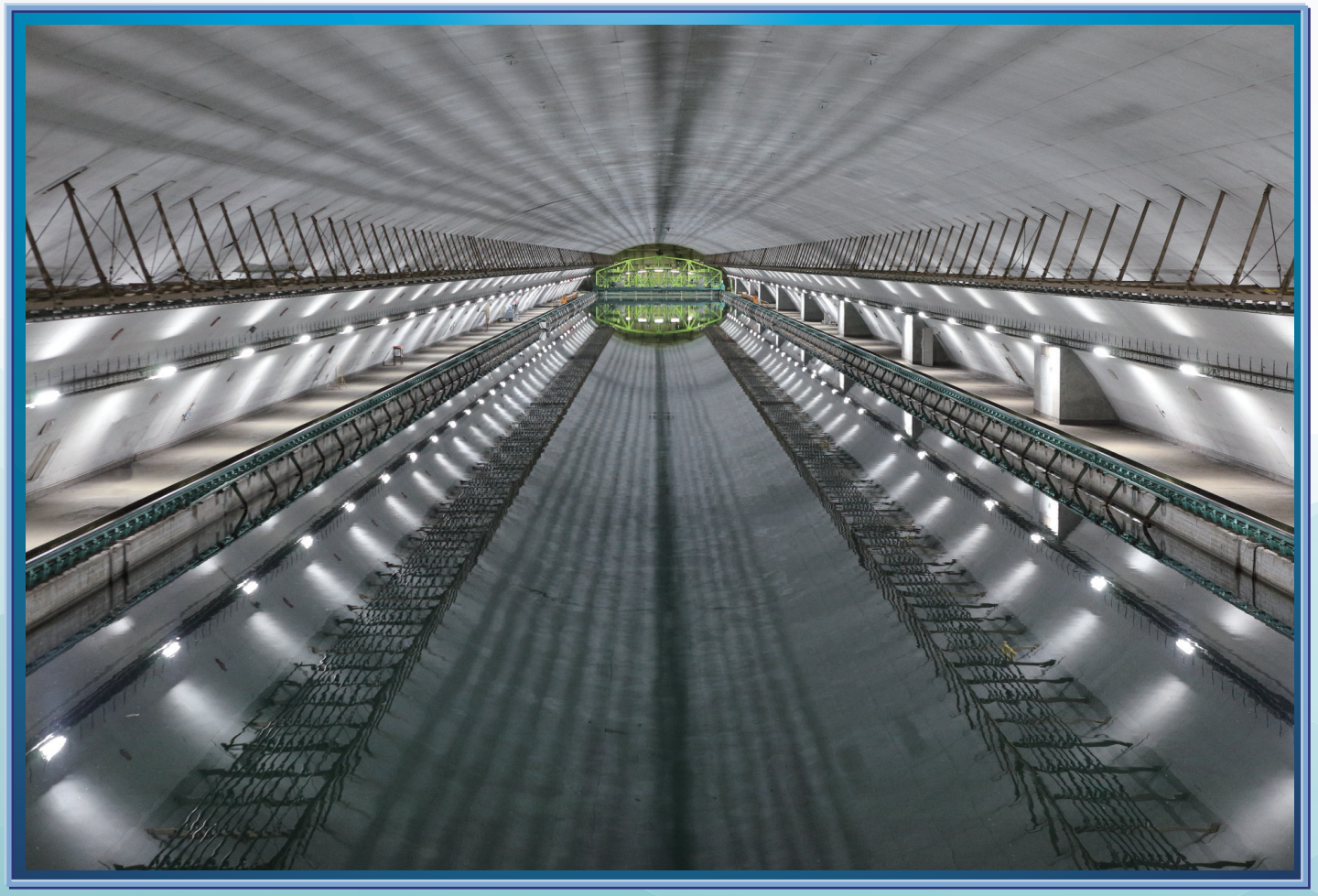
# 三鷹第二船舶試験水槽
# 50周年記念講演集



国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

目　次

序 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
海上技術安全研究所 所長 大谷雅実

水槽の研究活動の歴史（写真）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

主な出来事（年表）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

水槽に係る表彰受賞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

【基調講演】試験水槽新時代に向けて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 理事長 大和 裕幸

【講演 1】海上技術安全研究所における水槽関係研究の紹介
「新しい水槽試験技術」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19
海上技術安全研究所 流体設計副系長 星野 邦弘
「新技術開発のための水槽試験」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27
海上技術安全研究所 流体設計系長 上入佐 光

【講演 2】各水槽の現状・未来像

「明石船型研究所の現状と将来について」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
川重マリンエンジニアリング株式会社 明石船型研究所 所長 箙 一之

「長水槽の展望」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
ジャパンマリンユナイテッド株式会社 技術研究所 試験解析グループ長 大森 拓也

「水槽の現状や将来像」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
株式会社三井造船昭島研究所 技術統括部長 木村 校優

「水槽計画のご紹介」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
今治造船株式会社 常務取締役 藤田 均

「三菱長崎水槽の現状と将来の展望」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
三菱重工業株式会社総合研究所 流体研究部 流体第一研究室
主席研究員 松本 大輔

「広大水槽の現状と将来像」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
広島大学大学院工学研究科 輸送・環境システム専攻 教授 安川 宏紀

（敬称略）

# 序

三鷹第二船舶試験水槽（400m 水槽）は、昭和 41 年、東京都豊島区目白や中央区月島等に分散していた運輸省船舶技術研究所(当時)の三鷹市への移転・集約化とほぼ同時に完成し、平成 28 年 10 月をもって稼働 50 周年を迎えました。

稼働当初は高度成長期のまっただ中にあり、造船技術の革新は目覚ましく、400m 水槽においても、船舶の巨大化や高速化に対応した研究を実施してきました。昭和 40 年代末のオイルショック以後は、社会的な要請の変化に対応して、船舶の省エネルギー化に関する研究や、新形式超高速船の開発、計算流体力学（CFD）の研究などに取り組んできました。

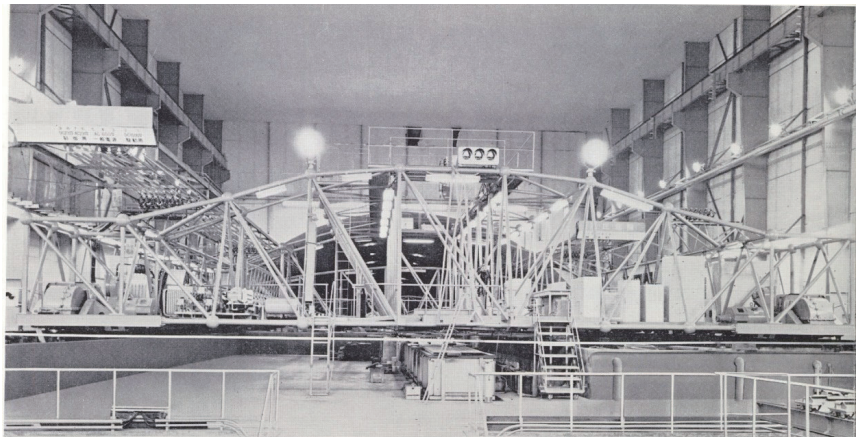
近年は、スーパーエコシップの開発、空気潤滑法、小型ダクト型省エネデバイス WAD や実海域省エネ装置 STEP 等各種省エネ装置の開発と実用化、船舶の実海域における性能評価方法の開発、エネルギー効率設計指標(EEDI)規制における技術的貢献、船型設計用の CFD ソフトウェア開発等に、広範囲に亘って活用しております。現在では、EEDI 規制の進展に伴い、更に省エネ性能に優れた船舶の開発ニーズが高まっております。

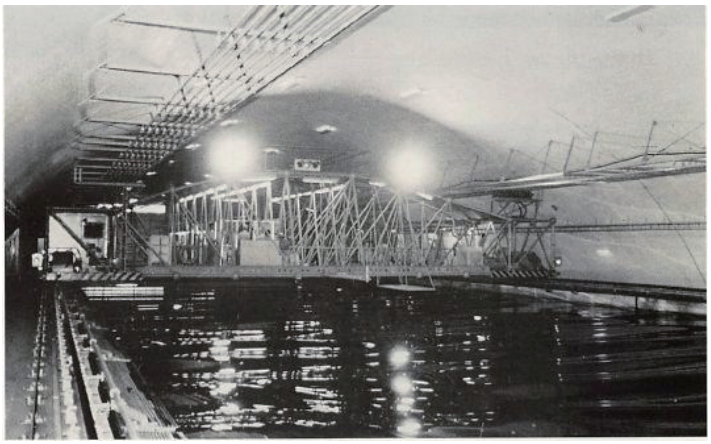
稼働中の曳航水槽としては世界でもトップレベルの性能を持つ 400m 水槽は、これらのニーズに対してもより重要な役割を果たしていくことが期待されています。

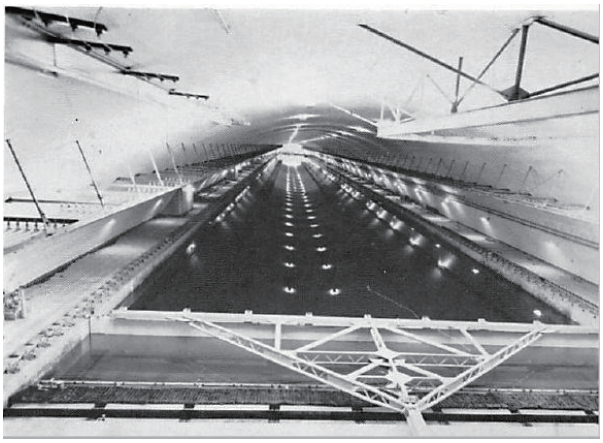
本年、海上技術安全研究所は前身の逓信省管船局所属船用品検査所設立から 100 周年を迎えますが、400m 水槽も稼働 50 周年を節目とし、海事業界の方々との議論を通じて、水槽試験の自動化や計測データの高精度化、より精緻な流場情報の取得など様々なニーズに対応し、皆様の期待に添って参りたいと考えております。

平成 28 年 10 月

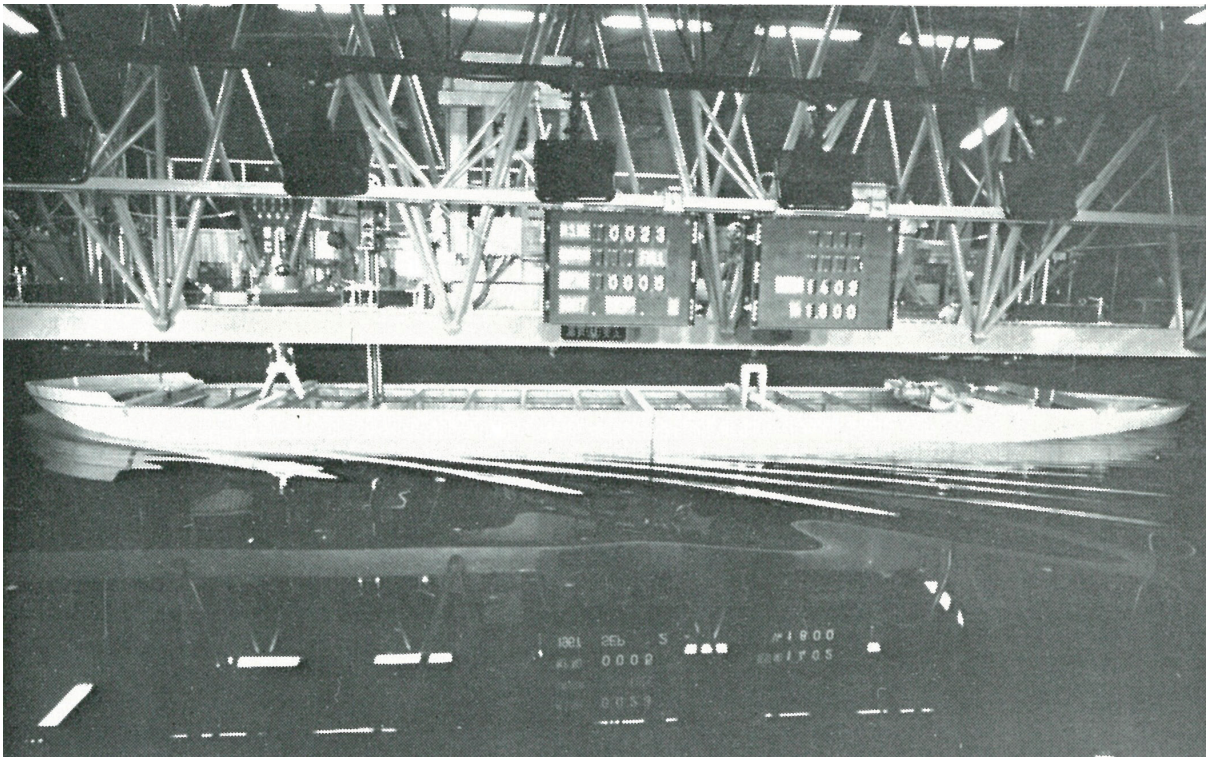
国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所長
大谷 雅実



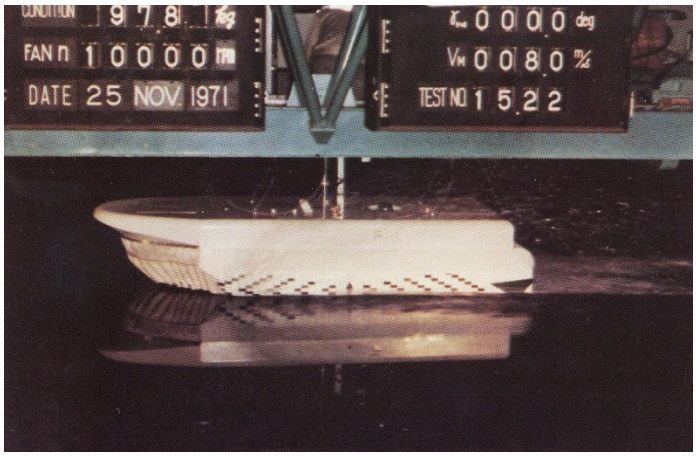




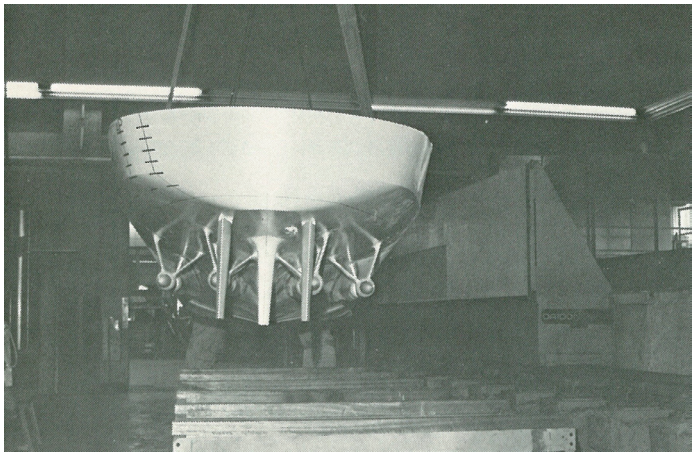
完成時の三鷹第二船舶試験水槽（400 m水槽）（1966 年）



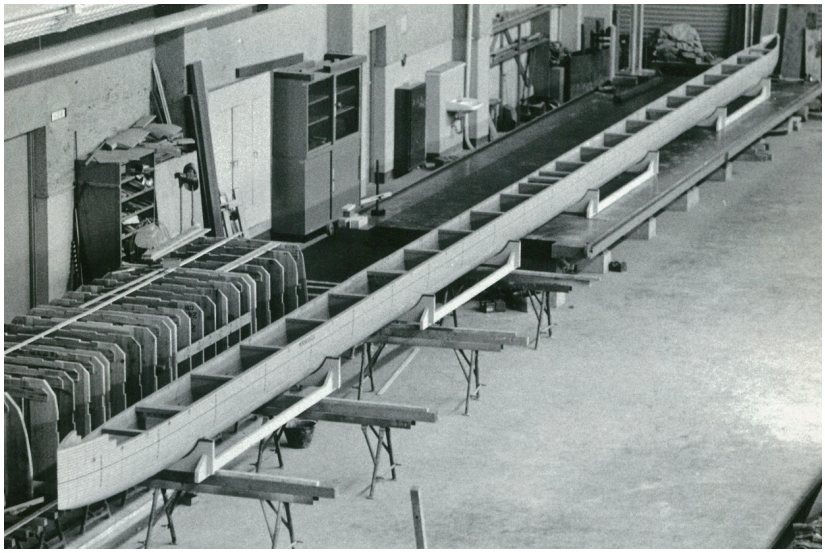
12m 模型船の自航試験（1960 年代後半）

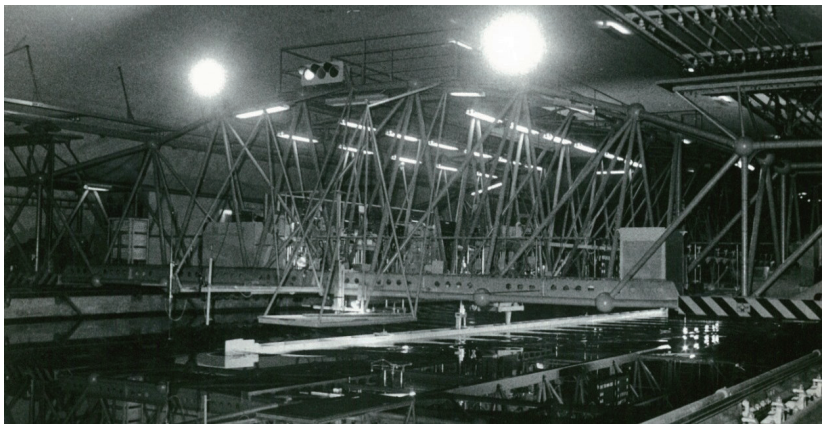



側壁型エアクッション船の水槽試験（1971 年）

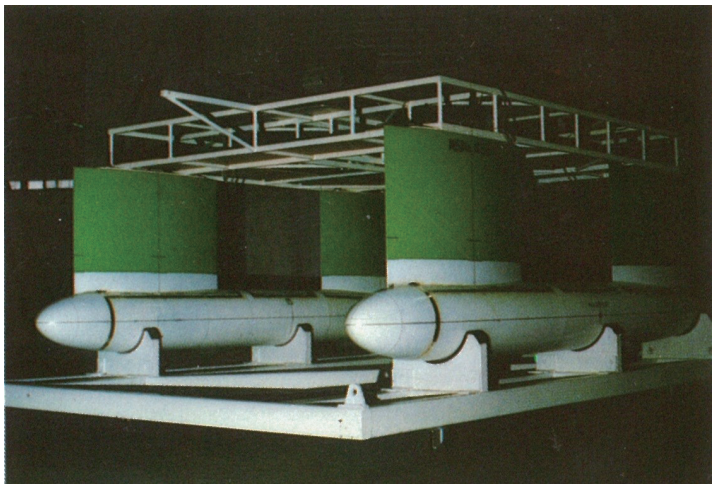


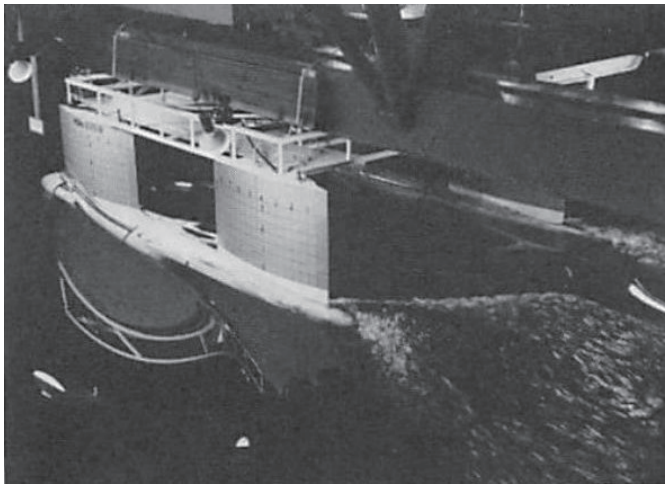
大型超高速コンテナ船
（3000 個積、35 kt、4 軸、25 万馬力）の
8 m模型船（1970 年代半ば）



