

# 해양공학개론

## Part 5 : 선박설계, 의장, 생산기술, 조선공학 종합

# 주제

- 선박 설계, 의장, 생산기술의 주요 키워드를 알아봅니다.
- 조선업계 현황

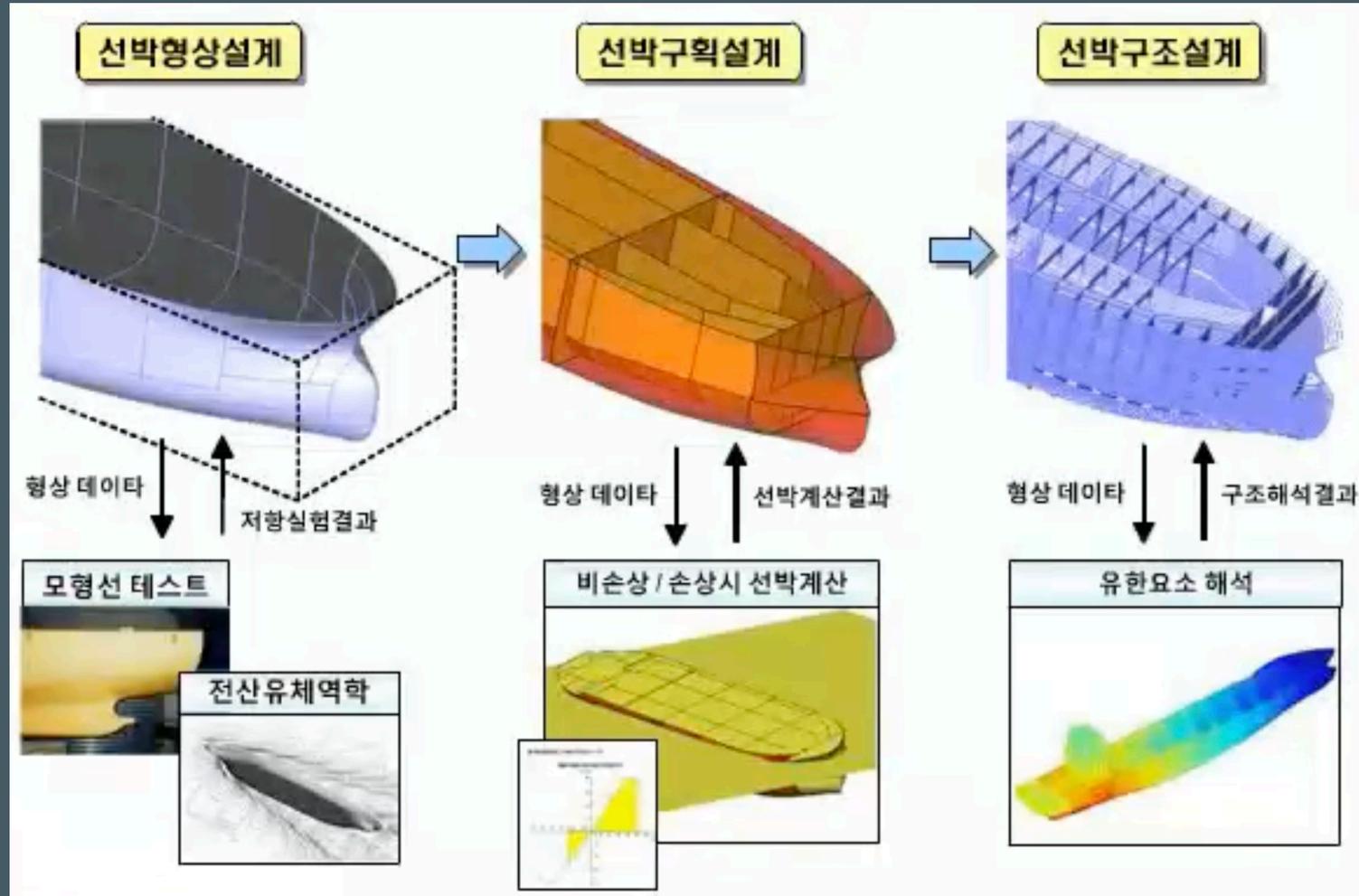
# 선박 설계 - 설계 목표

- 선박의 설계 목표
  - 원하는 목적지로 빨리 갈 수 있어야 한다
    - 형상 : 물의 저항이 작은 형태 (유선형, 구상선수, 등 선체 설계) : 선박유체역학
    - 추진기관 : 디젤엔진, 가스터빈, 추진기 등 : 선박저항론, 추진기설계공학
  - 짐을 많이 싣을 수 있어야 한다
    - 최대한 많이 싣을 수 있게 설계 : 선체구조역학
    - 철판 두께, 강도, 보강재 설계, 용접기술 적용 등 : 재료역학, 생산공학

