

カドミウムの浸出基準改正に向けた取組み

カドミウム浸出低減検討会

1. 背景

カドミウムおよびその化合物（以下、カドミウム）は水道法に定める水質基準項目に含まれており、人の健康に悪影響を生じさせないために飲料水中の許容濃度（水質基準）が規定されている。

このカドミウムについて、水道水質に関わる「水質基準に関する省令」および給水装置の浸出基準に関わる「給水装置の構造及び材質の基準に関する省令」の一部改正が検討され、2009年10月に厚生労働省による意見募集が行われた。これに対し、18件の意見書が提出され、例えば（社）日本バルブ工業会は①現在販売している給水装置には新基準を満たせない製品があること、②カドミウムの浸出要因の解明と改正基準値を満たす製品の供給体制構築に時間が必要であることを主な理由として、「給水装置の構造及び材質の基準に関する省令」の一部改正に対して改定基準の適用までには猶予期間が必要とする内容で提出した。その結果、厚生労働省から2010年2月に表1に示した内容で改正省令が公布され、末端給水装置（以下、給水栓）の浸出性能基準に関しては施行までに2年間の猶予が設けられた。

表1 カドミウムの水質基準および浸出性能基準の改正内容

		旧基準	改正基準	施行時期
水質基準		0.01mg/L	0.003mg/L	2010年4月1日
給水装置浸出性能基準	末端	0.001mg/L	0.0003mg/L	2012年4月1日
	末端以外	0.01mg/L	0.003mg/L	2010年4月1日

※水質基準に関する省令および給水装置の構造及び材質の基準に関する省令の改正

（厚生労働省令第18号 2010年2月17日公布）

そこで、（社）日本バルブ工業会が発起人となり、（社）日本伸銅協会、（社）日本鋳造協会、非鉄金属リサイクル全国連合会の4団体でカドミウム浸出低減検討会（委員長：東京工業大学・神尾彰彦名誉教授）を立ち上げ、厚生労働省、（社）日本水道協会、（財）千葉県薬剤師会検査センターなども交えた場で調査結果などを共有化してきた。

2. カドミウム浸出の要因調査

2-1 要因の推定

カドミウムは化学的性質が亜鉛と非常に良く似ており亜鉛鉱に含まれて産出されるため、いわゆる蒸留亜鉛と呼ばれる亜鉛原料にはカドミウムが不純物として含まれる可能性が高い。給水栓の本体などに使われる青銅や黄銅にはそれぞれ約5%、約35%の亜鉛を成分として含んでいるため、カドミウムが不純物として銅合金中に含まれる可能性がある。また、銅合金はリサイクルされる場合がほとんどで、成分調整用に純度の高い亜鉛原料を用いたとしても、リサイクル材に不純物としてカドミウムが含まれている可能性がある。カドミウムは銅合金の材料特性を引き出すために含まれている元素ではないため、JISにはその含有量基準がない。加えて、海外の規格（ASTM、BS、AS）でも一般的に給水栓で使われる銅合金材料におけるカドミウム含有量は規定されていない。

このような現状、給水栓の製造方法、浸出試験方法を考慮し、カドミウムの浸出に影響をおよぼすと

考えられる 12 の項目を抽出し調査を行った。

表 2 カドミウム浸出の要因調査一覧

	項目
1	材料中のカドミウム含有量の影響
2	材種（青銅・黄銅、鋳物・棒材・管材）の影響
3	機械加工の影響（鋳肌と機械加工面、加工粗さ）
4	接合材の影響
5	鋳造工程の影響
6	接水面積／内容量比の影響
7	表面処理（めっきや鉛除去処理）の影響
8	コンディショニングの影響
9	浸出試験の影響（ばらつき）
10	製品として組み立てた時の影響
11	亜鉛の浸出との関係
12	材料中のカドミウムの分布状況

2-2 推定した要因の調査結果

2-2-1 材料中のカドミウム含有量の影響

青銅および黄銅鋳物で、カドミウム含有量を変化させた内径 24mm、長さ 200mm の円筒形状サンプルを作製し、内部に試験水を封入することで浸出試験を行った。なお、以降で実施しているすべての浸出試験は JIS S 3200-7 に従って行った。

試験結果を図 1 に示す。青銅、黄銅を問わず、カドミウムの含有量が多いほど浸出量も多くなることが分かった。

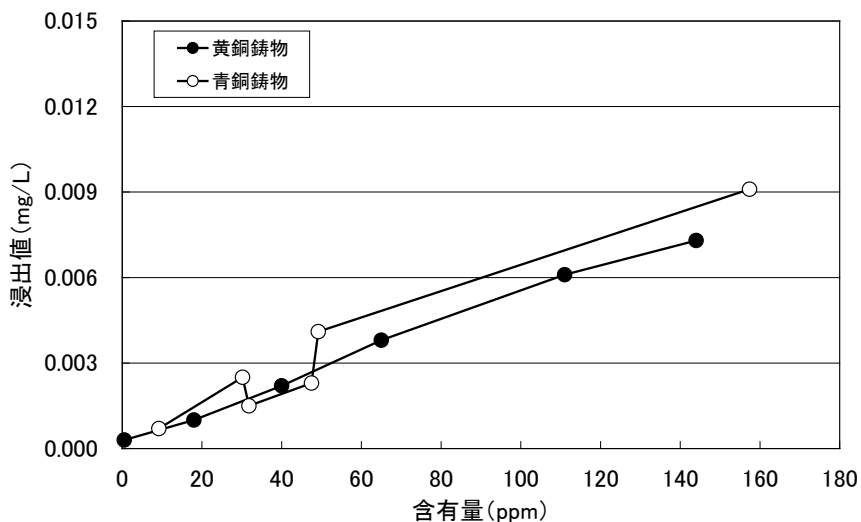


図 1 カドミウム含有量と浸出値の関係

2-2-2 材種（青銅・黄銅、鋳物・棒材・管材）の影響

青銅棒材、黄銅棒材、耐脱亜鉛黄銅棒材について、内径 24mm、長さ 200mm の円筒形状サンプルを作製し、内部に試験水を封入することで浸出試験を行った。管材は同形状の黄銅製のもので試験した。試験結果を図 1 に追記した（図 2）。いずれも鋳物と同様に正の相関を示し、さらに材種によらず全てほぼ同じ傾きになることが分かった。

