

그린쉽(Green-Ship; 고연비 · 친환경 선박)

- 조선산업의 새로운 도전과 기회

2012. 10

연구집필

한국수출입은행 해외경제연구소
산업투자조사실 양종서 선임연구원
Tel : 02-3779-6679
e-mail : flydon@koreaexim.go.kr

발간에 부쳐

본 보고서에 수록된 내용은 집필자의
개인적인 견해이며 당 은행의 공식적인
의견을 반영하는 것이 아님을 밝힙니다.

목 차

〈요약문〉	i
I. 연구의 개요 및 필요성	1
II. 환경 규제의 내용	4
1. 환경규제의 배경	4
2. IMO의 환경규제 진행 현황	6
3. 규제의 내용 및 예상 파급효과	7
가. EEDI (Energy Efficiency Design Index)	7
나. SEEMP 및 EEOI	12
다. 시장기반조치 (MBM: Market Based Measures)	14
라. 환경규제의 영향	16
III. 그린쉽 기술	17
1. 그린쉽 기술의 개요	17
2. 해외의 기술 동향	32
3. 우리나라 조선업계의 환경기술 현황	35
IV. 연비기술 전망 및 해운·조선산업에 미치는 영향	38
1. 연비기술 현황 및 전망	38
2. 연비향상의 전반적인 영향	40
3. 그린쉽이 조선해운 시황에 미치는 영향	44
4. 그린쉽이 시장 패러다임에 미칠 영향	48
V. 결론 및 시사점	55

요 약

요 약

□ 전 세계적인 온실가스 저감 노력에 따라 선박의 탄소가스 배출 규제도 다음과 같이 시행됨

- 기술적으로는 EEDI(Energy Efficiency Design Index) 규제가 2013년부터 실행됨
 - 2015년부터 현행 대비 10% 감축, 2020년 20% 감축, 2025년 30% 감축 등 5년 간격으로 강화될 예정
- 운항 측면에서는 SEEMP(Ship Energy Efficiency Management Plan)의 선내 의무비치가 2013년부터 강제화되며 방법으로는 EEOI(Energy Efficiency Operational Indicator)가 권고됨
- 시장기반규제(MBM: Market Based Mechanism)는 탄소세, 배출권 거래제 등이 논의 중이며 아직까지 강제적용이 결정되지 못하고 있음

□ 이에 대하여 각국 조선업계는 다음과 같은 기술개발 노력 중

구 분	분 야	구체적 기술
에너지 효율향상	선형	구조최적화, 선체 경량화
		조파저항 감소 : 선수부 최적화
		마찰저항 감소 : 선체도료 개발, air bubble
		공기저항 감소 : 상부구조 최적화
	추진성능	고효율 추진기 개발 : 상반회전 프로펠러, 가변피치 프로펠러, 보스캡핀, 덕트형 프로펠러
		부가물에 의한 추진효율 개선
	보조 동력	태양광, 풍력 등
	기관	Dual fuel, 하이브리드 등
온실가스저감	전력 효율화	폐열회수 시스템
	운항 효율화	운항최적화 등
신 추진동력	온실가스저감	CO ₂ 포집, 연소가스 후처리
	화석연료	가스연료(LNG) 추진 선박
	비화석연료	연료전지, 핵추진 선박

- 2020년 이전에는 현재의 디젤기관 시스템 하에서 연비향상 개발에 집중될 것으로 예상
- 2020년 이후에는 LNG 추진기관, 연료전지 추진기관 등 보다 획기적인 선박 엔진 기술이 디젤기관을 대체할 전망
- 환경기술 개발이 시작된 최근 수년간 한국 및 일본의 경우 선박의 에너지 효율에 있어서 약 5% 내외의 향상이 있었던 것으로 추정
 - 향후 5년 이내에 약 10%의 추가적인 향상 기대
- 향후 선박시장에서는 조선소간의 에너지 효율화 경쟁과 고유가 기조와 맞물려 선박의 연비가 경쟁력에 최대의 변수가 될 것으로 예상
 - 특히 대형선박일수록 이러한 경향은 두드러질 것으로 예상
 - 7,500TEU급 컨테이너선의 경우 10% 연비향상에 의한 연간 연료비 절감액은 향후 벙커유가격이 700달러에 도달한다 가정하였을 때 연 413만 달러에 이르는 것으로 계산됨
- 고연비 선박은 용선시장에서도 차별화된 용선료가 책정되어 선주들의 수익이 양극화될 전망
 - 최근과 같은 시황에서도 연비 10% 향상 선박은 VLCC의 경우 약 17%, 7,500TEU급 대형 컨테이너선의 경우 약 56%의 용선료가 기존 선박에 비하여 높게 책정될 것으로 추정
 - 2015년 이후 EEOI가 활성화되면 용선시장에서 연비에 의한 용선료 책정은 합리적인 방법으로 정착될 전망

□ 이러한 연비기술은 단기적으로는 선박시장에의 영향이 제한적일 전망

- 현재까지 다소나마 연비향상 기술이 적용된 한국, 일본산 최신선박은 약 15% 내외에 그쳐 시장에 미칠 영향은 약한 수준이며 아직까지 연비 기술 향상이 획기적인 수준도 아님
- 현재의 침체상황에서는 선복량과잉에 의한 투자결정 어려움, 선주들의 자금력 악화, 금융 경색 등으로 투자 붐을 일으키기는 어려운 상황

□ 연비기술이 가시화되면 고연비 선박에 의한 경쟁력 확보를 위하여 최신 선박에 의한 투자가 급증하고 폐선속도가 빨라질 전망

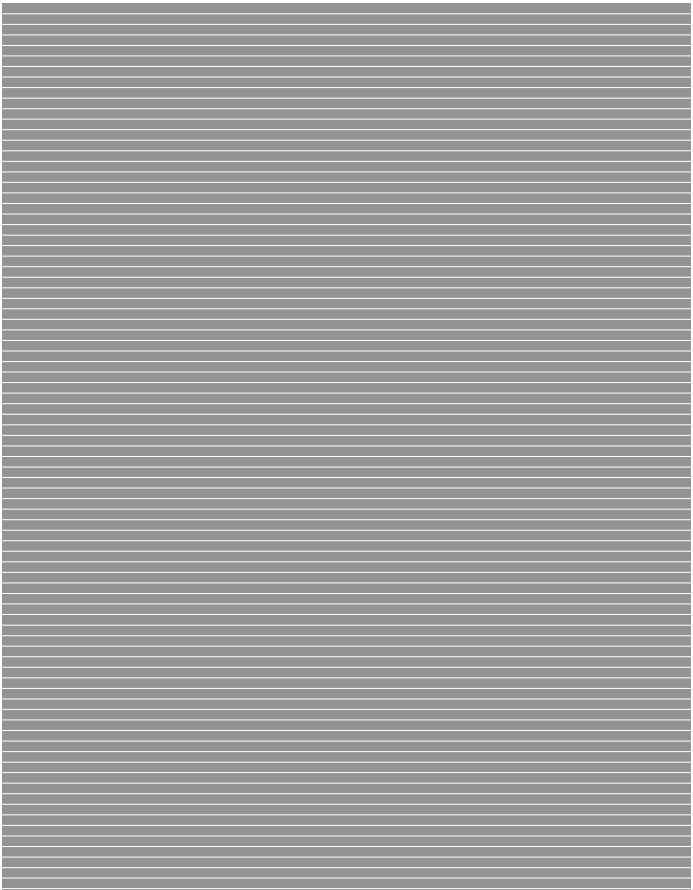
- 이러한 시기는 2015년 이후가 될 전망
- 다만, 이 시기의 투자 붐도 자칫하면 다시 한 번 선복량과잉을 일으킬 수 있는 위험성도 있어 주의가 필요함

□ 향후 연비기술은 조선업계에서의 주도권을 지속하는 가장 중요한 요소가 될 것이며 선진국에 뒤처지지 않도록 기술개발에 총력을 기울여야 할 것임

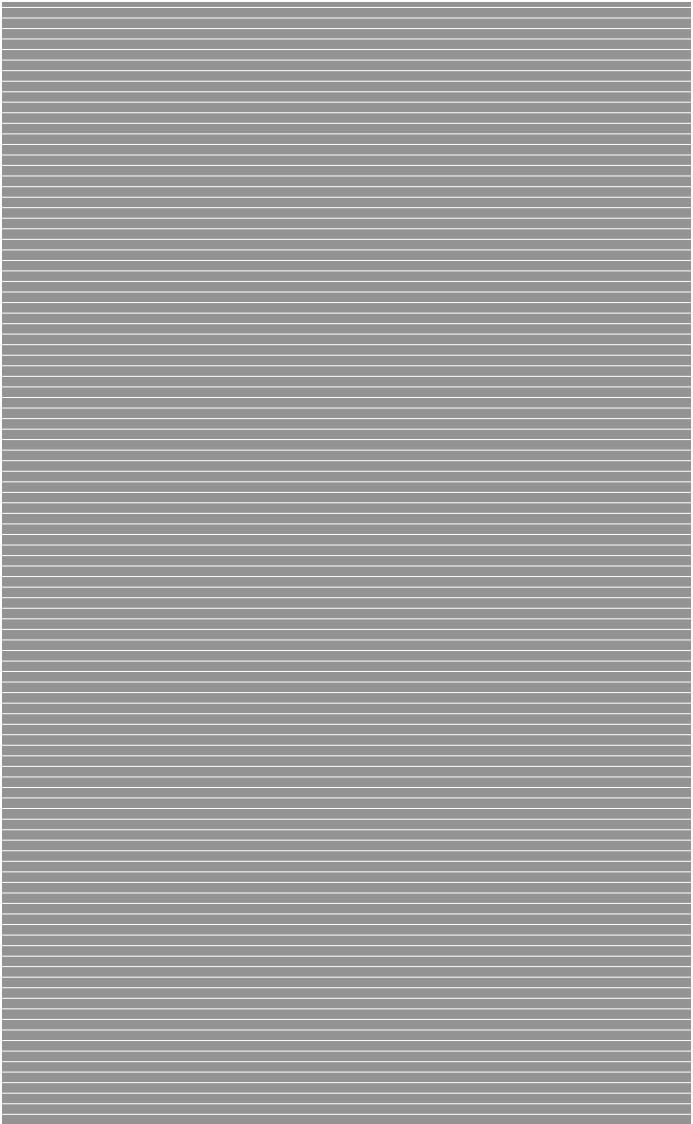
- 선진국에 비하여 그린쉽 기술에 대한 투자가 늦게 시작된 점은 아쉬운 점이나 업계 전반적으로 기술개발 속도를 높이고 있어 우려할 수준은 아닐 것으로 보임
- 조선업계는 기업 뿐 아니라 관련 산업, 전문 연구기관, 해외 선진국 전문 기관 등 모든 네트워크와 연계한 총력적인 기술개발 노력 필요

□ 그린쉽 기술개발이 성공적일 경우 연비기술의 격차로 우리 조선업계가 중국 조선업계의 가격경쟁력을 무력화시킬 기회가 될 것으로 전망

- 컨테이너선의 경우 중국보다 연비 면에서 2~3%만 앞서도 중국과의 10% 선가 격차보다 경제적이므로 경쟁력 우위를 유지할 수 있을 전망
- 다만, 탱커와 벌크선의 경우 약 10%의 가격경쟁력을 연비로만 메우기 위해서는 4~6%의 격차를 유지하여야 하는데 장기적으로는 다소 무리가 있으며 다른 품질 경쟁력도 신경써야할 것임
- 중소조선산업의 경우 그린쉽 기술개발 등 시장에 대응하지 못하고 있어 연구개발 기관 설립 등 정부의 지원 필요
- 그린쉽에 의하여 새롭게 부상하는 분야에 대한 금융지원 강화 필요
- 그린쉽 관련 수출선박 및 관련 분야에 대한 적극적 금융지원 필요
- 국내 우량한 선박관리회사들 중 해외 선박관리 업무를 수주하여 실행하고 있는 기업들에 대하여 우선적으로 서비스 수출에 대한 수출금융 지원도 검토 필요



그린 쉽(Green-Ship)



I

연구의 개요 및 필요성

□ IMO¹⁾(국제해사기구)는 국제사회의 온실가스 저감 노력에 부응하여 선박의 탄소가스 규제를 오랫동안 논의하여 왔음

- UN기후협약(UNFCCC)의 국가별로 차별화된 책임과 능력의 원칙에 따라 국가들은 선진국과 개도국으로 나뉘어 각각의 책임을 부여받고 있음
- 그러나 항공기와 선박은 전 세계를 돌아다니고 편의치적제도에 따라 국적도 모호하여 국가별 규제에서 제외되고 별도의 국제기구에 탄소가스 감축 규제가 위임됨
- 이에 따라 IMO의 전문위원회 중 하나인 MEPC(해양환경보전위원회 Marine Environmental Protection Committee) 57차회의(2008)를 시작으로 선박의 탄소가스 규제 방안을 본격적으로 논의

□ IMO의 논의 결과 2013년부터 EEDI 규제 등이 실행되고 향후 논의에 따라서는 MBM(market based mechanism) 등 파급효과가 높은 실질적 규제가 실행 될 가능성이 있음²⁾

- EEDI는 선박이 단위무게의 화물을 단위거리만큼 운송할 때 배출되는 CO₂ 가스의 양으로 표시되는 지수로 규제치 이하를 만족시키지 못할 경우 운항이 금지되는 강력한 규제임
- MBM은 선박의 탄소배출권 거래를 포함하여 포괄적으로 논의되는 사안으로 아직까지 회원국들 간의 합의점을 찾지 못하고 있으나 시행될 경우 해운

1) IMO는 해사 관련 제반 문제들을 다루기 위하여 설립된 UN 산하의 국제기구이며 각국 정부가 회원으로 가입

2) 각 규제의 자세한 내용은 뒷장에서 논의

산업에 매우 큰 파급효과를 일으킬 것으로 예상

- MBM은 개별선박의 탄소가스 배출량에 따라 탄소배출권을 구입 또는 판매하거나 탄소세를 부과하는 방식으로 시장에서의 수익성에 큰 영향을 미칠 수 있는 규제 방안임

□ **현재 전 세계 조선소와 관련 기관들은 이러한 규제에 대응하고 연비기술의 발전을 통한 경쟁력 확보를 위하여 기술개발에 집중하고 있으며 획기적인 기술진보의 가능성도 있음**

- 환경규제는 조선산업의 연비기술 경쟁을 촉발시키는 결과를 낳고 있음
- 향후 강화되는 환경규제에 따라 현재의 선박추진 시스템하에서는 규제 통과가 어려울 수도 있어 새로운 추진시스템이 개발되는 등 획기적인 기술 진보의 가능성도 있음
- 결과적으로 환경규제에 따른 기술개발은 향후 에너지 효율화로 이어지며 높은 경쟁력의 신선행 선박들이 개발될 것으로 기대

□ **선박의 환경규제는 향후 조선, 해운산업의 패러다임을 바꿀 수 있는 큰 변수가 될 것으로 예상**

- 조선소는 단기적으로 EEDI 규제를 만족시킬 수 있는 선박의 건조 능력이 요구되고 있으며 중장기적으로는 고연비, 저탄소 선박의 개발이 반드시 필요
- 해운사의 경우는 고연비 선박의 확보가 경쟁력의 핵심이 될 수 있으며 이러한 선박을 확보하지 못하면 시장에서 퇴출될 수도 있을 것으로 예상
- 결과적으로는 친환경 고연비 선박기술을 확보하지 못한 조선소는 도태될 것으로 보이며 한국 조선산업이 지속적인 시장의 주도권을 장악하기 위해서는 이러한 기술개발이 필수적인 요소임
- 해운사의 경우도 신기술을 장착한 최신선박을 갖춘 선사와 그렇지 않은 선사간의 양극화가 진행될 가능성이 크므로 전략적인 판단이 필요

□ 그린쉽은 향후 침체된 조선경기의 활성화에 결정적 요인이 될 가능성이 높음

- 현재 심각한 과잉선박량 문제로 침체에 빠진 조선산업은 향후 그린쉽 기술의 발전 속도에 따라 경기회복 속도가 달라질 수 있음
- 연비기술이 고도화될 경우 고유가에 의하여 선박의 경쟁력이 큰 차이를 나타낼 수 있으며 선주들의 최신 선박 확보를 위한 경쟁을 부추길 수 있음
- 이러한 경우 기존 선박의 폐선속도가 빨라지며 선박량 과잉해소와 회복시점이 크게 앞당겨질 수 있음

□ 다만, 우려스러운 점은 한국 조선업계가 유럽이나 일본보다 환경기술에 대한 대응이 늦게 시작되어 다소간의 기술력 격차가 존재할 것으로 추정됨

- 만일 기술력 격차로 인하여 유럽이나 일본의 기술을 구입하여 사용하게 될 경우 원가경쟁력에 악영향을 미칠 수 있음
- 이러한 점에 대한 냉정한 평가와 이에 따른 대응책 논의 필요

□ 이러한 시점에서 선박의 환경규제가 미칠 영향을 평가하고 산업의 관점에서 시사점을 정리하는 작업이 필요

- 산업의 관점에서 향후 미칠 영향에 대하여 예상하고 우리나라 기업들이 취해야할 전략을 고민해볼 필요가 있음
- 본고는 향후에 전개될 선박의 환경규제에 대하여 알아보고 우리 기업들의 대응 현황, 향후의 그린쉽 개발 방향 및 향후 대응 방안에 초점을 맞추었음
- 환경규제에는 EEDI 규제 외에도 평형수 규제³⁾ 등 여러 가지가 있으나 본 고에서는 시장에 미칠 파급효과가 큰 EEDI 규제와 MBM을 중심으로 조사 분석함

3) 평형수(Ballast Water)는 선박이 화물을 싣지 않은 채 운항할 때 선박의 안정성을 위하여 ballast tanker에 채우는 물을 의미함. 평형수 규제는 이러한 물이 항해 후 전혀 다른 해역에서 버려지면서 물에 포함된 미생물들의 교란으로 생태계에 영향을 미치는 문제를 방지하고자하는 규제임.

