



始



製鐵所研究所

研究報告

NO.V (2)

炭素鋼の比熱に就きて

技師海野三朗

(代謄寫)

大正十四年九月

製鐵所

福岡縣八幡市

145

131



炭素鋼の比熱に就きて

目次

[1] 緒言.....(1)

[2] 実験装置並に其の方法.....(3)

[3] 試料の準備.....(6)

[4] 測定の結果.....(8)

    (1) (a)  $A_1$  變態點以下に於ける比熱.....(16)

        (b) フェライト及びセメンタイトの比熱.....(17)

        (c) 電極用炭素棒の比熱.....(22)

        (d) セメンタイト及び夫れが混合物としての比熱.....(25)

    (2) (a)  $A_1$  變態點より  $A_3$  變態迄の比熱.....(27)

        (b)  $A_1$  變態點の前後に於ける含有熱量測定.....(27)

        (c)  $A_1$  及び  $A_2$  の變化につきて.....(28)

    (3) (a)  $A_3$  變態點以上  $1250^\circ\text{C}$  迄の比熱.....(31)

        (b) 麻亞田より波來土への變化の熱量.....(32)

        (c) 大洲田より麻亞田への變化の熱量.....(33)

        (d) 麻亞田より波來土への變態熱の測定.....(34)

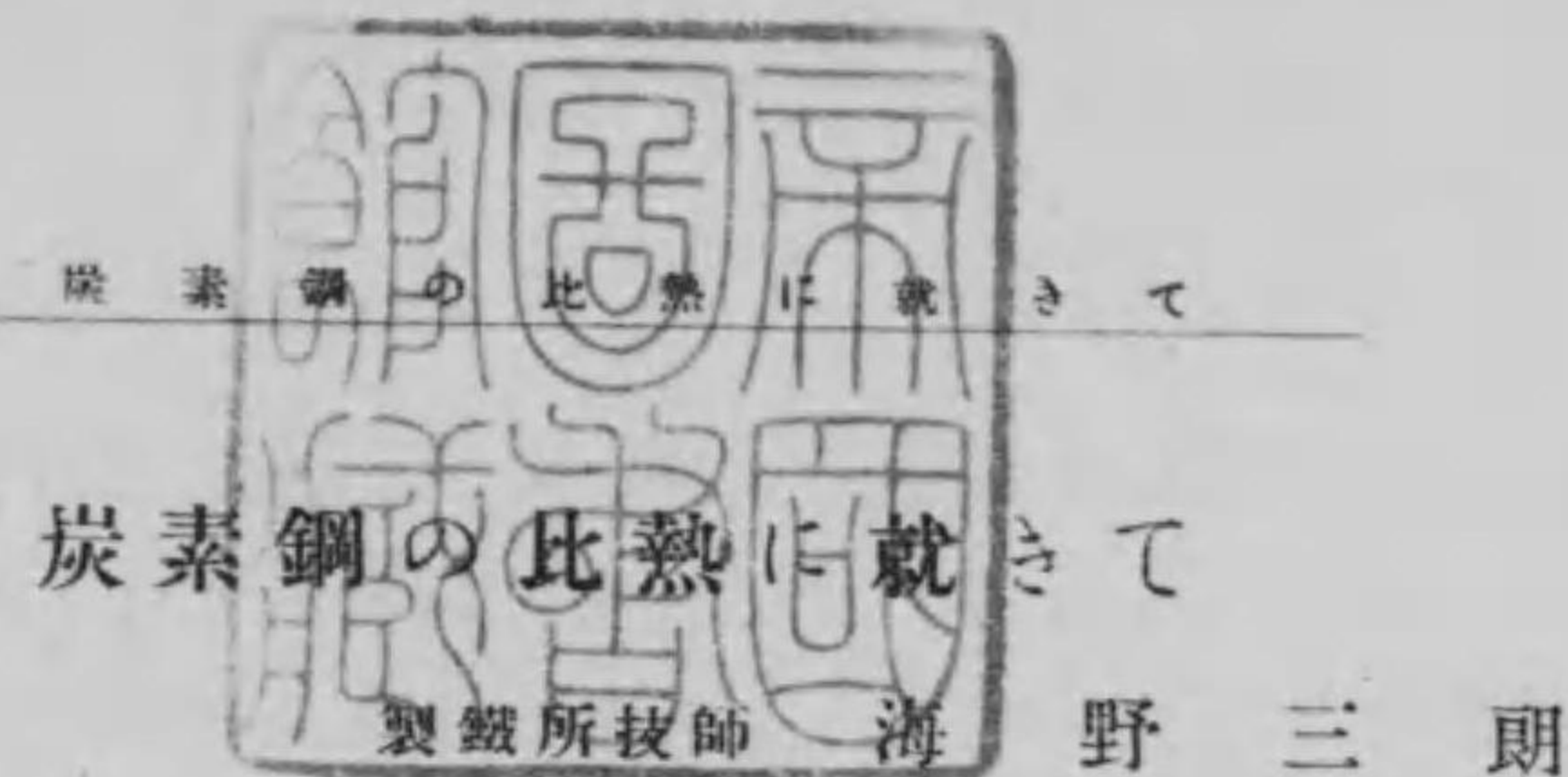
        (e)  $A_1$  變態點以上に於ける平均比熱.....(37)

    (4) (a) 鐵の眞比熱に就きて.....(43)

[5] 結論.....(45)

寄贈本



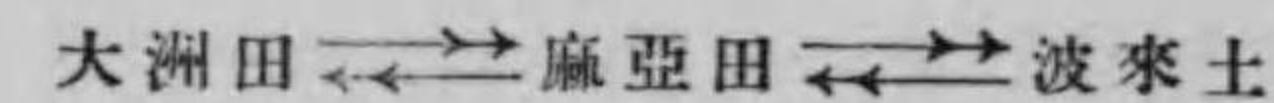


(1) 緒言

炭素鋼は地鐵及びセメントタイトの混合物なるが故に鋼の比熱は是れを構成する兩者の比熱の和なり。然れ共鋼は其の受熱温度に依りて其の性質に著しき變化を生ずるが故に其の比熱も亦温度によりて影響せらるゝ所甚だ大なるべし。鋼の比熱測定に關しては Dieterich, Vou Than, Stucker, Harker, Oberhoffer 等あれ共是等諸氏の測定せるものは温度の範圍小にして且つ其の實驗方法につきても多少の遺憾なきにあらず鋼の變態熱に關しては Osmond, Stansfield, Phionchon, Carpenter & Keeling 等の説明せる所あれ共是亦物足らざる心地す。

炭素濃度と變態熱に關し混合法比熱測定によりて測定せるものは A. Meuthen, N. Yamada 等の報告せるあり。A. Meuthen 氏は炭素含有量の異なる鋼につき真空爐内にて各段温度に加熱したる試料が熱量計に與へたる熱量によりて  $A_1 A_2 A_3$  の變態に於ける熱量の變化を測定せるものなり但し A. Meuthen 氏の測定は炭素含有量 0.06% より 4.03% 迄拾貳種の試料につきて行はれたるものにして温度の範圍は  $600^{\circ}\text{C}$  より  $900^{\circ}\text{C}$  附近に至れるものなり。然るに N. Yamada 氏は普通の混合法に由りて  $400^{\circ}\text{C}$  附近に於ける熱の發生又は吸收を測定し以て麻亞田より波來士へ轉移するに際しての熱量の變化及び A. Meuthen 氏の結果と結びつくる事によりて同素的變化即ち大洲田より麻亞田への變化の熱量を求めたり而して N. Yamada 氏の測定も亦炭素量

の相違なれる六種の鋼につき温度の範囲は三四百度を超ゆる事なかりき。大洲田より波來土又麻亞田より波來土への變化の熱量及び同素的變化たる大洲田より麻亞田への變化の熱量は本多教授<sup>(12)</sup>の既に報せる所なるも此の場合の測定は0.8% Cの鋼につき行はれたるものなりき本多教授<sup>(13)</sup>が發表せる燒入の理論に従へば炭素鋼に於けるA<sub>1</sub>の變化は階段的の變化にして



によりて表はし得るものなり鋼が緩徐に冷却する場合例へば炭素含有量0.9%のものにありてはA<sub>1</sub>變化點以上に於ける組織は大洲田にして $\gamma$ 鐵に於ける炭素の固溶体は始めは同素体の變化にして先づ麻亞田にならんと企つるもの是れ即ち $\alpha$ 鐵に於ける炭素の固溶体なり。去り乍ら此の麻亞田が形成せらるゝや直に其の固溶体よりセメントイトを分離して波來土となる。此の分離の最初の状態に於てはセメントイトは非常に小さき超顯微鏡的微粒として表はれ高温に晒さるゝ時間の増加する時は此等の微粒の凝結は進行して吐粒洲より粗粒波に而して最後に粒狀の波來土に變化するものなり。即ち吐粒洲粗粒波及び波來土は凡て地鐵及びセメントイトの混合物にして只セメントイトの凝集の度合に於て其の差あるのみ従つてA<sub>1</sub>變化は同素的變化の熱と鐵中に波來土の溶解する熱量との和なる可きなり従つてA<sub>1</sub>變化の全熱量はA<sub>1</sub>變化點の前後に於ける大洲田と波來土との含有熱量の差を測定する事によりて決定する事を得可し。

筆者は炭素量の異なる種々なる炭素鋼につき100°Cより1250°C迄の間に於て各温度に於ける含有熱量を測定し温度と

比熱との關係又炭素濃度と比熱との關係よりして炭素鋼の比熱對炭素濃度温度及び變態熱を知らんと企てしものなり。

- 註——
- (1) Ann. d. Phy., 33, S.417 (1888)
  - (2) Wied. Ann., 13, S.84. (1881)
  - (3) Sitzungsbericht der Wiener Aka., IIa, S.657 (1905)
  - (4) Phil. Mag., (6) 10, S.430. (1905)
  - (5) Metallurgie 4, S.427 (1907)
  - (6) C. R. 103, S.743, 1135. (1886)
  - (7) Jour. of Iron, & Steel Inst., 1899 II, S.169.
  - (8) Ann. de chim. et de Phys., (6) II, S.33 (1837)
  - (9) Jour. of Iron & steel Inst., 1904 I, S.224
  - (10) Ferrum., 10 Jahrg., (1912), I
  - (11) Sci. Report, 1922 Vol. X, No.6, 4531
  - (12) Sci. Report, Dec, 1919, P.197.
  - (13) Sci. Report, 1919, P.181.

## (2) 實驗裝置並に其の方法

本實驗に使用せる裝置は理學博士田所芳秋<sup>(14)</sup>氏の用ひたるものと大同小異なるを以て簡單なる解説に止むる事とせり熱量計は内側に銀鍍金を施したる薄き銅板よりなれる筒狀の器にして是に内容約四分の三を充滿するに足るべき蒸餾水五百瓦を入れ實驗中熱量計の周圍を加熱コイルによりて常に同一温度を保持せしむると同時に實驗室を密閉して室内の温度も亦常に殆んど23°Cの一定の温度に保持する事につとめたり熱量計の温度の上昇は千分の一度迄読み得可き一度目盛又百分の一度迄五度目盛にして正確に読み得可きベツクマン氏寒暖計

を室内望遠鏡によりて測定せり。試料は白金線を以て造れる十字形の座の上に据へ置き白金線の震動によりて自由に試料のみが熱量計内に落下し得る如く装置せり。加熱爐の大きさは内徑四糎長さ十八糎にして熱の均等を保たしむる様垂直ならしめたり。試料は加熱用電氣爐の爐心に吊るし百度及び二百度は水銀寒暖計をして試料と同高の位置をとりしめて相接せしめたり。加熱爐の兩端は耐火物を以て密閉し爐の下部に小孔を穿ち高温に至るに従ひ酸化脱炭を避くる爲めに清淨せられたる水素を送入せり。試料は測定せんとする温度に約十五分間保てり。熱量計の温度は電動機を以て回轉するプロペラー形の攪拌器を用ゐる攪拌數分に至るも殆んど 23°C の温度を保ちて變化なきを見定めたる後爐を軌條に由りて熱量計上に持ち來るや否や試料は直に支持白金線の震動によりて熱量計中に落下すると同時に爐及び熱量計の蓋を閉じ爐を原位置に復せしむ。此の間の所要時間は約三秒時にして爐の熱量計上に在る時間は約一秒内外なるを得たり。熱量計の温度の上昇は五秒毎に約十五分間測定し熱量計内の水は絶へず同一速度を以て攪拌せらる。熱量計の温度對時間の曲線は始めは急激に上昇して極大に達し其の後は比較的徐々に下降す。此の部分を延長して軸との交叉點に相當する温度を讀めば是れ即ち試料が熱量計に落下せる瞬間の温度の上昇にして即ち外部への熱の損失なしと見ての熱量計の受けたる熱量に相當するものなり。

水當量測定には電氣銅及び純銀を使用せり。是等金屬の比熱を夫れ夫れ 0.093 及び 0.056 として計算し水當量の値として 25.2 及び 24.9 を得。是等は何れも 150°C に加熱して測定せるものなるが温度對水當量の關係を確むる爲めにニクロム線を使用し

電流によりて發生する熱量よりして水當量對温度の關係を測定せり。即ち 200 カロリーの増加毎に水當量を測定し發熱量 2600 カロリーに至る迄行ひたるに毎回測定の結果は 25.0; 25.2; 24.8; 24.9; 24.2; 25.8; 25.3; 24.8; 等にしてカロリーの多少には關せざるものと考ふる事を得。又銅硝子水銀の重量及び比熱よりして 24.9 なる水當量の値を得たり。是れによりて考ふれば水當量の値として 25.0 を採用する事最も適當にして且つ本實驗の範圍内に於ては温度上昇するも水當量は略々一定と見なすを當然なりとす。

次式は試料の平均比熱を計算するに用ひたるものなり

$$C = \frac{(w+W)(t_2-t_0)}{m(t_1-t_2)}$$

茲に

- C = 試料の平均比熱
- w = 熱量計の水當量
- W = 熱量計の水の質量
- m = 試料の質量
- t<sub>0</sub> = 熱量計内の水の温度
- t<sub>1</sub> = 試料の加熱温度
- t<sub>2</sub> = 落下せる試料によりて上昇せる  
熱量計内の水の温度

熱量計内に落下せるものは試料のみなるを以て計算は簡單なる事を得たり。

(3) 試料の準備

試料の炭素含有量は 0.09% より 2.84% に至り合計拾貳種の試料につきて實驗を行へり。試料の太さは直径拾耗長さ參拾耗にして同一分析表を有する炭素鋼より約 15 個の同形同大の試料を作り各試料は各々約三四回宛測定せり。試料は同一状況のもとに於て測定するの必要あるを以て製作せる各試料を 900°C に熱せる後直に空中冷却を行へり。鋼の比熱に關しては既に本多教授<sup>(15)</sup>の述べたるが如く測定前の履歴によりて其の比熱の値を異にするものにして鍛鍊せられたるもの焼鈍せられたるもの又調質せられたるものに依りて各々其の比熱の値を異にす。鍛鍊せる試料につきて其の比熱を求むれば A. Meuthen が得たる如き 0°C 及び 650°C→700°C の間に於ての平均比熱對濃度の曲線は擬共晶濃度附近に於て交る二本の直線より成る可く又焼鈍せる試料につきて求むれば A<sub>1</sub> 變態點以下に於て比熱は炭素或はセメントイトの量に比例して増加するものなり。

本實驗に使用せる方法は混合法にして高温より試料を熱量計内に落下し其際熱量計に與へたる熱量よりして其の平均比熱を求めたるものなるを以て温度の上昇するに従ひ其の組織は漸進的に變化するを認めたり。A<sub>1</sub> 變態點以上の温度にありても比較的低温に於ては組織は吐粒洲なる事あり又吐粒洲一粗粒波なる事あり含有炭素量の異なるに従ひて各々多少の相異なるを認む。麻亞田の組織を生ずるは含有炭素量に由りて各々其の温度を異にす。本實驗の範圍 1250°C 迄の間に於ては水中に落下せる後の組織は何れも大洲田を現はせるものなく高温より落下せしめられたるものは何れも麻亞田の組織を示

