

# 친환경 청정선 기술 개발 동향

김은찬(한국해양연구원 해양시스템안전연구소)

## 1. 서 언

환경보호가 글로벌 이슈로 대두되고, 조선사 및 해운사의 환경경영이 요구되고 있으며, 국제협약이 강화되고 있는 가운데, 세계 1위 조선업과 8위 해운업을 친환경 고부가가치 산업과 친환경 국가경영으로 발전시키는 청정선(Clean Ship) 기술에 대한 수요가 증대되고 있다.

선박에 의한 해양 오염에 대한 세계적 규제는 제 2차 세계대전 이전부터 거론되기 시작하였다. IMO에서는 1973년 선박으로부터의 오염을 방지하기 위한 국제협약과 1978년 이에 대한 의정서를 거쳐 MARPOL 73/78을 완성시켰는데, 현재 6개의 부속서가 있다. 그 가운데 부속서 6장은 “선박으로부터의 대기오염방지를 위한 규칙”으로, 1997년 채택되었으며 2005년 5월 발효되었다.

IMO에서는 MARPOL 외에, “선박의 유해 방오

시스템 사용 규제 국제협약”, “선박의 벨러스트수와 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약”을 완성, 각국의 비준 과정에 있으며, 지구 온난화 가스 배출 감소를 위한 협약 제정 작업에 착수하였다. 한편 선상 NOx 모니터링 감시기록장치 지침서를 채택한 바 있다.

최근 각종 국제 협약 제정은 환경 보호 뿐만 아니라, 선진국의 고부가가치 산업 육성의 차원에서 적극 추진 중에 있다. 따라서 해양 환경 위해물질의 저감을 위한 각종 시스템이 장비와 제품과 함께 각국에서 개발되고 있다. 한 예로서, 유해 방오시스템의 규제와 때를 함께하여, 각국에서는 경쟁적으로 새로운 방오도료를 개발한 바 있다. 현재에는 벨러스트수 처리장치 개발에 경쟁이 붙어 있다.

## 2. 선박의 건조-운항-폐선 시 환경 위해물질

선박을 건조하는 과정과 운항하는 과정 그리고 마지막으로 폐선시키는 과정 전반에 걸쳐서 환경에 미치는 물질들을 검토해 본다.

건조 공정에서 생기는 각종 환경 위해물질들을 수중, 공기중, 육상으로 구분하여 각각의 환경에 미치는 영향과 해결 방안 그리고 그에 필요한 기술들을 도출하였다.

선박이 20년 내지 30년을 운항하면서 정기적으로 관리해 주어야 하는 내용들이 각각 환경에 미치는 영향과 해결 방안 그리고 그에 필요한 기술들을 도출하였다. 그 내용으로는 부식 및 오염을 방지시켜주는 선저 도료와 각 부품에 대한 부식을 방지시켜주는 선체 내부 도료 그리고 주기관 및 각종 보기에 대한 유지 관리에 따른 내용을 정리하였다.

