

第106研究部会

船舶の高度集中制御方式の研究

報告書

(その4 ディーゼルプラント)

昭和47年3月

社団法人

日本造船研究協会

本報告書に記載されている研究成果は、第 106 研究部会による「船舶の高度集中制御方式の研究の実施に伴い完成された発明等およびノウ・ハウの取扱いに関する取決め」に基づき取扱われることになっておりますので、本報告書の内容の一部または全部の外部発表・転載等については、本会事務局にご連絡の上、本会の事前の承認が必要です。

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和46年度補助事業「船舶の高度集中制御方式の研究」として日本造船研究協会第106研究部会ディーゼルプラント分科会においてとりまとめたものである。

第106研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	山下 勇（三井造船）		
副部会長	八島 信男（三井造船）		
委員	青山 三郎（大阪商船三井船舶）	芥川 輝孝（日本船舶振興会）	
	安積 健次郎（電子航法研究所）	甘利 昂一（日本船用機器開発協会）	
	井伊 謙三（川崎汽船）	伊吹 秀雄（大阪商船三井船舶）	
	岡田 正三（大阪商船三井船舶）	木下 共武（佐世保重工業）	
	木堂 弘雄（船舶技術研究所）	黒川 正典（日本郵船）	
	佐藤 茂（日立造船）	真田 良（日本船主協会）	
	佐野 桂（航海訓練所）	関矢 元弥（日本海事協会）	
	高田 正夫（日本船長協会）	高橋 百千（日本船舶機関士協会）	
	竹沢 五十衛（三菱重工業）	田坂 鋭一（運輸省）	
	土屋 正雄（電子機械工業会）	土井 正三（住友重機械工業）	
	土井 由之（昭和海運）	中尾 正光（ジャパンライン）	
	名越 （日本航海士会）	長谷川 健二（川崎重工業）	
	植田 清勝（日本鋼管）	宮崎 敬一（山下新日本汽船）	
	丸尾 卓志（日本船主協会）	元良 誠三（東京大学）	
	矢野 鎮雄（石川島播磨重工業）	山田 泰造（日本造船工業会）	
	横田 利雄（東京商船大学）	吉識 雅夫（日本学術振興会）	

第106研究部会幹事会委員名簿（敬称略、順不同）

委員	浅野 修一（日立造船）	佐伯 庄吾（三井造船）	
	大川 喜伴（住友重機械工業）	大日方 得二（日本鋼管）	
	唐沢 康人（石川島播磨重工業）	佐々田 喜正（大阪商船三井船舶）	
	菅 沼 清（川崎重工業）	高柳 武男（三井造船）	
	堀之北 克朗（運輸省）	丸尾 卓志（日本郵船）	
	本戸 幸雄（佐世保重工業）	米原 令敏（三菱重工業）	

ディーゼルプラント分科会委員名簿（敬称略、順不同）

分科会長	佐伯 庄吾（三井造船）		
委員	赤堀 昇（東京商船大学）	安藤 静雄（山下新日本汽船）	
	氏田 一彦（三菱重工業）	大槻 昭（住友重機械工業）	
	小貫 熙彦（運輸省）	柿原 実（三井造船）	
	河津 威信（住友重機械工業）	桑子 秀治（北辰電機製作所）	
	小泉 磐夫（東京大学）	荒瀬 晃二（三井造船）	

佐山昭彦(川崎汽船)	坂本安三(ジャパンライン)
沢山武(三菱重工業)	杉山興三(昭和海運)
鈴木敏夫(富士電機製造)	清野 蔭(日本鋼管)
高田良夫(船舶技術研究所)	田中兵衛(昭和海運)
力石昭次(東京計器)	富永隆弘(三菱電機)
音成卓哉(日本鋼管)	永井 将(日立造船)
鍋島健次郎(舞鶴重工業)	野田重昭(佐世保重工業)
浜田裕昭(大阪商船三井船舶)	平林健一(川崎重工業)
福留理夫(石川島播磨重工業)	松尾圭司(日本郵船)
松延寿人(三菱重工業)	三神 章(運輸省)
三木 毅(日立造船)	南 正巳(神戸商船大学)
本岡隆雄(三菱重工業)	森川 卓(日本船主協会)
森下芳男(日立造船)	山下和三(日本海事協会)

目 次

1. ディーゼルプラントの電算機制御の実船試験	1
1.1 目 的	1
1.2 研究の概要	1
1.3 実 船 試 験	1
1.3.1 三峰山丸の主要目	1
1.3.2 試験航路	2
1.3.3 試験時期	2
1.3.4 試験結果	2
1.3.5 実船試験の考察	19
1.4 評 価	19
1.4.1 方 法	19
1.4.2 アンケート調査対象者	20
1.4.3 対象制御項目	20
1.4.4 評価基準	20
1.4.5 調査結果	21
2. 燃焼室内圧力検出装置の耐久試験	30
2.1 緒 言	30
2.2 試験装置	30
2.2.1 装置の系統	30
2.2.2 圧力検出端	30
2.3 試験の経過と実績	33
2.3.1 A社の検出端	33
2.3.2 B社の検出端	34
2.3.3 C社の検出端	34
2.3.4 D社の検出端	34
2.4 圧力検出器の性能および耐久性	38
2.4.1 各検出端の較正	38
2.4.2 経時変化	39
2.4.3 圧力波形の比較	39
2.4.4 性能および耐久性の検討	40
2.5 燃焼室内圧力検出装置の仕様	45
2.5.1 圧力検出端	45
2.5.2 増 幅 器	46
2.5.3 最高圧力検出装置	46
2.6 結 言	46

1. ディーゼルプラントのコンピュータ制御の実船試験

1.1 目的

昭和45年度において開発された実用ソフトウェアを搭載する実船について、そのコンピュータシステムの性能を確認することを目的としたものである。

1.2 研究の概要

46年1月に完工した三峰山丸を対象船とし、そのディーゼルプラントのコンピュータ制御内容について、ソフトウェア、ハードウェアの作動の確認を行うために実船試験を行ない、結果の解析によつて起り得る問題点の解決ならびに性能の評価を行なつた。

1.3 実船試験

1.3.1 三峰山丸の主要目

- 船主 大阪商船三井船舶株式会社
- 船種 単螺旋ディーゼルタンカー
- 船型 船尾船橋、平甲板型
- 船級 日本海事協会
- 全長 324.0 m
- 垂線間長 310.0 m
- 型巾 54.0 m
- 型深 26.4 m
- 型喫水 19.0 m
- 総噸数 123,835 T
- 載貨重量 22,775.6 K T
- 載貨容積 27,852.3 m³
- 航海速度 約15.5ノット(満載、15%シーマージン)
- 主機関 三井B&W10K98EFディーゼルエンジン 1台
- 連続最大出力 3,800 PS × 103 RPM
- 常用出力 3,200 PS × 97.5 RPM
- 乗組員 甲板部 12名
機関部 11名 合計30名
事務部 7名
- 荷油荷役装置
 - 油槽内貨油主管 650 mm、4グループ
 - 油槽内浚油管 250 mm、2グループ

主 荷 油 ポ ン プ 3,500 m^3 / h × 150 m セルフストリップ付 4 台
浚 油 ポ ン プ 300 m^3 / h × 150 m 1 台

- 起 工 昭和 45 年 4 月 22 日
- 進 水 昭和 45 年 10 月 10 日
- 完 工 昭和 46 年 1 月 20 日
- 造 船 所 三井造船株式会社

1.3.2 試験航路

日本ーペルシャ湾間および日本ーペルシャ湾ー欧州三国間

1.3.3 試験時期

昭和 46 年 1 月 20 日～9 月 13 日

(第 1 次航～第 5 次航)

1.3.4 試験結果

当初計画とおり 1 台のコンピュータによる集中制御方式の処理機能が確認されるとともに実用システムとしての価値が実証された。又本船は昭和 46 年 7 月 31 日付で M ゼロ符号を取得し、コンピュータ・モードでの M ゼロ運転が可能となっている。

(1) 概 要

(a) ハードウェア

(i) CPU 本体

全く良好に作動している。電源装置のモータゼネレータも連続使用に耐えて好調であつた。

(ii) 周辺機器

ロギングタイプライタは良好に作動している。3 次航から 1 台増設したのも好調である。使用頻度の激しい機関の定時ロギング用タイプライタのインクテープは 2 航海程度で字が薄くなつている。

入出力タイプライタも同様に故障がなかつた。

(iii) インタフェイス

デジタル入力のマトリックス回路、デジタル出力のリレーボックスも含めてデジタル関係はノートラブルであつた。

アナログ関係では A D C、D C Amp の交換を行つた。

また、アナログスタックのリードリレーが初期の段階で接触抵抗不良による異常を示した。これに対してはエージングしたリレーと交換して、以後好調である。

また、ジャンクツシヨンボックスのねじのゆるみの影響が測温抵抗体の指示値に表われたことがあり、増し締めによつて解決した。

(iv) センサ類

従来の船用のものを使つているが、リミットスイッチ類の信頼性、精度に問題があつた。

(v) オペレータコンソール、制御パネル

コンピュータと対話する唯一の操作盤であり、利用価値極めて大である。

全般的に問題ないが、ノイズによつて Miss Operation などが点灯したことがあつたが

信号ラインの安定化を計り改良された。

取扱いに関しては乗組員にも簡単に操作できるもので気軽に使用されていた。

(v) コンピュールームの環境

- 室 温 20～21℃に保持されていた。
- 湿 度 50～60%
- 振 動 本船はADKが非常に振動が小さいのでコンピュールームの位置としては最適であつた。
しかし、手で触れてわずかに感じる程度の振動はある。
- 塩 害 長期的に観察しないと分らないがDK上には1～2mm程度の塩分が堆積するところもあり、居住区にも幾らかの影響はありそうである。

(b) ソフトウェア

(i) オペレーティングシステム

このプログラムは本システムをコントロールする中枢部であり初期にはエラーがあつたが修正されて割込受付処理、タイマー制御、プログラムシーケンス制御等についての繁雑な多重処理を完全に行つている。

(ii) アナログ入力システム

入力信号のスケーリングを公試から数えて約30点変更、修正した程度でプログラムは6秒あるいは30秒間隔で正常に動作している。

(iii) デジタル入力システム

状態入力を読み込むもので全く問題なかつた。

(iv) パルス入力システム

積算値に多少の誤差(少な目)がでているが、一日一回の更新をオペレータコンソールより実施することにしているので実用上問題ない。

(v) 時間管理システム

標準時間、船内時間とも良好であつた。

(vi) 異常印字システム

プログラム自体は問題ないが、印字の追加、ワード、スペリングの変更などがかなりあつた。連続印字は状態量の変化が記録されるとともにデータ間の相関もわかり有効であつた。

(vii) オペレータコンソールシステム

全ての機能が良好であつた。

(viii) 監視制御システム

監視、警報の他にデータ編集、機関各制御の管理を行う中心的プログラムである。航海中のデータにより設定値を一部変更した程度で全く順調に動作している。設定値は公試運転の結果をもとに設定した値を就航中本船の実状にあわせて変更したものである。

平均偏差警報について負荷変動の急激なときにアラームすることがあるため低負荷においては、これらの監視をレストさせるように変更した。また平均値の算出方式はセンサ異常のものは除いて残りのものを平均していたが、さらに上下限值によつてもふるいにかけて処理した。

主機減速制御、発電機異常処理、ボイラバーナ本数制御、空気圧縮機制御、その他制御との結びつきも円滑に行われた。

(IX) 発電機制御システム

切換制御については実際に異常が発生して制御が実行したことはなかつたが、模擬データによりテストを行つて確認した。

並列運転制御については主機減速、蒸気圧低下、負荷増加などの現象に应答して好調に作動した。また各補機起動時に電力チェックを行い電力不足のさいのD/Gバックアップも正常に実行され、使用頻度はかなりあつた。

但し、補機起動時の電力設定値で実状に合わないものがあつたので変更した。即ち、計画では余剰電力を安全側にとりすぎていたためD/Gの起動回数が不必要に多過ぎたためである。

(X) 空気圧縮機制御システム

1時間あるいは2時間毎に実行され好調であつた。

(XI) ロギングシステム

好調であり、非常に省力化に役立つている。

(xii) ボイラ・バーナ本数制御システム

主として荷役中にカーゴポンプの制御と連動して確実に作動し、省力化には最も貢献し、乗組員に非常に信頼されて使用された制御であつた。

(xiii) ボイラ始動停止制御システム

1次航以来度重なるテストを行つて確認した。シーケンスの順序も不都合なところがあつたので一部変更を加えた。

改良後のフローチャートを図 1.3.1 に示す。

また、検出端、操作端に不良個所があつたが現在すべて解決され全く快調となつた。

ヒーティングアップ制御がON-OFF制御であるため水ドラムおよびヘッダの水温上昇がなめらかではないが実用上特に問題なかつた。

(xiv) カーゴポンプ制御システム

起動、停止制御と荷役制御の結びつき、およびコントロールルームからの遠隔操作が可能となつたことにより機関部員の省力化に貢献している。

キャビテーション制御はきめの細かい制御に欠けるところがあるが一部マニュアル操作の併用により実用上問題なかつた。

(xv) 主機スタンバイ制御システム

暖機制御に問題があつた。缶水消費量、清水膨張タンクの水位上昇などの問題があり、また温度もほとんど上昇しないため冷却清水ラインにヒータを増設して暖機の改善を計ることになつた。その他の制御はすべて良好であつた。

