

■ シリーズ特集 ■

明日を支える資源 (27)

ガリウム・インジウム資源の現状と将来

Present Status and Prospect of Gallium and Indium Resources

金 谷 浩 一 郎*

Koichiro Kanaya

はじめに

ガリウム・インジウムは、19世紀後半に発見された比較的歴史の浅い金属である。インジウムは、1863年セン亜鉛鉱(Zincblende)から、分光法でその存在が確認された。ガリウムは、Mendeleevが1869年周期律表を発表した時、エカアルミニウム(ekaaluminium)と称し、存在を予言していた。1875年同じくセン亜鉛鉱から、金属ガリウムとして回収された。

ガリウム・インジウムは、或る種の鉱石に微量に随伴し、副産物として産出される。産出量も少なく、かつては工業的利用も殆んどされていなかった。例えば、ガリウムは高温度用温度計や水銀の代用として歯科用アマルガム材、等であり、インジウムはメッキ材や、低融点合金材、等の限定された分野であった。

しかし、約30年程前から、これらの金属がⅢ-V族化合物半導体の素材として、最近では酸化物や塩類が、電子材料として注目を浴びて来た。

機能材料としての活用は、極く最近の事であり、純度を6N~7N(99.9999%~99.99999%)へと高める高純度精製技術が確立されたのも、ここ10数年の間のことである。

ガリウム・インジウムの資源を見ると、それらを単独に、或いは主たる成分として含有する鉱石は殆んど存在しない。他の金属を産出する際の副産物として、生産されているのが現状である。

エレクトロニクス時代を迎え、ガリウム・インジウムの需要が広がりを見せる今、それら資源の現状と将来の需給を展望して見る。

1. 特性と用途

1.1 ガリウム・インジウムの性質

ガリウムは、原子番号31, 原子量69.72, 比重5.913

(25°C), 融点29.75°C, 沸点2400°C. 融点が水銀・セシウムに次いで低いこと、通常の金属は、液体から固体に変化すると体積が減少するが、ガリウムは、3.2%体積が膨張することが特徴である。化学的には、アルミニウムに類似した両性元素で、酸・アルカリに水素を発生して溶解する。固体ガリウムは、帯青銀色を呈し、水中や空气中で比較的酸化を受けない。

インジウムは、原子番号49, 原子量114.82, 比重7.282 (24°C), 融点156.4°C, 沸点2100°C, ブリネル硬さ1.19. 融点がガリウムに次いで低く、爪先で傷が付く程軟かいのが特徴である。酸には溶解するがアルカリには不溶。固体インジウムは銀色を呈し、空気中では安定だが、水に接すると金属光沢を失う。

1.2 ガリウム・インジウムの用途

1.2.1 ガリウム¹⁾

- 1) 高純度ガリウム使用の大部分は、GaAs, GaPのⅢ-V族化合物半導体基板や基板のエピタキシャル原料。
- 2) 低融点合金としてSn, Zn, In等と合金材。
- 3) 強磁性磁石への添加材。
- 4) 塩化ガリウムは、有機合成反応の触媒
- 5) Ga₂O₃-Al₂O₃-MgO系でカラーTVの発光体。ガドリニウム・ガリウムガーネット(3G)として、磁気バブルメモリー素子基板。

1.2.2 インジウム²⁾

- 1) 高純度インジウムは、InP, InSb, InAsのⅢ-V族化合物半導体基板や、基板のエピタキシャル原料。
- 2) 低融点合金としてSn, Ga等と合金材。
- 3) 撮像管のターゲットリング
- 4) 透明電極(ITO:インジウム・スズの酸化物とし、ガラスの曇防止材。)
- 5) InBO₃を母材としたTVの蛍光体。

2. 原料・資源

2.1 地殻における含有量と鉱床

* 同和鉱業(株)中央研究所取締役所長

〒192 八王寺市戸吹町277-1

地殻におけるガリウムの存在度は、15ppmであるが、特にガリウムが濃縮された鉱石は、殆んど存在しない。地殻中の主成分の一つであるボーキサイトに、微量含まれる他、セン亜鉛鉱石にも微量含まれる。典型的分散元素である。

一方、インジウムの存在度は、0.1ppmと非常に稀な金属である。その所在は、ガリウムと同じアルミニウム族に属しながら、アルミニウムの存在に無関係である。インジウムが濃縮された鉱石は殆んど存在しない、硫化された亜鉛・銅・鉛鉱中に微量含まれる。

