, 보트를 준비하는 데 시간이 걸립니다.

또한, 보트로 직접 오일 펜스를 당기는 것은 오일 펜스가 대형일수록 어렵고 위험합니다.

##### ② 구명용 발사총으로 로프를 날려, 여기에 리드 로프를 묶어 반대 강변에서 당긴다.

… 구명용 발사총의 사정 거리는 풍향이나 발사각에 따라 다르나, 소형인 경우에는 60~90m 정도이며 대형인 경우는 150m 정도입니다.

단, 이것도 총이므로 당국의 허가가 없으면 소지할 수 없으며 허가서를 제출한 사람만 사용할 수 있습니다. 보통 소방서가 소지하고 있으므로 소방 대원에게 발사를 부탁하는 것이 좋을 것입니다.

##### ③ 낚시대로 낚시 줄을 날려 여기에 리드 로프를 걸어 반대 강변에서 당긴다.

… 낚시대의 성능이나 던지는 사람의 기술에 따라 다르나, 사정 거리는 50~70m입니다.

강 폭(걸어 들어갈 수 있는 얕은 부분은 제외)이 이 거리 이하인 경우에는 이 방법이 가장 간편합니다.

또한, 가능하면 리드 로프는 처음부터 2줄을 건네두는 것이 편리합니다.

1줄은 오일 펜스를 전장할 때 사용하나, 다른 1줄은 아래에서 기술하는 바(八)와 같이 오일 펜스를 회수할 때 필요해지므로 회수 시에 다시 위의 용구를 꺼내는 것은 번거롭기 때문입니다.

#### 4) 지지점을 설치한다.

흡착형 오일 펜스의 경우, 흐름이 느리거나 좁을 때는 모래 주머니에 로프를 묶어 그 위에 다시 모래 주머니를 쌓아 올리는 것만으로도 지지점이 됩니다.

이에 비해 가반식 오일 펜스의 경우에는 말뚝을 박아도 1개로는 충분하지 않은 경우도 있습니다. 나무 또는 바위 등 자연물을 효과적으로 이용해 주십시오.

#### 오일 펜스의 지지점 등에 가해지는 힘

지지점에 가해지는 힘은 아래의 2개의 계산식으로 참고 수치를 구할 수 있습니다.

$$\text{펜스에 가해지는 하중(kg 중)} = 50\sim100 \times \text{유속(m/sec)}^2 \times \text{대용 면적(강 폭 X 홀수)} (\text{m}^2) \cdots ①$$

흐름으로부터 펜스에 가해지는 하중은 유속의 제곱에 비례하고, 오일 펜스의 홀수 깊이에 비례합니다. 단, 오일 펜스의 형상이나 유속, 또는 떠내려 오는 물건이 걸리는 등의 이유로 저항이 크게 변하므로 계수가 위의 「50~100」을 벗어나는 경우도 있습니다.

$$\text{지지점에 가해지는 힘(kg 중)} = \text{펜스에 가해지는 하중(위를 참고)} \times \text{수곡 계수} \times 1/2 \cdots ②$$

지지점에 가해지는 힘은 펜스에 가해지는 하중에 수곡 계수를 곱하여 2로 나눠서(양쪽 강변에 각 1곳의 지지점이 있으므로) 구할 수 있습니다. 또한, 이 하중은 로프에 가해지는 하중이기도 합니다.

수곡 계수라는 것은 쉽게 말해서 「오일 펜스를 편과 일직선으로 당기는 것으로 하중이 과하게 가해지는 비율」입니다.

오일 펜스를 띄워 강을 횡단시킬 경우, 흐름에 대해 직각이 되든 비스듬하게 설치되든, 오일 펜스는 흐름에 밀려 하류 쪽으로 약간 쳐짐 곡선(수곡선)을 그립니다. 따라서 지지점 근처에서 오일 펜스가 향하는 방향과 지지점과 지지점을 직선으로 연결한 방향과 일치하지 않고 어느 정도의 각도를 이루게 될 것입니다. 이 각도를 작게 하려고 할수록 강한 힘으로 오일 펜스를 연결하여 고정시킬 필요가 있기 때문에 이 각도에 따라 계수가 정해집니다.

참고 표를 아래 기재합니다.

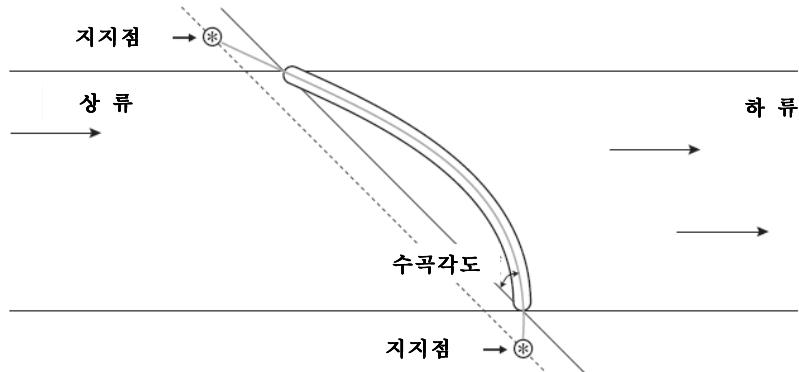
수곡 각도	1°	2°	5°	10°	15°	30°	45°	60°	85°
수곡 계수	57	29	12	6	4	2	1.4	1.2	1

위와 같이 일직선에 가깝게 걸어, 아주 약간이라도 일직선으로 펜스를 설치하기 위해서는 큰 힘이 필요하게 됩니다.

따라서, 하류 방향으로 쳐진 상태만 아니면 양호한 것으로 여겨야 할 상황도 가능합니다.

예를 들어, 45°의 각도로 오일 펜스를 비스듬히 전장하고 있을 경우에 수곡 각도가 45°이면 하류 측의 지지점에서 강으로 걸려 있는 오일 펜스의 방향은 강변 부근에서는 강에 대해 90°(직각)입니다.

