

# メタ研通信

2024年10月号 (No. 12)

## I. 2024年7-9月第2四半期のショートアプローチの紹介

### II. 寄稿

金属と著名人 [バナジウムと自動車王フォード その1](#)  
[バナジウムと自動車王フォード その2](#)

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

\*おことわり：

webに掲載されるレポート等の内容は、必ずしも日本メタル経済研究所としての見解を示すものではありません。正確な情報をお届けするよう最大限の努力を行ってはおりますが、レポート等の内容に誤りのある可能性もあります。レポート等に基づきとられた行動の帰結につき、日本メタル経済研究所及びレポート執筆者は何らの責めを負いかねます。なお、本資料の図表類等を引用等する場合には、日本メタル経済研究所からの引用である旨を明示してください。

## I. 2024年7-9月第2四半期のショートアプローチの紹介

2022年7月より皆様と情報を共有している「メタ研ショートアプローチ」の2024年7月～9月の発行分は、下表のとおりLME、電線、自動車、レアメタルの9件になりました。

メタ研のWeb会員サイトに閲覧コーナーを設けておりますので、会員の方はぜひ閲覧ください。今後も引き続きショートアプローチコーナーに掲載した記事の表題はメタ研通信でお伝えしますのでご確認ください。

2024年7月3日～9月19日

No	タイトル等		カテゴリー
92	銅相場とスクィーズ その3		LME
	2027.7.3	これまでのレポートで行ったLMEでの取引における2つのリスク（3Mの上げ下げ、スプレッドの変動）の解説を前提として、今回は具体的にスプレッドのリスクがどのように発生しそれがスクィーズに関連するかについて解説する。	
93	サステナビリティ情報開示と材料（1）		自動車
	2024.7.11	現在、サステナビリティに関する新たな企業情報開示のルール化が進められている。 特に欧州で2023年5月に発行されたCSRD(Corporate Sustainability Reporting Directive/企業サステナビリティ報告指令)は自動車メーカーの材料を含む技術の選定に影響する可能性がある。 本報では情報開示ルール化の動き（前半）と自動車メーカーの技術（特に材料）の選択に与える影響について実例を含め解説する。	
94	銅相場とスクィーズ その4		LME
	2024.7.25	これまでの3回のレポートで説明してきたLMEでのスクィーズについて、市場での具体的な被害の発生メカニズムと取引所が行った規制策について解説する。	

	伸び続ける世界の高圧・超高压ケーブル市場		
95	2024. 8. 1	高圧海底ケーブルに関するこれまでの筆者のレポートで、高圧海底ケーブル市場に新規参入する XLCC-Limited 等の企業の動きや各種プロジェクトについて解説してきた。本レポートでは世界を代表する電線メーカーである Prysmian 社が、本分野に 2027 年までに 3000 億円の投資を予定している事やこれまでの事業拡張の流れ等についてレポートする。	電線
	レアアースショックからレアアース管理条例まで		
96	2024. 8. 8	電動車等に使用されるネオジム・鉄・ポロン系磁石の増加を主な要因として、希土類の世界生産量はこの 10 年で 3 倍になっている。本レポートではネオジム磁石を巡るこれまでの開発・生産の歴史、日中間で発生したレアアースショック、更に今年新たに施行されるレアアース管理条例によって想定される中国と西側諸国との関係等について考察する。	レアメタル
	EV に替わる代替エネルギー車の可能性		
97	2024. 8. 22	東京大学生産技術研究所の岡部先生が主催するレアメタル研究会は、20 年以上の歴史を誇り、各分野の専門家が参加し、参加者による自由闊達な意見交換（当然、発言には責任も伴う）ができる貴重な場である。光栄なことに第 111 回の研究会にて、「EV 等の環境性能評価」について報告する機会をいただいた。質疑の場において、2 つの興味深いトピックがあったので、情報共有も含め紹介するとともに、これらを踏まえた EV 以外の代替エネルギー車について考察する。	自動車
	銅価格高騰によって銅ケーブルの盗難が急増		
98	2024. 8. 29	既にニュースでも報じられている通り、銅価格の上昇による電線盗難が急増している。今回は今後の銅電線の主要需要先の一つである太陽光発電所における盗難の実態、対策としてのアルミケーブルによる代替や盗品故買取り締めりなどについて解説する。	電線
	LME のブローカーを始めた頃 1.		
99	2024. 9. 4	今回は、筆者が LME の業務に携わることになった経緯と、会社入社後にこの業界における利益の仕組みを実感したエピソードについて記述する。	LME

