高い素アルミ合金に対する切削油剤の効果*

古市 亮蔵** 玉村 謙太郎**

Effects of Cutting Fluid on Machining High Silicon Aluminum Alloys

Ryōzō FURUICHI, Kentaro TAMAMURA

The following oils and emulsions were used in machining high silicon aluminum alloys containing 18.8~19.8% Si with a carbide tool having the tip of P30 or K10.

The oils used were the sulfurized fatty oil-mineral oil blend, the chlorinated fatty oil-mineral oil blend, and their mixture.

The emulsions were composed of one part emulsifiable oils, which were made of each blend mentioned above and non ionic surface agent, and 19 part water.

The fluid was supplied, through a jet nozzle, from the bottom up along the tool flank at the rate of approximately 450 cc/min.

The cutting conditions were chosen as follows : cutting speed, 60~200 m/min ; depth of cut, 1.5 mm ; feed, 0.075 mm/rev.

The flank wear with time and the roughness of finished surface were measured and the finished surface was observed microscopically by means of replica. The mechanism of the action of cutting fluids for high silicon aluminum alloys was discussed from the above results.

The main results are as follows.

Generally, the action of cutting fluid in machining those aluminum alloys with a carbide tool is about the same as in cutting steels.

The fluids containing sulfurized oil(not mixed with water)and emulsion containing chlorinated oil show the critical point in the flank wear curve at the relatively early stage of cutting.

The fluids added with water give rather poor surface finish than active oils.

1. はじめに

先に高い素アルミ合金の切削に関し、工具摩耗および仕上面などに関して検討した結果を報告したが、そのなかにおいて、予備実験的に、切削油剤の影響を調べ、切削油剤を使用することは、工具摩耗を軽減させるが、仕上面あらさおよび切削抵抗は、必ずしも小さくなるとは限らないことなどを述べた。しかし使用した油剤の種類も少なく、性質も限られたものであった。そこで本報においては、実用的な見地から、スローアウェイ方式の超硬バイトによる、この合金の切削に、各種の切削油剤を適用して、工具摩耗、仕上面あらさおよび仕上面の状態などを調べ、切削油剤の効果について検討した結果を報告する。

2. 実験用材料および実験方法

2. 1 被削材および切削油剤

被削材には、表1に示すとき成分を有する中空円筒(外径100mm, 平均内径40mm, 切削有効長さ150mm)の鋳物を、一定の条件にて黒皮を除去して使用した。鋳物の条件および黒皮除去の条件は前報と同様である。

切削油剤としては、#60スピンドル油(パラフィン系)を基油に選び、添加用油剤として、硫化抹香鯨油および塩化抹香鯨油を用いた。またエマルジョンにするための界面活性剤には、非イオン系のET140(第一工業製薬)を使用した。実験用油剤の記号とその調合の詳細を表2に示す。なお軽合金用として一般に使用されることの多い軽油系統のものは、高速切削における発火の危険などがあることを考えて、本実験の場合には使用しなかった。

2. 2 切削工具および工作機械

高い素アルミ合金の乾切削に対しては、すくい角は25°~35°程度にするのがよいことは、前報において述べたが、本報告においては、切削油剤の補助作用によって、既製の市販超硬バイトを有効に利用する意図も含めて、主としてJIS 33-3形のスローアウェイ式バイトに、超硬グレードP30(#ロイST25E)を取り付けて使用

* 昭和40年4月関西支部春季講演会において発表

**正会員 大阪市立大学

し、一部には、前報において使用したすくい角可変バイトに、K10(＃ロイG1)を取り付け、刃先の形状が(0, 35, 5, 5, 15, 10, 0)の前切れ刃に0.3mmの切れ刃角 0° のランドを付けた状態で使用した。使用した工作機械は、主軸を無段変速に改造した池貝鉄工所製FH形高速旋盤およびワードレオナード式の駆動による実験用旋盤である。

