



設計者・エンジニアのための

# 軟磁性体加工

技術ハンドブック



# 1. 軟磁性体に関するよくある質問

## Q. 軟磁性体の特性を教えてください。

軟磁性体の特性に関しましては、お客様からの仕様によります。

仕様には大きく3つあり、①軟磁性体の材質、②製品の形状、③加工方法、に分かれます。軟磁性体と一言に言っても、材質は非常に幅が広く、鉄系やステンレス系かでも大きく仕様が異なってきます。もちろん形状によっても磁気特性が変わってきてしまいます。また、特に加工方法に関しては、製品自体の特性に大きく影響を及ぼす可能性があります。

そのため当社では、実際に軟磁性体の試作加工を行う前に、製品や磁性の特性に関するお打合せをお願いしております。当社では、お客様のご要望にあわせた軟磁性体の加工を行うことができる、数少ない軟磁性体の加工メーカーです。軟磁性体の加工にお困りの方は、まずは焼結金属加工.comまでお問い合わせください。

## Q. 軟磁性体はどのようにチャッキングすればいいですか？

焼結金属加工.comでは、軟磁性体の加工時のチャッキングには独自のノウハウで工夫を凝らしております。というのも、軟磁性体の加工時に一般的なチャック方式を行ってしまえば、素材が崩壊する恐れがあるためです。

軟磁性体は焼結金属とは異なり、焼結加工はされずに加熱処理されているのみの材質です。そのため、材質自体が非常に脆く、加工が非常に困難な材料としても軟磁性体は知られています。つまり、通常のチャックで固定しようとすると、ワークにチャック跡がついてしまったり、ワークが割れてしまう恐れがあるのです。

当社では、焼結金属の加工で培ったチャッキング技術を活用することで、軟磁性体の加工時のチャック方式を十分に検討した上で加工を行っております。このような独自の加工ノウハウが、多くのお客様から当社が高評価をいただける点だと捉えております。

## Q.軟磁性体加工における加工条件は、どのように決めますか？

焼結金属加工.comでは、軟磁性体の加工条件に関しては、基本的にはお客様からご提示されました素材の材種や密度、そして製品の寸法精度により、加工条件を決定しております。そのため、結論としては製品ごとに軟磁性体の加工条件を決めております。

焼結金属加工.comでは、過去に様々な種類の難磁性体加工を行ってまいりましたが、現状当社では旋盤加工による軟磁性体加工が多くなっています。また、製品の都合上、ワイヤーカットで加工してしまうと特性が出ないため、ワイヤーカットでの加工は非常に少なくなっております。

## Q.軟磁性体の加工では、どれくらいのサイズまで対応可能でしょうか？

焼結金属加工.comでは、様々なサイズでの加工実績がございます。具体的な対応可能サイズとしては、 $\Phi 2\sim 150$ まで、厚さは150mmまで対応可能となります。

当社では研究開発案件での軟磁性体の加工実績が多くなっているため、30~50mmサイズが実績も多くなっております。手のひらに収まるサイズであれば問題なく加工することができます。

## Q.軟磁性体の加工には、素材の準備からお願いしてもよいでしょうか？

焼結金属加工.comでは、軟磁性体材の加工のみ対応しており、素材の提供は行っておりません。

軟磁性体材の加工をご希望されるお客様は、素材の密度や磁束密度、鉄損といった数値に仕様を設けていらっしゃるケースがほとんどです。そのため、当社では軟磁性体材の素材提供は行っておりません。万が一軟磁性体材の加工をご希望される場合は、素材支給にてご対応をお願いしております。

また当社には、軟磁性体材用の磁気特性確認のための検査設備は保有しておりませんので、加工後の磁気特性の評価はお客様にお願いしております。

## Q.軟磁性体の加工にはどのような材質の工具を使用しますか？

焼結金属加工.comでは、軟磁性体の加工をする際は、お客様からのご要望の品質により、様々な工具を使い分けております。

例えば、当社ではハイス工具やサーメット工具、超硬工具を使用することが多くなっております。もちろんこれらの工具には、それぞれ特徴があり、同様に軟磁性体にも様々な材質と特徴がございます。当社では、こうした工具と軟磁性体の材質に合わせて、最適な組み合わせで軟磁性体加工を行っております。

