

NIMS-EMC 材料環境情報データ No.2
鉛マテリアルフロー作成のための
基礎調査



はじめに

環境の世紀とも呼ばれる21世紀になって、経済活動や生活のあらゆる局面で地球環境を考慮した改変が進んでくるようになってきています。そのような中で素材や材料は、あらゆる製品をかたちづくっている存在であり、かつ、資源として地球環境圏から取り出され、廃棄物として地球環境圏に戻される、地球環境に密接に係わった存在でもあります。それゆえ素材の製造者だけでなく、製品の製造者、使用者、さらには処理に係わる人達すべてが、使用されている素材に対して、その素材に係わる環境負荷やリサイクルのしやすさ・状況等を的確に知り資源生産性の向上や持続可能な社会に向けた選択に生かして行くことが重要です。

しかし、そのために必要な材料の環境負荷や循環に対する情報はまだまだあまり整備されておられません。中には一部の側面だけを肥大化させた情報などが散見され判断に困る場合も出てきています。

このような状況に対し、エコマテリアル研究センターでは、信頼性における材料環境情報の整備が物質・材料研究の中核機関として欠くことのできない努めであると判断し、ここに、NIMS - EMC 材料環境データをシリーズとして発行する事にしました。なお、NIMS は物質・材料研究機構 (National Institute for Materials Science) の略、EMC はエコマテリアル研究センター (EcoMaterials Center) の略です。データ集やデータベースとは若干赴きは異なりますが、専門家による綿密な聞き込み調査などをもとに統計資料などでは得られない材料の製造や循環に係わるデータや、LCA 的な考察に不可欠の材料データなどを提供して行きたいと考えております。

2004年

物質・材料研究機構

エコマテリアル研究センター長

原田 幸明

目次

- 1．結果の概要
- 2．全体フロー
- 3．各用途別分類のマテリアルフロー
 - 3.1．鉛蓄電池
 - 3.1.1．鉛蓄電池向け供給鉛量
 - 3.1.2．鉛蓄電池製造における鉛消費量
 - 3.2．鉛蓄電池の排出とリサイクル
 - 3.2．無機薬品
 - 3.2.1．無機薬品向け供給鉛量
 - 3.2.2．無機薬品製造における鉛消費量
 - 3.2.3．無機薬品の排出とリサイクル
 - 3.3．はんだ
 - 3.3.1．はんだ向け供給鉛量
 - 3.3.2．はんだ製造における鉛消費量
 - 3.3.3．はんだの排出とリサイクル
 - 3.4．鉛管板
 - 3.4.1．鉛管板向け供給鉛量
 - 3.4.2．鉛管板製造における鉛消費量
 - 3.4.3．鉛管板の排出とリサイクル
 - 3.5．電線被覆
 - 3.5.1．電線被覆向け供給鉛量
 - 3.5.2．電線被覆製造における鉛消費量
 - 3.5.3．電線被覆の排出とリサイクル
 - 3.6．銅合金鋳物
 - 3.6.1．銅合金鋳物向け供給鉛量
 - 3.6.2．銅合金鋳物製造における鉛消費量
 - 3.6.3．銅合金鋳物の排出とリサイクル
 - 3.7．快削黄銅
 - 3.7.1．快削黄銅向け供給鉛量
 - 3.7.2．快削黄銅製造における鉛消費量
 - 3.7.3．快削黄銅の排出とリサイクル
 - 3.8．快削鋼
 - 3.8.1．快削鋼向け供給鉛量
 - 3.8.2．快削鋼製造における鉛消費量
 - 3.8.3．快削鋼の排出とリサイクル

1. 結果の概要

(1) 鉛鉱石の輸入減少

調査は主として資源統計年報を用いて、2001年、2002年の鉛の主用途における生産量、需要量、リサイクル量などを調査した。得られた結果の内、特徴的なことを以下に列挙する。

1994年10月から鉛蓄電池メーカー、商社などが協力して使用済鉛蓄電池のリサイクルシステムを作り上げ、使用済鉛蓄電池の回収が本格的に開始された。鉱石出地金（鉱石を原料とする地金）の生産が大幅に減少した。実際に1990年に32万tから2003年に14万tに半分以上に減少し、鉛量で16万t減少した。

(2) 用途別の鉛の需要動向

- ・鉛蓄電池の需要は1990年～1992年頃急減しているが、これは自動車の国内生産量の減少のためである。その後はあまり減少傾向は見られない。
- ・無機薬品は、国内での製造量と約同量の無機薬品を中国などから輸入しているが、国内の生産に限定すると、1990年の64千tから2001年の29千tにこの10年間で半分に減少している。これは主に輸入の増加によるものと考えられる。

10年以上も前から家電の生産は、海外にシフトしているが、管球ガラス（ブラウン管用ガラス）の内特に口径の大きなものの生産は、比較的日本に止まっていた。ところが、2002年から2004年にかけて日本に2つある管球ガラスメーカー（旭硝子、日本電気硝子）が生産を大量に海外にシフトあるいは、シフトしようとしている。このように国内に次第に管球ガラスをリサイクルする拠点を失う中で、依然として家電リサイクル法で、廃テレビの高いリサイクル率規制は残っており、使用済管球ガラスをリサイクルし、そのリサイクル製品を販売する拠点の確保が必要となっている。

- ・鉛管板の生産は、1990年の11万tから2002年の9万tとあまり急激な減少は示していないが、鉛管（上下水道）で減少した影響が出ている程度。
- ・電線鉛被覆は、約3千tと低位安定であったが、最近若干上昇しているが、これは多分中東向けの輸出増加によるものと考えられる。
- ・はんだ・銅合金塊、快削黄銅、快削鋼の4つの品目については、自動車を中心に鉛フリー化が進行している。電子・電気機器関連は、2006年7月1日に実施予定のRoHS指令（EUの特定有害物質の使用禁止に関するEU指令）により更に、鉛の使用は急減することが予測される。なお、主に銅合金鋳物（銅合金塊を使用）に関連するが、2003年4月1日から、我が国における上水道での鉛浸出基準が強化された。

(3) 統計上の問題

鉛の生産と消費に関する生産・需給統計では、快削鋼分野の統計が以前からなかった。生産統計にあった快削黄銅が2002年からなくなり、2004年からは電線被覆もなくなる。

(4) 今後の課題

日本は鉛の需要は環境保全の機運の全般的高まりのなかで鉛の毒性が忌避されて、長期的に低落傾向にある。この傾向が、世界においてどうなっているか、世界の鉛鉱石の生産量の動向及び鉛の生産・需要動向を調査し、比較する必要がある。

2. 全体フロー

(1) 原料供給

図2-1、表2-4に、鉛原料供給量を示した。図2-1は表2-4の～の欄のデータを積み重ねグラフにしたもので、鉛くずの輸出分も含まれている。

この図をみると1994年10月から使用済鉛蓄電池のリサイクルが本格的に開始され、そのために鉱石出地金が大幅に減少した。表2-4の欄に示すように、鉱石出地金生産に輸入地金も加えた鉱石出地金の計(国内で消費された鉱石出地金)は、1990年の32万tから、2003年には14万tと、この10年間で半分以下となった。

(2) 用途別需要動向

用途別需要動向は数値は表2-5に示すとともに、図2-2には用途別鉛消費量を重ねグラフで示すとともに、比較のため、鉛原料の供給量を折れ線グラフで示した。

- ・鉛蓄電池は1990年～1992年の区間からその直後は急減しているが、これは自動車の国内生産量の減少のためである。その後はあまり減少傾向は見られない。
- ・無機薬品は、国内での製造量と約同量の無機薬品を中国などから輸入しているが(表示せず)、国内の生産に限定すると、この10年間で半分に減少している。これは主に輸入の増加によるものと考えられる。かなり以前から家電の生産は、海外にシフトしているが、管球ガラス(ブラウン管用ガラス)の生産は特に口径の大きなものは、日本に生産拠点が止まっていた。ところが、2002年から2004年にかけて日本に2つある管球ガラスメーカーが生産を大量に海外にシフトあるいは、シフトしようとしている。このように国内に次第に管球ガラスをリサイクルする拠点を失う中で、依然として家電リサイクル法で、テレビの高いリサイクル率規制は残っており対策が必要となっている。
- ・鉛管板は、あまり急激な減少は示していないが、鉛管(上下水道)で減少した影響が出ている程度。
- ・電線鉛被覆は、約3千tと低位安定であったが、最近若干上昇しているが、これは輸出増加によるものである。
- ・はんだ・銅合金塊、快削黄銅、快削鋼の4つの品目については、自動車を中心に鉛フリー化が進行している。電子・電気機器関連は、2006年7月1日に実施予定のRoHS指令(EUの特定物質の使用禁止)により更に、鉛の使用は急減することが予測される。なお、主に銅合金鋳物(銅合金塊を使用)に関連するが、2003年4月1日から、水道での鉛浸出基準

が強化された。

(3) 鉛スクラップ

表2-4の欄において、原料供給側から推定した値と、使用済製品から排出されたスクラップ量の推定を2000年～2002年の3年で比較すると、欄の方が欄よりも2万tほど多くなっている。この差は、表2-6で 行の値は、需要側の数字として、加算されるべきでなく(3.1.1.で説明) この値の約1万tが 欄の数字に含有されていることと、以下に述べる再生製錬業者(二次製錬)は最近、廃蓄電池以外のスクラップ源を約1万t使用していることから、残りの1万tの内6000tについては説明できる。結局、欄と欄の差の4千tほどは埋まらないが、これは誤差範囲であろう。

再生精錬業者の1万tとは、表2-3の欄の「受入量」の数字と 欄の「販売量」の数字が1999年から2003年の間では販売量が約1万t多くなっている。特に2003年1万7千tまで差が拓いている。この差は、廃蓄電池以外のスクラップあるいは地金を使用していると考えられる。2000～3000tが鉛管板、蓄電池工場からの加工くずが3000～4000t、最近のソフト地金の品質を維持するために新地金2000～3000t、その他スクラップの2000～3000tを使用している。表2-6の「くずトータル集計」で示したように、需給統計では最近の収集量は6000～7000tで、この内鉛管板が3000tを占めるとすると、残りは「はんだ」などの加工くずを加算するとこの数値に到達してしまい、再生製錬業がいう蓄電池工場からの加工くずとその他のくずの計5000～7000tが、統計で集計されていないことになる。

(4) 統計上の問題点

a) 資源統計と電池工業統計について

電池工業会は製錬(一次製錬)と再生(二次製錬)の使用済鉛蓄電池の回収量と蓄電池の販売量について統計をとっている。資源統計から引用した表2-1の値の一部を、電池工業会の統計値で置き換え表2-4とした。例えば、製錬(一次製錬)については表2-2の生産量に対して の受入量を記載した。1995年から1998年までは、の方が よりも3万tほど多い。また、再生(再生製錬)は、表2-3の の生産量に対して の販売量を記載した。この場合は、逆に、2000年からは電池工業会の方が2万tほど多い結果となっている。結局、電池工業会の統計(業界統計)の方が需給統計(経済産業省統計)よりも信頼できるとして、以後表2-1よりも表2-4を採択することとした。

b) 資源統計の指定統計から承認統計に変更の影響

2002年から需給統計は指定統計から罰則規定のない承認統計に格下げされたためか、鉛くず供給側の回収データの値が十分に集計されず極端に小さな値となった。くずの回収データ

の送付元は、主に非鉄問屋、商社などの流通関係業者である。この値をそのまま使用すると表 2 - 1 の 欄の「くず他」でマイナスの値になった。そこで表 2 - 4 では 2000 年と 2001 年のくずの発生及び回収の平均値 40,000 と 230,000 が、2002 年と 2003 年にも実現されたとして値を求めた。それぞれ 2002 年は 57000t、2003 年は 31500t に修正した。

c) 今後統計が消滅するもの

鉛のマテリアルフローを作成する上で、製品の生産量と鉛量が経済産業省の統計あるいは業界統計が存在するかい否かは重要である。

下記の表から、2004 年以降においては電線被覆、快削黄銅、快削鋼で統計がなくなる。

統計の有無

品目	～1998年			1999年～			～2001年			2002年～			2004年～		
	経済産業省		業界												
	需給	生産		需給	生産		需給	生産		需給	生産		需給	生産	
蓄電池															
無機薬品															
はんだ・合金塊															
鉛管板															
電線被覆															
快削黄銅															
快削鋼															

注 1) 需給 需給統計、生産 生産統計、業界 業界統計

注 2) 信頼できる、 まま信頼できる、 あまり信頼できない。[著者の判断]

(5) 今後の課題

(a) 鉛の当年蓄積量

鉛の当年蓄積量、即ち、鉛の需要分野の各製品について国内生産だけでなく、製品の輸出入を相殺して、ある年における鉛製品としての国内蓄積量を推定する必要がある。

この鉛の当年蓄積量は次の課題として、本報告書では省略した。

(b) 今回検討できなかった鉛製品

今回、減摩合金（軸受）釣用重り、弾丸について調査できず、今後課題となった。

(c) 今回の調査は日本国内に限定した鉛の生産・需要の調査であった。日本は確かに、鉛の需要は落ちているが、世界トータルでは、鉛鉱石の生産量の動向、また鉛の需要動向はどうなっているか、比較検討する必要性がある。

表 2 - 1 鉛原料の受入・生産量と鉛排出量の比較

	鉛原料の受け入れ生産量									鉛スクラップ排出量							
	鉱石出地金	輸入地金	輸入再生地金	一次製錬リサイクル地金	二次製錬リサイクル地金	くず他	くず他	くず他	輸出くず計	輸出くず計	鉱石出計	スクラップ対象	スクラップ対象	使用済蓄電池排出推	NTT鉛皮払下げ量	その他くず	排出合計
1990	253139	70243	27542	7877	66137	16175	35532	10004	415585	434942	323382	84018	90189				
1991	263468	69834	40033	9124	59631	11630	32291	7030	428459	449120	333302	75785	80385				
1992	259736	51164	27819	10560	59865	15708	27206	6592	404238	415736	310900	77017	86133				
1993	247057	42138	15736	11071	51324	6310	12862	4700	365474	372026	289195	67095	68705				
1994	223057	52369	11968	11196	57967	21399	6010	5706	377652	362263	275426	74869	90562	183,296			
1995	188543	74824	11234	38021	61014	33883	33883	6345	379981	379981	263367	105380	132918		5550		
1996	181720	33334	11741	43009	62644	21317	13661	4099	344203	336547	215054	109752	126970		17150		
1997	178021	32634	9900	49932	68811	11046	22081	6467	334730	345765	210655	125210	129789				
1998	179006	27342	4740	48565	74526	3148	15599	7024	328752	341203	206348	130115	126239		15900	14042	
1999	154620	13815	6363	72502	66307	104902	49190	39823	409142	353430	168435	178632	243711		7045	44435	
2000	151837	24455	6420	87547	72178	51005	8595	3429	388276	345866	176292	163154	210730	187,930	5344	7337	200,611
2001	150323	37153	7688	85719	66404	54644	6345	2487	398073	349774	187476	154610	206767	193,759	3600	6618	203,977
2002	135544	10687	6533	77594	72808	-75439	17369	7735	218093	310901	146231	158137	74963	195,258	1097	6375	202,730
2003	131149	9290	5245	95279	62603	-132491	17547	5391	158919	308957	140439	163273	25391		300	6081	

出典：資源統計年報とヒヤリングによる。

表 2 - 2 第一次精錬業の統計比較 [単位：t]

	電池工業会自主統計		資源統計年報		
	受入量	販売量	受入量	生産量	差
					-
1995	72388	59424	66343	38021	34367
1996	72558	77703	77666	43009	29549
1997	70994	73492	93195	49932	21062
1998	80368	67531	86894	48565	31803
1999	83454	64994	119802	72502	10952
2000	74822	62344	93384	87547	-12725
2001	77576	57148	132168	85719	-8143
2002	72093	58459	114210	77594	-5501
2003	75756	56618	153189	95279	-19523

表 2 - 3 第二次精錬業の統計比較 [単位：t]

	電池工業会自主統計		資源統計年報		
	受入量	販売量	受入量	生産量	差
					-
1995	65214	66200	99456	61014	5186
1996	68970	74288	112383	62644	11644
1997	82131	77338	121646	68811	8527
1998	78789	77280	106010	74526	2754
1999	73946	81340	58745	66307	15033
2000	82835	91392	84757	72178	19214
2001	77942	88885	85652	66404	22481
2002	82079	92803	78073	72808	19995
2003	80536	97605	84458	62603	35002

