

## 研究노트

# 휴대용 유출기름회수기의 개발(II) - 공기흡입회수기의 제작과 성능시험

朴 外 哲

부산공업대학교 산업안전공학과  
(1994년 3월 31일 접수)

## Development of a Potable Skimmer(II) - Fabrication and Performance Test of an Air Suction Skimmer

Woe-Chul Park

*Department of Industrial Safety Engineering, Pusan National University of Technology*  
(Manuscript received 31 March 1994)

### Abstract

An air suction skimmer was selected as a potable skimmer to be developed among the many reviewed skimmers because of its advantages such as simple structure, excellent transportability, and easy deployment. A prototype of the skimmer was fabricated. It was shown that the skimmer operated by a commercial vacuum cleaner has good performance. The maximum suction rate of water and the maximum suction head were  $18\text{m}^3/\text{hr}$  and 2.7m, respectively.

Key Words : Marine Pollution, Spilt Oil Recovery, Potable Skimmer, Air Suction Skimmer

### 1. 서론

최근 환경문제에 관한 국제적인 관심이 급속히 증가하고 있는 가운데, 해상 기름유출사고가 해양 오염 등의 심각한 문제를 초래하고 있음은 널리 알려진 사실이다. 많은 기름유출사고 중에서 대표적인 대형 유조선 유출 사고로 Torrey Canyon호의 117,000톤(1967.3. 영국 Scilly Islands), Amoco Cadiz호의 230,000톤(1978.3. 프랑스 Brittany 연안), Exxon Valdez호의 41,000톤(1989.3. 미국 Alaska 주 Prince William Sound), Braer호의 84,500톤

(1993.1. 영국 Shetland Islands)의 원유유출을 들 수 있다. 우리나라 근해에서도 기름의 수송증가로 기름유출 사고건수가 매년 증가하고 있고, 유출기름은 벙크유와 경유의 유출사고가 대부분이다.

해상에 유출된 기름은 풍속의 약 3~4%로 이동(Ellis *et al.*, 1989)할 뿐만 아니라 자체의 확산과 조류에 의한 이동으로 넓게 퍼져 많은 피해를 초래하게 된다. 기름의 확산을 막기위해 기름울(oil fence)을 설치하고, 해상조건과 유출기름의 종류, 유출상태 등에 적합한 방제법으로 유출기름을 신속하게 제거해야 한다.

유출기름을 제거하는 데는 유화제의 분사로 유출기름을 분해하는 화학적 방법이 흔히 사용된다. 그러나 유화제 자체의 독성으로 어류나 플랑크톤이 죽게 되므로 과다하게 사용할 때 그 부작용이 대단히 크게 된다. 그 한 예로 Torrey Canyon호의 유출사고 후 영국의 Cornish해안의 생태계 파괴는 유출된 기름에 의한 것이 아니라 기름을 제거하는데 사용된 유화제가 초래한 것이었다(Clark, 1989). 그러므로 흡착제(sorbent)나 회수기로 유출기름을 회수한 후 잔류기름을 제거할 때, 또는 유막의 두께가 아주 얇을 때 유화제를 사용하는 것이 바람직하다. 톱밥, 벧짚, 보릿짚, 가마니, 건초, 폴리우레탄(polyurethane), 폴리에테르(polyether), 우레아폼알데히드(ureaformaldehyde) 등의 흡착제를 유출기름에 살포한 후 한곳에 모아 소각하거나 회수하는 방법은 유막이 얇고 기름의 점도가 낮을 때 효과적이지만 대량 회수가 어렵다. 흡착제나 기름회수기의 사용이 곤란하고, 부근에 가연성 물체가 없고, 유막이 두꺼운 경우에는 유출기름을 소각하기도 한다.