切削油剤は、前にげ面側の下方から、口径2.5mm ϕ のノズルにより、ジェット方式にて供給した。流量は450cc/minに選んだ。図1に、すくい角可変バイトによる切削の場合の給油ノズル取り付け状態を示す。

2.3 実験方法

削り速度が高すぎる場合には、切削油剤の効果があまり期待できないことを考慮して、最高削り速度は、200m/minとし、このほかに、150, 100および60m/minの合計4段階に選んだ。切込みは1.5mm、送りは0.075mm/revのそれぞれ一定とした。

ある1種類の油剤と、選定した削り速度との組合せに対して、バイトチップの一つの切れ刃を割当てて、随時、摩耗幅を測定して、時間累積的に切削を継続した。すなわち、任意時点において、切削を停止して、バイトチップのみをシヤンクから外し、臭素メタノール溶液で、刃先付着物を溶解し、横にげ面摩耗幅を測定する手順を繰り返して、切削時間の合計が約25分程度になるまで切削した。ただし、それまでに横にげ面摩耗幅が0.7mmに達した場合は、それ以上の切削は中止した。

切削油剤を使用した場合は、すくい角が比較的小であるスローアウェイ式バイトであっても、切削中に認知できるような、“flank build-up”の成長は認められなかったが、薄い付着物が、横にげ面摩耗帯をわずかにおっている場合もあるため、いずれのバイトチップについても、一様に、付着物溶解処理を施した。

横にげ面摩耗幅の測定に際しては、先端摩耗部、一樣摩耗帯および境界摩耗部の区別が明瞭でない場合がほとんどであったので、通常一樣摩耗帯が現われると考えられる部分の、最大摩耗幅を測定値とした。図2に横にげ面摩耗幅の測定位置の例について示す。

仕上面あらさは、小坂式仕上面あらさ計SD5形によりまた仕上面の状態は、スンプ法により顕微鏡写真にとった。

表1 被削材として使用した高けい素アルミ合金の含有成分(Wt%)

Si	Cu	Ti	Mg	Ni	その他	Al
18.8~19.8	1.78~1.88	0.14~0.16	0.69~0.77	1.24~1.37	0.42~0.51	残 り

表2 使用した切削油剤の種類

記号	基 油	添加油剤	調 合 仕 様	備 考
A	ナフテン系 #60スピンドル油	硫化 抹香鯨油	基油90:添加油10	不 水 溶 性
B	同 上	塩化 抹香鯨油	基油96:添加油4	不 水 溶 性
C	同 上	硫化抹香鯨油 塩化抹香鯨油	基油91.5:添加油8.5	不 水 溶 性
D	同 上	Aに同じ	油剤A 85+界面活性剤15 水による希釈率20倍	エマルジョン
E	同 上	Bに同じ	油剤Bを用いて、油剤Dと同様に調合	エマルジョン
F	同 上	Cに同じ	油剤Cを用いて、油剤Dと同様に調合	エマルジョン

A: 被削材, B: すくい角可変バイト, C: 給油ノズル
図1 給油ノズル取付状態

削り速度: 150m/min, 切込み: 1.5mm, 送り0.075mm/rev, 切削油剤: 硫・塩化油(c), 切削時間: 26min $V_B=0.21$ mm, 給油: にげ面下側からジェット方式にて供給, 流量: 約450cc/min

図2 スローアウェイ式バイトチップ(JIS 33-3, P30)に生じた横にげ面摩耗幅の測定例

被削材：高い素アルミ合金，工具：JIS 33-3形スローアウェイバイト チップグレード：P30
 切込み：1.5mm，送り：0.075 mm/rev，給油方式：前にげ面下側からのジェット（ノズル口径：2.5mm 流量：約450cc/min）