II

환경 규제의 내용

1. 환경규제의 배경

□ 선박의 온실가스 규제는 UN 기후변화협약 등 국제적인 환경규제 노력의 일환임

- UN기후변화협약(UNFCCC)은 1992년 리우데자네이로 UN 환경개발 회의에서 승인되어 온실가스 농도의 안정화를 목표로 1994년 3월 발효됨
 - 가입국은 선진국(Annex I)과 개도국(Non-Annex I)으로 나누고 공통의 차별화된 원칙을 가지고 국가별 의무사항을 규정하고 있음
 - 그러나 본 협약은 법적 구속력을 가지고 있지 않음
- 기후변화협약은 1997년 선진국의 양적 온실가스 감축 의무를 규정한 교토 프로토콜을 채택함으로써 구속력 있는 실질적인 조치에 들어감
- 이러한 공통의 그러나 차별화된 감축의무에 대하여 선박과 항공기는 국가별 의무를 규정하기 어려운 특성을 가지고 있어 UN에서는 동 분야의 문제를 관련 기구에 일임함
- 이에 따라 선박은 국제해사기구(IMO), 항공기는 국제민간항공기구(ICAO)에서 각 문제의 논의가 이루어짐

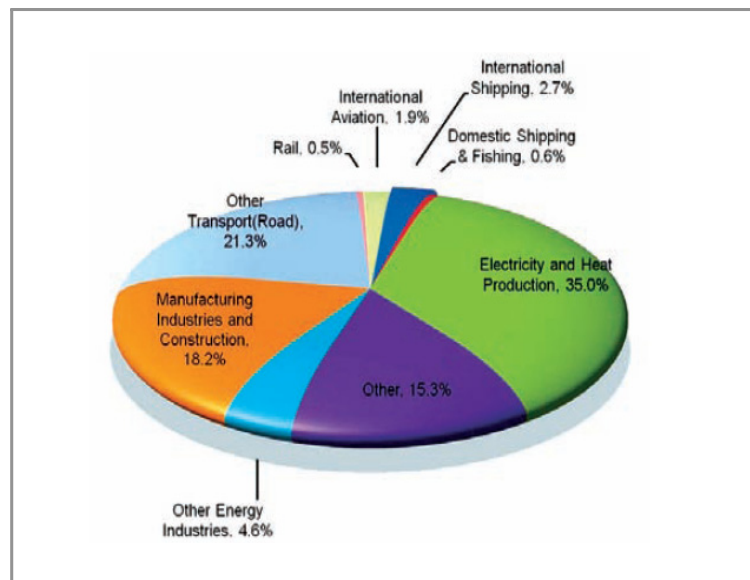
□ 전 세계 CO₂ 배출량 중 선박이 차지하는 비중은 약 3.3%인 것으로 나타남

- 2007년을 기준으로 해운업이 발생시키는 CO₂의 비중이 2.7%, 어선 등 기타

선박이 발생시키는 양이 0.6%로 총 3.3%의 비중을 차지하고 있어 높은 편은 아님

- 이러한 낮은 비중으로 규제의 필요성에 대한 논란이 있으나 유럽 등 선진국의 단호한 입장 등으로 IMO의 규제 강화 입장은 확고한 것으로 알려짐
 - 선진국들의 경우 조선산업의 쇠퇴에도 불구하고기자재산업의 요소기술은 여전히 시장에서 비중이 높음
 - 또한 기후협약의 의무감축국으로서 환경규제에 대한 인식이 한국보다 앞서 있어 이에 대한 대응이 빨랐음
 - 선진국들은 10여년 전부터 조선분야에서 환경기술 개발을 시작한 것으로 알려져 있어 IMO에서의 환경규제에 대하여 강경한 찬성 입장을 고수하고 있음
- 해운 분야의 배출 온실가스 중 CO₂의 비중이 99%에 달하여 IMO의 규제는 주로 CO₂ 규제에 초점을 맞추고 있음

〈부문별 전 세계 CO₂ 배출량 비중〉



자료: IMO GHG Study 2009, 한국선급, “KR Technical Report 2012”에서 재인용

2. IMO의 환경규제 진행 현황

□ IMO에서는 온실가스 저감을 위한 실효성있는 방안을 마련하기 위하여 1997년 MEPC⁴⁾ 40차 회의를 시작으로 금년도 MEPC 63차 회의까지 많은 논의를 진행함

○ MEPC 57차 회의를 통하여 다음의 9가지 규제적용 원칙을 수립

- 온실가스 감축에 효과적으로 기여
- 의무방지 회피를 위하여 모든 기국에 공통적으로 강제 적용
- 비용 효과적일 것
- 경쟁력 약화를 최소화함
- 세계무역과 성장을 저해하지 않으며 지속가능한 환경발전을 달성
- 목표에 기반을 두며 특정방법을 규정하지 않음
- 모든 선박분야의 기술혁신 및 R&D를 촉진할 것
- 에너지효율 기술개발을 촉진할 것
- 실행가능하고 투명하며 관리가 용이할 것

□ 현재 규제가 확정되어 있거나 논의 중인 사항은 다음과 같음

- 선박의 온실가스 규제 방안으로 기술측면, 운항측면, 시장기반 등 3개 측면의 규제가 논의되었거나 논의 중임
- 기술적으로는 EEDI(Energy Efficiency Design Index) 규제가 2013년부터 실행됨

4) MEPC(Marine Environment Protection Committee, 해양환경보호위원회)는 IMO 산하의 전문위원회 중 하나로 선박으로부터의 해양오염 방지를 전문적으로 다루고 있음

- 운항 측면에서는 SEEMP(Ship Energy Efficiency Management Plan)의 선내 의무비치가 2013년부터 강제화되며 방법으로는 EEOI(Energy Efficiency Operational Indicator)가 권고됨
- 시장기반규제(MBM : Market Based Mechanism)는 탄소세, 배출권 거래제 등이 논의 중이며 아직까지 강제적용이 결정되지 못하고 있음

〈 온실가스 규제 관련 논의 사항 〉

분 류	규제 내용	적용 연도
기 술 적 측 면	EEDI	2013
운 항 측 면	SEEMP, EEOI	2013
시 장 기 반	탄소세, 배출권 거래제 등	미정

3. 규제의 내용 및 예상 파급효과

가. EEDI (Energy Efficiency Design Index)

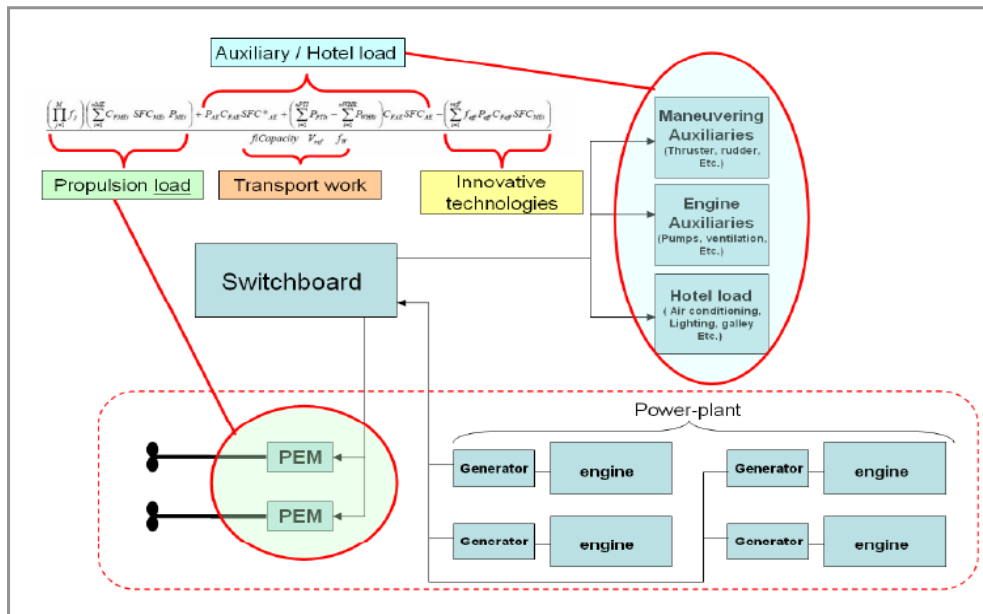
- EEDI는 선박의 에너지 효율을 설계단계부터 측정·계산하여 이산화탄소 배출량을 평가하고자 하는 개념의 지수임
 - EEDI는 선박이 1톤의 화물을 1해리(nautical mile) 운송하는데 발생하는 CO₂의 질량으로 표시되며 단위는 g/ton·nm
 - 해운 운송으로 발생하는 사회적 이익에 대한 환경비용의 개념으로 볼 수 있음
 - EEDI의 계산은 기본설계 단계에서 결정되는 선박의 용량, 운항속도, 엔진의 사양, 각종 추진 및 보조장치들의 효율, 각종 보정계수 등으로 계산됨
- EEDI의 계산식은 선박의 추진과 기타 에너지 소비에 대한 CO₂ 발생량에서 에너지저감 기술에 대한 CO₂ 저감량을 차감하는 개념으로 이루어져 있음

○ EEDI 계산식은 다음과 같음

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \left(\sum_{i=1}^{AE} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AS} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}^{**}) + \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPT} P_{PT(i)} - \sum_{i=1}^{nEF} f_{EF(i)} \cdot P_{ME(i)} \right) C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right) - \left(\sum_{i=1}^{nEF} f_{EF(i)} \cdot P_{ME(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}^{**} \right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_e}$$

- 산식에서 변수 f 는 설계에 의해 결정되는 보정계수, P 는 엔진 또는 보조 엔진의 출력(KW), C 는 사용연료에 의해 결정되는 계수, SFC 는 엔진 1kwh당 배출되는 이산화탄소의 양을 의미
- 산식의 분자 첫 항은 주엔진에서 선박의 추진을 위하여 만드는 파워에 의해 발생하는 CO_2 양을 의미
- 분자 두 번째 항은 운항, 공조, 펌핑, 선원들의 생활 등 선박의 운영에 필요한 에너지를 위하여 보조엔진이 만드는 파워에 의한 CO_2 발생량을 의미
- 분자 세 번째 항, 그림에서 Innovative technologies로 표시된 항은 태양광, 풍력 등 각종 연료저감 기술이 적용된 파워로부터 저감되는 CO_2 의 발생량임

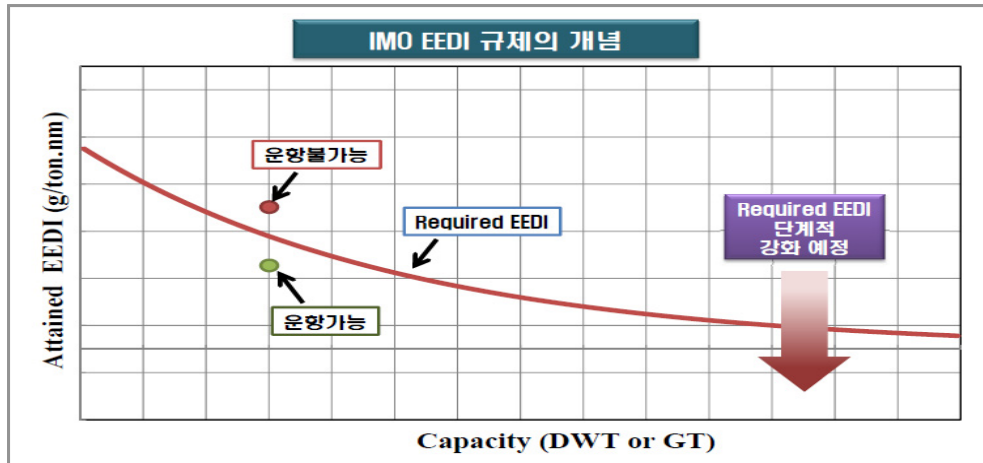
〈 EEDI 산식의 개념적 분석 〉



자료: 류경부, “IMO GHG Convention - Progress & Challenges”, 한국선급연수원

- 분모는 선박의 화물 용량과 정격운항 속도를 의미
- 종합하면 EEDI는 선박의 추진력과 각종 보조적인 에너지소비로 발생하는 CO₂ 양에서 에너지저감기술로부터 저감된 CO₂의 양을 차감하고 이를 속도와 화물용량으로 나누어 계산됨
- EEDI는 설계단계에서 계산되고 건조 후 시운전 과정을 거쳐 검증함으로써 확정되어 문서화됨
 - 앞서 기술한 대로 대부분 기본설계 단계에서 입력되는 변수들로 구성되어 EEDI를 계산함
 - 계산된 EEDI는 근거가 되는 기술문서들과 함께 검증기관에 제출되고 검증 기관은 이를 확인하여 사전검증서(report of pre-verification)를 발행함으로써 선박의 건조가 시작됨
 - 검증기관은 DNV(노르웨이 선급), Lloyd 선급, 한국선급 등 주로 선급기관이 될 것임
 - 선박건조 후 시운전을 통하여 속도, 연료소모량 등 관련 변수들을 확인하고 최종 검증을 거쳐 검증보고서가 발행되면 선박의 EEDI 수치가 문서화되고 부여됨
- EEDI는 2013년부터 신조선에 의무화되어 규제치를 만족하지 못하는 선박은 운항이 금지됨
 - 2013년 1월1일부터 계약되는 모든 선박에는 EEDI 수치가 부여되며 실측된 수치가 IMO의 요구 수치보다 낮은 경우에만 운항이 허용됨
 - 선박의 인도시 부여되는 EEDI는 선박이 수명을 마칠 때까지 일생동안 유지되어 정기적 혹은 부정기적인 재계산을 요구하지 않음
 - 즉, EEDI 규제는 선박 출하시 단 한번의 검증으로 규제를 통과함

〈 EEDI 규제의 개념 〉



자료: 류경부, “IMO GHG Convention-Progress & Challenges”, 한국선급연수원

〈 선종별, 사이즈별 규제 강화 내용 〉

◆ $\text{Attained EEDI} \leq \text{Required EEDI} = (1 - X/100) \times \text{Reference line value}$

◆ Reduction factor(X)

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013~ 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015~ 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020~ 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 onwards
Bulk Carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000~20,000 DWT	n/a	0~10*	0~20*	0~30*
Gas Tanker	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000~10,000 DWT	n/a	0~10*	0~20*	0~30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000~20,000 DWT	n/a	0~10*	0~20*	0~30*
Container Ship	15,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000~15,000 DWT	n/a	0~10*	0~20*	0~30*
General Cargo Ship	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000~15,000 DWT	n/a	0~10*	0~15*	0~30*
Refrigerated Cargo Ship	5,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000~5,000 DWT	n/a	0~10*	0~15*	0~30*
Combination Carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000~20,000 DWT	n/a	0~10*	0~20*	0~30*

* Reduction factor to be linearly interpolated between the two values dependent upon vessel size. The lower value of the reduction factor is to be applied to the smaller ship size.

