

鉛レス銅合金及び表面処理の概要と技術情報

給水装置及び器具の鉛浸出性能低減状況

平成 16 年 3 月

給水システム協会

発行にあたって

平成15年4月1日より、鉛の水質基準に関する省令の改正に基づき、当協会会員はじめ給水装置及び器具製造メーカーは、鉛新基準適合製品の製造及び出荷を開始しています。当初、表層の鉛を除去する鉛除去表面処理による対応が比較的迅速に可能であるため、各社は、表面処理によって製造を開始しました。

その後、素材に鉛を含まない鉛レス合金が見直され、材料の性能やJIS化の動きなどが注目され始めています。半永久的に埋設して使用され、取替えることが難しい給水装置及び器具は鉛レス合金が適していること、さらに素材を鑄造する際の型砂、耐火物及びダスト等が無鉛となり、有害な産業廃棄物を低減させ、環境改善に寄与することなどが評価され、鉛レス合金による給水器具の製造比率が増加しています。一方、屋内に用いられる装置及び器具等は、表面処理品が引き続き使用されるものと考えられます。

鉛レス合金あるいは表面処理のいずれによっても、新鉛浸出基準に適合することは現在までの実績によって証明されていまして、今後、合金の種類や処理方法のいずれを採用するか判断することが必要となってきます。

この資料は、当協会会員がそれぞれ採用している鉛レス化の技術について、鉛浸出性能や腐食試験等の技術情報を中心としてできるだけ豊富に取り入れ、ユーザーや水道事業者の皆様のご判断に供するように纏めました。皆様のよき参考となれば幸甚に存じます。

平成16年3月

給水システム協会
会長 田淵宏政

目 次

1.	はじめに.....	1
2.	水道水質基準の経緯.....	1
3.	水道水への鉛浸出抑制技術.....	2
3-1	鉛レス合金.....	2
3-2	鉛除去表面処理.....	3
3-3	コーティング法.....	3
3-4	水道水の pH 値の上昇.....	3
4.	ビスマス（－アンチモン）系鉛レス青銅合金.....	4
4-1	合金の特徴.....	4
4-2	成分例.....	4
4-3	機械的性質例.....	4
4-4	浸出試験性能例.....	4
4-5	耐塩水噴霧腐食性能.....	5
4-6	耐脱亜鉛腐食性能.....	6
4-7	耐応力腐食割れ性.....	6
5.	ビスマス－セレン系鉛レス青銅合金.....	7
5-1	合金の特徴.....	7
5-2	成分例.....	7
5-3	機械的性質例.....	7
5-4	浸出試験性能例.....	7
5-5	耐塩水噴霧腐食性能.....	8
5-6	耐脱亜鉛腐食性能.....	9
5-7	耐応力腐食割れ性.....	10
6.	シリコン系鉛レス黄銅合金.....	11
6-1	合金の特徴.....	11
6-2	成分例.....	11
6-3	機械的性質例.....	11
6-4	浸出試験性能例.....	11
6-5	耐塩水噴霧腐食性能.....	12
6-6	耐脱亜鉛腐食性能.....	12
6-7	耐応力腐食割れ性.....	13

7.	ビスマス－セレン系鉛レス黄銅棒.....	14
7-1	棒の特徴.....	14
7-2	成分例.....	14
7-3	機械的性質例.....	14
7-4	浸出試験性能例.....	14
7-5	耐塩水噴霧腐食性能.....	14
7-6	耐脱亜鉛腐食性能.....	15
7-7	耐応力腐食割れ性.....	15
8.	鉛除去表面処理（N P b 処理）.....	16
8-1	処理方法.....	16
8-2	処理後の銅合金表面.....	16
8-3	浸出性能例.....	17
9.	鉛レス銅合金製給水器具等の表示 給水システム協会ガイドライン..	17
9-1	ガイドラインの目的.....	17
9-2	合金の区分とその記号.....	17
9-3	（社）日本バルブ工業会識別マーク.....	18
9-4	表示方法.....	18
10.	鉛レス化の今後の動向.....	18

1. はじめに

水道水の水質基準が改正され、水道水中に溶出する鉛の基準値が強化され、既に平成15年4月1日より施行されている。

水道水を供給する給水装置及び器具の材料は、これまで青銅鑄物 6 種 CAC406 (BC6) が鑄造性、機械加工性、耐圧性に加えて経済性にも優れることから広く使用されてきた。この青銅鑄物はこのような特性を得る目的で主要成分として鉛を 4~6%含むため、従来そのままでは鉛の新基準に適合することは難しい状況となった。

鉛新基準に対応するため鉛を含まない鉛レス青銅合金を新たに開発し、この鉛レス合金に切換えたり、従来の青銅鑄物を使用して鉛除去表面処理を施すことにより鉛浸出を抑える方法を開発し対応している。また、水道メータ胴にはコーティング法が報告されている。

ここに給水装置及び器具の鉛低減に関する技術情報を記載し、併せて、当協会としての取り組み、対応と今後の動向等について紹介する。

2. 水道水質基準の経緯

厚生労働省では、水道水中の鉛濃度の低減化を図るため、鉛に係る水道水質基準を 0.05mg/L から 0.01mg/L とする水質基準に関する省令（平成4年厚生省令第69号）を平成15年3月27日に公布し、平成15年4月1日より施行した。

これを受け、給水装置末端でこの基準を確保するため、給水装置の構造及び材質の基準に関する省令（平成9年厚生省令第14号）を改正し、給水装置の鉛の浸出に係る基準も平成15年4月1日より強化されることになった。この基準値は以下のように改正された。

末端以外に設置される給水用具は、配管内を水が通過することによって用具に接することから、給水配管の面積比（4%）の補正を行い、0.01 mg/L を超えないこととされた。

