

# 溶接アークの最大長さにおよぼす 風向風速の影響 (第1報)

棟 徹 夫  
二 俣 正 美

(昭和45年5月5日受理)

## Influence of the Winds' Conditions on the Maximum Arc Length in Welding (Report 1)

by Tetuo To and Masami FUTAMATA

### Abstract

Several experiments concerning the maximum arc length were carried out as the basic research for the stability of the electric arc in welding. In this paper we describe an experimental study of the variation of the maximum arc length under windy conditions.

A summary of the results is shown below.

(1) Under the windless conditions the maximum arc length, while the angle of electrode is not changed, increases nearly in proportion to the electric current. As the wind velocity increases the maximum arc length decreases as a whole and the whole value evidently tends to be constant independently of the current.

(2) When the angle of electrode is changed under the windless condition the maximum arc length comes to be the largest at  $90^\circ$  angle of electrode, but in the wind velocity of 4 m/sec or 9 m/sec it comes to be the largest at about  $45^\circ$  angle.

There is not very great change in the value of  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ , where  $L_{(\theta)}$  means the maximum arc length at  $\theta^\circ$  and  $L_{(\frac{\pi}{2})}$  means the maximum arc length at  $90^\circ$  angle of electrode, independently of the current and the angle is only relevant to the value under both of the previous atmospheric conditions.

(4) In the constant current the arc angle is dependent on the angle of electrode and as the wind velocity increases it is not affected very much at  $45^\circ$  angle of electrode, but beyond  $45^\circ$  angle the tendency is recognizably clear that the arc angle increases in addition to the wind velocity.

### 1. ま え が き

アーク溶接において良好なビードを生じ、欠陥のない溶接継手を形成するための重要な因子として、発生アークの性質があげられる。

それらの性質は大きくわけて、(a) アークの発生特性と (b) アークの維持状態の2つが考えられる<sup>1),2)</sup>。(a)に属するものとしては、初アークすなわちアークスタートと、アークの再点弧

とが容易であるということがあげられる。また(b)としては、アークの安定性とその吹付け強さがあげられ、安定性については、維持性と集中度が重要視される<sup>3)</sup>。これらの諸性質のうち、一般に溶接アークの安定性が基礎課題とし検討されて来た<sup>4)~8)</sup>。ところで、溶接アークの安定性を定量的に示すものとして、発生から消弧までの溶接アークの最大長さと溶け込み深さを測定対象とすることが行なわれている。

前者はアークの維持特性をあらわし、後者はアークの集中特性を示すものである。このうち、溶接アークの安定性とアークの最大長さとの関係についても幾多の実験研究がなされているが<sup>9)~11)</sup>、アークの最大長さに影響する因子としては、電流、電圧などの電力条件、母材の材質、形状、寸法などの材料条件、アークを取巻く雰囲気の状態などの環境条件、溶接棒の種類および母材に対する保持方法や運棒方法などの溶接施工条件などがあげられる<sup>12)</sup>。

ただ従来の研究は、アーク発生時の環境条件としては、室内におけるいわゆる無風状態のもとで行なわれた実験によるものが殆んどである。一般に被覆アーク溶接を戸外で行なう場合、風によってアークが乱され施工に支障をきたすことは衆知の通りであるが、風向風速によるアークの乱れ、すなわちアークの最大長さの変化を一定溶接条件のもとに定量的に解析した例は見あたらない。

本研究は、上述したアークの最大長さに影響する諸因子のもとで、風向風速がどのようにアークの最大長さを変化させるかについて実験を進めるものであるが、ここに第1報として、それらについての基礎的実験の結果をまとめ発表する。

## 2. 実 験

### 2.1 実験装置および使用機器

溶接アークを溶接棒と母材との間に発生させ、その最大長さを測定するためのアーク長測定装置を作製したが、その外観を写真-1に示す。写真中、①は溶接棒ホルダー、②は母材ホルダー、③は支持装置、④は被覆溶接棒、⑤は溶接棒保持器、⑥は傾斜角指示用分度器、⑦は母材、⑧は母材移動用走行台車、⑨は遮光保護具である。写真-2は送風機、写真-3は実験中の装置の全景である。

