
第4部 特別委員会その他の歴史

第1章 原子力船委員会

1. 序

昭和30年、原子力潜水艦ノーチラス号が北極海長期潜航を果たしたことは、新しい航路の開拓など海洋への原子動力利用の夢をかき立てた。

同年12月には、我が国においても造船・海運関係者による原子力船調査会が設立され、原子力船に関する研究が網羅的に進められた。その後身である日本原子力船研究協会が昭和38年に解散し、日本原子力船開発事業団が発足したのを受けて、原子力船開発の一般的技術問題の研究を当協会が分担した。このため、原子力船委員会が設けられ、その下部組織として研究課題ごとに設けられた研究部会（NSRと略称）で調査研究が行われた。ただ、NSR 1では、JRR-4を用いて第1船の遮蔽設計の確認を行うための実験方案を策定する作業が行われ、実験体の選定やその製作方法、実験計測法、解析手順などの考え方をまとめた。

NSR部会は昭和39年度から55年度まで、原子力商船に必要な一般的技術的問題の究明につとめ、造船・海運関係者の知識、技術レベルの急速かつ飛躍的な向上充実に大きく寄与した。なお、これらのNSR研究の多くは科学技術庁の原子力平和利用研究委託費の交付を受けて実施されたものである。

2. 一体型炉の開発研究

昭和38年西ドイツでは、オットハーン号の炉型は螺旋式貫流蒸気発生器を炉容器内に内装し、循環ポンプを炉容器に取付けた一体型と決定し、建造を開始した。米国やオランダでも同型炉の研究が進められ、「むつ」の分離型に比較して経済性が見込まれ、実用化の期待で注目を集めた。

我が国においても一体型炉の開発、実用化の評価に必要な資料を得るため、次のような一連の研究を行った。

NSR 2 間接サイクル軽水冷却型船舶用原子炉の解析評価に関する研究

NSR 2' 動揺時における船舶炉動特性解析のための計算コードの開発研究

NSR 4 軽水船舶用炉用内装貫流式蒸気発生器に関する試験研究

NSR 5 内装型軽水船舶用炉の遮蔽に関する実験研究

NSR 6 船用炉用圧力抑制格納方式に関する試験研究

NSR 7 船舶用一体型加圧水炉の概念設計に関する試験研究

NSR 8 一体型船用炉の信頼性解析に関する研究

NSR 2 では炉心核・熱設計計算、圧力容器と圧力抑制式格納容器の設計解析、貫流蒸気発生器の設計計算、負荷変動・船体動揺時の特性など重点が一通り検討され、本型式の主要目が求められ、可能性が確かめられた。

炉主要目が求められたのを利用して、中性子減衰コードと中性子捕獲 γ 線減衰コードを実験と比較し、コード自体が持つ問題点を **NSR 5** で把握した。

また、要目が求められた貫流蒸気発生器について沸騰熱伝達特性、流体力学特性、負荷過渡応答特性などが **NSR 2'** で解明された。懸念されていた管内流動の不安定性については、給水側に絞りを入れることで解決でき、並列管の実験では流量が極端に小さくならない限り過渡特性も安全性に問題がないことが分かった。

蒸気発生器内装型で自己加圧の炉では動揺・上下動周期と炉内冷却材循環系の振動周期が合致すると伝熱管内流動が不安定となり、バーンアウト熱流速が低下し、安全性を損うことがある。**NSR 4** では動的特性計算コードを開発し、実験により確認した。これにより、十分安全性のある炉を設計しうる自信を深めることができた。

一体型炉では小型軽量化のために圧力抑制式の格納容器を採用することができる。これは陸上 BWR で採用されているが、スペースの限られた船用としての特性は別途求める必要があった。

そこで、ベントチューブ出口での凝縮、周期的吹き出しによる振動、動揺、抑制室内の温度分布及び水の利用効率、噴流による衝撃力などの諸点を求める実験を行い、基礎的なデータを得た。全般的に圧力抑制式格納容器の採用に問題はないが、実際のものを作るにはモックアップ試験を行って詳細を詰めることが望ましいと **NSR 6** で結論された。

上記のような内装型についての各種研究成果をふまえて、12万馬力、33ノット、2,000個積コンテナ船に搭載する熱出力330MWの一体型原子炉の概念設計を **NSR 7** で行った。

事故解析及び安全評価の結果は以下のような修正やコメントがあるものの、一体型原子炉は技術的に十分実現可能である見通しを得た。

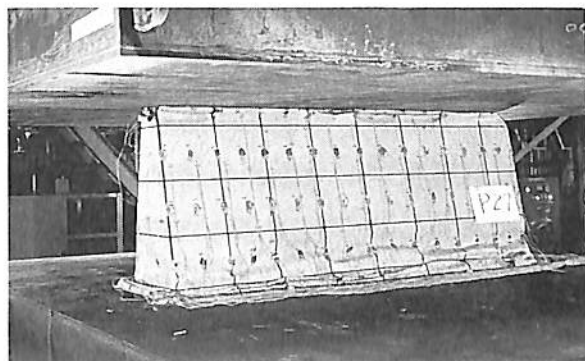
- ◎ この炉は軽量化、小型化をねらって徳利型の圧力容器とし、その中間鏡部に主冷却水循環ポンプを取付けているが、鏡部の熱応力が大きいため、キャンドポンプの採用が望ましい。

- ◎ 貫流蒸気発生器の取付位置が炉心に比較的近いので、中性子照射による蒸気の放射線レベルが機関室内で高い。許容値以下とするために炉心と蒸気発生器の相対位置を修正すること。
- ◎ 核燃料交換や検査を容易にするために炉内構造物を中間鏡フランジに吊ること。
- ◎ 負荷変動時の炉内圧力調節用としてのスプレー能力を高めるため、低温水スプレー方式を考慮する必要がある。
- ◎ 徳利型の炉の軽量化寄与は思ったほどでなかったので、修正を可とする。
- ◎ 水タンクを持った圧力抑制式格納容器を採用することが有利である。
- ◎ 炉心性能向上のために液体可燃性毒物を併用すれば核燃料費低減に効果がある。
- ◎ 非常用推進動力源装置はボイラでなくディーゼル発電機による電気推進方式を考慮することが望ましい。
- ◎ 電力供給系が余熱除去システムの信頼度に大きな影響を持ち、修復や冗長性を持たせることの効果が大きいものであることが分かった。

3. 耐衝突防護構造に関する研究

「むつ」やサバンナ号に採用された衝突エネルギー吸収方式は、自船が破損して相手船船首が格納容器まで貫入しないことを想定したものである。他方、船首強度が船側強度より小さい場合には船首が破壊し、自船の船側損傷は小程度にとどまる。このような抵抗型耐衝突構造の検討が NSR 3, 10, 11で行われ、実験により船首と船側の圧壊強度計算法が求められた。

