

# PROTERIAL

Vol.5  
Aug. 31, 2023

## NEWSLETTER

### 「足し算」の原理で未来を無限に広げる ～クラッド材～

クラッド材とは？・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3  
プロテリアル®のクラッド材・代表製品「車載LIB用負極タブ材」・・・ 10  
「負極タブ材」開発者インタビュー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

**プロテリアルNEWSLETTERとは…**

プロテリアルグループの特長ある製品・技術を、皆さまに広く、深く知っていただくことをめざして発行しました。プロテリアルグループへのご理解を深めていただく一助となることを願っております。

株式会社プロテリアル（以下 プロテリアル）は、長年にわたり主力事業として、「ヤスキハガネ」、「YSS」のブランドで、高級特殊鋼※1の製造販売を行ってきました。特殊鋼事業はプロテリアルグループの売上収益全体の約3割であり、安来工場（島根県安来市）をメイン工場として生産を行っています。

この中でも事業をけん引している製品の1つであり、未来を切り拓く材料として期待をされているものが「クラッド材」です。クラッド材はグループ会社である株式会社プロテリアル金属によって手がけられている製品です。

クラッド材は、英語で「Clad」と記され「服を着た、覆われた」であったり「金属を被覆する」ことを意味します。この言葉のとおり、クラッド材は2種類以上の異なる金属を接着剤などを使わず貼り合わせ、単一材料では得られない複合特性を「足し算」の原理で生み出す金属材料です。

クラッド材は、これまで単一金属だけでは見出せなかった金属の用途面での可能性をさらに広げるものとして期待されており、積極的に開発を進めています。

このたびは、このクラッド材の特長や、今後の活躍、そして特に求められている用途など、未来の可能性を導く材料として、どのような貢献が期待されているかを紹介していきます。



※1 特殊鋼: 高級炭素鋼と合金鋼の総称で、鋼の中でも普通鋼とは分けて扱われるもの。



# クラッド材とは？日本刀もクラッド材？？

冒頭のご説明のとおり、クラッド材は2種類以上の異なる金属を接着剤などを使わず貼り合わせ、単一材料では得られない複合特性を「足し算」の原理で生み出した高機能金属材料です。

異なる金属を貼り合わせるというクラッド材の技術は古くからあり、7世紀ごろに技術が確立されたと言われる日本刀もその一つです。比較的軟らかい低炭素鋼を硬い高炭素鋼で包み、「折れない、曲がらない、よく切れる」といった日本刀の特長を「足し算」の原理で生み出しています。美しい刃紋は、異なる硬さの鋼を巧みに接合させる「足し算」で生み出されています。



### たたら製鉄

日本刀の材料である「玉鋼（たまはがね）」を伝統的な製法で作出す製鉄方法





# クラッド材は何に使われるの？

従来からの用途としては、電流を遮断するブレーカーやボタン電池などに使われています。ブレーカーは、熱膨張率の異なる金属を貼り合わせたクラッド材に、電流が流れると熱が発生し、2つの金属の熱膨張差で一方に曲がる性質を利用したものです。ボタン電池のパッケージ材は、耐食性の高い金属と高強度の金属を複数組み合わせて、電解液に耐え、かつ深絞り加工※2を施すことができます。

## ■用途事例1

### マイクロ(ボタン式)電池用クラッドメタル



電気をとおしやすく、錆びにくく、強度に優れた材料になります。



この組合せにすると、導電性と耐食性だけでなく、高い強度を兼ね合わせることができるので、ボタン電池用などの材料として適しています。



どこに使われているの？

**ここに、クラッド材が使用されています！**

【用途例】ボタン電池の封口板  
※封口板は、電極端子と接触するため、端子間での電気短絡防止および電解液の漏出防止する機能があります。

外層には電気をよくとおし、耐食性のある純ニッケルを採用。中間層には強度が必要なのでステンレスを採用。内層はさらに電気をよくとおし、電解液に耐える素材として銅を使用しています。

