

ノンガス半自動溶接に関する研究 (第2報)

—溶込み深さについて—

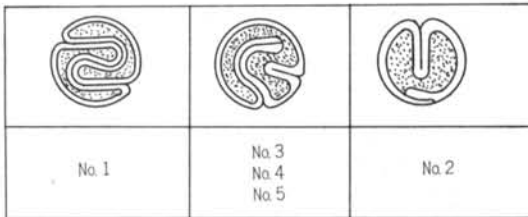
藤 盛 紀 明
新 見 芳 男

§ 1. まえがき

第1報¹⁾においては市販のノンガス半自動溶接用ワイヤ1種類について、その溶込み全般にわたって報告した。現在ノンガス半自動溶接用ワイヤとして市販されているものは数多くあり、各々断面形状やフラックスの成分を異にしている。したがってその溶込みもワイヤの種類によって異なるものと考えられる。

今回、市販ワイヤ5種類の溶込みについて実験を行ったので、そのうちの溶込み深さについて報告する。

試験体形および作製方法、測定方法は第1報に述べてある通りである。



図—1 ワイヤの断面形状

成分(%)	S_i	C	M_n	P	S	C_u
各ワイヤ						
No. 1	0.21	0.13	0.90	0.010	0.006	0.12
No. 2	0.18	0.07	0.60	0.011	0.013	
No. 3	0.14	0.12	0.74	0.090	0.006	
No. 4	0.19	0.11	0.69	0.010	0.014	
No. 5	0.10	0.06	0.77	0.016	0.017	

表—1 ワイヤの溶着金属の成分の1例

No. 1	昭和43年 8月
No. 2	昭和44年 5月12日
No. 3	昭和44年 6月27日
No. 4	昭和44年 6月27日
No. 5	昭和44年 3月14日

表—2 ワイヤの購入年月日

実験に使用したワイヤの断面形状を 図—1 に、溶着金属の成分の例 (製造会社のカタログによる) を表—1 に、購入年月日は表—2 に示してある。

§ 2. 溶込み深さに影響を与える要因

溶接の溶込みを決定する要因は、すでに述べたように²⁾ 次の3つに大別される。

(1)母板に与えられる熱量とその分布状態および伝導状態

(2)アークの掘り下げ力

(3)溶融金属の対流作用

溶込みはこれらの要因が複雑にからみ合って成生される。ノンガス半自動溶接の場合、溶込みに影響を与える具体的な溶接条件としては、次のものが考えられる。

溶接電流(I)、溶接電圧またはアーク長(V)、溶接速度(S)、ワイヤエクステンション(EXT)、母板の厚さ、母板の温度、開先形状、溶着および溶融金属の流動性(フラックスの成分)、母板の傾斜、ワイヤの径および断面形状、アークの形状・安定性および集中性、熱効率、トーチの角度、運棒方法、溶接姿勢、溶接工の技量。

今回の実験では主として溶接電流(I)、溶接電圧(V)、溶接速度(S)、ワイヤエクステンション(EXT)の溶込み深さ(P)に与える影響を調べた。そのため、他の要因は第1報におけると同じ条件に固定した。ただし、トーチの角度は母板表面に対して 70° としている。(なお、実験結果の図版は本文の最後にまとめて掲載した)

§ 3. 実験結果

3.1 ワイヤエクステンションの影響

ワイヤエクステンション(EXT)と溶込み深さ(P)の

関係を図-2～図-5に示す。(ワイヤNo.5は実験期間中に製造を中止したので、ワイヤエクステンションおよび溶接速度の実験を行なうことができなかった) 図中の各値は実験値3個の平均値である。

図5からわかるように、ワイヤエクステンションと溶込み深さの間には、なんら有効な関係は見出されない。全体としてみれば $EXT \geq 40\text{mm}$ では P が幾分減少するようであるが、誤差範囲内である。

3.2 溶接速度の影響

溶接速度(S)と溶込み深さ(P)の関係を図-6～図-9に示す。図中の各値は実験値3個の平均値である。

いずれのワイヤにおいても各溶接電流ごとに溶込み深さに極大値を与える溶接速度が存在する。溶込み深さに極大値を与える溶接速度は溶接電流が大きくなると低溶接速度へ移行する傾向を示している。溶込み深さに極大値を与える溶接速度は、ワイヤの種類によって異なる。

3.3 溶接電圧の影響

溶接電圧(V)と溶込み深さ(P)の関係を図-10～図-14に示す。

ワイヤNo.1は V が増大すると P が減少する。ワイヤNo.2, No.3, No.4, No.5においては、高溶接電流範囲ではワイヤNo.1と同じ傾向を示すが、低溶接電流範囲ではワイヤNo.1と逆の傾向か、もしくは P は V に無関係である。

これらの関係を調べるために(1)式および(2)式における係数 $\beta(I)$ を実験値から算出した。

$$P = KV \cdot V^{\beta(I)} \quad \dots(1)$$

$$\log P = \beta(I) \log V + \log KV \quad \dots(2)$$

図-15～図-19は $\log P$ と $\log V$ の関係で、これらは一部を除いてほぼ直線的な関係にあり、(2)式は有効であると思われる。

図-20は $\beta(I)$ と溶接電流(I)の関係である。

全体的にみれば、 I が増加すると $\beta(I)$ は減少する傾向にある。ただしワイヤNo.1においては $I=400$ (アンペア)において $\beta(I)$ の極大値があり、かつ全体的にみて $\beta(I)$ は I に無関係といえないこともない。ワイヤNo.1の $\beta(I)$ は、平均的にみれば約-0.9であり、常に負である。

ワイヤNo.2, No.3, No.4, No.5における $\beta(I)$ は、低溶接電流範囲では正で、高溶接電流範囲では負である。これらは、図-11～図-14にみられる傾向を物語っている。

3.4 溶接電流の影響

溶接電流(I)と溶込み深さ(P)の関係を図-21～図-25に示す。図中の実測データの範囲の表示は同一条件の

3個の平均値を対称としたものである。個々のデータを対称とした場合は、範囲はもう少し広がる。

ワイヤNo.4においては、 P は I とほぼ直線的な関係にあるように思われるが、No.1, No.2, No.3, No.5のワイヤにおいては P と I の関係は、直線的な関係から幾分はずれているように思われる。

いま P と I が直線的な関係にあると仮定して(3)式で実験値を整理した場合、各ワイヤにおける係数 a, b は表-3に示すようである。図-26は各ワイヤを(3)式で近似した場合の比較である。

$$P = a + Ib \quad \dots(3)$$

表-4に(3)式で算出した P と実測値との差を示す。図-27～図-31は $\log P$ と $\log I$ の関係を示している。いずれのワイヤにおいても $\log P$ と $\log I$ は直線的な関係にある。したがって(4)式または(5)式のような実験式が考えられる。

$$P = 10^K \cdot I^\alpha \quad \dots(4)$$

$$\log P = \alpha \log I + K \quad \dots(5)$$

ここで K, α :ワイヤの種類によって定まる係数

各ワイヤにおける係数 K, α を表-5に示す。図-32は(5)式で近似した場合の各ワイヤの比較である。

図-33～図-37は(4)式を実験結果に適用したものである。

各ワイヤについて溶接電圧ごとに α と K を求めると、 α および K と溶接電圧(V)との間には、ほぼ直線的な関係が認められる。図-38に $\alpha(V)$ と V の関係を、図-39に $K(V)$ と V の関係を示す。

ワイヤNo.	a	b
No.1	1.46×10^{-3}	-0.159
No.2	1.37×10^{-3}	-0.115
No.3	1.41×10^{-3}	-0.122
No.4	1.36×10^{-3}	-0.067
No.5	1.65×10^{-3}	-0.179

表-3 各ワイヤにおける係数

ワイヤNo.	α	K
No.1	1.5880	-4.5179
No.2	1.3664	-3.93263
No.3	1.4880	-4.1258
No.4	1.2768	-3.6392
No.5	1.7023	-4.7423

表-5 各ワイヤにおける係数 α, K

ワイヤNo.1においては $\alpha(V)$ は V と共に増大し、 $K(V)$ は V が増大すると減少する。No.2, No.3, No.4, No.5のワイヤにおいては全く逆の現象を示している。

