

(解説)

## コネクタ用高性能銅合金板条の技術動向と当社の開発戦略

## Technical Trends in High Performance Copper Alloy Strip for Connector and Kobe Steel's Development Strategy



野村幸矢\*  
Koya Nomura

Copper alloy for springs is one of the most important parts in terminals and connectors. In this paper, the importance of strength, conduction, stress relaxation, and bendability are explained. Furthermore, in order to determine the demand and required performance of future copper alloys, various copper alloys for terminals were classified according to their strengthening mechanism. In near future, demand for higher conductivity alloys with spring properties for automobile and other high strength alloys instead of copper beryllium alloy will increase.

まえがき = 国際的な情報化時代を迎え、自動車業界では自動車の高度電装化を、民生電機メーカーではIT モバイル製品の一層の小型化を目指している。これらの指向は半導体技術、表面実装技術の改良・革新により、日進月歩の進化を遂げている。

一方、これらの技術的な限界到達点を決める要因の一つは、インターフェースであるコネクタにある。受動部品であるコネクタの小型化・軽量化は、電子電機業界の中では目立たない地味な話題であるが、その重要性は日々増大している。たとえば自動車の場合、安全性能、環境性能、快適性を向上させるためには、数多くの電子装置、電装品を搭載する必要がある。これは相互結線する回路数が増大することを意味しており、その増大に見合った分以上にコネクタ、ワイヤハーネスなどの相互接続部品の小型化が求められている。

たとえ電装品本体の小型化が進んでも、コネクタの小型化が進まなければ、ワイヤ、筐体などは小型化できず、システム全体の肥大化を避けられないからである。より小型化ニーズの高い民生情報機器も同様である。

現在、伸銅板条圧延製品の最大の顧客は、半導体メー

カおよびコネクタ・接続部品メーカーである。量的規模で見ると、昨年の伸銅品内需約 80 万トンのうち、コネクタ・接続部品向けは 15% を占めており、さらに輸出向け板条全出荷量約 97 万トンのうち、17% はコネクタ・接続部品向けである。このため、伸銅板条圧延製品の最大顧客のニーズに応えるため、当社をはじめとする伸銅品メーカーは、コネクタ用銅合金の高性能化、低コスト化、高機能化を常に指向している。

コネクタの小型化、高密度実装対応、機能性向上ニーズに応える上で最も重要な要素は、コネクタ内部で電気接点を形成する端子用通電材料に用いられている銅合金板である。

ここでは、コネクタ用銅合金に求められる特性について解説する。さらにコネクタ用銅合金を特性ごとに分類し、具体的なアプリケーションに基づいて、今後の合金開発動向と当社開発戦略を提示していく。

## 1. コネクタ用銅合金に求められる特性

図 1 に、代表的な箱形端子メス側の正面および断面模式図を示す。これらの端子が複数個ハウジング内に配列

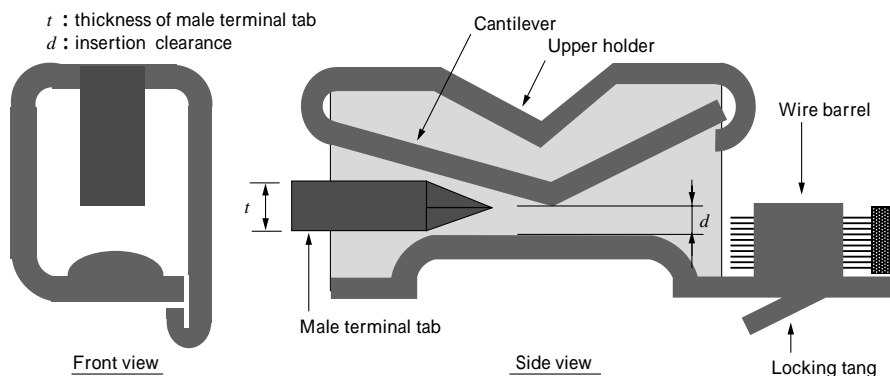


図 1 メス端子の断面形状  
Fig. 1 Cross section of female terminal

\*アルミ・銅カンパニー 長府製造所 銅板研究室

されたものが、コネクタである。図の例では、銅板をプレス打抜きし、曲げ加工を加えて箱形に成形する。なお、銅板の表面処理は、使用環境や目的に応じて、端子プレス前にめっきなどの金属被覆が施されている先（プリ）めっき材と、端子成型後にめっきを施す後（ポスト）めっき材が使い分けられている。