その他にも、焼結金属加工.comでは、軟磁性体の加工に合わせた専用工具の製作も行っています。焼結金属加工で培った難削材の加工技術を取り入れることで、最適な加工条件に合わせて、最も効率的に加工することができる工具開発まで自社で行っております。

## Q.圧粉磁心の加工には、どのような種類の加工に対応可能ですか？

焼結金属加工.comでは、圧粉磁心を中心とした軟磁性体の加工において、旋盤加工、マシニング加工、研削加工といった加工方法にて対応しております。

現状当社で行っている圧粉磁心の加工としては、旋盤加工が多くなります。これは、お問い合わせいただく圧粉磁心の加工が、丸物で同心円状の製品が多いためです。また、お客様のご要望の多くがワイヤーカットを不可とする加工が多くなっております（ワイヤーカットで加工してしまうと特性が出ないため）

そのため当社では、外径・内径・端面の加工では旋盤加工を、溝加工・穴加工ではマシニング加工を、圧粉磁心材の厚さが薄く、旋盤やマシニング加工では難しいものは研削加工を採用しており、お客様の希望される形状にあわせて最適な加工方法を選定しております。また、磁気特性や表面性状においてより精度が必要な場合では、当社では研削加工をおすすめしております。

## Q.軟磁性体の加工後の硬度の測定はできますか？

焼結金属加工.comでは、過去に軟磁性体材の加工後の硬度測定を行った実績はございますが、正確な硬度測定は困難という結論でございます。

当社が取り扱う軟磁性体材は、圧粉磁心という材料が多く、空孔がとても多い材料になります。以前研究機関の方々と共同研究時に、マイクロビッカース硬さ試験機にて硬さ試験を行った実績がございますが、空孔部分を避けた硬度測定はとても困難な結果となりました。実際に硬さ測定は行うことができましたが、お客様が測定を希望されるサンプルのサイズや密度によっては対応いたしかねる場合もございます。

## Q.軟磁性体材料の単品加工は可能でしょうか？

はい、焼結金属加工.comでは、軟磁性体材料の単品加工にも対応しております。現在当社で行っている軟磁性体の加工は、研究開発向け案件が多くなっております。そのため、事例をサイトには掲載しておりませんが、小ロット・単品にて軟磁性体の加工を行っております。

もちろん、軟磁性体の加工の量産加工にも対応いたします。焼結金属加工.comでは、軟磁性体の加工するために必要な工作機械が一通りそろっているため、お客様のご要望にあわせて加工方法の選定ができます。

## Q.軟磁性体材料の加工後の面粗度の測定はできますか？

はい、焼結金属加工.comでは軟磁性体の加工後の面粗度測定にも対応しております。当社では、東京精密工業製の面粗度測定器 surfcom 480Aにて測定を行っております。こちらの測定器では、精度としては0.001mm台までは算出することができます。ただし、軟磁性体材は焼結を行っていない材料のため、空孔部分が多くなります。そのため、軟磁性体材の面粗度測定では、測定後のデータから空孔部分を除いて算出される仕組みとなります。

当社では、実際にお客様から加工後の軟磁性体材の面粗度測定を行った実績もございます。

## Q.電磁ステンレス系の軟磁性体の加工は可能でしょうか

はい、焼結金属加工.comでは、電磁ステンレス系の軟磁性体加工にも対応しております。当社では、主に鉄系かステンレス系の軟磁性体の加工を行っております。両者で比較すると、ステンレス系の軟磁性体の方が加工は容易となりますが、それでも一般的な難削材よりも加工するのが困難な材料となります。

そのため当社では、加工条件に工夫を凝らすことで、電磁ステンレス系の軟磁性体加工を行っております。具体的には、鉄系の軟磁性体加工時よりも若干加工速度を早めに調整することで、仕上げ精度をより向上させることができます。

現状は電磁ステンレス系の軟磁性体加工では、研究開発向けの加工が多く、サイト上でご覧いただくのは困難ではございますが、当社では多数の電磁ステンレス系の軟磁性体加工の実績を有しております。鉄系の軟磁性体加工と同様の形状や用途の希望が多くなっています。そのため、鉄系の軟磁性体加工で習得したノウハウを電磁ステンレス系の軟磁性体加工にも生かしております。特に防錆特性であれば、当社でも電磁ステンレス系の軟磁性体で加工することを推奨しております。