$\alpha(V)$ および $K(V)$ が V と直線的な関係にあるとすれば(6)式のような実験式が考えられる。

$$P=10^{(\ell V+m)} \cdot I^{(PV+Q)} \quad \dots(6)$$

ここで ℓ, m, P, Q : ワイヤの種類によって定まる係数

図-40~図-44は(6)式を実験結果に適用したものである。

No. 1					No. 2					No. 3							
I	A(cm)	B(cm)	C(%)		I	A(cm)	B(cm)	C(%)		I	A(cm)	B(cm)	C(%)				
150	0.061	+	0.036	+	59.01	150	0.091	+	0.037	+	40.65	150	0.090	+	0.026	+	27.88
		+	0.022	+	36.06			+	0.014	+	15.38			-	0.004	-	4.44
200	0.134	+	0.046	+	34.32	200	0.159	+	0.011	+	6.91	200	0.161	+	0.025	+	15.52
		-	0.014	-	10.44			-	0.032	-	20.12			-	0.009	-	5.52
250	0.267	+	0.010	+	4.83	250	0.227	+	0.015	+	6.60	250	0.231	+	0.022	+	9.52
		-	0.030	-	14.49			-	0.017	-	7.48			-	0.027	-	11.68
300	0.281	+	0.019	+	6.76	300	0.296	+	0.026	+	8.78	300	0.302	+	0.015	+	4.96
		-	0.061	-	21.70			-	0.018	-	6.08			-	0.030	-	6.93
350	0.354	+	0.013	+	3.67	350	0.364	+	0.003	+	0.82	350	0.373	+	0.052	+	13.94
		-	0.064	-	18.07			-	0.036	-	9.89			-	0.046	-	12.33
400	0.427	+	0.036	+	8.43	400	0.432	+	0.026	+	6.01	400	0.444	+	0.046	+	10.36
		-	0.047	-	11.00			-	0.032	-	7.40			-	0.037	-	8.33
450	0.500	+	0.065	+	13.00	450	0.501	+	0.046	+	9.18	450	0.514	+	0.033	+	6.42
		-	0.050	-	10.00			-	0.041	-	8.18			-	0.037	-	7.19
500	0.574	+	0.089	+	15.50	500	0.569	+	0.101	+	17.75	500	0.585	+	0.078	+	13.33
		-	0.049	-	8.53			-	0.014	-	2.46			-	0.047	-	8.03

No. 4					No. 5						
I	A(cm)	B(cm)	C(%)		I	A(cm)	B(cm)	C(%)			
150	0.138	+	0.012	+	8.69	150	0.068	+	0.034	+	50.00
		-	0.029	-	21.01			+	0.009	+	13.23
200	0.206	+	0.031	+	15.04	200	0.151	+	0.013	+	8.60
		-	0.033	-	16.01			-	0.018	-	11.92
250	0.274	+	0.043	+	15.69	250	0.233	+	0.000	+	0.00
		-	0.039	-	14.23			-	0.036	-	15.45
300	0.342	+	0.032	+	9.35	300	0.316	+	0.002	+	0.63
		-	0.001	-	0.29			-	0.035	-	11.07
350	0.411	+	0.024	+	5.83	350	0.399	+	0.048	+	12.03
		-	0.018	-	4.73			-	0.057	-	14.28
400	0.479	+	0.035	+	7.30	400	0.481	+	0.088	+	18.29
		-	0.027	-	5.63			-	0.018	-	3.74
450	0.547	+	0.027	+	3.65	450	0.564	+	0.006	+	1.06
		-	0.034	-	6.21			-	0.064	-	11.34
500	0.615	+	0.032	+	5.20	500	0.646	+	0.079	+	12.22
		-	0.063	-	10.24			-	0.001	-	0.15

ただし

- A: (3)式より求めた溶込み深さ
- B: 上段・(実験値の上限-A)
- 下段・(実験値の下限-A)
- C: $B/A \times 100(\%)$

表-4 (3)式の近似度

§. 4 考 察

4.1 ワイヤエクステンションの影響

ワイヤエクステンションの大小によって影響を受けるものは、ワイヤの予熱の程度とワイヤの蛇行である。ワイヤの予熱の程度はフラックスの化学反応や溶融金属およびスラグの粘性ひいてはアークの掘り下げ効果に影響を与える可能性がある。ワイヤに蛇行があればアークの掘り下げ力の方向が変化し、溶込み深さが変化する可能性がある。しかし今回の実験の範囲では、これらは溶込み深さに影響を与えていない。

4.2 溶接速度の影響

溶込み深さに極大値を与える溶接速度の存在することは図—45のような模型によって説明することができる。

(以下図—45参照)

アークの掘り下げ力は溶接速度(S)には無関係であると仮定して、直線 P_0 で表示する。直線 P_w で溶着金属量を表示する。直線 P_m でアークの掘り下げ作用のない時の母材の溶融量を表示する。この時直線 $P_w + P_m$ は溶接部の全溶融金属量を表示する。

直線 P_0 と直線 $P_w + P_m$ の交点の S 座標を S_1 で表示する。 $S > S_1$ の範囲では $P_0 > P_w + P_m$ なので、モルトンプール内では常に未溶融金属が露出していると予想される。この場合、溶込み深さは熱と掘り下げ力の相乗効果で直線 $P_m + \alpha$ (α は掘り下げ効果による溶込み深さの増加分) となる。

$S \leq S_1$ の範囲では $P_0 < P_w + P_m$ なので、モルトンプール内ではアークの掘り下げ力は未溶融金属を露出させるまでにはいたらず、掘り下げ効果 α は減少する。 α の減少量は $P_w + P_m - P_0$ に関する。そのため直線 $P_m + \alpha$ は 0 点で折れ曲り直線 \overline{ou} となる。溶込み深さは P_m より小さくなることはないので、 $S \leq S_2$ の範囲では溶込み深さは直線 P_m となると予想される。ただし P_w が余り大きくなると熱源の位置が板表面より上に来ることも考えられ、この時には直線 P_m が下方へ折れ曲ることも考えられる。

溶接電流が増大すれば P_w , P_m , P_0 , α も増大して、 P_w' , P_m' , P_0' , α' となり、図中の一点鎖線のようになると考えられる。 S_1 と S_1' の大小関係は、 P_0' と $P_w' + P_m'$ の増大量の大小関係に左右される。

実際には各値は直線で表示することはできないが、概要は理解されることと思う。

4.3 溶接電圧の影響

溶接電圧(V)と溶込み深さ(P)の間には次のような

関係があると考えられる。

(1) V が増大するとアークエネルギーまたはアーク電力が増大する。したがってアークの掘り下げ力等がない場合には、 V が増大すると P も増大する。(図—46)

(2) V が増大すると母板表面上のアーク熱の分布領域が拡大する。したがって V が増大すると P は減少する。¹⁾ (図—47)

(3) V が増大するとアークの掘り下げ力が減少する。 V が増大すると(アーク長が増大すると)アークの形状に乱れが生じ電磁圧力が減少する。プラズマ気流による圧力もアークが増大すると減少すると予想される。したがって V が増大すると P は減少する。(図—48)

ただし、アーク形状を円錐形にするのに最も適した V が存在し、アークの掘り下げ力に極大値を与える V が存在する可能性も考えられる。

V と P の関係は上記の(1)~(3)項の関係のパランスによって決定されるものと考えられる。

したがって、高電流範囲では V が増大すると P が減少し、低電流範囲ではこの傾向が鈍化するか、もしくは逆の現象になるのは、次のように説明される。

高電流範囲では溶込み深さが大きく、溶接電圧の変化によるアークエネルギー、またはアーク電力の変化やアーク熱の分布領域の変化に起因する溶込み深さの変化は、無視し得るほどである。このような電流範囲では、アークの掘り下げ作用力の変化が溶込み深さに、より卓越した影響を与える。

低電流範囲では溶込み深さが小さく、未溶融金属面を露出させるのに要するアークの掘り下げ力はごくわずかでよく、溶込み深さに影響を与えているアークの掘り下げ力は、実際存在しているものの数分の1である。したがってこのような電流範囲では、溶接電圧の変化によるアークの掘り下げ力の変化は、溶込み深さに影響を与えない。溶接電圧の変化によるアークエネルギーまたはアーク電力の変化による溶込み深さの変化が、他の要因よりも卓越した影響を溶込み深さにおよぼす。

