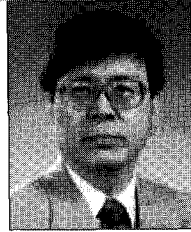
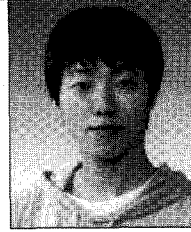


## 선박의 친환경 설계

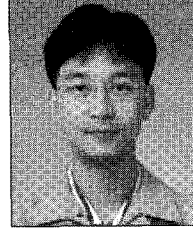
## Green Ship Design



양 영 순\*



김 성택\*\*



김 신형\*\*\*

\* 서울대학교, RIMSE, 조선해양공학과 교수

\*\* 서울대학교 조선해양공학과 학부과정

\*\*\* 대우조선해양 신기술 R&amp;D그룹 차장

## 1. 서론

지난 2010년 1월 28일, S사에서 '온실가스를 30% 감축한 친환경 선박 건조'를 골자로 하는 녹색경영 선포식이 있었다. 2월 24일, D사는 세계적인 엔진 메이커인 만디젤(MAN Diesel)과 친환경 선박 추진시스템 개발에 나섰다. 3월 5일에는 H사가 세계 최초로 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 새 기준을 만족하는 친환경 선박엔진을 제작하는데 성공하였다.

이와 같이 현재 국내 조선소에서 친환경 선박과 관련하여 매우 집중하고 있는 이유는 친환경 패러다임이 기업경영의 세계적 대세인 것임은 물론 실제적으로 매우 경제적인 문제들을 포함하고 있기 때문이다. 선박과 관련한 각종 환경규제들이 엄격해지고 있으며, 이를 만족시키기 위해서는 결국 비용과 경쟁력의 문제를 해결해야 하기 때문에 많은 기업들이 전략적인 차원에서 다양한 고민과 준비를 하고 있는 것이다. 배와 관련된 대표적인 강력한 규제에는 CO<sub>2</sub>를 비롯한 배기가스 배출 제한, 재생 가능한 에너지원의 확보, 그리고 선박수명전체를 통해 재사용 가능한 방식의 설계/생산/운영/폐기 등이 있다.

또한, 환경과 관련해서 안전의 요소 역시 점점 중요한 관점이 되고 있으므로 이들, 환경보존과 안전 확보의 관점을

선박의 라이프사이클 전체에서 성능과 함께 가장 중요한 요소로 고려를 해야 하는 상황이다. 이들 항목은 선박의 기능과 목적에 따른 기본 개념구상에서부터 설계, 생산 그리고 운영과 폐기에 이르기까지 광범위한 영향을 미치게 된다.

본고에서는 최근 부각되고 있는 환경 규제에 대해 간략히 소개하고, 에너지효율설계지수와 설계변수와의 관계, 선박 재활용 및 향후 과제에 대해 논하고자 한다.

## 2. 최근 부각되고 있는 선박 관련 환경 규제

최근 전 세계 조선소들이 주목하고 있는 선박 관련 환경 규제에는 대기오염물질 배출 규제, 온실가스 배출 관련 규제, 선박 재활용 규제 등이 있다.

## 2.1 대기오염물질 배출 규제

선박에 의한 대기오염물질 배출 규제와 관련해서, IMO에서 해양오염방지협약(MARPOL: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)인 MARPOL 73/78의 제6부속서(Annex VI)를 들 수 있다. Annex VI는 선박대기오염물질 배출규제협약으로, 2005년 5월 19일부로 발효되었다. Annex VI에서 규제 대상으로 삼은 대기오염물

질에는 NOx, SOx이 대표적이며, 온실가스에 대한 구체적인 규제는 언급되어 있지 않다.