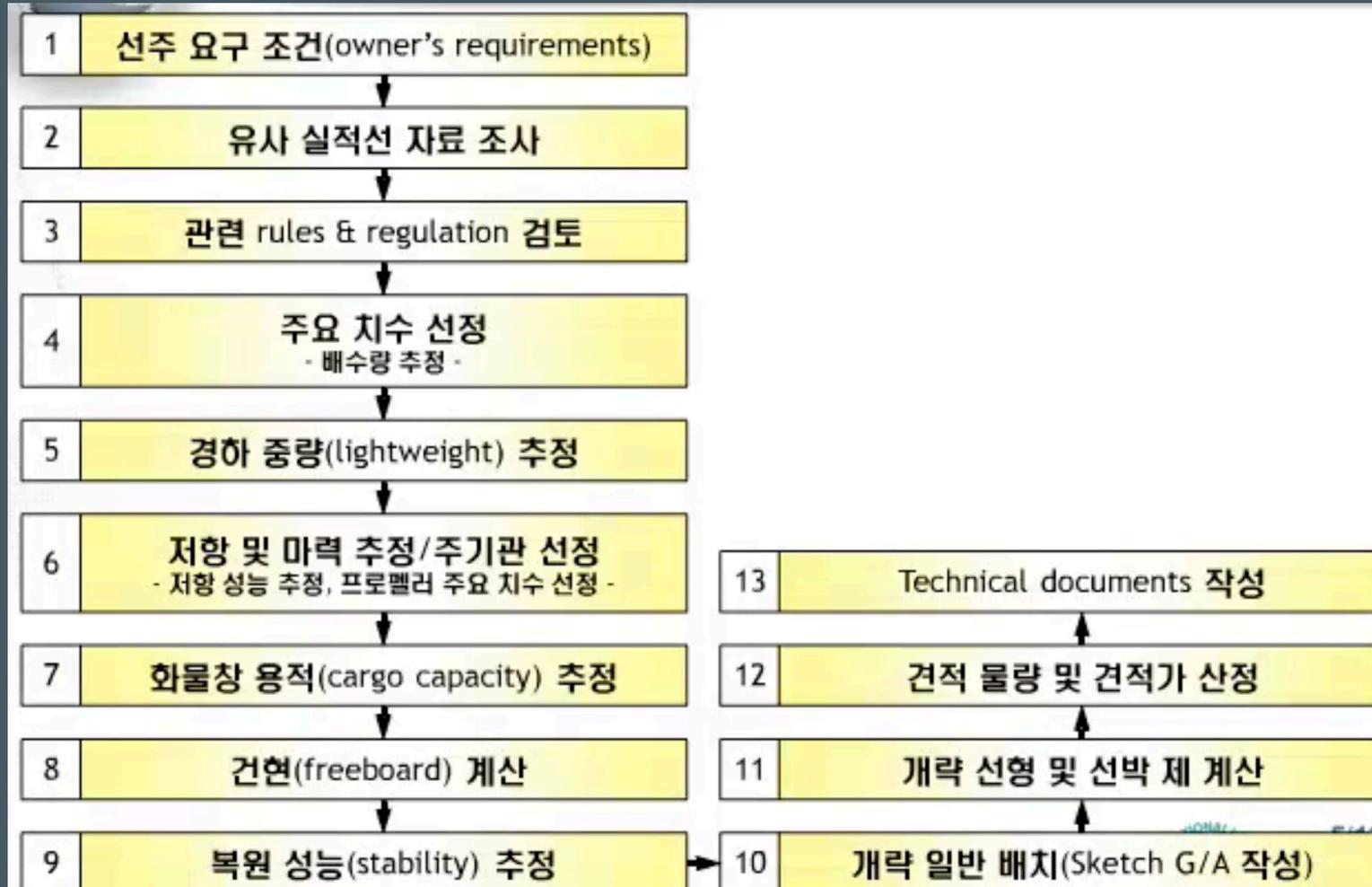
# 선박 설계 - 설계 과정

- 주요 치수 설계 : 규정, 경험, 경제성, 선박의 용도 등을 고려 주요 치수 결정
  - 선박계산을 통해 주요 치수 결정 (선박설계 컨테스트 내용)
- 선박 형상 설계 : 최소저항을 가지는 외부 형상 형상 결정
  - 모형선 실험(시간, 비용이 매우 비쌘), 전산유체역학(CFD)를 통해 최적의 형상 평가
- 선박 구획 설계 : 선박의 용도에 따라 내부의 구획을 결정
  - 손상, 사고시 안정성 계산 평가, 선박계산
- 선박 구조 설계 : 선체의 강도, 무게, 안정성 등을 고려하여 내부 구조 설계
  - 유한요소해석(FEM)을 통해 선체의 강도, 무게, 안정성 등을 평가

# 선박 설계 - 설계 과정 (이미지)



# 개념 설계 : 주요 치수 설계 및 기본 성능 추정



# 개념 설계 상세 - 선주의 요구 조건

- 재화중량(DWT, Dead Weight Tonnage) : 최대 적재 중량 (만재흘수선)
  - 경하중량 (Light Weight) : 선박의 무게 (화물 없이)
  - GT (Gross Tonnage) : 부피를 무게로 나타낸 것, 외판으로 둘러싸인 총 부피
- 화물창 용적(Cargo Capacity) : 선박이 실을 수 있는 최대 부피
  - NT (Net Tonnage)
    - 실제로 운반할 수 있는 부피, 화물과 수송에 사용되는 부피
- 선속, 흘수(항만 또는 항해구역의 제한사항 고려), 항로, 납기일, 선가
- 하루 연료 소비량(DFOC; Daily Fuel Oil Consumption)

!설계목표! 요구조건을 만족하면서 경저성 극대화 L, B, D, C 설계

# 개념 설계 상세 - 유사 실적선 자료 조사

" 선박 설계는 무에서 유를 창조하는 혁신적인 업무라기보다는 실적 자료를 토대로 한 개선이다"

- 유사 실적선 자료 조사

- 주요 치수
- 중량 (특히, 경하중량은 기밀사항)
- 용적
- 선속, 마력, 추진기 등
- 선주의 요구 조건과 유사한 선박의 실적 자료를 조사하여 설계의 기초 자료로 활용

너무 새로운것은 선주가 싫어한다..!

# 개념 설계 상세 - 기초 선박 계산

- 수중 부피 계산 (배수량)

- $\alpha$  : 부가 배수량(추진기, 타 등 부가적인 것들) 보통 0.02~0.025

$$L * B * d * C_B * (1 + \alpha) = V$$

- 부력(배수량) = 중량 계산

- LWT (Light Weight) : 선박의 무게 (화물 없이)
- DWT (Dead Weight Tonnage) : 최대 적재 중량 (만재흘수선 기준)

$$\rho g V = LWT + DWT$$

- 주어진값 : DWT, d / 구해야할 값 : L, B, C\_B, LWT 미지수가 너무 많다!

