

Volume 11
Number 1

造船研究

昭和45年3月

社団法人 日本造船研究協会

The Shipbuilding Research Association of Japan

目 次

資 料

第103研究部会「高圧ボイラに対する給水および

ボイラ水処理基準の研究」総合報告書..... 1

第 103 研究部会「高圧ボイラに対する給水および ボイラ水処理基準の研究」総合報告書

委員名簿（敬称略，五十音順）

部会長	瀬尾 正 雄（船舶技術研究所）	委 員	笹 本 文 造（大阪造船所）
委 員	池 田 学（川崎重工業）	〃	真 田 良（船主協会）
〃	井 坂 卓（日本造船工業会）	〃	鈴 木 勝 利（函館ドック）
〃	伊 沢 要 次 郎（三保造船所）	〃	田 中 兵 衛（昭和海運）
〃	石 井 宏 三（日本郵船）	〃	松 岡 久 光（三菱重工業）
〃	乾 文 雄（出光タンカー）	〃	三 沢 禎（日本鋼管）
〃	宇 田 川 貞 夫（運輸省）	〃	宮 武 忠 勝（石川島播磨重工業）
〃	大 橋 洸（防衛庁）	〃	吉 田 和 夫（住友重機械工業）
〃	賀 田 秀 夫（東京商船大学）	〃	吉 本 公 則（大阪商船三井船舶）
〃	木 脇 充 明（神戸商船大学）	〃	脇 川 忠 彦（佐世保重工業）
〃	児 島 康 夫（三井造船）	研 究 参 加 者	工 藤 登 美 男（内外化学薬品）
〃	佐々木 康 夫（日本海事協会）	〃	重 広 光 生（栗田工業）
〃	佐々木 正 美（日立造船）	〃	鳥 越 明 策（オルガノ）

目 次

まえがき	2
1. 給水およびボイラ水処理に関連した水管ボイラの損傷	2
1.1 水管ボイラの損傷統計	2
1.2 損傷傾向について	7
1.3 ま と め	7
2. 実船におけるボイラ水管理	7
2.1 ボイラ水管理に関する目標値および実測値の調査	7
2.2 60kg/cm ² 級船用ボイラのボイラ水管理の例	16
2.3 80kg/cm ² 級船用ボイラのボイラ水管理の例	22
3. 燃焼室負荷と水処理との関連	23
4. 水処理関係計測機器	27
4.1 水処理関係計測機器の現状	27
4.2 水処理関係計測機器の問題点	28
4.3 計測要領	28
4.4 将来の展望	29
5. 計測項目および計測方法	29
む す び	30
参 考 文 献	30

まえがき

蒸気機関の力量増大と熱効率の向上のためボイラ圧力は急速に上昇し、蒸気圧の 100kg/cm² ボイラの実用化も近づいている。それにもかかわらずボイラ事故に密接な関係がある給水およびボイラ水の処理基準は明確でない。現在、各造船所、給水処理会社等の指導もまちまちであり、各船ごとにかなり差異があり、実状の明らかでない点も多い。また船舶の給水処理は陸上ボイラで普及しているイオン交換樹脂の使用に問題があり、これがほとんど実用されていないなどのため陸上や JIS 基準とは相違がある。

いままでは船用ボイラの圧力が比較的低かったこと、復水が多いことのため問題は少なかったが、ここ数年でボイラ圧力は2倍以上にも上昇しようとしているので、早急に給水およびボイラ水の適切な処理法を研究する必要があった。また補助ボイラは船舶の大型化に伴なって著しく力量が増大してきたので、これが処理基準についても併せて研究することにした。

そのため多数の船舶での給水およびボイラ水処理の実状をアンケートするとともに、ボイラ水、給水、およびスケールの分析を行なった。また造船所、海運会社、清浄剤メーカーにおける処理基準をアンケートした。海運会社 19 社にアンケートを送付し、15 社 44 隻の回答があった。アンケート結果はとりまとめて検討するとともに、造船所、海運会社、清浄剤メーカー等の処理基準を参考として検討した。また水処理に関係あるボイラ損傷の実態、燃焼室熱負荷との関連、水処理計器の実状等について調査した。

1. 給水およびボイラ水処理に関連した水管ボイラの損傷

最近の大型タンカーの主機にはタービンが採用される

傾向をはっきり出ており、さらにはタービンプラントの超自動化も並行して促進されようとしている。このような背景を考えるとタービン船の主ボイラの保守は、従来にも増して確実さを要求されることは必定であり、ことに水処理に起因する事故は船の運航に致命的な結果を招くと考えられるので、高温高圧ボイラの水処理については、特に慎重な取扱いが必要になるものと思われる。

本章では、ボイラの水処理に関連する損傷の傾向を把握するために、日本海事協会の船級船に搭載されて稼動している水管ボイラについて、ここ数年間の定期的検査の際発見された損傷について調査した。

1.1 水管ボイラの損傷統計

日本海事協会船級船に搭載されている主ボイラ、補助ボイラのうち、水管式ボイラに発生した損傷の統計資料の一部を第 1.1 表から第 1.5 表に示す。

第 1.1 表から第 1.3 表までの資料は、統計の調査期間が昭和 38 年 1 月から昭和 41 年 12 月までのボイラ全般に関するものであり、第 1.4 表に示す資料は昭和 41 年 1 月から昭和 43 年 12 月までに発生した水管、過熱器管の損傷統計の一部である。なおこれら損傷のうち、その様相が判っているものの一例を第 1.5 表に示した。

第 1.1 表 ボイラ損傷統計
(昭和 38 年 1 月から昭和 39 年 6 月
までの間に調査したもの)

稼動ボイラの数 (昭和 39 年 6 月末現在)

	主ボイラ	補助ボイラ	合計
水管ボイラ	203	112	315
丸ボイラ	107	942	1,049
立ボイラ	0	335	335
計	310	1,389	1,699

蒸気ドラムおよび水ドラムの損傷

損傷の種類		件数	隻数	隻年令×発生隻数
蒸気ドラム	管穴附近の腐食	1	1	8×1
	水側の汚損	1	1	3×1
水ドラム	水側の腐食	3	4	4×1, 7×1, 13×2
	リベット頭の腐食	1	1	9×1
	取付脚溶接部のき裂	1	1	9×1
計		7	8	

水 管 の 損 傷

損傷の種類	件数	缶数	缶年令×発生缶数
弯曲, 乱れ, 膨出	7	11	4×1, 9×5, 10×12, 12×3
腐食(ガス側)	7	14	9×3, 10×6, 11×1, 12×4
ク(水側)	3	5	9×2, 10×1, 12×2
き裂	5	5	1×3×10×1, ?×1
水漏れ(拡張部)	3	3	9×1, 12×1, 13×1
焼損	2	2	17×1, 18×1
計	27	40	

過 熱 器 の 損 傷

損傷の種類	件数	缶数	缶年令×発生缶数
管の腐食衰耗	4	9	10×3, 11×4, 12×2
拡張部の蒸気漏れ	4	4	1×1, 10×1, 12×1, 14×1
管の破口	1	1	1×1
計	9	14	

第 1.2 表 ボイラ損傷統計
(昭和39年7月から昭和40年12月までの間に調査したもの)
稼動ボイラの数(昭和40年12月末現在)

	主ボイラ	補助ボイラ	合計
水管ボイラ	216	165	381
丸ボイラ	67	1002	1069
立ボイラ	0	359	359
特殊ボイラ	0	13	13
計	283	1539	1822

蒸気ドラムおよび水ドラムの損傷

損傷の種類	件数	缶数	缶年令×発生缶数
蒸気ドラム 水側リベット腐食	1	2	12×2
水ドラム	水側の腐食	1	16×1
	水側リベット腐食	1	12×2
計	3	5	

水 管 の 損 傷

損傷の種類	件数	缶数	缶年令×発生缶数
弯曲, 乱れ, 膨出	7	10	8×1, 10×2, 15×4, 20×3
腐食(ガス側)	8	11	11×1, 13×2, 14×2, 15×3, 18×3
〃(水側)	6	8	8×2, 12×2, 13×2, 14×1, 18×2
き裂	1	1	11×1
水漏れ(拡張部)	4	6	11×2, 15×1, 19×2, 22×1
焼損*	7	8	0×2, 5×2, 10×1, 11×1, 13×1, 22×1
計	33	44	* 焼損のうち空だきによる損傷は4缶

過 熱 器 の 損 傷

損傷の種類	件数	缶数	缶年令×発生缶数
管の腐食, 衰耗	4	5	3×1, 15×2, 21×2
管の垂下, 変形	2	2	11×1, 16×1
拡張部の水漏れ	3	4	6×1, 9×2, 16×1
計	9	11	

第 1.3 表 ボイラ 損傷 統計

(昭和41年1月から昭和41年12月までの間に調査したもの)

稼動ボイラの数(昭和41年12月末現在)

	主 ボ イ ラ		補 助 ボ イ ラ		
	圧力(kg/cm ²)	缶数	圧力(kg/cm ²)	缶数	
水 管 ボ イ ラ	10 以上~20 未満	18	0 ~10 未満	37	380
	20 〃 ~30 〃	44	10 以上~20 〃	100	
	30 〃 ~40 〃	30	20 〃 ~30 〃	25	
	40 〃 ~60 〃	73	2 重蒸発式	38	
	60 以上	15			
	小 計	180	小 計	200	
丸 ボイラ		25		1032	1057
立 ボイラ				475	475
そ の 他				16	16
合 計		205		1723	1928

蒸気ドラムおよび水ドラムの損傷

損傷の種類	件数	缶数	毎年令×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数
蒸気ドラムの腐食	1	1	3×1	10×1
水ドラム胴板周溶接線腐食	2	2	4×1, 14×1	20×1, 40×1
◇ 底部点食	1	1	15×1	10×1
◇ 胴板き裂	1	2	13×2	40×2
2重蒸発式2次ドラム取付脚き裂	3	3	5×1, 6×1, 8×1	10×3
◇ 2次ドラム底部点食	1	1	3×1	10×1
	9	10	注：蒸気圧力 10 とは 10kg/cm ² 以上 20kg/cm ² 未満 20 とは 20 ◇ ◇ 30 ◇ ◇ 以下同様	

過熱器の損傷

損傷の種類	件数	缶数	毎年令×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数
管の腐食	5	6	8×2, 12×1, 13×2 14×1	20×3, 30×1, 40×2
管列の乱れ, 曲損	2	3	6×2, 12×1	20×1, 30×2
管の焼損	2	2	0×1, 9×1	30×1, 60×1
拡管部の蒸気漏れ	3	4	0×2, 7×1, 12×1	20×1, 30×1, 60×2
管内面の侵食	1	1	3×1	40×1
計	13	16		