端子を集約しコネクタとして使用する際、最も重要な機能は、ばね接触部の接圧を長期間に渡って維持し、ばね接触部・オス端子タブ間の接触抵抗を低く安定維持することである。接触抵抗  $R_c$  は簡便に

$$R_c \approx \sqrt{\frac{H}{F_N}}$$

のように表現される<sup>1)</sup>。ここで、 $H$  は表面構成物質の電気伝導度、 $F_N$  は接点を押しつける垂直抗力（接圧力）、 $H$  は表面の硬さである。

図1の例では、オス端子タブ厚さ  $t$ 、メス端子の挿入クリアランスを  $d$ 、ばね定数を  $k$  とすると、近似的に  $F_N = -k(d - t)$  と表現される。

$R_c$  を低く安定した一定の値に維持するためには、表面に酸化しにくく柔らかい導電性皮膜を形成し、接圧力を長期間に渡って一定に保つ必要がある。コネクタ用銅合金板に求められる諸特性は、ほとんどこの接圧力を長時間安定して維持する特性と言い換えても過言ではない。具体的には、次の4種類の特性である。

### 1.1 強度特性

強度特性を示す指標には二つある。耐力（明確な降伏点を持たない銅合金の場合は、ひずみ0.2%相当の永久変形を起こす際の応力を耐力値として用いる）とたわみ係数である。

端子の小型化が進むとばねも小型になり、必要な接圧が得にくくなる。そのため、オスタブが挿入されたとき、できるだけばね接触部が大きいたわんで高い接圧が得られるよう設計するが、耐力値が低いとばね接触部が弾性範囲を超えてしまい、ばねとしての機能を果たさなくなる。このため高い耐力値、すなわち高い応力を受けても弾性限界を超えない性能が必要である。さらに、オスタブが挿入されたときの反発力で端子が負けて、ワイヤバレル部で首折れを生じたり箱型部分が開いたりすることを防止する上でも、高耐力材が望まれる。

しかしながら、銅合金の場合、後述するように強度と相反して導電性が低下するので、添加元素や強化機構の選定で両立をはかることが最も重要である。なお、銅合金の場合、0.2%耐力と同じような指標として、JIS H 3130 および DIN 1777 に規定されているばね限界値も用いられることがある。これは、曲げに対して永久ひずみ0.00375%を生じる応力であると規定されているが、要は表面近傍の強度であり、硬さとほぼ比例する。ばね限界値は銅合金板材料の仕上げ研磨や表面処理、圧延、プレス打抜き加工や曲げ加工の残留応力の影響を受けて低下する指標なので、リレー可動片などのような使い方以外ではあまり参考にならない。そのため、米国 ASTM などでは規格化されていない指標である。

一方、たわみ係数であるが、これはヤング率と同じ意

味である。ただし、銅合金の場合、通常のヤング率は引張試験で得られた値を使うのに対して、たわみ係数は銅合金板を切出して作られた片持ち梁に弾性限界を超えない範囲で荷重を掛け、そのたわみ量から算出する値<sup>2)</sup>で、コネクタ用ばね接触部のばね接圧の実体に合う値である。

理論的にはたわみ係数とヤング率は同じ値をとるはずであるが、実際はたわみ係数のほうがヤング率よりも低い。なお、高接圧を得るためには、ヤング率またはたわみ係数が高いほうが望ましいように感じられるが、コネクタのようにオスタブがメスのばね接触部を押上げて挿入され、場合によってはオスタブのこじりを受けるような嵌合もありうる状況下では、高いヤング率は接圧変動が激しいうえに、容易に弾性限界を超えてしまうおそれもあり、好ましくない場合がある。コネクタにおける理想的なばね材料とは、高耐力で低たわみ係数を持った、いわゆる弾力性（resilience）に富む材料である<sup>3)</sup>。

### 1.2 応力緩和特性

応力緩和とは、メス側端子にオスタブが挿入された状況のように、ばね接触部の変位（図1では  $d-t$ ）が一定の状況であっても、ばね接圧が時間とともに低下する一種のクリープ現象である。主な加速因子は温度である。

図1の例では、 $d$  の値が時間経過とともに増大し、 $t$  の値へ近づいていく現象である。したがって、自動車用コネクタのように高温にさらされる環境下で使用される場合は、特に重要な特性である。

小信号（通電電流が低い）コネクタの場合、応力緩和特性が低いとばね接触部のガスタイト接触が破れ、接点の酸化が進行し接触抵抗が増大し、通電不良を招く。これに対しパワー系などの大電流用コネクタの場合は、接圧の低下によってわずかでも接触抵抗が増大すると、接点の自己発熱によりさらに接触抵抗が増大するフィードバック機構により、端子溶損にまで至る可能性がある<sup>4)</sup>。