使用機器は次の通り。

- a) 溶 接 機 日立製作所製  
アークペア AD-SR 型単相交  
直両用アーク溶接機
- b) 記録装置 共和電業製

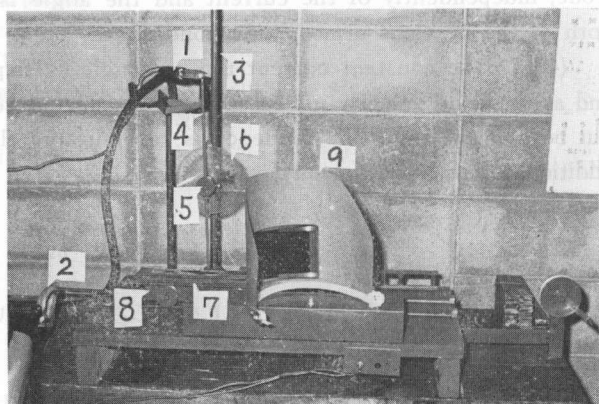


写真-1 アーク長測定装置

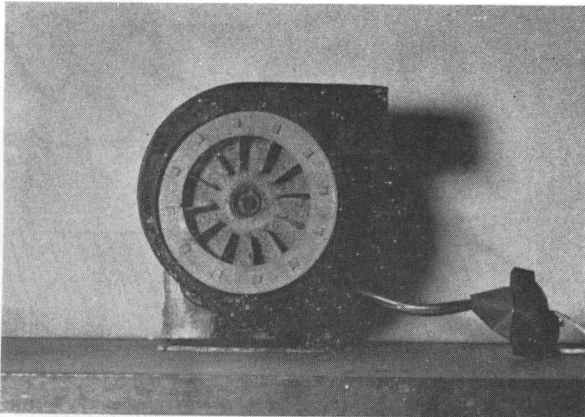


写真1-2 送風機

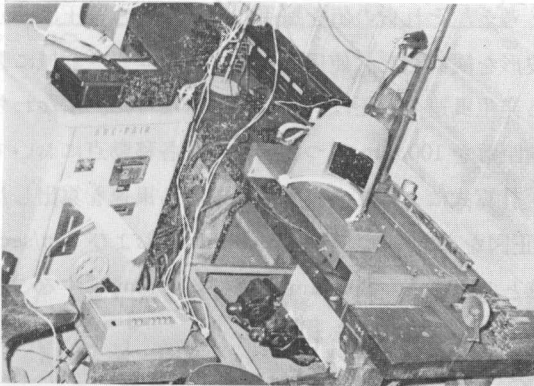


写真1-3 実験装置全景

ラペットRMS-11B型直視式  
電磁オシログラフ

c) 電気計器 横河電機製

CT-101 形変流器および分流  
器, 倍率器

島津製作所製 可変抵抗器

## 2.2 使用溶接棒および母材

使用溶接棒はもっとも普通に使  
われるイルミナイト系 (JIS 規格 D  
4301) を選び, 銘柄としては北方寒地  
向きといわれる北日本電極製 KD-  
100 (心線外径 4 mm) 重構造物全姿  
勢用を使用した。母材は厚さ 6 mm,  
幅 30 mm の SS 41 一般構造用鋼材  
(帯鋼) を適当な長さに裁断して用  
いた。

## 2.3 実験方法

### 2.3.1 実験条件

実験条件はつぎのように設定  
した。

電圧は全実験を通じて 78 Volt

の一定開路電圧を保つようにし, 電流を 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220 Amp. に変化させた。

溶接棒の保持角 (母材面への傾斜角) は  $\frac{\pi}{8}$ ,  $\frac{\pi}{4}$ ,  $\frac{3}{8}\pi$ ,  $\frac{\pi}{2}$  の 4 種とし, アークを取巻く環  
境条件としてとった風速は 0 m/sec, 4 m/sec および 9 m/sec である。なお, 風向は今回は基礎  
的実験のため, 溶接線上に一致させ, 溶接進行方向 (前進法) とは逆むきにした。溶接姿勢は下  
向きである。

### 2.3.2 実験方法

溶接棒を母材に対し所定の角度で保持器に取り付け, 棒の先端と母材との間隔を溶接棒心  
線の直径にほぼ等しくとる (3~4 mm)。そのうち, 炭素棒細片をその間隙にさしこんで短絡す  
ればアークが誘発され, 暫時自己発生を続けるが, 溶接棒の消耗とともにアークは次第に不安  
定となって遂に消滅する。この時の母材上の熔融池の中心と溶接棒の先端中心との距離がア  
ークの最大長さ ( $L$ ) を示すものと見なし, これを測定する。また, この時の溶接棒の先端の中心  
と母材表面との垂直距離 ( $H$ ) を測定し, それと上述のアークの最大長さをもとにして, アーク  
の中心線の方向と母材表面とのなす角 (アーク角:  $\alpha$ ) を求める。以上の測定項目を図示すれ

ば、図-1 のようになる<sup>12)</sup>。

電圧は溶接アークが最初に発生する瞬間に最低値をとり、以後溶接棒の熔融とともに次第に増加しアークが消滅する瞬間に最大になる。電流はこれとは逆な現象を示すが、溶接中一定でなく、点弧の瞬間には電流の変化は非常に激しく、その後安定し溶接棒の消耗に従ってその値を減少する<sup>13)</sup>。筆者らの用いた電流値は、この点弧後一時安定した時の値である。なお、アークの特性値としては、最

初のアーク発生時および最後のアーク消滅時の電流、電圧の値がとられるが、筆者らはアーク消滅時の値の方が比較検討の対象となると考え、それらの値を採用した。電流と電圧は、分流器、倍率器を経てオシログラフによって波形を観察した。使用したファンはコピー器械に装着してある小型ファンであるが、これによる発生風速の較正は次のように行なった。すなわち、ファンの吹出し口とピトー管との水平方向距離を 100 mm ずつ移動させ、各移動点において垂直方向に 7 点のマノメータの読みをとり、計算式によって各移動点における風速を算出した。計算結果のグラフを図-2 に示す。この較正図をもとにして風速  $v=4$  m/sec および 9 m/sec は、それぞれファン吹出し口とアーク発生点との距離  $S=395$  mm および 110 mm とすることによって得られた。

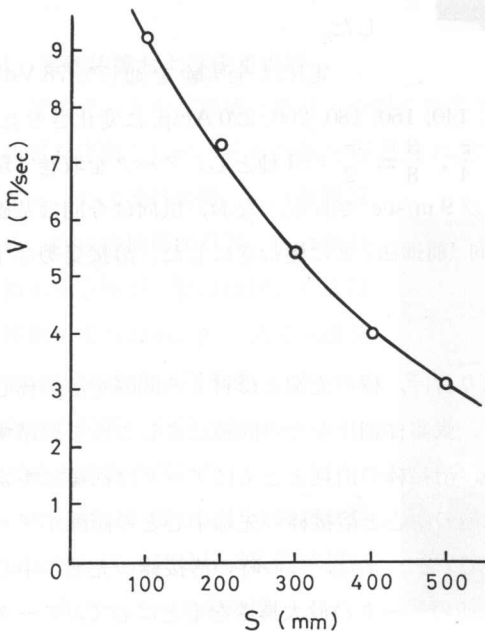


図-2 送風機の水平距離に対する風速の関係

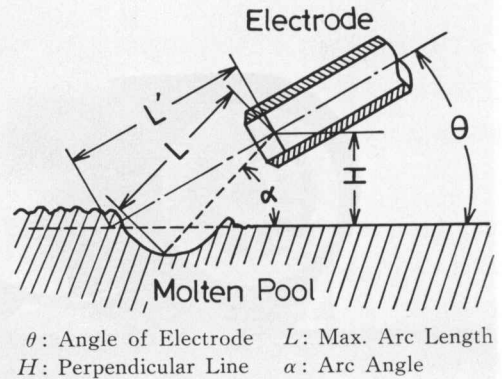


図-1 測定項目の図解

### 2.3.3 実験結果および考察

#### (i) 電流の強さがアークの最大長さにおよぼす影響

電流の強さがアークの最大長さにおよぼす影響の実験結果のうち、溶接棒の傾斜角を一定にした場合を図示すれば、図-3 のようになる。図からわかるように、傾斜角が一定の場合、アークの最大長さは電流の強さが増すに従いほぼ直線的に増加し、その傾向はすべての傾斜角について同様である。また環境条件である風速の変化に対しても、初期の溶接電流にあまり左右されず、電流の増加とともに増大することがわかる。つぎに、アークの最大長さと電流との関係が溶接棒の傾斜角によってどう変化するかを図-4 に示す。この

