

ノリタケ  
からの  
提案

注目の製品・技術

03



[著者] 石澤 孝政  
工業機材事業本部 技術本部 商品技術部  
ピトリファイドグループ

# カーボンニュートラルに 貢献する 歯車研削・研磨工具

自動車用変速機やロボット用精密減速機、  
建設機械などには多くの歯車を使用されており、  
これらの歯車には、より静かに、より効率よく、より高寿命であることが求められます。  
そうした要求を達成するために、  
現状よりも歯車歯面の表面粗さを向上させる技術が求められています。  
その実現を可能にする砥石として、“複層歯車研削砥石”をご提案します。

歯車歯面の表面粗さ向上を実現する  
研削・研磨工具

## 複層歯車研削砥石

【適用範囲】

金属材料		非金属材料		その他
鉄系材料	非鉄系材料 (Al・Cuなど)	無機材料 (ガラス・セラミックス)	有機材料 (ゴム・プラスチック)	先端材料
●				

【期待効果】

CO2削減効果	廃棄物削減効果	サイクルタイム短縮	加工品質向上	作業性改善
●		●	●	●



## 自動車業界を取り巻く環境と次世代自動車における歯車について

世界的な地球温暖化への対応は今後より一層強化され、欧州においては2035年までに内燃機関(ICE)車の新車販売を事実上禁止する法案が可決、日本国内においても同様の方針が示されています。各国における燃費規制を見ても、CAFE規制の導入など、より一層規制が進むと考えられます。日本国内のエネルギー消費の2割程度を占める運輸部門においても、ハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、電気自動車(BEV)、燃料電池車(FCEV)などの次世代自動車が現状よりも普及すると推測されます。そうした次世代自動車には、モーターを効率よく駆動させるために、変速機構や減速機構が採用されています。そして、その中には、歯車が使用されています。しかし、次世代自動車と従来の内燃機関車では歯車に要求されるレベルが異なります。内燃機関車と比較し、次世代自動車では静粛性が大きく向上し、エンジン音に隠れていた騒音が顕在化することから、変速機構から発生する音、とりわけ歯車同士が噛み合った際に発生する音(ギャノイズ)を小さくする必要があります。

また、次世代自動車では航続距離が課題の一つで、歯車同士が噛み合った際のエネルギーの伝達ロスを小さくする必要もあります。さらに、変速機構や減速機構の軽量化・小型化に伴い、歯車自体も小型化、高回転数化するため、歯車歯面の強度を向上する必要もあります。そうした歯車への要求を達成するため、歯車歯面の表面粗さを向上する技術が注目されています。

## 歯車研削における表面粗さ向上への課題

歯車歯面の研削方式の中で、量産加工として採用されているものの1つが連続創成式歯車研削(以下、歯研)です。歯研はウォームギヤで言うところのウォームのようなねじ状の砥石が、ワーク(歯車)と噛み合いながら研削する研削方式であり<sup>1)</sup>、その特徴の1つにドレッシング条件があります。円筒研削や平面研削においてロータリドレッサを使用する場合、ドレッサと砥石の周速度比は1前後に設定し、ドレッシング後の砥粒先端が破砕した状態での研削が一般的です。

一方、歯研の場合は、歯車歯面のうねり抑制を目的として、ドレッサと砥石の周速度比を15~25程度と非常に大きく設定し、ドレッシング後の砥粒先端が摩滅した状態で研削します。また、ワークの表面粗さをコントロールするには、円筒研削などではドレッシング条件による砥粒先端形状のコントロール、砥粒径の変更といった方法が一般的ですが、歯研では前述のように特殊なドレッシング条件であるため、どちらの方法も表面粗さに対してあまり効果がありません。従来のビトリファイド砥石による歯研では表面粗さを向上させるために砥粒径を極端に小さくした場合、砥粒保持力の低下による砥石の異常摩耗や、切れ味低下による研削焼けが発生します。そうした表面粗さ向上への課題を解決するために、ノリタケでは従来のビトリファイド砥石と研磨用砥石を組み合わせた複層歯車研削砥石を開発しました。