せり。温度の上昇に従ひ清淨せられたる水素を送入せるを以て酸化は認められたず。毎回の重量の差は殆んど無かりき。

本實驗に使用せられたる試料の分析表は次の如し

(15) The Report of the Research Inst. for Iron & steel & other metals

試料の分析表

No	C	Mn	Si	P	S	Cu
1	0.09	0.35	—	0.015	0.011	—
2	0.224	0.299	0.124	0.026	0.023	0.341
3	0.30	0.80	0.215	0.021	0.022	0.68
4	0.54	0.91	0.122	0.047	0.024	—
5	0.61	0.77	0.146	0.028	0.019	—
6	0.795	0.11	0.228	0.023	0.015	0.15
7	0.994	0.09	0.270	0.032	0.020	0.059
8	0.92	0.14	0.45	0.015	0.016	0.014
9	1.235	0.08	0.325	0.032	0.012	0.045
10	1.41	0.67	0.091	—	—	—
11	1.575	0.08	0.58	0.028	0.012	0.045
12	2.84	0.56	1.04	0.256	0.056	—

(4) 測定の結果

本実験の結果を炭素含有量に従ひ列記すれば次の如し  
尙初に記せる炭素の 0.0% のものは実験の結果より推定せるものなり。

0.0% C			0.09% C		
温度	全熱量	平均比熱	温度	全熱量	平均比重
100	11.0	0.1100	100	11.10	0.1110
200	22.6	0.1130	200	22.8	0.1140
300	35.2	0.1173	300	35.4	0.1181
400	48.8	0.1222	400	49.0	0.1225
500	63.7	0.1275	500	63.4	0.1268
600	81.9	0.1350	600	81.0	0.1350
700	99.8	0.1426	700	100.1	0.1430
710	100.9	0.1434	710	102.2	0.1441
730	106.3	0.1457	730	108.2	0.1482
750	111.0	0.1480	750	112.9	0.1504
770	116.3	0.1510	770	118.0	0.1532
800	125.0	0.1564	800	127.0	0.1588
850	138.8	0.1633	850	140.4	0.1650
900	152.9	0.1700	900	152.3	0.1691
1000	169.8	0.1698	1000	168.9	0.1689
1100	186.9	0.1699	1100	189.0	0.1689
1200	203.5	0.1698	1200	203.1	0.1690
1250	212.2	0.1700	1250	211.5	0.1691

0.224% C

0.30% C

温度	全熱量	平均比熱	温度	全熱量	平均比熱
100	11.1	0.1113	100	11.2	0.1115
200	22.8	0.1143	200	22.9	0.1148
300	35.8	0.1193	300	36.0	0.1200
400	49.2	0.1229	400	49.3	0.1233
500	63.7	0.1273	500	63.9	0.1278
600	81.2	0.1354	600	81.4	0.1357
700	100.2	0.1432	700	100.5	0.1436
710	102.3	0.1441	710	102.5	0.1443
730	110.9	0.1520	730	112.3	0.1540
750	115.5	0.1540	750	116.6	0.1555
770	120.4	0.1565	770	121.4	0.1578
800	129.6	0.1620	800	131.5	0.1646
850	142.5	0.1678	850	142.1	0.1673
900	150.8	0.1678	900	150.0	0.1668
1000	167.6	0.1676	1000	166.9	0.1669
1100	184.5	0.1678	1100	183.8	0.1670
1200	201.7	0.1693	1200	201.0	0.1676
1250	210.2	0.1685	1250	209.6	0.1674

炭素鋼の比熱に就きて

温度	0.54% C		温度	0.61% C	
	全熱量	平均熱量		全熱量	平均比熱
100	11.3	0.1125	100	11.4	0.1142
200	22.9	0.1149	200	23.0	0.1157
300	36.2	0.1207	300	36.5	0.1217
400	49.9	0.1248	400	50.1	0.1253
500	64.1	0.1282	500	64.3	0.1286
600	82.0	0.1366	600	82.1	0.1368
700	101.0	0.1443	700	101.2	0.1446
710	103.0	0.1451	710	103.2	0.1454
730	116.8	0.1609	730	118.0	0.1615
750	121.1	0.1615	750	122.0	0.1627
770	125.5	0.1630	770	126.1	0.1639
800	131.5	0.1645	800	130.8	0.1636
850	140.0	0.1648	850	139.6	0.1644
900	148.1	0.1647	900	147.3	0.1639
1000	164.6	0.1646	1000	164.0	0.1640
1100	181.7	0.1650	1100	180.9	0.1645
1200	198.6	0.1657	1200	198.0	0.1650
1250	207.5	0.1660	1250	206.9	0.1657

炭素鋼の比熱に就きて

温度	0.795% C		温度	0.92% C	
	全熱量	平均比熱		全熱量	平均比熱
100	11.5	0.1153	100	11.6	0.1159
200	23.1	0.1160	200	23.6	0.1180
300	36.9	0.1230	300	36.9	0.1230
400	50.2	0.1255	400	50.3	0.1256
500	64.8	0.1298	500	65.0	0.1301
600	82.3	0.1373	600	82.5	0.1375
700	101.4	0.1449	700	101.6	0.1451
710	103.5	0.1459	710	103.7	0.1461
730	120.6	0.1653	730	122.1	0.1674
750	123.5	0.1648	750	124.1	0.1656
770	126.1	0.1640	770	126.5	0.1644
800	129.5	0.1620	800	130.0	0.1625
850	138.0	0.1624	850	137.0	0.1612
900	145.9	0.1620	900	144.7	0.1607
1000	162.2	0.1622	1000	160.8	0.1608
1100	179.0	0.1629	1100	177.9	0.1616
1200	196.1	0.1635	1200	194.2	0.1618
1250	204.5	0.1638	1250	202.9	0.1620



炭素鋼の比熱に就きて

温度	0.994% C		温度	1.235% C	
	全熱量	平均比熱		全熱量	平均比熱
100	11.6	0.1162	100	11.8	0.1173
200	23.7	0.1185	200	23.9	0.1195
300	36.9	0.1230	300	37.0	0.1233
400	50.4	0.1260	400	50.9	0.1273
500	65.0	0.1300	500	65.5	0.1310
600	82.7	0.1380	600	83.0	0.1383
700	101.9	0.1456	700	102.2	0.1460
710	103.9	0.1463	710	104.2	0.1468
730	122.0	0.1671	730	122.0	0.1670
750	124.0	0.1653	750	125.0	0.1666
770	126.6	0.1646	770	127.0	0.1650
800	130.0	0.1625	800	131.0	0.1640
850	136.2	0.1604	850	136.2	0.1604
900	144.5	0.1606	900	144.0	0.1600
1000	160.2	0.1602	1000	157.9	0.1579
1100	177.0	0.1610	1100	174.9	0.1590
1200	192.1	0.1600	1200	190.0	0.1584
1250	201.0	0.1610	1250	199.0	0.1592

炭素鋼の比熱に就きて

温度	1.41% C		温度	1.575% C	
	全熱量	平均比熱		全熱量	平均比熱
100	12.0	0.1181	100	12.0	0.1190
200	24.0	0.1200	200	24.1	0.1205
300	37.2	0.1240	300	37.5	0.1250
400	51.0	0.1275	400	51.1	0.1278
500	65.9	0.1318	500	66.1	0.1322
600	83.5	0.1391	600	83.9	0.1398
700	102.7	0.1467	700	103.0	0.1471
710	104.7	0.1475	710	105.0	0.1475
730	122.0	0.1673	730	122.0	0.1673
750	124.6	0.1661	750	125.0	0.1666
770	127.3	0.1653	770	128.1	0.1663
800	131.4	0.1643	800	132.3	0.1654
850	138.0	0.1625	850	139.4	0.1640
900	144.0	0.1600	900	146.6	0.1630
1000	156.1	0.1561	1000	160.0	0.1600
1100	173.1	0.1575	1100	172.0	0.1564
1200	189.0	0.1575	1200	187.0	0.1559
1250	197.0	0.1577	1250	195.3	0.1564

## 2.84% C

温度	全熱量	平均比熱
100	12.5	0.1248
200	25.4	0.1270
300	39.0	0.1301
400	53.0	0.1325
500	68.5	0.1370
600	85.8	0.1430
700	105.3	0.1504
710	107.2	0.1507
730	121.5	0.1663
750	124.5	0.1660
770	127.8	0.1661
800	132.4	0.1656
850	140.3	0.1651
900	148.2	0.1649
1000	164.4	0.1644
1100	175.0	0.1590
1200	187.0	0.1560
1250	192.5	0.1542

上記の表には各温度に於ける三回乃至五回の観測の平均値を列記せり而して各観測の誤差は其の平均値と比較して1%よりも小なる事を得たり只一二の場合其の誤差1.2%位なりき。清浄せる水素を充分に送入する事に由りて酸化及び脱炭は充分に防ぐ事を得たるも高温度に於ては焼割を生せるものありされど是に由りての誤差は僅少にして實測の數字に表はれ來らざりき第一及び第二圖は各温度に於ける試料の一瓦が含有する熱量と各試料との關係を炭素含有量に従ひて描出せるもの又第三及び第四圖は平均比熱と温度との關係を示し第五圖は各温度に於ける試料の一瓦が含有する熱量と試料の炭素濃度との關係を表はし是等の結果より推定して炭素含有量0.00%なる試料の比熱を求めたり是によりて試料が高温より熱量計内に落下せる際に熱量計並に其の器に與ふる熱量は略ぼ察知せらるゝならん各實驗の結果より0.00% Cの試料にありては熱量對温度の關係は略々二次曲線と一次の直線とに分けて考ふる事を得るも含有炭素量の増加するに従ひ $A_1$ 變態點に非連續を生じ此の點の前後に於ける試料の含有熱量に著しき變化を生じ温度の上昇するに従ひ含有熱量の曲線は其の傾斜を異にするに至る $A_1$ 變態點以上に於ては温度上昇すればするほど試料の冷却速度は反對に益々急にして麻亞田の組織を呈するに至る然れば此の部分に於ける比熱なるものは即ち大洲田の状態より麻亞田の状態に變化せる際に有する熱量なるが故に比熱としては即ち調質せられたる状態の試料が或る高温に到達せる際に要せられたる全熱量と考ふべきものなるを以て此の麻亞田の状態より波來土の状態に至れる際の熱量の訂正を加わざる可からず此の訂正せらる可き熱量等に関

しては順を追ふて述べんとす。

(1) (a)  $A_1$  變態點以下に於ける比熱

各試料の一瓦が各温度に於て含有する熱量を見るに大体に於ては  $A_1$  變態點以下に於ては凹形を呈せる二次曲線よりなるものと考ふる事を得今一瓦の試料が含有する熱量を  $Q$  とすれば或る任意の温度  $T$  に於ける眞の比熱は

$$\text{即ち} \quad \text{眞比熱} = \left( \frac{dQ}{dt} \right)_{t=T}$$

にして含有熱量と温度との關係を示す曲線に引ける切線の値が即ち其の切點たる温度に於ける眞比熱の値を與ふるものなりされば  $A_1$  變態點以下に於ける眞比熱を考ふるに實測の結果につきて今求めんとする温度の前後に於ける二つの數字より求むれば温度の上昇するに従ひて眞比熱は増加するの結果となる此の事實は第一圖並に第二圖の含有熱量曲線よりして直に推知する事を得べし A. Meuthen<sup>(16)</sup> に從へば  $A_1$  變態點以下に於ても眞比熱は含有炭素量によりて一定なりとするも彼の觀測にありては測定温度の範圍小なるが故に其の小部分につきてのみ考ふれば一定となるべきも測定の範圍擴大して  $100^\circ\text{C}$  より  $710^\circ\text{C}$  に及べば實際には斯かる事なし  $A_1$  變態點以下に於ける含有熱量曲線と以上に於ける曲線とは其の延長が純鐵にありては殆んど  $900^\circ\text{C}$  即ち  $A_3$  變態點に於て交わるを見る而して此の熱量曲線の傾斜は温度の上昇と共に増加す即ち眞比熱は温度の上昇と共に漸進的に變化して増加するものとす但し尙後に述ぶる所に依りて明なる如く  $A_1$  變態點以上  $1250^\circ\text{C}$  迄は殆んど直線的に進行す換言すれば  $A_1$  以上に於ける眞比熱は今の範圍内に於ては殆んど一定なり此の  $A_1$  變態點以下の含有熱量曲線の延長が  $900^\circ\text{C}$  附近に至りて相交わると云へる

結果は即ち鐵に於ける二つの状態の相異を示すものと考ふる事を得るものにして最近 X 光線的研究によれば  $A_3$  變態點以下にありては鐵は常に Cube-centered cubic lattice を有し鐵に於ては Face-centered Cubic lattice を有すると云へる事實と全く符合するものなり

次に熱量對濃度の關係につきて第五圖を参照するに A. Meuthen<sup>(16)</sup> 及び G. Tammann<sup>(17)</sup> の想定せるが如き事なく M. Levin u. H. Schottky<sup>(19)</sup> が  $650^\circ\text{C}$  に 24 時間焼鈍せる諸種の鋼につき比熱對濃度の關係よりして前二者の考定せるが如き Eutectoid 附近に於て交はる二本の直線よりならず全く直線的なるを發見せるが本實驗の結果も亦同様に比熱對濃度の關係は全く直線的なるを確め得たり是によりて見れば本多教授の理論即ち鋼は是を構成する地鐵及びセメントイトの混合物なるが故に比熱對炭素濃度の關係は直線的ならざる可からずと云ふ事の確實なるを證するものにして同教授も亦實際に實驗によりて直線的なるを證せり

註——(16) Ferrum 10 Jahrg (1912) p. 17.

(17) Westgren, Iron & steel Inst, No. 1 (1921)

Jeffrie's & Archen, chem. & metal, Eng. 24 (1921) 1057.

(18) Stahl & Eisen, 42 (1922) 772.

(19) Ferrum 10 Jahrg 1912) 196.

