

クリモトROAD

–変わり続けるための挑戦–

EPISODE 1

鉛フリー銅合金 クリカブロンズ® の開発と発展 ~技術開発室~

はじめに

古くから使用してきた銅合金の多くには鉛が添加されてきました。用途としては、バルブ、継手やポンプ部品など水道部材や、軸受など機械部品に使用されてきました。鉛は安価であり、銅合金中にほとんど固溶しないため、独立して存在することで、引け巣など鋳造欠陥の低減や切削性改善など製造上の利点だけでなく、製造された製品の耐圧性や摺動性などの性能向上に大きく寄与します。しかしながら、鉛は、人体に「有毒」で環境汚染をする「有害物質」であり、工場が排出する大気中の鉛暴露や、水道水（飲料水）に溶け出した鉛によって、特に妊婦や小児に対して健康上の悪影響を及ぼします。

近年、鉛の規制が進められ、日本では、2003年4月 厚生労働省令の施行により水道部材において鉛の水質基準が強化されて約20年以上が経過しています。また米国では、2014年1月から米国法律3874号において「接液部に関して鉛の加重平均は0.25%以下」と規制が強化されています。また、水道部材以外でもREACH規則にて鉛を新たに「認可対象物質」に追加する検討が行われ、RoHS指令での銅合金中の鉛使用の適用除外見直しが2027年6月に予定されるなど、環境配慮の観点から、銅合金の鉛フリー化は非常に重要な課題となっています。

当社技術開発室では、既存事業にはない新たな開発テーマとして、環境負荷物質低減に貢献できるよう、「鉛フリー銅合金」に特化した開発を行ってまいりました。今回は、水道部材用鉛フリー銅合金クリカブロンズ®シリーズ（図1）について紹介します。



図1 クリカブロンズ®シリーズ

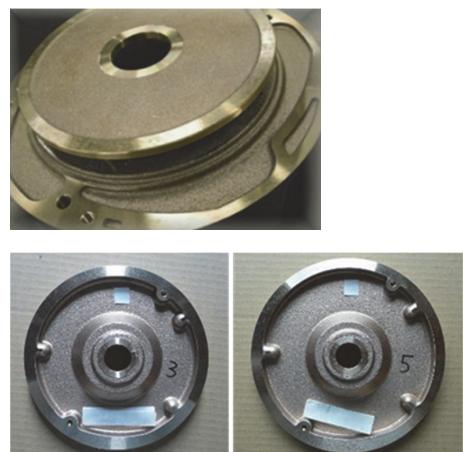


図2 クリカブロンズ®製品（ポンプ部品）

クリモトを支える技術や製品は、時代の流れやお客様のご要望に合わせて日々進化を続けています。「クリモト ROAD」では過去のクリモト技報に掲載した技術や製品にスポットライトを当ててみました。それらがどのように進化を遂げてきたのか、「クリモトが過去から現在まで歩んできた道のり」を感じていただけるよう、実際に製品をご使用いただいたお客様の声や、開発秘話や技術者の意気込みなどをご紹介していきます。



水道部材用鉛フリー銅合金クリカシリーズ

1) クリカブロンズ® [JIS H 5120 CAC904]

既存の鉛入り銅合金 CAC406 から鉛フリー銅合金への置換の際、鋳造時に課題となった、引き巣など鋳造欠陥の低減や切削性の向上を目指し、開発を開始しました。当社は、主に鉄系合金の素材開発経験はありましたが、銅合金の開発経験がなく、鋳造方法などノウハウを含め基礎からお客様に学びながら、「ユーザー目線で」新合金開発を行いました。他社で開発された既存の鉛フリー銅合金で鉛に代わり添加されるビスマス (Bi) に加え、ニッケル (Ni) を加えることで青銅鋳物に発生する逆偏析という合金中の Sn 濃度の偏りや、青銅鋳物に発生する微細な欠陥 (ポロシティ) の低減に成功しました。クリカブロンズ® (図2) は、2009年に JIS 化され、水道用ポンプ部品を鋳造するメーカーで、鉛フリー化の際に多数発生していた耐圧不良の大変な低減に成功したことで採用いただき、2025年現在まで継続して使用いただいている。