図3 不溶性油剤を使用した場合の工具摩耗曲線

3. 実験結果および考察

3.1 工具寿命

不溶性油剤の(A)，(B)および(C)を適用した場合の，横にげ面摩耗幅の経時変化を，各削り速度について示すと，図3 a～bのごとくである。図中の直線は，後述の臨界摩耗点を無視して，最小自乗法による計算値をもとに引いた直線であり，折れ線は，臨界摩耗現象を考慮に入れて引いたものである。これらを見ると，削り速度 100 m/minの場合に，切削油剤の影響がもっとも大きく，それより低い削り速度では，塩化油を含むものが効果的であり，また高速側では，硫化油を含むものが効果的であるといえる。ただし，硫化油を含む油剤を使用した場合には，切削時間の経過と共にある点を境にして急激に摩耗が増大する傾向，いわゆる臨界摩耗現象が，比較的早期に現われることが認められる。このように，添加油剤中の極圧性成分の種類の相違あるいは削り速度の相違によって，油剤の効果が異なることから考えて，アルミ合金を切削する場合にも，鉄系金属を切削する場合と同様に，不溶性油剤の場合には，切削油剤の持つ諸性質のう

条件は図3の場合と同様

図4 エマルジョンを使用した場合の工具摩耗曲線

ち，極圧潤滑効果が大きく作用しているものと考えられる。この場合に極圧潤滑膜（または極圧潤滑物質）として，作用しているのは，比較的低い削り速度では，アルミの塩化物であり，比較的高速になると，超硬合金中のコバルトの硫化物であると仮定すると，上述の実験事実が比較的よく理解できる。そしてこのことは，水溶性の切削

油剤を使用した実験結果図4の理解にも好都合である。すなわち、同図に見られるごとく、水が共存する場合には、硫化油を含む油剤(D)ではなく、塩化油を含む油剤(E)を使用した場合に、臨界摩耗を早期に起こし、硫化油を含む油剤は、不水溶性の場合とは逆に、早期における臨界摩耗現象を起こさなくなり、摩耗軽減効果も、塩素系の油剤を含むものよりも悪くなっている。これは塩化アルミが水の存在によって、容易に分解するかまたは溶解するために、バイトの刃面を、硬度の高いSi粒子が、直接に擦過する確率が高くなることおよび超硬合金の結合剤の役をなしているコバルトが塩化したものも、水に溶解しやすいためであると考えられる。しかし一方、水の共存のために、切削温度は比較的低いと考えられ、硫化油の化学作用は、まだそれほど強くなく、そのうえ反応がある程度進んだとしても、コバルトの硫化物は水に溶解し難いためであろうと考えられる²⁾

なお超硬バイトを使用した場合の臨界摩耗現象については、早くから認められている²⁾ わりには、その原因については、まだあまり議論されていないように思われるが、本実験の結果から、次のようなことが一つのモデルとして考えられる。すなわち、切削中の刃先部をとりまくふん囲気が、コバルトと化合あるいはコバルト相へ拡散して、超硬合金の結合剤としての、コバルトの機能を減ずるような成分を含有しており、しかも被削材中に硬度の高い粒子を多く含んでいると、仮りに切削初期に、バイト刃先部の潤滑効果あるいは溶着防止効果を増す働きをしたとしても、切削時間の経過と共に、コバルト相への反応あるいは拡散が進み、超硬微粒をつなぎ止めておく力が弱まって、かたい粒子による掘り起こしのために超硬粒の離脱がはげしくなり、それらがまた工具自身の摩耗を助長することになり、ある時間後には摩耗の急増加を起こすようになる。この、ある時間を推定するに当たって、コバルトに対するいおうの拡散係数についての試料が見当らないので、目安のために、鉄中におけるいおうの拡散係数、 $D=3.0 \times 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ (950°C における

表3 高けい素アルミ合金切削の場合の工具にげ面摩耗実験式

切削油剤 削り速度	乾 切 削	硫 化 油	塩 化 油	硫塩化油
60m/min	$0.052t^{0.44}$	$0.097t^{0.28}$	$0.051t^{0.17}$	$0.034t^{0.34}$
100	$0.086t^{0.41}$	* $0.030t^{0.38}$	$0.177t^{0.19}$	* $0.018t^{0.32}$
150	$0.067t^{0.53}$	* $0.039t^{0.51}$	$0.066t^{0.49}$	* $0.053t^{0.43}$
200	$0.167t^{0.61}$	* $0.143t^{0.54}$	$0.164t^{0.54}$	* $0.154t^{0.45}$