単一金属だとどうなるの？

銅だけだと電気をよくとおすが、強度、耐食性に課題があります。純ニッケルだけだと、電気をとおす力が銅より劣ります。

このように身近なところで昔から利用されてきたクラッド材ですが、その用途がここに来て大きく変革し広がっています。現代のクラッド材は、冷間圧接と熱処理などを組み合わせ、バインダーなどの接着剤を使わず金属同士の原子間結合によって接合することで接合強度を向上させており、複合金属の状態、打ち抜き、曲げ、深絞りなどの加工が可能であり、「足し算」効果がより広範囲かつ高機能的な用途に適合した材料となっています。

※2 深絞り加工: 一枚の金属板に圧力を加えて絞り込むことで凹状にし、容器の形状にする加工方法。

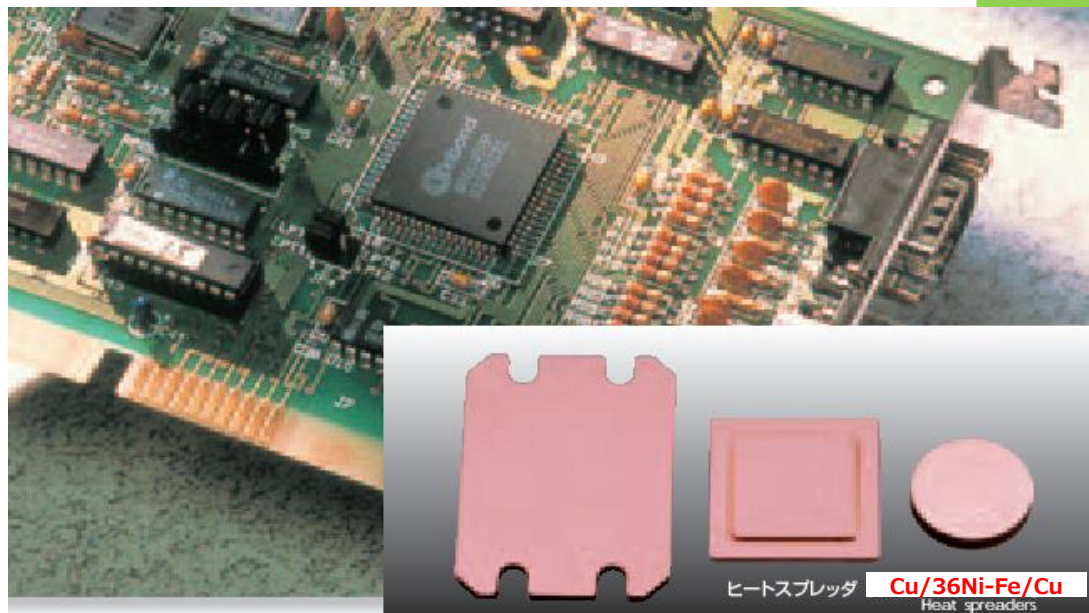
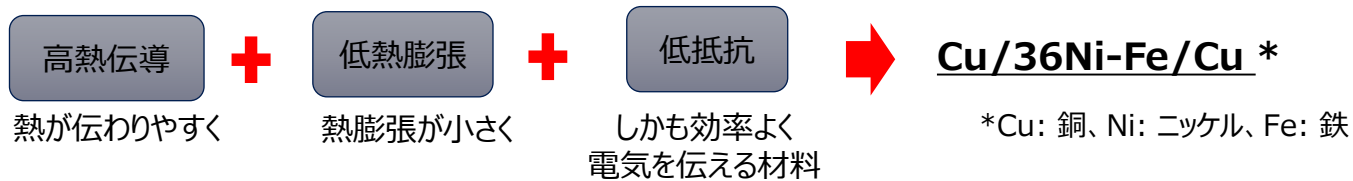


