

(3) 特性値

- i) 液相温度が非常に低い。
- ii) クーリングタイムがプリントにしては長い。

(4) バッチコスト

- i) 原料の価格が安い為、比較的安い。
- ii) 硼砂を添加する場合、5,000円/ton ガラス以上も高くなっている。

2.3.1.4 ガラス品質

(1) ガラス品質規格

表 3.1.11 に、ガラス品質の規格のTGとの比較を示した。

また、表 3.1.12 に上海玻璃会社の規格を示した。ただし表 3.1.12 は実情に合わない為改訂中とのことである。

実際、当工場で厳密に規格が守られているのはシード、色調、コードだけである。ブリスター、ストーンに関しては上海玻璃会社の規格に従うことになっているが、シングルライナーもないレイヤーの末端で製品を袋詰めするときに選別しているに過ぎず、事実上無検査の状態と言って過言でない。

シード、コードの規格にしても国際的には極めて甘いものであり、品質の改善とそれに伴う規格の変更が必要である。

また色調の規格は当工場の実情 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wt.%は極めて少なく、ユーザーの色調への要求もハイレベルである) から見れば非常に甘いものであり、有名無実の規格と言える。また当工場の大きな特徴である色調の優秀さを維持、管理する為には、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wt.%で表示するのではなく、色調で表示することが必要である。

欧米のガラス品質を目標とする為には、ガラス品質の規格の設定を適切に行い、それを遵守するという態度が必要である。

(2) ガラス品質の管理

当工場でルーチンで実施されているガラス品質の管理について、項目、頻度等を表 3.1.13 に示した。(工程の抜取検査については、ここでは省略した。)

表 3.1.13 から、各項目毎に特徴、問題点を述べる。

① シード

- i) 単位が個/cm<sup>3</sup>で表示されている。これは、製品の外観を示すのには適しているが、ガラス品質そのものを示すのには適していない。シードをフォアハース間や窯間で比較したり、増減を把握する為には個/cm<sup>3</sup>で表示する必要がある。
- ii) 1号窯は2ラインあるがそのうち1ラインしか測定されていない。2ラインとも測定する必要がある。
- iii) 1回につき6 cm<sup>2</sup>の面積しか測定されていない。測定面積を増加し、場所も定めて、測定のパラッキを小さくする必要がある。
- iv) 表 3.1.15 に示した様に、数値が0.5 個/cm<sup>3</sup>きざみに丸められてしまっている。もっと細かく表示する必要がある。

② ブリスター、ストーン

- i) 抜取検査で簡易的に検査されているだけで、発生率の詳しい調査が全く行われていない。
- ii) オンラインによる全数検査も全く行われておらず、品質保証上、極めて大きな問題である。

表 3.1.13 ガラス品質の管理の T G との比較

	当 工 場		T G		
	頻 度	方 法	頻 度	方 法	
シード	1回/交替	窯毎に特定の1ラインの製品(3本以上)の中央の2ヶ所(対向)各1cm×1cmにあるシードを3倍のルーペで数え,その平均値を個/cmで表示する。	作業室 ガラス	1回/交替	資料 3.1.1 参照。
			製品	1回/日	
ブリスター	全く測定されていない。 (抜取検査のみ)		1回/2ヶ月以上	資料 3.1.2 参照。	
ストーン	全く測定されていない。 (抜取検査のみ)		1回/2ヶ月以上	資料 3.1.3, 3.1.4 参照	
色 調	1回/月	上海玻璃公司が行うガラスの組成分析の中のFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%で代用する。	1回/月以上	資料 3.1.5 参照。	
コード	1回/日 (全ライン)	レーヤの中央の製品1本をリングセクションにし,偏光顕微鏡で観察して,コードの強さ,量,位置を総合したエムハートの標準グレード <sup>1)</sup> で表示する。	比重の前日との差が0.0025以上のとき,またはフォアハース間の比重の差が0.0020以上のときに測定する。	資料 3.1.6 参照。	

注 1) 製品の強度への影響の大きさを概念的に表すグレードで,弱い方から A, B, B, …… E, E の 9 段階に分かれており,それぞれについて写真が 1 ~ 7 枚準備されていて,その写真と見比べてグレードを判定する。

コードの測定は '83 年 4 月から始めたばかりで,まだテストの段階である。偏光顕微鏡(中国製)もそれまではなかった。

資料 3.1.1

シード数の数え方

項目	びん，食器 製品のシード数	作業室生地玉のシード数
測定装置	TGシードスコープ(品管用)	TGシードスコープ(窯炉用)
サンプル	1フィーダーあたり 1個	1回につき2個
測定方法	サンプルをシードスコープに載せ 1.5mm以下の泡を肉眼で数える。 (ただし泡か否かの判別がむづかしいものについてはルーペで確認する。)	同 左
測定個数	びん 1本当たり 6ヶ所 食器も原則として6ヶ所	生地玉 1個につき 2ヶ所。
測定位置	型の合わせ目を境にして片側3ヶ所。上段，中段，下段の位置を任意にラセン状にとる。 食器は平坦部を任意に6ヶ所	任意に2ヶ所
測定面積	1ヶ所につき $2 \times 2 \text{ cm}^2$ (ドリンクびんの様な小ものについてはタテ $2 \times \text{ヨコ} 1 \text{ cm}^2$ ) 従って1本当たり $4 \times 6 \text{ cm}^2$ 測定することになる。 (小もの $2 \times 6$ )	1ヶ所につき $2 \times 2 \text{ cm}^2$
肉厚の決め方	型替え後，安定時の製品の平均肉厚を測定しておき，同じ製品の吹製中はその値を継続して使用する。以後，同じ製品で設計や指示重量の変更のない限り同じ値を使えばよい。	
泡数の計算	$\frac{6(4)\text{ヶ所の泡数の合計}}{\text{測定面積} \times \text{平均肉厚 (cm)}} = \text{個} / \text{cm}^3$	

資料 3.1.2

ブリスター発生率調査方法（改定）

項目	内容				
調査頻度	定期検査……2ヶ月に1回（奇数月） トラブル時……随時				
フォアハースの選定	定期検査……落下量の多いフォアハースから2ラインとする。 (1窯当り2ライン)				
サンプリング方法	レアーエンドで約40kg分の製品を連続して抜き取る。				
判定方法	「PEAK Scale Lupe ×10」を使用して、抜き取り検査台上で泡を数える。 但し、対象とする泡は次の通り。 <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>1, 5, 9月………</td> <td rowspan="2">                     { 長径 1.0 mm以上 1.5 mm未満の泡                      長径 1.5 mm以上の泡                 </td> </tr> <tr> <td>3, 7, 11月………</td> <td>長径 1.5 mm以上の泡</td> </tr> </table>	1, 5, 9月………	{ 長径 1.0 mm以上 1.5 mm未満の泡 長径 1.5 mm以上の泡	3, 7, 11月………	長径 1.5 mm以上の泡
1, 5, 9月………	{ 長径 1.0 mm以上 1.5 mm未満の泡 長径 1.5 mm以上の泡				
3, 7, 11月………		長径 1.5 mm以上の泡			
発生率の算出	$\text{個}/40\text{ kg} = \frac{\text{泡数(個)}}{\text{抜き取り重量(kg)}} \times 40$				
記録	BFICS（ガラス品質）に入力する。				
註	(1) P & Bは定期検査の対象外とする。 （P & Bでは、線状の泡となり、発生率が見かけ上増加したり泡と判断しにくいものが多くなるため。） (2) カララントフォアハースは、調査時点で稼動していれば測定する。				

ストーン発生率調査方法(1)

	全ストーン	欠点ストーン
調査頻度	定期調査…2ヶ月に1回。(偶数月) トラブル時…適時	定期調査…全ストーン調査と同時。 トラブル時…適時
フォアハースの選定	定期調査…落下量の多いフォアハースから2ライン。(カララントフォアハースは除く。)	
サンプリング方法	レアーエンドで約40kg分の製品を連続して抜き取り、その中から目に見える全ての白石、黒ブツ(クロマイト等)、失透、グラッシーストーン、異物(金属等)を選び出す。	検品係の通常の目視検査で破棄された白石、黒ブツ(クロマイト等)、失透、グラッシーストーン、異物(金属等)による欠点びんを連続して20本サンプリングする。
判定方法	サンプリングした全てのストーンについて、偏光顕微鏡等により判定し、発生源を推定する。	
発生率の算出	$\frac{\text{ストーン数(個)}}{\text{抜き取り重量(kg)}} \times 40$	$(1) \frac{\text{ストーン数(本)}}{\text{全調査重量(kg)}} \times 40$ <p>(全調査重量(kg) = 単重量(kg/本) × 回転数(本/分) × ストーンによる欠点びんを連続して20本サンプリングするのに要した時間(分))</p> $(2) \% = \frac{\text{ストーン数(本)}}{\text{全調査本数(本)}} \times 100$
記録	BFノート“ストーン発生率調査方法(2)”の記録表に記録する。	



## フリントガラスの色調測定

フリントガラスの色調測定には通常の測定に使われている5mm厚味の試料では十分な測定ができません。

当社では25mm厚味の試料で色調測定をします。

試料は図1に示すような大きな生地玉をとり、レアーで徐冷した後、図2に示すような適当な大きさに成形します。

光が通過する面は両面共に鏡面研磨します。

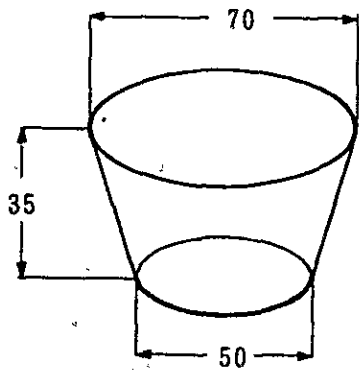


図 1.

注1. 脈理によって測定値が影響を受けるので、脈理面は測定光線に対して垂直になるように注意する。

2. 試料の測定面間の距離。

“試料厚味”は6ヶ所をマイクロメータで測定して、MAX~MIN.の差が0.05 mm以内が望ましい。差が0.05 mm以上あるときは再研磨後、測定をやりなおす。

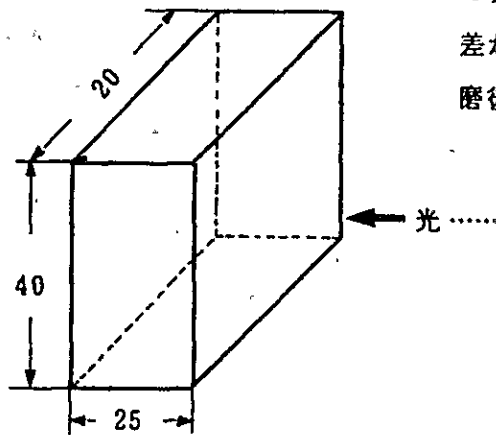


図 2.



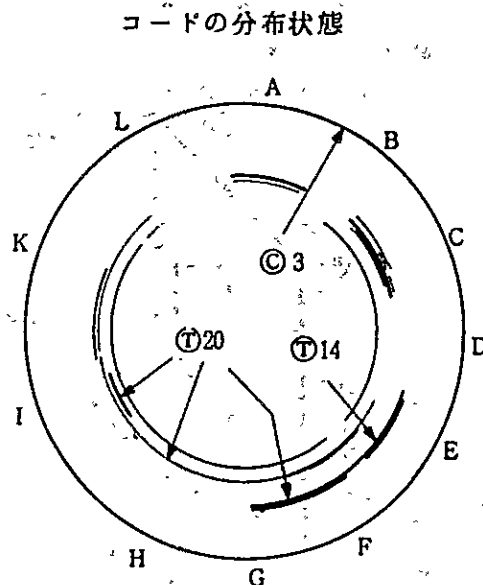
### コードによるヒズミの表示法

コードとはその物理的、化学的性質が周囲のガラスと異なるガラスである。だから、異種ガラスは基礎ガラス内でコードによるヒズミとなって表われる。びん肩より1/2下がりリングセクションを試料とし、ポラリスコープや偏光顕微鏡を用いてヒズミを観察すれば比較的容易にそのガラスの均質度を知ることができる。良いガラスを作るためにはガラスの製造工程の変動や変化を最小限に抑える必要があり、その変動や変化はその程度に応じた異種ガラスの混入率を示すから、コードによるヒズミの強さだけでなく、分布量も知る必要がある。コードの分布状態を数値化するひとつの手段として採用中の方法をここで紹介します。

#### 表 示 法

最大テンション歪 (kg/cm<sup>2</sup>) → 20/3・5・B ← 幅グレード  
 最大コンプレッション歪 (kg/cm<sup>2</sup>) ← 長さグレード

巾グレード	
A	非常に細い
B	1 mm 程度
C	2 mm 以上
長さグレード	
5	円周の1/2以上
4	" 1/2以下1/4未満
3	" 1/3以下1/4未満
2	" 1/4以下1/8未満
1	" 1/8以下



③ 色 調

分光光度計による色調の数値管理が必要である。

④ コード

偏光顕微鏡によりコードを数値で表わし、管理することが必要である。特に当工場はコードが品質上の大きな問題であるので、原因の調査、対策の評価の為には必須事項である。

⑤ 比重、軟化点

これらはガラス品質ではないので表 3.1.13 には記さなかったが、当工場では全く測定されていない。比重は、原料及び調合の異常をチェックする最も簡単で確実な方法であり、コードの原因の調査、対策の評価には欠かせない測定項目であるので、早急に測定を開始すべきである。(中国製の比重計があったが、正確に測れないとのことで全く使用されていなかった。)

(3) ガラス品質

表 3.1.14 に、ガラス品質の実績の国際比較を示した。

ここでまず、当工場のガラス品質の改善の目標とすべき水準は「欧米の水準」であることを明記しておく。それは、TG の水準はあまりにも高く、差が大き過ぎるし、その必要性もない(日本のユーザーの要求は国際的に見た場合、極端に過剰である)からであり、一方東南アジア等の水準は中国の品質改善の本来の目的(中国産の農産物またはその加工品等をびんに詰め支障なく輸出できるようにする)には低過ぎると思われるからである。

この目標の設定を前提として考えた場合、表 3.1.14 から、当工場はまず第一にコードを、第二にシードを改善する必要があることがわかる。次に、各項目について詳細を述べる。

① シード

表 3.1.15 に当工場で測定されたシードのデータを示した。

表 3.1.14 , 3.1.15 からシードについてまとめると、

- i) 1, 2号窯共、非常に多い。TGの1.4個/cmは別にしても、欧米の水準(フリントの場合2個/cm程度と見られる)まで減らす必要がある。
- ii) 日間変動が極めて大きい。(  $\sigma_{n-1} / \bar{x}$  の値は、TGの場合10~20%程度に過ぎないが、当工場の1号窯は29%, 2号窯は64%である。)シードは原料、調合、溶解における種々の要素の結果として現われるものであるので、これらの管理を強化してシードのパラツキを小さくすることが必要である。

表 3.1.14 ガラス品質の実績の国際比較

会社名	色	シード (個/cm <sup>2</sup> )	プリスター (個/40kg)	ストーン (個/40kg)	色 調			コ ー ド ( kg/cm <sup>2</sup> )		
					Y (%)	λd (nm)	Pe (%)	テンション	コンプレッション	
T G	プリント	1.4	2.2	3.0	87.4	573.0	1.2	0	0	
中 当 工 場	1号窯	4.9(4.1)	(61.6)	( 4.0)	91.6	560.8	0.3	59(14)	53(37)	
	2号窯	10.2(3.8)	(29.1)	(10.0)	90.4	551.2	0.1	75( 8)	36(23)	
国	北京二廠	GG	10.6	—	—	省 略			—	29
	青島晶華玻璃	EG	6.1~7.2	—	—	省 略			—	36~87
	広 州	プリント	22~10.7	—	—	—	—	—	—	73~78
	沈 陽	EG	4.7	—	—	省 略			7	51
	杭 州	プリント	0.6~2.2	—	—	87.3~89.8	561.2 ~561.4	0.9~2.9	—	—
	台湾 A 社	プリント	4~10	—	—	—	—	—	—	23
東 南 ア ジ ア 等	シンガポール	プリント	4.1	—	130.8	87.1	569.9	1.6	0	0
	B 社	EG	—	—	11.2	省 略			0	0
	マレーシア C 社	プリント	8.1	127.4	609.9	85.2	563.9	1.5	0	0
	パキスタン D 社	プリント	4.7	—	—	—	—	—	—	—
	ナイジェリア E 社	プリント	1.0	—	—	79.4	516.0	1.9	—	84
欧 米	米国 F 社	プリント	2.1	31.8	14.4	88.4	565.1	1.0	0	0
		EG	2.5	72.5	48.2	省 略			0	0
	西独 G 社	プリント	2.0	—	—	—	—	—	0	0

注1) TGで過去に測定した海外の製品のガラス品質の中で、主にプリントの製品のデータを抜粋して掲げた。

2) 「—」はデータの無いもの。

3) TGの値は、'83年5月の3工場の平均値。

当工場の値は、'83年2月25日の製品をTGで測定したもの。

ただし、( )内の値は次の通り。

シード；1号窯は'83年5月の、2号窯は'83年4月の当工場による測定値の平均値を個/cm<sup>2</sup>に換算したもの。(表3.1.15参照)

プリスター、ストーン；'83年7月25日の製品をTGで測定したもの。

コード；'83年7月23~25日の製品をTGで測定し、その平均値。

4) 中国の他工場の値は、次の日付の製品をTGで測定したもの。

北京二廠；'80年10月7日

沈陽；'82年4月

青島晶華玻璃；'80年10月14日(2~3号窯)

杭州；'83年5月

広州；'80年10月(1~3号窯)

表 3.1.15 シードの日間変動 (当工場による測定値)

日	1 号 窯 ( '83年5月)		2 号 窯 ( '83年4月)	
	生データ (個/cm <sup>2</sup> )	肉厚 (2.5mm)による 換算値 (個/cm <sup>3</sup> )	生データ (個/cm <sup>2</sup> )	肉厚 (3.5mm)による 換算値 (個/cm <sup>3</sup> )
1	1.0	4.0	1.5	4.3
2	1.0	4.0	1.5	4.3
3	1.5	6.0	1.5	4.3
4	1.0	4.0	2.0	5.7
5	1.0	4.0	1.5	4.3
6	1.0	4.0	1.0	2.9
7	1.5	6.0	1.0	2.9
8	1.0	4.0	1.5	4.3
9	1.0	4.0	2.0	5.7
10	0.5	2.0	2.5	7.1
11	0.5	2.0	3.0	8.6
12	1.0	4.0	2.5	7.1
13	1.0	4.0	3.0	8.6
14	1.5	6.0	2.5	7.1
15	1.5	6.0	2.5	7.1
16	1.0	4.0	2.0	5.7
17	1.0	4.0	1.5	4.3
18	1.0	4.0	1.5	4.3
19	1.5	6.0	1.0	2.9
20	1.0	4.0	1.5	4.3
21	1.5	6.0	1.0	2.9
22	1.0	4.0	1.0	2.9
23	1.0	4.0	1.0	2.9
24	0.5	2.0	0.5	1.4
25	0.5	2.0	0.5	1.4
26	1.0	4.0	0.5	1.4
27	1.0	4.0	1.0	2.9
28	0.5	2.0	0.5	1.4
29	1.0	4.0	0.5	1.4
30	1.0	4.0	0.5	1.4
31	1.0	4.0	—	—
$\bar{x}$	1.02	4.06	1.47	3.84
MAX.	1.5	6.0	3.0	8.6
MIN.	0.5	2.0	0.5	1.4
$\sigma_{n-1}$	0.30	1.21	0.76	2.47

注) 当工場の規格 (4.0 個/cm<sup>2</sup> 以下……肉厚 3 mm とした場合, 13.3 個/cm<sup>3</sup> 以下) をオーバーして全数破棄となるケースは年に 2 日間程度 (昔は年に 15 日間程度) とのことである。

② ブリスター

欧米のフリントの水準とはほぼ同じか若干多い程度と考えられる。しかしブリスターは目視や自動検査機によるオンライン全数検査で確実に選別排除することが必須条件である。（当工場だけでなく、中国の製びん工場では一般にオンライン全数検査システムがない。

③ ストーン

表 3.1.16 にストーン発生率の詳細を、また写真 1～5 にストーンの偏光顕微鏡写真を示した。

表 3.1.16 ストーン発生率の詳細

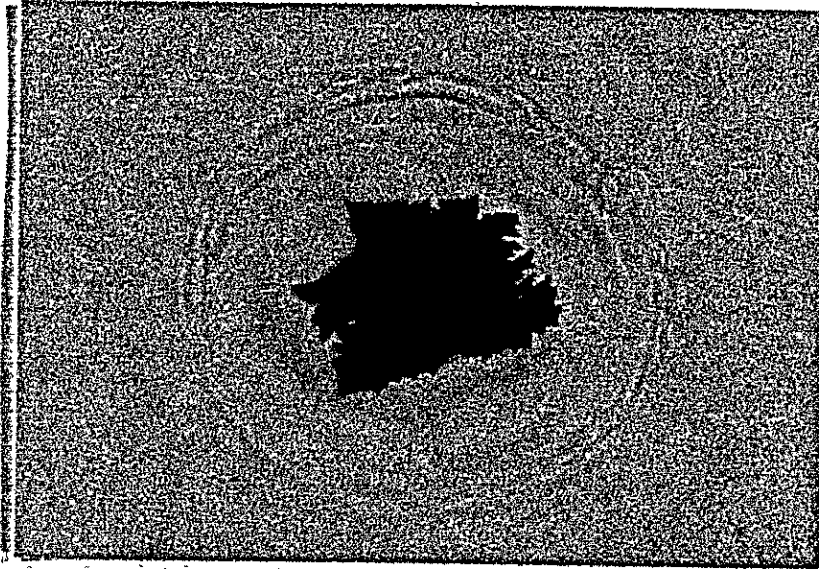
(単位：個/40kg)

種 類	発 生 源		1 号 窯	2 号 窯
2 次 バ デ ラ イ ト	煉 瓦	A Z S 電 鍍	2.0	—
ムライト+2次コラン ダム+ネフェリン		ムライト質焼成	—	2.0
粘 土 質	原 料	粘土質焼成	—	4.0
金 属 (鉄)		金 属 (鉄)	—	4.0
β-ウォラストナイト	失 透		2.0	—
合 計			4.0	10.0

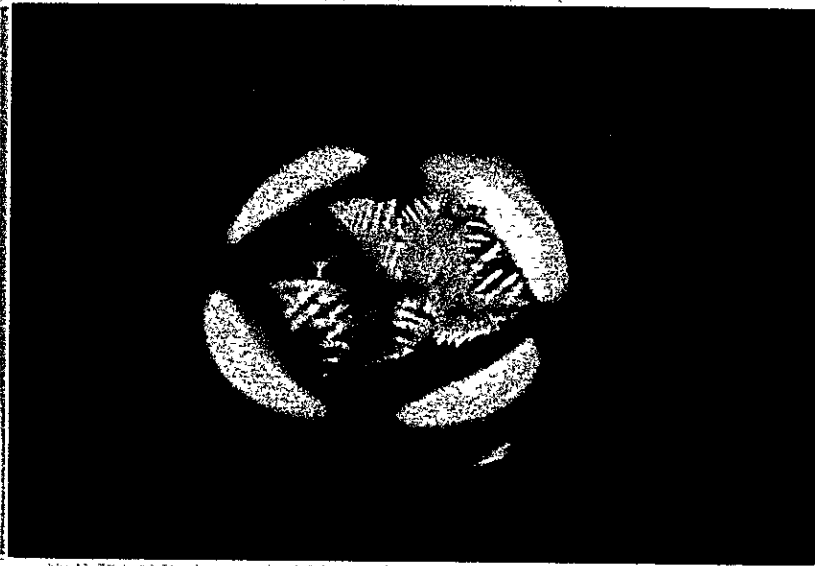
表 3.1.14 , 3.1.16 からストーン発生率についてまとめると、

- i) TGには及ばないが、ほぼ欧米のレベルにある。
- ii) 珪砂その他の原料の未溶解ストーンが発生しておらず、溶解量が増加できる可能性がある。（ただし 2.3.2.1 項で述べるシード対策を確実に行うことが条件である。）
- iii) 金属(鉄)、粘土質のストーンは発生カレットから来ていることは確実であるので、対策が必要である。
- iv) 失透のストーンが発生している。作業室、スパウトの深さ、断熱の増加等、改善が必要な箇所は極めて多い。

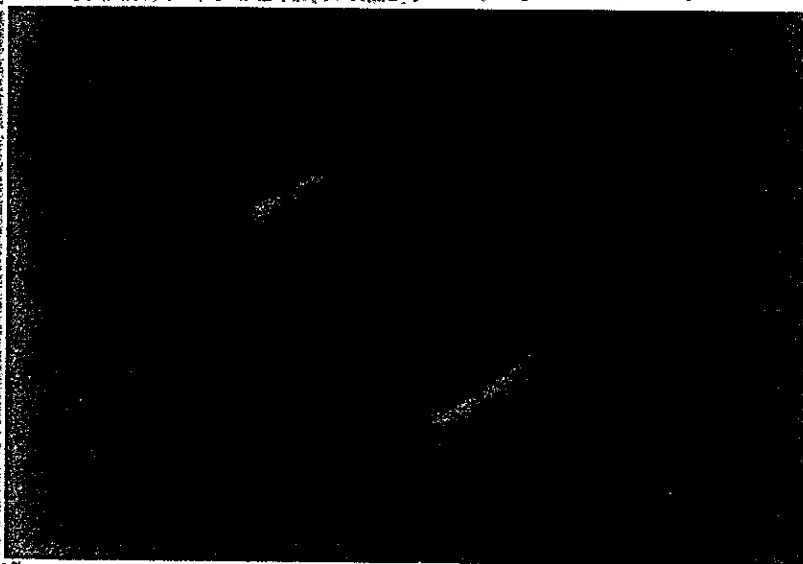
写真1 2次パデライトのストーン(100×, 研磨せず)