試験方法は、ASTM E328, EMAS3003 に規格化されており、コネクタ設計の際は、この特性により材料を選別可能であり、また必要接圧がどの程度維持可能か予測することができる。直接荷重（接圧）変化を測る方法があるが、多くの場合は初期のばね接触部の梁たわみ量がどれだけ永久変形したか、その変位量を応力に換算している。

図2に、当社採用の片持ち梁方式の応力緩和特性試験方法を示す。板厚  $t$ 、たわみ係数  $E$ 、0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$  の銅合金のスパン長  $l$  の部分に、 $d$  の大きさだけたわみを与えて加熱促進する。このとき、供試材の最大表面応力が耐力の80%相当になるよう当社では設定している。つまり、

$$0.8 \sigma_{0.2} = \frac{3Etd}{2l^2}$$

の関係で示される  $l, d$  になるよう配置を決める<sup>5)</sup>。

この供試材を所定の加熱時間後に取出し、たわみ量  $d$  を取去ったときの永久ひずみ  $\epsilon_p$  が応力緩和分の変化であり、応力緩和率  $RS(\%)$  は

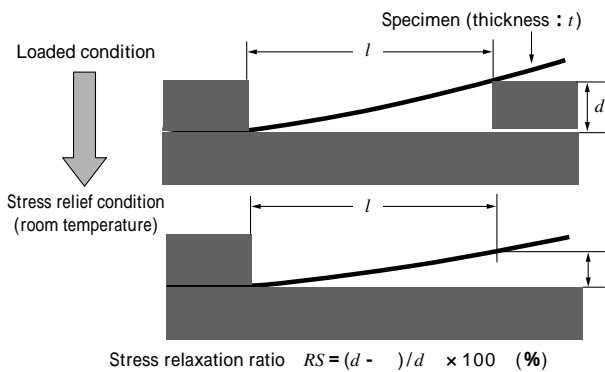


図2 片持ち梁方式応力緩和試験方法  
Fig. 2 Test method of cantilever stress relaxation

$$RS = \frac{(d - d')}{d} \times 100$$

で計算される。初期の状態では梁たわみ量の永久変形は存在せず、オスタブを引抜けば梁たわみは弾性により元の状態へ戻るが、応力緩和が進行するとオスタブを引抜いても元の状態へは戻らず、永久変形を生じている。これは、梁の変位に比例する力を発揮するばね弾性の性能劣化であり、この永久変形量を応力換算するわけである。

図3に、自動車用ワイヤハーネスに多用される銅合金C50715 (Cu-0.1%Fe-0.03%P-2%Sn, 当社 KLF-5) の応力緩和特性測定例を示す。LD, TD は、それぞれ試験片を圧延平行方向、直角を成す方向から取ったことを示す。応力緩和特性には異方性があり、一般には圧延平行方向に比べて、圧延方向とは直角を成す方向のほうが応力緩和特性は劣る。

ここで重要なことは、各測定点が半理論曲線に非常によく乗るといふ点である。ここで図3中の  $C$  はある常数  $E$  はたわみ係数である。これは、定常クリープのべき乗則に応力指数  $n = 1$  を用い、弾性範囲内でたわみが与えられていると仮定した場合の定常クリープ速度の微分方程式<sup>6)</sup>を解けば容易に求められることから、応力緩和特性も定常クリープ現象として理解できる。

また、応力緩和特性の場合は曲げ反りで歪を与えていることから、板厚方向の応力分布は線形であり、図2の例では銅板上面に圧縮応力が、下面に引張応力が作用している状態である。したがって、板に残留応力が存在す

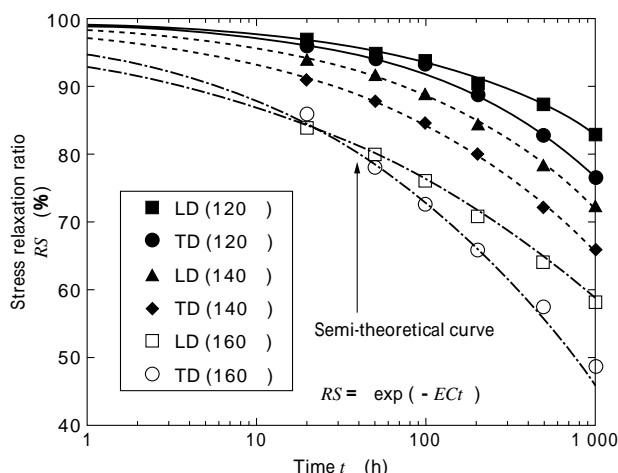


図3 C50715 (KLF-5) 合金の応力緩和特性  
Fig. 3 Stress relaxation property of C50715 copper alloy

