



# 유증기 방폭 장치를 적용한 해상 오일 유출 회수장치(Oil skimmer)에 대한 실험적 연구

†함성훈·정찬섭

동주대학교 자동차·기계과, 에스디(SD)

(2015년 11월 19일 접수, 2015년 12월 23일 수정, 2015년 12월 24일 채택)

## Experimental Study on Marine oil Skimmer Applying the Vapor Explosion-proof Equipment

†Seong-Hun Ham . Chan-sub Jung

Dept. of Automotive Engineering, Dongju College, 95-10, Sari-ro, Saha-gu, Busan 604-864,  
South Korea

(Received November 19, 2015; Revised December 23, 2015; Accepted December 24, 2015)

### 요약

본 연구는 해상 유류오염사고가 발생한 경우 효율적인 방재 작업을 수행하기 위하여 개발된 오일 회수장치로서, 오일 회수장치를 통하여 해상에 유출된 기름을 높은 회수율로 신속하게 처리하는 것을 목표로 한다. 오일 회수장치는 기존의 흡착포 및 유류처리제를 이용한 정화 방식에서 발생하는 2차 오염을 방지할 수 있으며 오일 회수율 또한 우수한 특징을 가진다. 또한 유증기에 의한 폭발 방지 기구를 채택하여 오일 회수 작업시 발생할 수 있는 위험 요소를 제거 하였다.

**Abstract** - In this paper is proposed for the oil return device developed to perform efficient emergency operation in the event the sea oil spill. Oil recovery apparatus for spilled oil on marine aims to quickly purged with high recovery. Oil recovery apparatus can prevent secondary pollution which may occur in the purification method using the adsorption agent and chemicals. Also it has excellent properties oil recovery. Adopted by the vapor explosion-proof mechanism to remove the risks that may occur during oil recovery operations.

**Key words** : oil skimmer, sea oil spill, oil recovery, vapor explosion-proof

### I. 서 론

1995년 발생한 씨프린스호의 유류오염사고를 비롯하여 여수 유류오염사고, 2007년 발생한 허베이스 피리트호 기름 유출 사고와 같은 대규모 해양유류오염사고는 국가 및 사회에 미치는 피해가 막대하고 그 영향이 장기간 계속될 수 있다. [1]

씨프린스호의 유류오염사고의 경우 연료유 5,000여 톤의 유출로 남해안 3,826ha가 오염되고 수 백억 원의 양식업 피해가 발생된 것으로 알려져 있는 대

표적인 사고이다.[2] 이러한 해양 기름 누출사고는 수년에 걸쳐 유류누출로 인한 해양오염이 심각하며 손실되는 경제적 피해는 더욱 커진다. [3]

현재 우리나라의 해양 유류오염사고에 대한 방재 작업은 흡착포를 이용한 유류회수와 유류처리제를 이용하여 유류를 응고 시키는 방재작업이 주로 이루어지고 있다. 이러한 방재작업들은 오염된 유류의 회수율이 매우 낮으며 기름의 응고 등으로 인한 2차 오염을 발생시킨다. [4-5]

우리나라 연안은 복잡하고 비좁으며 여름철의 잦은 태풍, 겨울철의 저기압, 짙은 안개등으로 자연환경적 측면에서 악 조건하에 있으며, 해상교통량은 지속적으로 증가하는 추세이다.[6] 또한 초대형선 및

†Corresponding author:ham2849@hanmail.net  
Copyright © 2015 by The Korean Institute of Gas



Fig. 1.1 Marine operations in oil spill disaster.

초고속선이 증가하고 기준미달선(Sub-standard Vessel)의 입출항이 잦아지고 있다. 따라서 해상 안전 환경은 지속적으로 악화되고 있으며 해상재해의 발생위험이 상존하고 있기 때문에 향후 이러한 해상재해에 대한 대책마련이 시급한 현실이다.[7]

이와 같은 해상 안전 환경을 개선하고 보완하여야 하는 해상안전정책 즉 해상안전조직 및 기능, 해상안전제도, 시설투자 및 운영은 근본적으로 개선되고 있지 않다. 그 결과 우리나라의 해난사고는 2009년에서 2013년까지 평균 282(427kL)건으로 연평균4.2%씩 증가하고 있다.[8] Fig. 2.1은 기존 해양 유류 누출 사고시 흡착포를 이용한 정화 방식을 나타낸다.

