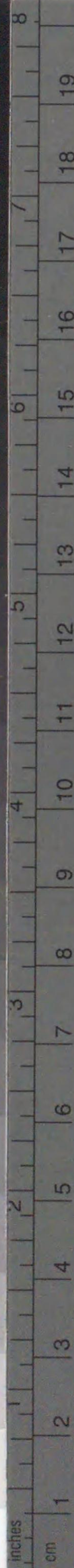


Kodak Gray Scale

© Kodak, 2007 TM: Kodak

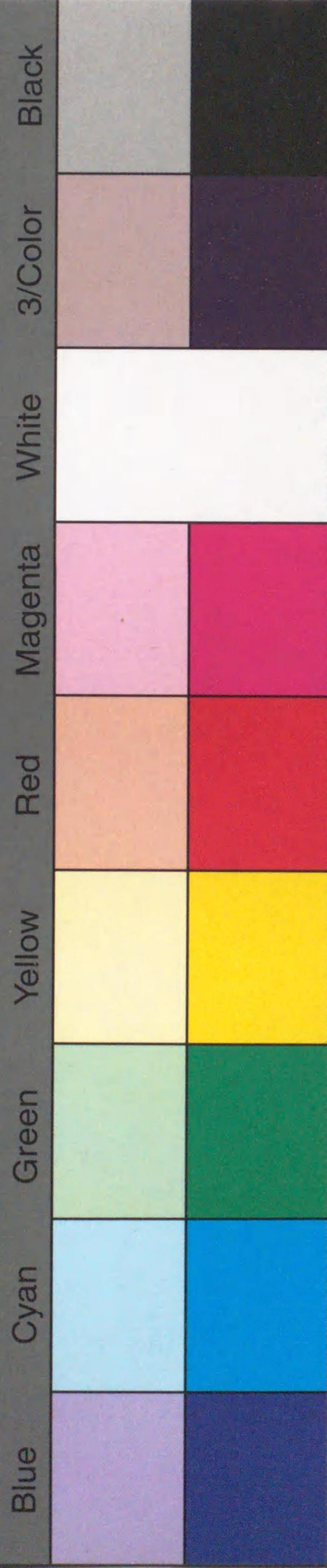


A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



# 給水並に罐水の取扱法

燃 料 局



13  
167

Y994  
J9379



緒言	1
第一章 豫 謹	1
第一項 水の不純物の量を表す単位	1
第二項 水の反應を表す単位	1
第三項 水の不純物の組成表示法	3
第四項 硬 度	6
第二章 汽罐用水の規格及分析例	7
第一項 汽罐給水規格	7
第二項 水の分析例	8
第三章 給水の浄化法	11
第一節 浮遊物、懸濁物、鉄分の除去	12
第二節 溶解ガスの除去法	13
第三節 溶解塩類除去法	16
第一項 罐石の生成と其障害	16
第二項 罐石成分の除去法	23
其一 蒸餾法	24
其二 塩基置換法(ゼオライト法)	24
其三 曹達石灰法	26



I種  
W



\*1200900219480\*



第三項 清罐剤	27
第四章 罐材の腐蝕と其防止法	31
第一項 溶存酸素の除去	31
第二項 罐水の pH コントロール (アルカリ調節)	32
第三項 罐内塗装	34
第四項 亜鉛板の功罪並に腐蝕偶	35
第五章 罐材のアルカリ脆化	37
第六章 罐水の沸水、泡立、水ヶ立及其防止法	39
第七章 罐水使用限度と吐出	41
第一項 使用限度 (濃縮許容限度)	42
第二項 罐水の濃度検知法	44
第三項 罐水吐出の時機と方法	45
結 言	47

— 目 次 終 —

## 給水並に罐水の取扱法

### 緒 言

無色澄明な水も、天然水である限り、色々な不純物を含有して居り、汽罐用水として使用する場合に、夫等が罐石となり、腐蝕、沸水、泡立等の障害を来し、能率が減退するのみでなく、時に汽罐破裂の惨害さへも伴ふ。

無罐石、無腐蝕、無沸水の取扱ひは汽罐技術者の理想であるが、其道程として先づ汽罐用水の性質及其取扱法を研討したい。



## 第一章 豫 講

### 第一項 水の不純物量を表す単位

水の不純物の濃度を表すには習慣上二種の単位が用ひられる。

(イ) 水 1 立中の匙で表す。mg/l (ミリグラム、リットル) であり、百万分の一単位であるから p.p.m. (ピー、ピー、エムとは *Parts Per Mill* の略) と云ふ。別に吾鉄道省や関東地方の一部には水 100 立中の互数で表し g/100 l (グラム 100 リットル) と云ふ単位があるが数字が一桁小さいから注意を要す。何れもメートル法ではあるが前者に統一したいと思ふ。

(ロ) 水 1 ガロン中のクレンで表す。grs/Gallon (グレン、ガロン) と云ひ、1 mg/l は 0.058335 grs/U.S. Gall (米)、又は 0.048574 grs/B. Gall (英) に相當する。此單位は英米式で以前は吾海軍でも用いた時代があるが、英米依存一擲の今日抹擦すべきである。

水中の溶存ガスは mg/l で表す場合と 1 立中の標準立方寸即ち + N.c.c./l で表す場合と統一を缺いて居る。

### 第二項 水の反應を表す単位



水のアルカリ度を表すには、 $\bar{M}$ アルカリ度、 $\bar{P}$ アルカリ度とする事がある。前者は *Methyl Orange* を指示薬とし、後者は *Phenol phthalein* を指示薬として何れも 1000 c.c. の水を  $\frac{N}{50}$  濃度の塩酸液で中和する時消費した塩酸液の c.c. 数である。又アルカリ度を炭酸石灰の mg/l 数に換算した数字でもあり全一数字である。此  $\bar{M}$ アルカリ度と  $\bar{P}$ アルカリ度の使ひ分けによつて次の事が分かる。

	重炭酸塩	炭酸塩	水酸化物	適要
$P=0$	M	0	0	珪酸塩、硼酸塩、磷酸塩等が全時ニ存在スルト此ノ表ノ適要ガ困難トナル
$P < \frac{1}{2} M$	$M-2P$	$2P$	0	
$P = \frac{1}{2} M$	0	$2P$	0	
$P > \frac{1}{2} M$	0	$2(M-P)$	$2P-M$	
$P = M$	0	0	M	

又、化合炭酸の mg/l 数を塩基度、游離炭酸の mg/l 数を酸度として取扱ふ事も一部では行はれて居る。

水の反応を表すに最も合理的なのは  $pH$  價で表す事で、近來は大分之が普及した。 $pH$  は水素イオン ( $H^+$ ) 濃度の普通對数の逆数であるから  $\frac{1}{\log H^+}$  であるが、 $22^\circ C$  では  $pH 7.0$  が中性で 7 よりも大きい数はアルカリ性、7 よりも小さい数は酸性である。 $pH$  は温度によつて変わるから高温では 7 以下でも中性の事もある。水の中性曲線は温度によつて変化するが、之は水の解離恒数が温度に依つて変わる

からである。例へば純水は  $200^\circ C$  に於ては  $pH$  は 5.7 となり一見酸性の如くであるが、此場合決して酸性でなく、水酸イオンと當量にあつて全く中性である。勿論実験上腐蝕性もない。只純水は後衝性がないから、僅かの炭酸瓦斯によつても急激に  $pH$  が低下するが此場合は明かに酸性であり腐蝕性である。

### 第三項 水の不純物の組成表示法

水の不純物は色々な状態に溶解して居り、又は浮游懸滞して居るが、分析結果の表示法は未だ不統一を免れなく、全一の水でも表示法が異なるため、比較に紛はしい場合がある。即ち

(イ) 無水酸化物表示法 ..... 水中の化合物を無水の酸化物に換算して表示するもので、独逸や吾國の大部分に行はれて居るが、海水や塩化物を含むものには不適當な事もある。

(ロ) 假想塩類表示法 ..... 或る假定のもとに夫々陽性の塩基と陰性の酸根を結合さして表示するもので英米等に尋く用ひられ、海水等に對しては吾國にも亦廣く用ひられる。

(ハ) イオン表示法 ..... 水中で塩類は解離するものとして陰陽両イオンの形にして夫々表示するもので、三者中では最も合理的と考へられる。滿鉄等では早くから用ひられて大陸では殆んど之に統一の感があるが、内地では未



假想塩類表示法 (単位 mg/l) 近似値

試料	全硬度	全固形物	CaCl <sub>2</sub> 塩化石灰	CaSO <sub>4</sub> 硫酸石灰	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 重炭酸石灰	Mg(HCO <sub>3</sub> ) 重炭酸苦土	NaNO <sub>3</sub> 硝酸普達	NaCl 塩化普達	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 硫酸普達	NaHCO <sub>3</sub> 重炭酸普達	SiO <sub>2</sub> 珪酸	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 酸化鉄
遼陽硬水	19.6	502.0	83.9	83.7	187.1	132.4	109.7	56.7	—	187.1	12.0	1.4
全軟水	6.4	492.0	—	—	124.1	100.4	109.7	145.1	92.4	54.1	15.0	2.2
全上罐水 (洗滌前)	19.8	3076.0	321.8	64.9	—	—	805.1	1655.9	—	—	3.2	2.0