水管の損傷

損傷の種類	件数	缶数	毎年令×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数
管列の乱れ, 弯曲	3	5	1×2, 6×1, 8×2	30×2, 40×1, 60×2
腐食(ガス側)	11	15	12×2, 13×6, 14×4 15×1, 17×2	10×2, 20×4, 30×7 40×2,
◇ (水側)	7	9	7×1, 11×1, 14×3 15×3, 19×1	20×7, 30×1, 40×1
き裂(拡管部)	6	6	1×4, 2×2	10×5, 20×1
◇ (拡管部を除く)	3	3	1×1, 4×2	10×1, 20×2
水漏れ(拡管部)	1	1	2×1	10×1
外部の当て傷	1	2	12×2	20×2
焼損(空だきを除く)	3	4	4×1, 6×3	10×2, 40×2
◇ (空だき)	3	3	4×1, 10×1, 17×1	20×1, 50*×2
計	38	48	*二重蒸発式ボイラ	

第1.4表 水管、過熱器管の損傷

損傷種類	取まとも年度および損傷ポイラ数											
	4. 1 年 度			4. 2 年 度			4. 3 年 度			4. 4 年 度		
	損傷ポイラ数	毎年命×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数	損傷ポイラ数	毎年命×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数	損傷ポイラ数	毎年命×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数	損傷ポイラ数	毎年命×発生缶数	蒸気圧力×発生缶数
管列の乱れ, 曲損	5	1×2, 6×1 8×2	30×2, 40×1 60×2	5	12×1, 14×1 13×1, 8×2	25×1, 30×2 43.5×2	10	5.8×1, 15×2, 17×1 9×2, 4×2, 5×1 18×1	17×2, 30×1, 20×1 43×2, 10×1, 60×1 20×1, 30×1			
腐食, 衰耗 (ガス側)	15	12×2, 13×6 14×4, 15×1 17×2	10×2, 20×4 30×7, 40×3	5	15×2, 18×1 16×1, 0×1	16×1, 31×2 19×1, 86.5×1	11	15×3, 6×3, 17×1 18×1, 8×1, 13×1 2×1	42×4, 16×3 20×2, 25×1 60×1			
腐食, 衰耗 (水側)	9	7×1, 11×1 14×3, 15×3 19×1	20×7, 30×1 40×1	5	16×1, 7×1 9×2, 16×7	21×2, 43.5×1 42×2	6	17×2, 6×2, 15×1 16×1	20×2, 43.5×2 30×1, 32×1			
き裂 (拡管部)	6	1×4, 2×2	10×5, 20×1	2	1×1, 8×1	22×1, 43×1						
き裂 (拡管部を除く)	3	1×1, 4×2	10×1 22×2	5	3×1, 2×1 1×2, 14×1	17×1, 22×2 18×1, 41×1	1	4×1	10×1			
漏水 (拡管部)	1	2×1	10×1	5	14×1, 9×1 16×3	30×1, 43×1 16×2, 32×1	6	9×1, 13×1, 1×1 4×1, 18×1 16×1	43×1, 34×1, 18×1 22×1, 20×1, 32×1			
外部のあてきず	2	12×2	20×2									
焼損 (空だきを除く)	4	4×1, 6×3	20×2 40×2	1	14×1							
焼損 (空だき)	3	4×1, 10×1 17×1	20×1 50×2	1	9×1	50×1	3	5.8×1, 8×1 10×1	17×1, 52×1, 50×1			
合 計	48											

第 1.5 表 主水管ボイラの水管、過熱器管の損傷の一例

船名	出力	ボイラ	缶令	損傷の個所	
A丸	17600 P S	2 × 42kg/cm ²	4	側壁水冷壁等膨出開口	スケーリングによる過熱
B丸	17600 P S	2 × 42 ㄉ	5	過熱器管過熱破損	造水装置より海水進入、塩分がキャリオオーバーし堆積して過熱
C丸	17000 P S	2 × 42 ㄉ	8	ドラム内の緩熱器管腐食破口	サーマルスリーブと管外面の間でアルカリ腐食
D丸	15000 P S	2 × 43.6 ㄉ	7	後壁水冷壁管過熱膨出	スケーリングによる過熱
E丸	16500 P S	2 × 43.5 ㄉ	7	過熱器管破口	ドレン停留による腐食
F丸	16500 P S	2 × 43.5 ㄉ	7	側壁水冷壁管膨出	スケーリングによる過熱
G丸	16500 P S	2 × 43.5 ㄉ	3	過熱器管破口	ドレン停留による腐食
H丸	17600 P S	2 × 43.5 ㄉ	6	蒸発管膨出破口	スケーリング腐食による
I丸	20000 P S	2 × 61 ㄉ	1	天井水冷壁管垂下	スケーリングによる過熱
J丸	20000 P S	2 × 60 ㄉ	4	スクリーン管膨出	スケーリングによる過熱

1.2 損傷傾向について

第1.1表から第1.5表までの統計資料中、管の水側、あるいは蒸気側での腐食、膨出、弯曲乱れ、焼損などの損傷原因は、大半がスケーリングによるものであり、自然衰耗を除いては、程度の差はあってもボイラ水、給水の処理に関連したものである。このことはドラムの腐食、点食などについてもいえることである。

この統計資料からは必ずしもボイラの高温高圧化により損傷率が増加している傾向はうかがえないような印象を受けるが、この資料はあくまで損傷を生じたものについてのものであり、検査の際スケーリングが発見されたものとか軽微な腐食を生じていたものは含まれていない。

スケーリング、軽微な腐食発生など、損傷誘起の原因となる潜在要因は検査報告書によれば、明らかに増加の傾向を示している。このことは本研究部会で取りまとめたアンケート¹⁾の備考欄からもその一端がうかがわれよう。

1.3 ま と め

従来の舶用水管ボイラにおける給水、ボイラ水の水処理では、実際の運転経験の積み重ねによる規範に従っていけば、極端な取扱い上の誤りを犯さない限り、水処理技術に起因する事故はあまり生じなかったが、高温高圧

のボイラでは水処理管理の適否が直接事故に結びつくことが考えられる。

2. 実船におけるボイラ水管理

2.1 ボイラ水管理に関する目標値および実測値の調査

本研究部会から昭和43年3月に提出された報告書「高圧ボイラに対する給水およびボイラ水処理基準の研究¹⁾」によってすでに舶用ボイラにおける水管理の実態についてアンケートなどによって調査した結果が表で示され、かつ簡単な解説が加えられている。しかしこの報告書からただちに JIS 規格その他の推奨値などと、実船におけるボイラ水管理実状との関連性などについて知ることは困難である。

そこで実船における水管ボイラのボイラ水管理状況を容易に知ることができるようにボイラ水管理上最も普遍的で、しかも重要と考えられる P、M アルカリ度、全固形物、pH、Cl⁻の5項目について、その他の管理項目については参考に止める程度にして、前述の報告書に記載された資料および本研究部会に提出された資料、その他の資料を参考にしてさらに具体的に表わすために検討を加えてみることにした。

第 2.1 表 実船における目標値および実測値

項 目	ドラム圧力×蒸気温度 [kg/cm ² ×°C]	蒸 発 量 [t/h]	M-アルカリ度 (CaCO ₃ , ppm として)			pH [25°C]	Cl ⁻ [ppm]	溶解固形物 [ppm]	電気伝導度 [μV/cm] [25°C]
			M-アルカリ度	P-アルカリ度	苛性アルカリ度				
15~20kg/cm ² 級	(15.5~22.6) × (sat~350)	5~68	9/13	11/13		12/13	10/13	10/13	
			100~500	100~350		10.5~11.5	(20~400) 以下	(800~2500) 以下	
実測値	(15.5~30) × (sat~350)	5~68	8/14	8/14		8/14	7/14		2/14
			167.6	127.2		11.1	49.1		582.5
40 kg/cm ² 級	(47.8×52) × (452×504)	27.2~51	10/13	12/13		13/13	13/13	9/13	
			70~200	30~130		10.5~11.0	(4~50) 以下	(100~1000) 以下	
実測値			9/13	11/13		12/13	11/13	9/13	2/13
			90.86	71.36		10.98	9.30	254.47	287
60 kg/cm ² 級	(65.8~68) × (480~515)	(max50) 28~45	9/10	10/10		10/10	10/10	8/10	1/10
			13~130	8~115		10.5~11	(1~2)~50) 以下	(100~500) 以下	
実測値		28~85.5	4/10	7/12		9/12	2/12	4/12	6/12
			59.2	45.9		10.6	15.0	320.8	239.1
80 kg/cm ² 級	(91~97) × 515	MCR (33.8~56.47) 32.5~54.47	1/1	1/1		1/1	1/1	1/1	1/1
			13×60	8~50		(10.5~10.8)	4 以下	200 以下	
実測値 1)			1/1	1/1		1/1	1/1	1/1	1/1
実測値 2)			1/1	1/1		9.0~9.5	5 以下	50 以下	100 以下
実測値 1)			44.7	29.1		10.4	5.7	3	155.1
実測値 2)						9.3	1.1	6.25	12.5

注 1. 実測値は算術平均で求たものである。肩付の数字は分母=全隻数、分子=計測値あるいは目標値の判明している隻数を示す。

2. 40 kg/cm²級以上のものについては、ドラム圧力の明確でないものに対して 6 kg/cm²を加えてこれをドラム圧力として表示した。

3. 1) は第 103 研究会に提出された資料に基づき、2) は日本船舶機関学会誌、第 4 巻第 8 号 495 頁、昭和 44 年 10 月の論文に基づく。なお 3) は同論文に導電率から計算した全固形物であることが明記されている。

第 2.1 表は実船におけるボイラ水管理の目標値ならびにボイラ水分析値をドラム圧力を基準にして整理したものであり、これを図示したものが第 2.1 図である。分析値はすべてボイラの各圧力級別に算術平均し、その結果を実測値として表示した。なお調査した隻数と目標値あるいは分析値の判明した隻数との割合を第 2.1 表および第 2.1 図の注) 1. に述べてあるように肩付き数字 $\left(\frac{\text{値の判明している隻数}}{\text{全隻数}} \right)$ で示してある。

一般にボイラの圧力は、過熱器を有するものについては過熱器出口圧力で示されているから、実測されたもの以外は過熱器出口圧力に 6 kg/cm^2 を加え、これをドラム圧力とした。

なお、第 2.1 表および第 2.1 図の圧力幅 $91 \sim 97 \text{ kg/cm}^2$ においては同一船について 2 つの実測値を示している。図中()で示されたものは本研究部会に提出された資料に基くものであり、[[]]で示されたものは昭和44年10月 日本船用機関学会誌に発表されたものである。同船は、はじめ PO_4^{3-} ($3 \sim 10$) ppm, pH($10.5 \sim 10.8$) を目標値としてボイラ水管理を行なって来たが、のち PO_4^{3-} ($2 \sim 4$) ppm, pH($9.0 \sim 9.5$) に目標値を改め、いわゆる Congruent control 方式を採用して、特にアルカリ腐食に対する考慮に重点をおいてボイラ水管理を行なっている。

