

船・この巨大で力強い輸送システム

責任者：野澤 和 男（工学部非常勤講師）
船舶海洋工学部門（工学研究科）

キーワード：船の歴史、役割、産業革命と蒸気船、日本の造船、造船所、ディーゼル機関、船と推進
開講学期：平成22年度1学期

プロジェクトの目的

本セミナーは2004年に夏季集中基礎セミナーとして開講してから今年度で7年目である。4日間（約28時間）の文理併合の体験型授業として、下記の3つの柱をもって進めてきた。即ち、

- ①船の講義：船とは何か。船の効率の良さ、役割、船の世界史、日本造船史、分類としくみ、性能
- ②船舶実験施設見学：船舶海洋工学試験水槽、プロペラの流場実験、波吸収型波浪水槽(AMOEBa)
- ③造船所見学：川崎造船所神戸工場(建造船とディーゼル機関) 本セミナーは3つの目的を持つ。

第1の目的は、総合工学としての船舶技術の重要性、面白さを理解してもらうことである。上記の3つの柱はこれを目指す。学内の講義では船の歴史と役割をグローバルに理解した上で、船のしくみや推進メカニズムを学ぶ。実験施設見学では船やプロペラの模型実験法、実験機材、解析方法を体験する。造船所見学では実船がどのような手順で造られてゆくのかを知る。大学で学ぶ知識だけでなく会社と言う人間集団の共同の実務（設計、建造）と沢山の工作機械により始めて可能になることを理解する。船は一旦、出港すると大洋を単独航行しなければならない自己完結型構造物であり、力学、工作、機関、電気、通信、情報などの各種の工学を結集し、性能、安全性、居住環境の向上を目指す。特に客船は良質なコミュニティを保持しなければならない。

第2の目的は、船の長い奥深い歴史が今日の船を生んだことを理解することである。船の歴史は世界の歴史、人類の歴史でもある。人類の発生と共に生まれパピルス船の時代、クレオパトラの時代、大航海時代、クリッパー船による高速輸送の時代、そして産業革命を経て「タイタニック」に代表される大西洋横断マンモス客船時代を生み、現在のQM2のような大型クルーズ船、マンモスタンカーの時代に繋がった。日本は鎖国により大船建造が大幅に遅れたが、1853年のペリーの黒船来航以来、蒸気船が導入され、明治以降、急速に西欧の海運・造船技術が導入され発展した。戦後の石油エネルギー時代の到来をチャンスとして捉えて開国後150年をへて世界に誇る造船国、海運国となり、高度経済発展の基盤構築に貢献してきた。

第3の目的は、海に囲まれた島国日本での船の意義、役割を理解することである。船は世界経済の発展とともに物流の担い手としてますます船腹量を増し、巨大化、高速化した。船は我々の衣食住の物資はもとより世界の経済物資を大量にしかも環境に優しい方法で輸送する社会に密着した輸送機関である。巨大商船やクルーズ客船、食の安全と外国食品輸入、国際社会における政治、経済、紛争処理など船に関わる日常の話題は多い。船は全世界を血流のごとく巡り、もはや人々の社会生活に不可欠なものとなった。しかし、船は巨大化しコンテナヤードのような特殊施設に停泊するために身近に船を見る機会が減少し船の素晴らしさに触れる機会が減少しつつある。これらもこのセミナーで伝えたい事柄である。

以上のように、将来を担う学生に、自然科学、人文科学および社会科学の視点を持って船を理解し、大いに各自の専門の基礎に生かしてもらうことが本セミナーの目的である。教科書「船・この巨大で力強い輸送システム」(図1)はこの目的を持って書かれたものであり、多岐にわたる船の知識を習得するのに役立つ。



図1 基礎セミナーの教科書

1. プロジェクトの展開

(1) 日程、参加者と授業の工夫

- 第1日 8/26(木) 船舶海洋工学教室で講義
10:00-17:00
- 第2日 8/27(金) 船舶海洋工学教室の講義と船舶
海洋工学試験水槽見学 10:00-17:00
- 第3日 8/30(月) 川崎造船所見学 10:00-17:00
- 第4日 8/31(火) 船舶海洋工学教室 10:00-17:00

受講者計 13 名：
・工学部地球総合工学科 3名
・工学部船舶海洋工学科 1名
・工学部応用理工学科 1名
・基礎工学部化学応用科学科 1名
・法学部法学科 4名
・外国語学部外国語学科 3名

(2) 船の話

1) 講義の内容：使用教材：教科書、PPT、DVD

\$1 序論

- 1.1 船とはどんなものか？
- 1.2 船を眺めてみよう
- 1.3 私達の生活と船：船の輸送効率と役割

\$2 船の歴史と世界の歴史

- 2.1 船の歴史と世界史年表
- 2.2 船の世界史：船の起源/川や海を行く船/
バイキングシップ/地中海の船/大航海時代と軍
船/大型帆船/産業革命/推進機関/大西洋定期客
船/日本の客船/クルーズ船/
- 2.3 日本の造船技術 100 年の歩み

