

Supported by  日本 THE NIPPON  
財団 FOUNDATION

平成 2 4 年度  
次世代型小型高速操舵装置の技術開発  
成果報告書

平成 2 5 年 3 月

社団法人 日本船用工業会



## はしがき

本報告書は、BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成 24 年度に社団法人日本船用工業会が実施した「次世代型小型高速操舵装置の技術開発」の成果をとりまとめたものである。

従来の操舵装置の油圧発生装置及び油圧シリンダーを、電動アクチュエータと油圧シリンダーとを一体化したハイブリッド方式にすることにより、操舵していない時にはエネルギーを消費しない高効率で、同時に、小型化、高速化した、次世代型小型高速操舵装置の開発を行うものである。

本開発は、平成 23 年度、24 年度の 2 年計画で、第一電気株式会社に委託して実施しており、その成果をここにまとめたものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団に厚く御礼申し上げる次第である。

平成 25 年 3 月  
(社)日本船用工業会



## 目 次

1. 事業の目的	1
2. 事業の目標	2
2.1 事業の最終目標	2
2.2 平成 23 年度の目標	2
3. 事業の内容	2
3.1 平成 23 年度の実施内容	2
3.2 平成 24 年度の実施内容	3
平成 23 年度 実施成果	4
4. 搭載船舶（実験船）の選定	5
4.1 選定活動	5
4.2 搭載船舶（実験船）の決定	5
4.2.1 搭載船舶（実験船）の変更	5
4.2.2 船社のプロフィール	5
4.2.3 造船会社のプロフィール	5
4.3 就航中の船舶への搭載工事	6
4.4 搭載船舶（実験船）への搭載工事	7
4.5 実験計画	8
4.6 保守体制	8
5. 装置の仕様確認	9
5.1 小型高速化のキーテクノロジー	9
5.2 概念設計	11
5.2.1 検討対象機種	11
5.2.2 2 機種 of 舵取機の要目	11
5.2.3 次世代型小型高速操舵装置の制御系統	12
5.2.4 次世代型舵取機	14
5.2.5 NK との協議(1)	15
5.3 詳細設計	15
5.3.1 次世代型小型高速操舵装置の制御系統	15
5.3.2 次世代型舵取機	17
5.3.3 次世代型制御盤	19
5.3.4 舵取機警報盤	21
5.3.5 NK との協議(2)	22
5.4 最終設計	22
5.4.1 次世代型制御盤	22
5.4.2 次世代型電動油圧アクチュエータの油圧回路	23

6. 装置の設計試作	24
6.1 操舵装置駆動部（サーボモータ/サーボ制御装置/油圧ポンプ）	28
6.2 既存の自動操舵装置と舵取機(油圧シリンダー)との接続装置	28
6.3 既存の油圧駆動装置との切替装置及び緊急時操船機構	29
6.3.1 既存の油圧駆動装置との切替装置	29
6.3.2 緊急時操作機構	30
7. 装置の作動確認	32
7.1 操舵装置制御部の作動確認	33
7.1.1 外観検査	33
7.1.2 機能試験	33
7.2 舵取機警報盤	33
7.2.1 外観検査	33
7.2.2 機能試験	33
7.3 操舵装置駆動部の作動確認	33
7.3.1 外観検査	33
7.3.2 機能試験	33
7.4 操舵機切替装置	33
7.4.1 外観検査	33
7.4.2 機能試験	33
7.5 総合確認	34
8. JG/NK 向け諸申請手続	36
9. 平成 23 年度の成果	37
9.1 実施内容のまとめ	37
9.1.1 搭載船舶（実験船）の選定	37
9.1.2 装置の仕様確認	37
9.1.3 装置の設計試作	38
9.1.4 装置の作動確認	38
9.1.5 JG/NK 向け諸申請手続	38
10. 平成 23 年度の目標の達成状況	38
10.1 小型軽量化	38
10.2 操舵性能	39
10.3 緊急時対応	39
11. 添付資料	39
・ 検査成績書（操舵機社内データ表）	40
・ 検査成績書（ハイブリッド・アクチュエータ 1）	41
・ 検査成績書（ハイブリッド・アクチュエータ 2）	42

平成 24 年度 実施成果	43
1 2. 製品化の検討	44
1 3. 試作装置の改良	45
13.1 操舵機の要目	45
13.2 操舵装置	46
13.3 操舵切替用バルブブロック	46
13.4 操舵装置制御系統図	47
13.5 操舵装置制御盤	48
13.6 操舵装置警報盤	48
1 4. 実船への装置搭載	49
14.1 操舵機社内データ表	49
14.2 環境試験	50
14.2.1 環境試験の試験項目、試験条件、試験方法及び判定基準	50
14.2.2 環境試験データ一覧	54
14.2.3 環境試験テスト一覧（写真）	61
14.3 装置搭載	66
1 5. 実船による性能評価	67
15.1 操舵装置試験法案	68
15.2 操舵装置公式試運転試験データ	69
15.3 ノイズ対策工事	70
1 6. 達成状況及び評価	72
16.1 達成内容	72
16.2 目標の達成	72
16.3 今後の予定	72
1 7. 搭載船舶及び搭載機器	73



## 1. 事業の目的

次世代型小型高速操舵装置を世界に先駆けて開発して、それらを船舶に搭載することを計画したものである。次世代型小型高速操舵装置とは、電動アクチュエータと油圧シリンダーという異なる特徴を持つシステムを組み合わせた、ハイブリッド技術による新しい操舵装置である。従来の油圧システムは電源投入後、電動機は常に回転を続けて常時圧油を作り出している。従来の操舵装置は、この圧油を方向制御弁で制御して油圧シリンダーの停動及び方向制御を行っており、操舵していない場合でも電力を消費しており、極めてエネルギー効率の低いシステムとなっている。

ハイブリッド技術による次世代型小型高速操舵装置は、サーボモータで直接油圧ポンプを駆動して、サーボモータの停動、回転方向及び回転速度を制御することによって、方向制御弁、圧力制御弁、油量制御弁が無い状態でも、油圧シリンダーを高精度に制御する事ができるシステムである。このようなシステムを導入する事によって、操舵していないときはサーボモータも油圧ポンプも停止しているため、消費電力が極めて少なく、エネルギー効率の高い操舵装置を実現することができる。

エネルギー効率が高いということは、エネルギー損失が少ないため油温上昇がほとんどなくなり、放熱のため冷却装置なども不要となるとともに、油圧シリンダーにサーボモータと油圧ポンプを一体化させることができるため、外部の油圧配管が不要となる。つまり、操舵装置の駆動源をハイブリッド化することによって、油圧制御弁、外部配管及び共用油タンクを除去することが可能となり、小型の操舵装置を実現することができる。

次世代型小型高速操舵装置の基本構成は、油圧シリンダー、油圧ポンプ及びサーボモータだけであり極めて単純化された構造であるため、保守点検が簡素化されるとともに、最大の効果は制御性能の向上である。

スーパーエコシップや内航船近代化に見られるように、今後はポッド推進機や特殊舵などの搭載が推進される傾向にあり、このような装置の機能を最大限に活用するためには、大舵角及び高精度での制御が要求されてくる。このような転舵速度の高速化や高精度制御を従来の操舵装置で実現することは、操舵装置の大型化に繋がり中小型船への搭載が厳しい状況となる。そこで、同一仕様の場合に従来の操舵装置に比べて小型軽量かつ高速転舵が可能な次世代型小型高速操舵装置を開発することによって、操船の安全性や省エネルギー効果の向上に大きく貢献することが期待できる。

本操舵装置の原型は、東京海洋大学「汐路丸」での実験搭載実績はあるが、実験搭載で使用した装置は、従来の油圧ユニットの代わりにサーボモータと油圧ポンプで構成する油圧ユニットを取り付けた機能確認用であり、フェイルセーフ機能、緊急操舵機能及び各種舶用対策は考慮されていなかったため、本事業では製品化を目指した次世代型小型高速操舵装置の開発を行う。

## 2. 事業の目標

本事業では、アクチュエータを駆動させる時のみサーボモータの回転数や回転方向を制御する新しい制御方式を備えた小型軽量を実現する次世代型小型高速操舵装置を開発することである。転舵速度の高速化による舵力アップが波浪中航行時や港内操船時の操船性能の向上に繋がり、中小型内航船をはじめ多くの船舶への普及を図るため、小型軽量かつ保守簡素化さらに量産効果による低価格化を実現する。

### 2.1 事業の最終目標

#### 1) 高速転舵速度

実船搭載可能な小型軽量の次世代型小型高速操舵装置を完成して、通常の操舵装置の転舵速度(約 2.3 度/秒)の 2 倍の約 4.6 度/秒の高速転舵を実現する。

#### 2) 省エネルギー

従来の油圧システムを用いた操舵装置に比べて、操舵に要する消費電力や作動油の 30 (%)以上の低減を実現する。

#### 3) 低価格化

主な対象船は 499 型内航船で搭載する隻数にも依存するが、従来型の操舵装置と同程度の価格帯を目指す。

### 2.2 平成 23 年度の目標

#### 1) 小型軽量化

通常の操舵装置の転舵速度(約 2.3 度/秒)より高速な転舵速度を実現するとともに、従来の油圧システムを用いた操舵装置に比べて小型軽量化を目指した装置の設計・開発を行う。

#### 2) 操舵性能

高精度制御と転舵速度高速化によって、従来の油圧システムを用いた操舵装置に比べて、並行移動や旋回性能に優れた高い操船性能を実現する。

#### 3) 緊急時対応

JG/NK で要求される緊急操舵や電源喪失時非常操舵に関する保護機構を設計する。

## 3. 事業の内容

平成 23 年度は、次世代型小型高速操舵装置の搭載船舶(実験船)の選定、選定結果に基づく操舵装置の仕様作成と試作及び JG/NK 向け諸申請の手続きを行う。

平成 24 年度は、試作した次世代型小型高速操舵装置を完成させるとともに、実船に搭載し性能評価を行う。

### 3.1 平成 23 年度の実施内容

#### 1) 搭載船舶(実験船)の選定

宮崎産業海運(株)、山本鐵工(株)、郵船商事(株)による船主への協力要請及び次世代型小型高速操舵装置の趣旨説明を行い、実験の対象船を選定する。

就航中の船舶への搭載工事、実験計画及び保守体制について検討する。

## 2) 装置の仕様確認

対象船に関する何種類かの次世代型小型高速操舵装置の概念設計を行うとともに、実験対象船の選定に伴う操舵装置駆動部の詳細設計を行う。

例えば、

- ・ 舵トルク 85KN-m (小型船舶 : ~ 500トン)
- ・ 舵トルク 120KN-m (499型内航船 : 500 ~ 1,000トン)
- ・ 舵トルク 250KN-m (中型内航/外航船 : 1,000トン ~)

## 3) 装置の設計試作

既存の油圧システムを確認するとともに、操舵室内での設置工事を考慮した装置(外形/重量/部品)の設計、試作及び工場などで作動確認を行う。

- ・ 操舵装置駆動部 (サーボモータ/サーボ制御装置/油圧ポンプ)
- ・ 既存の自動操舵装置と舵取機(油圧シリンダー)との接続装置
- ・ 既存の油圧駆動装置との切替装置及び緊急時操船機構

## 4) JG/NK 向け諸申請の手続

JG/NK 向け諸申請に関する資料を作成する。

次世代型小型高速操舵装置の申請範囲や内容について JG/NK と協議し申請手続きを行う。

## 5) 報告書作成

初年度の開発成果に関する報告書を作成する。

## 3.2 平成 24 年度の実施内容

### 1) 製品化の検討

初年度に試作した次世代型小型高速操舵装置の実船搭載に向けた搭載方法、搭載場所及び操作方法に関する具体的な検討を行う。

### 2) 試作装置の改良

製品化の検討結果などを考慮しながら対象船への搭載に向けた試作装置及び関連装置の改造と改良を行う。

### 3) 実船への装置搭載

次世代型小型高速操舵装置を対象船に搭載する造船所、搭載時期などを確認した上で、既存装置との切替及び安全性を考慮した搭載工事を行う。

搭載後は装置全体の操作性、安全性及び耐久性などを確認するための海上試運転を行う。

### 4) 実船による性能評価

対象船に搭載した次世代型小型高速操舵装置の性能を実際の航海を通して評価する。その間に電力消費量、騒音、作動環境に関する情報収集を同時に行う。

### 5) 総合評価及び報告書作成

平成 24 年度の開発成果に関する報告書を作成する。

平成23年度 実施成果

#### 4. 搭載船舶（実験船）の選定

次世代型小型高速操舵装置の実船における性能評価を行うために搭載船舶（実験船）として内航船を選定した。選定に当たっては、船級(JG(国土交通省海事局)/NK(日本海事協会))の見解を確認した上で、船社の合意を得る必要があったことから、NKに対する諸申請の手続きを先に検討しながら、仕様の確認を並行して進めた。

NKと先に交渉を行ったのは、NKの見解を先に入手し対応しておけば、JGに対する個船対応がスムーズに行くとの考えからである。

##### 4.1 選定活動

8月から10月にかけて、約20社の船社、約10社造船所を訪問し、本事業の主旨説明を行い、実船実験の協力要請を行った。

##### 4.2 搭載船舶（実験船）の決定

承諾を得られたのは井本商運株式会社であった。

###### 4.2.1 搭載船舶（実験船）の変更

当初、搭載船舶（実験船）は、就航船を計画していたが、井本商運株式会社が24年度に749総トン型コンテナ船を新造する計画であったためその計画に沿って進めた。現在、新造の計画は最終決定され本格的な建造体制に入っている。

###### 4.2.2 船社のプロフィール

井本商運株式会社は、内航フィーダー輸送の先駆者として、国内主要港と地方港を結ぶ役割を果たし、現在では、阪神、京阪港をハブ港とした内航フィーダーネットワークを確立し、顧客から高い評価を得ている。本社を神戸に置き、東京に事務所を構える内航船社である。749総トン型コンテナ船を10隻、499総トン型コンテナ船を7隻所有している。

###### 4.2.3 造船会社のプロフィール

造船会社は、広島県豊田郡大崎上島の小池造船海運株式会社である。小池造船は、内航船499総トンから749総トンの建造、修繕を手掛けるが、内航運送業ならびに内航運送取扱業までを営業に取り込み、複合化を図っている。表4.1に代表的な749総トン型コンテナ船の仕様を示した。

表 4.1 代表的な 749 総トン型コンテナ船の仕様

PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH (O.A)	95.70 M
LENGTH (P.P)	82.50 M
BREADTH (MLD)	14.80/16.00 M
DEPTH (MLD)	6.85/3.77 M
DRAFT (EXT)	3.67 M
GROSS TONNAGE	749 T
DEAD WEIGHT	(ABOUT) 1600 T
W. T. (船体外のバラストタンク容量)	(ABOUT) 400 T
MAIN ENGINE	SPEED (TRIAL MAX)
COMPLEMENT	8P
NAVIGATION AREA	COASTING
CLASS	JG
CONTAINER 20' * 8' * 9' 6"	IN HOLD 72TEU
	ON DECK 186TEU
	TOTAL 258TEU

#### 4.3 就航中の船舶への搭載工事

次世代型小型高速操舵装置は就航船にも搭載可能なことから、就航船への搭載工事について検討した。就航船への搭載方法には

Case 1：従来システムを残し次世代型小型高速操舵装置と切り替え可能にする。

Case 2：従来システムを撤去し次世代型小型高速操舵装置を設置する。

の2ケースが考えられるが、検討はより難しい“Case 1”で行った。

その搭載要領は、図 4.3 に示す通りであり、搭載工事を少なくして換装可能であることを確認した。

- ①始動器盤・油圧ユニット・配管はそのまま。
- ②配管と油圧シリンダー、パイロットスタンドと油圧ユニットを切り離す。
- ③油圧シリンダーを取り外す。
- ④次世代型電動油圧アクチュエータを据える。
- ⑤次世代型電動油圧アクチュエータと次世代型制御盤の接続と配線工事。
- ⑥次世代型制御盤とパイロットスタンドの接続と配線工事。
- ⑦舵取機警報盤を船橋に据え置きと配線工事。
- ⑧動作確認。

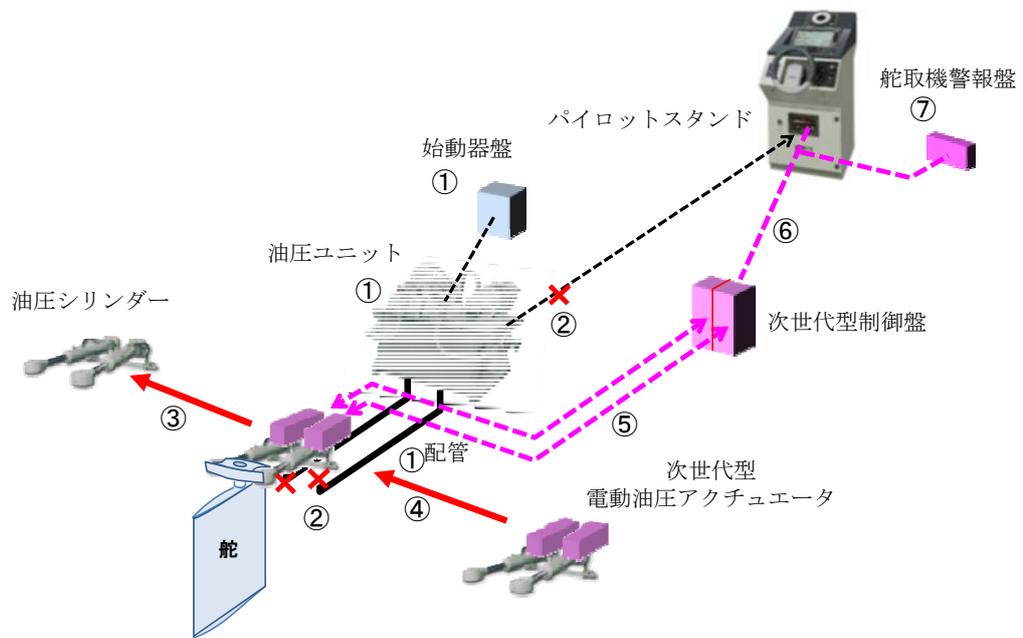


図 4.3 就航中の船舶への搭載工事要領

#### 4.4 搭載船舶（実験船）への搭載工事

搭載船舶（実験船）は新造船となった。試作機の設置や配線工事の計画は、新造船設計の段階から取り込み、搭載工事は建造時に一括して行うことができる。搭載船舶（実験船）への搭載を次のように検討した。搭載方法は“Case 1: 従来システムを残し次世代型小型高速操舵装置と切り替え可能にする”を採用し、搭載船舶（実験船）の装備品である既存の油圧方式舵取機と一緒に試作機を設置する。油圧シリンダーは両システム共通であり、試作機の次世代型電動油圧装置をあらかじめ油圧シリンダーと一体にしておく。両システムの制御切替は、図 4.4 に示すようにパイロットスタンドに組み込んだ舵取機切替装置(図中①)で行う。両システムの油圧回路切替は、計測要員の手動によるバルブ切替とする。

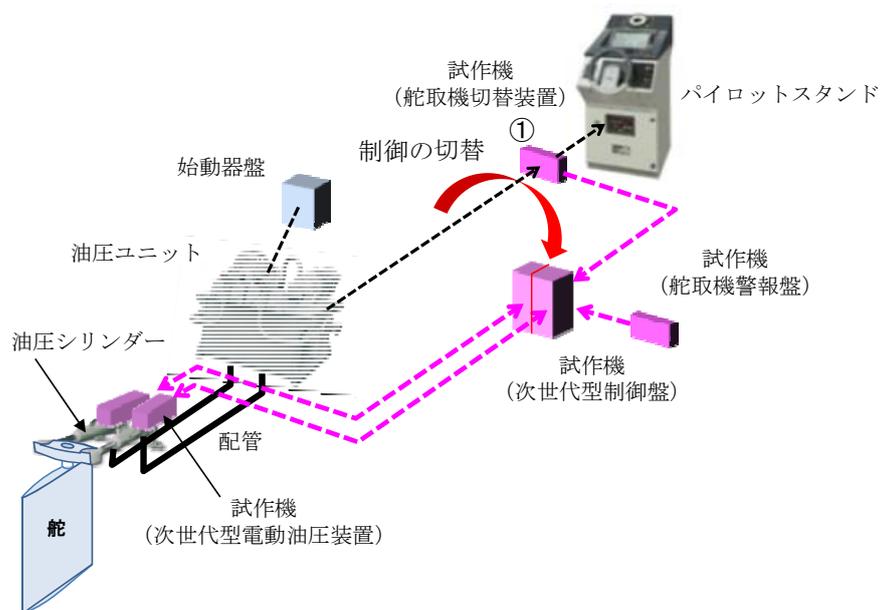


図 4.4 実験船への搭載要領

#### 4.5 実験計画

性能評価は下記の項目とした。平成 24 年度の搭載までは陸上において従来の油圧システムと比較できるように実験設備を整備し、可能な限りデータの収集を行う。

陸上と船上の評価項目を下表に示した。

	陸	船		陸	船
操作性		○	スペース	○	
転舵速度	○	○	油量/油漏れ	○	○
応答性	○	○	音		○
大きさ	○		メンテナンス性		○
省エネ	○	○	価格	○	

#### 4.6 保守体制

保守体制は操船装置を製造、販売し経験豊富な山本鐵工株式会社を総責任者として図 4.5 の体制を検討した。

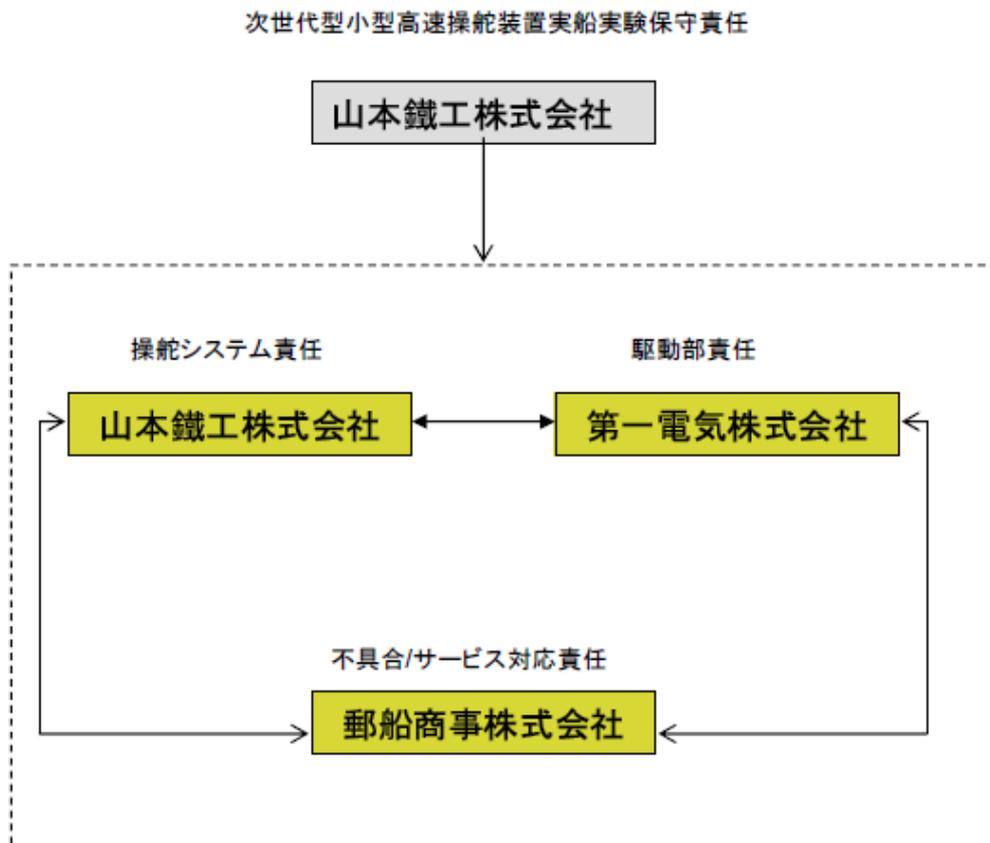


図 4.5 実験中の保守体制

## 5. 装置の仕様確認

概念設計に入る前に、次世代型小型高速操舵装置の小型高速化について検討した。

### 5.1 小型高速化のキーテクノロジー

陸上に於いて水門の駆動、プレス機器など多くの実績を持つ電動油圧システムに船用化の検討を加え、次世代型小型高速操舵装置の開発を検討した。

船舶用小型操舵装置の小型高速化を実現するため直接駆動制御方式を採用した。直接駆動制御方式は、制御機能をもったサーボモータと油圧ポンプの正逆回転制御により、作動油の吐出を正逆方向にコントロールし、サーボモータと油圧ポンプの回転数制御により、ロッド速度を自由自在にコントロールすることができる。この制御方式では、従来の油圧で必須であった大容量の作動油タンク、作動油の流れを制御する方向制御弁を必要とせず、小型で少量の作動油を効率よくロッドに作用させ駆動することができる。同じ定格の電動機と比較すると、サーボモータは、高回転数制御が可能であり、油圧ポンプにて高圧で大容量の作動油を吐出することができる。よって、ロッド速度を高速にすることができる。以上のことから、従来の油圧システムと比較して小型・高速化が可能であることを確かめた。図 5.1 に直接駆動制御方式と従来の油圧制御方式の違いを示した。図中、油圧ユニットの部分(499 型:700mm×740mm×720mm、749 型:1200mm×1000mm×900mm)が、次世代型電動油圧装置に置き換わる。次世代型電動油圧装置は、油圧シリンダーに搭載されるので、実質、油圧ユニットの部分が無くなったことになる。また、副次的に配管の必要性も大幅に削減された。図 5.2 に制御機能を備えたサーボモータと油圧ポンプから構成される次世代型電動油圧装置、油圧シリンダーと一体化した次世代型電動油圧アクチュエータの外観を示した。図 5.3 に次世代型電動油圧アクチュエータを使用した次世代型小型高速操舵装置の概念を示した。この図からわかるように従来の油圧システムと比較して、シンプルな操舵システムが実現できた。