一方、末端給水用具すなわち水栓類は、使用時まで水が滞留して、その間に浸出が進行するとの解釈から、滞留状態での補正值が水道水質基準値の10%の 0.001mg/L を超えないこととされたが、水栓類(*)は特例として、一般的な水道水中の鉛の濃度 0.003 mg/L に給水用具からの浸出を加えて、水道水質基準 0.01 mg/L を超えない値 0.007 mg/L とされた。

鉛の水質基準 (mg/L)

区 分	末端以外に設置される給水用具	末端に設置される給水用具	水道施設に使用される用具
旧基準 15年3月31日迄	0.05	0.005 0.047*	0.005
新基準 15年4月1日施行	0.01	0.001 0.007*	0.001

* 主要部品の材料として銅合金を使用している水栓その他給水装置の末端に設置されている給水用具の判定基準

3 . 水道水への鉛の浸出抑制技術

現在、以下のような技術が実用化されている。

3-1 鉛レス合金

現行の給水装置や器具に使われている青銅(CAC406)および黄銅(C3604)材料は、鉛をそれぞれ約5%および2%含み、新鉛水質基準を満足することが難しいため、鉛を配合しない各種の合金(以後鉛レス合金と言う)が開発された。現在、日本で使用されている主要な鉛レス合金を表-1に示す。

素材に鉛を含まない鉛レス合金は、半永久的に埋設して使用され、取替えることが難しい給水装置や器具に適していることや鑄造する際の砂型、耐火物及びダスト等が無鉛となり、有害な産業廃棄物を低減することなどが評価され使用量が増加している。

鉛レス合金について、鑄込および性能確認の各種の調査が行われている。(社)日本非鉄金属鑄物協会と(財)素形材センターの比較調査報告によれば、溶解条件や鑄造条件を適切にすることにより、いずれの合金も現行使用合金と遜色のない機械的性質を維持し、健全な鑄物を鑄造できることが報告されている。

(財)素形材センター研究調査報告 567「平成13年度鉛レス銅合金鑄物の開発報告書」
藤井、岡根、加藤、梅田：素形材、p7 (財)素形材センター(2003.8)

表-1 水道装置及び器具に使用される各種鉛レス銅合金

項目	青銅系合金			黄銅系合金		
	JIS青銅 鑄物6種	ビスマス(一 アンチモン)	ビスマスー セレン	JIS黄銅 合金	シリコン	ビスマスー セレン
合金名称 ()内は以後、合金の種類を示す	CAC406	ジヨイアロイ(B 1) アケアゴロズ/ ノンレッド(B2) カレゴロズ	キーパロイ(S1) セイアロイ(S2)	C3604	エコフラス(E 1)	キーパロイ(K1)
由来	JIS規格	英国で開発 日本で改良	米国公開合 金	JIS規格	日本で開発	日本で開発
銅 Cu	83.0-87.0	83.0-86.0	85.0-89.0	57.0-61.0	74.0-78.0	57.0-64.0
鉛 Pb	4.0-6.0	≤0.25	≤0.25	1.8-3.7	≤0.25	≤0.1or0.01
亜鉛 Zn	4.0-6.0	4.0-8.0	4.0-9.0	残部	残部(21.0)	残部
スズ Sn	4.0-6.0	4.0-6.0	3.5-6.0		≤0.3	0.2-2.5
ビスマス Bi		0.5-3.3	0.8-3.0			0.5-4.0
セレン Se			0.1-1.2			≤0.3
アンチモン Sb	≤0.2	≤0.3				
珪素 Si	≤0.005				2.7-3.4	≤0.1
磷 P					0.05-0.2	
表示記号		B	S		E	

注：上記成分範囲はJIS規格への登録時、一部変更されることがある。

3-1-1 青銅系合金

ビスマス(Bi)は、鉛と性格が似ており、おもに合金中の結晶粒界に存在し、耐圧性と加工性の向上に寄与している。また毒性は少なく、水に溶けにくいとされているので、鉛の代わりに、ビスマス(Bi)を配合し、鑄造性および機械加工性を維持する合金が英国で開発され、1993年に日本に導入されている。その後、配合を変えたり、ビスマスに加えて、アンチモン(Sb)を微量配合したりして、鑄造性をさらに向上させた合金が1999年に日本で開発され、その技術が一般に公開され普及している。(ビスマス(−アンチモン)系)

また、ビスマスに加えてセレン(Se)を添加した合金がアメリカ鑄物協会等で開発され、セビロイ(SeBiLOY)と言う商標名でANSI規格として公開された。その後、日本に導入され、鑄造性と機械加工性が改良され、使用されている。(ビスマス−セレン系)

3-1-2 黄銅系合金

従来の黄銅の鉛の代わりに、3%のシリコン(Si)を配合し、特殊な相(κ相)を組織に析出させ、快削黄銅と同等の快削性を持たせた鑄物用の合金である。(シリコン系)
またビスマス−セレン系黄銅も青銅系と同時に開発され伸銅棒として使用されている。

3-2 鉛除去表面処理法

従来から使用している青銅または黄銅合金製の部品をアルカリや酸の処理液に浸漬し、表層の鉛を溶解除去し、安定化させる方法である。NPb処理(Non Pb)、PLCS(Parker Lead Clear System)及びSLA処理(Surface treatment for Lead reduction by Acid)等の種々の鉛除去表面処理法が開発されている。その代表的な方法は、NPb処理であり日本の多くの給水装置・器具メーカーに技術導入され、採用されている。