표 1 Annex VI NOx 배출 규제

선박 건조시기	요구사항 적용범위	배출 규제
1990~2000 (현존 엔진에도 소급 적용됨)	엔진Size >5,000kW	Tier I
2000 ≤ x < 2011	>130kW	
2011 ≤ x < 2016		Tier II
2016 ≤	선박 ≥ 24m L or 총 추진력 ≥ 750kW	Tier III

RPM	NO <sub>2</sub> 배출 총 무게(g/kWh)			Tier I에 대한 상대적NO <sub>2</sub> 감소
	<130	130 ≤ n < 2,000	2,000 ≤	
Tier I	17.0	45.0 * n <sup>(-0.2)</sup>	9.8	현재
Tier II	14.36	44.0 * n <sup>(-0.23)</sup>	7.66	15.5% ~ 21.8%
Tier III	3.40	9 * n <sup>(-0.2)</sup>	1.96	80%

표 2 Annex VI SOx 배출 규제

적용범위	적용 일시	황 함유율(%)	비고
전세계	현재	4.50	
전세계	2010.1.1	3.50	
전세계	2020.1.1	0.50	2018년에 검토
SECA <sup>1)</sup>	현재	1.50	발틱해/북해/영국해협
SECA	2012.1.1	1.00	발틱해/북해/영국해협
SECA	2015.1.1	0.10	발틱해/북해/영국해협/ 미국/캐나다

### 2.2 온실가스 배출 관련 규제

온실가스(GHG: Greenhouse Gas)는 지구의 대기 속에 존재하며, 땅에서 복사되는 에너지를 일부 흡수함으로써 온실효과를 일으키는 기체를 가리킨다. 온실효과를 일으키는 온실가스로는 CO<sub>2</sub>가 가장 대표적이다. 2008년에 열린 IMO 산하의 해양환경보호위원회(MEPC: Marine Environmental Protection Committee) 57차 회의에서 선박의 CO<sub>2</sub> 배출 규제에 대해 논의한 내용은 다음과 같다.

- 신조선의 에너지효율설계지수 (EEDI: Energy Efficiency Design Index)에 대한 강제적인 제한치 설정
- 신조선을 위한 EEDI와 운항선을 위한 에너지효율운항지표(EEOI: Energy Efficiency Operational Indicator)의 강제적/자발적 보고

- EEOI 불이행에 따른 규제를 포함한 EEOI 값의 강제적 제한치 설정

2009년에 열린 MEPC 58차 회의에서는 IMO의 GHG 연구 진행상황 및 추후 시장 기반의 배출 억제 조치 마련을 위한 계획에 대한 논의가 이루어졌다.

### 2.3 선박 재활용 규제

선박 재활용과 관련하여, 2009년 선박의 안전하고 친환경적인 재활용을 위한 홍콩국제협약(Hong Kong International Convention for the Safe & Environmentally Sound Recycling of Ships)이 홍콩에서 열린 외교 회의에서 채택되었다. 이 협약은 설계 단계를 비롯한 건조, 운영 단계에서 선박의 재사용 및 안전하고 친환경적인 해체를 위한 고려가 있어야 한다는 기본적인 선박 재활용에 대한 논의를 포함한다. 뿐만 아니라 선박 해체를 위해 선박을 판매하는 경우, 석면, 중금속, 탄화수소 등 위험 물질의 함유량이 일정 기준 이하여야 한다는 논의도 이루어졌다. 이러한 사항들은 2009년 MEPC 59차 회의에서 Resolution MEPC. 178(59)에 채택되었다.

### 3. 설계 변수의 에너지효율설계지수(EEDI)에 대한 영향

역사적으로 석유 가격은 상선의 효율 제고 및 석유 사용 절감 방법 개발을 부추겼다. IMO는 신조 선박의 CO<sub>2</sub> 효율을 측정하기 위해 에너지효율설계지수(EEDI)를 고안하였다. MEPC 57~59차 회의에서 발전된 EEDI는 Tonne-Mile당 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산할 수 있는 공식이다.

$$EEDI = \frac{\text{Engine Power} \times \text{SFC} \times \text{CF}}{\text{Capacity} \times \text{Speed}}$$

- SFC : Specific Fuel Consumption
- CF : Conversion Factors

위 식에서 분자는 CO<sub>2</sub> 배출량을 의미하며, 분모는 선박 운송활동의 효율성을 의미한다. 따라서 EEDI 값이 작을수록 친환경적이고 효율적인 선박이라는 의미를 갖는다.