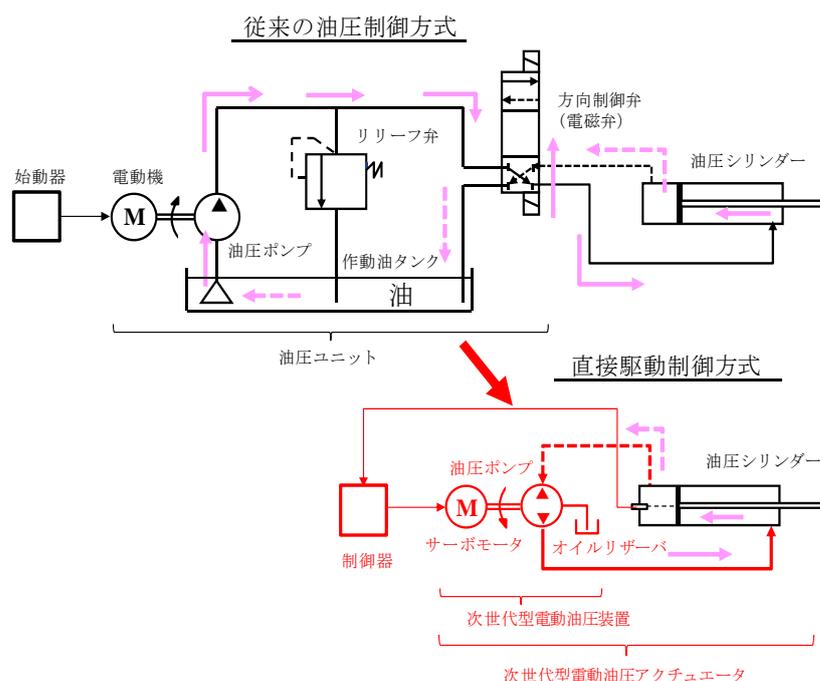


図 5.1 直接駆動制御方式と従来の油圧制御方式の違い

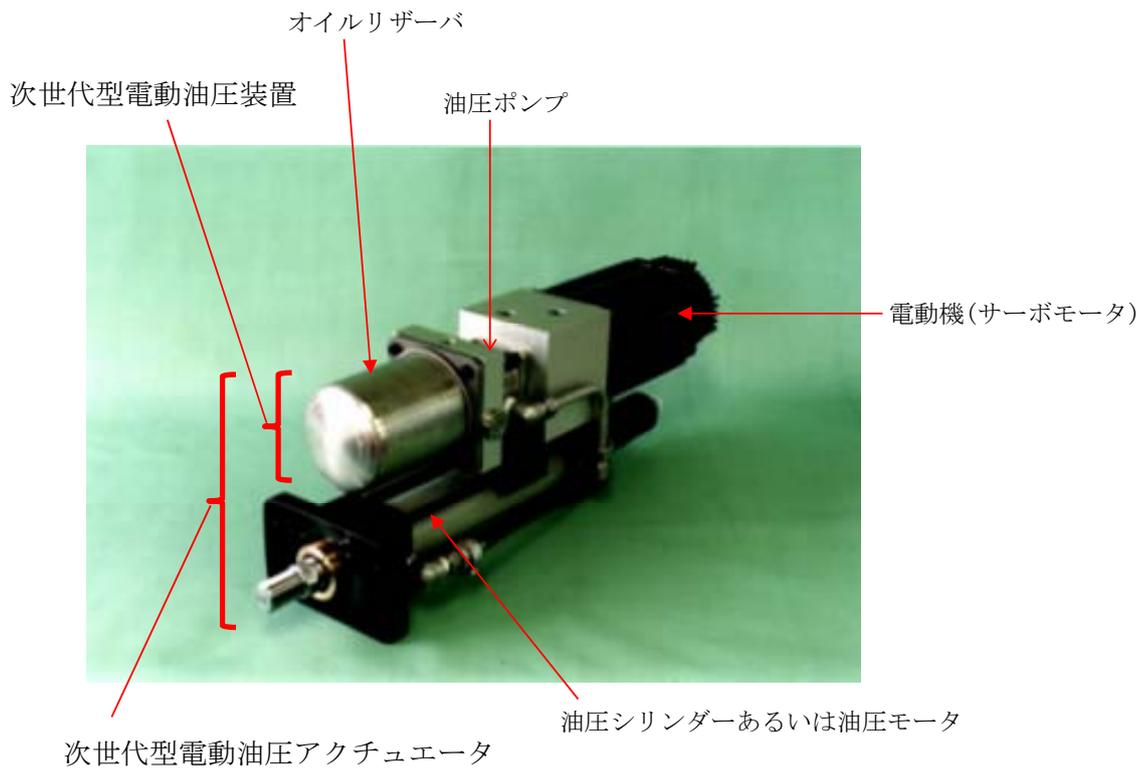


図 5.2 次世代型電動油圧アクチュエータ

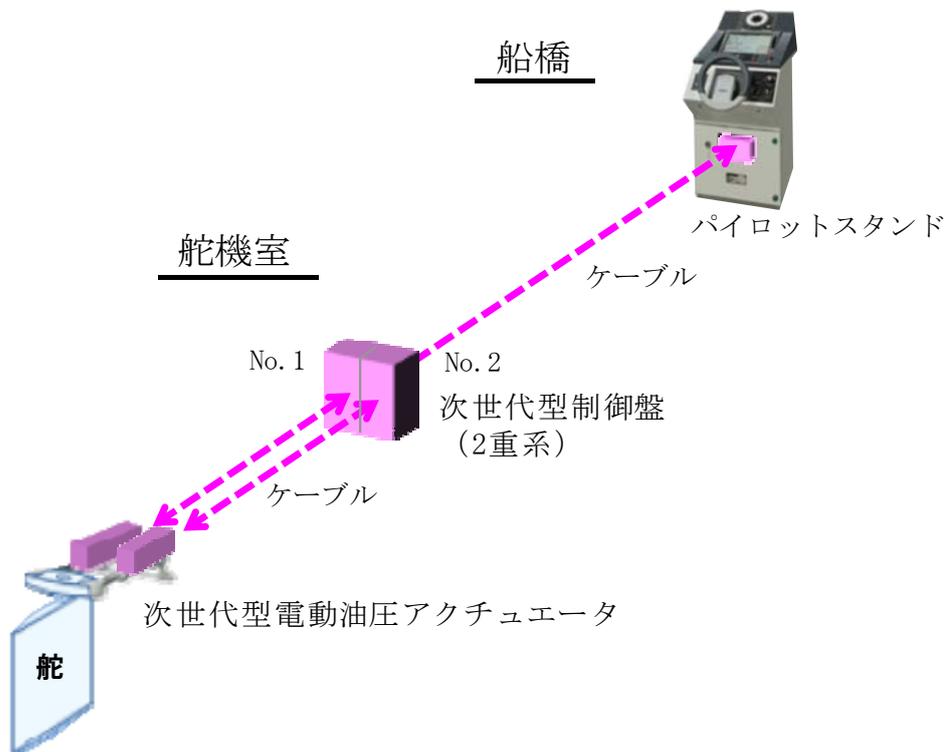


図 5.3 次世代型小型高速操舵装置の概念

## 5.2 概念設計

### 5.2.1 検討対象機種

プッシュ・プルの舵取機を備える内航船の総トン数と舵トルクの関係性を調査した結果、500トン未満の内航船(以下、499型という)には舵トルク 60kN-m が、500トン以上の内航船(以下、749型という)には舵トルク 85kN-m が多く採用されていることが判明した。

そこで、この2船種に絞り、2機種 of プッシュ・プル次世代型小型高速操舵装置の概念設計を行った。

### 5.2.2 2機種 of 舵取機の要目

499型ならびに749型用の代表的な舵取機の要目を表5.1、表5.2にそれぞれに示した。

表 5.1 499型の代表的な舵取機要目

SPECIFICATIONS OF ELECTRIC-HYDRAULIC STEERING GEAR		要 目 表	
1 TORQUE	トルク kN·m (kgf·m)	60.0 (6118)	
2 WORKING PRESSURE	作動圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	13.6 (139)	
3 DESIGN PRESSURE	設計圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	17.0 (173)	
4 TEST PRESSURE	試験圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	25.5 (260)	
5 SET PRESS. OF RELIEF VALVE	リリーフ設定圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	17.0 (173)	
6 TURN RUDDER SPEED	転舵速度 sec/70°	20以内/70° (30以内/140°)	
7 TILLER RADIUS	舵柄半径 mm	270	
8 CYLINDER INSIDE DIA.	シリンダ内径 mm	125	
9 PISTON ROD DIA.	ピストンロッド径 mm	70	
10 VOLUME OF NECESSARY OIL	転舵必要油量 l/70°, 140°	6.41 (70°) / 10.5 (140°)	
11 PISTON STROKE	ピストンストローク mm/70°, 140°	309.6 (70°) / 507.4 (140°)	
12 MAX. PISTON STROKE	最大ピストンストローク mm	514	
13 HYDRO-PUMP TYPE	油圧ポンプ型式 type	DUG-2-F6.3 x2	
14 HYDRO-PUMP CAPACITY	油圧ポンプ吐出量 l/min	13.4 x2	
15 ELECTRIC MOTOR	電動機	ACサーボモーター 5kW x2 0~3000min <sup>-1</sup>	
16 REVOLUTION OF STEERING WHEEL	操舵輪回転数 rev/140°	(YME-MPB) 300° (YME) 2	
17 MAX. TURN RUDDER ANGLE	最大転舵角度 max./deg	S72.5° ~ P72.5°	
18 EMERGENCY STEERING	予備操舵 rev./30°	2系統の島免除	
POWER SUPPLY & ALARM DEVICE			
POWER SUPPLY 電源	AC220V-3φ	POWER SUPPLY, ELECTRIC MOTOR	動力電源、電動機
	AC220V	CONTROL POWER	制御電源
	AC100V-1φ	RUDDER ANGLE INDICATOR DEVICE	舵角指示装置
	DC24V (BATTERY)	ALARM DEVICE	警報装置
ALARM DEVICE 警報装置	WHEEL HOUSE	操舵スタンド	
	RUNNING LAMP	運転表示灯	操舵スタンド異常
	POWER NO-VOLT	動力無電圧	フォローアップ異常
	CONT. NO-VOLT	制御無電圧	シーケンサー異常
	OVER LOAD	過負荷警報	サーボ異常
	LOW OIL LEVEL	液面低下警報	
	PHASE FAILURE	動力欠損	

表 5.2 749 型の代表的な舵取機要目

SPECIFICATIONS 要 目 表				
1	TORQUE	トルク kN・n (kgf・n)	85	(8670)
2	WORKING PRESSURE	作動圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	14.8	(151)
3	DESIGN PRESSURE	設計圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	18.5	(189)
4	TEST PRESSURE	試験圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	27.8	(283)
5	SET PRESS. OF RELIEF VALVE	リリーフ設定圧力 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	18.5	(189)
6	TURN RUDDER SPEED	転舵速度 sec/70°	22	24 (35) (140°)
7	TILLER RADIUS	舵柄半径 mm	340	
8	CYLINDER INSIDE DIA.	シリンダ内径 mm	125	
9	PISTON ROD DIA.	ピストンロッド径 mm	70	
10	VOLUME OF NECESSARY OIL	転舵必要油量 l/70°, 140°	8.07 (70°)	13.22 (140°)
11	PISTON STROKE	ピストンストローク mm/70°, 140°	390 (70°)	639 (140°)
12	MAX. PISTON STROKE	最大ピストンストローク mm	646	
13	HYDRO-PUMP TYPE	油圧ポンプ型式 type	DUG-2-F6.3	x2
14	HYDRO-PUMP CAPACITY	油圧ポンプ吐出量 l/min	13.9	x2
15	ELECTRIC MOTOR	電動機	ACサーボモーター 5kW	x2 0~3000min <sup>-1</sup>
16	REVOLUTION OF STEERING WHEEL	操舵輪回転数 rev/140°	(YME-MPB) 300°	(YME) 2
17	MAX. TURN RUDDER ANGLE	最大転舵角度 max./deg	72°	x2
18	EMERGENCY STEERING	予備操舵 rev./30°	2系統の為免除	
POWER SUPPLY & ALARM 電源及び警報				
POWER SUPPLY 電源	AC220V-3φ	POWER SUPPLY, ELECTRIC MOTOR	動力電源、電動機	
	AC220V	CONTROL POWER	制御電源	
	AC100V-1φ	RUDDER ANGLE INDICATOR DEVICE	舵角指示装置	
	DC24V (BATTERY)	ALARM DEVICE	警報装置	
ALARM DEVICE 警報装置	WHEEL HOUSE 操舵スタンド		ENGINE ROOM 機関室	
	RUNNING LAMP	運転表示灯	RUNNING LAMP	運転表示灯
	POWER NO VOLT	動力無電圧	POWER NO VOLT	動力無電圧
	CONT. NO-VOLT	制御無電圧	CONT. NO-VOLT	制御無電圧
	OVER LOAD	過負荷警報	OVER LOAD	過負荷警報
	LOW OIL LEVEL	液面低下警報	LOW OIL LEVEL	液面低下警報
	PHASE FAILURE	動力欠損	PHASE FAILURE	動力欠損
		操舵スタンド異常		
		フォローアップ異常		
	シーケンサー異常			
	サーボ異常			

5.2.3 次世代型小型高速操舵装置の制御系統

次世代型小型高速操舵装置の制御系統の概念設計を行った。

図 5.4 に次世代型小型高速操舵装置の制御系統を示した。この図は、499 型、749 型共通であり、従来型と異なる部分のみを抜き出して記述したものであり、NK への申請へも活用した。今回の技術開発の範囲は、次世代型制御盤、制御盤と接続したプッシュ・プル次世代型舵取機、そして次世代型舵取機の作動状況を表示する船橋のパイロットスタンドに組み込まれる舵取機警報盤である。

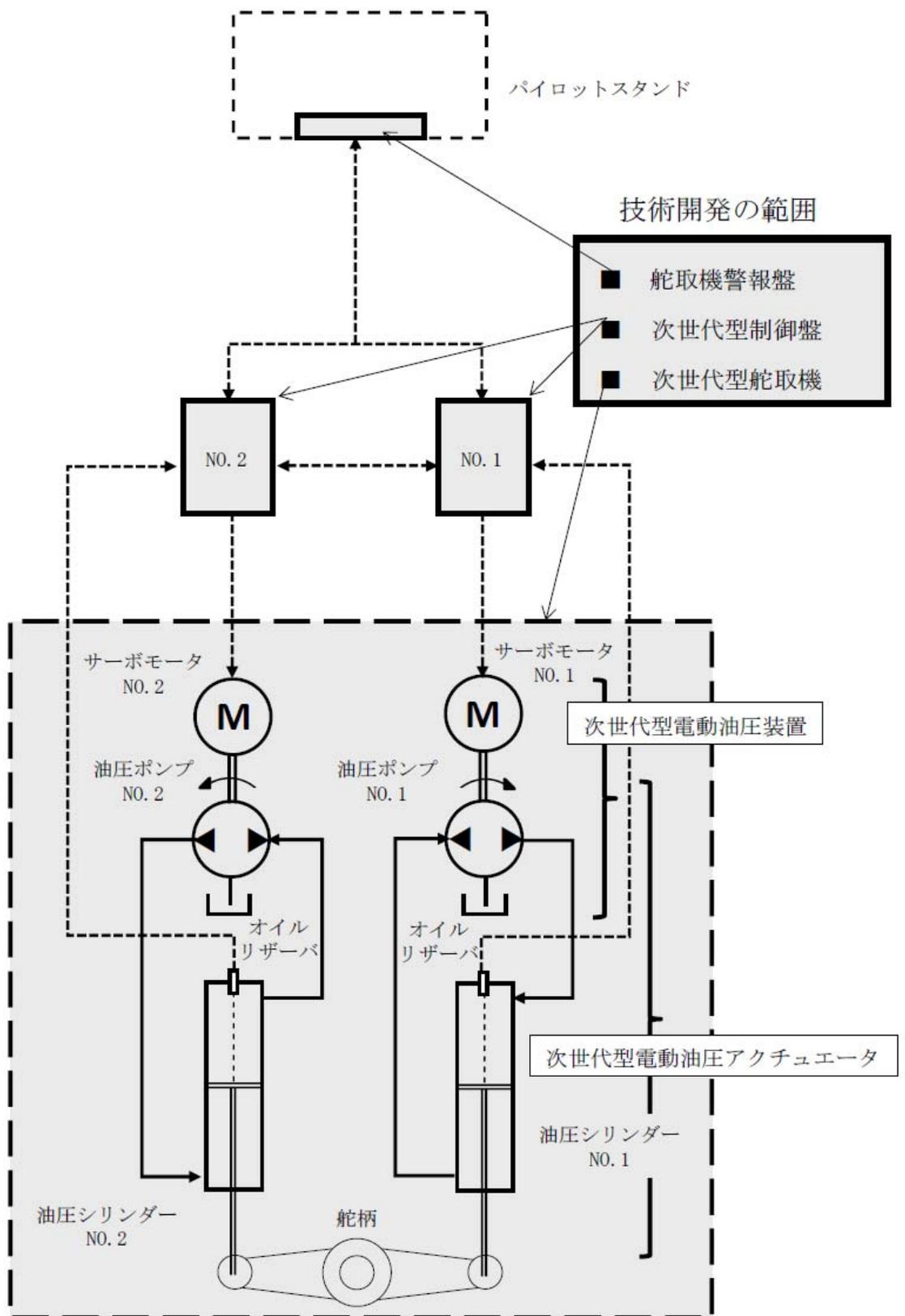


図 5.4 次世代型小型高速操舵装置の制御系統

#### 5.2.4 次世代型舵取機

次世代型舵取機の概念設計を行った。

次世代型舵取機は、従来の油圧システムでは必須であった方向制御弁の代わりに制御機能を備えたサーボモータと油圧ポンプから構成される次世代型電動油圧装置、油圧シリンダーと一体化した次世代型電動油圧アクチュエータ、シリンダーベッド、舵柄ならびに各種センサ類で構築される。次世代型電動油圧アクチュエータについては、従来の油圧システムに比べて極めて高精度の制御が実現された。油圧の優位点と電動の優位点をハイブリット化した優れものである。

図 5.5 に次世代型舵取機の機構を示した。図 5.6 に次世代型電動油圧アクチュエータの油圧回路を示した。499 型、749 型とも大きさは異なるが、同じ機構である。

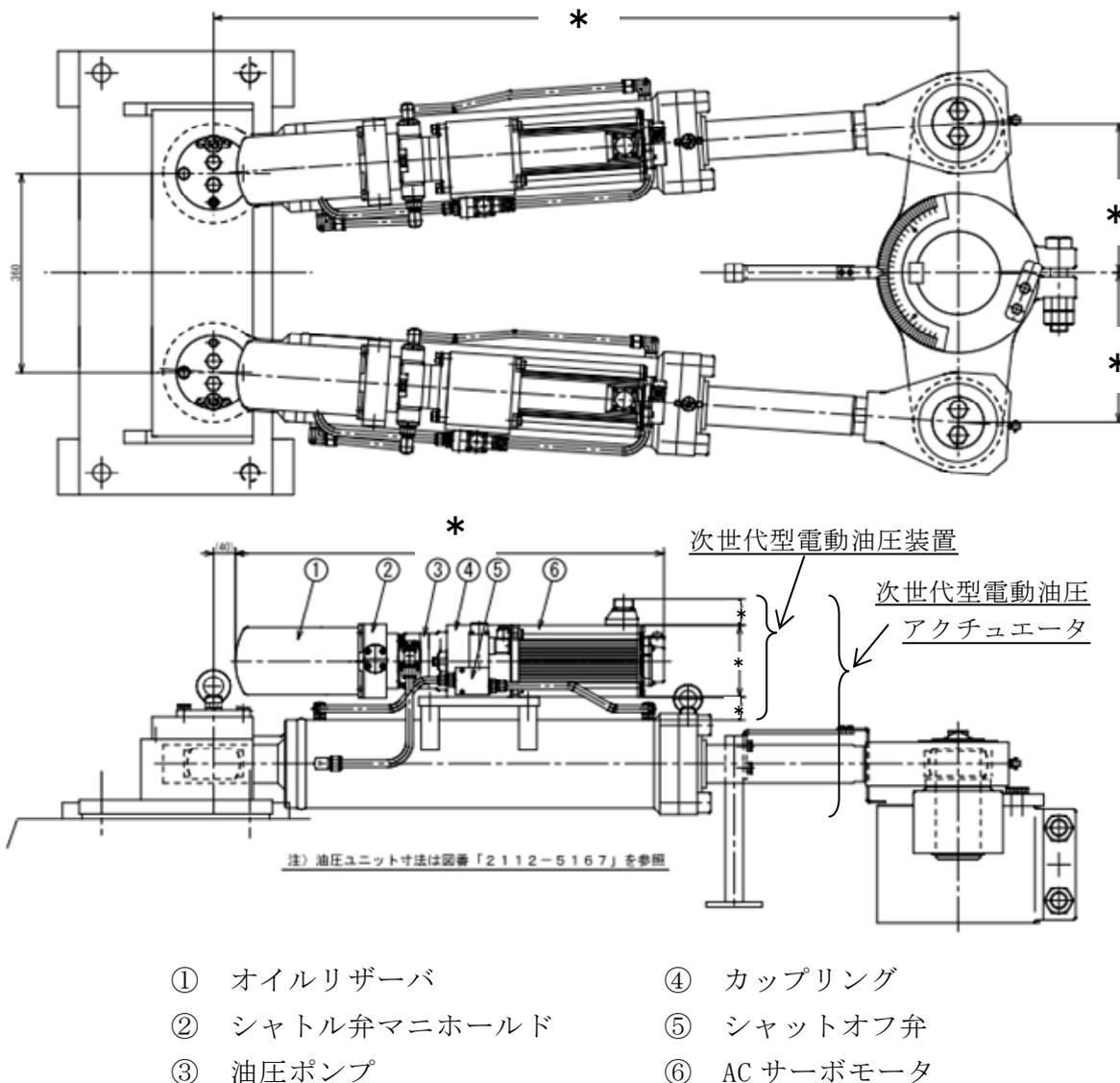
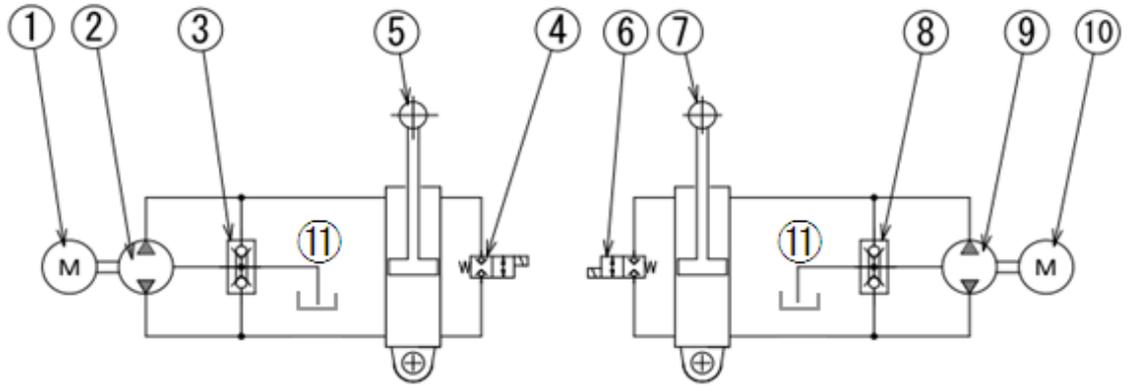


図 5.5 次世代型舵取機の機構



- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| ① AC サーボモータ 5kW 3000rpm   | ⑦ 油圧シリンダー                 |
| ② 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm | ⑧ シャトル弁マニホールド             |
| ③ シャトル弁マニホールド             | ⑨ 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm |
| ④ シャットオフ弁                 | ⑩ AC サーボモータ 5kW 3000rpm   |
| ⑤ 油圧シリンダー                 | ⑪ オイルリザーバ                 |
| ⑥ シャットオフ弁                 |                           |

図 5.6 次世代型電動油圧アクチュエータの油圧回路

#### 5.2.5 NK との協議 (1)

次世代型小型高速操舵装置の制御系統ならびに次世代型舵取機の概念設計を踏まえ、NK との協議に入った。NK のコメントは、詳細設計で反映した。

### 5.3 詳細設計

搭載船舶（実験船）が 749 総トン型コンテナ船と決定したことから、749 型の詳細設計を行った。

#### 5.3.1 次世代型小型高速操舵装置の制御系統

次世代型小型高速操舵装置の制御系統を詳細設計した。

図 5.7 に最終の制御系統を示した。これは、概念設計で検討した制御系統に油漏れに対応して作動油を補給できるように作動油タンク（主タンク、補助タンク）を追加すべきとの NK のコメントに対応したものである（鋼船規則 D 編 15.2.4-5、6）。図に示すように No. 1、No. 2 の次世代型電動油圧アクチュエータに装備されていたオイルリザーバを廃止し、No. 1、No. 2 共通の作動油タンクを中央に設けた。図中赤線部は概念設計からの変更を示した。

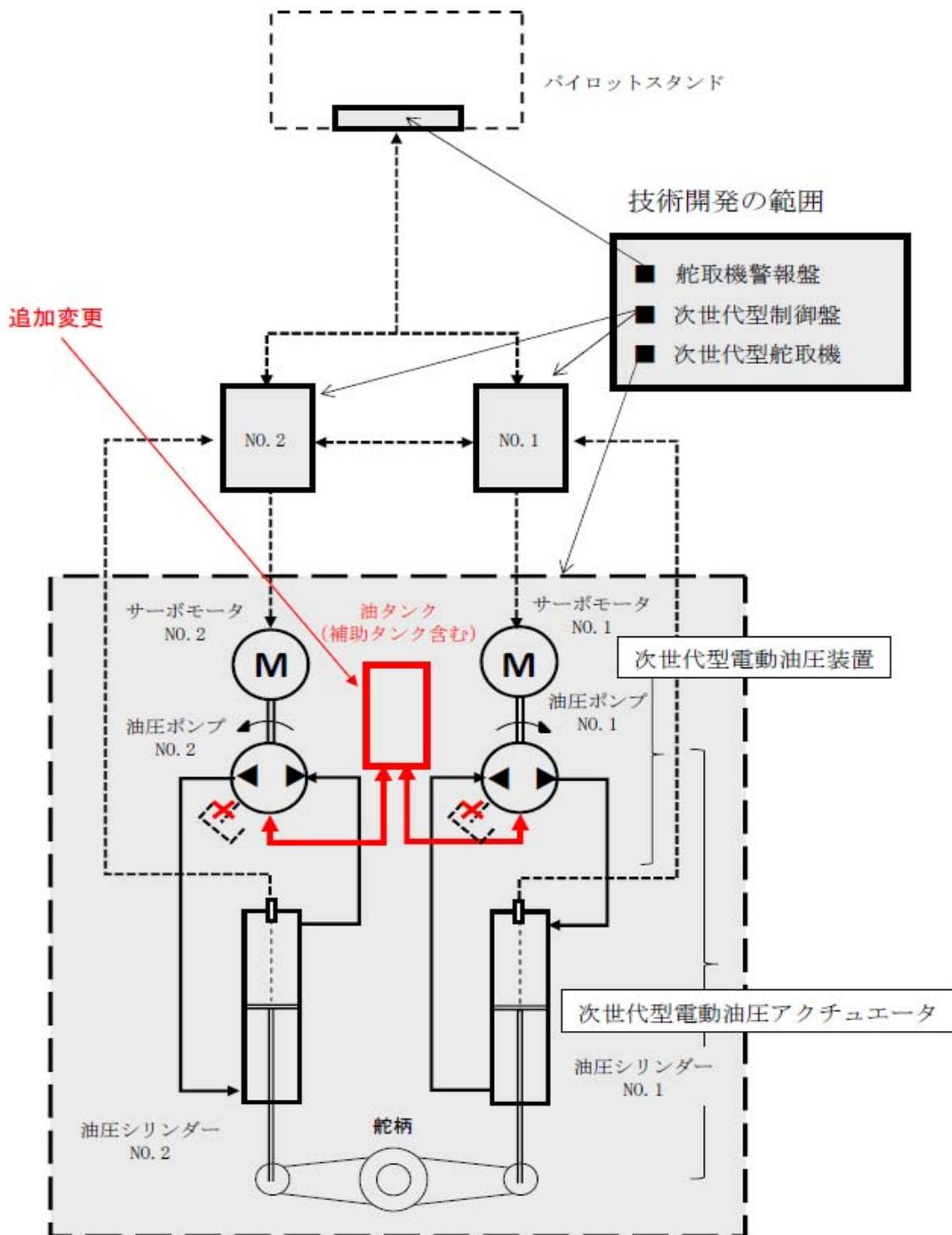
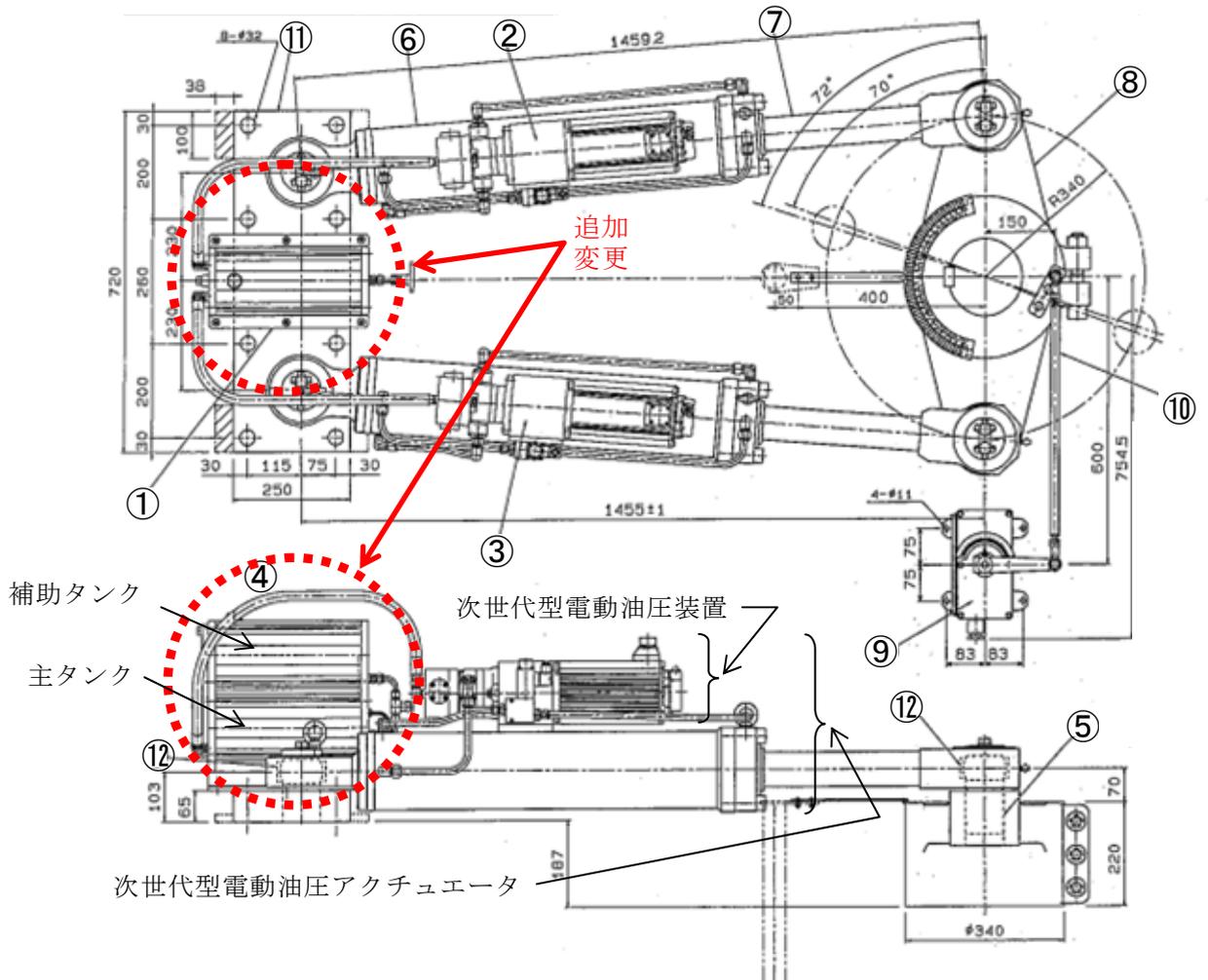


