

モリブデン Mo

【用途】 特殊鋼、ステンレス鋼の添加剤の他、触媒にも利用

モリブデンは約 2,600°C の高い融点と機械的強度及び剛性に優れるなどの特性を持つ。そのため主に特殊鋼用に使われている。強度を増すための鋼への添加剤、ステンレスへの添加剤、照明器具等に用いられる。加えて近年は石油精製触媒、石油化学用触媒、金属ターゲットなどの分野が伸びている。

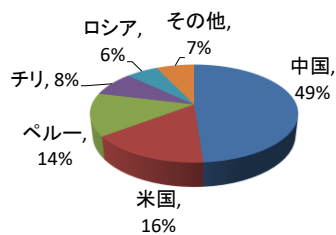
【特性】

- ・機械的強度が大きく、剛性が強い
- ・電気伝導、熱伝導が良い
- ・高温で展性、延性に富み鑄造や圧延が容易

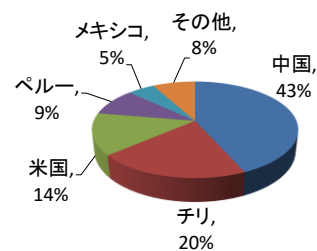
【資源国と消費国】

[国名、構成比(%)] (数値は純分ベース、2018 年世界計)

国別埋蔵量 (合計 17,000 千t)、出典:USGS2019

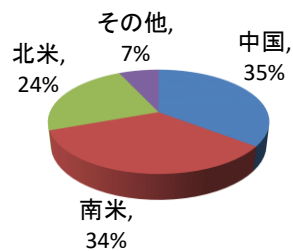


国別鉱石生産量 (合計 300 千t)、出典:USGS2019



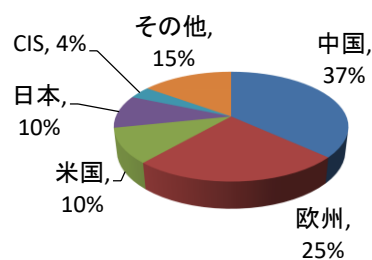
国別モリブデン生産量 (合計 259.0 千t)

出典:IMOA2019



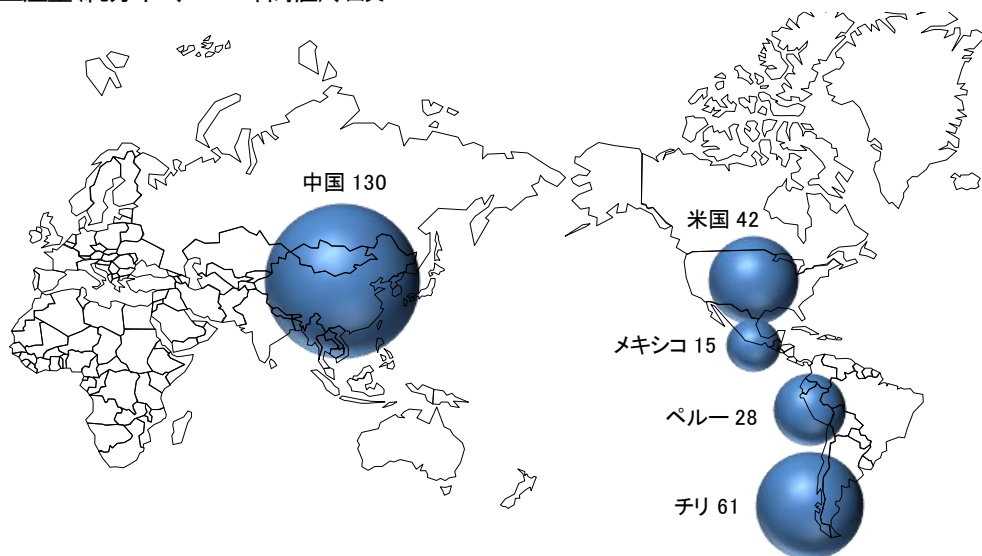
国別モリブデン消費量 (合計 264.3 千t)

