

社 団 法 人

日本造船研究協会報告

第 50 号

昭 和 40 年 2 月

ディーゼル主機械冷却水による清水発生装置の
自動化遠隔操作に関する研究
.....第 71 研究部会

Experiments on the Automatic Control for
Fresh Water Generator Utilizing Jacket Cooling
Water of Main Diesel Engine
.....The 71st Research Committee

The Report
of the
Shipbuilding Research Association
of Japan
Tokyo, Japan
No. 50
Feb. 1965

第 71 研究部会 委員名簿

部 会 長	八 島 信 雄			
幹 事	荒瀬 晃 二	谷 川 嘉 男		
委 員	飯 田 晴 也	今 村 昭 三	牛 田 正 夫	岡 本 連
	笠 間 義 郎	菊 地 嘉 瞬	黒 崎 幸 雄	坂 部 隆 史
	設 楽 敬 治	瀬 尾 正 雄	土 屋 輝 雄	津 村 忠 彦
	研 谷 晨	富 田 幸 雄	豊 福 進	成 富 義
	西 岡 正 美	西 村 正 敏	浜 野 徹 三	福 永 靖 夫
	宗 木 和 美	村 越 重 光	諸 井 宜 清	矢 敷 百 合 太 郎
	山 田 尚 道	横 井 元 昭		

Membership of the 71st Research Committee

Chairman	Nobuo YASHIMA			
Secretaries	Kōji ARASE Yoshio TANIGAWA			
Members	Haruya IIDA	Shozo IMAMURA	Masao USHIDA	Muraji OKAMOTO
	Yoshirō KASAMA	Yoshitsugu KIKUCHI	Yukio KUROSAKI	Takashi SAKABE
	Keiji SHIDARA	Masao SEO	Teruo TSUCHIYA	Tadahiko TSUMURA
	Shin TOGITANI	Yukio TOMITA	Susumu TOYOFUKU	Yoshi NARUTOMI
	Masayoshi NISHIOKA	Masatoshi NISHIMURA	Tetsuzo HAMANO	Yasuo FUKUNAGA
	Kazuyoshi MUNEKI	Shigemitsu MURAKOSHI	Nobukiyo MOROI	Yuritaro YASHIKI
	Naomichi YAMADA	Motoaki YOKOI		

Experiments on the Automatic Control for Fresh Water Generator Utilizing Jacket Cooling Water of Main Diesel Engine

Introduction

Fresh water generator on motor ship is an equipment which requires an experienced operator to start and regulate properly. In accordance with the recent trend of automated ship's propulsion plant for the purpose of saving wages and simplified operation, the Shipbuilding Research Association of Japan organized the 71st Research Committee to establish a fully automated fresh water generator plant under the 1963 fiscal year research program.

Mitsui Shipbuilding & Engineering Co., Ltd. as a principal member of the research committee, planned the sequence of push button start and automatic control system for the fresh water generator, and after various preliminary tests of individual automatic control devices, carried out the shop test of the entire plant at their Tamano Shipyard. Sasakura Engineering Co., Ltd. assisted Mitsui as the manufacturer of fresh water generator.

Sasakura-Griscom Russell-Atlas Fresh Water Generator AFGU No. 5 was chosen as typical plant for ocean-going ships, which converts sea water into distilled water under low pressure by utilizing waste heat in cooling water from a main diesel engine. The fresh water generator and necessary pumps, tanks and piping for the experiments were arranged and tested practically equivalent as on board a ship, but steam from the experimental oil burning boiler was used for the experimental plant instead of waste heat of main engine. Main particulars and the heat balance of fresh water generator are shown in Table 3.1 and Fig. 3.1 respectively.

For the experimental plant, the instrumentation was planned on the basis of fully automatic control, so that fresh water generator can be operated only by starting and stopping buttons in the control panel which are installable in the control station, and in an emergency it is intended that remote manual operation by means of manual switches on the control panel can be done. Outlined instrumentation is shown in Fig. 3.3.

The equipments used in this research consist of the following parts. Main particulars of instruments are shown in Table 3.2.

1. Automatic control devices

Various automatic and /or remote control devices are provided to control shell

vacuum, condensate flow and feed water and also condensate level.

2. Control panel

A semi-graphic panel is provided for the purpose of an easy watching and operation. Arrangement of the instruments is illustrated in Fig. 3.6.

3. Sequential control equipments

On the reverse side of the control panel, relay assembly and timers necessary for a automatic sequence programing of starting up are installed. Fig. 3.8 shows the sequence diagram.

4. Safety devices

Audible and visual alarms are installed on the control panel to indicate the faults of salinity, feed level, condensate pump and ejector pump. The whole plant is shut down in case of condensate pump or ejector pump failure.

In case of high salinity the impure condensation is to come back to the generator shell through the two way magnet valves.

Outline of Experiments

1. Preliminary test

Prior to the whole plant test, each of control devices, such as controllers and timers, was investigated one by one, and optimum setting points were determined.

2. Start test

After the affirmation of each setting values, start tests of the plant were carried out as follows.

- (1) Automatic start at the rated capacity
- (2) Automatic start at two thirds of the rated capacity
- (3) Manual remote start test
- (4) Manual start at the place of location

The results are shown in Fig. 4.2 to Fig. 4.6.

3. Operation test

After the start test, without changing the fixed setting value, the following operation tests were carried out.

- (1) Test of changing condensate quantity setting (Automatic operation)

The test was carried out by changing abruptly the index position of condensate flow recording controller. After the change of index, it took about 10 minutes to settle flow rate of condensation, and each control system acted normally and there was no trouble.

- (2) Test of changing heat temperature of fresh water (Automatic operation)

The test was carried out by changing inlet heat of fresh water temperature. It took nearly 10 minutes until the flow rate of condensation was settled, and each control system acted without any trouble. When inlet temperature of fresh water was heated at 55°C, heat quantity was insufficient, and the condensate quantity at

rated capacity could not be gained.

(3) Test of changing sea water temperature (Automatic operation)

The tests were carried out at various sea water temperature and the performance was found satisfactory.

(4) Test of remote control (Manual operation)

(5) Test of manual control at the place of location

Table 4. 2 to 4. 4 show the test results of automatic operation, measured after stable conditions were attained.

4. Test for emergency stopping equipments, alarm equipments and safety devices.

The emergency shutting devices and alarming equipments were confirmed to be in good condition.

The conclusions obtained through the forementioned experiments are as follows.

(1) Preliminary test

(i) Feed water level in the shell is closely connected with salinity of condensate.

When the feed level rises, salinity rises. In this test, controller of proportional action type is used, but it was found that controller of proportional and integral action type was more preferable. The relationship between the feed water level and salinity is shown in Fig. 5. 1.

(ii) Fluctuation of vacuum in the shell has influence upon operations of fresh water generator, i. e. falling down of vacuum causes radical reduction of condensate quantity and vice versa. In this test, proportional band of controller was set very narrow and therefore the controller with smaller range is preferable.

(iii) Some amendments for the control systems and wiring relay circuits were made during the tests, but most of equipments were confirmed to be in good order of its operations.

(2) Start test

Various kinds of test for automatic start were made under every starting condition, and they were confirmed to be satisfactory.

For the test plant, a temperature regulating valve was provided in order to maintain constant temperature of heating fresh water, but a considerable amount of hunting and fluctuation of heating fresh water occurred because of a small capacity of the heating tank and unstable conditions of heating steam pressure. Far more stable conditions can be expected at actual installation on board a ship where outlet temperature of cooling water for diesel engine should be kept almost constant. As shown in Table 4. 1, there are not much time differences between automatic and manual start operation. For the manual operation, it is necessary to adjust and watch the operating condition at least one hour or more after the start of the plant. Furthermore, some additional time might be necessary if an operator is not so familiar with the operation of the plant.

(3) Operating test

Various test results under different conditions as described above, were satisfactory in all cases.

Under actual operation on board a ship, the operation of the plant is expected to be

far more stable because heating and cooling water temperature may not change so rapidly.

Manual remote control operation is made by means of the control panel.

Any inconvenience or trouble could not be found.

Above-mentioned test results show clearly that an automatic device of fresh water generator is completely possible and has a usefulness practically.

Owing to an periodical limitation, it was not possible to research over problems about scale formations but it can be said that a scale formation caused by an ill or immoderate operation may be eliminated.

In addition, even a complete automatic control is also possible if the starting and stopping buttons are arranged to be interconnected to a level gauge of a distilled water tank on board ship and operated automatically.

ディーゼル主機械冷却水による清水発生装置の 自動化遠隔操作に関する研究

目 次

第1章 総 説	(1)
第2章 試験研究の目的	(1)
第3章 試 験 装 置	(2)
第4章 試 験 計 測	(12)
第5章 成 果	(21)
第6章 結 論	(24)

ディーゼル主機械冷却水による清水発生装置の 自動化遠隔操作に関する研究

第1章 総 説

日本造船研究協会第71研究部会において、昭和38年度の試験研究として「ディーゼル主機械冷却水による清水発生装置の自動化遠隔操作に関する研究」がとりあげられ、三井造船株式会社において試験研究が行なわれた。本試験研究には、ディーゼル船に多くの実績を有し、現在広く使用されている笠倉機械製グリスコム・ラッセルートラス式フレッシュ・ウォータ・ゼネレータを対象とし、三井船舶天竜丸用のAFGU No. 5型を使用した。

試験装置は、将来の高度の自動化を目標として完全自動化を計り、自動化機器は容易に入手可能な汎用のものを使用し、監視盤において起動、停止ボタンを操作するのみで運転を行なう集中監視を可能とともに、遠隔操作も可能な構造とした。

試験装置は、また、極力実船に類似した系統、使用条件として計画された。

第2章 試験研究の目的

最近の船舶の自動化は急速に進展し、年とともに広範囲に採用されつつあるが、従来のディーゼル船の清水発生装置は、比較的頻繁な起動、停止、監視、調節に多くの労力と熟練を必要としていた。したがって、本装置を自動化することによって、多大の利益を得ることが期待できる。しかしながら実船に適用するに先立って自動化方式を確立し、個々の制御機器と、それらを組合せた全系統について、性能、経済性、信頼性について検討を加える必要がある。

制御機器については、汎用のものを使用することによって解決できるが、方式については、実船に類似した装置によって試験研究を行なう必要がある。

本試験研究は、上述の観点から清水発生装置の合理的な自動化、遠隔監視の実用化に関するものであり、実船における自動化推定の一助として実施したものである。

第3章 試験装置

工場内に次の試験装置を設置した。

3・1 供試装置

3・1・1 主要目

Table 3・1 は供試装置の主要目を示したものである。

3・1・2 清水発生器ヒートバランス

Fig. 3・1 は清水発生器の計画ヒートバランスを示したものである。

3・1・3 系統図

本試験においては、極力実船に類似の装置とした。Fig. 3・2 は自動化を実施していない実船の清水発生装置の管系統の一例を示し、Fig. 3・3 は、試験装置の管系統を示す。Fig. 3・4 は試験装置の外観写真である。加熱清水系統は、実船においては主機シリンドジャケットの出口冷却清水を主冷却清水ポンプによって、その一部を清水発生装置に供給するのが普通であるので、試験装置には、主機および主冷却清水ポンプの代りに蒸気加熱管付清水加熱タンクおよび加熱清水ポンプを設けた。他に試験を容易にするために、加熱清水を任意温度に保持する自動温度調弁、流量計を装備した。

海水冷却水系統は、実船においては主海水冷却水ポンプによって冷却水を供給するが、試験装置では海水温度を任意に調節できるように蒸気吹込管、再循環管系を有する海水タンクおよび海水冷却水ポンプを装備した。