図 5.7 次世代型小型高速操舵装置の制御系統

### 5.3.2 次世代型舵取機

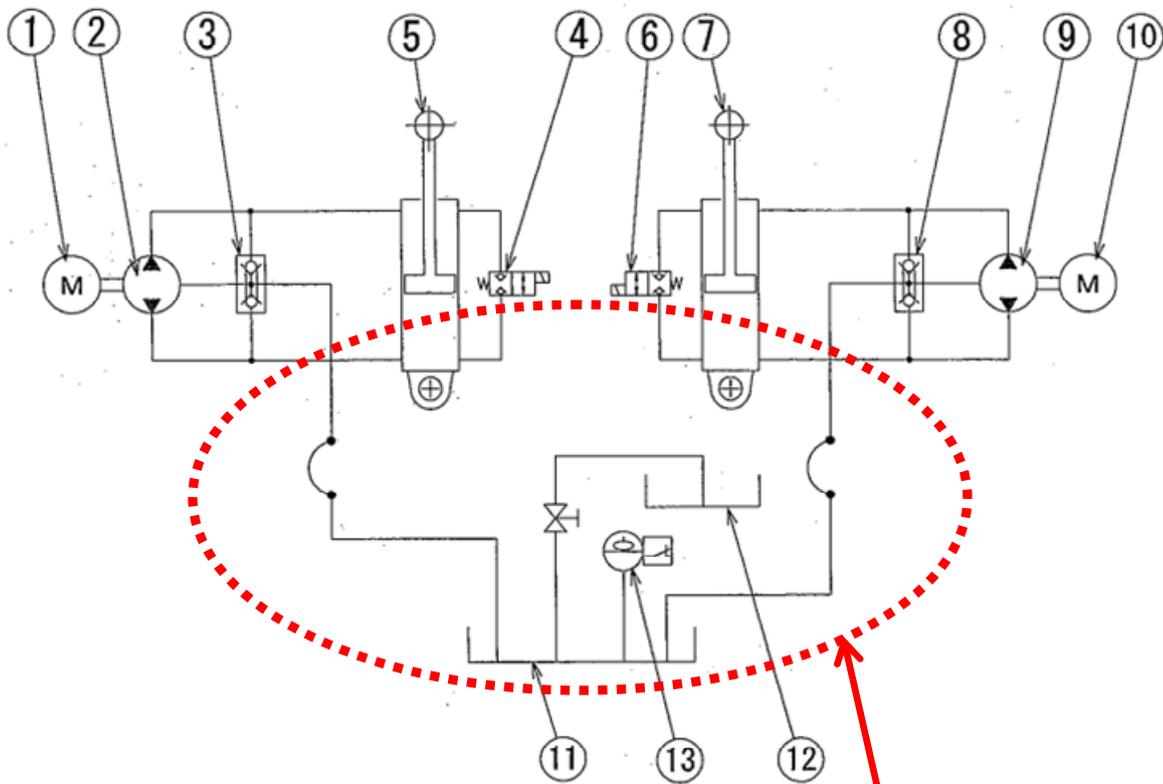
次世代型舵取機の詳細設計を行った。

図 5.8 に 749 型次世代型舵取機の機構を示した。図 5.9 に次世代型電動油圧アクチュエータの詳細油圧回路を示した。図中赤点線部は概念設計からの変更を示した。



- |                        |            |
|------------------------|------------|
| ① 主タンク (補助タンク含む)       | ⑦ ピストンロッド  |
| ② 右舷 (No. 1) 次世代電動油圧装置 | ⑧ 舵柄       |
| ③ 左舷 (No. 2) 次世代電動油圧装置 | ⑨ 舵角発信器    |
| ④ 高圧ゴムホース              | ⑩ 舵角指示用ロッド |
| ⑤ 止めピン                 | ⑪ シリンダーベッド |
| ⑥ 油圧シリンダー              | ⑫ 球面滑り軸受   |

図 5.8 749 型次世代型舵取機の機構



- ① AC サーボモータ 5kW 3000rpm
- ② 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm
- ③ シャトル弁マニホールド
- ④ シャットオフ弁
- ⑤ 油圧シリンダー
- ⑥ シャットオフ弁
- ⑦ 油圧シリンダー
- ⑧ シャトル弁マニホールド
- ⑨ 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm
- ⑩ AC サーボモータ 5kW 3000rpm
- ⑪ 主タンク 3L
- ⑫ 補助タンク 3L
- ⑬ 油面センサ

追加変更

図 5.9 次世代型電動油圧アクチュエータの詳細油圧回路

### 5.3.3 次世代型制御盤

次世代型制御盤の詳細設計を行った。

次世代型制御盤は、通常、No. 1(右舷用)、No. 2(左舷用)で独立しているが、お互いが同期を取りながら、次世代型舵取機のプッシュ・プルのコンピュータ制御を行う。各制御盤は相手側の制御盤を常時監視しており、どちらかがダウンした場合、生きている側が相手側の油圧回路をフリーにして、片側運転ができるような冗長性をもたせている。図 5.10 に No. 1(左舷用)制御盤の回路図を示した。図 5.11 に No. 2(右舷用)制御盤の回路図を示した。図 5.12 に次世代型制御盤の外形図を示した。

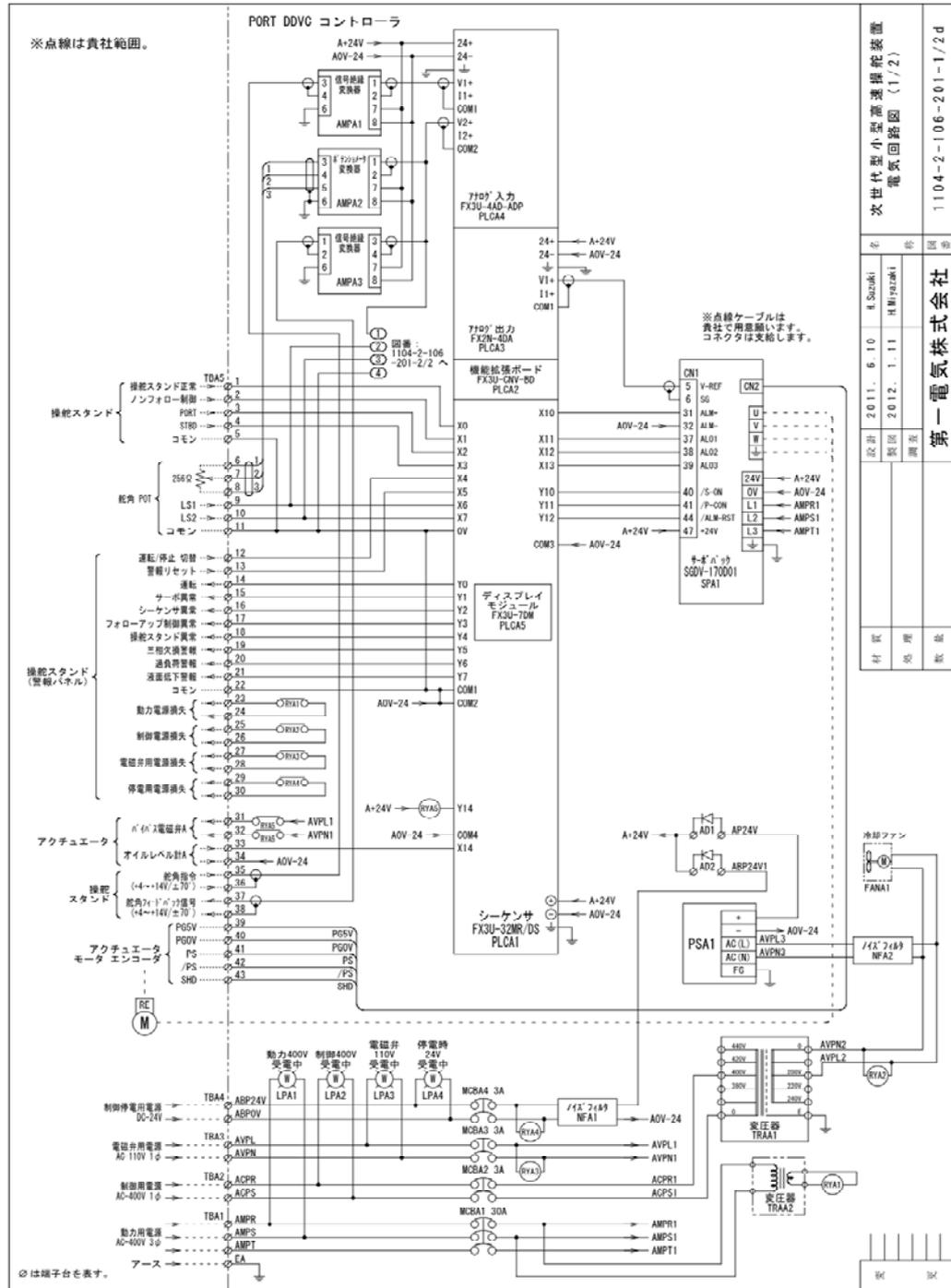


図 5.10 No. 1(左舷用)制御盤の回路図



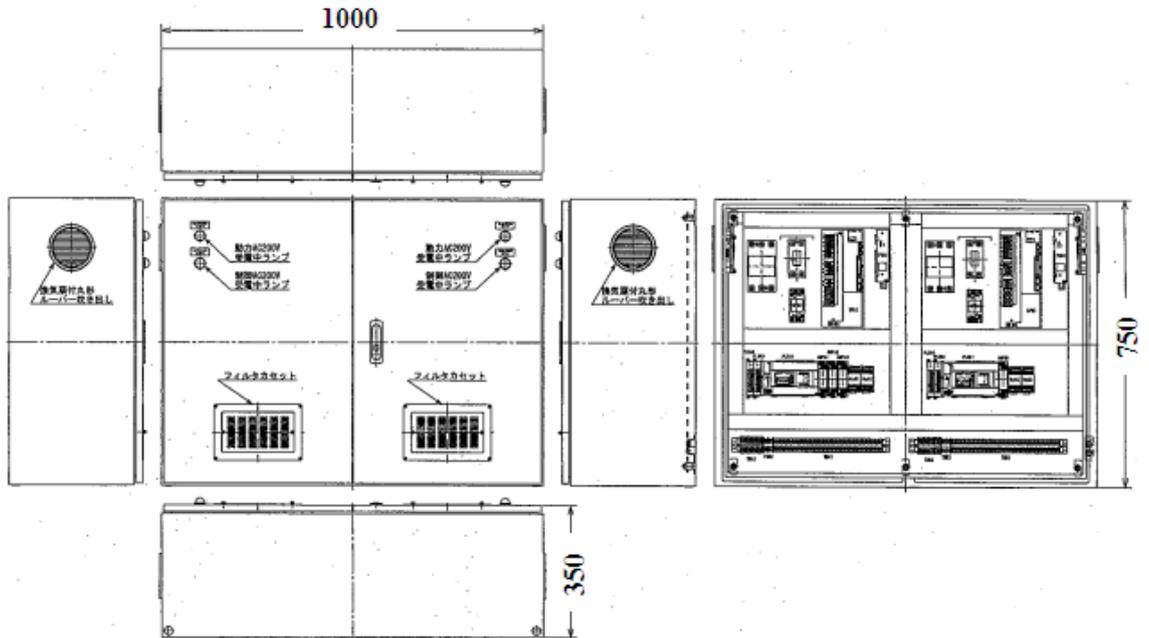


図 5.12 次世代型制御盤の外形図

### 5.3.4 舵取機警報盤

舵取機警報盤の詳細設計をした。

図 5.13 に舵取機警報盤の外形図を示した。舵取機警報盤は、パイロットスタンドの下方正面に組み込まれる。この盤面にて次世代型舵取機の作動状況が分かる。

従来に比べ、サーボモータ/ポンプ関係のアラーム点の追加、右舷、左舷駆動制御の独立に伴うアラーム点の追加がされている。

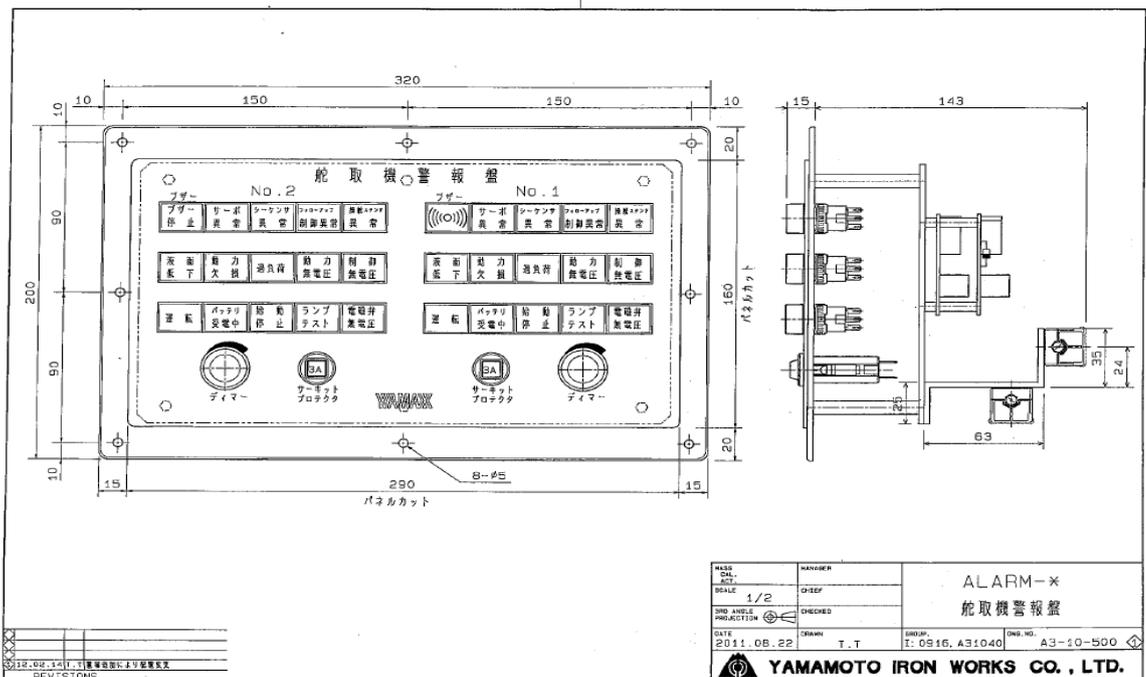


図 5.13 舵取機警報盤の外形図

### 5.3.5 NK との協議(2)

次世代型小型高速操舵装置の制御系統、次世代型制御盤、次世代型舵取機ならびに舵取機警報盤の詳細設計を取りまとめ、承認願用図面をNKに申請した。

## 5.4 最終設計

承認願用図面の返却に伴い、NKの最終コメントを折り込んだ。

### 5.4.1 次世代型制御盤

No.1 制御盤と No.2 制御盤を同一の盤(箱)に收容の場合、制御の独立性を確保する為、No.1 と No.2 を分離する為の仕切り板を入れる必要性をNKよりアドバイス頂き、図 5.14 に示すように制御回路分離の為の仕切り板を設けた。(鋼船規則 D 編 15.2.1-1)

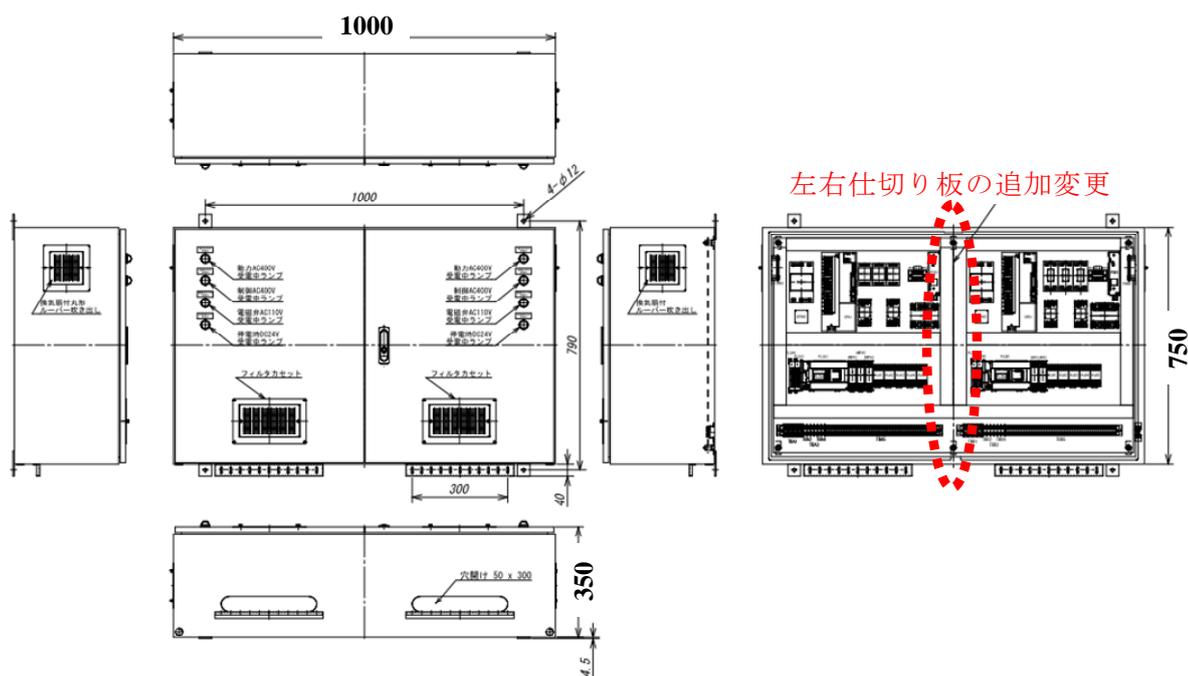
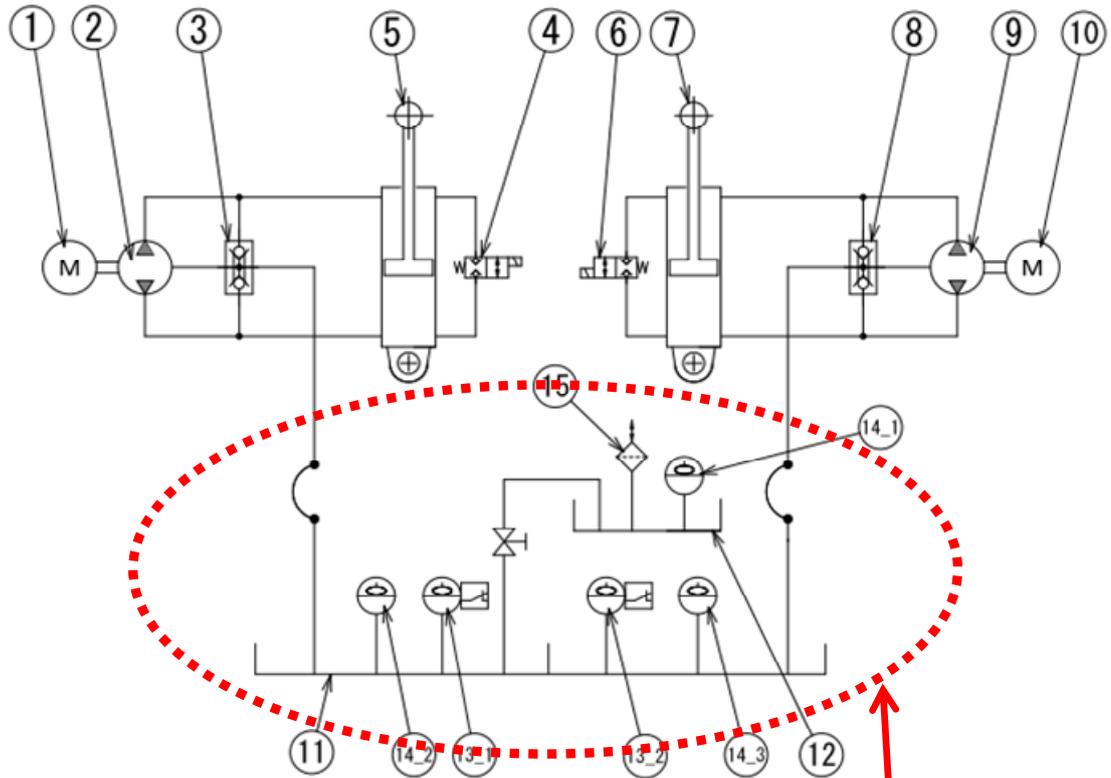


図 5.14 次世代型制御盤の外形図

#### 5.4.2 次世代型電動油圧アクチュエータの油圧回路

主タンクを分割し、それぞれのタンクに低面警報用液面センサを設けること（鋼船規則 D 編 15.2.1 および 15.2.4-5）、補助タンクには油面計を設けること（鋼船規則 D 編 15.2.4-6）とのコメントに図 5.15 に示すように対応した。



- ① AC サーボモータ 5kW 3000rpm
- ② 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm
- ③ シャトル弁マニホールド
- ④ シャットオフ弁
- ⑤ 油圧シリンダー
- ⑥ シャットオフ弁
- ⑦ 油圧シリンダー
- ⑧ シャトル弁マニホールド
- ⑨ 油圧ポンプ 6.3cc/rev 3000rpm
- ⑩ AC サーボモータ 5kW 3000rpm
- ⑪ 主タンク 3L
- ⑫ 補助タンク 3L
- ⑬ 1、2 液面センサ
- ⑭ 1～3 オイルゲージ
- ⑮ エアブリーザ

さらなる追加変更

図 5.15 次世代型電動油圧アクチュエータの最終油圧回路

## 6. 装置の設計試作

仕様確認において既存の油圧系統を確認すると共に、舵機室内での設置工事を考慮した装置(外形/重量/部品)の設計試作を行った。

設計試作は搭載船舶(実験船)に対応した749型で行った。

### 1) 次世代型舵取機

今回、設計、試作した、次世代型舵取機を図6.1に示す。

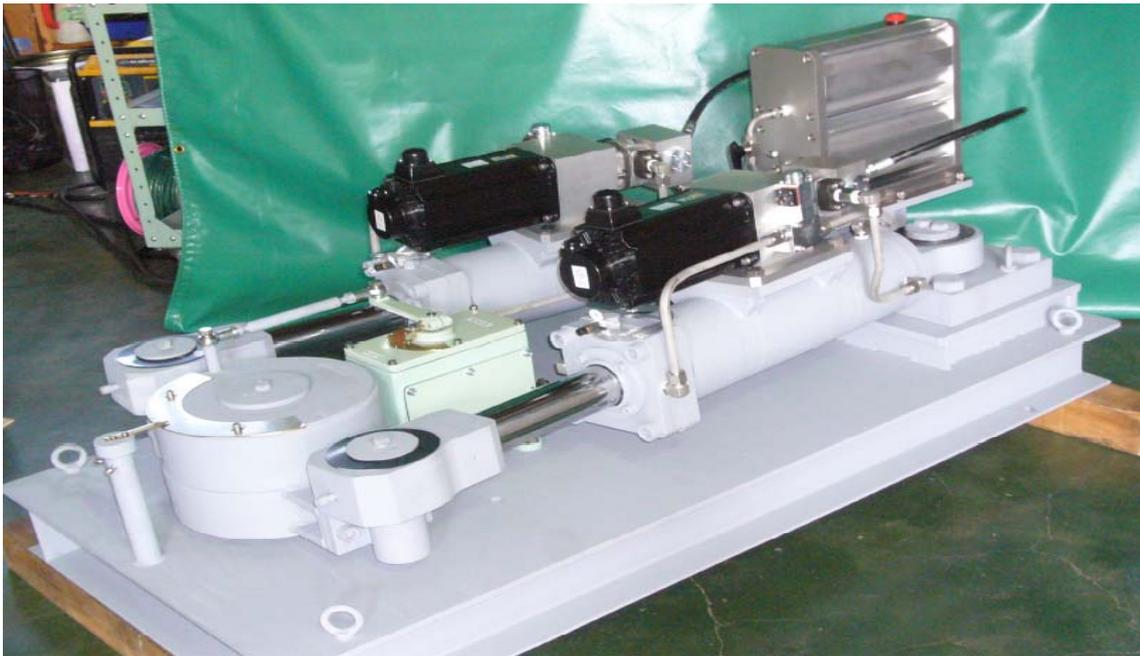
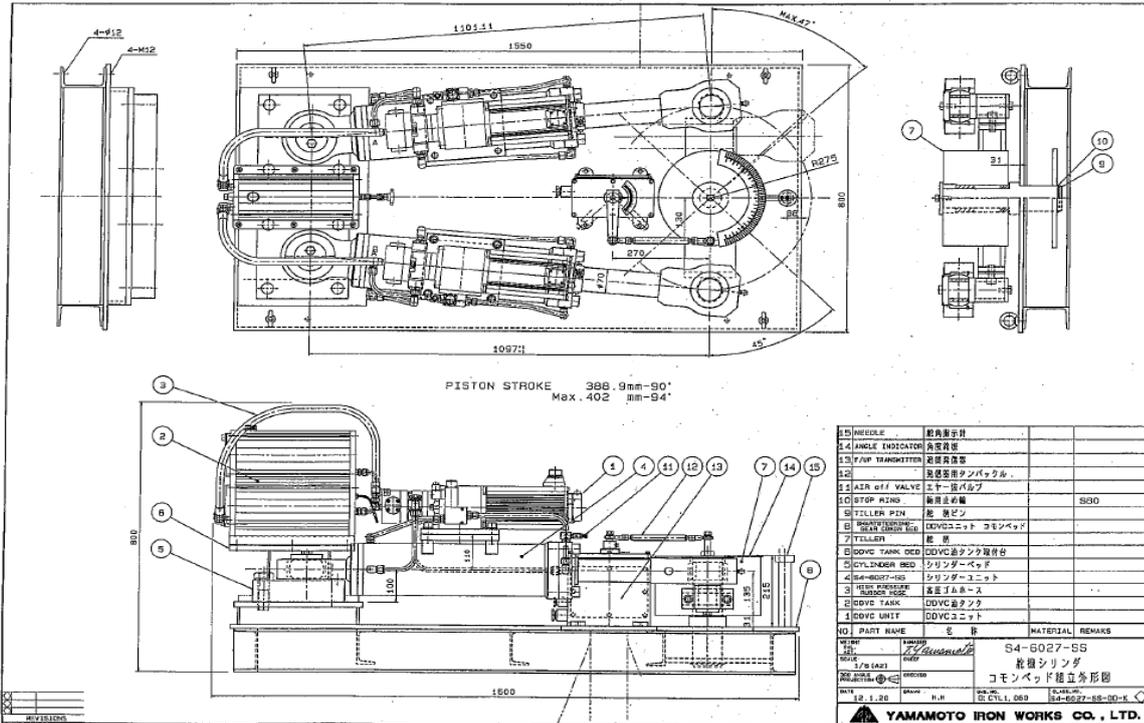


