

を示すと、第7表の如く高さの縮みは最大 10% で少いのは 3% 位である。此の縮みの量と白點の消失とは全く關係無く 3% 縮みでも、白點は明瞭に消失してゐるから此の意味での變形量は必要な因子に成らぬ様である、

IX. 總 括

白點のある鋼材を大なる變形を與へる事無く加壓したのみにて白點を消失せしめ得る事を明かにした。白點が消失する温度と壓力には限界があつて、鋼材及寸法に依て異なる様であるが、

1,200°C では 40~60 kg/mm² 以上、1,000°C では 60~100 kg/mm² 以上である。此の白點消失の限界以上の温度及壓力では加壓時間は數秒にて白點は消失する。又 90mm 位の大きさならば加壓後は空冷しても白點は現れ無い。

終りに臨み本研究を行ふに當り御懇切なる御便宜を與へ下さつた住友金屬工業株式會社製鋼所の上司の方々、並に御助力下さいました同社職員各位に對し感謝の意を表します。

弧 光 爐 用 電 極 に 就 て

(日本鐵鋼協會第 22 回講演大會講演 昭 14, 9)

林 達 夫*

ON THE ELECTRODE FOR ARC FURNACES.

Tatsuo Hayashi.

SYNOPSIS: The present study is the result of examinations into the chemical composition, the actual and apparent specific densities, porosity grade, transverse strength, hardness, the temperature for the beginning of oxidation, the weight decrease due to oxidation, specific resistance, the permissible current, etc. in view of inquiring the physical and chemical properties of the arc furnace electrode which is vital to the steel manufacture. Results summarized indicated that the synthetic graphite is the best, the natural graphite the next to the best and the carbon the worst as the material for electrodes.

- | | |
|------------|-------------|
| 1. 緒 言 | 8. 抗 折 力 |
| 2. 試 料 | 9. 硬 度 |
| 3. 化 學 成 分 | 10. 酸化開始温度 |
| 4. 比 重 | 11. 酸化消耗率 |
| 5. 有 孔 度 | 12. 電氣比抵抗 |
| 6. 抗 張 力 | 13. 許 容 電 流 |
| 7. 抗 壓 力 | 14. 結 言 |

第 1 表 製品 1,000kg に對する電極の消耗量 (kg)

	黒鉛電極	炭素電極
炭 化 石 炭	—	37~70
鑛石より銑鉄	—	5~10
鉄屑より銑又は銅	5~15	10~30
鐵 合 金	—	40~100
アルミニウム	—	800~1,000

之が開發増産が急務であると共に又消耗量を減少する事に努力を致さねばならぬ。此の數字は大體の範圍を示したものであるが實際には更に甚しき差異となる。之は弧光爐の設計、電極の種類、作業法等の相違に依るものにして電極製造者、弧光爐設計者、弧光爐使用者は夫々の立場より研究を進めねばならぬ。その作業に最適の弧光爐の設計、電極の種類、大き、作業法を選ぶ時は電極の消耗量は著しく減少出来る。然るに從來諸外國に於て公表されたる弧光爐用電極の諸性質は本邦のそれに適用致し難い、又本邦の各種製品に關しては不幸にして組織的の參考資料を提供したるものに見當らない。

本研究はかかる目的の爲先づ第一着手として現在市場にて使用されて居る電極の各種性能を明かにし、弧光爐使用

最近弧光爐製品の需要が著しく増大し、爲に弧光爐の性能、容量、臺數總て目覺ましき發展をして居る。従て弧光爐に使用する電極も性質、數量共に發展途上にある事は疑ひを入れぬ。併し弧光爐の設計者使用者側から見る時は、尙電極の質的並に量的の改良が望ましい。而るに電極は弧光爐の生命を支配するものにして、電極が發達しなければ弧光爐の發達も製品の發展も少く重大な問題である。今日弧光爐に使用する電極の消耗量は第 1 表に示す如く驚く可き數字に達して居る。而も吾國は電極の製造原料に乏しく

* 大同電氣製鋼所

者に基礎的参考資料を提供せんとするものである。

2. 試料

試料としては三製造者の製品たる國産電極炭素質1本(直徑 350 mm) 天然黒鉛質 3本(直徑 300, 180, 150 mm) 人造黒鉛質 6本(450, 280, 230 (A) 230 (A') 205, 200 mm) 計 10本の市販電極を弧光爐使用者から入手して測

第2表 試片採取位置
(10mm 角及丸, 20mm 長さ)

試片符號	試片位置	電極寸法 (mm)			中間	外皮	
		直徑	長さ	半徑		丸試片	角試片
炭素質	350C	365	1,830	182	r ₁ 85	r ₂ 170	r ₂ ' 155
天然黒鉛	300N	304	1,525	152	70	140	130
	180N	185	1,525	94	42	84	70
	150N	160	1,525	80	35	70	65
人造黒鉛	450A	450	1,525	227	105	210	205
	280A	280	406	140	65	130	118
	230A	228	1,525	114	57	104	93
	230A'	228	1,525	114	57	104	93
	205A	215	1,525	107	50	100	86
	200A	204	1,525	102	46	92	80

注意: 上表に於て試料符號の數字は電極直徑のmm 數を示し C は炭素質, N は天然黒鉛質, A は人造黒鉛質なる事を示す。r₁, r₂, r₂' は第1圖第2圖中の記號を示す。280A は450A 電極のニツプル材料。

定した。(第2表参照) 電極は原料を粉碎, 混捏, 成形, 焼成したる關係上電極の試料採取位置による不均一性が考へられる。又斷面に於ける位置に依りても諸種性質に著しき差異がある。従て本研究に於ては各電極の中心部と外皮部と其の中間部の三個所より各々3個づつ試片を切出して諸

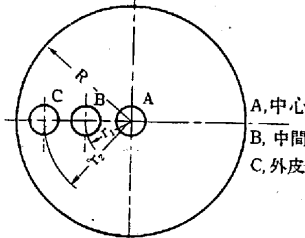
第3表 電極の化學成分

試料符號	成分	P	S	灰分	灰分100分中				試料符號	成分	P	S	灰分	灰分100分中			
					SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO						SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO
炭素質	350C(A)	0.044	0.118	13.03	50.74	8.75	24.43	1.11	人造黒鉛	280A(A)	0.010	0.004	0.17	24.83	17.70	10.29	31.10
	"(B)	0.071	0.124	13.55	48.38	9.26	24.00	0.86		"(B)	0.010	0	0.26	19.28	14.52	10.08	21.45
	"(C)	0.050	0.116	12.15	52.34	9.20	24.67	1.00		"(C)	0.010	0.001	0.11	32.45	13.76	12.08	13.04
	"(平均)	0.055	0.119	12.91	50.69	9.07	24.37	0.99		"(平均)	0.010	0.007	0.18	25.52	15.33	10.82	21.86
天然黒鉛	300N(A)	0.081	0.004	12.09	52.35	13.43	10.75	1.40	人造黒鉛	230A(A)	0.010	0	0.28	31.61	10.05	7.80	14.13
	"(B)	0.043	0.006	12.05	51.18	13.43	20.60	1.29		"(B)	0.050	0.003	0.17	23.37	33.61	27.85	11.17
	"(C)	0.010	0.070	12.28	52.96	13.53	22.06	1.57		"(C)	0.010	0	0.18	23.29	9.29	10.93	8.71
	"(平均)	0.045	0.027	12.14	52.16	13.46	17.80	1.42		"(平均)	0.023	0.001	0.21	26.09	17.65	15.53	11.34
人造黒鉛	180N(A)	0.108	0.223	9.06	52.34	23.20	19.92	2.98	人造黒鉛	230A'(A)	0.840	0.037	1.74	10.39	14.24	22.32	26.88
	"(B)	0.129	0.228	9.60	53.36	23.47	15.12	1.66		"(B)	0.695	0.028	1.76	14.54	14.42	19.83	27.30
	"(C)	0.105	0.243	8.95	13.50	24.03	15.85	6.56		"(C)	0.610	0.001	1.78	17.52	16.04	21.72	23.89
	"(平均)	0.114	0.027	9.20	39.73	23.57	17.00	3.73		"(平均)	0.715	0.022	1.76	14.15	14.90	21.29	26.02
人造黒鉛	150N(A)	0.072	0.074	20.37	47.78	15.17	22.25	0.20	人造黒鉛	205A(A)	0.050	0.001	0.12	31.42	24.90	15.62	16.92
	"(B)	0.093	0.543	18.35	51.40	19.12	19.45	0.34		"(B)	0.040	0	0.22	28.73	27.23	16.82	14.64
	"(C)	0.104	0.525	18.40	52.64	17.90	19.45	0.89		"(C)	0.010	0	0.18	25.19	17.90	14.15	6.87
	"(平均)	0.090	0.381	19.04	50.61	17.40	20.35	0.48		"(平均)	0.033	0.003	0.17	28.45	23.34	12.20	12.81
天然黒鉛平均	0.084	0.213	13.46	47.50	18.14	18.39	1.88	人造黒鉛	200A(A)	0.010	0.003	0.18	25.13	6.62	11.70	22.22	
450A(A)	0.010	0.014	0.45	9.00	13.72	3.10	21.96		"(B)	0.010	0	0.13	7.91	9.66	14.72	67.00	
"(B)	0.007	0.014	0.39	7.60	23.39	3.60	23.67		"(C)	0.015	0	0.16	27.95	12.02	13.35	32.69	
"(C)	0.008	0.027	0.93	5.60	8.87	0.84	23.67		"(平均)	0.012	0.001	0.16	20.33	9.43	13.26	40.64	
"(平均)	0.008	0.018	0.59	7.40	15.33	2.51	23.10	人造黒鉛平均	0.137	0.009	0.51	20.33	16.00	12.60	22.63		
								人造黒鉛平均(230A'除外)	0.017	0.006	0.26	21.56	16.22	10.86	21.95		