第 2.2 表はボイラメーカー、ユーザ、および清浄剤メーカーから提出されたボイラ水管理に対する基準値を第 2.1 表と同じ方針でまとめたものである。なお第 2.2 表には、陸上ボイラばかりでなく、船用ボイラについてもボイラ給水ならびにボイラ水管理方針を規定している JIS 規格 B 8223—1961, B 8223—1969, および B S 1170—1968 Recommended boiler water characteristics も参考のため記載した。また、第 2.1 図に示したボイラ水管理項目の 5 項目について JIS 規格 B 8223—1961 を図示したものが第 2.2 図、JIS 規格 B 8223—1969 を図示したものが第 2.3 図であり、B S 1170—1968 を図示したものが第 2.4 図である。

いまボイラ圧力変化に対する基準値の一応の変化をみるために、全固形物(あるいは溶解固形物)の基準値を例にとってみる。これらの図に示したように基準値の上限を通り、ボイラ圧力幅の中央点を通る曲線を描がいてみると、第 2.3 図には第 2.2 図にみられないような

80 kg/cm^2 以上で急激な変化がみられる。もちろんこれらの JIS 規格は、それぞれその規格を判定した時点におけるボイラの発達、水処理技術の発達、経験および学術研究の成果などをとり入れて定められたものであり、将来さらに改変されて行くものであろうが、この曲線からみても 80 kg/cm^2 以上におけるボイラ水管理に、それ以下の圧力におけるボイラ水管理と趣を異にした特に厳密さを増す必要のあることがうかがえる。JIS B 8223—1961 を定めたときまだ明確でなかったようなことが JIS B 8223—1969 を制定する際に明かになって来たものであるといえる。

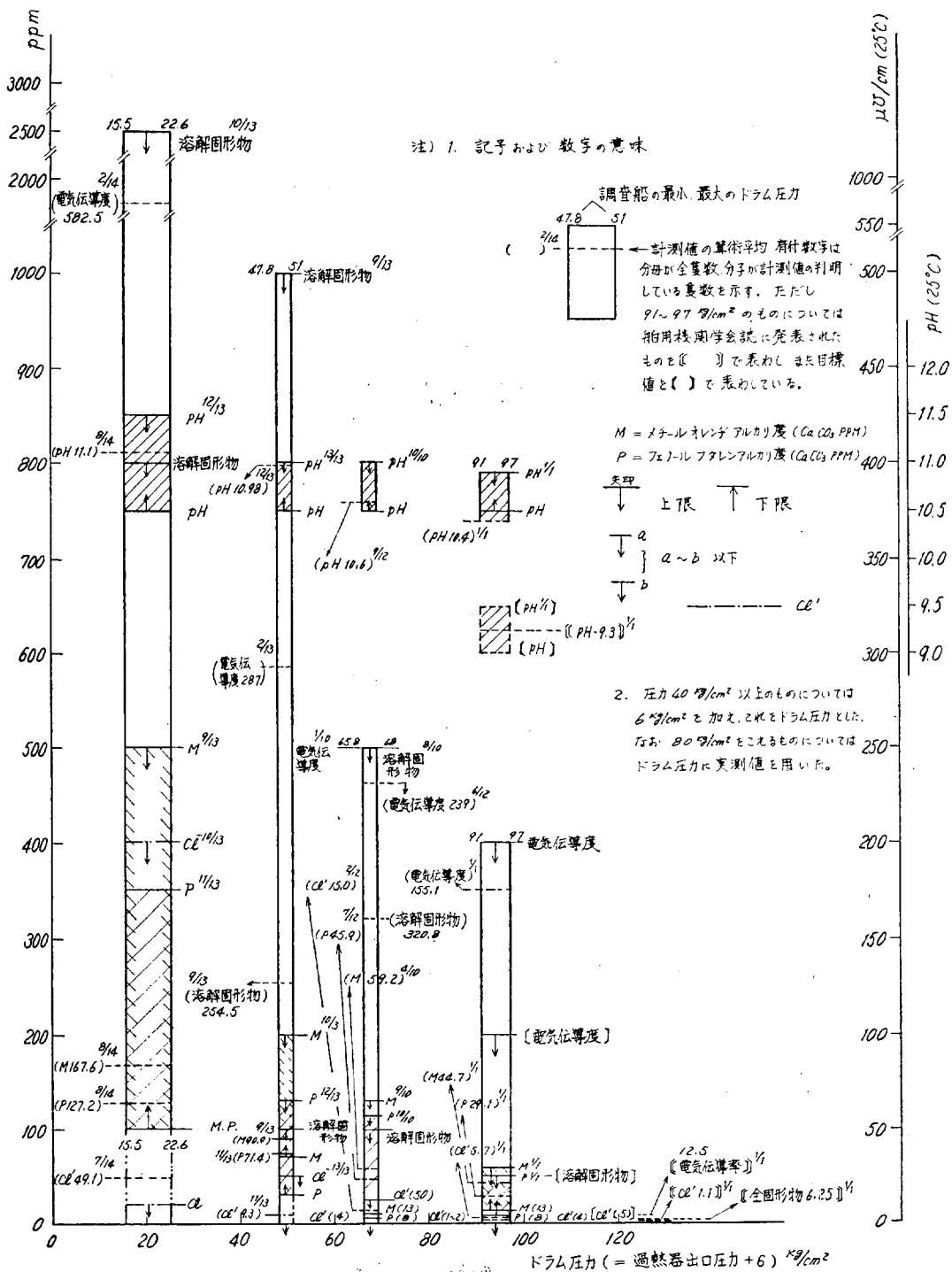
なおこの考え方は前述した第 2.1 表の注 3, 2 あるいは第 2.1 図に示された [], [[]] の目標値、実測値をみてもすでに実船において取入れられていることがわかる。なおこれらの資料からみて以上述べたことのほか次のことがいえよう。

第 2.2 表に示すボイラメーカー、ユーザ等から提出された基準値は、その定められたときからみて JIS B 8223—1961 に準拠するものおよび JIS B 8223—1969 に準拠するものがあり、BS 1170—1968 によるものは見当たらない。

なお、それらのボイラ水管理項目数は実船における計測ならびに入港時における研究室における計測との両者を考慮して、従前に比較して整理されて来てはいるが、まだ計測上困難な項目を規定しているものもみられる。

実船のボイラ水管理状況をみると、その目標値は当然のことながらボイラメーカー、ユーザおよび清浄剤メーカーの基準値を参考にしているため、第 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 図を比較検討してみるとほとんどが JIS B 8223—1961 の規格内に包含されており、また少しの差異を除けば、JIS B 8221—1969 の規格内にある。

しかし実測値をみると JIS B 8223—1969 の規格よりはるかに厳密な条件下に水管理を行なっており、なお、これによって重大な障害の発生は特に報告されていないので、現状のような水管理を行なっておけば一応安全域におけるボイラ水管理が行なわれているものといえよう。もちろんそのためにはボイラの圧力その他の条件に応じて、ここで検討を加えた以外のボイラ水管理項目、およびボイラ給水に対する管理項目についても十分な管理が必要であることはいうまでもない。



第2.1図 実船における目標値および実測値

第2.2表 ボイラメーカー、メーカー、ニューガ、消石灰メーカーの基準値および JIS, BS 規格

	SiO ₂ (ppm)	Fe ₂ O ₃ (ppm)	Mg-7H ₂ O(%) (CaCO ₃ ppm 以下)	中性化率 (%)	pH(20℃)	Ca(OH) ₂ (ppm)	溶解性 (ppm)	不溶物 (ppm)	Na ₂ SO ₄ (CaCO ₃ ppm 以下)	Na ₂ CO ₃ (ppm)	溶解度	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Na ₂ SiO ₃ (ppm)	Na ₂ PO ₄ (ppm)	7. Ca (ppm)
10~20 ㊦/㎠ ² 以下	3/12 (50~80)以下 1/12 30 以下	9/12 20~40 1/12 20~40	9/12 100~1000 1/12 120 以下	9/12 100~1000 1/12 120 以下	10.5~11.0 10.5~11.0	100~500 100 以下	9/12 100~500 1/12 100 以下	10~20 4/11 10~20	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B8223-1959 (1) 50 ㊦/㎠ ²	—	20~40	500~1000	300~800	11.0~11.0	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 ㊦/㎠ ² 以下	—	20~40	500~800	300~600	11.0~11.5	400 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(20~30) ㊦/㎠ ²	—	20~40	400 以下	150 以下	10.8~11.3	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B8223-1959 (2) 10 ㊦/㎠ ² 以下 (普通品質)	—	20~40	700 以下	350 以下	10.5~11.3	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(10~20) ㊦/㎠ ² (")	—	20~40	500 以下	350 以下	10.5~11.3	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(20~30) " (")	—	20~40	300 以下	200 以下	10.5~11.0	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20 ㊦/㎠ ² 以下 (3)	150 以下	20~40	500 以下	350 以下	10.5~11.0	400 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(10~20) " (")	100 " "	20~40	300 以下	200 以下	10.5~11.0	200 " "	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BS-1170-1958 17.5 ㊦/㎠ ² 以下	—	30~70	100~100	75~200	10.5~11.0	300 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(17.5~31.5) ㊦/㎠ ²	—	30~70	100~300	100~250	10.5~11.0	200 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40 ㊦/㎠ ² 以下 (15.5以下 45 ㊦/㎠ ²)	9/12 (8~10)以下 3/12 40 以下	5~40 4/12 10~30	80~200 4/12 100 以下	60~50 4/12 70 以下	10.5~11.0 10.5~11.0	5~100 9/12	9/12 100~1000 4/12 500 以下	5~20 4/11 10~20	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B8223-1959 (30~20) ㊦/㎠ ²	40 以下	10~30	100 以下	70 以下	10.5~11.0	—	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B8223-1959 (1) (30~50) ㊦/㎠ ²	30 以下	20~40	200 以下	150 以下	10.5~11.0	100 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BS-1170-1958 (15.5~45) ㊦/㎠ ²	—	30~50	100~150	50~100	10.5~11.0	71 以下	9/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60 ㊦/㎠ ² 以下 (15.5以下 65 ㊦/㎠ ²)	9/12 (5~20) 以下	5~20	100~1000	20~35	10.3~11.0	0~30 以下	9/12 100~1000	5~10 3/11 5~10	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B8223-1959 (30~75) ㊦/㎠ ²	10 以下	5~15	—	—	10.5~11.5	—	400 以下	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注
 1. 硫酸塩濃度 ㊦/㎠² 以下
 2. JIS 規格ではすべて全量
 3. JIS-B8223-1961 において
 4. Na₂SO₄ から Na₂CO₃ まで
 5. 硫酸塩濃度
 6. 溶解性物質濃度