이 식을 더 자세히 표시하면 다음과 같다.

1) SECA: Sulphur Emissions Control Area, 황 배출 규제 구역

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{nEFF} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

- 출력(Power:  $P_{ME^{(i)}}$ ,  $P_{AE^{(i)}}$ )
- 변환계수(Coersion Factors:  $C_{FME}$ ,  $C_{FAE}$ )
- 연료소비율(Specific Fuel Consumption:  $SFC_{ME}$ ,  $SFC_{AE}$ )
- 속도(Speed:  $V_{ref}$ )
- 용량(Capacity)
- 혁신적 에너지 효율 기술(Innovative Energy Efficiency Technologies:  $P_{eff}$ ,  $P_{AEff}$ ,  $f_{eff}$ )
- 보정계수(Correction Factors:  $f_i$ ,  $f_j$ ,  $f_w$ )
- $SFC_{ME}$  : 주기관 연료소비율
- $Cf_{ME}$  : 주기관에서 소모되는 연료의 탄소함유량 변환계수
- $SSDG_{LOAD}$  : 보조기관 평균사용출력[kW]
- $SFC_{SSDG}$  : 보조기관 연료소비율
- $Cf_{SSDG}$  : 보조기관에서 소모되는 연료의 탄소 함유량 변환계수

위에서 제시된 연료의 탄소 함유량 변환계수 관련하여 EEDI 계산에 쓰이는 기준은 다음 표와 같다.

표 4 연료의 탄소 함유량 및 Cf

연료 종류	근거	탄소 함유량	Cf
Diesel/Gas Oil	ISO 8217	0.875	3.20600
Ligth Fuel Oil	ISO 8217	0.860	3.15104
Heavy Fuel Oil	ISO 8217	0.850	3.11440
LPG(Propane)	2006 IPCC <sup>4)</sup> Guidelines	0.819	3.00000
LPG(Butane)	2006 IPCC Guidelines	0.827	3.03000
Natural Gas	2006 IPCC Guidelines	0.750	2.75000

위 식의 계산을 위하여, 선박에서 주기관의 평균 사용 출력을 연속 최대 출력(MCR: Maximum Continuous Rating)의 75%로 제시하여 정하였으며, 이는 기존에 선급기관을 비롯한 IMO에서 연료 소모량 측정과 질소 배출물을 규제하는데 75% 부하에 가중치를 가장 크게 부었기 때문이다. 보조기관의 출력은 기 제시된 경험식을 사용해서 계산한다. 혁신적 에너지 효율 기술 발전에 따른 영향 또한  $P_{eff}$ ,  $P_{AEff}$ 를 통해 고려해 준다.

본고에서는 컨테이너선의 설계 변수들이 EEDI에 어떤 영향을 미치는지에 대해서 소개하고자 한다. 연구를 위해 다음과 같은 가정을 하였다.

표 3 계산에 쓰인 컨테이너선

	Feeder	Pana-max	Baby Neo-Panamax	Post Panamax	Ultra Large
Slot (TEU)	1,000	4,500	4,500	8,000	12,500
Round-Trip Dist.(nm)	1,317	11,665	11,665	11,380	11,380

EEDI를 계산하는데 사용되는 CO<sub>2</sub> 배출량은 다음과 같은 식을 통해 계산된다.

$$CO_2 \text{ Production} = \text{Time} * [(ME_{LOAD} * SFC_{ME} * Cf_{ME}) + (SSDG_{LOAD} * SFC_{SSDG} * Cf_{SSDG})]$$

- Time : Roundtrip에 걸리는 시간
- $ME_{LOAD}$  : 주기관 평균사용출력[kW]

위에 제시된 Cf는 탄소 함유량 변환계수로, 운항 동안 소모된 연료의 양을 곱해서 배출된 CO<sub>2</sub> 양을 계산하는데 사용된다.