100	欧州エネルギー島構想(1) –デンマークの「風の島」		電線
	2024.9.19	<p>今回のレポートでは、TenneT TSO B.V. (オランダ)、Energinet.dk (デンマーク、以下、「Energinet」) および TenneT TSO GmbH (ドイツ) の送電系統運用事業者 (以下、「TSO」) の3社が連携して、北海の真ん中に人工エネルギー島を建設するという「北海人工島構想」を含めた「欧州エネルギー島構想」について、その進捗状況などを紹介する。</p>	

## II. 寄稿

### 金属と著名人 第9話(1) – バナジウムと自動車王フォードその1 –

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

バナジウムは鉄鋼に微量(0.03~0.30%)添加すると、飛躍的に強度を増して機械的性質や耐熱性が向上するため、バナジウム鋼(高張力鋼、工具用鋼、鍛造用鋼)の製造に、世界年産バナジウム約10万トンのうち8割以上が消費される。その他、その酸化物は触媒としても重要である。バナジウムが元素として最初に発見されたのは、1801年の化学者アンドレス・マニュエル・デル・リオ<sup>(注-1)</sup>による元素分離であったが、バナジウムはウラン鉱床や原油や石炭のような有機物中にも微量に含有され、むしろ地球上に普遍的に存在する。しかし、現在利用されているバナジウム資源は非常に偏在していて、南アフリカ、中国、ロシア、ブラジルに分布するチタンを伴う鉄鉱床に含有されている微量のバナジウム( $V_2O_5$  2%以下)が主要原料である。

ヘンリー・フォード<sup>(注-2)</sup>(写真1)は1896年に初めて4輪自動車(写真2)の試作に成功した。その後、「デトロイト自動車会社」を設立して自動車(写真3)を製造したものの、品質が悪く高価だったために失敗であった。改めて数々の会社設立を経て、1903年新会社「フォード・モーター・カンパニー」を結成した。

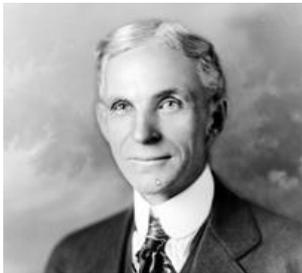


写真1 ヘンリー・フォード  
1919年撮影 Wikipedia,  
the free encyclopedia "Henry  
Ford"



写真2 エジソン照明会社勤務時に製  
作した"Ford Quadricycle" 1896年  
Wikipedia, the free encyclopedia  
"Henry Ford" 26 May 2023, at 14:45 (UTC).



写真3 デトロイト自動車会社製  
配達トラック 1900年  
Wikipedia, the free encyclopedia  
"Henry Ford" 26 May 2023, at 14:45

ホンダがF1レースに参戦しているように、フォードは自動車を宣伝し、将来の事業への投資家を確保するため、1901年から1913年まで自動車レースへの参戦に熱心であった。レースカーを製作し自らドライバーとして参加して1904年ミシガン州の結氷したセントクレア湖の氷上で時速147kmの陸上速度記録を樹立したが、後には専門のドライバーに運転させるようになった。1905年、フォードは自社の最新の自動車K型フォードを出場させたフロリダでの自動車レースを観戦していた。そこにフランスから参加していたパナール(Panhard et Levassor)車の接触事故が発生した。車体はひどく損傷したにも関わらず、その部品が壊れなかったことに気付いたフォードは、主要な部品がバナジウム鋼で作られて

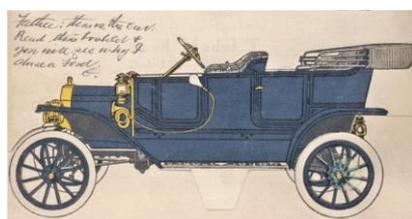
いることを初めて知り、その軽さと強度の高さを実感した。バナジウム鋼の特性は、当時フォードと幹部が読んだ業界誌の記事を通じて、ようやく知られるようになったばかりであった。英国とフランスの冶金学者は、金属元素バナジウムを少量（1%未満）通常の炭素鋼に添加すると、鋼の強度が大幅に向上することをすでに知っていた。熱処理するとこの効果はさらに高まった。バナジウム鋼は曲げても破断することなく、より簡単にプレス、鍛造することができ、金属疲労に対する耐性もより優れていることが判った。

