

溶接アークの最大長さにおよぼす

風向風速の影響 (第2報)*

棟 徹 夫**

二 俣 正 美**

(昭和46年9月28日受理)

Influence of the Winds' Conditions on the Maximum Arc Length in Welding (part 2)

by Tetsuo To and Masami HUTAMATA

— Continuing the previous report (No. 1), we want to report here the results of some experiments on the variation of the maximum arc length under various blowing directions and the influence of the wind to the vaporized coating of electrodes.

An outline of the results will be described below.

(1) The maximum arc length is affected remarkably by the coating of electrode. The arc length of an ilumenite electrode is longer than that of a low-hydrogen electrode.

It is observed that the vaporized coating, i.e. gas molecules, is more effective on striking the arc than the vaporized core metal and moreover the former depends strongly on the winds' conditions.

(2) The maximum arc length is affected by the blowing directions. In the opposite blowing it is going to be the shortest and in the backward blowing, inclined at 45° , it is going to be the longest.

(3) The relation of $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ and θ or the variation of the arc angle is independent of the kind of electrode and the blowing direction.

(4) The arc voltage at a moment of arc-vanishing depends on the blowing direction but the current is not so much affected.

(5) These results suggest that the interaction of the wind and the gas ionic flow of the coating will be a subject for a next study.

1. ま え が き

アーク溶接においては、発生アークの性質が溶接継手に重要な影響を与えるが、特にアークの安定性が大きな課題であり、多くの実験研究がなされている。著者らは前報¹⁾において、アークの安定性を、発生から消弧までのアークの最大長さをもって定量的に示す方法²⁾をもと

* 溶接学会昭和46年度春季全国大会(昭和46年4月東京)にて発表

** 北見工業大学機械工学科

に、従来行なわれていなかった、風向風速の環境条件を加えて、アークの安定性におよぼす影響を実験観察した。

実験において、風速は 0 m/sec, 4 m/sec および 9 m/sec を選び、風向としては初期段階として、溶接方向に対向する場合を用いた。実験の結果、風速の増加とともにアークの最大長さは減少するが、溶接棒の保持角に依存し、保持角 $\theta = \frac{\pi}{4}$ の時、アークの最大長さが極大値をとることが明らかになった。これは風のある戸外での溶接施工に、ある示唆を与えるものと考えられる。

本報では、引きつづき風速のほかに風向を種々変化させ、風向がアークの最大長さにおよぼす影響をしらべるとともに、アークを発生持続させるためのイオン流と風との関連について行なった実験結果について報告する。

2. 実 験

2.1 実験装置および供試材

実験に用いた装置および使用機器は前報と同じである。溶接棒は、風による効果を解明するために、さきに使用した北日本電極製 KD-100 (イルミナイト系, JIS D 4301) のほかに、KL-48 (低水素系, D 4316) を用いた。棒径はともに 4.0 mm ϕ で、それぞれの被覆剤の化学成分の一例を表 1 に示す。

2.2 実験条件

実験条件として用いた、電流、電圧および溶接棒の保持角、風速については前報と同じくしたが、風向については、つぎのように設定した。すなわち、溶接方向を左進として、溶接線にそって i) 左水平 (記号 \triangleright)、ii) 右水平 (\triangleleft)、iii) 右斜上方 45° (\triangle) および iv) 溶接線に直角な横水平 (∇) の 4 方向を用いた。

2.3 実験方法

風向の変化は、小型シロッコファンを所定距離に設け、条件に示す 4 方向より送風することで与えた。右斜上方からの送風は、フ

表 1 供試溶接棒の被覆剤の化学成分

Table 1. Chemical composition of the coating material of the electrode

Component	Ilumeite (%)	Low-hydrogen (%)
SiO ₂	23~28	5~25
TiO ₂	10~18	<22
MnO	10~19	2~7
FeO	7~25	2~20
MgO	1~8	<5
Al ₂ O ₃	3~9	<12
CaO	4~8	8~26
CaF ₂	—	10~33

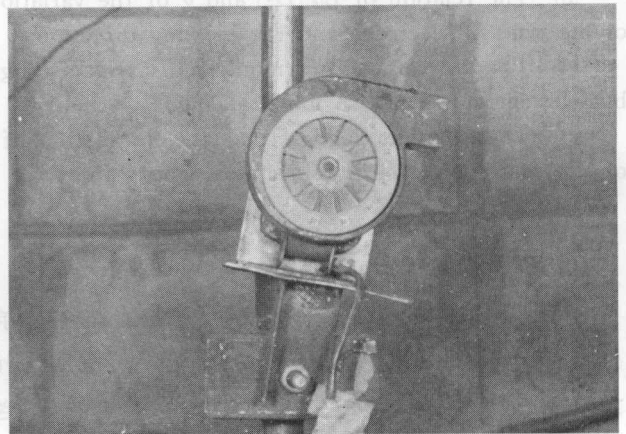


写真 1 送風ファンおよび可傾台

Photo 1. A blowing fan and its inclining stand.

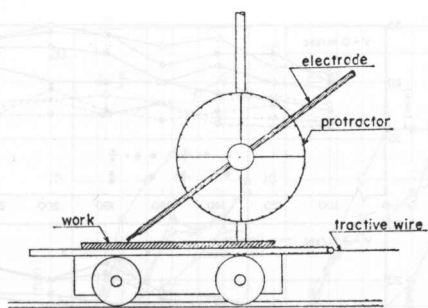


図1 アークの最大長さの測定装置

Fig. 1. Schematic graph of a measuring apparatus of the maximum arc length.

