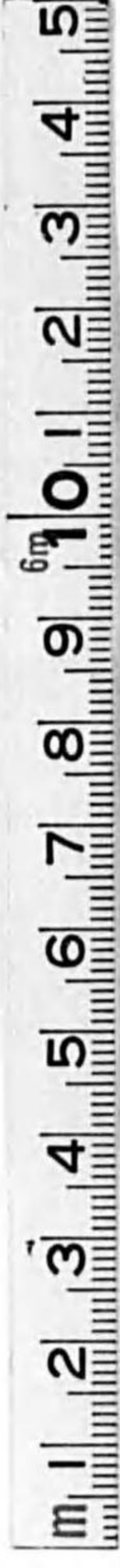




始



日本製鐵株式會社八幡製鐵所編
日鉄八幡製鐵所研究所研究報告 第三十卷第四號
高周波電氣炉熔鋼の溫度測定に就て (海野三朗)

14-5
131

14.5-131
4

日鉄八幡製鉄所研究所

研 究 報 告

Vol. XX No. 4

高周波電気炉熔鋼の温度測定に就て

日本製鉄株式会社 理事 理学博士 海 野 三 朗

昭和十四年十二月

八 幡 製 鉄 所

福 岡 縣 八 幡 市

145
131

Vol. XX No. 4 正誤表

頁	行	誤	正
4	第2圖	●……………内部	◎……………内部
8	下ヨリ4	$=\sqrt{26700} \frac{2}{3} \left[D \frac{2}{3} \right] \begin{matrix} 140.6 \\ 90.6 \end{matrix}$	$=\sqrt{26700} \frac{2}{3} \left[D \frac{2}{3} \right] \begin{matrix} 140.6 \\ 90.6 \end{matrix}$

高周波電気炉熔鋼の温度測定に就て



1	緒言	1
2	結論概要	2
3	測定状況	2
4	Emissivity	4
5	深さに依る温度差	6
6	熔鋼の各部の温度	9
7	高周波電気炉の温度は何所を測る可きか	10
8	吳式高温計に依る測定	11
9	高温測定用としての温度計	14
	(1) W-C (2) C-SiC (3) W-Mo (4) 光高温計	

發行所寄贈本



高周波電気炉熔鋼の温度測定に就て

高周波電気炉熔鋼の温度測定に就て

理事 理学博士 海野三朗

1 緒言

熔鋼の注入温度を精確に知る事は其材質上に及ぼす影響甚大であるのみならず鑄型の寿命に及ぶ所又大であるので製鋼技術上最も重要な事項の一つである。製鋼作業に於て脱酸⁽²⁾を論ぜるものあれども温度と脱酸との関係を追求せるものは少ない。柴田善一博士⁽³⁾は熱力學的に脱酸と温度とに付て發表してゐるが此際の温度は理論上の値であつて此温度を如何にして測定するかには言及してゐない。Maier⁽⁴⁾及び Bischof⁽⁴⁾は出鋼より鑄造迄の途中に於ける鋼の汚損に付ては温度の影響は充分明かでないを述べてゐるが正確なる温度測定に付ては可能でなかつた結果であらう。高周波電気炉は比較的最近の發達であつて此炉に付ての報告⁽⁵⁾は相當に多いが炉内高温の熔鋼の温度に付ては其報告は至つて少ない感がある。熔鉄と瓦斯との反應に及ぼす温度の影響として Chipmann⁽⁶⁾及び Samarin⁽⁶⁾は高周波炉中の熔鉄面に水素及び水蒸氣の混合瓦斯を流入して H_2O 對 H_2 の比を平衡にある熔鉄中の FeO の量を各温度 $1580^{\circ} \sim 1700^{\circ}C$ 迄 50° 毎に付き其%を算出し Fontana⁽⁷⁾及び Chipmann⁽⁷⁾, Vacher⁽⁸⁾等が明確にせざりし温度の影響を論じてゐるが、高周波電気炉は其の性質上熔鋼の温度は深さに依りて異なり又炉周中部は温度を異にしてゐるのであるから Chipmann⁽⁶⁾及び Samarin⁽⁶⁾の報せる温度に付ては其の炉の何れの部分なりしか相當の吟味を必要とする。従て出鋼の温度は其の内部温度と常に同一ではないから測定する計器に依り又時と所に依りて測定温度に差異を生ずるのは又止むを得ない所であらう。高温測定用熱電對としては白金と白金ロヂウム熱電對の外に高温測定用として既に報ぜられたるものには Watson⁽⁹⁾及び Abrams⁽⁹⁾の報せる $W-C$ 及び Fitterer⁽¹⁰⁾の

- (1) J. H. Hruske, Blast Fur. & steel pl., (1932), 705; (1936), 521.
- (2) F. T. Sisco, u St. Kriz, Die Elektrostahlverfahren, Berlin (1929) Jul. Spr. F. Korber, W. Oelsen Stahl u. Eisen, 52 (1932), 133. M. Perrin, Rev. Met., 30 (1933), 1.
- (3) E. Maier, W. Bischof, Arch. Eisenhüttenwes., 5 (1931), 549.
- (4) 鉄と鋼, 23 (1937), 153.
- (5) H. Neuhanss, stahl u. Eisen, 49 (1929), 689; 漢務宣, 鉄と鋼 23 (1937), 132; M. Tama, Stahl u Eisen 49 (1929), 499; Cambell, Campbell, Found. Trade. Jour. Sept. (1930) 18.
- (6) J. Chipmann u A. M. Samarin, Metals Techn., (1937) Techn publ No. 784.
- (7) Trans. Amer. Soc. Metals, 24 (1936), 313.
- (8) H. C. Vacher, Bur. Standards J. Research, 11 (1933), 3131.
- (9) H. L. Watson & H. Abrams, Trans Amer. Electrochem Soc, 54 (1928), 19.
- (10) G. R. Fitter, Amer. Inst. Min. Met. Eng., Feb. (1933).

C-SiC, Leiber⁽¹⁾ の W-Mo 等がある。最近佐々川博士は⁽²⁾ Watson 及び Abrams の W-C よりなる熱電対の形を特に工夫して異式熱電対として発表してゐる。是等の熱電対に依らざる時は在來の光高温計に頼らなくてはならないが此場合に於ては其放射能 Emissivity の値を豫知する必要がある。Emissivity に付ては既に著者⁽⁴⁾の報せる所であるが、特殊鋼及び珪素鋼の熔融状態に於ける値は未だ報告してゐないし不幸にして信頼す可き報あるを聞かない。由て著者は高周波電気炉に於ける熔鋼の表面と内部との温度の勾配並に其際に於ける放射能を決定し 作業上可及的眞に近い温度を知らんことを企てた。尚ほ上記各種の熱電対の優劣を論じ夫れ等の特徴を明かにせんことを企てたのである。

2 結 論 概 要

1. 光高温計並に白金、白金ロヂウム熱電對に依りて高周波電気炉内外の熔鋼の温度を測定した。

2. 高周波電気炉内の熔鋼の温度は表面より内部に到るに従ひ高温を示し、其割合は拋物線によりて示さる。容量 1 吨の電気炉では温度を T 深さを D とせば深さと温度との關係は

$$T^2 = 2.67 \times 10^4 D$$

を以て表はされる事を知つた。

3. 高周波電気炉の熔鋼が第 1 表に示せる如きニッケルクロム鋼ならば 炉内表面を光高温計で測定し Emissivity を 0.67 とせば、其時の熔鋼の平均温度が得られるし又 T 珪素鋼ならば 0.51 とすれば出鋼以前に於ける熔鋼の平均温度を知る事が出来る。

4. 出鋼せる熔鋼がニッケルクロム鋼ならば其 Emissivity は 0.56 であり T 珪素鋼ならば 0.46 である。上記二様の Emissivity により炉内温度と出鋼温度とは一致する。

5. 光高温計は熔鋼の表面温度を測定するに便であり。W-Mo 熱電對は熔鋼の内部を測定するに便である。

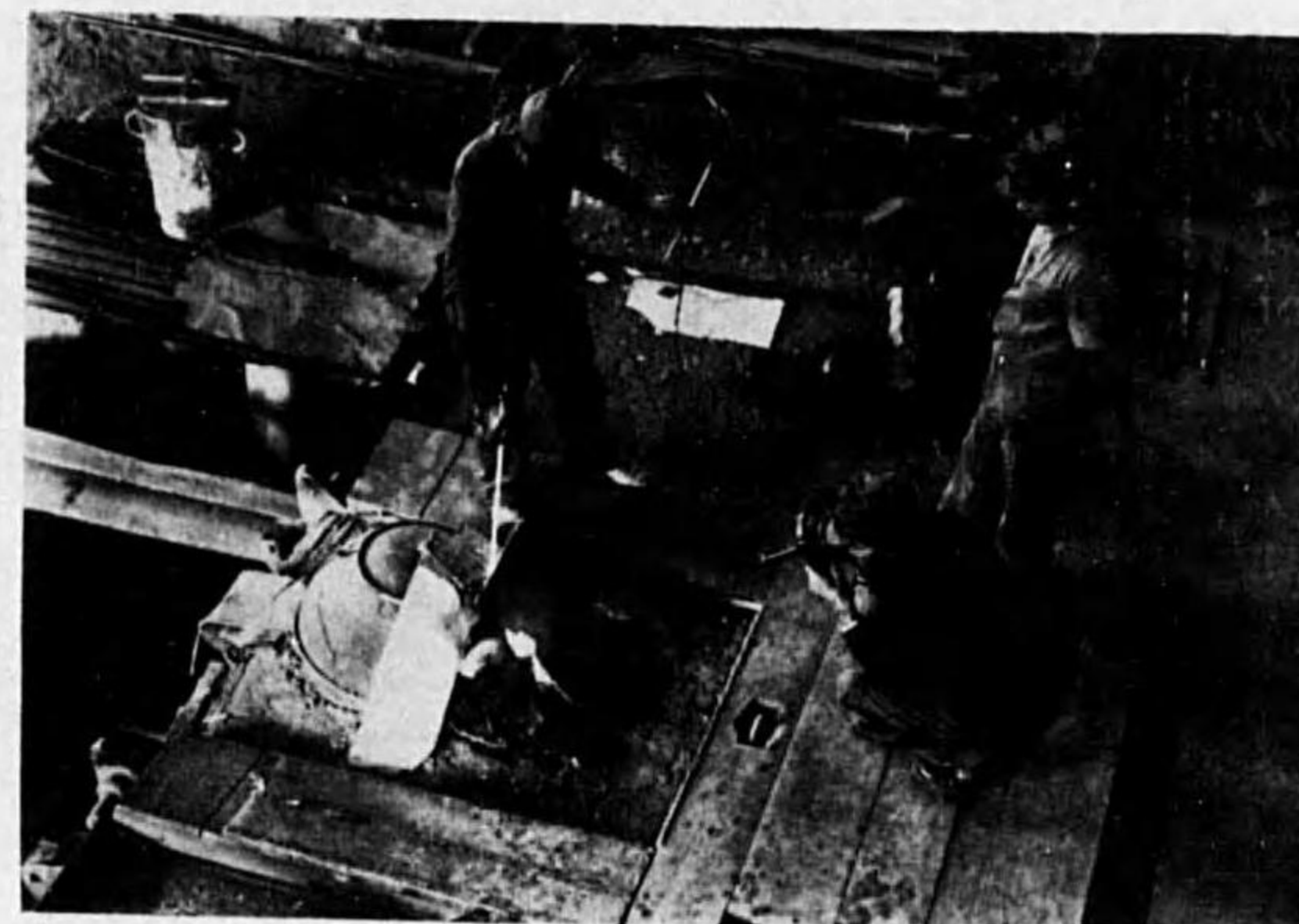
6. W-C 及び C-SiC 熱電對は挿入する長さによりて起電力が異なるから補正當時と同じ深さだけ挿入すれば辛じて測定出来るが熱電對としては W-Mo に遠く及ばない事を知つた。

3 測定状況及び其結果

實驗に供せられたる高周波電気炉の容量は 1 吨にして内容は内徑 560 耗、深さ 1000 耗、1000 サイクルで 1 チャージの使用電力は約 1000 k.w. であつた。光高温計に依りて電気炉内の熔鋼の表面

(1) G. Leiber, B. Osann u. Schröder, Arch. Eisenhüttenwes., 7 (1933), 89.
 (2) 鉄と鋼 23 (1937), 337; 25 (1939), 1.
 (3) 香野, 鉄と鋼 25 (1939), 933.
 (4) 海野, 日鉄八幡製鉄所研究所研究報告 17 (1937), No. 1 鉄と鋼 23 (1937), 644.