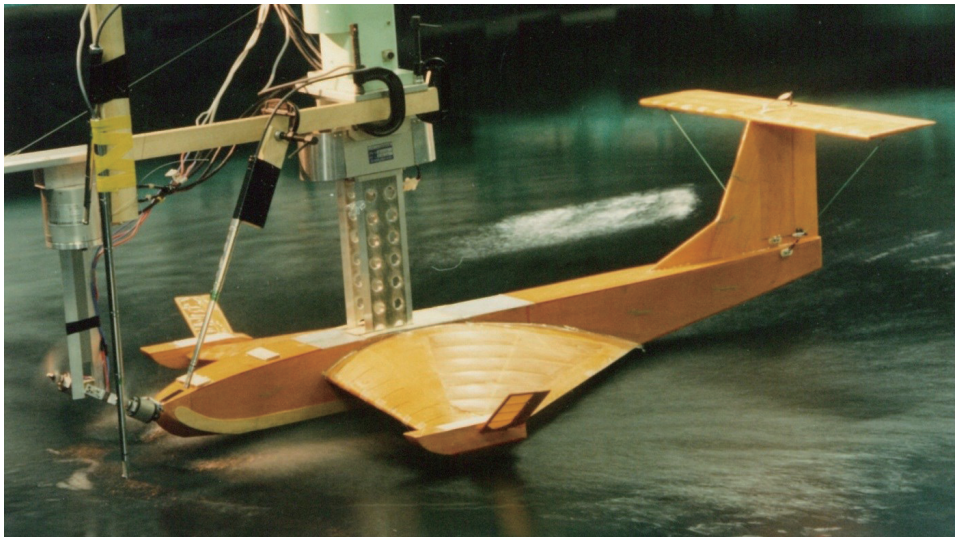


23.5m 模型船（INUID 型）と水槽試験（1977 年頃）

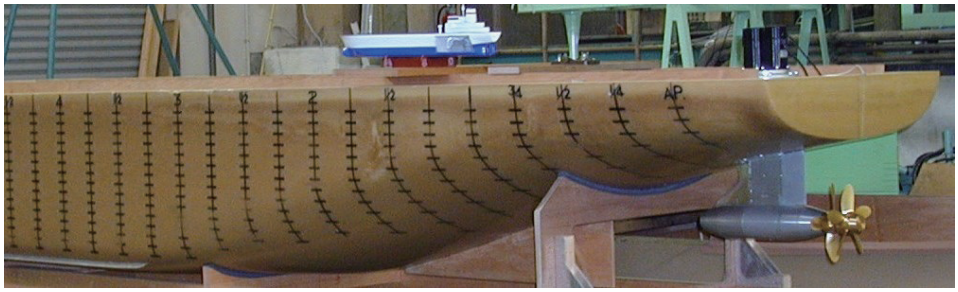




SWATH の水槽試験（1980 年代初頭）

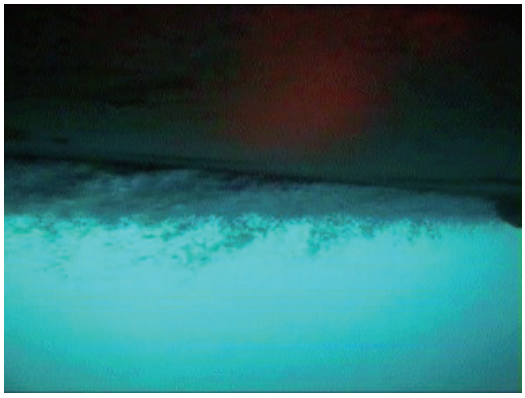


WISES の水槽試験（1994 年 ）

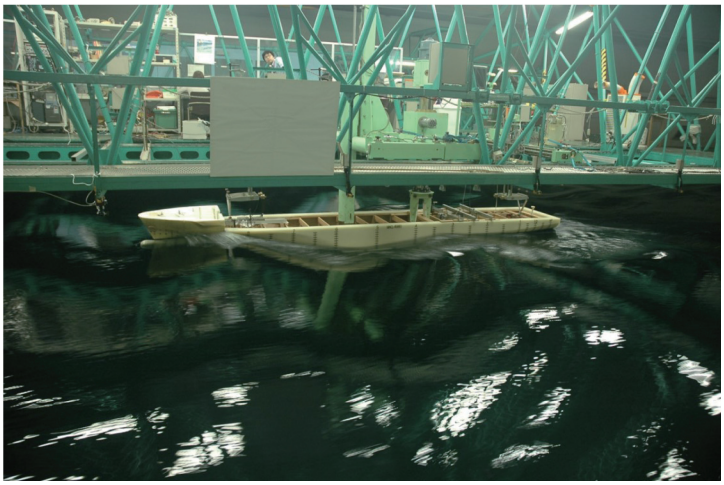


スーパーエコシップの水槽試験用模型（2002 年 ）

50 m長尺平板模型船（世界最長の模型船）による空気潤滑法の試験



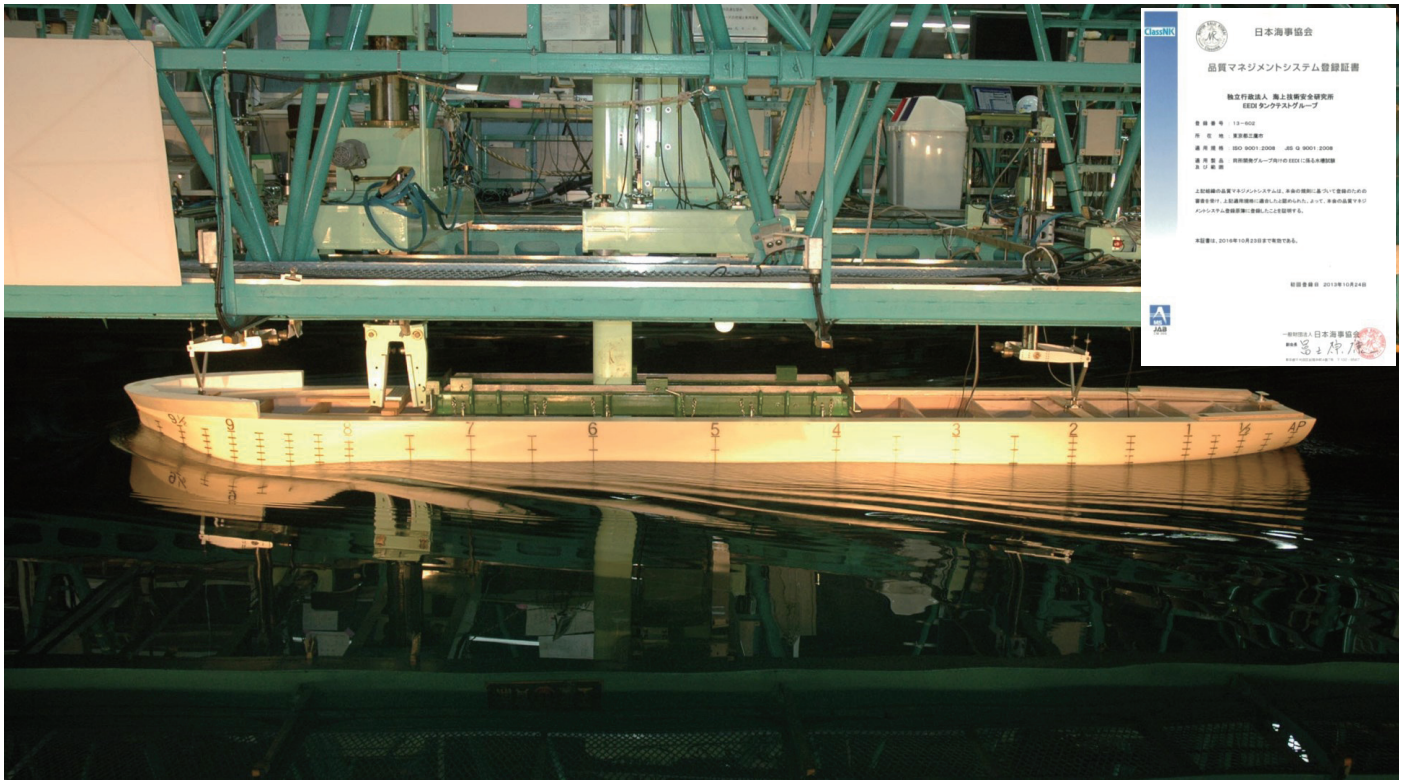
セメント運搬船（東海運・パシフィック　シーガル）を用いた世界初の空気潤滑法の実船試験（2008 年）
バラストで 5%、満載で 2.2%の省エネ効果を達成



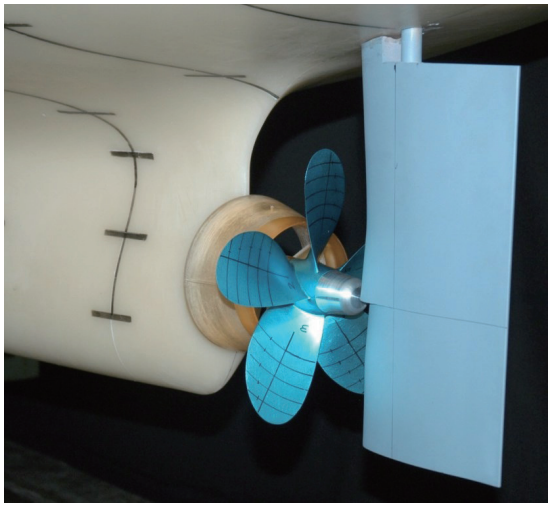
STEP の水槽試験
日本海事協会による海の 10 モード鑑定

STEP を搭載した自動車運搬船
（日産専用船・Jupiter Spirit）
STEP は内海造船との共同開発

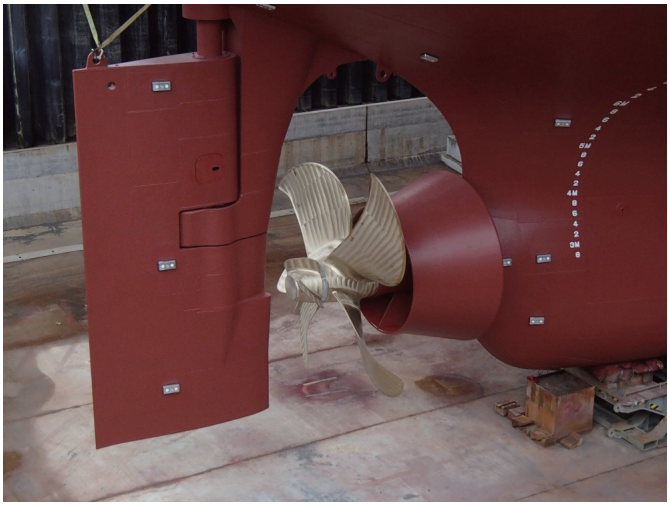
波浪中における波による抵抗を低減させる実海域省エネ装置 STEP
規則波中抵抗増加 18%減、燃費 3%減（BF6 向波中）




EEDI 認証試験（右上は ISO9001 の証書）（2013 年 ）

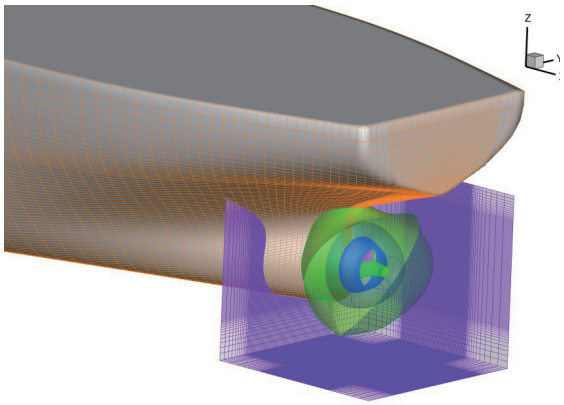


WAD の水槽試験用模型
（3D プリンタにより精密な付加物の
模型を短時間で製作可能に）
（2013 年）

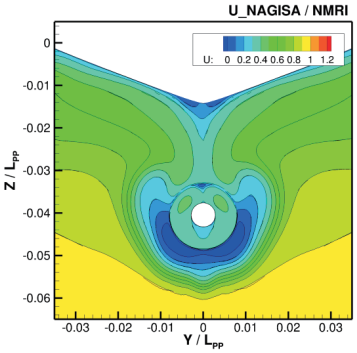


実船に搭載された WAD

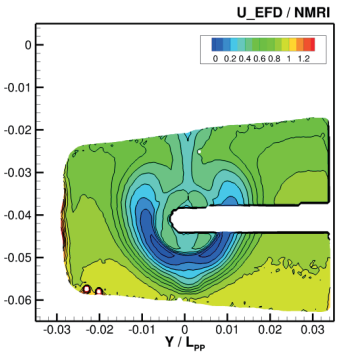
海技研で開発した船尾省エネ付加物 WAD（Weather Adapted Duct）
3%～ 5%の省エネ効果が期待できる。




JBC 船型（日本発の研究用船型）の計算格子




CFD 計算結果




水槽試験結果

抵抗状態の伴流分布

海技研で開催された CFD Workshop Tokyo 2015（2015 年）

三鷹第二船舶試験水槽（400 m水槽）（2016 年撮影）

**主な出来事（年表）**

| 年次 | 主な出来事 | 所長・理事長 | 部長・領域長、部門長、統括主幹、系長 |
|---|---|---|---|
| 昭和38年 | 4月 運輸省船舶技術研究所発足（運輸技術研究所改組）<br>6月 三鷹第二船舶試験水槽建設に着手 | 4月 初代所長　奥田　等 | 4月 初代推進性能部長　横尾幸一 |
| 昭和40年 | 3月 三鷹第二船舶試験水槽及び推進性能部研究棟完成<br>推進性能部目白地区から三鷹地区へ移転 | | |
| 昭和41年 | 8月 三鷹第二船舶試験水槽施設完成<br>10月 水槽試験開始<br>皇太子同妃両殿下（現・天皇皇后両陛下）御視察<br>運輸大臣荒船清十郎随行<br>第11回国際試験水槽会議(ITTC)各国委員来所 | 6月 第2代所長　大江卓二 | |
| 昭和43年 | 4月 船型試験部廃止 | | |
| 昭和44年 | | 7月 第3代所長　木堂弘雄 | |
| 昭和46年 | 3月 三鷹第三船舶試験水槽完成 | | |
| 昭和47年 | | 4月 第4代所長　山内保文 | |
| 昭和48年 | | 11月 第5代所長　濱田　昇 | 10月 第2代推進性能部長　伊藤達郎 |
| 昭和49年 | 3月 キャビテーション水槽完成<br>8月 運輸大臣徳永正利視察 | | |
| 昭和50年 | | 5月 第6代所長　安藤文隆 | |
| 昭和52年 | | | 4月 第3代推進性能部長　高橋　肇 |
| 昭和54年 | | 3月 第7代所長　伊藤達郎 | |
| 昭和55年 | 3月 氷海船舶試験水槽完成 | 2月 第8代所長　佐伯宗治 | |
| 昭和57年 | | 6月 第9代所長　長澤　準 | |
| 昭和59年 | 5月 運輸大臣細田吉蔵視察<br>6月 科学技術庁長官岩動道行視察 | | |
| 昭和61年 | 4月 氷工学研究室が氷海技術部へ分離 | 4月 第10代所長　渡邊幸生 | 4月 第4代推進性能部長　田中　拓 |
| 昭和62年 | 9月 運輸大臣橋本龍太郎視察 | 6月 第11代所長　菅井和夫 | |
| 昭和63年 | 10月 運輸大臣石原慎太郎視察 | | 4月 第5代推進性能部長　北川弘光 |
| 平成元年 | | 7月 第12代所長　片岡栄夫 | |
| 平成2年 | 4月 新形式超高速船の航行性能に関する研究（指定研）開始 | | |
| 平成3年 | 4月 海面効果翼船の性能及び安全評価に関する研究（特別研究）開始 | 6月 第13代所長　井上　肇 | |
| 平成5年 | | 7月 第14代所長　北川弘光 | 7月 第6代推進性能部長　山口眞裕 |
| 平成6年 | 3月 CFDWS TOKYO 1994開催 | 10月 第15代所長　佐々木博通 | |
| 平成7年 | 4月 次世代CFDによる船舶の流体抵抗低減策に関する研究<br>（特別研究）開始 | 6月 第16代所長　青木元也 | |
| 平成8年 | | | 4月 第7代推進性能部長　不破　健 |
| 平成9年 | | 7月 第17代所長　南部伸孝 | |
| 平成11年 | | 6月 第18代所長　足達宏之 | |
| 平成12年 | 9月 50m長尺平板模型試験初実施 | | |
| 平成13年 | 1月 国土交通省船舶技術研究所に改組<br>4月 独立行政法人海上技術安全研究所に改組<br>4月 次世代内航船研究PT発足<br>次世代内航船の研究開発（技術研究開発受託費）開始 | 4月 初代理事長　中西堯二 | |
| 平成14年 | 4月 推進性能部から輸送高度化研究領域に改組<br>次世代内航船研究PTからスーパーエコシップPTに改組<br>知的乱流制御研究センター発足<br>CFD研究開発センター発足 | | 4月 初代輸送高度化領域長　不破　健 |
| 平成16年 | 12月 CFDソフトウェア外部提供開始 | | |
| 平成17年 | 4月 実海域性能評価PT発足<br>マイクロバブルを用いた船舶の省エネルギー技術の研究開発<br>（NEDO）開始<br>12月 CFDWS TOKYO 2005開催 | | 4月 第2代輸送高度化領域長 児玉良明 |
| 平成18年 | 4月 輸送高度化研究領域から流体部門に改組<br>9月 50m長尺平板模型試験により気泡流による空気潤滑現象を発見 | | 4月 初代流体部門長　児玉良明 |
| 平成19年 | | 4月 第2代理事長 井上四郎 | |
| 平成20年 | 1月 世界初の空気潤滑法の実船実験で省エネ効果を確認<br>4月 海の10モードPT発足 | | |
| 平成21年 | 8月 流体部門から流体設計系、流体性能評価系に改組<br>海の10モードPTから海の10モードセンターに改組 | | 4月 第2代流体部門長　佐々木紀幸<br>初代研究統括主幹　佐々木紀幸<br>初代流体設計系長　佐々木紀幸<br>初代流体性能評価系長　谷澤克治 |
| 平成22年 | 2月 三鷹第二船舶試験水槽にて日本海事協会による海の10モード<br>鑑定試験の初実施<br>6月 実海域再現水槽完成 | | |
| 平成23年 | 6月 STEP装備1番船就航 | 4月 第3代理事長 茂里一紘 | |
| 平成24年 | 4月 EEDIPT発足 | | 4月 第2代流体設計系長　宇都正太郎 |
| 平成25年 | 10月 EEDIタンクテストグループがISO9001を取得<br>海技研初のEEDI認証試験の実施 | | 4月 第2代研究統括主幹　谷澤克治 |
| 平成26年 | 5月 三鷹第三船舶試験水槽にて、世界初となるEEDIweather水槽試<br>験の実施<br>6月 WAD装備1番船就航 | | 4月 第3代流体設計系長　上入佐光 |
| 平成27年 | 4月 国立研究開発法人　海上技術安全研究所に改組<br>10月 氷海船舶試験水槽にてフィンランド運輸省（Trafi）より試験・解析<br>法について認証を取得<br>12月 CFDWS TOKYO 2015開催 | | |
| 平成28年 | 4月 港湾空港技術研究所、電子航法研究所と統合し、国立研究開発<br>法人　海上・港湾・航空技術研究所（うみそら研）発足<br>うみそら研　海上技術安全研究所に改組<br>6月 国土交通大臣石井啓一視察<br>10月 EEDIweather水槽試験の三鷹第二船舶試験水槽での初実施 | 4月 初代理事長　大和裕幸<br>初代所長　大谷雅実 | |

