

## 침몰선박 잔존유 무인회수장비의 기본설계에 관한 연구

최혁진<sup>(1)</sup>, 이경중<sup>(2)</sup>, 변성훈<sup>(2)</sup>, 강창구<sup>(2)</sup>, 이승훈<sup>(2)</sup>

### A Study on the Basic Design of a Remotely Operated Recovery System for Removing Toxic Liquid Contained in a Sunken Ship

by

H. J. Choi<sup>(1)</sup>, G. J. Lee<sup>(2)</sup>, S. H. Byun<sup>(2)</sup>, C. G. Kang<sup>(2)</sup> and S. H. Lee<sup>(2)</sup>

#### 요 약

본 연구에서는 다양한 침몰선박 잔존유회수 방법 중에서 안전성과 경제성을 바탕으로 우리나라 해역특성에 적합한 무인 원격회수방법을 선정하였다. 이와 함께 우리나라 전 연안에서 회수작업을 실행할 수 있는 작업 수심 200m급 잔존유 무인회수시스템(Remotely Operated Recovery System)의 요구사양을 선정하고 회수장비에 대한 기본설계를 수행하였다.

#### Abstract

This paper surveys a number of remotely operated recovery techniques and their recent applications in the removal of the toxic liquid from sunken ships, and suggests the appropriate recovery technique for our ocean environment, especially, in view of its cost and efficiency. Authors also give the technical requirements for the suggested remotely operated recovery system and the basic design result which is well-matched with such requirements.

Keywords: Sunken Tanker, Oil Spill, Remotely Operated Recovery System.

#### 1. 서 론

1983년 이후 2002년 말까지 우리나라 연안에 침몰되어 있는 선박은 약 1,470여척에 이르고 있으며, 매년 약 70여척의 선박이 침몰되고 있다. 침몰선박은 사고 당시뿐만 아니라 장시간이 경과된 후에도 선체 내 잔존 유해물질이 유출되어 해양 오염사고를 발생시킬 수 있으며, 주요 항로나 항만 내에서 해양사고 유발요인으로 작용할

수도 있다. 이와 같은 침몰선박으로부터 해양안전 확보와 깨끗한 해양환경을 보존하기 위해서는 침몰선박에 대한 체계적인 관리와 처리기술 및 관련 장비의 개발이 매우 중요하다. 이는 최근에 프랑스(Erika호)와 스페인(Prestige호) 연안에서 발생한 유조선 침몰사고로부터 그 중요성이 입증되고 있다. 이와 관련하여 우리나라에서는 한국해양연구원에서 1999년부터 해양수산부의 연구개발사업으로 “침몰선박 관리시스템 구

(1) 정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 해양안전방제연구본부, hjchoi@kriso.re.kr

(2) 정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 해양안전방제연구본부

축연구” 사업을 수행해오고 있으며, 본 사업에서는 침몰선박에 남아있는 유해물질의 회수를 위해 잔존유 무인 회수기술과 시스템을 개발하고 있다. 본 논문에서는 지금까지 수행된 연구결과를 바탕으로 우리 해역특성에 적합한 잔존유 원격회수기법을 제시하고 원격회수장비의 기본 설계 결과를 제시한다.

## 2. 침몰선박 잔존유 무인회수 사례

우리나라의 해양 환경에 적합한 잔존유 원격회수장비의 개발을 위해 본 연구에서는 기존의 국내외 잔존유 회수 사례를 분석하고 이를 통해 여러 가지 회수기법들의 특성을 파악하고자 하였다. 최근 국내외에서 실시된 침몰선박으로부터 잔존유회수 주요 사례를 살펴보면 다음과 같다.

### 2.1 제1유일호/제3오성호 잔존유 회수

제1유일호와 제3오성호는 1998년 부산과 통영에 각각 침몰한 유조선으로서 심해 중작업용 원격 무인잠수정(이하 ROV)과 원격 회수장비(ROLS-FRAMO)를 이용해 잔존유 회수 작업을 수행하였다. ROV와 ROLS를 이용한 잔존유회수는 작업자의 안전과 비용의 절감, 작업기간의 단축 등의 장점을 갖고 있는 회수기법이다. 본 작업에 사용된 ROLS는 노르웨이 펌프제작 전문회사인 FRAMO사 보유 장비로 1996년 여객선 에스토니아호로부터 잔존유 회수에 사용된 바 있으며 선체에 Baseplate를 부착하고 선체외관을 천공한 후 원심 펌프를 이용해 잔존유를 회수하는 시스템이다.