# クラッド材は何に使われるの？

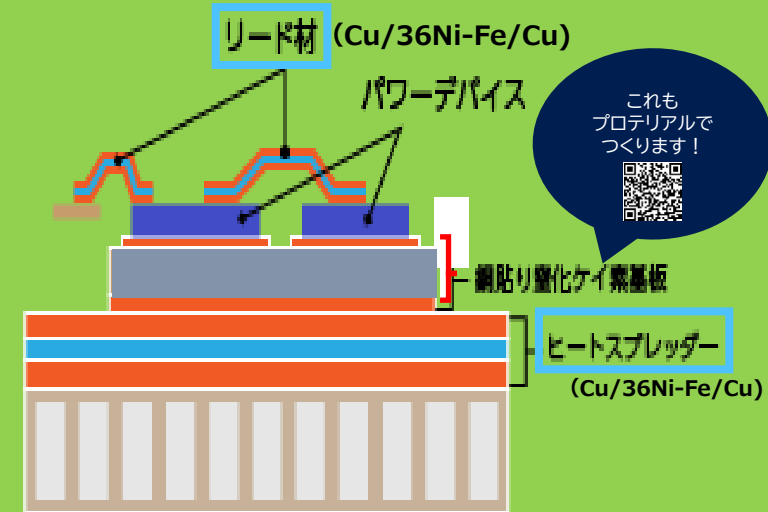
例えば、xEVや産業機械などの電力制御用インバーターに使われるパワー半導体では、リード※3材やヒートスプレッダーとしても使用されています。クラッド材の中でも、放熱用のクラッド材は、各種パワーデバイス、スマートフォン、LEDなどで活躍しています。早く熱を逃がすため、熱が伝わりやすい、いわゆる「高熱伝導」の材質をベースとして使いつつ、何の部品として使われるかで、組み合わせる金属が異なります。

## ■用途事例2

### リード材・ヒートスプレッダー用クラッドメタル



ここに、クラッド材が使用されています！



※3 リード: 電気を誘引する端子のこと。



# クラッド材のつくり方は？

クラッド材とひとことにいっても、その作り方はさまざまです。プロテリアルでは冷間圧接と熱処理などを組み合わせて、接着剤を使わずに、独自の工法で製造しています。

鋼板とチタンなど、特性の大きく異なる金属の接合には、火薬を爆発させて瞬間的に大きな圧力を生じさせる「爆着」が施されます。爆着によって何層にも重ねたクラッド材は、強度が高くプラントの反応タンクや熱交換器などの密閉度の求められる製品に使われます。また、石油採掘や天然ガス輸送用の鋼管は、耐食性や耐熱性を持たせるため、鋼板とNi基合金などを大型の圧延ミルで接合して作ります。これら以外では、鋼線などの母材の上に銅やアルミを被覆接合した銅被鋼線、アルミ被鋼線といった線材製品もクラッド材の一種と言えます。



## ■プロテリアルのクラッド材

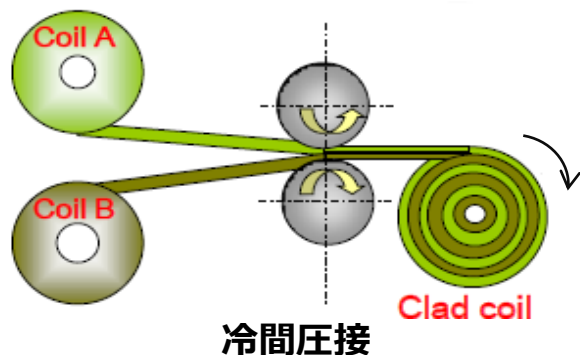
プロテリアルのクラッド材は、冷間圧接と熱処理などを組み合わせ、バインダーなどの接着剤を使わず、金属同士の原子間結合により接合することで、接合強度を向上させています。自動車の熱交換機、スマートフォンや各種端末の放熱、筐体部品、ディスプレイの放熱、支持、耐屈曲部材、2次電池の電極、内部リード、そして各種デバイスのパッケージ材、ろう付け材など、身近で幅広い高機能分野に使用されています。



