の生成がすくない。ニッケルは最も多く発生し、黒鉛および磁器はニッケルに次ぐ、また都市ガスを変成して炭化水素類を減少させると汚れはすくなくなるが、ガス変成温度と汚れ度の関係をTable. 4に示した。従ってガス変成はきれいな炭素粉を焼成する一方法である。

Table. 4 The Relation Between Heat Treatment of Gas and Degree of Surface Dirt

Heat Treatment Temp. of Gas (°C)	No Treatment	500	700	900
Degree of Surface Dirt	2	1.7	1.5	1.0

4. 結 論

送話器用炭素粉のように粉体の接触抵抗を利用するものでは、その表面状態に最も注目する必要がある。その一つの現象として、炭素粉表面の汚れに関して検討したところ、これは極めて重視すべき現象であることがわかった。すなわち表面が着炭により凹凸を増し、析出した微粉が炭素粉に付着すると、摩擦抵抗を増し、音圧駆動に対し緩衝作用を呈するため、大切な特性である感度低下、すべり摩擦の増大のための充填率の減少を生ずる。充填率がすくないときは、送話器の寿命は急激に悪くなる。従って汚れの大きな炭素粉を不注意に使用してはならない。

汚れの発生原因はいろいろ考えられるが、熱分解時の自己分解ガス、ならびに外部より導入するガスの関係に特に注意する必要がある。また本報では表面汚れの状況を電子顕微鏡によっても観察したが、他の特性との関連性を知ると共に着炭の進行状態を知ることができた。R.O. Grisdale⁽¹⁾⁽²⁾は表面の幾何学的形状を問題としているが、着炭による表面状態変化だけでなく、それ以前の問題として、汚れとして検出される付着または混合している微粉を含めたものが摩擦抵抗の増大、および感度低下にまず関係があると考えた方が適切であろう。

要するに粉体の接触を利用する送話器用炭素粉では表面状態が特に問題であるので、表面状態のよい炭素粉の製造並びに検出が大切である。

終りにのぞみ、ご指導をいただいた釜谷研究所長代理、石川研究室長、麻生研究室長代理、ならびに電子顕微鏡写真でご協力下された猪脇秀一氏および実験にご協力下された同室の諸氏に感謝いたします。

文 献

- (1) R. O. Grisdale: J. Appl. Phys., 24, 1083-96 (1954).
- (2) R. O. Grisdale: J. Appl. Phys., 24, 1288-91 (1954).
- (3) 伊藤, 杉本, 大塚: 通研月報, 3, 46 (1950).

電 解 板 の 消 耗 試 験 に つ い て (第2報) 電解板の不均質性と電解消耗

名古屋大学工学部 野 田 稲 吉
佐 藤 啓 一
洪 谷 竹 夫

On Tests of Consumption of Graphite Anode in the Electrolysis of Aqueous Solution-Part II. Homogeneity and Electrolytic Consumption of Graphite Anodes

by Tokiti Noda, Keiichi Sato and Takeo Shibuya
(Faculty of Engineering, Nagoya University)

With the intention of contributing to the improvement of the testing method of consumption of

graphite anode, measurements were made of electric resistance and electrolytic wear of graphite pieces cut from sample anodes. Nine samples of commercial anodes were cut into pieces $5\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 100\text{ mm}$, the lengthwise edge being parallel to the direction of extrusion of anode and pieces $5\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times l\text{ mm}$, the l edge being the extent of thickness of anode and perpendicular to the direction of extrusion. Electric resistance of all parts of these pieces was measured by D.C voltage drop method, and charts of resistance distribution on the sectional area perpendicular to the direction of extrusion of anode were made.

The above pieces which were cut perpendicular to the direction of extrusion, the length spanning the thickness of sample anodes, were used as anodes in the electrolysis of 4 N NaOH. These anodes stood endwise against steel cathods. The wear in the direction of the thickness of sample anodes was estimated from the lengthwise wear of the specimens. No direct relationship was found between the wear and the homogeneity represented by the resistance distribution of tested anodes.

