

# 자성유류흡착제를 사용한 수면유출기름 처리 스키머

소대화\*, 소현준\*\*

\*명지대학교, \*\*연세대학교

## Oil Spill Skimmer using Magnetic Oil Adsorbent

Dae-Wha Soh\*, Hyun-Jun Soh\*\*

\*Myongji University, \*\*Yonsei University

E-mail : dwhsogh@mju.ac.kr

### ABSTRACT

For trying to frontal attack of new solution by fusion of technical tasks and conditions with it's solving methods of the essential tasks of marine resource development and environmental conservation in addition with elements of electronic high-technologies, the skimmer robot was proposed by using of oil spill disaster prevention and its disposal system with sequentially circular collection type of magnetic oil spill adsorbent powder and fabrics on the electronic barge robot for the scheme of sustainable development of environment-friendly technology.

It was verified from the experiment of electronic barge robot demonstrator that the skimmer system of magnetic oil spill adsorbent powder and fabrics was very effective and useful technique to collect oil spill samples.

At this point, the barge-based electronic remote control was very useful system operating easily on the marine fields to skim oil spill with dangerous toxic substances of crude oil and very harmful to human.

Therefore, fusion technology proposed in this study combined with electronic and marine technology is the novel contributable technology for developing marine environmental conservation and environment-friendly disaster prevention, and also its management techniques.

### 키워드

Environmental conservation, Disaster prevention, Adsorbent, Sustainable development, Skimmer

## 1. 서 론

고도의 과학기술을 만끽하는 현대사회에서도 해난사고와 같은 대형 재난사고에 대하여 특별한 대처방안이나 처리기술이 충분치 못하여, 해상유출기름 사고발생 시 이를 사람이 직접 퍼낼 수밖에 없는 원시적 처리방법이 가장 유효한 것이 오늘의 현실로써, 지난 2007년 12월 서해대안 앞바다에서 발생한 유조선(Hebei Spirit 호) 기름 유출사고의 처리과정에서 여실히 드러났다. 그 과정을 살펴보면, 첫째 막대한 양의 유출기름을 효과적으로 수거 처리하는 초기대응기술의 부재, 둘째 유출기름을 수거하지 않고 유화제 산포를 통하여 침하시킴으로써 오히려 2차적 환경오염 문제의 유발, 셋째 밀어 닦치는 검은 재앙의 기름띠로부터 생태환경 및 수산자원과 시설물 등의 효과적 보존수단 부재로 인한 독성의 유해물질을 사람이 직접 접촉하고 그 증발기체를 호흡하면서 부득이 인력으로 수거 처리할 수밖에 없어서 발생하는 직접적 어려움과 엄청난 생계민

보건위생상의 문제 등 많은 문제점을 지니고 있다.

그러므로 이에 대한 수면유출유류의 효과적, 기술적 수거방식이 요구되며, 이에 대한 새로운 하나의 방안으로 유류흡착성 고기능성 자성흡착 분말 또는 자성흡착 단편 및 면포를 이용하는 방안을 제시한다. 그 일환으로 해양선박사고 시 유출유류를 용이하고 신속하게 수거할 수 있고, 그리고 유출물로부터 인체의 위해와 독성피해 없이 연속적으로 유출물을 수거함으로써 사고피해의 확산을 조기 대처 할 수 있는 방재처리 장비(컨베이어 식 수거용 바지선 등)를 구축하고, 이를 무인원격제어 운전할 수 있는 RF제어로봇 기능을 탑재함으로써 인력의 최소화 내지 배제 효과를 위한 최선의 방안으로, 지상의 본부에서 원격통제 하는 원격제어바지로봇시스템을 구축함으로써 해양사고의 안전한 처리와 경비최소화를 기할 수 있는 새로운 방안을 제안하여 대형 해양사고 방재 및 처리에 기여하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 유출유막의 제거