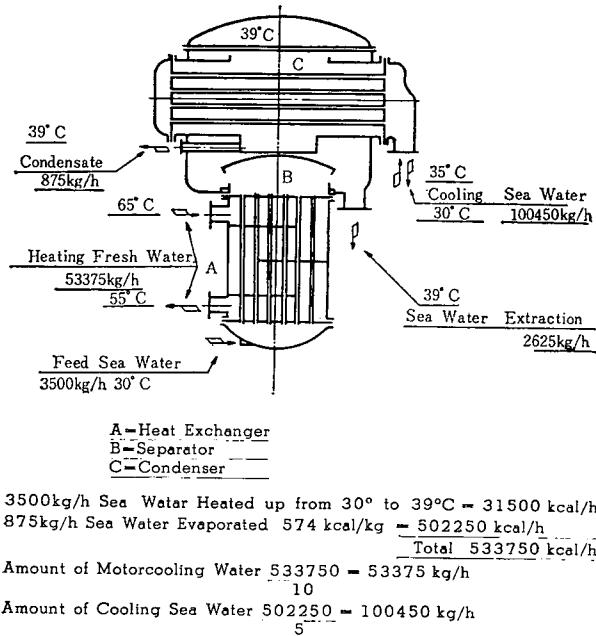


Fig. 3-1 Heat Balance of Fresh Water Generator

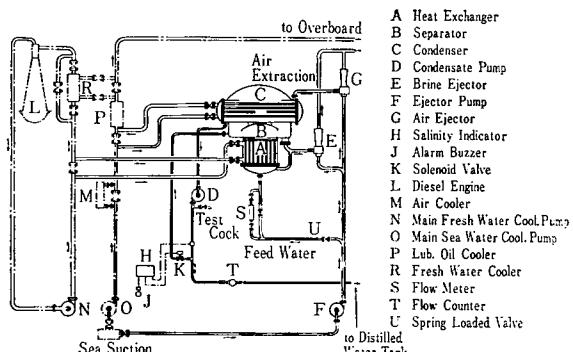


Fig. 3-2 Fresh Water Generator AFGU No. 5 Piping Diagram on Board a Ship (Conventional Type)

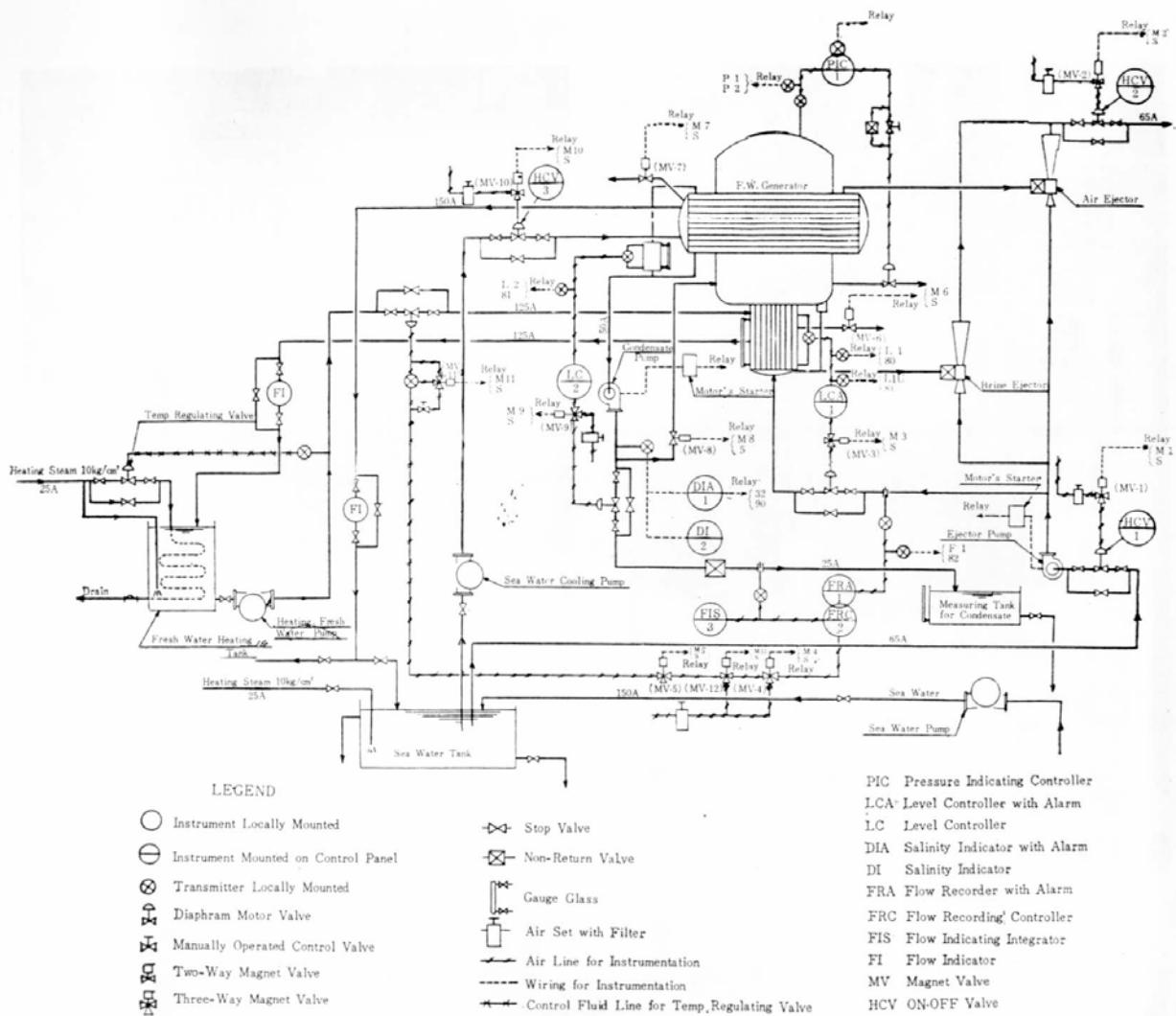


Fig. 3.3 Piping and Instrumentation Diagram

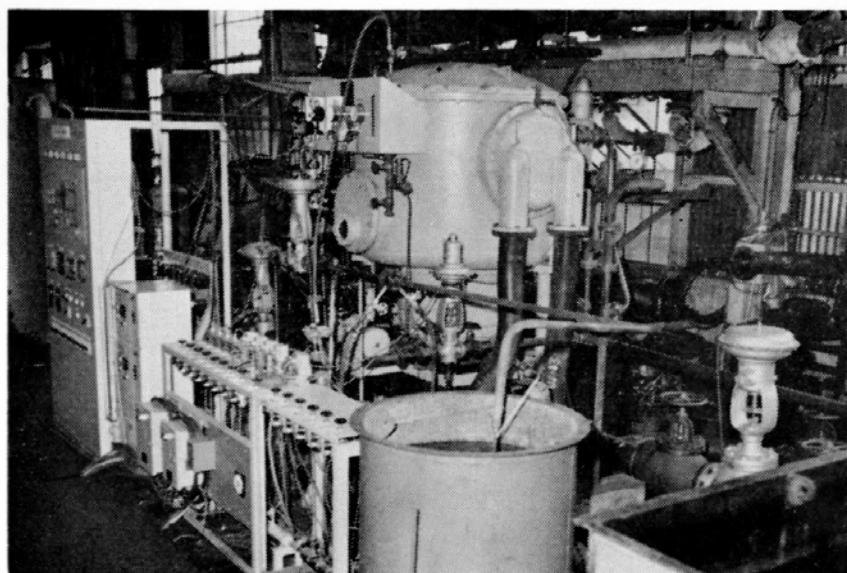


Fig. 3.4 a

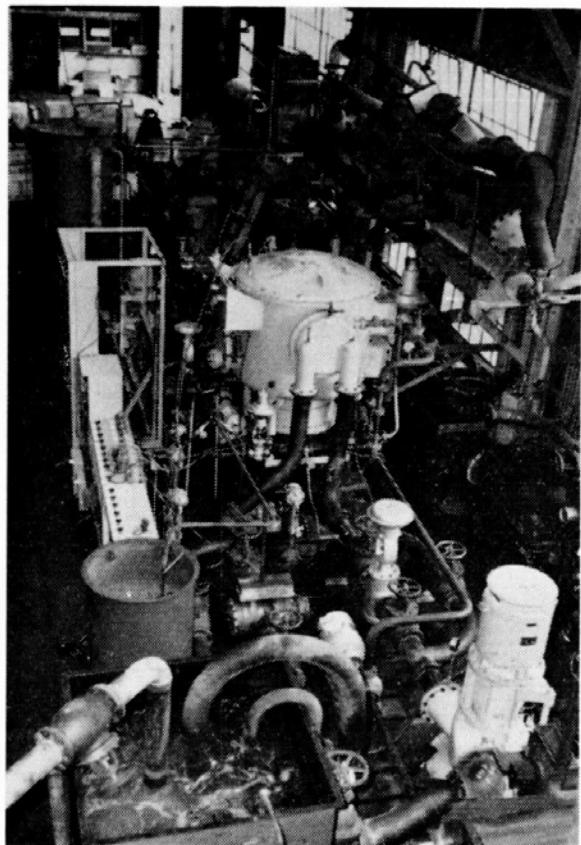


Fig. 3·4 b

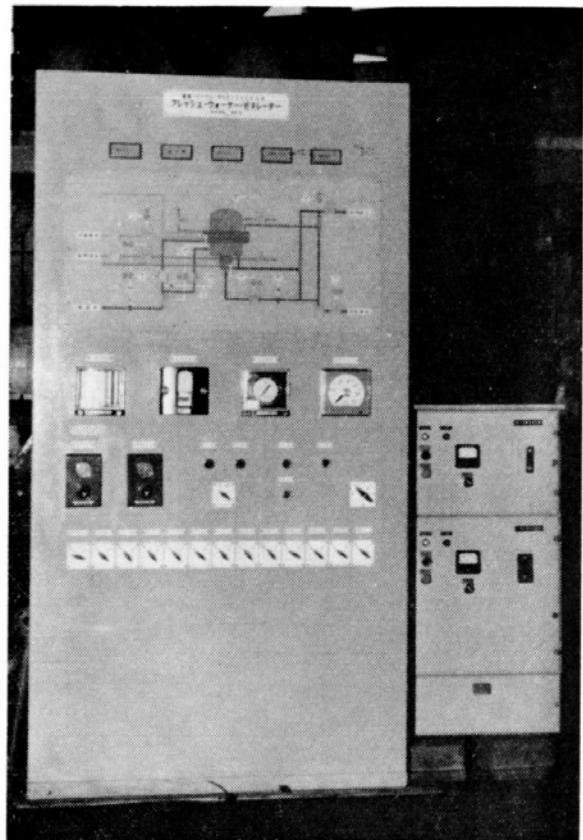


Fig. 3·4 c

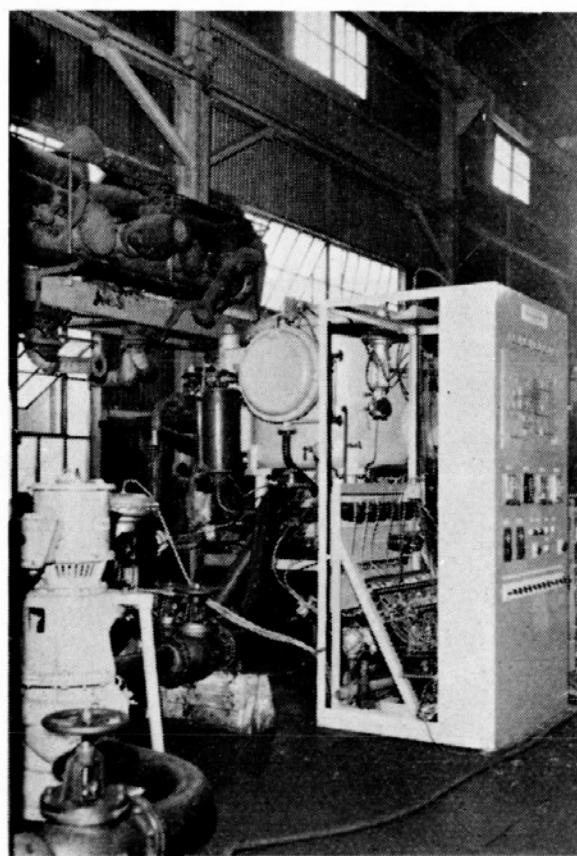


Fig. 3·4 d

Fig. 3·4 Pictures of Test Plant

他に試験用として、海水タンクに海水を供給する海水ポンプおよび流量計を設けた。

エゼクタ海水系統は、清水発生器付エゼクタポンプ、ブラインエゼクタおよび抽気エゼクタから成り立っており、海水タンクから冷却海水と同一温度の海水が供給されるようにして実船の場合と同一条件とした。

蒸溜水系統は、清水発生器付蒸溜水ポンプから試験用として設けた蒸溜水計量タンクに排出する配管とした。

3.2 自動化装置

3.2.1 一般

自動化装置は、完全自動化を目標として計画した。すなわち、起動ボタンおよび停止ボタンの操作によって、順序起動、運転および停止が自動的に行なわれるようとした。自動化船においては、通常、機関部はコントロールステーションにおいて集中監視、集中制御を行なうので、計装もそれに即応して実施されたが、試験装置として特に試けた海水冷却水ポンプおよび海水ポンプは自動化の範囲外とした。

