

기름오염 항공탐색 지침

방제기술정보문서

1



서론

항공탐색은 해상에서 유출된 기름의 확산과 성상변화에 대한 예측 결과를 실제로 확인하고 기름오염 범위와 위치를 평가하기 위해 이용되며, 대부분의 기름 유출사고에 효과적인 방제를 위한 중요 요소이다.

항공탐색은 해상에서 작업선의 배치와 작업통제, 오염 가능성이 있는 해안선의 시기적절한 보호, 해안방제 자원의 준비를 위한 정보를 제공한다. 이 문서는 효과적인 항공탐색을 수행하기 위한 조언과 지침을 제공한다.

항공탐색 전략

사고 발생시 초기 항공탐색 결과보고서는 자연조건과 오염의 범위를 확인하는데 필수적이다. 항공탐색은 방제 초기 단계에서 최우선적으로 실행되어야 한다. 항공탐색 전략과 관계기관 및 항공사와의 협력을 위한 세부사항은 긴급계획에 핵심적으로 포함되어 있어야 한다.

초기 비행이후 정기적인 항공탐색을 실시하여야 한다(그림 1). 비행은 오전이나 오후에 실시하기도 하며, 그 결과는 방제 작업계획 수립을 위한 회의에 사용된다. 타 기관과의 불필요한 중복을 피하기 위해 비행계획표나 비행경로 등이 조정되어야 한다. 오염상황이 통제 가능한 수준이 된다면 항공탐색의 필요성은 줄어들고 종료된다.

항공 탐색에 있어서도 안전이 최우선이며 조종사는 이륙 이전에 탐색 작업의 모든 상황을 숙지하여야 한다. 항공탐색에 참여하려면 비상상황 시 따라야 할 절차와 항공기의 안전특성을 사전에 철저히 숙지하여야 한다. 구명조끼 등과 같은 적절한 개인보호 장비도 구비되어 있어야 한다.

적합한 항공기를 선택할 때 유출 위치, 가장 가까운 활주로, 연료와 비행거리를 고려해야 한다. 항공탐색을 하려는 항공기는 모든 각도에서 시야를 확보할 수 있어야 하며 적절한 항행장비를 구비하고 있어야 한다. 예를 들어 고정익 항공기의 경우 고익기(주 날개가 동체 위쪽에 있는 항공기)로 더 나은 시정을 제공한다(그림 2). 절벽, 만, 섬이 많은 복잡한 해안선 등 연안해역을 조사할 때에는 헬리콥터가 유리하다. 그러나 외해를 조사할 때는 비행 속도나 방향, 고도를 신속하게 변경하지 않아도 되므로 고정익 항공기가 좀 더 유리하다. 만약 비행속도가 너무 빠르면 기름오염을 관찰하거나 기록할 수 있는 능력이 줄어들 것이고, 너무 느리면 비행 거리에 제약을 받기 때문에 항공기 선택시 비행속도도 고려해야 한다. 외해를 조사하려면 안전을 위해 이중 또는 다중 엔진을 가진 항공기가 필요하며, 이는 법률로



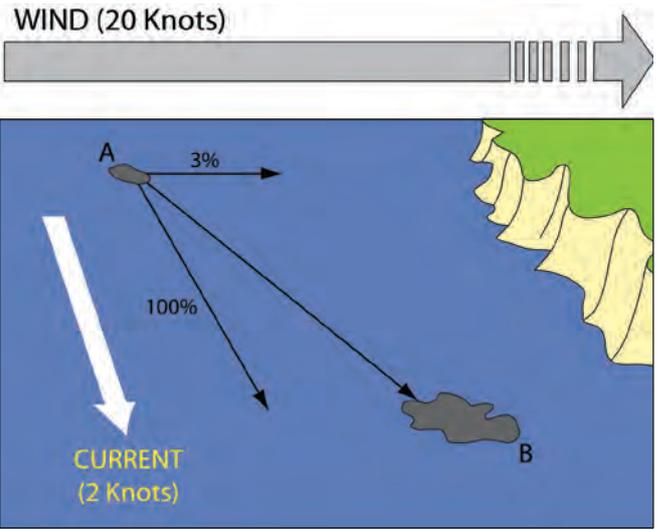
▲ 그림 1: 항공탐색은 오염상태와 범위를 신속하게 알아보기 위해 실시되며, 항공탐색 중 충분한 효과를 얻기 위해서는 사전준비가 필요하다.

규정되어 있는 경우도 있다.

항공기의 형태와 크기에 따라서 참가할 수 있는 인원수가 제한되게 될 것이다. 특히 소형 고정익 항공기와 헬기의 경우 승객의 수는 실제로 연료의 소비와 비행시간에 영향을 준다. 만약 탐색 비행에서 두 명 또는 그 이상의 관찰자가 있다면 서로의 관찰사항을 면밀히 비교하고 확인할 수 있다. 조종사를 지휘하는 선임 탐색자는 항공탐색 경험이 있어야 하며, 해상에서 기름을 확실하게 탐지, 식별 및 기록을 할 수 있어야 한다. 연속된 비행에서 적어도 한명의 관찰자는 일관성을 유지해야 하며, 보고서는 오염 상태의 변화와 관찰자들 간의 통일성을 반영해야 한다.