注)2003年の電池工業会の値は2003年上期の値から推定。

表2 - 4 鉛原料の受入・生産量と鉛排出量

	鉛原料の受け入れ生産量									鉛スクラップ排出量							
	鉱石出地金	輸入地金	輸入再生地金	一次製錬リサイクル地金	二次製錬リサイクル地金	くず他	くず他	くず他	輸出くず計	輸出計	鉱石出計	スクラップ対象	スクラップ対象	使用済蓄電池排出推	NTT鉛皮払下げ量	くず他	排出合計
1990	253139	70243	27542	7877	66137	16175	35532	10004	415585	434942	323382	109546	90189				
1991	263468	69834	40033	9124	59631	11630	32291	7030	428459	449120	333302	101046	80385				
1992	259736	51164	27819	10560	59865	15708	27206	6592	404238	415736	310900	97631	86133				
1993	247057	42138	15736	11071	51324	6310	12862	4700	365474	372026	289195	75257	68705				
1994	223057	52369	11968	11196	57967	21399	6010	5706	377652	362263	275426	75173	90562	183,296			
1995	154176	74824	11234	72388	66200	33883	33883	6345	385167	385167	229000	172471	172471	5550			
1996	152171	33334	11741	72558	74288	21317	13661	4099	355847	348191	185505	160507	168163	17150			
1997	156959	32634	9900	70994	77338	11046	22081	6467	343257	354292	189593	170413	159378				
1998	147203	27342	4740	80368	77280	3148	15599	7024	331506	343957	174545	173247	160796	15900	14042		
1999	143668	13815	6363	83454	81340	104902	49190	39823	424175	368463	157483	213984	269696	7045	44435		
2000	164562	24455	6420	74822	91392	51005	8595	3429	407490	365080	189017	174809	217219	187,930	5344	7337	200,611
2001	158466	37153	7688	77576	88885	54644	6345	2487	420554	372255	195619	172806	221105	193,759	3600	6618	203,977
2002	135544	10687	6533	77576	92803	57500	17369	7735	371009	330878	146231	187748	227879	195,258	1097	6375	202,730
2003	131149	9290	5245	75756	97605	31500	17547	5391	338389	324436	140439	190908	204861	300	6081		

出典：資源統計年報の生産・需給統計、使用済蓄電池の排出推定は蓄電池工業会の資料及びヒヤリングによる。

- 注1) 「くず他」は、鉛くずの供給計から「月初在庫」を除算し、更に、需要側の製錬（第一次製錬）と再生（第二次製錬）の値を除算した値。（これは、鉛くずの統計が、製錬向けと再生向けが再生鉛とダブルカウントされているとの情報に基づき、修正のために行った。）輸出くず含む。
- 注2) 資源統計の需給統計にはかなり誤った値があり、1995年～2001年の区間で、「一次製錬リサイクル地金」の欄の値は表2-1の資源統計の値から、電池工業会の統計値（表2-2のの一次製錬メーカーの使用済蓄電池の受入量）に置き換えた。トータルの一次製錬業の地金アウトプット量には変更ない。なお、二次製錬メーカーの値も1995～2002年まで電池工業会の「販売量」に置き換え。
- 注3) 表2-1の「くず他」の欄は、需給統計において、鉛くずの供給側のデータで、くずの需要側の過欠を補正しようとしたものであった。2002年から需給統計は指定統計から罰則規定のない承認統計に格下げされたためか、鉛くずの回収データの値が極端に小さくなってきた。くずの回収データは主に非鉄問屋、商社などの流通関係業者の提供値である。この値をそのまま使用するとマイナスの値になるので、2000年と2001年のくずの発生、回収の平均値40,000と230,000が、2002年と2003年に実現されたとして値を求めると、2002年は57000t、2003年は31500tとなった。
- 注4) 供給側のデータ自体の正確さがなくなったので、別法としてくずの需要側データから蓄電池、一次製錬、二次製錬を除いた総計で輸出分をプラスしたものを、の欄の「くず他」に、輸出分を、また、プラスしない値をの欄の「くず他」に示した。「くず他」と「くず他」の差はくず輸出分である。

図 2-1 鉛原料別地金生産量（鉛量）

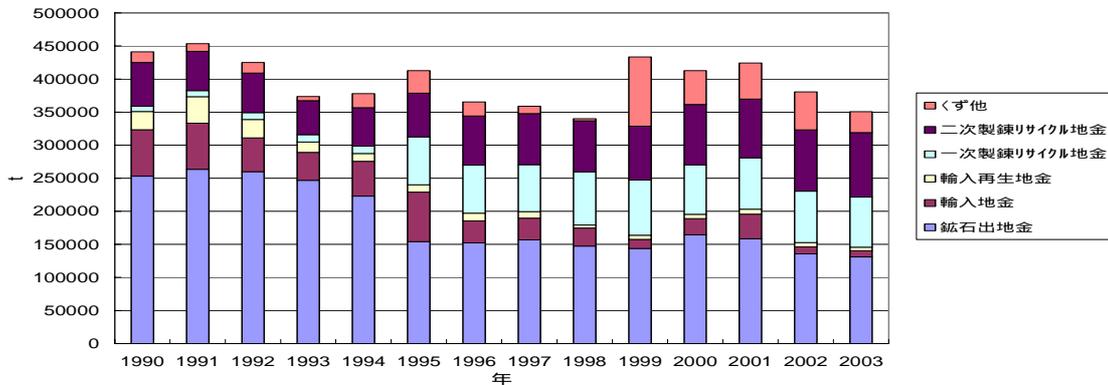


表 2 - 5 用途別鉛消費量(単位：t)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
蓄電池	306773	307792	289916	259422	267142	260952	267933	267477	255642	261618	276620	262477	259201
無機薬品	63958	68774	64075	59047	50657	45828	40997	38418	32325	33139	25199	29325	20146
はんだ・銅合金塊	20152	18929	14221	15183	14585	14104	13258	13041	10580	11260	11045	10104	11310
鉛管板	12322	12493	12556	11022	10795	11850	12824	13431	12783	11500	11204	10470	9286
電線被覆	4880	6932	5885	6956	4529	3836	6173	4079	2871	2378	4588	6440	8854
快削黄銅	3028	3235	2907	3077	3321	3240	3362	3364	2552	2833	2821	2486	2291
快削銅	1401	1387	1204	1149	1160	1196	1131	1229	979	1025	1167	1063	1092
合計	412513	419542	390764	355856	352189	341006	345677	341039	317731	323753	332644	322365	312180

図 2 - 2 鉛原料供給と用途別鉛消費量

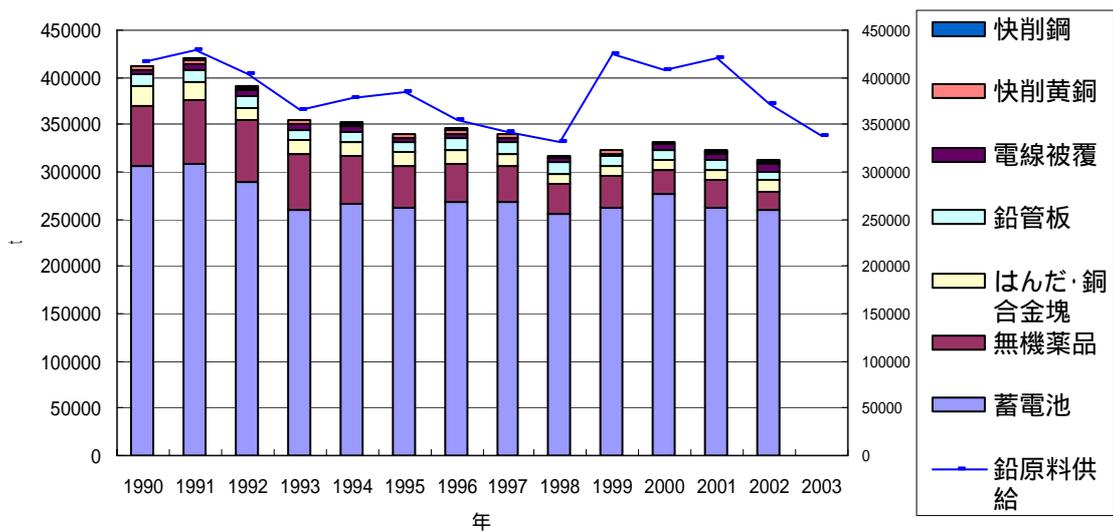


表 2 - 6 鉛需給統計の「くず」集計

その1 鉛くずの需要統計															
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉛管板		45	33	43	36	45	32	38	87	148	-	-			0
蓄電池		15654	14427	13846	13113	11747	11361	11797	11846	11258	9684	10754	10915	10915	10426
無機薬品				1728						-	-	-			2980
はんだ・銅		2038	2034	28	1543	1655	2014	2672	2423	1680	1880	1857	1659	1659	1317
その他		7880	4943	4773	2972	3947	3091	1383	3400	5193	37943	1572	828	828	1094
注1)蓄電池の の欄のくずは、外部から購入している形跡はなく、鉛地金溶解時のロス分(3%～5%でPbOなどで蒸発回収)が誤って集計されたものであろう。															
注2)無機薬品のくずの集計は誤り。															
その2 鉛再生地金の需要統計															
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉛管板		1308	1282	1043	864	821	894	870	1259	148	-	448	433	448	416
はんだ・銅		3881	3756	2931	3114	3106	2641	1920	1824	1680	2332	2355	2179	2335	2120
その他		3384	2329	3541	3028	2488	3178	2502	2019	5193	2280	1105	1519	1105	1134
その3 くずのトータル集計															
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉛管板	+	1353	1315	1086	900	866	926	908	1346	296	0	448	433	448	416
はんだ銅合	+	5919	5790	2959	4657	4761	4655	4592	4247	3360	4212	4212	3838	3994	3437
その他	+	11264	7272	8314	6000	6435	6269	3885	5419	10386	40223	2677	2347	1933	2228
合計	～	18536	14377	12359	11557	12062	11850	9385	11012	14042	44435	7337	6618	6375	6081

出典：需給統計

3. 各用途毎のマテリアルフロー

3.1. 鉛蓄電池

3.1.1. 鉛蓄電池向け供給鉛量

表3 - 1 1 蓄電池向けの供給鉛量（単位：t）

	資源統計需給統計の蓄電池（需要）				電池工業会統計		合計	合計	合計
	電気鉛	再生	鉛の故 または くず	合計	一次製錬廃 蓄電池受入	二次製錬地 金販売			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
				a + b + c			a+c+f	a+b	a+f
1990	195953	98668	15654	310275				294621	
1991	202134	92450	14427	309011				294584	
1992	200023	84295	13846	298164				284318	
1993	180066	76127	13113	269306				256193	
1994	179087	60083	11747	250917				239170	
1995	187809	45314	11361	244484	72388	66200	265370		254009
1996	187652	45139	11797	244588	72558	74288	273737		261940
1997	190335	46140	11846	248321	70994	77338	279519		267673
1998	182724	42074	11258	236056	80368	77280	271262		260004
1999	177243	34481	9684	221408	83454	81340	268267		258583
2000	168715	32433	10754	211902	74822	91392	270861		260107
2001	184219	28093	10915	223227	77576	88885	284019		273104
2002	168715	32433	8231	209379	72093	92803	269749		261518
2003	166028	28685	10426	205139	75756	97605	274059		263633

出典：資源統計の需給統計、電池工業会の統計

表3 - 1 - 1のc欄に約1万～1.5万tの数字が見られる。蓄電池メーカーが鉛くずを購入してないにもかかわらず、資源統計の需要側で購入していることになっている。これは多分、溶解ロス（溶解時に蒸発し酸化鉛で捕集）が通常3～5%発生したものが誤って集計されたものと考えられる。この値は当然鉛供給量に加算して除いて集計すべきであろう。

次に、後記の表3 - 1 - 3に示すように電池工業会では1994年の後半から、二次製錬地金について統計データを集計している。これを見ると、資源統計のb欄の値よりも、電池工業会のf欄の値の方が大きく、後者の方が信頼できるとして、この値を集計することとした。結局、資源統計によるd欄ではなく、1990年～1994年は、h欄を、1995年～2003年はi欄を蓄電池向け鉛量として採択することとした。

ところで、一次製錬の蓄電池リサイクル量は、それほど増加していないが、二次製錬のリサイクル量が増加している。これは従来は

(1) メンテナンスフリーバッテリー

メンテナンスフリーのCa金属入りの蓄電池鉛量（一次製錬会社から、鉛地金が供給され、Caは蓄電池メーカーが配合）である。メンテナンスフリー蓄電池と云えども水

の電解液への補充は必要で、アンチモン入り蓄電池より頻度が若干減る程度であるがメンテナンスフリーバッテリーの普及は進んだ。現在のようにメンテナンスフリーの率が圧倒的に多い現状は、1970年に開始され、1980年代にほぼ完了したようである。

(2) アンチモン入りバッテリー

二次製錬リサイクル地金はアンチモン入り蓄電池である。

一般的にはアンチモン入り蓄電池が存続しているのは、以下の用途で深放電・重負荷の優れた特性を持つアンチモン入り蓄電池が必要と考えられていた。

(a)トラック、バス

(b)フォークリフト

ところが、最近では二次製錬メーカーはCa入り廃蓄電池を受け入れているようである。即ち、ソフト製錬と称して、熱源としてコークスを、簡易製錬剤として苛性ソーダ、硫黄(脱銅)、酸素などを使用し、純度が99.97%以上(新生地金は99.999%)の地金を蓄電池メーカーに提供するようになってきており、勿論自動車用蓄電池にも進出してきたためである。

3.1.2. 鉛蓄電池製造における鉛消費量

鉛蓄電池製造における鉛供給量と種類別の鉛蓄電池製造に消費された鉛の量を図3-1-1に示す。同図に見られるように1997年以降は、鉛の供給量に対して、鉛蓄電池の消費量は2000年を除いて、小さな値となっている。しかし、1996年以前は特に1994年は鉛の消費量が供給量を大きく上回るという逆転が起こっている。1994年以前は資源統計の値しかなく、二次地金メーカーが統計値よりも多く地金を供給していたという解釈が可能である。1995年と1996年に上昇に転じているのは、もともと資源統計データの蓄電池メーカーからの提供データが100%ではなかったため、その影響が出たと考えられる。

鉛蓄電池販売実績を示す表3-1-4において、国内生産量は、「上表の出荷統計に四輪車および二輪車用には蓄電池メーカーの海外工場からの輸入分が約2%含まれている。」から推定した。また、図3-1-1に蓄電池向け鉛供給量と鉛蓄電池の生産量を示した。蓄電池の出荷量は、1990年～1992年の区間からその直後は急減しているが、これは自動車の国内生産量の減少のためである。その後はあまり減少傾向は見られない。

その他の蓄電池では、四輪輸出蓄電池が減少していること。携帯機器に使用される小型シール鉛蓄電池が減少しているのが特徴点である。

表3-1-2 第一次精錬業の統計比較[単位:t]

	電池工業会自主統計		資源統計年報		
	受入量	販売量	受入量	生産量	差
					-
1995	72388	59424	66343	38021	34367
1996	72558	77703	77666	43009	29549
1997	70994	73492	93195	49932	21062
1998	80368	67531	86894	48565	31803
1999	83454	64994	119802	72502	10952
2000	74822	62344	93384	87547	-12725
2001	77576	57148	132168	85719	-8143
2002	72093	58459	114210	77594	-5501
2003	75756	56618	153189	95279	-19523

表3-1-3 第二次精錬業の統計比較[単位:t]

	電池工業会自主統計		資源統計年報		
	受入量	販売量	受入量	生産量	差
					-
1995	65214	66200	99456	61014	5186
1996	68970	74288	112383	62644	11644
1997	82131	77338	121646	68811	8527
1998	78789	77280	106010	74526	2754
1999	73946	81340	58745	66307	15033
2000	82835	91392	84757	72178	19214
2001	77942	88885	85652	66404	22481
2002	82079	92803	78073	72808	19995
2003	80536	97605	84458	62603	35002