그러나 강변 부근은 흐름이 느려지는 장소이며, 또한 흐름이 느린 쪽을 하류 측 지지점으로 하고 있을 것이기 때문에 기름의 방향을 돌리는 경사 설치의 테크닉이 그다지 큰 장점이 있는 것은 아닙니다.



## 5) 오일 펜스를 리드 로프에 연결하지 않고 강을 건넨다.

오일 펜스는 미리 강변에서 모두 연결해 둡니다. 오일 펜스를 강으로 띄워 보내면서 연결하는 것은 어렵습니다.

오일 펜스는 의외로 가볍게 끌어 당길 수 있으므로 리드 로프를 당겨 오일 펜스를 끌어당기는 쪽은 소수의 사람으로 충분합니다. 반면에 오일 펜스는 지면에 끌면 안되므로 내보는 쪽에는 많은 사람이 필요합니다.

그리고 확성기가 2개 있으면 반대쪽 강변과 의사 소통이 정확해집니다.

## 6) 설치 방법

### ① 기본

오일 펜스는 흐름에 대해 직각이 아닌 비스듬히 설치해 주십시오.

이유는 아래의 두 가지입니다.

- 흐름에 대해 직각으로 설치하면, 가장 유속이 빠른 부분이 하류로 흘러 활 모양이 되기 쉽다. 이 형태가 되면 가장 유속이 빠른 곳으로 흘러온 기름을 모으게 되어 누유가 발생되기 쉽다. 비스듬히 설치하면 유속이 빠른 부분에서는 기름이 흐르는 방향을 돌려 유속이 느린 강변 부근에 기름을 모을 수 있으므로 보다 빠른 흐름에 대응할 수 있다. 오일 펜스에 전전 각도를 크게 줄수록 펜스와 마주보는 흐름의 벡터를 작게 할 수 있어 보다 빠른 흐름에도 누설 없이 막을 수 있습니다. 간단 계산식은 「제 5장 부록」에 있습니다.
- 비스듬히 설치하면 오일 펜스에 걸린 오물이나 오일 펜스 앞에 설치된 오일 매트가 자연스럽게 강변으로 밀려 오므로 관리나 회수가 간단해진다.

또한 흐름이 조금 빠른 강에 길이가 긴 매트를 설치할 경우, 흐름에 직각으로 설치하면 U자 형태로 처진 부분이 물 속으로 잡겨 기름이 긴 매트 위를 흘러 지나가기 쉬워집니다.

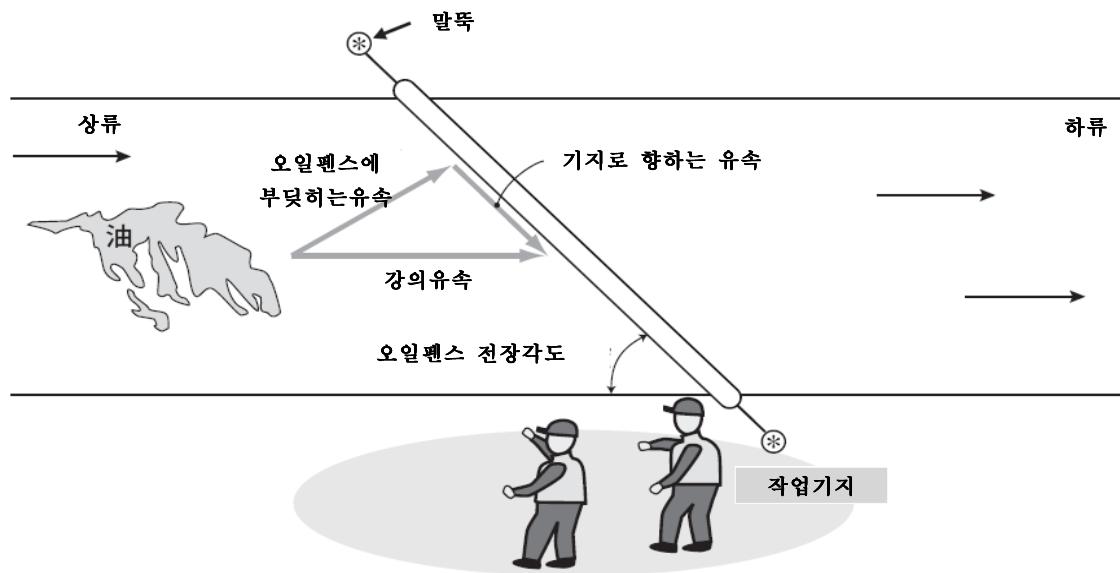
양쪽 강변 중 어느 쪽으로 기름을 모을까(오일 펜스를 하류로 어긋나게 설치할까)를 결정할 요소는 아래와 같습니다.

- 흐름이 느린 강변 쪽을 하류로 한다. 예를 들어 강이 완만한 곡선 형태를 하고 있는 경우에는 안쪽의 흐름이 느리므로 이 쪽으로 모인다.
- 차량이 강변 가까이까지 진입하기 쉽고, 오일 펜스나 오일 매트를 들어 옮겨 쌓는 작업이 쉬운 쪽으로 모인다.
- 수직으로 호안 공사가 진행되지 않는 쪽의 강변으로 모인다.

기름을 모을 쪽의 강변에 침전물이 있을 경우에는 여기에 기름을 유도할 수 있도록 오일 펜스의 한쪽 끝을 설치합니다.

또한, 보조 펜스를 상류 쪽으로 접듯이 전장하면 고인 기름에 의해 강변이 오염되는 것을 방지할 수 있습니다. 보조 펜스의 사용법에 대한 자세한 사항은 P23의 「호안 공사가 실시되지 않는 경우의 대응 B) 유속이 강한 경우」를 참고해 주십시오.