본 연구는 이와 같이 악화되고 있는 해상 안전 환경에서 선박 사고 등에 의한 해상 기름 유출사고 시에 이를 회수하는 장비의 개발로 기존의 유류 처리제 및 흡착포를 이용한 방식이 아닌 기계식의 유출 기름을 회수하는 장치의 개발이다. 이는 성능 및 효율적인 운영이 가능하며 친환경적이고 지속사용이 가능한 유출유 회수장비이다.

또한 본 연구를 통하여 개발되는 오일 회수장치는 방재의 효율성으로 오염방지를 위한 항만국통제(PSC) 등을 빨리 해제시키는 능력과 유류 처리제 및 흡착포의 후처리에 의한 2차오염원과 경제성을 동시에 극복한 친환경 고성능의 해상 기름 유출사고 회수장치(Oil skimmer)이다.

## II. 해상 오일 회수장치의 설계 및 제작

### 2.1 오일 회수장치의 설계 및 구조

Fig. 2.1은 오일 회수장치의 회전 드럼부 및 크린 패드의 설계를 나타내고 있다. 오일 회수효율의 가장 큰 비중을 차지하는 회전드럼의 설계는 회전속도

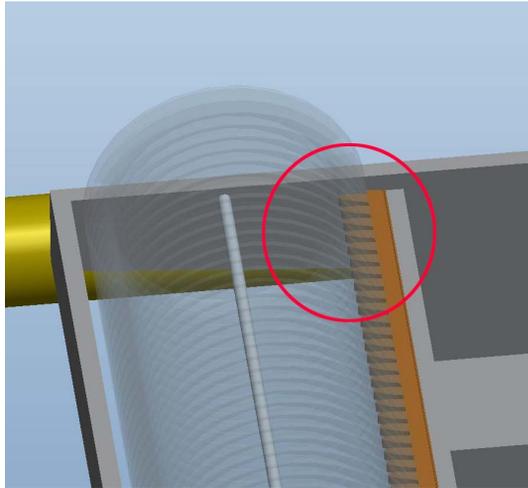


Fig. 2.1 Rotation drum and clean plate design.

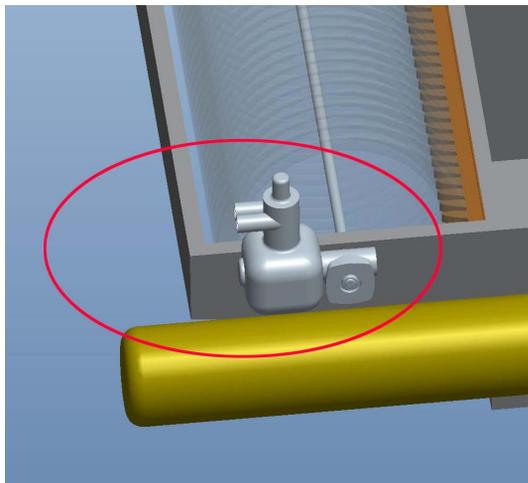


Fig. 2.2 Air motor kit.

제어와 드럼 면의 주름산 형상 가공 및 Acetal수지의 적용을 통한 강성 및 기름흡착성을 향상시켜 오일 회수효율을 증대 시켰다.

Fig. 2.1에서 회전드럼의 회전에 따라 점성을 가진 오일이 드럼 표면에 점착되어 회수되는 구조이며 드럼면의 재생과 표면의 잔류오일 및 이물질 제거를 위해 크린 패드를 설치하여 회수 성능을 향상 시키는 구조로 설계하였다.

크린 패드는 내식성을 증가시키기 위하여 니켈 도금처리를 하였으며(0.2mm이상) 기구학적 강성을 위하여 탄소강(SM45C)를 적용하여 접합 하였다.