表中の数字は、横にげ面摩耗幅 $V_B = Ct^n$ の C および n を示す。

*印はあきらかに臨界摩耗現象を示したものの。したがって上表中の実験式は、一応の目安を与えるものである。

値⁴⁾を用い、簡単のために拋物線法則に従う拡散と考えると、次の(1)式によって、拡散層の平均深さ $\bar{x}$ cm と、それに要した時間 t sとの関係が与えられる⁵⁾。

$$\bar{x} = \sqrt{2tD} \quad (1)$$

一方、入江のクレータ摩耗についての報告⁶⁾ から判断すると、超硬粒の脱落に影響するには、ほぼ $4 \sim 8 \mu$ 程度の拡散深さを考える必要があると思われる。これらより、拡散現象により、臨界摩耗現象が現われはじめる時期は、(1)式を使用して、 $4.5 \text{min} \sim 18 \text{min}$ と計算される。そして実験結果では、 $7 \text{min} \sim 13 \text{min}$ 程度のところに臨界点が出ている。

もっとも、ここに述べたことは、コバルトに対するいおうの拡散を直接に取り扱ったものでないから* 単なる目安を与えるに過ぎないが、前述の、図3 a～dおよび図4を見ても、概して、切削初期の潤滑効果の大なるもののほど、比較的早期に臨界摩耗現象を起こしていることなどから考えても、コバルトと化合しやすいものあるいは、コバルト中に拡散し易いものが切削ふん囲気中に存在することが、臨界摩耗現象の大きな原因であろうと考える。

さて、臨界摩耗現象を認めたらうで、前述のように、図3 a～dおよび図4において、直線を引くことは、厳密には意味を有しないが、仕上切削などにおけるごとく、比較的小さい V_B をもって、工具寿命基準とするような場合における切削剤の平均的な効果に、一応の優劣をつける意味で、これら直線の方程式を、一覧表にして示すと、表3のごとくである。

また、乾切削の場合と切削油剤を使用した場合との工具寿命を比較するための、一つの目安として、不水溶性油剤の場合について、表3の各式を用いて、 $V_B = 0.7 \text{mm}$ の、工具寿命曲線を書くと、図5のごとくである。ただし、前述にもことわたったごとく、硫化油を含む場合は、臨界摩耗現象があるため横軸(時間軸)の適用範囲は、短かく考える必要がある(約30分以内)。

* 鉄系被削材と超硬工具との拡散については、中村裕道：材料と工具の拡散，精密機械 Vol. 32, No. 1 (1966) p80に詳しく述べられている。しかしいおうあるいは塩素などの比較的長時間の拡散に関しては未知なため、本報告においては、近似的な取り扱いで考察をすすめた。

図5から、乾切削の場合と、切削油剤を供給した場合との直線の交点のうち、最も低い削り速度を示す点の座標は、塩化油を使用した場合に与えられ、(204m/min, 14.4min)である。すなわち削り速度 200m/min 程度までは、切削油剤を使用することによって、工具寿命の延長をはかり得るということである。

次に、図6は、すくい角が大きく、乾切削においても、削りくずの流出がかなりスムーズに行なわれる場合に、切削油剤によって、どの程度まで工具摩耗を軽減することができるかを、横すくい角 35° のバイトによって検討した結果である。この図から、すくい角が大きい場合には、切削油剤による工具摩耗の軽減は、それほど期待できないことがわかる。ただし、後述の仕上面の状態からは、すくい角の大きいバイトに対しても、切削条件によっては、切削油剤の適用が、仕上面の改善に有効であることがわかる。