◎ 강의 흐름에 대해 직각이 아닌 비스듬히 설치한다.

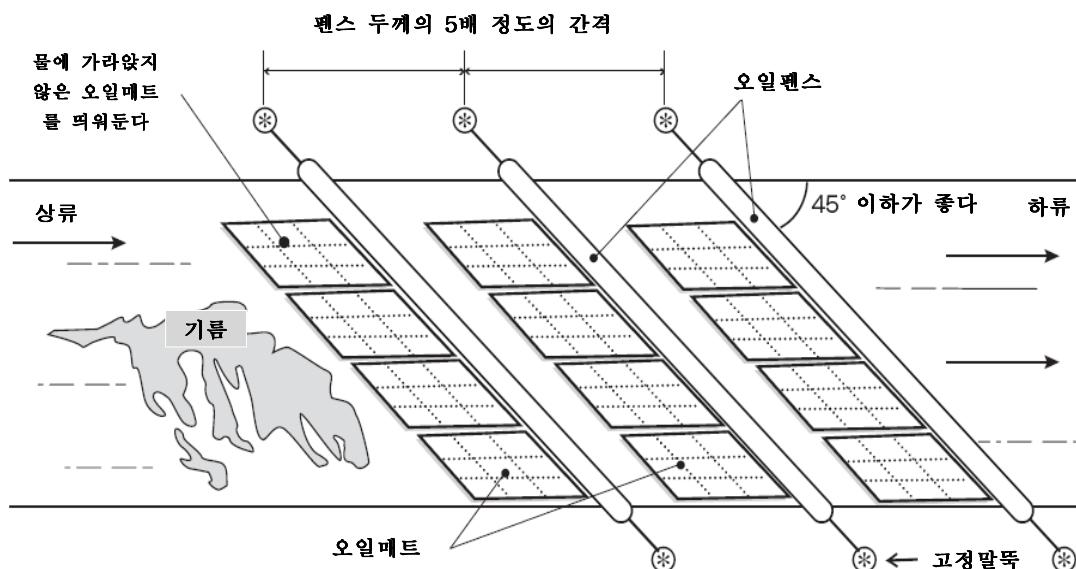


## ② 흐름이 빠른 경우의 대응

위와 같이 비스듬히 설치한 것 자체도 빠른 흐름에 대처하는 수단의 한가지이나, 이외에도 아래와 같은 테크닉이 효과적입니다.

- 오일 펜스를 평행하게 다단으로 설치한다.
- 오일 펜스의 상류나 다단으로 설치된 오일 펜스 사이에 부유 활성탄 매트와 같은 물에 가라앉지 않는 오일 매트를 설치한다. 이 때 긴 매트라면 특히 회수가 용이합니다.

섬유 계열 오일 매트 등은 빠른 유속 때문에 오일 매트 안으로 물이 들어가 물 속으로 가라앉거나, 펜스 밑으로 흘러나가는 경우가 있습니다. 또한 모처럼 흡착된 기름도 수면에 매트를 계속 옮겨놓으면 다시 방출되거나 들어올린 후에 똑똑 흘러 떨어지는 경우도 있으므로 오일 매트의 선택에는 주의가 필요합니다.



◎ 평행 다단으로 설치한 오일 펜스의 상류 쪽에 오일 매트를 띄운다.

2-1. 에서 기술된 바와 같이, 흘수 부분이 보다 깊은 가반식 오일 펜스도 흡착형 오일 펜스와 같은 정도의 방제력 밖에는 없습니다.

양 쪽 모두를 병용할 경우는 가반식 펜스를 가장 하류에 설치해 주십시오. 왜냐하면 상류 부분에 설치하면 난류가 커지도록 하므로 다시 부상하는 지점이 벌어져 방제가 오히려 어려워질 뿐만 아니라 가반식 오일펜스가 기름으로 심하게 오염되어 소거가 매우 어려워지기 때문입니다.



가반식 오일 펜스는 올바르게 사용하고 사용 후에는 기름을 제거하면 다시 사용할 수 있으나, 청소 시에 오염된 물을 하수도로 흘려 보내면 오염 물질인 기름을 강에서 하수도로 끓기는 것밖에 되지 않습니다. 하수 처리장에서도 이상 유입수가 있으면 막는 경우도 있습니다. 기름을 가능한 모두 제거하도록 하고, 예를 들어 씻어내는 경우라도 블루 시트 등의 위에서 씻어내 오염된 물은 노면용 흡착제나 UES 등으로 흡착회수하여 태워 버리는 것이 가장 좋은 방법입니다.

또한, 흡착형 오일 펜스도 부유 활성탄으로 만들어진 것으로 기름을 다량으로 흡수하지 않은 것이면 표면의 천을 위와 같이 세척하여 다시 사용할 수 있습니다.



## 오일 펜스의 한계 유속

여기서 「한계 유속」이란 흐르는 물 속에서 오일 펜스가 누유를 일으키지 않는 최고 유속을 의미합니다. 이는 다양한 요소에 의해 변화하지만, 여기서는 흘수(오일 펜스의 수면 아래 깊이)와의 관계, 전장 각도와의 관계에 대한 참고 수치를 소개합니다.

### ① 흘수의 깊이와의 관계

(1) 일정 깊이가 될 때까지는 흘수의 깊이도 누유 방지에 기여하나 이는 바로 감소되어 깊이에 비례하지 않게 됩니다.

