

第十五次初階課程授課紀錄

授課時間	民國 100 年 12 月 14 日 (星期三) 下午 1:15 至 3:05		
授課地點	大仁樓 5 樓階梯教室		
授課師資	王偉輝	紀錄	洪郁淳
上課學生	90 人 (扣除休學 1 人)		
請假學生	4 人		
授課大綱 (至少 60 字, 並以 條列方式敘述)	<p>船舶系統工程之經營與前瞻</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 系統工程(SE) — Vee 及 3D 結構 2. 船舶系統工程諸元 3. 船舶系統工程之經營 — 三元複合體 4. 船舶系統工程設計之新挑戰 		

內容目錄

一、 演講海報	-----	第 2 頁
二、 師資簡介	-----	第 3 頁
三、 演講簡報	-----	第 4 頁
四、 課程照片	-----	第 14 頁
五、 演講內容	-----	第 15 頁

一、演講海報



敬邀您參加

教育部補助大學校院培育海洋科技實務人才計畫
初階實務課程 - 船廠經營管理

船舶系統工程之經營與前瞻

王偉輝

國立台灣海洋大學系統工程暨造船學系名譽教授

100年12月14日

下午 1:15 至 3:05

大仁樓 5 樓階梯教室

國立高雄海洋科技大學培育海洋科技實務人才計畫團隊 敬邀



二、師資簡介

中文姓名	王偉輝	公司電話	02-24622192#6009	
E-mail	whwang@mail.ntou.edu.tw			
主要學歷				
畢業學校	國別	主修學門系所	學位	起迄年月
樸里茅斯大學	英國	機械與輪機工程系	博士	1994.9~2000.3
國立台灣大學	台灣	造船工程研究所	碩士	1973.9~1975.6
國立海洋大學	台灣	造船工程學系	學士	1966.9~1970.6
現職及與專長相關之經歷（由最近工作經驗依序往前追溯）				
公司名稱	部門	職稱	起迄年月	
國立台灣海洋大學	造船工程學系	名譽教授	2008.8~迄今	
國立台灣海洋大學	造船工程學系	教授	1981.7~2008.7	
國立台灣海洋大學	造船工程學系	副教授	1978.8~1981.7	
國立台灣海洋大學	造船工程學系	講師	1975.8~1978.7	
本計畫中負責項目				
<p>初階實務演講課程：</p> <p>主題：船舶系統工程之經營與前瞻</p> <p>日期：100年12月14日</p> <p>時間：下午1：15至3：05</p> <p>地點：大仁樓5樓階梯教室</p>				

三、演講簡報

<p style="text-align: center;">造船設計與製造科技實務人才培育計畫 船廠經營管理初階實務課程</p> <p style="text-align: center;">講題 船舶系統工程之經營與前瞻</p> <p style="text-align: center;">講者：王偉輝</p> <p style="text-align: center;">國立台灣海洋大學名譽教授</p> <p style="text-align: center;">於 國立高雄海洋科技大學 100年12月14日</p>	<p style="text-align: center;">大綱</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 系統工程(SE)-Vee及3D結構 2. 船舶系統工程諸元 3. 船舶系統工程之經營-三元複合體 4. 船舶系統工程設計之新挑戰
<p>1. 系統工程(SE)-Vee及3D結構</p> <p>1.1 系統工程分類</p> <p>系統工程(Systems Engineering, 簡寫為SE)是一大門技術的總稱,是把系統科學的知識應用於實際的技術科學,為涉及社會-科技-經濟的綜合系統的規劃、設計、建造、使用和更新的各種工程技術提供理論和方法。</p>	<p>1.2 SE Vee</p> <p>SFR: System Function Review PDR: Preliminary Design Review CDR: Critical Design Review TRR: Test Readiness Review SVR: System Verification Review</p>
<p style="text-align: center;">System engineering "Vee" (after Forsberg and Mooz, 1992)</p>	<p>1.3 系統工程之霍爾(Hall)三維結構</p> <p>知識維 邏輯維 時間維</p>
<p>系統工程方法論</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1969年,美國學者霍爾(Hall)提出了系統工程三維結構,作為系統工程方法論的經典,得到廣泛應用。 • 霍爾的系統工程三維結構將系統工程活動按時間維、邏輯維分為前後密切聯繫的七個工程開發階段和七個實施步驟,同時提出完成上述工程階段和步驟所需的各種知識。 • 為解決複雜的、影響因素較多的工程問題提供了方法論和知識地圖(Knowledge map)之總體架構。 	<ul style="list-style-type: none"> • 三維結構是由時間維、邏輯維和知識維構成的空間立體結構。 • 時間維表示系統工程活動由發展研究到系統更新階段的科學工程程序,他包括七個階段: <p>發展研究階段 論證研究階段 方案決策階段 工程研製階段 成果轉化階段 運用保障階段 更新階段</p>

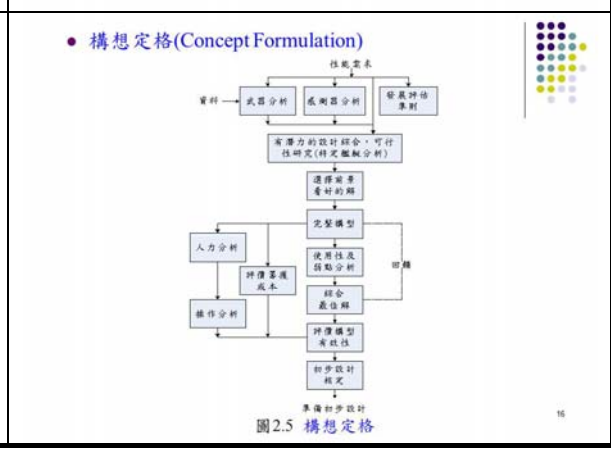
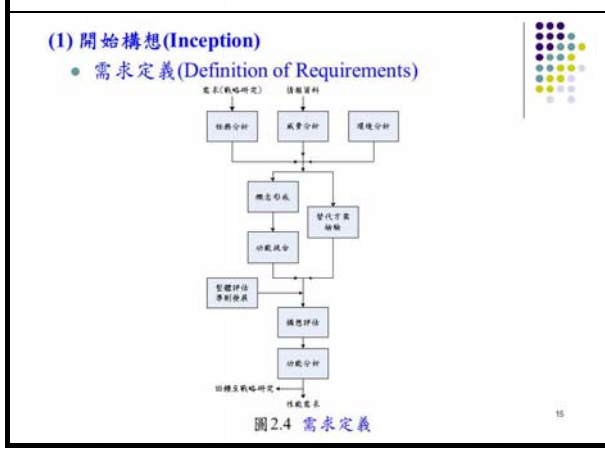
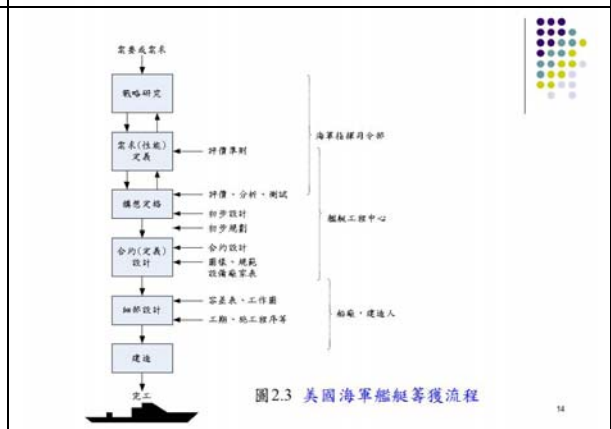
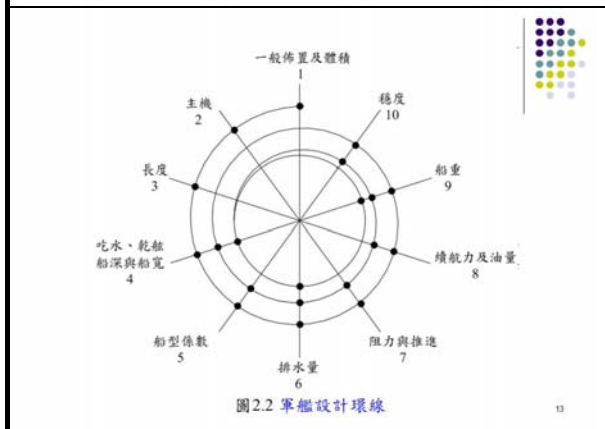
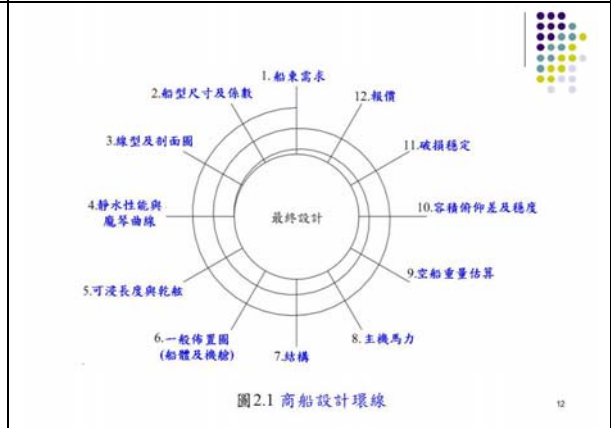
- 邏輯維表示對每一工作階段，運用系統工程的方法思考和解決問題的思維過程，可分為七個步驟：
 - 界定任務範圍
 - 任務分析
 - 系統工程分析
 - 系統綜合
 - 系統權衡優化
 - 系統決策
 - 系統實施