オープン

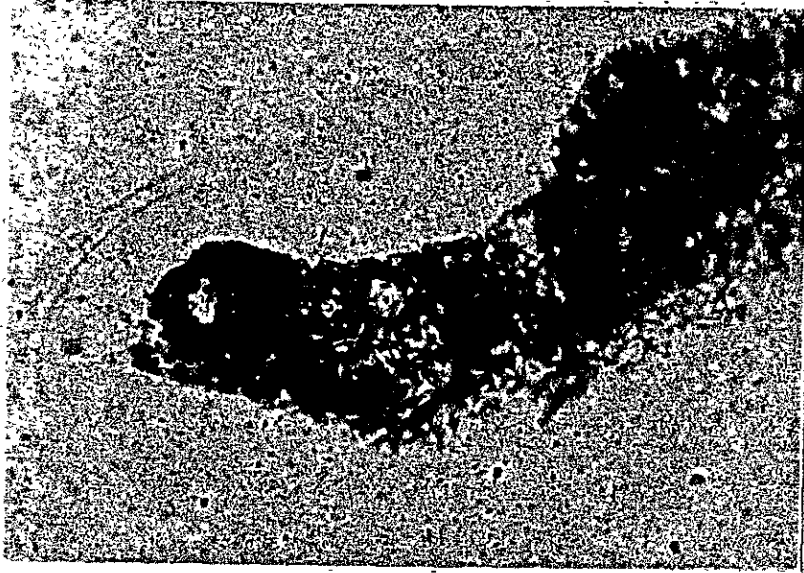


クロス

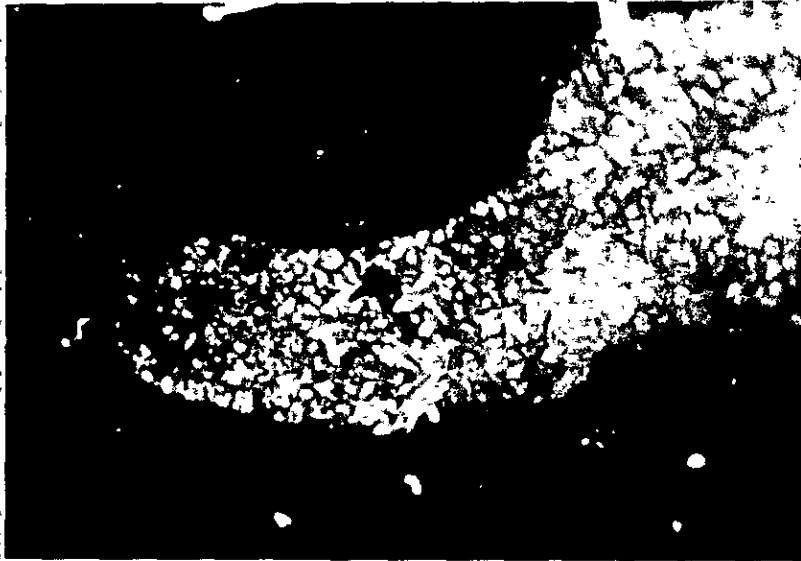


クロス+検板

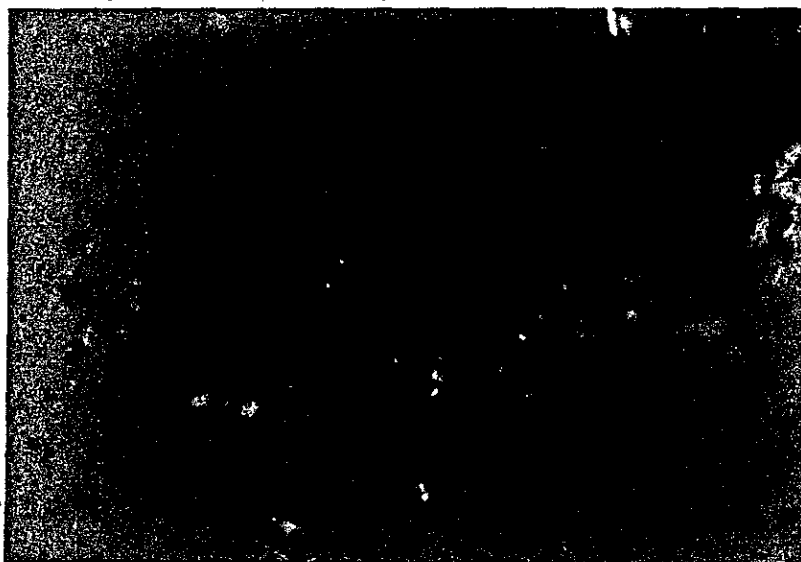
写真2 ムライト+2次コランダム+ネフェリンのストーン(100×)



オープン

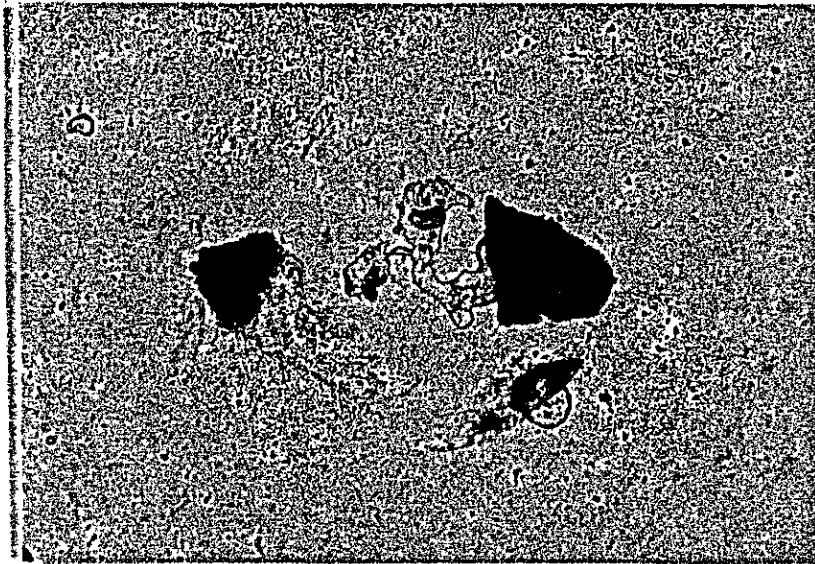


クロス

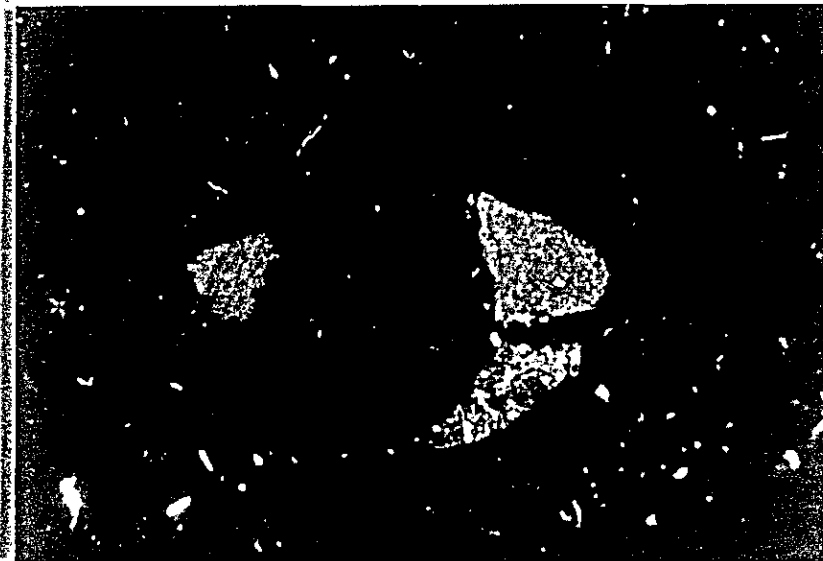


クロス+検板

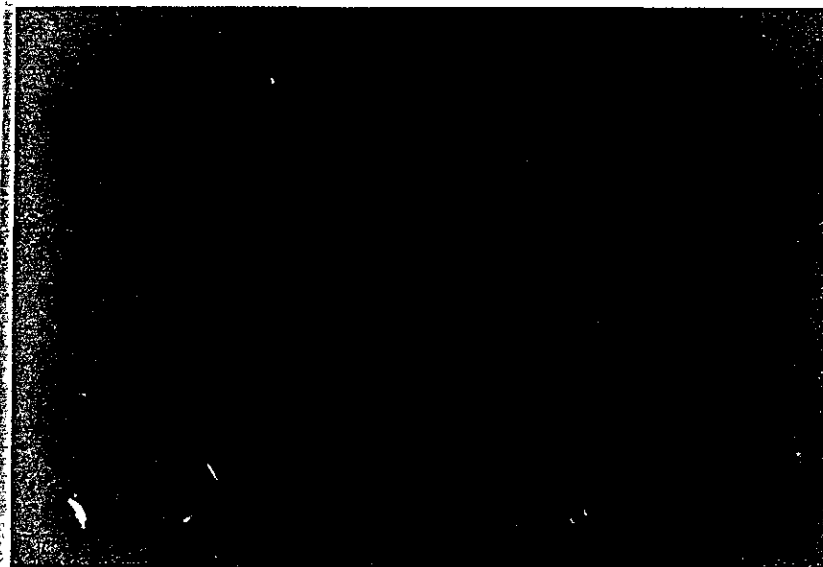
写真3 粘土質煉瓦のストーン(100×)



オープン



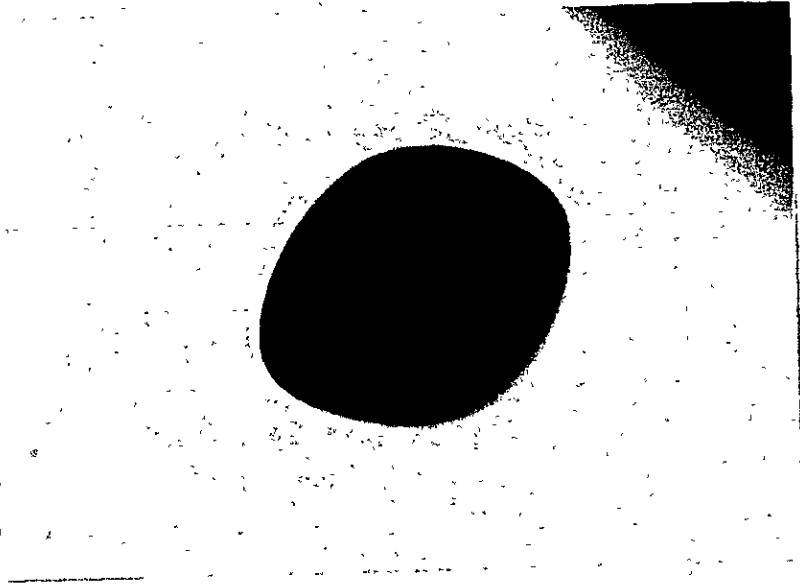
クロス



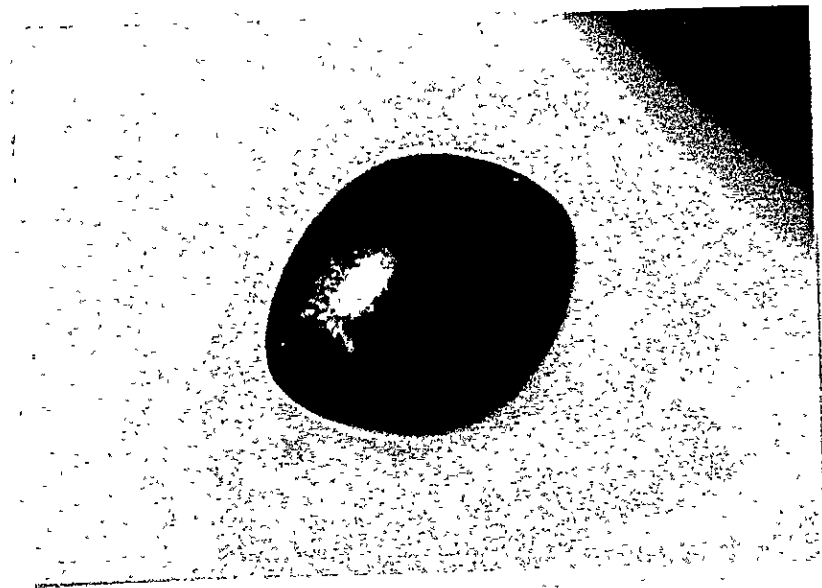
クロス+検板



写真4 金属(鉄)のストーン(研磨せず, 100×)

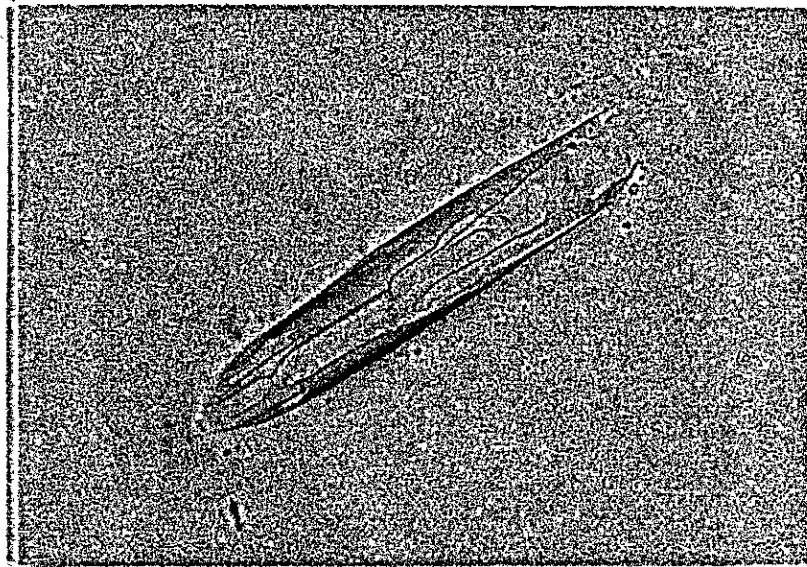


オープン



反射光

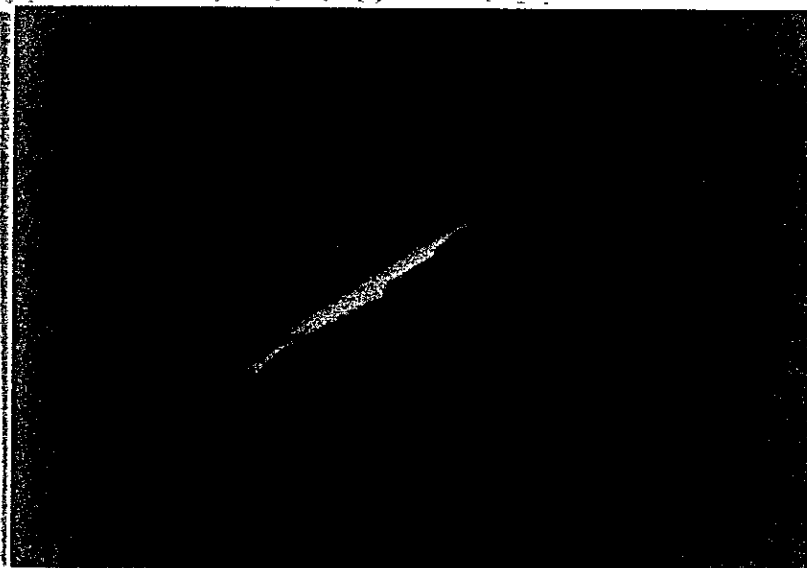
写真5  $\beta$ -ウォラストナイトのストーン(研磨せず, 100 $\times$ )



オープン



クロス



クロス+検板

④ 色 調

表 3 1 1 4 から、色調についてまとめると、

- I) Y (明度) と Pe (刺激純度) に関しては、世界のフリントびんの中でも最高水準にある。(これを維持すべきかどうかは、ユーザーの要求とコストの兼ね合いから、適切に判断する必要がある。)
- II)  $\lambda_d$  (主波長) は世界のフリントびんの平均より小さい、即ち青味に寄っているが、ユーザーの好みを満たしているのであれば勿論問題はない。しかし現地調査の期間中にかなりの日間変動があるのが観察されたので対策が必要である。

⑤ コード

表 3. 1. 1 7 にコードの強度の詳細を、また写真 6 ~ 7 にコードの偏光顕微鏡写真を示した。

表 3 1 1 7 コードの強度の詳細 (単位: Kg/cm<sup>2</sup>)

年 月 日	1 号 窯		2 号 窯	
	テンション	コンプレッション	テンション	コンプレッション
'83 2 25	59	53	75	36
'83 7 23	9	29	7	26
24	19	43	4	22
25	15	39	12	22
平 均	26	41	25	27

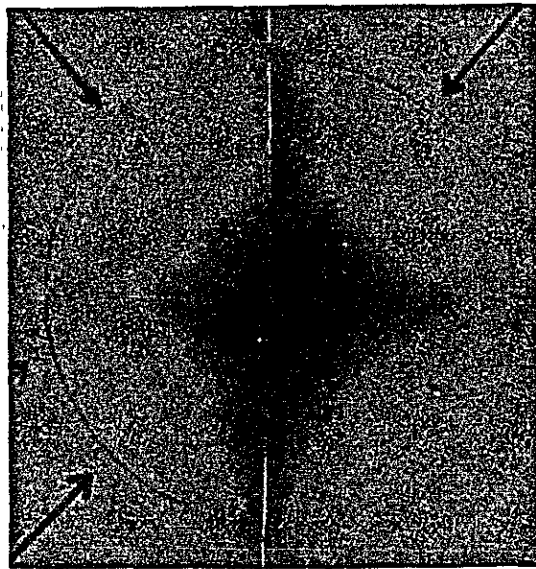
注 1) T G による測定値。

2) 表 3 1 1 3 に示した様に、当工場におけるコードの測定は'83年4月に開始されたばかりであるが、以後3ヶ月間の平均値はクレードBで、クレードCがたまに発生している程度であり、規格外(クレードD以下)になったことはまたないとのことである。

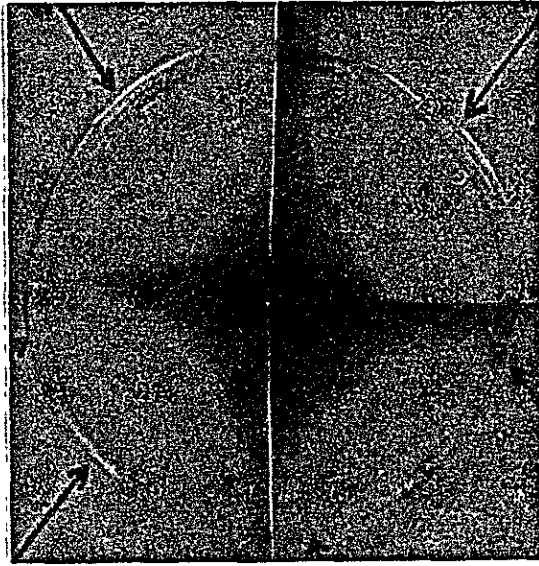
表 3 1. 1 4 , 3 1 1 7 からコードについてまとめると、

- I) 極めて強いコードが発生している。(当工場に限らず、中国の他のどの工場もコードの状態は極めて悪い。) 当工場のガラス品質の中で最も国際水準からかけ離れている点であり、しかも、コードはガラス品質の中で最もびんの基本的性能を損うものであるため、最優先で改善すべきである。T G, 欧米だけでなく、東南アジアのシンカポール B 社, マレーシア C 社でもコードは全く発生していない。
- II) 表 3 1. 1 7 から明らかな様に、コードは一過性に発生しているのではなく、常時発生している。また、例えば1号窯は'83年7月23日から7月24日にかけて明らかに増加している。これらの状況から、コードの発生の原因となる事象が頻繁に、日常的に起こっていることがわかる。

'83年7月23日



'83年7月24日



'83年7月25日

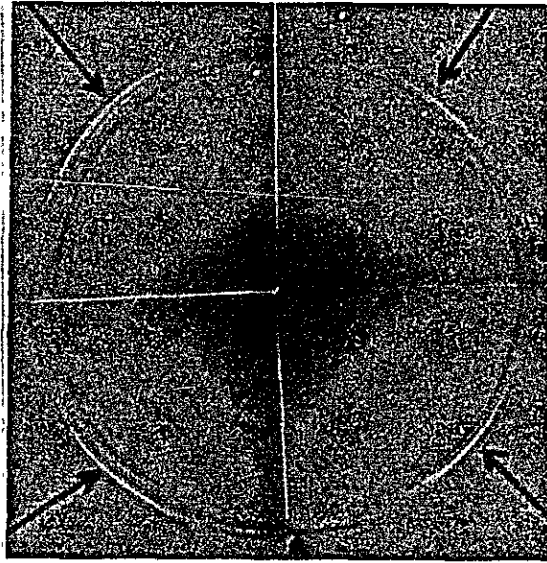
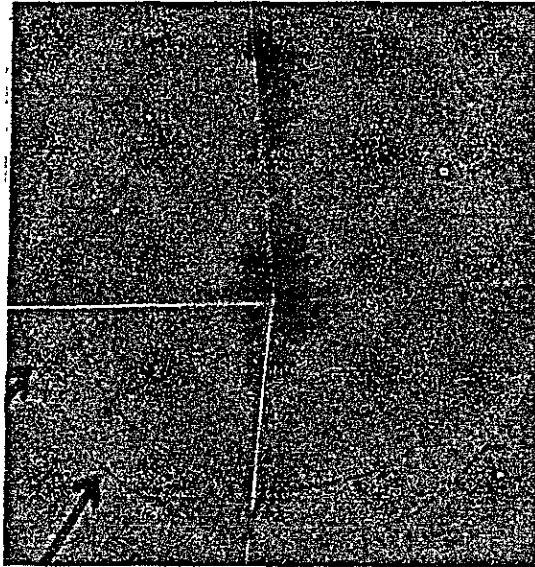


写真7 2号窯のコード

'83年7月23日



'83年7月24日



'83年7月25日



## 2 3 1 5 原料受入及び調合の設備，操作

図 3 1 1 に，原料受入及び調合のフローチャートを示した。

### (1) 原料受入

原料サイロはなく，倉庫に受入れている。荷姿は表 3 1 1 に示したが，表 3 1 1 8 に各原料の入荷頻度と倉庫の容量を示した。

次に特徴及び問題点を述べる。

- I) 珪砂以外は袋詰めであり，運搬機器としては電動チェーンブロック，エレベーター，リヤカー，台車しかないので，倉入，運搬，開袋作業が極めて非効率的であり，作業条件も悪い。
- II) 珪砂の倉庫の間口が狭く，中仕切壁を設置できない為，ロット毎の仕分けができない。ショベルローダーで山積にしているだけである。この為，珪砂の成分，水分の管理が極めて難しい。
- III) ソーダ灰等の 1 袋当りの重量が重く，作業性が悪い。
- IV) 発生カレットのうち，レヤーエンドカレットは簡易ジョークラッシャーで粉碎している。また汚れたホトエンドカレットは温水で洗滌後，使用している。

### (2) 秤量（主原料）

手動式の台貫秤及び台秤を使用している。表 3 1 1 9 に各原料の秤量値と秤量機の容量を示した。

次に特徴及び問題点を述べる。

- I) 秤量値と秤量機の容量が極めてアンバランスである。容量の 1 0 分の 1 程度のところで使用しており，秤量精度上問題である。
- II) 秤量機の精度の検査を全く行っていない。基準分銅さえない。
- III) 珪砂以外は毎回零点を合わせているが，珪砂の場合は風袋（リヤカー）の重量が 100 kg と決めて秤量している。リヤカーの中にいつも数 kg 残った状態であるが，残量が一定でない。
- IV) 秤量作業において，珪砂，長石，石灰石，ソーダ灰は  $\pm 1$  kg 以内の誤差を認めている。また芒硝，硝酸ソーダは  $\pm 0.2$  kg 以内の誤差を認めている。いずれも大き過ぎ，問題である。
- V) カレットは約 30 kg 入りと約 40 kg 入りのカゴに秤量せずに入れているだけである。
- VI) 珪砂以外の秤量は日勤でまとめて行っているが，秤量済みの原料の置場が狭く，また仕切壁がない為，作業性が悪く，ミスも起こりやすい。また員数の確認も行われていない。

