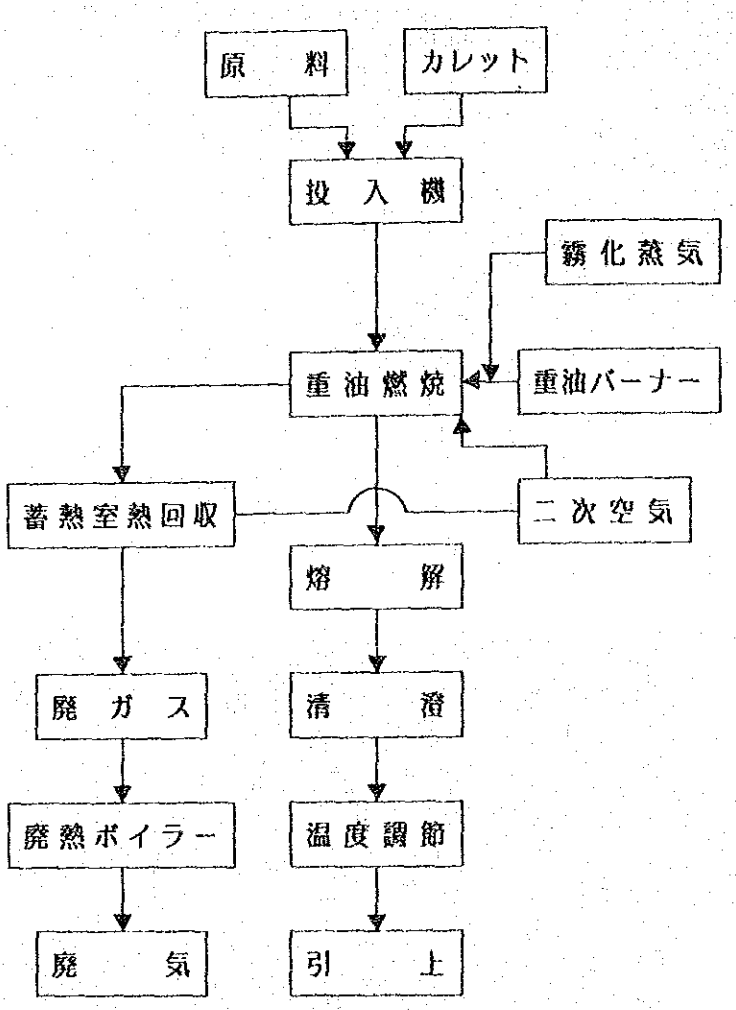
2.2.3 熔解工程の現状と問題点及び対策

(1) 熔解工程の現状

1) 熔解工程要素

沈陽ガラス工場熔解工程要素は下図の通りあらわすことができる。

図 2.2.3.1 熔 解 工 程 要 素



2) 熔解窯のディメンジョンと主要指標

熔解窯のディメンジョン及び主要な指標を図 2.2.3.2及び表 2.2.3.1に示す。

図 2.2.3.2　窯槽のディメンジョン

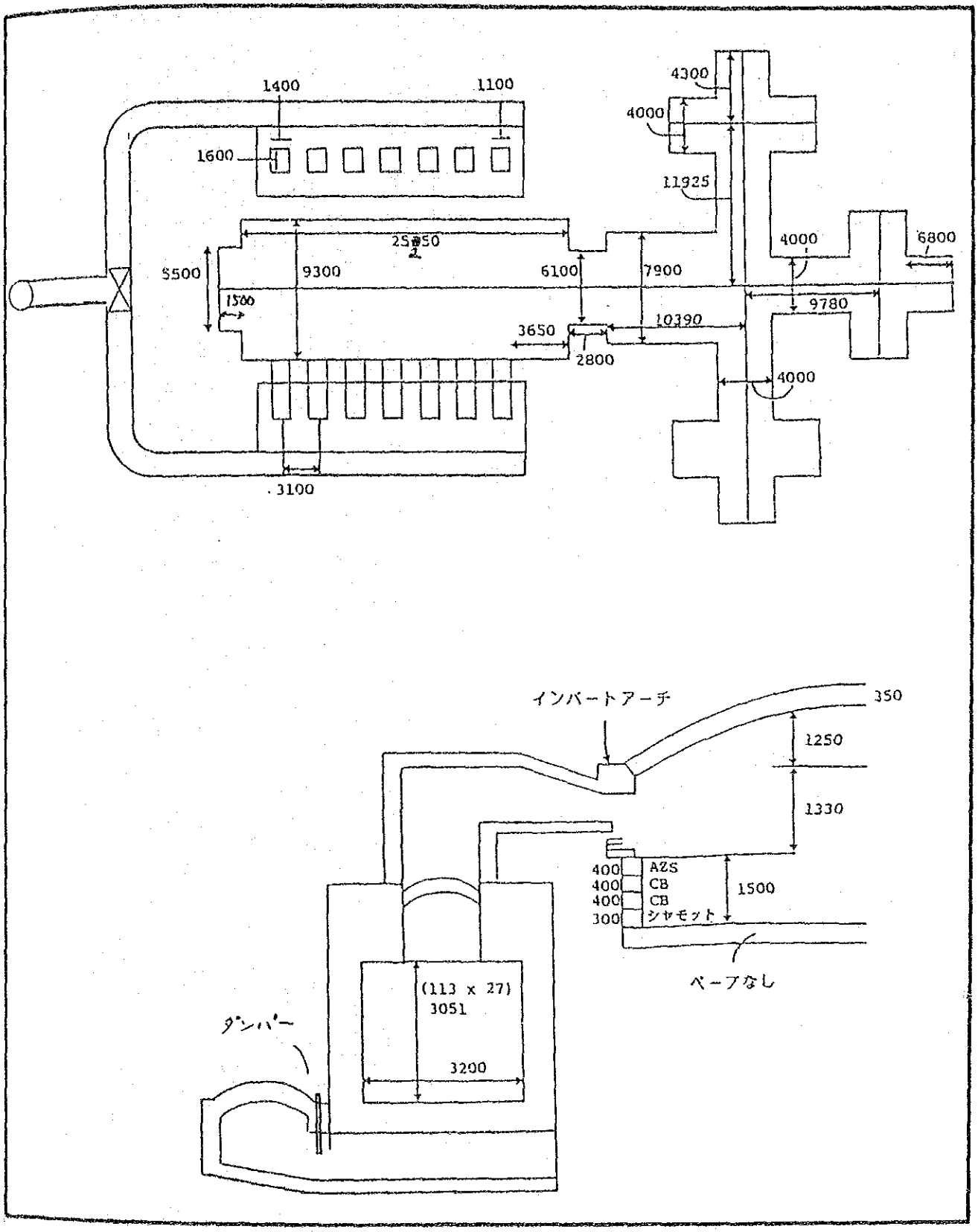


表 2.2.3.1 窯槽の主要指標

ディメンジョン指標			操業指標		
MT	長	25.25 m	成形機		フルコール式 9基
MT	幅	9.30 m	生産能力		設計 212万標準箱
DH	長	1.50 m	溶解能力		設計 336T／日
DH	幅	5.50 m	溶解率		1.43T／日・㎡
MT	面積	234.83 ㎡	カレット率		平均 20%
NECK	長	2.80 m	重油消費量		84T ／日
NECK	幅	6.10 m	温度	1P	1480±10℃
RT	長	12.39 m		2P	1515±10℃
RT	幅	7.90 m		3P	1550±10℃
	北	6.18 m		4P	1565±10℃
CANAL	長 中	5.49 m		5P	1580±10℃
	南	6.18 m		6P	1580±10℃
MT	深	1.50 m		7P	1460℃
MT	容積	352.25 ㎥		RT素地	1295℃
全	容積	687.40 ㎥		CANAL	1185℃
全溶融液量		1512.3 T		十字CANAL	1100℃
ポート数		7	原料山位置		4P先
ポートピッチ		3.10 m	フォームライン		5P先
ポート幅	1～6P	1.40 m	炉圧	MT	3.5㎜ H_2O
	7P	1.10 m		RT	1.5㎜ H_2O
ポート勾配		24°	煙突	温度	520℃
空積	長	16.10 m		ドラフト	69㎜ H_2O
空積	幅	3.20 m	蒸気	温度	250℃
空積	高	3.05 m		圧力	5Kg／㎠
空積	容積	157.14 ㎥	重油	温度	120℃
空積伝熱面積		1852.8 ㎡（片側）		圧力	4Kg／㎠
煙突	高	55.00 m	エネルギー原単位		2500Kcal／Kg HG

3) 原料投入機と素地面制御

a) 原料投入機と投入状況

原料投入口の幅は 5.5mでありそこに 6台の小型投入機を並べている。投入機はプッシャー式で幅 600mm、ストローク約 250mm、投入原料厚味は約 300mmである。

投入機プッシャーの角度は水平にセットされている。

投入口付近の状況は写真 2.2.3.1～ 3に示す通りである。

原料投入状況の観察によると、カレット添加率のバラツキが多いことが目立った。又、投入原料表面は凹凸が少なく比較的平らな状況である。

窯槽内に投入された原料の状況については、原料山位置は4P付近にあり 0.5ポート程度その位置が変動しているようである。フォームラインは5P～6Pに位置している。MTエンドに若干の泡が浮遊する状況が観察される。

尚、原料投入機は常時６台使用され予備機１台を窯前に待機させている。

b) 素地面コントロール

ガラス素地面計はCANAL 部にセットされている。

方式は白金電極接触式のもので、これにより投入機動作をON-OFF制御している。投入機ON-OFF制御のためガラス素地面の制御精度はかなり悪く、± 0.5mmに達している。

ガラス素地面の精密なコントロールは引上ガラス平板の厚味分布均一化（肉まわりという）に必要不可欠な要因であるので、現状素地面制御精度は十分なものではない。

4) 重油燃焼と制御

a) 重油バーナー

重油バーナーはソ連製外部混合形バーナーを使用している。

バーナーは各吹出口に２本ずつアンダーポート燃焼となっている。重油燃焼状況の観察によれば、燃焼フレーム長さがポート毎に長短ばらつきが見受けられ、過剰空気率がポート毎に変動大と思われる。

バーナーの取付角度は1P～3P： 8° 、 4～7P： 2～ 3° にセットされている。又、バーナー取付位置がガラス素地面に接近してセットされている（素地面上約 150㎜）ため燃焼フレームは、原料山、素地面にかなり当っている状況が見受けられる。

b) 霧化蒸気使用量

重油霧化蒸気消費量の実績値を表 2.2.3.2に示す。

表 2.2.3.2 重油霧化蒸気量

日 期	班 次			合 計	毎班平均	時間消費量
（１月）	甲（㎏）	乙（㎏）	丙（㎏）	（㎏）	（㎏）	（㎏／Hr）
19日	17436	18840	17232	53508	17836	2229.5
18日	16096	19272	17016	52384	17461.3	2182.7
17日	18844	17688	17660	54192	18064	2258.0
15日	17824	16880	18788	53492	17830.6	2228.8
14日	14252	21168	17628	53048	17682.6	2210.3
$\bar{X}$					17780.3	2221.9

重油バーナー装備本数は、片側２本×７ポート＝14本であるので、バーナー１本あたりの霧化蒸気消費量は、約 160㎏／Hr・本に達し、霧化用蒸気消費量は相当多いことがうかがわれる。

尚、蒸気圧は燃焼側５㎏／㎠、バージ側 1.5㎏／㎠にコントロールされている。

c) 重油流量配分と切替

各ポート毎の重油流量の配分は炉内の燃焼状況の観察及び炉内温度を目標温度にあわせる観点から現場の手動バルブの開度を操作員が操作することにより実施されている。従って操作室からの遠隔操作あるいは自動コントロールは全くできない。尚、流量調節は操作員により２～３回／直実施されているようである。

全ポートトータルの重油消費量はオーバル式流量計により表示記録されている。

重油の燃焼側／廃気側の切替は20分間隔に実施される。重油切替は、重油配管後端部に電磁弁が設置されており、これによって実施されている。

炉内観察によれば、本来重油燃焼をしてはならない廃気側の数本のバーナーが切替後最大５分間程度燃焼を継続している場合がある。この様な逆サイドの燃焼フレームは直接蓄熱室へ向って吹き込まれ、蓄熱室周辺の炉材侵食を助長しているものと思われる。

d) 重油品質と重油温度管理

沈陽ガラス工場で使用される重油の品質については、表 2.2.3.3及び表 2.2.3.4に示す通り、含水量が高い、粘度の変動が高いなど安定した品質のものではない。このためON-LINEに重油粘度計を設備して重油粘度を常時一定にすべく重油加熱温度の調節を実施している。重油加熱器後の重油粘度は５°E（170 Redwood 秒）を目標に管理されており、重油温度は 120～ 130℃に調節されている。

表 2.2.3.3　重油代表品質

比　　重		0.9275 (20 ℃)
総 発 熱 量		10,000Kcal／Kg
フラッシュポイント		200℃＜
組　成	C	86　%
	H	12　%
	N	0.37 %
	S	0.63 %
	O	1.0　%
含　水　量		3.3　%

表 2.2.3.4　入荷重油粘度の変動実績（1984年）

月　度	最 大 値	最小値
1	14.8	9.47
2	11.2	8.50
3	12.5	5.08 ※
4	13.9	9.26
5	11.8	9.71
6	12.6	9.98
7	12.4	10.2
8	12.7	10.2
9	13.1	10.2
10	11.7	9.43
11	11.5	9.47
12	13.9	10.5

注）単位は°E
(at 60℃)
※印は軽油・
頁岩油の混入
による変動

e) 燃焼状況

重油燃焼廃ガス分析データを表 2.2.3.5に示す。表に示される様に各ポートの廃ガス中残存O_2%は1Pにおいては約2%～4%と左右差が大きくまた絶対値もやゝ高め、5Pにおいては未燃COが検出され不完全燃焼の傾向を示している。

また煙道を経由する間にO_2%は次第に増加していき余熱ボイラー入口に到達時点では13.2%（空気比 2.591相当）にも達する。このことは煙道各所から空気のもれこみが多大であることによるものである。とりわけ、空気／廃ガスの換向装置付近、煙道ダンパー付近からの冷空気の侵入が多大なものと思われる。

燃焼２次空気は、窯下に配置された送風機により交換器（換向設備）内に強制送風されており、この部分からの廃ガス側への空気侵入は特に多大なものと考えられる。

表 2.2.3.5 煙道各所廃ガス分析値（%）

	CO_2	O_2	CO	空気過剰率
南 5P バーナー口	13.7	0.5	2.9	0.96
北 5P 蓄 熱 室	14	1.5	1.5	0.99
北 5P バーナー口	13.5	0.3	3.6	0.94
北 4P バーナー口	14.5	2.8	0	1.145
北 1P バーナー口	17.8	1.8	0	1.088
南 1P バーナー口	16.2	4.2	0	1.236
南 支 煙 道	13.5	5.3	0	1.317
北 支 煙 道	12.3	6.4	0	1.412
南煙道ダンパー后	8.8	9.8	0	1.823
北煙道ダンパー后	9.8	10.0	0	1.854
大 煙 道（北）	8.0	11.4	0	2.116
大 煙 道（南）	8	12	0	2.253
＃３ボイラー入口	5.8	13.2	0	2.591

f) 設備の状況

燃焼設備の状況を写真 2.2.3.4～8 に示す。

5) 窯槽計装と操業制御

a) 温　　度

窯槽温度は光高温計を使用して、三交代窯槽操作員により手動測定されている。熱電対による自動温度測定記録はRTサイド、キャナルサイド、引上部入口の素地温度（素地面下 150㎜下がり）のみ実施されており、他の温度は全て光高温計により２～４Hrに１回の頻度で測定している。

従って、温度測定の精度は余り精密なものではなく、10℃程度の誤差を含むものと思われる。

b) 炉　　圧

HT大迫上に炉圧検出口（写真 2.2.3.9参照）が設けられ、この圧力を 3.5㎜H_2Oにコントロールしている。炉圧コントロールは、煙道交換機後に配置された観音開き式煙道ダンパーの動作により自動コントロールされている。

c) 重油及び霧化蒸気関係

計装の概要は下表に示す通り。

表 2.2.3.6　重油・蒸気関係計装

重　油	温　　度	加熱器前：表示 加熱器後：設定／表示
	圧　　力	設定／表示
	粘　　度	表　示
	流　　量	表　示
蒸　気	圧　　力	設定／表示
	温　　度	表　示
	流　　量	表　示

d) 煙道ドラフト

煙道炉圧調節ダンパー（スタックダンパー）前及び余熱ボイラー入口前の２ヶ所にて煙道負圧を測定、窯槽計器室に表示している。

e) 窯槽操作室計器盤

窯槽操作室には前記計装の表示・記録・設定器などが盤におさめられて配置されており、その状況を写真 2.2.3.10 ～11に示す。

6) 窯槽使用炉材

窯槽使用炉材は全て中国国産のものである。その品質特性値を表 2.2.3.7に示す。

使用炉材は上表の６種類で窯槽全ての部位を構成しており、品種のバラエティーは少なく、窯槽各部位に最適な炉材を選択できる状況にない。各炉材の品質についても国際的品質水準に比して見劣りするものであり、形状・寸法の精密度もはなはだ粗悪なものと言わざるを得ない。

使用する目地モルタルは、珪石質モルタル及び粘土質モルタルの２種だけで、最適なモルタルを選定使用しているとは言えない所もある。粘土質モルタルは、生粘土と熟粘土を混合したものであり、珪石モルタルは珪石粉に少量の生粘土を添加したものを使用している。モルタル品質もまた良好なものといえるものではない。

各炉材の窯槽部位別の適用と使用量は表 2.2.3.8に示す通りである。

7) 窯槽侵食状況と窯槽寿命

沈陽ガラス工場窯槽の侵食は著しく速く進むので、約 2.5年の窯槽寿命にて冷修に至る。過去の冷修時期と窯槽侵食の内容を

表 2.2.3.7 使用炉材の物理化学特性

	珪石	高アルミナ	粘土質	電鋳 AZS	電鋳ジルコンムライト	珪藻土質
耐火度 ℃	1710～1769	1700～1790	1670～1730	>1700	>1700	1280
T1荷重軟化温度 ℃	1630～1650	1470～1500	1250～1300			
見掛気孔率 %	20～23	<23	<24		1.8～ 2.5	
常温圧縮強度 Kg/cm²	250～ 300	> 400	> 250	> 400	300	7.
Al_2O_3 %		65～67	35～40	44.07 ～50	70～75.6	
SiO_2 %	>95	25～30	50～65	12～18	11.3	
ZrO_2 %	CaO 2%			29～41	7～ 8	
真比重	2.38 ～ 2.39			3.69 ～ 4.2	3.2	
残存収縮率 %		1500℃×3 Hr 0.7>	1400℃×2 Hr 0.5>			
嵩比重	1.9	2.3～ 2.75	2.1～ 2.2	3.1～ 3.6	2.7～ 3.3	0.55 ～ 0.7
安全使用温度 ℃						900