잔존유회수 작업 결과 1998년 6월 25일부터 8월 29일까지 총 66일간 부산 북형제도 해역에서 실시된 제1유일호에서는 약 664kl의 기름을 회수하였으며, 1998년 9월 1일부터 11월 8일까지 총 69일간 통령 매물도해역에서 실시된 제3오성호로부터는 총 20톤 정도의 기름이 회수되었다 [1][2].

### 2.2 Erika호 잔존유 회수

Erika호는 1999년 12월 중질유를 운송하던 중 선체 손상으로 인해 프랑스 연안에 침몰한 유조

선으로서 외관 손상을 입은 저장탱크에는 사고 후에도 상당한 량의 유류가 잔존해 있는 것으로 조사되었다. 사고당시 선체가 절단되면서 유출된 기름과 선수부의 표류 중 유출된 기름을 포함하여 해상에서 회수한 양은 겨우 1,100톤에 불과하였으며, 초기 현장조사에서 선체의 두 부분에서 상당한 양의 화물유(10,000~15,000톤)가 적재되어 있음이 밝혀졌다.

여기서 사용된 잔존유 회수과정을 간략히 살펴보면, 침몰선박으로부터 잔존유를 회수하기 위하여 “Free-flow” 삼입호스를 거쳐 1리터의 해수로 1리터의 잔존유를 자동적으로 대체되도록 하였다. 또한 탱크로부터 잔존유를 이송하는 파이프내의 압력손실을 줄이기 위해 이중 스크류 펌프(double screw pump)를 이용하였으며, 잔존유의 점성도를 감소시키기 위해 희석제를 잔존유와 혼합시켰다[5].

이 작업으로 총 약 11,254톤의 잔존유를 회수하였으며, 이는 지금까지 수행되었던 침몰선박으로부터 잔존유 회수작업 중 가장 많은 양의 잔존유를 회수한 사례이다.

### 2.3 Ievoli Sun호 스틸렌 회수

Ievoli Sun 호는 선령 11년의 케미칼 운반선으로 스틸렌을 선적하고 운항하던 중 2000년 10월 폭풍에 의해 Channel Islands에 침몰하였다[6].

스틸렌을 회수하는데 적용된 기술과 장비는 2.1절에서 설명한 제1유일호/제3오성호 잔존유회수의 경우와 동일하며, 회수작업팀은 7주에 걸쳐 스틸렌 3,000톤 이상을 회수하였다. 회수 작업을 위해서 스틸렌이 선적된 각 화물탱크에 2개 지점의 천공작업이 이루어졌으며, 상부 지점으로부터 회수할 동안 하부 base plate에 해수를 주입하였다. 이와 더불어 회수작업팀은 Ievoli Sun호의 탱크에서 연료유 100톤 정도를 회수하였다 [7][8].

### 2.4 Estonia호 잔존유 회수 작업

Estonia호는 건조당시 발트 해에서는 두 번째로 큰 Ro-Ro선으로서 1994년 9월 27일 승객 803명과 100톤의 화물을 적재하고 Stockholm항을 출항하여 운항하던 중 악천후에 의한 해수의 침입으로 수심 62M 아래의 바다 속으로 침몰하였다.

여기서 사용된 잔존유회수 방법은 작업용 ROV로서 ROLS를 침몰선박의 천공위치에 안내하여 6인치의 천공작업을 드릴로서 수행하고 이어 가열(Steam방식)과 회수작업(진공방식)을 병행 실시하여 잔존유를 회수한 후 천공된 구멍은 밸브를 이용하여 다시 막는 방식으로 이루어 졌다. 본 회수작업으로 총 230~250M<sup>3</sup>(전체의 55~60%)의 잔존유를 회수하였으며, 작업 중 해상에 유출된 기름 약 8M<sup>3</sup>을 방제선으로 회수하였다.

### 3. 잔존유 무인회수 기술

침몰선박으로부터 잔존유(유해액체물질 포함)를 회수하는 방법에는 얕은 수심 또는 포화 잠수로 수중 작업이 가능한 수심에서 사람이 직접 회수할 수 있는 방법도 있으나 수중에서 장시간 잔존유를 회수하는 작업은 기상과 해상 조건의 영향을 많이 받고 안전성과 비용 측면에서 단점이 있을 수 있다. 이에 따라 최근의 침몰선박으로부터 잔존유의 회수작업은 안전성이 높고, 기간도 짧게 소요되며, 비용도 상대적으로 저렴한 원격 조종에 의한 무인회수 작업방법이 선택되고 있다.