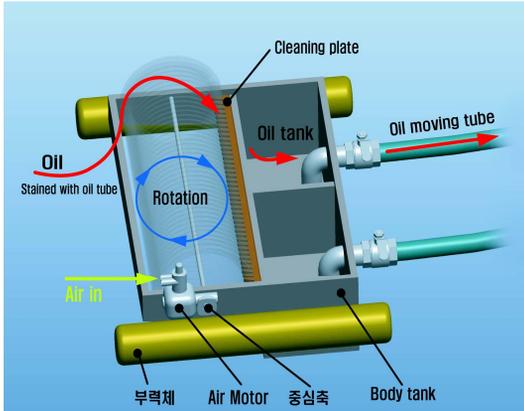


Fig. 2.3 Working principle of oil skimmer.

또한 파고 등의 요인에 오일 회수장치의 수평을 유지시키기 위하여 부력체를 드럼 양끝단부에 장착하여 해상에서의 오일 회수작업을 안정적으로 수행할 수 있는 구조로 설계하였다.

오일 회수장치는 드럼의 회전과 선박의 이동속도에 따라 오일 회수량이 결정되어 진다. 그러나 전기동력원을 적용한 전동모터를 적용 할 경우 해수에 의한 내구성 저하와 회수된 오일의 유증기로 인한 폭발사고의 위험이 있는바 본 장치의 설계에서는 에어 모터를 적용하여 방폭 기능을 가진 오일 회수장치를 설계하였다.

Fig. 2.2은 에어 모터가 적용된 회전 드럼 부를 나타낸 것이다. 적용된 에어모터는 무단변속이 가능하여 열악한 환경에서 작업이 가능하고 비상 정전시에도 에어 컴프레셔 용량에 따라 일정시간 작동이 가능한 구조로 설계되었다.

또한 흡착 및 저유된 오일을 저장 탱크로 이송시키는 밸브 및 모터 시스템을 개발하였다. 오일 이송 시스템에 적용된 밸브는 원 웨이 체크 밸브 타입으로 저장탱크의 오일압력에 의해 오일 회수장치부로 오일이 역류 하지 않도록 설계 하였으며 단순한 구조로 적용되어 내구성이 우수한 특징이 있다.

Fig. 2.3은 오일 회수장치의 전체 설계를 나타낸다. 에어모터의 구동으로 드럼을 회전시켜 크린 패드를 지나 오일 회수장치내의 저유 공간에 유출된 오일이 집유되며 저유된 오일은 흡입라인을 통하여 선박 또는 부의장치내 별도의 오일 저장탱크로 이송되는 구조로 설계하였다.

본 연구에서는 Fig. 2.3의 설계를 기반으로 유증기 방폭 기능과 회수효율이 우수한 실제 오일 회수장치를 Fig. 2.4로 제작 하였다.

Fig. 2.4에서 보면 오일 회수장치의 에어 모터 구

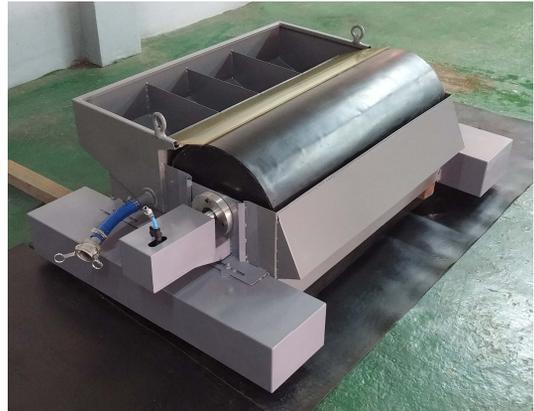


Fig. 2.4 Oil skimmers devices with explosion-proof function.

