

# ポリ尿素樹脂をバインダとした弾性砥石の研削性能

小柳津善二郎\*, 田村克浩†, 田中伸佳†, 安永暢男\*\*

## Grinding Properties of Polyurea Elastic Grindstone

Yoshiji Oyaizu, Katsuhiko Tamura, Nobuyoshi Tanaka, Nobuo Yasunaga

高硬度でゴム弾性、耐摩耗性、耐熱性、強靱性を兼ね備えたポリ尿素樹脂をバインダとした砥石の開発を行い、市販の各種砥石と研削特性を比較した。その結果、ポリ尿素をバインダとした弾性砥石は、研削能率や研削比が高く、また砥石耐力も大きいという特長を有しており、さらにダイヤモンド砥石用バインダとしても高い研削性能を有することを見出した。

Key words : polyurea resin, elastomer, binder, grinding ratio, roughness, line pressure

### 1. はじめに

ポリ尿素樹脂は、柔軟性の高い構造を持つポリアミンとポリイソシアネートを重合することにより、表 1 に示すように高硬度でゴム弾性が高く、耐摩耗性、耐熱性、強靱性を兼ね備えたエラストマー材料である。また、原料組成比の制御により硬度および発泡率の制御も容易にできる<sup>1)</sup>。これを研削砥石用バインダとして利用すれば、砥粒保持力が大きく、研削能力や耐久性に優れた砥石とすることができ、また被削材や用途に合わせた砥石設計が可能であると期待される。そこで、ポリ尿素樹脂をバインダとした各種砥粒の砥石を試作し<sup>2)</sup>、アルミニウム、ガラス、フェノール樹脂、炭素鋼に対する研削特性について市販砥石との比較検討を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 ポリ尿素弾性砥石の作成

ポリアミン、砥粒、発泡剤および助剤からなる硬化剤とポリイ

表1 砥石バインダの特徴

バインダ	密度	硬度	引張強度	引張伸び	テーバー摩耗度†	軟化温度	接着性†
	g/cm <sup>3</sup>	shoreD	MPa	%	mg	°C	
ポリ尿素SS	1.13	45	41	410	89	240	—
S	1.18	58	49	440	100	260	140
M	1.22	68	50	300	90	275	—
H	1.25	78	53	120	110	280*	244
フェノール	1.28	93	48	1.8	760	300<	—
PVA	1.30	89	72	9	—	210	—
CR	1.48	32	16	590	406	235**	—

† H-18、1000回、†† 引張剪断強度（鉄版—鉄版）

\*軟化・分解温度、\*\*酸化劣化温度

PVA:ポリビニルアルコール、CR:クロロプレン

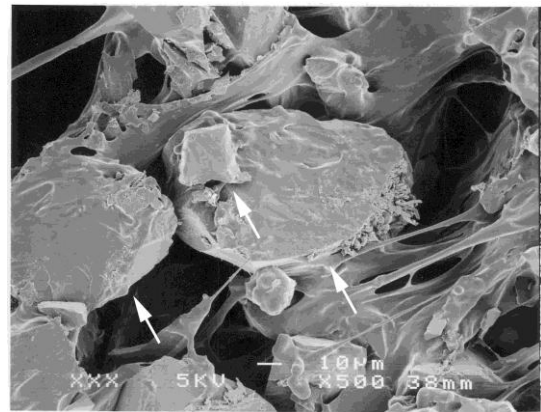


図1 GC-120SSの電子顕微鏡写真(矢印は砥粒を示す)

シアネートを混合後、注型、熱処理することによりポリ尿素弾性砥石を作成した。今回の試験では ShoreD 硬度 45 から 78 までの組成の異なる4種類のポリ尿素樹脂バインダ SS (Super Soft)、S (Soft)、M (Medium)、H (Hard) を用いた。試作砥石 GC-120SS の電子顕微鏡写真(日本電子(株)製 JSM-6300F 使用)を図 1 に示す。砥粒表面は、ポリ尿素樹脂でコーティングされており、樹脂、気孔、砥粒が共存しており、気孔は連続気泡を形成していることがわかる。試作砥石および対照として使用した市販砥石の PVA、ゴム(表 2 中の記号 E) および複合ゴム砥石(表 2 中の記号 CE)の組成を表 2 に示す。

