

新・アルミニウム電解研磨法 「コスモブライト」処理の開発

Development of New Electro Polishing for Aluminum
"COSMO BRIGHT"

李 光 宇 * Kouu Lee

半導体製造装置や液晶製造装置、真空装置等の高平滑性・腐食性ガスへの対応・サルファーフリー化など高度な要求に対応するため、硫酸やクロム酸など有害物質を含まず、腐食性ガスが発生しない電解研磨液を開発し、優れた平滑性や光沢度をもつアルミニウム電解研磨法「コスモブライト」処理を確立した。

1. はじめに

当社（㈱熊防メタル、前田博明社長）は九州の中心、熊本市に位置し、亜鉛めっきやアルマイト処理、無電解ニッケルめっき処理をはじめとした各種表面処理を行なっている。

地域的に半導体及び液晶製造装置メーカーや自動車関連メーカーが多数存在するため、これらの製造装置メーカーをはじめ、部品メーカー、機械加工業などが主要な顧客となっている。

半導体、液晶及び電子部品製造分野での表面処理では、装置目的に合致しためっき皮膜の特性や表面処理の容易性、また低コスト材料が求められるため、素材としてアルミニウム合金材、鉄系材などが広く使用されている。

その中でもアルミニウム及びアルミニウム合金材は軽量かつ加工性に優れ、また電氣的、熱的にも良好な特性を持っていることにより、半導体及び液晶製造装置・真空装置、また、それに付随する容器や部品等の材料に広く用いられている。

しかし、これらのアルミニウム装置部品にはその目的から、外観的な光沢度の高さや表面の粗さが小さいもの、また清浄な表面が要求されているが、アルミニウム及びアルミニウム合金材の表面は、その製造工程における影響や切削などの機械的加工によって表面に変質層、介在物などが形成されることがあり、高光沢度かつ平滑面を得ることが困難である。

これまで、機械研磨法などによってその要求を達成してきたが、製品上形状が複雑なものや精密部品装置では微細なゴミやカスを嫌うことなど、機械研磨では対応できなくなっている。

そこで、アルミニウム製品を溶液の中に浸漬させ、且つ電気の力を利用した研磨、つまり電解研磨法が注目されるようになってきた。

精密部品装置、特に半導体関連の装置部品等はこの電解研磨処理を施すと、表面の加工変質層や介在物などの異物が除去されるだけでなく、表面粗度も飛躍的に改善されることにより、これら装置の高性能・高精度化に大きく貢献している。

しかし、従来のアルミニウム電解研磨液には、

* ㈱熊防メタル TEL 096-382-1302

一般的にリン酸、硫酸、クロム酸等が使われており、電解研磨後にも製品表面に極微量な液成分が残留し、特に真空状態において製品表面より腐食性ガス、環境有害性物質が検出されるなどの不具合が起こることが希にある。

今日、更なる電子部品の微細化・高精度化、また作業環境の改善、環境負荷低減時代の到来により、それらを満たす電解研磨方法の開発が必要となってきた。

そこで、本稿ではこのような業界からの高いニーズに応え、これまでの研磨効果を更に向上させ、研磨液に硫酸やクロム酸など有害物質を含まない電解研磨液を新規自社開発し、本処理を「コスモブライト」と名付けた。

2. 開発技術の基礎

2.1 コスモブライト機構

本処理は、適切な電解研磨液中でアルミニウム素材を陽極として品物を強く揺動しながら電気化学的に表面を微細に研磨する方法である。

アルミニウムは両性金属で、酸及びアルカリ性の両液に反応するが、アルカリ性研磨液は光沢を得るための液組成の管理範囲が非常に狭く、また処理により液組成変動が激しく、ともすればアルミニウム素材が大きく溶解されることがあるなど、純アルミニウム以外は研磨が難しく、現在はアルカリ性研磨液はほとんど使用されず酸性液での研磨が主流である。

しかし、前項でも述べたが、従来の酸性電解研磨液には主成分であるリン酸の他に硫酸、クロム酸などが含有しているものが多く、腐食性ガスや

環境問題などで半導体、真空装置部品等の研磨には適応できなくなっている状況である。

本処理「コスモブライト」は、これらの硫酸やクロム酸を全く含まず、腐食性ガスが発生しない環境に優しい研磨液である。

「コスモブライト」の処理機構は、従来電解研磨と同じく高濃度のリン酸を主成分とした電解液中で、電気化学的溶解作用によって、陽極としたアルミニウム素材表面が激しく溶解され、その界面には多量のアルミニウムイオンが発生する。