자료: 류경부, “IMO GHG Convention-Progress & Challenges”, 한국선급연수원

□ EEDI 규제의 기준선은 과거 10년치 실적선의 평균치를 선종과 size에 따라 구하여 설정한 것이며 향후 2015년부터 5년 간격으로 강화될 예정임

○ 따라서 관련 기술이 평균 이상인 조선소들은 2013년부터 시행되는 규제는 어려운 문제가 아닐 것으로 보임

○ 그러나 2015년부터 기준선 대비 10% 감축, 2020년 20% 감축, 2025년 30% 감축 등 5년 간격으로 강화될 예정이어서 빠른 시일 내에 관련 기술의 개발이 이루어지지 않는다면 정상적인 영업이 어려움

□ EEDI 규제의 영향으로 전 세계 조선소간 고연비 선박개발에 대한 경쟁이 촉발되었으며 향후 이러한 추세는 더욱 강화될 전망

○ EEDI 규제를 통과하는 방법은 에너지 효율향상과 배기가스 중 온실가스 저감 등 2가지임

○ 조선소들은 이들 방법 중 에너지 효율향상, 즉 고연비선박 개발에 더욱 집중하고 있는 것으로 보임

○ 배기가스에서 유해성분을 제거하는 방식은 부피가 큰 별도의 장비를 필요로 하고 경우에 따라서는 에너지 효율을 감소시키는 등 운항 효율면에서 불리한 점이 있음

○ 온실가스는 연료소비로부터 나오는 것이므로 온실가스를 저감하기 위해서는 연료소모를 줄이는 고효율화가 궁극적인 해결책이 될 것임

○ 고연비선박의 개발은 고유가 기조와 맞물려 조선소의 경쟁력을 강화할 수 있고 특히, 원가경쟁에서 중국에 고전하고 있는 한국 조선산업으로서는 이를 만회하고도 남을 계기가 될 것임

○ 에너지 고효율화 경쟁은 규제가 강화되는 추세에 따라 점차 경쟁강도가 높아질 것으로 예상되며 이는 조선소의 생존이 걸릴 만큼 중요한 경쟁요인이 될 것임

나. SEEMP 및 EEOI

□ SEEMP(Ship Energy Efficiency Management Plan: 선박에너지효율관리 계획서)는 선박운항에 있어서 에너지효율 향상을 관리하기 위한 문서로 2013년부터 현존선 및 신조선 모두 선내비치가 의무화됨

- SEEMP는 해운사 또는 개별 선박의 에너지효율 향상을 위한 메커니즘을 확립할 목적으로 작성되는 계획서임
- SEEMP는 운항에 필요한 에너지효율 향상에 대하여 계획(planning)→실행(implementation)→모니터링(monitring)→평가 및 향상(Self-evaluation & improvement) 등 4단계의 절차와 방법론을 체계적으로 구축하여 기술하는 것을 주 내용으로 함
- 문서의 비치를 의무화할 뿐 실행에 대한 강제성은 규정하지 않고 있음
- IMO에서 강제하는 방법론이나 framework은 별도로 없으며 선주나 해운사가 각각의 사정에 맞게 설계하여 작성하도록 함
- 다만, 모니터링 방법론에 있어서 IMO는 EEOI를 권장하고 있음

□ EEOI(Energy Efficiency Operational Indicator)는 실질적인 연비를 나타내는 지수임

- EEOI는 다음과 같이 계산됨

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

- 분자의 FC는 실제 연료소모량이고 mcargo는 실제 적재·운송한 화물의 톤수, D는 실제 운항거리(nautical mile)임
- CFj는 연료에 따른 환산 계수이며 이는 환경규제로 청정연료를 사용하여야

하는 해역에서 연료를 교체사용하는 등 동일 항차 내에서 서로 다른 연료를 사용하는 경우에 대한 계산에 필요

- 위의 식은 한 항차내에서 여러 연료를 사용하는 경우를 포함하여 실질적인 화물톤수와 거리대비 실제 사용한 연료의 양을 의미함
- IMO는 선박의 최근 10항차에 대한 평균 EEOI를 유지할 것을 권고하고 있으며 이는 다음과 같은 산식으로 계산됨

$$Average_EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)}$$

□ EEOI는 IMO의 권고 사항일 뿐 의무사항은 아님에도 불구하고 전 세계적으로 널리 확산될 가능성이 높음

- EEOI의 사용과 유지는 권고사항이므로 다른 대체 방법론을 사용하여 SEEMP를 유지하여도 무방함
- EEOI를 사용하고 기록을 공신력 있게 유지해온 선박은 연비와 온실가스 배출량이 투명하게 파악될 것이며 이는 향후 용선이나 중고선 시장에서의 거래시 중요한 가격산정 기준이 될 수 있음
- EEOI를 공신력 있게 유지하여 온 선박은 용선주나 매입선주에게 선박의 연비에 관한 투명한 정보를 제공하여 우선 거래될 가능성이 높음
- 반면 이를 유지하지 않은 선박은 연비에 대한 불신으로 시장에서 불이익을 받을 가능성이 높음
- 현재 선급에서는 특정 선박의 항해기록 등을 근거로 EEOI를 계산하고 검증하여 공신력을 부여하는 서비스 체계를 개발하고 있음
- EEOI 외에 다른 방법론을 사용할 경우 공신력에 대한 검증이 어려워 시장에서의 불신을 초래할 가능성도 있으므로 EEOI는 전 세계적인 공통의 연비 측정 방법론이 될 것으로 예상

- 향후 용선과 중고선 시장에서는 연비가 중요한 가격결정 요인이 될 것으로 예상되며 이에 따라 전 세계 해운사들의 연비향상 노력도 가속화될 전망
 - 향후 수년 내에 EEOI는 전 세계적으로 널리 확산될 것으로 예상되며 연비의 중요성이 점차 높아지는 추세에 맞춰 이는 중고선가와 용선료의 결정적인 요인이 될 전망
 - IMO에서는 SEEMP의 실행과 EEOI의 사용을 의무화하고 있지는 않으나 위와 같은 이유로 자발적 실행과 효율 향상 노력이 확산될 것으로 전망
 - 그러므로 조선소의 고연비선박 개발 노력과 함께 해운사의 연비 향상 노력까지 맞물려 운항효율 제고가 시장에서 극대화될 것으로 예상됨
 - 또한 능력있는 선박관리회사들이 크게 성장할 전망이며 이는 해양산업에서 또 하나의 블루오션이 될 가능성이 있음

다. 시장기반조치 (MBM: Market Based Measures)

- 시장에 기반한 규제로는 GHG(green house gas) fund와 탄소배출권 거래 등 두 가지 방안과 이를 조합한 방안 등이 논의되고 있음
- GHG펀드는 선박의 연료 구입시 탄소세를 납부하여 펀드를 조성한 후 펀드 관할 기관에서 가스배출 우수 선박에 대하여 보상하는 형식의 규제
 - 벙커유 가격에 탄소세를 포함하여 선박들이 벙커유를 구입할 때 자동적으로 탄소세를 납부하도록 유도
 - 벙커유 판매자는 사전에 등록된 자만이 항만에서 영업을 할 수 있도록 규제하고 등록된 벙커유업자는 탄소세를 관할기관으로 이체하여 관할기관에서 펀드를 조성, 관리함
 - 관할기관은 전 세계 선박의 관련데이터를 확보, 유지하여 배출실적이 우수한 선박에게는 탄소세를 환급하는 인센티브를 지급

- 그러므로 우수선박을 보유한 해운사는 추가적인 이익을 거두거나 저렴한 연료를 사용하는 효과가 있는 반면 저연비선박의 경우 연료를 비싸게 사야 하는 불이익 발생 전망

□ 탄소배출권 거래제는 선박의 탄소배출에 대하여 일반산업의 탄소배출권 거래와 같은 형식의 규제를 의미함

- 전 세계적인 관할기관을 두고 각 선박에 대하여 배출 허용량을 할당하고 초과배출량에 탄소배출권 구입이나 잉여배출권에 대한 판매 등 탄소배출권 거래를 유도
- 탄소배출권 거래는 해운업의 영역에 국한하는 것이 아니라 일반 탄소배출권 거래소에서 거래하거나 개도국의 그린프로젝트에 투자하여 배출권을 획득하는 등 일반 산업과 차이가 없음
- 이러한 제도가 시행된다면 우수한 선박을 보유한 해운사는 탄소배출권을 판매하여 추가적인 이익을 거둘 수 있는 반면 저연비 선박 보유사는 추가적인 부담으로 경쟁력의 차이로 이어질 전망

□ 현재 시장기반조치는 시행일자가 확정되지 못하고 있으나 수년 내에 규제 방안이 결정될 것으로 예상되며 파급효과가 매우 클 것으로 전망

- 시장기반조치는 회원국들의 의견 차이를 극복하지 못하여 실행 시기는 불투명하고 통일된 규제방안에 대한 논의를 진행 중임
- 그러나 현재의 논의가 진지하게 진행되고 있는 만큼 어떠한 형태로든 수년 내에 규제에 대한 합의를 도출할 것으로 예상됨
- 본 규제가 시행되면 우수한 선박을 보유한 선사들은 낮은 운송 원가를 기반으로 더욱 강력한 경쟁력을 나타내는 반면 그렇지 못한 선사들은 경쟁력을 상실하여 퇴출될 위기에 몰릴 것으로 전망
- 규제는 선사들간의 고연비선박 확보 경쟁을 촉발하여 자금력이 약한 선사들에게는 큰 위기가 될 것으로 전망

라. 환경규제의 영향

- 환경규제는 지구환경변화를 막기 위한 온실가스 규제에서 비롯되었으나 해운 산업에 있어서는 고연비화 경쟁을 촉발하는 효과로 나타날 전망
 - MBM의 실행 이후 해운사의 고연비 선박 확보는 생존이 걸린 문제가 될 것이며 점차 고연비선박의 확보 비중이 경쟁력의 핵심요소가 될 전망
 - 해운사의 선박확보 이후에도 시장에서는 EEOI의 확산으로 에너지 효율 향상에 대한 꾸준한 노력을 요구할 것이며 이에 대처하지 못하는 선사는 선박의 가치하락으로 자산가치 감소를 겪을 전망
- EEDI규제 뿐 아니라 점차 시장의 요구가 고연비 선박으로 이동함에 따라 조선소들도 이에 대한 기술개발 경쟁에 최선의 노력을 기울일 것으로 예상
 - 조선소들은 2015년부터 강화되는 EEDI 규제를 위해서도 현행보다 효율이 높은 고연비 선박에 박차를 가할 것으로 보임
 - MBM의 실행이 결정된다면 선주들은 EEDI 규제 기준을 넘어서는 더욱 더 고효율화된 선박을 요구할 것으로 예상
 - 결과적으로 고연비 선박을 개발하는 조선소는 비싼 가격에 다량의 선박을 판매할 수 있을 것으로 보이나 이에 대비가 부족하다면 기존 시장에서의 평판이나 입지와 무관하게 도태될 가능성이 클 전망

1. 그린쉽 기술의 개요

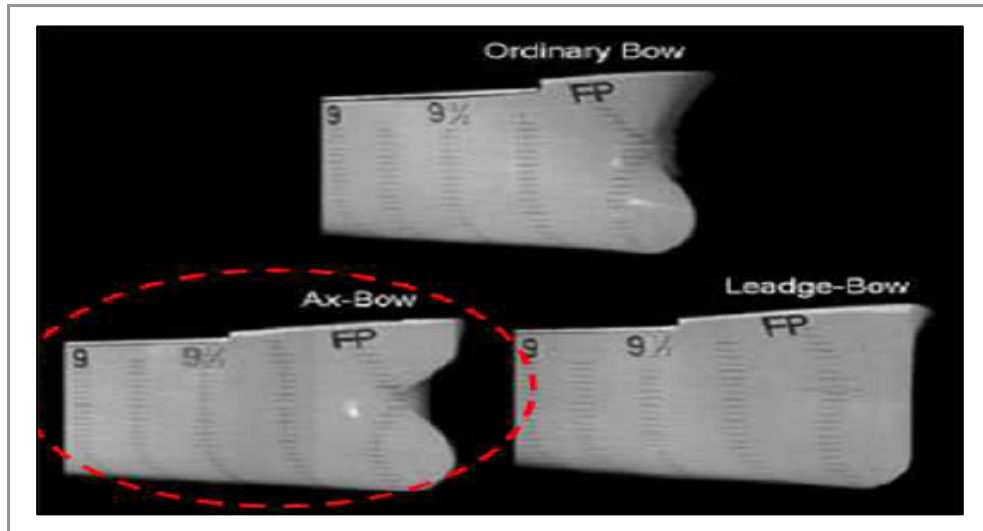
〈그린쉽 기술⁵⁾〉

구 분	분 야	구체적 기술
에너지효율 향상	선형	구조최적화, 선체 경량화
		조파저항 감소 : 선수부 최적화
		마찰저항 감소 : 선체도료 개발, air bubble
		공기저항 감소 : 상부구조 최적화
	추진성능	고효율 추진기 개발 : 상반회전 프로펠러, 가변피치 프로펠러, 보스캡핀, 덕트형 프로펠러
		부가물에 의한 추진효율 개선
	보조 동력	태양광, 풍력 등
	기관	Dual fuel, 하이브리드 등
온실가스 저감	전력 효율화	폐열회수 시스템
	운항 효율화	운항최적화 등
신 추진동력	화석연료	가스연료(LNG) 추진 선박
	비화석연료	연료전지, 핵추진 선박

5) 현재 조선 해운업계에서 개발중인 모든 기술이 망라된 것은 아니며 주로 회자되고 있는 기술 위주로 정리한 표임

- 환경규제와 시장의 변화에 대응하기 위한 조선·해운 업계의 그린쉽 개발 기술은 크게 에너지효율 향상기술, 온실가스 저감기술, 새로운 추진동력 기술 등 3가지로 나눌 수 있음
 - 에너지효율 향상기술은 현재와 같은 디젤엔진 추진기관을 주 동력원으로 사용하는 선형에서 연료효율을 향상시켜 연비를 개선하고 온실가스 배출을 최소화하는 기술을 의미
 - 온실가스 저감기술은 에너지효율 향상과는 별도로 배기가스 중 CO₂를 포집 하거나 연소가스를 후처리하는 등 배기가스 내의 온실가스를 직접 저감하는 기술을 의미
 - 새로운 추진동력 기술은 연료전지, 핵추진 등 현재의 디젤기관을 대체하는 새로운 추진 연료나 추진방식 기술을 의미
- 구조최적화는 최적의 구조설계를 통하여 선박이 충분한 강도를 유지하면서 강재 사용을 최소화하여 경량화를 실현하고 에너지 효율을 향상시키는 기술임
 - 새로운 개념의 기술개발은 아니나 대형조선소들을 위주로 고연비선박 개발과 관련하여 과거보다 더욱 연구개발에 박차를 가하고 있음
- 조파저항을 줄이기 위해서 최적화된 선수부를 개발
 - 조파저항은 선박이 항해를 하며 만들어내는 파도가 선박으로부터 나온 에너지를 소진시킴으로써 선박에 걸리는 저항임
 - 조파저항은 파도 발생을 최소화시킴으로서 줄일 수 있는데 지금까지 이러한 목적의 기구로서 구상선수(bulbous bow)가 장착되고 있음
 - 최근에는 구상선수의 최적설계 뿐 아니라 수면에서 물의 입사각을 최대한 예리하게 하고 수면에서의 선수부위를 부드럽게 만들어 주는 등의 최적설계로 조파저항을 줄이는 연구가 시도됨

〈 선수부 최적화 사례 〉



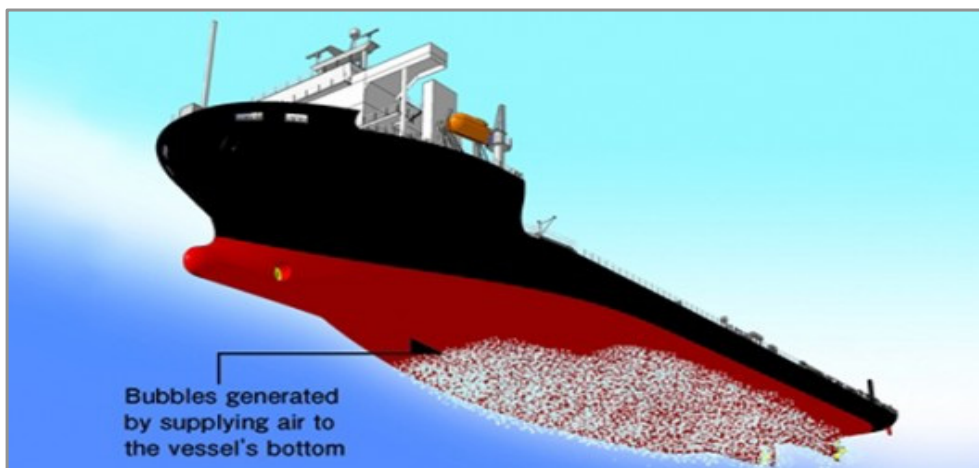
자료: 해양연구원, 홍성인 외, 국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화전략 연구」에서 재인용