フォードの戦略は金属疲労に強い鋼で作られた軽量の自動車を市場に供給することであった。これに対して、他の自動車メーカーは、当時の悪路に対処するためにサイズと重量を重視した。1906年1月、フォードは「オートモービル」誌の編集者に宛てた手紙の中で、「今日最も必要とされているのは、十分な馬力の最新のエンジンを搭載し、最高の素材で作られた軽量で低価格の車である。」と宣言した。「倍の馬力を持ってどこへでも行けるもの、それはあらゆる意味で自動車であり、最早おもちゃではない。」

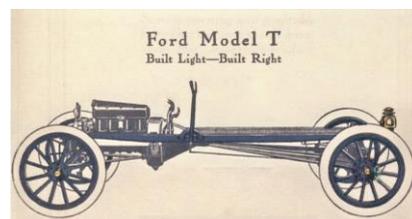
そこで1906年から1907年にかけてフォードと技術陣は、最初にN型とS型フォードでバナジウム鋼を試用した後、T型フォード（写真4、図版1、2）のクランクシャフト、鍛造フロントアクスル、ホイールスピンドルなど重要な部品をバナジウム鋼で製作することに決めた。また、バナジウム鋼が極めて優れた材料であることをパンフレットで宣伝した（写真5）。この結果、T型フォードは軽くて耐久性に優れた自動車となった（写真6）。



写真4 フォード自動車会社製  
T型フォード 1925年  
<https://mymodernmet.com/exploded-ford-model-t/>  
last edited on 2 June 2023, at 10:25 (UTC).



図版1 フォード自動車会社製の  
T型フォードイラスト  
“VANADIUM STEEL: Some interesting and profitable facts that everyone should know about this remarkable product”  
Hagley Museum and Libraryより転載。



図版2 フォード自動車会社製のT型  
フォード シャーシー部分イラスト  
“VANADIUM STEEL: Some interesting and profitable facts that everyone should know about this remarkable product”  
Hagley Museum and Libraryより転載。

1909年以前は自動車を運転できる人が殆どいなかったもので、T型フォードは誰でも簡単に運転操作ができるように設計された。高い地上高と2.9リッター4気筒エンジンを搭載したT型フォードは20世紀初頭の馬車の轍でひどく凹凸のある未舗装の道路でも充分に走行することができた。機械装置を可能な限り単純に設計すること、点火システム磁石をエンジンのフライホイールに設置することで蓄電池が不要になり、手回しクランクで確実に始動できるようにした。さらに、規格の統一により精密に作られた部品と秒単位の工程管理で継続的に流れる組立ライン（写真7）を組み合わせ、材料費と人件費の削減を徹底的に行い、より多くの中産階級がより廉価に自動車を購入できるよう製造コストを徹底的に削減した。

1908年に発表されたT型フォードは当時としては空前の大ヒットで、最初の半年で2,500

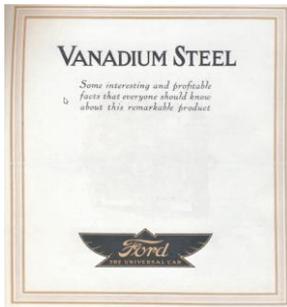


写真5 バナジウム鋼の強度を宣伝するフォード自動車パンフレット  
 “VANADIUM STEEL :  
 Some interesting and profitable facts That everyone should know about this Remarkable product”  
 Hagley Museum and Library より転載。

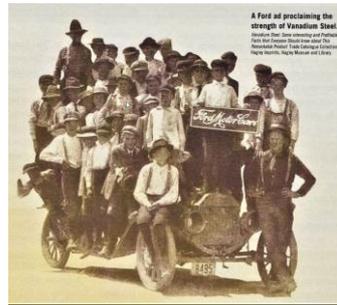


写真6 バナジウム鋼を使用したT型フォードの強度宣伝写真。  
 「板バネと車軸にバナジウム鋼を用いたことにより、T型フォード重量の3倍もの重量に堪え、オハイオ州バインの通りをこの50名の若者達を乗せて1速ギアで2マイル走行した」と紹介されている。同左。