(b) フェライト及びセメントイトの比熱

第五圖に示せる含有熱量對炭素濃度の關係よりして炭素濃度が 6.7% 即ちセメントイト附近迄此の關係を延長し  $100^\circ\text{C}$  より  $A_1$  變態點以上約  $900^\circ\text{C}$  迄の含有熱量を求め又此の熱量を表はす二つの數字よりして其の二つの平均温度に於ける眞比熱

の概算を求むるに次の如し

温度	セメントタイトの比熱		真比熱
	全熱量	平均比熱	
100	14.8	0.1480	
150			0.149
200	29.7	0.1485	
250			0.150
300	44.7	0.1490	
350			0.155
400	60.2	0.1505	
450			0.160
500	76.2	0.1524	
550			0.172
600	93.4	0.1557	
650			0.185
700	111.9	0.1599	
750			0.200
800	131.9	0.1649	
850			0.220
900	153.9	0.1710	

本多教授は 20°C と 150°C との間に於て炭素鋼の比熱を測定し此の延長よりしてセメントタイトの比熱として 0.151 を得たり又類似の方法によりて M. Levin u. H. Schottky<sup>(20)</sup> の得たる結果と本実験の結果とを比較して第六圖を得本多教授の得られたる 0.151 と比較するに同温度に於て約 1.3% の差異あるのみ又 M. Levin u. H. Schottky の結果と比較するに此の場合に於ては温

度の上昇と共に進行せずして真比熱は 175°C に於て極大に達し是より温度の上昇と反對に下降するの傾向を示せども本実験の結果よりして考ふるときは温度の上昇と共に漸次増加するの結果となる即ち 100°C より 400-500°C 迄は比較的徐々に増加し是れより温度の上昇するに従ひて比較的急激に増加するの傾向を示す従つて任意の二つの温度に於ける含有熱量の差よりして其の中間温度に於ける真比熱を求むるに四百度附近より急激に真比熱は増加の傾向を示すを知る(第六圖参照)

次に 0.9% C の波來土及び 6.7% C のセメントタイトの比熱よりして純鐵の比熱を計算し前に延長よりして得たる結果と比較すれば次の如し

フェライトの平均比熱比較

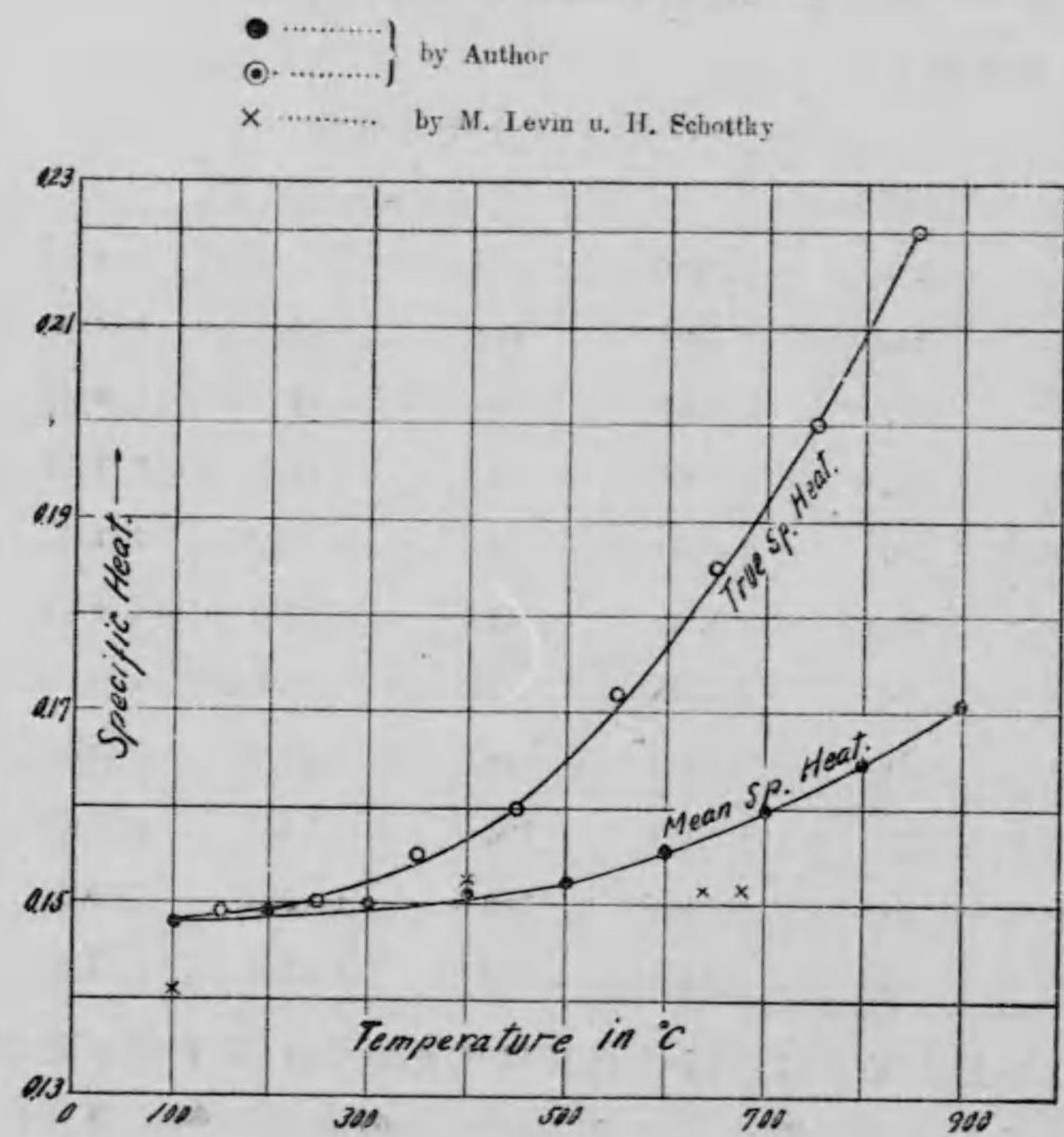
Temp	(Calculation)		(exterpolation)		
	Total Calorie	M. S. H.	Total Calorie	M. S. H.	Diff
100	11.1	0.1106	11.0	0.1100	0.0006
200	22.5	0.1127	22.6	0.1130	0.0003
300	34.8	0.1161	35.2	0.1173	0.0012
400	48.6	0.1214	48.8	0.1222	-0.0008
500	63.1	0.1261	63.7	0.1275	-0.0014
600	80.3	0.1348	81.0	0.1350	-0.0002
700	100.8	0.1438	98.8	0.1426	0.0012
710	102.5	0.1443	100.9	0.1434	0.0009
800	126.8	0.1585	125.0	0.1564	0.0021
900	152.1	0.1691	152.9	0.1700	-0.0009

此の結果を見るに兩者の相異は殆んど 1% 以下なり従つて前に推定して第三圖に示せる 0.00% C の平均比熱は計算によ

りて得たる値に極めて近きを知るに足るべく又 M. Levin u. H. Schottky の結果と比較するに其の差約 1% 内外なり而して Dr. Harker<sup>(21)</sup> 及び Pinchon の場合と比較するに其の差 4% 乃至 7% なり

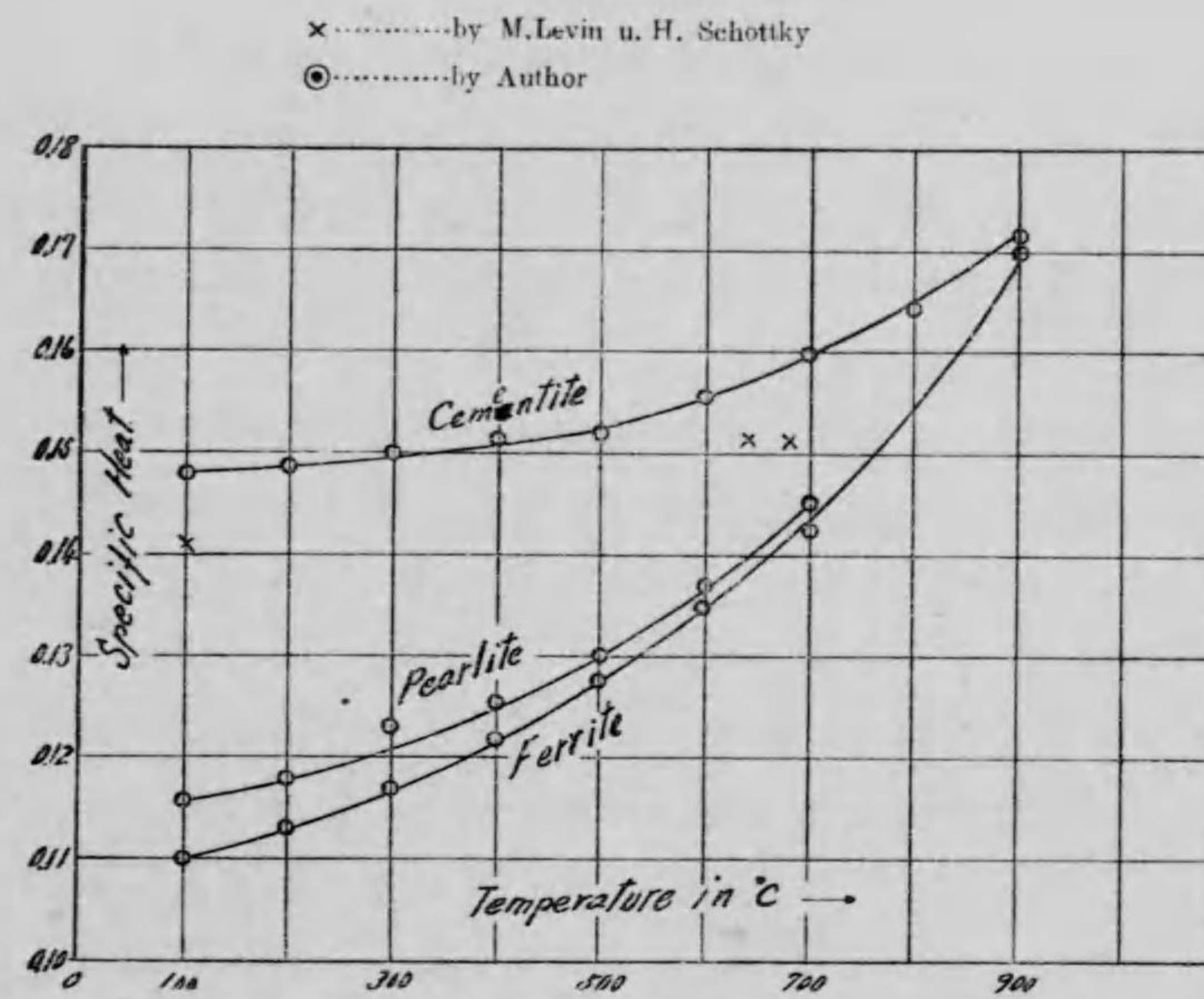
フェライト波來上及びセメントタイトの平均比熱及びフェライト又セメントタイトの含有熱量並に眞比熱の關係を夫れ夫れ第七圖並に第八圖に示せり之によりて見ればセメントタイトの平均比熱はフェライトに比し始めより著しく大なるを知る。

第六圖  
Specific Heat of Cementite



されど眞比熱は含有熱量曲線への切線が其の切點たる溫度に於ける値なるが故にフェライトの眞比熱は溫度と共に急激に上昇するを認めれ共セメントタイトにありては 400°C 附近より溫度と共に其上昇急激なり又波來上はフェライト及びセメントタイトの混合よりなるが故に平均比熱又從つて含有熱量曲線も亦此の兩者の中間に来るは當然なりとすフェライト及びセメントタイトの眞比熱が溫度と共に増加する模様は第八圖に示すが如く相異なり約 600°C 附近に於て兩者の眞比熱の値同一となるを認めらる

第七圖  
Mean Specific Heat



註 (20) Ferrum, 10 Jahrg. (1913) 205.  
(21) Harker, Phil. mag., (6) 10, S. 430 (1905)

## (c) 電極用炭素棒の比熱

鐵は是に滲入する炭素の量に由りて其の比熱に影響するものたる事は既に述べたる所なるが、鐵及び炭素の化合物たるセメントタイトの比熱は夫れが化合物を作らざる場合即ち混合物としての比熱とは如何なる關係にあるかを委しく知らんが爲めに炭素の比熱を測定せんとし茲に試料として電極用炭素棒約三四瓦づゝを採り混合法によりて其の比熱を測定せり。酸化を防ぐ爲めには石綿にて包み爐内には清淨せられたる水素を常に充分に通せしむ。試料に含有せられたる水分を一定にし且つ實驗前後の重量の變化を知らんが爲めには密閉せる乾燥器内に保持し隔日毎に秤量し數日後に至りても其の重量に變化なく一定となれる後に實驗爐内に持ち來りて實驗を行ひ實驗後相當に乾燥したる後再び之を乾燥器内に納め隔日毎に秤量して一定の値に到達せる後此の一定の値と實驗前の一定の値との差を以て實驗中に失はれたる炭素の量とし是より比熱の補正を行へり。

試料は同種の炭素棒を各温度につきて別々に測定を行へり、實驗に使用せる炭素棒の比重は 1.53 にして下の分析表を有す。

C	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Ignition residue
97.800	0.123	0.243	1.000	0.340

去り乍ら實測前と乾燥器内にて乾燥し一定の重量に到達せる時との重量の減少せる差は何れも約 1% 内外なる事よりして考ふれば試料として使用せられし炭素棒は含有炭素量約 98% 以上約 99% に近きものと考ふる事を得べし、實驗の前後に於ける重量の變化並に是によりて生せる補正を施したる平均比熱と含有熱量とを示せば次の如し。

## 炭素棒の平均比熱と含有熱量

Temp.	M. S. H. (ob)	W (dec) in %	M. S. H. (corrected)
100	0.2023	0.05%	0.2024
200	0.2245	0.12	0.2248
300	0.2461	0.25	0.2467
400	0.2667	0.33	0.2671
500	0.2857	0.26	0.2865
600	0.3060	0.30	0.3070
700	0.3261	0.29	0.3271
800	0.3445	0.41	0.3460
900	0.3607	0.33	0.3619
1000	0.3721	0.90	0.3755
1100	0.3820	1.03	0.3860
1200	0.3896	1.42	0.3952
1250	0.3939	1.70	0.3992

此の結果によりて見るに實驗中に於て失はれたる炭素の量は僅少にして 1% を超過するものは 1100°C 以上のものなるを知るなり、實測の結果に補正を施せるものは第九圖なり、今此の平均値として描きたる曲線よりして真比熱の概算を求め又相似たる方法によりて A. Magnus<sup>(26)</sup> が黒鉛につきて得たる結果と比較するに次の如し。

## 電極用炭素棒と黒鉛との比熱比較

Temp.	Mean specific heat by Author	M. S. H. by A. Magnus	True specific heat by Author	T. S. H. by A. Magnus	Atomic heat by Author.
100	0.2024	0.1865			
150			0.2472	0.2501	2.97
200	0.2248	0.2183			
250			0.2905	0.3026	3.49
300	0.2467	0.2464			
350			0.3273	0.3420	3.93
400	0.2671	0.2703			
450			0.3766	0.3758	4.53
500	0.2865	0.2914			
550			0.4102	0.3958	4.93
600	0.3070	0.3088			
650			0.4480	0.4166	5.38
700	0.3271	0.3242			
750			0.4790	0.4274	5.76
800	0.3460	0.3371			
850			0.4920	0.4397	5.90
900	0.3619	0.3485			
950			0.4940		5.93
1000	0.3755				
1050			0.4950		5.94
1100	0.3860				
1150			0.4960		5.96
1200	0.3952				
1225			0.4950		5.94
1250	0.3992				

即ち A. Magnus が黒鉛につきて測定せる結果と比較するに平均比熱は 200°C 以下及び 700°C 以上に於ては A. Magnus の結果よりも大なり。是等より真比熱の概算を求むるに彼の場合にありては 900°C 以上は實測に據らず計算より求めたるものなるが本實驗の結果は温度の上昇と共に一様に増加し 850°C 附近よりは其の増加徐々にして殆んど一定の値に到達せるの觀あり、即ち 150°C に於て真比熱は 0.2472 を示し是より温度と共に急激に増加し 800°C と 900°C との間に於て 0.492 即ち 150°C に於ける値の約倍値に達し是より 1225°C に至る迄甚だしき變化を認められずして殆んど一定の 0.495 の値をとるなり。彼の場合に於ける試料其の實驗方法及び其の範圍共に同一ならざるが故に結果に於て多少の相異はまぬかれざる所なるべし。炭素棒の原子熱は温度と共に増加し 850°C 附近より以上 1250°C 附近迄の間に於ては  $3R=5.96$  なる理論的の値に近づく

註——(26) Ann d. Phy. 70. S. 303 → 331, 1923.