## 複層歯車研削砥石の特徴

図1に複層歯車研削砥石による研削、研磨工程の図を示します。従来のビトリファイド砥石の横に、研磨用砥石を一体化することで1つの工程(粗工程→中仕上げ工程→最終仕上げ工程)で研削と研磨を行うことが可能となります。歯車同士の噛み合い時に重要な、歯面うねり、歯形誤差、圧力角誤差などの歯車形状づくりは従来通りビトリファイド砥石で行い、歯車

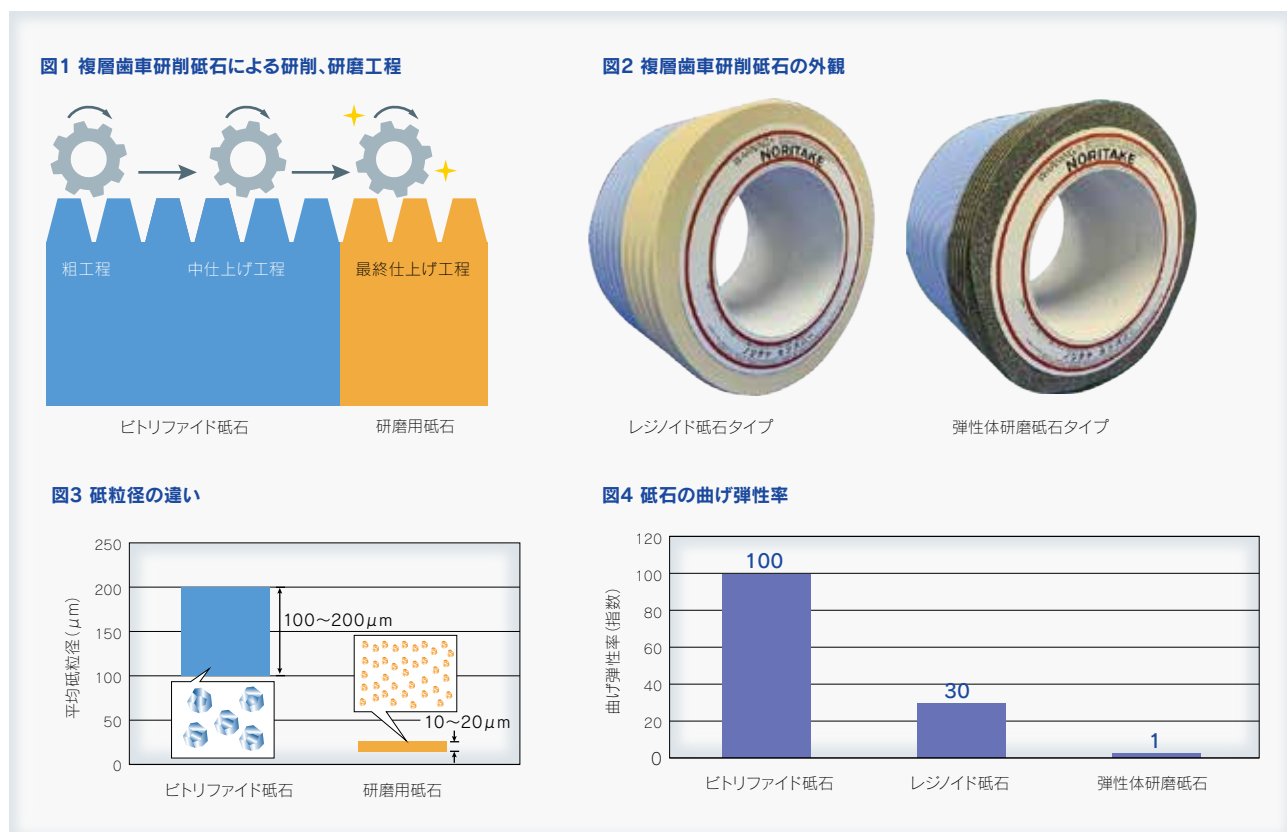
歯面の表面粗さは研磨用砥石を用いて向上させます。また、ワークの脱着がなく、同軸上で研削から研磨まで行うことができるため、非常に精度よく加工することができます。

