



UDC 669.28 : 622.346.2

金属資源シリーズ —モリブデン—

千 原 學*

Metallic Resources Series —Molybdenum—

Takashi CHIHARA

まえがき—資源の賦存状況

モリブデンの地殻中の存在量を示すクラーク数は 1.3×10^{-3} で、ボロン・ゲルマニウム・ヒ素・アンチモン・カドミウムなどよりも高い。

地域によつて多少の差はあるが、海水・土壌、さらに動植物中にも数 ppm の範囲で含有され、生物の生育のための必須微量元素の一つでもある。土壌中のモリブデンは空中窒素の固定に必要で、植物の生育を助長する。日本の酸性土壌は一般的に有効モリブデン欠乏の傾向があるといわれ、各地農業試験場の調査研究によつて、モリブデンの施用により、特に豆科植物を始めとして各種農作物の生育の助長と、収穫の増大が実証されており、既に化学肥料への微量添加元素として公認されている。

動物・魚類も植物と同様、モリブデンを必要とすることが多くの報告・研究によつて明らかである。少量のモリブデン投与が動物の成長、およびある種の蛋白質合成に有効である。

人間の必要量は通常豆類・牛乳などのモリブデン源で充足されている。ミネラルやビタミン剤にもモリブデンは含有されており、食物中に含まれる微量のモリブデンは虫歯を最小限度にとどめることが観察されているが、理由についてはいまだ結論が出されていない。ソ連の研究によれば、成人のモリブデン必要量は一日 400 マイクログラム、学童は 270 マイクログラム、3才未満の幼児では 39 マイクログラムと報告されている。またアフリカでの例外的なケースとして、食道癌で死亡した、バンツー族の婦人の耕作地で、著しいモリブデン欠乏が認められたとの報告がある。

元素としての発見は、約 200 年前 1778 年、スウェーデンの化学者シェーレ (Scheele) によるが、鉄鋼中の合金元素としての利用は、第 1 次大戦中のリパティ型飛行機エンジン重要部品、あるいはタンクの装甲板に合金鋼として用いられたのが始まりである。

現在、鉱業的に採掘される鉱石はすべて輝水鉛鉱 (Molybdenite) である。輝水鉛鉱を含む鉱床にはいろいろのタイプがあるが、ボーフィリー型、鉱脈型、スカルン型の 3 種が代表的なもので、鉱業資源としては、埋蔵量的に見てボーフィリー型が最も重要である。ボーフィリー型鉱床の代表例は、いずれも米国コロラド州ロッキー山脈中に存在する、AMAX 社のクライマックス鉱山とヘンダーソン鉱山である。ニューメキシコ州のクエスト鉱山、カナダのエンダコ鉱山も同じタイプの鉱床であるが、やや鉱脈型の性格を帯びる。ボーフィリー型鉱床は中国にも存在することが知られている。

資源的に次に重要なものはボーフィリー・銅鉱床で、輝水鉛鉱は銅の副産物として回収される。この種の鉱床は環太平洋地域に広く分布し、またアジア・ヨーロッパにかけてアルプス造山帯にも多い。

鉱脈型やスカルン型鉱床は小規模で、わが国のモリブデン鉱床の主力は鉱脈型である。

現在の経済的稼行品位としては、ボーフィリー型モリブデン単味鉱床では、 $0.2\% \text{MoS}_2$ が下限といわれており、ボーフィリー・銅鉱床の副産物としては、約 0.02% が下限と見なされている。鉱脈型およびその他小規模鉱床では、採掘条件によつて大きな差異があるが、 $1\% \sim 0.3\% \text{MoS}_2$ で採掘されている。

北アメリカ大陸に存在する鉱床が世界の生産の大勢を支配する現状であるが、そのうちモリブデン単味の代表的鉱床の規模は次のとおりである。

	埋蔵量 (百万 t)	MoS ₂ (%)
クライマックス	460	0.29(坑内掘)0.12(露天掘)
ヘンダーソン	520	0.42
クエスト	113	0.29
エンダコ	256	0.14