아래 표에서는 표 3의 8,000TEU Post Panamax에 대해 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산해 보았다.

표 5 8,000TEU Post Panamax의 CO<sub>2</sub> 배출량

HFO Cons.	Time (Days)	Fuel Cons. (kg/hr)	Fuel Cons. (tonnes)	CO <sub>2</sub> Emissions (tonnes)
At Sea-Westbound	9.21	8,824	1,950.9	6,076
At Sea-Eastbound	9.21	8,824	1,950.9	6,076
Maneuvering-Westbound	0.07	3,026	5.3	16
Maneuvering-Eastbound	0.07	3,026	5.3	16
At Anchor	0.00	1,098	0.0	0
Port-Cargo Ops	1.58	1,098	41.6	130
Port-Waiting	0.04	1,098	1.1	3
Total	20.19		3,955.1	12,318

2) ME: Main Engine  
 3) AE: Auxiliary Engine  
 4) IPCC: International Panel on Climate Change

### 3.1 선속(Speed)이 EEDI에 미치는 영향

컨테이너선의 선속(Speed) 변화에 따른 EEDI의 변화를 살펴보기 위해 최근 컨테이너선에 가장 많이 쓰이는 MAN B&W의 ME 시리즈 기관을 선정하였다. 각 기관은 주기관이 15%의 Sea Margin, 90% MCR로 작동된다는 가정 하에 설계 속력을 얻기 위한 만큼의 출력으로 조정되었다. 각 엔진의 연료소비율(SFC) 값은 기관이 75%의 MCR로 작동되며 ISO 조건에 맞는 선박용 디젤연료(MDO: Marine Diesel Oil)를 썼다고 가정하였다.

이러한 조건을 만족하는 가운데, 각 컨테이너선의 하기 만재 흘수선(SLL: Summer Load Line)에서의 재화중량(DWT: Dead-weight)을 고려하여 EEDI를 구하였다. 이렇게 얻어진 EEDI 값을 선속 별로 비교해 본 결과는 다음 표와 같다.

표 6 선속(Speed)이 EEDI에 미치는 영향

Design Speed Variation		-4 knots	-2 knots	Standard
1,000 TEU (Feedership)	Service Speed (Design)	14.50	16.50	18.50
	DWT (tonnes)	13,960	13,856	13,669
	MCR <sub>ME</sub> (kW)	4,232	6,090	9,337
	EEDI	14.70	18.37	25.18
	Change vs. Standard Design	-42%	-27%	---
4,500 TEU (Pana-max)	Service Speed (Design)	20.50	22.50	24.50
	DWT (tonnes)	60,008	59,519	58,817
	MCR <sub>ME</sub> (kW)	20,484	28,040	38,532
	EEDI	11.31	14.15	17.99
	Change vs. Standard Design	-37%	-21%	---
4,500 TEU (Baby Neo Pana-max)	Service Speed (Design)	20.50	22.50	24.50
	DWT (tonnes)	62,079	61,539	60,747
	MCR <sub>ME</sub> (kW)	21,279	29,575	41,330
	EEDI	11.34	14.39	18.64
	Change vs. Standard Design	-39%	-23%	---
8,000 TEU (Post Pana-max)	Service Speed (Design)	21.00	23.00	25.00
	DWT (tonnes)	97,857	97,086	96,068
	MCR <sub>ME</sub> (kW)	31,982	43,341	57,843
	EEDI	10.53	13.07	16.17
	Change vs. Standard Design	-35%	-19%	---
12,500 TEU (Ultra Large)	Service Speed (Design)	21.00	23.00	25.00
	DWT (tonnes)	146,238	145,221	143,865
	MCR <sub>ME</sub> (kW)	42,699	57,202	75,920
	EEDI	9.28	11.40	14.01
	Change vs. Standard Design	-34%	-19%	---

### 3.2 선체 무게(Hull Steel Weight)가 EEDI에 미치는 영향

선체의 강철 무게가 5% 증가할 경우 EEDI에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해서 2가지 상황을 가정하였다. 하나는 설계 흘수(Design Draft)에서의 Cb(Block Coefficient)를 상수로 설정한 것인데, 이를 통해 재화중량(DWT)의 감소 효과를 얻게 된다. 다른 하나는 Cb를 조정하여 하계 만재 흘수선(SLL)에서의 DWT를 상수로 설정한 것이다. 각 상황에 대한 EEDI의 변화를 아래 표에 정리하였다.

