

検討対象物質 (カドミウム) に関する情報

「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の見直しについて (第 3 次答申)」(平成 23 年 7 月; 中央環境審議会) においては、以下のとおり環境基準の見直しが示された。

表 1 カドミウムの環境基準値

項目名	新基準値	旧基準値
カドミウム	0.003mg/L以下	0.01mg/L以下

備考 基準値は年間平均値とする。

○ カドミウム

1. 水環境中での動態・性状 (物質情報)

名称	カドミウム及びその化合物
CAS No.	7440-43-9
元素/分子式	Cd
原子量/分子量	112.4
環境中での挙動等	<p>リン鉱石から生産される化学肥料及び汚泥肥料に含まれる不純物として土壌に拡散される。水への溶解度はpHの影響を受けやすく、懸濁状態又は沈殿状態であっても酸性になると溶解しやすくなる。環境水では主に底質や懸濁物質として存在する</p> <p>天然には亜鉛に伴われて産出する。カドミウムは水銀について最も揮散しやすい金属である。</p> <p>水環境中には、大気からの降下、廃棄物の埋め立て、遺漏、投棄、鍍金工場などからの排水により侵入する。</p> <p>カドミウムは土壌粒子、底質、コロイド粒子、腐植質などに結合すると考えられ、一部分が水に溶解する。水のpHが高くなると水酸化物や炭酸塩として沈殿するか粒子表面に沈殿する傾向にあるが、溶解しやすい錯イオンを形成すると粒子への吸着が阻害される。</p> <p>海洋では生物活動により海水からカドミウムが生体内に取り込まれるため、その濃度は表層で低く、深海水で高い鉛直分布を示す。カドミウムは体内で非常に長い半減期をもち、低濃度でも長時間の曝露により体内濃度は上昇する。</p>
物理的性状	[Cd]青白色の柔らかい金属塊状物あるいは灰色の粉末。展性がある。 80℃にすると脆くなり、湿った空気に曝露すると光沢を失う。
比重	[Cd]8.6 [CdCl ₂]4.1 [CdO]6.95 (非結晶) [Cd(NO ₃) ₂]3.6
水への溶解性	[Cd]溶けない [CdCl ₂]よく溶ける [CdO] 溶けない [Cd(NO ₃) ₂] よく溶ける (1,090g/L 0℃)
ヘンリー定数	—

2. 国内外における排水管理・規制に係わる基準等

(1) 国内基準値等

環境基準値（公共用水域、地下水）	0.003mg/L
水道水質基準	0.003mg/L
化管法	特定第1種指定化学物質（政令番号75）
土壤環境基準（農用地）	米1kgあたり0.4mg以下
食品規格（米に対する基準）	0.4ppm

(2) 諸外国基準値等

WHO飲料水水質ガイドライン	0.003mg/L（第4版、2011年）
USEPA飲料水基準	0.005mg/L（2009年版）
EU飲料水指令	0.005mg/L（1998年）

(3) PRTR制度による全国の届出排出量（平成23年度）

公共用水域	2,406kg/年
合計	99,643kg/年

3. 基準値の導出方法

カドミウム汚染地域住民と非汚染地域住民を対象とした疫学調査結果から、 $14.4 \mu\text{g/kg}$ 体重/週以下のカドミウム摂取量は人の健康に悪影響を及ぼさない摂取量であり、別の疫学調査結果から、 $7 \mu\text{g/kg}$ 体重/週程度のカドミウムばく露を受けた住民に非汚染地域の住民と比較して過剰な近位尿管機能障害が認められなかったことを受け、カドミウムの耐容週間摂取量は総合的に判断して $7 \mu\text{g/kg}$ 体重/週とすることが妥当とした食品安全委員会の評価結果を用いると、耐容一日摂取量は $1 \mu\text{g/kg}$ 体重/日となる。カドミウムのばく露経路のうち、水より摂取する割合を10%、体重50kg、飲用水量2L/日として、基準値を0.003mg/Lとした。

4. 製造・使用・排出状況（マテリアルフローを含む）

(1) 主な用途及び生産量

主な用途	[Cd]カドミ系顔料、ニッケル・カドミウム電池、合金、メッキ、蛍光体 [CdCl ₂]写真、メッキ、顔料の製造原料、触媒 [CdO]電気メッキ [Cd(NO ₃) ₂]陶磁器着色剤、電池、カドミウム塩の原料
生産量等 （平成22年）	国内生産量…2,341 t 輸入量…255 t 輸出量…855 t