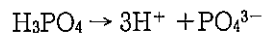
その結果、ミクロ的に見ればアルミニウム素材界面には電気抵抗が非常に高い溶解生成物である粘着層が生じる。

また、それと同時にアルミニウム素材は、電解液中で強く揺動されるため、アルミニウム素材界面に接する液層が流動し、表面凸部の粘着層は薄くなり、凹部の粘着層が厚く滞留している。

そのため、粘着層が厚い凹部（C-D）は電気抵抗が高く、粘着層が薄い凸部（A-B）は電気抵抗が低いために凸部（A-B）に電流が集中することにより、微小な凸部（A-B）が優先的に溶解され平滑化が行なわれる。「コスモブライト」機構を図1に示す。

一般に、リン酸ベースの電解液の反応は次のように示される。

電解液では



アノードでは



カソードでは

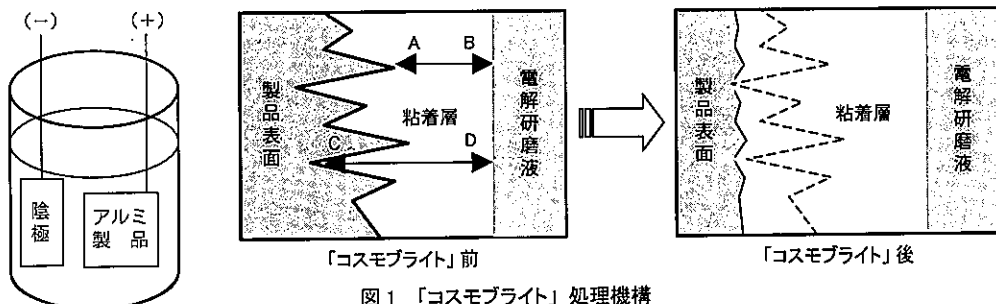
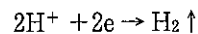


図1 「コスモブライト」処理機構

2.2 「コスモブライト」処理液組成

「コスモブライト」処理液は従来の研磨液と比較すると、溶解力を抑制し、また硫酸、クロム酸、ハロゲン化合物など環境負荷物質を含まない液組成である。

一般的に使われている研磨液組成は、化学研磨液または電解研磨液を問わず、無機系強酸+酸化剤+粘調剤等の組み合わせによって構成され、強力な溶解力及び酸化作用により研磨効果を得ている。

しかし、「コスモブライト」液組成は、基本的にリン酸-有機化合物からなり、また電気化学的溶解と陽極酸化作用のバランスにより、マイクロレベルでの研磨が行なわれ、清浄かつ平滑な鏡面を得る仕組みである。

添加する有機化合物は、主に水酸基及びカルボキシル基を有するもので、被研磨物界面に形成される粘着層を適切に制御し、アルミニウム表面の過剰な溶解を防ぐことができ、また表面から発生する酸素気泡を効率よく離脱・吸収させ、ガスピットの発生を最低限に抑制する効果がある。

3. 「コスモブライト」開発の目的及び処理の特徴

アルミニウムは明るい金属光沢を有する材料であるが、自然のままでは空気中で容易に酸化され、灰白色の酸化アルミニウムの膜に覆われる。そのままの状態では外観、高品質、高精度が要求される半導体、真空装置業界の要望に応えることがで

きないため、適切な表面処理により、アルミニウム表面上の酸化皮膜や変質層を除去する必要がある。

そこで、アルミニウム素材の加工変質層、介在物の除去を始め、アルミニウム本来の光沢を付与し、清浄かつ平滑化された鏡面を得ることにより、反射板や真空装置のチャンバーなど特殊用途にも対応させる事を開発の目的・目標とした。

「コスモブライト」処理は、以下のような特徴を示す。

- ・アルミニウム金属表面の微細な凹凸が除去されるため、清浄かつ平滑な鏡面が得られる。
- ・研磨時の寸法変化が小さく、仕上がりの精度に関する信頼性が高い。
- ・アルミニウム金属表面に緻密な酸化皮膜を形成するため、素材よりも耐食性が向上する。
- ・研磨液に硫黄やクロム、ハロゲンなどの化学物質を含有しないため、研磨処理後の表面より腐食性ガスが放出しない。
- ・加工変質層や介在物、微小な凹凸が高度に除去されているため、クリーンな鏡面が得られる。
- ・処理液の廃棄・排水処理が容易であるため、有害性が低い。