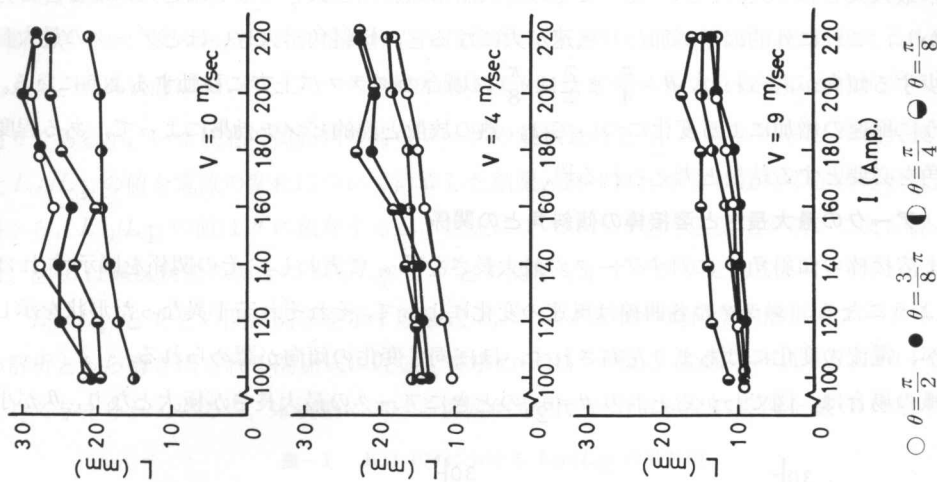


図4 電流の強さとアークの最大長さとの関係におよぼす溶接棒の傾斜角の影響

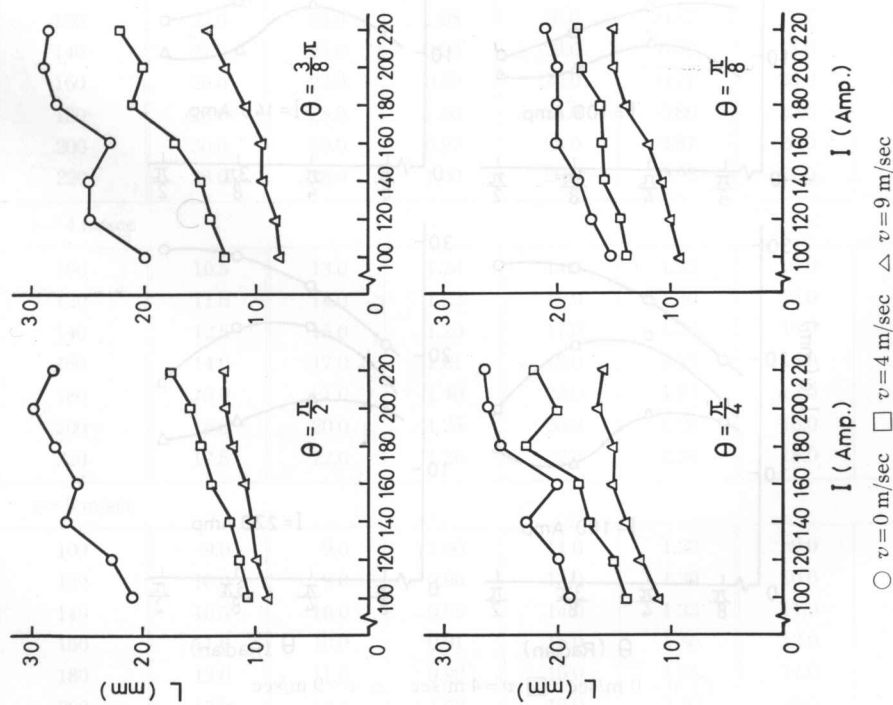


図3 電流の強さとアークの最大長さとの関係

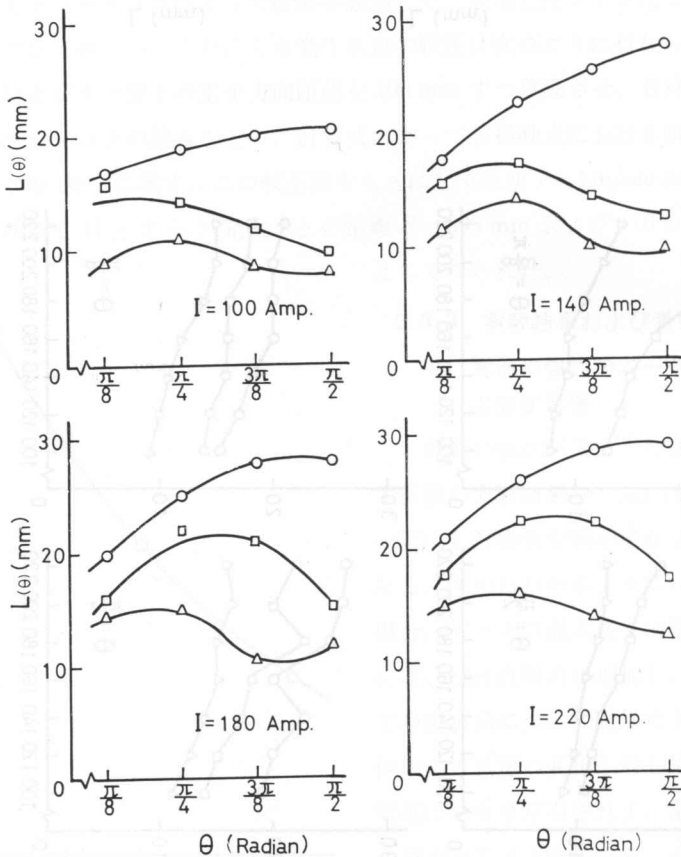
○  $v=0$  m/sec   □  $v=4$  m/sec   △  $v=9$  m/sec

