



[著者] 北嶋 将太、佐藤 誠  
開発・技術本部 研究開発センター  
研磨開発グループ

# SiCウェーハの普及へ向けて ～量産化に貢献するLHAパッド～

[展開性・目指す方向性]

## LHAパッドの実用化

ノリタケでは現在、SiCウェーハを高能率、高面品位で加工できる新しい研磨パッド  
“LHAパッド”の開発に注力しています。

今回取組みの中で、LHAパッドを長時間使用しても研磨性能が持続することが実証できました。

また、LHAパッドを用いた研磨工程では、

現行工程に比べて短い工数でプロセスが完了できる可能性が見え始めています。

### 01 | 高能率と高面品位を両立する新研磨パッド LHAパッド

前回のNORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018の中でLHAパッドの紹介をしました<sup>①</sup>。LHAパッドは遊離砥粒と固定砥粒両者の良いところをいかに半固定砥粒の構造となっており(図1、2、3<sup>②③</sup>)、研磨能率が高いことと材料表面へのダメージが極めて少ないことのメリットを兼ね備えていることを説明しました。

図1 LHAパッドの構造

LHAとはLoosely Held Abrasiveの略で繊維状の母材中に砥粒が挟まり、砥粒が完全には固定されていない構造を有する研磨工具である。

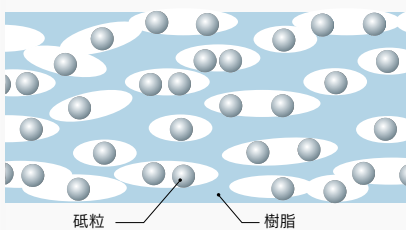
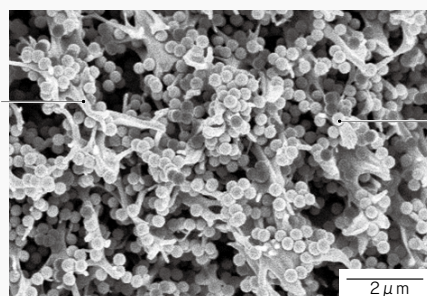


図2 LHAパッドの断面写真



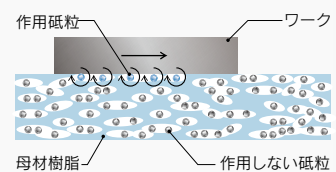
網目状樹脂に砥粒が挟まっている

図3 LHAパッドの砥粒の作用

ワークの全面で砥粒が均一に作用する



- ・スクラッチキズが入り難い
- ・作用点が多く研磨レートが高い



このLHAパッドが主にターゲットとしている材料がSiCウェーハです。SiCウェーハは次世代パワーデバイスの心臓部となるキーマテリアルであり早期の普及が望まれています。材料のコストが見合わず普及に歯止めがかかっている状況です。SiCウェーハの研磨工程に焦点を当てると、現在SiCウェーハを大量に低コストで加工できる工具がなく、研磨工程の加工コスト高も課題の一つとなっています。