## Q.鉄系の軟磁性体（圧粉磁心材）の切削加工は対応可能でしょうか

はい、焼結金属加工.comでは、鉄系の軟磁性体の切削加工に対応しております。当社では、主に鉄系かステンレス系の軟磁性体の加工を行っております。両者で比較すると、鉄系材の軟磁性体の方が加工は困難となります。当社では鉄系材の軟磁性体の加工の際には超硬工具を使用しておりますが、超硬工具であっても鉄系の軟磁性体の加工では非常に摩耗しやすくなります。

そのため当社では、鉄系の軟磁性体加工の際には、加工条件により一層の工夫を凝らして加工を行って、鉄系の軟磁性体の加工実績も多数ございます。当社では、従来より焼結金属を中心とした難削材への加工を得意としており、他社では加工が困難な鉄系の軟磁性体加工であっても独自の加工ノウハウによって対応することができます。

また当社では、難削材の加工にも対応した工具の再研磨も行っております。そのため、他社では摩耗した工具に悪戦苦闘するところを、当社ではすぐに社内で工具の再研磨を実施することができるため、リードタイムを短縮しつつ、高精度な軟磁性体加工を実現しております。

## Q.軟磁性体の加工における注意点を教えてください。

軟磁性体の加工における注意点は、下記4点にまとめることができます。

- ①加工条件や工具選定に気を付ける
- ②工具の摩耗管理を適切に行う
- ③チャック方式には十分な検討が必要
- ④素材成形条件等による加工検討が必要

軟磁性体は焼結金属と同様に、一般的な金属に比べて工具の摩耗が著しく激しいため、連続した加工が非常に困難な材料として知られています。そのため、軟磁性体の加工においては、加工条件や工具の選定に気を付ける必要があり、特に工具の摩耗管理を適切に行うことが重要となります。

また軟磁性体は焼結金属とは異なり、焼結加工はされずに加熱処理されているのみの材質のため、材質自体が非常に脆く、加工が非常に困難な材料としても知られています。そのため、通常のチャックで固定しようとする、ワークにチャック跡がついてしまったり、ワークが割れてしまう恐れがあります。軟磁性体の加工をする際には、チャック方式を十分に検討する点も重要なポイントとなります。

さらに、軟磁性体は素材のみでの加工条件や工具の選定は非常に困難とされています。それは、軟磁性体の材質特性を決めるのが、素材の成形条件に大きく依存するためです。そのため、軟磁性体の加工においては、成形条件などをもとにした加工条件の検討をすることが大切です。

焼結金属加工.comでは、軟磁性体加工における様々な実績がございます。焼結金属加工で培った経験を活かし、旋盤加工や研磨加工、マシニング加工など、様々な加工方法で軟磁性体の加工をすることができます。また、当社が長年積み重ねてきた工具の再研磨技術も活かすことで、工具摩耗が非常に激しい軟磁性体であっても高効率に加工することができます。当社独自の加工条件や工具選定のノウハウによって、あらゆる軟磁性体加工を実現いたします。

## Q.焼結金属加工.comが扱う磁性体は、どのような素材ですか？

焼結金属加工.comが取り扱う磁性体は、圧粉磁心と呼ばれる軟磁性体です。

圧粉磁心とは、ナノスケールの絶縁皮膜で覆われた鉄粉を成形し、加熱処理した素材です。圧粉磁心は焼結金属とは異なり、焼結工程がなく、加熱処理のみとなります。そのため、材質自体が非常に脆く、加工が非常に困難な材料として知られています。しかし圧粉磁心は、その加工工程ゆえに3次元形状の自由度には優れており、また低周波から高周波まで、幅広い周波数域で優れた軟磁気特性を持つことが大きな特徴です。

当社では、軟磁性体加工における様々な実績がございます。焼結金属加工で培った経験を活かし、旋盤加工や研磨加工、マシニング加工など、様々な加工方法で軟磁性体の加工をすることができます。また、当社が長年積み重ねてきた工具の再研磨技術も活かすことで、工具摩耗が非常に激しい軟磁性体であっても高効率に加工することができます。当社独自の加工条件や工具選定のノウハウによって、あらゆる軟磁性体加工を実現いたします。