(2) 製造・輸入量

カドミウムの生産量は近年ほぼ横ばいで推移しているが、輸入量は減少傾向を、輸出量は増加傾向を示している。平成22年の生産量は2,341 tであった。

表 4-1 カドミウム製造・輸入量の経年変化

年	生産量(t)	輸入量(t)	輸出量(t)
H13	2,468	2,463	21
H14	2,426	2,819	35
H15	2,496	3,820	136
H16	2,160	2,626	252
H17	2,248	3,072	381
H18	2,430	1,744	948
H19	2,091	1,455	847
H20	2,249	1,725	619
H21	2,128	385	1,405
H22	2,341	255	855

出典：JOGMEC マテリアルフロー：(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構

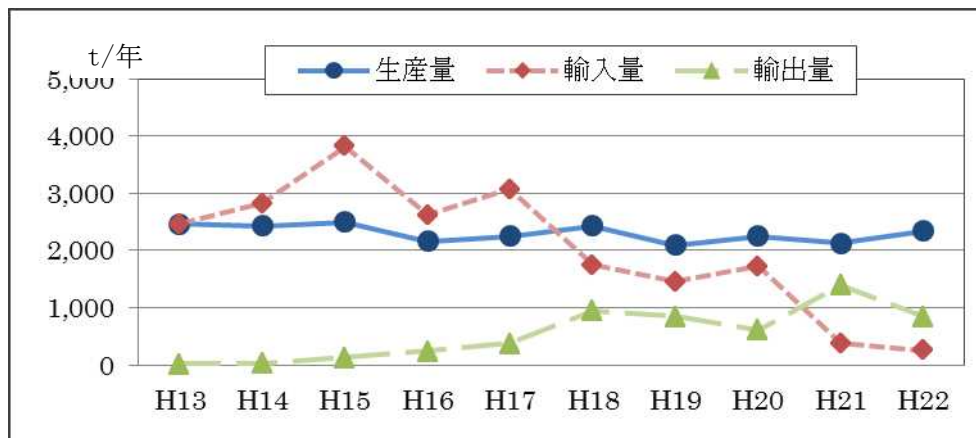


図 4-1 カドミウム製造・輸入量の経年変化

(3) 用途等

カドミウムを排出する事業場の用途としては、ニッケル-カドミウム電池、顔料、合金・接点材料、メッキ、塩ビ安定剤などがある。ニッケル-カドミウム電池は、現在ニッケル-水素電池やリチウムイオン電池が主流となっているほか、合金・接点材料、メッキ、塩ビ安定剤は、代替品への転換が進み使用量は減少している。

表 4-2 カドミウム用途等

用途	内容
ニッケル-カドミウム電池	電池の負電極として使用される。
顔料	ガラスや陶磁器の着色、油絵具に使用される。カドミウム顔料は、安定性、耐久力、耐熱性に優れている。
合金・接点材料	高温・高速で作動する自動車、航空機、船舶用エンジンの軸受として、耐摩擦性、熱伝導性がよく、摩擦係数が小さく、衝撃吸収性に優れている。
メッキ	塩分に対する耐食性に優れ、航空機部品、船舶部品などの重要部品に用いられる。
塩ビ安定剤	塩化ビニルの優れた安定剤として用いられる。

出典：NEDO技術開発機構、産総研化学物質リスク管理研究センター：詳細リスク評価書シリーズ¹³

(4) 公共用水域等への排出量等

平成 13～23 年のPRTRデータによると、カドミウムの公共用水域への排出量は 5,861～1,946kg/年で推移しており、減少傾向にある。平成 23 年度における公共用水域への排出量の業種内訳は下水道業が 60%を占めて最も多く、次いで非鉄金属製造業、産業廃棄物処理業、一般廃棄物処理業等となっていた。