#### 2.2 手動乾式研削試験

ポリ尿素樹脂は、軟化点または分解点が 240 から 280°C であるため、乾式条件では研削熱により樹脂の溶着を起こす可能性がある。そこで、電動グラインダ、エアグラインダを用いてアルミニウムの研削試験を行い、溶着性を目視による外観検査および走査型電子顕微鏡観察により評価した。試料はφ 10×18mm の軸付き砥石を用い、電動グラインダ、エアグラインダそれぞれの無負荷時の回転数は 14,000 および 25,000rpm である。なお、研削時間は 3 分間とした。

\* (有)リード創研: 〒425-0077 焼津市五ヶ堀之内 955-1

† 静岡工業技術センター: 〒421-1298 静岡市牧ヶ谷 2078

†† 東海大学: 〒259-1292 平塚市北金目 1117

表2 試作および使用した砥石試料

砥石	試料名	砥粒	粒径	砥粒濃度	バインダ 種類
			mesh	%	
ポリ尿素砥石	D120M	D	120-140	60	M
	GC120M1	GC	120	68	↑
	GC120M2	↑	↑	70	↑
	D120-140 /GC-150-M	D GC	120-140 150	60	↑
	GC-120SS	↑	120	70	SS
	GC-120S	↑	↑	↑	S
	GC-120H	↑	↑	↑	H
市販砥石	C-120PVA	C	120	—	PVA
	GC-120E	GC	↑	—	CR
	WA-120CE	WA	複合120	—	↑



図2 テーバー式摩耗試験式研削試験機概略

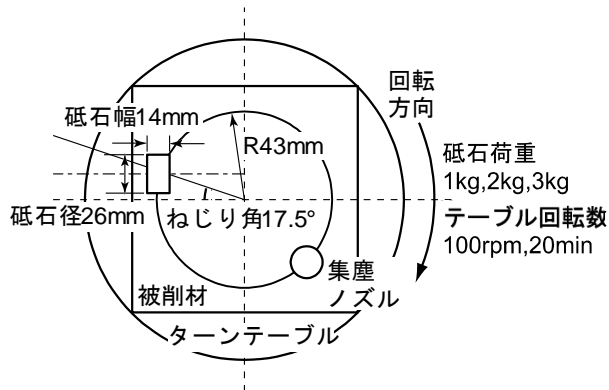


図3 図2の研削試験機テーブル上の試料配置図

### 2.3 テーバー式摩耗試験法による研削試験

プラスチック等樹脂系材料の耐摩耗性評価に多用されているテーバー式摩耗試験(JIS K 7204-1999およびISO 9352)により研削特性を評価した。テーバー式摩耗試験法は、摩耗輪を規定し、500g または 1kg の荷重下でターンテーブルが 1000 回転した時の被削材の摩耗量を重量または体積で示し、その値の大小で耐摩耗性を評価する試験である。しかし、この試験機は摩耗輪への荷重が 1kg と小さく、工具用軸付き砥石を想定した場合の負荷は 3kg 程度と考えられるため、砥石にかかる圧力が不足する。そのため、市販電動ろくろを利用し、上記摩耗試験器の機能を持ち、かつ 3kg 以上の荷重付加が

可能な研削試験機を製作した。図2に試験機概略写真、図3にテーブル上の砥石等の配置図を示す。この試験は、原理上被削材表面の状態(摩擦係数)により、砥石滑りを起こし、被削材により砥石の周速が異なる可能性がある。そのため別途、被削材ごと砥石回転数を測定し、砥石とターンテーブルの周速比が試料によらず 90±1%であることを確認した。ターンテーブル回転数は 100rpm で 20 分間研削を行った。砥石試料は φ26×14mm 軸付き砥石とし、試験前にダイヤモンド単石ドレッサにより十分なドレッシングを行った。研削性能の評価は、研削前後の砥石および被削材の重量変化の測定、および試験後の被削材の表面粗さ測定を行った。なお、試験後の砥石重量の測定は、塗装用の刷毛により、表面を十分クリーニングし、研削粉を取り除いた状態でを行った。表面粗さの測定はテーラーホブソン(Taylor Hobson)社製タリサーフ 6 型(Talysurf 6)を用い、JIS B0601-1982 に準拠して試料表面の粗さ測定を行った。試料三カ所の中心線平均粗さ(Ra)を計測し、それぞれの平均値を表面粗さとした。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 手動乾式研削特性

