

# よくわかる 砥石の構造 (組織と集中度)

研削砥石の構造について  
モデル図と研削データを交えて  
基礎からわかりやすく解説します。

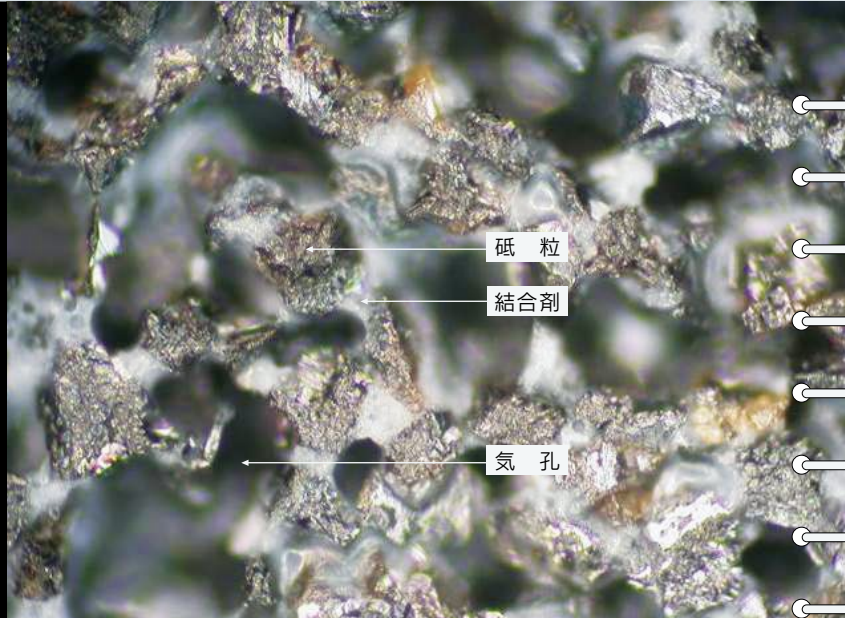


図1 研削砥石の写真(ビトリファイドCBNホイール)

## 研削砥石とスペック

研削砥石は機械加工において使われる工具の1つですが、一体どのようなものなのでしょうか。ある研削砥石を例として顕微鏡を使い拡大して見てみましょう。一般的に研削砥石は上の図1に示すような「砥粒」、「結合剤(ボンド)」、「気孔」の3要素によって構成されており、それぞれは次のような役割をもっています。

1. 砥粒: 工具の刃先に相当し、主としてワークを除去する。
2. 結合剤(ボンド): 砥粒と砥粒を結合させ、加工中に砥粒へ負荷が加わった際に砥粒を保持する。
3. 気孔:
  - ・砥粒がワークを除去する際に生じる切り屑を取り除くために必要な隙間。
  - ・研削液を保持し、加工点に供給する。
  - ・加工点付近に発生する熱を大気中に放出させる。

これら3要素は研削砥石のスペックと密接な関係があります。つまり、皆さんが研削砥石を使って研削加工をしようとする時、スペックを理解することによって、その研削砥石がどのような物なのかを知ることができます。

スペック例	WA	80	J	7	V35
	砥粒	粒度	結合度	組織	結合剤

スペックは、「砥粒」・「粒度」・「結合度」・「組織」・「結合剤」の5因子によって表されています。この5因子はそれぞれ次のような内容を示しています。

### ■一般砥石の5因子

1. 「砥粒」: 物を削る粒の種類
2. 「粒度」: 砥粒の大きさ
3. 「結合度」: 砥粒を結合する強さ
4. 「組織」: 砥粒が含まれている割合(砥粒率)
5. 「結合剤」: 砥粒同士を結び付けている種類

なお、研削砥石は使用する原料によって一般砥石\*と超砥粒ホイール\*とに呼び分けられ、超砥粒ホイールでは「組織」を「集中度」と表現します。研削砥石の研削性能は5因子によって大きく変わるため、求める加工精度を得るには5因子と研削性能の関わりについて知ることが重要です。急速に変化する生産現場の課題に対して従来の砥石構造では対応が困難な場合も出てきており、ノリタケでは研削砥石の構造に着目することで新しい性能を付与した、砥粒の分散性に優れた均質構造の製品を開発しています。研削砥石の均質性が研削性能に及ぼす影響を論じるにあたり、まず組織および集中度という構造に起因する因子について解説します。