表 4-3 届出されたカドミウムの排出量等の経年変化

年度	排出量 (kg/年)					移動量 (kg/年)		
	大気	公共用水域	土壌	埋立	合計	下水道	廃棄物	合計
H13	2,348	5,861	0	155,093	163,302	10	141,329	141,339
H14	2,619	4,794	0	119,428	126,841	7	197,093	197,100
H15	1,668	5,708	0	146,085	153,461	2	101,288	101,290
H16	1,839	5,144	0	119,229	126,212	1	56,043	56,044
H17	893	5,054	0	117,305	123,252	0	137,550	137,550
H18	2,377	4,989	0	84,758	92,124	0	103,685	103,685
H19	1,946	2,365	0	70,626	74,938	0	100,146	100,146
H20	1,901	2,556	0	79,340	83,797	1	87,212	87,212
H21	1,762	1,946	0	85,633	89,342	0	87,543	87,543
H22	1,499	2,096	0	118,998	122,543	2	68,421	68,422
H23	1,057	2,406	0	96,180	99,643	2	61,363	61,365

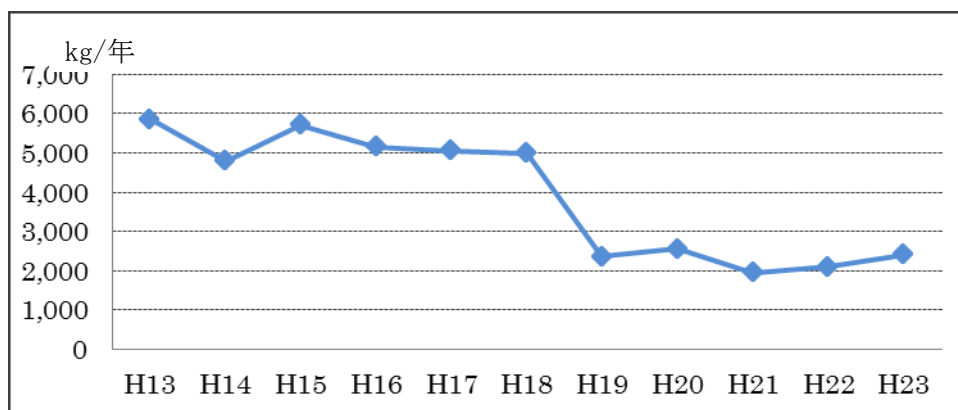


図 4-2 PRTRデータによるカドミウムの公共用水域への排出量の経年変化

表 4-4 カドミウムの排出量等に占める業種の内訳

業種 コード	業種名	届出排出量・移動量 (kg/年) (平成 23 年度)					
		排出量				移動量	
		大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物
0500	金属鉱業	0	38	0	70	0	0
0700	原油・天然ガス鉱業	0	0	0	0	0	0
1800	パルプ・紙・紙加工品製造業	0	7	0	0	0	0
2000	化学工業	0	5	0	0	0	1,356
2100	石油製品・石炭製品製造業	0	0	0	0	0	0
2200	プラスチック製品製造業	0	0	0	0	0	0
2500	窯業・土石製品製造業	0	0	0	0	0	0
2600	製鋼業	1	0	0	0	0	40,120
2700	非鉄金属製造業	872	562	0	96,110	0	17,485
2800	金属製品製造業	183	0	0	0	0	794
3000	電気機械器具製造業	0	1	0	0	0	581
3100	輸送用機械器具製造業	0	0	0	0	0	130
3400	その他の製造業	0	0	0	0	0	1
3500	電気業	0	0	0	0	0	0
3830	下水道業	0	1,560	0	0	2	65
8716	一般廃棄物処理業 (ごみ処分業に限る。)	0	43	0	0	0	832
8722	産業廃棄物処分業 (特別管理産業廃棄物処分業を 含む。)	0	188	0	0	0	0
9210	自然科学研究所	0	0	0	0	0	0
	合 計	1,056	2,404	0	96,180	2	61,364