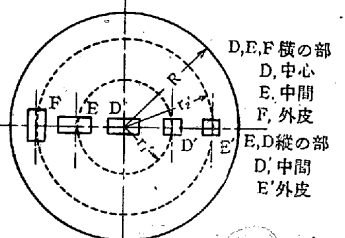
上表 A, B, C, は第1圖試料切り取りの位置を示す。

性質を研究した(第1圖及第2圖)其結果中心部より外皮部に到る半徑方向の位置に依り諸性質にそれぞれ異なる傾向のある事を見出した。

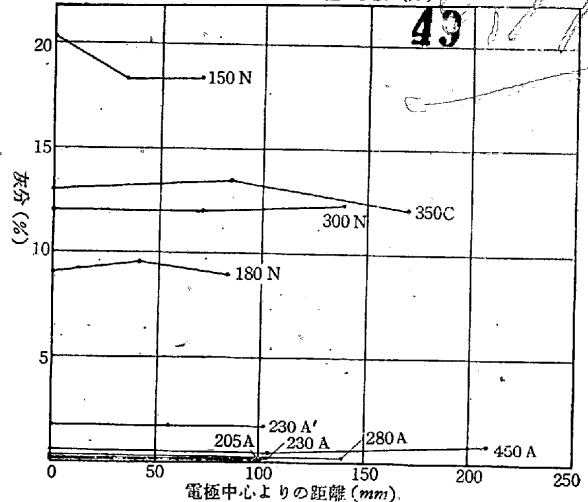
第1圖 試料採取位置



第2圖 試料採取位置



第3圖 電極の灰分(%)



3. 電極の化學成分

前記 10 種電極の 3 個所より試料を採取し化學分析をなした(第3表)。灰分の主成分は SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO であり同表にはその百分比(%)を示してゐる。

第3圖は電極の中心よりの各距離に於ける灰分の量を示す。大局的に見て外部に進むに従て灰分の量は増加するも350C(炭素質)180N(天然黒鉛)は中間に於て稍々大となり外部に進むに従ひ減少する。又150N(天然黒鉛)は中心よりの距離と共に灰分は漸次減少し中間より大體一定となる。第4表は参考の爲に炭素質(1本),天然黒鉛質

第4表 化学成分の比較

試料符號	P	S	灰分	灰分100分中			
				SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO
炭素質	0.055	0.119	12.91	50.69	9.07	24.37	0.99
天然黒鉛	0.084	0.213	13.46	47.50	18.14	18.39	1.88
*人造黒鉛	0.017	0.006	0.26	21.56	16.22	10.86	21.95

* 230 A' を除く平均値

(3本)人造黒鉛質(6本)の夫々の平均値を示す。各値は同一種類に於ても製造行程,各製造業者の使用原料に依り著しく異なるものにして平均の意味は極めて弱い。

4. 比重

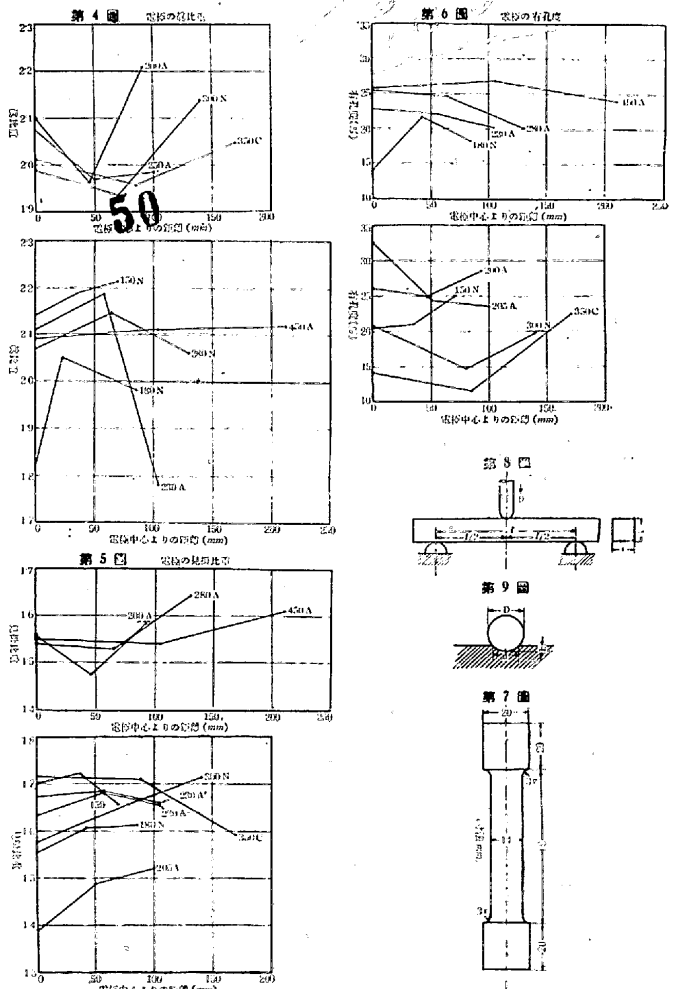
(A) 眞比重 (a) 比重は弧光電極の材質決定上極めて重要な一性質である。前記電極中 230 A' 電極を除きたる9種類の電極中の中心 中間 外部より試料を切り出した。前記試料は粉碎して粒度 170 メシツユにし 150°C の恒温室にて1時間乾燥し,デシケーター内にて放冷したものを用ひた。粉碎には瑪瑙乳鉢にてなしたが最後に扁平状粉末を生じ篩別に困難を感じた。

(b) 測定法 炭素類比重測定法は従來種々なる方法に依り行はれて居る。例へばヘリウムガスに依りて成す方法¹⁾,吉田氏考案の纖維比重測定法²⁾の炭素への應用³⁾,龜山,竹井兩氏の刷子黒鉛の眞比重測定⁴⁾等である。本研究に於ては寒暖計付蓋及側管付 25 cc の比重瓶にてトルオールを用ひて測定した。