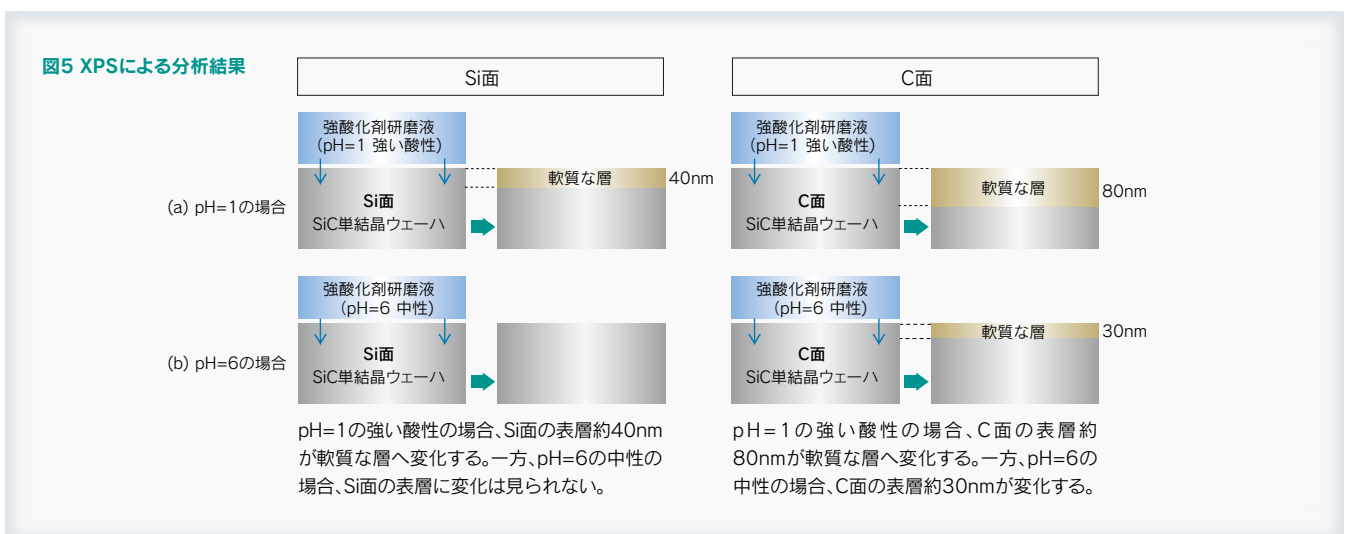
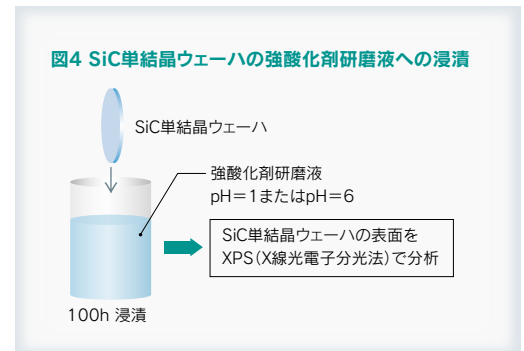
今回は、LHAパッドがSiCウェーハを大量に低コストで加工できる工具であることをいくつかの取組みを通して説明していき、最後にノリタケとしてSiCウェーハの量産化を見据えたLHAパッドによる短縮プロセスを提案していきたいと思います。

## 02 | SiCウェーハの量産化を後押し

### 研磨能率アップのメカニズム

ノリタケではさまざまな実験や研究を行い、SiC単結晶ウェーハに強酸化剤を加えながら研磨を行うと、研磨能率が大幅に向上することを発見しました<sup>[4][5][6]</sup>。この研磨メカニズムを調べるためにSiC単結晶ウェーハを二種類のpHに調整した強酸化剤研磨液に長時間漬け込み、その後X線光電子分光法(XPS)<sup>\*1</sup>という方法でSiC単結晶の表面から内部に向かってどのような構造になっているのかを調査しました(図4)。

その結果、pH=1の強い酸性に調整した強酸化剤研磨液に漬け込んだSiC単結晶ウェーハはSi面<sup>\*2</sup>の場合は表面から40nm、C面<sup>\*2</sup>の場合は表面から80nmまでが軟質な層に変化していました(図5(a))。また、pH=6の中性に調整した強酸化剤液に漬け込んだSiC単結晶はSi面の場合は変化がなく、C面の場合は表面から30nmまでが軟質な層に変化していました(図5(b))。これらのことからSiC単結晶



ウェーハに対し強酸化剤研磨液を加えながら研磨を行うと、強酸化剤研磨液によりSiC単結晶ウェーハが軟質な層に変化し、その軟質な層を素早く除去しながら研磨が進むため、研磨能率が高くなるものと考えられます。また、強酸化剤研磨液の酸性が強い方が研磨能率は高くなるものと考えられます。

## 安定した研磨性能

### 強酸化剤研磨液への研磨パッドの耐久性向上

強酸化剤研磨液を用いた研磨工程を実用化するためには、SiC単結晶ウェーハ表面を柔らかい層に変えてしまうほど強力な強酸化剤研磨液によって、研磨パッドが劣化しないことが求められます。従来の研磨パッドでは強酸化剤研磨液への耐薬品性が弱く、お客様より耐久性のある研磨パッドを望む声がありました。