## 運輸大臣表彰及び国土交通大臣表彰

| 年次 | 氏名(所属) | 業績 |
|---|---|---|
| 昭和42年 | 横尾幸一（推進性能部） | 実船と模型との相関関係に関する研究 |
| 昭和44年 | 伊藤達郎（推進性能部） | 舶用プロペラのキャピテーション現象の研究 |
| 昭和45年 | 田崎　亮（推進性能部） | 波浪中における耐航性の研究と模型試験法の確立 |
| 昭和49年 | 高橋　肇（推進性能部） | キャピテーションのプロペラ起振力に及ぼす影響の研究 |
| 昭和50年 | 田中　拓（推進性能部） | 高能率新型式海上輸送の開発を目的とした潜水商船及び半潜水商船の研究 |
| 昭和58年 | 北川弘光（推進性能部） | 氷海船舶に関する研究 |
| 昭和63年 | 上田隆康（推進性能部） | 中小型船舶の船型開発に関する研究 |
| 平成8年 | 右近良孝（推進性能部） | スーパーキャビテーティングプロペラ理論設計法の研究開発 |
| 平成9年 | 児玉良明（推進性能部） | 船舶まわりの流れの実用的シミュレーション手法の研究開発 |
| 平成22年 | 佐々木紀幸（研究統括主幹） | 海の10モード指標計算法の開発 |
| 平成24年 | 平田信行（CFD研究グループ※）<br>田原裕介（CFD研究グループ※）<br>大橋訓英（CFD研究グループ※）<br>小林　寛（CFD研究グループ※）<br>坂本信晶（実海域性能研究グループ） | 次世代の船舶用CFDソフトウェアシステムの開発<br>（CFD研究グループ※＝流体性能評価系CFD研究グループ） |
| 平成28年 | 辻本　勝（流体設計系） | 環境に優しい船舶を設計・建造するための高度な実運航性能の解析手法「VESTA」を開発・実用化し我が国造船業の国際競争力向上に寄与 |

## 学協会等表彰

| 年次 | 受賞名 | 受賞者 | 業績 |
|---|---|---|---|
| 昭和50年 | 日本造船学会賞 | 田中　拓 | 扁平な没水体の浅深度抵抗について |
| 昭和52年 | 日本造船学会賞 | 高橋　肇 | Estimation of Surface Force Induced by Propeller |
| 昭和56年 | ブルガリア船舶流体力学研究所10周年記念賞 | 高橋　肇、北川弘光 | ブルガリア船舶流体力学研究所の発展に寄与した功績 |
| 昭和57年 | 関西造船協会賞 | 足達宏之、林　允進、梶谷　尚、宮田秀明 | On the Optimization of the Aft-Part of Fine Hull Forms |
| 平成3年 | The Outstanding Presentation of Small Engine Technology Conference1999 Award, SAE International | 右近良孝、住野吉胤 | Model Test on Performance of Propellers Driven by an Outboard Motor |
| 平成4年 | 日本造船学会賞（論文賞）<br>日本海事協会賞<br>日本船舶振興会会長賞 | 右近良孝 | Measureent of Pressure Distribution on Full Scale Propellers<br>他3篇 |
| 平成5年 | 日本造船学会賞（論文賞） | 児玉良明 | Computation of Ship's Resistance Using an NS Solver with Global Conservation<br>— Flat Plate and Series 60 (Cb=0.6) Hull— |
| 平成6年 | 日本造船学会 奨励賞（乾賞） | 工藤達郎 | 渦格子法によるスーパーキャビテーティング・プロペラの性能計算 |
| 平成8年 | 日本造船学会賞（論文賞） | 日野孝則 | Viscous Flow Computations around a Ship using One Equation Turbulence Models 他2篇 |
| 平成11年 | 関西造船協会賞 | 辻本　勝、内藤　林 | 実海域における船舶の性能評価に関する研究－船速、燃料消費量、主機馬力について |
| 平成16年 | 海洋理工学会 論文賞 | 日夏宗彦、塚田吉昭、冨田　宏 | Study on Estimation of Original Location of Water Sampled through Inlet Set on Volunteer Observing Ship<br>（海洋水質検査採取に係る水深との関係に関する調査） |
| 平成21年 | 日本船舶海洋工学会 若手優秀講演賞 | 枌原直人 | 実船計測による実海域性能評価の検証 |
| 平成22年 | 日本船舶海洋工学会賞（論文賞）<br>日本造船工業会賞 | 日夏宗彦、児玉良明、堀　利文、牧野雅彦 | 気泡流中におけるプロペラ単独特性<br>（第1報：気泡吹き出しによる局所ボイド率分布と速度分布計測）<br>（第2報：気泡流中のプロペラ性能試験結果） |
| | SNAME The 2010 ABS Linnard Prize | E. F. Campana, D. Peri, Y.Tahara, M. Kandasamy, F. Stern | Numerical optimization methods for ship design |
| 平成23年 | 日本船舶海洋工学会 若手優秀講演賞 | 北川泰士 | 機関応答特性を模擬した自航装置によるプロペラ負荷変動計測 |
| | 日本船舶海洋工学会関西支部支部長賞 | 世良　亘、辻本　勝、加賀正人、片山　徹 | 流体力学関連学生研究組織「KFR Jr.」の設立 |
| 平成24年 | 日本船舶海洋工学会賞（論文賞） | 田原裕介 | Single and Multiobjective Design Optimization of a Fast Multihull Ship: numerical and experimental results |
| 平成25年 | 日本船舶海洋工学会 奨励賞（乾賞） | 黒田麻利子 | Onboard Measurement for a Container Ship in view of Container Load Condition |
| 平成26年 | 日本船舶海洋工学会賞（論文賞）<br>日本海事協会賞 | 小山鴻一 | Relation between the lifting surface theory and the lifting line theory in the design of an optimum screw propeller |
| | 17th Numerical Towing Tank Symposium Landrini Award | 坂本信晶、大橋訓英 | Development of URANS Maneuvering Simulator and its Application to ESSO OSAKA |
| 平成27年 | 日本船舶海洋工学会賞（論文賞）<br>日本造船工業会賞 | 塚田吉昭、上野道雄、谷澤克治、北川泰士、宮崎英樹、鈴木良介 | 自由航走模型試験のための補助推力装置の開発 |
| | 日本船舶海洋工学会 若手優秀講演賞 | 拾井隆道 | LDV による高レイノルズ数における乱流境界層壁面近傍の流場計測技術の開発 |
| | 日本船舶海洋工学会 若手優秀ポスター賞 | 櫻田顕子 | Application of Power Correction and Weather Correction to the Analysis of Onboard Measurement Data for High Accurate Estimation |
| 平成28年 | 日本船舶海洋工学会 奨励賞（乾賞） | 北川泰士 | 実船の波浪中船速低下を直接計測する水槽試験法の開発 |
| | 日本船舶海洋工学会 若手優秀講演賞 | 河村　昂 | GPUを用いたMPSコードの強非線形自由表面流れへの適用 |

# 三鷹第二船舶試験水槽
# 50 周年記念講演集

# 試験水槽新時代に向けて

三鷹第二船舶試験水槽　50周年記念講演会
平成28年10月19日

国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所　理事長
東京大学名誉教授　　大和裕幸

1

## はじめに

- 50周年を迎えた400メートル水槽
  - 大型水槽としてスタンダードを構成
  - 多くの重要実験を実施
  - 水槽のあらたな発展が必要
- 現在の水槽の状況
  - 水槽の不足、老朽化
  - 大学水槽の貧困
- 今後の新展開を期待する
  - 造船業再編
  - 水槽試験国際化

2

# 400メートル水槽の意味

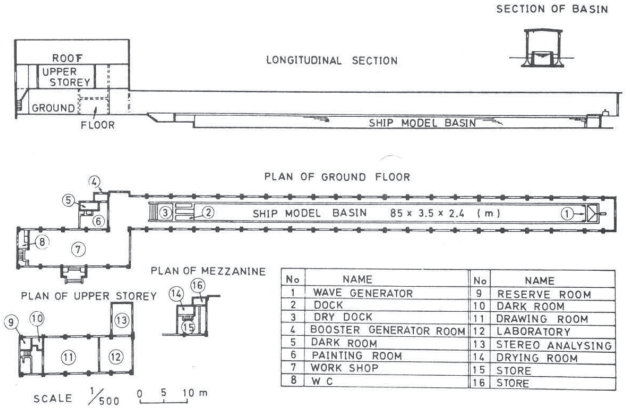
- 400メートル水槽は我が国最大の試験水槽として活躍
  - 我が国造船業の技術開発を担う
  - その後、海洋での活動が活発になるに応じて中水槽、実海域水槽、深海水槽、氷海水槽、キャビテーション水槽などが整備
- CFDの台頭するも水槽試験は必要
- 水槽自体の研究はさほど進歩せず

- 参考：港空研水槽群
  - 海底流動実験、総合沿岸防災実験、大型実験水路、環境インテリジェント水槽、デュアルフェーズサーペント水槽、水中作業環境再現水槽、海底探査水槽、油回収実海域再現水槽

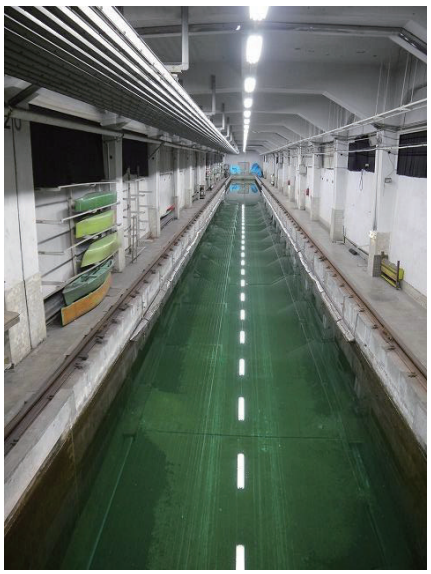
3

# 大学水槽の現状　東大本郷キャンパスの例

- 幅3.5m、長さ85m、深さ2.4mの船型試験水槽。昭和12（1937）年竣工。来年80周年。
- 精度向上・システム構築を開始。
- メンテナンスと技官の不足




| No | NAME | No | NAME |
|---|---|---|---|
| 1 | WAVE GENERATOR | 9 | RESERVE ROOM |
| 2 | DOCK | 10 | DARK ROOM |
| 3 | DRY DOCK | 11 | DRAWING ROOM |
| 4 | BOOSTER GENERATOR ROOM | 12 | LABORATORY |
| 5 | DARK ROOM | 13 | STEREO ANALYSING |
| 6 | PAINTING ROOM | 14 | DRYING ROOM |
| 7 | WORK SHOP | 15 | STORE |
| 8 | W C | 16 | STORE |



4

# 大学水槽資料

| 大学・水槽名 | | 設立年 | サイズ（縦×横×深さ） | 曳航台車 | | 造波 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 速度 (m/s) | 安定度 | |
| 東京大学 | 本郷試験水槽 | 1937 | 85×3.5×2.4 | ～4.0 | 1mm/s以下 | あり（最大波高0.12m・波長1.0m～6.0m） |
| | 海洋工学水槽 | 2003 | 50×10×5.5 | ～2.0 | | あり（最大波高0.3m・周期0.5sec～5sec） |
| 横浜国立大学 | | 1976 | 100×8×3.5 | ～3.5 | | あり |
| 広島大学 | | 1967 | 100×10×3.5 | ～3.0 | | あり（最大波高0.4m・波長0.4m～24.0m） |
| 大阪大学 | | 1970 | 100×7.8×4.35 | ～3.5 | 0.2%r.m.s | あり（最大波高0.5m・波長0.5m～15.0m） |
| 大阪府立大学 | | 1950年代 | 70×3×1.5 | ～2.5 | | あり |
| 北海道大学 | | 1980 | 50×3×1.2 | ～2.0 | | あり（最大波高0.3m・周期1.0m～8.0m） |
| 長崎総合科学大学 | | 1985 | 60×4×2.3 | ～3.0 | 1mm/s以下 | あり（最大波高0.3m・波長0.7m～17.0m） |

5

# 水槽研究の新展開

- EEDI以降の高精度化と高機能化
  - 400m水槽はリファレンス水槽
- 小型高性能水槽ーロボット水槽
  - CFDとの連携
  - AI、IoTなどの知的基盤構築
- 物理現象把握
- 設計の中核機能