유출기름을 기계적으로 회수하는 방법은 기름회수기를 사용하는 것으로, 2차 오염 없이 다량의 기름을 회수할 수 있어 가장 바람직한 방법이지만, 조류의 속도, 파랑, 풍속 등 해상조건과 기름의 점도변화에 민감하다. Nebeker *et al.*(1971)는 자유와류회수기(free vortex skimmer)를, Uyeda *et al.*(1971)는 원반회수기(disk skimmer)를, Bruch와 Maxwell(1971)은 드럼회수기(drum skimmer)를, Smith *et al.*(1987)는 띠회수기(belt skimmer)를 설계하였고, Asper와 Bolli(1973)는 회전스크류회수기(rotating screw skimmer)를 개발하였다. Oxenham(1971)은 띠회수기의 하나인 Oil Scrubber에 관한 성능시험을 수행하였고, Der와 Graham(1973)은 띠회수기와 위어회수기(weir skimmer), 원반회수기의 기름회수성과 효율 등을 비교하여 띠회수기를 가장 우수한 회수기로 보고하였다. Shum과 Borst(1985)는 로프회수기의 성능시험을 수행하였다. 이 밖에도 문헌에 나타나 있지 않은 많은 기름회수기가 사용되고 있으나, 휴대용 회수기에 관한 정보는 없는 실정이다.

국내에서는 소용량의 띠회수기와 로프회수기를

제작하고 있고, 용량이 큰 회수기는 수입하고 있다. 낮은 경제성으로 인해 기름회수기의 국내 제작실적이 미미하며 이 분야에 대한 연구도 거의 없다. 기름회수 전용 방제선을 건조하는데 많은 비용이 들며 유출사고가 일어나면 기름회수기를 신속하게 배치해야 하므로, 유지비가 거의 들지 않고, 일반 소형선박에도 간단히 설치할 수 있는 휴대용 기름회수기의 개발이 필요하다.

이러한 필요성에 따라 朴外哲(1993)은 여러가지 기름회수기의 특성을 조사하여 이 가운데 가장 적합한 개발대상으로 공기흡입회수기를 선정하였고, 가정용 진공청소기를 사용하는 공기흡입회수기의 개념설계를 완료하였다. 회수기의 핵심기인 흡입펌프에 진공청소기를 사용하는 것은 구조가 간단하고, 운반, 조립, 설치를 및 운용을 간편하게 하기 위한 것으로, 이 연구가 첫 시도로 알고 있다. 개념설계에 따라 제작된 회수기의 흡입능력을 평가하고, 실제 사용상의 문제점을 파악하기 위해 성능시험을 수행하였다. 이 논문에서는 공기흡입회수기의 선정배경을 요약하고, 그 제작과 성능시험에 대하여 기술한다.

## 2. 공기흡입회수기의 선정

기름회수기에는 흡입식 회수기와 부착식 회수기가 있다. 흡입식 회수기는 호스와 배관, 흡입장치, 이송펌프, 유수분리장치, 저장탱크로 구성되어 있고, 수면의 기름을 흡입구 또는 위어(weir)를 통해 펌프나 진공흡입장치로 회수한다. 호스와 배관이 막히기 쉬우나 부착식 회수기에 비해 더 넓은 범위의 점성에 사용할 수 있다. 그러나 회수된 기름은 함수율이 높으므로 유수분리장치로 물과 기름을 분리해야 한다. 흡입식 회수기에는 공기흡입회수기, 위어회수기, 와류회수기, 붐회수기가 있다.

공기흡입회수기(air suction skimmer)는 진공장치와 흡입구, 연결호스로 구성되어 있다. 구조가 간단하고 조작성이 용이하며, 가격이 저렴하고, 신속하게 배치할 수 있다. 상당히 높은 파도에도 사용이 가능하고, 중간 또는 낮은 점성의 기름의 흡입에 적합하다. 그러나 부유물에 의해 흡입구가 쉽