일반적으로 침몰선박으로부터의 잔존유 혹은 유해액체물질 회수를 위해서 고려하여야 할 조건은 다음과 같다.

- 침몰선체 상태(파열, 부식, 침몰형태 등)
- 시급성 또는 단기간 내에 착수
- 화물유 상태(유출 또는 고형화 등)
- 환경조건(조류, 수심, 해저면, 조석 등)
- 수중 시정(visibility) 및 작업 가능시간
- 요구작업형태(임시봉합 등 다양한 작업)
- 현장작업자의 위험도

#### 3.1 침몰선박 잔존유 무인회수 과정 분석

침몰선박으로부터 잔존유를 무인회수시스템으로 회수하기 위해서는 우선 침몰선박의 정확한 침몰위치와 침몰선박의 놓여진 형태를 파악하여야 하며, 그 후 선체 손상상태 및 장애물 분포에 대한 정밀조사를 수행하여야 한다. 본 절에서는 잔존유 무인회수기술에 대하여 회수 작업 단계별로 구분하여 분석하였다.

#### 3.1.1 선체수색 및 정밀조사

침몰선박으로부터 잔존유를 회수하기 위해서는 침몰선박의 사고정보와 침몰해역의 해역특성을 먼저 정밀분석 후에 선체수색 및 선체 정밀조사에 착수하여야 한다. 선체수색 및 선체 정밀 조사는 크게 다음과 같은 과정으로 나눌 수 있다.

- (1) 사고정보 및 해역특성 분석
  - 기상 및 해상 정보, 조류, 수중 시정, 해면의 너울, 수심, 해저면 저질
- (2) 선체 위치 수색 및 탐사
  - 음파탐사기(SONAR)를 사용한 침몰선박의 선체 위치 수색 및 선체 침몰형태 분석
- (3) 침몰선박 정밀조사
  - ROV를 이용한 선체 정밀조사(Fig. 1)

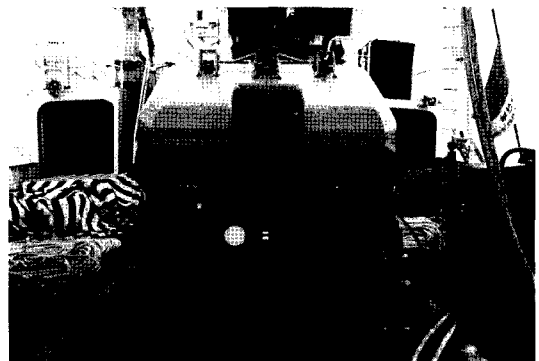


Fig. 1 An example of ROV which are used for precise underwater survey(HYSUB25, KRISO/KORDI).

#### 3.1.2 선체 내 잔존유량 조사

잔존유를 회수하기에 앞서 침몰선박으로부터 잔존유의 유출상황과 잔존유량을 조사해 잔존유 회수 계획 수립에 활용해야 한다. 잔존유량의 조사는 현재까지 천공장치를 이용한 유량 계측 방법이 거의 유일한 방법으로 알려져 있다. 그러나 실제로 천공을 통해 잔존유량을 측정한다 하더라도 회수작업 이전의 잔존유 측정 결과와 실제 회수 후 이송되는 유량은 그 결과가 다르게 나타나는 경우가 많으므로 다음의 항목에 대한 검사를 통해 잔존 유량을 추정하는 방법도 사용되고 있다.

- 침몰되기 전 선적된 초기 유류량
- 침몰 당시 유출된 유류량
- 해안이나 해역에서 회수된 유류량
- 침몰 당시와 막음 작업이 완료된 시기 사이에 유출된 유류량
- 침몰된 이후 장시간 유출된 양
- 침몰 선체 조사와 상기의 확인 결과로부터 탱크내의 예상 잔존유량을 결정
- 가능할 경우 해수와 기름의 경계면을 찾기 위해 선체탱크 외관을 천공한 후 탐침을 직접 삽입하여 실제 탱크내의 잔존유량의 높이 측정(현재 개발되어 활용되고 있음)