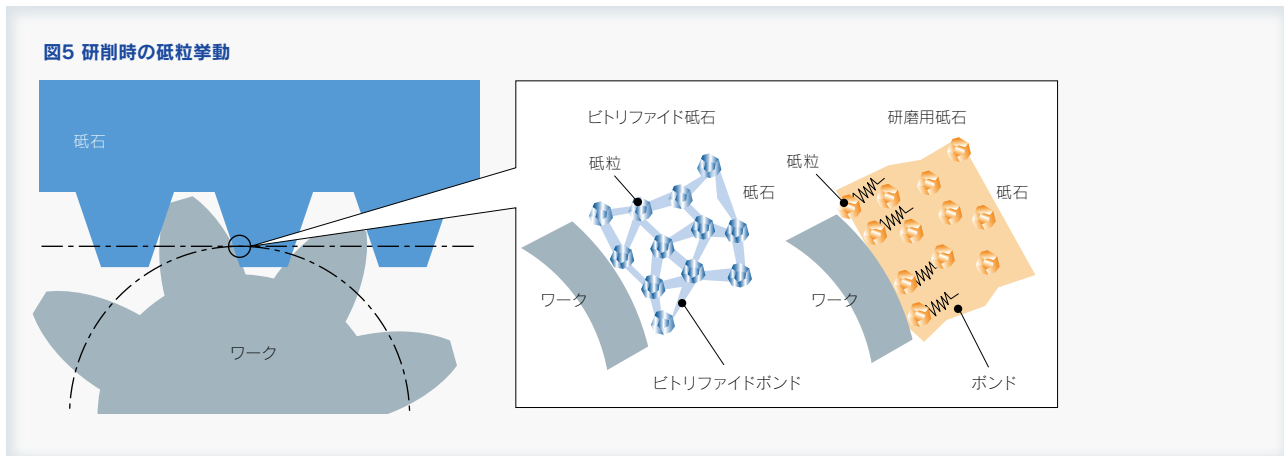
ノリタケでは歯車歯面の研磨を行うための研磨用砥石に必要な要件を以下の2点としました。

- (a) ビトリファイド砥石で研削後の歯車歯面の形状を維持し、表面粗さのみを向上させること。
- (b) ビトリファイド砥石と同様の条件でドレッシングが可能であること。

この2点を達成し、かつワーク諸元や加工条件に広く対応するため、レジノイド砥石タイプと弾性体研磨砥石タイプの2種を開発しました(図2)。従来のビトリファイド砥石の平均砥粒径と、研磨用砥石であるレジノイド砥石や弾性体研磨砥石の平均砥粒径を図3に示します。ビトリファイド砥石と比較し、研磨用砥石の平均砥粒径を約1/10程度とすることで、表面粗さを向上できます。さらに、図4に示すように、ビトリファイド砥石と比較し、レジノイド砥石は約1/3の曲げ弾性率、弾性体研磨砥石は約1/100の曲げ弾性率であることがわかります。弾性率の低い研磨用砥石は、砥粒に負荷が加わると砥粒が後退し、砥粒先端がワーク表面に揃います。通常、歯研では砥石(ビトリファイド砥石)とワークは線で接触しますが、レジノイド砥石や弾性体研磨砥石では部分的にワークと面で接触します(図5)。このような作用によって、研磨用砥石は歯車歯面の形状を崩すことなく、鏡面に近い表面粗さを得ることができます。

複層歯車研削砥石は、回転したときにビトリファイド砥石と研磨用砥石の間で変異量に差が生じ回転強度が低下する点が課題です。ノリタケは、この課題を解決する一体化構造を見つけ、最高使用周速度75m/sでの使用を実現しました。歯研は砥石周速度(砥石回転数)を高めることで、サイクルタイムが短縮できる研削方式なので、ノリタケが開発した複層歯車研削砥石は生産性向上が可能です。