これまでノリタケでは、研磨パッドの耐薬品性の向上を達成するため、①研磨層母材樹脂の選定②研磨パッドを定盤に接着させるための貼付け用接着剤の選定を行ってきました。母材樹脂の選定においては、多種の樹脂材料を用いて図3のようなLHAパッドの構造を作り出し、研磨性能と耐強酸化剤に優れた材料設計を探究してきました。また、貼付け用接着剤の選定に関しては、実際に様々な接着剤で固定したLHAパッドに強酸化剤研磨液を掛けながら研磨を行い、接着剤が劣化するまで試験を繰り返しました。その結果、新接着剤は強酸化剤研磨液に対して非常に優れた耐薬品性を示しました。今回の検討において、強酸化剤研磨液に対しては接着剤の高分子の構造等が重要な要因となることが分かりました(図6)。

### 研磨性能の長期安定性の評価

量産化工程では品質管理や人件費削減の観点から、安定した品質を長期的に担保できる消耗剤が望まれます。強酸化剤研磨液を用いた場合、従来の研磨パッドによるSiCウェーハの研磨工程では、やはり研磨液による研磨パッドの劣化によって研磨性能が衰退していきます。研磨条件等によってもどれくらいの寿命になるかは変わりますが、従来の研磨パッドは一般的な加工条件で20～30時間程度の寿命となります。

それに対しLHAパッドではどの程度研磨性能が安定的に持続するか検証を行いました。試験は2時間の研磨後に毎回一定時間のドレッシング工程を入れ、初期目標として従来品の2～3倍の寿命にあたる60時間(1回あたり2時間の研磨加工を30回繰り返し)の研磨時間を設定しました(表1)。

今回行った試験における研磨能率の推移を確認すると、研磨能率は1500nm/hを60時間持続しており、時間が経つにつれて性能が劣化することはありませんでした(図7)。これは、強酸化剤研磨液によって材料(母体の樹脂と接着剤)が劣化することなく、また、LHAパッドの構造が深さ方向に均質であることを示唆しています。今回の結果から、LHAパッドに強酸化剤研磨液を掛けながら行う研磨工程において、最低でも60時間以上LHAパッドの使用が可能だと実証できました。

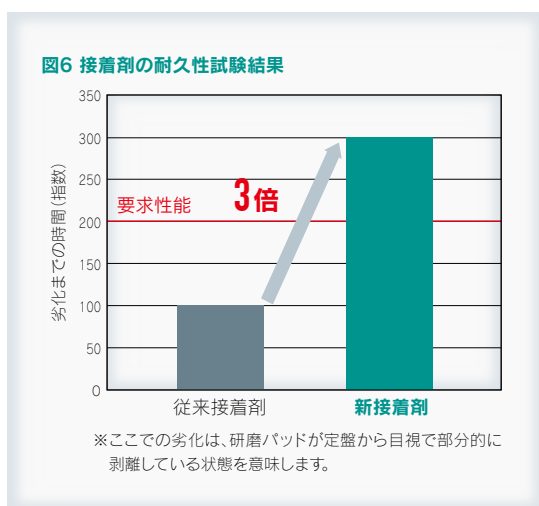
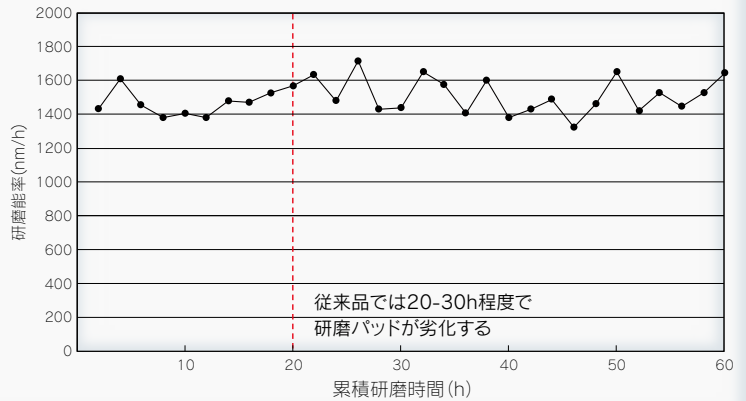


表1 試験条件

研磨装置	36インチ片面研磨機
研磨ワーク	SiC単結晶[4Hタイプ]基板 切り出し角 4° Si(シリコン)面[0001] 6インチ×3枚
研磨圧力	30kPa
テーブル回転数	35min <sup>-1</sup>
研磨液	ノリタケルブリカントLSC-1 (LHAパッド用強酸化剤研磨液)
加工時間	2時間

図7 研磨能率の推移(LHAパッド)