를 고려하여 각 화물유 탱크 또는 연료유 탱크에서 기름이 가장 많이/쉽게 모일 수 있는 위치를 선정한 후 선체구조도에 나타나 있는 각 프레임(frame)의 위치를 파악하여 몇 cm의 오차 범위 내에서 천공위치를 결정하여야 한다. 이때 회수장치를 원하는 위치로 이동하거나 설치하는데에는 음파를 이용하는 수중 위치추적 기법이 많이 활용되고 있다. 천공위치가 결정된 후에는 ROV에 설치된 장애물 제거 장치, 즉 와이어나 로프 절단장치와 선체외판 면을 청소할 수 있는 브러쉬 등을 이용하여 장애물을 깨끗하게 제거하여야 한다.

### 3.1.3 천공위치 선정 및 장애물 제거

침몰선박 잔존유 무인회수 기술에서 가장 중요한 분야의 하나인 천공작업은 먼저 침몰선체의 설계도면(탱크배치도 및 선체구조도)과 화물 적재상태에 대한 자료를 바탕으로 구멍을 뚫을 위치를 선정하여야 한다. 천공위치의 선정은 침몰선체가 해저면과 이루고 있는 횡경사와 종경사

### 3.1.4 천공 및 회수

천공 위치가 결정되고 장애물이 제거된 후에는 천공작업을 통해 본격적인 회수작업에 착수하게 된다. 우선 해수와 유류간의 비중 차이를 이용하여 수직방향으로 아래 부분에 해수가 유입할 수 있는 해수유입구를 천공하여야 하며, 그 후 침몰선체 경사도를 고려하여 잔존유 회수용 구멍을

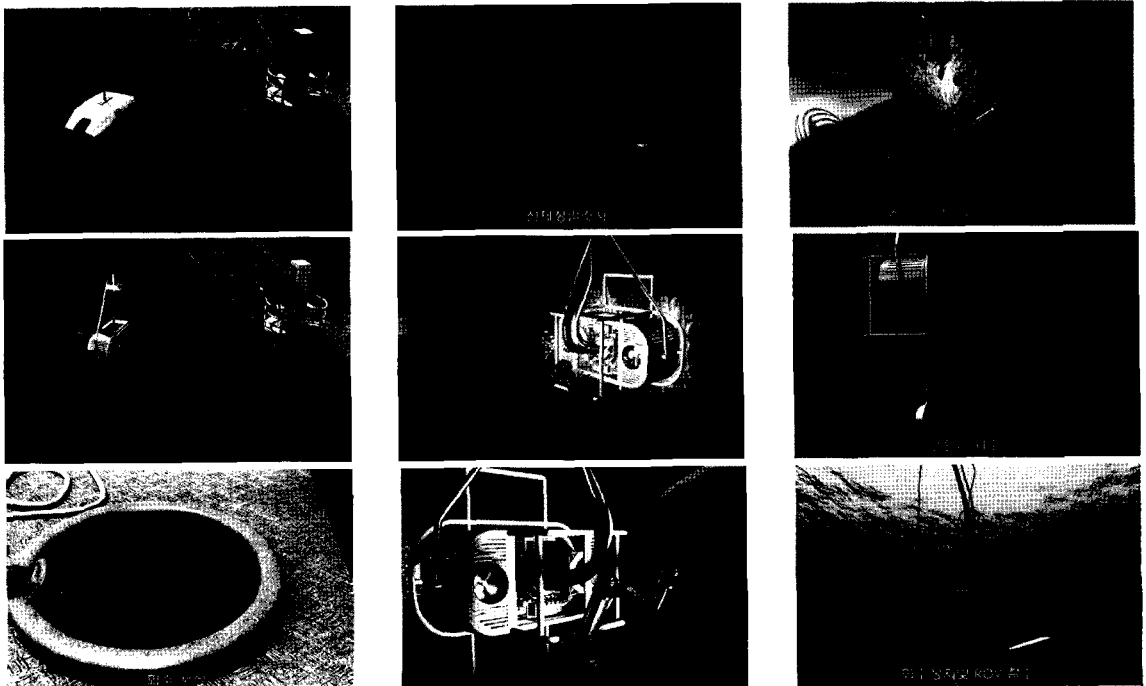


Fig. 2 Remote toxic liquid removal procedure using ROV and recovery system.