図において、無風状態では、溶接棒の傾斜角が大になるほど全体の測定値は上方に上がり、しかも直線の勾配も急になっている。換言すれば、傾斜角が大きいほど同一の電流値におけるアークの最大長さは大となり、従ってその極大値も傾斜角が大きくなるほど大になると言える。しかし、これに外的因子が加わり風速が大になると、傾斜角が大きいほどアークの最大長さが減少する傾向があらわれ、 $\theta = \frac{\pi}{4}$  または  $\frac{\pi}{8}$  の場合のグラフが上方に移動するようになる。このように風速の増加による変化については、熱の放散と熱的ピンチ効果によって、ある程度の傾斜角を必要とする結果と考えられる<sup>12)</sup>。

### (ii) アークの最大長さと溶接棒の傾斜角との関係

いま溶接棒の傾斜角  $\theta$  に対すアークの最大長さを  $L(\theta)$  で表わし、その関係を図示すれば図-5 のようになる。グラフの各曲線は風速の変化によって、それぞれ若干異なった形状を示しているが、電流の変化にはあまり左右されず、ほぼ同じ変化の傾向が認められる。

無風の場合は、図でわかるとおり  $\theta = \frac{\pi}{2}$  のときにアークの最大長さが極大となり、 $\theta$  が小



○  $v = 0$  m/sec □  $v = 4$  m/sec △  $v = 9$  m/sec

図-5 アークの最大長さと溶接棒の傾斜角との関係におよぼす風速の影響

さくなるに従って次第にその値を減少している。それに対し、風速が4 m/sec および9 m/sec と変化すると、無風の場合とは異なった変化を示し、ほぼ  $\theta = \frac{\pi}{4}$  付近に極大値が移動し、傾斜角がそれ以上になるとアークの最大長さは減少する傾向が見られる。この現象は 図-4 から判断できるが、風のある場合の溶接棒の保持角度について、定量的な裏づけを与えるものと言えよう。無風状態において、アークの最大長さは  $\theta = \frac{\pi}{2}$  の時に極大となることはすでに述べた通りであるが、いま任意の傾斜角の時のアークの最大長さと  $\frac{\pi}{2}$  の時のアークの最大長さとの比  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  の値を電流の変化について計算した結果、表-1 に示すようなものが得られた。この表から、 $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  の値は  $\theta$  に依存するが、電流によってはほとんど変化のないことが認められる。図-6 は無風状態の場合の  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  と  $\theta$  との関係を示すグラフである。

$L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  と  $\theta$  との関数関係を示す理論式は、アーク形状の幾何学的解析とアークイオン流の解析とから導き出される関係式に近似して求められ、一般に  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})} = A + B \sin \theta + C \sin^2 \theta$  として与えられている<sup>11)</sup>。本実験における測定値を用いた計算結果の1例を表-2 に示すが、ほ

表-1 KD-100における  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  の計算値

Current (Amp.)	$L_{(\frac{\pi}{2})}$ (mm)	$L_{(\frac{3\pi}{8})}$ (mm)	$L_{(\frac{3\pi}{8})}/L_{(\frac{\pi}{2})}$	$L_{(\frac{\pi}{4})}$ (mm)	$L_{(\frac{\pi}{4})}/L_{(\frac{\pi}{2})}$	$L_{(\frac{\pi}{8})}$ (mm)	$L_{(\frac{\pi}{8})}/L_{(\frac{\pi}{2})}$
<i>v</i> = 0 m/sec							
100	21.0	20.0	0.95	19.0	0.91	15.0	0.71
120	23.0	25.0	1.08	20.0	0.87	17.7	0.74
140	27.0	25.0	0.93	23.0	0.85	18.0	0.67
160	26.0	23.0	0.89	20.0	0.77	20.0	0.77
180	28.0	28.0	1.00	25.0	0.89	20.0	0.71
200	30.0	29.0	0.97	26.0	0.87	20.0	0.67
220	28.0	28.0	1.00	26.0	0.93	21.0	0.75
<i>v</i> = 4 m/sec							
100	10.5	13.0	1.24	14.0	1.33	15.0	1.43
120	11.5	14.0	1.22	15.0	1.30	15.0	1.30
140	12.5	15.0	1.20	17.0	1.36	16.0	1.28
160	14.0	17.0	1.21	18.0	1.29	16.0	1.14
180	15.0	21.0	1.40	23.0	1.53	16.0	1.07
200	16.0	20.0	1.25	20.0	1.26	18.0	1.13
220	17.5	22.0	1.26	22.0	1.26	18.0	1.03
<i>v</i> = 9 m/sec							
100	9.0	9.0	1.00	11.0	1.22	9.0	1.00
120	10.0	9.0	0.90	13.0	1.30	10.0	1.00
140	10.5	10.0	0.95	14.0	1.33	11.0	1.05
160	11.0	10.0	0.91	15.0	1.36	12.0	1.09
180	12.0	11.0	0.92	15.0	1.25	14.0	1.17
200	13.0	13.0	1.00	17.0	1.30	15.0	1.15
220	13.0	14.0	0.08	16.0	1.23	15.0	1.15