表 2.2.3.8　窯槽各部使用煉瓦と重量

名　称	使用部位	規　　格	数量（t）
珪石質	MT天井	350（厚）× 200（長）× 136／ 132 350（厚）× 300（長）× 136／ 132	210
	バックウォール	500（厚）× 450（長）× 136／ 128 250（厚）× 450（長）× 155／ 149	30
	プレストウォール	500（厚）× 250（長）× 200 500（長）× 250（厚）× 148／ 124 500（長）× 250（厚）× 136／ 112	32
	ポート側壁	230（長）× 113（寛）×65（厚） 300（長）× 150（寛）×75	260
	ネック天井・側壁	350（厚）× 300（長）× 136／ 132 350（厚）× 200（長）× 136／ 132	32
	RT天井	350（厚）× 150（長）×75 350（厚）× 150（長）×85／75	101
	RTプレスト	450（厚）× 300　× 150	5
	キャナル天井	230（厚）× 250（長）× 128／ 120 230（厚）× 350（長）× 128／ 120	160
小　計			830
粘土質	敷	350　× 400　× 900 350（厚）×1100　× 440／ 300	450
	種瓦下段	600　× 300　× 300	90
	引上室 ブリッジウォール	600（高）× 300（寛）×5600（総長）	36
	引上室	450　× 470　× 200 850　× 400　× 350	16 38
	蓄熱室側壁煙道	230　× 113　× 65 230　× 113　× 65	950 1095
小　計			2675
高アルミナ	蓄熱天井	350（厚）× 150（長）×90／71 350（厚）× 230（長）×90／71	145
	ポート天井	230　× 113　×65	165
小　計			310
電鋳AZS	種瓦上段	300（厚）× 400（高）× 600（長）	69
	ポートアーチ	250（厚）× 550/400（長）× 335/288	11
	バーナータイル	450　× 320　× 250	20
小　計			100
電鋳ムライト	種瓦中段	380（厚）× 400（高）× 600（長）	100
珪藻土	蓄熱・煙道保温	230　× 113　×65	150
合　計			4155

表 2.2.3.9に示す。

表 2.2.3.9 過去冷修時期と冷修部位

冷修時期	冷修部位
1964 - 4	MT 大迫・同種瓦・同プレストWall・ポートNeck・RT・CANAL ・引上室・投入口
1966 - 9	同上 除く CANAL
1969 - 4	同上 除く RT ・CANAL
1970 - 11	同 上
1973 - 4	MT 大迫・同種瓦・同プレストWall・ポート蓄熱室・煙道・Neck・投入口・引上室 ：この冷修にて重油専焼に改造
1973 - 11	ポートマウスアーチ
1977 - 4	MT 全域
1980 - 5	MT 全域（除く敷及び種瓦下２段）
1982 - 9	同上 及び RT, CANAL部
1985 - 4	MT 大迫・同種瓦・同プレストWall・ポート蓄熱室・Neck・ RT 大迫・投入口

調査によれば冷修を余儀なくする主要な窯槽損傷個所は次の通りである。

a) MT 大迫侵食

MT 大迫レンガ目地部を中心に穴あき侵食が進行して炉内ガスが外に吹き出す様になる。このような個所は珪石モルタルに燐酸液を添加したセメントを流し込んで補修を実施する様であるが、次第に侵食が進み侵食穴が拡大していく様である。このような穴あき侵食個所は MT 大迫全域で10ヶ所以上に及ぶ多くの個所で発生する。

b) MT 種瓦の侵食

MT 種瓦は電鋳AZS レンガを使用しているが、侵食による損傷は著しく、定修前には残存厚味が約30㎜程度にまで薄くなる様である。普通鋳込みの 400㎜高さの比較的小寸法のレンガを使用しているため湯口付近から素地がもれ出すことも少なくないと聞く。この様な場合、種瓦内側にクーラーを挿入して内部素地のもれ出しを止める保守手あてを実施するそうであるが、いわゆる当瓦による補修は実施しない様である。

c) 蓄熱室チェッカー

蓄熱室チェッカーは粘土質レンガを使用しているため損傷が激しく、約８ヶ月に１回温修を実施して全て取替る。従って、窯槽冷修までに平均して３回の空積温修を実施する。

d) そ の 他

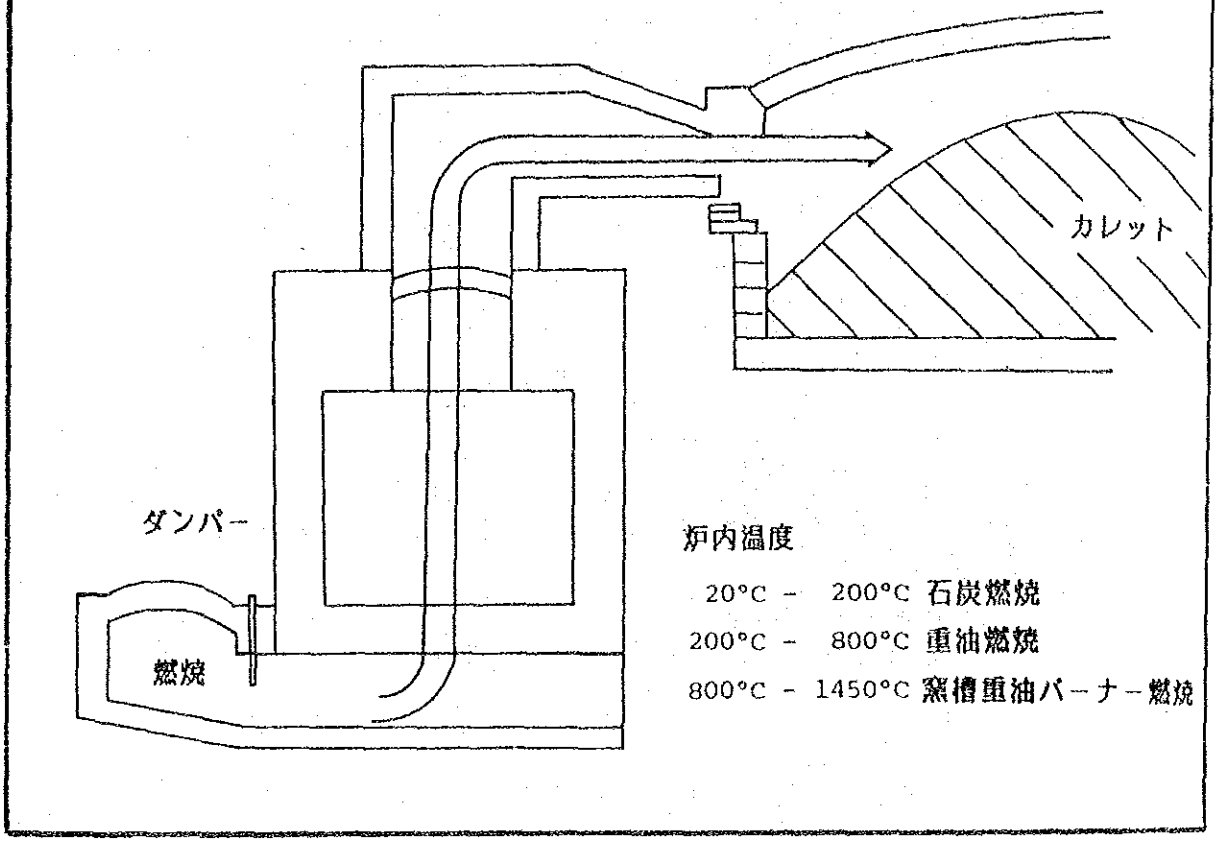
ポート部及び投入口バックウォール部の侵食が激しく、 MT 大迫と同様穴あきを生ずる様である。

沈陽ガラス工場窯槽冷修時の炉内侵食状況を写真 2.2.3.12～20に示すが、 2.5年の操業期間にしてその侵食の程度は非常に激しいもので、炉材の耐侵食性能が不十分であることがうかがわれる。

8) 窯槽昇温・素地上げ方法

沈陽ガラス工場窯槽スタートアップのための昇温・素地上げ方法は、図 2.2.3.3に示す通り実施される。方法は非常に粗っぽい方法で、昇温途中の温度変動などによる窯槽炉材への悪影響は避けられないものと考えられる。窯槽炉材へのダメージを最小限に抑さえる様昇温・素地上げを実施することが、その後の窯槽寿命を長くするために肝要である。

図 2.2.3.3　窯槽昇温・窯地上げ方法



9) 窯槽熱効率

沈陽ガラス工場の窯槽熱精算例を表 2.2.3.10 及び図 2.2.3.4 に示す。

ガラス溶融熱効率は 22.65 %となり、高い効率とは言えない。

10) 窯槽キャリオーバー

窯槽熔解槽内に投入された原料粉末は、炉内での重油燃焼廃ガスの流動によって飛散し、蓄熱室内に運ばれることがある。これをキャリオーバーと呼ぶが、キャリオーバーが多量に発生していると蓄熱室、チェッカーレンガ、ポートレンガなどの損傷を加速し窯槽寿命に悪影響を及ぼす。

沈陽ガラス工場の窯槽キャリオーバーを１ポート、２ポートにおいて測定分析を実施した。測定方法は下図の様に堆積サンプリング用クーラーをそれぞれ約２日挿入し飛来するキャリオーバー成分を収集する方法で行なった。（図 2.2.3.5参照）

サンプリングしたキャリオーバー成分の測定・分析の結果は表 2.2.3.11 に示す通りであるが、特にキャリオーバー量が多いということはないと判断される。

成分はアルカリが主体をなしこれも一般的な結果と言うことができる。

11) 窯槽表面素地流れ

表面素地流れ速度を概略把握する目的で、石炭粒を HT 後部、ネック～ RT 域に投入してその流れの追跡・調査を実施した。その結果は図 2.2.3.6に示す通りであった。

12) ガラス欠点の分析

沈陽ガラス工場の窯槽に起因する欠点サンプルを収集、分析を実施した。

表 2.2.3.10　熱収支平衡表

収入			支出		
項目	10^6 Kcal／時	%	項目	10^6 Kcal／時	%
重油燃焼放熱	36.363	95.97	玻璃溶融耗熱	8.583	22.65
重油物理熱	0.158	0.42	玻璃回流加熱	2.125	5.61
蒸気物理熱	1.37	3.61	熔密表面散熱	6.539	17.26
助燃空気物理熱	19.24	50.77	風冷熱損	2.088	5.51
			開口部ふく射	0.847	2.24
			吹出ガス熱損失	1.868	4.93
			冷却水帯走熱	0.850	2.24
			助熱空気換熱	19.24	50.77
			漏入空気加熱	1.409	3.72
			蓄熱室至烟道散熱	0.289	0.76
			霧化蒸気加熱	0.242	0.64
			配合料放出気体加熱	0.128	0.34
			余熱ボイラーに入るガス顕熱	12.139	32.03
			其他散熱	0.784	2.07
合計	57.132	150.77	合計	57.132	150.77

図 2.2.3.4　熱平衡図

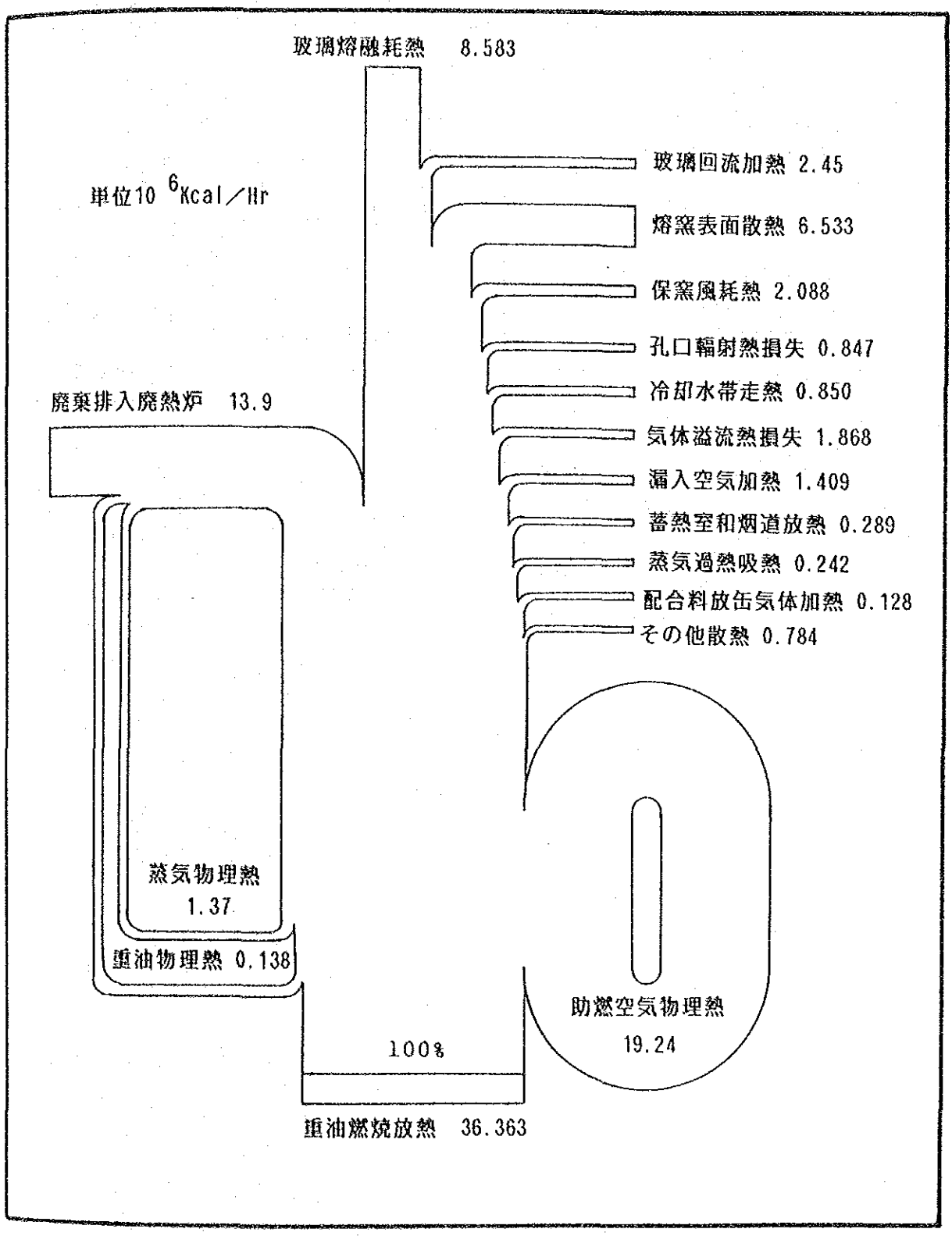

玻璃熔融耗熱　8.583
単位10 ^{6}Kcal／Hr
玻璃回流加熱 2.45
熔窯表面散熱 6.533
保窯風耗熱 2.088
孔口輻射熱損失 0.847
冷却水帯走熱 0.850
気体溢流熱損失 1.868
漏入空気加熱 1.409
蓄熱室和烟道放熱 0.289
蒸気過熱吸熱 0.242
配合料放缶気体加熱 0.128
その他散熱 0.784
廃棄排入廃熱炉　13.9
蒸気物理熱
1.37
重油物理熱 0.138
助燃空気物理熱
19.24
100%
重油燃焼放熱　36.363

図 2.2.3.5　キャリーオーバー測定方法

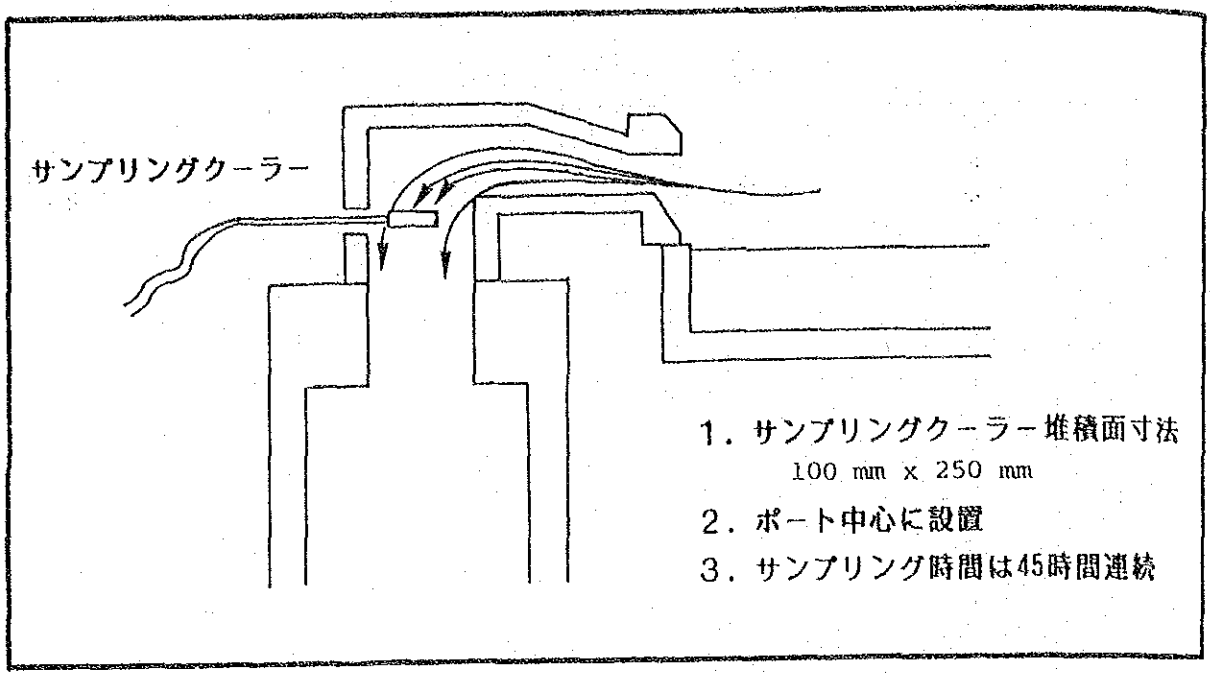


図 2.2.3.6　表面素地流れ測定結果

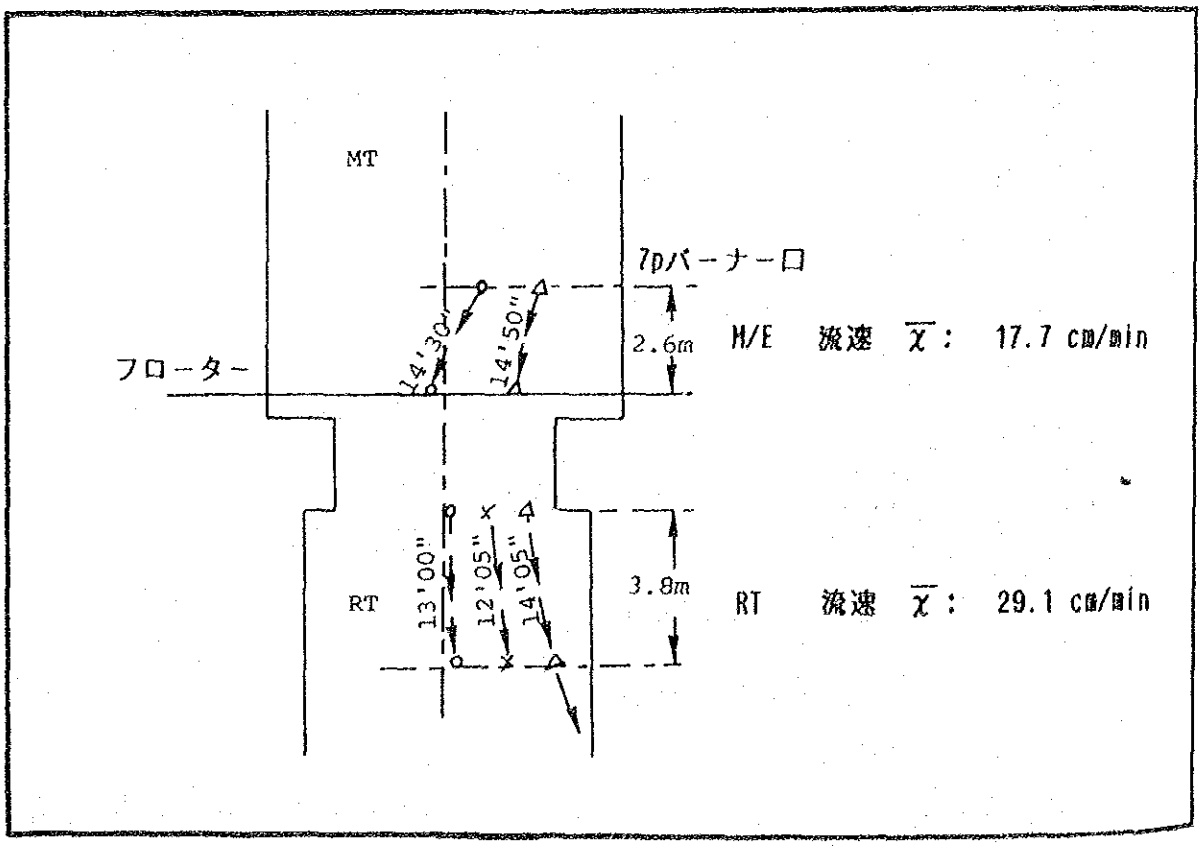


表 2.2.3.11　キャリオーバー測定分析結果

	右　1P	左　1P	右　2P	左　2P
重　　量	20.31 g	19.74 g	11.70 g	9.66 g
サンプリング時間	45Hr	45Hr	45Hr	45Hr
サンプリング面積	250㎠	250㎠	250㎠	250㎠
キャリオーバ密度	18.05 g／㎖・Hr	17.55 g／㎖・Hr	10.40 g／㎖・Hr	8.59 g／㎖・Hr
$\bar{\chi}$	17.80		9.50	
成分割合				
SiO_2	1.64 %	1.62 %	0.41 %	0.28 %
Fe_2O_3	0.029	0.057	0.040	0.066
CaO	0.25	0.24	0.22	0.21
MgO	0.15	0.17	0.04	0.11
Na_2O	31.90	33.50	35.45	36.40
K_2O	4.90	4.20	4.00	3.60