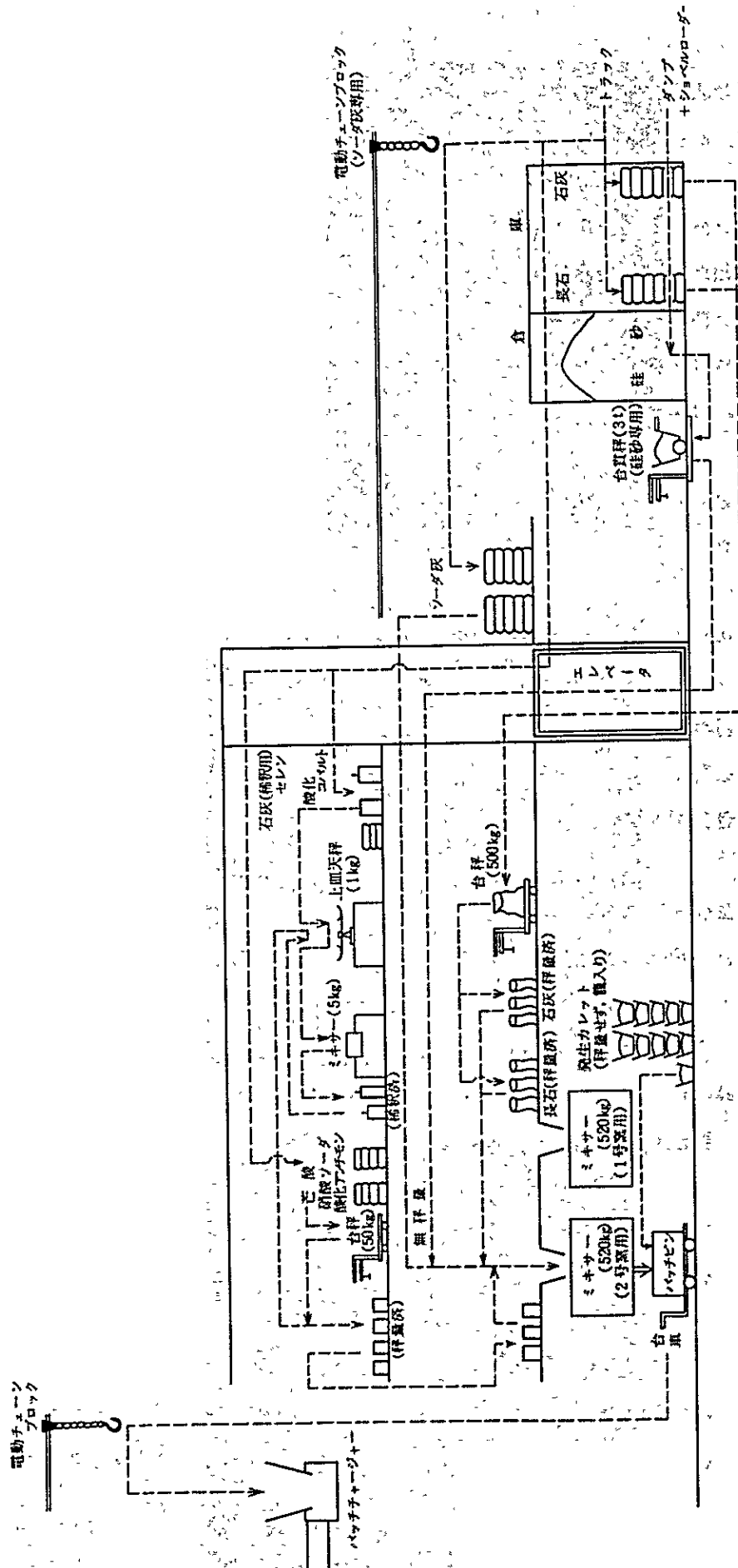


図 3.1.1 原料受入及び調合のフローチャート

表 3.1.18 各原料の入荷頻度と倉庫の容量

銘柄名	入荷頻度	倉庫の容量
珪砂	3日毎	300 t
長石	6日毎	120 t
石灰石	5日毎	120 t
ソーダ灰	3日毎	100 t
芒硝	15日毎	16 t
硝酸ソーダ	15日毎	20 t
酸化アンチモン	15～30日毎	4 t
セレン	2ヶ月毎	—
酸化コバルト	4～6ヶ月毎	—

表 3.1.19 各原料の秤量値と秤量機の容量

銘柄名	秤量値		秤量機容量
	原料	風袋	
珪砂	280～300 kg	約100 kg (リヤカー)	3 t
長石	65～72 kg	0.2 kg (袋)	500 kg
石灰石	72 kg	0.2 kg (袋)	
ソーダ灰	80 kg (80 kg入りの袋の為、秤量しない)		
芒硝	2.32 kg		50 kg
硝酸ソーダ	3.92 kg		
酸化アンチモン	0.80 kg		
セレン	(1.20 kg)		1 kg
$\frac{1}{10}$ 酸化コバルト	(0.60 kg)		
稀釈用石灰石	(3.2 kg)		

注1) ( )内は予備混合時の秤量値。



## (2) 秤量(副原料)

消色剤は上皿天秤でセレン 1.2 kg, コバルド(石灰石で10分の1に稀釈したもの)0.60 kg, 稀釈用石灰石 3.2 kgを秤量し, 合計5 kgをボールミルミキサーで混合している。(混合は38 rpmで4時間)。芒硝, 硝酸ソーダ, 酸化アンチモンは台秤で秤量している。

次に特徴及び問題点を述べる。

- i) 消色剤の石灰石による稀釈率が低い。
- ii) 消色剤の混合時間が不必要に長い。
- iii) 芒硝, 硝酸ソーダ, 酸化アンチモンの予備混合を行っておらず, 秤量後直接ミキサーに投入している。

## (3) 混合

上海玻璃公司製のミキサーを使用している。このミキサーは大きなブレード2枚と固化物粉碎用のローラ2個がついているものであり, 上海の玻璃廠の80%で使用されているとのことである。

ミキシング時間は5分間で, タイマーはなく, 時計で計って, 手動で止めている。

また, 硅砂水分が非常に少ないとき(年に1~2回程度)は, ミキサーに水を入れて, バッチ水分を調整している。

平常時のバッチ水分は硅砂, 長石の水分が多い為約6~7%で, 最良と言われる3~4%よりかなり多く溶解原単位を悪くしている。

表 3.1.20 に, アルカリ導電法によるバッチの均質度の測定データを示した。

## (4) バッチ投入

ミキサーからはバッチピンで受けて, 電動チェーンブロックでバッチチャージャーホッパーに投入している。

バッチチャージャーは当工場で設計, 製作したもので, 巾600 mmのブランケット式である。

## (5) 人員構成

表 3.1.21 に原料受入, 調合の人員構成を示した。

表 3.1.21 より, 1窯当たりのマンアワーは, TG川崎工場(4窯, 全自動設備)の約1.4倍, 溶解量1t当たりでは実に約6.3倍になっていることがわかる。

## (6) 調合比変更

調合比変更の実績や方法について, 特徴及び問題点を述べる。

### ① 主原料の調合比変更

- i) ガラス組成は'80年からずっと変えていない。'80年以前は $Al_2O_3$ が多くCaOが少ない組成であったが, 品質向上の目的で現在のガラス組成にしたとのことである。

表 3.1.20 バッチの均質度の測定データ

月	日	班	1 号 窯	2 号 窯
4	12	中 夜 早	97.67	96.59
			97.83	95.56
			97.73	96.59
	13	中 夜 早	97.87	95.83
			96.00	96.36
			95.74	91.30
	14	中 夜 早	95.65	93.00
			95.56	95.56
			88.04	96.77
	15	中 夜 早	93.62	94.62
			96.63	94.12
			97.87	95.65
$\bar{x}$			95.85	95.16
MAX.			97.87	96.77
MIN.			88.04	91.30
$\sigma_{n-1}$			2.791	1.653

注 1) 各交替 1 回測定している。

2) 測定方法は次の通り。

- ① ミキサーから排出時に 3ヶ所から 5 g ずつサンプリングし、容器に水道水とともに入れ、2～3 分間攪拌する。
- ② 導電率計で電流を測定する。
- ③ 3ヶ所のサンプルのうち、電流の最大のもの  $A_{max}$  と最小のもの  $A_{min}$  の比  $A_{min}/A_{max}$  を求め、% で表示する。

表 3.1.21 原料受入、調合の人員構成

作業内容と人員	当 工 場 ( 2 窯 )				TG川崎工場(4窯)の例
	作 業 内 容	人 員	小 計	計	約 6 人
三 交 替	硅砂を運搬、秤量する。	2人×4	24人	41人	
	日動で秤量済みの原料と硅砂をミキサーに投入する。	2人×4			
	バッチをバッチビンに入れ、窯下まで運搬する。	2人×4			
日 動	硅砂と副原料以外の原料を運搬し、秤量する。	14人	17人		
	副原料の調合、原料の水分、粒度の測定、調合比管理	3人			
マンアワー	123人・時間/窯・日 , 4.0人・時間/溶解量 1t				9人・時間/窯・日, 0.064人・時間/溶解量 1t

注 1) 三交替の人員は、4 組合計のもの。

2) 日動の人員は、交代要員を含む。(日曜、祭日も日動は出勤)

3) マンアワーの算出には次の値を使用した。

- i) 1 人 1 日当たりの拘束時間は  $24/4 = 6$  時間。
- ii) 当工場の溶解量は、1, 2 号窯合計で  $62.08 \text{ t/d}$  ('82 年の実績)。
- iii) TG川崎工場の溶解量は、4 窯合計で  $560 \text{ t/d}$ 。

ii) 原料の成分変動を補正する為の調合比変更はしばしば行っている。

② 消色剤の添加率変更

i) 色調の標準見本びんはない。製品を2～3日保存しておき、目視でそれと比較して判断している。分光光度計による測定値で管理する必要がある。

ii) フリントの色調変動の要因については、定性的ではあるが非常によく理解している。

iii) セレンと酸化コバルトの比は1年に2～3回しか変えない。この比は1号窯と2号窯で同じである。通常は消色剤の全体量を変えて調整しており、調整頻度は2～5回/月・窯である。バッチコストの削減の為に、調整は全体量の変更によってではなく、セレンと酸化コバルトの添加率を別個に変更することにより行うべきである。(ガラス中の $Fe_2O_3$  wt%の変動だけで色調が変動しているのであれば全体量の変更による調整でかまわない。しかし、現地調査期間中の観察では、溶解室燃焼雰囲気とレヤーの温度の変動による色調の変動が非常に大きいと見た。)

③ 硼砂の添加による変更(2号窯)

現在、2号窯で哺乳びんを吹製するときは硼砂を添加している。その場合、図3.1.2の様な方法で調合変更を行っている。これは担当者の誤解によるものであり、コードの発生を避ける為に段階的に硼砂を増加する必要があるならば、これと全く同じ理由で硼砂を減少するときも段階的に減少する必要がある。

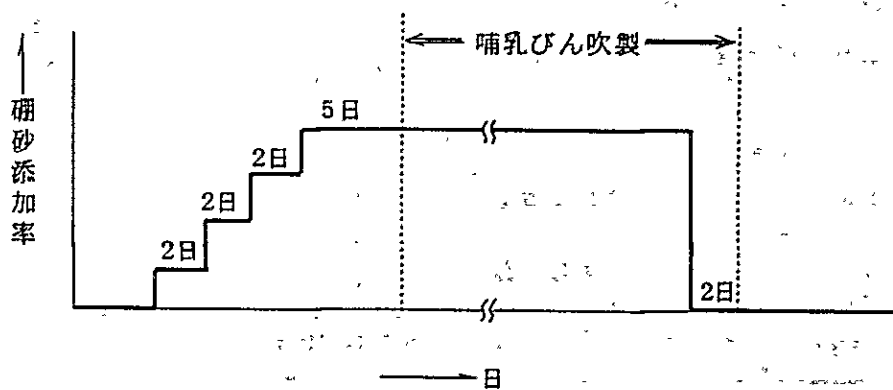


図 3.1.2 硼砂を添加する場合の現状の調合比変更方法

## (7) その他

### ① 原料，バッチの汚染に対する意識

窯炉担当者が、油を拭き取ったウエスや、床を掃いて集めたものをバッチチャージャー上のバッチの上に捨てている。これは一例であるが、原料，バッチの汚染に対する意識が非常に低いと考えられる。可燃物の還元作用による部分着色や発泡，それにストーン等の原因にならないとも限らないので，従業員全員の意識から変える必要がある。びんは食品を包装する為の容器であるので，食品を製造する工場と同様の意識を持って然るべきである。

### ② 技術教育，技術交流

原料，調合関係の技術教育は，工場内外ともに全く行われていない。技術交流は，上海玻璃公司主催のものが年に1～2回ある程度で，他公司等との交流は全くない。

## 2.3.2 改善案

当工場の原料調合関係の改善案を，各項目別に具体的に述べる。

### 2.3.2.1 ガラス品質の改善

2.3.1.4項で指摘した様に，当工場は欧米の品質水準を目標に設定するのが最も妥当であるが，当工場のガラス品質で欧米の水準と比較して最も劣っているのはコードとシードである。ここではコードとシードの具体的な対策を中心に述べる。

#### (1) コードの改善

2.3.1.4項で指摘した様に，当工場のコードは一過性のものではなく，常時発生していることから考えると，原因は，ミスバッチが頻繁に炉内に投入されているか，原料の成分（水分補正を含む）が周期的に大きく変動しているかのいずれかであることは明白である。ミキシング不良が原因の可能性もあるが，ルーチンで測定されているバッチの導電率のデータを見る限りその可能性は小さい。また，バッチのセグリゲーションが原因である可能性も，ウェットバッチであること，バッチピンによる搬送であること及びブランケットタイプのバッチチャージャーであることから極めて小さい。後の2つの可能性については比重の変化を見れば容易に判断できるので，是非確認しておくべきである。（コードの強度と比重の変化が一致すれば前の2つのいずれかが原因であり，比重の変化がなければ後の2つのいずれかが原因である。）

いずれにしても，コードの原因は，当工場の様に常時コードが発生している場合は，計画的な実験を行うことにより必ず発見できる。これまで原因が不明確であったのはそれをしなかったからである。

実験の方法は簡単である。即ち特性要因図の要因をひとつずつ消去して行けば良い。た

だし、計画－実施－測定－評価のサイクルを各要因毎に確実に実行する必要がある。

例えば、珪砂または長石の水分変動（水分補正の不適當）という要因なら、乾燥した珪砂、長石を一定期間使用するだけで十分に結果が現れる。長石等の成分変動なら、一定期間使用する分の長石等を一度にショベルローダ等で完全にブレンドして使用してみる等の方法がある。また、秤量精度なら、一定期間秤量機の精度を厳密にチェックし、また秤量誤差を極めて小さく押えこんでみればよい。

いずれにしても、常時発生しているコードの場合は、一過性のものと違い、原因の確認は極めて簡単である。あとはその対策を講ずれば問題は完全に解決する。しかし、それを維持する為には、原料、調合の管理を徹底する必要がある。（2.3.2.4項参照）

資料3.2.1～3.2.4に、コード関連の基礎的な事柄を示した。資料3.2.1は、コード発生の理論的根拠、コードの強さから組成変化を推定する方法及び組成変化からコードの強さを推定する方法について具体的な数値で示してあり、コード対策には不可欠な資料である。また、資料3.2.2は、主原料の秤量値の変化から比重の変化を推定したり、その逆を行うときに使用する。これを組成の変化に置き換え、更に熱膨張係数に置き換えれば、比重の変化とコードの強さの関係が求まる。また、資料3.2.3及び3.2.4は、ミスバッチが発生したときに起こる現象とその処置方法について詳細に述べている。

## (2) シードの改善

### ① 還元清澄

フロントでは芒硝とコークスによる還元清澄が最も広く行われており、当工場でも是非とも採用するべきである。

具体的には、コークスを添加することにより、バッチのレドックスナンバーを現状の $22.0 + \alpha$ （ $\alpha$ は酸化アンチモン）から $+5 \sim 12$ に下げる方法である。（バッチのレドックスナンバーの計算方法は資料3.2.5に示した。）

ただし、次の注意事項は確実に守る必要がある。

- i) 資料3.2.5の各原料の係数は代表的な数字に過ぎない。例えば、コークスは粒度により大きく変わる。予め当工場で使用する原料（特にコークス）の係数を確認しておく、これによりコークス等の添加率を決定すること。
- ii) ガラスのレドックスナンバーはバッチのレドックスナンバーだけでなく、雰囲気、温度等で変わるので、注意が必要である。（資料3.2.6参照）。
- iii) コークスの添加を開始する前に硝酸ソーダと酸化アンチモンの使用を中止し、また芒硝の添加率を1.0/珪砂100に増加しておくこと。
- iv) 調合変更は段階的に行うこと（資料3.2.7参照）。また、バッチのレドックスナンバーの変更速度は2～12時間を限度とすること。

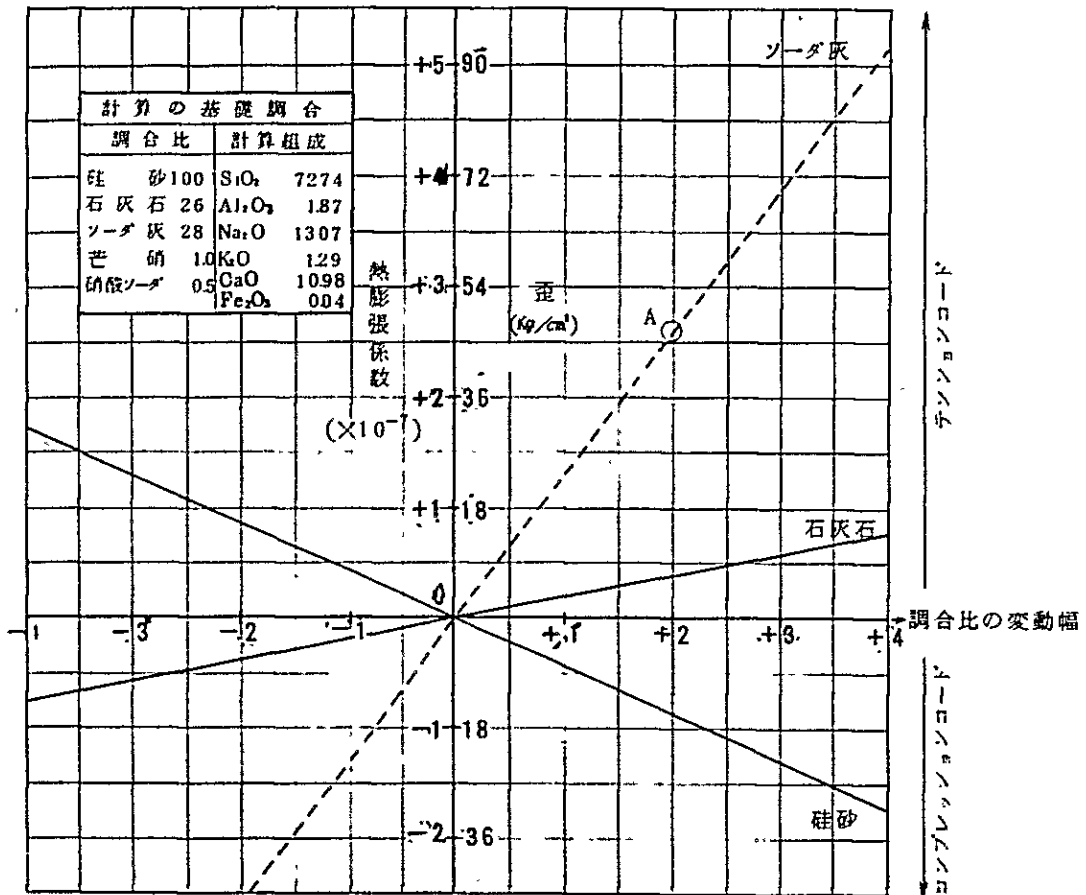
資料 3.2.1

主原料単味変動と熱膨張係数の変化

調合ミス等により主原料の調合比が変動した場合に、元の調合に対してその調合によるガラスの熱膨張係数がどれ位変化するかを計算しました。

例えば下表の基礎調合に対し、ソーダ灰が 28 → 30 になると熱膨張係数は約  $2.6 \times 10^{-7}$  変化することを示しています。(A点で示す)

又膨張係数が  $1 \times 10^{-7}$  異なる2種のガラスがひっつきありと約  $18 \text{ kg/cm}^2$  の歪みが生じます。従って上の例では約  $47 \text{ kg/cm}^2$  のテンションコードが発生する可能性があることとなります。



尚、ガラス組成(Wt%)がわかれば、各酸化物に次の係数を掛けて合計すると、そのガラスの膨張係数が求められます。その値はだいたい  $87 \sim 92 \times 10^{-7}$  の範囲です。

Na <sub>2</sub> O	$3.84 \times 10^{-7}$	これらの酸化物濃度の高いガラスが混じるとテンションコードになる	MgO	$0.73 \times 10^{-7}$	これらの酸化物濃度の高いガラスが混じるとコンプレッションコードが生じる
K <sub>2</sub> O	$3.20 \times 10^{-7}$		SiO <sub>2</sub>	$0.28 \times 10^{-7}$	
CaO	$1.36 \times 10^{-7}$		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$0.24 \times 10^{-7}$	
			ZrO <sub>2</sub>	7μmより小さい	
			B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$0.70 \times 10^{-7}$	

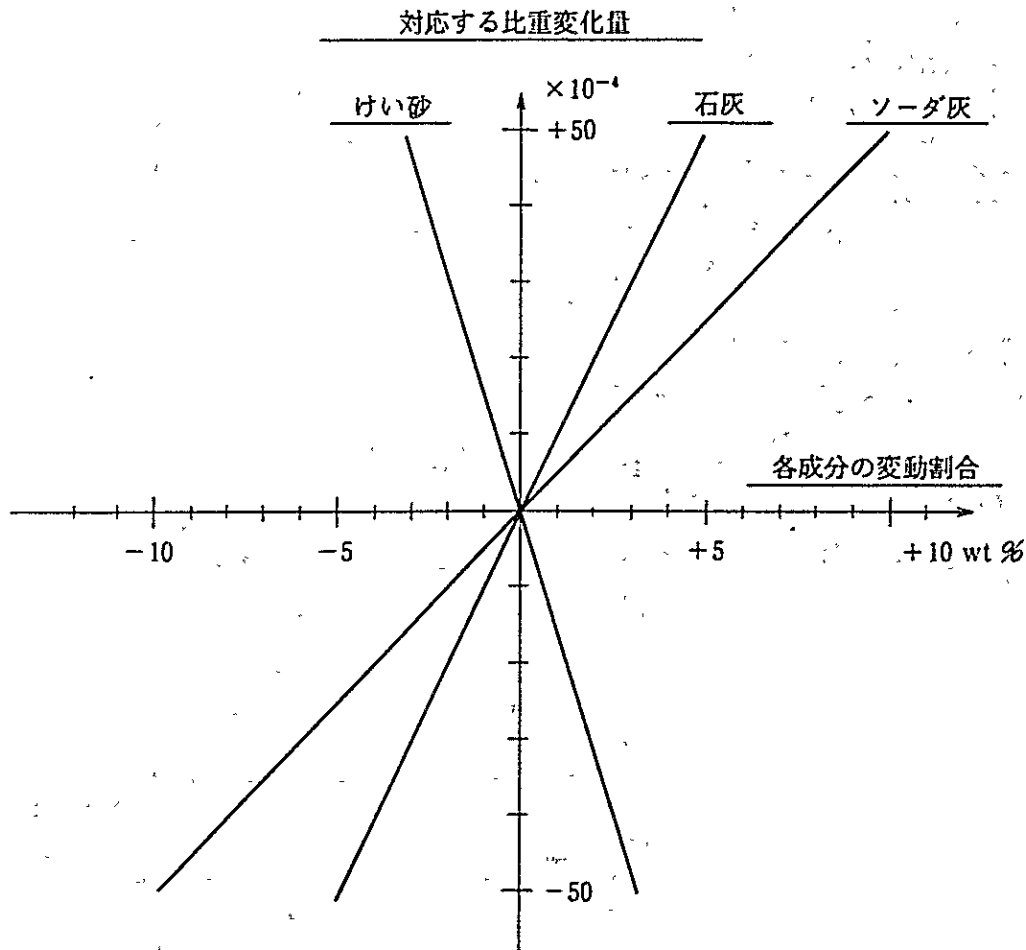
又、これらの酸化物組成(Wt%)が1%多くなると膨張係数は、各々次の様に変化します。

SiO <sub>2</sub>	$-0.6 \times 10^{-7}$	CaO	$+0.5 \times 10^{-7}$	K <sub>2</sub> O	$+2.3 \times 10^{-7}$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$-0.7 \times 10^{-7}$	Na <sub>2</sub> O	$+2.9 \times 10^{-7}$		

資料 3.2.2

主原料単味変動と比重変動の関係

主原料（けい砂・石灰・ソーダ灰）のうち一種類が変動した場合につき、比重変化がどの程度になるか計算してみた。下図がその結果です。図は横軸に各成分がもとの割合に対して何%変動したかを示し、縦軸にこの変動に対応する比重変化が示されています。（詳細は技術部レポート MX-3200 を参照。基礎調合比は、けい砂；100，石灰；26.9，ソーダ灰；27.2，芒硝；0.99，硝酸ソーダ；0.50）



## 硅砂・ソーダ灰・石灰調合ミスバッチが 溶解炉に投入された時に起る現象

### 1. 硅砂過剰の場合

- イ) 温度上昇
- ロ) バッチカバリング部が増加しバッチ山の状態が正常時と違ってくる。表面のツヤがなくなり、普通はいくつかの真白な部分ができる。
- ハ) バッチ投入が困難になる。
- ニ) 溶解室表面全体に硅砂クラストができる。
- ホ) ガラスの性質が非常にゆっくりと変わる。 — 比重低下, 軟化点上昇 —
- ヘ) ストーン発生迄, コードの点からは採品できる。
- ト) 強いコードとストーン発生のピークが重なる。
- チ) ストーン発生がおさまる前にコードの点からは採品できるようになる。作業室でシリカの失透が起きるだろう。
- リ) 比重がピークになった後, 正常バッチが投入されてくるのでコードはテンションとなる。

### 2. ソーダ灰過剰の場合

- イ) 温度低下
- ロ) ガラス表面に厚い泡層ができる。
- ハ) シードとブリスターが異常発生する。 — 但, アンバーの場合 —
- ニ) テンションコードの強度が極端に低下する。
- ホ) 周囲のぼやけたテンションコードが発生する。
- ヘ) 比重が増加する。

### 3. 石灰石過剰の場合

- イ) 温度低下 (上部構造)
- ロ) シード異常発生
- ハ) ハッキリと区別できるテンションコードが発生する。
- ニ) 比重が増加する。
- ホ) 母体ガラスを包み込むようなテンションコードが発生する。
- ヘ) 偽ウォラストナイトストーンが発生する。

### 4. ソーダ灰中に石灰石が混入した場合

- イ) シードが増加する。
- ロ) シリカ・偽ウォラストナイトストーンが発生する。
- ハ) ブリッジウォール付近に白いスポットが見られる。
- ニ) コンプレッションコードが発生する。
- ホ) 母体ガラスを包み込むようなコンプレッションコードが発生する。