計器類は試験計測のため実船計画の場合と異ったものを使用したものもある。

自動化装置の配置は、コントロールステーションに設けるものと機側に設けるものに二分した。一般に実船においては、コントロールステーションは狭隘であり、さらに監視を容易にするために、コントロールステーションには、起動、運転、停止の各作動において監視、調節、操作に必要な警報器、指示器、計器、操作スイッチができるだけ小数に止めて装備した。

自動化機器の選定にあたっては、船用としての適性を検討し、現在市販のものを対象とした。

Fig. 3-3 に供試装置の自動化計装要領を示す。

3.2.2 主要目

Table 3-2 は計装機器の主要目を示す。

3.2.3 計装系統図

a. エゼクタポンプ出入口操作弁装置 HCV-1, HCV-2

リレー装置の信号によって、三方電磁弁 MV-1 および MV-2 が開閉し、そのため空気圧力によって入口弁 HCV-1 および出口弁 HCV-2 はそれぞれ全開または全閉を行なう。

b. 冷却水入口操作弁装置 HCV-3

リレー装置の信号によって、三方電磁弁 MV-10 が開閉し、冷却水入口弁 HCV-3 が空気圧によって全開または全閉を行なう。

c. パージ弁装置 MV-6, MV-7

リレー装置の信号によって、パージ弁 MV-6 または MV-7 がそれぞれ全開または全閉する。

d. 給水液面調節装置 LCA-1

清水発生器内の給水液面は、差圧変換器によって空気圧信号に変換され、操作器付液面調節計に伝送されて、給水調節弁は比例動作によって制御される。

差圧変換器の出力側には、リレー装置に電気信号を伝送する2つの圧力スイッチを設けている。一つは給水液面が設定値に達すると次の起動行程の指令を伝送し、他は液面上昇警報用である。

三方電磁弁 MV-3 は、リレー装置の信号によって開閉し、液面制御回路の開閉を行なう。すなわち起動時において清水発生装置内真空が設定点に達すると、液面制御回路は閉じて液面制御が行なわれる。

e. 真空指示調節装置 PIC-1

器内真空は差圧変換器によって空気圧信号に変換され、真空指示調節計に伝送されて、真空中調節弁は比例一積分動作によって制御される。真空中調節弁は器内真空を設定値に保持するように空気流入量を調節する。

差圧変換器の出力側には、器内真空が設定値に達したとき、次の起動行程の指令信号をリレー装置に伝送する圧力スイッチを設けている。

f. 給水流量記録装置 FRA-1

給水管中に設けられた絞り機構、および差圧変換器によって流量は空気圧信号に変換され、給水流量記録計に伝送されて流量が記録される。この計器は、蒸溜水液量記録調節計 FRC-2 に組込まれており、密接な関係を有する給水と蒸溜水流量の関係を知る上に便利である。

空気圧回路には、給水流量低下警報用の圧力スイッチを設けている。

g. 蒸溜水液面調節装置 LC-2

給水液面調節装置と同様であり、差圧変換器の出力側には、蒸溜水液面による起動順序制御用の圧力スイッチを設けている。

三方電磁弁 MV-9 は、液面制御回路の開閉を行なうものであり、起動時蒸溜水液面が設定値に達したとき、または蒸溜水塩分が設定値以上に達したとき、リレー装置の信号によってそれぞれ液面制御回路を開または閉とする。

h. 蒸溜水流量記録調節装置 FRC-2, FIS-3

蒸溜水管中に設けられた絞り機構および差圧変換器によって、液量は空気圧信号に変換されて、流量記録調節計に伝送され記録される。また空気圧信号は、流量指示積算計にも伝送される。

制御空気圧信号は、数個の電磁弁を経て、ボジショナ付加熱清水調節弁に送られる。

各電磁弁の作用は次のとおりである。

(i) 三方電磁弁 MV-5

給水レベルが設定値に達すると、リレー装置の信号によって MV-5 が働き、加熱清水調節弁の制御空気圧回路を大気開放から調節計 FRC-2 に接続する。

(ii) 三方電磁弁 MV-4

給水レベルが設定値に達すると、リレー装置の信号によって MV-4 が働き、タイマ TL-4 の設定時間の間は、加熱清水調節弁が半開を保つような一定空気圧をエヤーセットから供給する。

(iii) 三方電磁弁 MV-12

蒸溜水の塩分が設定値以上に上昇した期間、リレー装置の信号によって MV-12 が働き、加熱清水調節弁が半開を保つような一定空気圧をエヤーセットから供給する。

(iv) 三方電磁弁 MV-11

制御空気圧が大気圧から急激に加熱清水調節弁に加わり、加熱清水量が急増することを防止するため、タイマ dR₁, dR₂ の設定時間の間は絞り弁を通して徐々に制御空気圧を加熱清水調節弁に加える。

i. 水質指示装置 DIA-1, DIA-2

蒸溜水の塩分を測定するために、警報付指示計を設け、塩分が設定値以上になったときは、リレー装置の信号によって警報を発するとともに、二方電磁弁 MV-8 を用いて蒸溜水を清水発生器内にリターンする。

機側にも水質指示計を設備し、機側操作を容易にした。

j. 監視盤

監視盤はセミグラフィック式とし、起動、停止、監視等を行なう必要なものを配置した。最下段には手動遠隔操作を行なうために、ポンプの発停、弁の開閉を行なうスイッチ群を配置した。Fig. 3.5 はグラフィックパネルを、Fig. 3.6 は監視盤を示す。

k. 順序制御装置

起動、順序制御リレー、タイマ、遠隔操作スイッチ、警報、安全リレー等の結線図を Fig. 3.7 に示す。

起動順序制御リレーは、計器等の調節不良、故障に起因する起動順序の誤動作を防止するようにリレーが組合されており、起動行程

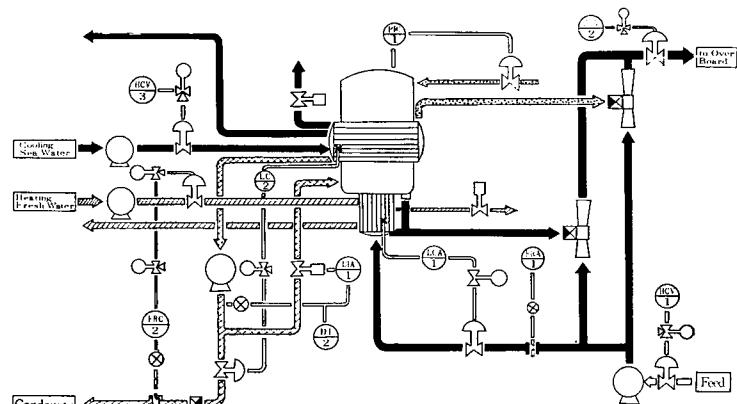


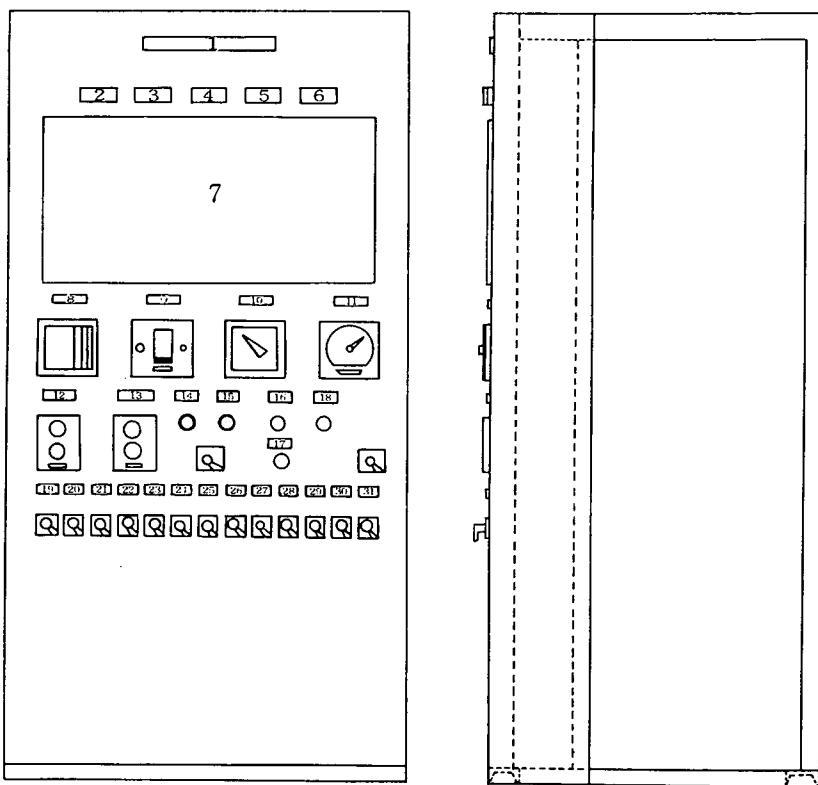
Fig. 3-5 Graphic Panel

の途中における停止、起動も可能にしてある。

(i) タイマ

順序制御および警報遅延に次のタイマを設けている。

符 号	設定範囲	用 途
TL-1	0～1 min	エゼクタポンプ入口弁 HCV-1 開からエゼクタポンプ起動までの時間設定
TL-2	0～1 min	冷却水ページ弁 MV-7 の開放時間の設定
TL-3	0～30 sec	エゼクタポンプ起動からエゼクタポンプ出口弁 HVC-2 開までの時間設定
TL-4	0～30 min	加熱清水調節弁 FRC-2 の半開時間の設定
TL-5	0～1 min	加熱清水ページ弁 MV-6 の開放時間の設定
TL-6	0～1 min	蒸溜水ポンプ起動から蒸溜水調節弁 LC-2 開までの時間設定
TL-7	0～5 min	給水量低下警報遅延時間の設定
TL-8	0～1 min	給水低液面警報遅延時間の設定



No.	Name of Device	Name Plate
1	Name Plate	
2	Alarm Lamp (Red)	Feed Level
3	" (")	Feed Flow
4	" (")	Salinity
5	" (")	Ejector Pump
6	" (")	Condensate Pump
7	Graphic Panel	
8	Instrument	Feed & Condensate Flow
9	"	Condensate Flow
10	"	Shell Vacuum
11	"	Salinity
12	"	Feed Level
13	"	Condensate Level
14	Push Button	Manual
15	"	Automatic
16	" (PB-1)	Start

No.	Name of Device	Name Plate
17	Push Button (PB-2)	Shut Down
18	" (PB-3)	Buzzer Stop
19	Switch	Cooling Water Pump
20	"	Cooling Water Valve
21	"	Purge Valve for Cooling Water
22	"	Ejector Pump Inlet Valve
23	"	Ejector Pump
24	"	Ejector Outlet Valve
25	"	Feed Water Valve
26	"	Heating Water Pump
27	"	Heating Water Valve
28	"	Purge Valve for Heating Water
29	"	Condensate Pump
30	"	Condensate Valve
31	"	Return Valve for Condensate

Fig. 3-6 Control Panel

- dR₁ 0~3 min 加熱清水調節弁 FRC-2 の制御空気圧絞り時間の設定
 dR₂ 0~3 min 同上
 dR₃ 0~3 min 警報回路の遅延時間の設定

