HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	炭素電極の火花特性に就いて
Author(s)	坂本, 三郎
Citation	北海道大學工學部彙報, 4, 43-50
Issue Date	1950-08-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40458
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_43-50.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

炭素電極の火花特性に就いて

助教授　坂本三郎
(電力及電力應用研究室)
(昭和25年1月31日受理)

On the Sparking Characteristics of the Carbon Electrodes

Saburô Sakamoto

Abstract

It has been known that the carbon electrode has a regularity on the sparking voltage comparing to the other metal electrodes, but it is not correct under the exact measurement. In this report it is shown that the sparking characteristics of various kinds of carbon electrodes are different respcetively and the regularities on the spark-over voltage become larger in order of amorphous carbon, electro graphite and natural graphite. It is also shown that the irregularity becomes to disappear by a treatment of surface baking of the electrodes.

Next the characteristics of the natural graphite electrode, which has most regularity on the spark-over voltage, are researched about the effects of $p \cdot l$ (pressure-gap length), series resistance in discharge circuit and radiation of ultra violet ray. Comparing with the metal electrodes, it may be thought that the starting of the streamer from the surface of the natural graphite electrode is easy, that is there is little irregular delay in the starting of the streamer. But it is not clear that the cause of it exists either in the surface structure of the natural graphite or in the impurities as Mg or etc. in the graphite.

Contents

I. Introduction
II. Irregularity on the spark-over voltage of amorphous carbon electrodes and removement of it by treatment of surface baking of the electrodes
III. Sparking characteristics of various carbon electrodes
IV. Some researches about the sparking characteristics of natural graphite electrodes
V. Conclusion

I. 緒 言

各種電極材料による火花電壓特性に關しては，既に多くの研究が見られる處であるが，これ等の中炭素電極はその火花電壓に於いて比較的不整現象が少ないとされて來た.[1][2] 然しこの炭素電極にもその原材料の組成，燒成等によつて多くの種類があり，之に依つて亦その火花特性にも差異が生ずるものである．之に關しては當電力及び電力應用研究室に於いて昭和19年より鳥山前教授等によつて研究され，その結果の一，二は，戰時中當時の航空技術協會研究班に報告されているが，然しその結果は一般に知られていなく，又戰後引き續きその特性に關して筆者等に依つて行われた研究結果も多いので，資料の散逸を防ぎ，廣く參考に供し度いと云う意味より，玆に一括し報告して置き度いと思うものである．

尙，研究に使用した各種炭素電極は電刷子用材料より製作したものであつて，之は電氣機械研究室林邦雄教授の御好意に依り與えられたものであり，又比較のために使用せる金屬電極の一部は古河理化學研究所の平野愼吾氏の御好意に依るものであり，玆に同教授及び同氏に對して感謝の意を表する次第である．更に，實驗には前研究室員石村富明君が熱心に之を遂行されたもので同君に對して深甚なる謝意を表する．

II. 無定形炭素電極の火花電壓の不整及表面燒成處理に依る不整の除去

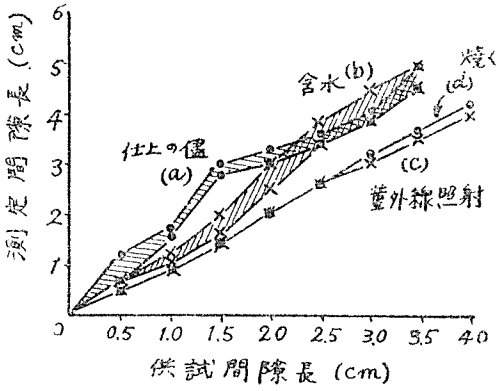
以下實驗順序に從つて報告する事にする．

(1) 實 驗 條 件

使用高壓電源としては，標準波形に近い衝撃波發生裝置及び高壓磁石發電機の兩方を用いたが，以降述べる實驗結果は，その何れに依つても大體同樣であつた．次に使用した炭素電極は無定形炭素に屬するもので，之を直徑 19 mm の球電極とし，表面はエメリー紙で仕上を施した．火花電壓の測定には，供試電極間隙と並列に置いた直徑 50 mm の眞鍮球間隙を紫外線照射して，その火花間隙長によつて電壓を表わした．