6

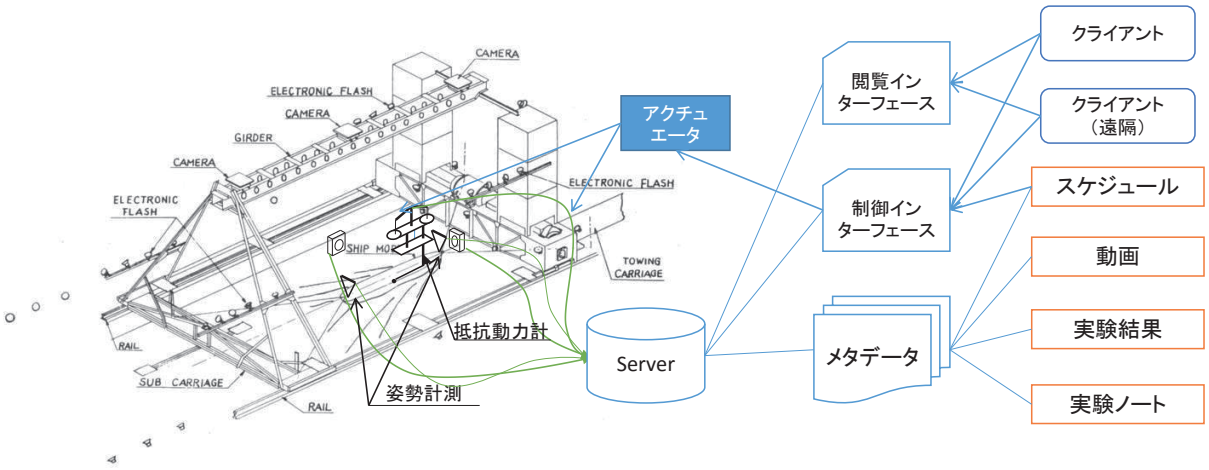
# ロボット水槽

・水槽試験の自動化を可能に

→トリムの調整，曳航電車の操作など

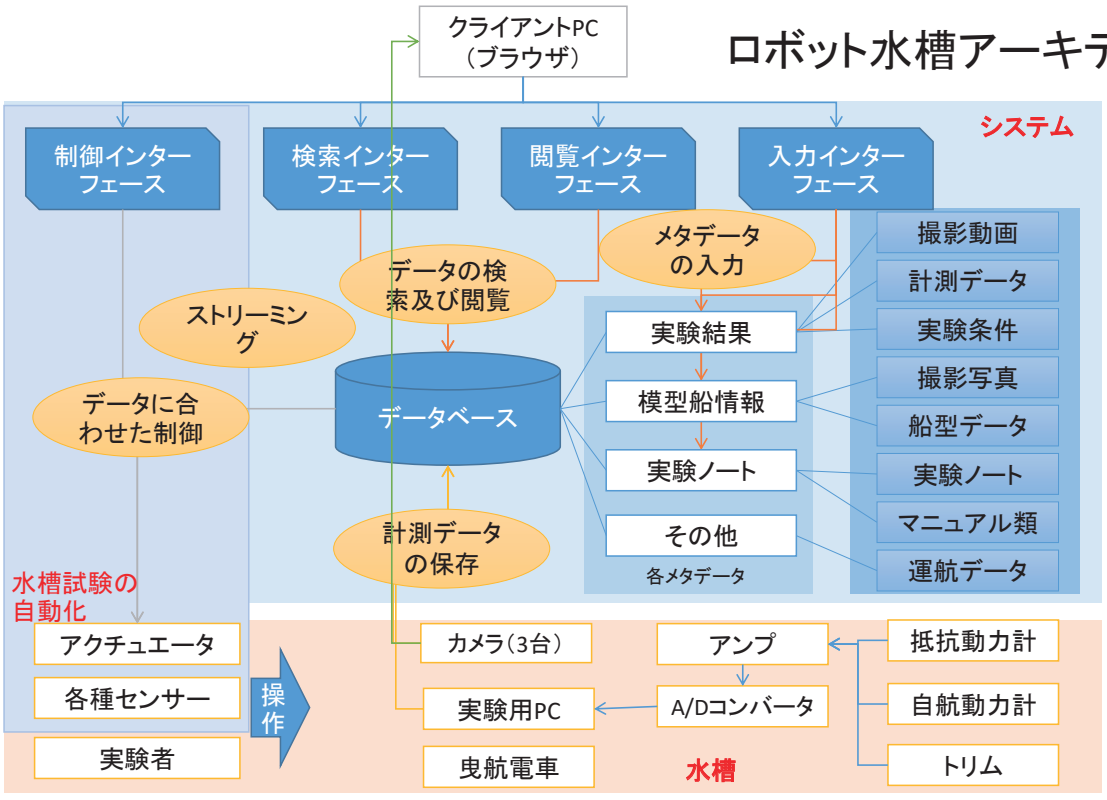
・実験結果からデータベースを自動的に構築

・EEDI算出に用いることができる精度



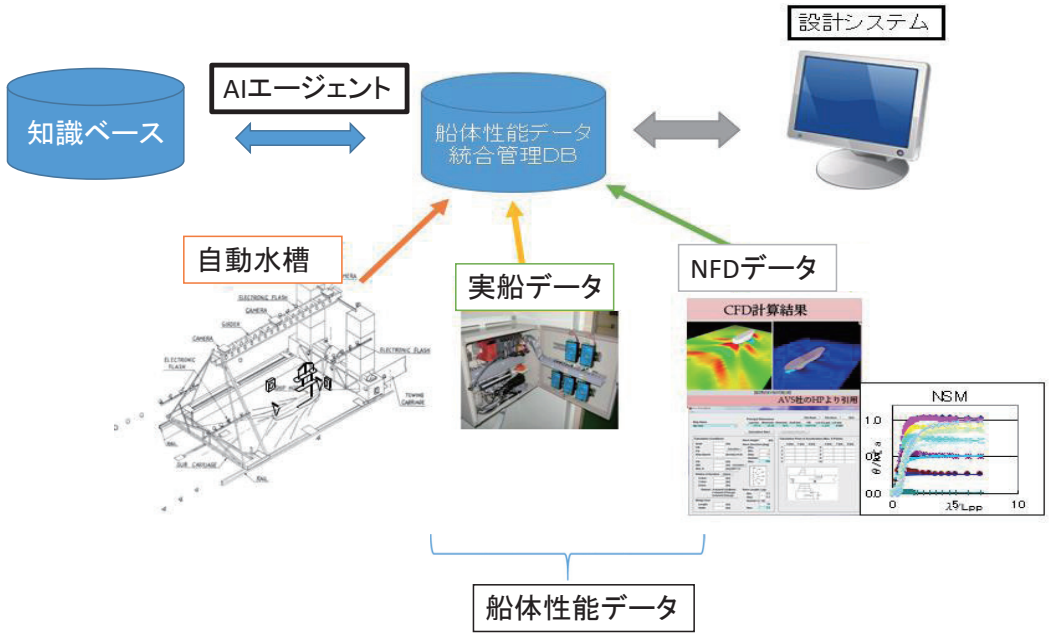

7

## ロボット水槽アーキテクチャ




8

## 船型開発プラットフォーム「ロボット水槽」




9

# まとめ―水槽新時代に向けて

- 水槽試験の高度化
  - ロボット水槽―AI、IoTを用いた革新水槽
  - 世界の水槽研究の中心
- 教育への展開
  - 大学水槽支援
- 造船業再編時代の水槽維持＋発展体制
  - 施設維持と国立研究開発法人・大学の役割確認
- 国際化時代の水槽ビジネス展開
  - 水槽国際競争時代

10

# 新しい水槽試験技術

2016年10月19日
国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所流体設計系
星野　邦弘

## 発表内容

海上技術安全研究所で開発した新しい水槽試験技術について紹介する。

1．[流場計測] マイクロバブルをトレーサーとするＳＰＩＶ法

2．[波浪計測] レーザーライトシート光を用いた線計測

3．[波浪計測] 船側波形のリアルタイム動的計測

4．[これから]多次元高精度水槽（３次元空間＋時間）

# 【流場計測】マイクロバブルＰＩＶ

PIV(粒子画像流速測定法)等の可視化計測を行う場合、流体中に目印となるトレーサを注入する必要がある。一般的には固体粒子のトレーサが用いられる。

- 固体粒子は散布後、回収することが困難
- 水槽保守や精度管理の観点から固体粒子の水槽への散布には問題

固体粒子とは異なり水槽中に残留することのないマイクロバブルをトレーサとして利用

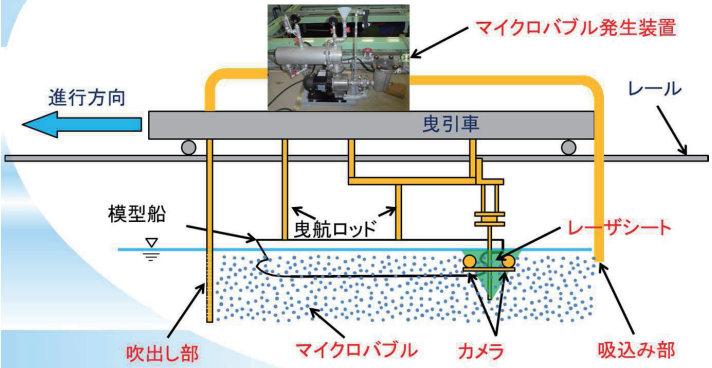


# 【流場計測】マイクロバブルＰＩＶ

マイクロバブルの特徴

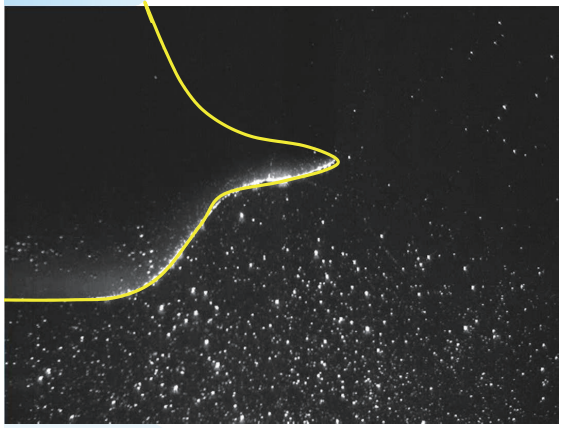
- 気泡寿命が長い
- 上昇速度が遅い
- 気泡同士が結合し難い

発生したマイクロバブル(動画)

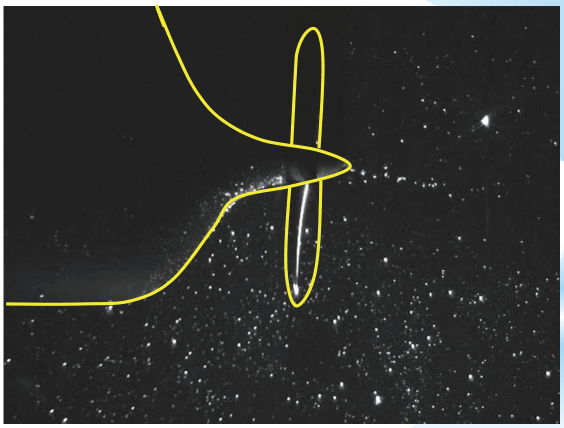


# 【流場計測】マイクロバブルＰＩＶ

平水中



抵抗試験状態

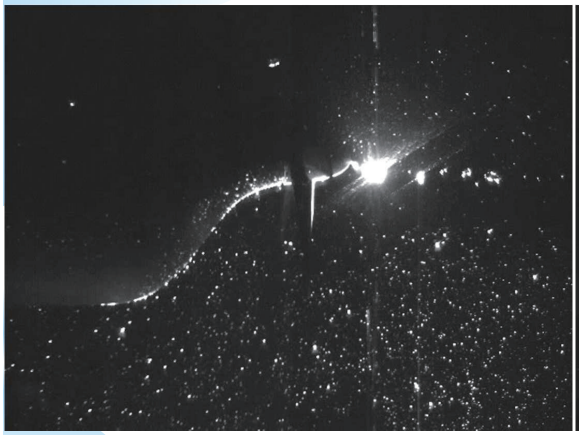


自航試験状態

三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

# 【流場計測】マイクロバブルＰＩＶ

波浪中

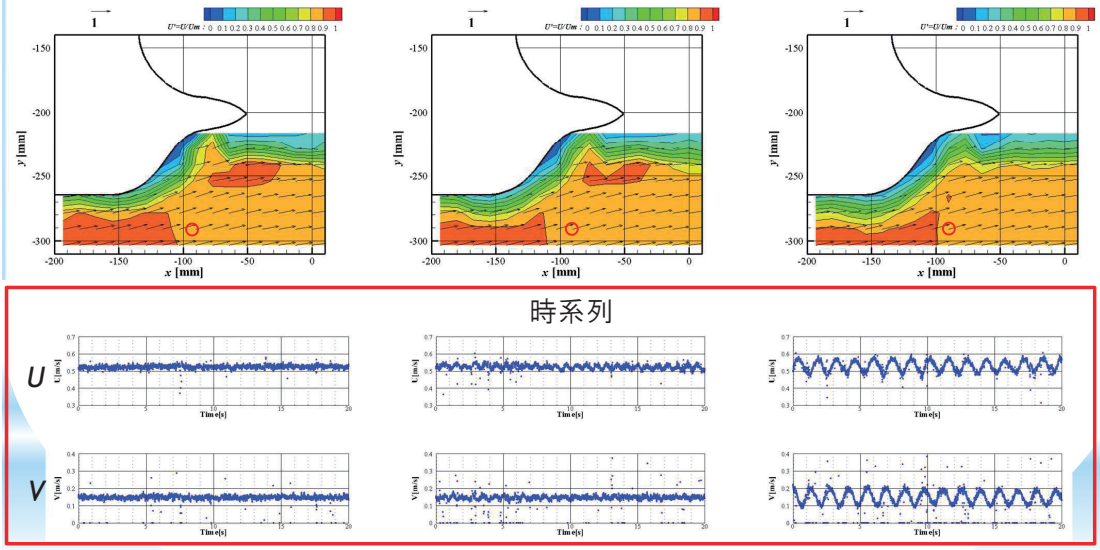


波浪中(λ/L=0.4)

波浪中(λ/L=1.1)

三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

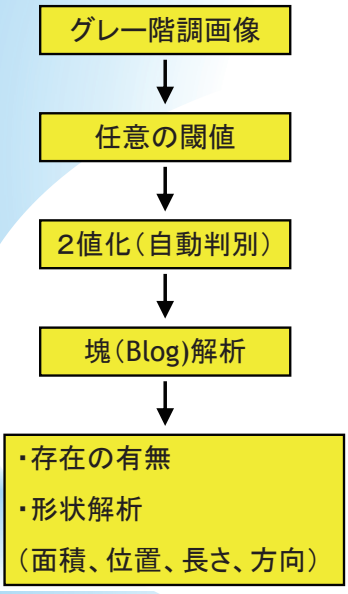
# 【流場計測】マイクロバブルＰＩＶ解析結果

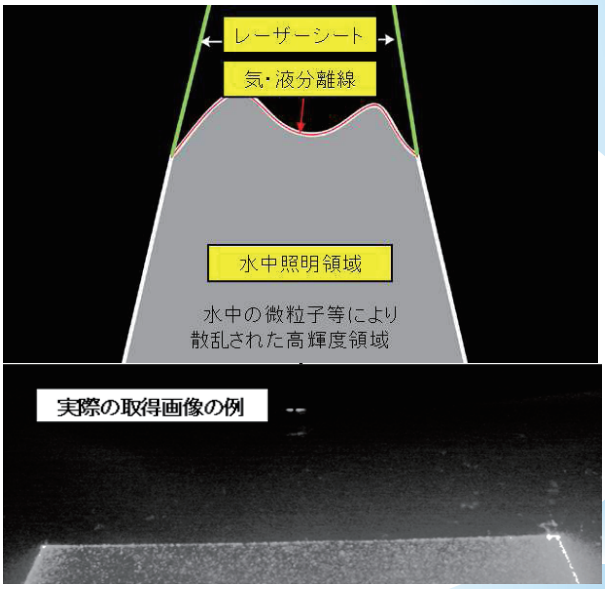



三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

7

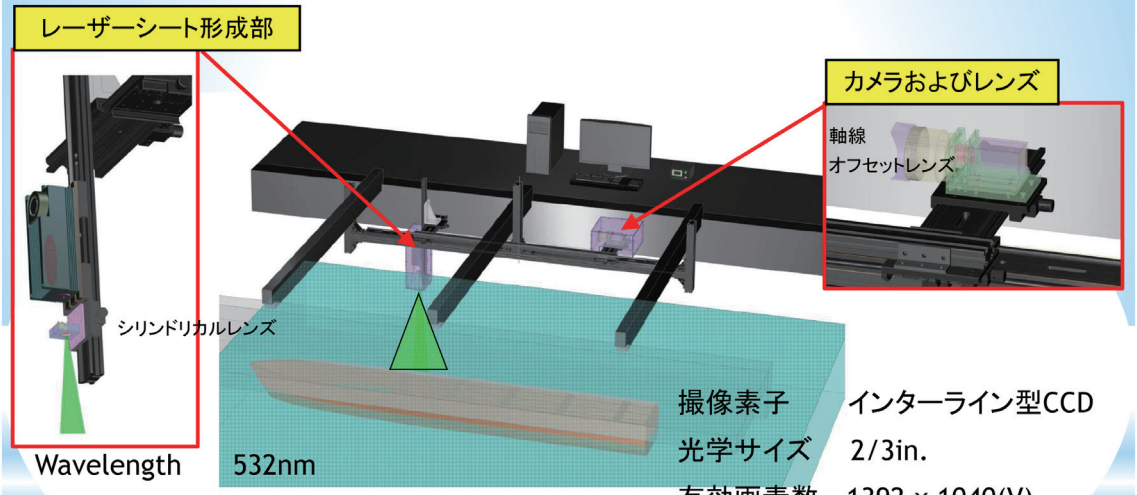
# 【波浪計測】レーザーライトシート光を用いた線計測




三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

# 【波浪計測】レーザーライトシート光を用いた線計測




| | |
|---|---|
| Wavelength | 532nm |
| Output Power | 2000mW |
| Working Mode | CW |
| Beam Diameter | 2～3mm |

| | |
|---|---|
| 撮像素子 | インターライン型CCD |
| 光学サイズ | 2/3in. |
| 有効画素数 | 1392 x 1040(V) |
| 走査方式 | 順次走査　30～113fps |
| 記録 | デジタル　10bit |



# 【波浪計測】レーザーライトシート光を用いた線計測

軸線オフセットレンズはレーザースリット光により切断された平面の座標と撮像素子（CCD）面の座標は線形関係を保っている。故に計測される波面高さは次式で計算される。

$$h_i(t) = [y_i(t) - y_i(t_0)] \times S$$

i ：横方面画素番号

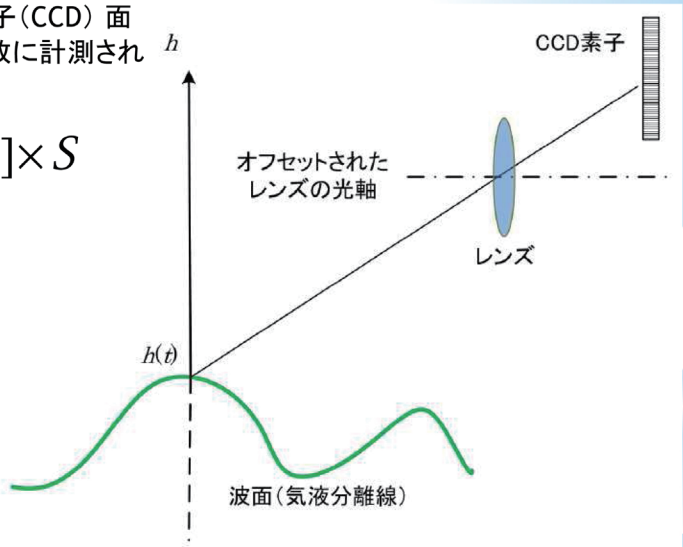
t0：静止状態の画像

t ：画像撮影時刻

y：画素の縦座標(Pixel)

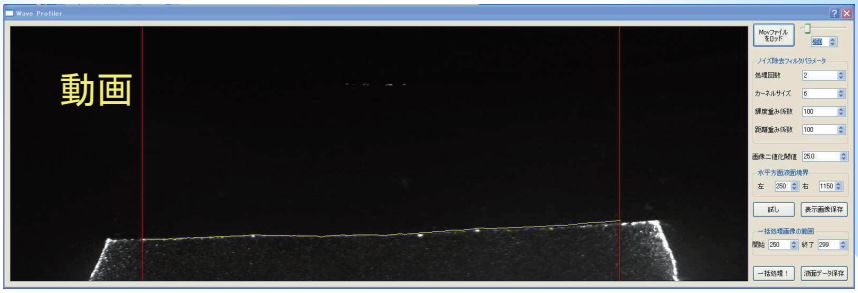
h：水面座標(mm)

S：スケーリングファクター

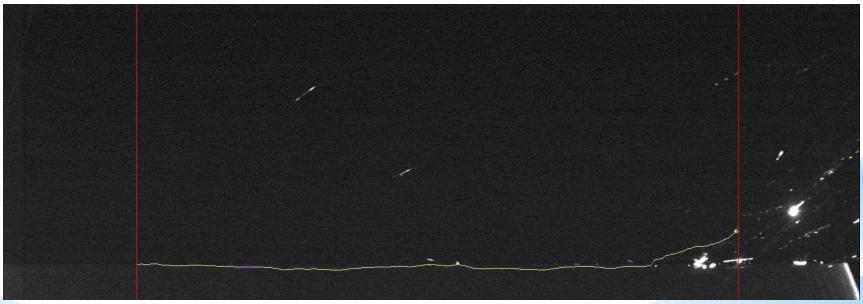


# 【波浪計測】レーザーライトシート光を用いた線計測

連続波形処理の一例（動画）

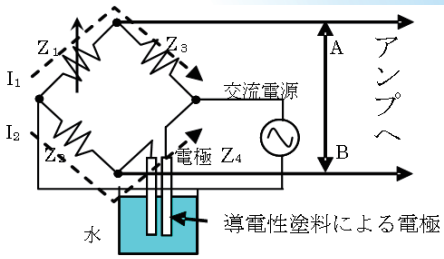



スプラッシュのある場合



三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

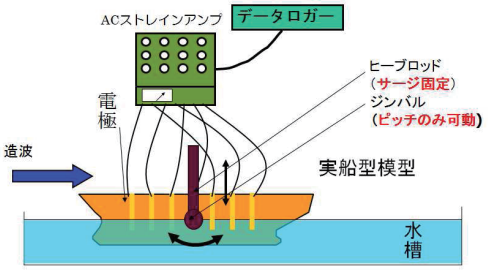
# 【波浪計測】船側波形のリアルタイム動的計測




模型船船体に導電性塗料センサを塗布した例

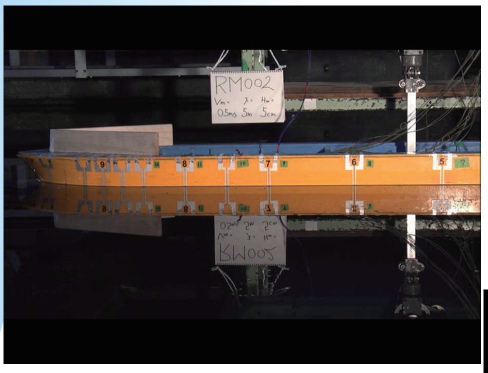
導電性塗料センサ(電極)