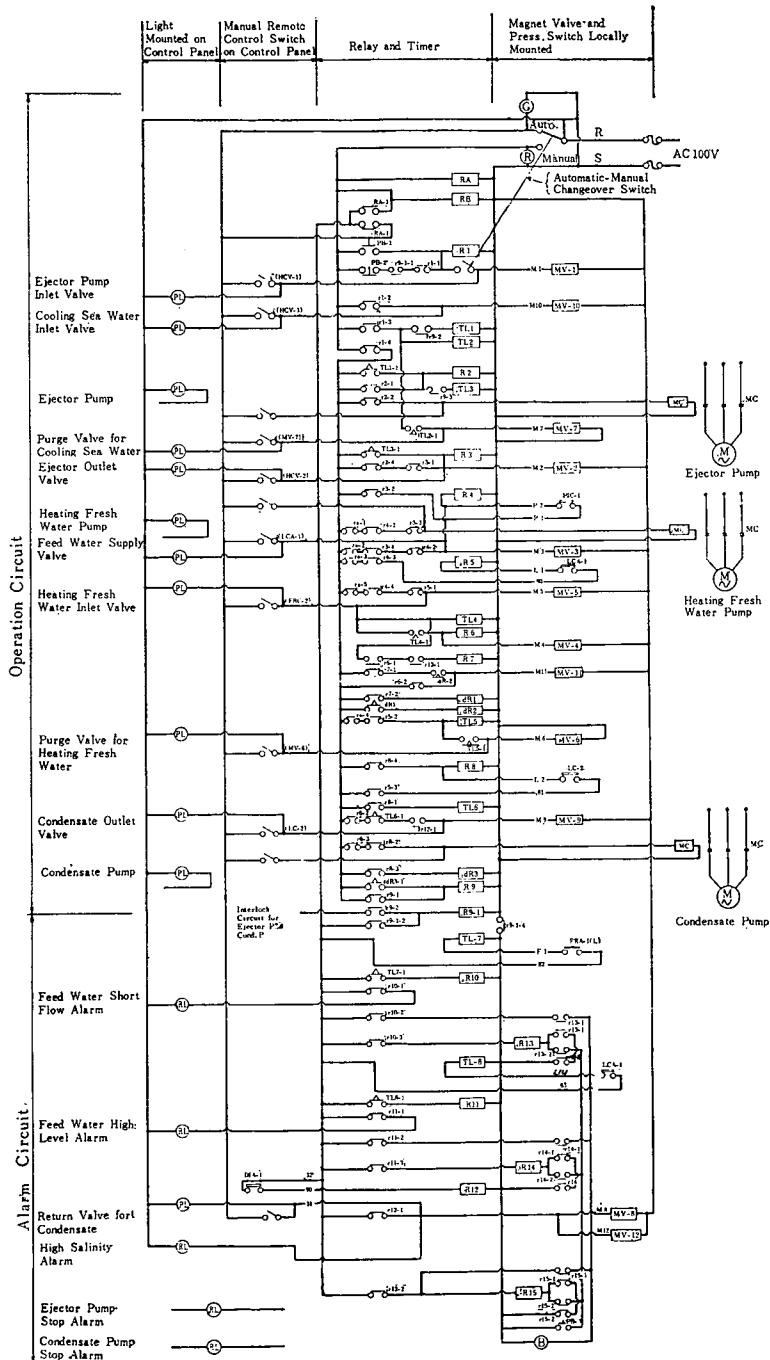


Fig. 3-7 Wiring Diagram

(ii) 韶報装置

次の作動異状を生じた場合は、韶報を行なう韶報装置を設けている。監視盤に韶報ランプ（アナウンシエタ）、ブザ、ブザ停止スイッチを配置している。

給水液面上昇 (LCA-1)

給水液量低下 (FRA-1)

塩分上昇 (DIA-1)

蒸溜水ポンプ停止

エゼクタポンプ停止

(iii) 非常停止装置

次の場合は清水発生装置を自動的に停止する。

蒸溜水ポンプ停止

エゼクタポンプ停止

(iv) 安全装置

蒸溜水の塩分が増加して水質計の設定点を越えるときは、自動または手動の起動中、または運転中にかかわらず二方電磁弁 MV-8 が開くとともに、蒸溜水調節弁 LC-2 を閉じて、蒸溜水を清水発生器にリターンする。同時に蒸溜水流量記録調節装置の三方電磁弁 MV-12 の作動により、加熱清水調節弁は半開状態となる。塩分が設定値以下に回復すると、リターン弁は自動的に閉鎖するとともに、三方電磁弁 MV-12 の作動により、蒸溜水流量調節計の制御空気回路は加熱清水調節弁に接続され、正常運転に復帰する。

(v) 遠隔操作スイッチ

自動起動、運転に代って、コントロールステーションにおいて手動遠隔操作を行なうためにスイッチ群を監視盤に配置している。

3.3 起動順序および作動

3.3.1 自動起動準備

自動起動前の操作は次のとおりである。

a. 海水冷却ポンプの起動スイッチを ON にする。

実船においては、一般に冷却海水は航海中常に運転している主海水冷却水ポンプによって供給されるので、自動起動装置は設けていない。

b. 監視盤の制御装置用電源スイッチを ON とし、制御用空気を供給する。

c. 監視盤の自動一手動切換スイッチを「自動」にする。

d. 蒸溜水流量記録調節計 FRC-2 の設定針を希望する蒸溜水量の位置に合せる。

3.3.2 自動起動作動順序

自動起動準備が終つたならば、監視盤の起動ボタン (PB-1) を押すと、自動起動する。作動順序は次のとおりである。

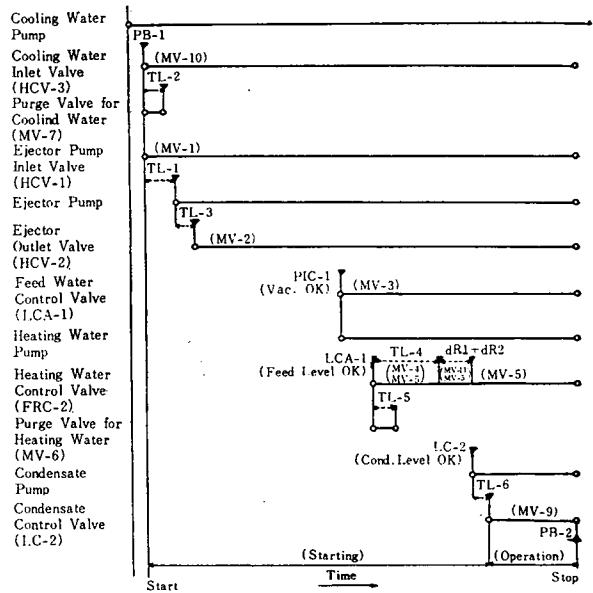
Fig. 3-8 は線図で示したものである。

a. 起動ボタンを押すと、電磁弁 MV-1 および MV-10 が作動してエゼクタポンプ入口弁 HCV-1、および冷却水入口弁 HCV-3 が全開となる。同時に、冷却水ページ弁 MV-7 が全開となり、冷却水系統の空気を排出する。

b. ページ弁 MV-7 はタイマ TL-2 の設定時間後閉鎖する。

c. 起動後、タイマ TL-1 の設定時間経過後エゼクタポンプが起動する。

d. エゼクタポンプ起動後、エゼクタポンプモータの過負荷を防止するためタイマ TL-3 の設定時間経過後、電磁弁 MV-2 が作動してエゼクタポンプ出口弁 HCV-2 が全開となる。この状



態で抽気エゼクタおよびブラインエゼクタは作動状態になり、清水発生器の真空が上昇を始める。

e. 清水発生器内の真空が十分な値に達すると、電磁弁 MV-3 が作動して給水液面調節装置 LCA-1 を作動状態にする。このとき給水が器内に供給される。加熱清水ポンプも同時に起動する。（実般においては一般に加熱清水は航海中、常に運転している主清水冷却水ポンプによって供給されるので、自動起動の必要はない。）

f. 器内の給水液面が蒸発に十分な設定値に達すると、電磁弁 MV-5 が作動して加熱清水調節弁が制御空気圧回路に接続される。このとき、制御空気圧は電磁弁 MV-4 によってエヤーセットから供給され、調節弁は半開の状態に保たれる。これは蒸発開始時に急激に多量の熱量を加えることはブライミングを起し、蒸溜水中の塩分の上昇の原因になるからである。加熱清水ページ弁 MV-6 は同時に開く。

g. ページ弁 MV-6 はタイマ TL-5 の設定時間経過後閉鎖する。

h. 加熱清水供給開始から、タイマ TL-4 の設定時間経過後、電磁弁 MV-4 が働き、制御空気圧回路は、蒸溜水量記録調節計 FRC-2 に接続され、自動制御が行なわれるが、同時に電磁弁 MV-11 は制御空気圧回路をポジショナから絶縁して、絞り弁側路に切換え、タイマ dR₁ および dR₂ の設定時間持続する。これは蒸溜水量の設定値が非常に高いとき、急激な蒸溜水量変化を与えることになり、全装置の制御系に過大な外乱を与える原因になるからである。

i. 器内の蒸発が行なわれて凝縮が行なわれると、蒸溜水液面が上昇を始める。液面が蒸溜水液面調節装置 LC-2 の設定値に達すると、蒸溜水ポンプが起動し、タイマ TL-6 の設定時間経過後、蒸溜水液面調節装置を電磁弁 MV-9 によって作動状態にする。これにより自動起動は完了する。

3.3.3 手動遠隔起動

3.3.1 自動起動準備Cの代りに監視盤の自動一手動切換スイッチを「手動」にし、監視盤の遠隔操作スイッチを自動起動の場合と同様の順序で操作することによって手動遠隔起動を行なう。

3.4 運 転

3.4.1 自 動 運 転

自動起動または手動起動後は完全自動運転が可能である。必要に応じて蒸溜水量の設定値を変更することができる。

3.4.2 手動遠隔運転

自動運転中、次の調節計は監視盤において、手動操作器に切換えて手動運転が可能である。

給水液面調節計 LCA-1

真空指示調節計 PIC-1

蒸溜水液面調節計 LC-2

蒸溜水流量記録調節計 FRC-2

3.5 停 止

監視盤の停止ボタン (PB-2) を押せば全装置は停止する。さらに、その後装置の状態の如何にかかわらず、直に自動または手動起動運転を行なうことができる。

第4章 試 験 計 測

4.1 試 験 種 類

試験装置組立後、海水は海から、加熱清水は水道水を使用して試験計測を行なった。

試験種類は次のとおりである。

a. 基 础 試 験

b. 起 動 試 験

自動定格起動

自動 2/3 定格起動

手動遠隔起動

手動機側起動

c. 運 転 試 験

自動運転（蒸溜水量変化）

〃 （加熱清水温度変化）

〃 （海水温度変化）

手動遠隔運転

手動機側運転

d. 非常停止装置、警報装置試験および安全装置試験

4·2 基 础 試 験

各装置の調整を行ない設定値を決定した。ただし、蒸溜水流量、加熱清水入口温度、冷却水入口温度は可変設定値とし、その他は固定設定値とした。固定設定値は次のとおりで各種試験の全期間を通じて固定された。

4·2·1 ポンプ吐出量

冷却海水および加熱清水の最大流量は、冷却水入口弁 HCV-3 および加熱清水調節弁 FRC-2 が全開の場合、次の値に固定した。

冷却海水 $100 \text{ m}^3/\text{h}$

加熱清水 $70 \text{ m}^3/\text{h}$

4·2·2 給水 量

給水量は清水発生器加熱管のスケール生成に深い関係がある。一般に発生蒸溜水量の 3~4 倍と規定されているので、清水発生器計画点において約 3 倍になるようにブラインエゼクタを調整することにした。しかし、本試験においては、ブラインエゼクタのブライン入口にオリフィス等で抵抗を与える必要がなく、ほぼ 3 倍になった。

4·2·3 給水液面調節装置

給水液面が高すぎる場合はプライミングの現象を起し、低過ぎる場合は蒸発量が不足する。本試験では清水発生器の定格状態において、定格蒸溜水を発生する最低液面とした。

比例帯 20% (100mm) 計器の最少値

圧力スイッチ (順序制御用) 空気圧 $0.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$

圧力スイッチ (液面上昇警報用) 空気圧 $1.1 \text{ kg}/\text{cm}^2$

4·2·4 真空指示調節装置

指示調節計の調節は Reaction-curve method により算出し、(制御空気圧変化 $0.1 \text{ kg}/\text{cm}^2$) 参考とした。

Fig. 4·1 は過渡応答によって得られた計測結果である。

$$\text{リアクションレート } (\%/\text{min}) \quad R = \frac{1}{T} \times \frac{\text{偏位}}{\text{レンジ}} \times 100 = 0.507$$

$$\text{弁偏位 } (\%) \quad \Delta P = \frac{\text{制御空気圧変化}}{\text{制御空気圧レンジ}} \times 100 = 12.5$$

$$\text{比例帶 } (\%) = \frac{110RL}{\Delta P} = 2.58$$

$$\text{積分時間 } (\text{min}) = \frac{L}{0.3} = 1.9$$

最終的には次のごとく設定した。

比例帶 5%

積分時間 2min

圧力スイッチ (順序制御用) 器内真空 690mmHg

設定真空 " 707.5mmHg

4.2.5 蒸溜水液面調節装置

蒸溜水液面調節装置の作動は、清水発生装置制御系によつて影響が大きいので、外乱が加えられた場合に不安定な作動をする。これを防止するために内径約300mmの蒸溜水溜タンクを設けた。