(2) 火花電壓の不整

今その1例を示すと第1圖の如くであつて，橫軸には供試炭素電極の間隙長を變化したものをとり，縱軸にその火花電壓を上述の並別においた標準間隙長で表わしている．圖中 (a) は電極を仕上げたままのもので，此の樣に不整現象が存在している．又此の樣な炭素電極は多孔質であるので濕度の影響を見るべく，之を水道水につけたものが (b) であるが，之も同樣に不整を示している．(c) は比較のため之に紫外線照射したものである．

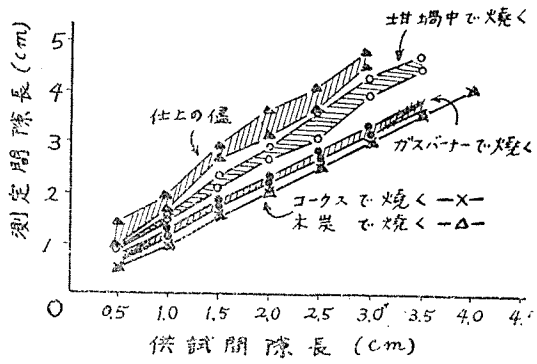


第 1 圖

(3) 不整の除去處理

之に對して，今同じ電極をコークス爐中で赤熱程度に燒いたものは，同圖 (d) に示す如く殆ど火花電壓の不整が消失している．この様に不整の消失するのは，又木炭，ガスバーナー等で熱しても同じであり，又この様に燒いたものを數日間放置しても元に戻る事はない．この表面燒成處理に依る不整の消失は平野氏[2]も之を認めているが，炭素電極と限らず金屬電極，例えば軟鋼，鑄鐵，眞鍮，銅等で試みても全く同じであつた，

然し同じ表面燒成處理でも，之を磁器製の坩堝中で間接的に加熱すると，此の場合は相當の不整が現われる．之は第2圖で示す如くであるが，之を見ると直接焰が電極表面に當たる事が不整消失の原因であつて，何か炭素微粒子の如きものが電極表面に附着するためかとも考えられる．即ち今之を熱處理後再びエメリー紙で磨くと，又不整が生ずる事等よりも上記の事が確かめられる．尙又炭素電極のみならず，比較のために眞鍮電極の表面に炭素微粒を塗布して衝撃火花特性をとると，1～3 回の放電回數迄は不整がないがそれ以後は又現われて來る．之は先ず塗布した炭素粒子が放電のため飛散するためと考えられる．



第 2 圖

III. 各種炭素電極に於ける火花特性

上述の様に今迄不整のないとされて來た炭素電極でも，相當の不整現象が存在する事を知つたが，次に各種炭素電極に依つてその程度を比較して見た．今無定形炭素，人造電氣黑鉛，天然黑鉛，の各數種を選び，高壓磁石發電機を電源として，その火花特性を調べその結果を第1表に示す．尙標準波形に近い衝撃波に依る結果の二，三を同時に示した．表中 % 過電壓とは今供試間隙を菫外線照射した時の不整なき火花電壓を V_n とし，然らざる時の 50% 放電率を V_s とした時

$$\frac{V_s - V_n}{V_n} \times 100\% = \%\ \text{過電壓}$$

としたもので，之の大きいものが不整程度の大きい事を示している．此の場合供試間隙は 3 mm に於いて測定した．

この結果に依ると，大體に於いて不整の程度は

無定形炭素 > 人造電氣黑鉛 > 天然黑鉛

となつて居り，就中天然黑鉛中の一つ，表の G—4 の如きは殆ど不整なき狀態を示している．又之

第　1　表

種別	名稱	% 過電壓 高壓磁石發電機	% 過電壓 標準衝撃波
無定形炭素	φ 2703	42%	32%
	一次燒成	35	—
	φ — A	27	—
	C — 2	23	—
	φ 602	22	—
	φ 2600	21	—
	C — 4	20	—
人造黑鉛	EG — 1	23	—
	EG — 9	17	11
	EG — GS	15	—
	EG — AS	15	—
	EG — 3	13	—
	EG — 26	12	—
	EG — 5	8	—
天然黑鉛	G — 6	5	—
	M — 5	5	—
	G — 3	4	—
	TM — 12	3	—
	M — 2	2	—
	G — 2	2	—
	G — 4	1	0