선박의 수명이 다한 후 해체 시에 발생하는 환경

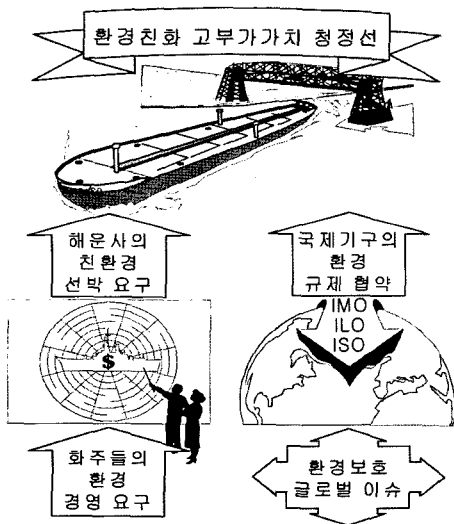


그림 1. 친환경 선박의 필요성

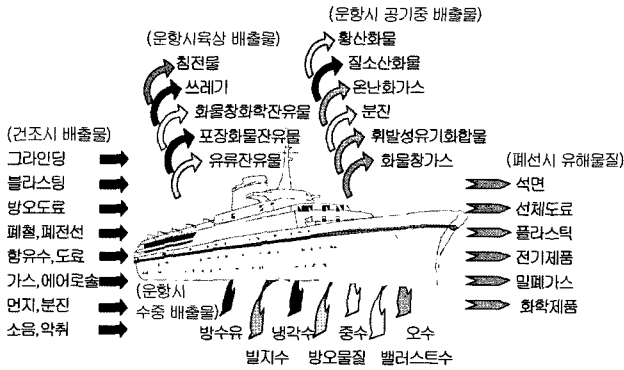


그림 2. 선박 건조중, 운항중, 폐선중 배출물

위해물질 또한 간과할 수 없는 문제이다. 폐선박의 부품은 물론 선박 안에 쌓인 쓰레기까지 여러 가지 내용들을 검토하였다.

환경 위해물질을 건조시, 운항시, 폐선시로 나누어 정리하면 그림 2와 같다.

### 2.1 선박 건조시 환경 위해물질

선박을 건조하는 중에 발생하는 환경 위해물질은 다음과 같이 3가지로 구분할 수 있다.

- ① 수중 방사물질 : 그라인딩 찌꺼기, 블라스팅 찌꺼기, 방오도료 등
- ② 공기중 방사물질 : 소음, 먼지, 분진, 가스, 악취, 에어로솔 등

- ③ 육상 방사물질 : 찌투리 철판, 기름 함유수, 도료, 전선 등

### 2.2 선박 운항시 환경 위해물질

선박이 정상적으로 운항하는 중에 발생하는 환경 위해물질을 저감시키기 위해서는 새로운 장비 기술과 운항 조건의 변화가 필요하다. 장비 기술로는 소음 동력의 저감을 비롯하여 각종 방출물의 저감 기술 그리고 우수 연료 및 환경친화 재료의 사용 등을 들 수 있겠다. 운항조건의 변화로는 선속 감소를 비롯하여 각종 장비의 최적 운전 조건 등을 들 수 있겠다.

주요 위해물질에 대한 저감 방법을 간략히 종합하면 표 1과 같다.

### 2.3 선박 폐선시 환경 위해물질

선박 폐선은 개발도상국에서 이루어지고, 국내에서는 폐선을 하지 않으므로, 직접적 관련은 없으나, 선박 건조자와 운항자의 입장에서 폐선기술을 검토해 본다.

그림 3은 일반적인 폐선 공정과 그 흐름의 실제 예를 보여주고 있다. 폐선 공정에는 선종이나 폐선장에 따라 서로 다를 수 있으나, 일반적으로 계선, 대절단, 양육, 중절단, 소절단으로 나눌 수 있겠다 [12].

표 1. 운항시 환경위해물질과 저감 방법

구분	위해 물질	저감 방법
공기중 방출물	SO <sub>2</sub>	저유황연료, 탈황장치
	NO <sub>x</sub>	SCR 장치, 연료조건 조정, 엔진 개조
	CO <sub>2</sub>	속력 등 운항조건 개선, 엔진 개선
	휘발성 유기화합물	Sequential Loading, Vapor Return, Recovery Plant
	분진	집진기
수중 방출물	유수혼합물	유수분리장치, 정화장치
	독성 물질	친환경 물질 사용
	오수	오수처리장치
	외래생물	밸러스트수 교환 및 처리

