

타르성 기름찌꺼기 해상방제 방안에 관한 연구

장덕종* · 김태호** · 양경욱** · 나선철*** · 남광희****

*,** 전남대학교 수산해양대학, ***한국해양환경관리공단 여수지사, ****GS칼텍스 환경팀

A Study of Marine Response system for the tar type waste oil

Duck-Jong Jang* · Tae-Ho Kim** · Kyung-Uk Yang** · Sun-Cheol Na*** · Kwang-Hee Nam****

*, **College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Jeonnam 550-749, Korea

***Branches of Yeosu, Korea Marine Environment Management Corporation, Yeosu, Jeonnam 550-020, Korea

****GS Caltex Corporation, Environment team, Wollae dong, Yeosu, Jeonnam 555-260, Korea

요 약 : 급변 태안 해안에서 발생한 해상 기름유출 사고에서도 볼 수 있듯이 유출유는 시간이 경과함에 따라하고 고점도화 되어 타르 형태의 기름찌꺼기로 변화하고 조류를 따라 이동하다 수온이 높아질 경우 그 점도가 낮아져 주변해역에 유막을 형성하는 과정을 반복하기 때문에 조류가 미치는 넓은 범위를 지속적으로 오염시키는 요인이 되고 있다. 지금까지 해상에서 타르 형태의 기름찌꺼기를 수거하는 방법은 개인이 쪽대를 이용하여 회수하는 형태로, 넓은 범위에 걸쳐있는 기름찌꺼기가 해안으로 밀려들기 전에 제거하기는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 기름찌꺼기를 효율적으로 수거할 수 있는 방안을 찾고자 기름찌꺼기의 흡착성을 이용한 붐 형태의 흡착 매트와 기 보고한 Net형 부유 폐기물수거기구를 이용하여 태안 기름유출 사고 현장에서 그 가능성을 시험한 것이다. 그 결과 Net형 수거기구는 개인의 수작업으로 수거작업을 했을 때에 비해 단시간에 훨씬 높은 수거성능을 보여 타르성 기름찌꺼기 수거기구로 이용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 유출유, 타르, 기름찌꺼기, 흡착매트

ABSTRACT : As we can see at the oil spill accident on the coast of Taean, the viscosity of the spilled oil becomes thicker as time goes by. It becomes waste oil with the form of tar. It moves to other areas following a tide. When the temperature of the water goes up, the viscosity becomes lighter and forms oil film. It repeats the process spreading to and polluting extensive areas where the tide reaches. People have used hand nets to collect waste oil of tar at the sea. But it is very difficult for them to collect the tar type waste oil spread on large areas before it reaches to the beach. This paper tried to find a way to collect the tar type waste oil efficiently. It used absorption mat of boom type that uses the attachment characteristics of the tar type waste oil and floating waste recovery device of net type. It tested the possibility of using the devices at the oil spill accident on the beach of Taean. The result showed that net type recovery device was much more efficient in collecting the waste oil in short time than the hand net system of people. It confirmed that the net type recovery device could be used to collect tar type waste oil.

KEY WORDS : Spill oil, Tar, Waste oil, Adsorption mat

1. 서 론

해상에서 기름 유출에 의한 오염 사고는 대부분 선박의 해난 사고나 유류의 부주의한 취급에서 그 원인을 들 수 있는데, 선복량이나 해상 물동량의 급증, 선박 규모의 대형화 추세에 비해 해상 교통 여건은 크게 호전되지 못하고 있어 사고율이나 사고의 개연성이 높아져 가는 실정이다(해양경찰청·해양오염방제조합, 2004). 특히 최근에는 선박의 대형화에 따라 유류 오염사고의 규모도 대형화되어 그에 따른 피해가 막대할 수밖에 없는데, 충남 태안 연안에서 발생한 홍콩선적 허베이 스피리트호와 국내 해상크레인 부선이 충돌함으로써 10,000톤 이상의 원유가 유출된 사고나, 2002년 스페인 연안에 약

77,000여톤의 중유를 유출한 프레스티지호 사고는 대형 선박에 의한 기름 유출사고의 피해를 단적으로 보여주는 사고라 할 수 있다. 이와 같이 대형 선박에 의한 기름 유출사고는 단시간에 막대한 양의 기름이 유출될 수밖에 없어 해당국가 뿐만 아니라 주변국에까지 환경적으로나 사회적으로도 국가적인 재앙으로 다가와 그 피해가 매우 심각한 실정이다. 더욱이, 해상 기름유출은 기름에 의한 직접적인 피해뿐만 아니라 해양 환경 파괴에 따른 2차적인 피해까지 이어질 수밖에 없어 이를 복구하는데 장기간의 시간이 소요되고, 일부에 대해서는 원상 회복이 거의 불가능하다는데서 유류에 의한 오염 사고의 심각성을 볼 수 있다.