▲ 그림 2: 이중 엔진 고정익 고익기는 해양에서 항공탐색에 이상적이다. 헬리콥터는 뛰어난 기동성 때문에 해안가 항공탐색에 적합하다.

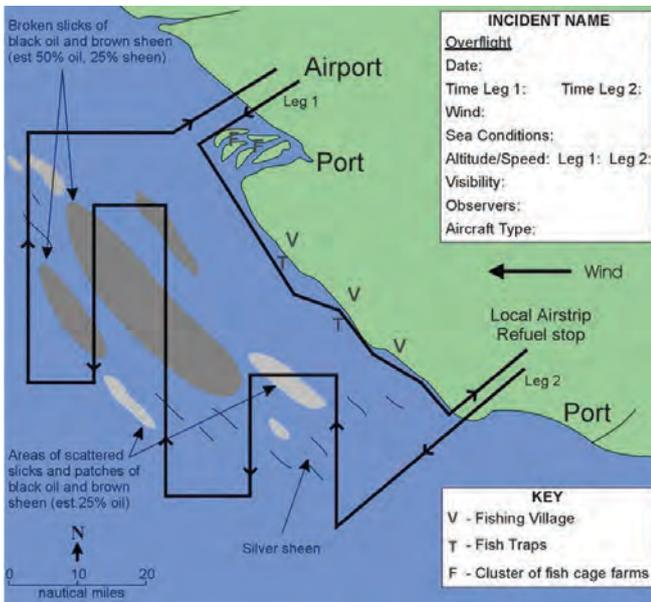


▲ 그림 3: 해상에서 바람과 조류의 영향에 따른 기름의 이동

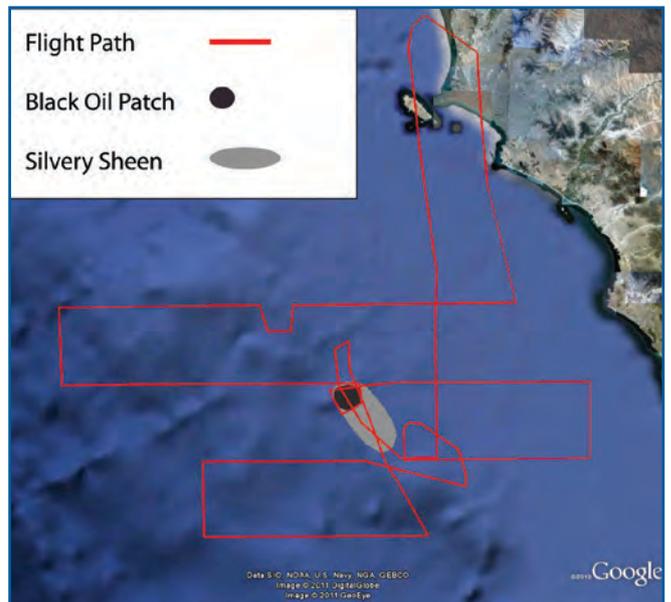
항공탐색 준비

비행은 해수면 또는 해안선 관찰이 가능하도록 밝을 때 시작하고 끝나도록 계획해야 한다. 안개, 연무, 낮은 구름, 눈 및 폭우와 같은 기상조건은 탐색에 영향을 줄 수 있으며 이러한 기상조건은 비행이 불가능하게 할 수도 있다.

비행계획은 사전준비가 필요하고, 필요에 따라 탑승 이전에 조종사와 관계당국이 협의해야 한다. 비행계획에는 가능한 조사 면적을 줄일 수 있는 최근 실적과 기름의 예상 경로 같은 유용한 정보 포함하여야 한다. 그리고 유출 후 발생한 특이사항이나 비행 제약 사항도 기록하여야 한다. 예를 들어 외국 또는 군용 항공기가 사고지역 또는 야생 생태계와 같은 환경적으로 민감한



▲ 그림 4: 비행경로와 관찰된 기름띠의 범위를 보여주는 지도 견본. 해상이나 해안에서의 방제, 정화 활동, 야생 생태계나 중요 서식지, 상업적 위락 장소, 공업지역과 양식 시설 같은 특성을 관찰하고 기록한다. 지도에 비행경로를 표시하여 조사한 지역을 확인한다. 그림에서 보여주는 사다리형 검색 패턴은 기름 분포, 가시성과 일조조건에 적합하다.



▲ 그림 5: 구글 어스지도 위에 표시한 남아메리카 사고 비행경로. 북쪽에서 기름을 발견하기 위하여 기본적인 사다리형 검색을 실시하였다. 항공기는 전체 유출 범위를 확인하기 위해 더 남쪽으로 사다리형 검색을 수행하였고, 자세한 관찰을 위해 기름의 주위를 선회하였다.

지역(새나 바다표범의 야생 서식지 등)의 상공을 비행하는 것은 금지될 수 있다.

유출된 기름의 관찰 결과는 웹사이트에서 다운로드된 지도 또는 전자해도가 탑재된 노트북이나 태블릿 컴퓨터에 기록할 수 있다. 연결된 휴대용 GPS 수신기는 확인된 기름이나 다른 특징을 확인하기 위한 비행경로 표시점을 표기 하는데 사용될 수 있다. 컴퓨터 시스템의 백업으로 적절한 축적의 종이지도에 발췌하거나 복사하고 비행이력에 대한 주석을 넣는다. 유출 위치와 연안의 특징 같은 기초 자료는 강조할 수 있다. 종이 지도 위에 격자를 그리고 격자기준 또는 거리기준 등을 이용하여 쉽게 위치를 확인할 수 있다.