천공한 후 해당 탱크 내에 잔존하고 있는 유해 액체물질을 회수한다. 이때 회수물질이 기름인 경우 수온에 따라 기름이 반 고체화 또는 점도가 상승하여 회수 펌프로써 회수가 곤란한 경우를 대비하여 탱크내로 고압의 온수를 주입하거나, 탱크 내부 온도 상승 장치(hot-coil 등)를 사용할 수 있으며, 탱크 내 잔존 기름의 점도를 낮출 수 있는 희석제를 탱크 내에 주입하는 방법을 적용할 수 있다.

이와 같은 단계별 무인회수기술을 바탕으로 침몰선박으로부터 유해액체물질 무인회수 작업 절차를 시각화하여 나타내면 Fig. 2와 같다.

#### 4. 침몰선 잔존유 원격회수장비의 기본설계

본 연구에서는 국내외의 다양한 관련 기법과 장비, 회수사례 등을 참조로 우리나라 연근해 해역에서 회수작업을 할 수 있는 수심 200m급 침몰선 잔존유 원격회수시스템의 개념을 정립하였고, 이를 토대로 요구사항의 선정과 회수장비에 대한 개념 및 기본설계를 수행하였다.

회수장비에 대한 기본설계는 프레임과 링키지, 주요 부속장비 등에 대하여 수행되었으며, 전체 회수장비의 배치설계가 이루어 졌다. 장비의 배치설계 결과를 바탕으로 축소 모형(1/5)을 제작하여 각 장비간의 간섭현상과 제작 가능성 등을 확인하였다. 본 연구에서 제시된 요구사항과 기

본설계 결과는 향후 시스템 개발과 제작과정에서 수정 보완할 계획이다.

#### 4.1 무인회수장비 요구사항

##### 4.1.1 요구사항 선정

본 연구에서는 빠른 유속과 수중 시계, 연안역의 최대수심 등 우리나라 연근해의 해역특성을 고려하여 무인회수장비의 최대 작업수심과 펌프용량, 추진시스템 및 카메라시스템의 용량과 개수를 선정하였다. 본 연구에서 선정된 원격회수장비의 개발 요구사항은 Table 1과 같으며, 펌프용량의 산정 근거는 다음과 같다[3].

##### 4.1.2 펌프용량의 산정

###### (1) 펌프용량의 산정

원격회수장비의 가장 큰 기능인 유해액체 회수의 용량은 전체적인 마력과 전기용량을 산정하는데 가장 큰 요인이 된다. 구동마력 중 가장 클 것으로 판단되는 펌프용량을 산정하기 위해서는 다음과 같은 두 가지의 기준이 정해져야 한다.

- 수면상 토출수두 : 수면상 어느 위치까지 액체를 밀어 올릴 수 있는냐의 기준
- 회수 유량 : 시간당 또는 분당 얼마의 액체를 회수할 것이냐의 기준

또한 호스의 직경과 길이, 구동장비의 효율 등이 전체 용량 산정에 자료로 이용된다. 여기서 호스의 직경은 0.2m, 호스의 최대 길이는 300m

Table 1 Required performance specification for remotely operated recovery system.

항 목	요구사항
최대수심	200M 급
통제방법	선상에서의 원격 통제
구동방법	유압식(펌프, 쓰러스터 등 구동장비)
해상상태	해상상태 3 이하
회수유량	240M <sup>3</sup> /hr (4M <sup>3</sup> /min) 이상
토출수두	20M
Main Horse 직경	0.2M 기준
무게	1000KG
부력	무게와의 차이 ±10% 이내
전원	220V 3상 15KW

로 정한다.

(2) 펌프용량의 산정기준

- 수면상 토출수두 - 20m 이상  
 앞서 살펴본 바와 같이 무인회수를 위한 작업선 갑판까지의 높이는 5m 이내로 판단된다. 따라서 여기에 5m정도의 여유를 두어 10m 정도가 통상적인 작업기준이 된다. 그러나 상황에 따라 작업선을 대형 tanker를 이용하는 경우 20m 정도의 토출 수두가 있어야 작업이 가능하므로 최대 토출수두는 20m 이상으로 설정하였다. 이 정도의 토출수두를 가지면 모든 형태의 작업선에서 작업이 가능할 것으로 판단된다.
- 회수유량 : 240M<sup>3</sup>/hr이상(작업수심 200m기준)  
 유류 유출에 따른 해양오염사고에 대응하기 위해 해양오염방지법에 10,000 ~ 50,000톤급 규모의 원유운반선에 시간당 107M<sup>3</sup>이상의 펌프를 구비해야 되는 규정이 있다. 따라서 이것의 약 두 배인 240M<sup>3</sup>/hr로 기준을 정한다. 이 기준으로 작업을 하는 경우 1일 회수 시간 5시간(순수한 회수 시간)에 약 1,200M<sup>3</sup>의 유해액체를 회수할 수 있는 양이고 10,000톤의 유해액체를 회수하는데 걸리는 시간은 약 8일 이내이다. 또한 이 기준은 수심 200m에서 작업을 하였을 경우이고 실제로 이보다 낮은 수심에서 작업을 할 것이므로 이보다 적은 기간 내에 작업을 할 수 있을 것이다.