## 「組織」・「集中度」とは

一般砥石の「組織」と超砥粒ホイールの「集中度」とは、砥石または砥材層中にどのくらいの体積割合で砥粒が含まれているかを示すもので、この割合を「砥粒率」と呼びます。砥粒率が高くなれば、砥石中に含まれる砥粒の数が多くなるので、「密」な構造となり、逆に砥粒率が低くなれば「粗」な構造になります。

表1 一般砥石の組織と砥粒率の関係

組織	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
砥粒率(%)	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34

表2 超砥粒ホイールの集中度と砥粒率の関係

集中度	25	50	75	100	125	150	175	200
砥粒率(%)	6.25	12.50	18.75	25.00	31.25	37.50	43.75	50.00

表1は一般砥石の組織と砥粒率の関係、表2は超砥粒ホイールの集中度と砥粒率の関係です。

組織は6を砥粒率50%とし、数字が1変わると砥粒率が2%変化していきます。JIS規格として0~25までの記載がありますが、一般的な研削加工では7~10が使用されます。集中度は100を砥粒率25%とした比になっており、集中度を4で割ると砥粒率となります。

## 「組織」・「集中度」が変わると研削性能はどのように変わるか

「組織」・「集中度」が変わると研削性能がどのように変わるのでしょうか？ここでは砥粒間の結びつきの強さを一定とし、砥粒と気孔の割合だけを変化させた場合を考えてみましょう。

組織が密になると、砥粒の割合が増えて気孔の割合が減るため、図2の密な構造のように砥石中の砥粒と砥粒の間隔が狭くなります。この場合、研削加工時に砥粒とワークとの接点が多く、砥粒1粒当たりにかかる負荷が小さくなります。そのため砥粒が割れにくくなり、砥粒の先

端が平滑に摩滅摩耗しやすくなります。よって研削砥石の切れ味はやや犠牲になるものの、加工後のワーク表面粗さが細くなる傾向になります。

一方、組織が粗になる場合は、砥粒の割合が減り気孔の割合が増えるため、図2の粗な構造のように砥粒と砥粒の間隔が広がります。この場合は密な構造とは逆に、研削加工時に砥粒とワークとの接点が少なく、砥粒1粒当たりにかかる負荷が大きくなります。そのため砥粒が割れて鋭利な切れ刃が砥粒先端に出やすくなります。よって研削砥石の切れ味は良いものの、加工後のワーク表面粗さが粗くなる傾向となります。

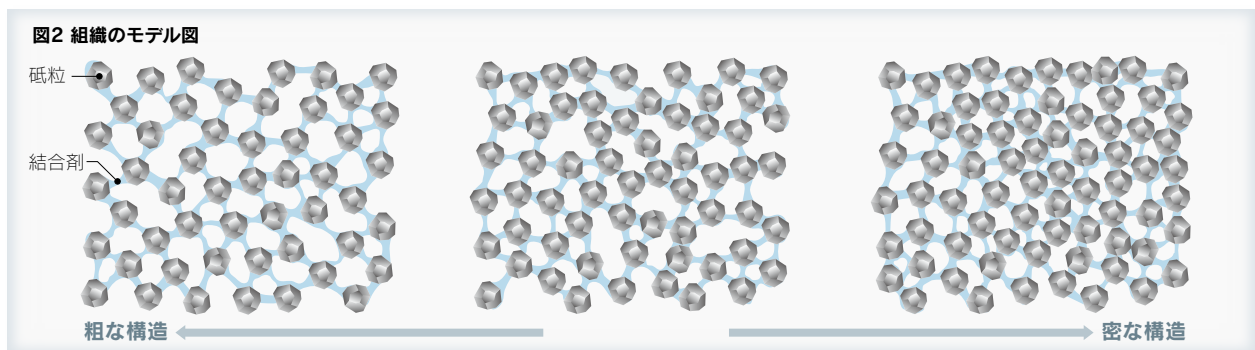
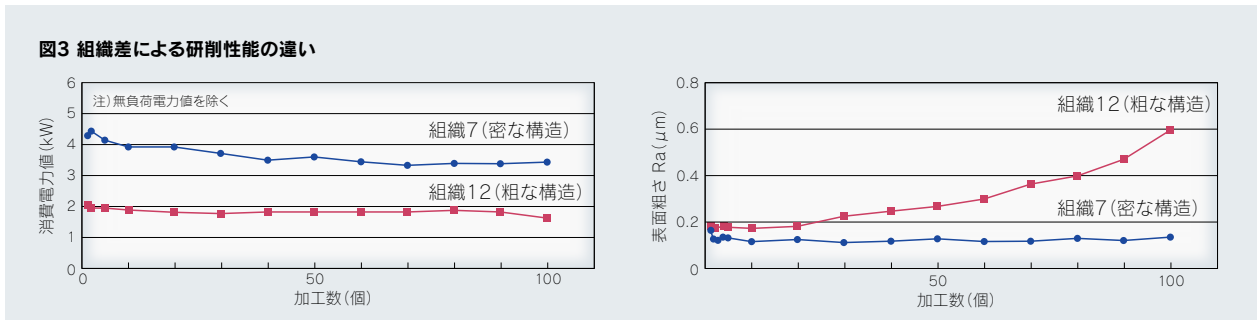