a) スケール欠点

スケールサンプル３個の組成を表 2.2.3.12 に示す。

表 2.2.3.12　スケール組成（定量値 wt %）

供試体	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	S	Cl
母材ガラス	16	4	2	67	2	9	0.4	0
スケール a	21	0	0.9	7	20	5	5	41
〃 b	15	0.7	0	33	15	7	4	26
〃 c	12	10	0.8	32	13	5	3	23

b) 節欠点

節欠点サンプルの定量分析結果を表 2.2.3.13 に示す。

表 2.2.3.13　節の組成（定量値　%）

供試体	節部
Na_2O	12.4
MgO	0.4
Al_2O_3	14.5
SiO_2	68.8
K_2O	1.6
CaO	1.4
Fe_2O_3	0.09
ZrO_2	0.0
TiO_2	0.02
V_2O_5	0.0

c) 異物欠点

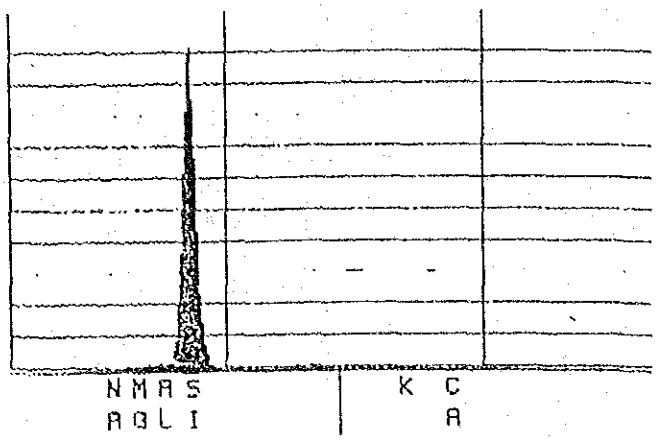
異物欠点サンプル４個の分析結果を以下に示す。

表 2.2.3.14　異物の定性分析結果

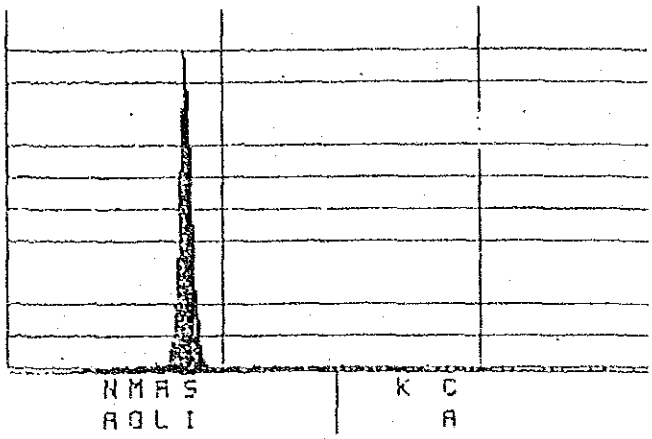
共試体	定性結果
異物 a	Si
b	Si
c	Si , Mg, Ca
d	Si , Mg, Ca

図 2.2.3.7　異物のXMA定性スペクトラム

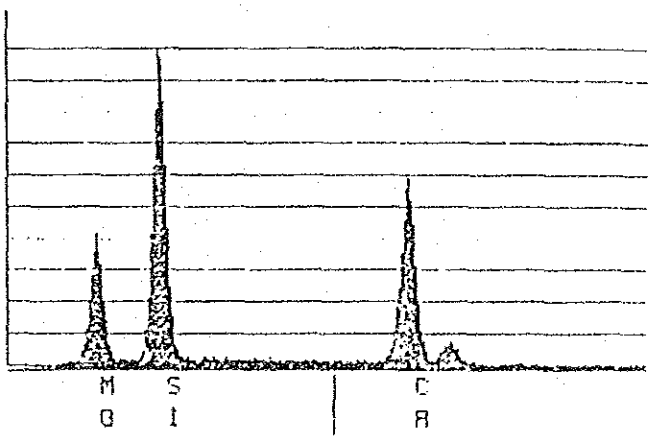
異物a



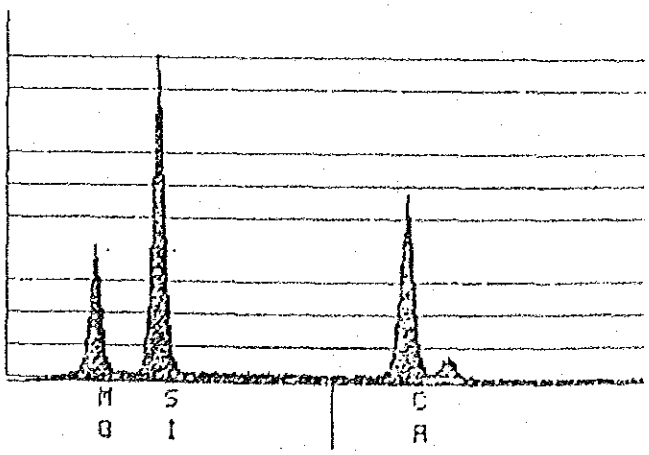
異物b



異物c



異物d



(2) 熔解工程の問題点

沈陽ガラス工場熔解工程の問題点について以下に逐次記述する。

1) 重油バーナー霧化蒸気量

熔解窯で使用する重油バーナーはすでに述べたように外部混気型のもので重油霧化媒体として蒸気を使用している。表 2.2.3.2 に示したように重油霧化蒸気の所用量はバーナー1本あたり約 160Kg／Hr，全バーナー合計で約 2.2トン／Hrに達し、相当多量の霧化蒸気を必要とするものである。霧化蒸気は熔解窯の熱効率を考える場合少ない程望ましいわけで、これの消費が少なくても良好な霧化を得ることができるバーナーが選定されなければならない。

2) 重油バーナー逆サイド燃焼

観察によれば重油燃焼を停止していなければならない吸込側重油バーナーが換向後数分間微少ながら燃焼を継続している現象が見受けられた。このような逆サイドでの重油燃焼は、燃焼フレームが直接にポート部・蓄熱室内に吹き込まれることにより、この部分の炉材の侵食を著しく進行することになる。窯槽寿命の延長の観点からポート・蓄熱室の侵食を抑制することが肝要であり、このような逆サイド燃焼は防止されなければならない。

3) 燃焼空気比率

重油燃焼状況はすでに述べた通り、各ポートごとにばらつきが多い。概して言えば、1ポートから4ポートまでは過剰空気比率が高くショートフレームを形成し5ポートは非常にロングフレームを形成し廃ガス中に未燃COが残存することが分析結果から確認された。(表 2.2.3.5)

また、同一ポートでも左右燃焼方向間にフレームの長短があり、燃焼空気比率は適正にコントロール維持されているとは言えない。

言うまでもなく、過大な過剰空気比率は重油消費量の増大を招くものであるし、一方燃焼フレームが対向するポート部・蓄熱室に到達する様な不完全燃焼は炉材の侵食を著しく加速するので、窯槽寿命に影響する場合がある。従って燃焼空気比率は、省エネルギー及び窯槽寿命延長の2つの観点から適正なレベルにコントロールされなければならない。

4) 各ポートの重油流量配分

沈陽ガラス工場では、各ポートの重油流量配分は所定目標値に設定コントロールできる設備とはなっておらず、燃焼フレームの長短、各ポート目標温度を勘案しながら操作員が手動でバルブ操作し流量調節を実施している。この様な方法では、常時適正な重

油流量の配分を実現することは困難と考えられ、前項で述べたような各ポートの過剰空気比率のばらつきを招く原因となっている。各ポートの燃焼状況を適正に維持コントロールするために各ポートの重油流量配分が一定値に設定コントロールされる様改造されなければならないと考える。

5) 原料投入機

溶解窯に投入された原料の溶解の効率を考える場合、原料投入機の性能は重要な要因である。沈陽ガラス工場の溶解窯内での原料溶解状態の観察によれば、窯内原料山の分散状態は満足できる状態ではない。窯内の原料山は溶解ゾーン全域に均一に分散して上部からの加熱をより多く受けられる様な分布を形成していることが望まれる。

この様な観点から現状の投入方式では溶解窯内原料山が窯幅いっぱいに分散しておらず、時として片側にかたよった分散状態となることも見受けられる。

このようなことから原料山長さは4P先付近にまで達する程の長さとなり、溶解ガラスの品質を低下させることにもなっているものと考えられる。

尚、6台の小型投入機を横ならべにしているためバックウォール開口部が大きくこの部分からの炉内フレームの吹出が多い。このためバックウォール下部の炉材の侵食も著しく、又炉内フレームの吹出しにより、投入原料からの粉塵も多く発生させることになっている。

6) 素地面制御

ガラス液面の制御は引上げガラス製品の品質（とりわけ肉まわり）の良否に多大の影響を及ぼす重要な要因である。沈陽ガラス工場の液面制御精度は± 0.5㎜とされており、この値は上記の良

好な製品品質を確保するためには全く不十分な精度である。現状の素地面計は白金電極式のON-OFFタイプのものであり、素地面の変位を連続して検出できるものではないため素地面制御精度は低下せざるを得ないものと考えられる。

良好な肉まわりの製品を製造するためには素地面制御の要求は ± 0.1㎜が得られなければならない。

7) 交 換 機

重油燃焼は20分ごとに左右交互に燃焼が切替えられ、これと同時に煙道の廃ガス流動方向も交換機によって切替えられる。交換機の必要な機能のひとつに空気密閉性を挙げることができる。沈陽ガラス工場で現在使用している交換機は、この意味において十分なものではなく、表 2.2.3.5に示される通り、大量の冷空気が煙道の高温廃ガス中に侵入していることが認められる。煙道内に大量の冷空気の侵入を許すことによって廃ガス温度が大幅に低められ、廃熱ボイラーによる熱回収を大きく阻害しているものと思われる。 この様な意味あいから空気侵入を防止できる密閉性能の良好な交換機に改造されなければならない。表 2.2.3.5に見られる様に廃熱ボイラー入口煙道での廃ガス中O_2%は13.2%にも達しているが、交換機の改造、煙道各所からの侵入空気の低減により、O_2%は半減することは可能と考えられる。

8) 窯槽構造

沈陽ガラス工場窯槽構造については次の様な不具合点を指摘することができる。

a) バックウォール構造

原料投入口幅が 5.5mと広く、このため開口部が大きい。このため開口部からのフレーム吹き出しが多く、この部分の侵食が激しいものと思われる。また投入口付近の粉じんの発生にも

悪影響を及ぼしているものと考えられる。開口部の小さいバックウォール構造を採用する必要がある。（投入機との関連あり）

b) 蓄 熱 室

現在の蓄熱室構造はいわゆるアップテイク方式となっており、このため蓄熱室チェッカーの積み上げ高さにも制限がある。廃ガス熱回収を増進し省エネルギーを図るためにもチェッカー積み高さを増大できる蓄熱室構造に改造することが望まれる。

（チェッカー材質と関連する）

c) ポ ー ト

現在のポート構造では、重油バーナー取付位置が素地面上約150㎜と素地面に非常に近接している。このため、燃焼フレームが素地面や原料山に激しく衝突するように流れていく状態が見受けられる。燃焼フレームが過剰に素地・原料山に接触することは、製品品質（泡・スカムなど）を損なう場合もあり、余り好しいものではない。

d) ネ ッ ク

ネック上部構造は、天井迫方式で、溶解槽炉内雰囲気が多量に清澄槽へ流入しているものと考えられる。このため清澄槽素地温度が高くなるので、沈陽ガラス工場では、溶解槽後端部に水冷ジャケットクーラー（フローター）を素地中に浸漬して素地温度を強制的に下げている。

このような高温域で使用するフローターは時として泡を発生させる原因ともなるので、使用しないことが望まれる。また、清澄槽への高温雰囲気の多量流入によっていわゆるスケール欠点の流出の原因となっていることも考えられる。

このような意味でネック上部構造は HT 雰囲気を有効に遮断できる構造とすべきである。

9) 窯槽放散熱

沈陽ガラス工場窯槽は、煙道の一部を除いて全く保温は実施されておらず、窯槽壁面からの熱の放散は多大である。現地調査時、窯槽外壁面の温度を実測したのでそのデータを表 2.2.3.15 に示す。 窯槽保温は、内側の耐火レンガの材質・品質、保温レンガの材質・品質を考慮して実施されなければならないが、仮に、考えられる最適な炉材を使用して実施されるならば、上表の放散熱量は1/2 以下に抑制されるものと考えられ、この放散熱量減少効果は約10 KQ ／日の重油節減に相当する。

しかしながら、現状では中国産耐火レンガ品質では、上記の様な重保温を実施することは窯槽寿命の短縮を招くことになるので、広範な保温の実施は不可と考えられる。

10) 炉材及び築炉技術

窯槽の寿命を考える場合、使用炉材の品質の良否はこれに支配的な影響を及ぼす。すでに述べた通り現状では MT 天井・ポート・バックウォール・蓄熱室チェッカー・ MT 種瓦などの侵食は著しいものがあり、 2.5年の寿命にとどまっている。

上部構造の珪石レンガ部の侵食は特に著しいものがあり、珪石レンガ品質の改善が必要である。

また、珪石レンガ施工に使用する目地モルタルに少量の粘土成分を添加しているが、この粘土質モルタルの添加は珪石レンガ自体を著しく損傷するので使用してはならない。

蓄熱室チェッカーとして粘土質レンガを使用しているが、現状では６ヶ月～８ヶ月の寿命であり、操業途中に溫修を繰返している。チェッカーは省エネルギーの目的で積み高さを増大させる必要があり、増々苛酷な使用条件となるので材質の見直しが必要である。

表 2.2.3.15　窯槽外面温度と放散熱量

部　位	表面温度 $\bar{x}$（℃）	実測点数	放散熱流 Kcal／㎡・Hr	放散面 ㎡	放散熱量 $\times 10^4$ Kcal/Hr
MT大迫	365	5	10000	245	245
MT種瓦	397	8	6400	97	62
吹出側壁	272	8	5200	350	172
吹出天井	356	7	7600	140	106
プレルトウォール	321	8	6800	30	20
バックウォール	285	4	5700	38	22
MT敷	288	10	5000	240	120
合　計					757

MT 種瓦については特に最上段レンガとして普通鋳込みの電鋳 AZS レンガを使用しているが、この部分の侵食も著しいものがある。この部分の侵食に耐える高級材質の選定が必要である。

11) レンガ加工設備

窯槽レンガの侵食を抑制し寿命を延長するためには、寸法精度の良い、接合面の平面精度の良いレンガを使用する必要がある。レンガ接合面の不具合が端緒となって侵食が進行する場合も少なくないからである。中国産レンガの寸法精度・平面精度は概して余り良好なものではなく、築炉時に加工を要する場合も多いものと思われる。

沈陽ガラス工場では、レンガ加工設備を保有しておらず、精度のよいレンガ加工は実施されていないものと思われるので、仕上加工の可能な、切断加工設備・研磨加工設備を設置する必要がある。

12) 窯槽計装

窯槽操業を安定して実施し、省エネルギーを図りつつ安定した高品質のガラス素地を熔解するためには窯槽温度の正確な計測は不可欠である。沈陽ガラス工場の現状は、光学式高温計により間欠測定を行なっているが、この方法では上述のような目的を十分に達成することは困難なものと思われる。熱電対による窯槽天井、窯槽敷部の温度の連続測定が可能な計装を実施すべきである。

13) 窯槽保守技術

窯槽寿命の延長を図るため、窯槽保守技術が確立され、確実に実施されることも重要である。

現状では、侵食状況の測定、侵食進行状況の記録、必要個所の風冷、侵食個所の補修方法など改善の余地があると考えられる。

14) 操業管理技術

窯槽操業管理を充実することによって省エネルギー窯槽寿命の延長、製品品質の向上を図りうる余地は少なくない。窯槽温度のコントロール範囲、燃焼コントロール範囲など現状よりずっと緻密な管理と制御を実施することが望まれる。

15) 昇温・素地上げ方法

沈陽ガラス工場の昇温・素地上げ方法はすでに述べた通り、かなり荒っぽい方法で行なわれていると言わざるを得ない。昇温方法の巧拙は、その後の窯槽寿命に影響する場合が少なくない。昇温過程は温度変動を少なくして滑らかな温度上昇を図り、窯槽レンガの熱膨脹によるズレや割れを最小限に抑制する必要がある。窯槽レンガの異常な熱膨脹によって生じた割れなどが起因してその後の侵食を招くことも少なくないからである。

(3) 熔解工程の改善対策

沈陽ガラス工場の熔解工程の問題点について記述してきたが、それら問題点の改善対策について以下に記述する。

1) 省エネルギー重油バーナーの採用

重油霧化用蒸気使用量の少ない重油バーナーを採用することが望まれる。現状では下図に示す様な外部混気型バーナーを使用しているが、蒸気消費量が非常に多い欠点がある。(図 2.2.3.8)

蒸気使用量を低減するため図 2.2.3.9に示す様な内部混気型重油バーナーの採用をすすめたい。

霧化蒸気の消費量は現状約 160Kg／Hr・本に対し約1/2 の80Kg／Hr・本程度に抑制することが可能となる。全バーナーでは、現状約 2.2トン／Hr消費しているのに対し約 1.1トン／Hrに減少することが可能で、これにより、窯槽重油消費量の節減は約１ KL／日に相当する。また、不要となった蒸気の他への活用を考慮すれば、その効果は更に増大する。

2) 重油バーナー逆サイド燃焼の防止対策

重油バーナーの吸込サイドでの燃焼を防止するため、停止側重油配管内に残留する重油を若干量ポンプで引き戻してやる方法が有効である。これによって停止側重油配管内の重油残圧を低下させて炉内へ噴き出されるのを防止することができる。又、重油配管の末端に逆止弁を設置して、わずかな重油圧では完全に重油の噴出が生じないような設備とする必要がある。

