

# Bronz1

- BRONZ1 白書 -

鉛無し黄銅合金

**NEXTBRASS**<sup>®</sup>

ASTM 登録 UNS No. C49355, C89720

## 1. はじめに

J マテ. カッパープロダクツは長い間、銅合金の地金及び連鑄品の製造・販売をしてきた。昨今の鉛無し銅合金のニーズに答え、当社は日本で最初に鉛無し青銅の連続鑄造を開始した。この合金は ASTM B584 に C89844 として登録され、現在のビスマス系合金グループのさきがけとなった。(表 1)

従来から、水道用水栓金具や一般配管用接水器具、あるいは各種バルブには、その優れた材料特性を活かして、青銅や黄銅などの銅合金が使用されている。それらの銅合金は、製品加工するための良好な切削性が要求され、一般的に鉛を含有させる事により必要な切削性が付与されてきた。

しかしながら鉛は、合金の溶解・鑄造過程における蒸発、あるいは接水部品として使用した際の飲料水中への溶出などにより、人体や環境衛生へ悪影響を及ぼす有害元素との認識が強まったため、近年その含有は厳しく制限される傾向にある。アメリカにおいては鉛を制限する法令も施行される予定である。

現在では、鉛無し銅合金として大きく分けてビスマス系合金、シリコン系合金が存在する中、当社では素材供給の立場から両者のスクラップのリサイクルが可能、より安い原価で製造することができ、かつそれぞれの欠点を克服したうえで特性を大きく損なわない合金開発に焦点を当て、シリコン系合金をベースに 5 年に亘る継続的調査、実験、研究を行ってきた。その結果、ビスマス系合金とシリコン系合金を融合させた新しい鉛なし合金の開発に成功した。この合金は ASTM に UNS No. C49355 で登録されている。

表 1  
各銅合金の化学成分代表値(%)

CDA合金番号	鉛入り青銅鑄物							
	Cu	Sn	Pb	Zn	Si	Bi	P	Se
C84400	81.0	3.0	7.0	9.0	-	-	-	-
C83600	85.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
鉛入り黄銅								
C35600	61.5	-	2.5	36.0	-	-	-	-
ビスマス入り青銅鑄物								
C89520	86.0	5.5	-	5.0	-	1.9	-	0.95
C89844	85.0	4.0	-	8.0	-	3.0	-	-
C89836	89.0	5.5	-	3.0	-	2.5	-	-
ビスマス入り黄銅								
C49300	60.0	1.5	-	36.0	-	1.2	-	-
C49355	66.0	1.0	-	31.0	1.5	0.7	-	-
シリコン入り青銅鑄物								
C87850	76.0	-	-	20.9	3.0	-	0.12	-
シリコン入り黄銅								
C69300	75.0	-	-	21.9	3.0	-	0.10	-

## 2. ビスマス系合金、シリコン系合金、新合金の特徴及びその周辺

ビスマス系合金とシリコン系合金、当社新合金の比較検討には、それぞれの特徴の理解から始めなければならない。次にこれらの合金を理解する為の基礎を紹介する。

### 2.1 健康への影響

#### 【鉛】

水道管に使用されている合金中に鉛が含まれていて、その中を流れる水道水を飲料水に用いていた場合、鉛が鉛イオンとして溶け出し、その水道水を長期間飲むことで体内に鉛が蓄積され、鉛中毒になる場合がある。

#### 【ビスマス・シリコン・錫】

それに引き換えビスマス・シリコン・錫は、なんら規制のかかった物質ではなく、飲料水中へのリスクの存在を示すような情報は公開されていない。

### 2.2 各元素の基本的物性と銅合金への添加効果

ビスマス単体では、延性がある鉛に対し、非常に脆い。

ビスマスや鉛は、銅合金中では固溶しないため、凝固時に融点以下まで液体で存在し、それぞれ単体としてマトリックス間に粒状に存在する。それは、加工時にチップブレイカとして働くため、チップ微細化、切削性の向上に寄与する。但し、添加量によっては熱間加工性を劣化させる原因にもなり、多量の添加は好ましくない。また熱間加工性のみならず、機械的性質劣化の原因ともなりえる。また、凝固時に体積が増加するので、溶湯供給が困難な場所にできやすいマイクロポロシティを埋める効果を持ち、耐圧性向上にも寄与する。

シリコンも単体では非常に脆い。

シリコンは銅合金中では、溶解時に脱酸材として作用し、溶湯の流動性を高めて铸造性を良化させる。また、一部はマトリックスに固溶し機械的強度を高めると共に、一部は亜鉛と作用して切削加工時のチップブレイカとして機能する硬質相を出現させ、ビスマスや鉛ほど大きくはないが若干の切削性を付与する。

錫は銅合金中では、耐脱亜鉛性と耐エロージョンコロージョン性の向上に寄与する。耐エロージョンコロージョン性の改善には特に有効である。

### 2.3 ビスマス系合金とシリコン系合金の特徴

飲料水部品用素材に使用する種々の鉛無し合金のメリット、デメリットを考慮する際に、機械的性質や腐食性、切削性、熱間加工性は非常に重要な要素となるので、それぞれの性能を簡単に紹介する。

#### ① 耐脱亜鉛性と耐エロージョンコロージョン性

ビスマス系合金、シリコン系合金ともに、マトリックス組成的にβ相を持たないことから、耐脱亜鉛腐食は起こさないが、シリコン系合金についてはエロージョンコロージョン腐食を起こしやすい。(表2)

