

환경복원의 문제점과 해결 방안

황경업 | 한국과학기술연구원 책임연구원

1. 머리말

2007년 12월 7일 12,000여 톤의 원유가 허베이스피리트호로부터 흘러나와 태안지역을 강타한 이후 지역주민들의 각고의 노력과 자원봉사를 통한 국민적 지원으로 지천을 덮었던 기름들은 일단 표면에서 사라진 듯하다. 그러나 씨프린스 호 사고 이후 잔류하고 있는 해안오염과 외국에서 발생하였던 원유유출 사건에서와 같이 태안의 모래사장 바닥이나 방파제나 독에 만조때 그려 놓은 기름자국과 축대돌 사이 깊은 곳과 같이 쉽사리 손이 닿지 않는 곳이나 갯벌 속에 아직 기름의 흔적이 남아 있음을 태안의 현장에서도 쉽게 볼 수 있다. 또한 해안에 남아 있는 기름들 이외에 해저와 수중에도 잔류기름이 남아 있을 수 있다.

다른 곳의 사례가 보여주듯이 기름누출사고 이후 환경이 다시 복원되려면 많은 시간이 흘러야 한다. 환경이 복원되는 속도는 여러 가지 인자에 영향을 받는다. 그 중 가장 주요한 인자는 잔류기름이며 이를 조속히 제거하는 것이 당면과제임은 누구도 의심하지 않을 것이다.

그러나 문제는 조속한 시일 내에 예측 가능한 복원방법이 마땅히 없어 세계 어느 곳에서도 시행하고 지켜보는 실험적 방법에 의존하고 있다. 주류를 이루는 방법은 눈에 보이는 것을 처리하기 위한 물리적인 방법과 눈에 보이지 않는 것도 처리되기를 희망하는 생물학적인 처리 방법이다.

우리도 이 틀에서 벗어나지는 못할 것이다. 하지만 방법론적으로 조금이나마 개선이 되기를 희망하며 이 지면을 통하여 공법에 대한 몇 가지 제안을 하고자 한다.

Ⅱ. 잔류 기름

원유는 최소 500개 이상의 화합물질로 이루어진 복합혼합물이다. 이 중에서 약 75%는 탄화수소로 이루어져 있으며 나머지 25%는 질소, 산소, 황, 니켈 및 바나듐화합물 등으로 구성되어 있다.

이 물질들 중에서 분자량이 낮은 쇠상화합물은 비교적 위해성이 낮으나 방향족화합물이 주류를 이루는 중분자 화합물은 위해성이 높다. 그러나 중저분자 물질이 빠져나간 후에 남은 고분자 물질은 위해성이 낮다.

쇠상의 저분자물질과 방향족화합물은 휘발성이 높아 대부분 대기로 쉽게 휘산된다. 이 물질들의 원유 중 함량은 60% 내외로서 모두 휘발한다면 초기 누출량의 40% 정도가 굳은 기름형태로 환경에 남게 된다. 이 잔류물은 그 물질 자체의 위해성은 낮으나 생태계에 장기간 체류함으로써 복원을 저해한다.

현재 기름으로 인한 오염은 표면상 상당히 치유된 듯하다. 그동안 태안의 기름오염사고가 국민적인 관심하에 놓여 100만 명이 넘는 자원봉사자들의 참여와 주민들 그리고 지자체와 해경 등 관계부처가 모두가 혼연일체가 되어 각고의 노력을 기울인 결과라고 할 것이다. 그러나 아직 숨어 있는 기름을 제거하는 어려운 작업이 남아 있다. 기름은 아직 모래사장 밑과 갯벌생물이 뚫어 놓은 구멍 속과 축대돌 깊은 곳 등 손도 닿지 않거나 보이지 않는 곳들에 산재해 있다(그림 1). 또 바다 밑에는 얼마나 있는지 아직 가늠할 수도 없다.



〈그림 1〉 잔류 기름 흔적

III. 정화에 대한 몇 가지 제안

1. 정화작업

해양에 누출된 기름이 자연적으로 분해·소멸될 때까지는 많은 시간이 소요하므로 정화 작업은 신속히 착수되어야 할 것이나 착수보다 더 중요할 수 있는 것은 제대로 수행하는 것이며, 이를 위한 사전조사와 일목요연한 계획의 수립이다.