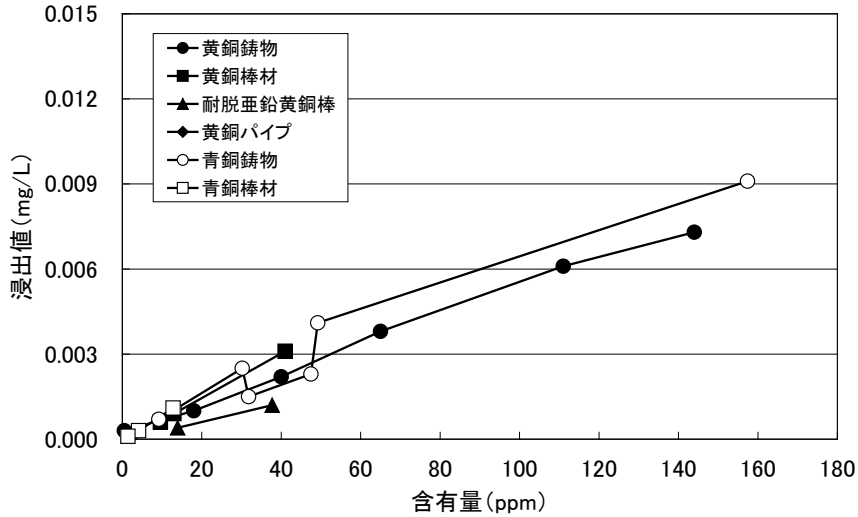


図 2 カドミウム浸出におよぼす材種の影響

2-2-3 機械加工の影響（鋳肌と機械加工面、加工粗さ）

黄銅鋳物で、カドミウム含有量を変化させた内径 24mm、長さ 200mm の円筒形状サンプルを作製し、内部に試験水を封入することで浸出試験を行った。円筒形状サンプルのうち一方は内径が 24mm となるように鋳造を行い、他方は鋳造後に内径が 24mm になるように機械加工を行った。また、黄銅棒材で加工粗さを 2 段階（▽、▽▽▽）に変えて外形 14mm、長さ 80mm の円柱形状サンプルを作製（n=7）し、37ml の試験液に浸漬させることで浸出試験を行った。

鋳肌と機械加工面での試験結果を図 3 に、加工粗さを変えた場合の試験結果を図 4 に示す。鋳肌の結果には多少のばらつきはあるものの機械加工面の結果とほぼ同じ傾きを示し、両者に差はないといえる。また加工粗さも「▽」と「▽▽▽」で浸出値に差はなく、機械加工はカドミウムの浸出に影響しないといえる。

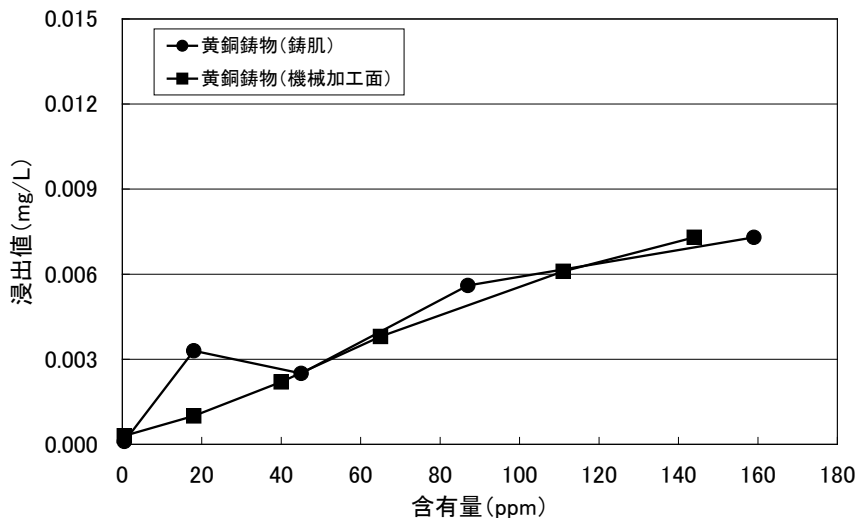


図 3 鋳肌と機械加工面の浸出値

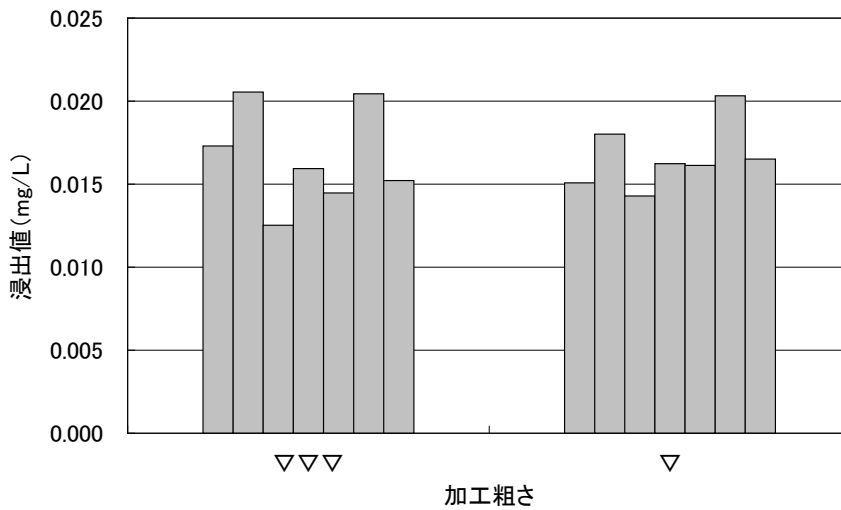


図4 加工粗さがカドミウム浸出におよぼす影響

2-2-4 接合材の影響

接合材、特に銀ろうには融点を下げたり、ぬれ性を向上させたりする目的でカドミウムが組成に含まれるものがある。このろう材からのカドミウム浸出量を評価するため、銀ろうで組成にカドミウムを含む BAg-1、含まない BAg-7 を用いて、20ml の試験液にろう材（接水面積：0.03cm²/ml）を浸漬させることで浸出試験を行った。