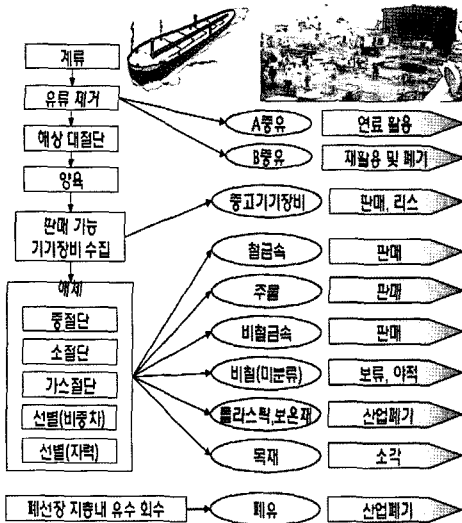


그림 3. 폐선 공정 흐름도

우선 계선한 후 해상에서 대절단을 하여 대형 블록으로 나눈다. 해상크레인의 유무, 수심 및 조류 조건, 안벽 유무, 양육설비의 능력, 수면에서 선체 밑바닥까지의 수직 거리나 변동 등을 고려하면서 작업을 진행한다. 분리한 대형 블록을 육지에 올려, 지상에서 다루기 쉬운 크기로 중절단 한다. 그 다음 소절단 작업에 의해 출하에 적합한 크기로 분류한다.

매매 또는 장기간의 임대차계약이 가능한 부품이나 장비는 철거작업의 도중에 적절한 시점에서 회수된다.

### 3. 선박 재활용 및 그린 패스포트

IMO의 MEPC에서는 폐선박의 안전한 폐기와 재활용을 위한 절차와 방법을 확보하기 위해 지침서를 2003년 제49차 MEPC 회의에서 완성한 바 있다. 그 후, 선박 폐선에 대한 환경 규제를 강화하고, 건조부터 운항 및 폐선에 이르기까지의 전 과정에 대한 이력 관리를 위한 그린패스포트 개념을 도입 중이며, 2009년 경 선박 재활용 관련 강제 협약을 제정할 예정이다.

국내에서 대형선에 대한 폐선은 이루어지지 않고

표 2. 선박 폐선 관련 국제협약 비교

	IMO (2003)	ILO (2004)	BC (2002)
관련자 역할	●	◎	◎
선박 설계 및 건조	●	○	×
선박의 운용 및 관리	●	○	×
재활용(폐선) 준비	●	◎	◎
폐선 시 안전 및 건강	○	●	◎
폐선 시 환경 관리	○	○	●
폐선 설비의 설계, 건설 및 가동	○	○	●

규제 내용 ● 많음 ◎ 보통 ○ 적음 × 없음

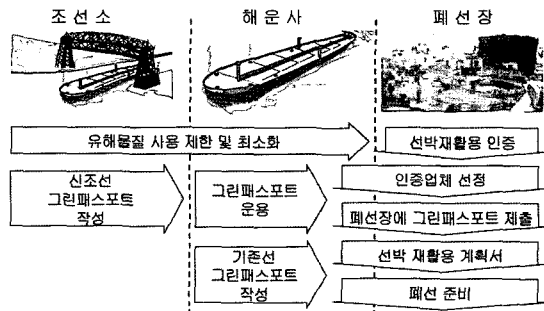


그림 4. IMO 2003 선박재활용 지침서 개요

있으나, 모든 선박은 신조선 건조 시부터 폐선을 고려한 친환경 선박을 설계·건조해야 하므로, 국내 조선업계는 이에 대한 적극적 대처하기 시작하였다.

선박 건조 및 재활용에 있어서, IMO(국제해사기구)[1], ILO(국제노동기구)[2], BC(바젤협약)[3]의 관련 지침을 만족해야하는데, 내용을 비교하면 표 2와 같다. IMO의 2003년 선박 재활용 지침서에 다른 업체별 업무 내용을 보면 그림 4와 같다.

선박 그린패스포트는 선박재활용의 근간을 이루고 있는 개념으로서, 선박 재활용(폐선)장에 가게 되는 모든 배에 대한 선박의 부재, 장비 및 화물로부터의 유해물질의 목록을 관리하는 것이다.

작성 내용은 Part 1. 선박 구조 및 장비의 유해물질, Part 2. 운항중 발생하는 쓰레기, Part 3. 저장품으로 나뉘고, 작성 책임자는 신조선의 경우 조선소이며, 기존선 및 운항중 선박의 경우는 해운사가 된다.