펌프용량을 산정하기 위해서는 호스와 valve 등에 의한 손실을 알아야 한다. 손실은 마찰에 의한 것과 관 및 밸브에 의한 것이 있다. 이 손실을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$h_L = \frac{\Delta p}{\rho g} = \left( f \frac{L}{D} + K \right) \frac{V^2}{2g}$$

$$= K' \frac{V^2}{2g}$$

여기서  $f$ 는 원통형 Pipe의 마찰계수이고,  $L$ 은 호스의 길이,  $D$ 는 호스의 직경이며,  $K$ 는 관로 및 밸브에 의한 손실계수이다. 원유를 작동유로 하였을 경우 대부분의 유속에서 turbulence 영역에 포함되므로 이에 대한 마찰계수를 자료 등에서 찾으면  $f \approx 0.05$  이내의 값을 가진다. 따라서 여기에서는 0.05의 값으로 가정한다. 호스의 직경은 0.2m로 하고 관로 및 밸브에 의한 손실계수는 마찰에 의한 손실의 약 1/3로 한다. 이렇게 하면 손실은 다음과 같이 표현된다.

$$h_L = K' \frac{V^2}{2g} = 100 \frac{V^2}{2g}$$

펌프용량은 압력과 유량의 곱으로 표시되므로 다음과 같이 표현된다.

$$P_p = \Delta p \times Q$$

$$= \rho g (h_L + h_w) \times Q$$

Table 2 Required power of pump(unit : kW, working depth : 200M, hose diameter : 0.2M).

					수면상 토출수두(m)					
유량	m <sup>3</sup> /hr	m <sup>3</sup> /min	m/sec	수두손실(m)	4	6	8	10	15	20
	유량	60	1.0	0.53	1.44	0.9	1.2	1.5	1.9	2.7
90		1.5	0.80	3.23	1.8	2.3	2.8	3.2	4.5	5.7
120		2.0	1.06	5.74	3.2	3.8	4.5	5.1	6.8	8.4
150		2.5	1.33	8.97	5.3	6.1	6.9	7.7	9.8	11.8
180		3.0	1.59	12.92	8.3	9.3	10.3	11.2	13.7	16.1
210		3.5	1.86	17.59	12.3	13.5	14.6	15.8	18.6	21.5
240		4.0	2.12	22.97	17.6	18.9	20.2	21.5	24.8	28.1
270		4.5	2.39	29.08	24.3	25.8	27.3	28.7	32.4	36.1
300	5.0	2.65	35.83	32.5	34.2	35.8	37.4	41.5	45.6	

여기서  $h_L$ 은 수두 손실이고,  $h_w$ 는 수면상 토출수두이며,  $Q$ 는 유량이다. 유량과 토출수두를 변화시키며 필요한 펌프의 마력을 산정하면 다음과 같다.

Table 2에서 보면 최대 수심에서 작업할 때, 수면상 토출수두 20m, 유량 240M<sup>3</sup>/hr 이상에 소요되는 마력은 28kW 이상이라는 것을 알 수 있다. 따라서 기준을 30kW로 설정한다. 30kW의 실질적인 power를 내는 펌프를 사용하면, 작업 상황에 따라 갑판의 높이가 6M일 때, 작업수심 200m일 때는 약 280M<sup>3</sup>/hr, 작업수심 100m일 때는 약 330M<sup>3</sup>/hr의 유량을 회수할 수가 있다. 펌프의 효율을 60%로 가정하면 50kW의 펌프를 사용하여야 한다.