(c) 測定結果,第5表は以上の諸材料の測定結果を示す。比重は他の物理的諸性質に比し原料製造行程等の差のあるに拘らず値が良く近似する。この中炭素質電極最も小さく 2.006 天然黒鉛電極は平均 2.050 にて之より大きく,人造黒鉛電極は最大にて平均 2.067 を示す。天然黒鉛電極の源料に供せらるる朝鮮及印度産の天然黒鉛の眞比重は 2.113~2.306 平均 2.192 であった。第4圖は各種電極

第5表 電極の眞比重

試料位置		中心	中間	外皮	平均	
試料符號						
炭素質	350C	2.009	1.958	2.051	2.006	2.006
天然黒鉛	300N	1.989	1.937	2.139	2.022	2.050
	180N	1.814	2.050	1.983	1.949	
	150N	2.139	2.188	2.212	2.179	
人造黒鉛	450A	2.091	2.109	2.119	2.106	2.067
	280A	2.069	2.146	2.063	2.093	
	230A	2.119	2.185	1.781	2.029	
	205A	2.078	1.971	1.986	2.012	
	200A	2.105	1.965	2.210	2.093	
原料	朝鮮産土狀黒鉛				2.163	2.192
	朝鮮産鱗狀黒鉛				2.113	
	印度産鱗狀黒鉛				2.306	
	印度産粉末狀黒鉛				2.187	



中心よりの距離と眞比重との關係を示す。中間に於て増加し其後減少するものは 230 A, 280 A, 180 N 等にして 150 N, 450 A は漸次増加する。又 350 C, 200 A, 300 N 等は中間にて減少して其後外皮に向ふに従ひ増加する。

(B) 見掛比重 前記 10 種の電極の 3 箇所より直徑 10 mm 長さ 20 mm の試片を採取して試料とした。先づ試料を 150°C の恒温室中にて1時間乾燥しデシケーター中に

1) Haward Hullet: J. am chem. Soc., 46 (1924) 1086.
 2) 吉田: 京大紀要, 15 (1932), 10.
 3) 松永: 京大紀要, 18 (1935), 265.
 4) 龜山, 竹井: 工業化學雜誌 第7冊・第497號(1939)493.

て放冷したる後秤量した。而る後測定せし體積より見掛比重を出した。第6表は其の測定結果を示す。之に依て見る

第6表 電極の見掛比重

試料位置		中心	中間	外皮	平均	
試料符號						
炭素質	350C	1.714	1.711	1.591	1.672	1.672
天然黒鉛	300N	1.574	1.648	1.714	1.645	1.644
	180N	1.555	1.605	1.616	1.592	
	150N	1.705	1.726	1.658	1.696	
人造黒鉛	450A	1.551	1.543	1.611	1.568	1.578
	280A	1.541	1.530	1.645	1.572	
	230A	1.637	1.683	1.652	1.657	
	230A'	1.672	1.685	1.658	1.672	
	205A	1.385	1.486	1.522	1.464	
	200A	1.554	1.476	1.581	1.537	

と炭素質電極 1.672 にて最大にて天然黒鉛の 1.592~1.696 平均 1.644 之に次ぎ人造黒鉛の 1.464~1.672 平均 1.578 が最小である。即ち電極は高級なもの程見掛比重が小さい。見掛比重と電極断面位置との関係は概して中心より外皮に向て見掛比重は大となる。第5圖は電極中心よりの距離と見掛比重との関係を示す。外皮に向て見掛比重の増加するものは 300 N, 180 N, 205 A にして中間にて減少し外皮に近づくに従ひ又増加するものは 450 A, 280 A, 200 A である。

5. 有孔度

有孔度は真空乾燥器を用ひ秤量法⁵⁾にて求むる方法があるが本研究に於ては計算により求めた。即ち有孔度(p%)は真比重(D)と見掛比重(D_A)とから次式により算出した。

$$p = \frac{D - D_A}{D} \times 100$$

以上の式に依て9種の各電極に就き計算した結果を第7表に示す。之に依て見ると有孔度は人造黒鉛電極が大きく

第7表 電極の有孔度(%)

試料位置		中心	中間	外皮	平均	
試料符號						
炭素質	350C	14.2	11.6	22.5	16.1	16.1
天然黒鉛	300N	20.9	14.9	19.9	18.9	19.7
	180N	14.3	21.7	18.5	18.2	
	150N	20.3	21.1	25.0	22.1	
人造黒鉛	450A	25.8	26.8	24.0	25.5	24.8
	280A	25.5	24.7	20.3	23.5	
	230A	22.7	22.1	20.1	21.6	
	205A	32.5	24.6	23.4	26.8	
	205A'	32.5	24.6	23.4	26.8	
	200A	26.2	24.9	28.5	26.5	

(21.6~26.8%平均 24.8%)天然黒鉛電極(平均 19.7%)之に次ぎ炭素質電極(16.1%)が小である。即ち電極は高級なるもの程緻密でないといふ事が分る。

有孔度と電極断面位置との関係を検すれば炭素質、天然黒鉛は明かでないが人造黒鉛に於ては全體を平均して考へれば中心から半径方向に外皮に近い程有孔度小、即ち緻密になる事を示して居る。第6圖は各種電極の有孔度と電極中心よりの距離との関係を示す。

6. 電極の抗張力

試片、前記電極中8種(但し 350 C は 300 C にて代用)の電極の3個所から第7圖の如き大きさの試片を切出し 5t アムスラー試験機を用ひて抗張力を決定した。第8表に其

第8表 電極の抗張力(kg/cm²) (試片 14d×60l)

試料位置		中心	中間	外皮	平均	
試料符號						
炭素質	300C	39.0	55.2	78.0	57.3	57.3
天然黒鉛	300N	22.4	25.2	57.7	35.1	39.8
	180N	58.8	54.8	65.0	59.5	
	150N	22.7	19.5	32.5	24.9	
人造黒鉛	450A	29.2	28.8	25.6	27.9	57.3
	230A	46.1	48.7	55.9	50.2	
	230A'	58.4	43.4	30.1	44.0	
	200A	52.0	52.0	45.5	49.8	

の測定結果を示す。大局的に見て人造黒鉛の抗張力は天然黒鉛に比し大である。

7. 抗壓力

試料前記電極の中8種(但し 350 C は 300 C にて代用)の3個所より直径 15mm, 長さ 15mm の丸棒状試料と一片 15mm 長さ 15mm の立方角試料を採取した。之等の試料をアムスラー5吨試験機に依り荷重を懸けて壓縮し破壊する時の荷重より抗壓力を決定した。測定結果は第9表に示す。本表の測定數値は同一材料附近より切り出したる3個

第9表 電極の抗壓力(kg/cm²) (試片 15d×15l)

試料位置		横(半径方向)			平均	縦(軸方向)			平均
試料符號		中心	中間	外皮		中心	中間	外皮	
炭素質	300C	249	73	311	211	260	138	311	236
黒鉛質	300N	197	212	208	206	210	310	230	260
	180N	255	153	153	187	226	133	159	173
	150N	198	206	221	208	170	266	219	218
人造黒鉛	450A	153	285	158	199	195	170	181	182
	230A	328	334	292	318	311	340	317	323
	230A'	317	221	215	251	300	212	218	243
	200A	243	260	332	278	254	289	305	283

⁵⁾ 電氣化學第6卷418頁

の試料の平均値を求めたものである。

8. 抗折力

前述の電極の中 8 種 (但し 350 C は 300 C にて代用) の電極の 3 個所より 13mm 角長さ 70mm の角棒を切出して試片とした。測定には東京衛機製作所製リレー型槓桿式材料強弱試験機を用ひ第 8 圖の如く荷重をかけて測定した。斯くして次式より抗折力を求めた。

$$f = \frac{3}{2} \frac{pl}{rt^2}$$

但、t……試片の厚さ (cm), r……試片の幅 (cm),
l……兩支點間の距離 (cm), p……破壊せる際の荷重 (kg), f……抗折力 (kg/cm²)

第 10 表は上式を用ひて求めた測定結果である。但本表は中心, 中間, 外皮の 3 個所より平均値を求めた結果である。

第 10 表 電極の抗折力 (kg/cm²) (試片 15d×70l)