시급성과 정확성이라는 상호 대립적인 상황을 동시에 만족시키려면 조사 패턴을 장·단기로 이원화하여 정화 수행을 위한 단기적 조사는 아래에 예시한 것과 같은 주요 항목만으로 제한할 필요가 있다.

1) 현황조사

- 토양의 성상 : 입도 (뺨, 고운모래, 자갈, 바위 등)
- 기름의 분포 : 평면상 위치 및 깊이
- 기름상태 : 단순판단 성질 (흐름성, 냄새, 굳기 등)
- 포화/불포화 : 조수시간대 관련 자료
- 생분해성 조사 : Respirometer에 의한 생분해인자, 기름분해, 미생물밀도
- 종 다양성 및 서식밀도 조사

2) 우선순위 결정 : 민감도와 오염도를 고려하여 결정

- 동시 다발적으로 모든 오염지역을 정화하는 것이 가능하지 않다면 주민생활 및 생태계를 고려하여 민감도가 높은 지역을 우선 정화
- 민감도가 높더라도 오염도가 낮다면 자정작용으로 정화되도록 하는 것이 바람직함

3) 정화작업 시 고려사항

인간의 손길을 빌어 환경의 치유를 하는 것이 방법에 따라 오히려 해가 될 수도 있다. 그러므로 우선순위에서 언급한 바와 같이 민감도가 높은 지역이라 하여도 오염도가 낮아 자정작용으로 감내할 수 있는 기간 내에 정화가 가능할 것으로 판단되면 자연의 치유에 맡기는 것이 가장 바람직하다.

또한 정화작업을 수행하는 과정에서도 정화 속도만을 염두에 두고 치어나 저서생물의 밀도가 높은 곳에 고압분사를 한다든가 기름을 분리하기 위한 계면활성제나 화학세정제를 사용한다든가 하는 과도한 물리적 또는 화학적 충격을 가하는 것은 피하여야 할 것이다.

갯벌이나 모래사장 등 해안의 오염을 정화하는 데에 마주치는 어려운 점 중의 하나는 밀물과 썰물에 의한 수위변화이다. 이에 더하여 태안의 사태에서 어려운 것은 대상 부지가 매우 광활하게 넓다는 것이다. 그러므로 정화작업을 수행하기 이전에 2차 오염 등 부작용을 방지하기 위한 철저한 대비가 있어야 할 것이며, 아울러 부지의 특성마다 달리 채택될 수 있는 정화방법의 궁극적인 효과증대를 위하여 계획에 따른 일사불란한 수행체계와 평가구조가 구축되어야 할 것이다.

2. 물리적 정화

물리적 정화는 기본적으로 마찰력에 의존한다. 그동안 기름을 닦아 내었던 수많은 손들에 의한 정화작업이나 고압세척에 의한 정화도 물리적 정화인 토양세척인 셈이다.

유류로 오염된 토양정화 분야에서 토양세척은 이미 다양한 종류의 공정(황경엽 외, 1999)이 개발된 상태이며, 오염정도에 따라 차이는 있겠으나 현재 모래사장 속에서 나타나고 있는 오염된 토양이 내륙의 일반부지에 있다면 비교적 단순한 장치로도 수분대의 순세척 시간으로 정화하는 데에 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다. 그러나 오염토양을 별도의 장소로 이송해 가지 않는 한, 밀물과 썰물이 드나드는 해안에서 기존의 이동형 세척 장치를 사용한다고 하여도 현장에서 직접 처리하는 데에 적용하기는 어려울 것이다. 그 이유는 이동형 장치라고 하여도 실시간 이동이 가능한 것이 아니어서 오염토양을 직접 본 위치에서 처리할 수 없고 반드시 세척 장치로 오염토양을 운반하여야 하기 때문이다. 폐기물처리와 유사하게 오염토양의 처리에도 크고 작은 운반에 소요되는 비용이 약 70%로 추산되고 있다. 그러므로 토양세척에 의한 정화방법이 고려될 수 있는 것은 현장에서 바로 처리하는 것이며, 세계 어느 곳을 막론하고 기름유출사고 후에 사용하는 기계적 토양세척 방법이 유일하게 고압분사에 의한 것은 이러한 난점을 대변해 주고 있다.