電気伝導性の塗料をセンサ（電極）として使用することで曲面への設置が自由になり、船側表面の水位計測が可能となる。




三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

## 【波浪計測】レーザーライトシート光を用いた線計測



水位変動計測例

導電性塗料相対水位計
リアルタイム水位表示例
(Bulker模型)

三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

## 【これから】多次元高精度水槽（３次元空間＋時間）

1．水槽試験(EFD)と数値計算(CFD)は研究を行う上で両輪をなす

2．数値試験水槽等の出力結果を詳細に検証する水槽試験
実験データの高度化を実現する。（多次元同時計測）

- ○ 模型船体や船体付加物まわりの流場
（３次元PIVやPTV等の３次元３成分流場計測）
- ○ 模型船体表面の圧力分布
（光ファイバーFBG等による面的圧力分布計測）
- ○ 模型船まわりの波高分布
（各種３次元計測法）
- ○ 模型船の3次元運動計測

ご清聴ありがとうございました。

三鷹第2船舶試験水槽50周年記念講演会

# 新技術開発のための水槽試験

2016年10月19日
国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所　流体設計系
上入佐　光

## 発表内容

1．これまでの主な試験内容

2．とりまく環境

3．今後の活用

4．提案

# 1. これまでの主な試験内容

## 定型試験

- 抵抗、自航、伴流、POT
- EEDI
- 船型改良
- 省エネ付加物
- 抵抗増加

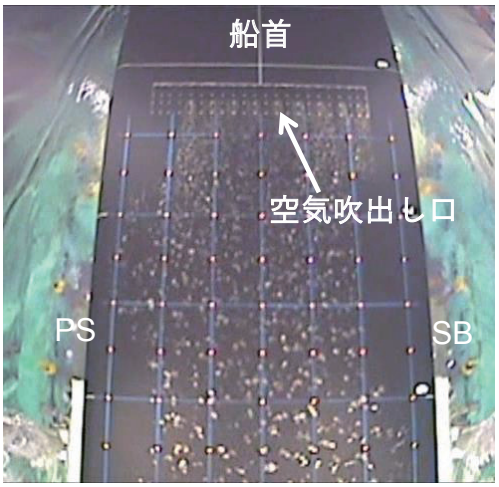
## 非定型試験

- 空気潤滑
- 平板抵抗
- 波浪中
- PIV

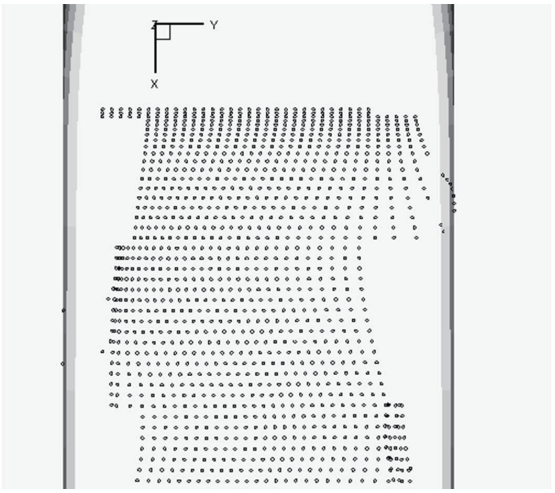


# 船底気泡挙動調査（MIJAC請負研究）

水槽試験

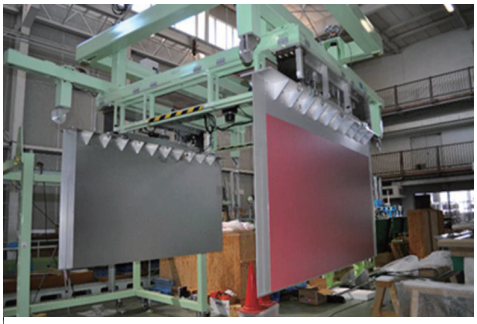



気泡挙動シミュレータ

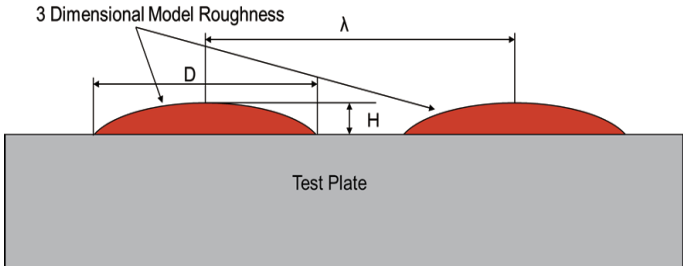



さらなる効率向上をめざして、
最適空気吹き出し方式の研究 ⇔ 気泡挙動シミュレータの検証

# 平板表面粗度研究(中国塗料共同研究)



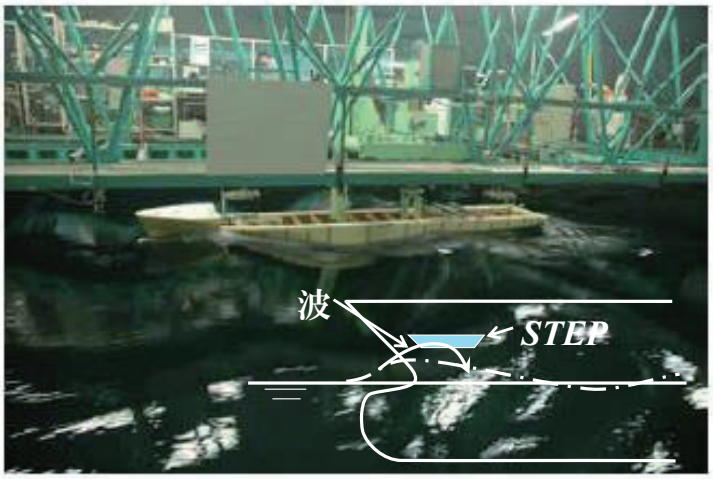
平行平板法試験装置外観写真





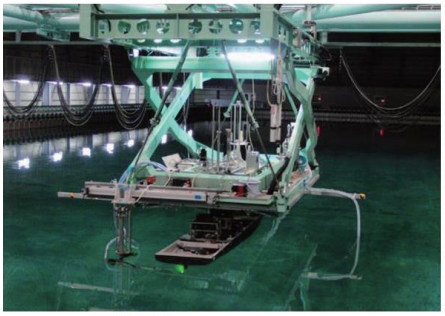

# 波浪中抵抗試験(内海造船共同研究)

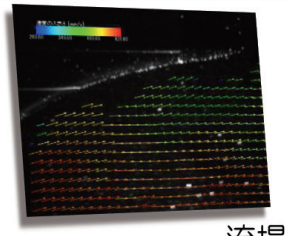
STEP (Spray TEaring Plate)水槽試験



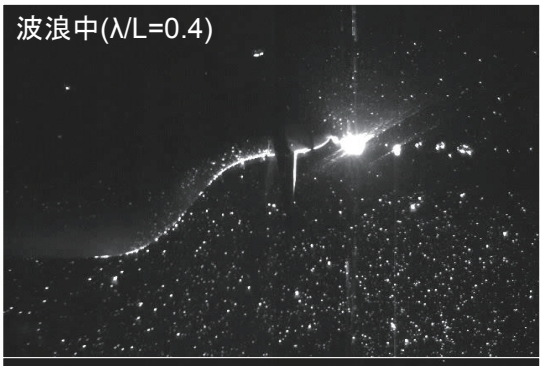

STEPの水槽試験
日本海事協会による海の10モード鑑定を実施

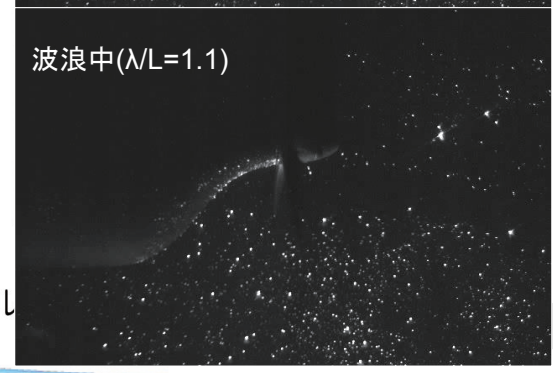
# マイクロバブルPIV法による流場調査





流場ベクトル






# 2. とりまく環境

## i-Shipping※

- 水槽試験能力増強
- 稼働率向上
- 水槽施設共同利用
- 模型船製作技術の革新

※2016年5月31日、交通政策審議会海事分科会海事イノベーション部会において、海事産業の生産性革命（i-Shipping）を実現する具体的施策とロードマップを示した答申が策定されました。

## それ以外

- EEDI高次強制化
- CFDスタンダード化
- Renewal（老朽化）※
- ISO9001活用
- 水中騒音

※補正予算がつき、400m水槽電動機の交流化ができることになりました。

# 3. 今後の活用(提案)

**★i-Shipping**

・定型試験迅速化

・水槽試験能力増強

・稼働率向上

・新船型開発期間の短縮

**★i-Shipping対応技術**

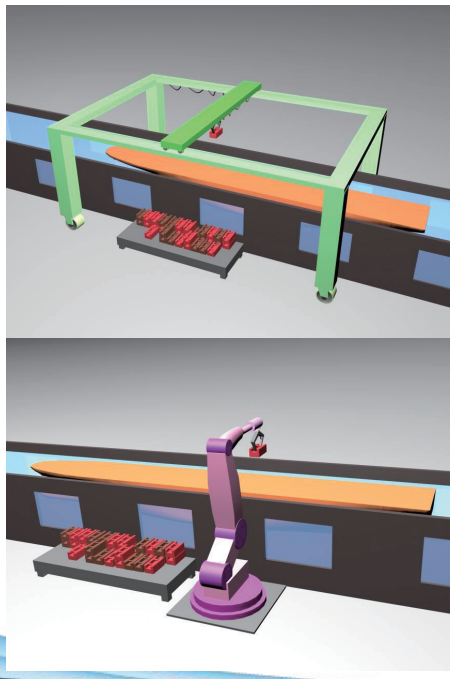
・ロボット水槽
（自動運転・自動データ処理システム）

・試験用模型の製作プロセスの革新（迅速化）

・共同利用施設化、業務提携で他社のリソースを活用



# 4.提案:喫水調整用ロボット※



船型データ(含む誤差)
↓
導電性塗料→喫水データ
↓
ウェイト配置(ロボット)
↓
喫水変化
↓
推定モデル(重量、形状、α)
↓
機械学習(ML)

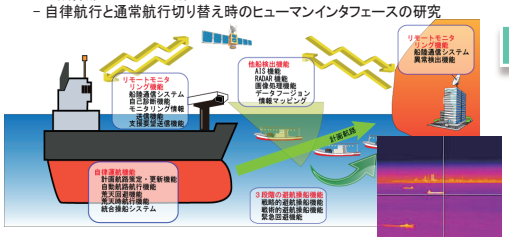
※3Kからの脱却

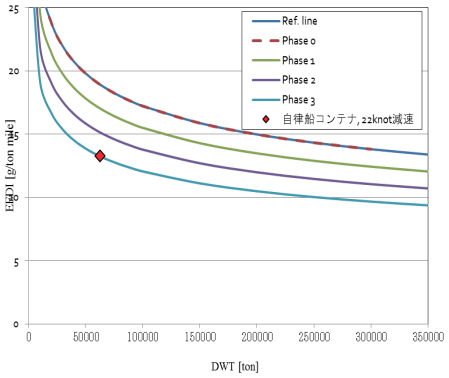
# 4. 提案：次世代技術

## ★IoT/ビッグデータを活用した自律船

自律航行システム

- 航行障害物のセンサ技術の研究
- 複数の障害物を考慮した自動避航操船アルゴリズムの研究
- 計画に基づく自動操船システム
- 自律航行システムのモニタリング・遠隔操船システムの研究
- 自律航行と通常航行切り替え時のヒューマンインタフェースの研究






・EEDI Phase3をクリアする船型について要目最適化
・抵抗推進性能の初期性能を推定
・推進性能面における研究すべき技術課題(主に省エネ)の検討



# 4. 提案：次世代技術

## ★中小型クルーズ客船

・近年増加しているアジア諸国からのインバウンド需要に対応
・日本人のグルーズ需要をターゲットとして

ル・リリアル　(例：http://www.club-t.com/cruise/ship/premium/lyrial.htm)

2015年に就航したポナンクルーズの客船。極地でも耐えられる装備が備わっている上に、フランス客船のエレガントさを兼ね備えた船です。

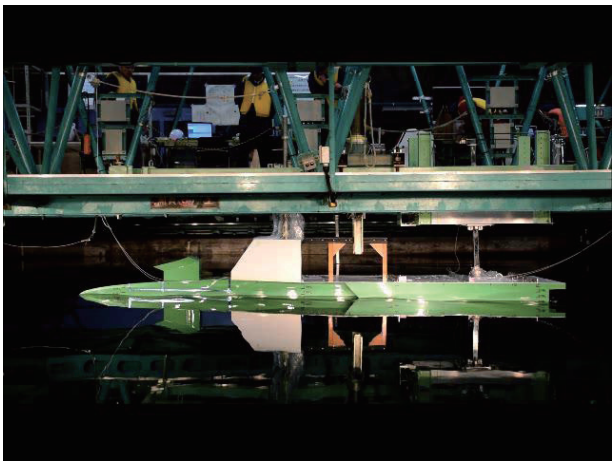
| | |
|---|---|
| 総トン数：10,700トン | 乗客定員：260人 |
| 全長：142m | 乗組員数：140人 |
| 就航：2015年 | 全幅：18m |
| 船籍：フランス | 船内通貨：ユーロ |

**必要な水槽試験技術**

・波浪中試験
・静粛型推進器(POD等)推進性能試験
・空気潤滑試験
・PMM試験
・船内・水中騒音試験

# 4. 提案:次世代海洋開発支援船

★トリマラン(J-DeEP、MHI受託研究)



必要な水槽試験技術

・波浪中性能試験

・凌波性能試験

・推進器 (POD、ウォータジェット、サーフェスプロペラ)試験



# 4. 提案:労働力の確保

★女性研究員やシニア層からの試験要員の確保、増大

造船業における女性の設計技術者は全体の5%、現場技能者では2%

★外国人材の雇用拡大

労働安全衛生対策の徹底、就労環境改善の取組（3Kの廃絶）

★工業高校3校の強化

下関工科高校、須崎工業高校(高知県)、長崎工業高校の専門教育課程の創設、強化(例えば、今治工業高校のｽｰﾊﾟｰ･ﾌﾟﾛﾌｪｯｼｮﾅﾙ･ﾊｲｽｸｰﾙ)

**ご清聴ありがとうございました。**

# 明石船型研究所(ASMB)の沿革と所在地

## 明石船型研究所の沿革

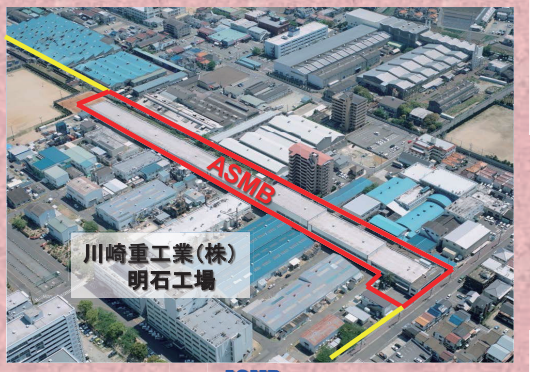
1971 川崎重工業(株)と日立造船(株)の折半出資により設立

1973 受託試験を開始する

1974 ITTCのメンバーとなる

2002 日立造船(株)が撤退
川崎重工(株) が100%出資

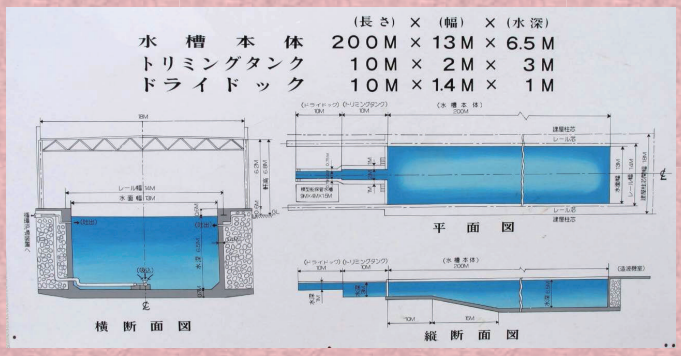
2011 関連会社統合により、
川重マリンエンジニアリングの一部門となる




ASMB Akashi Ship Model Basin

# 水槽の概要と試験内容

## 明石船型研究所(ASMB) 水槽要目




## ASMBの実施試験内容

- 抵抗試験
- 自航試験
- 推進器単独性能試験
- 伴流計測
- 波形計測
- 流線観測
- 操縦性試験（PMM試験）
- 波浪中試験
- 其の他

・標準模型船の長さ　：　約7m
（全試験を7mの大型模型を用いて実施可能です。）
・ストックプロペラの数　：　約250基

ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所のモットー

「より精度良く、
より早くタイムリーに」

試験水槽である明石船型研究所の使命は、模型船の工作精度や水槽試験時の計測精度の徹底とお客さまへのタイムリーな結果の提出であると考えております。

そのため、明石船型研究所では、ISO9001(2015)を取得し、「繰り返し試験や機器の較正・メンテナンスからWeightの管理まで」、ISO9001(2015)に則ったASMB品質マニュアルを忠実に実行することにより、徹底した「品質管理」を行っております。

Copy
DNV BUSINESS ASSURANCE
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE
Kawasaki Marine Engineering Co., Ltd.
Akashi Ship Model Basin
ISO 9001:2008 = JIS Q 9001:2008
Manufacture of Ship and Ocean Structure Models and Towing Tank Test Related to Hydrodynamic Performance of the Model

ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所の特徴　1

**7mの大型模型船を用いて全ての試験が実施可能です。**

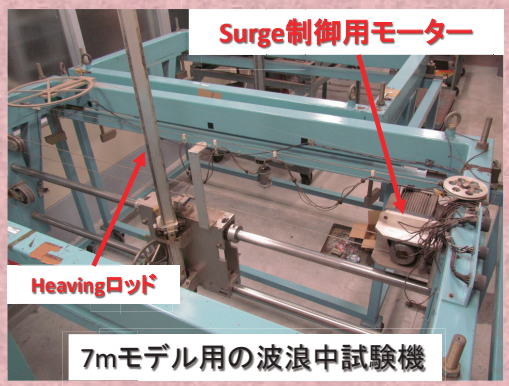
7mモデル用の大型PMM試験機

7mモデルを用いたPMM試験の様子

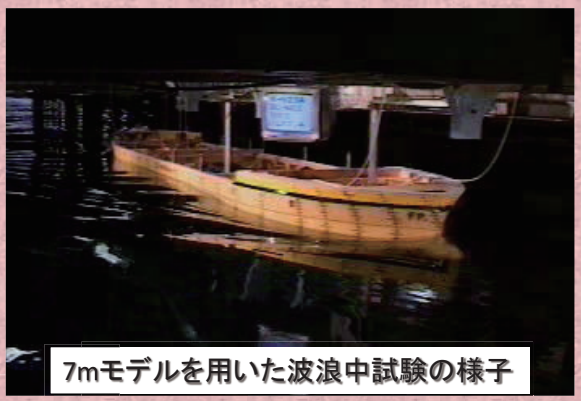
AMB Akashi Ship Model Basin


# 明石船型研究所の特徴　1

**7mの大型模型船を用いて全ての試験が実施可能です。**


7mモデル用の波浪中試験機



7mモデルを用いた波浪中試験の様子


AMB Akashi Ship Model Basin

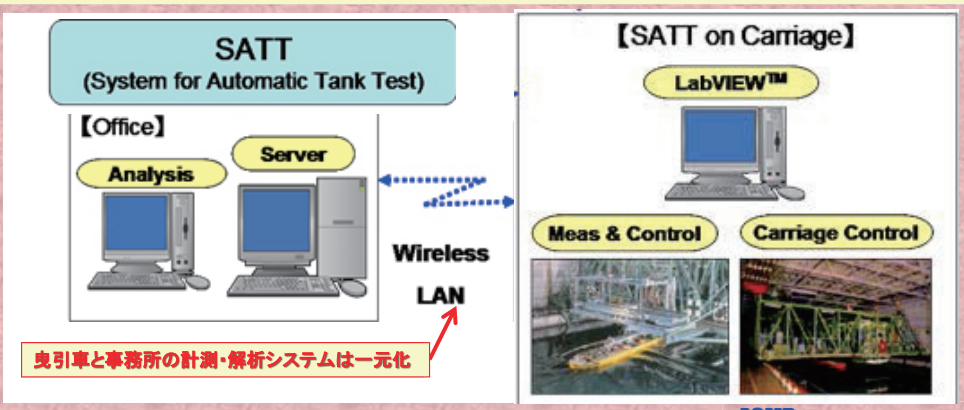
# 明石船型研究所の特徴　2

## 完全自動化システム

**曳引車の操作と計測システムの自動化・一元化(曳引車と事務所)により、安定した高い計測精度を保ったまま、迅速な試験解析を実施しております。**

ASMBのシステムは、曳引車の運転から計測・解析まで、完全自動化されたシステムとなっております。 但し、計測データのチェック及び安全性の観点より、通常試験では、運転手と試験担当者の2名体制で試験を実施しております。また、自動化システムの一部として、造波機の制御・運転も曳引車上から無線を使って遠隔操作出来るシステムとなっております。

**現在は、自動での運転・計測・解析は、昼休みの再現性確認試験などで使用しています。**




ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所の特徴　3

## 模型船用5軸同時制御三次元NC切削機

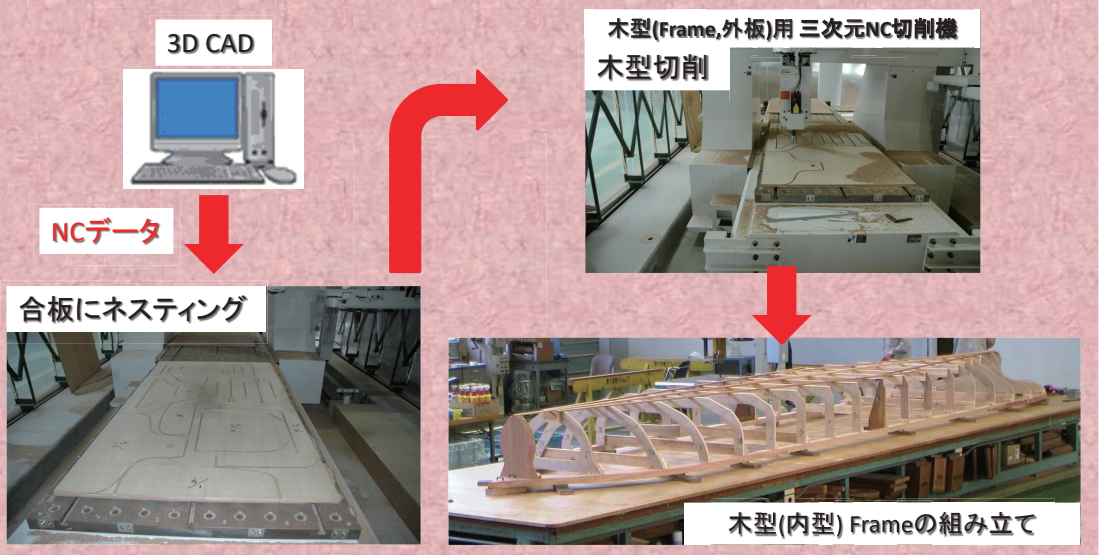
**3D CADにて作成したNCデータを用いて模型船の3次元切削及び精度検証が可能となっており、模型船の高精度化と省力化を両立しております。**

ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所の特徴　4

**木型のFrame 及び 外板用 5軸同時制御三次元NC切削機**

3D CADにて作成したNCデータを用いて、木型用のFrame及び外板の切削を行い、品質の向上と省力化を図っております。

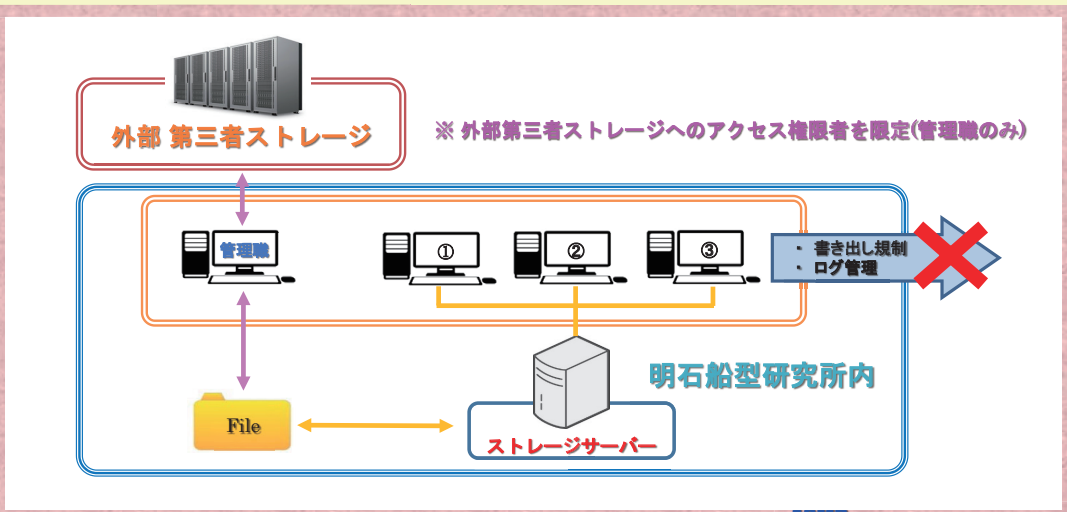



ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所の特徴　5

**セキュリティー管理（お客様入手情報・試験結果の管理）**

お客様情報保護の観点より、入手したデータや試験結果は、外部第三者機関のサーバーに保管し、そのサーバーへのアクセス権限者は管理職のみとなっております。またASMB内からのデータ流出防止策として、外部へのデータ書出し規制とログ管理を行っております。




ASMB Akashi Ship Model Basin

# 明石船型研究所の特徴　6

## バックアップ体制：

「より精度良く、より早くタイムリーに！」というお客様第一の観点より、

POTボード 2基

・計測機器 (POTボード2基保有など)
・試験用治具 (一部は部品のみ)
・制御装置 (PMM試験機の制御ボードなど)
・工作機械の主要部品 (切削機モーターなど)

など、全ての機器・部品を2セット以上保有しており、万が一不具合・故障が生じても日々の模型船製作、試験の実施に支障のないような体制を確立しております。

ASMB Akashi Ship Model Basin

# 将来の展望　1

## 3Dプリンターの導入

試験水槽の使命は、模型船製作の精度と水槽試験時の計測精度にあると考えております。

明石船型研究所においても3Dプリンターに関する調査を続けており、製作精度・時間・コストを勘案して、近い将来に導入することを考えております。

3Dプリンターにつきましては、既にご使用になられている水槽機関もございますので、可能な範囲でいろいろとご教示頂ければ幸いです。

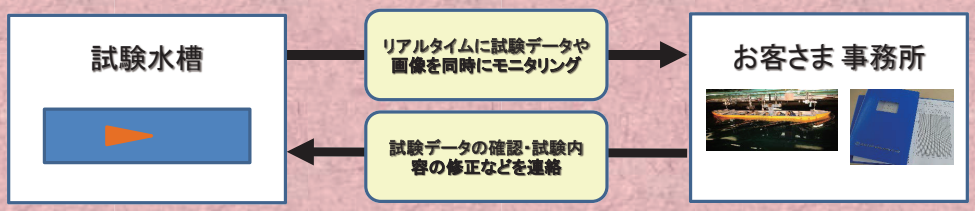
ASMB Akashi Ship Model Basin

# 将来の展望　2

## リモート水槽システムの構築想像

お客さまの負担軽減を考慮し、水槽に立会せずともリアルタイムにお客さまに試験データ及び画像（動画）を送信し、試験データの確認や試験内容の修正などを行えるリモート水槽化の検討が今後必要ではないかと考えております。

但し、セキュリティーの確保が課題となると考えられます。




ASMB Akashi Ship Model Basin

# ご清聴ありがとうございました

**より精度良く、より早くタイムリーに**

**明石船型研究所**

ASMB Akashi Ship Model Basin

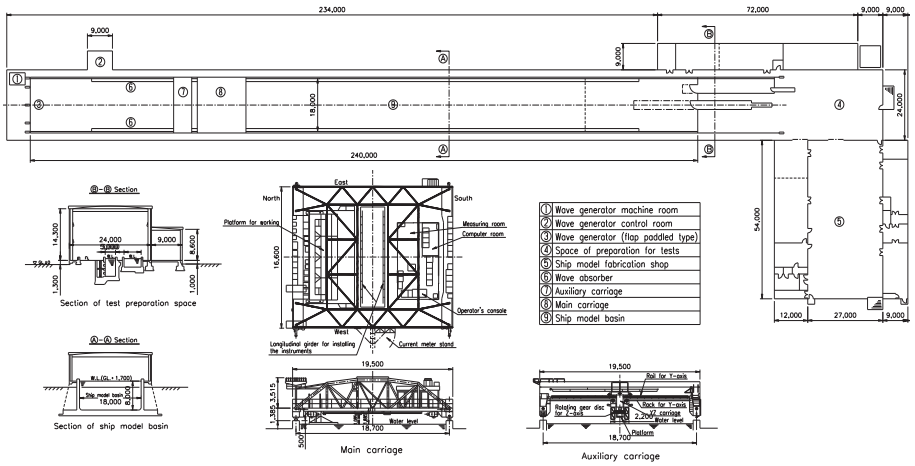
三鷹第二船舶試験水槽50周年記念講演会

# パネルディスカッション
# 「長水槽の展望」

JMU　技術研究所
大森拓也

## JMU 津船型試験水槽の紹介

- 建造年　1977
- 主寸法　240m×18m×8m



# 現代の長水槽のタスク

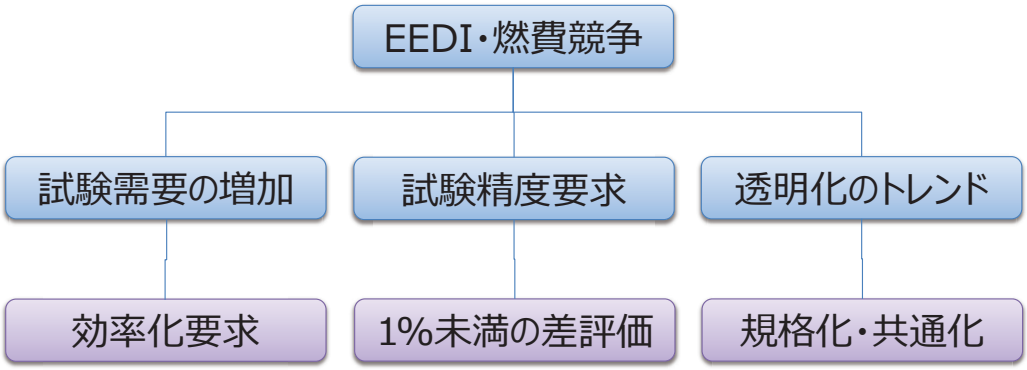
(1)推進性能試験（実船馬力推定・EEDI認証）
- 高精度化（1%未満の省エネ効果を評価）
- 効率化（試験量増大への対応）
- 標準化・規格化（公開手法の必要性）

主に商用水槽のタスク

(2) 詳細計測試験（推定計算法検証）
- 高度化（今まで測れないものを測れるように）
- 高精度化（CFD精度向上に伴い）

主に研究水槽のタスク

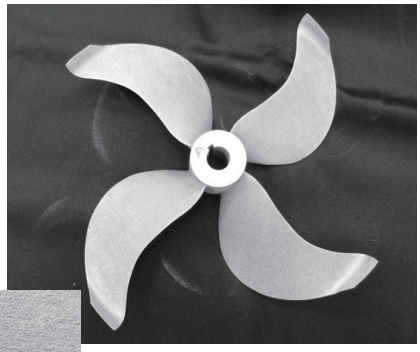
# 商用長水槽を取り巻く状況と方向性



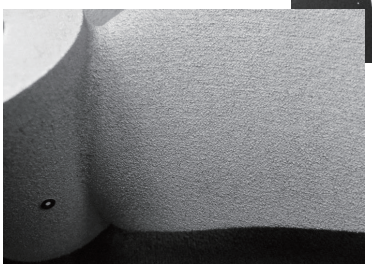
# 効率化の取り組み（模型）

技術伝承対策としても取り組みが必要（プロペラ手仕上げ等）

- 3Dプリンタ等のRP
  - 副部・付加物⇒プロペラ
  - 課題は精度と表面処理
- 模型船本体
  - パラフィンは自動化に不適
  - ⇒将来的には他の工法も



3Dプリンタによるアルミ造形

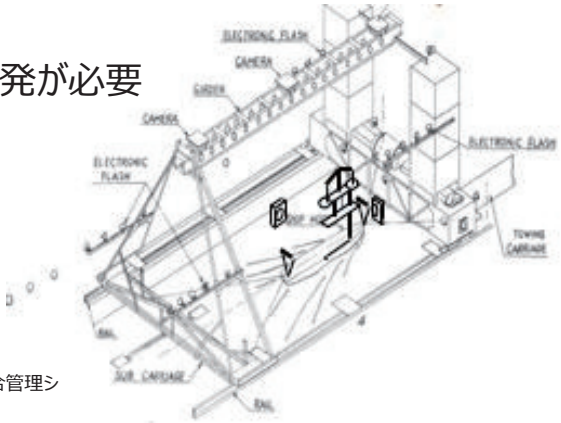


# 効率化の取り組み（水槽）

水槽試験自動化（いわゆるロボット水槽）

- 単純な繰り返し計測（抵抗試験）では既に実用化
- 抵抗・自航のセットで実現したいが、最大の難関はプロペラ交換
- POTにおいてもプロペラとアイドルボスの交換が問題

⇒ロボットアーム等、メカトロ的開発が必要
（将来課題）



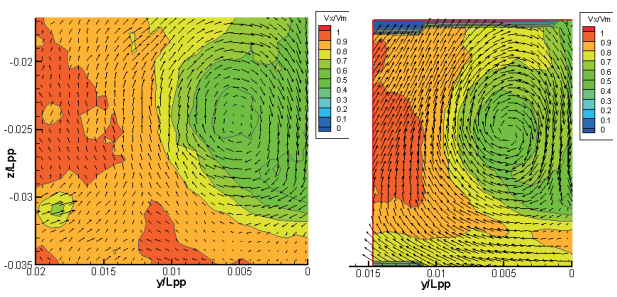

自動水槽のイメージ（東大）
大和他「ロボット水槽のための船体性能データ統合管理システムの開発」(2014)より

# 高精度化

- 昔なら捨てていた0.5%単位の省エネ効果を積み上げる時代
  ⇒試験精度をもっと上げる必要がある
- 検力部・流速計・遷移制御など一つ一つの要素に地道なブラッシュアップが必要
- 中長期課題としては抵抗分離法の見直しも考えられる
- 商用水槽では十分リソースを割けないのが現実
  ⇒研究水槽との協力に期待

# 高精度化の取り組み

- 舵を推進器の一部とみなす推進性能試験法（省エネ装置やポッド推進との整合性を考慮）
- POTにおける遷移影響の検討
- 相似模型による伴流尺度影響検討



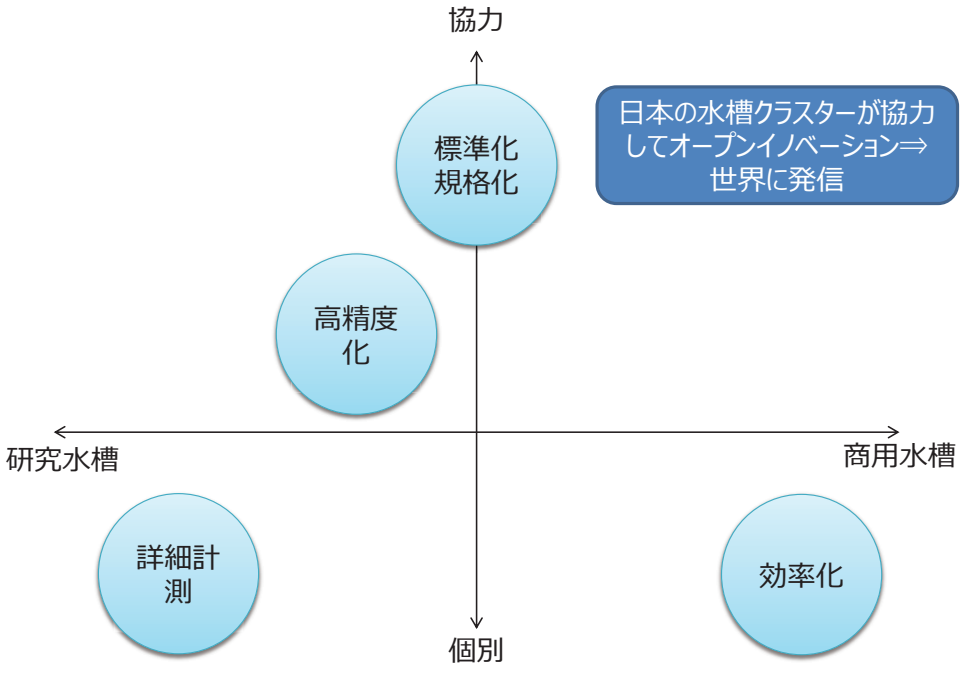

Re= 左$4.3\times10^6$ , 右$4.5\times10^7$

Re(K) = $1.1\times10^6$ , J=1.07

# 規格化・標準化

- 2014ITTC総会におけるMAERSKプレゼンのように、透明化・標準化の圧力は今後も強まると推察される（特に省エネ装置関連の試験法、外挿法）
- 手法を規格(ISO,ITTC)に反映させるにはオープンドキュメントが必要であるが、日本の水槽は発表に消極的であった。思考の転換が必要
- ITTC委員、JTTC、業界関連団体等の活動を通じてオールジャパンとして取り組むべき課題（世界に類のない日本の水槽集積を対外的に生かすべき）