イオン表示法 (単位 mg/l) 原報

試料	全硬度	全固形物	Ca <sup>++</sup> カルシウムイオン	Mg <sup>++</sup> マグネシウムイオン	Na <sup>+</sup> ナトリウムイオン	Cl <sup>-</sup> 塩素イオン	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> 硫酸イオン	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 硝酸イオン	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 重炭酸イオン	OH <sup>-</sup> 水酸イオン	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 炭酸イオン	SiO <sub>2</sub> 珪酸	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 酸化鉄
遼陽硬水	19.6	502.0	101.0	23.5	52.0	88.0	61.2	80.0	251.3	—	—	12.0	1.4
全軟水	6.4	492.0	30.2	16.7	131.5	88.0	62.5	80.0	241.6	—	—	15.0	2.2
全上罐水 (洗滌前)	19.8	3076.0	135.0	3.9	859.4	1210.0	98.4	587.2	—	.7	21.6	3.2	2.0

だ廣く普及しても居らない現状にある。  
 会上的水を之等三つの表示法によつて比較すると次の如くなる。

無水酸化物表示法 (単位 mg/l 近似値)

試料	全硬度	全固形物	CaO 石灰	MgO 苦土	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 酸化鉄	Na <sub>2</sub> O 普達	SiO <sub>2</sub> 珪酸	Cl 塩素	SO <sub>3</sub> 硫酸	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 硝酸	CO <sub>2</sub> 炭酸	H <sub>2</sub> O 化合物	合計値
遼陽硬水	19.6	502.0	141.5	39.2	1.4	90.6	12.0	8.8	51.0	69.5	181.0	—	満鉄
全軟水	6.4	492.0	42.2	27.8	2.2	229.0	15.0	8.8	52.0	69.5	179.0	—	全上
全上罐水 (洗滌前)	19.8	3076.0	180.0	6.5	2.0	1520.2	3.2	1210.0	82.0	501.4	15.9	.37	全上



#### 第四項 硬 度

水の不純物中礮石の主成分となる事の多い處の石灰と苦土の量を表すに硬度なる単位を用ふ。従つて石灰、苦土の多い水は硬水と云ひ、石灰、苦土の少ない水は軟水と云ふ。(硬水で豆を煮ても豆は硬い事より生じた名稱)

水の硬度を表す単位にも、色々あるが吾國では幸に殆んど獨逸硬度に統一されて居る感があるから、米式や英式は忘れたが良い。

獨逸硬度 / 度とは、水 0.1 l 中の石灰 (CaO) / 疋を云ふ。苦土 (MgO) の量には 1.4 を乗じて石灰に加算する。

硬水は石鹼の泡立を防止する性質を利用して規定石鹼液を用ひて直接硬度を測定する事も出来る。

硬度は一時硬度と永久硬度に分けて考へられる事もあり前者は重炭酸塩によるもので煮沸すると沈澱する性質のもの、後者は煮沸によつて沈澱しない硫酸塩、塩化物等の石灰、苦土化合物であるが、低硬度水では此區別は判然としない場合が多い。一時硬度と永久硬度の合計を全硬度と云ふ。單に硬度と略稱の場合は全硬度である。

## 第二章 汽罐用水の規格及分析例

### 第一項 汽罐給水規格

汽罐用水としての必要條件は汽罐の種類に依つて著しく異なり、汽圧、時、處、等に依つて夫々異なるが共通的には

1. 浮游物、懸濁物、溶解固形物を含有しない軟水たる事。
2. 腐蝕成分(酸類、酸素、炭酸等)を含有しない事。
3. アルカリ脆化作用を起す危険なき事。
4. 沸水、泡立等を起さない事。

バフコツク会社の水管式汽罐の給水規格は

溶解酸素(O <sub>2</sub> )	0.1 cc/l 以下
塩 分(Cl)	5.15 mg/l 以下
アルカリ	8.6 mg/l 以下
固形物全量	出来るだけ低イコト
硬 度	全 上

吾鉄道省の給水判定標準は

等 級	全硬度	永久硬度	礮石成分	泡沫ヲ生ズベキアルカリ塩
最 良	2度以下	—	50 mg/l	—
良	5 "	2度以下	100 "	50 mg/l

以下次頁



第二例 低硬度天然水

NO	試料	所在縣	pH	全固形物	全硬度	珪酸	硫酸	塩素	硝酸	塩素	Mn加り度	鉄	錳	石灰	苛土	分析者
6	豊田製田工場	愛知	6.52	44.0	0.23	22.2	0.0	2.0	2.0	6.0	20	0.84	1.02	上	甲	豊田製田工場
7	朝大社	岡山	-	33.8	0.57	15.0	2.1	3.55	-	-	3.0	5.70	-	上	甲	朝大社
8	岩國川	山口	-	44.0	0.64	7.0	3.4	-	-	-	3.0	6.00	0.30	大田氏	岩國川	岩國川
9	曾木川	岐阜	-	39.0	1.23	11.2	0.5	2.0	15.0	67.0	0.04	7.50	3.40	上	甲	曾木川

分析者 豊田製田工場、朝大社、岩國川、曾木川、大田氏

第三例

上水道水

NO	試料	所在縣	pH	全固形物	全硬度	珪酸	硫酸	塩素	硝酸	塩素	Mn加り度	鉄	錳	石灰	苛土	分析者
10	東泉市	市	-	96.0	2.71	16.00	9.05	6.04	40.2	1.20	18.40	6.23	上	甲	東泉市	
11	川崎市	市	-	60.3	2.41	6.50	4.70	11.30	-	+	14.70	6.70	鐵道省	川崎市	川崎市	
12	名古屋市	市	7.3	50.0	0.90	9.00	4.59	2.50	7.5	0.80	7.85	0.80	上	甲	名古屋市	
13	大阪市	市	-	70.5	1.64	4.20	10.60	-	-	3.00	15.50	0.63	大田氏	大阪市	大阪市	
14	大連市	市	7.1	148.0	5.40	2.60	23.60	46.00	67.0	2.80	36.20	1.120	鐵道省	大連市	大連市	

分析者 東泉市、川崎市、名古屋市、大阪市、大連市

稍良	10 "	3 "	150 "	100 "
稍不良	15 "	5 "	200 "	200 "
不良	20 "	10 "	300 "	200 "
最悪	20 以上	10 以上	300 以上	-

(適要)

1. 游離酸を痕跡又はアンモニアを僅微以上含有する水は不良。
2. 無水硝酸 4 mg/l 以上を含むものは使用禁止。
3. 稍不良以下を使用する場合は、洗濯其他に注意を要す。
4. 最不良は使用せざるを可とす。

第二項 水の分析例 (単位 mg/l)

第一例 蒸溜水、雨水、凝結水

NO	試料	pH	全固形物	塩素	アンモニア	硫酸	有機物	分析者
1	市販蒸溜水	6.5	3.6	痕跡	1.5	-	-	上甲
2	タービン凝結水	6.4	3.3	1.5	-	-	-	全上
3	雨水 (名古屋市外、 昭和11年時)	6.7	3.2	0.4	-	-	-	全上
4	全上 (パリ市)	-	64.41	2.50	0.41	8.0	8.41	Parwell = 依ル
5	全上 (ロンドン市)	-	39.50	6.30	0.50	-	-	全上



第六例 炭酸(石灰、苦土)質の水

NO	試料	全固形物	全硬度	珪酸	硫酸	塩素	MPH	鉄礬土	石灰	苦土	分析者
24	日産 鶴見発電所	360.0	683	20.0	痕跡	146.9	174	5.2	32.70	25.4	鉄道省
25	大地発電所	77.6	188	11.4	0.21	5.0	38	2.2	12.79	4.28	上甲
26	羽黒発電所	58.5	106	16.5	1.89	6.0	25	1.0	7.03	2.54	全上

実際問題としては大凡数の水は硫酸塩、炭酸塩、塩化物、珪酸塩等の混在したものであるが、吾々が日常使用する汽罐用水は一應最密な分析試験に附して其の性格を知つて置かなければならない。

第三章 給水の浄化法

山紫水明な吾國の天然水は概して純良なものが多く、汽罐等には別に精製する事なく給水出来る場合も多いが、汽罐の種類や水質によつては精製を必要とする。

第四例 低硬度-高珪酸質の水

NO	試料	pH	全固形物	全硬度	珪酸	硫酸	塩素	MPH	鉄礬土	石灰	苦土	分析者
15	日産名古屋発電所	8.00	178.0	1.78	82.0	痕跡	16.0	101	7.08	6.40	8.05	上甲
16	全港発電所	8.00	267.0	1.07	71.2	"	30.5	135	7.18	5.66	3.60	全上
17	全大坂発電所	7.70	174.0	1.24	62.8	"	2.2	90	3.00	7.90	3.00	全上
18	愛知電力会社	-	168.2	0.90	99.8	"	6.8	61	4.00	8.40	0.43	全上
19	萩野深井組合	-	99.04	0.69	50.8	.52	4.5	31	1.40	5.00	1.39	全上

此種の水ハ硬度ノミテ判定スレバ良水ニ屬シテモ多量ノ珪酸ノ存在ニ著シク障害ヲ伴フ。吾國ニハ割合ニ多シ

第五例

硫酸石灰の水  
(石膏質)