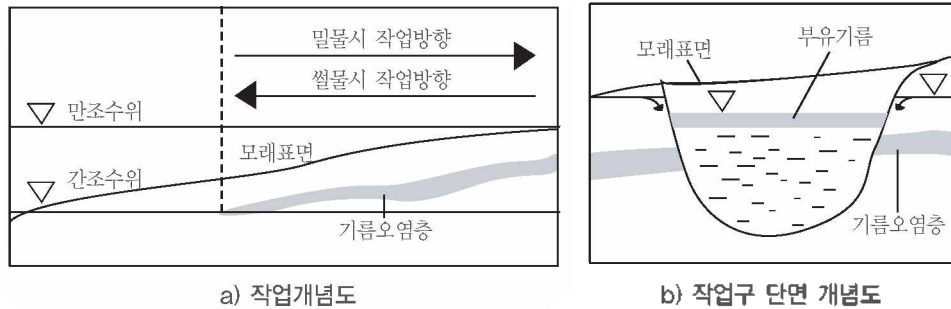
밀물썰물이용 공법과 추출액

토양세척에 반드시 필요한 것은 모래에서 기름을 떼어주기 위한 마찰력이나 이에 상응하는 힘과 세척수이다. 그러므로 물이 빠진 간조를 기점으로 토양세척을 시도한다면 모래를 파서 세척

수가 확보될 수 있는 해안가가 아닌 곳에는 별도로 세척수를 공급하여야 한다. 그러나 현장에서 바로 처리하려면 - 예를 들어 굴삭기 등으로 모래를 물속에서 교반시킴 - 세척수가 고여 있어야 하므로 불포화대가 된 곳에서는 공급수가 모래 속으로 지속적으로 스며들어 공법 자체가 성립되지 못하게 된다.

밀물썰물 공법이란 세척수를 별도로 공급하지 않고 밀물 또는 썰물시 포화층이 된 모래면 위에서 일련의 장비를 동원하여 필요한 깊이까지 구덩이를 파고 고이는 물위에 떠 있는 기름을 제거하는 것을 의미하며 이를 한 가지 정화방법으로 제안하고자 하는 것이다. 밀물 시에는 물이 차오르는 방향으로 작업을 진행하며 썰물 시에는 바다 쪽으로 작업을 진행한다(그림 2a).

모래구덩이에서 부유한 기름층으로 인하여 주변토양이 재오염되는 것을 막기 위하여 부유 기름층의 수위는 주변수위보다 낮아야 할 것이다 (그림 2b).



〈그림 2〉 밀물썰물공법

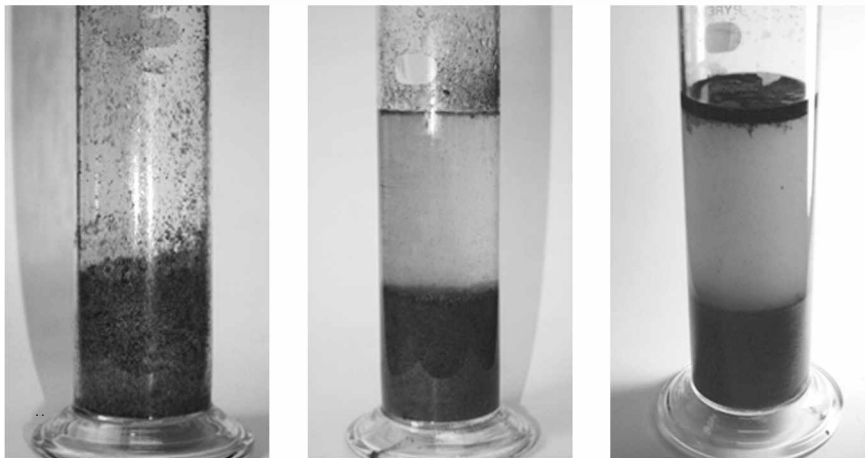
이 방법의 실효성여부는 굴삭기 등 단순한 작업 기계만으로 모래를 뒤적였을 때 모래에 부착된 기름이 떨어질 만큼 마찰력이 충분히 작용할 수 있는가이다. 〈그림 3〉은 이에 대한 단순한 실험결과를 나타내고 있다.

〈그림 3〉은 기름이 부착된 만리포 모래사장에서 채취한 모래(a)에 물을 넣고 입구를 막은 후 용기를 상하로 격하게 5회 흔들어 준 후의 기름분리 양상(b)과 여기에 소량의 추출액을 넣은 후 재차 3회 흔들어 준 후의 기름분리 양상(c)으로서, 현장실험을 통하여 단순교반으로 기름이 충분히 분리되지 않을 경우 추출액의 첨가를 통하여 분리효율을 현저히 증가시킬 수 있으며 정화시간도 단축시킬 수 있음을 시사하고 있다.