大型タンカーやコンテナ船の衝突に対しては、格子防撓型構造の抵抗方式は損傷が極めて少ないことも明らかとなり、抵抗型は実用化の極めて有力な候補となった。



NSR10 原子力船の耐衝突構造の評価に関する試験研究（タンカー船首模型崩壊実験）

なお、抵抗型構造とすることによって原子力船の被衝突時加速度が大きくなることが予想されたが、得られた衝突計算プログラムの解析結果によれば十分1.0G以下に納まることも確かめられた。また、タンカーのタンク爆発時の船体破損についても研究された。

4. 原子力船の実現性研究

石油危機による燃料油価格の高騰により、大型専用船を原子力船化する構想も浮上してきた。

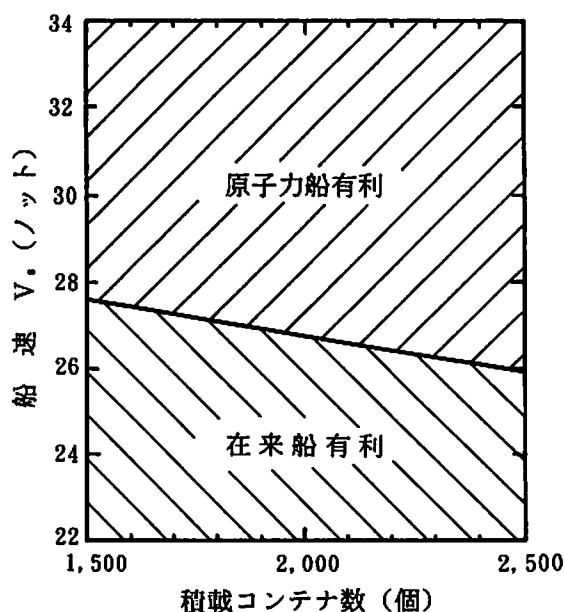
そこで、どんな炉型がよいか、経済性はどうかなどを鋭意検討することとなった。

まず炉型について、高速コンテナ船用に一体型炉の概念設計が行われていたので、その条件に合わせて分離型炉の概念設計をNSR 7で実施し、比較評価した。厳密な意味での比較評価ではないが、重量、スペースについては一体型炉がかなり優位にあった。

なお、この研究により両型式の構造、仕様、性能等の傾向、特長などが定量的に得られたが、これは将来の船用炉開発にとって貴重な資料となった。

経済性について、運送原価算出プログラムを作成して比較検討したところ、就航中の大型コンテナ船では在来船と競合し、60万トン15ノットタンカーでは、原子炉価格を13%低減すれば十分在来船と競合する結果を得た。解析されるべき船特有の技術面も考慮して、1995年頃に実用原子力商船が実現するとNSR 9は予測したが、高速コンテナ船や超大型タンカーは海運市場から急速に姿を消し、せっかくの原子力船化の意欲も低落してしまった。

一連のNSRの研究によって実用化技術がほぼ固められ、後は「むつ」の実験を待つみの状態となった。



NSR 9 原子力商船の経済性 単位貨物当たりの輸送コスト (RFR) 競合曲線

第2章 特別委員会（SRD）

1. 経緯と目的

昭和50年代に入って、我が国造船業をめぐる環境の変化と、要素技術の日覚ましい発展による産業全般にわたる技術革新に対応して、造船技術についても、先端的要素技術を積極的に活用して研究開発を進めることにより飛躍的高度化を図ることが期待される状況になった。

このような背景に立って、日本造船振興財団（現シップ・アンド・オーシャン財団）に、昭和56年度から日本船舶振興会のモーターボート競走公益資金による技術開発基金が設けられ、造船技術及び関連技術の研究開発に対して資金の補助または融資を行う制度が発足した。この制度は、当初は直接企業を対象とせず、適当な団体を通じて補助または融資を行うこととしていたため、造船関係においてはこの制度を利用するため、造研を窓口とし研究開発の主体となる企業と造研との共同研究の形態を採ることとなった。この研究開発を実効あるものとするため、学識経験者を含めた特別委員会（SRDと略称）を個々の研究開発ごとに設けて研究開発を推進することとした。

この制度による研究開発は、昭和56年度から昭和59年度までの4年間にわたって、24件の研究開発が実施され、それぞれに特別委員会が設置、運営された。これらの24件のうち21件は単独の企業が主体となったもので、企業の内訳は造船所8社17件、関連産業4社4件となっている。他の3件は複数の企業が結集して行ったものである。なお、昭和60年度以降は日本造船振興財団の技術開発基金の運用方針が改められて、同財団から企業に直接補助または融資を行う道が開かれたため、上記研究開発の一部の継続を含め、造研の手を離れることとなった。

2. 研究開発の概要

本特別委員会にかかわる研究開発の対象となった技術課題を概観すれば次のとおりである。なお、これらの研究開発の成果の詳細は、当事者の技術的ノウハウにかかわる問題もあり、関係者以外には公表されていない。

(1) 単独企業を主体とする研究開発

これらの研究開発は、その当時において造船または造船関連企業にとって研究開発ニ

ズの高い課題を取り上げていることは言うまでもないが、概ね2つの傾向が見られる。

その1は、比較的近年になってその技術が発展し、従って技術的に成熟し切っていない船種、船型や海洋構造物に関するものである。その2は、最新の基礎技術や、先端的要素技術を応用して船舶の操船、船内の情報管理、作業性、居住性等に関する技術の向上や、船舶の省資源、省エネルギーを図るもの、あるいは造船CAEシステムに関するもの等である。

前者に属するものとしては、海洋構造物関係では、氷海用浮遊式係留構造物 (SRD 1)、タンカー型浮遊式プラットフォームの一点係留方式 (SRD 17)、半潜水式海洋構造物の操作支援装置 (SRD 14)、大水深ジャッキアップ型リグの昇降脚保持装置 (SRD 7)、トルクバラサ及び脚保持機構付ジャッキアップ型リグ昇降装置 (SRD 21) 等に関するものがある。

また、LNG 船関係では、メンブレンタンクの欠陥検知システム (SRD 3)、角形アルミタンクの溶接形状自動制御装置 (SRD 16) に関するものがあり、深海潜水船関係では、超高压海水ポンプ (SRD 5)、電力制御装置用油漬均圧型インバータ (SRD 6) に関するものがあり、このほか石炭スラリー輸送のための洋上荷役装置に関するもの (SRD 2) がある。

後者に属するものとしては、船舶用波浪観測レーダ (SRD 11)、光ファイバーを用いた船内データ処理システム (SRD 10)、船橋におけるマン・マシン・インターフェイス情報管理・表示装置 (SRD 15)、ボイスコントロールによる係船システム (SRD 4)、光ファイバーケーブルによる太陽光利用船内居住システム (SRD 12) に関するものや、船舶の省エネルギー等に関するものとして、廃熱回収システムを使用する熱水膨脹タービン (SRD 18)、船舶推進用新型遊星歯車装置 (SRD 19)、新しい翼断面形状を持った3翼プロペラ (SRD 22)、防振合金材料の船舶用プロペラへの応用 (SRD 23) 等に関するものがある。