이와 같은 유류 오염피해를 최소화시키기 위해서는 유출된 기름이 연안의 육지 및 조간대, 양식장을 포함한 특정 해상 시설물 등에 부착되거나 연안의 저질에 침식되어 서식 생물에 게 피해를 주기 전에 조기에 회수하는 것이 가장 중요하기 때

*대표저자, 종신회원 jdj@chonnam.ac.kr, 061)659-3182

***비회원, kmprcsc@hanmail.net, 061)654-6431

문에 유출된 기름을 해상에서 신속하고 효과적으로 제거하는 방제작업은 매우 중요한 의미를 갖는다. 즉, 해상에 유출된 기름이 조류나 해류, 바람 등 물리적인 요소에 의해 넓은 범위로 확산되거나 해안에 도달하기 전에 유출유를 회수함으로써 직접·간접적인 피해뿐만 아니라 해양 환경 파괴에 따른 2차적인 피해를 감소시킬 수 있을 것이다.

기름 유출에 의한 해양오염사고 발생시 이루어지는 일반적인 방제작업은 유화제를 이용한 분산처리 방안과 기계적인 회수방안으로 크게 구별할 수 있다. 이 중 화학적인 분산처리방법은 해양생물이나 생태계에 미치는 영향으로 인한 2차 오염의 문제가 수반되기 때문에 국가별로 유치리제 사용지침을 수립하여 제한적으로 사용하고 있으며(이와 강, 2003), 보통 오일펜스와 유회수기 등을 이용한 기계적인 방법으로 유출유를 회수하는 방제작업이 대부분의 국가에서 권장되고 있다. 즉, 기름 유출 사고시 유출된 기름이 해류나 조류, 바람 등을 타고 주변 해역으로 급속히 확산되지 못하도록 초등조치로 다수의 선박을 동원하여 유출유 주위를 오일펜스 둘러쳐 유출유의 1차적인 확산을 방지하고 이 후 오일펜스에 포집된 유출유를 밀집시켜 투입되는 유회수기의 회수효율을 높이는 방법으로 방제작업이 진행되고 있다(송과 윤, 1997; 현, 1998).

그러나 해상 기름 유출사고는 주로 악천후인 기상조건에서 발생하는 경우가 많기 때문에 사고초기에 기름의 확산방지를 목적으로 오일펜스를 설치하는 작업이 쉽지 않을 뿐만 아니라 파도에 의해 유출유가 오일펜스의 포집 범위를 벗어날 경우 초등 방제작업이 실패로 이어져 피해가 커지는 실정이다. 즉, 기름 유출사고시 해상에서 초등조치가 실패할 경우 유출유는 곧바로 해안으로 밀려들어 조간대 수역을 오염시키게 되는데, 이 경우 해안에 밀려들어 바위나 자갈, 모래 등에 부착된 기름은 기계적인 수거작업이 곤란하기 때문에 전적으로 인력에 의존할 수밖에 없어 단시간에 기름을 제거하기란 사실상 불가능하고 이에 소요되는 인력이나 비용 등이 막대할 수밖에 없다. 게다가 해안에 부착된 기름은 시간이 경과함에 따라 타르 형태로 변화되어 조석에 따라 해상으로 유입되었다 밀려오는 과정을 반복하기 때문에 지속적인 오염원이 되기도 한다. 또한, 타르 형태의 기름찌꺼기는 급변 태안 기름유출 사고에서 처럼 해상에서 자연 방제 효과를 높이도록 유치리제 투입과 고압해수방사, 선박 추진기류의 교반 등이 이루어짐으로써 휘발성 물질은 공기중으로 방사되고 유출유가 조각으로 분리되면서 덩어리 형태로 해상에 생성되기도 한다.

이러한 타르 형태의 기름찌꺼기는 저수온에서는 고점도화되어 수면에 부상한 채 조류를 따라 이동하다 수온이 높아질 경우 그 점도가 낮아져 주변해역에 유막을 형성하는 과정을 반복하기 때문에 조류가 미치는 넓은 범위를 지속적으로 오염시키는 요인이 되고 있다.