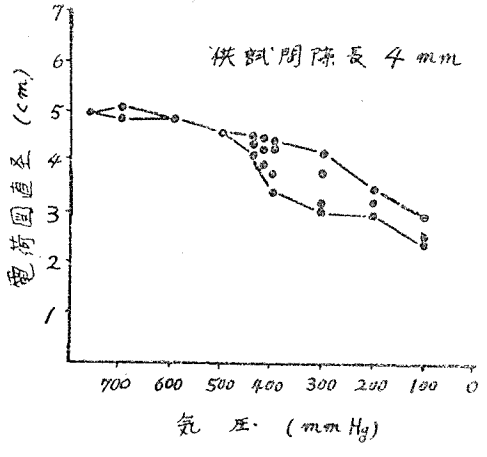
を林教授の報告[3]と比較して見ると，大體 SA 型の高整流能刷子（φ2703, φ602 等）で，黒鉛化の進んでいない又不純物の少ない材料を以つて電極とした時は，不整大で，次に φ2600 型（φ2600, EG-GS, EG-AS, EG-3, EG-2, EG-5）のものは中程度，天然黒鉛型のものは不整少なしと云う結果になつているが，その間に何らかの關聯があるものと考えられる．

IV. 天然黒鉛電極の火花特性に關する二，三の研究

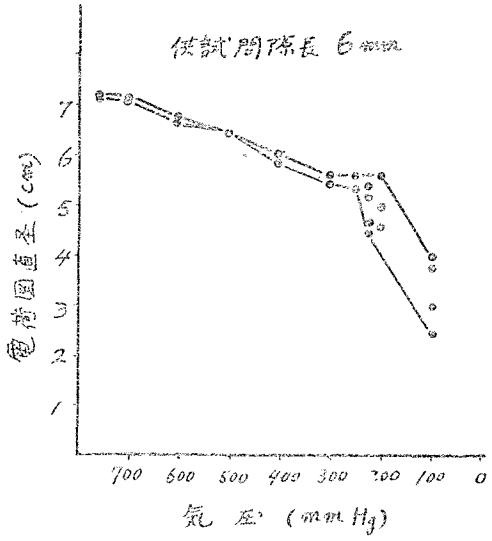
前節に於いて述べた如く，天然黒鉛電極の不整のない結果が明らかにされ，之に就いては既に簡單に紹介してある[4]が，引き續いてその特性を調べるため，次の如き二，三の研究を行つた，

（1）pl の變化と不整の出現

天然黒鉛電極で，特に不整現象を示さない G-4 の如き電極に於いても，之を 3 mm 以下の短間隙でその火花特性を調べると不整が生ずる様になる．又周圍氣壓の低下によつても同様に不整現象が現われる．即ち以下に示す如く，或る氣壓間隙長即ち pl mmHg × cm の或る限界以下に於いて，火花特性の變化が見られた．今 l を一定にして p を變化した時の特性を第3圖に示す．圖 (a) は直徑 13 mm

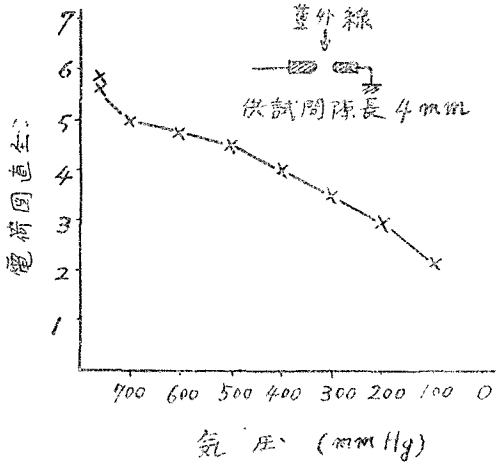


第 3 圖 (a)