### ② 흡착형 오일 펜스의 한계 유속

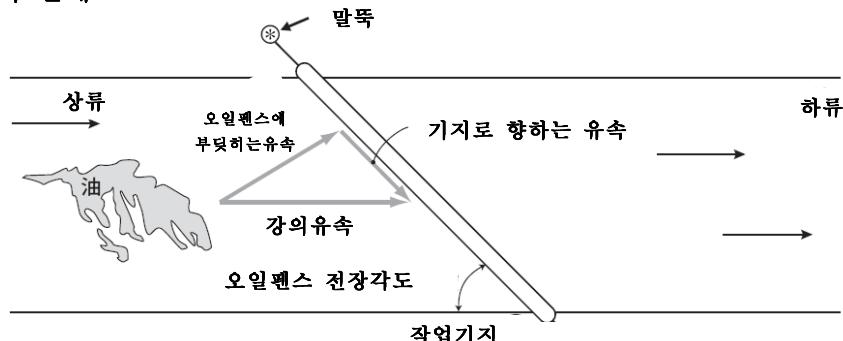
		한계 유속
흡착형 오일 펜스 (원주형, 부유 활성탄 계열) 흐름에 대해 90°로 전장	흘수 약 2.5cm	15cm/sec (시속 약 0.5km)
	흘수 약 4cm	20cm/sec (시속 약 0.7km)
	흘수 약 7.5cm	25cm/sec (시속 약 0.9km)

위의 수치는 2차원 조파조(파장을 만드는 수조)에 의한 실험을 통해 얻어진 것입니다. 테스트에 사용된 기름은 경유이며 누유의 주요 메커니즘은 비말 현상입니다.

(3) 해상 재해 방지 센터가 발행한 「유출유 사고 대책 방제 매뉴얼」에 따르면, 가반식 오일 펜스의 한계 유속은 아래와 같습니다.

가반식 오일 펜스 B형 (부표·스카트형 고무 재질) 흐름에 대해 90°로 전장	흘수 약 40cm	26cm/sec (시속 약 0.9km 0.5노트)
---	-----------	--------------------------------

### ② 전장 각도와의 관계



위 그림의 「오일 펜스 전장 각도」를  $\theta$ 로 하면 「오일 펜스로 향하는 유속」(누유를 일으키는 원인)은 원래의 「강의 속도」에  $\sin\theta$ 를 곱한 값이 됩니다.

반대로 말하면 오일 펜스를 비스듬히 설치한 경우의 한계 유속은, 그 오일 펜스를 90°로 전장한 경우의 한계 유속을  $\sin\theta$ 로 나눈 수치라고도 할 수 있습니다.

참고로, 강의 유속을 1로 한 경우의 오일 펜스로 향하는 유속의 비율에 대해 일부를 산출해 보았습니다.

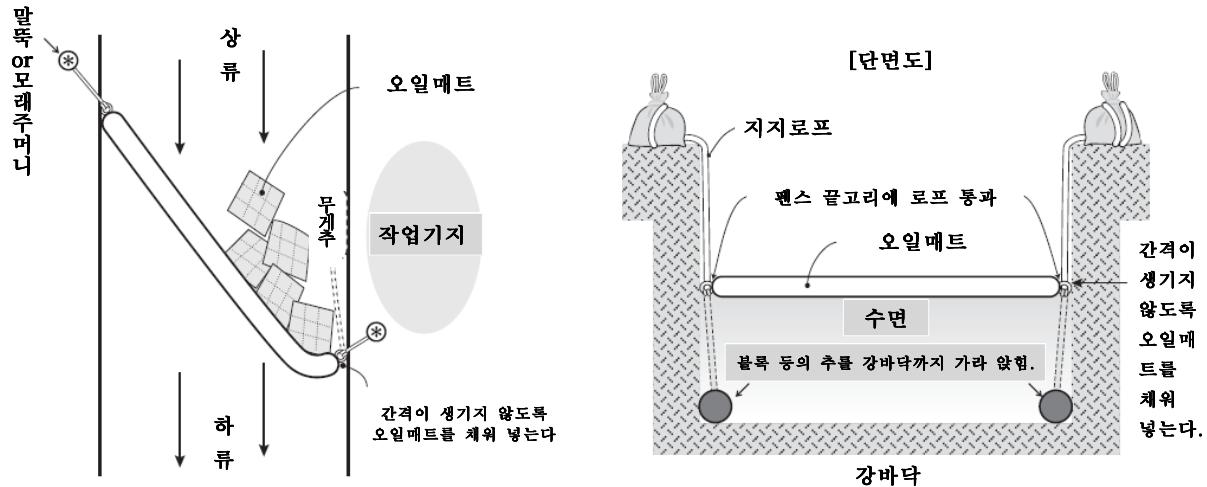
오일 펜스 전장 각도	오일 펜스로 향하는 유속 = $\sin\theta$
90	1
75	0.97
60	0.87
45	0.71
30	0.5
20	0.34

이와 같이 전장 각도를 작게 할수록 한계 유속은 급속도로 커져 누유를 막는 힘은 향상되나 현장의 공간을 고려하면 45°이하로 만족해야 합니다.

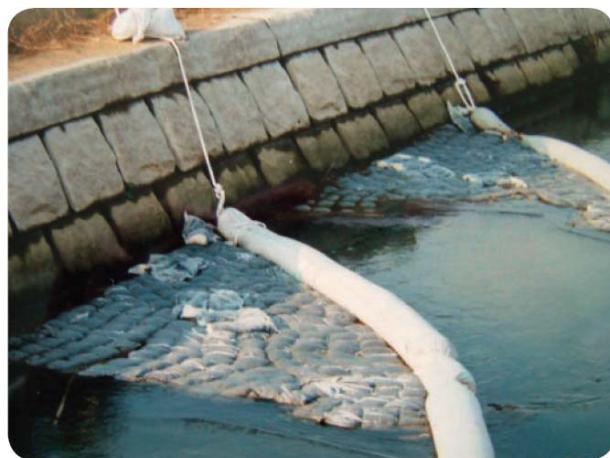
### ③ 호안 공사가 실시되고 있는 경우의 대응

호안 공사가 실시되고 있어 강변이 수직으로 되어 있는 경우가 자주 있습니다. 이런 곳에 오일 펜스를 설치하면 강변의 거는 부분에 삼각형의 간격이 생겨 이를 통해 기름이 새어나올 수가 있습니다. 이런 경우에는 아래와 같은 방법으로 방지해 주십시오.