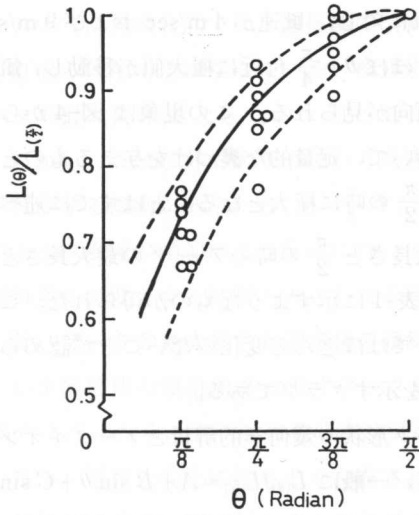


図-6  $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$  と  $\theta$  との関係

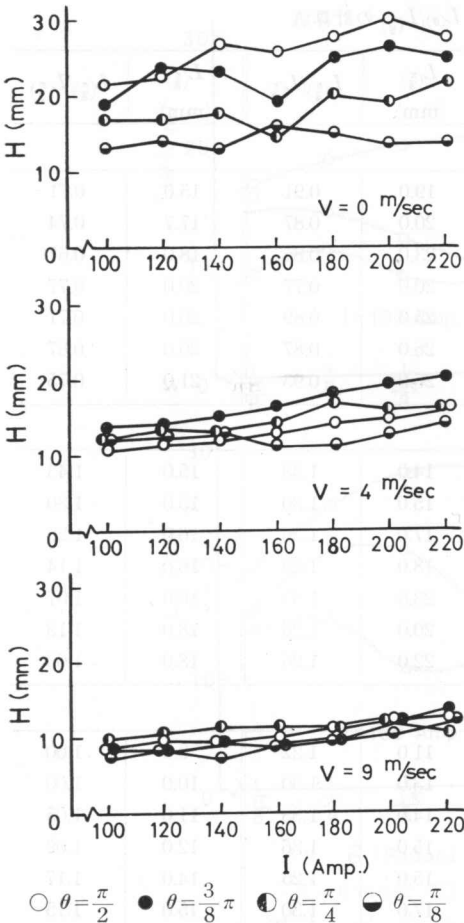
表-2  $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2}) = A + B \sin \theta + C \sin^2 \theta$   
の計算例

Current (Amp.)	100	140	200	
$L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$	$\theta = \frac{\pi}{4}$	0.881	0.855	0.852
	$\theta = \frac{\pi}{8}$	0.714	0.673	0.656
A	0.469	0.428	0.412	
B	0.708	0.689	0.728	
C	-0.177	-0.168	-0.162	

ば満足する結果が得られている。なお、 $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$  と  $\theta$  との関係は、風速によってあまり甚だしい相違は認められなかったが、本実験では無風状態の場合より若干高い値を示し、 $L(\frac{\pi}{4})/L(\frac{\pi}{2})$  で極大をとる結果が得られた。

(iii) 電流の強さが垂直距離におよぼす影響

アークが消滅した際の母材上面から溶接棒の先端中心までの垂直距離 ( $H$ ) と電流との関係を示すと、図-7 のようになる。図からわかるように、全体としてすでに示したアークの最大長さ (図-4) の傾向と同様であるが、無風の場合、電流 180 Amp. から 200 Amp. 付近に極大値らしいものが認められた。また、最大長さ と垂直距離のグラフを比較して、その変化の度合を各電流値について見ると、垂直距離の方が大きく表われており、風速が 4 m/sec および 9 m/sec の場合は逆に小さくなり、一定値に近づく傾向が見られた。これは次のような理由と考えられる。すなわち、電流が高いときはクレータが溶接棒の先端から比較的遠い距離に生じ、且つクレータの中心がほぼ母材面と同じレベルに生ずるが、電流が低くなるとクレータの生ずる溶融金属が母材面より高いレベルまで盛り上がり、その頂上にクレータが生じ、しかもその位置が溶解棒端に比較的近い距離にあるからである。



○  $\theta = \frac{\pi}{2}$  ●  $\theta = \frac{3}{8}\pi$  ◐  $\theta = \frac{\pi}{4}$  ◑  $\theta = \frac{\pi}{8}$

図-7 電流の強さと垂直距離との関係におよぼす溶接棒の傾斜角の影響



(iv) 垂直距離と溶接棒の傾斜角との関係

図-8に見られるように、最大垂直距離は溶接棒傾斜角が  $\frac{\pi}{2}$  のとき極大となり、傾斜角が  $\frac{\pi}{2}$  より小さくなるに従って減少するが、その傾向はすでに述べたアークの最大長さの場合とや

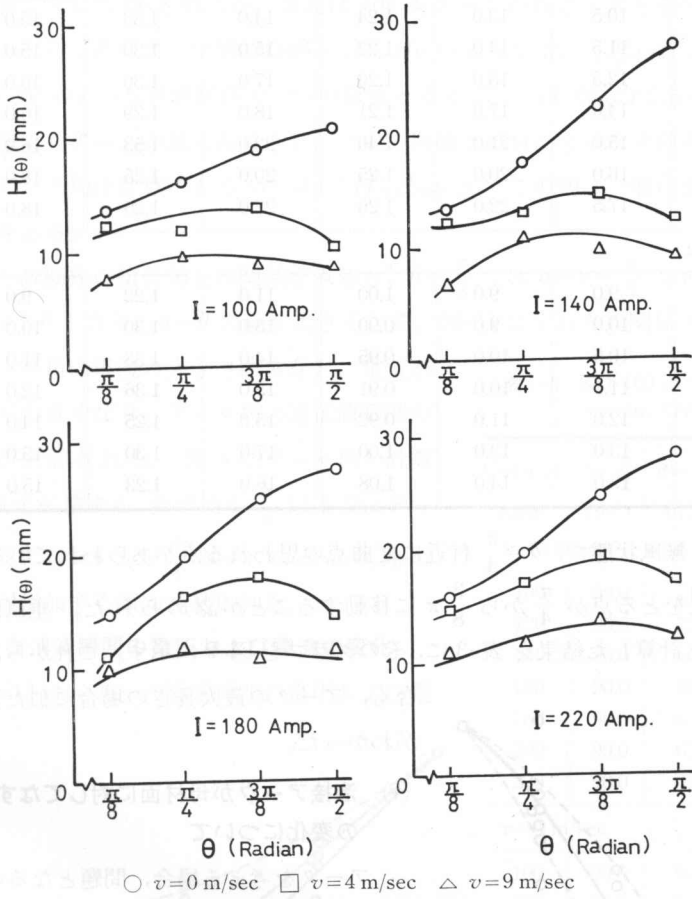


図-8 垂直距離と溶接棒の傾斜角との関係におよぼす風速の影響

表-3 KD-100における  $H(\theta)/H(\frac{\pi}{2})$  の計算値

Current (Amp.)	$H(\frac{\pi}{2})$ (mm)	$H(\frac{3\pi}{8})$ (mm)	$H(\frac{3\pi}{8})/H(\frac{\pi}{2})$	$H(\frac{\pi}{4})$ (mm)	$H(\frac{\pi}{4})/H(\frac{\pi}{2})$	$H(\frac{\pi}{8})$ (mm)	$H(\frac{\pi}{8})/H(\frac{\pi}{2})$
$v=0$ m/sec							
100	21.0	19.0	0.91	17.0	0.81	13.0	0.62
120	23.0	24.0	1.04	17.0	0.74	14.0	0.61
140	27.0	23.0	0.85	18.0	0.67	13.0	0.50
160	26.0	19.0	0.79	14.0	0.59	16.0	0.62
180	28.0	29.0	0.89	20.0	0.72	15.0	0.54
200	30.0	26.0	0.87	19.0	0.65	14.0	0.48
220	28.0	25.0	0.89	22.0	0.79	14.0	0.50