ると、応力緩和特性は変化することが容易に予想できる<sup>7)</sup>。銅合金板製品は最終圧延で加工し終わった後に、低温焼鈍と呼ばれる再結晶軟化温度より低い温度での焼鈍にさらして残留応力を除去しておくのが普通である<sup>8)</sup>。ただし、実際は顧客側でプレス打抜き加工や曲げ加工を行うので、残留応力の影響で製品出荷状態よりは応力緩和特性は低下している場合が多い。端子加工後に低温焼鈍すれば、ばねのホットセッティングに相当する状態となり応力緩和特性は回復するが、接点部の酸化や工数増加に伴うコストアップ要因になるために、加工後も良好な応力緩和特性を発揮する材料が求められている。

### 1.3 導電性

銅合金の導電性指標は導電率%IACSで表示される。これは20において $1.7241 \mu \cdot \text{cm}$ の体積抵抗率を持つ国際標準軟銅 (International Annealed Copper Standard) の導電性を100%とし、これに対する比率を%で計算し、%IACS単位で表記する方式である。通電部長さ  $l$ 、断面積  $S$ 、導電率  $E_c$ 、熱伝導率  $\lambda$ 、体積抵抗率  $\rho$  の銅合金に電流  $I$  を通電した場合、周囲への熱放散がないと仮定すると、その発熱温度  $T$  は近似的に

$$T \approx \frac{I^2 l^2}{2 S^2 \lambda}$$

と表される。したがって、通電中のコネクタの温度は周囲温度  $T_0$  にこの発熱温度を上乗せした温度  $T_0 + T$  になるため、応力緩和によるばね接圧の低下を招く可能性がある。民生家電や情報機器などに用いられているコネクタではほとんど問題にならないが、使用温度の高い自動車用コネクタでは無視できない。

一般に、強度特性と導電率は相反する特性である。銅に添加元素を加えて強度特性を上げると、導電率は低くなる。同じ強度特性・価格・応力緩和特性なら、導電率の高いほうが設計の自由度が大きくなるため、特に自動車分野向けに強度特性と導電率の両方を兼ね備えた新合金開発が活発である。

### 1.4 曲げ加工性

図1のような複雑な曲げ加工を施す場合には、銅合金板の曲げ加工性が重要になる。一般には、強度特性を向上させると曲げ加工性は低下するので、導電率同様、強度と曲げ加工性の両立が大きな課題である。

さらに重要な点は、曲げ加工性には異方性が存在することである。曲げ加工性の表記は、圧延方向に直角な方向に曲げの中心軸を有する曲げ方向を Good way と称し、圧延方向に平行な方向に曲げの中心軸を有する曲げ方向を Bad way と称し、それぞれの方角に対し、板厚  $t$  に対する曲げ半径  $R$  の比として、限界曲げ比  $R/t$  で示す。一般には Good way のほうが Bad way の曲げよりも良好、つまり  $R/t$  が小さい。これはりん青銅、黄銅などの加工硬化型合金で顕著である。析出硬化型合金では、この関係が逆転しているものもある。

以前の曲げ試験は、JIS Z 2248 に記載のあるVブロック法が主流であったが、端子の小型化が進み厳しく複雑な曲げ加工が要求されるようになった今日では、試験片両端に拘束の入るW曲げのほうが実体をよく表してお

り、たとえば、実プレスで曲げ  $R=0$  (通常は sharp と表記される) の 90 度曲げは、 $R=0$  の W 曲げに相当すると考えた方がより実体に合っている。また、箱形端子の箱部の開きや形状の崩れを防止する抑え部は、180 度曲げあるいは密着曲げが行われており、これは JIS Z 2248 に準拠した評価方法が採用されている例が多い。

## 2. コネクタ用銅合金の強化機構と位置付け

一般にコネクタなどの通電部材に使用される銅合金を開発する際には、いかに導電性を損なうことなく強度を向上させるかに関心が集中する。比較の実用化しやすい合金系や強化機構は、ほとんど既知である。これらの合金系の位置付けを図 4 に示した。この図に示した 8 種類の合金カテゴリーの強化機構と特徴、および主な合金について説明する。

### 2.1 低合金化銅 (Low alloyed coppers)

高導電率 80 ~ 100% IACS を特徴とする合金カテゴリーである。代表的な合金に、C19210 (Cu-0.1% Fe-0.03% P, 当社製 KFC) がある。このカテゴリーに属する合金には、ばね弾性や応力緩和特性などの性能は備わっていないために、コネクタとして使用されることはまずない。通電部材としては、主に自動車 JB 用の平バスバーやリレータブなどに使用されることが多い。現在、この合金カテゴリー内で開発が行われることはほとんどない。