なお削り速度 100m/min の乾切削の場合に臨界摩耗の傾向が現われているのは、前述までと同様な理由すなわち、空気中成分、あるいは、被削中成分のコバルト相への拡散によるのかどうかについては、今のところわからないが、削り速度 200m/min の場合には臨界摩耗の傾向が見られないことから、これは先にもあったように、削り速度 100m/min の場合の方が、削り速度 200m/min の場合よりも、被削材の超硬バイトに対する付着力が強く、しかも今の場合には刃先が鋭い形状であるために、一種のチッピングのような状態で摩耗の急増が起こるのではないかと考えられる。図7はこの場合の横にげ面摩耗帯の様子である。

3.2 仕上面あらさおよび仕上面の状態

表4は、スローアウェイ式バイトに、各不水溶性油剤あるいはエマルジョンを使用した場合、ならびに、すくい角の大きなバイトに硫・塩化油を使用した場合に得られた、円筒外面の、バイト送り方向の仕上面あらさ H_{max} を、円筒の切削開始端面から、軸方向に 30mm と 80mm の2か所近傍について平均して示したものである。これらの値からも、乾切削では、やはり工具摩耗の場合と同様に、削り速度 100m/min の場合に目立って悪いこと、比較的低い削り速度では塩化油が、比較的高速では硫化油が効果的であり、硫・塩化油は、一部の例外を除いて、中間的な効果を有していることがわかる。これらの事柄は、前にも記したごとく、一般に鋼の切削に対する切削油剤の作用および効果として知られている事実とよく似ている。すなわちアルミ合金の場合にも、超硬工具による切削の場合に、最悪の削り速度が存在すること、切削油剤の潤滑効果が、いおう、塩素などの極圧添加剤によ

被削材：高い素アルミ合金

工具：JIS 33-3 スローアウェイ式バイトチップ，P 30

切込み 1.5mm，送り 0.075 mm/rev

図5 切削油剤が工具寿命に及ぼす影響

工具：K10，(0, 35, 5, 5, 15, 10, 0) 前切れ刃に 0.3mm の切れ刃角 0° のランドを付けたもの

切込み：1.5mm，送り：0.075 mm/rev

給油条件は、図3の場合と同じ

図6 すくい角 35° のバイトを使用した場合の工具摩耗

切削条件は図9の乾切削(削り速度 100m/min の場合)
切削時間：27min， V_B ：0.07mm

図7 すくい角の大きいバイトチップに生じた横にげ摩耗帯

って改善され、塩素系の添加剤は比較的低融点の極圧潤滑物質を、いおう系の添加剤は比較的高融点の極圧潤滑物質を作るのではないかと考えられる。そしてこの極圧潤滑効果は、切削温度に大きく影響されるために、切削油剤の持つ直接の冷却効果あるいは工具のすくい角の相違による発熱の違いなどによって、異なってくると考えられるが、エマルジョンを切削油剤とした場合の仕上面の状態およびすくい角の大きなバイトによる仕上面の状態はこれらの事実を示す一例と考えられる。すなわち、すくい角の大きいバイトでは、削り速度が 200m/min であると、潤滑効果が発揮され、仕上面もよくなるが、削り速度が 100m/min 程度では、まだ効果が発揮されていないためか、仕上面の状態がよくなることが認められた。またエマルジョンは全般的に見て、不水溶性油剤に比較して、あらい仕上面を与える、これは、比較的低切削温度が低いために、含有成分中の極圧潤滑物質の働きが、まだ十分ではないうえに、アルミ合金の場合は、熱伝導性が良好なために、切削油剤による、削りくずせん断領域の冷却の影響が、鉄系金属の場合よりも大きいためであると考えれば理解できる。

表4 仕上面あらさに対する切削油剤の効果

使用工具	削り速度 m/min	切 削 油 剤	仕上面あらさ H_{max} μ
JIS 33-3形 スローアウェイ式 バイト チップ P 30	60	なし(乾切削)	13
		硫化油(A)	15
		塩化油(B)	9
		硫・塩化油(C)	11
	100	なし(乾切削)	40
		硫化油(A)	10
		塩化油(B)	9
		硫・塩化油(C)	14
	150	なし(乾切削)	16
		硫化油(A)	9
		塩化油(B)	12
		硫・塩化油(C)	10
		エマルジョン(D)	14
		エマルジョン(E)	11
		エマルジョン(F)	11
	200	なし(乾切削)	16
		硫化油(A)	11
		塩化油(B)	13
		硫・塩化油(C)	12
すくい角可変バイト, K10 (0, 35, 5, 5, 15, 10, 0) 前切れ刃に 0.3mm の ランドを付したのもの	100	なし(乾切削) 硫・塩化油(C)	11 8
	200	なし(乾切削) 硫・塩化油(C)	10 9