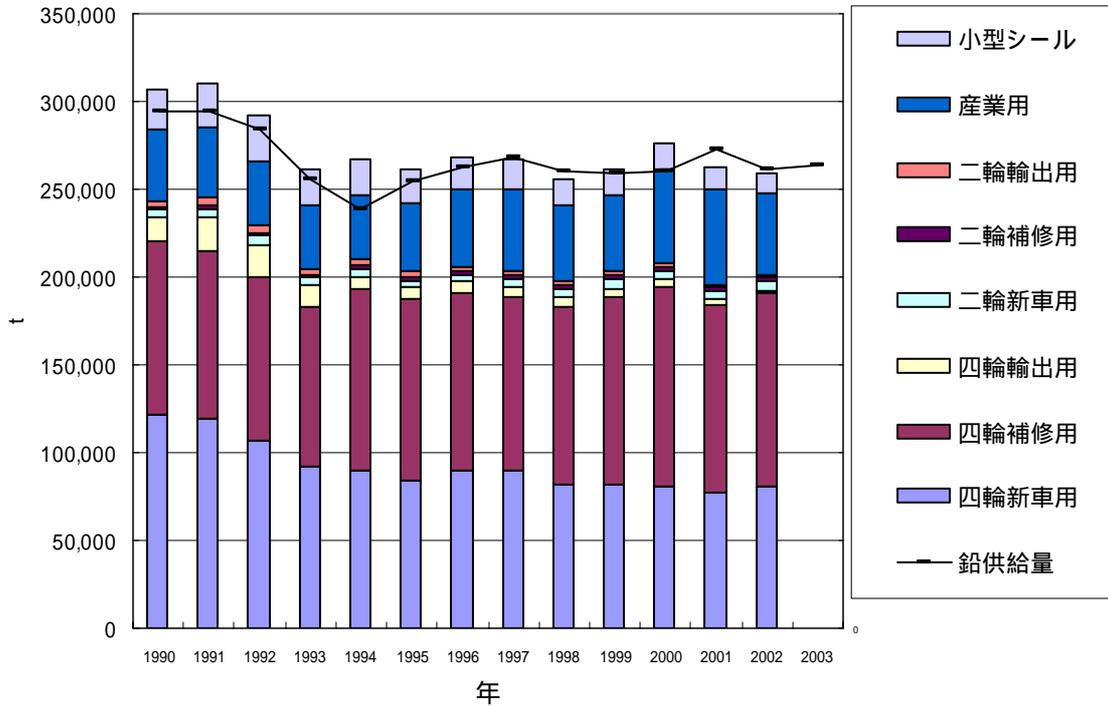
注)2003年の電池工業会の値は2003年上期の値から推定。

表3-1-4 鉛蓄電池販売実績 単位:鉛トン

	1990年度	1991年度	1992年度	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度
四輪新車用	124,249	119,117	107,081	92,129	91,047	85,849	91,575	91,806	83,205	82,960	81,954	78,293	82,296
四輪補修用	100,409	97,571	95,020	92,393	106,638	106,024	102,811	100,195	103,725	109,860	116,150	109,142	112,072
四輪輸出用	14,232	20,158	18,746	12,863	6,629	6,141	6,835	5,886	5,362	4,628	4,371	3,469	2,118
四輪車用合計	238,890	236,846	220,847	197,385	204,314	198,014	201,221	197,887	192,292	197,448	202,475	190,904	196,486
二輪新車用	4,359	4,682	4,866	4,430	4,308	4,246	4,581	4,990	4,973	5,237	5,655	5,036	4,942
二輪補修用	1,858	1,908	1,820	1,830	2,224	2,259	2,231	2,160	2,027	2,208	2,305	2,292	2,288
二輪輸出用	3,511	4,117	4,070	3,595	3,280	2,719	2,190	2,641	2,783	2,819	2,209	1,651	1,588
二輪車用合計	9,728	10,706	10,756	9,855	9,812	9,224	9,002	9,791	9,783	10,264	10,169	8,979	8,818
自動車用合計	248,618	247,552	231,603	207,240	214,126	207,238	210,223	207,678	202,075	207,712	212,644	199,883	205,304
産業用	40,036	40,498	36,928	36,318	36,528	38,420	43,864	46,996	42,522	43,070	52,954	54,272	46,856
小型シール	23,091	24,693	26,017	20,009	20,771	19,439	18,050	16,957	15,086	14,990	15,275	12,320	11,147
総合計	311,745	321,743	294,548	263,567	271,425	265,097	272,137	271,632	259,683	265,772	280,873	266,475	263,307
国内生産量推定	306,773	307,792	289,916	259,422	267,142	260,952	267,933	267,477	255,642	261,618	276,620	262,477	259,201

出典:(社)電池工業会統計 H15,8,14

図3 - 1 - 1 鉛電池の生産量と鉛供給量



3.1.3 鉛蓄電池の排出とリサイクル

(1) 使用済蓄電池の排出量

表3 - 1 - 5 に、1994年、2000年、2001年、2002年の使用済鉛蓄電池の排出量を示めた。また、排出量の推定方法は2002年の例で以下に説明する。

【2002年蓄電池の排出量】

(a) 国内製の4輪補修用

一般向け蓄電池販売個数（自動車メーカーへの販売分は入っていない。また海外自動車メーカー用の蓄電池輸入分も入っていない）

2000年 1444万6千個

2001年 1393万7千個

2002年 1420万9千個

蓄電池の鉛原単位は、10年前は、8.2kg（1993年）で現在7.8kg（2002年）と減少しており、補修用は4～5年間寿命のケースが多いので、原単位8.0kgで推定すると、

$$1420万9千個 \times 8.0kg \div 1000 = 113,672t$$

表3-1-5 使用済鉛蓄電池の排出推定量(単位:t)

	項目	* 1) 1994年	2000年	2001年	2002年		
1	国内製の4輪補修用	蓄電池工業会統計2,831 (輸入自動車搭載)	102240	117,848	113,816	14,209千個×8.0kg÷1000= 113,672 輸入自動車搭載分 2,320t	115,992
2	2輪補修用	蓄電池工業会統計	2,091	2,322	2,165	149万個×1.55kg÷1000=	2,310
3	単体4輪輸入分	1,486,749×8.5=12,637 4478000	12,637	16,320	16,640	2166千t×8.0kg÷1000=	17,328
4	4輪廃車分	* 2) 4,950,000×8.5= 4,478,000	42075 38063	32,000	33,200	4211千台×8.0kg÷1000=	33,688
5	2輪廃車分	* 3) 1,844,442×1.66=- 922221	3062 1531	775	758	430千台×1.55kg÷1000	667
6	*4) 国内製の産業用	35,214(生産)-17,472(輸出)	17,742	18,000	18,000	36,922t- 18,696t=18,226t 18,000	18,000
7	輸入の産業用	35.2×07 (8507.10-020 853.7×0.7 (8507- 20.010 44426×0.7(8507.20-020	3,721	6,567	7,157	65t×0.65=42t 5,527t×0.65=3,593 3144t×0.65=1884	5,519
8	小型シールド	20,771×0.35=-	7,270	2,577	1,983	10,024×0.5×0.35=1,754	1,754
	計		188,838				
			183,296	187,930	193,759		195,258

- * 1) 1994年の使用済鉛蓄電池の排出推定量は「銅・亜鉛・鉛国内マテリアルフロー調査、1996年6月、(社)日本メタル経済研究所」からの引用。取消部分ラインの値を、下の値に訂正した。
- * 2) 2003日本の自動車工業[(社)自動車工業会]によると、1994年の4輪廃車は4,778千台で、この年の中古輸出が360千台という情報があり、使用済鉛蓄電池の対象になるのは、4,478千台。
- * 3) 2輪廃車台数は2輪車保有台数の数字に問題があり、保有台車数の中はかなり輸出に回っているものがあり、実際の保有台車数は約半分即ち、2輪車の廃車台数も約半分と考えられる。
- * 4) 国内産業用は、2000年、2001年に生産量がかなり増加した。これは携帯電話の通信基地の増設で、2002年には減少。耐用年数は平均10年(小型密閉式で7年、大型では15年)で、産業用蓄電池の生産統計データが採取され始めた1993年の値で代用した。

なお、2000年の5年前の1995年の保有個数6685万4千で、2000年の補修個数をわり算すると、 $14440 \div 66854 = 0.1260$ 1/4で、約4年間の寿命と推定できる（通常バッテリーの寿命は2～3年といわれるが実際にはもう少し長いことになる）。輸入自動車搭載分は、2002年の輸入4輪自動車は、290,514台なので
29万個 \times 8.0kg = 2,320t
合計 115,992t

(b) 2輪補修用

一般向け蓄電池販売個数（メーカー販売分除く、海外メーカー輸入分含む）

2000年 149万8千個

2001年 148万9千個

2002年 149万 千個

蓄電池の原単位は10年前に1.55kg（1993年）で現在は1.89kg（2002年）に増加している。

しかし、補修は1.55kgが使用されているので、この原単位を使用し推定した。

149万個 \times 1.55kg \div 1000 = 2 310t

なお、2000年の5年前の1995年の保有個数1558万7千個で、2000年の補修個数をわり算すると、 $1498 \div 15587 = 0.0961$ 1/10で、約10年間の寿命ということになるが、実際は保有個数の誤り（個数の多い51cc以下の2輪車は登録制をとっておらず、かなり輸出に回っているとの情報がある）と想定される。

(c) 単体4輪輸入分

海外自動車メーカー用蓄電池の輸入分2166千個（2002年）、点火用蓄電池の貿易統計から、2輪用蓄電池と日本の海外生産4輪蓄電池分は除かれている）を加算した分が、4輪補修用となる。

2166千 t \times 8.0kg \div 1000 = 17,328t

(d) 4輪廃車分

2002年の廃車は、5,210,505台であるが、中古輸出が100万台あり、バッテリー対象は、4211千台と想定される。廃車は10年前であるが、搭載された蓄電池は4～5年前のもので蓄電池の原単位を8.0kgで推定すると、

4211千台 \times 8.0kg \div 1000 = 33,688t

(e) 2輪廃車分

2輪車廃車台数は120万台（廃車は2001年1～3月の自動車工業会にてのヒヤリング結果により推定）である。ところが、70万台が輸出されているとのことで、残り50

万台が、処理対象となる。保有台数は2002年は2000年よりも70万台減少しており、その1/10の7万台の減少である。実際の処理台数は2000年と同じ比率と仮定すると、蓄電池の鉛原単位を1.55kgを使用して推定すると、

$$43 \text{ 万台} \times 1.55 \text{ kg} \div 1000 = 667 \text{ t}$$

(f) 国内製の産業用

産業用蓄電池の耐用年数を10年(小型で7年大型で15年)として、10年前1990年の

は、産業用蓄電池の統計は取られていなく1993年(平成5年)からデータが採取。従って、1993年で考えると

まだ 生産量 輸出分

・1993年の生産量 36,922t

・産業用の輸出

産業蓄電池の、1993年の輸出総重量 26,709t

HS8507-20000

$$26,709 \text{ t} \times 0.70 = 18,696 \text{ t}$$

・集計

$$36,922 \text{ t} - 18,696 \text{ t} = 18,226 \text{ t} \quad 18,000 \text{ t}$$

(g) 輸入の産業用

・8507-10020 総重量 66 t

$$66 \text{ t} \times 0.65 = 42 \text{ t}$$

・8507-2020010 総重量 5527t

$$5,527 \text{ t} \times 0.65 = 3,593 \text{ t}$$

・8507-2020020 鉛原単位 総重量 3144t

(2) 自動車鉛蓄電池のリサイクル法

自動車用鉛蓄電池のリサイクルは、1994年6月に廃棄物処理法の第19条の2で、蓄電池メーカーは厚生省と通商産業省から行政指導を受けて同年10月より実施された。その後、2000年4月に「再資源化利用促進法」で小型シール鉛蓄電池は蓄電池メーカー以外にも処理責任が拡大された。現在、自動車用鉛蓄電池のリサイクルは、2004年の12月に実施予定の自動車リサイクル法で、使用済鉛蓄電池の排出時に処理費用を徴収するか否かが、議論されている。

3.2. 無機薬品

3.2.1. 無機薬品向け鉛供給鉛量

国内で生産された鉛地金の無機薬品に供給される量は以下に示すように、年毎に減少している。これは、無機薬品の需要の減退もあるが、それよりも、中国などからの安価な酸化鉛の輸入の影響が大きいと考えられる。

表3-2-1 無機薬品鉛消費量の推移（単位：t）

	地金	再生	くず	計
1990	63958			63958
1991		68774		68774
1992	62347		1728	64075
1993	59047			59047
1994	50372	285		50657
1995	45828			45828
1996	40996	1		40997
1997	38418	-		38418
1998	32325	-	-	32325
1999	33139	-	-	33139
2000	20134	5065	-	25199
2001	29325			29325
2002	20134		12	20146
2003	20588	21	2980	23589

出典：資源統計年報

3.2.2.

無機薬品製造における鉛消費量

(1) 鉛無機薬品全般

鉛の無機薬品として

- ・鉛丹 (Red Lead Pb_3O_4 ・・・ガラス[管球・光学・一般]、着色顔料、電子材料)
- ・リサーチ(Litharge、 PbO ・・・塩ビ安定剤、ガラス[管球・光学・一般]、着色顔料)。
電子材料、
- ・鉛白(White Lead、 $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_3$ ・・・着色顔料、上薬)、
- ・黄鉛(Chrome Yellow、 $PbCrO_4$ ・・・着色顔料)、モリブデン赤(Molybdenum Red、 $PbCrO_4 \cdot nPbMoO_4 \cdot mPbSO_4 \cdot Al(OH)_3$ ・・・着色顔料)

などが製造されている。この中で、国内の鉛地金からの製造だけでなく、安価な無機薬品を輸入しているは、鉛丹とリサーチで他の無機薬品は国内の地金からの生産のみである。鉛無機薬品の中で最も需要の大きいものは、リサーチである。また、リサーチの中で最も需要が大きいのが、管球ガラスと塩ビ安定剤である。この2つに焦点を当てて、以下に述べる。

表3 - 2 - 2 2000年度における無機薬品グロスと出荷量鉛量(t)

内訳	鉛丹	リサーチ				鉛白	黄鉛	モリブデン赤	計	資源統計	差
			管球ガラス	塩ビ安定剤	その他						
国内出荷量	5,612	26,380	11,488	9,671	5,221	190	3,559	1,200			
鉛量	5,107	24,533	10,684			152	2,278	768	32,838	38,302	5,464
輸入量	2,260	50,304	40,243		10,061	-	0	-	-		
	2,057	46,783	37,426						48,839		
輸出量	29	66				-	619	-	-		
国内向け出荷量	7,843	76,618	51,731	9,671	15,282	190	2,940	1,200	-		
鉛含有率(%)	91	93	93			80	64	64	-		
鉛量	7,137	71,255	48,110	8,994	14,212	152	1,882	768	81,193		

(出典:日本無機薬品協会統計、大蔵省通関統計、メーカーインタビュー等より作成)

表3 - 2 - 3 2001年度における無機薬品グロスと出荷量鉛量(t)

内訳	鉛丹	リサーチ				鉛白	黄鉛	モリブデン赤	計	資源統計	差
			管球ガラス	塩ビ安定剤	その他						
国内出荷量	4,334	19,261	7,132	8,001	4,128	174	2,800	1,168			
鉛量	3,944	17,913				139	1,792	748	24,535	29,325	5,160
輸入量	1,647	29,064	23,251		5,813	-	0	-	-		
輸出量	138	88			88	-	495	-	-		
国内向け出荷量	5,843	48,237	30,383	8,001	9,853	174	2,305	1,168	-		
鉛含有率(%)	91	93				80	64	64	-		
鉛量	5,434	44,860	28,256	7,441	9,163	162	2,144	1,086	53,686		

(出典:日本無機薬品協会統計、大蔵省通関統計、メーカーインタビュー等より作成)

表3 - 2 - 4 2002年度における無機薬品グロスと出荷量鉛量(トン)

内訳	鉛丹	リサーチ				鉛白	黄鉛	モリブデン赤	計	資源統計	差
			管球ガラス	塩ビ安定剤	その他						
国内出荷量	4,532	19,020	8,520	6,537	3,963	161	2,751	1,057			
鉛量	4,124	17,689				129	1,761	676	24,379	29,337	5,341
輸入量	1,308	26,556	21,245		5,311				-		
輸出量									-		
国内向け出荷量	5,840	45,576	29,765	6,537	9,274	174	2,751	1,168	-		
鉛含有率(%)	91	93				80	64	64	-		
鉛量	5,431	42,386	27,681	6,079	8,625	162	2,558	1,086	51,623		