(xvi) 保守整備システム

各航海ごとにデータプロットを行つた。最初から入力されていた基準データが不適格であつたため、スケールアウトしたものもあつたが現在ではかなり修正された。

しかし基本的にデータ解析の方法を検討してみる必要があり今後の研究が期待される。

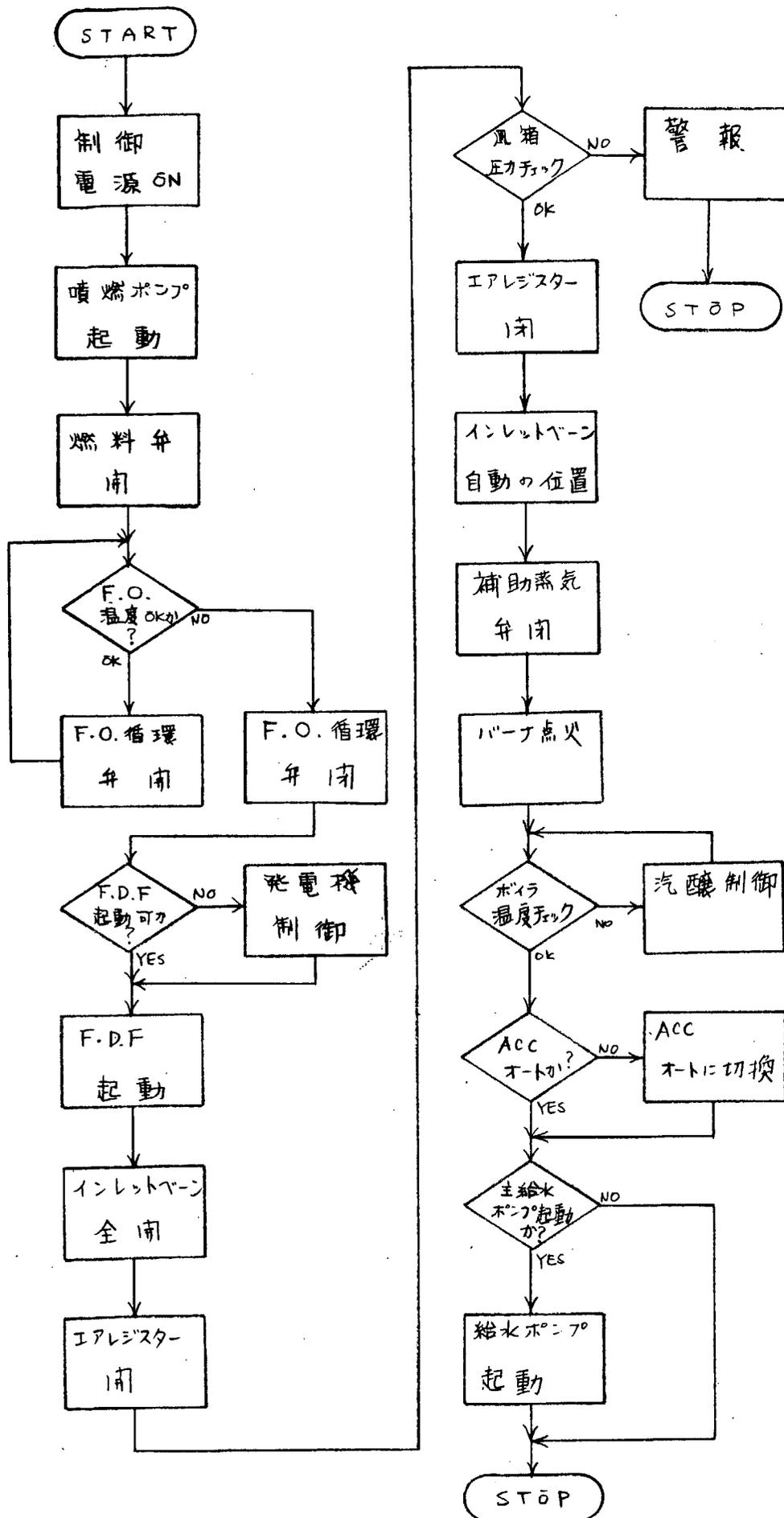


図 1.3.1 ボイラ始動制御フローチャート (改正後)

(3) センサー、操作端のトラブル例

(a) センサー

温度関係については下表のとおりであつた。スタックリレー不良のものについてはエージング済のものと交換し、4次航以後トラブルは発生していないが、センサー自身については問題があつた。

航 海	ト ラ ブ ル 原 因			合 計
	スタックリレー	セ ン サ ー	ネジのゆるみ	
1 次	12	6	5	23
2 次	4	3	0	7
3 次	8	2	0	10
4 次	0	2	0	2
5 次	0	7	0	7

リミットスイッチについて次の問題があつた。

- No 2 D/Gの600rpm 確認入力の接点不良…………… 1次航
- ボイラ燃料循環弁の確認入力に使用しているリミットスイッチの取付調整不良…………… 1次航

(b) 操 作 端

- ボイラのイグナイタのカーボンが短くなり通電不能を起した…………… 2次航
- ボイラのF.OヘツダからバーナアトマイザまでのSteam Tracingが不十分だつたためF.Oが十分加熱できなくて着火ミスを起した。これに対して防熱工事を施した。
…………… 2次航
- ボイラ蒸気のヒーティングアップを行うためのF.O油圧設定用レギュレータの調整不良で設定油圧が変動し、スムーズな加熱ができなかつた。…………… 2次航
- No 2カーゴポンプの蒸気入口弁が一度では開かず二度目には開く現象があつた。つまり弁の動きがなめらかでなかつた。…………… 1～3次航
- No 3カーゴポンプの排気弁も上記蒸気入口弁と同様の現象があつた。…………… 1～3次航

(4) 印 字 例

- (a) 第4次航の千葉出港約1週間後(6/16～6/19)のコンピュータ稼働実績の記録。
- (b) 第5次航の千葉帰港約10日前(9/3～9/5)のコンピュータ稼働実績の記録。

	*2	05:07:30	COMPRESSOR	START
	*2	05:32:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	07:37:30	COMPRESSOR	START
	*2	08:03:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	09:59:00	COMPRESSOR	START
	*2	10:26:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	11:54:30	COMPRESSOR	START
	*2	12:21:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	13:50:00	COMPRESSOR	START
	*2	14:17:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	15:46:30	COMPRESSOR	START
	*2	16:13:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	18:10:00	COMPRESSOR	START
	*2	18:35:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	20:37:30	COMPRESSOR	START
	*2	20:32:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	22:33:30	COMPRESSOR	START
	*2	22:58:30	COMPRESSOR	STOP
46.6.16	*2	00:59:00	COMPRESSOR	START
	*2	01:24:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	03:26:00	COMPRESSOR	START
	*2	03:51:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	05:55:00	COMPRESSOR	START
	*2	06:21:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	08:14:30	COMPRESSOR	START
	*2	08:42:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	10:14:30	COMPRESSOR	START
	*2	10:42:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	12:11:00	COMPRESSOR	START
	*2	12:38:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	14:05:30	COMPRESSOR	START
	*2	14:33:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	16:05:00	COMPRESSOR	START

	*2	16:31:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	18:39:30	COMPRESSOR	START
	*2	19:04:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	20:45:30	COMPRESSOR	START
	*2	21:11:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	23:22:30	COMPRESSOR	START
	*2	23:48:00	COMPRESSOR	STOP
46.6.17	*2	02:00:30	COMPRESSOR	START
	*2	02:27:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	04:38:30	COMPRESSOR	START
	*2	05:04:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	07:15:30	COMPRESSOR	START
	*2	07:42:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	09:33:30	COMPRESSOR	START
	*2	10:01:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	11:38:30	COMPRESSOR	START
	*2	12:05:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	13:49:00	COMPRESSOR	START
	*2	14:15:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	16:16:30	COMPRESSOR	START
	*2	16:42:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	18:52:00	COMPRESSOR	START
	*2	19:17:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	20:56:30	COMPRESSOR	START
	*2	21:22:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	23:32:30	COMPRESSOR	START
	*2	23:59:00	COMPRESSOR	STOP
46.6.18	*2	02:07:00	COMPRESSOR	START
	*2	02:34:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	04:43:30	COMPRESSOR	START
	*2	05:10:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	07:22:00	COMPRESSOR	START
	*2	07:49:00	COMPRESSOR	STOP

*2	09:38:00	COMPRESSOR	START
*2	10:12:00	COMPRESSOR	STOP
*2	11:39:30	COMPRESSOR	START
*2	12:07:00	COMPRESSOR	STOP
*2	12:33:00	BOILER START	START
*2	12:39:30	1 SET D/G START	START
*2	12:39:30	BOILER START	GENERATOR CONTROL PROGRAM CALL
*2	12:41:30	1 SET D/G START	FINISH
*2	12:41:30	BOILER START	START
*2	12:45:30	BOILER START	HEATING UP START
*2	12:46:30	BOILER START	FROM START TO STOP SEQ
*2	12:46:30	BOILER STOP	START
*2	12:50:30	BOILER STOP	FINISH
*2	13:00:30	NO.2 D/G	STOP
*2	13:54:30	COMPRESSOR	START
*2	14:21:30	COMPRESSOR	STOP
*2	16:29:00	COMPRESSOR	START
*2	16:55:30	COMPRESSOR	STOP
*2	19:08:00	COMPRESSOR	START
*2	19:34:30	COMPRESSOR	STOP
*2	21:31:30	COMPRESSOR	START
*2	21:58:00	COMPRESSOR	STOP
46.6.19	*2 00:09:30	COMPRESSOR	START
	*2 00:36:00	COMPRESSOR	STOP
	*2 02:47:30	COMPRESSOR	START
	*2 03:14:00	COMPRESSOR	STOP
	*2 05:25:30	COMPRESSOR	START
	*2 05:52:30	COMPRESSOR	STOP
	*2 08:07:30	COMPRESSOR	START
	*2 08:07:30	1 SET D/G START	START
	*2 08:09:30	1 SET D/G START	FINISH
	*2 08:37:00	COMPRESSOR	STOP
	*2 10:50:00	COMPRESSOR	START

*2	11:16:30	COMPRESSOR	STOP
*2	12:15:00	BOILER START	START
*2	12:21:00	1 SET D/G START	START
*2	12:21:00	BOILER START	GENERATOR CONTROL PROGRAM CALL
*2	12:23:30	1 SET D/G START	FINISH
*2	12:23:30	BOILER START	START
*2	12:27:30	BOILER START	HEATING UP START
*2	12:28:30	BOILER START	FROM START TO STOP SEQ
*2	12:28:30	BOILER STOP	START
*2	12:32:30	BOILER STOP	FINISH
*2	12:45:00	NO.2 D/G	STOP
*2	13:30:30	COMPRESSOR	START
*2	13:57:00	COMPRESSOR	STOP
*2	16:11:30	COMPRESSOR	START
*2	16:38:30	COMPRESSOR	STOP
*2	18:51:00	COMPRESSOR	START
*2	19:18:00	COMPRESSOR	STOP
*2	21:28:00	COMPRESSOR	START
*2	21:54:30	COMPRESSOR	STOP

46.9.3	*2	16:51:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	16:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	16:55:00	RADIO	FAX. START (CH. 81.92)
	*2	17:22:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	17:45:00	COMPRESSOR	START
	*2	17:55:00	RADIO	FAX. START (CH. 63.84)
	*2	18:22:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	18:23:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	19:15:00	RADIO	FAX. START (CH. 84.93)
	*2	19:16:30	COMPRESSOR	START
	*2	19:42:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	19:55:00	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	19:55:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	20:49:30	COMPRESSOR	START
	*2	21:16:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	21:40:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	21:53:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	22:57:30	COMPRESSOR	START
	*2	23:07:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	23:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 46.60)
	*2	23:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	23:45:00	COMPRESSOR	STOP
46.9.4	*2	00:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	00:50:00	COMPRESSOR	START
	*2	01:17:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	01:38:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	02:42:30	COMPRESSOR	START
	*2	03:12:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	03:31:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	04:35:30	COMPRESSOR	START
	*2	04:47:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	05:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 46.60)
	*2	05:24:30	COMPRESSOR	STOP

46.9.4	*2	05:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	06:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	06:28:30	COMPRESSOR	START
	*2	07:17:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	07:27:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	07:30:30	RADIO	FAX. START (CH. 63.84)
	*2	07:57:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	09:07:00	COMPRESSOR	START
	*2	09:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	09:52:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	10:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	10:30:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	11:02:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	11:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 81.92)
	*2	11:28:00	COMPRESSOR	START
	*2	11:28:00	1 SET D/G START	START
	*2	11:31:00	1 SET D/G START	FINISH
	*2	11:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	12:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 84.93)
	*2	12:23:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	12:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	12:49:30	NO. 2 D/G	STOP
	*2	13:22:00	COMPRESSOR	START
	*2	14:09:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	14:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	15:06:00	COMPRESSOR	START
	*2	15:56:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	17:01:00	COMPRESSOR	START
	*2	17:07:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	17:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 81.92)
	*2	17:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	17:44:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	18:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 63.84)

46.9.4	*2	18:37:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	18:49:00	COMPRESSOR	START
	*2	19:30:30	RADIO	FAX. START (CH. 84.93)
	*2	19:32:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	19:57:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	20:10:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	20:37:30	COMPRESSOR	START
	*2	21:34:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	21:38:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	21:57:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	22:43:30	COMPRESSOR	START
	*2	23:24:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	23:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 46.60)
	*2	23:28:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	23:54:30	RADIO	FAX. STOP
46.9.5	*2	00:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	00:34:00	COMPRESSOR	START
	*2	01:18:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	01:34:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	02:23:00	COMPRESSOR	START
	*2	03:08:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	03:29:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	04:13:30	COMPRESSOR	START
	*2	04:58:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	05:04:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	05:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 46.60)
	*2	05:54:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	06:04:00	COMPRESSOR	START
	*2	06:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 56.74)
	*2	06:48:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	07:44:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	07:47:30	RADIO	FAX. START (CH. 63.84)
	*2	07:54:00	COMPRESSOR	START

	*2	08:14:30	RADIO	FAX. STOP
46.9.5	*2	08:39:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	09:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	09:33:30	COMPRESSOR	START
	*2	10:09:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	10:18:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	10:27:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	11:17:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	11:22:00	COMPRESSOR	START
	*2	11:22:00	1 SET D/G START	START
	*2	11:24:30	1 SET D/G START	FINISH
	*2	11:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 81.92)
	*2	11:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	12:11:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	12:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 84.93)
	*2	12:39:00	NO. 2 D/G	STOP
	*2	12:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	13:19:30	0818 M/E	START AIR PRESS LOW 15.0 Kg/cm**2

		818
13.19.30		15.0
13.20. 0		14.9

	*2	13:38:30	COMPRESSOR	START
	*2	14:11:00	COMPRESSOR	STOP
	*2	14:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	15:44:00	COMPRESSOR	START
	*2	16:10:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	17:22:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	17:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 81.92)
	*2	17:27:30	COMPRESSOR	START
	*2	17:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	17:54:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	18:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 63.84)
	*2	18:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	19:12:00	COMPRESSOR	START

	*2	19:44:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	19:45:00	RADIO	FAX. START (CH. 84.93)
46.9.5	*2	20:12:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	20:25:00	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	21:46:30	COMPRESSOR	START
	*2	22:03:30	RADIO	FAX. STOP
	*2	22:19:30	COMPRESSOR	STOP
	*2	22:26:30	RADIO	FAX. START (CH. 74.91)
	*2	23:50:00	COMPRESSOR	START
	*2	23:52:00	RADIO	FAX. STOP
	*2	23:55:00	RADIO	FAX. START (CH. 46.60)

1. 3. 5. 実船試験の考察

乗組員の反応については全般的にみて積極的であり、前向きに本システムを使いこなそうとする努力が感じられた。

しかし従来の制御方式と常に比較しながら使用しており特に歓迎されたものは、データの大量収集、編集、印字、作票による省力化および機関トータルシステムとして各機器、さらには荷役システムとの間の有機的結合の能力は高く評価された。

また異常時のバックアップ制御の迅速さ、正確さは安全性に貢献していた。

一方不評だつた点はオペレーションの際に約束事が多いものはかえつて複雑となり、使いにくいと受取られた。

またシーケンス制御などで安全率を見過ぎて比較的時間がかるものは従来のマニュアルオペレーションに劣るとして敬遠されがちだつた。

乗組員の教育については、本船の場合機装期間中にコンピュータ全般、各制御内容についての教育が行われ、さらに実船試験中にフローチャートの説明、メッセージの見方と処置方法についてテストをしながら行つた。