게 막히고, 물과 기름을 동시에 흡입하므로 흡수율이 높다. 위어회수기(weir skimmer)는 위어로 흘러들어오는 기름을 펌프로 이송하는 장치로, 구조가 간단하고, 고요한 수면에서는 안정된 회수기이다. 소형은 운반과 설치가 쉽고, 낮은 점성의 기름회수에 적합하다. 부유물에 의해 쉽게 막히고, 기름-물의 접촉면에 위어의 위치를 유지하여야 하므로 파랑에 민감하다. 와류회수기(vortex skimmer)는 회전자의 회전으로 생기는 소용돌이의 원심력을 이용하여 물과 기름을 분리, 기름을 회수한다. 파도가 낮은 곳에 적합하고, 해상 부유물로 막히기 쉽다. 붐회수기(boom skimmer)는 일종의 위어회수기로, 붐을 연결한 2척의 방제선으로 기름을 모으면서 위어로 흘러드는 기름을 회수하며, 외해의 대규모 유출사고에 적합하다.

부착식 회수기는 띠, 원반, 드럼, 합성수지 로프 등의 친유성을 이용한 것으로, 흡입식 회수기에 비해 흡수율이 낮고, 100~2000cSt의 중점성유에 적합하다. 디젤유나 경유와 같은 저점성유는 친유면에 충분히 두꺼운 유막을 형성하지 못하여 회수율이 떨어지고, 또 병커C유와 같은 고점성유는 점착성이 높아 친유면의 기름을 제거하기 어렵다. 흡입식 회수기의 문제점인 해상 부유물에 의한 막힘이 없다. 띠회수기, 원반회수기, 드럼회수기, 로프회수기, 솔회수기가 있다.

띠회수기(belt skimmer)는 회전하는 친유성 띠에 수면위의 기름이 부착되어 회수된다. 파도가 낮은 곳에 적합하고, 설치가 곤란하다. 원반회수기(disk skimmer)는 회전하는 다수의 원반에 부착된 기름을 회수하는 장치이다. 원반은 플라스틱, 염화폴리비닐, 스테인리스강, 알루미늄 등의 친유성 재질로 만든다. 파도가 낮은 곳에 적합하다. 드럼회수기(drum skimmer)는 원반 대신 드럼을 사용한 것으로, 구조가 간단하다. 고점성 기름에는 원반 회수기보다 유리하다. 로프회수기(ropemop skimmer)는 폴리프로필렌 로프(polypropylene rope) 등의 친유성 로프로 수면위의 기름을 회수한다. 높은 파도에도 사용할 수 있으나 기름회수율이 낮은 것이 가장 큰 단점이다. 친유성 솔을 사용한 솔회수기(brush skimmer)는 드럼 또는 체인에 솔을 부착하여 유출기름을 회수한다. 넓은 범위의 점성에

적용할 수 있고, 파랑과 바람, 부유물의 영향이 작지만 설치가 곤란하다.

위의 여러가지 기름회수기의 특성을 검토한 후,

- (1) 전용방제선을 필요로 하는 회수기,
- (2) 새로운 부품을 제작 또는 개발해야 하는 회수기,
- (3) 구조가 복잡하고 설치가 곤란한 회수기,
- (4) 파도와 기름의 점성에 민감한 회수기

를 제외함으로써 휴대용 기름회수기의 제작대상으로 공기흡입회수기가 선정되었다. 공기흡입회수기는 전용 방제선이 필요없고, 구조가 간단하고 조작성이 용이하며, 가격이 저렴하고, 신속하게 배치할 수 있어서 휴대용회수기로 적합하다.

### 3. 공기흡입회수기의 제작

휴대용 기름회수기는 Fig.1의 개념도와 같이 흡입호스(suction hose)와 흡입구(suction head), 흡입탱크(suction tank), 흡입펌프(suction pump), 이송펌프(transfer pump)로 구성되어 있다. 흡입펌프를 기동하면 흡입탱크속에 진공이 형성되며, 이로 인해 흡입구와 흡입호스를 통해 유출기름과 물, 공기의 혼합물이 흡입탱크에 유입된다. 흡입탱크가 물-기름의 혼합물로 일정수위까지 차면 이송펌프의 기동으로 혼합물이 유수분리기로 배출된다. 흡입탱크에 자동 펌프기동장치를 부착함으로써 연속적으로 유출기름을 회수할 수 있다. 제작에 있어 가능한한 부품은 시장에서 쉽게 구할 수 있는 것으로 하고, 제작비, 크기, 중량, 소요동력, 전원, 운반, 조립 등에 관련된 문제점을 고려하였다.