# 今後への期待



AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

# 400m試験水槽50周年記念事業
# 水槽の現状や将来像

2016年10月19日

（株）三井造船昭島研究所

AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

## 1978年設立 ～ ここから始まった！

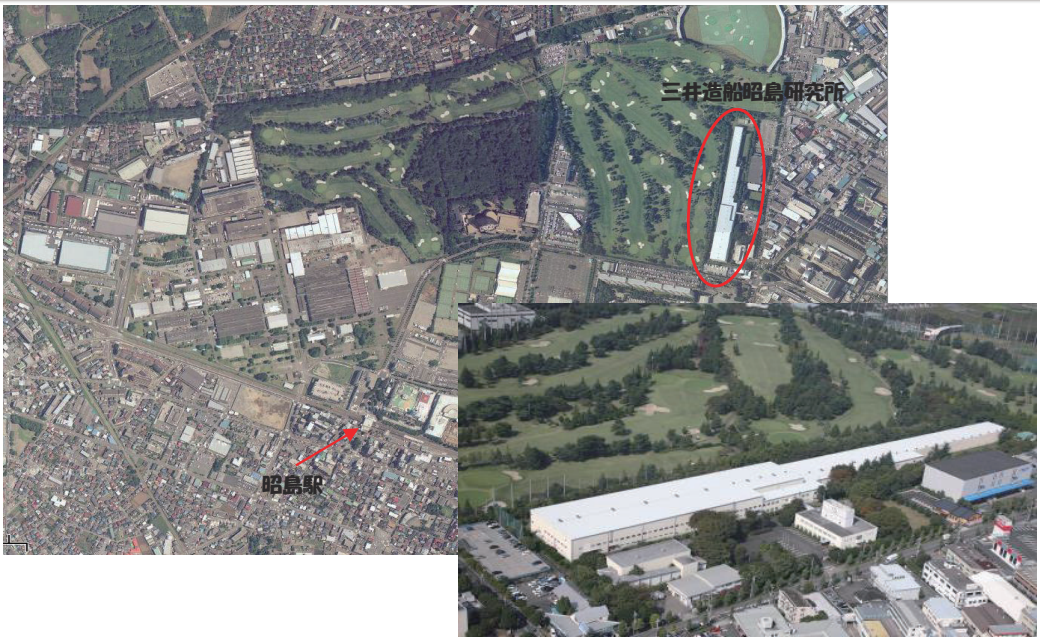
着工前（北東部より昭島駅方向を見る）

山下社長くわ入れ

大水槽

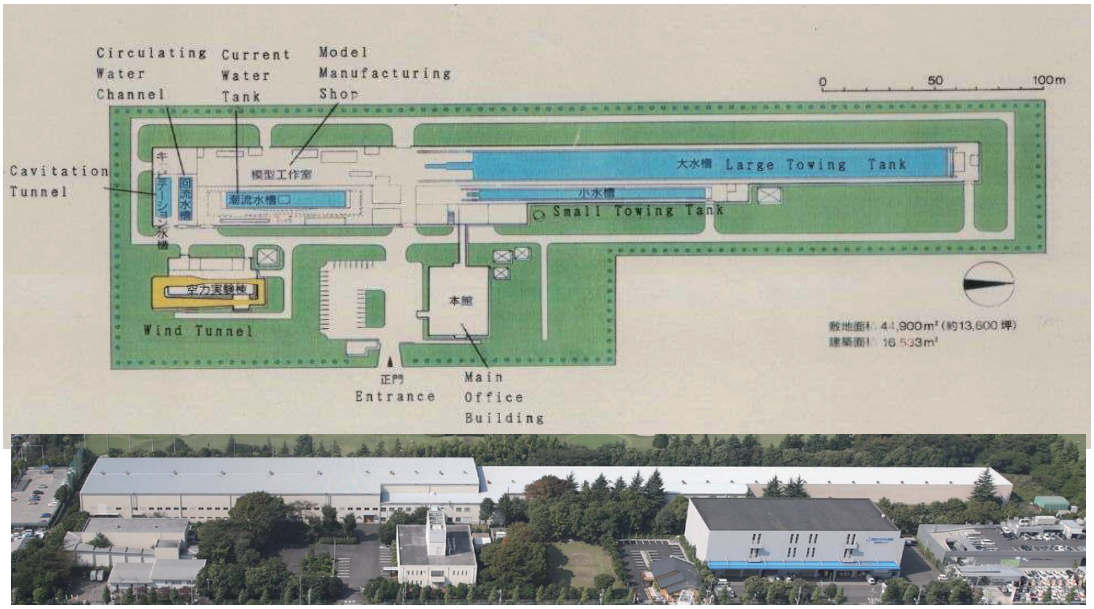
潮流水槽

# 1986年　三井造船の100%子会社として独立






# 三井造船昭島研究所の全体設備

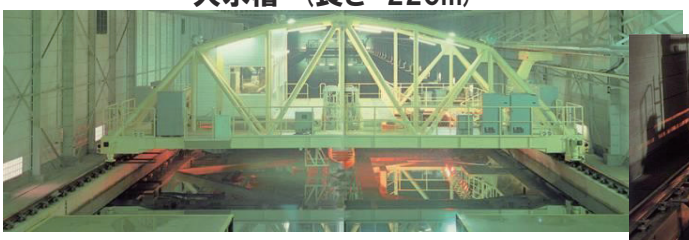


AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

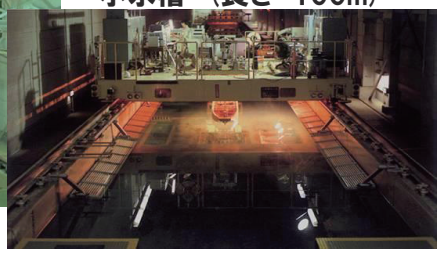
MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

# 三井造船昭島研究所の主要な水槽設備

大水槽 （長さ=220m）

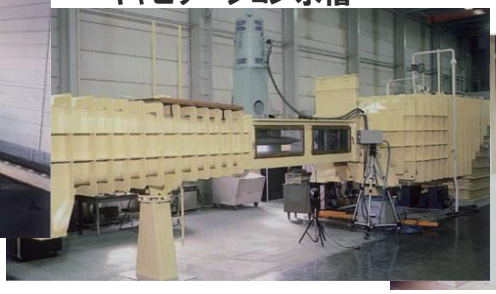


小水槽 （長さ=100m）



潮流水槽

キャビテーション水槽



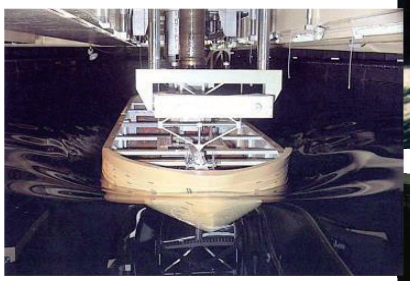
風洞

AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

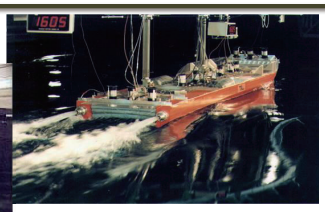
MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

# 水槽試験（船舶関連）

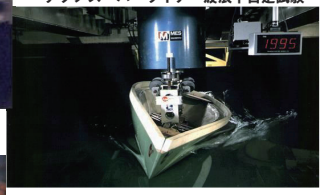
- 船型試験
- 抵抗・自航試験
- 流場計測
- 波浪中運動計測
- 波・潮流力計測
- 操縦性試験
- 運動制御試験
- ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ特性試験
- ｷｬﾋﾞﾃｰｼｮﾝ試験
- 流れの可視化
- 水中ノイズ計測



大型模型による船型試験

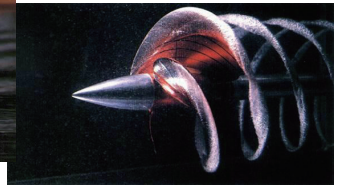


テクノスーパーライナー波浪中自走試験



アメリカズカップ・ヨット船型開発試験

高速船波浪中ラジコン制御試験



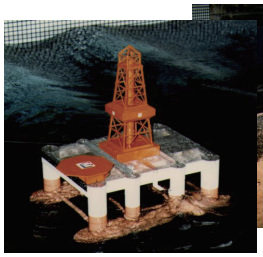
プロペラキャビテーション試験

AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

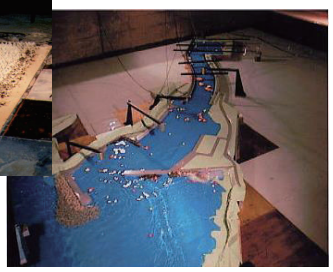
# 水槽試験(海洋・沿岸関連)

- 流体力試験
  - ・波力・圧・漂流力
  - ・衝撃力
  - ・質量力・抗力・潮流力
- 挙動試験
  - ・動揺
  - ・水中ケーブルの挙動
  - ・滑動
- 水理試験
  - ・港内静穏度実験
  - ・消波・砕波
  - ・洗掘
  - ・流況
- 施工シミュレーション試験
  - ・水中トンネル施工
  - ・橋脚施工
- 総合試験
  - ・係留浮体の総合試験
  - ・DPS総合実験
  - ・海洋工事のシミュレーション試験



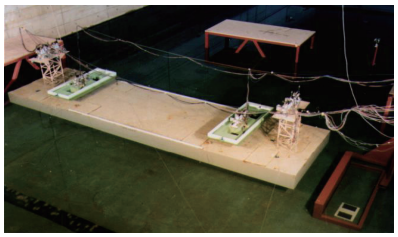
セミサブ波浪中試験

橋脚用ケーソン洗掘試験



港内静穏度に関する水理実験

DPS総合実験



水中トンネル設置シミュレーション実験

AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.

MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

# EFD / CFD統合水槽

**実験流体力学**

EFD(Experimental Fluid Dynamics)

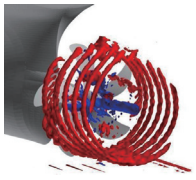
**実際の流れ⇒信頼度高**
**高コスト(準備時間長)**
**情報が限定的(全体の力等)**

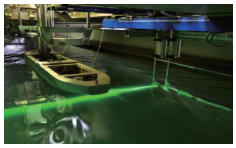
PIV

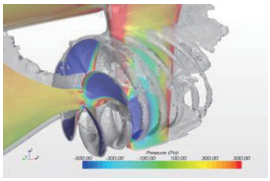
**数値流体力学**

CFD(Computational Fluid Dynamics)

**バーチャルの流れ⇒信頼度低**
**低コスト(準備時間短)**
**膨大なデータ(各部位の圧力等)**







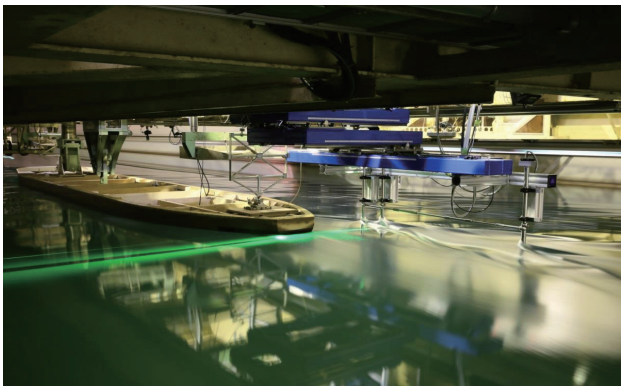
**理論・経験**

Know-how and Database

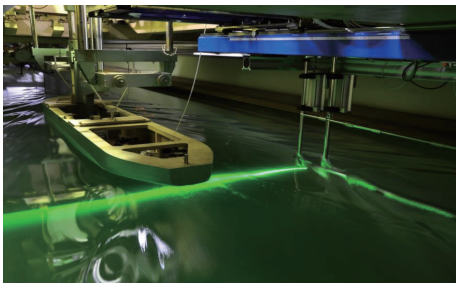
**両者の課題を相互補完⇒現象の理解**
**形状最適化**
**製品開発への適用**

## EFD技術開発

# UWPIV計測技術の標準化と有効活用



昭研大水槽UWPIV試験状況



昭研小水槽UWPIV試験状況

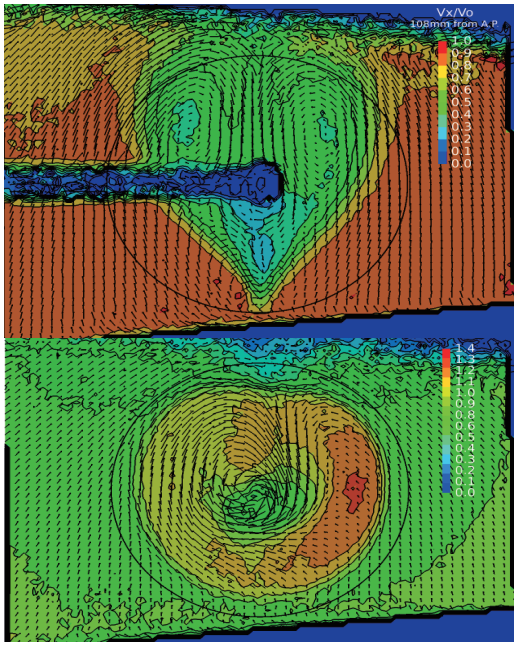
AKISHIMA Laboratory (Mitsui Zosen) Inc.
MES MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO.,LTD.

## UWPIV計測例（JBC大型模型船）

- 短時間で高密度なデータを取得
- 非接触で流場を乱さない
- CFD結果と直接的に比較・補完が可能

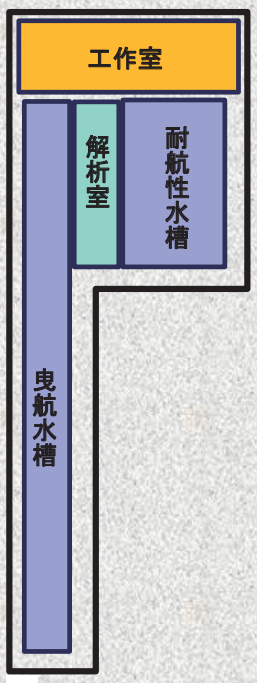
↓

- 今後の水槽EFD技術の高度化が重要

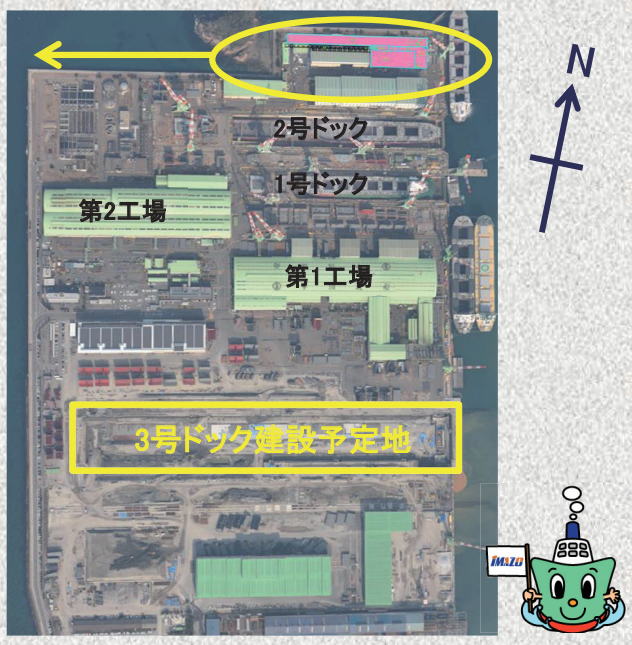


IMAZO

## 建設予定地




（丸亀事業本部）



## 曳航水槽

| | |
|---|---|
| サイズ: | 212.00m x 13.00m x 6.50m |
| トリミングタンク: | 10.00m x 1.80m x 1.50m |
| 標準模型サイズ: | 7.5m前後 |
| 想定試験項目: | 抵抗・自航試験 |
| | POT |
| | 伴流計測 |
| | 流線観察 |
| | 耐航性能試験 |
| | 斜航試験 |
| 曳引車: | 最大速度　約6m/s （詳細調整中） |
| 造波装置: | 4分割フラップ式（西側一辺） |
| その他: | PIV装置 |
| | 消波装置（東側:ビーチ、側面:昇降台） |

## 耐航性水槽

| | |
|---|---|
| サイズ: | 65.00m x 27.50m x 3.00m |
| トリミングタンク: | 4.00m x 1.20m x 1.20m |
| 標準模型サイズ: | 3m前後 |
| 想定試験項目: | 抵抗・自航試験 |
| | POT |
| | 操縦性能試験 |
| | （自由航走、CMT　詳細調整中） |
| | 耐航性能試験 |
| 曳引車: | X、Y、θ方式（詳細調整中） |
| 造波装置: | プランジャー式（北西南三辺） |
| その他: | PIV |
| | 消波装置（東側:ビーチ） |

# その他設備

## 水質・水温管理

- 水位調整装置
- 循環装置
- 濾過装置 （耐航性水槽は循環装置と兼用）
- 脱気装置 （曳航水槽のみ）

## 模型製作用施設

- 模型船NC切削機
- パラフィン溶解槽
- 木工用NC装置
- 模型精度確認用　3Dスキャナー
- 舵・省エネ附加物製作用　3Dプリンター

# 先ずは

建設中の水槽を、
一般商船向けの標準試験を精度良く行えるレベルに
達することが先決。

ハードの完成を2018年中頃と想定した計画を進めているが、
　試験方法の習得／模型製作の熟練
　→　試験手法の確立（マニュアル化）
　→　計測精度確認／ISO認定取得（EEDI）　など
人材育成含めて、2020年の実用化が目標　！！！

## 水槽完成後（1／2）

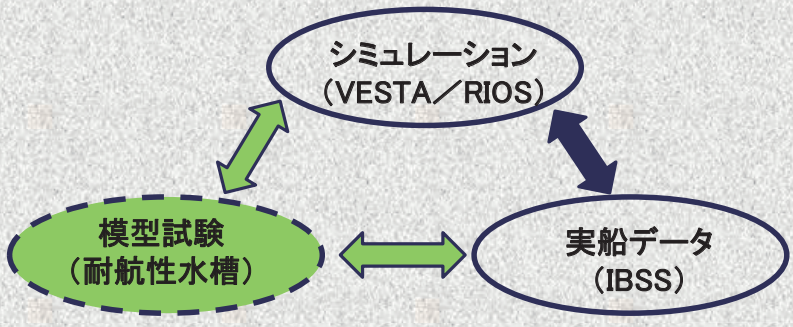
当社はこれまで愚直に一般商船の建造を行ってきた。

今後、造船業を継続するには数多くの船種について
引合い時に、短時間で精度高い性能推定が必要。
→ 船型性能チャート作成と更新

少し先の課題への対応
・10年後、20年後、30年後、船型はどうなる “？”
船種はどうなる “？”
・CFD計算で性能保証ができる日は何時 “？”
→ 水槽の有効活用 【ハードも必要だがーーー。】

