

## はじめに

本シリーズは、現代産業に必要不可欠なレアメタルのうち、JOGMEC が国家備蓄を行っている 7 鉱種（ニッケル、クロム、タングステン、コバルト、モリブデン、マンガン、バナジウム）の中のニッケル以外の 6 鉱種について、順次需給動向等を取りまとめていくものです。

本号では、最終回としてバナジウムを取り上げています。

レアメタル備蓄制度についての詳細は、レアメタル備蓄のページ

([http://www.jogmec.go.jp/mric\\_web/organization/japan/g3/index.html](http://www.jogmec.go.jp/mric_web/organization/japan/g3/index.html))

からご覧になることができます。>

バナジウムは、スウェーデン産の鉄鉱石中から発見されたため、スカンジナビア神話の愛と美の女神「バナジス Vanadis」にちなんで命名された。銀白色をした、低比重 (6.11g/cm<sup>3</sup>)、高融点 (1,915℃；なお、1,700～1,800℃台としている文献等もある) の金属である。

バナジウムは、鋼や合金に添加されるとその抗張力や耐熱性を高める性質があり、建築構造材、橋梁、工具、航空機、ロケット向けに使用されている。また、需要の大半を占めるこれら鉄鋼・特殊鋼向け用途のほか、触媒として石油の脱硫、アルコールの酸化、硫酸製造、プロピレン樹脂合成等にも利用されている。最近では、人体内で血糖値を下げる性質が注目されており、健康サポート飲料としてバナジウム入りミネラルウォーターが市販されている。

## 1. 需要・供給

## 1-1. 世界の需給状況

表 1 に世界の五酸化バナジウム生産量を示す。世界の五酸化バナジウム生産量は、近年の中国を中心とした粗鋼生産の好調を反映して（バナジウム需要の 90% 以上を鉄鋼・特殊鋼用途が占めるため、その影響は非常に大きい）、長期的に見ると増加傾向にある。また、供給の寡占状況を表す世界の生産国上位 5 か国の集中度は、1999 年の 95.5% から 2005 年は 93.3% と微減となっているものの、非常に高いレベルを維持している。

表 1 世界の五酸化バナジウム生産量

国名	2005年(推定)(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 量千t)		国名	1999年(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 量千t)	
南アフリカ	38.7	43.9%	南アフリカ	33.8	51.2%
中国	17.7	20.1%	中国	9.9	15.0%
ロシア	13.1	14.9%	ロシア	9.5	14.4%
アメリカ	10.9	12.4%	アメリカ	8.4	12.7%
日本	1.8	2.0%	日本	1.4	2.1%
その他計	5.9	6.7%	その他計	3.0	4.5%
合計	88.1		合計	66.0	
上位5か国計	82.2	93.3%	上位5か国計	63.0	95.5%

出典: Mineral Commodity Summaries

表 2 に世界の五酸化バナジウム需給を示す。世界の五酸化バナジウムの供給量は、次ページのとおり長期的に見ると増加傾向ではあるが、2003 年の Xstrata 社のオーストラリア・Windmurra 工場の閉鎖（2003 年 2 月～恒久的閉鎖）等により、2003 年にはピーク時（2001 年）の供給量から約 10% 減少し、約 71.5 千 t となった。2004 年には、同じく Xstrata 社の南アフリカ・Vantech 工場の生産休止（2004 年 1 月～）が実施されたものの、需要増に対応して他の生産者が増産を行ったため、供給量は約 82.3 千 t となり、前年比約 15.1% の増となった。この増産傾向は続き、2005 年には約 7.0% 増加して約 88.1 千 t（推定）、2006 年にはさらに約 7.6% 増加して約 94.8 千 t（予想）となった模様。一方、世界の需要量も、中国を中心とした粗鋼生産が好調で、また、この情勢を背景に欧州・ロシア・中国・中央アジア諸国を中心にラインパイプ敷設プロジェクトが多数進行しており、かつ、鋼材の高抗張力化の浸透もあって、近年、増加傾向にある。需要量は、2003 年から 2005 年まで前年比約 7～10% 増加し続け、2005 年には約 92.1 千 t となったと推定されている。2006 年にはさらに約 3.0% 増加して約 93.1 千 t（推定）となった模様。以上により、需給バランスは 2003 年にはマイナスに転じ、2004、2005 年も引き続きマイナスとなったが、2006 年には若干のプラスになると推定され

