

심해 침몰유조선 잔존유 회수작업 종료절차에 대한 합리성 증대방안

강 광구* · 심 유태** · † 강 신영

*한국해양대학교 대학원, **해양환경관리공단, † 한국해양대학교 교수

요 약 : 유조선이 화물유 탱크 내 유류를 적재한 채 국내 연안 해저면에 침몰하는 경우 화물유 탱크 내 적재유가 유출되어 대형 오염 사고로 연결될 가능성이 있으므로 화물유 탱크 내 적재유는 신속하고 안전하게 제거 되어야만 한다. 심해 수중작업 특성상 이러한 잔존유 회수작업 완료 후 화물유 탱크 내 잔존유 제거상태의 직접적 확인은 매우 곤란하므로 회수작업 종료 기준 및 절차는 매우 중요하다. 이에 따라, 국내에서 실제 이루어진 제1유일호 및 제3오성호, 경신호 잔존유 작업사례에 적용된 회수방법에 따른 종료절차를 비교분석하여, 향후 국내 연안에 침몰되는 유조선 잔존유 회수작업에 적용 가능한 합리적 표준 작업종료 절차를 제시하였다.

핵심용어 : 침몰선, 침몰유조선, 잔존유 회수, 종료절차

1-1. 연구배경

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

국내 연안 유조선 침몰시 잔존유의 안전한 회수 필요

유조선 국내 입출항

- 2012년 기준 국내 입출항 선박 : 약 197,000척
- 유조선비율 : 21.9%(원유운반선 : 3,000척, 석유정제품 운반선 40,000척)

나이로비 협약

- '난파물 제거에 관한 나이로비 협약' 제정 (관련 연안국 요청시 배타적 경제수역에서 발생한 난파물 제거 의무화)
- *** 향후 IMO 10개국 이상 가입시 협약 발효

유조선 이중선체의 의무화

- 'MALPOL 92 협약' 발효 (1993년 7월 이후 계약되는 모든 5000톤급 이상 유조선의 이중선체 의무화)
- *** 발효계기: 1989년 엑스 발데즈호 좌초사고

2-1. 잔존유 회수작업 일반현황

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

국내침몰유조선 잔존유 회수작업 일반적 수행절차

1-1. 연구배경

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

700톤 이상의 유조선 기름유출 사고 지속 발생

Figure 3: Number of large spills (>700 tonnes) from 1970 to 2012

2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

제1유일호 사고개요

- 1995년 9월 20일 2340톤경 Bunker-C유 2,970kl, Bunker-B유 20kl를 적재하고 울산항을 출항, 광양항으로 향하던중 항해 부주의로 북형제도 정남방 1.0마일 지점에서 침몰

제3오성호 사고개요

- 1997년 4월 3일 10:00경 Bunker-C유 1,615kl를 적재하고 울산항을 출항, 군산항으로 향하던 중 항해 부주의로 거제도 남단에 침몰

경신호 사고개요

- 1988년 2월 24일 새벽 Bunker-C유 2,560톤을 적재하고 울산 운산항을 출항, 동해시 묵호항을 향하던 중 선체이상 및 기상 악화의 이유로 포항시 대보동대 동북동 3.5마일 지점에서 침몰

* 일반회원 koemkang@gmail.com
 ** 일반회원 ytshim@koem.or.kr
 † 교신저자 : 종신회원, sykang@kmou.ac.kr

2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ 원격조종 로봇(ROV)와 무인 잔존유 회수장비(ROLS)를 활용한 회수방법

제1유일호 제3오성호 (1998)

- 1998년 제1유일호 및 제3오성호 잔존유 회수작업에 적용된 작업 방법으로서 현재도 전 세계적으로 활용되고 있는 방법임
- 해상기지선에서 투입한 ROV를 통하여 무인회수장비를 선체 측면에 장착시켜 잔존유를 회수하는 방법