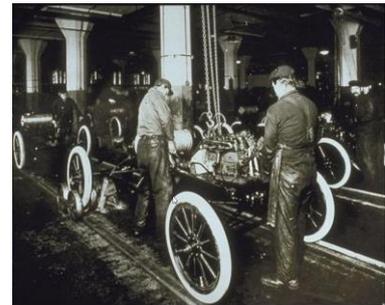


写真7 フォード工場の組み立てライン 1920年  
[https://www.reddit.com/r/a:t5\\_34non/comments/2qiodz/henry\\_fords\\_assembly\\_line\\_1920/](https://www.reddit.com/r/a:t5_34non/comments/2qiodz/henry_fords_assembly_line_1920/)

台余りが売れ、生産効率が年々向上していった。その結果、小売価格は1909年に950ドル(生産台数13,840)だったものが1916年360ドル(生産台数585,380)にまで下がり、信頼性、堅牢性、実用性、経済性という一見矛盾した属性を、非常に手頃な価格で実現することができた。最終的にT型フォードは世界で累計1,500万台以上も生産された。

しかし、フォードにとって初期での根本的な問題は、バナジウム原料をどう安定的に手当てして、誰がバナジウム鋼を製造するのか、というものであった。バナジウム鋼の製造に必要なバナジウム鉱石は生産が限定的で、結果的にバナジウム鋼は高価だった。また、当時の米国の鉄鋼メーカーはフォードが必要とする多量のバナジウム鋼を作ることができず、バナジウムを無償で提供しても試作には消極的だった。だが、オハイオ州カントン(Canton)に新しく50トン平炉3基を備えたユナイテッド鉄鋼会社<sup>(注-3)</sup>が協力してくれることになった。

英国の製鉄所に勤務していたJ・ケント・スミス<sup>(注-4)</sup>は、バナジウム鋼の開発に携わったことがあったため、彼は平炉監督者フレッド・グリフィス<sup>(注-5)</sup>を支援した。しかし、出荷されたバナジウム鋼に含まれるバナジウム量が低下して



写真8 バナジウム鋼関係者集合写真  
 1906年ユナイテッド鉄鋼会社オハイオ州カントン工場(左から右へ) F. M. ベケット(F. M. Becket :電気化学技師)、J. ケント・スミス(J. Kent Smith :バナジウム鋼冶金技師)、M. トンプソン(M. Thompson)、J. M. フラネリー(J. M. Flannery :アメリカン・バナジウム会社)、J. J. フラネリー(J. J. Flannery :アメリカン・バナジウム会社)、レンハート(Lenhart)、ヘンリー・フォード(Henry Ford :フォード自動車社長)、R. A. ルーウィス(R. A. Lewis)、フレードリヒ・J. グリフィス(F. J. Griffith :ユナイテッド鉄鋼社平炉監督)、Henry Ford Collection, P. O. 10456/THF65334.

いくという問題が生じた。バナジウムは酸素と結合し、その酸化物が鋼の上に浮かぶスラグに移動したためだと判った。鋼にバナジウムをうまく添加するには、溶融した鋼中の酸素量を最小限に抑える必要があったが、平炉の溶融した鋼の酸素量を制御することは困難であった。バナジウム鋼がフォードの仕様を満たせなかったため、ユナイテッド鉄鋼会社は多額の損失を被った。スミスは問題を解決するためにカントンに呼び戻された。スミスの解決策は、鋼鉄を炉から取鍋に注ぐときに鋼にバナジウムを添加するという単純なもので、3回の試験が提案された。ユナイテッド鉄鋼社は試験費用の前払いを要求してきたが、フォードはまずは費用の半分を負担す

ることに同意した。

1906年3月24日、工場はスミス提案の方法で試験を開始した。スミスはフォードをはじめ他の米国の実業家のグループを3月28日にカントンに招待し、3回のバナジウム鋼製造試験を視察させた。結果はフォードの仕様を完全に満たすものだった。参加者はお祝いの葉巻に火をつけ、その様子を記念写真に収めた（写真8）。（以下次号）

注-1) Andrés Manuel del Río(1764-1849年) スペイン出身の化学者で、メキシコ鉱山学校で約50年間にわたって鉱物学などを教え、メキシコに帰化した。