해상에서 부유하는 기름의 이동에 영향을 주는 바람과 해류에 관한 데이터를 사용할 수 있는 경우 기름의 위치를 예측하는 작업이 간편해 질 수 있다. 유출된 기름은 풍속의 약 3%의 속도로 바람이 부는 방향으로 움직일 것이라는 것이 경험에 의하여 밝혀졌다. 표면해류가 존재하면 기름은 해류의 100%의 속도로 이동하여 바람에 의한 이동과 중첩될 것이다.

육지와 가까운 곳에서 기름 확산 예측 시에는 조류에 의한 속도와 방향을 고려하여야 하고, 외해에서는 조석 이동과 같은 자연적 순환보다 해류가 더 지배적이다. 우세한 바람과 해류에 대한 정보는 (그림 3)에 도식된 것처럼 기름 이동의 속도와 방향을 예측할 수 있게 한다. 정밀한 컴퓨터 기반 기름 유출 확산 모델은 예상되는 확산방향을 표시할 수 있다. 그러나 컴퓨터 모델과 손으로 계산하는 것의 정확도는 풍속과 풍향의 예측의 신뢰도와 수리학적 데이터의 정밀도에 따라 달라진다.

유출유 확산 예측에 내재된 오차를 고려해 볼 때, 넓은 해역에서 기름 유무를 확인하기 위해서는 일반적으로 체계적인 항공탐색 계획이 필요하다. '사다리형 탐색'은 오염지역 조사를 위한



▲ 그림 6: 특징 있는 지형지물(곶이나 등대)은 해안선을 조사할 때 확실한 기준을 제공한다.



▲ 그림 7: 항공기 승무원과 모든 관찰자들 사이의 통신은 시정을 확인하고, 비행계획 변경 등을 논의하기 위해 중요하다.

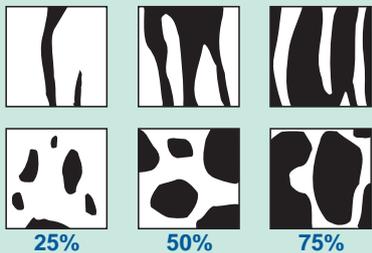
가장 경제적인 방법이다. 항공탐색 계획을 수립할때 시정이나 고도, 비행시간, 연료량 같은 모든 상황에 주의를 기울여야 한다. 해수면의 기름은 전형적으로 30~50m 가량의 길고 좁은 물결무늬이며 풍향과 평행되게 늘어지거나 일렬로 되려는 경향이 있다. 기름 탐지 가능성을 높이기 위해 우세한 바람의 방향을 가로질러 사다리형 검색을 하는 것이 현명하다. 비행하는 동안 사다리형 검색의 각 단계사이의 거리는 시정에 의해 결정된다.

기름 관측에 영향을 주는 안개나 바다로부터의 빛 반사도 고려하여야 한다. 기름을 탐색할 때는 관찰자 뒤에 태양이 있을 때 가장 잘 보이고, 이는 당초 계획과는 다른 방향의 탐색패턴으로 비행하는 것이 더 효율적일 수 있다. 편광 선글라스는 특정 조건의 바다에서 기름을 탐색하는데 도움을 줄 수 있다.

기록과 보고

신중한 예측과 체계적인 사다리형 검색에도 불구하고 비행 중 관측된 실제 오염은 예측 상황과 다를 수 있다. 논리적이고 효율적인 비행계획을 유지하도록 노력해야 하지만, 기름의 발견 가능성을 최대화하고 전체 오염범위의 표기를 위해 비행 중 수립된 계획을 조정할 필요가 있다.

탐색 고도는 일반적으로 시정에 의해 결정된다. 외해의 맑은 날씨의 경우 1000~1500피트(300~450미터)의 고도가 조사 지역을 시각적으로 가장 명확하게 관찰할 수 있는 최적의 조건이다. 그러나 수면의 기름을 확인하고, 외형을 분석하기 위해 이 높이의 절반 이하로 하강하는 것이 필요하다. 해안선 가까이에서 이용하는 헬리콥터의 경우 해안선의 자연 상태 또는 조종사에 의한 제약사항이 없을 때 80~90 노트의 비행속도와