緒 言

炭素製品が部分的に不均質であり、成型のためにおこる組織の方向性があることはしばしば指摘されている^{1,2,3,4)} ようによく知られていることである。電解板は押し成型によるもので押し方向に平行に組織の粗密があり、また部分的に黒鉛化度の異なることもありうる。第1報に述べたように電解板試料から小試片を切出して試験する場合、長期に亘る全体の試料の電解消耗を代表するような試片の切り方および試験法にはいろいろと問題があるであろう。

この研究は電解板の組織の不均質性を電気抵抗を測定することによって調べ、電気抵抗を測定した試片について短期電解試験を試みたもので、明確な結論を得るには至らなかったが一応まとめて報告する。何等かの参考になれば幸である。

1. 電気抵抗よりみた組織の不均質性 (野田, 佐藤)

試料電解板は第1報に用いたと同じ9種である。各電解板の押し方向に直角な断面の寸法をTable. 1に示す。

Table. 1 Dimension of Section of Anodes perpendicular to the Direction of Extrusion

Specimen No.	1	2	3	5	6	7	8	9
Width mm	89	89	84	96	96	96	96	200
Thickness mm	33	33	30	76	72	76	72	52

No. 1~No. 4 電解板は縦 6 分割, 横 3 分割 (計 18 個試片), No. 5~No. 8 電解板は縦 7 分割, 横 8 分割 (No. 5 のみは横 7 分割) (計 56 個試片), No. 9 は縦 15 分割, 横 5 分割 (計 75 個試片) して縦 5 mm, 横 10 mm, 長 100 mm の寸法に押し方向に平行に切出した試片 (Fig. 1 A型) と, No. 1~No. 4 は縦 9 分割, No. 5~No. 8 は縦 11 分割, No. 9 は縦 23 分割して縦 5 mm, 横 10 mm, 長さは試料電解板の厚さの寸法に押し方向に直角に切出した試片 (Fig. 1 B型) をつくった。

林氏⁵⁾によると電気抵抗測定のため黒鉛棒試片中の電流流線を平行にするには試片棒両端を鍍銅し、これに十分な厚さの銅ブロックをロー付するといふ。この実験では厚さ 1.4 cm の銅板を用い

Fig. 1 Diagram of Cutting test Pieces for Electrolytic Consumption

た。林氏の式 ($l_2 \div \rho_2 l_1 / \rho_1 : l_2$ = 銅板の厚さ, l_1 = 銅板をつけない場合黒鉛試料中で電流流線が平行にならない部分の長さ, ρ_1, ρ_2 はそれぞれ黒鉛試料および銅の比抵抗) にあてはめて十分の厚さのものであった。試片は Fig. 2 のような装置の電流端子間にはさみ、ベークライトブロック中に 5.0 mm 間隔に植込んだ 2 本の縫針を電圧端子とし、直流電圧降下法によって電圧端子間電圧を電位差計で

よみ、試片の端より端まで 5.0 mm 間隔に抵抗値を測定した。電流密度は 1 A/cm^2 であった。

測定結果を Fig. 3 および Fig. 5 に、また、この測定値より画いた抵抗分布図を Fig. 4 および Fig. 6 に示す。各測定値は A 型試片については試片の長さに沿い 12 カ所各 2 回測定した結果の平均値、B 型試片については各点 2 回測定の平均値である。

A: Current terminals. B: Potential terminals. C: Graphite Specimen.
D: Copper blocks soldered to graphite specimen. E: Phenol resin plates.
F: Spring. G: Brass tube. H: Phenol resin block. J: Phenol resin plate.

Fig. 2 Electric Resistance Measurement Apparatus

Fig. 3 Electric Resistance Measured Along the Direction of Extrusion of Graphite Anodes.

Fig. 4 Electric Resistance Distribution on the Sectional Area Perpendicular to the Direction of Extrusion of Graphite Anodes.

Electric resistance (10^{-5} ohm·cm) was measured along the direction of extrusion.

No. 1 試料は場所による抵抗値の大小の差が割合に大きい。分布図からも判るように上部右方が大きい抵抗をもつ。押出方向に直角に測った抵抗が押出方向に平行に測ったものより大きいことはよく知られていることであるが、1つの試片に沿って測った抵抗値も第5図にみられるように大きなジグザグを示す。隣の点からとび離れて大きい値を示す点はこの付近におそらく層状組織(lami-

nation)があったのではないと思われる。この傾向は No. 1 の他に No. 2, No. 5 でも目立つ。

No. 2 試料は No. 1 より場所の違いによる抵抗値の差は少ない。右上方が大きい値をもつ。No. 3 試料は No. 2 と同程度の場所による抵抗値差をもつ。B型試片で測った抵抗値のジグザグも小さい。No. 4 試料は全体として抵抗値が小さい。中央部がやや大きい値をもつ。組織は割合

Fig. 5 Electric Resistance of Specimens cut Perpendicular to the Direction of Extrusion of Graphite Anodes.