- 1) 蒸気船と科学技術の発達/話題：氷海商船
- 2) 明治・大正時代、3) 昭和・平成時代

\$3 船の分類としくみ

種類/主要目/配置図/機関/プロペラ/設計・建造

\$4 船の性能と理論

- 4.1 船型と美しい船の波、4.2 船は何故浮くのか、
転覆しないのか、4.3 推進メカニズム、4.4 操縦性、
4.5 耐航性、4.5 新しい話題：氷海商船

2) 序論、船の役割、船の歴史

船の発生、発展、改良、発展・・・の歴史的背景を知ることは船の現在と今後を探る鍵でもある。

造船材料の乏しかったエジプトの船には現在の造船でも重要な縦強度問題を克服した事実が残される。大航海時代を経て帆船の大型化、産業革命を経て蒸気機関、プロペラ、ディーゼル機関、蒸気タービン、精鋼法・・・と偉大な発明と技術革新がなされ、大西洋横断蒸気船競争、マンモス客船の出現を可能とした。「タイタニック」の科学ビデオから海難事故原因を知る。QE 号から巨大クル

ーズ客船 QM2 までの開発の経緯と要素技術の開発史を話した。一方、2 度の世界大戦では多くの華麗な巨大客船が戦時輸送船へ改装・爆沈される悲惨な出来事があったことにも言及した。

3) 各論：船の分類としくみ、性能・理論

船のタイプには水上船(浮力式)のほか、揚力式、空気圧力式があり、この組み合わせもある。

- ・船の分類としくみ：特に、造船所で見学する船種「バルクキャリア」に注目して説明
- ・船はなぜ浮くのか？なぜ転覆しないのか？
浮力の恩恵、復原性、タイタニックの沈没原因
- ・推進メカニズム、船の輸送効率は抜群である
- ・大きな船の旋回半径、ブレーキがないのにどのようにして止めるのか？
- ・波浪中の船の挙動
- ・坂本龍馬と蒸気船・氷海商船と北極海航路



図2 大学講義室における授業風景

(3) 船舶海洋工学実験施設の見学

船の開発には、船型試験水槽と実験装置が不可欠である。船型試験水槽には模型船の抵抗や馬力、運動を計測する長水槽(曳航水槽)、波浪中船体運動や操縦・旋回性能を調べる角水槽、回流水槽、キャビテーション水槽、砕氷船用氷海水槽等がある。特殊なものとして実海域の波を円形水槽の中に再現する波吸収型波浪水槽(AMOEB)がある。今回は学内の曳航水槽と AMOEB を見学した。



図3 大阪大学船型試験水槽(曳航水槽)

① 長水槽（曳航水槽）（図 3）

長大で深い水槽で、本学のそれは長さ 100m である。まず、水槽を格納する長大な建屋の中に入り、各種の模型船をみる。長さ 5m 程度のタンカー、コンテナ船等が保管しており、船型の特徴を観察した。

・曳航水槽：両壁のレール上をモーター駆動の精巧な曳引車が走り、船を曳航、あるいは自航させて抵抗や馬力を計測する。曳引車上で実験目的/手順/造波機等の説明を行う。あいにく水槽の保守期間で航走は出来なかったが、約 3m/sec の速度で航走するであろう臨場感を想像することが出来た。

・2m 模型船の静水中の横揺れ実験を行った。

② プロペラ周辺流れの可視化実験（図 4）

プロペラは船を推進させる重要な装置である。実験場の作業用旋風機をプロペラに模擬し可視化によりプロペラの流れのメカニズムを理解した。各自が図 4(左)の如く、ティッシュ・ペーパーを細く切って割り箸に串状に貼り付けた手作りの可視化装置を作成、プロペラ周辺の流れ（流向）を観察した。プロペラ前部では振れがなくゆっくりと流れが吸い込まれるが、後方ではジェット流状に勢いよく流出し、運動量理論により推力が発生する仕組みを理解した。同時にプロペラの回る方向にゆっくりした誘導回転流があり、エネルギーロスとなること、二重反転プロペラはこの回転流の無駄を無くし効率が上げていることを理解した。



図 4 手作り可視化装置とプロペラ流場の観測

③ AMOEBA 水槽：船の動揺特性（図 5）

i) AMOEBA 水槽 (Advanced Multiple Organized Experimental Basin)：円形水槽(D=1.6m)の円周壁面にぐるりと 50 個の小型造波装置をもつ。コンピュータ制御で 0.5~3Hz の振動数で上下に独立して運動させ、任意の波高、周期の波を自由に作り小型模型の運動挙動を調べる装置である。造波メカニズムの説明後、種々の波を再現してもらい、ついでコンピュータで入力した”S”という英文字を任意の波の重ね合わせで水面に書く（出す）実験を行って学生を感激させた。海の波が単純な