注-2) Henry Ford (1863-1947年)アイルランド移民の子として米国ミシガン州で誕生し、ウェスティングハウス電気会社(Westinghouse Electric Corporation)に勤務、その後エジソン照明会社(Edison Illuminating Company)に勤務した。当時はカール・ベンツ(Karl Friedrich Benz : 1844-1929年) がガソリン自動車を発明してから10年程度しか経っておらず、まだ蒸気自動車、電気自動車、ガソリン自動車混在している状況であった。この時すでにガソリン自動車の開発を行っていたフォードは、まだ電気自動車とガソリン自動車のどちらが将来有望なのか迷っていた。1896年8月11日、33歳のフォードは初めて49歳のエジソンと話す機会を得た。エジソンは言った。「Young man, that's the thing; you have it. Keep at it. Electric cars must keep near to power stations. The storage battery is too heavy. Steam cars won't do, either, for they require a boiler and fire. Your car is self-contained-carries its own power plant-no fire, no boiler, no smoke and no steam. You have the thing. Keep at it. (きみ、それだよ、やったじゃないか、がんばって続けなさい。電気自動車は発電所の近くに居なければならない。バッテリーは重すぎる。君の自動車は何でも揃っている—自前の動力装置を積んでいる—火を使わず、ボイラーもない、煙も蒸気もない。よくやったね。頑張りなさい。)」サミュエル・インサル (Samuel Insull: 1859-1938) : 「サミュエル・インサルの回想録」。

電気に関して世界一の知識を持つエジソンから今後は電気自動車よりもガソリン自動車の方が有望であるとの激励をもらい、本格的にガソリン自動車事業に着手することを決断、1896年に4輪自動車の試作に成功した。1899年エジソン照明会社を辞め、デトロイト自動車会社(Detroit Automobile Company)を創業した。しかし製作した自動車の品質が悪く高価だったために商業的には失敗で、改めてヘンリー・フォード・カンパニーを創業、1902年フォード&マルコムソン会社(Ford & Malcomson Ltd.)を経て、1903年新会社フォード・モーター・カンパニー(Ford Motor Company)を再結成した。エジソンとはお互いの事業を助け合う仲間として、その後も長きに渡り交遊を続けた。

注-3) United Steel Company

注-4) J. Kent Smith

注-5) Frederick J. Griffiths (1878-1951年) ケント・スミスとともにバナジウム鋼を開発したことでよく知られ、1914年にユナイテッド鉄鋼会社の技術者を辞任し、セントラル鉄鋼会社の副社長兼監督となり、その後は社長となった。

参考文献

Chemical Heritage Foundation: American Vanadium Company Mine site.

Ford Motor Company (1912): Vanadium steel: some interesting and profitable fact that everyone should know about this remarkable product.

Gomi, A. and Whetham, R.D. (2012) : The Rock of Top of the World. Chemical Heritage Summer 2012. pp.32-36.

五味 篤(2012) : ペルー、ミナスラグラ・バナジウム鉱床の地質鉱床と開発史. 地学研究 vol.60, no.4. pp.229-248. 日本地学研究会.

Hall of Fame (Joseph M. Flannery): <http://homepage.eircom.net/~oflannery/bio/bioJMF18671920.htm>

[J. Kent Smith](#) (2014) [Vanadium, Its Services in Automobile Manufacture. Hard Press Publishing.](#)

Lubenau, Joel O. (2011): Vanadium, Stained Glass, Helpful Metal. Western Pennsylvania History. Winter 2011-12. pp.47-59.

中山 健(2011):バナジウム資源の供給ポテンシャルについて. 石油天然ガス・金属資源機構金属資源レポート 2011.9 pp.223-244.

## 金属と著名人 第9話(2) – バナジウムと自動車王フォードその2 –

伊藤忠鉱物資源開発株式会社 五味 篤

フォードが大量のバナジウム鋼を確保できた背景には、ペルーの高品位バナジウム鉱床ミナスラグラ(Minas Ragra)の発見(1905年)と開発(1907年)、フラナリー兄弟(注-7)が起業したアメリカン・バナジウム会社(注-8)の登場があった。

米国では1905年以前のバナジウム鋼の生産は年間1,000トンに満たなかったが、ミナスラグラ鉱山の採掘開始により1916年には80万トン、1919年には110万トンに飛躍的に増大し、バナジウム鋼はT型フォードの部品をはじめ、パナマ運河の水門などの鉄鋼構築物として使用され始めた。価格も1892年にバナジウム1ポンド4,792ドルだったものが、1920年頃には1ポンド6ドルないし6.5ドルにまでに低下していった。その後ミナスラグラ鉱山は約半世紀に渡って世界のバナジウム供給源として君臨し続けた。