3) 燃焼空気比率の改善対策

各ポートの燃焼空気比率を適正に維持するため、供給される燃焼２次空気量を適切にコントロールする必要がある。この目的のため支煙道のダンパーの開度を調節する必要がある。定期的に各ポート廃ガス中の残存O_2濃度の測定により常に適正な過剰空気比

図 2.2.3.8　現状重油バーナー

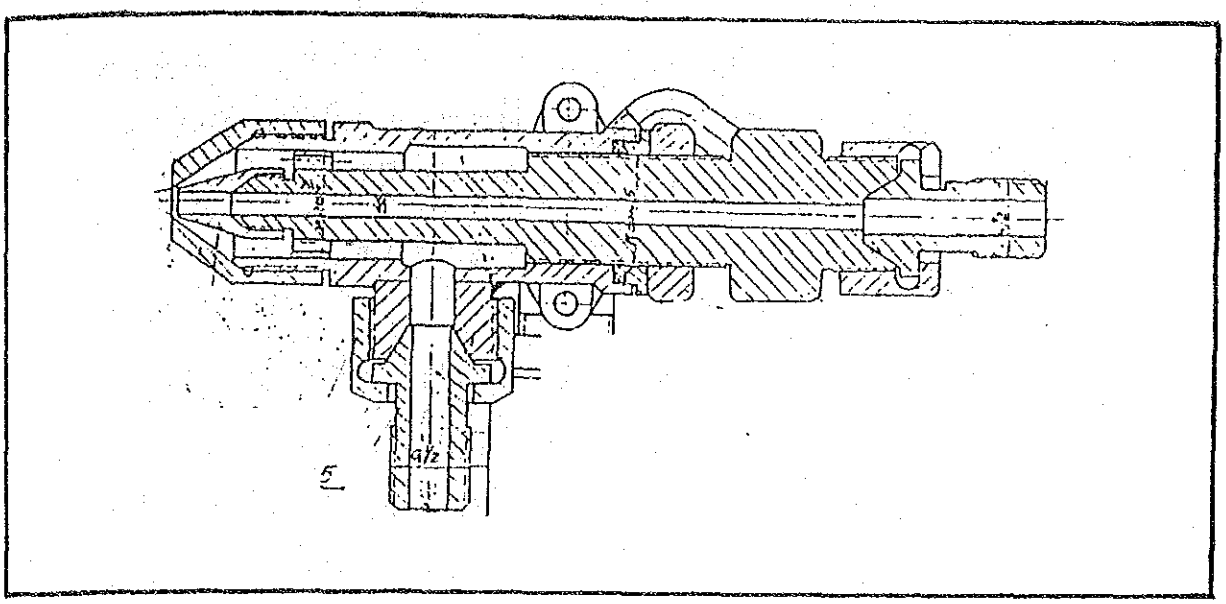
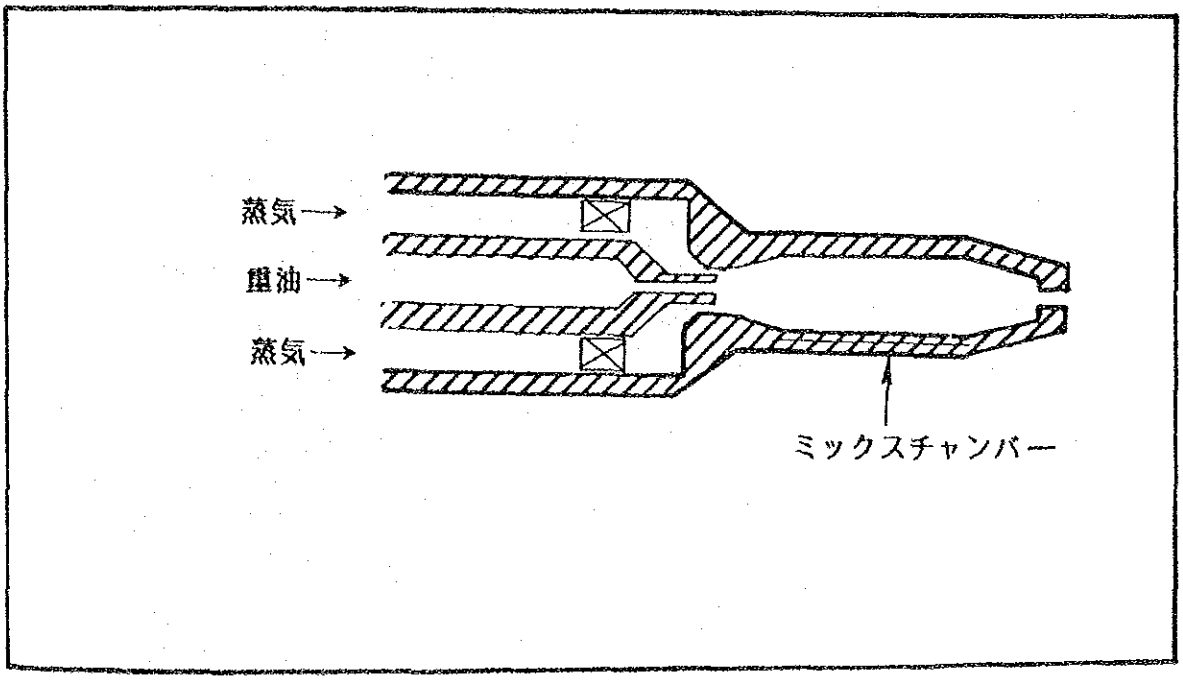


図 2.2.3.9　内部混気式重油バーナー



率を維持することが望まれる。各ポートの廃ガス中O_2%測定は1回／週程度実施し、この結果を踏まえて支燃道ダンパーの調節を行なうようにすると良い。各ポートの過剰空気比率は 1.1～ 1.2 に調節維持されることが望まれる。廃ガス中O_2濃度の連続測定を行ないこれによって燃焼2次空気量を調節する自動制御は、前述の方法による燃焼空気比率の適正化が十分行なわれれば、その効果は少なく、当面必要ないものと考えられる。

4) 各ポート重油流量配分の自動化

前項の各ポートの燃焼空気比率の適正化を実施するためにも、又、各ポートの窯槽温度を目標温度に精密に維持調節するためにも、各ポート重油流量を目標値に維持・調節できる様改善する必要がある。このため図 2.2.3.10 に示す様な調節方式を採用するとよい。

5) 原料投入機の改善

投入原料山の窯内での分散状況を改善し熔解効率を高めるため及び、投入口バックウォール開口部を小さくして、その部分の侵食とそこからの粉じんの発生を抑制するため、オシレーティング投入機の採用をすすめたい。

オシレーティング投入機は、現在沈陽ガラス工場で使用している投入機と同規模の小型のもので、原料投入方向を3方向に転換させながらプッシャーによる原料の押し込み投入を行なうものである。 この投入機は2台で現状の原料投入量を賄うことができ、バックウォール開口部も約2m幅の小さな開口を2ヶ所設置することで済む。

オシレーティング投入機による原料山の窯内分散は熔解ゾーン全域に均一な分散状態を形成し、原料熔解を促進するための受熱面積が増大する。

6) 素地面制御精度の向上対策

現状の素地面計は白金電極によるON-OFF式のため素地面の変位を検出できる方式に改められなければならない。素地面の変位を検出し、その変位量に対応して原料投入機の投入スピードが調節されるシステムに変更する必要がある。

素地面計としては、N式素地面計を採用することをすすめたい。この素地面計の作動原理については図 2.2.3.11 に示す通りである。

N式素地面計によって素地面制御精度は現状± 0.5㎜から± 0.1㎜以下に向上すると考えられる。

7) 交換機の改善

煙道廃ガスへの冷空気の侵入を防止するため空気密閉性の良い交換機を採用しなければならない。このため現状交換機をいわゆるプローノックス式交換機に変更することをすすめたい。プローノックス式交換機の概要は図 2.2.3.12 に示す通りであるが、この交換機によって煙道廃ガス中への冷空気の侵入は抑制され廃熱ボイラーの熱回収が増大し省エネルギーが図られることとなろう。

8) 窯槽構造の改善

a) バックウォール構造の改善

現状バックウォールは投入口幅が広いためその開口面積が大きいのでこの部分の侵食が激しく又、吹出しフレームによる粉じんの発生が多い。前述のオシレーティング投入機の採用によってこのバックウォール開口部は大幅に縮小することが可能となる。オシレーティング投入機は2台設置することによって必要投入量をカバーすることができるのでバックウォール開口部は2ヶ所の小さな開口で済むことになる。概略の開口部寸法は2000㎜幅× 350㎜高となろう。

図 2.2.3.10　重油流量調節方式

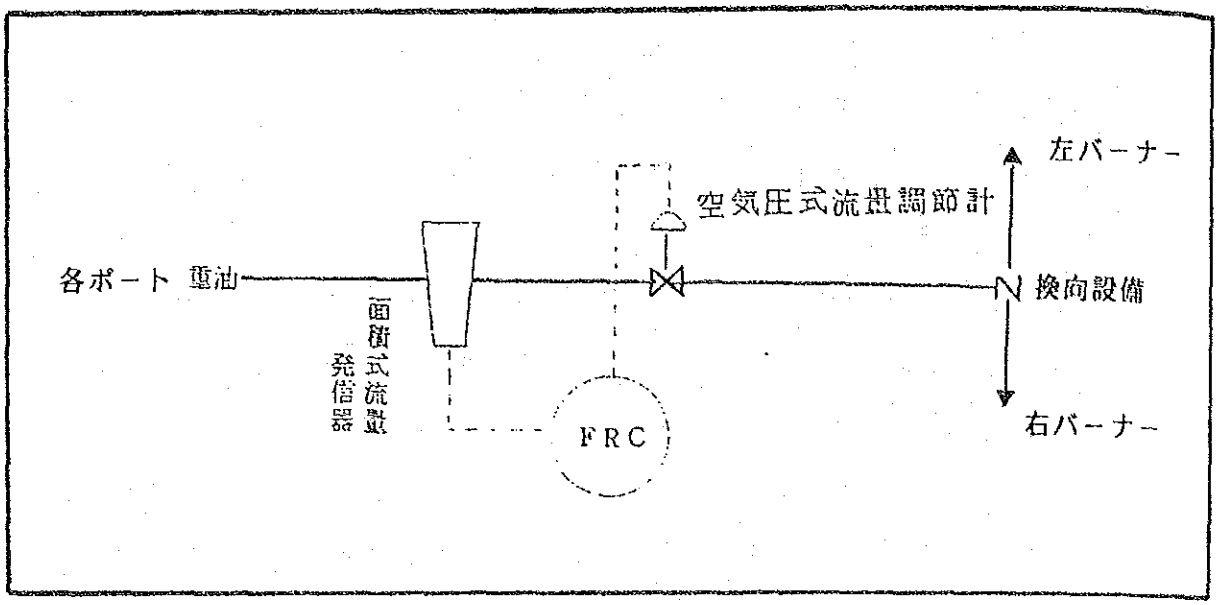


図 2.2.3.11　N式素地面計（エアーマイクロ式）作動原理

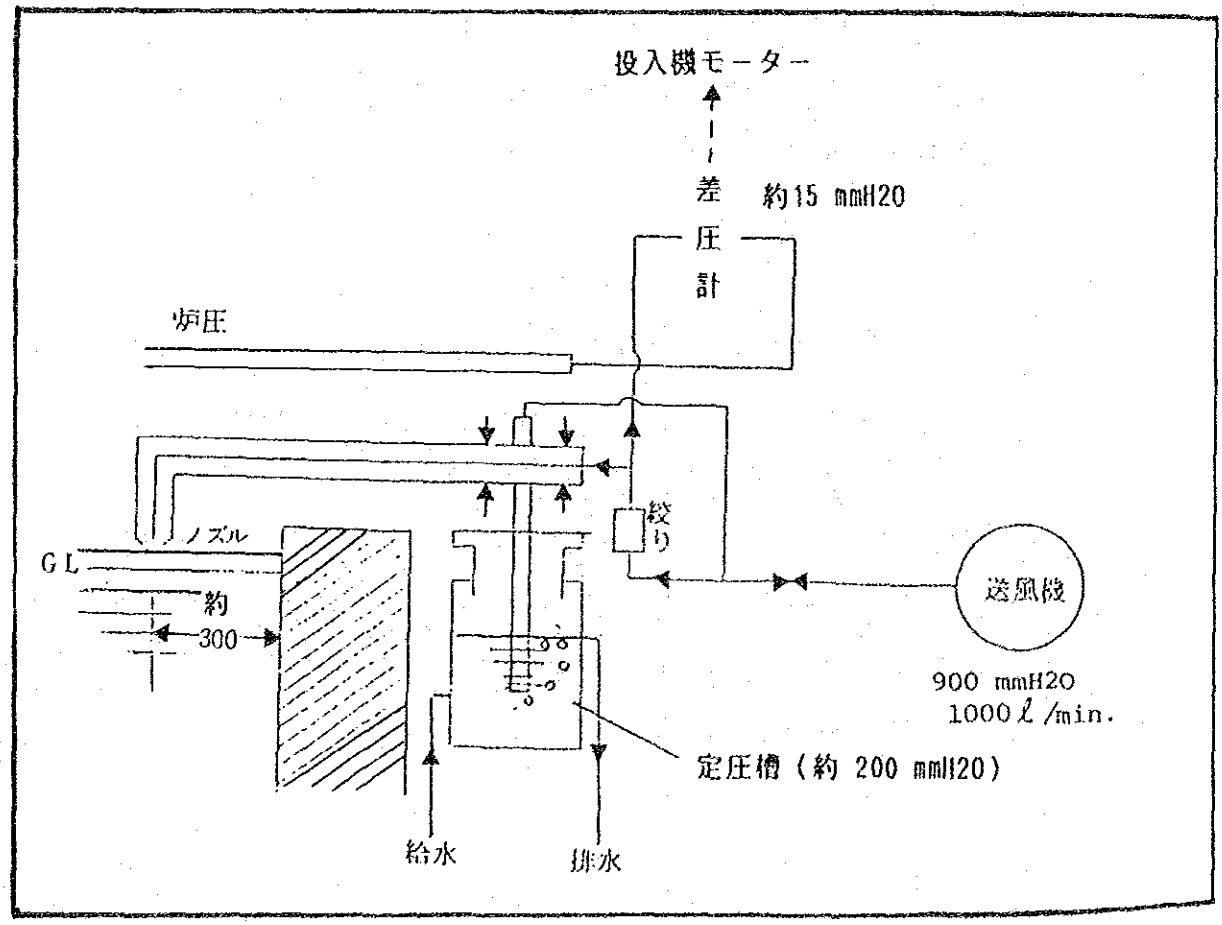
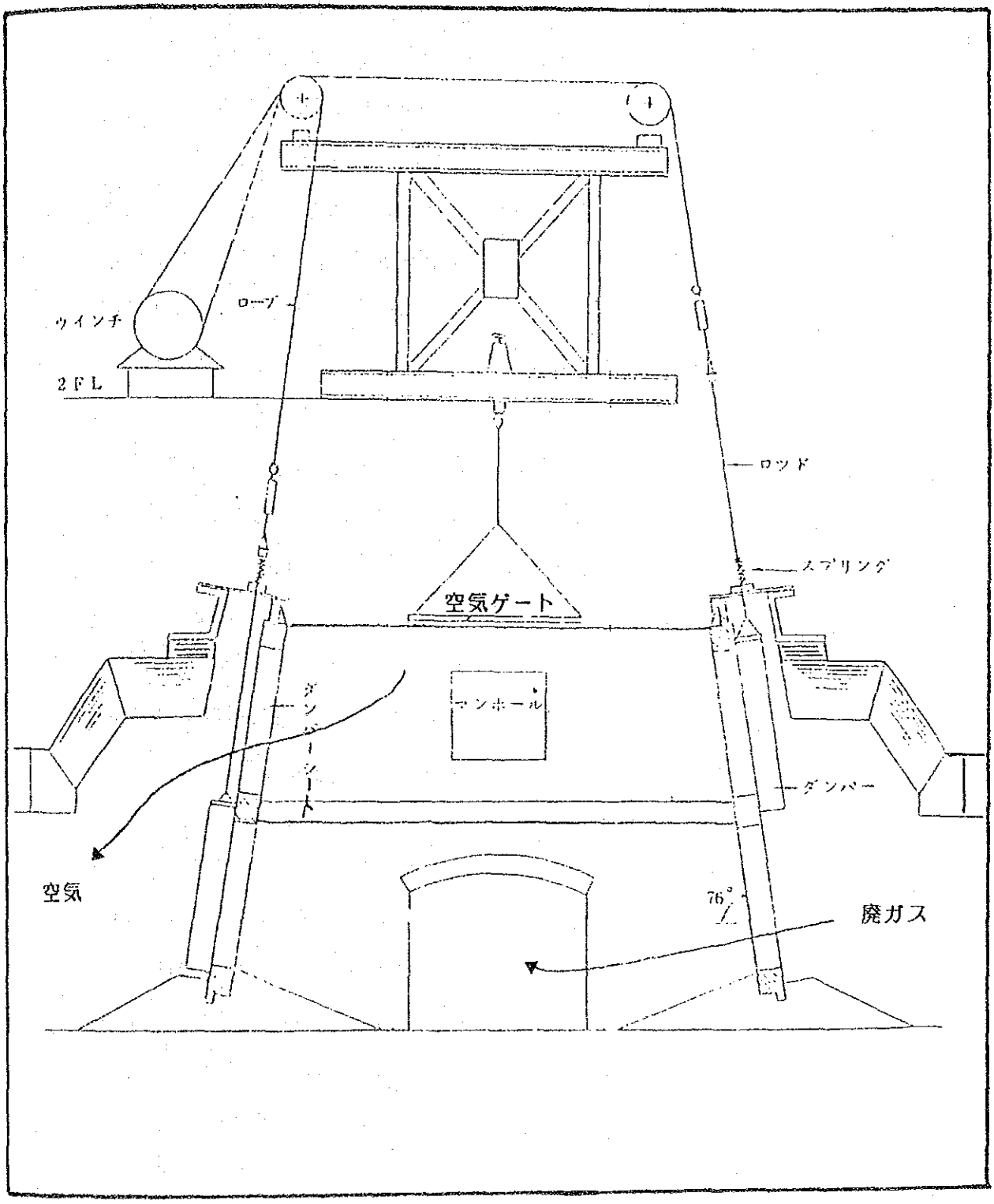


図 2.2.3.12　プローノックス交換機の概要



b) 蓄熱室構造の改善

蓄熱室形状は、現状のアップテイク構造からいわゆるボックス型構造に変更されるべきである。ボックス型構造の長所は

① チェッカー積高さがアップできること

② 構造がシンプルで侵食が抑制され保守作業も容易

③ 蓄熱室の放熱防止のための断熱化が容易となる

ことなどがあげられる。

ボックス型構造の蓄熱室とすることによってチェッカー積み高さを現状の約3mから6m程度にまでおよそ2倍に増大することが可能と考えられ、蓄熱室チェッカーによる廃ガス熱回収の大幅な増強が期待できる。

c) ポート構造の改善

重油バーナー取付位置が素地面上約 150㎜と非常に近接しているので、燃焼フレームが素地表面或いは原料山表面をはうように流れていく状況にあり、良好な燃焼を得がたい状況にあると同時に、製品欠点（泡スカム等）の原因となっていることも考えられる。