표 7 선체 무게의 5% 증가가 EEDI에 미치는 영향

	Standard Design	5% add'l hull steel weight		
		Constant Cb	Constant DWT	
1,000 TEU (Feedership)	DWT (tonnes)	13,669	13,523	13,669
	EEDI	25.18	25.46	25.39
	Change vs. Standard Design	--	1.1%	0.9%
4,500 TEU (Pana-max)	DWT (tonnes)	58,817	58,184	58,845
	EEDI	17.99	18.20	18.14
	Change vs. Standard Design	--	1.1%	0.8%
4,500 TEU (Baby Neo Pana-max)	DWT (tonnes)	60,747	60,123	60,747
	EEDI	18.64	18.85	18.81
	Change vs. Standard Design	--	1.1%	0.9%
8,000 TEU (Post Pana-max)	DWT (tonnes)	96,068	94,991	96,068
	EEDI	16.17	16.36	16.33
	Change vs. Standard Design	--	1.2%	1.0%
12,500 TEU (Ultra Large)	DWT (tonnes)	143,865	142,202	143,865
	EEDI	14.01	14.18	14.17
	Change vs. Standard Design	--	1.2%	1.1%

### 3.3 Panamax와 Baby Neo-Panamax의 비교

컨테이너선 중에서도 Panamax급, 즉 3,500~4,500TEU급의 주요 치수는 파나마 운하를 통과할 수 있는 범위 내에서 최적점을 갖는다. 이러한 조건을 만족하는 컨테이너선은 길이 대 폭 비(L/B: Length to Beam)가 효율적인 화물 운송에 적합하지 않고, 화물을 최대한로 탑재할 경우 안정성 확보를 위해 일정량 이상의 평형수(Ballast Water)를 저장할 공간을 필요로 한다. 이에 대한 대안인 Baby Neo-Panamax급의 컨테이너선은 더 폭을 갖기 때문에 효율적인 화물 운송을 가능케 한다. 2014년에 파나마 운하 확장 공사가 끝나면 약 12,500TEU급 컨테이너선까지 통과 가능해진다.

Panamax급에서 Baby Neo-Panamax급으로의 패러다임 이동이 EEDI에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 유사한 배수량을 가진 동급의 표준선에 대한 비교가 필요하다. 본고에서는 같은 4,500TEU급이지만 다른 폭을 가진 두 척의 선박에 대한 비교를 표 8에서 나타내었다.

두 척의 선박이 유사한 재화중량(DWT)을 갖기 때문에 EEDI에 차이가 생기는 주요한 원인은 MCR의 차이, 즉 요구되는 기관 출력의 차이 때문이다. Baby Neo-Panamax급 컨테이너선의 L/B가 감소함으로써 설계 속력을 얻기 위해 요구되는 출력이 증가한다. 증가된 출력은 결국 Baby Neo-Panamax급의 EEDI를 Panamax급에 비해 3.6% 증가하게 하는 원인이 된다.

비록 설계상으로는 4,500TEU로 운송 능력이 같지만, 실제 실을 수 있는 능력(Loadable Capacity)은 Panamax급이 Baby Neo-Panamax급에 비해 현저히 떨어진다. 이는 Panamax급이 안정성에 취약하기 때문에 평형수(Ballast Water)를 더 많이 필요로 하기 때문이다. EEDI의 경우 이러한 차이를 반영하고 있지 않다. 따라서 Baby Neo-Panamax급은 Panamax급에 비해 EEDI 측면에서는 불리하지만, 실제로 실을 수 있는 화물의 운송 측면에서는 유리하다.

