

## ■ まず銅と銅合金について簡単に説明する

### ①銅の特徴

- ◆電氣的 電気抵抗が小さく、伝導性がよい。
- ◆機械的 柔らかくて展延性が大きいため、加工しにくい。
- ◆特質 電気関係用途に用いられるが、機械部品には不向き。



### ②銅合金その1 ～黄銅の特徴～

- ◆一般機械では**真鍮**と呼ばれる銅と亜鉛の合金が安価で多用されている。
- ◆特質 銅より安価な亜鉛との合金は、錆びにくく、融点も銅より低くて鋳物にも有利。
- ◆機械的 硬くなり、伸びが小さく、引張強さも増す。切削しやすく、加工しやすい。
- ◆種類



- ・快削黄銅 鉛を添加し、切削性を高めた黄銅
- ・ネーバル黄銅 スズを添加し、海水に対して耐えるようにした黄銅
- ・高力黄銅 引張強さと硬度を更に高めた黄銅
- ・鍛造用黄銅 熱間鍛造性を高めた黄銅

### ③銅合金その2 ～青銅の特徴～

- ◆水を扱う機械では**砲金**とも呼ばれる青銅を多用する。
- ◆特質 主成分が亜鉛以外の銅合金。
- ◆種類



- ・リン青銅 スズとリンを添加。硬さや引張強さが高く、歯車に最も適した銅合金。バネ材やスイッチにも多用される。
- ・快削リン青銅 鉛を添加し、切削性を高めた青銅。
- ・アルミ青銅 引張強さや硬さがリン青銅よりも高まった青銅。機械部品に多用される。

## ■ 銅は導電性や熱伝導性に優れており、電気用や化学工業用、建築用に使用される金属

表1. 銅の種類と特性 【JIS H 3100 で規定】

JIS 記号	名称	特性
C1020	無酸素銅	99.96% の銅。電子機器や化学用途に。機械用にはメリットなし。(化学用途で指定される場合がある)
C1100	タフピッチ銅	99.9% の銅。電気から建築まで幅広く用いられる。銅指定で加工に使うならこれ(kg単価でC3604の2.5倍程度)。
C1201/C1220	りん脱酸銅	99.90% の銅。タフピッチ銅が不向きな溶接に適用。切削加工には少々不向き。

### ① 銅の物理的性質

結晶構造	面心立方晶
密度	8.936 [10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ]
熱膨張係数	17.1×10 <sup>-6</sup> [1/K]
電気抵抗	17.241 nΩ・m (←世界基準の導電率 IACS 100%)

※銀は電気抵抗が106%と銅より良好だが、単価が銅の200倍。従って銅製品の半数は電線と導電製品に使用される

### ② 銅の機械的性質

柔らかく、熱膨張しやすく、展延しやすい銅は、絞り加工や溶接、印刷用に使用される金属 (基本的に切削加工に不向き)

### ③ 銅の切削加工

- ・延性が大きい為、切れ味の悪い工具で切削すると仕上げ面粗さ精度の低下や加工変形などが生じやすい
- ・軟質のためバリが発生しやすく、反りや歪みがやすい

### 【加工方法のポイント】

切削時の溶着、および仕上げ面粗さ精度の低下を防ぐために、すくい角が大きく切れ刃のシャープな工具を用いる (銅専用工具もあり)

低速切削は避け、切削速度を高めた切削条件 (過去の事例では、2,000~4,000回転/送り200mm)