# 개념 설계 상세 - 다양한 추정 식 활용

- 기본 기초 선박 계산 식

$$L * B * d * C_B * (1 + \alpha) = V$$

- 요구 건현 만족을 위한 조건식 ( $D$  : 전체 높이,  $T$  : 만재흘수선,  $F_B$  : 건현):

$$D \geq T + F_b$$

- 방형계수 추정식 :

$$C_B \leq 0.7 + 0.125 \tan^{-1}((23 - 100F_n)/4)$$

등등... 다양한 식들이 존재한다.

# 개념 설계 상세 - 설계선 주요 치수 추정

- 기본 식 :  $L * B * d * C_B * (1 + \alpha) = V$
- 만재 시 (실적선):
  - $L_{bp} * B_{mid} * T_s * C_B * (1 + \alpha) = 344995$   
 $\Rightarrow \alpha = 0.008$  : 부가물 배수량 비율
- 배수량 추정 : 실적선의 DWT/LWT 비율 적용
  - 설계선의 DWT는 선주 요구조건으로 주어져 있음
- 길이 추정 :  $L \propto \Delta^{1/3}$  관계 사용
  - $L = C_L * \Delta^{1/3}$

		실적선
Ship Type		VLCC (302K)
주요치수	Loa	330.27 m
	Lbp	314.00 m
	B mld	58.00 m
	D mld	31.00 m
	Td mld	20.90 m
DWT	at Td	279,500 ton (Cb = 0.8213)
	at Ts	301,300 ton (Cb = 0.8257)
LWT (43,695 ton)	Ws	34,923 ton
	Wo	7,428 ton
	Wim	1,344 ton
Cargo Capacity		345,540 m <sup>3</sup>
Speed at Td, NCR with 15% Sea Margin		15.0 knots
Cruising Range		26,000 Nautical miles
Main Engine	Model	B&W 7S80MC-C
	MCR	32,000 BHP x 74.0 rpm
	NCR (90% MCR)	28,800 BHP x 71.4 rpm

# 개념 설계 상세 - 설계선 주요 치수 추정 2

- 기본 식 :  $L * B * d * C_B * (1 + \alpha) = V$
- d (흘수) : 항로가 허용하는 최대 흘수 (예: 22.5 m)
- B (형폭) : 일반적 해당 선종의 폭 또는 항로가 허용하는 최대 폭
  - $5.3 \leq L/B \leq 6.5$  (VLCC),  $5.5 \leq L/B \leq 6.5$  (Suezmax)
  - $1.4 \leq B/D \leq 2.2$  (VLCC) 등 다양한 경험값들
- 주요 치수를 1차적 도출 후, 다양한 경험식에 대입해서 만족여부 확인
- 반복 계산을 통해 최종 확정

# 개념 설계 상세 - 주기관 마력 추정

- 엔진 -> 프로펠러 축 -> 프로펠러 -> 추진기 -> 실제 추력
- EHP (Effective Horse Power) : 유효마력
- DHP (Delivered Horse Power) : 전달마력 (추진효율)
- BHP (Brake Horse Power) : 제동마력 (축전달 효율)
- NCR (Normal Continuous Rating) : 정격마력 (해양상황 고려 여유분)
- NMCR (Normal Maximum Continuous Rating) : 정격 최대마력 (엔진자체 여유)
- 배수량은 앞서 추정했다? 주기관 마력은 얼마가 되어야 할까?

# 개념 설계 상세 - 배수량과 마력의 관계

- Admiralty 계수 ( $C_{ad}$ ) : 배수량과 주기관 마력의 관계
  - 선종과 크기가 비슷한 선박은 Admiralty계수가 같다

$$C_{ad} = \frac{\Delta^{2/3} * V^3}{NMCR}$$

- 마력수가 구해졌다.
  - 해당 마력을 낼 수 있는 엔진의 종류, 크기, 무게는?
  - 주요 치수(적재용량, 무게 등) 계산에 합당한가?
  - 남은공간에 컨테이너 몇개 넣을 수 있나? 충분한가?
  - 반복계산...!

# 개념 설계 예 - 학생선박설계 콘테스트

- 실적선 (참조호선) 자료를 주고 설계선 목표값을 준다
  - 제출할 것은 계산의 근거들을 설명한 보고서. 근거에 대한 힌트도 있음.

## 제31회 (2022년도) 학생선박설계 콘테스트 지정과제 요구사항

### 1) 설계 요구사항

#### 319,000 DWT 급 VLCC 설계

참조호선 주요 요목 및 설계 요구 사항은 아래와 같음.

항 목		참 조 호 선	설 계 선	비 고
주 요 제 원	L.O.A (m)	Abt. 333.0	Up to max. 333	
	L.B.P (m)	322.0	-	
	B.mld (m)	60.0	-	
	Depth, mld (m)	29.4	29.4 ~ 31.0	
	Design draft (m)	20.5	20 ~ 22	
	Scantling draft (m)	21.6	Up to 22.6	
Deadweight (ton)		Approx. 300K	Approx. 318K~320K	
Speed (knot)		15.3 kts NCR w/15% S.M.	abt. 14.5~15.0 kts (NCR w/15% S.M.)	
M/E	TYPE	HYUNDAI-WINGD 7X82	-	
	MCR	24,020kW x 65.7 rpm	-	
	NCR	20,417kW x 62.2 rpm	-	
	DFOC (TON/DAY)	Abt. 76.2	Minimization	

Cruising Range(N/M)		Abt. 23,100 (M/E only)	Approx. 35,000 (M/E only)	
Capacity	FO (m <sup>3</sup> )	Abt. 5,400	-	
	MDO or MGO (m <sup>3</sup> )	Abt. 800	-	
	Fresh Water (m <sup>3</sup> )	Abt. 500	-	
	Ballast Water (m <sup>3</sup> )	Abt. 90,000	-	
	Complement	32 person	-	
Cargo Oil Tank (m <sup>3</sup> )		Abt. 344,500	-	

\* 설계 반영 및 참고 사항 : 아래 사항을 반영하여 설계 바랍니다.