지금까지 해상에서 타르 형태의 기름찌꺼기를 수거하는 방법은 개인이 쪽대를 이용하여 회수하는 형태로, 넓은 범위에 걸쳐있는 기름찌꺼기를 해안으로 밀려들기 전에 제거하기는 한계가 있다. 이에 대해 본 연구에서는 타르 형태의 기름찌꺼기를 효율적으로 수거할 수 있는 방안으로 기름찌꺼기의 흡착성을 이용한 붐 형태의 흡착매트와 기 보고한 Net형 부유 폐기물수거기구를 고려하였으며, 다수의 선박이 방제작업에 참

여하여 그 성과를 높이도록 단선용 전개장치를 채택하고 급변 태안 기름유출 사고 현장에서 그 가능성을 시험하였다.

2. 재료 및 방법

해상에 유출된 기름은 시간이 경과함에 따라 휘발성분은 공기 중으로 자연 방산된 후 Fig. 1 과같이 덩어리 형태의 타르 상태로 변화하는데, 조류에 의해 해안으로 밀려와 암벽이나 자갈 등에 부착되어 오염원으로 작용하는 것을 보았을 때 기름 고유의 흡착력은 타르 상태에서도 유지하고 있다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 흡착성질을 이용하여 친유성 재질의 흡착 매트를 선박이 Fig. 2와 같이 일정한 넓이로 전개·예인하여 넓은 범위에 분포한 기름찌꺼기를 단시간에 흡착시킬 수 있도록 함으로써 사람의 수작업에 의존하는 현행 수거방법(Fig. 1)을 개선하고자 하였다. 보통, 기름 흡착 기구는 부착된 기름을 짜내어 다시 사용하는 방식과 교체하는 방식을 고려할 수 있는데 흡착판을 롤러에 통과시켜 부착된 기름을 짜내는 방식은 고가의 흡착판과 압착롤러, 컨베이어 시스템 및 이를 운용하는 유압장치, 수거탱크 등 별도의 시설이 선박에 설비되어야 운용이 가능하기 때문에 선박 건조시부터 이 시스템을 적용한 전용 선박만이 가능한 상태로, 기름 유출 사고시 동원되는 소형어선이나 다양한 종류의 선박에는 적합하지 않다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 방제 작업 시 소모성으로 사용되면서 현장에서 즉시 교체가 가능한 기름 흡착 매트(3M)를 다수 연결, 전체 길이가 60m정도가 되도록 하여 선박이 전개·예인함으로써 기름찌꺼기를 흡착시킬 수 있는 붐형(Boom type) 흡착매트를 제작하였고, 방제 세력을 높이는 측면에서 기 보고한 오일펜스 단선 운용 전개장치를 채택(장, 김 등, 2007), 1척의 선박이 이를 운용할 수 있도록 하였다(Fig. 2).

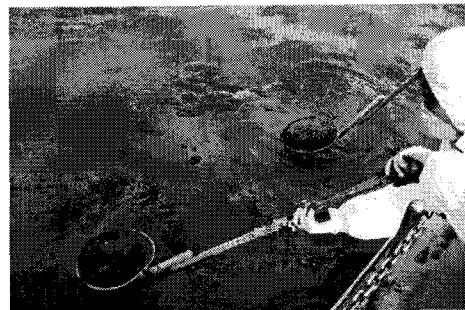


Fig. 1. Recovery on the actual state of tar type waste oil.

또한, Fig. 3은 Net형 기름찌꺼기 수거기구를, 고행화된 타르성 기름찌꺼기가 조류의 영향으로 넓은 수면에 흩어져 분포한다는 점을 감안, 전보에서 보고한 부유 폐기물 수거시스템(장, 나 등, 2007)을 이용해 기름찌꺼기가 효율적으로 구집될 수 있고 Net에 수거될 수 있는지를 해상에서 직접 시험함으로써 그 가능성을 확인하고자 하였다. Fig. 3의 Net형 기름찌꺼기 수거기구는 1척의 선박을 이용, 기름찌꺼기를 포집하고 수거하는 개념으로 전보에서 설명한대로 해상에 흩어져 있는 기

름찌꺼기를 모아주는 구집장치와 수집하는 Net, 구집장치를 수평방향으로 벌려주는 전개장치로 구성된다.

