

共同研究会報告

計測部会報告

熱風炉の自動制御と自動切換*

(高炉の計測制御)

桂 寛一郎**・磯部 孝***

Automatic Control and Automatic Change of Hot Stove.

(Measurement and control of blast furnace)

Kanichiro KATSURA and Takashi ISOBE

I. ま え が き

最近のわが国における鉄鋼製造技術の進歩は各分野でそれぞれいちじるしいものがあるが、製鉄部門においては高炉の大型化および各種燃料吹込、酸素富化など新しい操業方法の採用による出銑量の増大、コークス比の低下など生産性の大幅な向上があげられる。

これに伴ない、高炉入熱源である送風の量、温度はともに従来より大量、高温のものが要求される状態になり熱風炉の能力増大、操業方法の合理化などが重要課題の一つとなつて来た。

現在、わが国で使用している高炉用熱風炉の型式はほとんどカウパ式であり、本熱風炉プロセスはバッチ式向流熱交換器であるため通常、高炉1基に対して2基または3基の熱風炉を設置し、また連続送風に支障ないよう熱風炉の燃焼一休止一送風各期の切換を迅速、円滑、しかも安全に行なう必要がある。他方、熱風炉の燃焼期においては次期の送風条件を満たし、さらに炉頂レンガの保護、原単位の低下などを考慮した燃焼を行なう必要がある。

上記の諸目的を果すために、自動切換装置および自動制御装置の開発、実用化が積極的に行なわれて来た。最近にいたつて、これらの装置の方式、構成などもほぼ標準的なものが確立された状態にある。この状況と並行して、鉄鋼技術共同研究会、計測部会においては過去数回にわたつて、“熱風炉の自動制御と自動切換”を議題にして、国内各社の報告、研究発表を行ない、討議して来た。この報告は、本部会に提出された資料をもとに、わ

が国の熱風炉に関する自動制御、自動切換の方式、構成効果などをまとめたものである。

この報告を行なうに当つてわが国の代表的高炉23基、同附属熱風炉65基についてアンケートにより調査を行なつたがそれらの熱風炉および計装仕様の概要を第1表に示す。以下、本文では、これら調査対象箇内での数字を使用していることをお断りしておく。

II. 熱風炉の自動制御

1. 炉頂温度制御

わが国における熱風炉炉頂温度制御の実施は昭和31年の11月に富士広畑第2高炉7号熱風炉に Zimmermann Jansen 社でまとめた熱風炉自動切換および制御装置の一部として導入されたのが最初で、その制御系統を図1に示す。

その後、国内でもこの種制御装置の開発ならびに応用技術が進められ、昭和34年2月に鋼管川崎第2高炉熱風炉に第2図に示す国産の装置が設置されて以来、新規計装の熱風炉のすべてのものに炉頂温度制御が実施され、以後はそのほとんどが国産の制御装置を採用するにいたつた。以上の実施経過を年度別にまとめると第2表のごとくなる。

第2表からわかるように昭和34年以降計装された熱風炉はすべて炉頂温度制御を実施している。以下、検出端調節部および操作部などについて実施例、特長などをあ

* 昭和38年9月9日受付

** 計測部会長

*** 計測部会副部会長

第1表 熱風炉の

高 炉		熱 風 炉			
名 称	公称能力	基数	煉瓦巻替時期	燃 焼 方 法	加 熱 面 積
八幡洞岡 4 B F	1,300 t/D	3	S-36-8(建)	プレッシャバーナー	24270m ² /基
戸畑 3 B F	2,000	3	S-37-2(建)	〃	47000
富士室蘭 1 B F	1,000	3	S-34-10	〃	{ 19400(×2)
〃 4 B F	1,700	3	S-36-4	〃	{ 16300
釜石 1 B F	1,000	3	S-27	〃	{ 31000
〃 2 B F	1,600	3	S-36	〃	{ 12800
〃				〃	{ 16160
〃				〃	{ 12800
〃				〃	20810
広畑 2 B F	1,300	3	5号 S-32-3	〃	5,6号 16413
〃			6号 S-32-2	〃	7号 19732
〃			7号 S-31-11	〃	
〃			8,9号 S-35-10	〃	
〃			10号 S-37-1	〃	33297
鋼管川崎 2 B F	1,000	3	S-34-2(建)	〃	17000
〃 5 B F	600	3	S-35-6(改)	〃	16600
鶴見 1 B F	1,000	3	S-36-4(建)	〃	18000
川鉄千葉 2 B F	1,000	3	S-37-4	〃	23641
〃 3 B F	1,500	3	S-35-4	〃	25601
住金小倉 1 B F	450	2	S-31-4(建)	〃	12792
〃 2 B F	650	3	S-33-1(建)	〃	12792
和歌山 1 B F	1,200	3	S-36-3(建)	アスカニヤバーナー	35000
神鋼灘浜 1 B F	750	3	S-34-1	〃	12500
〃 2 B F	1,200	3	S-36-9	〃	29000
尼鉄 1 B F	600	3	S-35-3	プレッシャバーナー	9800
〃 2 B F	600	3	4号 S-36-4(改)	〃	14500
〃			5,6号 S-32-4(建)	〃	
中山製鋼 1 B F	500	2	S-32-1	〃	12380
〃 2 B F	550	2	S-34-6	〃	12380
大阪製鋼 1 B F	300	2	S-35-4	〃	13000

第2表 熱風炉炉頂温度制御の実施経過

炉頂温度制御の有無	有			
	無	輸 入	国 産	計
年 度				
S-31	2	1		1
32		2		2
33	3			
34		5	10	15
35			15	15
36		1	19	20
37			7	7
計	5	9	51	60

げながら説明する。

i) 温度検出部

炉頂温度測定方法については鉄鋼技術共同研究会、第21回計測部会資料「『熱風炉炉頂温度測定に関するアンケート』まとめ」に各社での方法、改良点、今後の問題点などが報告されている。この報告資料には「炉頂温度測定の場合、レンガの内側を測定することと、保護管を内壁表面から出して測定することではかなり測温の意味が異なり、かつこの挿入深度が保護管の耐用度を大きく支

配しているのは事実であるが、現状では保護管の材質、挿入深度の適正值にも未だ定説がなく各社の研究課題になっている」と記されている。

熱風炉炉頂温度測定の場合、保護管の材質、取付方法で特に問題となる点は

a 1200°C を超える高温の酸化性の炎が保護管に直接ふれること。

b 約1-2時間の周期で燃焼-送風の操作が繰り返されるため熱的サイクルにもとづく材料の疲労が激しい。

c 前項の原因で炉のレンガも膨張、収縮を周期的に行なうため、これによる機械的外力を受けやすい。

d 送風時には1.5~2.0kg/cm² G程度の高圧風圧を受けるため、シールがわずかでも不良になるとパッキング類が急速に焼損され、漏風する。

以上の問題点を解決するために外部保護管材質も従来の25Cr-20Niから、より耐熱、耐酸化性のある80Ni-20Crの採用が行なわれつつある。

さらに高炉に各種燃料吹込技術が実用化されるにしたがつて、熱的補償の点から送風温度はますます高温にな

計装仕様の概要

自動制御の仕様					
設置時間	ガス圧力	ガス流量	空燃比	炉頂温度	熱風温度
S-36-8 S-37-2	Bガス本管, 電子-油圧式 〃	測定のみ 〃	電気-油圧式 〃	電子式 〃	PR・電子-油圧式 〃
S-34-10 S-36-4	Bガス本管, 測定のみ 〃	油圧式 電子-油圧式	油圧式 電子-油圧式	〃 〃	CA・電子空気圧式 〃
S-34-10	〃	1号電気-油圧式 2,3号電気式	電気-油圧式	1号電子式 2,3号電気式	〃 空気圧式
S-36-7 5号S-32-2 6号S-32-2 7号S-31-11	〃	電気-油圧式 測定のみ	〃 電気式	電子式 電気式	〃 〃
S-35-10	Bガス本管, 油圧式	電子式	電子式	電子式	〃
S-34-2 S-35-6	Bガス本管, 測定のみ 〃	手動遠隔操作 〃	油圧式 電子-油圧式	空気圧式 電子式	〃 〃
S-36-4 S-37-4 S-35-4	Bガス本管, 油圧式 〃	電子式 〃	電子式 〃	〃 〃	電子-空気圧式 電子式
S-31-4 S-33-1	各炉オリフィス前測定のみ 〃	測定のみ 〃	油圧式 〃	なし なし	CA空気圧式 〃
S-36-3 S-34-1	Bガス本管, 測定のみ Bガス本管, 油圧式	手動遠隔操作 電気式	電気式 〃	電気式 〃	CA電気式 CA
S-36-9 S-36-3	Bガス本管, 電気-油圧式 Bガス本管, 油圧式	電子-空気圧式 電子式	電子-空気圧式 電子式	電子式 〃	電子-空気圧式 空気圧式
S-32-5	〃	なし	電気式	電気式	〃
2号S-35-6 3号S-34-8	〃	油圧式	油圧式	空気圧式	〃
S-34-8 S-35-4	〃 Bガス本管, 測定のみ	〃	〃	〃 電気式	〃 〃

る傾向にあるため、これに対応すべき測定技術が調査されつつある。

昭和34年頃から一連の電流変換式計測制御装置が実用化の段階に入るとともに、熱風炉の計測、制御にもこれらの装置が採用され、炉頂温度制御においても熱電対の熱起電力を電流に変換して表示計器および調節器に伝送する方式がとり入れられた。

