

## 45 砷素 (As)

## 45 ヒ素 (As)

### 45.1 マテリアルフロー分析

ヒ素は地殻中に 1.8ppm 程度存在するといわれ、主要鉱石に鶏冠石(As<sub>4</sub>S<sub>4</sub>)や石黄(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)、アルセノライト(As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)がある。また、鉄や非鉄のヒ化物(硫砒鉄鉱や硫砒銅鉱など)としての産出も多い。しかし、ヒ素の蒸気圧が高いことから、非鉄製錬の煙灰に三酸化二ヒ素(無水亜ヒ酸)が多く含まれるので、実用上は煙灰を繰り返し加熱昇華させる精製方法が取られている。ヒ素需要の殆どは三酸化二ヒ素(無水亜ヒ酸)を出発原料としている。

最近 5 年間の三酸化二ヒ素の主要生産国と生産量、並びに国内生産を表 1 に示す。

表1 三酸化二ヒ素の主要生産国と生産量 (2002年～2006年、単位:t)

国名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
日本	40	40	40	40	40
中国	40,000	40,000	30,000	30,000	30,000
チリ	11,400	11,600	11,600	11,700	11,800
モロッコ	—	—	—	6,900	6,900
ペルー	2,970	3,000	3,500	3,600	3,500
メキシコ	1,946	1,729	1,829	1,664	1,750
カザフスタン ／ロシア(同量)	1,500 ／1,500	1,500 ／1,500	1,500 ／1,500	1,500 ／1,500	1,500 ／1,500
世界合計	62,400	62,200	52,400	59,400	59,600

(出典:U.S. Geological Survey “2006 Minerals Yearbook”, July 2007 及びモロッコは同”Mineral Commodity Summaries”, January 2007)

国内では、住友金属鉱山により生産される 40t/年程度と従来されてきたが、最近の銅精錬能力増強から増加している可能性もある。しかし、国内需要原料の三酸化二ヒ素の殆どは中国から輸入されている。中国からの三酸化二ヒ素輸入量を表 2 に示した。

表2 中国からの三酸化二ヒ素輸入量 (2002年～2006年、単位:t)

輸入元	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
中国	560	503	786	878	1,062

(出典:財務省貿易統計)

2004年から増加しており、ヒ素需要の7割以上を占める(液晶)ガラス用途が、液晶テレビの生産立ち上げに伴って増加したことに拠る。2007年も9月までの累計は715tの輸入量であるが、昨年より63t減少しており、2006年の1千tには達しない見込みである。昨今の有害物質規制と最終製品メーカーによる資材グリーン調達化の動きから、液晶ガラスメーカーにはヒ素を含まない製品の出荷が求められており、2006年をピークに需要減少へ向かった可能性もあるが、数年を見る必要がある。2006年の液晶ガラス向け三酸化二ヒ素の出荷量は、832tAs<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(631tAs)と推定している。

次いで、主に化合物半導体のヒ化ガリウム(GaAs)やシリコン半導体のドーパントに使用される高純度金属ヒ素の半導体材料用途が大きく、三酸化二ヒ素として2006年144t(109tAs)が用いられている。2000年後半からの市況悪化と価格低迷、並びに有害物質管理の難しさから、高純度金属ヒ素メーカーは世界でも2社となっている。世界の4分の3を占める古河電子と、ドイツのPPM Pure Metals社である。

最近5年間の日本(=古河電子)の高純度金属ヒ素販売量を表3に、日本の高純度金属ヒ素

の輸入先と輸入量を表 4 に示した。

表3 古河電子の高純度金属ヒ素販売量実績と見込み (単位:t)

輸入元	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
国内	59	62	73	66	72.5
輸出	6	6	4	7	15.4

(出典:「工業レアメタル」No.123, 2007)

表4 日本の高純度金属ヒ素の輸入先と輸入量 (単位:t)

国名	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
輸入量計	2.6	2.1	0.5	2.1	7.7
中国	0	0	0	0.1	0
ドイツ	2.6	2.1	0.5	2.0	7.7

(出典:財務省貿易統計)

2006 年半導体材料に用いられた高純度金属ヒ素は、(古河電子)国内販売分 72.5tとドイツ (PPM Pure Metals)から輸入の 7.7tであり、また 15.4tが(古河電子より)輸出されている。