第 1 圖 測 定 状 況



温度を測定するに當りては第 1 圖に示せる如く半球形をなせる石綿板又は他の材料に由りて上部を圍み此球形に直徑約 10 釐の穴を作り此穴より内部熔鋼の表面スラッグを拭ひたる部分に付きて測定し別に補正せる白金、白金ロヂウム熱電對に由り表面の温度を測定し

た。電気炉内熔鋼の表面温度は此兩者の完全なる一致を見た。即ち第 1 圖に示せる如くして測定すれば熔鋼の表面のエミッシビチーは完全暗黒體の値 1 に等しい事が知られる。此際視穴の直徑を種々に變化せしめて見たが夫れに由る温度の變化は認められなかつた。測定に供せられたる製品の分析結果を示せば第 1 表の如くである。

第 1 表 分 析 表

番 號	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mo (%)
No. 1	0.35~0.50	0.2~0.4	0.2~0.5	3.0~4.0	0.6~1.2	
No. 2	0.25~0.35	< 0.35	< 0.60	2.5~4.0	1.0~2.0	0.2~0.30
No. 3	< 0.08	4.0~4.5	< 0.25	P 及 S は 夫々 < 0.03 及 < 0.02		

又熔鋼の内部の温度測定としては矢張り白金、白金ロヂウム熱電對を特種の保護管内に納めて是を熔鋼の表面より數種毎に挿入し此時の温度の讀みを探つた。此際外部の保護管としては石英管の種類に依りては挿入時間短かければ充分測定する事が出来るが熔鋼中に挿入の時間永くなれば軟化して曲がる恐れがあるから抽出後曲りの程度に注意せねばならぬ。斯くして光高温計によりて測定せる湯の表面出鋼、注入の温度を夫々 B, C, D とし又白金、白金ロヂウム熱電對により表面より數種内部の温度を A とし而して表面を光高温計に依りて測定すると同時に内部温度を測定した。其結果は第 2~3 表の如くである。

第 2 表 No. 1 及び No. 2 (防楯鋼) の温度 (攝氏)

A 内部 (熱電)	B 表面 (光高)	A - B	C 出鋼 (光高)	A - C	D 注入 (光高)	C - D	表面よりの 深さ (mm)
1559	1490	69	1470	89	1425	45	9
1603	1550	53	1515	88	1450	65	9
1609	1530	79	—	—	—	—	—
1602	1550	52	1535	67	1466	69	5
1642	1562	80	1535	107	1480	55	12
1616	1565	51	1545	71	1485	60	6
1598	1555	43	—	—	—	—	—
平均 1601	1534	67	1507	94	1452	55	—

第 3 表 No. 3 (T珪素鋼) の温度 (攝氏)

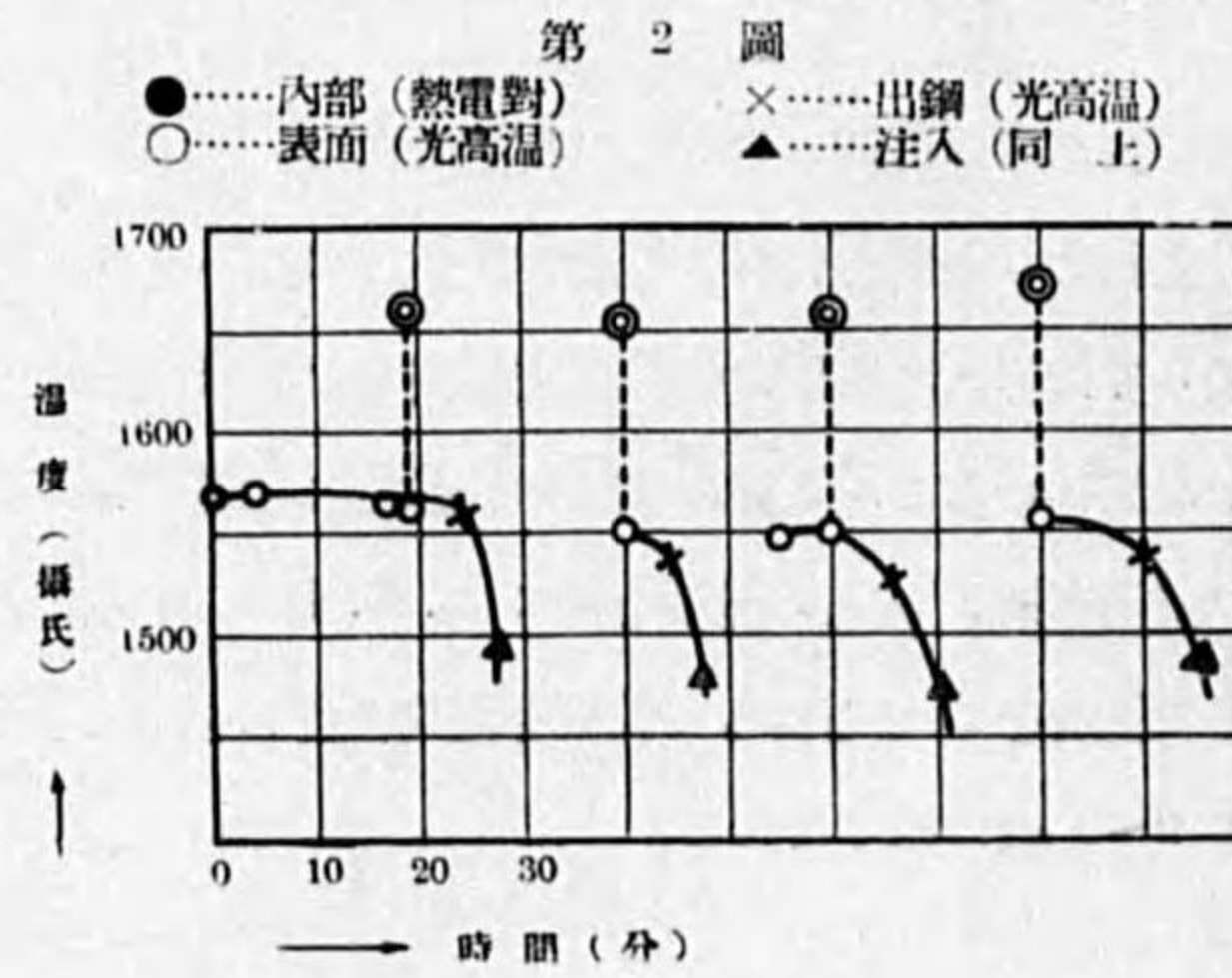
A 内部 (熱電)	B 表面 (光高)	A - B	C 出鋼 (光高)	A - C	D 注入 (光高)	C - D	表面よりの 深さ (mm)
1655	1550	105	1540	115	1480	60	10
1656	1550	106	1530	126	1470	60	10
1670	1556	116	1540	130	1485	55	10
1661	1560	101	1565	96	1485	80	10
1655	1550	105	1540	115	1480	60	10
1656	1550	106	1530	126	1470	60	10
1671	1556	115	1540	131	1485	55	10
平均 1661	1553	108	1541	120	1479	61	10

第 3 表に示せる二三の場合につき測定温度に補正を施さずして時間と温度との関係を示せば第 2 圖の如くである。出鋼より注入迄の時間及び内部の温度によりて注入温度の降下の差が知られる。即ち深さ同一なる場合に高温を示せる右端の場合には其温度の降下少なるを見るべし。

No. 1 及び No. 2 は普通に防楯鋼と呼ばれ No. 3 は T珪素鋼と呼ばれてゐる。

4 Emissivity

A は煉鋼の内部で此際の熱電對の深さは 5~12 mm に及んでをり其他は光高温計に依りて測定した。表面温度 B は正しく



..... (4)

熔鋼の眞の表面温度を示してゐる。第 2 表 A-B は第 3 表の夫れよりも値は小さい。即ち兩表の B の温度に於ては 19° の差があるが内部では平均約 60° の差がある事が知られる。若し Emissivity が 1 で炉内の平均温度が A ならば A と C とは殆んき同じ値を示す可きであるが事實は然らざるを以て第 2~3 表に於ては A-C は夫々平均して 94° 及び 120° の差を示してゐる。是其材質によりて Emissivity を異にする所以である。依て Emissivity を E, 光の波長を λ 眞の温度を Tw 光高温計の示す温度を Ts とすれば

Planck, Emissivity に關する式は

$$\log E = \frac{0.4343 C}{\lambda} \left(\frac{1}{T_w} - \frac{1}{T_s} \right)$$

$$\lambda = 0.656 \mu, \quad C = 14500$$

第 2~3 表の A は熔鋼の表面より 5~12 mm 内部の夫々の温度であり又 B は鋼滓を除去せる直後の熔煙無き部分に付き炉の表面を疵ひたる際に視穴より光高温計に依り約 1 米の距離に於て測定せる値であるから熔鋼の表面の眞の温度を見做す事が出来る。出鋼温度は既に疵を除去せる後の流出温度であるから、完全暗黒體を見做す譯にはいかぬ。從てエミッシビチーの補正を要する温度である。元來熔鋼は平炉の場合に於ては熔鋼槽の表面温度と内部及び底部に於ては夫れ等の層及び場所に據りて温度は同一では無く、高周波電気炉に於ては次に述ぶる如く表面は平炉の場合とは反對に内部よりも低温であつて内部中心附近迄は順次温度の上昇を示してゐる。又炉の中心より炉壁に到るに従ひ順次低温を示す道理である。此温度降下の割合は炉の各層に付て連続的に多少づつ變化しておつて何れも同一ではないのである。從つて出鋼時に於ては瞬間毎に場所によりて多少の温度變化がある。平炉の出鋼時に於て各部に温度差の存する事は昨年商工省天野技師が既に實驗せられた所である。高周波電気炉に於ても既に熔鋼の温度が一定でないから出鋼時に於ても前と同様に瞬間瞬間に温度は變化するのである。然らば光高温計によりて求められたる温度は何であるか云へば温度に斑のある熔鋼の測定時に於ける平均温度を測定してゐるのである、即ち迅速なる流れの濃淡の平均値を吾人は求めてゐるのである。前述せる如く中心部は最高で炉周及び表面に到るに従つて低温を示すが出鋼時の測定温度は實績に徴するに夫れ等の平均温度を考へざるを得ないのである。依て出鋼時の流出温度は炉の熔鋼の平均温度を示すものとして考へてエミッシビチーを決定せんとしたのである。出鋼時は短時間で数十秒以内であるから此間に只一回の測定が漸く可能なる程度である。而して第 2~3 表を見るに各々の場合に於て殆んき大同小異である。是は即ち測定時刻が多少異なつても其温度には餘り差異が無いと云ふ事である。依て出鋼時に光高温計に依りて測定せる温

(1) Ann. d. phys. 1 (1900), 69, 719.