□ 마찰저항을 줄이기 위한 방법으로는 도료기술과 air bubble이 연구되고 있음

- 마찰저항은 선박의 기동시 선체 표면과 물이 마찰을 일으키며 선박이 받게 되는 저항임
- 선박의 항행시 받는 저항 중 가장 큰 비중을 차지하는 요소로 선박의 속도에 따라 50~80%까지 마찰저항이 차지함
- 저항은 선박의 연료소모에 있어서 큰 영향을 미치는 요인으로 에너지 효율화를 위해서는 저항을 감소시키는 연구가 반드시 필요하며 그 중 마찰저항에 대한 저감 연구가 가장 중요
- 마찰저항 감소를 위한 특수도료와 친환경 방오도료의 개발을 통하여 약 5%의 연료효율 향상 기대
- 선체의 표면은 페인트 도료로 코팅되어 있는데 코팅의 표면 거칠기가 0.01mm 거칠어지면 연료소모가 0.3~1% 증가하는 특성이 있으며 특수도료는 이러한 거칠기를 개선하여 마찰저항을 감소

- 선박이 오랫동안 바다에서 활동하면 선저에 수중생물들이 달라붙어 선박의 저항성능을 크게 떨어뜨리는데, 이러한 수중생물의 부착을 방지하는 것이 방오도료임
- 방오도료는 과거부터 꾸준히 사용되어 왔으나 그 독성으로 인하여 IMO의 MEPC는 2003년부터 방오제로 사용되던 유기주석의 사용을 금지
- 이에 친환경 방오도료를 개발하여 수중생물 부착을 방지함으로써 선박의 마찰저항 성능을 개선하는 노력이 진행됨
- 친환경방오도료는 저항성능 개선을 통한 연료효율 제고 뿐 아니라 선박에 부착된 수중생물 제거를 위하여 수리조선 도크에 입고되는 시간을 줄여줌으로써 경제성 개선에도 기여
- 마찰저항 감소를 위하여 시도되고 있는 방법 중 air bubble은 선저부에 대량의 공기방울을 발생시켜 선체와 물의 접촉을 차단함으로써 저항을 줄이는 개념임
- 개발사인 미쓰비시중공업은 탄소가스 저감율 10%에서 최대 35%의 효과가 있다고 주장하고 있으나 논란이 있음

〈 bubble-ship 개념도 〉

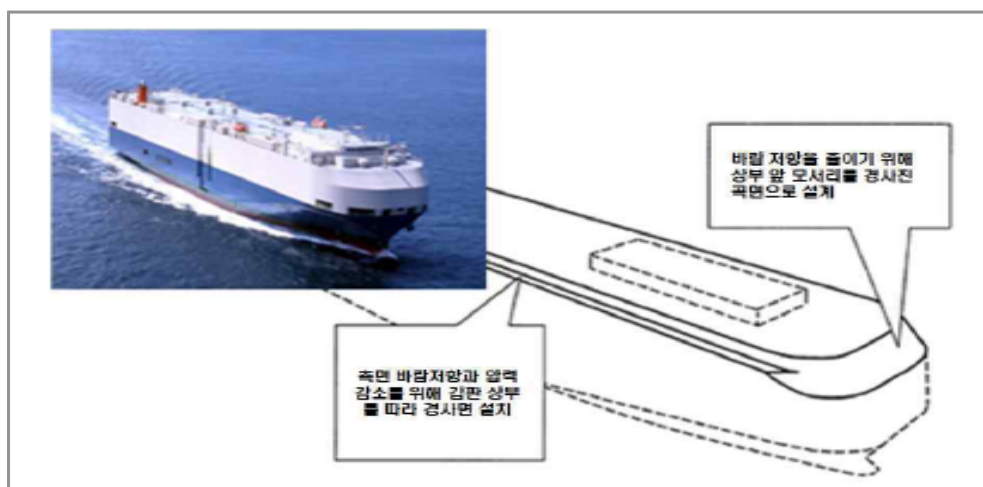


자료: 미쓰비시 중공업

□ 최근에는 에너지효율 극대화를 위하여 상대적으로 비중이 작은 공기저항에 대한 감소의 연구개발도 진행되고 있음

- 공기저항 감소를 위해서는 수면 위부분인 선체 상부의 구조를 최적화하는 기술이 요구되며 자동차와 같이 공기유동을 원활하게 할 수 있는 유선형 설계가 요구됨

〈바람저항을 줄인 자동차 운반선 사례〉

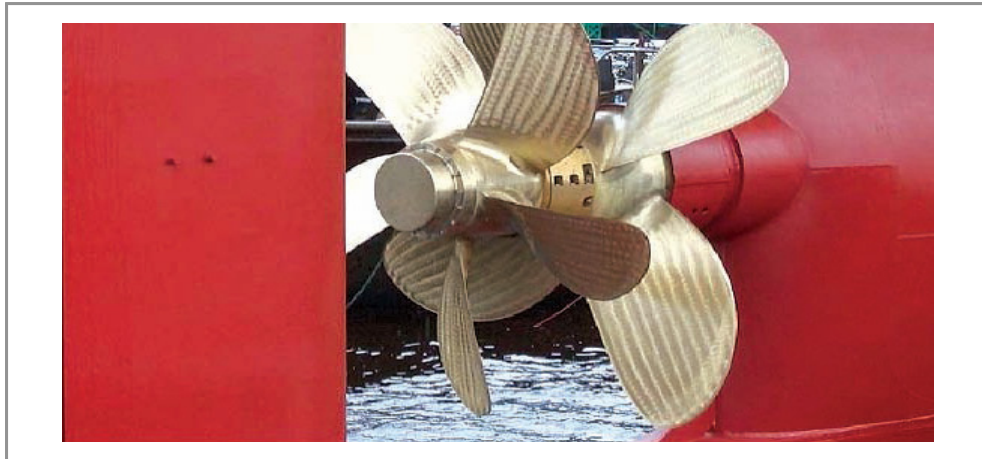


자료: 해양연구원, 홍성인 외, 국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화전략 연구, 에서 재인용

□ 선박을 직접적으로 추진하는 추진기(프로펠러)의 효율성 제고를 통하여 약 5~15%까지 에너지효율 향상 기대

- 상반회전프로펠러(counter rotating propeller :CRP)는 서로 다른 방향으로 회전하는 프로펠러를 전후에 위치시킴으로써 효율성을 높인 추진기로 에너지 효율 10~15% 향상을 기대
 - CRP는 전방프로펠러가 내는 후류중 추진에 기여하지 않는 회전방향의 물의 흐름을 후방프로펠러가 흡수하여 추진력으로 발생시킴으로써 효율을 극대화함
 - 이미 대형선박에 장착하여 10% 이상의 에너지효율 향상 확인

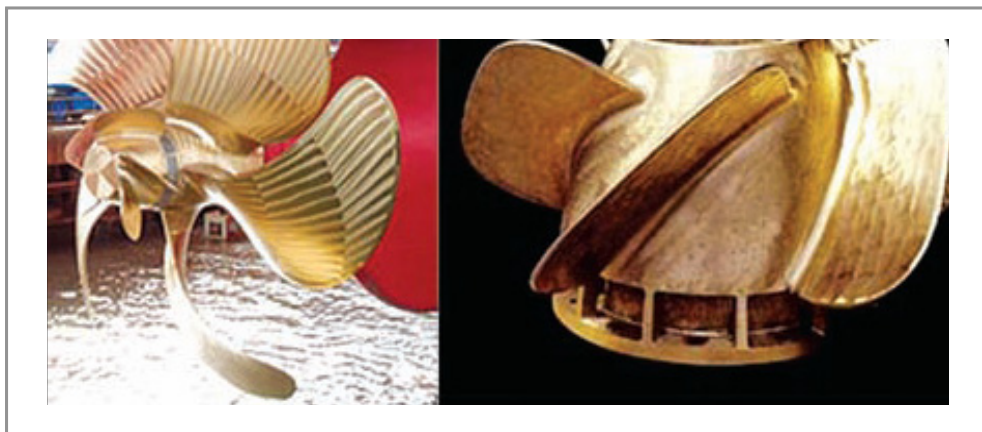
〈 상반회전 프로펠러 〉



자료: Wartsila-IHI CRP, KR Technical Report 2012에서 재인용

- 대형 저속기관에 적합
- 인접한 프로펠러를 역회전 시키기 위한 기어장치의 장착 등으로 축의 구조가 복잡해지며 초기 비용이 높아지는 단점이 있음
- 프로펠러보스캡핀(propeller boss cap fin: PBCF)는 프로펠러 중앙 선단에 설치하는 간단한 장치로 효율을 향상시킴

〈 Propeller Boss Cap Fin 〉



자료: MOL, KR Technical Report 2012에서 재인용

- 프로펠러 후단중앙에는 중앙부 소용돌이에 의하여 저압부분이 생기는데 이러한 저압부는 선박을 뒤로 끌어당기는 효과가 있어 추진효율이 떨어짐
- PBCF는 중앙부에 하나의 후류를 만들어 줌으로서 저압부를 없애고 추진 효율을 증가시킴으로써 약 4~5%의 연료효율 향상 효과가 있음
- 가변피치 프로펠러(Controllable Pitch Propeller: CPP)는 프로펠러 날개 하나하나가 허브에 개별적으로 연결되어 있고 각도의 조절이 가능하여 유리한 입출력각을 만듦으로써 효율을 향상시키는 추진기임
- 본래는 예인선이나 소형정처럼 운항조건이 심하게 바뀌는 선박에 사용되며 장거리 정속운항 선박에는 적합하지 않으나 고속운항 하는 일부 선박에 장착하여 10% 이내의 효율 향상 가능

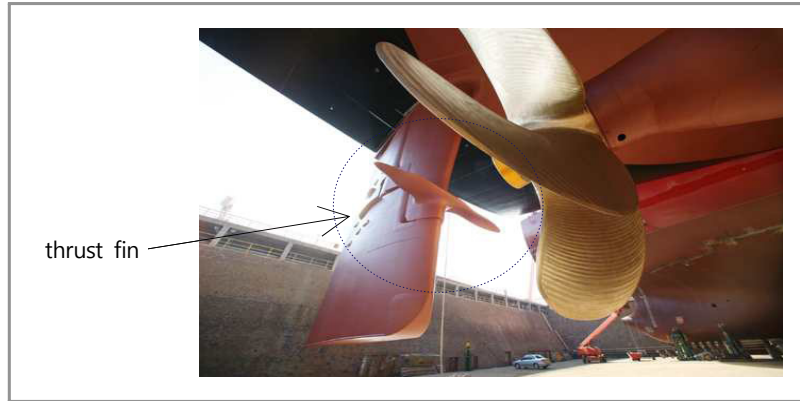
〈 가변피치프로펠러: CPP 〉



자료: KR Technical Report 2012

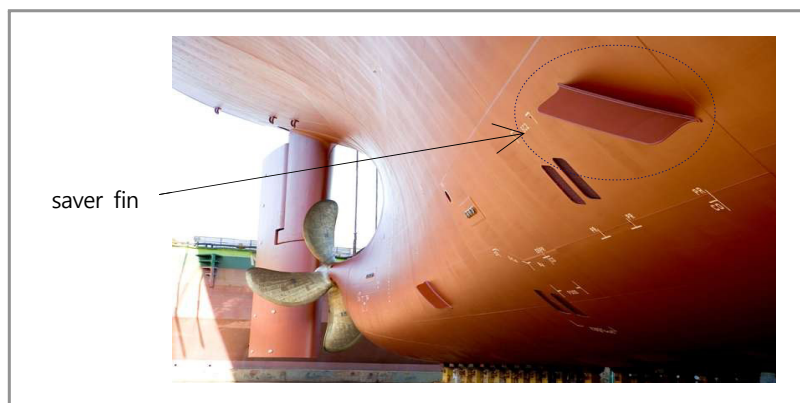
- 선박의 운항시 물의 흐름을 조절하여 프로펠러의 효율을 향상시키는 부가물을 장착함으로써 에너지효율을 제고하는 연구도 국내 조선소들을 중심으로 진행 중
- 선박의 실제 운항조건에서는 파도와 해류 등 복잡한 물의 흐름으로 프로펠러의 효율에 유리한 입사각이나 후류의 흐름을 얻기 어려움

〈 현대중공업의 Thrust Fin 〉



- 이에 프로펠러 전후에 설치된 부가물을 통하여 해수의 흐름을 조절함으로써 상반회전 프로펠러와 같은 고효율의 효과를 얻을 수 있다는 개념임
- 현대중공업은 프로펠러 뒤쪽 rudder에 장착된 fin으로 3~6%의 연료절감 효과가 있다고 주장하고 있으며 대형 컨테이너선의 경우 연간 240만 달러의 연료 절감 가능
- 삼성중공업은 선체 후부 측면의 saver fin을 통하여 프로펠러로 들어가는 물의 흐름을 개선하여 3~5%의 연료절감과 50% 진동감소 효과가 있다고 주장
 - 현재 VLCC 등에 장착 중

〈 삼성중공업의 Saver Fin 〉

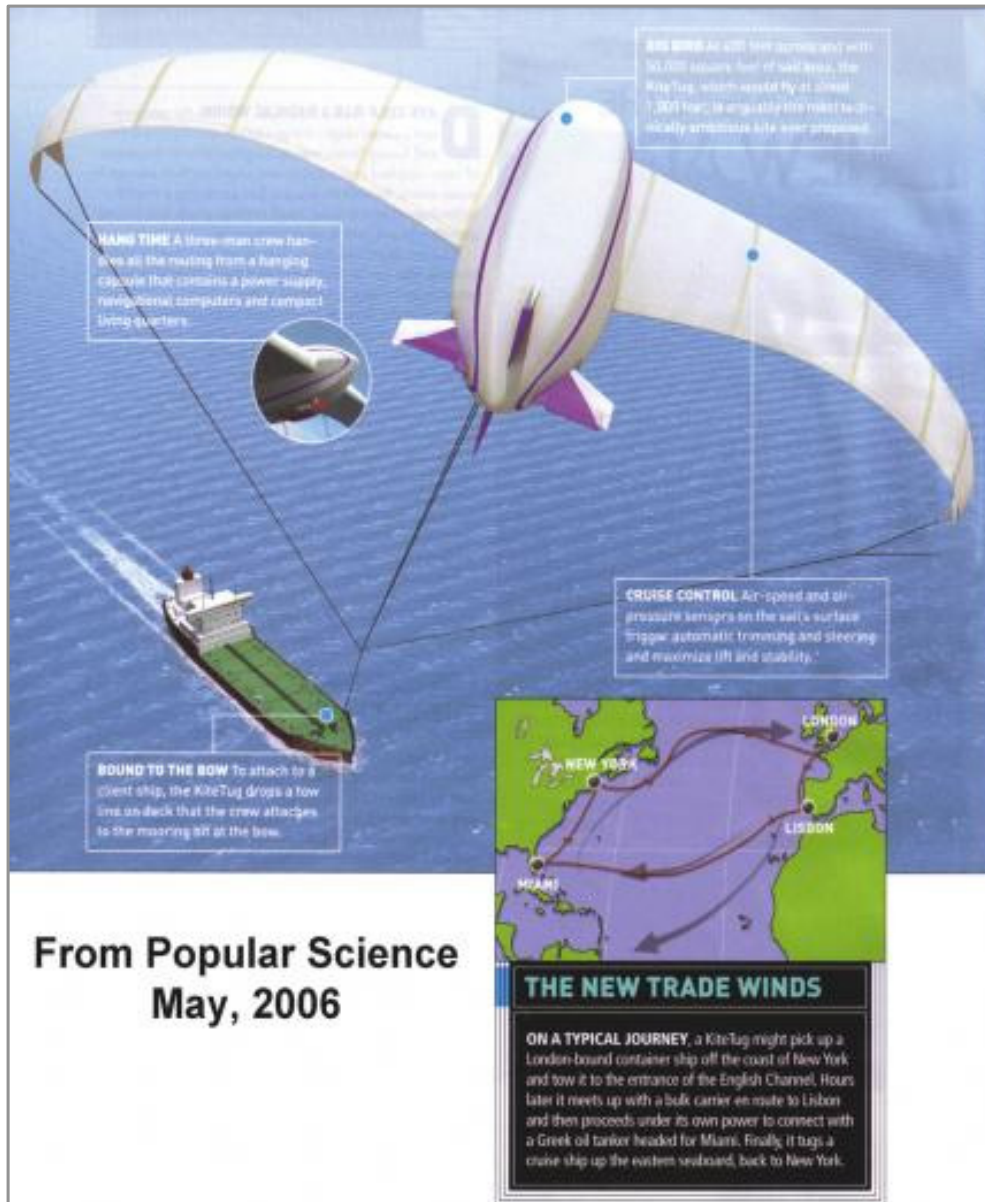


〈 대우조선해양의 전류고정 날개 〉



- 대우조선해양은 프로펠러 앞쪽의 전류고정날개(프로펠러 입사류의 흐름 개선)를 장착함으로써 4~6%의 연료절감효과가 있는 것으로 주장
 - VLCC에 장착 실적이 있음
- 태양광, 풍력 등 신재생 에너지가 보조 동력으로 사용되는 방안도 개발 중임
 - 무역풍을 타는 연(kite)를 이용한 선박은 15knot 엔진에서 엔진동력율은 15~20%까지 절감할 수 있는 것으로 알려짐
 - 요트 등의 추진력으로 쓰이는 돛(wind sail)은 대형선박에 장착하는 연구가 진행 중이며 이론적으로는 25%까지 동력 절감 가능
 - 선박의 유허공간에 태양전지를 설치하여 전력을 생산함으로써 전력생산을 위한 보조엔진의 연료유를 줄일 수 있는 실증연구가 이루어지고 있음
 - 주로 유허공간이 넓은 자동차운반선의 사례가 많고 이미 실용화된 실적이 있음