試料GC-120M1、GC-120SSの目視による乾式研削試験結果を表3に示す。いずれも樹脂の溶着現象は見られず、良好な研削性を示した。電子顕微鏡による被削材表面を図4に、研削屑に含まれる砥粒片を図5に示す。ミクロ観察でも、被削材の表面への樹脂の溶着は見られず、研削屑に含まれる砥粒片には、樹脂の溶融はまったく見られず、ゴムが高剪断の条件下で引きちぎられる際によく見られる多数の筋が認められた。このことから、ポリ尿素樹脂バインダは、乾式研削でも十分な耐熱性を持つと考えられる。

#### 3.2 テーバー式摩耗試験法による研削特性

##### 3.2.1 バインダ硬度による研削特性変化

ポリ尿素樹脂をバインダとした砥石のアルミニウム研削試験結果を図6に示す。バインダの硬度が高くなるとともに、研削比は向上したが面粗度は粗くなった。研削量には明確な傾向がみられなかった。

##### 3.2.2 ダイヤモンドーGC混合砥粒系の研削性

ダイヤモンド砥粒とGC砥粒の混合率を変えた場合のアルミニウムに対する研削試験結果を図7に示す。ダイヤモンド砥粒の割合が多くなるに連れて研削量、研削比ともに増加し、特に研削量の増加は顕著であった。このことから、ポリ尿素樹脂は、ダイヤモンドのような硬く強靱な砥粒に対し優れた研削性能を引き出す効果的なバインダであると考えられる。

表3 ポリ尿素弾性砥石の乾式研削特性

試料	密度	硬度	研削性*	
	g/cm <sup>3</sup>	ShoreD	電動グラインダ	エアグラインダ
GC-120M2	1.80	82	○	○
GC-120SS	1.73	73	○	○

\*研削性 ○:溶着なし、×:溶着あり  
被削材:アルミニウム、研削時間3分間

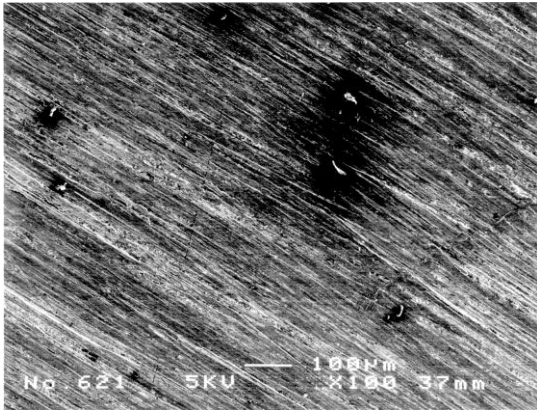


図4 乾式研削試験後の被削材の電子顕微鏡写真

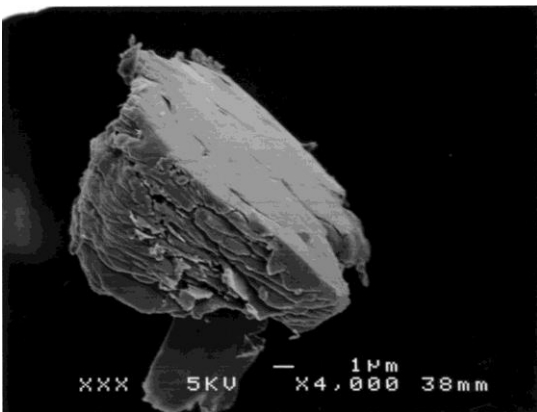
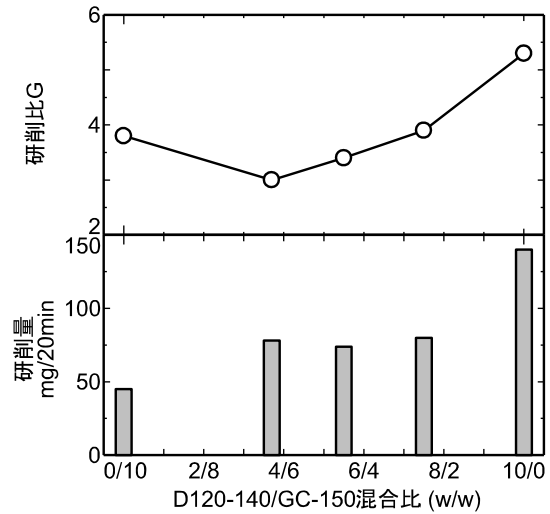