2.2 ガリウム・インジウム鉱物と鉱床

2.2.1 ガリウム鉱物と鉱床

鉱物として発表されているのは、アフリカ産のGallite (CuGaS_2) があり、同所産の亜鉛・銅・鉛鉱中のGermaniteに、0.1~0.8%含有する³⁾と云われるが、鉱量等不明である。ガリウムの主たる原料は、ボーキサイトであり、含有量は10~100ppmで、平均的に50ppmと云われる⁴⁾。表1⁴⁾に、ボーキサイトの国別埋蔵量と、ガリウム埋蔵量を示す。

南アフリカ、インド、スリナム産のボーキサイト中に、比較的多く含有する。又、日本を除く多くの国が、ボーキサイトを所有しており、各国とも潜在的回収能力を保有していると言えよう。

セン亜鉛鉱にも1~100ppm含まれている。セン亜鉛鉱の世界の増産量1億5千万tから推定されるガリウム埋蔵量は、7,400t⁴⁾と言われる。

日本では、秋田県の黒鉱鉱床からの亜鉛精鉱中に、50~80ppm含有されており⁵⁾、唯一ガリウムが回収されている。

その他、リン鉱石、石炭煙灰中にも含まれているが、回収はされていない。

2.2.2 インジウム鉱物と鉱床

インジウムを主成分とした鉱物はあまり知られていない。錫石鉱物のRoquesite, Inditeがあり、その他Dzhalindite, 桜井鉱がある⁶⁾。しかし、それらは稀産鉱物であり、商業的に問題にならない。

インジウムが、鉱床を作っていることはなく、亜鉛、銅、鉛の硫化物鉱石中に、微量に存在しているのが現

表1 世界のガリウム埋蔵量

Country	Bauxite reserves, 10 ⁶ mt	Bauxite reserve base, 10 ⁶ mt	Gallium content, pct	Gallium reserves, ² mt	Gallium reserve base, ² mt
Australia	4,440,000	4,600,000	0.006	106,560	110,400
Brazil	2,800,000	2,900,000	.005	56,000	58,000
Cameroon	680,000	800,000	.004	10,880	12,800
China	150,000	150,000	.006	3,600	3,600
Dominican Republic	30,000	45,000	.004	480	720
France	30,000	40,000	.003	360	480
Germany, Federal Republic of	2,000	2,000	.003	24	24
Ghana	450,000	560,000	.003	5,400	6,720
Greece	600,000	650,000	.003	7,200	7,800
Guinea	5,600,000	5,900,000	.003	67,200	70,800
Guyana	700,000	900,000	.005	14,000	18,000
Haiti	10,000	14,000	.004	160	224
Hungary	300,000	300,000	.003	3,600	3,600
India	1,000,000	1,200,000	.007	28,000	33,600
Indonesia	750,000	805,000	.004	12,000	12,880
Italy	5,000	5,000	.003	60	60
Jamaica	2,000,000	2,000,000	.006	48,000	48,000
Malaysia	15,000	15,000	.003	180	180
Mozambique	2,000	2,000	.003	24	24
Pakistan	20,000	20,000	.003	240	240
Romania	50,000	50,000	.003	600	600
Sierra Leone	140,000	160,000	.004	2,240	2,560
Spain	5,000	5,000	.003	60	60
Suriname	575,000	600,000	.008	18,400	19,200
Turkey	25,000	30,000	.003	300	360
U.S.S.R	300,000	300,000	.005	6,000	6,000
United States	38,000	40,000	.007	1,064	1,120
Venezuela	320,000	350,000	.003	3,840	4,200
Yugoslavia	350,000	400,000	.003	4,200	4,800
Zimbabwe	2,000	2,000	.003	24	24
Other	200,000	200,000	.003	2,400	2,400
Total	21,589,000	23,045,000	NAp	³ 400,000	³ 430,000

NAp Not applicable.

¹Reserve base includes reserves.

²Based on a 40-pct gallium recovery.

³Rounded.