NO	試料	全固形物	全硬度	珪酸	硫酸	塩素	MPH	鉄礬土	石灰	苦土	分析者
20	製油所	835.0	13.20	41.0	258.0	46.2	-	痕跡	114.00	12.7	全上
21	日産萩野発電所	62.5	0.50	1.80	10.6	8.0	7.2	81	3.51	1.09	全上
22	豊田自織 刈谷工場	214.2	3.08	22.4	95.5	19.0	0	22.0	17.10	9.8	全上
23	庄内川水	90.0	2.23	13.8	14.0	9.5	3.0	1.0	12.65	6.6	全上

上水道水  
其他硫酸  
礬土処理ヲナ  
セル水ハ厚カハ  
石膏質ニナリ  
高圧汽罐ニハ  
特ニ注意ヲ要ス



## 第一節 浮游物、懸濁物、鐵分の除去法

浮游、懸濁物を含む水は所謂濁水であり、濁りの成分は粘土の微粒である事が多く、表面水等では腐蝕質物の微粒の事もある。粗粒は静置すれば沈澱するし濾過も簡単であるが微粒の部分は膠質として分散して居るからそのままでは静置しても濾過しても分離困難である。その場合は硫酸礬土等の凝集剤を加へると膠質は凝集して沈澱又は濾過によつて分離する事が出来る。上水道水はかくして精製したものである。

硫酸礬土は通常原水1吨に對し5~10g。水質によつては30g位迄を何れも水溶液として添加出来るが、之によつて水質は石膏質のものになり、且つpHが下がり種々の悪影響もあるから決して濫用すべきでない。

吾國の地下水には鉄分を重炭酸第一鉄の形に含有して居るものが可なり多い。湧出直後は無色透明であるが空氣に接触すると、酸化せられて水酸化第二鉄となつて沈澱したり諸所へ水垢の障害を来すものがある。此種の水は氣曝して豫め鉄分を酸化せしめ、適量の硫酸礬土を加へて濾過する事が出来る。氣曝は過度に行ふと溶解酸素が増加して腐蝕の問題を伴ふから適度に止むべきである。近來は汽曝する代りに、直流電氣による電解酸化装置も提供せられて居る。

濾過材は通常最下部より粗石 300 m.m. 小石 100 m.m. 粗砂利 70 m.m. 稍々粗砂利 130 m.m. 細砂利 150 m.m. 粗砂 50 m.m.

細砂 500 m.m. 全厚 1300 m.m 位で、上層に濾過膜が出来てから有効になる。緩濾過法では濾過速度は 100 m.m./hr 位であるが近來は之の数十倍の急速濾過装置が諸々に使用せられる様になつた。又濾材も珪砂の代りに特種素焼陶器製が実用に供せられて居る例もある。何れの方法にしても濾過膜は時々洗滌更新を要する。

## 第二節 溶解ガス除去法

深井戸の新鮮な水は炭酸ガスを溶解して含有して居るが通常酸素は含有しないものが多い。一般の地上水は酸素、窒素、炭酸ガスを溶解保有して居り、酸素、炭酸ガスは汽罐中に於て腐蝕作用を呈する。

ガス類が水に溶解する量は温度とガスの分圧に依つて異なり次表が用ひられる。

酸素、窒素、炭酸ガスの水に對する1氣圧に於ける單獨溶解度

温度 °C	酸素 N.c.c/l	窒素 N.c.c/l	炭酸 N.c.c/l
0	48.57	23.34	16.92
5	42.46	20.62	14.03
10	37.54	18.34	11.72
15	33.58	16.55	9.96.3
20	30.34	15.09	8.53.6
25	27.46	13.91	7.32.7



30	25.09	12.90	636.0
35	23.18	11.92	559.1
40	21.54	11.06	492.3
45	19.99	10.32	435.1
50	18.57	9.67	385.1
60	15.89	8.35	
70	12.97	6.91	
80	9.64	5.24	
90	5.49	3.04	
100	0.00	0.00	

空氣の水に對する全壓1氣壓に於ける溶解度

温度	酸素		窒素	
	N.c.c./l	mg/l	N.c.c./l	mg/l
0	10.19	14.56	18.44	23.06
5	8.91	12.73	16.30	20.38
10	7.87	11.25	14.49	18.12
15	7.04	10.06	13.07	16.34
20	6.35	9.08	11.90	14.38
25	5.75	8.21	10.95	13.70
30	5.24	7.48	10.14	12.68
35	4.83	6.90	9.36	11.70
40	4.48	6.40	8.67	10.84
45	4.15	5.93	8.08	10.10
50	3.85	5.50	7.54	9.43

60	3.28	4.68	6.49	8.11
70	2.66	3.80	5.34	6.68
80	1.97	2.87	4.03	5.03
90	1.11	1.59	2.32	2.90
100	0.00	0.00	0.00	0.00

給水中の酸素は鉄材の電解腐蝕に對し減極劑として作用し腐蝕を進行せしめる。1 kgの酸素は約233 kgの鉄材を腐蝕せしめる能力を有する。酸素を含まぬ中性の純水は実用的には鉄材を腐蝕しない。

腐蝕防止の立場からも理想的には給水中の酸素を除去又は消去する事が望ましく、之には次の方法がある。

- (イ) 脱氣器の使用 ..... 給水を加熱して減圧し攪拌する構造になつて居る。所謂テイエレーターを用ふれば酸素は0.1 N.c.c./l以下になし得る。
- (ロ) 給水加熱器の使用 ..... 給水を常圧で豫め加熱すれば温度が高ければ過半の溶存ガスを除去する事が出来る。此加熱が餘熱利用に依つてなされるなれば次式の如き燃料節約% S を期待する事が出来得である。

$$S = \frac{\text{熱水温度} - \text{冷水温度}}{1 \text{ kg蒸氣保有熱量} - \text{冷水温度}} \times 100$$

蒸氣過熱器附の汽罐にあつては給水温度を一定に保たないと過熱蒸氣は一定にならない。給水温度10度の上昇



は過熱蒸気温度約5°の逆に低下を来すものである。

(イ) 化学的方法……還元性の物質例へば各種の有機清罐剤、植物煎汁、亜硫酸曹達、硫酸第一鉄等を加へる。之等の還元剤は自分自身が酸化する事に依つて水中の酸素を消去するもので、酸化生成物による副作用をも考慮すべきである。例へば亜硫酸曹達は酸化せられて硫酸曹達となるもので、溶存酸素 1 mgに對して無水亜硫酸曹達 8 mgを要するから、酸素の多い水に對しては考慮を要す。亜硫酸曹達は常温に於てもアルカリ性に於ても有効であるから満水休罐の際に他のアルカリ剤と共用すれば防錆上有効である。

深井戸の新水は通常酸素を含まぬものであるからなるべく空氣との接觸を避けて給水する事も消極的の腐蝕防止法であり、亦給水ポンプの空氣漏等も嚴に防止すべきである。

### 第三節 溶解塩類除去法

水中に溶解して居る塩類には蒸発に依つて罐石となる成分と、可溶性で罐石にはならないが濃縮して沸水、腐蝕其他の悪影響を及ぼす成分とある。

#### 第一項 罐石の生成と其障害

給水を蒸発しても初めは罐石を生じないが、段々濃縮せられると遂に罐石成分の溶解度に達して飽和し、更に濃縮

を續けると遂に罐石として析出するに至る。一般に温度の上昇に依つて溶解度が減少する硫酸石灰の如きは高熱を受ける傳導面へ附着し易くて危険であり、反對に溶解度の陽性の物質は罐泥となる事が多いと稱せられる。蒸発の激しい特殊な場所へは此原則に反した罐石も附着し、飽和点にて下の濃度に於ても局部的には罐石の生成を見る事がある。罐石の主成分は一般的には硫酸石灰、炭酸石灰、炭酸苦土等であるが、吾國には珪酸又は珪酸化合物を主成分とする罐石が甚だ多い。罐石生成の实例数種を次に掲げる。

#### 第一例 硫酸石灰(石膏)性罐石の例

NO	場所	原水	灼減	珪酸	礬土	酸化鉄	石灰	苦土	硫酸	分析者
1	水管	名古屋水道	.80	1.74	.08	.80	39.25	.23	56.50	上甲
2	不明	河水	18.58	2.52	4.92		32.70	9.08	32.60	Gebhardt =依ル
3	"	全上	14.89	6.20	2.36		35.10	5.15	32.20	"

( No. 1 ハ追熱膨出事故ヲ起シタ )

#### 第二例 珪酸質罐石

NO	場所	原水	灼減	珪酸	礬土	酸化鉄	石灰	苦土	硫酸	分析者
4	烟筒	多珪酸水	5.00	84.36	.42	.40	8.06	1.17	痕跡	上甲
5	"	"	2.20	95.56	-	.40	1.20	.46	"	全上
6	"	"	-	92.50	.16	1.11	3.11	1.48	1.58	全上

( 之等ハ何レモ汽罐ノ過熱膨出事故ヲ起シタ )



第三例 珪酸石灰性罐石

NO	場所	源水	灼減	珪酸	礬土	酸化鉄	石灰	苦土	硫酸	分析者
7	水管	河水	5.09	44.50	1.30	9.20	34.70	3.19	1.10	上甲
8	ドラム	井水	13.83	43.84	1.85	1.59	34.22	3.64	.27	上甲
9	"	"	7.64	47.92	.72	.72	38.92	3.39	痕跡	上甲

