

## 25 ベリリウム (Be)

## 25 ベリリウム(Be)

### 25.1 需給動向

ベリリウムは、比重約 1.85 で軽量にもかかわらず鉄鋼並みの弾性係数を有し、強度が高い。また、熱伝導率が高く線膨張係数が小さいので高温での使用に適する。このため金属ベリリウムは、航空宇宙・軍事用等に使用されるほか、X線透過率が高い特性を生かしたX線源、X線検出器、またアルファ照射により中性子を放出する中性子源、原子炉における中性子減速材としても使用されている。国内では、主としてベリリウム銅合金として、ばね性を生かしたスイッチ、コネクタなどの電子部品をはじめ、衝撃による火花が発生しない特徴を生かした防爆安全工具等広い範囲で使用されている。また、金属ベリリウムはオーディオ機器の高音域スピーカー振動板としても使用されている。

世界のベリリウムの需給(鉱石生産)を表1に示す。USGSの統計上、2004～2009年の鉱石生産は平均159tであるが、1990年代は米国、中国以外にカザフスタン、ロシア、ポルトガル、ブラジル、マダガスカル、ザンビア等での生産が行われていたことが報告されており、現在もこれら諸国で生産が行われている可能性が高い。(参考1)に示した米国の輸入量が平均67tあることから、USGS統計に反映されていない生産が行われているとみられる。米国の輸入量67tの主な品目は、カザフスタンからのベリリウム銅マスターアロイである(後述の参考3)。この事実からも表1以外にベリリウムの生産が行われていることは明らかである。新しい情報がないため、(参考2)に2000年時点の主要なベリリウム埋蔵国と鉱石生産能力を示す。

表1 ベリリウム鉱石の生産

|      |        | 単位:純分t |      |      |      |      |      |         |
|------|--------|--------|------|------|------|------|------|---------|
|      |        | 2004   | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 04-09平均 |
| 鉱石生産 | 米国     | 90     | 110  | 155  | 152  | 176  | 120  | 134     |
|      | 中国     | 20     | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20      |
|      | モザンビーク | 3      | 6    | 6    | 6    | 1    | 2    | 4       |
|      | その他    | 1      | 1    |      |      |      | 1    | 1       |
|      | 合計     | 114    | 138  | 180  | 180  | 200  | 144  | 159     |

(参考1)米国のベリリウム需給

|       |         | 単位:純分t |     |     |     |     |     |     |
|-------|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 米国の需給 | 鉱石生産①   | 90     | 110 | 155 | 150 | 175 | 120 | 133 |
|       | 輸入②     | 85     | 93  | 62  | 72  | 70  | 21  | 67  |
|       | 輸出③     | 217    | 201 | 135 | 101 | 112 | 23  | 132 |
|       | 備蓄放出④   | 106    | 79  | 158 | 36  | 39  | 19  | 73  |
|       | 見掛消費⑤   | 69     | 84  | 226 | 107 | 211 | 167 | 144 |
|       | ①+②-③+④ | 64     | 81  | 240 | 157 | 172 | 137 | 142 |

出典:USGS、注)①+②-③+④はUSGSによる見掛消費⑤の検証のための試算

(参考2)2000年における鉱石生産能力

|      |        | 単位:純分t  |      |
|------|--------|---------|------|
|      |        | 埋蔵量     | 生産能力 |
| 西欧   | ポルトガル  | 1,000   | 3    |
| 東欧   | カザフスタン | 10,000  | 7    |
|      | ロシア    | 90,000  | 70   |
| 北南米  | 米国     | 21,000  | 360  |
|      | ブラジル   | 140,000 | 5    |
| アフリカ | 合計     | 54,000  | 14   |
| アジア  | 中国     | 50,000  | 75   |
|      | インド    | 64,000  | —    |

出典:Roskill "The Economics of Beryllium, 2001"から作成

## 25. 2 輸出入動向

ベリリウムの輸出入動向(輸入については主要輸入相手国を含む)を表 2 に示す。単位が kg であり、原料(塊・粉、くず)は輸出入とも非常に少ない。主要な輸入相手国は中国、米国、カザフスタンである。くず、酸化ベリリウムはスポット的な輸出入が多い。