(d) セメントタイト及び夫れが混合物としての比熱

次にセメントタイトを構成する鐵及び炭素の比熱よりして計算せる比熱と化合物としての比熱とを比較すれば次の如くなる

## セメンタイト及び 3Fe+C の比熱

Temp.	Mean specific heat		True specific	
	Fe <sub>3</sub> C	3Fe+C	Fe <sub>3</sub> C	3Fe+C
100	0.1480	0.1161		
150			0.149	0.126
200	0.1485	0.1212		
250			0.150	0.138
300	0.1490	0.1254		
350			0.155	0.151
400	0.1505	0.1319		
450			0.160	0.163
500	0.1524	0.1381		
550			0.172	0.183
600	0.1557	0.1465		
650			0.185	0.236
700	0.1599	0.1543		
750			0.200	0.293
800	0.1649	0.1691		
850			0.220	0.292
900	0.1710	0.1828		
950				0.188
1000		0.1833		
1050				0.188
1100		0.1837		
1150				0.185
1200		0.1843		
1225				0.188
1250		0.1849		

此の結果を通覧するにセメンタイトの平均比熱は之を混合物と考へたるごきの平均比熱よりも低温に於てははるかに大にして温度の上昇と共に漸次兩者の値は接近して約 750°C 附近に於て兩者は相交又は是より混合物と考へたる際の比熱はセメンタイトの夫れよりも上位に來り 900°C より 1250°C 迄は 0.1840 なる一定の値に到達する事を知る

(2) (a) A<sub>1</sub> 變態點より A<sub>3</sub> 變態迄の比熱

A<sub>1</sub> 變態點に於ては同素的變化の熱並に鐵中に波來土の熔解又は是より析出せらるゝが爲めに要せらるゝ熱量との和に相當する熱量の變化を惹起す可きなり、從つて此の點に於ては著しき熱量の變化を生ず。

A<sub>2</sub> 變態點即ち 780°C 附近に於ける熱量は A<sub>1</sub> に於けるが如く著しき變化を認めず、されど第壹圖よりして知らるゝ如く Hypocutectoid steel にありては 800°C に於ける熱量は幾分曲線外上部に位するを認めたるも其他の場合に於ては著しき熱量の變化を認むる事能はざりき。

A<sub>3</sub> 變態點の前後に於ては熱量を表はす曲線は互に其の傾斜を異にするを認め其の傾斜の方向は eutectoid を界として相反なるを知る、此等の變化よりして生じ來る二三の結果につきて述べんとす。

(b) A<sub>1</sub> 變態點の前後に於ける含有熱量測定

上述せる變化はセメンタイトが鐵中に熔解又は是より析出せらるゝ所の變化にして此の變化を惹起す可き温度の前後に於ては等しき比熱の變化即ち含有熱量の變化甚しきものあれば此の變態點の前後に於ける含有熱量の測定に由りて波來土より大洲田への變化の熱量又大洲田より波來土への變化の



熱量を知る事を得べし。

今  $A_1$  變態點即ち  $720^\circ\text{C}$  前後に於ける含有熱量の差を含有炭素量に従つて列記すれば次の如し (第拾圖並に第拾壹圖)

$A_1$  變態點の前後に於ける含有熱量の差

C%	大洲田	波來土	Calorie	C%	大洲田	波來土	Calorie
0.09	1.6			0.92	16.0		
0.224	4.0			0.994	15.7		
0.30	5.3			1.235	15.2		
0.54	9.6			1.41	14.5		
0.61	10.8			1.575	13.6		
0.795	14.1			2.84	10.7		

上記の數字は即ち波來土が鐵中に溶解し又は是より析出せらるゝ際に要する熱量なるが故に炭素の含有量 0.00% より漸次増加して 0.9% に於て極大に達し之れより遞減して炭素含有量 6.7% に至り終る可きなり、實測の結果は豫想せる如く炭素の 0.00% に始まり 0.9% に於て極大に達し 6.7% に至る線上に殆んど一致す

A. Meuthen の結果の如くに 0.9% C を堺とせる二直線よりなる事を知る。此の結果よりして波來土の一瓦が鐵中に溶解するが爲めには 16.1 カロリーの熱を要し従つて炭素の一瓦が鐵中に溶解して大洲田の組織を呈出するが爲めには 16.70 カロリーの熱を要する事となる。A. Meuthen によれば波來土一瓦が鐵中に溶解するが爲めには 15.9 カロリーの熱を要すと

(c)  $A_1$  及び  $A_2$  の變化につきて

$A_1$  の變化は波來土が鐵中に溶解又は是より析出せらるゝ所の變化にして  $A_2$  の變化は本多教授<sup>(22)</sup>の説によれば純鐵に於

ては最低の温度より起り  $790^\circ\text{C}$  附近にて終る所の漸進的の變化にして又實際に磁氣的實驗によりて證明せられたるものなり。

筆者は此の兩變化が熱量的に如何なる差異ある可きかを知らんとし炭素含有量 0.795% の鋼にして直径拾耗長さ參拾耗の試料約 20 個を製作し  $720^\circ\text{C}$  に保たれたる爐中に置き各試料毎に時間を異にして熱量計に落下せしめ熱量計に與へたる熱量よりして其の平均比熱を求めたり、又  $A_2$  の變化に對しては同種の試料につき  $780^\circ\text{C}$  の一定の温度に保ちて實驗を行へり、乃ち  $A_1$  につきて行へると全く同様の方法をとれり。

其の結果次の如し

$A_1$  及び  $A_2$  の比熱 (0.795% C)

爐中に保たれたる時間(分)	$720^\circ\text{C}$ に於ける比熱	$780^\circ\text{C}$ に於ける比熱
3	0.1563	0.1632
5	0.1605	0.1646
7	0.1630	0.1640
10	0.1658	0.1650
15	0.1656	0.1641
20	0.1650	0.1646
25	0.1668	0.1640
30	0.1652	0.1638
35	0.1664	0.1635
平均	0.1658	0.1642

此の結果を見るに  $A_1$  の變化が完了するには今用ひられたる試料にありては約拾分間を要し、 $A_2$  の變化が完了するには約四五分にして充分なるを示せり。試料の外面と中心が同一温

度に熱せらるゝには或る時間を要す、即ち試料を爐内に持ち來されし後爐内の温度に到達する迄の時間を求むれば  $A_1$  の變化並に  $A_2$  の變化の著しく相異なるものあるを知るべし、是を試みん爲に同試料の中心に約二耗にして中心に至る孔を長さ $l$ に添ひて作り是にサーモカップルを挿入し外壁には他のサーモカップルを接せしめ同時に其の爐内に入れたる后兩サーモカップルが示す温度の讀みをとれり、換言すれば試料の中心迄爐内の温度が傳はるには幾分を要するかを試験せしに  $700^{\circ}\text{C}$  及び  $900^{\circ}\text{C}$  に保持せられたる爐内に試料を入れたる時より其の内外に於ける温度の上昇は時間と共に次の如くなる。

試料の内外に於ける温度と時間との關係

時間(分)	$700^{\circ}\text{C}$ の場合		$900^{\circ}\text{C}$ の場合	
	内 Temperature	外 Temperature	内 Temperature	外 Temperature
1	631	675		
1.5			814	864
2.0	689	698	865	896
2.5			887	900
3.0	698	699	895	899
3.5			898	900
4.0	700	700	900	900
4.5			900	900
5.0	700	700	900	900
5.5			900	900
6.0			900	900
7.0	700	700		
10.0	700	700		

是の試料を爐内に入れたる時に於て試料の中心が爐内の温度に等しく到るが爲めには約四分にして充分なる事を示せり、是れによりて考ふるときは  $720^{\circ}\text{C}$  に於ける  $A_1$  の變化は温度並に時間に由る事明かなり、又  $A_2$  の變化は約四五分にして平均比熱は略々一定となり時間と共に此の値に變化を生ぜざるを考ふれば、單に温度の函數のみなる事を知る即ち温度が内部に傳はれる以外には他に時間を要すべき變化を認むる事能はず、従つて  $A_1$  の變化とは全然其の趣きを異にせる所の變化と考へざる可からず此の事は既に本多教授の磁氣的證明によりて報せられたる所にして熱量的にもよく相合致する結果となれり、即ち此の結果よりして本多教授及び J. Okubo<sup>(24)</sup> の理論の正しき事を思はしむ、従つて此の理論よりして考ふるときは A. Meuthen<sup>(10)</sup> が Hebel の法則に従ひて計算し  $\beta$  より  $\alpha$  鐵への變化に際しての熱量 5.6 カロリー、又 Osmond<sup>(6)</sup> は  $0.16\%C$  の試料につきて  $\beta$  より  $\alpha$  への 1.3 カロリー、又 Stansfield<sup>(7)</sup> は 1.0 カロリー、Pinchon<sup>(8)</sup> は 5.3 カロリーを報せるも是等は凡て磁氣軸の圍りに於ける原子の角速度の増減の Energy を算出せる事となる。

註——(22) Sci. Report, 4 (1915) 169

Iron &amp; steel Inst, No. 1 (1915) Sci, Report 6 (1917)

(23) K. Honda, Sci Report, 5 (1916) 285

(24) K. Honda, &amp; J. Okubo, Sci, Report 5 (1916) 325, Sci Report 7 (1918) 141

(3) (A)  $A_3$  以上  $1250^{\circ}\text{C}$  迄の比熱

$A_3$  以上に於ては組織は全部大洲田にして今測定せる此の部分に於ては比熱は更に變化なく實測上殆んど一直線上に來

るを認む(第一圖並に第貳圖参照)

試料を檢鏡するに此の部分の温度より熱量計中に投せられたる試料の組織は麻亞田の組織を呈すれ共 hypereutectoid の鋼にありてはX線分析によるときは少量の變化せざる大洲田の殘存せるものあるを知る。従つて實測の結果は即ち大洲田より麻亞田に變化せる際に有する熱量なるが故に比熱を考ふるに當りては之が補正を加わざる可からず、即ち高温の此の部分に於ける比熱としては波來土の状態より大洲田の状態に至るに要する熱量を考ふるものなるが故に今得られたる麻亞田又は少量の大洲田を混ぜる麻亞田より波來土の組織迄移動せざる可からず、即ち以上の状態より波來土に變化するに際して發生す可き熱量を求め實測の結果に加へ是より眞比熱を求めざる可からず、此の熱量を求めんが爲めには第五圖の濃度曲線の傾斜を比較する事によりて得らる可し。

(b) 麻亞田より波來土への變化の熱量

第七圖の熱量對濃度曲線に於て700°Cの濃度線と850°C以上の濃度對熱量の線とを考ふるに組織は700°Cに於ては粗粒波及び波來土なり、850°C以上より熱量計に落下せる試料は何れも殆んど麻亞田の組織を有す、即ち麻亞田なるが爲めに700°Cの線の傾斜が第五圖に於ける850°C以上の線の方に變化せる理なるを以て此の兩者の傾斜の差を求むれば是れ即ち麻亞田なるが爲めに熱量計に與ふ可き熱量の減少せる量なりと考ふる事を得べし、今700°Cに基準を置き麻亞田が此の700°Cより水中に落下せる際の組織即ち波來土及び粗粒波の組織に到るが爲めに發生す可き熱量を各炭素鋼につきての平均よりして先づ0.90%Cの鋼に於ては

熱量と温度(麻亞田 $\leftrightarrow$ 波來土)

麻亞田より波來土への變化に際して發生す可き熱量

Temp	Calorie
850	10.2
900	10.
1000	10.2
1100	10.4
1200	11.7
1250	12.0

となる試料を檢鏡するに同種の試料にありても焼入せらる可き温度上昇すれば麻亞田の結晶益々増大し少量の大洲田の組織を混す可し、麻亞田より波來土への變態熱一定す可きに如上の結果を得たるは温度の850°Cより上昇するに従ひ次第に多くの大洲田を交ゆるに由るなり、第五圖の濃度曲線より得らるゝ如く此の熱量は又含有炭素量によりて定まるものにして含有炭素量増加すれば従つて此の熱量も亦當然夫れに應じて増加する結果となる、又今得られたる850°Cの値10.2カロリーよりして考ふれば炭素一瓦を鐵中に溶解して麻亞田の組織となすが爲めには1133カロリーの熱を要し又セメントタイトの一瓦を鐵中に溶解するに要する熱量は75.9カロリーにして又炭素及びセメントタイトのDissolutionの分子熱は約13.6キロカロリーなり此の値はN. Yamadaの結果とよく相一致する事を知る。

(c) 大洲田より麻亞田への變化の熱量

A<sub>1</sub> 變態點の前後に於ける含有熱量測定によりて大洲田より波來土への變化の熱量を知り亦麻亞田より波來土への變化の熱量を知るが故に此の二者の關係よりして大洲田より麻亞

田への變化の熱量を求むる事を得べし、假令ば 0.9% C の鋼につきて考ふれば  $16.1^{\text{Cal}} - 10.2^{\text{Cal}} = 5.9^{\text{Cal}}$  即ち 5.9 カロリーを得たり N. Yamada は A. Meuthen<sup>(10)</sup> の結果と結びつくる事によりて Eutectoid steel の一瓦の大洲田より麻亞田への變化の熱量として 5.6 カロリー又本多教授は 0.8% C の鋼につきては 4.2 カロリーを得たり、而して此の熱量が含有炭素量によりて定まるものなる事は第五圖並に第拾圖よりして知ることを得べし、斯くの如く大洲田より麻亞田への變化の熱及び麻亞田より波來土への變化の熱量が鋼の含有炭素に比例して増加するの事實は麻亞田が一定の確實なる相たる事を示すものなり<sup>(25)</sup>

註——(25) Sci. Report, 8, page 181 (1919)

(d) 麻亞田より波來土への變態熱の測定

測定の方法は本多教授が曾て試みられたるものにして即ち試料を石綿にて包装せるものと然らざるものを高温より熱量計中に投じて熱量を測定するにあり、前の場合に於ては組織は粗粒波にして後の場合に於ては麻亞田なり、實驗に供せられたる試料の炭素含有量は 0.28% 0.61% 0.795% 1.575% の四種類なりとす、勿論石綿の影響は計算によりて除去せられたるものなり、次に其の結果を述べんに

0.28% C			
Temp	包含せるもの	包含せぬもの	Diff(M $\leftrightarrow$ P)
850	145.4	142.2	3.2
900	153.8	150.4	3.4
1000	170.9	167.0	3.9
1100	188.2	184.2	4.0
1200	205.6	201.3	4.3
1250	214.3	209.5	4.8

0.61% C

750	127.6	122.0	5.6
800	136.6	130.8	5.8
850	145.4	139.6	6.8
900	154.2	147.3	6.9
1000	171.3	164.0	7.3
1100	188.0	180.9	7.1
1200	206.0	198.0	8.0
1250	214.8	206.9	7.9

0.795% C

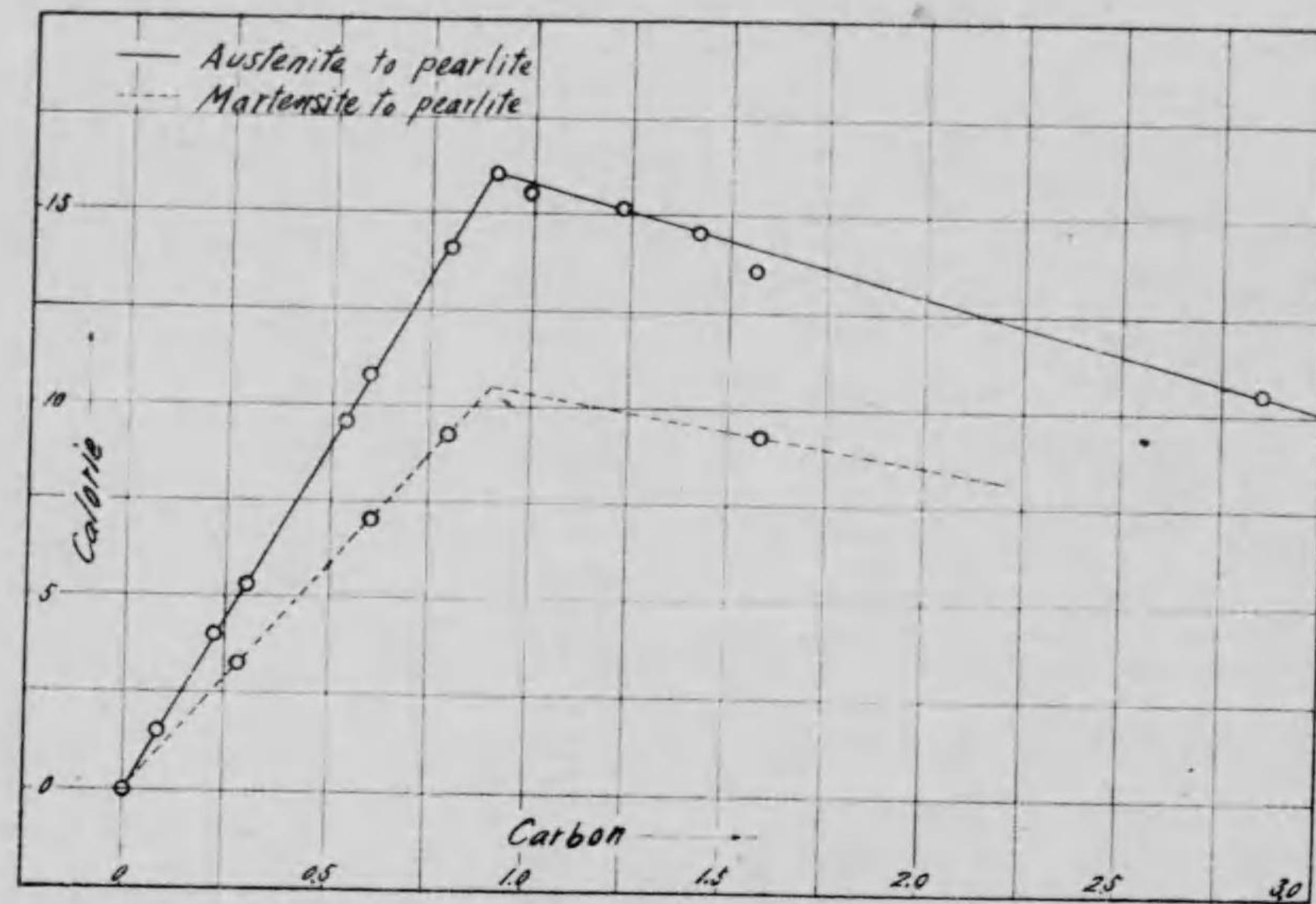
Temp	包含せるもの	包含せぬもの	Diff(M $\leftrightarrow$ P)
800	138.1	129.5	8.6
850	146.9	138.0	8.9
900	154.8	145.9	8.9
1000	172.8	162.2	10.6
1100	189.6	179.0	10.6
1200	207.3	196.1	11.2
1250	215.9	204.5	11.4