〈 연(Kite)을 이용한 선박의 개념도 〉



자료: www.kiteship.com

〈 태양광발전 선박(자동차운반선) 사례 - STX 도브호 〉



자료: STX팬오션

- 엔진기술과 관련하여 천연가스를 보조연료로 사용하는 dual fuel 기술이 이미 상용화 되었고 전기추진방식과 혼재된 하이브리드 추진도 개발 중에 있음
 - 국내 조선소들은 LNG선에서 자연적으로 기화되어 버려지는 천연가스를 엔진으로 주입하여 기존의 벙커유와 함께 사용하는 dual fuel 기술을 이미 많은 LNG선에 적용 중임
 - 이 기술로 연간 연료비가 180~370만달러 절감되는 효과가 있음
 - 또한 세계적인 엔진회사들과 함께 연료전지를 이용한 전기추진방식을 혼용한 하이브리드 기관을 개발 중에 있음
 - 이는 연료전지를 출항과 도착 등 보조적인 추진에 이용하고 항해시에는 선박에 필요한 전력을 생산하는 방식으로 활용하여 약 5%의 연료 절감효과를 기대

□ 버려지는 열을 이용하여 전기를 생산함으로써 전력 효율을 높이고 보조 동력의 연료를 절감하는 폐열회수시스템이 이미 상선에 장착 중임

- 폐열회수시스템은 버려지는 200℃ 이상 고온의 배기가스를 회수하여 터빈을 구동하고 이를 통하여 전기를 생산하는 시스템임
- 현재 VLCC 등 20여척의 상선에 적용중이며 향후 선주들의 요구가 증가하며 적용 선박이 크게 늘어날 전망

□ 운항최적화 기술을 통하여 연료를 절감하는 기술도 지속적으로 개발 중임

- 선박의 성능과 기상환경, 파도 등 운항에 필요한 정보를 수신하여 최적의 항로를 계산함으로써 연료비를 절감하고 안전하게 운항하도록 하는 시스템이 지속적으로 개발 중임
- IT기술과 융합하여 계속 진화 중이며 주요 조선소들은 운항최적화시스템을 항해·안전시스템 내에 구축하고 있음

□ 환경규제에 대응하기 위하여 연료효율화 뿐 아니라 CO₂가스의 직접적인 저감 기술도 개발되고 있으나 연료효율 저하 등으로 어려움이 있음

- 후처리 기술은 흡수, 흡착, 막분리 등 화학적인 방법을 통하여 CO₂가스를 포집하는 기술임
- 후처리 기술 외에도 연소전 연료를 반응처리하여 CO₂와 H₂로 분리하여 배기가스 중 CO₂만을 용이하게 포집하는 전처리 기술과 연료를 공기 대신 산소로만 연소시키는 순산소 연소기술 등이 있음
- 이러한 CO₂의 직접적인 포집기술은 환경규제를 직접적으로 피할 수 있는 기술로서 효과적이지만 다음의 난점으로 인하여 실질적인 적용에는 어려움이 있음
 - 에너지가 추가적으로 필요하여 비용이 크게 증가
 - 흡수탑 등 설비의 부피가 크고 선종에 따라서는 설치가 어려운 경우도 있음

- 포집된 CO₂의 선내저장이 어려움에도 불구하고 해양투기 또한 금지되어 있어 이에 대한 해결 방안을 가지고 있어야 함

□ 조선업계는 궁극적으로 고유가 기조와 규제의 강화로 인하여 새로운 추진 시스템이 필요할 것으로 인식하고 있으며 가스연료 추진 선박, 연료전지, 핵추진 기술 등이 검토, 개발되고 있음

- 연료효율 향상 노력에도 불구하고 강화되는 규제의 내용으로 인하여 현재와 같은 디젤엔진 추진시스템은 한계에 부딪칠 것으로 예상

- 2025년 30%의 온실가스 저감규제를 만족시키기 위해서는 현행대비 약 43%의 에너지 효율향상이 필요하며 이는 현재의 시스템으로는 불가능 하다는 것이 대체적인 인식임

□ 가스연료 추진선박은 새로운 연료 또는 추진 시스템중 가장 먼저 상용화될 것으로 예상되며 벙커링(연료주입)시스템과 안전성 문제가 해결된다면 급격히 확산될 것으로 예상

- 가스 추진선박은 이미 한국 조선소들이 LNG선에 dual fuel 추진엔진으로 적용한 사례들이 있어 엔진에 있어서는 기술적으로 상당한 진전이 있는 것으로 보임

- 가장 큰 문제로는 항구에 대형선박에 대한 천연가스의 연료주입 즉 벙커링 시스템의 기술개발이 아직까지 이루어지고 있지 못하다는 것임

- 그러나 한국가스공사를 비롯하여 전 세계적인 에너지사들이 이러한 흐름에 발맞춰 가스의 벙커링 시스템에 대한 개발의지를 보이고 있거나 관련 연구를 통하여 시장에 진출하려는 움직임을 나타냄

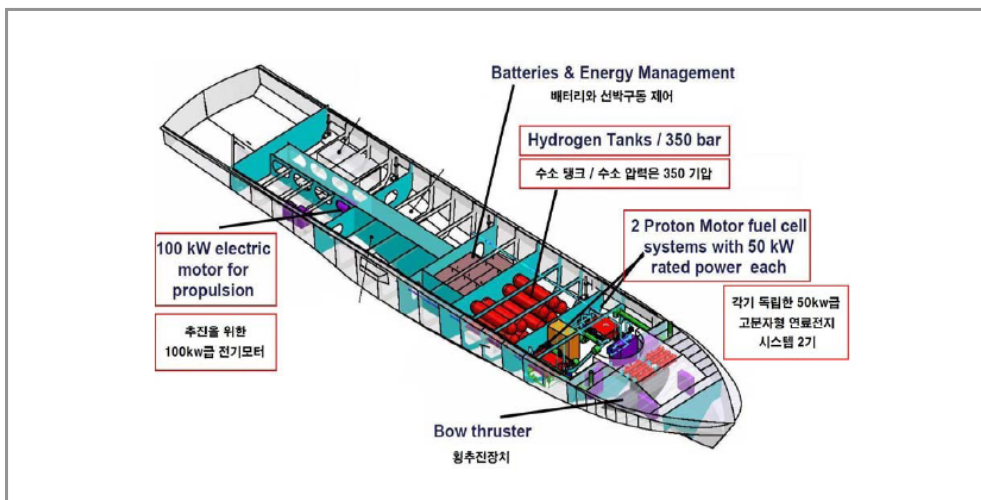
- 머지않은 시기에 이 문제는 해결될 것으로 예상

- 그 외에 연료탱크의 배치와 압력, 폭발 위험에 따른 안전성 문제 등이 가스 연료 추진선박 상용화의 큰 문제 중 하나가 될 것으로 보임

□ 연료전지를 추진 동력으로 하는 선박이 연구개발 중에 있으나 중단기적으로 상용화되기에는 어려움이 있을 것으로 예상

- 연료전지는 연료 중의 수소성분을 공기중 산소와 결합시켜 만들어지는 전기를 에너지원으로 이용하는 전지로 대표적인 친환경 에너지임
- 연료전지는 고효율 발전의 특성이 있고 온실가스를 포함한 유해 가스가 거의 배출되지 않아 미래의 에너지원으로 각광받고 있음
- 이미 잠수함에 적용된 사례가 있고 일부 소형선박의 경우 시험 운전되는 선박들이 등장한 바 있음
- 그러나 아직까지 비용이 높고, 안전성 문제도 해결해야할 과제가 많으며 수소를 충전하고 저장하는 방법에 대해서도 더 많은 연구 필요
- 그러므로 수년 내에 대형 선박에서 상용화되기는 어려울 것으로 보이나 중장기적으로 문제를 해결해 나가면서 궁극적으로는 선박의 추진동력으로 자리를 잡을 것으로 예상

〈 독일 함부르크 연료전지 선박 배치도 〉



자료: 한국선급에서 재인용

□ 새로운 동력원으로서 원자력을 이용한 핵추진 선박도 개발 중임

- 핵추진선박은 원자로에서 발생하는 증기를 동력원으로 추진력을 얻는 선박을 의미함
- 1950년대부터 군사용 선박으로 연구되어 잠수함, 항공모함에 적용됨
- 현재 민수용으로는 러시아의 쇄빙선 등 극히 일부에만 적용되고 있는 것으로 알려짐
- 핵추진선박은 다음의 장단점을 가짐
- 핵추진선박은 온실가스 배출이 전혀 없고 연료교체도 수년에 한 번씩만 교체하는 등 많은 장점이 있음
- 반면, 고온, 고압, 무거운 설비, 사고에 대비한 안전성 확보, 선박용 원자로의 개발과 기준 마련 등 해결할 과제가 많음
- 또한 후쿠시마 원전사태 이후 원자력에 대한 국제적인 반감이 높아 향후 핵추진 선박에 대한 입항거부 등 정치적인 위험도 따르고 있음
- 이러한 요인 때문에 중단기적인 선박개발이 가능할 것인지에 대해서는 의문임

〈 핵추진선박의 장단점 〉

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> - 초대형, 초고속 엔진으로 적합 - 온실가스 배출이 없음 - 동력 생산에 공기가 필요 없기 때문에 잠수정 및 잠수함에 유리 - 대용량의 연료유 탱크 불필요 - 핵연료 소비량이 매우 적음(2~5년에 핵연료 교체) 	<ul style="list-style-type: none"> - 방사선 차폐가 중요, 설비가 무거움 - 승무원을 위한 다중의 안전설비가 필요 - 방사능시설에 대한 숙련된 기술원 필요 - 초기 건조비가 매우 큼 - 핵연료 교체(재장전) 시설 필요 - 원자로 유지보수 절차가 매우 복잡함 - 입출항 절차가 매우 복잡함

자료: 한국선급, “KR Technical Report 2012”에서 인용

2. 해외의 기술 동향

□ 유럽과 일본의 경우 자국 조선업과 기자재산업의 재부흥을 위하여 그린쉽 기술을 보다 일찍부터 준비한 것으로 보임

- 과거 조선산업을 주도한 경험이 있는 유럽과 일본의 조선소 및 기자재업체는 이러한 환경규제를 자국 조선업 또는 기자재 산업이 다시 한 번 주도권을 잡을 수 있는 기회로 보고 있음
- 이들 국가들은 교토의정서 Annex I 국가들로 환경규제에 대한 개념을 보다 빠르게 정립하고 조선업에서도 이에 대한 대비를 한 것으로 추정
- 오히려 세계 조선산업을 양분하고 있는 한국과 중국의 대응이 이들 국가들에 비하여 뒤쳐진 것으로 판단됨

□ 유럽의 경우 폐열회수장치 등 에너지효율화 기술개발이 중점적으로 추진되는 것으로 추정되며 동시에 미래형 선박을 위한 연료전지 기술개발에 많은 투자를 기울이는 것으로 보임

- 유럽 개별업체 또는 연구소 등의 구체적 개발 상황은 각사의 기밀에 해당 되어 정확한 현황을 파악하지 못하고 있음
- 다만 유럽 지역의 다수의 연료전지 프로젝트가 진행 중인 것으로 나타나 동 기술개발에 강한 의지를 보이고 있음
- 유럽지역의 프로젝트들은 2010년을 전후하여 실선 제작과 운영을 포함하는 1단계 사업을 마무리하는 것으로 나타남
- 동 프로젝트들은 연료전지개발 뿐 아니라 수소탱크, 모터 등 관련 설비와 기자재 개발, 선박의 운항 시스템 개발 등 종합적인 상용화에 초점을 두고 있음
- 연료전지 프로젝트 외에 덴마크가 주도하는 ‘Green Ship of the Future’ 프로젝트는 폐열회수, 추진기 최적화, 운항최적화 등 여러 가지 기술개발을 통하여 30%의 CO₂ 절감을 목표로 추진 중

〈해외 연료전지 선박 프로젝트〉

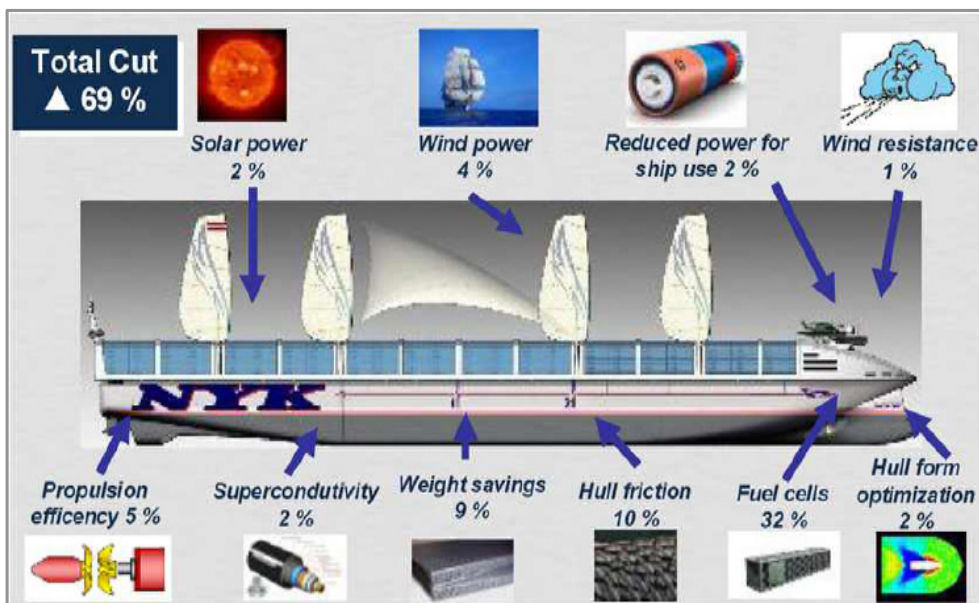
이름(프로젝트)	국 가	연료전지 출력	연료전지 종류	기 간	용 도
Fellow Ship	노르웨이	330kW	MCFC	2003~2010/ 2010~(3단계)	OSV
Fuel Cell boat	네델란드	60~70kW	PEMFC	~2007년 말	소형통근선
Methapu	판란드	250kW	SOFC	2006.11~ 2009.	자동차운반선
MC WAP	이태리	500kW	MCFC	2005.9~ (5년간)	선박용 연료 개질
ZEM Ship	독일	100kW	PEMFC	2006.10~ 2010.4	100인승 연료전지 유람선
e4Ship	EU	350~500kW	MCFC	2009~2016	친환경 선박 개발 Project
Elding	아이슬란드	-	PEMFC	2007~2010	고래탐사선
Zero CO ₂ Sailboat	프랑스	25kW	PEMFC	~2010	Sailboat
Marti	터키	8.5kW	PEMFC	2008~2011	8인용 boat
SSFC	미국	25MW	MCFC	2003~2009	군사용
NYK Super Eco Ship	일본	40MW	MCFC/SOFC	2009~2030	미래형 선박 개념 설계