### 03 | LHAパッドを用いた工程短縮へのチャレンジ

冒頭でも述べましたが、SiCウェーハの普及には量産化とコスト低減を後押しできる研磨パッドの開発が必要です。しかし、現行のSiCウェーハの研磨工程では、1次研磨と2次研磨の2段階の工程を踏まなければいけない工程設計となっています(図8)。

1次研磨では、前工程(ラップ工程もしくは研削工程)の加工面のダメージを短い時間で除去するため1000nm/h以上の比較的高い研磨能率で研磨を行います。しかし、一般的に研磨能率とウェーハ表面へのダメージ量はトレードオフの関係にあり、研磨能率を上げようとするとスクラッチの入る確率が上がり、表面も粗くなる傾向があります(研磨能率をあげるには荷重、回転数など負荷を大きくするか、研磨液の酸化剤濃度を上げるなど酸化力を大きくする必要があります)。そのため、不織布系研磨パッドと強酸化剤系研磨スラリーを用いた1次研磨では、スクラッチが入ってしまう場合があります(図9(a))。本来研磨工程では、後工程でウェーハ上にパワーデバイスを作れる表面状態に仕上げることが要求されますが、スクラッチが入った状態ではパワーデバイスの不良の原因となってしまいます。そこで、現行工程では数十nm程度のコロイダルシリカが含有された研磨スラリーとスウェード系研磨パッドを用いたプロセスが2次研磨として行われています。この工程は研磨能率を大幅に下げて工数が多くかかることを代償に、ウェーハ表面へのダメージを極力減らすことを目的としています。よって、研磨能率は1次研磨の1/10以下にはなってしまいますが(図10)、スクラッチが入る確率はほとんどなくなります。このように現行工程では、1次研磨⇒研磨能率重視 2次研磨⇒面品位重視といった2段階の工程をとらなければいけない状況と

図8 現行工程とLHAパッドによる工程の比較

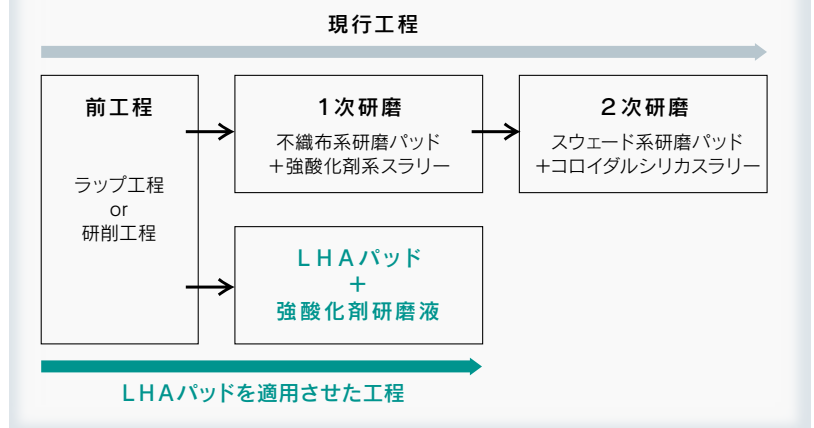
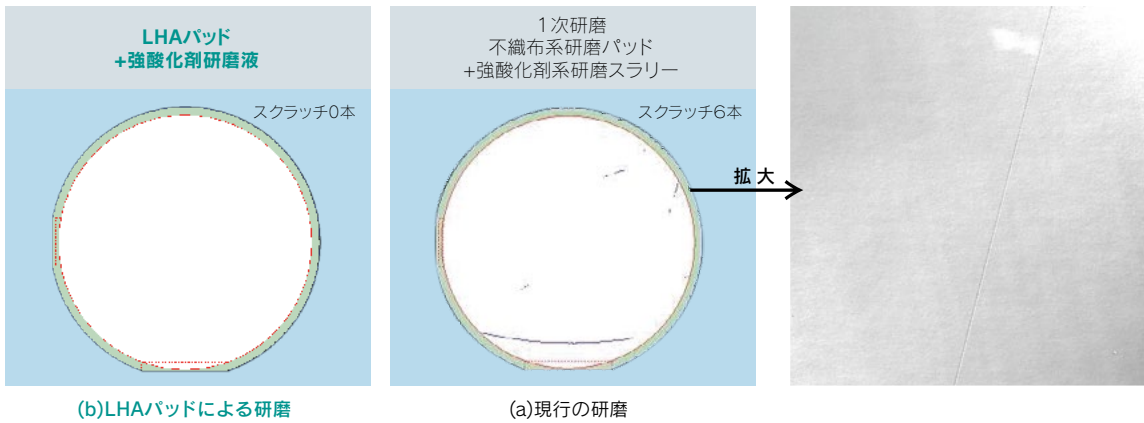