(出典:日本無機薬品協会統計、大蔵省通関統計、メーカーインタビュー等より作成)

(2) 管球ガラス(ブラウン管用ガラス)

リサーチ(Pb0)を中国から多量に輸入しており、そのほとんどが純度は比較的低くても使用できるので管球ガラスに向けられている。逆に、国内で製造された一次製錬鉛地金は、それ以外の用途、蓄電池や塩ビ安定剤などに向けられている。特に、塩ビ安定剤は高純度の鉛が必要であり、また安定剤は輸出されている。また、かなり以前から家電(テレビを含む)の生産は、海外にシフトしているが、管球ガラスの生産は特に口径の大きなものは、比較的日本に生産拠点が止まっていた。ところが、2002年には旭ガ

ラスが生産を大量に海外にシフトし、2004 年には日本電気ガラスが生産を大量にシフトしようとしている。

表3 - 2 - 5 管球ガラスの化学組成 (単位：%)

	モロガラス	カラー管球ガラス	カラー管球ガラス		
	P,F	P	F		T(*1)
SiO2	64～67	59～61	51～52		
Al2O3	2～4	2	3～5		
Na2O	7～9	7～8	5～7		
K2O	6～8	6～8	8～9		
SrO		8～10		9	6.0
BaO	11～12	6～10		8	5.3
CaO		0～3			
PbO	3.5		21～24	22.5	7.5
ZrO2		1～3			
CeO2	0～0.2	0.2～0.4		0.3	0.2
SbO3	0.2～0.5	0.3～0.5			
MgO		0～0.5	2		
ZnO		0～0.5			
TiO2		0.4～0.5			
Fe2O3	0～0.2				

* 1) 重量比 P (バリウム) : F (フッ素) = 2 : 1 から管球ガラス全体の%を推定

表3 - 2 - 6 管球ガラス (CRT) ガラス生産量とレアメタル酸化物需要量(単位：ト)

		CRT ガラス生産量			メタル酸化物の需要			メタルの需要		
		カラー	モロ	計	PbO	BaO	SrO	Ba	Sr	Pb
					× 0.075+ 0.035	× 0.053+ 0.011	× 0.06	× 0.8956	× 0.8456	× 0.928315
1	1989	514,187	87,863	602,050	41,639	36,917	30,851	33,063	26,088	38,654
2	1990	575,357	51,995	627,352	44,972	36,213	34,521	32,433	29,191	41,748
3	1991	613,596	36,763	650,359	47,306	36,565	36,816	32,747	31,131	43,915
4	1992	585,322	32,733	618,055	45,045	34,623	35,119	31,008	29,697	41,816
5	1993	641,629	23,972	665,601	48,961	36,643	38,498	32,818	32,554	45,451
6	1994	754,249	14,709	768,958	57,083	41,593	45,255	37,251	38,268	52,991
7	1995	764,557	10,109	774,666	57,696	41,634	45,873	37,287	38,791	53,560
8	1996	685,561	10,638	696,199	51,789	37,505	41,134	33,589	34,783	48,077
9	1997	656,835	4,147	660,982	49,408	35,268	39,410	31,586	33,325	45,866
10	1998	637,213	3,136	640,349	47,901	34,117	38,233	30,555	32,330	44,467
11	1999	668,606	1,166	669,772	50,186	35,564	40,116	31,851	33,922	46,570
12	2000	749,180	659	749,839	56,212	39,779	44,951	35,626	38,010	52,182
13	2001	583,954	581	584,535	43,817	31,013	35,037	27,776	29,627	40,675

14	2002	562,649	511	563,160	42,237	29,847	33,790	26,731	28,572	39,209
----	------	---------	-----	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

出典：CRT ガラスの生産量は電気硝子工業会の統計

注) 表3 - 2 - 5 の管球ガラスの組成から上表のメタル酸化物量を推定。

表3 - 2 - 7 管球ガラス向けの PbO の材料供給量 (単位：t)

	PbO 輸入		管球ガラス向 PbO 生産	PbO 需要推定量	備考
		×		+	
1989	33,724	30,352	22,366	52,718	=0.9
1990	31,832	28,330	19,627	47,957	=0.89
1991	34,157	30,058	20,710	50,768	=0.88
1992	23,077	20,077	18,420	38,497	=0.87
1993	35,133	30,214	20,159	50,373	=0.86
1994	51,808	44,037	19,167	63,204	=0.85
1995	55,069	46,258	16,694	62,952	=0.84
1996	47,676	39,571	13,374	52,945	=0.83
1997	37,673	30,892	10,611	41,503	=0.82
1998	36,879	29,872	11,373	41,245	=0.81
1999	37,815	30,252	10,074	40,326	=0.80
2000	50,304	40,243	11,488	51,731	=0.80
2001	29,064	29,064	7,132	36,196	=1.00
2002	24,933	24,933	8,520	33,453	=1.00

出典：管球ガラスの PbO 生産量は、日本無機薬品協会統計、PbO の輸入量は日本貿易統計月報。

注) 管球ガラス向けの PbO はグレードは高くなく、PbO 輸入品はほとんど管球ガラスに、向けられるが 10 年前は 9 割、最近では 8 割との情報があり、配分した (表中の)、最近また 100% に戻す。日本無機薬品協会とガラス製造量を比較すると 1999 年頃から統計値より、実際の方 (ガラス統計からの推定) が大きくなっているが、比較的一致している。

表3 - 2 - 8 管球ガラス向 SrO 原料供給量の推定 (単位：t)

	輸入		管球ガラス生産		トータル原料投入推定量			正味 SrO
	SrCO ₃	SrO	SrCO ₃	SrO	Gross SrO	Sr	SrCO ₃	
		×0.7019		×0.7019	+	×0.8456	/0.7019	-20000
1989	35,749	25,092	19,271	13,526	38,619	32,656	55,020	
1990	36,524	25,636	20,452	14,355	39,991	33,817	56,976	
1991	37,446	26,283	20,290	14,242	40,525	34,268	57,736	
1992	37,595	26,388	18,320	12,859	39,247	33,187	55,915	
1993	55,422	38,901	19,486	13,677	52,578	44,460	74,908	32,578
1994	70,950	49,800	21,061	14,783	64,583	54,611	92,011	44,583
1995	64,262	45,105	22,713	15,942	61,048	51,622	86,975	41,048
1996	55,827	39,185	22,590	15,856	55,041	46,543	78,417	35,041
1997	58,423	41,007	21,254	14,918	55,925	47,290	79,677	35,925
1998	59,991	42,108	21,040	14,768	56,876	48,094	81,031	36,876
1999	69,632	48,875	19,855	13,936	62,811	53,113	89,487	42,811
2000	81,338	57,091	22,659	15,904	72,995	61,725	103,997	52,995
2001	52,856	37,100	13,132	9,217	46,317	39,166	65,988	26,317
2002	60,490	42,458	13,508	9,481	51,939	43,920	73,998	31,939

SrCO₃の輸入品はほとんど管球ガラス向けという情報があり、輸入品を管球ガラスにプラスした。

日本無機薬品協会とガラス製造量を比較すると、1993年ころから協会統計値の方が大きくなりその差が2万t近くなってきている。これは本荘ケミカルが海外生産し日本に輸入しているからとのことである（ダブルカウント）。

(3) 塩ビ安定剤

表3 - 2 - 9 塩化ビニル安定剤向 PbO の国内出荷 (単位:t)

	国内出荷量
1989	11554
1990	12187
1991	11688
1992	11346
1993	11323
1994	10957
1995	10057
1996	11582
1997	11127
1998	9930
1999	10212
2000	9671
2001	8001
2002	6537

出典：国内出荷量（塩ビ安定剤向け PbO 出荷量） 日本無機薬品協会統計

(a) 塩ビ安定剤の用途別使用状況¹⁾

電線被覆の塩ビ安定剤の Pb からの代替は、Ca-Zn である。

Pb から Sn への代替は塩ビ建材（パイプ、2000 年頃代替）で実施している。

自動車は 1998 年にトヨタ自動車（住電、矢崎）が代替品（Ca-Zn）に代替。他の自動車メーカーはほぼ追従している。

家電は電源コードで実施、その後、機器電線で実施。

ただし、家電メーカーの全が実施しているわけではない。

実施しているメーカーは、松下、SONY である。

(b) 未だに、塩ビ安定剤に Pb を使用している品目、

- ・塩ビの下水管
- ・600V 以下の被覆電線（主に CV、VF などのビルディングワイヤ）
- ・6600v 以上の高圧電線（電力向け）

で、多分、現在日本で製造される塩ビ系電線の少なくとも 60% 以上は未だ Pb の安定剤を使用していると考えられる（現在、日本電線工業会が調査中）。

(c) 最近の塩ビ安定剤の使用状況の新聞記事²⁾

現在、鉛系塩ビ安定剤のシェアは塩ビ安定剤全体の 1/2 である。塩ビ安定剤の脱鉛化は、30 年前から始まった。1994 年の水質基準強化（0.05mg/リットル以下）^{*1)} で上水道管・継手（硬質プラスチック）に鉛系安定剤が使われなくなり、主に Sn 系が使用されている。公共事業の停滞などから上水道工事も少なく新規設備投資は一巡した。

同じ、硬質系プラスチックの下水道管は依然として、鉛系が使用されている。

軟質フィルムの中で、食品包装材は、バリウム・亜鉛へと転換した。同じ軟質系プラスチックには包装フィルム、農ビの安定剤もあるが、この分野ではではポリエチレンの代替が進行している。

これまで、鉛系の根強い市場だった軟質電線は、日本自動車工業会が自主行動計画で鉛使用を 2005 年に 96 年の 1/3 にまで削減する計画を推進中。ワイヤーハーネス、バッテリーケーブル類はカルシウム・亜鉛系へと転換。最近では家電の電線での転換がおこなわれている。

塩ビ安定剤のメーカーとしては、有力なところでは、堺化学工業、水沢化学工業、品川化工、キクチカラーなどがある。

* 1・・・厚生省は 1992 年 12 月から水道水質基準の全面改正。従来の 0.1mg/l から 0.5mg/l に基準強化³⁾。

3.3.3. 無機薬品の排出とリサイクル

(1) 使用済管球ガラスの排出とリサイクル

(a) 使用済テレビの排出量

使用済テレビの排出量

上記に家電排出量のデータがあるが、ほとんどは推定量である。最近の調査で家電の退蔵量が従来の予測よりも大きいことが判明した。この結果を踏まえて、使用済みテレビの排出量を以下に推定した。家電製品協会の使用済家電の排出量は、1997 年調査を、表 3 - 2 - 10 に記載。ところが、家電リサイクル法が 2001 年 4 月から実施され、引取られた家電は表 3 - 2 - 11 に示すように、推定排出量に対して引取量はテレビは 1/3、他の家電は約 1/2 程度と意外少ないことが判明した。2001 年に、家電の保有台数(表 3 - 2 - 12)、平均使用年数(表 3 - 2 - 13)が調査され、表 3 - 2 - 12 と表 3 - 2 - 13 から、使用済テレビの排出量を算出すると、

10,789 万台 ÷ 12.5 年 = 8631.2 千台

である。これを 2000 年の使用済テレビの排出量と見なした。

表 3 - 2 - 10 使用済み家電製品の排出台数(単位：千台)

	H9 年	H10 年	H11 年	H12 年	H13 年	H14 年
カラーテレビ	7,937	8,280	8,687	9,031	9,175	9,102
冷蔵庫	3,937	3,822	3,940	4,071	4,210	4,331
洗濯機	3,925	4,075	4,294	4,530	4,719	4,817
エアコン	2,678	2,666	2,774	3,023	3,378	3,788
4 品目計	18,289	18,853	19,695	20,655	21,482	22,038

出典：(財)家電製品協会 環境総合ハンドブック 平成 15 年 3 月

表3 - 2 - 1 1 指定引取場所での引取台数（単位：千台）

	テレビ	エアコン	冷蔵庫	洗濯機
H13 年度	3,083	1,334	2,191	1,930
H14 年度	3,520	1,836	2,565	2,426

出典：家電製品協会ホームページ（年度のデータ）

表3 - 2 - 1 2 排出予想・実績・海外流出などのデータ（2001年、万台）

	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン	合計
100 世帯当たり保有台数	230 台	121 台	109 台	217 台	677 台
全国の保有台数 4679 万世帯	10,789	5,600	5,132	10,172	31,693

出典：産業構造審議会資料、家電産業ハンドブック 2001 年版 他

表3 - 2 - 1 3 家電製品の平均使用年数（年）の長期化

	テレビ	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
2001 年の調査 ¹⁾	12.5	13.4	11.3	14.0
1997 年の推定 ²⁾	11.8	12.1	10.9	15.6

出典：産業構造審議会資料

1) 指定引き取り場所から抽出した 8,000 台のデータ

2) 4,700 ヶ所の家などからの保有状況ヒアリングから算出

(b) 国内リサイクル可能使用済テレビ（全使用済テレビ排出量から輸出を除いたもの）

表3 - 2 - 1 4 に示す比率で、国内中古市場、海外輸出分、即ち、残りの国内リサイクルに回らないものが 42.5%で、国内のリサイクル可能な使用済テレビは、57.5%の 4962.94 千台となる。ただし、非公式情報では 2000 年では、使用済テレビの輸出比率は 50%を超えていたという情報がある。これで考えるとこの輸出量に国内中古 5%を加算すると 55%で、国内のリサイクル可能対象テレビは 45%の 3884.04 千台とした。この値の方が実態に近い数字と考えられる。

表3 - 2 - 1 4 国内外の中古市場へ流れる家電品（1999年、万台）

	推定排出量	国内中古市場	海外への流出 中古市場など
テレビ	868.6	42.8 (4.9%)	326.8 (37.6%)
冷蔵庫	394.0	18.2 (4.6%)	36.3 (9.2%)
洗濯機	429.4	30.6 (7.1%)	23.8 (5.6%)
エアコン	277.3	5.2 (1.9%)	91.7 (33.1%)
合計	1,969.3	96.8	478.6
比率	100%	4.9%	24.3%

(b) テレビ管球ガラスの排出量（酸化物換算）

表3 - 1 7 - 1 ~ 表3 - 1 7 - 9 に管球ガラス、「年別テレビ CRT 出荷重量推定」の原単位の推移を示す。

排出したブラウン管の管球ガラス量、PbO、SrO など酸化物換算量の排出量を某管球ガラス

メーカーのサイクル部長が、2000年の使用済テレビCRTの排出量を推定するとき、CRTの平均重量として、10kgを採用して排出量を推定していた。この方は、家電リサイクル法実施に向けて、使用済テレビのブラウン管をどの程度、管球ガラスの原料に投入できるかを、検討した方で、回収される管球ガラスの実態にも明るい方であった。

その結果、1986年～1987年に出荷されたテレビが有する管球ガラス平均重量は10kgになることが解った。即ち、テレビの寿命は、2000年より遡った年数の13.5年と解釈できる。ところで、表3-2-13によればテレビ寿命の公式見解は、12.5年である。本報告では、その中間の13年を平均寿命として採用した。

表3-2-15 使用済管球ガラスの排出量(ガラス、PbO、SrO)

	管球ガラス 排出台 数(千台)	管球ガラス 国内排出台 数	管球ガラス国 内排出重量(t)	管球ガラス PbOの重量	管球ガラス SrOの 重量
		×	×	×0.075	×0.06
2000	8686	3909	44,950	3,371	2,697
2001		3083	41,312	3,098	2,479
2002		3520	52,096	3,907	3,126

注1) 表3-2-14から、国内リサイクル処理対象比率は ≈ 0.450 で推定。2000年、2001年は、表3-2-11で引取り台数が集計されているので推定は中止。

注2) 使用済管球ガラスの原単位()は、13年前の出荷原単位から、2000年は11.5kg(1987年出荷原単位)、2001年は、13.4kg(1988年)、2002年は14.8kg(1989年)で推定。

注3) 金属比率= $Pb./PbO=0.928315$ 、 $Sr/SrO=0.8456$

注4) 蘭の0.075や 蘭の0.06は表3-2-5の管球ガラスの化学組成から引用。

2000年の使用済テレビの管球ガラスのリサイクル量

2000年のリサイクル量はガラス量で2000～3000t(、PbO量で150～225t、鉛量139t～209t)で、全排出量(99,889t)に対して、最大で3%がリサイクル率である。リサイクル可能な排出量(57,431.t)に対しても、3.48～5.2%と少なく、残りは埋立(一般廃棄物)と考えられる。