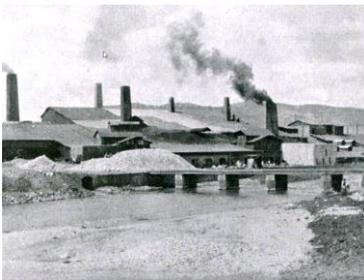


写真9 ワラウカカ製錬所  
製錬所はフェルナンディーニが所有し、コルキヒルカ鉱山産銀鉱やセロデバスコ鉱山産銅鉱を製錬した。現在はエル・プロカル社コルキヒルカ鉱山の選鉱所が建設されている。  
El Peru en el Primer Centenario de su Independencia (1921) より転載

ミナスラグラ鉱山が発見されたのは、全くの偶然であった。ここは1890年代から石炭に似たアスファルト質物質の産地として知られていた。アンデス高地にあるコルキヒルカ(Colquijirca)銀鉱山所有者のエウロヒオ・フェルナンディーニ(注-9)は、自身のワラウカカ(Huaraucaca)製錬所(写真9)に供用するコークス原料確保のためにここに鉱区を設定した。1905年に彼は製錬所の分析所長のアンテノル・リソ・パトロン(注-10)を伴ってミナスラグラに予察調査に行き、アスファルト質物質の試料を採取した。帰路に野営した際に、あまりの寒さに耐えかねて、暖をとるため試料の一部を燃やしたところ、多量の亜硫酸ガスが発生した。試料には硫化鉱物らしきものは含まれていなかったもので、リソ・パトロンは不思議に思い、早速試料を分析したところ、多量のバナジウムと硫黄を含有していることを発見、これをリソ・パトロン石(後にパトロン石 Patronite:VS<sub>4</sub>と改名)と命名した。当時ペルー鉱業技師会分析課長であったホセ J. ブラボ(注-11)は1906年に現地を調査し、技師会誌にミナスラグラ鉱床とパトロン石について発表した。



写真10 ペンシルバニア州ブリッジビルのアメリカン・バナジウム社の工場  
Chemical Heritage Foundation 所蔵

米国人ジョセフ M. フラネリーはいち早くこの記事に着目し、1906年に地質技師ドネル・フォスター・ハウエット(注-12)らを現地に派遣して調査させた結果、ミナスラグラ鉱床がバナジウム鉱床として有望であることを確認した。この報告に基づきフラネリーはフェルナンディーニからこの鉱区を2,000ポンドで買収し、アメリカン・バナジウム・カンパニーを設立、ペンシルバニア州ブリッジビル(Bridgeville)にバナジウムを製造する新工場(写真10)

を建設した。

インド、ムンバイ出身でベルリン大学を卒業したベラン D. サクラトワラ(注-13)工学博士は、米国化学者ワーレン F. ブレーカー(注-14)と協力して、アメリカン・バナジウム・カンパニーでミナスラグラ鉱石からバナジウムを還元する工程を開発した。さらに、英国の製鉄所でバナジウム鋼の試験を行っていた J. ケント・スミスも会社に加わった。スミスは 1906 年初頭にフォードのデトロイト工場を訪れ、部品材料としてのバナジウム鋼の優秀性についてプレゼンを行った。プレゼンを受けたフォードは「これはまったく新しい設計要件だ。結果として、より良い、より軽い車、そしてより廉価な車を手に入れることができそうだ。」と興奮して語ったという。

ミナスラグラ鉱山では早速 1907 年から露天掘によるバナジウム鉱石の採掘が開始された(写真 11)。当初は地表付近の高品位の酸化鉱石やパトロン石からなる硫化鉱石を採掘した。酸化鉱石は赤色、褐色、緑色を呈し品位  $V_2O_5$  60~70%、パトロン石からなる硫化鉱石は品位  $V_2O_5$  40%程度を示した。鉱石はリヤマの背(写真 12)と鉄道でリマ郊外のカジャオ(Callao)港まで輸送され船積みされ、最終的にはブリッジビル工場の貯鉱舎(写真 13)まで約 6,000km を輸送された(図版 3)。



