

海上技術安全研究所

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 主任研究員

木村 新太 Arata Kimura

1. はじめに

海上技術安全研究所（以下、海技研と略す）は、国土交通省所管の国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所を構成する3研究所の1つであり、船舶に係る技術並びに当該技術を活用した海洋の利用及び海難事故並びに海洋汚染の防止に関する調査、研究及び開発等を行っている。その起源となる通信省管船局船用品検査所の設置まで遡ると、1916年の発足より100年を超える歴史を有する国立研究機関の1つである。図1に示すように、海技研の南側（写真上側）には、消防大学校内に消防研究センター、西側（写真右側）には宇宙航空研究開発機構（JAXA）本社・調布航空宇宙センター、電子航法研究所、交通安全環境研究所、東側には杏林大学が隣接しており、調布市と三鷹市をまたいで大学・研究機関の一角を成している。

2. 海技研の歴史

海技研は、1916（大正5）年に設立された通信省管船局船用品検査所に端を発する。船用品検査所は、当時、第一次世界大戦による欧州との貿易停止によって機械工業等の国産化が進展し、国産の船用品の急増した結果、船用品の検査試験を実施する機関として発足したものである。1950年4月からは、第二次世界大戦後運輸省が総理府から引き継いだ旧中央航空研究所の施設（三鷹）を基盤とし、船舶試験所（目白、月島）及び港湾局技術研究課（久里浜）の施設を併せ持つ、15部、2支所からなる大規模な総合試験研究機関として運輸省運輸技術研究所へと引き継がれる。その後、組織改編に伴い1962年に港湾技術研究所が分離発足し、1963年には船舶技術研究所と名称を変更した。次いで、1967年に電子航法研究所が、1970年には交通安全公害研究所が分離発足した。そして、バブル崩壊の後、行政改革の一環として国立試験研究機関を省庁から切り離すことが決定し、2001年4月、船舶技術研究所は他の多くの国立試験研究機関とともに独立行政法人となった。これに伴い、名称も「独立行政法人海上技術安全研究所」に改め、初代理事長となった中西堯二氏は産業界からの採用であったこともあり、従来からの海事産業に係わる幅広い研究開発を行うことを目的としながらも、成果の社会への還元をより重視する方針

