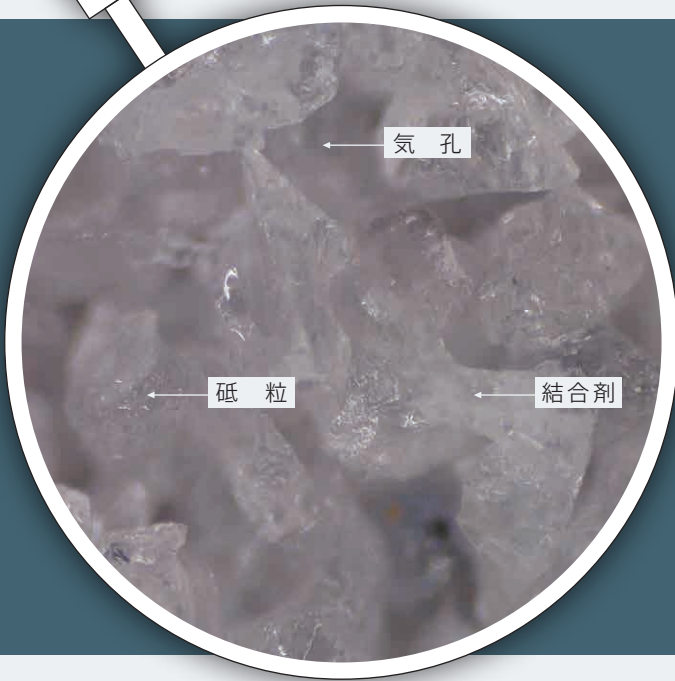


よくわかる 砥粒と その選択



砥石の写真(ビトリファイド一般砥石)

砥石の5因子と砥粒の役割

砥石はとてたくさんの種類があり、その特徴は5因子で決定されます。5因子とは、『砥粒』、『粒度』、『結合度』、『組織』、『結合剤(ボンド)』を指し、それぞれ砥粒の種類、砥粒の大きさ、砥石の硬さ、砥石の体積に占める砥粒の割合、および砥粒を保持するボンドの種類のことです。表記例を次に示します。

砥粒	粒度	結合度	組織	結合剤
WA	60	K	7	V35S

研削を上手く行うには、加工内容に応じて適切な砥石を選ぶことが重要です。5因子の1つである砥粒はワークを削る刃物として働くので、ワークの材質に対して適切な

砥粒を選ぶことは重要なポイントの1つです。なお、研削を上手く行うには、砥粒の選定だけでなくその他の因子も含めた砥石の選定が重要であるとともに、ドレッサ、研削油の選定や研削条件なども適切であることが必要です。

砥粒の大分類とその性質について

砥粒は一般砥粒と超砥粒に大きく分けられます。一般砥粒はアルミナ(Al_2O_3)を主成分とするA系砥粒と炭化ケイ素(SiC)を主成分とするC系砥粒に分けられます。一方、超砥粒はダイヤモンド砥粒とCBN砥粒に分けられます。ダイヤモンド砥粒は炭素(C)が、CBN砥粒はホウ素(B)と窒素(N)が成分です。