図 6.1 次世代型舵取機

## 2) 次世代型制御盤

今回、設計、試作した、次世代型制御盤を図 6.2 に示す。

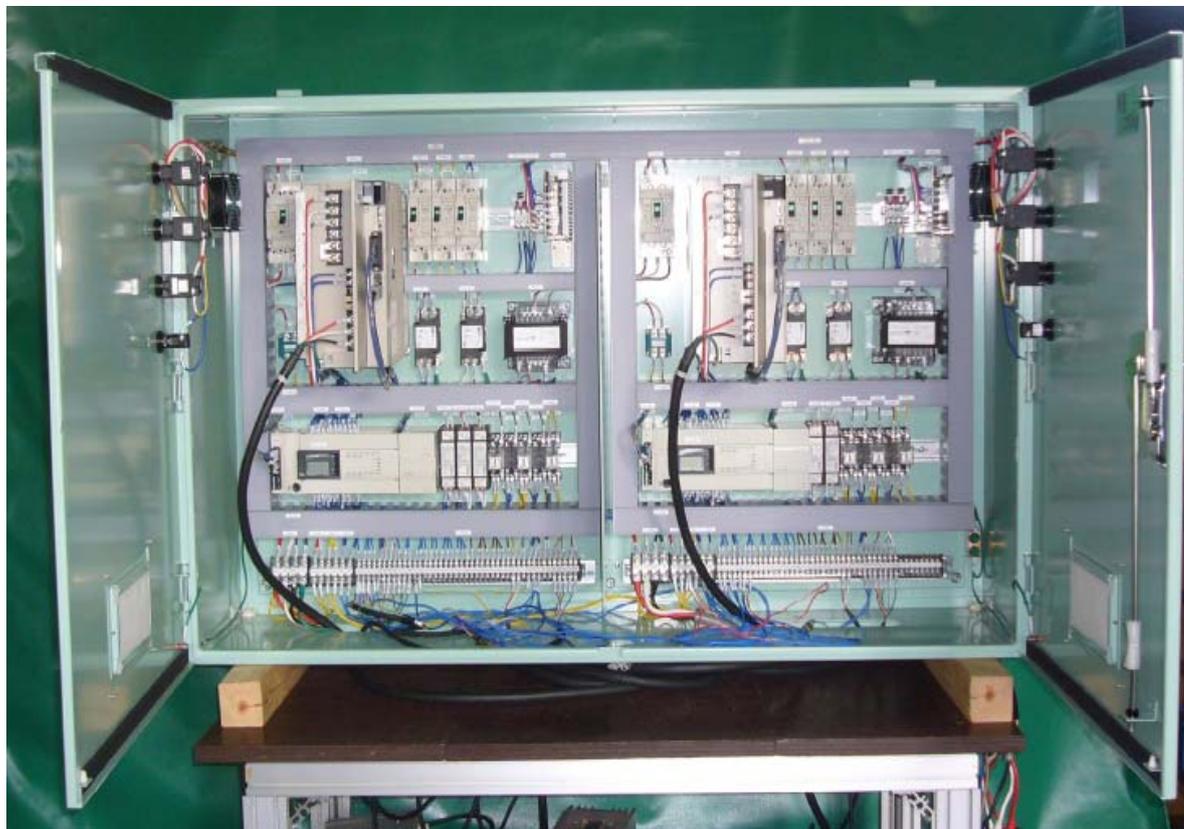
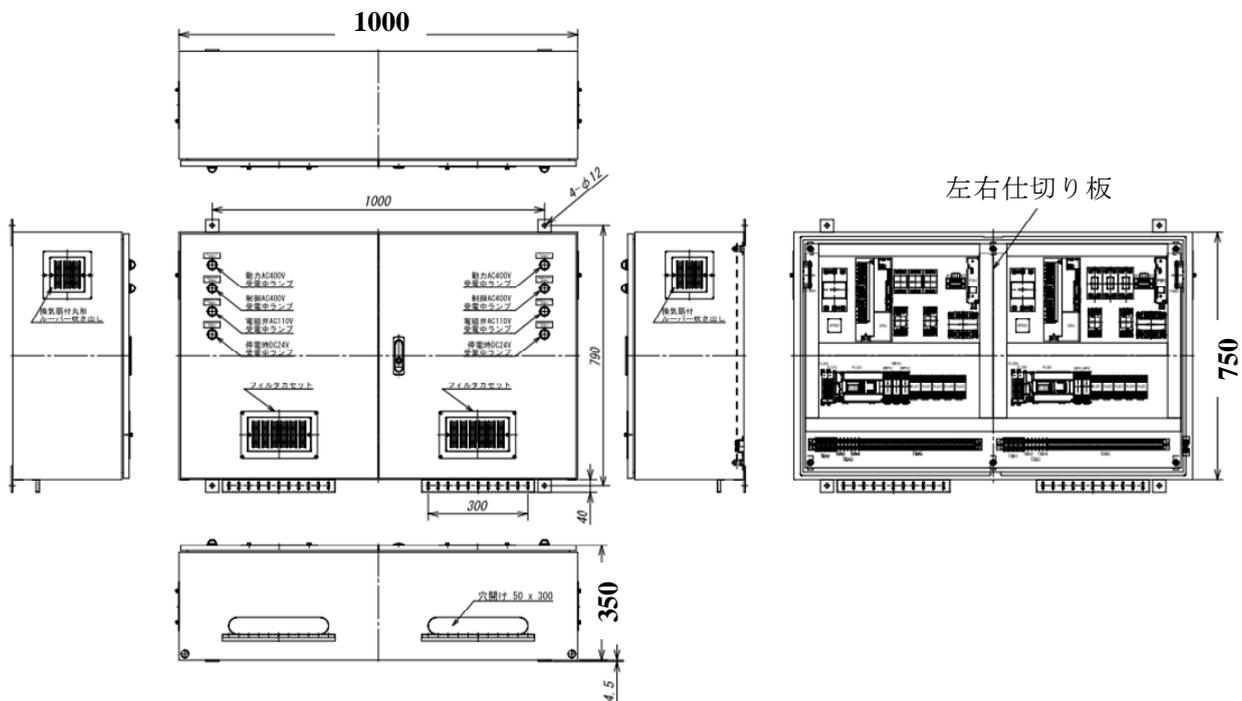


図 6.2 次世代型制御盤

3) 舵取機警報盤

今回、設計、試作した、舵取機警報盤を図 6.3 に示す。

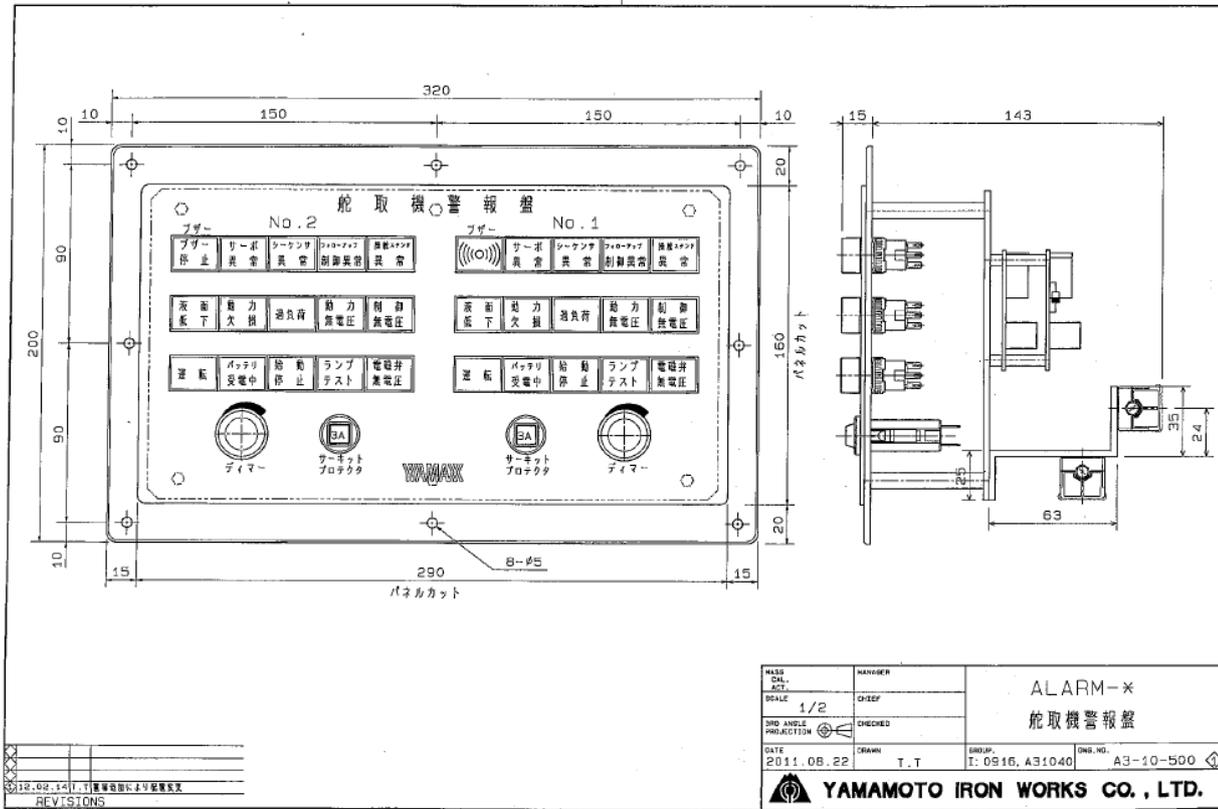


図 6.3 舵取機警報盤

#### 4) 舵取機切替装置

今回、設計、試作した、舵取機切替装置を図 6.4 に示す。

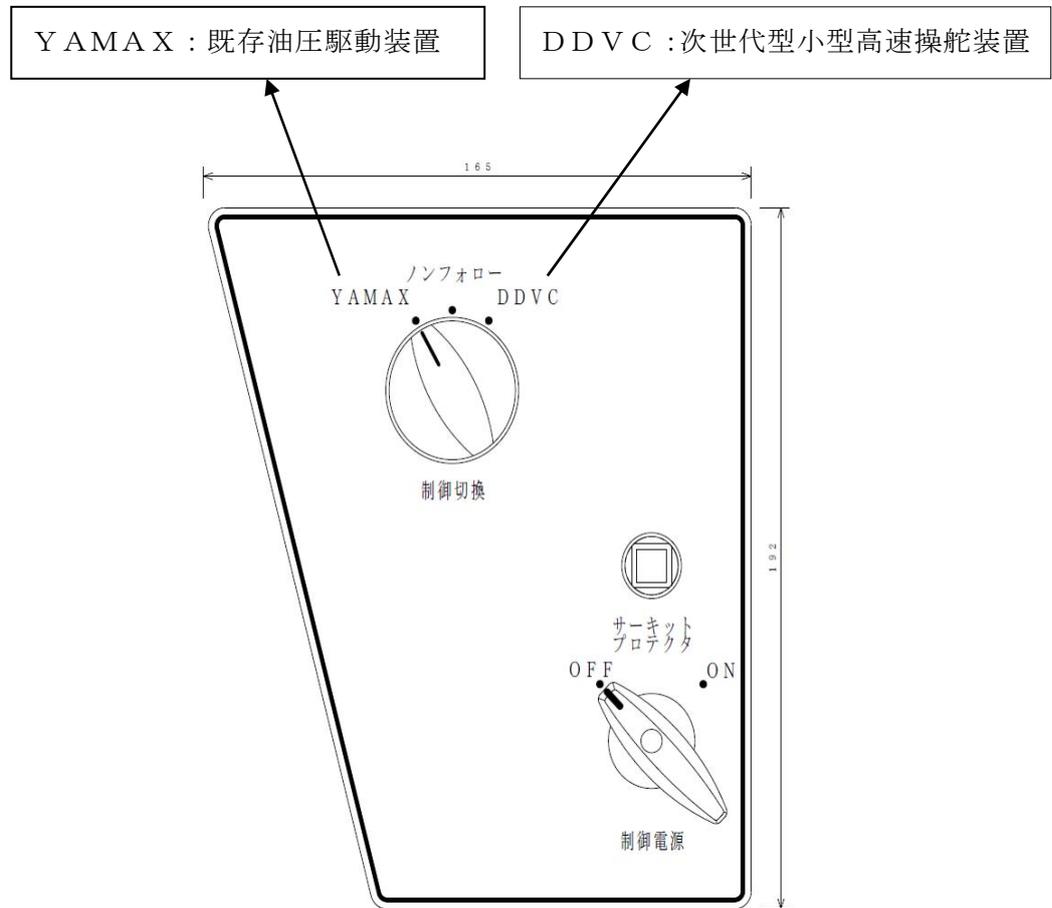


図 6.4 舵取機切替装置

6.1 操舵装置駆動部（サーボモータ/サーボ制御装置/油圧ポンプ）

図 6.1 次世代型舵取機、図 6.2 次世代型制御盤、各写真を参照。

6.2 既存の自動操舵装置と舵取機(油圧シリンダー)との接続装置

既存の自動操舵装置と舵取機(油圧シリンダー)との接続装置を検討した。

図 6.5 に既存の自動操舵装置と舵取機（油圧シリンダー）との接続系統を示す。接続装置としては、既存の自動操舵装置と次世代型操舵装置との制御切替を分担する舵取機切替装置ならびに油圧シリンダーとの接続切替を分担する切替装置で構成される。前者は、パイロットスタンドに組み込む。後者は、6.3 章で説明する。

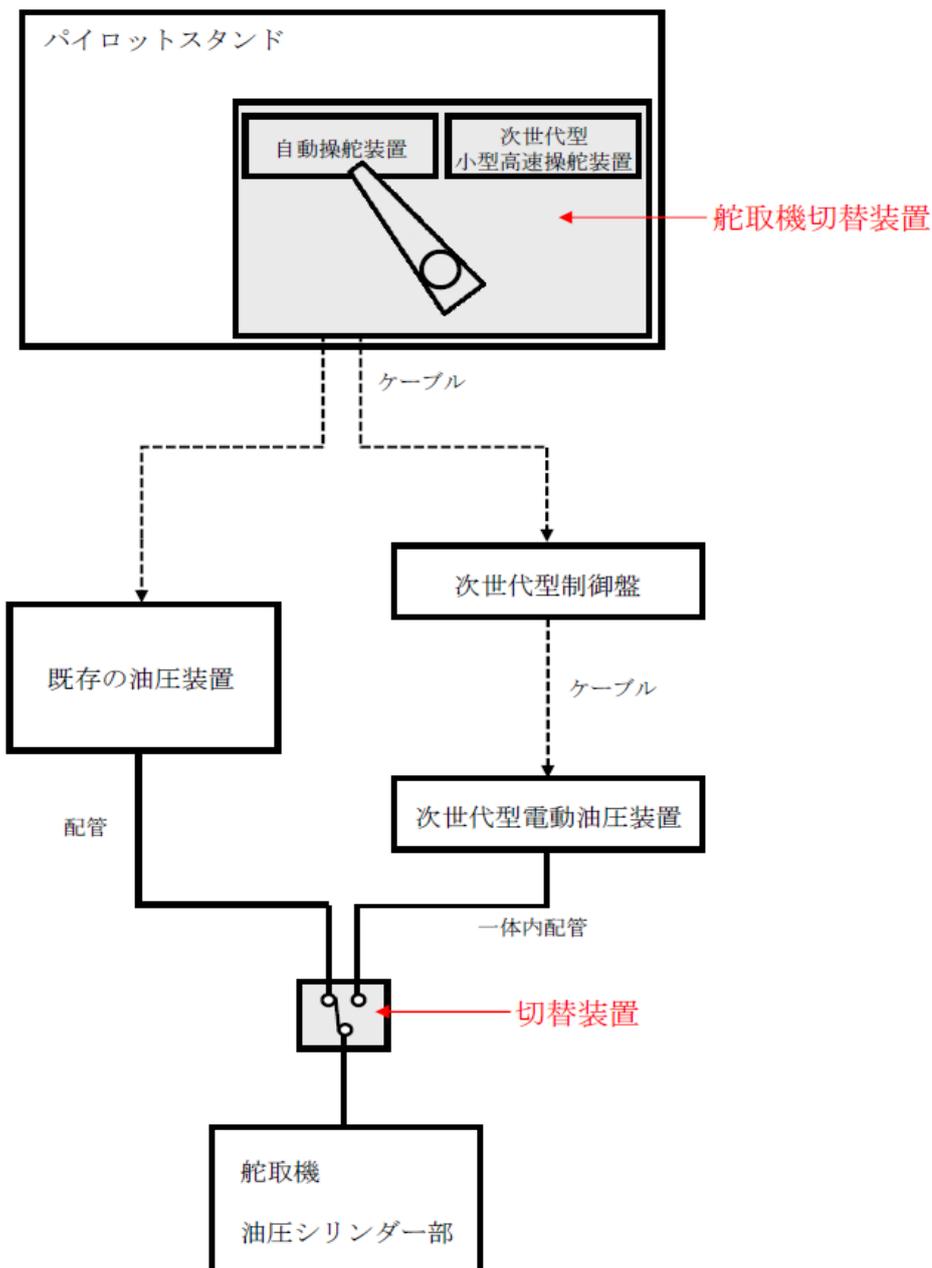


図 6.5 既存の自動操舵装置と舵取機（油圧シリンダー部）との接続系統

### 6.3 既存の油圧駆動装置との切替装置及び緊急時操船機構

#### 6.3.1 既存の油圧駆動装置との切替装置

既存の油圧駆動装置(油圧シリンダー含む)との切替装置を詳細に検討した。

今回は試作装置である為に既存の油圧駆動装置から油圧シリンダーへの油を遮断する為のバルブ操作は手動で開閉する方法を採用した。図 6.6 に既存の油圧駆動装置との切替方法、図 6.7 に既存の油圧駆動装置と試作機を接続した油圧回路を示す。

図 6.6 における既存の油圧駆動装置から試作機への切替手順は以下の通りである。

- ①パイロットスタンドによるスタンバイと舵中立
- ②パイロットスタンドに組み込まれた舵取機切替装置による既存から試作機への制御切替
- ③～⑩バルブの手動切替 (③～⑥試作機バルブ開、⑦～⑩既存バルブ閉)
- ⑪パイロットスタンドによる操舵開始

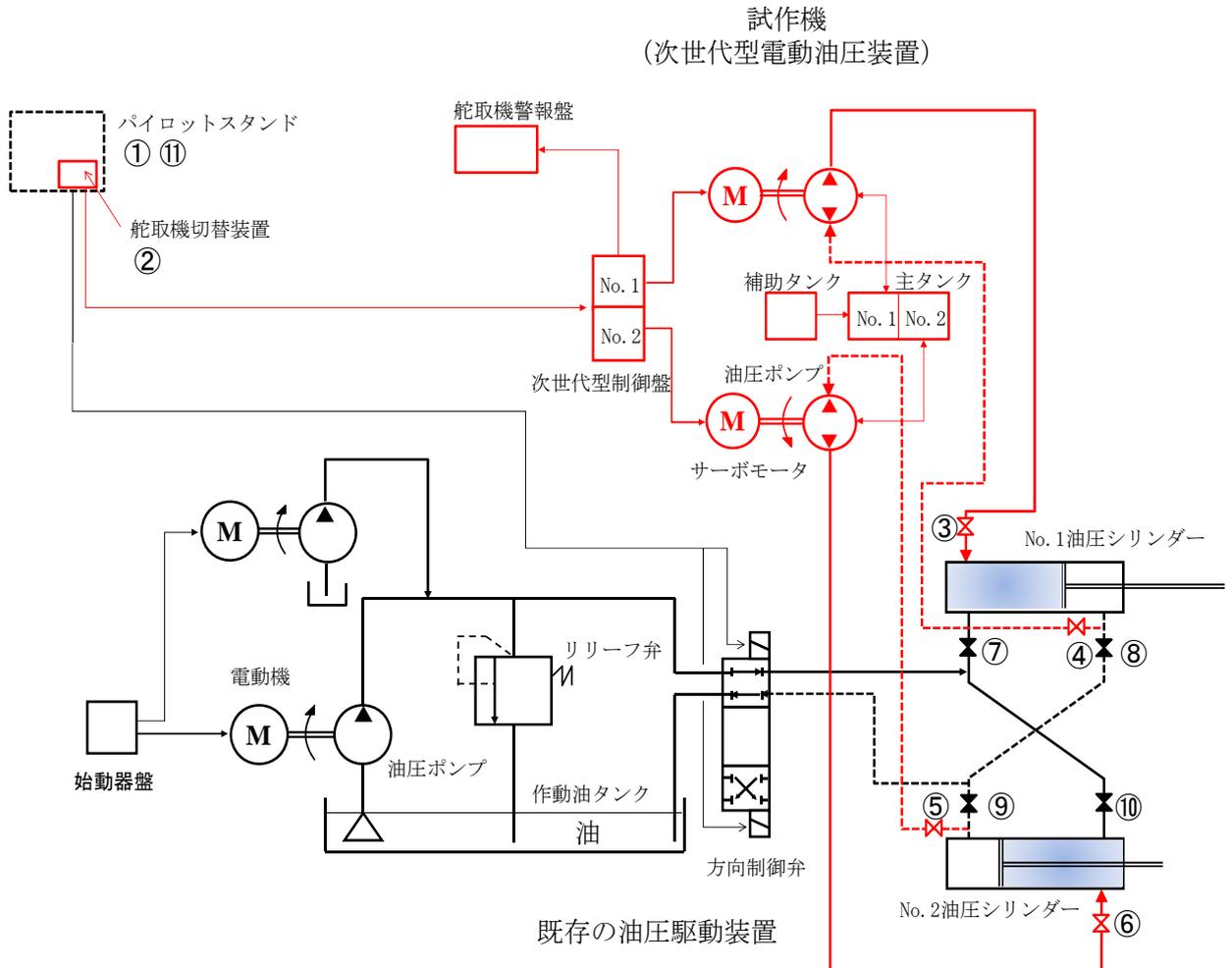


図 6.6 既存の油圧駆動装置との切替方法

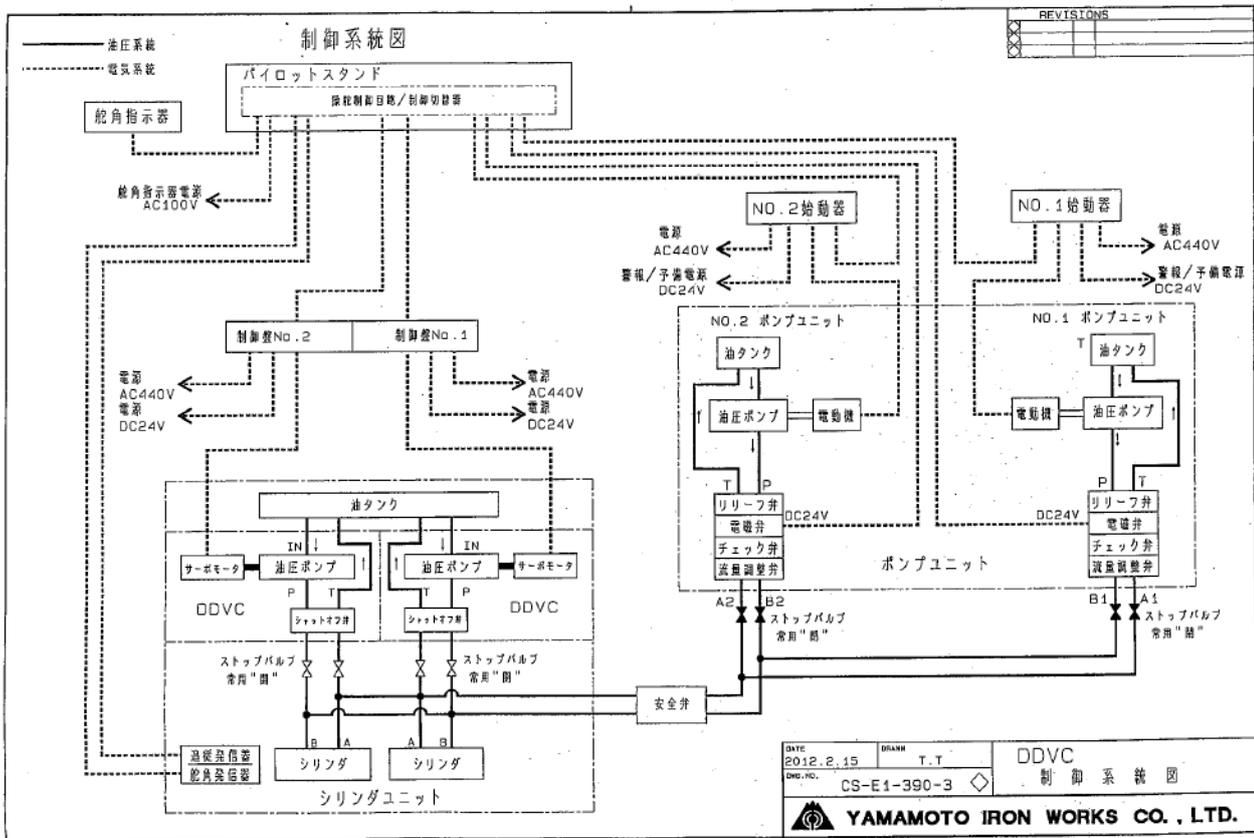


図 6.7 既存の油圧駆動装置と試作機を接続した油圧回路

### 6.3.2 緊急時操作機構

緊急時操作機構を検討した。

搭載船舶（実験船）では既存の自動操舵装置および次世代型小型高速操舵装置の二つのシステムが搭載されるが、これら二つのシステムはパイロットスタンドに設置される舵取機切替装置により容易に切替られることを確認した。次世代型小型高速操舵装置の試験中に不具合が発生しても即座に切り離し、既存の自動操舵装置に戻すことを可能にした。

さらに次世代型小型高速操舵装置は、No. 1 油圧シリンダー、No. 2 油圧シリンダーに対応した独立処理設計となっているため、一方の不具合が他方に影響することの無いよう信頼性の高い冗長化システムを構成した。但し、この場合、不具合が発生した側の油圧シリンダーは自動的に休止となる為、操舵機出力パワーは半減することになるが片方の油圧シリンダーのみでも操作可能となるよう設計した。