度を以て熔鋼の流出直前の平均温度を見做しても差支無いのである。炉内に於ては後に示す如き Parabola より平均値を求め又炉周の低温を考慮する時は第 2~3 表 A の温度を以て全体の平均値を見做す事が最も近き温度であるを考へられるから此 A を T_w とし C の温度を T_s と見做す事にした。今第 2~3 表よりして T_w 及び T_s に相当する A 及び C の温度を知れるが故に是等よりして上式 $\log E$ を求め之より Emissivity E の値を求めれば

No. 1 及び No. 2 の Emissivity.....E = 0.56

No. 3 の EmissivityE = 0.46

即ち No. 1 及び No. 2 なる防船鋼の Emissivity としては 0.56 を得、T 珪素鋼の Emissivity としては 0.46 を得た。但し此際は熔融状態に於ける Emissivity である。著者が先きに 1.0% 珪素鋼の高温に於ける固体の Emissivity として 0.57 を得たが珪素量を増し熔融状態に到れば更に減少して 0.46 となり益々完全暗黒體に遠ざかり純鉄の値に近づく事を知つた。出鋼より注入迄の経過時間は約 4~5 分なるも其間に於ける温度降下は夫々 55° 及び 61° で殆んど相似たる値を示してゐる。即ち毎分約 12~14 度の温度降下割合であるが No. 3 は No. 1 及び No. 2 に比して其注入温度は見かけ上 D の値は平均 27° の差があり、補正を行へば

No. 1 及び No. 2 1452 + 82 = 1534

No. 3 1479 + 114 = 1593

差 = 59

眞の温度差は 59° となつてゐる。即ち T 珪素鋼の熔鋼は見かけ上よりも相當高温である事が判かる。

5 深さに依る温度差

第 2~3 表 A 及び B は熔鋼の温度が表面と内部とに於て差が無ければ殆んど同一なる可きに夫々 67° 及び 108° の平均としての差が有る。B の値は Emissivity 1 なる場合であるから夫れが直ちに眞の表面温度を考へて宜しいのであるが A の温度は常に B よりも高い。して見れば熔鋼の内部温度は高周波の場合に於ては表面温度よりも常に高温に有る事が想像せられる。依て著者は、熱電對挿入の深さを變へて表面温度と同時に温度を測定した。其結果は第 4 表の如くである。

- (1) 製鉄研究 130 號附録、鉄及鋼並製鉄諸原料化学成分一覽表 (1933), 130.
- (2) 製鉄研究 130 號附録、鉄及鋼並製鉄諸原料化学成分一覽表 (1933), 122.
- (3) 海野、日鉄八幡製鉄所研究報告、XVII, No. 1 (1937), 鉄と鋼, 644 (1937).

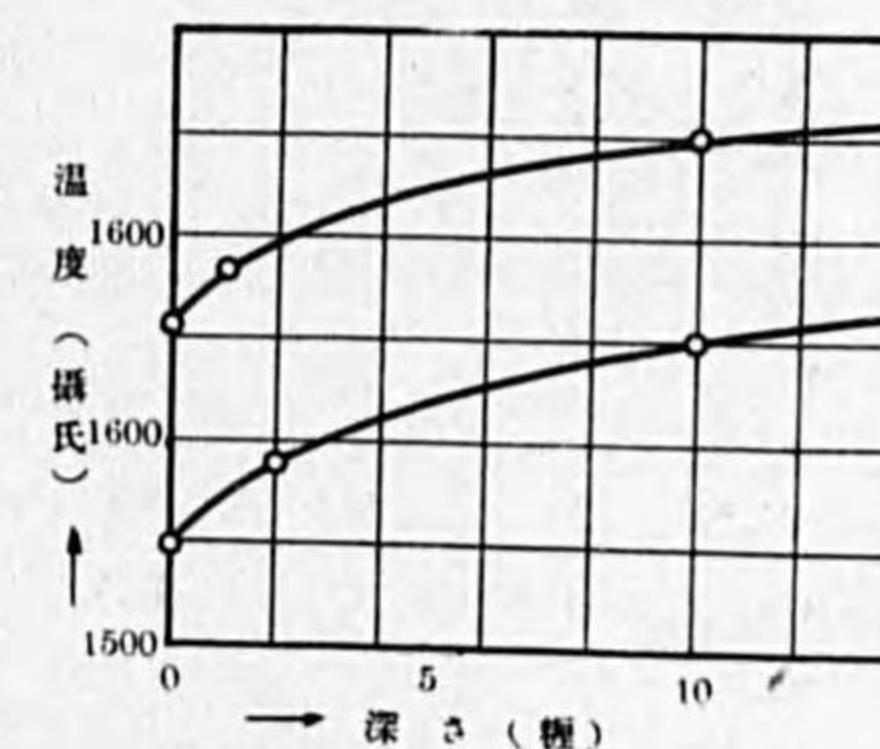
第 4 表 深 さ と 温 度 (攝 氏)

熔鋼の番號	10 櫃内部	1 櫃内部	2 櫃内部	表 面	出鋼(2分後)	注入(6分後)	注入(7分後)	注入(8分後)
No. 3	1618	1582	—	1555	1532	1457	1469	1478
No. 3	1647	—	1589	1547	1530	1445	1468	1482

是に依れば高周波電気炉に於ては表面よりも内部温度は高く、注入後或程度迄は温度は順次高まるを見る。是注入始めは出鋼口の低温と比重の差によりて底部は温度低き爲め注入し始めてよりしばらくの間は温度が多少上昇するものであるを考へられる。今深さと温度との關係を示せば第 3 圖の如く、出鋼状況を第 4 圖に示した。

第 3 圖に依れば高周波電気炉に於ては表面温度は最も低く内部に到るに従つて温度は上昇する事が知られる。

第 3 圖 電気炉内の熔鋼温度



第 4 圖 出 鋼 状 況



今温度を T 深さを D とし T^2 と D との關係を求めれば第 5 圖の如くなる。是に依れば深さによる温度の二乗の變化の關係は直線を以て表はす事が出来る。而して兩直線共殆んど同一直線となるから、兩直線は

$$90.6 T^2 = 2.43 \times 10^6 D + 2.43 \times 90.6 \times 10^6 \dots\dots\dots (1)$$

なる式で表はす事が出来る。由て此 T と D の関係は

解析幾何學上 $H^2 - AB$ を求むるに

$$0^2 - 90.6 \times 0 = 0$$

即ち Paraboloid である事が知られる。

Origin を (D - 90.6) に移して

$$T^2 = \frac{2.43 \times 10^6}{90.6} D$$

$$T^2 = 2.67 \times 10^4 D \dots\dots\dots (2)$$

上式 (2) の T に種々なる値を入れて T と D を求むれば第 5 表となる。

第 5 表 $T^2 = 2.67 \times 10^4 D$

温度 (T°)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
深さ (D) 厘	1.5	6.0	13.5	24.0	37.5	54.0	73.4	96.0	121.4	150.0

D 軸上 90.6 厘即ち A に相當する點線を以て示せる温度は電氣炉の表面温度を示し 90.6+50 = 140.6 厘即ち B 點に相當する點線を以て示せる温度は炉の中央部の最高温度を示す事となる。然らば各所が異なる温度であるから全體としての平均温度は 炉中では何度位になつてゐるかを考へて見よう。但し此際炉の中央を炉長に添つて通ずる軸を考へ 此軸は凡て同一温度を見出したるべきの平均値を求めて見んのである。實際は炉の周に到るに従つて熔鋼の温度は順次に多少低下してゐる可きである。(2) 式よりして

$$T = \sqrt{2.67 \times 10^4 D}$$

$$\therefore \int T dD = \int \sqrt{26700} \sqrt{D} dD$$

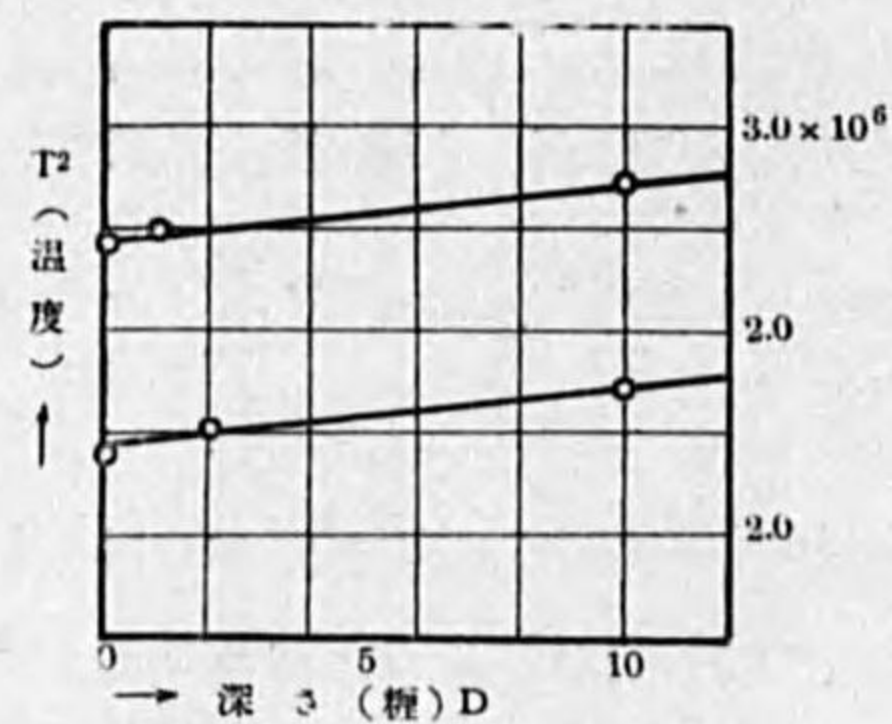
$$= \sqrt{26700} \cdot \frac{2}{3} \left[D^{\frac{3}{2}} \right]_{90.6}^{140.6}$$