1.575% C

750	130.6	125.0	5.6
800	139.5	132.3	7.2
850	148.4	139.4	9.0
900	157.2	146.6	10.6
950	165.7	154.0	11.7
1000	174.0	160.0	14.0
1100	191.8	172.0	19.8
1200	209.3	187.0	22.3
1250	217.8	195.3	22.5

此の結果を見るに大洲田より麻亞田に變化する際に熱量計に與へたる熱量と温度の曲線と大洲田より波來土に變化せる際に熱量計に與へたる熱量の曲線とは低炭素鋼に於ては殆んど相平行し且つ此の兩者の熱量の差は炭素含有量に従ひて増加す(第拾貳圖參照)而して此の差は第拾圖上 0.9% C の鋼に於て麻亞田より波來土への變化の熱量 10.2 カロリーと原點とを結

第 拾 圖



ぶ直線上に來るを知るなり、又高炭素鋼に於ては兩熱量對温度の曲線は多少相平衡せずして温度と共に熱量の差の増加するを認めらるゝは大洲田の少量を交へ來る爲めにして同じく同一温度より熱量計に落下せる場合に於ても炭素量多きもの程大洲田の殘存する量の多ければなり。

(c)  $A_1$  以上に於ける平均比熱

$A_1$  變態點以上にありても温度比較的低ければ即ち  $800^{\circ}\text{C}$  以下なる場合に於ては熱量計に投入せられたる試料が含有炭素量小なれば明かに粗粒波來土の組織を呈すれども温度上昇するに従ひ冷却速度益々増加するが故に漸次麻亞田の組織を増加し來るなり、従つて第五圖に示せる  $A_1$  變態點以上の熱量の測定は試料を  $2^{\circ}\text{C}$  の水中に焼入せる場合に熱量計に與へたる所の熱量なるを以て  $A_1$  變態點以下に於ける熱量とは其の意味を異にするものなり、此の  $A_1$  點以上の温度より焼入せられたる試料が麻亞田の組織を呈せる場合に於ては此の組織より波來土に變化する際に發生する熱量を第五圖の測定の結果に加へたるものは即ち  $A_1$  變態點以上に於ける熱量にして此の補正せられたる熱量曲線への切線の値は其の切點の温度に於ける眞比熱を與ふべきなり、然るに今得られたる結果によれば此の麻亞田より波來土へ變化する際に發生する熱量は試料の含有炭素量に比例するが故に第壹圖及び第貳圖の測定點の様子は夫れに應じて變化す可き筈なり、 $700^{\circ}\text{C}$  より  $800^{\circ}\text{C}$  乃至  $850^{\circ}\text{C}$  の間に於ては含有炭素量に由りて曲線をなし  $900^{\circ}\text{C}$  より  $1250^{\circ}\text{C}$  迄の結果を示す線上に來らざるは顯微鏡試験によるに粗粒波來土の組織より吐粒洲に多少の麻亞田の組織を交へ來り是れより温度上昇するに従ひ吐粒洲は減じ麻亞田の組織を増加し來る、即ち組織は吐粒洲より全部麻亞田には變化せず此の兩者の混合の度合に於て變化し全部麻亞田の組織を呈するに至りて茲に含有熱量の直線的増加となるを知るなり、而して事實上含有熱量曲線の直線的増加をなせる部分より水中に焼入せるものは殆んど麻亞田の組織を呈せるを見る。

各試料の含有熱量を示す曲線を此の點より考察せんに含有炭素量の増加するに従ひ麻亞田組織となるべき温度は下降し0.54% C 以上のものにおいては何れも 800°C 附近に於て殆んど麻亞田の組織を呈し是れ以下のものにおいては何れも 850°C 乃至 900°C 附近に於て此の組織となる。今第拾圖及び第拾貳圖の結果により麻亞田より波來土への變化に際し發生す可き熱量を求め之を當初の測定の結果に加ふれば第拾參圖を得べし、而して此の結果より平均比熱を計算すれば次表に掲ぐる如く 1250°C 迄の間に於ては Hypo 又は Hypereutectoid 何れにありても含有炭素量の増加に従ひ比熱は少しく増加し今の範圍内に於ける A<sub>1</sub> 以上の眞比熱は含有炭素量により一定なるを知る。従つて A. Menthen 氏が眞比熱は温度によらず一定なりと報せるは即ち此の部分に於てのみ通用せらる可き事を知る。

0.09% C				
	(obs)	(Cor)	(obs)	(Cor)
Temp	Total Calorie	T. C.	M. S. H.	M. S. H.
850	140.4	141.3	0.1650	0.1662
900	152.3	153.3	0.1691	0.1703
1000	168.9	170.0	0.1689	0.1701
1100	186.0	187.1	0.1689	0.1701
1200	203.1	204.3	0.1690	0.1692
1250	211.5	212.8	0.1691	0.1702

0.224% C				
	(obs)	(Cor)	(obs)	(Cor)
Temp.	Total Calorie	T. C.	M. S. H.	M. S. H.
850	142.5	144.8	0.1678	0.1703
900	150.8	153.3	0.1678	0.1703
1000	167.6	170.3	0.1676	0.1703
1100	184.5	187.4	0.1678	0.1703
1200	201.7	204.8	0.1693	0.1706
1250	210.2	213.5	0.1685	0.1708
0.30% C				
	(obs)	(Cor)	(obs)	(Cor)
Temp.	Total Calorie	T. C.	M. S. H.	M. S. H.
850	142.1	145.0	0.1673	0.1705
900	150.0	153.1	0.1668	0.1701
1000	166.9	170.4	0.1669	0.1704
1100	183.8	187.4	0.1670	0.1703
1200	201.0	204.9	0.1676	0.1701
1250	209.6	215.7	0.1674	0.1709
0.54% C				
	(obs)	(Cor)	(obs)	(Cor)
Temp.	Total Calorie	T. C.	M. S. H.	M. S. H.
850	140.0	145.3	0.1648	0.1709
900	148.1	153.7	0.1647	0.1707
1000	164.6	170.7	0.1646	0.1707
1100	181.7	188.2	0.1650	0.1711
1200	198.6	205.6	0.1657	0.1713
1250	207.5	214.8	0.1660	0.1718

炭素鋼の比熱に就きて

Temp.	0.61% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
750	122.0	127.0	0.1627	0.1693
800	130.8	136.0	0.1636	0.1700
850	139.6	145.6	0.1644	0.1713
900	147.3	153.6	0.1639	0.1706
1000	164.0	171.0	0.1640	0.1710
1100	180.9	188.3	0.1645	0.1712
1200	198.0	205.9	0.1650	0.1716
1250	206.9	215.1	0.1657	0.1721
Temp.	0.795% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
800	129.5	136.0	0.1620	0.1700
850	138.0	145.8	0.1624	0.1715
900	145.9	154.1	0.1620	0.1712
1000	162.2	171.2	0.1622	0.1712
1100	179.0	188.6	0.1629	0.1714
1200	196.1	206.3	0.1635	0.1719
1250	204.5	215.2	0.1638	0.1721
Temp.	0.92% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
850	137.0	146.1	0.1612	0.1719
900	144.7	154.2	0.1607	0.1713
1000	160.8	171.2	0.1608	0.1712
1100	177.9	189.0	0.1616	0.1713
1200	194.2	206.1	0.1618	0.1717
1250	202.9	215.3	0.1620	0.1712

炭素鋼の比熱に就きて

Temp.	0.995% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
850	136.2	144.9	0.1604	0.1704
900	144.5	154.8	0.1606	0.1720
1000	160.2	171.5	0.1602	0.1715
1100	177.0	189.1	0.1611	0.1719
1200	192.1	204.9	0.1600	0.1707
1250	201.2	214.4	0.1610	0.1715
Temp.	1.235% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
850	136.2	144.6	0.1604	0.1701
900	144.0	152.7	0.1600	0.1697
1000	157.9	171.9	0.1579	0.1719
1100	174.9	189.7	0.1590	0.1724
1200	190.0	205.8	0.1584	0.1715
1250	199.0	215.6	0.1592	0.1724
Temp.	1.41% C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
850	138.0	146.1	0.1625	0.1719
900	144.0	152.4	0.1600	0.1693
1000	156.1	172.1	0.1561	0.1721
1100	173.1	190.0	0.1575	0.1727
1200	189.0	207.0	0.1575	0.1725
1250	197.0	215.9	0.1577	0.1727

炭素鋼の比熱に就きて

Temp.	1.575 % C			
	(obs) Total Calorie	(Cor) T. C.	(obs) M. S. H.	(Cor) M. S. H.
750	125.0	128.5	0.1666	0.1713
800	132.3	137.2	0.1654	0.1715
850	139.4	147.2	0.1640	0.1732
900	146.6	154.8	0.1630	0.1720
1000	160.0	169.0	0.1600	0.1690
1100	173.5	192.3	0.1578	0.1743
1200	187.0	207.2	0.1559	0.1725
1250	195.3	216.5	0.1564	0.1732
	2.84 % C			
850	140.3	146.2	0.1651	0.1720
900	148.2	154.4	0.1649	0.1715
1000	164.4	171.2	0.1644	0.1712
1100	175.0	189.2	0.1590	0.1720
1200	187.1	210.0	0.1560	0.1746
1250	192.5	220.0	0.1542	0.1760

炭素鋼の比熱に就きて

(4) (a) 鐵の眞比熱に就きて

第壹圖含有炭素量 0.00% の熱量對溫度の曲線より鐵の眞比熱を計算すれば次の如し。

鐵の眞比熱並に原子熱

Temp.	M. S. H.	True sp. H.	Atomic heat
100	0.1100	0.1150	6.44
200	0.1130	0.1218	6.80
300	0.1173	0.1309	7.32
400	0.1222	0.1431	8.01
500	0.1275	0.1579	8.83
600	0.1350	0.1774	9.89
700	0.1426	0.2102	11.74
750	0.1480	0.2430	13.61
800	0.1564	0.2710	15.13
825		0.2760	15.41
850	0.1633	0.1690	
900	0.1700	0.1700	9.43
925	0.1699	0.1620	9.48
950	0.1698	0.1690	9.43
1000	0.1698	0.1660	9.29
1100	0.1699	0.1660	9.29
1200	0.1698	0.1660	9.29
1225	0.1700	0.1660	9.29

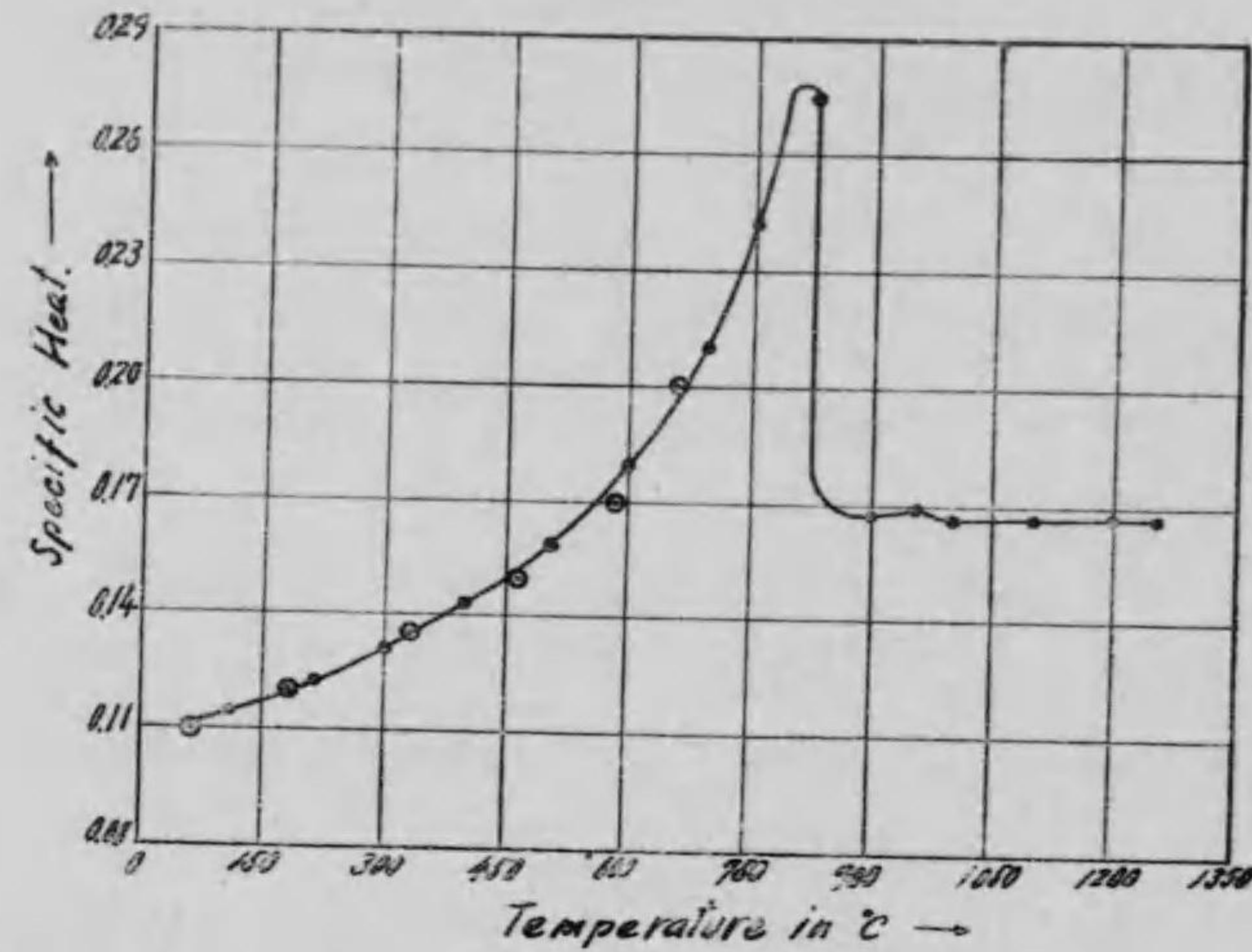
今此算出眞比熱と M. Levin u. H. Schottky の結果と對照せるものは第拾四圖なるが 700°C 以下に於ては本實驗より得たる結果と殆んど相一致し 700°C 以上に於ては急に増加し 800°C 附



第拾四圖

True Sp. Heat of Iron

○..... { M. Levin u.  
 { H. Schottky  
 ●..... by Author



近に至れば急に減少し 900°C 以上に於ては一定の値を有す、原子熱も亦同様に増減す、此の場合に於て原子熱が理論的の値  $3R=5.96$  より著しく大なるは注目に値す。