## 4. 청정선 개발 동향

### 4.1 유럽 TRESHIP

유럽에서는 해운분야에 있어서 강화되고 있는 IMO의 환경관련 규제 등에 대응하기 위하여 유럽의 14개국 40여기관(보험회사, 선급, 해운사, 대학, 연구소)이 참여한 TRESHIP (Technologies For Reduced Environmental Impact From Ships) 과제를 1999년부터 2002년까지 수행하였다[4, 5].

다음과 같은 4개 주제에 대해 기술내용, 연구동향 그리고 연구과제 도출을 수행하였다.

- (1) 선박 건조/관리 : 선체설계, 신소재, 건조공정, 선박유지관리, 선박해체
- (2) 대체 주기관 : 가스터빈, 연료전지
- (3) 운항 조건 : 정상운항중 오염, 오염사고 방지, 오염 방제, 종합관리
- (4) 기술 종합 : 각종 법규, 환경친화선 설계, 위해도 해석, 전과정 평가

### 4.2 스웨덴 ECOSHIP

스웨덴의 Ecoship Engineering AB사가 주관하고 6개 사가 수행한 ECOSHIP 과제는 에너지절감형 저공해 선박 추진기 및 관련 시스템을 실현하고, 설계와 건조단계에서부터 이 시스템에 대한 선박 전 주기를 고려하여 환경적 책임을 완성하는 선박 건조에 그 목표를 두고 있다. 이 과제는 그림 5와 같이 Hybrid형 전기추진 시스템의 개발과 전기추진방식에 적합한 새로운 선형을 개발하는 것을 주요 연

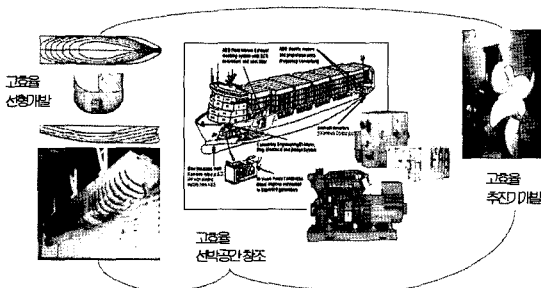


그림 5. ECOSHIP 연구과제 주요 목표

구과제로 되어 있다 [7].

### 4.3 일본 Super ECOSHIP

일본 국토교통성은 차세대 내항선 Super ECOSHIP 개발을 수행하고 있는데, 기존의 내항선에 비하여 환경부하저감, 수송효율의 향상을 실현한 차세대 내항선이다[8].

일본의 Super ECOSHIP 역시, 유럽의 ECOSHIP과 비슷한 내용을 담고 있는데, 전기추진방식 채택, 새로운 선형형태, 선박 공간활용 증대에 초점을 맞추고 있다.

Super echo ship은 선형을 세장형으로 하여 선체저항을 줄이고 연료 소비 성능의 향상을 위해 주기관을 개량하고 가변피치 프로펠러를 도입하는 등 종래 선박에 비해 이산화탄소 배출량을 20%이상 감소시키는 것이다. Super ECOSHIP에 사용되는 신형 엔진은 1997년도부터 6개년 계획으로 개발되고 있는 신형 가스터빈엔진으로, 종래의 가스터빈엔진보다 열효율이 40% 향상되고, 배출하는 질소산화물의 양도 기존 디젤 엔진의 10% 이하이며, 입자장물질도 40% 이하인 친환경 선박이다.

### 4.4 일본 SMATS

일본 NMRI에서는 운수성과제 SMATS (Ship Material Traceability System) 연구를 통해 그린 패스포트를 준비하고, 신조선 건조시의 위해물질 최소화를 꾀하고 있다.

위해물질 목록 표준양식을 개발하여 Panamax 산적화물선에 적용해 보고, 추적시스템을 구성하여 그림 6과 같이 운용해 보고 있다[9,10].