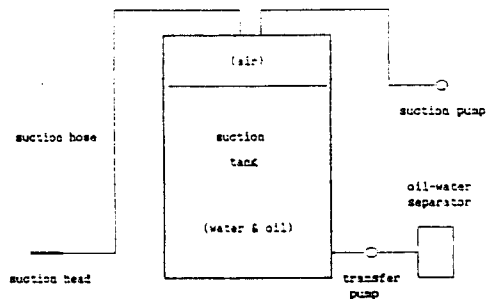


Fig. 1. Schematic diagram of the air suction skimmer.

기하학적, 역학적 相似法則에 따른 모형제작과 실험을 거친 후 실물 크기로 다시 제작하는 대신에, 실제 유출기름을 회수하는데 사용할 수 있도록 제작하였다. 제작된 회수기로 실험실에서 흡입 실험을 수행하고 있는 모습이 Fig.2에 나타나 있다. 흡입탱크와 흡입펌프(진공청소기), 이송펌프, 저장탱크가 호스로 연결되어 있다.

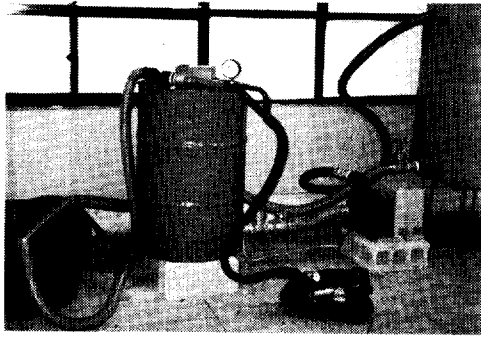


Fig. 2. Prototype of the air suction skimmer.

흡입탱크(suction tank)는 두께 1.6mm의 강판제 200ℓ 들이 드럼통으로 제작하였다. 탱크의 위쪽에 2개의 2 in. 관용암나사와 2개의 3/4 in. 관용암나사를 만들어 2 in. 나사에는 기름흡입호스와 진공청소기를 각각 연결하였고, 3/4 in. 나사에는 진공계와 이송펌프 자동기동장치를 달았다. 또 측면에 2 in. 관용나사를 달아 이송펌프를 연결하였다. 사용된 드럼통은 해수에 의해 쉽게 부식되지만, 유출 사고후 기름의 회수기간이 부식두께를 고려해야 할 만큼 길지않으므로 어디서나 쉽게 싼 값으로 구입할 수 있다. 그러나 장시간 반복해서 사용해야하는 폐유처리장이나 석유화학공장에서는 내식성 탱크를 사용하는 것이 좋다.

흡입구(suction head)는 Fig. 3과 같이 PVC로 만든 3가지를 사용하였다. 수면의 얇은 기름 또는 해안의 바위나 모래에 부착된 기름을 흡입할 때는 진공청소기의 바닥청소용 흡입구 (a), 集油口(oil pit)와 같이 기름이 가득차 있는 곳에서 기름을 흡입할 때는 (b)와 같은 원형흡입구, 두꺼운 기름의 흡입에는 (c)를 사용한다. 파도가 높은 해수면의

기름을 회수하는대는 부유식 흡입구가 필요하다. 흡입구는 파도가 높은 곳, 고요한 수면, 해안의 모래나 바위 또는 해초, 유층이 두꺼운 곳 등 기름의 유출장소와 유출상태에 따라 적합한 형상으로 만들어 효과적으로 사용할 수 있다. 부유물이 많은 수면에서 기름을 회수할 때는 흡입구의 주위에 철망을 씌움으로써 막히지 않도록 해야 한다.