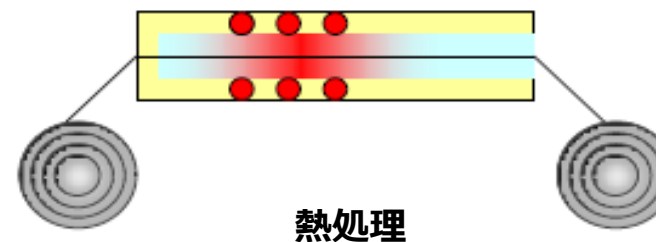
# クラッド材のつくり方は？

素材のスゴさ + プロテリアルの技術力 = 新しい製品価値を生み出す

プロテリアルならではの技術力は、自動車用パーツをはじめ、その他産業機器、エレクトロニクス部材などの高機能化に貢献。



接合強さを高める。



プロテリアルのクラッド材は下記の特長があります。

## 1. 長尺製造

複数の金属圧延材を冷間圧接と熱処理で接合し、連続的に長いサイズで製造することができます。

## 2. 材料開発

自社内で各種の特殊金属、銅材を母材から溶解しており、さまざまな特性機能の追求を材料開発から考えることができます。

## 3. 精密加工

精密圧延専門の工場を持ち、クラッド材に関して世界有数の極薄、広幅、多層、しかも高精度の製品をお届けできます。

特に、これらの特長を生かせる製品が、現在のxEV化の潮流に欠かせない車載リチウムイオン電池（LIB）用の負極タブ材となります。次項ではクラッド材の潜在市場として今ホットなLIB需要に関して説明します。

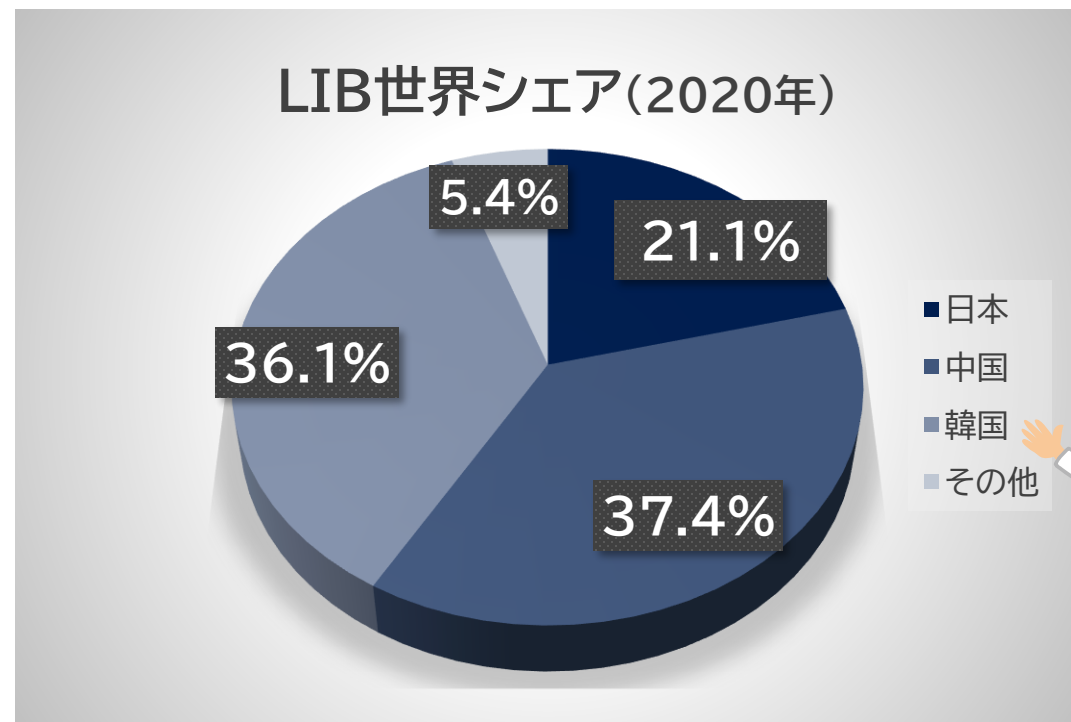
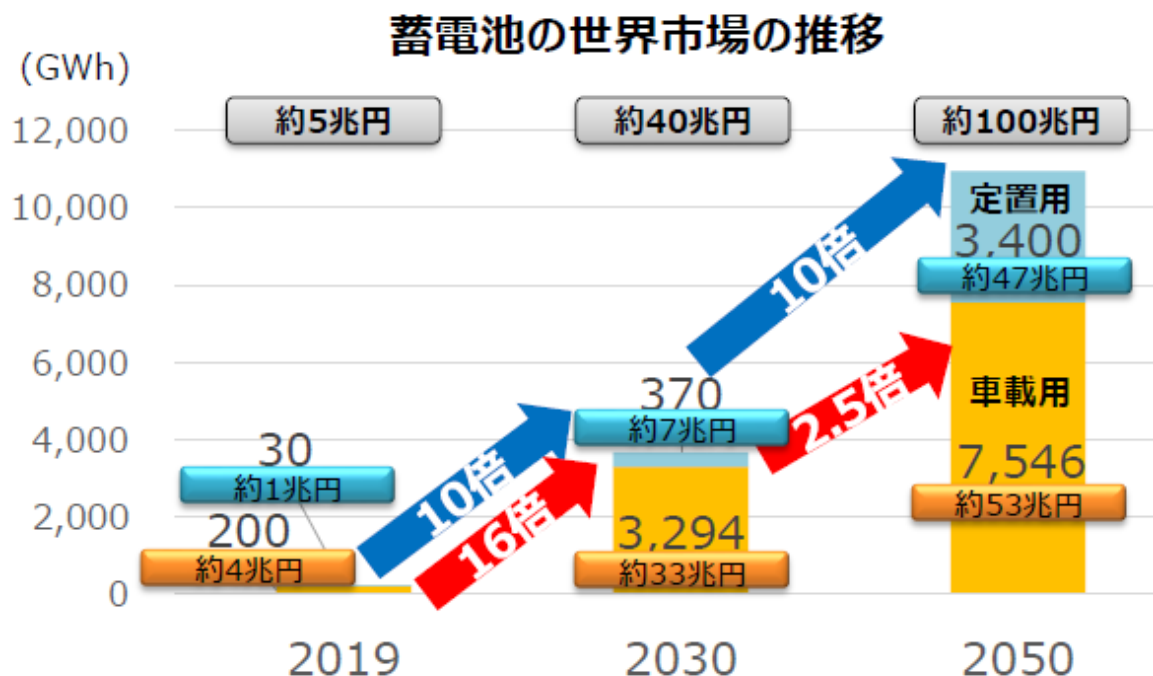


