

# 電解液中放電による穴加工の試験 (第2報)

新技術応用部 佐川克雄

## 1. 緒言

前年度に交流電源を用いてアルミナセラミックスに電解液中放電を利用して穴あけを試みたが、本年度は、直流半波、全波整流にて加工速度の向上を試みたので報告する。

## 2. 実験方法

電解液：NaOH 3規定

加工電極：φ0.3mm 白金ロジウム (13%)

電解液中電極：グラファイト (ブロック状)

アルミナ：厚さ 0.67mm

液中電極と加工位置の関係を図1 に示す。

DC半波、全波整流とも加工電極を一とし、液中電極を+とした。その逆の場合は、放電が微弱で加工が進行しない。

## 3. 実験結果及び考察

加工位置と荷重の影響を確認するため、第1報で加工時間の短い NaOH 3N, AC90V にて加工位置を液中電極より16~55mm 離して実験を行ったところ図2 のようになった。同じく加工荷重を大きくした場合を検討したのが、図3 である。液中電極よりの離れを36mm, 加工荷重6g として加工電圧をあげたものが、図4 である (同一試料に対し繰り返し3回)。区間推定は、再度同じ実験を行った場合の95%信頼区間を示す (繰り返しを誤差にプールした)。位置、荷重とも効果があるとはいえない。加工電圧が 120V になると遅くなる。

DC 半波整流の場合は、望小特性のSN 比を使う。繰り返しを  $y_1, y_2, y_3$  として、 $V_r = (y_{12} + y_{22} + y_{32}) / 3$ ,  $\eta = -10 \log V_r$

としてLg(3<sub>4</sub>)に割付けて分散分析(表2)をした。<sup>1)</sup> (交互作用は無視した)

表1 アルミナの物性値

密度	3.7g/cm <sup>3</sup>
曲げ強度	36kg/mm <sup>2</sup>
熱膨張係数	7 × 10 <sup>-6</sup> /°C
熱伝導率	0.06cal/cm · sec · °C
体積固有抵抗	10 <sup>16</sup> Ω · cm

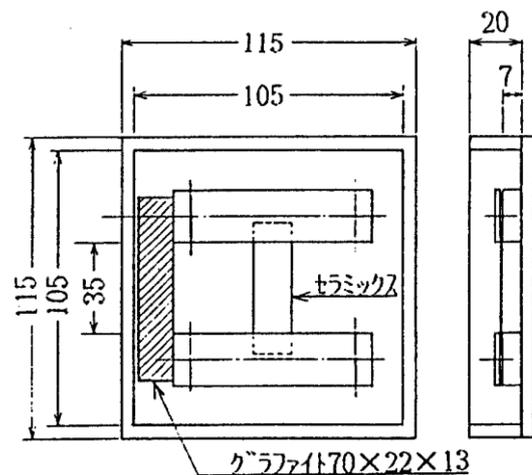


図1 電解液容器

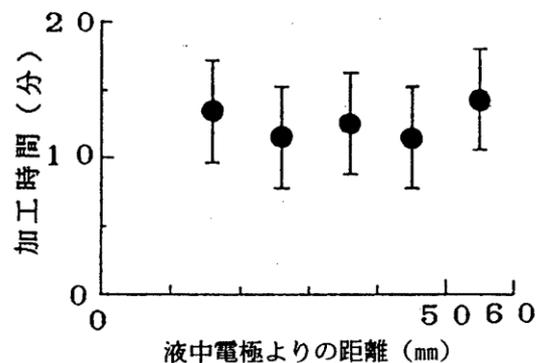


図2 加工位置-加工時間  
(AC90V 4g)

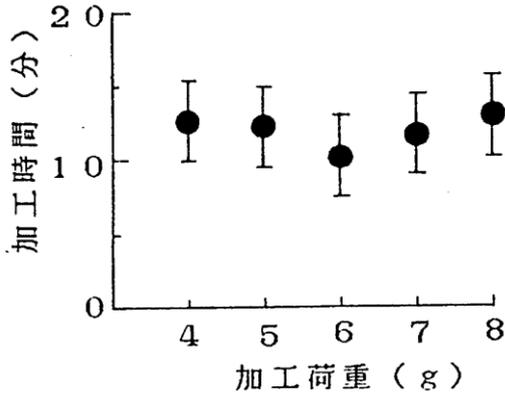


図3 加工荷重-加工時間  
(AC90V, 電極離れ36mm)