オペレータとしてはゼネラルフローチャートの完全理解は不可欠と思われた。

オペレータコンソールの使用については初期に若干抵抗があつたがすぐに使いこなせるようになった。

コンピュータ本体のオペレーションについても電源異常その他のトラブルの際の処置としてリスタートを完全にできることが必要であり、特にコンピュータ担当者は主要部品の交換の技術が必要と考えられる。

本システムは集中型コンピュータシステムの一例であるが本体の主メモリ、および補助記憶装置、周辺装置の容量性能等が適格であることが確認された。

またプログラム構成を中心とするシステム設計の妥当性も確認された。

本システムではセンサの故障にそなえて、その判定方式、警報方式、制御プログラム内での取扱いについては特に考慮してあり、万一異常になつたときには模擬データの入力が可能となつているが、一部センサ故障による誤警報、制御はまぬがれなかつた。

従つて信頼性の高いセンサ、操作端の開発と同時に故障を正しく検出する方式を確立する必要がある。

1. 4 評 価

1. 4. 1 方 法

実船乗船中の乗組員および造船所関係者に対し、アンケート調査を実施して、コンピュータによる自動化システムに対する意識調査および各制御項目についてCPU本体、センサ類等のハードウェアも含めたシステムとしての評価を評価基準に従つて行つた。尚、今回は性能面の評価に重点を置き経済的評価は行なわなかつた。

1. 4. 2 アンケート調査対象者

(1) 第5次航乗船中の乗組員 13名

- (a) 機関部職員； 機関長、一等機関士、二等機関士、三等機関士
- (b) 機関部部員； 操機長、操機手4名、操機員2名
- (c) 無線部職員； 通信長、二等通信士

(2) 造船所関係者 5名

- (a) 基本計画担当者 1名
- (b) 艤装設計担当者 1名
- (c) 電気艤装担当者 1名
- (d) システム設計担当者 1名
- (e) アフタサービス乗船者 1名

1. 4. 3 対象制御項目

- 監視制御
- 発電機制御
- 空気圧縮機制御
- ロギング
- ボイラ・バーナ本数制御
- ボイラ始動・停止制御
- カーゴポンプ制御
- 主機スタンバイ制御
- 保守整備システム

1. 4. 4 評価基準

- 性能向上
- 信頼性
- 安全性
- 省力化
- 環境改善
- 操作性
- 保守整備
- 精神面への影響
- 就労体制
- 乗組員教育
- 制御の必要性
- 制御内容
- センサ類

1.4.5 調査結果

(1) 意識調査について

図 1.4.1 に結果を示したが、回答者の立場によつて、自分の担当分野の評価に集中する傾向がみられるので、各職種の平均を図示した。

全般的にみて機関部職員、部員間には本質的な差はみられない。また、無線部職員にはコンピュータの操作、保守、および無線関係のシステムに対する意識が表われている様子であるが、機関部のものと大きな差はみられない。

結果として手動操作が少くなり、省力化、安全性に貢献しているので、今後もコンピュータを導入し、制御範囲を拡大する希望が示されている。また本システムは全般的にかなり実情にあつており取り扱い易いといえる。

反面、精神的にはやゝ負担を感じており、やることも増えたことが察しられると同時に操作および保守については相当の専門知識がないと使いこなせないと感じている。

またシステム全体としては故障もやゝあり、改善を痛感している部分もある。

次に職種間の差異についてあえて指適すると機関部職員、部員間では精神面では部員の方が苦痛を感じており、肉体面での評価は職員の方が高い。仕事のやり易さについては職員がやり易くなつたとするのに対し、部員では逆の感じ方をしている。

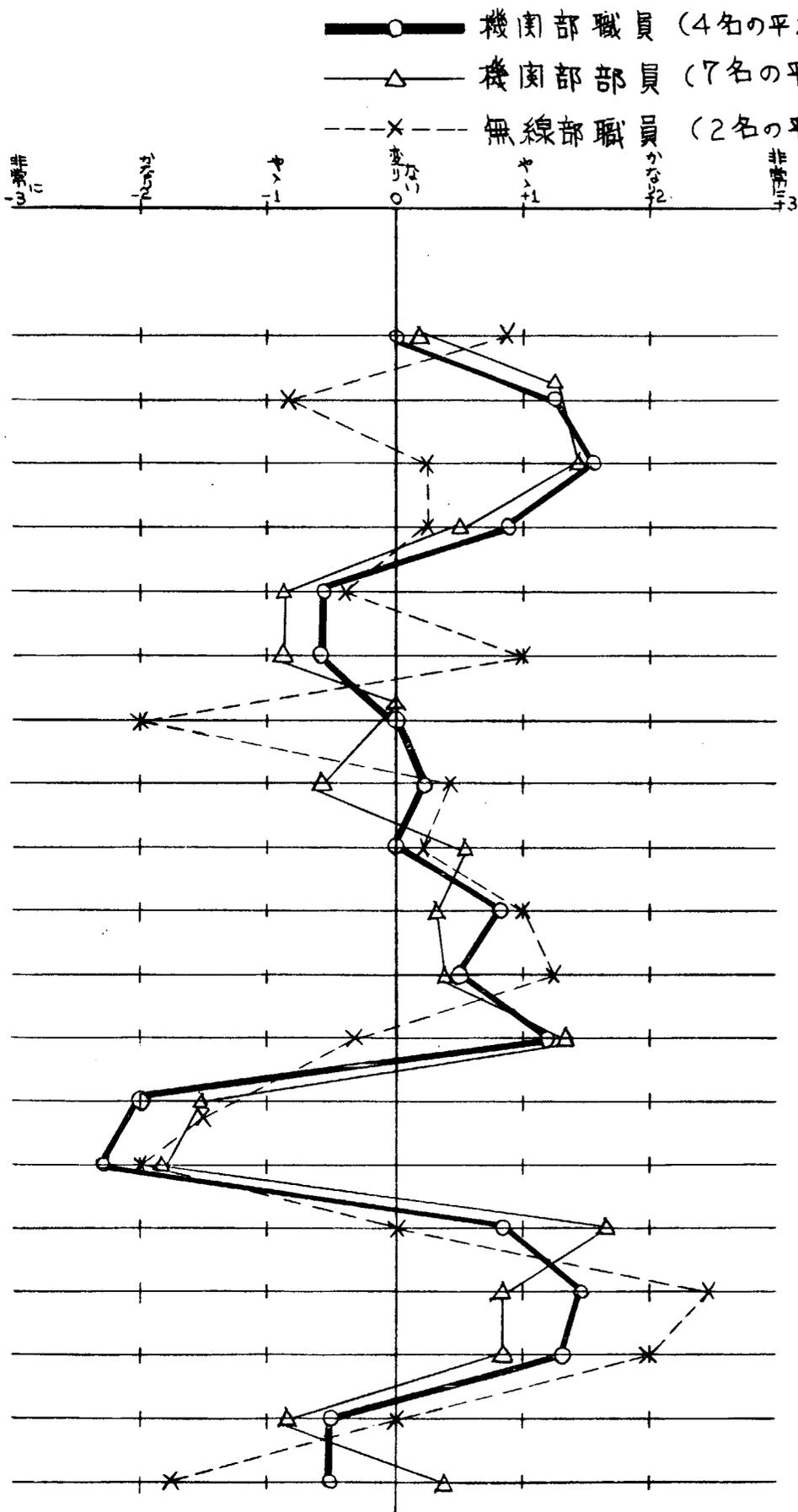
コンピュータ導入については共に賛成ながら職員の方が不安感はいさぐに制御範囲拡大については部員の方に要求が強い。

環境条件については部員の方が恩恵を受けている様である。

無線部員はコンピュータ導入に大賛成であるが現状では仕事の分担が不明確である。またシステムが実情に合わず、改善点が多いという意見がでていのは、無線関係のシステムが試験段階をでず実用化に至つていないことを述べていると思う。

機器の性能向上に対して従来と変らないという感じをもつているのは各制御毎に行つた調査で性能向上を認めていることと矛盾する様であるが、コンピュータシステムの性能に対して各制御機器およびセンサ、操作端に改善がなされてないことに対する不満のあらわれとみられる。

尚、操作、保守の面で高度の専門知識を必要とする意識がでていのが目立つが、本船システムは開発要素が多く、制御性能面では十分な配慮にもとづいて設計されているが乗組員の教育体制をも含めたマンマシンコミュニケーションシステムの開発になお検討の余地があることを示していると思われる。この問題は今後の研究課題として本格的に取り組むべき性質のものであろう。



- 機器の性能向上
- 実情に合う
- 省力化
- 肉体的に楽
- 精神的に楽
- 仕事の密度がよい
- 仕事の分担明確
- 仕事がやり易い
- 環境がよい
- メッセージ解り易い
- 機器取り扱易い
- 手動操作少い
- 操作に専向知識不要
- 保守に専向知識不要
- 制御範囲拡大した
- コンピュータ導入に不安ない
- 安全性向上
- 故障少ない
- 改善点少ない

図 1.4.1 意識調査結果

(2) 各制御の評価について

(a) 質問型式

各制御毎に次の型式の質問を行い該当項目を選択してもらった。但しカーゴポンプ制御についての評価も機関部職員のみを集計結果であるため操作面よりも保守面に重点が置かれていると思われる。

(i) 性能向上について

- (イ) 向上した
- (ロ) 従来と変わらない
- (ハ) かえつて低下した
- (ニ) その他

(ii) 信頼性について

- (イ) ほとんど故障しない
- (ロ) たまに故障する
- (ハ) よく故障する
- (ニ) その他

(iii) 安全性について

- (イ) 向上した
- (ロ) なれれば向上すると思う
- (ハ) 従来と変わらない
- (ニ) かえつて不安である
- (ホ) その他

(iv) 省力化について

- (イ) 貢献している
- (ロ) なれれば役立つと思う
- (ハ) 従来と変わらない
- (ニ) その他

(v) 環境改善について

- (イ) 貢献している
- (ロ) 従来と変わらない
- (ハ) かえつて悪くなった
- (ニ) その他

(vi) 操作性について

- (イ) 使い易い
- (ロ) なれれば使い易くなると思う
- (ハ) 従来と変わらない
- (ニ) かえつて使いにくい
- (ホ) その他

(vi) 保守整備について

- (イ) 従来知識で十分である
- (ロ) 基礎教育が必要である
- (ハ) 専門教育が必要である
- (ニ) その他

(vii) 精神面への影響について

- (イ) 精神的に楽である
- (ロ) なれれば楽になると思う
- (ハ) 従来と変わらない
- (ニ) 精神的につかれる
- (ホ) その他

(ix) 就労体制について

- (イ) 改善に役立っている
- (ロ) 従来と変わらない
- (ハ) かえって悪くなった
- (ニ) その他

(x) 乗組員教育について

- (イ) 新人で十分使いこなせる
- (ロ) タンカーの経験があれば特に教育を必要としない
- (ハ) 特別な教育が必要である
- (ニ) 乗組員交替制度を考え直す必要がある
- (ホ) その他

(xi) 制御の必要性について

- (イ) この制御は是非必要である
- (ロ) この制御があれば便利である
- (ハ) この制御はなくてもよい
- (ニ) その他

(xii) 制御内容について

- (イ) 将来とも現在の程度でよい
- (ロ) 将来はともかく現在では本船程度でよい
- (ハ) 更に内容を付加して改善する必要がある
- (ニ) その他

(xiii) センサー類について

- (イ) 更に電算機制御に適したものを開発する必要がある
- (ロ) 本船に採用した程度で十分である
- (ハ) その他

(b) 評価結果

全般に評価には大きなバラツキはみられないが乗組員と造船所の間、またそれぞれの職種間によつて、評価の尺度、理解度が多少異なるために違う評価がでている。

造船所側からは9件の制御すべてに回答があつたが、乗組員からは主機スタンバイ制御は暖気ヒーター改造まで、また保守整備システムについてはデータの積み重ねが行われて完全に実用化されるまで評価をさしひかえたいと回答された。

次にそれぞれの質問項目に対して多数決方式でまとめてみると次のようである。但し()内は造船所のデータである。

(i) 性能向上について

- 向上した制御 6件(7件)
- 従来と変らない制御 1件(1件)
- その他 0 (1件)

(ii) 信頼性について

- ほとんど故障しない制御 2件(6件)
- たまに故障する制御 4件(2件)
- よく故障する制御 1件(0)
- その他 0 (1件)

(iii) 安全性について

- 向上した制御 5件(8件)
- 従来と変らない制御 2件(0)
- その他 0 (1件)

(iv) 省力化について

- 貢献している制御 7件(8件)
- 従来と変らない制御 0 (1件)

(v) 環境改善について

- 貢献している制御 4件(5件)
- 従来と変らない制御 3件(4件)

(vi) 操作性について

- 使い易い制御 3件(5件)
- なれれば使い易くなると思う制御 4件(4件)

(vii) 保守整備について

- 従来知識で十分な制御 3件(4件)
- 基礎教育が必要である制御 0 (5件)
- 専門教育が必要である制御 4件(0)

(viii) 精神面への影響について

- 精神的に楽である制御 4件(3件)
- なれれば楽になると思う制御 3件(5件)

- 従来と変らない制御 0 (1 件)
- (ix) 就労体制について
 - 改善に役立つている制御 6 件 (7 件)
 - 従来と変らない制御 1 件 (2 件)
- (x) 乗組員教育について
 - 新人で十分使いこなせる制御 1 件 (2 件)
 - タンカーの経験があれば特に教育を必要としない制御 1 件 (3 件)
 - 特別な教育が必要である制御 5 件 (3 件)
 - その他 (1 件)
- (xi) 制御の必要性について
 - この制御は是非必要であるもの 7 件 (9 件)
- (xii) 制御内容について
 - 将来とも現在の程度でよい制御 0 (2 件)
 - 将来はともかく現在では本船程度 5 件 (5 件)
 - 更に内容を付加して改善する必要がある制御 2 件 (2 件)
- (xiii) センサ類について
 - 更にコンピュータ制御に適したものを開発する必要がある。 7 件 (9 件)

以上の結果によると性能、安全性、省力化の面では貢献している制御が多いことがわかる。

制御の必要性についてはほとんどがぜひ必要と感じているが内容についてはさらに高度な自動化船への適応には不十分と感じているものが多い。センサ類についてはほとんど全員が不十分と感じており、システムの信頼性低下の大きな要因と考えている。システムの保守整備については造船所側が基礎教育で十分であると感じているのに対して乗組員の方では専門教育が必要と感じている。信頼性の面では乗組員の方が悲感的な見方をしている様である。