図 6.8 に No. 1 油圧シリンダー、No. 2 油圧シリンダーの独立処理系統を示す。

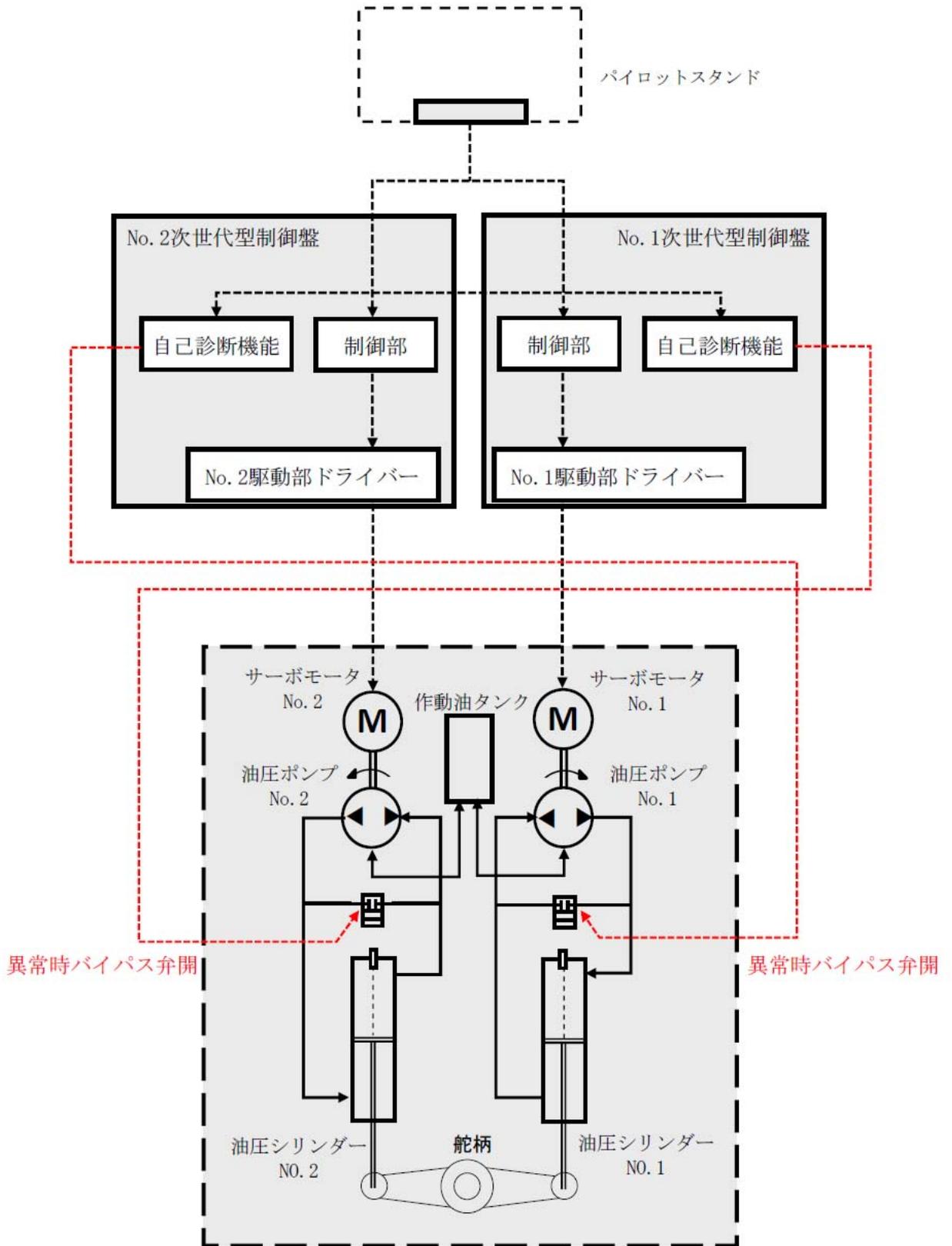


図 6.8 No. 1 油圧シリンダー、No. 2 油圧シリンダーの独立処理系統

## 7. 装置の作動確認

本システムの設計試作と並行して工場での作動確認を行った。さらにシステム全体の作動確認を、図 7.1、図 7.2 に示す構成で実施した。

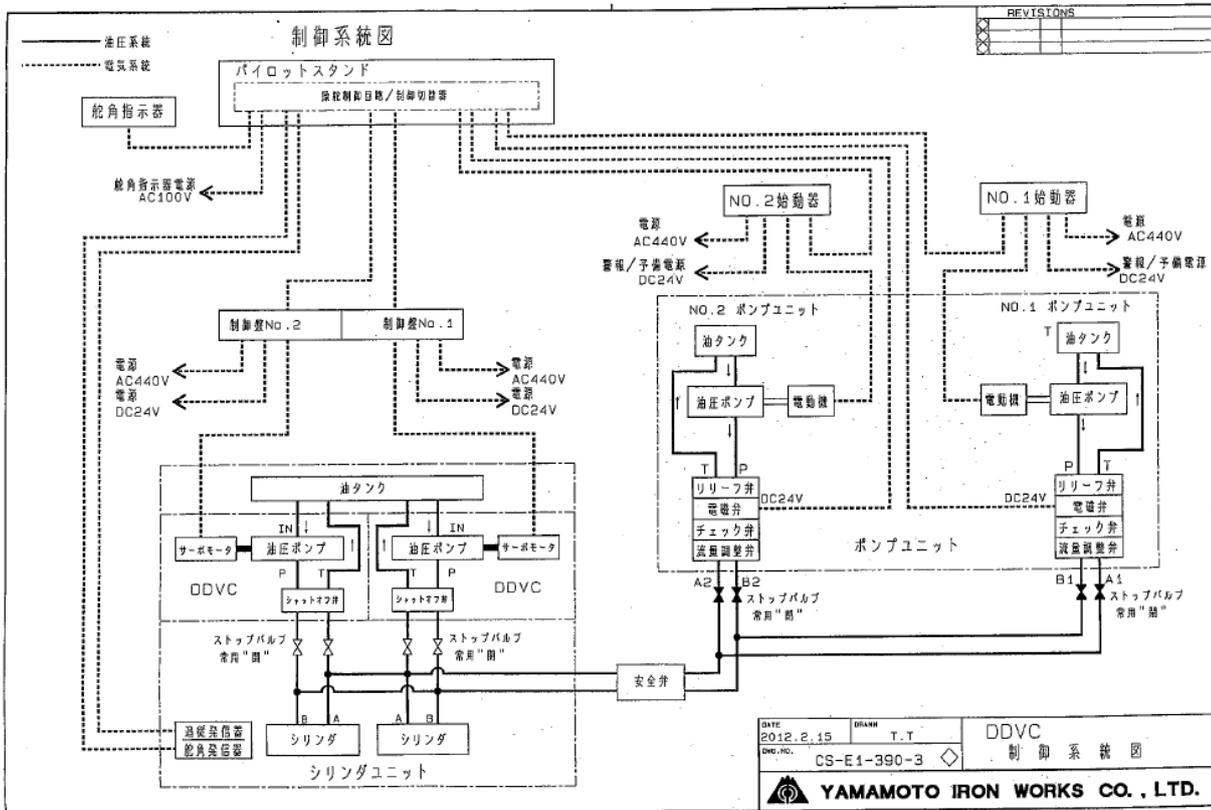


図 7.1 既存の油圧駆動装置と試作機を接続した油圧回路

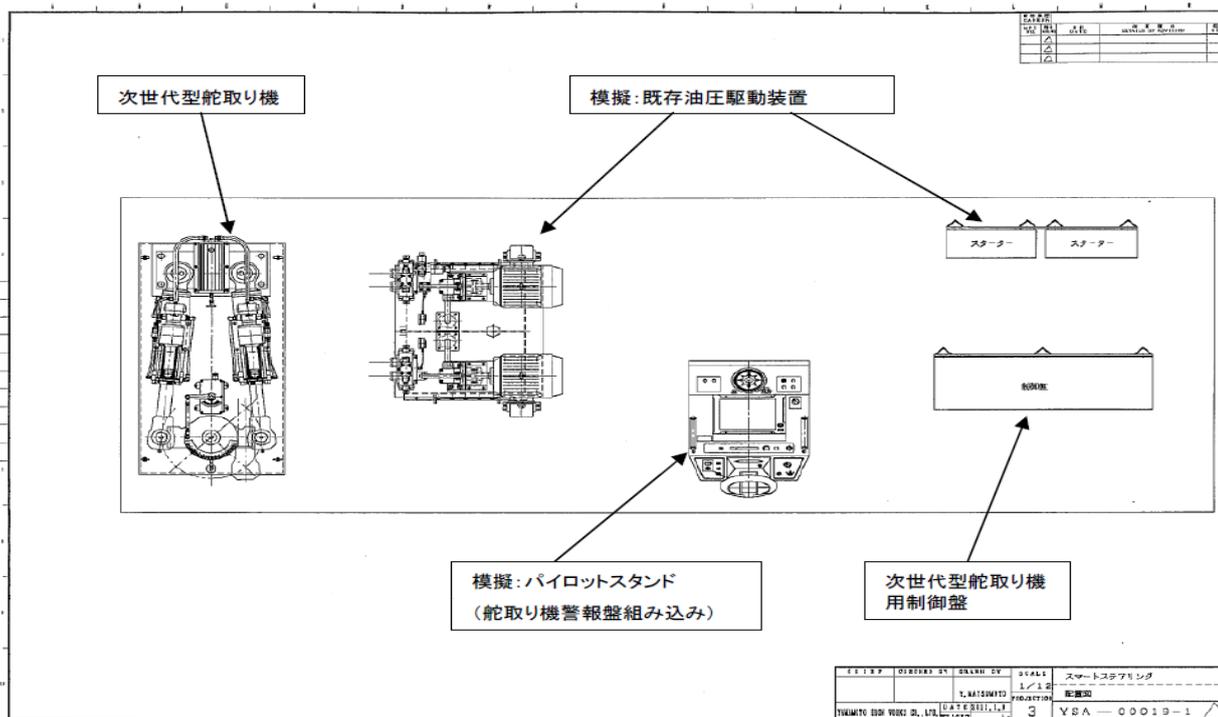


図 7.2 試作機と検査設備

## 7.1 操舵装置制御部の作動確認

### 7.1.1 外観検査

図面通りの据付寸法、形状となっている事を確認した。図 6.2 に制御盤の外形図を示す。

### 7.1.2 機能試験

機能試験は模擬信号入力により、「7.5 総合確認」で行った。

## 7.2 舵取機警報盤

### 7.2.1 外観検査

図面通りの据付寸法、形状となっている事を確認した。図 6.3 に制御盤の外形図を示す。

### 7.2.2 機能試験

機能試験は模擬信号入力により、「7.5 総合確認」で行った。

## 7.3 操舵装置駆動部の作動確認

### 7.3.1 外観検査

図面通りの据付寸法、形状となっている事を確認した。図 6.1 に操舵装置駆動部外形図を示す。

### 7.3.2 機能試験

機能試験は模擬信号入力により、「7.5 総合確認」で行った。

## 7.4 操舵機切替装置

切替装置は搭載船舶（実験船）の既存自動操舵装置の仕様確定後の完成となるので今回の試験では試験可能な部分のみを行った。

### 7.4.1 外観検査

図面通りの据付寸法、形状となっている事を確認した。図 6.4 に制御盤の外形図を示す。

### 7.4.2 機能試験

機能試験は模擬信号入力により、「7.5 総合確認」で行った。

## 7.5 総合確認

図 7.1、図 7.2 に示すように、次世代型小型高速操舵装置を船内に取付けたとほぼ同じ状態にセットして作動確認を行った。 検査結果は検査成績書として記録した。

- ① 舵角 P (左舷)、S (右舷) 各々 35° に円滑に作動する事を実舵角銘板にて確認した。
- ② 油圧シリンダーストッパーが P、S 38° (± 0.5°) で作動する事を確認した。
- ③ 無負荷の作動時における転舵時間及び作動圧力を計測した。  
20 秒/70° 以内を満足している事を確認した。(JG, NK 要求は 28 秒/70°)
- ④ 舵角発信器の実舵角と舵角指示計の指示値の正常動作を確認した。
- ⑤ 各警報接点の CLOSE/OPEN を手動で再現して各種警報出力を確認した。
- ⑥ 舵取機の油圧機器の耐圧力試験を実施し、外部に油洩れのない事を確認した。  
設計圧力×1.5 倍の圧力を 5 分間保持し、油洩れのない事を確認した。  
【設計圧力とは、「最高使用圧力(作動圧力)×1.25 倍以上の値である事」  
(船舶設備規定 附属書 [I] 1 (3) (i) に依る)】
- ⑦ 2 重システムの駆動装置を含めた舵取機警報盤(サーボ異常、シーケンス異常、フォローアップ異常、過負荷及び作動油異常など)に関して模擬入力を使用し、正常動作する事を確認した。
- ⑧ 切替機能の確認  
切替装置は搭載船舶の既存自動操舵装置の仕様確定後の完成となるので今回の試験では次世代型小型高速操舵装置側の切替動作の確認のみを行った。
- ⑨ 緊急時操作機構の確認  
試験搭載船では既存自動操舵装置および次世代型小型高速操舵装置の二つのシステムが搭載されることになり、これら二つのシステムはコントロールスタンドに設置される切り替装置により容易に使用するシステム選択することが可能であり、この機能により信頼性の高い、既存自動操舵装置と次世代型小型高速操舵装置の相互バックアップシステムを構成することを ⑩ 切替機能の確認の項で確認した。  
また、次世代型小型高速操舵装置それ自体が No. 1 油圧シリンダー、No. 2 油圧シリンダーに対応し完全独立処理設計となっており、一方の不具合が他方に影響することの無い、信頼性の高い冗長システムを構成していることを、模擬信号で不具合を発生させ、確認した。
- ⑩ 舵取機警報盤試験  
表 7.1 に示す警報リストの項目に従い確認を行った。

表 7.1 警報リスト

No.	項目	No.1	No.2	共通	アラーム	状態表示	操作	備考	確認結果
1	サーボ異常	○	○		○				
2	シーケンサ異常	○	○		○				
3	フォローアップ制御異常	○	○		○				
4	操舵スタンド異常	○	○		○				
5	液面低下	○	○		○				
6	動力欠損	○	○		○				
7	過負荷	○	○		○				
8	動力無電圧	○	○		○				
9	制御無電圧	○	○		○				
10	運転(停止)	○	○			○			
11	バッテリー受電中					○			
12	始動 / 停止	○	○				○		
13	ランプテスト	○	○				○		
14	電磁弁無電圧	○	○		○				
15	ブザー			○				動作確認	
16	ランプテスト	○	○				○	動作確認	
17	ブザー停止			○			○	動作確認	
18	ディマー	○	○				○	動作確認	
19	サーキットプロテクタ	○	○					動作確認	
20	異常状態外部出力	○	○					動作確認	

## 8. JG/NK 向け諸申請手続

NK の認定を先に取得していれば、JG に対する交渉が容易になるとの考えから装置の仕様確認の段階で数度にわたり NK と打ち合わせを行った。その協議を基に基本設計書を作成し承認願図として 9 月 6 日に NK に提出、10 月 11 日に正式なコメントをいただいた。そして、“5. 装置の仕様確認” “6. 装置の設計試作” に反映させた。

提出書類は下記のものである。

- ・次世代型小型高速操舵装置の技術開発(社団法人日本舶用工業会平成 23 年度新製品開発助成事業) 基本設計書 電動油圧操舵機：「DDVC-S7-60F-C」
- ・次世代型小型高速操舵装置の技術開発(社団法人日本舶用工業会平成 23 年度新製品開発助成事業) 基本設計書 電動油圧操舵機：「DDVC-S7-85F-C」

今後は搭載船舶(実験船)のための JG への承認申請を行う。以下は NK からの返却資料である。

### 承認願用図面

**次世代型小型高速操舵装置の技術開発**  
(社団法人日本舶用工業会 平成 23 年度新製品開発助成事業)  
**基本設計書**  
電動油圧操舵機：「DDVC-S7-85F-C」

(NK) 500GT 以上の船舶に搭載



(NK) The drawings were examined with the remarks listed in the attached letter.  
NK reference No.: 41120029301 (R.D.)



**第一電気株式会社**  
**山本鐵工株式会社**  
2011年8月30日

**ClassNK** 一般社団法人 日本海事協会  
〒100-8557  
東京都千代田区紀尾津町4番7号

総務部 株式会社  
横浜支店7F-7番中

機関部  
Tel: 03-5228-0022  
Fax: 03-5228-0024  
E-mail: rca@classnk.or.jp

NK Reference No.: 41120029301 (R.D.)  
Date: 2011.9.30

一般社団法人 日本海事協会  
機関部長 成沢 平

拝啓 貴社ますますご盛栄のこととお慶び申し上げます。

ご提出いただきました下記図面を審査した結果、以下のコメントが付けられましたのでご連絡いたします。

敬具

電動油圧操舵機

図面番号: DDVC-S7-85F-C  
図面名称: 電動油圧操舵機 (500GT以上の船舶に搭載)

No.	ページ	コメント
1	A3-17-700-1	制御盤No.1とNo.2を同一の位置に取付の場合、盤内にてNo.1とNo.2を分離するセパレータを入れること。(規格規則0編15.2.1-1)
2	21-12-517E	モータを点検し、それぞれのモータに低速駆動用電機センサーを設けること。(規格規則0編15.2.1および15.2.4-S)
3	21-12-517E	操舵タンクには油面計を設けること。(規格規則0編15.2.4-b)
4		16Vドロップ電機を設けること。(規格規則0編15.2.1-4)
5		ブレーキには回転止めを設計、また、他の運動が目的によって停止する前に他の機能、が停止するようリセットスイッチ等の装置を設けること。(規格規則0編15.4.1)
6		検査条件は100時間以上の運転試験を行うこと。(規格規則0編15.2.1-3)

## 承認願用図面

### 次世代型小型高速操舵装置の技術開発

(社団法人日本船舶工業会 平成23年度新製品開発助成事業)

### 基本設計書

電動油圧操舵機:「DDVC-S7-60F-C」

(NK) 500GT未満=船舶=搭載



(NK) The drawings were examined with the remarks listed in the attached letter.  
 NK reference No.: 4112002930(2011)



第一電気株式会社  
山本鐵工株式会社

2011年8月30日



一社団法人 日本海事協会  
〒102-8567  
東京都千代田区紀尾井町4番7号

機関部  
Tel: 03-5226-2022  
Fax: 03-5226-2024  
E-mail: mo@classnk.or.jp

NK Reference No.: 4112002930(19)  
Date: 2011.9.30

郵船商事 株式会社  
船橋営業グループ 船中

一社団法人 日本海事協会  
機関部長 成沢 平

拝啓 貴社ますますご盛栄のこととお慶び申し上げます。

ご提出いただきました下記図面を審査した結果、以下のコメントが付されましたのでご連絡いたします。

敬具

電動油圧操舵機

図面番号: DDVC-S7-60F-C  
図面名称: 電動油圧操舵機 (500GT未満の船舶=搭載)

No.	ページ	コメント
1	A3-17-700-1	制御盤No.1とNo.2を同一の図面に収容の場合、盤内に、No.1とNo.2を分離するセパレータを入れること。(顕形規則D編15.2.1-1)
2	Z112-0170	主タンクを分割し、それぞれのタンクに低液面警報用液面センサを設けること。(顕形規則D編15.2.1および15.2.4-1)
3	Z112-0170	補助タンクには液面計を設けること。(顕形規則D編15.2.4-1)
4		テラーには回転止めを設け、また、舵の運動が回転止めによって停止する前に舵の回転が停止するよう(リ)モトスイッチ等の装置を設けること。(顕形規則D編15.4.3)
5		油圧ポンプは100時間以上の運転試験を行うこと。(顕形規則D編15.5.1-1)

## 9. 平成 23 年度の成果

### 9.1 実施内容のまとめ

#### 9.1.1 搭載船舶（実験船）の選定

宮崎産業海運(株)、第一電気(株)、山本鐵工(株)、郵船商事(株)による船主への協力要請及び次世代型小型高速操舵装置の趣旨説明を行い、749 総トン型コンテナ船(井本海運)による実船実験の承諾を得た。平成 24 年度の実船実験による性能評価に向けた平成 23 年度の実施内容である搭載船舶（実験船）の選定については十分達成できた。

#### 9.1.2 装置の仕様確認

NK と協議のうえで、NK ルールによる下記 2 種類の次世代型小型高速操舵装置の概念設計を行った。

実験対象船の選定に伴う操舵装置駆動部の小型/高速化に関する詳細設計を行った。

- ・ 舵トルク 60KN-m (500 トン未満の内航船：499 型対象)
- ・ 舵トルク 85KN-m (500 トン以上の内航船：749 型対象)

次世代型小型高速操舵装置の詳細設計は、749 型の船舶を対象とした。

次世代型小型高速操舵装置は、既存装置に比べて操舵装置駆動部は、サイズ約 10 分の 1、重量約 20 分の 1 程度の小型軽量化を実現した。制御盤に関してはサイズ約 2.5 倍、重量約 3 倍程度の増加となるが、盤の独立設置（パイロットスタンドの小型化検討可能）、複雑な油圧切り替回路の排除などメリットが大きく、全体としては想定以上の小型軽量化を実現した。

次世代型小型高速操舵装置は、既存装置の操舵速度(2.3 度/秒)に比べて、3.2~4 度/秒の高速操舵を実現した（事業の最終目標は 4.6 度/秒）。操舵性能の向上の実現は旋回性能の向上、衝突回避性能の向上につながるものであり、平成 23 年度の実施内容は十分達成出来た。

### 9.1.3 装置の設計試作

749 型を対象に、既存油圧系統の確認を行うとともに操舵室内での設置工事を考慮した装置(外形/重量/部品)の設計試作を行った。

- ・操舵装置駆動部（サーボモータ/サーボ制御装置/油圧ポンプ）
- ・既存の自動操舵装置と舵取機(油圧シリンダー)との接続装置
- ・既存の油圧駆動装置との切替装置及び緊急時操船機構

などの項目についても十分に検討、設計を行うことが出来、平成 24 年度の実船搭載に向けた平成 23 年度の実施内容である装置の設計試作は十分達成出来た。

### 9.1.4 装置の作動確認

操舵装置駆動部、舵取機との接続及び切替装置及び緊急時操船機構の設計試作と並行して工場での作動確認を行った。関連装置も準備し、動作確認試験の実施結果を検査成績書として記録した。平成 23 年度の実施内容は十分達成出来た。

### 9.1.5 JG/NK 向け諸申請手続

次世代型小型高速操舵装置の申請範囲や内容について NK と協議、検討を行い、申請手続きを行った。申請に関する資料として「次世代型小型高速操舵装置の技術開発/基本設計書」を作成して NK へ提出した。NK より多くのアドバイスを頂き、設計に反映することが出来、平成 24 年度の実船搭載に向けた平成 23 年度の実施内容である JG/NK 向け諸申請手続きについては十分達成出来た。

## 10. 平成 23 年度の目標の達成状況

### 10.1 小型軽量化

次世代型小型高速操舵装置は、既存装置に比べて操舵装置駆動部は、サイズ約 10 分の 1、重量約 20 分の 1 程度の小型軽量化を実現した。制御盤に関してはサイズ約 2.5 倍、重量約 3 倍程度の増加となるが、盤の独立設置（パイロットスタンドの小型化検討可能）、複雑な油圧切り替回路の排除などメリットが大きく、全体としては想定以上の小型軽量化を実現した。平成 23 年度の目標である装置の小型軽量化は十分達成出来た。

## 10.2 操舵性能

次世代型小型高速操舵装置は、既存装置の操舵速度(2.3度/秒)に比べて、3.2~4度/秒の高速操舵を実現し、事業の最終目標である4.6度/秒の実現の可能性を確信するに至った。

また、転舵速度高速化の実現は旋回性能の向上、衝突回避性能の向上につながるものであり、平成23年度の目標である装置の操舵性能は十分達成出来た。

## 10.3 緊急時対応

右舷、左舷それぞれの駆動部/制御部の独立性を確保する設計とし、異常時には異常を発生している駆動部は自動的に切り離され、即座に片側運転となり、操作不能状態となることが無い設計を実現し、システムとしての信頼性を大きく向上させた。

平成23年度の目標は十分達成出来た。

### 1 1. 添付資料

- ・ 検査成績書 (操舵機社内データ表)
- ・ 検査成績書 (ハイブリッド・アクチュエータ 1)
- ・ 検査成績書 (ハイブリッド・アクチュエータ 2)

操舵機社内データ表

操舵機型式		DDVC-S4-85F-C								検査規格		製造番号			
操舵スタンド	検査番号										舵柄	型式			
	操舵輪回転数 70° 45° 35°		45° ~45°		3/4回				検査番号						
	" 最大		3/8回		45度				ポンプユニット	油圧ポンプ型式		PV2R1-19-L			
	外観、仕上り状態										油圧ポンプ検査番号				
	制御基板型式、番号		IE-548B (GPS297)								モーター AC 440V - 3φ - 60Hz - 7.5kw - 4P				
	制御基板型式、番号		Y-006D-GA442 (579)								モーター検査番号				
	基板型式		Y-103 (10)								リリーフ設定圧力		18.5 MPa		
基板型式		Y-103 (8)								回転方向		右			
検査番号										電磁弁メーカー		YUKEN			
シリンダーユニット	圧力試験、油洩れチェック		21.8 MPa								電磁弁型式		DSG-03-3C60-D24		
	止ピン寸法		70φ		L				作動テスト	作動確認		(良) ・ 否			
	最大転舵角度		47° × 2度												
	最大ストローク		382 mm								始動器	作動確認 (良) ・ 否 / PS.NS 電圧 26V			
	ゴムホース形式 (コホース 検査番号)											AC 440V - 7.5kw - 60Hz			
	作動テスト (38° 以上、異状なく転舵できる)		良									検査番号			
	配管継手寸法											製造番号			
										押釦又はレバ-操舵		良			
舵角整合	35° 25° 15° 5° 0	5° 15° 25° 35°									作動テスト	舵輪操舵/自動操舵		(良) ・ 否 / 良 ・ 否	
	34.5 25.0 15.0 5.1 0	4.9 15.0 25.0 34.5										操舵輪の回転重さの調整			
	シンクロモーター型式		TS4N39E11									実際舵角と命令舵角との誤差		1° 以内	
舵角発信器	ポテンショメータの型式		OHWFK 250Ω									遠隔管制器と実際舵角の誤差		1° 以内	
	舵角発信器レバ-の長さ		130 mm									35° リミットスイッチの作動		右 45度, 左 45度	
	シンクロモーター型式		TS20E11									70° リミットスイッチの作動		右 度, 左 度	
	リミットスイッチの作動		右 45度, 左 45度									自動操舵のリミット		右 度, 左 度	
主 操 舵 機 作 動 試 験															
転舵角度	0~S35	S35~P30	P35~0	0~P35	P35~S30	S35~0	35~35	オートパイロット							
転舵速度	7.66	14.50	7.69	7.67	14.53	7.71	15.49	内部	VR1, VR2, VR3						
	7.72	14.56	7.75	7.76	14.57	7.76	15.52		VR4, VR5, VR7						
予備操舵作動試験									VR8, VR9, VR10						
転舵角度	0~S15	S15~P15	P15~0	0~P15	P15~S15	S15~0			VR11, VR12, VR13						
転舵速度								外部	当舵 遠隔感度 天候調整						
予備操舵方法	2ボンプのため免除								コンパス10° の時の舵角比 1:1, 1:0.5						
絶縁抵抗試験	50MegΩ 以上である事 良 ・ 否								舵角比		0	5	10		
絶縁耐圧試験	24V回路=500V 1分間, 250V回路以下=1500V 1分間								舵角計 (度)						

承認	確認	担当
		

検査日 2012年 2月 28日

検査担当者 山本 孝徳

# ハイブリッド・アクチュエータ 1

## 試験成績表

次世代型小型高速操舵装置の技術開発

制作手配 No. 1104-2

検査日 24年 2月17日

Model No. DHA-50W6Q1238-CC

Ser.No. 1413

承認	検査	検査
		

1. 外観検査	シリンダサイズ	$\phi 125 \times \phi 70 \times 382^{\text{ST}}$	18.5 MPa	良
	電動機	サーボモータ 5kW	3000 RPM	良
	油圧ポンプ	容量 6.3cc/rev	3000 RPM	良
	タンク	容量 3000cc×2		良
		(Ser.No.1413,1414 共通)		
	ロッド表面	機能上有害な傷、打痕、さび等の無い事		良
	塗装・表面処理			良
2.	シリンダストローク	382 mm		良
3.	ロッド速度	0~S35度 7.9秒 (4.4度/秒)		良
		0~P35度 7.7秒 (4.5度/秒)		良
4.	漏れ試験	定格油圧 21 MPa にて1分間		良
5.	ステップ応答試験	データ添付 省略		
6.	ランプ応答試験	データ添付 省略		
7.	サイン応答試験	データ添付 省略		
8.	圧力応答試験	データ添付 省略		
9.	使用油種	新日本石油スーパーハイランド V46		
10.	質量	油圧ユニット 30 kg		
		タンク 13 kg (Ser.No.1413,1414 共通)		
		制御盤 120 kg (Ser.No.1413,1414 共通)		

第一電気株式会社

# ハイブリッド・アクチュエータ 2

## 試験成績表

次世代型小型高速操舵装置の技術開発

制作手配 No. 1104-2

検査日 24年 2月17日

Model No. DHA-50W6Q1238-CC

Ser.No. 1414

承認	検査	検査
		

1. 外観検査	シリンダサイズ	$\phi 125 \times \phi 70 \times 382^{\text{ST}}$	18.5MPa	良
	電動機	サーボモータ 5kW	3000RPM	良
	油圧ポンプ	容量 6.3cc/rev	3000RPM	良
	タンク	容量 3000cc×2		良
		(Ser.No.1413,1414 共通)		
	ロッド表面	機能上有害な傷、打痕、さび等の無い事		良
	塗装・表面処理			良
2.	シリンダストローク	382mm		良
3.	ロッド速度	0～S35度 7.9秒 (4.4度/秒)		良
		0～P35度 7.7秒 (4.5度/秒)		良
4.	漏れ試験	定格油圧 21MPa にて1分間		良
5.	ステップ応答試験	データ添付	省略	
6.	ランプ応答試験	データ添付	省略	
7.	サイン応答試験	データ添付	省略	
8.	圧力応答試験	データ添付	省略	
9.	使用油種	新日本石油スーパーハイランド V46		
10.	質量	油圧ユニット 30kg		
		タンク 13kg (Ser.No.1413,1414 共通)		
		制御盤 120kg (Ser.No.1413,1414 共通)		

第一電気株式会社

平成24年度 実施成果

## 1 2. 製品化の検討

初年度に試作した次世代型小型操舵装置の実船搭載に向けた具体的な検討を行った。

当初計画していた搭載船舶は、井本商運株式会社の 749 総トン型 コンテナ船で、舵トルク 85KN-m 最大転舵角度  $70^{\circ} \times 2$   $140^{\circ}$  舵の計画で試作機を製作していたが、搭載予定船舶が建造中止となったため、今年度、改めて造船所様に依頼して新規の船主様を紹介して頂き、搭載の了解を得ることができた。

新規の船舶は、749 総トンのガット船で、舵トルクは 85KN-m で、最大転舵角度は  $45^{\circ}$  のフラップ舵の舵取機になった。対象船舶の一般配置図を図 12.1 に示す。

船主は、広島県呉市豊町の脇坂海運株式会社殿で、造船会社は、広島県大崎上島町の小池造船海運株式会社殿であり、平成 24 年 12 月中旬に竣工した。

「従来型の操舵機」と「次世代型小型高速操舵装置」の組合せで搭載することとなり、「従来型操舵装置」と「次世代型小型高速操舵装置」の切替えが 1 分以内で出来る様に、操舵切替用バルブブロックを追加装備することとした。

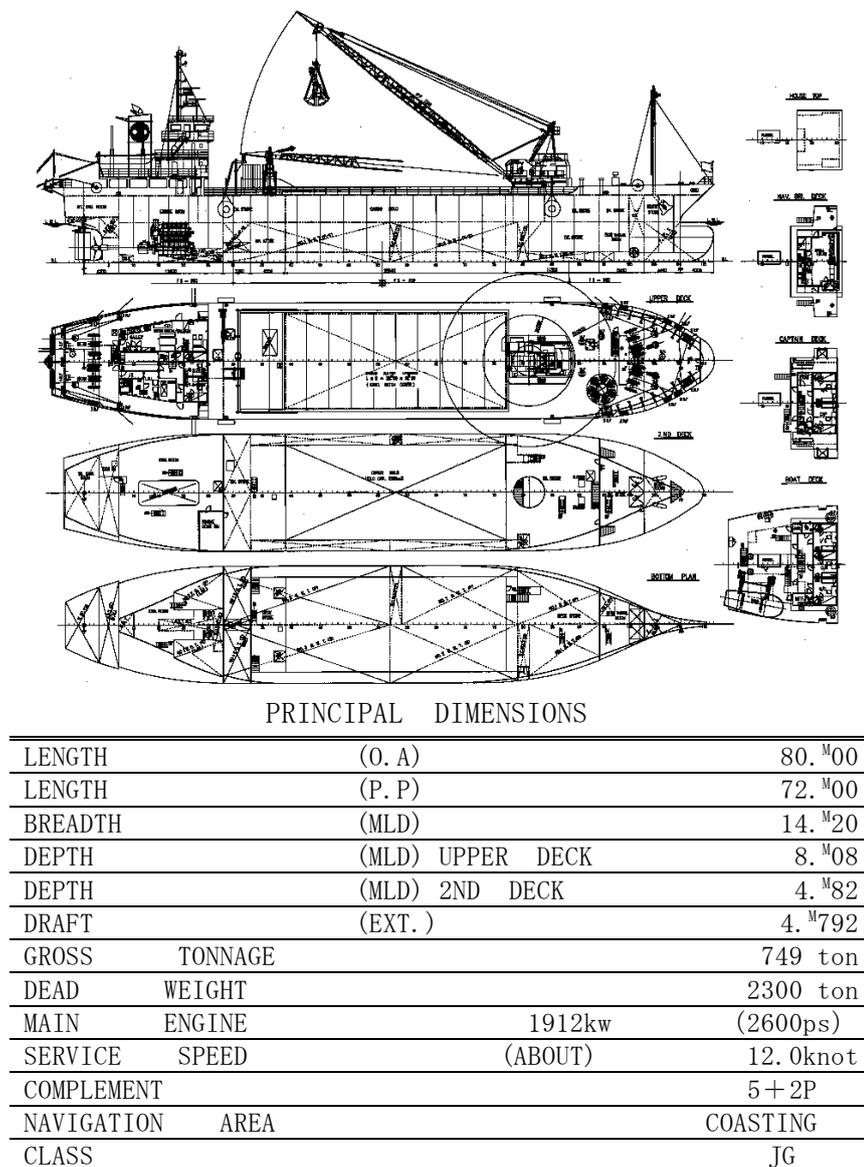


図 12.1 対象船舶の一般配置図

### 1 3 . 試作装置の改良

搭載船舶が変更になり、最大転舵角度が「70°」から「45°」に変更になったため、JG への図面承認が必要となり、必要な変更図の作製及び、それに伴った試作装置の大幅な改良が必要になった。