図9 研磨性能の比較(スクラッチ)



なっています。

これに対し、ノリタケではLHAパッドを用いた1段階研磨で大幅な工程短縮を実現し、これがSiCウェーハの量産化・コスト低減に大きく貢献すると考えています。LHAパッドの最大の特長は加工の高能率化と高面品位化が持続的に両立できることです。実際に、LHAパッドによる研磨能率は現行の1次研磨よりも1.5倍以上高くなることがわかっており(図10)、スクラッチも極めて少ないことがわかっています(図9(b))。さらに、現行の1次研磨とLHAパッドを用いた研磨後のSiCウェーハの断面をTEM(透過型電子顕微鏡)で観察したところ、現行の1次研磨後のウェーハ表面付近は像がぼやけている所があることに対し、LHAパッドを用いた研磨後の表面は原子配列が鮮明に観察することができました(図11)。観察結果から、不織布系研磨パッドを用いる1次研磨ではウェーハに対して原子レベルでダメージを与えており、一方LHAパッドを用いる研磨では原子レベルでダメージがないことがわかりました。このことから、LHAパッドを用いた研磨工程では2次研磨が必要なく、1段階の研磨のみで工程を完了できる可能性が見えてきました(図8)。

図10 研磨性能の比較(研磨能率)

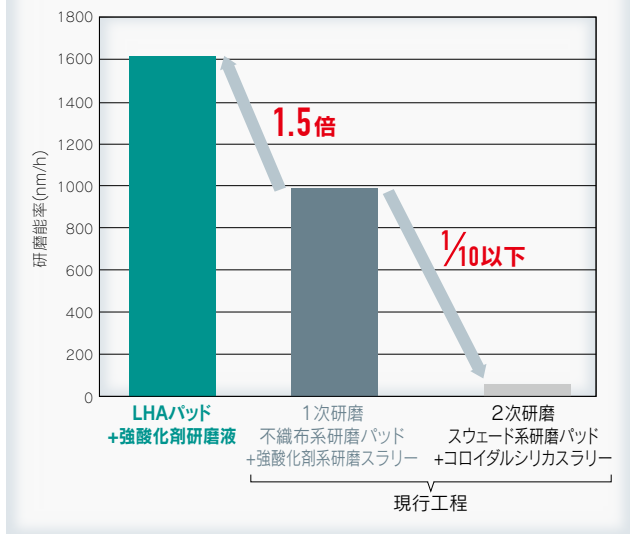
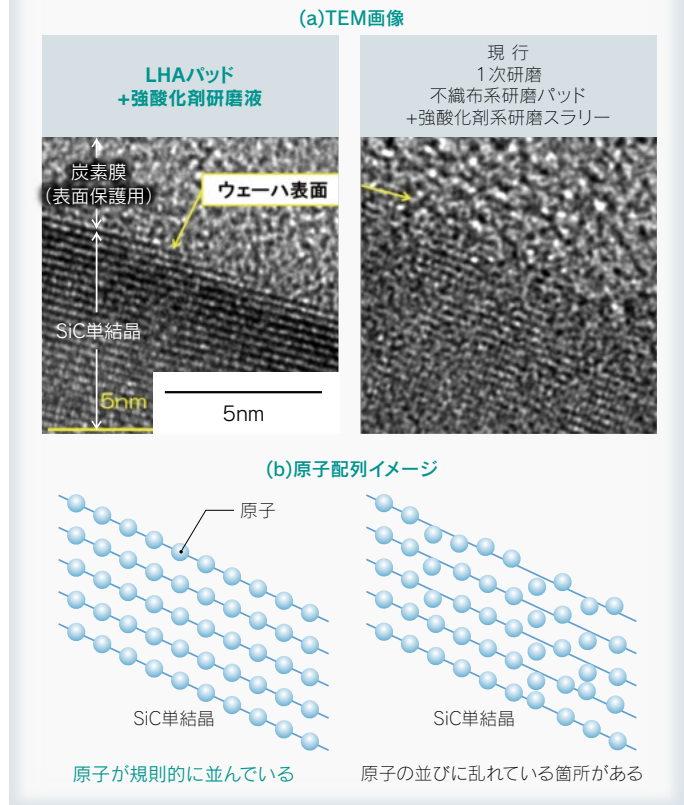