[5] 結 論

本実験は混合法により水素を通じて酸化及び脱炭を防ぎ高温度に於ける炭素鋼の含有熱量を測定せるものにして是に提供せる試料鋼鐵の含有炭素量は 0.09% より 2.84% 迄拾貳種温度の範圍は 23°C~1250°C なり、而して其結果を綜合するに

(1) 温度と炭素濃度並に含有熱量の關係よりして得たる鐵の比熱と又炭素鋼は鐵及びセメントタイトの混合物なりとして得たる實驗の結果より算出せる値とは約 1% 以内の微差を以て相一致せり。

(2) A. Meuthen は  $A_1$  以下に於ても眞比熱は一定なりと論せるも本實驗の結果によれば眞比熱の一定なるは  $A_3$  變態點以上の高温の部分に於てのみにして  $A_1$  變態點以下に於ては温度の上昇と共に一様に増加する事を認めたり。

(3)  $A_1$  變態點の前後に於ける含有熱量を測定し波來土が鐵中に溶解するが爲めに要する熱量を知れり、此の熱量は炭素の量に比例して増加し 0.9% にて最大に達し 6.7% にて終る、而して炭素一瓦が鐵中に溶解するには 1670 カロリーを要し波來土一瓦を鐵中に溶解するには 16.1 カロリーを要す。

(4) 含有熱量對濃度の關係よりして 100°C~900°C に於けるセメントタイトの平均比熱を求むるに温度と共に増加し 150°C に於ては 0.149 850°C に於ては 0.220 となる。

(5) 98% C の電極用炭素棒の比熱を 100°C より 1250°C 迄測定せるに温度の上昇と共に略ぼ直線的に増加するを見る。

(6) 熱量的實驗より  $A_1$  變態は温度並に時間の函數なるも  $A_2$  變化は單に温度のみの函數なる事を知れり。

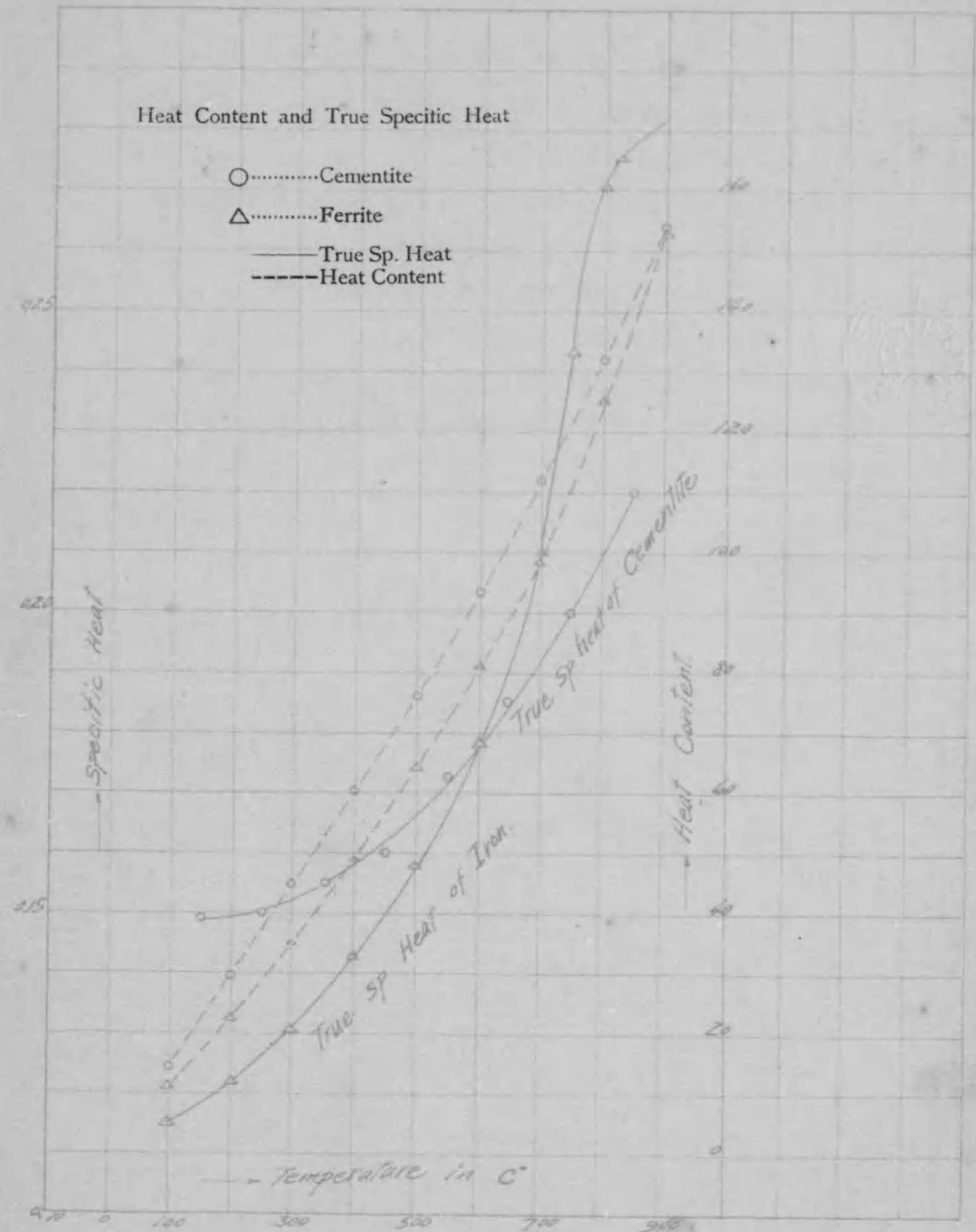
(7) 熱量對濃度の關係よりして麻亞田より波來土への變化の熱量を求め且つ此の熱量は含有炭素量に比例する事を見たり。

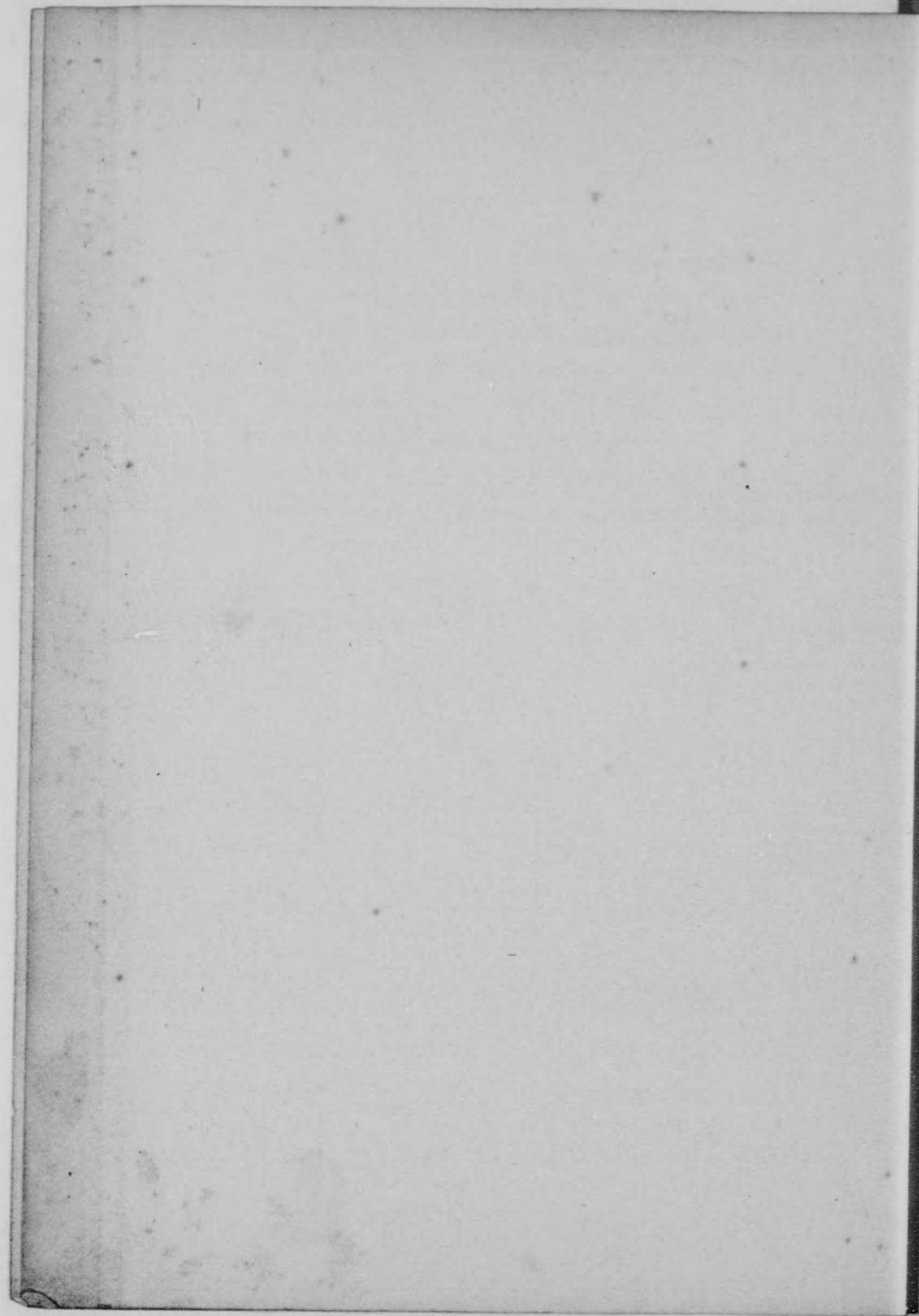
(8) 著者は又大洲田より麻亞田への同素的變化の熱量を求めたるに 0.9% C の鋼にありては此の熱量は 5.8 カロリーなる値を得たり。以上 A<sub>1</sub> 變態の内容を表はす二段變化

・ 大洲田  $\longleftrightarrow$  麻亞田  $\longleftrightarrow$  波來土

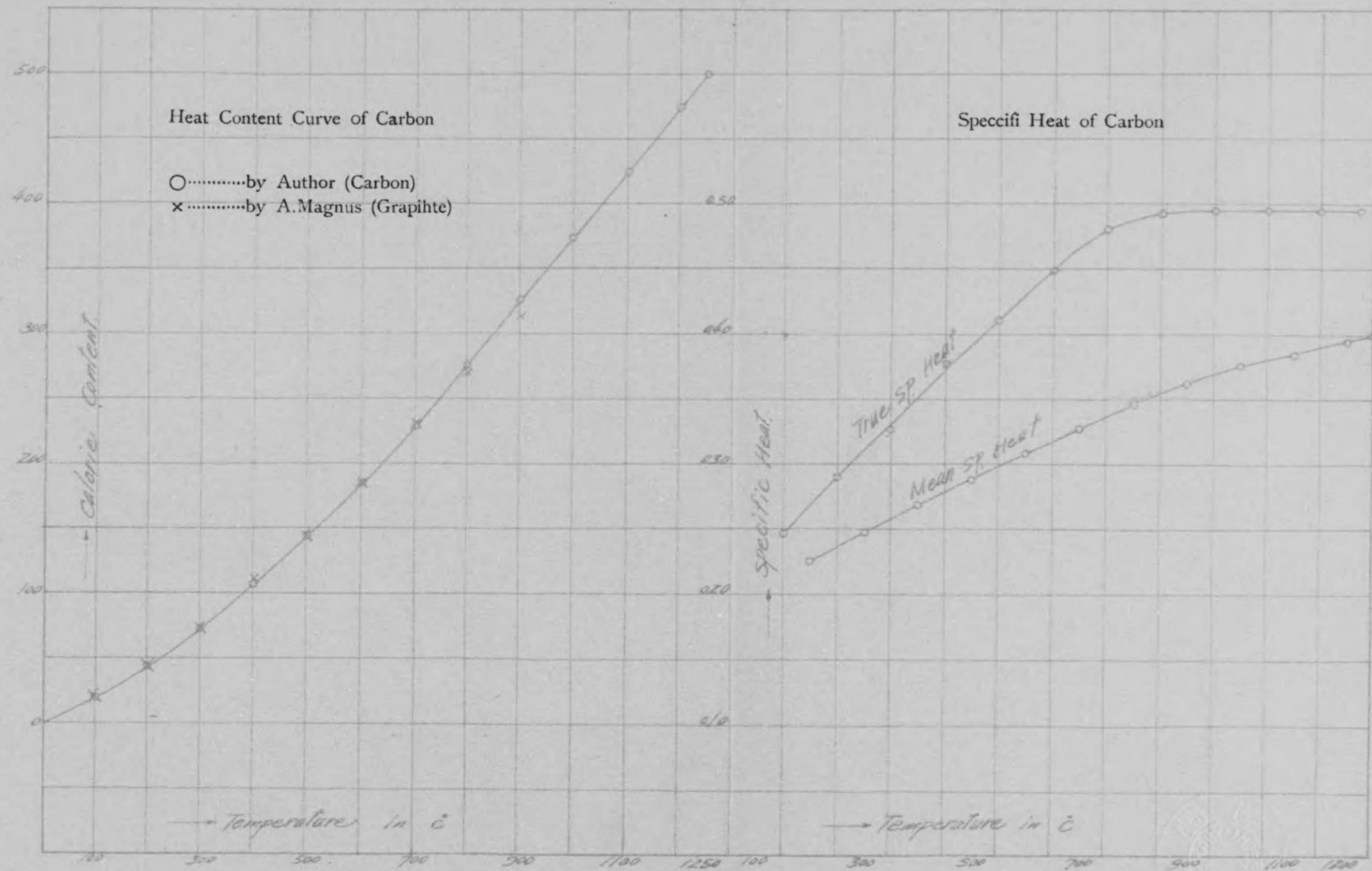
に相當する熱量は各一定にして炭素量に比例して増加するの事實を示せるは本多教授の主張せる上記の二段變化の正しきを示す有力なる材料なり。