表-3 (つづき)

Current (Amp.)	$H_{(\frac{\pi}{2})}$ (mm)	$H_{(\frac{3\pi}{8})}$ (mm)	$H_{(\frac{3\pi}{8})}/H_{(\frac{\pi}{2})}$	$H_{(\frac{\pi}{4})}$ (mm)	$H_{(\frac{\pi}{4})}/H_{(\frac{\pi}{2})}$	$H_{(\frac{\pi}{8})}$ (mm)	$H_{(\frac{\pi}{8})}/H_{(\frac{\pi}{2})}$
$v = 4 \text{ m/sec}$							
100	10.5	13.0	1.24	14.0	1.33	15.0	1.43
120	11.5	14.0	1.22	15.0	1.30	15.0	1.30
140	12.5	15.0	1.20	17.0	1.36	16.0	1.28
160	14.0	17.0	1.21	18.0	1.29	16.0	1.14
180	15.0	21.0	1.40	23.0	1.53	16.0	1.07
200	16.0	20.0	1.25	20.0	1.25	18.0	1.13
220	17.5	22.0	1.26	22.0	1.26	18.0	1.03
$v = 9 \text{ m/sec}$							
100	9.0	9.0	1.00	11.0	1.22	9.0	1.00
120	10.0	9.0	0.90	13.0	1.30	10.0	1.00
140	10.5	10.0	0.95	14.0	1.33	11.0	1.05
160	11.0	10.0	0.91	15.0	1.36	12.0	1.09
180	12.0	11.0	0.92	15.0	1.25	14.0	1.17
200	13.0	13.0	1.00	17.0	1.30	15.0	1.15
220	13.0	14.0	1.08	16.0	1.23	15.0	1.15

や趣を異にし、無風状態で、 $\theta = \frac{\pi}{4}$  付近に変曲点の思われる点があらわれている。また風速を増すと、極大値をとる点が  $\frac{\pi}{4}$  から  $\frac{3}{8}\pi$  に移動することが認められた。垂直距離についても  $H_{(\theta)}/H_{(\frac{\pi}{2})}$  を考え計算した結果を表-3に、そのグラフを図-9に示す。これから、垂直距離の場合も、アークの最大長さの場合に似た変化を示すことがわかった。

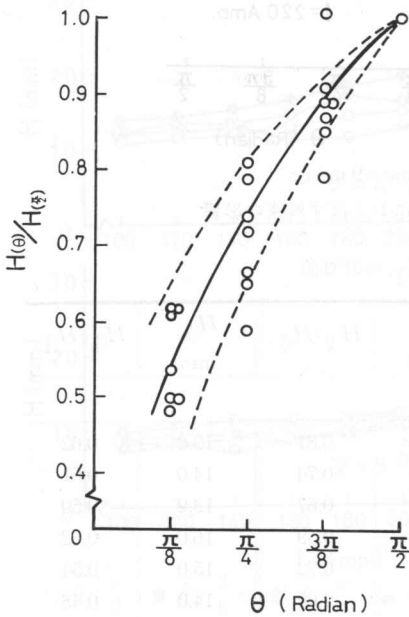


図-9  $H_{(\theta)}/H_{(\frac{\pi}{2})}$  と  $\theta$  との関係

(v) 溶接アークが母材面に対してなす角(アーク角)の変化について

アークを考える場合、問題となるのはアークの進行線である。母材と溶接棒先端とが接近している間は、アークは熔融池の中心と溶接棒先端の中心を結ぶ

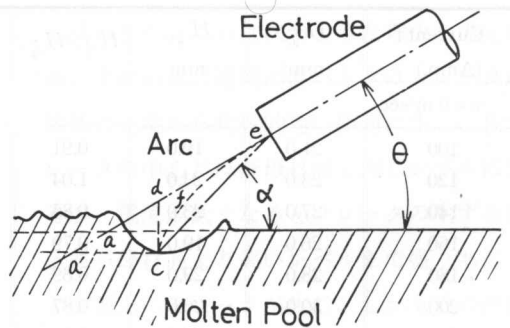


図-10 アークの経路図解

直線上に発生しているが、溶接棒が溶融してアークが長くなるに従ってアークの中央付近の部分が中心線からはづれ、同時にアークはそこを境として弓形の2つの部分に分離するかのようになり、全体として“く”の字形となる。図-10によって説明すれば、このような状態において、アークの長さとして  $ce$  を取るか、または  $cde$  をアークの長さとするべきかに分れる。

実際は、おそらく前2者の中間的経路として  $cfe$  のようなものと思われるが、確定はできない。しかし、 $ce$  のような直線経路を一つの目安と考えることは実際的であるので<sup>11)</sup>、一般にこの長さの極限値をアークの最大長さとし、この方向線と母材面とのなす角をもってアーク角と指定する。アーク角は計算による ( $\alpha = \sin^{-1} H_{(\theta)} / L_{(\theta)}$ ) が、この角は一般に溶接棒の傾斜角よりも大きい値をとる。

アーク角と溶接棒の傾斜角との関係を見ると、 $\theta = \frac{\pi}{2}$  では  $\alpha = \theta = \frac{\pi}{2}$  であるが、 $\theta$  が小さくなるに従い  $\alpha > \theta$  となり、 $\alpha - \theta$  の値が大きくなる。図-11 はそれらの関係グラフであるが、この図からアーク角は電流の大きさに依存し、電流が大きくなるほど小さくなり、アーク角の適正值範囲の存在することが推定される。表-4 にアーク角の計算値を示すが、風速が増すと、傾斜角が  $\frac{\pi}{4}$  以下ではアーク角はあまり変化しないが、 $\frac{\pi}{4}$  以上になると風速によりアーク角が増加する傾向が見られる。