3-3 コーティング法

アルキッド樹脂等を主成分とし、密着性を高めるためにエポキシ樹脂等を配合させた合成樹脂塗料の処理液中に給水器具部品を数秒間浸漬し、高温で焼付け硬化させる。この被膜は無色透明で安定性があり、厚さ10μm程度の樹脂層となる。この処理は水道メータ胴に適用され、8年間の使用後も浸出性能及び膜圧も異常がないことが報告されている。((社)日本水道協会第53回全国水道研究発表会資料による)

3-4 水道水のpH値の上昇

pH値の低い水は、酸性のため腐食性が強く、水道管からの金属類の成分が浸出しやすい。水道管や器具から鉛の浸出を抑制するため水道水のpH値を上げることは有効な手段であり、幾つかの都市で既に実施されている。pH値を7.0から7.5へ上げた場合、流水及び滞留水ともに鉛浸出量が30~50%低減することが報告されている。但し、毒効果や凝集性に影響を与えるのでバランスを考慮した調整が必要とされている。(水道技術センター第10回水道技術セミナーによる)

4. ビスマス（-アンチモン）系鉛レス青銅合金

4-1 合金の特徴

- 1) 鉛の代わりにビスマスを配合した鉛レス青銅合金である。
- 2) 鋳物のミクロシュリンケージの生成を軽減化する元素アンチモン(Sb)を配合することがある、鋳物としての健全性を維持し易く、従来の鋳込方法及び型が微調整して使用することが可能である。
- 3) 青銅合金とほぼ同等の被削性と物理的性質を有する材料であり、現行の機械加工設備をそのまま使用することができる。
- 4) ビスマス含有量は0.1~6%で被削性の要求に応じて使い分けできる。

4-2 成分例 ビスマスに加えて、アンチモンを配合することがある。

合金	成分 (wt%)					
	銅	亜鉛	スズ	鉛	ビスマス	アンチモン
B1 ビスマス系	85.6	6.9	4.9	0.04	2.2	—
B2 ビスマス-アンチモン系	85.2	6.9	4.7	0.07	2.9	0.1
青銅 CAC406	85.5	5.0	5.0	5.0	—	—

4-3 機械的性質例 青銅 CAC406の強度基準に適合する。

合金	試片	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)
B1 ビスマス系	JIS 4号	228	—	21.2
B2 ビスマス-アンチモン系	JIS 4号	219	106	22.4
青銅 CAC406		≥195		≥15

4-4 浸出試験性能例 ビスマスとアンチモンは水に不溶性でほとんど検出されない。

合金	給水器具	水質	浸出試験値 (mg/L)					
			鉛	亜鉛	銅	カドミウム	ビスマス	アンチモン
B1	PE継手 13		<0.001	0.026	<0.01	<0.001	<0.005	—
B1	ボール止水栓13		<0.005	<0.005	0.02	<0.001	<0.005	—
B1	サドル付分水栓20		<0.001	0.077	0.01	<0.001	<0.005	—
B2	サドル付分水栓 20		0.003	0.02	0.01	<0.001	<0.001	<0.001
B2	PE継手 13		0.005	0.03	0.01	0.005	<0.001	<0.001
B2	止水栓 10		0.002	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001
B2	逆止弁 13		0.003	<0.01	0.02	<0.001	<0.001	<0.001
B2	PE継手 40	*	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	0.026	<0.001
水質基準 末端以外			0.01	1.0	1.0	0.01	0.05**	—
水質基準 末端/水道施設		*	0.001	0.1	0.1	0.001	0.05**	—

味、臭気、色度、濁度はいずれも異常なし。 **：日本水道協会目標値

4-5 耐塩水噴霧腐食性能 (JIS Z 2371 塩水噴霧試験法による)

ビスマス系青銅合金と青銅合金 CAC406 との有意差は認められない。

以下の条件で塩水噴霧試験条件で塩水噴霧を行い、噴霧後に腐食状況を確認した。

塩化ナトリウム溶液濃度： $5 \pm 0.5\%$ 試験槽内温度 $35 \pm 1^\circ\text{C}$

合金名	給水器具	試験時間 24 時間	試験時間 96 時間
B2 ビスマス系	止水栓	わずかな赤色変色を認める。	赤色変色及び所々緑色腐食生成物を認める。
青銅 CAC406	止水栓	わずかな赤色変色を認める。	赤色変色及び諸処緑色腐食生成物を認める。

試験後の表面状況

B2 ビスマス-アンチモン系
24 時間



48 時間



青銅 CAC406
24 時間



48 時間

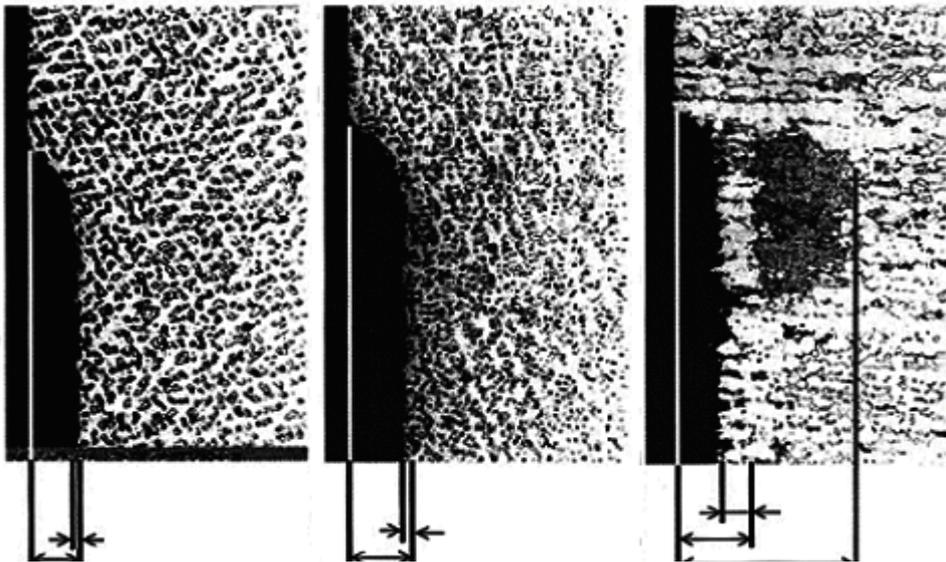


4-6 耐脱亜鉛腐食性能 (JBMA T-303-1988 日本伸銅協会技術標準による)