生 産

Climax Molybdenum Co. (後に合併して現在の AM

昭和 56 年 5 月 11 日受付 (Received May 11, 1981) (依頼解説)

* 日本クライマックス・モリブデン・デベロプメント(株) (Climax Molybdenum Development Company (Japan) Ltd., Kasumigaseki Building 3124 3-2-5 Kasumigaseki Chiyoda-ku 100)

AXとなる)の歴史は、すなわち近代モリブデン鉱業の歴史ともいえる。

コロラド、ロッキー山脈中、クライマックス(地名)にモリブデンの大鉱床が埋蔵されていることは、第1次大戦前に知られていたが、当時、需要もごく限られたもので開発されなかつた。前述の兵器生産用としてモリブデンの供給が急がれ、クライマックス鉱山は1918年稼動を開始したが、大戦終結と共に需要は急落し、1919年以降5年間閉山されてしまつた。クライマックスの操業第1年(1918)の生産量は、日産約450kgに過ぎなかつたが、現在クライマックス鉱山の日産量はモリブデン純分、64000kgである。

第1次大戦後、Climax Molybdenum Co. 社長として、Brainerd Phillipson はモリブデンの主として自動車産業での利用研究と開発に力を傾注し、1924年、鉱山の再開に漕ぎつける訳である。

当時ヘンリー・フォードはモリブデン鋼の採用を頑強に拒んだが、フォード自動車の技師長、C. H. WILLS はこれに反対で、遂に1921年フォードを去つて独立し、“Wills Sainte Claire”と呼ばれる自動車の生産に乗り出す。これは当時10年は進歩したといわれたもので、エンジン各部にモリブデン鋼が多くつかわれ、“全モリブデン車”と呼ばれて製造されたものである。写真は現存する1923年型車である。不幸にして当時第1次大戦後の大不況に遭遇し、WILLSの工場は1926年閉鎖のやむなきに至り、以後遂に再開されなかつた。

しかしながら1925年はモリブデンにとって画期的な年である。米国鉱山局がモリブデン鋼に関する資料を発表・刊行し、自動車工業界は4100シリーズのCr-Mo鋼を規格鋼として採用、Climaxのモリブデン販売量は325000kgへと飛躍したのである。

1940年代後半、第2次大戦後、モリブデン需要は一時的に落ち込んだが、1950年以降需要/生産は年率約7%で着実に拡大してきた。

現在、全世界でモリブデンを主産物とするもの、及び副産物とするものをあわせ、約50の鉱山があるが、上位5鉱山が全世界生産量の約70%を産出している。



写真 Wills Sainte Claire 1923 年型
オールモリブデン車

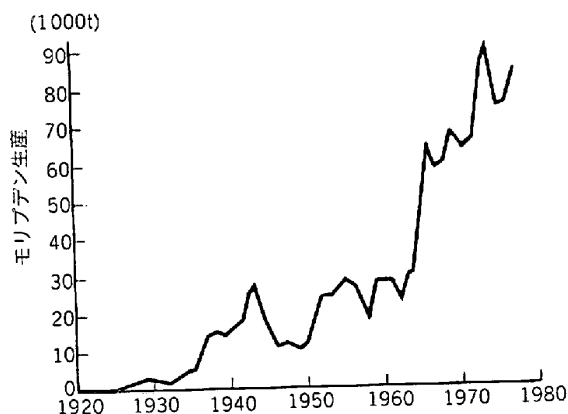


図1 世界のモリブデン生産

表1 世界のモリブデン生産(共産圏を除く)

	(モリブデン純分含有量 t)					
	1975	1976	1977	1978	1979	1980
米 国	48 600	51 300	55 800	59 800	64 800	66 200
カナダ	14 500	14 100	14 900	14 100	10 000	13 600
チリ	10 400	10 900	10 900	13 200	13 600	12 700
他	900	1 400	1 400	900	1 400	1 400
計	74 400	77 600	83 000	88 000	89 800	93 900
	モリブデンの消費					
	1975	1976	1977	1978	1979	1980*
米 国	25 000	25 900	27 200	31 300	32 200	27 200
欧州	29 900	31 800	31 800	32 700	34 100	29 900
東欧圏**	6 800	6 800	7 700	10 000	10 000	8 200
日 本	9 500	11 300	10 900	11 300	11 300	11 900
その他	5 000	4 500	5 000	5 400	5 400	5 400
計	76 200	80 300	82 600	90 700	93 000	82 600

