

## ■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (50)

# ビスマス資源の現状と将来

## Present and Future of Bismuth Resource

日 野 順 三\*

Junzo Hino

### 1. 緒 言

ビスマスは単体で使用されないことから、一般には馴染みの少ない金属のひとつである。しかし、昔から低融点合金材料として使われており、消化促進剤などの医薬品の原料としても使用されてきている。最近では、ビスマス酸化物の特殊な電気的性質を利用して、フェライトやコンデンサの特性向上のための添加剤として使用されており、酸化物高温超電導体の材料としても注目されている。

一方、国内の黒鉛鉱床などには多量のビスマスが賦在しており、現在でも日本は比較的豊富なビスマスの鉱物資源を保有している。しかし、ビスマスは直接鉱石より製錬されることはなく、鉛製錬などの副産物としてのみ回収されていることから、この点が将来のビスマス資源を考える上で、大きな課題となっている。

### 2. ビスマスの物性

ビスマスは表1<sup>1)</sup>に示すように原子番号83の元素で、V族に属していることから、砒素、アンチモンなどと同様に、3価または5価の化合物を作る。これらの化合物の中には、生化学作用を持つものも多い。また、金属ビスマスは融点が271℃と低く、凝固に伴う体積の増加が3.32%と少ない特徴がある。

その他、ビスマスの熱伝導度は水銀以外のいずれの金属よりも低く、金属の中で最も反磁性が強い。また、

磁場の影響を受けるとホール効果によって最も大きい抵抗増加を示し、熱伝導度は減少するなどの金属元素として興味深い特性を有している。

### 3. ビスマス資源

ビスマスは地殻中の存在割合の多い方から65番目の元素で、平均0.2ppm程度含まれている<sup>2)</sup>。ビスマスを含む鉱物として知られているのは、表2に示す自然蒼鉛、輝蒼鉛鉱、蒼鉛華、テルル蒼鉛鉱など10種類である。ビスマスを産する鉱床は気成鉱床、高温交代鉱床、熱水性鉱床が主であるが、単独鉱床を形成することはなく、ビスマスだけが採掘の対象となっている鉱床はない。ビスマスの多くは鉛・亜鉛鉱床、錫・タングステン鉱床、金鉱床などに賦在している。

全世界のビスマス資源量の1993年度の推定値<sup>3)</sup>は246千トンと見積られており、図-1に示すように主な保有国としてはペルー、中国、カナダ、オーストラリア、メキシコ等が挙げられる。

また、日本のビスマス資源量は18千トンと推定されており、世界第6位のビスマス資源を保有している。1989年度の資源統計では、日本のビスマス資源として58千トンが見積もられ、世界の資源量の約3分の1が日本に賦在していることになっていたが、現在では日本の推定資源量が大幅に減少している。この原因は、ビスマス含有量が多い国内の鉱山の閉山によって回収可能埋蔵量が減少したことによる。現在の非鉄金属鉱

表1 ビスマスの物理的性質

原子番号	83	比熱20℃ (cal/g/°C)	0.0294
原子量	209	熱伝導度 (cal/cm/cm <sup>2</sup> /°C/sec)	0.02
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	9.8	電気抵抗 0℃ (microhm/cm)	106.8
融点 (°C)	271.4	比熱弾性係数 (psi)	4.6×10 <sup>6</sup>
沸点 (°C)	1,560	凝固時の体積増加 (%)	3.32

\* 日鉱金属(株)金属事業本部プロジェクト部技師長  
〒105 東京都港区虎ノ門2-10-1

表2 ビスマス鉱物

鉱物名		化学式	Bi含有率 (%)
和名	英名		
自然蒼鉛	Native Bismuth	Bi	95~100
輝蒼華	Bismite	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	90
輝蒼鉛鉱	Bismuthinite	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	81
泡蒼鉛	Bismutite	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ・CO <sub>2</sub> ・H <sub>2</sub> O	79
エンプレタイト	Emplective	Cu <sub>2</sub> S・Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	62
テトラディマイト	Tetradymite	Bi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub> S	59
マチルダイト	Matildite	AgBiS <sub>2</sub>	55
テルル蒼鉛鉱	Tellurobismuthite	Bi <sub>2</sub> Te <sub>2</sub>	52
幌別石	Horobetsuite	(Bi, Sb) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	52
閃蒼鉛銅鉱	Wittichenite	Cu <sub>3</sub> BiS <sub>3</sub>	42