ビスマス系青銅合金は、黄銅 C3604 に見られる脱亜鉛腐食は認められない。
 選択腐食の深さと全面腐食深さは青銅 CAC406 と同等である。

試験条件	試験溶液	NaCl + NaHCO ₃	試験温度	60°C
	試験時間	24 hr	標準ガス	N ₂ + 20%O ₂ + 10%CO ₂
	電流密度	1mA/cm ²		

腐食深さ	B2 ビスマス-アンチモン系	青銅 CAC406	黄銅 C3604
脱亜鉛腐食	0 μm	0 μm	225 μm
選択腐食	5	10	35
全面腐食	65	65	85



4-7 耐応力腐食割れ性能 (JIS H 3250 応力腐食割れ試験法による。)

青銅 CAC406 と同様に応力腐食割れは発生しない。

各締め付けトルクで飽和アンモニア水蒸気雰囲気中に 2, 6 時間保持し、割れの有無を目視で確認した。(○ : 割れなし、× : 割れあり)

締め付けトルク	9.8 N・m			19.6 N・m			29.4 N・m			49.0 N・m		
	2	6	24	2	6	24	2	6	24	2	6	24
B2 ビスマス系	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
青銅 CAC406	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
黄銅 C3604	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	×	×

5. ビスマス-セレン系鉛レス青銅合金

5-1 合金の特徴

鉛の代わりにビスマスとセレンを配合した鉛レス青銅合金である。

現行の鑄込方法及び型及び機械加工設備をそのまま使用することができる。セレンは、低配合でビスマス量を低減する上で重要な働きがあり、合金中では ZnSe や CuSe などの金属間化合物として存在し、耐圧性、加工性や機械的性質の改善に寄与している。

5-2 成分例 ビスマスとセレンの配合が特長である。

合金	成分 (wt%)					
	銅	亜鉛	スズ	鉛	ビスマス	セレン
S1 ビスマス-セレン系	86.1	8.4	4.0	0.01	1.3	0.19
S2 ビスマス-セレン系	87.7	5.4	4.4	0.03	2.3	0.20
青銅 CAC406	85.5	5.0	5.0	5.0	—	—

5-3 機械的性質例 青銅 CAC406の強度基準に適合する。

合金	試片	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)	備考
S1 ビスマス-セレン系	JIS 4号試片	223	—	30	
S2 ビスマス-セレン系	JIS 4号試片	244	—	28	
青銅 CAC406	JIS 4号試片	≥195	—	≥15	

5-4 浸出試験性能例 ビスマスとセレンは水にほとんど浸出しない。セレンは水に不溶性

合金	給水器具	水質	浸出試験値 (mg/L)					
			鉛	亜鉛	銅	カドミウム	ビスマス	セレン
S1	ボール止水栓13		0.001	0.084	0.007	<0.001	0.003	<0.001
S1	PE継手 13		<0.001	0.046	0.005	<0.001	0.002	<0.001
S1	仕切弁 40	*	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	0.005	<0.001
S2	甲型止水栓13		0.001	0.096	0.01	<0.001	<0.001	<0.001
S2	BP継手13		0.001	0.017	0.01	<0.001	<0.001	<0.001
S2	BPチーズ40	*	<0.001	0.013	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001
水質基準 末端以外			0.01	1.0	1.0	0.01	0.05**	0.01
水質基準 水道施設		*	0.001	0.1	0.1	0.001	0.05**	0.001

味、臭気、色度、濁度はいずれも異常なし。 **：日本水道協会目標値

*：水道施設基準による

5-5 耐塩水噴霧腐食性能 (JIS Z 237 塩水噴霧試験法 による)

S1 ビスマス-セレン系青銅合金 青銅 CAC406 との有意差は認められない。

塩化ナトリウム溶液濃度: $5 \pm 0.5\%$ 試験槽内温度 $35 \pm 1^\circ\text{C}$

合金名	給水器具	試験時間 30 日間
S1 ビスマス-セレン系	JIS 仕切弁	緑青の発生が見られる。こげ茶色に変色している。
青銅 CAC406	JIS 仕切弁	緑青の発生が見られる。赤茶色に変色している。

試験後の表面状況

塩水噴霧 30日後の供試品の状況を写真 1, 2 に示す。



写真 1



写真 2

S2 ビスマス-セレン系青銅合金 青銅 CAC406 と有意差は認められない。

材料	給水器具	試験時間 24 時間	試験時間 96 時間
S2 ビスマス-セレン系	13 BP ソケット	わずかな赤銅色の 変色がある	赤銅色を示し緑青 の発生が認められる
	13 NS ボール止水栓	同じ	同じ
青銅 CAC406	13 BP ソケット	同じ	同じ
	13 NS ボール止水栓	同じ	同じ