- 知識維是完成上述工作階段和步驟所需的各種知識和工程專業技術，包括相關的社會科學、自然科學以及相關的工程技術。
- 霍爾的系統工程方法論的三維結構說明：系統工程的應用需與專業知識結合。否則，系統工程將是無的之矢，或是紙上談兵，沒有任何意義。

2. 船舶系統工程諸元

2.1 船舶設計環線

- 一般船舶設計之步驟，包括：
 - 1. 船東需求確定
 - 2. 船形尺寸及初步馬力估算
 - 3. 線圖繪製
 - 4. 靜水性能及龍琴曲線計算
 - 5. 可浸長度
 - 6. 一般佈置設計
 - 7. 結構設計
 - 8. 馬力推估
 - 9. 輕船重量估算
 - 10. 容積俯仰差及穩度計算
 - 11. 破損穩度計算
 - 12. 估價等。
- 由於此12步驟為重複循環進行，逐步修改至面面兼顧之均衡設計，稱之最後設計(final design)。
- 圖1.1 示由船東需求開始以致完成最後設計之船舶設計環線(spiral of ship design)。



(2) 規劃(Planning)

- 可行性方案研究

圖2.6 基本各式艦艇(水面艦→航母→潛艦)典型之可行性研究及特性草圖

● 船舶建造途徑規劃

備例式	可行性研究 特性核定	初步 設計	合約 設計	細部 設計	建造
無合約定義 之途徑	設計公司 性能定義	船舶系統發展			船舶 建造
替代方案	生產合約定義			細部設計及建造	
合約定義	構想 定稿	船舶合約 定義	船舶系統發展	船舶生產	

▲ 構想 ▲ 性能規範 ▲ 生產規範 ▲ 船

圖2.7 船舶建造方案及途徑

(3) 合約設計(Contract Design)

- 合約設計流程

圖2.8 合約設計

(4) 細部設計(Detail Design)

- 細部設計流程

圖2.9 細部設計

2.2 各設計步驟之內涵

- (1) 船型線圖
- (2) 船型係數
- (3) 靜水性能
- (4) 乾舷及穩度
- (5) 可浸長度及艙區劃分
- (6) 一般佈置

- (7) 結構
- (8) 阻力及馬力
- (9) 適航性或耐海性能
- (10) 容積吃水及俯仰差
- (11) 破損穩度及爆震反應
- (12) 成本估算及報價

2.3 造船流程

圖2.10 造船工程流程表

- 一般新型船舶設計建造程序：

 - (1) 訂單
 - (2) 船模試驗
 - (3) 設計
 - (4) 鋼材放樣、切割與加工
 - (5) 分段組合
 - (6) 安放龍骨
 - (7) 命名下水
 - (8) 試航
 - (9) 交船典禮

<p>3. 船舶系統工程之經營 —三元複合體</p> <p>3.1 商船訂單</p> <p>Diagram description: A central circle labeled '造船工業 商船訂單 Ship Building Order' is connected to three surrounding circles. The top circle is '海洋資源或海運市場 Ocean Wealth & Resources'. The bottom-left circle is '航運或商船企業投資人 (油電、石化、鋼鐵、漁業等企業) Investor'. The bottom-right circle is '造船及海洋工程技術 Marine Engineering & Technology'.</p> <p>25</p>	<p>• 最佳化對象之複合結構</p> <p>(1)投資者 The subject of marine industrial activity: the investor ;</p> <p>(2)海洋財富 The ocean wealth to which the interests of the investor intended to master these resources ;</p> <p>(3)海洋工程(造船) The marine engineering, in particularly, the commercial vessel.</p> <p>26</p>
<p>3.2 造船及海洋工程技術</p> <p>The approaches in the Naval Architecture could be of another kind of Applied economy. —Besides the applied economy , also including the hydrodynamics , structural mechanics , computer science , physics , mathematics , etc.</p> <p>27</p>	<p>3.3 航運或商船投資人</p> <p>Aim at the optimization of the commercial vessel/the marine technical complex/the marine (or ocean) engineering system and the property complex of read assets as a part of the marine company /other marine object , evaluated as a complex.</p> <p>28</p>
<p>3.4 海洋資源或海運市場</p> <p>The ocean wealth to which the interests of the of the investor directed to master these resources.</p> <p>29</p>	<p>3.5 船舶系統工程經營之考量要素</p> <p>• 船舶或海洋系統工程最佳化對象</p> <ul style="list-style-type: none"> —商船 —整合性海洋技術 —航運公司附合資產 —其他船上海事及漁撈物品之複合資產 <p>30</p>
<p>• 商船設計與最佳化</p> <p>—商船設計的內涵主要再得到船舶預期特性之船型要項 (Principal particulars)。</p> <p>—研究造船的門道亦可由應用經濟學著手，但不單只是應用經濟學，尚結合hydrodynamics , structural mechanics , computer science , physics , mathematics , etc.</p> <p>31</p>	<p>• 船舶最佳化設計之內涵</p> <p>The subject of the commercial vessel design: the determination of characteristics and particulars of the vessel and subsystems, the process of the drafts</p> <ul style="list-style-type: none"> • The commercial vessel project characteristics <i>D, DW, PCG, GRT, NRT, W, ... , v₃, EPS (or Ne), ...</i> • The commercial vessel project particulars <i>LW, B , TW, δ, H, ...</i> (Length, Breadth, Draft, Block coeff., Depth) • The project characteristics of the vessel subsystems: the characteristics of separate structures, devices and engineering <p>32</p>

- 船舶設計之獨立特性變數與相依特性

The independent project characteristics are to be set, the others characteristics—dependent are to be determined

For example:

- set of some of the independent characteristics of $DW, PCG, GRT, NRT, W, \dots, v_i,$
- let to determine the dependent characteristic D, \dots, EPS (the options could be)
- The vessel displacement equations of balance is applied

33

4. 船舶系統工程設計之挑戰

- 船舶節能減碳的要求(EEDI、MACC)
- GBS新的通用結構安全規範
- 反恐防盜安全措施
- 壓艙水管理系統(BWMS)

34

4.1 Energy Efficiency Design Index (EEDI) MARPOL ANNEX IV and Marine Environment protection

Koichi Yoshida

35

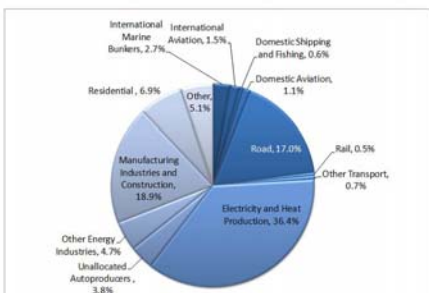
How ships contribute to global warming?

IMO GHG Study (NMRI is one of the member) reported GHG emission from international shipping in 2007 is estimated about **870 Million tones**. About 2.7% of global emission of CO₂.





36

CO₂ emissions from shipping compared with global total emissions (IMO GHG Report)



37

What is going on internationally



UNFCCC (May 9 1992)

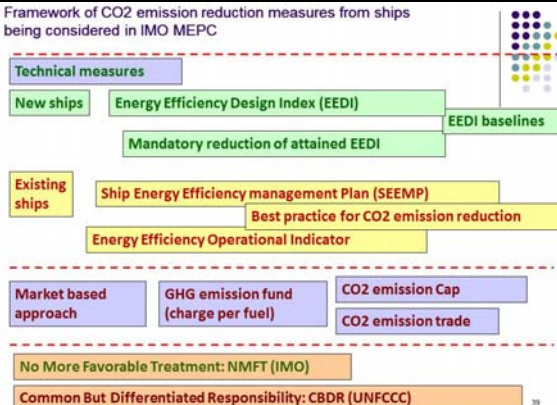
- United Nations (UN) adopted United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) on 9 May 1992, aiming at stabilizing Green house Gas (GHG) in atmosphere and preventing harmful impact of human behaviors of excessive emission of such gas.
- UNFCCC specifies "**common but differentiated responsibilities**" to members listed in ANNEX I (so called "developed countries"), and members not listed in ANNEX I (so called "developing countries").

Kyoto protocol to UNFCCC (December 1997)

The article 2.2 paragraph 2 of Kyoto protocol specifies:
 "The Parties included in Annex I shall pursue limitation or reduction of emission of greenhouse gases from aviation and maritime bunker fuels, working through the International Civil Aviation organization and the **International Maritime organization**, respectively."

38

Framework of CO₂ emission reduction measures from ships being considered in IMO MEPC



39

IMO MEPC adopted on 18 July 2011 Resolution MEPC.203(62) Amendments to the ANNEX of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, (inclusion of regulations on energy efficiency for ships in MARPOL Annex VI)

The amendment will enter into force on 1 January 2013 to ships

- For which the building contract is placed on or after 1 January 2013; or
- In the absence of a building contract, the keel of which is laid or which is at a similar stage of construction on or after 1 July 2013; or
- The delivery of which is on or after 1 July 2015

40

Technical requirements are placed in MARPOL ANNEX VI new chapter 4

Regulation 19 Application

- Apply to all ships of 400 gross tonnage and above;
- Not apply to ships solely engaged in voyages within the water of the flag state;
- Not apply to ships having diesel-electric propulsion, turbine propulsion or hybrid propulsion systems;
- Administration may waive the requirement from complying with regulation 20 and 21, but this waiver shall not apply to ships
 - For which the building contract is placed on or after 1 January 2017; or
 - In the absence of a building contract, the keel of which is laid or which is at a similar stage of construction on or after 1 July 2017; or
 - The delivery of which is no or after 1 July 2019; or
 - Major conversion on or after 1 January 2017.