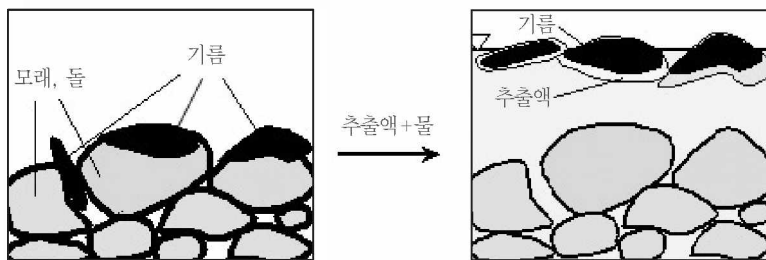
추출액을 사용하는 것은 기존 화학공정이나 환경공정에서 사용하는 액-액 추출법과 유사한 방법으로서 추출액을 잔류기름이 있는 부지에 투입하면 석유계 기름을 둘러싸 토양과 격리시키고 기름과 함께 물위로 부상하여 기름을 용이하게 제거하는 것이 목적이다. 이 액체는 비중이

물보다 낮아 토양 중에 섞여 있는 무거운 기름도 둘러싸게 되면 물 위로 부상시킬 수 있다(그림 4).

추출액은 천연물질로 이루어진 것으로서 원유성분보다 생분해성이 월등히 높아 (Erik Bruckner, 2000) 기름제거 후 이 액체가 토양에 잔류하게 되어도 단기간에 분해될 수 있으므로 단독적 또는 생물학적 정화방법의 전처리 방법으로 사용하여 기름제거 기간을 단축시킬 수 있는 방법일 수 있다.



〈그림 3〉 a) 만리포채취 모래 b) 물과 교반후 c) 물+추출액 투입후



〈그림 4〉 추출액 작용원리 개념도

추출액의 사용과 밀물썰물을 이용하여 토양을 세척하는 공법의 경제성과 관련한 실효성 여부는 아직 더 검토해보아야 할 여지가 많이 남아 있기는 하나, 시급을 요하는 민감 지역의 경우 긴 시일을 요하는 타 공법에 비하여 유리할 것으로 생각된다. 특히 축대돌 사이나 방파제 사이 깊은 곳에 끼어 있을 기름을 제거함에 있어 가압분사 장치로 물과 함께 분사하는 방법도 고려될 수 있을 것이다.

3. 생물학적 정화방법

생물학적 정화방법은 태안의 경우와 같이 광범위하게 오염된 지역을 정화하는 데에 매우 적합할 수 있는 방법이다. 원리는 생태계에서 자연적으로 정화되는 원리를 모방하되 자연 상태에서 모자라는 점을 보완하여 자연적인 정화속도보다 빠르게 진행되도록 일련의 인위적인 조치를 하는 것이다.

이 일련의 조치란 ① 기름을 분해하는 미생물을 오염현장에 투입하는 것 ② 부족한 영양성분을 보충하기 위하여 비료 등을 투입하는 것 ③ 호기성인 기름분해미생물에게 산소를 공급하는 것 ④ 일정한 높이의 온도를 유지하는 것들이다.

기름으로 오염된 토양정화에 많이 사용하는 Land Farming의 경우, 오염토양에는 대부분 이미 기름을 분해하는 토착미생물이 높은 밀도로 존재하고 있어 질소와 인을 보충하기 위한 비료를 혼합해 주고 산소공급을 위하여 주기적으로 경작기를 사용하여 밭을 갈듯이 오염토양을 갈아 준다. 오염토양은 대부분 3개월 이전에 정화 된다 (3개월 이상 소요될 수 있을 정도로 심하게 오염된 토양은 토양정화 등 다른 방법에 의해 단독적으로 또는 병행하여 처리한다).