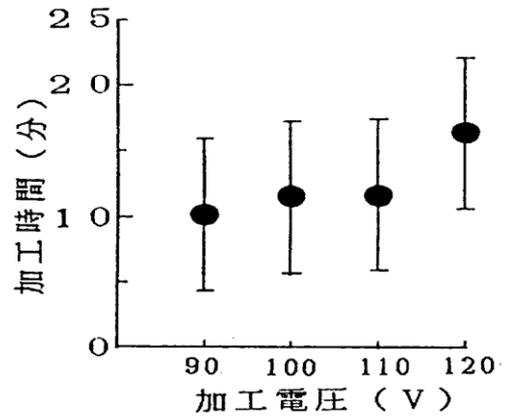


図4 加工電圧-加工時間  
(AC, 電極離れ36mm, 6g)

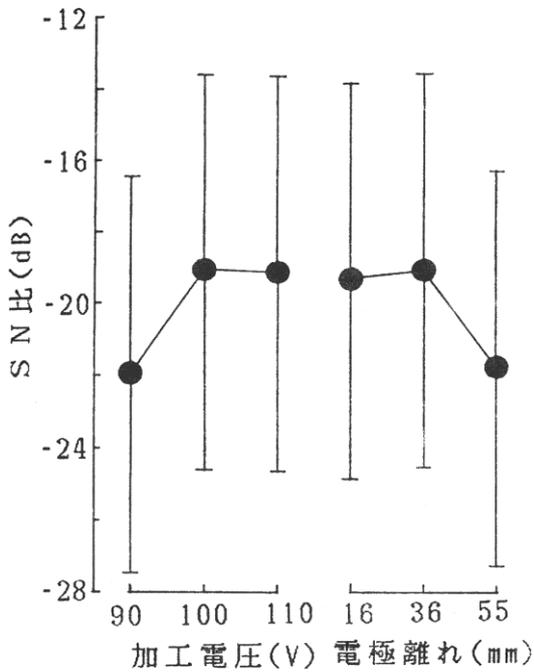


図5 S/N比  
(DC半波整流)

主効果を示したのが図5であり、これによりDC半波整流の場合には加工電圧100Vの加工時間が短いので、その位置について示したのが図6である。

表2 分散分析表

	f	S	V	F
電圧	2	15.76	7.90	2.67
荷重	2°	5.79	2.89	0.98
離れ	2	13.43	6.71	2.27
e	2°	5.92	2.96	
e'	4	11.71	2.93	
S T	8	40.93		

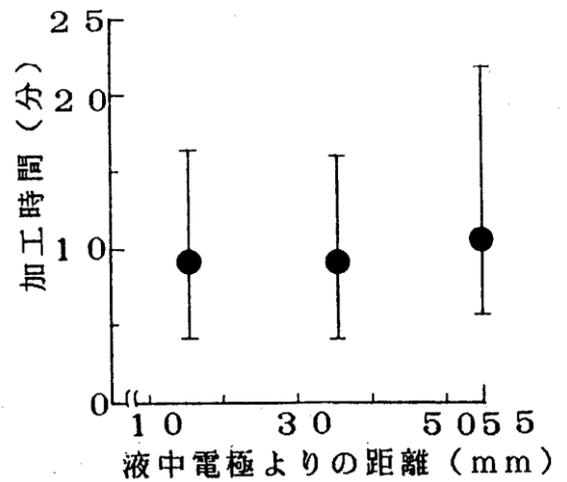


図6 液中電極よりの距離-加工時間  
(DC半波整流100V)

位置も誤差の一部と考えるとDC半波整流で加工電圧100Vの時は、 $19.11 \pm 5.78$ dB, 真数に直すと9.03分, 下限4.64, 上限が17.56分となる。

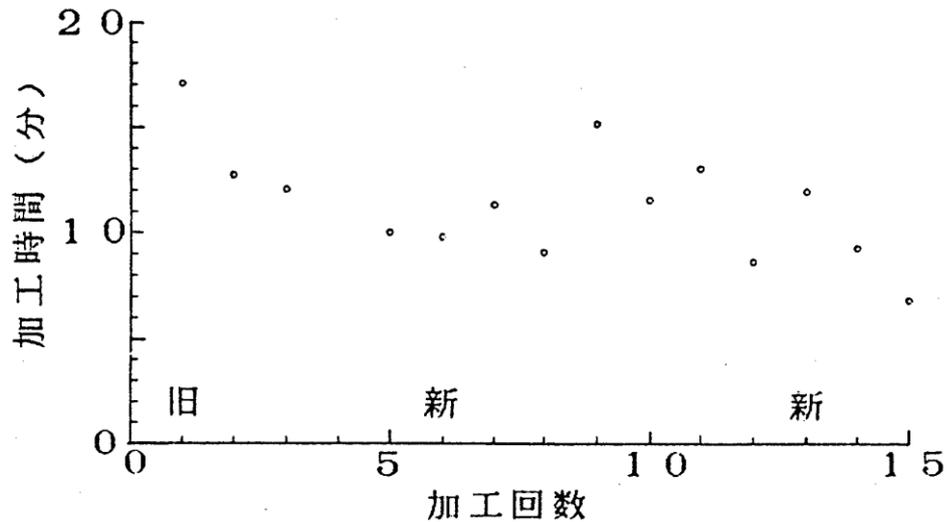


図7 加工回数-加工時間  
(DC半波100V, 6g)