4. 「コスモブライト」の表面物性

4.1 表面形状

「コスモブライト」処理によるアルミニウム合金（A6063）表面の形状を走査型電子顕微鏡（SEM）及び表面粗さ計で確認した。

写真1は（a）アルミニウム素材（b）機械研磨

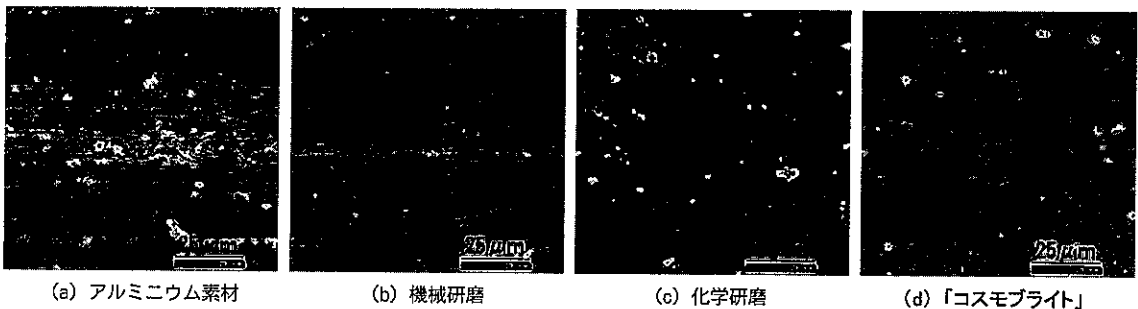


写真1 A6063 アルミ素材及び各種研磨による走査型電子顕微鏡写真（1000倍）

表1 表面粗さ

サンプル	アルミ素材	機械研磨	化学研磨	「コスモブライト」
Ra (μm)	0.376	0.158	0.257	0.127

(c)化学研磨 (d)「コスモブライト」処理の拡大像である。これらの表面拡大写真より、「コスモブライト」処理は(a)のアルミニウム素材と比較するまでもなく、他の研磨処理よりもマクロ・ミクロ的に研磨効果が高く、微細な凹凸が除去され、平滑な鏡面化が可能であることが明らかである。

アルミニウム素材及び各種研磨後の表面粗さ測定は、表面粗さ形状測定機ハンディサーフ（東京精密製）によりカットオフ値（λc）0.80mmにて測定を行なった。表面粗さの測定例を表1に示す。

4.2 光沢度と反射率

コスモブライト処理の表面光学的性質について、光沢度・反射率の測定により調査を行なった。

4.2.1 光沢度測定

光沢度は、日本電色工業株式会社製のハンディー光沢計より、測定角度 20° に基づき測定を行った。その測定結果を図2に示す。

図2より、「コスモブライト」処理時間が長くなるほど、光沢度が向上する特性があることが明らかである。「コスモブライト」の表面光沢度は処理前の表面状態にも依存するが、低光沢（光沢度 10~100）から高光沢（光沢度 1000 以上）の光沢面を得ることが可能である。

4.2.2 反射率測定

反射率は、ミノルタ製分光測定 CM-2600d

機器により、「コスモブライト」処理時間の増加による表面反射率の測定を行なった。その測定結果を図3に示す。図3より、反射率80%程度のアルミニウム素材であっても「コスモブライト」処理時間の増加とともに、さらに90%以上まで正比例的に上昇することが確認された。

4.3 原子間力顕微鏡 (AFM) 測定による表面観察

A6068 素材をサンプルとし、原子間力顕微鏡 (AFM: Atomic Force Microscope) を用いて、(a)アルミニウム素材 (b)化学研磨 (c)機械研磨 (d)「コスモブライト」処理のミクロスケールにおける表面形態の三次元観察と断面形状測定を行い、その結果を写真2、図4に示す。

写真2より、「コスモブライト」は他の表面と比較すると、アルミニウム素材表面上の微細な凹凸が極めて高レベルに除去されることが明らかである。

アルミニウム素材及び各種研磨による平滑化効果の違いを図4に示す。「コスモブライト」表面の平滑化効果も機械研磨や化学研磨処理より良好であることが明らかである。

4.4 X線光電子分光 (XPS)

X線光電子分光 (XPS: X-ray photoelectron spectroscopy) 測定により、最表面の「コスモブライト」及び従来の電解研磨後の元素分析及び原子の結合状態を調べた。X線光電子分光法は、X線を試料表面に照射し各軌道にある電子を真空中