試験後の表面状況



5-6 耐脱亜鉛腐食性能

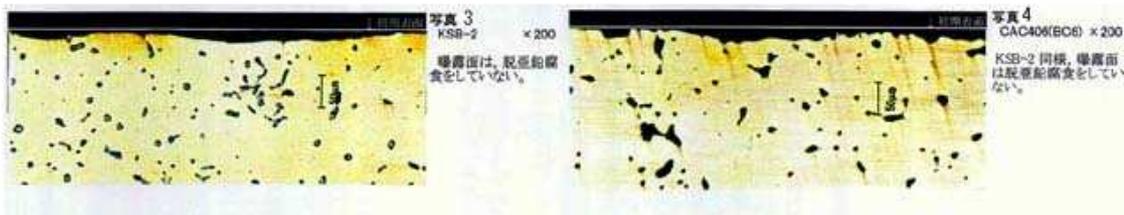
S1 ビスマス-セレン系（日本伸銅協会技術標準 JBMA T-303-1988 による）

脱亜鉛腐食は認められず、全面腐食深さは青銅 CAC406 と同等である。

塩化ナトリウム 0.5mol/l と重炭酸ナトリウム 5×10^{-3} mol/l 水溶液中で、 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ で混合ガス $\text{CO}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2$ (1:2:7) を通して飽和する。試験槽に白金電極、試片をセットし、電流密度 $1.0\text{mA}/\text{cm}^2$ で 24 時間電解腐食した後、研磨し、観察した。

合金名	平均脱亜鉛腐食深さ	最大脱亜鉛腐食深さ	全面腐食深さ
S1 ビスマス-セレン系	0 μm	0 μm	8 μm
青銅 CAC406	0	0	10

脱亜鉛腐食試験の顕微鏡組織写真 (S1)



S2 ビスマス-セレン系（脱亜鉛腐食試験方法（ISO 6509-1981(E)による）

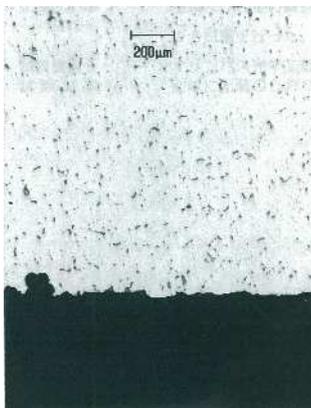
S2 と青銅 CAC406 は脱亜鉛腐食は認められず、黄銅 C3604 には脱亜鉛層が見られる。

材料	脱亜鉛腐食深さ
S2 ビスマス-セレン系	0 μm
青銅 CAC406	0 μm
黄銅 C3604	1100 μm (1.1 mm)

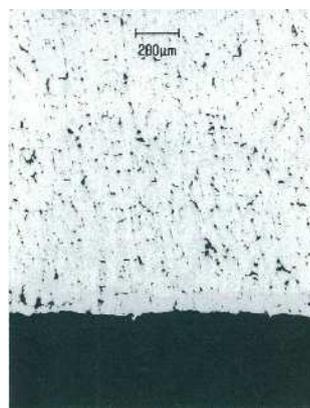
露出面積 104 mm²

脱亜鉛腐食試験の顕微鏡組織写真

S2 ビスマス-セレン系



青銅 CAC406



黄銅 C3604



5-7 耐応力腐食割れ性能 (時期割れ試験法 JIS H 3250 A 法による)

S1 ビスマス-セレン系 青銅合金 CAC406 と同等であり応力腐食割れは発生しない。

14%アンモニア雰囲気中で試験片に応力を加えた状態で 24 時間保持し、割れの有無を目視にて確認した。

試料	結果
S1 ビスマス-セレン系	応力腐食割れは発生しない。 応力 100N/mm ² 以上で塑性変形
青銅 CAC406	応力腐食割れは発生しない。 応力 100N/mm ² 以上で塑性変形

S2 ビスマス-セレン系 青銅 CAC406 と同等で割れは認められない。

(○=割れ無し、×=割れ)

締付けトルク	19.6 N・m			39.2 N・m			58.8 N・m		
	2	4	24	2	4	24	2	4	24
S2 ビスマス-セレン系	○	○	○	○	○	○	○	○	○
青銅 CAC406	○	○	○	○	○	○	○	○	○
黄銅 C3604	○	○	×	○	○	×	○	○	×

6. シリコン系鉛レス黄銅合金

6-1 合金の特長

E1 シリコン系黄銅合金は、従来の黄銅の鉛の代わりに、3%のシリコン(Si)を添加し、特殊な相(κ相)を組織内に析出させ、ビスマスなどの重金属を含まず、快削黄銅と同等の快削性を持たせた鋳物用の合金である。日本伸銅協会鉛レス黄銅棒規格に規定されている。

- 1) 切削性 従来の JIS C3604 では鉛の分散粒子が切屑のチップブレーカーとして作用するが、E1 では無害な析出物により切粉を分断させ、被削性指数 70%の切削性を示す。
- 2) 熱間鍛造性 鍛造用黄銅 (C3771) と同等の変形能を持ち、熱間変形抵抗も鍛造用黄銅と同等である。
- 3) 鋳造性 E1 の融点は 860~890°Cで黄銅鋳物とほぼ同等である。湯流れも良く、鋳物用合金としての鋳造性も良好である。

6-2 成分例 シリコンの配合が特長である。

合金	成分 (wt%)						
	銅	亜鉛	錫	鉛	シリコン	ビスマス	セレン
E1 シリコン系黄銅	75.5	21.4	—	0.1	3.0	—	—
黄銅 C3604	59.0	37.8	0.2	3.0	—	—	—

6-3 機械的性質例 E1 の強度は、ステンレス鋼 SUS304に近く、黄銅の1.4倍である。

合金	試片	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HV)
E1 シリコン系黄銅	φ16	600	420	28	170
黄銅 3604	φ16	440	300	27	145
ステンレス鋼 SUS304	φ18	600	390	55	195