(vi) アーク消滅瞬間の電圧および電流の変化

図-12, 図-13 は、アーク消滅瞬間の電圧および電

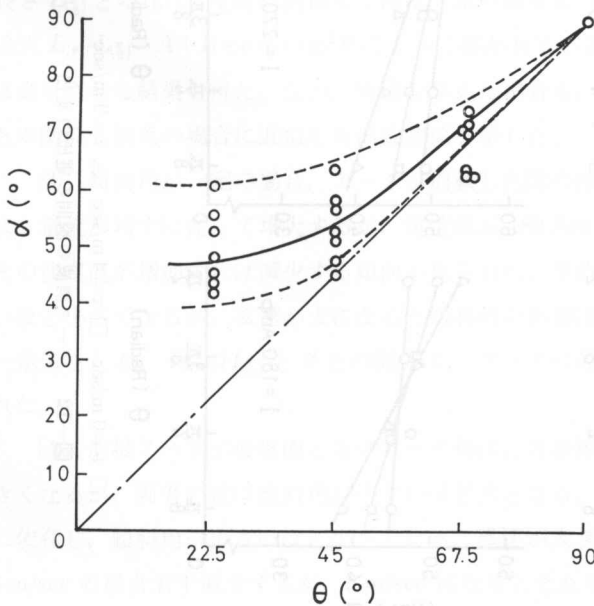


図-11 溶接棒の傾斜角とアーク角との関係

表-4 KD-100 のアーク角の計算値 ( $\alpha = \sin^{-1} H_{(\theta)} / L_{(\theta)}$ )

Current (Amp.)	$\theta = \frac{\pi}{2}$ (90°)	$\theta = \frac{3}{8}\pi$ (67.5°)	$\theta = \frac{\pi}{4}$ (45°)	$\theta = \frac{\pi}{8}$ (22.5°)
$v = 0$ m/sec				
100	90.0	71.8	63.5	60.1
120	90.0	73.7	58.2	55.5
140	90.0	66.9	51.5	46.2
160	90.0	56.0	44.5	53.1
180	90.0	63.3	53.1	48.6
200	90.0	63.8	47.0	44.5
220	90.0	63.3	57.8	41.8
$v = 4$ m/sec				
100	90.0	90.0	59.0	53.1
120	90.0	90.0	60.1	53.1
140	90.0	90.0	49.9	54.4
160	90.0	90.0	51.1	43.5
180	90.0	59.0	47.6	43.5
200	90.0	71.8	53.1	46.2
220	90.0	65.4	50.6	56.4
$v = 9$ m/sec				
100	90.0	90.0	65.4	62.7
120	90.0	90.0	57.8	64.2
140	90.0	90.0	59.0	46.6
160	90.0	90.0	53.1	56.4
180	90.0	90.0	53.1	51.8
200	90.0	90.0	49.9	47.1
220	90.0	90.0	48.6	47.1