4.4 溶接電流の影響

溶接電流(I)と溶込み深さ(P)の間には次のような関係があると考えられる。

(1) I が増大すると母板への供給熱量が増大し、 P が増大する。

(2) I が増大するとアークの掘り下げ力が増大し、 P が増大する。

溶込み深さが(1)項の要因のみによって決定される場合には P と I の関係は図—49の曲線①のようになる。(2)項

の要因が大きく作用する場合には曲線②のようになる。本実験の結果では、 P と I の関係は曲線②のようになっているので、アークの掘り下げ力の影響が非常に大きいと思われる。

4.5 実験式

今回の実験で採りあげた要因は溶接電流(I)、溶接電圧(V)、溶接速度(S)、ワイヤエクステンション(EXT)である。

ワイヤエクステンション(EXT)は今回の実験の範囲では溶込み深さ(P)に影響を与えていない。

溶接速度(S)と溶込み深さ(P)の関係は単調ではなく、 P に極大値を与える $S(S_m)$ が存在する。 S_m はワイヤの種類、溶接電流によって移動する。それゆえ S を実験式の中に組込むことは困難である。

溶接電圧(V)と溶込み深さ(P)の関係は、溶接電流やワイヤの種類によって変化する。 V を色々な形で実験式の中に組んでも、その近似度は P が I と直線関係にあると仮定した(3)式と大差ない。(4)式の形によった場合も、その近似度は(3)式と大差ない。(6)式は比較的良い近似を示すが、煩雑である。

ノンガス半自動溶接の場合、安定なアークを発生させ得る溶接電圧(アーク電圧またはアーク長)は、ある範囲に限定されており、その範囲はワイヤの種類、半自動溶接機の性能、溶接電流によって変化する。良好な溶接を得るためには、これらの組合わせごとに標準電圧を設定し管理するのが至当と考えられる。

結局、ノンガス半自動溶接の溶込み深さ(P)の実験式は、実用的には(3)式の形で充分と考えられる。特にこの溶接法における使用溶接電流の範囲は350(アンペア)~500(アンペア)であり、この範囲では(3)式で充分近似することができる。

図-21~図-25中の点線は $500 \geq I \geq 350$ の範囲による(3)式である。

ワイヤNo.1においては $\alpha(V) \doteq 1.5 \sim 1.8$ 、 $V \doteq 0.9$ なので、(7)式の形でかなり近似することができる。

$$P = K \frac{I^2}{V} \quad \dots(7)$$

図-50は実験結果を(7)式に適用した結果である。

図-51~図-55は当実験結果を Jackson の実験式に適用したものである。ワイヤNo.1を除けば(8)式の形で利用できるが、近似度は(3)式と大差ない。

$$P = K \sqrt[3]{\frac{I^3}{SV^2}} + b \quad \dots(8)$$

ここで K , b : ワイヤの種類による係数

4.6 その他

溶込み深さ(P)はワイヤの種類によって最大1mm程度の差がある。同一断面形状のワイヤでも、種類(フラックスの成分)が異なると溶込み深さ(P)に差が生じる。断面形状の溶込み深さに与える影響は、今回の実験では明らかにできなかった。

図-56~図-60は熱伝導論による理論的溶込み深さ^{1),2)}と実験値の比較である。予備的実験によればノンガス半自動溶接の熱効率率はほぼ80%~95%と予想され、低電流範囲では、熱源を点またはワイヤの径(3.2mm)と同じ面積に集中するとして理論値より、かなり小さい溶込み深さとなっている。したがってノンガス半自動溶接では、アークによる熱の母板表面上の分布はワイヤの径よりかなり広がっていると予想される。これはノンガス半自動溶接用ワイヤはフラックスがコアとなっており、このフラックスの発生するガスによってアークが押し広げられるためと考えられる。供給熱量と溶込み深さの関係は、低電流範囲では熱伝導論による計算結果と同じ傾向を示しているが、高電流範囲ではかなり異なった様相を呈している。高電流範囲ではアークによる熱が点に集中し、かつ熱効率を1と仮定した計算結果より大きい溶込み深さが得られている。これらはアークの掘り下げ力の影響と考えられる。

N. Christensen³⁾は、アーク手溶接、サブマージアーク溶接、TIG溶接、MIG溶接では、その溶込み深さはアークによる熱を点と仮定した熱伝論による理論値と比較的良く一致すると報告している。

ノンガス半自動溶接による溶込み深さが、これらの溶接方法と異なった様相を呈するのは、使用されるワイヤの断面形状に起因するものと考えられる。

溶接電流、溶接電圧、溶接速度と溶込み深さの関係が複雑であるのも、アークの掘り下げ力の影響が大きいためと考えられる。

§ 5. あとがき

ノンガス半自動溶接における溶込み深さは、フラックスがコアとなっているワイヤを使用するために、高電流になるほどアークの掘り下げ力の影響が大きくなり、溶接電流・溶接電圧・溶接速度と溶込み深さの関係は単純ではない。

ワイヤの種類によって溶込み深さに最大1mm程度の差が生ずるが、その原因はフラックスの成分(や断面形状)の違いによるアークの掘り下げ効果の違いにあると

考えられる。

しかしながら、ワイヤ・溶接機・溶接電流ごとに良好な溶接結果を得るような標準電圧・標準速度を設定すれば、溶込み深さは溶接電流に比例すると考えても実用的

には問題ないと考えられる。

末筆ながら当実験に協力された後藤和悟氏に謝意を表す。

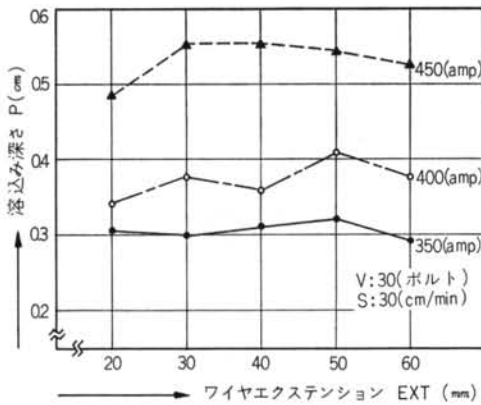


図-2 P ~ EXT (ワイヤNo.1)

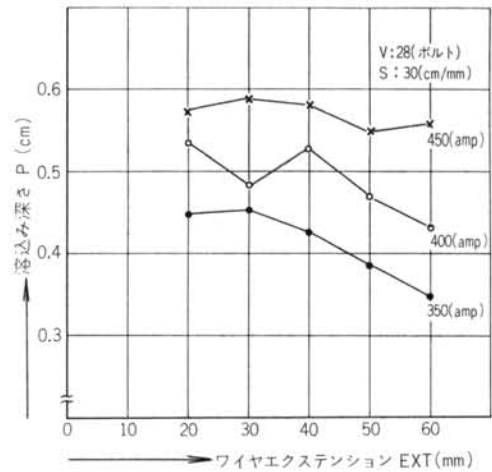


図-5 P ~ EXT (ワイヤNo.4)

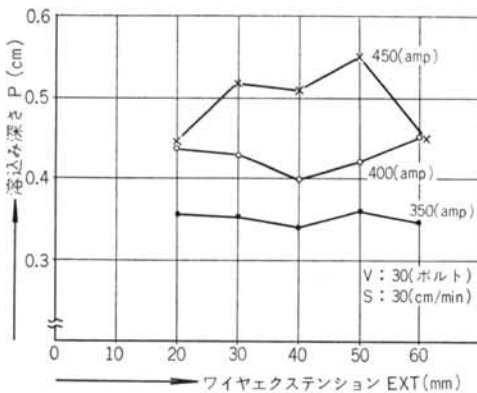


図-3 P ~ EXT (ワイヤNo.2)

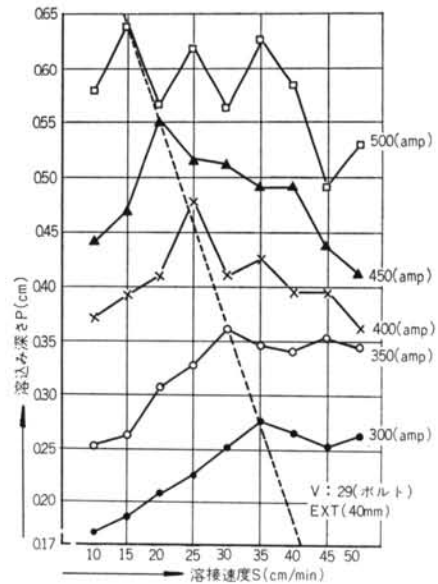


図-6 P ~ S (ワイヤNo.1)