世界資源量合計 246,000 t

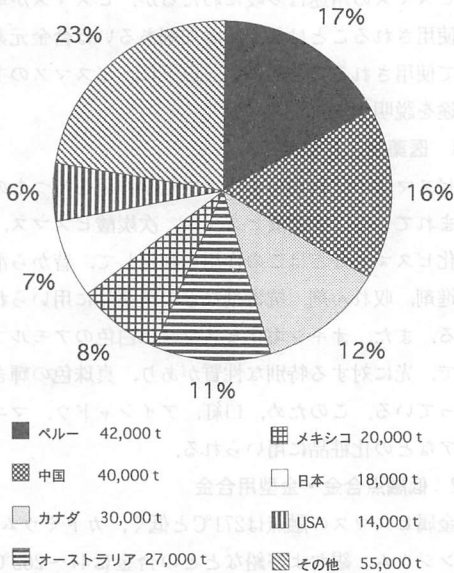


図-1 世界のビスマス資源量

山を取り巻く厳しい経済環境が続くことになれば、今後さらに回収可能な埋蔵量が減少するものと予想される。

#### 4. ビスマス製錬

世界の主要ビスマス製錬会社としては表3<sup>4)</sup>に示す会社が挙げられる。1992年度の自由世界のビスマス生産量<sup>5)</sup>は図-2に示すように2,629tで、ベルギー、北アメリカ(米国、カナダ、メキシコ)、日本、ペルーの生産量が多い。

日本におけるビスマス製錬会社<sup>6)</sup>は表4に示す6社で、各社の製錬能力の合計は69t/月、1993年には496t

表3 海外の主要ビスマス製錬会社

国名	会社名
アメリカ	ASARCO, Zinc Corp of America
カナダ	Cominco, Noranda
メキシコ	Industrias Penoles SA, Industria Minera Mexico SA
ボリビア	Comibol
ペルー	Centromin Peru
イギリス	Mining & Chemical Products Ltd.

生産量合計 2,629 t/年

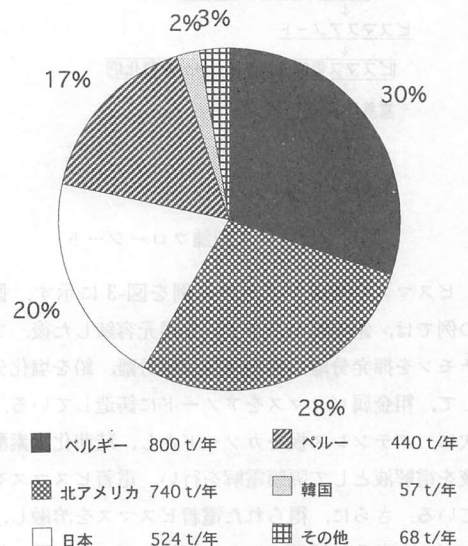
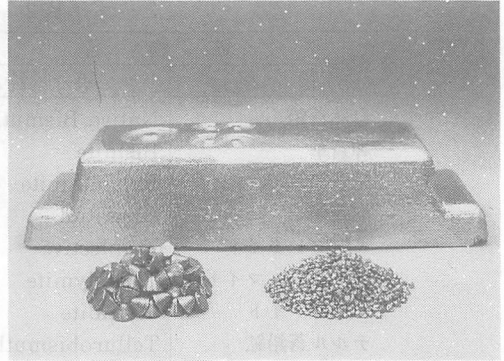


図-2 自由世界のビスマス生産量 (1992年度)

のビスマス地金を生産した。国内の製錬所は、いずれも鉛製錬の電解工程で発生するスライムに濃縮したビスマスを原料として製錬し、副産物として回収しており、ビスマスを鉱石から直接製錬しているところはない。

表4 国内のビスマス製錬会社と生産能力

会社名	工場所在地	生産能力 (t/月)
小坂製錬株式会社	秋田県小坂町	15
神岡鉱業株式会社	岐阜県神岡町	25
日鉱金属株式会社	大分県佐賀関町	10
東邦亜鉛株式会社	広島県契島	7
細倉製錬株式会社	宮城県細倉町	6
住友金属鉱山株式会社	愛媛県別子町	6