出典:IMOA2019



【世界の主要鉱石生産国】 中国、アメリカ、南米の産銅国で生産 全世界で純分 300 千 t

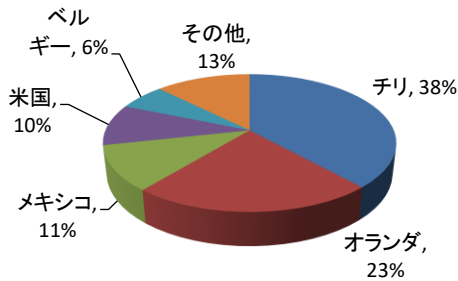
国名、国別生産量 (純分千 t、2018 年間値)、出典:USGS2019



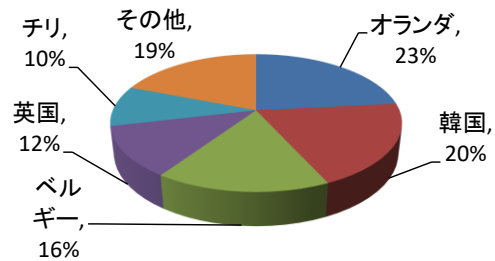
【貿易概況】 出典:世界 Global Trade Atlas、日本財務省貿易統計

■世界

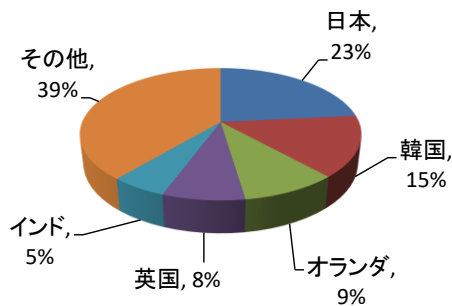
モリブデン精鉬(焙焼)主要輸出国
(2018年合計 191.3 マテリアル千t)



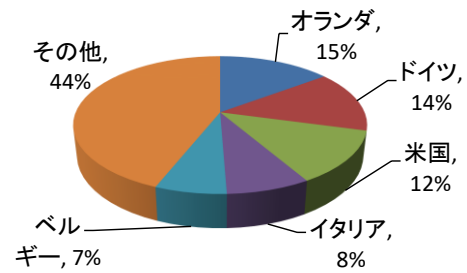
フェロモリブデン主要輸出国
(2018年合計 113.7 マテリアル千t)



モリブデン精鉬(焙焼)主要輸入国
(2018年合計 175.0 マテリアル千t)

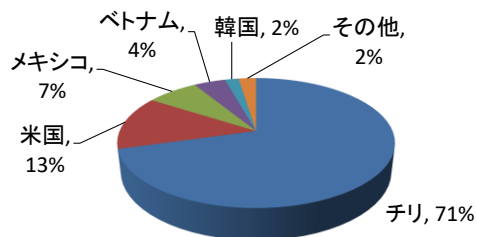


フェロモリブデン主要輸入国
(2018年合計 マテリアル 96.3 千t)

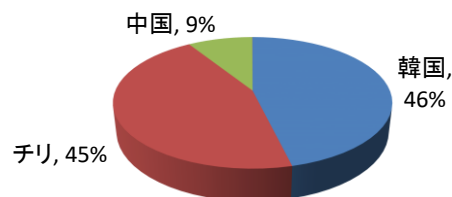


■日本

焼成鉬(三酸化モリブデン)主要輸入相手国
(2018年合計 24.6 純分千t)



フェロモリブデン主要輸入相手国
(2018年合計 1,641 純分t)



【概要】

- ・世界の特殊鋼／ステンレス生産量が増加しており触媒用途も堅調であるため、モリブデンの世界需要も拡大しており、それに伴ってモリブデン鉬石(焼成鉬(MoO_3))の生産量は過去 10 年間最高レベルの 300 千 t (純分)を維持している。
- ・モリブデン鉬石の生産地は中国以外に北米・中南米に分布しており、モリブデン資源の供給に関して大きな問題はない。
- ・中国を除いてモリブデン資源のほとんどが銅採掘の副産物であり、モリブデンを主として生産する鉬山(プライマリー鉬山)が減少していることから、銅の需要にモリブデンの生産量が影響されることが懸念材料である。
- ・モリブデンの世界需要は 3 年連続で増加して 264 千 t となった。最大の需要国である中国での 2018 年の消費は前年比 106%に増加して世界の 37%を占めたほか、日米欧の全地域でモリブデン消費量は伸びている。
- ・中国でのモリブデン消費量の増加は、特殊鋼やステンレス生産が拡大していることに加えて、環境対策の強化による触媒の需要増も要因と思われる。
- ・日本のモリブデン鉬石(焼成鉬(MoO_3))の調達先はチリからの輸入が 7 割で比重が高いが、それ以外に米国やメキシコからの輸入もあり、現時点では資源調達リスクは比較的少ない。また、日本にとって最大の焼成鉬(MoO_3)の輸入先であるチリでのプロジェクトが進んでおり、チュキカマタ鉬山(Chuquicamata)での坑内採掘が 2019 年から生産を開始した。
- ・日本のモリブデン需要は過去 10 年で最高の 28 千 t となり、需要の 9 割を占める製鋼向けが増加したことが主な要因である。特殊鋼やステンレス鋼の中でも高強度鋼や耐熱性が要求される自動車部品向けを中心に、モリブデンを多く含む鉄鋼製品の需要が増加したことに対応している。
- ・日本の金属モリブデン需要は縮小傾向であり、照明機器が LED 化したことや液晶やスマホなどの電子部品産業がアジアなど国外にシフトしたことが主な要因である。台湾や韓国への金属モリブデンの輸出は増えてはいるが、国内の電子材料向けの需要が減少している。
- ・石油精製触媒などの無機薬品向けモリブデン需要は堅調であるが、日本国内で需要が拡大する要因はなく、中国での環境規制強化や 2020 年からの船舶排ガス規制など、海外での環境対策のための触媒需要の増加が期待される。
- ・使用済みの石油精製触媒からモリブデンが回収されてリサイクルされているが、回収量は減少傾向にある。