図11 研磨性能の比較(断面TEM像)



## 04 | LHAパッドを用いたSiCウェーハの新しい研磨工程の提案

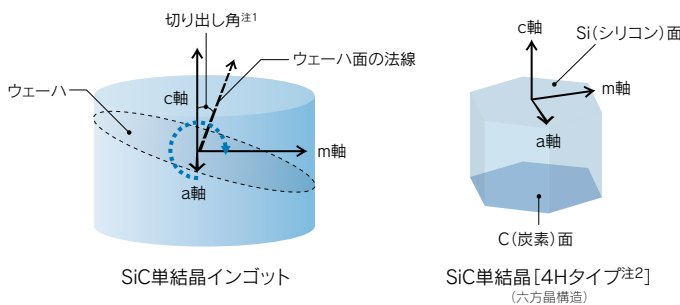
以上のように研磨工程を1段階にできることは、(i)工数低減による人件費の削減、(ii)研磨装置が1台で良い(1次、2次研磨それぞれで装置を分ける必要がない)、(iii)消耗材の管理が容易になる(LHAパッドと研磨液のみ)など多くのメリットがあります。

今後はさらにデータ量を蓄積してこの1段階研磨の実用性を高め、LHAパッドを用いた1段階研磨がSiCウェーハの研磨工程に新しい風を起こせられるようノリタケとして取り組んでいきます。

[注釈]

- ※1：被測定物の表面にX線を照射したときに、その表面から生ずる光電子のエネルギーと強度を調べることにより元素の種類や、原子の電子の状態を分析する方法。ESCAとも表現される。
- ※2：図12のようにSiC単結晶の結晶c軸面(c軸を法線とする面)はSi(シリコン)面[0001]とC(炭素)面[000-1]があり、ほとんどの場合Si面側にデバイスを作る。一般にSi面側が研磨し難くなる<sup>7)</sup>。

図12 SiC単結晶の構造とウェーハの切り出し角



注1: パワーデバイス用ウェーハの場合、a軸周りに2~4°傾けて切り出したものが多い。  
注2: パワーデバイス用にはポリタイプ<sup>8)</sup>が4Hタイプ<sup>9)</sup>のものを使う場合が多い。

[文献]

- ① 佐藤誠：半固定砥粒研磨パッド“LHAパッド”とSiC単結晶の研磨、NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, 62-67
- ② 佐藤誠：研磨耐およびその製造方法、特許第4266579号
- ③ M.Sato, K.Okuda：Polishing of Single Crystal SiC with the LHA Pad, The 11th International Conference on Precision Engineering (August16-18, 2006, Tokyo, Japan)proceedings, Towards Synthesis of Micro-/Nano-system,271-275.
- ④ M.Sato, K.Okuda：Polishing of Single Crystal SiC with the LHA Pad, The 11th International Conference on Precision Engineering (August16-18, 2006, Tokyo, Japan) proceedings, Towards Synthesis of Micro-/Nano-system, 271-275.
- ⑤ 佐藤誠, 奥田和弘：砥粒内包パッドの開発(3), 2006年度精密工学会 春季大会学術講演会講演論文集, 555-556.
- ⑥ 佐藤誠, 奥田和弘：結晶材料の研磨加工方法, 特許第5336699号
- ⑦ 佐藤誠：SiC単結晶の酸化剤援用研磨とそのメカニズム、日本機械学会 2010年度年次大会講演論文集, 241-242

■適用範囲と期待効果

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
		●	●	●
サイクルタイム短縮	工具寿命向上	加工品質向上	作業性改善	環境配慮
●		●	●	●

**Q** どのようなドレッサを使用すればいいですか？

**A** LHAパッドに最適な専用のドレッサを設計/開発しています。ご相談ください。

**Q** LHAパッドのラインナップはどのようなものがありますか？

**A** 標準サイズは最大36インチまであり、溝(同心円, XY等)も入れることができます。また、φ50インチサイズの試作も行っています。詳細はご相談ください。

**Q** どんな研磨液でも研磨可能ですか？

**A** 酸化力のある研磨液であれば、ある程度の研磨能率はできますが、専用研磨液(ノリタケLSC-1)をおすすめします。

Q & A