クリカブロンズ® を含む 2000 年代に開発された鉛フリー銅合金は、鉛入り銅合金 JIS H 5120 CAC406 と比較して、素材価格が高いものがほとんどで、コストダウンされた鉛フリー銅合金も開発されましたが、水流環境下での耐食性に課題が残るため、鋳鉄管など埋設給水管に接続す

る埋設用バルブ、継手類など使用が認証されていない領域がある状況でした。さらに現在の水質規制では、鉛除去表面処理 (NPb 表面処理) を用いることによって、鉛入りの CAC406 が使用可能な水道製品領域が多く、依然完全な鉛フリー化への障壁が高い状態となっていました。しかしながら、NPb 表面処理には、アルカリや、リン酸など溶液処理ラインが工業的に必要であることや、鉛を含んだ表面処理後の除去液が発生してしまうだけでなく、除去液の処理費用が高騰しており、環境的にも経済的にも好ましいものではありません。これに対してクリカブロンズ® など鉛フリー銅合金で鋳造や加工を行えば、鉛除去表面処理そのものが不要となるため、環境負荷低減だけでなく、表面処理費用削減や表面処理にかかる工程時間の大幅な短縮効果が期待できます。

2) クリカブロンズ® LN [JIS H 5120 CAC905]

そこで当社では、クリカブロンズ® の特徴である、優れた鋳造性、耐圧性を維持したままコストダウンと耐食性を両立した新しい鉛フリー銅合金『クリカブロンズ® LN』(図3)を開発し、CAC905として2016年、JISに登録いたしました。クリカブロンズ® LN は、既存のビスマス系鉛フリー銅合金 (JIS H 5120 CAC900 系) と比べ、高価なスズ (Sn)、ビスマス (Bi) の含有量を低減し代わりに



図3 クリカブロンズ® LNのサンプル例

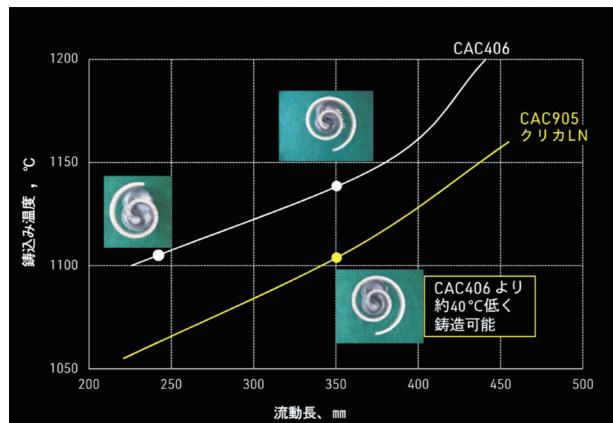
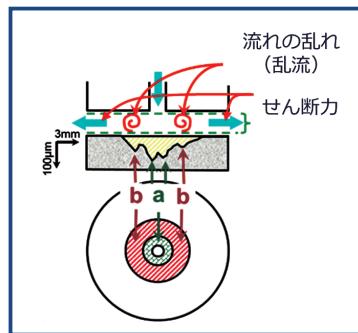


図4 クリカブロンズ® LNと既存の鉛入り青銅の湯流れ性比較



	CAC905 クリカブロンズ®LN	CAC902 ビスマス青銅	CAC406 鉛入り青銅	CAC804 シルジン青銅
試験後 外観				
腐食最大深さ μm	80	99	90	810
減耗量 mg	201	253	222	645

環状腐食痕

図5 エロージョン-コロージョン試験結果

比較的安価な亜鉛 (Zn) の含有量を増やした合金構成することで、大幅なコストダウンを実現しました。また、クリカブロンズ® LN は **図4** に示すように、従来の鉛フリー青銅だけでなく、鉛入り青銅と比較しても良好な湯流れを示すことから、鋳造時の溶解、鋳造温度低減や鋳造作業の時間短縮が期待できるため、省エネルギーおよび CO₂ 排出量低減への寄与が可能となります。