また、造船CAEに関しては、三次元構造モデルを用いた船殻CAEシステムに関するもの (SRD 20) があり、このほか特殊なものとして、原油タンカーのスラッジ揚げの機械化に関するもの (SRD 9) がある。

これらの研究開発のうちには、造研の事業としては中間段階で終わらざるをえなかったものもあるが、一連の研究開発の成果により、実用化のための基礎資料となり、それに続く企業自身の開発努力により実用化に成功したものも少なくないと思われる。

(2) 複数企業参加の共同研究開発

この研究開発の対象になったものは、いずれも海上における人命の安全に関するもので

あって、イマーシヨンスーツ（耐水防寒衣）の研究開発（SRD 8，SRD 24）と新救命艇システムの研究開発（SRD 13）とである。

イマーシヨンスーツの研究開発は、北洋寒冷海域で操業中の漁船の転覆沈没事故を契機として、また、IMOにおけるイマーシヨンスーツの SOLAS 条約化に向けての審議に対応してその必要性が痛感されることとなった。そこで国内関係メーカー 5 社が参加して SRD 8 を設置し、SOLAS 基準に適合した日本人の体形に合ったイマーシヨンスーツの実用化にむけて研究開発を行った。参加各社は、委員会の定めた開発方針に沿ってそれぞれ試作品を製作し、試験を重ねて改良を図った結果、SOLAS 基準に全面的に適合する A 型については完成度の高い試作品が得られたが、基準の一部を軽減して作業性を重視した B 型については作業性に改善の余地を残した。このため、5 社中 4 社によりさらに 1 年間融資（SRD で唯一の例）を受けて、新たに SRD 24 を組織して研究開発を進め、実用化のめどが得られた。

一方、新救命艇システムの研究開発は、改正 SOLAS 条約により、本船が 5 ノットで前進中に救命艇を安全に降下し一斉離脱して使用可能な救命艇及び揚げ降ろし装置が要求されることとなったため、この要求仕様を満足する救命艇システムを開発することとなったものであって、救命艇メーカー 4 社、ダビットメーカー 3 社、造船所 4 社が参加して、SRD 13 を設け、参加各社が共同して研究開発を行った。

研究開発は 2 年間にわたって行われ、新救命艇の進水、離脱に関する水槽試験の結果の考察をふまえて、新 SOLAS の要求に適合する新救命艇と新型ボートダビットを試作し、実海面での使用状態を模擬した海上総合試験を行って、今後の実用システム開発のために欠かせない知見が得られた。



SRD13 新救命艇の進水、離脱に関する水槽試験

第3章 船体構造解析プログラム開発委員会

1. 目的と組織

当委員会は、有限要素法（以下FEMと略称）による構造解析計算法を用いた精密な船体構造解析プログラムの開発を目的として設置され、ここで決定された実施大綱に従って、下部機構の開発グループが具体的なソフトウェア作成作業を実施する体制であった。

委員会は、運輸省、関係団体及び造船大手各社の代表で構成され、委員長は当時学術振興会理事長の吉識雅夫氏であった。

開発グループのA班は大手各社の設計課長で構成し、ユーザーの立場でBグループを指導し、Bグループは東大生産技術研究所の学識経験者をリーダーとし、日本海事協会（以下NKと略称）造船大手及び中型造船工業会から設計及び研究の技術者が造研に出向、常駐して共同作業する体制であった。計14名のうちFEMの経験のある者は2名であった。

2. 背景

昭和44、45年とあいついで、建造後4年に満たない大型ばら積貨物船、鉾石専用船が荒天中に折損沈没する海難事故が発生し、年間進水量及び船型大型化で多年世界をリードして来た我が国造船業界はもとより、各方面に大きな衝撃を与えた。

運輸省の技術審議会に設けられた小委員会の検討に際しては、今後急速な船型大型化に対応して、改めて精密な解析方法に立脚した構造設計法の開発の必要性が指摘された。

この頃、外国船主が26万重量トンタンカーを発注するに際し、FEMによる解析によって設計の検討をして欲しいという要求を受け、某造船会社は、米国の汎用プログラムNASTRANを使用して計算を実施したということがあった。

FEMは、昭和40年NASAが宇宙開発のため前記の汎用構造解析プログラムを開発してから、欧米で同様のプログラムが開発され、航空、原子力、土木等の工学分野で威力を発揮し、船級協会でも使用を始めたところがあった。

我が国では、昭和38年から、航空技術研究所、東大生産技術研究所及び鋼構造協会の小委員会等で研究が始められ、メンバーには一部造船会社の技術者も参加していた。

しかし、当時としては小規模な計算プログラムを扱うにとどまっており、FEMを船体構造解析に実用にするには、数万元の多元連立方程式の解法部分を含め、大規模なプログ

ラムを開発しなければならず、大型コンピュータの使用と併せ、個々の会社や団体でこれを開発することは困難であった。

このような状況の中で日本造船工業会内部でFEM準備作業委員会が発足し、NKの設計承認が得られる解析プログラムを共同開発する構想が煮詰まり、昭和45年4月運輸省主催による懇談会が開かれ、山県昌夫NK会長を座長として協議の結果、日本造船工業会、NK、日本船舶振興会の資金拠出により、予算3億6千万円、期間3ケ年、実施は造研という共同開発プロジェクトが発足することとなった。

3. 作業の経過

プログラムの使用目的は、船体構造についての(1)設計結果のチェック、(2)試設計の比較検討及び(3)技術基準合理化のための精密な弾性応力解析にあるが、同時に実用上使いやすいこと、計算費用の高額化を抑えることが、開発基本方針で与えられ、具体的には、

(a) FEMの高度な知識を持たない造船設計者が、1人1～2日間に主要構造図面からインプット・データを作成できること。

(b) 大型コンピュータによる解法部分の計算時間を2時間程度に抑えること。とされた。

ちなみに、(a)については、前述の26万重量トン・タンカーの入力データ作成のためには5人・月を要した。

開発作業の経過は3段階に分けられる。

第1段階（昭和45年5月から約1年2ヶ月）では各国の大型プログラムの調査、パイロットプログラムの作成とそれを用いてのコンピュータ・システムの計算精度と速度の比較検討及びソフトウェア作成委託先選定のため数社から提出された作成計画書、プログラム仕様書案の比較検討が行われた。

第2段階（昭和46年8月から約6ヶ月）では、使用計算機としてCDC 6600、ソフトウェア作成委託先として日本CDCを選び、同社と造研との間で請負契約を締結し、同社による基本設計を承認した。

第3段階（昭和47年2月から約1年3ヶ月）ではCDCのチーム20名による詳細設計に対して承認ののち、コーディングが開始されテストランとデバッグが繰り返され同48年5月、タンカーとばら積貨物船各1隻のテストランが終了した。

この間、昭和47年8月以降はBグループの大部分のメンバーは帰社し、NKの日高技師

をチーフとする5名がCDCチームの作業を監督、指導し、さらに専用船用インプット・データ・プログラムのためのSM（後に説明）を作成するため各社から9名の造船設計技術者が参加した。