試料位置 試料符號		横			平均	縦			平均
		中心	中間	外皮		中心	中間	外皮	
炭素質	300C	98	159	177	178	253	127	296	225
天然 黒鉛	300N	147	5	164	105	155	122	174	150
	180N	49	139	177	122	91	181	162	159
	150N	97	22	21	47	196	180	225	200
人造 黒鉛	450A	49	50	98	65	116	99	148	121
	230A	171	100	149	140	128	173	165	155
	230A'	115	84	128	109	180	122	109	137
	200A	121	113	134	123	185	176	159	173

9. 硬 度

(a) ブリネル硬度 前記電極の中 8 種 (但し 350 C は 300 C にて代用) の電極の 3 個所から 20mm 立方體の試片を切出して測定試料とした。最高 4,000 kg のブリネル硬度計を用ひ油圧ポンプにて除々に壓力を加へ試片の破壊せざる様注意しつつ行た。荷重 (P) と窪みの直徑 (d) を測定して下式より硬度 (H_B) を求めた。第 11 表の H_B は

第 11 表 電極の硬度 (試片 20mm³)

試料位置 試料符號		H _B			平均	H _s			平均
		中心	中間	外皮		中心	中間	外皮	
炭素質	200C	139	207	109	152	28	31	23	27
天然 黒鉛	300N	110	113	121	115	17	21	18	19
	180N	114	145	109	123	107	16	23	13
	150N	94	78	76	83	19	17	15	17
人造 黒鉛	450A	138	89	145	124	25	23	26	25
	230A	151	120	131	134	126	27	32	29
	230A'	122	164	134	140	31	31	31	31
	200A	94	116	109	106	20	27	23	23

ブリネル硬度を示す。

$$H_B = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

但、P……荷重 (kg), D……ボール直徑 (mm)
d……窪みの直徑 (mm), H_B……ブルネル硬度數

(b) ショアー硬度 8 種の電極の 3 個所から一邊 30mm 厚さ 20mm の板を切り出して測定に供した。第 11 表の H_s はショアーの硬度を示す。

10. 酸化開始温度

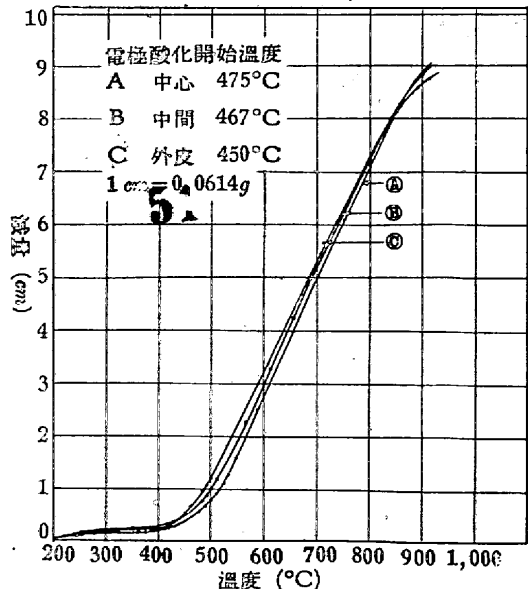
(a) 試料, 前記電極 10 種の夫々 3 個所より試料を採取し粉碎篩別して粒度を 170 メッシュにし 0.7g 宛を試料に供した。

(b) 測定法 熱天秤を以て空気中の加熱酸化に依る減量を秤量した。爐は口径 55mm 高さ 250mm のニクロム抵抗式電気爐を用ひた。相互の比較を主體としたる故ブランケットによる熱天秤のふれは除外せずそのまま包含せしめて行た。

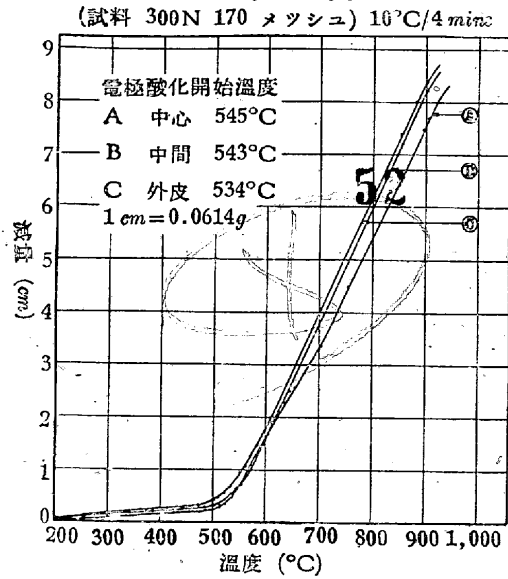
温度上昇速度は 1 分間に 2.5°C とし 200°C より 910°C 迄 10°C 毎に試料の減量を讀み第 10 圖乃至第 13 圖の如く酸化消耗曲線を畫いた。之に依て酸化開始温度と酸化消耗状態を知る事が出来る。酸化消耗状態は第 10 圖乃至第 13 圖に見る如く 200°~300°C の間に於て曲線は稍々上昇する。之は水分と揮發分が蒸發する爲と考へられる。300°C から曲線が急に上る點迄は殆んど變化が認められない。曲線が急に上昇する點は酸化開始温度であつて此の點

第 10 圖

(試料 350 C 170 メッシュ) 10°C/4 mins



第 11 圖

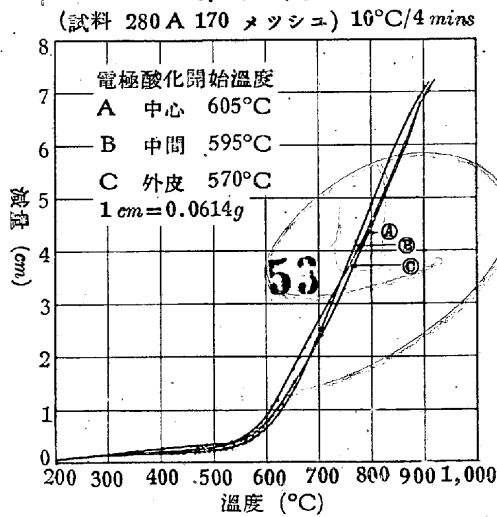


は電極の種類と其の切斷位置に依て異りその値は 450°~653°C である(第 12 表)

第 12 表 電極の酸化開始温度

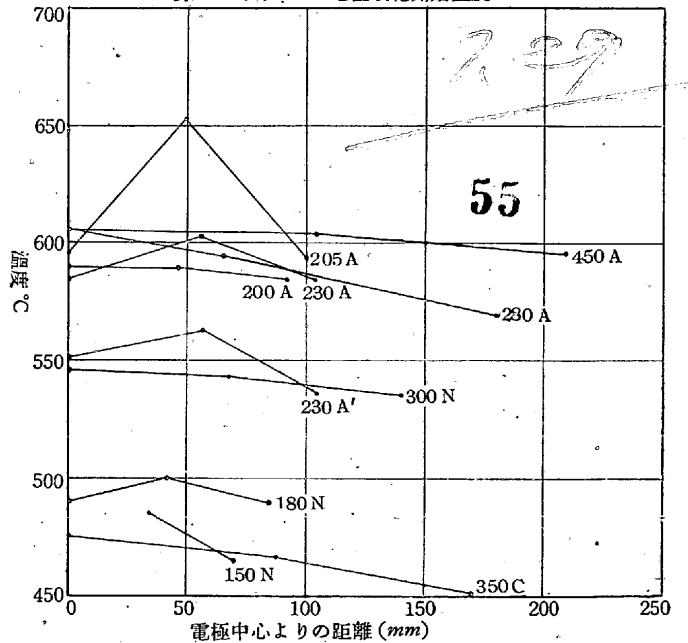
試料位置		中心(°C)	中間(°C)	外皮(°C)	平均(°C)
		試料符號			
炭素質	350C	475	467	450	464
天然 黒鉛	300N	545	543	534	541
	180N	490	500	490	493
	150N	—	485	465	475
同上平均		517	509	496	503
人造 黒鉛	450A	605	604	595	601
	280A	605	595	570	590
	230A	585	603	585	591
	230A'	551	562	535	549
	205A	595	653	595	614
	200A	590	590	585	588
同上平均		589	601	578	589