- (1) Freeboard Calculation : ICLL 1966 (PROTOCOL 1988/2006 AMENDMENT) 기준
- (2) Fuel Oil Tank Protection 적용 (MARPOL Annex.1, Reg.12A 적용)
- (3) Intact Stability : 2008 IS code 적용
- (4) CSR 적용 (Common Structure Rules 적용)
- (5) 2021. 01 Contract, 2023. 06 K/L, 2023. 12 D/L 기준 최신 Rule 적용
- (6) ESD (Energy Saving Device)의 적용 유무는 자율이나, 적용 시 전후 성능 비교 명기 요망
- (7) 향후 LNG Fuel Ship개조를 위한, LNG Tank(Cylindrical Type C, 3,500m<sup>3</sup> x 2개) 배치 위치 검토.
  - 위치만 검토할 것. 즉, G/A와 Visibility Calculation에만 고려하고, 나머지 설계에는 고려하지 말 것.

# 선박 의장

- 선박의장 (Outfitting) : 선박의 외장, 내장, 기계장치 등을 설치하는 것
  - 외장 : 선체, 갑판, 상선, 선박의 외부에 위치한 장비들
  - 내장 : 선박의 내부에 위치한 장비들
  - 기계장치 : 선박의 주요 기계장치들



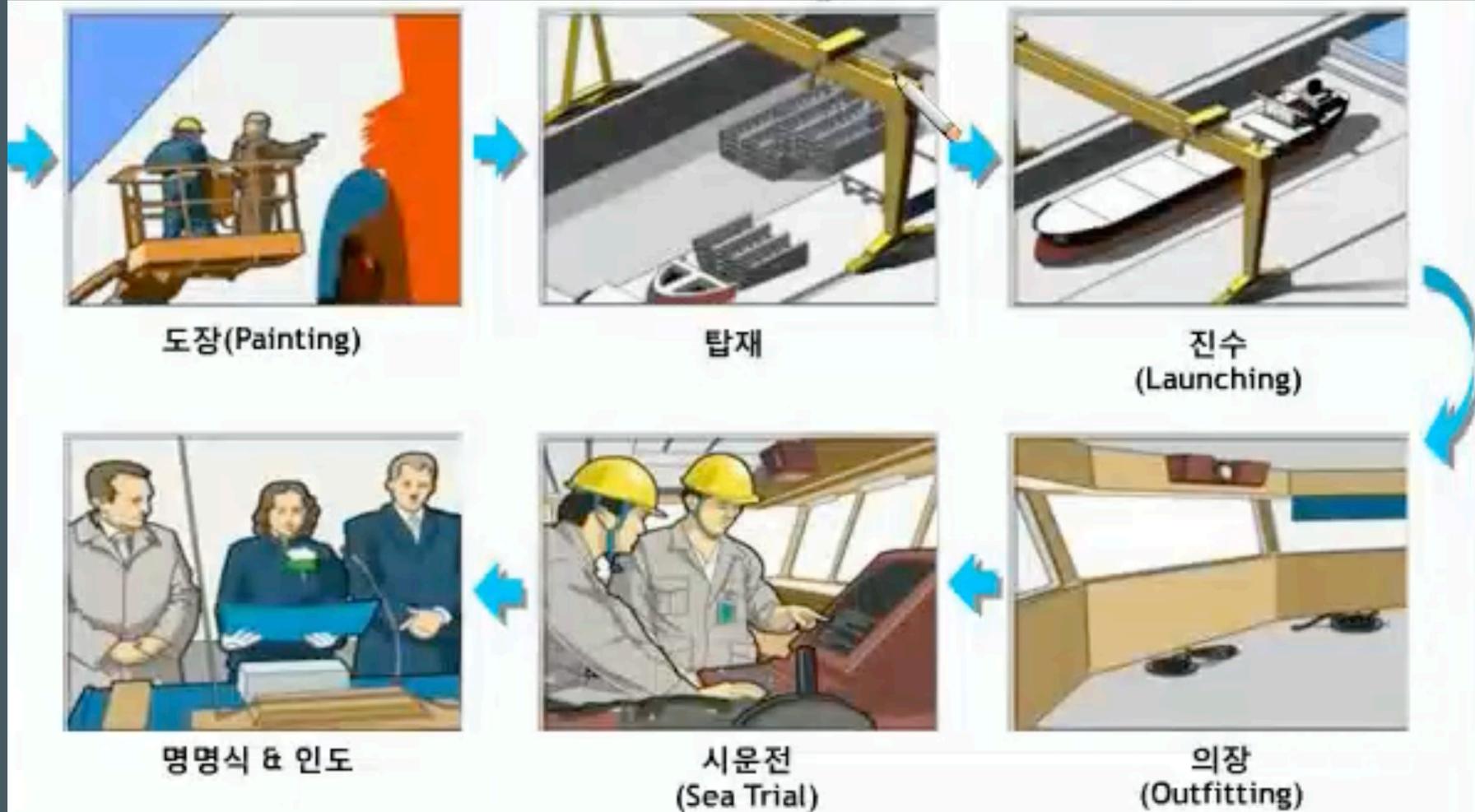
# 선박 생산 과정 - 주요 이벤트

- 설계 : 개념 -> 기본 -> 상세
- 5대 주요 선박 생산 주요 이벤트
  1. 강재 절단 : 강재를 절단하는 것 (S/C; Steel Cutting)
  2. 용골 배치(거치) : 첫번째 블록을 드라이도크에 내려놓는 것 (K/L; Keel Laying)
  3. 진수 : 도크에 물을 채워서 바다로 내보냄 (L/C; Launching)
  4. 시운전 : 선체에 설치된 장비들을 가동시키는 것 (Sea Trial)
  5. 인도 : 시운전 후 선주에게 인도하는 것 (Delivery)

# 선박 생산 과정



# 선박 생산 과정



# 선박 생산 기술

- 선박 제작 과정

- <https://www.youtube.com/watch?v=qNGMBeKOA7Y>

- 블록건조방식 : 블록으러 나누어 만든 후 조립

- <https://www.youtube.com/watch?v=sr5LIY0IRIM>

- <https://www.youtube.com/watch?v=zgvcMikyE8s>

- LNG선 제작과정

- <https://www.youtube.com/watch?v=WHTZ8dQTjo4>

- FPSO 제작과정 (Floating production storage and offloading)