$$\therefore \text{平均温度 } T_m = 1749^\circ\text{C}$$

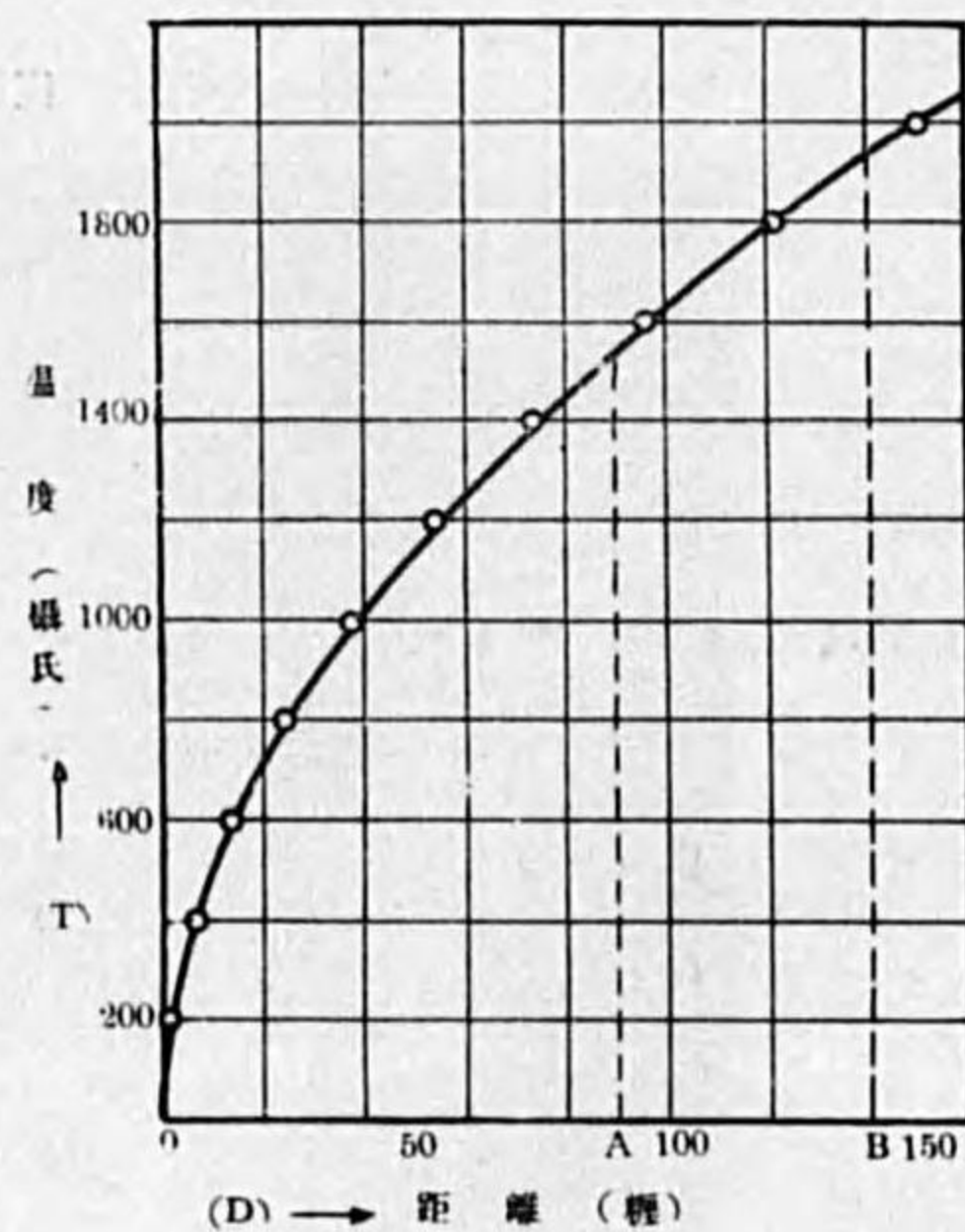
即ち上記の中心を通る軸上の平均温度は 1749°C となる。併し周囲の温度低下の爲めに熔鋼の温度は是よりもはるかに低温を示してゐる道理で有る。第 4 表の温度を補正し注入時迄の温度を記すれ

(1) Conic sections by puckle

第 5 圖 T^2 と D



第 6 圖

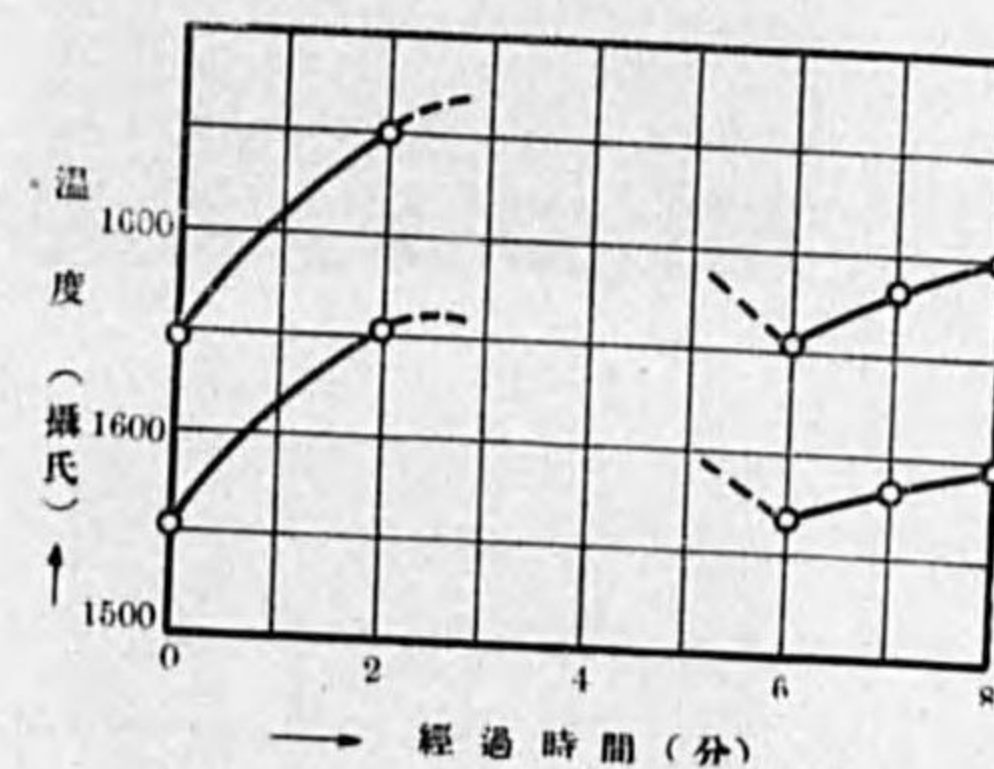


ば第 6 表の如くなる。

第 6 表 補正せる温度 (攝氏)

熔鋼の番號	表 面	出鋼 (2 分後)	注入 (6 分後)	注入 (7 分後)	注入 (8 分後)
No. 3	1555	1654	1569	1584	1596
No. 3	1547	1652	1556	1583	1600

第 7 圖 No. 3 の 温度



此結果を示せば第 7 圖の如くなる。2 分後出鋼時の温度は表面よりも高温を示すを見る。恰も第 6 圖より考ふれば表面より 12 厘附近の熔鋼の温度を示せるが如く考へらる。6 分後の注入温度は低く夫れより多少温度の上昇を見る。始めに低くして後に上昇を示すは熔鋼槽内部に於ては最後の比較的低温の熔鋼が上部に位し充分均一になりをらざる結果なる可し考へらる。

6 熔鋼の各部の温度

平炉の内部に於ても熔鋼槽の中心部即ち高温の火焰に接する部分の温度は炉周即ち隅の方に位置せる熔鋼の表面温度よりも高温にあるは吾人の常に目撃する所であり、又田所式熱電對 W-Mo によりて熔鋼の表面と内部温度は異なり常に内部及び炉底は表面よりも低温にある事が知られる。本報告に於て既に述べたる如く高周波電氣炉に於ては平炉の場合と反對に内部は表面よりも高温にある事を知つた。由て出鋼時に於ては常に是等温度の差ある部分が常に相交りて流るゝ事は想像に困難でない。昨年商工省天野技師が出鋼時に當りて撮影せる實驗の結果を茲に引用して見んのである。第 8 圖中白色の斑點は即ち酸化膜である。此の際の鋼は普通の炭素鋼であつた。

第 8 圖 (炭素鋼) (時間 $\frac{1}{350}$ 秒)



次に第 9 圖は高炭素鋼の出鋼であつて此際の温度は黒體温度で約 1550° であつた。此結果よりして知らるゝ如く出鋼の此短時間内に於て見るに場所によりて温度の差が有る事が知られる。次に出鋼に際して $\frac{1}{40}$ 秒時にて撮影せる結



第 9 圖 (高炭素鋼) ($\frac{1}{350}$ 秒)



第10圖 (炭素鋼) ($\frac{1}{10}$ 秒)



第 11 圖 (高炭素鋼)



果を第 10 圖に示した。肉眼で見ると第 8 圖の如き白色の斑點も測定時間が多少長くなれば第 10 圖の如く線になりて表はるゝものであるからして實際吾人が光高温計によりて求むる温度は多少の酸化膜や又高温底温の部分が交錯して流出する其平均値を求めてゐるのである事が分かる。次に高炭素鋼の熔鋼槽より鑄型に注入する際に於ける状況を第 11 圖に示した。中部より以下白色に見ゆる部分は酸化膜を生じたる結果である。先年某所に於て各會社より光高温計を持参し同時に注鋼の際に於て測定せる際に各測定者の得たる温度は各々數拾度の差を認めたりしが、元より補正の程度種々にして且つ測定的位置の多少の相異によりて其 Emissivity に相當の差あるが故に數拾度の差を生じたりしは又當然なりと云はねばならぬ。元來光高温計は其補正が正しく行はれ且つ測定的位置同一にして同時の測定ならば極めて相近き測定の結果を得らる可きものである。由て光高温計によりての温度測定は充分なる注意の下に於て行ふ事が必要である。

7 高周波電氣爐の温度は何所を測る可きか

光高温計に依りて測定せる出鋼時の温度を知り夫れに Emissivity に據る補正を行つて眞の温度即ち第 2~3 表に示せる A の値を求め此値を以て高周波電氣爐内の熔鋼の温度と見做すのであるが

實際の作業に於ては出鋼以前に於て熔鋼の内部の平均温度 A を知る必要がある。光高温計では熔鋼の表面温度 B を知りて直ちに以て出鋼温度即ち出鋼以前の熔鋼の内部の温度を知るの要がある。電氣爐に疵を施して測定せる B の値は熔鋼の表面の眞の温度ではあるが、此温度を以て直ちに平均温度と見做す事が出来ないのは前述せる通りである。由て此 B の値を T_s とし A の値を T_w とし E の値を先きの如く求むれば

No. 1 及び No. 2 の Emissivity..... E = 0.67

No. 3 E = 0.51

夫々 0.67 及び 0.51 を得る。高周波電氣爐に於てはニッケルクロム鋼及び 4% 珪素鋼の Emissivity は夫々 0.67 及び 0.51 として求めたら宜しいのである、即ち疵を施せる時光高温計に依り視穴より熔煙又は鋼滓の無き所を測り Emissivity を夫々 0.67 又は 0.51 として補正を行へば電氣爐内の熔鋼の平均温度を知る事が出来るのである。出鋼時の温度に付てはニッケルクロム鋼ならば E の値を 0.58 とし 4% 珪素鋼では 0.46 を採用すれば、炉内で測定した温度に付ては 0.67 又は 0.51 をさりて補正せる値に殆んど合致す可べきである。以上は補正せる光高温計に由りて高周波電氣爐内熔鋼の平均温度を知る方法を示したのであるが吳式又は田所式に依りて炉内熔鋼の平均温度を知るには熔鋼の表面から直下に約 10 ㎝の所の温度を計れば大體として平均温度となる。此際吳式の W-O 熱電對に依る時は特に注意を要する事は其熱電對が熔鋼の内部に沈下する長さを正確にする事である。此長さが變れば起電力が變化するから沈下せる長さを補正當時の長さによく一致せしめねばならぬ事は特に注意を要する事項である。