クーラントの種類によって化学的に腐食させる為、クーラントは油性切削油等を用いる

## ■ 黄銅はどのような銅合金か？



表2. 黄銅の種類と特性 【JIS H 3100 で規定】

JIS 記号	名称	特性
C2600	黄銅	7-3黄銅。展延性・深絞り加工性に優れ、メッキ性が良い。カメラやラジエーターなど
C2700		冷間鍛造性・絞り加工性(浅い)良い。バネや機械部品に使用される。
C2800/C2801		6-4黄銅。強度強く、展延性が良い。配線器具部品など。馬具や甲冑にまで使用。
C3601	快削黄銅 (真鍮)	Cd含有量に特記がなく、 <b>RoHS対応不可能</b> 。(※鉛ではRoHS対応)
C3602		ねじ、ナット、ボルト、歯車等に使用される
C3603		快削性。3604よりも機械強度が高く展延性が良い。その分削りにくく3604より高価。
C3604		超快削性。最も一般的な黄銅。6-4黄銅(C2801)の切削性を良くした材料。鉛含有量で <b>RoHS対応</b> 。
C3605		超超快削性。C3604から更に鉛を増やして加工性アップ。ただし鉛含有量が <b>RoHS対応不可能</b> 。
C3712	鍛造用黄銅	熱間鍛造性をよくしたもの。精密鍛造に適する。
C3771		熱間鍛造性良く、切削性も良い。バルブ、機械部品など。
C4622	ネーバル黄銅	耐食性、特に耐海水性が良い。
C4641		黄銅にSnを1%ほど添加して耐食性を上げたもの。海水にも強い。
C6782	高力黄銅	黄銅にAl、Fe、Mn等を添加し、硬さと、強さを向上させたもの。 <b>高価</b> (kg単価でC3604の2倍程度)。
C6783		強度が高く、熱間鍛造性、耐食性がよい。船舶プロペラ軸など。

### ● 黄銅の物理的性質

- ・亜鉛含有量で引張強さと比重と原価が変わる(亜鉛は銅の半額程度)
- ・伸びと引張強度は亜鉛含有量で変化し、30%亜鉛(7-3黄銅)で伸びが最大、40%亜鉛(6-4黄銅)で引張強さが最大となる
- ・黄銅に、亜鉛以外の元素を添加させ、それぞれ目的ごとの特殊黄銅が開発された

C3604は銅合金の中で最も切削加工しやすく安価。

C3604に代替できるコストダウン材料は、材料費・加工費・RoHS対応を考えると・・・銅合金では存在しない？

## ■ 青銅はどのような銅合金か？



表3. 青銅の種類と特性 【JIS H 3110 で規定（アルミ青銅は JIS H 3100 で規定）】

JIS 記号	名称（旧名）	特性
C5050	リン青銅	導電性・熱伝導性に優れる
C5102		耐疲労性・耐食性・耐摩耗性がよい
C5191	リン青銅 2種	耐疲労性・耐食性・耐摩耗性がよい。特に一般に広く使用。
C5212	リン青銅 3種	ばね性にも優れる。
C5210	ばね性リン青銅	特にばね性に優れる。
C5341	快削リン青銅 1種	鉛を添加して被削性を改良した合金。歯車やコネクタなどに用いられる。
C6161	アルミ青銅 (アルミニウム青銅)	強いバネ性を利した使い方をされることが多い。他の銅合金に比べ硬く、被削性は悪い。
C6191		ギアやブッシュに使われる。船屋が好んで使う。
C6241		強度も高く、耐摩耗、耐食も優れる。が、それだけに高価(kg単価でC3604の4倍程度)。

### ① 青銅の物理的性質

古代の青銅器でも用いられた青銅だが、現在はリンやアルミ等の付加により、近代材料として用いられている  
 リン青銅やアルミ青銅は黄銅よりも機械強度が高く、高面圧を受ける部分(水道など)に使用される  
 リン青銅は摩耗に強く、摩擦係数が最も少ないことから、歯車（特にウォームホイール）に適している材料

### ② 黄銅と青銅の違い

黄銅は黄金色で錆びにくいいため、装飾具等に用いられる  
 黄銅はカジリが少ないため、褶動部品に用いられる  
 黄銅は湯流れがよく欠損が少ない、安価な鋳物ができる

⇔ 青銅は割れ等が少ないため、彫刻等に用いられる  
 ⇔ 青銅は摩耗や高面圧に強いいため、歯車やバルブに用いられる  
 ⇔ 青銅は質量効果が大きい欠点があるが、鋳造性が高い