### 調合ミスによってガラスに異常が起きた時の処置

1. 調合ミスの埋め合わせをしようとしてはならない。
2. 取出し量は一定に保つ。
3. ガラスに異常が発生した時点を決定する。
4. 実際に使用している原料のサンプルを採り、直ちに原料中の不純物を調べる。  
— 普通は秤量機に入っているものを 20 kg 以上採る —
5. 原料貯蔵サイロを調べる。特に、棚のようになっている所や、固まりが付着している部分を調べる。
6. バッチチャージャの所にきているバッチを調べる。同時に、窯前ホッパー上部のバッチも調べる。
7. 秤量機と実量を調べる。
8. 最近の原料受け入れ状況を調べる。
9. 調合ミスと考えられるバッチは原則として廃棄する。(別置きにして小量ずつ使う事もある。)
10. 別の原料が使えるものならそちらに切り換える。
11. 硅砂が異常であった場合を除き、可能な限りカレット添加率を上げる。
12. 未溶解硅砂ストーンが多発しているなら、酸化性のガラスでは芒硝を倍量とする。
13. 溶解室バブラーは最大にする。
14. バッチ混合を継続している場合には、使用中の原料を頻繁に調べる。
15. 4時間毎に比重を測定する。
16. 比重によってコードが重いガラスに起因するとわかったら、30~50 Ton カレットだけを投入する。
17. 異常発生前の製品と発生直後の製品を手に入れる。びんの場合では、リングセクションを切り出し、初期のコードの特性を決める。
18. 4時間毎に1セクション分のびんを採る。びんには位置と採取時間を記入する。時間があれば直ちにコードを調べる。調べたリングセクションは位置、採取時間を記入して残しておく。

19. リングセクションでコードの分布を調べる。

新しいガラスは、一般的には、大体真中にある。

古いガラスは表面にきている。母体ガラスを包み込むようなコードは、作業室でガラスが層を成している事を示す。

20. もし比重変動が通常より 0.0054 以上の変動を示し、コードの為にびんが廃棄されている。或いは、母体ガラスを包み込むようなコードが発生している場合には、作業室に酸素バブラーを設置する。酸素はシード又はプリスターの増加なくバブリングをできる。
21. 母体ガラスを包み込むようなコードをもっと急速になくするには、作業室敷より生地流しをする。生地流しの穴は  $2\frac{1}{2}$ "。粘稠なコンプレッションコードの場合には 1 t/hr 以上流してはいけない。テンションコードの場合にはもう少し多い流量で生地流しをしても良い。生地流しガラスと作業室表面ガラスの比重を頻繁に調べ、両方が同じになれば生地流しを停止する。
22. 母体ガラスを包み込むようなコードの為に、一交替以上も作業室でバブリングをしたり、生地流しをした後では、フォアハースのヒートアップを行なって、2時間急速に生地流しをする。
23. 母体ガラスを包み込むようなコードがあつて、作業室の生地流し、又は、バブリングが行なわれず、窯又はフォアハースでの取出し量に変更されたような場合には製品のコードを調べる。
24. 硅砂過剰の場合、バッチ投入が困難である時に限ってカレット 100%投入を行なう。バッチを溶解しようとして窯の温度を限度以上に上げてはならない。バッチチャージャを引き出して投入口に、芒硝（又はソーダ灰）を散布して、硅砂クラストをなくし、液面を出す。投入口に充分液面がでたら、バッチがクラストと接触するようにバッチ投入をする。このバッチは、カレットを抜き、芒硝量を2倍としておく。
- トリチマイトストーンが発生している場合には、作業室温度を上げる。

V) 調合変更の過程で、色調、 $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SO}_3$  wt%の変化を確認しながら次の段階に進むこと。色調が若干ではあるが次第に青味に寄って来るので、その都度消色剤の量を調整すること。

VI) 調合変更の過程では、他の調合変更や操炉変更は一切行わない。

VII) 効果の評価を確実にし、記録に残すこと。

VIII) ガラスが還元側に寄る為に、色調が若干悪くなることを承知の上で行うこと。

参考② TGでは、酸化性ガラスのバッチのレドックスナンバーを+20から+7にしたところ、シードが $\frac{1}{4}$ に減少した例等、還元清澄の効果の事例は非常に多い。

⑥ フリントガラスの還元清澄の考え方の概要を述べる。

資料 3.2.8 は、バッチのレドックスナンバーとガラス中に残存するサルファー量の関係を示している。サルファーはガラス中で $\text{SO}_3$ または $\text{S}^2$ の形で存在するが、それらは破線で示されており、その合計は実線で示されている。(これらの値は、バッチにサルファーが充分加えられていれば、そのサルファー量にかかわらず一定である。)実線はバッチのレドックスナンバーが±0のときに最小となる。即ち、清澄に有効に働くサルファー即ちバッチに加えられたサルファー量とガラス中に残存するサルファー量の差は、フリントの場合、バッチのレドックスナンバーが小さい方が多くなる。従って、シードはレドックスナンバーが小さい方が少なくなる。フリントの場合、バッチのレドックスナンバーは安全を見て+5~12とするのが一般的である。

⑦ '82年に、当工場でも日本のA社の情報をもとにして、独自に還元清澄を試みたことがある。そのときはシードが通常の数倍に増加し、色調も極端に悪くなった為、約1週間で中止したとのことである。調合比は、長石、石灰、ソーダ灰は不変のまま芒硝を0.91から1.0/硅砂100に、硝酸ソーダを1.53から0.40/硅砂100に、酸化アンチモンを0.31から0/硅砂100にそれぞれ変更し、石油コークスを0→0.03/硅砂100に一気に変更した。また、石油コークスの粒度は30 $\mu$ 以下であった。

失敗した原因は次の2点にあることは明瞭である。

① 極めて粒度の細かい石油コークスを使用した為に、バッチのレドックスナンバーが極端に下がった。(コークスは、粒度が細かいとレドックス係数の絶対値が増加する)

② 石油コークスを0→0.03/硅砂100に一気に変更した為、バッチのレドックスナンバーが急激に変化した。還元清澄に移行する場合は、前述の注意事項を確実に守りながら行うべきである。

資料 3.2.5

レドックス ナンバー  
 バッチの Redox No. の求め方 (改訂1)

バッチの調合比から、ガラスの相対的な酸化・還元度が予測できれば、色や泡のコントロールに、大きく役立つと考えられます。

この目安を与えるものが、バッチの還元 (Reduction) と酸化 (Oxidation) の度合を示す数字、即ち "Redox No." と呼ばれるものです。

このバッチの Redox No. と熔融条件 (雰囲気や温度、時間等) から、ガラスの酸化・還元度が決まってきます。

[1] バッチの Redox No. の求め方は次の通りです。

Redox No. は

$(\text{硅砂 2000 に対する各原料の調合比}) \times (\text{各原料の酸化・還元度を示す係数})$  の総和

各原料の係数表

還元剤	係数	酸化剤	係数
カーボン (100% C)	-5.70	石こう (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	+0.56
コークス (85% C)	-5.70	無水石こう	+0.70
炭化物 (65% C)	-4.36	無水芒硝	+0.67
スラグ中の硫化物	-9.00	重晶石 (BaSO <sub>4</sub> )	+0.40
スラグ中のカーボン	-6.70	硝酸ソーダ (NaNO <sub>3</sub> )	+0.32
硫化鉄 (FeS)	-1.60	砒素	+0.93
黄鉄鉱 (FeS <sub>2</sub> )	-1.20	スラグからの SO <sub>3</sub>	+1.20
クロム鉄鉱 (FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	-1.00	重クロム酸ソーダ	+0.77
砒素	-0.93	重クロム酸カリ	+0.65
螢石 (CaF <sub>2</sub> )	-0.10	合成芒硝	+0.41
		水酸化セリウム	+1.12
		MnO <sub>2</sub>	+1.09
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+0.25

[2] 計算例

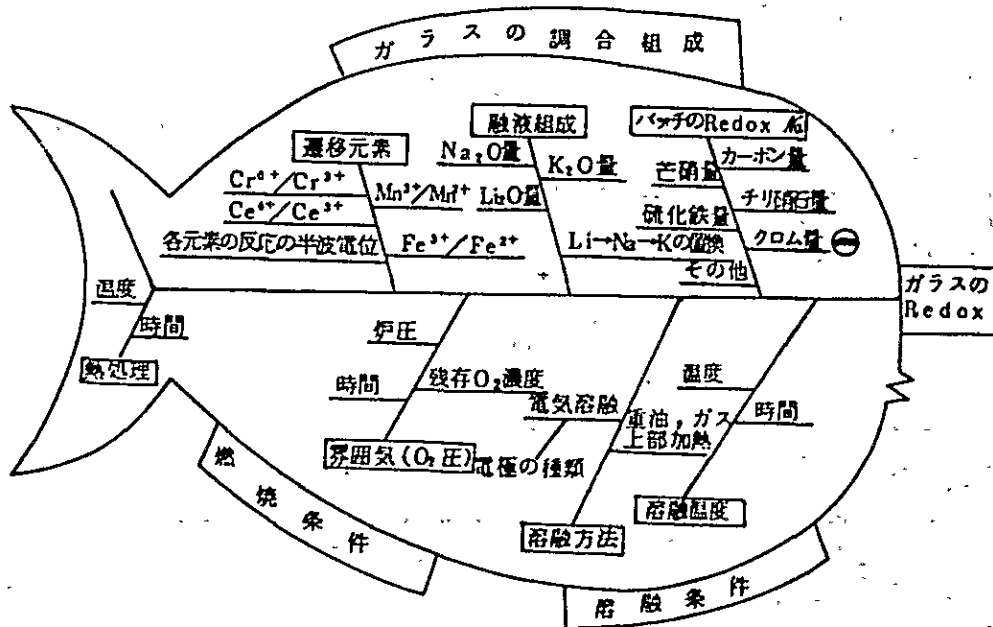
調合比	係数	硅砂 2000 に対する Redox No.
硅砂 100	-	
石灰石 28.3	-	
ソーダ灰 28.2	-	
無水芒硝 1.0	+0.67	$1.0 \times (+0.67) \times 20 = +13.4$
チリ硝石 0.2	+0.32	$0.2 \times (+0.32) \times 20 = +1.28$
コークス 0.023	-5.70	$0.023 \times (-5.70) \times 20 = -2.62$
よって、このバッチの Redox No. は、 $(+13.4) + (+1.28) + (-2.62) = +12.1$ である。		

カーボン、コークス、炭化物の値については、次のようにする。

#100 コークスを使用している場合、その係数は、65% C の -4.36 を使う。#1000 コークスを使用している場合、その係数は 85% C の -5.70 を使う。

### ガラスのRedoxに影響する因子

ガラスの酸化還元 (Redox) に影響する因子には、「バッチのレドックス・ナンバー」、「溶融雰囲気」、「溶融温度」、……等があります。これらのうち、主なものを特性要因図に示しましたので参考にして下さい。



ガラスのRedoxに影響する因子

資料 3.2.7

調合変更のガイドライン

変更量 原料名	びん		食器		変更間隔
	S T D	M A X	S T D	M A X	
珪砂	珪砂全体の5%	珪砂全体の15% (比重の変動が10/万以下)であること。	珪砂全体の10%	珪砂全体の20% (比重の変動が10/万以下)であること。	3日以上あける。 (びんの場合)
ソーダ灰	0.2/砂100	0.45/砂100 (又は使用量の2%以下)であること。	0.2/砂100	0.4/砂100 (又は使用量の2%以下)であること。	3日以上あける。
石灰石	0.2/砂100	0.4/砂100 (又は使用量の2%以下)	0.2/砂100	0.2/砂100 (又は使用量の1%以下)	3日以上あける。
カレット	全ガラスの5%以下	全ガラスの10%以下			発生カレットは1日あける。 購入カレットは2日あける。
芒硝 (副生芒硝も含む)	使用量の4%	使用量の10%	使用量の5%	使用量の10%	3日以上あける。
硝-酸ソーダ (チリ硝石も含む)	使用量の4%	使用量の20%	使用量の5%	使用量の10%	3日以上あける。
カーボン	使用量の5%	使用量の10%	使用量の10%	使用量の20%	原則として 3日以上あける。
セレン	" 5%	" 10%	" 10%	" 20%	
コバルト	" 5%	" 10%	" 5%	" 10%	
酸化第2銅	" 6%	" 15%			
二酸化マンガン	" 3%	" 5%			
クロマイト	" 3%	" 6%			
水酸化アルミ			" 5%	" 10%	
酸化鉄	" 5%	" 10%			
硫化鉄	" 5%	" 10%			

☆ 新しい原料の使用又は置換の場合は使用予定量の1/5ずつ5回に分けて、5日以上(主原料の場合は3日以上)間隔をあけて使用する。

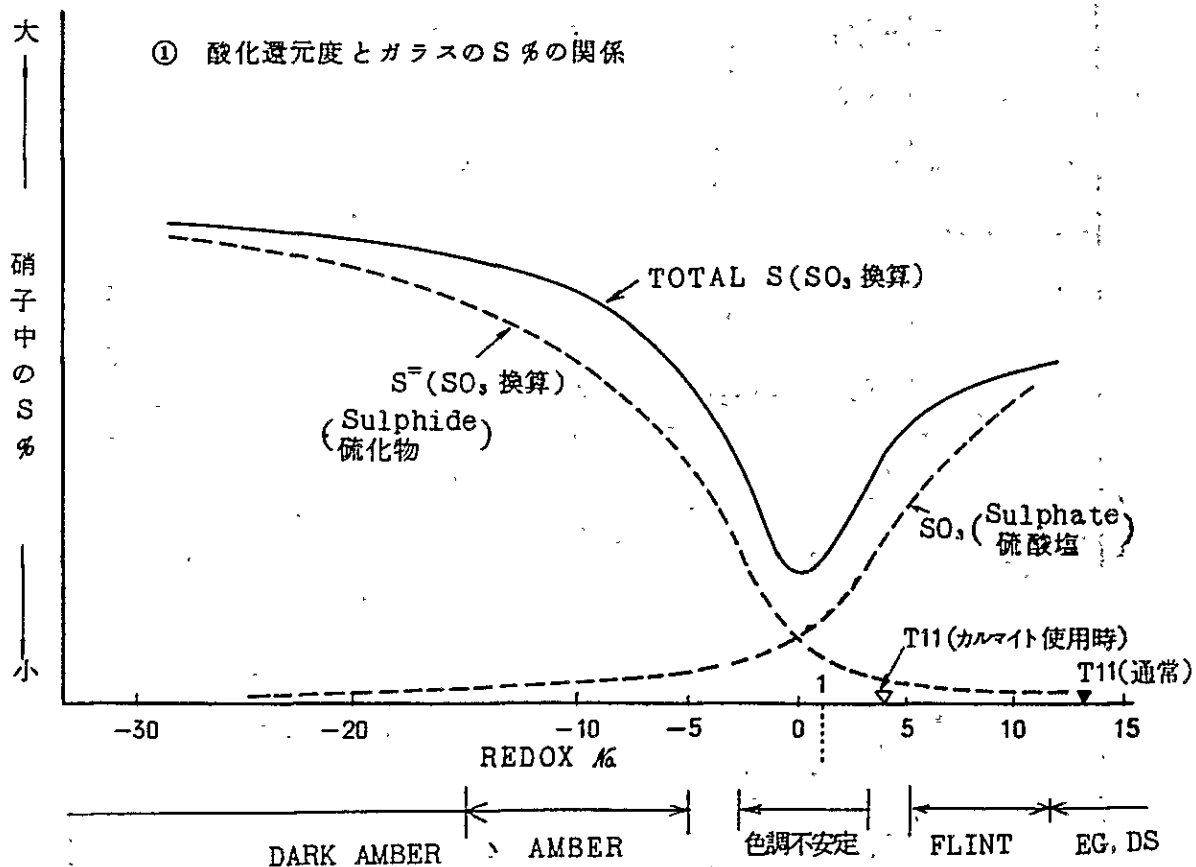
☆ カレット使用割合によっては各原料の変更量も若干の変動はあり得る。

☆ 原則として調合変更は1~2種類のみの変更が望ましい。

以上の表は各工場の実績及びB.F.ノートのB-3-3, B-3-4, B-3-24等を参考の上製作しました。

ガラス中のイオウについて

ガラス中の $S^{2-}$ 、 $SO_3$ は泡との関連において非常に興味がある。特に酸化還元度 (REDOX %)による $SO_3$ のガラスに含まれる量の違いはそれぞれのガラスを消澄する場合の酸化剤、還元剤の使用の目安になるであろう。



② 目標  $SO_3$  %

	$SO_3$ % ( $S^{2-}$ 含まず)		REDOX %
	目 標	標 準	目 標
AMBER	0.003	0.003 ~ 0.008	-5 ~ -15
FLINT	0.18	0.20 ~ 0.25	+5 ~ 12

(尚、これはカルマイト社の技術者との討論の中より抜粋したものです。)

## ② 芒硝添加率の増加

バッチに加えられるサルファー量は、プリントの場合、芒硝として1.0~1.2/硅砂100が最適である。現在の0.91/硅砂100では少ないので、増加するべきである。ただし、これによる $\text{Na}_2\text{O}$ の増加をソーダ灰の減少で補った場合、バッチコストは約12円/tonガラス高くなる。

## ③ 原料、調合、溶解の管理の徹底

2.3.1.4項で指摘した様に、当工場のシードの日間変動は極めて大きい。シードは原料、調合、溶解における種々の要素の結果として現われるものであるので、これらの管理を強化し、シードのバラツキを小さくする必要がある。

原料、調合の管理の具体的な改善案については2.3.2.4項で述べる。

また、溶解の管理の具体的な改善案については2.4.2.4項で述べる。

## (3) その他のガラス品質の改善

### ① ブリスター

資料3.2.9~3.2.13を参考にして、対策を行う。

### ② ストーン

資料3.2.14を参考にして対策を行う。

TGによる当工場のストーンの発生率の調査によれば、AZS電鍍煉瓦やムライト質焼成煉瓦のストーンの他に、粘土質焼成煉瓦のストーン、金属(鉄)のストーン及び失透のストーンが発生している。(表3.1.16参照)。粘土質焼成煉瓦のストーンと金属(鉄)のストーンは発生カレット等の汚染が原因と考えられるので、教育の徹底により、原料やバッチの汚染に対する従業員の意識を変える必要がある。また、失透のストーンについては、作業室やフォアハウス、スパウトを洩くしたり、断熱を強化する必要がある。

### ③ 色調

水準としては、世界でも最高であるが、変動が大きいと考えられるので、2.3.2.4項で述べる日常管理の改善を行う必要がある。

### ④ 比重、軟化点

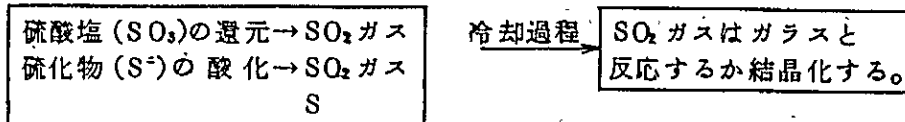
変動が大きいと考えられるので、2.3.2.4項で述べる日常管理の改善を行う必要がある。



ブリスターはどこからくるか

〔I〕 ブリスターの種類と主な発生原因

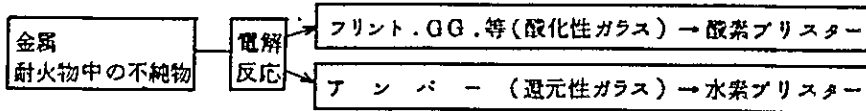
A. スモーキーなブリスター（あるいは真空中に近い泡）



B. クリアーなブリスター

a. 真空中に近いブリスター

- 電解反応によるブリスターの可能性が高い。



b. チッ素量に富むブリスター

- 空気の巻き込み泡

注) ブリスター中の酸素ガスはガラスに拡散しやすい。

- スパウトボールでフリントガラス中に巻き込まれた空気泡は 0~8% の酸素含有量である。
- 電解反応に起因する酸素ブリスターはトレース量のチッ素のみが含まれる真空泡となる事がある。

c.  $\text{CO}_2$  ガスに富むブリスター

- 失透を再熔融すると  $\text{CO}_2$  ガスに富む泡となる。

☆ 泡中のガス組成は高温状態と冷却後では異なる事を考えておく必要がある。

〔II〕 ブリスター多発時には何を調べたらよいか。

1. 作業室、フォアハウスの燃焼をチェックする。
2. 作業室生地玉のシードが異常な増加をしていないか、又スモーキーなブリスターを含んでいないか等を調べる。
3. ブリスターの製品での分布状態、前中後のゴブでのかたより等を調べる。
4. 最近煉瓦やフィーダーパーツの交換を行なったかどうか調べる。
5. フリントの場合、スパウトカバーを取りはずし、チューブ回転を停止し、ガラスが少し冷却された後、泡の発生の有無を観察する。
6. 特定のフィーダーにのみ発生しているのかどうか。

☆ ブリスターの発生源は、ブリスターの内部のガス分析の結果から推定できることは少なく、発生状況やアクションと結びつけて考慮することの方が重要である。

ブリスター発生原因の推定に必要な情報について

現在、ブリスター発生原因の調査にガスクロマトグラフィーを用いて泡中のガス分析を行っており、その効用が認められてきています。しかし、ガス分析の結果だけでは原因を推定することはむずかしく、下にあげたような情報と考え合わせることで、より明確な判断ができるようになります。

T 号窯	サンプリング日時	年 月 日 時 分			
	サンプリング個所	製品 (No F), その他 ( )			
発生状況	発生率の推移	最高発生率 %	グラフ化する		
	項目	なし	あり	ありの場合：具体的内容は？	
	フェアハース間で泡の発生率に差は？				
	型の前後で泡数にかたよりは？				
	リング・セクションで泡数にかたよりは？				
	泡と同時発生したトラブルは？	色調変化			
		コード発生			
		異物発生			
		比重変動			
		その他			
操炉状況	原料もしくは調合の変更				
	メタルラインの変動				
	窯内温度の変化				
	作業室・フェアハースの熱焼状態				
	バブリングの開始もしくは停止				
	レンガ・フィーダーパーツの変換・補修				
処置	泡を減少させるためにとったアクション及びその効果は？				

今後、泡分析依頼の際には、上表を作成し、試料に添付して下さい。

ブリスターの呼び名(ルーペ使用による分類)

ブリスターの呼び名を以下の様に統一しました。

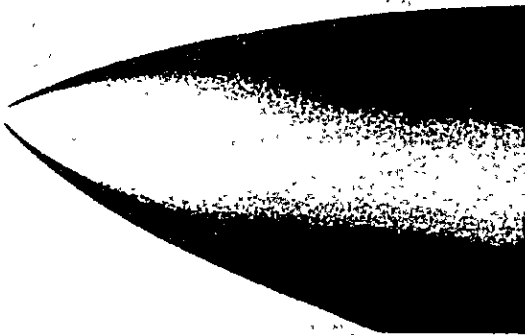
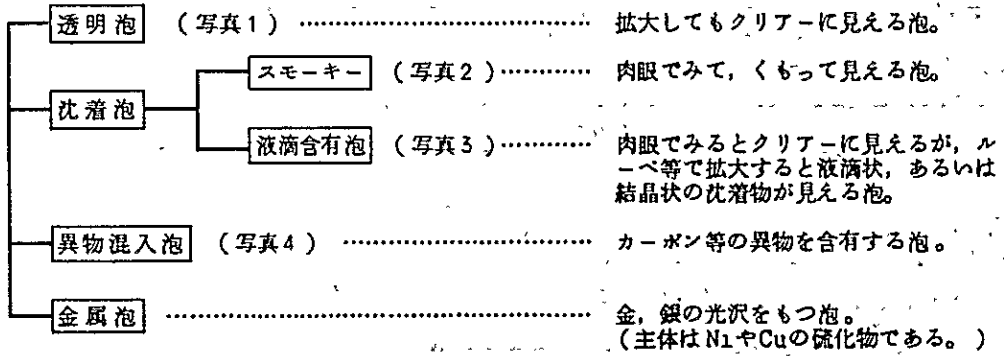


写真-1 「透明泡」の例

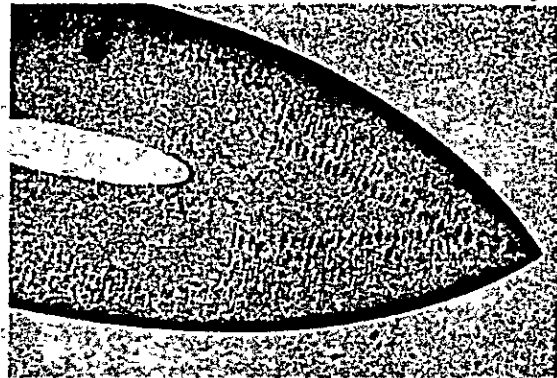


写真-2 「沈着泡」の中の「スモークー」な泡の例



写真-3 「沈着泡」の中の「液滴含有泡」の例  
肉眼的には透明に見える。

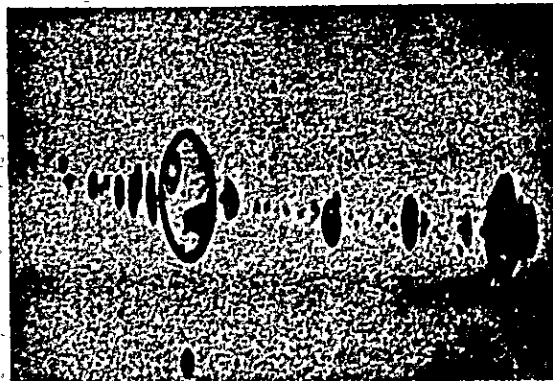


写真-4 異物混入泡の例  
この場合はカーボンが包含されていた。

シードやプリスターの発生原因と主なガス成分

発生原因		ガスの種類(クリアーな泡)						沈着泡 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 又はS	
		H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		
[1] 耐火れんが	a. 空孔			◎		△			
	b. 原材料中の不純物			○		◎			
	c. 空孔中のカーボン			△	○	◎			
	d. 研磨材や研磨くず			○		◎			
	e. れんがの溶融(ガスの溶解度の変化)			◎				◎	
	f. 鉄分のたまった部分		◎						
	g. 表面の突起や開口部が核となる			◎		△			
[2] 異物混入	酸化性 ガラス の場合	a. 金属類(鋳物, 炭素鋼, ステンレス, モリブデン)	△	△	○	○	◎		◎
		b. オイル類			○	○	◎		
		c. ゴミやほこり			△		◎		
	還元性 ガラス の場合	d. 水(ウォータージャケットの破れ等)			△		△	◎	○
		e. 還元性ガラスとの反応							◎
		f. コーティング類			△	○	◎		
[3] 電気化学反応	a. 金属(ステンレス, 炭素鋼, 一般構造用)	△		△	◎				
	b. Ni, Cu(フリットも含めて)								
	NiS, CuS 等の金属泡								
	c. アルミキャップ	◎							
[4] リポイル	d. 酸化性ガラス							◎	
	a. 還元雰囲気によるガラス中のSulfateの分解							◎	
	b. 酸化ガラスと還元ガラスの接触							◎	
	c. 温度変化(ガスの溶解度の変化)							◎	
[5] 清澄不良	d. 多原子価原子の熱還元		◎						
	a. 失透ガラスの再溶融		○	◎		◎		◎	
[6] その他	b. 溶融ガラスの急冷				△	◎			
	低圧の真空泡								
	c. 雰囲気の巻き込み		△	◎		△			