8 吳式高温計に依る測定

佐々川博士考案の吳式高温計⁽¹⁾に依り高周波電氣爐内熔鋼の温度を測定した。熔鋼は No. 1 及び No. 2 の熔鋼に付てであつた。其際の結果を第 7 表に示した。

第 7 表

熔鋼の番號	表面より約10㎝(吳式)	表面 (光高温計)	表面より約10㎝(白金)	吳式との差
No. 1	1655	1500	1657	2
"	1660	1565	1661	1
No. 2	1635	1545	1637	2
"	1620	1525	1617	-3

(1) 鉄と鋼 [23 (1937) 334; 25 (1939) 1] 前掲

之に依れば吳式高温計は白金、白金ロヂウム熱電對によりて測定せる 同じ深さの位置に於ける温度を殆んど完全に相一致するを見た。併し乍ら光高温計によりて測定せる熔鋼の表面温度は何れも低い。是は當然なる結果である。何となれば光高温計は熔鋼の表面の其位置に於ける温度を測定す可きものであり、吳式及び他の熱電對の高温計は夫れが挿入せられた深さに於ける其熱電對附近の温度しか測定出来ないものであつて、各々其特徴を異にしてゐるのである。高周波電氣炉内の熔鋼の如きは光高温計に依りて其表面温度を知るに雖も直ちに其熔鋼全體の温度が夫れで有ることは斷言出来ないに同様に吳式及び他の熱電對に依りて測定せる温度を以て直ちに其熔鋼全體の温度なりとは斷言する事が出来ない道理である。鋼の温度には表面及び内部に温度差が有る時は既に依博士⁽¹⁾の述べられた如く光高温計で鋼全體の温度を一度に知る事は出来ない。併し熱電對に於ても同様に直ちに其鋼内部の一ヶ所の温度を以て鋼全體の温度と見做す事の出来ないのは同様である。一般に此種非金屬を熱電對とする場合は熱源に挿入する深さに依りて同一熱源に於て温度の指示を異にするものであるから著者は吳式高温計に依りて深さに對する温度の指示を試験したのである。先づ最初内徑50耗、長さ300耗の炭素粒電氣炉内に吳式熱電對と標準温度測定用の白金及び白金ロヂウム、熱電對とを相接せしめ、炉内の深さ100耗迄挿入し、電氣炉の温度を各任意温度にて一定に保ちたる後電位差計にて其起電力を測定した。其結果は第8表の如くである。

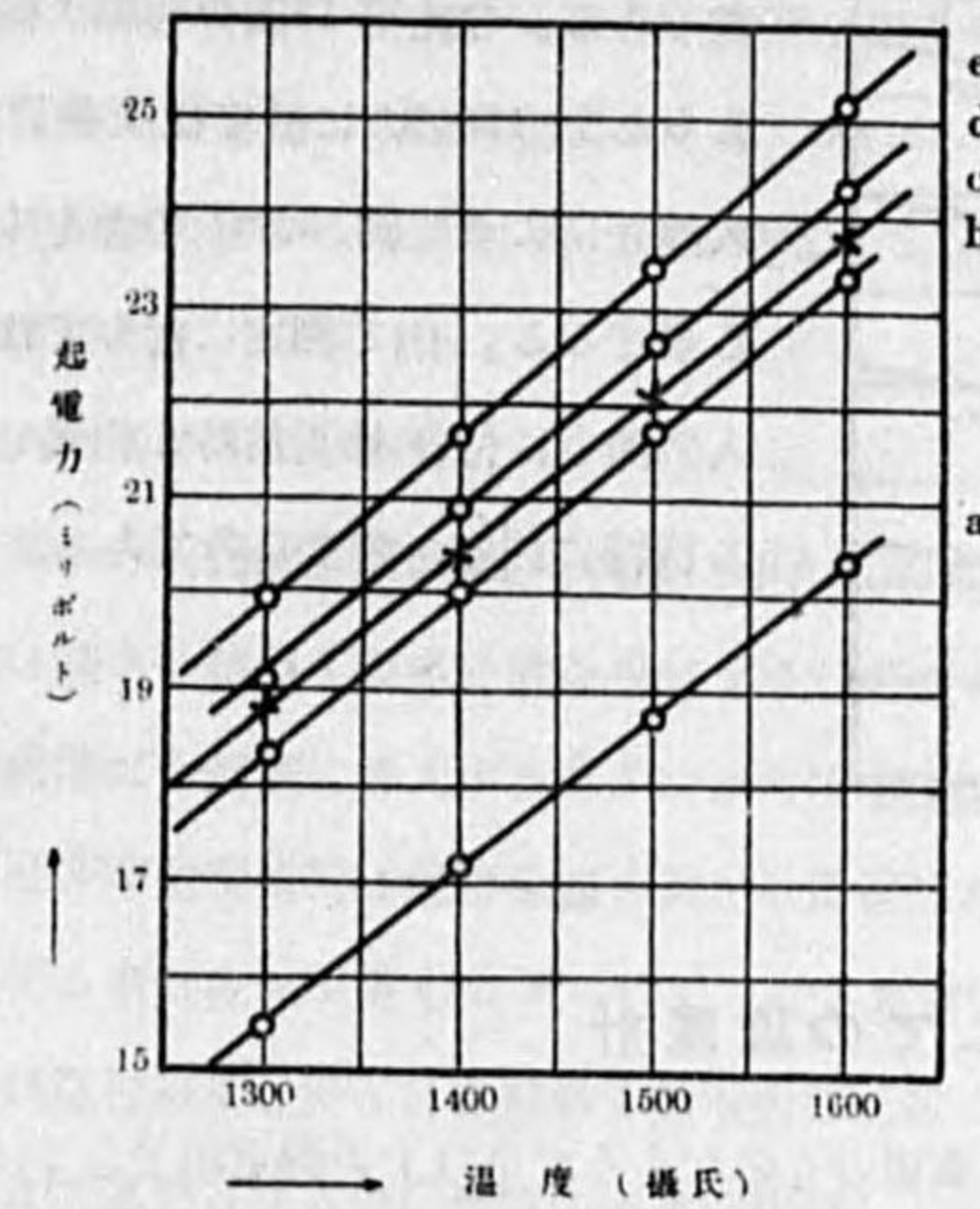
第 8 表 吳式熱電體の挿入深さと温度

熱電對の状況	温度 (°C)	1300	1400	1500	1600	記 號
アスベスト炭素保護帶除去して 50 耗挿入		15.48	17.14	18.72	20.35	a
" " 65 耗挿入		18.29	20.14	21.65	23.35	b
佐々川博士の實測値		18.80	20.42	22.11	23.77	c
アスベスト炭素保護帶除去して 100 耗挿入		19.05	20.94	22.63	24.30	d
普通状態にて 100 耗挿入		19.92	21.68	23.44	25.20	e

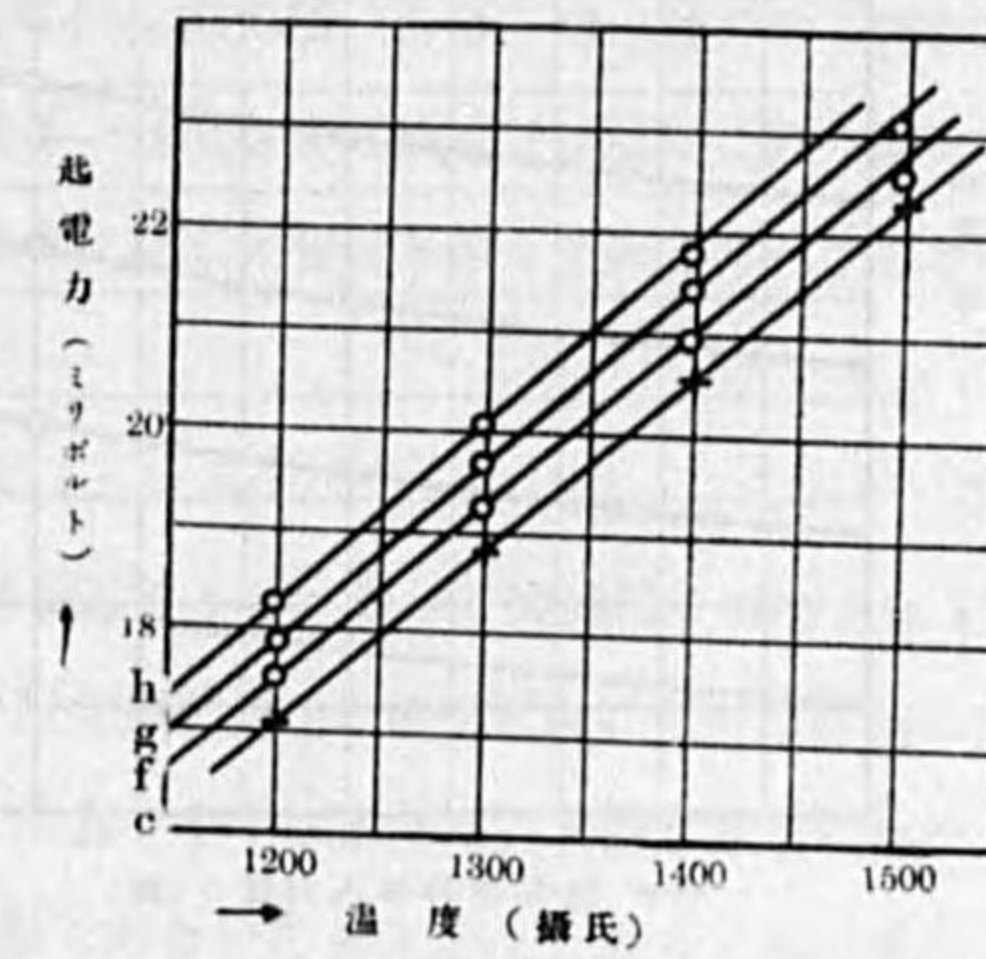
此結果を第12圖に示した。是に依れば石綿炭素保護帶附着のまま測定せる値eと佐々川博士の測定結果cとに於て既に約200度C以上の差がある。保護管除去せば50耗と65耗挿入の場合即ちaとbとに於て僅に50°の差を生じてゐる。次に保護炭素帽を脱して熱電對を裸とし是を内徑20耗の磁製管内に白金及び白金ロヂウムの標準用熱電對と共に電氣炉内に挿入し其深さを變化せしめて温度を測定した。此場合に於ても毎回炭素面及びWの接する面を清淨にし、炉の中心線に保ち、且つ一定温度に拾數分間づつ保持して温度の讀みを探れる事は全く前と同様である。其結果を示せば第9表となり。是を圖示すれば第13圖となる。又此際の断面圖を示したものは第14圖である。

(1) 儀、鉄と鋼 25 (1939) 291.