第四例 炭酸塩性の罐石

NO	場所	源水	灼減	珪酸	酸化鉄 礬土	石灰	苦土	硫酸	分析者
10	不明	シオン湖	31.94	20.60	10.30	18.80	18.36	1.10	Gebhardt =依ル
11	不明	河水	19.90	4.96	11.80	24.89	10.76	3.22	"

第五例 酸化鉄性罐石

NO	場所	源水	灼減	珪酸	礬土	更酸化鉄	酸化鉄	石灰	苦土	酸化マンガン	酸化亜鉛	硫酸	分析者
12	水管	鑿水	3.40	13.84	.15	12.30	59.20	2.47	.80	.23	3.64	.55	上甲
13	ドラム	"	9.88	20.92	痕跡	2.74	42.64	5.78	8.45	1.21	1.92	.96	全上
14	"	"	8.76	13.32	"	6.90	64.32	.73	.30	3.32	痕跡	.40	全上

第六例 油質の罐石

NO	場所	硫酸石灰	石灰	苦土	酸化鉄	酸化亜鉛	不溶物	油	石鹼ト 油	分析者
15	焼筒下部	2.51	.85	7.33	10.11	6.95	2.55	66.76	2.95	Morrison = 依ル
16	全上部	69.90	-	8.55	3.55	4.50	8.15	.77	4.60	"
17	下部水管	2.93	1.10	5.78	11.04	15.31	8.38	20.23	34.10	"
18	水平面	0.79	1.82	9.62	11.04	16.87	4.30	41.04	14.19	"

泊用鹽ニ生肉セルモノデ著ルシク効果低下セル由

罐石成分として重要な硫酸石灰は温度の上昇によつて  
までは溶解度を増加するが其温度以上に於ては却つて溶解  
度を減少する性質を有し、かゝるものを溶解度ネカメ陽性  
後陰性と稱する。溶解度の陰性な化合物は高受熱部へ析出  
するを以て最も危険である。

硫酸石灰には含水塩と無水塩とあつて、高温度で析出す  
る罐石は無水塩である。其の溶解度は次の如き数値が信ぜ  
られてゐる。

硫酸石灰の水に対する溶解度

2水塩 (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)

温度	mg モル	mg/l (無水塩換算)	硬 度
0	12.92	1760.	53.0
10	14.18	1930.	58.0
20	15.10	2060.	62.0
25	15.37	2090.	63.0
30	15.48	2110.	63.9
35	15.54	2120.	63.9
40	15.53	2120.	63.9
60	14.77	2010.	60.5
80	13.61	1850.	56.0
100	12.40	1690.	51.0



温度	A 塩			B 塩		
	mg 等L	mg/l	硬度	mg 等L	mg/l	硬度
100	6.25	850	25.6	11.88	1620	49.0
125	5.89	530	16.0	6.62	900	27.2
150	2.20	300	9.04	3.78	510	15.5
175	1.10	150	4.55	2.20	300	9.04
200	.59	80	2.42	1.21	160	4.97

炭酸石灰の溶解度は測定者に依つて結果が著しく異なるが之は空気中の炭酸ガスの分圧の影響を受けるからである。分圧の影響を無くして測定した J. Kendall の結果は次の如くである。尚炭酸石灰の結晶形は方解石と霽石とあるが低温度で析出した鐘石は前者の型を、又高温で析出したものは後者の結晶型をなして居るとせられる。

### 炭酸石灰の溶解度

温度	方解石		霽石	
	mg/l	硬度	mg/l	硬度
25	14.3	.80	15.4	.86
50	15.0	.84	16.2	.91
100	17.8	1.00	19.0	1.06

炭酸石灰は純水には溶解度も少く且つ陰性であるが、

遊離炭酸を含む天然水には重炭酸石灰の形にて少量に溶解し一時性硬度の成分をなして居る。此化合物は加熱によつて先づ炭酸の一部を失ひ正塩になると沈澱するか其時受熱面に膠着する事がある。

炭酸苦土の行爲も炭酸石灰に似て居る。

日本の水には珪酸を主成分とする鐘石を生成するものが可なり多い。珪酸の行爲に関しては未開拓で鐘石生成機構に關しても不明な点が多い。珪酸質鐘石は著しい危険性を持つて居る事は事実で中京地方で筆者が觸れた汽鐘膨出事故は大部分珪酸によるもので、厚さ僅々 1~2 mm で既に過熱膨出事故を起す。獨逸の Münzinger 氏は鐘石の熱傳導率を次の如く説明してゐる。

硫酸石灰質のもの	0.7 ~ 0.2	K Cal / m h C°
炭酸石灰質のもの	1.0	" 位
全上著しく多孔性のもの	0.2	"
珪酸質のもの最も危険で	0.2	" 以下
今 甚だしいものは	0.07	"
油の沈澱層	0.1	" 位

之を参考に手近かにある他の物質の熱傳導率と比較すれば

銅	260 ~ 340	K Cal / m h C°
真鍮	70 ~ 100	"
軟鉄、硬鋼	40 ~ 60	"
カーボランダム	4 ~ 6	"



煉瓦	0.35 ~ 0.45	KCal / m h C°
シヤモット (200°C)	0.51	"
マグネシヤ ( " )	1.15	"
珪藻土 (比重 0.3) (100°C)	0.075	"
全 ( " 0.6 ) ( " )	0.11	"
煙道の灰	0.06 ~ 0.1	"
汽罐外側の煤塵	0.08	"

以上の如く罐石の甚だしいものは優良な保温材と全一の傳熱係数を有し、之が附着すると著しい熱効率の低下を来し、且つ一面甚だしい危険にさらされて居る事となるのである。

一般に汽罐に於ける熱の移動は次式で計算出来る。

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{A_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{1}{A_2}}$$

$Q$  = 移動熱量 KCal / m<sup>2</sup> h c

$A_1$  = 氣膜側の熱移動係数 { 條件によつて著しく異なるが或例として 34. KCal / m<sup>2</sup> h c }

$A_2$  = 水膜側の熱移動係数 ( 或例として 400. KCal / m<sup>2</sup> h c )

$d_1$  = 加熱面外側の煤塵の厚さ ( m )

$\lambda_1$  全上 傳導係数 ( 通常 0.08 KCal / m h c 位 )

$d_2$  = 罐石の厚さ ( m )

$\lambda_2$  = 罐石の傳熱係数 ( 前述の表より )

上式にも明かなる如く罐石の厚さ大なる程、又其傳熱係数の小なる程移動熱量は小さくなるものである。

罐石によつて傳熱量が阻害されたための罐壁の温度上昇

は次式によつて求める事が出来る。

$$t = \frac{d_2}{\lambda_2}$$

$t$  = 罐壁の温度と罐水との温度差 C°

$Q$  = 傳熱面 m<sup>2</sup> h に對し移動する熱量 KCal で最も高負荷の場所は 200,000 KCal 位。

$d_2$  = 罐石の厚さ m

$\lambda_2$  = 罐石の傳導率 KCal / m<sup>2</sup> h c

此計算では  $\lambda_2$  が 0.1 KCal / m h c の罐石が 0.1 mm の厚さに附着しても管壁の温度差は 200°C に達し、汽圧 20~30 kg/cm<sup>2</sup> の汽罐にあつては罐壁は 420~430°C となり許容限度に達する事になる。實際問題として罐壁の温度がかくの如く上昇すれば  $Q$  も幾分低下し、 $\lambda_2$  は反對に大きくなり、罐石にも水孔が出来るし、0.1 mm 厚さでは低圧 (20 汽圧以下) 汽罐で事故は起さないと思ふが、鋼材の降伏点は 400°C を越へれば急速に低下するものであるから、引例の状態でも危険である事を心すべきである。

## 第二項 罐石成分の除去法

汽罐は製作技術の進歩と共に益々高圧となり、罐水の問題が一層複雑となりつゝある。給水中の罐石成分は給水前豫の除去する事が最も望ましく、高圧高負荷の汽罐に於ては不可欠の條件である。

如何なる給水処理方法を採用するかは、全く水質と汽罐の種類負荷條件に依つて異なる。現在實用せられてある方法



は、蒸餾法、塩基置換法、各種の外部処理法、各種清浄剤による内部処理法等がある。

### 其一 蒸餾法

通常の発電用汽罐の如く殆んど全量の復水が汽罐に復帰循環するものに於ては給水は其の損失量のみを補給すれば足り其量も通常蒸発量の5~10%である。しかも蒸汽タービンからは適宜な抽汽に依つて廃蒸汽を熱源に用ひ得るから之等の汽罐にありては蒸餾器による餾水を補給するのが常である。又海上に於ける大艦船の補給水も海水を蒸餾した蒸餾水がよい。蒸餾器には単蒸餾、二重効用、三重効用の式があつて三重効用のものは消費熱量は少ないが陸上には餘り用ひられない様である。蒸溜水でも装置と操作方法如何によつては却つて水質は源水より不良になる事もある。傳熱管へ水垢の附着するを防止するため豫め源水中の大部分の硬度成分を除去して蒸溜に附する場合もある。此場合と雖も、蒸餾器内の母液は時々吐水しないとアルカリ塩類等を汽罐に運ぶ事になるものである。蒸餾法は注意して行へば水精製法中最も純水を得べきであるが、1tonの餾水を得るために単蒸餾(一重効用で約0.56tonの蒸汽を、二重効用で0.49tonを、三重効用で0.34tonの各蒸汽を要する。