第 12 圖



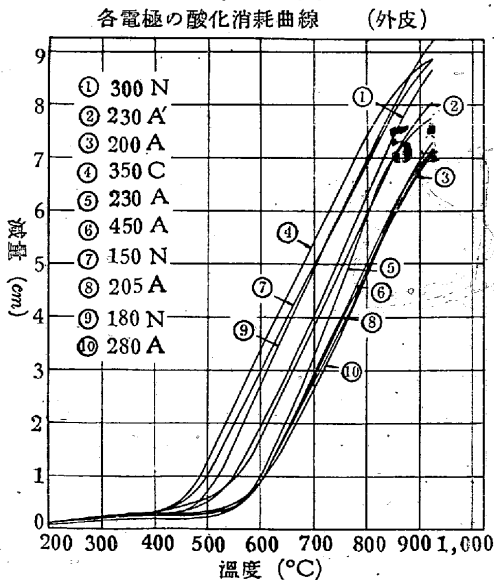
之に見らるゝ如く平均値に於て炭素質が最低温度を示し天然黒鉛之に次ぎ、人造黒鉛電極は最高温度を示して居る。電極の斷面位置による變化は平均値に於て外皮よりもむしろ中心の方が高温を示し、人造黒鉛に於ては中間が最高點を示す(第 14 圖参照)。

第 14 圖 電極酸化開始温度



燃焼開始後の燃焼程度は天然黒鉛に於て急激で人造黒鉛に於て緩慢であるが漸次其の程度が一定となり 900°C 迄其の程度の變化無く天然黒鉛と人造黒鉛の間に燃焼速度の差無き事は曲線により明かに見られる。

第 13 圖



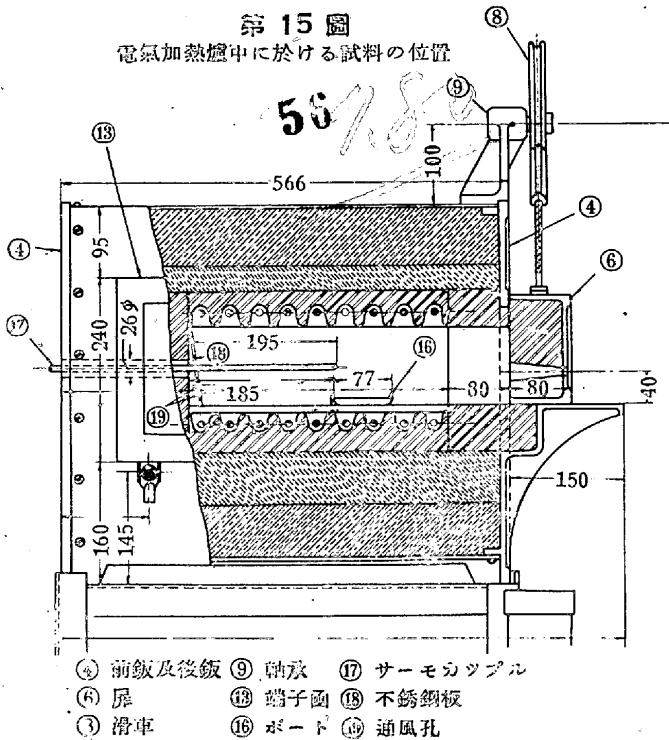
11. 酸化消耗率

(A) 棒狀試片の場合 弧光爐電極が弧光爐中にて消

耗する状態を吟味する爲9種の電極の3個所より直径 10 mm 長さ 20 mm の棒状試片を採取した。磁裂ポートに棒状試片を入れ、之を高温状態に在る爐内に装し、爐内に空気を送入して酸化消耗せしめ其の減量を秤量したのである。

此のポーとは豫め1時間灼熱したる後デシケーター内に於て放冷したのを使用した。爐は第15圖の如く自動温度

第15圖 電気加熱爐中に於ける試料の位置



調節式の非金属抵抗式電気爐で、爐の後壁に圖示の如く厚さ 1 mm の不銹鋼板を張りその鋼板の下部に二例に直径 2~7 mm の小孔を穿た。試片は圖の如き位置に置き空気を均一に試片に作用せしめた。空気は壓縮空気を乾燥し流量計を通じて送入量を毎分 300cc 一定に加減しつゝ送た。

測定温度は 600°, 700°, 800°, 900°, 950°, 1,000°, 1,050°, 1,100°, 1,200°, 1,300°C の 10 點にして各温度に於て2時間一定に保持して測定した。

各試片の各温度に於ける酸化消耗量を第13~15表に示す。各種電極の酸化消耗曲線を第16~18圖に示す。

各電極共通の現象として 1,100°C 附近に最高點あり。それ以上の點に於て低下を示し或る物は再び上昇を示すものもある。之は加熱に依り電極中の軟化點低き物質を融解し炭素を被覆して酸化を妨げるものと考へられる。次に電極断面位置と酸化消耗率の關係を 700°, 900°, 1,100°, 1,

第13表 電極の酸化消耗率(%) (試片, 中心, 直径 10mm 長さ 20mm 約 2.5g)

試片符號		温度 °C							
		600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
炭素質	350C	45.8	70.6	74.6	76.5	87.3	87.9	66.8	78.1
天然黒鉛	300N	27.1	54.1	68.9	77.1	81.7	82.8	78.7	—
	180N	31.8	71.4	81.0	85.6	89.4	91.4	91.5	81.5
	150N	25.4	53.0	63.3	72.2	77.0	82.1	82.0	80.0
人造黒鉛	450A	0.9	19.2	66.4	82.3	89.8	97.7	92.8	97.5
	280A	1.9	14.9	76.7	86.2	88.8	93.4	96.8	92.1
	230A	3.8	30.3	71.5	80.3	87.7	79.0	78.8	86.9
	230A'	15.4	80.0	90.0	86.0	96.4	91.3	94.7	92.5
	205A	9.1	67.1	85.5	96.7	92.6	97.5	98.1	99.5

第14表 電極の酸化消耗率(%) (試片, 中間直径 10mm 長さ 20mm 約 2.5g)