(5) マテリアルフロー

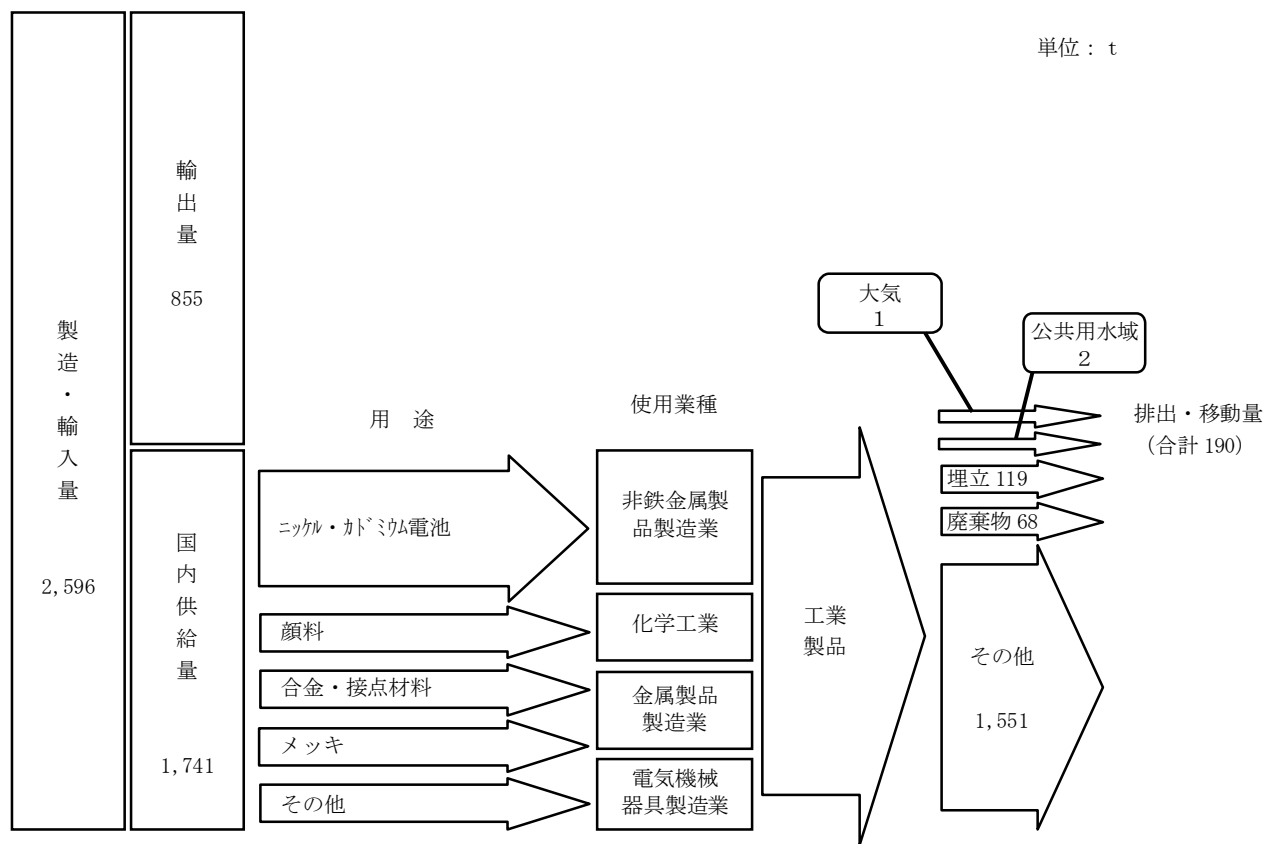


図4-3 カドミウムのマテリアルフロー

- 注：1. 「製造・輸入量」、「輸出量」は、「JOGMECマテリアルフロー」(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構)の平成22年度の値を示す。
2. 「国内供給量」は、「製造・輸入量」から「輸出量」を差し引いた値を示す。
3. 「用途」及び「使用業種」は、「詳細リスク評価書シリーズ13 カドミウム」(中西他、2008)を参考に作図した。
4. 「排出・移動量」の「大気」、「公共用水域」、「埋立」及び「廃棄物」は、「平成22年度PRTR届出データ」(環境省)の値を示す。
5. 「その他」は、「国内供給量」から「排出・移動量」を差し引いた値を示す。

5. 国内における検出状況

平成 19 年度から平成 23 年度の公共用水域（淡水域・海域）及び地下水におけるカドミウムの検出状況を表 5-1、5-2 に示す。

表 5-1 公共用水域におけるカドミウムの検出状況（基準値：0.003mg/L）

実施年度	測定地点数	検出地点数/ 測定地点数	検出範囲(mg/L) (平均値)		基準値超過 地点数 ^{※1}	基準値の 10%超過 地点数	データソース
			最小値	最大値			
H19	4,400	39 / 4,400	0.001	0.010	5	39	自治体の測定計画 に基づく結果
H20	4,310	33 / 4,310	0.001	0.009	7	33	
H21	4,314	38 / 4,314	0.001	0.016	11	38	
H22	4,289	35 / 4,289	0.001	0.016	8	35	
H23	4,163	58 / 4,163	0.0003	0.019	5	58	