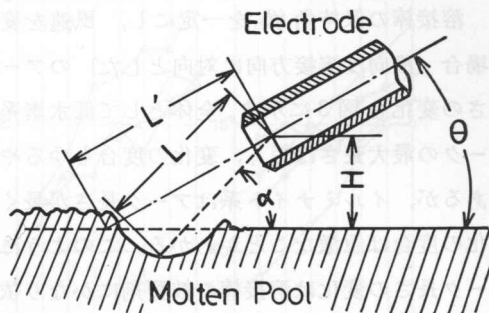


図2 測定項目の図解

Fig. 2. Illustration of measuring items.

ファンを可傾架台にとりつけ、 45° にかたむけて行なった。写真1にファンおよび可傾架台を示す。また、溶接アークにおよぼす陽極物質蒸気によるイオン流の影響を知るため、イルミナイト系および低水素系溶接棒について、それぞれの被覆剤を除去した裸線によるアークの発生状況を測定し、被覆剤蒸気によるイオン流と心線金属蒸気によるイオン流の効果を測定した。同時に、それぞれが風速風向によってどのような変化を示すかを比較した。

アークの最大長さの測定装置を図1に、実験にあたっての測定項目の図解を図2に示す。

3. 実験結果ならびに考察

3.1 被覆剤がアークの最大長さにおよぼす影響

アークの発生状態が被覆溶接棒によって異なるのは、主として被覆剤の成分によるものである。今回の

実験に用いた2種の溶接棒について、アークの最大長さの変化を比較し、両者の特性を明らか

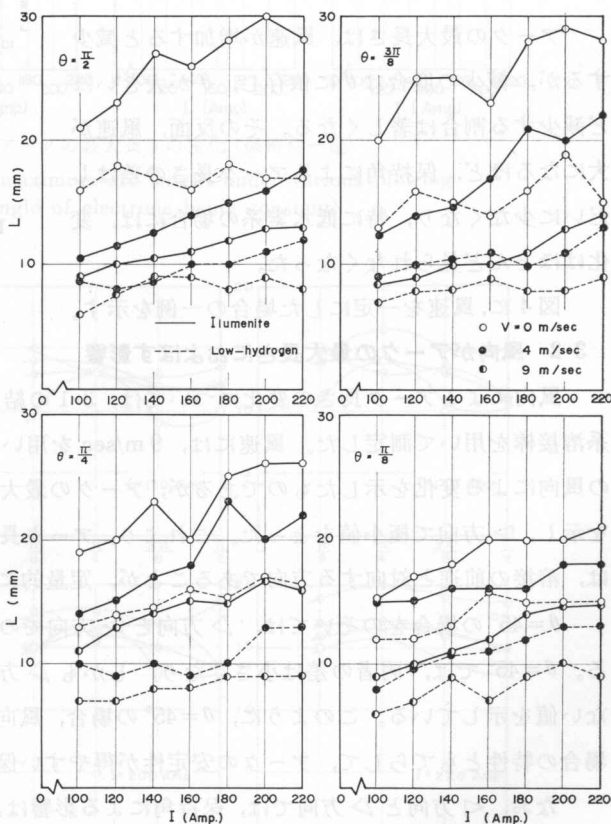


図3 被覆溶接棒の相異によるアークの最大長さの変化 (溶接棒保持角一定)

Fig. 3. Variation of the maximum arc length of a different coated electrode (the angle of electrode being constant).

じめ確認した。

溶接棒の保持角 (θ) を一定にし、風速を変えた場合 (風向は溶接方向に対向とした) のアーク長さの変化を図3に示す。全体として低水素系のアークの最大長さは短く、変化の度もゆるやかであるが、イルミナイト系はアーク長さが長く、変化の度は急激なことがわかる。このように、アーク長さの変化は溶接棒の被覆剤にかなり依存することが認められた。この傾向は風速が増加しても同じであり、初期の溶接電流にはあまり左右されない。

アークの最大長さは、風速が増加すると減少するが、減少の度は θ に依存し、 θ が大きいほど減少する割合は著しくなる。その反面、風速が大になるほど、保持角によるアーク長さの差はしだいに少なくなり、特に低水素系の場合には、変化はほとんど見られなくなった。

図4に、風速を一定にした場合の一例を示す。

3.2 風向がアークの最大長さにおよぼす影響

風向によるアーク長さの変化については、3.1の結果から、変化量の大きいイルミナイト系溶接棒を用いて測定した。風速には、9 m/secを用いた。図5は、保持角を一定にした場合の風向による変化を示したものであるが、アークの最大長さは各保持角とも、 \triangleleft 方向で極大値を示し、 \triangleleft 方向で極小値をとった。これより、アーク長さを減少させる効果が最も大きい風向は、溶接の前進と対向する方向であることが、定量的に示された。

$\theta=45^\circ$ の場合をのぞいては、 \triangleleft 方向と \triangleleft 方向でのアーク長さの値が大きい差を示している。 $\theta=45^\circ$ では、両者の差は小さくなり、しかも \triangleleft 方向以外のアーク長さはほとんど変わらない値を示している。このように、 $\theta=45^\circ$ の場合、風向による変動も少なく、風速が増大した場合の特性ともてらして、アークの安定性が得やすい保持角であることが明らかになった。