試験結果を表 3 にまとめた。カドミウムを含有する BAg-1 からは比較的高濃度の浸出が確認された。従って、接合材としてこのようろう材を使用した場合、水に接するとカドミウムが浸出してくる可能性があることが分かった。

表 3 ろう材の浸出試験結果

	JIS 規格上の組成 (%)					カドミウム含有量 実測値	浸出値 (mg/L)
	Ag	Cu	Zn	Cd	Sn		
BAg-1	45	15	16	24	—	24.8%	0.161
BAg-7	56	22	17	—	5	20.5ppm	0.002

また、接合時は局部的に加熱するので、その影響も評価するため黄銅棒材（カドミウム含有量 35ppm）で試験用サンプルを作製し、100ml の試験液に浸漬させることで浸出試験を行った。試験用サンプルは図 5 に示した形状で、コップ状にくりぬいた X に Y を挿し込み、すき間をろう付けしてある。使用したろう材は上記 2 種の銀ろう（BAg-1、BAg-7）で、比較の為に接合せずに機械加工で同形状にしたものとカドミウムを含まないリン銅ろう（BCuP-4）でも試験を行った。

試験結果を表 4 にまとめた。加熱の有無で大きな浸出値の変化はないが、BAg-1 を使用した場合は他と比べて高濃度の浸出が確認された。

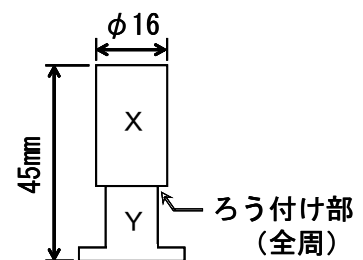


図 5 ろう付け品の浸出試験サンプル形状



表4 ろう付け品の浸出試験結果

接合材	加熱温度	浸出値 (mg/L)
接合なし	加熱なし	0.0009
接合なし	約 700°C	0.0005
B _{Ag} -1	約 700°C	0.0017
B _{Ag} -7	約 700°C	0.0005
B _{CuP} -4	約 700°C	0.0005

さらに、給水栓でも検証を行った。以前の調査で新基準を満足しなかった製品について接合材の組成を調査したところ、カドミウムが含まれていることが分かった。そこで、同じ製品を用いてカドミウムを含まない接合材に変更して浸出試験を行った。その結果を表5にまとめた。

接合材を変更することで浸出量は 1/10 以下に減少し、新基準も満足できることが分かった。

表5 給水栓の浸出値へのカドミウム含有ろう材の影響

	以前の調査結果 (カドミウムを含むろう材使用)		カドミウムを含まないろう材を 使用した製品	
	分析値 (mg/L)	補正值 (mg/L)	分析値 (mg/L)	補正值 (mg/L)
	0.0053	0.00076	0.00021	0.00003
	0.003	0.00043	0.00018	0.00003

2-2-5 鑄造工程の影響

鑄造工程からのカドミウムの混入は、中子砂あるいはショットブラスト工程に由来するものが考えられる。そこで、一般的に用いられる2種類の中子砂とショットブラスト設備内の廃砂に含まれるカドミウム量を分析した。なお、ショットブラストに使われるショット玉の材質はSUS304が一般的で、通常カドミウムは含まれない。

分析結果を表6にまとめた。いずれの砂からもわずかなカドミウムしか検出されず、これらが銅合金製品からのカドミウム浸出に影響をおよぼすとは考えにくい。

表6 鑄造工程で使われる砂に含まれるカドミウム含有量

	含有量 (ppm)
珪砂	0.01
コーテッドサンド	<0.01
廃砂	0.21

2-2-6 接水面積／内容量比の影響

カドミウム含有量の異なる二つの黄銅棒材を用いて、接水面積／内容量つまり単位内容量 (ml) あたりの水の流れる面積 (cm²) が約 1~5 (cm²/ml) となるように円筒形状サンプルを作製し、内部に試験水を封入することで浸出試験を行った。

試験結果を図 6 に示す。接水面積／内容量比が大きいほど浸出量も多くなることが分かった。さらに、含有量が多いほど傾きも大きくなり、含有量と浸出量の関係を調査した結果と一致した。

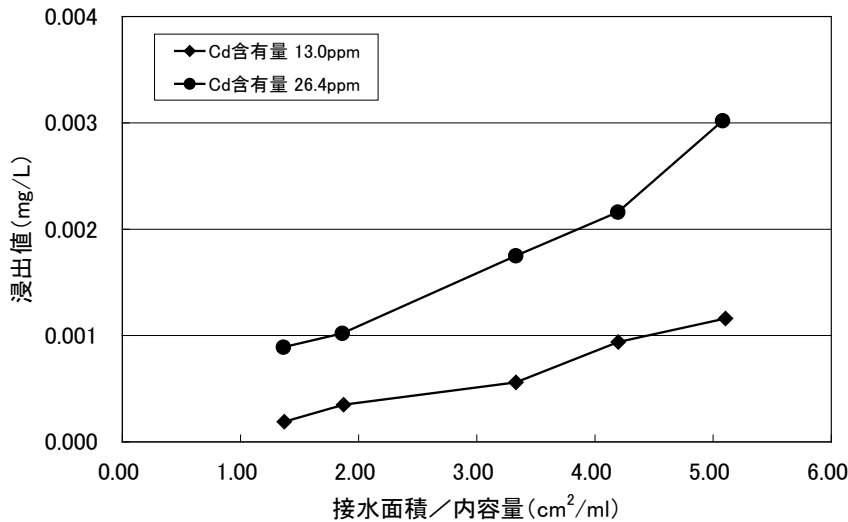


図 6 接水面積／内容量比がカドミウム浸出におよぼす影響

2-2-7 表面処理（めっきや鉛除去処理）の影響

給水栓は外観を付与するためにめっきされる場合がある。また、銅合金の機械加工性を向上させるために組成として含まれる鉛がカドミウムと同様に水質基準項目に含まれることから、鉛の浸出を抑制するために化学的な表面処理（鉛除去処理）を実施する。めっきや鉛除去処理の工程は各社で異なるが、通常は酸やアルカリの溶液に浸漬させる。これら表面処理がカドミウムの浸出におよぼす影響を評価するため、代表して 2 社の工程で表面処理をして浸出試験を行った。