41

Calculation of attained EEDI

$$EEDI = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{MEi} C_{MEi} SFC_{MEi} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{AEi} C_{AEi} SFC_{AEi}}{f_c \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w \cdot f_e}$$

$$EEDI = \frac{\text{CO2 from propulsion system} + \text{CO2 from auxiliary} - \text{CO2 emission reduction}}{\text{DWT} \times \text{Speed}}$$

- P_{ME} : main engine power (kW)
- P_{AE} : auxiliary engine power (kW)
- SFC: Specific fuel consumption (g/kWh)
- C: Fuel to CO2 factor (g CO2/g Fuel) (nearly 3)
- Capacity: for cargo ships DWT, for passenger ships GT
- V_{ref} : reference speed (nm/hour)
- f_c : correction factor for capacity
- f_w : correction factor for performance in real weather
- f_e : correction factor for efficiency

For detail of calculation of EEDI, see MEPC61/WP.10
 Guidelines on calculation of attained EEDI should be finalized at ISWG-EE2 (Jan. 9 – 13 2012) and adopted at MEPC63 (Feb. 2012)

42

Required EEDI

Attained EEDI \geq Required EEDI = (1-X/100) x reference line value
 X = reduction factor as below

Ship Type	Size	Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
		1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	1 Jan 2025 and 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 ships	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Refrigerated cargo carrier	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.

43

Reference line value = a x b^{-c}

Ship type defined in regulation 1	a	b	c
2.25 Bulk carrier	961.79	DWT of the ship	0.477
2.26 Gas tanker	1120.00	DWT of the ship	0.456
2.27 Tanker	1218.80	DWT of the ship	0.488
2.28 Container ship	174.22	DWT of the ship	0.201
2.29 General cargo ship	107.48	DWT of the ship	0.216
2.30 Refrigerated cargo carrier	227.01	DWT of the ship	0.244
2.31 Combination carrier	1219.00	DWT of the ship	0.488

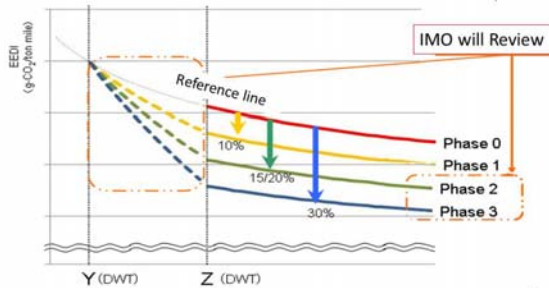
Required EEDI is not applied to

- 2.32 Passenger ship
- 2.33 Ro-ro cargo ships (vehicle carrier)
- 2.34 Ro-ro cargo ship
- 2.35 Ro-ro passenger ship

At the beginning of Phase 1 and at the midpoint of Phase 2, IMO shall review the status of technological developments and, if proven necessary, amend the time period, the EEDI reference parameters for relevant ship types, and reduction rates.

44

Required EEDI against Reference line



45

Future work plan on EEDI (MEPC62/WP15)

MEPC session	MEPC 62	MEPC 63	MEPC 64	MEPC 65	MEPC 66	MEPC 67	MEPC 68	MEPC 69
Date (for 2012 to 2016, the dates are tentative)	July 2011	February 2012	October 2012	July 2013	March 2014	October 2014	July 2015	March 2016
Regulatory frameworks (reference lines and reduction factors) for:								
- passenger ships								
- ro-ro cargo ships								
- ro-ro passenger ships								
Consideration of EEDI calculation method for ships having diesel electric propulsion, turbine propulsion, hybrid propulsion and other propulsion systems or dual fuel systems								
Review process								
	Review of applicable requirements for small ship segments with linear reduction factors in regulation 21 (review process 1)							
	Review of EEDI for larger size segment of oil tankers and bulk carriers							
Review of technological developments and adjust the time period and reduction factors set out in Phases 2 and 3 (review process 2)								

46

Future work plan on EEDI (MEPC62/WP15)

MEPC session	MEPC 62	MEPC 63	MEPC 64	MEPC 65	MEPC 66	MEPC 67
Date (for 2012, 2013, 2014 and 2015, the dates are tentative)	July 2011	February 2012	October 2012	July 2013	March 2014	October 2014
Guidelines on ship specific voluntary structural enhancement to increase safety of a ship (two sessions after receiving proposal, time schedule shown in right to the earliest possibility)						
Consideration of CO ₂ abatement technologies (Conversion factors/Guidelines) (three sessions after receiving proposal, time schedule shown in right to the earliest possibility)						
Consideration of Guidelines on propulsion power needed to maintain the maneuverability of the ship under adverse conditions						
Identification and development of other guidelines or supporting documents for technical and operational measures						

47

Challenge to reach 30% reduction of CO₂ emission

Potential reductions of CO₂ emissions from shipping by using known technology and practices (IMO GHG Study Report 2009)

DESIGN (New ships)	Saving of CO ₂ /tonne-mile	Combined	Combined
Concept, speed & capability	2% to 50%		
Hull and superstructure	2% to 20%		
Power and propulsion systems	5% to 15%	10% to 50%	
Low-carbon fuels	5% to 15%		
Renewable energy	1% to 10%		
Exhaust gas CO ₂ reduction	0%		25% to 75%
OPERATION (All ships)			
Fleet management, logistics & incentives	5% to 50%		
Voyage optimization	1% to 10%	10% to 50%	
Energy management	1% to 10%		

48

GHG ; CO2 equivalent

IPCC, 4th assessment report (AR4)
IPCC, 2nd assessment report (SAR)

Greenhouse Gas	Formula	100-year GWP (SAR)	100-year GWP (AR4)
Carbon dioxide	CO2	1	1
Methane	CH4	21	25
Nitrous oxide	N2O	310	298
Sulphur hexafluoride	SF6	23,900	22,800
Hydrofluorocarbons (HFCs)			
HFC-23	CHF3	11,700	14,800
HFC-32	CH2F2	650	675
Perfluorocarbons (PFCs)			
Perfluoromethane	CF4	6,500	7,390
Perfluoroethane	C2F6	9,200	12,200
Perfluoropropane	C3F8	7,000	8,830
Perfluorobutane	C4F10	7,000	8,860
Perfluorocyclobutane	c-C4F8	8,700	10,300
Perfluoropentane	C5F12	7,500	13,300
Perfluorohexane	C6F14	7,400	9,300

How to comply with MARPOL Annex VI 2011 for EEDI ?

- IMO Study on GHG 2009 is giving some information how to approach on this question by MACC (Marginal Abatement Cost Curve analysis) (MEPC59/INF.10)
- Some organizations has conducted similar analysis/studies
- NMRI also conducted a study on MACC for various ship types using information of IMO GHG studies and additional statistical investigations

Marginal Abatement Cost Curve analysis (MACC)

Schematic expression of MACC: $MAC = (MC+FC) / A$

MC: Cost of GHG emission reduction (US\$)
FC: Relative cost of fuel consumption (US\$)
A: GHG reduction (ton of CO₂)

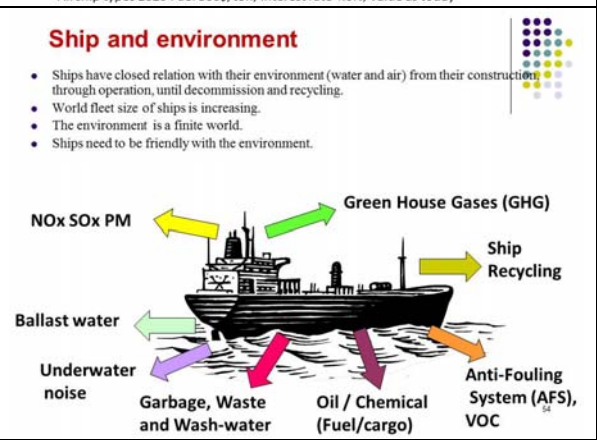
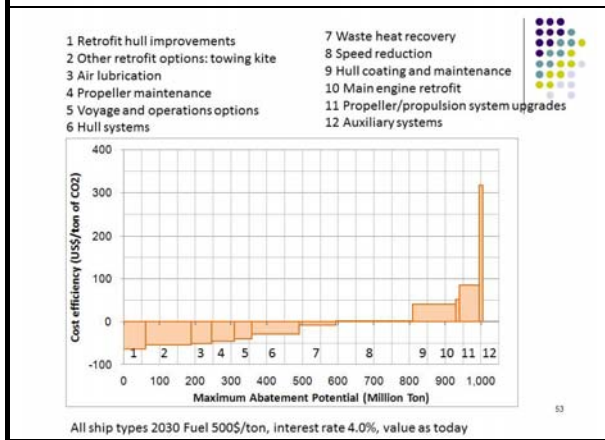
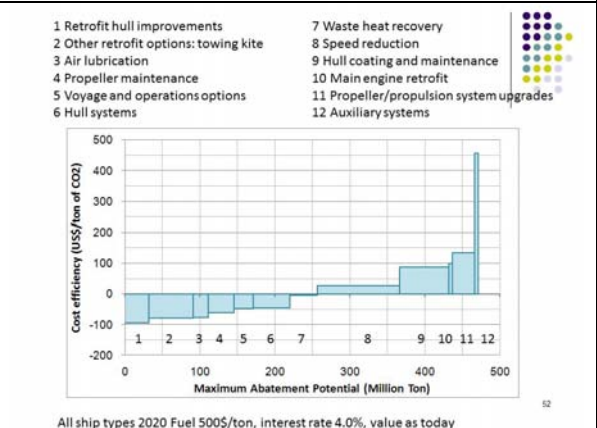
- Based on many estimations and assumption on
 - Future ship fleet size, ships' life and trend of new ship building
 - Fuel consumption and fuel cost in future
 - Methods/ technologies for CO₂ emission reduction and their cost
 - Economic growth and interest rate