구분	자료	설명					
지역과 범위	기름 위치의 경위도 (가능한 GPS 측정값) 유막 가장자리와 가운데의 GPS 측정값	관찰된 기름을 과장없이 기록하는 등 관찰의 일관성을 유지하여야 한다. 쉽게 알 수 있는 육지 특징을 기록하고 관찰 등으로 비행구간의 특이사항을 기록하여야 한다. 넓게 오염된 지역을 탐색할 때 선박의 존재는 유출된 기름의 범위를 판단하는데 유용하다. GPS 측정값은 시각적으로 예측한 오염범위를 확인하는데 사용한다.					
색깔	유막 : 검정, 갈색, 주황 광택 : 은빛, 무지개빛	색깔은 기름의 두께를 판단하는 중요한 자료이다. 수면의 유막 색깔이 갈색 또는 주황색인 경우에는 물-기름 에멀전 상태이다. 방제작업 관점에서 은빛이나 무지개빛의 유막은 무시해도 좋은 적은 양으로 방제작업으로 이미 처리되었거나 쉽게 자연방산 될 수 있다. 주위의 상황에 의하여 광택 유막은 비행 후 결과 보고 시 생략되기도 한다.					
외형특성	물결무늬, 유막, 패치, 줄무늬	관찰자는 과다한 묘사적 표현법을 피해야 하며 일관성 있는 용어를 사용하여야 한다.					
표시특성	앞 가장자리	만약 유막의 앞 가장자리가 두꺼운 유층이라면 지도 위에 굵은 선으로 표시하여야 한다.					
범위		기름오염으로 인한 방제작업이 중요 지역에 초점이 맞춰져 있는 경우 고도로 집중된 정보를 획득하여야 한다. 관측의 오류를 피하기 위해 기름 위에서 수직으로 관찰하여야 한다. 정확한 % 범위를 평가하는 것은 어렵고 너무 정확한 추정을 위해 노력하지 않아도 된다. 도표는 참고 자료로 이용될 수 있다. 경험이 많은 관찰자는 도표 중간 분포를 채울 수 있다.					
<p>일반적인 용어를 사용하여 해당 지역의 기름 잔존량의 지표로 사용될 수 있다. % 범위의 추정과 오염정도 용어를 조합하여 해당지역 기름의 양을 계산하고 방제방법 결정에 도움을 줄 수 있다.</p>							
<table border="1"> <tr> <td>Traces <10%</td> <td>Scattered 25%</td> <td>Patchy 50%</td> <td>Broken 75%</td> <td>Continuous >90%</td> </tr> </table>			Traces <10%	Scattered 25%	Patchy 50%	Broken 75%	Continuous >90%
Traces <10%	Scattered 25%	Patchy 50%	Broken 75%	Continuous >90%			

▲ 표 1: 항공탐색시 기록되어 져야 하는 사항들

400~500 피트(120~150미터)의 고도가 효율적이다. 또한 이는 비행을 하는 적절히 조정될 수 있다.

휴대용 GPS 수신기 또는 항공기 안에 탑재된 GPS는 관찰자들이 항공기의 지리적 위치를 유지할 수 있도록 해주고 비행하는 동안의 변동사항도 모니터 할 수 있다. 연안의 해안선을 조사할 때 해안의 특징 등은 지도와 비교하기 쉽지만 외해를 조사할 때는 명백한 비교점이 멀기 때문에 방향에 혼란을 있을 수 있다

(그림 6). 위의 내용을 보완하기 위해서 관찰자들은 속도와 방향을 확인하는 비행 장비에 관한 설명을 미리 들어야 한다. 이러한 장비들을 어려움 없이 이용할 수 있도록 사전에 설명서를 숙지할 필요가 있다.

비행하는 동안 동료 관찰자들과 조종사와의 의사소통은 모니터링 진행, 관찰결과 확인, 비행에 관련된 기타 사항을 토의하기 위해 중요하다(그림 7). 헤드셋 사용에 관한 파일럿의 지시사항은 잘



▲ 그림 8~9: 항공기로 관찰된 중질유(IFO 180) 유출에 따른 큰 은색 기름군(왼쪽)과 같은 날 선박에서 근접해서 관찰된 유막(오른쪽). 그 기름군은 은빛, 무지개빛 기름띠가 펼쳐진 지역에서 기름의 얇은 층도 포함한다. ※ IFO : Intermediate Fuel Oil



▲ 그림 10: 검은 기름군은 사진의 오른쪽과 왼쪽에서 관찰된다. 기름유막을 가로질러 부는 바람 때문에 기름띠는 다양한 광택의 수직 띠가 발생된다.

▲ 그림 11: 중질유의 매우 조각난 수면유막 - 광택이 없는 작은 유막



▲ 그림 12: 거대한 갈색/주황색의 유화된 중질유(IFO 600). 유막이 바다에서 3~4주가 지나면 작은 조각으로 나뉘지기 시작하고 시간이 좀 더 흐르면 결국 많은 작은 조각과 타르볼로 쪼개진다.

▲ 그림 13: 화물선 사고로 중질유가 유출되었다. 화물은 유출된 기름과 섞여 있기 때문에 현실적으로 기름유출량의 평가가 어렵다.



▲ 그림 14: 구름 그림자는 검은 기름군과 비슷하게 보인다.



▲ 그림 15: 해안선에 도착한 중질유. 물 밑 해조류와 해저 바위가 존재함에 따라 기름 총량의 계산을 어렵게 만들 수 있다.



▲ 그림 16: 산호초 군락은 기름으로 잘못 보고하기 쉽다.



▲ 그림 17: 수심이 낮은 지역에서는 해류에 의해 만들어진 침전물의 확산층은 유화된 경질 원유와 유사하다.



▲ 그림 18: 좁고 작은 만에서 시작된 담수는 소금 물과 만나 현저한 지역 차이가 발생한다.



▲ 그림 19: 바람과 파도에 의해 해안에 있는 유화된 중유. 바위 사이에 고여 있어 기름의 두께를 추정하기가 어렵고 항공 탐색으로 결정하기 어렵다.



▲ 그림 20: 사진에 선박 등을 포함하면 오염범위를 파악하기 쉽다.