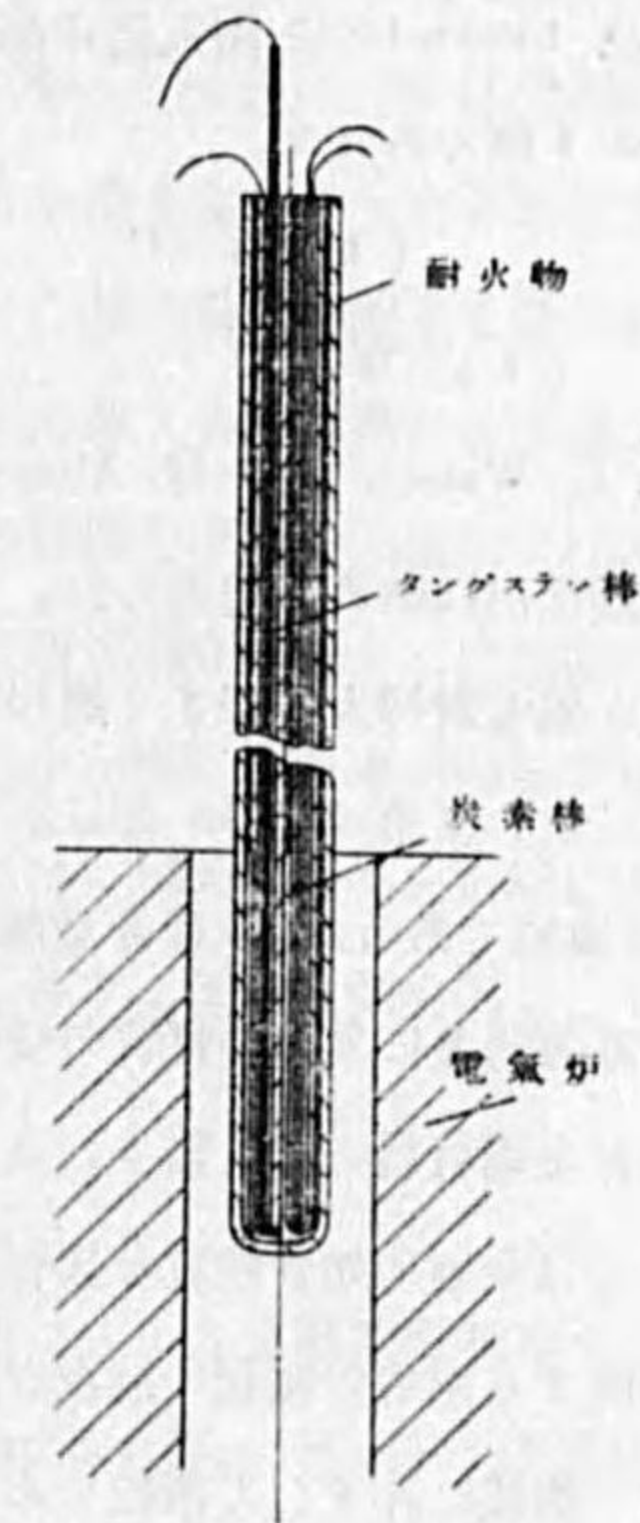
第 12 圖 温度と深さに依る起電力



第 13 圖 温度と起電力



第 14 圖

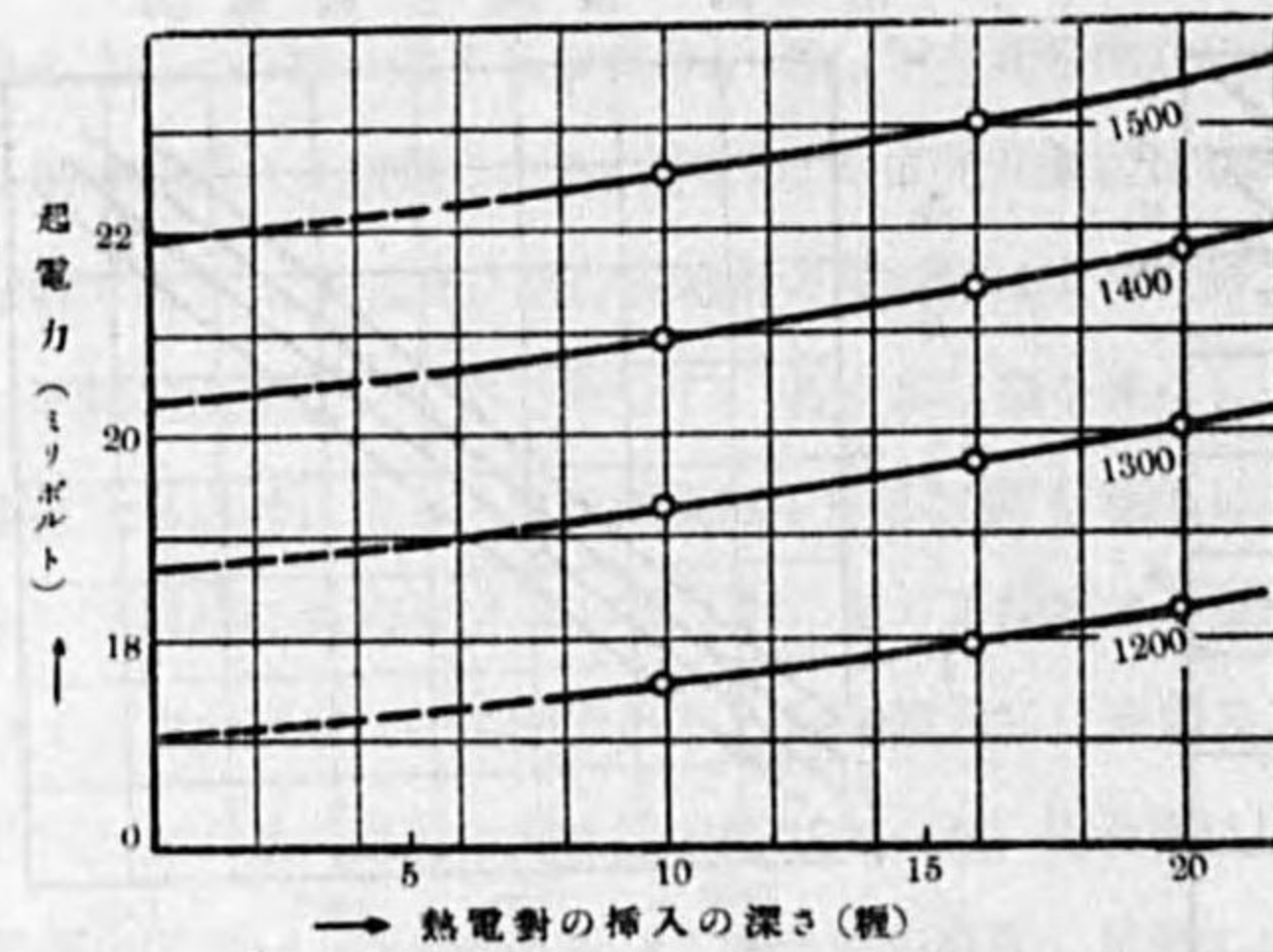


第 9 表

熱電對の状況	温度	1200	1300	1400	1500	記號
100 耗 挿 入		17.55	19.27	20.93	22.55	f
160 耗 挿 入		17.93	19.73	21.43	23.07	g
200 耗 挿 入		18.30	20.08	21.80	-	h
佐々川博士の發表値		17.12	18.80	20.42	22.11	c

是に依れば矢張り吳式熱電對は深さに依りて其起電力を異にする。換言すれば挿入せらるる炭素棒の長さに依りて其起電力は變化するものである事が分かる。此際佐々川博士の報せる値と比するに何れも其起電力は大である。由て此際に於ける熱電對挿入の深さと起電力とを圖示すれば第15圖となる。此結果より推すに佐々川博士が實測の起電力は此熱電對を熱源に挿入する事3~4種の場合の値となる。是より考ふれば此 W-C 熱電對は熱源が同一温度にあるに雖も其挿入の深さに依りて其起電力従て温度の指示は異なる事となる。是恐らくは電氣抵抗以外の電氣的又は其他の性質の變化によりて現はるる結果なる可しと推測せらるるものである。去り乍ら此 W-C 熱電對は使用に適せずと云ふのではない。標準用熱電對によりて補正を行へる場合と等しき深さだけ熱源に挿入

第 15 圖 熱電對挿入の深さと起電力



9 高温測定用としての温度計

最高 1500~1600° 附近迄の高温測定用としては白金属のものがあるが是以上の測定用としては先づ次の4種であらう。

- (1) W-C (2) C-SiC (3) W-Mo (4) 光高温計

(1) W-C

H. L. Watson 及び H. Abrams⁽¹⁾ が既に此熱電對を使用した。W は酸化し易く C は燃焼し易いので保護管内に納めて使用した。其後佐々川博士⁽²⁾ は此熱電對の形状に工夫を施し熔鋼の温度測定に用ひたが熱電對挿入の深さと起電力との關係に付ては論述してゐないのは甚だ遺憾である。著者の實驗によれば第 12~13 圖に示す如く深さによりて起電力が左右せらるゝ事が判つた。此熱電對は W は金属であるが C は非金属であり無定形の物質であるから金属の如く挿入の深さ及び温度に對する電氣的並に其他の性質の變化が不定である。A. Schulze⁽³⁾ は熱電對用金属材料に付て論述せるが此種非金属材料の挿入長さによる熱起電力の變化に付ては更に言及してゐないのは甚だ遺憾である。今日金属の如き性質を具有した C を製作する事が未だ成功してゐないし、嚴密に云へば熱電對を構成する兩者の接續の狀況が温度によりて變化する事は熱電對としては満足出来ない所であつて兩者の熔接に非ずして隣接である事は高温測定熱電對としては避けられねばならぬ事は重要な事項の一つである。將來此 C の製作技術向上し金属の如く均質なる材料を作り尚ほ金属と熔接可能に到らば、高温測定用熱電對として充分價值あるものと考えられる。併し乍ら今日の有様では此

(1) Trans. Amer. Electrochem. Soc., 前掲
 (2) 鉄と鋼 前掲
 (3) Metallwirtsch., 18 (1939), 249, 271, 315.

W-C 熱電對は吳式の如く工夫せられたるものにおいて辛じて補正當時の熱源挿入と全く同じ深さに挿入すれば、其深さに於ける温度を知る事が出来る。即ち斯くしたる時に於てのみ熔鋼内部の其所の温度を知るには好都合のものであつて熔鋼内部の温度は光高温計では直接に測り得ないが如上の缺點の存する限り此 W-C は熱電對としては根本に於て其要素を缺くものと思へざるを得ないのである。

(2) C-SiC

Fitterer⁽¹⁾ は此熱電對は最も高温に耐えるものとして報じてゐる。而して尖端挿入の深さは 2"~10" 迄は深さに依りて温度に差を生ぜずしてゐるが、最近田所博士の研究實驗に依れば此種の熱電對は熱源たる熔鋼に挿入する深さによりて指示温度に相異を生ずる事は除去し得ざる事が分つた。即ち是等非金属材料は他の金属と異なり均質たる事困難であるから挿入程度に依りて指示温度に差を生ずる事は佐々川博士の W-C よりなる熱電對と全く同様である。一般に耐火物及び非金属材料は今日迄の結果に於ては金属性の熱電對には遠く及ばない。即ち温度の上昇に伴ひ挿入の深さが變れば其電氣的及び其他の性質の變化が比例して作はない結果で有ると思へられる。H. M. Kraner⁽²⁾ が述べてゐる様に夫れ等の熱電對は温度の上昇に依りて其材質に變化を生ずるから一定の起電力を得る事が困難なので有らうと思はれる。(1) の W-C の場合の如くに補正當時の深さと同一の深さに挿入すれば其熱電對の尖端附近の温度を辛じて知る事が出来るが、挿入の深さ異なれば是よりして相當の誤差を生ずるのが缺點である。併し乍ら補正當時と同様の狀況の下に於て使用すれば、光高温計が測り得ざる深さの温度を知り得る特徴がある。實際熔鋼の温度測定に當りては熱源が相當大なる爲めに測定者は相當の距離をおかねばならぬから挿入の深さを正確にする事が困難で有る。従て是より來る誤差は光高温計の誤差よりも大なる場合が有るから特に挿入の長さを正確にする必要がある。併し乍ら此 C-SiC 熱電對は上述せる缺點を補ひ得るに非ずば高温測定用としては生命を認め難いものである。

(3) W-Mo

M. Pirani 及び Von Wangenheim⁽³⁾ は 75% W + 25% Mo を W よりなる熱電對を作つて Mo の融解點の決定を試みた。其後 G. Leiber, B. Osann 及び E. Schröder⁽⁴⁾ 等は W-Mo の熱電對を作り是によりて鹽基性平炉内の熔鋼温度測定を試みた。其後 G. Leiber⁽⁵⁾ は其保護耐火管に付き更に

(1) The Iron Age, July 22 (1937)
 (2) Ind. Eng. Chem., 23 (1931), 1098.
 (3) Zeit. techn. phys., 6 (1925), 358.
 (4) Arch. f. Eisenhüttenwes., 前掲
 (5) Arch. f. Eisenhüttenwes., 11 (1937), 63.