表 2  
耐食性

名称	CDA合金番号	耐食性		
		耐脱亜鉛腐食性 最大腐食深さ ( $\mu\text{m}$ )	耐エロージョンコロージョン性 最大腐食深さ (mm)	コロージョン性 腐食減量 (g)
上水道関連合金	C83600	10以下	0.05	0.25
	C35600	1200	0.65	0.65
ビスマス入り青銅鑄物	C89844	10以下	0.05	0.30
ビスマス入り黄銅	C49355	77	0.15	0.58
シリコン入り青銅鑄物	C87850	10以下	1.00	0.85
シリコン入り黄銅	C69300			
	試験方法	ISO6509-1981	自社試験法	自社試験法

脱亜鉛現象とは：

亜鉛含有量が 30～40%の黄銅材料は、銅が多い $\alpha$ 相と亜鉛が多い $\beta$ 相から成り立っている。脱亜鉛は $\beta$ 相に優先的に生じ、脱亜鉛が生じると赤色のスポンジ状の銅が残存した状態となる。

エロージョンコロージョン腐食とは：

配管を通る高圧過熱水や水蒸気の機械的作用などによる侵食(erosion)と化学的作用による腐食(corrosion)との相互作用によって生じる減肉現象のことを言う。この現象が生じる代表例は、通水管のエルボやチーズなどの曲がり部で生ずる減肉現象である。

## ② 熱間加工性

ビスマス系合金は青銅のため、熱間での変形能が無く熱間加工性は非常に悪い。それに対して、シリコン系合金は黄銅に近いため熱間での変形能を持ち合わせ、熱間加工素材としても使用できる。

## ③ 切削性

ビスマス系合金は、固溶せずに分散して存在する粒状ビスマスがチップブレイカとなり、良好な切削性をもたらす。一方シリコン系合金は、分散して存在している硬質な金属間化合物がチップブレイカとなり、良好な切削性をもたらす。しかしビスマスに比べシリコン系合金の金属間化合物は硬いため、刃物寿命としては短くなるのが予想される。(表 3)

表 3  
被削性指数

名称	CDA合金番号	被削性指数
上水道関連合金	C83600	100
	C35600	130
ビスマス入り青銅鑄物	C89844	90
ビスマス入り黄銅	C49355	90
シリコン青銅鑄物	C87850	102
シリコン入り黄銅	C69300	
		自社試験法

#### ④ 機械的性質

常温においてシリコン系合金は、強度の点で C89844 を含めたビスマス系に遥かに勝る。(表 4)

表4  
常温時での機械的特性

名称	CDA合金番号	最大引張強さ (MPa)	伸び (%)
上水道関連合金	C83600	310	34
	C35600	360	36
ビスマス入り青銅鑄物	C89844	290	33
ビスマス入り黄銅	C49355	490	23
シリコン入り青銅鑄物	C87850	490	27
シリコン入り黄銅	C69300		

この試験結果は鑄物による試験片によって試験した代表値となる。

#### 2.4 新合金 NEXTBRASS の特徴

##### C49355 【NEXT BRASS 熱間加工用】

- 耐脱亜鉛性 . . . . . 良好 (浸食深さ 100 μm 以下)
- 耐エロージョンコロージョン性 . . . . . 良好
- 熱間加工性 . . . . . 良好 (最適加工温度 770°C、加工温度幅 70°C)
- 切削性 . . . . . ビスマス系合金とほぼ同等
- 機械的性質 . . . . . ビスマス系合金とほぼ同等もしくはそれ以上
- リサイクル性 . . . . . ビスマス系合金、シリコン系合金の両方をスクラップとして使用可

### 3. 新合金成分設計に関する技術的ポイント

J マテ. カッパープロダクツは素材供給の立場から、それぞれのスクラップを使用することにより安い原価で製造することができ、かつ機械的強度を有するシリコン系をベースに、各性能を総合的に満足できないかと研究を重ねた結果、新合金の開発に至った。新合金の成分設計における技術的ポイントは次の通りである。

- ① シリコン系合金は、もともと良好な機械的性質、耐脱亜鉛性、熱間加工性を持つが、耐エロージョンコロージョン性に難があり、それを改善するための錫量の最低添加量は 0.5% である。
- ② 耐エロージョンコロージョン性改善のため錫を多量に添加すると、機械的性質 (特に延性)、熱間加工性 (最適加工温度幅) の低下が起こるが、亜鉛当量を 40.0 から 43.0 にコントロールすることで、それらを低下させずに最良の特性を持たせることができる。

- ③ また、上記のように調整した成分範囲内において $\kappa$ 相の面積率を 20%以下にすることで、機械的性質は最良なものとなる。
- ④ 亜鉛当量を調整するためにシリコン量を下げた分、チップブレイカとなる硬質相が減少し、それにより犠牲になった切削性をビスマス添加で補った。
- ⑤ 従来のビスマス系合金、シリコン系合金のそれぞれの欠点を補完し、両方のスクラップを使用可能としたシリコン系をベースとした新合金の開発に成功した。

#### **4. 総括**

J マテ. カッパープロダクツは前述の様々な試験調査に基づいて、鉛無し製品における研究開発を、従来のビスマス系合金からシリコン系合金へスイッチし、シリコン系合金における問題点を克服した新合金 C49355 の開発に成功した。これは経済的にも実用的であり、鉛規制法令にも沿い、かつ従来材同等の基本的機能を持ち合わせている。この新合金が国際的な市場において従来のものに代わるベストなものと思えるところである。

以上