第4段階（昭和48年6月以降）では、日本CDCにより、専用船のインプット・ゼネレータのまとめ、プログラム全体のブラッシュアップ、ドキュメント作成作業が行われ、日高技師他1名がその指導、監督にあたった。

完成したプログラムについては、その総てをNKに移管し、参加各社にはドキュメントが配布されることが開発委員会で決定され、委員会は昭和49年度に入って解散した。

4. 成果

FEMプログラムの詳細な説明は省略し、フローチャートに示すにとどめるが、解析の基本条件は、対象構造物としては、膜要素と棒要素とにモデル化される立体構造物、荷重としては、縦強度計算に使用されるものと同じ船体自重、載貨重量及び波浪荷重による静荷重とされている。

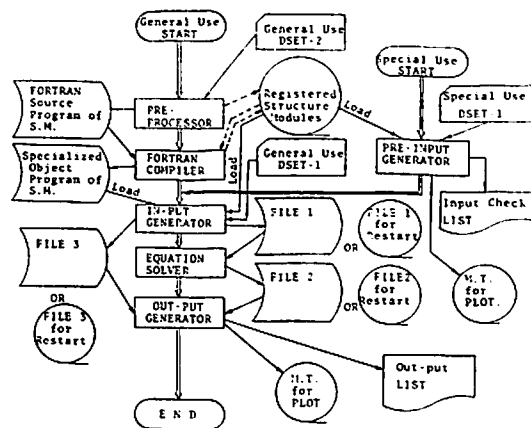
記述言語は、FORTRAN EXTENDEDで、総ステップ数は、入、出力部分を含め80万に及ぶ。

本会ではこのプログラムをPASSAGEと名付けたが、これはThe Program for Analysis of Ship Structures with Automatically Generated Elementsの略である。要素の自動分割が最大の特徴といえるが、他にも多くの自動化が図られている。

インプットデータ作成過程の省力化を迫及し、次のような方法が採用された。

入力データをDSET-1とDSET-2とに分け、前者は部材の形状、寸法、位置、荷重分布の大きさ、範囲等を表わす数値データ、後者は次の機能をもつ構造記述言語で、変数または関数で表される。すなわち(1)構造物の幾何学的形状、(2)荷重の配分方式、(3)解析結果の出力の形式の指示等である。

DSET-2は、専用プログラムとして登録することができる。これにより構造形式



PASSAGE プログラムの概略フローチャート

が同一で、形状寸法が異なる船については、DSET-1のみを人力することにより、容易に入力データを完成することができる。

一船毎に作成されるものを汎用プログラムと称するが、汎用プログラムでも、5人・日程度で入力データを完成できることが、後の実用段階で確かめられた。

DSET-2作成の過程で、PASSAGEはIE(要素の集合体)を採用し、これによって自動分割を実行できるようにしている。IEの例を図に示す。IEの辺上または棒上の点が分割点になるが、その区分の最小長さまたは点の数を与えることで要素の分割を実行させるのである。

さらに、専用化にあたっては、船体の部分構造でしばしば採用される形状を構造モジュール(SMと略称)として登録してある。

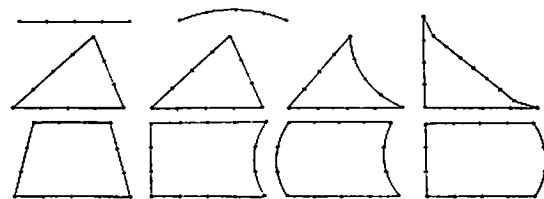
今回専用化の対象としたタンカー10船型、ばら積船、鉍石専用船各3船型について登録したSMは合計約400になった。

入力データのチェック及び計算結果は、プロッタ、COM等で図示できる。

また、入、出力部分は、造船各社のコンピュータ(CDC以外のも)で処理できるようになっている。

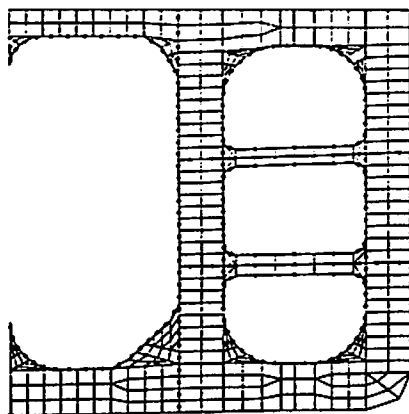
テストランの結果と計算時間等のデータを表に掲げた。

下に示した2枚の図は、タンカー及びば

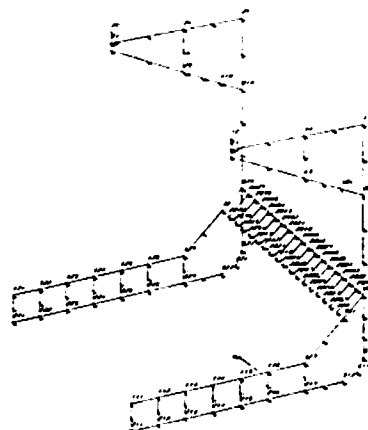


Arguments: Element type
Coordinate of Corner Joints
Number of Mesh division of each boundary line
Curvature of curved boundary line
Plate thickness (or Sectional area in case of Bar element)
Material Identification
etc

PASSAGE インテグレイテッドエレメント (IE)



PASSAGE インプットデータチェック図 (タンカー)



PASSAGE インプットデータチェック図 (ばら積船)

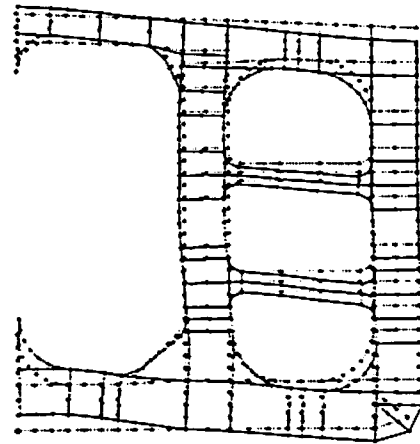
ら積船のインプットデータチェック図，次の右上図はタンカーの出力変形図，左下の図は同じく応力のベクトル表示である。

これらの表および図は，昭和48年秋東京で開催された「有限要素構造解析の理論と実際」に関する国際会議で吉識委員長他の名で発表されたPASSAGE 紹介レポートの前刷から転写したものである。

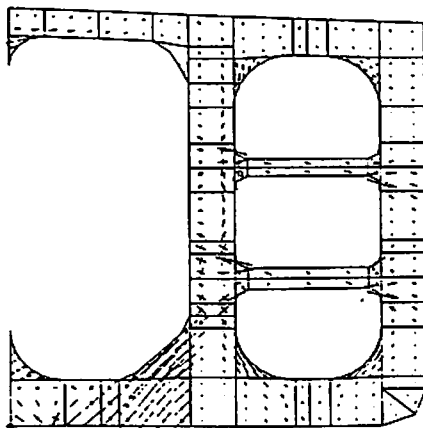
予算と期間は当初の予定を超えたが，性能としては目標をクリアし得たと関係者は自負している。しかしこれが実用されたのは，CDC コンピュータを保有する造船所での数例に過ぎなかった。