- 性能向上についてはほとんどの制御が向上したと回答されたが乗組員は空気圧縮機制御、造船所は主機スタンバイ制御が従来と変らないと答えている。
- 信頼性についてはロギング、ボイラバーナ本数制御は非常に高く評価されているが、監視制御、発電機制御、空気圧縮機制御については乗組員はたまに故障すると述べている。これらについては造船所の方ではセンサ、操作端の故障を含めて評価していないためにほとんど故障していないとみている。特に設計者、プログラマーには設計どおりに動くはずであるという確信をもっているものが多かつた。
- 安全性についてはほとんどの者が向上したと受けとつているがこれは従来の制御装置をバックアップとして備えているとの前提で回答しているのでコンピュータ制御のみについての評価とはいいきれないと思う。従来と変らないというものに空気圧縮機、カーゴポンプ制御が挙げられている。

- 省力化については全て貢献している。
- 環境改善については貢献しているものと、従来と変わらないもの半々である。これに関しては予想どおり、ボイラ関係、カーゴポンプの現場作業が大巾にコントロールルームに移行した結果と思われる。また、ロギングデータの収集についても同様であろう。
- 操作性能については使い易いものと、なれれば使い易くなるものが半々であつてまず問題ない様である。

当初使いにくいものがかに短期間でなれてくるかが問題であつて長くても一航海でなれるようなものにすべきであろう。

- システムの保守整備については従来知識で十分なものとして、ロギング、発電機、空気圧縮機の制御があげられるが、コンピュータを採用して新しく高度の内容を盛りこんだ監視、ボイラ、カーゴポンプの制御については基礎または専門知識が必要と考えられている。
- 精神面への影響については負担を感じつつも、なれれば楽になるという意見が多い。造船所で予想したよりも楽と回答した人が比較的多かつた。
- 就労体制についてはほとんどのものが改善に役立つと考えられている。単純な制御である空気圧縮機についてのみ従来と変わらないとされている。
- 乗組員教育については乗組員は一致して特別教育が必要であるとしており、新人で使いこなせるのは空気圧縮機制御のみであり、タンカーの経験があれば使えるものとしてカーゴポンプの制御が挙げられている。
- 制御の必要性については全部が是非必要であるという意見である。
- 制御内容については内容を改善する必要のあるものとしてボイラ、カーゴポンプの制御に希望が多い。

(3) 補足意見

(a) 無人化運転について

- (i) システム全体の信頼性を向上させるためには、主機をはじめ各機器、さらにセンサ、操作端の信頼性を格段に向上させることを考えるのが先決である。
- (ii) さらに広範囲な自動化と全般的な信頼性の向上、およびトラブルの発生した際の自動処理あるいは自動回復機構を実現すればMO運転中の乗組員の負担が大巾に軽くなると思う。
- (iii) 現在のシステムでMO運転は十分に行えると思うが、例えば音による監視をとり入れて、異常音発生(通常と異なる変な音)したときに警報するシステムをとり入れると役立つと思う。なぜなら現在の計器に異常として変化するまでには、音の発生から相当後になるものがかなり多い。
- (iv) 現在のシステムは初めてのケースであるため、従来計装をバックアップとする二重システムの形態をとつているが、今後は各サブシステム間の結合をさらに密接にするとともに、バックアップシステムのあり方を確立する必要がある。
- (v) オペレーションのチェックポイントをコンピュータより指示してくれるシステムがほしい。

(b) コンピュータ採用によつて生じたメリット

- (i) コンピュータによるきめの細かい監視は非常に助かり、早めに警報、処理が行われて安全性にも貢献している。
- (ii) デーゼルプラントの各システムが有機的に結びつけられ、発電機に関する異常処理およびバックアップ制御、空気圧縮機制御などがタイミングよく作動して高度な制御が可能となつた。
- (iii) ボイラ制御、カーゴポンプ制御、定時ロギングは省力化に役立つているが、特に荷役中におけるボイラバーナ本数制御、カーゴポンプ制御は機関部員の労力節減に役立つている。
- (iv) 制御方法にフレキシビリティを持たせることができ、不都合な点を比較的容易に改良でき、精度の高いコントロールが可能となつた。また、各種設定値の変更が簡単である。

(c) 操作性について

- (i) 異常メッセージは大体解り易いと思う。
- (ii) オペレータコンソールは使い易いものがあるが、チャンネルNo.と個々の温度、圧力との結びつきをもう少し直接的に判るようにしてほしい。
- (iii) オペレータに対する表示方式として、ブラウン管方式や音声方式も検討してほしい。
- (iv) オペレータは従来知識の外にコンピュータ制御についての基礎知識が必要である。特にトラブル発生の際の処理判断などには必要である。
- (v) 各制御はボタン一つで動くという形をとつており、省力化には役立つているがQuick Action Mode に対する配慮が不足している。
- (vi) 保守整備システムの例のようにセンサとコンピュータとが結合されていないデータが残されておりマニュアルインプットを要するものであるが全自動とすべきである。

(d) コンピュータ制御範囲の拡大について

- (i) コンピュータの導入には不安は感じないので、どんどん導入してほしい。ただしそれに見合った教育、再教育システムを充実して下さい。また信頼性には特に心がけてほしい。
- (ii) 現在のシステムの実績をみながら個々にきめの細かい改良を機器本体、センサ類を含めて行つて将来は従来のハードウェアによる回路を全面的にコンピュータ回路におきかえることを考えてほしい。
- (iii) 入出港時の操作など連絡を密にしながら行う作業はできるだけコンピュータにやらせたい。
- (iv) 主機の高度な異常診断システムを採り入れる。
- (v) 部品の管理システムが必要
- (vi) カーゴポンプの制御と荷役プラントの結びつきはもつと密接にする必要がある。

(e) コンピュータに関する操作および保守について

- (i) コンピュータのイニシャルスタート、リスタート、設定値の変更などは本船で行うべきである。
- (ii) センサ類、インタフェイスの故障時のチェック、修理、また故障しやすい部品の交換は

本船で行う必要があるが、コンピュータ本体についてはメーカーにまかすべきである。

(iii) コンピュータに関する保守整備には専門知識が必要である。

(iv) 乗組員は幅広い知識をもつた方が望まれ、電気技師が必要である。

(f) そ の 他

(i) 温度関係のセンサにトラブルが多い。

(ii) 荷役プラントとの結びつきは現在の船内就労体制からは本船程度が限度ではないか。

(iii) 各種入出力に付随する電気回路等をもう少しSimple にすべきである。

(iv) カargoオイルフローメータを装備することによりキャビレーション制御の精度が向上すると思う。

(v) 保守整備システムは処理方法など改良して実用化されることを期待する。

2. 燃焼室内圧力検出装置の耐久試験

2.1 緒 言

4 5 年度の研究において、超自動化船用監視機器の一つとして燃焼室内圧力検出装置を試作し、これを実船に搭載して性能試験を行ない、試作装置が満足に作動することを確認した。しかし、実船における使用時間が短かいため、耐久性については明らかではなく、とくにこの装置の一要素である圧力検出端（指圧計）については、船用機器としての使用実績がほとんどなく、耐久性はもちろんのこと船用機器としての適否についても明らかではない。

そこで、4 6 年度の研究においては、4 5 年度に引き続いて実船における試験を継続実施し、試作圧力検出装置の耐久性を確かめると同時に、圧力検出器については、4 5 年度に使用してきた圧力検出器（検出端および増幅器）の他に、さらに3メーカーの圧力検出器を使用してそれらの性能を比較するとともに、耐久試験を行なった。その結果から、圧力検出器および燃焼室内圧力検出装置の船用機器としての適否を検討し、船用装置またはシステムとして要求される性能および構造に対する仕様の設定を試みた。

2.2 試験装置

2.2.1 装置の系統

試験に使用した機器の系統を図 2.2.1 に、機器の種類を表 2.2.1 に示す。

図 2.2.1 において、A、B、C、D の記号はそれぞれメーカーの異なることを表わしており、各検出端ごとに同じメーカーの増幅器を使用している。なお、D 社については、最高圧力のみ記録し、圧縮圧力の記録は行なっていない。

2.2.2 圧力検出端

試験に使用した圧力検出端の構造の概略を図 2.2.2 に示す。

A、B 社の検出端は構造的にはほぼ同じであり、受圧膜に加えられる圧力によつて発生する起歪筒に接着された抵抗線歪ゲージによつて検出される。なお、起歪筒の外周部および受圧膜の背面を水冷却するようになっている。

C 社の検出端は受圧板がアルミナ磁器でできておりこの受圧板の撓みを受圧板に蒸着された歪ゲージにより検出する構造になっている。冷却は受圧部を直接に行わず、圧力導入管部を冷却することによつて受圧部に導入されるガスを冷却すると同時に検出端取り付け部からの熱伝導を遮断するようになっている。

D 社の検出端はブルドン管形で、ブルドン管先端の圧力による変位を可変インダクタンス方式によつて検出するようになっている。なお、受圧膜とブルドン管との間にはシリコン油が封入されている。

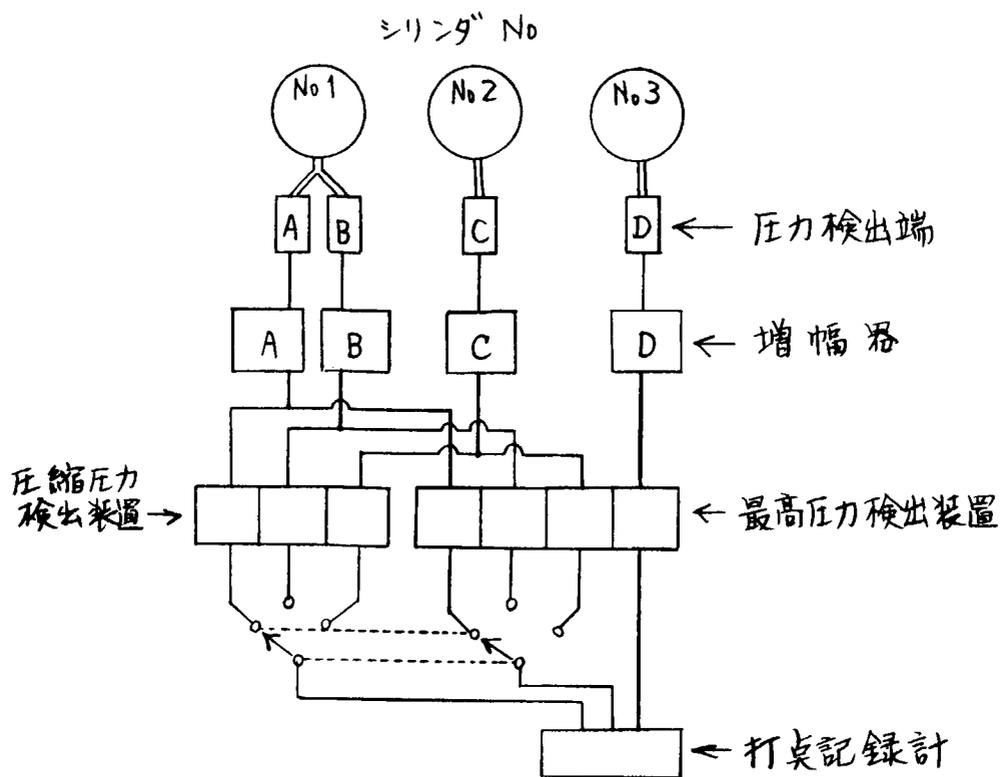


図 2.2.1 試験装置の系統

表 2.2.1 使用機器一覧表

名 称	メーカ	形 式	備 考
圧力検出器 (A) 検出端 増幅器	A 社	抵抗線歪ゲージ形	
圧力検出器 (B) 検出端 増幅器	B 社	抵抗線歪ゲージ形	
圧力検出器 (C) 検出端 増幅器	C 社	蒸着ゲージ形	
圧力検出器 (D) 検出端 増幅器	D 社	ブルドン管形	最高値検出回路を 含む
最高圧力, 圧縮圧力 検出装置	昭和計装会		45年度に製作して このところ使用
打点記録計	北辰電機		

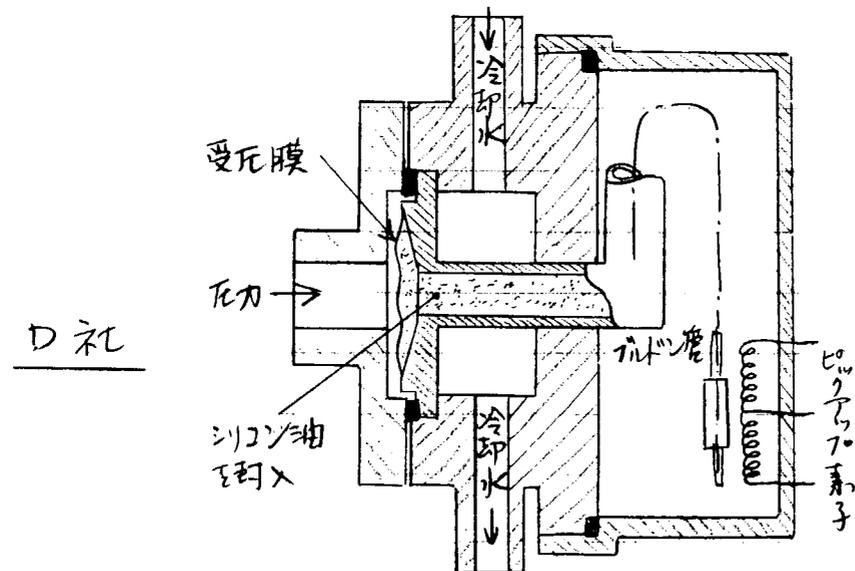
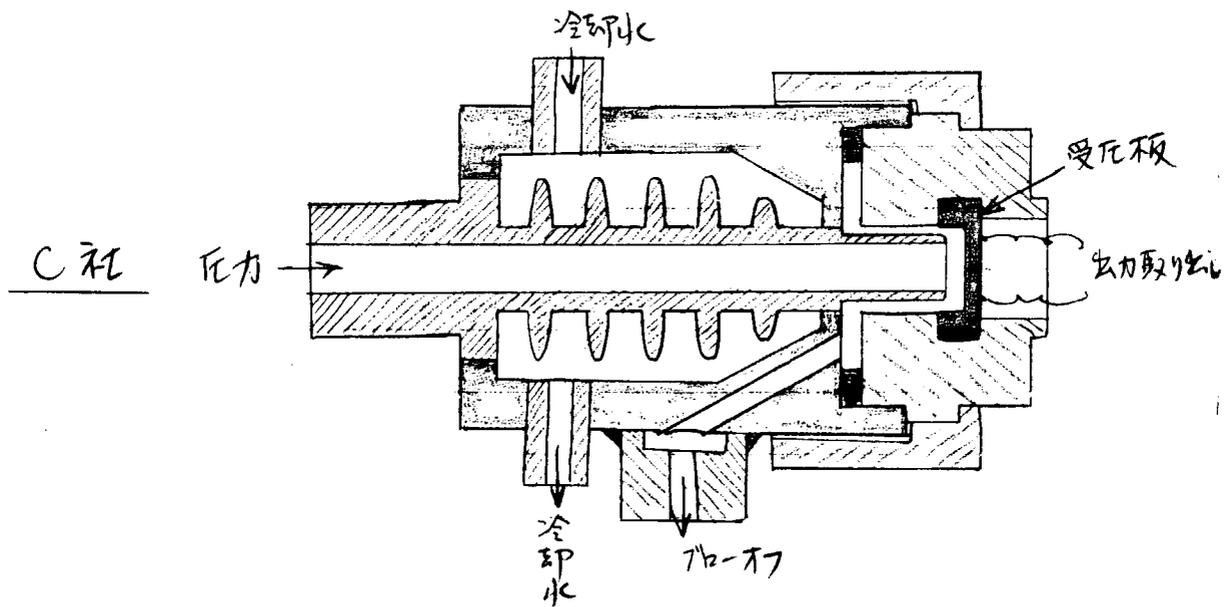
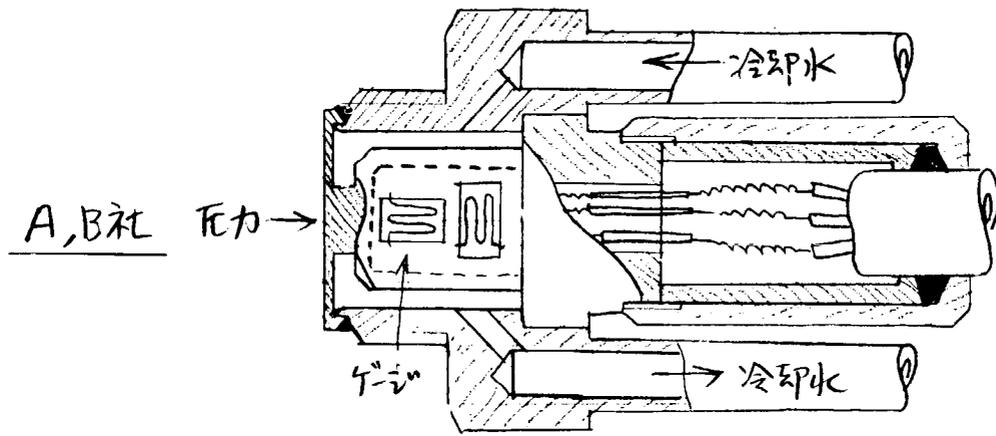