比例帶 50%

圧力スイッチ（順序制御用） 空気圧 0.3 kg/cm^2

4.2.6 蒸溜水流量記録調節装置

流量調節計の調整は Reaction-curve method (制御空気圧変化 0.1 kg/cm^2) により算出し参考とした。

Fig. 4.1 は測定結果である。

リアクションレート (%/min) $R = 18.5$

弁偏位 (%) $\Delta P = 12.5$

比例帶 (%) = 109

積分時間 (min) = 2.2

最終的には次のとく設定した。

比例帶 200%

積分時間 3min

4.2.7 水質指示装置

塩分上昇警報および安全装置作動設定値 10ppm

h. 順序制御装置 タイマ

タイマの時間設定値は次のとおりである。

符号	設定時間	符号	設定時間
TL-1	10sec	TL-7	2min
TL-2	5sec	TL-8	30sec
TL-3	2sec	dR ₁	3min
TL-4	10min	dR ₂	0
TL-5	5sec	dR ₃	5sec
TL-6	2sec		

4.3 起動試験

各部の固定設定値を確認後、蒸溜水量を除き可変設定値を計画値として起動を行ない、諸計測および作動の確認を行なった。さらに、器内真空、給水、蒸溜水がある程度残っている状態における途中起動試験も実施した。可変設定値の計画値は次のとおりである。

蒸溜水量 0.875t/h

加熱清水入口温度 65°C

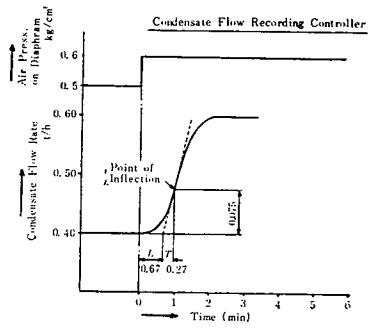
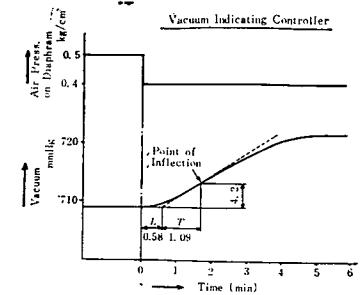


Fig. 4.1 Reaction Curves Produced by Step Change in Input

海 水 温 度 30°C

蒸溜水液面および給水液面は、液面下方の基準点から上方に測定した。

4·3·1 自動定格起動

可変設定値を計画値に整定後、監視盤の起動ボタン操作により、試験を行なった。Fig. 4·2 は、計測値を折れ線グラフで示したものである。計測間隔の途中で生じた各量の変化は明確に判断できない欠点がある。蒸溜水量および給水量は、調節計 FRC-2 および FRA-1 のチャートに記録されたが、Fig. 4·9 はその記録である。途中起動の結果は、それぞれ Fig. 4·3 および Fig. 4·10 に示す。

4·3·2 自動 2/3 定格起動（途中）

清水発生装置停止後、蒸溜水量を 0.583t/h に設定し、直に途中起動を行ない試験を行なった。その結果を Fig. 4·4 および Fig. 4·8 に示す。

4·3·3 手動遠隔起動

監視盤の自動一手動切換スイッチを「手動」として遠隔操作スイッチを順次操作して試験を行なった。計測値をそれぞれ Fig. 4·5 および Fig. 4·11 に示す。

4·3·4 手動機側起動

自動化を行なった清水発生装置と、自動化を行なっていない従来のものの起動性能の比較を行なうため、メーカーの熟練者によって機側操作によって試験を行なった。操作はすべて自動調節弁のバイパス弁を使用した。

計測結果を Fig. 4·6 および Fig. 4·13 に示す。Table 4·1 は、冷却水入口弁開から起動操作完了までの時間計測値の比較を行なったものである。

4·4 運 転 試 験

起動試験終了後引続いて固定設定値を変化することなく、各種の運転試験を行ない、実船において遭遇する外乱に対し各部作動の適否を確認した。

4·4·1 自動運転（蒸溜水量変化）

可変設定値を計画値から、急激に蒸溜水量設定値のみを変更して試験を行なった。Table 4·2 は、各蒸溜水量設定値における計測値で Fig. 4·7, Fig. 4·8 はチャートに示された記録である。

4·4·2 自動運転（加熱清水温度変化）

加熱清水入口温度を急激に変更して試験を行なった。Table 4·3 および Fig. 4·9 は、それぞれ計測値および記録を示したものである。

4·4·3 自動運転（海水温度変化）

海水温度（冷却水入口およびエゼクタポンプ吸入海水温度）を急激に変更して試験を行なった。Table 4·4 および Fig. 4·10 は、それぞれの計測値および記録を示したものである。

4·4·4 手動遠隔運転

監視盤において、真空調節計、加熱清水調節弁、給水調節弁、蒸溜水調節弁を手動で遠隔操作試験を行なった。その記録を Fig. 4·11 に示す。

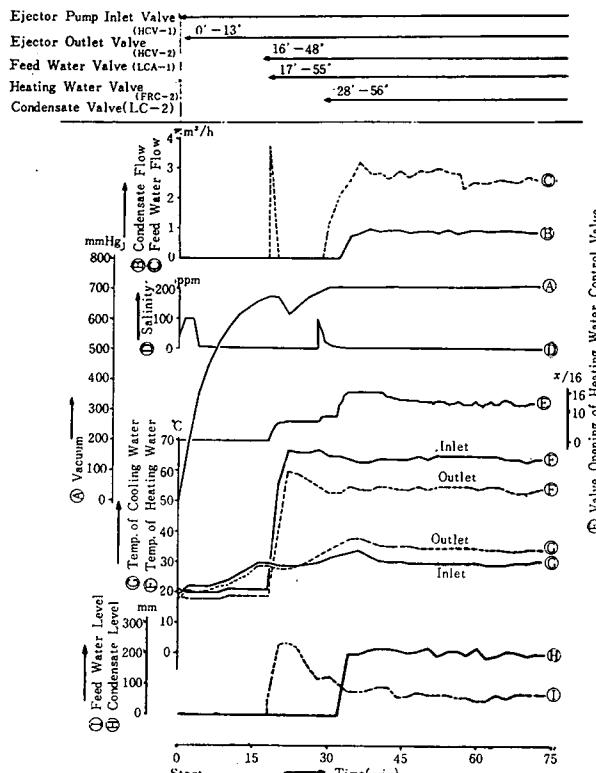


Fig. 4.2 Automatic Starting at Rated Condition

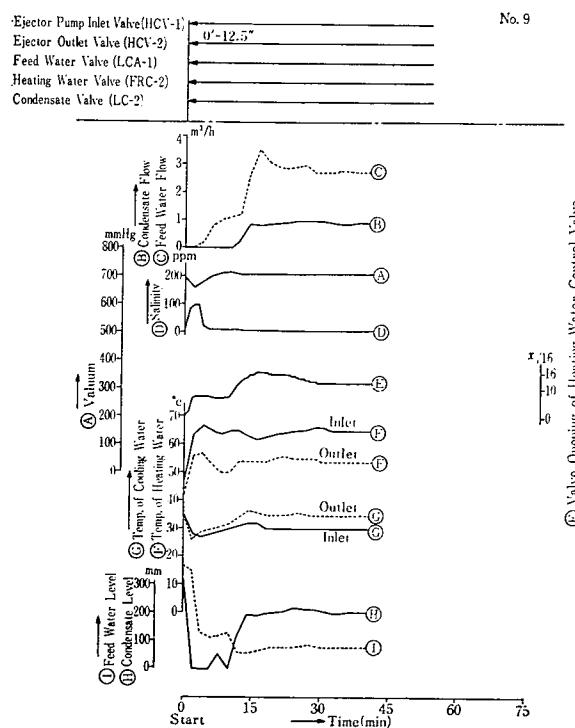


Fig. 4.3 Automatic Starting at Rated Capacity (Intermediate Start)

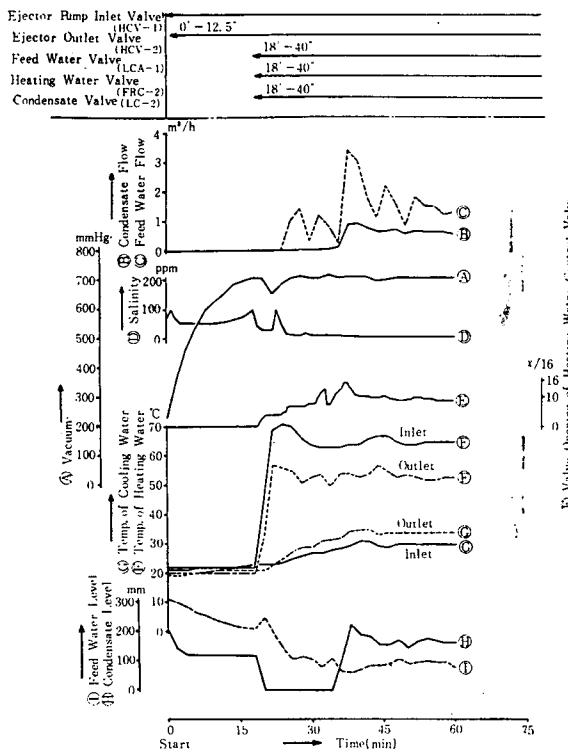


Fig. 4-4 Automatic Starting at 2/3 LOA (Intermediate Start)