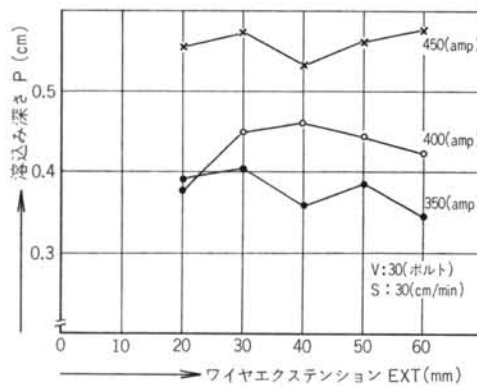


図-4 P ~ EXT (ワイヤNo.3)

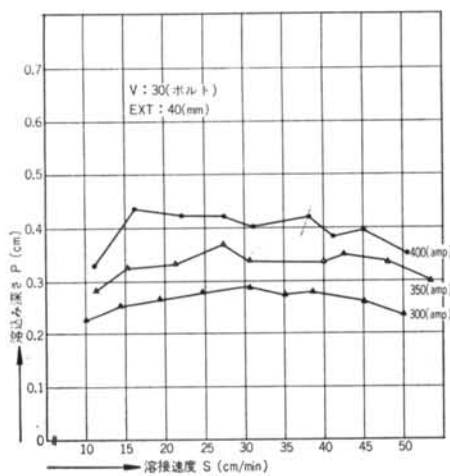


図-7 P~S(ワイヤNo.2)

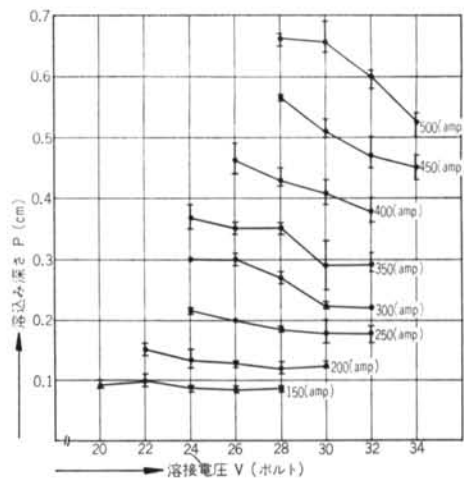


図-10 P~V(ワイヤNo.1)

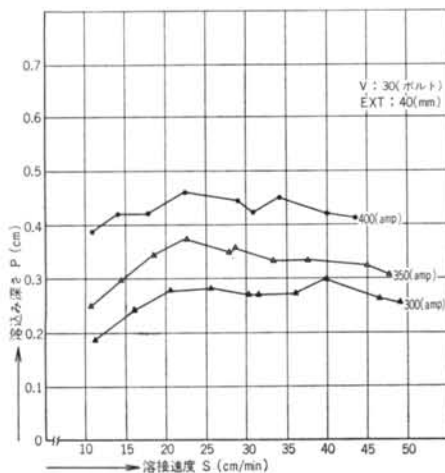


図-8 P~S(ワイヤNo.3)

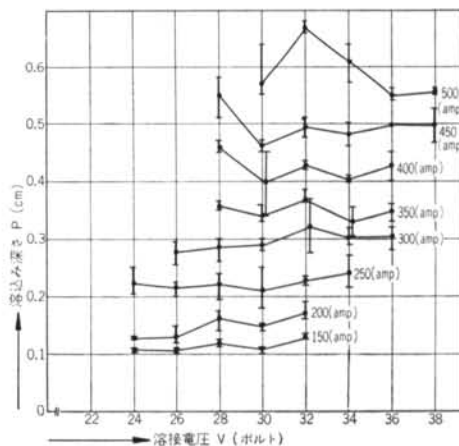


図-11 P~V(ワイヤNo.2)

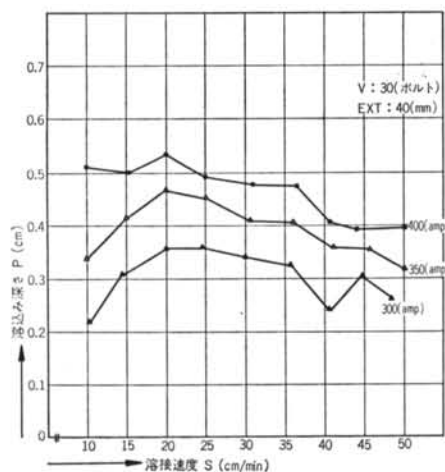


図-9 P~S(ワイヤNo.4)

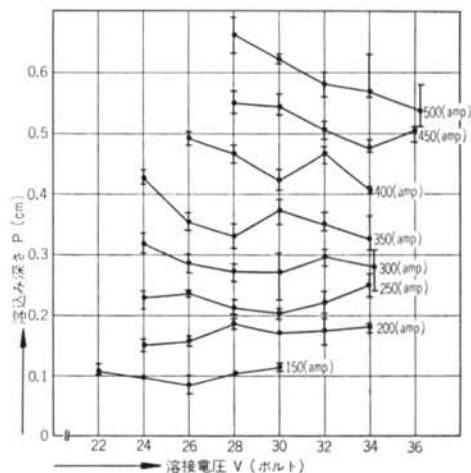


図-12 P~V(ワイヤNo.3)

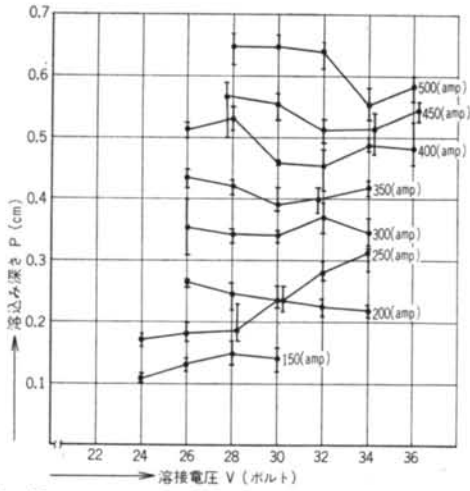


図-13 $P \sim V$ (ワイヤNo. 4)

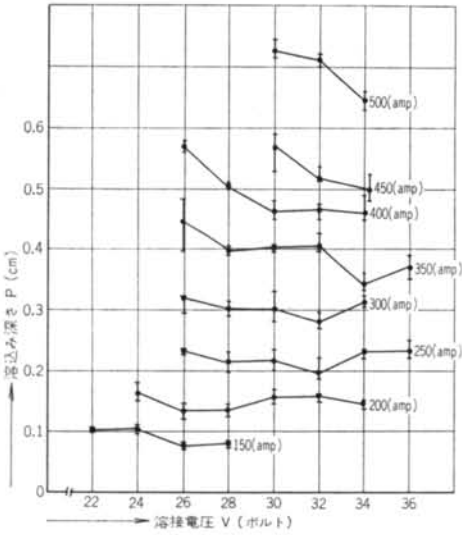


図-14 $P \sim V$ (ワイヤNo. 5)

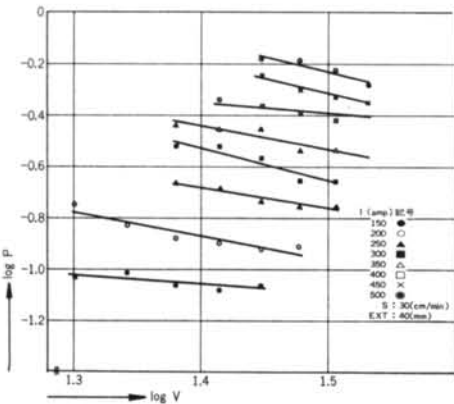


図-15 $\log P \sim \log V$ (ワイヤNo. 1)