写1 ビスマス地金製品写真

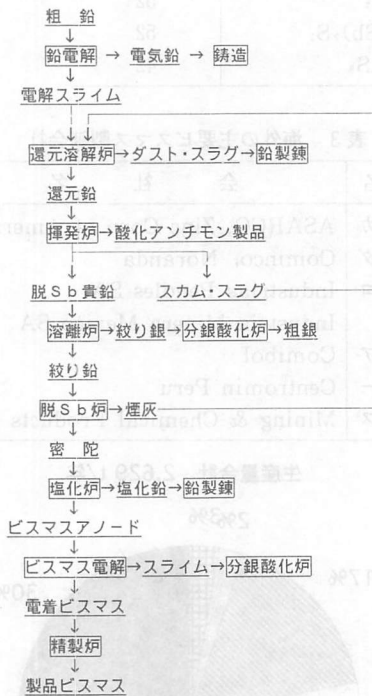


図-3 ビスマス製錬フローシート

ビスマスの製錬プロセスの例を図-3に示す。図-3の例では、鉛電解のスライムを還元溶錬した後、アンチモンを揮発分離、貴金属を溶解分離、鉛を塩化分離して、粗金属ビスマスをアノードに鑄造している。次に、ステンレス板をカソードとし、珪弗化水素酸溶液を電解液として隔膜電解を行い、電着ビスマスを得ている。さらに、得られた電着ビスマスを溶融し、インゴットあるいはショットに鑄造して、ビスマス地金製品としている。ビスマス地金製品の写真を写1に示す。国内のビスマス地金製品の純度は99.99%以上で、含有する不純物としては銀、銅、鉛、鉄などで、いずれも数ppm程度である。

## 5. ビスマスの用途

ビスマスの用途は多岐にわたるが、ビスマスが単独で使用されることはなく、添加剤あるいは合金元素として使用されることが多い。以下に、ビスマスの主な用途を説明する<sup>1, 5)</sup>。

### 5.1 医薬品・化粧品

ビスマスの化合物の中には生化学作用を持つものが含まれている。次硝酸ビスマス、次炭酸ビスマス、三塩化ビスマスなどはこの作用を利用して、昔から消化促進剤、収れん剤、抗毒剤などの医薬品に用いられている。また、オキシ塩化ビスマスは白色のアモルファスで、光に対する特別な性質があり、真珠色の輝きを持っている。このため、口紅、アイシャドウ、マニキュアなどの化粧品に用いられる。

### 5.2 低融点合金・金型用合金

金属ビスマスの融点は271℃と低く、カドミウム、インジウム、錫および鉛などとの合金は47～262℃の低温で溶解することから、低融点合金として自動消化装置（スプリンクラー）の口金、ヒューズ、ハンダなどに用いられている。また、凝固時の体積増加が3.32%と少ないため、この特徴を活かして金型用合金にも使用されている。

### 5.3 冶金添加剤

アルミニウムにビスマスを添加すると、加工時の切り屑がチップ状となり、切削時の能率アップとなることから、切削性の向上のための添加剤としての用途も大きい。また、可鍛鑄鉄の加工特性向上のために添加されているが、最近では新しい用途として切削性の向上のために鉄鋼への添加も行われるようになっている。

### 5.4 フェライト

近年使用量が増加してきている電子工業の分野では、

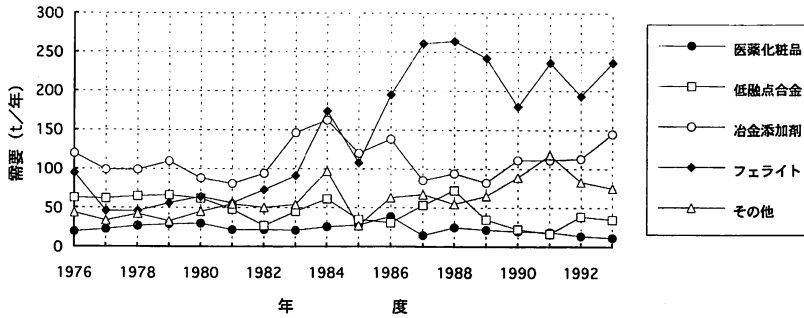


図-4 ビスマス国内需給推移

バリウムフェライトの電気特性を安定させるために、酸化ビスマスの形で添加されるほか、セラミックコンデンサに添加して電気特性の改善に使用されている。その他、酸化亜鉛系セラミックバリスタのバリスタ特性を顕現させ、電圧非直線指数および非直線抵抗を大きくするために、酸化ビスマスの形で添加されている。

ビスマスの新しい用途として、今後の需要が期待されているものの一つが触媒としての用途である。リンモリブデン酸ビスマスの形でプロピレンからアクリロニトリルを生産する際の触媒として使用されているほか、有機合成・分解・重合などの反応触媒として注目されている。

また、SAW素子やシンチレータ材料としてのゲルマン酸ビスマス、半導体熱電材及び熱電素子としてのビスマス・テルル化合物、ビスマス・セレン化合物の用途もあり、今後の需要の伸びが期待される。