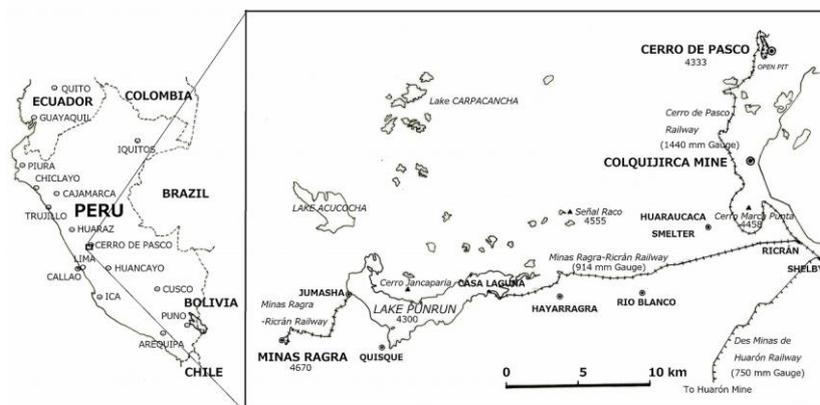
写真 11 操業中のミナスラグラ露天掘  
1911 年 10 月 25 日  
Chemical Heritage Foundation 所蔵



写真 12 リヤマの背で運搬される  
バナジウム鉱石  
Bulletin of the Pan American Union. Vol. XL  
January-June, 1915., The New York Times,  
Sunday July 14, 1907.



写真 13 ペンシルベニア州ブリッジビルの  
アメリカン・バナジウム社工場に貯鉱され  
た袋詰めバナジウム鉱  
Chemical Heritage Foundation 所蔵



図版 3 ミナスラグラ鉱山からペルー外港のカジャオ港までの交通図

しかし、1908 から 1910 年に米国に直送した高品位鉍石は、1926 年頃には早くも枯渇してしまっただ。1929 年に低品位鉍処理のための 250 トン/日処理の浮遊選鉍 (写真 14) を導入し



写真 14 ペルー、プンロン湖畔フマシヤのアメリカン・バナジウム選鉍鉍場跡  
五味(2012)より転載、2011 年 9 月 9 日撮影



写真 15 ミナスラグラ鉍山露天掘跡  
五味(2012)より転載、2011 年 9 月 9 日撮影

たが、十分に機能しなかったため 1930 年にひとまず休山した。1934 年に鉍石を食塩とともに焙焼して硫酸で抽出する湿式工程が開発され、主に低品位鉍石を対象にしたが、結局は鉍量を掘り尽くし 1955 年にはすべての操業を終了した。1907 年から 1955 年の操業期間中に採掘処理されて回収されたバナジウム金属量は約 36,000 トンと推定され、最終的な露天掘は延長 260m、幅 120m、深さ 65m に達した(写真 15)。

1909 年にフラネリーの妹が癌を患っていることが判明、彼は欧州の放射線医療専門家からラジウムによって治癒できる可能性のあることを聞いた。しかし当時はラジウム生産が僅かで欧州からの持ち出しが禁止されていたために、フラネリーは米国で国産ラジウムを

生産する研究を開始することにした。すべてのバナジウムの権益を売却して、1911 年にピッツバーグで、米国コロラド州パラドックス・バレー(Paradox Valley)地区などのカルノー石(Carnotite:  $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 3H_2O$ )からラジウムを抽出するために、スタンダード・ケミカル・カンパニー(注-15)を資本金 150 万ドルで設立した。1913 年にようやくラジウム、ウラン、バナジウムを抽出することに成功したが、残念なことに妹は既に他界していた。

工場ではバリウムとラジウムの混合塩化物が生産され、ピッツバーグ市オークランド (Oakland) 区のパナジウム・ビルディング (元アメリカン・バナジウム・カンパニー本社) 最上階の研究所に運搬されてラジウムに精製された (写真 16、17)。1939 年にアルバート・アインシュタイン(注-16)博士署名の書簡によりフランクリン・ルーズベルト(注-17)大統領はウラン核連鎖



写真 17 バナジウム・ビル入口に施されたステンドグラス

スカンジナビア神話の愛と美と豊穡の女神バナジズが描かれている。彼女が泣くとき、その涙は固い地面に落ちると金になったとされる。このステンドグラスは、かつてオークランド市のアメリカン・バナジウム・カンパニー本社であったバナジウム・ビルディングを飾っていた。1912 年にルディ・ブラザーズ・スタジオ (Rudy Brothers Company: 創業 1894 年)によって制作された。Heinz History Center 所蔵