重油バーナー口の位置は素地面上 350 ～450㎜程度のレベルに上げられなければならない。

d) ネック上部構造の改善

ネック上部構造はHT雰囲気の清澄槽への流入を抑制することができる様配慮されなければならない。清澄槽へのHT雰囲気の流入を抑制することによっていわゆるスケール欠点の減少、清澄槽以降冷却槽での効果的なガラス素地温度の降下を実現することができる。このような観点からネック部上部構造としてはいわゆるドロップアーチ構造を採用することが望ましい。

9) 窯槽保温の強化

現状では、すでに述べた通り窯槽の保温は煙道の一部を除いて全く実施されておらず、放散熱量は膨大なものがある。最も進んだ窯槽の保温を実施すれば約10 KQ ／日の重油節減が可能であるが、現在の中国国産炉材では、窯槽寿命を著しく短縮する結果を招く恐れが多い。

現在の中国産炉材を用いて保温を実施できる可能性としては、HT大迫・HT種瓦下段・吹出部・HT敷などの軽度の保温の実施が考えられ、3～4 KQ ／日の重油節減効果が期待できるものの、窯槽寿命への影響を考えると余り得策でないものと思われる。

10) 炉材及び築炉技術の改善

窯槽寿命の延長を考える場合、まず第一に最適炉材を窯槽の各部位に選定することが肝要である。最新の平板ガラス熔解窯の寿命は8年程度に達しており、これは、窯槽各部位に最適な高級品質炉材を適用することによって実現されていることは疑問の余地がない。窯槽寿命の延長を図るため代表的部位をとりあげて言えば次の様な炉材が適用されるべきである。

a) HT大迫

高温荷重軟化点の高い高級珪石レンガを使用しなければならない。特にHT大迫に重度の保温を実施するためには高級品質の珪石レンガを使用することが前提となる。

b) HT種瓦

AZS 電鋳レンガを下段～上段まで使用する必要がある。特に上段の種瓦には湯口部分をカットした DCL製品を使用する必要がある。また種瓦の重度の保温を実施するためには1本もの種瓦（多段積は不可）を使用し DCL製品を採用しなければならない。

c) ポート部及びブレストウォール

とりわけ侵食のはげしい1P～4P付近のポート部及びブレストウォールには AZS電鋳レンガを使用する必要がある。この部分の苛烈な侵食に対し珪石レンガでは十分な耐用を期待することは困難である。

d) MI敷

MI敷は現状は粘土質レンガで構成されているが、この粘土質レンガの上に約 100㎜厚味の AZS電鋳レンガを敷く必要がある。特に敷の保温を実施する場合これは不可欠である。

e) 蓄熱室チェッカー

蓄熱室チェッカー材質としてはマグネシア質塩基性レンガを採用することが望まれる。省エネルギーを図るためチェッカー積み段数の増強は不可避であり、このためにもマグネシア質塩基性レンガを使用することが必要である。

f) 珪石レンガ用モルタル

珪石レンガ用モルタルとして粘土質成分を添加することは避けなければならない。純度の高い珪石質モルタルを使用することが必要である。

代表的な例として以上のような事項が指摘できるわけであるが、前記 b), c), d), f) 項のみを実施することによっても窯槽寿命を４年程度にまで延ばすことが可能と考えられる。

11) レンガ加工設備の設置

レンガ切断加工設備、レンガ研磨加工設備を設置して窯槽築炉時レンガ施工精度の向上が図られるべきである。

12) 窯槽計装の充実

窯槽温度の測定記録をPR熱電対によって連続に実施すべきである。温度測定点は天井、敷とも各ポートセンター、MIエンド部、

RT、各キャナル部に設置される必要がある。また、蓄熱室天井部にも設置されるべきである。

13) 操業管理技術の充実

前項の窯槽温度測定のための計装の充実によって各所温度のコントロールを精密に行なうことが可能となり、製品品質の安定向上、省エネルギーなどが実現できるようになる。一般にHT天井温度は±5℃、清澄槽以降の温度は±2℃以内にその変動が抑制される必要がある。

また、各ポート燃焼の管理の充実も、前記 3) 項で述べた通り、省エネルギー、窯槽レンガの侵食抑制のため肝要である。

14) 窯槽保守技術の確立

窯槽寿命の延長を図るため窯槽保守技術を確立する必要がある。具体的には次にあげるような事項を実施することが望まれる。

a) 種瓦風冷の強化

b) 種瓦残存厚味の測定

c) 炉内侵食状況の写真撮影記録

d) 侵食個所のパッチング補修（ジルコンパッチ等）

e) 種瓦侵食個所の当瓦補修

15) 昇温技術の改善

窯槽の昇温を温度変動を少なく実施し、炉材の熱膨脹を円滑に調節するため、いわゆる熱風吹込み方式（ホットワーク法）による昇温を実施すべきである。また、昇温前に窯槽内にガラスカレットを装填して昇温を実施する現在の方法はカレット熔解による温度変動を生じやすく、これによるレンガの熱割れ，異常膨脹などを招きやすいので好ましくない。

写真 2.2.3.1

投入口状況

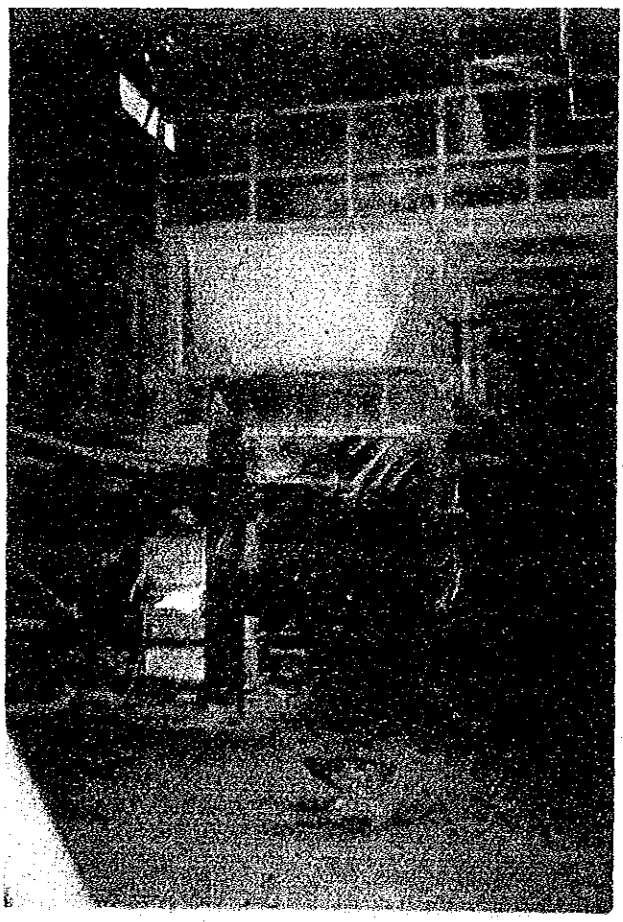


写真 2.2.3.2

投入口遠景

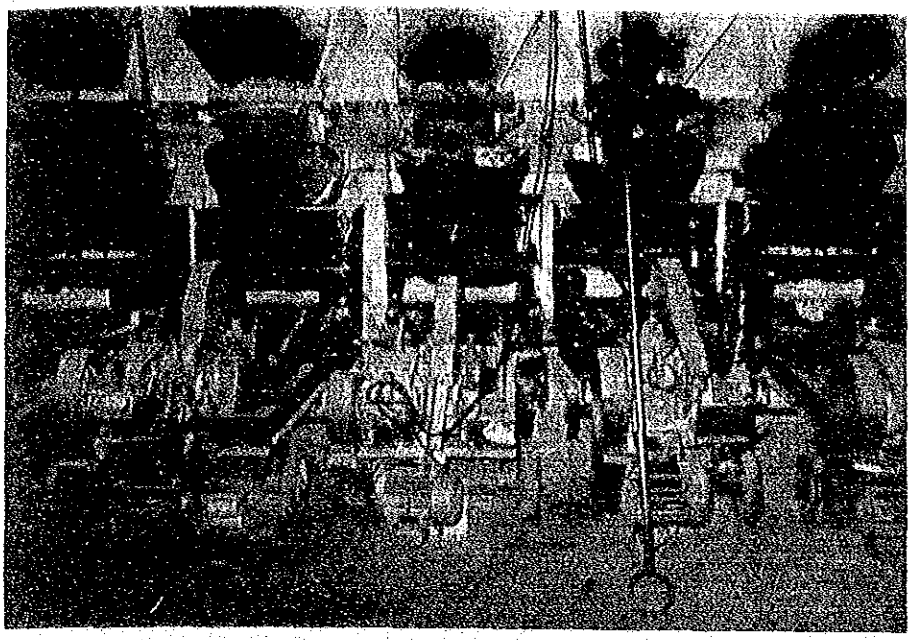


写真　2.2.3.3

投入機セット状況

写真　2.2.3.4

吸出口下バーナー
セット状況

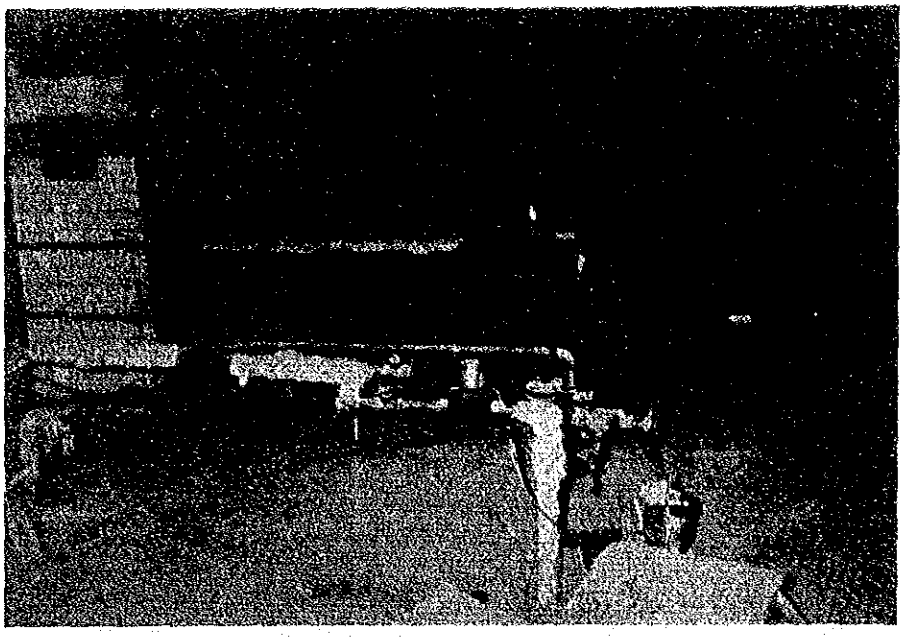


写真 2.2.3.5

重油換向電磁弁

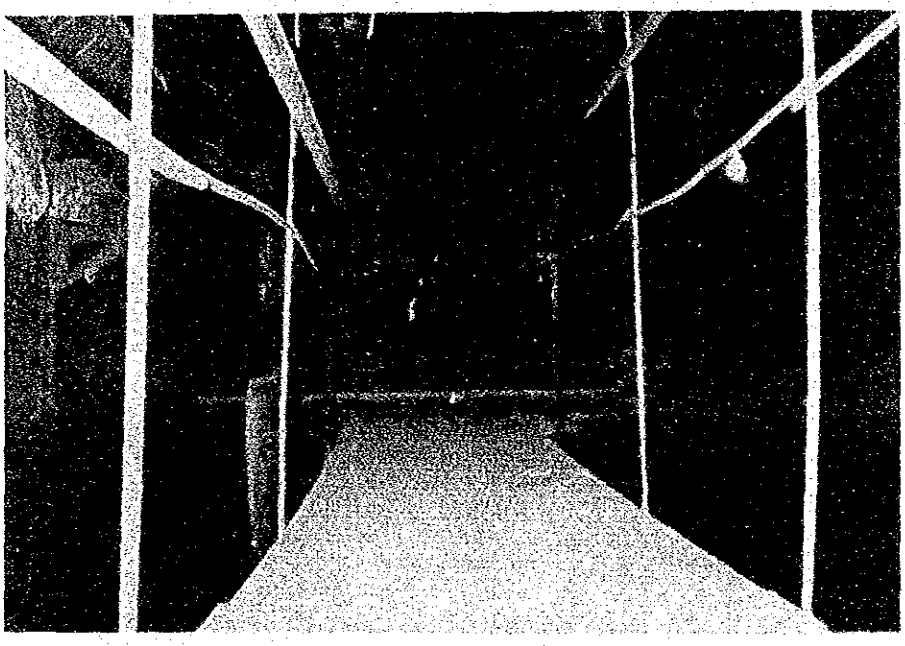
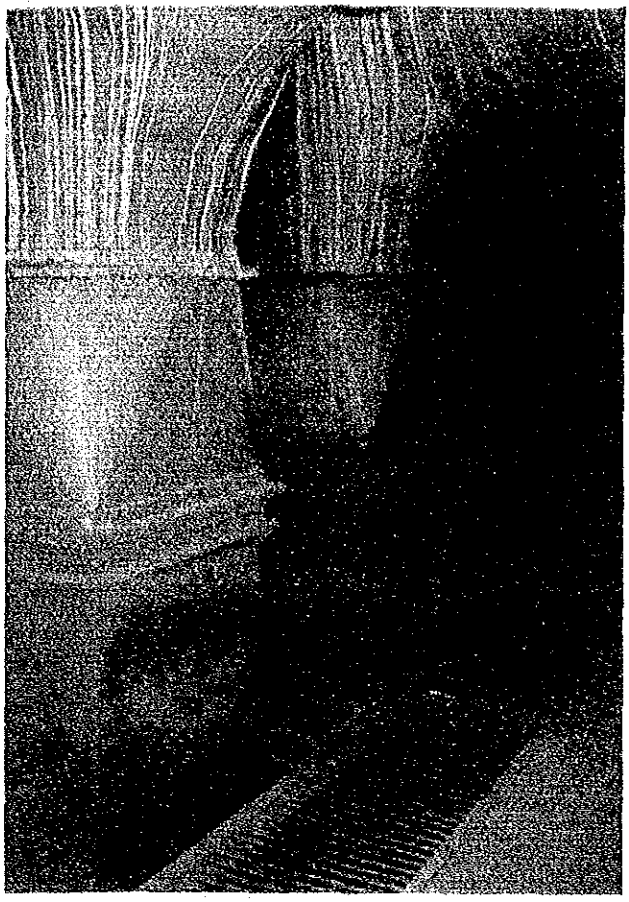