#### 1) 원유 및 정제유 유출사고

기름 유출사고는 다량의 기름이 일시에 배출되기 때문에 그 피해가 크고 집중적이며 즉시 발생한다. 유조선 씨프린스호 원유유출사건(1995년 7월)은 해양유출물로 인한 해양오염의 심각성을 우리 국민에게 일깨워 준 대표적인 사건으로 기록된다. 한 번 유출된 기름은 단기간의 회복이 아닌 적어도 수십 년의 긴 회복기간을 필요로 하지만 그러나 완전복구는 사실상 불가능하므로, 이는 더 이상 남의 일이 아니다. 해양사고는 곧장 국가 간의 분쟁으로 번질 소지도 크기 때문에 국가 간, 그리고 국제적인 공동대응 관리가 필요하다. 하지만, 아직까지 해양유류오염에 관련된 국내기술은 비교적 취약한 상태임은 물론, 최근 10여 년간 해상방재기술 개발을 위한 정부의 국고지원 연구비는 고작 2억여 원에 불과한 것으로 알려져 해양국가로서의 체면을 크게 손상시킬 뿐 아니라, 사고와 재해 방지를 위한 노력이 전혀 없는 현실사회를 지탄하게 만들고 있다. 이는 지난 2007년 12월 7일 서해안에서 발생한 유조선 충돌사고에서 여실히 확인된 바가 있으며, 소위 100만 명을 훨씬 넘는 인해전술을 방불케 하는 기름제거자원봉사자의 눈부신 활동은 세계인들을 또다시 놀라게 하였다. 사용되는 방법 또한 매우 낙후한 고전적 기술로서, 사고 시 부족한 유류흡착소재를 수입하여 사용하는 등 타국 기술에 여전히 의존하고 있으며, 또한 수거보다 유출기름을 유화제로 침하시키는 기술 한계성으로 2차적 오염이 필수적으로 수반될 수밖에 없는 것이 현실이다. 이는 반 친환경적 사실로 결코 우리가 지향하는 바가 아니다.

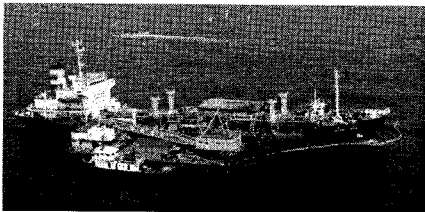


그림 1. 해경의 방제작업 수행모습

결국 여러 가지의 방법이 모두 동원되었고, 그러나 그동안 전 국민이 동원된 자원봉사활동(volunteer activity)은 오늘까지도 이어지고 있으며, 어떤 방재장비보다도 가장 효과적인 방제작업으로 인정받고 있다.

또 다른 정제유 유출사고로서, 2008년 3월 11일 20시 15분경, 부산선적 유조선 홍양호가 충남 대산 항에서 경유 7천kl를 적재하고 부산으로 항해 중, 여수시 간여암 부근에서 조업을 마치고 여수로 귀항 중이던 기선권현망 운반선(801 창영호)과 충돌한 것이다. 게다가 13년 전 유조선 씨

프린스호의 좌초로 원유 5천여 톤이 유출되었던 부근이기 때문에 긴장감은 더했다.

즉시 방재대책본부(여수해경)가 설치되었고, 오염방재 시스템(그림1)을 가동하였다. '제2의 태안사태'가 발생하는 것은 아닌지 많은 우려 속에서 출동합정 4척이 우선 현장으로 긴급 이동했다. 다행히 충돌사고로 인한 인적피해가 없고, 유출기름이 원유에 비해 확산위발성이 강한 경유인데다 먼 바다에서 발생해 양식업 등에는 큰 피해가 거의 없을 것으로 판단되며, 특히 정제된 경유는 본 논문에서 제안하는 유류흡착성 고기능성 자성분말의 적용이 유효하므로 그의 활용 방안과 필요성을 다시 한 번 새롭게 제기하는 바이다.

#### 2) 예방과 방재 및 수거 대책

물대포와 스크루를 돌려 수면위의 기름을 확산시켜 날려버림으로써, 결국 하나뿐인 지구위의 자연에 버려지는 방법보다는 기름을 수거하여 환경 피해의 근원을 회수하여 제거함이 더욱 바람직할 것이다. 여기에 필요한 방재기술로서, 정제유의 빠른 확산성과 낮은 점성 등으로 인한 얇은 유막(oil slick)의 수거방식은 자성유류흡착 분말소재가 적용되어야 하고, 원유와 같은 고점성의 기름띠(oil spill)는 분말보다 면적과 부피가 큰 자성유류흡착단편소재 또는 자성유류흡착면포소재가 적합하므로, 본 논문에서 제안하는 고기능성 자성유류흡착 분말 및 면포를 활용할 수 있는 방재 및 수거 방안으로 '자성유류흡착성 순환연속수거 무인원격제어마지로봇 시스템'의 구축과 방재처리 현장적용기술 개발의 필요성을 지적하여 상정한다.