- <https://www.youtube.com/watch?v=hjt3YU6FQjw>

# 조선공학의 연구주제들

- 과학기술정보통신부 제5차 과학기술기본계획(2023~2027) 22.12.14 발표
  - 중점 육성 기술 : 12대 국가전략기술

**< 12대 국가전략기술 >**

<b>혁신선도</b>	반도체·디스플레이	이차전지	차세대 원자력	첨단 이동수단
<b>미래도전</b>	우주항공·해양	첨단바이오	사이버보안	수소
<b>필수기반</b>	인공지능	차세대 통신	첨단로봇·제조	양자

- 차세대 원자력, 우주항공/해양, 수소, 인공지능, 첨단로봇 등

# 조선공학의 연구주제들

- 해양수산부 제2차 해양수산과학기술 육성 기본계획(2023~2027)
  - 제5차 과학기술기본계획 연계



4대 전략	12대 추진과제
<p><b>01</b> 오션 디지털·탄소중립의 대전환 Net Zero the Ocean</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 탄소중립을 선도하는 해양에너지 대전환</li> <li>2. 디지털 전환을 선도하는 스마트 선박·항만</li> <li>3. 데이터 기반 수산업 기술 혁신</li> </ol>
<p><b>02</b> 파도를 넘는 위기대응 미래 R&amp;D Risk Off the Ocean</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 고령화된 어촌을 신성장 동력으로 도약</li> <li>2. 선제기술로 재난을 극복하는 K-Ocean</li> <li>3. 해양·극지 개척으로 해양과학영토 확대</li> </ol>
<p><b>03</b> 민간 성장 동력 강화 Light Up the Ocean</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 창업부터 유니콘까지 완결형 벤처생태계 구현</li> <li>2. 해양수산 강국 지원을 위한 공공연구기관 혁신</li> <li>3. 민간성장을 위한 지역혁신 및 인재양성</li> </ol>
<p><b>04</b> 해양강국 R&amp;D 생태계 조성 Beyond the Ocean</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 해양수산 R&amp;D의 질적 성장 체제로 전환</li> <li>2. 데이터·인프라 공유체계 확립</li> <li>3. 국제협력형 연구개발 체계 구축</li> </ol>

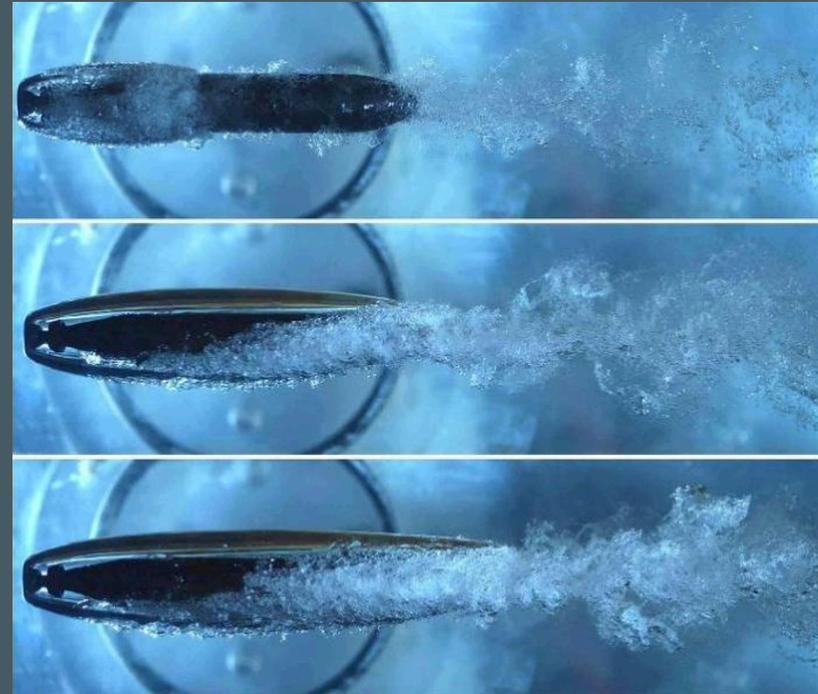


# 잠수함

- 상선 vs 특수선(함정)
- 잠수함 역사 빠르게 정리 '안될과학'
  - <https://www.youtube.com/watch?v=m8s1jclW4Nc>
- 잠수함의 추진
  - 전기모터로 추진
  - 디젤엔진은 충전용
  - 충전은 납축전지

# 초공동 어뢰

- 물속에서 시속 800 km/h로 날아가는 방법
  - <https://www.youtube.com/watch?v=PwD1nAfQsy0>



# 조선업 현황 - 과거 뉴스

- 2018년... 최악은 지났다고 했으나..

**[조선, 전문인력이 사라진다 下] 핵심 연구인력 3년새 반토막... "미래 위한 R&D 늘려야"**

기하영 기자·권재희 기자  
입력 2018.07.13 11:37

⌚ 읽는 시간 1분 17초

**불황, 구조조정 여파에 석사급 이상, 3년새 절반 수준 주춤했던 R&D 역시 늘려야**

한국 조선업계 핵심 연구인력 변화 (단위: 명, 자료: 산업연구원)

연도	인력 수
2009	~1000
2010	~1100
2011	~1200
2012	~1300
2013	~1400
2014	~1300
2015	~1100
2016	723

조선 3사 최근 3년간 연구개발비(R&D) 비중 (단위: 억 원, 자료: DARI)

연도	삼성중공업	대우조선해양	현대중공업
2015	1130억 / 2700만 (4.2%)	923억 / 8700만 (1.1%)	2390억 / 6500만 (3.7%)
2016	823억 / 3000만 (2.7%)	798억 / 4700만 (1.7%)	1203억 / 5100만 (2.4%)
2017	682억 / 3000만 (2.3%)	603억 / 5500만 (1.1%)	907억 / 4900만 (1.8%)