6-4 浸出試験性能例 鉛の浸出はほとんどなく、水質基準に適合する。

合金	給水器具	浸出試験値 (mg/L)					
		鉛	亜鉛	銅	カドミウム	ビスマス	セレン
E1	水道メータ	<0.005	0.50	0.05	<0.001	—	—
水質基準 末端以外		0.01	1.0	1.0	0.01	0.05**	—

味、臭気、色度、濁度はいずれも異常なし。 ** : 日本水道協会目標値

6-5 耐水噴霧腐食性能 (JIS Z 2371 塩水噴霧試験法による。)

合金名		試験時間 24 時間	試験時間 96 時間
E1 シリコン 系黄銅	切削面	わずかに茶褐色変色を認める。 金属光沢が認められる。	わずかに茶褐色変色および液溜まり箇所 部分的な緑青の発生が認められる。金属光 沢が認められ、試験時間 24h との差は少 ない。
	鋳肌面	黒色変色が認められる。	黒色変色および緑青の発生が認められる。
青銅 CAC406	切削面	赤褐色変色が認められ、金属光 沢はなくなっている。また部分 的な緑青の生成も認められる。	赤褐色変色が認められ、緑青の発生箇所も多 くなっている。
	鋳肌面	切削面と同じ状況。	切削面と同状況で緑青発生はわずかに多い。



E1 シリコン系黄銅



青銅 CAC406

試験前後の試料外観写真 (左から試験前、24 時間、96 時間)

6-6 耐脱亜鉛腐食性能 (ISO6509-1981、JBMA T-303-1998 による。)

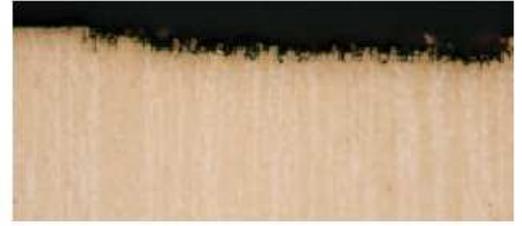
E1 シリコン系黄銅の耐脱亜鉛腐食性は青銅 CAC406 と同等であり、黄銅 C3604 のよ
うな
脱亜鉛腐食は認められない。

試験方法		脱亜鉛腐食深さ	全面腐食深さ
ISO 6509	E1 棒材	<10 μm	100 μm
	E1 鋳物	<10	100
	青銅 CAC406	<10	128
JBMA T-303	E1 棒材	<10	66
	E1 鋳物	<10	53
	青銅 CAC406	<10	57

IS06509

JBMA T-303

E1 シリ
コン系黄
銅
棒材



E1 シリ
コン系
黄銅
鑄物



青銅
CAC406



6-7 耐力腐食割れ性能 (時期割れ試験 JIS H 3250 A 法による)

応力腐食割れに対する感受性は黄銅 C3604 及び C3771 に比べ 1/30 以下である。

六角 26 棒に配管用テーパネジ (R1/2) 加工を、鍛造品については、W23 ネジ加工を
施し、各々 147 N・m のトルクで締め付けを実施した。 (○: 割れなし ×: 割れ有り)

試験時間		2	4	8	64	128	256	512
E1 シリコン系黄銅	六角棒	—	—	—	○	○	○	×
	鍛造品	—	—	—	○	○	○	×
黄銅 C3604	六角棒	○	×	×	—	—	—	—
黄銅 C3771	鍛造品	○	×	×	—	—	—	—

E1 棒材 (左: 試験前締付状態、右: 試験後)

E1 鍛造品 (左: 試験前締付状態、右: 試験後)



7. ビスマス-セレン系鉛レス黄銅棒

7-1 棒の特長

K1 ビスマス-セレン系黄銅棒は、鉛の代わりにビスマスとセレンを添加した黄銅伸銅棒であり、切削や鍛造を実施して給水用に使用される。従来の黄銅棒より、切削性はやや劣るが、機械・鍛造加工性は同等、高い耐応力腐食割れ性と耐脱亜鉛性を持つ。この合金は、日本伸銅協会鉛レス黄銅棒規格に規定されている。

7-2 成分例 ビスマスとセレンの配合が特長である。

合金	成分 (wt%)						
	銅	亜鉛	錫	鉛	シリコン	ビスマス	セレン
K1 ビスマス-セレン系	60.0	38.0	0.8	0.06	—	1.24	0.03
黄銅 C3604	59.0	37.8	0.2	3.0	—	—	—

7-3 機械的性質例 黄銅 C3604と同等である。

合金	試片	引張強さ (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)	硬度 (HV)
K1 ビスマス-セレン系	φ14	448	—	19	—
黄銅 C3604	φ16	440	300	27	145

7-4 浸出試験性能例 鉛の浸出はほとんどなく、水質基準に適合する。

合金	給水器具	浸出試験値 (mg/L)					
		鉛	亜鉛	銅	カドミウム	ビスマス	セレン
K1	架橋PE継手10(95°C)	<0.001	0.012	0.002	<0.001	0.001	<0.001
K1	ヘッダー(95°C)	<0.001	0.007	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
水質基準 末端以外		0.01	1.0	1.0	0.01	0.05**	—

味、臭気、色度、濁度はいずれも異常なし。 **：日本水道協会目標値

7-5 耐塩水噴霧腐食性能 (JIS Z 2371 塩水噴霧試験方法による)

K1 鉛レス黄銅棒と耐脱亜鉛黄銅棒との有意差は見られない。

以下の塩水噴霧試験条件で塩水噴霧を行い、噴霧後に状況を確認した。

塩化ナトリウム溶液濃度： 5±0.5% 試験槽内温度 35±1°C

合金名	給水器具	試験時間
K1 鉛レス黄銅棒	JIS 仕切弁 弁棒	30日間 緑青の発生が見られる。 こげ茶色に変色している。
脱亜鉛黄銅棒	JIS 仕切弁 弁棒	30日間 緑青の発生が見られる。 赤茶色に変色している