JG の図面承認を受ける際に、「舵取機に使用しているサーボモータが JG の受検に合格出来るのか」、「制御盤に使用している部品は NK 認定品か」、「サーボコントローラーは NK の環境試験を受けているか」等の質問があり、これに向けて一つひとつ対応した。

サーボモータの JG 検査は、広島市の大西電機工業株式会社殿に。油圧ポンプの JG 検査は、名古屋市の豊興工業株式会社殿に。制御盤の JG 検査は、尾道市の株式会社北浦電機製作所殿に。NK 環境試験は、箕面市の日本品質保証機構殿に、それぞれ依頼して検査を受けた。

それぞれ検査合格した製品を組み立てて、総合検査を行った。

従来の油圧操舵装置と次世代型小型高速操舵装置との切替を行うバルブブロックを、JG の指導の下で、追加取付けをした。

又、制御盤も 45° 仕様にするための改造を行った。舵取機警報盤もそれに合せて改良を行った。

#### 13.1 操舵機の要目

749 型操舵機の要目を表 13.1 に示す。なお、従来型と比較しやすいように、従来型の要目を青色で、次世代型の要目を桃色で記述した。

表 13.1 749 型操舵機要目

SPECIFICATIONS		要 目 表	
		YME	SS
1	トルク	kN・m (kgf・m)	85 (8670)
2	作動圧力	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	14.8 (151)
3	設計圧力	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	18.5 (189)
4	試験圧力	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	27.8 (283)
5	リリース設定圧力	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	18.5 (189)
6	転舵速度	sec/70°, 90°	17.5/70° (21.6/90°)
7	舵柄半径	mm	340
8	シリンダ内径	mm	125
9	ピストンロッド径	mm	70
10	転舵必要油量	L/70°, 90°	8.07 (70°) 9.95 (90°)
11	ピストンストローク	mm/70°, 90°	390 (70°) 481 (90°)
12	最大ピストンストローク	mm	505
13	油圧ポンプ形式	type	PV2R1-17-L-RAA-43
14	油圧ポンプ吐出量	L/min	27.6
15	電動機	AC440V-3φ-7.5KW-4P-60HZ	AC400V-3φ-5KW-4~300HZ
16	電磁弁形式	type	DSG-D3-3C60-D24-50 (DC24V)
17	操舵輪回転数	rev/90°	(YME-MPB) 300°
18	最大転舵角度	max./deg	548° ~P48°
POWER SUPPLY & ALARM 電源 及び 警報			
POWER SUPPLY 電源	AC440V-3φ	POWER SUPPLY, ELECTRIC MOTOR	動力電源、電動機
	AC440V/220V/DC24V	CONTROL POWER & SOLENOID VALVE	制御電源/電磁弁
	AC100V-1φ	RUDDER ANGLE INDICATOR DEVICE	舵角指示装置
	DC24V (BATTERY)	CONTROL POWER & ALARM DEVICE	制御電源、警報装置
ALARM DEVICE 警報装置	WHEEL HOUSE	操舵スタンド	
	RUNNING LAMP	運転灯	
	POWER NO VOLT	動力無電圧	
	CONT. NO-VOLT	制御無電圧	
	OVER LOAD	過負荷警報	
3RD REVISION		DATE	2012.08.20
SCALE		CHECK	T, T
DRAWN		YAMAMOTO	
TRON WORKS CO., LTD.		GROUP.	1:0108_A40110
YME-54-85 P-2P-55		DWG. NO.	A4-1-131-15A
電動油圧操舵機			

### 13.2 操舵装置

従来型操舵装置と次世代型小型操舵装置の併用図を、図 13.1 に示す。なお、従来型と区別しやすいように、従来型の要目を青色で、次世代型の要目を桃色で記述した。

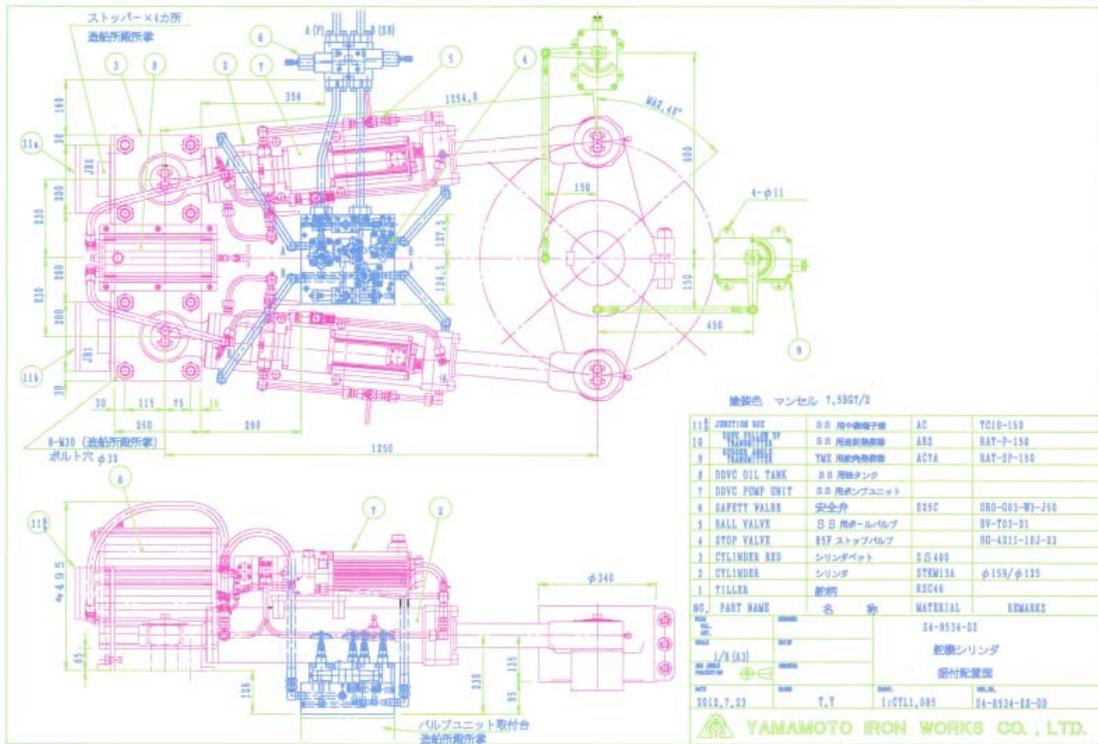


図 13.1 従来型操舵装置と次世代型小型操舵装置併用

### 13.3 操舵切替用バルブブロック

従来の油圧操舵装置と次世代型小型高速操舵装置との切替を行う、操舵切替用バルブブロックの設計図を図 13.2 に、各部の写真を図 13.3 に示す。

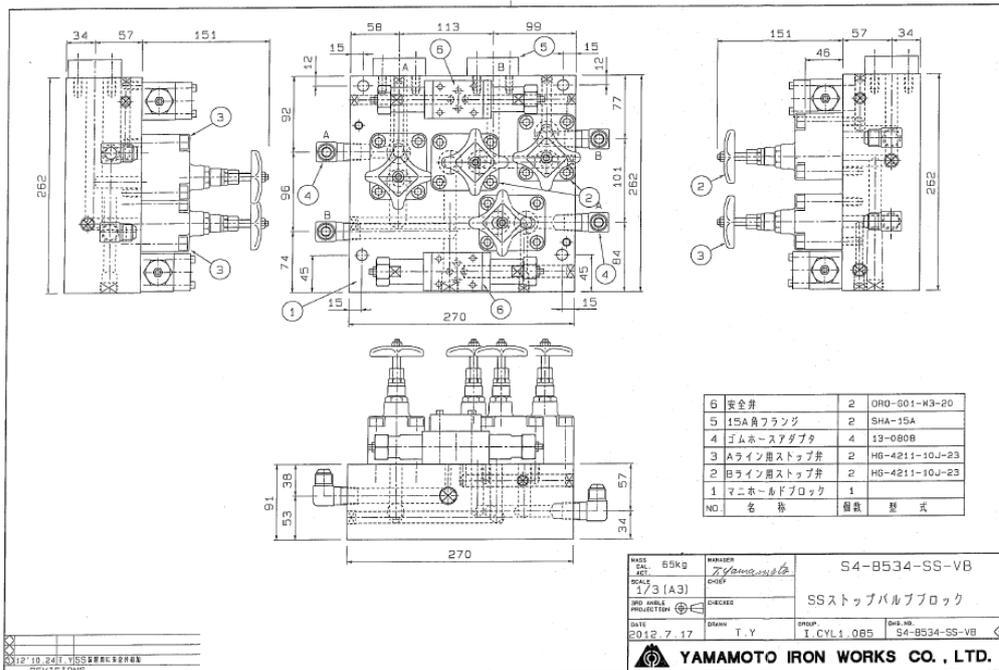


図 13.2 操舵切替用バルブブロック



図 13.3 操舵切替用バルブブロック (各部写真)

### 13.4 操舵装置制御系統図

従来型操舵装置と次世代型小型高速操舵装置の制御系統を図 13.4 に示す。

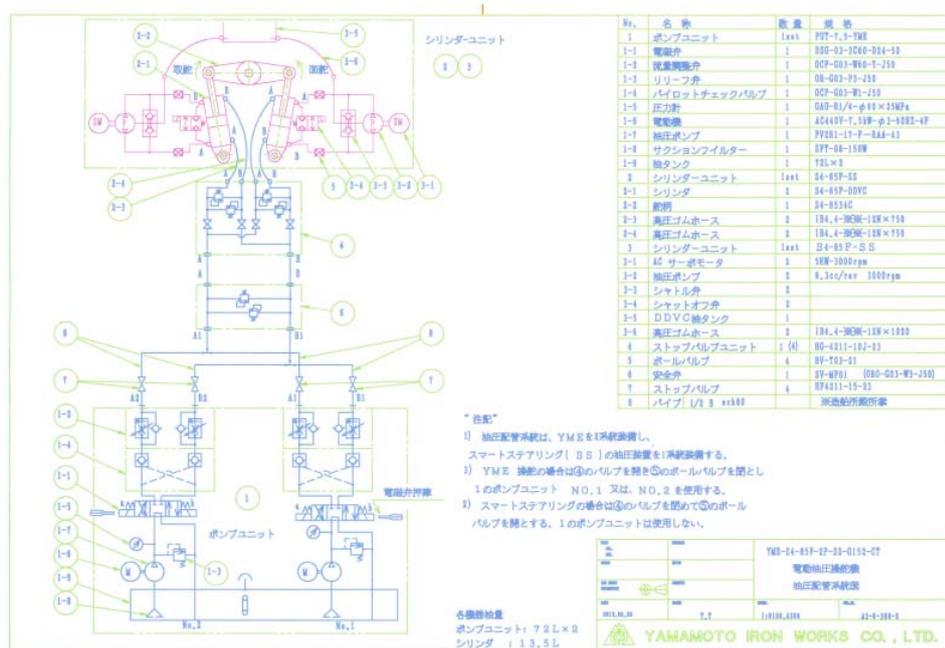


図 13.4 従来型操舵装置と次世代型小型高速操舵装置の制御系統

### 13.5 操舵装置制御盤

45°仕様に変更した、次世代型小型高速操舵装置用制御盤の外形図を図13.4に示す。

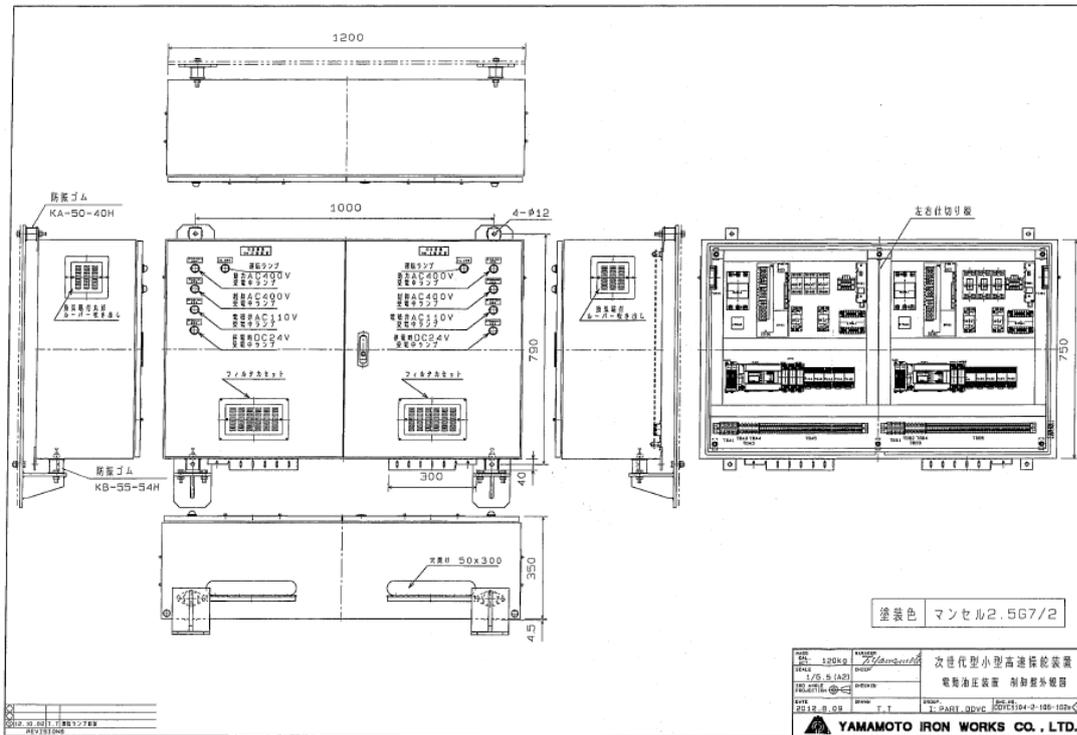


図13.5 次世代型小型高速操舵装置用制御盤の外形図

### 13.6 操舵装置警報盤

45°仕様に変更した、舵取機警報盤の外形図を図13.4に示す。

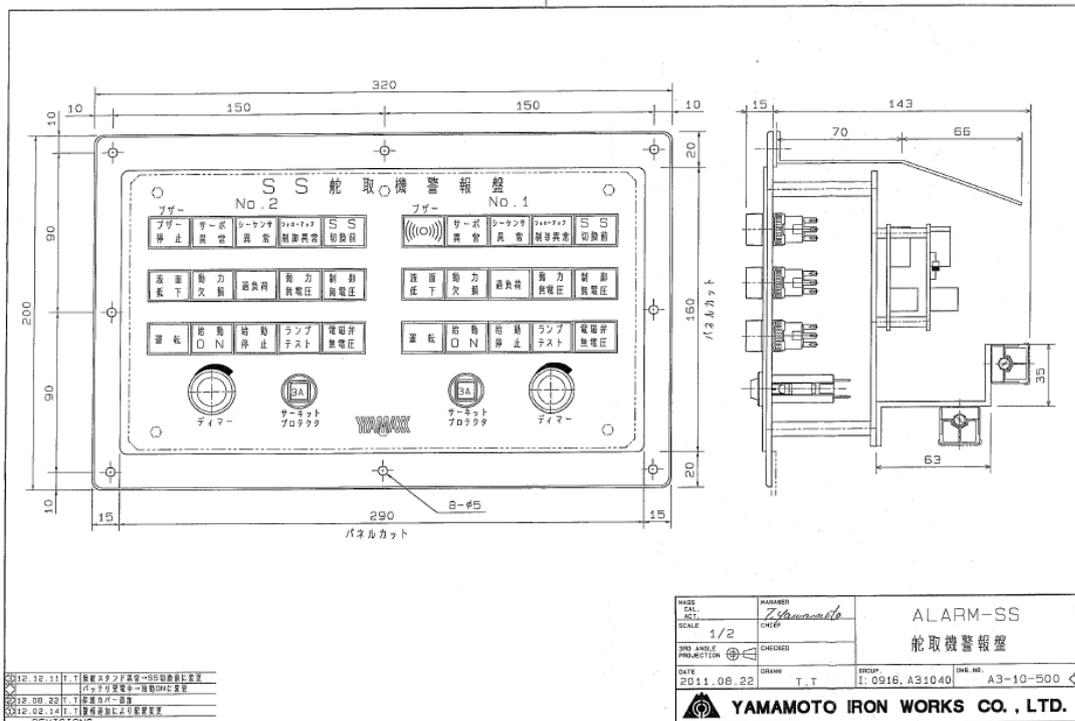


図13.6 舵取機警報盤の外形図

## 1 4 . 実船への装置搭載

搭載船舶は新造船としたため、試作機の設置や配線工事の計画は、新造船計画の段階から取り込み、搭載工事は建造時に一括して行うことができた。搭載船舶への搭載を次のように行うこととし、従来型の操舵装置と試作機の両方を設置することとした。

油圧シリンダーは両システム共通であり、試作機の次世代型電動油圧装置をあらかじめ油圧シリンダーと一体にしておく。両システムの制御切替は、手動によるバルブ切替とした。

搭載船は、小池造船海運株式会社殿 SN0.553 であり、JG 予備検査を山本鐵工株式会社で行った。予備検査は無負荷作動試験であった。

従来型操舵装置のデータを表 14.1 に、次世代型小型高速操舵装置のデータを表 14.2 にそれぞれ示す。

### 14.1 操舵機社内データ表

表 14.1 従来型操舵装置データ表

操舵機社内データ表

操舵機型式	YME-S4-85F-2P-SS-G152-CT		検査規格	JG	製造番号	12532	
操舵スタント	検査番号	JG (Ho) 120262		ポンプユニット	リリーフ設定圧力	18.5 MPa	
	操舵輪回転数 70°	7/12 回			油圧ポンプ型式	PV2R1-17-L-RAA-43	
	” 最大	3/4 回 度			油圧ポンプ検査番号	JG (Ho) 120291, 120292	
	外観、仕上り状態	良			モーター AC440V - 3φ - 60Hz - 7.5kw - 4P		
	制御基板型式、番号	Y-006D-GA442, 622			モーター検査番号	JG (G) 112477, 1/2・2/2	
	制御基板型式、番号	IE-548B, GPS321			サクシヨンフィルター	SFT-08-150W	
シリンダーユニット	検査番号	(Ho) 120262		回転方向	右		
	圧力試験、油洩れチェック	27.8 MPa		電磁弁メーカー	YUKEN		
	止ピン寸法	70 φ L		電磁弁型式	DSG-03-3C60-D24-50		
	最大転舵角度	48° × 2 度		予備ポンプ	回転数又はストローク数		
	最大ストローク	35° , 最大505.5mm			圧力試験	MPa	
	ゴムホース形式 (コホース 検査番号)			始動器	配管接続口寸法		
IB4.4-210×315-12N×750L/JG (N) 11-0236 (2) (13) (25) (26)			作動確認 (良・否/PS.NS	電圧NO.1 (25.4V) NO.2 (25.3V)			
IB4.4-210×315-12N×1020L/JG (N) 11-0144 (12) (30)			型式	AC440V-7.5kw			
据付寸法	1250 mm		検査番号	JG (Ho) 120308, 120309			
溶接の準備：開先、肌付	(良) ・ 否		製造番号	K-128644, 128645			
安全弁	配管継手寸法	1/2		作動テスト	押卸又はレバ操舵	良	
	圧力試験、油洩れチェック	27.8 MPa			舵輪操舵/自動操舵	(良) ・ 否 / (良) ・ 否	
	リリーフ設定圧力	20.0 MPa			実際舵角と命令舵角との誤差	0.5度以内	
	閉止プレート	MDC-03-A-10			速隔管制器と実際舵角の誤差	1度以内	
舵角発信器	配管継手寸法	1/2		35° リミットスイッチの作動	右 45度, 左 45度		
	ポテンシオメータの型式	OHWFK50M-250 Ω シンク		70° リミットスイッチの作動	右 度, 左 度		
	舵角発信器レバの長さ	150 mm		自動操舵のリミット	右 15度, 左 15度		
	舵角指示用ホットの穴とピンの状態	良		予備品コホース	IB4.4-210×315-12N×750L/JG (N) 11-0236 (19)		
リミットスイッチの作動	右 度, 左 度			IB4.4-210×315-12N×1020L/JG (N) 11-0144 (13)			
主 操 舵 作 動 試 験							
転舵角度	0~S35	S35~P30	P35~0	0~P35	P35~S30	S35~0	35~35
NO.1転舵時間	8.3	15.5	8.3	8.3	15.5	8.3	16.6
NO.2転舵時間	8.3	15.5	8.3	8.3	15.5	8.4	16.6
舵 輪 予 備 操 舵 (予 備 ポ ンプ 操 舵)							
転舵角度	0~S15	S15~P15	P15~0	0~P15	P15~S15	S15~0	
転舵速度							回/分
絶縁抵抗試験	50Meg Ω 以上である事						良 ・ 否
絶縁耐圧試験	24V回路=500V 1分間, 250V回路以下=1500V 1分間						

承認	確認	担当
検査日		2012年9月26日
検査担当者		大石

表 14.2 次世代型小型高速操舵装置データ表

平成24年 9月26日

1. ポンプ回転数：1500RPM

転舵角度	0～S35	S35～S30	P35～0	0～S35	P35～S30	S35～0	P35～S35
転舵時間	7.9秒	14.5秒	7.6秒	7.7秒	14.3秒	7.6秒	15.4秒

2. ポンプ回転数：3000RPM

転舵角度	0～S35	S35～S30	P35～0	0～S35	P35～S30	S35～0	P35～S35
転舵時間	4.0秒	7.2秒	3.9秒	3.8秒	7.3秒	3.8秒	8.1秒

表 14.1（青字）と比較し、操舵時間が短縮（赤字）された。

モータの回転数を 3000RPM にすると約 1 / 2 の時間で操舵が可能になった。

0 ～ 35° の場合の転舵速度

従来型 35° / 8.3 秒 = 4.22° / sec

次世代型 35° / 4 秒 = 8.75° / sec

14.2 環境試験

サーボコントローラーを船舶に搭載するためには、NK の環境試験が必要であり、NK に試験方案を提出しそれに基づいて試験を行うため、試験項目、試験条件、試験方法の判定基準を提示し試験を行った。試験項目は次の通り。

14.2.1 環境試験の試験項目、試験条件、試験方法及び判定基準

No.	試験項目	試験条件及び試験方法	判定基準
1	外観試験	・機器の外観、構造等を確認する 仕様書 参照	仕様書どおりであること。
2	作動試験及び性能試験	・機器の作動を確認する。 ・自己診断機能を有するものはその機能を確認する。	指定されたとおり作動すること。
3	電源喪失試験	・5 分間に 3 回外部電源を遮断し(一回の遮断時間は 30 秒)、機器の作動を確認する。 ・コンピュータの立ち上げに時間を要する機器については、次にもよること。 (a)試験時間を 5 分以上にすることができる。 (b)立ち上げ途中で 1 回の電源遮断を追加する。	・電源喪失時及び電源復旧後の機器の動作に異常がないこと。 ・電子的に保存されたプログラム又はデータがある場合は、消滅しないこと。

14.2.1 環境試験の試験項目、試験条件、試験方法及び判定基準（続き）

No.	試験項目	試験条件及び試験方法	判定基準		
4	電源変動試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源を次に示すように変動させ、機器の作動を確認する。 (数値は定格値に対する百分率)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指定されたとおり作動すること。</li> <li>電子的に保存されたプログラム又はデータがある場合は、消滅しないこと。</li> </ul>		
		蓄電池以外の DC		電圧変動	
		電圧変動(定常状態)		±10%	
		電圧周期変動		5%	
		電圧リップル		10%	
		充電中の蓄電池に接続されるもの			
		蓄電池による DC		電圧変動	電圧
組合せ 1	+30%	+31.2V			
組合せ 2	-25%	+18.0V			
5	絶縁抵抗試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>極性の異なる導電部間及び導電部と大地間の絶縁抵抗を、次に示す試験電圧で測定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>次に示す絶縁抵抗値(Ω)以上であること。</li> </ul>		
		定格電圧: Vr(V)	試験電圧(V)	絶縁抵抗値(MΩ)	
		DC+24 (Vr<=65)	48 (2xVr)	試験前	試験後
				10	1
		<ul style="list-style-type: none"> <li>温湿度試験、低温試験、塩水噴霧試験及び耐電圧試験の前後に測定する。</li> <li>電子部品等を使用することにより、試験電圧を加えることが好ましくない回路がある機器では、その回路を切離した後試験電圧を加える。</li> <li>電子部品等を使用し、試験電圧を加えることが好ましくない回路があるが、その回路を切離すことができない為、試験は実施しません。</li> </ul>			
6	耐電圧試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>極性の異なる導電部間及び導電部</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> </ul>		
		定格電圧: Vr(V)		試験電圧(V)	
		DC+24 (Vr<=65)		550 [(2*Vr+500)=548]	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>電子部品等を使用することにより、試験電圧を加えることが好ましくない回路がある機器では、その回路を切離した後試験電圧を加える。</li> <li>電子部品等を使用し、試験電圧を加えることが好ましくない回路があるが、その回路を切離すことができない為、試験は実施しません。</li> </ul>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の作動状態において、温度 +70°C ± 2°C の環境条件を 2 時間印加し、終了する前後に機器の作動を確認する。</li> </ul>			
7	乾燥高温試験		<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> <li>指定されたとおり作動すること。</li> </ul>		
		試験(温度°C・湿度%)条件		最低 2 時間	
		A : 9% ± 2%, +70°C ± 2°C		2 時間以内	
		B : 60% ± 30%, +25°C ± 10°C → +70°C ± 2°C		2 時間以内	
		C : 9% ± 2%, +70°C ± 2°C → 60% ± 30%, +25°C ± 10°C		2 時間以内	
D : 60% ± 30%, +25°C ± 10°C					
作動試験 ①: サイクルが終了する前 ②: 環境条件を取り去った後					
<ul style="list-style-type: none"> <li>試験方法の詳細については、IEC Pub. 60068-2-2 によること。</li> </ul>					