試験の概要を表 7 に、試験結果を図 7 にまとめた。A、B いずれの工程でも、めっきや鉛除去処理を経る事でカドミウムの浸出は大きく低減されることが分かった。

表 7 めっきや鉛除去処理がカドミウムの浸出におよぼす影響

	サンプル	カドミウム含有量	浸出試験	備考
A 社	黄銅棒材 外形 14mm・長さ 80mm 円柱形状	7ppm、35ppm、59ppm、100ppm	37ml の試験液 に浸漬	めっきは 無通電
B 社	黄銅鋳物 内径 36mm・長さ 200mm 円筒形状	18ppm、87ppm、125ppm	内部に封水	—

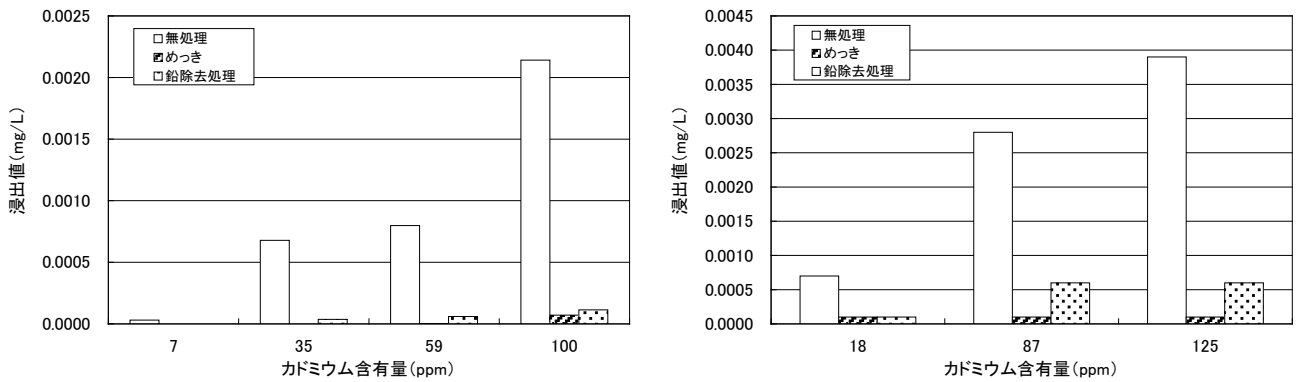


図7 めっき、鉛除去処理がカドミウムの浸出におよぼす影響（左：A社、右：B社）

つまり、材料中のカドミウム含有量がある程度小さければ、新たなカドミウムに特化した表面処理を用いなくても給水栓の製造工程で通常実施されている表面処理でカドミウムの浸出を低く抑えられることが分かった。

2-2-8 コンディショニングの影響

浸出試験で実施が認められているコンディショニングの影響を調査するため、黄銅棒材で内径 24mm、長さ 200mm の円筒形状サンプルを作製し、内部に試験液を封入することで3週間のコンディショニング前後の浸出試験を行った。試験をするにあたって、一方はそのまま、他方はめっき工程を経由させたサンプルの2種類を用意した。

試験結果を図8に示す。コンディショニングを行うことで浸出値を減少させることができ、この結果はめっき工程を経由することで浸出値が減少した場合でも同様だった。

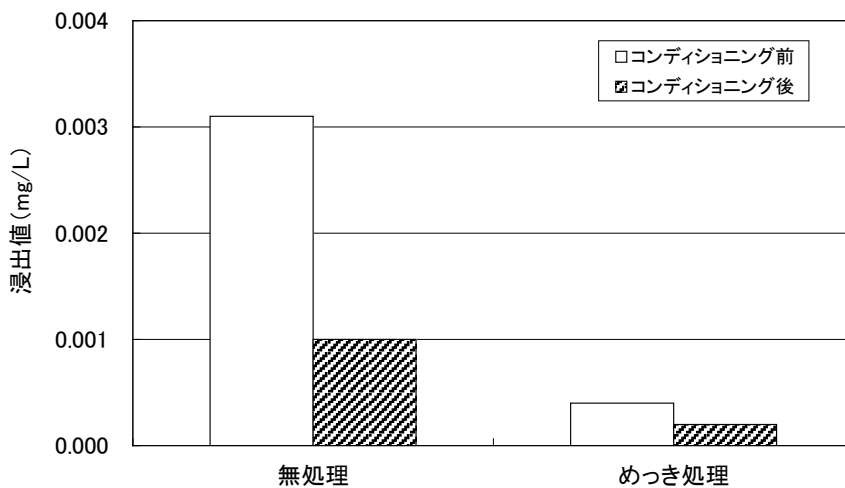


図8 コンディショニングがカドミウム浸出におよぼす影響

2-2-9 浸出試験の影響（ばらつき）

浸出試験のばらつきには、(1) 個々の浸出試験のばらつきと (2) 浸出試験を行う分析機関の間のばらつきの2種類が考えられる。

(1) のばらつきを評価するため、カドミウム浸出低減検討会に参加いただいた(財)千葉県薬剤師会検査センターにて表8に示した試験を実施した。

表 8 個々の浸出試験のばらつき評価のための試験条件

サンプル	Cd 含有量	浸出試験	試験液	n 数
黄銅棒材 外形 14mm・長さ 16mm 円柱形状	7ppm 100ppm	100ml の試験液 に浸漬	試験ごとに 毎回作製	各 5