第2.2表(つづき) ボイラーメーカ、ユーザ、清缶剤メーカの基準値および JIS,BS 規格

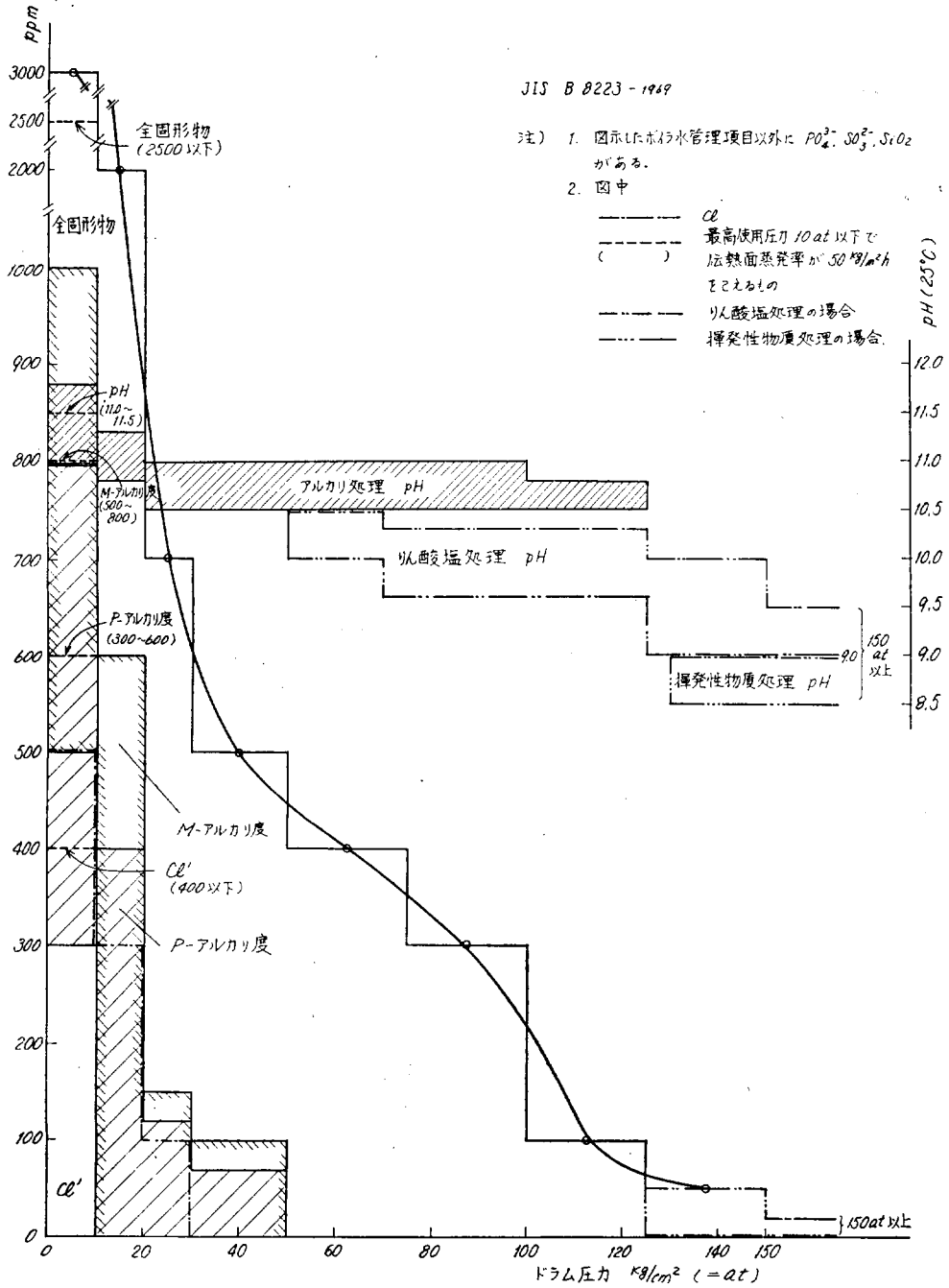
JIS-B2223-1961 65 ㍉/㎠ 級 BS-1170-1969	SO ₂ (ppm)	ppm ² (ppm)	M.T.D. (ppm) (CaCO ₃ ppm として)	pH (25℃)	Cl ⁻ (ppm)	活性固形物 (ppm) [μM (10 ⁻⁶ M)]	電気伝導度 [μM (10 ⁻⁶ M)]	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Mn (ppm)	Mer. SO ₂ (CaCO ₃ ppm として)	Na NO ₃ (CaCO ₃ ppm として)	硬度	T. Cu (ppm)	T. Fe (ppm)
80 ㍉/㎠ 級 (130 ㍉/㎠ 級)	10 ㍉/㎠	5~15	120 ㍉/㎠	10.5~11.0	35.5 ㍉/㎠	500 ㍉/㎠	500 ㍉/㎠	5~10	—	—	—	1.0 ㍉/㎠	—	—
JIS-B2223-1969 (75~100) ㍉/㎠	7 ㍉/㎠	7 ㍉/㎠	130 ㍉/㎠	9.0~11.0	30 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	1~6	1/11	—	—	—	1/11	0.02 ㍉/㎠
JIS-B2223-1961 85 ㍉/㎠ 級	5 ㍉/㎠	3~20	130 ㍉/㎠	9.0~11.0	30 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	1~3	1/11	—	—	—	1/11	0.02 ㍉/㎠
BS-1170-1969 (60~85) ㍉/㎠	3 ㍉/㎠	3~10	—	9.5~10.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100 ㍉/㎠ 級 (130 ㍉/㎠ 級)	3 ㍉/㎠	20~30	50~80	10.5~11.0	21.6 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	—	—	—	—	1.0 ㍉/㎠	—	—
JIS-B2223-1969 (100~125) ㍉/㎠	2 ㍉/㎠	0.5~10	—	9.0~11.0	10 ㍉/㎠	100 ㍉/㎠	100 ㍉/㎠	0.5~2.0	1/11	—	—	—	1/11	0.02 ㍉/㎠
JIS-B2223-1969 100 ㍉/㎠ 級	3 ㍉/㎠	5~15	80 ㍉/㎠	10.5~11.0	—	300 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B2223-1969 (125~150) ㍉/㎠	0.5 ㍉/㎠	0.5~5.0	—	9.5~10.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
JIS-B2223-1961 130 ㍉/㎠ 級	1 ㍉/㎠	0.5~5	90 ㍉/㎠	10.5~11.0	—	300 ㍉/㎠	300 ㍉/㎠	0.5~2	1/11	—	—	—	1/11	0.02 ㍉/㎠
JIS-B2223-1969 150 ㍉/㎠ 以上	0.2 ㍉/㎠	0.2~0.10	—	9.5~10.5	—	20 ㍉/㎠	20 ㍉/㎠	—	—	—	—	—	—	—

JIS B 8223-1969

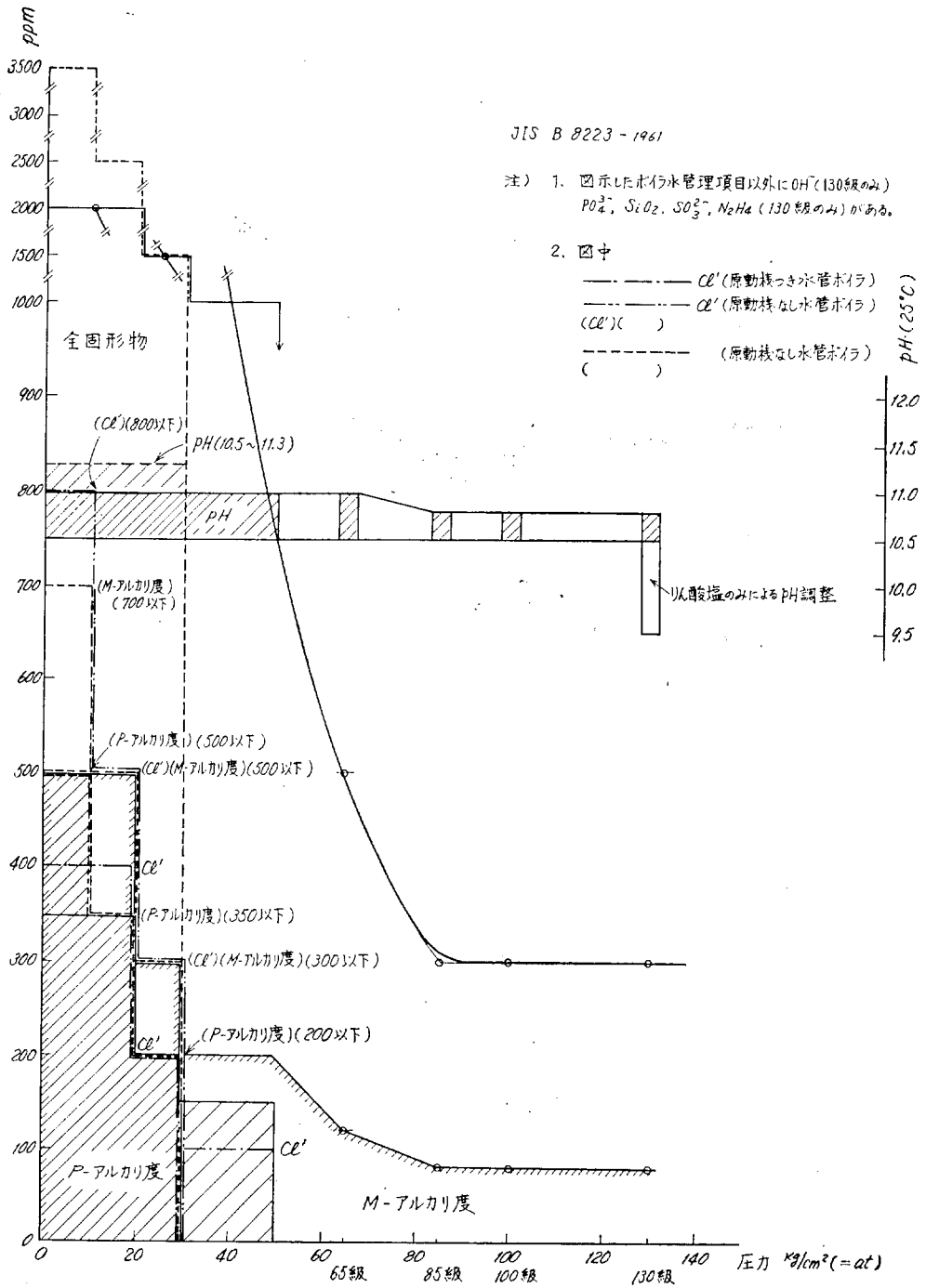
注) 1. 図示したボイラ水管理項目以外に PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , SiO_2 がある。