## Q.軟磁性体加工はできますか？

はい、焼結金属加工.comでは、焼結金属だけではなく軟磁性体の加工にも対応しており、様々な実績がございます。軟磁性体は焼結金属と同様に、一般的な金属に比べて工具の摩耗が著しく激しいため、連続した加工が非常に困難な材料として知られています。そのため、軟磁性体の加工においては、工具の摩耗管理を適切に行うことが重要となります。

また軟磁性体は焼結金属とは異なり、焼結加工はされずに加熱処理されているのみの材質のため、材質自体が非常に脆く、加工が非常に困難な材料としても知られています。

しかし焼結金属加工.comでは、焼結金属加工で培った経験を活かし、旋盤加工や研磨加工、マシニング加工など、様々な加工方法で軟磁性体の加工をすることができます。また、当社が長年積み重ねてきた工具の再研磨技術も活かすことで、工具摩耗が非常に激しい軟磁性体であっても高効率に加工することができます。当社独自の加工条件や工具選定のノウハウによって、あらゆる軟磁性体加工を実現いたします。



## Q.圧粉磁心モーターコアは、どれくらいのサイズまで加工可能ですか？

実績のあるサイズとしましては、 $\phi 30 \sim \phi 120$ 程度までは対応可能です。またそれ以外のサイズに関しましては、図面等を精査させていただき、別途対応するような形とさせていただきます。圧粉磁心モーターコアに関するご相談を現在多数いただいておりますので、お困りの方はお早めにご相談ください。

## Q.圧粉磁心の加工トライは実施可能でしょうか？

圧粉磁心製の製品は、お客様の仕様により、材料の配合や密度、硬度が変わります。そのため、加工条件や切削工具等も変更する必要があります。その都度加工トライを実施させていただきます。そして、外観や精度でお客様のご要望を満たしているか、製品の加工が対応可能か確認してから、実際の本製作を進めます。圧粉磁心の加工トライをご希望の方は、まずは焼結金属加工.comまでご相談ください。

## Q.粉を支給するので、圧粉磁心の成形から切削加工までお願いできますか？

成形に関しましては、弊社の協力会社様と相談して検討いたします。そのためお客様には、材料の情報、ご希望の性能、公差等の図面仕様をご提出いただくことになります。切削加工に関しては、当社の焼結金属や圧粉磁心の加工ノウハウを活かして、高精度な加工を実現いたします。圧粉磁心の成形から加工までのプロセスでお悩みの方は、まずは焼結金属加工.comまでご相談ください。

## Q.圧粉磁心の材料は保有していないのですが、現在使用している弊社材料でサンプル製作できますか？

当社の協力成形メーカー様と相談して検討いたしますので、まずはご希望の材料の種類、もしくは性能目標値をご指示いただき、その後材料の選定をいたします。その他、公差等の図面仕様をご提出いただく必要もございます。当社では、成形に関しては協力メーカーにて実施し、加工に関しては焼結金属加工のノウハウを駆使し、また独自の工具再研磨ノウハウも生かすことで、当社にしかできない圧粉磁心の高精度かつ高効率な加工を実現しております。圧粉磁心のサンプル製作にお困りの方は、まずは焼結金属加工.comまでご相談ください。

## 2. 特注品製作事例

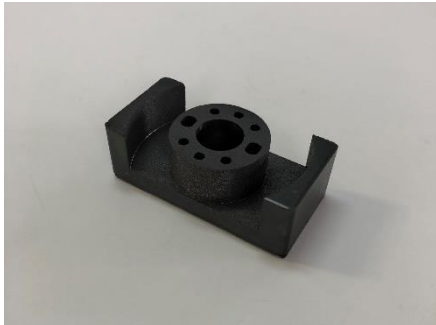
### 軟磁性体コア（圧粉磁心）



製品	軟磁性体コア（圧粉磁心）
材質	軟磁性体（圧粉磁心）
業界	産業機械
成形方法	焼結金属(焼結合金・粉末冶金)
サイズ	Φ30
工程	マシニング、旋盤

こちらは、軟磁性体製のモーターコアです。こちらのコアは圧粉磁心でできており、焼結されずに圧力をかけて作られた成形体を加工した製品です。このような軟磁性体の加工は、素材自体が脆性材料であるのにも関わらず、硬度が高い材料なので、加工自体が非常に困難です。そのため、圧粉磁心の成形体の加工をする際は、チャックで固定する方法や強さなど、細かい調整が必要となります。