2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ HOTTAP원리





경신호 (2011)

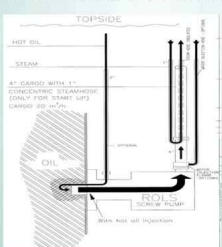
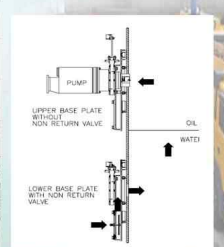
2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ ROV + ROLS 잔존유 회수기술을 활용한 작업

제1유일호 제3오성호 (1998)

- 무인로봇(ROV)를 활용하여 무인 잔존유 회수장비(ROLS)를 작동시켜 선체 측면 천공 후 회수작업 진행

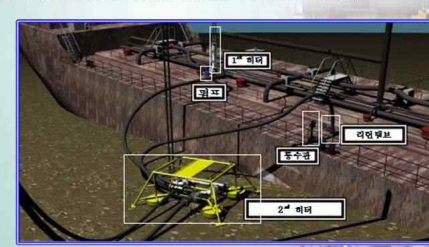
2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ 포화잠수 + HOTTAP+잔존유 재가열 공법을 활용한 잔존유 회수

- 포화잠수를 활용하여 탱크 내 1단계 히터를 통해 가열된 잔존유를 재가열하여 고점도 잔존유의 유동성을 확보 후 회수작업 실시

경신호 (2011)



2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ 포화잠수사가 HOTTAP공법을 이용해 회수펌프를 연결하는 방법

경신호 (2011)

- 2010년 경신호 조사작업 및 2011년 경신호 잔존유 회수작업에 실제 사용되었던 방법
- 해상기지선에서 투입된 포화잠수사가 선체에 HOTTAP이라는 공법을 이용해 천공 후 유이송 호스 및 펌프를 연결하여 회수작업 실시



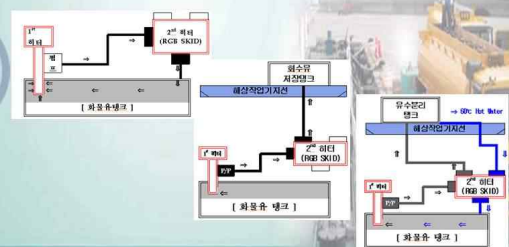

2-2. 국내 잔존유 회수작업 사례 비교

1. 서론
2. 국내 잔존유 회수 작업사례
3. 회수작업 종료절차 비교
4. 결론

◆ 포화잠수 + HOTTAP+잔존유 재가열 공법을 활용한 잔존유 회수

- 포화잠수를 활용하여 탱크 내 1단계 히터를 통해 가열된 잔존유를 재가열하여 고점도 잔존유의 유동성을 확보 후 회수작업 실시

경신호 (2011)



3-1. 제1유일호 및 제3오성호 작업 종료절차

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

독립검정사를 활용한 회수작업 종료

가. 침몰유조선으로부터 잔존유를 펌핑 하는 동안 잔존유가 원활하게 회수될 수 있도록 적정온도를 유지하면서 펌핑 한다.

나. 공기를 탱크 내부구조 아래에 주입하는 Air Cushion System을 이용하여 가능한 한 기름의 상한 경계를 기름 흡입구가 있는 곳까지 낮춘다.

다. 해상 작업기지에서 50°C까지 가열된 고온수를 12시간동안 순환시키고 다시 펌핑 작업을 실시하여 기름이 나오는지 여부를 확인 한다.

라. 각 탱크는 12시간 동안 안정화(Settling) 시간 후 잔존유의 배출여부를 다시 확인한다.

마. 제3의 독립검정사가 합리적으로 기름이 유출되지 않을 것으로 판단할 때까지 나, 다, 라 작업을 계속해서 반복한다.