写真 2.2.3.6

霧化蒸気換向設備

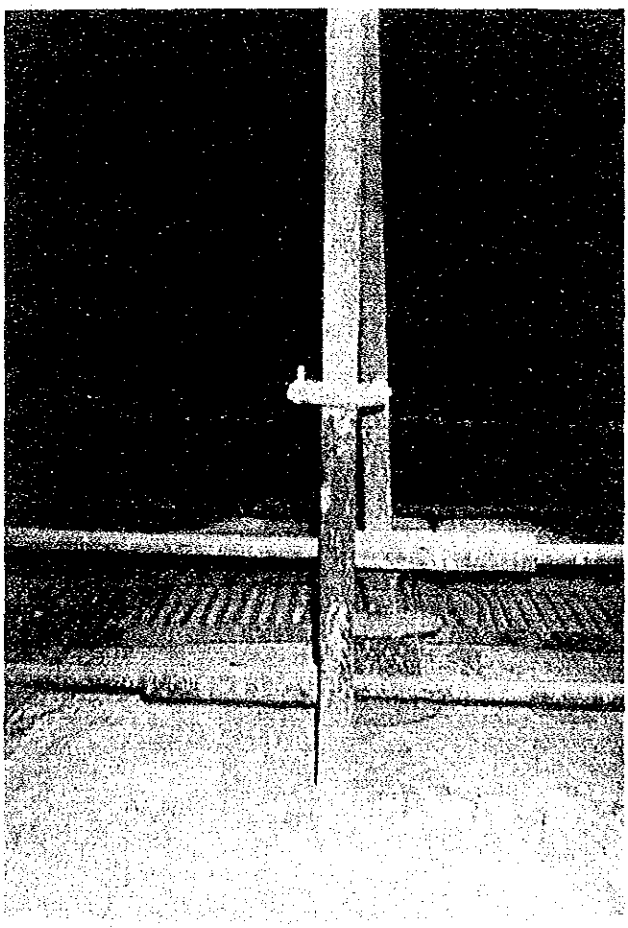
写真 2.2.3.7

空気／廃ガス換向設備



写 真　2.2.3.8

燃焼２次空気送風ファン



写 真　2.2.3.9

ＭＴ大迫上炉圧検出端

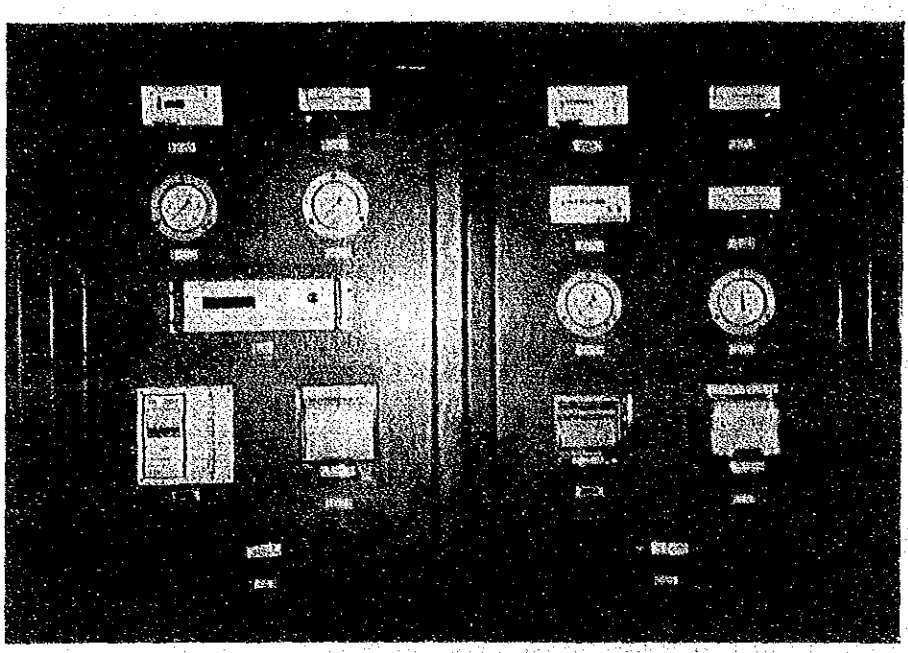


写真 2.2.3.10

重油・蒸気関係設定
表示盤

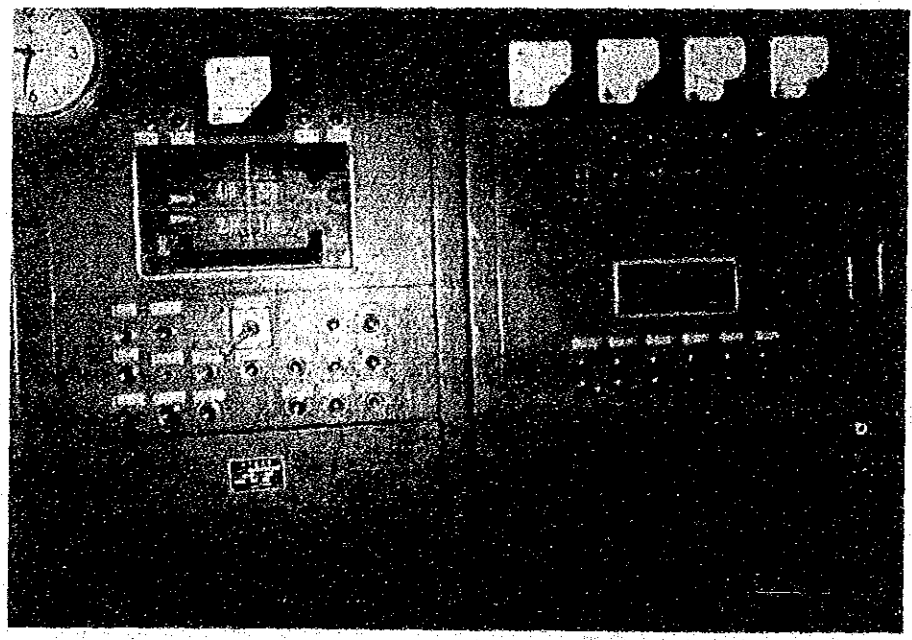


写真 2.2.3.11

燃焼換向操作盤および
投入機操作盤

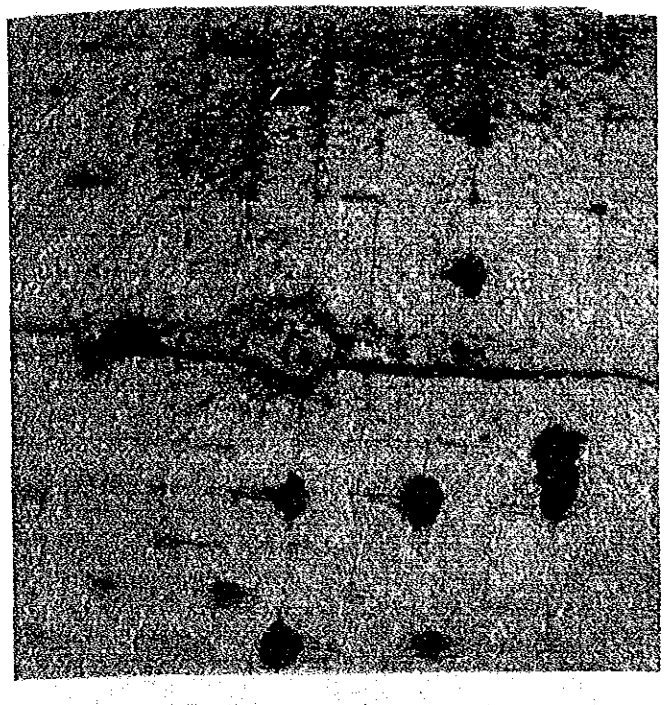


写真 2.2.3.12

MT大迫穴あき侵食状況

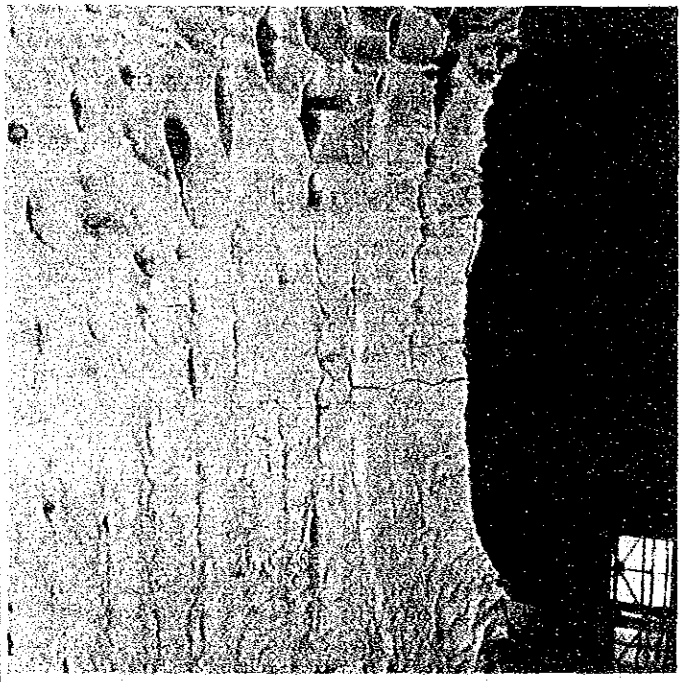


写真 2.2.3.13

MT大迫 1P インバートアーチ付近

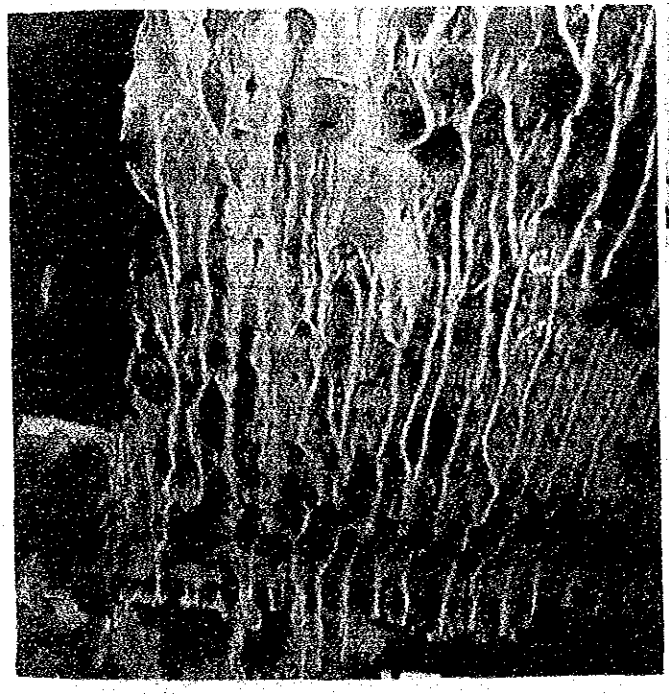


写真 2.2.3.14

MT大迫 1P 付近侵食状況

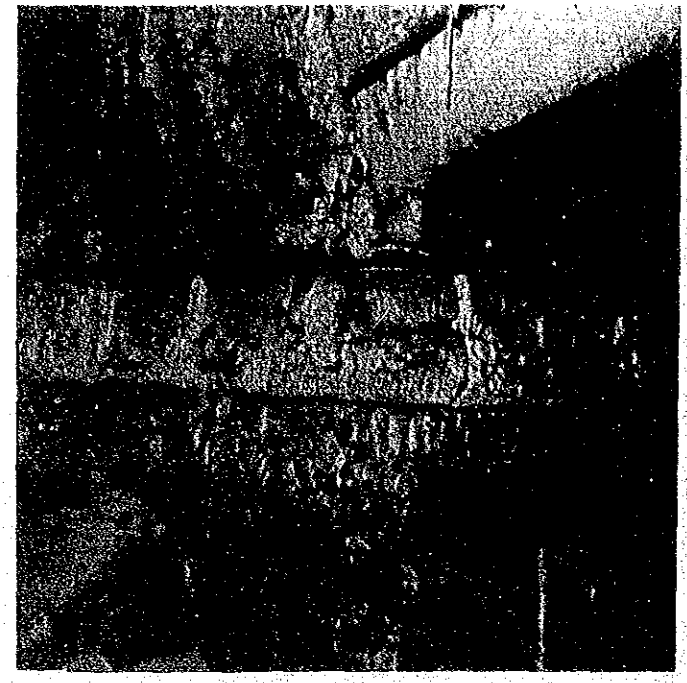


写真 2.2.3.15
バックウォール

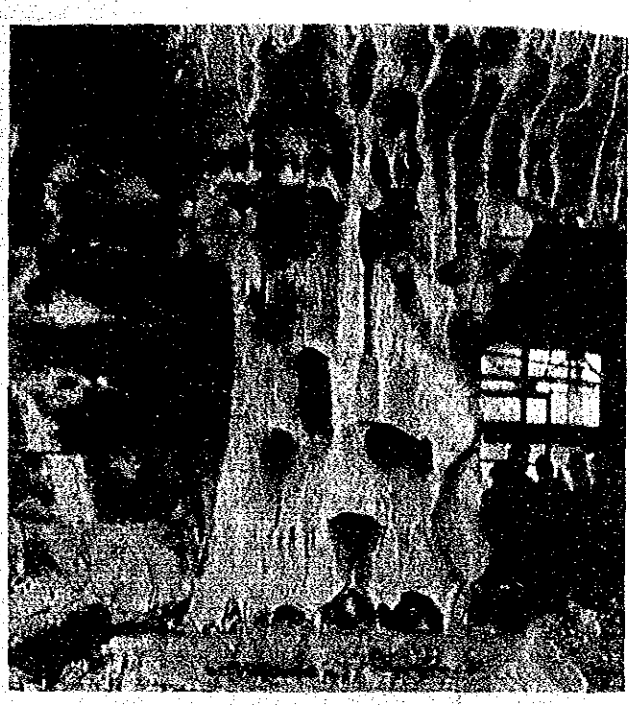


写真 2.2.3.16
1P プレストウォール

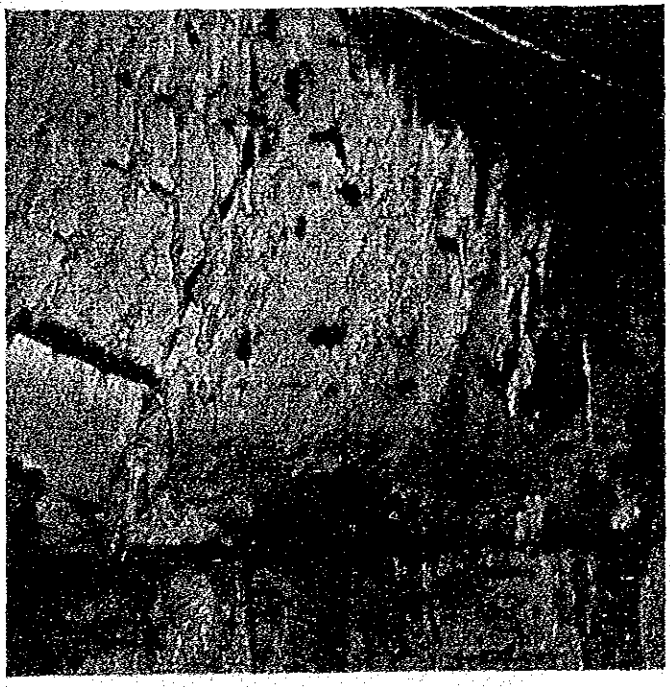


写真 2.2.3.17
ネック横袖壁

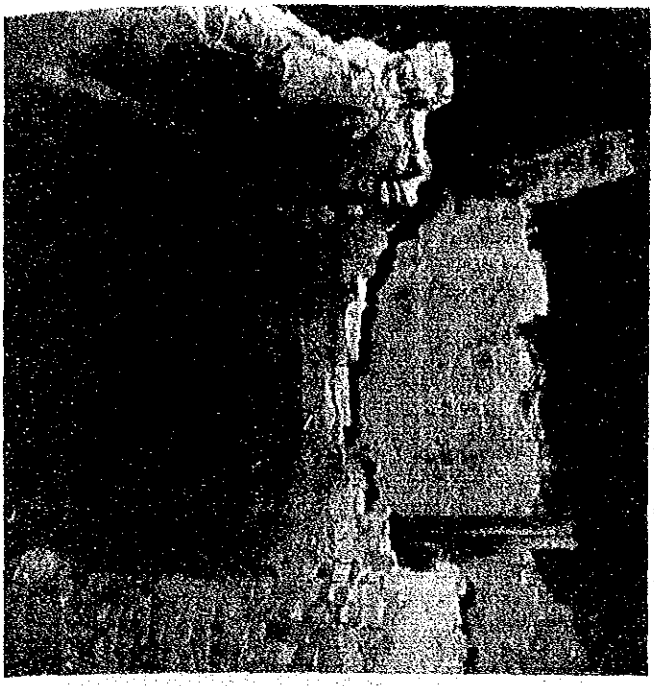


写真 2.2.3.18
北 3 ポ ー ト

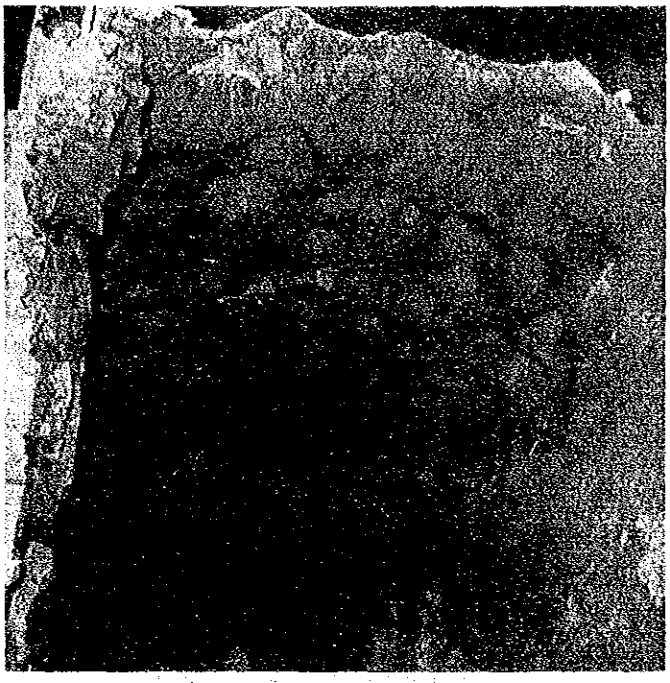


写真 2.2.3.19
北 5 ポ ー ト

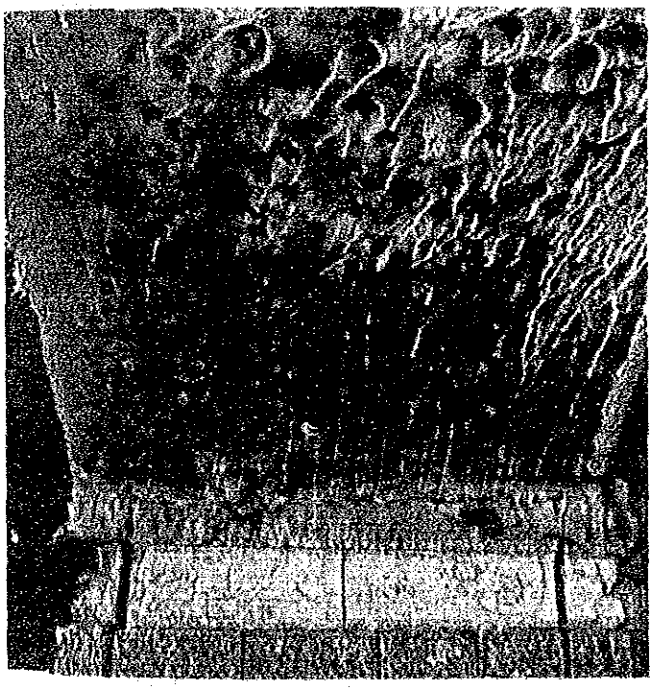


写真 2.2.3.20
ネ ッ ク 天 井

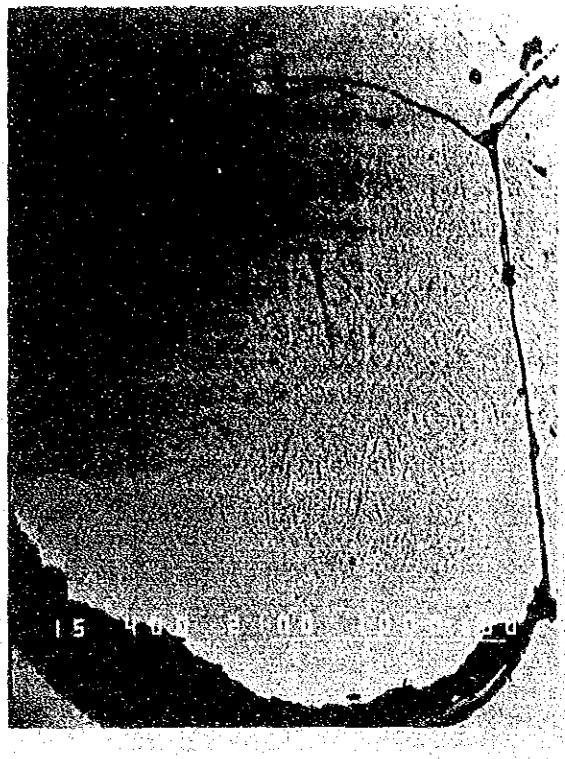


写真 2.2.3.21　異物の反射電子線像

異物　a

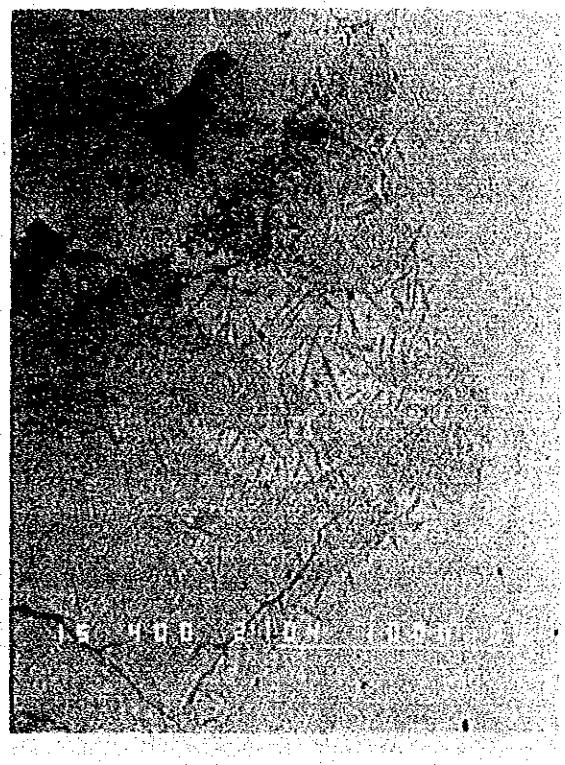


写真 2.2.3.22　異物の反射電子線像

異物　b

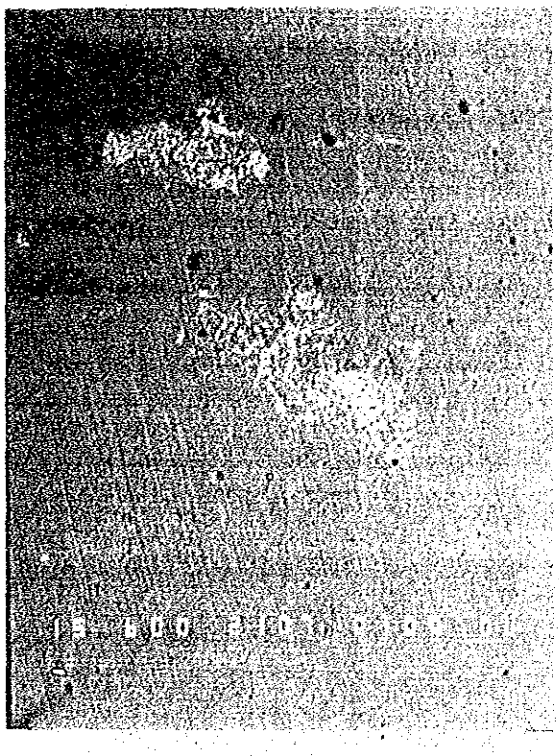


写真 2.2.3.23　異物の反射電子線像

異物　c

2.2.4 デビトーズ製造工程の現状と問題点及び対策

(1) デビトーズ製造工程の現状

1) 原料の購入

a) 購入原料の要求品質

①各原料の化学成分

各原料の化学成分を表 2.2.4.1に示す。

表 2.2.4.1 デビトーズ原料成分

成分 / 種類	SiO_2（%）	Al_2O_3（%）	Fe_2O_3（%）
復州湾特選或湖南涂浦粘土	45～54	32～38	1＞（2%は越えないこと）
水曲柳	54～55	30＜	1＞
白土	46～49	36～38	0.2～0.5