研究し、二段の熱電對を使用する様に工夫し、三回使用に付き一回の耐火管取り換へ迄に到つた。新しくして彼は光高温計と比較測定を行ひ熔鋼温度測定の際の Emissivity として $E = 0.41 \sim 0.50$ を得、其平均値として $E = 0.445$ を報じてゐる。又 M. Geusamer 及び V. E. Thornburg⁽¹⁾ は高温に於ける鉄の水素還元炉に於て此熱電對を使用してゐる。此場合に於ては彼は O_2 を除ける乾燥せる H_2 を持つて W-Mo 熱電對を包圍してゐる。田所博士は同じ熱電對を Geusamer と同様に水素瓦斯を以て包み考案せる特種の耐火管を用ひて平炉内の熔鋼温度を測定し 1938年既に學術振興會に報告してゐる。同報告に依れば熔鋼中の温度を 1 時間以上に亘りて測定し極めて僅少の温度降下をも測定してゐる。此 W-Mo 熱電對は挿入の深さに依る温度の誤差が W-C や C-SiC の場合の如くではなく殆んど深さによりて影響が無いのが優つてゐる點である。依つて實績より考ふるに熔鋼の内部温度測定用としては此 W-Mo の右に出づるものは未だ今日では見付からぬのである。

(4) 光 高 温 計

先年某所に於て光高温計により殆んど同時に各測定者が熱源の温度を測定したが相當の誤差が有つた。是は各光高温計が完全暗黒體と比較し補正せられておらざりし事が其第一の原因で有る。某製造所にて補正せる光高温計なりとて主張せる人も有つたが著者は翌日其製造所を見學し親しく光高温計の補正装置を検せるに完全暗黒體なる可き熱源が完全暗黒體の條件に叶つてゐない事を發見せる如きが其一例で有る。其際持參せられたる光高温計の補正の程度を知る事が出来よう。次に第二の原因としては流出熔鋼の各部の温度は時々刻々に變化し又既に第 8~11 圖に示せる如く僅少の位置の相違によりて其酸化の程度を異にするが故に相當の誤差を生じ易かりし事有る。尚ほ個人的誤差の加はるに於ては尙更の事であろうと思はれる。依て光高温計に依りて温度測定をなさんませば次の條件は必須のものである。

- (1) 充分正しく補正せられたる光高温計を使用する事。
- (2) 測定者の位置は風上にて火焰又は蒸氣等の瓦斯なき場合にして若し静止せる熔鋼ならば、表面の酸化膜又は鋼滓等を除去せる直後測定する事
- (3) 適當なる Emissivity の値を採用する事。
- (4) 測定者數班に分かるゝとも是等の條件を同一にし且つ同時に同所を測定すれば殆んど相似たる値を得る。著者等の實測に依れば 1550° の熔鋼の場合には多くも $\pm 5^\circ$ 位の範圍内で測定温度の一致を見てゐる。但し光高温計による温度は鋼塊又は熔鋼等の表面温度を知るのみで有つて内部の温度は直接に測定する事は出来ないの故に此點は他の熱電對に及ばざる點であるが、凡ての條件を

(1) Metals and Alloys, Jan (1937).

具備し測定者が色盲に非ざる限りは比較的容易に表面の真温度を知り得る特徴が有る。Elcock⁽¹⁾ の報によれば 1930 年 Sheffield 大學に於て完全暗黒體炉にて補正した 12 組の光高温計での測定結果では 9 人の測定は 2° 以内で一致し残りの 3 人の測定は其差 6, 11, 21° を示すに過ぎなかつたこと述べられてゐる。其後彼は英國鉄鋼協會の熔鋼温度測定小委員會の研究結果として熔鋼温度の測定には纖維消失型光高温計が最も宜しいこと云ふ事になつたこと報じてゐるが、以上に述べた熱電對等は其用途によりて各々特徴があるし又缺點があるから、此缺點を充分補へば各々其特徴を發揮する事が出来るであらう。

(1) E. W. Elcock, Iron & Steel Ind., 9 (1936), 431.

(2) E. W. Elcock, Iron & Steel Ind., 9 (1936), 502.

八幡製鉄所研究所既刊研究報告目次

巻 號	研 究 事 項
1 - 1	一、發 刊 の 辭
	二、フェロマンガニース電気冶金研究報告
	三、各種耐火物並に岩石の熱傳導率、比熱、密度及膨脹率の決定に就て
2 - 1	一、高溫度に於ける耐火物の熱的性質に就て
	二、各種鉄鑄物並に合金の「シュリンクエージ」に就て
	三、第 3 及第 4 熔鐵炉吹卸調査及其内容物研究報告
3 - 1	一、ランタナムの原子量測定
	二、石炭中に含有せらるる硫黄化合物の研究
	三、炭素鋼 4 種に對する熱間硬度試験
	四、鉄線の電気抵抗と其不純物との關係に就て
	五、壓延中ロールの溫度分布に就て
4 - 1	鋼 地 研 究
4 - 2	鹽基性耐火材としての「マグネサイト」の加熱變化に就て
4 - 3	各種鋼の機械的性質に及ぼす溫度の影響
5 - 1	加熱に因る珪石の膨脹曲線と珪石煉瓦 2, 3 種の試験結果に就て
5 - 2	炭素鋼の比熱に就て
6 - 1	砂鉄研究報告
6 - 2	變質砂鉄磁化焙燒並に磁選別研究
6 - 3	チルドロール材質研究 (第一)
6 - 4	熱的方面より見たる 2, 3 の作業狀況
6 - 5	一、テルリウムの融解熱並に變態熱量測定
	二、ニッケル及コバルトの變態熱に就て
	三、數種の金屬の融解熱並に高溫度に於ける比熱に就て
	四、數種の金屬の融解熱並に變態熱量に就て
6 - 6	築炉用保温煉瓦の熱絶縁力に就て
6 - 7	副産物捕集式瓦斯發生炉に關する研究報告
6 - 8	各種骸炭反應率測定報告
7 - 1	一、低速瓦斯流量測定に就て
	二、筑豊石炭の灰分と發熱量との關係に就て

- 7-2 煉瓦焼成に就ての 2, 3 の考察
- 7-3 一、D 鋼材研究
二、冷間加工を受けし鋼線及鋼板の青熱弾性
- 7-4 一、新設第 2 瓦斯送風機 (1,800 馬力) 並に餘熱回収装置の
試験報告 (其一)
二、同上 (其二、瓦斯ホルターに就て)
- 7-5 壓延中チルドロールの内部温度分布及膨脹に就て
- 7-6 珪化物炭素定量法に就て
- 7-7 チルドロール材質研究 (第二)
(チルドロール及セミチルドロール比較研究)
- 7-8 一、2, 3 の工具鋼及特殊鋼の比重測定
二、2, 3 のスラッグの高温に於ける含有熱量並に比熱に就て
- 7-9 一、純鉄に於ける A₄ 變態熱量に就て
二、炭素鋼の拉伸に依る比重の變化並に他の 1, 2 の性質に就て
三、燃料經濟より見たる鋼塊の冷却に就て
- 8-1 銅の鋼に及ぼす影響に就て
第一章 軟鋼に及ぼす銅の影響の探究
第二章 銅鋼材の熱脆性の成因研究
- 8-2 鉄及鋼中に於ける窒素に関する研究
- 8-3 石炭の着火温度と蒸發倍數との關係に就て
筑豊石炭の灰分と發熱量との關係に就て
- 8-4 2, 3 の工具鋼及特殊鋼の比重に就て
- 8-5 反射炉の熱能率に就て
- 8-6 小形工場加熱炉の熱能率とその熱的考察に就て
- 8-7 2, 3 の硬度數に就て
- 8-8 純鉄の高温に於ける比熱に就て
- 8-9 鋼片の加熱速度に就て
- 9-1 鉄及鋼中に於ける窒素に関する研究
(I) 純鉄の窒化機構に就て
- 9-2 各種珪石の變態熱量と變態膨脹の決定
- 9-3 散炭用石炭の熱的諸性質に関する研究

- 4 壓延工場に於ける 2, 3 の加熱炉の熱能率に就て
- 9-5 デューコール鋼研究
- 10-1 チルドロール材質研究 (第三)
(基本的諸性質の研究)
- 10-2 軌條横裂の研究
- 10-3 平炉の熱能率及び精煉に就て
- 10-4 加熱炉の熱能率と炉幅に就て
- 10-5 廢棄瓦斯の利用に就て
- 10-6 鑄鉄製ロールの熱處理に就て
- 10-7 鉄及鋼の窒化に関する研究
(炭素鋼の窒化機構に就て)
- 11-1 熔鐵炉瓦斯の利用及び配布に就て
- 11-2 半軟鋼質特殊管材の材質研究
- 11-3 鑄鉄製ロールに及ぼす製造状況の影響
- 11-4 高張力鋼板のプリスターに就て
- 11-5 製鉄製鋼用原料の熱量分析とその品位に就て
- 11-6 製鋼用各種「ドロマイト」の品位の判定と其應用結果に就て
- 12-1 外輪の材質研究
- 12-2 珪素鋼板の電磁氣其他の性質に及ぼす壓延の影響及び焼鈍の效果に就て
- 12-3 チルドロール材質研究 (第四)
(合金チルドロールの研究)
- 13-1 金屬鉄と共存する酸化鉄の分離定量法に就て
- 13-2 鉄炭素系合金の高温に於ける比熱並に相の變化に伴ふ熱量の變化に就て
- 14-1 高炉セメント及び鑄造バラスの性質に就て
- 14-2 高温度に於ける鉄鋼の酸化並にスケールの構造に就て
- 14-3 球狀「セメントイト」組織を呈する高炭素鋼の窒化に就て
- 15-1 合金「チルドロール」の研究
- 16-1 縁付鋼塊の研究
- 16-2 鋼材工場に於ける熱經濟の數例に就て
- 16-3 鉄、セメントイトの酸化及び酸化鉄の二三の性質に就て
- 16-4 鋼材工場に於ける熱經濟並に焼減りに就ての考察