(表の見方) ・ ◎印は主成分, ○印は2次成分 △印は少量の成分であることを示す。  
 (一つの項目に◎が複数あるものはどちらかの泡となることを示す。) ・ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>は高温状態ではSO<sub>2</sub>の存在を示す。

尚, 上の表は, 種々の文献に自分で得たデータを加えて作製したものであり, 将来一部変更される可能性もあります。

泡中のガス分析結果の見方について

ガスクロによる泡中のガス分析の結果の見方について説明します。

- ◎ ガスクロにより分析可能なガス種とその定量下限は、おおよそ以下の通りになっています。  
(ガス量 2 ml)

ガス種	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
定量下限 [ppm]	1.5	0.5	1.0	2.0	0.05

- ◎ この他に泡となるガスとしてSO<sub>2</sub>がありますが、泡中のSO<sub>2</sub>ガスは、ガラスの冷却過程で泡内表面にSもしくはNa<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の結晶となって沈着してしまう(スモーキー泡となる)ためガスクロでは、ガスとして検出することができません。

<<例>>

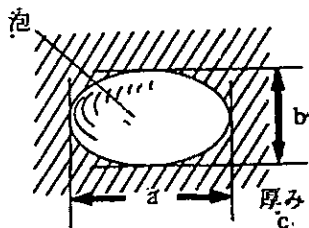
スモーキー泡でガス分析結果：N<sub>2</sub> = 30%, CO<sub>2</sub> = 70%

もとの(高温状態での)ガス組成比は

$$SO_2 : N_2 : CO_2 = x : 3 : 7$$

- ◎ このxの値を推定するために泡の減圧度(泡内に残留するガスの圧力)を計算します。

- a) 泡の容積測定



a, b, c [cm]を顕微鏡にて測定する。

この結果から泡の容積Vは

$$V = \frac{4}{3} \pi a b c \text{ [ml]}$$

- b) この結果とガス分析による泡中のガス量v [ml]より

$$\text{減圧度 } P = \frac{v}{V} \text{ [atm]}$$

空気泡(SO<sub>2</sub>を含まない泡)ではこの値は0.30となり、これによりSO<sub>2</sub>ガスとSO<sub>2</sub>ガス以外のガスの比率を求めることができます。

$$\frac{SO_2 \text{ ガス}}{SO_2 \text{ 以外のガス}} = \frac{0.30 - P}{P}$$

<<例>>

ガス分析結果：N<sub>2</sub> = 30%, SO<sub>2</sub> = 70%

減圧度 0.05 [atm]

$$\frac{SO_2}{N_2 + CO_2} = \frac{0.30 - 0.05}{0.05} = 5$$

よってSO<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> = 50 : 3 : 7

ストーン判定とオリジンの推定

①ガラスとの 相対屈折率	②復屈折		③消光		④伸長 方向	⑤主な結晶の形状	⑥その他 の特徴	鉱物名	主な発生源
	弱	中	強	直					
◎	○		○	○	◎	樹枝状、くさび形、柱状	双晶を示すもの ある。	トリジマイト	硅石れんが
◎	○		○	○	◎	樹枝状、うろこ状	二重結晶を示すもの もある。	クリストパライト	失透
◎		◎	○	○			明確な形状を示さない	石英	硅砂未溶解
◎	○		○	○		羽毛状	しばしば	ネフェリン	アルミナを含む全ての煉瓦
◎	○		○	○		羽毛状	茶色を呈する	カーネギエイト	や原料中の異物
	○	○	○	○	◎	針状(シェーブ)		ムライト	針状……シリマナイトや高アルミ ナれんがの分解 合成ムライト……ムライトれんが
	○	○	○	○	○	針状、平板状(空孔) 柱状、 粒状、	多色性を示す ものもある しばしば茶色 を示す	コランダム	針状……シリマナイト、ムライト 等の分解 平板状……ZIRNUR, M-333 粒状……高アルミナ焼成 電融……高アルミナ焼成 α-βAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	○		○	○	○	針状(細長い)		β-アルミナ	針状……高アルミナれんが、シリマ ナイト 板状……β電融
	○	◎	○	○	○	樹枝状、粒状		パデリアイト	AZS シルコンれんが
	○	◎	○	○	○	粒状		ジルコン	ジルコンれんが
	○	○	○	○	○	柱状	腐食もよう	β-ウオラストナイト	失透
	○	○	○	○	○	板状	"	α-ウオラストナイト	
◎		○			○	纖維状、針状、柱状	径りき状	デビトライト	
	○	◎	○	○	○	纖維状、		シリマナイト	硅砂中異物
	○	○	○	○	○			アンダリュサイト	高アルミナれんが
	○		完全消光			粒状	軽くても多い	クロマイト	原料
	○		○	○		球状	軽くても多い	シリコン	ガラスの還元
	○	○	○	○			モザイク模様	芒硝ストーン	雰囲気より凝着

(注) 石の判定には必ず①→②の順に調べる。  
◎は時に判定上のポイントとなる性質である。

### 2.3.2.2 バッチコストの削減

ここではバッチコストを削減する具体的な方法について述べる。

#### (1) 酸化アンチモンと硝酸ソーダの使用中止

前項で述べた還元清澄を採用し、芒硝の添加率を1.0/硅砂100に増加すれば、清澄助剤である酸化アンチモンの使用を中止することができる。これによりバッチコストは863円/tonガラスの削減となる。

更に、還元清澄の採用により、酸化剤である硝酸ソーダを添加する意味がなくなり、使用を中止できる。それによるNa<sub>2</sub>Oの減少分をソーダ灰で補うとすると、バッチコストは更に529円/tonガラスの削減となる。

#### (2) ソーダ灰の削減

現状のR<sub>2</sub>Oは13.45 wt.% (TGによる分析値の平均値)であるが、ソーダ灰添加率を0.65/硅砂100削減することによりR<sub>2</sub>Oを13.21 wt.% (TGのフリントの平均値)にすれば、バッチコストは更に125円/tonガラスの削減となる。

表3.2.1に、この(1)と(2)の詳細を示した。合計で年間3,000万円以上の原料費の削減となる。

表3.2.1 調合変更によるバッチコストの削減の試算

		現 状⑤	変更例①	変更例②	
調 合 比	硅 砂	100	—	—	
	長 石	22.69	—	—	
	石 灰 石	28.17	—	—	
	ソ ー ダ 灰	31.30	32.19	31.54	
	芒 硝	0.91	1.00	—	
	硝 酸 ソ ー ダ	1.53	0	—	
	コ ー ク ス	0	0.047	—	
	酸化アンチモン	0.31	0	—	
	セ レ ン	(4.7×10 <sup>-3</sup> )	—	—	
	酸化コバルト	(0.16×10 <sup>-3</sup> )	—	—	
バッチのレドックスナンバー		+22.0 + α	+8.0	—	
Na <sub>2</sub> O (wt%)		13.45	—	13.21	
バッチコスト (円/tonガラス)		17,039	15,647	15,522	合 計
バッチコスト (円/tonガラス)		—	⑤ - ①	① - ②	⑤ - ②
削 減 額 (千円/年)		—	1,392 30,624	125 2,750	1,517 33,374

注1) 各原料の価格は表3.1.1参照。

2) コークスのレドックス係数を-5.70, 価格を45,000円/tと仮定した。

3) Na<sub>2</sub>O wt.%は、1号窯と2号窯のTGによる分析値の平均値。(表3.1.10参照)。

4) 当工場の溶解量は、1号窯と2号窯の合計で22,000t/年とした。

(3) 珪砂，長石の一部を $Fe_2O_3$ の多いものに置換

色の水準を欧米並みの水準にまで下げることが可能であれば，珪砂，長石の一部を $Fe_2O_3$ の多いものに置換する。珪砂，長石の価格も安いし，一般に $Fe_2O_3$ の多いものは $R_2O$ も多いので，ソーダ灰の削減ができる可能性も高い。

2.3.2.3 原料受入，調合設備の合理化

2.3.1.5項で指摘した様に，現状の原料受入，調合設備はガラス品質（特にコード，シート）の低下の原因になっている可能性があり，また生産性，作業環境ともに極めて悪い。ここではその具体的な改善案について述べる。

(1) 自動化

原料受入，調合設備を全て自動化するのが最も望ましい。

設備は1号窯，2号窯兼用のものとする。

① 設置場所

管引炉工場の跡に設置する。

② サイロ

i) 本数は，珪砂，カレット，副原料各2本，長石，石灰石，ソーダ灰各1本とし，他に予備を2本備ける。

ii) 容量は最低4日分とする。

③ 秤量機，制御関係

i) 積算式で少本数にするか，単独で多本数にするかは当工場で判断する。

ii) ロードセル，デジタル演算システムとする。

iii) マイコンの使用は最少限の演算とシーケンサー，警報出力等にとどめる。

iv) 記録計，警報，インタロックは確実に設置する。

④ ミキサー

当工場方式のものの評価を行い，良ければ使用する。良くない場合はイバーク式またはパン式を使用する。

⑤ 搬送設備

i) サイロ投入はバケットエレベータとし，切換ダンパーの使用はできるだけ減らし，ロータリーシュートを多用する。

ii) サイロからの切出しは電磁フィーダーとする。

iii) ミキサーから炉前ホッパまではバケットエレベータ及びベルトコンベヤを使用する。

iv) 炉前ホッパーの容量は最低4時間分のバッチ量とする。

⑥ その他の必要事項

i) 珪砂と長石の水分が現状のままでは，ハンドリングが極めて困難である。最高でも



7 wt %程度に減少する必要がある。納入者による対策が不可能な場合は乾燥設備を設置する必要がある。

ii) 主原料以外の原料は副原料として、台秤、V型ミキサーにより手動で秤量、混合後、サイロに投入する。

## (2) 現有設備の改善

生産性、作業性や管理性を良くする為の現有設備の改善案について述べる。

### ① 珪砂倉庫の改善

i) 3～4ロットに分けての倉入と先入れ先出しができる様に倉庫を拡張し、中仕切壁を設置する。

ii) 拡張が不可能な場合は、ショベルローダーを小型のものに替え、中仕切壁を設置する。

### ② 運搬の合理化

i) 袋詰の原料はパレット積みとし、トラックからの荷下ろしと原料倉庫までの運搬及び調合場までの運搬はフォークリフトを使用する。この場合、現在の原料倉庫にエレベーターを設置し、また、原料倉庫と調合場との間を継ぐ必要がある。

パレットから台秤までの移動はベルトコンベヤやローラーコンベヤを使用する。

ii) 1袋当りの重量を30kgに統一する。(現在は50kg～80kgで非常に扱いづらい。)

### ③ 秤量済の原料置場の整理

i) 中仕切を設置し、原料名を表示し、また員数の確認をし易い様に並べる。

ii) 出来れば置場を拡張したい。

iii) 台秤から置場及び置場からミキサーまでの移動は、ローラーコンベヤを使用する。

(②、③で重要なことは、原料受入、調合で必要なのは腕力ではなく、若干の設備投資と人間工学的な知恵だということである。)

### ④ 秤量機の適正化

秤量値に合った容量の秤量機を使用する。(台貫秤、台秤ともに容量が大きすぎる。)

### ⑤ ミキサーの自動タイマーの設置

省力の為だけでなく、混合時間の確認の為にも是非設置したい。

## 2.3.2.4 日常管理の改善

ガラス品質の改善等の為に必要な日常管理の改善案について、各項目別に述べる。

### (1) 原料の管理

#### ① 受入規格

i) 珪砂の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、長石の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{R}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、石灰石の  $\text{CaO}$ 、ソーダ灰の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の規格を、実情に合う規格に改訂する。(勿論、現状の規格の改訂が好ましくない場

合は改訂しない。)

- ii) その代わりに、受入規格を満足しない場合、必ず返品等の処置をとる。値引きによる特採もできるだけ避ける。
- iii) 珪砂とソーダ灰及び長石の微粒分は将来問題になると考えられるので、実情を考慮した上で適切な規格を新たに作成する。

## ② 品質の管理

- i) 珪砂、長石のロット分けと先入れ先出しを確実にを行い、水分測定とそれに伴う水分補正変更の頻度を1交替1回に増加する。
- ii) 珪砂と長石の価格は、納入者の水分減少の努力を促す為に、乾燥状態または6wt%の水分を含んだ状態で設定する。
- iii) 珪砂、長石、石灰石の粒度分析は、規格の可否の判定を行うだけでなく、粒度分布まで出す。
- iv) 珪砂の $Fe_2O_3$ と、長石、石灰石の成分変動が大きいので、ロット分けや、必要ならブレンドにより調整する。
- v) 測定データは時系列で表及び管理図にして保存し、改善に役立てる。この表及び管理図は、品質管理部門と原料、調合部門の各々が別個に管理する。(資料3.2.15にTGの管理図の例を示した。)
- vi) バッチやホットエンドカレットの汚染を防止する。(教育の徹底キャンペーン実施)

## (2) 調合比、ガラス組成、特性値、バッチコストの管理

- i) 調合比やガラス組成が一定ということは、担当者が何もしていないということである。常にガラス品質の改善やバッチコストの削減の為に試行錯誤するべきである。最良の調合比、ガラス組成というものは、周辺の事情の変化に伴って常に変化していくものである。
- ii) 現状の液相温度は非常に低いのが、失透のストーンが発生しているのが、変更の必要はない。しかし将来、作業室やフォアハウスの断熱強化等により失透ストーンがなくなった時点で、ROの増加等により液相温度を上昇するべきである。

## (3) ガラス品質の管理

### ① 品質規格

#### 1) シード

- i) 現状の規格は現状のシードの水準に合っているが、今後シード対策を推進するに従い、改訂する。
- ii) 単位は個/cm<sup>3</sup>とする。(現状の個/cmと併用してもよい)
- iii) 目標値は最大値ではなく平均値で示す。現状の平均値が約4個/cm<sup>3</sup>であるので、

第1目標としては2.0~2.5個/cm<sup>3</sup>が適当である。

2) ブリスター, ストーン

- i) TGの規格(表3.1.11)を参考にして, 規格を改訂する。
- ii) オンラインによる全数検査を実施して, 品質を保証する。
- iii) 目標値を設定する。ストーン, ブリスターともに現状の発生率を詳細に調査し, その半分程度を目標値とする。

3) 色調

- i) 現状に合った規格に改訂する。
- ii) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wt%ではなく, 色調で表示する。
- iii) 目標値を設定する。

4) コード

- i) コード対策を推進するに従い, 改訂する。
- ii) テンションとコンプレッションの数値で表示する。(現状のエムハートの標準グレードと併用してもよい。)
- iii) 目標値を設定する。

② 品質の管理

1) シード

- i) 1窯1ラインではなく, 全ラインを測定する。
- ii) 単位は個/cm<sup>3</sup>とし, 0.1個/cm<sup>3</sup>きざみで表示する。(現状の個/cm<sup>3</sup>と併用してもよい。)
- iii) 測定方法はTGの方法(資料3.1.1)を参考にして改訂する。
- iv) 作業室のガラスのシードも測定する。(窯検修時に, 作業室にガラス採取口を設置する。)

2) ブリスター, ストーン

- i) 発生率の測定を定期的に行う。
- ii) 測定方法はTGの方法(資料3.1.2~3.1.4)を参考にして決める。
- iii) ストーンの種類も判定も行う。(判定技術を修得する。)
- iv) オンラインによる全数検査を実施して, 品質を保証する。

3) 色調

- i) 分光光度計により色調を定期的に測定する。
- ii) 色調の変化がレヤーの温度変化によるものか確認する為に, 作業室のガラスの色調も測定する。(窯検修時に, 作業室にガラス採取口を設置する。)

4) コード

- i) 1窯1ラインではなく, 全ラインを測定する。

ii) テンションとコンプレッションの数値で表示する。(現状のエムハートの標準グレードと併用してもよい。)

5) 比重, 軟化点

i) 比重の測定を定期的に行う。(全ライン)

ii) 軟化点は, 将来, 測定を計画する。

6) 全般

i) 測定データは時系列で表及び管理図にして保存し, 改善に役立てる。

ii) この表及び管理図は, 品質管理部門と原料, 調合部門及び溶解部門の各々が別個に管理する。

(資料 3.2.16 に, TG の管理図の例を示した。)

(4) 原料受入及び調合の設備, 操作の管理

① 原料受入

原料の異常のチェックの為に, 1 交替 1 回, 全原料のサンプルを採取し, 専用の棚に並べて最低 4 日間保存する。

② 秤量

i) 秤量機の精度の検査を定期的に行う。

ii) 硅砂の秤量も, 毎回零点を合わせて行う。

iii) 秤量誤差の容認範囲は, 主原料は秤量値の 0.5 % 以内, 副原料は 2 % 以内とする。

iv) カレット(カゴ入り)の重量を抜き取りで定期的に測定する。

v) ミスバッチの防止の為に, 秤量済の原料の員数の確認を徹底する。

③ 混合, バッチ投入

i) バッチ水分を 1 交替 1 回測定する。

ii) バッチの異常のチェックの為に, 1 交替 1 回, バッチのサンプルを採取し, 専用の棚に並べて最低 4 日間保存する。

④ 全般

i) チェックリストを作り, 測定データや異常の有無等を記入する。

ii) 測定データは時系列で表及び管理図にして保存し, 改善に役立てる。(資料 3.2.17 に, TG の例を示した。)

(5) 人員構成

作業量分析図を作り, 人員の適正な配置やマンアワーの減少に役立てる。

(6) 調合比変更の管理

i) 色調の調整は, 分光光度計による色調データをもとに行う。また, セレンと酸化コバルトの添加率は個別に変更する。(資料 3.2.18 参照)。

ii) 硼砂の添加等、調合比の変更を行う場合は、資料 3.2.1 と 3.2.7 等を参考にする。

(7) その他

i) 作業標準や管理標準を作成し、遵守する。(資料 3.2.19 に T.G の例を示した。)

ii) 定期的に従業員の教育を行う。(工場内、会社内)。

iii) 会社内の技術交流を充実させる。(下記の順序に従って行う。)

- 技術交流会のテーマを設定する。
- 事前に各工場でテーマに従って調査、実験等を行う。
- 各工場による調査、実験等の結果を交流会で発表し、討論を行う。
- その結果に基づいて改善案を決定する。
- 各工場で、改善案を実行する。
- これを繰り返す。

iv) 他会社との技術交流を活発に行う。

v) 国内外の技術情報の蒐集を行う。

vi) 会社内の人事交流を活発に行う。

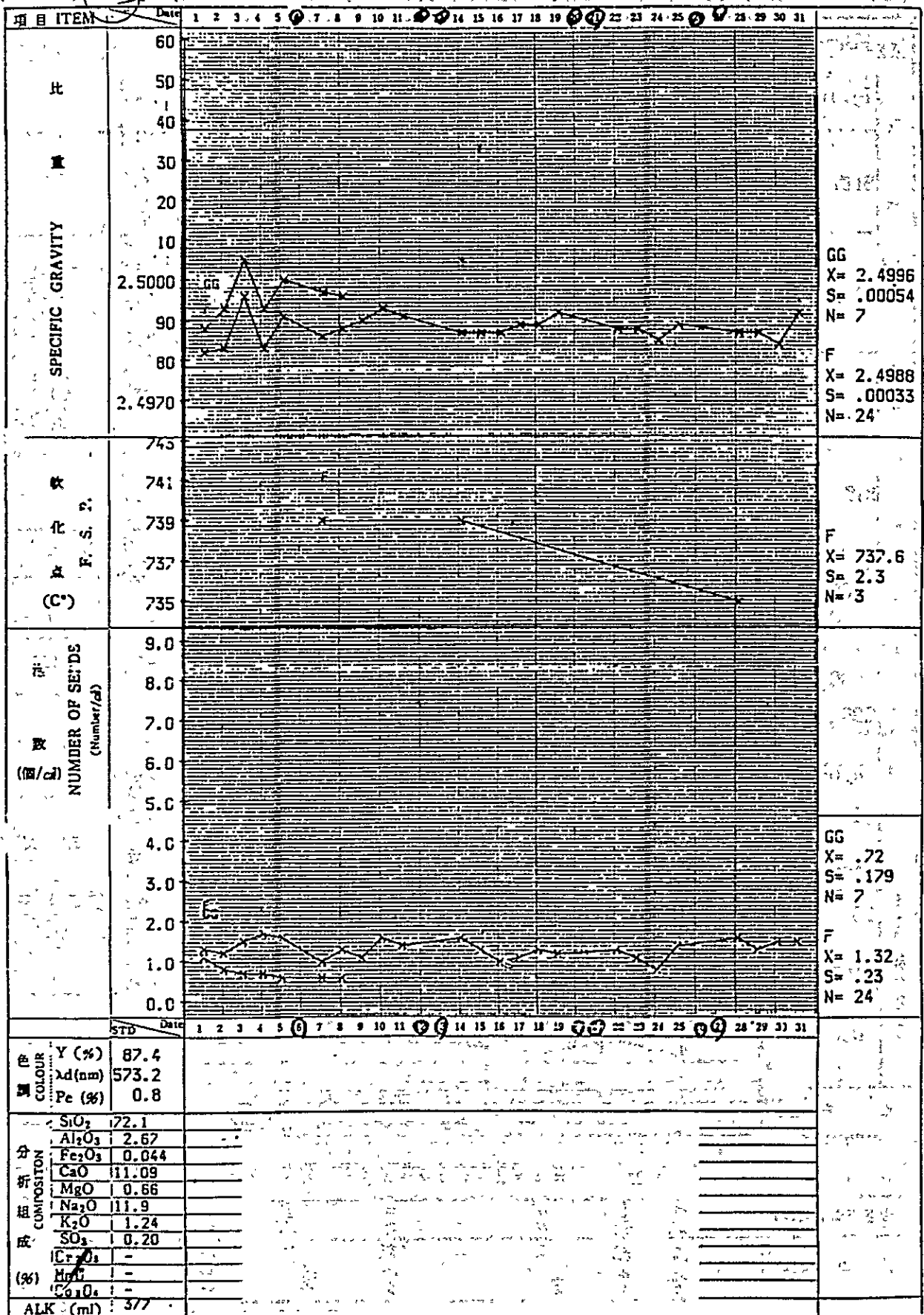
vii) 技術の蓄積を確実に進行。(現状は、例えば '82 年に行った還元清澄の実験の結果すら、技術報告書等にまとめられていない。)

調査、実験、改善等を行ったら必ず評価を明確にし、技術報告書等にして蓄積することが重要である。

viii) 技術の共有化を図る。技術の個人による独占が技術の発展を妨げている。技術報告書や教育用資料等の関係部門への配布を義務づけること。それにより個人の業績の評価を行う。



資料 3.2.16 TGのガラス品質の管理図の例



資料 3.2.17 TGの測定データの記録表の例(秤量機の精度の検査)

印 取付式 全 鶴見町 立寄者 立寄者 鶴見上	昭和50年1月26日 検査日期 昭和50年1月26日 午前 午後 午前 午後	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査
西名 東洋ガラス(株) 廠 検査場所 3号 芒硝	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査	型式 検査 ① 定期検査 ② 代換検査 ③ 定期検査 ④ 下位検査 ⑤ 定期検査

① 隅( )

② 隅( )

③ 感じ50g良好  
④ 反り等変化  
⑤ 隅

±0

+50g

-50g

刊 合 条件付合格 不 定	符 合格 合格 合格
---------------------------	---------------------

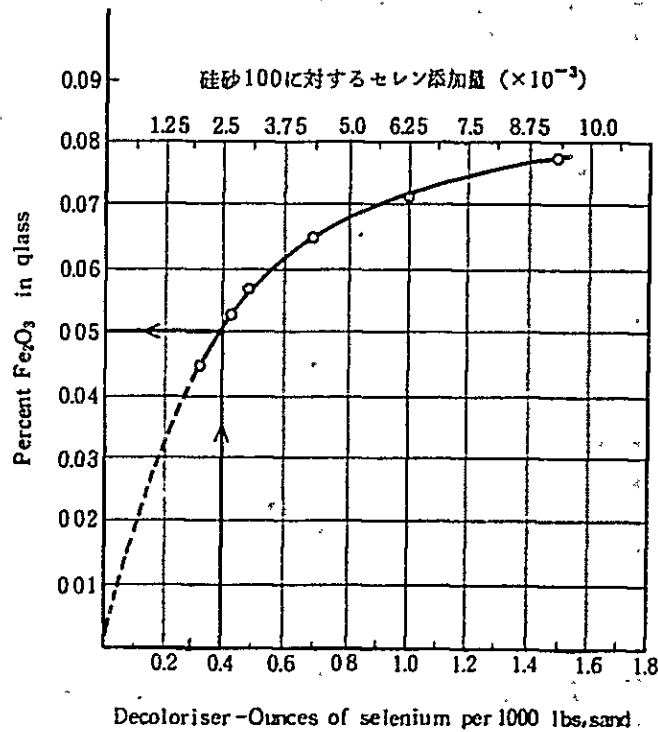


フリントガラスの消色用セレンと含有鉄分の量的関係

下図は、フリントガラスに使用される消色用セレンとガラス中の鉄分との量的関係を示したものです。出典は "HANDBOOK OF GLASS MANUFACTURE" です。横軸の数字は、ポンドやオンスで表わされているので、これを珪砂 100 に対する値に換える場合は、上記数字に  $6.25 \times 10^{-3}$  ( $100/16 \times 10000$ ) を掛ければ求められます。例えば、横軸上 0.4 (矢印との交点) に相当する、珪砂 100 に対するセレンの値は

$$0.4 \times 6.25 \times 10^{-3} = 0.0025$$

即ち、ガラス中の鉄分が 0.05% の場合、使用するべきセレンの適正量は、珪砂 100 に対して 0.0025 となるわけです。



## 2.4 溶解

溶解に関して、まず 2.4.1 項で現状についてその概要、詳細、特徴、問題点を述べ、次に 2.4.2 項で具体的な改善案を述べる。

### 2.4.1 現状

まず 2.4.1.1 項で概要を述べ、2.4.1.2 項以降で詳細を述べる。

#### 2.4.1.1 概要

##### (1) 窯の寿命、溶解率、溶解原単位、仕様等

当工場の窯 2 基はいずれもエンドポート窯で、溶解面積、平均溶解量は 1 号窯が 157.6  $\text{ft}^2$ 、20.3 t/d、2 号窯が 277.9  $\text{ft}^2$ 、41.8 t/d である。

