

=ティグ溶接に関する「アークの物理」(1) =

筆者がティグアークに関するまとまった書籍に会えたのは第 205 話で示した安藤弘平・長谷川光雄共著の「溶接アーク現象」が初めてで、1965 年頃であり、次に手にできたのは多分 1993 年出版の「アーク溶接の世界」(パート 1)(日本溶接協会 電気溶接機部会編)であったと思う。

「アーク溶接の世界」は当時の技術委員会 委員長であった大阪大学教授 西口公之先生のご指導により視覚テキストとして溶接機器メーカー各委員の協力のもとに作成されたもので、アーク溶接への理解を、大変わかりやすく導いていただいたテキストとして現在でもありがたく感じているところです。

一方、筆者が当時の東亜精機(株)に勤務していた 1978~1979 年にかけて炭酸ガス半自動アーク溶接に関し日本溶接協会 電気溶接機部会 技術普及委員会が立ち上げられ、技術普及委員会 委員長として西口公之先生がご指導、機器メーカーの一員としてテキスト*1) 作製(1979 年 5 月)に参画したことを思い出します。この普及委員会はテキスト作成後も引き続き実習・実験を福島県、高知県など日本各地に展開したことを昨日のように思い出されます。

しかし、西口公之先生は令和元年 5 月に逝去されましたこと、この場をお借りして、深く哀悼の意を表します。

ここで、先生に大変お世話になった思い出をひとつ以下に披露させていただきます。

大同特殊鋼(株)発行の「電気製鋼」1990 年 11 月号に溶接特集が組まれました。その巻頭言の依頼に大阪大学工学部の西口公之先生を教授室におたずねしました。その折伺ったお話の中で、記憶に残っていることのひとつは、大阪大学生も箱根の山を越えて東から多く来るようにならないといけない、その魅力を引出すにはどうしたらよいか、真剣なまなざしでした。他のひとつは「巻頭言」などの文章を書く場合、ほぼ指定の文字数に収めることができるようになりその精度は±数文字である、などです。

炭酸ガス溶接技術普及委で過去に少々お付き合いさせていただきただけで当時、卒業生でない筆者にも大変親切に接して頂きましたこと、心から感謝申し上げた次第です。

先生の「電気製鋼」に寄せられた随想“溶接とその環境”の中から先生の想いの一端を抜粋します。

=「電気製鋼 第 6 1 巻 第 4 号 1990 年 11 月 特集；溶接 ページ 227」=

「……溶接研究の本格的な進展は、第 2 次世界大戦における米国戦時標準船(リバティ船)の大量破壊(約 1000 隻)の原因調査研究に始まるといっても過言ではない。その後の産業界あげての重厚長大時代は溶接工学にとっては培養池そのものであり、ここに始めて溶接工学が溶接技術と対等、さらには先導的立場に到達し、他の工学・技術分野と比べて遜色のないバランス状態が確立された。換言すれば、今日の溶接あるのは重厚長大のお陰と感謝すべきであろう。オーバーな言い方かもしれないが、論理武装された溶接は自信に満ち、さらに必要性が生み出した関係者の幅広い知識が周辺技術の理解に効果を発揮して、しだいに生産技術のリーダーシップを取るに至った。大阪大学溶接工学科の卒業生では、若年時から溶接専門職よりも広範な生産技術担当職につくものが圧倒的に多い事実はこれを裏付けるものといえよう。

大阪大学溶接工学科でも、上記のような溶接界の変貌と卒業生の活動分野の分析に立って、4 年前から生産加工工学科へと名称変更し、溶接工学を基盤とするプロダクション・エンジニアリングへの新展開を

推進している。しかし、新体系の確立が実感されない現時点では、学生にとって守備範囲の拡大に目を奪われ、自己の拠点・主体性の確保にとどまっているのがよくわかる。歴史は繰り返すとはよくいったもので、私の学生時代と二重写しにみえてくる。先人の開拓を範として、新たなる工学・技術体系の拡充に邁進してもらいたいと切望するこのごろである。」

これより「**アーク溶接の世界**」に戻ります。溶接プロへのビジュアル教材としてパート1～4まで編集され1993年3月にパート1は出版されました。ティグアークについても基礎的な説明がしっかりなされています。