表2 世界の五酸化バナジウム需給

単位:V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>量千t

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年(推定)	2006年(推定)
南アフリカ	32.0	34.4	33.8	31.6	33.5	32.1	32.2	37.6	38.7	40.8
中国	8.4	11.3	9.9	15.7	13.6	12.7	12.7	15.4	17.7	19.9
ロシア	12.2	4.5	9.5	16.2	15.8	13.6	12.5	12.7	13.1	14.1
アメリカ	10.3	8.8	8.4	7.7	8.1	10.0	10.1	10.4	10.9	10.9
日本	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7	1.8	1.8	2.7
ニュージーランド	0.7	1.4	1.1	1.1	1.8	1.4	0.5	1.8	2.2	2.2
イギリス	0.5	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	1.1	0.5	0.5	0.5
台湾	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
オーストラリア	0.0	0.0	0.0	2.7	5.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
東欧	0.0	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	1.6	2.7	3.2
供給合計	65.5	63.7	66.0	78.3	80.6	78.7	71.5	82.3	88.1	94.8
西欧	16.6	16.6	15.6	16.1	16.3	16.8	17.2	18.6	18.6	18.6
中国	4.5	3.6	4.1	5.4	5.7	5.9	7.7	14.5	17.2	17.7
アメリカ	15.0	15.4	14.7	15.2	16.1	16.1	16.3	15.9	16.8	17.2
日本	8.3	8.8	7.7	8.6	8.8	9.5	12.2	9.1	9.5	9.1
旧ソ連諸国	6.4	4.5	4.1	5.4	5.9	6.2	5.9	7.0	8.2	9.1
東欧	1.4	1.4	1.4	1.4	1.8	2.0	5.9	2.9	3.6	3.6
その他	12.2	12.7	12.6	12.9	14.3	13.7	11.7	18.0	18.2	17.8
需要合計	64.4	63.0	60.2	65.0	68.9	70.2	76.9	86.0	92.1	93.1
需給バランス	1.1	0.7	5.8	13.3	11.7	8.5	-5.4	-3.7	-4.0	1.7

出典：平成17年度特殊金属プロジェクト報告書（特殊金属備蓄協会）

ている。

なお、平成16年度特殊金属プロジェクト報告書（社団法人特殊金属備蓄協会）によると、世界の粗鋼生産の増加により、2010年の需要量は、2005年の約5%増になると想定されている。一方、供給面では、需要量増に伴う需給のタイト感を緩和する方向で、生産能力に余裕のある南アフリカ生産者の増産がなされるかどうか（価格が高値で推移すれば、増産への動きは出てくる）にかかっているとされている。

なお、中国においては、建築用の鉄筋棒鋼が主要用途で、政府がこの棒鋼へのバナジウム添加を奨励しており、需要量は今後も急増すると考えられる。また、代替品としてのフェロニオブの使用についても、使用は進んでいるものの、技術面での制約もあり代替には限度があると思われる。これらを背景に、中国は右記のとおり内需優先・輸出規制の方向へ政策を実施してきており、今後も中国の動向をますます注視する必要があると考えられる。

## 【輸出増徴税の還付】

〈バナジウム精鉱〉2004年1月に撤廃、還付率13%→0%。

〈五酸化バナジウム〉2004年1月に引き下げ、還付率15%→5%、2006年12月に撤廃、還付率5%→0%。

## 【輸出税】

〈フェロバナジウム〉2006年11月に新設、税率0%→10%。

## 【輸出許可証管理】

〈五酸化バナジウム〉及び〈フェロバナジウム〉を2007年1月から管理対象に追加。

また、表3に過去のバナジウムの供給障害事例を示す。原料の一つであるバナジウムスラグの供給減や生産国における為替変動等により原料生産が減少する事例が認められる。近年では、上記のとおり中国を中心とした鉄鋼・特殊鋼用途の需要増による需給の逼迫やそれによる価格の高騰が、供給不足不安を引き起こしている。