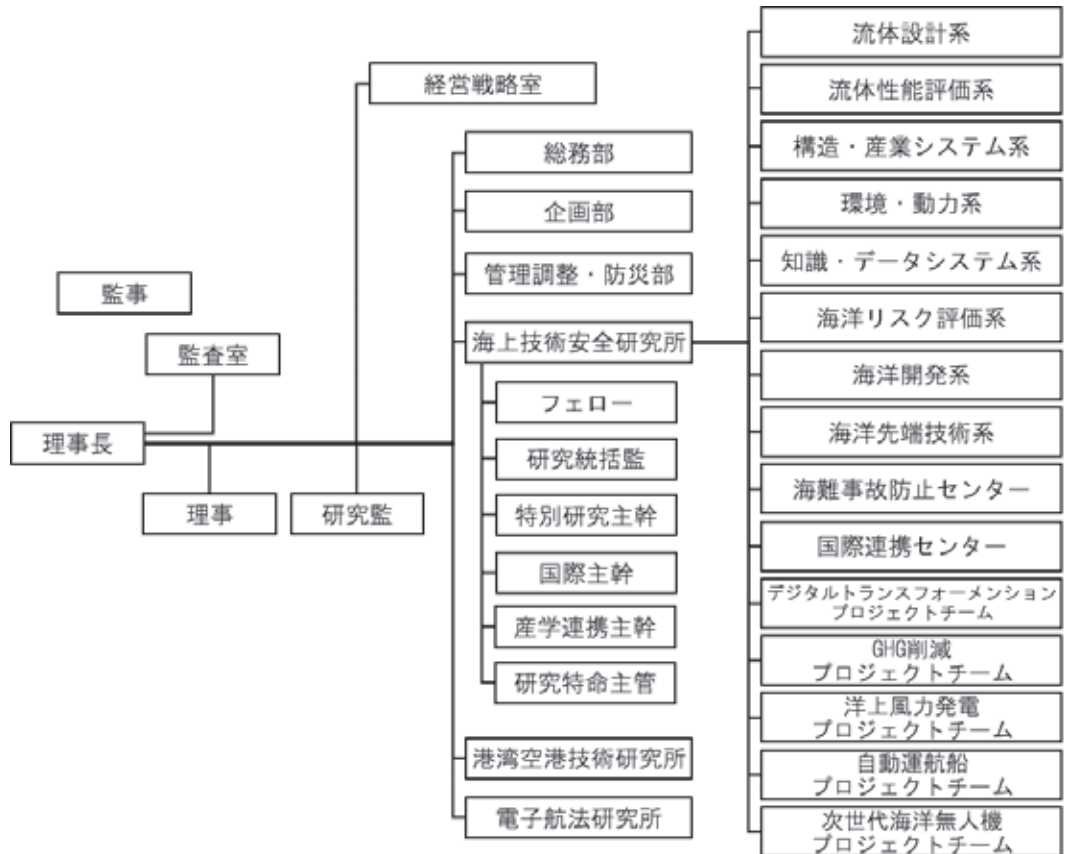
図1 海技研と近隣の研究機関・大学



写真上部が南、下部が北の方角

を掲げて新たなスタートを切ることとなった。そして、運輸産業の国際競争力の強化や海洋の利用推進等を技術面から支えるため、独立行政法人制度の改革の一環として、2016年4月1日、一度は分離した2研究所とともに海上技術安全研究所、港湾空港技術研究所及び電子航法研究所の3つの国立研究開発法人を統合して「国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所」が設立され、今日に至っている。

図2 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所の組織図



2023年4月より第2

期中長期目標の実施期間を迎え、3研究所の連携の深化を図るとともに、公共交通における安全・安心の確保、激甚化・頻発化する自然災害やインフラ老朽化の進行への対応、海洋の産業利用、航空需要拡大への対応、我が国産業の国際競争力の強化や、パリ協定を背景とする国際海事機関（IMO）によって打ち出された2050年までに国際海運からの温室効果ガス（GHG：Greenhouse Gas）排出ゼロ目標¹⁾の実現に向けた取り組み、デジタルトランスフォーメーション（DX）の進展、人工知能（AI）技術を用いた技術革新の促進など、運輸産業が抱える多様かつ重大な技術的課題を解決するべく研究開発を進めているところである。

3. 海技研の現況とミッション

図2に国立研究開発法人海上・港湾・航空

技術研究所の組織図を示す。海技研は、研究部として8つの系、152名（2023年7月現在）の研究職員から構成される。海技研がミッションとして掲げる、海上輸送の安全確保、海洋の開発、海洋環境の保全、海上輸送を支える基盤的技術開発の4つの重点研究分野に加えて、喫緊の研究課題に対して分野横断的に対応する5つのプロジェクトチームを組織して対応している。表1に各系の概要を記す。

この他、海難事故の原因究明及び再発防止策の立案等を行う海難事故解析センターと、国際海事機関（IMO）、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）及び国際原子力機関（IAEA）等の国際機関において、海上における安全確保及び環境保護のための規則・基準策定の支援や会議への参画等の対応を担当する国際連携センターの2つの専門部署が設けられている。