また、貿易統計による(高純度)金属ヒ素の輸出先と輸出量を表 5 に示した。

表5 日本の高純度金属ヒ素の主要輸出先と輸出量 (単位:t)

国名	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
輸出量計	5.7	4.8	5.2	5.2	14.7
中国	0.1	0.2	0.0	0.0	5.9
米国	5.1	3.6	3.7	3.0	5.7
韓国	0	0.0	0.2	0.9	2.0
フランス	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
ロシア	0.1	0.3	0.2	0.4	0.3
英国	0.2	0.6	0.8	0.6	0.0

(出典:財務省貿易統計)

GaAs は化合物半導体材料の中では最大の需要があり、或るメーカー団体の 2006 年度出荷金額では 74%を占めた(新機能化合物半導体懇談会計 509 億円:GaAs375 億円、GaP96 億円、InP29 億円。但し、最大手を含む複数メーカーが未加入なので、実態とは異なるとみられる)。用途は、金額全体の 70%を占める光デバイス関連—発光ダイオード(①各種表示用可視 LED、②赤外 LED:リモコン・バーコードリーダー・光アイソレータ等々部品や位置決めカプラ及び自動車用センサーほか)、③レーザーダイオード(CD 用赤外 LD:3 年連続需要減少)—と、近年伸長して 25%を占める電子デバイス関連(携帯電話や無線 LAN のパワーアンプやスイッチ用)に大きく分けられる。需要が伸びる最近の市況回復に至っても、材料需要の伸びは小さく止まっており、基板やデバイスの小型化やメーカー収率が向上しているものとみられる。

化合物半導体材料のヒ素の価格は従来低く抑えられ、純度 6N 材料の最近の比較では、GaP のガリウムの約 5 割、リンの約 3 割であった。古河電子では将来に亘る事業継続を図るために、2006 年出荷価格を引き上げている。その結果ともみられるが、PPM 社の輸入実績が 2005 年 2t であったものが、2006 年は 7.7tとなり、2007 年も 9 月までの累計で既に 7.45tあり、年間 10t程度に達するとみられる。中国の複数社から高純度金属ヒ素製造の動きもあるが、使用検討に値するレベルのものは困難なようである。

中国からは普通純度の金属ヒ素も輸入されている。日本への普通純度金属ヒ素の輸入先(=中国)と輸入量を表6に示した。

表6 日本の普通純度金属ヒ素の輸入先と輸入量 (単位:t)

国名	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年
中国	0	40	20	20	70

(出典:財務省貿易統計)

2006年は70tに上ったものの、2007年は9月までに25tに止まっており、2006年輸入分には在庫分も含まれる。自動車バッテリー用鉛電極(格子合金)成分に用いられており、バッテリーメーカーへは主にリサイクル材料回収業者から供給される。従って、材料回収業者が輸入し、リサイクル分と併せて、他の電極材料と共に納入されている。

ほかに、三酸化二ヒ素の大きな需要先として、亜鉛精錬浄液工程への添加剤用途があり、約120tの亜鉛精錬メーカー使用を推定している。表面処理剤や医薬品などの化学薬品用途にも5t程度が向けられて、メーカーは松垣薬品工業1社とみられる。

さらに、三酸化二ヒ素ではなく、ヒ化水素(アルシン、AsH<sub>3</sub>)がGaAs基板上へのMOCVDエピタキシャル成長GaAs薄膜用原料ガスとして、電子デバイスメーカーなどで用いられている。アルシンの国内販売量推移を表7に示した。

表7 ヒ化水素(アルシン)の国内販売量推移 (単位:t)

2002年	2003年	2004年	2005年	2006年(予想)
18.3	20.3	22.8	22.5	25

(出典:「ガスジオラマ」2007)

有毒かつ引火爆発し易いアルシンは、高圧固化されて全量生産の米国より輸入されており、2006年輸入量は25tと見込まれていた。生産者は、マチソントライガスやソルカトロニック(両社とも供給は太陽日酸)、BOC(同ジャパン・エア・ガズ)、並びにプラックスエア(同高千穂商事)などである。