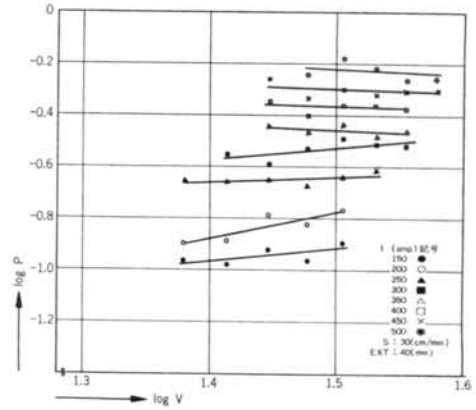


図-16 $\log P \sim \log V$ (ワイヤNo. 2)

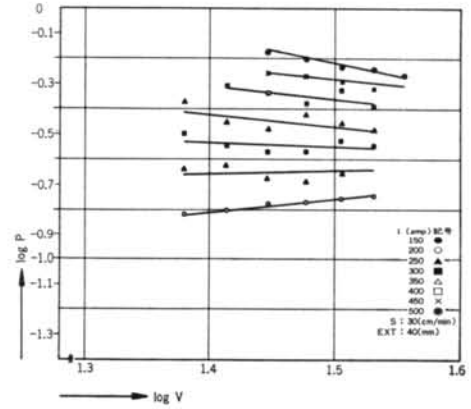


図-17 $\log P \sim \log V$ (ワイヤNo. 3)

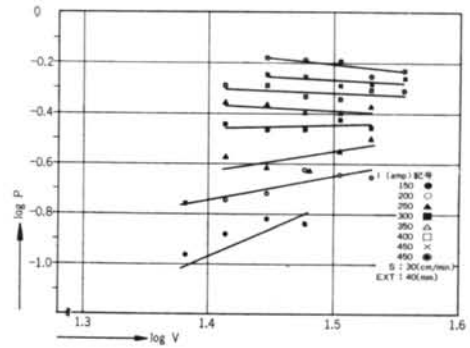


図-18 $\log P \sim \log V$ (ワイヤNo. 4)

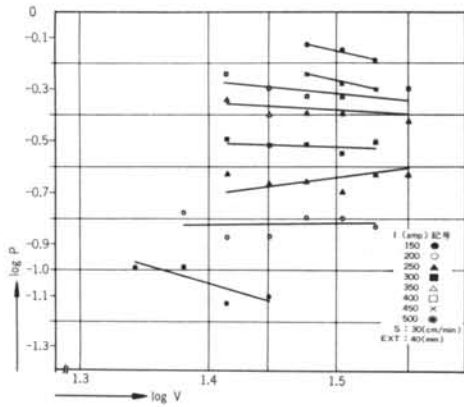


図-19 $\log P \sim \log V$ (ワイヤNo.5)

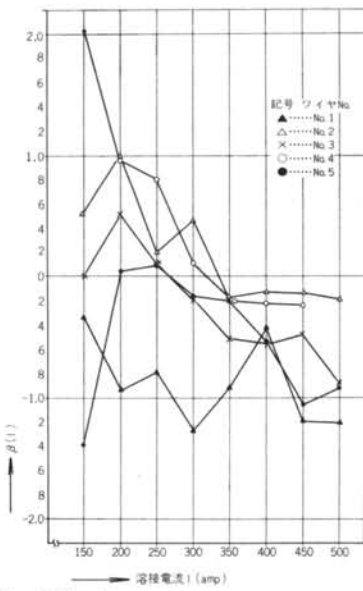


図-20 $\beta(I) \sim I$

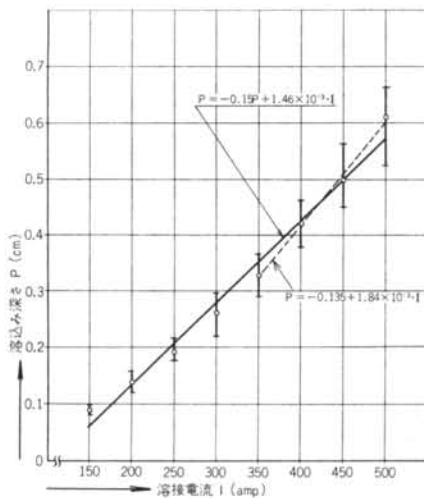


図-21 $P \sim I$ (ワイヤNo.1)

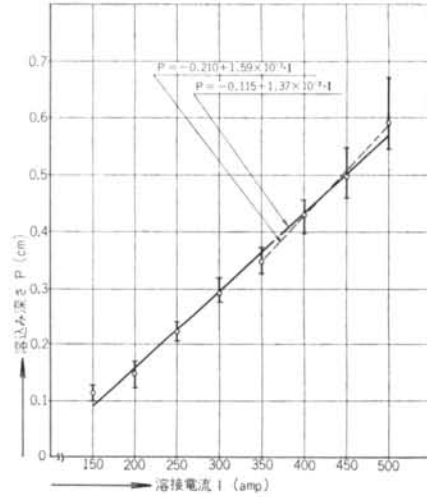


図-22 $P \sim I$ (ワイヤNo.2)

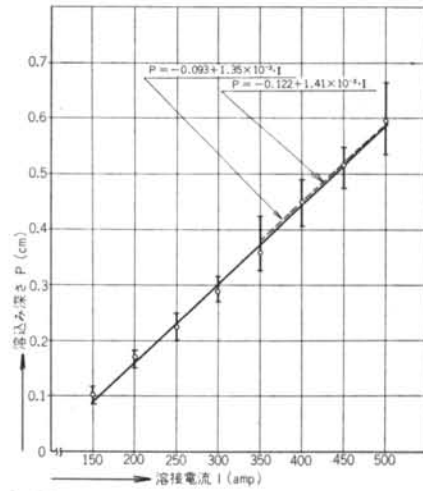


図-23 $P \sim I$ (ワイヤNo.3)

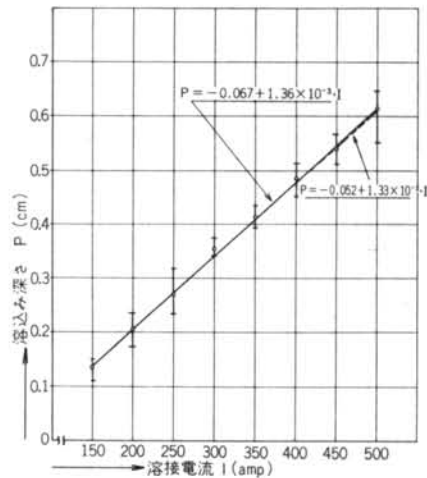


図-24 $P \sim I$ (ワイヤNo.4)

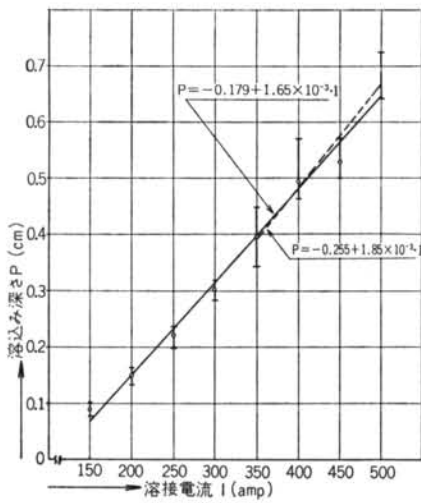


図-25 $P \sim I$ (ワイヤNo. 5)

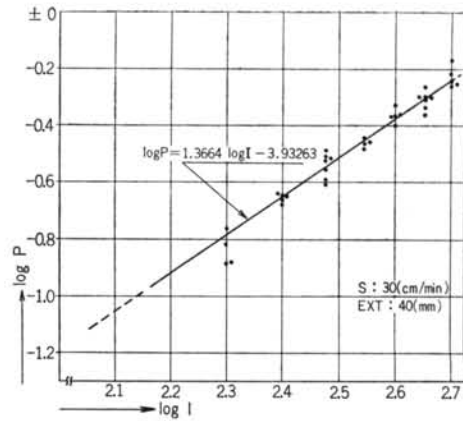


図-28 $\log P \sim \log I$ (ワイヤNo. 2)