これらの研究開発を駆動するための試験研

表1 各組織の概要

組織	概要
流体設計系	船舶が実際に航行する実海域の推進性能を高精度で推定する技術、環境負荷を低減した船舶の設計・建造のための革新的な技術、実船モニタリングデータの活用による実運航での効率運航方法、先進的な水槽試験技術の研究開発に取り組んでいる。
流体性能評価系	実海域における船舶の性能（推進、操縦、耐航 [*] 、復原性）の評価、向上を目指した研究を行い、海難事故の原因究明や船舶の国際的なルール作りの技術的バックアップを通じて、安全な船舶を造るために貢献する。
構造・産業システム系	船体構造の安全性評価手法の高度化を目指し、船体に作用する波浪荷重推定と構造応答・崩壊シミュレーションに関する研究、材料の腐食特性、疲労強度に関する研究を行っている。また、工数の大幅な削減を目的とした新しい生産システム、生産工程の合理化技術など、生産技術に関する研究に取り組んでいる。
環境・動力系	船舶や海洋構造物に関する環境保全を目的として、海洋・大気等に係る合理的な環境規制体系の実現の基礎となるシミュレーション技術の高度化や船舶からのCO ₂ をはじめ、NO _x 、SO _x 、PM等の削減に資する各種技術の開発及び性能評価等に取り組んでいる。
知識・データシステム系	操船リスクシミュレータやコンピューターシミュレーションを用いて、航海システムの安全性を高める研究や物流の高度化などに取り組んでいる。また、研究に必要な計測技術、様々なセンサー技術等の基盤技術の研究を行っている。
海洋リスク評価系	船舶分野で実施される費用対効果を考慮した国際基準の策定のための安全性評価に関する研究、放射性物質等の危険物輸送の安全確保の研究等を行っている。
海洋開発系	フロンティア海域（大水深・氷海域）での海洋開発の実現を目的として、洋上天然ガス生産や海底鉱物資源開発などを対象としたシステムや運用に対する安全性評価技術の開発などを実施している。
海洋先端技術系	海洋先端技術系は、浮体式洋上風力発電、波力発電、海流発電等の海洋再生可能エネルギー利用に係る基盤技術の開発や施設・装置に関連した安全性評価手法の開発、さらに海中ロボットの研究・技術開発、海中ロボットを利用した観測・計測手法の開発等、海中作業の発展を促進させるための技術開発を進めている。

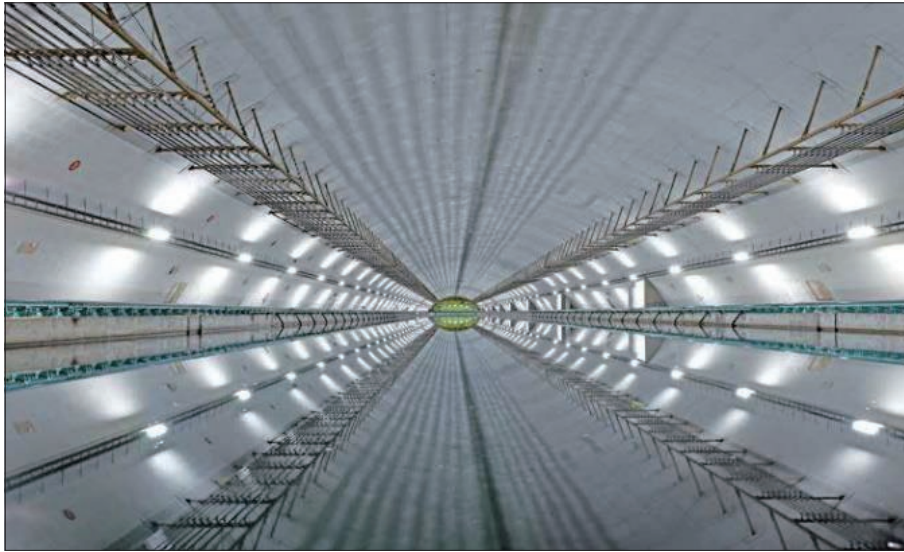
※波浪中での船の運動性能

究施設として世界最大級の400 m 試験水槽（**図3**）、深海を想定した模型試験が実施可能な深海水槽（**図4**）、水槽の全周からの造波装置による実際の海を再現する実海域再現水槽（**図5**）、天然ガス等の船用燃料に水素を混ぜた水素混焼による温室効果ガス（GHG）削減効果等を調査するためのガスエンジン試験設備（**図6**）等の各種大型実験設備を有しており、海事産業のイノベーションの起点となるべく全所一丸となって取り組んでいるところである。