All ship types 2020 Fuel 500\$/ton, interest rate 4.0%, value as today

Measures	Max. Abatement Potential (M ton)	Cost efficiency (US\$/ton CO ₂)
1 Retrofit hull improvement	32.0 (11.3 / 52.8)	-54 (-87 / -21)
2 Other retrofit options, kite	58.9 (30.2 / 78.5)	-60 (-72 / -47)
3 Air lubrication	25.3 (5.3 / 25.3)	-71 (-41 / -81)
4 Propeller maintenance	35.5 (3.3 / 62.8)	-50 (-24 / -77)
5 Voyage and operation options	25.7 (1.2 / 50.2)	-48 (-1 / -97)
6 Hull shape improvement	48.1 (48.1 / 48.1)	-41 (-41 / -41)
7 Waste heat recovery	38.5 (38.5 / 38.5)	-51 (-41 / -61)
8 Speed reduction	109.7 (109.7 / 109.7)	27 (41 / 14)
9 Hull coating and maintenance	69.8 (1.3 / 122.8)	88 (27 / 109)
10 Main engine retrofit	4.6 (1.2 / 8.1)	190 (192 / 188)
11 Propeller/propulsion system upgrade	29.3 (1.2 / 57.5)	134 (162 / 106)
12 Auxiliary systems	5.1 (0.1 / 10.0)	495 (981 / -25)

All ship types 2030 Fuel 500\$/ton, interest rate 4.0%, value as today

Measures	Max. Abatement Potential (M ton)	Cost efficiency (US\$/ton CO ₂)
1 Retrofit hull improvement	50 (21 / 99)	-54 (-87 / -21)
2 Other retrofit options, kite	128 (65 / 170)	-54 (-87 / -21)
3 Air lubrication	57 (47 / 74)	-51 (-41 / -61)
4 Propeller maintenance	55 (12 / 118)	-41 (-27 / -55)
5 Voyage and operation options	48 (2 / 94)	-41 (-15 / -68)
6 Hull shape improvement	133 (133 / 133)	-29 (-26 / -32)
7 Waste heat recovery	102 (102 / 102)	-51 (-7 / -8)
8 Speed reduction	213 (213 / 213)	2 (1 / -5)
9 Hull coating and maintenance	122 (7 / 236)	41 (146 / -65)
10 Main engine retrofit	9 (2 / 16)	13 (155 / 94)
11 Propeller/propulsion system upgrade	57 (2 / 111)	85 (233 / -63)
12 Auxiliary systems	10 (0 / 18)	318 (637 / -48)



Harmonization / Sustainability

- Sustainable activities are those that fulfil society's present needs without impacting on the ability of future generations to provide for their needs.
- Actions designed to improve environmental sustainability shall also be affordable and acceptable by the society.
- A measure to be taken to improve an aspect of environmental protection should not degrade the other aspect of environmental protection.
- Impact analysis of risk control option to all the aspect of safety and environmental protection shall be conducted, and methodology for such impact analysis shall be developed.

Example: Impact of Ballast Water Management System (BWMS) to other aspects



Green ship future

Innovative design concept

- All ship type**
 - Cleaner fuel / gas fuel / hydrogen fuel
 - Clean engine room – integrated bilge treatment system (IBTS)
 - Design for recycling
- Container ships**
 - Diesel-generators installed in bottom of ships; usage of space above for container cargo hold
 - Electric propulsion system (possibility of front drive + rear side-thruster)
 - Forecastle navigation bridge and accommodation and use aft for cargo
- Bulk carriers**
 - Non-ballast water ship
 - Much efficient unloading system and just-on-time operation
- Oil tankers**
 - Non-ballast water ships
 - Semi-submerged tanker

57

ISO/TC8 Ship and Marine Technology

ISO/TC8 is challenging toward "Environmentally Friendly ships" by supporting industries and IMO

- Ship recycling – ISO 30000 series (TC8WG1)
- Anti-fouling systems (AFS) – ISO 13073 series (TC8SC2)
- Oil Spill response – ISO 21072 series, ISO 17325 series (TC8SC2)
- Ship-board garbage management – ISO 21070 (TC8SC2)
- Port Reception Facilities – ISO 16304 (TC8SC2)
- Underwater noise – ISO 16554 (TC8SC2)
- Ballast water management – sampling of ballast water (TC8SC3 and SC2)

- Green House Gas (GHG) Emission (TC8SC2 and SC6)
 - Sea trial standard ISO 15016
 - Calculation method of Energy Efficiency of Design Index of new ships (EEDI)
 - Calculation method and management of Energy Efficiency Operational indicator (EEOI)
- NOx SOx PM emission

58

4.2 Recent IMO movement in 2011 for Maritime safety

Koichi Yoshida
December 2011

59

IMO MSC89 May 2011

- Safety regarding Lifeboat release hook
- Enhances Survey Programme (ESP)
- Measures against Piracy
- GBS generic guidelines
- Torremorinos Convention and related matters

60

4.3 Lifeboat release hook

- Many seafarers were killed at drills and maintenance of lifeboat due to accidental release of lifeboat from the hooks
- IMO Ship Design and Equipment Sub-Committee (DE) had considered and developed methods to avoid such accidents.
- Following instruments are revised or newly adopted at MSC89:
 - Amendment to SOLAS III
 - Amendments to LSA Code Chapter IV
 - MSC circular on Guidelines for evaluation and replacement of lifeboat release and retrieval systems
 - Amendment to MSC Res. 81(70) testing on LSA (lifeboat hook)
 - MSC Circular for early implementation

61

Lifeboat release hook Amendment to SOLAS III – MSC Resolution 317(89) (enter into force on 1 January 2013)

SOLAS III Regulation 1 new paragraph 5

5 Notwithstanding paragraph 4.2, for all ships, not later than the first scheduled dry-docking after 1 July 2014, but not later than 1 July 2019, lifeboat on-load release mechanisms not complying with paragraphs 4.4.7.6.4 to 4.4.7.6.6 of the Code shall be replaced with equipment that complies with the Code.

New LSA Code 4.4.7.6

4 to provide hook stability, the release mechanism shall be designed so that, when it is fully reset in the closed position, the weight of the lifeboat does not cause any force to be transmitted to the operating mechanism;

5 locking devices shall be designed so that they can not turn to open due to forces from the hook load;

6 if a hydrostatic interlock is provided, it shall automatically reset upon lifting the boat from the water;

62

Lifeboat release hook Amendments to LSA Code Chapter IV – SURVIVAL CRAFT MSC Resolution 320(89) (enter into force 1 January 2013)

4.4 General requirements for lifeboats

4.4.7 Lifeboat fittings

4.4.7.6 Release mechanism

New paragraph .2 to .6 were added;

Paragraph .2 was reworded and renumbered as .7;

New paragraph 9 was added;

New paragraph 15 and 16 were added; and

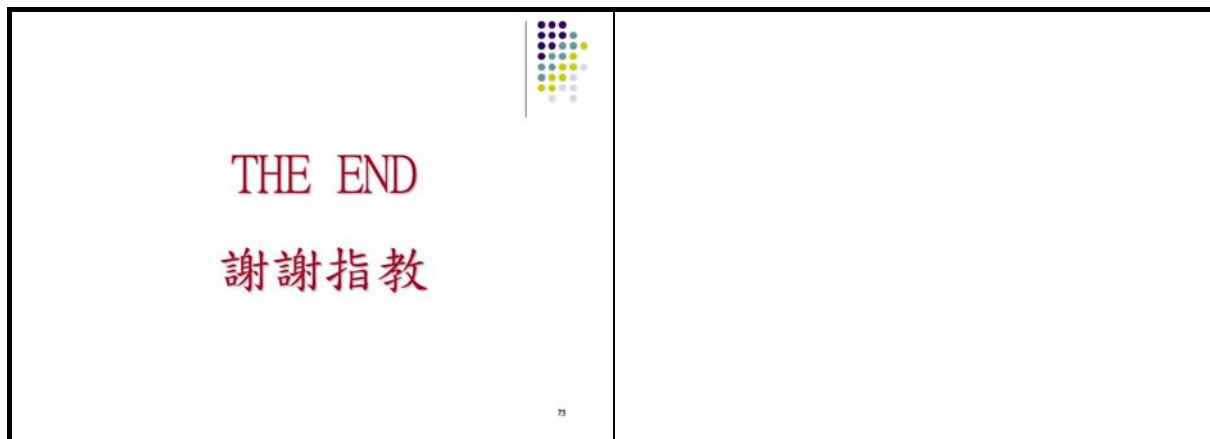
Some words were changed.