状である。

主な鉱床はセン亜鉛鉱で10～20ppm、時として1%含むことがあり、黄銅鉱、四面銅鉱が0.15%含むことがある⁷⁾。ボリビアの亜鉛鉱床では0.2～0.3%含むことも報告されている⁷⁾。

日本では、秋田県の黒鉱鉱床中の亜鉛精鉱に、50～80ppm存在し⁵⁾、又北海道の亜鉛鉱床にも含まれており、それぞれ回収されている。

3. 世界の鉱石の需給

3.1 ガリウム

3.1.1 ガリウム鉱石の埋蔵量¹⁾

表1、のボーキサイト埋蔵量から推定される、世界全体のガリウム埋蔵量は、回収率40%で計算し40万tと言われる。この量に、セン亜鉛鉱より推定されるガリウム量7400tを、加算した量が実質的量となる。ボーキサイトからの量が圧倒的に多いことが判る。

ガリウム資源国を見ると、第一位はオーストラリア11万t(埋蔵量の27%)、第二位ギニア7万t(17%)、第三位ブラジル6万t(14%)、第四位ジャマイカ5万t(12%)、第五位インド3万t(7%)、であり、上位5ヶ国で全埋蔵の76%を占めている。

3.1.2 ガリウムの生産量⁴⁾

鉱石からの主要生産国を表2に、再生ガリウムの主

要生産国を表3に、それぞれ示した。

生産量は、1987年で見ると、第一位フランス14t(36%)、第二位西独7t(18%)、第三位中国6t(16%)、第四位日本5t(13%)、第五位チェコスロバキア3.2t(8%)で、生産量の合計は38.7tである。(注：日本は10tとも言われる)。資源国が必ずしも生産国でない。アルミ精錬工場から出るバイヤー液(ガリウム濃縮液)や、ガリウムを含む中間製品が、他国で精製されていることもあるからである。

再生ガリウムとは、化合物半導体の基板からデバイスを製造する各工程で、必然的に発生するメタル屑や研磨屑を、再精製して金属ガリウムとしたものである。再生ガリウム産出量は、同じく1987年で見ると、日本が第一位7t(40%)、第二位カナダ5t(29%)、第三位アメリカ2.4t(14%)で、合計17.4tにも達している。資源小国日本に取り、再生ガリウム原料は非常に大切な資源である。

3.1.3 ガリウムの需要^{1), 8), 9)}

自由世界における需要を表4、に示す。1985年～1987年の需要の伸び率は、前年比5%、9%、13%であり、1987年の需要量は56～61tであった。

需要国内訳は、1987年に日本が38t(65%)と、圧倒的需要国になっている。日本が電子工業の分野で、優位を保っていることと、密接な関係にあると言える。

表2 世界のガリウム生産量^{a)} (kg)

Country	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
China	3,000	3,400	2,600	5,100	3,500	5,000	6,000	6,000
Czechoslovakia	500	1,650	1,700	2,000	2,500	3,300	3,000	3,200
France	4,300	4,600	3,700	7,000	8,500	9,500	15,500	14,000
Germany, Federal Republic of	2,300	3,000	4,000	5,300	6,000	5,500	7,000	7,000
Hungary	1,500	1,500	2,000	3,000	3,000	2,800	3,200	3,000
Japan	3,000	3,000	3,000	3,000	10,000	10,000	10,000	5,000
Norway	0	0	0	0	0	0	0	500
United States	3,000	1,500	1,560	0	0	0	1,750	W
Total	17,600	18,650	18,560	25,400	33,500	36,100	45,450	38,700

^{a)} Estimated. W Withheld to avoid disclosing individual company proprietary data.

¹⁾ Reported figure.

²⁾ Excluding U.S. production.

表3 世界の再生ガリウム生産量^{a)} (kg)

Country	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Canada	0	0	0	0	0	0	0	5,000
Germany, Federal Republic of	500	500	700	1,000	2,100	1,500	1,500	1,500
Japan	3,000	5,000	4,000	5,000	7,000	4,000	9,000	7,000
United Kingdom	200	300	800	1,000	1,000	1,000	1,500	1,500
United States	0	0	0	0	0	0	0	2,400
Total	3,700	5,800	5,500	7,000	10,100	6,500	12,000	17,400

^{a)} Estimated.

¹⁾ New scrap only.

表4 世界のガリウム需要 (t)

国名	1984年	1985年	1986年	1987年
日本	30	36	32	38
アメリカ	12~13	5~6	15	13~16
ヨーロッパ	2~3	5~7	5	5~7
合計	44~46	46~49	52	56~61

う。

3.2 インジウム

3.2.1 インジウム鉱石の埋蔵量⁷⁾

発表されている資源量と埋蔵量を表5、表6に示した。

資源量で3,000t、埋蔵量は1983年現在で、1,555tと報告されている。驚くべき小量であり、資源の枯渇が心配される金属の一つである。他の資源同様、カナダ、アメリカ、ヨーロッパに偏在している。表には、中国の埋蔵量について触れていないが、1987年の輸入通関によると、日本に8.5t輸入されており、かなりの資源