4. 海上技術安全研究所における安全研究

著者が所属する海洋リスク評価系では、船舶のリスク解析技術の高度化を通じて、海事分野において実施される費用対効果を考慮した国際基準の策定のための安全性評価（FSA: Formal Safety Assessment）に関する研究、船用機器の品質改善・故障予防のためのシステム信頼性解析手法の研究、放射性物質等の危険物輸送の安全確保の研究等を行っている。

図3 400 m 試験水槽



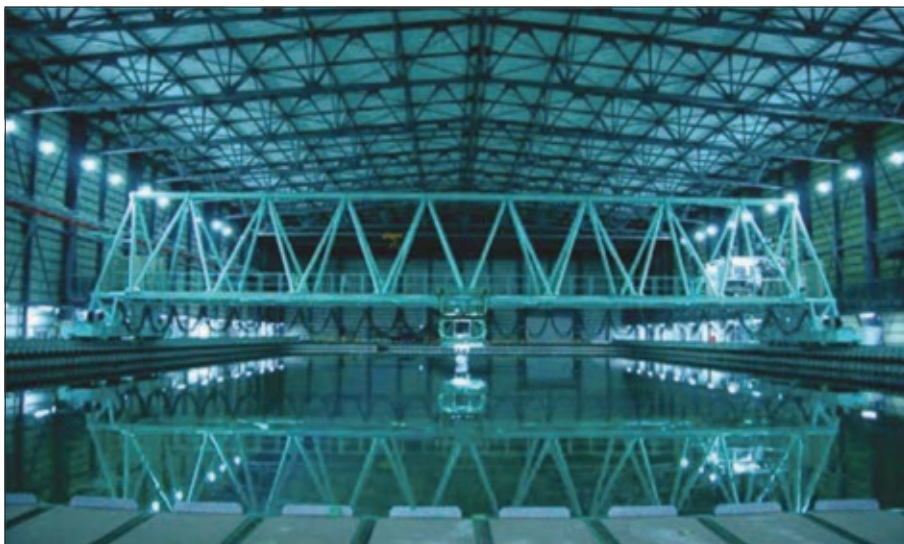
長さ400 m×幅18 m×水深8 m、曳引車速度15 m/s（最大）

図4 深海水槽



最大水深：35 m、上部：直径14 m×深さ5 m、ビット部：直径6 m×深さ30 m

図5 実海域再現水槽



長さ80 m×幅40 m×水深4.5 m

図6 ガスエンジン試験設備



形式：希薄燃焼/副室火花点火/6気筒
シリンダ径/行程：155 mm/180 mm
発電出力/回転速度：400 kWe/1800 rpm

(1) 新技術の同等性安全証明に基づく代替設計承認

近年、海事分野においては GHG 対策のための水素やアンモニア等のカーボンニュートラル燃料の導入や、人工知能 (AI) を活用した運航支援技術等の技術開発が活発となっている。これらの技術は船舶における導入実績がなく、国際規則の整備も途上の段階であることから、船舶設計の原則である規則に基づく設計は困難となる。このような場合に対して、同等安全性証明に基づく代替設計承認というプロセスが活用されている。具体的には、現行の技術が置き換わる部分を代替設計としてリスク解析に基づいた安全性の評価を行い、既存の技術システムに対する新技術の同等安全性証明を主管庁が承認するものである。これらの一連のプロセスが船舶分野における新技術の社会実装への有効な手段の1つとなっている。