※1：平成 23 年 10 月 27 日に環境基準が 0.01mg/L から 0.003mg/L に改正された。

表 5-2 地下水におけるカドミウムの検出状況（基準値：0.003mg/L）

実施年度	測定地点数	検出地点数/ 測定地点数	検出範囲 (mg/L) (平均値)		基準値超過 地点数 ^{※1}	基準値の 10%超過 地点数	データソース
			最小値	最大値			
H19	3,160	6 / 3,160	0.002	0.009	3	6	自治体の測定計画に 基づく結果(概況調査 ※2のみ)
H20	2,871	4 / 2,871	0.001	0.006	1	4	
H21	3,185	9 / 3,185	0.001	0.008	3	9	
H22	2,996	4 / 2,996	0.001	0.004	1	4	
H23	2,910	8 / 2,910	0.0004	0.0059	2	8	

※1：平成 23 年 10 月 27 日に環境基準が 0.01mg/L から 0.003mg/L に改正された。したがって、平成 19～22 年度においては、当時の環境基準（0.01mg/L）を超過している地点はゼロである。

※2：概況調査における測定井戸は、年ごとに異なる（同一の井戸で毎年測定を行っているわけではない。）ため、単純な比較はできないことに留意が必要。

6. 排水中からの除去技術（処理技術に関する情報）

水道用水に係る通常の浄水方法のうち、凝集沈殿ろ過による多少の除去性がある。活性炭、石灰軟化、イオン交換及び逆浸透により除去できる。

事業場排水に係るカドミウムの処理法は、大別すれば、水酸化物や硫化物などの難溶性塩として沈殿除去する凝集沈殿法と、イオン状態或いは錯体のままイオン交換樹脂や活性炭などの吸着剤で処理する吸着法がある。

表6 適用可能な排水処理技術とその概要（カドミウム）

排水処理技術	概要
<p>水酸化物法・共沈法</p> <p>難溶解性硫黄化合物生成法（硫化物法）</p>	<p>カドミウムの溶解度積に基づく理論溶解度の計算結果から、溶液のpHが9から10.5に高くなると、溶液中に溶存できるカドミウムは44mg/Lから0.044mg/Lへと低下する。また、カドミウム含有排水に塩化鉄(III)又は塩化亜鉛を使って共沈処理した場合、排水中のカドミウムは理論値よりも低いpHから沈殿が生じ、処理等到達値も理論値より低く、共沈処理の効果は明白であった。</p> <p>硫化ナトリウム過剰存在下での重金属処理は困難であり、鉄塩の併用が必要である。鉄塩を併用してもアルカリ性では硫化物の分散反応が起こるが、この傾向は硫化物法全般に共通する特性であり、pH中性での処理が最適である。この方法は、pH中性域で重金属を低濃度まで処理でき、またアンモニアが存在してもその影響を受けにくいなどの特徴もある。</p> <p>実際の排水処理では重金属捕集剤が使用される。最近では、硫黄系重金属捕集剤が使用されることが多くなっている。硫黄化合物捕集剤は、ジチオカルバミド酸基、チオール基、ザンセート基などの官能基を持つ有機化合物である。炭化水素基を高分子としたものは凝集性が良く、高分子重金属捕集剤或いはキレート高分子とよばれている。</p>

(1) 工場・事業場における排水処理技術の開発動向の整理

カドミウムは、亜鉛と同様、凝集沈殿法においては、実排水中に錯体を形成する物質が共存している場合、排水中の濃度低下が困難であるという特徴がある。そのため、現行の排水規制下における排水濃度実態をふまえた上で、実用的な処理水準を見出す必要がある。

7. カドミウム検出状況について

(1) 都道府県の立入検査件数及びカドミウムの検出状況

自治体による平成 22 年度の立入検査時のカドミウム検出状況について整理した(表 7-1)。平成 22 年度の立入調査件数は全国で 3,160 件、うちカドミウムの検出があったのは 85 件であった。