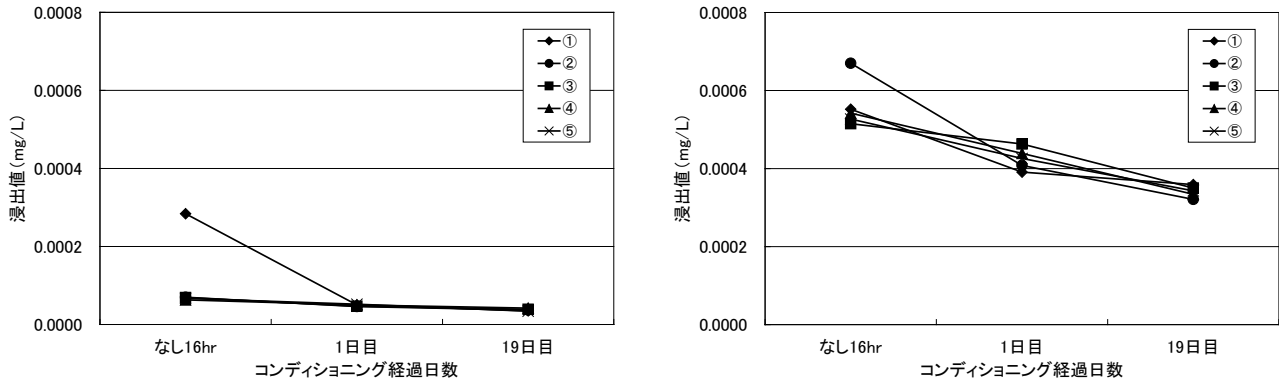


図 9 個々の浸出試験のばらつき評価結果 (カドミウム含有量 左 : 7ppm、右 : 100ppm)

試験結果を図 9 に示す。カドミウム含有量が 7ppm のサンプルのコンディショニングなしの浸出値で 1 点、他とは乖離する結果が得られたが、これを除けば全体的にばらつきは小さいといえる。また初期のばらつきは、コンディショニングをすることによって減少することが分かった。加えて、コンディショニングが進むにつれて浸出値も減少する結果が得られ、前記試験結果を裏付ける結果となった。

次に (2) のばらつきを評価するため、表 9 に示した試験条件での浸出試験を A、B の 2 社で実施した。その結果を表 10 に示す。

表 9 分析機関の違いによるばらつき評価のための試験条件

	サンプル	カドミウム含有量	浸出試験
A 社条件	黄銅棒材 外形 14mm・長さ 80mm 円柱形状	100ppm	37ml の試験液 に浸漬
B 社条件	黄銅棒材 内径 24mm・長さ 200mm 円筒形状	40ppm	内部に封水

表 10 分析機関の違いによるばらつき評価結果



	A社条件での浸出値 (mg/L)	B社条件での浸出値 (mg/L)
A社での分析結果	0.0039	0.0011
	0.0037	0.0011
	0.0038	—
	0.0037	—
	0.0039	—
B社での分析結果	0.0037	0.0013
	0.0034	0.0014
	0.0030	—

試験条件の違いに関わらず、A、Bそれぞれ個別の分析値も2社間の分析値もほぼ一致し、浸出試験を行う分析機関の間のばらつきもほとんどないことが分かった。

2-2-10 製品として組み立てた時の影響

給水栓は様々な部材の組合せで構成されているが、組み合わせることが思わぬ因子（例えばすき間の形成、腐食など）となってカドミウムの浸出に影響をおよぼす可能性がある。そこで、製品を部材ごとに浸出試験した結果と、製品として組み立てた状態で浸出試験をした結果を比較した。

表 11 部材ごとおよび製品として組み立てたときの浸出試験結果

	製品での浸出値 (補正值;mg/L)	部材名	材質	カドミウム含有量 (ppm)	めっき有無	浸出値	
						分析値 (mg/L)	補正值 (mg/L)
	0.00003	脚	黄銅棒材	26.1	無	0.0014	0.00002
		本体	青銅鋳物	7.2	有	< 0.0001	< 0.0001
		コマ	黄銅棒材	< 0.0001	無	< 0.0001	< 0.0001
		スピンドル	黄銅棒材	14.5	無	0.00013	0.00003
		吐水口	黄銅管材	1.2	有	< 0.0001	< 0.0001
						合計	0.00005
	0.000053	胴	黄銅棒材	10	無	0.0005	0.000039
		吐水口	黄銅棒材	3.7	有	0.0001	0.000016
		ニップルa	黄銅棒材	20	無	0.0010	0.000001
		ニップルb	黄銅棒材	20	無	0.0010	0.000002
		逆止弁	黄銅棒材	20	無	0.0015	0.000008
						合計	0.000066

試験結果を表 11 に示す。部材ごとの試験結果から、カドミウムの含有量が比較的少なかったり、めっきがされていたりすると浸出量は小さくなっており、これまでの試験結果を裏付ける結果となった。また、部材ごとの補正された浸出値の和と製品として組み立てた時のそれはほぼ一致し、製品として組み立ててある事でカドミウムの浸出に影響をおよぼすことはないと考えられる。

2-2-11 亜鉛の浸出との関係

カドミウムは亜鉛の不純物として銅合金中に取り込まれるため、亜鉛と共存し、亜鉛の浸出と関係している可能性がある。そこで、青銅および黄銅の鋳物、棒材について、内径 24mm、長さ 200mm の筒形状サンプルを作製し、内部に試験水を封入することで亜鉛とカドミウムの浸出試験を行った。

試験結果を図 10 に示す。亜鉛とカドミウムの浸出値になんらかの関係性は見出せなかった。

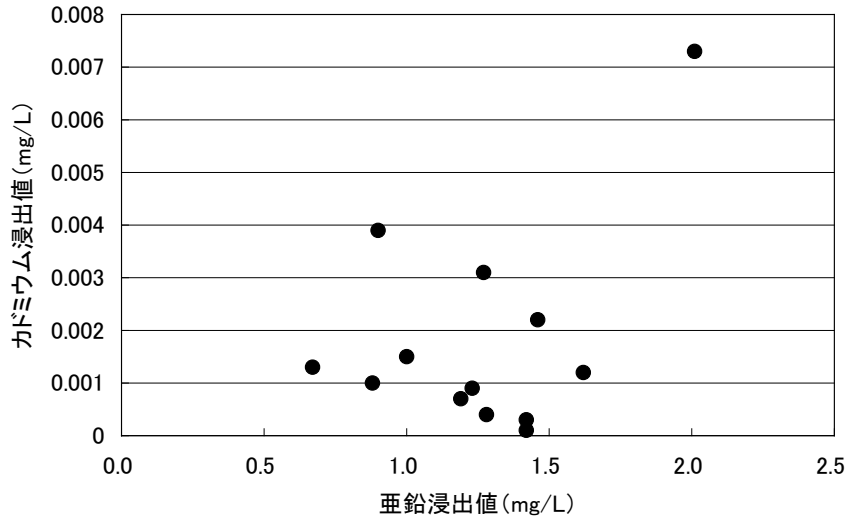


図 10 カドミウム浸出の亜鉛浸出との関係

2-2-12 材料中のカドミウムの分布状況

カドミウムは亜鉛と共存し、銅合金中では亜鉛比率の高いβ相に多く存在している可能性がある。そこで、CAC203 にカドミウムを 159ppm 含有させた黄銅鋳物の断面を、FE-EPMA で分析した。