表3 過去のバナジウム供給障害事例

時 期	事 例	障 害 状 況
1988年	南アフリカ：経済制裁に伴う南ア・Highvelt社からの含バナジウムスラグ供給大幅減、鉄鋼需要の増大に伴う供給不足	国際価格が約3倍に高騰
1994年11月～1995年2月(4か月間)	中国：南アフリカからの原料スラグ入手減による生産減、モリブデン高騰により一部切替	国際価格が約2.5倍に高騰、入手困難
1997～1998年	ロシア：含バナジウムスラグ供給減、南アフリカ：Highvelt社の増産計画の停滞	国際価格が約1.5倍に高騰、入手困難
2003年12月	南アフリカ：通貨ランド高等による生産減、ロシア：Vanady Tula社の株主間紛争による生産停止	国際価格が2倍以上に高騰
2004年9月以降	中国を中心とした世界的な需要（粗鋼生産）増、原料の新規生産・増産計画が無いことによる供給不足不安	国際価格が5倍以上に高騰（史上最高値を更新）、需給逼迫

出典：日本金属経済研究所報告書等

## 1-2. 日本の需給状況

日本は、バナジウム全量を、主に五酸化バナジウム、フェロバナジウムの形態で輸入している。なお、現在、国内の五酸化バナジウム生産は、太陽鉱工及び日本キャタリストサイクルの2社が石油精製用使用済触媒からの回収、新興化学工業及び鹿島北共同火力の2社が重油ボイラーの煙灰からの回収という形で行われている。また、フェロバナジウム生産は、2001年の粟村金属工業の撤退、2003年の日本電工の海外生産への移転により、太陽鉱工1社のみとなっていたが、2006年4月よりメタルテクノロジーが石油精製用使用済触媒及び重油ボイラーの煙灰からの生産を開始したところである。

表4にバナジウム全体の主要対日輸出国を示す。バナジウム全体の対日輸出国の上位5か国集中度は1999年の96.1%から2005年は92.6%と低下したとはいえ、その寡占化は非常に高いレベルで推移しているといえる。

表4 バナジウム主要対日輸出国

国名	2005年(純分換算t)		国名	1999年(純分換算t)	
南アフリカ	3,143	48.6%	南アフリカ	2,318	61.6%
中国	1,633	25.3%	中国	906	24.1%
ロシア	495	7.7%	チェコ	158	4.2%
韓国	400	6.2%	オーストリア	150	4.0%
チェコ	317	4.9%	アメリカ	81	2.2%
その他計	476	7.4%	その他計	147	3.9%
合計	6,464		合計	3,760	
上位5か国計	5,988	92.6%	上位5か国計	3,613	96.1%

出典:貿易統計よりJOGMEC換算

日本企業の海外への権益投資は、フェロバナジウムでは、唯一、南アフリカ・South African Japan Vanadium (SAJV) 社 (Highveld 50%、日本電工40%、三井物産10%)がある。同社は2003年7月に操業を開始し、全量日本輸出向け(日本電工向け)に3,000グロスt/年の生産を行っている。なお、この3,000tは、日本の2005年のフェロバナジウム輸入量(5,821t:下記表5参照)の50%を超えており、本件については、日本への安定供給源として一定の評価が得られると思われる。また、その他では、双日がアメリカ・Stratcor社に出資(25%)しており、同社の傘下企業である南アフリカ・Vametco社がBrits工場で生産しているNitrovan(ナイトロバン:窒化バナジウム)の南アフリカを除く全世界への独占販売権を持っている。

表5に日本のフェロバナジウム需給を示す。日本のバナジウム需要では、鉄鋼・特殊鋼分野における製鋼用消費が世界全体と同様にそのほとんど(約90%)を占めている。他には、触媒、顔料、金属等の分野でも需要がある。2005年の需要量は、ラインパイプの需要増及び鋼材の高抗張力化の浸透により好調で、7,426tで前年比約7.6%増となった。供給量も需要増に対応して増加傾向にある。