図2.2.2 圧力検出端の構造

2.3 試験の経過と実績

前進のA、B、C、D4社の圧力検出器を用いて6月下旬から比較耐久試験を開始した。本試験においては、後述するように一部の圧力検出端で破損事故が発生し、検出端そのものの長期にわたる性能の変化すなわち性能面での耐久性については十分な検討を行なうだけのデータを得ることができなかつた。また、本試験のために使用している圧力自動記録用自動開閉弁の耐久性に問題があり（昨年度から問題になつていた）、本試験の前半においては圧力の長時間連続記録が得られなかつたが、その後改良を加えて本試験の後半には連続記録も得られるようになり、検出端を含む装置全体の性能、特性について検討できるようになつた。

そこで、以下に各種圧力検出端の使用実績と改良の経過について述べる。なお、使用した圧力検出端の使用実績の例を表2.3.1に示す。

2.3.1 A社の検出端

A社の検出端については45年度から使用しているが、受圧膜の腐蝕破損が発生し、連続使用時間約1ヶ月（繰り返し使用回数は 1.6×10^5 回/日である）の耐久性しかなかつた。この破損の原因は、受圧膜が硫酸に弱いステンレス材でできているからで、C重油の燃焼により発生する硫酸によつて腐蝕し、疲労限が低下するためである。そこで、受圧膜の耐蝕性向上による耐久性向上をはかるため、材質変更、表面処理などについて検討し、2~3の改良品を試作し試験を行なつた。これが表2.3.1のA-2~A-6である。

A-2はバナジウム酸に強いと言われる材質の受圧膜の検出端であるが、使用時間7日で破損し、このような材質が硫酸に対してきわめて弱いことがわかつた。そこで、種々の材質について検討を行なつたが適当なものがなく、これまでに1ヶ月耐久実績を持つ標準品A-1検出端と同じ材質に対して表面処理を施し、耐蝕性の向上を試みた。

すなわち、その一つとして特殊メッキによる表面処理を行なつた。A-3、A-4検出端がその例で、A-3はクロム系、A-4はニッケル系金属によりメッキ処理したものであり、メッキ表面が高温ガスにアタックされるとメッキ金属が母材に拡散浸透し耐蝕性を強化する特徴をもつといわれている。実際に使用した結果については、20日の使用において両者とも破損には到らなかつたが、A-3検出端（クロム系）では、受圧膜表面が硬化され応力疲労の現象が認められた。またA-4検出端（ニッケル系）では、受圧膜表面に腐蝕が発生しており、このような特殊メッキによる表面処理も船用圧力検出端受圧膜の耐久性向上に対して有効でないことが確認された。

そこで、さらに表面処理の別の方法として、受圧膜表面に高温処理にて耐酸化性のよいクロム、アルミニウム合金層を形成させる耐高温酸化性金属被覆法を施したもののうち、合金層成分の異なる二種類を使用した。これがA-5、A-6検出端であり、A-5は6日の使用にて腐蝕が甚だしく破損したが、A-6は20日の使用にて腐蝕は認められず、表面状態は使用前と変わらなかつた。したがつて、この金属被覆により適当な成分の合金層を形成させることにより耐蝕性を向上させることが確認されたが、これの最終寿命については未確認である。

なお、A-1検出端については、同種のものを数台使用したが、結果はほとんど同じであつたので、ここでは一例だけを示す。

以上に述べた検出端受圧部の使用後の状態例を図2.3.1に示す。(1)はA-1検出端に対するもの

で、数台使用した中の一例であり、腐蝕の進行による破損の典型的な例である。(2)はA-5検出端のもので、腐蝕がきわめて甚だしかつた場合の破損例である。(3)はA-6検出端のもので破損しなかつた例であり、表面がやゝ荒れて見えるが、これは表面処理を施こしたときのむらであつてこの状態は使用前と変つていない。そして腐蝕の兆候も見られない。

2.3.2 B社の検出端

B社の検出端については、6月下旬から3台の使用を開始したが、その状況はつぎのとおりである。

- (1) B-1 シール不良による冷却水のもれを発生(14時間使用)
- (2) B-2 絶縁不良となり圧力指示が不齊になる(7日間使用)
- (3) B-3 受圧膜溶接部にクラック発生(14日間使用)

以上のように、使用した3台がいずれも使用不能となつたが、(1)の破損は根本的なものではなく簡単に改良できるものと思われる。一方、(2)、(3)の破損は、この種の構造の検出端に対しては根本的な検討を必要とするものであり、とくに(3)については、前述のA社の検出端とともに材質的な検討が必要と思われる。

なお、(3)の破損原因は溶接部の欠陥によるものであり、また、短時間の使用であるから、腐蝕の発生もほとんど見られないが、A社の検出端と同様に受圧膜の材質がステンレス系であるから長期使用後には腐蝕による破損も予想される。

その後B社の検出端についても改良を検討したが、有効な改良策も見当たらず、またB社の検出端は原理的、構造的にA社の検出端と同じであるから、B社のものに対する試験は打ちきり、A社の検出端について十分検討することにした。

2.3.3 C社の検出端

C社の検出端の使用状況はつぎのとおりである。

- (1) C-1 冷却用フィン溶接部より水もれ発生(8日間使用)
- (2) C-2 ブローオフ用接手溶接部折損(85日間使用)
- (3) C-3 ブローオフ用弁、弁座よりガスもれ発生(7日間使用)

(1)の事故は溶接部の欠陥によるもので、溶接をやり直すことで解決した。(2)については、根本的なものではなく溶接方法を改善することにより解決できるものと思われる。また、圧力検出部について、材質がアルミナ磁器であるため腐蝕の心配がなく、破損もせずに作動しており、この種の検出端が構造的な耐久性に対して有望と言える。また、(3)についても弁、弁座の材質的検討および構造改良によつて解決できるものと思われる。

なお、C-2検出端の使用中止時の内部の状態を図2.3.2に示す。わずかに腐蝕らしいものが見られるがたいしたことはない。

2.3.4 D社の検出端

D社の検出端については、標準品D-1、D-2および改良品D-3、D-4を用いて試験を行なつたが、いずれも7~10日の使用で受圧膜から破損し、また、ブルドン管に亀裂を発生したものもある。受圧膜の破損とブルドン管の亀裂のいずれが先に発生したかは不明確であるが、後述する圧力記録例から考えると受圧膜の破損の方が先に発生しているものと思われる。

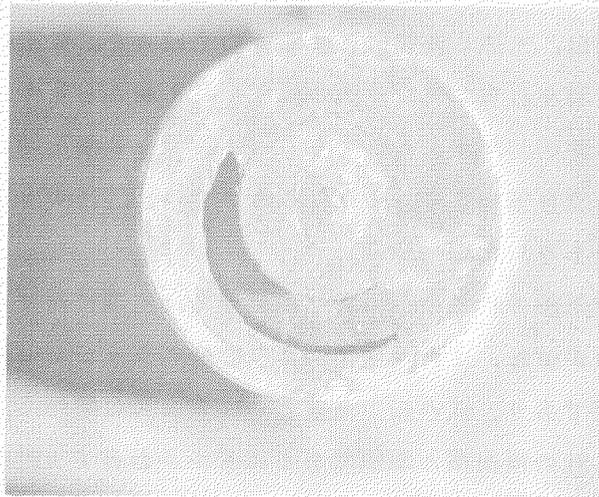
これら受圧膜破損の原因は、先述した腐蝕によるものではなく、受圧膜周辺の応力過大によるものと考えられ、この応力緩和をねらつて受圧膜の膜厚を0.1mmから0.15mmに増して剛性を高とした改良品D-3、D-4を使用したか、これでもD-1、D-2検出端と同程度の耐久性しか得られなかつた。その後有効な改良策もなく、また、これまでの試験により特性をは握することができたので本検出端の使用をうちきつた。

なお、D社の検出端の使用後の状態の一例としてD-2検出端に対するものを図2.3.3に示す。図からわかるように受圧膜が破れ、また表面にかなり燃焼スラッジが堆積しているが、このスラッジは拭えば除去できる程度であり、拭い去つたあとの膜表面には腐蝕らしいものがほとんど見当たらない。受圧膜の材質はA社の検出端と類似であるにもかかわらずA社検出端のような腐蝕が見られないのは、検出端の冷却部の構造の相違によるものと思われる。すなわち、硫酸腐蝕が燃焼スラ

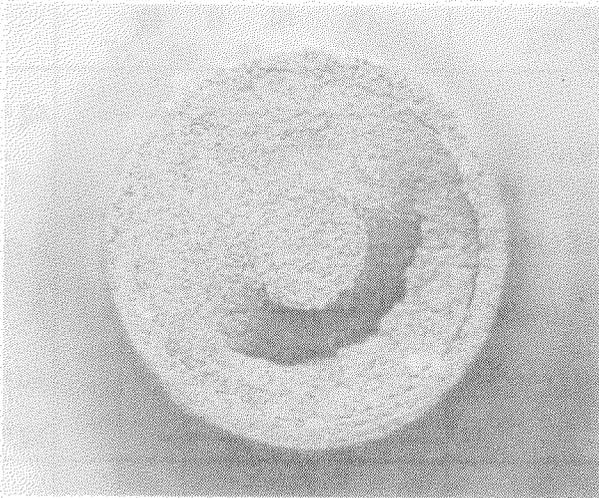
表2.3.1 圧力検出端の使用実績例

検出端	主な特徴	使用日数					備考
		5	10	15	20	25	
A-1*	標準品						破損
A-2	耐酸性材使用 (主としてバナジウム酸)	→					"
A-3	特殊メッキ処理(724系)				→		応力疲労(破損なし)
A-4	" (ニッケル系)				→		臭蝕(")
A-5	金属被覆法による処理(1)	→					破損
A-6	" (2)				→		破損なし、良好
B-1	標準品	→					水もれ
B-2	"	→					絶縁不良
B-3	"			→			受圧部溶接部クラック
C-1	標準品	→					水もれ
C-2	"				→		712-17接手折損
C-3	"	→					712-17弁よりガスもれ
D-1	標準品		→				受圧膜破損
D-2	"		→				"
D-3	受圧膜厚0.05mm増し	→					受圧膜、バルブ管破損
D-4	"		→				受圧膜破損

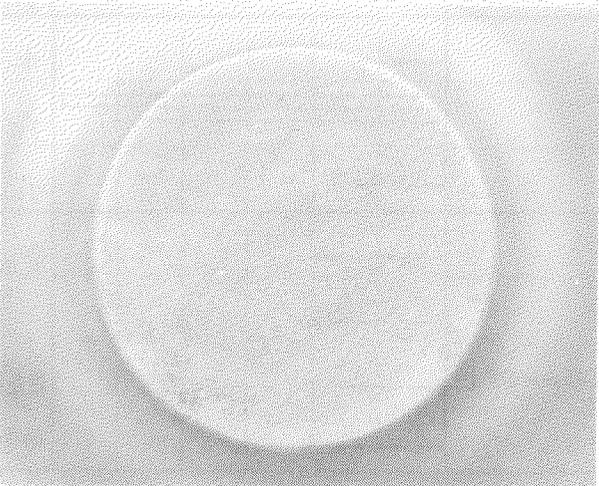
(注) * A-1 検出端(標準品)については、昨年度から通算 22台使用し破損したものは3台である。破損までの使用時間は上表と同程度である。その他については検査ごとに使用を中止している。



(1) A-1 検出端

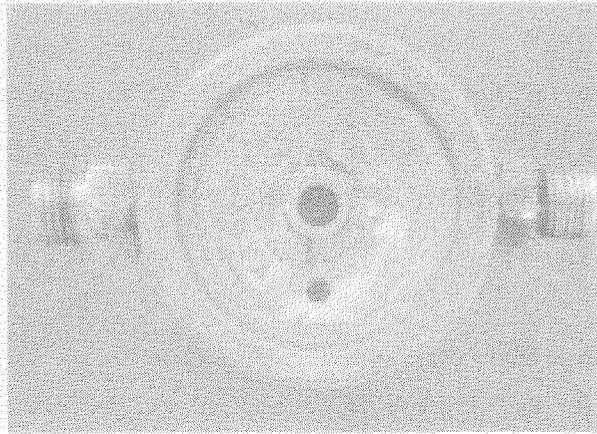


(2) A-5 検出端

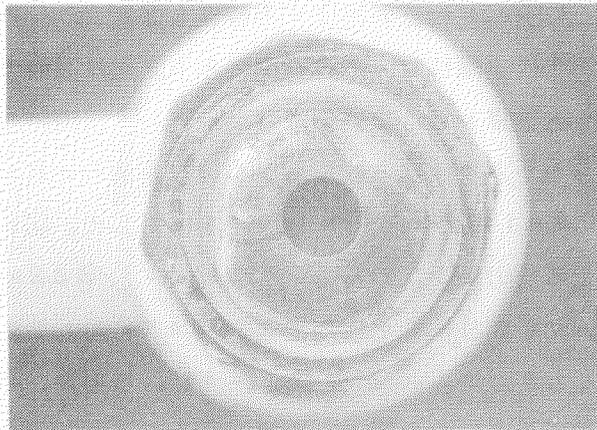


(3) A-6 検出端

図 2.3.1 検出端受圧部の状態 (A社の検出端)