# クラッド材の市場背景は？

クラッド材は、既述のとおり、その用途に応じてさまざまな用途で使用できます。これまで実現し得なかった性能とコストの両立などの「足し算」効果とその代表例で、さまざまな金属の貼り合わせにより、良いとこ取りの使い方が可能となります。

このため、特定市場への材料提供というより、これまでできなかったことへの新たなソリューションとして、低電気抵抗、放熱性、強度、加工性、溶接性など新規追加の特性が求められる向け先へ、貼り合わせ、その構成比を変えて用途開拓をしていきます。さまざまな用途の中でも、現在最も注目されている市場はLIB用途で、その中でも特に急速に拡大している車載用の市場となります。

## ■ xEV用LIB市場規模推移予測

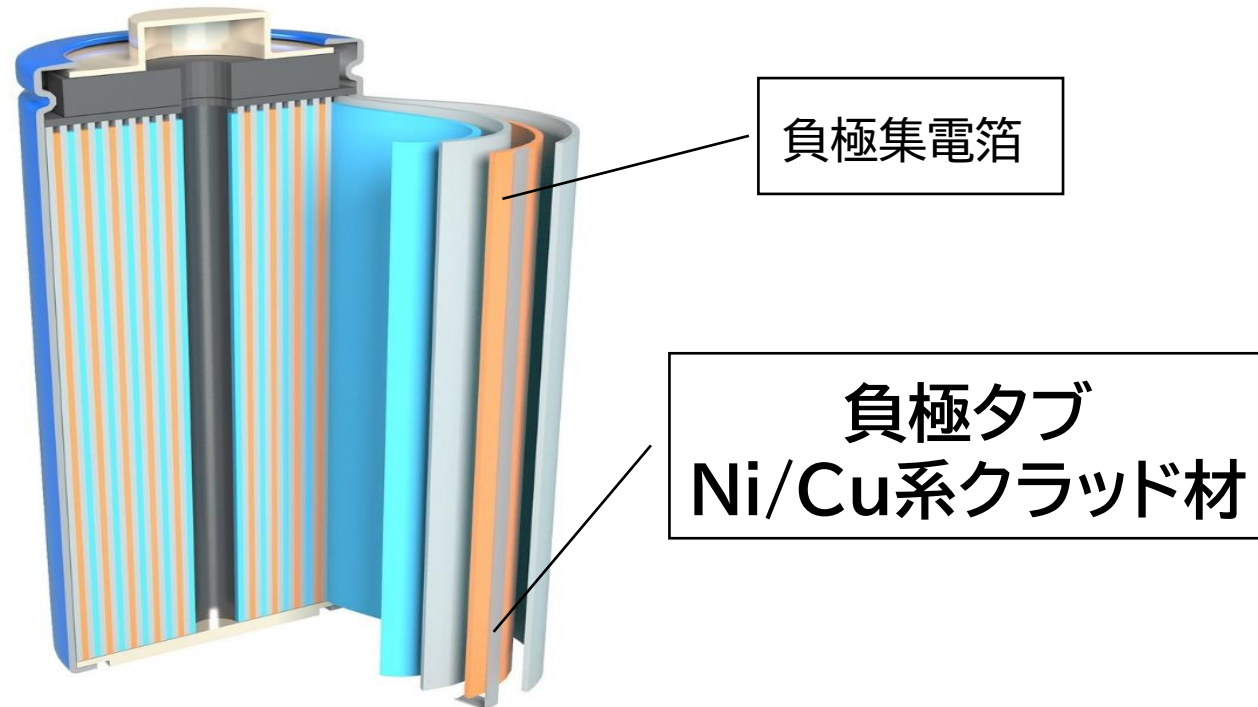


出典：経済産業省「自動車分野のカーボンニュートラルに向けた国内外の動向等について」(2023年4月5日)からの抜粋および参考情報としてプロテリアルで作成



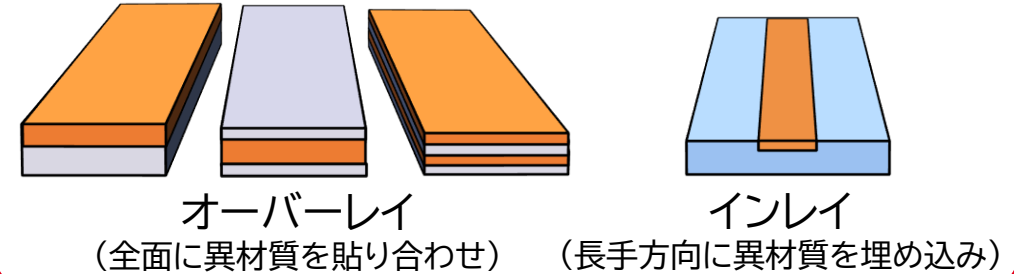
xEV用LIB用途では、負極タブ材、端子材として、導電性、強度、放熱性、加工性、溶接性へ貢献します。端子材では電池構造により、CuインレイクラッドAl材（Cuがクラッドで埋め込まれたAl材）、NiインレイクラッドAl材、NiクラッドCu材など、さまざまな組み合わせが可能です。

また負極タブはLIBの負極集電箔上に装着され、集電箔と缶底を電氣的に接続するために用いられるものですが、このたび紹介するプロテリアル製のクラッド材は、このLIBの低内部抵抗化に貢献する負極タブ材として使われます。



▲LIBの構造（イメージ図）

▼プロテリアルでは2タイプのクラッド材を製造



従来、負極タブは、溶接性が優れた純Niが選択されてきましたが、近年のxEVや電動工具への用途拡大により、大電流が流れた際の発熱が問題となっています。一方、純銅は、電気抵抗が低いため通電による発熱を抑制できますが、溶接が難しいという欠点を持ちます。