14.2.1 環境試験の試験項目、試験条件、試験方法及び判定基準（続き）

No.	試験項目	試験条件及び試験方法	判定基準										
8	温湿度試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境条件:温度<math>+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}</math>, 湿度<math>95\%\pm 5\%</math></li> <li>1 サイクル 24 時間の試験(前半 12 時間は環境条件を印加し, 後半 12 時間は環境条件を取り去る)を 2 サイクル行う。</li> <li>1 サイクル目は機器を作動状態とし, 2 サイクル目は作動確認時以外は非作動状態とする。1 サイクル目の環境条件に達した後の最初の 2 時間, 2 サイクル目の前半最後の 2 時間及び環境条件を取り去った後に機器の作動を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> <li>指定されたとおり作動すること。</li> </ul>										
		<p>試験(温度<math>^{\circ}\text{C}</math>・湿度%)条件</p> <table border="1"> <tr> <td>A : <math>95\%\pm 5\%</math>, <math>+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}</math></td> <td>最低 12 時間</td> </tr> <tr> <td>B : <math>90\%\pm 10\%</math>, <math>+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}</math></td> <td>最低 6 時間</td> </tr> <tr> <td>C : <math>90\%\pm 10\%</math>, <math>+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C} \rightarrow +55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}</math></td> <td>2 時間以内</td> </tr> <tr> <td>D : <math>90\%\pm 10\%</math>, <math>+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C} \rightarrow +20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}</math></td> <td>2 時間以内</td> </tr> <tr> <td>E : <math>60\%\pm 30\%</math>, <math>+25^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> </tr> </table> <p>作動試験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①:1 サイクル目 <math>95\%\pm 5\%</math>, <math>55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}</math>に達してから 2 時間以内</li> <li>②:2 サイクル目の後半終了前 2 時間以内</li> <li>③:環境条件を取り去った後</li> </ul>	A : $95\%\pm 5\%$ , $+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	最低 12 時間	B : $90\%\pm 10\%$ , $+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$	最低 6 時間	C : $90\%\pm 10\%$ , $+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C} \rightarrow +55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	2 時間以内	D : $90\%\pm 10\%$ , $+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C} \rightarrow +20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$	2 時間以内	E : $60\%\pm 30\%$ , $+25^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$		
		A : $95\%\pm 5\%$ , $+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	最低 12 時間										
B : $90\%\pm 10\%$ , $+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$	最低 6 時間												
C : $90\%\pm 10\%$ , $+20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C} \rightarrow +55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	2 時間以内												
D : $90\%\pm 10\%$ , $+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C} \rightarrow +20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$	2 時間以内												
E : $60\%\pm 30\%$ , $+25^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$													
<ul style="list-style-type: none"> <li>試験方法の詳細については, IEC 60068-2-30, Test Db によること。</li> </ul>													
9	振動試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の作動状態において <math>2(+3, -0)\text{Hz} \sim 100\text{Hz}</math> の振動周波数に対して次に示す振幅又は加速度で掃引し, 共振点(Amplification factor : <math>Q \geq 2</math> となる振動周波数を共振点とみなす)をさがす。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> <li>指定されたとおり作動すること。</li> </ul>										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>振動周波数</th> <th>振幅</th> <th>加速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>2(+3, -0)\text{Hz} \sim 13.2\text{Hz}</math></td> <td><math>\pm 1.0\text{mm}</math></td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td><math>13.2\text{Hz} \sim 100\text{Hz}</math></td> <td></td> <td><math>\pm 0.7\text{g}</math></td> </tr> </tbody> </table>	振動周波数	振幅	加速度	$2(+3, -0)\text{Hz} \sim 13.2\text{Hz}$	$\pm 1.0\text{mm}$	/	$13.2\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$		$\pm 0.7\text{g}$		
		振動周波数	振幅	加速度									
		$2(+3, -0)\text{Hz} \sim 13.2\text{Hz}$	$\pm 1.0\text{mm}$	/									
$13.2\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$		$\pm 0.7\text{g}$											
<ul style="list-style-type: none"> <li>共振が認められないときは, 加速度<math>\pm 0.7\text{g}</math>の振動を <math>30\text{Hz}</math> で 90 分間加える耐久試験を行う。</li> <li>共振が認められたときは, 対策を施して再び周波数掃引試験又は共振周波数での振動を(振幅又は加速度は周波数掃引試験と同じ)90 分間加える耐久試験を行う。共振点が近接して複数ある場合は, この耐久試験に換えて 120 分間の掃引耐久試験を実施してもよい。</li> <li>耐久試験中に機器の作動を確認する。</li> <li>試験は 3 軸方向について行う。</li> </ul>													
<ul style="list-style-type: none"> <li>試験方法の詳細については, IEC 60068-2-6, Test Fc によること。</li> </ul>													

14.2.1 環境試験の試験項目、試験条件、試験方法及び判定基準（続き）

No.	試験項目	試験条件及び試験方法	判定基準
10	傾斜試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の作動状態で 22.5° 静的傾斜させて機器の作動を確認する。</li> <li>機器の作動状態で周期約 10 秒の 22.5° の動揺を 15 分間加えて機器の作動を確認する。試験は前後左右方向について行う。</li> </ul> <p>この装置は可動部が無く、リレーを使用していないので、動揺試験は実施しません。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> <li>指定されたとおり作動すること。</li> </ul>
11	低温試験	<p>機器は機能確認時以外は非作動状態とし、温度 +5℃±3℃ の環境条件を 2 時間印加し、終了する前後に機器の作動を確認する。</p> <p>試験(温度)条件  A : +5℃±3℃ 最低 2 時間  B : +25℃±5℃ → +5℃±3℃ 2 時間以内  C : +5℃±3℃ → +20℃±5℃ 2 時間以内  D : 60%±30%, +25℃±10℃  +25℃±10℃の時の湿度 60%±30% (常温時)</p> <p>作動試験  ①: サイクルが終了する前  ②: 環境条件を取り去った後</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器に異常がないこと。</li> <li>指定されたとおり作動すること。</li> </ul>
		<p>試験方法の詳細については、IEC 60068-2-1, Test Ab 又は Test Ad によること。</p>	
12	難燃性試験	<p>火災発生装置は次による。</p> <p>(a) バーナー径: 0.9mm 以下  (b) 炎の長さ: 12mm±1mm  (c) 供給ガス: ブタン又はプロパン 95%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>機器の可燃性容器に炎をあてたまま 30 秒間保持した後に、炎を話す。</li> <li>機器の下端 200mm±5mm の位置にガーゼを置き、燃焼物の落下の有無を確認する。</li> <li>試験方法の詳細については、IEC60695-11-5 による。</li> </ul> <p>試験の代わりに、樹脂部の難燃性を規格で示します。(仕様書 参照)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器が燃焼しないか、燃焼する場合は燃え尽きず接煙を取り除いて 30 秒以内に消火すること。</li> <li>機器が燃焼物の滴下物によりガーゼは燃えず事故消火すること。</li> </ul>

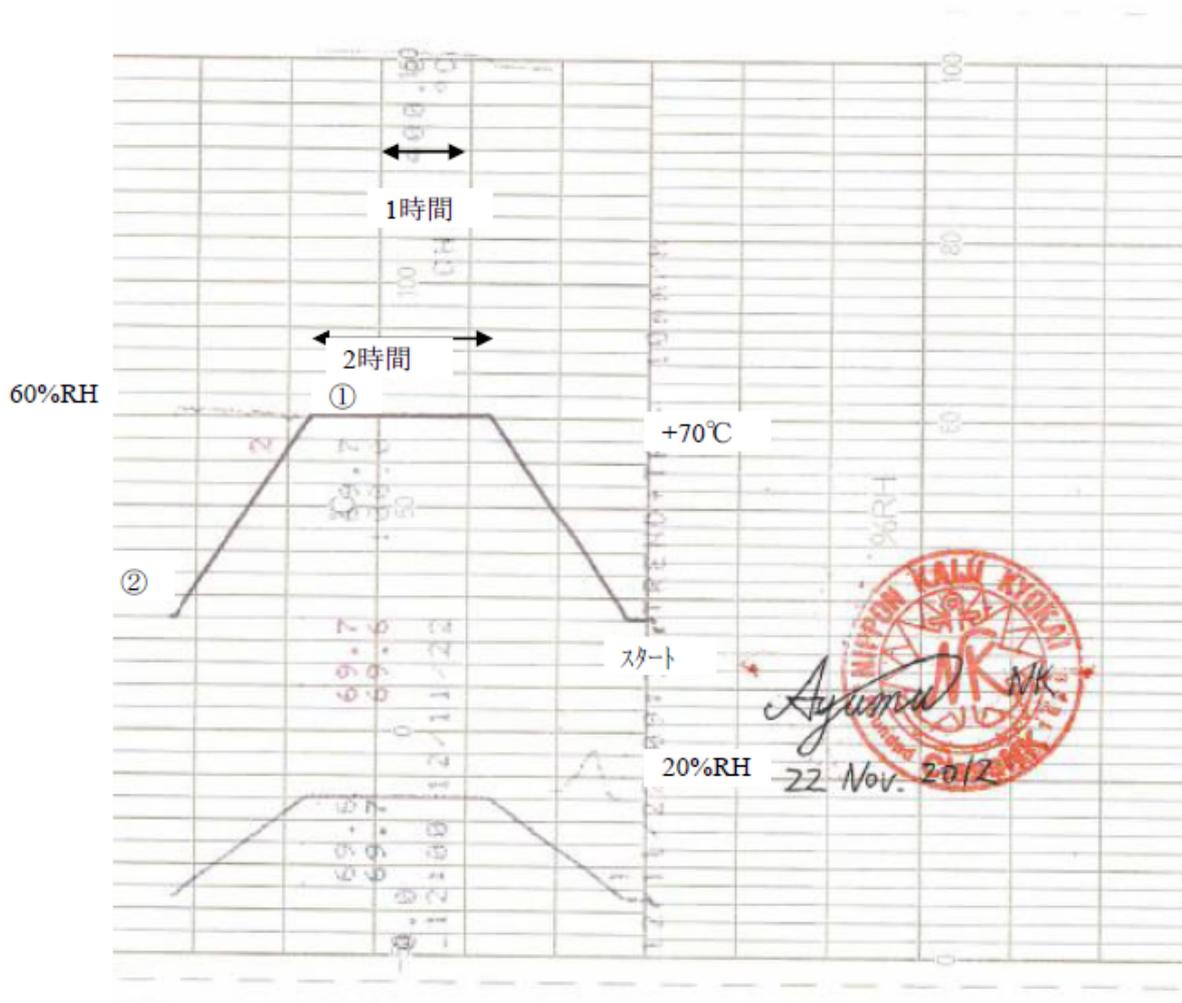
判定結果

1	2	3	4	5	6
良	良	良	良	試験なし	試験なし
7	8	9	10	11	12
良	良	良	良	良	規格で示す

## 14.2.2 環境試験データ一覧

### No. 7 乾燥高温試験データ

乾燥高温試験 温度・湿度チャート



湿度計は湿式なので、湿度計が乾燥してしまう為、低湿度は正確に測定されません。

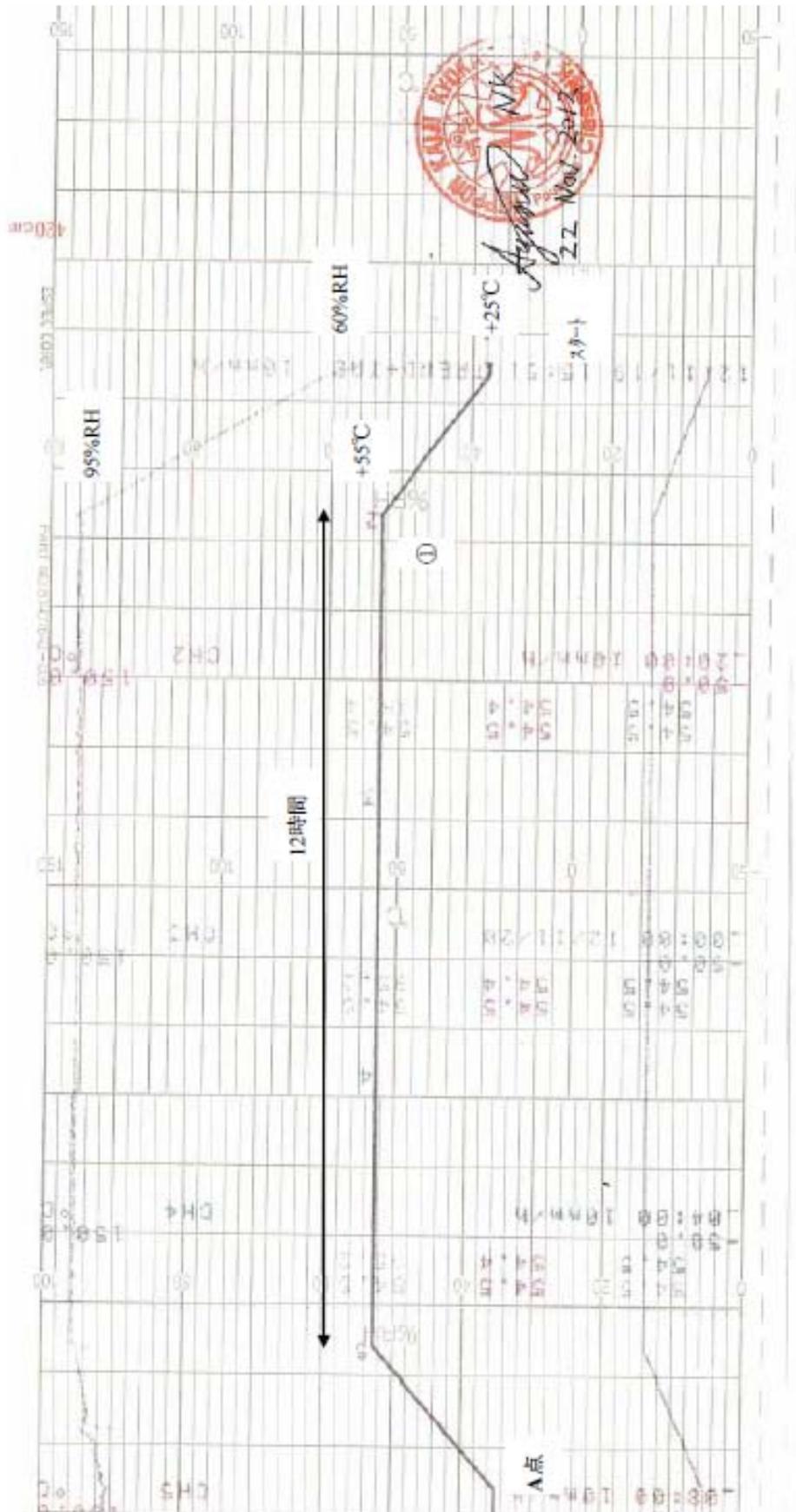
しかし、湿度は、70°Cで9%に近づけます。

(50% at 35°C換算で、9% at 70°C).

- ① 作動試験 サイクル中
- ② 作動試験 サイクルの最後

No. 8 温湿度試験データ (1)

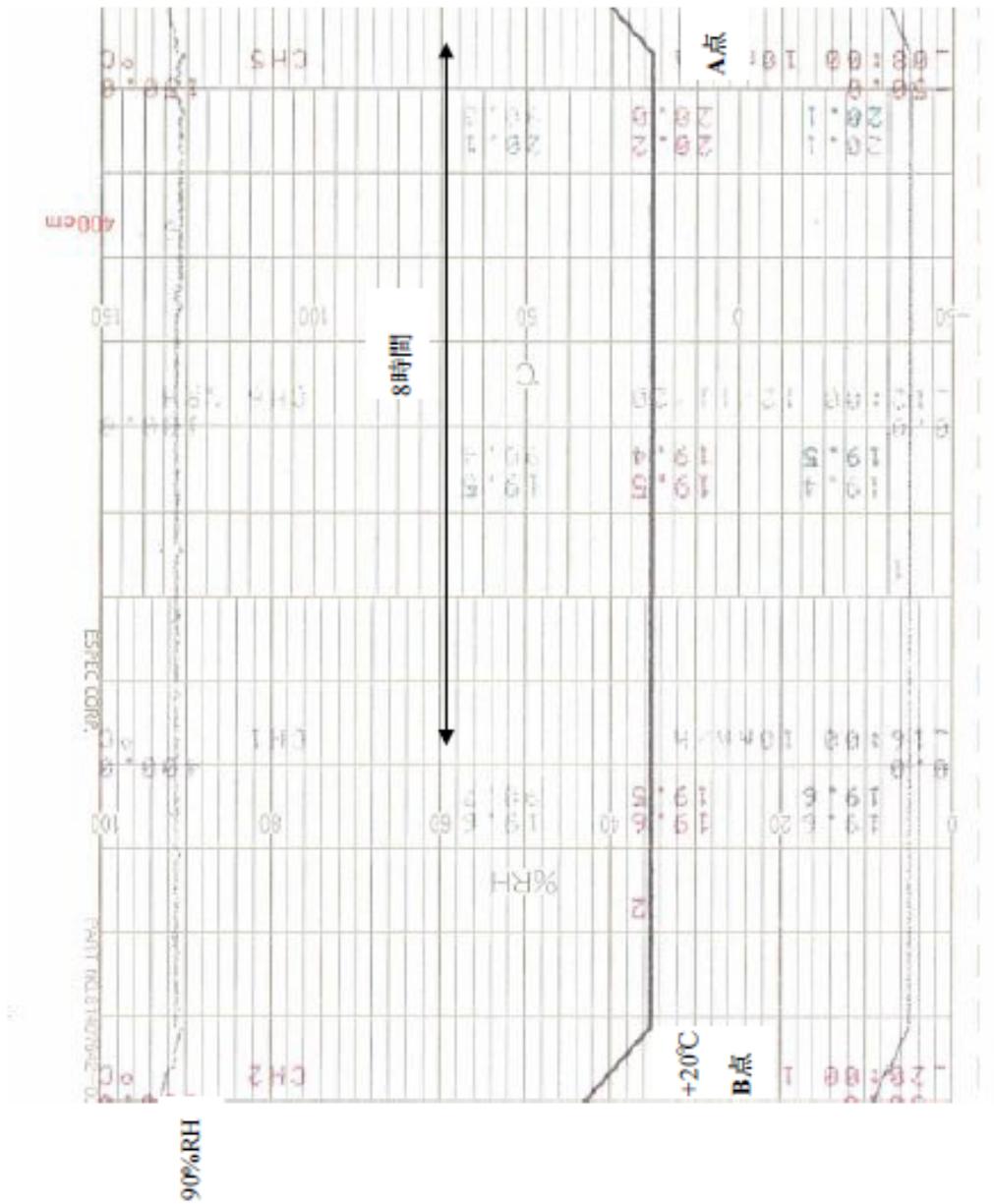
温湿度試験 温度・湿度チャート(続き)



- ① 作動試験 1回目のサイクルの最初
- ② 作動試験 2回目のサイクルの最後
- ③ 作動試験 サイクル試験終了後

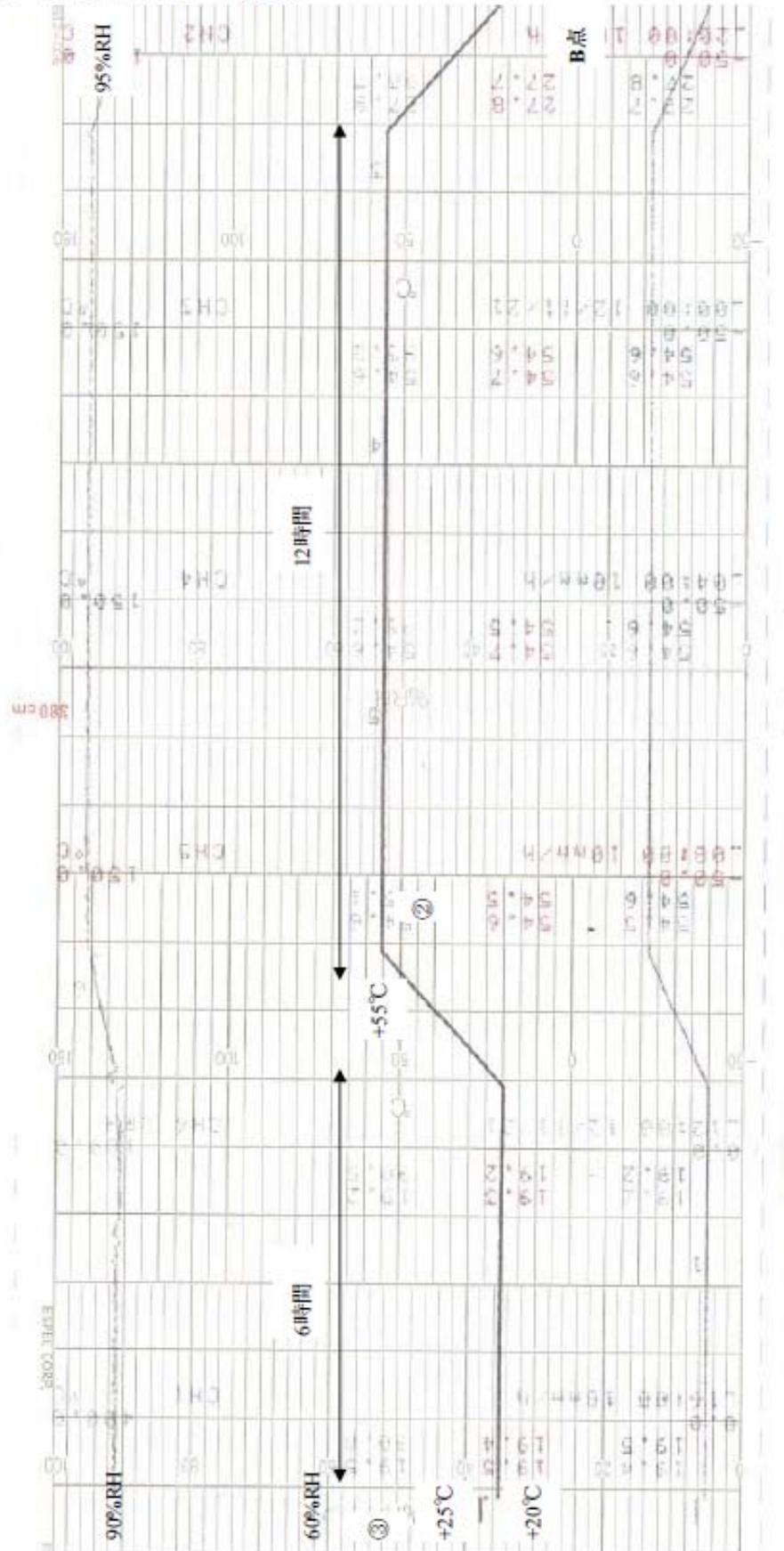
No. 8 温湿度試験データ (2)

温湿度試験 温度・湿度チャート(続き)



No. 8 温湿度試験データ (3)

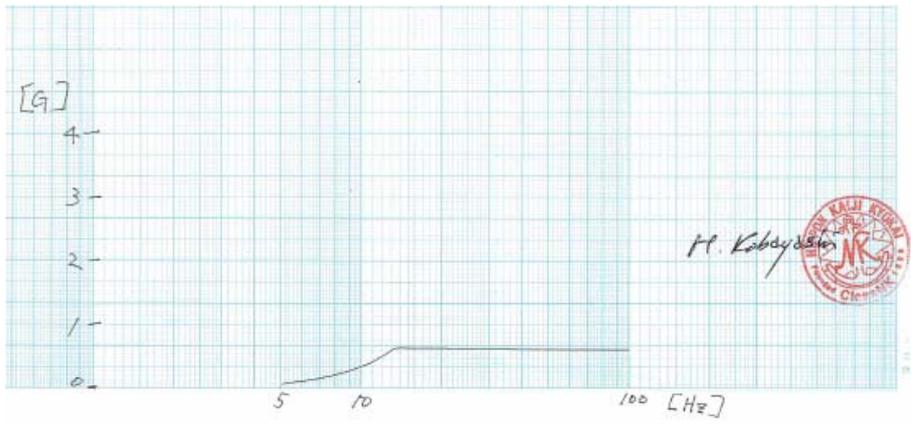
温湿度試験 温度・湿度チャート(続き)



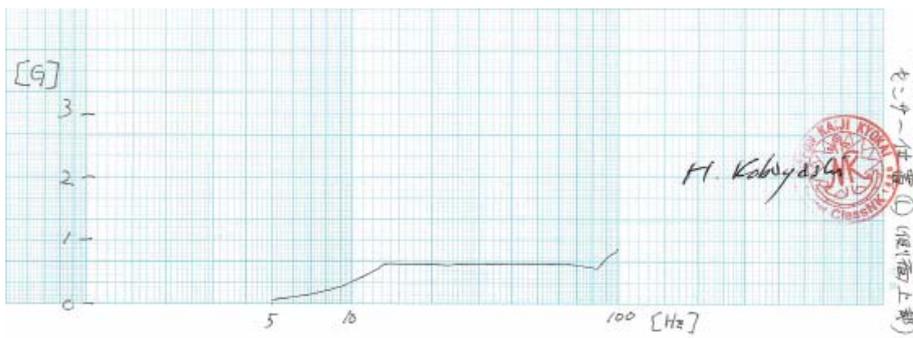
- ① 作動試験 1回目のサイクルの最初
- ② 作動試験 2回目のサイクルの最後
- ③ 作動試験 サイクル試験終了後

No. 9 振動試験（加速度）共振探索データ（1）

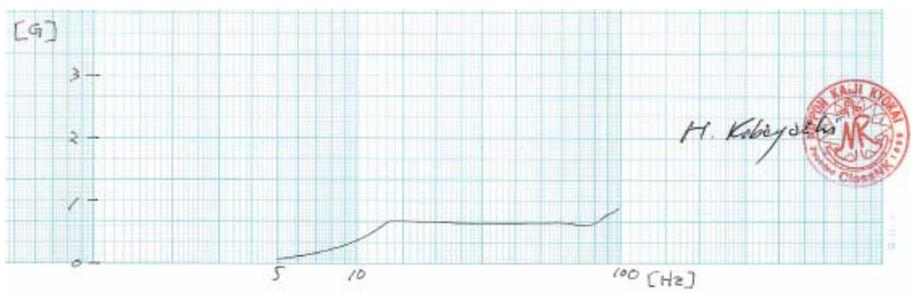
ベース



前後 耐久試験前

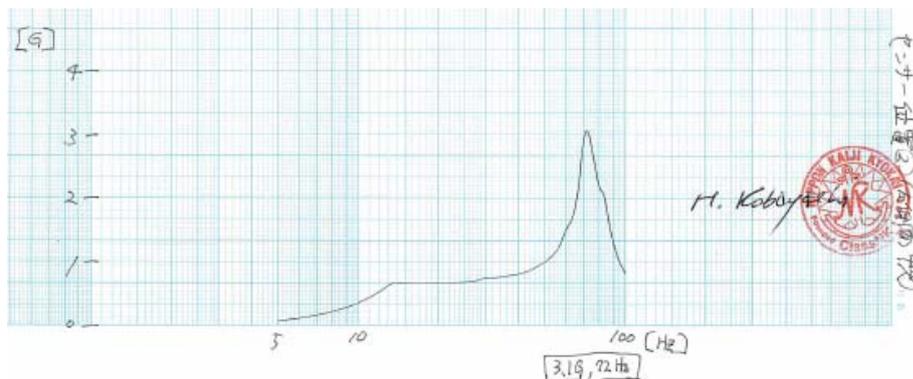


前後 耐久試験後

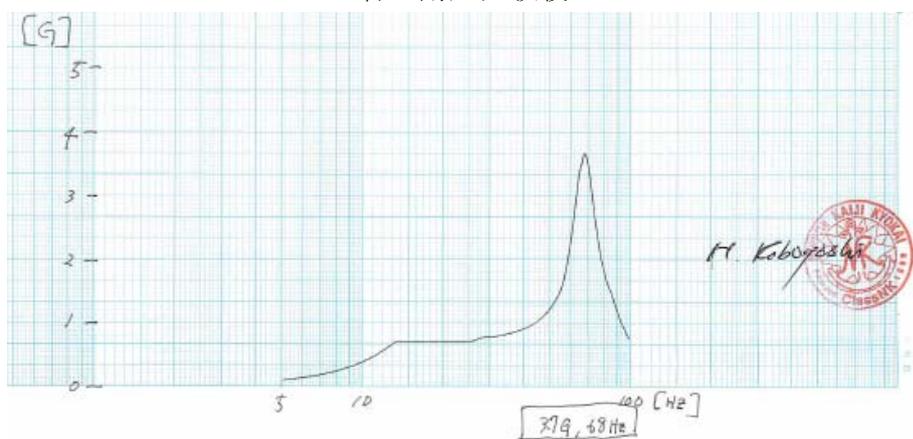


No. 9 振動試験 (加速度) 共振探索データ (2)