CRT(管球ガラス)はテレビの他に、パソコンもあるが、口径が小さいために、ガラス量にすると、テレビよりも1～2桁も小さく計算から除外した。

2001年の管球ガラス(管球ガラス)のリサイクル

2001年4月から日本では家電リサイクル法が実施され、かなり管球ガラスのリサイクル率は上昇する傾向を見せた。

・PbO

表3-2-6の電気硝子工業会から推定した管球ガラスのPbOの消費量は、43,817tである。

これを、PbOの輸入量・生産量(表3-2-7)、使用済管球ガラスの排出量(表3-2-1

5)と比較すると、輸入・生産は、36,196t、排出量は3,098t、合計は、39,294tで、上記の値と比較すると、5000tほど少ない。これは以下のように解釈できる。表3-2-3で、日本無機薬品協会の統計では、管球ガラスの出荷量は、23,251t(鉛量)である。日本無機薬品協会のトータル出荷量(24,379t[鉛量])に対して、資源統計の無機薬品でのPb消費量(29,325t[鉛量])で、日本無機薬品協会の統計は5,160t[鉛量](5,560t[PbO])のマイナスの過欠になっている。また、表3-2-7で、2001年の輸入PbOの80%を管球ガラス向けとしているが、最近のPb他の用途での消費減少傾向を見ると、ヒヤリングした時点よりは、管球ガラス向けが増加したと考えられる。輸入品の管球ガラス向け100%とすると、PbO輸入品の管球ガラス向け差は、5,813tとなる。日本無機薬品の過欠分と、輸入品の管球ガラス向け増加分を加算すると、11,373tとなり、上記の1万tの不整合の説明はとりあえずできた。少なくとも、ここで管球ガラスのPbOのリサイクル可能なものについては100%をリサイクルされているという事実が説明できたことである。

・SrO

表3-2-6の電気硝子工業会の統計から推定した管球ガラスのSrOの消費量は、35,037tであった。これを、SrOの輸入・生産量の表3-2-7及び使用済み管球ガラスの排出量表3-2-15と比較すると、輸入・生産量26,317t、排出量2,479t合計28,796tで、原料投入が少ない。ところが、前年の2000年は多量のSrOが輸入され、52,996t-44,951t=7,945tの余剰が生じ、この余剰分が次ぎの年の2001年に投入されたとすれば、2001年のSrO投入量は26,317t+7,945t=34,262tある。結局、SrOの消費量と投入量の差は35,037t-34,262t=775tが投入されなかったことになる。この値は使用済みテレビのSrO量の1/3に相当する。2/3が使用されなかったことになるが2001年は輸入超過などの変動要因があるので2002年で解釈した方が賢明かもしれない。

2002年の管球ガラス(管球ガラス)のリサイクル

・PbO

表3-2-6の電気硝子工業会から推定した管球ガラスのPbOの消費量は、43,237tである。

PbOの輸入・生産(補正)は、33,453t+5,341/0.928315t=39,206tで、PbOの消費量との差は3,031tである。

表3-2-15の使用済みテレビのPbOの排出量の3,126tで、これは管球ガラスの製造にほぼ吸収(受入)されたと考えられる。

・SrO

表3-2-6の電気硝子工業会の統計から推定した管球ガラスのSrOの消費量は、33,790tであった。表3-2-8よりSrOの輸入・生産は31,933tで、管球ガラスでのSrOの消費量

の差は、1,857t である。表 3 - 2 - 1 5 の使用済みテレビの 2002 年の Sr0 排出量は 3,126t であり、約半分程度しか受入れられなく、半分は消費されなかった可能性がある。

ところで、使用済み管球ガラスのリサイクルは、検討を開始した 1999 年では全盛であったパネルガラスでの黒いガラスの使用を想定したものであった。その後、急激に増加した着色のないガラス（通称クリア）には適用できない。ファネルガラスとまだ生産が継続されているパネルガラスの黒いガラスへは使用できる。2002 年の調査では、パネルガラスの含有される Sr0 のリサイクル率は約 1/2 であった。パネルガラスの重量は管球ガラス全体の約 2/3 で残り 1/3 がネンネルガラスである。即ち、パネルガラスの半分 $2/3 \times 1/2 = 1/3$ とネンネルガラスの 1/3 のトータル 2/3 がリサイクルされ残り 1/3 がリサイクルされなかったことになる。今後、リサイクルできない回収ガラスは逐次増加すると考えられる。

また、中国は 2002 年 8 月 15 日から廃電気・電子機器類の輸入をストップするなど、テレビの管球ガラスのリサイクルの環境は大きく変ってきた。

また、かなり以前から家電の生産は、海外にシフトしているが、管球ガラスの生産は特に口径の大きなものは、比較的生産拠点が日本に止まっていた。ところが、2002 年には旭ガラスが生産を大量に海外にシフトし、2004 年には日本電気ガラスが生産を大量にシフトしようとしている。このように国内に次第に管球ガラスをリサイクルするところが無くなる中で、依然として家電リサイクル法で、テレビの高いリサイクル率規制は残っている。この中で、管球ガラスのリサイクルに関して、我が国の経済産業省と中国と 8 月に会議を行ったが、バーゼル条約の取り扱いについての両国間のリサイクルの共同実施は、不調に終わったようである。現在、我が国とタイ国との間で、話し合いが行われているようである。

表 3 - 2 - 1 6 ブラウン (CRT 9 管球ガラスの重量)

サイズ(in)	KG		
		/	/
13	4.2		0.025
14	5.1	0.36428571	0.0260204
15	6.2	0.41333333	0.0275556
17	9.0	0.52941176	0.0311419
19	10.5	0.55263158	0.0290859
20	11.5	0.57500000	0.0287500
21	15.0	0.71428571	0.0340136
22	16.2		0.0335000
23	17.7		0.0335000
24	19.3		0.0335000
25	20.9		0.0335000
29	28.5	0.98275862	0.0338882
32	38.0	1.18750000	0.0371094
36	56.0	1.55555556	0.0432099
38	70.0	1.84210526	0.0484765

出典：日本電気ガラス提供資料

注) 13in、22in~25in のデータが抜けており、 の欄の数字をそれぞれ 0.025、0.0335 として推定した。

表 17-1 1986 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	4035	14	5.1	20578.5		代表で重量を
16 ~ 21	3142	18.5	9.75	30634.5		代表させた。
22 ~ 25	429	23.5	18.5	7936.5		
26 ~ 29	664	27.5	24.7	16400.8		
30 ~	0	36	56	0		
	8270			75550.3	9.1354655	

出典：サイズ毎の国内出荷台数は JEITA；民生用電子機器データ集，2003 年 3 月

表 17-2 1987 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	3468	14	5.1	17686.8		代表で重量を
16 ~ 21	3362	18.5	9.75	32779.5		代表させた。
22 ~ 25	781	23.5	18.5	14448.5		
26 ~ 29	1368	27.5	24.7	33789.6		
30 ~	90	36	56	5040		
計	9069			103744.4	11.439453	

表 17-3 1988 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2782	14	5.1	14188.2		代表で重量を
16 ~ 21	3363	18.5	9.75	32789.25		代表させた。
22 ~ 25	1153	23.5	18.5	21330.5		
26 ~ 29	2075	27.5	24.7	51252.5		
30 ~	132	36	56	7392		
計	9505			126952.45	13.356386	

表 17-4 1989 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2506	14	5.1	12780.6		代表で重量を
16 ~ 21	2953	18.5	9.75	28791.75		代表させた。
22 ~ 25	1369	23.5	18.5	25326.5		
26 ~ 29	2409	27.5	24.7	59502.3		
30 ~	246	36	56	13776		
計	9483			140177.15	14.781941	

表 17-5 1990 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2419	14	5.1	12336.9		代表で重量を
16 ~ 21	2577	18.5	9.75	25125.75		代表させた。
22 ~ 25	1397	23.5	18.5	25844.5		
26 ~ 29	2347	27.5	24.7	57970.9		
30 ~	308	36	56	17248		
計	9048			138526.05	15.310129	

表 17-6 1991 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2596	14	5.1	13239.6		代表で重量を
16 ~ 21	2679	18.5	9.75	26120.25		代表させた。
22 ~ 25	1382	23.5	18.5	25567		
26 ~ 29	2024	27.5	24.7	49992.8		
30 ~	333	36	56	18648		
計	9014			133567.65	14.8178	

表 17-7 2000 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2934	14	5.1	14963.4		代表で重量を
16 ~ 21	2928	18.5	9.75	28548		代表させた。
22 ~ 25	1596	23.5	18.5	29526		
26 ~ 29	1602	27.5	24.7	39569.4		
30 ~	813	36	56	45528		
計	9873			158134.8	16.016895	

表 17-8 2001 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2831	14	5.1	14438.1		代表で重量を
16 ~ 21	2790	18.5	9.75	27202.5		代表させた。
22 ~ 25	1514	23.5	18.5	28009		
26 ~ 29	1720	27.5	24.7	42484		
30 ~	777	36	56	43512		
計	9632			155645.6	16.159219	

表 17-9 2002 年のテレビのサイズ毎の出荷台数から平均 CRT 重量の推定

インチ	千台	代表サイズ	kg/台	t	平均(kg/台)	備考
~ 15	2387	14	5.1	12173.7		代表で重量を
16 ~ 21	2474	18.5	9.75	24121.5		代表させた。
22 ~ 25	1279	23.5	18.5	23661.5		
26 ~ 29	1597	27.5	24.7	39445.9		
30 ~	697	36	56	39032		
計	8434			138434.6	16.413872	

引用文献（情報など）

- 1) 塩ビ工業・環境協会（VEC）の 2003 年 3 月の聞き取り調査
- 2) 化学工業日報（2003 年 1 月）の新聞から引用。
- 3) (財)水道技術研究センター；鉛給水管布設技術指針等検討調査報告書（平成 11 年度厚生省委託）平成 12 年 3 月

3.3. はんだ

3.3.1. はんだ向け供給鉛量

表3-3-1 はんだ向鉛の供給量（単位：鉛 t）

	(*1)資源統計の需給統計					(*2)その他の非鉄金属製品の生産統計							
	地金	再生地金	くず	計	くず率(%)	修正	鉛	再生鉛	鉛くず	計	鉛管板	減摩合金	減摩合金鉛量
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
					(b+c/d)*100	j-k-m				g+h+i			
1990	14233	3881	2038	20152	29.37	21184	24027	5197	2440	31664	10170	621	311
1991	13139	3756	2034	18929	30.59	20023	23242	5053	2448	30743	10449	543	272
1992	11262	2931	28	14221	20.81	16978	21902	3990	2120	28012	10717	634	317
1993	10526	3114	1543	15183	30.67	16129	20329	4111	2044	26484	9934	843	422
1994	9824	3106	1655	14585	32.64	15195	19255	4153	1975	25383	9870	637	319
1995	9449	2641	2014	14104	33.00	14993	19650	3610	2366	25626	10322	623	312
1996	8666	1920	2672	13258	34.64	14492	19805	2835	3123	25763	10959	625	313
1997	8794	1824	2423	13041	32.57	14425	19687	3121	3052	25860	11145	580	290
1998	7081	1819	1680	10580	33.07	11598	17380	3039	2386	22805	10910	595	298
1999	7048	2332	1880	11260	37.41		2332	7048	1880	11260			
2000	7654	2485	1857	11996	36.20		7654	2485	1857	11996			
2001	6266	2179	1659	10104	37.98		6266	2179	1659	10104			
2002	6833	2335	5142	14310	52.25		6817	2335	1531	10683			
2003	6524	2120	1317	9961	34.50								

出典：1990～2001年 資源統計年報の需給統計 2002年 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報

注1) (*1)の需給統計の需要側のはんだ計の2002年の値(14310)は信頼できない。くず率52.25%でありに大きすぎる。2002年から需給統計は「指定統計」（罰則規定あり）から外れた影響であろう。

注2) 需給統計の需要側のはんだ計は1999年までは、「はんだ」のみの集計値

注3) 1999年から、「その他の非鉄金属製品」の指定統計から、鉛管、鉛板、減摩合金が外れたが、はんだ、合金塊は存続している。

注4) 減摩合金は、JIS規格でホワイトメタルと呼ばれ、通称バビットメタルとも呼ばれる。

鉛の含有量は、45%～85%で高速軸受ほど鉛の含有量は低下している。代表的な成分系が解らないので鉛含有はとりあえず合金全量の半分として鉛量を推定。

上表に、「需給統計」だけでなく、「その他の非鉄製品の生産統計」も一覽した。「その他の非鉄製品の生産統計」は1998年まで、鉛管、鉛板、減摩合金、はんだ、合金塊、5つ合金が集計されていたが、1999年から、はんだ、合金塊を残して、統計の集計は中止された。

1990年から1998年の間のはんだの鉛量の需給と生産統計の比較は、d欄とf欄となる。d欄の数字とf欄の数字の差の約1000tは、合金塊の鉛消費量になると考えられる。1999年以降はd欄とj欄の比較となる。1999年から、はんだの他に合金塊が加わった集計となった。ところが、d欄の数字とj欄の数字は1999年から2001年まで同じで、需給統計と生産統計のデータの出所は、同じになったと考えられる。2002年に需給統計の値が異常に大きいがこれは転記などの集計ミスと考えられる。

3.3.2. はんだ製造における鉛消費量

(1) 配線板（プリント基板）と鉛消費量

「はんだ」を消費する用途で一番大きなものは、配線板（プリント基板）である。

そこで表3-3-1に配線基盤に関して、一つは機械統計から引用し表3-3-1に示し、二つには日本プリント基板工業会からの統計を表3-3-2に示した。機械統計の配線板の場合、従業員50人以上の事業所が対象であり、中小企業は片面、両面配線基盤の製造率が高く、そのデータのかなりの部分が抜けている。ただし、日本プリント基板工業会のデータは最近のものしかなく、それ以前の変化を知るには、機械統計に頼らざるを得なかったが、全体傾向を把握するには機械統計でも十分であった。

表3-3-1～表3-3-3と図3-3-1に示すように、1994年まではプリント基板の生産量と、はんだの鉛消費量は良く一致していた。それ以降は、基板の生産量は増加しているが、はんだの鉛消費量は暫減している。このような結果になった理由は、表3-3-1～表3-3-3に記載のようにはんだの消費量の多い片面・両面配線板の生産量が減少しているが、はんだの消費量の少ない多層・フレキシブル配線の生産が増加したためと考えられる。

図3-3-1の最下段の折れ線で示すはんだの鉛消費量が2002年に突如増加し、2003年には戻っている。

2002年の需給統計の月表を参照したところ、「鉛の故またくず」需要が2002年1月から従来の約100t/月から急に約400t/月に増加し、2002年12月まで続き、2003年1月には元の約100t/月に落ちていた。表3-3-3に示すよう2000年から鉛の需給統計は「はんだ」単独から、「はんだ・銅合金塊」の両方含む表記に変更されている。しかし、両業界とも2002年に突如「鉛の故またくず」の需要を増加させる要因が本当にあったかである。

表3-3-2 機械統計のプリント配線板の生産量（単位：千平方米）

	プリント配線板	リジット配線板	片面配線板	両面配線板	多層配線板	フレキシブル配線板
	a	b	c	d	e	f
	c+d+e;f	c+d+e				
1990	36655	34596	21963	7370	5262	2059
1991	34127	31990	18917	7808	5266	2136
1992	28107	26181	14536	7282	4364	1926
1993	26486	24302	13743	6904	3655	2184
1994	26537	24174	13550	6446	4178	2363
1995	30827	26662	14638	6833	5192	4165
1996	30665	26188	14121	6498	5570	4477
1997	38346	32063	17261	8488	6314	6283
1998	36853	30395	16098	7986	6312	6457
1999	36437	29189	14209	7578	7403	7248
2000	36764	28837	12050	7627	9160	7926
2001	27437	21739	8775	5695	7269	5699

出典：機械統計年報

表 3 - 3 - 3 日本プリント基板工業会のプリント配線板の生産量（単位：千平方メートル）

	プリント配線板	リジット配線板	片面配線板	両面配線板	多層配線板	フレキシブル配線板	その他
	a	b	c	d	e	f	
	c+d+e,f	c+d+e					
1992							
1993							
1994							
1995							
1996							
1997							
1998	51142	43867	21225	13705	8936	6767	508
1999	51029	42144	18595	13210	10339	8096	789
2000	51432	42179	16367	14004	11807	8587	666
2001	37809	30810	10634	10901	9275	6489	510
2002	36668	29085	9535	10447	9104	7024	559
2003							