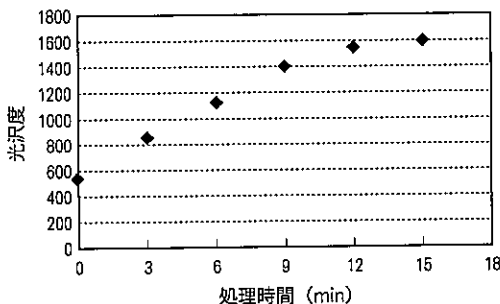


図2 光沢度測定結果

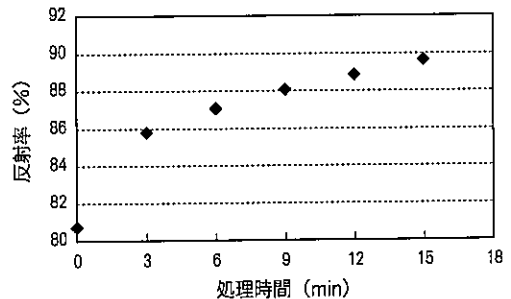


図3 反射率測定結果

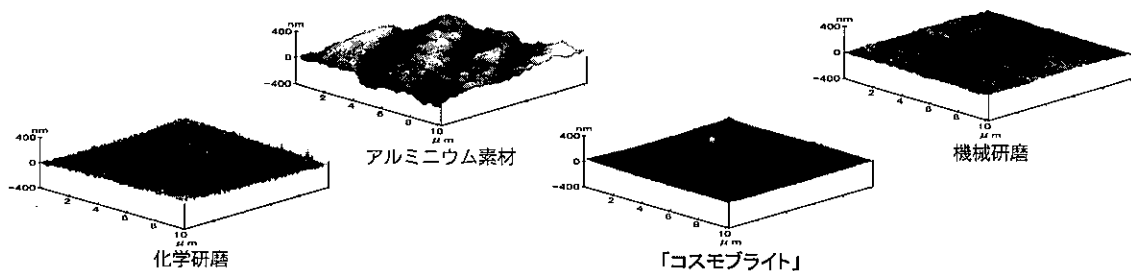


写真 2 電解研磨前後での表面粗さの変化 (10×10 μm)

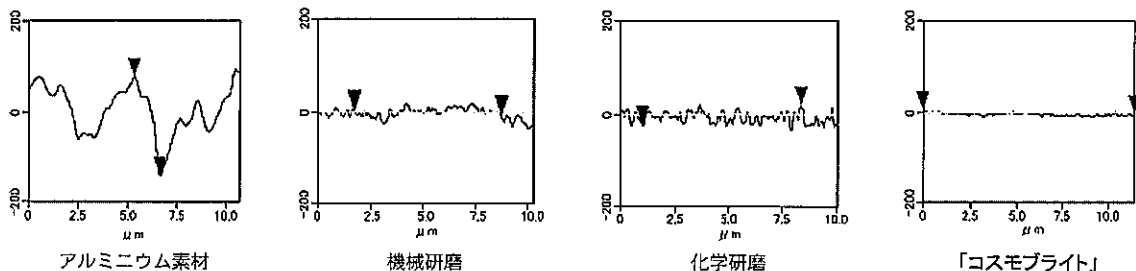


図 4 アルミニウム素材及び各種研磨による平滑化効果の違い

に放出させ、その運動エネルギーを測定する方法である。各元素は結合状態によって結合エネルギーが異なる特性があるため、XPS 測定により被測定物表面がどのような化合物からなっているかが明らかになる。

XPS 測定は、「コスモブライト」処理と従来電解研磨後のアルミニウム試料を用いて、試料表面の各元素の特定エネルギー線の強度を測定し、アルミニウム試料表面に存在する物質の定性を行った。

図 5 の XPS 測定結果により、従来電解研磨後

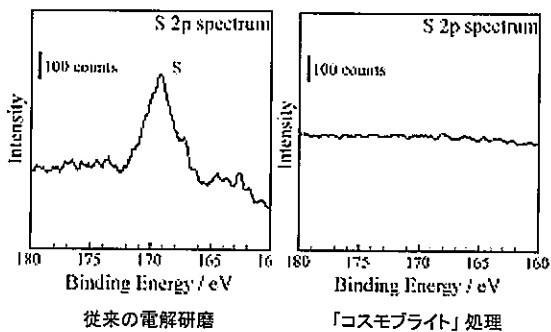


図 5 X 線光電子分光測定結果 (XPS)