하지만 내륙의 일정 부지에서 기름으로 오염된 토양을 정화하는 것과 태안의 경우는 기본적 여건인 장소의 형태에서 다르다. 육지에서 발생하는 기름오염토양의 정화는 별도의 장소로 이송되어 외부와 격리된 공간에서 처리된다. 이에 반하여 태안의 현장은 자연 상태에 노출된 곳이며 정화대상 부지도 매우 넓어서 토양경작법과 같이 일정기간을 주기로 땅을 갈아엎어주는 데에는 한계가 있다. 그 외에 태안의 현장은 밀물과 썰물에 의하여 번갈아서 포화상태와 불포화상태가 반복되는 곳이다. 이와 같은 현장특성을 감안하여 열거한 항목들을 재조명해 보면

1) 기름분해 미생물투입 : 기름성분 중 단순한 방향족화합물은 녹조류에 의하여 분해되거나 대부분은 박테리아와 균류에 의하여 분해된다. 기름을 분해하는 미생물은 바다 어디에나 존재하여 시간이 어느 정도 흐르면 오염된 곳의 미생물은 거의 100% 기름분해 미생물로 존재하기도 한다.

미생물이 증식되고 만일 산소와 영양물질이 충분히 있다면 MARPOL 협정의 누출 허용치인 15~100ppm 정도의 기름은 몇 시간에서 몇 일 이내에 생분해성인 90% 정도는 완전히 분해되나 나머지 약 5~10%인 고분자물질은 생분해성이 거의 없어 그대로

남는다.

태안의 경우 겨울철인 2007년 12월 이후 기름에 오염되었으므로 아직은 오염토양에 미생물 농도가 높지 않을 수 있어 잘 배양된 미생물을 투입하는 것이 처리효율을 높이는 데 바람직할 수 있다. 그러나 인위적으로 투입된 미생물, 특히 유전자가 조작된 미생물이 생태계에 미치는 영향은 아직 미지수로 남아 있어, 만일 생물학적 처리를 시도하는 시점에서 미생물농도가 충분히 높아진다면 미생물의 투입 보다는 생육조건을 호전시키기 위한 영양물질을 투입하는 방법에 초점을 맞추는 것이 바람직할 것이다.

2) 비료 사용

① 무기질 비료사용

기름오염 해안에는 대부분 질소와 인성분이 충분하지 않아 생물학적 정화시 이를 보충해 주기 위하여 비료를 사용한다. 그러나 조수간만차가 있는 해안의 특성상 만일 수용성인 무기질 비료를 사용한다면 모래사장이 되었건 다른 불포화층이건 밑물시 포화층이 되면서 이 비료들은 일부 토양에 흡착된 상태로 남아 있겠지만 대부분 바다로 씻겨나가 2차 오염을 유발할 가능성도 충분히 있다. 알래스카의 경우 부영양화가 목격되지 않았다고 하나(Ray Gordon, 1994), 이 결과는 해안의 작은 부분에서 이루어진 실험에 대한 것이어서 과연 전 대상부지에 같은 방법으로 하였어도 양상이 그대로였을지는 의문스러운 부분이 있다. 우리나라 해수의 평균온도는 25℃로서 알래스카의 최고온도인 20℃ 보다 높은 것도 이를 우려스럽게 하는 부분이다.

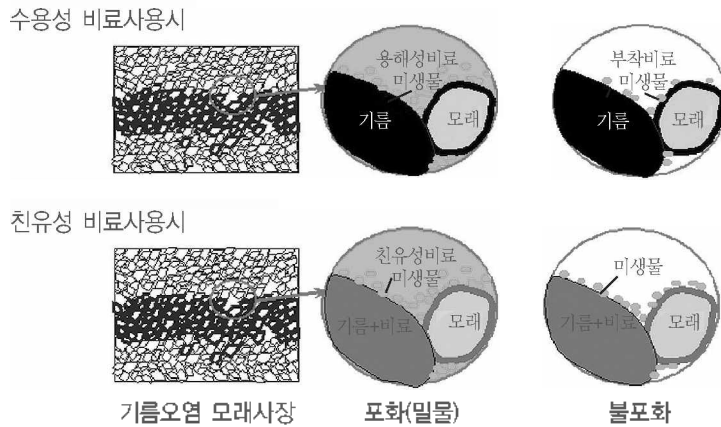
② 친유성 비료

알래스카를 비롯하여 여러 현장의 실험결과에서도 친유성 비료가 무기질 비료에 비하여 효과가 더 좋은 것으로 발표된 바 있다(Ray Gordon, 1994). 친유성 비료란 기름에 비료성분이 녹아 들어가거나 비료가 기름에 밀착되도록 한 지효성비료의 일종이다. 그러므로 무기질 비료를 사용하면 비료가 기름과는 별도의 공간인 물속에 있는 반면, 친유성 비료를 사용하면 기름자체가 영양물질까지 함유하게 되어 생분해성이 높아지므로 기름부위에 미생물수가 높아지고 결과적으로 기름을 더 쉽게 분해할 수 있다.