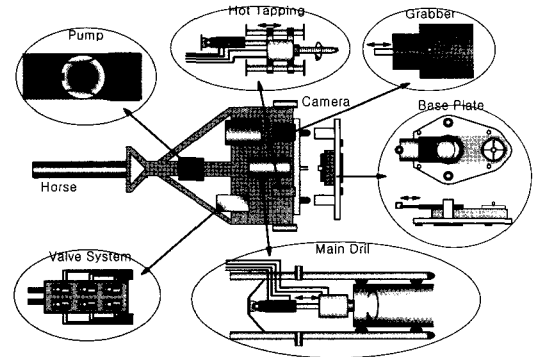


Fig. 3 Main elements of remotely operated recovery system.

### 4.1.3 전기용량

원격회수장비 본체에 큰 구동마력을 필요로 하는 장비는 유압구동을 이용하기 때문에 필요전기 용량은 전기장치에 필요한 전기용량만을 산정하면 된다. 사용되는 전기장치는 CCTV, 조명용 전등, 부력조절장치 등 소출력 전기장비 등이므로 약 5kW 정도 소요될 것으로 판단된다. 따라서 전기배선은 15kW정도를 감당할 수 있는 것으로 하여 220VAC, 50A를 기준으로 하여 배선을 설치하는 것으로 한다.

### 4.2 원격회수장비의 기본설계 결과

본 연구에서는 4.1절에서 제시된 요구사항에 적합한 원격회수장비의 기본 설계를 수행하였다. 원격회수장비는 회수 보조치구(adaptor)의 부착

을 위한 pusher, bolting 시스템, 회수 보조치구와 본체를 고정시키기 위한 grabbing 시스템, 일정한 힘으로 선체에 원형 구멍을 절삭해 주는 원형천공 시스템, 유해액체를 수상으로 회수하기 위한 회수 펌프 시스템, 수중 작업상황을 관측하는 카메라시스템, 이동을 위한 추진시스템 등으로 구성되며, 회수작업 지원시스템은 각종 호스와 전력공급 케이블을 운용하는 윈치시스템, 굳어져 있는 액체를 녹이거나 탱크세척을 위한 세척시스템, 작업을 수상에서 원격으로 제어하는 원격운용시스템, 보일러 등 선상지원시스템 등으로 구성된다(Fig. 3 참조)[3][4].

본 연구에서 설계된 원격회수장비의 주요제원은 Table 3과 같으며, 원격회수장비의 프레임과 링키지, 각 부속장비 등의 일반배치도는 Fig. 4와 같다.

Table 3 Principal dimensions of remotely operated recovery system.

장비명	길이(mm)	너비(mm)	높이(mm)
무인회수장비(외부프레임 미포함)	1,700	800	600
무인회수장비(외부프레임 포함)	1,900	1,000	1,050
무인회수장비(외부프레임, 리프팅기어, 유압연결장치, 호스보호망 포함)	2,670	1,400(또는 1,800)	2,670
보조치구(열린 상태)	1,250	600	140
보조치구(닫힌 상태)	1,000	600	140

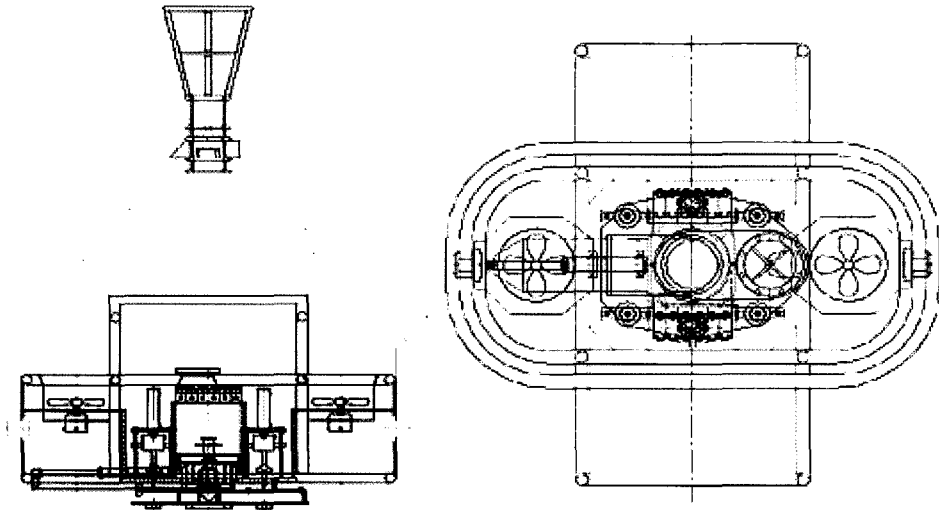


Fig. 4 General arrangement of remotely operated recovery system.