## 表面粗さRa0.1μm以下を実現する複層歯車研削砥石

表1の試験条件で、従来品と複層歯車研削砥石（弾性体研磨砥石タイプ）の研削性能評価を実施しました<sup>2)</sup>。研削後の歯車歯面の表面粗さを図6に示します。従来品（ビトリファイド砥石）の表面粗さがRa0.23μmに対し、複層歯車研削砥石ではRa0.06μmへと良化しました。また、切込み量の調整で、二層構造表面の形成（プラトー化）も可能です。歯車歯面を二層構造表面とすることで、油溜まりによって潤滑性を維持したまま、噛み合い時の伝達誤差や初期摩耗の低減、ピッチングの抑制が期待できます。

複層歯車研削砥石で研磨した歯車歯面は、文字が映り込む鏡面が実現できます（図7）。また、歯車歯面を拡大したSEM写真では、従来品と比較し、研削痕の微小化、狭小化が確認できました（図8）。

表1 試験条件

[砥石]

従来品スペック	研削部: TA2 120-VLK1P
複層歯車研削砥石スペック	研削部: TA2 120-VLK1P 研磨部: A800
寸法	φ275×T125×φ150mm

[ワーク]

材質	SCM415
寸法	φ105×T40mm
モジュール	3.0
圧力角	20°
歯数	30枚
硬度	HRc 58~63

[ドレッシング条件]

ドレッサ	シングルテーパタイプ	
ドレッシング工程	粗	仕上げ
砥石回転数(rpm)	70	70
ドレッサ回転数(rpm)	3260	3260
切込み量(mm)	0.025	0.02

[研削条件]

研削方式	連続創成式歯車研削		
研削工程	粗	中仕上げ	ポリッシュ
研削方向	クライム	コンベンショナル	クライム
砥石回転数(rpm)	4400	4400	4400
切込み量(mm)	0.24	0.04	0.050、0.075
アキシャル送り(mm/rev)	0.7	0.3	0.8
研削能率(mm <sup>3</sup> /s)	222	16	—
研削油	不水溶性		

図6 試験結果(表面粗さ)