たまたま，大型船建造熱が急冷し，プログラム使用のニーズが落ちてしまったことが直接の原因といわれているが，実用段階の保守運用体制に対する処置が不十分であったとの反省がある。

一方では，コンピュータの性能向上と普及が著しく，各造船所が自社保有の高精度，高速のコンピュータで社内で計算するようになり，それには配布されたドキュメントとプロジェクト参加メンバーの高度な知識と経験が役立ったことが，最大の成果ともいわれている。



PASSAGE タンカーの出力変形図



PASSAGE タンカーの応力ベクトル表示図

	Ship A	Ship X	
Kind of ship	Oil Tanker	Bulk Carrier	
Dead weight(metric ton)	200,000 tons	115,000 tons	
Extent of the structure analysed	Cargo tank parts (in way of 3 Centre Tanks)	3 Cargo holds with 4 trans. bulkhead	
Load cases	10 cases	3 cases	
Substructure levels	12 levels	13 levels	
Number of Structure Modules (distinctive substructures)	69 Structure Modules 358 IE	476 Structure Modules 976 IE	
Total number of degrees of freedom	about 50,000	about 28,000	
Amount of graphic outputs	500 sheets	24 sheets	
C. P. U. times	Input Generator	0 ^h . 20 ^m . 56 ^s	18 ^m . 49 ^s
	Solver	1 . 02 . 17	49 . 18
	Output Generator	0 . 32 . 53	1 . 33
	Total	1 ^h . 56 ^m . 06 ^s	1 ^h . 09 ^m . 40 ^s
System times	Input Generator	1 ^h . 23 ^m . 29 ^s	1 ^h . 40 ^m . 34 ^s
	Solver	1 . 54 . 02	2 . 30 . 14
	Output Generator	7 . 03 . 10	11 . 06
	Total	10 ^h . 20 ^m . 41 ^s	3 ^h . 21 ^m . 54 ^s

PASSAGE テストランの結果と計算時間等

第4章 生産技術近代化研究開発委員会

1. 委員会発足までの経緯

昭和48年と54年の二度にわたる石油危機により日本の造船業は深刻な不況に落ちいった。しかし不況回復の兆しは一向に見えず長期化の様相を呈するに至った。新造船需要の減少に加えて新興造船国との受注競争にあいついで敗れるという事態も生じた。昭和55年頃から日本造船業の存続を危ぶむ声がささやかれるようになった。

国内ではイメージの悪い産業として若年者離れを生じ造船労働力の平均年齢は40歳になろうとしていた。40歳は造船現業の肉体的能力の限界といわれる年齢である。このまま10年経過すれば高齢化がさらに進み、40～45歳にもなりかねない見通しであった。そのような状態になれば熟練技能の継承も困難となる。造船所では工事量不足により人員整理が行われ、設備は老朽化し、見るべき技術革新もなく沈滞ムードが漂っていた。

造船界首脳の間にはこのまま推移すれば日本の造船業の将来はないとする危機意識が高まり、活性化のための施策をなすべきという気運が盛り上がってきた。昭和55年末に元造船工業会会長真藤恒氏によって「いかなる船」を「いかにして造るか」という課題提言がなされたのを契機にして造船業界に具体的に取り組む動きがでてきた。昭和56年7月「いかにして造るか」をテーマとする造船界トップによる懇談会が行われた。御出席の方々は次の通りである（順不同）。

梅田善司	造工会長
木下昌雄	造工副会長
吉識雅夫	東大名誉教授
古賀繁一	造研会長
真藤 恒	電々公社総裁
水品政雄	海事協会名誉会長
元良誠三	造船学会会長
田坂鋭一	船舶振興会理事長
野口 節	船舶局長

各氏の意見は次のように集約され日本造船業の進むべき方向が示された。

- ・日本の造船業を将来も我が国の魅力ある基幹産業の一つとして維持発展させ、国民経済に寄与させること。
- ・そのためには産、官、学が一体となって造船界の最高の英知を結集し造船業の超近代化を推進させること。
- ・具体的にはエレクトロニクス、新素材など最新技術を応用して労働生産性及び労働環境の飛躍的向上を図ること。
- ・造船業の超近代化を推進する組織を設けること。研究開発は造船研究協会と造船工業会が協力して行い、日本造船振興財団（現シップ・アンド・オーシャン財団）が資金面での協力を行うのがよいこと。

このような状況下において諸準備が進められ、昭和57年4月1日当協会で生産技術近代化研究開発委員会が正式に発足した。その下部機構として研究開発の実務を担当する研究開発部会が設けられた。

一方、昭和57年8月の運輸大臣諮問第13号に対する運輸技術審議会答申の中で、造船のロボット化技術の研究開発を推進すべきことが指摘され、造船ロボット及び新工作法の研究開発を強力に推進する環境も整えられた。

2. 研究開発委員会の研究テーマ

最も問題となったのは研究開発の内容である。造船業の近代化のためには生産技術のすべてについて革新をはかるものでなければならないが、それは膨大な作業となる。テーマ選定のねらいとしては

- ・大量の労力を必要とする作業の省人化
- ・高熟練度を要する作業の機械化、自動化
- ・汚れ作業、危険作業、重筋作業、繰り返し単純作業、粉じん作業、騒音作業などの自動化、ロボット化

であり各委員から提案された研究テーマは122件に及んだ。研究開発委員会ではその中から核心となるべきものを選びその基本的要素技術を研究することとした。造船所は研究成果を応用してそれぞれに適したかたちで近代化を推進していくこととした。最終的には次表のように生産技術の開発テーマ7項目と専門メーカーとの共同開発テーマ5項目に絞った。

生産技術の近代化に関する研究開発テーマ

研 究 項 目		
I 造船所 主体の 研究 開発	鋼材曲げ加工の自動化	1. NC 制御プレス曲げ加工
	高精度超自動化を目指した建造作業	2. 組立作業の自動化 3. 三次元座標測定機
	省資源, 高能率, 省人化を目指した溶接法	4. 溶接ロボット 5. 溶材なし溶接法 高速度, 深溶込溶接法
	悪作業環境の解消を目指した塗装作業	6. 塗装ロボット, マニピュレーター
	省人化, 安全化を目指した足場装置の開発	7. タンク内自動足場装置, 甲板裏高所用足場装置
II 造船 船共 所同 ・研 メ究 開 カ発 	新しい材料, 機器, 器具の研究開発	1. 強力・速乾性・耐久性ある接着剤
		2. 低研掃度型塗料
		3. 工器具類の軽量化
		4. 軽量足場機材
		5. 電線端末処理, 接続作業, 保護外筐の生成の自動化, 電線結合を簡易化するコネクタの開発