Lifeboat release hook
MSC Res. 321 (89)
Amendment to MSC Res. 81(70) testing on LSA (lifeboat hook)

63

Y/M	IMO	Administration	Manufacturer	Company
2011 May	MSC89 Adopt Amd SOLAS III 1.5, revised LSA Code and related Guidelines and Circ.	Possible to start evaluation	Start design new LRS Start self-assessment and redesign	May start check their ships' LRS system
2012			Complete self-assessment	
2013	Revised SOLAS III/1.5 and LSA Code becomes effective	Complete evaluation	May start process of approval of new LRS complying with revised LSA Code May start producing modified and approved LRS	
2014 July 1	Amd SOLAS III 1.5 enter into force			If require LRS system will be replaced

<h3>Piracy and Armed Robbery against Ships</h3> <p>Recent statistics</p> <ul style="list-style-type: none"> In 2009: 406 In 2010: 489 (East Africa 172, Indian Ocean 77, Arabian Sea 16, South China Sea 134, South America 40, west Africa 47, etc.) Jan. to April 2011: 214 Seafarers: killed 2, injured 30; hostage/kidnapped 1027 Ships: hijacked 57, largely off the coast of Somalia <p>Djibouti Code of Conduct United Nations Security Council; res. 1964 (2010), 1972 (2011) and 1976 (2011)</p> <p>65</p>	<h3>Piracy and Armed Robbery against Ships Privately Contracted Armed Security Personnel (PCASP) military Vessel Protection Detachments (VPDs)</h3> <p>MSC 86</p> <ul style="list-style-type: none"> MSC.1/Circ.1333 Recommendations to Governments for preventing and suppressing piracy and armed robbery against ships MSC.1/Circ.1334 Guidance to shipowners and ship operators, shipmasters and crews on preventing and suppressing acts of piracy and armed robbery against ships <ul style="list-style-type: none"> For legal and safety reasons, flag States should strongly discourage the carrying and use of firearms by seafarers for personal protection or for the protection of a ship. The use of unarmed security personnel is a matter for individual shipowners, companies, and ship operators to decide. The use of privately contracted armed security personnel on board ships may lead to an escalation of violence. The carriage of such personnel and their weapons is subject to flag State legislation and policies and is a matter for flag States to determine in consultation with shipowners, companies and ship operators, if and under which conditions this will be allowed. The use of military, or law enforcement officers duly authorized by the Government of the flag State to carry firearms for the security of the ship is a matter for the flag State to authorize in consultation with shipowners, companies, and ship operators. <p>66</p>
<h3>Piracy and Armed Robbery against Ships Privately Contracted Armed Security Personnel (PCASP) military Vessel Protection Detachments (VPDs)</h3> <p>MSC 89 approved</p> <ul style="list-style-type: none"> MSC.1/Circ.1404 on Guidelines to assist in the investigation of crimes of piracy and armed robbery against ships MSC.1/Circ.1405 on Interim Guidance to shipowners, ship operators and shipmasters on the use of privately contracted armed security personnel on board ships in the High Risk Area MSC.1/Circ.1406 on Interim Recommendations for flag States regarding the use of privately contracted armed security personnel (PCASP) on board ships in the High Risk Area <p>MSC 90 will discuss</p> <ul style="list-style-type: none"> embarkation and disembarkation of PCASP embarkation and disembarkation of firearms for use of PCASP embarkation and disembarkation of security-related equipment for use of PCASP <p>67</p>	<h3>Goal-based New Ship Construction Standard (GBS) for Oil Tankers and Bulk Carriers</h3> <ul style="list-style-type: none"> MSC Resolution MSC.287(87) – THE INTERNATIONAL GOAL-BASED SHIP CONSTRUCTION STANDARDS FOR BULK CARRIERS AND OIL TANKERS adopted on 20 May 2010 MSC Resolution MSC.288(87) – Amendment to SOLAS enter into force on 1 January 2012 Regulation 3-10 Goal-based ship construction standards for bulk carriers and oil tankers <ol style="list-style-type: none"> This regulation shall apply to oil tankers of 150 m in length and above and to bulk carriers of 150 m in length and above, constructed with single-deck, top-side tanks and hopper side tanks in cargo spaces, excluding ore carriers and combination carriers. <ol style="list-style-type: none"> For which the building contract is placed on or after 1 July 2014; in the absence of a building contract, the keels of which are laid or which are at a similar stage of construction on or after 1 July 2017; or the delivery of which is on or after 1 July 2020. Ships shall be designed and constructed for a specified design life to be safe and environmentally friendly, when properly operated and maintained under the specified operating and environmental conditions, in intact and specified damage conditions, throughout their life. The requirements of paragraphs 2 to 2.5 shall be achieved through satisfying applicable structural requirements of an organization which is recognized by the Administration in accordance with the provisions of regulation XI-1.1, or national standards of the Administration, conforming to the functional requirements of the Goal-based Ship Construction Standards for Bulk Carriers and Oil Tankers. A Ship Construction File with specific information on how the functional requirements of the Goal-based Ship Construction Standards for Bulk Carriers and Oil Tankers have been applied in the ship design and construction shall be provided upon delivery of a new ship, and kept on board the ship and/or ashore* and updated as appropriate throughout the ship's service. The contents of the Ship Construction File shall, at least, conform to the guidelines developed by the Organization (MSC.1/Circ.1343). <p>68</p>
<h3>Five Tiers Structure of GBS for New Ship Construction</h3> <p>69</p>	<h3>Goal-based New Ship Construction Standard (GBS) for Oil Tankers and Bulk Carriers</h3> <ul style="list-style-type: none"> 1 January 2012 – SOLAS II-1/3-10 (GBS) enters into force 31 December 2011 – deadline for nomination of experts for audit of classification rules 31 December 2013 – deadline for classification societies to submit their rules to IMO 2014 to 2015 - IMO review (audit) process on classification societies rules May 2016 – final decision by MSC on audit on classification societies rules 1 July 2016 – classification societies rules start applying new ships <p>70</p>
<h3>Goal-based standard MSC.1/Circ.1394 GENERIC GUIDELINES FOR DEVELOPING IMO GOAL-BASED STANDARDS</h3> <p>71</p>	<p>GBS in IMO future</p> <p>72</p>



四、授課照片

<p>100 年 12 月 14 日：船舶系統工程之經營與前瞻</p>	
	
<p>介紹演講者王偉輝名譽教授</p>	<p>演講者王偉輝名譽教授</p>
	
<p>說明 SE VEE 理論及架構</p>	<p>說明系統工程之霍爾三維架構</p>
	
<p>說明船舶系統工程諸元</p>	<p>說明船舶系統工程之經營—三元複合體</p>
	
<p>說明船舶與環境</p>	

五、演講內容

本科系在今年正式更名為造船及海洋工程系，但是本質上仍為造船工程系的學生，雖然更名但造船及海洋工程也有它的相通性，像是海洋大學之前也是造船系，之後更名為系統及造船工程學系，分為好幾個系統，但造船仍為大部分，我們也常在課堂上跟各位教導如何學習造船工程，但是可能同學吸收有限，今天我們就邀請王偉輝教授來為我們演說船舶系統工程之經營與前瞻。

各位來到這個系，以後的發展如何？在職場上的競爭力是哪些方面？我想藉這個機會來替同學分析一下，因此我今天的題目為船舶系統工程之經營與前瞻，要看未來，請各位來看看今天的大綱，有四個要項：

1. 系統工程(SE) — Vee 及 3D 結構
2. 船舶系統工程諸元
3. 船舶系統工程之經營 — 三元複合體
4. 船舶系統工程設計之新挑戰

造船也好，海洋工程也好，現在貴系更名為造船及海洋工程系，都是屬於系統工程，縮寫為 systems engineering(SE)，海洋大學在 12 年前將造船系改為系統工程系後，系統工程概論、造船工程概論都是由我在教授，系統工程我將它歸納一下，處理問題的手法就是兩張圖，這兩個圖一定要記好，叫做系統工程的 V 形架構圖，也就是 SE Vee，還有系統工程的 Knowledge map-知識地圖，系統工程用一個圖來表示就是系統工程的 3 維結構，有三個座標軸，有三個面向，然後我會跟各位談論造船工程裡的船舶系統工程到底考慮了哪些，我們來到這個系，我們的競爭力就是船舶系統工程，當然包含海洋工程，這是第二個重點。第三個重點要來談談船舶系統工程該如何經營，要作筆記的是三組鼎立的船舶系統三根柱子-三元複合體，這是在造船原理、造船工程都沒有的，三元複合體是最近兩三年來在國際上很流行的講法，因為近幾年碰到金融海嘯、經濟不景氣、市場萎縮，大家想造船該如何發展下去，要三組複合在一起考慮，所以系統工程的經營是三個單元的複合體。第四部分為前瞻性，船舶系統工程的新挑戰，我們現在的新挑戰是我們都沒有考慮過的，這也是我們新的機會。