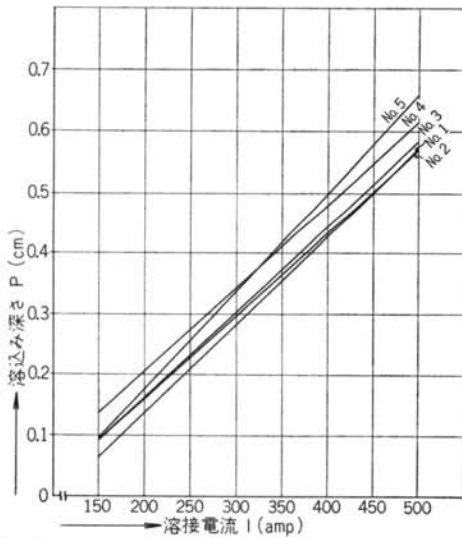


図-26 各ワイヤの(3)式の比較

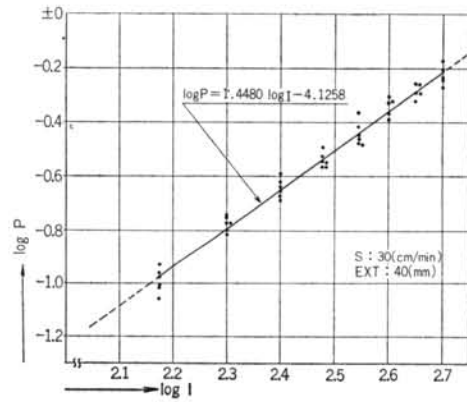


図-29 $\log P \sim \log I$ (ワイヤNo. 3)

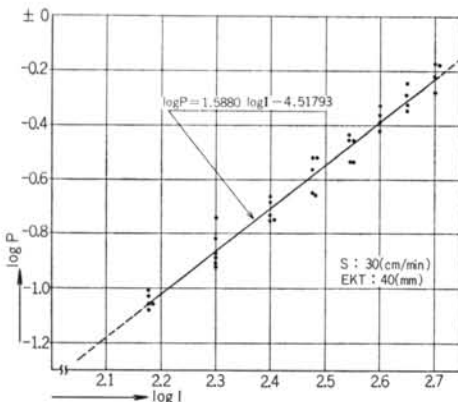


図-27 $\log P \sim \log I$ (ワイヤNo. 1)

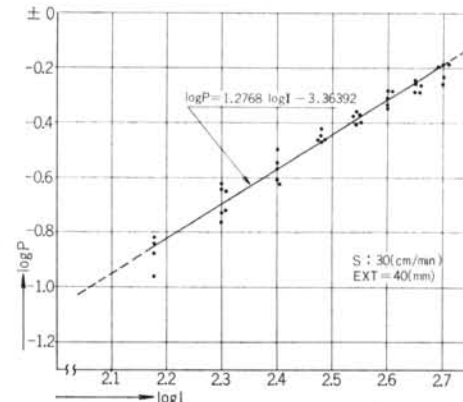


図-30 $\log P \sim \log I$ (ワイヤNo. 4)

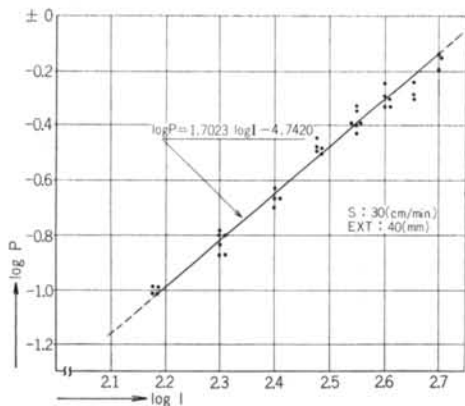


図-31 $\log P \sim \log I$ (ワイヤNo. 5)

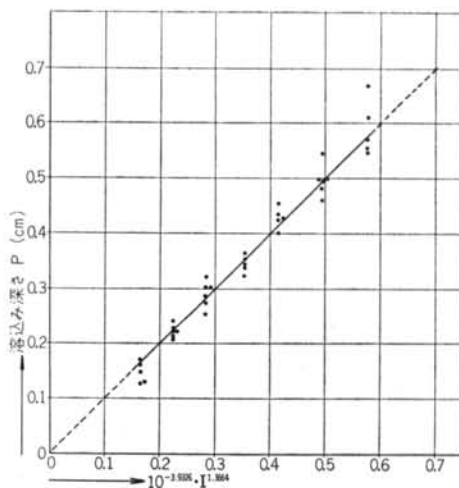


図-34 (4)式と実験値(ワイヤNo. 2)

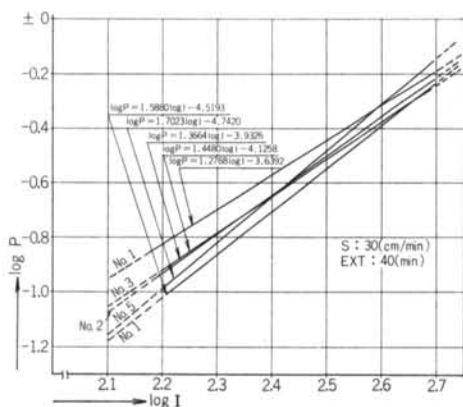


図-32 各ワイヤの(5)式の比較

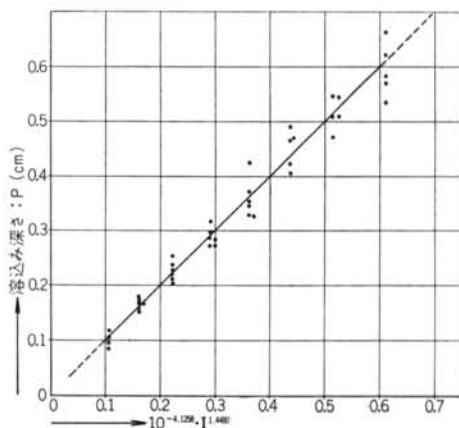


図-35 (4)式と実験値(ワイヤNo. 3)

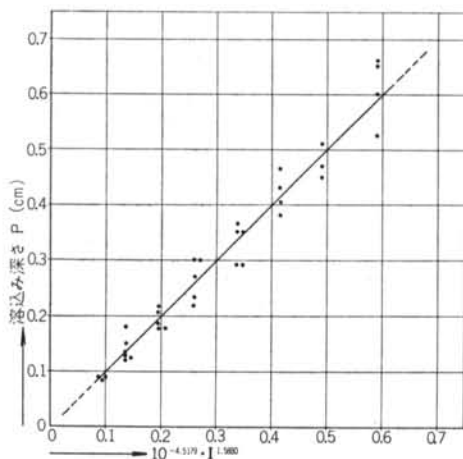


図-33 (4)式と実験値(ワイヤNo. 1)

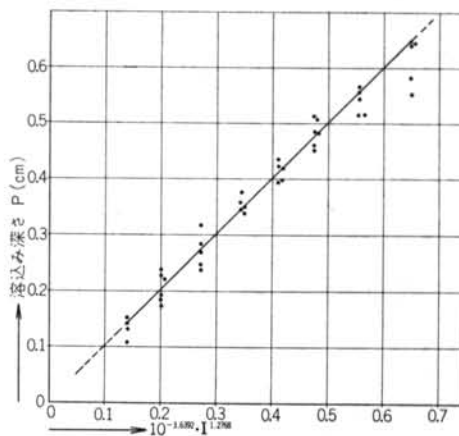
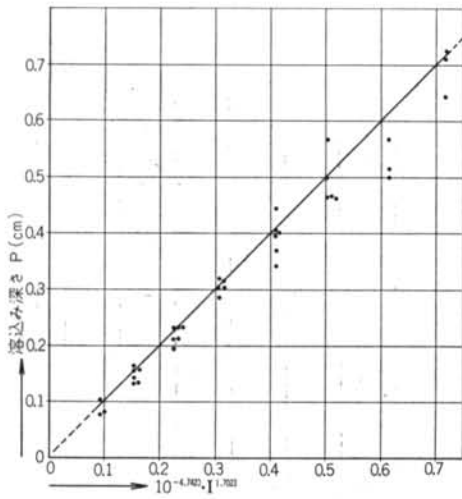
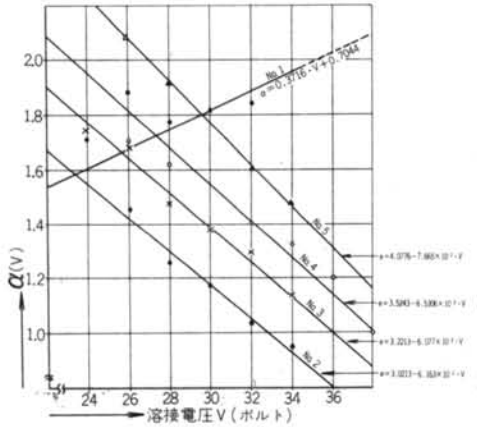