2. 図中

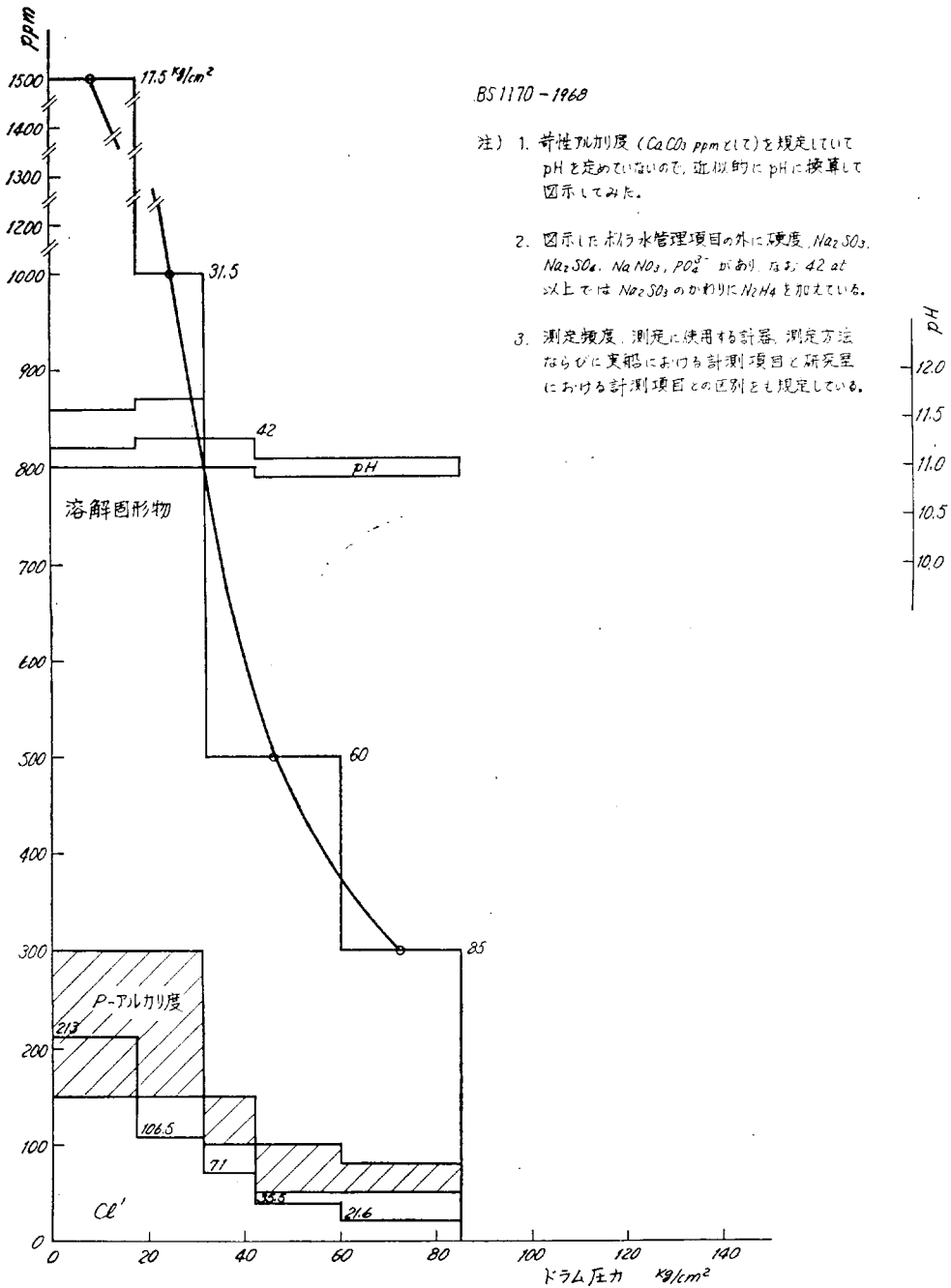
- Cl
- 最高使用圧力 10 at 以下で伝熱面蒸発率が $50 kg/m^2h$ をこえるもの
- - - - - 以酸塩処理の場合
- 揮発性物質処理の場合



第2.2図 JIS B 8223-1969



第2.3図 JIS B 8223-1961



第2.4図 BS 1170-1968

2.2 60kg/cm² 級船用ボイラのボイラ 水管理の例

実船におけるボイラ水管理の一例として、D. W 20万トンタンカー某船について、昭和43年7月竣工から昭和44年5月入渠までの水質管理状況およびその開放検査結果について述べる。

(1) ボイラの要目

蒸気条件（過熱器出口圧力×温度）61.5kg/cm²×

515°C

（ドラム圧力）

67kg/cm²

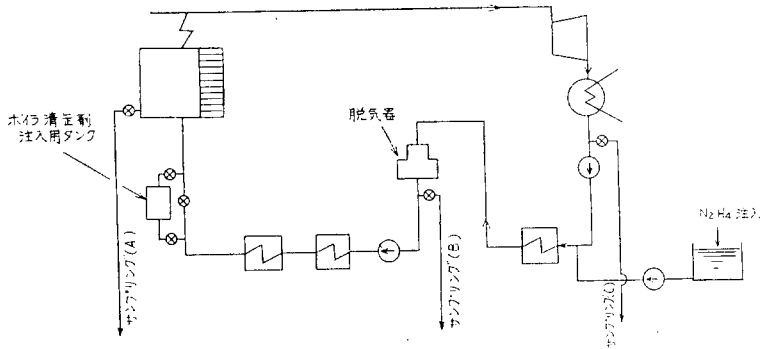
蒸発量NOR/MCR 48,100/64,500 kg/h

燃焼室伝熱面熱負荷（NOR） 1.62×10^5 kcal/m²h

給水温度（NOR） 210°C

(2) 給水系統、薬注・サンプリング箇所および水質計測項目

給水系統ならびに薬注およびサンプリング箇所を示すと第2.5図のとおりである。また水質計測項目を示すと第2.3表のとおりである。



第 2.5 図 給水系統ならびに薬注、サンプリングの位置

第 2.3 表 サンプリングの計測項目

サンプリング	水 質 試 験 項 目
A	pH, 電気伝導度, Cl ⁻ , PO ₄ ³⁻ , Pアルカリ度, Mアルカリ度
B	pH, 電気伝導度
C	pH, 電気伝導度

(3) 水質管理の概要

ボイラ水の pH を調整するためには、いわゆるアルカリ処理を採用している。すなわち、主としてカ性ソーダによって pH を 10.5~HO に調整し、これに適度の PO₄³⁻ を存在するようにしている。PC₃³⁻ は (NaPO₃)₆ を主成分とした清浄剤によって、JIS—B 8223—1969 の規格（5~15）ppm より高く（15~30）ppm を目標値として調整している。この理由は、復水器等からの海水漏入に対する備えと、ボイラ水分析値に誤差を懸念したためと思われる。すなわち第2.4表に示すように本船と清浄剤メーカーとの分析値に大きな差異がある

のもその一つである。なお、復水および給水系統の pH は N₂H₄ によって 8.0~9.0 の範囲にあるように調整している。

第2.6図はボイラ水分析結果を5日分について算術平均し、その平均値を5日間隔にプロットして表わしたものである。また第2.7図は同型船（ドラム圧力 64.7kg/cm²、蒸発量 NOR/MCR, 47,500/64,500kg/h 燃焼室伝熱面熱負荷（NOR） 1.86×10^5 kcal/m²h）について同様に表わしたものである。第2.6図からわかるように pH は 1, 2号ボイラとも、目標値 10.5 より低くなっている場合がしばしばみられる。Cl⁻ については両ボイ

ラとも11月附近を境として変化がみられる。これは11月以前は約25ppmであったが、11月初め全缶ブローを行ない、それ以後は約10ppm以上にならないよう管理しているためである。

このために、ブロー間隔が5～10日であったものを2～3日に短縮している。また清缶剤投入時期もその時期から変えている。11月以前にはブローの時期と清缶剤

投入時期とに一定の関係が見出せないが、11月頃からはブローを行ない、ただちにボイラ水を補給して後、ボイラ水試験を行ない、その結果をみて清缶剤投入を行なうようにしている。ブロー間隔が2～3日と規則的になったのち、12月6日から入渠時までの清缶剤投入量は第2.4表のごとくなっている。

第2.4表 清 缶 剤 使 用 量

項 目	12月6日～入渠時までの合計		ブロー量1tonについての清缶剤平均投入量	
	No. 1 ボイラ	No. 2 ボイラ	No. 1 ボイラ	No. 2 ボイラ
ブロー量 [ton]	97	92		
NaOH 投入量 [g]	4900	4710	50.5	51.2
清缶剤平均投入量 [g] (主成分 (Na ₂ PO ₃) ₆)	4820	4840	49.7	52.6

清缶剤の平均投入量をみると、これは清缶剤メーカーからの指示量をはるかにうわまわるものである。

(5) 開放検査結果

入渠時ボイラ開放の際、ボイラ内部の状態をみると両ボイラとも腐食はみられないが、きわめて薄いスケールの付着がみられた。なお水ドラムの底部附近およびデスーパーヒータ管上部に黒色を呈したスラッジの堆積がみられた。またドラム内面は全般的に白色を呈しており、これを指で磨擦して除くと、その下部に黒色粉末状のスケールがみられた。

なおタービン翼は高圧、低圧とも白色の薄いスケールが付着し、手で拭きとれる程度のものであった。なお高圧タービン翼の先端部にはわずかではあるが点食の発生がみられた。蒸気管および水冷壁管等における腐食、スケールの付着状況についてはうかがうことができなかった。また機関日誌などをみても、停泊中などにおけるボイラ水の性状が明確に知ることができなかつたので、PO₄³⁻のハイドアウト現象の発生有無を推定することができない。

一方同型船もほとんど同じ状態で管理されているが、9月初旬入渠時ボイラ内調査結果は次のように報告されている。すなわち、予想していたよりきれいであり、白色のスケール類は全然なく茶褐色のさび状スケールだけであった。なお両ボイラとも程度は同じであった。以下片缶だけの状況について述べる。

(a) 蒸気ドラム

蒸気ドラム内面、蒸気管の拡管部および降水管内は予

想していたよりも非常にきれいであり、全体が赤褐色(さび色)をしていたが、さびは採集しにくく、布でこすってようやく布に付着する程度である。

(b) 水ドラム

蒸気ドラムよりいくぶんさび状スケールの量が多い感がある。特に内管の周囲は布で容易に拭きとれるような状態であった。しかし蒸気管内のものはほとんどとれなかった。なお蒸気ドラムのさび状スケールより少し黒褐色をおびている。