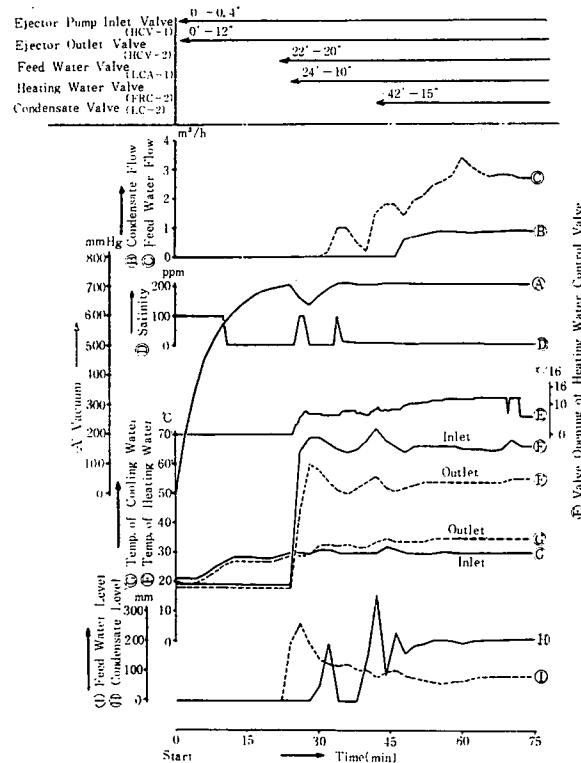


Fig. 4-5 Manual Remote Starting

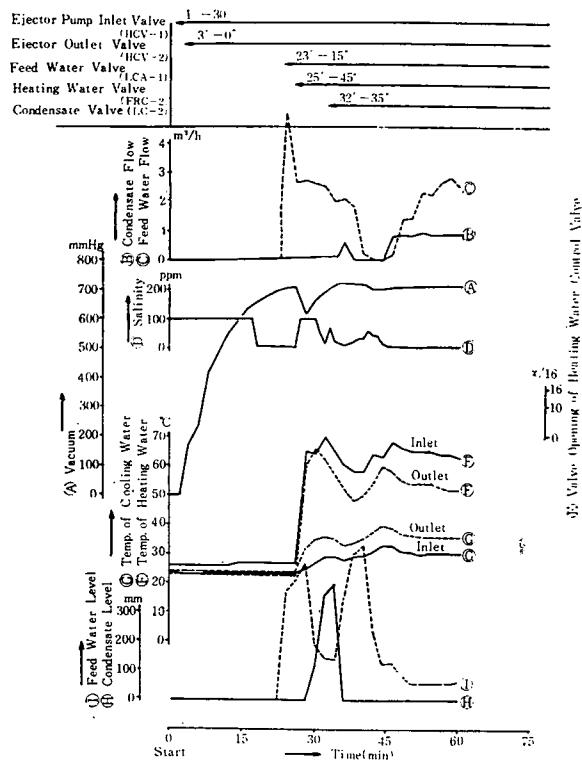


Fig. 4-6 Manual Starting at Local Place

4·4·5 手動機側運転

機側において操作を行ない、作動状態を確認した。Fig. 4-14 はその記録を示したものである。

この外に、蒸溜水液面調節を行なわず、蒸溜水ポンプのキャビテーション運転によって自動運転を行なった。Fig. 4-12 はその記録である。

4·5 非常停止装置、警報装置、および安全装置試験

起動および運転中、個々の装置を人為的に異常状態にして各種条件において作動状態を確認した。

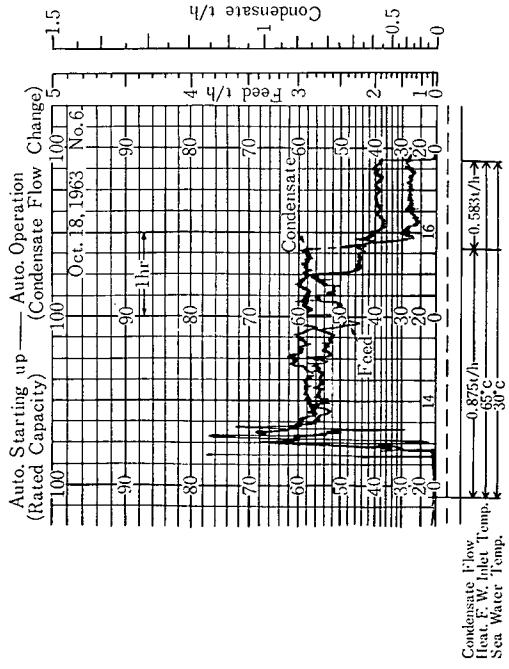


Fig. 4.7

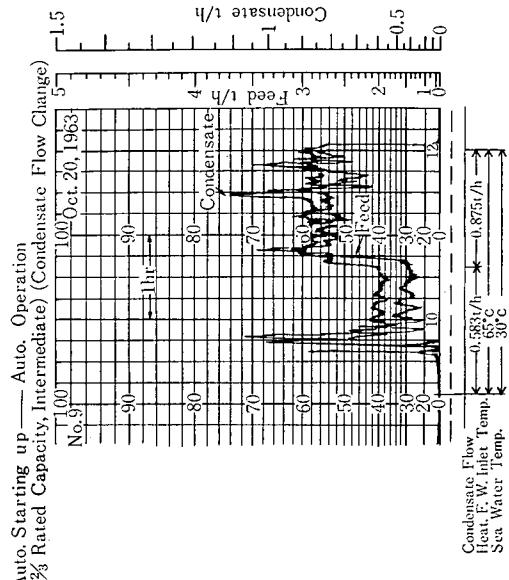


Fig. 4.8

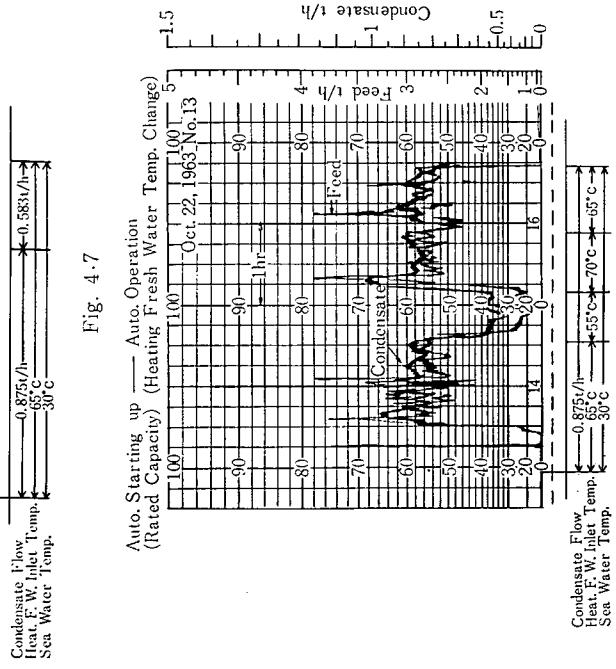


Fig. 4.9

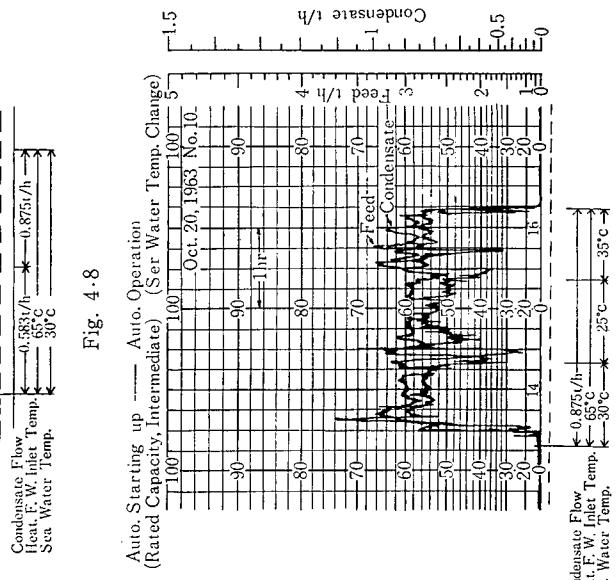


Fig. 4.10

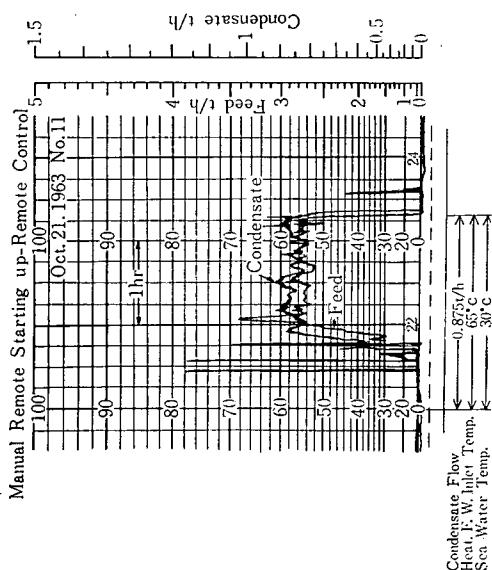


Fig. 4.11

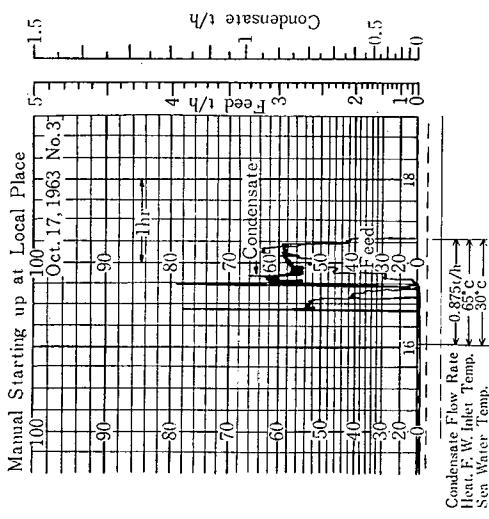


Fig. 4.12

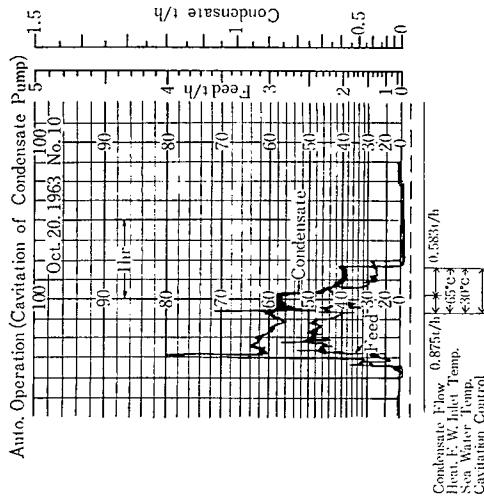


Fig. 4.12

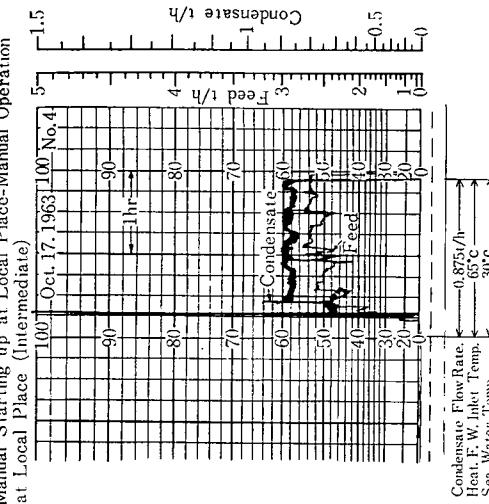


Fig. 4.13

第5章 成 果

5.1 基礎試験

自動化機器はすべて汎用品を使用し、選定に当っては舶用としての適性が検討されたが、試験の結果、大体満足すべき作動を示した。ただし舶用の場合は耐振性が重要な要素であるが、これは確認することができなかった。

試験の結果次のことが判明した。

5.1.1 給水液面調節装置

給水液面は蒸溜水水質に最も深い関係を有している。加熱管内で給水が蒸発する場合は明確な液面ではなく、汽水混合の状態で沸とうしていると考えられる。しかし、試験のために特に設けたゲージグラスでは、明瞭に平均液面を検出することができた。この平均液面が上昇する場合は蒸溜水塩分が上昇する。蒸溜水量の定格範囲内で塩分と他の要素との関係は明確に求められなかかった。

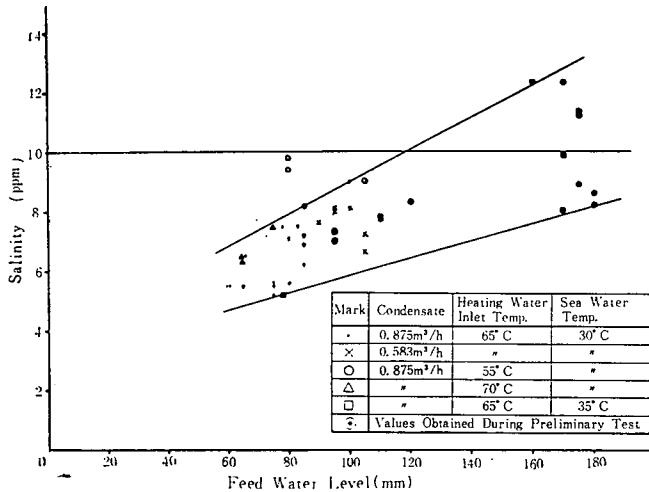


Fig. 5.1 Relation between Feed Water Level and Salinity

Fig. 5.1 は運転試験および起動後 1 時間以上経過したときの給水液面計測値と塩分の関係を示したものである。図において印のみが異常に高いが、これは加熱清水温度低下の外乱によって給水液面が少時間高くなった影響が残ったものと考えられる。試験中の観測によれば、給水液面が 200~210mm で塩分が 50~70 ppm、215mm では 90 ppm に達することが確認された。

本試験においては調節は比例動作のみであるが、積分動作を追加することが望ましい。液面調節計としては、差圧式の外にディスプレイスメント式を使用してもよいと考えられる。

5·1·2 真空指示調節装置

本試験において調節計の比例帯は非常に少なくした。したがって、レンジの少ない計器を採用することが望ましい。真空の変動は最も発生蒸溜水量の変化に影響する。

5·1·3 蒸溜水液面調節装置

試験の初期は液面の変動によって制御系に外乱を与えるため全制御系が不安定な作動をしたが、蒸溜水溜タンクを設けることにより防止できた。

調節計は比例動作のみで十分と考えられる。

5·1·4 蒸溜水流量記録調節装置

本装置は試験中次の変更を行なった。

- a 加熱清水調節弁に時間遅れを防止するためポジショナを追加した。
- b 加熱清水調節弁は起動時全閉から半開に達するまでは制御空気圧回路に特に絞り弁を装備して漸開にする必要はない。半開から制御空気圧制御に切替ったときのみ、絞り弁を通して弁を漸開にした方がよい。特に蒸溜水量可変設定値を高く設定したときは制御系の安定に重要な役割を果す。

5·1·5 水質指示装置

本試験の検塩計には蒸溜水の電気伝導度を含有 NaCl 量 (ppm 単位) で目盛った汎用の温度補償回路付水質計を用いた。通常、蒸溜水の塩分濃度は全海塩量で示されるが、同一電気伝導度の蒸溜水の塩分を NaCl、全海塩何れで示しても大差なく、本試験用検塩計と本清水発生装置に装着されている全海塩量で目盛った検塩計とは常時わずかな偏差を示すのみであった。