▲ 그림 21: 항공사진을 찍을 때 바다에 빛이 반사되는 것은 문제가 될 수 있으며, 자외선필터와 편광필터를 사용하면 선명한 사진을 찍을 수 있다.

따라야 한다.

다른 항공기와 교통관제실의 통신 방해를 피하기 위해 이륙 전에 조종사로부터 헤드셋 사용에 대한 설명을 받아야 한다.

디지털 사진은 기름 오염 사고에 관한 매우 중요한 기록물이다. 가능한 한 선박이나 해안 등은 크기에 대한 비교대상을 포함하여야 한다(그림 20). 항공기의 움직임과 진동으로부터 사진의 흔들림을 방지하기 위해 비교적 빠른 셔터 속도(1/500초)를 추천한다. 자외선 필터와 편광필터는 빛 번짐을 줄이는데 유용하며 때로는 편광필터가 플라스틱으로 만들어진 항공기 창문을 통하여 색 왜곡이 있을지라도 물 위에 떠 있는 기름을 시각적으로 선명하게 찍는데 도움을 준다(그림 21). GPS가 탑재된 카메라는 사진 찍은 장소에 대한 기록하는데 유용하다. 디지털 사진은 방제 지휘를 위해 많은 사람들에게 신속하게 보급될 수 있다.

원유 유출의 범위에 대한 관찰결과는 비행 후 신속하게 기록하여야 하고 해안가 근처와 바다에서의 기름 오염 범위 및 상태에 대한 명확한 설명이 있어야 한다. 지난 탐색결과와의 비교를 통하여 기름 유출의 상황이 시간이 지남에 따라 어떻게 변해 가는지도 알 수 있다. 정보의 수집, 기록, 제시 방법은 사고의 규모와

항공탐색의 목적에 따라 달라진다. 관찰된 기름의 주요 특징은 <표 1>과 같이 기록한다. 발표를 위한 최종 지도 생산을 위해 수작업 또는 전자적인 스케치와 주석 작업이 필요할 것이다. 원본 스케치와 기록물은 차후에 참고자료로 사용하기 위해 보관되어야 한다.

비디오카메라는 관찰기록을 위한 부가장비로 사용가능하나 비행시 난기류 등으로 인하여 관찰자에 의한 동영상 기록은 쉽지 않다. 접안렌즈를 사용하는 이동식 비디오 카메라는 제한된 시야각 때문에 제약이 있다. 따라서 비디오 촬영을 위한 추가 관찰자가 있으면 더 좋다. 가능하다면 항공기에 비디오카메라를 내장하여 촬영에 활용하는 것이 좋다. 비디오 영상은 경험 많은 관찰자의 브리핑을 대체하기 보다는 보충자료로서 이용된다.

기름의 외관

바다에서 유출된 원유와 연료유는 시간이 지나면서 풍화작용의 결과로서 모습이 바뀌어 간다. 이 과정을 알고 있는 관찰자들로 인하여 유출된 기름은 신뢰성 있고 정확하게 발견되고 보고될

기름 종류	외관(색깔)	두께 근사치	부피 근사치(m ³ /km ²)
유막	은빛	> 0.0001mm	0.1
유막	무지개빛	> 0.0003mm	0.3
원유, 연료유	갈색~검정색	>0.1 mm	100
에멀전	갈색/주황색	>1 mm	1,000

▲ 표 2: 부유된 기름의 두께, 부피, 모양 사이의 상관관계에 관한 안내. 도표는 기름의 형태에 따른 두께와 부피를 나타낸다. 이는 매우 넓은 지역에 걸쳐 광택이 있더라도 기름의 양은 비교적 적다는 것을 보여준다. 그래서 방제조치는 방제효율을 최대화 할 수 있는 검정색, 갈색 기름 지역에 집중하여야 한다.

수 있다.*

대부분의 기름은 바다표면에서 빠른 시간에 넓게 퍼진다. 초기에는 기름이 연속적인 유막을 형성하지만 해류순환과 난류에 의해 조각나고 길게 흩어진다(그림 8~12). 기름이 퍼지고 유층이 얇아짐에 따라 검정색 혹은 흑갈색 기름덩어리는 무지개색 혹은 은빛으로 바뀐다(그림 8-9). 매우 얇은 은빛 유막은 광범위하게 퍼져있지만 무시해도 될 정도의 기름이다(표 2). 이와는 반대로 원유와 중질유는 점도가 상당히 높으며 쉽게 퍼지지 않고 광택이 거의 없는 덩어리 상태로 남는다. 유출된 원유와 중질유는 일반적으로 갈색 또는 주황색의 응집력 있는 덩어리인 에멀전으로 빠르게 변화된다(그림 12)

수중의 부유물질과 유출된 화물이 기름과 섞여 기름이 보이지 않을 수 있다(그림 13). 게다가 항공 탐색시에는 기름과 기름과 혼동되기 쉬운 다양한 현상들과 구분하기 어렵다(그림 14~18). 흔히 기름으로 잘못 보고되는 현상에는 구름 그림자, 바다 표면의 잔물결, 인접한 두 수층의 색깔 차, 부유 침적물, 부유 유기물, 떠 있는 해초, 녹조/플랑크톤, 저수심의 해초와 산호 조각 그리고 오페수 등이 있다.