3-3. 회수작업 종료절차 모델 비교분석

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

제1유일호 및 제3오성호 작업

경신호 작업

3-2. 경신호 작업사례 종료절차

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

포화잠수사를 활용한 물리적 확인을 통한 회수작업 종료

가. 탱크별 1~2단계 히터 및 통수관의 설치가 완료되면 60°C이상의 온도에 도달 때까지 탱크 내 잔존유를 재순환 가열(Recirculation) 한다.

나. 탱크 내 재순환 가열되고 있는 기름이 60°C 이상 도달하면 잔존유를 해상기지에서 펌핑을 해수가 나올 때까지 1시간당 5~15m³씩 1차 펌핑작업을 실시한다.

다. 해수가 나오면 다시 60°C이상의 온도에 도달할 때까지 탱크 내 잔존유를 재순환 가열(Recirculation) 한다.

라. 탱크 내 재순환 가열되고 있는 기름이 60°C 이상 도달하면 잔존유를 해상기지에서 펌핑을 해수가 나올 때까지 1시간당 5~15m³씩 2차 펌핑작업을 실시한다.

마. 2차 펌핑 해수가 나온 순간 작업을 중지하고 탱크 내 소량의 잔존유와 해수를 6시간동안 재순환 가열(Recirculation) 하여 1차 세척작업을 실시한다.

바. 1차 세척작업이 완료되면 2시간 동안 안정(Settling) 시간 후 펌핑작업을 해수가 발견될 때까지 다시 실시한다.

3-3. 회수작업 종료절차 모델 비교분석

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

제1유일호 및 제3오성호 작업

독립검정사 단독의 정성적 판단에 의한 종료

회수작업 완료에 대한 불확실성 존재

ROV 잠수사를 활용한 모든 작업방법에 적용 가능

경신호 작업

발주자와 작업수행자간 상호 합의에 의한 결정

발주자-작업수행자간 의견 불일치 가능

발주자-작업수행자간 상호간 물리적 종료 확인

발주자가 회수작업 완료상태를 직접 확인

잠수사를 활용한 작업방법에만 적용 가능

중요 확인절차를 정성적 판단에서 물리적 확인까지 단계별 구분 단계별 적용여부 의사결정은 현장상황을 고려, 3자간 협의 결정

3-2. 경신호 작업사례 종료절차

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

포화잠수사를 활용한 물리적 확인을 통한 회수작업 종료

사. 해수가 나온 순간 작업을 중지하고 해상기지에서 가열된 고온수를 탱크로 주입하여 2차 세척(Flushing)작업을 6시간 동안 실시한다.

아. 2차 세척작업이 완료되면 2시간 동안 안정(Settling)시간 후 펌핑작업을 해수가 발견될 때까지 다시 실시한다.

자. 해수가 나온 순간 작업을 중지하고 해상기지에서 가열된 고온수를 탱크로 주입하여 3차 세척(Flushing)작업을 6시간 동안 실시한다.

차. 3차 세척작업이 완료되면 2시간 동안 안정(Settling) 시간 후 펌핑작업을 해수가 발견될 때까지 다시 실시한다.

가. 탱크 측면 최 상단부를 전공하여 잔존유 유무를 확인한 후, 확인되지 않을 경우 데크 상단 해치커버를 개방하여 남아있는 소량의 잔존유를 모두 회수한다.

타. 해치커버 내 잔존유가 모두 회수되면 해치커버를 완전히 개방하여 탱크 내 잔존유가 완전히 회수되었음을 확인한다.

4. 결론

1. 서론 2. 국내 잔존유 회수 작업사례 3. 회수작업 종료절차 비교 4. 결론

국내 침몰유조선 잔존유 회수작업 종료절차 재정립

잔존유 회수작업 종료절차 표준화

작업종료에 대한 신속한 의사결정

작업지역에 따른 예산낭비 예방

3차 협의에 따른 단계별 종료확인

잔존유 작업종류별 탄력적 활용 가능

발주자의 만족도 향상