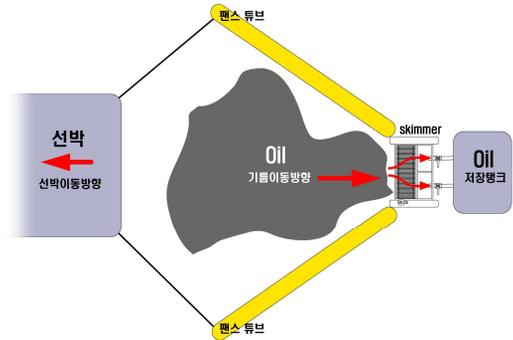


Fig. 2.5 Oil spill recovery principles of oil skimmer

동용 에어 입력부와 회수장치 내의 저유 공간에 연결된 흡입라인의 구성을 볼 수 있다. 회수용 회전드럼과 크린 패드를 장착하였고 양단에 부력체의 장착으로 수평 안정성을 확보 하였다.

또한 선박에 장착하여 해상 오일 유출시 회수작업을 수행하는 원리도는 Fig. 2.5와 같이 구성된다.

### III. 오일 회수장치의 실험 및 성능 평가

#### 3.1 오일 회수량 및 회수효율 평가

본 연구로 개발된 오일 회수장치의 실험 및 평가는 국립수산 과학원 수조실험실 및 중소조선 해양연구소에서 진행하였으며 실제 수조에서 해상 오일 누출사고를 재현하여 측정 평가 하였다. 아래 Table 3.1은 시간당 오일 회수량과 회수효율을 정량적으로 평가한 결과 값을 나타낸다.

**Table 3.1** Hour per oil recovery capacity and recovery efficiency

평가항목	연구개발전 성능 수준	개발 목표치	개발된 오일 회수장치 성능
오일 회수량 (kl/hour)	10.21	11.24	12.04
회수효율 (%)	88%	90%	98%



**Fig. 3.1** Weight of the bunker oil before the test skimming (14.21L), after the test (13.85L)

Table 3.1에서와 같이 본 연구를 통한 오일 회수 장치의 시간당 오일 회수량은 12.04kl/hour를 나타내고 있으며 회수효율은 98%를 나타내고 있다.

정량적 목표 항목의 실험 및 평가에 대한 내용중 시간당 회수량은 1hour에 12.26kl를 회수하는 성능 지표를 적용하여 테스트플(면적:13.2m<sup>2</sup>)에서 오일 회수장치의 작동에 대한 회수량을 측정하는 방법으로 평가하였다.

또한 회수효율은 1회 지나갈 때 면적(13.2m<sup>2</sup>)에서 잔여Oil(L)을 전체Oil(L)에서 %로 환산한 지표 값을 산출하여 평가하였다.

Fig. 3.1은 회수효율 측정을 위하여 테스트전 유출된 오일 양과 오일 회수장치 작동 후 저유된 오일의 양을 나타낸다.

**3.2 파고조건에 대한 회수효율 및 내구시험**

본연구로 개발된 오일 회수장치의 파고에 따른 회수 효율과 내구시험을 국립수산 과학원 수조 시험실에서 진행하였다. Table 3.2는 실제 파고를 발생시켜 조건별로 테스트한 회수효율이며 내구 시험은 연속 동작시험으로 진행하였다.

Table 3.2는 파고 조건별(0.0~1.5m)로 회수효율을 측정된 결과이며 특히 파고 1.5m에서 시제품 해상 테스트를 통하여 회수 효율 및 작업가능성 측정을 위한 시험결과이다. 시험 결과에 따르면 평균 98% 이상의 회수 효율을 나타내고 있으며 이는 기존의

**Table 3.2** Recovery efficiency for the wave height

파고	측정 항목	면적
0.0m	99.5% 회수효율	면적:13.2m <sup>2</sup>
0.5m	99% 회수효율	면적:13.2m <sup>2</sup>
1.0m	97.7% 회수효율	면적:13.2m <sup>2</sup>
1.5m	96.5% 회수효율	면적:13.2m <sup>2</sup>



**Fig. 3.2** Oil skimmer tests on wave height



**Fig. 3.3** Air motors and skimmer continuous operation test

해상 오일 유출 사고시 오일 회수율과 비교할 때 매우 높은 회수율을 나타내고 있다.