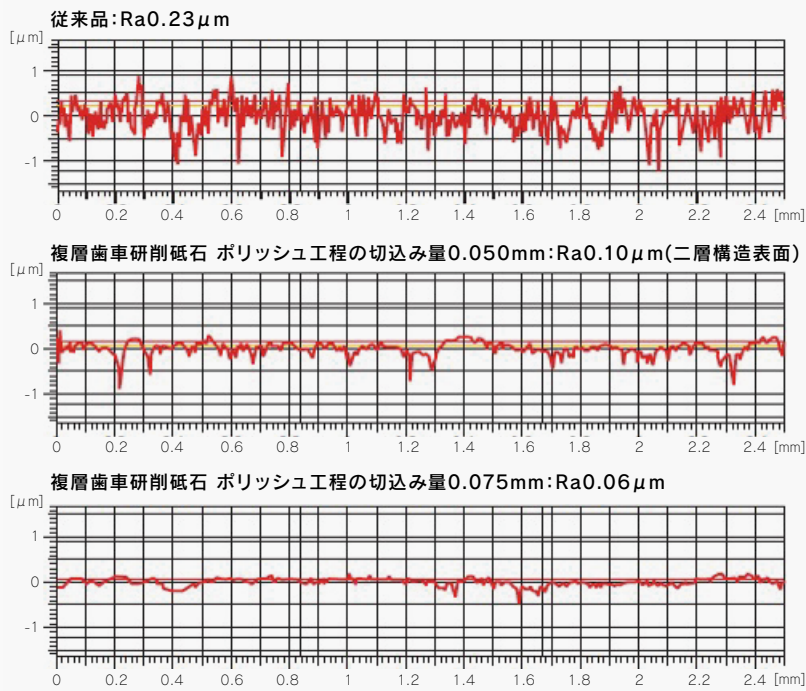


図7 試験後の歯車写真

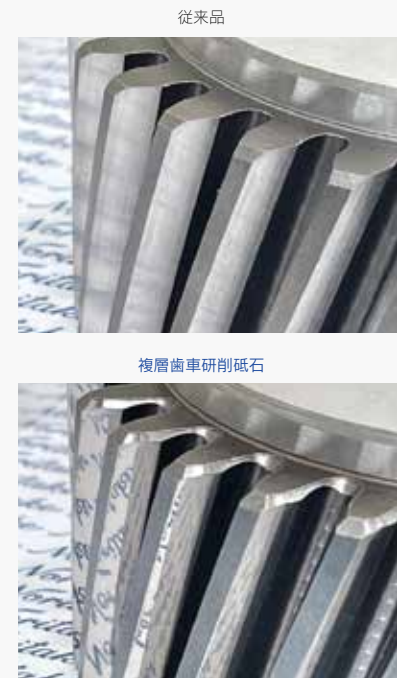
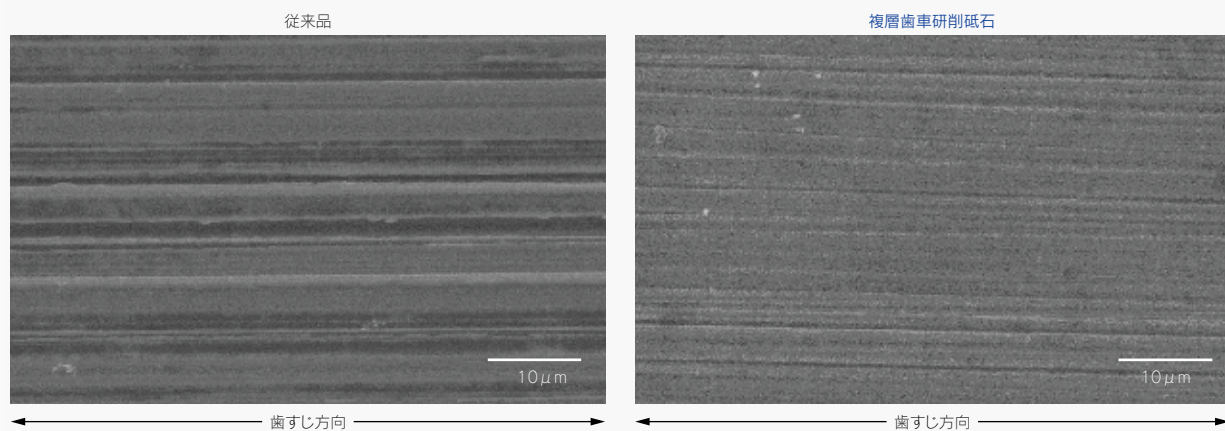


図8 試験後の歯車歯面のSEM写真



開発した複層歯車研削砥石の特徴を以下にまとめます。

- ① ビトリファイド砥石と研磨用砥石を一体化した砥石
- ② 砥石周速度75m/sでの使用が可能であり、生産性を向上
- ③ 表面粗さRa0.1 $\mu$ m以下を実現
- ④ レジノイド砥石タイプは不水溶性、水溶性研削油の両方で使用可能

今後、ノリタケはさらなる砥石周速度の高速化やニーズ変化に合わせたラインナップを加え、お客様の生産性向上、精度向上をサポートできる工具の開発に取り組んでまいります。複層歯車研削砥石で研磨した歯車が次世代自動車に使用されることで、カーボンニュートラルの推進、持続可能な社会への貢献を目指します。

[文献]

- ① 石澤 孝政、大浦 雄介：歯車研削用砥石ギヤエース，NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, 2017 43.  
 ② 石澤 孝政：研削ソリューション：歯車研削・研磨（連続創成），自動車エンジン製造工程における研削ソリューション，2021 21.

**Q** ビトリファイド砥石と研磨用砥石の厚み方向の比率は？

**A** ビトリファイド砥石：研磨用砥石＝2：1～3：1程度の厚み比率になります。具体的にはお客様で使用されるワーク加工条件によりますのでお問い合わせください。

**Q** 研磨用砥石のドレッシング条件はビトリファイド砥石と同様で可能ですか？

**A** 可能です。

Q & A