波の重ね合わせで出来ていることを学んだ。



図 5 AMOEBA 水槽と船の動揺特性実験

ii) 船の横揺れ同調の実験：

さらに、AMOEBAS に船長約 30cm の貨客船模型を浮かべ、造波機で波の周期を少しずつ変化させると船が激しく横揺れする周期がある。波周期がこの船の横揺固有周期に近づいたことを示す。横揺れが増加すると乗り心地が悪化し最悪の場合は転覆する。これは船舶設計上の重要な性質である。

施設見学終了の記念に船舶海洋工学部門のシンボル救命艇前で記念写真を撮った。(図 6)



図 6 船舶海洋工学部門のシンボル救命艇前で

(4) 神戸川崎造船所の見学（学外研修）

神戸川崎造船所は明治時代から続く代表的な造船所で大阪大学出身者が多数在籍する。OB の若手社員が毎年交代で見学の世話をしてくれる。



図 7 会議室での川崎造船所概要説明(ビデオ)

① ビデオによる川崎造船所の紹介

造船所概要と大型 LNG 船（巨大な球形タンク

に天然ガスを -162°C の低温で液化し封じ込めて運ぶ。図8)の建造過程をDVDで見る。

②バルクキャリア (バラ積運搬船) の建造見学
見学に先立ち、建造手順の説明を受けた。穀物等



図8 大型LNG船

図9 バルクキャリア

をバラで積む船である。(図9: 同型船、 $L \times B \times D \times DW = 190 \times 32 \times 17.8(\text{m}) \times 55,500\text{t}$ 、機関: $8200\text{kW} \times 110\text{rpm}$ 、定員:25名) その後、全員が見学者用の作業服とヘルメット姿(図10)に着替えて工場見学に出発、イヤホンで説明を受けながら図11のルートを歩いた。工場は作業がスムーズに流れる配置になっている。鋼板が海から搬入され、ショットブラスト(錆落とし作業)後、切断、曲げ、溶接、組立を経て、大小のブロックを搭載し船の外形を造って進水させる船殻工事とその後の機関等の艤装工事・試運転・引渡まで、約3ヶ月間の工程で巨大船は完成する。



図10 工場見学に出発 (作業服/ヘルメット姿)

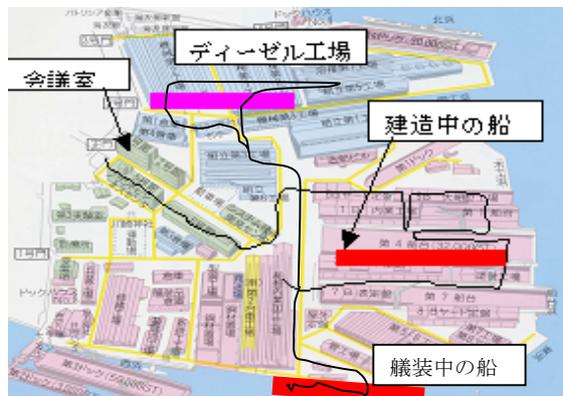


図11 川崎造船所の工場見学ルート

③船用ディーゼルエンジンの建造見学

ディーゼル機関の建造工程を歩く。現在、商船用に最も多用される。最高出力 $100,000\text{PS}$ (乗用

車 800 台相当)を超えるものもある。(図11:完成時の大型エンジン: $L \times B \times H = 25.3 \times 4.64 \times 13.8\text{m}$ 、重さ $2,616\text{ton}$) 蒸気タービン工場では、ロボットによるタービン翼の精巧な削り出しから組立までの工程を歩く。造船という極めてマクロな工作とタービン翼のミクロな工作が船に共存することに学生は感動を覚えたようである。



図12 ディーゼルエンジン完成の姿

実船建造の見学は、正に「百聞は一見に如かず」で、訴える力は絶大である。最適に配置された多数のブロック、火花を飛ばす溶接、クレーンによる運搬、それらを巧みに操作する人間の技能など、どれを見てもロボット/IT/理論だけでは船は作れないことに学生達は気がついた。見学後、先輩技術者との懇談会を設けてくれた。学生から入社後の感想、取り組み方等、真剣で活発な質問があり、有意義な半日であった。



図13 先輩技術者との懇談会 (工場見学後)

(5) レポート課題

- ① 船の輸送効率について
- ② 大西洋横断定期客船の発達の歴史と要因
- ③ 造船所の見聞所感、印象深かった点と改善点

2. 今後の課題

4日間という短期間で情報過多の内容ではあったが、学生達は大学の講義、実験および造船所見学を楽しみ、特に、普段は体験できない造船現場のダイナミズムに感動したようで体験型授業は成功であった。今後も、国際環境下における船の動向と役割を新しい事例として取り入れながら、船の面白さと重要性を伝えていきたい。