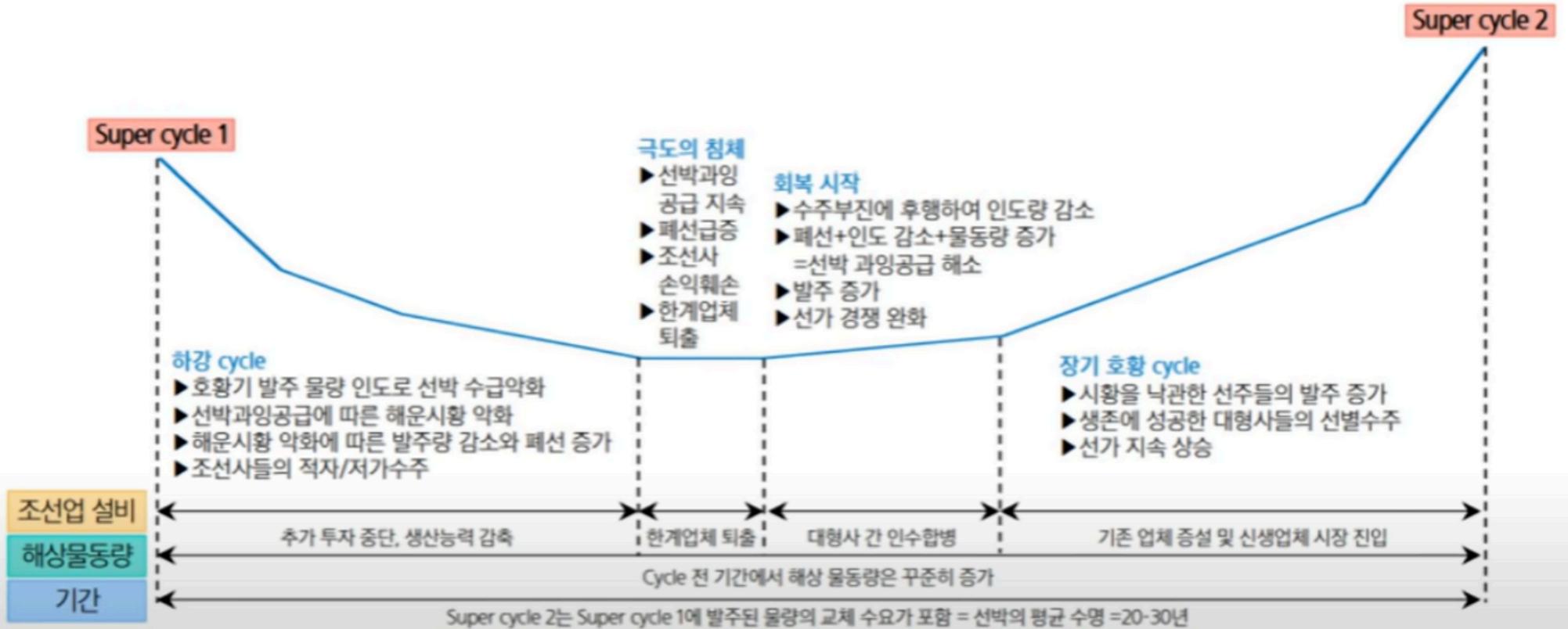
**조선해양산업의 고용인력 추이 (단위: 명)**

연도	고용인력 수
2010	15만 3769
2012	16만 9893
2014	20만 3441
2016	16만 7174
2018	10만 2895
2020	9만 7428
2022년 10월	9만 5030

<자료: 한국조선해양플랜트협회>

# 조선업 특징 - 사이클

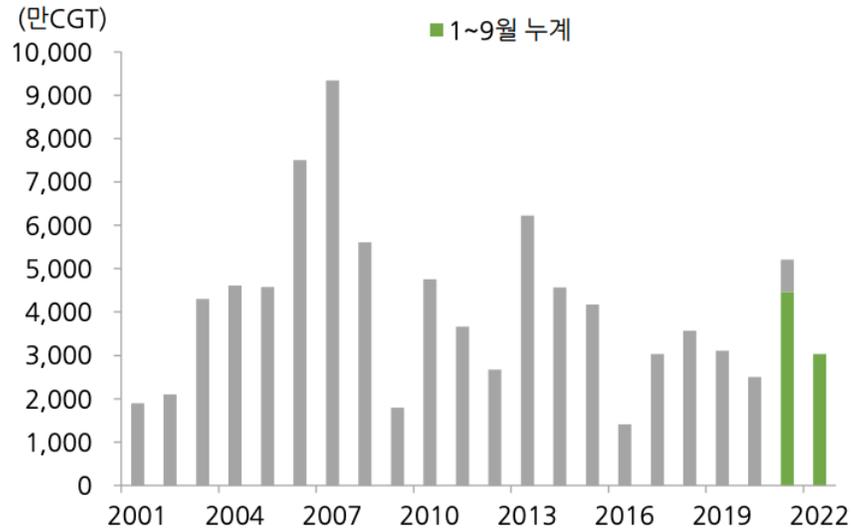
조선업 장기 cycle의 생성과 소멸



# 조선업 현황 - 사이클 상황

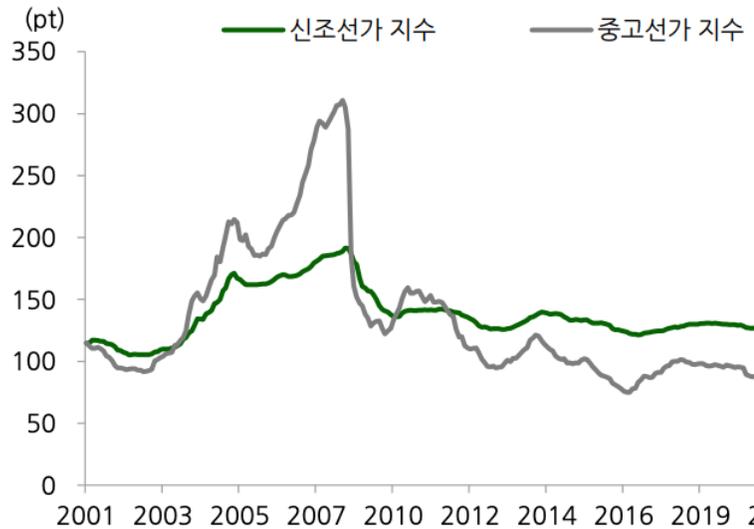
- 슈퍼 사이클에 다시 돌입?