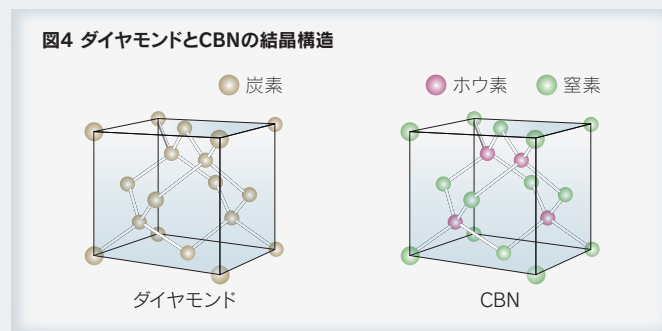
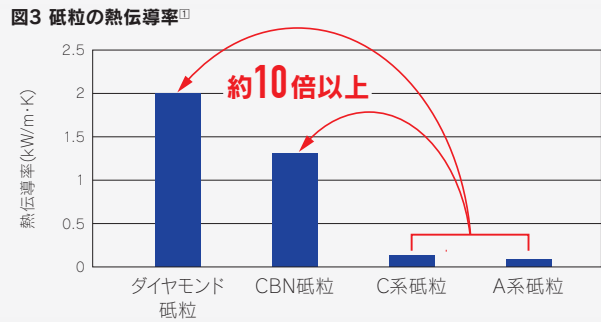
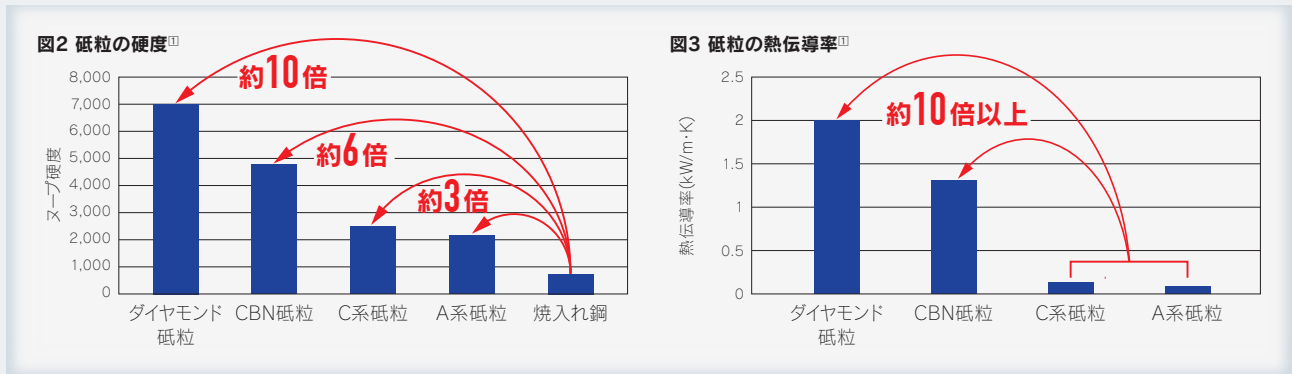
A系砥粒の例としてWA砥石、C系砥粒の例としてGC砥石、またダイヤモンドホイール、CBNホイールの外観を示します(図1(a)~(d))。

4つの種類に大別されたA系砥粒、C系砥粒、ダイヤモンド砥粒、CBN砥粒の硬度と熱伝導率を見てみましょう(図2、図3)。焼入れ鋼の硬度と比較して、A系、C系砥粒が約3倍、CBN砥粒が約6倍、ダイヤモンド砥粒が約10倍の硬さがあります。ダイヤモンドは地球上で最も硬い物質