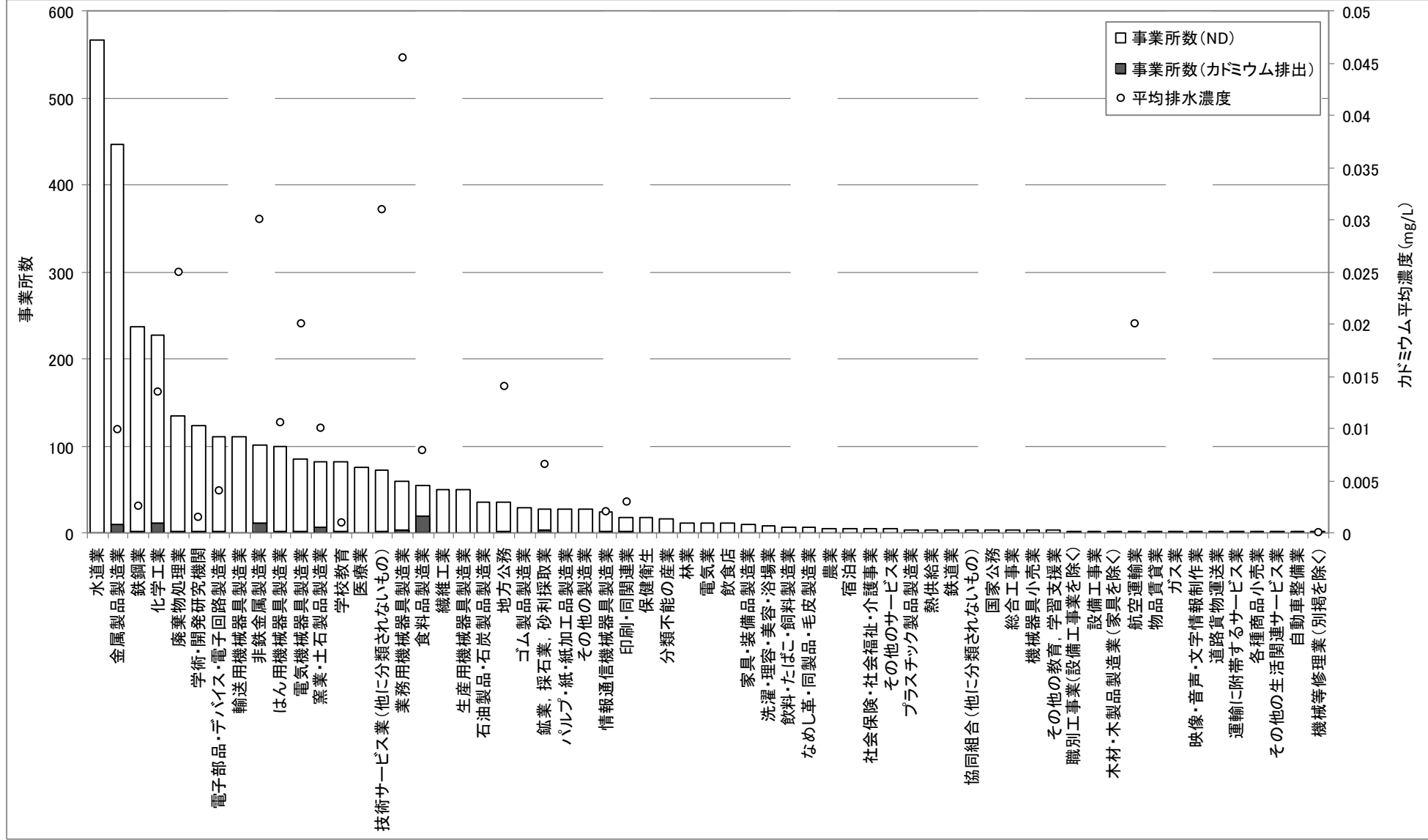
(2) カドミウムの産業別排出濃度の実態

自治体に対し行ったアンケート結果に基づき、カドミウムの排出状況を産業別に集計した。

平成 22 年度に自治体が立入検査を行った事業所数を業種別に整理し(表 7-1、図 7-1)、カドミウムの検出が見られた 85 件について排出水中の濃度を別途整理した(表 7-1)。環境基準値 0.003mg/L の 10 倍値 (0.03mg/L) を超過している事業所は 10 カ所あり、うち現行の一律排水基準 (0.1mg/L) を超過している事業所が 1 カ所あった。