1.特性・用途

モリブデンは約 2,600°C の高い融点と機械的強度及び剛性に優れるなどの特性を持つ。また、電気伝導、熱伝導が良く、高温で展性、延性に富み、鑄造、圧延が可能な金属である。他の金属との合金は、硬度が増すと同時に耐熱性、耐蝕性が優れているなどの特徴があり、世界的に特殊鋼、特殊合金への添加剤として使用されている。

モリブデンの代表的鉬物は輝水鉛鉬(MoS_2)であり、銅鉬床の副産物として産出されることが多い。モリブデン精鉬は、浮遊選鉬により銅精鉬と分離され、焙焼し三酸化モリブデン(以下、焼成鉬(MoO_3))にする。焼成鉬(MoO_3)をテルミット還元することによりフェロモリブデン(以下、FeMo)が製造される。また、焼成鉬(MoO_3)を昇華・精製することにより高純度な金属モリブデンが得られる。日本では、主に焼成鉬(MoO_3)を海外より輸入し、各種製品が作られる。

モリブデンは大半が鉄鋼用として FeMo や MoO_3 の形で添加され、合金鋼、ステンレス鋼、高張力鋼、合金工具鋼、高速度鋼など(モリブデン鋼)に使用され、航空機、自動車部品の製造、建設用途に多く用いられている。身近なところでモリブデン鋼は包丁や医療用メスにも使用されている。

また、タングステンよりも安価で、熱伝導が良い上に加工が容易であるため、線、棒、板などに加工した金属モリブデンが、照明機器(マンドレル、反射鏡など)や様々な電子部品、自動車部品などに使われている。更に、その優れた耐熱性から高温炉材、耐熱耐食合金としても用いられているほか、高純度三酸化モリブデンとして、石油精製触媒や石油化学用触媒などの触媒や、金属ターゲット材の原料としての需要も増加しつつある。二硫化モリブデン(以下、 MoS_2)は黒鉛と同じような層状の構造を持ち、摩擦係数が低いことから、減摩材として工業用の潤滑油やエンジンオイルの添加剤に用いられる。

2.需給動向

2-1.世界の需給動向

世界のモリブデン鉱石生産量を表 2-1、図 2-1 に示す。

2018 年の鉱石生産量は世界全体では前年比 101%の 300 千 t であり、第 1 位の中国が前年から横ばいの 130 千 t、第 2 位のチリが前年比 98%の 61 千へと減少に転じたが過去 10 年では最高レベルにあり、チリのチュキカマタ鉱山(Chuquicamata)では 2019 年から坑内採掘での生産を開始した。一方、第 3 位の米国は前年比 103%の 42 千 t と増加したが、最高であった 2014 年の生産量に比べると 6 割程度に留まっている。モリブデンは銅の副産物であり、銅鉱山の生産動向にモリブデン鉱石の生産量も影響を受ける。2015 年に生産量が落ち込んだことを除けば、銅需要の増加に伴ってこの 10 年間は概ね増加傾向にある。