표 8 Panamax와 Baby Neo-Panamax의 비교

주요요목	단위	Panamax	Baby Neo-Panamax
Slot Capacity	TEU	4,500	4,500
Loadable Capacity (9t/TEU)	TEU	3,385	4,209
LOA <sup>5)</sup>	m	295.625	280.145
LBP <sup>6)</sup>	m	275.000	260.600
Beam	m	32.200	34.800
Depth	m	21.000	19.300
Draft (Design)	m	11.80	11.80
Draft (SLL)	m	13.22	13.22
LWT <sup>7)</sup>	tonnes	19,119	19,071
Cb (Design)		0.630	0.630
DWT at Design Draft	tonnes	48,524	50,206
DWT at SLL Draft	tonnes	58,817	60,747
Speed (Design with SM at 90% MCR)	knots	24.50	24.50
MCR	kW	38,532	41,330
EEDI		17.99	18.64
Change in EEDI for Neo-Panamax			+4%
CO <sub>2</sub> Production (tonnes/voyage)	tonnes	8,576	9,376
CO <sub>2</sub> Production per TEU Moved	t/TEU	1.27	1.11

5) LOA: Length Overall

6) LBP: Length Between Perpendiculars

7) LWT: Lightweight

#### 4. 선박 재활용을 위한 설계

수명이 다한 선박의 해체는 방글라데시, 인도, 파키스탄, 중국 등의 국가에서 주로 벌어진다. 시기적으로는 발틱운임지수(BDI: Baltic Dry Index)가 낮을 때, 즉 해운업계의 상황이 좋지 않을 때 선박 해체가 빈번하게 일어난다.

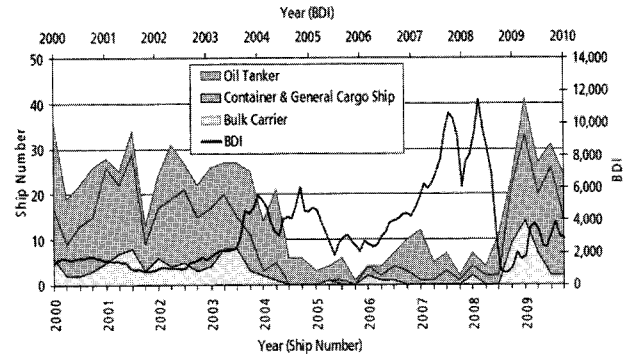


그림 1 선박 해체와 BDI의 관계

전통적으로 조선 산업과 관련된 이해관계자들은 경제적인 부분에만 치중해 왔다. 선박 재활용 및 해체와 관련해서도 마찬가지였다. 해운사의 경우, 자사의 선박을 어디에 팔아야 가장 좋은 값을 받을 수 있는지, 적절한 장소 혹은 국가에서 해체하지 않을 시 경제적인 타격은 없는지에 대해서만 고려해 왔다. 하지만 근래 들어 기업의 사회적 책임과 환경 책임을 묻게 되면서 기업의 평판과 관련된 이슈가 더욱 중요해 지게 되었다.

선박의 경우, 95%가 재활용 될 수 있다고 한다. 그럼에도 불구하고 친환경적이면서 사회 구성원들에게 유익한 선박 재활용에 대한 고려가 설계 단계에서부터 건조 단계에 이르기까지 거의 없다. 한편, 자동차나 복사기의 경우, 재활용에 대한 법적 규제도 마련되어 있으며, 설계 단계에서부터 제작, 운영 단계에 전반적으로 재활용에 대한 고려가 잘 되어 있다. 이와 관련된 내용을 표 9에서 정리하였다.

해양구조물의 경우에도 재활용을 통해 경제적 비용을 줄이는 방식을 취하고 있다. 이는 그림 2에서 보는 것과 같이 해양구조물을 모듈화(Modularization)하여 해체 시 각각의 모듈이 새로운 구조물에 사용되는 과정을 통해 이루어진다. 또한, 제작 및 운영 과정뿐만 아니라 해체 과정도 포함해서 위험도 평가를 한다.