図1 一般砥石と超砥粒ホイール

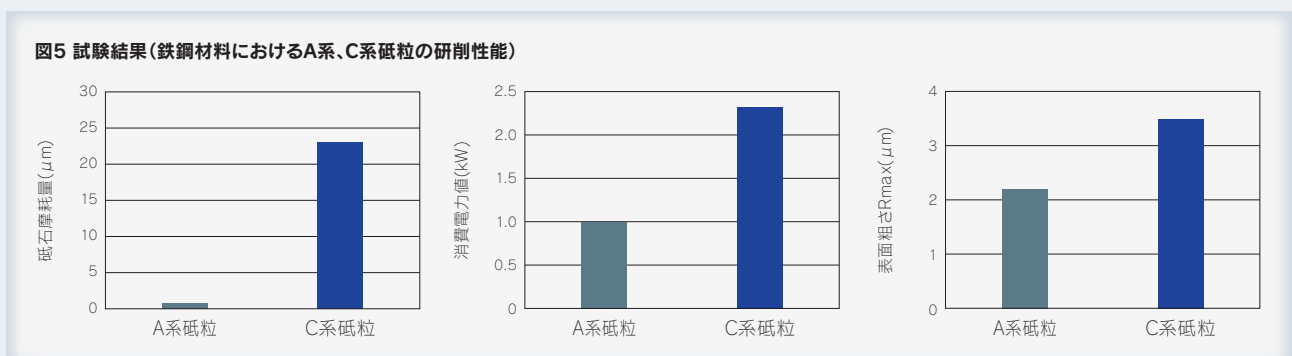


として知られています。CBNはダイヤモンドと同じ結晶構造で炭素の部分をホウ素と窒素に置き換えられているため、ダイヤモンドに次ぐ硬さを持ちます(図4)。各種砥粒はワーク(焼入れ鋼)に対して十分な硬さがあるので、研削が可能となります。熱伝導率はA系砥粒、C系砥粒は低く、ダイヤモンド砥粒やCBN砥粒はA系、C系砥粒に比べて10倍以上高いことがわかります。



鉄鋼材料に対するA系、C系砥粒の研削性能

私たちは日常生活でさまざまな製品を使用していますが、それらは製造工程の中で研削されているものが多くあります。そしてそれらの製品は、鉄を主成分とする鉄鋼材料と、鉄を主成分としない非鉄金属材料および非金属材料という視点で分けることもできます。炭素(C)は鉄と化学反応し鉄中へ拡散してしまう性質があるため、C系砥粒で鉄鋼材料を研削すると砥粒はすぐ目つぶれて切れ味が悪化します。そのため、鉄鋼材料を研削する場合、一般的にはA系砥粒やCBN砥粒が適しており、主成分がSiCで炭素を含むC系砥粒や炭素を成分とするダイヤモンド砥粒は適しません。



鉄鋼材料をA系砥粒、C系砥粒で研削するとどんな結果になるのでしょうか。鉄鋼材料に対するA系、C系砥粒の研削性能において(図5)、C系砥粒は、A系砥粒と比べて硬度が高いにも関わらず、砥石摩耗量が40倍以上多い結果となりました。また消費電力値は2倍以上高く、表面粗さも粗く性能が劣る結果となりました。これは前述のようにC系砥粒が鉄と反応して目つぶれしたため研削時の負荷が上昇し、砥粒が脱落傾向となった結果、砥石摩耗量が多く表面粗さが粗くなったと考えられます。

この結果から、鉄鋼材料を研削する場合は、C系砥粒は適さないことがわかります。ただし、研削能率が低い場合にあって鉄鋼材料にC系砥粒を用い、砥粒の摩滅作用を利用して表面粗さを細かくする手法もありますが、これは特殊な使い方と言えます。

各種一般砥粒について

ノリタケのA系砥粒には、A、WA、PA、SA*、TA*、CX*等、C系砥粒にはC、GCといった種類があります。各砥粒はそれぞれ固有の色を持つため、砥石の色はさまざまです(図6(a)~(e))。

これらの砥粒について縦軸を破碎性、横軸を硬度で示すと各々の砥粒はどんな位置付けになるのでしょうか(図7)。C系砥

図6 各種一般砥粒を使用した砥石面

(a) WA



(b) PA



(c) SA



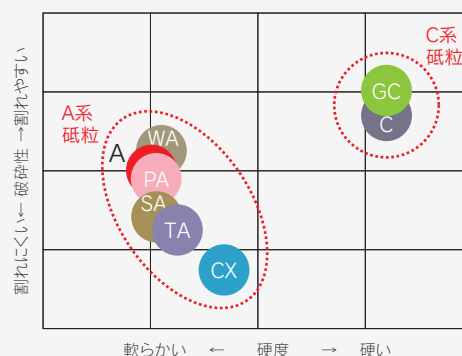
(d) CX



(e) GC



図7 砥粒の硬度と破碎性



粒はA系砥粒より硬いが割れやすい性質を持つことがわかります。また同じA系砥粒でも各々の砥粒の破碎性は異なっています。最も割れにくいのがCXで、次いでTA、SA、PA、A、WAの順番です。またCXは他のA系砥粒より硬度が高いことがわかります。このように砥粒の破碎性、硬度は一様ではなくそれぞれが異なる性質を持っていることがわかります。