八幡製鉄所研究所既刊研究報告目次

- 17 - 1 製鋼工場に於ける Emissivity に就て
- 17 - 2 熔鑪送風機用瓦斯機關のピストン棒の腐蝕疲勞に關する研究
- 17 - 3 鉄の加熱による酸化並に酸化鉄の還元の機構に關する X線的研究
- 17 - 4 高温に於ける炭の比熱
- 17 - 5 熱間に於ける鋼の瓦斯通氣性と青熱脆性の本性に就て
- 17 - 6 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第一報 低溫度用斷熱材料數種の圓壘式方法に依る熱傳導率測定結果報告
- 18 - 1 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第二報 保溫材數種の圓壘式方法に依る熱傳導率測定結果報告
- 18 - 2 各地製鉄所熔鑪、熱風炉用耐火煉瓦比較試験
- 18 - 3 二三の合金の高温に於ける冷却速度及びその比重に就て
- 19 - 1 鉄鋼の酸化過程とその性質に關する二三の研究
- 19 - 2 製鋼と燃料に就て
- 20 - 1 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第三報 低溫度用 (300°C 以下) 中溫度用 (800°C 迄) 及び
高溫度用 (1400°C 迄) 各種斷熱材料の熱的傳導率
及び熱容量測定結果報告
- 20 - 2 セメントイト析出機構に關する一考察
- 20 - 3 軟鋼用熔接棒心線の適當な化學成分

八幡製鉄所研究所
 既刊研究報告目次
 昭和十四年十二月二十七日印刷
 昭和十五年一月四日發行

昭和十四年十二月二十七日印刷
 昭和十五年一月四日發行

(非賣品)

編輯兼發行者 日本製鉄株式會社八幡製鉄所
 福岡縣八幡市大字枝光八百十四番地ノ一

印刷者 福岡縣八幡市大字枝光二千五十二番地ノ四
 日本製鉄株式會社
 八幡製鉄所活版場
 古賀干城

八幡製鉄所研究所既刊研究報告目次

- 17 - 1 製鋼工場に於ける Emissivity に就て
- 17 - 2 熔鑪送風機用瓦斯機關のピストン棒の腐蝕疲勞に關する研究
- 17 - 3 鉄の加熱による酸化並に酸化鉄の還元の機構に關する X線的研究
- 17 - 4 高温に於ける 炭の比熱
- 17 - 5 熱間に於ける鋼の瓦斯通氣性ニ青熱脆性の本性に就て
- 17 - 6 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第一報 低温度用斷熱材料數種の圓壩式方法に依る熱傳導率測定結果報告
- 18 - 1 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第二報 保温材數種の圓壩式方法に依る熱傳導率測定結果報告
- 18 - 2 各地製鉄所熔鑪、熱風炉用耐火煉瓦比較試験
- 18 - 3 二三の合金の高温に於ける冷却速度及びその比重に就て
- 19 - 1 鉄鋼の酸化過程とその性質に關する二三の研究
- 19 - 2 製鋼ニ燃料に就て
- 20 - 1 鑛滓綿其の他各種工業用斷熱材料の比較研究
第三報 低温度用 (300°C 以下) 中温度用 (800°C 迄) 及び
高温用 (1400°C 迄) 各種斷熱材料の熱的傳導率
及び熱容量測定結果報告
- 20 - 2 セメント析出機構に關する一考察
- 20 - 3 軟鋼用熔接棒心線の適當な化學成分

製本控

福岡縣八幡市大字枝光八百十四番地ノ一

日	月	年	號	函
13	1	1945	131	45

日鉄八幡製鉄所研究所 研究報告 第20卷 第4号
高周波電氣熔鑪鋼の温度測定に就て
(海野三雨)

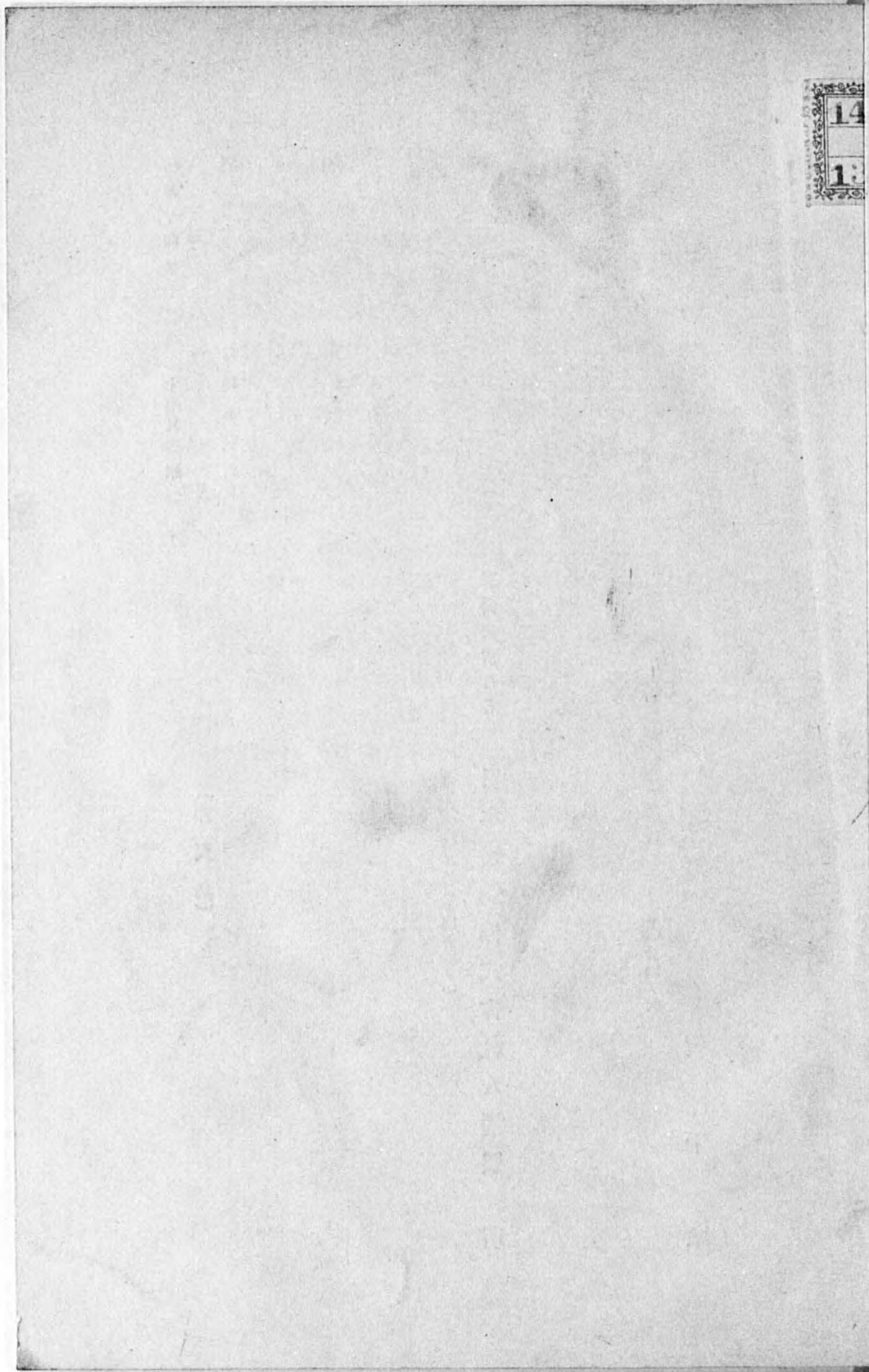
日鉄八幡製鉄所 製本控

賀 干 城

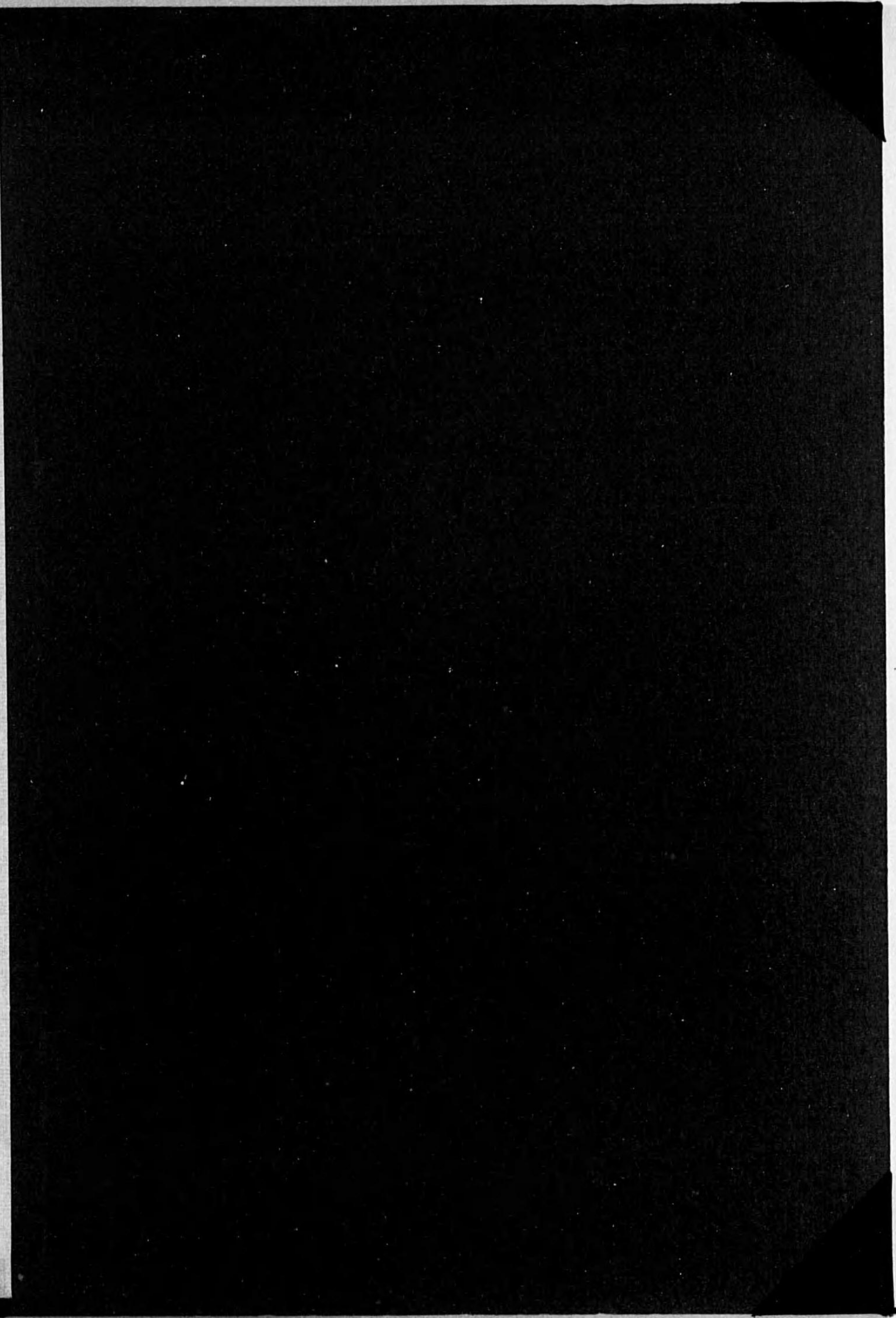
會社八幡製鉄所

昭和十四年十二月二十七日印刷
昭和十五年一月四日發行

(非賣品)



14
1



14. 5-131

1200501214463

14.5
131

終