接下來解釋系統工程的 V 與 3D 結構兩個主題。系統工程他牽涉到的學問包含社會、科技、經濟，工程的東西都要談成本效益、利潤、時

效，牽涉到社會，這是因為市場是社會性，船舶海域、漁業、遊樂事業、交通運輸，這是社會的需求，所以系統工程就是要找出一門跨領域的技術科學，他涉及社會、經濟、科技的綜合系統，該如何去執行這三個系統的規劃、設計、建置、使用、更新，我們來提供系統工程的理論與方法，所以系統工程是科學知識的工程管理科學，我們做任何一件事情，開發任何一個產品，無論是軟體或硬體，一定是由上往下的決策機制，然後在由下往上，所以我們做任何事情一定是雙向的，一個叫做 top side down 一個叫做 bottom up 一定是成 V 形，由上而下分成七個階段，第一個稱為 SFR (System Function Review)，就是系統功能的分析，要開發新的系統，設計新船，一定要考慮到需求，客戶的需求、海運市場的需求、國家社會的需求，比方說海軍要建造什麼樣的軍艦、發展何種艦形，不是我們造船工程師決定的，是三軍統帥、國防單位從戰略思想來決定的。接下來是系統需求架構，需要什麼就將他拆解，就分成很多子系統，每一個子系統需要什麼樣的規格，叫做系統需求的架構。接下來系統就有很多的零組件要設計，然後就要去製造、組裝，組裝完後就變成一個個的子系統，然後就要去做測試，然後把整個產品系統整合測試，測試完後達到合約規範需求後就交給客戶去使用，此時系統需要做維護保養或者是更新，所以我將系統工程從中間切開來，上半部由上而下的前兩個階段跟由下而上的最後兩個階段，這一部份為系統工程要處理的知識領域，我們以往的造船工程只在做下半部的部分，像是輪機系統、艙裝系統、結構系統、推進系統、航海儀器系統、救生系統，都是組件設計、製造與整合組裝，因此系統工程七個階段大概關鍵性的工作有這五項。我們台灣的工業要起飛，假如我們的工業發展還是在專業工程的領域，我們永遠是在做 OEM，沒有品牌，一定要走到系統工程的領域，我們的工業產品的附加價值才會提高，台灣正在零界點上，他們的說法就是國民平均所得假如超過兩萬美金以後，就是要走到系統工程的領域，在兩萬以下大都為專業工程的領域，把系統工程五個階段的作業，每一個階段在做些什麼，我主要告訴你，將客戶的需求將他分解、定義，成為合約規範，訂呈設計需求的工程語言，然後從下往上做整合、品質管制；系統工程“V”是 1992 年 Forsberg and Mooz 提出來的價構圖，我交系統工程概論就引用了這個圖，是非常有參考價值的。

另外一個重點是系統工程每一個階段縮牽涉的事情，就是幫忙我們處理這些工程問題所用到的 3 維結構，是 1969 年美國工業工程大師霍爾(Hall)提出來的系統工程三維結構，系統工程考慮問題永遠都是三個面向，一個是時間維，也就是時間的順序，接下來是邏輯維，考慮一件事情要有什麼樣的思考邏輯，然後每一個階段，每一個邏輯的領域都有知識，因此把系統工程分成三個面向，一個是時間順序，一個是邏輯順序，

一個是知識領域。時間維，做任何一件事情有七個階段，研發、驗證、決策、研製、成果轉化變成商品、應用、保固、產品更新。邏輯維分成幾個順序，第一，界定系統任務範圍、任務分析、系統功能訂規格、系統綜合、系統權衡優化、系統決策、系統實施。知識領域有系統工程由上往下最先的兩個階段，由下往上最後的兩個階段，要用到系統工程、測試工程、生產保障工程、專業工程、系統設計、自然科學、社會科學，這是 1969 年三維結構，由霍爾(Hall)提出來的，也是系統工程方法論的經點圖形，霍爾的三維結構分為時間維、邏輯維、知識維，這樣的三維結構就是將我們的知識系統化建立知識地圖，每一個階段都有三維結構，系統工程的應用必須跟知識結合，系統工程只是提供一個思考問題的方法，然後結合專業知識，就可以大大的提高就業競爭力，所以系統工程永遠要與專業工程做結合，因此我前面將系統工程介紹了一個系統工程 V 形結構與三維結構讓各位可以掌握到系統工程的兩大精髓，接下來專業，造船或是海洋工程，就是專業工程技術。各位讀造船系我們船舶系統工程主要就是 12 個項目，到中船、聯設這些船舶設計單位，我們的核心技術就是要作船東需求的確定、船形尺寸及初步馬力估算、線圖繪製、靜水性能及龐琴曲線計算、可浸長度、一般佈置設計、結構設計、馬力推估、輕船重量估算、容積俯仰差及穩度計算、破損穩度計算、估價等，這也就是我們的核心技術。這 12 個項目在做造船設計時是以重複循環螺線進行，我們通常稱為 design spiral，船舶設計環線，12 個設計步驟，從船東需求，跟我們系統工程的 V 圖類似，只是再把他細分將 7 個步驟改為 12 個步驟，從船東需求馬上就要做船的功能分析，達到功能馬上要訂船的船型尺寸、船型剖面圖、靜水性能與龐琴曲線、可浸長度與乾舷、一般佈置圖，分成船體佈置與機艙佈置，前面六項做好才能進行船體結構設計，順序錯了就沒有辦法往下執行，有的功能是相互抵觸的，像是要穩度好，船就要寬，要快船就要瘦，寬跟瘦之間要面面俱到就要依據船的性能需求，這就是造船原理所教的，造船原理唯一缺的就是報價，這也是我們要提高自己的競爭力必須著力的地方。軍艦的考慮由於它的功能需求跟商船不一樣，所以在這裡考慮有 10 個重點，就是一般佈置與軍艦的體積、主機、船長、吃水、乾舷、船深與船寬、船型係數、排水量、阻力與推進、續航力及油量、船重、穩度這樣來做循環的設計達到面面俱到。以美國海軍軍艦他的籌貨流程來說，也是根據海軍的需求、根據戰略研究提出船艦的性能，有了這些開始有了構想、定規格、做合約設計、細部設計、建造、完工。由上而下的過程，前三項由海軍指揮司令部執行，之後由艦艇工程中心執行艦艇規格合約的設計，最後才交給造船廠建造，所以由上往下每一個單位他們的分工是由這個圖。按照系統工程來看，無論商船設計、軍艦設計

每一個步驟要做的事情就是造船核心技術裡面的知識地圖，各位學習系統的知識，大學要讀四年，課程與課程相互之間的關係就是依靠這些知識地圖將他連貫起來，因此，每位同學要建立自己的核心能力的知識地圖。

將造船的核心技術化出來的方塊圖後再來做分解，首先是構想，開始建造商船或遊艇或者是建造軍艦要有構想，以前我們做造船的人很少在這個地方著力，自從幾年前鄭正龍先生從聯設離開之後開創一家公司，主要是做船舶構想顧問公司，船公司的老闆要建造新的船，何種 bulkcarrier 的船型最賺錢，就是由他的公司來規劃，如果對船海運的市場熟悉、艙裝品熟悉，如何才能增加運輸效率、船要造多少噸位這個船才會賺錢，這是我們造船要做的事情。這也就是我們的專業，假如將我們的知識用到這上面來做 inception planning，要去中船訂船時要造多大噸位的船，要有哪些裝備這是很重要的事情，以前沒有人在想，現在要想了，未來 4~5 年是造船人的新挑戰，因此 inception desing 任務分析，假如是軍方的船要考慮威脅，敵對國的軍艦是哪些，我們要反制他的海上武力要有什麼樣的軍艦，要做這些軍棋推演、反制分析就是現在的技術環境、支援環境、器材環境與人力環境，是否可以達到想要的軍艦設計就是要作這些分析，所以我們台灣要坐軍艦，去年已經開始在做人力支援庫，有了可行性之後做概念設計要功能統合，是否有替代方案、整體評估，再開始訂準則，軍艦設計準則、構想評估、功能分析，在開始訂功能需求，所以軍艦或是飛彈快艇要訂出來他的需求有很多事情要做，以前我們都沒有管他，在系統工程中每個框框中都很很多事情要執行，做不完的工作就是就業市場所在。發展到船的規格後，該如何訂他的 Concept Formulation，所有的工程技術的規格制訂要很明確的用工程與研製訂，在這之間，若是軍艦而言，他的性能需求包含武器分析、感測器分析、發展評估準則，接着可行性研究，再來訂完整構型，他的使用性跟系統弱點分析，是否可以改善求出最佳解，再重新評價構型的有效性，才訂初步設計。所以訂出一個規格，我需求的規格做初步設計前，還有很多事情要執行，分析了再分析，這稱為構想定格。規格訂好之後才開始進到造船在學的規劃，像台船公司就有一個綜合企畫組，像是水面艦艇、航母艦，艙區如何做一般佈置，主要尺寸、甲板設計等等，要做可行性，把需要的初步規格與性能放到裡面。船舶要建造的規劃，像台灣對於海軍的潛艇怎獲得，也就是軍艦建造的模式就有好多種途徑：

慣例式，海權大國也就是海軍已經發展 4、50 年的國家，就是從軍艦艦隊的可行性研究、特性核定，然後做初步設計、合約設計、細部設計、建造，這五個步驟稱為慣例式，向英國皇家海軍、美國海軍、

俄羅斯海軍、中國大陸海軍都是屬於這一類。

像我們要到國外買軍艦的又分為：

無合約定義之途徑，由設計公司定義好船舶性能，船舶系統發展，最後開始建造，就是人家願意賣，我們也願意買的情況。

替代方案，人家幫你規格訂好了你就去生產，譬如說我們買美國的設計到中船建造，生產合約的定義，接著在細部設計與建造。

合約定義，從構想定格、船舶合約定義、系統發展、船舶生產。

因此，軍艦的籌獲模式我將他分為四類，我們都要去想每一個階段都要做什麼事情，就是把大的工作分解，並不是一成不變的，如果台灣發展軍艦要依循這個慣例，我們的資源不足，因此必須要評估我們要使用哪一種模式最容易獲得需要的物品，要從中思考、分析。