プロテリアルでは溶接性と低電気抵抗を併せ持つNi/Cu系クラッド材を開発し、量産しています。



▲LIB負極タブ用クラッド材

負極タブは、集電箔に超音波、缶底に抵抗溶接<sup>※4</sup>もしくはレーザー溶接され、負極の集電箔と缶底を電氣的に接続するために用いられます。負極タブには集電箔全体の電気が集中するため、通電時に発熱を抑制する必要があります。そのため、電気抵抗が低い材料であることが求められ、同時に集電箔と缶との溶接性が必要とされます。プロテリアル製のクラッド材は、溶接性に優れるNiと低電気抵抗のCuを接合しており、優れた溶接性と低電気抵抗の両方を併せ持ち、電流が集中する負極タブの発熱を抑制できます。

電池の構造により、溶接方法やバリ<sup>※5</sup>管理が異なるため、電池の設計に合わせて下記製品をラインアップしています。片面のみに溶接性を付与した電気抵抗の低いNi/Cuのクラッド材ではNi面、Cu面ともにバリが発生しますが、溶接性に優れるNiでCuを挟む表裏対称形のNi/Cu/Niクラッド材ではバリ管理が不要になります。

構成	板厚比率	電気抵抗率 ( $\times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )	溶接性(◎:優れる、○:良い、△:劣る)			バリ管理の対応 可否
			超音波	抵抗	レーザー	
Ni/Cu	25:75	2.1	◎	○	Ni側◎	否
Ni/Cu/Ni	25:50:25	2.8	◎	○	◎	可
Ni/Cu/Ni	33:34:33	3.6	◎	◎	◎	可
Ni単体	-	8	◎	◎	◎	可
Cu単体(比較)	-	1.7	◎	△	△	-

▲プロテリアル製の負極タブ用クラッド材ラインアップ (特性は参考値)

※4 抵抗溶接:金属に通電させた際の抵抗発熱を利用した溶接技術。

※5 バリ:金属などの材料を切断する際に、表裏の片面もしくは両面に発生する突起。

## ■開発にあたって（プロテリアル金属 技術開発部・織田 喜光）



>>どのような体制で、この注目製品であるクラッド材の開発・生産を行っているか？

本品を製造しているプロテリアル金属では、電磁気用金属製品、特殊金属製品、医療用具、加えてこれらの各種原材料や半製品、そして加工品および付属品を製造しています。

本品は、開発、生産ともにプロテリアル金属の吹田工場で行っています。開発に取り掛かった時期は2000年で、材料設計は2004年に完了し、量産スタートしました。量産開始した当時はNi/Cuのみでしたが、お客様のご使用方法に合わせてラインアップを拡充してきました。

>>開発のポイントは？苦勞した点は？

ラインアップ拡充の一環で柔らかい材料を開発した際のことです。幅切断する際に、柔らかい材料は金属粉が多く発生してしまい、これら金属粉が電池の中に残ってしまうと発火の要因となるため、発生を抑える必要があります。このため、ポイントは柔らかさの確保と金属粉の発生を抑えることの両立で、この課題解決に私をはじめ、製造部が一体となって熱を注ぎました。製造工程を何度も見直して数えきれないほどの試行を重ねることで、相反する要求を両立させた製品を開発しました。この試行に実に2年という年月を費やしました。

>>クラッド材は、新たな用途を見出して市場に入り込むとのことだが、こういった発想で負極タブの用途を見出したのか？  
クラッド材ラインアップはほかにもあるが、用途を見出す難しさは？

当社が用途を見出して開発をするシーズ主導の進め方もありますが、ニーズ主導の方が量産化に結びつく確率が高いと考えており、お客様に寄り沿った用途の発掘に日夜心を砕いています。LIB用負極タブは、お客様の困りごとをクラッド材で解決することで採用となったまさにニーズ主導型の事例です。このため、新たな用途を見出すには、お客様とのコミュニケーションを密にすることで困りごとを引き出すことが肝要と捉えています。人と人とのつながりで生み出される製品であり、携われることに非常にやりがいを感じています。