### 2.2 固溶合金系 (Solid solution alloy)

銅合金では最もよく使用される黄銅 (C2600 : Cu-30% Zn) やりん青銅 (C5210 : Cu-8% Sn-0.1% P) 合金などが属する合金系である。固溶強化のための錫や亜鉛などが大量に添加されるのが特徴的であり、そのため導電率も C2600 で 27% IACS, りん青銅で 12% IACS と低い。低融

点元素が多量添加されているため、たわみ係数 (ヤング率) が低く、また強度も高いため、ばねとしてはもっとも適した合金系である。りん青銅はその代表例であり、携帯電話などの小電流民生品に用いられているコネクタのメス端子はほとんどがりん青銅である。

一方、大電流を流す端子には、りん青銅の 2 倍以上の導電率を有する黄銅が用いられることが多い。特に自動車向けには、その低価格と相まってさまざまな部位に用いられている。具体的には、いわゆる FASTON 端子と称されるメガネ型断面形状のばね部を持つ端子などである。欠点は応力緩和特性が要求ニーズに対応できなくなっている点で、1 000 時間経過後も 70% 以上の残存応力を残している温度を応力緩和上限温度と定義すると、黄銅で 80 , りん青銅で 120 である。そのため、自動車用端子として黄銅が使用できるのは、自己発熱を抑制できる断面積の大きな端子形状で、かつ周囲温度の上昇が室温程度の部位に限られる。このカテゴリー内の合金開発もあまり活発ではないが、りん青銅の resilience を活かしつつ高強度化、応力緩和特性を向上させるために、微細な Fe-P 化合物や Ni-P 化合物を析出分散させた合金が提案されている。

この合金カテゴリーに属する合金で異彩を放っているのが、C72500 (Cu-9% Ni-2.3% Sn, 当社 CAC92) である。この合金の最大の特徴は、応力緩和特性に優れる点で 180 での使用にも耐える。多量添加された Ni がこの特性向上に寄与しているものと推測されている。このため、端子としては高温に曝される自動車触媒センサ用やヘッドランプの端子に用いられることがある。

### 2.3 改良りん青銅型合金系 (Improved phosphor bronze)

りん青銅のばねとしての特性を活かしつつ、導電率と

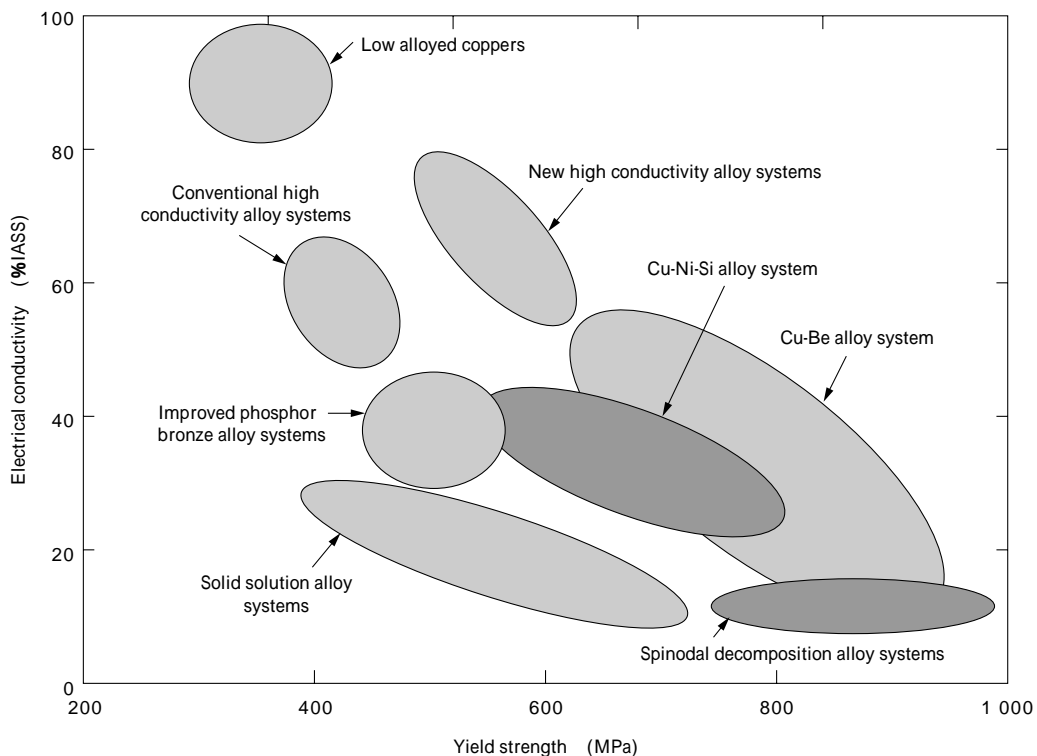


図 4 合金系の位置付け

Fig. 4 Position of various copper alloy systems in conductivity-strength map

応力緩和特性を向上させたのが、このカテゴリに属する合金系である。具体的には、りん青銅の主要添加元素である錫を低減させ導電率を向上させ、微細な析出物を均一分散させることで応力緩和特性の向上を図っている。このような特性を向上させるのは、このカテゴリに属する合金系が、主に自動車用のコネクタに使用されるためである。