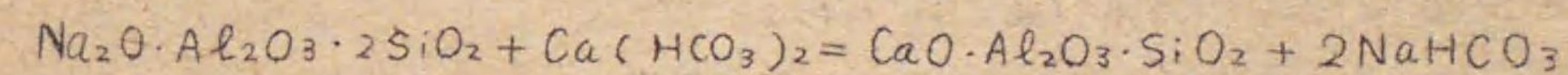
### 其二 塩基置換法(ゼオライト法)

天然に沸石(<sup>ゼオライト</sup>Zeolite)と稱する一郡の鉱物があるが、此礦物は珪酸礬土、曹達、化合水より成つて大凡 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O$ の分子式が當くはまり、此内曹達は石灰や

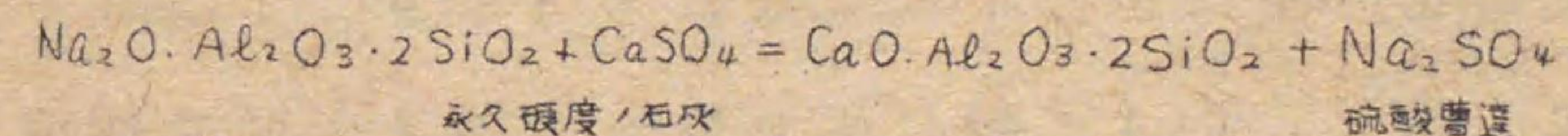
苦土と入れ替り得る性質を持つて居る。又ゼオライトは礬土と曹達灰を熔融して人工的に合成したものである。パーミット(permutit)と云ふ商品名を附したものである。國産の天然品は樺太の<sup>グリーンサド</sup>海緑石を精製したもので緑黒色ゴマ粒大の細砂状、人工品は白色米粒大の粗砂状で各一長一短を持つて居るが除硬原理に変わりはない。

之等の除硬剤で構成せられた濾層へ原水を通すと水中の石灰や苦土はゼオライト中へ化学的に吸収せられ其代りゼオライト中の曹達が水中へ溶出せられるものである。

式で示せば



曹達ゼオライト      一時硬度、石灰      石灰ゼオライト      重曹



永久硬度、石灰      硫酸曹達

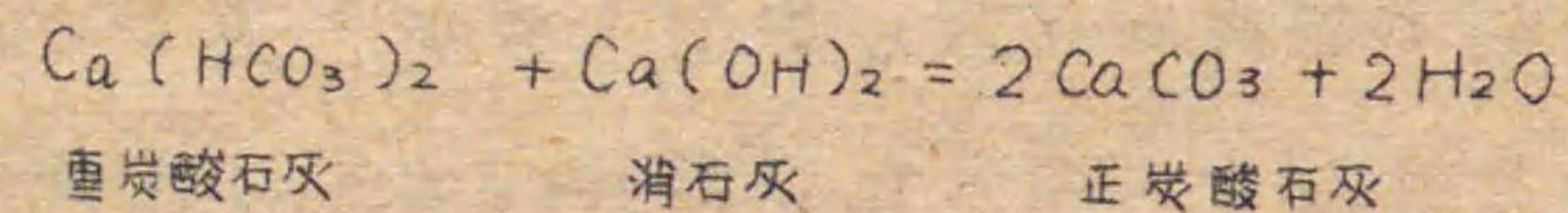
ゼオライトに依る軟水處理によつて硬度成分は0.2~0.25度位にまで除去出来るが、上式の如く代りにアルカリ塩(曹達)を増加するから硬度の著しく高い水には不適當である。使用によつて除々に除硬能力が減退するから其期に至れば通水を停止し、逆方向より5~10%の食塩水か海水を通すと除硬反應の逆に食塩中の曹達と、ゼオライト中の石灰が塩基置換して再び除硬から回復し、かくして半永久的に反覆使用し得るものである。此時の塩分は充分に洗ひ去つてから使用すべきである。



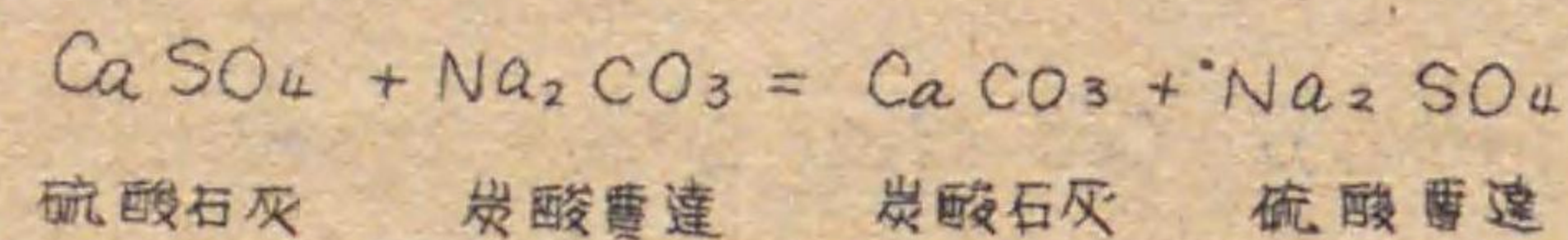
### 其三 曹達石灰法

此方法は硬度の著しく高い水に適するもので欧米各地や大陸には盛んに採用せられて居るが、吾國內地の如く軟水の得易い所には餘り常用せられない。

方法の原理は、一時硬度の石灰苦土を含む水へ消石灰を加へると之等は次式の如く正炭酸塩となつて沈澱し、



永久硬度の石灰へは炭酸曹達を加へると、之亦次の如く正炭酸石灰となつて沈澱するから



之等の沈澱を一挙に濾過すれば軟水を得る事になるのである。實際問題としては炭酸石灰が幾分溶解するので硬度2~3度以下の水を処理すると却つて硬度は高くなる事が稀らしくない。従つて本法は高硬度水に適するものである。本法には冷式と熱式とあつて前者は常温で行ふもので硬度3~4度位にまで除硬可能であり、後者は加温のもとに処理するもので硬度1.5~2度位にまで精製可能である。曹達石灰法は一時硬度の著しく高い水をゼオライト処理する前に豫備的に処理するに適し、此場合珪酸の過半をも除去する事が出来る。

### 其四 其他の外部処理法

其他硫酸石灰を含む水へ炭酸バリウムを加へる方法と、

三磷酸曹達液やアルミン曹達液等を加へる方法等もあるが一般的ではない様である。吾國の水の如く低硬度のものへ之等の薬剤を加へても外部処理を行ふ程に沈澱しないものが多いからであらう。

### 第三項 清 罐 劑

汽罐給水と共に汽罐に注入して、罐石の生成や腐蝕の防止を目的として使用せられる薬剤を清罐劑と稱する。清罐劑には種類極めて多く、水質や汽罐の種類によつては、却つて無効、有害な事もあり賣薬に似た處がある。清罐劑を分類すると、

(1) 有機性清罐劑……澱粉、可溶性澱粉、糊精、葡萄糖、甘藷、馬鈴薯、植物纖維等の炭水化合物……タンニン及合タンニン植物煎汁、甘藷抽出物等。

之等の有機清罐劑は石灰、苦土と水に可溶性塩類を造る性質のものもあり、従つて硬質罐石の生成を防止すると稱せられるが使用後の状況より観察すると脱酸素劑として作用し防錆の結果罐石の肌離れが良くなるもの様である。勿論罐内で何れにも変化し最終物質は多くは明かでないが副作用も考へられ何れの場合にも有効と限つた訳でなく却つて有害な事もある。

(2) 各種アルカリ劑……殆んど全部が曹達塩で、炭酸曹達、苛性曹達、磷酸曹達、珪酸曹達、アルミン酸曹達、硼酸曹達等。



之等の多くは罐水中の石灰、苦土等を軟質の罐泥に変化せしめる性質を持つて居り、加水分解してアルカリ性の反應を呈するから之によつて一方罐水のアルカリ度を上げて防錆しようとの原理によるものである。

(3) 亜硫酸曹達、重クロム酸カリ……之等の某品は防錆の目的に使用せられる事がある。前者は還元剤、後者は元素酸化剤であるが、鉄の表面を不働態となして防錆する性質を利用したもので吾鉄道省には永年機關車に使用せられて居る。

吾國及米國に於て市販せられて居る清罐剤の成分例若干を示せば

第一例 炭酸曹達を主剤とし硼酸曹達、澱粉を配合せるもの

	炭酸曹達	硼酸曹達	澱粉
國産 1	28.6	35.7	8.89
" 2	30.6	20.2	11.0
" 3	33.7	9.4	15.2
" 4	51.1	10.5	10.5
" 5	70.2	4.7	4.5
" 6	29.6	6.2	24.2
" 7	42.4	12.5	7.8

第二例 珪酸曹達を主剤とし炭酸曹達、苛性曹達を配合せるもの

	珪酸曹達	炭酸曹達	苛性曹達
國産 1	33.00	—	6.45
" 2	5.70	55.90	7.60
" 3	15.40	23.00	1.39

第三例 珪酸曹達を主剤とせるもの

	珪酸曹達	可溶遊離珪酸	非タンニン有機物
國産 1	34.0	—	—
" 2	41.5	—	—
米國 3	15.2	10.5	29.
" 4	29.2	11.5	—
" 5	28.5	13.2	9

第四例 炭酸曹達を主剤とせるもの

	炭酸曹達	苛性曹達	タンニン酸	非タンニン有機物
米國 1	35.5	—	9.0	9.0
" 2	13.0	3.3	7.7	8.1
" 3	16.0	—	—	1.0



第五例 磷酸曹達を主剤とするもの

	第三磷酸曹達	炭酸曹達	硼酸曹達	澱粉
國産 1	43	-	-	-
" 2	12.4	32.9	13.9	-
" 3	40.4	2.0	-	12.4
米國 4	38.8	61.2	-	-
" 5	37.4	-	-	1.0?