○ JIS 認定の獲得

一般に、コストダウンと品質確保の両立は難しいものですが、種々の試験の実施により、機械的性質と耐食性を担保し、JIS 認定を受けることができました。

機械的性質については、金属組織が既存の青銅材とほぼ同等であることに加えて、種々の条件下の引張試験で強度が同等以上であることを証明し、JIS 原案作成委員会の承認を得ることができました。

また耐食性については、他社製の低成本型の鉛フリー銅合金が、フィールドの水流環境下での腐食である「エロージョン-コロージョン」により一部課題となっていたため、より詳細な耐食性の証明が要求されました。

そこで当社では、耐エロージョン-コロージョン腐食性評価方法として、社内に「隙間噴流試験装置」を導入し、JIS 原案作成委員会での評価試験を行うことで、クリカブロンズ® LN の既存の鉛入り青銅と遜色のない耐食性を示す事に成功いたしました (**図5**)。なお、当社が社内に導入した隙間噴流試験法（装置）は、実際に 2016 年に発刊された JIS H 5120 規格書の「解説」に合同試験結果が記載されており、本装置で測定した結果が実環境を模擬するものとして認知されており、2022 年には欧州 ISO の腐食試験法として規格化され、2025 年現在日本でも JIS 化が検討されています。

これらの特徴が大手水道製品メーカー様にご評価いただき、2016 年 3 月 JIS 化後すぐに、微細な鋳造欠陥による耐圧漏れが問題となっていた大型水道製品へのクリカブロンズ® LN 置換を提案いただき、競合材との比較試験を経て採用いただきました。以降 9 年にわたり継続的に使用されており、材料起因の問題は起こっておりません。

○エネルギーコスト低減と製造効率向上の提案

2025 年現在、2020 年コロナ禍後の銅合金の素材価格やエネルギーコストの急騰を受け、当社では、顧客（銅合金鋳物製品の販売メーカーや使用されるユーザー）だけでなく、製造メーカー（原材料、鋳造メーカー）へクリカブロンズ® LN のエネルギーコストや環境負荷低減の訴求および製造の効率化へのサポートを行っております。特に、光熱費低減に関しては、我々が行った社外試験結果になりますが、実際に電力消費量を測定し、既存の素材（鉛フリー青銅）と比べ約 9 % の電力量削減が可能なことを確認いたしました。また、鋳造シミュレーションを活用した鋳造方案変更 (**図6**) や大学と連携した切削性改善に取組み、クリカブロンズ® LN への素材変更により製造効率を向上させるべく提案を行い、シェア拡大に努めています。

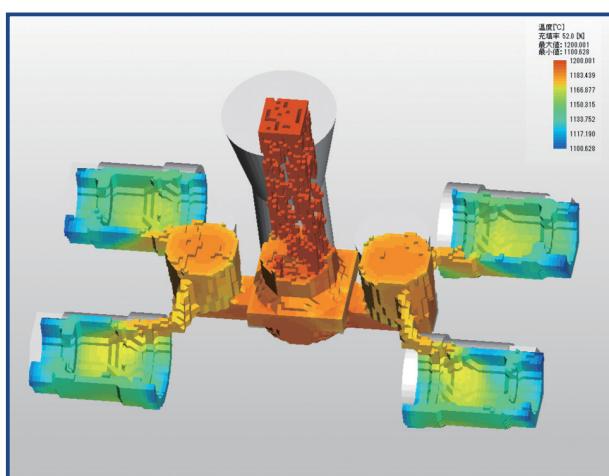


図6 鋳造シミュレーション（湯流れ解析）による鋳造方案解析

○米国での採用獲得に向けて

近年、銅合金の素材価格は、日本のみならず世界中で高騰しています。そこでクリカブロンズ® LN の低成本、省エネルギーの特徴を活かせる地域として、日本以上に水道製品の鉛規制が強化されている、米国でのクリカブロンズ® LN の採用にチャレンジしています。米国では製品の重量当たりの鉛使用限界量が規定されているため、NPb 处理のような表面処理では対応できないという追い風もあります。日本と同様、米国でも水道製品に採用されるためには、材料規格の取得が必須であり、クリカシリーズは、米国 ASTM 規格の取得を完了させ、材質としての NSF 鉛浸出テストに合格しております。現在は米国での実績を得るため活動中です。