6. ビスマスの需要と生産

6.1 ビスマスの需要

図-4 に国内で生産されたビスマスの用途別の需要推移<sup>6)</sup>を示す。医薬化粧品の国内需要は年間20~30t程度で推移してきているが、近年やや減少気味である。世界のビスマス需要では、医薬化粧品向けのビスマス需要が多く<sup>7)</sup>、年間1,000t程度あるが、ビスマス塩系の整腸剤が神経障害を起こすおそれがあるとされ、フ

ランスで販売制限を受けたことなどにより、近年需要が減少してきている。

低融点合金向け国内生産ビスマスの需要は年間20~70tで変動しているが、表5<sup>8)</sup>に示す輸入金属ビスマスの用途の主体が、この低融点合金とみられることから、実際の国内需要は年間100~200tと推定される。また、冶金添加剤としての国内需要は80~160tで、やや増加傾向にある。近年、急激に需要が増加している用途にバリウムフェライトへの添加があり、1980年代の前半に50t程度しかなかった需要が、現在では250t前後まで増加しており、ビスマスの最大の国内需要となっている。

日本全体のビスマス需要推移については、1987年以前の輸入通関資料がないため、詳細は不明であるが、1970年代300~400t程度前後だったものが、1980年代後半になって急増したものと推定される。1989年には最大の年間862tの需要を記録したが、その後需要増加の主因であるフェライト向けの需要減退により徐々に減少し、1992年度には年間516tまで減少している。

6.2 ビスマスの生産と価格

国内のビスマス生産量の推移<sup>6)</sup>を図-5に示す。1970年代後半は豊富なビスマス資源を背景に、年間600t以上も生産していたが、1980年代に入って国内需要の減少によって400~500tに減産した。その後、1985~1986年にはフェライト向け需要が急増したことにより、

表5 ビスマスの輸入量推移 (単位:t/年)

国名	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年
中国	182	136	0	49	35
韓国	109	95	116	88	29
ペルー	18	12	17	19	4
メキシコ	12	120	14	11	1
その他	5	45	33	14	5
合計	326	408	180	181	74

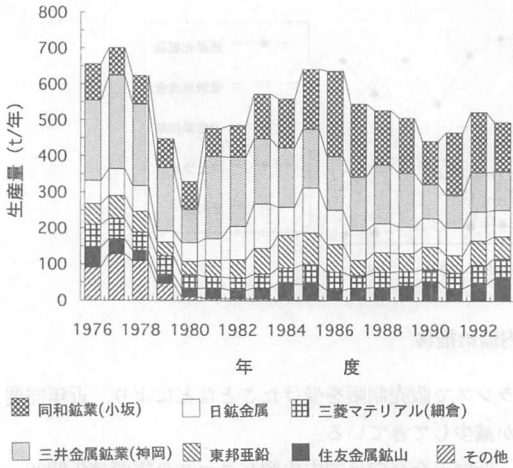


図-5 国内ビスマス生産量推移

生産量は再び650t前後まで増加した。しかし、それ以降ビスマス生産量は減少に転じ、現在では鉛需要の減退に伴う鉱石出の鉛製錬の衰退によって、ビスマスの生産量も減少傾向にあり、500t前後の生産量となっている。

自由世界のビスマス生産量<sup>5,9)</sup>は、表6に示すように1987年の3,676tをピークに、現在では2,600tまで減少している。また、ビスマスの国際価格の推移を図-6<sup>10)</sup>に示す。ビスマス価格はこの10年間で1.5~5.5\$/lbの大幅な変動を示している。この期間では1984~1985年と1988~1989年の2回価格が暴騰しているが、この原因の一つに日本のフェライト需要の急増によるビスマス地金の輸入の増加が挙げられている。

以上のように、ビスマスの需要は1980年代の途中より、電子産業の発展に伴うフェライトなどの用途増加により急増し、それに伴ってビスマス生産量も増加してきた。ビスマス価格は需要の急増に生産が追従できなかった時期に暴騰したこともあるが、基本的には需



図-6 ビスマス価格推移

要に応じて生産が追従可能であったため、価格の長期にわたる高騰は生じていない。現在はビスマスの国内需要がやや停滞気味であり、生産量も鉱石出の鉛製錬の衰退傾向により、ここ数年減少している。

### 7. ビスマス資源の将来

ビスマスの資源寿命はわずか12年しかないと報告した資源統計資料<sup>11)</sup>もあるが、ビスマス資源の未調査の地域も多く残っており、今後の資源量の増加も期待できる。また、当面の需要増加もそれほど大きくないと予想されることから、近い将来ビスマスの鉱物資源そのものが枯渇するおそれは少ないと予想される。