なお、 \triangleleft 方向と \triangleleft 方向では、保持角による影響はあまり見られず、ほぼ同じ値を示した。溶接電流一定の場合は、図6に示すように、低電流域では $\theta=22.5^\circ$ 付近にアーク長さの極大値が若干移動しているが、高電流域になるに従って、風向に関係なく主として $\theta=45^\circ$ 付近で極大値をとる傾向が認められた。

実際の被覆アーク溶接では、普通 120 Amp. から 200 Amp. の範囲の電流域を用いるので、 $\theta=45^\circ$ がアークの最大長さを得るために有効な保持角と考えられる。

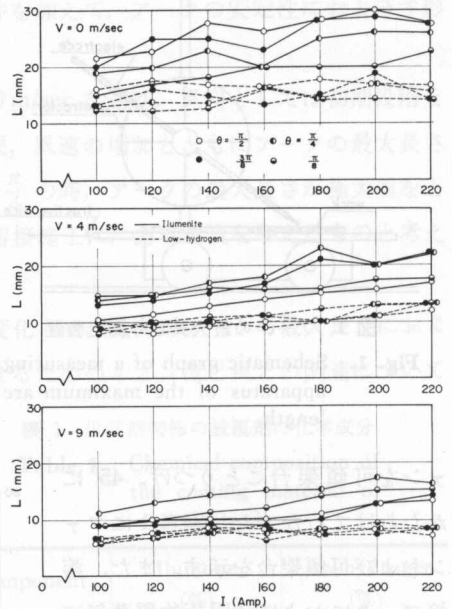


図4 被覆溶接棒の相異によるアーク最大長さの変化 (風速一定)

Fig. 4. Variatin of the maximum arc length of a different coated electrode (the wind speed being constant).

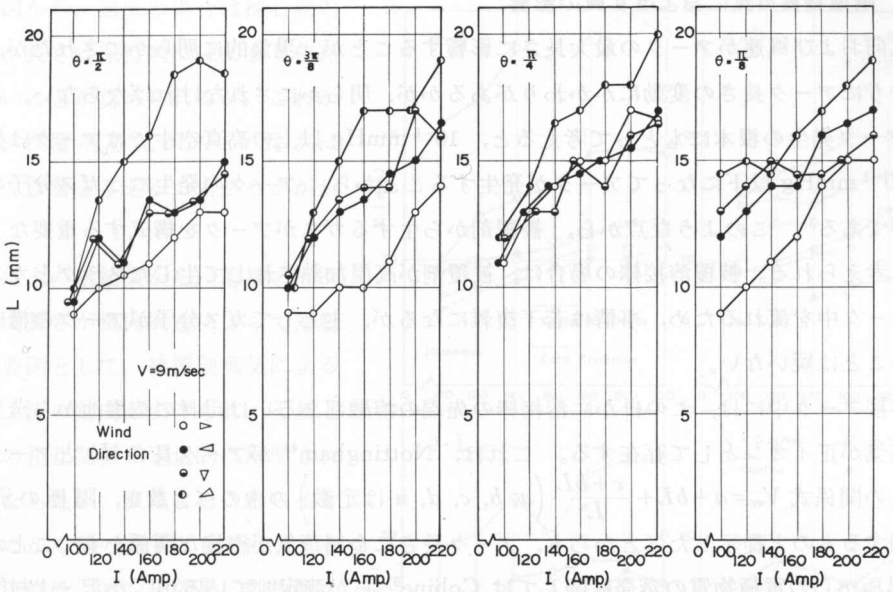


図5 風向によるアークの最大長さの変化 (保持角一定)

Fig. 5. Variation of the maximum arc length under various blowing directions (the angle of electrode being constant).

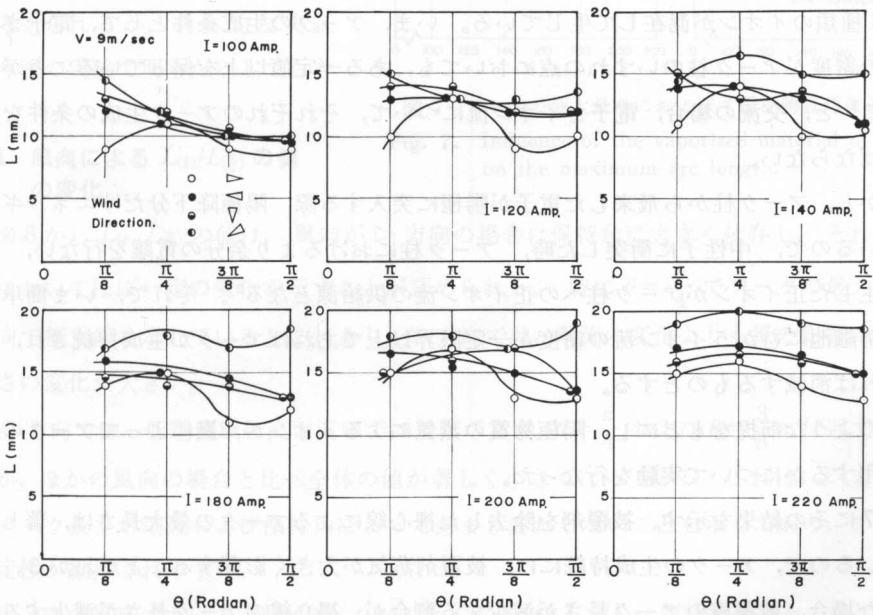


図6 風向によるアークの最大長さの変化 (溶接電流一定)

Fig. 6. Variation of the maximum arc length under various blowing directions (the welding current being constant).