3) クリモト開発鉛フリー銅合金の拡充（ラインアップ）

鉛規制は、飲料水、食品関連部材など人体に直接影響が出やすい製品から規制が強化されていますが、影響が出にくい機械製品などの分野では電子機器向け RoHS 指令や自動車向け ELV 指令など鉛規制の適用除外となり、銅合金中の鉛が 4 % まで特別使用が認められている製品や、建機や船舶などそもそも規則がまだ存在しない分野もあります。当社は将来的にこれらの分野においても規制が強化された際にできるだけ早く鉛フリー化を実現できるように、ラインアップの拡充を図っております（図7）。クリカブロン

ズ® シリーズ以外に、耐海水腐食性に優れた鉛フリー黄銅のクリカプラスや、鉛に代わって硫化物を分散させることで、優れた摺動性を発揮するプロベア（図7）、および電子部品などに使用されてきた鉛含有の快削りん青銅の鉛規制対応させた鉛レス快削りん青銅棒 KFX41 を開発し、昨今の SDGs など社会的な環境意識の高まりを受け、それぞれの開発材について、採用事例が徐々に増加してきております。

○鉛フリー銅合金の「クリモト」を目指して

鉛フリー銅合金クリカブロンズ® は、採用いただくお客様へ安定した製品を届けることで世の中に浸透してまいりました。2025 年現在累計 1,500 ton を超えるクリカブロンズ® が世の中で使用されてきました。今後は、クリカブロンズ® をはじめとする鉛フリー銅合金の開発や顧客に寄り添った課題解決を通して、鉛フリー銅合金が当社を支える事業の一つとなり、世の中の銅合金が完全鉛フリー化する未来実現に向け研鑽を続けてまいります。



技術開発室 開発本部 開発一部
2010年入社
鉛フリー銅合金の研究開発に
従事
山田 浩士

表1 クリモト開発鉛フリー銅合金一覧

開発材	JIS 規格	特徴
クリカブロンズ®	JIS H 5120 CAC904	鋳造用鉛フリー青銅材。CAC406代替材として開発。 Ni添加により微細な鋳造欠陥を抑制する。ポンプ部品など耐圧性が要求される部材に適合。
クリカブロンズ® LN	JIS H 5120 CAC905	鋳造用鉛フリー青銅材。CAC406代替材として開発。CAC406が使用されてきた幅広い製品に適合。 これまでのBi系鉛フリー青銅の課題である材料コスト増加を抑制。優れた湯流れで光熱費も抑制する。
クリカプラス	JIS H 5120 CAC221	鋳造用鉛フリー黄銅材。砂型鋳造、金型鋳造および連続鋳造が可能。 耐海水腐食性に優れており、海水用ポンプ、継手及びバルブ類へ適用検討中。
プロベア	—	摺動部材用鉛フリー青銅合金。鋳造だけでなく、焼結（バイメタル）も可能。 硫化物を分散させることで、鉛入り摺動材（CAC603）同等以上の摺動性を発揮。軸受、油圧機器部品向け。
KFX41	JIS H 3270 C5099	鉛レス快削りん青銅棒。（株）藤井製作所殿と共に開発し、2025年にJIS化。 硫化物を微細に分散させることで切削性を保持しながら、細い棒材加工を実現。電子部品用途向け。

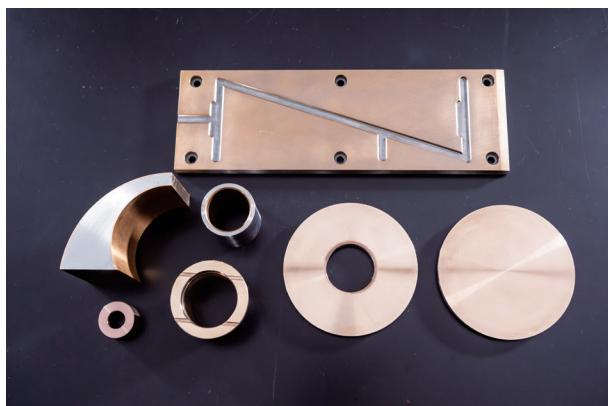


図7 プロベア