이들 기구를 이용한 타르성 기름찌꺼기 해상 수거실험은 금번 태안 기름유출 사고 발생 10여일 후인 2007년 12월 17일부터 20일 사이에 안면도 해상 내파수도 부근에서 방제작업중인 안면도 어촌계 어선단 소속 5톤급 소형어선을 이용하여 실시하였으며, 어선단의 수거실적을 비교함으로써 그 가능성을 확인하였다.

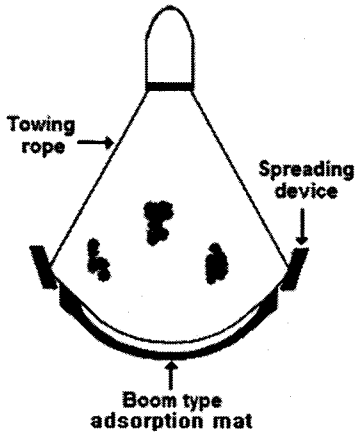


Fig. 2. A diagram of boom type recovery system for the tar type waste oil.

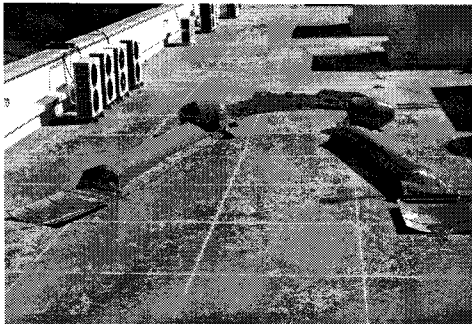


Fig. 3. Net type recovery system for the tar type waste oil

3. 결과 및 고찰

타르성 기름찌꺼기 해상 수거 실험은 본 연구에서 준비한 수거기구와 현장에서 방제작업에 종사하는 어선단의 수거 효율을 비교하고자 동일한 시간과 해역에서 같은 조건의 소형어선을 이용하여 실시하였다. Fig. 4는 실험해역에서 방제작업에 종사하는 어선단 중 5척(A~E호)을 표본으로 삼고, 3일 동안 쪽지그물을 이용하여 수작업으로 수거한 기름찌꺼기를 귀항하는 포구에서 조사한 것이다. 이 때 단위시간당 수거량은 작업해역에서 포구까지 이동하는 왕복시간을 제외하고 현장에서 수거작업에 종사하는 시간동안만을 고려하여 산정하였다.

이것에서 보면, 총 5척의 어선이 3일에 걸쳐 기름찌꺼기를 수거한 실적은 적당 평균 작업시간 12.8시간에 574L로, 시간당 평균 약 45L 를 수거한 것으로, 각 선박이 1일 평균 수거작업

4.3시간 당 200L (1드럼)을 수거하지 못하는 것을 알 수 있다.

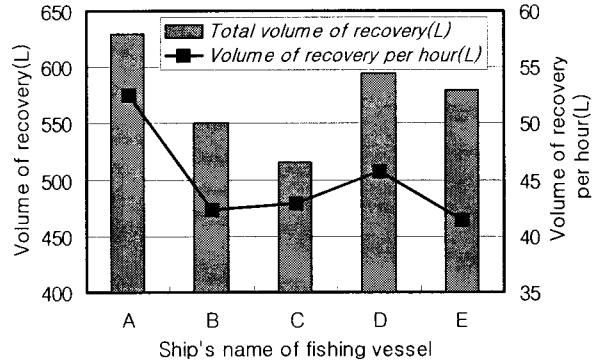


Fig. 4. Recovery actual results of fishing vessel using the hand net.

Table 1은 본 연구에서 준비한 Boom형태의 흡착매트와 Net형 수거기구를 이용하여 3일 동안 어선단이 작업 중인 해역에서 기름찌꺼기 수거실험을 수행한 실적으로, Net형 수거기구는 9회, Boom형태의 흡착매트는 6회의 실험을 실시한 것이다. 이때, Boom형태의 흡착매트와 Net형 수거기구를 이용한 해상 실험은 1척의 선박이 해상에 전개한 각 기구를 예인하여 기름찌꺼기를 Net와 흡착매트에 포집되거나 흡착되도록 하였으며, 예인속도가 과도할 경우 기름찌꺼기가 Net와 흡착매트 상하부를 타고 넘어가기 때문에 예인 속력을 3kt정도로 조종하면서 진행하였고, Net와 매트에 포집, 흡착된 기름찌꺼기의 회수 작업은 크레인이 설치된 바지선에 이관하여 수거량을 측정하였다.