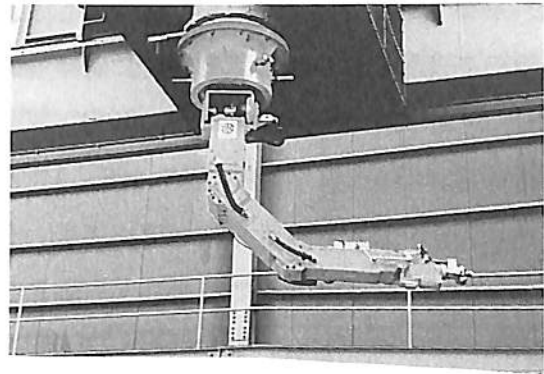
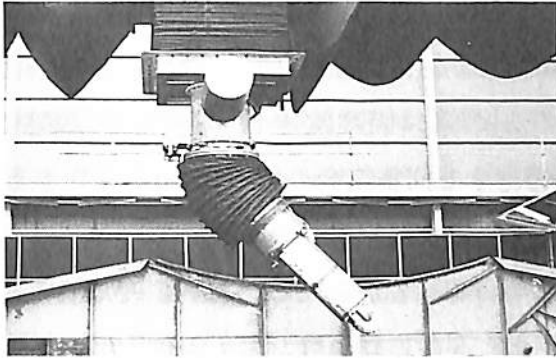
3. 研究開発部会の構成, 実施要領

- (1) 研究開発部会は造船大手7社よりそれぞれの専門家を派遣して構成した。研究開発作業はテーマ項目毎にワーキング・グループを編成して行った。ワーキング・グループは複数社とし, 1社が幹事として取りまとめることとした。各ワーキング・グループは新技術の研究, 必要な実験機の製作, 成果の確認を行った。
- (2) 研究開発期間は昭和57年4月1日より昭和62年3月14日までの5年とした。
- (3) 開発予算は直接実費2,347,615千円とした。必要資金は年度毎予算に応じて造研が日本造船振興財団の技術開発基金制度に基づく融資を受けた。参画造船所は均等負担として返済にあたった。

4. 研究成果

生産技術近代化研究開発は所期の目的を果たして昭和62年3月を以って終了した。

研究成果の一部は既に FA 化に活用されているが、さらに将来の日本造船業を近代化するための足掛かりとして、これをいかに展開していくかが今後の課題である。また現在開発が行われている造船 CIMS の実用化にあたっては重要な役割を果たすものと信じている。



塗装ロボットの船体構造に対する塗装実験

第5章 高度自動運航システム研究開発委員会

1. はじめに

昭和50年代、我が国造船業は未曾有の不況下にあったが、今後とも基幹産業としての役割を果たしてゆくためには、先端的な要素技術を積極的に導入するなどして造船技術の一層の高度化を推進することが特に重要であるとの観点から、昭和57年、運輸技術審議会に対し「最近における産業構造の変化、要素技術の進展等に対応して今後推進すべき造船技術開発について」が諮問（第13号）され、これに対する同審議会の答申において、「船舶の知能化、高信頼度化技術の研究開発」が採り上げられた。

運輸省船舶局ではこれを受けて、昭和58年産官学の有識者から成る「高信頼度知能化船研究開発推進委員会」を設置し、高信頼度プラントと高度自動運航システムに大別して研究開発プロジェクトが進められたが、後者は当協会が実施を担当することとなった。

当協会では同年「高度自動運航システム研究開発委員会」を設置し、運航面からのニーズの研究と成果の評価を行う、運航専門家を含む産官学共同の「調査研究部会」と、研究開発の実作業を行う造船7社から成る「研究開発部会」を組織して、日本船舶振興会の協力の下に、昭和63年度までの6年間にわたり業界の存続をかける意気込みで研究開発が実施された。

2. 研究内容の概要

高度自動運航システムは、乗組員の介在なしに極力船内自己完結で自動運航できる知能化システムを船上に搭載し、これを補完する陸上支援システムを衛星経由で結ぶ、海陸一体のトータルシステムを目指すものである。

そのため、効率的なサブシステムのあり方、機能分担、情報授受等の設定を行い、これらのサブシステム毎に作業グループを設けて突破すべき要素技術の抽出と開発目標の設定を行い、試設計、試作、実験等の具体的な研究開発を実施した。

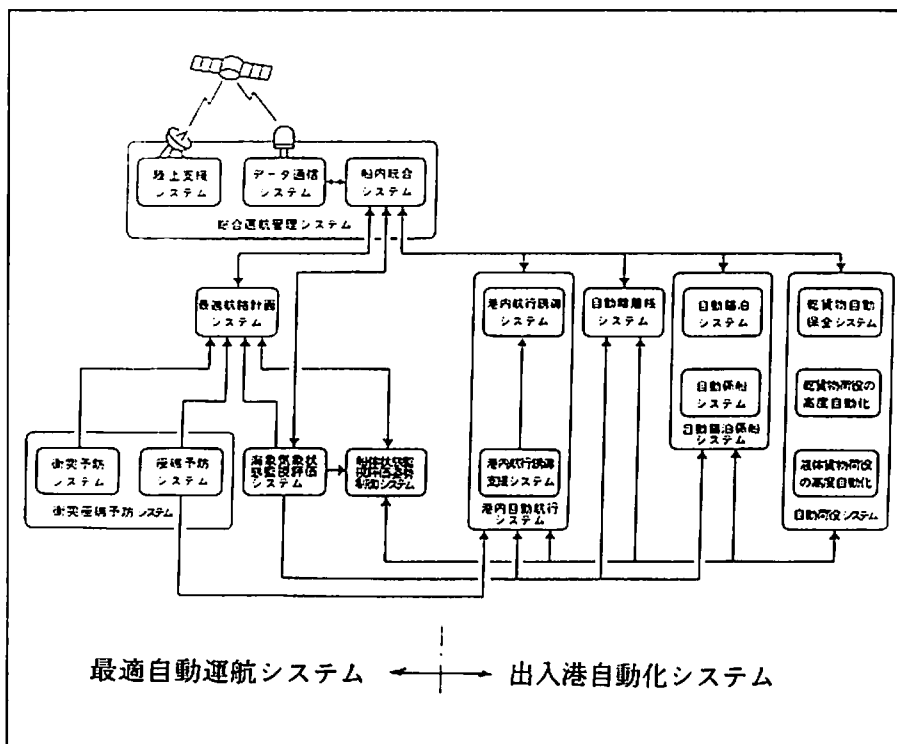
全体は、大洋航行にかかわる**最適自動運航システム**と、港内操船、運用にかかわる**出入港自動化システム**に大別される。これらを統合する**総合運航管理システム**は、船内外の情報を一括管理、判断して行動を指令する**船内統合システム**、これを補完する**陸上支援システム**及び衛星を利用して船陸間の通信を高効率、高信頼度で実行する**データ通信システム**