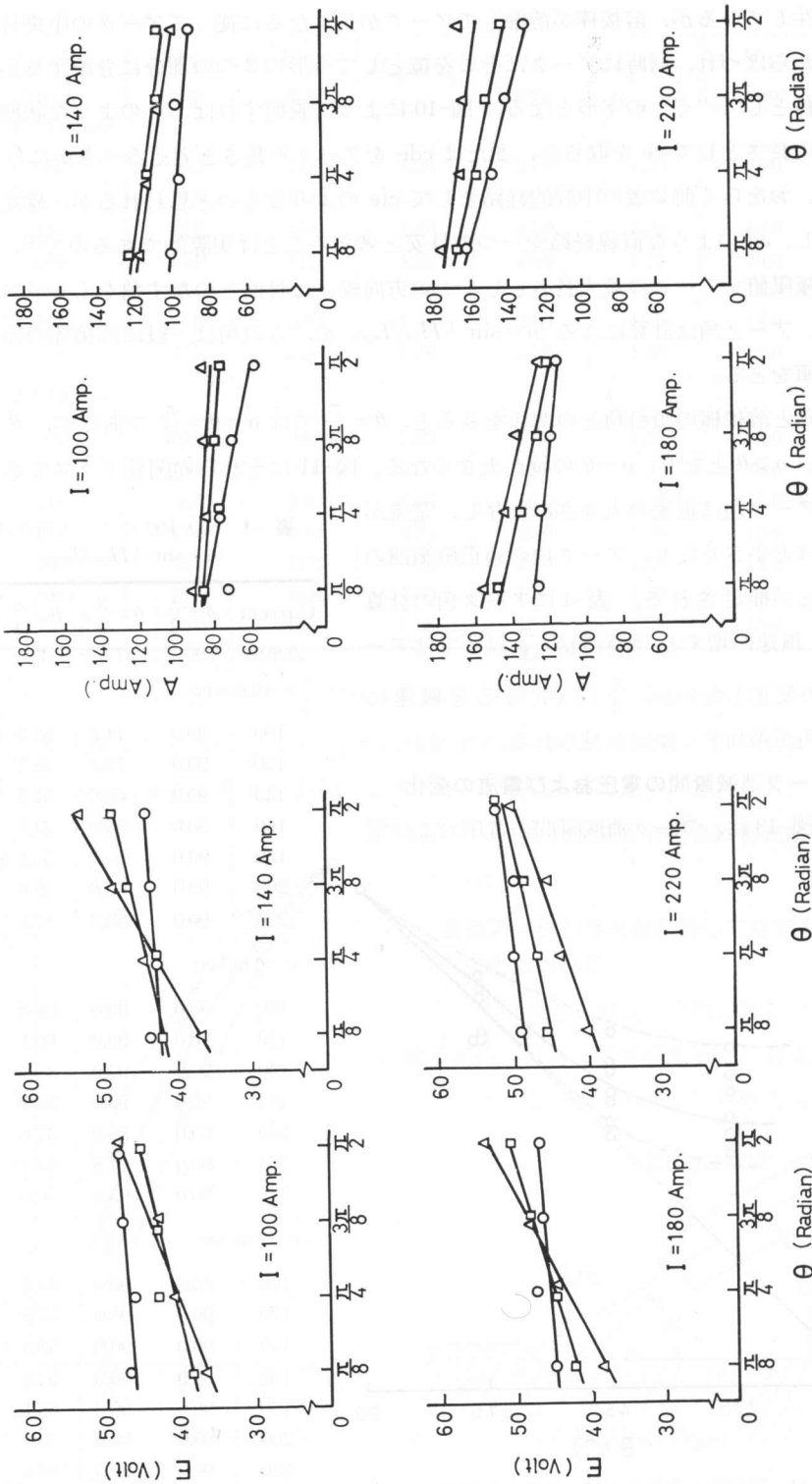


図-13 アーク消滅の瞬間の電流の変化

図-12 アーク消滅の瞬間の電圧の変化

流の変化を示すグラフである。この図によると、アークが消滅する瞬間、すなわちアークが最大長さに達した瞬間における電圧の変化は、風速のちがいによる影響は明確でないが、各電流に依じてみると、溶接棒の傾斜角にほぼ比例して増大している。また、それぞれの直線の勾配は風速が大になるに従い大になり、変化の度合が激しくなることが判る。これに対して電流はほぼ規則的に変化し、傾斜角が大きくなるに従い減少する。風速が大になると、アーク消滅瞬間の電流値も大きくなり、これは電圧の変化の傾向とも一致している。

### 3. む す び

以上の実験の結果、つぎのような結果が得られた。

(1) 実際に運棒操作をするにあたって重要な条件である溶接棒の傾斜角を一定にした時、溶接アークの最大長さは電流が増すに従ってほぼ直線的に増大する。風速が大になれば、アークの最大長さは大幅に減少するが、電流の値に関係なくほぼ一定に保たれる。これは風速によって生ずる熱の放散、被覆剤のガス化の乱れおよび溶接棒端の冷却によるものと考えられる。傾斜角を変化した場合、アークの最大長さは傾斜角に依存し、電流によって変化する度合は、無風の場合、傾斜角が大きいほど激しい。しかし風速が加わると、傾斜角を変化しても、最大長さの変化の度合はそれほど大きくなる。無風の場合、傾斜角が  $\frac{\pi}{2}$  の時最大長さは極大値をとるが、風速 4 m/sec および 9 m/sec では、傾斜角が  $\frac{\pi}{4}$  付近で極大値をとる。このことは、実際の施工経験による溶接棒の保持方法と一致する。

(2) 無風状態での任意の傾斜角に対するアークの最大長さ  $L_{(\theta)}$  と傾斜角  $\frac{\pi}{2}$  に対する最大長さ  $L_{(\frac{\pi}{2})}$  との比は、電流に関係なくほぼ一定の値をとり、全く傾斜角  $\theta$  の関数になることが理論式  $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})} = A + B \sin \theta + \sin^2 \theta$  によって導かれているが、本実験による測定値もこの式をほぼ満足させる結果を得た。なお、風速を与えた場合も、 $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$  はほぼ一定値をとり、傾斜角との関係も無風の場合に近似した曲線関係を示した。

(3) 傾斜角が一定の場合、アークが消滅した際の溶接棒の先端中心と母材面との垂直距離は、電流が増すに従って増大するが、電流値が 180 Amp. から 200 Amp. 付近で極大値をとり、その後電流が増加すれば減少する傾向が見られた。垂直距離は傾斜角に依存し、傾斜角が小さいほど小さくなるが、風速が大になると傾斜角の影響は少なくなり、風速の増大とともにほぼ一定値をとる。 $H_{(\theta)}/H_{(\frac{\pi}{2})}$  と  $\theta$  との関係は、アークの最大長さの場合と同様な傾向がうかがわれた。

(4) 溶接アークが母材面となすアーク角は、溶接棒の傾斜角に一致せず、通常これより大きくなるが、両者の差は傾斜角が小さいほど大となる。一定電流のもとではアーク角は傾斜角に依存し、傾斜角が小さいほど小さくなる。風速が大きくなる場合のアーク角の変化は、風速 4 m/sec の場合若干減少するが、9 m/sec になるとそれぞれ増大することが認められた。

なお、この場合、傾斜角が  $\frac{\pi}{4}$  以下では風速の影響がほとんど見られないが、 $\frac{\pi}{4}$  を越える

と、アーク角は風速が増大すれば増大する傾向を示した。

本研究に関する実験およびデータの整理は、昭和44年度卒業研究に従事した機械工学科坂井一彦君に負うところが多く、同君の努力に敬意を表するとともに、種々御協力下さった本学電気工学科伊藤彰美助教授ならびに電力応用研究室の皆様にかかる謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- 1) 溶接便覧編集委員会：溶接便覧，丸善（昭和36年）。
- 2) 岡田実編：溶接技術ハンドブック，朝倉書店（昭和37年）。
- 3) 中村虔一・稲垣良穂・水野貞夫・石山菊三：軟鋼溶接棒の作業性について，溶接学会誌，Vol. 18（1949）No. 6。
- 4) 小沢正義・森田敏勝：溶接アークに関する研究，溶接学会誌，Vol. 22（1953）No. 9。
- 5) 佐藤 博：交流アークの安定性について，溶接学会誌，Vol. 33（1964）No. 3，No. 9，昭和39年度春季および秋季全国大会講演概要。
- 6) 吉田兎四郎・阿部 武・尾上久治：被覆アーク溶接棒のアーク現象，溶接学会誌，Vol. 30（1961）No. 3，昭和36年度春季全国大会講演概要。
- 7) 大柴文雄・清水寛一郎・相良友七・浮田静雄：被覆溶接棒の溶接アークの形状，工学院大学研究報告第24号（昭和43年）。
- 8) 安藤弘平・村上信一・坂本武春：交流溶接電弧の安定度と溶接機器特性との関係について，溶接学会誌，Vol. 18（1949）No. 4。
- 9) 吉田兎四郎・阿部 武・尾上久治：被覆アーク溶接棒のアークの安定性判定のための一提案，溶接学会誌，Vol. 29（1960）No. 4。
- 10) 大柴文雄・清水寛一郎：被覆溶接棒の溶接アークの分解，溶接学会誌，Vol. 31（1962），No. 9。
- 11) 大柴文雄・清水寛一郎：電弧溶接における電弧の最大長さについて，溶接学会誌，Vol. 28（1959）No. 8，Vol. 29（1960），No. 2。
- 12) 安藤弘平・長谷川光雄：溶接アーク現象，産報（昭和42年）。
- 13) 安藤弘平・西口公之：アーク溶接機器，産報（1966）。