一方、ビスマス地金の生産については、一般の金属製錬と異なり、鉱石から直接製錬されることはなく、他のベースメタル製錬の副産物として回収されている。国内の製錬所の場合には、銅、鉛、亜鉛精鉱などに含まれる微量のビスマスを、それぞれの製錬工程を通じて主として粗鉛中に濃縮し、鉛電解スライムを経てビスマス地金としている。したがって、ビスマスの生産は鉛製錬操業の影響を直接に受けていると言える。

近年、鉛の環境規制が強化されるなどの要因により、鉛の需要が減衰する傾向にあり、鉛価格の低迷に伴っ

表6 自由世界のビスマス生産量 (推定)

(単位:t/年)

国 名	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
ベルギー	429	392	614	989	847	1,040	795	995	780	800
北アメリカ※	869	957	822	789	840	750	700	700	570	740
日 本	574	560	643	637	546	528	507	443	467	524
ベ ル ー	526	651	738	605	413	360	640	520	580	440
韓 国	111	162	160	174	190	190	160	125	90	57
そ の 他	229	187	367	347	840	535	568	95	55	68
合 計	2,738	2,909	3,344	3,541	3,676	3,403	3,370	2,878	2,542	2,629

※) 米国, カナダ, メキシコの合計

て、世界的に鉛生産量も減少する傾向にある。国内では、さらに為替の影響を受けて製錬収入が減少することから、鉛製錬事業の見直しが始まっている。既に、鉛製錬事業から撤退した製錬所や鉛精鉱からの製錬を中止し、再生鉛のみ製造する製錬所も現れており、今後さらに国内の鉛製錬は統配合され、製錬能力の低下が予想される。

鉛製錬能力の低下に伴って、結果的に国内のビスマス製錬能力も低下することになり、鉱物資源の保有にもかかわらず、将来の国内ビスマス生産量は減少する傾向にある。したがって、ビスマス需要が増加した場合の対策として、鉛製錬を必要としないビスマス製錬技術が必要で、その開発が今後の課題となっている。

また、新しいビスマス資源としてリサイクルが考えられるが、現状はわずかにモリブデン酸ビスマスからオキシ塩化ビスマスへの回収が行われている程度で、本格的なリサイクルが実施されていない。これはビスマスが少量の添加剤として使用されていることが多く、小型部品の一部として一般家庭に分散しているため、効率的な回収が難しいことによる。将来のビスマス資源の確保の一環として、効率的なリサイクルシステムの開発が必要な時期に来ている。

## 8. 結 言

ビスマスは国内の鉱物資源が比較的豊かであり、鉱

物資源の少ない日本にとっては、数少ない自給率の高い金属の一つである。しかし、ビスマスは直接鉱石より製錬されることはなく、鉛製錬などの副産物として回収されているにすぎない。

現在、国内の鉛製錬を取り巻く経済環境は極めて厳しく、長期的に見ても衰退傾向にあることから、これまでのビスマスの生産量を維持し、国内需要に応じたビスマス資源を確保することは非常に難しくなっている。したがって、将来のビスマス資源を安定して確保するために、鉛製錬を必要としないビスマス製錬技術の開発とリサイクルシステムの確立が今後の大きな課題となっていると言えよう。

## 参 考 文 献

- 1) 新金属データブック 金属時評編集部編。
- 2) 『レアメタル資源』小林幸二郎, 日本鉱業協会発行。
- 3) Mineral Commodity Summaries 1984~1993.
- 4) Roskill's Metals Databook, Roskill Information Services Ltd, London.
- 5) 工業レアメタル, アルム出版社 No.107, 1993 pp.141~142 他。
- 6) 日本鉱業協会統計資料。
- 7) Metal Statistics 1985~1992, American Metal Market, Diversified Publishing Group, ABC Inc.
- 8) 通関統計資料。
- 9) Mineral Industry Survey, US Bureau of Mines.
- 10) Metal Bulletin Handbook, Metal Bulletin.
- 11) Mineral Facts & Problems 1985.

協賛行事ごあんない

## 「超高温材料シンポジウム (VIII)」について

1. 主 催 (株)超高温材料研究センター他
2. 後 援 通産省中国通産局 他 (予定)
3. 日 時 平成 6 年 5 月 19 日 (木)・20 日 (金)
4. 会 場 (シンポジウム, 交流会)  
国際ホテル宇部 (山口県宇部市西区小串)
5. 参加予定人員 約 200 名
6. 参加費 17,000 円 (資料費, 交流会参加費等)
7. 問い合わせ先 (実行委員会事務局)  
(株)超高温材料研究所 山口研究所  
(〒755 宇部市沖宇部 573-3,  
TEL 0836-51-7160)