電流変換器を使用することは測定精度上必ずしもよい方法とは考えられないが他方、検出信号のエネルギー・レベルの増大、信号の伝送、演算回路の簡単化などの点で便利である。熱風炉では空燃比の設定値などにカスケードを行なう場合、従来より融通性に富み、また保安装置とのインタロックも容易に行なえる利点がある。

熱風炉炉頂温度測定において電流変換器を使用している基数は昭和34年以

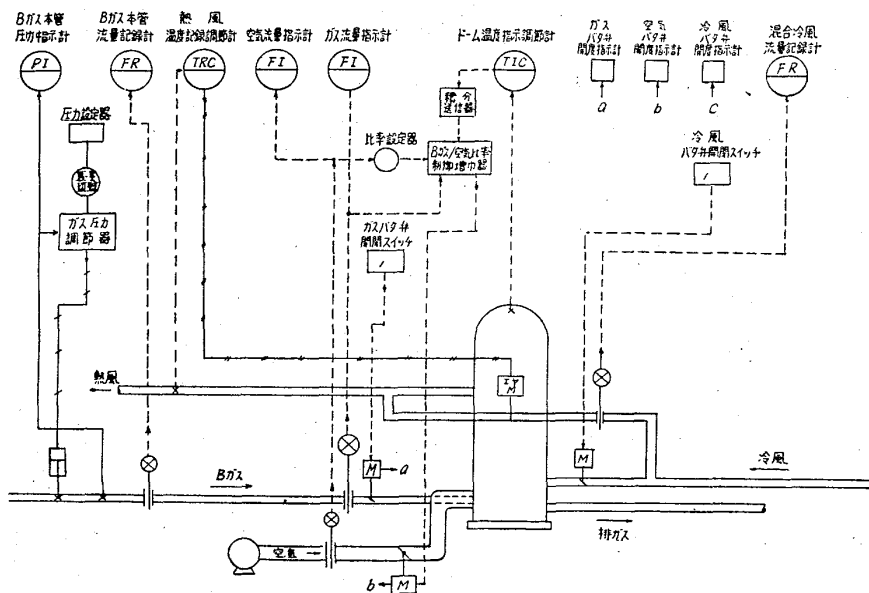
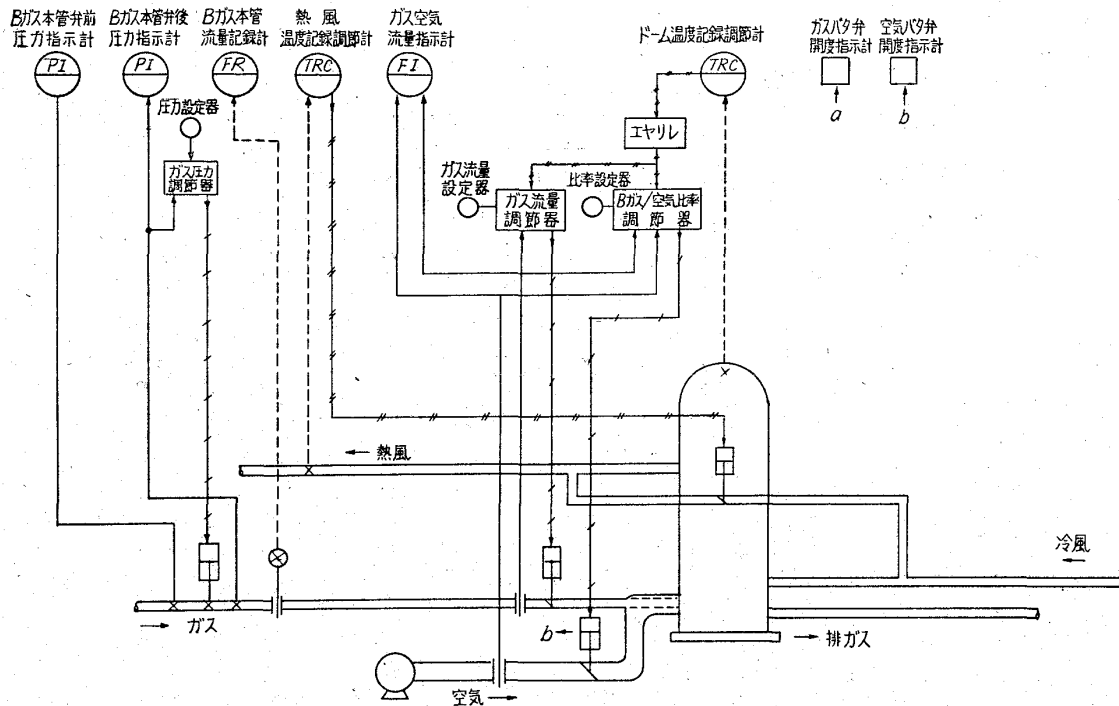


図1 熱風炉自動燃焼制御系統図一例1

- (1) 富士広畑第2高炉 熱風炉
 - (2) 住金和歌山第1高炉 熱風炉
 - (3) 神鋼灘浜第1高炉 熱風炉
- (チンメルマンヤンゼン SuF社)



第 2 図 熱風炉自動燃焼制御系統図一例 2

- (1) 住金小倉第 1 高炉 熱風炉 (2) 住金小倉第 2 高炉 熱風炉
- (3) 中山製鋼第 1 高炉 熱風炉 註: (1)(2) は炉頂温度制御なし
(北辰—ニレコ, 北辰—精立)

降では57基中29基である。

ii) 炉頂温度調節部

熱風炉の炉頂温度制御は、燃焼期に炉頂温度が設定値に達すると、ガス—空気の燃焼比率を変えて空気量を増し、炉頂温度を設定値以上に上げないで燃焼を続け、蓄

熱量を増す方法をとっている。この制御にも次に記すように種々の構成よりなる方式がとられている。

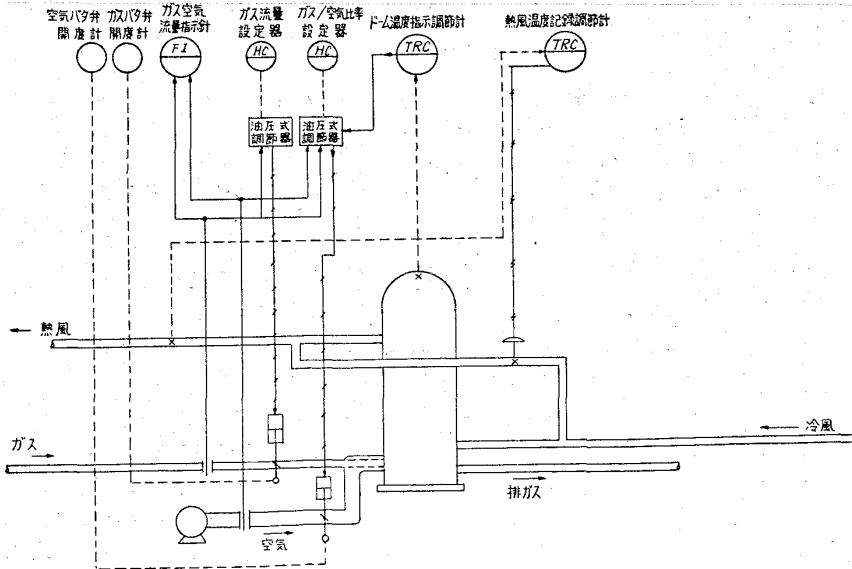
a 電気誘導式

この方式の機器による特長は全般を通じて、シンクロの交流誘導起電圧の直線部の特性を信号として利用している点にある。したがって炉頂温度調節部の場合も偏差は電圧として取り出し、これに積分動作を加えるには独特な積分器*(次頁欄外)を使用しており、この出力信号は燃料—空気比率制御用増幅器に入り、空気過剰率を変化させる。

このような構成の制御方式を採用しているのは富士広畑第 2 高炉熱風炉をはじめ、住金和歌山第 1 高炉、神鋼難浜第 1 高炉熱風炉などがあり、この系統の例を第 1 図に示す。

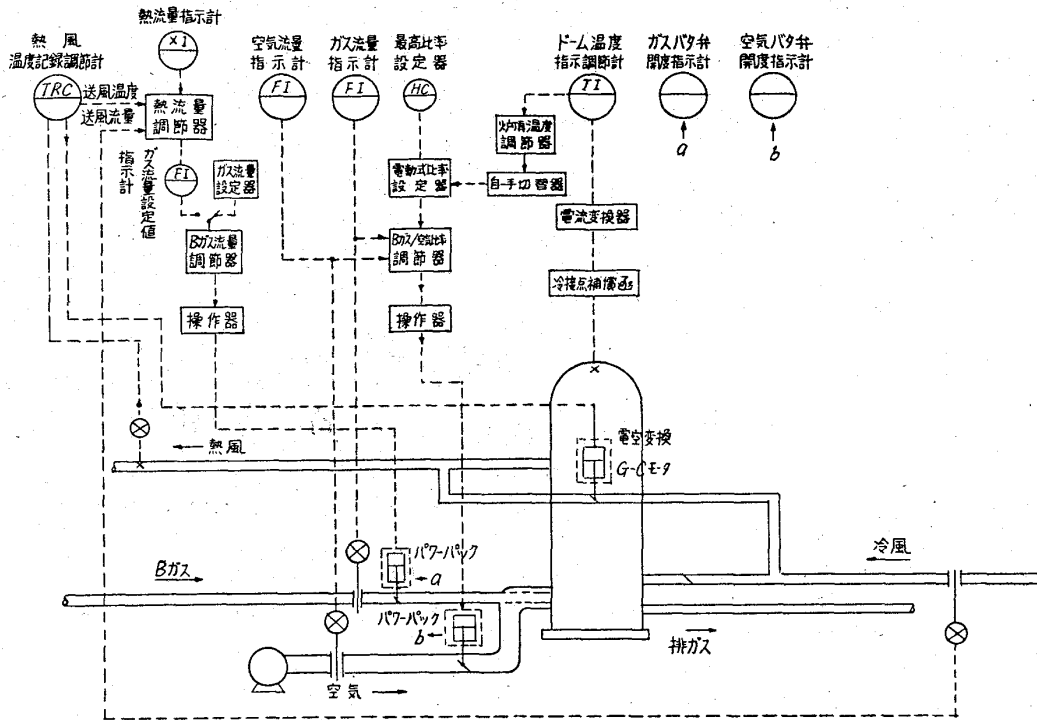
b 空気圧式

鋼管川崎第 2 高炉, 中山製鋼第 1, 2 高炉および大阪製鋼第 1 高炉附属熱風炉においては空気圧式温度調節計の出力を空気圧式演算器を経て油圧式燃料—空気比率調節器に与えこ