規劃設計完成之後開始執行合約設計，一步步執行，從最開始的需求規劃，然後訂製綜合企劃，再訂性能分析跟籌握方式，最後訂定合約設計，合約中有很多子系統。初步設計製訂好後分成船體系統、次系統、機器、電機、武器、輔助系統，然後開始畫設計圖、特徵圖、結構分析，接著準備合約草案、設計圖，找出正確的設計，合約設計。合約設計好之後，在建造之前還要有 detail design，也是分成這幾個子系統去準備設計文件按圖施工。做設計才進到造船原理所學的，而造船原理要讀兩年，畫船型線圖、學船型係數、方塊係數、菱形係數、水線面係數、舢剖面係數等等、靜水性能、乾舷及穩度、可浸長度及艙區劃分、一般佈置、結構設計分析、阻力及馬力、適航性或耐海性能、容積吃水及俯仰差、破損穩度及爆震反應、成本估算及報價。這個就是將前面的船舶的需求、功能分析，如何籌獲建造、初步設計、細部設計，現在開始建造，建造流程，我分成船體跟艙裝，艙裝包含室裝、機裝、電裝，船模試驗造船工程流程表、簽訂合約。從簽訂合約到完工都有順序。假如我們要建造的是新型船，他的設計建造程序我將它融縮為獲得訂單後新型船要進行船模試驗，然後開始設計，分為初步設計、細部設計、合約設計，接著鋼材放樣、切割與加工，分段組合、安放龍骨、命名下水、試航、交船典禮，大致上是這樣。

前面我很扼要的將系統工程與船舶系統工程所牽涉到的知識面做了說明，中間也有些重點，系統工程考慮的是 V 型圖與三維結構，時間維、邏輯維、知識維，這是屬於系統工程。船舶系統工程包含專業工程的 12 個步驟，設計與建造，現在要將船舶系統工程的領域擴大，將以往 4、50 年來的傳統修正，造船的訂單來自海洋資源，海洋資源包含三

類，海面資源也就是航運運輸，海面是航運、運輸的水域，水中間就是漁業海洋生物，所以海洋需要好好的經營、保護。海底為礦產資源，整個海洋、海運市場要好好的維護，船才有永續經營的訂單。此外要有投資人，要有人投資基金開發海洋資源變成人類的財富，所以造船海洋工程是配合航運或是企業投資人，企業需要航運的有鋼鐵業要運輸礦砂、煤要有船隊，石油公司需要油輪，發電廠要有能源，需要船隊，石化業也需要航運，中鋼公司鋼鐵業也有航運，漁業開發海洋資源也要有船隊，所以這是投資人，是資源，是工程技術，這個三個要配合起來才有造船訂單，才有造船工業，因此造船工業永遠要有工程技術，這也是我們的核心能力，但也不可忘記海洋資源要經營維護，投資人要站在他立場去降低他的成本，增加他的利潤，造船工程師從這一塊，就是各位的系名，造船及海洋工程系，這一定是配合海洋的資源跟航運市場，所以當造船工程師，因此，造船工業商船訂單要考慮到三件事情：海洋資源或海運市場、航運或商船企業投資人、造船及海洋工程技術，因此這是船舶系統工程要經營的三根柱子，造船及海洋工程師要注意的三件事情就是海洋資源或海運市場、航運或商船企業投資人、造船及海洋工程技術，投資人無論是銀行、船公司、股東，他們要追求利潤或是開發資源，將它變成人類的幸福，利用自然資源變成人民的福祉，做造船、航運也是為了這個目的，要有海洋資源開發，要永續經營，這三項要結合起來考慮才會有訂單，因此，造船工程師必須考慮生態議題與環保議題，與工程技術一定要結合，這樣一來，造船工程師與海洋工程師就必須要兼顧投資者、海洋資源財富與海洋工程造船技術，這也是造船船舶系統工程的三元複合體，也就是造船工程技術、海洋資源與投資人，這會牽涉到金融市場，所以造船及海洋工程技術，除了傳統的造船原理外，應用經濟學也要擺進去，設計才可以說服投資人，企業家要採用你的設計就必須為他們考慮到這個條件；航運或商船投資人他的投資永遠為他的股東謀福利。海洋資源或是海運市場，不要污染海洋資源，要讓海洋資源永續經營，才能永續開發海洋資源，所以每一根柱子都必須維持永續經營的狀態，我們造船產業才能夠繼續經營。因此，船舶或是海洋工程的最佳化對象，要開發、要追求利潤、要永續經營、造船業有訂單、有技術，所有事情都要做最佳調配跟設計，造船工程師與海洋工程師永遠要將商船最佳化，將整合性海洋技術最佳化，船公司的船隊要最佳化，船隻數量、航行路線、船舶速度、船舶載重噸、船期的安排，這都有學問的。或者是船上、魚撈物品的複合資產如何最佳化，所以遠洋漁業、漁業搬運船要如何最快的將新鮮的魚貨送到市場上販賣，所以整個都是系統的規劃，不單單是造船技術而已，所以我在這裡提出來，造船與海洋工程師一定要兼顧商船最佳化，綜合性的海洋技術最佳化，航運公司複

合資產最佳化，以及漁業複合資源系統的最佳化，再去設計你的漁船，跟漁業、魚撈系統的產業鏈，我舉一個例子，在 2008 年北京奧運會時，全球 70% 的工程在大陸，當時高鐵價格飛漲，石油一桶也突破 100 美元，當時就在開發海洋石油，新加坡承攬全球的供應船 (supply vessel)，就是海上在挖油有鑽油平台，鑽油平台上所有鑽油設備是要靠供應船，施工船要有吊車調到海域現場去安裝，supply vessel 全球缺貨，supply vessel 到台灣看中船是否可以建造，當時海運市場正好，當時要提供 supply vessel 的利潤相當高，當時我與中信公司洽商，他們船期滿檔無法供應，可是第二年遇到金融海嘯，整個市場崩盤，遊艇也不行了。因此，整個海洋技術的開發我就以 supply vessel 產銷供應鏈需要何種類型的船，我們隨時掌握世界市場的動態，造船工程師的知識面就要牽涉到三元複合體，船舶系統工程產業的三元複合體要將這四件事情隨時擺在腦筋裡，商船有各種系統，不單單是工程系統，所以造船知識有社會性、經濟領域。商船設計的最佳化，商船設計是要將我們的船舶達到預期特性的船型要項，在此時因為考慮到三元複合體，船舶系統工程必須要從經濟學著手，假如設計的船沒有幫投資人考慮經濟效應，造船訂單就沒有辦法依序下去，但是除了經濟學外還要考慮流體動力、結構力學、計算機科學、物理、數學，原來造船設計剛才說設計環境，現在配合資訊科技跟電腦技術，所以最佳化對造船很重要，因為他很多步驟、功能相互抵觸，所以要做最佳化，要追求成本最低化，利潤最高化，重量最輕化，這就是船舶性能的設計參數，利用設計參數找船舶的子系統，他有各種結構特性、工程設計特性都與設計參數有關。船舶的設計的獨立設計變數與相依特性，獨立變數與相依變數將船的性能與這些變數產生關聯做系統整合。

最後一部分船舶系統工程設計的挑戰，也就是我們的展望。今年是 2011 年，2012 年、2015 年、2020 年，這幾個關鍵年代是將來職場生涯造船人會面臨到的新挑戰。首先，二氧化碳要節能減排，京都預定書討論 20 年以後再來從新確定要開始執行的時間，船舶節能減碳的新要求，這是非做不可的事情，所有的造船設計要接受船舶節能減碳的設計要求，否則船不能航行，我們做造船設計要考慮到船舶節能減碳的要求，也是我們新的機會。第二，GBS 目標導向結構設計，在 2015 年要強制執行，結構所有的 RULE 要通用，造船知識要再從新學習一次。第三，反恐防盜安全措施，任何商船都要考慮武裝的力量，很多海域有海盜、恐怖攻擊，因此現在商船都要有武力保護措施。第四，全球環保中，BWMS 壓艙水管理系統，這些都不是新觀念，是馬上要強制執行的法規。

首先，EEDI (節能設計指標) 與 EEOI (節能作業指標)，現在每一

艘船的節能設計指標要算給驗船單位，並且逐年要要求先降 5~10%，在降 10~20%，15 年後每艘船要降到 30%，2030 年就有這樣的要求。船舶系統工程三元複合體中，這個叫做海洋環境保護 (MEP)，這是 IMO 的要求，IMO 是全球國際海事組織。京都預定書在 20 年前要避免全球暖化，要開始節能減碳，有關 2007 年 IMO GHG (溫室氣體) 所做的報告，2007 年全球的排碳量是 8 億七千萬噸，其中 2.7% 來自海運的排放，36% 來自發電廠，18.9% 是工業製造業，17% 是道路交通所排放的，航空是 1.5%，住宅是 6.9%。京都預定書要求全球各行各業都要節能減碳保護地球，避免溫室效應的惡化，這是全球共同的責任。UNFCCC (聯合國氣候變遷架構會議) 其中 1997 年京都預定書就要求國際海事組織要對航行國際的船舶要做節能減碳的要求，從 1992 年開了會議，1997 年京都預定書要求海事組織要對船舶做節能減碳的要求，現在 15 年過去了，明年開始就要執行了。在這個地方分成了幾個步驟 EEDI (Energy Efficiency Design Index)，要求我們一定要減碳，這是對於新船的設計，對於舊船要做船舶節能管理計畫 SEEMP (Ship Energy Efficiency management Plan)，然後要對二氧化碳的排放要降低，此外還有 EEOI (Energy Efficiency Operational Indicator)。這裡有兩個名詞，CO2 emission Cap/ trade 就是海運業、國家、船隊，像是長榮、萬海等等船公司，現在排放量要計算出，算出來透過機制在 2015 年要降 10%，不能超過現在的排放量，這叫做國家或是船公司的總排放量上限值，如果超過就要購買二氧化碳的碳稅，所以 CO2 emission Cap、CO2 emission trade 都是新生名詞。NMFT (No More Favorable Treatment)，增加排碳量是不受歡迎的，會受到抵制的，假如船舶沒有節能減碳，會受到全世界的航運業抵制，這稱為 NMFT，聯合國具有抵制的力量。CBDR 是全世界都必須遵守的，意指共同但有差異的分攤責任 Common But Differentiated Responsibility，就是聯合國氣候變遷架構會議說的，各行各業對二氧化碳的排放雖然比例有高有低，但是各行各業都要自我約束他的二氧化碳排放，大家都有責任，但是輕重不一。