第五例 有機清罐剤

	不酸化樹脂 性炭化水素	樹脂酸	松精油	非樹脂有機物	炭酸曹達	苛性曹達	タニン酸	非タンニン 有機物
米國 1	38.1	34.6	15.4	10.2	-	-	-	-
" 2	-	-	-	-	5.3	9.0	9.0	46.7

第六例 米國海軍清罐剤

	炭酸曹達	磷酸曹達	タンニン酸	葡萄糖
標準清罐剤	76	10	2	-
米海 技研	64~69	15~20.5	9~10	1.5

清罐剤の處分の特許成分は他にもあるが大體以上の實例の如く、各々特徴はあれ共、之によつて一切を解決し得るものでなく、夫々効果の反面には副作用もあり、清罐剤を過信する事は危険である。世には清罐剤を投與したため却つて障害を来たした實例さへもあり、吐出の如きも清罐剤

を加へた場合はよくすべきであるが其の反對に考へるべきでない。要は水質や汽罐の環境に適合したものを合理的に選択すべきである。

## 第四章 罐材の腐蝕と其防止法

鉄材の腐蝕問題は汽罐界のみでなく人類全体の向題で甚だ複雑である。腐蝕理論は單純酸化説、炭酸説、過酸化水素説、電氣化学説等があり、汽罐の場合のみに限定しても單純でなく種々な條件が綜合して進行するものとする。腐蝕には全体均一に腐蝕せられる均一腐蝕と、腐蝕が一部に集中する局部腐蝕<sup>ピッチング</sup>とあり、後者の方が被害が大であり危険である。

### 第一項 溶存酸素の除去

純水又は蒸気は赤熱状態に於ては鉄と直接作用して鉄を酸化せしめ水素を遊離せしめる能力あるも、汽罐作業の程度では此反應は極めて緩慢で、此ため罐壁が腐蝕せられる事は実用的には無い。否寧ろ此反應によつて出来た磁酸化鉄(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)は一種の保護膜の性質を持つて居る。然るに水中に酸素を溶存して居ると罐壁は著しく酸化腐蝕せられる



ものである。此現象の説明は元来罐壁用鋼材は顯微鏡的に純鉄の部分と、炭化鉄、珪化鉄、硫化鉄、燐化鉄等の混成物とより成り、各部分電溶圧を異にして居るから、罐水に觸れると、罐水を一種の電液とし純鉄を陽性、不純物を陰極とした無数の顯微鏡的大きさの一次電池が構成せられ短絡した局部電流が無数に流れるのである。此時、陽極となつた純鉄の部分は電解腐蝕せられ、陰極となつた不純物の表面からは水素が発生する。此水素がそのままであれば分極作用を起し此度は水素が陽極になつて反對方向への起電力が生じ此處に電圧は平衡して、電流は止まり腐蝕も停止する筈であるが、水中に酸素が溶解して居ると、此酸素は有効な水素を酸化して分極作用を破り所謂減極剤として働くから、罐材の腐蝕は酸素が消費せられるまで進行する事になるのである。事実、酸素又は酸化剤を含まない純水は常温は勿論高温に於ても汽罐圧力の範囲内では鉄材を実用的に腐蝕しないと稱せられる。凝結水、(復水)市水道水等少量の酸素を溶存して居るから脱氣器を活用するか、着しく高圧罐でなければ有機質清罐剤の適量を含む薬剤を用ひると良いと考へられる。例へば芋等を投與(水質に依つては有害な事もある)せる罐は永年腐蝕を免れて居る事實は各所にある。

## 第二項 罐水のpHコントロール(アルカリ調節)

給水中に遊離酸を含む水は稀であるが地方によつて絶無

でもない。かゝる水は、適當なアルカリ剤に依つて遊離酸を中和して給水する事は絶對的に必要である。

酸素を含まぬ純水に鉄は腐蝕しない事を述べたが酸素を含まぬ水と雖も、酸性(pH7以下)の水は鉄の溶解剤であり腐蝕作用を受ける。遊離酸、遊離炭酸、加水分解によつて酸性を呈する塩類例へば塩化苦土、硫酸鉄等を含む水は適當に中和剤を使用して微アルカリ性となすべきである。

鉄材は酸性に於ては著しく抵抗力が弱く、中性に於ても酸素等の作用を受けるが、アルカリ性の水には表面が不働態となつて、少々の酸素等にも浸されなくなるものである。苛性曹達液や燐酸曹達液等に磨いた鉄を浸漬して置けば永久に錆びる事のないのは此ためで、中性塩類にも此作用を持つて居るものもある。此性質を利用して適度のアルカリ性pH 10~11位に保つべく調節する事は汽罐防錆上望ましい事であるが、過度のアルカリ性はアルカリ脆化の肉題や其他種々の副作用を呈するから避くべきである。

天然水には適度のアルカリを含有して居り永年腐蝕肉題を見ない地方もあるが尋くは、人工的にアルカリ清罐剤の添加が望ましい。殊に各地上水道水の如きは精製の途中硫酸礬土を加へて一部のアルカリを消費し、しかも炭酸石灰を硫酸石灰に変化させてあるから、汽罐用水としては、若干のアルカリ添加が望ましい。アルカリ剤としては曹達灰は最も安價であり、第三燐酸曹達等は最も安全であるが、市販清罐剤を適當に選ぶ事も不可ではない。



### 第三項 罐内塗装

塗料によつて鉄材の腐蝕を防止する事は大は艦船、建造物より小は家庭用小器具類に至るまで應用せられ有効な方法である。汽罐内面も適當な塗装によつて腐蝕を防止する事は賢明な方法であり、之に依つて罐石の附着をも輕限出来るものである。

罐内塗料所謂ボイラーペイントは通常ペイントと異つた性能を要求せられる。所要項目は主なるもの次の如く

- (1) 元素罐水は微アルカリ性で高温であるが、之に耐へる事。此点通常のオイルペイントは不可である。
- (2) 常温にも高温にも靱性を有し罐材の膨脹、收縮に耐へる事。
- (3) 罐石との親和力なき事。
- (4) 熱の傳導を防げる事少ない事。
- (5) 蒸気及罐水を汚損しない事。

過去にはコールタールを用いたり、黒鉛を塗附したりしたが現在は可なり優良なものが市販せられて居り、黒鉛等は防蝕上よりも不可である。市販品の中には水性塗料で罐石成分と大同小異のものもあるが此種のをわざわざ塗附ける事は罐石の附着と全じで有害無益に近い。

如何なるボイラーペイントでも傳熱率は鉄材に比して著しく低いから熱面へ徒らに厚層に塗附するは有害であり、又最下列水管等に塗るは危険である。

### 第四項 亞鉛板の功罪並に腐蝕偶

鉄材が單一組織のものでなく顕微鏡的に純鉄の部分と異種の部分と罐水の間に一次電池を構成して無数の局部短絡電流が流れ純鉄の部分が陽極となつて電解腐蝕を受けると云ふ電氣化学的腐蝕説は既に本章第一項に述べた處である。此純鉄よりも一層電氣化学的に陽性の金屬を罐材に接して置けば此度は此金屬を陽性とし罐材を陰局とする電流が生じて罐材は保護せられるものである。金屬の電氣化学的陽性の程度には各順位があり、此順位に列べた表を電圧列の表と云ふ。吾々が日常の作業と關係の深いものを摘記すれば次の如くである。

電圧列の表

元素	符號	電圧(水素=0.12)V
アルミニウム	Al	- 1.27
マンガン	Mn	- 1.00
亜鉛	Zn	- 0.76
クロム	Cr	- 0.60
鉄	Fe	- 0.43
カドミウム	Cd	- 0.40
コバルト	Co	- 0.29
ニッケル	Ni	- 0.22
鉛	Pb	- 0.13
錫	Sn	- 0.14
水素	H <sub>2</sub>	0.00