(c) 水冷壁ヘッダおよび管

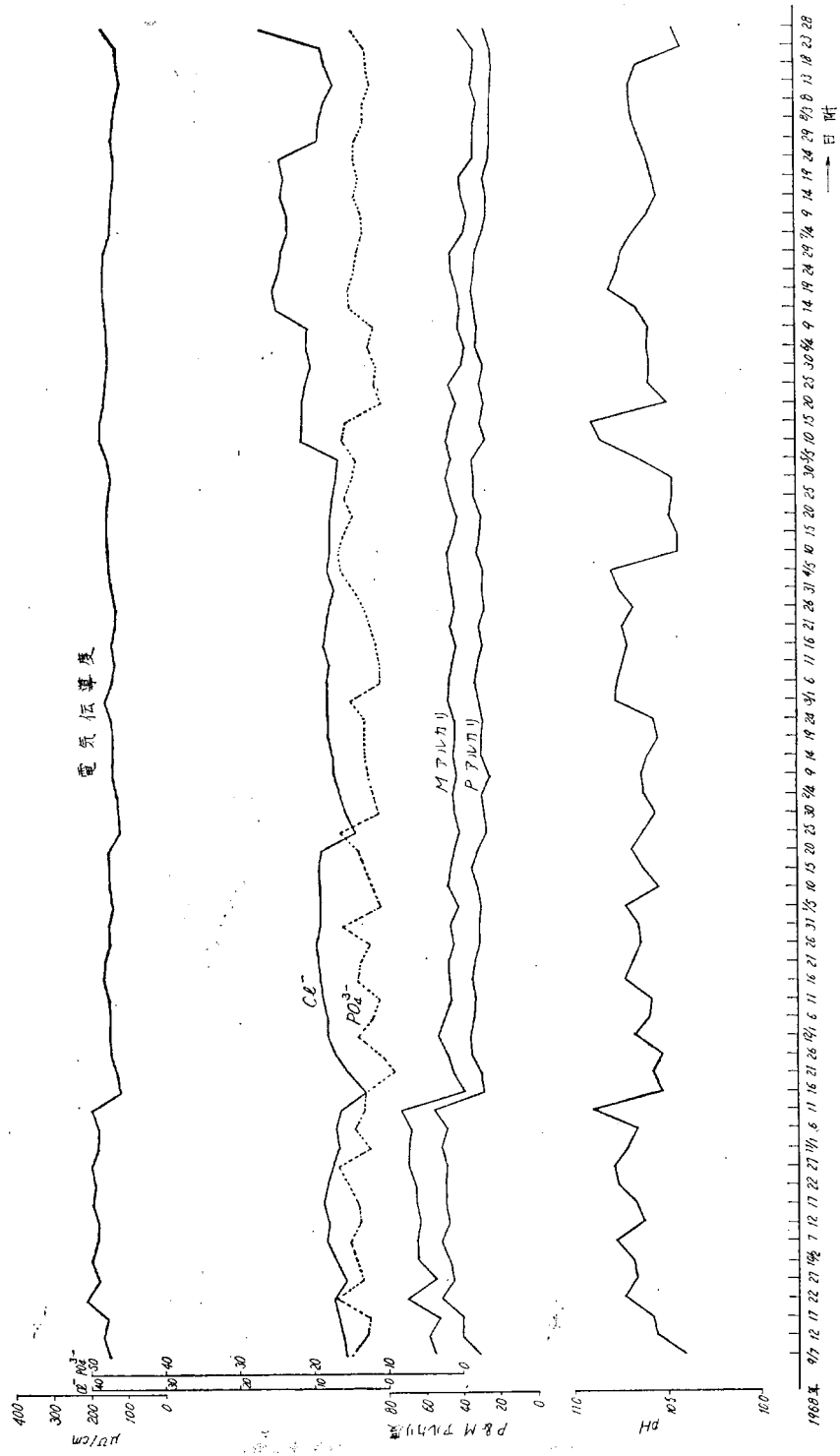
ヘッダは水ドラムと同程度で布で容易にとれるような状態であったが、管入口内部はきれいではほとんどさび状スケールを採取することができなかった。

(d) 過熱器ヘッダおよび管

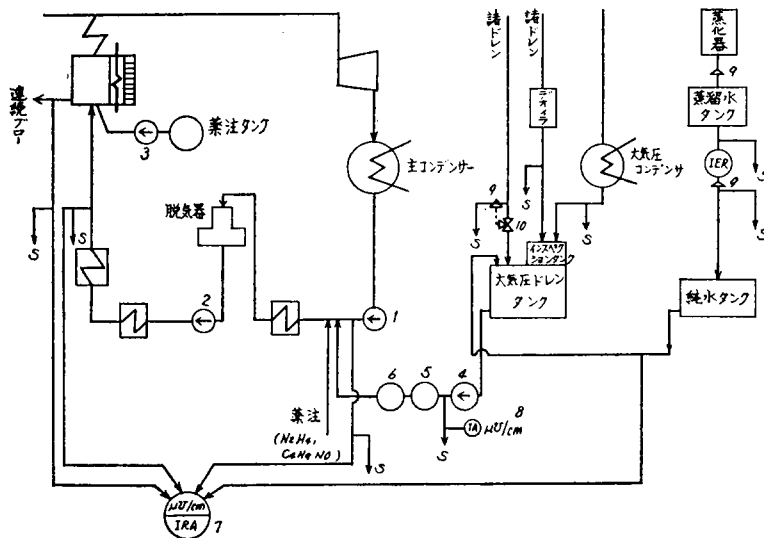
非常にきれいでキャリオーブを起したような形跡はほとんどみとめられない。

(e) スケールの分析結果

布で拭きとったさび状スケールはその量が少ないため分光分析によってその成分を定性的に調査してみた。布で拭きとったため問題はあるがその分析結果をみるとFe, Ca, Znのスペクトルが強くあらわれており、水ドラムおよびヘッダから採取したサンプルについてはさらにCa, Mg, Siのスペクトルがすこぶる明瞭に認められているが量としては少ない。その他の成分元素は明瞭、弱あるいは辛じて認められる程度である。なお、NaはZn重複のため確認できなかったか存在するとしても少ないものと思われる。



第2.7図(A) 60kg/cm² 級ボイラのボイラ水性状 (同型船 No.1 ボイラ)



第2.8図 80 kg/cm²級船用ボイラにおける給水系統ならびに薬注，サンプリングの位置

- | | | |
|-----------|----------------|--------------|
| 1. 主復水ポンプ | 5. グリースエキストラクタ | 9. 電導度計 |
| 2. 主給水ポンプ | 6. マグネチックフィルタ | 10. 電磁弁 |
| 3. 薬注ポンプ | 7. 指示，記録，警報 | IER イオン交換樹脂 |
| 4. ドレンポンプ | 8. 指示，警報 | S 手分析用サンプリング |

2.3 80kg/cm² 級船用ボイラのボイラ水管 理の例

第2.8図は2.1項において述べた80kg/cm²級（ドラム圧力91～97kg/cm²，2缶方式で1缶は再熱器を有する船用ボイラの給水系統ならびに薬注，サンプリングの位置を示したものである。第2.5図と比較してみると給水系統がいくぶん複雑化していることがわかる。ボイラ水管理方式としてすでに述べたようにCongruent control方式を採用している。ふく射伝熱面のボイラチューブを

一部切り取り付着したスケールを分析し，そのスケールが黒色のFe₃O₄を主成分とする薄層をなしていることを確かめ，さらにアルカリ腐食を起していないことなどを確かめて，ボイラ水管理方法の適当性を検討したうえで，現在のボイラ水管理方法が続けられている。なお，試料の船内計測項目を示すと第2.5表のごとくであり，計測にはpHメータ，電気伝導度計，光電比色計が主として用いられ，予備として缶水試験器（P，Mアルカリ度，Cl⁻，SO₃²⁻，PO₄³⁻測定用）があり，現場指示用としてイオン交換出口，ドレン集合管，蒸化器出口に検温計が設置されている。

第 2.5 表 給水およびボイラ水の計測項目

水の種類	計 測 項 目	備 考
給 水	pH (25°C) 溶 存 酸 素 ppm Cl ⁻ ppm 電気伝導度 (カチオンスルー) $\mu\text{U}/\text{cm}$ (25°C)	ときどき測定する。 目標値は定めていないが、自主的に測定している。
ボイラ水	pH (25°C) Cl ⁻ ppm PO ₄ ³⁻ ppm 電気伝導度 (カチオンスルー) $\mu\text{U}/\text{cm}$ (25°C) SiO ₂ ppm	毎航陸上で測定する。

3. 燃焼室負荷と水処理との関連

火炉伝熱面負荷および火炉負荷がボイラ水処理になんらかの関連があると考えられたので、その関連を明らかにするため各社よりアンケートをとり調査した。

各圧力級に伝熱面負荷、火炉負荷を整理したものを第

3.1表、第3.2表、第3.3表に示すが、これらのデータからみる限り、圧力との関連性は全くみられない。すなわち水処理と熱負荷、火炉負荷との関連性はうかがえない。第3.1図、第3.2図は参考までに蒸発量と火炉負荷、伝熱面負荷との関連を示したものであり、第3.3図は、燃焼室熱負荷分布の1例を示したものである。

第 3.1 表 40kg/cm²級ボイラ火炉負荷およびふく射伝熱面負荷

		蒸 発 量 T/h	蒸 気 条 件 P kg/cm ² G × t °C	火 炉 容 積 m ³	火 炉 負 荷 kcal/m ² h	有 効 ぶ く 射 面 m ²	ぶ く 射 伝 熱 面 負 荷 kcal/m ² h
A 社	1	27.0	42.2×454	33.1	6.05×10 ⁵	37.3	5.37×10 ⁵
	2	30.0	42.2×454	32.8	6.77×10 ⁵	43.5	5.10×10 ⁵
	3	30.0	42.2×454	44.1	5.06×10 ⁵	45.7	4.89×10 ⁵
	4	33.0	42.2×454	37.8	6.37×10 ⁵	48.6	4.96×10 ⁵
	5	42.0	47.2×482	58.0	5.58×10 ⁵	68.3	4.74×10 ⁵
	6	47.6	47.2×466	65.0	5.52×10 ⁵	75.3	4.77×10 ⁵
B 社	7	17	35×Sat	12.3	6.9×10 ⁵	25.2	1.64×10 ⁵
	8	32	〃	20	7.85×10 ⁵	34	2.03×10 ⁵
	9	33.1	〃	24.2	7.13×10 ⁵	37.8	1.88×10 ⁵
C 社	10	NOR/MAX 28/40	43.6×485	25.2	74.4/ 10.26×10 ⁵	50.9	3.87/5.34×10 ⁵
D 社	11	NOR/BMAX 19/30	42.2×454	25.7	5.48/8.71 ×10 ⁵	32.95	4.27/6.79×10 ⁵
	12	27.2/36.3	42.2×454	29.25	6.95/9.43	38.84	5.23/7.10×10 ⁵
	13	31/43.5	42.2×454	35.45	6.47/92.5	42.45	5.41/7.73×10 ⁵