**>>本品のこういった点が優れており、市場にはどう評価してもらっているのか？安全性という点では、これまでの負極タブ材と比較してこういったところが優れているのか？LIBに適用した際の効果は？**

プロテリアル金属が、高い競争力を担保しているのは、材料設計から溶解、圧延、クラッド、薄箔圧延まで製造できることが強みとなっていると考えています。当社のさまざまな技術を組み合わせ、お客様の多様なニーズに応えることができます。

LIBに適用時の効果は、本品の安全性に優れるとして、従来材にはない低電気抵抗と溶接性を実現していることから、使いやすさと寿命における信頼性が向上・改善されることです。これも、お客様のニーズに細やかに応えられる当社の製造の強みが生きています。

**>>車載LIB市場の今後の課題とプロテリアルの研究開発および拡販戦略は？**

現在、中国をはじめ世界的に車のEV化が加速しており、そのコストダウンが最重要課題となっています。小型電池は大型化の検討が進められており、電池構造も簡略化に技術トレンドが向かっています。このため、当社もさらに機能複合化に磨きをかけた対応を進めることで、部品コストが上昇しても、電池トータルでお客様にとってメリットを出し、より信頼されるパートナーとしての地位を固めていきたいと思っています。お客様のニーズのさらに先をとらえた製品開発を、今後も業界をリードして取り組んでいくことで、社会の発展に貢献できたらと考えています。

無限の可能性を「足し算」の原理で生み出せるクラッド材。これまでの、金属材料単一ではなし得ない未知の領域へのソリューション開発を、プロテリアルは、アイデアや製品プロセスの革新による製品価値の創造などにより、推進しています。今後も技術の強化に真摯に取り組み、モノづくりをグローバル規模でリードすることで、社会の発展に貢献していきます。

【お客様からのお問い合わせ】 株式会社プロテリアル 特殊鋼事業部 電子材部 担当 関 TEL 080-2269-4313

【報道機関からのお問い合わせ】 株式会社プロテリアル コミュニケーション部 担当 車谷 TEL 080-2108-0159

ヤスキハガネ、YSSは株式会社プロテリアル登録商標です。

## ■プロテリアル(PROTERIAL)について

# PROTERIAL

プロテリアル (PROTERIAL) は、当社の企業理念を構成するMission「質の量産」、Vision「持続可能な社会を支える高機能材料会社」、Values「至誠」「韋則彊(和すれば強し)」のエッセンスを反映しており、“PRO”+“MATERIAL”から作られています。

PROが表すのは**Professional (専門的な)**、**Progressive (革新的な)**、**Proactive (主体的な)**の3つの言葉で、それぞれに「期待を超える仕事」「挑戦し続ける意志」「主体的な姿勢」という意味を込めています。MATERIALはこれら3つのPROに支えられた独創的な技術から生み出される、高機能材料を意味します。

当社グループはその製品と想いに根ざしたサービスを通じてお客さまの課題を解決し、世界の人々に新たな価値を提供して、持続可能な社会の実現に貢献し続けてまいります。

## ■「プロテリアル」紹介動画

[https://youtu.be/a03dyh\\_8Mgo](https://youtu.be/a03dyh_8Mgo)

右記のQRコードからもご覧いただけます。



## ■株式会社プロテリアル 会社概要

設立：1956年4月

本社：〒135-0061東京都江東区豊洲5-6-36 豊洲プライムスクエア

資本金：310百万円(2023年3月31日現在)

代表者：代表取締役 会長執行役員 兼 社長執行役員 CEO (最高経営責任者)

Sean M. Stack (シヨン・スタック)

売上収益：1兆1,189億円(2023年3月期)

沿革：

1910年 戸畑鋳物株式会社として創業

1937年 株式会社日立製作所と合併

1956年 日立金属工業株式会社として分立

2023年 日立グループから離脱し、商号を日立金属株式会社から

株式会社プロテリアルに変更

**PROTERIAL**

---