出典：日本プリント基板工業会統計

2003年4月から水道管蛇口の鉛の浸出規制が強化されたので、2002年に鉛入りの蛇口の駆け込み需要が起きても不思議ではない。この厚生労働省令の公布は2001年2月である。駆け込み需要が2001年から起きているのならば理解できるが、それが見られない。また、くずの需要先の製品の生産統計から増加状況は見られず、統計上におけるミスと考えられる。2002年の年間トータルから約3000tを引き算した11310t（その他の非鉄金属の生産の値[10,383t]）程度と考えられる、

（2）産業部門別はんだ出荷量

東京半田錫工業協同組合から提供頂いたデータを表3-3-3にまとめた。

1994年からデータの採取が可能な1998年の間では、トータル数量が半分近くに減少している。この落ち込みは、有力なはんだメーカーの脱退もあるようである。

最近の値は、シェアが落ちたため、日本の「はんだ」の生産量を推定する資料として使用するのには困難であるが、産業部門別の出荷の比率としては参考になると考えられる。

この比率の影響を与える状況変化について、東京半田錫工業協同組合から、以下のコメントがあった。

（a）業種」の減少

自動車	板金用、車体組立用 ラジエーター	板金およびプレス作業の改善により使用0となる 組立材料が銅系統からアルミ化された（溶接）
製缶	18（5ガロン缶） 食缶	接着材料の変更（溶接） ブリキ板の一体型絞込み作業となり、はんだから 錫のみ使用。
雑缶		接合材料の変更または無はんだ

建材 樋、バケツ
通信弱電 プリント基板

プラスチック材料に変わる
軽薄短小の設備変更等で基板の小型化による減少

(b) その他

鉛フリーはんだ

鉛フリーはんだの生産量は全体の 20～30%位とみられる。現在のところ鉛入ハンダはそれほど減少していないと思われます。今後国内において鉛フリーはんだの生産量 80%近くになるのではないかわれています。それとともに鉛入はんだも減少していくと思われる。

スクラップ

はんだで使用するスクラップは、鉛管板がもっとも多く値電池、電線鉛被覆はほとんど使用されていない。その他にスクラップ(工場から発生)の再生も行われている(会員の2～3業者)

上記で、「鉛フリーはんだ」の生産量は全体の 20～30%位」とあるのは、2003 年の実績である。2003 年は、「はんだ・銅合金塊」に鉛消費量は表 3 - 3 - 3 から 9961t 10,000t である。

表 3 - 3 - 4 はんだの鉛消費量とプリント基板生産量の関係

	はんだ	はんだの鉛消費量(t)(*1)				機械統計 プリント基板 生産量(千 m2)(*2)	業界統計 プリント基 板生産量 (千 m2) (*3)
		電気鉛 (乾式鉛を 含む)	再生	鉛の故 または くず	合計		
1990	はんだ	14233	3881	2038	20152	36655	
1991	はんだ	13139	3756	2034	18929	34127	
1992	はんだ	11262	2931	28	14221	28107	
1993	はんだ	10526	3114	1543	15183	26486	
1994	はんだ	9824	3106	1655	14585	26537	
1995	はんだ	9449	2641	2014	14104	30827	
1996	はんだ	8666	1920	2672	13258	30665	
1997	はんだ	8794	1824	2423	13041	38346	
1998	はんだ	7081	1819	1680	10580	36853	51142
1999	はんだ	7048	2332	1880	11260	36437	51029
2000	はんだ・銅合金塊	6833	2355	1857	11045	36764	51432
2001	はんだ・銅合金塊	6266	2179	1659	10104	27437	37809
2002	はんだ・銅合金塊	6833	2335	5142	14310		36668
2003	はんだ・銅合金塊	6524	2120	1317	9961		

出典：(*1)資源統計年報の[需要-はんだ]、02～03年は、鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計

(*2)機械統計年報のプリント基板の生産量

(*3)日本プリント基板工業会のプリント基板の生産量

銅合金塊の鉛の源は、廃自動車の銅系統ラジエーターであった。銅合金塊は青銅鑄物の原料となるものである。銅系統ラジエーター（銅スクラップに分類）では、放冷銅フィンの接合にはんだが使用されているが、この廃材の銅と鉛の成分(Cu、Pb、Sn)を最も効率良く利用できるものとして、銅合金塊の原料に専ら使用されてきた。1990年頃から自動車のラジエーターのアルミ化が進み、このスクラップの発生が次第に減少したため、青銅鑄物の原料として鉛を主体とするスクラップあるいは鉛地金を使用せざるを得なくなり統計項目として、

表3-3-5 産業部門別はんだ出荷量（単位：KG）

	1994		1998	1999	2000	2001	2002	鉛量
	関東地区	全国	関東地区	関東地区	関東地区	関東地区	関東地区	
製缶	117,071	354,000	44,128	42,762	38,140	10,830	55,340	95%
通信・弱電	5,140,305	15,520,000	3,298,274	3,000,970	2,942,047	2,399,937	2,443,975	40%
船舶	0	0	0	0	0	0	1,192	-
自動車	675,479	2,040,000	234,615	259,111	262,628	185,380	168,602	60%
機械	450,948	1,359,000	425,178	417,383	468,269	439,252	478,609	50%
その他	3,213,988	9,704,000	1,211,038	1,406,087	1,773,679	1,413,725	1,599,198	55%
合計	9,597,791	28,977,000	5,213,233	5,126,313	5,484,761	4,449,124	4,693,916	

出典：東京半田錫工業協同組

注1) 1994年の調査当時は東京半田錫工業協同組（関東地区）のシェアは33%あったが、現在は落ちている。1994年13,782t（資源統計は14585t）

注2) 鉛含有量は、1994年調査当時の値であり、現在は鉛フリー半田もあり、鉛有の両方を含む数字である。

「はんだ・銅合金塊」が2000年に誕生したものと考えられる。この銅合金塊の鉛主体の原料の消費量は明確ではないが、これを、500～1000tとすると、残り9000tがはんだで消費した鉛量となる。ここで2003年の鉛フリーはんだのシェアが20%とし、全てが鉛はんだとした場合の鉛量に換算すると11000tになる。これは大略鉛はんだを使用していた年代の鉛消費量と一致する。

また、鉛の規制に関しては自動車が、一歩先んじており、業界では、「2005年までに1996年の1/3」を打ち出しているように、2003年現在の自動車で消費する「はんだ」の「鉛はんだ」のシェアは10%といわれている。今後は、電子・電気機器が追いつけるという状況である。

（4）鉛フリーはんだの動向

鉛フリーの研究開発は、米国で始まったが、米国が途中であきらめたこともあり、日本が

現在、研究及び実用化で最も先行している。2000年頃は、まだ鉛フリーはんだは上記の3つのタイプで競争されていた。表3-3-1のはんだの基本成分は、米国のアイオワ大学が特許権を取得していた。ところが、2001年2月14日にはんだ工業界のガリバー企業である千住金属工業(株)が、日本国内での特許の実施権をアイオワ大学から取得することにより、Sn-Ag系が鉛フリーはんだの主流となった。ただ、この鉛フリーはんだは、従来の鉛はんだに比較すると、接合部の信頼性はあるが、実装プロセスの温度の高温化、部品の耐食熱性を問題、電力消費量のアップなどの課題も多く、他の系の鉛フリーはんだの開発・実用化は、現在でも地道に継続されているようである。

上記で、2003年の鉛フリーはんだの生産量は、20~30%であると記載したが、今後の鉛フリーはんだの普及がどのように進むかが問題である。EUで2003年2月13日に、廃電気電子機器リサイクル指令(WEEE)及び特定物質の使用禁止(RoHS)が正式に公布された。これにより、

(a) 電気・電子機器製造業者は、ヨーロッパ市場に投入する製品の廃棄物処理費用を負担することが義務づけられる。

(b) EU加盟国は指令発効(2003年2月13日)から18ヶ月以内(2004年8月13日まで)に国内法令へ転換する必要がある。

(c) 2006年7月1日には、RoHS指令に規定される6品目に関して使用禁止。

6品目は、以下の電気・電子機器から有害物質、

水銀(Hg)

カドミニウム(Cd)

鉛(Pb)

六価クロム(Cr6+)

PBB(ポリ臭化ビフェニール)

PBDE(ポリ臭化ジフェニルエーテル)

を使用禁止。

これにより、日本でも2006年頃から代替可能なものは、100%、上記で記載したように、80%が鉛フリーはんだに移行すると考えられる。問題は代替が難しく、RoHSの禁止例外品目あげられている「高融点ハンダに含まれる鉛(例えば、その中に85%を超える鉛を含む錫鉛ハンダ[280])であろう。

図3-3-1 配線板とハンダの鉛使用量の関連

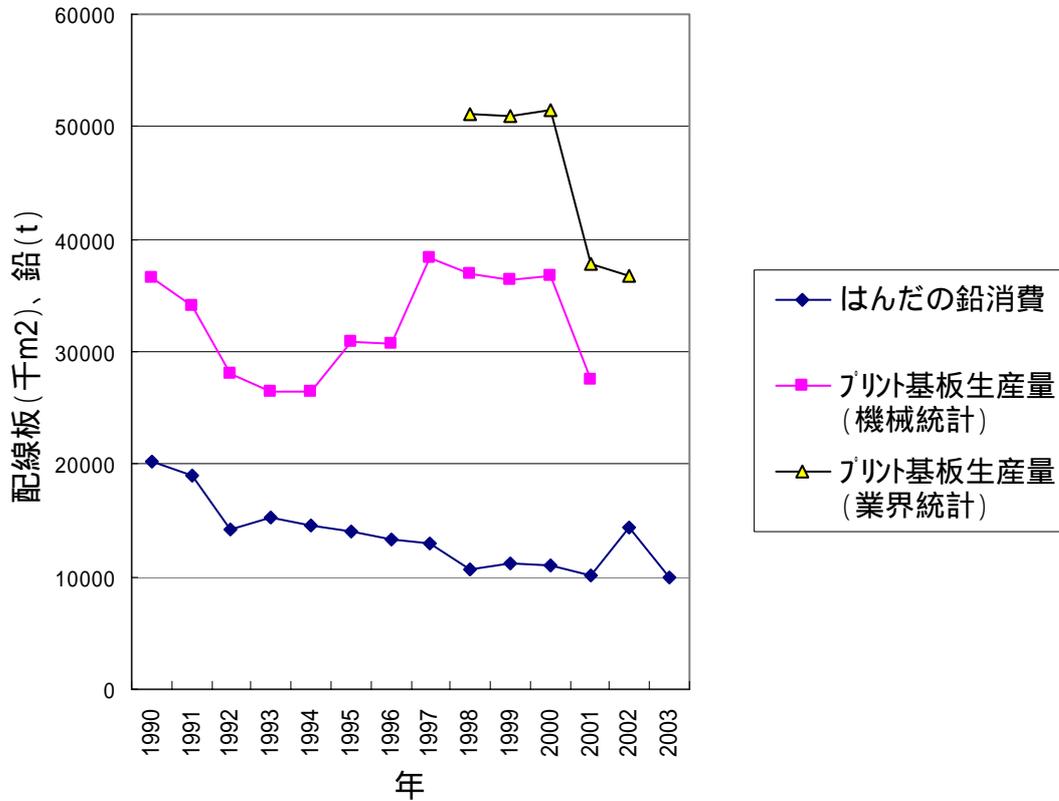


表3-3-6 リフローの鉛フリーはんだの有力候補^{1) 2)}

			代表成分例	融点
1	高温系	Sn-Ag ファミリー	Sn-3Ag-0.5Cu	217 ~ 220
2	中温系	Sn-Zn ファミリー	Sn-9Zn	199
3	低温系	Sn-Bi ファミリー	Sn-58Bi	139

表3-3-7 代表的鉛フリー合金と従来の鉛はんだの特性比較³⁾

品名	合金組成	溶融温度(°C)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	ヤング率 (MPa)	比重
鉛フリー	Sn-3.0Ag-0.5Cu	217 ~ 220	53.5	46	41.6	7.4
従来品	Sn37Pb	183	56	56	25.6	6.4

3.3.3. はんだの排出とリサイクル

はんだで実装基板を製造するところから排出された加工くずは、かなりリサイクルされている。1990年～1995年では再生も含めて5000～6000t リサイクルされていたが、1999年以降は3000t～4000tに減少している。通常はんだの加工くずは他の分野へは流れないようである。

はんだの場合、使用済み製品のリサイクルは、廃自動車などの銅ラジエーターが銅合金塊の銅の原料として使用されていることである。この場合はんだは、銅だけでなく鉛も錫も材料として有効に活用されている。

引用文献

- 1) 菅沼克昭 (大阪大学); 鉛フリーはんだ実装技術の現状, 日本電子材料技術協会のセミナー (平成12年11月17日)
- 2) 神谷佳久他 (富士通); 錫 亜鉛 アルミニウム系鉛フリーはんだの実用化、FUJITSU, 54, 2, p154-160(03.2003)
- 3) 千住金属工業㈱のホームページ

3.4. 鉛管板

3.4.1. 鉛管板向鉛供給鉛量

表3-4-1 鉛管板向の鉛供給量（単位：t）

	資源統計年報(*1)					(*2)	(*3)			
	地金	再生	くず	計	修正		鉛管	鉛板	計	
	a	b	c	d	e		f	g	h	i
				a+b+c	f*1.055					g+h
1990	9616	1308	45	10969			5026	5144	10170	
1991	9863	1282	33	11178			4432	6017	10449	
1992	10384	1043	43	11470			4175	6542	10717	
1993	9222	864	36	10122			3563	6371	9934	
1994	9063	821	45	9929			3104	6766	9870	
1995	9998	894	32	10924			2936	7386	10322	
1996	11008	870	38	11916			3040	7919	10959	
1997	10739	1259	87	12085			2983	8162	11145	
1998	10199	1144	148	11491		10903	2820	8090	10910	
1999	-	-	-	0	11500	10947				
2000	2413	448	-	2861	11204	10631				
2001	2688	433		3121	10470	9934				
2002	2413	448	2384	5245	9286	8811				
2003	2933	416	0	3349	9091	8626				

出典：(*1) 資源統計年報の需給統計

(*2) 全国鉛管鉛板工業協同組合の生産統計

(*3) 資源統計年報のその他非鉄金属の生産統計

注) 修正の欄は全国鉛管鉛板工業協同組合の統計値(f欄)の増加減が正しいと見て、比例配分(e欄)。

鉛管板向鉛供給量としては、「需給統計」と「その他非鉄金属の生産統計」の2つがあり、統計値もf欄やj欄で見るように類似していた。ところが、1999年からは、「その他非鉄金属の生産統計」がなくなり、需給統計一つになった。また、1999年から需給統計の鉛管板の値が全国鉛管鉛板工業協同組合の業界統計よりも値が小さく信頼できない数字となったので、e欄に業界統計値を参照して修正したデータを記載した。

3.4.2. 鉛管板製造における鉛消費量

表3-4-1で、g欄で記載されているように、鉛管は年々減少している反面、鉛板は増加する傾向を見せていた。最近の状況は表3-4-2の全国鉛管鉛板工業協同組合の統計で詳細に読みとれる。鉛管は給水鉛管だけでなく、排水鉛管でも減少している。

鉛板は、減少傾向にはあるが、5000t くらいの需要が維持されている。この鉛板は、従来の建物の耐食材として壁に使用されていたものではなく、放射線遮蔽用鉛板あるいは防音部屋鉛板(鉛一体もの、石膏ボードに貼付けもの)に置き換えられ、その生産比率は8:2であ

ろうとのこと。「鑄込み」は鉄枠の中に鑄込んだバランスウエートのようなもので、「その他」では免震構造のエネルギー吸収材として使用される場合があるという。

表3 - 4 - 2 鉛管鉛板鑄込み、その他生産推移（単位：t） 平成 16 1月 23日

	H10	H11	H12	H13	H14	H15	前年同期比
給水鉛管	341	283	268	151	25	20	80
排水鉛管	1,899	1,778	1,589	1,175	1,010	838	83
その他	266	234	232	195	207	212	102
計	2,506	2,295	2,089	1,521	1,242	1,070	86
鉛板	6,636	6,279	6,017	5,692	5,534	5,610	101
鑄込み	910	680	630	853	237	340	143
その他	851	1,693	1,895	1,868	1,798	1,606	89
	8,397	8,652	8,542	8,413	7,569	7,556	100
合計	10,903	10,947	10,631	9,934	8,811	8,626	98