이와 같이 높은 비료효과 이외에 친유성 비료는 바다로 씻겨 나가는 양도 무기질 비료에 비하여 적게 되며 씻겨나간 비료도 물에 쉽게 용해되지 않아 부영양화가 억제될 수 있다. <그림 5>는 친유성 비료의 작용개념을 개략적으로 나타낸 것이다.

3) 산소공급과 온도유지

광활한 부지에 별도의 조치를 통하여 산소를 공급하는 것은 현실적으로 많은 무리가 있기도 하지만 기름이 분해되는 데에는 최소 수십일의 기간이 소요될 정도로 분해속도가 느리므로 산소공급은 제한인자로 취급하지 않는 것이 일반적인 견해이다. 그 이유는 오염토양에 주기적으로 공급되는 바닷물에 산소가 용해되어 있으며, 썰물시 물이 빠져나가는 과정에서 토양 아래로 내려가는 물이 공기를 지하로 빨아들여 오염위치에 산소를 공급하기 때문이다. 참고적으로 기름 1kg을 분해하는데 약 400m³의 해수가 필요한 것으로 보고 되고 있다.(Gunkel 1988)



〈그림 5〉 수용성/친유성 비료 사용시 비료거동 개념도

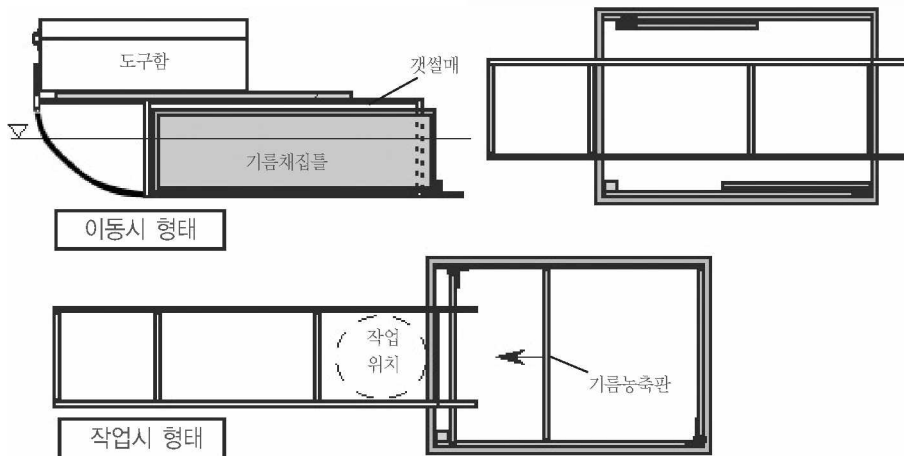
특히 산소공급이 필요하다고 인지되면 물이 빠져나가 불포화층이 된 오염부지 위로 물을 뿌려주는 방법도 생각할 수 있다. 특히 모래사장이 뜨거워지는 한여름에 물을 뿌려주면 오염 부위에 온도를 올려주는 방법이 될 수도 있다.

수온이 18℃인 여름의 분해속도가 수온이 4℃인 겨울에 비하여 약 4배 높았다고 보고된 바(Ray Gordon, 1994)와 같이 기름의 생물학적 분해는 중온미생물에 의하여 주도되므로 온도가 40℃정도 올라갈 때까지 증가한다. 그러나 대단위로 온도유지를 위하여 취할 수 있는 방법이 현실적으로 없으므로 생물학적 정화방법을 수행하고자 한다면 더운 계절을 지나치지 않도록 실시하지 않는 것이 매우 중요할 것이다.

4. 펠갯벌 정화

점토질로 이루어진 펠갯벌은 투수성이 낮아 기름이 침투하기 어렵지만 갯벌생물들이 뚫어 놓은 구멍이 기름유입통로가 되어, 매스컴에 발표되었듯이 쪽이 집단폐사 하는 등 갯벌생물이 폐사할 정도로 기름으로 오염된 상태이다.