### 軟磁性体 丸芯コア（圧粉磁心）



製品	軟磁性体 丸芯コア（圧粉磁心）
材質	軟磁性体（圧粉磁心）
業界	その他
成形方法	その他
サイズ	30×50×30
工程	マシニング

こちらは、軟磁性体製のコアです。こちらのコアは圧粉磁心でできており、焼結されずに圧力をかけて作られた成形体を加工した製品です。

まず全体をマシニング加工で中心の丸形を製作いたしました。最後に研磨処理をして、お客様にお届けいたしました。

### 軟磁性体 異形状コア（圧粉磁心）



製品	軟磁性体 異形状コア
材質	軟磁性体（圧粉磁心）
業界	産業機械
成形方法	その他
サイズ	40×70×20
工程	マシニング、研磨

こちらは、軟磁性体製の異形状コアです。こちらのコアは圧粉磁心でできており、焼結されずに圧力をかけて作られた成形体を加工した製品です。

まず全体をマシニング加工で形をとり、その後上面から6個の穴加工、穴通しをつなげる溝加工を施しました。最後に研磨処理をして、お客様にお届けいたしました。

### 軟磁性体 十字段付きコア（圧粉磁心）



製品	軟磁性体十字段付きコア
材質	軟磁性体（圧粉磁心）
業界	その他
成形方法	その他
サイズ	40×70×30
工程	マシニング、研磨

こちらは、軟磁性体製の段付きコアです。こちらのコアは圧粉磁心でできており、焼結されずに圧力をかけて作られた成形体を加工した製品です。

まず全体をマシニング加工で形をとり、次に2段目のひし形形状を出し、その後に最上面に十字形状の段を製作いたしました。最後に研磨処理をして、お客様にお届けいたしました。

## 8突起 アキシタルギャップモーター用圧粉磁心コア



製品	8突起 アキシタルギャップモーター用 圧粉磁心コア
材質	軟磁性体
業界	産業機械・モーター
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ110 x 35 L
工程	マシニング加工

こちらは、アキシタルギャップモーター用の圧粉磁心コアです。加工精度として、平行度・直角度を2~8/100に仕上げ、高い寸法精度と機能性を実現しています。本製品は、突起部8個と中心を含む3個の穴を精密加工して仕上げています。この加工には、軟磁性材特有の「硬度が高く脆い」という性質への対応が求められます。特に、全高が高い構造のため、振れを抑えながら刃具の切れ味を維持することが重要です。

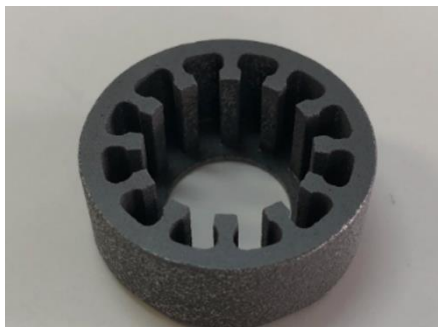
## 9突起 アキシタルギャップモーター用圧粉磁心コア



製品	9突起 アキシタルギャップモーター用 圧粉磁心コア
材質	軟磁性体
業界	産業機械・モーター
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ110 x 35 L
工程	マシニング加工

こちらは、アキシタルギャップモーター用の圧粉磁心コアです。軟磁性材を素材としたΦ110×35Lの大径円柱ブランク材を基材とし、切削加工により製作された当社オリジナルの開発的な形状です。本製品は、突起部9個と2つの穴を精密に加工する設計となっています。このアキシタルギャップモーター用コアは、次世代電動機的设计に対応した重要な部品であり、試作から量産までの段階でさまざまな課題が発生することが予想されます。当社ではこれまでに蓄積した豊富な加工ノウハウを活かし、特殊形状や高精度が要求される製品にも柔軟に対応可能です。

### 内側12枚フィン 圧粉磁心モーターコア



製品	内側12枚フィン 圧粉磁心モーターコア
材質	軟磁性体
業界	産業機械・モーター
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ30 x 15 L
工程	マシニング加工