図5 乾式研削試験研削層中の砥粒片の電子顕微鏡写真



(試験条件:被削材アルミ、線圧 2.1kgf/cm、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)

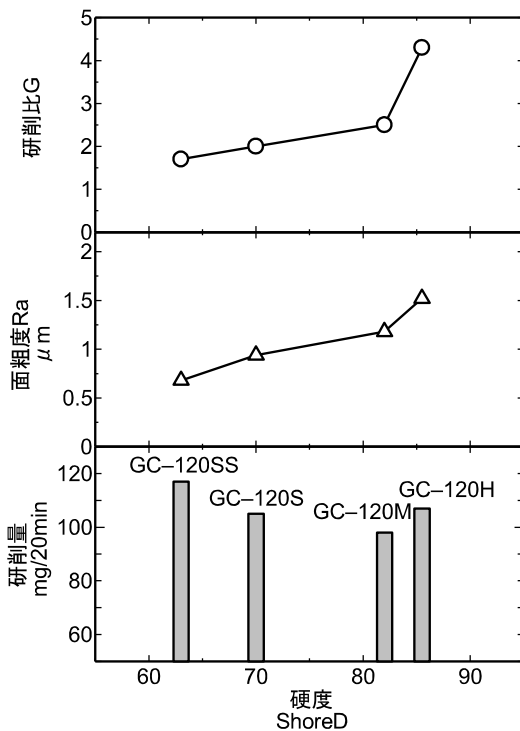
図7 ダイヤモンド/GC 混合砥粒砥石による研削特性

### 3.2.3 砥石の耐研削線圧特性

試料 D-120M と GC-120M1 および対照砥石のアルミニウムに対する研削線圧と研削比の関係を図 8 に示す。ここで研削線圧とは砥石荷重を砥石幅で除したものである。ポリ尿素バインダの砥石は高い研削比を示し、線圧を 2kgf/cm に増加しても、ほとんど低下しなかった。特にダイヤモンド系砥石は、GC 系砥石と比較して研削比が高く、バインダが砥粒の性能を引き出していると考えられる。

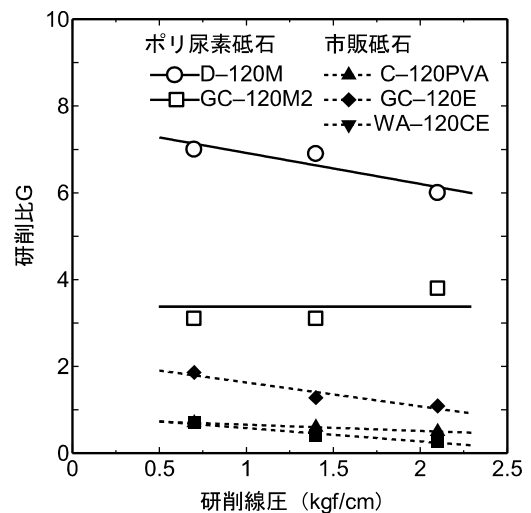
### 3.2.4 ガラス、フェノール、SK-5 に対する研削特性

試料 D-120M と GC-120M1 のガラス、フェノール樹脂基板、炭素鋼 SK-5 に対する研削特性を図 9、図 10 および図 11 に示す。いずれの結果においても、ポリ尿素バインダ砥石が対



(試験条件:被削材アルミニウム、線圧 2.1kgf/cm、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)