### 4.5 Wallenius Wilhelmsen 자동차운반선 계획

스웨덴과 노르웨이 합자의 종합 해운사인 Wallenius Wilhelmsen 사는 현재 대기오염이 없는 1만대 적재 자동차 운반선을 그림 7과 같이 계획하고 있다. 길이 250m, 폭 50m, 최대 속도 20노트, 운항 속도 15노트의 선박으로, 태양열과 풍력

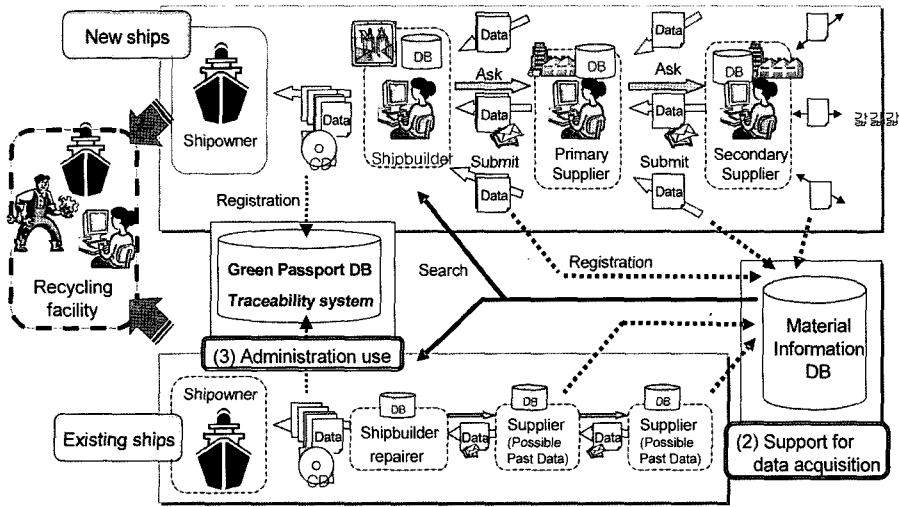


그림 6. SMATS 시스템의 기본 개념

과 파도 에너지를 이용하고, 수소 발전과 연료전지 등을 이용하며, 추진장치로는 Pod 시스템을 계획하고 있다. 관련 기자재 업체와 협력을 검토 중에 있다[11].

### 5. 해양과학기술(Marine Technology) 로드맵 (MTRM)

해양수산부에서는 현재 해양과학기술 로드맵을 작성하고 있는데, 첨단 해양산업 육성 기술, 해양자원 개발 및 이용 기술, 해양환경 관리 보전 기술의 3개 비전으로 나누어 작성중에 있다.

첨단 해양산업 육성 기술(위원장: 최항순 교수)의

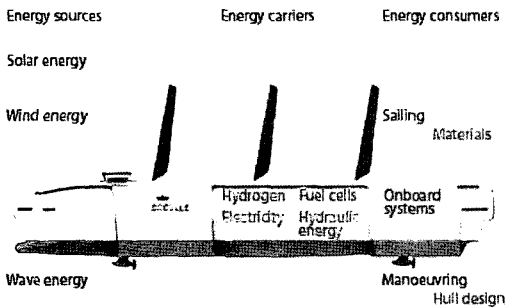


그림 7. Wallenius Wilhelmsen 자동차운반선

하나로 환경친화형 고부가가치 청정선 기술 개발을 작성하고 있는데, 개발 목표를 요약하면 그림 8과 같다 [13].

### 6. 후기

선박의 건조, 운항 그리고 폐선 시에 배출되는 각종 환경 위해물질을 검토하여 보았고, IMO에서 다루고 있는 선박 재활용과 그린패스포트의 개념을 검토하여 보았다. 또한 각국이 경쟁적으로 개발하고 있는 청정선 기술을 돌아보았다. 마지막으로 해양수산부에서 추진하고 있는 해양과학기술 로드맵에서 작성중인 환경친화형 고부가가치 청정선 기술 개발 계획을 실었다.