추정하건대, 갯벌속에 들어간 기름은 외부와 차단되어 오랫동안 흐름성이 있는 상태로 머물 것이며 이로 인하여 산소전달을 차단함과 아울러 일부 수용성 성분들로 인하여 주위의 생태계 복원에 오랜 기간 지장을 줄 것이다.



〈그림 6〉 갯썰매를 이용한 수작업 도구 개념도

펠갯벌은 표면의 상층부를 제외하고 깊이로 들어가면서 산소농도가 급격히 낮아지므로 속에 들어 있는 기름을 비교적 신속하게 제거하는 방법으로 생각할 수 있는 것은, 적극적인 생물학적 처리를 시도하는 것보다 우선 기계적인 힘을 동원하여 기름들이 외부로 나오도록 하여 수집처리 하는 것이다. 기름은 시간이 지날수록, 날씨가 더워질수록 비중이 점차 높아져 수면으로 부상시키기 어려워질 수 있으므로 이 작업은 되도록 빠른 시간 내에 착수하는 것이 바람직하다고 생각한다.

기름의 수집처리방법으로는 다음의 방법들을 생각할 수 있다.

1) 수작업

갯벌매와 같은 운반도구를 이용하여 이중 안전장치 역할을 하는 Oil Fence로 구획된 곳에서 여러명이 씨래질과 같은 방법으로 구멍에 들어가 있는 기름을 물위로 나오게 한 후 이를 유흡착재로 제거하는 방법을 생각할 수 있다(그림 6 참조).

이 방법은 소극적이기는 하나 작업을 조작하기에 따라 기름을 비교적 말끔히 제거할 수 있을 것이며 갯벌에 과도한 기계적 부하를 주지 않아 그동안 움트고 있을 생태계의 교란을 최소화시킬 수 있을 것이다. 또한 여러개의 격리된 틀내에서 작업이 진행되므로 기상이 악화되어도 기름이 넓게 펼쳐진 Oil Fence를 넘어 재오염시킬 우려가 적다. 그러나 작업자가 물에 들어가야 하므로 기온이 낮아지면 작업에 제한을 받을 것이다.

2) 공기부양정을 이용한 기계적 처리

물위에 배를 띄우고 선체에서 조작하는 기계적 방법에 의하여 갯벌에서 기름이 빠져나오도록 하고자 한다면 갯벌위의 수위가 낮을수록 투입되는 기계에너지의 효율성이 높으며 작업도 용이하다. 그러므로 수위에 영향을 받지 않는 공기부양정이 일반선박보다 유리할 것이다. 다만, 토출되는 공기로 인하여 부상한 기름이 Oil Fence를 넘지 않도록 작업시 주의가 필요할 것이다.

갯벌에 적정수위의 물이 있을 때 목표하는 작업구간 내에 친 Oil Fence 내에서 공기부양정에 탑재한 펌프를 이용하여 물을 분사하거나 추진력을 이용하여 씨래질을 하는 방법으로 갯벌내로 흘러들어간 기름을 물위로 부상하도록 한다. 공기부양정은 현재 총 허용중량이 900톤까지 생산되므로 필요에 따라 대용량의 펌프와 다중노즐을 장착하면 넓은 면적도 신속하게 처리가 가능할 것이다. 나머지 문제는 부상한 기름이 Oil Fence 밖으로 나가지 않도록 하는 것과 이를 신속하게 회수하는 것이다.

지금까지 여러 사례에서 보아왔듯이 기름이 바다에 뜨면 유화제를 사용하는 것이 당연시되다시피 하였으나 어떠한 경우에도 물위에 직접 유화제를 사용하는 것은 피하여야 한다. 눈앞에서 사라진 기름이 없어진 것이 아니고 인간의 통제권 밖으로 사라져 생태계에 장기적으로 피해를 줄 수 있기 때문이다.

환경선진국에서는 이러한 이유에서 기름, 또는 화학물질 유출시 1차 제거에 사용하도록 허

용된 것은 유무기성 흡착제이며 유화제는 도로에 깔린 기름과 같이 누출된 물질이 잔류함으로써 안전상 문제가 발생할 소지가 있을 때에만 후속적으로 사용하도록 되어 있다.