窯の寿命は約 2.5～3 年と極めて短く、また溶解率は 6.7～7.8  $\text{ft}^2/\text{t/d}$  程度に過ぎず、極めて非効率的である。溶解原単位は  $244\sim 275 \times 10^4 \text{ kcal/t}$  程度であり、窯が小さい点を考慮しても極めて高い。

窯の燃料は重油 (9860 kcal/kg) で、価格は約 17,000 円/t と非常に安い。しかし、これは国家が決定した月間割り当て量以内に納まった場合であり、超過した場合は OPEC 価格に近い価格になる。従って、省エネの遂行が、当工場の生産量増加や炉温上昇によるガラス品質の改善の為の前提条件となっている。

溶解室にはブースターやバブラーはないが、ダムが設置されている。深さは 1.2m で、フリント窯としては浅い。横縦比は、2 号窯は 1:1.66 であるが、1 号窯は 1:1.89 と若干高目である。また、天井がスロープ構造になっている。

溶解室と作業室の仕切りはオープンシャドウウォールである。作業室の深さは、1 号窯が 1.2m、2 号窯が 0.9m と、非常に深い。また、RA/MA は 17～21% で常識的であるが、平面的なガラスのデッドエリアが極めて広い。

スロートはサブマリンまたは半サブマリンである。ポートの天井角度、ボトム角度はともに 25° で、非常に大きい。また、1 号窯のフォアハースは長さも短く、中央付近に 1 セットのバーナーが設置されているだけのものである。

##### (2) 窯の設計等

2 号窯の溶解室種瓦、ダム及びスロートに日本製の煉瓦を使用しているが、それ以外の煉瓦は全て中国製である。煉瓦の材質の選定も、一般の常識と異なっている箇所が非常に多い。例えば、作業室の種瓦やフォアハースのチャンネルに焼成煉瓦を使用している。

断熱度は全般に非常に低い。作業室種瓦等は全く断熱されていない。

他にも、視窓や TC ブロックの数、膨張代のとり方、バーナータイルの形状等、問題点は多い。また、築炉精度も悪い。火上げ期間も非常に長く、エキセスバーナーやカレットガン

は使用していない。

### (3) 付帯設備等

バーナーは中外炉のものを使用している。バッチチャージャーは当工場設計、製作したプランケットタイプのものである。また、蓄熱室上部の壁で熱交換する、ユニークな水管式ボイラーが設置されている。

計装は、指示計等はよく備っているが、記録計、調節計が貧弱である。警報もボイラー圧力以外は全く設置されていない。

制御項目の中では、メタルライン制御に最も大きな問題がある。固定式のプローブを使用したON-OFF制御であり、変動が極めて大きい。

### (4) 窯の操作、管理等

溶解室天井温度の限界値の設定はフレーム温度をRPで測定することで行っているが、実際はまだ50~60℃の余裕があると思われる。また、溶解量に応じた天井温度の変更はほとんど行われていない。ボトム温度による管理も、全く行われていない。溶解室の長さ方向の温度分布が非常にフラットである。作業室も非常に高温(1360℃、OP)になっている。

燃焼の空気比はかなり高い状態にあり、また、重油量に応じた2次空気ダンパーの調整は全く行われていない。炉圧は高目に設定されている。

この他、制御精度、バッチパターン、炉体の冷却、データの管理、バッチの管理等、問題は非常に多い。

マンアワーは66人・時間/窯・日、2.1人・時間/溶解量1tと非常に高く、生産性が低い。教育・技術交流も充実させる必要がある。

## 2.4.1.2 窯の寿命、溶解率、溶解原単位、仕様等

### (1) 窯の寿命

窯の寿命は、約2.5~3年と極めて短い。累計溶解率も約120~160 ton/ft<sup>2</sup>と極めて少ない。

今年の7月に窯検修後稼動した2号窯は、寿命の延長をねらって日本製のAZS電鋳煉瓦を初めて採用した。今後窯の設計を大巾に変更し、良質の輸入煉瓦を大巾に採用して先進国並みの寿命7~8年を目指すか、または部分的な改造により少なくとも寿命5年は確保して、製造原価に占める窯の建設コストを下げ、また窯検修による生産機会損失を減らす必要がある。

### (2) 溶解率

表4.1.1に'82年の溶解率と溶解原単位の実績を示した。

表 4.1.1. 溶解率と溶解原単位の実績（'82年）

月	1号窯（溶解室面積 157.6 ft <sup>2</sup> ）			2号窯（溶解室面積 277.9 ft <sup>2</sup> ）		
	平均溶解量 (t/d)	平均溶解率 (ft <sup>2</sup> /t/d)	平均溶解原単位 (×10 <sup>4</sup> kcal/t)	平均溶解量 (t/d)	平均溶解率 (ft <sup>2</sup> /t/d)	平均溶解原単位 (×10 <sup>4</sup> kcal/t)
1	窯 検 修 中			39.1	7.10	267.4
2	21.5	7.32	252.1	40.9	6.80	229.2
3	21.2	7.43	219.9	43.5	6.38	241.4
4	18.9	8.32	269.6	43.3	6.42	220.4
5	19.9	7.91	290.4	43.7	6.36	231.3
6	20.1	7.84	298.4	42.5	6.53	232.7
7	20.4	7.74	277.0	43.3	6.42	234.3
8	20.8	7.59	279.6	40.1	6.93	251.8
9	21.0	7.52	277.6	43.3	6.42	240.5
10	21.3	7.39	270.5	38.8	7.16	264.1
11	19.6	8.03	283.9	39.7	7.00	264.8
12	18.8	8.39	308.8	42.8	6.50	255.2
$\bar{x}$	20.3	7.77	275.3	41.8	6.67	244.4
MAX	21.5	8.39	308.8	43.7	7.16	267.4
MIN	18.8	7.32	219.9	38.8	6.36	220.4
$\sigma_{n-1}$	0.94	0.366	23.76	1.89	0.307	15.80

注：1) 重油の真発熱量は 9,860 kcal/kg とした。(表 4.1.2 参照)

2) 電気ブスター及び作業室燃料は使用していない。

1号窯の平均 7.77 ft<sup>2</sup>/t/d, 2号窯の平均 6.67 ft<sup>2</sup>/t/d は, 先進国の 2/3 程度に過ぎず, 極めて非効率的である。全面的に窯の設計を変更して 4.5~5.0 ft<sup>2</sup>/t/d 程度にするか, 部分的な改造により 5.0~5.5 ft<sup>2</sup>/t/d にして生産量を大巾に増加する必要がある。

当工場は「月間の重油使用量の割り当て制」により, 割り当て量より多く使用することができないという特殊な事情がある。(次項参照) その為, 生産量の増加だけでなく溶解原単位の削減も同時に達成することが不可欠となるが, 試算(2.4.2.1 項参照)によればこれらの両立は充分可能であるので, 全く心配はない。

### (3) 溶解原単位

表 4.1.1 に示した様に, 1号窯の平均 275.3×10<sup>4</sup>kcal/t, 2号窯の平均 244.4×10<sup>4</sup>kcal/t は, 先進国の約 2 倍であり, 窯が小さい点を考慮しても極めて非効率的である。全面的に窯の設計を変更して 140×10<sup>4</sup>kcal/t 程度にするか, 部分的な改造により 170×10<sup>4</sup>kcal/t 程度にする必要がある。

また, 表 4.1.1 で明らかな様に, 溶解原単位の月間変動が極めて大きい。 $\sigma_{n-1}/\bar{x}$  は 1号窯が 8.6%, 2号窯が 6.5% であり, TG (約 2~2.5%) の 3 倍程度のバラツキがある。

1, 2号窯とも溶解量によらず天井温度ほぼ一定で操炉していることと、溶解率と溶解原単位の間に関係がないことから、燃焼管理等のオペレーションの改善をするだけでも10~20%の溶解原単位の削減が可能であると考えられる。

(4) 燃料

1, 2号窯共、溶解室の燃料は重油である。表4.1.2にそのスペック（納入者から提出されたもの）を示した。

表4.1.2 重油のスペック<sup>1)</sup>

成分 (wt%)								粘度 (°E 100)	比重 (15/4°C)	真発熱量 <sup>2)</sup> (kcal/kg)
C	H	O	N	S	A	W	計			
86.42	12.16	0.55	0.20	0.15	0.02	0.50	100.00	11~13	0.92	9,500~10,000 (推定 9,860)

注：1) 重油の性状は安定しているので、ロットが変わっても常にこの値を使用しているとのこと。

2) 設備の設計には、真発熱量は10,000 kcal/kgを使用している。また、実際の値は9,500 kcal/kgに近いとのことである。しかし、TGが使用している数式（比重と真発熱量の関係、脱硫前の硫黄分と真発熱量の関係）によると9,860 kcal/kgと推定され、9,500 kcal/kgという値は信頼性が極めて乏しい。その為、本報告書では9,860 kcal/kgを諸計算に使用する。

3) 産地は大慶及び勝利で、供給は安定している。

表4.1.3に、重油その他の価格を示した。

表4.1.3 重油その他の価格

		価 格
重油	割り当て量以内	16,758 円/t
	割り当て量超過分	73,080 円/t 以上
都市ガス (3500 kcal/Nm <sup>3</sup> )		12.6 円/Nm <sup>3</sup>
電力	照明用 (220 V)	30.2 円/kWh
	動力用 (380 V)	12.6 円/kWh
水		15.1 円/m <sup>3</sup>

注：1) 都市ガスの供給圧は民生用と同じで、130 mm H<sub>2</sub>Oである。

重油の価格は、使用量が当工場の月間割り当て量(過去の使用量をもとに、国家が決定する)以内に納まった場合は16,758円/ton（産業用統一価格）と、極めて安い。しかし、月間割り当て量を超過した場合は、超過分の価格は73,080円/ton以上と、OPEC価格に近い価格にハネ上がる。つまり、事実上、月間割り当て量を超過して使用することは不可能だということである。

従って、省エネを同時に遂行しなければ、生産量の増加や炉温上昇によるガラス品質の改善等は実施できない。これは極めて重要なポイントであるので、改善を行う場合、注意が必要である。

#### (5) 窯の仕様の概略

表 4.1.4 に窯の仕様の概略を示した。また、1号窯の図面を図 4.1.1 ~ 4.1.3 に、2号窯の図面を図 4.1.4 ~ 4.1.6 に示した。

表 4.1.4 及び図 4.1.1 ~ 4.1.6 から、各項目毎に特徴、問題点を示す。(煉瓦の材質、寸法及び断熱構造等については次項参照)

#### ① 溶解室

i) 深さは 1.2 m で、フリントの窯としては浅過ぎる。例えば、2号窯のボトム TC (120 mm 下がり) は、1250℃であるが、これから推定したペーピング表面の温度は 1350℃ を越えている可能性が高く、危険である。特に今後窯の寿命の目標を 5 年程度とする場合、問題は大きい。

当工場では、「当工場の窯の様に、小さい窯の場合は浅くて然るべきである」という考え方をしているが、これは誤りである。適切な深さは、ガラスの色（特にフリントの場合はガラス中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  wt %）とボトムの保温の程度だけで決まり、窯の大きさとは無関係である。当工場の様にガラス中の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が約 0.03 wt % と極めて少なく、ボトムの断熱度も比較的高い（表 4.1.8 参照）場合は、1.5 m の深さを最低確保するべきである。

ii) 縦横比の値は、2号窯は 1.66 で問題はない。1号窯は 1.89 で、若干高目である。窯検修時に設計を変更するのであれば、1.7 程度にするべきである。欧米には 2.0 のエンドポート窯が存在するが、燃焼関係の設計、操作の技術力が高いことが前提となる。

iii) 天井がスロープ構造になっているが、特にスロート側を下げることのメリットは小さい。むしろ、築炉精度上の問題等、デメリットが多いので、ポート側の高さと同じにした方がよい。(現在の 2号窯の場合、プレストウォールの高さは、バックで 1320 mm、フロントで 830 mm である。)

iv) ダムが採用されているが、窯検修のときには全くなくなっているとのことで、効果の程は疑わしい。ストーンになるというデメリットもある。最近開発された超高  $\text{ZrO}_2$  電鍍煉瓦（耐侵食性が極めて高い）を使用する等、材質を検討するべきである。〔現在は、1号窯は中国製の  $\text{ZrO}_2$  32.5% の AZS 電鍍煉瓦、2号窯は日本製の  $\text{ZrO}_2$  41% の AZS 電鍍煉瓦（旭 1711-VF）を使用している。〕

また、2号窯は、溶解室側のスロートウエルの周囲も 150 mm 高さのダムになっているが、これも窯検修のときには全くなくなっているとのことで、効果の程は疑わしい。

表 4.1.4 窯の仕様の概略

窯 名 式		1 号 窯	2 号 窯
ガラスの色		エンドポート フロント専用	エンドポート フロント専用
バッチチャージャー		ブランケット・1台 (巾 600 mm)	ブランケット・1台 (巾 600 mm)
溶 解 室	巾 (m)	2.80	4.00
	長さ (m)	5.30	6.65
	面積 (ft <sup>2</sup> )	157.6	277.9
	深さ (m)	1.20	1.20
	ホールディングガラス (t)	41	71
	燃焼室容積 (m <sup>3</sup> )	21.4	40.1
	投入口形式	台形	ボックス
	投入口大きさ (m)	1.20 × (0.70, 0.90)	1.40 × 0.80 (オフセット 5°)
煉 瓦 厚 さ 天 井 種 瓦 断 熱	ボトム	673	718
	種瓦	300	250 (投入口 300)
	プレストウオール	300	300
	天井	300	300
種瓦断熱	156	166	
作 業 室	形式	オープンシャドール	オープンシャドール
	巾 / 長さ (m)	2.80 / 1.30	4.00 / 1.40
	面積 (ft <sup>2</sup> )	33.3	46.0
	深さ (m)	1.20	0.90
	ホールディングガラス (t)	8	8
	燃焼室容積 (m <sup>3</sup> )	—	—
	ボトム	673	1018
	種瓦	300	300
プレストウオール	300	300	
天井	300	300	
種瓦断熱	なし	なし	
ス ロ ト	形式	200mm サブマリン	サブマリン
	大きさ (m)	0.30 × 0.40 × 1.00	0.30 × 0.40 × 0.90
	エアースペース	0.61 × 1.00 × 0.40	0.84 × 1.00 × 0.35
	ボトム	473	423
煉 瓦 厚 さ カ バ ー	フェイス (溶解室側)	300	250
	(作業室側)	300	300
	カバー	350	300
ポ ト 壁	数 (片側)	1	1
	巾 (m)	0.90	1.20
	面積 (m <sup>2</sup> )	—	—
	天井角度 (度)	25	25
	ボトム角度 (度)	25	25
壁厚さ (m)	0.295	0.30	

熱室	巾 (m)		5.15	7.06	
	長さ (m)		4.52	4.98	
	高さ (m)		9.09	12.51	
	チェッカー	高さ (m)	5.52	6.38	
		容積 (m <sup>3</sup> )	30.4 (片側)	64.2 (片側)	
室	ヒーティングサーフェス (m <sup>2</sup> )		498	924	
	煉瓦厚さ (mm)	壁	230	230	
		天井	230	230	
交換機	形式		ブローノックス	ブローノックス	
	二次空気口大きさ		—	—	
	排ガス口大きさ		—	—	
煙道	巾 (m)		0.60	1.20	
	高さ (m)		0.80	1.10	
煙突	高さ (m)		40	1号窯と共用	
	面積 (m <sup>2</sup> )		1.13 (最上部)		
フォアハース	数		2	1	
	形式		— (中国式)	エムハート KW	
	巾 (m)		0.40	0.66	
	長さ (m)		1号機 2.50, 2号機 3.00	5.10 (KW標準)	
メタルラインハイト (m)			4.20	4.50	
付帯設備	ブースター		なし	なし	
	バブラー		なし	なし	
バーナー	本数 (片側)(本)		1	3	
	型式		中外炉 MB 50 (G)	中外炉 MB 50 (G)	
	使用燃料		C重油	C重油	
比	溶解室縦横比の値		1.89	1.66	
	シャドウウォール遮蔽率 (%)		75 (メタルラインより上の空間)	16 (メタルラインより上の空間)	
	RA / MA (%)		21.1	16.6	
	CV / MA (ft <sup>2</sup> /ft <sup>2</sup> )		6.8 (片側)	8.1 (片側)	
計装	自動制御		溶解室天井 TC 温度, 溶解室炉圧, メタルライン, 燃焼交換, 重油温度	同 左	
	記録計		炉温 (溶解室天井 3, 作業室天井 1, 蓄熱室天井 1×2, 煙突前) 溶解室炉圧, 重油流量	炉温 (溶解室天井 1, 蓄熱室天井 1×2) 溶解室炉圧, 重油流量, メタルライン	
	警報, インターロック		なし	なし	
キャンペーン数		5	2		
稼働色替回数 (回)		1982年2月 0	1983年7月 0		
溶解量最高 (平均) (t/d)		22.5 (20.3-'82年)	43.7 (41.8-'82年)		
溶解率最高 (平均) (t <sup>2</sup> /t/d)		7.00 (7.77-'82年)	6.36 (6.67-'82年)		
燃料原単位 (×10 <sup>4</sup> kcal/t)	溶解室, 作業室	275.3	275.3, 0	244.4	244.4, 0
シード数 (個/cm <sup>3</sup> )		約 4	約 4		
歩留 (%)		95 %	96 ~ 97 %		
特記事項		溶解室にダムあり		同 左	



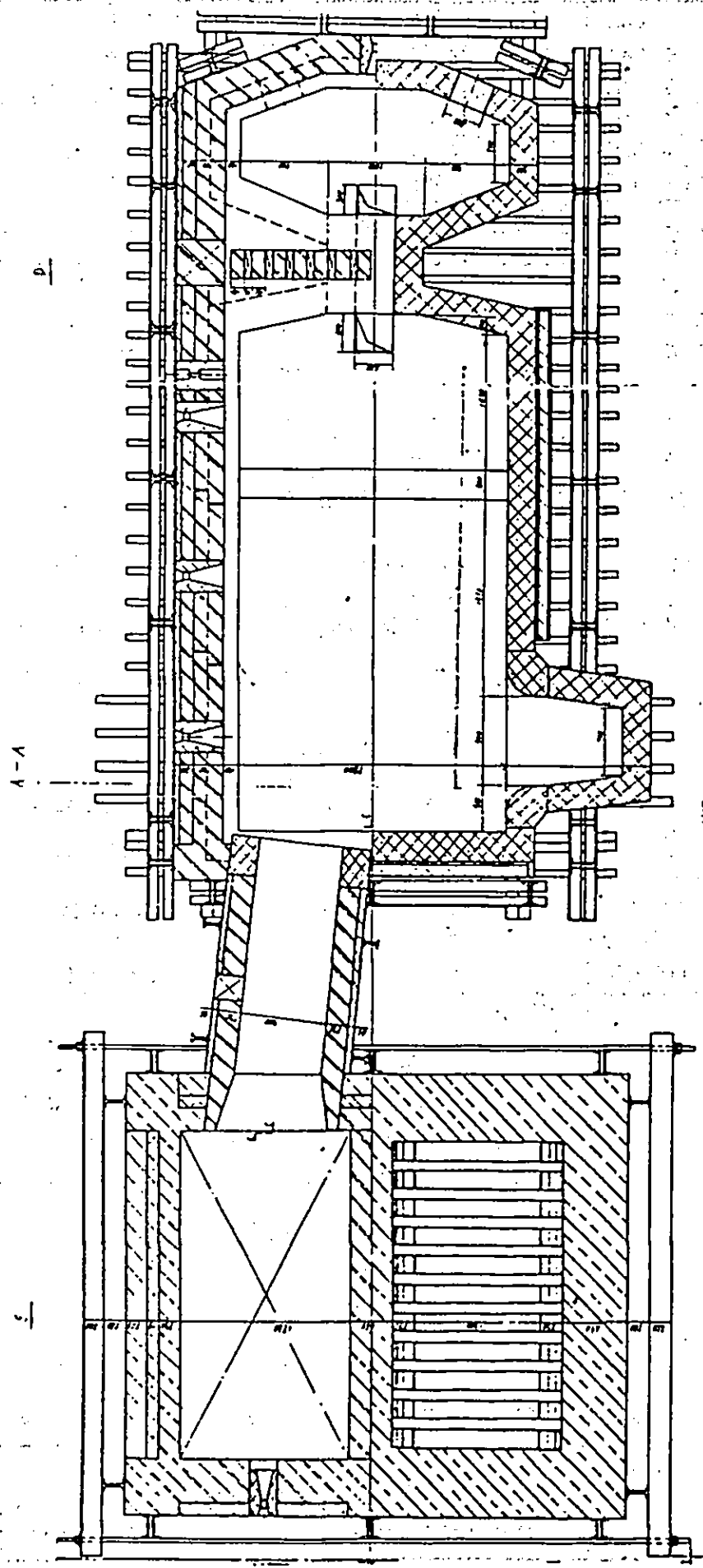


图 4.1.1 1 号 案 (1)

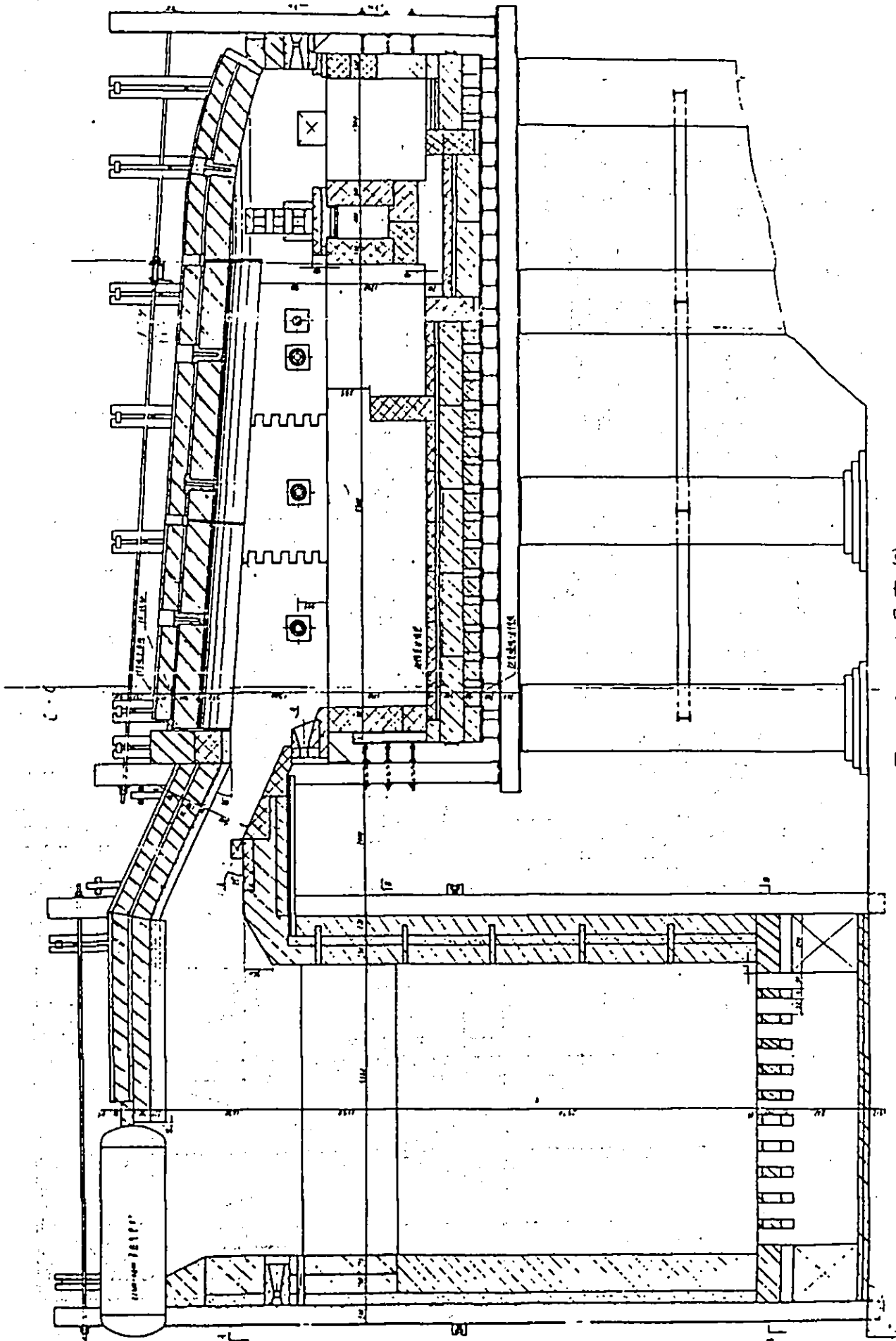


图 4.1.2 1 号泵 (2)