3.3 陽極物質蒸気におよぼす風の影響

風向および風速がアークの最大長さに影響することが、現象的に明らかにされたが、風などのようにアーク長さの変動にかかわりがあるかが、明らかにされなければならない。ところで、アーク発生の根本にもどって考えると、 10^{-5} mmHg 以上の高真空中ではアークは発生せず、 10^{-3} mmHg 以下になってアークが発生することから、アークの発生にはガス分子の存在が必要である³⁾。このような点から、被覆剤から生ずるガスがアークを構成する重要な1つの因子と考えられる。被覆溶接棒の場合は、被覆剤が高温加熱されて生じたスラグとガスが同時にアーク中を流れるため、事情は若干複雑になるが、主としてガス分子がアークの構成に関与することは疑いない。

溶接アーク中には、このほかに溶接棒の先端の熔融部あるいは母材の熔融池から蒸発する金属蒸気が正イオンとして存在する。これは、Nottingham⁴⁾ がアーク長さ (L) とアーク電流 (V_a) との関係式 $V_a = a + bL + \frac{c + bL}{L^n}$ (a, b, c, d, n は定数) 中のべき数を、陽極の沸騰点に比例するものと提示したことから、アーク長さに金属蒸気が密接な関係をもつことがわかる。陽極からの電極物質の蒸発に関しては Cobine⁵⁾ らが測定しているが、小沢・大村⁶⁾ は実際の溶接アークについて実験し、 $4\text{ mm}\phi$, 140 Amp. の軟鋼溶接棒では蒸発量は 2.7% となっている。

このように溶接アークは電離したガス分子(ガスイオン)と電離した金属蒸気(金属イオン)の2種類のイオンが混在して生じている。いま、アークの生成条件として、電子またはイオン流の密度がアーク柱のいずれの点においても、ある一定値以上を保っていることが必要と仮定する⁷⁾と、交流の場合、電子とイオン流について、それぞれのアーク生成の条件を考慮しなければならない。

しかし、アーク柱から飛来した電子が陽極に突入する際、陽極降下分だけエネルギーが増加しているので、中性子に衝突した時、アーク柱におけるより余分の電離を行ない、それによって生じた正イオンがアーク柱への正イオン流の供給源となる⁸⁾。それで、いま簡単に溶接棒から熔融池にむかうイオン流の密度が一定限界以上であればアークが生成持続され、それ以下になれば消滅するものとする。

このような前提をもとにし、陽極物質の蒸気によるイオンが、風によってアークの維持にどう作用するかについて実験を行なった。

図7にその結果を示す。被覆剤を除去した裸心線によるアークの最大長さは、著しく短くなっているので、アークの生成持続には、被覆剤蒸気が大きく影響することがわかる。風速が増加した場合、被覆棒のアーク長さが減少する割合が、裸心線のアーク長さが減少する割合に比べて、著しいことが認められた。このことは、アークの生成持続に影響が大きい被覆剤蒸気が、心線の金属蒸気よりも風によって強くかく乱される特性をもち、その結果、全体としてアーク長さが減少すると言える。この現象は $\theta = 90^\circ$ で最も著しい。

図から、無風の場合は裸心線のアーク長さは保持角にはあまり依存しないことが認められるが、これからも、被覆剤蒸気がアーク長さに大きく影響を与えることがわかる。

以上の諸結果から、溶接アークの最大長さが風向風速によって変動する要因として、被覆剤蒸気によるイオン流の動向があげられ、それと風との相互関係が定量的に解明されねばならない。風によるこれらイオン流のかく乱の因子としては、アークの硬直性、ピンチ効果、熱放散、粒子の電離電圧特性、アーク柱の電位傾度、イオンジェット頂角とイオン流密度、蒸発気流の不均一変動などが考えられるが、具体的な実証は、今後の実験で明らかにしていきたい。

3.4 風向による $L_{(0)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ の値の変化

図8から $L_{(0)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ の値は、風向が \triangleright 方向の場合は保持角に大きく依存し、それぞれの電流値においてほぼ一定の変化を示すことが認められる。特に $\theta = \frac{\pi}{4}$ でアークの最大長さが同じ傾向で極大値を示している。これより、 \triangleright 方向では、電流の変化よりも風の影響によるアーク長さの変化が大きい。

\triangleleft 方向では、低電流域と高電流域では差異があり、 $\theta = \frac{\pi}{4}$ および $\theta = \frac{3}{8}\pi$ 付近で屈曲部をもつが、ほかの風向の場合と比べ全体の値が著しく小さくなっている。これは、 \triangleleft 方向の場合は、アーク長さが電流および保持角によってあまり変わらないことを示しており、アークとして安定性が維持されやすい。

表2に各風向におけるKD-100(イルミナイト系)の $L_{(0)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ の計算結果を、表3に同じ溶接棒の裸心線の場合の計算結果を示す。