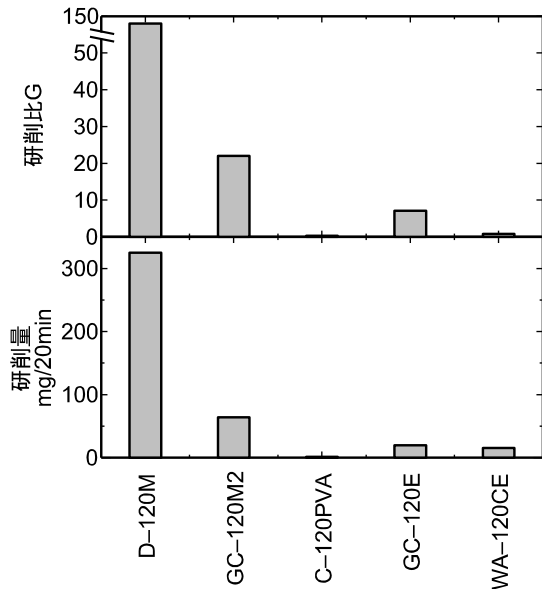
図6 バインダ硬度と研削特性



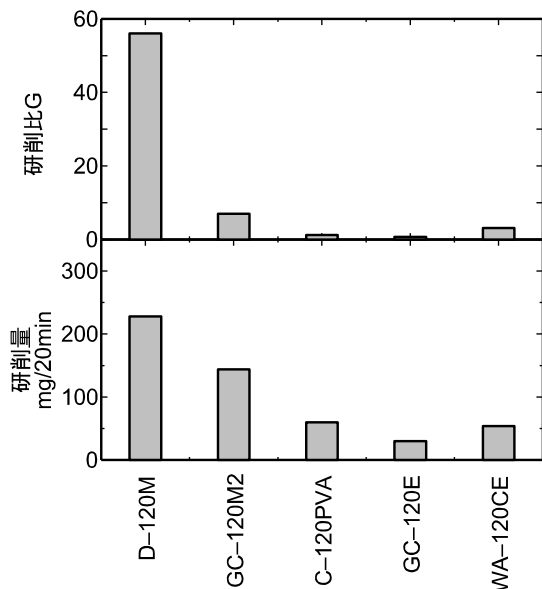
(試験条件:被削材アルミニウム、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)

図8 砥石研削線圧と研削比の関係

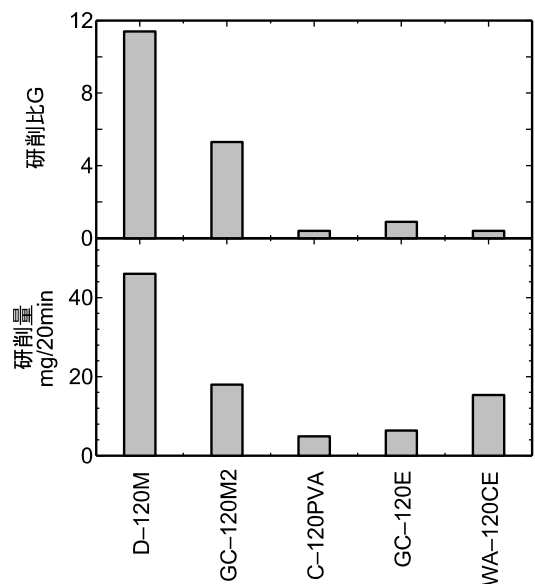
照の市販砥石と比較して極めて高い研削量ならびに研削比を示しており、これらの材料に対しても優れた研削性能を有することがわかる。なお、D-120M による軟質ガラス研削試験の際に、目詰まりに起因すると思われる砥石の重量増加が認められた。このため、同バインダを用い、脆い GC 砥粒を用いた GC-120M2 の砥石減量と比較して同等以下になると考えられることから、GC-120M2 の砥石減量の値を用いて、研削比を計算した。



(試験条件:線圧 2.1kgf/cm、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)  
図 9 各種砥石による軟質ガラスの研削特性



(試験条件:線圧 2.1kgf/cm、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)  
図 10 各種砥石によるフェノール樹脂の研削特性



(試験条件:線圧 2.1kgf/cm、  
テーブル回転数 100rpm、試験時間 20 分間)  
図 11 各種砥石による炭素鋼 SK5 の研削特性

#### 4. まとめ

砥粒保持力が大きく、研削能力や耐久性に優れた性能を持つと期待されるポリ尿素樹脂をバインダとした砥石を試作し、テーバー摩耗試験機を模した研削試験機により、研削特性を評価したところ次の結果が得られた。

- 1) 乾式研削でも溶着を生じず、安定な研削が可能である。
- 2) 従来の弾性砥石と比較して研削能率や研削比が高く、また砥石耐力も大きい。
- 3) ダイヤモンド砥石に適したバインダ特性を持ち、特にガラス等の脆性材料の研削特性が優れている。

今後は上記特性を生かし、発光ダイオード用サファイヤ基板、パワーデバイス用 SiC 基板等の高硬度脆性材料への展開を図る計画である。

#### 参考文献

- 1) ポリウレタンの合成・配合と機能化・用途展開, 63-68, 技術情報協会 (1989)
- 2) 特開 2002-264021