分析結果を図 11 に示す。カドミウムの分布は亜鉛の分布と明確な相関関係は見られず、つまりβ相に多く存在しているわけではなく銅合金中にほぼ一様に固溶しているが、一部で点状に偏析していることが分かった。そのカドミウムの点状の偏析は鉛の分布に近い。鉛は銅合金中に固溶せず粒界に存在することが知られているので、カドミウムの偏析も粒界だと考えられる。

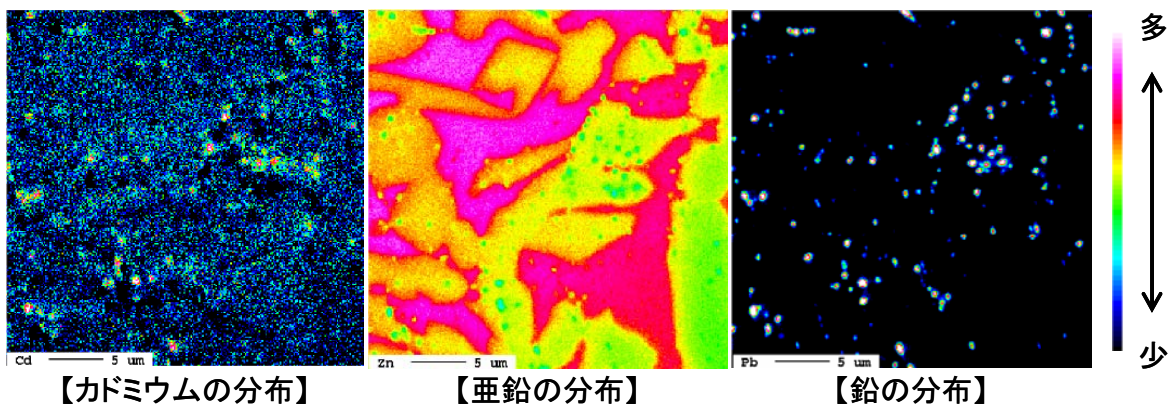


図 11 銅合金中でのカドミウムの分布

材料中でのカドミウムが偏析もなく一様な分布であれば、めっきや鉛除去などの表面処理やコンディショニングによってカドミウムの浸出値が減少することは考えにくい。しかし、カドミウムは粒界に偏析もしていると考えられ、その濃度も比較的高いことから、表面処理などによって偏析しているカドミウムが主に除去されることで浸出値が減少していると考えられる。

2-3 調査結果まとめ

表 12 に、カドミウムの浸出に影響をおよぼすと推定した 12 の要因に対する調査結果をまとめた。

表 12 カドミウム浸出の要因調査結果一覧

	項目	影響	結果
1	材料中のカドミウム含有量	○	含有量が多いほど浸出量も多い
2	材種（青銅・黄銅、鋳物・棒材・管材）	×	材種で浸出に差はない
3	加工（鋳肌と機械加工面、加工粗さ）	×	加工の有無、加工粗さで浸出に差はない
4	接合材	○	ろう材からの浸出は大きい
5	鋳造工程	×	影響を与える要因はない
6	接水面積／内容量	○	接水面積／内容量比が大きいほど浸出も多い
7	表面処理（めっきや鉛除去処理）	○	表面処理で浸出値は大きく低減する
8	コンディショニング	○	コンディショニングで浸出値は低減する
9	浸出試験（ばらつき）	×	浸出試験のばらつきはほとんどない
10	製品として組み立てた時	×	製品試験と部品ごとの試験には相関あり
11	亜鉛の浸出との関係	×	相関はない
12	材料中のカドミウムの分布状況	—	全面に固溶（一部、粒界に偏析）

カドミウムの浸出には材料中の含有量、接合材、接水面積／内容量比、表面処理、コンディショニングが主に影響をおよぼし、他の要因の影響はほとんどないことが分かった。

3. 対策検討のための確認

カドミウムの浸出に影響が大きい因子を解明したが、対策を検討するにあたり 3 点の確認すべきことがある。

①厚生労働省に提出した意見書で新基準を満足できないと報告した給水栓の現状

②長期使用した場合のカドミウムの浸出挙動

③規定のないカドミウム含有量の現状

これら 3 点について追加調査を行った。

3-1 新基準を満足できないと報告した給水栓の現状

以前の試験で新基準を満足できなかった給水栓を調査すると、カドミウムを含有する接合材を使用していた可能性があった。そこで、カドミウムを含有しない接合材で給水栓を作製し浸出試験を行った。

表 13 にまとめた試験結果から、すべての給水栓で新基準を満足することが確認された。

表 13 新基準を満足しなかった給水栓の現在の浸出値

製品外観	分析値 (mg/L)	補正值 (mg/L)
	0.00002	0.000003
	0.00008	0.000011
	0.00015	0.000021
	0.00009	0.000013
	0.00007	0.000010
	0.00006	0.000009
	0.0005	0.00006
	0.0006	0.00008
	0.0005	0.00006
	< 0.0001	< 0.00002
	0.0002	0.00004
	0.0009	0.00012
	0.0001	0.00001
	0.0005	0.00006

3-2 長期使用した場合のカドミウムの浸出挙動

腐食加速試験と市場回収品の浸出試験で検証した。

まず、表 14 に示した試験条件でサンプルの腐食を促進させ、1 週間ごとに浸出試験を行った。

表 14 加速試験条件

サンプル	黄銅棒材 外形 25mm・内径 17mm・長さ 108mm 円筒形状 ①めっき処理（無通電） ②鉛除去処理
試験方法	銅合金を腐食しやすくするよう調整（pH、温度など）した試験液への浸漬 加速試験の 1 週間は市場の約 1 年に相当 ※試験方法の詳細はノウハウのため公表できない 37ml の試験液に浸漬させることで浸出試験を実施（1 週間ごと）