銅		Cu	+ 0.34
銀		Ag	+ 0.8
水	銀	Hg	+ 0.86
金		Au	+ 1.50

此表で鉄は(-) 0.43Vであり、之より電圧の低い(-) 0.76Vの亜鉛と組合せば、即ち腐蝕偶を構成すれば鉄は腐蝕を免れぬがれて亜鉛が消耗するのである。亜鉛引鉄板製のバケツ等が最後迄鉄が腐蝕せざるに反し錫引鉄板（フリキ石油罐等）は錫（電圧(-) 0.14Vで錫が少し剥げれば鉄は急速に腐蝕する事実等は之に依つて説明出来る。汽罐の腐蝕防止に亜鉛引鉄板に於ける亜鉛の作用を應用したのが亜鉛板による防蝕法であり方法宜しきを得れば有効であるが、方法を誤れば無害なるのみでなく、副作用のため却つて腐蝕を促進する結果となるのである。

次に注意事項を挙げれば

- (1) 電流の分布をなるべく均一にするため亜鉛板は廣い面積を要し、なるべく均等に多數配置する。でないに亜鉛板に遠い部分は保護せられない。
- (2) 亜鉛は純度高い電氣亜鉛を用ふべきで不純亜鉛は亜鉛と不純物の間に局部電流を生じ消耗が激しい。
- (3) 亜鉛は速に消耗するから大なる厚板を用ひる。
- (4) 取付金具の接する箇所は最も消耗し電氣回路が破れ易く罐材との間に電氣回路が成立しなければ無効である。
- (5) 亜鉛の消耗によつて生じた亜鉛板罐石は鉄材に對して

電氣的に陰性で之と鉄材との間に起る電流によつて鉄材は腐蝕せられ、此點逆作用で有害である。

以上の如き注意を要するので實際に有効に使用して居る工場は割合に少なく、現今高圧汽罐等には之が使用を見ない状態にある。

罐材と罐水に銅、眞鍮、砲金、鉛、錫等が接触して居る箇所は前述亜鉛板の作用と反對の現象を起し罐材が腐蝕せられるから注意すべきである。

鑄鉄罐、其他鑄鉄部分等には黒鉛腐蝕を起す事がある。之は元素鑄鉄は黒鉛を3%前後含んで居るが此黒鉛は化学的に抵抗力の強いものであり且つ電氣的に鉄よりも陰性であるから黒鉛の部分のみ残つて鉄の部分が溶出消耗するもので、原型のまま、黒鉛のみ残留するもので外觀も新品と似て居るが変質部は著しく軟質であるから甚だ危険である。

## 第五章 罐材のアルカリ脆化

高圧汽罐の銲接部又は接合部附近に従来原因が明かでない亀裂を生じ、夫れが近年罐水中の遊離アルカリに依る鉄の変質と云ふ事が確かめられ、此現象を鉄のアルカリ脆化と云ふ。之は米國の如く給水處理に曹達石灰法やゼオライト



ト法を採用する事の盛んな處に尋く之等の給水中のアルカリは罐中に分解せられて苛性曹達となり、濃縮せられて危険濃度に達するものである。

パール、ヤストロフ氏等の実験によつて苛性曹達 8.2% の液は鉄を脆化せしめ得ると云ひ、罐水の達し得べき平均アルカリ濃度は此  $\frac{1}{20}$  即ち 4000 mg/l 位であるが銲接部附近の毛細向隙には危険濃度に達する箇所が出來、此處が脆化して亀裂を生ずるに至るものと結論した。

之を防止するには

(1) 罐水のアルカリ濃度調節

天然水中遊離アルカリの多い水並に軟水處理を施した水の遊離アルカリに注意し、アルカリ清罐剤の濫用を壁ける。アルカリ清罐剤中第三燐酸曹達は脆化しないと稱せられる。罐水のアルカリ濃度を一定以上に上げない事、汽罐の種類にも依るが pH 10~11 位以上にならない事、

(2) 硫酸曹達の添加

一定のアルカリに對して、硫酸曹達の一定量を加へると、アルカリ脆化を起さないと云ふ実験上の事實に基き 1926 年米國機械学会では

汽罐圧力	アルカリ(炭酸以フマ <sup>ナ</sup> 類)	硫酸曹達
150 封度以上	1	1
150~250	1	2
250 以上	1	3

を含有すべき事を規定し硫酸曹達が此量に達しない罐

水は硫酸曹達を加へるか、又は硫酸で一部のアルカリを中和する必要がある事を規定した。

吾國の汽罐に於てもアルカリが過度に高くない様に注意すべきは勿論必要であるが、高圧罐でない限り硫酸曹達添加の必要があるか否かに就いては定説に乏しく實際向題としては可なりアルカリ度の高い日産の某高圧汽罐にも未だ此事を聞かない様である。汽罐取扱者として一應は研究し置くべき向題である。

## 第六章 罐水の沸水、泡立、水ヶ立及其防止法

蒸発速度が均整でなく急に突沸を起して罐水を飛躍せしめる事を沸水と稱し水面の著しい動搖が水面計に感ずるのが罐外から見へる。著しい場合は原動機を損ずる事がある。

表面張力の高い罐水即ち石鹼水に似た性質を及びた罐水は水面に於て泡立って泡に起因した罐水の一部を蒸汽に混じ不純蒸汽に依る色々の障害を來す。

蒸発水面の表面積に比して蒸発量の著しく大きい場合、急に負荷の増大した場合、水面が高過ぎる場合等には罐水の飛沫を蒸汽に混ざる争が大きく、之を水ヶ立ちと稱して居る。



以上の現象の結果として

- (1) 蒸気を不純にし、過熱管内へ罐水中の塩類を残留して過熱管を閉塞又は焼損したり。
- (2) 原動機の自動保安弁を閉塞するため此事故より原動機破損の重大事故を起したり。
- (3) タービン翼を汚損して出力を減退せしめたり。
- (4) 飽和蒸気の場合は罐水の損失に起因する熱損失其他を未だ結果を招来する。

之が防止法として、

- (1) 従来罐水中の固形懸濁物が多い時に此現象を起すと云ふ説が多いが実験では之を否定する結果もある。併し一應原因の一つとして考へべきであらう。
- (2) 有機物の多いもの特に石鹼を構成する油脂は不可とする説が多いが反對に或油脂を泡立防止に用ひる事もある。併し有機清罐剤の濫用を避け鹼化性を有する油脂の混入を避けるが安全であらう。
- (3) 罐水のアルカリ度が高いものは此障害を起し易いと稱せられ限界的に區々であるが考慮するが安全である。
- (4) 溶解塩類の多いものは此障害を起し易い。之は大體一致した意見であり、罐水の塩類が濃厚な程蒸気の不純になる程度が大きい事は當然である。此限度に関しては汽罐の種類にも依るが可なり大きな差があり、後章に述べる。
- (5) 其他負荷の急増や水面を過度に高く保つ事を避けるべ

きである。

- (5) 一方蒸気中の水滴を除去する各種のトラップを設け又はドライドラム等を設ける。之は消極的の事故の防止法である。

## 第七章 罐水使用限度と吐出

罐水は使用する間に段々浮遊物や溶解塩類が増加して不純物に依る障害が漸次顯著になるものである。之は蒸餾水を補給する汽罐に於てさへも、復水器の漏入、蒸餾器のキヤリオーバー、罐材の腐蝕等により多くは免れない事實であり、復水が汽罐へ復歸せず汽罐等に於ては着しく不純物の濃度を増加するものでない。

- (1) 罐石の生成も多くは或飽和濃度に達してから罐石として析出するものであり、飽和濃度以下に保てば殆んど析出を免ぬがれるものである。
  - (2) 腐蝕も溶解塩類の多いものの方が一般に大きく
  - (3) 沸水泡立等も濃厚罐水に多く、之による被害も罐水濃度の高いもの程大である。
- 従つて一定濃度の基準を設け、それ以上の濃度に達せない様、吐出に依つて調節する必要がある。



第一項 使用限度（濃縮許容限度）

罐水の使用限度は汽罐の種類や負荷状態や給水の水質、吐水方法等に依つて著しく異なるから一律に規格する事は困難であるが従来の進歩した汽罐は此限度を段々に下げつゝあるやうである。実際問題として、許容濃度を4000 mg/l位で操作して、過熱管に罐石を生じて焼損したり、タービンの弁を汚した水管式汽罐が2000 mg/lに限度を低下してより其事故を軽減し、更に出来る限り1000 mg/l以下に保つ様になつてからは殆んど従来の事故を見なくなつたのみでなく罐石も殆んど附着しない位になつた実例等もある。殊に吾國に多い高珪酸水に對しては罐水濃度に注意しないと重大な事故による被害を伴ふ危険が多い。

清罐剤を使用して居る汽罐は兎角罐水濃度に無頓着で操業する例が多いが清罐材を使用した場合は却つて吐水の頻度増すべきである。

ズルツァー（*Sulzer*）会社の罐水限度は

溶解塩含有量

焔筒罐	22000 mg/l 以下
緩斜罐	5.000 ~ 6.000 "
急斜罐	2.000 ~ 3.000 "