以上のように、2006年には三酸化二ヒ素(無水亜ヒ酸)が中国より1,062t(804tAs)輸入され、国内生産40t(30tAs)と併せた1,102t(835tAs)の三酸化二ヒ素が国内に供給された。また、金属ヒ素として78t(中国70t、ドイツ7.7t)が輸入され、ヒ化水素(アルシン)は見込みで25t(24tAs)がアメリカより輸入された。結局、2006年には936tAs換算量のヒ素またはヒ素化合物が国内に供給されたことになる。

尚、国内企業の海外投資には、太陽日酸などによるヒ化水素メーカーの買収子会社化がある。ヒ素関連への直接投資ではないが、住友金属鉱山による中国銅精錬子会社製造の三酸化ヒ素輸入もあるとみている。末尾掲載のマテリアルフロー図にあるように、主に鉄・非鉄製錬から精製する多量の残渣スラグにはヒ素が濃縮して存在しており、これを無害化した後、貯蔵保管している。

#### 4.5.2 リサイクルの現状と評価

液晶テレビ用のガラスは、工程内では屑転回されているとみられるが、最近大量産が始まった液晶テレビの廃棄分はまだ少ないと考えられる。家電リサイクル法に従って、部分的に再利用されるか、産廃埋め立て化されていくものとみられる。いずれにしても、ヒ素またはヒ素含有ガラスとしてのリサイクルは殆ど無いとみられる。

少量の薬品用途でもリサイクルは無く、極微量濃度や無害化処理した後の系外流出や産廃埋

め立て等になっているものとみられる。

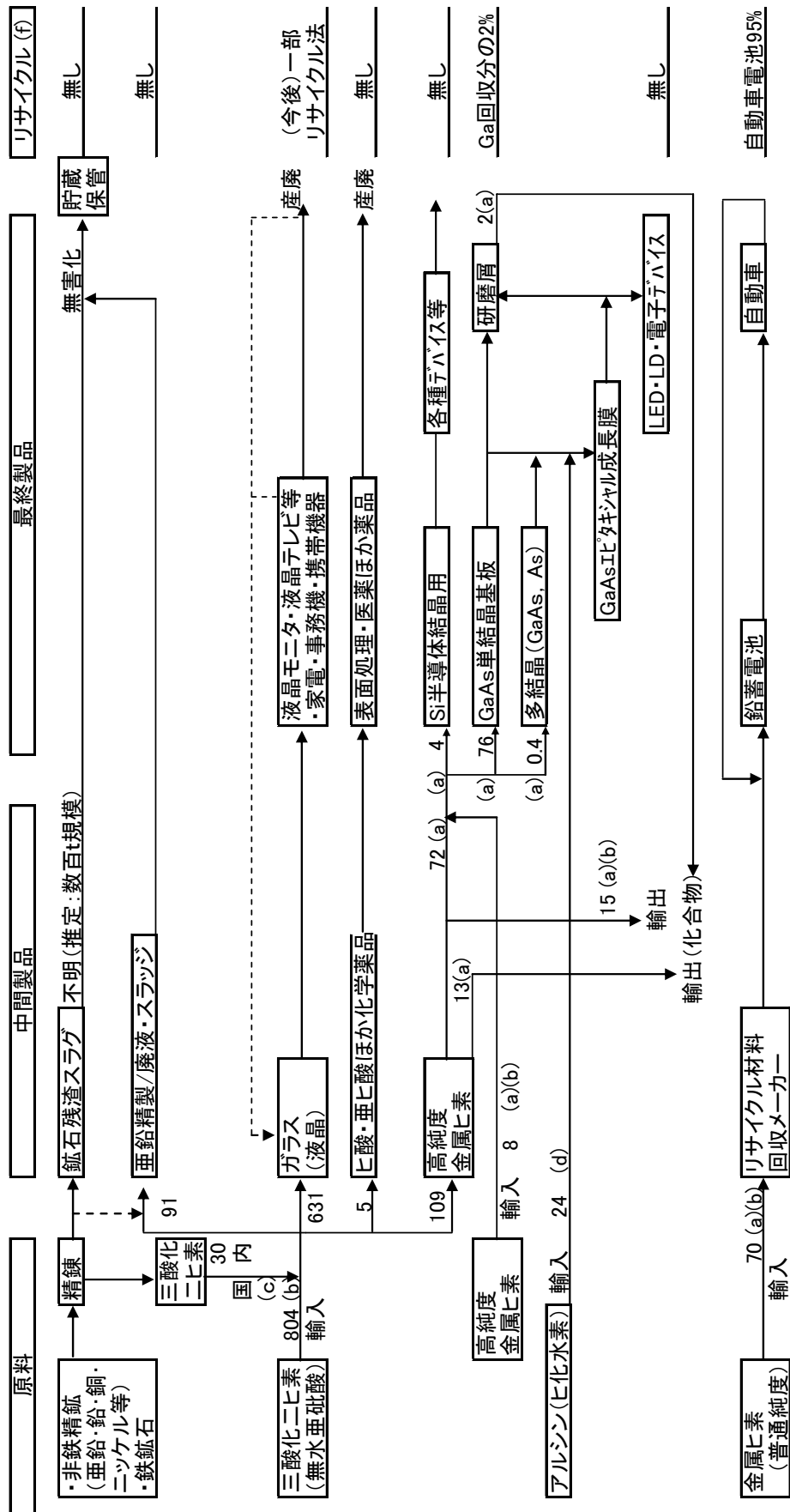
化合物半導体材料では、ごく一部が工程屑として回収リサイクル使用されているが、GaAs 用途の 2%に止まる。これは高価な Ga 材料メーカーが工程屑やスクラップ材料を回収する過程で発生する高濃度ヒ素屑分について、材料メーカーの古河電子が再利用している。しかしながら、GaAs 材料の大部分を占める基板用途でも、研磨工程を経た最終製品にはごく薄い膜として残るだけであり、殆どが研磨屑やスライス屑として廃棄物となる。