자료: 한국선급, "KR Technical Report 2012"에서 인용

- DNV가 주도하는 ‘Quantum’ 프로젝트는 선형개선, dual fuel(LNG), 화물 운송 능력 확대, CO₂ 배출량 30% 절감을 목표로 미래형 선형을 개발
- 일본의 그린쉽 기술은 구체적으로 파악하기는 어려우나 한국보다 다소 앞서 있는 것으로 추정
 - 일본의 그린쉽 기술의 수준은 다소의 논란이 있으나 한국보다 오랫동안 투자 하고 준비한 것으로 보임

- 구체적인 기술개발 수준은 유럽의 경우와 마찬가지로 각 사나 연구기관별로 기밀에 속하여 구체적으로 파악하기는 어려움
 - 공개, 발표된 기술과 프로젝트 중에는 미쓰비시중공업의 bubble ship과 NYK의 'Super Echo Ship 2030'이 눈에 띈
- Super Echo Ship 2030은 그린쉽기술이 망라된 신개념의 미래형 친환경 선박을 개발하는 프로젝트로 현존선 대비 약 69%의 CO₂ 절감을 기대
- 프로젝트는 장기적인 기술 로드맵을 설정하고 LNG를 연료로 하여 연료 전지를 통한 전기추진을 하는 개념의 미래형 선박을 개발
 - 선박에는 태양광, 풍력 등 신재생 에너지를 사용하고 에너지효율형 기자재 사용, 선형의 최적화, 마찰저항 감소, 경량화, 고효율 추진기 등을 사용하여 에너지 효율을 극대화 하는 것이 특성
 - 사업기간은 2009년부터 2016년까지 7년으로 알려져 있음

〈 Super Echo Ship 개념도 〉



자료: NYK

3. 우리나라 조선업계의 환경기술 현황

□ 국내 조선업계는 단기적으로 선형과 추진효율에 초점을 맞추어 선박기술을 개발하고 있는 것으로 보임

- 현재 국내 조선소들은 내부적으로 최적선형 개발을 통한 저항감소와 이에 따른 에너지효율 향상기술에 많은 투자를 하고 있는 것으로 보임
- 또한 우선적으로 추진기 전후의 유동개선을 위한 부가물을 각 조선소별로 독자적인 연구를 통하여 개발하였고 실선에 장착하고 있는 단계임
 - 앞서 기술한 thrust fin, saver fin, 전류고정 날개 등이 사례임
- 이러한 부가물과 선형개발에 있어서는 조선산업의 주도 국가로서 조선산업의 기반이 이미 위축된 유럽 및 일본에 비하여 우위에 있는 것으로 판단됨

□ 국내 조선업계도 장기적으로는 연료전지 추진선박이 가능성이 있을 것으로 판단하고 있으며 중간단계로서 가스연료 추진선박을 개발하고 있음

- 국내 연료전지 개발은 자동차업계에서 강도 높은 개발을 추진하고 있는 것으로 알려지고 있으며 그 외에 일부 대기업에서도 연구개발에 투자하고 있음
 - 이러한 타 산업의 개발 결과는 향후 선박분야로도 파급될 것으로 전망
- 현재 선박에 적용될 연료전지의 개발은 조선소 외에도 국내 관련 기업 및 연구소, 한국선급 등 관련기관이 개발에 투자하고 있음
- 연료전지 개발에도 불구하고 추진기관으로 선박에 적용하기까지는 아직도 기술적으로 많은 문제들이 남아 있어 이러한 개발이 완료되기까지는 최소한 15년 이상이 소요될 것으로 전망
- 그러므로 경제적이며 CO₂가스 배출량을 저감할 수 있는 새로운 시스템으로 가스연료 추진선박이 대안이 될 것으로 보이며 업계는 이에 대한 개발 노력을 기울이고 있음

- 가스연료 추진선박은 앞서 기술한 바와 같이 LNG선에서의 dual fuel 시스템으로 이미 가능성을 입증하였고 최적의 엔진 개발을 위하여 세계적인 엔진 업체와도 협력하고 있는 것으로 알려짐
- 다만, 연료탱크의 안전성, 비용 등 해결할 과제가 많이 남아 있음
- 중단기적으로는 선형, 부가물, 폐열회수 등 가능한 기술들을 종합하여 5년 이내에 약 10% 내외의 연료효율 향상과 10% 이상의 CO2 저감은 가능할 것으로 보임
- 그러므로 2015년 현행대비 10% 감축 규제는 대체로 무난할 것으로 판단됨
- 다만, 중장기적으로 2020년부터 발효되는 규제에 대해서는 아직까지 단정하기 어려움
- 2020년에는 현행대비 CO2 가스 20% 감축 2025년에는 30%감축 등 강도 높은 규제가 시행될 예정임
- 이러한 정도의 규제는 기술적으로 에너지효율을 현행대비 20~40%까지 감축시켜야 함을 의미하는데 이는 현재 제시된 연료효율 향상 기술로는 거의 불가능함
- 가스연료 추진선박, 연료전지 선박 등의 개발성과에 따라 규제 통과와 성패가 달려 있을 것으로 전망
- 중소조선소의 기술개발과 규제대비 현황은 심각한 상황이며 이에 대해서는 국가적인 지원이 필요함
- 2013년 시행되는 규제는 과거 10년치의 실적선 평균치가 기준선이므로 국내 우수 설계전문사들의 실적선 만으로도 충족시킬 것으로 보임
- 그러나 2015년 이후 규제는 추가적인 연구개발 투자와 기술개발 노력 없이는 충족시키기 어려운 실정임

- 현재 재무적으로 어려움에 처해 있는 중소조선 업체로서는 이에 대한 대비가 어려운 상황이며 R&D를 담당할 기관조차 없는 실정이므로 대책이 매우 시급함
- 이를 위해서는 국책연구소의 확충 등 정부의 지원이 필요한 실정임

IV 연비기술 전망 및 해운·조선산업에 미치는 영향

1. 연비기술 현황 및 전망

- 현재의 연비기술(에너지효율 향상기술)의 발전정도는 정확히 추정하기 어려움
 - 국내 조선소 뿐 아니라 전 세계적으로 선박의 에너지효율을 향상시키기 위한 기술개발 노력이 진행되고 있고 일부 기술은 이미 선박에 적용되고 있음
 - 그럼에도 불구하고 연비기술의 진전, 즉 에너지 효율향상이 과거 선박에 비하여 어느 정도로 이루어졌는지 추정하기는 쉽지 않음
 - 아직까지 그린쉽 적용 선박의 숫자가 많지 않고 선박의 연비에 관한 자료는 해운사의 영업비밀로 취급되어 데이터화하기가 어렵기 때문임
- 연비기술은 지난 수십년간 매우 느리게 발전하였으나 IMO의 환경규제로 최근 수년간 빠른 움직임을 보이고 있음
 - 지난 수십년간 조선업계는 대형화, 운송효율화에 초점을 맞추어 기술개발이 이루어져 왔으며 연비효율 제고는 느린 속도로 발전하여온 것으로 나타남
 - 그러나 IMO의 환경규제 움직임이 본격화된 이후 에너지효율 제고에 대한 집중적인 기술개발이 이루어지고 있고 실선박에 대해서도 빠르게 적용시키고 있음
 - 국내 대형조선소의 주장에 의하면 최근 3년간 적용된 기술로 인하여 연비의 10% 향상 효과가 이루어짐

- 다만, 해운업계는 실제 운항조건에서 해수의 복잡한 흐름, 화물의 무게, 파도 등 바다의 환경 등에 의하여 연비효율 향상은 이에 크게 미치지 못한 다는 주장도 있어 실질적인 효과는 가늠하기 어려움
- 양쪽의 엇갈리는 주장에 대하여 데이터를 통하여 확인할 수는 없으나 한국 또는 일본산 최신 선박의 경우 과거에 건조한 선박에 비하여 실질적으로 5%내외의 연비향상 효과가 있는 것으로 추정
 - 중국산 선박의 경우 여전히 연비면에서 불리하며 아직까지 크게 개선되지 못하고 있다는 것이 해운업계의 대체적인 설명임
- 단기적으로 국내 및 해외 조선업계는 현재의 디젤엔진 시스템을 유지하면서 에너지효율 향상기술을 개발하고 적용할 것으로 보이며 추가적으로 10% 내외의 연비효율 향상 예상
 - 2013년의 EEDI 규제와 2015년의 10% 추가 감축 규제는 현재의 디젤엔진 시스템을 유지한 채 에너지효율 향상기술로써 대응할 것으로 전망
 - 선형최적화를 통한 저항감소, 추진기 및 추진효율 향상, 폐열회수 시스템 등이 집중적으로 개발, 적용될 것으로 예상
 - 조선업계는 이를 통하여 약 5년 내에 10%의 추가적인 에너지효율화를 달성 할 것으로 추정
 - 그 외에 선형에 따라 공간이 허락한다면 보조동력으로서 태양광발전의 사용도 확산될 전망
 - 특히 상갑판의 여유공간이 많은 자동차 전용선 등이 주로 적용 예상
- 2020년의 20% 감축 및 2025년의 30% 감축의무는 현재의 디젤엔진 시스템으로는 만족시키기 어려울 것으로 보이며 가스추진기관 등 새로운 추진엔진이 도입될 것으로 예상
 - 2020~2025년도 규제를 만족시키기 위해서는 연비효율이 약 20~43%까지 향상되어야하며 이는 현재의 엔진시스템으로는 거의 불가능할 것으로 보임

- 그러므로 연비개선 효과는 이에 미치지 못하더라도 탄소가스 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 가스추진기관이 선박에 적용될 것으로 예상
- 규제가 강화되는 2020년 이전에 가스추진기관 선박은 상용화될 것으로 보이나 안전성과 설계, 연료탱크 등의 기술발전 여부를 좀 더 지켜봐야 할 것임
 - 세일가스 개발 등으로 천연가스의 가격은 안정화될 것으로 보여 가스추진기관 개발은 더욱 탄력을 받을 전망이며 다만 항만에서의 병커링 시스템 추진 속도에 따라 상용화시기에 영향을 받을 것으로 보임
- 2030년 이후에는 연료전지 등 보다 획기적인 추진방식이 선박에 적용될 것으로 예상
 - 수소인프라 등 어려운 난관인 연료전지 추진기관의 기술적 문제들이 장기적으로 해결된다면 연료전지추진선박도 상용화가 가능할 전망
 - 또한 안전성과 정치적 문제 등이 해결 방안을 찾는다면 핵추진 선박도 동시기부터는 상용화가 가능할 전망
 - 다만, 이러한 선박들이 10년 이내에 상용화되기는 어려울 것으로 보여 시황에 미칠 영향은 제한적일 전망이며 본고에서 이들이 미칠 영향에 대해서는 논의에서 제외함

2. 연비향상의 전반적인 영향

- 전술한 바와 같이 2020년까지의 그린쉽 기술은 현재의 디젤엔진 시스템을 기반으로 한 에너지효율 향상 위주의 개발이 예상됨에 따라 연비향상이 어떠한 영향을 미칠 것인지 평가 필요
 - 디젤엔진 이외의 추진시스템은 보다 장기적으로 기술개발의 추이를 지켜 보며 평가하는 것이 바람직 할 것임

- 그러므로 본 절에서는 디젤기관 기반의 연비향상이 산업이나 시장에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대하여 평가함

□ 연비 향상의 효과는 선종별, 선박의 크기, 속도 등에 따라 다르게 나타남

- 연료의 소모량은 선종에 따라 또한 크기와 운항 속도에 따라 다르게 나타남
- Clarkson의 표준선⁶⁾ 데이터를 기초로 살펴보면 일일 연료소모량은 컨테이너선 > 탱커 > 벌크선 순으로 나타남⁷⁾
- 따라서 연비향상의 경제적 효과는 컨테이너선 시장에서 가장 크게 나타날 것으로 보이며 중소형 벌크선 시장에서 그 효과가 가장 작을 것임

〈 Clarkson 표준선박의 사양 〉

선종	선형	dwt 또는 teu	평균속도(kts)	평균 연료소모량 (ton/day)
Bulk	Capesize	172,000	14.75	56
	Supramax	52,454	14.25	30
Tanker	VLCC	300,000	14.5	90
	MR	47,000	14.5	36
Container	post-panamax	7,500*	24.2	210.6
	Sub-panamax	2,500*	22.1	88.2

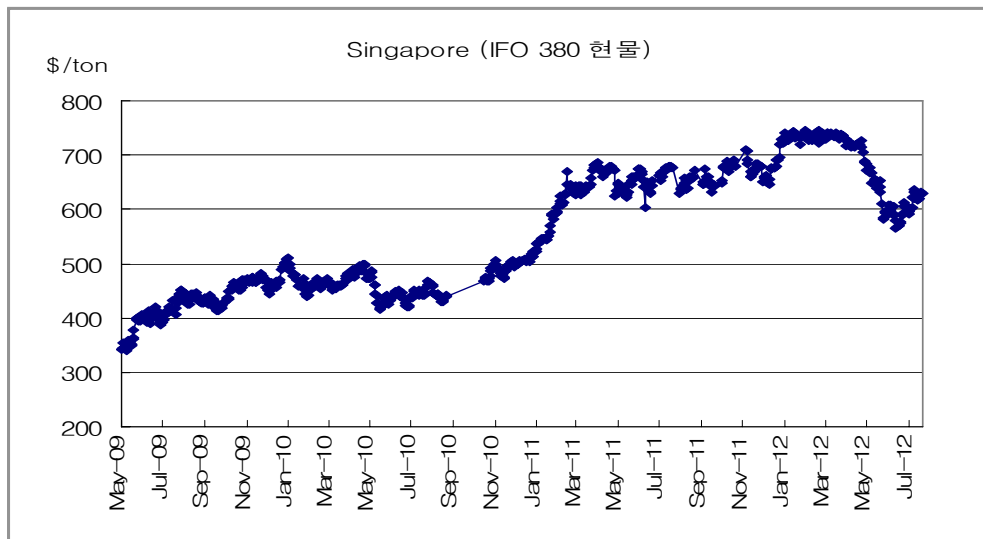
자료: Clarkson, *는 TEU 단위의 크기임

6) Clarkson의 자료에 인용되는 표준선박으로 탱커와 벌크선의 경우는 Baltic Exchange의 표준선박을 사용하고 있으며 선박의 수익(earning) 계산 등에 활용된다. 컨테이너선의 경우는 현재의 전 세계 컨테이너선대(container fleet)의 평균치를 선형별로 나타내고 있다. 엄밀히 Clarkson 표준선이라는 용어는 존재하지 않으나 본 절에서는 편의상 Clarkson 자료로부터 얻은 선박의 데이터를 위와 같이 부르기로 하겠다.