それぞれを比較して、同一電流に対する $L_{(0)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ はあまりかわらない値であることがわかった。

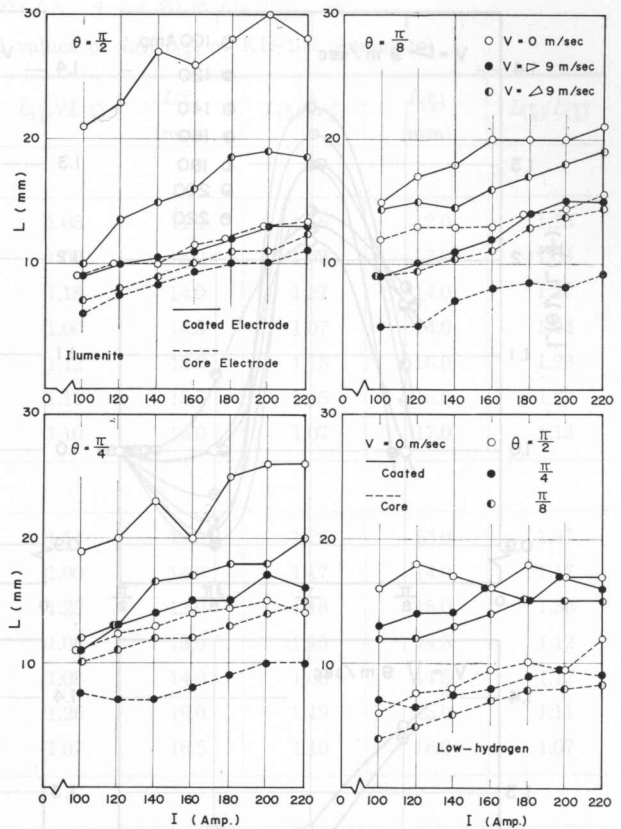


図7 アークの最大長さにおよぼす陽極物質蒸気の影響

Fig. 7. Influence of the vaporized material of anode on the maximum arc length.

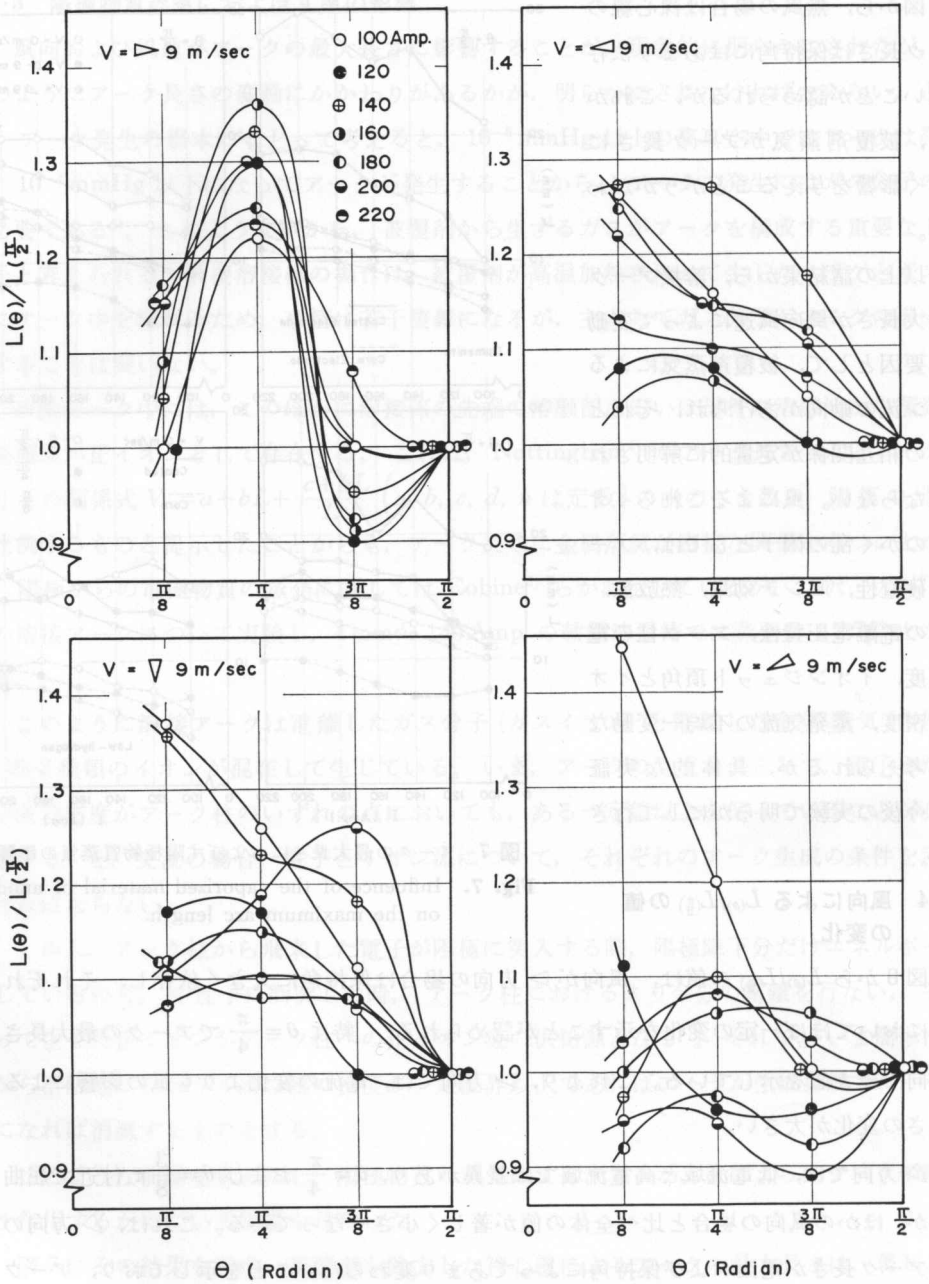


図 8 風向による $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ の値の変化

Fig. 8. Variation of the value of $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ under various blowing directions.