表5 日本のフェロバナジウム需給

単位:グロスt

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
生産	4,232	4,073	3,349	4,108	3,613	3,692	3,595	2,178	2,360
輸入	1,810	1,913	1,981	2,775	2,975	3,236	4,251	5,518	5,821
供給合計	6,042	5,986	5,330	6,883	6,588	6,928	7,846	7,696	8,181
需要合計	5,593	5,412	5,605	6,395	6,537	6,744	6,341	6,899	7,426
需給バランス	449	574	-275	488	51	184	1,505	797	755

出典:平成17年度特殊金属プロジェクト報告書(特殊金属備蓄協会)

なお、リサイクルについては、バナジウムの場合、上記のとおり石油精製用使用済触媒等からの回収という形での生産が多く行われている。また、日本におけるリサイクル全体を定量的に把握した統計は存在しないが、需要分野によりある程度の状況が明らかになっている。特殊鋼分野では、業界調べによる推計値として、2004年に0.5千t(純分)、2005年に0.4千t(純分)のバナジウムがスクラップにより鋼材に添加されたとする報告がある。また、石油精製用使用済触媒からの回収量については統計が存在し、これによると2003年には798t(純分)、2004年には754t(純分)の回収実績があり、2005年にも680t(純分)の回収量があると見込まれている。

## 2. 価格

バナジウムに関する国際的な価格決定機構は存在しない。なお、フェロバナジウムの取引においては、一般的にMetal Bulletin誌のフェロバナジウムの価格(バナジウム純分70~80%物: CIF)が指標として用いられている。

フェロバナジウムの価格は、1980年以降、粗鋼生産の減少等による供給過剰により、1988年初までほぼ10\$/kg台で低迷していた。しかし、粗鋼生産の増大に伴う需要増や投機筋の介入により、1988年から1989年にかけて価格は高騰、一時は約50\$/kgの高値となった。その後は、比較的価格の安定していたニオブへの代替が進んだため、1990年後半からは低迷状態に戻

り、1994年半ばまでは再び10\$/kg前後に低迷した。1994年半ば以降は、モリブデン価格の高騰が飛び火し、投機筋の動きもあって価格は若干上昇し、また、主要生産者の再編や生産調整が行われたこともあり、1997年末まで10\$/kg台後半で推移した。さらに1998年には、欧州を中心としたラインパイプ関連需要増を背景に、ロシアからの供給減及び南アフリカにおける増産計画の遅延により、価格は30\$/kg前後まで高騰したものの、1999年以降は、粗鋼生産の減少に伴い需要減となり、なおかつ、オーストラリアにおいて新規プロジェクト（Windmurra工場）が立ち上がり、ランド（南アフリカ通貨）安となったことも相まって、2003年まで10\$/kgを下回る低迷を続けた。しかし、世界の粗鋼生産の増大やラインパイプ敷設プロジェク

トの進展、鋼材の高抗張力化の浸透により需要増となり、さらに、2003年にオーストラリア・Windmurra工場が短期間で閉鎖し、2004年には南アフリカ・Vantech工場も生産休止となり、供給不足状態となったため、投機筋の介入もあって2004年から2005年にかけて暴騰、一時は史上最高価格を更新し約120\$/kgの異常な高値となった。なお、2006年に入ってから、高騰は若干沈静化し30\$/kg台で推移している。今後は、中国における内需優先・輸出規制の政策が価格動向に与える影響が注目される。