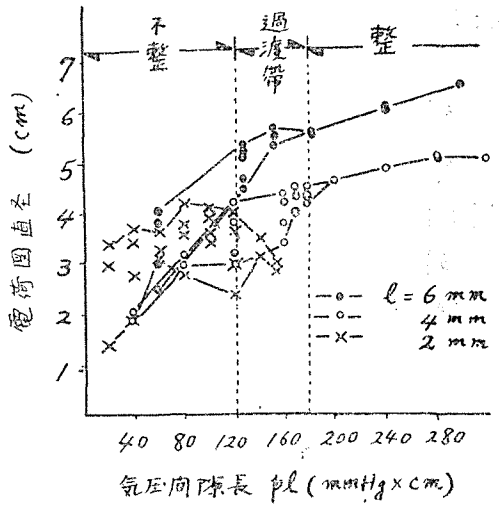


第 3 圖 (b)

の G-4 電極を $l = 4$ mm に保つた場合で，約 $p = 450$ mmHg ($pl = 176$ mmHg·cm) 以下で不整が生ずる．(b) は同じく $l = 6$ mm の場合で $p = 250$ mmHg ($pl = 150$ mmHg·cm) より不整となる．然し之を重外線にて照射すると第4圖の如く全領域に亙つて不整が消失した．これ等の關係を pl を以つて表わすと第5圖の如くになり，120～180 mmHg·cm に限界點が存在する事が見ら



第 4 圖



第 5 圖

れるこの様に不整の限界點のある事は，所謂放電形式の變化による事が考えられ，Canal 放電域より Townsend 放電域に移ると放電電壓の不整が出現するものと想像される．(尙 第3圖以降に於いて，火花電壓の測定には電荷圖を用いている.)

(2)金屬電極との比較

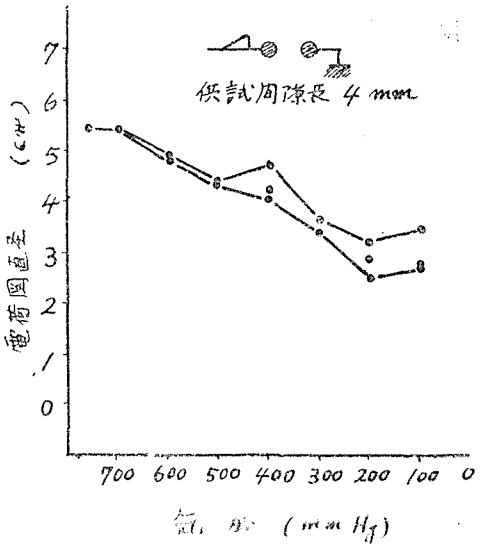
黑鉛電極に於けるこの様な結果を一般によくその特性が調べられている金屬電極についての結果と比較して見る．今金屬電極に第II節で述べた如きエメリー紙磨きの處理及び微粉附着を施した場合等に就いて實驗した.

(a) エメリー紙磨きの場合

眞鍮電極について，その第1回目の火花放電特性をとると第6圖の如く，同様の限界點で現われた．但し $l = 4$ mm として，$pl = 160$ mmHg·cm であつた.

(d) Al 微粉を附着した場合

同上眞鍮電極に Al の微粉を附着させ同樣の

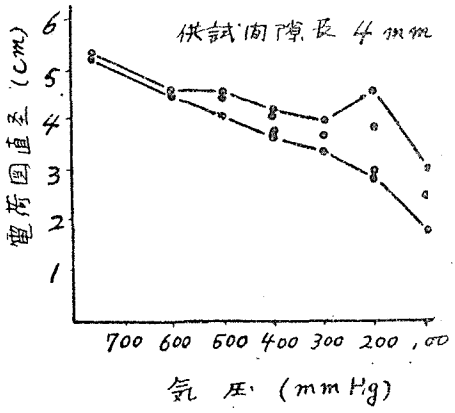


第 6 圖

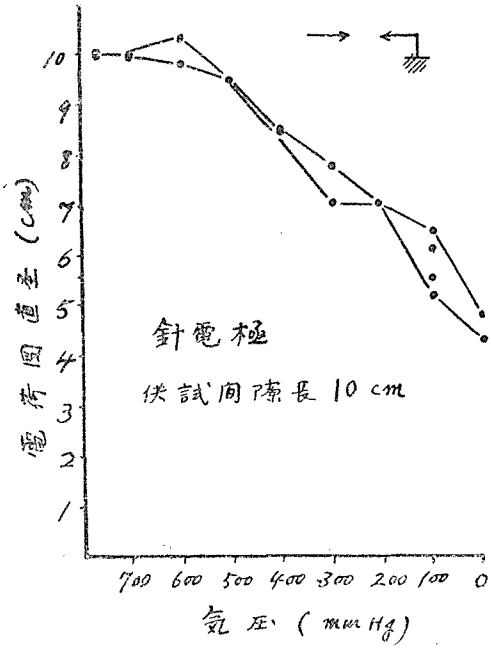
實驗を行うと第7圖の如く同じ結果を得た．此の場合 $l = 4$ mm にとつている．