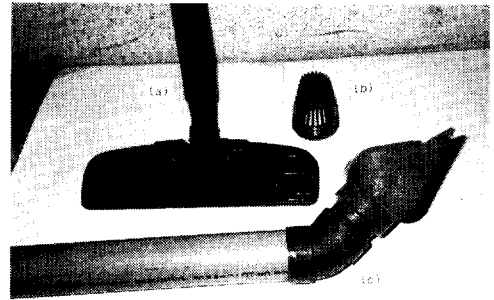


Fig. 3. Three types of suction heads.

흡입탱크와 흡입구 사이를 연결하는 흡입호스(suction hose)는 큰 強度를 필요로하지 않고 압력이 낮으므로 직경 50mm의 합성수지 나선호스를 사용하였다. 해수에 의한 부식이 없으며, 시중에서 쉽게 구할 수 있다. 호스 양단을 니플(nipple)에 끼운 뒤 밴드 클램프(band clamp)로 잠그도록 하여 조립을 간편하게 하였다. 흡입탱크와 이송펌프 사이의 연결에도 같은 호스를 사용하였다.

흡입펌프(suction pump)는 이 회수기의 핵심적인 기기로서, 흡입탱크에 유출기름을 흡입하기위해 진공압력을 지속적으로 유지하는 것이어야 한다. 또 장시간 사용이 가능하고, 흡입유량이 커야 하고, 큰 동력을 요하지 않아야 하며, 무게가 작아야 운반과 이동이 쉽다. 진공펌프는 일반적으로 가격이 높고, 소요동력과 중량이 크며, 높은 진공압력이 필요한 곳에 사용된다. 반면에 가정용 진공청소기는 쉽게 구입할 수 있고, 무게와 부피가 작고 흡입유량이 크므로, 진공청소기를 흡입펌프로 사용하였다. 전원이 교류 110V 또는 220V이므로 별도의 동력없이 소형선박에서도 사용할 수 있다.

이송펌프(transfer pump)는 흡입탱크 속의 물-기름 혼합물을 유수분리기로 보내는 펌프로, 해수에 장기간 사용할 수 있도록 내산, 내식성 원심펌프를 사용하였다. 유량은 양정 5m에서 13.2m<sup>3</sup>/hr 이고, 단상 교류 110/220V 겸용, 출력 0.75kW, 전압정 16m로, 흡입펌프와 마찬가지로 소형선박의 전원을 그대로 사용할 수 있다. 이송펌프의 성능 곡선은 Fig. 4에 나타나 있다.

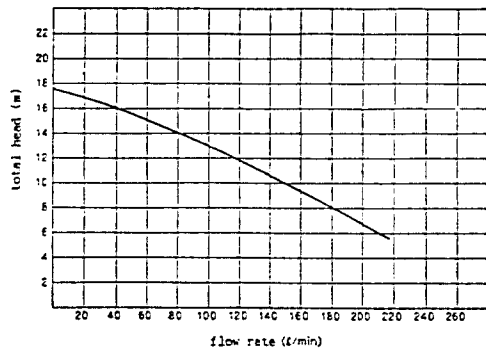


Fig. 4. Transfer pump performance curve.

이송펌프의 자동기동장치는 흡입탱크내의 물-기름 혼합물이 일정수위 이상이 될 때 자동으로 이송펌프를 기동한다. 흡입탱크 속의 자유표면이 심하게 흔들리므로 부유식 대신 전극식 자동기동장치를 사용하였다. 흡입탱크와 이송펌프 사이에 게이트밸브(gate valve)를 설치하고, 흡입펌프로 기름을 흡입할 때 이송펌프로 부터의 역류를 막기 위해 체크밸브(check valve)를 설치하였다. 여기에 사용된 관이음쇠와 밸브의 재질은 304 스테인리스강이다.