5·1·6 順序制御装置

試験中不具合の点は変更されたが圧力スイッチ、リレー、一般スイッチ、タイマ等は作動上の異状は認められなかった。

5·2 起 動 試 験

あらゆる起動状態を想定して自動起動試験を行なったが、作動は良好であることが確認された。ただし、長時間装置休止後起動を行なう場合、抽気エゼクターが作動を始めるときおよび蒸溜水ポンプ起動、蒸溜水調節弁開のとき水質指示計の指示が一時的に上昇する。原因としては、前者においては蒸溜水リターン弁のわずかの漏洩によって蒸溜水管中の錆等を含んだ蒸溜水が水質指示計検出部を通過するためと考えられる。後者の場合も同じ原因と考えられる。手動遠隔起動試験は、操作、作動上不具合の点は認められなかった。

本試験装置では、加熱清水温度調節弁が使用されたが、加熱水タンクの容量が小さく、さらに供給蒸気圧力が不定のため、加熱清水温度の変動があり、計測値は脈動が多いが、実船においては安定した作動が予想される。

手動起動と自動起動試験の結果を比較すると、Table 4·1 に示されるように、蒸溜水ポンプが起動するまでの所要時間は自動起動が最も短かく約 29 分であるが、手動遠隔起動、手動機側起動は約 42 分および 33 分である。しかしながら手動遠隔起動、手動機側起動は各部作用が安定するまでには 1

～1.5 時間を要し、その間監視盤または機側において弁操作、監視を絶えず行なう必要があった。さらに調節不十分により、特に給水液面上昇に基く蒸溜水塩分増加を生じ易くなり、この場合は、安全装置が作動して塩分が正常に回復するが、回復には長時間をする。通常数分から 10 数分である。

5・3 運転試験

自動運転において、蒸溜水量、加熱清水温度、海水温度の可変設定値を変動せしめてその作動を確認したが、良好な結果が得られた。実船においては試験で行なったような外乱の急変に遭遇することは考えられず、さらに、加熱清水温度、冷却水温度不十分に基く脈動もないでさらに良い結果が得られるものと期待される。

可変設定値の変更操作は、蒸溜水量は急激に行なったが、加熱清水温度および海水温度は装置上急変させることが不可能で、それぞれ 6 分および 2 ～ 6 分を要した。

Fig. 4・7～Fig. 4・12 に示される蒸溜水量の比較的大きな偏差は、主として加熱清水入口温度の不定によるものである。比較的安定した加熱清水入口温度が保たれた Fig. 4・7 の蒸溜水量の偏差は ±5 ～ 6% 程度であった。

手動遠隔運転は監視盤において行なわれたが、操作、作動上の不具合な点は認められなかった。本試験においては、調節計を手動に切換えて行なわれたが、実船に遠隔操作方式を採用する場合は、汎用の手動操作器を監視盤に取付けるのみでよい。

手動機側運転においては、運転中、真空、給水量、蒸溜水量の調節には真空弁、給水弁、加熱清水弁を常時操作する必要があった。Fig. 4・14 に示されるように、蒸溜水量、給水量は 15 ～ 20 分ごとに操作された。

蒸溜水液面調節装置を遮断して蒸溜水ポンプのキャビテーションコントロールによる自動試験は、定格および 2/3 定格状態で行なったが、Fig. 4・12 に示されるように蒸溜水流量は一定周期で頻繁に変動するが、実用上不具合な点は認められなかった。この場合は、蒸溜水ポンプのインペラの材質選定については考慮しなければならない。

Table 5・1 は運転試験中に採取された蒸溜水試料の分析結果である。試料は沿岸海水から得られたものであるから、外洋航海中に得られる蒸溜水と比べると分析値に多少の相違があると考えられるが、自動運転と手動運転によって水質に差は認められなかった。

5・4 非常停止装置、警報装置試験および安全装置試験

自動起動、自動運転状態における各装置の作動は良好で、無人運転における不安は認められなかった。安全装置は、試験中たびたび作動を確認したが、蒸溜水塩分が 10 ppm に達すると、直に作動せしめるための遅延タイマは設ける必要はなく、蒸溜水リターン弁 MV-8 が頻繁に開閉する心配もなく、正常運転復帰状態も良好であった。

第6章 結論

清水発生装置の自動化遠隔操作装置の実用性は、今回の試験によっておおむね確認された。同種の清水発生装置にもこの方式は適用できるものと考えられる。ただ、自動化装置の耐久性、耐振性については、陸上の短期間の試験であったため確認されなかったが、使用した機器は、いずれも汎用品で自動化船建造以来、同種のものが広く舶用として使用されているので、その経験から導くことが可能である。また、清水発生器の長期使用に伴う加熱管内のスケールの生成についても定量的に確認することはできなかったが、起動および運転中、誤操作、調節不良に起因するスケール生成の増加は除かれたものと考えられる。

本試験研究により、未開発の清水発生装置の自動化方式は一つの指針が与えられ、実船に装備する場合は次の効果が期待される。

a. 技術上の効果

自動化装置の採用により操作上特に熟練を必要とせず、均質な蒸溜水と加熱管のスケール附着防止が期待できるとともに、機関部コントロールステーションにおける集中監視が可能となり、非常の場合でも応急処置を講ずる必要がない。

b. 経済上の効果

自動化装置の採用により、長時間にわたる起動操作、運転中の手動調節を必要としないため、航海中の人員、または労力の節減に寄与する。

自動化装置を実船に装備する場合は、試験装置のうち不必要的ものを取り除かなければならない。本試験装置は自動および手動遠隔操作装置が設けられているが、いずれか一方のみを採用すればよい。また、蒸溜水液面調節装置は蒸溜水ポンプのインペラのキャビテーションに対して材質を考慮するならば、特に必要としない。機関部自動化の程度に応じて、本試験装置を基として、最も適切な組合せを検討しなければならない。たとえば、監視盤の起動および停止ボタンを蒸溜水タンクに設けた2位置動作液面調節計に連動させると、完全無人運転が可能になり、蒸溜水量自動調節を要求しないならば、この調節計の代りに手動遠隔操作器を監視盤に取付けることにより簡素化を行なうことができる。

本試験を通じて特に痛感されたことは、自動化機器の適正調整を行なうためには多くの日時と労力を必要とすることである。海上運転前に十分予備調整を行ない、短期間の海上運転において最終調整を行なうことが肝要である。

最後に、本試験研究に際して、心よく清水発生装置の使用を許可された大阪商船三井船舶株式会社および終始研究に協力された株式会社笠倉機械製作所のご厚意に深甚な謝意を表する次第である。

Table 3.1 Principal Particulars of Test Plant

Name	No.	Type	Particulars	Remarks
Fresh Water Generator	1	Sasaki-Griscom Russel-Atlas AFGU No. 5	21t/day	
Ejector Pump	1	Horizontal Centrifugal Motor Driven, Single Suction	22m ³ /h, 47m	
Condensate Pump	1	Horizontal, Centrifugal, Motor Driven, Single Suction	1m ³ /h, 30m	Experimental Plant
Air Ejector	1	Water Jet		
Brine Ejector	1	Water Jet		
Temp. Regulating Valve for Heating Fresh Water	1	Self-Actuated	I. D. 40mm1500kg/h 40~90°C	
Measuring Tank for Condensate	1		0.5m ³	
Sea Water Tank	1		2m ³	
Fresh Water Heating Tank	1	With Steam Heating Coil	2.5m ³	
Sea Water Pump	1	Equipment for Shop Test		Equipments Prepared for Experiments
Sea Water Cooling Pump	1	Vertical, Centrifugal, Motor Driven, Double Suction	550m ³ /h 20m	
Floating Fresh Water Pump	1	Vertical, Centrifugal, Motor Driven, Single Suction	70m ³ /h 20m	

Table 3.2 Principal Particulars of Instruments
(Manufactured by Hokushin Electric Works Co., Ltd.)

Assembly	Name	Symbol	Quantity	Type	Capacity	Remarks
Ejector Pump In and Outlet Valve Assembly	Sander's Valve	HCV-1 HCV-2	2	Pneumatic, Reverse Action	$2\frac{1}{2}$ B	
	3-Way Magnet Valve	MV-1 MV-2	2	Normal Open	$\frac{1}{4}$ B	
	Air-Set	HCV-1 HCV-2	2	With Filter		
Cool. Sea Water Inlet Valve Assembly	Diaphram Valve	HCV-3	1	Pneumatic, Reverse Action	6B	
	3-Way Magnet Valve	MV-10	1	Normal Open	$\frac{1}{4}$ B	
	Air-Set	HCV-3	1	With Filter		
Purge Valve Assembly (Heating Fresh Water & Cool. Sea Water)	2-Way Magnet Valve	MV-6 MV-7	2	Normal Close	$\frac{1}{4}$ B	
Feed Water Level Control Assembly	Diff. Press. Transmitter	LCA-1	1	Pneumatic, Reverse Action	Range 0~750mmH ₂ O	
	Diaphram Valve		1	Ditto	$\frac{3}{8} \times \frac{3}{4}$ B	
	Level Controller		1			
	Pressure Switch		2			
	Air-Set		2	With Filter		
	3-Way Magnet Valve	MV-3	1	Normal Open	$\frac{1}{4}$ B	
Vacuum Indicating Controller Assembly	Press. Indicating Controller	PIC-1	1	Pneumatic P & I Action	Range 0~760mmHg	
	Diff. Press. Transmitter		1	Pneumatic	Range 0~760mmHg	
	Diaphram Valve		1	Pneumatic Reverse Action	$\frac{1}{8} \times \frac{3}{4}$ B	
	Air-Set		2			
	Press. Switch		1			
Feed Water Flow Recorder Assembly	Flow Recorder	FRA-1	1	Combined in FRC-2	Range 0~5t/h	
	Diff. Press. Transmitter		1	Pneumatic	Range 0~6000mmH ₂ O $\Delta P = 4500\text{mmH}_2\text{O}$ at 5t/h	
	Quadrant Nozzle		1		Dia. 139mm	
	Air-Set		1	With Filter		
	Press. Switch		1			
Condensate Level Control Assembly	Diff. Press. Transmitter	LC-2	1	Pneumatic, Reverse Action	Range 0~750mmH ₂ O	
	Diaphram Valve		1	Pneumatic, Direct Action	$\frac{3}{8} \times \frac{3}{4}$ B	
	Level Controller		1			
	Press. Switch		1			
	Air-Set		3	With Filter		
	3-Way Magnet Valve	MV-9	1	Normal Open	$\frac{1}{4}$ B	

continued

Assembly	Name	Symbol	Quan- tity	Type	Capacity	Rema- rks
Condensate Flow Record- ing Control Assembly	Flow Recording Controller	FRC-2	1	Pneumatic P & I Action	Range 0~1.5t/h	
	Diff. Press. Transmitter		1	Pneumatic	Range 0~750mmH ₂ O $\Delta P = 600\text{mmH}_2\text{O}$ at 1.5t/h	
	Quadrant Nozzle		1		Dia.13.0mm	
	Flow Indicating Integrator	FIS-3	1	Pneumatic 5Dig 1T Counter	Range 0~1.5t/h	
	Air-Set	FRC-2	4	With Filter		
	Diaphram Valve		1	Pneumatic, Reverse Action with Positioner	3B	
	3-Way Magnet Valve	MV-4	1	Normal Open		
	Ditto	MV-5	1	Ditto		
	Ditto	MV-11	1	Ditto		
	Ditto	MV-12	1	Ditto		
	Throttle Valve	FRC-2	1			
Salinity Indicator Assembly	Salinity Indicator with Alarm	DIA-1	1	Electron Tube	Range 0~100ppm (NaCl)	
	Salinity Transmitter		1	With Temp. Compensater		
	Resistance-Current Transmitter		1			
	Salinity Indicator	DI-2	1	Moving Coil	Range 0~170ppm	
	2-Way Magnet Valve	MV-8	1	Normal Open	1B	
Control Panel	Gauge Board		1Set	With Semi-Graphic Panel	2300Hx 1200Bx 1000D in mm	
Sequence Programing Assembly	Relay Assembly		1Set			
	Timer		11			
	Alarm		5	Annunciator		
	Remote Operating Switch		12			

Table 4.1 Time Required for Starting up Operation min.—sec.