から成っている。

最適自動運航システムは、大洋航行中、人工知能が最適な航路を計画し、これに従って安全で経済的な運航を行うもので、海象、気象、衝突、座礁、船体状態、経済性等を総合的に判断して航路を計画する最適航路計画システム、陸からの広域予測、統計資料、局所の波浪等から航海海面のきめ細かい予測を行う海象気象状態監視評価システム、これに基づき将来の船体状態を予測し、安全な針路、船速、喫水を決定し、バラスト値も決定する船体状態監視評価・姿勢制御システム、及び、他船の行動を予測して衝突の避航を行い、レーダ映像と海図のマッチングにより座礁の回避を行う衝突・座礁予防システム等から成る。

出入港自動化システムは、港内操船から荷役に至る一連の作業を安全確実にを行うもので、安全で経済的な航路を設定し衝突や座礁を避けながら本船を目的地まで誘導する港内自動運航システム、本船の運動、風、潮を総合判断して安全確実に離接岸させる自動離着岸システム、走錨防止を含む錨泊作業及び船位保持も含む岸壁係船を行う自動錨泊・係船システム、荷役に伴う全作業及び航海中の貨物の監視、保全を行う自動荷役システム等から成る。

高度自動運航システム

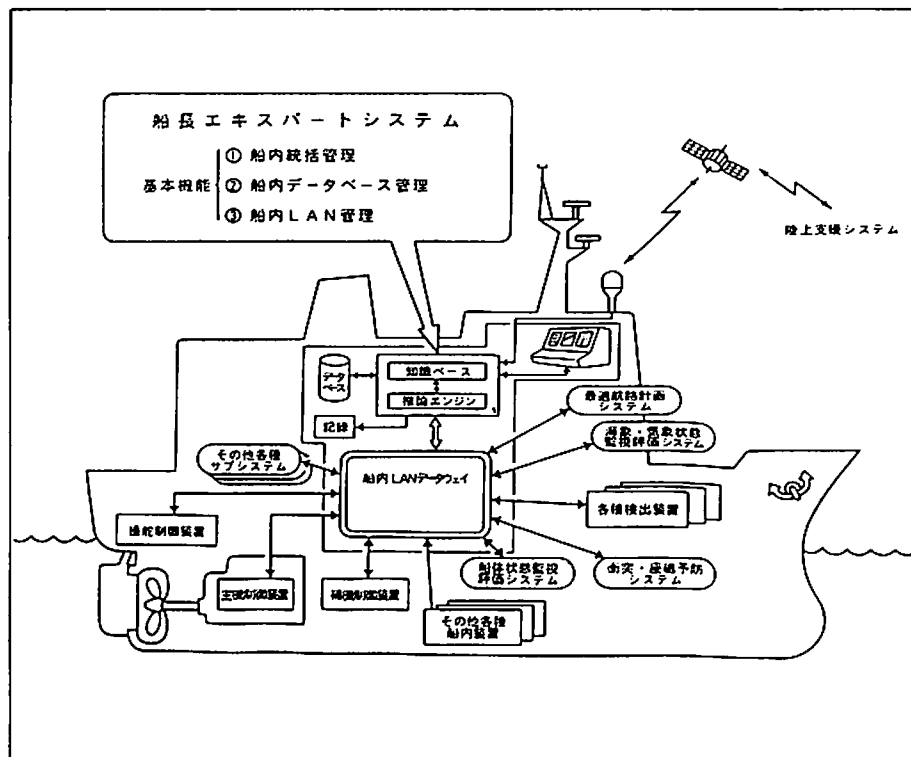


人工知能の試作にあたっては各サブシステムごとにその性格に応じてエキスパートシステム等の新手法と最適制御手法とを使い分けた。一例として、前者を採用した船内統合システムの頭脳である船長エキスパートの試作にあたっては、内蔵される知識ベースは学識経験者や船長実務経験者の協力による操船知識のヒアリングによる収集を行い、推論シミュレーションを実行して知識ベースを補完した。

3. 総合シミュレーション

高度自動運航システムが全体として総合的に機能することを検証するため、昭和63年度に、関連するシステムをコンピュータ上で有機的に結合して総合シミュレーションを実施し、実船試験ではなかなか遭遇できない危険な状態も実現して検証すると共に、大型プロジェクトによる景観表示を用いて操船者の視覚的判断も含めた広範な検証が行われた。

船内統合システム



4. 総合評価と課題

以上の結果、高度自動運航システム実現のために突破すべき要素技術の開発は、一部の周辺技術の向上を待つものを除き、十分に達成されたと評価された。

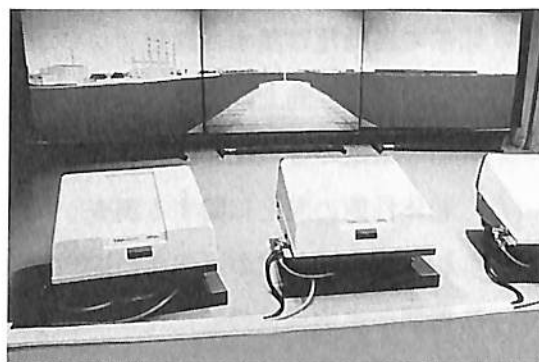
また、実用化のための課題としては、他船認識のセンサ等周辺技術の向上、第二世代海事衛星やGPSの運用、法制面などの環境整備を前提として、航海中の保守を一掃する機器の信頼性の向上、人工知能への学習機能の付加、経済性の克服等が重要である旨指摘された。

従って、これの早期実用化のためには、技術的、経済的に実用化のめどが得られ、需要も醸成しやすい項目から、先ず乗組員の支援システムとしての実用化を進め、実船での信頼性、安全性、有効性を実証しつつ段階的に実用化を進めることが望ましいと示唆された。

5. おわりに

上述の成果を受けて、造船大手7社は平成元年度に東京商船大学との共同研究として同大学の練習船「汐路丸」を使用して、技術的、経済的に早期に実用化のめどが得られ船会社の賛同も得られた三項目、即ち、自動離着岸システムによる着岸実験、座礁予防システムによる航路監視実験、及び船内統合システムによる避航操船実験の実船実験を東京湾口付近で実施して、これらの実海面における実用性と、乗組員の支援装置としての有用性を実証した。

近年、船舶の衝突や座礁等の事故による海洋環境への影響は深刻さを加えており、事故防止の観点からも、上記成果の乗組員の支援装置としての実用化が注目されるに至っている。一例として平成4年に上記の成果の一部を使用してこのために実用化開発された支援装置の超大型タンカーへの採用が決定する等、今後、この面でも実用化の進展が期待されている。



高度自動運航システム総合シミュレーションの景観表示

第6章 調査部会，運輸省委託事業，造船研究の刊行，その他

1. 調査部会の調査活動

調査部会は昭和36年に，研究委員会の下の一部会として設置された。その目的は，SRの研究部会とは別に，より全体的見地から造船技術の問題点の摘出，将来の研究の方向付け等の調査を行い，その後の課題決定に役立たせること，及び新規のSR研究課題を選定することであった。