(c) 針電極の場合

第8圖は縫針を電極とした場合の特性で，この時は廣範圍に亙つて不整が表われる．此の時は $l = 10$ mm ととつている．



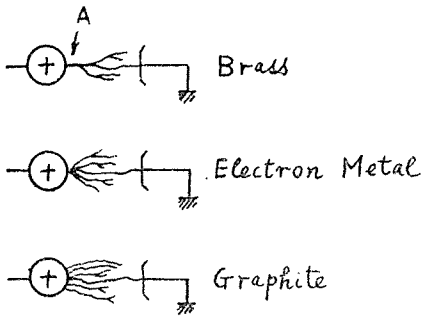
第 7 圖



第 8 圖

(3) 黒鉛電極よりの streamer の肉眼的觀察

更に黒鉛電極の特異性を見るべく，直流の接續電壓を印加して，その球電極表面より延びる streamer の狀態を觀察すると第9圖の如く，稍變つた形態をとる事が判明した．即ち一般に眞鍮その他の金屬の球電極を圖の如く陽極側におくとその streamer は，陽極直前に A の部分の如く僅かの距離だけ，眞直の部分が存在する事は周知の通りであるが，黒鉛の場合は然らずして，球の前面に比較的廣い範圍に數點の輝點が生じ，之より streamer が延びるのが見られた．尙これも不整現象の少ないとされている Electron metal (Al 5.5%, Mn 2.9%, Zn 1.16%, 殘 Mg) は，その中間形態をとつている事が觀察された．これ等の場合の電球間隙は 1～1.5 cm にとつている．

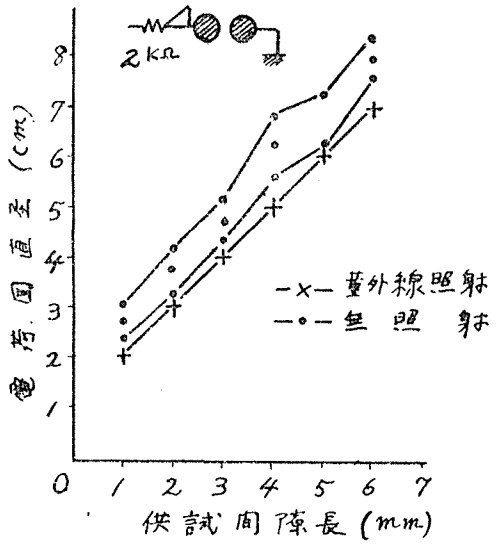


第 9 圖

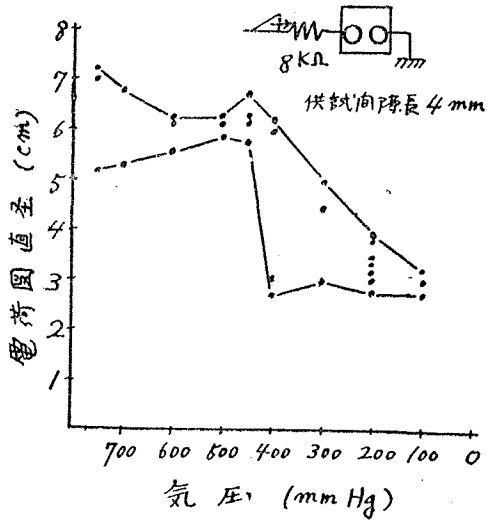
(4) 放電回路に直列抵抗を挿入せる場合

以上の結果は，何れもその放電回路に抵抗，インダクタンスを特に挿入しない場合であつて，黒鉛電極には不整のない場合であつたが，次に之に直列抵抗を挿入すると衝撃火花電壓に著しく不整が生ずる事が見られた．第10圖はその1例であつて，之は 2 KΩ の抵抗挿入の場合である．同