終りに臨み一々御指導を賜りたる本多教授並に向井技監に對し深厚の謝意を表するものなり。

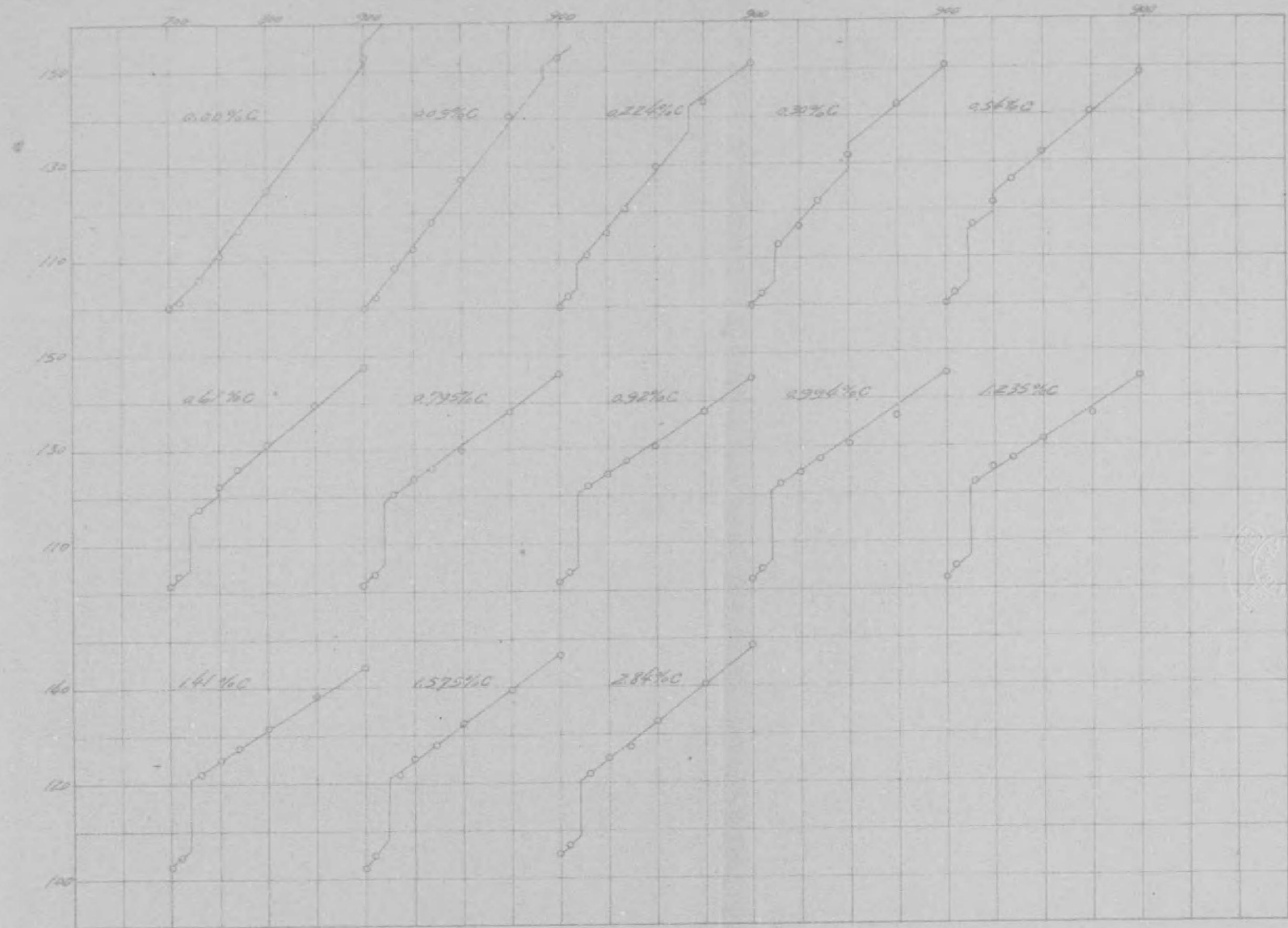




第九圖



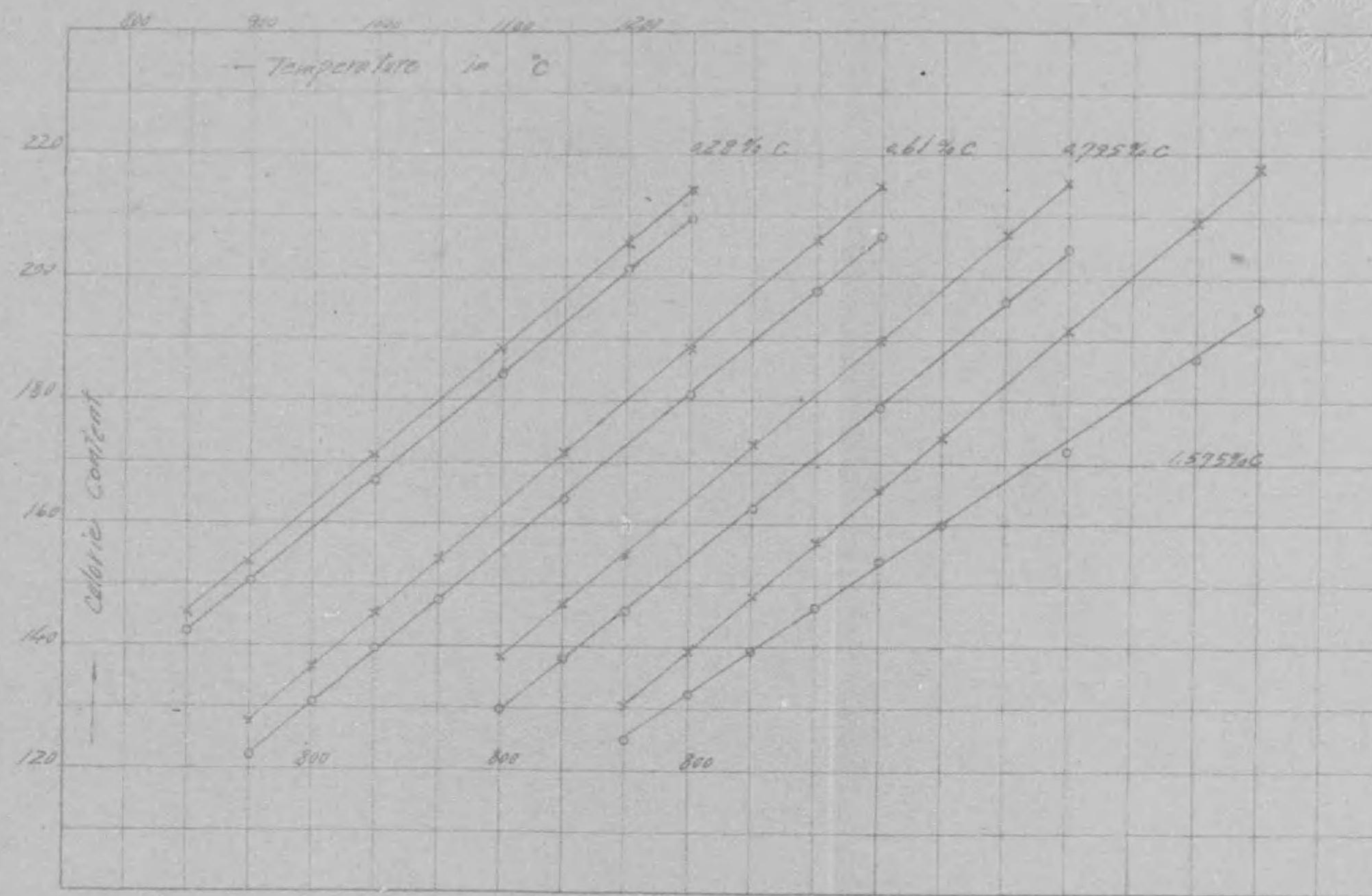
第拾壹圖



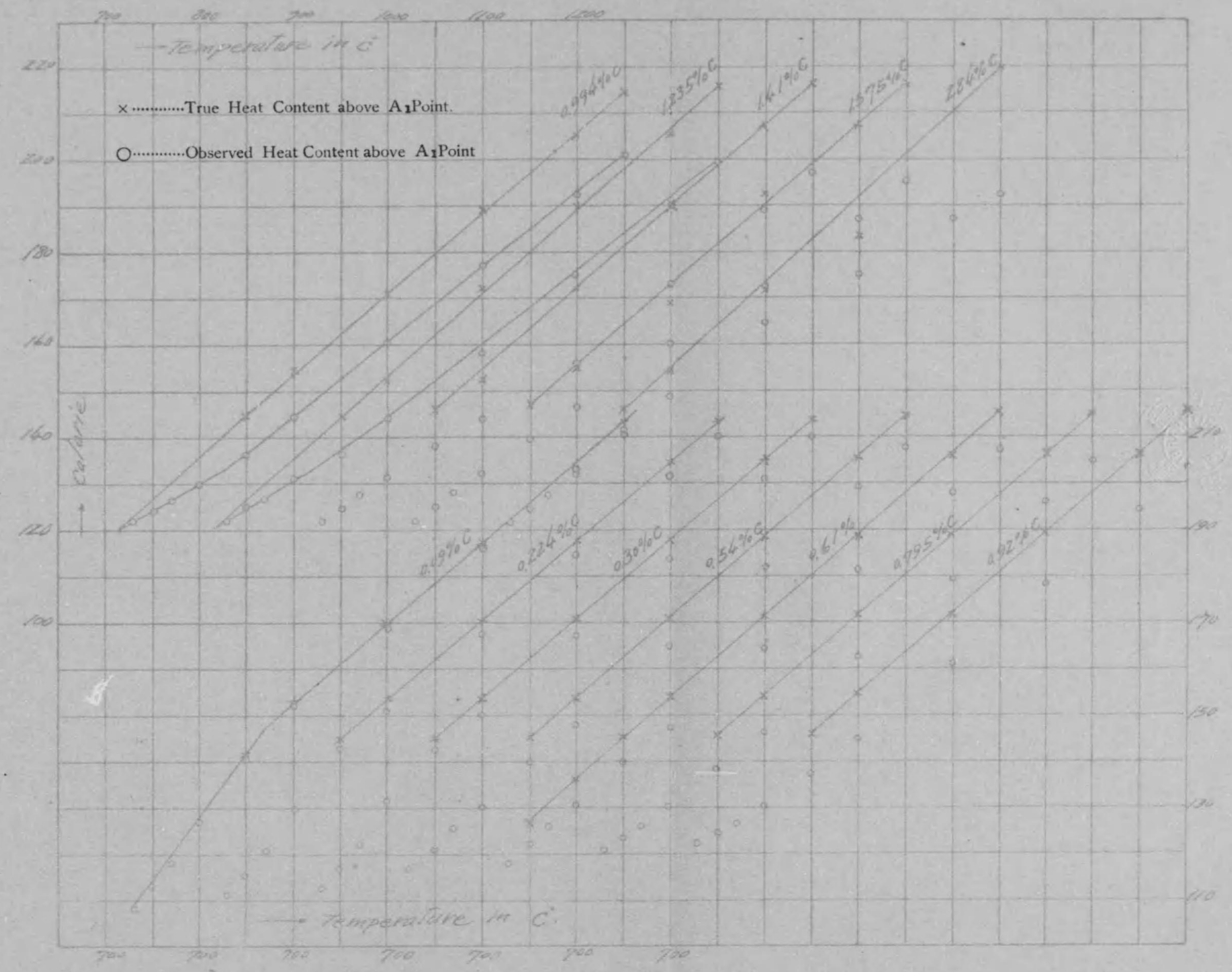
第拾貳圖

Heat Content Curve

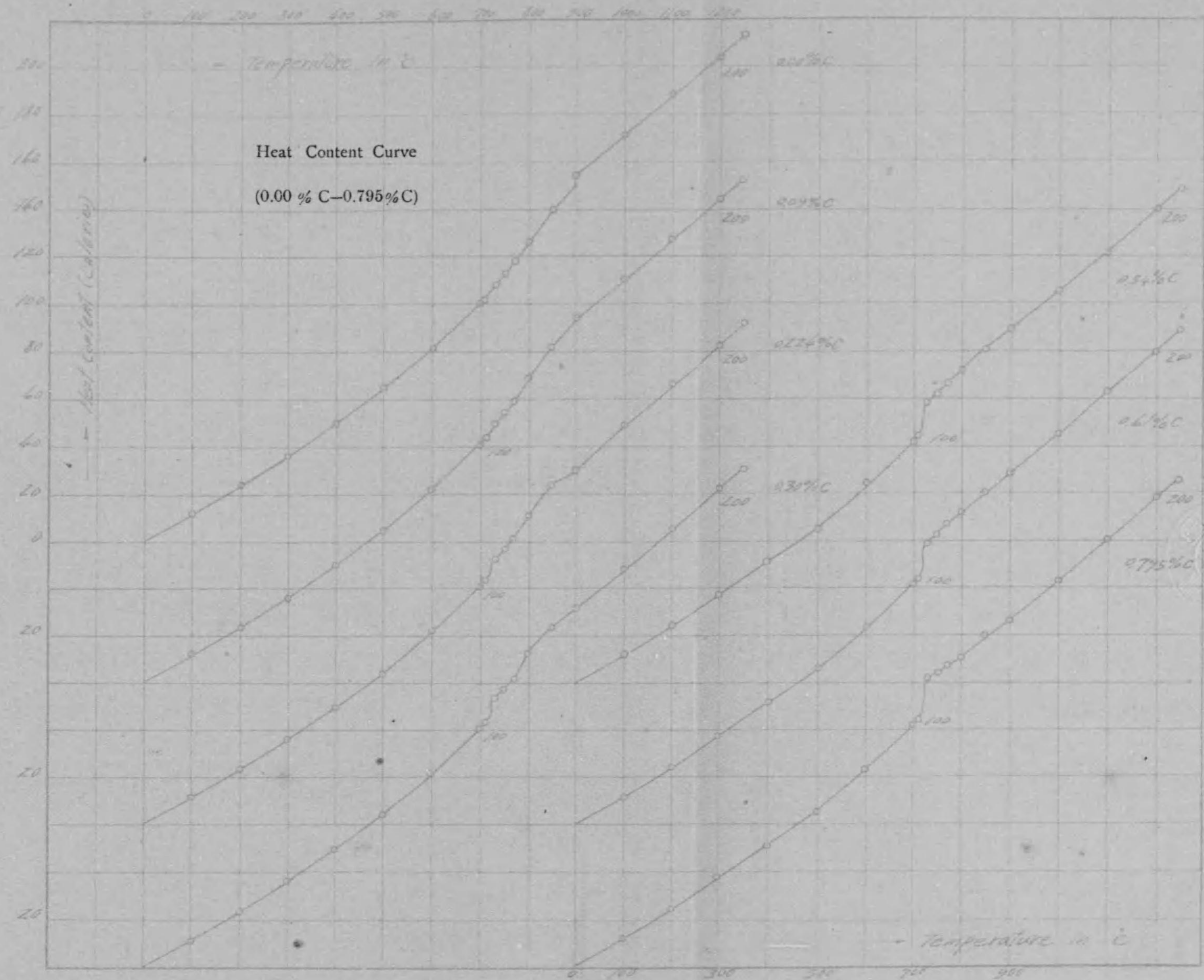
x ..... Covered with asbestos papers.  
o ..... Uncovered.