Table. 1. Recovery actual results of net type recovery system and boom type oil adsorption mat

Date	No.Ex.	Net type recovery system			Boom type oil adsorption mat		
		R.T. (min)	V.R. (l)	VRPH (l)	R.T. (min)	V.R. (l)	VRPH (l)
12/18	1	30	265	529	30	25	50
	2	35	280	480	30	20	40
	3	30	250	499	30	25	50
12/19	1	30	315	630	30	20	40
	2	35	230	394	30	20	40
	3	35	200	343	30	25	50
12/20	1	30	260	520	-	-	-
	2	30	310	620	-	-	-
	3	30	270	540	-	-	-
Total average		31.67	264.44	506.11	30	22.5	45

* VRPH : Volume of recovery per hour(l),

R.T : Recovery time, V.R. : Volume of recovery

Table 1에서 실험 당 소요시간을 30분 내외로 정한 것은 그 시간동안 Net형 수거기구의 Net 용적에 충분한 수거량을 보였기에 Boom형태의 흡착매트에서도 수거실험 시간을 동일하

게 하였다. 그 결과, 실험 당 소요시간 약 30분에 평균 수거량이 Net형 수거기구에서는 약 264l, Boom형태의 흡착매트에서는 약 22.5l 를 수거하는 것으로 나타났고, 각 기구의 수거실적을 어선단의 실적과 비교하고자 단위 시간당 수거량으로 환산할 경우, Net형 수거기구는 1회 수거실험 당 약 506l, Boom형태의 흡착매트는 약 45l 를 수거하는 것으로 나타나 양 기구에서 큰 차이를 보였다. 이와 같이 양 기구 간에 큰 폭의 수거량 차이는 Net형 수거기구에 비해 Boom형태의 흡착매트의 수거능력이 훨씬 저조하다는 것을 의미하는데, Net형 수거기구의 경우 구집장치에 의해 일단 포집된 기름찌꺼기는 Net내부로 쉽게 유입되고 이후 Net내에서도 그물코 사이로 빠져나가는 경우가 거의 없이 소해되는 수역에 존재하는 기름찌꺼기가 대부분 수거됨으로써 그 효율이 매우 높다는 것을 현장에서 확인 할 수 있었다(Fig. 5).

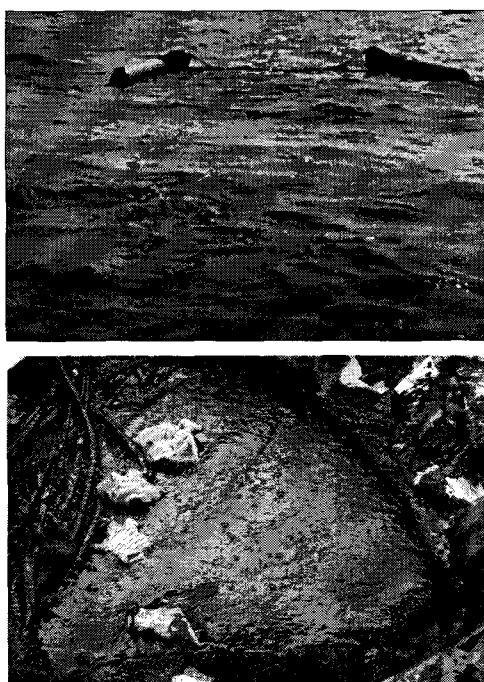


Fig. 5. Experiments photograph of net type recovery system.



Fig. 6. Experiments photograph of boom type oil adsorption mat.

참 고 문 헌

- [1] 송동업·윤경환(1997), 벨트식 유회수기의 회전 방향이 유회수율에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 대한기계학회지(B), Vol.21. No.5.
- [2] 이문진·강창구(2003), 유처리제 사용해역 선정기준 개발, 선박해양기술, Vol.36, p15-21.pp2611-2617.
- [3] 장덕중·김태호·나선철·양경욱·김대안(2007),모형실험에 의한 단선용 오일펜스 전개 장치의 성능 해석, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 논문집, p950
- [4] 장덕중·나선철·최명수·김중수(2007), 여름철 해상 부유 폐기물 수거방안에 관한 연구, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 논문집, p943.
- [5] 해양경찰청 · 해양오염방제조합(2004), 해양오염방제사례집.
- [6] 현범수(1998), 유회수기의 유체역학적 특성, 한국해양환경공학회지, Vol.1. No.1.