7) 표준선에 있어서 컨테이너선 데이터는 감속운항 이전 데이터를 사용하고 있어 실제로보다 과도한 연료 소모량이 표시되고 있으나 보정할 수 없어 감속운항 이전의 데이터를 그대로 사용함

- 특히, 최근 들어 선박연료유인 벙커유의 가격이 높은 수준에서 형성됨에 따라 연비기술은 시장에 큰 영향을 미칠 전망

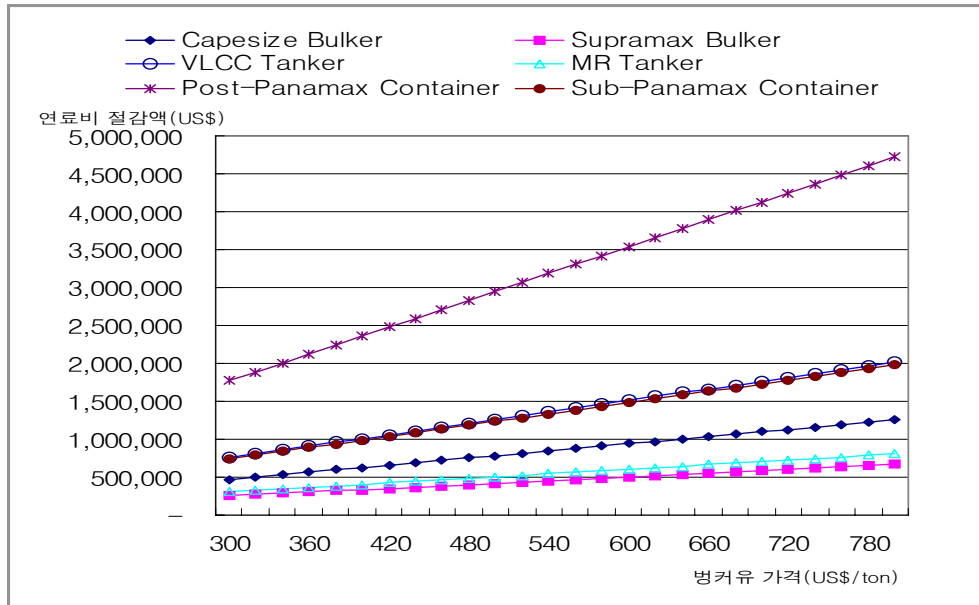
〈 벙커유 가격 추이 〉



자료: Korea PDS

- 최근 경기부진의 원인으로 연초대비 다소 하락하였으나 과거 3년 전과 비교하면 매우 높은 수준을 나타내고 있음
 - 또한 석유자원 고갈 추세에 따라 향후에도 고유가 기조가 지속될 것으로 예상되어 벙커유가격 역시 높은 수준을 이어갈 전망
 - 그러므로 고연비 선박의 보유 여부는 해운사 경쟁력에 상당한 영향을 미칠 것으로 전망
- Clarkson 표준선박을 기준으로 10%의 연비 향상은 대형선박의 경우 척당 수백만달러의 연료비 절감을 가져오는 것으로 나타남

〈 선종별 연간 연료비 절감액 〉



- 위의 그래프는 Clarkson 표준선박의 각 선형에 대하여 연비향상이 10% 이루어진 경우 연간 운항일수 280일을 기준으로 계산한 수치이며⁸⁾ 벙커유 가격은 300~800달러까지 변화하며 계산
- 연료소모량이 가장 큰 대형 컨테이너선(7,500TEU)의 경우 10% 연료절감액은 연료유 가격이 톤당 300달러인 경우 177만달러로 계산되었으며 금년 상반기 중 가격인 700달러인 경우 연 413만달러를 절감
- 대형선박인 VLCC와 중형선박인 2,500TEU급 컨테이너선의 경우 연료가 700달러인 경우 연간 약 175만달러의 연료비 절감
- 동 가격대에서 중소형 선박인 MR 탱커와 Supramax 벌크선의 연간 절감액은 약 60만달러 내외에 그침

8) 계산치는 이상적인 가정하에 계산한 연료절감액이므로 실제 수치와는 차이가 있을 것으로 추정. 또한 컨테이너선의 경우 감속운항 이전 데이터를 그대로 사용하고 있어 실제보다는 과다하게 계산됨

3. 그린쉽이 조선했을 시황에 미치는 영향

□ 향후 연비가 향상된 선박이 시장에서 일정 비중을 차지하게 될 때 용선시장에서 그린쉽과 기존 선박은 뚜렷한 용선료의 차이를 나타내며 시장이 양분화될 가능성이 있음

- 용선료의 차이는 연료소모량에 따른 연료비 차이가 근간이 될 것임
- 단기적으로는 정확한 연료비 절감액이 용선료에 그대로 반영되기는 어려울 것으로 보임
- 그러나 EEOI가 활성화될 것으로 기대되는 향후 2~3년 후 용선시장의 선박들이 비교적 정확한 연비데이터를 갖추게 되면 연비차이에 의한 연료비 절감액이 용선료에 그대로 반영될 전망
- 다만, 용선시장에서의 거래는 선주와 용선주의 입지, 시장에서 선박의 수급 상황 등 여러 가지 변수를 포함하고 있어 이러한 조정까지 연비가 영향을 주지는 못할 것으로 보임

□ 그린쉽에 추가되는 용선료율은 연비향상률, 해당 선형의 연료소모량에 비례하고 해당 선형의 평균 용선료에 반비례하는 특성이 있음

- 그린쉽의 용선료를 TCR_g 라 하고 평균적인 용선료를 TCR_0 라 할 때 $TCR_g = TCR_0(1+\alpha)$ 이고 α , 즉 그린쉽기술에 따른 추가적인 용선료율은 다음의 식으로 구해짐⁹⁾

$$\alpha = \frac{\Delta EF \times DFC \times DO \times PF}{365 \times TCR_0}$$

9) 식은 추가적인 용선료율 α 가 그린쉽기술에 의하여 절감된 연료비를 반영한다는 가정하에 1일당 용선료인 TCR_0 에 α 를 곱하고 여기에 365일을 곱한 추가용선료가 연간 연료비 절감액과 같다는 식으로부터 출발한다. 즉, " $TCR_0 \times \alpha \times 365 = \text{연료저감률} \times \text{일일연료소비량} \times \text{연간운항일수} \times \text{연료의 가격}$ " 으로부터 계산식이 얻어진다.

여기서 ΔEF 는 연료저감율, DFC 는 선박의 일일 평균 연료소모량(ton), DO 는 연간 운항일수, PF 는 연료의 가격(\$/ton)

연평균 운항일수를 280일로 가정하면

$$\alpha = 0.767 \Delta EF \times DFC \times PF / TCR_0$$

- 위의 계산식은 에너지효율에 의한 연료비 절감액이 용선료에 그대로 반영된다는 이상적인 가정하에 유도된 것이며 실질적인 용선료의 차이는 여러 가지 변수로 달라질 수 있음
 - 다만, 이러한 변수들의 특성은 유효한 것이어서 향후 미치는 영향을 추정할 때에는 유용할 것으로 보임
 - 최근 상황처럼 불황에 의하여 용선료는 낮은 수준이나 연료유 가격이 높은 경우에는 이러한 고연비선박의 영향이 매우 크게 나타날 수 있음
- 위의 계산식을 근거로 최근과 같은 상황에서 연료 소모가 많은 대형 컨테이너선의 경우 10%의 연비절감 선박의 용선료는 평균적인 선박에 비하여 50% 이상 상향되는 것으로 계산됨
- 평균선박 대비 10%의 연료비가 저감되는 대형선박의 용선료는 운항일수 280일, 최근의 벙커유 가격인 톤당 630달러를 가정할 때 상황에 따라 7~56%까지 비싸질 것으로 추정¹⁰⁾
 - 170k capesize 벌크선의 경우 비교적 상황이 좋았던 2005년 8월의 용선료 일일당 36,000달러 수준에서는 평균 대비 7.5%의 상승요인이 나타났으나 최근 상황인 15,000달러 수준에서는 18% 상승
 - 300k급 VLCC는 동일한 계산에서 2005년 8월 평균 용선료인 60,000달러 수준에서는 7.2%, 최근 상황인 26,000달러 수준에서는 16.7%의 용선료 상승 요인이 있을 것으로 추정

10) 계산은 앞절의 Clarkson 표준선박을 기준으로 계산

- 가장 많은 연료를 소모하는 대형 컨테이너선(7,500TEU)의 경우 2005년 8월 시황기준으로는 22.6%의 용선료 상승이 있을 것으로 계산되었고 최근 시황 기준으로는 56.5%까지 인상될 것으로 추정
 - 이러한 그린쉽의 용선료 상승요율은 이상적인 계산으로부터 도출된 것이어서 이러한 선박이 당장 출시된다 하여도 단기적으로는 용선료에 정확히 반영 되기는 어려울 것으로 보임
 - 그러나 향후 EEOI가 활성화되고 선박마다 평균적인 연료소모량이 공인된 수치로 확인될 경우 시장에서는 이러한 계산에 의한 용선료 산정이 점차 현실화될 것으로 전망
 - 그러므로 IMO 규제의 효과가 본격화될 것으로 예상되는 2015년 이후에는 연료비절감액이 용선시장에서 가격 산정에 중요한 변수가 될 것으로 예상
 - 다만, 향후 예상되는 평균 연료비를 어떻게 산정할 것인지가 과제가 될 것임
- 연비가 시장에 미치는 영향이 큰 것임에도 불구하고 단기적으로 용선시장에서의 그린쉽의 영향은 제한적일 것으로 추정
- 한국, 일본, 유럽 등에서 최근 약 3년간 연비가 개선된 선박이 출시되고 있으나 2012년 말까지 전 세계 선박량에서 차지하는 비중은 15% 내외에 그칠 것으로 추정됨
 - 또한 연비개선의 정도가 아직까지는 획기적인 것으로 보이지 않음
 - 용선 시장에서는 지금까지도 연비가 좋은 최신 선박과 설비가 낡은 높은 선령의 선박들이 차별적으로 거래되어 왔으므로 현재까지의 선박기술로 용선 시장의 근본적인 변화를 기대하기는 어려움
- 낮은 선가와 최신 그린쉽에 보유에 대한 선주들의 의지에도 불구하고 과잉 선박량, 금융 등의 어려움으로 단기적으로 그린쉽이 신조선시장의 회복에 미치는 영향은 제한적일 전망

- 최근의 상황은 선주들에게 낮은 가격으로 그린쉽 기술이 일부 적용된 최신 선박을 보유할 수 있는 기회를 제공하고 있음
- 그러나 심각한 과잉선박량의 문제로 투자 결정이 쉽지 않으며 낮은 용선료와 운임으로 선주들의 재무적 상황이 좋지 않을 뿐 아니라 유럽사태 등으로 선박금융까지 경색되어 신규투자가 어려움
- 이러한 상황은 이후 3년간은 지속될 것으로 예상되며 최소한 2014년까지 그린쉽이 주도하는 신조선 시황회복을 기대하기는 어려울 전망

□ **중장기적으로 신조선 시황회복은 그린쉽기술 발전속도가 큰 변수가 될 것으로 전망**

- 향후 신조선 시황회복에 있어서는 그린쉽 기술개발에 따른 연비혁신이 얼마나 빠른 속도로 이루어질 것인지가 관건이 될 것으로 전망
- 현재로서는 최신선박들의 연비향상이 어느 정도인지 가늠하기 어려워 시황에 미칠 영향이 제한적이나 향후 EEOI의 활성화로 연비는 점차 큰 변수가 될 것으로 전망
- 연비가 현재보다 약 10% 이상 개선된다면 그린쉽을 보유한 선주와 그렇지 못한 선주 간의 경쟁력 차이는 매우 크게 벌어질 것으로 보임
- 이러한 상황이 벌어진다면 폐선속도가 빨라지고 해운시황 회복이 늦어진다면 하더라도 선주들의 선박투자가 재개될 것으로 예상
- 이러한 시기가 언제가 될 것이지는 현재로서 예상하기 어렵고 기술발전 상황을 지켜봐야 할 것으로 보이며 다만, 2015년 이후가 될 것으로 예상

□ **해운시황은 그린쉽보다는 과잉선박량 해소가 관건이 될 것으로 보이며 중장기적으로 그린쉽은 해운시황의 회복 요인도, 재침체의 원인도 될 수 있을 전망**

- 중단기적으로 해운시황은 그린쉽에 의한 영향은 제한적일 것으로 예상되며 관건은 선박량과잉의 해소임

- 그린쉽은 개별 선주에게 경쟁력을 향상시킬 수 있는 기회가 될 수 있으나 세계경제가 회복되지 않고 과잉선박량 상황이 지속되는 한 해운시황의 침체에서 벗어날 도구는 될 수 없을 것으로 보임
- 향후 그린쉽 기술의 급속한 발전으로 이에 대한 투자가 이루어질 경우 투자가 이루어지는 수년간은 폐선속도가 빨라지면서 선박량 과잉이 해소되고 해운시황도 호전될 가능성이 있음
- 그러나 역사적으로 선주들의 투자 붐은 항상 과잉투자를 낳으며 과잉선박량 문제를 일으켜왔던 만큼 2018년 또는 2020년을 전후하여 또 다른 과잉선박량 문제가 발생할 우려도 있음
- 아직까지 불투명한 그린쉽 기술발전 속도를 가지고 그 시기나 정도를 예상하는 것은 의미가 없을 것으로 보이며 향후 기술발전과 투자 추이를 지켜볼 필요가 있음

4. 그린쉽이 시장 패러다임에 미칠 영향

- 선박의 연비 1% 향상시 대형선박의 경우 연간 약 10만~40만달러까지 연료비를 절감할 수 있는 것으로 나타남

〈 연비 1% 향상시 연간 연료비 절감액 〉

단위 : US\$

선종	선형	연료비 500\$/ton	연료비 600\$/ton	연료비 700\$/ton
Bulk	Capesize	78,400	94,080	109,760
	Supramax	42,000	50,400	58,800
Tanker	VLCC	126,000	151,200	176,400
	MR	50,400	60,480	70,560
Container	Post-Panamax	294,840	353,808	412,776
	Sub-Panamax	123,480	148,176	172,872

주: Clarkson 표준선박을 근거로 계산하였으며 운항일수 280일 기준

- 연비절감액은 연료유의 가격수준에 따라 달라지는데 현재의 상황인 약 600달러를 기준으로 하여 Capesize 벌크선의 경우 9.4만달러, VLCC는 15만 달러, Post-Panamax 컨테이너선은 35만 달러까지 절감
- 이러한 절감액은 연료유 가격이 700달러일 경우 Post-Panamx급 컨테이너선의 연비 1%당 절감액이 41만달러까지 증가하는 것으로 계산됨
- 소형선박일수록 이러한 연비효과는 떨어지는데 Supramax급 벌크선의 경우 연료유 700달러에서도 1%당 절감액은 약 5.9만달러에 그침

〈 15년 운항시 연료비 절감액의 NPV 〉

단위: US\$

		Capesize Bulker	Supramax Bulker	VLCC Tanker	MR Tanker	Post-Panamax Container	Sub-Panamax Container
최고선가		99,000,000	48,500,000	160,000,000	53,500,000	123,000,000	56,500,000
고선가		60,000,000	31,000,000	122,500,000	43,500,000	99,000,000	50,000,000
최저선가		46,500,000	25,250,000	95,000,000	34,000,000	70,000,000	32,000,000
벙커유 가격	연비 향상률	15년 운항시 연료비절감액 NPV					
400	0.02	1,453,878	778,863	2,336,590	934,636	5,467,621	2,289,858
	0.03	2,180,817	1,168,295	3,504,885	1,401,954	8,201,431	3,434,787
	0.04	2,907,756	1,557,727	4,673,180	1,869,272	10,935,241	4,579,716
	0.05	3,634,696	1,947,158	5,841,475	2,336,590	13,669,052	5,724,646
	0.06	4,361,635	2,336,590	7,009,770	2,803,908	16,402,862	6,869,575
	0.07	5,088,574	2,726,022	8,178,065	3,271,226	19,136,672	8,014,504
	0.08	5,815,513	3,115,453	9,346,360	3,738,544	21,870,483	9,159,433
	0.09	6,542,452	3,504,885	10,514,655	4,205,862	24,604,293	10,304,362
	0.1	7,269,391	3,894,317	11,682,950	4,673,180	27,338,103	11,449,291
	0.11	7,996,330	4,283,748	12,851,245	5,140,498	30,071,913	12,594,220
	0.12	8,723,269	4,673,180	14,019,540	5,607,816	32,805,724	13,739,149
450	0.02	1,635,613	876,221	2,628,664	1,051,466	6,151,073	2,576,090
	0.03	2,453,420	1,314,332	3,942,996	1,577,198	9,226,610	3,864,136
	0.04	3,271,226	1,752,443	5,257,328	2,102,931	12,302,146	5,152,181