유수분리기(oil-water separator)에는 여과기(filter)를 사용하는 여과식, 물과 기름의 비중차에 의한 비중차식, 원심력을 이용한 원심분리식이 있는데, 여과식 유수분리기는 신속한 물-기름 분리가 필요한 기름회수기에 적합하지 않으며, 비중차 방식과 원심분리방식의 병용이 가장 효과적이다. 이 연구에서는 특별히 유수분리기를 제작할 필요가 없는 비중차방식을 사용하였다. 그러나 비중차에 의한 유수분리에 시간이 많이 소요되므로, 기

름만 흡입하는 경우외에는 기름을 신속하게 분리하는 유수분리기가 필요하다.

#### 4. 성능시험

기름회수기의 성능은 ASTM F808-83에 따라 회수효율(recovery efficiency, RE), 기름회수율(oil recovery rate, ORR), 총효율(throughput efficiency, TE) 등으로 표시한다. 회수효율은 물-기름 혼합물 회수율에 대한 기름 회수율의 비, 즉, 회수된 물-기름의 혼합물 중에 기름이 차지하는 비율이고, 기름회수율은 단위시간당 회수기름의 양을, 그리고 총효율은 유출기름의 체적에 대한 회수기름의 체적의 비를 나타낸다. 회수효율과 총효율을 식으로 표시하면,

$$\text{회수효율 (RE)} = \frac{\text{기름의 회수율}}{\text{물-기름의 회수율}} (\%),$$

$$\text{총효율 (TE)} = \frac{\text{회수기름의 체적}}{\text{유출기름의 체적}} (\%)$$

이다. 이 밖에 파고, 파도의 파장과 주기, 방향, 회수기의 전진속도, 풍속과 풍향, 조류의 속도, 기름의 두께, 종류, 점도 등에 따라 회수기의 성능시험을 수행할 필요가 있다. 미국 환경청(EPA) OHMSETT(Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank)의 성능시험에는 잔잔한 상태, 파고 0.3m와 0.3~0.6m, 0.6~1.2m의 4가지의 파도와 고점성, 중점성, 저점성의 세가지 기름에 대한 회수기의 성능시험을 수행하여 회수효율과 기름회수율, 총효율을 구하도록 되어 있다. 이러한 성능시험에는 대규모 시설이 필요하므로 실험실에서 간단하게 수행할 수 없다. 더구나 비중차방식의 유수분리기는 신속한 유수분리가 불가능하므로, 공기흡입회수기의 성능을 회수효율, 기름회수율, 총효율로 표시하는 것은 의미가 없다. 반면에 흡입회수기는 다량의 물-기름 혼합물을 짧은 시간내에 흡입해야 하므로 단위시간당 물의 흡입율이 회수기의 성능을 나타내는 척도로 사용될 수 있다. 그러므로 이 연구에서는 물의 흡입율을 측정하였고, 기름을 회수할 때 예기치 못한 문제

점을 파악하기 위하여 실제 기름유출현장에서 흡입시험을 수행하였다. 이 회수기의 성능이 진공청소기의 흡입일률과 밀접한 관계가 있으므로, 진공청소기의 흡입일률에 따른 회수기의 성능을 비교하기 위해, 흡입일률이 각각 300W와 430W인 두 대의 가정용 진공청소기를 사용하였다.

성능시험을 연속적으로 수행할 수 있도록 유수분리탱크와 흡입탱크 사이에 2 in. 게이트 밸브를 설치하여, 밸브를 열면 물이 물탱크-이송펌프-유수분리탱크-물탱크로 순환하도록 하였다. 흡입탱크의 수위가 탱크높이의 90%에 도달했을 때 이송펌프를 자동적으로 기동하여 물을 유수분리탱크로 보내게 하였다.