試験後の顕微鏡組織写真

塩水噴霧 30日後の供試品の状況を写真1、2に示す。



写真1



写真2

7-6 耐脱亜鉛腐食性能 (日本伸銅協会技術標準 JBMA T-303-1988 による)

K1 鉛レス黄銅棒は、黄銅棒 C3771 に見られる脱亜鉛腐食は認められず、全面腐食深さは青銅と同等である。なお C3771 の脱亜鉛は、 $150\mu\text{m}$ に達する。

塩化ナトリウム 0.5mol/l と重炭酸ナトリウム $5 \times 10^{-3}\text{mol/l}$ 水溶液中で、 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ で混合

ガス $\text{CO}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2$ (1:2:7) を通して飽和する。試験槽に白金電極、試片をセットし、電流密度 $1.0\text{mA}/\text{cm}^2$ で 24 時間電解腐食した後、研磨し、観察した。

合金名	平均脱亜鉛腐食深さ	最大脱亜鉛腐食深さ	全面腐食深さ
K1 鉛レス黄銅棒	$0\mu\text{m}$	$0\mu\text{m}$	$25\mu\text{m}$
黄銅棒 C3771	$122\mu\text{m}$	$150\mu\text{m}$	$30\mu\text{m}$

脱亜鉛試験の顕微鏡写真



7-7 耐応力腐食割れ試験 (JIS H 3250 時期割試験 A 法による)

鉛レス黄銅の耐応力腐食割れ性は、黄銅棒 C3604 より大幅に向上しており約 2.3 倍である。青銅棒の引張り強度に相当する応力でも割れを生じない。

14%アンモニア雰囲気中で試験片に応力を加えた状態で 24 時間保持し、割れの有無を目視で確認し、限界応力を求めた。

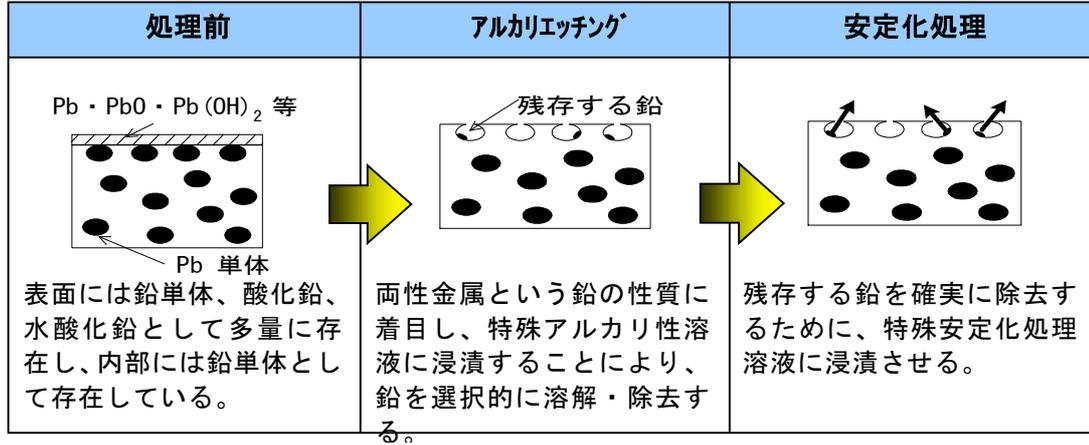
試料	限界応力結果 (N/mm^2)
K1 鉛レス黄銅棒	280
黄銅棒 C3604	120

8. 鉛除去表面処理（NPb処理）

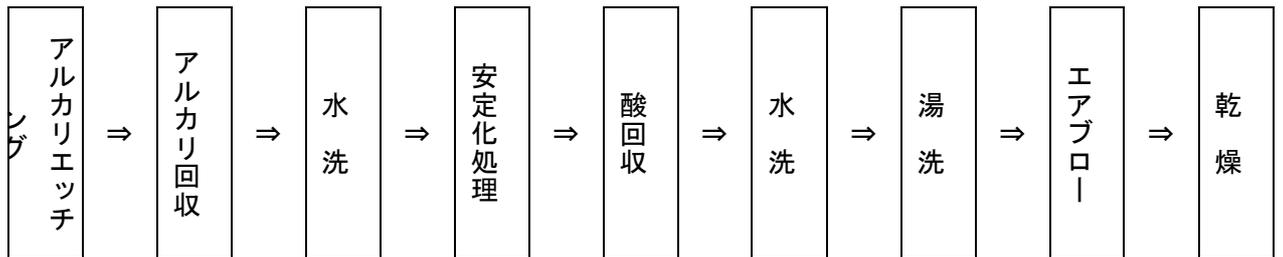
8-1 処理方法

1) 処理の概要

銅合金表面に多量に存在している鉛化合物（酸化物・水酸化物）を特殊アルカリ性溶液および特殊安定化処理溶液（酸系）に浸漬させることで鉛だけを選択的に溶解・除去する方法である。