続いて「**アーク物理**」関係で1996年5月刊行された書籍で、筆者の手元にあるのは、**溶接学会・溶接アーク物理研究委員会**による「**溶接プロセスの物理**」です。

これらの書籍よりティグアーク関連の主な説明および図表を少々参考にさせていただき、説明に供したいと考えます。ご了解のほどよろしく申し上げます。

周知のように、ティグ(TIG)はTungsten Inert Gasの略で、タングステン電極と被溶接物金属(母材)間にアークを発生させ、電極と母材溶接部周りを空気の悪影響から保護するために不活性ガスでシールドしながら、アーク熱で母材を溶融し接合する溶接法でした。

1) ティグアークの発生

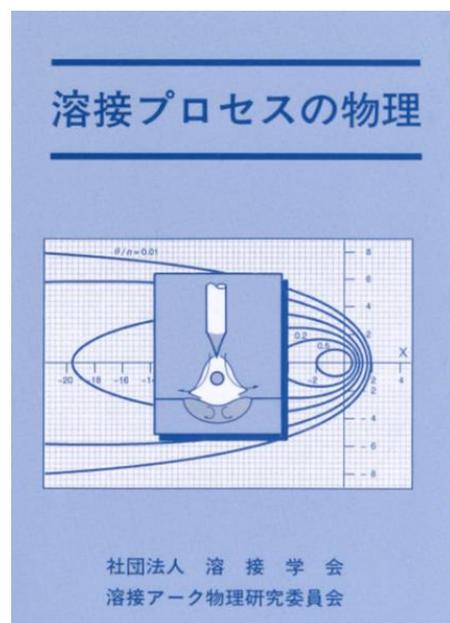
タングステン電極からのアーク放電は、基本概念として、たとえば、両電極間の気体ギャップ中に高電界(大気圧のアルゴンで $5 \times 10^5 \text{ V/m}$ 程度)をかけると、電界で加速された電子の衝突電離によって荷電粒子が増殖し、瞬間的に導電性が高くなる(絶縁破壊と呼ばれる)ので、連続的に電流が流れる気体放電がスタートすることによるもの、と説明されている*2)。

図210-01にみるように、適切な電源(直流, 交流)に接続した両電極間に通電した後、これを切りはなすと両電極間にアークが発生する。

ただし、そのアークが持続するかどうかは電源の特性によります。ここでは持続性については問題にしません。

なぜ、引き離すとアーク発生につながるのか。

これは接触部分のジュール発熱による電極温度の上昇、金属蒸気の発生などに加えて、電極を引き離す瞬間に極く短いギャップ長となるので、電界強度が高くなることを利用している*3)。



*1)「炭酸ガス半自動アーク溶接法と機器の取扱いに関する実習・実験」(一社)日本溶接協会 電気溶接部会編

*2) および *3) 「溶接プロセスの物理」P34-35 (一社)溶接学会 溶接アーク物理研究委員会

逆を言えば、タングステン電極からアーク放電する条件は、ジュール熱等で発熱させ、冷陰極から熱陰極として、かつ高周波・高電圧等で電界強度をあげて電極先端部からの電子放射を活発にすること、であると理解できます。

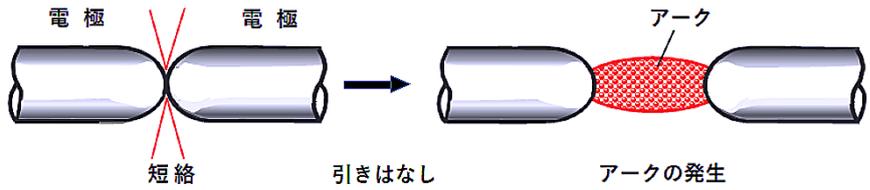


図210-01 電極間短絡後の引き離しによるアーク発生の図*4)

2) ティグアークの構成

図 210-02 には、アーク発熱部位 (上図) と電圧降下および温度 (下図) を示します。

発熱部位はそれぞれ上図にみるように陰極発熱、アーク発熱および陽極発熱に分けられる。ティグ溶接で母材を熔融させるのは、陽極で発生する熱とアークから伝わる熱の両方の熱である。