具体的な合金としては、Fe-Pの微細析出物を分散させた C50715 (Cu-0.1% Fe-0.03% P-2% Sn, 当社 KLF-5) や C19021 (Cu-1% Ni-0.9% Sn-0.05% P) 合金などである。

なお、これらの合金の応力緩和特性上限温度は 140 ~ 160 付近にあり、いわゆる自動車のワイヤハーネス接続に使用されるコネクタに用いられる。したがって、国際化が進み現地調達常識になっている自動車部品業界のニーズに応えるためには、合金特性だけでなく国際的入手性も確立しておく必要がある。

#### 2.4 ベリリウム銅合金系 (Cu-Be alloy)

ベリリウム銅合金は、銅合金中最高の強度を発揮できる。しかも導電率も併せ持ち、応力緩和特性も非常に優れている。ただし、高価なことから自動車用にはほとんど使用されない。さらにリサイクルの観点から、有害物質のイメージが強いベリリウムは敬遠される傾向にある。しかしながら、代替できる合金がほとんど存在しないということも事実であり、このベリリウム銅代替合金の開発が伸銅業界の大きな課題の一つである。特に代替が難しいのは、C17410 (Cu-0.3% Be-0.5% Co) や C17510 (Cu-0.4% Be-1.6% Ni) などの導電率 50% IACS 程度の合金である。これらの合金は、発熱量の多い自動車用リレーの可動片として用いられることが多いが、現時点で有力な代替合金は開発されていない。これはベリリウム銅が非常に優れた疲労特性も併せ持っているためである。そのため、上述のパワー系リレー以外にも、繰返し挿抜の耐久性を求められる民生品外部インターフェースコネクタ (特にノートパソコンなど頻繁に外部機器を繋ぐ必要性のあるコネクタ) や携帯電話のアンテナホルダにも多用されている。また応力緩和特性と疲労特性を併せ持っているために、IC・LSI 検査用のバーンインソケットはほぼベリリウム銅の独壇場である。

ベリリウム銅合金の強化機構は析出強化である。このため、時効後は製品寸法の収縮が生じる。製品形態としては、時効焼鈍後に調質を整えて出荷するミルハードン材と、プレス後に客先で熱処理する時効焼鈍材の 2 種類が存在する。携帯電話のアンテナホルダなどは、このような方法で、複雑な曲げ形状を有しながら硬さレベルで HV300 以上の接点を作ることができる。

#### 2.5 スピノーダル分解型銅合金 (Spinodal alloy)

上述のベリリウム銅合金の強度、疲労特性、応力緩和特性などに匹敵する特性を得られる合金系に、スピノーダル分解による強化を行った合金系があげられる。この合金系は、高温で再固溶させた状態から急速に焼入れを行い、高濃度に添加した第二元素の濃度揺らぎを導入し、時効焼鈍で揺らぎの波長選択を自発的に行うことで強化を図る。つまり、無数の波長を持つ濃度揺らぎ

を整理し、変調構造と呼ばれる非常に規則的な添加元素の濃淡を作り出し、強化を図る<sup>9)</sup>。

具体的な合金系としては、C72700 (Cu-9% Ni-6% Sn) や C14400 (Cu-3.2% Ti) などが挙げられる。合金の欠点としては、比較的高価な点が挙げられる。これは、前者が熱間圧延困難のために水平横型連続鋳造で製造せざるを得ないこと、後者が酸化性元素 Ti を添加するために真空溶解炉で製造せざるを得ないからである。また、高濃度に添加元素を入れる必要があるために、導電率の向上は期待できない。通電部材としては、これらの合金の用途は民生品の内部接続用端子 (たとえば携帯電話のマイク・スピーカ端子や電池クリップなど) である。端子以外の用途としては、モータブラシや時計の軸受などの用途も多い。

#### 2.6 Cu-Ni-Si 合金系 (Cu-Ni-Si alloy)

この合金は、通常コルソン合金の名で知られている。強化機構としては、Ni<sub>2</sub>Si 析出物を分散させる析出硬化型合金であり、比較的高い導電性と強度、応力緩和特性および曲げ加工性を兼備した合金で、現在最も活発に合金開発が行われているカテゴリである。特に自動車用途として、特性バランスが優れている。応力緩和上限温度は、ベリリウム銅やスピノーダル分解型銅合金について高く、160 ~ 180 のレベルである。また有害元素を含まず、大気造塊・熱間圧延による大量生産が可能ことから、ベリリウム銅合金代替の最有力候補でもある。