SR研究の課題選定に関する業務については，第1編，第1章の沿革に述べたが，本章では主に前段に該当する調査活動について述べる。

当初のSR研究には，運輸省や学会，防衛庁等外部から与えられた研究課題があり，それら機関からの委託研究や共同研究が含まれていた。しかし，順次業界の自発的な希望課題へ研究の重点を移行するために，各種の調査活動が必要となった。そのため，調査部会では昭和36年度に船舶技術長期研究計画を策定し，また海外の自動化に関する文献調査を実施している。

さらに，昭和37年度から39年度にかけて多くの調査を実施し，報告書（調査資料）は全部で42号を数える。事業は日本船舶振興会の補助事業として行われ，調査項目は複雑多岐にわたっているが，ほぼ次の項目に分類される。

船舶の自動化に関する調査

船舶の経済性向上に関する調査

船殻構造の合理化に関する調査

船体性能の向上に関する調査

船体艤装諸装置の近代化に関する調査

機関部主機補機の近代化に関する調査

電子計算機センターの設立を目標とし，機種を選定，計算機把握のための調査

船舶の新輸送方式に関する調査

外力の船舶に及ぼす影響の調査

この調査委員は，部会長をはじめほとんどが造船所と船主の委員であり，必要に応じて大学，船舶技術研究所，日本海事協会等の学識経験者が討議に参加した。但し，1社で1

件の調査項目を担当して原案を作成し、分科会と部会で討議して報告書を完成させる、という方式が採られた。調査部会には船体分科会と機関分科会とが設けられていた。委員数は延べ51名、討議参加者は140名以上に及んでいる。

調査内容は、現状の実態調査の結果から将来の問題点を摘出する、という方針で貫かれており、報告書のかかなりの部分が、造船各社に対するアンケートや海外文献の調査となっている。海外文献の調査は、当時の機関誌「造船研究」の主要編集内容にもなっており、当時は海外技術の吸収という戦後の指向が、まだ強かったことを示している。

また、現在から見ると調査内容はかなり古いものの、高張力鋼の採用、タンカーと鉱石船の船艙長さとの増大、スラミング、シー・マージン、低質油、各種の自動化、船舶の無線操縦、潜水タンカー等のキー・ワードが多く見られて、その後のSR研究の動向を的確に示している。特にシー・マージンの調査において、北太平洋と日本南方海域の風と波の統計調査を実施しており、これはその後に本格的に行われたSR 80やSR 163の先駆けとなったものであろう。また、荷役、操船、係船、居室等の各種の艙装装置に関して、かなり大規模な調査が実施されたのも一つの特徴である。

なお、この調査部会の活動については、「造船研究」8巻3号(昭和42年1月)に特集号が組まれている。また、調査部会の全般的な業務については第1編を参照されたい。

2. 運輸省等の委託事業

初期においては、各種の委託事業がSR部会に取り上げられ、また原子力船関係の委託事業がNSR部会で取り上げられてきた。これらについては、それぞれに該当する章に述べた。

しかし、それらとは別に運輸省などからの委託事業がかなりあり、委員会形式で調査が行われた。

特色のある事業として、運輸省から委託された高経済性船舶の試設計に関するもの(この一部は船舶振興会の補助金でも行われている)、科学技術庁から委託された潜水調査船に関する調査、船舶技術研究所から委託された関西国際空港に関する調査、宇宙開発事業団から委託された観測船に関する調査、また日本原子力研究所から委託された海洋における原子動力利用に関する調査等がある。さらに、大型ばら積み船の事故に関連したもの、北洋の漁船海難事故に関するもの等があり、これらは運輸省の要請に基づき、船舶振興会の補助事業として行われ、その後のSR研究またはRR研究へと引き継がれた。

なおこの他にも、比較的小規模の運輸省からの委託事業があり、報告書として公表されていないが、ほぼ毎年一定の件数で実施されてきている。

3. 機関誌の刊行

当初は機関誌はなかったが、昭和34年7月から「造船研究」が機関誌として発刊された。年4回発行の季刊とし、「我が国造船技術上の問題点の探究の結果を会員各位に報告し、一方、海外の造船関係研究機関から寄贈された報告類で一般に市販されないものの中から適当な文献を選んで会員に紹介し、更に会員からの寄稿も戴く」（同誌創刊号の会長の辞より引用）ことを趣旨としたものであった。

このため、毎号に海外文献紹介リストが掲載され、またSR部会の活動状況の報告や調査資料の紹介が掲載された。またSR部会によっては、本誌が報告書となっているものもある。しかし編集方針があまり明確でなく、予算措置や編集要員も不十分であったため、昭和38年頃から発行時期が不定期となり、昭和47年3月の13巻1号（通算33号）をもって休刊となった。

創立30周年を期して、昭和57年12月に「造船研究」は復刊され、「最近の研究開発の事情の報告、協会の事業の広報、会員等の寄稿を中心として、楽しく読める魅力あるもの」（14巻1号の復刊の辞より引用）をねらいとして再発足した。以来、定期的に発行を続け、内容的にもバラエティを増し、また平成4年には別冊として「油タンカーの二重船殻化に係るMARPOL改正記録」の特集号を発行した。復刊後の予算措置は日本船舶振興会の助成金によっている。

4. 報告会等

研究事業の成果発表講演会は今までに約30回開催されている。特に、昭和36年から52年にかけて、ほぼ毎年開催されており、また昭和30年代後半には、大型研究の成果として自動化講演会や高経済性船舶試設計講演会が合計8回（東京及び神戸）開催されており、大変活発であった。これはSR研究の躍進期の時期と完全に一致する。

その後、整理期に入ってしばらく講演会は開催されなかったが、新生期に入って2件のSR研究の成果発表会が行われ、また大プロジェクトの高度自動運航システムの報告会も行われた。

今後は、終了したSR研究をまとめて、翌年度に報告会を開催することとなっている。また、本会が主催した国際会議等は3回を数える。

5. 船舶関係標準化事業

標準化事業は昭和37年7月から43年度末までの間実施された。この時代の造船業は激しい国際競争にさらされ、我が国は主要造船国としての地位を確保してゆくために、高度の技術開発と標準化による効率の向上が強く要請される情勢となり、本会の機構の整備拡充の必要性が痛感されるようになった。

そこで、それまで日本船舶工業標準協会で実施されてきた事業を、船舶工業の総合技術研究体制の強化のために、両者を合併する構想が生まれた。折しもSR研究が躍進期に移り、日本船舶振興会の補助事業が開始された時代であり、これに象徴されるように技術開発、工業標準化の促進等従来からの諸事業を一層強力に推進するために、組織を強固にすることがねらいであった。

しかし、昭和40年代に入ると、世界的な自由化政策と国際競争の激化とにより、再び標準化事業を見直す動きが生じた。そのため、日本工業標準調査会に対する運輸大臣諮問が出され、本会の標準化事業とJISの普及を行っている船舶JIS工業会の事業とを併せて船舶JIS協会（現在の日本船舶標準協会）が設立され、本会の標準化事業は終了した。