* 推定

** ソ連・東欧圏向け積出し(推定)

AMAXのClimaxおよびHenderson, Shierrita(以上米国)、Chuacimata(チリ)、Endako(カナダ)の5鉱山である。最近6年間の生産の推移は表1のとおり、1979年カナダ(Endako)でのストライキによる減産の回復の結果、1980年の全生産量は前年比約4.5%の増加を見た。米国の全生産量66,000t(以下すべてMo純分含有量)の内、AMAXのHenderson鉱山は1980年初め、計画規模の操業レベルに達して22700tを、またClimax鉱山は23600tを産出して合計46300tを占める。残19900tは主として銅の副産物、あるいは“協産物”として産出されたが、生産量は銅鉱山関係のストライキによつて若干阻害される結果となつた。

カナダではPlacer Development会社が、前年から続いたEndako鉱山のストライキによる“不可抗力宣言”を、1980年3月、一部解除して生産は安定化へ向かつた。第三の生産国チリでは、El Teniente鉱山で選鉱

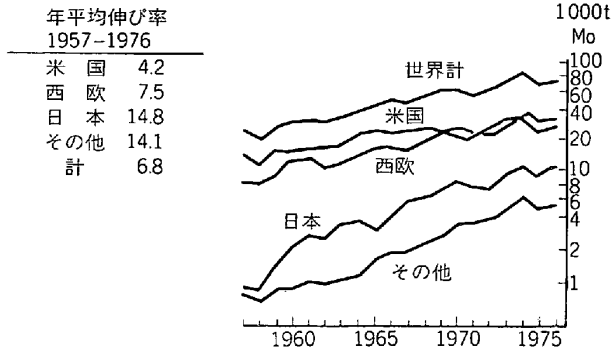


図 2 モリブデンの消費

法の改良（浮選剤の変更）によつて、銅及びモリブデンの回収率が向上し、モリブデンの収率が 47% から 57% に改善されたとの報告がある。

モリブデンの需要—消費

第 1 次オイル危機後も順調な伸びを示した消費も、1980 年には、ソ連・東欧圏向け積出しを含め、前年比約 11% 減少したと推定される。米国および西欧全体での落ち込みが特に著しいが、日本およびその他主として開発途上国の消費はほぼ 1979 年と同レベルであつたと推定される。消費の下降によつて生産者山元の在庫増しが可能となつた訳で、米国内各山元のモリブデン在庫は、1980 年 10 月末現在、約 9 100 t に近づいたものと