表 2 ベリリウムの輸出入

|      |         | 単位: 純分 kg |         |          |         |         |        |          |
|------|---------|-----------|---------|----------|---------|---------|--------|----------|
|      |         | 2004      | 2005    | 2006     | 2007    | 2008    | 2009   | 04-09平均  |
| 塊・粉  | 輸入      | 340       | 555     | 90       | 64      | 68      | 11     | 188      |
|      | 内中国     | 15        | 503     | 0        | 0       | 0       | 0      | 86       |
|      | 内米国     | 61        | 2       | 20       | 34      | 44      | 10     | 29       |
|      | 内カザフスタン | 264       | 50      | 61       | 30      | 24      | 0      | 72       |
|      | その他     | 0         | 0       | 9        | 0       | 0       | 1      | 2        |
|      | 輸出      | 290       | 2,404   | 3,400    | 1,861   | 2       | 180    | 1,356    |
| くず   | 輸入      | 5,129     | 3,202   | 0.0      | 0       | 3       | 0      | 1,389    |
|      | 内タイ     | 5,107     | 3,127   | 0.0      | 0       | 0       | 0      | 1,372    |
|      | 内米国     | 22        | 75      | 0.0      | 0       | 3       | 0      | 17       |
|      | その他     | 0         | 0       | 0        | 0       | 0       | 0      | 0        |
|      | 輸出      | 0         | 4       | 824,070  | 0       | 0       | 0      | 137,346  |
| 製品   | 輸入      | 1,152     | 3,534   | 751      | 241     | 795     | 573    | 1,174    |
|      | 内韓国     | 303       | 3,231   | 0        | 0       | 0       | 0      | 589      |
|      | 内中国     | 333       | 0       | 169      | 0       | 0       | 2      | 84       |
|      | 内米国     | 506       | 229     | 465      | 184     | 727     | 561    | 445      |
|      | 内EU     | 10        | 50      | 117      | 57      | 68      | 10     | 52       |
|      | その他     | 0         | 24      | 0        | 0       | 0       | 0      | 4        |
| 輸出   | 8,187   | 14,998    | 11,747  | 13,608   | 15,267  | 6,276   | 11,681 |          |
| 酸化Be | 輸入      | 25        | 16      | 3        | 0       | 3,748   | 14     | 634      |
|      | 内韓国     | 0         | 0       | 0        | 0       | 3,744   | 0      | 624      |
|      | 内中国     | 0         | 0       | 0        | 0       | 0       | 11     | 2        |
|      | 内米国     | 25        | 16      | 3        | 0       | 4       | 4      | 9        |
|      | その他     | 0         | 0       | 0        | 0       | 0       | 0      | 0        |
| 輸出   |         |           |         |          |         |         |        |          |
| 合計   | 輸入      | 6,646     | 7,307   | 844      | 305     | 4,614   | 598    | 3,386    |
|      | 輸出      | 8,477     | 17,406  | 839,217  | 15,469  | 15,269  | 6,456  | 150,382  |
|      | 輸入－輸出   | -1,831    | -10,099 | -838,373 | -15,164 | -10,655 | -5,858 | -146,997 |

出典: 財務省貿易統計

換算率: 酸化 Be(BeO)36%

表 2 の合計で輸出が輸入を大きく上回ることから、ベリリウムと判別できない形の輸入があるはずである。貿易統計では、水酸化ベリリウムは「その他無機酸塩・金属酸化物」に一括され、ベリリウム銅マスターアロイ(母合金:ベリリウム含有量 4%程度)は「銅のマスターアロイ」に一括されているため、ベリリウムの輸入量を特定することは困難である。

(参考 2)にあげたベリリウム鉱石生産国からの「その他無機酸塩・金属酸化物」の輸入を表 3 に、「銅のマスターアロイ」の輸入を表 4 に示す。表 3、表 4 の各国からの輸入量の中に水酸化ベリリウム、ベリリウム銅マスターアロイが含まれている可能性が高いとみられる。EU を加えた理由は、ロシア、ポルトガルまたはアフリカ産の鉱石から EU で加工され日本に輸入される可能性があるためである。尚、表 3、表 4 のその他にアフリカからの直接輸入はほとんどない。

(参考 3)は、水酸化ベリリウム、ベリリウム銅マスターアロイの国際流通価格(輸出入価格)を推定する目的で、これらの品目(HS コード)が特定できる米国の輸入統計から輸入量と価格を示したものである。(参考 3)の価格から、表 4 の中国、カザフスタンから輸入されるマスターアロイはベリリウム銅の可能性はあるが、特定はできない。表 3 ではベリリウム以外の酸化物・水酸化物の輸入が多いとみられ、水酸化ベリリウムは特定できない。

水酸化ベリリウムへの輸入について、業界推定値とされる 2002～2006 年の断片的なデータがあり、これを表 5 に示す。2007 年以降は 2002～2006 年の平均値をイタリック体で示した。