②外　観

復州湾特選：異物がなく、細かく、灰色で光っていること

水曲抑：異物がなく、細かく、緻密で灰白色であること

白　土：異物がなく、白くて光っていること

b) 受け入れ検査

原料入庫時、化学成分の分析を行ない合否の判定をする。

2) 原料の保管

a) 在庫量

最低半年分の在庫を持つこと

b) 保管方法

倉庫に入れ戸外に置いてはいけない。

尚、粘土は袋に入れたまま保管し使用時袋から出して使用。

特選は麻袋がくさって異物が混入するといけないので麻袋から

出して保管する。（写真 2.2.4.1、2.2.4.2 参照）

c) 原料保管状況

写真 2.2.4.1および 2.2.4.2を参照されたい。

3) 原料加工、シャモット成型

a) 原料の選別

①水分測定：５％以下であること

②異物除去：木片、石炭、鉄片、黄土、雑草等を除去

③床面清掃：選別した原料は清掃した所に置くこと

b) 原料の粉砕

写真 2.2.4.3のような石のローターで原料を粉砕

但し使用前にはこの石のローターを掃除しておくこと

c) 原料の粒度揃え

粉砕後の原料を64孔／㎠の篩にかけ、これを通ったものを合格品とする。

不合格品はもう一度粉砕工程へ戻す。

d) 混合、保管

200㎏ずつを、水を加え 7.5～ 8.5％の水分含有率にして、４～５分ミキサーで攪拌する。攪拌後原料は、定位置に保管され、その上にぬれた袋をかぶせておく。

e) 半製品の成型

原料は木枠に入れられ 6.5～ 7.5㎏／㎠のエアーハンマー（写真 2.2.4.4 参照）で固められ 460× 230×50㎜のものに成型される。

f) 半製品の乾燥

半製品は 2.2.4.5のように積まれ乾燥する。（水分が５％以下になる迄乾燥）

g) 半製品の焼成

デビトーズ焼成用の窯を使い、７日間焼成する。

尚、最高焼成温度は特選で1350℃、水曲柳で1320℃である。

窯内温度差は50℃以下にする必要あり。

4) 焼成後の半製品（シャモット）の粉砕

ジョークラッシャーで粗粉砕した後、石のローターで微粉砕する。微粉砕後64孔／㎠の篩にかけこれに通ったものを使用する。

尚、大事なことは大粒のシャモットが混入しない様、篩をよく点検することが必要。

5) デビトーズ原料調合

a) 調合混合比（１回 200Kg）

特選熟料	：	100Kg	（50％）
水曲柳熟料	：	20	（10％）
特選生料	：	20	（10％）
水曲柳生料	：	60	（30％）

b) 混　　合

最初ミキサーで１～２分間撹拌しながら注水し、８％の含水率にする。その後７～８分撹拌する。（出来れば10分以上の方が良い）

c) 保管、熟成

混合された原料は写真 2.2.4.6の様に保管室に積まれぬれ袋とビニールで覆われる。

尚、ぬれ袋は、１週間に１回取替える。

また、保管室は、温度16～20℃、湿球温度14～18℃に保たれ、熟成期間は20日以上。

6) デビトーズの成型

a) 原料塗りつけ

写真 2.2.4.7の様な木型に油をぬり、底部にはぬれた布を一枚敷いておく。

第１回（最初）は熟成が終った原料を60Kg使用し２回目は、両端部に22.5Kgずつ（合計45Kg）加えて塗りつける。以後順次原料を塗りつけて箱型の原型を成型する。

b) デビ原型の強化

デビ原型の強度を上げる為にエアーハンマーを使用し、原料を締めていく。尚、エアーハンマーの使用方向は一定ではなく縦、横と交互に打っていく。（圧力は７Kg／cm²）

c) スロット部（口部）穴あけ

デビ原型を成型後、写真 2.2.4.8のように線を入れスロットの部分を決める。

その後人手にて、スリット部の粘土を除去する。

d) 乾　　燥

①温　　度：室温18～20℃湿球温度14～16℃

②点　　検：１週間に１回点検

③補　　修：小さなクラックの時は粘土を塗って補修但し10cm以上の大きなクラックの時は不良品とする。

④麻袋除去：成型10日後

⑤型枠外し：成型１ヶ月後

⑥スリット部手直し：成型45日後、その後使用可能

（写真 2.2.4.9 , 2.2.4.10　参照）

7) スロット部の仕上げ及びデビの形状

a) 仕上げ用泥粘土

①配　　合：熟 料 白 土　60%

特 選 生 料　20%

水曲柳生料　20%

②配合時期：使用する１日前

b) 仕上げ方法

写真 2.2.4.11 の様に表面がなめらかな石でスロット口をみがく。

c) スロット形状及び寸法チェック

写真 2.2.4.12 はスロット端部の形状チェックを示し、写真 2.2.4.13 は寸法チェックを示す。

d) デビトーズ研磨砥石

①研磨砥石の化学分析結果

化学成分（%）

Ig.loss	SiO_2	AQ_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2
8.85	1.80	83.25	1.96	2.15

CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SiO
1.39	0.21	0.10	0.06	—

②研磨砥石のＸ線解析結果

コランダムのみで他鉱物は検出されない。

③研磨砥石の外観観察結果

外観を写真 2.2.4.14 に示す。外観は黒色を示し最大粒子径は約 1.0㎜の粗粒子が使用されている。

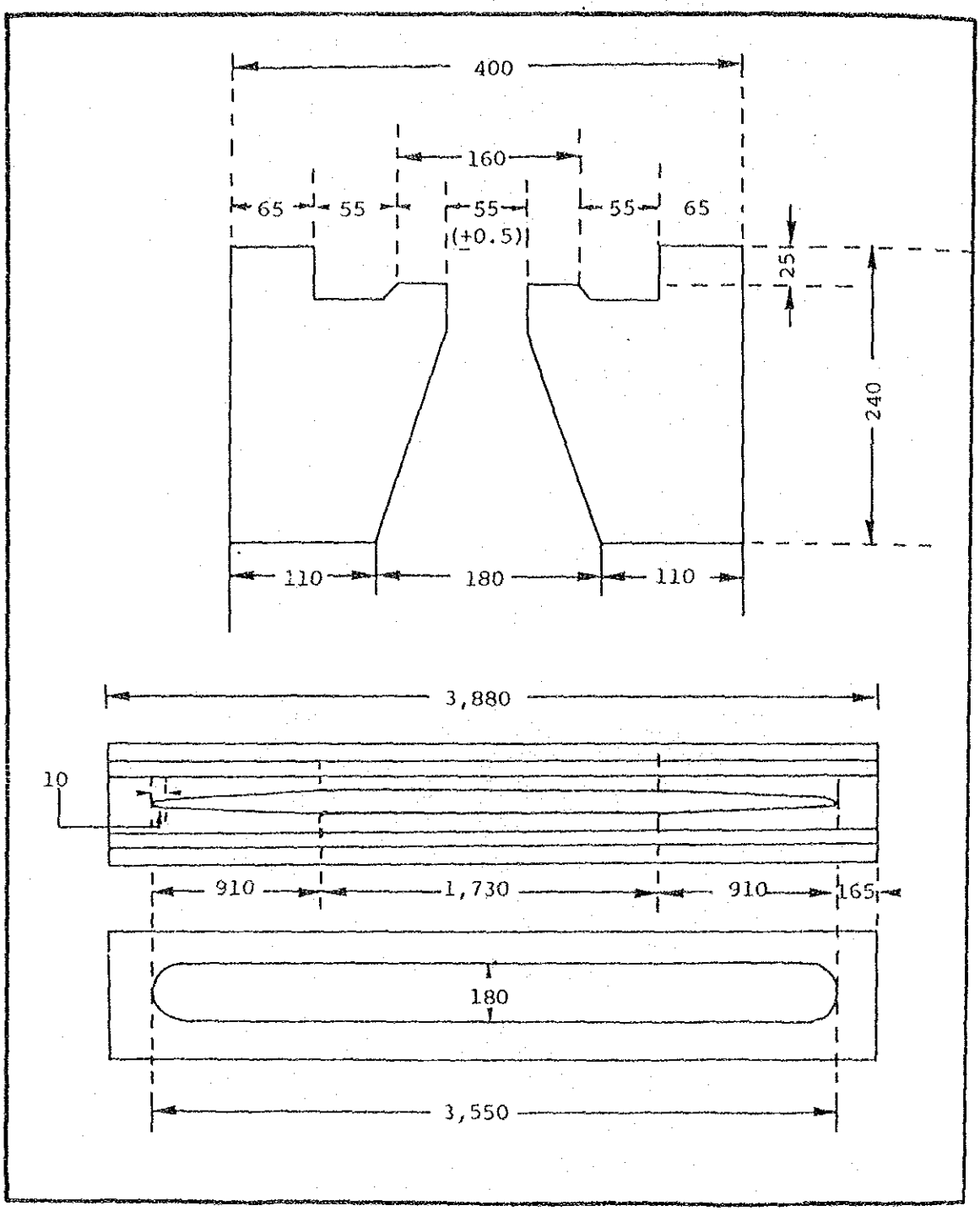
砥石厚味は約 4.0㎜である。

④以上調査結果よりコランダム質の研磨砥石であり、発泡の原因になるカーボランダム (SiC)を含んでいないので問題はない。

e) デビトーズ形状

デビトーズの形状を図 2.2.4.1に示す。

図 2.2.4.1 デビトーズの形状



f) 寸法記録

焼成前に主要な寸法は記録しておく。

（記録表あり）

8) 窯 詰 め

a) 焼成窯の敷煉瓦のレベルを揃え、煉瓦の上に粗い砂をおく。

b) 運搬通路をよくチェックし凹凸がないことを確認。

c) 運搬する人、吊る人等専門の人を決める。

d) 吊り木で窯に入れる時はゆっくり行なうこと。

e) 窯詰めが終ったあと、デビの上に板状の煉瓦を置く。

f) 焼成窯の入口をシールする。

9) 焼　　成

a) 使用燃料

① 600～ 700℃まで：都市ガス

② 600～ 700℃以上：重油

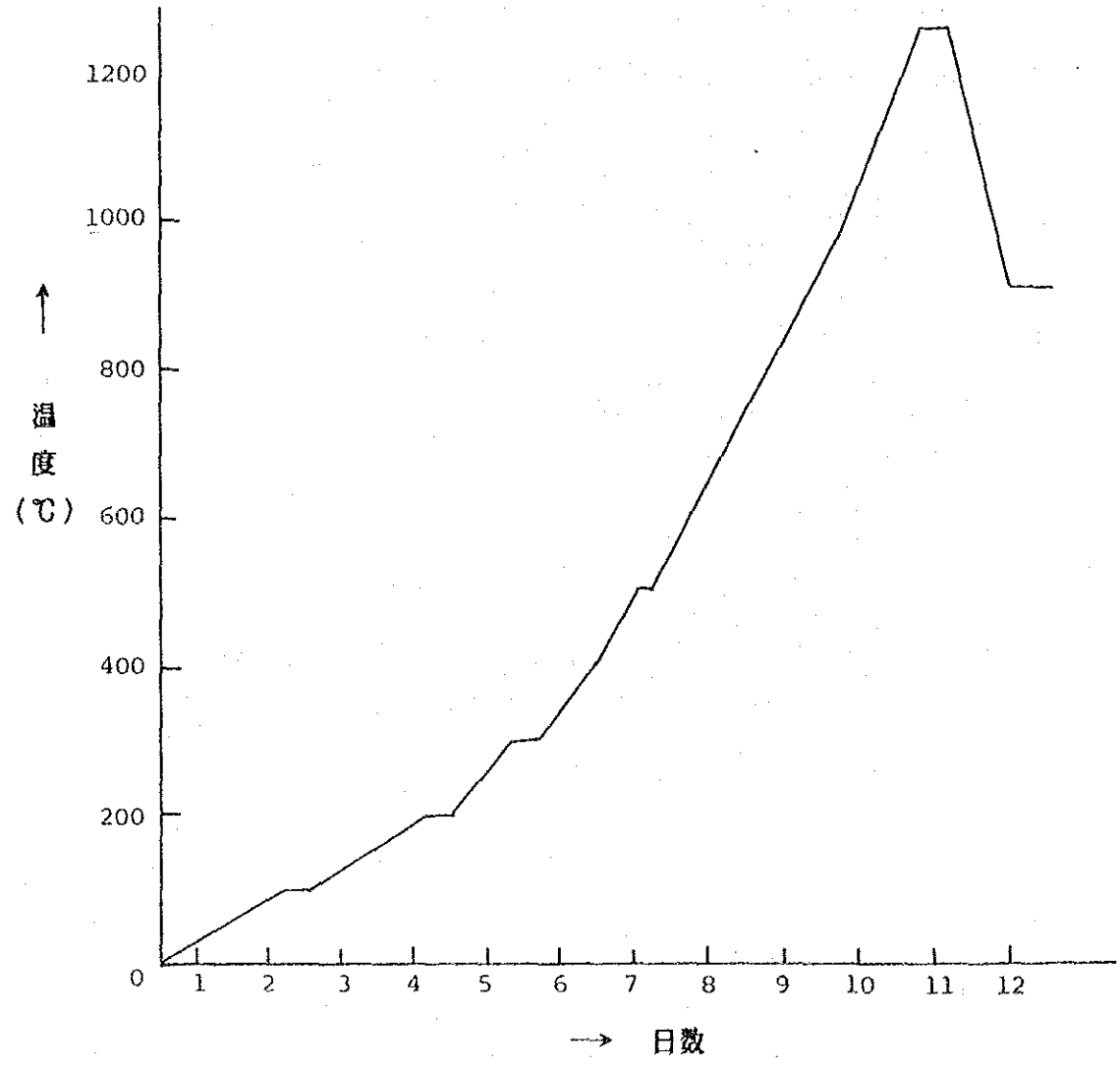
b) 昇温曲線

デビトーズ焼成時の昇温曲線を図 2.2.4.2に示す。

現場に掲示してある昇温曲線表を写真 2.2.4.15 に示す。

焼成炉外部と内部の状況を夫々写真2.2.4.16と写真2.2.4.17に示す。

図 2.2.4.2　デビ焼成昇温曲線



(2) デビトーズ製造工程の問題点

1) 原料の購入

a) 購入規格があいまいである。

①化学成分の要求値は出ているが、粒度、水分等はない。

②化学成分の要求値はSiO_2、 Al_2O_3、 Fe_2O_3しか出ていない。

③外観検査基準も定性的であいまいである。

b) 規格アウト品の処置基準が決まっていない。

c) 受入検査データが整理されていない。

2) 原料の保管

a) 保管状態が良くない。

袋の破れているものがあるし整理整頓が不十分である。

3) 原料加工、シャモット成型

a) 作業能率のデータがない。

b) 焼成時の破れのデータはない。

c) 窯内温度差は50℃以下と基準はなっているが温度計が１本しかなく温度差は測定出来ない。

4) 焼成後の半製品（シャモット）の粉砕

篩を通ったあとの粒度分布のデータはない。

5) デビトーズ原料調合

ミキサーの運転時間：人が時計を見てやっている。

タイマーがついていない。

熟成期間：20日以上となっており、やや短かい。

6) デビトーズの成型

a) 乾　　燥

① １週間に１回点検しているが点検の記録表はない。

② 乾燥期間45日以上となっているがかなり短かい。

③　室温18～20℃となっているが自動コントロールされていない。

7)　スロット部の仕上げ及びデビの形状

a)　仕上げ精度

①スロットの上部は± 0.5㎜となっているがこれはやや大きい。

②スロットの中央部から下部の精度チェック不十分である。

b)　デビトーズ形状

現在の形状が一番良いとは考えられないので種々テストし最適形状把握が必要である。

①　上部スロット巾55㎜とやや小さい。

②　底部スロット巾は、全巾 180㎜と均一であり両サイドが拡がっていない。

③　素地面（G.L.）と上部スロットまでの距離が最大でも25㎜である。

④　デビの左右両端が低いのでそこから素地がスロット上部に流れ込む危険性がある。

8)　窯 詰 め

窯詰め作業を見ていない為問題点の指摘は出来ない。

9)　焼　　成

焼成時の破れが約５％もあるのは大きな問題である。

焼成時の破れはほぼ０にすべきである。

a)　昇温期間12日間と非常に短かい。

b)　昇温曲線：かなり勾配が急である。

昇温温度が特に大事な温度は下記の通りである。

①　付着水分が脱水する　　室温～ 100℃

②　粘土吸着水が抜ける　　100～ 200℃

③　粘土構造水が抜ける　　500～ 700℃

④ SiO_2が異状膨脹する　　200～ 270℃

即ち①～④の温度域は温度勾配をゆっくりする必要がある。

c) 温度管理不充分

①測温点が１点のみである。

②昇温過程の温度をグラフ化していない。

d) 燃焼管理不充分

作業者は温度のみを注意し、バーナーの燃焼状態をあまり見ていない。燃焼が悪くカーボンがデビトーズに付着すれば泡の原因になる。

e) 焼成後の寸法チェック記録なし

焼成後も寸法チェックているとのことだが記録が全くない。記録していなければ寸法チェックした意味がない。

(3) デビトーズ製造工程の改善対策

1) 原料の購入

a) 購入規格を具体的、定量的にすること。

「細かく」という表現ではなく粒度で表示し、水分もはっきりさせること。

b) 規格アウト品の処置基準を明確にすること。

返品基準及び使用限度基準を決めておくこと。

c) 受入検査データをグラフ化して推移が分るようにすること。

2) 原料の保管

a) 保管状態の改善

①整理、整頓、清掃の徹底的実施をすること。

②何がどれだけ置いてあるか分り易い表示をしておく。

③袋から出して保管してあるもので天井から異物が落下する可能性がある場合、ビニールの囲いをする等対策をした方が得策である。

④破れ易い袋を使用してある場合、メーカー側に袋の改善を要求する必要があろう。

3) 原料加工、シャモット成型

a) 各工程別の作業能率のデータをとること。

b) 焼成時の破れのデータをとり、データを集積し、解析してどの焼成炉のどの場所が破れが多いか把握すること。次に原因を調べ（炎の状態、温度差等）対策を実施する必要があろう。

c) 測温点が２ヶ所以上ないと温度差の測定は不可能であるので窯内に測温点を増設すること。

4) 焼成後の半製品（シャモット）の粉砕

a) 篩を通ったあとの粒度分布を定期的に調査すること。

粒度分布の推移状況を把握することにより、篩の取替時期等、

工程への正確な対応が可能になる。

5) デビトーズ原料調合

a) ミキサーの運転時間は、タイマーを取付け、タイマーで設定した方が間違いがなく得策と思われる。

b) 熟成時間は20日以上となっているがこれは短かい。

一般的には２ヶ月間熟成期間が必要である。

6) デビトーズの成型

a) 乾　　燥

①点検した時は必ず点検結果を記録すること。

②乾燥期間は45日以上となっているがこれはかなり短かい。

一般的には５ヶ月間乾燥期間が必要である。

③室温の自動コントロールはされていない。自動コントロールして、室温の一定化を計るのが最良である。

7) スロット部の仕上げ及びデビの形状

a) 仕上げ精度

①スロットの上部は、± 0.5㎜となっているがこれを半分の± 0.25 ㎜とすること。

②スロットの中央部から下部の寸法精度は板ガラスの厚味差に影響を及ぼすので、十分に寸法精度をチェックすること。

b) デビトーズ形状

現在は２㎜から５㎜まで同一形状のデビトーズを使用しているが各厚味に適したデビトーズを使用するのがよいと考える。

①上部スロット巾は55㎜とやや小さい。３㎜から５㎜ガラスにはもう少し広い方が（60～65㎜）良い。

②底部スロット巾は、全巾 180㎜と均一であるが両サイドを200㎜程度に拡げた方が良いと思う。

③素地面と上部スロットまでの距離が25㎜しかとれないが30㎜

までとれるようにした方が引上スピードの増加が期待出来得策である。

④デビの左右両端が低いが、スロット上部へ素地流入防止の為に左右両端を高くした方がよい。

8) 窯詰め ： 特になし

9) 焼 成

a) 昇温期間12日間は短かい。18日間にすること。

b) 昇温曲線：近代化計画の項参照。

c) 温度管理

①測温点の増設： 測温点は天井迫前、後２ヶ所両側壁前後２ヶ所ずつ、計６点にするのが最良である。

②昇温時の温度をグラフ化していないが、グラフ化していないと温度管理が不充分になる。是非昇温グラフをつけることをリコメンドする。

d) 燃焼管理

フレーム（炎）が不完全燃焼であれば、カーボンが発生し、このカーボンがデビトーズに付着すれば、炭酸ガスを発生し、泡の原因となる故にバーナーの炎の管理は非常に重要であり、燃焼、空気量、ダンパー操作に常に注意を払い、炎が完全燃焼する様にした方がよいし、軽油に変更することも一考する必要がある。