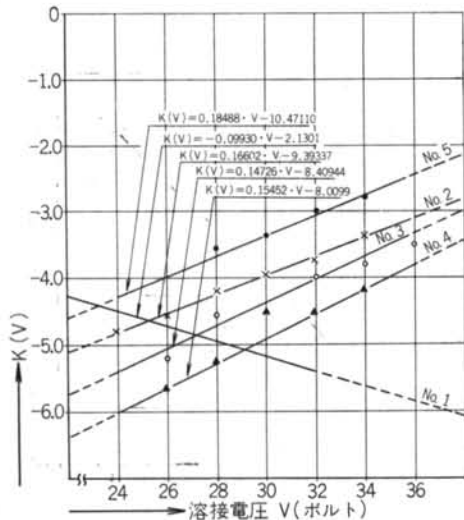
図-36 (4)式と実験値(ワイヤNo. 4)



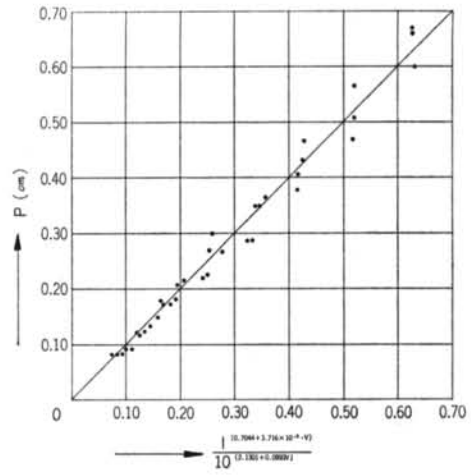
図—37 (4)式と実験値(ワイヤNo.5)



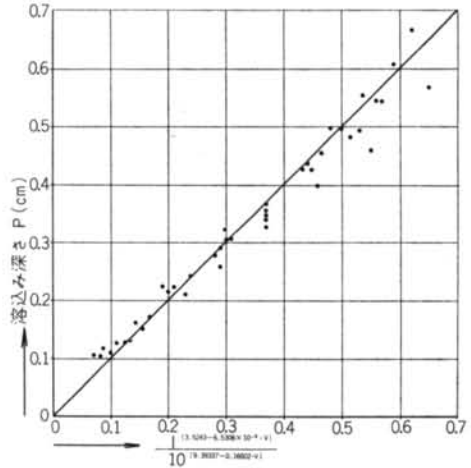
図—38 $\alpha(V) \sim V$



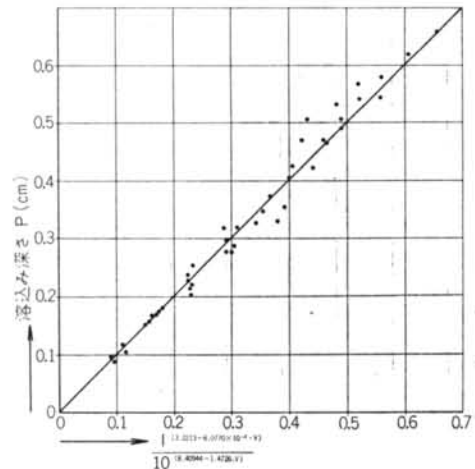
図—39 $K(V) \sim V$



図—40 (6)式の実験値への適用(ワイヤNo.1)



図—41 (6)式の実験値への適用(ワイヤNo.2)



図—42 (6)式の実験値への適用(ワイヤNo.3)

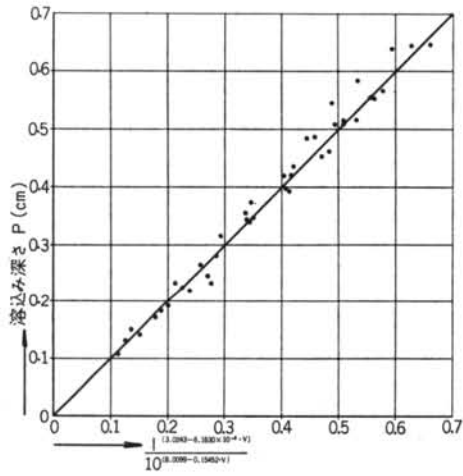


図-43 (6)式の実験値への適用(ワイヤNo.4)

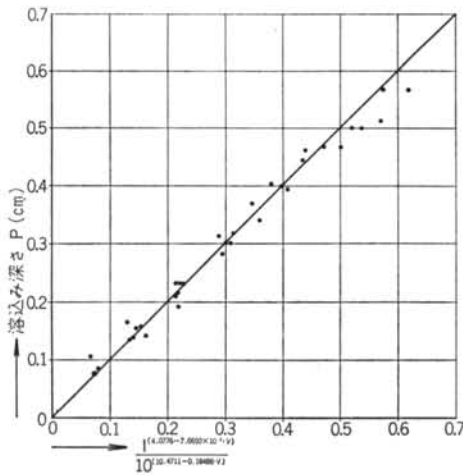


図-44 (6)式の実験値への適用(ワイヤNo.5)

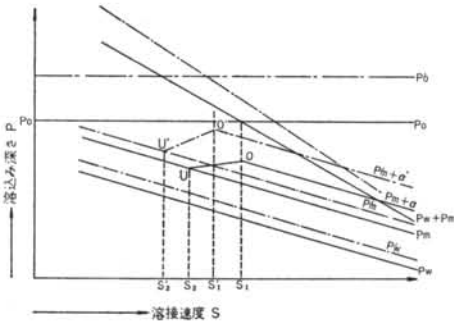


図-45 SとPの関係の説明

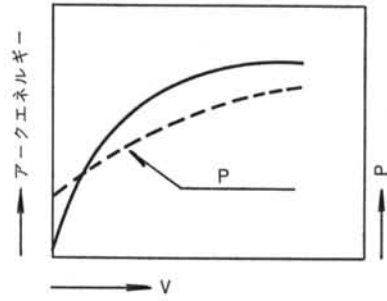


図-46 アークエネルギーとV

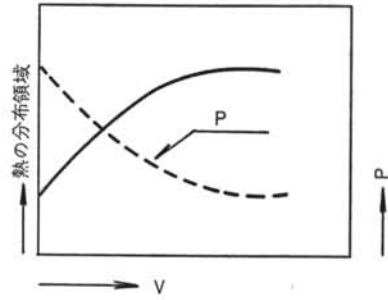


図-47 熱の分布領域とV

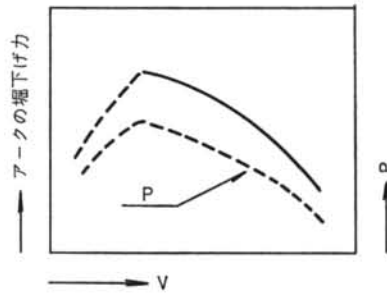


図-48 アークの掘り下げ力とV

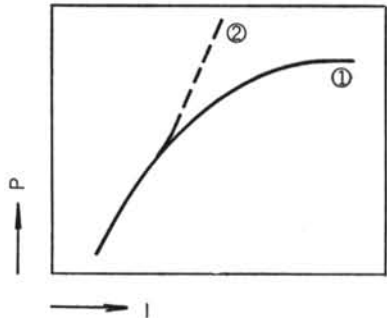


図-49 熱伝論的溶込み深さ①とアーク掘り下げ力による溶込み②

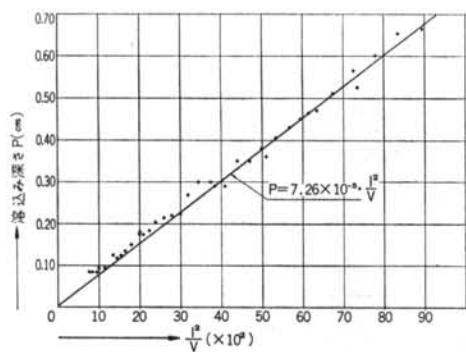


図-50 $P \sim P/V$ (ワイヤNo. 1)