第 3 図 熱風炉自然燃焼制御系統図一例 3

- (1) 鋼管川崎第 2 高炉熱風炉
- (2) 大阪製鋼
- (山武—ニレコ)

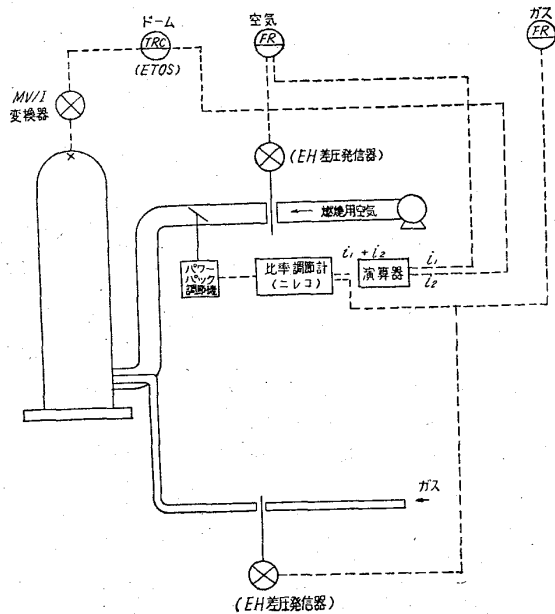


第4図 熱風炉自動燃焼制御系統図

- | | |
|------------------|------------------|
| (1) 富士室蘭第4高炉 熱風炉 | (4) 川鉄千葉第2高炉 熱風炉 |
| (2) 富士広畑第3高炉 熱風炉 | (5) " 第3高炉 熱風炉 |
| (3) 鋼管鶴見第1高炉 熱風炉 | (6) 尼鉄第1高炉 熱風炉 |

註 (2)~(6)は熱流量調節系統なし。また細部機器においては若干本図と相異なる。
操作部に電動式を用いたものでは□部が電動機となる。(富士電機, 富士電機—ニレコ)

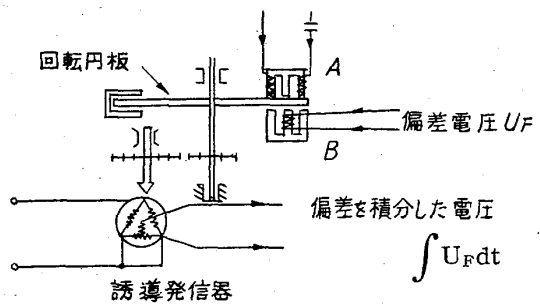
ここで比率設定レバの支点位置を機械的に加減し、過剰空気率を調節する。本方式の系統図を第2図および第3図に示す。



第5図 熱風炉自動燃焼制御装置系統図 例5
(1) 八幡洞岡4高炉 (2) 八幡戸畑3高炉 (山武—ニレコ)

c 電子式

昭和34年10月に計装を実施した富士鉄室蘭第1高炉熱風炉は電流変換式計器および調節計を全面的に採用した。その他の製鉄各社においても計測器メーカー各社の開発したこの電流変換方式を種々検討しおのおの独自の



第6図 積分器

上の動作原理図、第6図で偏差電圧 U_F が誘導電動機のステータ巻線に与えられると回転円板が U_F に比例した速度で回転し、この電圧が時間 Δt の間作用すると、誘導発信器の回転角は $U_F \times \Delta t$ となり t_1 より t_2 の間ではこの発信器の誘起電圧は $K \int_{t_1}^{t_2} U_F dt$ となる。係数 K は広い範囲で変化できる構造となつている。

立場からこれら電流変換方式を熱風炉計装にとり入れて来た。その実施例を第4図および第5図に示す。

第4図では断続式炉頂温度調節器で電動式比率設定器を動かし、空燃比の比率設定を調節する。第5図の構成では、炉頂温度調節計の出力電流に空気流量変換器よりの電流を加へ合せ、これとガス流量発信器よりの電流との比率制御を行なっている。

2. 燃料—空気比率制御

i) Bガスおよび空気流量検出部

一般に熱風炉ではスペース的制限から絞り機構設置に必要な直管部が十分とれない。そこで、神鋼灘浜第2高炉熱風炉ではBガス、空気流量ともに、尼鉄第1高炉熱風炉ではBガス流量に、住金小倉第1、第2高炉用熱風炉では空気流量におのおの検出端としてアニューラ・オリフィスを使用し、直管部不足による流量測定誤差を小さくしている。

ii) 調節部および操作部

炉頂温度からのカスケード制御を行なわないものはアスカニヤ油圧式比率制御装置を使用している。

カスケード信号により過剰空気率または燃料—空気流量比率を調節する方式では第3表にみられるように各種の構成をもつたものが使用されている。

第3表 燃料—空気流量比率制御装置の構成

調節器	変換器	操作部	報告基数
油圧式	電油変換器	油圧シリンダ + バタフライ弁	14
電子式		油圧シリンダ + バタフライ弁	19
電気又は 電子式	電空変換式	電動機+バタフライ弁	29
電子式		空気圧シリンダ + バタフライ弁 計	3 65

a 電油変換器および電空変換器

調節器からの電流信号を油圧に変換して操作力を増幅する場合、電流の電磁力により油圧噴射管位置を加減して油圧シリンダを駆動する方式をとっている。この方式には電油変換機構と油圧シリンダを同一ケース内に収めたユニット型と、これらを分離した型式のものと2種類がある。他方空気圧シリンダは、配管抵抗と流体の圧縮性のために一般に応答速度が遅いから、これを採用しているところでは電空変換器をシリンダ部に備えて応答を早めている。

b 電動機

調節器からの出力が断続的である場合にはリレーを介して3相誘導電動機を正転または逆転させてバタフライ

弁を操作する方式が一般に広く用いられている。

調節器からの出力が連続的である場合は前項の電油変換器を使用するかまたはサーボモータが使用されている。

サーボモータは、同一出力の三相誘導電動機に比し慣性が小さく、リミットスイッチが不必要で上下限で停止したまま通電されても約 20 deg の温度上昇をみるのみでコイルの焼損、リンク、レバーなどの連結機構の折損がないなど、優れた特長を有している。参考のためにこの両者の性能比較の1例を第4表に示す。

第4表 3相誘導電動機とサーボモータの性能比較表

		3相誘導電動機	サーボモータ
トルク	出力	50 kg-m 1/2HP	60 kg-m
線電圧	周波数	200/220V 50/60 c/s	励磁220V制御150V 50/60c/s
電源周波数	回転数	1500/1800rpm	950rpm
回減速比	比	1/4992	1/1575
電磁制動器	制動トルク	10 kg-m	なし
リミットスイッチ	水銀スイッチ	約 120 kg	なし
重	量	約 120 kg	約 75 kg
所要全行程時間		60sec	30sec

3. Bガス流量制御

燃焼用のBガス流量制御は定値制御または遠隔手動制御が行なわれているのが現状であるが、高炉の熱負荷に応じて燃焼期における蓄熱量を制御するために富士室蘭のごとくガス流量設定信号として定値以外に熱風温度と送風流量の積により設定値を与えることができるように工夫されているものもある。各社において採用している調節部を形式別に分類し第5表に示す。

第5表 Bガス流量制御方式分類表

遠隔手動制御		25基
自動制御	油圧式	5基
	電気又は電子式 空気圧式 (小計)	31基 4基 (40基)
合計		65基

4. 熱風温度制御

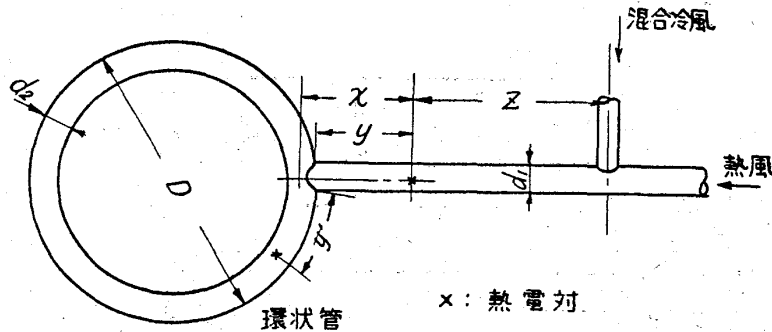
i) 熱風温度検出部

熱風温度は高炉における操作変数のうち特に重要なものの一つであるが、その検出端の位置、構造および寸法などは各社においてかなり異っている。

a 検出端の位置

わが国の代表的高炉における熱風温度の検出端位置を

第6表 熱風温度検出位置



x: 熱電対

		d_1	x	y	z	D	y'	d_2
1	八幡洞岡第4高炉	1,900		1,000	14,000	19,000		
2	同戸畑第3高炉			4,000	10,000			
3	富士室蘭第1高炉		3,500		16,500			
4	同同第4高炉		3,500		16,500			
5	同釜石第1高炉			1,500				
6	同同第2高炉							
7	同同第2高炉			4,010	12,000	16,436		
8	同同第3高炉		4,000		11,500			
9	鋼管鶴見第1高炉		2,500		9,500			
10	同川崎第2高炉	1,900			7,000		5,000	
11	同同第5高炉							
12	住金和歌山第1高炉				2,000	13,400		
13	同小倉第1高炉		6,000		7,000			
14	同同第2高炉							
15	神鋼灘浜第1高炉	1,800		2,150	9,300			
16	同同第2高炉	2,200		2,000				
17	川鉄千葉第3高炉		3,300	2,200	15,000	17,400		2,200
18	同同第4高炉		3,300	2,200	15,000	17,400		2,200
19	大阪製鋼第1高炉		6,800		3,500			
20	同同第1高炉	1,670	1,335	500	12,000	14,570		1,670
21	同同第2高炉	1,670	1,335	500	12,000	14,570		1,670
22	尼鉄第1高炉			3,000	11,000			
23	同同第2高炉							