## 水槽完成後（2／2）

お客様から信用を得られる船型開発／情報提供とは ？
ビッグデータが入手可能になった今、実海域性能重視！？
当社建造船、70隻以上の実航海データをIBSSで収集済。
2船種について、3世代に渡る船型変更効果を解析中。
→ 今後、模型試験と併用して船型開発に反映。



# 三菱長崎水槽の現状と将来の展望

2016/10/19

三菱重工業株式会社
総合研究所

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

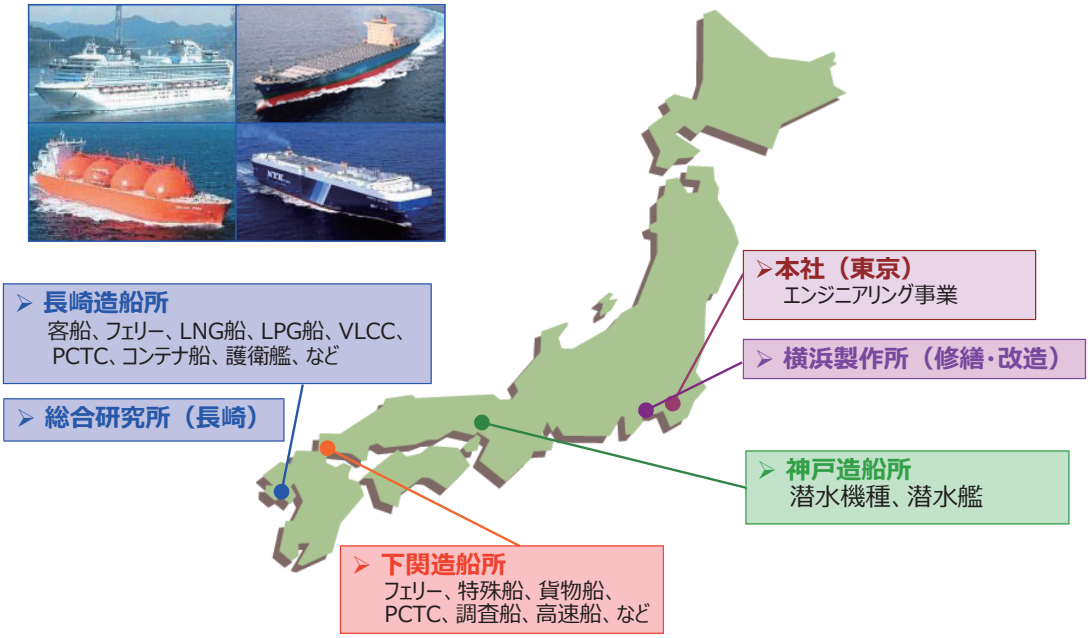
三菱重工
この星に、たしかな未来を

## 船舶・海洋事業の国内主要拠点

三菱重工

総合研究所






© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

## 試験設備

三菱重工

総合研究所

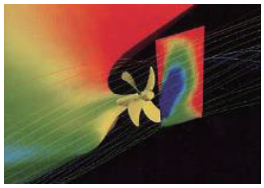
### 総合研究所（長崎）

世界最大級の民間試験水槽を保有し、船舶や海洋構造物の性能、経済性、安全性の研究開発に取り組んでいます

関連主要設備

- 曳航水槽（抵抗試験／自航試験／ プロペラ単独試験）
- 耐航性能水槽（耐航性能試験／操縦性能試験）
- キャビテーション水槽（キャビテーション試験）
- 風洞（風洞試験）

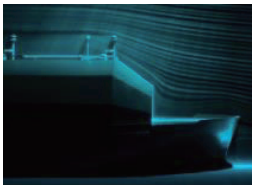
数値制御(NC)による模型船切削機



CFDを用いた流場シミュレーション

曳航水槽

耐航性能水槽



風洞

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.



## 建造実績

三菱重工

総合研究所

100年を超える伝統と長年培ってきた技術力を活かし、多様なニーズに応える商船や特殊船、海洋構造物などを開発・建造しています

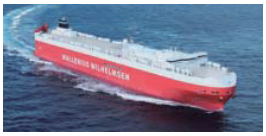
客船

フェリー／貨客船

LNG船

LPG船

自動車運搬船



RORO船

コンテナ船

資源調査船

資源探査船

巡視船

漁業取締船

海洋構造物

潜水機種

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

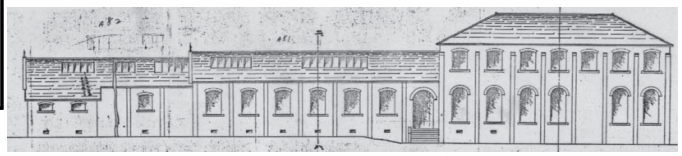
## 三菱長崎水槽の歩み

三菱重工
総合研究所

世界最初の水槽
1872年にウィリアム・フルードによってイギリスに建設

35年後

世界で15番目の水槽



１９０７年の建設当時（長崎造船所内）

1907　長崎造船所内に曳航水槽設立
1942　浦上地区に曳航水槽移設
1972　深堀地区に耐航性能水槽建設

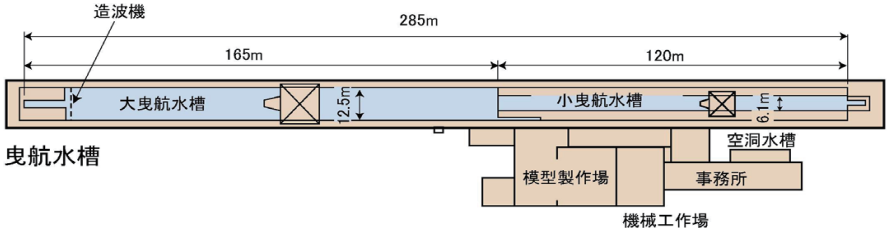
１９４２年の水槽建家（浦上地区）

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.


## 曳航水槽

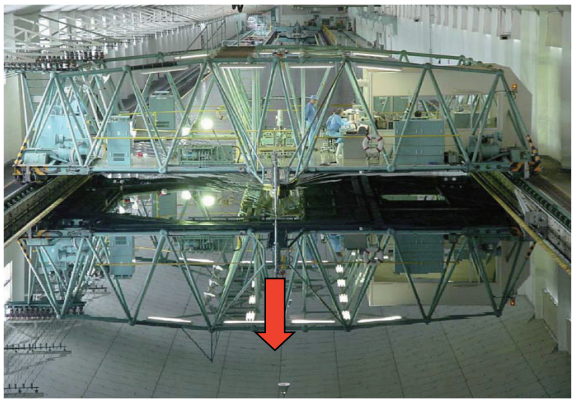
三菱重工
総合研究所

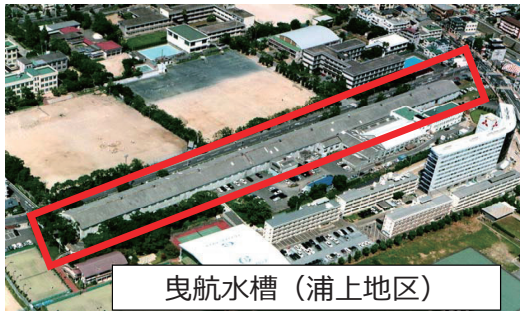
燃費性能の良い=$CO_2$排出量の少ない船舶を開発・設計




曳航水槽

長さ ： 285m
幅 ： 12.5m
深さ ： 6.5m





曳航水槽（浦上地区）

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

## 水槽競争力強化Project

三菱重工

総合研究所

新船型の開発隻数増、開発期間短縮のニーズの高まりを受け、2013年から船型開発業務フロー全ステージの機能強化・効率向上に継続的に取り組んでいます

### 船型計画・CFD

- ✓ 汎用3D CADをベースとした次期船型計画ソフトの開発
- ✓ 計画Linesのフェアネス向上によるリードタイム短縮
- ✓ 大規模並列計算機を駆使した高解像度計算格子適用によるCFD計算精度向上

### 模型船製作

- ✓ 3Dプリンター活用による副部模型製作の効率化
- ✓ パラフィン模型船の内外型製作法カイゼンによるリードタイム短縮

### 水槽試験

- ✓ 水槽試験計測・解析業務の効率化

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.


## 模型船製作技術の高度化

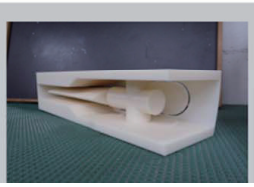
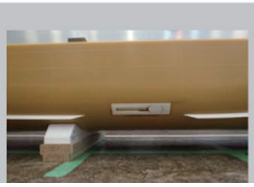
三菱重工

総合研究所

3Dプリンターの導入により、複雑形状の副部模型製作の省力化、リードタイム短縮、コストダウンが可能となりました

【3Dプリンター仕様】

| | |
|---|---|
| ワークサイズ（mm） | 254（W）×254（D）×305（H） |
| モデル材料 | ABS樹脂 |
| サポート材料 | アクリル樹脂 |
| 積層ピッチ（mm） | 0.254／0.33 |
| サポート材料除去方法 | アルカリ水溶液+超音波洗浄機（サポート材を溶かし除去）<br>手作業による除去 |

| 従来の製作 | 3Dプリンターによる製作 | 実施状況 |
|---|---|---|
| |  |  |

フィンスタビライザー模型 2基の製作工数： 64H → 8H（8日 → 1日）

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

## 三菱長崎水槽の役割拡大　エンジニアリング事業への取り組み

三菱重工
総合研究所

長年、「自社設計／自社建造」の方針で培ってきた技術力を活かし、2012年以降、エンジニアリング事業に取り組み、パートナー造船所の皆様と共有しています

**自社設計／自社建造** → 2012年 → **共同開発デザイン／パートナー造船所による建造**

長年培った技術力
- ✓ 設計
- ✓ 先進技術
- ✓ 建造ノウハウ
- ✓ 研究開発
- ✓ 品質保証

パートナー造船所の皆様へ以下を提供
- ✓ カスタマイズ設計
- ✓ 柔軟性のある技術サポート
- ✓ より良い品質と競争力ある価格
- ✓ 幅広いビジネス機会

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.  All Rights Reserved.


## 船型開発サービス及び取引事例紹介

三菱重工
総合研究所

### 船型開発サービス事例

パートナー造船所の皆様に以下の様なスキームで船型、プロペラ、設計図面等を提供しています

**スキーム1**

**三菱重工業**（**・概念設計** **・船型開発**）
→ 以下を提供 ・船型、プロペラ ・概念設計図書 ・省エネデバイス
→ **パートナー造船所**（**・その他の設計** **・建造/引渡**）
↔ 造船契約
↔ **船主**

**スキーム2**

**パートナー造船所**（**・その他の設計** **・建造/引渡**）
← 以下を提供 ・契約仕様書 ・概念設計図書 ・船型、プロペラ ・省エネデバイス
← **三菱重工業**（**・概念設計** **・船型開発**）
↔ 造船契約
↔ **船主**

### 取引事例

| 〔船種/サイズ〕 | 〔サービス実績〕 |
|---|---|
| 小型/中型コンテナ船 | 船型・プロペラ開発 |
| 内航RORO船 | 船型・プロペラ開発 |
| 大型自動車運搬船 | 船型・プロペラ開発、操縦性能/耐航性能試験 |
| 中型バルクキャリア | 船型・プロペラ開発 |

など

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.  All Rights Reserved.

## 三菱長崎水槽の将来の展望

三菱重工
総合研究所

エンジニアリング事業を拡大し、長年培ってきた船型・プロペラ・省エネデバイス開発技術、高度な数値解析技術、各種試験設備を最大限活用して、パートナー造船所の皆様に燃費性能に優れた船型を提供し、受注競争力強化に貢献します

パートナー造船所の皆様が独自に開発した船型のEEDI予備認証試験等の委託試験を請け負い、タイムリーな船型開発を支援します

曳航水槽に加え、キャビテーション水槽、耐航性能水槽、風洞に於ける各種試験による広範囲の技術支援を実施します

当社の船型開発能力、試験設備を活用して頂き、パートナー造船所の皆様への技術支援を通じて日本造船業の底上げに貢献したいと考えています

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.


三菱重工

この星に、たしかな未来を

© 2016 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

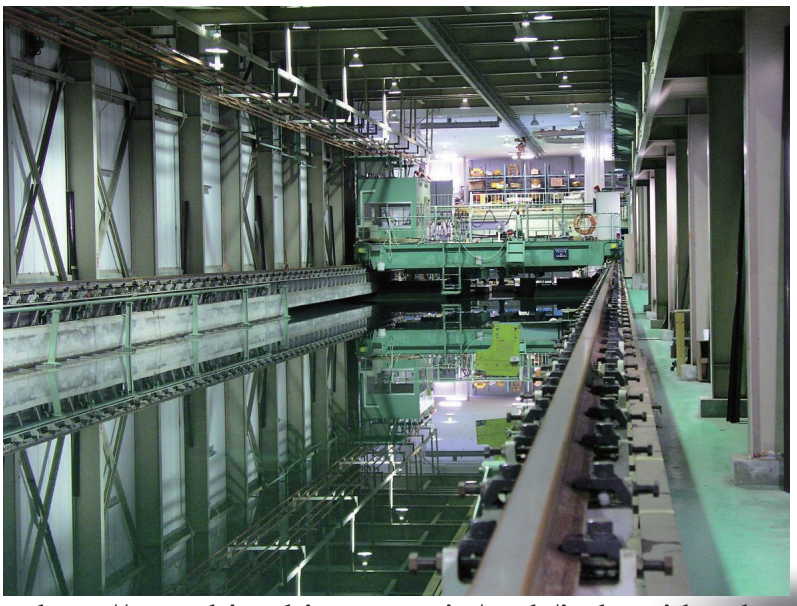
# 広大水槽の現状と将来像

広島大学大学院工学研究院
安川 宏紀

1

## 1. 広島大学船型試験水槽

水槽：長さ×幅×水深=100m × 8m × 3.5m



http://naoe.hiroshima-u.ac.jp/tank/index_j.html

2

1. 広島大学船型試験水槽

# 広大水槽の特徴（1）

## いろいろな試験ができます！

- 抵抗・推進性能関連
- プロペラ性能関連（オープン特性）
- 伴流計測
- 耐航性能関連（向波のみ）
- 操縦性能関連（主に，拘束試験を実施）
- 浅水域・制限水域での試験（波との併用はダメ）
- 海洋構造物関連
- 車関連

3

1. 広島大学船型試験水槽

# 水槽に設置された昇降式可動床

- 浅水域や水路での実験が可能
- 河川を航行する船の性能把握
- 船の安全航行に関わる港湾・水路での水槽試験

4

# 広大水槽の特徴（2）

## 企業の船型開発にも使用されています

- 一応，**ISO9001**を持っています。
- 推進性能，正面向波中での波浪中性能，針路安定性の試験が，同一模型船で，同時期にできます。
- 電気推進船「みやじま丸」「桜島丸」は，広大水槽で生まれました。
- 平日の稼働率は約**95%**です。

# 広大曳航水槽 ISO9001取得

- 日本海事協会の冨士原副会長（左）より，**ISO**の認定書が手渡されました。
- これにより，広大水槽で水槽試験を行えば，**EEDI**の認証が受けられます。

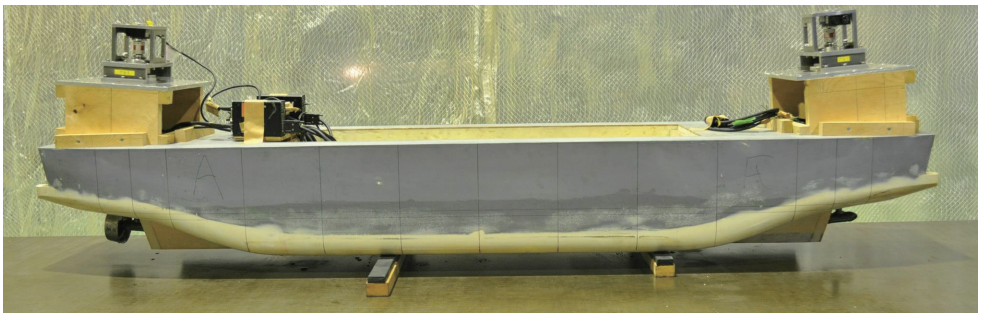
1. 広島大学船型試験水槽

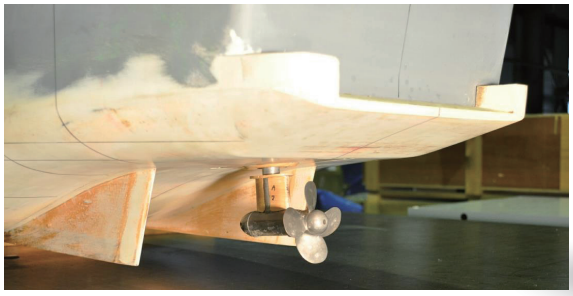
# 電気推進フェリー「桜島丸」の開発

7

1. 広島大学船型試験水槽

# 「桜島丸」の模型船





8

## 2. 広大水槽の将来展望（1）

- 計測精度向上：模型船が小さいため，低レイノルズ数から来る問題については，解決が難しい。なお，推進性能に関する基礎水槽技術は本質的に変わっていない。
- 効率化：省人化やデータ均一化のための自動化は積極的に採り入れている。ただし，抵抗推進関連の試験での無人化は難しい。（状態替え，ペラ替えには人手が必要。）

9

## 2. 広大水槽の将来展望（2）

- 水槽の役割：近年は，**EEDI**神風により，水槽が多忙となっているが，**CFD**技術の進展は，水槽の役割を減じる可能性が高い。今までに無い，水槽の役割の創出が必要か。
- 大学の現状：人や予算がカットされている現状は，大学の水槽の維持・管理を困難なものとしている。関連業界からの支援が必要となりつつある。

10

# 3. まとめ

- 広島大学船型試験水槽の紹介を行いました。
- 広大水槽の将来展望として，計測精度向上，効率化，水槽の役割，大学の現状について述べました。
- 船型開発，船に関わる基礎研究，学生への教育における大学水槽のあり方を見直し，一層充実させる必要があると考えます。

11

三鷹第二船舶試験水槽 50 周年記念講演集
平成 28 年 10 月 19 日発行
編集発行人　国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
〒181-0004
東京都三鷹市新川 6 丁目 38 番 1 号
電話（0422）41-3005（企画部）