## ■ 銅合金はどのような部分に使用するのか？

表4. 銅合金の物性値（別金属も参照で含む）

JIS 記号	名称	引張強さ [ N/mm <sup>2</sup> ]	耐力 [ N/mm <sup>2</sup> ]	硬さ [ Hv ]	比重 [ g/cm <sup>3</sup> ]	導電率 [ %(20℃) ]	熱伝導率 [ Jgs ]	耐食性	成形性	切削性
C1020	無酸素銅	315		-	8.94	100	0.93	◎	◎	△
C1100	タフピッチ銅	275	(70)	-	8.89	97	0.93	◎	◎	△
C1220	りん脱酸銅	315	(70)	100	8.94	86	0.81	◎	◎	△
C2700	黄銅	450		-	8.47	27	0.28	△	○	◎
C2801	黄銅	410		-	8.47	27	0.28	△	○	◎
C3604	快削黄銅	335		80	8.5	-	-	△	○	◎
C4641	ネーバル黄銅	345	(125)	-	8.43	-	-	◎	○	◎
C5191	リン青銅	590		210	8.8	15	0.16	○	△	△
C5210	バネ用リン青銅	650		220	8.8	15	0.16	○	◎	△
C6782	高力黄銅	460	(195)	460	8.43	-	-	○	△	○
A5052	ジュラルミン	230	195	50	2.68	35	0.14	○	△	◎
A6061	ジュラルミン	320	280	105	2.7	43	0.21	○	△	◎
A7075	超ジュラルミン	560	490	170	2.8	33	0.21	○	△	◎
SUS304	ステンレス鋼	520	205	200	7.93			◎	△	△

### 製品設計時の工学的思考（機能の充足／コスト／安全性・信頼性）で材料を選ぶ

- 耐力** ……銅合金の場合、降伏点が明瞭でないため、耐力が適用されていない物が多い
- 疲労限度** ……アルミ合金にはデータ無し
- 加工実績** ……材料を変えれば加工条件も大きく変わり、コストや信頼性に必ず影響する
- 重量** ……軽ければ駆動エネルギーだけでなく、重量コストも小さくなる（無駄な重さは害の元）
- 材料価格** ……鉄・銅の材料コストに対して、ジュラルミンとステンレス鋼は3倍以上

## ■ 真鍮は「環境問題」に該当しやすい材料

### ◆ RoHS指令について

以下の物質が指定値を超えて含まれた電子・電気機器を上市することはできなくなる。

1. 鉛： 1,000 ppm以下 【適用除外】 合金成分として銅材に含まれる4%までの鉛 (Pb) は除外。
2. 水銀： 1,000 ppm以下
3. カドミウム： 100 ppm以下
4. 六価クロム： 1,000 ppm以下
5. PBB, PBDE： 1,000 ppm以下

### ① 鉛について

- ・快削黄銅では、銅が57.0～61.0%、鉛が1.8～3.7%、鉄が0.50%以下、亜鉛は残部。鉛含有量は規定のPb 1,000ppmをオーバ。
- ・RoHS適用除外に該当するため、鉛については問題なし。(※2010年4月時点) ただし、グリーン調達では鉛含有量でNGとなる

### ② カドミウムについて

- ・JISではカドミウムは“不純物”扱いのため、黄銅の元素規格にCd含有量無し
- ・従って通常の快削黄銅では、Cd鉛含有量は、100ppm以上の可能性が高い
- ・自社でCdの定量分析をして保証するか、低Cd 快削黄銅を用いないと、RoHS対応できない。低Cd快削黄銅に切り替えが必要。

- ・ RoHS規定は不明瞭（特に鉛）のため、国内ではRoHSより規定が厳しいグリーン調達を基準にする傾向
- ・ グリーン調達ではカドミレスや鉛レスが進んでいるため、コストダウンと並行して環境対応も考える必要あり

表5. 鉛レス黄銅一覧 ～国内の黄銅棒メーカーが開発した、鉛レスの快削黄銅～

特開2006-150379/JCBA T204

合金番号	名称	特性
C6801	ビスマス系 鉛レス快削黄銅	C3604,C3602 代替材として 切削、一般カシメ用。
C6802		C3604,C3602 代替材として ローコスト商品。
C6803		C3602,C3601 代替材として 一般、強カシメ用。
C6804		C3771 代替材として 鍛造用(加工法によっては切削用)。
C6931	珪素系 鉛レス快削黄銅	腐食性・摩耗性に優れた耐脱亜鉛鉛レス快削黄銅
C6932		各性能が優れたハイスベック商品。