第拾參圖

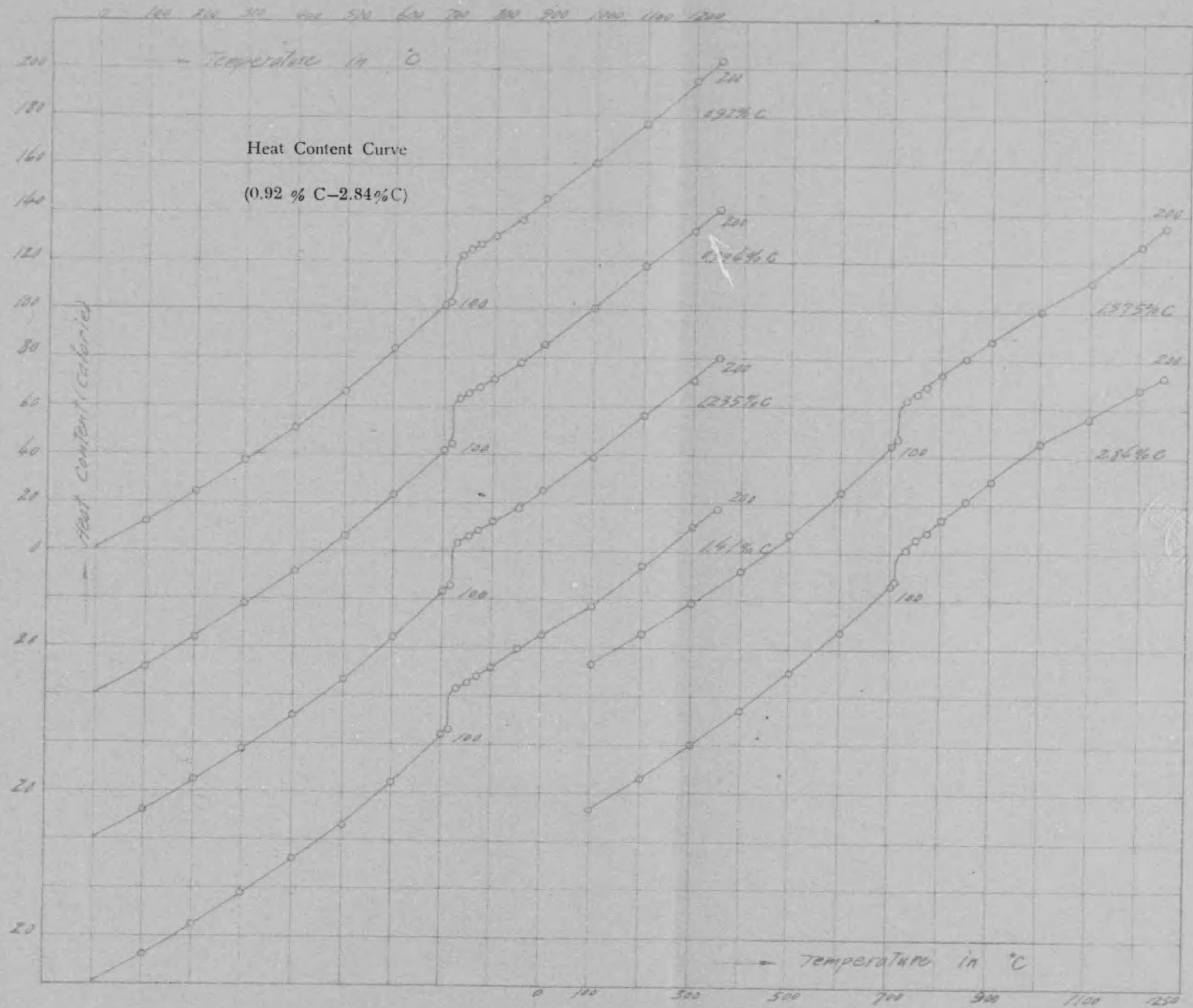


第 壹 圖

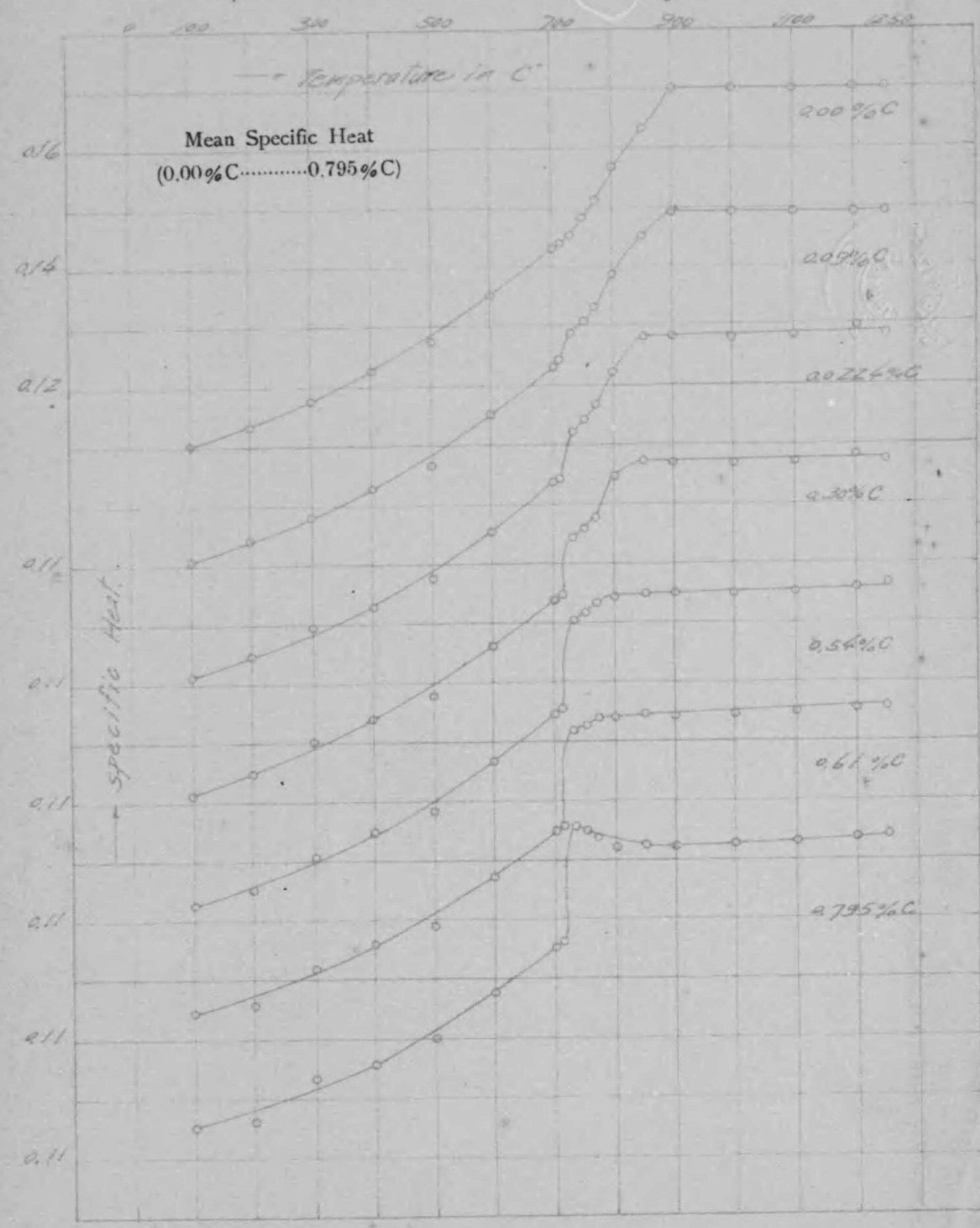




第 貳 圖



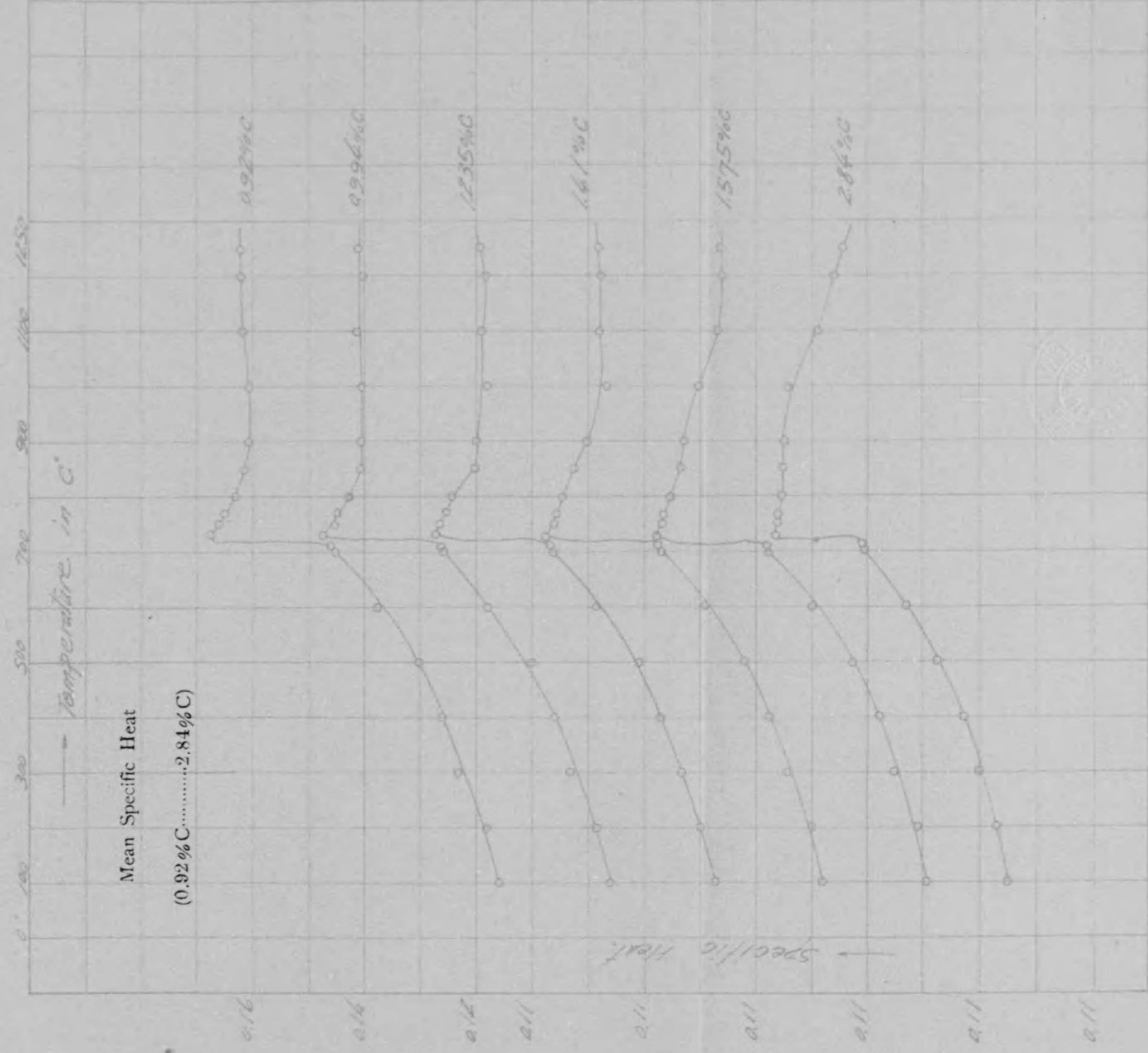
第 參 圖



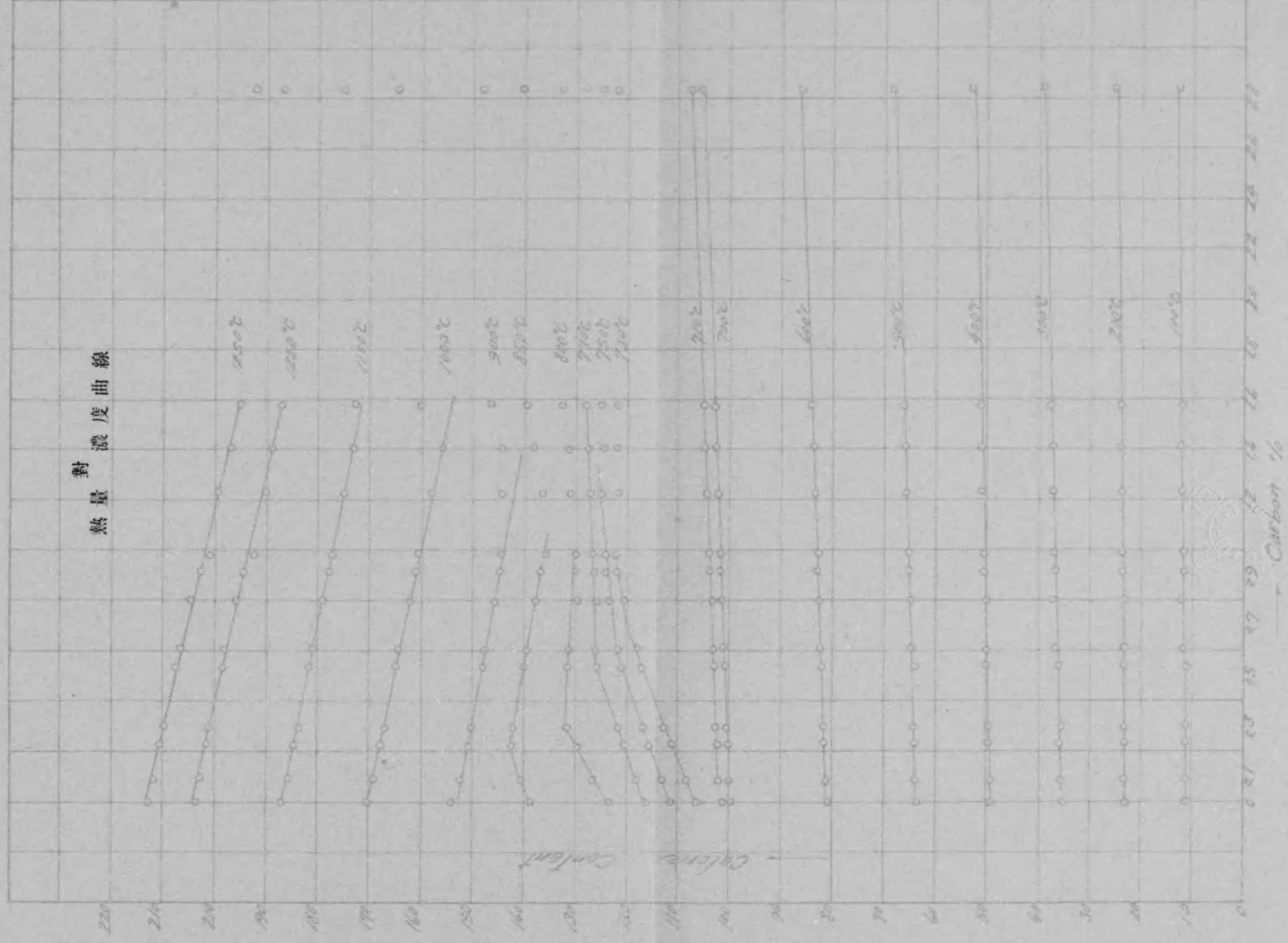
第四圖

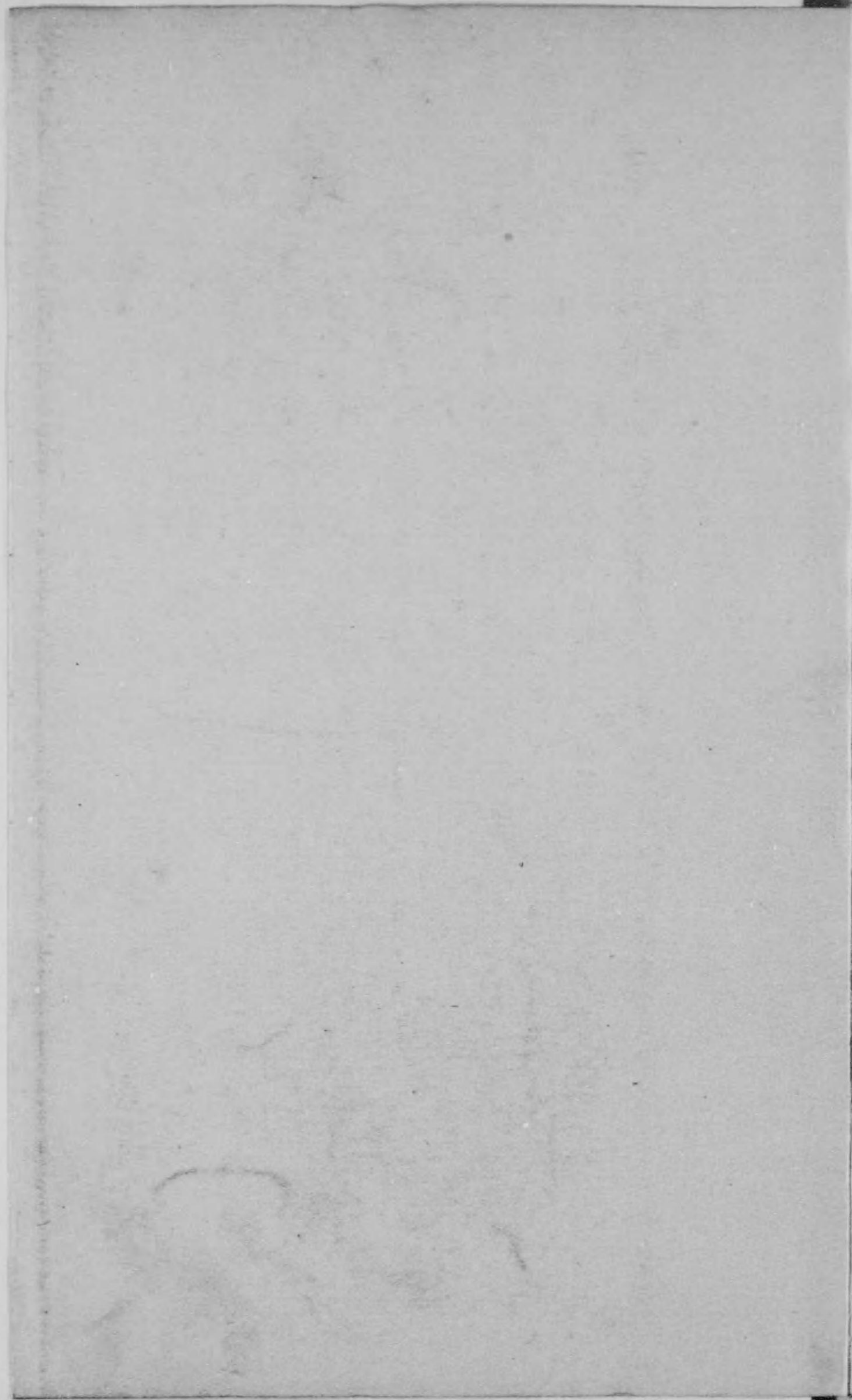


第四圖



第五圖





14.5

131

14.5  
131

終