흡입구를 막고 진공청소기를 기동하였을 때, 흡입탱크의 진공압력은 흡입일률 300W의 진공청소기의 경우 150mmHg, 430W의 경우 200mmHg이었다. 이 압력은 유출기름이 떠있는 수면과 흡입탱크 사이의 최대높이를 결정하는 것으로, 수두로 환산하면 각각 2.0m, 2.7m가 된다. 그러므로 유출기름을 수직거리 2m 이상 흡입할 수 있어 소형선박에서 기름회수작업을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

물의 흡입율은 흡입탱크의 진공압력이 클수록 커서 흡입일률 300W의 경우  $12\text{m}^3/\text{hr}$ 이었고, 430W의 경우에는 이보다 50%가 많은  $18\text{m}^3/\text{hr}$ 였다. 기름만을 흡입할 때는 기름의 점성으로 인해 기름흡입율이 물흡입율보다 떨어지고, 수면의 유출기름을 흡입할 때에는 물-기름 혼합물 뿐만 아니라 공기도 함께 흡입하게 되므로, 실제 물-기름 흡입량은 이보다 훨씬 적게 된다. 그러므로 이송펌프의 토출량  $13.2\text{m}^3/\text{hr}$ 은 적합한 용량이다.

Fig. 5는 울산 소재 주식회사 유공에서 흡입일률 430W의 진공청소기를 사용하여 유출기름을 회수하고 있는 모습이다. 이곳에는 파도가 없고, 물의 색깔이 검어 기름과 물의 구분이 어려운 상태였다. 그림 (a)는 진공청소기의 바닥청소용 흡입구를 사용한 경우로, 그림 (b)에 사용된 흡입구(Fig.3의 c에 해당)보다 흡입성능이 높았다. (b)에 사용한 흡입구는 입구가 너무 넓어 흡입할 때 진동이 심하게 일어났고, 흡입이 자주 중단되기도 하여 연속적인 흡입이 어려웠으므로, 공기흡입회

수기용 흡입펌프는 이 연구에서 사용된 흡입일률 300W 또는 430W의 진공청소기가 적합함을 알 수 있었다. 한편 200l 드럼통으로 만든 흡입탱크는 지름이 커서 운반하기에 불편하였다. 운반하기 쉬운 지름이 작은 탱크, 그리고 장기간 사용하기 위해 플라스틱 또는 스테인리스강과 같은 내식성 재질의 탱크를 사용하는 것이 바람직하다.

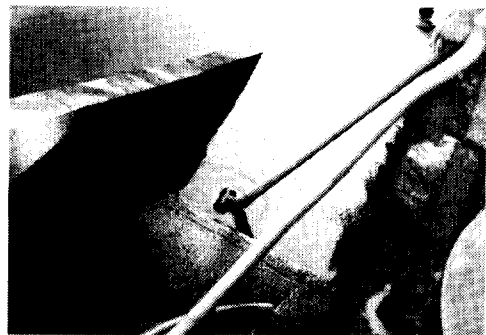
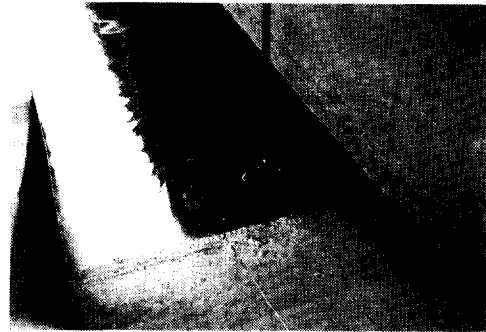


Fig. 5. Performance test at a confined area.

기름울을 설치한 선박을 이동하면서 기름을 회수하면 기름의 두께를 증가시켜 회수효율이 증가될 것이다. 여러대의 공기흡입회수기를 하나의 유수분리기에 설치하여, 신속한 물-기름의 분리가 이루어질 때 효과적인 기름회수작업이 가능하므로, 이 연구의 공기흡입회수기를 포함한 흡입회수기에 적합한 유수분리기의 개발이 남은 과제이다.

## 5. 결 론

휴대용 기름회수기를 개발하기 위해 여러가지 기름회수기의 특성을 검토한 후, 구조가 간단하고, 이동과 설치가 용이한 공기흡입회수기를 개발 대상으로 선정하였다. 가정용 진공청소기를 흡입펌프로 사용한 공기흡입회수기를 제작하여 성능시험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 진공청소기는 흡입유량이 크고, 진공펌프에 비해 가격이 저렴하고, 가볍고 소형이며, 구입이 쉬운 잇점외에 소형선박의 전원을 이용할 수 있어 흡입펌프로서 적합하였다.