鉄鋼材料の中でも高速度工具鋼 (SKH) や浸炭処理、窒化処理されたものは硬く削りにくいため、WAなどの硬度が低く破碎しやすい砥粒よりSA、TA、CXといった硬度が高く破碎しにくい砥粒を選択した方がより上手く研削できます。セラミック砥粒であるCXは形状がシャープで砥粒が硬く、切れ刃の維持性に優れていますが、WAやSAと比較すると高価です。CXほど高価でなく、SAより性能の優れた良い砥粒はないのでしょうか。ノリタケにはTAというノリタケ独自の砥粒があり、これを使用した“ライフキング”という製品があります。このTAはセラミック砥粒に対して性能面では一歩譲るものの価格面では優位性があり、SAより高性能です。TAは、セラミック砥粒とWAやSAといったA系砥粒の中間的性能を発揮できるバランスのとれた砥粒です。

CBN砥粒の特徴

CBN砥粒はA系砥粒と比べて2倍以上硬く、また熱伝導率は10倍以上高いことがわかりましたが(図2、図3)、研削性能にどの程度の違いがあるのでしょうか。CBN砥粒とA系砥粒の研削性能を比較した結果において(図8)、CBN砥粒はA系砥粒に対して研削比^{*}が100倍以上、表面粗さはCBN砥粒の方が非常に緩やかな推移を示しています。これは前述のようにCBN砥粒はA系砥粒に比べて砥粒自身が非常に硬いため、研削時の負荷に対して砥粒が摩耗しにくくドレッシング後の切れ刃が長い間維持されているためです。CBN砥粒では大幅なドレッシング間隔の延長が可能になります。

CBN砥粒のもう一つの特徴はA系砥粒に比べて熱伝導率が高いことです。切削では正のすくい角となるのに対して、研削では切れ刃となる砥粒が負のすくい角となり切込み方向の力が摩擦熱に変換されてしまうため、研削熱が発生しやすくなります(図9)。研削熱は熱的なダメージを与えるため、ワークの品

図8 CBN砥粒とA系砥粒の研削性能

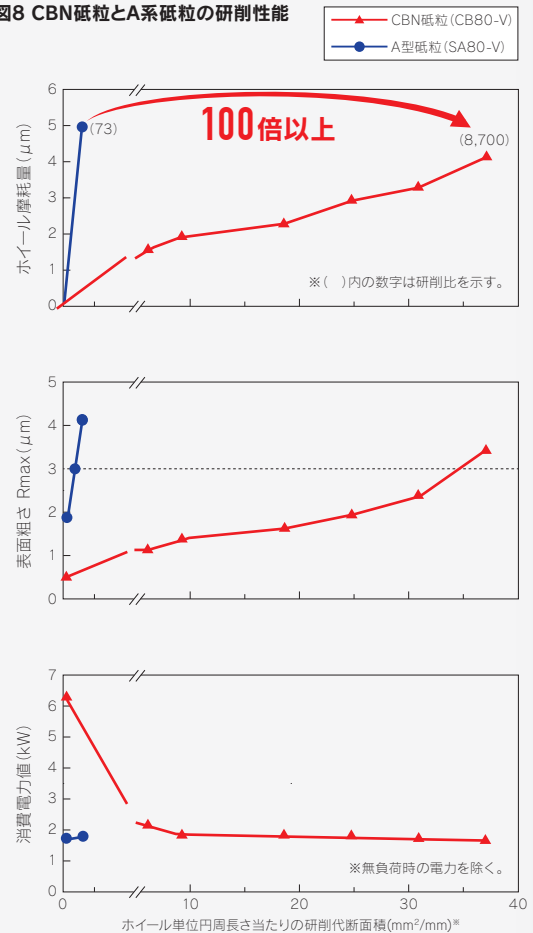
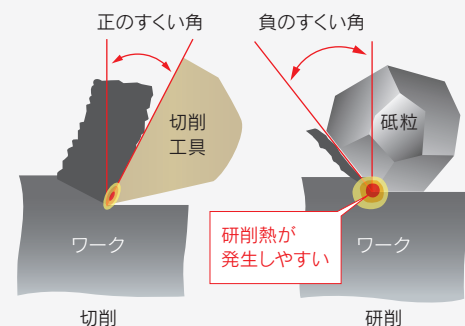