表 7-1 カドミウムの産業細分類別排水濃度

産業中分類	産業細分類	濃度レベル(mg/L)					計		
		0.003以下	0.003超過 0.01以下	0.01超過0.03 以下	0.03超過 0.1以下	0.1超過			
5	鉱業、採石、砂利採取業	519	その他の金属鉱業		2	1			3
		552	ろう石鉱業		1				1
9	食料品製造業	926	冷凍水産食品製造業	9	6		2		17
		929	その他の水産食料品製造業	1	1	1			3
15	印刷・同関連業	1512	オフセット印刷以外の印刷業(紙に対するもの)	1					1
16	化学工業	1611	窒素質・りん酸質肥料製造業				2		2
		1622	無機顔料製造業	2	2				4
		1629	その他の無機化学工業製品製造業	1	3	1			5
		1699	他に分類されない化学工業製品製造業		1				1
21	窯業・土石製品製造業	2113	ガラス製加工素材製造業		2	2			4
		2144	電気用陶磁器製造業			1			1
		2149	その他の陶磁器・同関連製品製造業	1					1
22	鉄鋼業	2254	鍛工品製造業	2					2
23	非鉄金属製造業	2311	銅第1次製錬・精製業	1					1
		2312	亜鉛第1次製錬・精製業	2	5				7
		2319	その他の非鉄金属第1次製錬・精製業		1				1
		2329	その他の非鉄金属第2次製錬・精製業(非鉄金属合金製造業を含む)		1			1	2
		2331	伸銅品製造業				1		1
24	金属製品製造業	2462	溶融めっき業(表面処理鋼材製造業を除く)	2		3			5
		2464	電気めっき業(表面処理鋼材製造業を除く)	3					3
		2481	ボルト・ナット・リベット・小ねじ・木ねじ等製造業	1			1		2
25	はん用機械器具製造業	2513	はん用内燃機関製造業	1					1
		2592	弁・同附属品製造業			1			1
27	業務用機械器具製造業	2733	圧力計・流量計・液面計等製造業			1	2		3
		2761	武器製造業		1				1
28	電子部品・デバイス・電子回路製造業	2815	液晶パネル・フラットパネル製造業		1				1
29	電気機械器具製造業	2999	その他の電気機械器具製造業			1			1
30	情報通信機械器具製造業	3011	有線通信機械器具製造業	1					1
46	航空運輸業	4621	航空機使用業(航空運送業を除く)			2			2
71	学術・開発研究機関	7113	農学研究所	2					2
74	技術サービス業(他に分類されないもの)	7452	環境計量証明業				1		1
81	学校教育	8141	高等学校	1					1
88	廃棄物処理業	8822	産業廃棄物処分業			2			2
98	地方公務	9821	市町村機関			1			1
計				31	27	17	9	1	85



注 1. 産業分類表記(中分類)は、日本標準産業分類(平成 19 年 11 月改正)に基づいている。
 注 2. 事業所数については、当該年度の立入調査結果がすべて報告下限値未満の値(ND)である事業所を区別している。
 注 3. 平均排水濃度については、報告下限値未満の値(ND)を除いて算出している。

図 7-1 カドミウムの事業場排水濃度分布【業種別】(自治体立入調査 平成 22 年度)

(3) カドミウムに係る上乗せ排水基準の設定状況

自治体に対し行ったアンケート結果に基づき、カドミウムに係る上乗せ排水基準の設定状況について整理した(表7-2)。

上乗せ排水基準を設定している35自治体のうち、現在、新たな環境基準値0.003mg/Lの10倍値(0.03mg/L)より厳しい値に設定しているのは20自治体である。

【上乗せ排水基準設定状況の概要】(自治体の設定状況により、重複あり)