### 2. 부유자성유류흡착소재

#### 1) 분말소재

부유자성유류흡착 분말소재의 주재료는 주변에서 쉽게 얻을 수 있는 자연자원의 하나로 산화규소( $\text{SiO}_2$ )가 주성분인 석영(Quartz) 또는 저비중의 화산암재 스크리아(Scoria)와 같은 광물성 재료로, 일반적으로 자성을 띄지 않는 단순한 비자성광물질을 고온자기전파연소합성(SHS) 기술과 유기용매 중에서 기계-화학반응(MCR) 기술로 처리하여 금속자성체와 같이 강한 자성을 띄는 미세분말로 가공하여 친유성표면의 기름흡착성을 갖는 자성분말을 제조하거나, 근본적으로 전혀 자성을 띠지 않는 유기물재료를 자기연소반응합성(SRS) 기술로 처리하여 비중 1 이하의 물보다 가벼운 자기연소산화자성탄소(SOM) 분말 재료로 가공함으로써, 환경 친화적 자성유류흡착성 분말의 기능성이 부여된 수면부유물환경정화용 흡착제를 제조하여 수면 위에 떠있는 유막(oil slick)을 흡착수거하는 부유자성유류흡착제 사용이 가능하며, 그 기법은 다음과 같다.

◆ Self-propagating High-temperature Synthesis method (SHS)

◆ Mechano-chemical Reaction (MCR)

- ◆ Scoria Magnetism and Metalization (SMM)
- ◆ Self-combustion Reaction Synthesis (SRS)
  - ▶ Self-combustive Oxidized Mag-carbon (SOM)

2) 단편 또는 면포 소재

부유자성유류흡착 단편소재 또는 면포소재는 위의 SRS/SOM 기법을 이용하여 외형이 큰 Mag-carbon 단편을 제조하거나, 기름흡착면포를 자성리본이나 자성편사와 결합하여 부유자성유류흡착 단편소재 또는 면포소재를 제작하고 유출유수거용 자성유류흡착성 순환연속수거 무인 원격제어바지로부터 탑재하여 유출기름을 순환 연속수거 한다.

3. 원격제어 무인바지선

1) 무인원격제어

무인원격동력제어에는 적절한 통신시스템이 필요하다. 여기서는 일반적인 무선통신시스템을 선택하였으며, 무선통신을 위한 하드웨어와 신호처리를 위한 알고리즘은 데이터를 비트 단위로 전송하는 serial/RF통신 방식으로 구현하였다. 또한 유/무선 잡음방지의 소프트웨어적 조치와 함께 데이터코딩의 안정성과 에러검출의 용이성을 고려하여 맨체스터코딩을 사용하였다. 통신신호 전송을 위한 송신체계는 컴퓨터와 모델 및 ASCII 터미널 사이의 짧은 거리에 대해 비동기, 직렬전송으로 RS-232를 사용하였다. RS-232에서는 시작 비트가 각 문자의 선두에 나타나고, 최소한 하나의 비트 길이의 정비 비트가 각 문자를 뒤따른다. 그리고 정확하게 동일한 길이의 시간 내에 각 비트를 전송하며, RS-232 방식으로 사용자의 컴퓨터로부터 RF통신을 위한 RF송신 모듈로 데이터를 전송한다. 송신모듈은 MAX232에 의해 정규화 된 신호가 입력됨과 동시에 안테나를 통해 신호를 전송한다. 그림2는 컴퓨터로부터 RF 송신모듈까지의 회로도이며, 송신모듈을 포함하는 RF송수신 체계의 개요를 그림3에 나타냈다.