(2) 회수기의 최대 물흡입율은 흡입일률 300W의 진공청소기의 경우  $12\text{m}^3/\text{hr}$ , 430W의 경우  $18\text{m}^3/\text{hr}$ 이었다. 430W의 경우에 진공압력으로 인해 흡입호스의 요동이 일어나므로, 이 보다 더 큰 용량의 진공청소기는 사용하기 곤란한 것으로 나타났다.

(3) 최대흡입높이는 흡입일률 300W의 진공청소기의 경우에 2.0m, 430W의 경우에 2.7m로, 소형선박에서 유출기름을 충분히 흡입할 수 있음을 알 수 있었다.

(4) 파도가 낮은 곳에는 진공청소기의 바닥청소용 흡입구를 그대로 사용하여도 흡입성능이 우수하였다.

기름울을 설치한 선박을 이동하면서 기름의 두께를 증가시킴으로써 회수기의 효율을 높이고, 쉽게 운반할 수 있도록 지름이 작은 탱크를 흡입탱크로 사용하는 것이 바람직하다. 공기흡입회수기 뿐만 아니라 다른 흡입회수기에도 유용하게 사용할 수 있는 유수분리기의 개발이 필요하다.

## 감사의 글

이 연구는 1992년도 산학협동재단의 지원으로 이루어진 것으로, 산학협동재단과 협동연구업체인 (주)한국유체기계사의 관계자 여러분에게 감사드린다.

## 참고문헌

- 朴外哲, 1993, 휴대용 유출기름회수기의 개발(I) - 기름회수기의 특성과 공기흡입회수기의 개념설계-, 부산공업대학교 논문집, 35, 357~369.
- Asper, J.J. and P. Bolli, 1973, New Device for Removing Oil Slicks from the Surface of Water, Proc. Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, 315~332.
- Bruch, B. and K.R. Maxwell, 1971, Lockheed Oil Spill Recovery Device, Proc. Joint Conf. Prevention and Control of Oil Spills, June 15~17, Washington D.C., 329~338.
- Clark, R.B., 1989, Marine Pollution, Oxford University Press, Oxford, 33~64.
- Der, J.J. and D.J. Graham, 1973, Quantative Evaluation of Mechanical Oil Spill Cleanup Devices, Proc. Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, 627~633.
- Ellis, K.V., G. White and A.E. Warn, 1989, Surface Water Pollution and its Control, Macmillan Press, 182~207.
- Nebeker, E.B., S.E. Rodrigues and P.G. Mikolaj, 1971, Free Vortex Recovery of Floating Oil, Proc. Joint Conf. Prevention and Control of Oil Spills, June 15~17, Washington D.C., 319~327.
- Oxenham, J.P., 1971, A Study of the Performance Characteristics of the Oleophilic Belt Oil Scrubber, Proc. Joint Conf. Prevention and Control of Oil Spills, June 15~17, Washington D.C., 309~317.
- Shum, J.S. and M. Borst, 1985, OHMSETT Tests of a Rope-Mop Skimmer in Ice-Infested Waters, Proc. Oil Spill Conf., Feb. 25~28, Los Angeles, CA.
- Smith, J.B.H., C. McLellan and L.R. Pintler,

- 1987, Development of an Oil Skimming System to Meet Navy Specifications, Proc. Oil Spill Conf., April 6~9, Baltimore, Maryland, 91~94.
- Stekoll, M.S., L. Deysler and T.A. Dean, 1993, Seaweeds and the Exxon Valdez Oil Spill, Proc. Int'l Oil Spill Conf., March 29~April 1, Tampa, Florida, 135~140.
- Uyeda, S.T., R.L. Chuan, A.C. Connolly, and P.O. Johnson, 1971, Concept Development of a Powered Rotating Disk Oil Recovery System, Proc. Joint Conf. Prevention and Control of Oil Spills, June 15~17, Washington D.C., 329~338.