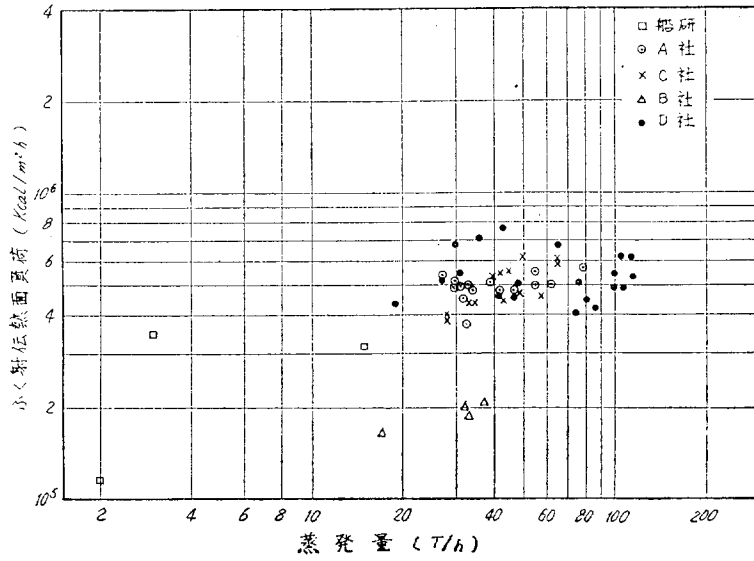
第3.2表 60kg/cm² 級ボイラ火炉負荷およびふく射伝熱面負荷

	No.	蒸発量 T/h	蒸気条件 P kg/cm ² G×t°C	火炉容積 m ³	火炉負荷 kcal/m ³ h	有効ふく射面 m ²	ふく射伝熱面負荷 kcal/m ² h
A社	1	31.0	61.2×515	31.9	7.43×10 ⁵	48.7	4.87×10 ⁵
	2	32.0	59.8×510	38.4	6.04×10 ⁵	51.5	4.50×10 ⁵
	3	34.0	60.8×513	36.2	7.06×10 ⁵	53.6	4.77×10 ⁵
	4	39.0	60.8×513	44.2	6.60×10 ⁵	57.0	5.11×10 ⁵
	5	42.0	61.2×513	48.4	6.36×10 ⁵	66.0	4.66×10 ⁵
	6	61.7	60.8×515	87.7	5.26×10 ⁵	91.8	5.03×10 ⁵
C社	7	NOR/MAX 28.1/42	61.5×515	22.2	7.76/11.00 ×10 ⁵	47.0	3.93/5.46×10 ⁵
	8	32.6/50	61.5×475	26.8	8.27/12.19	52.9	4.38/6.52×10 ⁵
	9	34.5/45	61.5×515	29.8	8.19/10.22	57.8	4.46/5.60×10 ⁵
	10	43/55	61.5×515	37.1	7.85/ 9.54	66.2	4.43/5.41×10 ⁵
	11	47.5/64.5	61.5×515	39.6	8.04/10.57	69.2	4.63/6.10×10 ⁵
	12	49/65	61.5×515	42	7.99/10.08	71.8	4.70/5.96×10 ⁵
D社	13	48/65	61.5×515	47.3	7.02/9.45 ×10 ⁵	65.67	5.05/6.80×10 ⁵
	14	47/78	62×525	58	6.11/1026	76.43	4.64/7.80×10 ⁵
	15	75/115	62×515	104.5	4.79/7.35	123.48	4.05/6.21×10 ⁵
	16	86/100	62×515	119.5	4.67/5.46	132.6	4.20/4.91×10 ⁵
	17	107/115	62×515	132	5.25/5.68	141.99	4.88/5.27×10 ⁵
	18	82/100	62×515	130	4.76/5.84	138.7	4.46/5.47×10 ⁵

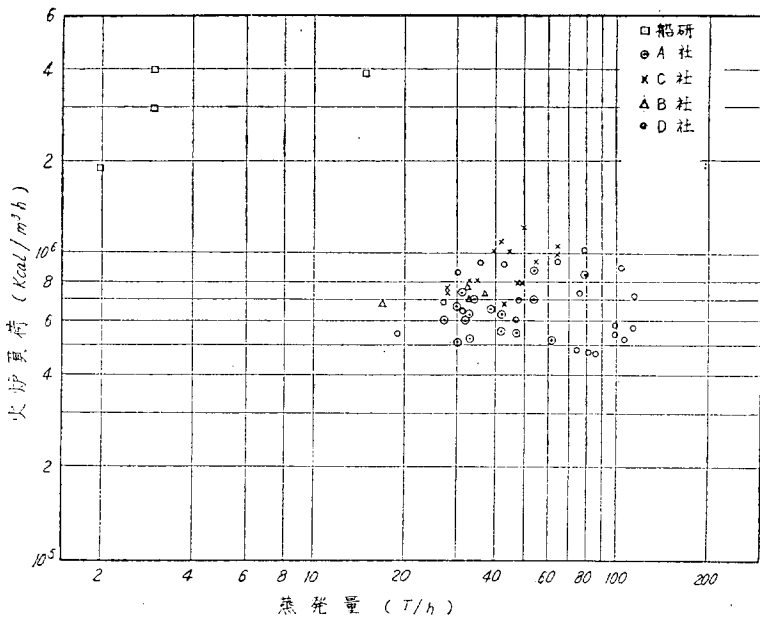
第3.3表 80kg/cm²級以上のボイラ火炉負荷およびふく射伝熱面負荷

	圧力級	No.	蒸発量 T/h	蒸気条件 P kg/cm ² G×t°C	火炉容積 m ³	火炉負荷 kcal/m ³ h	有効ふく射面 m ²	ふく射伝熱面負荷 kcal/m ² h
船研	300 k	1	2	300×580	1.1	18.5×10 ⁵	6.5	1.15×10 ⁵
	150 k	2	3	150×540	0.95(予燃焼室式) 0.71(レジスタ式)	30×10 ⁵ 40×10 ⁵	3.0	3.43×10 ⁵
	150 k	3	15	150×540	3.76	39.3×10 ⁵	16.8	3.15×10 ⁵
A社	80 k	4	32.5	86.5×515	44.0	5.26×10 ⁵	62.0	3.72×10 ⁵
	80 k	5※	54.5	86.5×515	44.0 25.0	7.09×10 ⁵ 8.81×10 ⁵	62.0 41.0	5.03×10 ⁵ 5.37×10 ⁵
	80 k	6※	79.3	86.5×513	103	6.26×10 ⁵	112.0	5.76×10 ⁵
D社	100 k	7※	RH NONRH NOR MAX 77/105	10.4×525	72	7.41/9.07 ×10 ⁵	104.8	5.09/6.23×10 ⁵

注) ※印はリヒートボイラである。



第 3.1 図



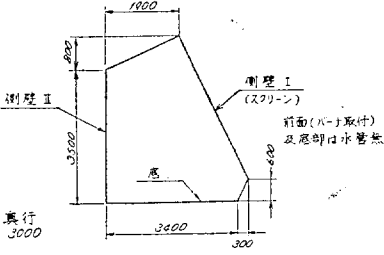
第 3.2 図

注. 第3.2図において、B社の熱負荷が小さくでているのは、火炉の実質取熱量を Base にしているためである。

ふく射伝熱管内外面管壁温度

蒸発量×圧力×温度	火 炉 容 積	火 炉 負 荷	有効ふく射面積	ふく射伝熱面負荷
33 T/h × 16kg/cm ² G × 203 °C	36m ³	6.8 × 10 ⁵ kcal/m ³ h	551m ²	kcal/m ² h
記 載 事 項	伝熱管外面温度			
	後 面 250～281° C			
	側 面 230～273° C			
	スクリーン 230～258° C			
	天 井 235～250° C			
上記の値は本ボイラの 86% 負荷の場合を示す。 (飽和水温度 200° C)				

ふく射伝熱面負荷の分担

蒸発量×圧力×温度	火 炉 容 積	火 炉 負 荷	有効ふく射面積	ふく射伝熱面負荷
33 T/h × 16kg/cm ² G × 203° C	36m ³	6.8 × 10 ⁵ kcal/m ³ h	551m ²	※15.9 × 10 ⁵ kcal/m ² h
火 炉 スケッチ 	伝 熱 面	平均負荷に対する比率		
	前 面	—		
	後 面	0.94～1.54		
	バーナ対向面	同 上		
	側 面 I	0.56～1.39		
	側 面 II	0.56～1.39		
	天 井	0.56～0.94		
	底	—		

備 考 ※印は 86% 負荷の場合を示す。

第 3.3 図

4. 水処理関係計測機器

4.1 水処理関係計測機器の現状

ボイラの性能向上に伴って給水やボイラ水の性状の管理が著しく重要になってきたため、次第に計測方法や、計測機器が開発され進歩するとともに実用されるよ

うになってきた。しかし船舶の場合はボイラ圧力が低かったこともあってその採用は遅れていたが、100kg/cm²級ボイラの実用化に伴って、その必要が増加してきたので簡単に現用の計測機器について概要を述べてみる。

(1) 実船におけるデーリーの計測機器として、60kg/cm²級以下では一般に簡易ボイラ水試験器を多用しているが、ボイラ水の計測が主対象であり、主試験項目と計測法の大要は次表のごとくである。

試 験 項 目	計 測 法
全 硬 度	工業用水試験方法 JIS K 0101-1966 に準ずる (滴定法)
Cl ⁻	(1) JIS K 0101-1966 の硝酸銀法に準ずる (滴定法) (2) JIS K 0101-1966 の硝酸第二水銀法に準ずる (滴定法)
P-アルカリ度	JIS K 0101-1966 の酸消費量 (pH 9.0) に準ずる (滴定法)
M-アルカリ度	JIS K 0101-1966 の酸消費量 (pH 4.8) に準ずる (滴定法)
PO ₄ ³⁻	(1) JIS K 0101-1966 の塩化第一スズ法に準ずる (比色法) (2) A. S. T. M (D-515) によるバナドモリブデイト法 (比色法)

(2) pH 計測に関しては、低圧級では簡易ボイラ水試験器の一部として JIS K 0101-1966 に準じた比色法を採用しているケースもあるが、中性附近の給復水の pH 計測には不適であり、なお、精度の問題もあって、40 kg/cm²級および60kg/cm²級にもなると、給缶水ともに専らポータブルの pH メータ (ガラス電極法) を採用しているケースが多い。

(3) 高圧級ほど重要因子になる SiO₂については、JIS K 0101-1966 の亜硫酸ナトリウム法、1-アミノ-2-ナフトール-4-スルホン酸法などに準じた計測法を採用した光電比色計を常備してデーリー計測を実施しているケースもあるが、後述の4.2計測機器の問題点(3)項に記載されている理由により、やはり給缶水のサンプルを陸揚げして光電比色計または光電分光光度計で精密計測チェックしているのが実情であろう。

(4) 全鉄、全銅についても、高圧級ボイラにおいては、主として給復水を対照にして JIS K 0101-1966 の0-フェナントロン法、吸光光度法に準じた計測法で光電比色計により計測している実船もあるが大部分、陸揚げサンプルを光電比色計または光電分光光度計で精密計測チェックしているのが実情である。