時に此の時 streamer の延び方を觀るとその延びが非常に抑制される事が明瞭に見られた．更に氣壓を下げた場合には益々不整が著しく，その様子は非常に興味深い．その1例を第11圖に示す．



第 10 圖



第 11 圖

尙これ等の間隙に重外線照射を與えると再び不整はなくなる事を知つた．

(5) 實驗結果に對する考察

この様に天然黑鉛球電極が，他の金屬球電極と異なつて火花放電電壓に不整が殆ど見られなく，丁度荒いエメリー紙で研磨した直後の金屬電極或は表面に微粒子を塗布した電極の特性と類似した狀態を示す事が判明したが，その機構は未だ審かではない．然し上述の諸實驗より云える事は次の如くである．

(a) 黑鉛電極表面よりは streamer が出易い事で，之は肉眼で觀察しても電極表面の比較的廣い範圍から streamer が延びる事が見られた．この事は canal 放電域に於いて考える場合，電極よりの streamer の伸展に不整的な遲れの確率が少い事を示すもので，エメリー紙研磨の金屬電極に於いて考えられる機構[5]と同様と思うものである．

(b) pl の大小による不整の出現は，一般に金屬電極に於いて見られるものと同様に，所謂放電領域の轉移[6]によるもので，streamer 機構による不整のない狀態から，Townsend 領域に於ける暈光放電形式に移る場合に不整が生じて來ると考えたい．

(c) 此の場合重外線照射によつて再び不整は全領域に亙つて消滅するが，之は重外線によつて間隙内に適量の偶存電子群を生成せしめて放電の確率を增大させるため，不整がなくなるものと考えるか，或は陰性面よりの電子放射を助長する事の兩者が考えられよう．然しこれ等は別に黑鉛電極に限るものではなく一般的な事柄に屬する．

(d) 放電回路に直列抵抗を挿入すると，上述の如く著しい不整が表われる．之も一般の金屬電極に見られるものではあるが，特に黒鉛電極に於いてはその効果が著しいのであつて，之は結局電極よりの streamer の伸展の際，之に相當する回路の瞬間電流が抵抗に流れる時の電壓降下がその streamer の伸展を遮り，又後續せんとする streamer をも抑えるためと考えられよう．この時も亦紫外線照射によつて streamer の生成及び進展が助長されて不整現象は消滅される．

(e) この様に黒鉛電極に於ける特性は，大體說明されるのであるが，然らば何故黒鉛電極から streamer が出易いかと云う事の說明は非常に困難で，或は electron metal の如く Mg その他を不純物として含有するためか，又は多孔質なその表面構造又は更に微視的に結晶構造によるものか，目下の處不明である．

V. 結　　言

本報告に於いては，多くの種類の炭素電極に就いて夫々の火花特性を調べ，無定形炭素，人造電氣黒鉛，天然黒鉛の順に火花電壓の不整が少くなる事を示した．又電極表面の燒成處理によつて同上の不整がなくなる事を述べた．

次に不整現象の殆どない天然黒鉛電極の特性について，氣壓間隙長の差異による放電形式の轉移，直列回路抵抗の存在等による不整現象の再現等を調べ，他の金屬電極との比較，紫外線照射の影響等を觀察した．その結果他の金屬電極と比較すると黒鉛電極からの streamer の出方には，不整的な遲れが殆どなく，非常に容易に電極面から start すると云う事が考えられる．然しその原因が黒鉛電極の表面構造にあるか，又はその中の不純物（例えば Mg 等）にあるかは明らかでない．

文　　獻

1. J. Meiklojohn : Phil. Mag. 96 (1933) p. 146.
2. 平 野 : 電學論, 5, 1 (昭 19) p. 39.
3. 林, 宇 藤 : 電學誌, 63 (昭 18) p. 452.
4. 坂 本, 石 村 : 電學誌, 65 (昭 20) p. 23.
5. 齋 藤 : 電學誌, 65 (昭 20) p. 10.
6. 三 好 : 放電形式に關する研究 (昭 21).