### 3. 用途

図1にバナジウムのマテリアルフロー図（日本）を示す。

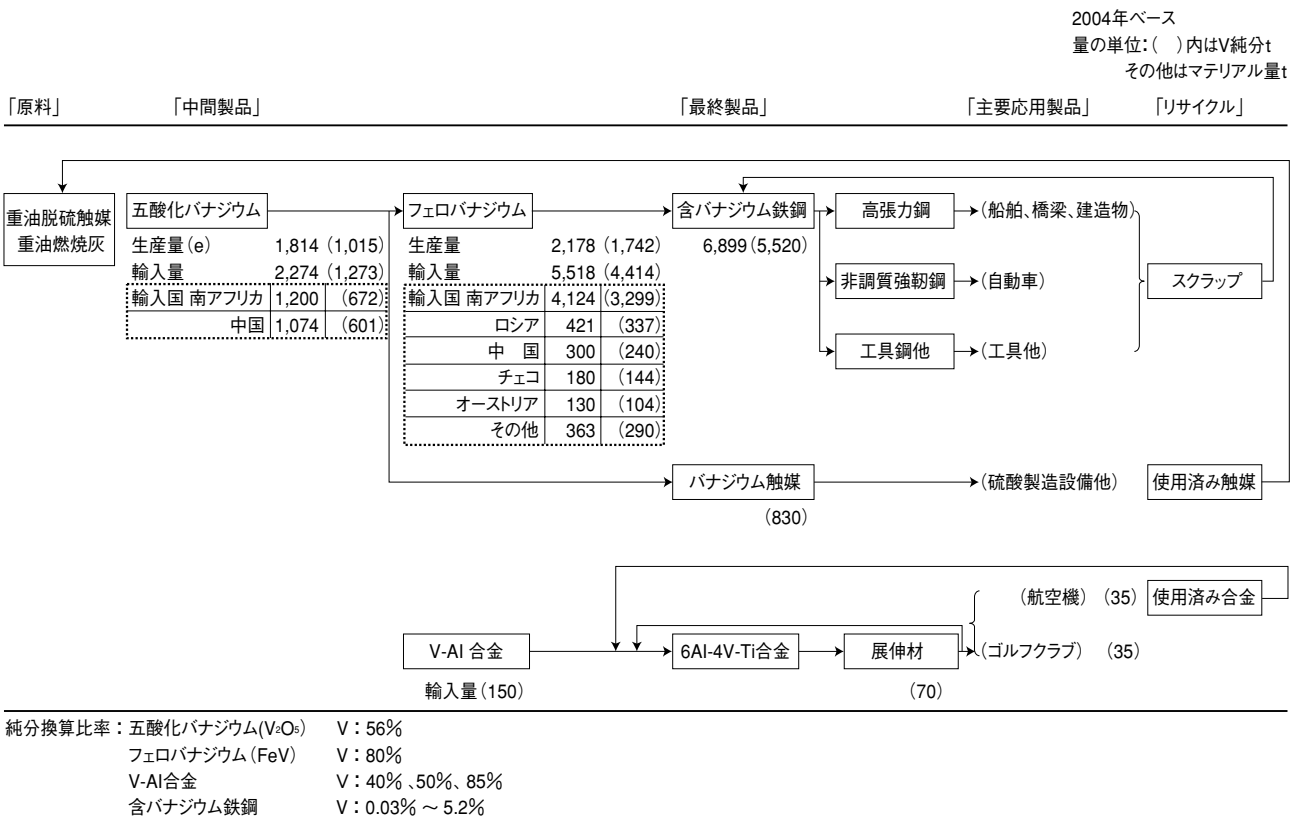


図1 バナジウムのマテリアルフロー図（日本）〈2004年〉

鉄鋼・特殊鋼分野は、バナジウムの需要分野として最大である。上記のとおり、世界のバナジウム需要の90%以上が鉄鋼・特殊鋼分野の需要であり、日本も同様となっている。残りは、触媒や顔料向け等に消費される。

バナジウムは鉄鋼に少量添加されることにより、高抗張力性、耐熱性、ねじり強さ、靱性、耐摩耗性等の優れた性質を発現し、高張力鋼、構造用鋼、工具・高

速度鋼等の原料として用いられる。中でも、HSLA鋼と呼ばれる高抗張力鋼の原料としてその多くが使用され、自動車用の鋼板やラインパイプ、あるいは厚板・型鋼・棒鋼等に幅広く利用されている。鉄鋼への添加は、フェロバナジウムという形態で行われる。これは、バナジウムが鉄よりも酸化順位が高いことに起因しており、モリブデンのように酸化物の直接添加は行われていない。この他に、鍛造用鋼の結晶微細化や、工具