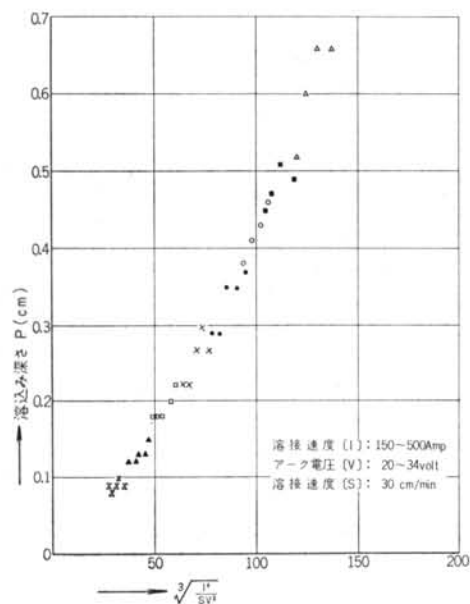


図-51 Jackson の実験式への適用(ワイヤNo. 1)

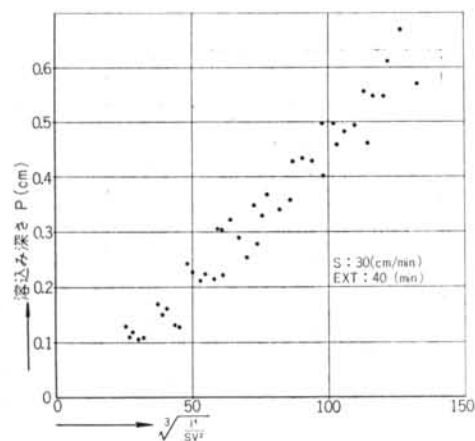


図-52 Jackson の実験式への適用(ワイヤNo. 2)

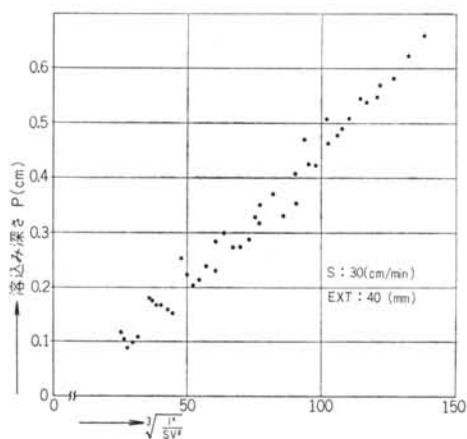


図-53 Jackson の実験式への適用(ワイヤNo. 3)

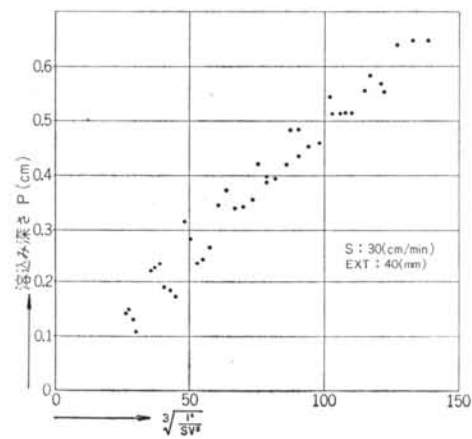


図-54 Jackson の実験式への適用(ワイヤNo. 4)

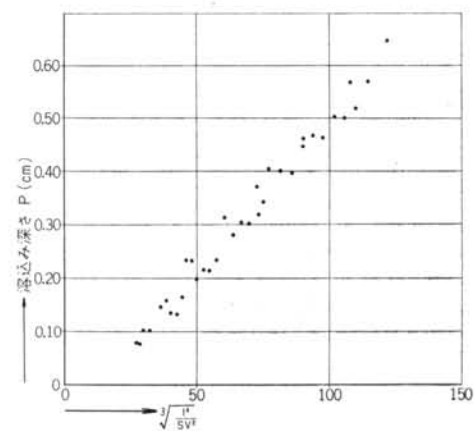


図-55 Jackson の実験式への適用(ワイヤNo. 5)

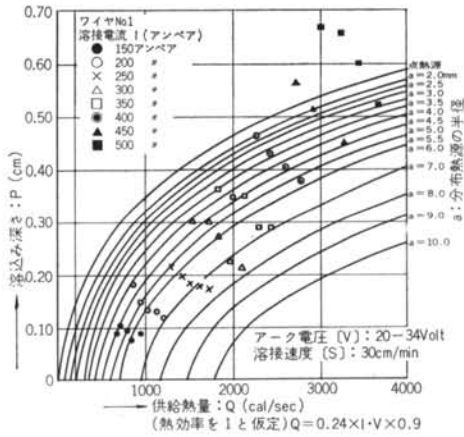


図-56 熱伝導論による理論値と実験結果(ワイヤNo.1)

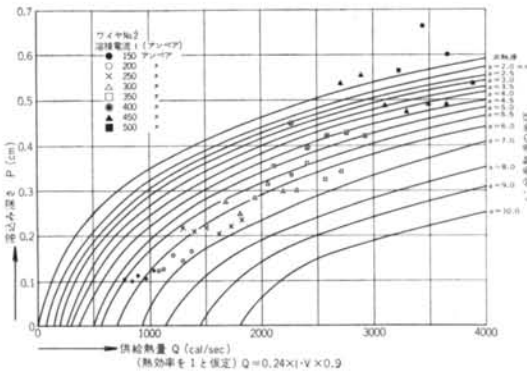


図-57 熱伝導論による理論値と実験結果(ワイヤNo.2)

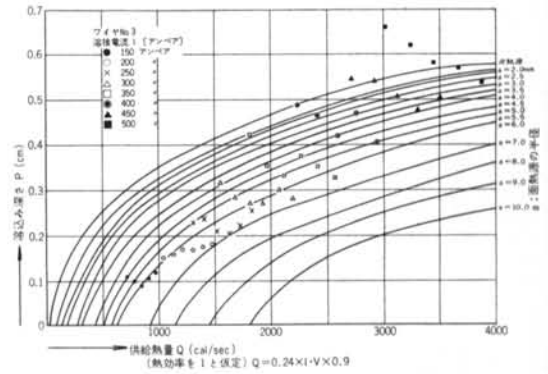


図-58 熱伝導論による理論値と実験結果(ワイヤNo.3)

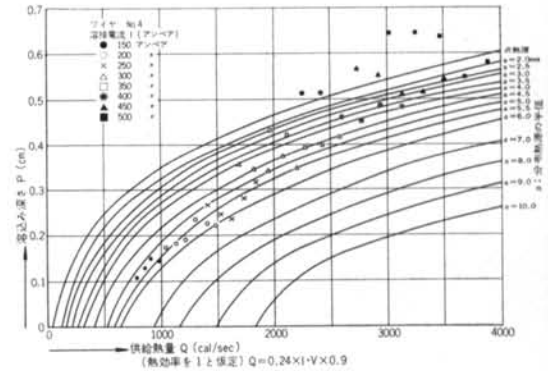


図-59 熱伝導論による理論値と実験結果(ワイヤNo.4)

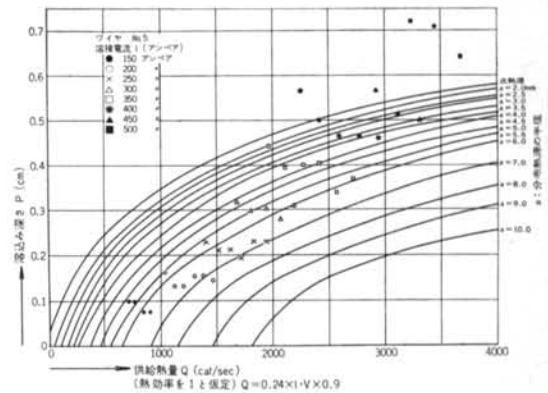


図-60 熱伝導論による理論値と実験結果(ワイヤNo.5)

＜参考文献＞

- 1) 藤盛, 桐生, 新見: “ノンガス半自動溶接に関する研究(第1報)” 清水建設研究所報 Vol. 14 1969.10
- 2) 藤盛, 桐生, 新見: “溶接の溶込みに関する一考察” 清水建設研究所報 Vol. 13 1969.4
- 3) N. Christensen: “Distribution of Temperature in Arc Welding” British Welding Journal, February 1965