鉛蓄電池では自動車用バッテリーが中心でリサイクルシステムが確立されているが、ヒ素としてのリサイクルではないので、ヒ素としてのリサイクルは殆ど無いものと考えられる。

ヒ素(As)

2006年ベース

量の単位:t-As



出典 (a): 古河電子(株)、飯田仁「高純度ヒ素」工業レアメタル, No.123 (20 (b): 財務省貿易統計

(c): U.S.G.S. "2006 Minerals Yearbook"

(無印): (株) マルニー(株) 日本メタル経済研究所推定

(d): (株) ガスジオラマ「ガスジオラマ」(2007) 及び太陽日酸(株) 半導体ガス事業部

リサイクルの現状

ヒ素 (As)

主な応用製品	利用形態	使用済みの存在形態		リサイクル形態		リサイクルの現状評価 (A~G) (注③)	備考 (注④)
		形態	量 (注①) (t)	リサイクルの実態	リサイクルの割合 (%)		
薄型テレビ 液晶モニタ 医薬品 表面処理金属 電気電子製品 ・携帯電話 ・LEDランプ ・レーザー (リモコン・CD・DVD・PC・ETC ・・・)	液晶ガラス	廃家電 廃棄物	(殆ど未発生) 不明(工程屑)	廃ガラス ガラス屑	10~20 (不明)	B,D,G B	家電リサイクル法  極微量 極微量  リサイクルシステム作り Ga回収の付随物 金属ヒ素用途の75%の 基板材料は、最終製品 には殆ど残らない (研磨・スライス消失・ 剥離除去)
	極微量成分 極微量付着	排水・汚泥 同上、廃材	不明(微量) 同上	なし なし	(なし) (なし)	B B	
	半導体薄膜成分 (単結晶・多結晶 基板・エピタキシー)	廃電気製品 研磨屑	不明 2	なし スライス屑 (スクラップ)	(なし) 0.1~0.5	0 2	
	鉛電極材料成分	自動車バッテリー の合金塊・粉	自動車バッテリー(電極:200,000)	製錬メーカー・再 生メーカーでリサ イクル	5~10	95	

注 ①の量の単位:

( )は使用量純分  
その他は発生量純分

②サイクル:

( )内は推定耐用年数  
その他は実リサイクル年数

③現状評価

- A. 応用製品が消耗品である
- B. 添加物として使用されている
- C. リサイクルの流通システムがない
- D. 効果的なリサイクル技術がない
- E. 経済性がない
- F. 需要開発が十分にされていない
- G. その他

④リサイクルのボトルネック

と、解決の難易度  
毒性、保管の危険性の有無等