チリ、ペルー、メキシコなどではモリブデン精鉱の生産量は銅鉱山の操業状況に左右される。一方、米国、カナダ、中国などでは、モリブデンのみを対象として採掘する(プライマリー)鉱山からモリブデン精鉱を生産しており、市況動向に応じてモリブデンの生産量をコントロールしていると見られる。銅の生産増加に伴って副産物であるモリブデンの生産は増えてきたが、銅の副産物としての生産が頼りであることがモリブデン鉱石供給にとって将来的な不安材料である。

国別に 2018 年の銅鉱石の生産量割合を見ると、チリ 28%、ペルー12%、中国 7%、米国 6%、DR コンゴ 6%などとなっている。一方、同年のモリブデン鉱石の生産量割合については、チリ 20%、ペルー9%、中国 43%、米国 14%、メキシコ 5%となっている。中国の生産割合に注目すれば、銅鉱石のシェア 8%に対して、モリブデン鉱石のシェアが 43%と際だって高い。中国の場合、モリブデンのみを採掘する(プライマリー)鉱山からの生産比率が高いことを意味する。

表 2-1 世界のモリブデン鉱石生産量

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
中国	93.5	93.6	106.0	104.0	101.0	103.0	83.0	130.0	130.0	130.0	100%	43.3%
チリ	34.9	37.2	40.9	35.1	38.7	48.8	52.6	55.6	62.5	61.0	98%	20.3%
米国	47.8	59.4	63.7	60.4	60.7	68.2	47.4	35.8	40.7	42.0	103%	14.0%
ペルー	12.3	17.0	19.1	16.8	18.1	17.0	20.2	25.8	28.1	28.0	100%	9.3%
メキシコ	7.8	10.9	10.9	11.0	12.1	14.4	2.5	11.9	14.0	15.0	107%	5.0%
カナダ	8.8	8.3	8.4	9.0	7.6	9.7	2.3	2.7	5.3	5.1	96%	1.7%
アルメニア	4.2	4.2	4.5	4.9	6.7	7.1	7.2	6.3	5.8	5.0	86%	1.7%
イラン	3.7	3.7	3.7	6.3	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	100%	1.2%
ロシア	—	—	—	—	—	4.8	4.5	4.5	3.1	3.1	100%	1.0%
その他	8.0	7.8	6.7	11.4	8.7	4.0	11.8	2.9	4.0	7.3	182%	2.4%
合計	221.0	242.0	263.9	259.0	258.0	281.0	235.0	279.0	297.0	300.0	101%	100%

出典：United States Geological Survey「Mineral Commodity Summaries Molybdenum Mine Production」

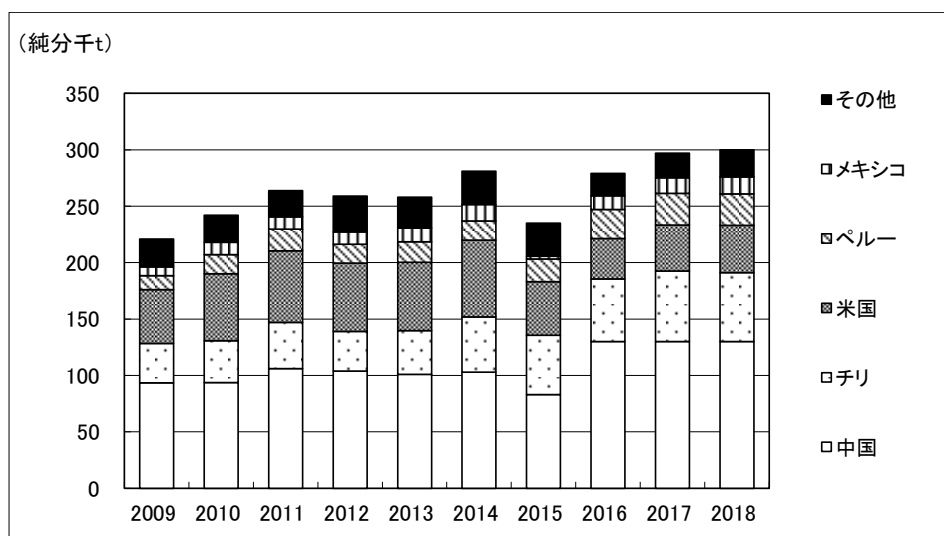


図 2-1 世界のモリブデン鉱石生産量

2-2 国内の需給動向

国内のモリブデンの需給動向を表 2-2、図 2-2、図 2-3 に示す。

2018 年の供給では輸入が前年比 106%の 30,120t と増加し、触媒等から回収されたモリブデン量は前年比 77%の 374t となり、供給量全体では前年比 105%の 30,494t であった。