전세계 신조선 발주량 추이



자료 : 클락슨, 신영증권 리서치센터

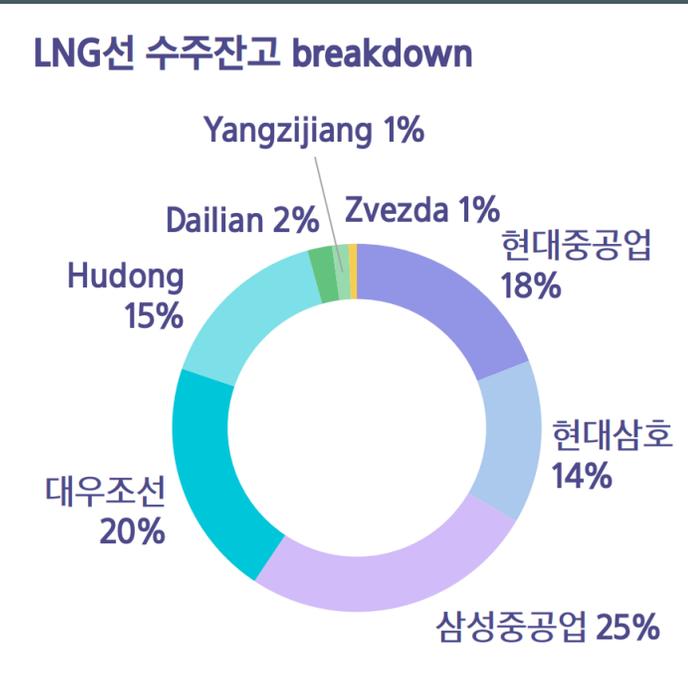
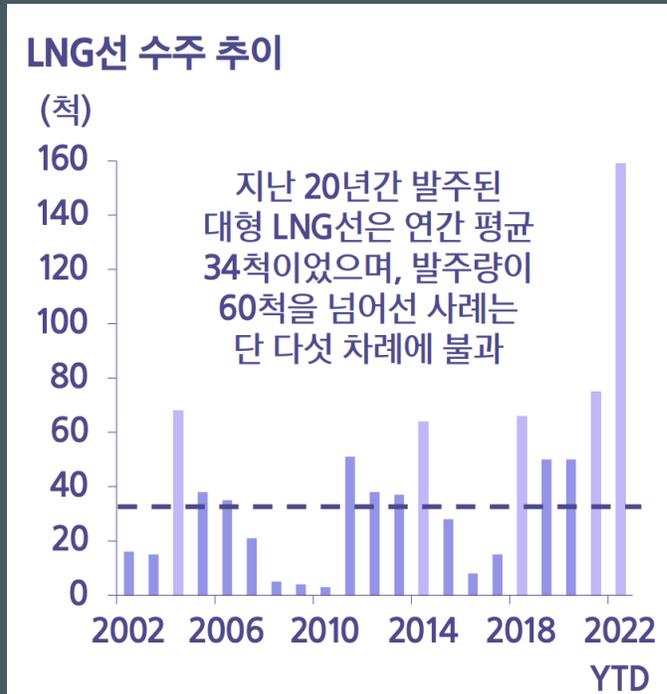
신조선가와 중고선가 지수



자료 : 클락슨, 신영증권 리서치센터

# 조선업 현황 - 요즘 상황

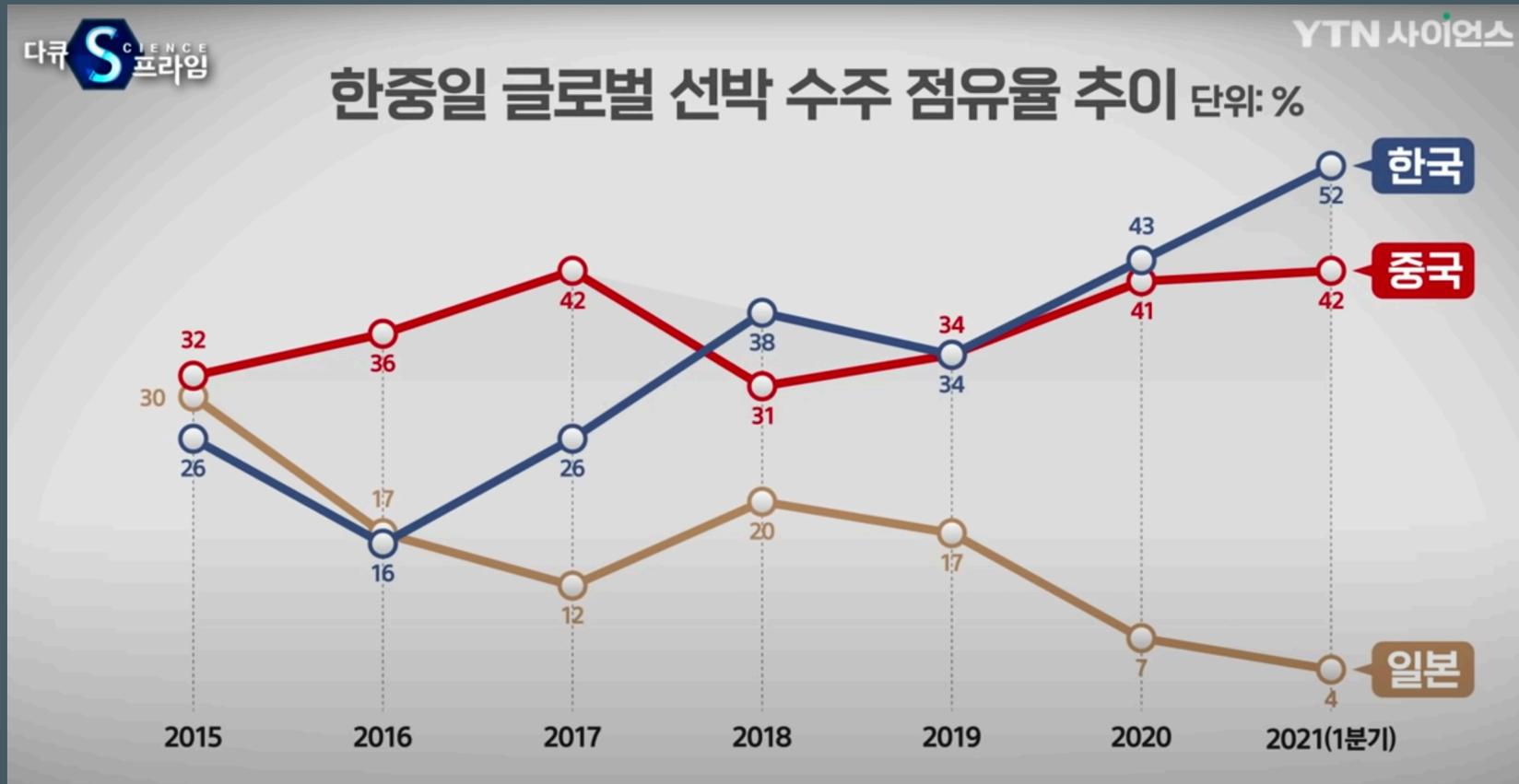
- 역대급 수주량 (보통 주가와 연동됨)