表 3 その他無機酸塩・金属酸化物の輸入

|        |      | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 04-09平均 |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 中国     | t    | 3,215  | 3,536  | 4,096  | 3,646  | 4,003  | 1,129  | 3,271   |
|        | \$/t | 9,782  | 20,869 | 24,386 | 25,608 | 25,896 | 26,653 | 22,025  |
| 米国     | t    | 213    | 255    | 155    | 347    | 108    | 417    | 249     |
|        | \$/t | 30,872 | 28,962 | 26,895 | 29,236 | 54,641 | 30,247 | 31,299  |
| EU     | t    | 389    | 498    | 1,080  | 577    | 828    | 512    | 647     |
|        | \$/t | 35,669 | 26,371 | 20,165 | 32,092 | 42,988 | 24,516 | 29,726  |
| ブラジル   | t    | 180    | 37     | 99     | 71     | 104    | 165    | 109     |
|        | \$/t | 20,412 | 19,587 | 20,414 | 21,315 | 32,911 | 43,272 | 28,203  |
| カザフスタン | t    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       |
|        | \$/t |        |        |        |        |        |        |         |
| その他    | t    | 122    | 136    | 28     | 70     | 213    | 220    | 131     |
|        | \$/t | 30,950 | 12,170 | 22,288 | 33,770 | 23,718 | 19,519 | 22,509  |
| 合計     | t    | 4,118  | 4,463  | 5,457  | 4,711  | 5,257  | 2,443  | 4,408   |
|        | \$/t | 14,408 | 21,671 | 23,539 | 26,726 | 29,230 | 27,298 | 23,848  |

出典：財務省貿易統計

表 4 銅のマスターアロイの輸入

|        |      | 2004  | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 04-09平均 |
|--------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 中国     | t    | 172   | 122    | 91     | 17     | 50     | 5      | 76      |
|        | \$/t | 9,688 | 10,429 | 11,580 | 8,844  | 15,686 | 9,230  | 10,884  |
| 米国     | t    | 559   | 364    | 385    | 367    | 248    | 142    | 344     |
|        | \$/t | 3,449 | 4,405  | 8,194  | 7,915  | 9,611  | 6,430  | 6,241   |
| EU     | t    | 25    | 32     | 20     | 6      | 42     | 50     | 29      |
|        | \$/t | 6,090 | 6,839  | 12,216 | 26,259 | 10,953 | 8,483  | 9,475   |
| ブラジル   | t    | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       |
|        | \$/t |       |        |        |        |        |        |         |
| カザフスタン | t    | 0     | 0      | 0      | 3      | 0      | 28     | 5       |
|        | \$/t | 0     | 0      | 0      | 15,978 | 0      | 14,495 | 14,644  |
| その他    | t    | 341   | 307    | 486    | 346    | 336    | 231    | 341     |
|        | \$/t | 3,146 | 4,191  | 6,773  | 7,303  | 7,906  | 5,578  | 5,922   |
| 合計     | t    | 1,097 | 825    | 982    | 740    | 676    | 456    | 796     |
|        | \$/t | 4,393 | 5,311  | 7,886  | 7,835  | 9,299  | 6,744  | 6,722   |

出典：財務省貿易統計

(参考 3) 米国の Be 酸化物・水酸化物、マスターアロイ輸入

|                 |      | 2004   | 2005  | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 04-09平均 |
|-----------------|------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Be 酸化物・<br>水酸化物 | t    | 30     | 56    | 32     | 77     | 0      | 0      | 33      |
|                 | \$/t | 11,361 | 7,007 | 9,246  | 9,861  |        |        | 9,178   |
| Be 銅母合金         | t    | 329    | 406   | 645    | 544    | 600    | 122    | 441     |
|                 | \$/t | 11,506 | 8,671 | 11,315 | 12,061 | 13,708 | 11,427 | 11,635  |

出典：WTA

輸入相手国：酸化物・水酸化物はドイツ、UK、アイルランド、カザフスタン  
ベリリウム銅母合金はドイツ、カザフスタン

表 5 水酸化ベリリウムの輸入

|           | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 酸化Be t    | 1.11 | 0.00 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 3.75 | 0.01 |
| 水酸化Be t   | 230  | 160  | 200  | 175  | 200  | 200  | 200  | 200  |
| 酸化Be 純分t  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    |
| 水酸化Be 純分t | 48   | 34   | 42   | 37   | 42   | 42   | 42   | 42   |
| 合計 純分t    | 49   | 34   | 42   | 37   | 42   | 42   | 43   | 42   |

出典：表 2(酸化 Be)、西山孝「レアメタル・資源-38 元素の統計と展望(丸善)」(水酸化 Be)

換算率：酸化 Be36%、水酸化 Be21%

注)2007 年以降の水酸化 Be 輸入量は 2002~2006 年の推計値平均値を輸入量とみなした(イタリック表示)

### 25.3 価格動向

ベリリウムの輸出入価格を表 6 に示す。塊・くずは表 2 に示したとおりごく少量かつスポット的な輸出入が多いため、価格の変動が大きい。水酸化ベリリウム、ベリリウム銅マスターアロイについて、一定の輸出入量で国際流通価格とみられるものは(参考 3)に示したとおりである。