まとめると第6表のごとくなる。

検出端位置はだいたい各社とも環状管と熱風主管の接続点から熱風炉寄りに 2,000-4,000mm のところにあるが、八幡洞岡第4高炉では 1,000mm、また大阪製鋼では管状管の中心線から 6,800mm で行なっている。また鋼管川崎第2高炉では環状管において検出している。

b 検出端の構造

検出端の熱風管レンガ内壁からの挿入深度、保護管の長さなど、検出端各部の寸法について現在各社で設置しているものをまとめたのが第7表である。これより保護管の挿入深度は熱風管内径の 1/5~1/2 の範囲にわたっていることがわかる。

特殊な構造としては第7図に示すサクシオンタイプがある。これは尼鉄の例で、インテグラル・シース熱電対を用い、先端に幅射除けの保護おおいをつけている。

c 熱電対および保護管の材質

高温送風操業の移行に伴い、熱電対も従来の CA から PR 13% へ、保護管材質も従来の 25Cr-20Ni から 80

Ni-20Cr へと切替えられつつある。

現在 PR 13% 熱電対を使用し、かつ 80Ni-20Cr を使っているのは、八幡洞岡第4高炉、同戸畑第3高炉であり、神鋼灘浜第1、第2高炉、尼鉄第1、第2高炉では保護管のみ 80Ni-20Cr を使用し、尼鉄ではインテグラル・シース型の CA 熱電対を用いている。

d 検出端取付方法

検出端の熱風管への取付方法は大半がフランジ式であるが、住金和歌山のごとくねじ込式にしているところもある。

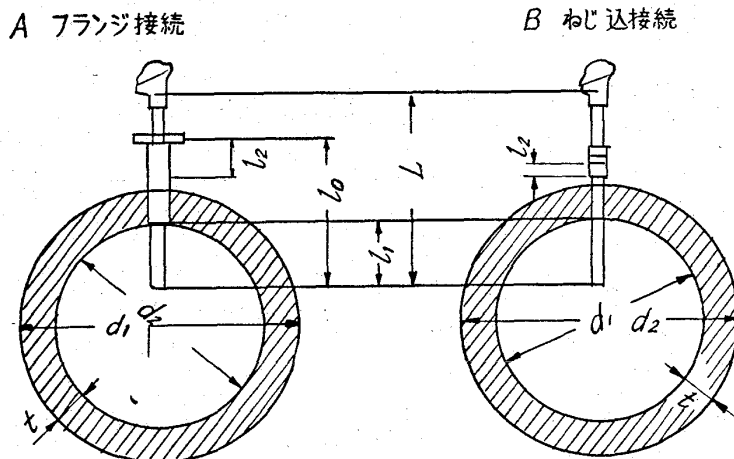
e 環状管前熱風温度と羽口前熱風温度の比較

熱風温度調節を行なう検出値としては前述のごとく一般に環状管前熱風温度を用いているが、これは実際に炉に入る直前の羽口部の温度より高目になっており、この調査結果を第8表に示す。

羽口熱風温度は羽口先炉内の状況により各羽口流速が異なるため、温度もかなりバラつく場合がある。

一方環状管前熱風温度も羽口に達するまでには、相当

第7表 熱風温度検出端



熱風温度検出端, 構造寸法

		熱風管	熱風管	れんが	保護管	ツバ下	挿入深度	取付管長	保護管熱電対	型
		外径	内径	厚さ	全長	寸法				
		d_1	d_2	t	L	l_0	l_1	l_2		
1	八幡洞岡第4高炉	1,900	1,100	400	1,000	700	200	100	26・5/3 ホワイト PR 0・5	A
2	〃 戸畑第3 〃			400	1,000	800	300	100		A
3	富士室蘭第1 〃				1,000		$l_1+t=700$		22/16 SUS-27 CA・23 P4	
4	〃 〃 第4 〃				1,000		〃		CA'' 2・3'' 22/16 P4	
5	〃 釜石第1 〃				1,000		300		CA・3・2	
6	〃 〃 第2 〃				1,000		550	100	22/17, CA・3・2	A
7	〃 広畑第2 〃				1,000		750		22/17, CA・3・2	
8	〃 〃 第3 〃				1,500		1,132		22/16, CA・3・2 22/16 P4	
9	鋼管鶴見第1 〃				1,000		390		CA・3・2	
10	〃 川崎第2 〃	1,920	1,600	310	1,500		650		25/20, CA・3・2	A
11	〃 〃 第5 〃				1,300		650			
12	川鉄千葉第2 〃		1,380	380	1,100	1,000	520	100	22/16 P4 3・2 CA	A
13	〃 〃 第3 〃		1,560	375	1,515	1,415	538	50	〃	A
14	住金和歌山第1 〃	1,900	1,400	250			700		22/16 P4 3・2CA	B
15	〃 小倉第1 〃				1,000		$l_1+t=750$	(800)	22/17 P4 P4CA 1・6	
16	〃 〃 第2 〃				1,000		同上		〃	
17	神鋼灘浜第1 〃				1,500		700		27/22 ホワイト CA 3・2	
18	〃 〃 第2 〃				1,500		800		〃	
19	尼 鉄 第1 〃		1,200	300	1,500		570		CA 6φ インテグラルシース	A
20	〃 第2 〃				1,500		370		〃	
21	大阪製鋼第1 〃				1,000		300		22/16, CA 3・2	
22	中山製鋼第1 〃	1,670	1,100	275	1,150	1,000	500	$t+l_2=500$	22/16 P4 CA 3・2	A
23	〃 第2 〃	1,670	1,100	275	1,150	1,000	500	500	〃	A

な温度降下が認められる。したがって将来高炉への入熱としての正確な送風含熱量を考える場合は、羽口前温度と各羽口風量を測定し、考慮する必要がある。

f 検出端の点検および交換周期

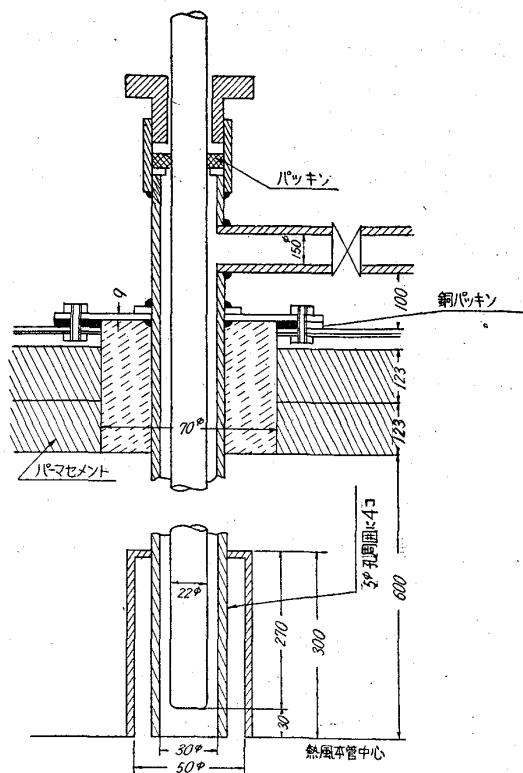
熱風温度の検出端は、その高炉操業へおよぼす重要度から、休風ごとに点検が行なわれている。23基の高炉中1カ月1回点検実施のもの16基、2〜3カ月に1回のも

の5基、4カ月に1回のもの2基である。

交換周期は保護管の材質、構造などにより各社間には第9表のごとく相当の開きがある。

5. 自動制御の制御成績

炉頂温度制御を実施した結果、その制御精度は設定値±10 deg 以内であり、炉頂レンガの保護という目的を十分果している。



第7図 サクシヨ型熱風温度検出端

第8表 環状管前と羽口熱風温度の比較

	環状管前と羽口前熱風温度の差
鋼管川崎第2高炉	50—70 deg
〃 〃 第5 〃	同 上
川鉄千葉第2 〃	50—80 deg
〃 〃 第3 〃	同 上
住金和歌山第1 〃	Nor. 85 deg Max. 110 deg
〃 小倉第1 〃	150—160 deg Max. 200—210 deg
〃 〃 第2 〃	50—60 deg Max. 110—90 deg
神鋼灘浜第1 〃	切替直後 50 deg 末期 60 deg
〃 〃 第2 〃	同 上
尼鉄第1 〃	切替直後 10—20 deg 末期 5—10 deg
〃 第2 〃	同 上
大阪製鋼	切替直後 15—40 deg 末期 10—20 deg
中山製鋼	20 deg