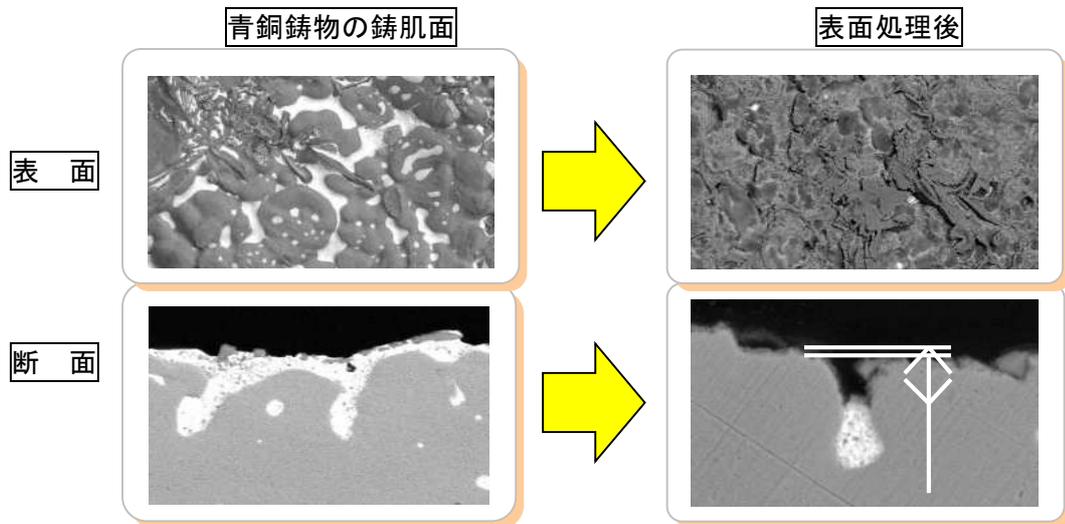


2) 処理工程概要



8-2 処理後の銅合金表面（写真中の白い部分が鉛及び鉛化合物）

表面観察の結果、処理を行うことにより銅合金表面に存在する鉛化合物が除去され、表面から深さ方向約5~6μmの鉛が、エッチング除去されている。



8-3 浸出性能例

給水器具	鉛浸出量 (mg/L)		鉛浸出基準値
水道用ポリエチレン管金属継手 ソケット 13mm JWVA B116	未処理品	0.013	0.01 mg/L 以下
	鉛除去処理品	0.002	
単式逆流防止弁 13mm JWVA B120	未処理品	0.022	
	鉛除去処理品	0.002	

9. 鉛レス銅合金製給水器具の表示給水システム協会ガイドライン

鉛レス銅合金製給水器具の表示方法を給水システム協会構成会社で統一的に実施することとする。

9-1 ガイドラインの目的

- 1) 水道事業体あるいはユーザへ鉛レス合金の主要区分を提示する。
- 2) リサイクルに関して、本体部分のリサイクルを主眼とし、本体以外の内部部品については、規定しないこととする。

9-2 合金の区分とその記号

平成 15 年 4 月 1 日より施行された鉛水質基準の強化に伴い、給水器具等への鉛レス銅合金の適用が拡大しています。当協会ではこれらの鉛レス銅合金製給水器具等の表示方法を協会構成会社で統一的に実施することとする。

水質基準に適合する給水器具等の本体が、鉛レス銅合金の場合、その合金の配合成分により、本体以外の部品の配合成分に関わらず、次の記号を表示することとする。なお、本体とは給水器具等を構成する主体部品であり、弁箱及び胴を含む。多くの場合、流路および弁座または弁座取付け部分を有している部品である。

(詳細な成分配合範囲は将来定められる JIS 合金配合系による。)

識別記号	識別マーク*	合金の配合
B	B 又は 	鉛を添加しないでビスマスを添加する青銅合金、アンチモンを添加する場合がある。
S	S	鉛を添加しないでビスマスとセレンを添加する青銅合金
E	E	鉛を添加しないでシリコンあるいはアルミニウムを添加する黄銅合金

- * 文字の高さ(A)は、日本水道協会規格 JWVA Z 100 水道用品表示記号による。文字の幅(B)、太さ(C)及び字体は、容易に識別できるものであること。

9-3(社) 日本バルブ工業会識別マーク (L または D) に適合する場合は、併記して表示してもよい。

9-4 表示方法 容易に識別でき、容易に消えない方法で給水器具等の本体の見やすい箇所に表示する。上記に該当する本体以外の部品にも、製造メーカーの判断により、表示を実施してもよい。

10. 鉛レス化の今後の動向

鉛の新基準対応が始まった時点では、青銅合金製のままの製品や部品がメーカー在庫または市中在庫として多量あって、これらを鉛除去表面処理を施すことによって新基準適合品として有効に使い切る必要性から表面処理方法を採用するメーカーが殆どであった。

新基準施行後、半年を経過した頃から鉛レス銅合金製品を生産するメーカーが増え始め、当協会でも半数のメーカーで生産を実施している。鉛レス製品の生産割合は50%~80%位から100%鉛レス材へ移行しているメーカーもある。

埋設される装置及び器具等は、鉛レス合金化が望ましいと考えられており、また(社)日本非鉄金属鑄物協会が鉛レス銅合金のJIS化案を検討していることもあり、原材料メーカーの供給体制、価格の安定化等の条件が整ってくれば、鉛レス合金化の傾向は加速的に進むものと思われる。一方、屋内に用いられる装置及び器具等は、表面処理品が引き続き使用されるものと考えられる。

鉛除去表面処理にしろ、鉛レス銅合金にしろ、使用実績は始まったばかりであり、当協会としては将来に向けよりよい鉛低減方法確立のため、設置品を通して品質の変化、耐久性等について追跡調査をしていかなければならないと考えている。

給水システム協会会員

(アイウエオ順)

兼工業株式会社

株式会社 キ ッ ツ

栗本商事株式会社

株式会社 三栄水栓製作所

株式会社 タ ブ チ

株式会社 日邦バルブ

株式会社 ベ ン

前澤給装工業株式会社

前田バルブ工業株式会社

事務局 〒152-8510 東京都目黒区鷹番 2-13-5

(前澤給装工業(株)内)

TEL 03-3716-1513

FAX 03-3760-6495