	Automatic Starting up at Rated Capacity	Manual Remote Starting up	Manual Starting up at the Place of Location
Cooling Water Inlet Valve Open	0— 0	0— 0	0— 0
Ejector Pump Inlet Valve Open	0— 0	0— 4	1—30
Ejector Pump Start	0—11	0—10	2—40
Ejector Outlet Valve Open	0—13	0—12	3— 5
Feed Water Valve Open	16—48	22—20	23—15
Heating Fresh Water Pump Start	16—48	22—30	25—40
Heating Water Control Valve Open	17—55	24—10	25—45
Condensate Pump Start	28—54	33—30	32—35
Condensate Control Valve Open	28—56	42—15	33—10
Condenser Purge Valve Opening Period	0— 5	0— 6	0—10
Heat Exchanger Purge Valve Opening Period	0— 5	0— 5	0— 8

Table 4-2 Test for Condensate Quantity Change (Automatic Operation)

Date of Test			Oct. 18, 1963						Oct. 20, 1963											
Variable Valve	Condensate	m³/h	0.875			0.583			0.583			0.875								
	Heating Water Inlet Temp.	°C	65																	
	Cooling Water Inlet Temp.	°C	30																	
Time (After Starting)		min	110	130	160	195	205	215	75	80	85	125	130	135						
Condensate Flow Recording Controller Assembly (FRC-2)	Condensate Flow	m³/h	0.900	0.875	0.880	0.580	0.600	0.600	0.610	0.600	0.580	0.810	0.890	0.860						
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.83	0.87	0.90	0.72	0.73	0.72	0.69	0.69	0.70	0.92	0.90	0.91						
	Valve Opening	x/16	11.0	11.5	12.0	9.1	9.2	9.1	8.5	8.5	9.0	12.0	12.0	12.2						
Heating Fresh Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	44.6	48.3	53.3	38.6	29.4	29.4	25.7	25.2	26.8	54.0	49.6	54.0						
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	2.5	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4	2.4	2.4						
	Inlet Temperature	°C	68	66	65	66	66	66	66	66	65	65	65	64						
	Outlet Temperature	"	55	54	55	53	53	53	53	52	52	54	54	53						
Flow Indicating Integrator (FIS-3)	Flow (Indicator)	m³/h	0.900	0.875	0.885	0.580	0.600	0.605	0.610	0.600	0.580	0.800	0.890	0.860						
	Flow (Integrator)	"	0.894 ^{Measured during 15min}			—			0.578 ^{Measured during 5min}			—								
Condensate Measure Tank	Flow	"	0.878 (Ditto)			—			0.568 (Ditto)			—								
Condensate Level Controller Assembly (LC-2)	Level	mm	210	210	202	150	158	162	165	160	150	185	203	203						
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.40	0.40	0.42	0.51	0.50	0.49	0.48	0.50	0.50	0.44	0.42	0.42						
	Valve Opening	x/8	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	6						
Condensate Pump	Outlet Pressure	kg/cm²	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6						
Feed Flow Recorder (FRA-1)	Flow (Recorder)	m³/h	2.75	2.70	2.20	1.20	1.20	1.25	1.50	1.35	1.35	2.60	2.70	2.70						
Mercury Column	Vacuum	mmHg	708	708	708	708	708	708	710	711	711	708	711	710						
Salinity Indicator (DIA-1)	Salinity	ppm	7.2	6.9	9.0	7.6	7.2	6.6	8.1	8.1	8.0	7.1	5.5	5.6						
Cooling Sea Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103						
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3						
	Inlet Temperature	°C	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30						
	Outlet Temperature	"	35	34	34	33	34	33	34	33	33	34	35	35						
Feed Level Controller Assembly LCA-1	Level	mm	85	85	100	90	105	105	100	95	95	75	75	75						
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.85	0.90	0.75	0.83	0.70	0.70	0.77	0.75	0.75	0.88	0.90	0.90						
	Valve Opening	x/8	6	7	6	6	5	5	6	6	6	7	7	7						
Ejector	Inlet Pressure	kg/cm²	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4						
	Outlet Pressure	"	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2						
Flow Raito	(Feed Water)/(Condensate)	"	—	3.1	3.1	2.5	2.1	2.0	2.1	2.5	2.3	2.3	3.2	3.0						

Table 4-3 Test for Heating Fresh Water Temperature Change

(Automatic Operation)

Date of Test			Oct. 22, 1963											
Variable Valve	Condensate	m³/h	0.875											
	Heating Water Inlet Temp.	°C	65			55			70			65		
	Cooling Water Inlet Temp.	"	30											
Time (After Starting)	min	80	85	90	115	120	125	155	160	165	200	205	215	
Condensate Flow Recording Controller Assembly (FRC-2)	Condensate Flow	m³/h	0.880	0.840	0.875	0.520	0.590	0.575	0.870	0.845	0.850	0.890	0.875	0.880
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.88	0.90	0.91	1.30	1.30	1.22	0.78	0.80	0.81	0.90	0.91	0.91
	Valve Opening	x/16	11.5	12.0	12.5	16.0	16.0	16.0	10.0	10.5	0.7	12.0	12.5	12.0
Heating Fresh Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	49.8	54.5	53.1	68.5	68.0	70.4	36.4	41.5	41.7	52.4	54.0	52.4
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	2.4	2.4	2.4	2.2	2.2	2.2	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4
	Inlet Temperature	°C	65	64	65	55	55	54	72	68	68	65	65	65
	Outlet Temperature	"	54	54	54	50	50	48	55	54	54	54	54	54
Flow Indicating Integrator (FIS-3)	Flow (Indicator)	m³/h	0.88	0.85	0.88	0.53	0.59	0.58	0.86	0.85	0.85	0.90	0.88	0.89
	Flow (Integrator)	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Condensate Measure Tank	Flow	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Condensate Level Controller Assembly (LCA-2)	Level	mm	210	195	200	135	160	160	195	200	195	200	200	205
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.42	0.42	0.42	0.52	0.50	0.50	0.40	0.42	0.40	0.40	0.43	0.42
	Valve Opening	x/8	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6
Condensate Pump	Outlet Pressure	kg/cm²	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.3	2.5	2.6	2.7	2.6	2.7
Feed Flow Recorder (FRA-1)	Flow (Recorder)	m³/h	2.60	2.65	2.70	1.00	1.10	1.40	2.65	2.80	2.60	2.70	2.72	2.60
Mercury Column	Vacuum	mmHg	709	709	708	705	708	710	709	708	708	708	708	708
Salinity Indicator (DIA-1)	Salinity	ppm	5.2	6.2	5.5	9.8	9.4	8.2	7.5	6.3	6.5	5.5	6.5	5.5
Cooling Sea Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
	Inlet Temperature	°C	30	30	30	31	32	30	31	30	30	30	30	30
	Outlet Temperature	"	35	34	35	34	35	33	35	35	35	35	35	35
Feed Level Controller Assembly LCA-1)	Level	mm	75	60	65	80	80	85	75	65	65	60	65	60
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.89	0.88	0.88	0.69	0.75	0.72	0.80	0.90	0.87	0.89	0.89	0.80
	Valve Opening	x/8	7	7	7	5	6	5	6	7	7	7	7	6
Ejector	Inlet Pressure	kg/cm²	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.4	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4
	Outlet Pressure	"	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Flow Ratio	(Feed Water)/(Condensate)	—	3.0	3.2	3.1	1.9	1.9	2.4	3.0	3.3	3.1	3.0	3.0	3.1

Table 4-4 Test for Sea Water Temperature Change

(Automatic Operation)

Date of Test			Oct. 20, 1963					
Variable Valve	Condensate	m³/h	0.875					
	Heating Water Inlet Temperature	°C	65					
	Cooling Water Inlet Temperature	"	30		25			35
Time (After Starting)		min	48	53	100	105	110	170
Condensate Flow Recording Controller Assembly (FRC-2)	Condensate Flow	m³/h	0.910	0.910	0.890	0.870	0.880	0.900
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.84	0.81	0.90	0.89	0.88	1.03
	Valve Opening	x/16	11.0	11.0	12.0	12.0	12.0	14.5
Heating Fresh Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	46.4	41.4	41.7	50.5	48.5	67.7
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	2.4	2.5	2.4	2.4	2.4	2.2
	Inlet Temperature	°C	66	66	65	65	65	65
	Outlet Temperature	"	54	53	53	53	53	56
Flow Indicating Integrator (FIS-3)	Flow (Indicator)	m³/h	0.910	0.910	0.890	0.870	0.880	0.900
	" (Integrator)	"	—	—	—	—	—	—
Condensate Measure Tank	Flow	"	—	—	—	—	—	—
Condensate Level Controller Assembly (LC-2)	Level	mm	205	205	205	203	203	203
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41
	Valve Opening	x/8	6	6	6	6	6	6
Condensate Pump	Outlet Pressure	kg/cm²	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
Feed Flow Recorder (FRA-1)	Flow (Recorder)	m³/h	2.75	2.60	2.60	2.70	2.50	2.80
Mercury Column	Vacuum	mmHg	710	710	711	711	713	701
Salinity Indicator (DIA-1)	Salinity	ppm	5.6	6.2	7.5	7.1	7.5	5.2
Cooling Sea Water	Flow (Flow Meter)	m³/h	103	103	103	103	103	103
	Pump Outlet Pressure	kg/cm²	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
	Inlet Temperature	°C	30	30	22	22	22	35
	Outlet Temperature	"	35	35	28	28	28	41
Feed Level Controller Assembly (LCA-1)	Level	mm	80	85	83	80	78	78
	Control Air Pressure	kg/cm²	0.90	0.90	0.90	0.88	0.89	0.93
	Valve Opening	x/8	7	7	7	7	7	7
Ejector	Inlet Pressure	kg/cm²	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
	Outlet Pressure	"	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Flow Ratio	(Feed Water)/(Condensate)	—	3.0	2.9	2.9	3.1	2.8	3.1

Table 5.1 Analysis Results of Condensate

Note 1 No. 8 & 10 Samples were taken under Abnormal Operating Condition
of Excess Feed Water Level for Reference.

Note 2 No. 12 Sample is Sea Water

Sampling No.	1	2	3	5	6	7	8	10	11	12
Date	Oct. 17-63 17 : 10	Oct. 18-63 15 : 30	Oct. 18-63 17 : 05	Oct. 19-63 15 : 50	Oct. 20-63 11 : 15	Oct. 20-63 13 : 50	Oct. 20-63 16 : 30	Oct. 21-63 16 : 00	Oct. 22-63 17 : 05	Oct. 20-63 13 : 50
Time after Starting	min	83	93	193	158	134	37	197	157	37
Operating Condition	Manual Operation at Machine Side No. 4	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 6	Auto. Operation ($\frac{2}{3}$ Rated Capacity) No. 6	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 8	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 9	Auto. Starting (Intermediate) No. 10	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 10	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 10	Auto. Operation (Rated Capacity) No. 13	—
Salinity Indicator	ppm	4.5	6.8	7.0	8.0	5.6	5.0	10.0	32.0	6.2
Turbidity		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chromaticity		0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	at 20°C	6.10	6.18	6.25	6.01	6.10	6.00	6.19	6.22	6.19
Phenol Phthalein Alkalinity (CaCO ₃)	ppm	0	0	0	0	0	0	0	0	7.50
Methyl Orange Alkalinity (CaCO ₃)	"	2.00	2.00	1.50	2.00	1.50	2.00	2.00	2.00	103.5
Hardness (CaCO ₃)	"	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	2.77	6.45	1.84
Evaporated Residue	"	7.30	9.30	9.10	10.80	7.50	7.80	12.30	61.80	10.50
Amount of Oxygen in Potassium Permanganate Consumed (O ₂)	"	1.37	0.78	0.88	0.97	0.97	0.97	0.88	0.83	0.78
Chloride Ion (Cl)	"	2.34	3.67	3.25	4.36	2.61	2.55	4.84	25.16	3.46
Sulfate Ion (SO ₄)	"	0.54	0.58	0.60	1.10	0.54	0.50	0.89	4.12	0.41
Silica (SiO ₂)	"	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.62
Nitrogen as Ammonias	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrogen as Nitrates	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrogen as Nitrites	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0

昭和40年2月20日 印刷
昭和40年2月25日 発行

日本造船研究協会報告 第50号

発行人 菅 四 郎

発行所 社団法人日本造船研究協会

東京都港区芝琴平町35

(船舶振興ビル8階)

電話 (502) 2371~80

内線 (421~426)

印刷所 株式会社 功文社

東京都千代田区神田保町1-54

電話 (291) 3236·7