検出されないこと：4自治体

0.01mg/L：16自治体

0.03mg/L：6自治体

0.05mg/L：19自治体

0.06mg/L：1自治体

0.08mg/L：1自治体

表 7-2 自治体におけるカドミウムの上乗せ排水基準の状況

自治体	上乗せ排水基準	備考
北海道	0.01～0.06mg/L	適用区域及び業種の指定有り
秋田県	0.05mg/L	第1種及び第2種水域
福島県	日間平均 0.05mg/L	その他の特定事業場
茨城県	0.01mg/L	霞ヶ浦流域に限る
千葉県	0.01mg/L	新設事業場
東京都	0.01mg/L	水道水源域で平成 13 年 4 月 1 日以降に新設の場合
神奈川県	検出されないこと	水質保全湖沼等で既設の場合
	0.05mg/L	水道水源保全水域で既設の場合
	検出されないこと	水道水源保全水域で新設の場合
富山県	0.05mg/L	排水量 (m ³ /日) 10,000 以上 50,000 未満
	0.03mg/L	排水量 (m ³ /日) 50,000 以上 100,000 未満
	0.01mg/L	排水量 (m ³ /日) 100,000 以上
山梨県	検出されないこと	
岐阜県	0.05mg/L	神通川 (宮川) 水域
滋賀県	0.01mg/L	
大阪府	0.01mg/L	上水道水源地域
兵庫県	0.05mg/L	既設特定事業場
	0.03mg/L	その他の特定事業場
奈良県	0.01mg/L	
和歌山県	0.05mg/L	新設事業場
福岡県	0.01mg/L	大牟田川及びこれに流入する公共用水域、大牟田川河口の中央を中心とする半径 500m の円弧及び陸岸に囲まれた海域 (大牟田港湾区域を含む) 並びにこれに流入する公共用水域に適用
長崎県	0.01mg/L	
熊本県	0.01mg/L	
秋田市	0.05mg/L	
いわき市	0.05mg/L	
千葉市	0.01mg/L	
市川市	0.01mg/L	新設
船橋市	0.01mg/L	
松戸市	0.01mg/L	新設
相模原市	検出されないこと	水質保全湖沼等で既設の場合
	0.05mg/L	水道水源保全水域で既設の場合
	検出されないこと	水道水源保全水域で新設の場合
厚木市	検出されないこと	新設
	0.05mg/L	新設以外
松本市	0.05mg/L	
大津市	0.01mg/L	
京都市	0.08mg/L	昭和 50 年 11 月 1 日以前に設置の特定事業場で 1 日平均排水量が 500 m ³ 以上 2,000 m ³ 未満
	0.05mg/L	昭和 50 年 11 月 1 日以前に設置の特定事業場で 1 日平均排水量が 2,000 m ³ 以上
神戸市	0.05mg/L	既設
	0.03mg/L	その他
姫路市	0.05mg/L	既設特定事業場
	0.03mg/L	その他の特定事業場
尼崎市	0.05mg/L	
明石市	0.05mg/L	既設
	0.03mg/L	新設
加古川市	0.05mg/L	既設
	0.03mg/L	その他
和歌山市	0.05mg/L	
熊本市	0.01mg/L	対象施設のみ

出典

- 1) 環境省(2011)中央環境審議会水環境部会 環境基準健康項目専門委員会「水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の見直しについて」(第3次答申)資料2
- 2) 15911 の化学商品 2011 年版, 化学工業日報社
- 3) 環境省 PRTR インフォメーション広場
<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/gaiyo.html>
- 4) (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(2011)「バーチャル金属資源情報センター 鉱物資源マテリアルフロー」(平成21年度調査レポート カドミウム)
http://mric.jogmec.go.jp/public/report/2012-05/42.Cd_20120619.pdf
- 5) 厚生労働省(2013). 水道水基準について「カドミウム」
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/index.html>
- 6) (独)NEDO 技術開発機構、(独)産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター共編(2008)「詳細リスク評価書シリーズ13 カドミウム」
- 7) 公害防止の技術と法規編集委員会 編 (2011)「新・公害防止の技術と法規 2011 [水質編]」, 社団法人産業環境管理協会, 4.2 カドミウム・鉛排水の処理, pp. II -206-211.
- 8) 公害防止の技術と法規編集委員会 編 (2011)「新・公害防止の技術と法規 2011 [水質編]」, 社団法人産業環境管理協会, 4.1.3 重金属排水の処理技術一般, pp. II -191-205.