次に、DC半波整流加工電圧100V、加工荷重6gの時の穴間隔の影響をみるために、液中電極よりの離れを23mm、36mm、49mmとし、穴間隔を7mm、3.5mmとして実験をしたところ加工時間に影響しないことがわかった（繰り返しなし）。

この時全体として計15穴をあけ、加工電極の使用回数が加工時間に関係なさそうなので、途中で電極を取り替えた。それを図7に示す。これより加工電極の先端形状が加工時間に影響を与えないことがわかる。加工時間は、加工回数が増えるにつれて短くなりそうである。（この時電解液は補充分以外継続して使用した）そこで3ケの試料を遣い1試料に6穴連続で加工することにより、加工時間の関係を見ることとした。測定は、加工時間T、電解液温度（液中電極の近傍）加工前 $t_s$ と加工中 $t$ 、加工中の電流 $i$ とした。

加工時間について、繰り返しと試料間の差の効果をみるため分散分析したところ、試料間の差の効果が大きく、No. 3の試料の加工時間が他のものに比べて長いことがわかった。加工回数の影響は、あるとはいえない。この中で $i$ とT、累積加工時間 $\Sigma T$ （その加工前に要した時間+その加工時間/2）と $t_s$ 、 $t$ と $t_s$ 、 $\Sigma T$ と $i$ は相関がある。5%の危険率では相関があるとはいえないが、 $\Sigma T$ と $t$ 、 $i$ と $t_s$ は相関がみうけられる。これらの図は試料No. 3の加工時間が大きく異なるので、必要に応じて相関分析の時にNo. 3のデータを無視した。No. 3の加工時間が異なるので、各試料を表面より平均 $32\mu\text{m}$ 研磨してマイクロビッカーズ硬度計により硬さを調べたところ（表3）、No. 3の試料が軟らかいということがわかった。

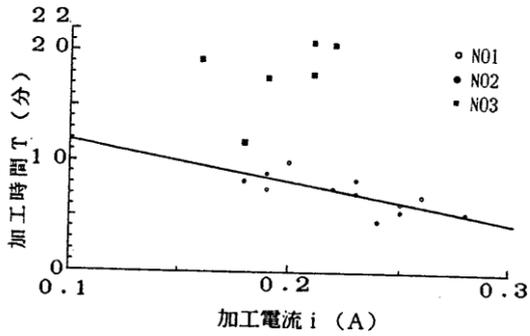


図8 電流  $i$  - 加工時間  $T$   
(DC半波100V, 6g)

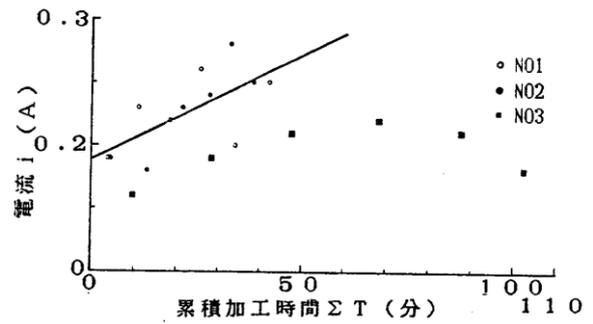


図9 累積加工時間  $\Sigma T$  - 電流  $i$   
(DC半波100V, 6g)

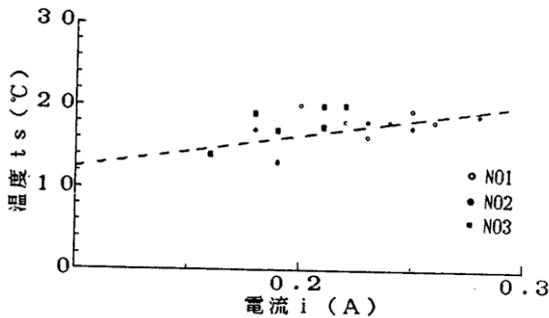


図10 電流  $i$  - 温度  $t_s$   
(DC半波100V, 6g)