具体的な銅合金としては、C64725 (Cu-2% Ni-0.5% Si-1% Zn-0.5% Sn), C64760 (Cu-1.8% Ni-0.4% Si-1.1% Zn-0.1% Sn, 当社 CAC60) や C64785 (Cu-3.2% Ni-0.7% Si-0.5% Sn-1% Zn, 当社 CAS85) などである。このカテゴリでの合金開発では、いかに溶体化処理で Ni/Si を再固溶させ、時効焼鈍で均一微細な析出物を大量に分散させるかという点にかかっており、添加元素バランスだけではなく、溶体化処理設備の能力もきわめて重要である。

#### 2.7 従来型高導電性銅合金 (Conventional alloy)

このカテゴリに属する銅合金には、さまざまな強化機構を用いたものが提案されている。たとえば C18665 (Cu-0.7% Mg-0.005% P) 合金は Mg の固溶型合金であり、C19010 (Cu-1.3% Ni-0.35% Si-0.055% P) は Ni-Si および Ni-P 析出物による析出硬化型合金、C19400 (Cu-2.2% Fe-0.03% P-0.15% Zn) 合金は Fe の粒子分散型合金である。合金ニーズとしては、大電流通電部材として高導電性を求められていることが特徴的である。

具体的には、自動車 JB 用のバスバー、同じく自動車パワーシステム用の中継端子などである。また民生品分野では、モータなどの負荷の大きな部品への通電部材としても用いられている。自動車用途に関しては、数十 ~ 100 アンペアクラスの電流を流すために、自己発熱の抑制とともにばねとしての応力緩和特性も上限温度が 150 ~ 160 と比較的高いレベルが要求されるとともに、板厚の厚いアプリケーションが多く、最終製品板厚で 0.15 ~ 1.2mm まで対応する必要がある。さらには異形条のニーズも多い。

このカテゴリーの合金も根強い人気を持っているが、

徐々にりん青銅強度なみで導電率が60% IACS以上という合金ニーズが生まれ始めており、特性的に物足りなさを感じている顧客も現れ始めた。

### 2.8 新型高導電性合金 (New high conductivity alloy)

このカテゴリに属する合金で、現在コネクタ用に提案されているのは C18080 (Cu-0.5%Cr-0.1%Ag-0.08%Fe-0.06%Ti-0.03%Si) で、2001年に発表された<sup>10)</sup>。上述のりん青銅強度同等程度で導電率60% IACS以上という特性を兼備するのは非常に難しく、Crなどの添加が難しい元素を析出させる析出硬化型合金を選択する以外にほとんど可能性はない。また、この合金系の大きな特徴は、応力緩和上限温度が180~200と非常に高く、この合金系で実用化が進めば、自動車用アプリケーションには非常に大きなインパクトとなる。ただし、Cr含有合金がコネクタ用として用いられた事例はほとんどなく、信頼性の確立が大きなテーマとなる。またプレス打抜き性や曲げ加工性がCr晶出物の影響で劣化しやすいとの報告もあり、溶解鑄造技術が大きなポイントの一つとして挙げられる。

### 3. 銅合金アプリケーションから見た開発動向と当社開発戦略

図5に、導電率・強度マップ上に当社既開発合金と、りん青銅などの標準銅合金および主要アプリケーションを同時に記載した。民生品向けは、ほとんど(導電率10~20% IACS, 耐力550~1000MPa)の位置付けに集中しているのが特徴的である。

一方、自動車用は比較的大きな電流を流し、かつ自己発熱を抑制する必要性から、JBから小型端子に至るまで、導電率について様々なニーズがある。今後も高密度

実装技術の発展によりコネクタの小型化が進めば、民生用向け、自動車用向けいずれとも材料特性ニーズはより高強度側へ移行していくと考えられる。

特に自動車用については、小型端子用の導電率ミドルクラスの材料およびJB・大型中継端子用の高導電性材料で、高強度化ニーズが高まるものと予想される。図5で斜線ハッチングした領域が、その想定した自動車用将来ニーズである。このような高強度化ニーズにどのように応えていくかが、最大の課題である。ベリリウム銅がそのニーズを満たす合金系の一つであるが、前述のようにコスト、イメージの面で代替品要求は根強い。