		Capesize Bulkер	Supramax Bulkер	VLCC Tanker	MR Tanker	Post-Panamax Container	Sub-Panamax Container
450	0.05	4,089,033	2,190,553	6,571,659	2,628,664	15,377,683	6,440,226
	0.06	4,906,839	2,628,664	7,885,991	3,154,397	18,453,220	7,728,271
	0.07	5,724,646	3,066,774	9,200,323	3,680,129	21,528,756	9,016,317
	0.08	6,542,452	3,504,885	10,514,655	4,205,862	24,604,293	10,304,362
	0.09	7,360,259	3,942,996	11,828,987	4,731,595	27,679,829	11,592,407
	0.1	8,178,065	4,381,106	13,143,319	5,257,328	30,755,366	12,880,452
	0.11	8,995,872	4,819,217	14,457,651	5,783,060	33,830,903	14,168,498
	0.12	9,813,678	5,257,328	15,771,983	6,308,793	36,906,439	15,456,543
500	0.02	1,817,348	973,579	2,920,738	1,168,295	6,834,526	2,862,323
	0.03	2,726,022	1,460,369	4,381,106	1,752,443	10,251,789	4,293,484
	0.04	3,634,696	1,947,158	5,841,475	2,336,590	13,669,052	5,724,646
	0.05	4,543,369	2,433,948	7,301,844	2,920,738	17,086,314	7,155,807
	0.06	5,452,043	2,920,738	8,762,213	3,504,885	20,503,577	8,586,968
	0.07	6,360,717	3,407,527	10,222,581	4,089,033	23,920,840	10,018,130
	0.08	7,269,391	3,894,317	11,682,950	4,673,180	27,338,103	11,449,291
	0.09	8,178,065	4,381,106	13,143,319	5,257,328	30,755,366	12,880,452
	0.1	9,086,739	4,867,896	14,603,688	5,841,475	34,172,629	14,311,614
	0.11	9,995,413	5,354,685	16,064,056	6,425,623	37,589,892	15,742,775
	0.12	10,904,087	5,841,475	17,524,425	7,009,770	41,007,155	17,173,937
550	0.02	1,999,083	1,070,937	3,212,811	1,285,125	7,517,978	3,148,555
	0.03	2,998,624	1,606,406	4,819,217	1,927,687	11,276,968	4,722,833
	0.04	3,998,165	2,141,874	6,425,623	2,570,249	15,035,957	6,297,110
	0.05	4,997,706	2,677,343	8,032,028	3,212,811	18,794,946	7,871,388
	0.06	5,997,248	3,212,811	9,638,434	3,855,374	22,553,935	9,445,665
	0.07	6,996,789	3,748,280	11,244,839	4,497,936	26,312,924	11,019,943
	0.08	7,996,330	4,283,748	12,851,245	5,140,498	30,071,913	12,594,220
	0.09	8,995,872	4,819,217	14,457,651	5,783,060	33,830,903	14,168,498
	0.1	9,995,413	5,354,685	16,064,056	6,425,623	37,589,892	15,742,775
	0.11	10,994,954	5,890,154	17,670,462	7,068,185	41,348,881	17,317,053
	0.12	11,994,495	6,425,623	19,276,868	7,710,747	45,107,870	18,891,330

		Capesize Bulkер	Supramax Bulkер	VLCC Tanker	MR Tanker	Post-Panamax Container	Sub-Panamax Container
600	0.02	2,180,817	1,168,295	3,504,885	1,401,954	8,201,431	3,434,787
	0.03	3,271,226	1,752,443	5,257,328	2,102,931	12,302,146	5,152,181
	0.04	4,361,635	2,336,590	7,009,770	2,803,908	16,402,862	6,869,575
	0.05	5,452,043	2,920,738	8,762,213	3,504,885	20,503,577	8,586,968
	0.06	6,542,452	3,504,885	10,514,655	4,205,862	24,604,293	10,304,362
	0.07	7,632,861	4,089,033	12,267,098	4,906,839	28,705,008	12,021,756
	0.08	8,723,269	4,673,180	14,019,540	5,607,816	32,805,724	13,739,149
	0.09	9,813,678	5,257,328	15,771,983	6,308,793	36,906,439	15,456,543
	0.1	10,904,087	5,841,475	17,524,425	7,009,770	41,007,155	17,173,937
	0.11	11,994,495	6,425,623	19,276,868	7,710,747	45,107,870	18,891,330
	0.12	13,084,904	7,009,770	21,029,310	8,411,724	49,208,586	20,608,724
650	0.02	2,362,552	1,265,653	3,796,959	1,518,784	8,884,884	3,721,020
	0.03	3,543,828	1,898,479	5,695,438	2,278,175	13,327,325	5,581,529
	0.04	4,725,104	2,531,306	7,593,918	3,037,567	17,769,767	7,442,039
	0.05	5,906,380	3,164,132	9,492,397	3,796,959	22,212,209	9,302,549
	0.06	7,087,656	3,796,959	11,390,876	4,556,351	26,654,651	11,163,059
	0.07	8,268,932	4,429,785	13,289,356	5,315,742	31,097,092	13,023,569
	0.08	9,450,208	5,062,612	15,187,835	6,075,134	35,539,534	14,884,078
	0.09	10,631,485	5,695,438	17,086,314	6,834,526	39,981,976	16,744,588
	0.1	11,812,761	6,328,265	18,984,794	7,593,918	44,424,418	18,605,098
	0.11	12,994,037	6,961,091	20,883,273	8,353,309	48,866,859	20,465,608
	0.12	14,175,313	7,593,918	22,781,753	9,112,701	53,309,301	22,326,118
700	0.02	2,544,287	1,363,011	4,089,033	1,635,613	9,568,336	4,007,252
	0.03	3,816,430	2,044,516	6,133,549	2,453,420	14,352,504	6,010,878
	0.04	5,088,574	2,726,022	8,178,065	3,271,226	19,136,672	8,014,504
	0.05	6,360,717	3,407,527	10,222,581	4,089,033	23,920,840	10,018,130
	0.06	7,632,861	4,089,033	12,267,098	4,906,839	28,705,008	12,021,756
	0.07	8,905,004	4,770,538	14,311,614	5,724,646	33,489,176	14,025,382
	0.08	10,177,148	5,452,043	16,356,130	6,542,452	38,273,344	16,029,007
	0.09	11,449,291	6,133,549	18,400,646	7,360,259	43,057,512	18,032,633

		Capesize Bulk	Supramax Bulk	VLCC Tanker	MR Tanker	Post-Panamax Container	Sub-Panamax Container
700	0.1	12,721,435	6,815,054	20,445,163	8,178,065	47,841,681	20,036,259
	0.11	13,993,578	7,496,560	22,489,679	8,995,872	52,625,849	22,039,885
	0.12	15,265,721	8,178,065	24,534,195	9,813,678	57,410,017	24,043,511
750	0.02	2,726,022	1,460,369	4,381,106	1,752,443	10,251,789	4,293,484
	0.03	4,089,033	2,190,553	6,571,659	2,628,664	15,377,683	6,440,226
	0.04	5,452,043	2,920,738	8,762,213	3,504,885	20,503,577	8,586,968
	0.05	6,815,054	3,650,922	10,952,766	4,381,106	25,629,472	10,733,710
	0.06	8,178,065	4,381,106	13,143,319	5,257,328	30,755,366	12,880,452
	0.07	9,541,076	5,111,291	15,333,872	6,133,549	35,881,260	15,027,195
	0.08	10,904,087	5,841,475	17,524,425	7,009,770	41,007,155	17,173,937
	0.09	12,267,098	6,571,659	19,714,978	7,885,991	46,133,049	19,320,679
	0.1	13,630,108	7,301,844	21,905,531	8,762,213	51,258,943	21,467,421
	0.11	14,993,119	8,032,028	24,096,085	9,638,434	56,384,838	23,614,163
	0.12	16,356,130	8,762,213	26,286,638	10,514,655	61,510,732	25,760,905

주1: 표의 수치는 연비향상으로 15년간 절감되는 연료비를 매년 수입액으로 가정하여 NPV(net present value)로 환산한 수치이며 이자율은 3%로 가정하였고 선박대금지불 시점과 처음 운항으로 절감되는 연료비 수익의 시차가 약 2년 있는 것으로 가정하여 다시 2년의 할인율 한 수치임

주2: 표에서 최고선가는 역사상 가장 고점을 기록한 2008년 8월의 선가이며 고선가는 비교적 높은 선가를 기록한 2005년 8월, 저선가는 금년 7월의 선가임

□ 국내 조선소들은 중국과의 가격 격차를 그린쉽기술로써 만회할 수 있는 유리한 기회가 될 것이며 중국산 선박과의 연비 격차를 일정정도 유지할 필요가 있음

- 위의 표는 각 연료유 가격대별로 연비향상률에 의하여 절감되는 15년간의 연료비를 NPV로 환산한 수치이며 이자율을 3%로 가정
- 이러한 환산액이 신조선가의 10%에 해당하는 액수라면 신조선 계약 당시의 10% 가격차이보다 훨씬 매력적인 조건이 될 것임
- 최근 연료유 가격인 톤당 600달러 하에서 컨테이너선의 선가 10%에 해당하는 NPV의 연비향상률은 2~3%임

- Post-panamax 컨테이너선의 경우 2005년 8월 비교적 고가의 선가가 형성되었던 무렵 선가는 약 99백만 달러임
- 벙커유 가격이 600달러인 경우 15년간 절감액의 NPV는 표에서 연비향상을 2%인 경우 820만달러, 3%인 경우 1,230만달러로 2~3% 수준이면 선가의 10%에 해당됨 (표에서 음영이 있는 부분)
- Sub-panamax의 경우도 고가의 선가 5천만달러에 대하여 벙커유 600달러에서 3%의 절감액 NPV가 515만달러로 선가의 10%를 초과하고 있음
- 즉, 컨테이너선 시장에서는 중국보다 2~3%의 연비효율 격차만 유지하여도 선가의 차이를 연비기술로만으로도 만회할 수 있음
- 2~3%의 연비 격차는 현재 중국산 선박과의 격차보다 작은 것으로 추정됨
- 동일한 조건으로 VLCC의 연비격차를 계산하면 선가의 10%에 해당하는 NPV는 효율 격차 6~7%의 환산치이며 MR탱커는 5~6%임
- 탱커의 경우 대형과 중소형 모두 중국과의 신조선 가격차이를 연비효율 격차만으로 만회하기는 장기적으로 어려움이 있을 것으로 보이며 다른 품질 격차를 확대하는 것이 중요할 것임
- 벌크선의 경우는 4~6%에 해당되어 탱커와 마찬가지로 연비효율만으로 가격 격차를 만회하기는 다소 어려움이 있을 것으로 전망
- 현재의 격차는 이 수준 이상인 것으로 추정되나 환경규제 움직임 이후 중국도 국가적인 노력을 기울이고 있어 장기적으로 5% 이상의 연비효율 격차를 유지하기는 쉽지 않을 것으로 판단됨

□ **그린쉽 기술은 결과적으로 향후 조선소의 경쟁력을 넘어서 생존여부를 결정하는 가장 중요한 요인이 될 전망**

- 최소한 2020년까지는 연비향상기술을 통하여 IMO의 규제를 만족시키는 것이 바람직할 것임

- 만일 연비향상 기술부족으로 규제를 만족시키기 위하여 탄소포집기술을 사용하는 경우 추가적인 비용과 설비의 선박 내 공간점유로 인한 불편함으로 선주들이 기피할 것으로 예상됨
 - 또한 연비향상기술의 부족으로 속도를 저하시키는 설계를 하는 경우에도 선주들의 기피로 조선소의 경쟁력에 상당한 타격이 있을 것으로 예상
 - 따라서 연비향상 기술이 부족한 조선소는 궁극적으로 생존을 위협 받을 수 밖에 없을 것으로 전망
- 해운시장에서는 선박관리회사의 중요성이 커질 전망이며 경쟁력 있는 선박 관리회사들은 향후 새로운 서비스 수출산업으로 등장할 전망
- 향후 bunker 가격의 고가를 유지하고 EEOI가 활성화될 것으로 예상되어 신조선박뿐 아니라 운영중인 선박까지도 연비 관리는 경쟁력과 수익에 매우 큰 영향을 미칠 전망
 - 따라서 양질의 선박관리서비스가 점점 더 중요해질 전망이며 현재 자회사나 관계사 등에 맡기고 있는 관리 업무를 국적과 상관없이 우수한 기업에 위탁할 가능성이 커지고 있음
 - 이 분야의 역량을 키우고 육성할 경우 장기적으로 새로운 서비스 수출모델이 될 가능성이 높음

V

결론 및 시사점

- 2020년까지는 그린쉽 기술에 있어서 연비향상 기술이 핵심이 될 것으로 보이며 이후에는 기술개발 상황을 주시하며 판단 필요
 - 탄소가스를 직접 포집하는 기술은 비용과 공간의 문제로 향후에도 어려움이 많을 것으로 전망
 - 향후 가스추진엔진, 연료전지 추진 선박 등 청정연료 선박은 상용화 시점을 예측하기 어려워 점진적으로 기술의 진전을 살펴보며 판단하여야 할 것임
 - 당분간은 선형개발을 비롯한 연료효율화 기술에 집중할 전망
- 한국 조선업계의 그린쉽 기술은 선진국보다 늦게 개발이 시작되었고 기술력 면에서 다소는 뒤쳐진 것이 사실이나 우려할 수준은 아닌 것으로 보임
 - 주요 선진국들이 대부분 조선산업의 경쟁국들이 아니며 주로 요소기술에 치중하고 있어 직접적인 경쟁관계는 아님
 - 또한 조선업계도 자체적으로 추진기 효율제고 등 여러 방면의 기술개발 속도를 올리고 있어 격차는 점차 줄어들 전망
- 그린쉽 규제는 위기인 동시에 기회만큼 기술개발에 박차를 가하고 조선 경쟁국인 중국과의 격차를 확실히 벌릴 수 있도록 하여야 함
 - 조선업계는 기업 뿐 아니라 관련 산업, 전문 연구기관, 해외 선진국 전문 기관 등 모든 네트워크와 연계한 총력적인 기술개발 노력 필요

- 유럽, 일본 등 선진국들이 국내 조선소에 위협이 될 조선 경쟁국은 아니나 향후 중국이 기술개발에 실패할 경우 이들 선진국 기술을 매입하여 경쟁할 가능성이 있음
 - 이렇게 될 경우 중국과의 가격격차는 축소되는 효과도 있으나 우리 조선산업 으로서는 해외에 기술료를 지불하지 않으면서 더 우수한 기술을 개발하여 확고한 경쟁력을 유지할 필요가 있음
 - 또한 중국도 국가적으로 총력을 다하여 기술력을 축적하고 있는 만큼 우리 조선산업도 최선의 기술을 개발할 필요가 있음
- **국내 중소 조선산업의 경우 그린쉽 기술개발에 대한 대비가 거의 이루어지지 못하고 있는 것으로 보여 향후 산업의 지속을 위해서는 정부의 지원이 필요**
- 중소 조선산업을 위한 연구기관의 설립이나 기존 연구기관의 확충을 통하여 선형개발 등 관련 연구개발을 시급히 추진할 필요가 있음
 - 연구원을 설립한다면 대형 조선소의 선형경력 개발자, 퇴직 연구원 등을 우선 중용하여 중소 조선사들의 경쟁력 있는 선형개발을 먼저 추진하고 이후 요소기술들을 접목하는 노력 필요
 - 지난해 발표한 정부의 그린쉽 지원 프로그램의 예산 3천억원 중 일부를 중소 조선 선형개발 등에 투자하는 것도 바람직할 것으로 보임
 - 현재 조업을 지속하고 있는 조선소의 수자가 6~7개에 불과하여 연구개발 지원과 함께 조선소별 특화정책 등 경쟁력 향상도 함께 고민할 필요가 있음
- **그린쉽에 의하여 새롭게 부상하는 분야에 대한 금융지원 강화 필요**
- 그린쉽 관련 수출선박 및 관련 분야에 대한 적극적 금융지원 필요
 - 국내 우량한 선박관리회사들 중 해외 선박관리 업무를 수주하여 실행하고 있는 기업들에 대하여 우선적으로 서비스 수출에 대한 수출금융 지원도 검토 필요

- 해당 업계에서도 과거 그룹내 모회사 등 관련 해운사만을 지원하던 관행에서 벗어나 최근 해외 선사들에 대하여 영업을 강화하는 등 적극적인 서비스 수출 움직임을 보이고 있음
- 국내의 우수하고 풍부한 조선 엔지니어 등을 활용하면 해외 해운선진국에 비하여 강한 경쟁력이 있어 성장 가능성이 높은 것으로 판단됨

〈참고문헌〉

- 김진형, “IMO's Market Based mechanism”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
- 노길태, “선박적용 대체동력원 경제성 분석”, 「KR 녹색선박 연구성과 발표회」, 한국선급, 2012
- 류경부, “IMO GHG Convention-Progress & Challenges”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
- 박상균, “선박용 연료전지 개발 동향 및 선박적용 HIL 시스템개발”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
- 천강우, “그린쉽 기술소개-선박배출 대기오염물질 저감”, 「해사산업과 녹색성장」, 한국선급연수원 2012
- 한국선급, “KR Technical Report 2012”, 한국선급 2012
- 홍성인 외, 「국제해사기구(IMO) 선박연비규제의 선박금융 연계 가능성과 차별화전략 연구」, 산업연구원, 2012. 3
- Clarkson, “Source & Methods for the Shipping Intelligence Weekly”, Clarkson Research Services Limited, 2012
- _____, “Container Intelligence Monthly”, 각호, Clarkson Research Services Limited, 2012

그린쉽(Green-Ship; 고연비·친환경 선박)

– 조선산업의 새로운 도전과 기회

발 행 일 : 2012년 10월

발 행 처 : 한국수출입은행

우편번호 150-996

서울특별시 영등포구 은행로 38