報告されている。別表のとおり、需給は過去数年来初めて生産が消費を上廻つた訳で、約 10 000 t の余剰を得たことになる。

全体の消費のパターンは従来と大きな変化はなく、合金鋼・鑄鉄・ロールなど鉄鋼関係の需要は 83% と、なお最大のシェアを占める。

日本ではスーパーアロイおよび金属モリブデンの比率がなお著しく小さく、従つて鉄鋼向け需要の全体の内に占める率も西欧全体の比率に比べ大きい。

モリブデンの消費（共産圏を除く）

合金鋼	46%
ステンレス鋼	21%
工具鋼	10%
鑄鉄及びロール	6%
スーパーアロイ	3%
金属モリブデン	5%
化学品	8%
その他	1%
100%	

日本国内鉱山のモリブデン産出は、最近 3 年間平均 68 t (MoS₂ 精鉱, 含有 Mo 純分換算), 年間需要の 1% に満たない。

原料としての輸入の大部分は、酸化モリブデン（精鉱を溶焼したもの）、フェロモリブデンおよび高純度酸化モ

表 2 モリブデン原料の輸入（昭和 55 年 1 月～12 月）

（単位：Mo 純分 t）

国	精 鉱	酸 化 モリブデン	フ ェ ロ モリブデン	三 酸 化 モリブデン	金属モリブデン			計
					塊	粉	スクラップ	
中 国	—	—	0	0	0	1	0	1
韓 国	6	3	9	0	0	0	0	18
北 鮮	0	3	0	0	0	0	0	8
カ ナ ダ	0	3 714	0	0	0	0	0	3 714
米 国	23	6 319	160	537	7	6	19	7 071
チ リ	0	1 515	19	0	0	0	0	1 534
オーストリア	0	0	60	0	0	0	0	60
ベ ル ギ ー	0	64	0	0	0	0	0	64
西 独	29	256	15	0	0	7	15	322
ルクセンブルグ	0	0	2	0	0	0	0	2
オ ラ ン ダ	0	139	0	0	0	0	0	139
ス ペ イ ン	0	0	4	0	0	0	0	4
スウェーデン	0	98	0	0	0	0	0	98
英 国	0	62	0	—	0	0	0	62
計	58	12 178	269	537	7	17	34	13 097
昭和 54 年計	245	10 801	328	408	33	16	34	11 855
53 〃	230	9 736	404	330	27	42	41	10 810
52 〃	47	9 855	138	329	9	9	28	10 415
51 〃	71	10 685	632	307	10	16	13	11 734

（出所：大蔵省通関統計月報）

表 3 モ リ ブ デ ン の 価 格

	クライマックス 建値 CIF 日本着 Mo 円 当たり		日本国内 価格 Mo- kg 当たり	為替レート ¥/\$ 1.00
	1960-3月	\$ 1.54	¥ 1 650	360
1961-6月	1.67	1 700	360	
1964-4月	1.82	2 000	360	
1967-1月	1.89	2 000	360	
1969-5月	2.00	2 000	360	
1970	2.00	2 030	360	
1971-8月	2.00	1 930	308	
-12月	1.90	1 750	310	
1972-3月	1.84	1 630	310	
1973-2月	1.78	1 390	277	
-7月	1.92	1 490	265	
1974-1月	2.02	1 840	280	
-4月	2.20	1 880	290	
-7月	2.40	2 190	280	
-10月	2.68	2 420	300	
1975-1月	2.82	2 550	300	
-9月	3.03	2 650	303	
1976-3月	3.37	2 820	292	
-8月	3.70	2 980	292	
-12月	3.98	3 260	276	
1977-8月	4.60	3 360	253	
1978-3月	5.08	3 270	209	
-9月	5.70	3 400	192	
-12月	6.56	4 780	201	
1979-5月	7.54	7 450	220	
-6月	9.54	7 450	220	
-7月	9.54	8 100	218	
-10月	9.54	9 100	225	
1980-1月	9.54	7 910	242	
-3月	11.04	6 860	250	
-7月	11.04	5 940	220	
-10月	10.20	5 310	212	
1981-3月	9.70	5 140	210	

リブデン (MoO_3 99.8% 以上, 化学品または純金属モリブデン用原料) である。酸化モリブデンはそのまま製鋼炉に添加できるが, 多くはブリケットにして使用され, 一部はフェロモリブデン製造用原料ともなる。

1980 の輸入を通関統計を整理してまとめたのが表2である。先述のとおり, 米国・カナダ・チリーが供給源の大宗であるが, 欧州各国からの輸入は, 原産地からいつたん欧州に輸入された原料が, そのままあるいは一部は加工された後, 商業ベースで再輸出されて日本に入着したものである。中国・韓国・北朝鮮からの輸入はもちろんそれぞれの国産品の日本向輸出であるが, 数量は微々たるものであり, かつ年ごとの変動もはげしい。