Oil Fence는 기상이 좋지 않아 보퍼트풍력계¹⁾로 4~5에서 기능을 상실한다. 부상한 기름이 Oil Fence를 넘어 나가지 않고 용이하게 회수되게 하려면 Oil Fence 내에 흡착제를 살포한 상태에서 기름부상 작업을 진행하는 것이 바람직하다. 이번 기름유출사고에서 주로 사용한 것은 PP 나 PE 등의 소수성 재료의 부직포 형태이다. 이와 같은 재료를 해안에서 사용하기에는 문제가 없으나 부상한 기름이 잡히도록 물위에 띄워 놓는 목적이라면, 혹 이들이 Oil Fence를 넘어갈 것을 염두에 두어 짚이나 이탄, 목편 등 자연물질을 바탕으로 한 것이 보다 바람직할 것이다.

강력한 기계적 에너지를 동원하면 갯벌의 기름제거는 신속하게 될 것이나 자칫 이를 통하여 갯벌생태계가 오히려 큰 손상을 입을 수도 있는 만큼 이 방법을 채택하기까지는 사전조사를 통하여 여러 전문집단들의 의견이 반영되어야 할 것이다.

IV. 맺음말

서해안의 환경복원을 위하여 기존하는 방법들의 영역경계선을 넘나들며 할 수 있는 몇 가지 방안을 모색해 보았다. 이 방법들은 아직 현장 검증이 안 된 상태이어서 기회가 된다면 실증 실험을 거쳐야 할 것이다. 그러나 이와 같이 실증도 되지 않은 공법들을 사고적(思考的) 실험만으로 제안하고자 하는 것은 피해주민들의 절박감만큼 사라져서는 안 될 서해안의 아름다움이 한꺼번에 무너져 내린 것 같은 광경을 보고 조급함이 앞선 때문인 것으로 생각된다. 또 다른 한편으로는 다른 나라에서처럼 기존의 방법만을 고수하여 이러한 참담한 상황을 십수년 감수하지 않으려면 나름대로 새로운 방법을 찾아야 하겠기에 같이 생각을 모아 보자는 것이 제안의 이유이기도 하다.

환경복원은 만대를 이어 갈 터전을 유지하기 위한 작업이다. 그러므로 그 만대의 첫 줄을 잇고 있는 현 피해주민들의 생활유지를 위한 위기전환 방안 역시 환경복원의 차원에서 생각되어야 할 것이다. 이런 방안의 일환으로 거의 무위적으로 솟아 있는 피해지역건물을 자연과 어우러지도록 재정비하여 내일을 준비하며 주민의 일자리도 마련할 가치 “태안프로젝트”를 감히 제안해 본다.

1) 보퍼트풍력계 수치 : 10m 높이의 풍속 4 : 초속 5.5~7.9m / 5 : 초속 8.0~10.7m

참언되어야 할 것은, 이번 사고가 마지막 사고가 아닐 수도 있다는 것이다. 그러므로 이번 사고를 거울삼아 경각심을 가지고 철저한 사고대비와 사고 발발시 피해를 최소화할 수 있는 방안도 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 기름누출시 긴급대책 : 독일연방환경청(2007) 자료
2. 황경엽 외, 1999, KIST 보고서 "환경복원 및 재생기술"
3. 해양수산통계 : 해양수산부
4. Gunkel W., 1988 : "Ölverunreinigung der Meere und Abbau der Kohlenwasserstoffe durch Mikroorganismen" (바다오염과 미생물에 의한 탄화수소 분해) Angewandte Mikrobiologie der Kohlenwasserstoffe in Industrie und Umwelt, Expert Verlag Esslingen.
5. Clark, R. B., 1992, "Kranke Meere"(병든 바다) Spektrum Akademischer verlag, Heidelberg Berlin New York
6. Gundlach, E. R., M. O. Hayes, 1978, "Vulnerability of caestral environments to oil spill impacts" Mar. Technol. Soc. J. 12, p 18-27.
7. Bernem, Carlo van, Thimes Lubbe, 1997, "Öl im Meer"(바다에 기름), Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
8. Ray Gordon, 1994, "Bioremediation and its Application to Exxon Valdez Oil Spill in Alaska"
9. Emergency Management : 미국환경청(EPA) 자료
10. Auswirkungen von Ölkatastrophen durch die Schifffahrt auf die marine Umwelt (해양선박운항에 의한 오일사고의 영향), 2008, 독일 해운수료청 자료
11. Erik Brückner, 2000, "Phospholipidvesikel에 의한 기름성분 용출", 독일 Essen 대학교 박사학위 논문
12. MARPO 자료