鋼の高温での切削能力維持のために、バナジウムが添加され利用されている。

また、チタン・アルミとの合金はジェットエンジン、ミサイル、ガス・タービン等の軽量耐熱材料に利用される。また、各種スーパーアロイにバナジウムを添加し、耐熱性、耐摩耗性を上げ、高性能合金同様航空機部品に用いられる。他には、金属バナジウムがスパッタリング・ターゲット、水素吸蔵用合金、中性子回折用としても利用されている。

これらの用途のうち、HSLA 鋼については、必ずしもすべての特性を満足するわけではないが、モリブデン及びニオブによる代替がある程度可能である。また、高性能合金についても同様で、ニオブによりある程度代替される。バナジウムは過去に価格が乱高下し比較的価格が不安定な鉱種であるため、この価格と特性の兼ね合いにより、他の金属に代替されることがある。

#### 4. 生産・製錬

バナジウムは、含バナジウム・チタン磁鉄鉱（鉱石からの銑鉄製造時に発生するバナジウム・スラグを原料とする場合と直接鉱石を粉砕し原料とする場合の2種類がある）やウラン鉱石、石油精製用使用済触媒、重油ボイラーの煙灰等を原料とし、バナジウム化合物、フェロバナジウム、金属バナジウムの主に三つの形態で生産され、それぞれ使用目的毎に使い分けられている。その生産工程は、原料から五酸化バナジウムを生産する工程と、五酸化バナジウムからフェロバナジウム等の各使用形態にあわせ生産する二つの段階に大別される。

五酸化バナジウムを生産する工程は、まず、原料を炭酸ナトリウムとともに焙焼したものから水でナトリウム溶液として抽出し、この液に硫酸及びアンモニア化合物を加えメタバナジン酸アンモニウムとして析出させる。次に、このメタバナジン酸アンモニウムを焙焼しアンモニアをとばすことで五酸化バナジウムが得られることになる。なお、石油精製用使用済触媒にはモリブデンも含まれており、バナジウム抽出過程の後、モリブデンを回収している。また、フェロバナジウムは、五酸化バナジウムをアルミを還元剤としてテルミット炉や電気炉で熔融還元することで生産される。また、金属バナジウムは、五酸化バナジウムをアルミ還元することにより生産される。

表6に世界の主要な五酸化バナジウムの生産者、表7に世界の主要なフェロバナジウムの生産者を示す。

表6 世界の主要な五酸化バナジウムの生産者

国名等	会社名等	2005年推定生産量(V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :千t)
南アフリカ	Highveld Steel and Vanadium	22.7
	Xstrata South Africa	9.9
	計	32.6
ロシア	Tulachermet	18.1
中国	Pangang 他	15.4
アメリカ	Stratcor	3.7
	Gulf Chemical	2.7
	Shield Alloy	0.9
	計	7.3
日本	太陽鉱工	1.1
	新興化学工業	0.5
	JFEマテリアル	0.2
	その他	0.2
計	2.0	
イギリス	Orbit	1.1
ニュージーランド	Newzealand Steel	0.5
台湾	Full Yield	0.5
東欧	—	0.5
合計		78.0

出典:特殊金属プロジェクト報告書(特殊金属備蓄協会)

表7 世界の主要なフェロバナジウムの生産者

国名等	会社名等	2005年生産量(t)
南アフリカ	Xstrata South Africa	8,000
	Highveld Steel and Vanadium (日本電工との合弁SAJVを含む)	6,000
	計	14,000
中国	Panzhuhua	5,750
	Jinzhou	1,250
	計	7,000
オーストリア	Treibacher	6,500
アメリカ	Shield Alloy 他	6,000
ロシア	Tulachermet	4,000
チェコ	Nikom	3,000
日本	太陽鉱工	2,360
韓国	Woojin/Korvan	2,000
台湾	Full Yield	1,000
合計		45,860

出典:平成17年度特殊金属プロジェクト報告書(特殊金属備蓄協会)