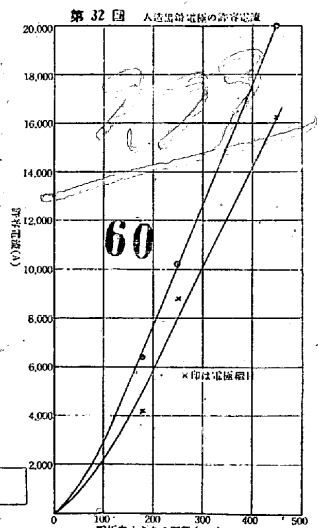
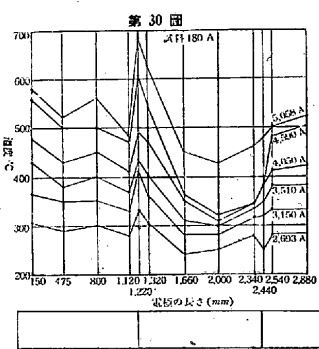
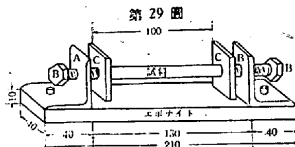
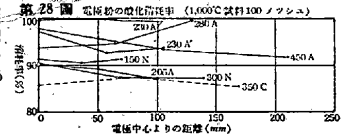
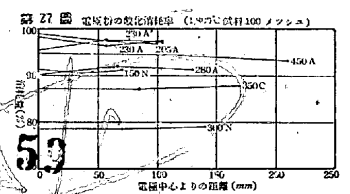
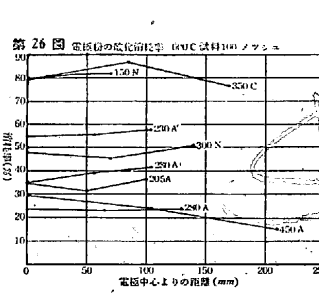
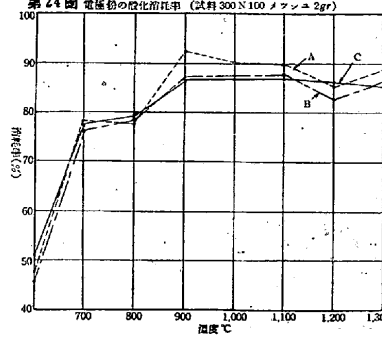
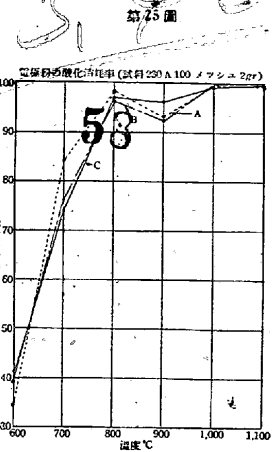
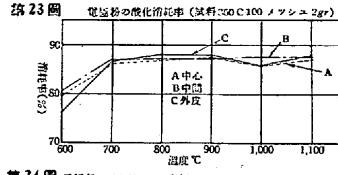
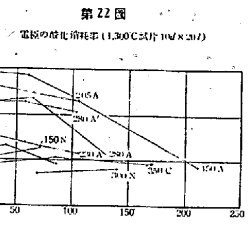
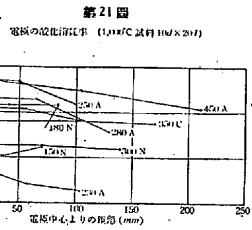
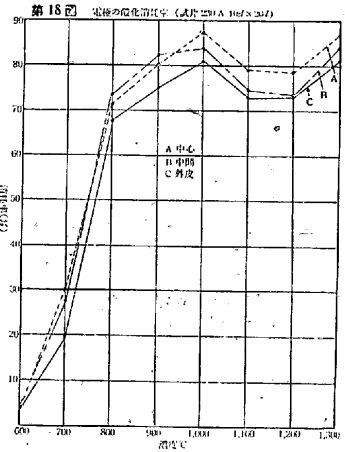
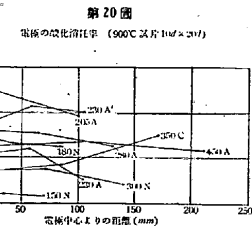
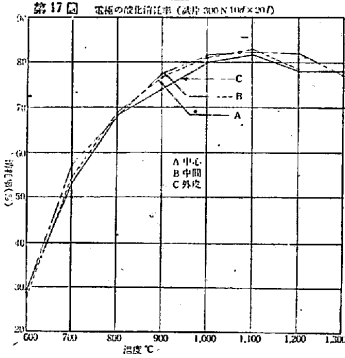
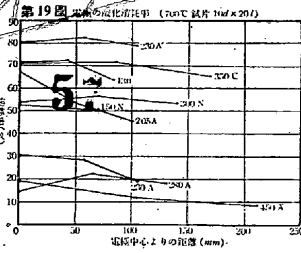
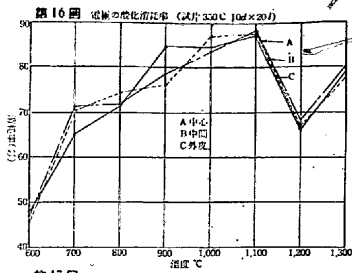
試片符號		温度 °C							
		600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
炭素質	350C	47.0	71.4	71.7	78.5	83.8	88.1	68.4	80.3
天然黒鉛	300N	28.5	56.8	68.3	77.6	81.6	82.5	82.1	77.1
	180N	37.2	72.2	80.1	83.3	88.0	91.5	91.3	83.1
	150N	25.4	51.4	67.2	72.2	75.9	80.2	82.1	80.8
人造黒鉛	450A	0.7	11.7	64.4	83.6	92.3	94.7	94.4	92.7
	280A	2.5	22.3	70.5	85.5	94.1	93.0	94.8	93.7
	230A	4.3	28.2	73.3	82.1	83.7	74.2	72.8	83.8
	230A'	12.7	82.4	88.3	91.5	90.1	90.6	95.1	93.0
	250A	4.6	53.4	88.0	93.1	96.0	96.6	97.7	98.7

第15表 電極の酸化消耗率(%) (試片, 外皮, 直径 10mm 長さ 20mm 約 2.5g)

試片符號		温度 °C							
		600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
炭素質	350C	47.7	65.2	71.4	85.1	84.9	87.5	66.4	79.1
天然黒鉛	300N	28.8	53.2	68.2	74.4	80.2	81.9	78.1	78.1
	180N	32.1	63.9	80.1	82.9	86.9	91.5	90.6	79.4
	150N	30.1	50.5	63.9	71.8	76.4	82.3	82.6	82.4
人造黒鉛	450A	1.2	5.8	46.3	81.7	86.4	90.7	80.7	78.5
	280A	2.4	18.2	58.3	82.6	88.7	85.7	82.6	81.5
	230A	3.1	19.8	67.8	75.1	81.0	72.7	72.7	81.4
	230A'	11.8	78.8	86.6	90.1	88.4	88.1	91.0	90.6
	205A	5.0	45.5	84.2	89.4	92.0	92.0	93.9	94.1

300°C に就て測定せる結果を第19~22圖に示す。以上の結果より各電極各温度に殆んど共通的な現象として見られるのは電極中心は外皮より消耗率が大なる事である。その中間に於ては大部分中間の値を示して居るが中心よりも大なる値を示して居るものもある。

尙高級なる電極程酸化消耗率低き事は當然考へられる事である。此の消耗の差異は 600°C に於て明かに見られ 700°C に於てより顯著に現はれるが 800°C になると順序が混亂し 900°C 以上になると人造黒鉛の消耗率が天然黒鉛のそれよりも大となり従來吾人の考へた觀念を覆して居



るは注目すべき現象であらう。

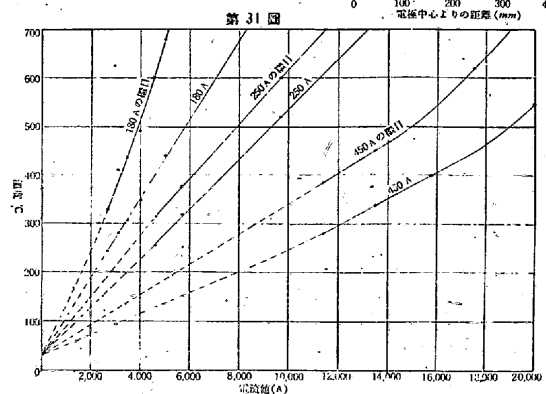
尙同寸法の人造黒鉛の電極 230 A は終始好成績を示し 230 A' は炭素質電極に劣る成績である事も特筆すべきである。(寫眞第 1)