(5) 溶存固形分の目安となる導電率の計測には、給缶水ともにポータブルの導電率計の採用が激増している。

(6) 特に給水系統の試水中の Cl⁻ に関しては、40kg/cm² 級以上にもなると、簡易ボイラ水試験器では微量の

精密計測が不能に近い。したがって、陸揚げサンプルを JIS K 0101-1966 の吸光光度法で光電比色計計測または光電分光光度計計測しているのが現況といえよう。ただし、実船では別個に塩分計監視を実施している。

(7) PO₄³⁻、残留ヒドラジンについては、80kg/cm² 級以上になると JIS K 0101-1966 による1-アミノ-2-ナフトール-4-スルホン酸法、JIS B 8224-1961 に準じた計測法により光電比色計などで精密計測が試みられている。

(8) 硬度計測に関しては、簡易ボイラ水試験器の硬度測定器では、滴定液が比較的高濃度に調整され、なおかつマイクロビュレット不使用 (破損し易いため) により、微量精密計測が不能である。したがって、給復水の陸揚げサンプルについては、JIS 法に基いて精密分析を実施している。ただし、上述の硬度測定器指示薬 (液状) が微量硬度の有無に対して敏感な反応を呈するので、この特性を活用して、航海時におけるメンコンの微量海水漏入を定性的に感知している実船もある。

(9) 主要因子である給復水の溶存酸素量計測に関しては、JIS K 0101-1966 のウインクラー法が、その分析の繁雑さと一部試薬が変質し易いため、試運転時または停泊時に、造船所または水処理メーカーが、主としてチェックしているのが実状といえる。ただし、インヂゴカルミン法 (比色法) または電気的計測法を一部の実船において採用されているともいわれている。

4.2 計測機器の問題点

(1) pH について

(a) 給復水系統からの腐食生成物の生成を極力防止する意味合いより溶存ガスの低減と関連して pH コントロールが重要視され、終局的にはボイラに搬入される全鉄および全銅量を極少に抑制するよう努力している。したがって、既述のごとく実船においても $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 級以上になると、少なくともポータブルの pH メータを常備して計測管理している。なお、現況としては多少問題が残存するとはいえ、実船における給復水の計測値のほうが、陸揚げされて相当の日数後分析された計測値より一般的に真値に近いといえる。

(b) 残存する問題点としては次述のごとくである。たとえば

(i) 温度補償電極のない pH メータを使用しているにもかかわらず、サンプリングクーラを使用して給復水のサンプルを 40°C 以上でサンプリングして計測しているケースがある。

(ii) ドレン移送ポンプ排水のごとく、常備のサンプリングクーラを有しないときは、高温水を直接サンプリングするため、揮発性物質（たとえばヒドラジン、アンモニア）の一部が逸失して真の pH 計測が不能に近い。

(2) 導電率について

(a) 給復水に関しては、pH に準じた問題が残存している。

(b) ポータブルの導電率計を使用したボイラ水の計測法に、直接法と中和法の 2 方法があるが、実船では一般に直接法が採用されているケースが多い。

要は、直接に全溶存固形分 (T. D. S) の ppm 数を計測したいのであるが、実際には分析室を完備しない実船では不可能に近い。

したがって、次述のごとき関係式より目安としての T. D. S を求めている。

たとえば

中和法

$$\text{導電率} (\mu\text{U}/\text{cm値}) \times 0.8 \equiv \text{T. D. S}$$

直接法

$$\text{導電率} (\mu\text{U}/\text{cm値}) \times 0.5 \equiv \text{T. D. S}$$

である。

しかしながら、各船ごとに給水の性状、水処理法ならびに処理剤も異なるので、でき得れば船ごとに 3 点のサンプル（たとえば $\text{pH} \equiv 10.0$ 、 $\text{pH} \equiv 10.5$ 、 $\text{pH} \equiv 11.0$ ）を陸揚げして、導電率と T. D. S を実測し、相関係数を求めておくことが望ましい。

なおまた、中和法と直接法のいずれが、ほぼ一定の

係数が求められるかが確認できよう。

(3) SiO_2 、 PO_4^{3-} および Cl^- について

(a) SiO_2

$60\text{kg}/\text{cm}^2$ 級までは、一般的に、陸揚げサンプルに対する光電比色計などの精密計測で事足りると考えている。

ただし、 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ 級といえども、試運転時より一次航までにボイラ水中の SiO_2 コンテントをいかにして早期に制限値以内に収めるかが重要視されつつあるので、この期間だけでも時々刻々計測できる光電比色計などが望ましい。

ただ、残存する問題点としては、計測上の難点解決法である。たとえば、給復水の微量分析には、試薬純度の影響対策、試薬調整の繁雑さおよび一部試薬の変質化対処の簡易化などである。

(b) PO_4^{3-}

$80\text{kg}/\text{cm}^2$ 級以上になると低磷酸塩処理が採用されつつあるので、当然、5 ppm 以下をより正確に把握できる光電比色計などが必須条件となるが、計測上の難点として SiO_2 に準じた問題点を残す。

(c) Cl^-

特に、メンコンの微量海水漏入時の早期発見には、現時点として光電比色計などが好ましいが、やはり SiO_2 に準じた問題点を残す。

(4) 全鉄、全銅について

特に、 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ 級以上の新缶当初は給復水系統のこれらのコンテント早期低減とボイラ水の沈降性鉄はもちろんのこと懸濁鉄の早期放失低減にぜひとも光電比色計などが必要であるが、これもやはり試料調整の繁雑さも含めて SiO_2 に準じた難点を残す。

(5) 溶存酸素について

重要因子である給水の溶存酸素量については、既述のごとく JIS 法に基づくウインクラー法では、計測法の難しさと試薬が変質し易いという二大欠点のため、実船では、日常ほとんど計測されていないのが実状である。

一方、比色法とポータブルの電気計測器では真値との関連性において多々疑問点を残すと考えられるが、いわゆる管理計器として、異常時における溶存酸素の急増キャッチとその対処を早期化させるのではなからうか。

4.3 計測要領

水処理の成果は信頼性のある計測結果とそれにもとづく適切な処理に負うことが多い。このためには、次のような事項に留意する必要がある。

(1) 計測箇所は大体ボイラ入口または給水ポンプ、蒸気器、復水ポンプ出口、脱気器出口、ボイラドラム、蒸気出口等である。

(2) 試料採取びんは清潔なものを使用し、採取にあたっては試料水で2～3回以上共洗する（とくに微量な分析はこの点に注意する）。高温の試料（給水・ボイラ水・ドレン）は冷却器を用い、常温で採取する。なお、試料採取装置（冷却器を含む）は JIS B 8242-1961 「ボイラの給水およびボイラ水の試験方法」に詳細に記載されている。

(3) 分析方法の精度は管理基準値内の有効数値を得られるよう決定すればよい。通常、船用ボイラにおいては、20～30kg/cm² 級で簡易分析法を、50kg/cm² 級以上の高圧ボイラでは光電比色法などの精密分析方法を採用するとよい。

4.4 将来の展望

最近の大型船主機にはタービンが多く採用される傾向が明らかにみられ、また船舶の超自動化も並行して促進されている。このような背景に立って考えるとき、タービン船の主ボイラの保守は従来にも増して確実さを要求されることは必定であり、特に船の運航と致命的な結果を招くおそれの多い水処理に対して確実な管理が要求される。乗組員を減少し、無人化さらに超自動化が叫ばれている現在、ボイラの水管理の研究をおろそかにしては、その目的を達することはできない。

ボイラ水管理をいままでのような単なる経験の積重ねからのみでなく、ボイラの運転状態での水質計測などを積極的かつ計画的に行ない、その結果から、水処理の計

量化を行なうことも必要であろう。タービン船の超自動化を進めて行くためには、ボイラ水管理面からみても研究しなければならない問題が多く、なお早期に着手しなければタービン船の超自動化のネックになるおそれがある。そこで、早急に着手すべき研究問題としては次のようなものが考えられる。

- (1) ボイラ水質の時間的変化、すなわちボイラ水処理に関するボイラ動特性
- (2) 蒸発管等の経年変化
- (3) ボイラ水の最小限管理項目の確立
- (4) 薬注方式
- (5) 計測方法の確立と信頼性の向上

5. 計測項目および計測方法

給水やボイラ水の性状に対する計測方法や計器が開発され進歩してきた。しかし船舶の場合は一部を除いてはその採用と実用化が遅れているように思われる。その原因は船舶の振動、動揺と人員削減にもよるが、一般にはその使用法が面倒であること、取扱いに慣れていないこと、一寸した故障にも陸揚げ、または入港の短時間の間に修理しなければならないことなどによるが最も大きい原因は直接運航には関係がないためであろう。しかし給水処理およびボイラ水処理はきわめて重要であってボイラ事故の原因となる。特にボイラの高圧化、高性能化に伴ってその危険性はますます増加している。それゆえボイラ水および給水の処理は厳しく行なうべきであるが、前記のような船舶での事情を考慮して必要最小限に計測項目をしぼって第5.1表のとおり定めた。

第 5.1 表

項 目	20kg/cm ² 級	40kg/cm ² 級	60kg/cm ² 級以上	80kg/cm ² 以上	計 測 方 法		
硬 度					缶水試験機		
Mアルカリ度			○	○			
P	●	●	●	●	△	△	
pH		○	△	○	□	○	□
O ₂				△		□	
SiO ₂						○	
PO ₄ ³⁻	●	●	●			●	
Cl	●	●	●	●	□	●	□
溶解固形分	●	●	●	●	△	●	△

注) 高圧ボイラでは、この他全銅・全鉄および残留ヒドラジンなどを計測することが望ましい。

- ボイラ水として計測することが望ましい項目
- ボイラ水の絶対計測すべき項目
- △ 給水として計測することが望ましい項目
- 給水の絶対計測すべき項目

む す び

タービンプラントの性能向上の安全性の確保のためには給水およびボイラ水処理はきわめて重要な問題である。それにもかかわらずこの方面の研究は等閑視されている。その原因はいろいろあるが最大の原因はボイラ等を設計製造する機械技術者や、これを取扱う機関員がこの方面の知識に乏しいことにある。船舶における水処理

は非常に多くの問題がある上、この方面の研究は比較的長期間を要するものであるからぜひとも早期の着手が必要である。

参 考 文 献

- 1) 日本造船研究協会, 第103研究部会昭和42年度報告書(研究資料 No. 80)

昭和45年3月25日 印刷
昭和45年3月31日 発行

造 船 研 究
Vol. 11, No. 1

発行所 社団法人日本造船研究協会
発行人 菅 四 郎
東京都港区芝罘平町35
「船舶振興ビル」8階
電話(502)2371~80
内線(421~429)
印刷所 株式会社 青 光 社
電話(441)0006・2020・4444