図3は組織が粗になった場合の研削性能をノリタケで評価した結果を示しています。ここでは研削砥石の切れ味を砥石軸の消費電力値で表しており、一般的には消費

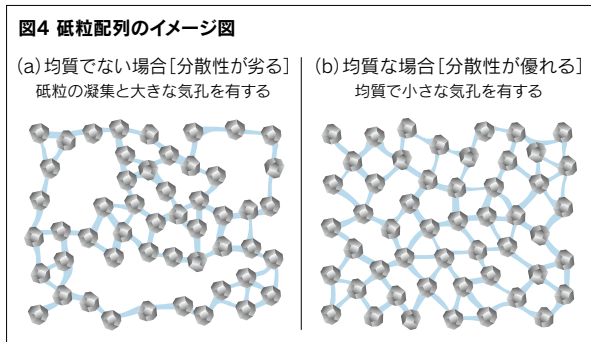
電力値が低いと研削砥石の切れ味が良いことを意味しています。実際に組織が粗になると、消費電力値が低く、表面粗さは粗い傾向であることが分かります。



### 分散性と研削性能について

同じ砥粒率でも気孔の大きさと研削砥石中の砥粒の分散状態によって研削性能が変わってきます。砥粒配列の均質さの事をノリタケでは分散性と呼んでいます。図4(a)と(b)は、同じ砥粒率なので、「組織」は同じです。しかし、砥粒配列の均質さは異なります。図4(a)の砥粒

配列が均質でない(分散性が劣る)場合、砥粒が凝集した部分ができる反面、大きな気孔を有します。凝集した部分の砥粒は砥粒間隔が狭く非常に強固な結合力を持っており頑丈であることや、大きな気孔部が懐の深いチップポケットの役割を果たすことから、特定の加工方法や加工条件下においては良好な研削性能を示します。しかし加工条件によっては、砥粒の凝集部が溶着の発生(悪化すると集団で砥粒が脱落<sup>※</sup>する)や研削焼けに繋がる場合があります。そのような研削加工現場では、図4(b)の様な砥粒配列が均質である構造の砥石(分散性が優れる)が適していることが明らかになってきました。次に、研削加工をモデル化し、砥粒配列が均質な構造(分散性が優れる)が研削加工にもたらすメリットとそのメカニズムを解説します。



### 均質構造によってもたらされる効果とメカニズム

「研削」は、研削砥石の表面にある無数の砥粒がワークと干渉することで微小領域における切削現象を起こし無数の切り屑を作りながらワークを削っていく現象です。砥粒配列が均質な構造の研削砥石では、加工中の砥粒1粒にかかる負荷がほぼ均等になります。ここで、一般的な平面研削を例に挙げて考えてみましょう。