항공 탐색으로부터 해안선 오염을 정량화 하는 데는 추가적인 문제가 있다(그림 19). 해안 저질로 침투하거나 바위 틈, 습지에 들어간 기름의 범위는 비행 중 확인할 수 없다. 게다가, 초목이나 암석층 같은 해안선의 많은 특징들은 기름으로 오인하기 쉽다.**

기름으로 의심되는 현상이 있다면 정확한 확인을 위해 저고도 비행을 통해 검증해야 한다. 항공탐색 후에 의문사항은 선박 또는 도보를 이용하여 확인하여야 한다.

기름 유출량의 정량화

두께와 범위 측정의 어려움 때문에 바다에서 관측된 기름의 정확한 유출량의 평가는 어렵다. 하지만 특정 인자를 고려하여 유출량을 계산하고 방제작업 규모를 계획할 수는 있다. 이에 수반되는 불확실성 때문에 계산에 주의를 기울여야 한다.

저점도 기름은 매우 빨리 확산되므로 평균두께 약 0.1mm로 쉽게 변한다. 그러나 유층의 두께는 0.001mm 이하에서 1mm 이상 까지 다양하게 구성되어 있다. 점성이 있는 기름은 유층이 0.1mm 이상으로 잘 유지된다.

기름의 외형을 통해서 유층의 두께를 유추할 수 있다(표 2). 어떤 기름은 작은 물방울을 포함한 에멀전을 형성함으로써 자신의 부피를 증가시킨다. 수분 함량의 정확한 평가는 실험실 분석



▲ 그림 22: 얼음이 뒤덮인 해역에서는 유출량을 계산하기 어렵다.

없이 불가능 하지만 전형적으로 50~75%의 수분을 함유한다. 에멀전의 두께는 기름유형, 바다상태 그리고 에멀전이 부유하는지 아니면 봄, 해안선 같은 장애물에 걸려있는지에 따라 변화가 크다. 일반적인 에멀전의 두께는 1mm이지만, 1cm 혹은 그이상의 두께도 가끔 발견된다. 확산의 한계 때문에 에멀전과 점성이 있는 기름의 두께를 측정하는 것은 특히 어렵다. 바다표면이 거칠 때 부유 기름은 관측이 어렵거나 불가능하며 파도에 의해 가라앉거나 오랜 시간 동안 수면 아래에서 유지된다. 냉수에서의 유동점이 높은 기름은 예측할 수 없는 형태로 응고되고, 물에 떠서 보이는 기름의 양보다 실제 기름이 더 많을 수 있다. 유빙과 눈 때문에 많은 양의 기름을 확인하기 어렵거나 다른 사진과 혼동할 수 있게 한다(그림 22).

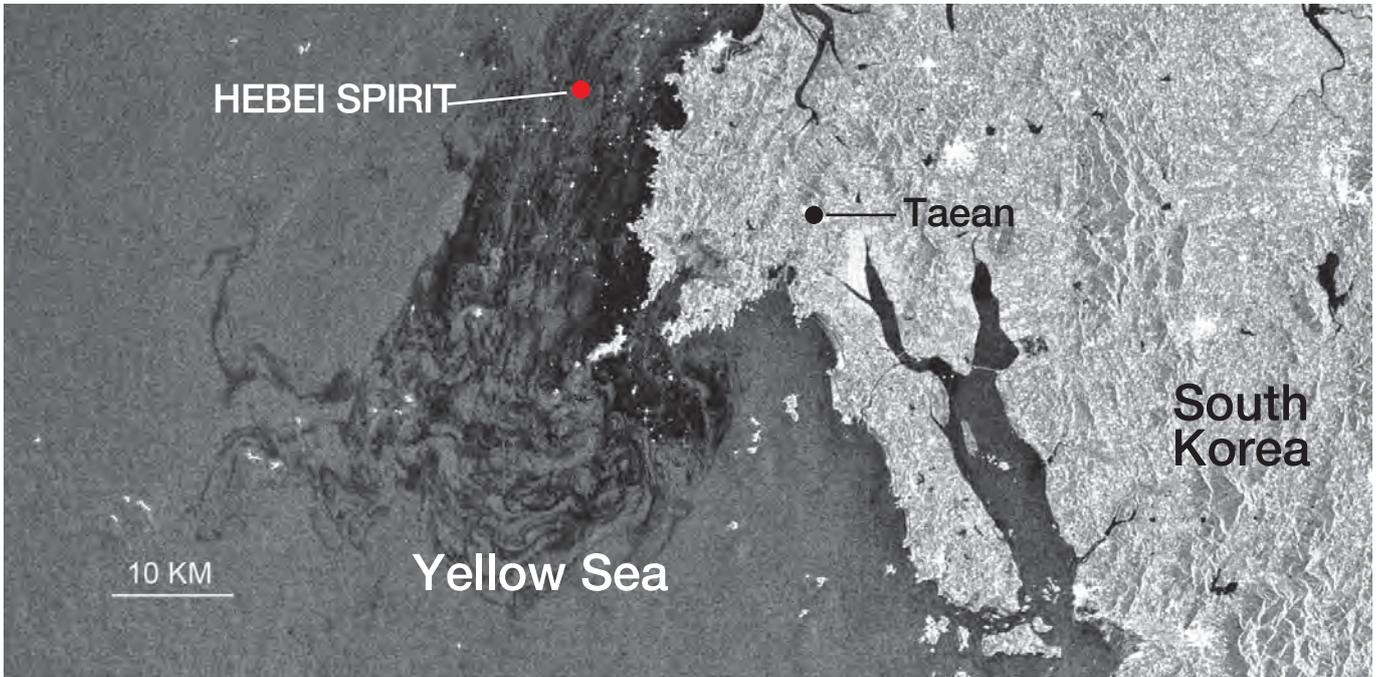
수면의 기름 양을 산정하기 위하여 두께를 측정하는 것뿐만 아니라 관찰된 기름의 다양한 범위를 확인하는 것도 중요하다(표 1). 기름의 양을 계산하려면 부분적으로 떠다니는 기름을 전부 합산해야 하며, 평가는 실제 영향 받는 지역과 관련 지역으로 구성된다. 영향을 받는 해역의 범위는 비행시 측정되어야 한다. 휴대용 GPS 수신기는 주요 지역의 경계를 정확하게 기록하는데 유용하다. GPS 장치를 이용할 수 없다면 기름 오염 범위는 일정한 비행속도와 비행시간을 기초로 거리를 측정할 수 있다.