第9表 検出端の点検、交換の頻度

	点 検	交 換
1回/1カ月	16基	6基
1回/2—3カ月	5基	4基
1回/4カ月	2基	
1回/3—5カ月		5基
1回/6—7カ月		2基

燃料—空気比率制御については、その良否を判断するために各社とも排ガス分析を行なつて燃焼状態をチェックしている。またガス分析計を設置している例に鋼管鶴見、尼鉄（磁気式）、住金和歌山（MONO）、中山製鋼（ラウタ）などがある。以上の分析操作によつて燃料—空気比率制御状態の結果をみると、最適比率燃焼時 O₂ % の変動は 0.5—1.0% に保たれている。

熱風温度制御は高炉への影響が大きいため特に制御経過が良好なことが要求され、通常送風時 ± 5 deg ないし ± 2 deg の成績となつている。この制御系の応答は 1分ないし 1分30秒程度で、このほとんどが検出端の時間遅れである。しかしながら後に述べるごとく熱風炉の切換時には 10ないし 30 deg の温度変化が生じている。

III. 自動 切 換

わが国では自動切換装置は Zimmermann-Jansen 方式による熱風炉切換弁の遠隔操作が初期の代表的なものであつたが、昭和34年に富士製鉄室蘭第1高炉熱風炉に国産の切換弁および自動切換装置が設置され、また熱風温度、排ガス温度などの計器からの信号を用いて切換時期の判断も自動的に行なう完全に自動化された方式も採用されるようになった。

自動切換装置は切換時期の判断を行ない切換指令を出す指令部と、この指令部あるいは運転員が出した切換指令で熱風炉の各切換を順序正しく切換えてゆく弁制御部および駆動部に分けられる。一般には切換頻度は 1ないし 2時間に 1回程度で、切換指令は運転員が出す方式で満足な場合も多く、遠隔操作による弁切換のみでも自動切換と呼んでいる。

切換操作の自動化が進むにつれてより確実な操作を行うため、切換弁の状態などを表示する表示盤、点火確認装置などが附属され、簡単で誤りのない切換が行なえるとともに運転管理の集中化が容易になつた。

1. 切換弁の制御、駆動方式

切換弁の駆動には従来空気パワーシリンダーが使用されてきたが、最近では電動弁の使用も多くなつた。空気式駆動部を制御する方式には直列式と並列式があり、前者は各切換弁の操作シリンダーを直列に配管で接続して切換の順序を規正し手動切換コックで操作空気の流れる方向を切換えて弁開閉を制御するもので、これには Zimmermann-Jansen の方式がある。並列式は各パワーシリンダーにその動作方向を切換える電磁弁を設け、弁の開閉をリミットスイッチで検出、弁の切換順序をリ

レー回路で規正，制御する。

直列式は制御室内に配管系統が入り，操作盤も大きくなるが動作が確実で信頼性が大きい。一方切換時期の判断を自動的に行なう全自動方式では切換指令が電気信号で出されるため制御部は電気式のものに適している。このため手動切換コックの代りに電気作動制御弁を用いてこれを制御室外に出し電磁弁でこの制御弁を制御する例もあり，この場合は制御室の小さい切換スイッチで操作できる。並列式は各弁を独立に遠隔操作でき，シリンダの配管も簡単となるので電磁弁やリミットスイッチなど構成部品の信頼性の向上とともにその設置例も増えてきている。

電動式は第10表に示すように最近特に設置例が増えてきている。これは電動機およびその保護装置の進歩によって信頼性が増し，一方空気源が不必要となるなどの利点があるためで，切換所要時間にもいちじるしい差はない。電動式の制御方式はパワーシリンダ，並列式とほぼ同じで，切換弁リミットスイッチとリレーにより切換を制御する。

これら自動切換の操作は

- (1) 切換指令部からの指令で自動的に切換えられる全自動切換

(2) 燃焼，送風，休止のいずれかを切換スイッチなどで指示し切換を行なう半自動切換

(3) 各切換弁を個々に遠隔操作で切換える単独切換

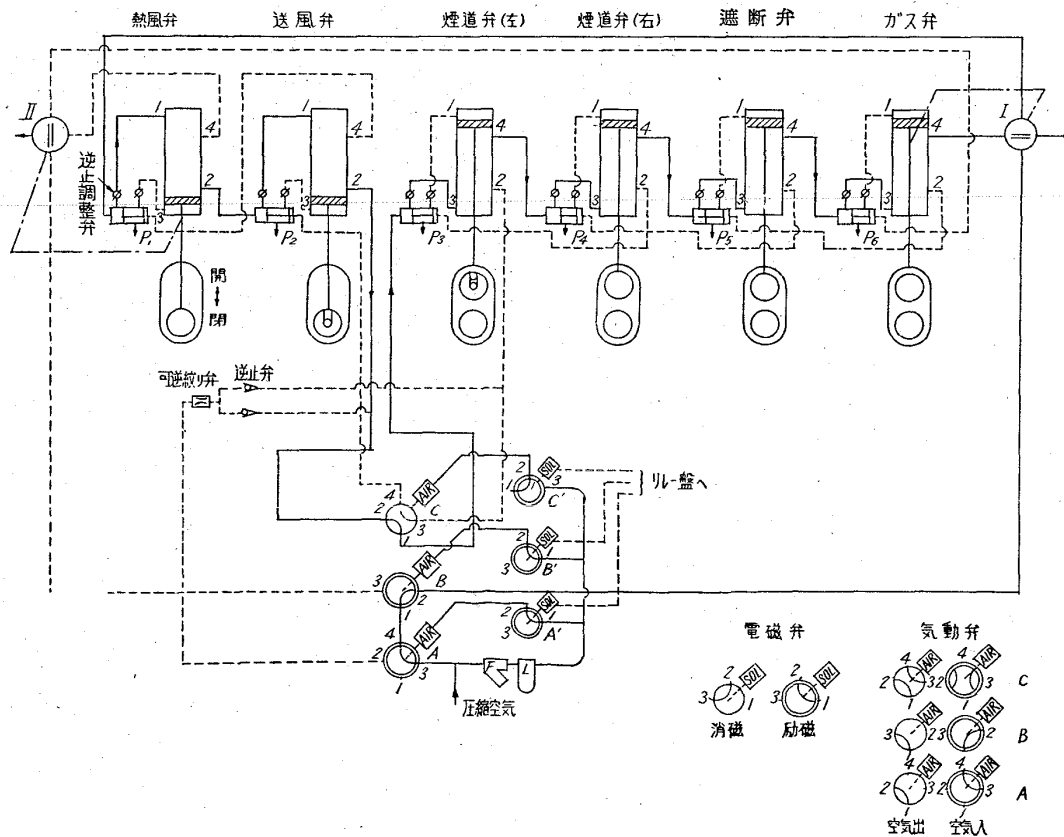
(4) 手動ウインチによる現場手動切換があり，方式によつてこれらの内いくつかの機能をもっている。

i) 空気パワーシリンダ駆動，直列式

この方式の動作を第8図の系統図および第9図のタイムチャートによつて説明する。この例では制御室内の切換スイッチまたは自動切換指令で制御室外の電磁弁を作動し，この電磁弁で空気作動制御弁の操作空気圧を制御し，この気動制御弁により各切換弁を駆動する圧縮空気の流路を制御している。この方式では計器からの切換指令で並列式あるいは電動式と同様全自動切換が行える。

第8図は燃焼への切換の完了した状態を示し，図中の実線で燃焼への切換時の空気の流路を示してある。休止より燃焼へ切換えるときの各機器の動作について説明すると

- (1) 第9図のタイムチャートの1°の時点で切換指令が出されると，切換の警告を発するベルが一定時間鳴り同時に警報ランプが点灯する。



第8図 パワーシリンダ直列式自動切換系統図

(2) 2°より切換動作を開始するが電磁弁 B' はすでに励磁された状態にあり、ここでリレー回路によつて A' および C' が新たに励磁される。このため気動弁 A B に空気圧がかかり、C は空気圧が切れ、第 8 図の状態となる。

(3) 圧縮空気は気動弁 A の 3~4 および B の 1~2 を通つてリミットバルブ I を通りさらに熱風弁用パイロットバルブ P₁ を経て熱風弁駆動用シリンダー内を 1 より 2 に抜け同様に送風弁シリンダーを通つてこの二つの切換弁が閉じられていることを確認する。

(4) 次に気動弁 C の 2~1 を通り煙道弁(左)のパイロットバルブ P₃ を押してシリンダーの下方より圧縮空気が入り煙道弁が開き始める。

(5) このとき煙道弁の小窓が先に開き、小窓が全開するとそのリミットスイッチで電磁弁 C' が切れ、気動弁が切換わり空気の流れは停止する。このため煙道弁の駆動が停止し、タイマーで設定した時間この状態を保ち炉内の高圧空気を煙道に放風する。

(6) 放風が完了すると C' が励磁し C が図の状態に戻り煙道弁(左)の本体が開かれる。

(7) パワーシリンダーのピストンが全開位置まで動くときシリンダーの空気出口 4 が開くので操作空気は次に P₄ を経て煙道弁(右)次いで遮断弁、ガス弁と順次開

いて行く。

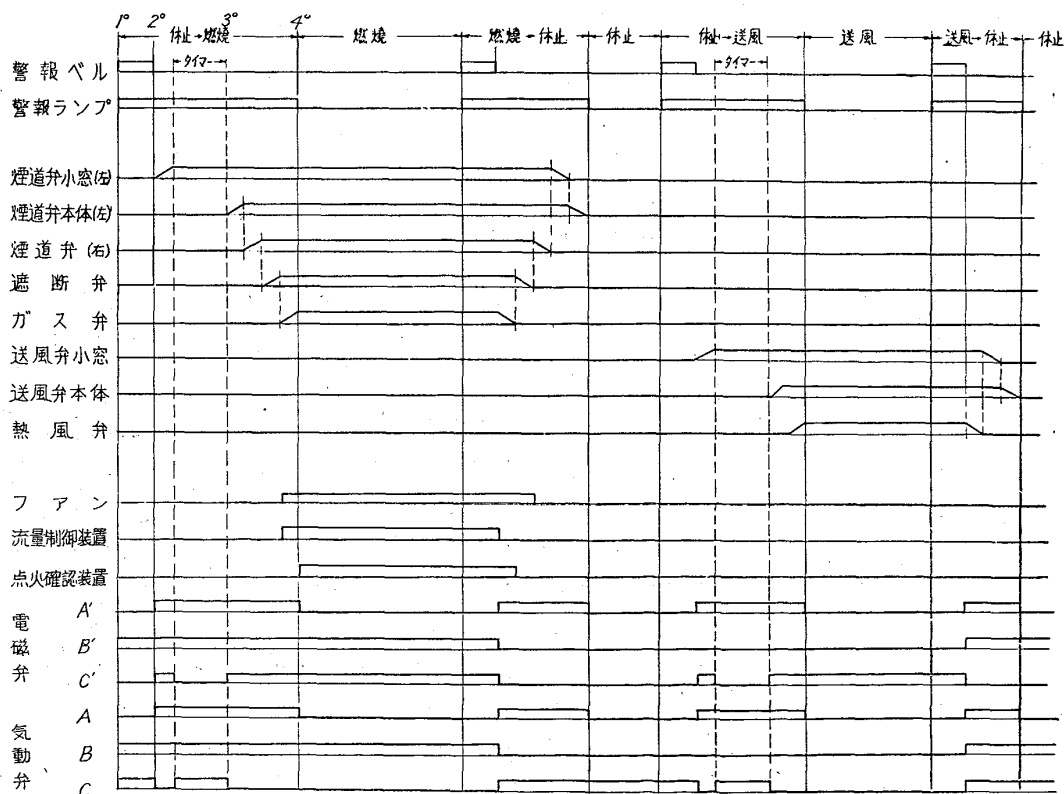
(8) ガス弁が開き終るとリミットバルブ I がこれと連動して切換えられ、切換操作のための操作空気は遮断され、これ以後の配管やパワーシリンダー内の圧縮空気は同じリミットバルブを通つて大気に放出される。

(9) ここで切換が完了するが、このとき電磁弁 A' も消磁し、気動弁 A によつて圧縮空気はここでも遮断される。

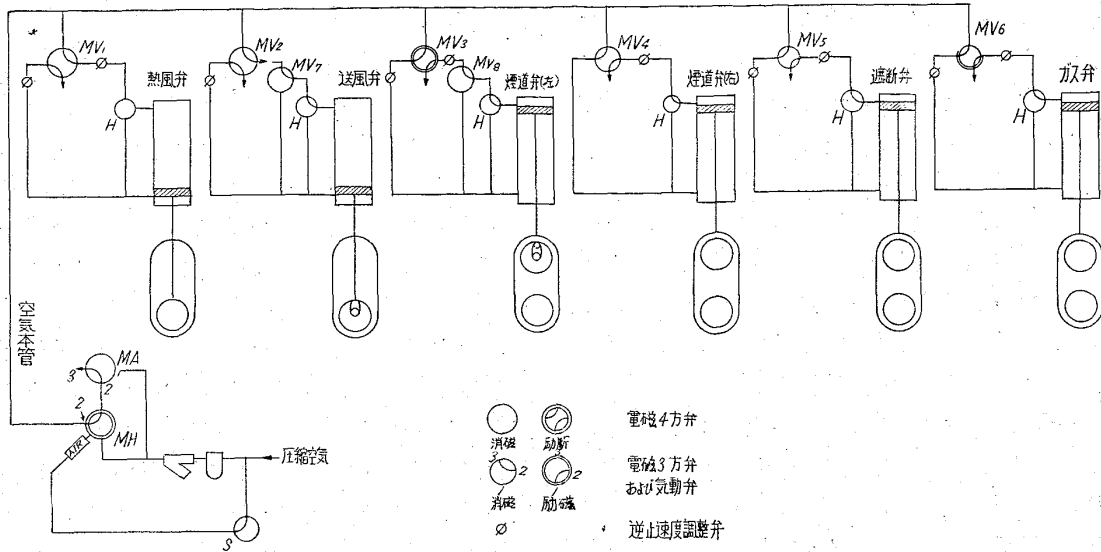
切換完了後は各シリンダーピストンの両側とも大気圧になつており、また各弁はカウンタウイトでバランスがとられているので停電や空気源の圧力低下などの際にも弁が動くことなく現状が維持される。また各弁は単独に手動ウインチで開閉することができる。

燃焼を停止する場合には電磁弁 B' が消磁し気動 3 方弁が切換わり、圧縮空気の流れはガス弁、遮断弁、煙道弁を閉じる経路を通る。送風開始時には送風弁小窓がまず開き、煙道弁小窓と同様電磁弁 C' がタイマーで設定した時間消磁し、気動 4 方弁 C がロックされ、熱風炉内の圧力を送風圧力と等しくする。

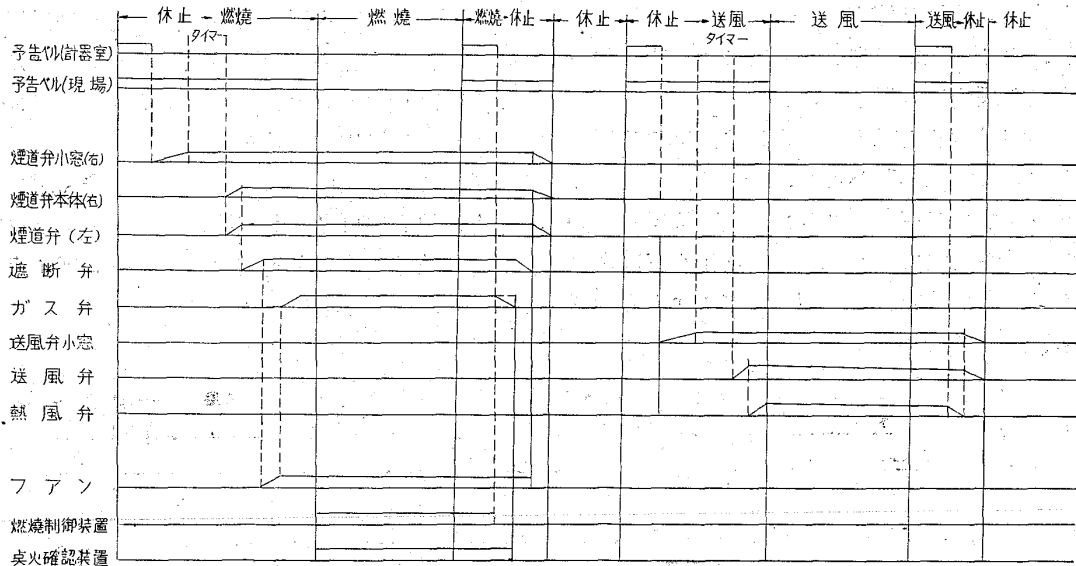
ここに示した例では熱風炉の燃焼空気用ファンの起動停止、熱風炉自動制御装置のインターロックなども行ない、また燃焼時の点火確認にフレイムデテクタを用いている。



第 9 図 パワーシリンダ直列式自動切換タイムチャート



第10図 パワーシリンダ並列式自動切換系統図



第11図 パワーシリンダ並列式自動切換タイムチャート

ii) 空気パワーシリンダー駆動，並列式

パワーシリンダー駆動，並列式は，切換弁のリミットスイッチとリレー回路によつて切換順序を規制し，4方電磁弁でパワーシリンダーの給気口と排気口を切換えて切換弁を開閉する。この方式の1例を第10図(系統図)，第11図(タイムチャート)に示す。第10図は燃焼時の状態を示す。各シリンダーはMV₁-MV₆の各4方電磁弁で圧縮空気の入出の方向が切換えられ，この電磁弁の励磁消磁によつてシリンダーをそれぞれ開あるいは閉の方向に駆動する。各シリンダーについている三方コックHは手動ウインチで弁を開閉するときピストンの両側を短絡均圧するものである。

圧縮空気の供給部には電磁弁MAと気動弁MHがあり，気動弁は手動三方コックSを通じて通常操作圧を

かけてあり空気本管とMAの2をつないでいる。MAが消磁の状態では2~3を経て空気本管は大気に連絡され常時は操作空気圧はかかっている。

切換指令が出されるとまずMAが励磁され操作圧縮空気はMAの1~2，MHの1~2を経て空気本管に供給される。次いで第11図のタイムチャートに示す順序で電磁弁MV₁などを切換え，切換弁を開閉する。切換操作が完了するとMAが消磁し操作空気はMAの3より大気に放出される。このため制御系統や空気源に故障があつても各切換弁は現状に維持される。休風時あるいは停電の際，手動コックSを切換えて気動弁MHの操作圧縮空気を放出すると圧縮空気はMHの3~2の通路から空気本管に入り，休風時の各切換弁の状態，すなわち各弁全閉の状態をとることができる。

煙道弁および送風弁小窓の制御は電磁弁 MV_7 および MV_8 で行なう。すなわち図の煙道弁(左)を開くときを例にとると、煙道弁開の指令で電磁弁 MV_3 が励磁し圧縮空気は MV_3 を通つてシリンダーに入り、まず切換弁小窓を開く。小窓が全開になったことをそのリミットスイッチで検出し、電磁弁 MV_3 を消磁、 MV_8 を励磁してシリンダーへの圧縮空気を切るとともにシリンダーピストンの両側を MV_7 で均圧し小弁をその位置で停止させる。タイマーで設定した時間、切換弁をこの状態に保持して放風を行ない、再び MV_3 を励磁、 MV_8 の励磁を切つてシリンダーをさらに駆動、煙道弁を全開にする。

小窓を開いておく時間はこのタイマーによる方法の他に、熱風炉内と煙道、および炉内と送風管の差圧をそれぞれ検出し、燃焼または送風への切換時均圧状態を確認して切換弁本体を開く方法も使用されている。

iii) 電動操作方式

これは切換弁を低圧三相誘導電動機で駆動するもので制御方式は並列パワーシリンダー方式と同様、各切換弁に取付けたリミットスイッチで弁の開閉を確認し、リレー回路で切換弁開閉の順序を制御する。また電動機にはトルクスイッチなどの保護装置がついている。

切換弁リミットスイッチに多接点のスイッチを用い、これらの接点と切換指令を出すスイッチのみで直接電動機の電磁開閉器を制御する例もある。

2. 切換指令

熱風炉切換時期の判断は熱風炉操業の原則的な機能にもとづいて行なわれる。すなわち

- (1) 高炉に指定温度の熱風を送る。
- (2) 熱風炉に指定温度と送風量に見合った十分な熱を蓄える。

切換時はそれゆえ

(1) 送風中の炉では蓄熱量が減つてきて指定温度が保てなくなつたとき、他の炉からの送風に切換える。こ

の判断を自動的に行なう方法として、次の三つの方法が使用されている。

(a) 熱風炉出口温度と熱風指定温度(熱風温度調節計の設定値)の温度差計を設け、熱風炉出口温度が送風とともに低下し温度差があらかじめ設定した値にまで減少したとき切換指令を出す。

すなわち他の炉を送風に切換え、送風中の炉を燃焼に切換える。

(b) 送風温度を指定温度に調節するために混合する冷風量を測定し、これが送風とともに減少しあらかじめ設定した流量になつたとき切換指令を出す。

(c) 混合冷風弁量調節用バタフライバルブの開度が送風とともに減少し、この弁に取付けた開度下限のリミットスイッチで切換指令を出す。

この他、一基の炉の送風時間がいちじるしく短くなることを防ぐため、最小送風時間を設定するタイマーを設け、この時間内に切換指令が出なくても切換は行なわれないようにしている。

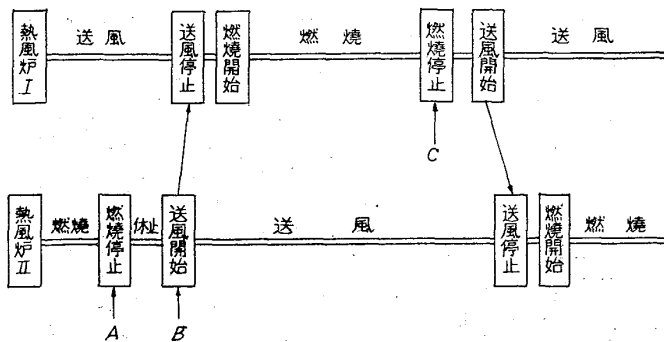
(2) 燃焼中の炉については、燃焼時間の経過とともに炉体蓄熱が進み排ガス温度が上昇してくる。特に熱風炉炉頂温度を燃焼空気量によつて制御する燃焼方式では排ガス温度は炉の蓄熱状態をよく現わすので、排ガス温度に上限設定を設け、この設定値に達したとき炉の蓄熱が十分であると判断し燃焼停止に切換える。

これらの送風および燃焼の切換時期の判断を組合せ、2基あるいは3基の熱風炉の切換スケジュールを組むことができる。熱風炉は高炉1基に対し2基あるいは3基が設備され、常時2基で交互に送風し、1基は予備炉として随時送風可能な状態にしておく場合と、3基を順に送風に用いる場合がある。

2基の熱風炉を交互に使用する場合の切換指令系統の1例を第12図によつて説明する。

熱風炉Iが送風、IIが燃焼の状態にあるとき、熱風炉IIの排ガス温度が設定値を越えると蓄熱十分と判断され熱風炉Iに燃焼停止の指令が出される。その後、熱風炉Iの熱風出口と熱風指示温度の差が設定値以下になると熱風炉Iに送風開始の指令が出され熱風炉IIが送風に切換えられる。熱風炉IIの送風切換完了の信号で熱風炉Iは送風を停止し引続いて燃焼に切換えられ、燃焼を開始する。

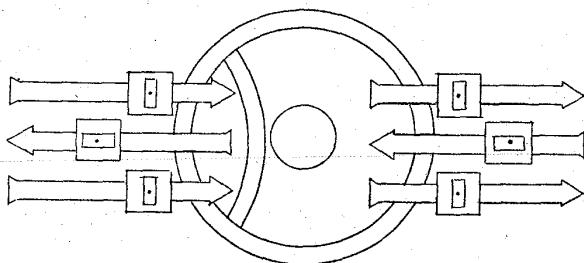
熱風炉IIが送風を行なつていて、送風能力がなくなると、熱風炉Iに燃焼停止の指令が出され、熱風炉Iは燃焼を停止し、直ちに送風に切換え、送風を開始する。熱風炉IIは、Iの送風開始の信号を停止し直ちに



第12図 熱風炉全自動切換の切換指令

第10表 熱風炉

駆動方式	高炉の名称	熱風炉基数	切 換 指 令	自動切換指令	切換頻度 送風 / 燃焼	切換所要時間 送→燃 / 燃→送
直列式 シリンダー パワー ワイド	富士釜石1.2.BF	3	手動, 切換コック		45/90(分)	5 (分)
	鋼管川崎2.5.BF	3	〃		60/120	2-5
	富士広畑2.BF	3	〃		30/60	5/5
	富士広畑3.BF	3	自 動	熱風出口と送風指定温度差 排ガス温度	30/50	5/5
並列式 シリンダー パワー ワイド	富士室蘭1.4.BF	3	自 動	熱風出口と送風指定温度差 最小タイマ, 廃ガス温度	120/180	2'20''/ 3'35''/ 2/10
	川鉄千葉2.BF	3	手動, 切換スイッチ		60/120	2/10
	大阪製鋼	2	自 動	熱風出口と送風指定温度差 廃ガス温度	120/150	5
電 動 式	八幡洞岡4.BF	3	手動, 押 ボ タ ン		50/100	8/8
	八幡戸畑3.BF	3	〃		60/120	3'22''/7'34''
	鋼管鶴見1.BF	3	自 動	熱風出口と送風指定温度差 廃ガス温度	60/120	/4
	川鉄千葉3.BF	3	手動, 切換スイッチ		60/120	2/10
	住金和歌山1.BF	3	自 動	混合冷風弁全開		5/8
	神鋼灘浜1.BF	3	手 動		60-90	3-4
	神鋼灘浜2.BF	3	自 動	熱風出口と送風指定温度差 混合冷風流量, 最小タイマ 廃ガス温度	60-90	3-4
	尼 鉄 1.BF	3	手 動		40/80	1・5
	尼 鉄 2.BF	3	〃		40/80	1・5
中山製鋼1.2.BF	2	〃		60/56	4	



第13図 カウパーシンボル

燃焼を開始する。

このように全自動切換では高炉への送風仕様に対して熱風炉の能力を常に限界まで使用することが容易となり熱風炉を高効率で運転できる。

第10表には全自動切換を実施している熱風炉の切換指令を出す方式などについて示してある。

3. 切換表示および保安装置

i) 切換表示

熱風炉の切換弁を遠隔操作, あるいは全自動で切換える場合, 炉の状態, すなわち送風, 燃焼, 休止などの別や各切換弁の開, あるいは閉の状態を表示して運転管理の便を計っている。切換弁開閉の表示は, カウパーシンボルと呼ばれる代表的な表示方法があり, 広く採用され

ている。これは第13図に示すように各切換弁を切換表示器(パイロット・アロー)で示し, 切換弁リミットスイッチの動作で弁が開いているときに矢が水平, 閉じているときは垂直になるよう励磁される。また中央のランプで燃焼または送風を表示する。このような表示は計器盤のグラフィック化とともに, パネル上のフローシンボルの中にも取り入れられている。

ii) 保安装置

自動切換では時に操作の安全を確保するために下記のよう保安装置を付けている。

(1) 点火確認装置

熱風炉の燃焼開始時に, ガスが確実に点火したことを確認するため, 従来の目視に代つて点火を自動的に検出する装置が使用されている。熱風炉で使用されている点火確認装置は, フレームの整流作用を利用したフレームディテクタが多く使用されている。これは炉内のパーナーのフレーム部にカンタルなどの耐熱金属で作った2本の電極を挿入し点火時電極間に流れる微弱電流を検出, 増幅してリレーを動作させるもので光輝火焰でなくても検出できることが特長である。このリレーの接点で, 着火を表示したり, 切換後リレーが動作しないと警報を発

自動切換実施例

切換時の外乱			表示装置	点火確認	設置時期	メーカー
熱風温度	送風圧力	送風流量				
(deg)	(kg/cm ²)	(Nm ³ /min)	カウパーシンボル	なし	34-10 29-12	チンメルマン
20~30	0.05	-50+150	//	//		//
100	0.15	150	//	//	31-11	//
100	0.20	150~200	//	フレームディテクタ	37-1	久保田鉄工 富士電機
20~30	0.08		//	//	34-10	久保田鉄工
20~30	0.2		//	// (使用停止)	36-4	富士電機
20	0.04	70	ランプ表示	なし	37-4	//
					35-4	山 武
+10-20	-0.07		なし	//	36-8	安川電機
10~15	-0.1	150	ランプ表示	//	37-2	//
殆んどなし	殆んどなし	殆んどなし	//	(使用中止)	36-4	久保田鉄工 富士電機
20	0.04	40	カウパーシンボル	フレームディテクタ (使用中止)	35-4	//
15		±200	//	なし	36-3	チンメルマン
10~15	0.1~0.2		//	//	34-1	日本電気 チンメルマン
10~15			//	//	36-9	久保田鉄工 山 武
10	0.1	50	//	点火ヒータ電流表示	35-3	久保田鉄工
			//	//	32-4	チンメルマン
40	0.1	150	ランプ表示	なし	35-6	日本バルブ
					34-8	東芝, 伊勢木電気

したり、また自動切換の制御回路内でインターロックをとる。この装置では電極の変形、フレームの位置の移動などが動作を不安定にする原因としてあげられている。

この外光電管を用いて着火を確認するもの、点火ヒーターに流れる電流で確認をとる方法などが使用されている。

(2) 切換渋滞検出回路

全自動あるいは半自動の切換で、切換指令が出ても切換を完了せず途中で止まっている場合を検出するもので、切換指令が出て一定時間経過しても切換が完了しないとき、切換装置の故障として警報を出す。

(3) 熱風炉燃焼制御装置へのインターロック

熱風炉を切換えるとき、熱風炉の自動制御を自動的に安全かつ円滑に起動、停止させるため、2、3のインターロックがある。

燃焼へ切換えるとき、燃焼弁が全開するとその信号で空気ファンを起動し、一定時間経過してから燃焼用空気のバタフライバルブを開き、空気流量が一定の流量に到達してからガス流量調節用バタフライバルブを開き始めガス流量の定値制御に入れる。燃焼停止の際はガス流量調節用バタフライバルブを全閉の状態に戻す。またファ

ンが停止したり、空気流量または圧力がいちじるしく低下したとき、あるいは停電時にもこのバタフライバルブは自動的に全閉となる。

ガス流量調節用バタフライバルブをこのように非常遮断する方法として、電動機でバタフライバルブを駆動するときは、バタフライバルブと駆動部を電磁クラッチで結合し、緊急時これを切り、カウンタウエイトによつてバタフライバルブを全閉位置に動かす。油圧シリンダー駆動のときはアキュムレーターによつて油圧を確保し、停電など緊急時に全閉位置に駆動する。

iii) 熱風炉切換時の送風への外乱

熱風炉を送風に切換えるとき、高炉への熱風の状態が切換のショックで変動する。これは熱風温度、圧力、流量に現われ、その大小は熱風炉や送風管の配置、寸法、切換所要時間、送風流量や温度の制御装置などによつて変り一定ではない。また外乱が高炉に及ぼす影響についても明らかではない。ここでは各工場での切替時の外乱の程度を第10表に例示すると止めるが、高炉の安定した操業のためには制御方法などにこの外乱をできるだけ少なくするよう考慮をはらうことが必要であろう。

IV. 熱風炉自動制御および自動切換の問題点

熱風炉の自動制御および自動切換に関しては、すでに述べたごとく、今日ではかなりの実績をもち装置やシステムの改善で問題点はほとんど解決されている。ここに各社から出された問題点とその対策など主なものについて述べている。

1. 熱風炉の自動制御

i) 炉頂温度検出端の寿命が短いことが現在不十分な状態にあるものとしてあげられる。(各社)

これは炉頂温度制御の検出端として一層信頼性が要求されるようになっており、今後の研究が必要である。また炉頂温度制御では温度が設定値に達した後、ガス流量の設定変更や熱電対の劣化などによつて炉頂温度の指示が下り、空気流量がいちじるしく下つて炉内に未燃ガスが充満するような状態が生じた例があり(鋼管鶴見)炉頂温度制御では最初の最適空燃比設定以下には下らないような機構が採用されるようになった。

ii) ガス流量および空燃比制御ではガス圧力、空気圧力の変動が外乱となつている場合が多く、このため

(a) 発信器にフィルターを入れ不必要な調節動作を減らした。(尼鉄)

(b) 燃焼空気のプロワーのサージングが空気、ガス流量指示変動となり、このためオリフイス差圧導管にタンクと絞り弁を入れ改善した(神鋼)

(c) Bガス流量指示の変動を減らすために発信器感度を落とすと燃焼開始時のガス流量の上昇が遅れ、空気流量が再び低下することがある(鋼管鶴見)

(d) Bガス圧力の変動が大きく、火焰が不安定なのでBガス圧力制御の実施を検討している(大阪製鋼)

(e) ガス流量オリフイスにダストが附着し、空燃比に誤差を生ずる。コットレルの完成後は問題がなくなると考えられる(尼鉄)

などがあり、Bガス本管の圧力制御が重要なことがあげられる。

iii) 送風温度と送風流量の積で高炉への熱流を計算し熱風炉での燃焼ガス量を自動設定する方式では熱風炉操業上十分とはいえず、燃焼ガス流量の設定にはもつと多くの要因が必要である。(富士室蘭)熱風炉操業の自動化をより高度なものにするためには高炉操業も含めた広い解析が必要となつてくる。

iv) この外自動制御機器については操作部に問題が多く、特に比較的最近多く使用されてきた電動弁に多い。すなわち

(a) 電動駆動バタフライバルブのリミットスイッチに水銀スイッチを用いているため位置がずれやすい(川鉄千葉)、またリード線の接地などの事故がある。(尼鉄)。

(b) 電動機操作用電磁開閉器の溶着によりバタフライバルブ駆動レバーが折損した。このため弁リミットスイッチで開く電磁開閉器を制御用開閉器と直列に入れて安全をはかっている(尼鉄)。

一方油圧式操作部でも作動不良、油もれなどが多く(中山)、操作部の信頼性はまだ十分とはいえない。

v) 熱風温度検出端の問題として、より精度のよい熱風温度の検出が望まれている。真の熱風温度を得るためにサクション型熱電対を使用している例(尼鉄)もあり、また自動切換指令用にはCA熱電対を金属保護管に入れて、挿入深度を大きくし、記録用にはPR熱電対を磁性管に入れて、挿入深度100mmで浅くして使用し、寿命は前者は1ヵ月、後者は6ヵ月と相違があるが、後者は温度指示が10-15 deg 低く(富士広畑)問題が残っている。

2. 自動切換

i) 自動切換に関しては切換弁についてはガス弁、バーナー弁のシャフトのねじれによる故障(中山)があげられているが、弁開閉のリミットスイッチに関する問題点も多く(神鋼、尼鉄、中山など)このためリミットスイッチの使用を極力減らしてリレー制御回路を組み、保守を容易にしている。(神鋼、尼鉄)

ii) 空気パワーシリンダー駆動式で用いている電磁弁についての問題は少ないが、3コの制御用電磁弁を2組用意して並列に配管を行ない、1組は予備として故障時にコンセントで差替えて使用できるようにした例(富士広畑)がある。

iii) また点火確認装置については多くの工場の問題点としてあげており(富士室蘭、鋼管川崎、川鉄千葉など)十分満足に使用されているとはいえない。

iv) 休風時熱風炉の各切換弁はすべて全閉とする。あるいは熱風弁、煙動弁のみ開くなど方法は一定でない。休風時の弁の状態によつては、熱風温度検出用熱電対の過熱による劣化なども生じており配管設備に合った休風操作の検討が必要である。(富士)

v) この外燃焼開始時にガスを優先して出す方式を空気優先に改めた(中山)、ガス弁の非常遮断の確実化をはかつた(中山)、各切換弁を単独操作可能に改めた(神鋼)などがあげられる。

以上のごとく問題点は主に熱風炉操業の安全をより確実にするためのシステム、および機器の信頼性に関する

もので、制御成績は現在の熱風炉操業に対して十分満足が得られているといえる。

文 献

- 1) 鉄鋼便覧(昭37) p. 350~356
- 2) 安岡, 平尾: 富士時報, 35 (1962) 7, p. 565~572
- 3) 石井: 富士時報, 35 (1962) 7, p. 573~579

計測部会提出資料一覧表

資料番号	資料名称	提出会社
計分14-10	高炉, 熱風炉の計測制御	神戸製鋼
計分15-18	熱風炉自動切換装置	富士室蘭
計分16-3	高炉, 熱風炉の計測制御について	八幡
計分16-5	熱風炉自動切換および燃焼制御について	川鉄千葉
計分17-2	広畑第3高炉の計装	富士広畑
計 18-2	高炉計測設備について	大阪製鋼
計 19-1-3	高炉計測設備について	住金和歌山
計 19-1-4	高炉の計測設備について	鋼管鶴見
計 22-1-3	No. 1~3熱風炉切換燃焼設備	尼崎製鉄
計 21-5-1	熱風炉炉頂温度測定に関するアンケートまとめ	日本鋼管
37年7月-10月	熱風炉のACCと自動切換に関するアンケート	各社