の研磨面からは「硫黄」化合物が存在することが確認されたが、「コスモブライト」処理後の研磨面からは、「硫黄」がまったく検出されないことが確認され、当初の開発目標の一つでもあったサルファーフリー化の実現が確認された。

5. 「コスモブライト」処理の応用例、今後の展開の可能性

5.1 真空チャンバー等の高真空度の部品

高真空度を達成するために装置の部品と部品とが極僅かな隙間無く密着することが重要かつ不可欠である。

「コスモブライト」の極めて高い平面度は高真空度の達成に寄与する。また処理液中に硫黄、クロム、ハロゲンなど化合物を含有せず、腐食性ガスの発生のない「コスモブライト」処理は、これらの装置部品の表面処理としての要求を高次元で満たしている。

5.2 光沢アルマイト

素材の状態に依存する半光沢程度のアルマイト

処理品に前処理として「コスモブライト」処理を施しておくことにより、超光沢性＝外観的美観の向上や反射板等にも応用が可能である。

「コスモブライト」処理のみでも素材と比較すれば耐食性が向上するが、反射板など使用環境上更に高い耐食性を要求される製品には、コスモブライト処理後にアルマイト処理を行うことで表面の「コスモブライト」処理による超光沢度を維持しながら耐食性を飛躍的に向上させることができる。

5.3 光沢カラーアルマイト

「コスモブライト」処理品の持つ超光沢性とアルマイト皮膜の染色性のコラボレーションにより、化粧品・携帯電話や携帯型音楽プレーヤーの外装パネルやオートバイ部品など、超光沢度＋カラーリングと言う装飾性においても高い実力を発揮する。また、前記したように耐食性においても高いレベルを持っている。

5.4 「コスモブライト」後の 光沢無電解ニッケルめっき処理

アルミニウムの表面処理としては、アルマイト処理の他にも無電解ニッケルめっきを施すことも多い。無電解ニッケルめっきはめっき膜厚の均一性に優れるが、その外観は通常半光沢程度であり、装置部品としての機械的な要求は満たすものの装飾性は低い。

そこで、アルミニウム素材上へ「コスモブライト」処理後、無電解ニッケルめっきを施すことにより無電解ニッケルめっきの持つ優れためっき膜厚の均一性を維持しながら、表面光沢化を可能とし装飾分野にも応用が可能となった。

6. まとめ

「コスモブライト」開発の当初の目的は、半導体製造装置や液晶関連製造装置、真空装置等の高平滑性・腐食ガスへの対応・サルファーフリー化など高レベルな要求への対応を目指すものであ

た。これらの要求を満たしたとき、「コスモブライト」の持つ優れた平滑性や光沢度は、照明器具関係の反射板としての機能性用途やオーディオ製品の装飾パネルや建築部材等の装飾性の分野でも活用が可能となった。

また、当社独自技術の一つでもある導電性アルマイト＝「コスモコート」との組み合わせにより、平滑性や高光沢度・高反射率といった機能性・装飾性に導電性という新たな特性を加え、更には抗菌性をも併せ持つハイブリッドな表面処理皮膜への展開が大きく期待される。

当社のこれからの課題は、これらの優れた特性を顧客へ提案することにより、新規受注やそれに対応出来る既存生産ラインの改善、大型ライン・量産ラインの整備、及びコスト削減に努め更なる受注拡大を目指すと共に、現状の品質に満足することなく、更なる改善による飛躍と品質の安定化を追求していくことである。

〈謝辞〉

「コスモブライト」処理の開発に当たって、

- ・北海道大学大学院工学研究科材料科学専攻 マテリアル設計講座 表界面微細構造解析研究室 教授 高橋英明氏
- ・熊本県産業技術センター 材料開発部部长 永田正典氏
- ・熊本県産業技術センター 電子部研究参事 重森清史氏

には、多大なるご支援・ご鞭撻を頂いたことに、この場を借りてお礼申し上げます。

《参考文献》

- ・間宮富士夫、渡辺興七、山口裕共著：化学研磨と電解研磨（1997）
- ・大西孝治、堀池靖浩、吉原一紘 編：固体表面分析 I（1995）
- ・堀内照夫、角田光雄、藤居真理子：機能性界面活性剤の開発技術（1998）
- ・H・ハート著、秋葉欣哉・奥彬共訳：ハート基礎有機化学（1993）