表2のほかに, 潤滑用として精製された MoS_2 -二硫化モリブデン, およびモリブデン酸塩が少量あるが, これ

らは通関統計上品目別に明示されない。

価 格

1979 年, カナダ Endako 鉱山における長期ストライキを主因とする需給不均衡と, 実需先工業界の不安感が利用されて, モリブデン生産者建値を上廻る異常な高値取引を外国商社関係に許す結果となつた。しかしながら, この異常高値も 1979 年 6 月をピークとして鎮静に向かつた。1980 年初頭には, 各モリブデン鉱山建値にもなお大きな差異がみられ, 外国商社の販売価格はこれを上廻るものであつたが, 需給の緩和と共に月を追つて急速に下落し, 4 月以降商社販売価格はついに生産者建値以下となつた。

元来モリブデンは 1920 年代始めクライマックス モリブデンによつて近代鉱業として発足以来, 他のいわゆる“市況商品”とは全く異なり, 生産コスト主義と創業以来みずから開発した市場への安定供給を基本として, 極めて安定した価格推移を示してきた唯一の例外的な金属資源であつた。1979 年の異常な価格は, 約 60 年のモリブデン鉱業史上はじめての混乱ともいえる。

正常な情勢で常に基準とされた AMAX の建値の内, 特殊鋼製造に最も多く使用される酸化モリブデン価格の過去 20 年の変遷と, これに対応した日本国内の標準的価格とを対比したものが表 3 である。昭和 35 年～昭和 56 年 3 月の価格上昇は平均年率約 5.9% となる。

新鉱山の開発

1973～79 年代に増大した需要を反映して, 新しい鉱床の探査, 新鉱山の開発および操業準備などに大きな投資がなされている。1980 年の需要縮小も, これらの開発計画に現在のところさほど影響をおよぼしていないように見受けられる。現在発表されている新規鉱山開発計画をまとめると次表のとおりである。

このほか, AMAX はカナダ British Columbia 州のキッソル (Kitsault) 鉱山再開準備を着々継続中で, 1981 年後半に操業開始, 1982 年には計画の年産 4 100～4 500 t とする予定である。また米国ワシントン州, Colville インディアン居留地内に所在する, Mount-Tolman の銅-モリブデン鉱床の探査・フィージビリティ調査を続行中で, 極めて有望である。1980 年末, 現地代表と AMAX との間で鉱業権リース契約が締結されたが, 試堆および地質調査結果として, 0.05% MoS_2 のカットオフグレードで, 平均品位銅 0.09%, モリブデン 0.10% (MoS_2) の可採鉱量 9 億 t の鉱床が確認された。開発されれば, フル操業で年間モリブデン 9 100 t の生産が可能である。

更に AMAX は, コロラドの鉱脈帯に存在する Mount Emons プロジェクトの予備調査も継続中である。予備ボーリングおよび地質調査の結果, 現在のところ平均品

将来のモリブデン供給源

(AMAX を除く)

開 発 中	供給開始時期 (推定)	推定年差量 (Mo t)
*Tonopah(米国)	1982	5 400~6 800
Butte(米国)	1981	3 200
*Thompson Creek(米国)	1984	7 300~9 100
*Goat Hill(米国)	1983	8 200~9 100
High Mont(カナダ)	1981	2 300~3 200
Le Caridad(メキシコ)	1982	1 400
*Cumobabi(メキシコ)	1980	1 800
調 査 中		
Bingham(米国)	1984	3 200(**)
Quartz Hill(米国)	1990	12 000
*Anadac(カナダ)	1983	2 700
Valley Copper(カナダ)	1984	1 400
*Boss Mt. (カナダ)	1988	4 500(**)
Andacollo(チリー)	1986	900
Cerro Verde(ペルー)	1984	2 300
Sar Cheshmeh(イラン)	1984	1 800

* モリブデン単味鉱山

** 稼動中のもの拡張増産

位 0.44%MoS₂, 約 1 億 5 500 万 t のモリブデン鉱床の存在が判明している。

技術開発と市場開発

現在、技術開発の最大のドライビングファクターは、エネルギー資源の発見と開発であり、またいわゆる“省エネルギー”も反対の面から、同様のニーズを提供していると考えられる。