こちらは、内側12枚フィンを持つ圧粉磁心モーターコアです。本製品は、内側に12枚のフィンを持つ構造であり、特に一番薄肉になる部分がわずか2mmと非常に薄く、高い加工精度と安定性が求められる形状となっています。また、内径が大きいことと軟磁性材特有の「硬度が高く脆い」という性質が相まって、加工中に変形や割れが発生しやすい難題が伴います。当社では、これらの課題を解決するために、自社で開発・製造した軟磁性材専用の切削刃具を使用し、振動や加工中の変形を最小限に抑える高度な加工技術を採用しています。

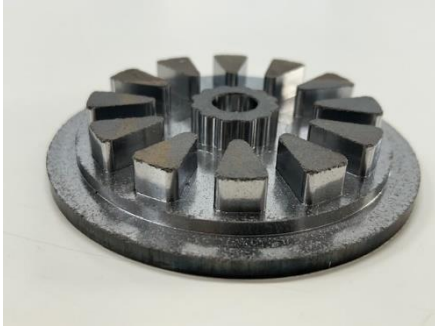
### 外側12枚フィン 圧粉磁心モーターコア



製品	外側12枚フィン 圧粉磁心モーターコア
材質	軟磁性体
業界	産業機械・モーター
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ30 x 13 L
工程	マシニング加工

こちらは、外側12枚フィンを持つ圧粉磁心モーターコアです。軟磁性材製のΦ30×13Lの小径円柱ブランク材を基材とし、切削加工によって製作された当社オリジナルの開発的な形状です。本製品は、外周に12枚のフィンを持つ構造であり、特に一番薄肉となる部位はわずか2mmと非常に薄く、軟磁性材特有の「硬度が高く脆い」という特性を考慮した高難度加工が必要です。加工中に変形や割れを防ぎ、正確な仕上げを行うため、振動の抑制や刃具の切れ味を適切に維持することが重要です。

## 12突起 アキシシャルギャップモーター用圧粉磁心コア



製品	12突起 アキシシャルギャップモーター用 圧粉磁心コア
材質	軟磁性体
業界	産業機械・モーター
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ120 x 20 L
工程	マシニング加工

こちらは、アキシシャルギャップモーター用の圧粉磁心コアです。軟磁性材製のΦ120×20Lの大径円柱ブランク材を基材とし、切削加工によって製作しました。このアキシシャルギャップモーターコア形状の製品では、突起部12個と中心の穴1個の精密加工が必要になります。しかし軟磁性材は、硬度が高い一方で脆く、加工中に先端や角部が欠けやすいという特性があります。そのため、振れの抑制や切削刃具の切れ味を適切に維持することが重要です。

## 軟磁性材コア放射型切り抜き加工



製品	軟磁性材
材質	軟磁性体
業界	モーター、発電機
成形方法	軟磁性体（圧粉磁心）
サイズ	Φ50 x 7 t
工程	ワイヤーカット

こちらは、軟磁性体製のモーターコアです。こちらのコアは圧粉磁心でできており、焼結されずに圧力をかけて作られた成形体を加工した製品です。このような軟磁性体の加工は、素材自体が脆性材料であるのにも関わらず、硬度が高い材料なので、加工自体が非常に困難です。そのため、圧粉磁心の成形体の加工をする際は、チャックで固定する方法や強さなど、細かい調整が必要となります。本製品は、協力工場のワイヤーカットにて加工した形状となりますが、軟磁性体は加工時に角がかけやすいため、チャックだけでなく工具や加工条件にも注意する必要があります。これまでに蓄積されたノウハウで、軟磁性体の加工を実現しております。

スプロケット、ギヤ（歯車）、プーリーをはじめとした焼結金属品や、  
圧粉磁心をはじめとした軟磁性体加工まで、  
1個から見積・加工対応いたします！

# 焼結金属加工.COM



## 焼結金属加工.comが選ばれる理由

1. 単品を見据えた単品、試作品の加工に対応
2. 工法転換技術によるコストダウン提案
3. 多品種少量生産の加工にも対応
4. 特殊工具の内製化、工程集約によってリードタイム短縮
5. 専用の生産ライン設計により10万個/月の量産生産

# 焼結金属加工.COM

<https://sintered-metal-processing.com/>

## 株式会社宮本製作所

本社工場  
〒319-1225  
茨城県日立市石名坂町2-43-15  
WEB : <https://miyamoto-ss.co.jp/>  
FAX : 0294-52-1213

お急ぎの方はこちらから！

 **0294-52-1211**  
(平日 8:00~17:00)