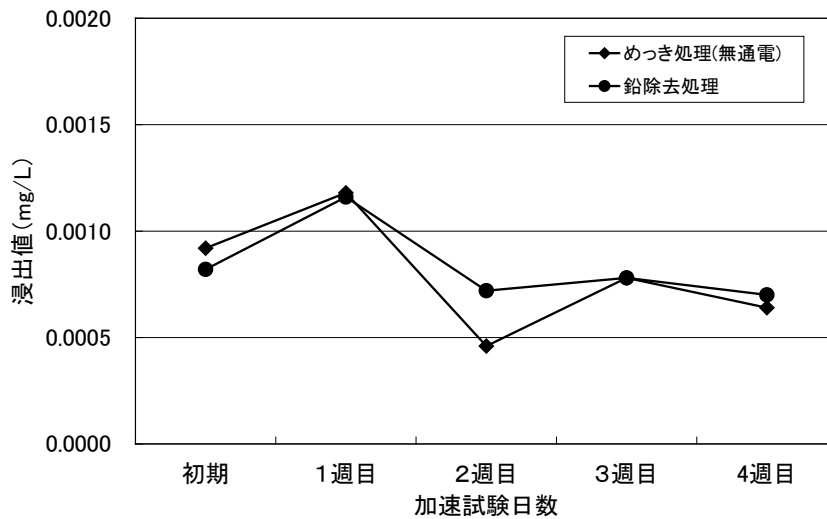


図 12 加速試験結果

試験結果を図 12 に示す。めっきや鉛除去処理によって低減されたカドミウム浸出値は維持されることが分かった。

次にキッチン用壁付きシングルレバー水栓を市場回収して浸出試験を行い、使用年数ごとに整理した。結果を図 13 に示す。市場回収したいずれのサンプルでもカドミウム浸出値は新基準を満足しており、加速試験の結果とも一致している。従って、長期使用してもカドミウムの浸出値が新基準を超えることはないと考えられる。

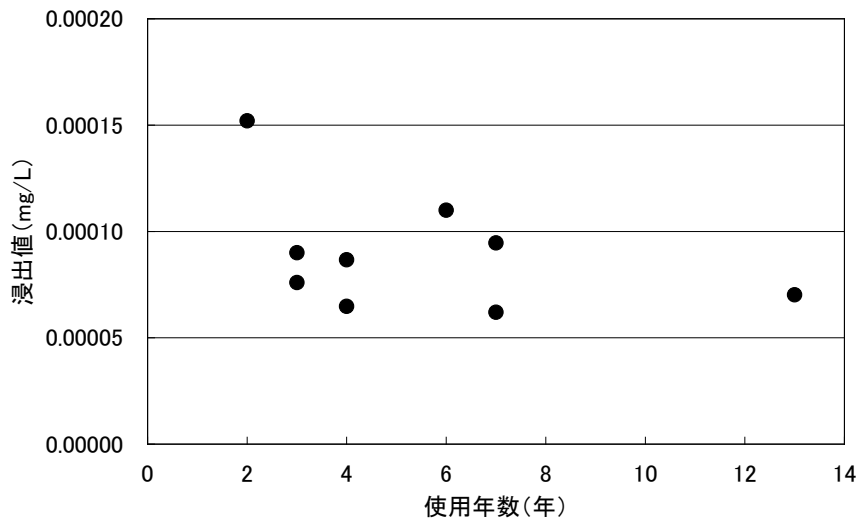


図 13 市場回収品の浸出試験結果

3-3 材料中のカドミウム含有量の現状

水栓部会技術小委員会メンバー各社の購入材料および給水栓部品を任意に選び、カドミウムの含有量を測定した結果を図 14 に示す。また、日本伸銅協会、日本鋳造協会、あるバルブメーカー（伸銅品も製造）にご協力いただき、それぞれの材料についてカドミウム含有量を開示いただいた結果を図 15～17 に示す。

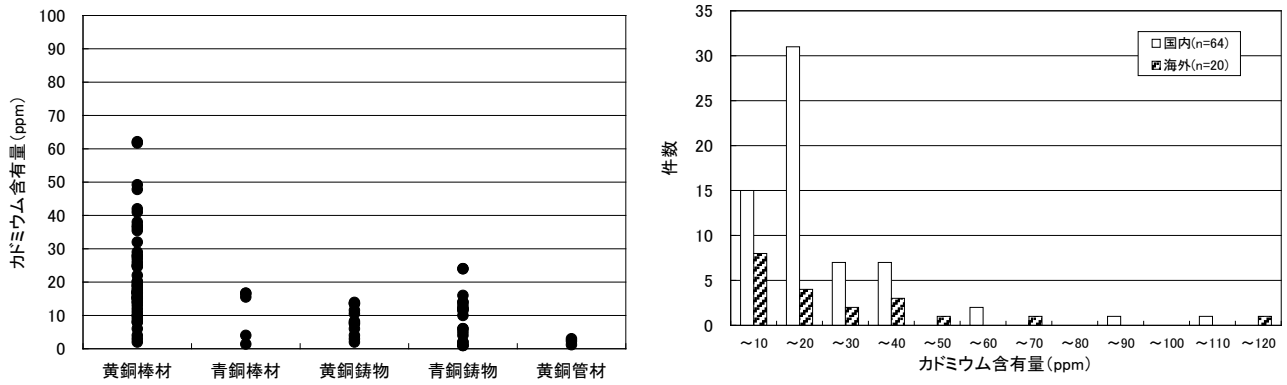


図 14 バルブ工業会が調査した銅合金中のカドミウム含有量の現状
(左：2010年4月～9月調査(国内)、右2010年10月～12月調査(国内外：C3604))