## 5. 결 론

2002년 11월 스페인 연안에서 발생한 유조선 프레스티지호의 침몰사고는 스페인 갈라시아 해안을 기름으로 오염시켰으며, 현재까지 천문학적인 사후 처리비용이 투입되었다. 침몰된 프레스티지호로부터 2006년까지 잔존유가 지속적으로 유출될 것으로 예상하고 있으며, 사후 처리비용으로 최소 10억 달러에서 15억 달러가 소요될 것으로 예상되고 있다. 그 밖에도 앞서 제시된 많은 침몰선박에 의한 해양 오염 사례에서 알 수 있는 바와 같이 침몰선박은 사고 당시뿐 아니라 장시간이 경과된 후에도 부식과 같은 원인으로 선체 내 잔존 유해물질이 유출되어 추가 해양 오염사고를 발생시킬 수 있다. 이와 같은 잠재적 해양 오염원으로부터 해양환경을 깨끗하게 보존하기 위해서는 해당 침몰선박을 인양하거나, 선체 내에 있는 기름과 같은 유해액체물질을 회수하여야 한다.

본 연구에서는 우리나라 연근해에 침몰되어 있는 선박으로부터 잔존유(유해액체물질)를 회수하기 위한 방안으로 안전성과 경제성이 높은 무인 원격조종에 의한 회수방법을 선정하였다. 또한 국내외의 다양한 관련 기술과 장비, 회수사례 등을 참조하여 우리나라 해역특성에 적합한 작

업수심 200m급 침몰선박 잔존유(유해액체물질) 무인회수시스템의 요구사항과 원격 회수장비의 기능 및 부속장비의 구성방안을 제시하였으며, 회수장비의 기본설계를 완료하였다. 계획에 의거 시스템 구축이 완료될 경우 기존의 침몰선박 뿐만 아니라 대형 유조선의 침몰사고 발생시 신속하게 선체 내에 남아있는 기름 등과 같은 유해액체물질을 회수함으로써 침몰선박으로 인한 해양오염 피해의 최소화와 대형 선박의 침몰사고에 대비한 국가 해양사고 신속대응 시스템으로 활용할 수 있을 것이다.

## 후 기

본 논문은 해양수산부 연구사업으로 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 수행중인 “침몰선박관리시스템 구축 연구” 2001년, 2002년 연구 결과의 일부와 한국해양연구원의 기관고유 사업인 “해난사고 예방 및 구난체계 구축 사업” 결과의 일부를 포함한다. 본 연구의 수행에 많은 도움을 주신 해양수산부 관계자 여러분과 어려운 여건에도 불구하고 모형제작에 애써 주신 한국과학모형사(KOSMO)에 이 자리를 빌어 감사의 말씀을 드립니다.



## 참고문헌

- [1] 심유택, 2000, “침몰 유조선 잔유 제거작업 이렇게 하였다”, 해양안전소식, 중앙해양안전심판원, 가을호.
- [2] 최혁진 외, 1998. 11, “침몰선 위치수색 및 위치안전 평가보고서”, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 연구보고서 BSG223-2105·D.
- [3] 최혁진 외, 2002. 12, “침몰선박 관리시스템 구축 연구(IV)”, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 연구보고서 BSG223-2105·D.
- [4] 최혁진 외, 2003. 5, “침몰선박 유해액체물질 무인회수기술 개발에 관한 연구”, 한국해양환경공학회 춘계학술대회 논문집.
- [5] Gerard Bocquillon and Pierre Guyonnet, 2002. 3, “Erika Oil Pumping : Successful Application of Oil Project Methodology”, Proceedings of the 3rd R&D Forum on High-density Oil Spill Response, IMO.
- [6] <http://www.abeills-international.com>
- [7] Jan ter Haar, 2002. 3, “The Removal of Oil and Chemicals from Sunken Ship at Greater Depth-The Economical Solution”, Proceedings of the 3rd R&D Forum on High-density Oil Spill Response, IMO.
- [8] SMIT & Frank Mohn Flatoy AS, 2002, “Resume Remote Operated Offloading of Ievoli Sun”.