圧力導入管側



受圧部側

図 2.3.2 検出端内部の状態（C社の検出端）

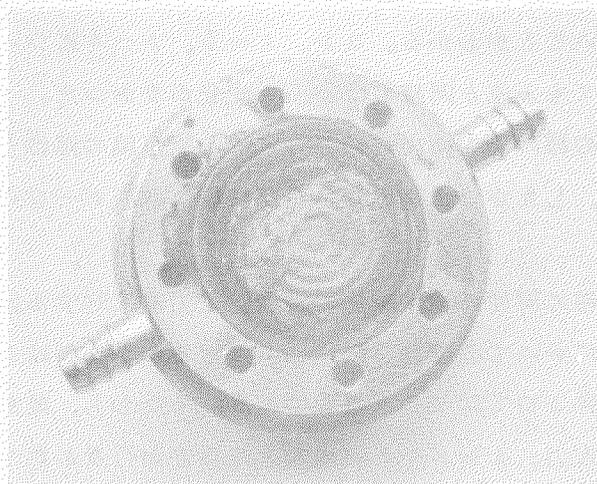


図 2.3.3 検出端受圧部の状態（D社の検出端）

ッジの冷却により硫酸が露になつて付着することにより起こることから、先述の図 2.2.2 の構造を比較すると、A社の検出端は受圧膜が薄いうえにその背面が水冷されているため受圧膜がよく冷され、一方D社の検出端の冷却部は受圧膜からやや離れているために受圧膜はそれほど冷却されないで、よく冷却されるA社の検出端に硫酸分が付着しやすかつたが腐蝕されやすいものと思われる。

2.4 圧力検出器の性能および耐久性

先に圧力検出端の使用経過と構造的な耐久性の概略について述べたので、ここでは主として性能の変化と全体的な耐久性について考察する。

2.4.1 各検出端の較正

ある期間破損なしに使用できた検出端に対する使用前後の較正結果の数例を以下に示す。使用前については、メーカーから入手した較正表により直線性も保証されているものとして比較を行なう。

図 2.4.1 は先述した A-1 検出端に対する較正例である。図は数台使用した中で、較正時に受圧膜が破損した検出端の例 a と破損していない例 b とを示す。a については 80 Kg/cm^2 までの較正しかできなかつたが、図からわかるように b はもちろん破損直前の a についても直線性は良好であり、また a の使用前較正值 $0.09814 \text{ Kg/cm}^2 / 1 \times 10^{-6}$ 歪みに対して、図の較正信号レベル (300×10^{-6} 歪み相当) に相当する圧力値を求めると $29.2 (\text{Kg/cm}^2) / 300 \times 10^{-6} = 0.0973 \text{ Kg/cm}^2 / 1 \times 10^{-6}$ であり、b についても同様に使用前 0.09843 に対し $29.4 / 300 \times 10^{-6} = 0.098$ が得られ、感度変化のないことがわかる。なお、図 2.4.1 は、増幅器、最高圧力検出装置などすべてを含めて行なつた較正結果であり、この図より検出端はもとより装置全体の性能変化もほとんどないことがわかる。

図 2.4.2 は A-6 検出端に対する検出端のみの較正例で、使用前較正值 $0.0447 \text{ Kg/cm}^2 / 1 \times 10^{-6}$ 歪みに対して図より $1,000 \times 10^{-6}$ 歪みに対する圧力値を見ると 45 Kg/cm^2 と読み取ることができ使用前後で変化していないことがわかる。なお、A-3、A-4 についての較正結果については示さないが、使用後においても上述と同様にほとんど変化がなかつた。

これらのことから、この種の圧力検出端においては、受圧膜の弾性が起歪筒の歪に及ぼす影響がほとんどないと考えられ、しがつて検出端の精度は抵抗線歪ゲージの耐久性によつて決定されるものと考えられる。

図 2.4.3 は C-2 検出端に対する較正結果である。圧力値に対する記録計読みの関係は、図のように圧力 30 Kg/cm^2 以下において直線性が失なわれているが、これは C社の増幅器と最高圧力検出装置とのマッチング不良によつて起こつた現象である。すなわち、最高圧力検出装置は、もともと A社の増幅器に合わせて入力、インピーダンスなどの調整が行なわれていたため、C社の増幅器とマッチングさせるために最高圧力検出装置内の回路のやや特性の悪いところを使用することになつた。しかし、圧力値を比較するうえでは問題はないものと思う。また、図 2.4.3 に ×印で示した点は、20日および40日使用した後に静圧 15 Kg/cm^2 (空気圧) を加えて得た結果であり、初期較正曲線に比べて 5% 程度の差があるが、加えた圧力が船内の空気圧であつてブルドン管圧力計の読みを基準にしており、この程度の差はブルドン管側にもあり得る。 15 Kg/cm^2 程度の静圧だけ

で感度変化の有無を論ずることには問題はあるが、図 2.4.3 の結果から、おおよそ C-2 検出端の感度変化はないと考えている。

図 2.4.4 は D-1 検出端の較正結果であるが、圧力値に対する記録計の読みは良い直線性を示している。なお、本検出端は早期に破損したため使用後の較正をすることができなかつた。

2.4.2 経時変化

使用した圧力検出端および増幅器を含めた圧力検出器の時間経過にともなう 0 点移動、感度変化、圧力指示値などの推移を記録した例について述べる。

図 2.4.5 は A 社の検出器の性能の推移を追跡したもので、A-1 検出端に対する例である。図において、0 点移動量は機関起動時の指示を基準とした移動量を記録計の目盛の読みで表しているが、起動後 8~10 時間の間に 3~4 目盛（圧力に換算すると約 3 Kg/cm^2 ）移動しほぼ定常となる。この結果は昨年度に報告した結果と同様の特性であり、機関の温度の整定とともに安定するものと考えられる。その後、時間経過とともに徐々に移動しているが、短時間の間の急激な変化ではないから計測誤差には関係しない。また、感度変化については増幅器（動歪計）の較正信号による振幅の変化を先と同様に起動時の振幅を基準にした変化量として目盛の読みで追跡しているが時間経過によってほとんど変化しないことがわかる。したがって、圧力指示値についても機関が定常に運転されているのでほとんど変化がなく、船上で、採取されるインジケータの指示値（図に⊗印で示す）ともほぼ合致している。その他の A 社の検出端および B 社の検出端についても上述と同様に 0 点移動がかなりあつても感度変化はなく、増幅器（動歪計）がきわめて安定していることが確認された。また、検出端自身の精度についても前述の較正曲線（図 2.4.1、2.4.2）の使用前後に差がなく、図 2.4.5 に示す圧力値が安定していることから、実用上十分であると考えられる。

図 2.4.6 は C 社検出器に対する例であるが、この検出器の試験においては計測用自動弁の作動が悪く、弁が完全に閉じなかつたため機関運転中に 0 レベルを記録することができなかつた。そこで、最高圧力の指示を記録計の読みによつて追跡しているが、図のように時間経過とともに徐々に読みが増している。この間の機関の運転状態は定常であり、最高圧力もほとんど変化していないと考えられるので、図 2.4.6 における指示値の増加は、0 点移動によるものと推察される。なお、感度変化については先に図 2.4.3 にも示したように使用前後の較正值に大差がなかつたから図 2.4.6 はそのまま 0 点移動の経過を表わしていると考えてよい。したがって本検出器の 0 点移動はきわめて大きくなることが確認されたが、圧力値については不明である。

図 2.4.7 は D 社の検出器に対する追跡例であるが、0 点移動は高々 1.5 目盛（約 1.5 Kg/cm^2 相当）であり、先に図 2.4.5 に示した A 社の検出器のような機関起動時の 0 点移動もなく熱的にきわめて安定しているものと思われる。また、圧力指示値は船内採取のインジケータによる結果（図中の⊗印）に比べてやや低目のように思われるが、全体として安定した指示を与えているからこれの補正は容易である。なお、図の右端において 0 点が急変し、圧力値が急減しているが、これは検出端受圧膜破損によつて起こつた現象であり、破損するまでの性能はきわめてよいことが確認された。

2.4.3 圧力波形の比較

A、B、¹C、D 4 社の検出器に対する圧力波形オシログラムの例を図 2.4.8、2.4.9 に示す。

図 2.4.8 は A、B 社の、図 2.4.9 は A、C 社の検出端によつて同じ燃焼室内圧力波形を同時記録

した例である。いずれも波形、圧力値がよく一致しており、検出端の動特性が同程度に良好であることを示している。とくに、〇社の検出端では受圧部前に圧力導入管がついており（図 2.2.2 参照）、管内の共鳴振動の発生が心配されたが、図 2.4.9 からわかるように振動現象は現われず、誤差なく圧力を検出できることを確認した。

2.4.4 性能および耐久性の検討

以上の結果から、構造的に A、B 社の圧力検出器は同じであるから、性能的にも差はないものと思われる。すなわち、この種の抵抗線歪ゲージ形圧力検出端においては、温度補償を完全に行なうことはほとんど不可能なため、機関起動時にかなり大きい 0 点移動が発生することがある。この 0 点移動は機関運転状態が整定すれば安定することは昨年度の報告においても述べたとおりである。また、構造的に異なるが歪ゲージ形の〇社の圧力検出器は、0 点移動が A、B 社の検出器に比較して相当に大きいことがわかり、使用上注意が必要である。

これに比べて D 社の検出は 0 点移動がきわめて少なく、使用した圧力検出器の中ではもつとも熱的に安定しているようである。

最高圧力指示については A、B 社とも短時間の急激な 0 点移動がないから妥当な値を指示している。D 社についても、受圧膜破損の直前まで安定した指示を行なっている。なお、最高圧力の指示については、圧力検出端の信頼性により保証されるのはもちろんであるが、最高圧力の検出方法によつ