表5 世界のインジウム資源量

国名	数量 (t)	比率 (%)
北アメリカ		
カナダ	570	19
メキシコ	60	2
アメリカ	600	20
その他	60	2
南アメリカ	240	8
ヨーロッパ	630	21
アフリカ	210	7
アジア	300	10
オセアニア	330	11
全世界合計	3,000	

出典：80MFP

表6 世界のインジウム埋蔵量

国名	数量トン	%
1. カナダ	280	18
2. アメリカ	156	10
3. ベル	62	4
4. ソ連	62	4
5. 日本	31	2
日本	31	2
上位5ヶ国計	591	38
全世界計	1,555	

出典：Mineral Commodity Summaries 1983

国であることをうかがわせる。

3.2.2 インジウムの生産量¹⁰⁾

主な生産国と生産量を表7に示す。1986年では、第一位日本18t (28%)、第二位ベルギー14t (22%)、第三位フランス12t (18%)で、その総生産量は65tである。統計されたものはないが、ガリウムと同様に再生インジウムも計上されていると思われる。

表7 世界のインジウム生産量 (t)

国名	1983年	1984年	1985年	1986年
アメリカ	10	3	0	0
カナダ	3	3	3	3
ベルギー	12	12	14	14
フランス	4	5	12	12
イタリア	4	5	8	8
日本	14	15	16	18
その他自由圏	2	2	4	2
共産圏	6	7	8	8
合計	55	52	65	65

3.2.3 インジウムの需要¹⁰⁾

世界のインジウム需要は、1983年 (45t)、1984年 (51t)、1985年 (60t)、1986年 (65t) と、年率10%前後の伸びを示している。

国別では需要の60%が、アメリカ・ヨーロッパであり、30%が日本と云われているが、日本が50%を越えているとの見方もある。

4. 日本のガリウム・インジウム資源の供給と需要の変遷

日本のガリウム生産が諸に付いたのは、昭和27年で当時の石炭総合研究所が、通産省の要請により、石炭煙灰からゲルマニウムを回収する研究に入った時であった。

一方インジウムの歴史は不明だが、日本のインジウム需給統計が、公式に通産省で取られたのは、1987年1月からであった。

4.1 日本のガリウム需給推移^{1), 8), 9), 10)}

日本のガリウム需給推移を表8に示す。

日本が世界最大の需要国であることは、先に述べた。供給を1987年で見ると、国産の鉱石から10t、再生されたものが16t、の計26tであり、輸入された16tを加え42tであった。需要は同年で38tであり、差量の4tは在庫になったと思われる。一見すると、供給過剰に見えるが、資源的には需要の25%の自給率でしかない。

表8 日本のガリウム需給推移 (t)

需 給		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
需 要		—	—	—	—	—	30	35	32	38
供 産	国 産 石 (6N)	2.0	2.5	3.0	3.0	3.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	再 生 (6N)	1.5	3.5	5.0	4.0	5.0	7.0	10.0	10.0	16.0
	計	3.5	6.0	8.0	7.0	8.0	17.0	20.0	20.0	26.0
給 入	6 N	4.5	3.5	3.5	2.5	4.8	7.4	8.5	7.0	11.2
	3~4N	1.3	4.5	5.5	6.6	9.4	6.3	8.1	6.3	4.9
	計	5.8	8.0	9.0	9.1	14.2	13.7	16.6	13.3	16.1
	合 計	9.3	14.0	17.0	16.1	22.2	30.7	36.6	33.3	42.1

—: 数量不明

日本では、同和鉱業が亜鉛鉱石から、住友化学工業がボーキサイトから、それぞれ生産しているだけである。低品位物を輸入し高純度化したり、再生ガリウム精製を行っているのは、同和鉱業、住友化学工業、ラサ工業、住友金属鉱山、等である。

国産ガリウムの増産は、主金属の亜鉛やアルミニウムの増産を行わない限り、副産物のガリウム単独の増産は難しいものがある。

4.2 日本のインジウム需要推移²⁾

日本のインジウム需給推移表9に示す。

供給が1987年では、国産が27t、輸入は31tの計58tであった。需要は1985年の22tから、1986年には一挙に40tに上昇した。

インジウム資源が亜鉛、銅、鉛鉱石であり、ガリウムに比し生産量は高いと思われる。日本では日本鉱業、同和鉱業がセン亜鉛から生産しており、三井金属、三菱金属も生産している。

表9 日本のインジウム需給推移 (t)