(2) 新コンセプト船のリスク解析手法の開発

2023年4月からの第2期中長期目標の実施期間では、このような実績が乏しい技術を導

入した新コンセプト船の社会実装に不可欠な、定性的及び定量的リスク解析手法の開発に取り組んでいる。例えば人工知能による運航支援技術を搭載する船舶では、従来のハードウェアを中心とする機関システムや給電システムに対して、人が果たす役割の一部を担うソフトウェアが組み込まれるため、ハードウェアの故障等を想定した従来のリスク解析手法の適用が困難となっている。このような問題点に対して、現在、様々な分野への導入が目覚ましい大規模・複雑システムの安全解析手法であるマサチューセッツ工科大学 (MIT) の Nancy G. Leveson 教授によって提唱された STAMP/STPA の船舶分野への応用に取り組んでいる。STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Process: システム理論に基づくアクシデントモデル) は、システムの中で安全のための制御を行う要素と制御される要素の相互作用が働かないことによって起きるというアクシデントモデルである。また、STPA (System-Theoretic Process Analysis) は STAMP アクシデントモデルを前提としてシステムのハザード要因を分析する新しい安全解析手法であり、従来

リスク分析において広く用いられてきたFTA (Fault Tree Analysis) や FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) は機器の故障や人間のオペレーションミスを原因として安全解析を行う手法とそのアプローチに違いがある。STAMP/STPA のみならず、ソフトウェア開発分野を中心に用いられているシステムの構造と動作のアーキテクチャ、設計、及び実装のためのモデリング言語の1つであるUML (Unified Modeling Language) を用いたシステムモデリング手法に基づくハザード解析手法の構築²⁾ にも取り組んでいる。以上より、我が国を含めた世界各国でその実現に向けた技術開発が進められている、自動運航船に代表されるソフトウェアとハードウェアが混在する複雑システムに適用可能なリスク解析技術の開発を進めている。

(3) 燃料漏えいの影響解析手法の開発

また、GHG 対策燃料として期待されるアンモニアは毒性が極めて高いため、船員安全の観点から燃料漏えいを想定したガス拡散解析の重要性が高まっている。現状の主要な影響解析ツールでは考慮されていない、大気拡散するアンモニアと大気中の水分との反応など、拡散性状に影響を及ぼすとされる現象を組み込んで、影響解析の実務に活用可能なツールの開発を進めていく予定である。これらの成果は、第1期中長期目標の実施期間(2016-2022年度)に開発した液化天然ガス運搬船からの貨物大量漏えいを想定した大気拡散・火災影響解析ツール³⁾ に組み込んで、アンモニアを燃料として使用する船舶や燃料補給船等を対象として機能拡張していく予定である。

5. おわりに

本稿では、海技研の沿革や組織の概要と、著者の所属する海洋リスク評価系において現

在に取り組んでいる研究課題の概要を示した。著者が現職に着任して間もない頃、総合安全工学研究所の第215回化学安全セミナー(2013年7月23日実施)として当所で見学会が開催されてちょうど10年が経過し、社会情勢や技術革新に伴う環境の変化から研究内容も大きく変わってきている。当所は、毎年4月の科学技術週間に同敷地内の電子航法研究所、交通安全環境研究所及び隣接する宇宙航空研究開発機構(本社・調布航空宇宙センター)とともに合同で一般公開を実施しており、本稿をご覧いただいた皆様には自然豊かな三鷹の森の中の巨大な試験施設の見学にぜひ足を運んでもらえれば幸いである。

参考文献

- 1) International Maritime Organization : Revised GHG reduction strategy for global shipping adopted 2023, 2023. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/Revised-GHG-reduction-strategy-for-global-shipping-adopted-.aspx> (参照日:2023年9月1日)。
- 2) 塩莉恵、伊藤博子、柚井智洋:自動運航船のリスク解析手法の構築に向けて、日本船舶海洋工学会講演会論文集、30, 393-396, 2020.
- 3) 木村新太:可燃性液化ガスの海上流出に伴う大気拡散・火災放射熱による被害影響評価プログラム、SOFIC 登録番号 P 第11188号-1, 2021.

きさら●あらた

横浜国立大学大学院博士課程後期修了(博士(工学))。横浜国立大学、労働安全衛生総合研究所を経て、2013年4月から海上技術安全研究所に入所。LNG、液化水素、アンモニア等の海上輸送における貨物漏えい、拡散、火災、爆発に関する影響解析手法の開発等の業務に従事。