反応を応用した原子爆弾製造の可能性を認識、1940年に英国が原子爆弾開発の実現性に言及するに及んで、1942年にマンハッタン計画の実行を指示した。アメリカン・バナジウム・カンパニーに起源をもつスタンダード・ケミカル、さらにこれを受け継いだビトロ・ケミカル<sup>(注-18)</sup>は、米国コロラド州産鉱石からのバナジウムやラジウムの抽出技術を所有していたので、マンハッタン計画に加わって、コロラド州の鉱山産やコンゴ産ウラン鉱石からのウランの抽出を担当することとなった。こうしてバナジウムの抽出技術はウランの抽出技術に転用されていった。フォードの自動車用部品に使用されたバナジウム鋼は民生目的であったが、バナジウムと共存したウランの抽出は完全に軍事目的であった。コロラド州などからは第二次世界大戦中、マンハッタン計画で最初の原子爆弾に必要なウランを提供したのみならず、戦後の冷戦期においても核兵器保有のためのウランの供給を担っていったのであった。

注-7) Joseph M. Flannery (1867-1920年), James J. Flannery (1855-1920年) 米国ペンシルバニア州ピッツバーグ出身。ペンシルバニア州ブリッジビル(Bridgeville)にあった可塑性ステイボルト製作のフラネリー・ボルト・カンパニー(Flannery Bolt Company)の創業者で、当時の鉄道建設ブームにより、ボイラー向需要で盛業していた。

注-8) American Vanadium Company

注-9) Eulogio E. Fernandini de la Quintana (1860-1947年)

注-10) Antenor Rizo Patrón Lequerica (1867-1948年)

注-11) José J. Bravo (1874-1928年)

注-12) Donnel Foster Hewett(1881-1971年)

注-13) Behram Dorabji Saklatwalla (1881-1944年) ボンベイ、ベルリン、ロンドンで冶金学を履修、1908年に渡米、アメリカン・バナジウム会社の幹部となり、後にペンシルバニア州ピッツバーグに合金開発会社を共同設立した。

注-14) Warren F. Bleeker

注-15) Standard Chemical Company

注-16) Albert Einstein (1879-1955年) ドイツ出身の理論物理学者で、ニュートン力学などを基礎とした物理学を根本的に再構成して、特殊相対性理論や一般相対性理論を提唱した。

注-17) Franklin Delano Roosevelt (1882-1945年) 世界恐慌および第二次世界大戦当時の大統領で、アメリカ経済を世界恐慌から回復させたと評価され、日本・ドイツ・イタリアの枢軸国勢力を敵視しマンハッタン計画を主導した。

注-18) Vitro Chemical Company 1929年にペンシルバニア州ブリッジビル近傍のカノンスブルグ(Canonsburg)工場で硝子や陶磁器着色用にウランの生産を開始したが、やがてマンハッタン計画に協力することとなった。戦後も原子力委員会へのウランの供給を継続した。

#### 参考文献

- Bravo, J. J. (1906): Vanadio de Minasragra, Informaciones y Memorias de la Sociedad de Ingnieros del Perú. Vol. 8, n.8, pp. 171-185.
- Chemical Heritage Foundation: American Vanadium Company Mine site.
- Gomi, A. and Whetham, R.D. (2012) : The Rock of Top of the World. Chemical Heritage Summer 2012. pp.32-36.
- 五味 篤(2012) : ペルー、ミナスラグラ・バナジウム鉱床の地質鉱床と開発史. 地学研究 vol.60, no.4. pp.229-248. 日本地学研究会.
- Hall of Fame (Joseph M. Flannery):  
<http://homepage.eircom.net/~oflannery/bio/bioJMF18671920.htm>
- Hewett., F.(1909): Vanadium deposits in Peru. Trans. Am. Inst. Min. Eng.40, pp. 274-299.
- Hillebrand, W.F.(1907): The vanadium sulphide, Patronite, and its mineral associates from Minasragra, Peru. The Journal of the American Chemical Society. Vol.XXIX, no.7, pp. 1019-1029.
- Lubenau, Joel O.(2011): Vanadium, Stained Glass, Helpful Metal. Western Pennsylvania History. Winter 2011-12. pp.47-59.
- 中山 健(2011):バナジウム資源の供給ポテンシャルについて. 石油天然ガス・金属資源機構 金属資源レポート 2011.9 pp.223-244.
- Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energia (2011): Antenor Rizo Patrón Lequerica o la rizopatronita. Deade Adentro. Revista de la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energia. pp. 22-24.
- Wilson, J.J. (2002): The Minas Ragna vanadium deposit, Central Peru: possible genesis. Congreso Peruano de Geologia, 11. Lima: setiembre 2002. Ressúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 2002. tomo 1, pp. 623-633.