出典：全国鉛管鉛板工業協同組合

3.4.3. 鉛管板の排出とリサイクル

鉛管板の製造には鉛スクラップをほとんど使用していない理由は、

規格など	品目	鉛含有量
JIS 規格	鉛板	99.5%
JIS 規格	鉛合金管	99.9% (1種), 99.6% (2種)
なし	放射線遮蔽鉛板	99.99%

上表のように JIS 規格の鉛管板の鉛含有量は、99.5%以上あり、鉛スクラップを配合できない。また、放射線遮蔽鉛板の場合は、鉛の純度はあまり問題にならないと思われる。しかし、JIS 規格はないが、実際の要求性能は更に厳しく、99.99%以上とのことである。

3.5. 電線被覆

3.5.1. 電線被覆向け供給鉛量

表3-5-1 電線鉛被覆向け供給量及び消費量

	資源統計需給・生産統計					日本電線工業会統計
	鉛	再生鉛	鉛くず	計	推定	
	a	b	c	d	e	f
				a+b+c	f*1.243	
1988	3488	1062	3106	7656		
1989	5093	415	28	5536		
1990	4750	103	27	4880		
1991	6453	474	5	6932		
1992	5775	94	16	5885		
1993	6930	26	-	6956		
1994	4483	24	22	4529		
1995	3806	30	-	3836		
1996	5309	864	-	6173		
1997	3931	148	-	4079		
1998	2851	20	-	2871		
1999	2368	10		2378		
2000	4588	-	-	4588		
2001	6440	-	-	6440		5179
2002					8854	7120
2003					10479	8427

出典：資源統計年報の需給・生産統計

注1) 2002年から資源統計の電線の需給・原料統計から鉛がなくなる。

日本電線工業会の2003年度でデータ採取終了。

注2) 2003年の電線工業会のデータは、4月～12月のデータからの推定値。

注3) 推定の欄の数字は、資源統計と電線工業会の比例関係で算出。

電線鉛被覆の統計は資源統計の需給統計と生産統計の電線原料統計と値が同じであり、鉛供給も鉛消費も同じ表となった。2002年から、この統計で鉛が集計されなくなった。また、(社)日本電線工業会でも2003年度で鉛の会員データの採取を中止するという。従って、電線鉛被覆については2004年度から、国はもとより業界の生産統計データが消滅する。

3.5.2. 電線鉛被覆における鉛消費量

電線鉛被覆は過去において通信線などの地下ケーブルに使用され、1980年代までは、年間3万tほどの鉛を消費していたが、1987年頃から、プラスチックなどに置き換えられ、急減している。最近の状況は表3-5-1を参照されたい。これを見ると、鉛電線被覆は4千t～6千tで推移しており、用途は主に、海底ケーブルの引き込み口での使用に限定されている。

この2～3年は、電線鉛被覆の需要が増加傾向を示しているが、これは国内需要の増加では

なく、輸出向け(中東では地下ケーブルに現在でも鉛被覆を使用)による増加と考えられる。

3.5.3. 電線被覆の排出とリサイクル

表3-5-2 電線鉛被覆排出量と再生業者の鉛くず受入量(単位:t)

	再生業者の鉛くず受入量		NTTの電線被覆払下量
	(*1)	(*2)	(*3)
	a	b	c
1990		93384	
1991		87369	
1992		80737	
1993		67325	
1994		76225	
1995	65214	99456	5550
1996	68970	112383	17150
1997	82131	121646	
1998	78789	106010	15900
1999	73946	58745	7045
2000	82835	84757	5344
2001	77942	85652	3600
2002	82079	78073	1097
2003	80536	84458	300

出典：(*1) 電池工業会統計
 (*2) 資源統計需給統計
 (*3) 東日本鉛錫再生精錬協同組合

1995年あたりから通信ケーブルに光ファイバーが使用され始めた。また、この頃から通信線地下ケーブル幹線の銅通信から光ケーブルの置換え工事も大々的に行われ、使用済鉛被覆の多量に排出された。現在は幹線工事もほぼ終了したようである。

表3-5-2のc欄に、東日本鉛錫再生精錬協同組合から入手したデータを記載した。数字の入っていないところは、NTTからの払い下げはあったものの、偶々、データが散逸した為である。a欄は電池工業会統計の再生業の鉛くず受入量なので、鉛くずとしては廃蓄電池のみである。これは対して、b欄は、資源統計の再生業者の鉛くずの受入れなので廃蓄電池だけでなく、はんだの加工くず、鉛管板の加工くず、使用済電線鉛被覆などを含む回収くずも含まれる。使用済電線鉛被覆は通常の場合は蓄電の再生業者に受け入れられる。1997年はb欄の数字が最も大きい。1997年はc欄に数字がないが、この年が、NTTの使用済電線被覆の払下げが大きかったと考えられる。

3.6. 銅合金鋳物

3.6.1. 銅合金鋳物向け供給鉛量

表3-6-1 銅・銅合金鋳物の生産量と青銅鋳物の鉛量 (単位：t)
その1

	銅鋳物			銅合金塊			計1	計2	計3
	銅地金	銅くず	銅合金	銅地金	銅くず	銅合金			
	銅量	銅量	銅量	銅量	銅量	銅量			
							+ +	-4000	
1989	2236	6326	68270	1026	27102	62153	167113	127113	
1990	1996	6512	69378	1327	27428	58039	164680	124680	
1991	2491	6253	68728	590	28863	60806	167730	127730	
1992	2476	4793	61393	522	24920	56739	150843	110843	
1993	2247	4097	59224	612	24461	53485	144126	104126	
1994	2952	4557	60155	621	24409	52941	145634	105634	118423
1995	3201	4668	63788	596	23018	55200	150471	110471	125859
1996	2847	3970	62399	525	22851	58338	150930	110930	123564
1997	2781	3870	63997	539	22685	61573	155446	115446	117981
1998	2308	3141	54053	537	18995	55376	134410	94410	98120
1999	1757	4750	33890	-	-	-			94920
2000	-	-	-	-	-	-			99939
2001	-	-	-	-	-	-			99379
2002	-	-	-	-	-	-			99534

その2

	銅合金塊 生産量		銅・銅合金鋳物 生産量		比率	推定銅・ 合金鋳物 生産量 グロス	青銅鋳物 グロス量	青銅鋳物 の鉛量 鉛量
	グロス	銅量	グロス	銅量				
		*0.85		*0.85				
1989	91788	78020	108421	92158	1.37930	149545	104681	5234
1990	89088	75725	110574	93988	1.32655	146682	102677	5134
1991	91584	77846	110610	94019	1.35856	150271	105190	5259
1992	81972	69676	97407	82796	1.33875	130404	91283	4564
1993	82032	69727	90480	76908	1.35391	122501	85751	4288
1994	81012	68860	103201	87721	1.20421	139321	97525	4876
1995	84216	71584	109681	93229	1.18495	148069	103649	5182
1996	87828	74654	107681	91529	1.21197	145369	101759	5088
1997	88068	74858	102816	87394	1.32098	138802	97161	4858
1998	82164	69839	85508	72682	1.29895	115436	80805	4040
1999	83868	71288	82719	70311		111671	78169	3908
2000	86364	73409	87093	74029		117576	82303	4115
2001	87912	74725	86605	73614		116917	81842	4092
2002	86640	73644	86740	73729		117099	81969	4098

出典：鉛ではなく銅の資源統計の需給統計

注1) 、 の欄の銅合金鋳物の70%を占めると考えられる青銅鋳物は銅含有量が85%のJIS規格のBC1～BC6なので、この値で銅量に換算。

注2) 「計2」の欄に大手非鉄問屋の情報によりリターンスクラップ分を銅量で4万tを除外。即ち、 の欄の数字が4万tほど大きいことになる。

注3) 資源統計(需給統計)で銅鋳物の数値がデータの的に参照できるのは1998年まで。

注4) 欄のデータは銅合金塊製造工業連合会から入手した経済産業省指定統計調査報告書の統計値。

注5) 欄のデータは機械統計年報(常用従業員20人以上の事業所対象)から引用。

注6) / の比率は、1989年から1993年の5年間は平均すると、1.35でほぼ一定である。しかし、1994年から低下。即ち、需給統計のデータ値が機械統計より低い。これは、アルミの2次合金の生産量での業界統計(日本アルミニウム合金協会)と需給統計との間でも同じ傾向が見られた。1.35の比率は1994年以降継続されていると考え、に銅・銅合金鋳物(銅量)を推定した。

注7) 機械統計での青銅鋳物の銅・銅合金鋳物の中での生産比率は約70%弱で、青銅鋳物の代表的なBC6の鉛量は4~6%で5%としてに青銅鋳物の鉛量を推定。銅合金鋳物と青銅鋳物の比率は、機械統計から求めた。2002年から青銅鋳物の生産統計が消滅。

銅・銅合金鋳物の中には、純銅、黄銅、青銅などがある。青銅の中でも、リン青銅、アルミニウム青銅、シルジン青銅など種類が多い。ここで主題となるのは鉛を含有する青銅の青銅鋳物6種(CAC406、旧規格BC6)のCu-Sn-Zn-Pb系の青銅である。この青銅は価格も安く銅合金鋳物全体の6~7割の市場規模と考えられる。

資源統計の需給統計の鉛では、1998年まで、銅鋳物や銅合金塊が集計されていなかった。1999年から集計されるようになったが、「はんだ」との合計の値である。「その他非鉄金属製品」に銅合金塊が集計されているが、銅合金塊は銅鋳物の原料の一部であり、直接銅スクラップやその他合金成分スクラップを配合して製造する銅鋳物が脱落している。非鉄鋳物製品は機械統計に掲載されているが、この統計の非鉄鋳物はデータ採取の事業所の規模を「従業員20人以上」に限定している。非鉄鋳物のメーカーは通常は小さな企業が多く、従業員が20人未満の企業がかなりあり、機械統計の値からでは、全体の銅合金鋳物の生産量は解らない。結局、現在のところ、銅鋳物の市場規模が統計では直接把握できない。そこで、今回大胆な仮定より、表3-6-1や図3-6-1に銅鋳物の市場規模を推定し、そこから青銅鋳物への鉛供給量を推定してみた。

3.6.2. 銅鋳物製品の鉛消費量

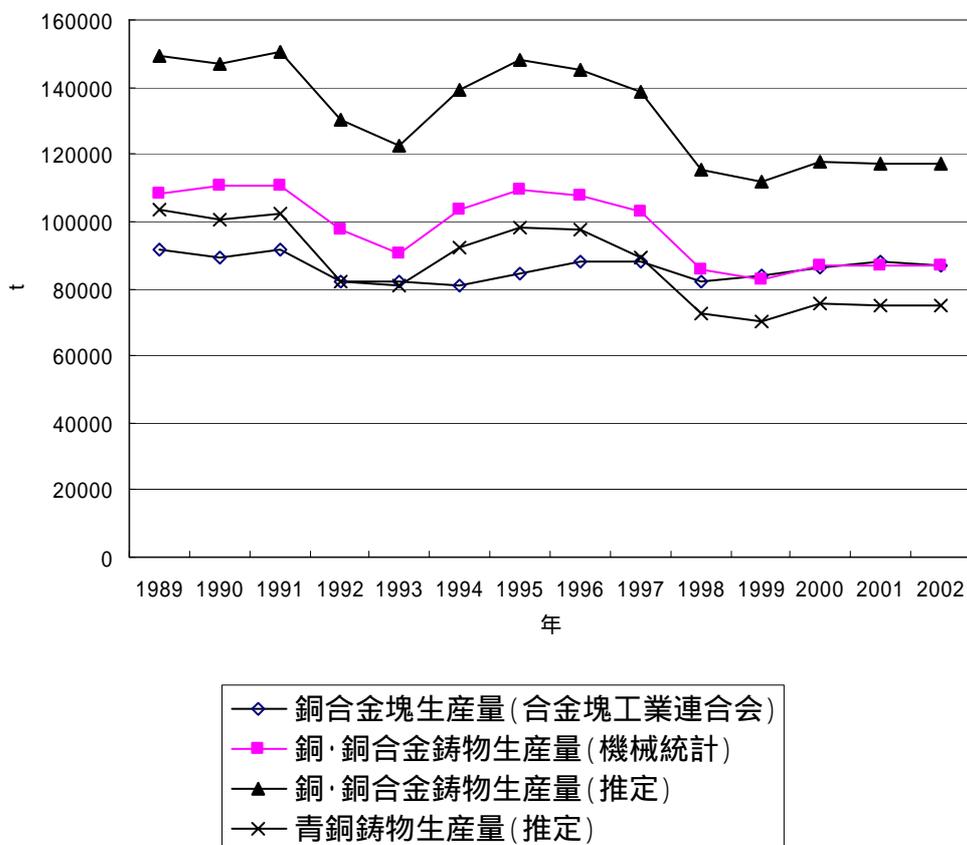
(1) 銅・銅合金鋳物の需要動向

表3-6-1や図3-6-1で示すように、銅・銅合金鋳物の需要は1989年~1991年まで、バブル崩壊と共に減少し、1995年~1996年に回復したが、再び落ち込み、1998年からほぼ11万tに低位安定期に入った(青銅鋳物は8万tと3万tほど数値は低い)。1995年~1996年に一次回復したのは、住宅着工件数の増加のためと思われる。通常青銅鋳物は、流量調節のバルブ・コックとして使用される。青銅鋳物と競合する伸銅品はバルブ・コックがガス機器向け(液体腐食環境では黄銅の脱亜鉛腐食)であるのに対して、青銅鋳物(鑄造巢孔の問題)は、上下水道のバルブ・コックで頻繁に使用される。例えば、水道の蛇口や水洗金具類などである。

表3-6-1にも示したように青銅鋳物6種には4000~5000t/年の鉛が含有されている。バルブ・コックなどの加工くずが半分リターンされてくるので、実際に新規に消費される鉛

量は 2000 ~ 2500t と推定される。通常、青銅鑄物の鉛源は、使用済み自動車の銅ラジエーター（はんだの鉛）であった。ラジエーターは通常銅スクラップとして扱われるので、青銅合金鑄物は、統計上は、鉛源なしで生産されていた。ところが、10年前から徐々に自動車のラジエーターのアルミ化が進み、1998年頃にはほとんどアルミにシフトしたとも云われている。ただ、使用済み自動車のラジエーターは、まだ排出されており、鉛源として、ラジエーターだけでは不足という業者と、依然としてラジエーターを鉛源として使用している業者も存在する。

図3-6-1 銅・銅合金鑄物の生産量（グロス量）



(2) 環境問題

ところで、最近の環境問題で、水道管での鉛の浸出が問題にされた。青銅鑄物 6 種(CAC406、

旧規格 BC6) には 4～6%の鉛含有されている。

厚生省労働健康局水道課は以下省令を平成 15 年 4 月 1 日から施行することとなったことを発表(公布は 2001 年 2 月)。省令に定められている浸出基準のうち、鉛に関する基準を以下とうり改正した¹⁾。

表 3 - 6 - 2 水道管での鉛浸出基準

	現行基準	新基準
水栓その他給水装置に末端に設置されている給水用具	0.005mg/l 以下 * 0.047mg/l 以下	0.001mg/l 以下 * 0.007mg/l 以下
給水装置の末端以外に設置されている給水用具、又は給水管	0.05mg/l 以下	0.01mg/l 以下

* 主要部分の材料は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お浸出液に係わる判定基準

これは、世界保健機構(WHO)の飲料水水質ガイドライン値(1992年、10年後の長期的目標)と同じ値に強化するものである。この省令の改正により、上水道のバルブ・コックは、以下に示すように青銅鑄物を鉛フリーにするか、あるいは表面処理により鉛が浸出しないようにする二通り以外には対処の方法がなくなった²⁾。

表 3 - 6 - 3 銅鑄物の従来品と各種鉛フリー合金の組成

	規格など	Cu	Sn	Zn	Bi(1)	Bi(2)	Si	Se	Sb(1)	Sb(2)	Pb	メーカー
従来品	CAC406	83-87	4-6	4月6日	4.9		-		2.0		4.0-6.0	
鉛フリー	Bi系	78.0-88.0	2.0-6.0	4.0-10.0	4.9	0.5-5.0	-		0.25	0.1-1.5	0.2	*1
	Bi-Se系	84.0-89.0	3.5-6.0	4.0-6.0	0.8-3.3		-	0.1-1.2	0.2		0.2	*2
	Cu-Zn-Si系	72.0-77.0	4.0-6.0	残	-		2.7-7.2	-	-		0.1	*3