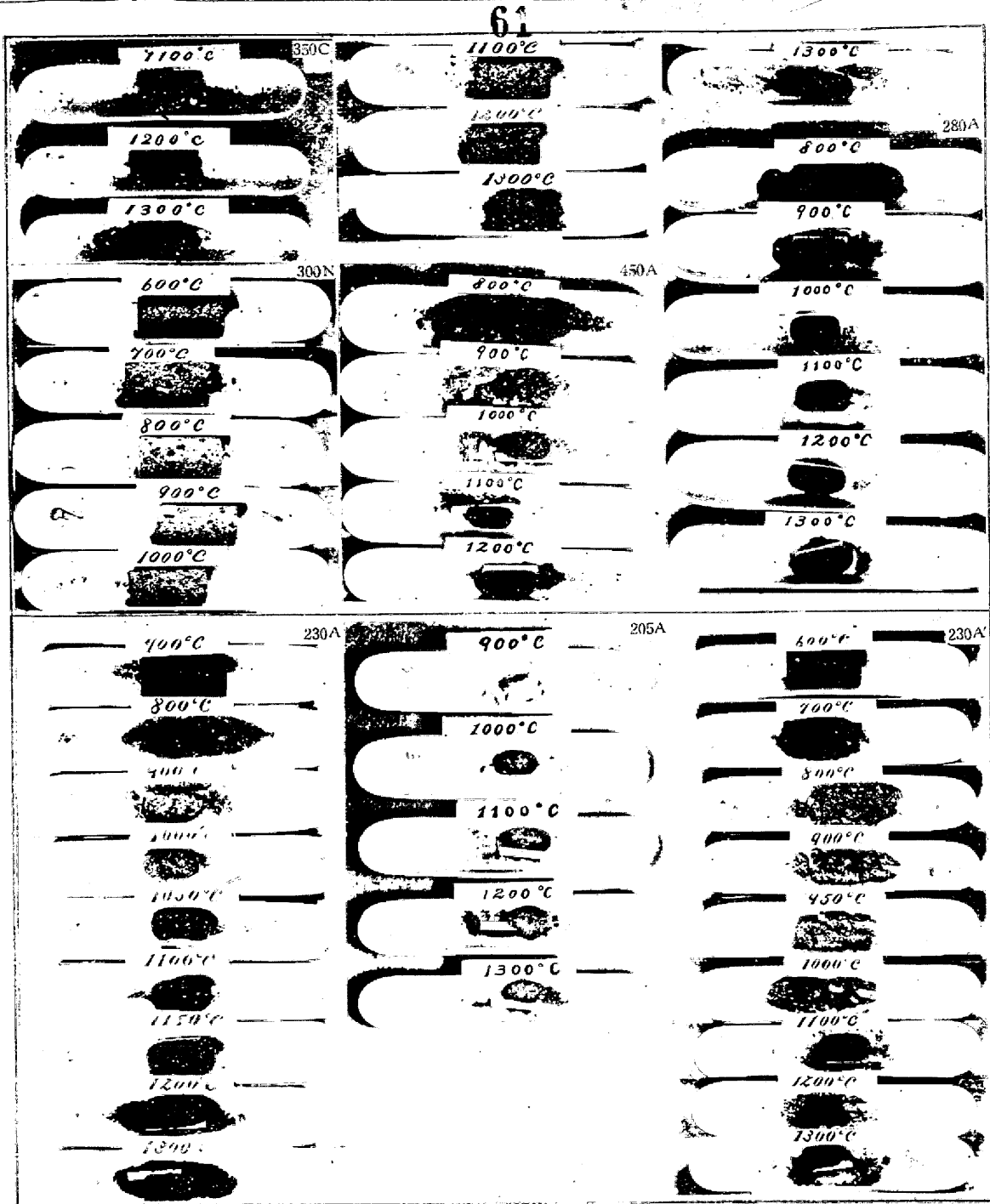
(B) 粉状試料の場合 粉末試料は前記電極の中 8 種の各電極の 3 個所より採取し粉碎して粒度を 100メッシュにし 2g 宛を試料に供した。棒状試料と同條件にて 600, 700, 800, 900, 1,000, 1,100°C の各温度にて 2 時間酸化灼熱し其の減量を秤量した。各電極の酸化消耗曲線は第 23~25 圖に電極断面位置と酸化消耗率の関係は第 26~28 圖に示す。(寫眞第 2)

12. 電気比抵抗

(a) 前記電極の中 8 種 (但し 350°C は 300°C にて代用) の各電極の 3 個所より断面 1cm² 長さ 100mm の丸棒を切出した。

(b) 測定方法 抵抗測定値より比抵抗を算出したので





寫眞第 1 加熱による酸化消耗の状態……棒狀試片の場合

第 16 表 電極粉の酸化消耗率(%)
(試料, 中心, 100 メッシュ粉 2g)

試片 符號	炭素 質	温度°C	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
350C	天然黒鉛	79.73	86.42	87.09	87.40	85.79	87.39	—	—	—
300N	天然黒鉛	47.50	78.13	78.48	92.63	90.45	90.05	85.30	88.75	—
150N	天然黒鉛	79.76	88.50	91.25	91.31	91.30	91.39	—	—	—
450A	人造黒鉛	29.08	72.40	94.85	99.36	97.89	99.86	—	—	—
280A	人造黒鉛	23.83	76.40	90.18	94.08	93.72	99.83	—	—	—
230A	人造黒鉛	34.91	84.45	98.33	93.18	99.64	99.96	—	—	—
230A'	人造黒鉛	55.00	94.81	95.43	97.18	97.38	95.00	97.45	97.08	—
205A	人造黒鉛	34.60	96.83	98.93	99.80	96.35	99.77	—	—	—

第 17 表 電極粉の酸化消耗率(%)
(試料, 中間 100 メッシュ粉 2g)

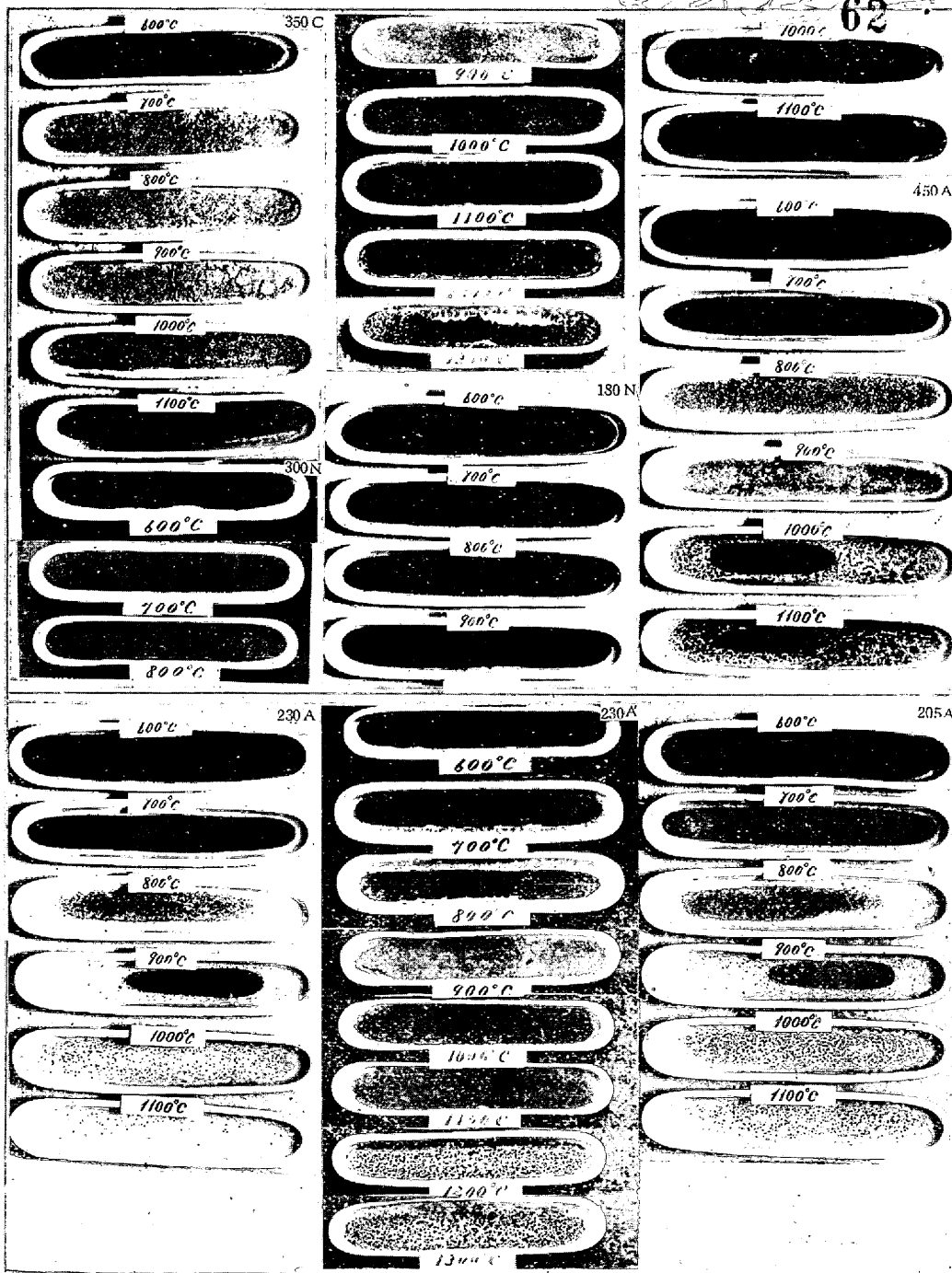
試片 符號	炭素 質	温度°C	600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
350C	天然黒鉛	80.62	86.75	87.13	87.47	87.48	87.49	—	—	—
300N	天然黒鉛	45.59	76.28	78.50	87.38	87.40	87.70	83.05	85.68	—
150N	天然黒鉛	81.00	89.20	90.53	89.13	91.05	91.13	—	—	—
450A	人造黒鉛	23.83	75.20	94.28	98.83	94.35	99.73	—	—	—
280A	人造黒鉛	23.05	73.66	91.98	92.13	94.97	99.81	—	—	—
230A	人造黒鉛	39.03	76.10	96.35	92.49	99.85	99.99	—	—	—
230A'	人造黒鉛	55.56	96.78	97.50	97.45	92.65	97.98	97.08	96.45	—
205A	人造黒鉛	31.88	93.28	97.43	99.05	89.20	99.75	—	—	—