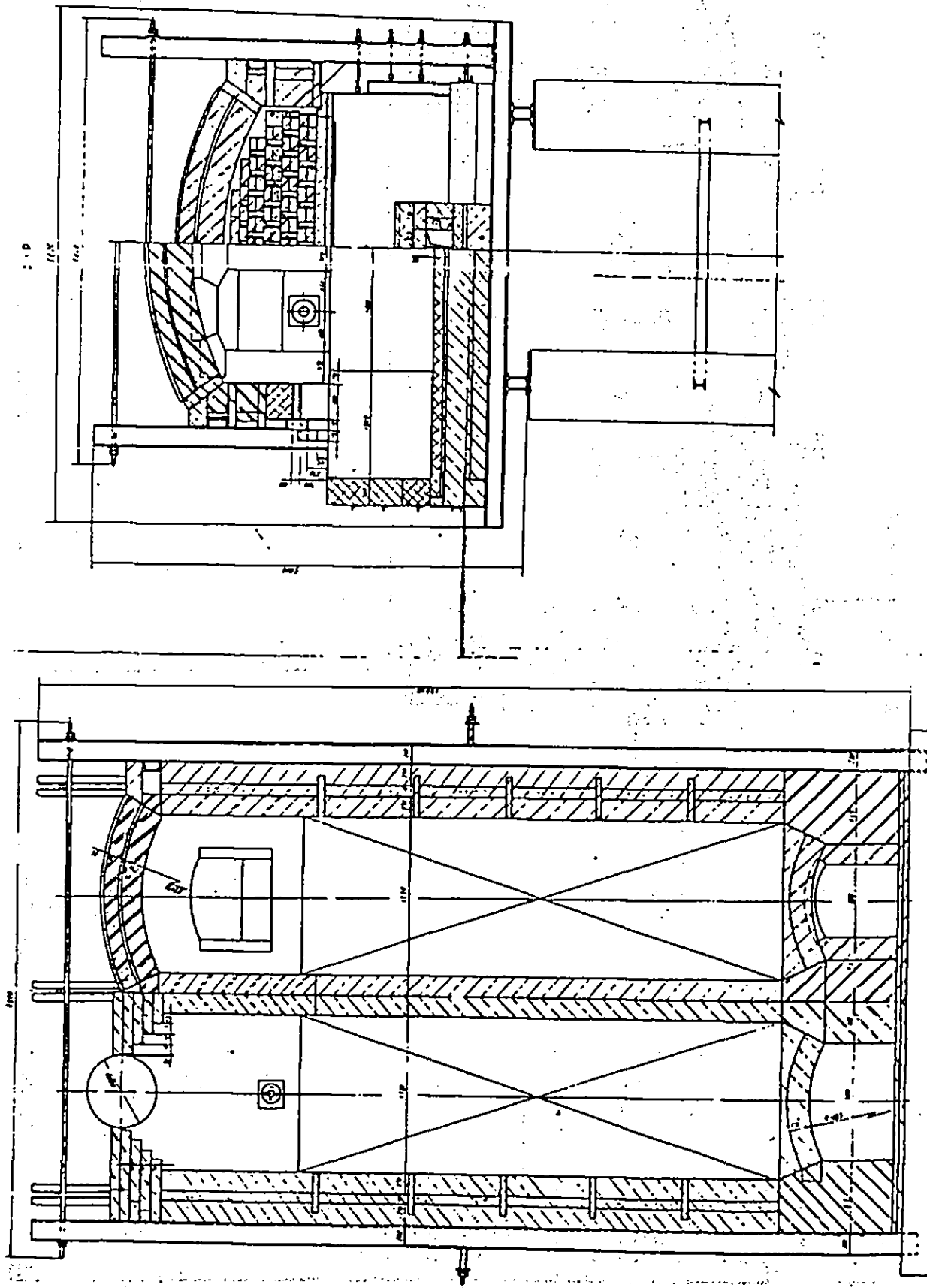


图 4.1.3 1 号泵 (3)

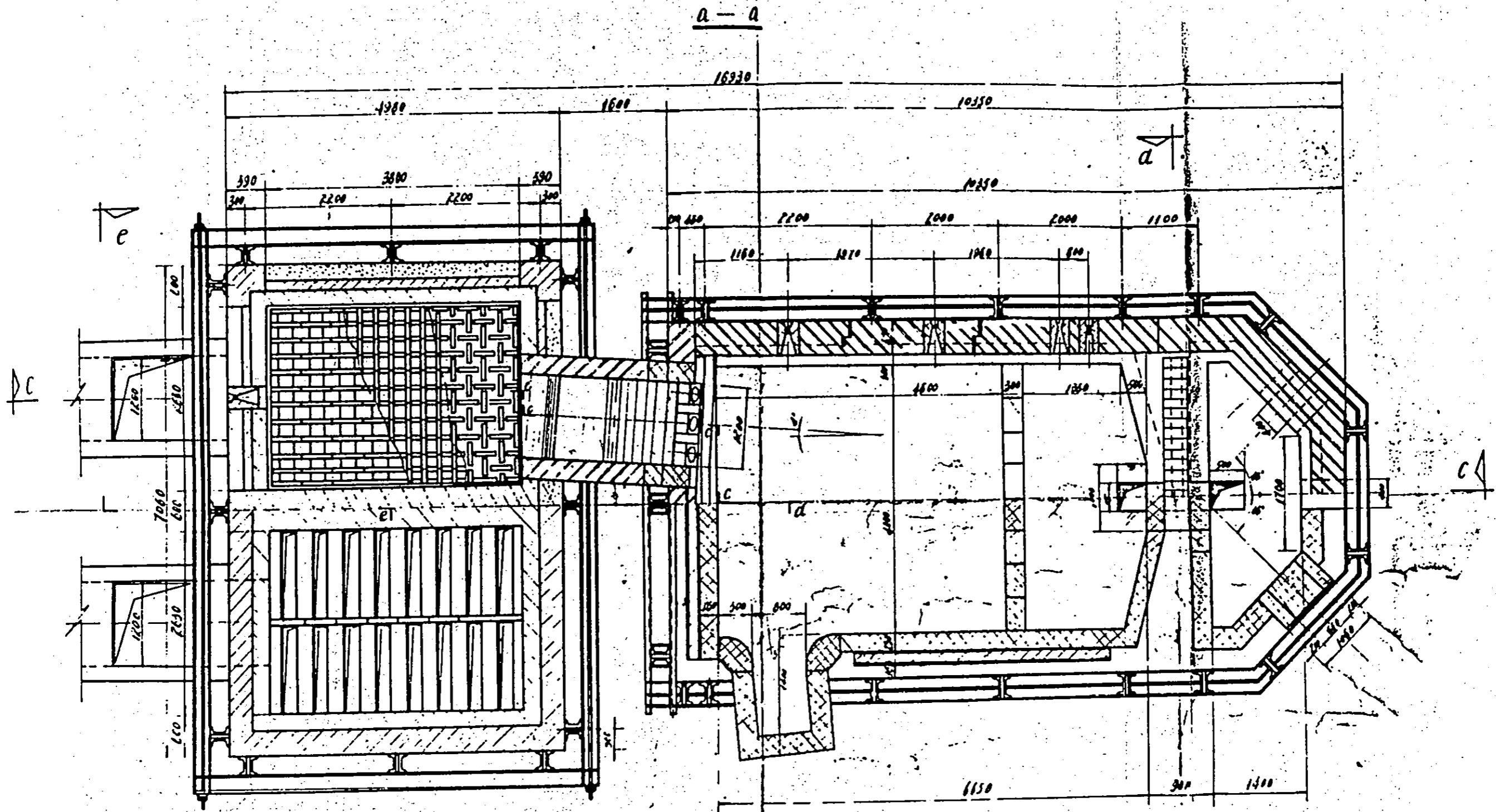


图 4.1.4 2号窑 (1)

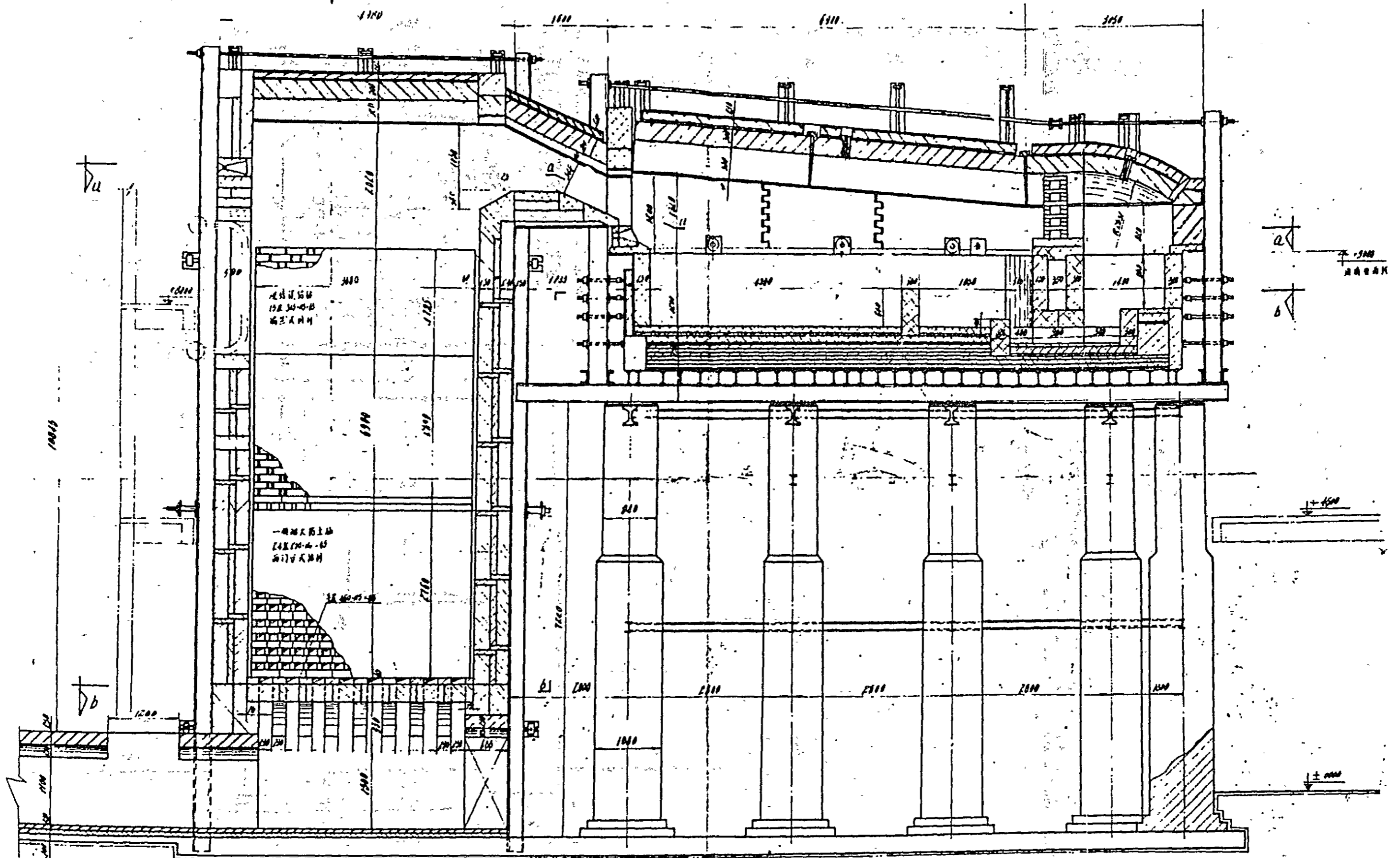
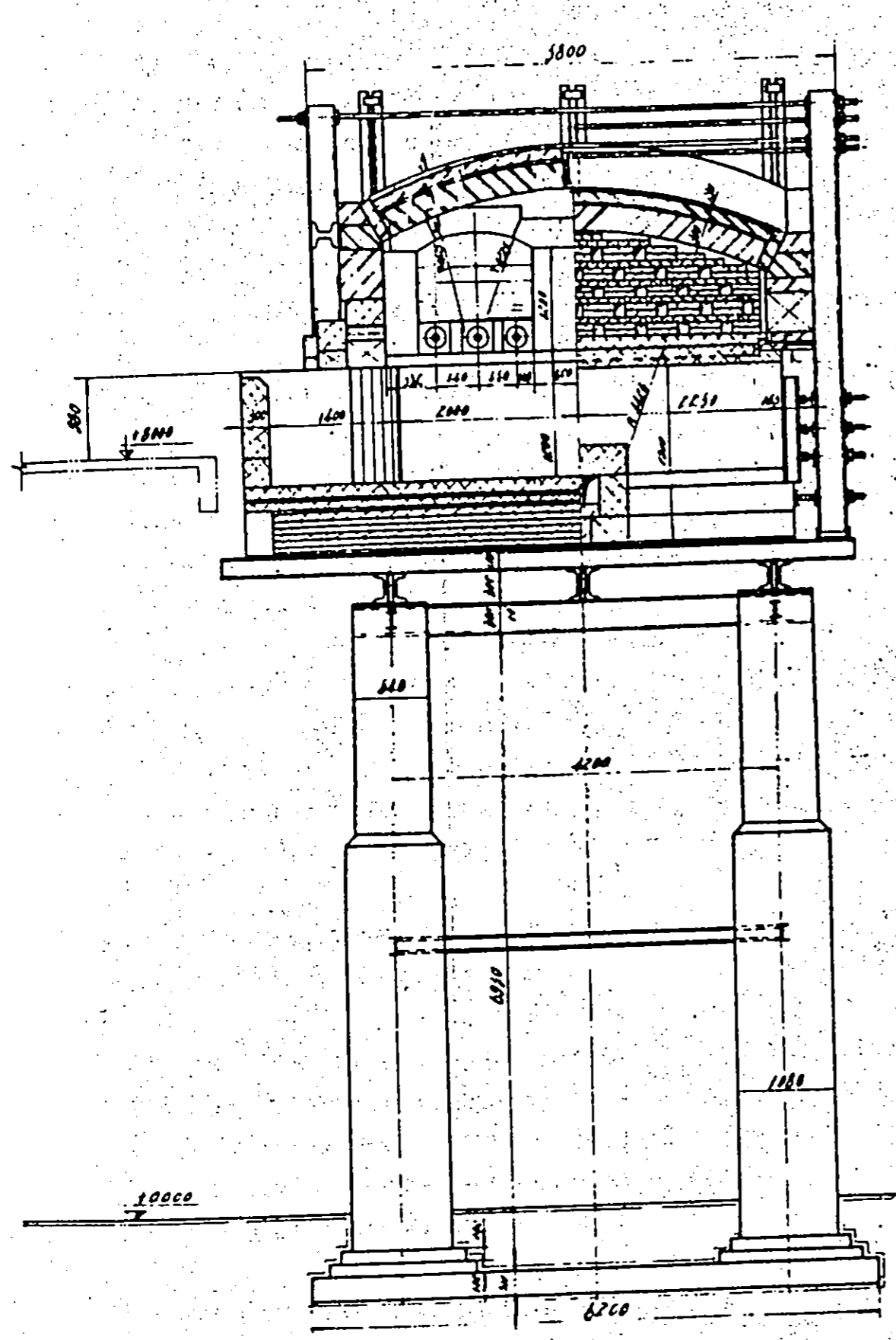
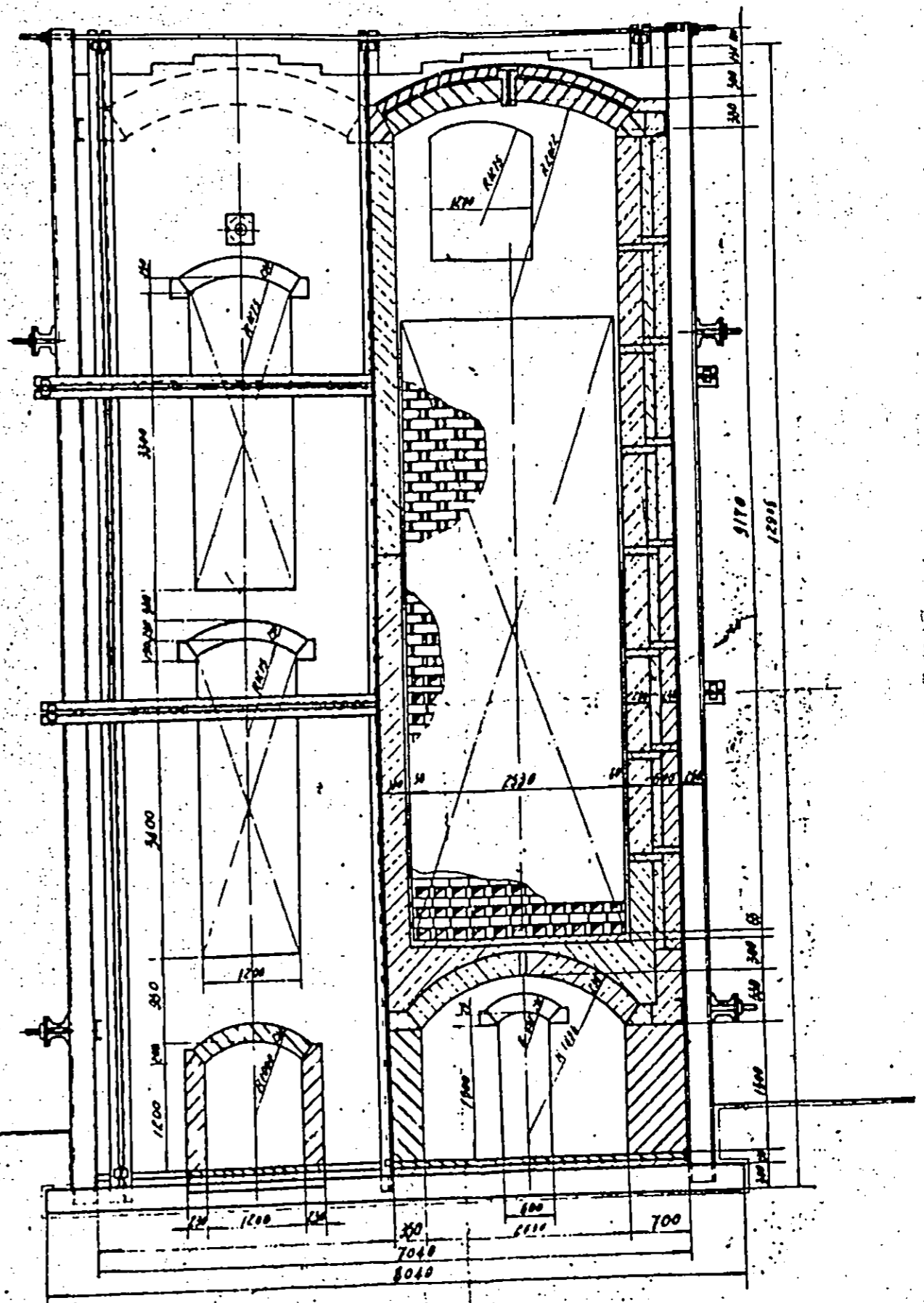


图 4.1.5 2号窠 (2)

C-C



d-d



e-e

图 4.1.6 2号窠 (3) 2-168



## ② 作業室

i) 溶解室との仕切りはオープンシャドウウォールが採用されている。バッチ水分が約6%と多いので、キャリアオーバーの問題は少ないが、将来自動調合設備が設置された場合、バッチ水分が減少するものと予想され、キャリアオーバーの問題が出てこよう。また現在は作業室の温度コントロールが全くされていないが、今後温度コントロールを厳密に行う必要があり、その場合には、ソリッド化やセパレート化が必要になって来る。またシャドウウォールの遮蔽率が低い為、作業室が非常に高温(1360℃, OP)になっており、種々の意味で問題がある。

ii) RA/MAは、1号窯が21.1%、2号窯が16.6%と、エンドポート窯としては極めて常識的な値である。

iii) 深さは1号窯が1.2m(溶解室と同じ)で、2号窯は0.9m(溶解室より0.3m浅い)と、非常に深い。これは作業室のガラスのコンディショニングに対して悪条件になっているばかりか、失透その他の悪影響を及ぼす。是非浅くするべきである。(2号窯も、今回の窯検修の前は1.2mであったとのことである。)

iv) スロートからフォアハースエントランスまでの距離は、1号窯は溶解室の巾の51.9%であるが、2号窯は溶解室の巾の40.5%であり、短かすぎる。溶解室の巾の最低50%は確保する必要がある。

v) ガラスのデッドエリアが極めて広い。これは作業室のガラスのコンディショニングに対して悪条件になっているばかりでなく失透その他の悪影響を及ぼす。少なくとも平面図的にはデッドエリアをなくすべきである。

## ③ スロート

i) 1号窯は半サブマリンとなっているが、完全サブマリンにするべきである。

ii) 巾は0.4mと狭いが、小さい窯であり、問題はない。

## ④ ポート

i) 天井角度、ボトム角度ともに25°となっており、最近では非常に珍しい。(以前は天井20°、ボトム10°であったとのことである。) 燃焼は比較的良好であるが、燃焼にまだ関与していない低温の2次空気がバッチ山に衝突し、冷却する傾向が非常に強く、加熱効率的には好ましくないとと思われる。また、蓄熱室のターゲットウォールに視窓を設置しても、フレームやバッチパターンが全く見えないという極めて不都合な点もある。

## ⑤ 蓄熱室

i) CV/MAは1号窯が6.8 ft<sup>2</sup>/ft<sup>2</sup>、2号窯が8.1 ft<sup>2</sup>/ft<sup>2</sup>(いずれも片側)と、エンドポート窯にしてはかなり大きく、問題はない。

ii) チェッカーはポートボトムまで積む必要がある。



iii) 天井は、ポートの天井と同一レベルになっている。将来、溶解室の操業温度を上げた場合、更に高温になることが予想され、問題になる可能性がある。

#### ⑥ フォアハース

1号窯のフォアハースは長さが2.50m(1号機)、3.00m(2号機)と極めて短く、中央付近に1セットのバーナーが設置されているだけのものである。びんの成形は作業室、フォアハースに始まるという基本的な事柄が理解されていない。窯検修時には、必ず全面的に変更する必要がある。

なお、2号窯のフォアハースはエムハートの設計を採用している。

#### ⑦ 煙突

1, 2号窯で1本の煙突を共用している。

### 2.4.1.3 窯の設計の詳細

前項では窯の仕様の概略及び問題点について述べたが、ここでは窯の設計の詳細について述べる。

#### (1) 使用煉瓦の種類, スペック

表4.1.5に使用煉瓦の種類を、また表4.1.6に使用煉瓦のスペックを示した。

表4.1.5, 4.1.6から主な特徴及び問題点について述べる。

#### ① 全般

i) 2号窯の溶解室の種瓦, ダム及びスロートに日本製のAZS電鍍煉瓦(旭1681, 1691, 1711各VF)を、また2号窯のフォアハースにやはり日本製の煉瓦(東芝モノフラックス, 東芝セラミックス製)を使用しているが、その他は、全て中国製の煉瓦である。(外国製の煉瓦を使用したのはこの2号窯が初めてとのこと)

特に、溶解室種瓦, スロート等、窯の寿命を決める重要な部位に中国製の煉瓦を使用してきたことが窯の寿命が2.5~3年と極めて短かったことの直接的な原因となっているので、窯の寿命を5年以上とすることを目標とするならば、これらの部位に躊躇なく外国製の煉瓦を使用すべきである。

ii) 安価な硅石煉瓦を多数の部位に使用している。ジルコン煉瓦を全く使用していない。

iii) 特に2号窯の煉瓦構成が極めてアンバランスである。一般的に低質の煉瓦を使用している割には、例えば溶解室種瓦の大部分に $ZrO_2$  36%のもの(旭1691VF)を使用する等している。窯の寿命の目標に合わせて、適切な煉瓦の使用を心掛ける必要がある。

表 4.1.5 使用煉瓦の種類

部 位		1 号 窯	2 号 窯
溶 解 室	天井	珪石 (中国製)	珪石 (中国製)
	スタータコース	"	"
	スキュー	"	"
	プレストウオール	"	"
	タックストーン	"	焼成AZS (中国製), 焼成Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (中国製)
	種瓦	電鍍AZS (中国製)	電鍍AZS (旭1691,1681,1711, 中国製の4種)
作 業 室	天井	珪石 (中国製)	珪石 (中国製)
	スタータコース	"	"
	スキュー	"	"
	プレストウオール	"	"
	タックストーン	"	焼成AZS (中国製), 焼成Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (中国製)
	種瓦	上部=電鍍AZS (中国製), 下部=SK 34 (中国製)	焼成ムライト質 (中国製) 2段積
ス ロ ット	フェイス (溶解室側)	電鍍AZS (中国製)	電鍍AZS (旭1711)
	" (作業室側)	"	電鍍AZS (中国製)
	カバー	"	電鍍AZS (旭1711)
	スリッパ	"	"
ポ ー ト	天井	電鍍AZS (中国製), 珪石 (中国製)	電鍍AZS (中国製), 珪石 (中国製)
	壁	"	"
	ベーピング パーナタイル	電鍍AZS (中国製)	電鍍AZS (中国製) 焼成AZS (中国製)
シャ ド ウ オ ー ル	シャドウオール	珪石 (中国製)	焼成AZS (中国製)
	ブリッジカバー	電鍍AZS (中国製)	電鍍AZS (中国製)
フ ォ ア ハ ー ス	エントランス	電鍍AZS (中国製)	電鍍AZS (中国製)
	チャンネル	焼成Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (中国製)	電鍍αβ-アルミナ (東芝モノフラックスM)
	上部構造	天井:SK34 (中国製), 壁:焼成Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (中国製)	東芝セラミックス製のものというだけで、種類は不明。
	パーナタイル	SK34 (中国製)(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 稍多い)	
	スパウト	SK34 (中国製)	
	チューブ	"	
ブレンダー	使用していない		
ダシパー	電鍍AZS (中国製), SK34 (中国製)		
オリフィス	SK 32 (中国製)		
蓄 熱 室	天井	珪石 (中国製)	珪石 (中国製)
	スタータコース	"	"
	スキュー	"	"
	壁 (上段)	SK 36 (中国製)	SK 36 (中国製)
	(中段)	SK 32 (中国製)	"
	(下段)	"	SK 32 (中国製)
	チェッカー (上段)	焼成マグネシアアルミナ (中国製)	焼成マグネシアアルミナ (中国製)
	(中段)	SK 32 (中国製)	SK 36 (中国製)
	(下段)	"	SK 32 (中国製)
ライダーアーチ	"	"	