표 9 산업별 재활용 관련 정보 비교

	선박	자동차	비행기	복사기
수명	25~30년	~10년	25년	
재활용율	95%	85~95%	< 60%	> 90%
주원료	Steel	75% Metal	알루미늄 / 혼합물	플라스틱
관련법규	협의 대기 중	EU: End of Life Vehicles	N/A	EU: WEEE <sup>8)</sup>

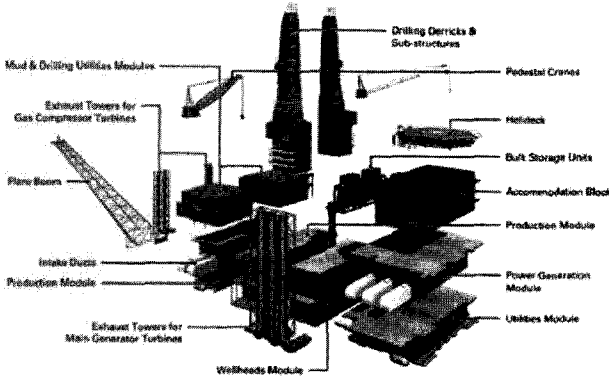


그림 2 해양구조물의 모듈화

선박의 친환경적이고 지속가능한 재활용을 위해서는 설계 단계에서부터 부정적인 환경 영향, 버리거나 해체하는데 드는 비용이 줄어들 수 있는 방안을 연구해야 한다. 또한, 선박의 분리 및 해체가 더 쉬우면서도 비용이 덜 드는 방안을 연구해야 한다.

### 5. 향후과제


선박과 관련된 환경 이슈들 중에서도 가장 주목을 받고 있는 분야인 대기오염물질 배출 감소 방안에 대해서는 국내에서도 활발히 연구가 진행 중이다. NOx나 SOx 배출을 감소시키기 위해서 석유를 연료로 하는 주기관을 개조하거나 추가 설비를 장착하는 등의 시도가 이루어지고 있는 실

정이다. 사실상 이 부분은 선박 설계와 직접적인 연관을 맺고 있다기보다는 의장품의 품질 개선에 대한 문제라고 볼 수 있다.

한편, 선박 설계와 직접적인 연관을 갖고 살펴볼 수 있는 부분인 CO<sub>2</sub> 배출량 저감 방안에 대한 연구나 선박 재활용과 관련된 연구는 본고에서 살펴본 정도가 현재까지의 진행상황이라고 볼 수 있다. 따라서 더 많은 선종과 설계 변수가 변함에 따라 에너지효율설계지수(EEDI)에 어떤 영향을 미치는 지에 대한 연구가 진행되어야 하고, 선박에 특화된 재활용 방안에는 무엇이 있을 수 있는지에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

마지막으로, 이외에도 IMO나 각종 국제회의에서 논의되고 있는 선박 환경 문제들 중에 어떤 것이 선박 설계 단계에서부터 고려될 수 있는지를 가려내어 종합적으로 연구하는 시도가 필요할 것이다.

### 참고 문헌

1. 국제해사기구. <http://www.imo.org/>
2. 노병석. 선박기인 온실가스 저감을 위한 에너지효율 운항지표에 관한 연구. 한국해양대학교 학위논문(석사), 2010.
3. 이돈출, 멜초우 엠 밀라, 남정길. 신조선의 에너지효율설계지수와 선상 동력용량 대한 분석. 한국마린엔지니어링학회 공동학술대회 논문집, 2009.
4. 이인규, 신우행. 선박 재활용 소개. 한국해양환경공학회 학술대회 논문집, 2007.
5. Larkin, J. Influence of Design Parameters on the Energy Efficiency Design Index(EEDI). SNAME & Marine Board Symposium, 2010.
6. Tikka, K. ABS Environmental & Harsh Environment Activities. ABS, 2010.
7. Townsend, R. Designing for Ship Recycling. 7th Annual Green Ship Technology, 2010. 

8) WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment