

## チ ル ド 車 輪 の 試 作 研 究

行 元 良\* 石 田 敬 二\*\* 小 材 英 敏\*\*\*

## Test Manufacturing of Chilled Car Wheels

By Ryo Yukimoto, Keiji Ishida and Hidetoshi Kozai

Kasado Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

Aiming at the self supply of chilled car wheels by its own factory, Hitachi launched into the test manufacture of them recently.

Having no examples available in this country to follow for the manufacture of the 650 lb-grade-car wheels used in U.S.A., the references must have been sought in the reports and technical data first of all. Also the relation among the chemical composition, the chill depth and the pouring temperature for the materials were examined preliminarily to determine the most desirable chill and hardness for the product.

For the melting the cupola and the Heroult type electric furnace on hand in the Kasado Works were utilized.

Thus, in the first attempt of the self supply programme, test manufacture was carried out for the 860 mm chilled car wheel for freight car use, and the manufactured wheels were subjected to drop test and thermal test in which they achieved an excellent result.

## 〔I〕 緒 言

今日米国に於ける鉄道貨車には殆ど全面的に、チルド車輪が用いられている。然るに我国のチルド車輪の現況は、僅かに土砂運搬用車の小型車輪を小規模の工場に於て製作するにすぎず、大型車輪製作の例を聞かない。

日立製作所笠戸工場に於ては、数年前よりチルド車輪製作の要望がしばしばあつたが、一昨年末、General American Tank Carの受註見積り並びにNational Malleable & Steel Casting Co.のTrack等、チルド車輪の引合いがあつたため、その試作要望に応じて本研究を開始した。

笠戸工場に於ては、従来チル製品製作の経験なく、何分始めてのために、文献による調査を基礎とし、更に清水及び若松工場のチルドロール製作を参考として、化学成分、チル、硬度、チラー等に関する予備実験を行い、而る後に車輪試作を実施した。

\* \*\* \*\*\* 日立製作所笠戸工場

笠戸工場には実験に必要な小型炉の設備がないため、熔解はすべて現場用の1tキュポラ並びに2t電気炉を用いた。

本実験は昭和27年2月より開始し、同年10月に試作を完了したが、翌11月にA.A.R.規格、その他の資料をはじめて入手し、更に笠戸工場製車輪を上記規格に従つて試験をしたところ、好結果を得たので現在までの実験結果に就き報告する次第である。

## 〔II〕 予 備 実 験

## (1) 化学成分とチル深さ、硬度の関係

チルド車輪の要求、チル深さ、硬度に関してはA.A.R.規格入手前なるため、諸文献調査を基にして一応目標を「クリアーチル」最低10mm(10mm~15mm)硬度シヨアー60以上とした<sup>(1)(2)</sup>。

上記チル、硬度に対する化学成分も文献の数値は区々で且つ範囲も広い。又原料鉄によつてもその性情が異ると考えられるので、実際の製作に当つては自家で調査決

定する必要があつた。

チルド铸件に対する化学成分と硬度並びにチル深さとの関係は大凡次の如くである(3)(4)(5)。

硬度に関しては特殊元素を除き、Si, S は影響なく C, Mn, P による影響が大きい。Mn は「モットル」生成の一因をなすが、これは S 含有量に依つて左右されるので Mn/S の比を「クリティカルポイント」以下とし、又 P は強さの点より高くすることは望ましくない。

従つて所望硬度に対しては C 量を決定すればよい(6)。

チル深さに関しては特に Si, C の増加はチルを減少し S は増加するといわれている。

又チル明瞭度に関しては特に S の影響は大きく、C がこれに次ぐ。然し S を高くすることは良くない。従つてチル深さは C 並びに S を一定にした場合 Si に影響されると考えられる。

以上文献に依る調査を基礎とし、所望成分として T.C Si を決定するために下記実験を行つた。先づ Si とチル深さの関係を調査した。この場合キュポラにて熔製せるものの成分、チル、硬度の一覧表は第 1 表の如く、Si 量とチル深さの関係は第 1 図の如くなつた。

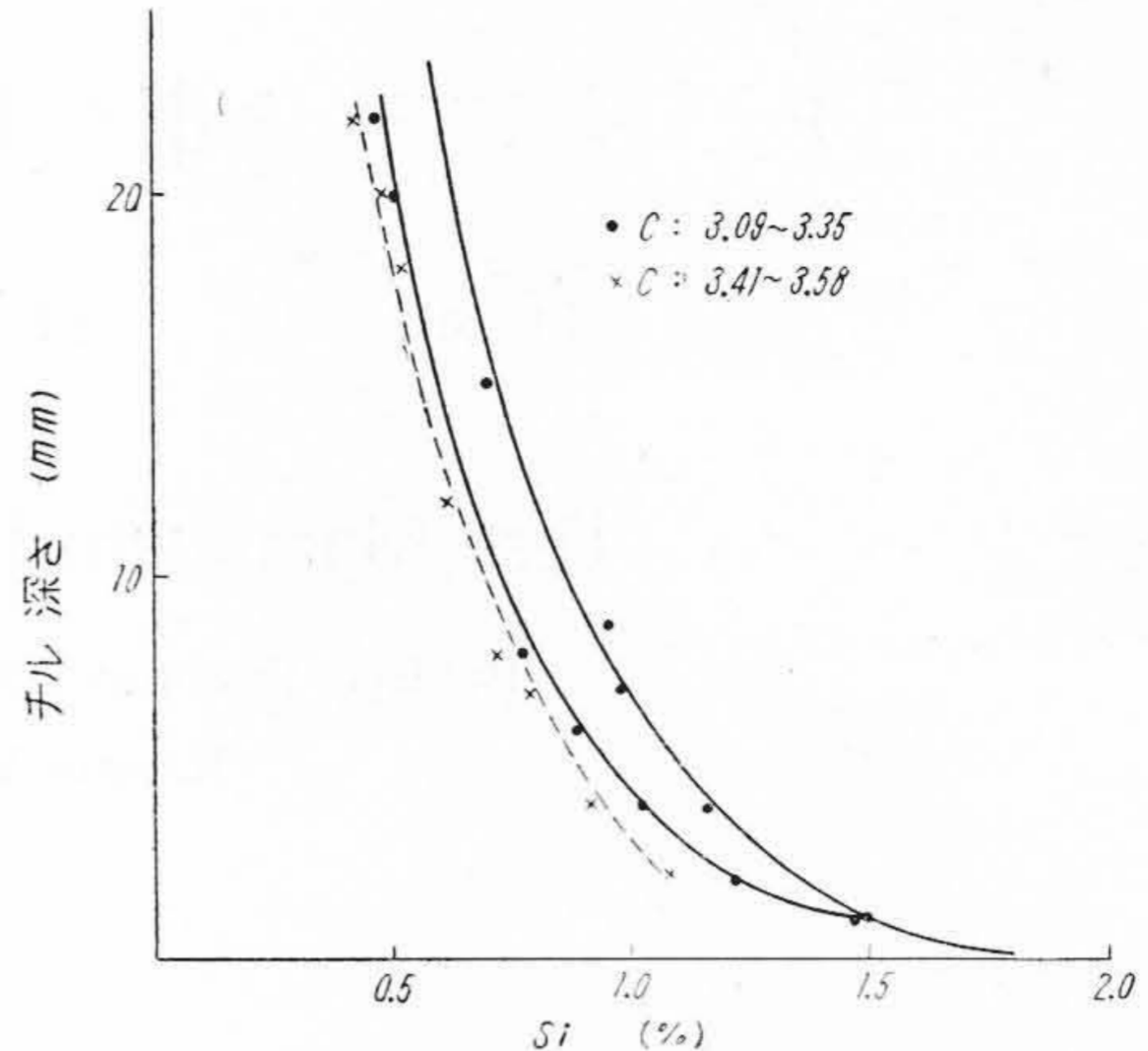
C 3.09~3.35 に対して Si 量に逆比例してチル深さが増加し、所望チルの最低 10 mm に対しては Si を 0.7% 以下とすべきことが判つた。

次に T.C% とシヨア-硬度の関係は第 2 図の如くなり、上記 C% では所望シヨア-硬度最低 60 を確保する事は困難なことが判つた。依つて C% を更に 3.4% 以上に増加して 3.41~3.58% とした場合の Si% の変動を調査した。

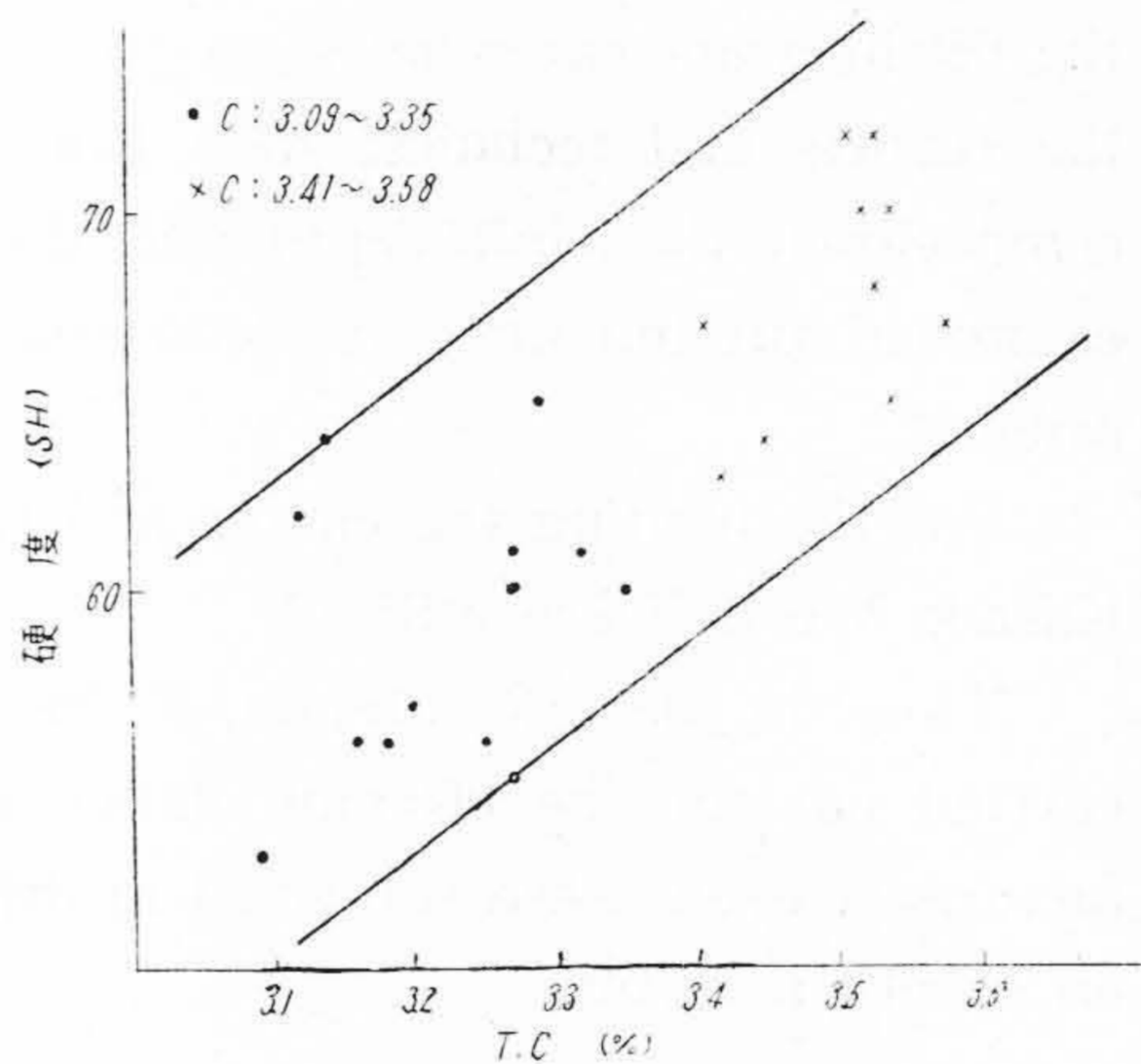
第 1 表 化学成分、硬度、チル深さ一覧表

Table 1. Relationships Among Chemical Composition, Hardness and Chill Depth

熔 #	T.C	Si	Mn	P	S	硬度 (SH)	完全チル部 (mm)	モットル部 (mm)
CA-1	3.35	2.00	0.58	0.328	0.077	60	0	5
2	3.27	1.48	0.53	0.312	0.091	61	1	6
3	3.25	1.48	0.77	0.235	0.086	56	1	7
4	3.27	1.22	0.75	0.292	0.088	55	2	8
5	3.32	1.17	0.54	0.393	0.091	61	4	15
6	3.20	1.03	0.50	0.320	0.102	57	4	12
7	3.29	0.98	0.43	0.374	0.093	65	7	20
8	3.27	0.89	0.50	0.284	0.094	60	6	16
9	3.14	0.77	0.37	0.268	0.106	64	8	20
10	3.16	0.75	0.49	0.320	0.096	56	8	20
11	3.18	0.70	0.57	0.271	0.098	56	15	30
12	3.09	0.50	0.45	0.270	0.083	53	20	35
13	3.12	0.43	0.46	0.288	0.088	62	22	30



第 1 図 Si% とチル深さの関係  
Fig. 1. Relation between Silicon Per Cent and Chill Depth



第 2 図 T.C% と硬度の関係  
Fig. 2. Relation between Total Carbon Per Cent and Hardness

第 2 表 化学成分、硬度、チル深さ一覧表

Table 2. Relationships Among Chemical Composition, Hardness and Chill Depth

熔 #	T.C	Si	Mn	P	S	硬度 (SH)	完全チル部 (mm)	モットル部 (mm)
CB-1	3.45	1.44	0.65	0.351	0.069	64	0	6
2	3.53	1.08	0.45	0.380	0.080	68	3	5
3	3.42	0.92	0.44	0.240	0.056	63	4	8
4	3.51	0.90	0.60	0.296	0.083	72	4	7
5	3.53	0.79	0.44	0.402	0.104	72	7	11
6	3.54	0.73	0.36	0.240	0.072	70	8	7
7	3.41	0.62	0.30	0.230	0.064	67	12	15
8	3.52	0.54	0.45	0.246	0.074	70	18	20
9	3.54	0.50	0.42	0.257	0.120	65	20	25
10	3.58	0.42	0.53	0.325	0.078	67	22	27

成分、チル、硬度一覧表は第2表の如くである。

Si%とチル深さ、T.Cとショアー硬度をそれぞれ第1図、第2図に併記する。即ちC%の増加と共に硬度は上昇するが、ショアー硬度60以上を得るためにはC3.4%以上とすべきこと並びに、チル深さ10mm以上を得るためにはSiは0.6%以下とすべきことが判明した。

依つて上記結果より目標成分としてはC3.5%、Si0.5%としMn, P, Sに就いては一応Mn0.55%、P0.30%、S0.12%として実験を進めることとした。

(2) キュボラに依る加炭操業

チルド鋳物熔製は反射炉によるのが有利とされているが、本研究に当つては設備の関係からキュボラ、或いは電気炉熔解の何れかに依り、所望成分の熔製を行うことにした。

従つて先づC%を主体としたキュボラ熔解実験を行った。

酸性キュボラ熔解では標準操業状態に於て、T.C 3.2±3%と報告されており過去の笠戸工場操業結果も第3表の如くなっている。

計算C量3.2%以上の場合は加炭は行われず、共に減耗を示している。従つて炉内加炭を必要とする場合は特別な考慮を必要とする。即ち加炭に必要な条件としては

- (i) 炉内温度の上昇
- (ii) 炉内雰囲気還元性
- (iii) スラグ反応に依る加炭

等が挙げられる。従つてその対策としてはベッドコークスの高さ、コークス比、コークスの反応性、風量の調節、並びに塩基性ライニングに依る塩基性操業等が考えられる。

最も加炭に顕著な効果を示す塩基性操業に就いては現在実験中であるが、未だ日常操業に移すまでに致っていないので取あえず酸性炉に依る加炭操業を実施した。

当初鋳物コークスに依り、ベッドコークス、コークス比の増加、風量の調節等を行つたが予期の結果が得られなかつたので、次に加炭に良好とされるピッチコークスを使用することに着目した。ピッチコークスは発熱量、並びに反応性が大で上記条件を満足し、良好な結果を示した。

一例を示すと、鋳物コークス、ピッチコークスをそれぞれ同量とし、計16% (風量20~23.4 m<sup>3</sup>/min) の場合の操業結果は第4表の如き加炭率を示した。

計算C量と加炭率の関係を第3図に示す。即ち加炭率は計算Cの低い程又鋼スクラップ(10~40%)の使用率の増加する程上昇することが明瞭である。尙目標C3.5%に達し得たので更にピッチコークス使用量、風量と加炭

第3表 装入Cと出湯Cの関係

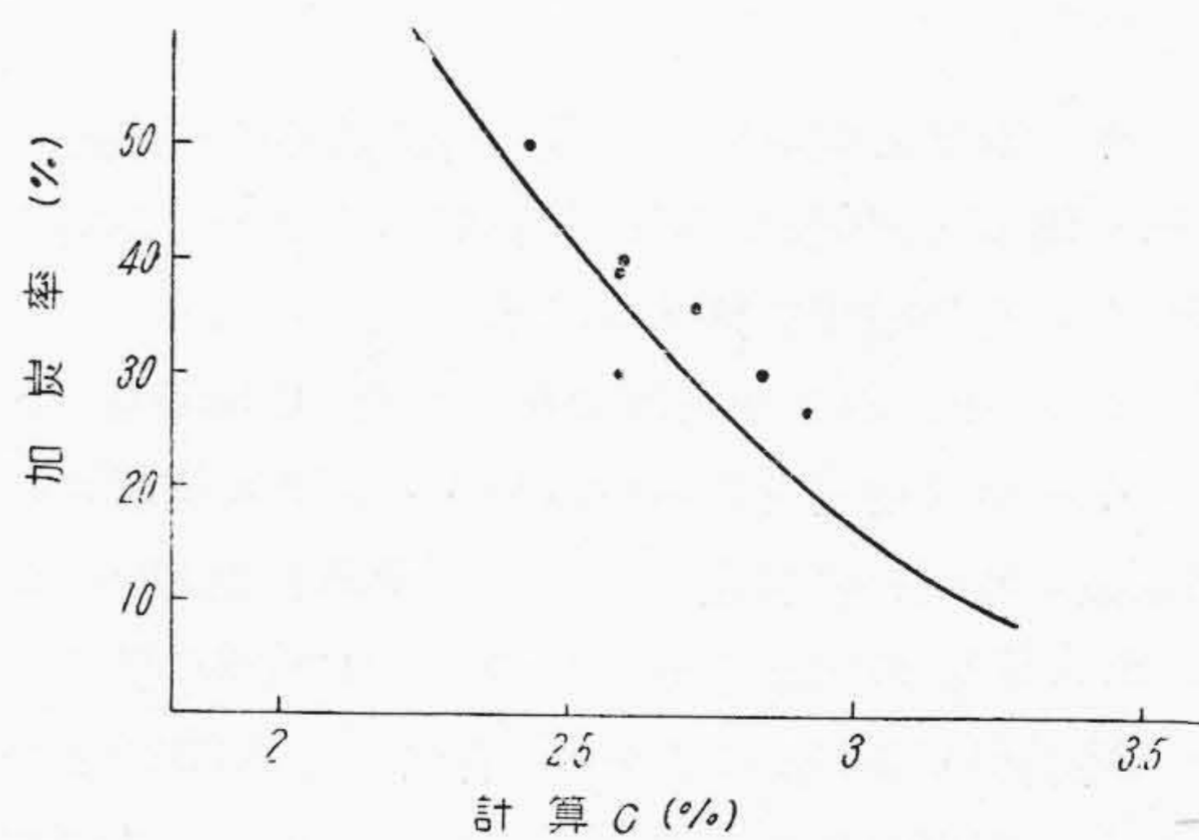
Table 3. Relation of Carbon Content between the Charge and the Tap

熔 #	コークス(kg)	コークス比(%)	計算C(A)%	出湯C(B)%	B-A	$\frac{B-A}{A} \times 100$
27020	11	11	3.43	3.25	-0.18	-5.2
27022	11	11	3.34	3.27	-0.07	-2.1
27024	11	11	3.34	3.14	-0.20	-6.0
27028	12	12	3.37	3.27	-0.10	-3.0
27029	15	15	3.22	3.12	-0.10	-3.1

第4表 装入Cと出湯Cの関係

Table 4. Relation of Carbon Content between the Charge and the Tap

熔 #	コークス(kg)		コークス比(%)	計算C(A)(%)	出湯C(B)(%)	B-A	$\frac{B-A}{A} \times 100$
	鋳物コークス	ピッチコークス					
27049	8	8	16	2.25	3.55	1.30	58
27065	8	8	16	3.24	3.54	0.30	9
27067	8	8	16	3.20	3.52	0.30	9.6
27073	8	8	16	2.92	3.68	0.76	20
27075	8	8	16	2.58	3.37	0.79	30
27079	8	8	16	2.59	3.65	1.06	40
27084	8	8	16	2.43	3.65	1.22	50
27087	8	8	16	2.58	3.59	1.01	39
27102	8	8	16	2.72	3.69	0.97	36
27105	8	8	16	2.91	3.70	0.79	27



第3図 計算C量と加炭率

Fig. 3. Relation between Carbon for Calculation and Carbrization

の関係に就いては実験を進めなかつたが、今後更に高炭素を要求される場合は上記に加えるに風温並びに炉材等に就いても検討を加える必要がある。

(3) 電気炉に於ける加炭操業

上記ピッチコークスを使用したキュボラの加炭操業に於て一応C3.5%の鋳物を吹製し得ることが実証されたが、常にC量を目標成分に納めることは困難であること

がわかつた。即ちキュポラ操業に於ては目標成分の出湯を得るためには予め炉内変動を考慮して装入配合を調節しなければならない。

従つて装入成分の変動は出湯成分の変動となるので厳密なる装入材料の管理によつてのみ出湯成分の管理を行い得るわけである。

チルド車輪の如き成分規格の厳重なるもので、然も少量熔製する場合はキュポラによる熔製のみでは成分調節が困難であるので、所望成分の調節は電気炉に依らざるを得ない点を考慮して(A)電気炉に加炭操業、(B)キュポラと電気炉の2重熔解に依る成分調節実験を行つた。

(A) 電気炉に依る加炭操業

キュポラの加炭操業の場合と同様にチル深さ 10 mm 以上に対する Si 0.5% を得るためには手持材料の関係から多量の鋼スクラップを使用する。

従つて装入炭素量の低下に対して炉内加炭の必要より本熔解実験を行つた。

過去の笠戸工場に於ける酸性電気炉操業に於ては(昭22年)加炭が十分に行われなかつた実績に鑑み、学振並びに清水工場の操業法を検討し、マグネシヤの塩基性炉床による操業を行つた。その結果を第4図に示す。本操業に於ては熔湯を普通鑄鉄鑄込に使用するため Si を 1.25% とし、加炭操業のみを目的とした。

計算 C 2.12% に対し 3.82% 迄の加炭を行い加炭率 80% を示す結果を得た。

上記操業に依り塩基性電気炉に依る加炭が実証された。

(B) キュポラと電気炉の二重熔解に依る成分調節

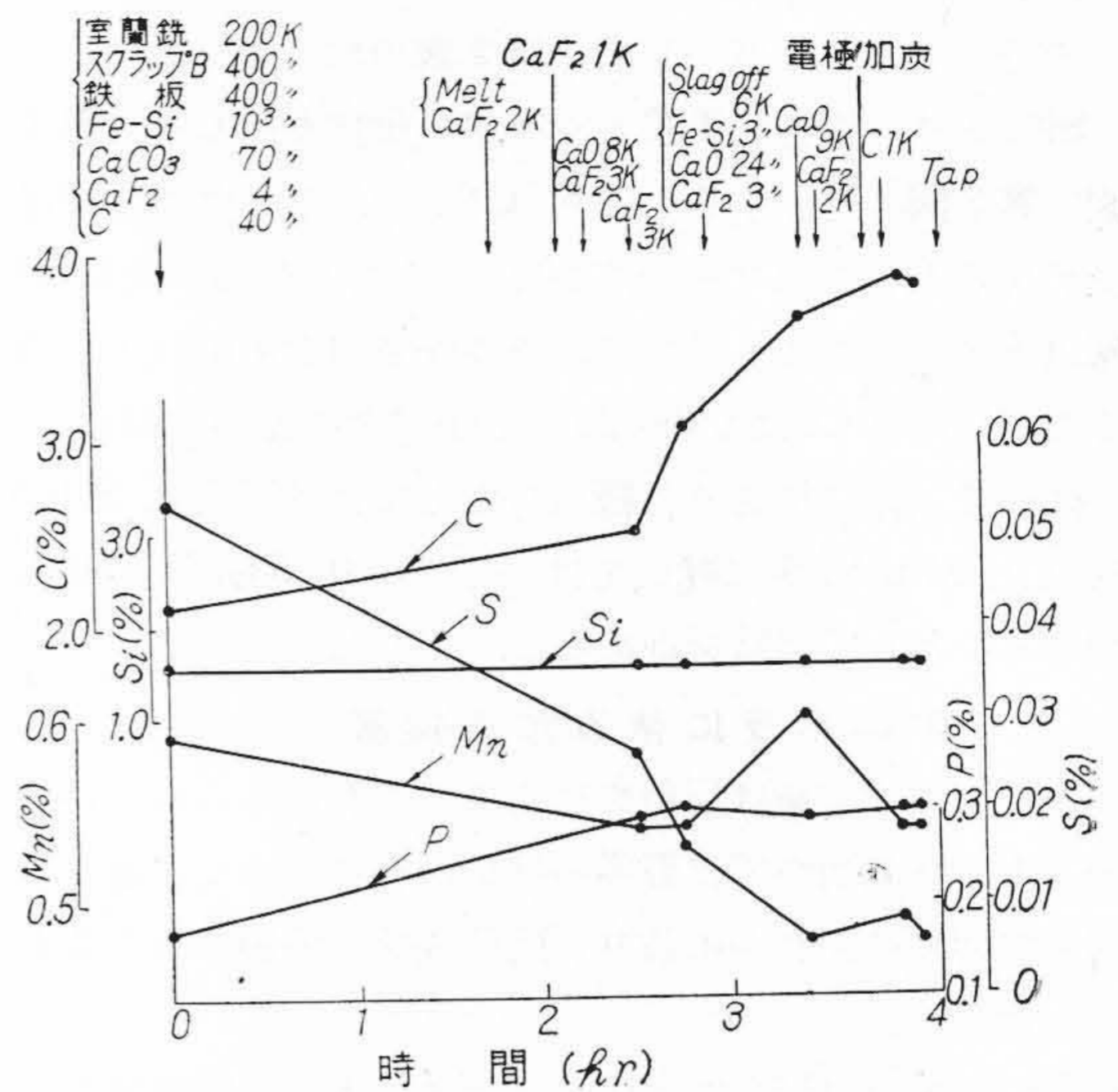
キュポラ熔湯を電気炉にて成分調節するための熔解実験を行つた。その結果を第5図に示す。

前記(2)のキュポラ加炭操業を行つた C 3.59%, Si 0.63% のキュポラ熔湯を電気炉に装入し、チル試験片の破断面組織に依り成分判定を行いつゝ操業した結果 C 3.57%, Si 0.47% の出湯成分となつた。本操業に於てはキュポラ熔湯が C 3.5% にて途中で酸化し、3.33% まで低下したが、高度の加炭を必要としなかつた。一方低炭素、高珪素の装入材の場合は加炭のために還元性、脱珪のために酸化性とそれぞれ相反する雰囲気及要求され、更に電気炉特有の N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, ガス等の問題もあり、操業上特に考慮を要する。

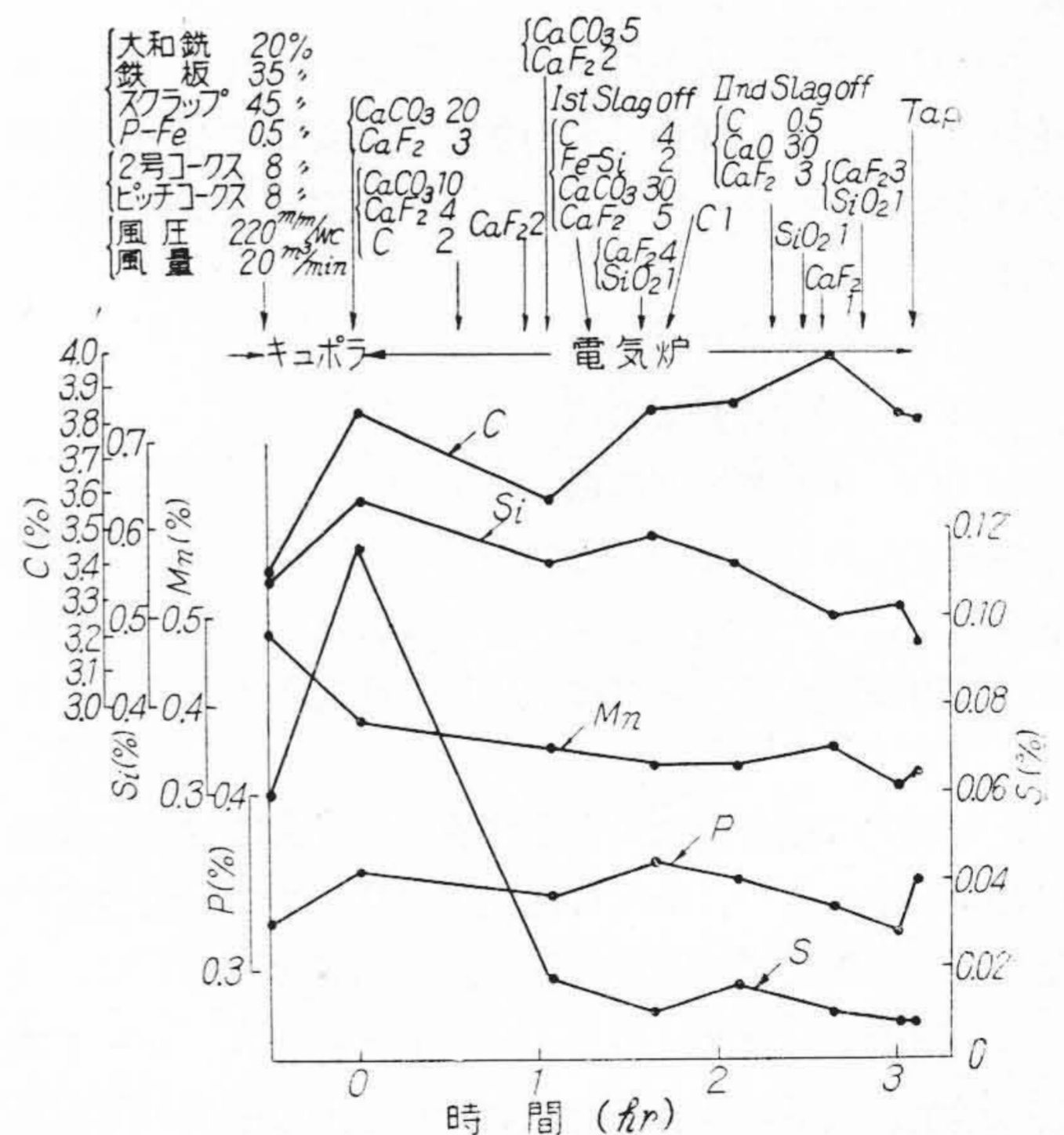
(4) チラーの厚さとチル深さの関係

チラーの厚さに関してはロールの場合、ロール直径の 1/3~1/2 が適当とされ、チルド車輪の場合はチルすべきリム部厚さの 2~4 倍とされている。

チラーの厚さの影響としてチル深さとの関係が考えられるので、車輪リム部の厚さ t に対するチラーの厚さを



第4図 塩基性電気炉成分変化(加炭操業)  
Fig. 4. Variation of Components in Basic Electric Furnace

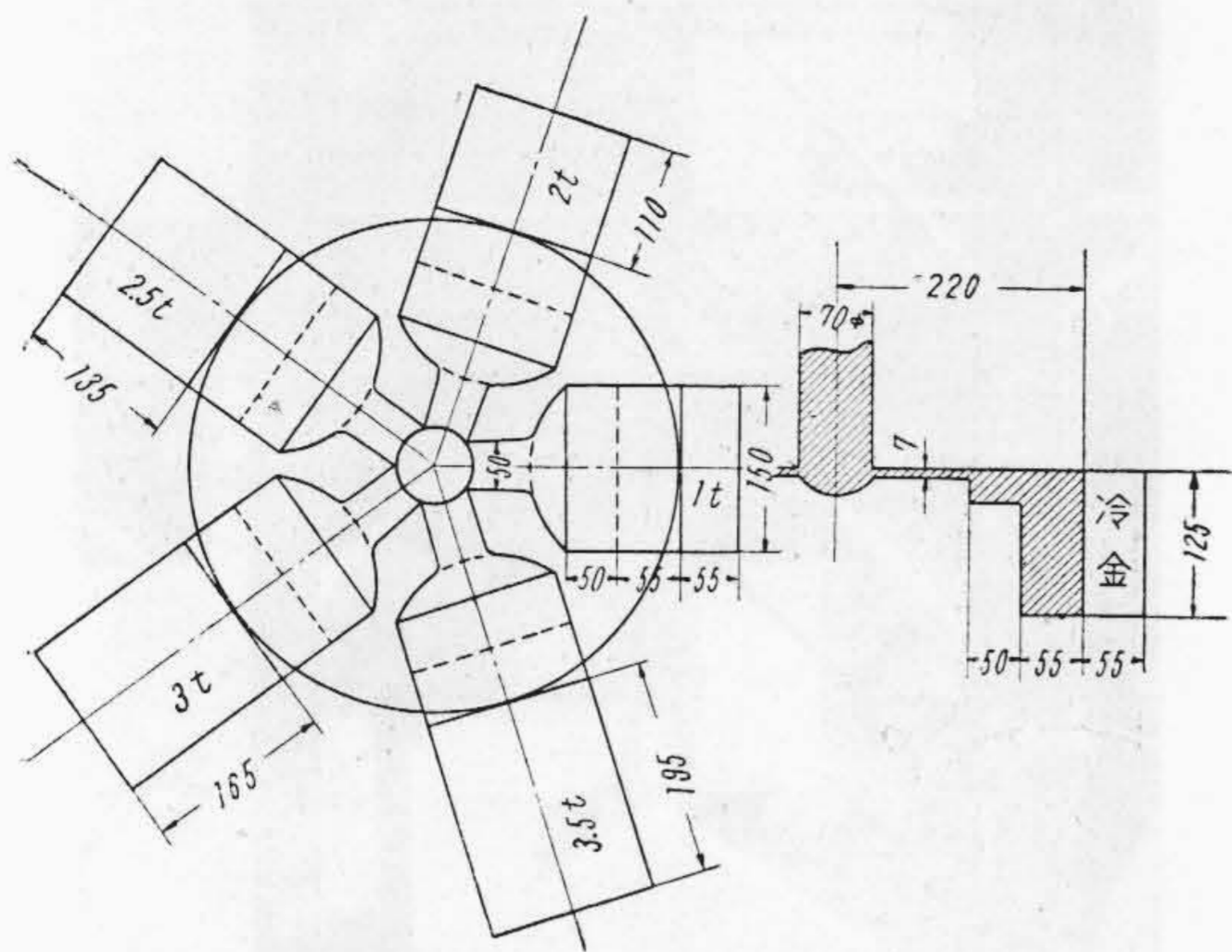


第5図 キュポラ電気炉二重熔解成分変化  
Fig. 5. Variation of Components in Duplex Method (Cupola and Electric Furnace)

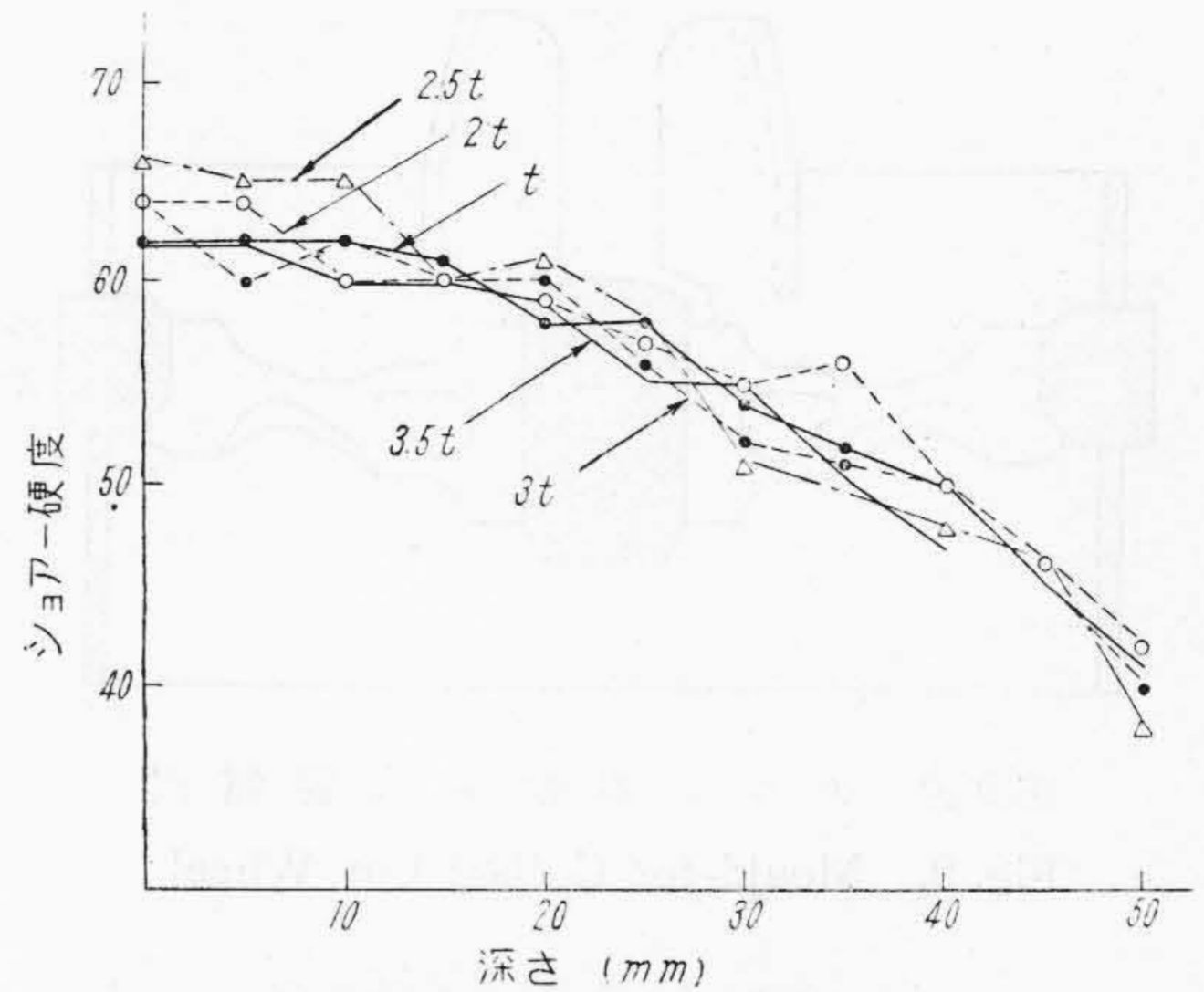
t, 2t, 2.5t, 3t, 3.5t とした場合の影響を見るために小型試料に就いて行つた状況を第6図に示す。

鑄込温度、チラー温度等の条件を一定にするために焼型を同心円上に配列し、中心部より T.C 3.32%, Si 0.43%, Mn 0.46%, P 0.308%, S 0.088% の熔湯を鑄込んだ。

冷却後試料の中心部を破断し、破断面のチル深さと硬度分布を測定した。その結果チル変化は肉眼に依る差異



第6図 チル試験鑄込要領  
Fig. 6. General Installation of Chill Test Mould



第7図 チラーの厚さと硬度分布  
Fig. 7. Relation between Chiller Thickness and Hardness Distribution

を殆ど認めず、又硬度分布は第7図の如くなつた。

即ちチラーの厚さ  $t \sim 3.5t$  間では表面硬度は 62~64 であり、内部への硬度分布に就いてはシヨア- 60 以上の範囲が 16~21 mm の範囲内に変化するけれども、チラーの厚さとチル深さ及び硬度間には何れも比例関係は見られない。従つてチラーの厚さ決定は使用時の割れ並びに取扱いの難易等に依り考慮すべきであると考えられ一応  $3t$  にて実験を進めることとした。

(5) チラー温度とチル深さの関係

チラー温度に就いてはチルドロールの場合は  $80^{\circ}\text{C}$  内外が採用され、又チルド車輪の場合は  $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$  が良好とされている。

チラー温度の車輪に及ぼす影響としては(i)チル深さ、(ii)注湯時の熱応力の2点が挙げられる<sup>(7)</sup>。後者は As Cast の割れに直結して考慮されるので製品試作の際に検討することとし、(i)チル深さに及ぼす影響を見るために下記実験を試みた。

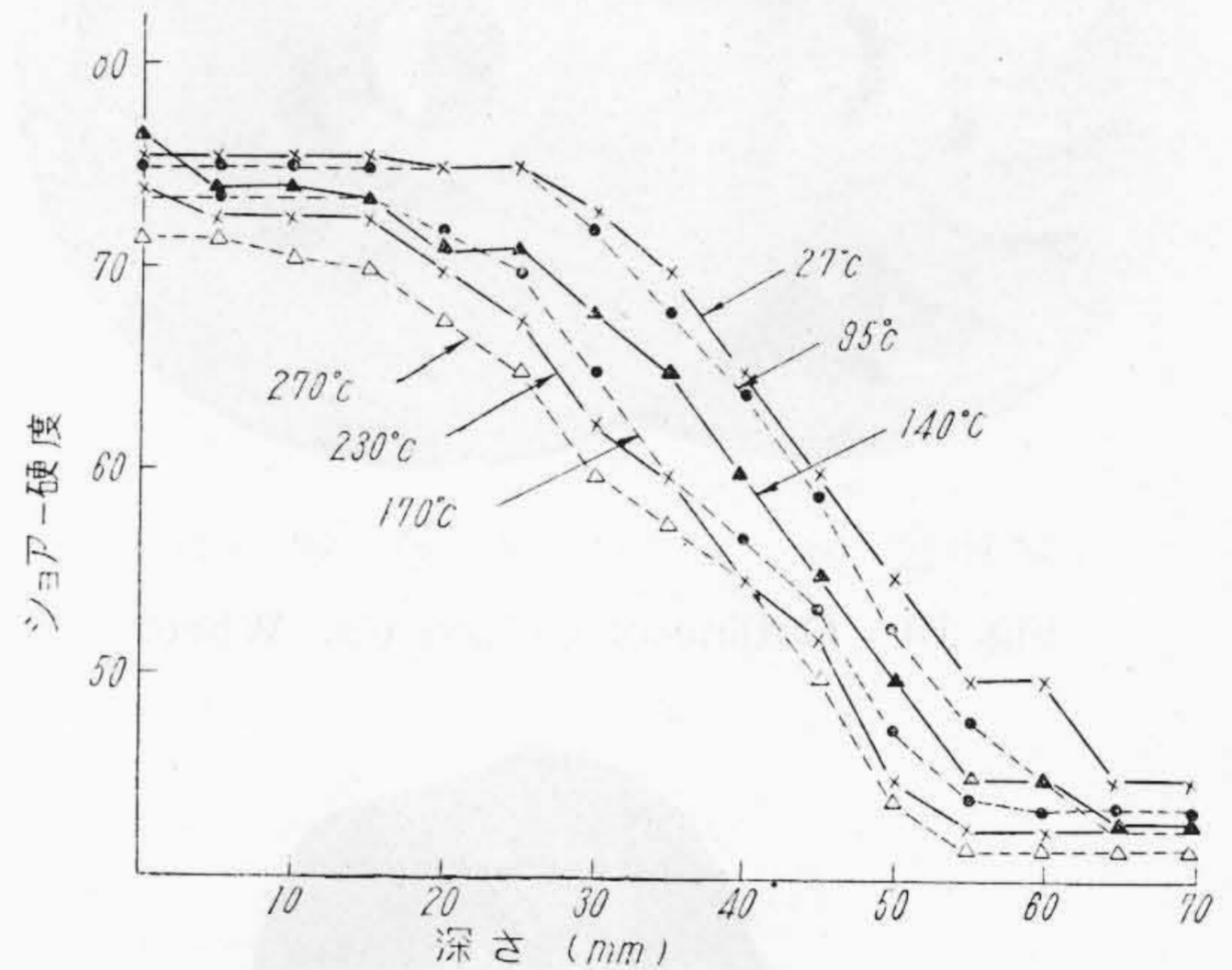
T.C 3.68%, Si 0.51%, Mn 0.43%, P 0.329%, S 0.093% の熔湯をチラーの温度が  $27^{\circ}\text{C}$  (室温)  $95^{\circ}\text{C}$ ,  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $170^{\circ}\text{C}$ ,  $230^{\circ}\text{C}$ ,  $270^{\circ}\text{C}$  のテストブロックに鑄込み、そのチル変化状態を観察した。

この場合の硬度変化は第8図の如くである。

上記結果よりすれば表面硬度の最大と最小の差はシヨア-5であるが、チラー温度に必ずしも比例しない。

チル深さは肉眼に依つても明らかに変化することがわかる。その硬度分布を SH 60 に於て比較した場合、 $95 \sim 140^{\circ}\text{C}$  間では  $8 \text{ mm} / 45^{\circ}\text{C}$  即ち  $1.8 \text{ mm} / 10^{\circ}\text{C}$  となり、 $95^{\circ}\text{C} \sim 270^{\circ}\text{C}$  では  $15 \text{ mm} / 243^{\circ}\text{C}$  即ち  $0.6 \text{ mm} / 10^{\circ}\text{C}$  の変化となる。

本結果のみから温度上昇当りのチル減少寸法を断定す



第8図 チラー温度と硬度分布  
Fig. 8. Relation between Chiller Temperature and Hardness Distribution

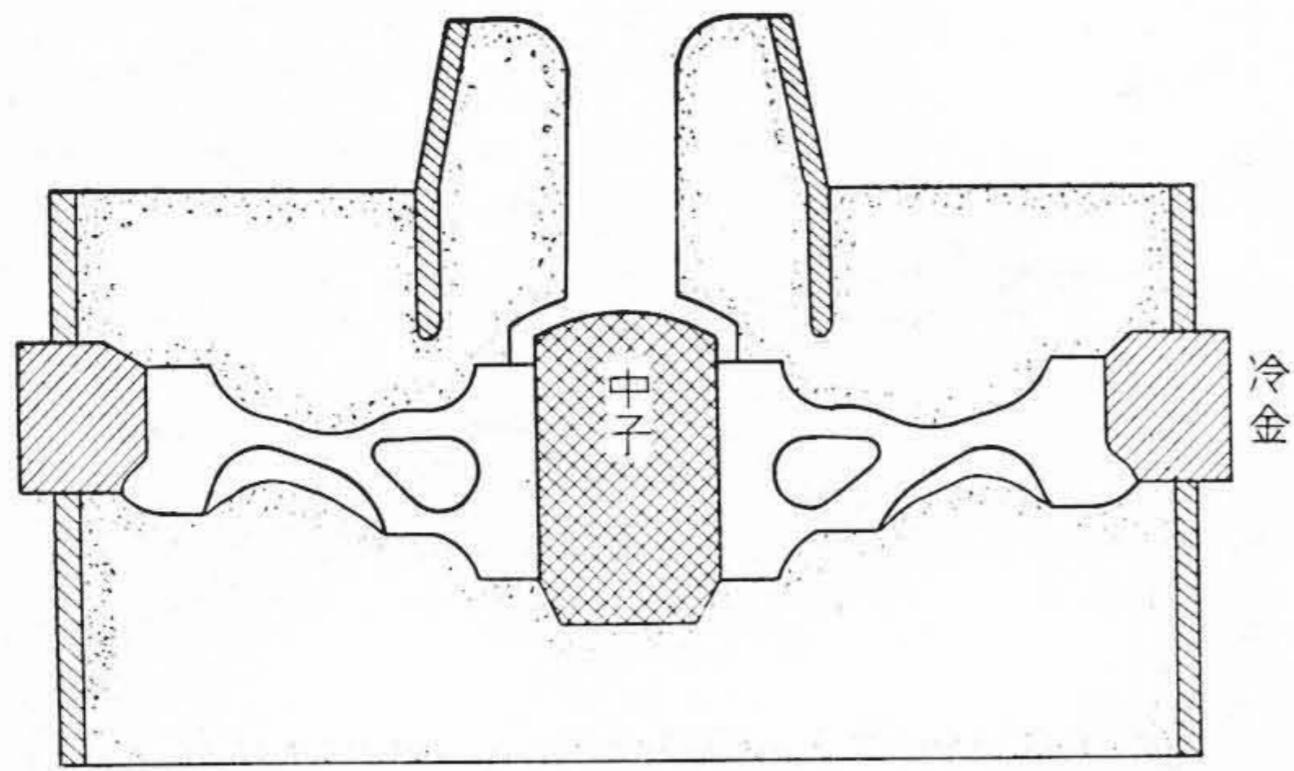
ることは危険であるが、チラー温度上昇に依り、チル深さが減ることが判明した。

〔III〕車輪試作

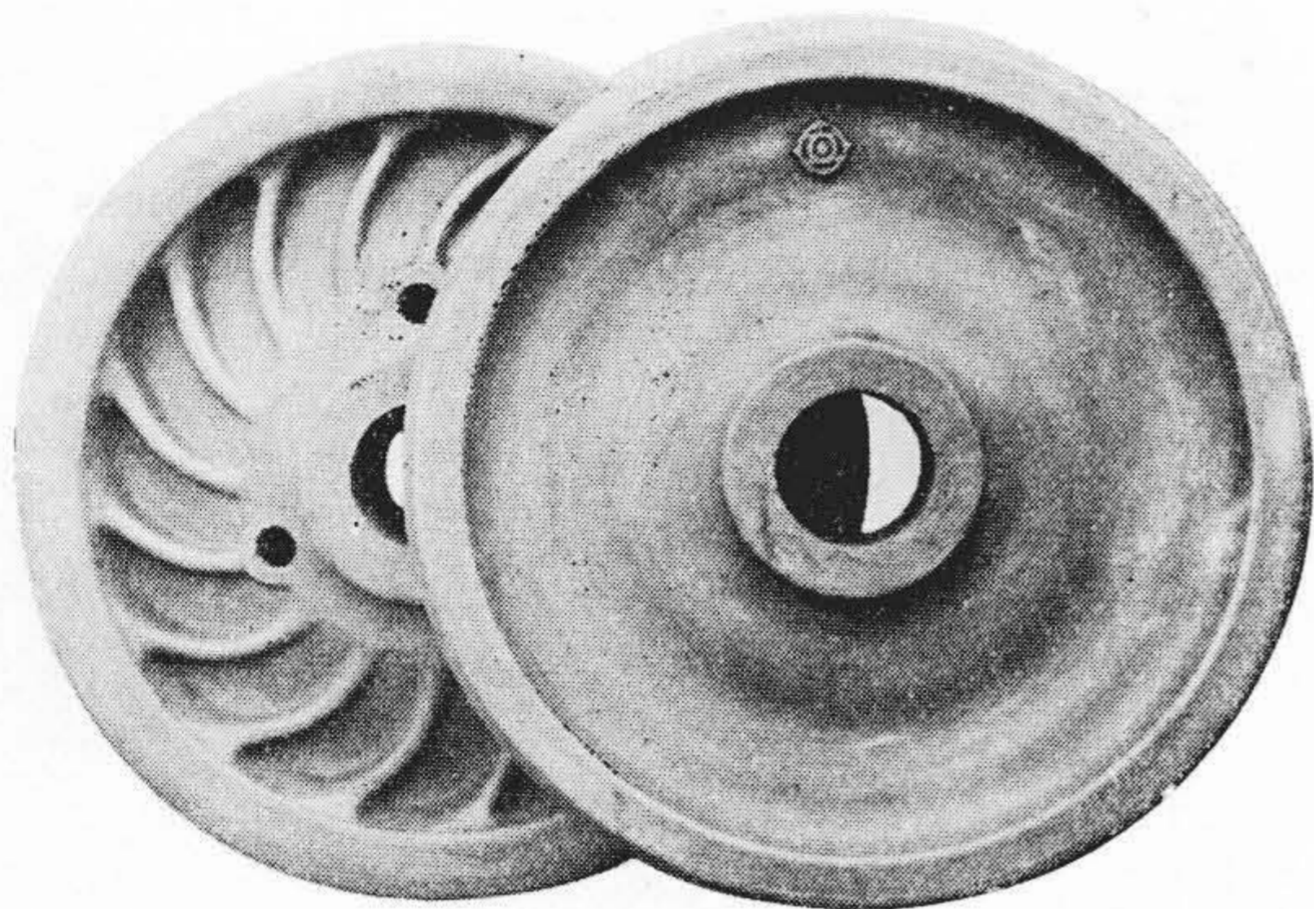
チルド車輪はレール踏面のみチラーにより急冷され、他は砂型にて除冷されるために温度差並びにセメントと鼠鉄部の収縮量の差に依る応力が発生し易く、これがアズキャスト (As Cast) 並びに使用中の亀裂発生の原因となる。

従つて所望チル深さを有し、且つ凝固並びに冷却過程に於て応力を最小を止めるためには熔解、造型、金型、鑄込並びに焼鈍の各段階に於てそれぞれ化学成分、温度及び時間の適正化が必須条件となる。

前記予備実験に於ては主として所望するチル及び硬度



第9図 チルド車輪 鑄込要領図  
Fig. 9. Mould for Chilled Car Wheel

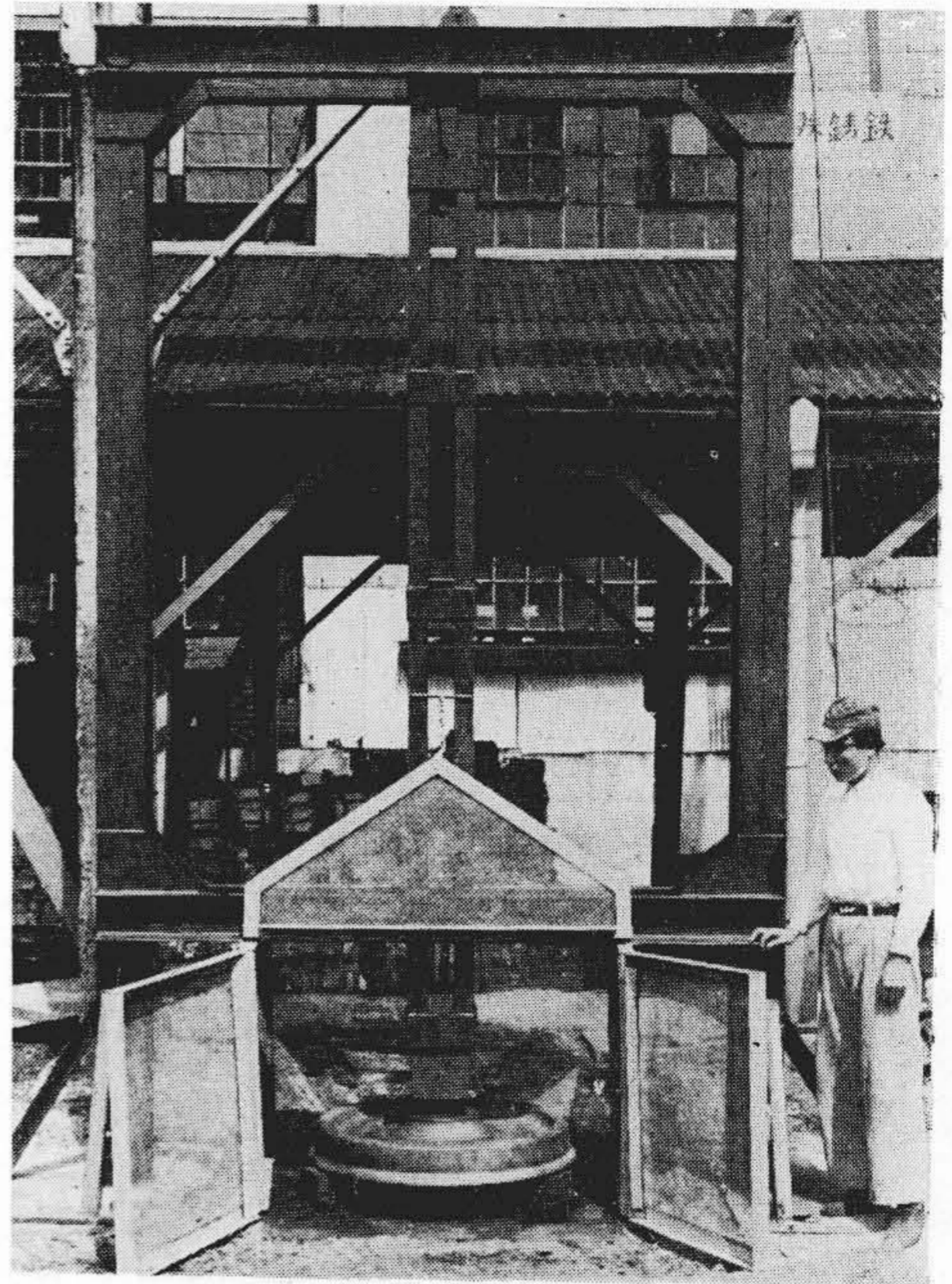


第10図 チルド車輪 外観  
Fig. 10. Outline of Chilled Car Wheel



第11図 チルド車輪 破面  
Fig. 11. Fracture of Chilled Car Wheel

を得るための化学成分並びにチラーの厚さ、温度との関係をテストブロックにより調査したのであるが、車輪試作に当つては上記結果及び他の鑄造諸元に就いては文献に依る調査を基礎として行つた<sup>(8)(9)</sup>。試作車輪は笠戸工場の構内貨車用として製作したが、これは米国の 650lbs



第12図 落重試験機並びに試験要領  
Fig. 12. Drop Test Apparatus and Test Method

級の車輪に相当するものである。この鑄込要領を第9図に示す。

試作当初は鑄造作業の不適正のためか、リム部に亀裂を生じたが、その後適確な鑄造法を習得して4箇の試作車輪を完成した。

第10図に外観、第11図に破断面を示す。

#### 〔IV〕 A.A.R. 規格に依る試験結果

##### (1) 落重試験

AAR 規格<sup>(10)</sup>による主なる仕様は下記の如くである。

金敷重量	> 770 kg	落下錘重	113.2 kg
コンクリート深	> 600 mm	落下高さ	2,735 mm (650 lbs 車輪)
落下回数	12回	落下錘打撃面	径 230 mm

車輪は金敷上の3つの支えの上におかれ、重錘は軸心の中心を打つように落下し、9回迄にプレート部に亀裂を生ぜず。且つ12回迄に2片以上に破碎しないこととなつている。

上記規格に従い、落重試験機を自家製作し No. 27084 車輪を落重試験した。その結果は12回落重迄に何等亀裂を生ぜず良好なる成績を示した。

試験機並びに試験要領を写真第12図に示す。

##### (2) 熱試験

A.A.R. 規格： 車輪はフランヂを下にし、踏面の廻り



共に終始熱烈なる御指導を賜つた松本部長、久行課長並びに御援助頂いた日立製作所清水工場、広田、関谷両課長、中研、牟田氏、御協力頂いた設計課、研究課、工具課の関係各位に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

(1) 小坂：客貨車工学(上) 215 (昭 23)  
 (2) Edward A. Loria: Foundry, 79, 126 (1951-6)  
 (3) 浅村：製鉄研究 168, 33 (昭 15-1)  
 (4) 谷口・上田：製鉄研究 173, 23 (昭 16-1)  
 (5) 田中・松村・早川：金属 22, 395 (1952-6)  
 (6) K. H. Wright: Foundry Trade Journal, 90, 33 (1951-1-11)  
 (7) 菊田：鑄物本質論 181 (昭 11)

(8) Association of Manufactures of Chilled Car Wheel: The Chilled Car Wheel (1952)  
 (9) K. H. Wright: Foundry Trade Journal, 90, 61 (1951-1-18)  
 (10) Association of American Railroads: Specification (M-403-51) (1952)  
 (11) 宮下：日立評論 25, 600 (昭 17-10)  
 (12) J.E.R. Tompkin: Foundry Trade Journal, 91, 11 (1951-7-5)  
 (13) J.E.R. Tompkin: Foundry Trade Journal, 91, 331 (1951-9-20)  
 (14) J.E.R. Tompkin: Foundry Trade Journal, 91, 336 (1951-9-27)



実用新案 第396265号

山口又右衛門

水銀整流器の風冷装置

水銀整流器が通風冷却される場合、送風機は陰極板の下に置かれて、これから風を吹き上げるのが一般であるが、この風の通路をよく注意すると意外なところに風の全く通らない箇所があるものである。即ち送風機8からの冷却風は従来の構造では矢印  $a, b', c'$  の如く  $b'$  は陰極板1の周縁を迂回して過ぎるので板1を絶縁ボルト9によつて締付ける容槽3の肉厚部2と板1の裏面との間の空間  $P$  は完全にポケットとなり、そのために陰極碍子6の外面やその上下パッキン部分等は冷却が極めて不十分となる憾があつた。

本考案はこのようなポケットを無くすことを主眼とするもので、図に見る如く、板1にボルト9を通すための孔12の外にその孔12相互間に更に稍大径の風通し孔11を任意箇所設けたものである。かくするとき冷却通風は矢印  $a, b, c$  の如く、 $b$  は風通し孔11を抜けて通るので、ポケット  $P$  はこれによつて完全に解消され、冷却の完全を期することができ、更に気流によつて陰極碍子6の外面は常に清拭される効果がある。

(宮崎)