친환경 청정선 기술은 설계기술과 건조기술, 기자재기술 그리고 운항기술이 모두 합쳐진 종합 기술이며, 조선사, 해운사, 폐선사가 모두 함께 관심을 가지는 다양한 관심 분야이고, 각 분야의 서로 다른 전공자가 함께 풀어나 가야 하는 복합 기술이라 판

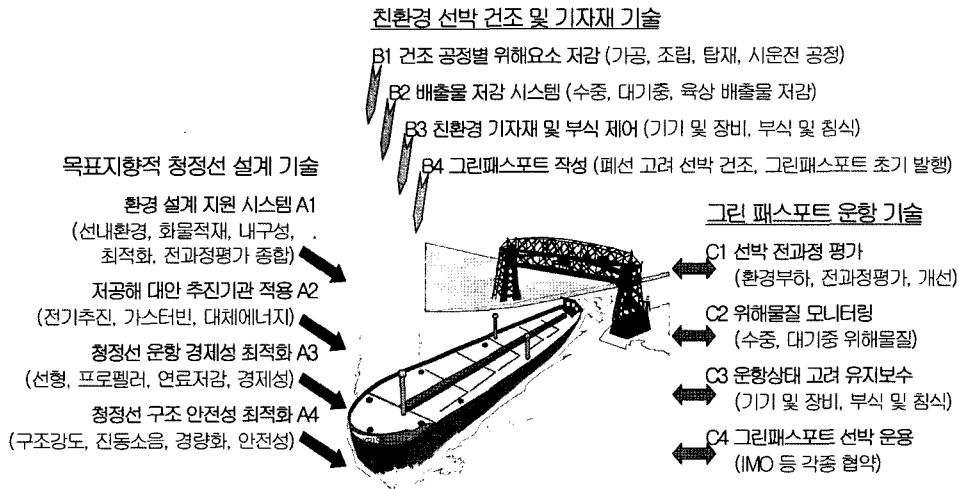


그림 8. MTRM 환경친화형 고부가가치 청정선 기술 개발 목표

단된다.

세계 최고의 조선 기술과 운항 기술이 친환경 청정선 기술 개발을 통해 더욱 탄탄한 대로를 계속 걸어 나가게 되기를 기대한다.

**참고문헌**

[1] Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships, UNEP's Technical Working Group (TWG) of the Basel Convention, Dec. 2002.

[2] Safety and health in ship breaking. Guidelines for Asian countries and Turkey, International Labour Organization(ILO), 2004.

[3] Guideline on Ship Recycling, International Maritime Organization(IMO) Resolution A.962(23), March 2004.

[4] TRESHIP Thematic Network, "Technologies for Reduced Environmental Impact from Ships, State of the Arts Report Issue 8", December 2002.

[5] Thematic Network 2000, "TRESHIP", 홈페이지 자료, <http://www.veristar.com>

[6] H. Ellingsen, A. M. Fet and S. Aanonsen, Tool for Environmental Efficient Ship Design, ENSUS 2002, Newcastle, UK, December, 2002.

[7] ECOSHIP Engineering AB, "ECOSHIP", 홈페이지 자료, <http://www.ecoship.com/>

[8] 일본 NMRI, "Super Eco-Ship Project", 홈페이지 자료, [http://www.nmri.go.jp/eco-pt/index\\_e.html](http://www.nmri.go.jp/eco-pt/index_e.html)

[9] Takeshi Naruse et al., "Ship recycling - an initiative to recycle-oriented maritime society", Proceedings on Sustainable Shipping... Progress in a Changing World, Feb. 2005.

[10] 선박 사용 화학물질의 조사에 관한 시행실형 시행 요령, 일본 해상기술안전연구소, 2004년 7월.

[11] Wallenius Wilhelmsen, "EXPO2005", 홈페이지 자료, <http://www.2wglobel.com/>

[12] "선박 폐선에 관한 재고조사 분석", LCA연구그룹, 일본 해상기술안전연구소, 2003년 11월.

[13] 해양과학기술로드맵(MTRM) 중간보고용, 해양수산부, 2005년 12월. ⚓

김은찬 | 한국해양연구원 책임연구원



· 1952년 6월생  
 · 1990년 인하대 박사  
 · 관심분야 : 선박저항추진  
 · E-mail : eckim@moeri.re.kr