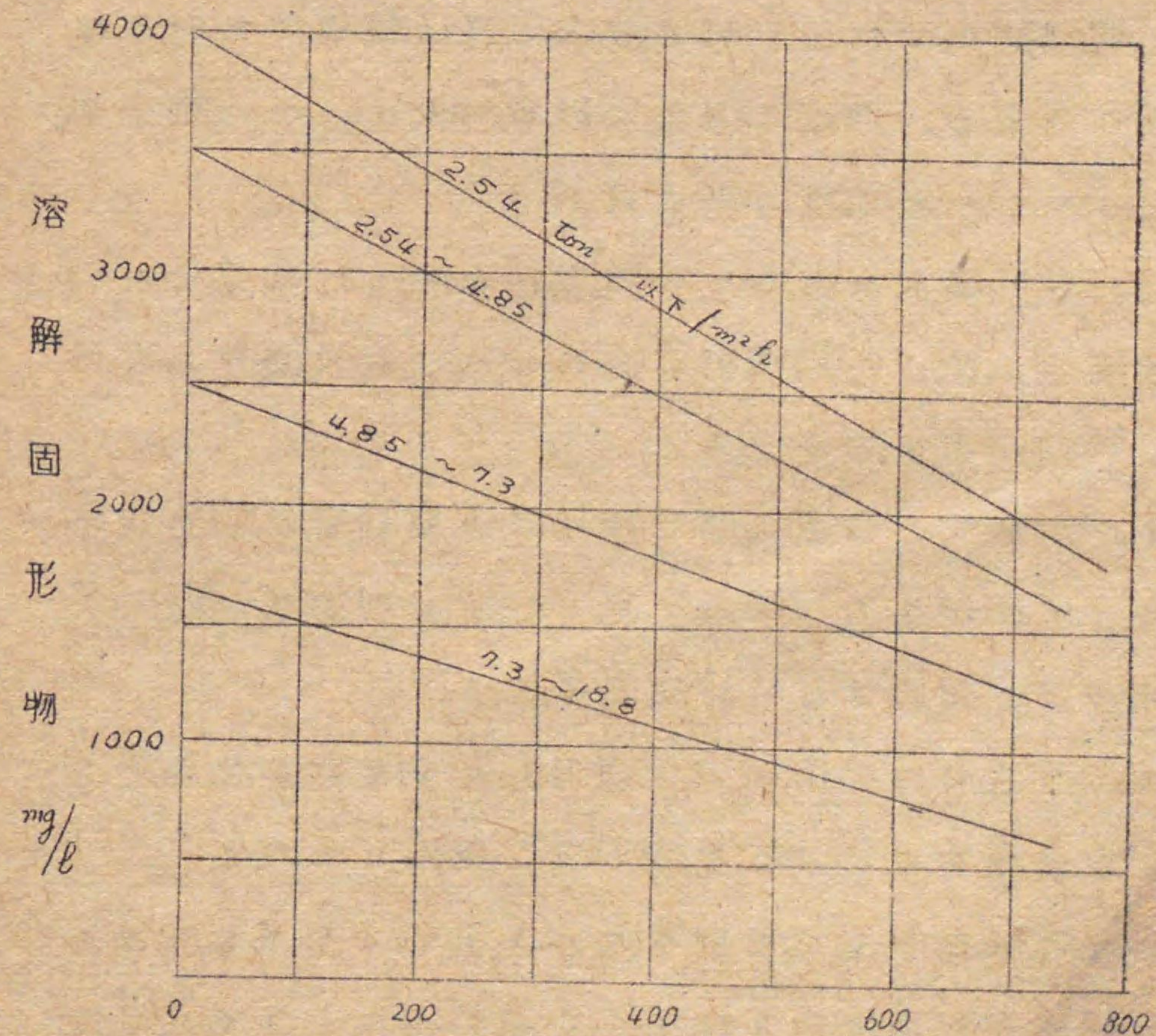
とせられて居るが稍寛大な様である。近代の発電用等の大汽罐にあつては、之より一桁位小さい数字が用ひられて居るものもある。吾國に於ても、無罐石、無腐蝕、無沸水の操業を続けて居る某発電所の罐水は常に全溶解塩類は

100 mg/l 位に保つてある。

次図は日瑞貿易会社が自社発電の連続吐出装置を附けた汽罐の溶解塩類、浮遊固形物、蒸発量、蒸発比と罐水許容濃度の四線であるが参考になり得ると考へられる。

罐水濃縮許容限度線圖

数字ハ蒸発水面 / 平方米 / 時間当り蒸発水量也



懸濁固形物 mg/l



## 第二項 罐水の濃度検知法

罐水の濃縮程度を知るためには適当な箇所より罐水の一部を抜き取り、目的に向つて試験を行ふ。圧力のある罐より直接採取ると爆発的蒸発により誤差も大きく火傷の危険があるから注意を要す。通常吐出管の側管へ蛇管冷却器を付けて取れば最も良いが色々な原因で多くは平均試料でないものである。

罐水的全塩類測定は一定量を蒸発せしめ蒸発残渣を化学天秤で秤量すれば最も正確であるが、時間、手数、設備を要する。現場的には比重を計る方法、又は電導度を計る方法等が用ひられる。何れも温度の影響が大きいので補正するか、なるべく一定温度の下に行ふ。

比重計は特に罐水専用のものが市販せられ、寒暖計付で温度補正目盛の附いた理想的のものもあり、又通常の浮秤を換算して利用する事も出来る。

電導度を測定する装置も特に罐水等の塩分用として携帯式の簡易なものが提供せられて居り、アンペアメーターと電極を組合せて自作する事も出来る。

化学的方法では硝酸銀液を使用して測定容易な塩分を測定し、全塩類を推知する方法も広く應用せられる。

罐水の反応は指示薬の呈色で大体を推知する事も出来るし、酸の標準液と指示薬を使用して滴定法によつて測定する事も出来る。pHを知るには指示薬による方法や、電氣的に計測するpHメーターも各種あり、汽罐室等に適する携

帯用の簡単なものもある。

以上の試験で日常の作業に濃縮程度を検知することは出来るが詳細を知るためには化学者に依頼して化学分析を行ふ。

## 第三項 罐水吐出の時機と方法

使用中の罐水は濃縮して種々の障害を来すから吐出によつて、或限度に保つべきであるが罐水は一定の熱量を持つて居り、夫れを吐出によつて排出すれば一種の熱損失を来す事は當然であり、吐出は一層慎重に行ふ事を要する。

罐水一吨が保有して居る熱量と金額は、汽圧、効率、炭價に依つて異なるが、今簡単に6000 Kcal/kgの石炭を灰捨費まで加算して罐前値枚吨當り30円、汽罐熱効力65%とし、水代は淨水費共枚吨當り20銭とすれば、1吨の罐水が保有して居る熱量及び金額は次の概数となる

汽圧	温度	保有熱量	金額
絶対 kg/cm <sup>2</sup>	C°	Kcal/ton	円/ton
5	151	131,000	.99
10	179.1	159,100	1.32
15	197.4	177,400	1.56
20	211.4	191,400	1.67
25	223.0	203,000	1.76
30	232.9	212,900	1.84
40	249.3	229,300	1.96



以上の如く軽視出来ない熱量と金額になるのである。  
一方吐出量は給水の純度、清浄劑量、許容濃度によつて異なるが次の公式によつて概略決定する事が出来る。

$$\text{吐出量} = \frac{\text{給水量} \times \text{給水中溶解塩類 } \text{mg/l}}{\text{許容濃度 } \text{mg/l} - \text{給水中溶解塩類 } \text{mg/l}}$$

上式の如く給水の純度高い程吐出量は少なく、反対に許容濃度を小さく規格する程吐出量は少くなる。如何なる場合も一定の吐出を行はなければ種々の障害を起すを以つて吐出は殆んど絶対的であるから、此熱損失を軽減する策を講ずべきである。之には給水の純度を高くして吐出量の減少を計る事と、吐出水の保有せる熱量を利用する方法である。後者の目的には熱交換機を設けて吐出水の保有熱量を給水に與へる連続吐出装置もあり、又許容限度を低く取つて吐出熱湯と爆發蒸気<sup>フラッシュ</sup>を利用する方法も考へられる。此利用方法の実施不可能な場合は夜間等休罐の際に吐出すべきである。餘り長い週期で间歇吐出を行ふ事はなるべく避けべきで一旦生成せる罐石は罐水を更新しても溶解除去出来難いものである。

## 結 言

以上簡単ながら汽罐給水並に罐水の取扱に關し概説したが、山紫水明な吾國は水質に恵まれて居る事世界に比を見ない處であるに拘らず、給水罐水に關する各種の事故や障害が絶へないのは、水質が充分理解出来ない結果かと考へられる。

汽罐は年々進歩し給水の水質に關する要求も益々厳にならざるを得ない。又一方大陸に大和民族が進出し各種資源を開発し工業を起すにも、必ず水を制する事を要す。大陸には内地に於けるが如き良水は天然には得られない。今後汽罐用水Sに關しては深く研討を要する問題が続出するであらう。

諸賢の努力に依つてN(三無)即ち無罐石、無腐蝕、無滯水の罐水取扱を実現し、以て聖代に生を享けて産業に従ふ技術者の本分を全うせられん事を切望する次第である。

(終)



昭和 16 年 11 月 20 日 印刷  
昭和 16 年 11 月 25 日 發行

(非 賣 品)

編 輯 兼  
發 行 人

兵庫縣武庫郡瓦木村甲子園口二〇〇  
藤 原 利 市

印 刷 人

大阪市北區東野田町九丁目十六  
ぐろりあ工房

丹 羽 善 次

電話堀川⑤一三九二番

發 行 所

東京市麴町區內幸町一ノ一

商 工 省 燃 料 局



Y994-J9379



\*1200900219480\*



Y994-J9379