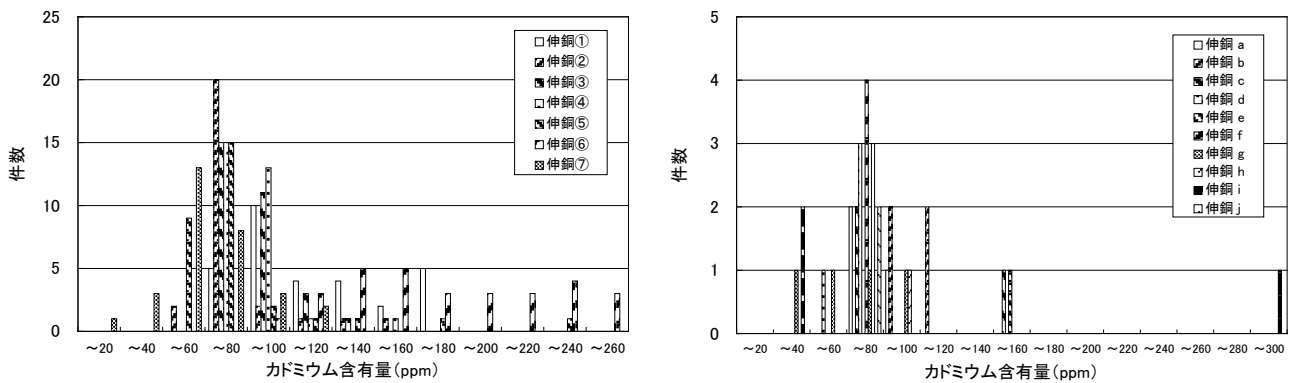


図 15 日本伸銅協会に開示いただいた黄銅棒材(C3604)中のカドミウム含有量
(2004年～2005年調査)

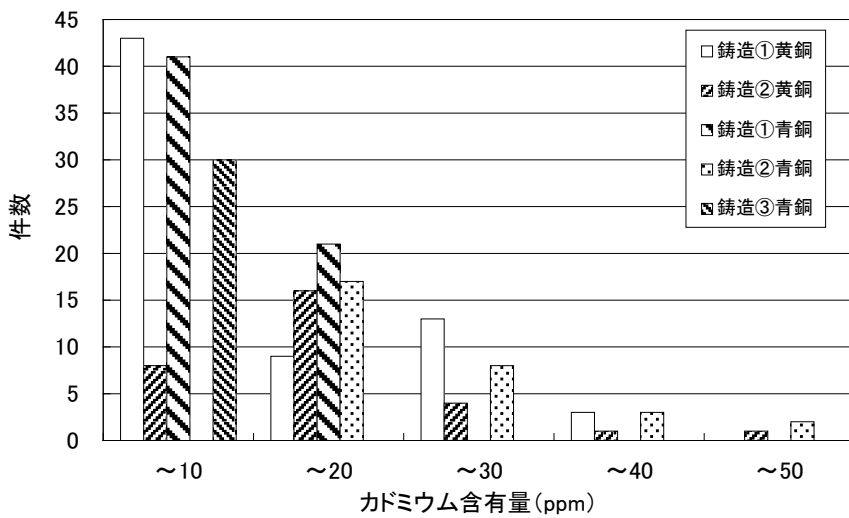


図 16 日本鑄造協会に開示いただいた鑄物中のカドミウム含有量
(2010年調査)

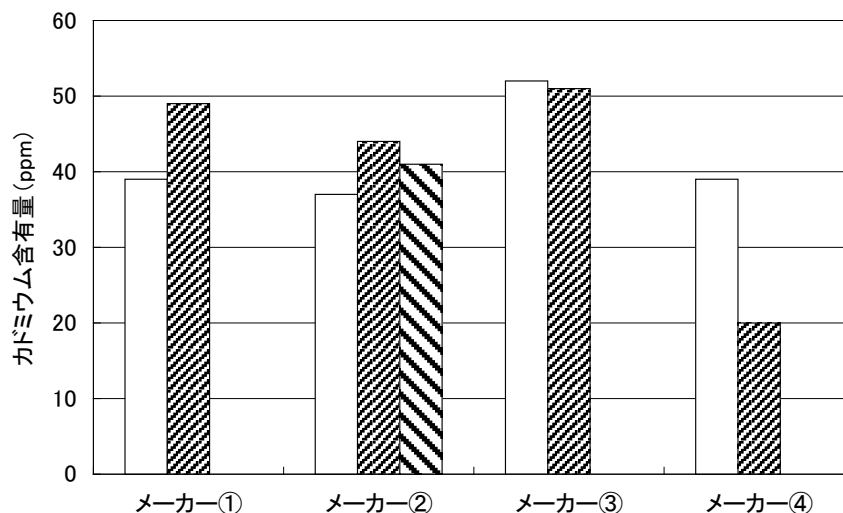


図 17 あるバルブメーカー（伸銅品も製造）が購入している黄銅棒材（C3604）中のカドミウム含有量（2008年～2010年調査）

バルブ工業会の調査結果では、黄銅棒材のカドミウム含有量は比較的多いが、国内品、海外品を問わず概ね 50ppm 以下の含有量だった（最高でも 118ppm）。また、日本鋳造協会および、あるバルブメーカー（伸銅品も製造）に開示いただいた最近の含有量も、バルブ工業会の調査結果とほぼ同程度だった。RoHS や ELV で規制されているカドミウム含有量が 100ppm であることを踏まえると、極めて含有量の低い材料を使用していることが分かった。ただし、日本伸銅協会に開示いただいた数年前の含有量は最近のそれより高く、メーカー間のばらつきも大きいので、今後このような材料が納入される可能性があることも分かった。

4. 結論

カドミウム浸出要因の調査結果および銅合金中のカドミウム含有量の現状をもとに、カドミウム浸出低減検討会で議論した結果、以下のように結論付け、2012年4月1日からのカドミウム浸出の新基準に対応していくこととした。

■ 給水栓メーカーごとに構造、製造方法、材料入手ルートなどが異なるため、給水栓メーカーが個別に対応策を講じる。

- ・カドミウム含有ろう材の不使用
- ・給水栓の構造変更
- ・表面処理（めっき、鉛除去処理）の追加
- ・材料入手ルートの変更
- ・材料変更（樹脂化、ステンレス化） など

■ これまで調査したようなカドミウム含有量の低い材料であれば、給水栓の大半は表面処理工程があるため上記対応策により新基準に対応できる。

■ 銅合金中のカドミウム含有量の許容値に共通のしきい値を設定しない。