世界の五酸化バナジウムの生産の大半は、鉱石からの銑鉄製造時に発生するバナジウム・スラグから行われている。従って、バナジウムは鉄鋼生産の副産物として生産されるため、バナジウムそのものの需給・市況ではなく鉄鋼生産の状況により生産量が左右されることもあり、必ずしも安定した供給体制にあるとは言えない。なお、日本では、既述のとおり石油精製用使用済触媒、重油ボイラーの煙灰からの回収のみが行われている。

#### 5. 資源

バナジウムの地殻存在度は150ppmで、銅・鉛・亜鉛などのいわゆるベースメタルよりも多い。しかし、バナジウムの単独の鉱物は少なく、他の金属のように

濃集して鉱床を形成することは希な金属であることから、希少価値を有するレアメタルとして数えられている。

バナジウムを含む鉱物は、モントレサイトやカルノー石等いくつか挙げられるが、バナジウムを主目的として採掘される鉱物はない。資源として利用されるバナジウムは、含バナジウム・チタン磁鉄鉱、ウラン鉱石（カルノー石）、リン鉱石、鉛・亜鉛鉱石などの有用鉱石中に副成分として少量ずつ含まれている。また、世界の多くの原油や一部の石炭中にも、ごく少量ではあるがモリブデンなどとともに含まれている。

表8に世界のバナジウム埋蔵量を示す。

表8 世界のバナジウム埋蔵量

国名	埋蔵量(純分千t)	
ロシア	5,000	38.3%
中国	5,000	38.3%
南アフリカ	3,000	23.0%
アメリカ	45	0.3%
合計	13,045	

出典:Mineral Commodity Summaries

埋蔵量としては南アフリカ及びロシアの含バナジウム・チタン磁鉄鉱が世界のバナジウム資源の大部分を占めている。南アフリカでは、ブッシュベルト複合岩体の上位部に層状に分布している。この磁鉄鉱は約1～1.5%（最大で2.5%含む富鉄部があることもある）のバナジウムを含有している。また、アメリカでは、磁鉄鉱鉱床の他に、コロラド州の堆積性含ウラン砂岩鉱床から副産物として五酸化バナジウムが生産されている。このようなウラン鉱床はロシアにもある。さらにアメリカにはバナジウムを含む燐灰石鉱床も存在し、鉱石品位は0.08%と低いものの鉱床の規模が大きいことなどから、同国の重要なバナジウム資源となっている。

## 6. まとめ

バナジウムは、生産が上位3か国に集中しており地域偏在性の高い鉱種である。また、主に鉄鋼生産の副産物として生産されるため、バナジウムそのものの需給・市況ではなく鉄鋼生産の状況により生産量が左右されるという構造的な特殊性も持っている。以上より、バナジウムは必ずしも供給安定性が高いとは言えない鉱種であると言える。

また、主要供給国かつ需要国である中国の需給動向及び内需優先・輸出規制の色彩を強めている政策動向については、引き続き注視することが必要である。

(2007.1.22)

## 〈参考文献等〉

1. 総合資源エネルギー調査会鉱業分科会レアメタル対策部会資料「レアメタルの需給と現状について」  
2006年10月 経済産業省資源エネルギー庁
2. 総合資源エネルギー調査会鉱業分科会レアメタル対策部会資料「レアメタル備蓄7鉱種の需給の現状について（個別分析）」  
2004年6月 経済産業省資源エネルギー庁
3. 新金属の手引き・バナジウム  
2006年6月 (株)ホームツアード・金属時評編集部
4. 新金属データブック2002  
2002年8月 (株)ホームツアード・金属時評編集部
5. バナジウムの供給および需要構造に関する報告書  
1996年3月 (社)特殊金属備蓄協会
6. 平成16年度特殊金属プロジェクト報告書  
2005年3月 (社)特殊金属備蓄協会
7. 平成17年度特殊金属プロジェクト報告書  
2006年3月 (社)特殊金属備蓄協会
8. 新レアメタル講座  
1998年3月 金属鉱業事業団備蓄部
9. レアメタル備蓄データ集  
2006年3月 JOGMEC 希少金属備蓄グループ