第 18 表 電極粉の酸化消耗率(%)
(試料, 外皮, 100 メツシニ粉 2g)

温度°C		600	700	800	900	1,000	1,100	1,200	1,300
試片 符號	炭素	350C	76.50	86.37	87.83	87.88	85.79	87.87	—
	天然 黒鉛	300N	50.85	77.68	79.08	86.95	87.15	87.00	86.15
		150N	82.15	89.83	91.08	91.01	91.48	91.20	—
人造 黒鉛	450A	15.28	77.23	93.37	97.93	91.93	99.69	—	—
	280A	23.78	62.60	91.23	91.48	99.80	99.78	—	—
	230A	41.49	73.80	97.20	96.07	99.43	99.98	—	—
	230A'	57.58	96.78	97.13	97.80	93.83	97.93	97.81	96.90
	205A	36.45	85.60	96.89	94.50	87.20	99.73	—	—

第 19 表 電極の電気比抵抗 (Ω/cm^3)

試料 位置		中 心	中 間	外 皮	平 均	
試料 符號	炭素	300C	0.0010	0.0010	0.0020	0.0013
	天然 黒鉛	300N	0.0016	0.0015	0.0022	0.0018
		180N	0.0016	0.0017	0.0020	0.0018
150N		0.0012	0.0012	0.0011	0.0012	
人 造 黒 鉛	450A	0.0015	0.0016	0.0014	0.0015	
	230A	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	
	230A'	0.0021	0.0020	0.0017	0.0019	
	200A	0.0012	0.0011	0.0010	0.0011	



写真第 2 加熱による酸化消耗状態...粉末試料の場合

ある。試片取付装置は第 29 圖の如きものを用いた。即ちエポナイト臺に A なる金屬性支へ板を左右に取付けこれにボルトを取付けた。

試片は C なる銅板に水銀塗裝せる二枚の小板にて挟みボルトにて締付け固定する。此の締付けによる接觸抵抗は測定して見たが締付け加減により殆んど變化が無かつた。前記の装置に試料を取付け電位差計に連結して測定した。電位差計はリーズ、エンド、ノースラップ K 型と同式のものを用ひた、今 ρ を比抵抗とし次式により ρ を計算した。

$\rho = R \cdot q / l$ 但し R は試片の全抵抗, q は試片の斷面積, l は試片の長さ
測定結果は第 19 表に示す。

13. 許容電流

試料 直徑 450, 250, 180mm の市販人造黒鉛電極をニップルを以て各々 4 本纏ぎとして試料に供した。



各4本繼ぎの電極の兩端を電極把持器を以て把持し兩端を單相 1,500 kVA 變壓器 (一次側 11,000 V, 二次側 100~50 V) に接続して電流を通じ電極各部に直徑 5mm, 深さ 10mm の孔を穿ちて自記記録式溫度計のサーモカップルを挿入して溫度上昇を測定し, 一定電流に對する最高溫度を測定した。

溫度測定位置と電流溫度曲線は第 30 圖に示す通りである。

此の結果より各電極の電流値と表面溫度との關係を曲線に表はす事が出来る(第 31 圖)

前述せる酸化開始溫度以下例へば 550°C を以て電極の安全使用溫度とすれば人造黒鉛電極の直徑に對する許容電

流は第 32 圖を以て示す事が出来るのである。

14. 結 言

本研究に於ては代表的の炭素, 天然, 人造の約 10 種の國產電極の基礎的性質を吟味した. 特に電極の各位置に於ける特性の差異を明かにした。

一般に電極は製造條件に依り著しく特性を異にするもの故諸性質を比較する場合には原料並に製造方法に就て充分吟味する事を要する. 本研究實行に當りては研究部松井清君が熱心に從事せられた. 附記して感謝の意を表する次第である。(以上)

特 許 抜 萃

特許 番號	名 稱	特 許 權 者	本誌 公 告
138765	鍍又は鍍等の蓄積を自動的 に表示せしむる装置	田・村 孝 吉	26- 6
138772	金屬材料及陶質材料の接着 に使用する接合劑	ローベルト, ボツシ ユ, ゲゼルシャフト, ミット, ベシユレク テル, ハフツング	—
138813	引極硬度計	昭和航空計器株式會 社	26- 8
138839	砒素を含有するニッケル鍍 より精製酸化ニッケルを製 造する方法	古 河 合 名 會 社	26- 9
138846	金屬の熱附着装置	ポール, アレキサン ダー	26- 9
138863	重ウラン酸曹達をウラニウ ナヂフェラス砂鍍より得る 方法の改良	大 河 平 光 雄	—
138908	鋼球代用のチルド球鍍造法	野 一 色 義 明	26- 8
138942	鑄型の製作法	長 谷 川 五 市	26- 9
138972	黒鉛坩堝燒成法	財團法人理化學研究 所	26- 8
138978	ペン先用低品位金合金	丸 善 株 式 會 社	26- 7
138979	酸化ニッケルと種々の金屬 酸化物との混合物又は化合 物より純度高き金屬ニッケ ルを製造する方法	日本ニッケル株式會 社	26- 8

139000	金屬マグネシウム製造方法 の改良	滿洲輕金屬製造株式 會社	—
139015	鑄鐵の精製法	鈴 木 友 訓	26- 9
139043	鍍滓より鐵を製造する方法	松 川 達 夫	26- 9
139046	銀合金	西 村 秀 雄	26- 9
139070	ガス發生爐装置	石 井 太 吉	—
139071	鹽化銀の電解還元法	山 中 經 介	26- 8
139082	アルミニウム若くは其合金 面鍍金法	理研アルマイト工業 株式會社	26- 9
139083	アルミニウム若くは其合金 面の不銹鋼鍍金法	” ”	26- 9
139100	砂鍍用磁石選鍍装置	大 西 立 二	—
139105	鍛鍊用アルミニウム合金	ロールス, ロイス, リミテッド	26- 9
139113	磁力選鍍機	鈴 木 運 次 郎	—
139189	金屬管の電氣銜合火花熔接 方法	大 阪 電 氣 株 式 會 社	26- 9
139203	耐久磁石用磁性材料	シーメンス, ウント, ハルスケ, アクチエ ンゲゼルシャフト	—
139213	鉛鍍方法の改良	岡 本 安 雄 外 1 名	26- 9
139231	電氣抵抗熔接機制御装置	大 阪 電 氣 株 式 會 社	—