Fig. 6 Electric Resistance Distribution on the Sectional Area perpendicular to the Direction of Extrusion and Electrolytic Wear of Graphite Anodes.

Electric resistance (10^{-5} ohm·cm) was measured along the direction perpendicular to the direction of extrusion.

均質で層状組織が少ないようである。No. 5 試料と No. 7 試料とは場所による抵抗値差がやや大きい。No. 6 試料は全体として抵抗値は最も小さい。No. 5 試料を除いて B 型試片抵抗値のジグザグは少ない。No. 8, No. 9 試料はともに全体に亘って平均した抵抗値を示す。

2. 電解消耗試験 (野田, 渋谷)

電解によって電解板厚さの減少をみるために、電解試験試料として B 型試片を用いた。試片上部 10 mm に鍍銅し、これに銅線をロー付し、銅線、ロー付部および黒鉛棒試片の側面に塩化ビニル塗料を塗って電解液との接触を防ぎ、端面 5 mm × 10 mm の面積だけが裸のまま陰極に対するようにした。電解槽および電極配置を Fig. 7 に示す。

Fig. 7 Electrolytic Cell for Testing the Total Wear of Graphite Anode.

試片陽極を上向きに置いたのは電解によって発生するガスを陽極面から逃れやすくするためである。電解液は 4 N NaOH, 陽極電流密度 1 A/cm^2 , 温度 40°C とした。電解中発生する炭酸ガスで電解液中に炭酸塩を生成するので, その蓄積をさけるため電解液中に 4.5 N NaOH を流入補給し, それだけ旧電解液を溢流させた。

電解液を流さずに上記条件で電解した場合の電解液中の NaOH, Na_2CO_3 濃度の時間的変化と, 新しい NaOH 液を補給しながら電解液を流した場合の時間的変化の例を Table. 2 に示す。

電解液を変えないと数時間で Na_2CO_3 は 0.5 N 位にますが, 電解液を流すと 30 時間後でも 0.3 N をこすことは稀であった。

Table. 2 Change of the Concentration of Electrolyte during Electrolysis

(第 2 表 電解中電解液濃度の変化)

A. 電解液を変えない場合 (流さない場合) without renewal of electrolyte

	電 解 前 濃 度		電 解 5 時 間 後		電 解 7 時 間 後		電 解 10 時 間 後	
	NaOH N	Na_2CO_3 N	NaOH N	Na_2CO_3 N	NaOH N	Na_2CO_3 N	NaOH N	Na_2CO_3 N
1	3.97	0.05	3.56	0.35	3.37	0.46	—	—
2	3.51	0.31	—	—	—	—	3.35	0.49

B. 電解液を流した場合 with constant supply of fresh electrolyte

電解前 NaOH 4.09 N, Na_2CO_3 0.06 N

流入液 NaOH 4.5 N

	電 解 30 時 間 後 の 濃 度		電 解 35 時 間 後 の 濃 度	
	No. 1-1	No. 2-4	No. 3-3	No. 4-1
NaOH(N)	4.28	4.28	4.27	4.28
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{N})$	0.32	0.13	0.19	0.21

電解がすすむとともに陽極は消耗して周囲に塩化ビニル塗料皮膜が残るが, 生成泥渣は発生ガスとともに皮膜でかこまれた部分から外に出るので陽極面は常に新しい電解液に接していた。電解継続 10 時間ごとに陽極を取出し, 皮膜だけ残った部分を切り取り, 陽極の長さを測った。電解開始から 10~20 時間までは極面は比較的一様に侵されるが, 塗料皮膜が次第に電極側面から離れるため長時間後には皮膜に接した周囲も侵されてくる。ある場合は周囲のみ侵され, 中央部は全く侵されずに残り, ある場合は一方だけが特に侵されるものなど不規則な侵され方をしたものが見られた。このような場合には多くは最も長い部分のところで長さを測った。実験結果を第 8 図に示す。

No. 1 試料の試片 1~3 は 20 時間後わずかに周縁が侵され, 試片 4 は 30 時間後に周縁がわずかに侵されたのみであった。No. 4 試料の試片 8 と 9 は実験途中に破損し, 10 時間以後は継続できなかった。