所有 2013 年 7 月 1 日簽約建造的船全部要做計算 EEDI，或者是 2015 年 7 月 1 號以後交船的船通通要有這個要求，所以在一年半後就要開始了。2017 年 1 月 1 號、7 月 1 號、2019 年 1 月 1 號一些改裝船都有規定，400 總噸的船從 2013 年到 2017 年、2019 年陸陸續續都有新的規定要求，這是所有造船書裡面都沒有的。EEDI 的計算公式要考慮主機、副機、燃料每 1KW 要消耗多燃油、CO2 的排放因子等等，EEDI 計算原理從這裡來，每一載重噸-速度，每一海哩、每一噸有多少的能源效率設計指標，明年 1 月 9 號至 13 號就要確定這些計算公式，並且付諸實行，2013 年 1 月 1 號開始要做計算，2015 年 1 月 1 號第一階段的減碳 0~

10%的減碳量，包含散裝船、氣體石油氣船、油輪、貨櫃船、冷藏貨船、多用途運載船都是剪 10%，從 2015/1/1 到 2019/12/31 這四年中，所有的船都是以減少 10%的排放量，能源消耗效率指標要提高 10%，到 2020 年至 2024 年要達到 20%，2025 年後要減少到 30%，這些指標都已經訂好了。每一種船都有做回歸，現在日本跟德國兩個船隊都在試算訂出參考值來，每一種船，譬如說油輪、散裝貨輪、貨船與貨櫃船他會使用這個公式 $a*b*c$ ， a 、 b 、 c 的係數對於種噸位，各種船型，像是 Bulk carrier、Gas tanker、Tanker、Container ship、General cargo ship、Refrigerated cargo carrier、Combination carrier，下個階段是客船、駛上駛下船或者是汽車船會包含進去。到 2025 年還有 15 年，剛好就是各位同學就業的時機，每五年一個階段，每個階段的碳排放量 EEDI 要往下降，每五年要增加 10%的碳排放量的降低。IMO 的公約對各種船也有制訂，2013 年開始檢討客船 Ro-ro ship，每一種船到什麼時間要開始訂他的設計規範，所以，我提供這個資料，細部的東西各位慢慢的看，各位要記住一件事情，今天各位學造船，今後 15 年會碰到這個問題可能是今日造船原理書沒有的，EEDI 的計算必須要列入考慮，是很重要的設計因子。所以現在台船設計處內，他們貨櫃船可以節能 10%，這是配合新的公約，為了搶得市場的機先，設計要能符合 EEDI、IMO 的要求，設計才能賣，船才能在海運市場上經營。

EEDI 最後要定案的船，都列在表格，最後要達到 30%的減碳排放量，如何做到？有十幾個技術，譬如船型的重新設計、船舶的速度跟裝載能力、船舶的駕駛艙位置、船舶推進系統、主機、低碳燃料、能源再利用、二氧化碳的排放量降低以及操船技術、最節能的航路規劃、船隊管理，所以很多節能減碳的設計都不是傳統造船原理的技術，船舶的作業、船隊管理、後勤資源、航程最佳化、能源管理，後面這幾項都是管理科學，要用系統科學的手法作造船設計，所以知識領域要增加一點。

溫室氣體二氧化碳單量換算最重要的三種氣體，第一個是二氧化碳就是一個單位，假如是甲苯 CH_4 相當於 21 個單位， N_2O 一氧化氮就是 310 個單位，氟碳化合物相當於 7400 單位，氟也就是冷媒，冷媒的排放對溫室效應傷害很大，各種溫室氣體，包含二氧化碳、甲苯、氟化硫、碳氫氟化合物、氟碳化合物就是這幾種。

另外要計算航運成本的最佳化，MACC 的計算，就是為了達到節能減碳，每個航運公司、投資人都要有心理準備，稱為邊際成本曲線分析，要做減碳的邊際成本分析，節能減碳設施所增加的成本，還有燃油成本、碳排放量一噸成本，稱之為 MACC，以後會做參考，因為做節能減碳也不能要航運公司無法經營，要做成本控制投資人要有利潤才會有人

要做，所以他逐步的去做，10 幾個技術通通要考慮。德國與日本運用這套計算公式，IMO 試算了一些，到了 2030 年假如石油價格每噸是 500 美元，他的投資利潤達到 4%，節能減碳大概要花費多少 MACC 試算表。12 項節能減碳的技術，有些是會增加成本，負值為增加成本，正值表示減少成本，2020 年的試算維持 4% 的利潤，直到 2030 年也是每一噸石油 500 塊美金的價錢，利潤維持在 4%，他的 12 個技術的試算表，有的是增加成本，有的是降低成本。

我們學習船舶系統工程最海洋資源環境的保護很重要，在水面以上的部分，就是我剛說的氣體的排放，就是一氧化氮、二氧化氮、一氧化硫、二氧化硫、硫化物、氮化物、氟碳化合物、冷媒的排放、溫室氣體的排放，然後就是船舶材料的回收利用、防汙底漆、海難事故的化學品與油輪的海洋汙染事件，所以結構要開始補強，然後就是海上垃圾的排放，水中噪音，船在行走時對海洋生物的危害，壓載水將病原帶至其他海域，這些東西對生態都有關係的，因此現在每一個環節都要有管制，所以現在學造船的人，每一個環節都必須涉略，不僅僅只有學習造船原理，這是為了要維持協調、永續經營的海洋環境，因此對於綠色船舶的開發，高雄愛河現在有太陽能船，在挪威、北歐也有風帆船，日本油輪也利用風力航行，為的都是節能減碳。Green ship future，新的能源使用的船舶，所有的船型都要用乾淨的能源，譬如用石油氣做燃料，或者用氫氣做燃料，要乾淨的機艙，就是整合汙水處理系統的應用及循環使用。貨櫃船使用柴油發電機推進的，或是使用電力推進，不要有機艙，將駕駛台擺在船頭，增加船的載貨量，相對每噸排碳量就降低了。對於散裝貨船沒有壓載水的系統，油輪使用半潛式油輪，也不要壓載水。

對海洋船舶系統工程新增的 Maritime safety，除了環保外，避免海難事故，有五件事情也是新增的：

1. 船舶艙裝中救生艇的掛勾重新設計、要求。
2. ESP，許多船在發生意外後就發生海洋汙染事件，因此要執行 ESP，例如雙重殼的油輪船，化學品船要做雙重殼。
3. 海盜事故的防制措施
4. GBS generic guidelines，船舶結構強度一般性的指引。
5. 漁船安全的相關規範。

Lifeboat release hook 新的章程重新要求，因此各協會也開始重新制定章程、檢驗。反恐防盜的措施從 2009 年有 406 件海盜事故，2010 年

489 件，在非洲東部、印度洋、阿拉伯海，都有發生海盜事故，因此 IMO 也制定 PCVSP 與 VPD，Privately Contracted Armed Security Personnel (PCASP)，稱為私人契約的武裝人員章程，船上可以聘保全人員與攜帶武器，授權各國政府自行制定章程；military Vessel Protection Detachments (VPDs)，意旨商船可以油軍艦護衛，因此船上的艙裝與佈置有額外的要求。現在的造船要管到反恐，原本是港口要有，現在是船上也要有，我們做造船設計的人要懂這些法規跟國際公約。此外，Goal-based New Ship Construction Standard (GBS)，新船構造的五層結構圖，這是系統工程的概念，原來全世界各驗船協會制定 rule 是第四，第五層為國家工業標準，第四層為 rule，前面三層是以前沒有的，以前 IMO 授權各驗船協會自行制定，IMO 僅制定穩定與艙區劃分、水密，對結構不管，現在結構是屬於他們管制的範圍，也就是說結構設計目標是第一層。國際海事組織對結構開始管制，因為各國 rule 對結構設計標準不一，可是船舶是在世界各國航行，因此要像飛機依樣制定共同標準。第一層、第二層結構安全要求跟如何驗證驗船協會所制定的 rule 是否能確保船舶安全，因此增加三層是由 IMO 發展，由全世界的專家共同討論。2012 年 GBS 與 EEDI 一樣，從 2012 年到 2016 年間來制定 GBS，目前油輪、散裝船已經公告，貨櫃船還要繼續做。Goal-based 原來不管的事情現在要管了，第一層要管六件事情，船舶系統要管環境保護、貨物安全、船本身的安全、船員或旅客的安全、Third parties Safety，Third parties 指的是船、航運公司、保險公司；第二層是管理的架構，船舶操縱性、耐海性能、穩度與伏仰性、緊急事故的保護、發電機、航海安全、防火、水密完整性、LSA 救生設備、通訊設備、船舶結構、貨物起卸裝置、推進及其他的系統，是綜合考慮的，而不是只有考慮結構。今天講到這裡，在最後的 30 頁是往後會遇到的問題，謝謝各位!!