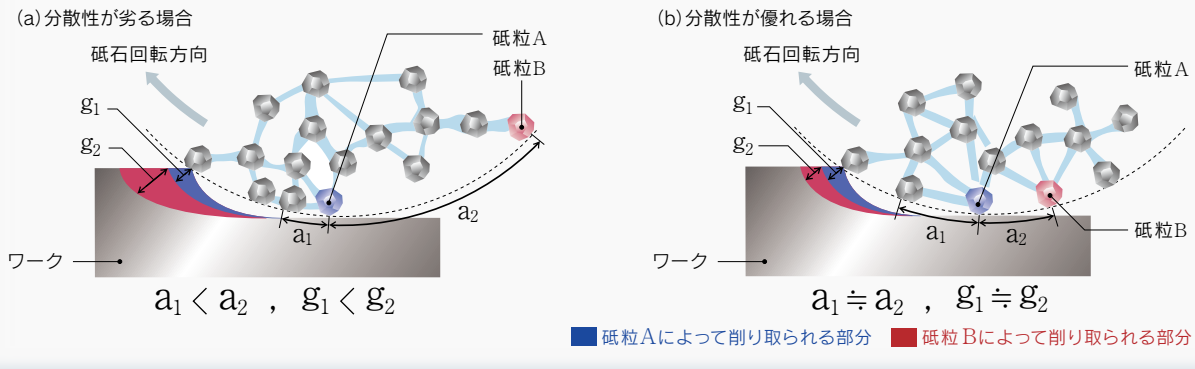
図5は分散性が劣る場合と優れる場合に、砥粒がワー

クにどのように作用して切り屑を作り出すかを考えたモデル図です。

図5のgは、砥粒切込み深さと呼ばれるパラメータです。細かな式の導出はここでは省略しますが、平面研削でのgの研削理論により導かれる理論式は式1のようになります。

図5のaは砥粒間隔を示すので、先に述べたように組織と密接な関係があります。「砥粒が切込む深さ」≒「切り屑の厚さ」と考えられており、aが大きい場合、つまり

図5 砥粒間隔と砥粒切込み深さの関係(平面研削の場合)



$$g = 2a \frac{v}{V} \sqrt{\frac{t}{D}} \dots\dots\dots \text{式1} \square$$

$g$ : 砥粒切込み深さ  $a$ : 砥粒間隔  $V$ : 砥石周速度  
 $v$ : ワーク周速度  $D$ : 砥石直径  $t$ : 1パス当たりの砥石切込み量

砥粒の間隔が広ければ砥粒がワークを切り取る深さが深くなり、砥粒への負荷が高くなります。

図5 (a)の分散性が劣る場合は、局所的に見ると砥粒間隔が狭い所  $a_1$ と砥粒間隔が広い所  $a_2$ が混在しており、それぞれ砥粒への負荷が異なります。そのため、研削性能が不安定となる場合があります。

図5 (a)の砥粒間隔が広い部分  $a_2$ では、砥粒Aの切込み深さ  $g_1$ と比べて、砥粒Bの切込み深さ  $g_2$ の方が大きいため、砥粒Aに比べて砥粒Bの方が研削による負荷が大きくなります。研削負荷が大きすぎると、砥粒が大きく割れたり、砥粒と砥粒を結び付けている結合剤に大きな

ダメージが入り、研削性能を十分に発揮する前に砥粒が脱落してしまう場合があります。

一方、砥粒間隔が狭い部分  $a_1$ における砥粒Aは、砥粒間隔が広い部分  $a_2$ の砥粒Bに比べて砥粒切込み深さが小さいため研削による負荷が小さくなります。研削負荷が小さいと砥粒破碎による自生発刃<sup>※</sup>が起りにくく、砥粒先端が摩滅摩耗して研削砥石の切れ味が悪くなります。そのため砥粒とワークの摩擦熱が大きくなってしまい、研削焼けなどの不具合発生に繋がります。

図5 (b)の分散性が優れる場合は、砥粒Aと砥粒Bの砥粒切込み深さが揃っています。この場合、研削負荷は全ての砥粒でほぼ同じとなるので研削性能が安定する傾向になります。つまり、極度の脱落や砥粒の摩滅を防ぎ、適度な自生発刃が生じることで安定した加工性能を得られるという理想的な研削加工に近づけることが可能と考えています。

以上、研削砥石の構造について筆者の考えをなるべく解りやすく解説してみました。

拙い文章ではありますが、この記事が皆様にとって一助となれば幸いです。

[注釈]

- ※一般砥石：アルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を主成分とした砥粒もしくは炭化ケイ素 (SiC) を主成分とした砥粒を使用して製造された研削砥石
- ※超砥粒ホイール：ダイヤモンド砥粒もしくは立方晶窒化ホウ素 (CBN) 砥粒を使用して製造された研削砥石
- ※脱落：砥粒が砥石から抜け落ちる現象
- ※自生発刃：砥粒先端が摩耗して鈍化すると砥粒が局部的に破碎し新しい切れ刃が再生される。破碎が繰り返された後に砥粒の保持力が一定以下になると最終的に砥粒は抜け落ち、下層から新しい砥粒が現れ切れ味が継続される現象

[文献]

□ 五十君 智：「研削砥石の基礎」, 機械と技術, 第65巻, 第4号(2017), 32.



[著者] 山本 将之  
工業機材事業本部 技術本部  
研削ソフト技術部 加工技術グループ