出典：(社)日本非鉄金属鑄物協会

注) * 1 上越マテリアル、大丸工業、中越合金鑄工、日本青銅、京和ブロンズ
* 2 日邦バルブ、キッツ
* 3 三宝伸銅

表 3 6 - 4 表面処理技術²⁾

開発メーカー	処理方法	備考
東陶機器(株)	特殊アルカリエッチング溶液および特殊(酸系)エッチング溶液に浸漬し、表面層(5μ)の鉛を溶解除去	技術契約して多く会社で実施されている。 略称：NPb 処理技術
日本パーカライズ(株)	リン酸塩処理を基本とし、表面層の鉛を除去し、表面被膜を形成。	略称：PLCS(Parker lead Clear System)
キッツ	希硝酸を基本として混酸による表面処理。	略称：SLA 処理(Surface Treatment for Lead Reduction by Acid)
晃栄工業(株)	電気分解により鉛を除去	電解処理

CAC406 (BC6) では、鑄物表面層付近には低溶融成分の鉛が鑄物の成分比率以上に存在することが多く、機械加工において鉛は潤滑剤の役割を果たした。このために、表 3 - 6 - 4 の表面処理が鉛の浸出防止に有効である。水道向けの銅鑄物のJIS化は、2004 年末までに原案

を作成するとのことである。鉛フリー銅鋳物の実施状況は、2003年の聞き取り調査によると2月から3月頃から月産1000-1400t程度の生産量があるとのことである²⁾。

ところで、例えば、全面的な鉛フリー化へのシフトの欠点は、コストが高いことである。即ち、鉛フリーの合金を扱う設備を新設しなければならない。バルブなどの鋳物加工くずはリターンスクラップとして青銅鋳物に再使用できたが、鉛フリーがメインでない業者の場合、加工くずは製錬所送りになること。ラジエーターをスクラップとして使用できないなどによりコストアップになる。特に、現状では銅地金が高騰しているので、鉛フリー化を検討していた業者が、上記の問題点のために、表面処理・コーティングに復帰する業者も出てきているという。

3.6.3. 銅合金鋳物の排出とリサイクル

青銅鋳物はバルブ・コック関連であり、切削加工により加工くずがかなりリターンされる。使用済製品の回収については、青銅鋳物は水道の蛇口や水洗金具類など上下水道管の流量制御部品として使用されることが多く、建物の寿命とともに排出され、リサイクルと推定される。この排出量やリサイクル量の調査は今後の課題であろう。

引用文献

- 1) 厚生労働省健康局水道課；給水装置の構造及び材質の基準に関する省令の一部を改正する省令施行について、健水発第1203003号、平成14年12月3日
- 2) 藤井孝彦(藤井技術事務所)、岡根利光(産業技術総合研究所)、加藤寛(埼玉大学教授)、梅田高照(東京大学名誉教授)；鉛フリー銅合金鋳物および表面処理による水道水中への鉛溶出低減、素形材、2003.3

3.7. 快削黄銅

3.7.1. 快削黄銅向け供給鉛量

鉛の需給統計には、快削黄銅の記載はない。従って、快削黄銅の鉛供給データがないので、黄銅棒の生産量からの鉛消費量の推定結果と、伸銅品の生産統計に掲載されている原料としての鉛消費量などの需要については、次の章で説明する。

3.7.2. 快削黄銅製造における鉛消費量

表3-7-1 黄銅棒生産量と鉛消費量（単位：t）

年	黄銅棒 生産量	鉛含有量	鉛供給量 (計算)	鉛供給量 (統計)	鉛	再生鉛	鉛くず	係数
								/
		×	×0.5					
		0.0275						
1988	312753	8601	4300	3333	2273	256	804	0.7751
1989	326285	8973	4486	3171	2432	80	659	0.7068
1990	325431	8949	4475	3028	2333	87	608	0.6767
1991	344278	9468	4734	3235	2482	98	655	0.6834
1992	294259	8092	4046	2907	2087	170	650	0.7185
1993	293581	8073	4037	3077	2343	171	563	0.7622
1994	313667	8626	4313	3321	2516	169	636	0.7700
1995	321750	8848	4424	3240	2518	167	555	0.7324
1996	316686	8709	4354	3362	2449	173	740	0.7721
1997	314172	8640	4320	3364	2550	167	647	0.7787
1998	250090	6877	3439	2552	1788	152	612	0.7421
1999	260174	7155	3577	2833	1751	47	1035	0.7919
2000	291032	8003	4002	2821	1856	148	817	0.7050
2001	257512	7082	3541	2486	1665	86	735	0.7021
2002	238032	6546	3273	2291	non	non	non	
平均								0.7369

出典：'89～'01年は資源統計年報、'02年は鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報

注1) 欄の黄銅棒の生産量は資源統計の伸銅品の生産統計から引用。

注2) 快削黄銅棒のPb含有量は、C3601～C3604 1.8～3.7%、C3605 3.5～4.5%から前者の中間値2.75%。

注3) 鉛供給量(計算)は、棒製品として出荷した半分は削りくずとして戻って来ると考え、新たな鉛の必要量は半分と考えた。

注4) 欄の鉛供給量(統計)は、資源統計の伸銅生産統計の原料から引用、2002年からはデータの採取が中止された。

注5) 黄銅棒の生産量からの推定した鉛消費量と統計されている伸銅品での鉛消費量の比率を右端の係数の欄に表示した。1990年1991年に伸銅品の鉛消費量が低下しているがその理由は明確でなかった。最近の2000年、2001年も低下している。これは自動車での鉛使用削減の影響もあると考えられる。従って、2002年は伸銅生産統計でのデータがないので、最近の状況推移から、約0.7の係数で推定し、表示した。

(1) 快削黄銅の動向

快削黄銅の伸銅製品は、棒だけでなく板もあるが、なんといっても、棒の生産量が圧倒的

に多い。黄銅棒の需要は、ガス機器などのバルブ・コックなどで使用されるが、用途がこれだけに限らず、かなり広範に使用されている。1998年以降黄銅棒の生産は減少し始め、2000年にIT関連の需要増で回復したが、現在かなり減少している。

通常は快削黄銅の加工くずはリターンされ、再び伸銅品の原料として使用される。表3-7-1の欄に、快削黄銅棒の半分が加工くずとして戻ると仮定して、鉛の必要量を推定したが、伸銅品の鉛原料よりも大きな数字となった。この数字をそのまま解釈すると、黄銅棒の加工くずは6割が戻ってくる勘定となり、それだけ新原料の節約になっている。

なお、欄の伸銅品の生産統計の鉛原料消費量統計のデータは2002年から消滅した。2002年はまだ鉛含有のものがそれほど減少していないので推定を試みたが、今後、客観的データは存在しなくなり、伸銅品での鉛消費量の推定は次第に難しくなりそうである。

(2) 環境問題

快削黄銅も、鉛を含有しているために、鉛を使用した快削黄銅は自動車分野を中心に使用量が減少始めている。代替品として以下の鉛フリー快削黄銅が開発され、製造・販売も開始されているが、まだJIS規格化はされていない。

表3-7-2 鉛フリー快削黄銅

	合金番号	Cu	Bi	Si	Sn	P	Pb	Zn	Fe(1)	Fe(2)	その他	メーカー
従来品	C3601-05	56.0-63.0	-	-	Fe+Sn 0.05	-	1.8-4.5	残部	0.3	0.5		
鉛フリー	C6801	57.0-64.0	0.5-4.0	-	0.2-2.5	0.2	0.01	残部	0.05			*2
	C6802	57.0-64.0	0.5-4.0	-	0.2-2.5	0.2	0.01<, 0.1	残部	0.7			
	C6803	57.0-64.0	0.5-4.0	-	0.2-2.5	0.2	0.01	残部	0.5		*1	*3
	C6804	57.0-64.0	0.5-4.0	-	0.2-2.5	0.2	0.01<, 0.1	残部	0.7		*1	
	C6931	69.0-80.0	-	2.0-4.0	0.2	0.02-0.15	0.01	残部	0.3		Mg 0.1	*4
	C6932	69.0-80.0	-	2.0-4.0	-	0.02-0.15	0.01<, 0.1	残部	0.3		Mg 0.1	

出典：日本伸銅協会資料

注1) *1 Se+Al+Sb+Te 0.02-0.6

注2) 製品開発メーカー *2 三越、*3 キッツ、*4 三宝伸銅(日本伸銅、新日本プラス[同和]に実施権許諾)

3.7.3. 快削黄銅の排出とリサイクル

快削黄銅はバルブ・コックの鍛造成型後の切削加工がリターンされてくる。使用済製品の回収量については、今後の調査の検討課題である。

3.8. 快削鋼

3.8.1. 快削鋼向け供給鉛量

快削鋼への鉛供給量については、需給統計、生産統計のいずれにも存在しない。従って、次章で鉛供給量を推定してみた。

3.8.2. 快削鋼製造における鉛消費量

(1) 鉛快削鋼の動向

快削鋼はリン、硫黄、鉛、セレン、テルル、ビスマス、カルシウムなどを単独または複合で添加し、快削性を付与した鋼と定義されている¹⁾。

実際には、鋼に硫黄を添加することにより、MnSの切り欠き効果により切削性を増加させようとするものである。次に、その切削性の改善のために鉛が添加され、更にはカルシウムがという経緯で、切削性が改善されてきた。表2に示すように、快削鋼でJISで規定化されているのは硫黄と鉛までである。

表3-8-1 快削鋼の生産とPb含有量

年	快削鋼の生産量	Pbの量
	単位：千t	単位：t
1988	1327	1,493
1989	1263	1,421
1990	1245	1,401
1991	1233	1,387
1992	1070	1,204
1993	1021	1,149
1994	1031	1,160
1995	1063	1,196
1996	1005	1,131
1997	1092	1,229
1998	870	979
1999	911	1,025
2000	1037	1,167
2001	945	1,063
2002	971	1,092

出典：(社)日本鉄鋼連盟；鉄鋼統計要覧2003の「特殊鋼熱間圧延鋼材生産」から引用

注) Pb入快削鋼は、全体快削鋼の50%を占め、Pb快削鋼のPb含有量は表2のSUM(L)材の含有量0.10~0.35%の中間値の0.225%としてPb量を推定(0.00225を掛算)。

快削鋼の用途としては、複雑な機械加工を必要とする、ボルト、ナット、クランクシャフト、歯車、コンロッド、金型が挙げられる。

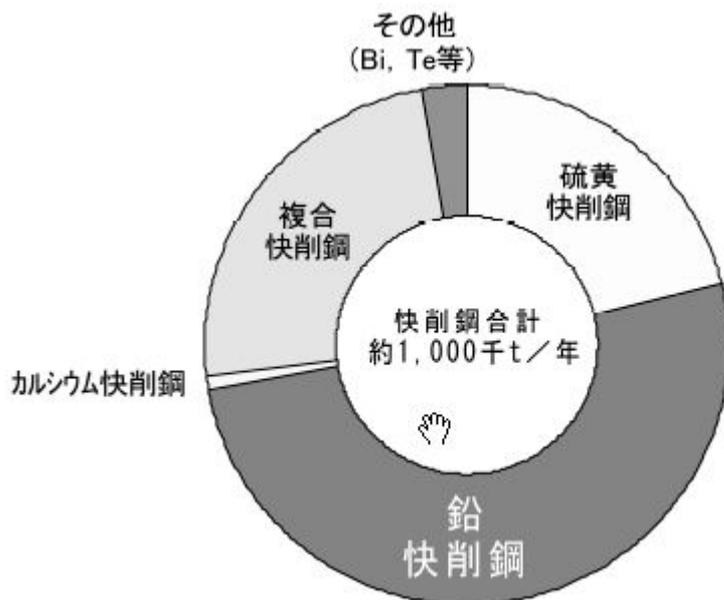
快削鋼の生産量は、表3-8-1に示すように、年間100万t前後で推移している。

表 3 - 8 - 2 硫黄複合快削鋼 (単位:%)

種類の記号	C	Mn	P	S	Pb
SUM 22 L	0.13 以下	0.70 ~ 1.00	0.07 ~ 0.12	0.24 ~ 0.33	0.10 ~ 0.35
SUM 23 L	0.09 以下	0.75 ~ 1.05	0.04 ~ 0.09	0.26 ~ 0.35	0.10 ~ 0.35
SUM 24 L	0.15 以下	0.85 ~ 1.15	0.04 ~ 0.09	0.26 ~ 0.35	0.10 ~ 0.35
SUM 31 L	0.14 ~ 0.20	1.00 ~ 1.30	0.04 以下	0.08 ~ 0.13	0.10 ~ 0.35

出典：日本規格協会； JIS ハンドブック鉄鋼 の JIS G 4804(1999)

図 3 - 8 - 1 日本国内の快削鋼生産状況²⁾



快削鋼は我が国の基幹産業である自動車など機械産業の動力伝導部品や組み立部品、プラスチック射出成形やプレス成形の金型などへ材料を供給しており、快削鋼の生産量は我が国の景気に密接に関連している点は興味深い。

上図の円グラフから²⁾、快削鋼に占める鉛快削鋼の割合は50%で、過去10年間はほとんど変動していないと考えられる。また、鉛快削鋼に含まれる鉛量は、表3-8-2から平均0.225%と考えられ、これらから鉛量は快削鋼の生産量に0.00225を掛算して、表3-8-1の右に示した。およそ、快削鋼の鉛量は1000t前後で推移している。

(2) 環境問題

以下の動きもあり、自動車関連を中心に、鉛快削鋼の需要が次第に減少始めている。

(a) 鉛削減目標 (通産省；1997年5月、自動車工業会)

・新型車の鉛の使用量（バッテリーを除く）は、1996 年を基準年として、2005 年末までに概ね 1/3 以下とする。

（b）愛知製鋼

「環境に優しい自動車用快削鋼のベース技術となること、一方、自動車の低燃費化（CO2 削減）のために自動車部品の軽量化が求められている。軽量化するには高強度鋼が必要となるが、高強度鋼は切削し難く、部品コストを高くする。したがって、鋼製部品の軽量化のためには、さらに切削性を良くする快削鋼開発が不可欠となっている。

当社は、このような背景から「鉛を含有せずにさらに切削性に優れた鋼の開発」を 1997 年より株式会社豊田中央研究所および山陽特殊製鋼株式会社と共同で取り組み、1998 年に基本開発を完了した。その後 1999 年に、当社にて独自の精錬・鋳造の量産技術と熱間鍛造技術を開発し、量産化に成功した。エコスカット鋼は、今後の普及を図るべく、商品と合せて鋼の量産技術および熱間鍛造時のノウハウも販売していく予定である。

開発したエコスカット鋼は、自動車メーカーでの耐久性の評価を経た後、クランクシャフトとして商品化を完了し、2001 年の 8 月からトヨタ自動車株式会社の車両に搭載された。²⁾ また、上記で記載した「自動車工業会の鉛削減目標は、1996 年を基準として 2005 年末までに概ね 1/3 以下とする。」から快削鋼での鉛の使用量は今後減少して行くと思われる。少なくとも 2003 年以降は、表 1 の鉛含有量の係数の見直しが必要と考えられる。

3.8.3. 快削鋼の排出とリサイクル

目下のところ、リサイクル状況には情報が無く、今後の調査課題の一つである。

引用文献

1) 鉄鋼用語辞典

2) <http://www.aichi-steel.co.jp/TOPICS/pdf/topics146.pdf> の愛知製鋼の資料から引用

3) <http://www.aichi-steel.co.jp/TOPICS/topics146.htm> の愛知製鋼の資料

NIMS-EMC 材料環境情報データ

- No.1 **金属元素の製錬・精製段階における環境負荷算定に関する調査** (2003年3月)
- No.2 **鉛マテリアルフロー作成のための基礎調査** (2004年3月)
- No.3 **我国における自動車用白金族金属触媒のリサイクル動向** (2004年3月)
- No.4 **鉄スクラップの消費動向とその拡大技術シナリオのL C A的検討** (予定)

独立行政法人物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター

〒 305-0047

茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL 029-859-2668

FAX 029-859-2601

e-mail emc@wotome.nims.go.jp

home page <http://www.nims.go.jp/emc/>