表2 KD-100 (イルミナイト系) の $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ の値Table 2. Calculated values of $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ of KD-100 (ilumenite)

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)	$L(\frac{\pi}{8})/L(\frac{\pi}{2})$
$v=9$ m/sec Wind Direction \triangleleft							
100	9.5	10.0	1.05	11.0	1.16	12.0	1.26
120	12.0	12.0	1.00	13.0	1.08	13.0	1.08
140	11.0	13.0	1.18	14.0	1.27	14.0	1.27
160	13.5	13.5	1.00	14.5	1.07	14.0	1.04
180	13.0	14.5	1.12	15.0	1.15	16.0	1.23
200	13.5	15.0	1.11	15.5	1.15	16.5	1.22
220	15.0	16.5	1.10	16.0	1.07	17.0	1.13
$v=9$ m/sec Wind Direction ∇							
100	9.5	10.5	1.11	12.0	1.26	13.0	1.37
120	12.0	12.0	1.00	14.0	1.17	14.0	1.17
140	11.0	13.5	1.23	13.0	1.18	15.0	1.36
160	13.5	14.0	1.08	15.0	1.15	14.5	1.12
180	13.0	14.0	1.08	14.0	1.08	14.5	1.12
200	13.5	17.0	1.26	16.0	1.19	15.0	1.11
220	15.0	16.0	1.07	16.5	1.10	16.0	1.07
$v=9$ m/sec Wind Direction \triangle							
100	10.0	10.0	1.00	12.0	1.20	14.5	1.45
120	13.5	13.0	0.96	13.0	0.96	15.0	1.11
140	15.0	15.0	1.00	16.5	1.10	14.5	0.97
160	16.0	17.0	1.06	17.0	1.06	16.0	1.00
180	18.5	17.0	0.92	18.0	0.97	17.0	0.92
200	19.0	17.0	0.89	18.0	0.95	18.0	0.95
220	18.5	19.0	1.03	20.0	1.08	19.0	1.03
$v=9$ m/sec Wind Direction \triangleright							
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

表 3 KD-100 (イルミナイト系) の裸心線の $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ の値Table 3. Calculated values of $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ of core metal of KD-100 (ilumenite)

Current (Amp.)	$L_{(\frac{\pi}{2})}$ (mm)	$L_{(\frac{3}{8}\pi)}$ (mm)	$L_{(\frac{3}{8}\pi)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$	$L_{(\frac{\pi}{4})}$ (mm)	$L_{(\frac{\pi}{4})}/L_{(\frac{\pi}{2})}$	$L_{(\frac{\pi}{8})}$ (mm)	$L_{(\frac{\pi}{8})}/L_{(\frac{\pi}{2})}$
v = 9 m/sec Wind Direction ◁							
100	6.0	6.0	1.00	7.5	1.25	4.0	0.67
120	7.5	7.5	1.00	7.0	0.93	5.0	0.67
140	8.5	8.5	1.00	7.0	0.82	7.0	0.82
160	8.0	8.0	0.84	8.0	0.84	8.0	0.84
180	9.0	9.0	0.90	9.0	0.90	8.0	0.80
200	9.0	9.0	0.90	10.0	1.00	8.0	0.08
220	11.0	11.0	1.00	10.0	0.91	9.0	0.82
v = 9 m/sec Wind Direction ▷							
100	7.0	8.0	1.14	10.0	1.43	9.0	1.29
120	8.0	8.0	1.00	11.0	1.38	9.5	1.19
140	9.0	9.0	1.00	12.0	1.33	10.5	1.17
160	10.0	10.0	1.00	12.0	1.20	11.0	1.10
180	11.0	10.5	0.95	13.0	1.18	13.0	1.18
200	11.0	11.0	1.00	14.0	1.27	14.0	1.27
220	12.5	10.5	0.84	15.0	1.21	14.5	1.16
v = 0 m/sec							
100	9.0	9.0	1.00	11.0	1.22	12.0	1.33
120	10.0	10.0	1.00	12.5	1.25	13.0	1.30
140	10.0	11.0	1.10	13.0	1.30	13.0	1.30
160	11.5	12.0	1.04	14.0	1.22	13.0	1.13
180	12.0	13.0	1.08	14.5	1.21	14.0	1.17
200	13.0	14.0	1.08	15.0	1.15	14.5	1.12
220	13.0	14.5	1.12	14.0	1.08	15.5	1.19

被覆剤がちがった場合、風向が変化した場合を図示すると、図9のようになり、 $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ と θ との関係は、前報に示した関係式 $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})} = A + B \sin \theta + C \sin^2 \theta$ を満足する範囲内にあることがわかる。風向が変化した場合の $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ は、 $\theta = \frac{\pi}{4}$ で極大を示すカーブを画くが、近似した関数関係をもつことが推定される。