아래는 기름의 양을 산정하는 절차의 예를 보여준다.

시속 250km의 일정한 속도로 항공탐색을 하는 동안 원유 에멀전과 은빛 유막이 관찰 되고 길이와 너비를 측정하기 위해 각각 65초, 35초 비행하였다. 에멀전화된 기름군로 덮인 비율은 10%이고

* 해양 유출 기름의 특성 변화에 관한 방제기술정보 참고

** 해안방제 지침에 관한 방제기술정보집 참고



▲ 그림 23: 대한민국 태안에서 발생한 허베이스피리트호로부터 원유가 유출되고 약 3.5일이 지난 후에 서해에서 촬영한 위성영상. 기름은 바람과 조류에 의해 대체로 남쪽 광범위하게 확산되었다. 본 영상은 2007년 12월 11일 위성으로 촬영하였고 유럽항공청(ESA)로부터 제공 받았다.

광택 있는 유막으로 덮인 비율은 90%로 추정된다.
이 정보로부터 바다의 기름띠 길이를 계산하는 방법은;

$$\frac{65 \text{ (초)} \times 250 \text{ (km/hr)}}{3600 \text{ (s/h)}} = 4.5\text{km}$$

비슷하게, 기름띠 폭의 길이를 계산하는 방법은;

$$\frac{35 \times 250}{3600} = 2.4\text{km}$$

이를 토대로 계산하면 약 11km² 또는 3.2nm²의 면적이 나온다.

예시 : 11(km²)의 10%(범위) X 1,000(표 2로부터의 어림잡은 부피 m³/km²)로 예멸전의 부피를 계산할 수 있다. 예멸전의 50~75%가 수분이므로 존재하는 기름의 양은 약 275~550m³로 계산된다. 11X0.1의 90%를 차지하는 광택 유막은 위와 비슷하게 계산할 수 있으며, 약 1m³의 기름임을 알 수 있다. 이 예시에서 보듯이 광택 유막이 바다에 넓게 존재하더라도 실제 기름의 양은 무시할 정도로 적다. 따라서 정확한 보고를 위해 관찰자는 광택 유막과 두꺼운 기름 균을 구분할 수 있어야 한다.

원격 감시

가시광선에 의존하는 카메라가 바다에서 유출된 기름의 분포를 기록하는데 널리 사용되고 있지만, 가시광선 이외에도 방사선을 검출하고 기름에 대한 추가 정보를 제공하기 위하여 공중 원격 탐지 장치를 설치할 수 있다. 공중 원격 탐지 시스템은 검색,

모니터링, 그리고 해상유출의 지점을 확인하는데 일반적으로 이용되지만, 기름 유출사고의 모니터링에도 이용될 수 있다. 이 센서들은 기름에 의해 변화되는 해수면의 각각의 특징을 검출하는데 이용된다. 가장 일반적으로 사용되는 장비는 측방감시항공레이더(SLAR), 하방감시 열적외선(IR), 자외선(UV) 이미징 시스템이다. 전방감시 적외선 카메라(FLIR), 마이크로파 방사계(MWR), 레이저플루오르센서(LF)와 콤팩트형 공중분광계(CASI) 같은 시스템들을 이용하여 추가적인 정보를 수집할 수 있다. 모든 센서들은 그것을 운용하고 결과를 해석할 수 있도록 잘 훈련된 인력을 필요로 하며 특히 해석된 결과가 실제의 기름 유출 또는 자연현상과 비슷해야 한다. 기술이 발전함에 따라 장비의 크기는 작아지지만, 많은 원격 탐지 시스템은 부피가 커서 시스템을 장착한 전용항공기가 필요하다. 그러나 휴대용 원격탐사 시스템을 사용할 수 있는 소형 FLIR 카메라는 전용항공기를 사용하지 않아도 된다.