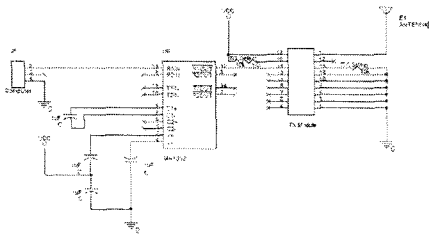


그림 2. MAX232를 사용한 송신부 회로도

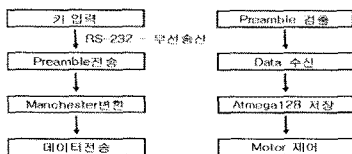


그림 3. RF 통신 송수신 개요

동력제어의 주동력은 직류전동기를 사용하였고, 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적이고 입력전류에 대하여 출력토크가 직선적으로 비례하며 출력효율이 양호하다. 전동기의 속도와 회전력의 제어는 구동전압을 펄스폭에 따라 변환하는 방식으로 펄스폭변조(PWM) 방식을 채택하였고, 직류전동기가 빠른 펄스신호 변화에 기계적 대응반응을 할 수 없는 현상을 이용하여 그 펄스의 duty비를 변화함으로써 실현한다. PWM 제어회로도 와 전동기의 입력전압 파형은 그림4, 그림5와 같다.

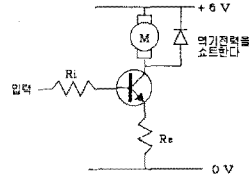


그림 4. 직류전동기의 PWM 제어 회로도

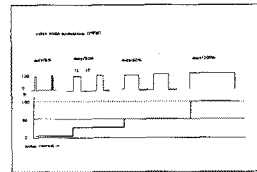


그림 5. PWM 입력전압 파형

2) 마이크로로봇과 바지선

원격제어를 위한 RF통신, 맨체스터 코딩, 구동 프로그램 제작, 그리고 전동기제어는 위에서 언급한 방법으로 제작하였다. 동영상에는 보이지 않지만 화면의 한쪽에서는 구동프로그램이 송신기에서 안테나로부터 신호를 송신하며 마이크로로봇을 원격 제어한다.

그림6은 두개의 직류전동기, 전원을 공급할 수 있는 전지 팩, 수신안테나, 모터제어 칩 MCU (ATmega 128)를 사용하여 원격제어가 가능한 디바이스를 제작한 마이크로로봇 샘플 사진이다. 원하는 제어를 오작동 없이 원활하게 수행함으로써 향후 제작될 바지선에서도 정확한 제어를 확실한다.

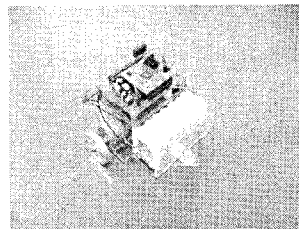


그림 6. RF통신을 이용한 마이크로로봇

RF 신호를 송신부로부터 수신안테나로 받아 동작하며, 두개의 전동모터로 서로 독립적인 회전동작을 취할 수 있으므로 로봇은 전진, 후진, 좌회전, 우회전, 그리고 프로그램 수정으로 두개

전동모터의 속도차를 이용한 동작을 확인할 수 있다. 이는 추후 제작될 바지선의 동작제어를 가능하게 해준다.

4. 컨베이어 연속수거

1) 순환연속수거용 컨베이어

유출유막(oil slick)의 연속수거 장치는 해상 또는 내수면 위의 비교적 얇은 유막을 수거하기 위한 장치로서, 시료산포용 컨베이어 벨트와 시료수거용 컨베이어 벨트의 순환방식을 채택하여, 그림 7과 같은 기본구조를 사용하여 제안한다. 수거용 컨베이어 벨트의 한 쪽 끝부분에는 자석이 부착되어 있다. 자석이 부착되어진 쪽은 자성 흡착시료가 흡인되어 붙게 된다. 즉, 바지선은 유류물질 사이클 순회하여 떠다니면서 산포용 컨베이어 벨트에서는 유막 위에 시료를 분산하여 떨어뜨리고, 연속적으로 산포된 시료는 유류물질을 흡착한 뒤에 수거용 컨베이어벨트에 의해서 수거된다.

2) 원심력 유·수 분리

이렇게 모아진 유류흡착시료는 흡착된 기름과 자성흡착제(포)를 분리하기 위하여 원심분리기로 넣어진 다음, 원심분리기에서 자성시료와 흡착된 기름의 유류물질이 분리된다. 따라서 수거 유류물만을 따로 모아 처리하고, 시료는 다시 본래의 성질과 기능을 지닌 채 순환 사이클에서 재사용하게 된다. 이렇게 함으로써 얻어지는 효과는 유류수거 비용 중 흡착제 재료비를 현저히 절감할 수 있으며, 유류수집물만이 선택적으로 흡수되었기 때문에 처리되어야 할 수집 후 폐기대상의 유류오염물질과 흡착면포 등과 같은 복합유류폐기물의 양을 획기적으로 줄일 수 있게 된다.