切込み：1.5mm，送り：0.075 mm/rev は一定

給油方式：前にげ面下側からジェット給油

流量：約450cc/min (ノズル口径：2.0mmφ)

各切削面は図3 a～dのそれぞれの最終仕上げ面を示す

図8 高けい素アルミ合金の切削仕上面の状態

硫化油(A)を含むエマルジョン
(D)を使用した場合

塩化油(B)を含むエマルジョン
(E)を使用した場合

硫・塩化油(C)を含むエマルジ
ョン(F)を使用した場合

各切削面は図4のそれぞれの最終仕上面を示す(倍率は図8の場合と同様×50)

図9 エマルジョンを使用した場合の切削仕上面の状態

そして上述のような各種の事柄は、図3 a~d, 図4および図6の実験における、それぞれの最終仕上げ面の状態を、スンプ法により、低倍率の顕微鏡写真で示した図8, 9, 10の各図を対応させて比較することにより、いっそう確からしさを増す

4. 結 論

高けい素アルミ合金(Si, 18.8%~19.8%)の超硬バイトによる切削に、極圧添加剤を含む切削油剤を適用して、次のような結果を得た。

1) 極圧添加剤を含む切削油剤の効果は、普通鋼の切削の場合と同様な作用によるものと考えられ、塩素系の添加剤を含むものは、比較的低速切削において、またいおう系の添加剤を含むものは、比較的高速において効果が大きい。しかし、いおう系の添加剤を含む不水溶性油および塩素系の添加剤を含むエマルジョンを使用した場合は、比較的短時間で臨界摩耗現象を起こす。

2) 超硬バイトに、極圧添加剤を含む油剤を適用した場合に起こる臨界摩耗現象は、油剤中の活性な成分が、超硬合金中のコバルト相を急激におかすためと考えられる。

3) 削り速度200m/min程度までは、切削油剤の使用により工具寿命を延ばすことが可能である。

(a)削り速度, 100m/min, 乾切削

(b)削り速度, 200m/min乾切削

(c)削り速度, 100m/min, 硫・塩化
油(C)供給

(d)削り速度, 200m/min, 硫・塩化
油(C)供給

各切削面はそれぞれ図6の場合の最終仕上面を示す
(倍率は図8の場合と同様×50)

図10 すくい角35°のバイトによる仕上面

4) 切削油剤を使用した場合は、切削中に認知できるほどの“flank build-up”は認められない。

5) すくい角の大きなバイトに対しては、切削油剤による工具摩耗軽減の効果は、それほど期待できず、極圧潤滑効果による仕上面の向上も、削り速度が200m/min程度でないと目立って現われない。

6) エマルジョンを使用した場合は、不水溶性油剤を使用した場合に比較して、仕上面はそれほどよくならない。

(1966, 2月18日受付)

5. 謝 辞

本実験に際し、被削材の供与など各種の便宜を頂いた、株式会社日本軽金属総合研究所、同所、中山孝廉冶金部長、佐藤善男企画課長はじめ関係各位および切削油剤の試作に協力して頂いた油研工業株式会社の小谷信之氏ならびに実験遂行に協力された吉江顕氏（現在日立造船株式会社）の各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 古市亮蔵, 玉村謙太郎: 高い素アルミ合金の切

削に関する研究, 精密機械, Vol. 32, No. 8 (1966) p. 558.