アーク自体は図 210-02 (下図) に示すように、陰極降下域、アーク柱 (プラズマ柱)、陽極降下域から構成され、目視されるのはプラズマ柱の部分である。両電圧降下部は電極あるいは母材のごく薄い部分 (0.5 mm 程度) であるが、アーク電圧の大きな部分を占める。

プラズマ柱域では、巨視的には電流によるジュール加熱が行われているが、その99%以上が、質量が小さいため動きやすい電子による電流が占めている。

これに対して、固体電極と気体プラズマの境界領域となる陰極降下域では、イオン電流の割合が高くイオンは陰極に衝突することにより陰極を加熱し、陰極から熱電子を放出させる。

また、発生したイオンは陰極前面での空間電位を高め、その高電界によって陰極から電子を放出させる。一方、陽極降下域ではアーク電流によって多少変化するが、ほぼ100%電子電流が流れていると考えてよい*6)

またアークの温度は、手溶接で約6,000 K、ティグ溶接で約14,000 K、ミグ溶接で8,000 Kである。

次話においても引き続きティグ溶接に関する「アークの物理」(2)としてティグアークの構成とその特長について説明を続けます。

以上。

*4), *5) 「アーク溶接の世界」パート1 (1-17より抜粋) (一社)日本溶接協会 電気溶接部会編
*6) 「溶接プロセスの物理」P36-38 (一社)溶接学会 溶接アーク物理研究委員会

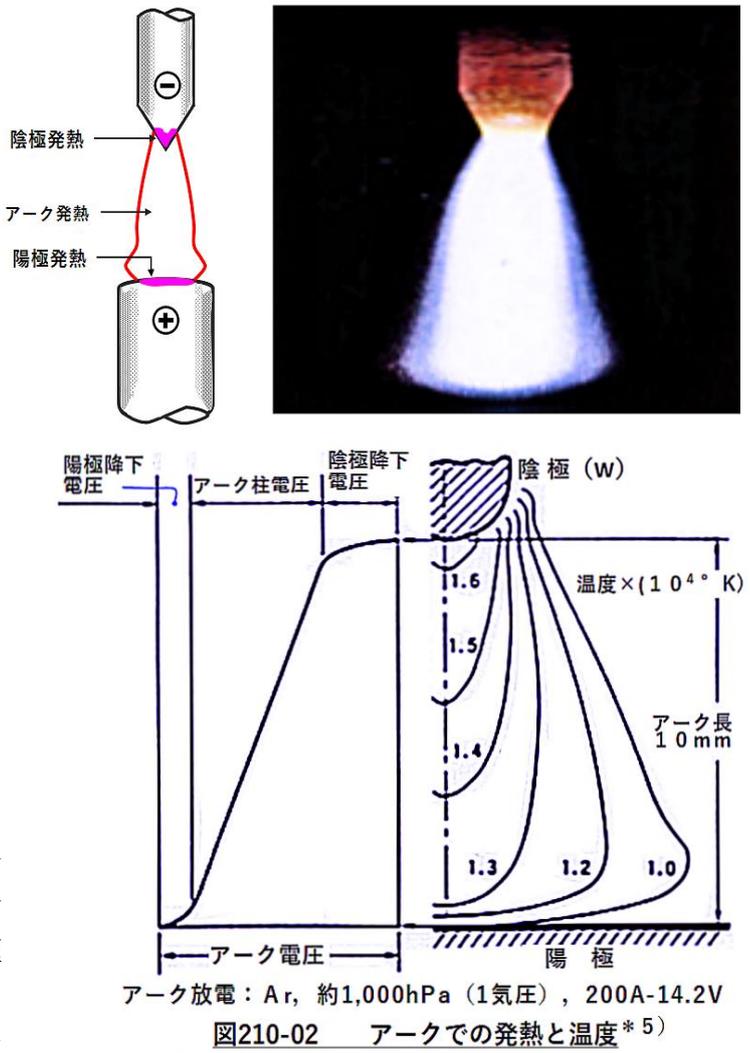


図210-02 アークでの発熱と温度*5)