図9 切削と研削のすくい角



質に対して望ましくありません。CBN砥粒はA系砥粒に比べて圧倒的に熱伝導率が高く、発生した熱が砥粒側に伝わりやすいため、研削焼けの要因となる熱の影響を低減してワークの品質を良好に保つことが可能です。

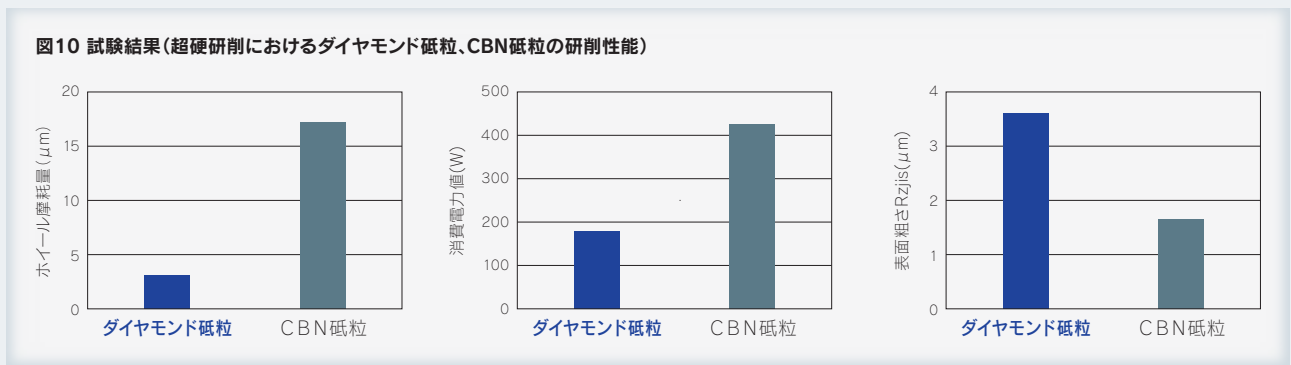
ただし消費電力値については、A系砥粒ではドレッシング直後が最も低く、CBN砥粒では最も高くなります。そして加工数（ホイール単位円周長さ当たり研削代断面積^{*}）の増加に伴い低下して、その後はほぼ安定した推移を示します。

CBN砥粒はこれらの特性を持つため、A系砥粒よりホイールの寿命や、ワークの品質には優位ですが、価格はA系砥粒より遥かに高く、ツルイーグ、ドレッシングが頻繁に必要な作業には適しません。CBN砥粒は同一製品の大量生産に向きますが、少量多品種な生産には不向きです。研削を行う場合にA系砥粒とCBN砥粒のどちらを選択するのは生産性、品質、コスト面などさまざまな点から総合的に判断する必要があります。