3.5 溶接アークが母材面となす角(アーク角)におよぼす風向の影響

アーク角(α)は、図2に示すように、アークの最大長さ [$L_{(\theta)}$] と、その時の溶接棒先端から母材面までの垂直距離 [$H_{(\theta)}$] の比から、 $\alpha = \sin^{-1}(H_{(\theta)}/L_{(\theta)})$ として計算で求められる。溶接棒の種類および風向をかえた時の、アーク角の変化の一例を図10に示す。KD-100 および

KL-48とも、ほぼ同じ範囲におさまり、いずれも保持角が 90° より小さくなれば $\alpha - \theta > 0$ となる。また θ が小さくなるにつれて、 $\alpha - \theta$ の値は大になるが、 α のとする上限値と下限値は 60° から 40° であり、KD-100のみの場合とあまりかわらない。

風向を変えた場合は、 $\theta = 67.5^\circ$ の時、風向 \triangleright でアーク角が保持角 90° に一致する測定値が得られたが、全体的には風向にあまり影響されず、保持角に依存し、その変化の傾向も前報に

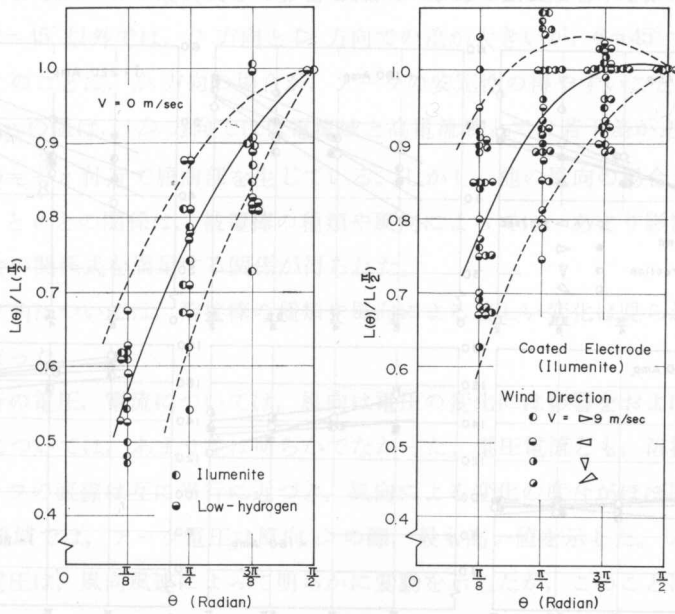


図9 被覆溶接棒による $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ の値の変化

Fig. 9. Variation of the value of $L(\theta)/L(\frac{\pi}{2})$ of a different coated electrode.

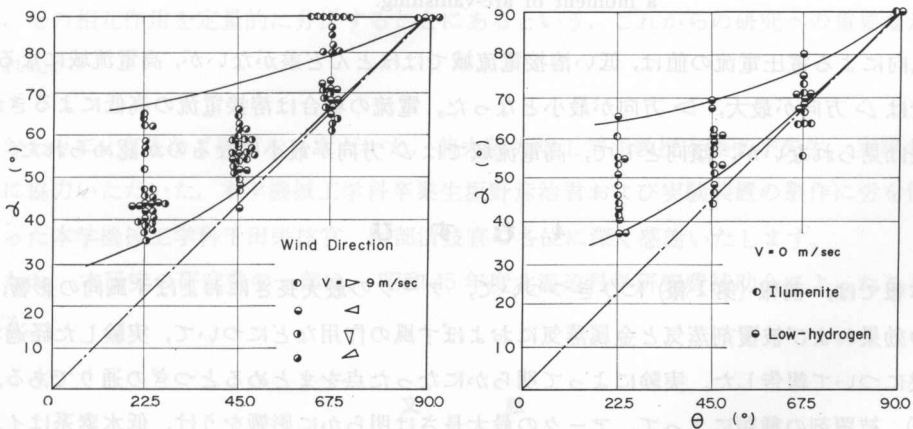


図10 溶接棒および風向によるアーク角の変化

Fig. 10. Variation of the arc angle of a different electrode and under various blowing directions.

示した無風の場合とほぼ似た曲線範囲を示している。

3.6 消弧瞬間の電圧および電流におよぼす風向の影響

アークの特性値としての消弧時の電圧、電流が風向によってどのような結果を示すか、図 11 に一例をあげる。電圧電流とも、保持角に依存して直線的に変化するが、電圧は上昇傾向、電流は下降傾向を示す。電圧電流とも、溶接電流が増加するにしたがって、グラフは互に平行にちかづき、風向による変化の度合がほぼ同じになることが判明した。