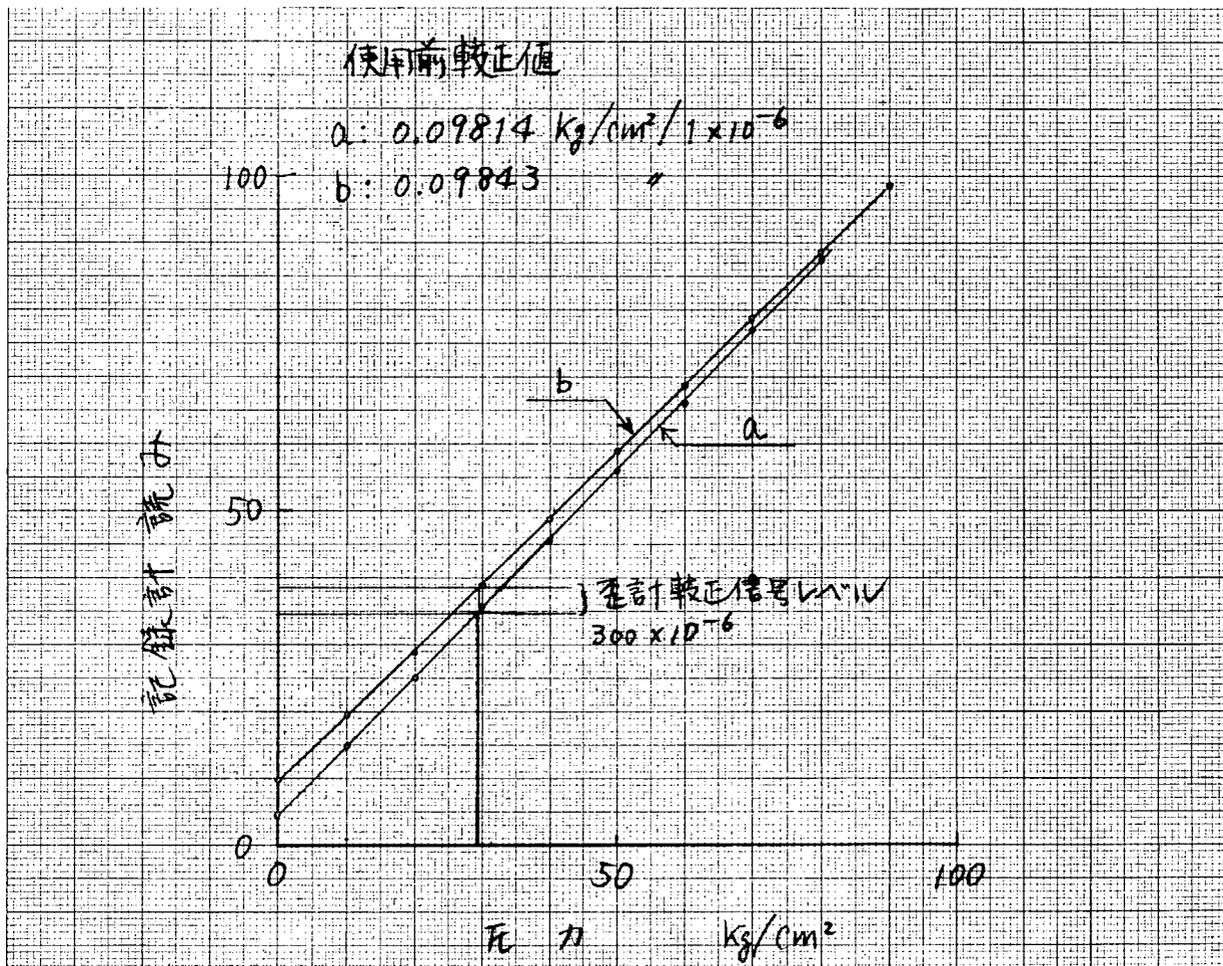


図 2.4.1 A-1 検出端の較正結果

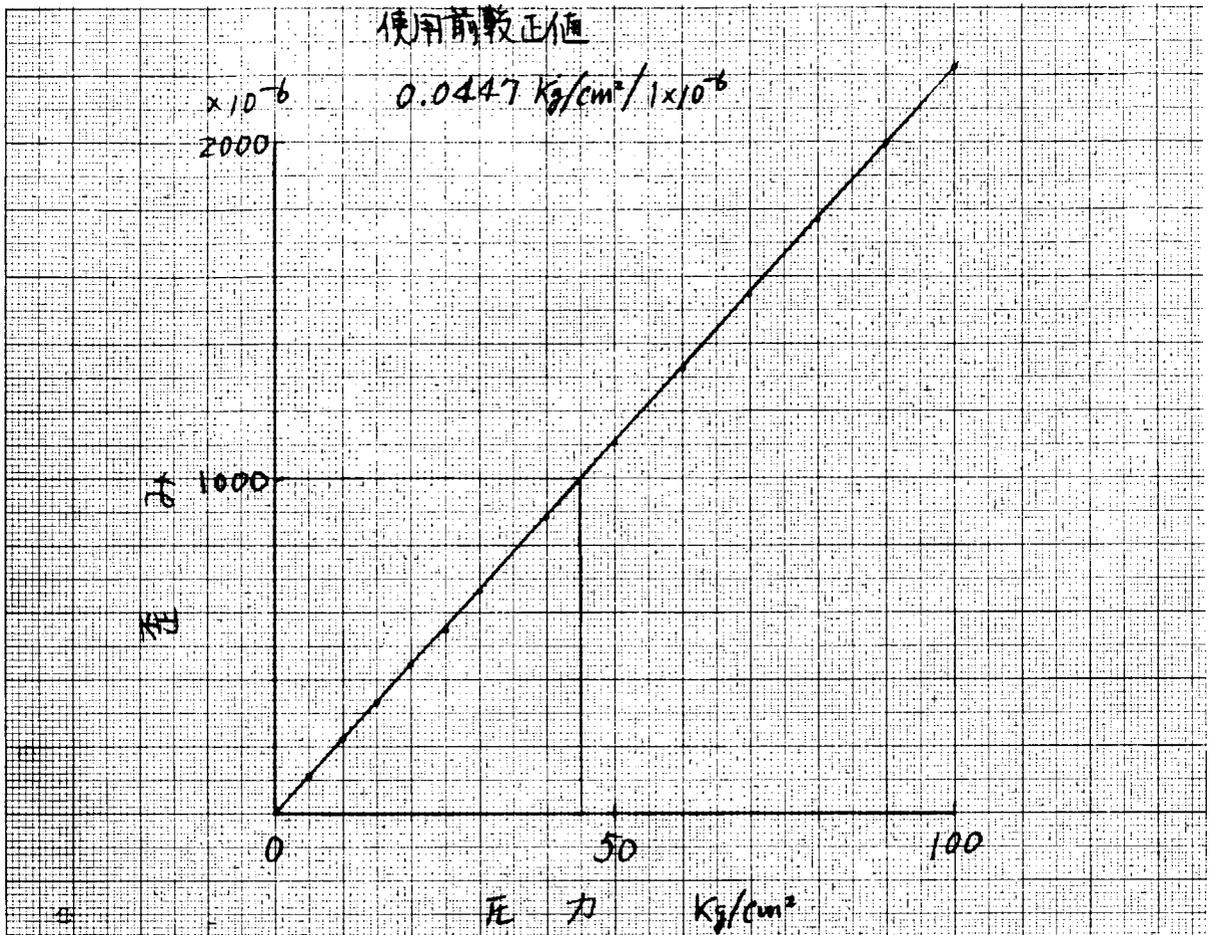


図 2.4.2 A-6 検出端の較正結果

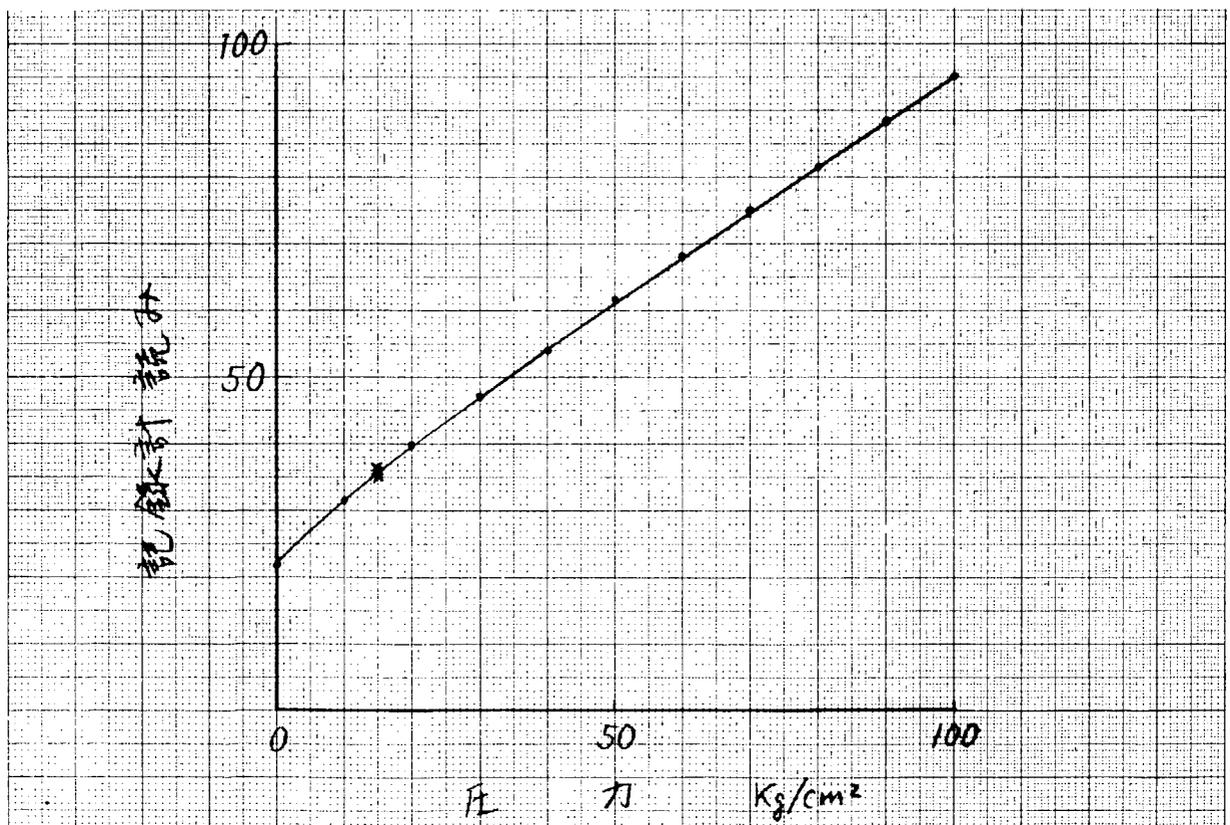


図 2.4.3 C-2 検出端の較正結果

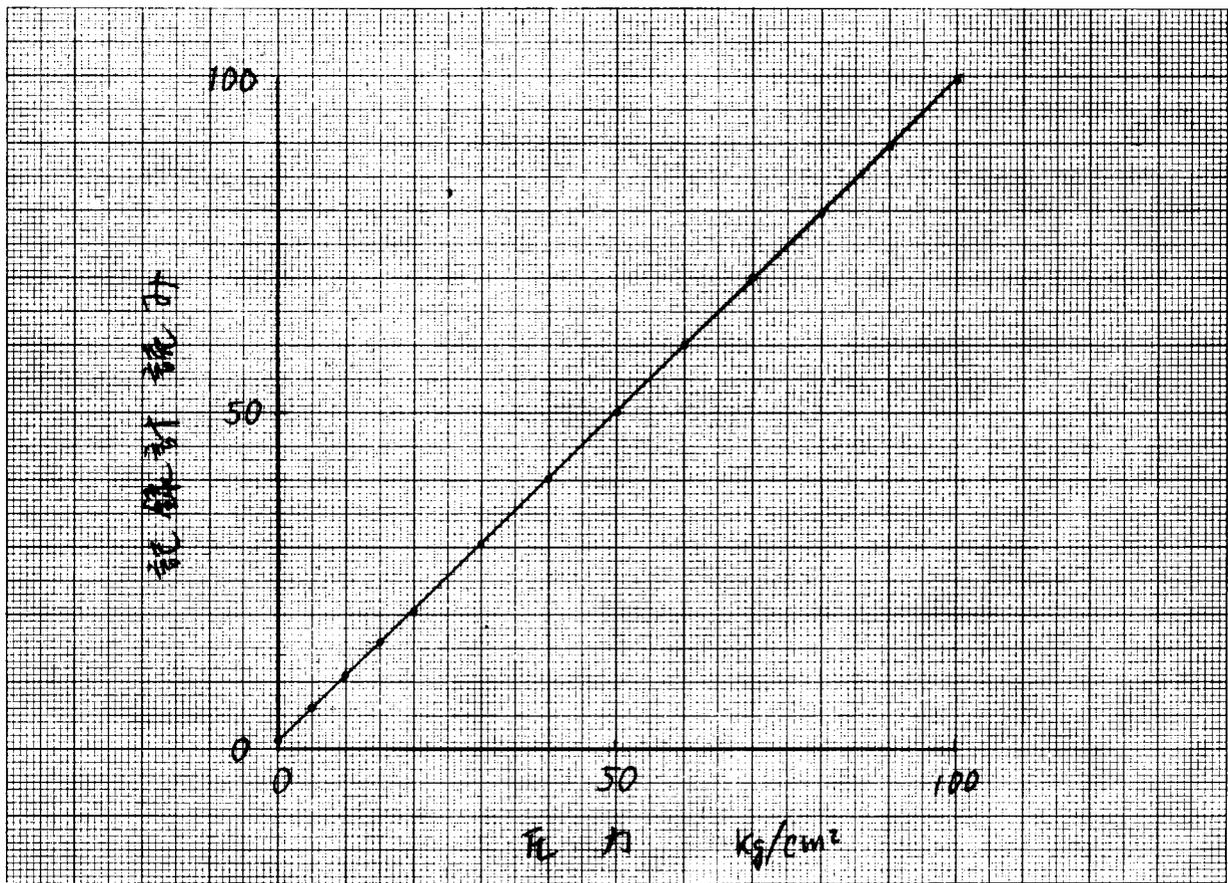


図 2.4.4 D-1 検出端の較正結果

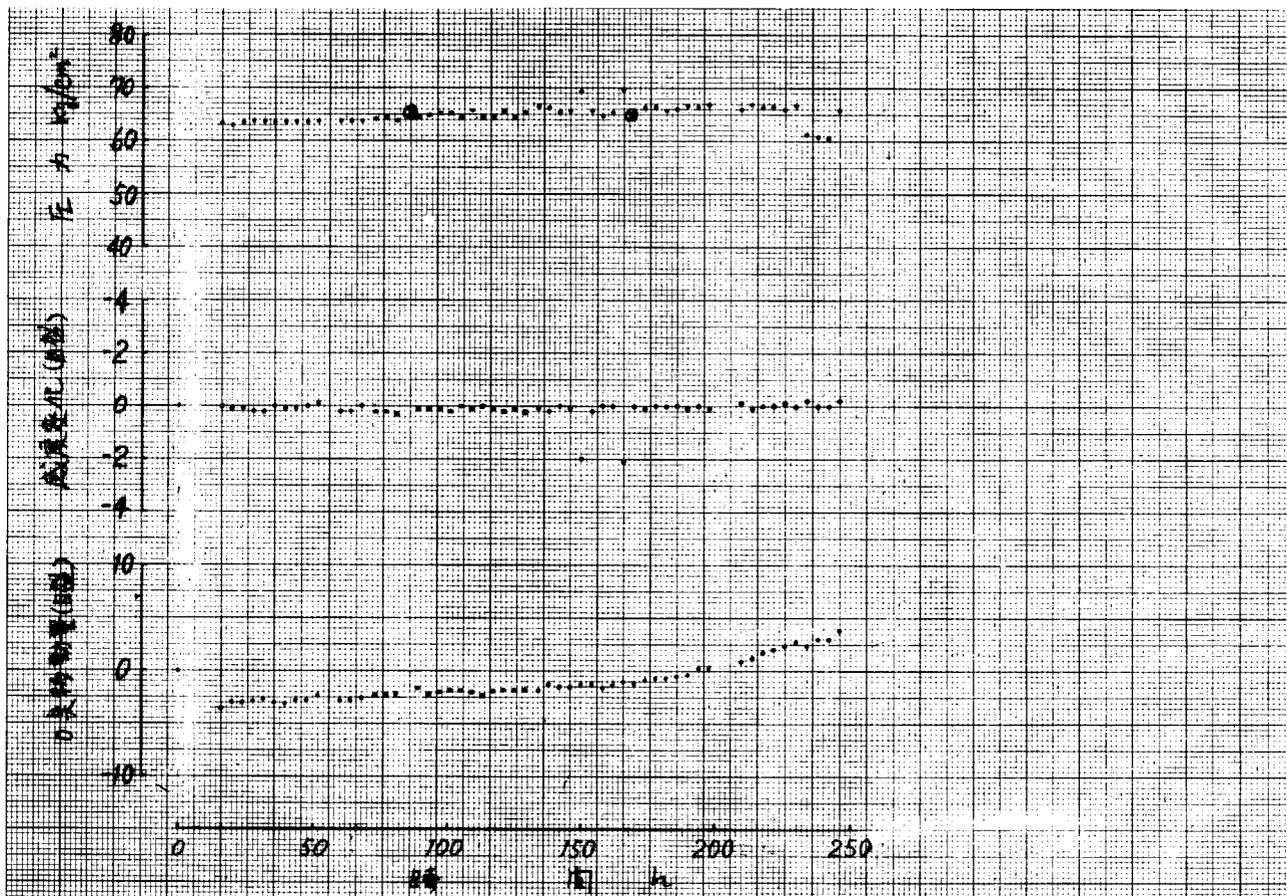


図 2.4.5 圧力検出器の性能の推移 (A社、A-1 検出端)