消耗された部分の組織と消耗量との間に何らかの関係があるかを見るために第 8 図中に消耗された部分の平均抵抗値 $(\sum \rho_i \times l_i) / \sum l_i$ を消耗された部分の組織を代表するものとして記入した。また Fig. 6 抵抗分布図中にも消耗長さを記入してみた。Fig. 8 No. 1 試料をみると平均抵抗の大きい部分が消耗も大きいように見られるが他の試料では必しもそうでない。各試料間を比較するとむしろ抵抗の少ないものの方が消耗が大きい。

Fig. 8 Wear of Graphite Anode

Fig. 6 からみると等高線の密な方が消耗が少ないようにも見えるが、実験例が小数であるため確からしい傾向を見出すことはできない。

Fig. 9 Relation between Electric Resistance and Total Consumption of Graphite Anode.

各試料電解板のA型試片による抵抗測定値の総平均を第1報記載の中路法による電解試験結果に対して点綴してみるとFig. 9を得る。No. 1~No. 3 試料に対しては東亜合成化学工業株式会社における実験結果も記入した。本実験者達の No. 1 および No. 2 試料の結果がかけ離れているので総括的推論は控えたいが、仮にこの2点を無視すると抵抗と消耗との間にある関係がありそうにもみられる。

3. 総 括

1. 電解板試料9種を分割切断して多数の試片をつくり、押し出し方向に平行および垂直方向の電気抵抗を測定し、押し出し方向に垂直な断面における電気抵抗分布を調べた。

2. 押し出し方向に垂直で厚さ方向に沿って切った棒状試片を用いて電解試験を行ない、厚さ方向の消耗の長さを測った。

3. 試料の電気抵抗あるいは電気抵抗分布と消耗との間には明確な関係を見出すことはできなかったが、測定された数値を総括的にみて、消耗と電気抵抗との間に存在しそうな関係を推論してみた。

付記 本報告の第1章は佐藤啓一の大学卒業研究（昭和27年4月～28年3月）を主体としたものである。電解実験に対し種々の便宜を与えられた東亜合成化学工業株式会社並に揖斐川電気工業

株式会社に謝意を表する。本研究の費用の一部は日本学術振興会第117委員会（炭素材料）研究費より支弁した。

文 献

- 1) 植田勇二, 炭素製品
- 2) 宗宮知行, 三谷和男, 炭素, 3, 99 (1953).
- 3) 赤沼哲郎, 炭素, 2, 232 (1952).
- 4) 向坊 隆, 佐藤正之, 炭素, 4, 134 (1954).
- 5) 林 邦雄, 遠藤耕喜, 学振第117委資料, 117-3-21-2 (1951).

黒鉛電刷子の摩擦面について

名古屋大学工学部 野田 稲吉・華衣 泰一郎
橋爪 洋之・佐藤 譲*
柴田 淳*

Polished Surface of Graphite Brushes

By

T. Noda, T. Torii, H. Hashizume, Y. Sato and A. Shibata

According to a paper by Kameyama and Kim¹⁾ on the observation of the polished surface of graphite brushes, when a brush was rubbed against a rotating copper ring which lead a direct current passing through both the brush and the ring, a preferential orientation of minute graphite crystals parallel to the polished surface of the brush could be observed; however, when an alternating current or no current passed through both the brush and the ring, no particular orientation of the graphite crystals could be observed. The specimens they used were cut from electrographitized carbon brushes having a soot base, the rotating speed of the copper ring was 1400 r.p.m. or about 700 m/min., and the brush pressure was 1~2 kg/cm².

An electronmicroscopic observation by Fullam and Savage²⁾ revealed that the polished surface of an electrographitized coke base brush which had been rubbed against a rotating copper disk revolving at 1750 r.p.m. was composed of many tilted "fingers", these fingers being the projecting portions of large and irregular graphite plates comprising the brush. These graphite projections showed a directional overlap, which was determined by the direction of the motion of the copper disk and were found to be inclined at various angles up to nearly 90° with reference to the surface of the brush in contact with the disk; and according to these last mentioned authors, these projections provide the surface of true contact.

The present experiments were originally performed in order to find some connection if any between the results of the above mentioned papers. Two kinds of electrographitized brushes, one having a soot base and the other a coke base, were rubbed against a copper ring under various conditions and the polished surfaces were observed by the electron diffraction method and with an electronmicroscope.

* 名大理学部物理学教室上田研究室