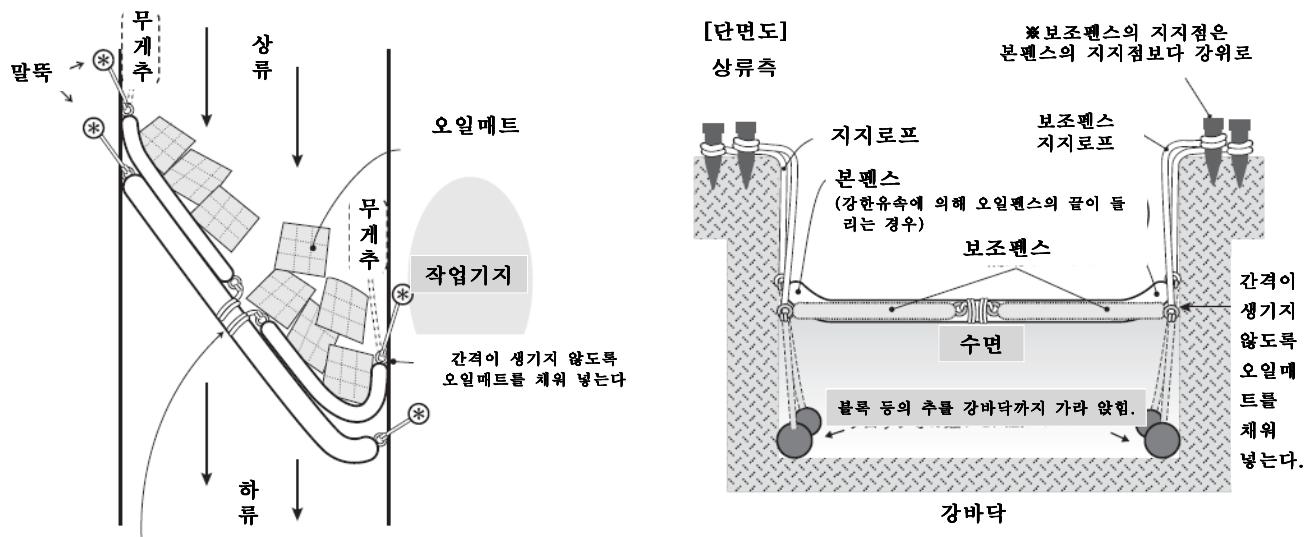
#### A) 유속이 약한 경우



- ◎ 펜스의 끝을 무게 추가 달린 로프로 상류 측에서 고정시켜 펜스가 물의 흐름으로 위로 떠오르거나 호안과의 사이에 간격이 생기지 않도록 한다.
- ◎ 오일 펜스 선단에 있는 고리에 로프를 통과시켜 이 로프로 강 바닥에 가라앉은 무게 추와 강변 측의 말뚝(또는 모래 주머니 등의 무게 추)를 연결해 두면 수면위로 오일 펜스의 끝 부분이 떠오르지 않는다. 또한, 간격이 생기지 않도록 오일 펜스 끝과 수직벽 사이에 오일 매트 몇 장을 채워 넣어 떠오른 기름이 흘러 내려가는 것을 방지한다.

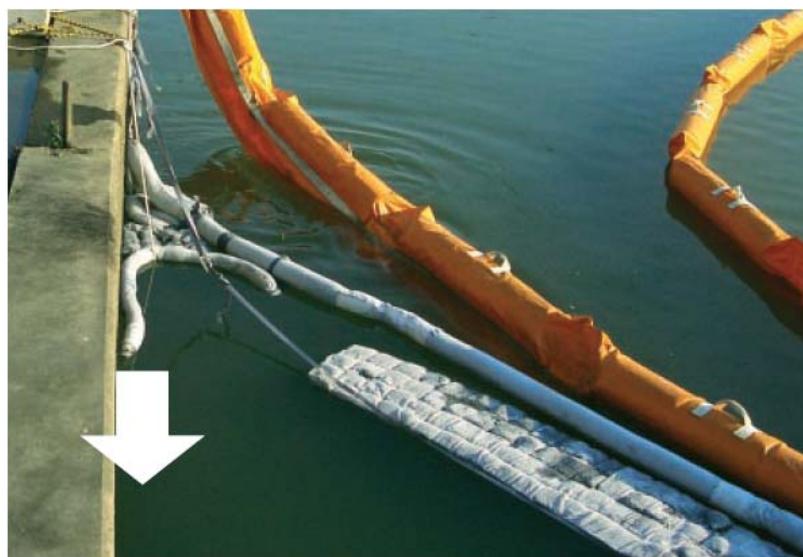


## B) 유속이 강한 경우



보조 펜스의 한 쪽 끝을 본 펜스에 묶는다.  
펜스는 비교적 얇은 것으로 대응할 수 있다.