米国では石油の価格統制の撤廃により、石油とガス資源開発に一層のドライブがかけられ、探査と開発に莫大な資金が投入されているが、多くの油/ガス田はより深く、かつ腐食性のきわめて高い環境にある。これら 4 000 メートルをこえる深い油/ガス田に用いられる高強度油井管の強靱化と耐水素性には、モリブデンを含む各種合金鋼を必要とすることは周知のとおりである。さらに硫化水素、炭酸ガス、塩分を含む腐食性のきわめて高い環境では、ステンレス鋼 (10%~6%Mo)、あるいはニッケル基スーパーアロイ C276(16%Mo) が必要である。

新しい油/ガス資源の開発に加えて、既に稼動中のものの生産効率を上げるため、炭酸ガスまたは蒸気の吹き込み、あるいは“Fire Flooding”と称して、ガスの燃焼方法などが実施される。その結果当然、温度の上昇と腐食性物質の濃縮がおり、現場の“Gathering”システムにはモリブデンを含有するステンレス鋼、更に高合金が必要とされている。

ついで石油・ガスの輸送である。消費地に遠い新規開発の生産地から長距離・大量輸送を必要とする。極寒地に設置される大口徑・厚肉・高圧ガス用ラインパイプ材

として低合金高張力鋼が関係各社の精力を投入して目ざましい開発と進歩を実現している。優れた現場溶接性と低温靱性を確保し、あるいは海底パイプラインなど過酷な環境条件にも耐えうる鋼材を、高い生産性を維持しつつ製造する点、モリブデンの合金元素としての特性は、過去 10 年間、特に日本の製鉄各社の精力的な研究開発の成果として十分確認されたといえよう。

エネルギー問題の長期対策として、石炭の液化・ガス化も注目される。1980 年代後半に建設が予定される合成燃料製造の反応塔材料として、2¹/₄Cr-1Mo 高温用鋼が現在有力候補とされ、また予備実験の結果、全プロセス中、腐食環境部分にはステンレス鋼及びスーパーアロイが必要となるようである。さらに注目すべきこととして、石炭液化にはモリブデン触媒が必要となるであろうと考えられており、長期にわたり莫大な需要を生むことになる。

日本ではオイルショック以来、太陽熱利用の関心が急速に高まり、太陽熱温水器、さらに高級な冷暖房システムの实用へと進みつつある。太陽熱吸集板材料として、熱水による応力腐食割れおよび一般耐食性を考慮して、新しいフェライト系 18Cr-2Mo ステンレス鋼が採用され、熱水タンクを含めた付属機器用としても着実に使用が増加しつつある。低 (C, N) 18Cr-2Mo ステンレス鋼板は、溶接法の開発・確立と共に、各種化学反応機器、業務用・家庭用熱水タンク、大型貯水槽など今後利用面はますます拡大するものと期待される。

エネルギー関連技術の一つの中心は、エネルギーを利用可能な形に転換することであり、発電もその一つである。現用の石炭・石油発電においても、熱効率向上のため高温用鋼のより高級化が常に求められている。原子力発電においては、安全性と信頼性向上のため、材料の改良がおこなわれているが、316 ステンレス鋼の改良はその適例といえる。

省エネルギー、あるいはエネルギーの効率利用、さらに設備投資の効率的運用面から考えれば、低負荷時の余剰電力の蓄電技術も開発に値する。その一つとしてナトリウム-硫黄電池が開発されつつあり、2~3 年後には実用試験段階に入ると考えられるが、腐食性の高いナトリウム硫化物に耐える材料の一つとして、金属モリブデンが注目されている。

最近の変化として、北米での石油増産の結果、高硫黄重質油精製の比重が増大し、水添脱硫装置の増新設が急がれている。一基の重量 1 000 t を超える脱硫反応塔の製作には、極厚の高温用鋼鍛造リング、または鋼板、およびステンレス鋼が必要であることは周知のとおりである。モリブデン触媒も水添脱硫反応には不可欠とされ、これに要するモリブデンは、脱硫装置製造に要するものよりむしろ多いとされる。