ダイヤモンド砥粒の特徴

ワークにはさまざまな材質があり、その中には硬度が非常に高く一般砥粒では研削が困難なものが存在します。超硬はそういった材質の一つで非常に硬度が高く、それをいかして切削工具や金型に多く用いられています。一般砥粒で研削が困難な材質に対しては超砥粒を用いることとなりますが、ダイヤモンド砥粒は最も硬いので、ツルイーグしにくい面があります。一方、CBN砥粒はダイヤモンド砥粒より硬度は劣るもののツルイーグは比較的容易に行うことが可能です。はたして超硬の研削にはどちらの超砥粒が適するのでしょうか。

ダイヤモンド砥粒とCBN砥粒で超硬を研削した試験結果では、CBN砥粒はダイヤモンド砥粒に比べて、ホイール摩耗は約6倍多く、研削時の消費電力値は約2.5倍高く、表面粗さは約半分程度の値となっています（図10）。これは超硬が非常に硬く、CBN砥粒がダメージを受けて目つぶれたために消費電力値は高く、表面粗さは細かくなったと考えられます。この結果から、超硬を研削する場合、CBN砥粒では困難で、ダイヤモンド砥粒が適していることがわかります。



ワーク材質に対する砥粒と選択の目安

これまで説明した内容を含んだワーク材質に対する砥粒の選択目安を表にまとめました(表1)。

砥粒の種類とその性質について、また鉄鋼材料の研削にはC系砥粒よりA系砥粒が、超硬の研削ではCBN砥粒よりダイヤモンド砥粒が適するといったことについて試験結果も交えて述べました。研削作業を行う際にはワーク材質に対する適切な砥粒の選択が重要であることを、ご理解いただけたのではと思います。

本稿が、読者の皆様のお仕事において参考となれば幸いです。

表1 ワーク材質に対する砥粒と選択の目安

ワーク	研削能率・寿命目安	一般砥粒	超砥粒
炭素鋼(S-C) [生材・調質材] 合金鋼(SCr,SCM,SNCM) [生材・調質材]	普通研削	A	—
炭素鋼(S-C) [焼入れ材] 合金鋼(SCr,SCM,SNCM) [焼入れ材]	軽研削	WA	—
	普通研削	PA	—
	高能率研削	SA	CBN
	高能率高寿命	CX	CBN
工具鋼(SK,SKD,SKH) [焼入れ材]	普通研削	PA	—
	高能率高寿命	CX	CBN
鋳鉄(FC,FCD)	軽研削	GC	—
	普通研削	PA	—
	高能率研削	SA	CBN
	高能率高寿命	CX	CBN
ステンレス鋼(SUS) [焼入れ材]	高能率高寿命	CX	CBN
超硬、アルミニウム	普通研削	GC	—
超硬	高能率高寿命	—	ダイヤモンド
石材、ゴム	普通研削	GC	—
石材、セラミックス、ガラス	高能率高寿命	—	ダイヤモンド

[注釈]

※SA砥粒：アルミナ(Al₂O₃)を主成分とした一般砥粒の中の熔融型単結晶砥粒の1つ。

※TA砥粒：ノリタケ独自の砥粒で、アルミナ(Al₂O₃)を主成分とした一般砥粒の1つ。

※CX砥粒：アルミナ(Al₂O₃)を主成分とした一般砥粒の中のセラミック砥粒と呼ばれるものの1つ。
シャープな形状で硬度が高く、切れ刃の維持性に優れる。

※ホイール単位円周長さ当たり研削代断面積(mm²/mm)：研削代断面積(mm²)をホイール外径で除した値でホイール外径1mm当たりの研削代断面積を示す。外径寸法が異なるホイールの研削性能を比較する場合、外径の大きいホイールの方が外周部の砥粒数が多く研削個数で比較すると有利となるため、外径寸法の影響を除く目的で用いられる指標。

※研削比：ワーク削除量÷砥石摩耗量によって求められる値。

[文献]

① 横川 和彦・横川宗彦：CBNホイール研削加工技術－生産革命の起爆剤－，工業調査会(1988).19-20.



[著者] 桜木 真二郎

工業機材事業本部
技術本部 研削ソフト技術部
フィールド技術グループ