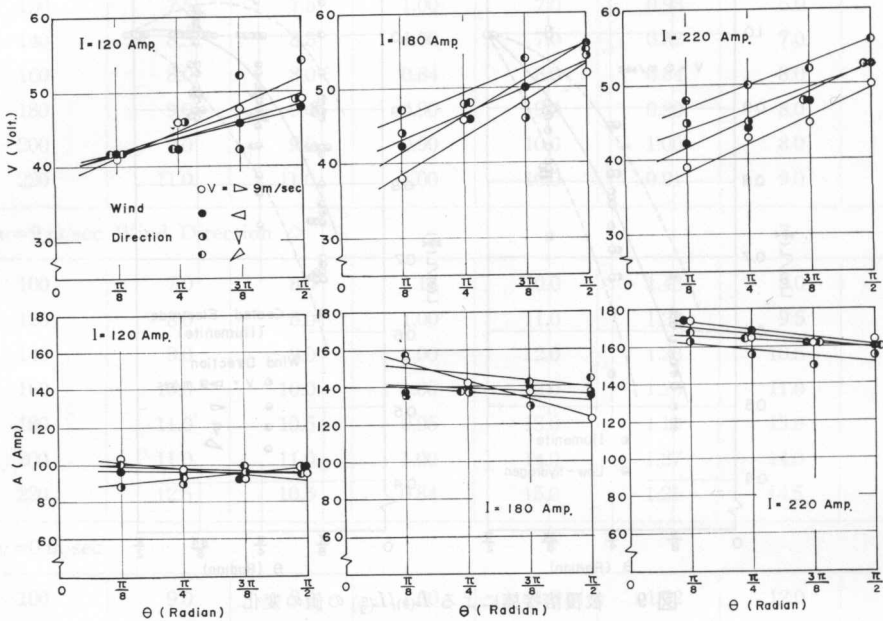


図 11 消弧瞬間のアーク電圧および電流の変化

Fig. 11. Variation of the arc voltage and the current at a moment of arc-vanishing.

風向による電圧電流の値は、低い溶接電流域ではほとんど差がないが、高電流域になると、電圧では \triangle 方向が最大、 \triangleright 方向が最小となった。電流の場合は溶接電流の高低によるきわだった差は見られないが、傾向として、高電流域では \triangle 方向が最小になるのが認められた。

4. む す び

本報では、前報(第1報)にひきつづいて、アークの最大長さにおよぼす風向の影響、被覆剤の効果および被覆剤蒸気と金属蒸気におよぼす風の作用などについて、実験した経過および結果について報告した。実験によって明らかになった点をまとめるとつぎの通りである。

(1) 被覆剤の種類によって、アークの最大長さは明らかに影響をうけ、低水素系はイルミナイト系と比較して、アーク長さは短く変化の度合はゆるやかである。被覆剤による影響が大きいことは、被覆剤成分とアークの関係および被覆剤成分と風との関係から、アークの最大長

さにおよぼす風の影響を解明する手がかりが想定された。

(2) 被覆剤蒸気と裸心線蒸気による正イオン流とアークの発生持続の関係をj知るため、それぞれの最大アーク長さを比較した。その結果、アークの発生持続には、被覆剤蒸気によるガス分子がイオン流として大きな影響を与えることが判明した。また、風による作用が、この被覆剤蒸気のほうに大であることが認められた。

(3) 風向によるアークの最大長さの影響では、 \triangle 方向で極大値を示し、 \triangleright 方向で極小となった。保持角 $\theta=45^\circ$ 以外では、 \triangle 方向と \triangleright 方向での差が大きいが、 $\theta=45^\circ$ ではあまり差が認められない。このことは、 \triangle 方向の場合が、アークの安定性の得やすいことを示している。

(4) $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ の値は、 \triangle 方向では低電流域と高電流域とでは若干差があり、グラフでは $\theta=\frac{\pi}{4}$ および $\theta=\frac{3}{8}\pi$ 付近で屈曲部を生じている。しかし、他の風向の場合と比べ、著しく小さい。 $L_{(\theta)}/L_{(\frac{\pi}{2})}$ と θ との関係は、被覆棒の種類や風向によっては、あまり影響されず、前報に示す無風の場合の関係式を満足する関係が得られた。

(5) アーク角については、溶接棒の種類や風向による著しい変化は見られず、ほぼ同様な範囲内におさまった。

(6) 消弧時の電圧、電流については、風向は電圧の変化には影響をおよぼすことが認められたが、電流については、あまり差は明らかでなかった。電圧電流とも、溶接電流が増加するにつれて、グラフの直線は互に平行に近づき、風向による変化の度合がほぼ同じになる傾向を示した。高電流域では、アーク電圧は風向 \triangle の際、最も高い値を示した。本研究を通じ、消弧時のアーク電圧は、風向風速によって明らかに変動を示したが、このことは陽極物質蒸気がアーク柱で風により影響され、そのため電位傾度、電離電圧に変化を生じていることを示している。これが、アークの最大長さの変化にかかわりあるものと推定される。

(7) 以上の結果から、今後の問題は、被覆剤蒸気によるイオン流におよぼす風の影響について、その相互作用を定量的に分析することにあるという、これからの研究への重要な示唆が得られた。

おわりに、有益なご助言をいただいた、前大阪大学工学部教授安藤弘平先生、実験および計算に協力いただいた、本学機械工学科卒業生坂野彦治君および実験装置の製作に労を惜しまなかった本学機械工学科千田栄技官、阿部清技官の各位に深く感謝いたします。

なお、本研究の研究費の一部は、昭和45年度北海道科学研究費補助金によったことを付記する。

文 献

- 1) 棟・二俣：北見工大研報，2-5，699 (昭45)。
- 2) 大柴・清水：溶接学会誌，28-8，537 (昭34)。
- 3) 大柴文雄：理論応用溶接工学，86 (昭45)，森北出版。