エネルギー源の石炭への転換はさらに採炭現場から石炭

を使用する現場に至るまで、各種材料の市場拡大へと結び着く。採炭-粉碎と含モリ耐摩耗合金鋼および耐摩耗鋳鉄の使用はますます拡大するが、さらに排煙脱硫装置材料の高級化、改良を促すと考えられる。

輸送関係にスポットを当ててみると、一これも一面“省エネルギー”に関連するが、前輪駆動小型車の開発は特に米国の焦眉の重要課題であり、歯車その他駆動系統にモリブデン含有量を高くした、靱性を改善した肌焼鋼を必要とするとき、また潤滑剤二硫化モリブデンを含むグリースの需要も増大する。

さらに油溶性有機モリブデン化合物が開発され、既に商品化されてエンジンオイル添加物として実用されて燃費の向上に効果を挙げている。

Si-Mo ダクタイル鋳鉄はターボチャージャーのハウジング、ディーゼルエンジンヘッド、マニフォールドなど高温部品材料として実用化の段階にある。

米国での特殊事情ではあるが、鉄道の近代化要請に応じてあらゆる機器の材料の見直しが進められ、Cr-Mo 高強度レール、高抗張力鋳鋼カップラー、高抗張力鋼による車輛の軽量化などが進展しつつある。

日本では既に完成実用化したものであるが、新幹線車輛のディスクブレーキには Ni-Cr-Mo (0.45%) 鋳鉄が創業以来使用され、また動力ギヤボックスの潤滑は二硫化モリブデン入りグリースが指定されている。

日本と米国および欧州との最も大きな相異は、スーパーアロイと金属モリブデンおよびモリブデン合金にある。耐熱および耐食合金を含め、スーパーアロイ関係でのモリブデン需要は米国では既に年間 2700 t に達しているが、日本ではわずか 100 t に満たない。

米国でのスーパーアロイ需要は新型エンジンを装備した新鋭機による考朽民間航空機の代替と、活発な軍用機製造に支えられて、今後も着実な成長が期待される。最新の開発として高性能エンジン用タービンブレード材としての共晶型スーパーアロイ (18~37%Mo) が挙げられる。巡航ミサイル用としてモリブデン基合金のタービンホイールも開発されつつある。

日本においても、近い将来航空機およびジェット・エ

ンジン国産化の実現に伴い、航空機材料・スーパーアロイの開発ならびに生産が急速に伸展するものと期待される。

TZM (Ti-Zr-添加の Mo 合金) に代表されるモリブデン基合金が開発紹介されて久しいが、日本ではなお見るべき実用面が成長していない。最近の例として、モリブデン基合金工具による、スーパーアロイの高温超塑性加工を挙げたい。

耐熱・耐摩耗・耐食用盛金としてのコバルト合金の代替として、Mo-Ni ベース合金が開発されて実用化の緒に着き、商業生産も開始されるに至った。

モリブデン触媒の水添脱硫用としての需要に就いては先に述べたが、このほかアクリルニトリル、フォルムアルデヒド、プロピレンオキサイドなど有機合成にも重要な触媒である。

従来使用されてきた毒性のあるクロム酸に代わり、モリブデン酸塩は毒性のない防錆剤として、各種装置に使用される水の防錆処理用として添加される。公害防止関係ではこのほか、安全性の観点からも、プラスチック製品 (電気絶縁体を含め) の発炎防止および発煙抑制剤として、モリブデン化合物がアンチモン化合物に代わりつつある。

文 献

本解説のために利用した代表的な文献を下記に列挙する。

- 1) J. W. GOTH: Molybdenum : The First 200 Years,
日本鉄鋼協会昭和 53 年 10 月 富山大会特別講演
- 3) J. W. GOTH: Molybdenum in The Next Five Years Growth Through Technology, The Molybdenum Forum, Sept. 30, 1980, New York
- 3) W. F. DISTLER: Molybdenum, E. & M. J. March, 1981
- 4) 特殊元素の開発および利用に関する基礎資料 科学技術庁資源調査所資料第 38 号 昭51・2・24 資源調査会工業資源部会編