需 給		1983	1984	1985	1986	1987
需 要		13.0	18.4	22.0	40.2	47.8
供 給	国 産	14.0	15.0	16.0	18.0	27.2
	輸 入	4.0	1.0	8.0	21.5	31.0
	計	18.0	16.0	24.0	39.5	58.2

5. ガリウム・インジウム資源の将来

5.1 ガリウムの需給の将来

ガリウム需要が、日本、アメリカ、ヨーロッパに限定され、しかも日本がその60%を占めている。ガリウムが電子材料の素材であり、日本の電子業界の優位性が、現在のまま推移するならば、日本の需要が、世界

の需給を支配すると云っても過言ではない。

日本の将来の需要予想¹⁾をベースに、世界の需要を予想し、表10に示す。

表10 世界のガリウム需要予想 (t)

国 別	1992	1997
国 産	53	87
外 国	30	58
計	83	145

1997年には世界の需要が約150tと予想される。供給は、ボーキサイトを原料に、自由圏ではアメリカ、フランス、西独、ノルウェーが、共産圏ではハンガリー、チェコスロバキア、中国が、最近ではインドが、それぞれ増産や新規生産を、相次いで発表している。それらを合計すると150tを越える勢いであり、供給が需要を上回ることも予想される。

5.2 インジウム需要の将来

インジウムも需要が、電子材料素材として高まっているが、ガリウム委用途に偏りが無い。従来の用途は、成長の伸びは鈍くとも一定の需要は期待され、成長率が高いのは、電子材料関連と思われる。日本の将来の需要予想¹⁾をベースに、世界の需要を予想し、表11に示す。

表11 (t)

国 別	1992	1997
国 産	67	94
外 国	67	94
計	134	188

1983年現在のインジウム資源は3,000t、埋蔵量、1,555tと報告されていることは前述した。1983年～

1986年の間の生産量は237tと、すでに埋蔵量の15%を使用したことになる。不思議なことに、資源の枯渇を心配する声を聞かない。最近、世界の大手メーカーは増産を発表しており、カナダでは1989年中に31t、アメリカでも1990年迄に31t生産するとのことである。1,555tの埋蔵量の根拠は不明だが、あまりにも低い評価と思われる。しかし、非常に少ない資源であることも、間違いのない事実であろう。

6. まとめ

電子材料の素材であるガリウム・インジウムの資源を、需要と供給から展望した。

- 1) ガリウムは、主たる資源がボーキサイトであり、その点からは無尽蔵と云える。しかし、金属アルミニウムの生産と独立に、ガリウムの増産は不可能であり、資源を亜鉛鉱に求めても、同様である。
- 2) インジウムの資源は、亜鉛、銅、鉛鉱石であり、インジウム埋蔵量は非常に少ない。現在の需要の伸び率を考慮すると、早ければ10年後には資源の不足が予想される。

日本は経済大国にはなったが、資源の面からは超小国と云える。殆んど全ての鉱物資源を海外に求め、大量生産、大量消費を行っており、ガリウム・インジウムも例外ではない。

ガリウム・インジウム、等、いわゆるレアメタルは、ハイテク産業に欠くことが出来ない元素である。

日本がハイテク分野で立国をめざす限り、それらの需要は、今後加速度的に増加することが予想される。

これらの状況から、資源の開発、確保等、適確な対応が必要になるであろう。

参 考 文 献

- 1) 鈴木康生：ガリウム，工業レアメタル，NO.95，(1988)，34～36
- 2) インジウム，工業レアメタル，NO，95，(1988)，166～167.
- 3) 新金属データブック (1982)，ホームATT・アド.
- 4) Deborah A.Kramer；Bureau of Mines. Information Circular (1988)，IC-9208.
- 5) 阿部秀来；亜鉛製錬副産物からのガリウム，インジウムの回収，日本鉱業会誌，98巻，1133号 (1982)，561～564.
- 6) 藤原鎮男編；無機化学全書，X-1-2，(1966)，丸善.
- 7) 金属鉱業事業団編；希少金属データブック (レアアース) (1985) (In) IV 2～4-1.
- 8) 鈴木康生：ガリウム，工業レアメタル，NO.90，(1986)，20～21.
- 9) 小西幸男，ガリウム，工業レアメタル，NO.87，(1985)，16～17.
- 10) 本間由文；インジウム，工業レアメタル，NO.92，(1987)，186～187.
- 11) レアメタルニュース，NO.1498，(1989)，3～4，アルム出版社.