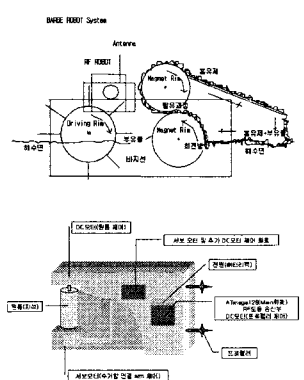


그림 7. 제안된 유출유류수거처리바지선 개요도

VI. 결 론

현재 해양유출물의 수거방법은 여러 가지 방식으로 개발되어 활용되고 있다. 여기서 우리는 해양자원의 지속가능한 개발(sustainable development)과 환경보전(environmental preservation)이라는 대립적 양면성의 분리될 수 없는 사회적 문제 해결을 위하여 해양자원과 환경보전의 필

수과제에 전자공학이라는 과학기술적 요소를 융합하여 과제와 조건 및 해법의 융합체로부터 새로운 해결방안을 모색하는 정공법을 시도함으로써, 환경 친화적 지속가능한 개발 유지와 대등한 해결 방안으로 순환연속수거 형 방재 처리 시스템을 제안하여, 더욱 편리하고 경제적인 해결책을 제시하였다. 예비적 시연실험에서와 같이, 자성흡착시료를 이용한 유류수거 기법은 매우 효과적임을 확인하였다.

여기에 전자공학의 RF통신기술을 적용하여 바지선을 원격 제어하는 방법을 더함으로써, 인체에 유해하고 위험한 독성물질을 포함하는 사고현장에서의 작업을 용이하게 수행할 수 있는 무인원격바지선의 현장적용 가능성을 확인하였다.

따라서 본 논문에서 제안한, 전자공학과 해양학을 융합한 새로운 형태의 기술을 적용함으로써 해양환경 보전과 친환경 방재 및 그 관리기술의 발전에 크게 기여할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 윤덕용, "AVR ATmega128 정복", OHM사, 2006.09.01
- [2] 송용수, "여러가지 로봇 만들기 AVR Bible", 북두출판사, 2002.06.10
- [3] Mofa N. N, Ketegenov T. A., Chervyakova O. V, and Mansurov Z. A., Synthesis of new materials by mechanochemical capsulation of quartz particles into metal complex carbon containing shells membranes /Materials of the 2nd Int'l Symposium "Physics and chemistry of carbon materials", Sept., p. 119, 2002.
- [4] Mofa N. N, Ketegenov T. A.,Chervyakova O. V, Stachov O. V., Diagnostic method for determination of effective magnetic permeability for powder systems, Vestnik KAZGU. Chem. Series., Vol. 20, No. 3, p. 145, 2000.
- [5] Soh Deawha, George Ksandopuolo, Lim Byongjae, Tlek Ketegenov, "환경오염방지 유출 오일 회수용 자기흡착제의 재생회복 특성", KIEEME, 추계논문집, pp. 296-299, 2001.
- [6] Soh Deawha, Lim Byoungjae, Soh Hyunjun, Mofa N.N., Ketegenov T.A., Mansurov Z.A., "MAGNETISM OF INSULATING NANOCOMPOSITE QUARTZ POWDER BY USE OF MECHANOCHEMICAL REACTION", 2nd Int'l Conf. on ICMEP, China, pp. 531-533, 2003.
- [7] 소대화, 조용준, 소현준, 정종현, N.N. Mofa, T.A. Ketegenov, Z.A. Mansurov, "유류흡착용 친유성 나노복합체 신소재 제조", KIMICS, 춘계논문집, pp. 769-772, 2003.
- [8] N.N. Mofa, T.A. Ketegenov, Z.A. Mansurov, D.W. Soh, "Nanocomposite Magnetic Powder Materials using Mechano-chemical Synthesis", Trans. on EEM, Vol. 5, No. 1, pp. 29-33, 2004.