- 2) 日本化学会・化学便覧・丸善, 昭和30年, 第4版
- 3) 竹山秀彦・切削における切削速度の影響(第3報), G系カーバイト工具の寿命解析(その一), 精密機械, Vol. 21, No. 8 (1955) p. 304.
- 4) Dr. Wolfyang Seith u. Dr. Theodor Heumann, : Diffusion in Metallen, Springer-Verlag, 1955, p. 59.
- 5) 橋口隆吉, 金属組織学, 昭和23年, 資料社, p. 112
- 6) 入江督, 超硬バイトのクレータ摩耗について, 住友電気, August, 1956, p. 61.

情 報

科学技術振興の基礎調査

科学技術庁はこのほど「科学技術振興に関する基礎調査」の結果をまとめた。これは業界団体、民間企業、および自然科学系の学・協会が、わが国の今後の技術開発の方向、推進すべき対策、研究水準や技術水準などについてどのような考えをもっているかをアンケート調査（調査時点40年3月）によりまとめたもので、同庁ではこの調査結果を現在検討を進めている科学技術振興に関する長期的な方策策定の参考資料にしたいとしている。調査結果の要約のとおりの。

産業界における10年後の技術目標として72の業界団体から総計481件の回答があった。これからみて将来の長期的なビジョンに対する産業界の関心がきわめて大きいといえよう。業種別には化学工業がもっとも多く121件、ついで輸送用機械77件、電気機械58件、鉄鋼50件、機械42件、非鉄金属、金属製品合わせて34件などが目立っている。これらの技術目標に対してその研究がわが国では現在どのような段階にあるかをみると、全体の6.1% (29件) が全く手がつけられておらず、14.6%が萌芽的研究の段階、20.5%が目的基礎研究の段階、20.8%が応用研究の段階、26.2%が開発・改良の段階、残りの11.8%が不明となっている。一方、海外の研究段階と比較すると、研究段階の不明な90件を除いた391件のうち57%が研究段階が同じであり、進んでいるとしているのがわずかに3%、残りの40%はいずれも海外より遅れた段階にあるとしている。しかし、この比較は単に研究段階を比較しただけであるため、質的な評価や大きさを考慮すればさらに海外との差は大きいものと考えるのが妥当であろう。

わが国の研究段階が海外より進んでいるものとして

は、水溶性ガス田におけるかん水の地下圧入、固体反応によるカーバイド製造法、合成樹脂の総合的利用開発、石こう焼成炉、石こうボード製品の品質の改善、鋳物工場における消音と防じん、でん粉合成と合成米製造装置、大出力ガスレーザ管熱電子エネルギー変換器、水陸両用飛行艇、輸送用大形飛行艇、光電測定の品質管理技術などがあげられている。これに対し海外より非常に遅れているものとしては林業における育種、原油、天然ガス、鉱業部門では大陸ダナの抗井堀さく、深堀用堀さく機械、深層用探鉱機、地下層における原油の気化、食品部門では原料肉の適正検査法と機械的処理選別、非乾燥食品の長期保存、化学部門ではナフサ・LPGの高圧ガス化、油脂原料耐寒性食物および微生物培養と油脂抽出、合成原料による石けん製造、土質安定に対する界面活性剤利用、耐高温性プラスチック、自動車の排気ガス酸化など、鉄鋼、非鉄部門では高炉によらない新しい製鉄法宇宙用合金の開発、アルミの新製練法、新しい銅合金、軽金属の直接圧延、粉末圧延技術など、機械部門では電気-油圧サーボバルブなど、輸送用機械部門では自動車用ガスタービン、超高速航空機の構造および疲労安全性の研究など、精密機械部門ではレンズ用合成樹脂材料と加工法、光学情報処理など、宇宙開発関係では大形ロケットモーターケース、人工衛星など、原子力関係では原子炉、原子力船などがあげられる。また現在すぐれており、将来の見通しも明るいものは工業関係では自動連続紡績、精密歯車、造船材料など、医学関係ではビタミン合成、内視鏡など、生物農業関係では血液、集団遺伝となっているが理学関係にはほとんどないという結果が出ている。

(61頁へつづく)