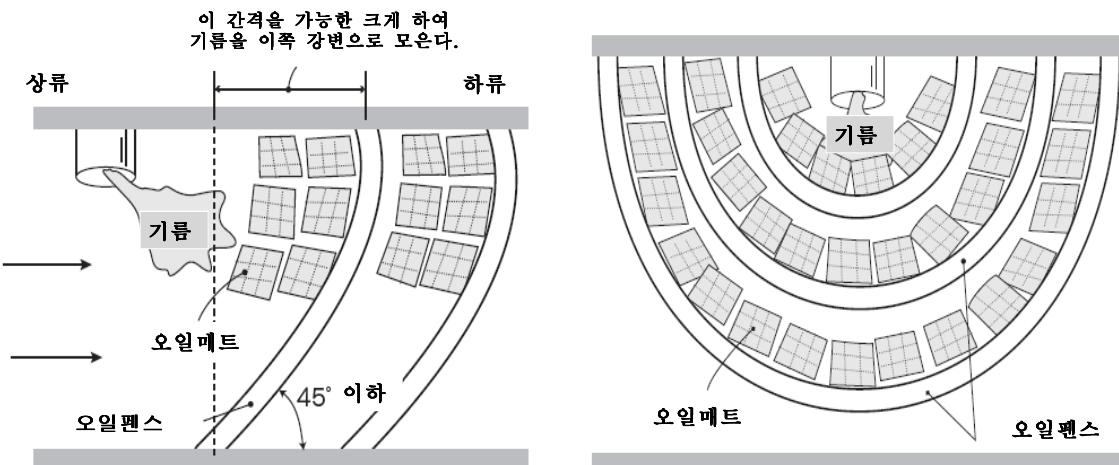
- ① 유속에 견디기 위해, 본 펜스의 양단은 강변의 지지점(말뚝 등)에 직접 연결한다.
- ② 본 펜스의 중간에 보조 펜스의 한 쪽 끝을 연결시켜, 다른 쪽을 강 바닥에 가라앉힌 무게 추와 강변 위의 지지점을 연결하여 걸린 로프로 수직벽에 밀착시킨다.  
이 보조 펜스를 호안을 따라 계속 상류로 연장시키면 펜스의 상류 측으로 대류된 기름에 의한 호안의 오염을 방지할 수도 있어 추후에 호안을 세척하는 작업을 하지 않아도 된다.
- ③ 간격이 생기지 않도록 수직벽과 보조 오일 펜스 사이에 오일 매트 몇 장을 채워 넣어 떠오른 기름이 흘러가는 것을 방지한다.



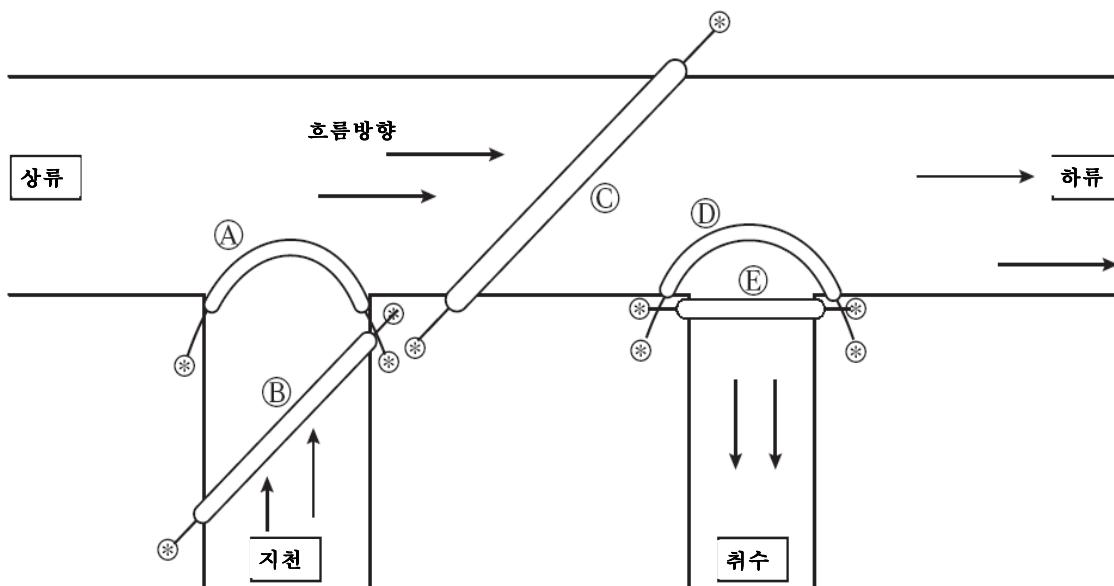
화살표 방향으로 오일 펜스를 연결하여 연장시키면, 호안의 기름 오염을 방지할 수 있다.

#### ④ 배수관에서 하천·수로로 유출되고 있는 경우의 대응

A) 유출되고 있는 수로에 흐름이 있는 경우      B) 유출되고 있는 수로에 흐름이 없는 경우



#### ⑤ 지천과 본천의 합류 부분에서의 대응



- 지천·수로 등과 본천이 합류하는 곳에서는 보통 (B)와 같이 본천의 영향을 받지 않도록 지천에 전장한다. 그러나, 이가 불가능할 경우에는 (A)와 같이 전장한다.
- 근처에 취수구가 있는 장소에 펜스를 설치할 경우, (C)와 같이 취수구와는 반대 강변으로 기름을 모이도록 각도를 준다.
- 취수구·취수통문 등에서는 보통 (D)와 같이 반달 모양으로 전장한다. (E)와 같이 전장하면 본천의 영향을 피할 수 있다.

## 7) 양단을 고정한다

로프를 지지점에 설치할 때는, 「선박 매듭(원을 묶지 않음)」「감기 매듭(원을 묶음)」 등의 매는 방식을 사용해 주십시오. 느슨해지기 어렵지만 풀기 쉬우므로 편리합니다. 이른바 「옭매듭」은 비교적 느슨해지기 쉬운 반면 풀기 어려우므로 사용하지 않는 것이 무난합니다.  
로프의 매듭이나 이들의 보조 자재는 「제 5장 부록」에서 소개하고 있습니다.