UV, IR, FLIR, MWR 및 CASI는 복사선의 반사나 방출에 의해 측정할 수 있는 수동센서이다. MWR을 제외한 다른 시스템들은 구름, 안개, 연무 또는 비 등을 통과할 수 없다. 따라서 이들은 맑은 날씨에 제한적으로 이용될 수 있다. SLAR과 LF는 활성 복사선과 혼합되고 기름 검출로부터 되돌아오는 복잡한 전기적 신호를 분석하며 특히 LF의 경우는 기름 종류에 따른 참고 정보를 제공한다. MWR은 바다 표면에서 기름의 두께에 대한 정보를 제공하지만 예멸전화된 기름에 대해서는 불가능하다.

NWR과 LF 이미징 시스템은 탐색 도구로서 이러한 기술에 의존하는 많은 센서들은 좁은 트랙을 따라 항공기 아래쪽의

기름에 대한 정보만 제공할 수 있다. MWR, LF 그리고 IR 센서는 맑은 날 밤에도 사용가능하다.

바람이 없거나 강한 바람 모두에서 효율이 좀 떨어지더라도 레이더 시스템은 구름이나 안개를 통과할 수 있어 낮과 밤 모두 사용가능하다

개별 센서의 단점을 보완하고 기름의 상태와 범위에 대해 더 많은 정보를 제공하기 위하여 일반적으로 다른 장치와의 조합하여 사용한다. SLAR과 IR/UV 시스템의 결합은 기름 유출 동안 광범위하게 이용될 수 있다. SLAR은 적절한 고도에서 넓은 지역을 신속하게 지나가므로 비행기 양쪽으로 20마일까지 빠르게 탐지할 수 있다. 그러나 얇은 층과 두꺼운 기름을 구분할 수 없어서 영상을 주의 깊게 해석해야 한다. SLAR과 IR의 조합 장치가 있는 항공기는 SLAR을 이용하여 유막의 경계를 찾고 IR 센서로부터 얻은 이미지로 대량오염 지역과 유막두께 등 정성 정보를 제공할 수 있다. SLAR과 비교하였을 때 제한적인 범위이긴 하지만 IR/UV 센서 조합은 주간에는 유사한 기능을 발휘할 수 있다. UV 센서는 기름 두께에 상관없이 기름으로 오염된 지역을 탐색할 수 있으며, IR 센서는 적절한 조건하에 유층의 상대적인 두께를 측정할 수 있다.

모든 형태의 센서로부터 얻어지는 신호는 항공기에 탑재된 장치에 표시되고 기록된다. 방제작업의 관리에 효과적으로 사용되는 영상은 지휘센터에는 전달되어야 하며 정확한 해석과 간결하고 이해가 쉬운 형식으로 나타나야 한다. 원격탐사시스템으로부터의

결과를 정확하게 해석하려면 직접 눈으로 본 결과를 함께 확인하는 것이 좋다.

또한 위성 기반의 원격 센서는 기름을 검출할 수 있으며 이러한 이미지들은 광대한 해역을 포함하고 있기 때문에 전체 오염범위에 대한 포괄적인 그림을 제공한다(그림 23). 사용되는 센서들은 가시광선, 적외선 영역의 스펙트럼과 합성 개구레이더(SAR)로 운용된다. 낮 시간대의 맑은 하늘에서만 기름을 광학적 관측할 수 있어 이러한 시스템의 적용이 엄격하게 제한된다. SAR은 구름의 존재와 상관없이 이용가능하며 반사광에 의존하지 않기 때문에 밤에도 이용할 수 있다. 그러나 레이더의 영상은 다양한 현상이나 부정확한 영상을 포함하고 있으며 빙산, 적조, 윈드새도(바람이 장애물 등의 지형지물 때문에 소용돌이 치거나 굽이치는 지역)나 비, 스콜 등을 기름으로 오인할 수 있어 전문가의 해석을 필요로 한다. 모든 위성 영상은 위성이 특정 궤도에 있으므로 따라서 몇 일에서 부터 몇 주 간격으로 동일지역을 통과함에 따른 촬영 빈도의 제약이 있다. 이러한 지연현상은 한 개 이상의 위성 장비의 호출 신호와 위성 안테나 각도의 위치 선택에 의해 부분적으로 극복될 수 있다.

촬영된 이미지는 오류를 제거하고 필요한 해석을 위해 지상수신기로부터 전송된다. 그러나 많은 위성의 이러한 본질적인 지연현상은 실시간 서비스의 제공으로 최소화하여야 한다. 결과적으로 위성 영상은 오염 방제 관리에 효과적인 작업 도구로 사용될 수 있다.

Key Point

- 기름 유출 시 초기 평가는 오염범위를 결정하고 방제작업자들에게 방제전략을 제공하기 위해 필수적이다.
- 항공감시는 기름의 이동과 기름의 외관, 부피를 예측 할 수 있게 한다.
- 항공기에 탑승하기 전 사전준비를 통하여 비행으로부터 얻을 수 있는 효과를 최대화 할 수 있다.
- 기름 관측의 정확한 해석은 비정상적인 현상과 기름 두께 산정의 어려움 때문에 방해받는다.
- 원격탐사 장비는 시각적인 탐색 결과를 보충할 수 있으나 이러한 시스템은 기름으로 오인할 수 있는 다른 현상들도 탐지할 수도 있기 때문에 신중히 사용하여야 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.



번역기관



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
 Web: www.itopf.org

해양경찰청

인천광역시 연수구 해돋이로 130

Tel: 032-835-2293 Fax: 032-835-2991 Web: www.kcg.go.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.