- 맹점 : LNG는 전체 원자재 선박 중 극소수 (약 700척)

# 조선업 현황 - 수주 점유율 추이

- 중국으로 넘어가긴 힘들어 보임



# 조선업 현황 - 미래 상황

## • 역대급 규제들 예정

• 세 번째, 환경 규제의 영향이 숫자로 확인될 가능성

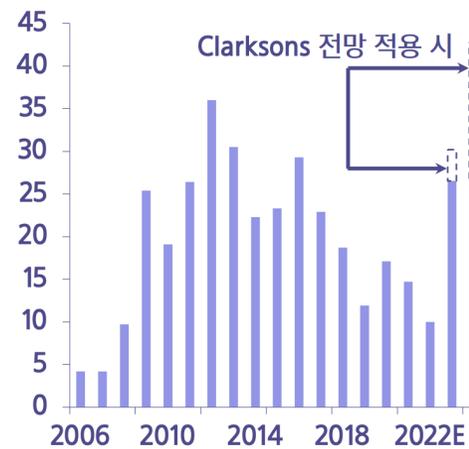
### IMO의 EEXI 규제

규제기관	IMO		EU	
	EEDI/EEXI	CII	ETS	FuelEU maritime
규제대상	현존선	현존선	EU 입출입 선박 (5천GT 이상)	
규제물질	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCS, PFCS, SF <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
적용시점	EEDI는 현 적용 중 EEXI: 2023.01.01	2023	2022.01.01 (해운은 2024년)	2025.01.01
규제단위	설계상 단위 중량, 거리 당 CO <sub>2</sub> 배출량	실 운항 시 CO <sub>2</sub> 배출량	운항 중 사용 연료의 배출량을 CO <sub>2</sub> 등가물로 환산	
패널티	불만족 시 운항 불가	등급별 차등	CO <sub>2</sub> 1톤당 100유로, 항만 추방 및 기국 통보	2년 연속 불만족 시 EU 입항 금지
확정여부	확정	확정	이사회 승인 필요	진행 중

삼성증권 | 9

자료: 한국조선해양 자료 인용

### 폐선량 전망 (당사 vs Clarksons) (백만GT)



### 선박 운항 속도



# 조선업 현황 - Big 3 선호도

- 현대 계열사에 대한 두드러진 선호
  - 한국조선해양은 대부분 연구인력 (판교)
  - 연구인력 : 석사급 이상

## 조선소 인력 얼마나 떠났길래...경쟁사간 감정싸움까지

안준형 기자 why@bizwatch.co.kr

2022.08.30(화) 17:25

구독 추가 공유

삼성중·대조양 529명↓·현대중 3사 40명↑  
불황 때 인력 줄이자, 호황 때 일손 부족

삼성중공업·대우조선해양·대한조선·케이조선 등 조선 4사가 '업계 1위인 현대중공업그룹이 인력을 빼갔다'며 경쟁당국에 신고하면서 업체간에 감정의 골이 깊어지고 있다. 경쟁당국의 조사 결과가 나오기 전까지 진흙탕 싸움이 이어질 것으로 보인다. 국내 조선업계가 왜 채용을 두고 신경전을 벌이는지, 실제로 얼마나 많은 직원이 조선소를 떠났는지를 확인해봤다.

### 조선사 직원 수 추이

[단위: 명]

조선사명	2020년 12월	2021년 12월	2022년 6월	
HD현대	한국조선해양	655	649	737
	현대중공업	1만3423	1만2811	1만2759
	현대삼호중공업	3636	3506	3564
	현대미포조선	3066	3024	3058
삼성중공업	9886	9279	8983	
대우조선해양	9439	8802	8569	
케이조선	925	930	947	

BUSINESS watch

그래픽=유상연 기자 prtsy201@



다음 시간에 !

 교수자

[최원석 \(Woen-Sug Choi\)](#)

한국해양대학교 해양공학과

상담문의 및 질문은 [온라인 상담예약 링크 \(담당교수 아니더라도 언제든지 누구든지 😊😊\)](#).

또는 해양과학기술관(D) 301호