## 8) 회수한다

오일 펜스를 회수할 경우에는 우선 물에 떠있는 오일 매트 등을 회수합니다. 그리고 상류 측으로 어긋나게 설치되어 있는 쪽의 지지점을 풀어 리드 로프에 묶어 반대 쪽에서 당겨서 회수 시에 남은 기름이나 오일 매트가 하류로 흘러가지 않도록 둘러싸듯이 한 쪽 강변으로 모읍니다(아래 그림). 단, 회수할 때의 작업자는 소수인 경우도 많으며, 유속이 빠른 큰 하천의 경우에는 리드 로프로 당기는 방법은 어려우므로 이와 같은 경우에는 작업 기지의 반대쪽 강변의 지지점을 풀고 오일 펜스를 작업 기지에 가까운 쪽부터 순서대로 강변으로 당겨 옮립니다.



## (2) 용수로, 작은 하천 (상세 논의)

수심이 얕아 흐름이 빠른 경우에는, 모래 주머니를 사용하여 둑을 만들어 그 상류 부분의 수심을 깊게 한 후에 오일 펜스 등의 방제 자재를 설치하는 방법이 효과적입니다.

끌의 1단만 낮게 하면 모래 주머니의 위를 다리 대신으로 건널 수 있습니다.



## (3) 뱀이나 호수, 연못 (상세 논의)

이들 장소는 일반적으로 흐름이 느리고, 따라서 미세한 흡착형 오일 펜스로 충분하며 또한 긴 타입의 오일 매트(롱 매트)가 효과적입니다.



### 3. 기름을 흡착 희수한다

위에서 기술한 바와 같이 내수로 흘러 나온 경유 등은 유막이 되기 쉽습니다. 게다가 얇은 유막임에도 쉽게 눈에 뛵니다. 수면에 무지개 색으로 빛나는 유막의 두께는  $1\mu\text{m}$ ( $1/1000\text{mm}$ ) 정도라고 알려져 있습니다. 게다가 이보다 얇은 유막이라도 하얀 막이 눈에 보이며 확실히 기름 냄새가 납니다.

이와 같은 유막까지 세밀하게 희수해야 한다는 점에도, 내수의 기름 사고 처리의 어려움이 있습니다.

#### 가. 자재의 선택

기름을 희수하기 위해서는, 오일 매트(털 형태의 것도 포함)나 겔화제 등의 흡착 자재, 스키머와 같은 기구가 있습니다.

우선 스키머에 대해서 말하면, 유막의 희수가 어려운 점, 동력원의 확보가 필요하다는 점 등의 이유로 사고 현장에서는 거의 사용되지 않습니다. 또한 물 속의 이물질을 증가시킨다는 점 등으로 겔화제를 그대로 뿐리지도 않습니다.

따라서 내수에는 전적으로 오일 매트가 사용되나, 한 단어로 오일 매트라고 해도 다양한 형상, 재질을 가진 것들이 있습니다. 그리고 주로 재질에 의해 특징이 나타나며 그 특징에 따라 나눠서 사용하는 것이, 확실하고 신속하며 경제적인 사고 처리를 가능케 합니다.

#### 오일 매트의 재질과 형상

형상 재질	시트 또는 방석 형	여과 주머니 또는 별크 형	긴 형	원통형	섬유 솜털 형
섬유 계열	○	○	○	○	○
발수 가공토 계열		○			
겔화제 계열	○				
흑요석 계열	○				
활성탄 계열	○	○	○	(단, 펜스인 경우)	

섬유 계열 이외에는 별도로 판매되고 있습니다.

긴 형의 매트는, 양단을 강변에 묶는 것으로 시트\*방석 형보다도 부력이 강하다고 생각하기 쉬우나, 실제로는 흐름이 있는 경우에 오히려 물에 가라앉기 쉽다는 점에 주의해 주십시오.

유체인 강물은 위치를 바꾸지 않은 오일 매트를 끌어 당기는 힘과 물 속으로 당기는 힘이 같습니다(베르누이의 정리). 게다가 이 힘은 수면 위에 떠있는 매트의 면적에 비례합니다.

시트·방석 형인 경우, 흐름이 빠르면 오일 펜스에 눌려 면적이 좁아져 그 만큼 당기는 힘도 약해지지만, 긴 타입의 경우에 매트는 흐름에 의해 신장되어 있으므로 면적은 변하지 않습니다.

따라서 유속이 빨라질수록 가라앉기 쉬워지는 것입니다.

이와 같은 경우를 위해서 부표를 달아 부력을 강화시킨 타입의 제품도 있습니다.

## 오일 매트의 재질과 성능

	섬유 계열			발수가공 토 계열	겔화제 계열	활성탄 계열	흑요토 계열
	합성 섬유	천연 섬유	·탄화 섬유				
흡착량	많음			중간	중간	중간	적음
수면 위에 계속 떠있을 수 있는 힘 (유실되기 쉬운 정도, 기름파의 접촉 횟수에 관련 있음)	약함			매우 약하며 기름을 흡수하면 바로 가라앉을 수 있음	약함	강함	강함
흡착력	약함			약함	약함	강함	강함

「흡착량」은, 기름 안으로 흡착 매트를 잠근 후 꺼낸 경우의 매트 중량 당 기름 흡착 중량을 의미한다. 단, 실제 사고 현장에서 기름은 물 위에 떠있으므로 기름을 흡수하는 양과 함께 물을 흡수하지 않는 성질(수면에 계속 떠있는 힘)이 중요해져, 이 표의 「흡착량」은 실제 사고 현장에서의 흡착량을 반드시 반영하지는 않는다.

「흡착력」은 얇은 유막, 계면 활성제(기름 처리제)와 섞인 기름, 유증기(불을 끄는 소화 기능과 관련 있음)의 흡착 가부를 결정한다. 강할수록 흡착이 가능. 또한 일단 흡착된 기름을 방출하는 비율도 「흡착력」이 강할수록 낮아진다.

위에 기재된 점들 이외에, 살포 회수 시의 취급 용이성도 중요한 요소이다.