表 4.1.6. 使用煉瓦のスペック

		成 分 (wt %)	耐火度 (°C)	荷重軟化点 (2kg/cm <sup>2</sup> ・°C)	線膨張率 (収縮率)
硅 石 (中国製)		SiO <sub>2</sub> 94.5 %	1710	1640	—
電 鋳 AZS (中国製)		ZrO <sub>2</sub> 32.5%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 47%, SiO <sub>2</sub> 17 %	1700	1700	20~1250°C 8.2×10 <sup>-6</sup> /°C
電鋳AZS (旭1691,1681,1711)		—	—	—	—
焼 成 AZS (中国製)		ZrO <sub>2</sub> 18%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 63%, SiO <sub>2</sub> 18 %	—	—	—
焼 成 ムライト質 (中国製)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 65%, SiO <sub>2</sub> 33 %	—	1650	1500°C
S K 3 6 (中国製)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 55~65 %	1770	1470	(1350°C, 3hr, 0.7 %)
S K 3 4 (中国製)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 38~43%, SiO <sub>2</sub> 53~57 %	1750	1520~50	—
S K 3 2 (中国製)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 35%, SiO <sub>2</sub> 50~65 %	1670	1250	(1350°C, 2hr, 0.5 %)
焼成マグネシアアルミナ (中国製)		MgO 80%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5~10 %	—	1550	—
焼 成 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (中国製)		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 98.5%, TiO <sub>2</sub> 0.5 % (サイズ小)	—	—	—
断熱材 (中国製)		使用温度 (°C)	かさ比重 (t/m <sup>3</sup> )	熱伝導率 (kcal/m・hr・°C)	
	硅 石 断 熱	1250	1.0	0.41	
	1500°C 断 熱	1300 ~ 1400	1.3	0.35 + 0.3 × 10 <sup>-3</sup> t	
	B — 5	1300	1.0	0.25 + 0.22 × 10 <sup>-3</sup> t	
	セラミックファイバー	—	—	—	
	硅 藻 土	900	0.70	0.17 + 0.23 × 10 <sup>-3</sup> t	
石綿板 (石綿+石灰)	500	0.90 ~ 1.00	0.14 + 0.15 × 10 <sup>-3</sup> t		

② 溶解室

i) 天井, スタートコース, スキュー, プレストウォール及び1号窯のタックストーンは, いずれも中国製の硅石である。中国製の硅石は, 表 4.1.6 に示した様に SiO<sub>2</sub> 94.5 % であるが, フラックスファクターが不明の為, 品位は明確でない。

5年以上の窯の寿命を目標とし, 断熱を強化し, また窯の操業温度を上げて溶解率を増加する為には, 高品位の硅石煉瓦の採用及び他材質への変更が必須条件となる。

ii) 種瓦は, 1号窯は全て中国製, 2号窯は大部分が日本製 (旭 1681, 1691, 1711, 各VF) で, 一部中国製である。中国製のはチルトキャストで, 巢は外側に置いている。

中国製のAZS電鋳煉瓦 (ZrO<sub>2</sub> 32.5%) は, 日本製のものと比較して耐侵食性が劣ることであるが, 更に致命的なことは, 300mm × 500mm × 1100mm以上の大きさのものができないことである。その為, 溶解室種瓦は2段積みにはせざるを得ない。これでは5年以上の耐用や断熱強化や, 高温操業は無理である。是非とも高品質かつフルサイズの AZS電鋳煉瓦を採用するべきである。

尚, 中国製の ZrO<sub>2</sub> 32.5% の AZS 電鋳煉瓦の価格は 3000 元/t (378,000 円/t), 2号窯で使用した日本製の AZS 電鋳煉瓦 (旭 1681, 1691, 1711 各VF) は, 平均で 2000 米ドル/t (480,000 円/t) + 運賃とのことである。

また2号窯は、 $ZrO_2$  36%及び41%のAZS電鍍煉瓦を大部分に使用しているが、VFであればその必要は全くない。投入口コーナーにのみ $ZrO_2$  41%のものを使用し、他は33%のもので充分である。

iii) ペーピング、ダムについても、ii)項と同様のことが言える。

### ③ 作業室

i) 種瓦は、1号窯が上部電鍍AZS、下部SK34、2号窯は焼成ムライト質2段積である。(例えば、焼成ムライト質煉瓦の場合、 $300\text{mm} \times 400\text{mm} \times 600\text{mm}$ 以上の大きさのものは作れない。) また、現在全く断熱されておらず「裸」の状態である。ガラスのコンディショニング、失透の防止及び省エネの為に、今後は是非とも断熱をするべきであるが、その場合は当然材質、寸法の変更が必須条件となる。

ii) ペーピングも、i)項と同じ理由で、現在の焼成 $Al_2O_3$ から変更する必要がある。

### ④ スロート

i) 1号窯は全て中国製の電鍍AZS煉瓦であるが、5年以上の窯の寿命を目標とするならば、ペーピングを除いて高品質のAZS電鍍煉瓦(作業室側フェイサーは $\alpha\beta$ アルミナ電鍍煉瓦)を採用する必要がある。

ii) 2号窯の溶解室側フェイサーとカバーは現状でよい。しかし作業室側のフェイサーは $\alpha\beta$ アルミナ電鍍煉瓦で、またスリーパは $ZrO_2$  35%のAZS電鍍煉瓦で充分である。

### ⑤ ポート

溶解室バックウォールと共用していない壁とペーピングは焼成アルミナジルコンで充分である。

### ⑥ シャドウウォール

5年以上の窯の寿命を目標とするならば $\alpha\beta$ アルミナ電鍍煉瓦とするべきである。また、ブリッジカバーは $\alpha\beta$ アルミナ電鍍煉瓦で充分である。

### ⑦ フォアハース

i) 今後作業室、フォアハースの断熱度を上げ、またガラスのコンディショニングを改善する必要があるが、その場合、作業室の温度は現状( $1360^\circ\text{C}$ , OP)よりかなり下げる必要がある。そうすればフォアハースエントランスにはAZS電鍍煉瓦を使用する必要はない。(当工場の話では、昔 $\alpha\beta$ アルミナの電鍍煉瓦を使用していたが侵食が激しい為にAZS電鍍煉瓦に変更し、なおかつ冷却しているとのことである。)

ii) 1号窯のチャンネル、スパウト、オリフィスは、5年以上の寿命を目指すならば材質を変更する必要がある。

### ⑧ 蓄熱室

i) 天井、スタータコース、スキューは、5年以上の窯の寿命を目標とするならば、材質を変

更する必要がある。

ii) 壁とチェッカーの上段及び中段も、5年以上の寿命を目標とするならば、材質を変更する必要がある。

iii) 当工場では以前、十字型のチェッカー煉瓦を使用したことがあるが、重い、高い等の理由で、現在は使用していないとのことである。

iv) チェッカーのフルサイズは165mm×165mmである。

(2) 断熱構造

表 4.1.7 に、代表的な部位の断熱構造を示した。

表 4.1.7 代表的な部位の断熱構造

	1 号 窯	2 号 窯
天井 (溶解室・作業室)		<p>(予定)</p>
天井 (蓄熱室)	<p>硅石 (中国製) の厚さが 230mm で、 他は溶解室、作業室と同じ。</p>	<p>同 上</p>
天井 (ポート)		<p>(予定)</p>

	1 号 窯	2 号 窯
ブリッジウォール(溶解室、作業室)	<p>(作業室前部は断熱なし)</p>	同 左
蓄熱室壁	<p>(B-5の入荷が遅れた為)</p>	
ポート壁		同 左
溶解室種瓦	<p>注 1) 投入口とブリッジウォールは全く断熱されていない。  2) 種瓦の縦目地及び横目地も全て断熱している。  3) 種瓦の天場から300mmは断熱していない。</p>	<p>注 1) 同 左  2) 同 左  3) 同 左</p>

	1 号 窯	2 号 窯
作業室種瓦	断熱全くなし	断熱全くなし
溶解室ボトム	<p>電鋳AZS (中国製ZrO<sub>2</sub>32.5%) ジルコニスタンプ SK32 (中国製) 1500℃断熱 (中国製) B-5 (中国製) 石棉板 鉄板</p>	<p>電鋳AZS (中国製ZrO<sub>2</sub>32.5%) ジルコニスタンプ 電鋳AZS (中国製ZrO<sub>2</sub>32.5%) ジルコニスタンプ SK36 (中国製) SK32 (中国製) 1500℃断熱 (中国製) B-5 (中国製) 石棉板 鉄板</p>
作業室ボトム	<p>焼成Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (中国製) ジルコニスタンプ SK32 (中国製) 1500℃断熱 (中国製) B-5 (中国製) 石棉板 鉄板</p>	<p>焼成Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (中国製) ジルコニスタンプ SK32 (中国製) 1500℃断熱 (中国製) B-5 (中国製) 石棉板 鉄板</p>

また表 4.1.8 に、各部位の断熱度の TG との比較を示した。尚、断熱度の計算は資料 4.1.1 に従った。

表 4.1.8 各部位の断熱度の TG との比較

部 位		当 工 場		T G (最大値)
		1 号 窯	2 号 窯	
溶 解 室	天 井	6.1	6.6	17.0
	プレストウオール	7.1	7.1	17.4
	種 瓦	2.6	3.8	8.6
	ポ ト ム	9.6	8.2	12.9
作 業 室	天 井	6.1	6.6	19.2
	プレストウオール	7.1	7.1	17.1
	種 瓦	断熱なし	断熱なし	16.2
	ポ ト ム	9.9	14.1	26.7
ポ ー ト	天 井	4.7	5.9	19.2
	壁	3.2	3.2	—
蓄 熱 室	天 井	5.6	6.6	17.2
	壁	7.3	14.0	25.3

注 1) TGの値は、各部位毎に、11 窯の中の最高のもので示した。

また表 4.1.9 に、各部位の煉瓦表面温度の測定データの TG との比較を示した。尚、資料 4.1.2 ~ 4.1.4 に、炉壁外表面温度と放熱量の関係を示した。



資料 4.1.1

断熱度の計算方法（改訂1）

断熱度は次の式で求めます。

$$\text{断熱度} = (b_1/\lambda_1 + b_2/\lambda_2 + \dots) \times 10$$

$b_n$  : れんが又は断熱材の厚さ (m)

$\lambda_n$  : 熱伝導率 (kcal/m/hr/°C)

断熱度の計算に使用する熱伝導率は、下記の様に改訂する。

	熱伝導率	従来の熱伝導率	主な商品名
A Z S	5.5	3.5	S-3, ZB-1681
$\alpha$ $\beta$ - アルミナ	4.5	3.5	M, MB-G
$\beta$ - アルミナ	6.0	3.5	H, MB-U
アルミナ・ジルコン	2.1	1.9	ZIRMUL, AZ-G, TB-ZM
ジ ル コ ン	3.1	2.4	TZB, ZETA-AH
け い 石	1.5	1.4	SD
ク ロ マ グ	2.1	1.6	CHROEX-BG
S K 36	1.5	1.7	
S K 34	1.0	1.3	
L Y P L E X	0.8	—	
S K 32	0.8	—	
け い 石 断 熱	0.7	0.4	ISB, SG-L
1500°C 断 熱	0.4	0.25	LBK-28
B - 5	0.4	0.2	
B - 3	0.3	—	
B - 1	0.2	—	
セラミックファイバー	0.08	0.15	ファイバーフラックス
岩 綿	0.07	0.10	ファインフレックス
ケイカルボード (1000°C)	0.1	—	スーパーボード
ケイカルボード (650°C)	0.07	—	スーパーテンブボード
			シリカボード
			シリカライトボード

表 4.1.9 各部位の煉瓦表面温度測定データ

部 位		測定点数	1 号 窯	2 号 窯	TG (最低値)	
溶 解 室	天 井	3	152	269 *	84	
	プレストウオール	2~3	160	136	107	
	種 瓦	投入以外 メタルライン(風 冷)	2~3	96	157	—
		高さの中央(断 熱)	2	133	201	99
	種 瓦	投入熱 メタルライン(冷却無)	1	283	251	—
		高さの中央(断熱無)	1	256	235	—
	ポ ム	6	測定不能	172	114	
作 業 室	天 井	2	140	272 *	43	
	プレスト ウオール	サ イ ド (断 熱)	1	110	136	87
		フ ロ ン ト (断熱無)	1~2	160	225	
	種 瓦	メタルライン	1	321	301	—
		高 さ の 中 央	1	347	242	74
ポ ム	—	測定不能	測定不能	63		
ポ ト	天 井	2	303	227 *	87	
	壁	中 央 部	1	209	202	95
		下 部	1	153	163	90
蓄 熱 室	天 井	2~4	152	241 *	75	
	壁	上 段	3	131	135	81
		中 段	4~8	76	77	42
		下 段	2~5	55	65	30
煙 道	天 井	2	72	82	40	
	壁	1	66	75	41	
フ ォ ア ハ ー ス	1号機	上部構造サイド	1	229	162	—
		チャンネルサイド	1	210	184	—
	2号機	上部構造サイド	1	167	—	—
		チャンネルサイド	1	189	—	—

注 1) ・印は、断熱未施工時の値。

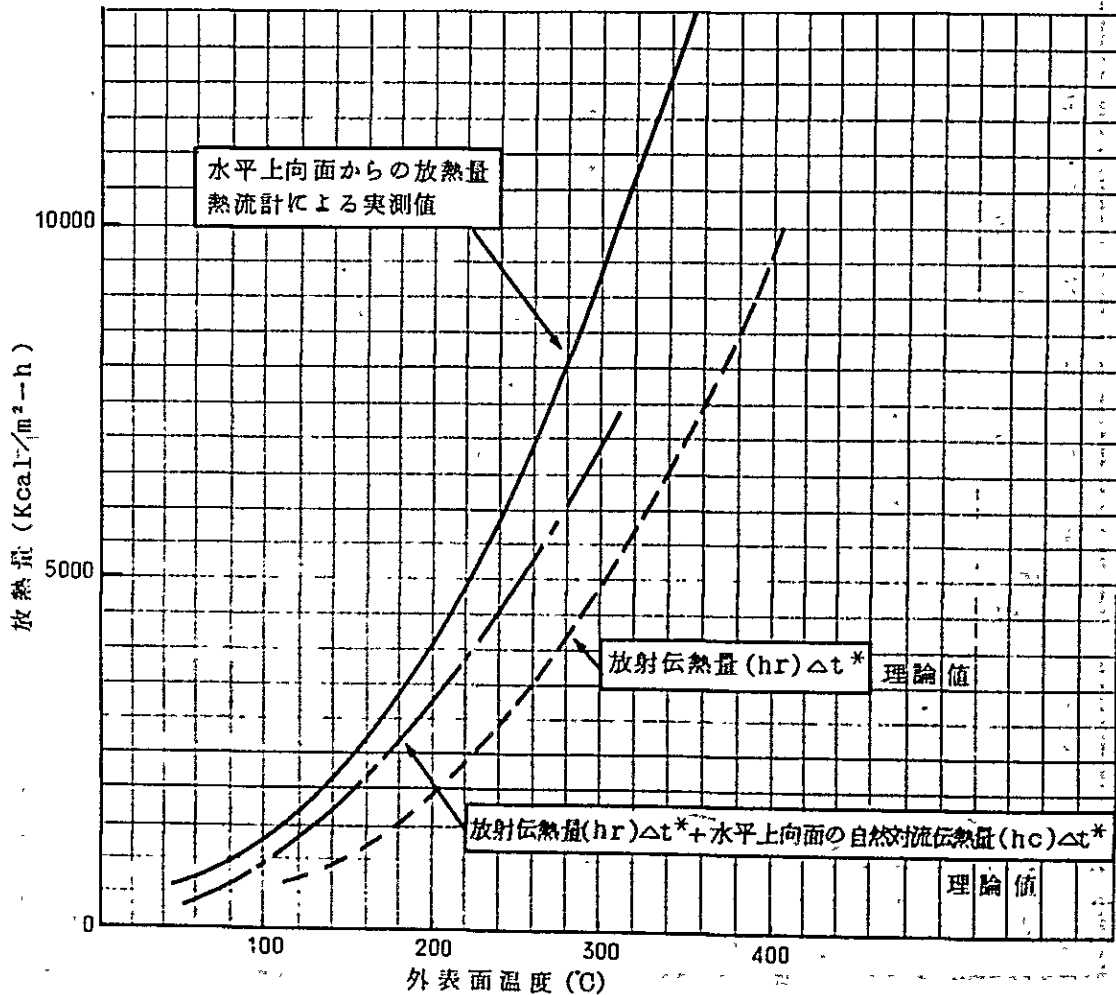
2) TGの値は、各部位毎に、11窯の中の最低温度で示した。

資料 4.1.2

炉壁外表面温度と放熱量の関係

(その1) 上向き平面からの放熱

簡単に炉壁外表面からの放熱量を知りたい時に外表面温度を表面温度計で測定し、次のグラフから放熱量を求めてる。 CROWN等の上向き平面の放熱に使用する。



放射伝熱係数

$$hr = \frac{4.96\phi \left[ \left( \frac{273+to}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+ta}{100} \right)^4 \right]}{to - ta}$$

自然対流伝熱係数

$$hc = 2.8 \sqrt{to - ta}$$

\* 放熱量 = (hc + hr) Δt

ta : 外気温度

to : 外表面温度

φ : 黒度

\*Δt: to - ta

詳細は報告書 ML-2175 参照

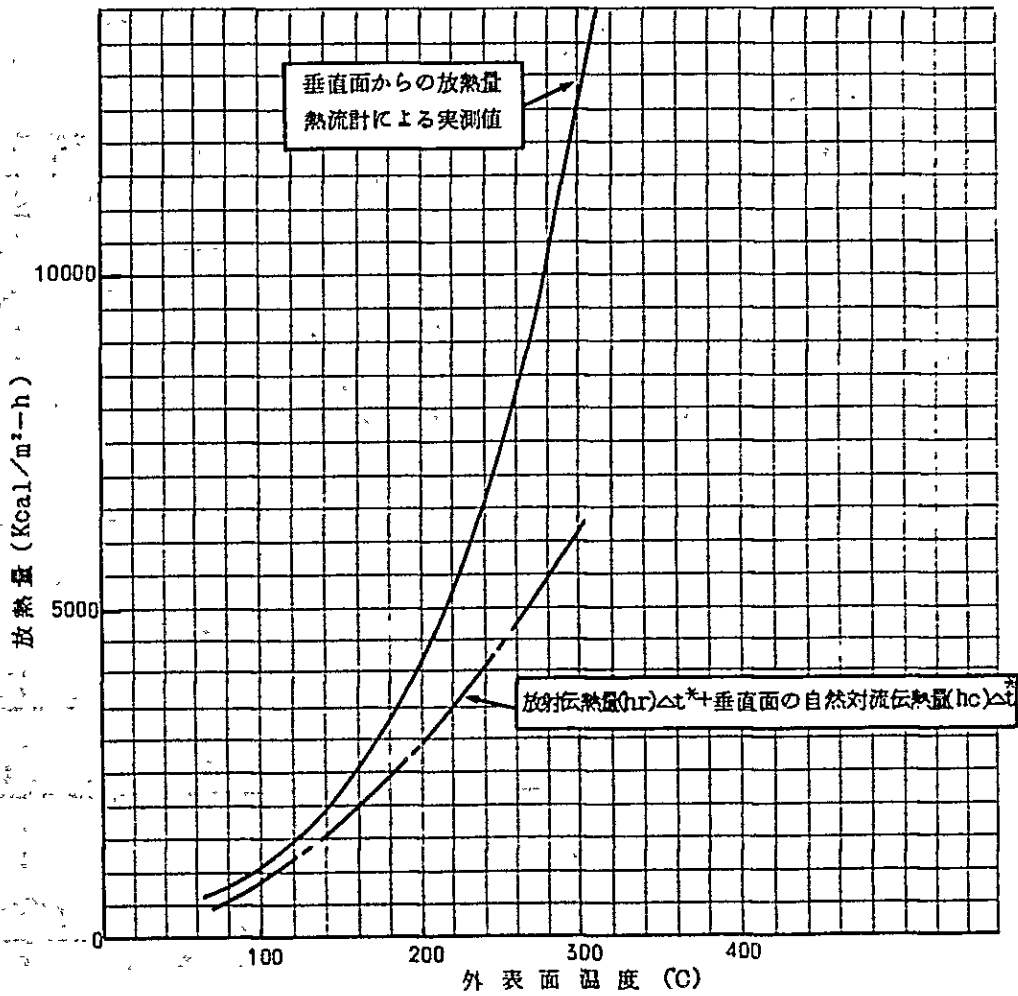
\*5.1.4.2.0 訂正

資料 4.1.3

炉壁外表面温度と放熱量の関係

(その2.) 垂直面からの放熱

簡単に炉壁外表面からの放熱量を知りたい時に外表面温度を表面温度計で測定し、次のグラフから放熱量を求めている。BREAST WALL 等の垂直面からの放熱に使用する。



hr は (その1) に示した式と同じ

$$hc = 2.2 \sqrt{t_o - t_a}$$

$$*放熱量 = (hc + hr) \Delta t$$

$$\Delta t = t_o - t_a$$

$t_o$  : 外表面温度 (°C)

$t_a$  : 外気温度 (°C)

詳細は報告書 ML-2175 参照

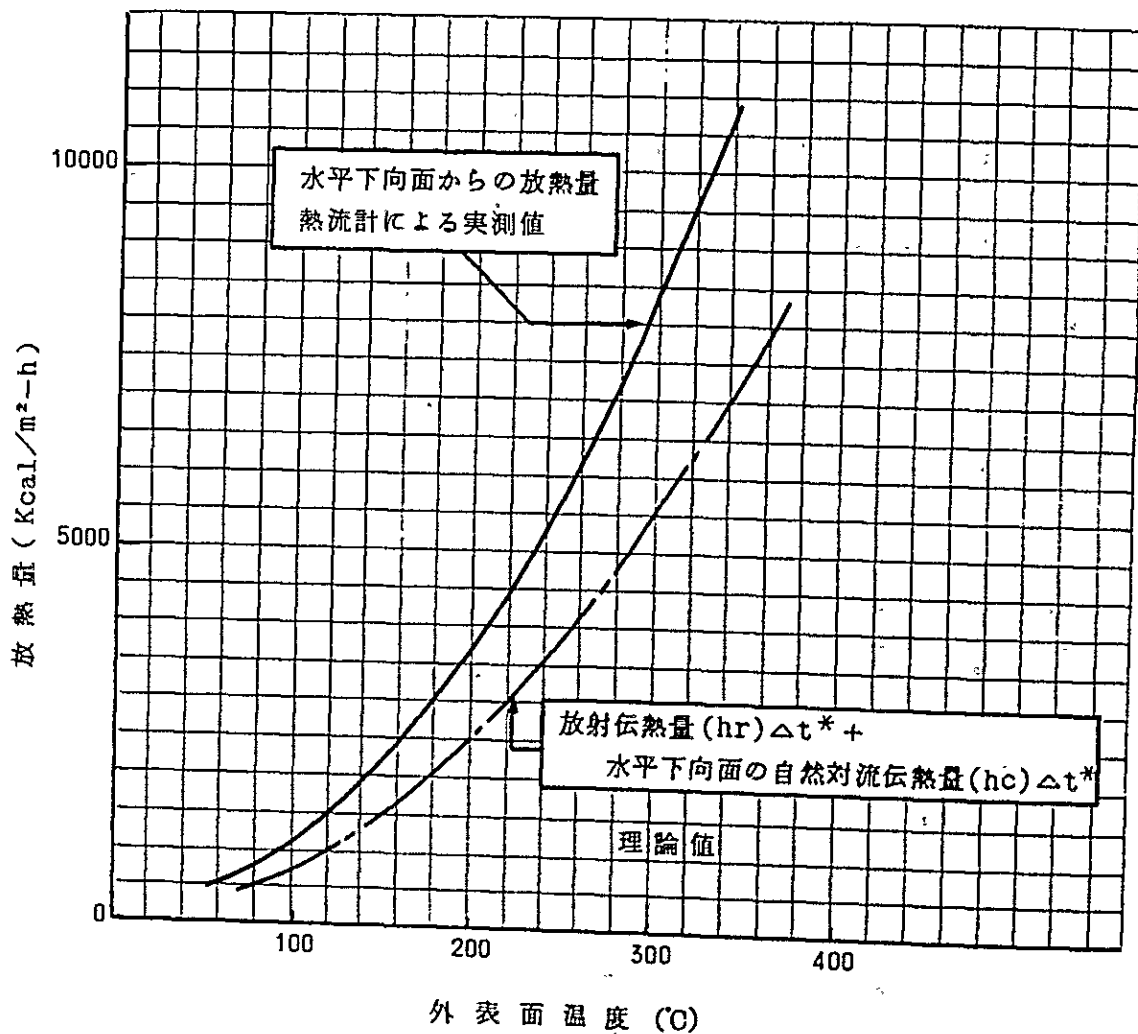
\*5.1.4.2.0 訂正

資料 4.1.4

炉壁表面温度と放熱量の関係

(その3.) 下向き平面からの放熱

簡単に炉壁外表面からの放熱量を知りたい時に外表面温度を表面温度計で測定し、次のグラフから放熱量を求める。これはBOTTOM等の下向き平面からの放熱に使用する。



hr は (その1) に示した式と同じ  
 $hc = 1.5 \sqrt[4]{to - ta}$   
 \*放熱量 =  $(hc + hr) \Delta t$   
 \* $\Delta t = to - ta$

to : 外表面温度 (°C)  
 ta : 外気温度 (°C)  
 詳細は報告書 ML-2175 参照  
 \*5.1.4.2.0 訂正