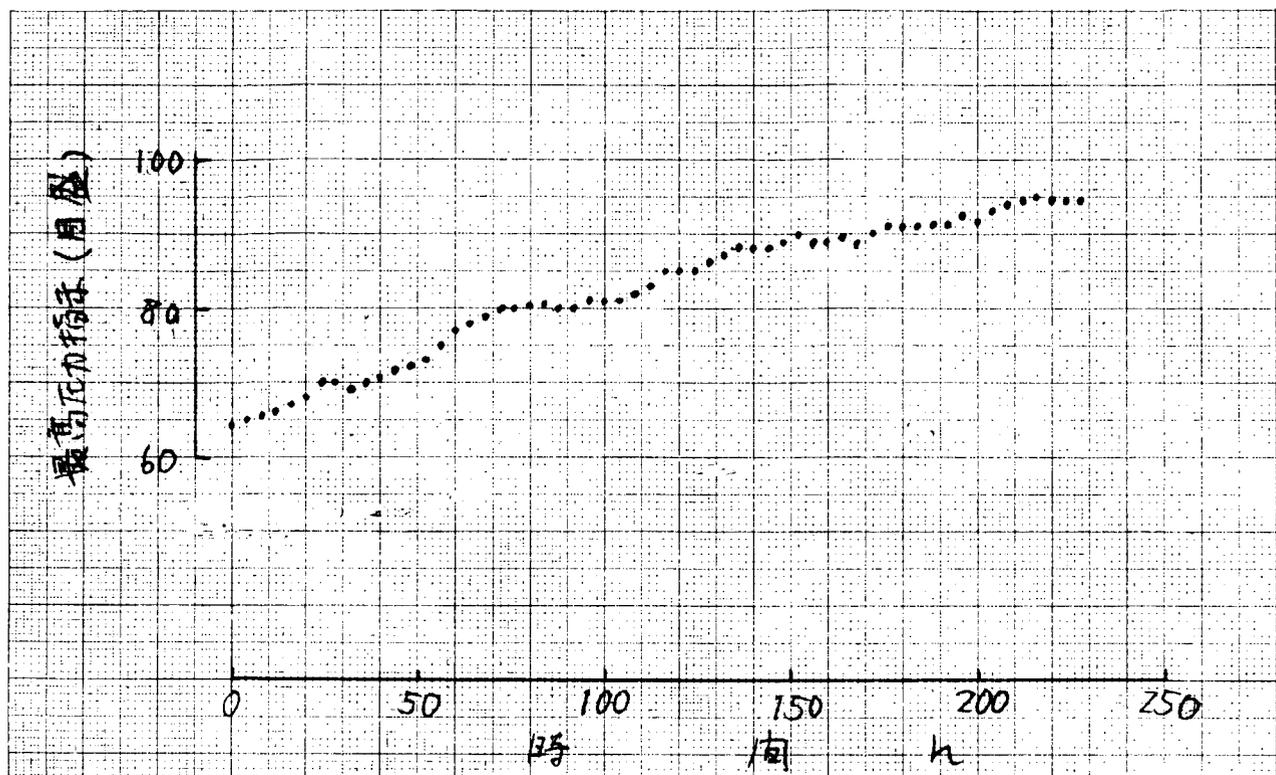


図 2.4.6 圧力検出器の圧力指示の推移 (C社、C-2検出端)

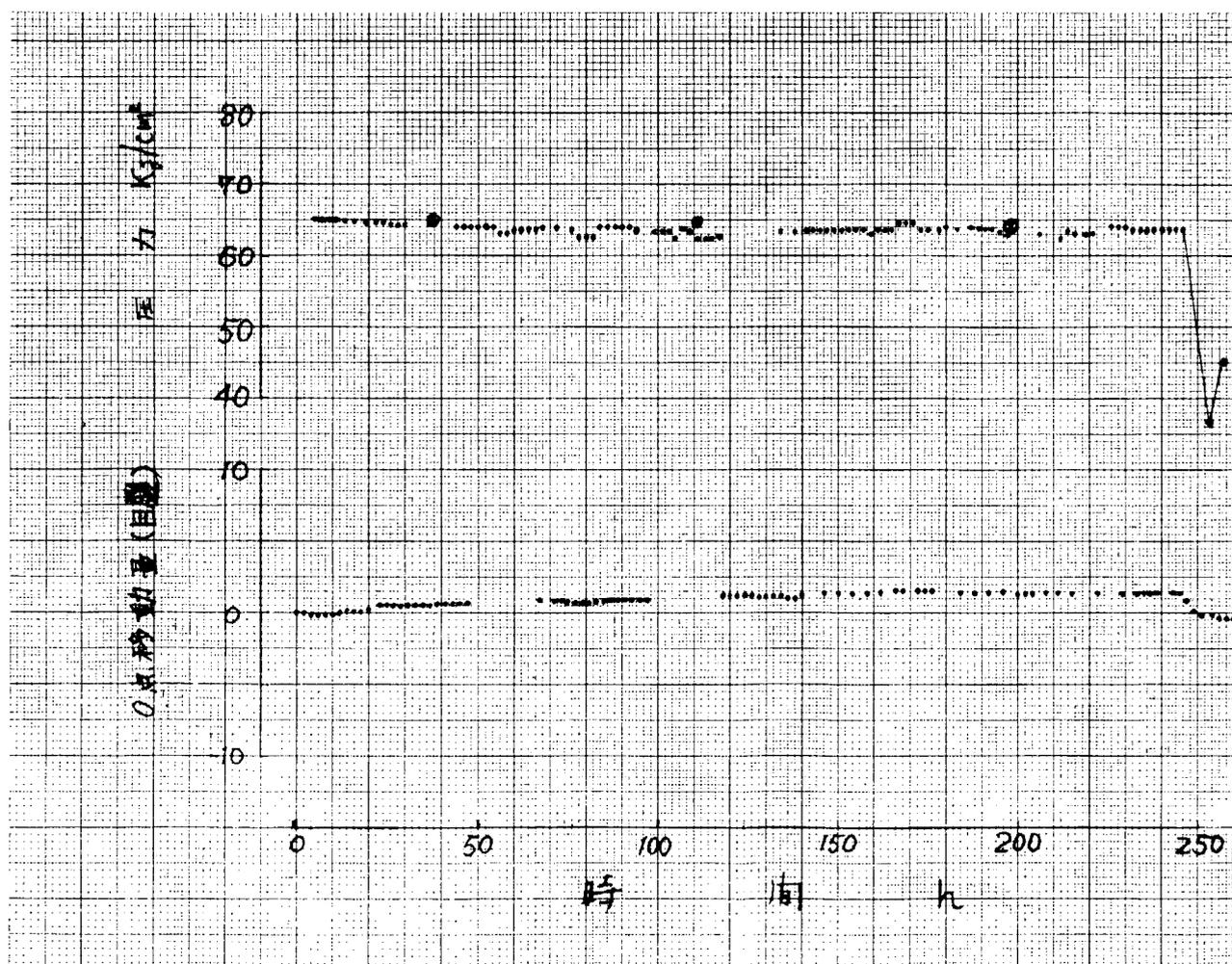


図 2.4.7 圧力検出器の性能の推移 (D社、D-2検出端)

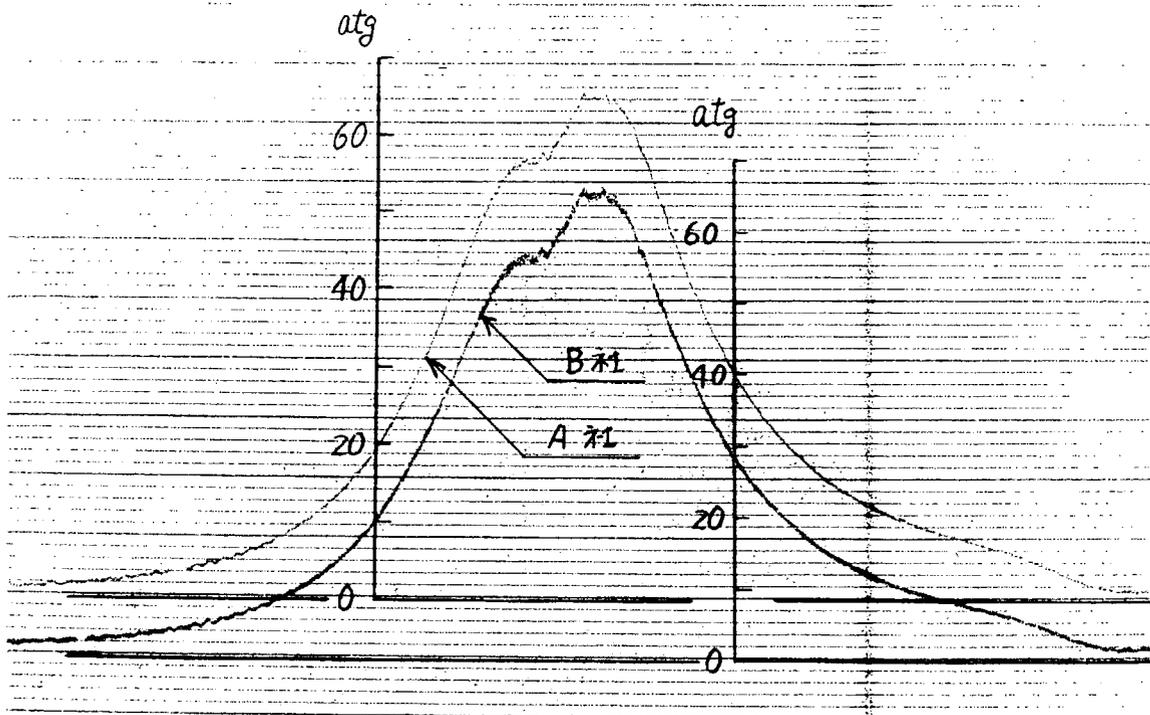


図 2.4.8 圧力波形のオンログラム

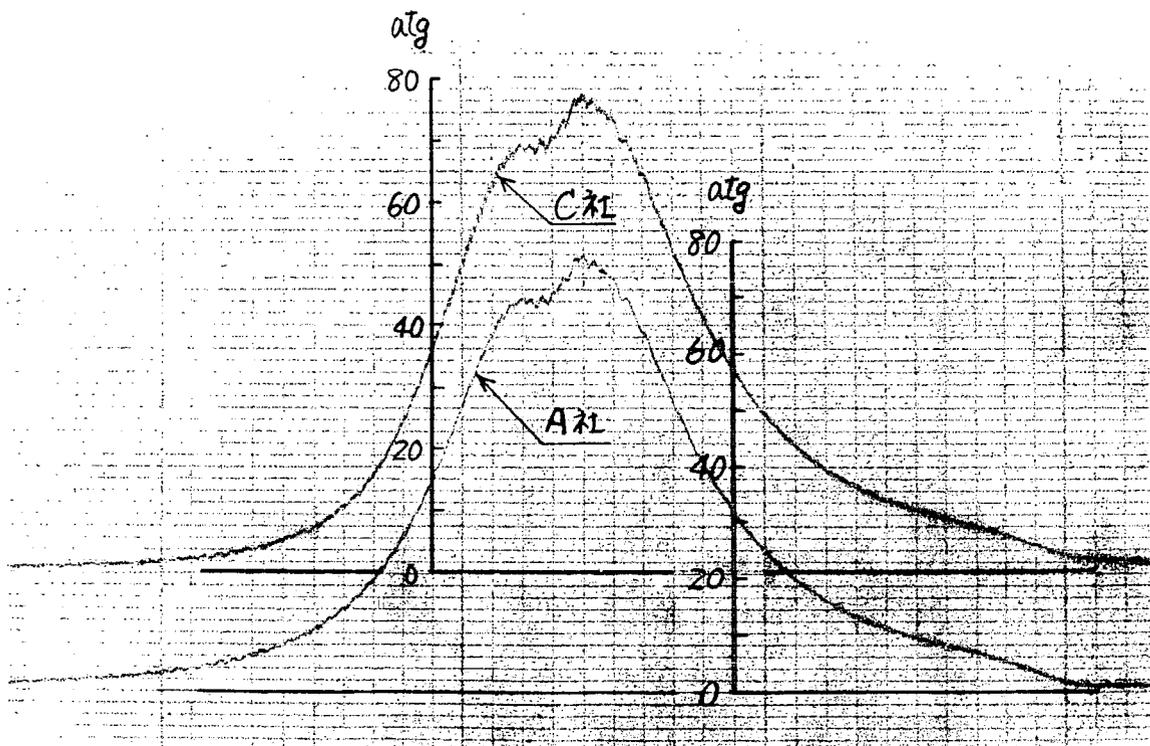


図 2.4.9 圧力波形のオンログラム

ても左右される。

すなわち、本試験に使用した最高圧力検出装置においては、0点移動を含めた最高値を捕えるために、短時間に急激な0点移動があると最高圧力の指示が大きくなつたり小さくなつたりする。また長時間にわたる0点移動があるとそれにもなつて最高圧力の記録点も移動するため、0点と同時に最高圧力のレベルを記録しないと圧力値を求めることができない不便さがある。

D社の最高圧力の検出方式もこれと同じであるが、先述したようにD社の検出器がきわめて安定しているため記録レベルから直接最高圧力を求めることができる。したがつて、最高圧力検出方式としては0点移動があつても最高圧力指示レベルが変化せず一定である方式すなわち変化の最高値との差(振幅)によつて捕える方式の方がよい。本試験に用いた装置についてもこの方式に改良すれば歪ゲージの温度による影響を補正することができ実用的である。

つぎに感度変化についてみると、検出端自身については早期に破損したものを除いて使用前後の変化はほとんどなく安定している。また装置全体についてはA社、B社とも較正信号振幅の変化がほとんどなく安定している。一方、C社、D社の検出器については、増幅器にA、B社の較正信号に相当する基準信号がないが、D社については最高圧力の指示がきわめて安定していることから感度変化もほとんどないと考えてよいと思われる。なお、C社の検出器については長期間の0点、最高圧力レベルの記録が得られず感度変化について比較することができない。

以上総括すると、いずれの検出端、増幅器の組み合わせを使用しても、性能的に差はなく、したがつて船用機器としての仕様は構造的な耐久性によつてほとんど決定されるものと考えられる。

2.5 燃焼室内圧力検出装置の仕様

以上に行なつてきた比較試験、耐久試験の結果から船用機器として要求される仕様の設定を試みる。

2.5.1 圧力検出端

(1) 受圧部材質

硫酸腐蝕に耐え、十分な疲労寿命を持つことが要求される。材質としては金属、非金属いずれでもよいが、現在までの試験ではアルミナ磁器が有望である。

(2) 受圧部構造

燃焼スラッジ堆積を避け、計測精度を向上するために受圧部が計測点に露出する構造すなわちA社の検出端のような構造が望ましい。なお、スラッジ堆積を避けることが硫酸腐蝕を避けることにもつながる。

(3) 圧力検出方式

精度的には抵抗線歪ゲージ、ブルドン管いずれの方式でもよいが、熱的安定性、機械的強度が望まれる。なお、歪ゲージについてはすでに十分な耐久性が確認されている。

(4) 冷却

理想的には非冷却で使用できるものの開発が望まれる。しかし現状では水冷にせざるを得ない。ただし冷却系統は本試験のように機関の冷却水系統を使用する方が実的に望ましい。

(5) 全体的構造

全体的に小形軽量であることが望ましいが、船用機器としては頑丈な構造が望ましく、この点A

社のような形は船用として不向きである。

2.5.2 増幅器

増幅器の精度、安定性については現状でも十分であると思われるが、機器の調整、感度チェック用として検出端からの入力と等価な模擬入力信号が投入できることが必要である。

増幅器の製作時にカタログどおりの出力を出すよう調整されていても使用者としては不安が残る。

2.5.3 最高圧力検出装置

最高値と最低値との振幅として検出する方式にすべきである。圧力検出端の温度による0ドリフトが皆無であれば本試験に使用した各瞬間の最高値を検出する方式でもよいが、0ドリフトを皆無にすることは実用上きわめて困難である。

2.6 結 言

以上に述べたように4メーカーの圧力検出器の比較耐久試験を行なった結果、いずれのものも一長一短があり、性能的にはまったく同等であるが、構造的にとくに腐蝕の点からC社のタイプの検出端が有利だと考えられる。今後、各社の長所を組み合わせ、さらに構造的、性能的に改良されることを希望する。

終りにあたり本試験の実施において種々ご協力を頂いた圧力検出器メーカー各社に対し深く謝意を表す。