- + 합성 섬유 계열은 일반적으로 인장에 강함
- 합성 섬유 계열 중에는 고온 다습 상태에서는 3년 정도로 열화되는 경우가 있음
- 겔화제 매트의 경우, 겔화제가 매트에서 소량 녹아나올 수 있음
- + 활성탄 계열은 적당한 중량이 있으므로 원하는 장소에 던져놓기 쉬움
- 발수토 계열과 흑요토 계열은 조직이 붕괴되기 쉬운데다 망태에 들어있으므로 많은 가루들이 떨어져 나오기 쉬움

## 나. 순서

### (1) 유막이 얇은 경우 (하천 등 공용 수역에서 대개 일반적임)

A중유, 등유, 경유, 가솔린, 작동유 등이 유출된 경우, 작업자가 현장에 도착한 때는 이미 1/4mm 미만의 얇은 유막이 형성되어 있는 경우가 많다.

이와 같은 유막은 섬유 계열 매트로는 흡착이 어려우므로 보다 흡착력이 강한 활성탄 계열 매트 등으로 흡착 회수한다.

이 타입의 매트는 부력도 강하므로 오일 펜스보다 먼저 계속 띄워둘 수 있어 홀러 내려온 기름을 자동으로 포착하여 흡착하므로 작업을 생략시키게 된다.

특히 사고 현장에서는 호안 등에 부착된 기름이 몇 일 걸려 얇은 유막이 되어 홀러 내려오는 경우가 자주 발생하므로 이 타입의 매트를 몇 일간 수면 위에 계속 설치해 두어야 한다.



얇은 유막의 확산을 막음과 동시에 흡착하는 활성탄 계열 매트

### (2) 기름이 고여 있는 장소 또는 유막이 매우 두꺼운 경우 (공장의 오일 퍼트 등)

유출된 기름이 매우 두텁게 떠있는 경우나 C중유가 유출된 경우 등에는 우선 대강의 기름을 흡착하고 마무리로 얇은 유막까지 흡착한다는 2단계로 회수 작업을 실시하는 경우도 있다. 제 1단계에서는 장당 가격이 저렴하므로 섬유 계열 매트(특히 다량의 기름인 경우에는 벌크제)를 사용하는 경우가 많다.

단, 섬유 계열 매트는 부력이 약하므로 흐름이 느린 경우에도 5분 이상은 수면 위에 방치하지 않도록 하고, 흐름이 빠른 경우에는 흡착 후에 즉시 꺼내 옮겨야 하며, 오일 펜스보다 먼저 계속 띄워두는 사용법은 피한다. 또한 일단 흡착된 기름을 홀리므로 2차 오염을 피하기 위해 즉시 비닐 봉투에 넣어야 한다.



물을 흡수하여 가라앉아 하류로 떠내려온  
섬유 계열 매트



섬유 계열 매트는 수면 위에 계속 두면 일단 흡수한 기름을 물 속으로 다시 방출합니다.  
(오른쪽 아래는 수면 아래로 가라앉은 섬유 계열 만국기 타입의 매트)

기름이 떠있는 수역에 기름 처리제를 넣어 버린 경우나, 생활 하수에 포함되어 있는 합성 세제가 홀러 들어온 경우의 주의점에 대해서는 「제 1장 2」를 참고할 것.

## 제4장 부 록

### 하천에서의 기름 유출 사고 처리용 지참물 목록 (참고)

오일 펜스	강 폭, 유속에 적합한 것. 단, 넉넉히.
오일 매트	흡착력이 높은 것만이 아니라, 물에 계속 떠있을 수 있는 것과 유막까지 흡수할 수 있는 것도 필요함.
펜스 계류용 로프	튼튼한 것. 넉넉히.
나이프	로프 절단 등에 사용됨
장화 (키가 큰 경우에는 구명 조끼도 구비)	
말뚝과 해며	펜스의 지지점용
모래 주머니(모래 주머니와 삽) 또는 벽돌 등의 무게 추	펜스의 지지점용(말뚝을 박을 수 없는 곳도 많음). 호안 처리에서 물 속으로 가라앉히는 용도 등. 잊기 쉬우나 편리함.
카라비너	약한 지지점밖에 없어 여러 곳을 합쳐 사용할 경우
슈링게	지지점을 정하거나 호안에서 처리할 경우에 편리함(단, 현장에서 로프로 제작 가능)
쓰레기 봉투	꺼내 올린 매트 등을 넣습니다.
접사 다리	호안에서 강 바닥까지 고도 차가 있는 경우 편리함
노면용 흡착재	노면에서 기름이 강으로 흘러 들어갈 경우에 편리
두꺼운 고무 장갑	
휴대 전화	현장이 여러 군데인 경우의 의사 소통에 필수
카메라	추후의 보험료 청구 등을 위해 촬영
리드 로프	걸어서 건널 수 없는 큰 하천의 경우에 필요합니다. 물에 뜨는 것을 구비해 주십시오.
반대편 강변으로 리드 로프를 건널 도구 (보트 등)	걸어서 건널 수 없는 큰 하천에서 사용
확성기 또는 메가폰	큰 하천이나 소음이 심한 장소에서 강 반대편과의 의사 소통에 편리. 단, 휴대 전화로 대용 가능.

## 노면 · 수면에 기름 유출사고시 효과적인 처리방법

---

### 한빛케미컬

경기도 시흥시 정왕동 1289-6  
코포모테크노센터2차 611호

TEL 031-488-8830

FAX 031-488-8930

Website <http://www.oilres.co.kr>

E-mail hanbitplat@hbchm.co.kr

---

이 책의 저작권은 일본 다니구찌상회 주식회사에 있으며,  
무단 전재, (일부) 복사등과 배포시 저작권법에 저촉됨에 유  
의하여 주시기 바랍니다.

기타 문의사항은 한국내 수입 · 공급원인 상기의 연락처로  
문의하시기 바랍니다.