これらの観点から当社では次の3系統の合金開発を進めている。

- (1) 耐力1000MPaクラス民生品向けニーズに充てるスピノーダル分解型銅合金の実用化
- (2) 従来よりもさらに小型化が進む自動車用信号系端子に充てるベリリウム銅代替コルソン型銅合金の実用化
- (3) 従来よりもさらに大電流を通電する可能性のある自動車用パワー系端子に充てる高導電性と中強度を両立できる新たな合金系の開発

今後も高強度、高導電性追求を軸に応力緩和特性や曲げ加工性の向上を目指す開発を継続することになる。

むすび=コネクタ用銅合金は、リードフレーム用とは異なり、長期に渡って銅合金の機械的特性を利用するため、本質的な合金の理解と、それに基づいた開発が今後も欠かせない。

大きな課題は、ベリリウム銅クラスの強度・導電率を兼ね備えた代替合金の開発と、高導電性と強度を併せ持った

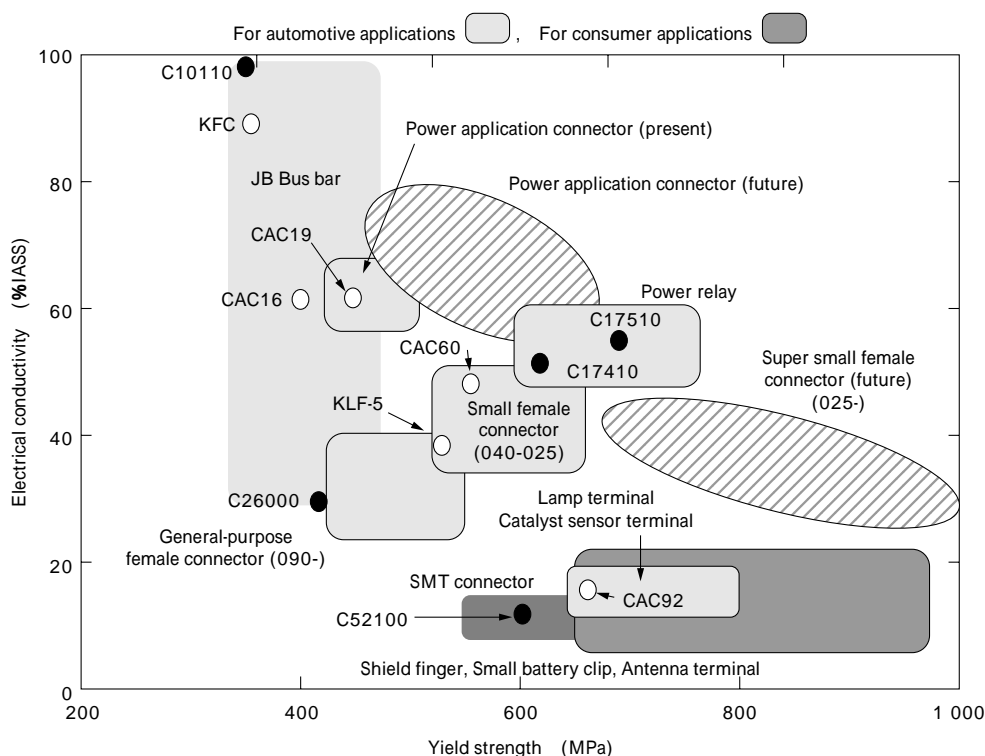


図5 合金系の位置付けとアプリケーションの関係

Fig. 5 Relation between copper alloys positioning and various application

合金の開発である。自動車の高度電装化とハイブリッド機構や燃料電池技術などの電動化動向が、これらを後押しするものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本材料学会腐食防食部門委員会編：電子部品の腐食損傷と解析，(1990) p.43.
- 2) 日本アルミニウム協会日本伸銅協会編：非鉄金属材料のデータベースの整備（伸銅データベースの整備）(2001) p.28.
- 3) W. D. キャリスター：材料の科学と工学 2 ] (2002) p.20. 培風館 .
- 4) Robert D. Malucci : International Institute of Connector and Interconnection Technology, Inc 2000 Proceedings, (2000) p.215.
- 5) 西畑三樹男編著：テストロニクスとその応用，(1994) p.139.
- 6) 木村宏：材料強度の考え方，(1998) p.379 . アグネ技術センター .
- 7) E. Scheedin et al. : Simulation of the stress relaxation behavior of connectors, (1999) Chapter 4, PB Reports.
- 8) 日本金属学会編：非鉄材料，講座・現代の金属学 材料編 5, (1987) p.48.
- 9) 田村今男編：材料強度物性学，総合材料強度学講座 2，(1984) p.109, オーム社 .
- 10) Joerg Seeger et al. : Metall, Vol.56, (2002) p.289.