表 6 ベリリウムの輸出入価格

単位：特記以外\$/kg

|      | 2004 | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009   |       |
|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 塊・粉  | 輸入   | 1,282 | 1,006 | 575   | 1,760 | 1,027  | 1,289 |
|      | 輸出   | 49    | 1,015 | 11    | 31    | 20,244 | 40    |
| くず   | 輸入   | 4     | 10    | —     | —     | 9,613  | —     |
|      | 輸出   | —     | 1,769 | 0     | —     | —      | —     |
| 製品   | 輸入   | 1,075 | 315   | 2,965 | 6,227 | 2,528  | 2,878 |
|      | 輸出   | 68    | 130   | 39    | 38    | 87     | 148   |
| 酸化Be | 輸入   | 955   | 1,065 | 1,176 | —     | 25     | 562   |
|      | 輸出   | —     | —     | —     | —     | —      | —     |

出典：財務省貿易統計

### 25.4 国内市場

ベリリウムの場合、国内生産統計または輸出入統計から国内市場を推計することは困難である。

国内用途の多くがベリリウム銅合金(ベリリウム含有量最大で2%以下)とみられることから、表 5 において 2007 年以降の輸入量を 2002~2006 年の平均値とみることに大きな不合理はない。表 5 の数値を前提にすると、2009 年のベリリウムの国内市場規模は、輸入 42t から輸出 6t (表 2) を差引いた 36t 程度(米国のおよそ 25%の規模)とみられる。仮に、国内需要はベリリウム銅のみとし、ベリリウム含有量平均 2%とし、歩留を無視して試算すると、ベリリウム 36t はベリリウム銅合金 1,800t に相当する。国内のベリリウム生産プロセスは、次の通りである(マテリアルフロー図参照)。

金属ベリリウム： 水酸化ベリリウム→フッ化アンモニウム溶解→マグネシウム還元→金属ベリリウム

ベリリウム銅合金： 水酸化ベリリウム→酸化ベリリウム→銅添加→還元→ベリリウム銅母合金

## 25.5 主要生産者・海外投資

国内の生産者並びにその生産品目は表7のとおりである。また、海外投資の状況は表8のとおりである。

表7 主要生産者及び生産品目

| 主要生産者 | 生産品目                  |
|-------|-----------------------|
| 日本ガイシ | 金属ベリリウム、ベリリウム銅母合金・展伸材 |

表8 海外投資の状況

| 企業名   | 生産国  | 名称                        | 生産品目      |
|-------|------|---------------------------|-----------|
| 日本ガイシ | 米国   | NGK METALS CORPORATION    | ベリリウム銅展伸材 |
|       | ドイツ  | NGK DEUTSCHE BERYLCO GmbH | ベリリウム銅展伸材 |
|       | 英国   | NGK BERYLCO U.K. LTD      | ベリリウム銅展伸材 |
|       | フランス | NGK BERYLCO FRANCE        | ベリリウム銅展伸材 |

出典:ウェブサイト

## 25.6 リサイクルの現状と評価

ベリリウムを含有する最終製品からのベリリウム回収は行われていない。ベリリウムを含むスクラップが発生する主な応用製品は、コネクタ、スイッチなどの電子機器部品(自動車電装品を含む)、プラスチック金型、溶接用電極などの器具・部品、放射線・原子力機器用金属ベリリウム、及び半導体基板に大別できる。これらの応用製品中におけるベリリウムの利用形態は、銅合金バネ材(電子機器用部品)、銅合金チップまたはブロック材(器具・部品)、純金属(放射線・原子力機器)、焼結ベリリア(半導体用基板)である。

電子機器用部品の銅合金バネ材は廃棄電子・電気機器の組み込み部品として使用済みになる。器具・部品のベリリウム銅は器具・部品の寿命により廃品となる。放射線・原子力機器に使用されている金属ベリリウムは機器等に組み込まれたまま廃品となる。半導体用基板も電子機器に組み込まれたまま廃品となる。

プラスチック金型、安全工具、各種機械部品などのベリリウム銅製品は、比較的製品寿命が長く、使用済み後一部はリサイクルされるものもあるが、その量は明らかになっていない。これらの器具・部品はブロックまたはチップ状で単重の比較的大きいものが多く、大部分は銅スクラップとしてリサイクルされるが、銅製錬工程でベリリウムは回収されない。

金属ベリリウムの加工部品は放射線用機器、原子力装置、航空機用制御機器など最終製品に組み込まれた状態で廃品となる。これらの製品は耐用年数が10年以上と長く、また一つの機器に使用される重量がグラムオーダーと微少である場合が多く、一部の大型部品を除いてリサイクルされていない。ベリリア磁器は機器に組み込まれた部品として廃品になるが、対象量が少なく経済性もないためリサイクルはされていない。

# ベリリウムのマテリアルフロー(2009)

単位:特記以外も、イタリックは推定値(本文参照)