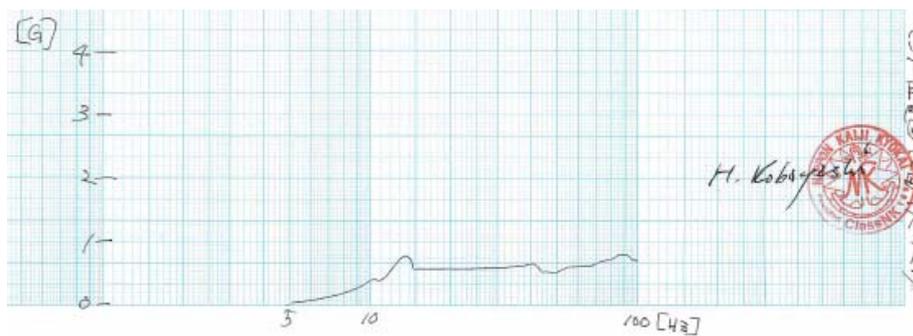
左右 耐久試験前



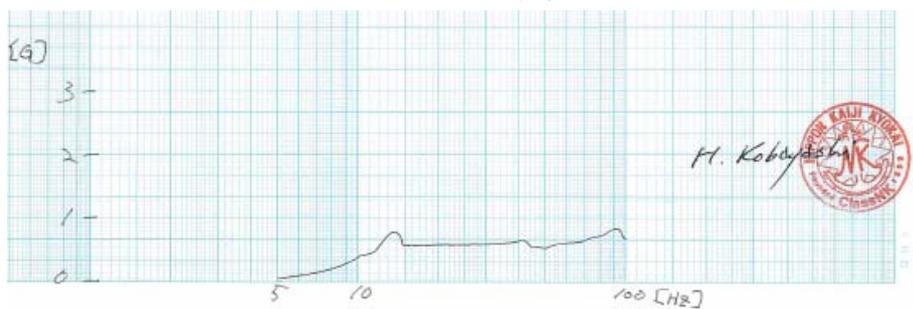
左右 耐久試験後



上下 耐久試験前

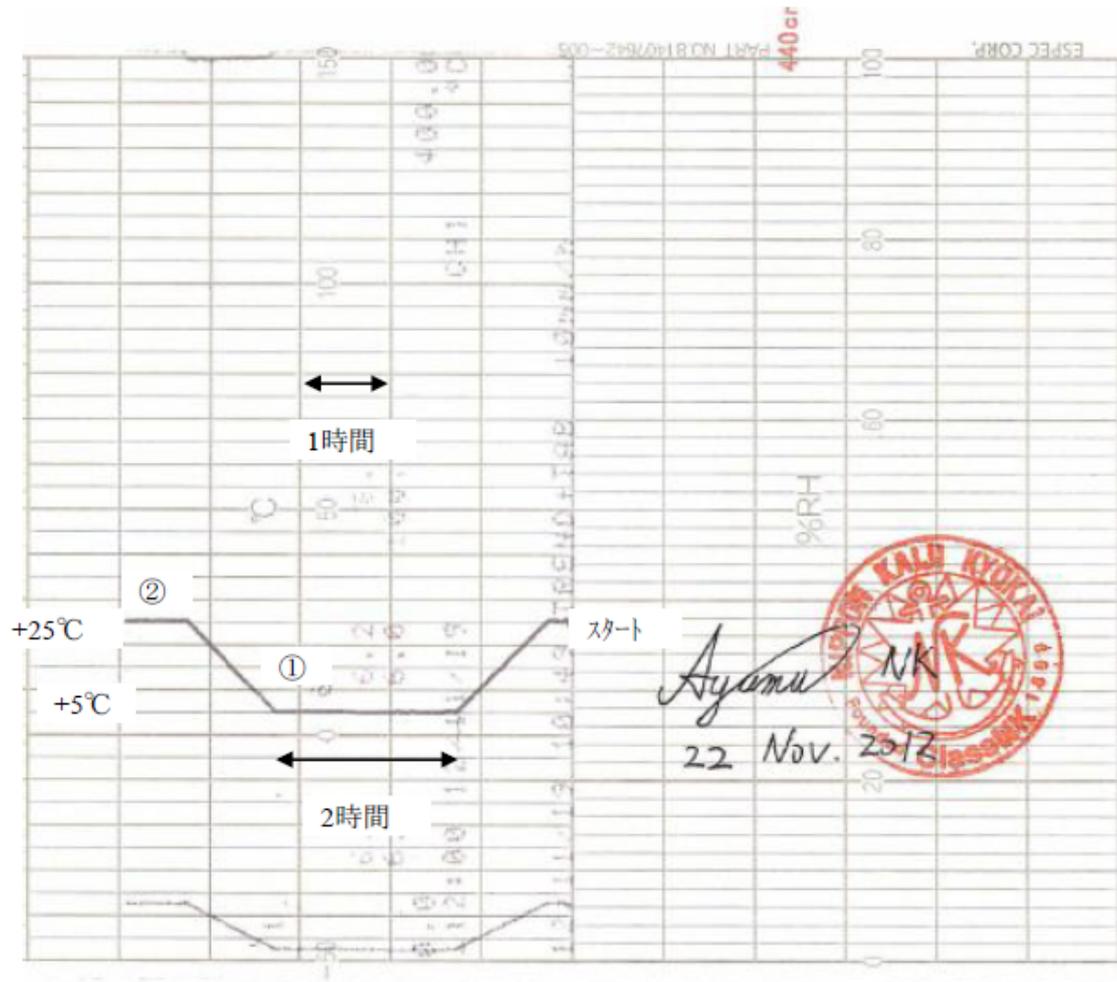


上下 耐久試験後



No. 11 低温試験データ

低温試験 温度チャート



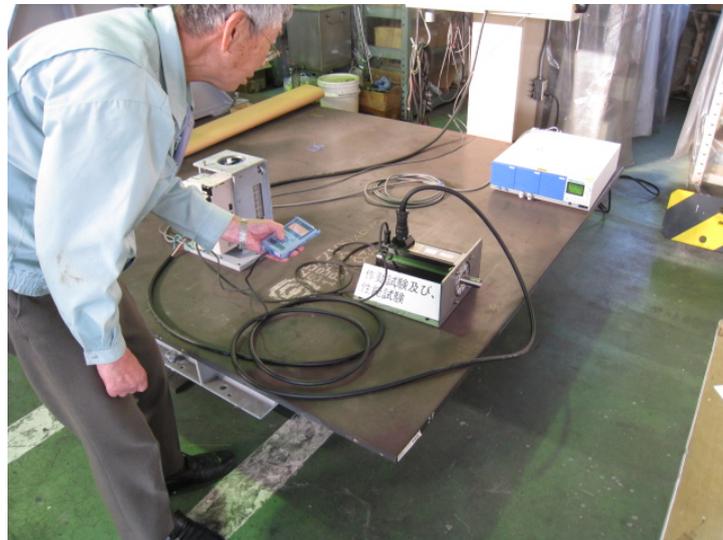
- ① 作動試験 サイクル中
  - ② 作動試験 サイクルの最後
- 注：サイクル中 湿度の規定なし。

### 14.2.3 環境試験テスト一覧 (写真)

#### 1 外観試験 (場所 山本鐵工株 日付 2012. 11. 12)



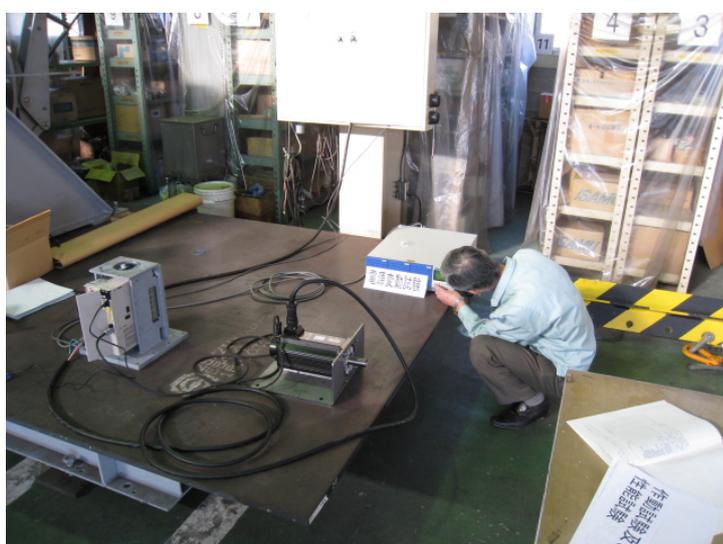
#### 2 作動試験及び性能試験 (場所 山本鐵工株 日付 2012. 11. 12)



3 電源喪失試験 (場所 山本鐵工株 日付 2012. 11. 12)



4 電源変動試験 (場所 山本鐵工株 日付 2012. 11. 12)



10 傾斜試験 (場所 山本鐵工株 日付 2012. 11. 12)



9 振動試験 (場所 JQA 日付 2012. 11. 14, 2012. 11. 15)

上下方向 耐久試験



左右方向 耐久試験



前後方向 耐久試験



全試験(上下方向耐久試験)前 作動試験

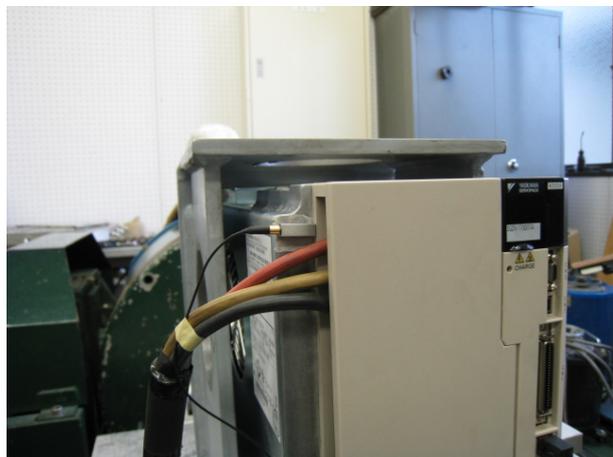


全試験後(前後方向耐久試験)後作動試験



センサー（振動ピックアップ）取り付け位置 （試験品：SGDV-170D01A）

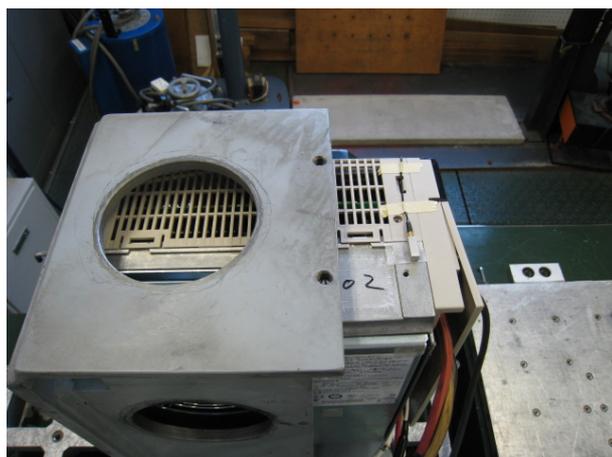
（前後 方向）



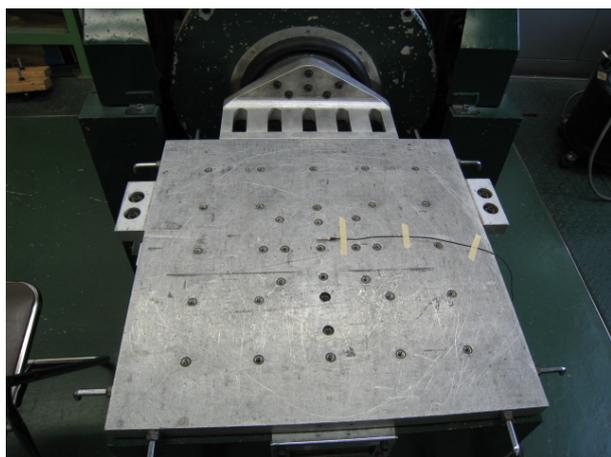
（左右 方向）



（上下 方向）



（ベース）



11 低温試験（場所 JQA 日付 2012. 11. 19）



8 温湿度試験（場所 JQA 日付 2012. 11. 19～2013. 1. 21）



7 乾燥高温試験（場所 JQA 日付 2012. 11. 22）



### 14.3 装置搭載

サーボコントローラーを船舶に搭載するための、NKの環境試験を終え、平成24年11月5日に造船所へ納入し、従来装置との切替及び安全性を考慮した搭載工事を行った。

搭載工事完了後、JG検査に合格したサーボモータを取付け、NK環境試験の終わったサーボパックを取付け、各機器の調整を行った。

対象船舶へ搭載した試作機を、図14.1に示す。



図 14.1 対象船舶へ搭載した試作機

### 15. 実船による性能評価

対象船舶に搭載した次世代型小型高速操舵装置(以下SSと称す)の性能を、操舵装置試験方案を作成し、実際の航海を通して評価を行った。

平成24年12月に海上内試運転(表15.1)、海上公試運転(表15.2)を2日間行った。内容は次の通りである。

表 15.1 海上試運転次第表(予行)

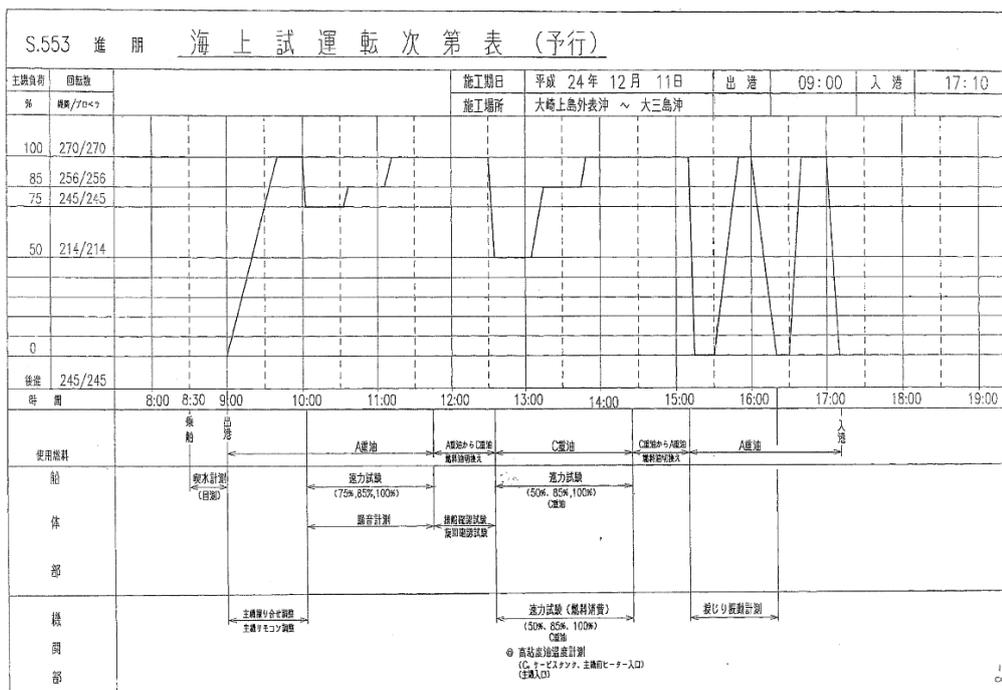
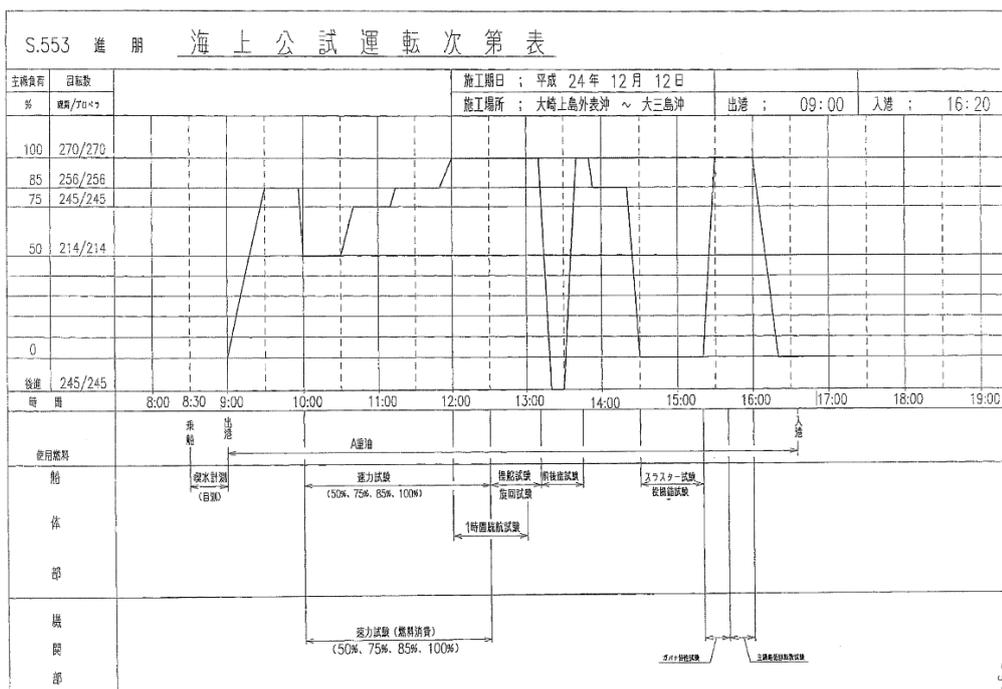


表 15.2 海上試運転次第表(公試)



## 15.1 操舵装置試験方案

小池造船海運(株)様 SNo. 553 スマートステアリング操舵装置試験方案

目 的：

通常操舵機システムにて操舵試験、旋回試験、応急操舵試験終了後、スマートステアリングシステムに切り替え、同様の試験を行う。

### ●システム切り替え方法

1. 通常操舵機システムの始動器又は操舵スタンド No. 1 警報盤の“停止”押ボタンスイッチを押して油圧ポンプ駆動を止め (No. 2 も同様) 制御電源スイッチを“OFF”にする。
2. 舵機室シリンダーユニット・ストップバルブユニットのストップバルブを閉める。
3. シリンダーユニットのボールバルブを開く。
4. 操舵スタンドの制御切換えスイッチを“SS”に切り替え、操舵スタンドの SS 舵取機警報盤 No. 1 及び No. 2 の“始動 ON”スイッチを押し始動する。

※上記手順でスマートステアリングでの制御可能状態となり、操舵試験、旋回試験を行なう。

### ●応急操舵切り替え (No1. での応急操舵)

1. 操舵スタンド“SS 舵取機警報盤”の両脇にある“常用／応急”のスイッチ (右 No. 1・左 No. 2) の No. 2 を“応急”に切り替える。
2. “SS 舵取機警報盤” No. 2 の“始動停止”スイッチを押しモーターを停止する。No. 1 の油圧ポンプのみ運転しているのを確認する。これで制御が可能となる。(No. 2 での応急操舵方法は上記の手順で No. 1 を選択)

※上記手順でスマートステアリングでの応急操舵試験を行なう。

### ●応急操舵から通常スマートステアリング操舵への復旧

1. 操舵スタンド“SS 舵取機警報盤”の No. 1 及び No. 2 の“始動停止”スイッチを押し油圧ポンプ駆動を止める。
2. “SS 舵取機警報盤”の両脇にある“常用／応急”のスイッチを全て“常用”に切り替える。
3. 操舵スタンド“SS 舵取機警報盤”の No. 1 及び No. 2 の“始動 ON”スイッチを押し油圧ポンプを駆動させる。

### ●スマートステアリングから通常システムに復旧

1. 操舵スタンド“SS 舵取機警報盤”の No. 1 及び No. 2 の“始動停止”スイッチを押し油圧ポンプ駆動を止める。
2. 舵機室シリンダーユニットのボールバルブを閉じ、ストップバルブを開ける。
3. 操舵スタンドの制御切換えスイッチを“YME”に切り替え、操舵スタンドの“舵取機警報盤” No. 1 の“始動”スイッチを押し始動する。

※上記手順で通常操舵に復旧・終了

## 15.2 操舵装置公式試運転試験データ

海上試運転で得られたそれぞれのデータを、表 15.3～表 15.6 に示す。

表 15.3 主操舵作動試験（従来型操舵装置(YME)）

転舵角度	0° ～ S35°	S35° ～ P30°	P35° ～ 0°	0° ～ P35°	P35° ～ S30°	S35° ～ 0°
転舵時間	9 秒	16 秒	9 秒	9 秒	16 秒	9 秒
最大圧力	6MPa	7MPa	3MPa	7MPa	7MPa	3MPa
最大消費電力	8.8 kW	8.8 kW	8.8 kW	8.8 kW	8.8 kW	8.8 kW

表 15.4 主操舵作動試験（次世代型小型高速操舵装置(SS)）

転舵角度	0° ～ S35°	S35° ～ P30°	P35° ～ 0°	0° ～ P35°	P35° ～ S30°	S35° ～ 0°
転舵時間	8 秒	15 秒	8 秒	8 秒	15 秒	8 秒
最大圧力	5MPa	5MPa	5MPa	5MPa	5MPa	3MPa
最大消費電力	0.9 kW	0.9 kW	0.9 kW	0.9 kW	0.9 kW	0.9 kW

表 15.5 応急操舵作動試験（SS 右舷シリンダー）

転舵角度	0° ～ S15°	S15° ～ P15°	P15° ～ 0°	0° ～ P15°	P15° ～ S15°	S15° ～ 0°
転舵時間	9 秒	20 秒	11 秒	11 秒	20 秒	9 秒
最大圧力	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa

表 15.6 応急操舵作動試験（SS 左舷シリンダー）

転舵角度	0° ～ S15°	S15° ～ P15°	P15° ～ 0°	0° ～ P15°	P15° ～ S15°	S15° ～ 0°
転舵時間	10 秒	20 秒	10 秒	10 秒	20 秒	11 秒
最大圧力	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa	3MPa

海上運転中に SS 操舵装置を作動させると、配電盤の 440V 電圧計が 10V 程度変動することが判明したため、チェックが必要となった。

主操舵試験は、全速力で舵中央から右舷 35°・左舷 35° から左舷 30°・左舷 30° から舵中央までを計測した。（反対舷も同じ）

応急操舵試験は、半速力にて舵中央から右舷 15°・右舷 15° から左舷 15°・左舷 15° から舵中央まで計測した。（反対舷も同じ）

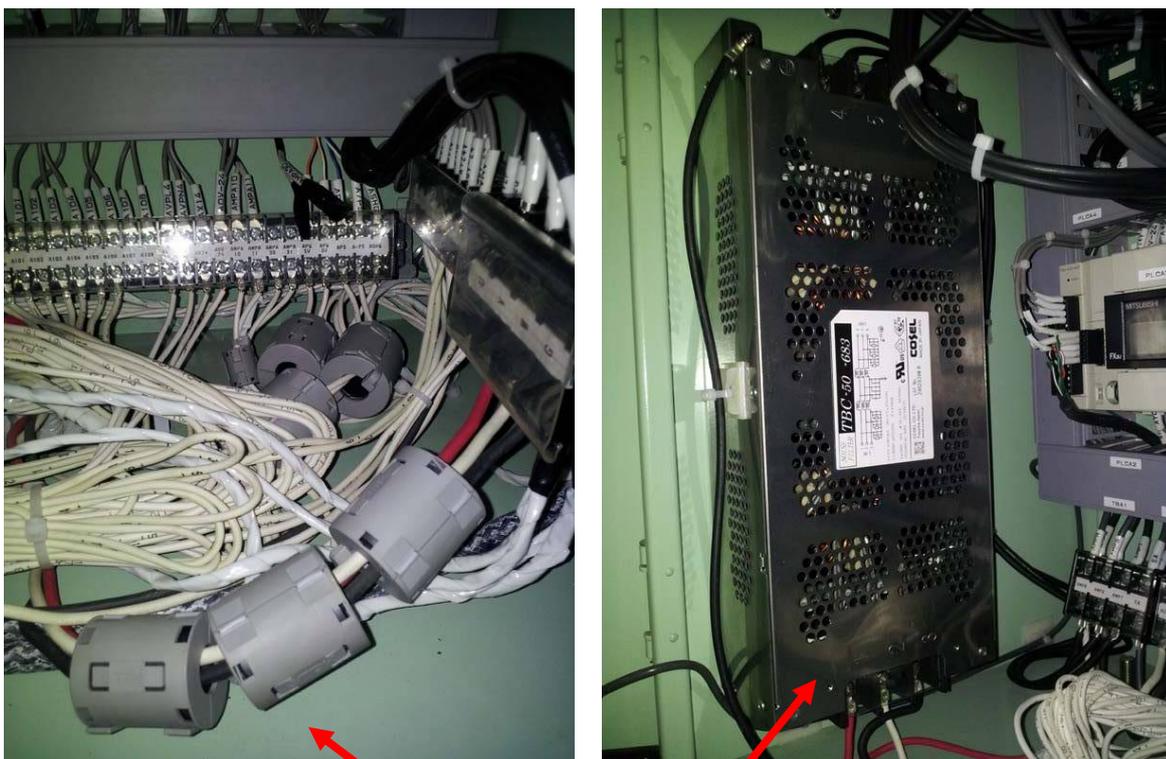
### 15.3 ノイズ対策工事

SS 操舵装置を運転すると、電圧変動が起きるのでサーボ関係からノイズが発生しているのではないかと考え、図 15.1 に示す通り、ノイズフィルターを制御盤内数ヶ所に取付けた。

DC リアクトルも取付けてテストを実施したが効果がないためリアクトルは取りはずすこととしたが、ノイズフィルター(COSEL)は、そのまま使用することとした。

サーボモーター・サーボパックの電源線、信号線等に TDK のノイズフィルターを取付けてテストを実施したが、改善が見られなかった。

造船所の電気技師の説明によると、発電機に電圧調整器(AVR)が取付けられており、基準用のボリュームと、界磁調整器、ガバナ調整器、横流を調整する部分などは、配電盤に設置されている。これらは、数珠つなぎに渡りを取りながら結線されているため、発電機と制御盤との間に絶縁トランスを入れることを提案され、実施したところ改善が見込めた。



ノイズフィルター

図 15.1 ノイズフィルター取り付け状況

しかし、発電機が2台あるため、もう片方の発電機に絶縁トランスを取付けなければならないが、もう1台のトランスの入手が困難な状況であったため、SSの操舵装置ではなく、従来型の操舵機で運行する事になり平成25年1月10日より運行を始めた。

本船は、関東地区から東北地区の航路であるため、関東地区に入港した際に絶縁トランスを取り付けることとした。

平成25年2月4日に横浜港で絶縁トランスの取付テストを行った結果、1号機、2号機単独運転で正常に動作し、電圧の変動もないことを確認した。また、2台同時運転でも電圧の変動がないことも確認した。

これにより、SS操舵装置での運航は可能となった。

SS操舵装置を使用して2月4日八戸港に向けて出港した。

今後「性能評価」の追跡が必要である。

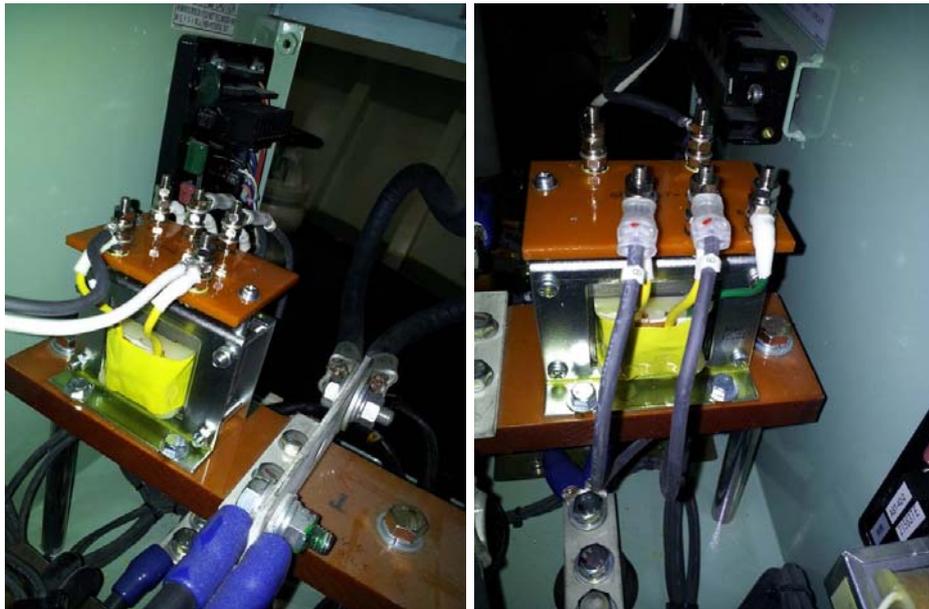


図 15.2 絶縁トランス

## 16. 達成状況及び評価

### 16.1 達成内容

試験運行の結果をみると、従来の舵取機と比べ何らの遜色もないことが判明した。

まず、第一に転舵時間も従来装置の約 1 / 2 の時間（速度 2 倍）が達成できた。

（表 14.1 と表 14.2 との比較に於いて）

但し、通常の運行で転舵速度を上げることは危険であるので、船橋からの指示通りの速度で転舵出来ることも確認出来た。

第二にトルクも十分に発生していることを確認したのち、本船従来型操舵機のトルク 85 kN・m と比較し、同様にトルクが出ていることが確認出来た。

（表 13.1 操舵機の要目参照）

第三に従来装置と比べ転舵の動きが非常にスムーズに行われることを確認した。これは従来装置がバルブの開閉によって油圧シリンダーが間欠動作（スティックスリップのような動作）を行っていることに対し新製品は油圧ポンプの回転数を変化させ油量をコントロールしているため作動油の流れが一定となり間欠動作は全くなくなった。

### 16.2 目標の達成

#### 1) 高速転舵速度

高速転舵速度は、49 頁の表 14.1 従来型操舵装置の主操舵作動試験と、50 頁の表 14.2 次世代型操舵装置の 4. ポンプ回転数:3000RPM の作動試験を比較するとわかる様に、約倍のスピードで操舵できることを確認した。

#### 2) 省エネルギー

省エネルギーに関しては、作動油については、従来型操舵装置の作動油タンクの容量は 1440 であるが、次世代型操舵装置の作動油タンクの容量は 60 であり、95% の低減となった。

更に消費電力は、表 15.3 と表 15.4 を比較して従来型操舵装置の消費電力は 8.8kW、次世代型操舵装置の消費電力は 0.9kW であり、約 1 / 10 の 90% の低減となった。

#### 3) 低価格化

製品価格については、仕様によっても異なるが従来型の操舵機は 1200~1600 万円程度である。今後の製品価格については、20% の低減を図るつもりで、開発中に見えてきた改良部分を多く取り入れ、製作台数をまとめさらに共通部品を多くし価格低減を図ることとする。

### 16.3 今後の予定

商品化に向けて、継続して実船試験を行うこととし、約 1 年分のデーターの蓄積を行い、そのデーターを基にさらに改良を加える予定としているため、2 年後の商品化を目指す。

## 17. 搭載船舶及び搭載機器

船名『進朋』



船主 脇坂海運株式会社

造船所 小池造船海運株式会社





「この報告書は BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました」

(社)日本船用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目13番3号(虎ノ門東洋共同ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

<http://www.jsmea.or.jp>