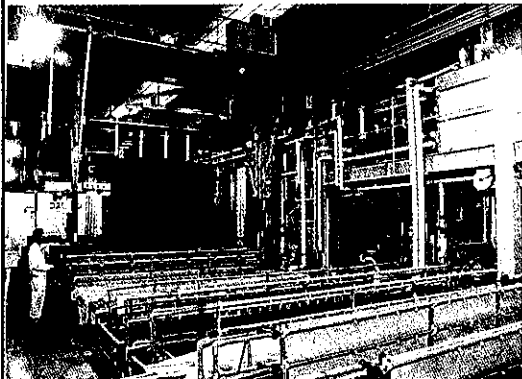
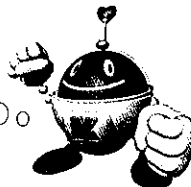
KUMABOU METAL
株式会社 熊防メタル

—— 表面処理のトータルコンサルティング

さまざまな素材への表面処理技術は、先端技術に不可欠な存在になっています。熊防メタルは地元のめっき加工技術のパイオニアとして、時代が必要とする表面処理技術を通じて、お客様のあらゆるニーズに対応できる技術開発を目指しています。

この度完成した亜鉛メッキ処理ラインは、九州地域にあっては最大規模となる設備で、量産品から多種少量品までを「品質・コスト・スピード」面でお応えできるものと確信しています。

METALの“技術”
提案いたします！



コスモライン

お客様の様々なニーズに対応できる、日本最大級の設備です。超大物製品対応可能です。

●コスモコート(導電性アルマイト)

コスモコートはアルマイト被膜(不導体)の電気抵抗を下げる処理です。(静電気を緩やかに除電し、静電破壊現象を抑制します)

●BS-ET 処理(化学プラスト調処理)

アルミ材表面を薬液処理により凹凸を付けることで、Ra 5 以上の面粗度を得る粗化処理です。接触面積の低減などに使用されます。

大型処理ライン『コスモライン』

(最大処理寸法/3800×3000×200)

熊防メタルからのご提案

●ガラス基板吸着性の改善及び静電気対策用試験機

液晶パネル・半導体生産時における、基板の吸着性と静電気の問題を、最新技術の

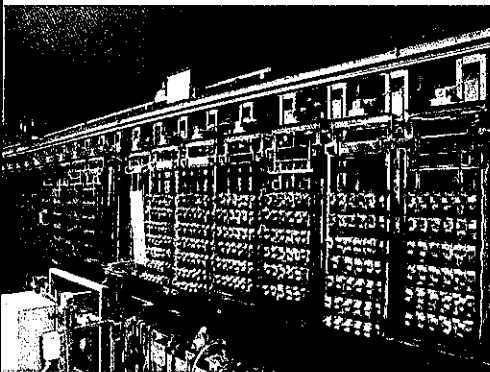
①導電性アルマイト=コスモコート

②プラスト調化学表面粗化処理=BS-ET

この2つの処理を組み合わせることによって解決します。

【こんな用途に適しています】

- ・アルミ製品に耐食性の良い表面処理をしたい。
- ・静電気を逃がしたい。絶縁破壊を防止したい。
- ・ゴミやホコリから製品を守りたい。
- ・耐食性のある黒色被膜が欲しい。



熊防メタルの「3価クロメート処理」

小物製品から大物製品まで対応可能です。

最大処理サイズ(mm)：長さ 450×幅 200×高さ 1,400、60kg

●環境対応最新型めっき装置【特許出願中】

装置全長：25m 総ラック数：109 ラック

環境対応：3 価クロメート(白)(有色)(黒)

6 価クロメート(黄)(黒)の5色に対応

将来のノンクロム化にも対応可能！

【こんな用途に適しています】

- ・自動車関連部品
- ・物流・輸送機械部品
- ・金属加工品

お客様のニーズに対応します！

(その他表面処理)

アルマイト、硬質アルマイト、電解研磨、ニッケルクロム



KUMABOU METAL
株式会社 熊防メタル

本社 / 〒862-0937 熊本市長嶺西1丁目4番15号

TEL 096-382-1302 FAX 096-349-8510

URL : <http://www.kb-m.co.jp>

E-mail : ymaeda@kb-m.co.jp