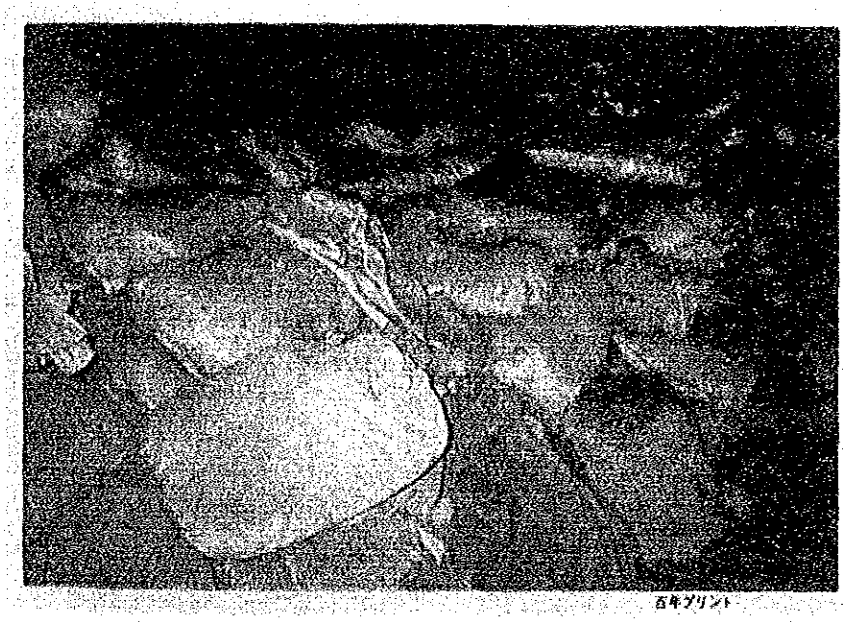
e) デビトーズの焼成後の寸法をチェックし記録すべきである。

焼成後の記録を基にして、焼成前後のスロットの形状変化やスロットの形状と板ガラスの厚味状態との相関を調査することが必要である。

＊ 近代化計画の昇温曲線で温度管理を十分にやれば焼成時の破れがかなり減少することが期待出来る。

写 真　2.2.4.1

デビトーズ原料保管状況



写 真　2.2.4.2

デビトーズ原料保管状況

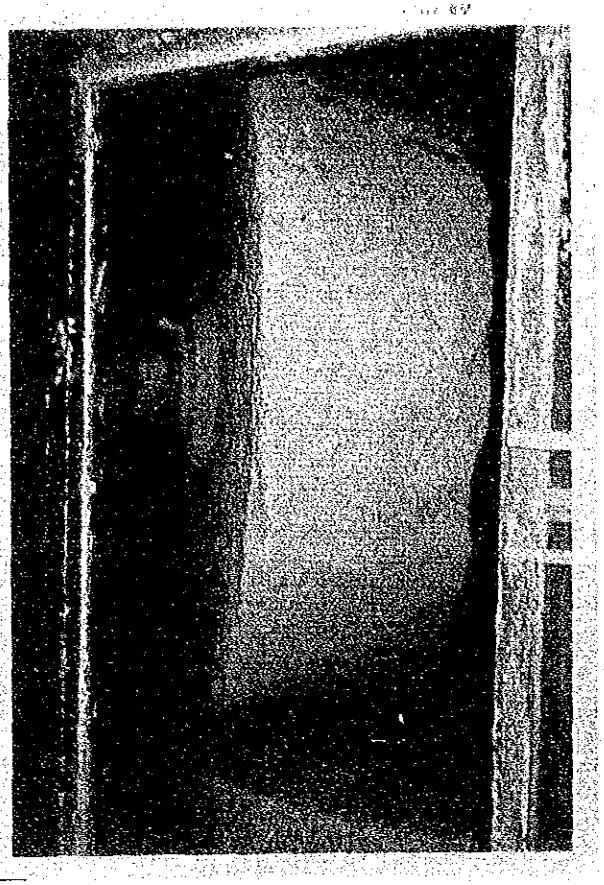


写真 2.2.4.3

石のローターによる
原料粉砕

写真　2.2.4.4

デビトーズ原料をエアー
ハンマーでつき固める。

写真 2.2.4.5

半製品の乾燥

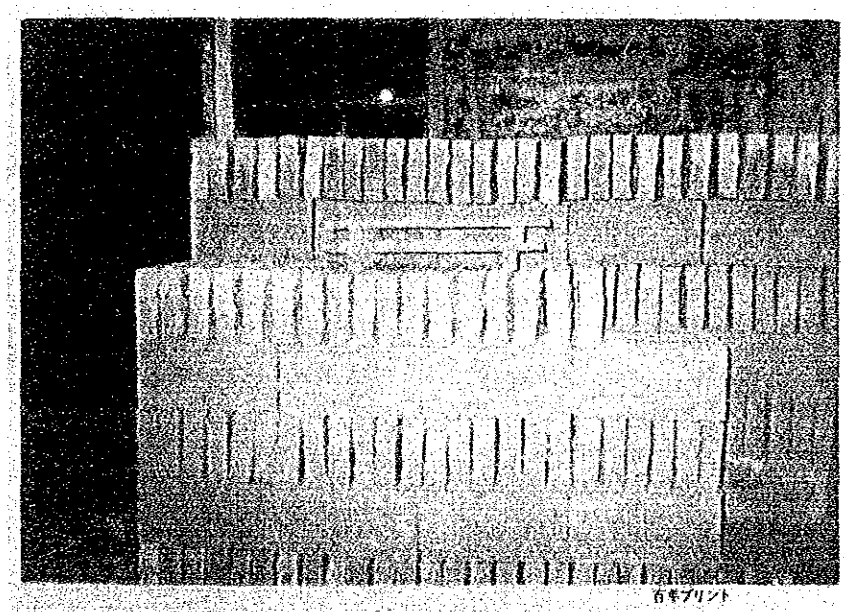


写真 2.2.4.6

保管室に積まれた
デビトーズ混合原料

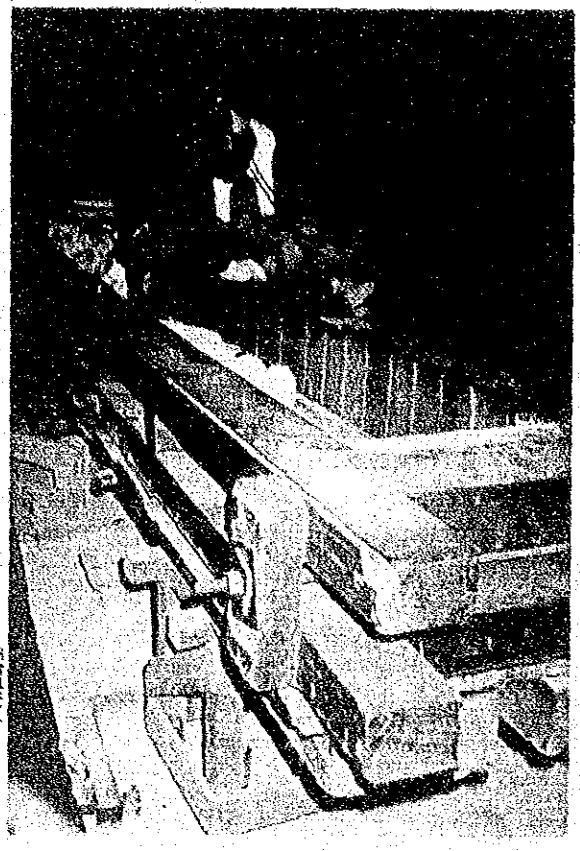


写真 2.2.4.7

デビトーズ木枠

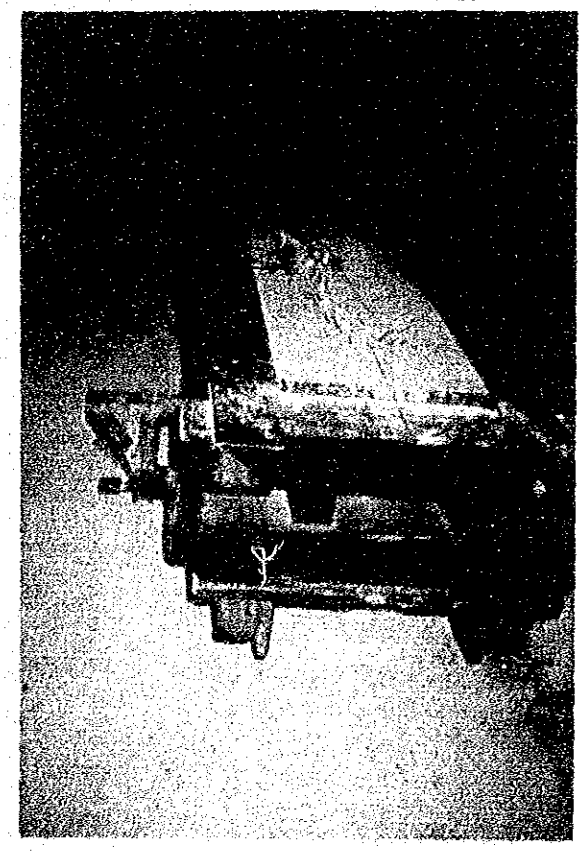


写真 2.2.4.8

成型後スロット部の
線を入れる。

写真 2.2.4.9

温　湿　度　計

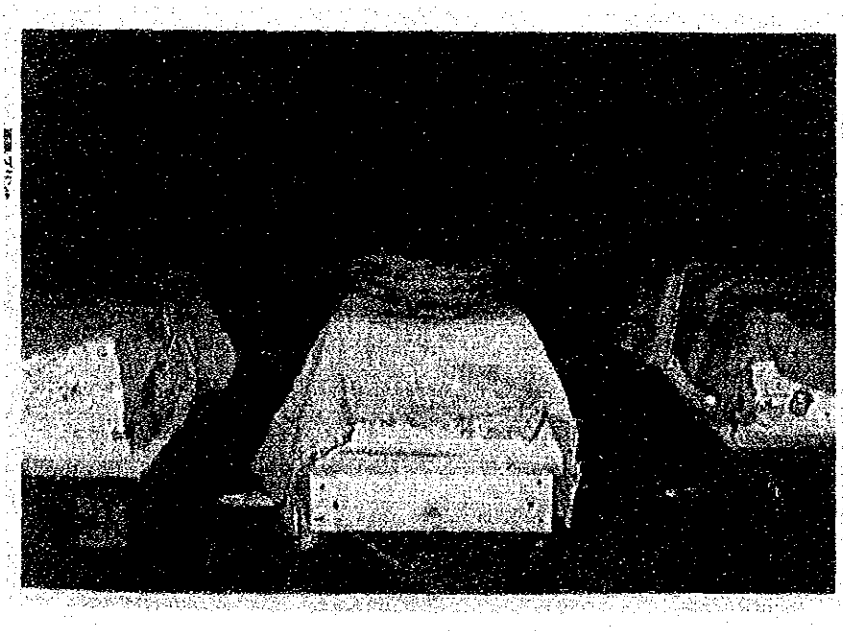


写真 2.2.4.10

乾　燥　状　況

写真 2.2.4.11

なめらかな石で
スロット口を磨く。

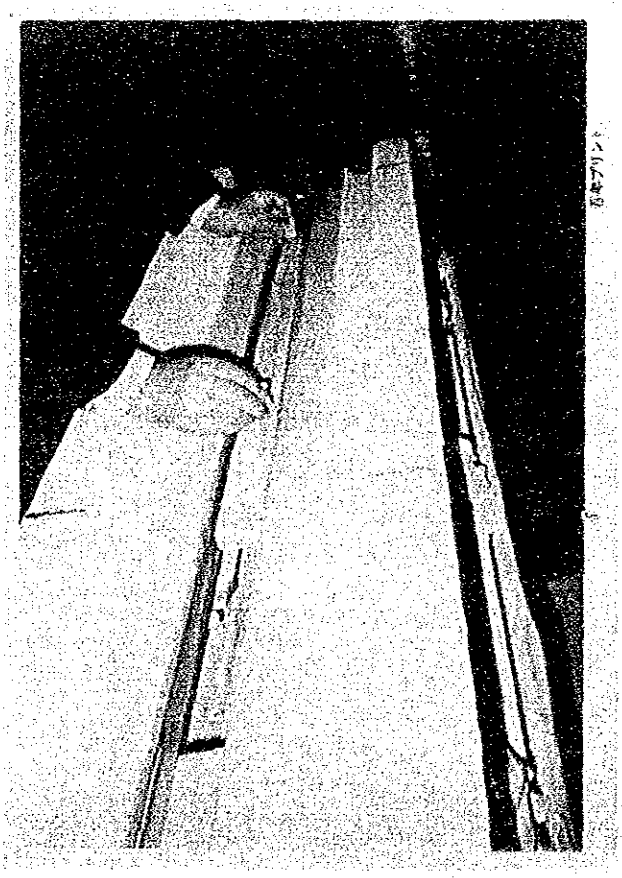


写真 2.2.4.12

スロットの端部チェック

写真　2.2.4.13

スロットの寸法チェック

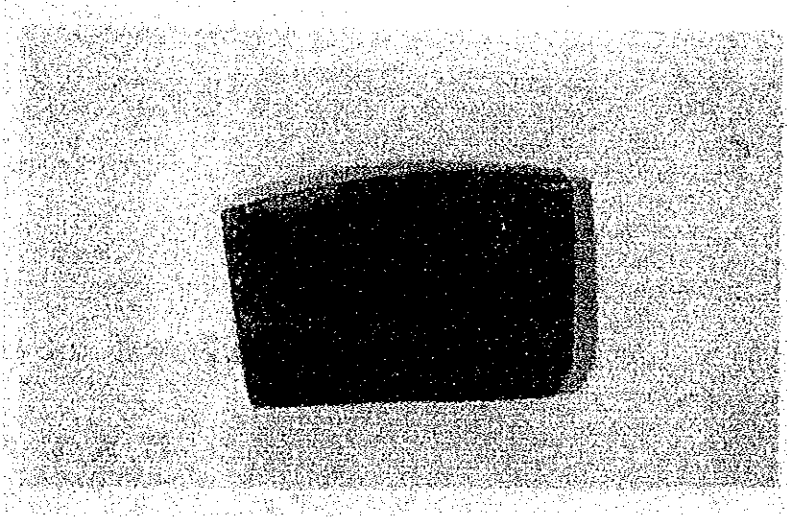


写真 2.2.4.14

研 磨 砥 石

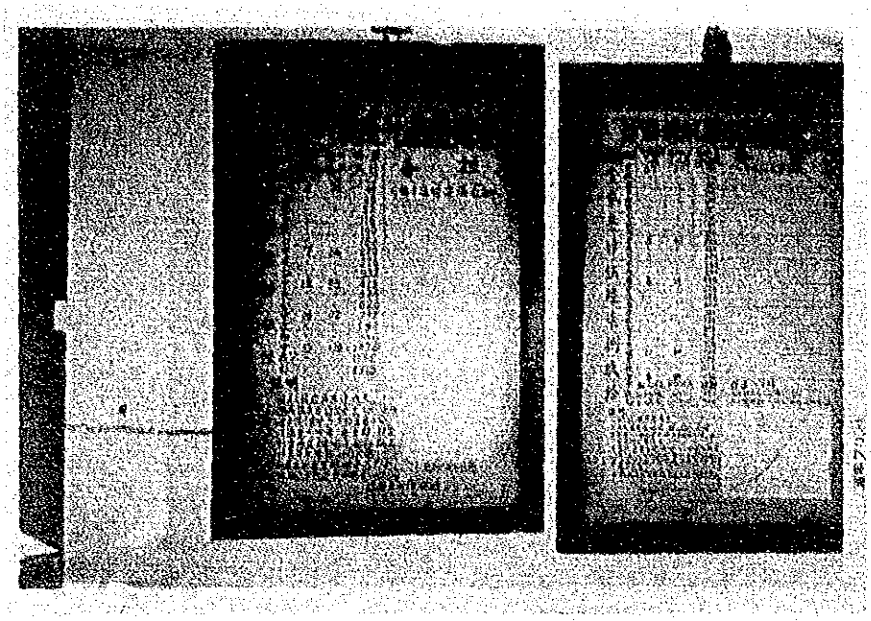


写真 2.2.4.15

現場に掲示している
昇温曲線表

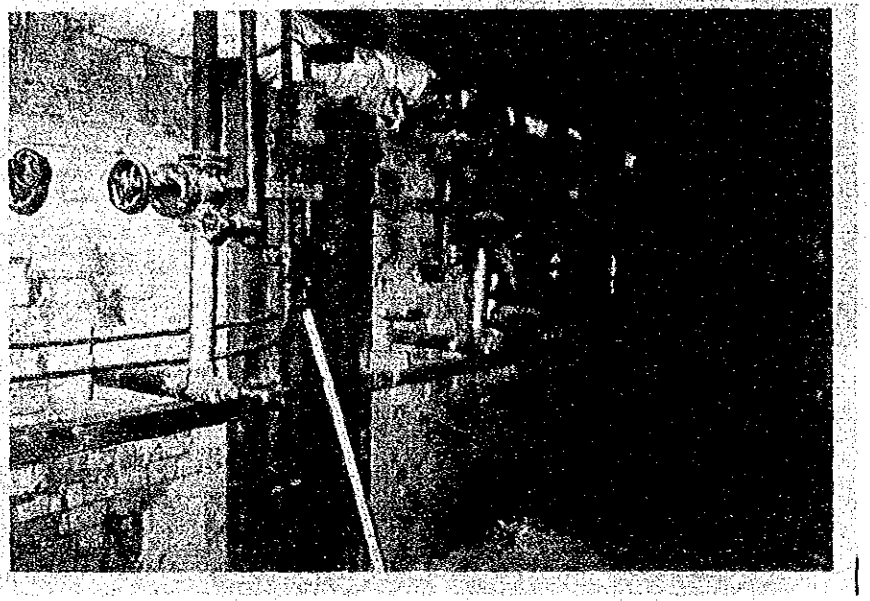


写真 2.2.4.16

焼成炉外部

写真 2.2.4.17

焼成炉内部