높은 회수율은 오염된 해양을 신속하게 정화할 수 있으며 2차 오염을 방지 할 수 있는 대안이 될 수 있다. Fig. 3.2는 실제 수조에서의 파고 조건별 시험 과정을 나타낸다.

파고 조건별 회수율에 대한 시험 결과 약한 파도일수록 회수효율이 우수한 특성을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 드럼과 접촉되는 오일 유면의 위치에 기인한 것으로 파고가 높아질 경우 회전형 드럼의 접

측면의 변화에 따라 회수효율이 저하되는 것을 알 수 있다.

본 연구를 통하여 개발된 오일 회수장치의 내구 시험은 2일(48h) 동안 연속 작동실험으로 10,000h에 대비, 환산하여 내구시간을 산출하였으며 시험 결과 적합으로 판정되었다.

Fig. 3.3은 에어모터와 오일 회수드럼의 연속 작동 실험을 나타낸다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 해상 오일 유출 회수장치의 설계 및 제작을 통하여 오일 회수량, 회수효율, 파고 조건 별 테스트 및 내구시험을 진행 하였다. 실험 및 측정 결과를 통하여 개발된 오일 회수장치의 성능을 분석 하였으며 이에 따른 결과는 다음과 같다.

1) 오일 회수드럼면의 정밀 형상 가공과 Acetal수지의 적용을 통한 강성 및 기름흡착성을 향상시켜 오일 회수효율을 평균 98%이상 확보하였다.

2) 초고압 에어모터의 적용과 흡입 밸브의 장착으로 유증기에 의한 폭발 위험성을 방지할 수 있으며 크린 패드를 적용하여 회수드럼의 재생 및 회수성능을 지속적으로 확보 할 수 있었다.

3) 시간당 오일 회수량이 12.04kl/hour로 유출된 오일의 빠른 회수량을 확보 하였으며 부력체를 안정화시켜 파고에 대한 회수효율 또한 향상 시킬 수 있었다.

4) 본 연구개발을 통하여 개발된 오일 회수장치는 흡착포 및 유류처리제를 사용하여 발생 할 수 있는 2차 오염을 방지할 수 있으며 기존 정화시스템 대비 효율성 및 성능향상 측면에서 우수한 정화 능력을 확보 할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2015년도 미래성장 동력 육성사업(테크노파크) 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### REFERENCES

- [1] S. W. Kim, "A Study on the Development of National Model of On-Shore Response to Marine Oil Spill Incidents in Korea", Graduate School of Korea Maritime University, pp. 104-116, (2012)
- [2] Korea Marine Environment Management Corporation, "A Study on the Measure for the Advanced Concept of Oil Recovery Capacity & Advance", pp.23-46, (2011)
- [3] J. H. Moon and J. H. Yun, "The Analysis of Tiered Preparation and Response for Efficient Oil Spill Response" The Korean Society Of Marine Environment & Safety, Fall Annual Conference, pp. 334~335,(2012)
- [4] I. S. Kim, J. S. Lee, D. K. Kim, and S. J. Koh, "Adsorption Characteristics of Natural Powdered Oil Absorbent for Marine Oil Pollution" Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 7, No. 1, pp. 7-14, (2001)
- [5] D. J. Jang, S. C. Na, and H. K. Kim, "The actual condition of the possession and localization rate of oil clean-up equipment" The Korean Society for Marine Environment & Energy, Spring Annual Conference, pp.23-24, (2013)
- [6] D. J. Jang, D. O. Kwon, B. G. Lee, and S. C. Na, "Diagnosing the efficiency of marine oil pollution response equipments, Oil skimmer through the analysis of response results" The Korean Society for Marine Environment & Energy, Fall Annual Conference, pp.209, (2009)
- [7] D. Y. Jung, "A study of marine pollution in the Hebei Spirit incident" The Korean Society Of Marine Environment & Safety, Spring Annual Conference, pp. 11-13, (2013)
- [8] K. S. Kim, "Overview of Major Oil Spill at Sea and Details of Various Response Actions 1. Number and Volume of Marine Oil Spills in Korea and in the World", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol.19, No. 2, pp. 129-137, (2013)