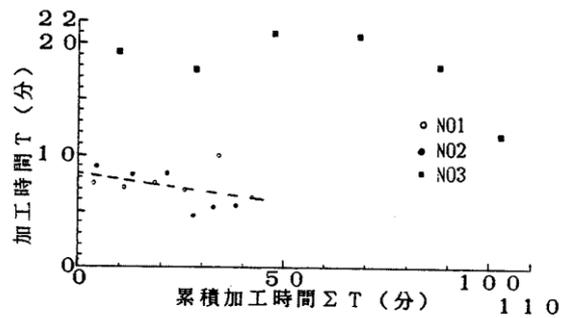


図11 累積加工時間  $\Sigma T$  - 加工時間  $T$   
(DC半波100V, 6g)

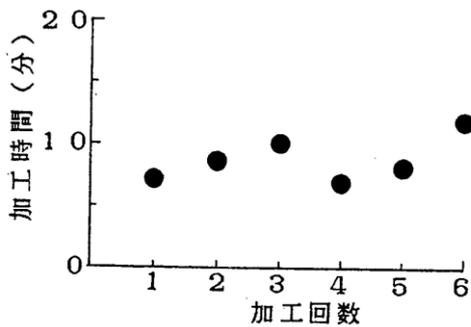


図12 加工回数 - 加工時間  
(DC半波100V, 6g)

表3 ビッカース硬さ

荷重: 500g 保持時間: 15sec

	No. 1	No. 2	No. 3
平均値	2009	2310	1644
最大値	2623	3171	1865
最小値	1753	1665	1080

(1 試料に対して6点測定)

$i$  と  $T$ ,  $\Sigma T$  と  $i$ ,  $i$  と  $t_s$ ,  $\Sigma T$  と  $T$  の関係を図8~図11 に示す。この中でコントロール可能なものは  $t_s$  であるが,  $T$  と  $t_s$  は相関がない。これらの図から  $T$  を短くする要因は, 電解液の変化が考えられるので, 前に12穴加工した液を使い1試料に3穴, 次に電解液を新しくして3穴を開けたときの加工回数と加工時間を示したのが図12である。これから電解液の変化は, 加工時間

に影響を与えるとはいえない。しかし第1 報及び第2 報においては、電解液の温度などの変化は加工の誤差に含めるとしたので、温度を大きく変えて実験すれば加工時間に影響を与えるかもしれないが、今回は検討しなかった。

DC 全波整流の場合は、前記と同様な条件で加工しても、20 分以上かかっても穴をあけることができなかった。

参考として前記のNo. 1, No. 2,  $\text{NiCo}_3$  のSEM 像を写真1~3 に示す。

#### 4. 結言

加工時間は、試料間及び同一試料においてもバラツキが大きい。穴貫通時に加工電極先端が溶けて脱落することが多く、電解液深さが深い場合には、加工電圧110V 以上の時に加工電極が曲がることが多い。電解液深さはコントロールすることが困難であり放電状態により追加等を行ったが、これにより放電状態の変化したのがバラツキの要因の一つになっていると思われる。（電解液深さは、飛散等があるため浅くした）

DC 全波整流の場合には、DC 半波整流に比べて加工時間が短くなると予想したが、逆の結果がでた。加工電極材料を換えてみるのも一つの方法かもしれない。

穴形状は、第1 報のAC80V,  $\text{NaOH}$  2N, 加工荷重3g に比較してかなり悪い。

加工時間については、DC 半波整流100V,  $\text{NaOH}$  3N, 加工荷重6g が一番良いと推定され、9.03 分、長くて17.56 分、短くて4.64 分で0.67mm のアルミナに穴をあけることができる。

#### 参考文献

- 1) 矢野 宏：計測管理工学入門，（株）工業調査会

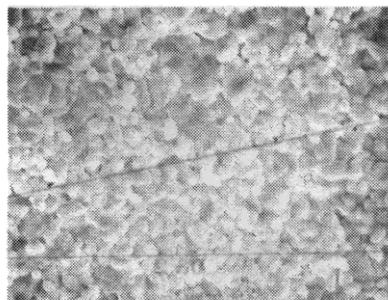


写真 1

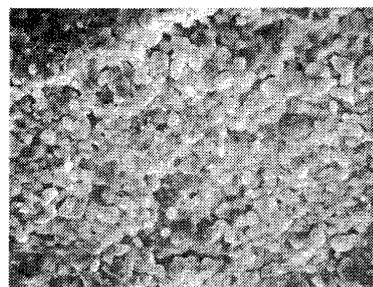


写真 2

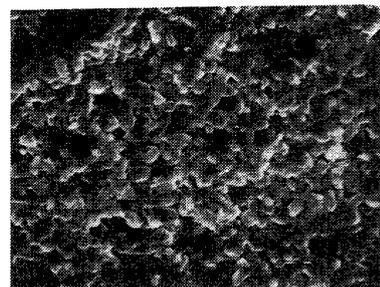


写真 3