また需要では内需の合計が同 107%の 27,152t と増加、輸出は同 81%の 999t と減少、需要量全体では前年比 105%の 28,100t であった。内需の内訳は、製鋼向けが前年比 107%の 24,255t、金属モリブデン生産向けが同 91%の 536t と減少、モリブデン粉が前年から横ばいの 872t、無機薬品生産向けは前年比 104%の 1,440t と増加し、その他が同 101%の 920t であった。

国内のモリブデン需要の 9 割近くが製鋼向けであり、製鋼向け需要は 3 年連続で増加している。モリブデンの内需は構造材の需要に影響を受けることも多く、受注後の生産と納期まで一般的に約半年程度の時間差が生じる。このため、需給量や輸出入量の数値が年を跨いで反映されることも起きるため、需給動向の変化は数年の傾向を見る必要がある。

一方、減少が目立つのは金属モリブデン生産向けであり、2015 年に前年比 81%、更には 2016 年にも同 54%と減少している。2017 年は同 133%と一定の回復はあったが再び減少に転じて需要が少ない状況が継続している。

表 2-2 モリブデンの国内需給

単位: 純分t

			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	
供給	生産	製鋼	三酸化モリブデン ^{*1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			FeMo ¹⁾	2,231	2,861	3,204	2,862	2,821	3,313	2,864	2,972	3,094	3,042	98%
			モリブデン粉 ²⁾	783	1,224	1,190	1,061	1,062	1,188	893	821	872	872	100%
		輸入(鉱石: 焼成鉱+硫化鉱) ³⁾	13,298	20,607	22,886	21,120	19,597	23,899	21,657	21,604	23,287	24,633	106%	
		輸入(素材) ³⁾	3,196	5,535	6,214	6,317	5,597	7,072	5,927	5,110	4,881	5,144	105%	
		内訳	酸化物・水酸化物	553	708	1,385	1,434	1,372	1,531	1,760	2,027	1,461	1,490	102%
			モリブデン酸塩	774	849	1,053	898	758	869	824	500	266	287	108%
			フェロモリブデン	575	1,429	1,483	1,320	1,084	1,531	802	1,259	1,563	1,641	105%
			塊・粉	411	1,179	865	959	821	1,430	802	613	908	838	92%
			くず	597	709	750	856	814	901	955	711	683	889	130%
			二硫化モリブデン ^{*2}	286	662	678	850	749	810	785	-	-	-	-
		輸入(製品: 棒・板・線) ³⁾	736	825	621	606	585	461	625	422	334	344	103%	
		輸入 合計	17,230	26,967	29,721	28,043	25,779	31,433	28,209	27,137	28,502	30,120	106%	
	回収(触媒等) ⁴⁾	868	845	516	488	580	494	432	387	486	374	77%		
	合計(輸入+回収)	18,098	27,812	30,237	28,531	26,360	31,927	28,640	27,523	28,988	30,494	105%		
需要	内需	製鋼	焼成鉱(製鋼用投入) ^{*3}	8,559	14,580	16,489	15,023	13,127	16,755	15,849	15,602	16,809	18,180	108%
			輸入くず(製鋼用投入) ³⁾	597	709	750	856	814	901	955	711	683	889	130%
			三酸化モリブデン ^{*1}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			FeMo生産向け焼成鉱 ⁵⁾	2,480	3,363	3,548	3,457	3,679	4,088	2,870	3,349	3,530	3,510	99%
			参考: (国内生産FeMo ¹⁾)	2,231	2,861	3,204	2,862	2,821	3,313	2,864	2,972	3,094	3,042	98%
		輸入FeMo(製鋼用投入) ³⁾	575	1,429	1,483	1,320	1,084	1,531	802	1,259	1,563	1,641	105%	
		ブリケット生産向け焼成鉱 ⁵⁾	32	32	31	43	33	31	36	26	26	35	133%	
		小計	12,242	20,112	22,301	20,699	18,735	23,307	20,512	20,947	22,611	24,255	107%	
		金属モリブデン生産向け焼成鉱 ⁵⁾	500	745	666	743	829	1,020	824	443	589	536	91%	
		参考: (国内生産モリブデン粉 ²⁾)	783	1,224	1,190	1,061	1,062	1,188	893	821	872	872	100%	
	無機薬品生産向け焼成鉱 ⁵⁾	1,209	1,373	1,511	1,236	1,257	1,177	1,340	1,444	1,383	1,440	104%		
	その他 ⁵⁾	480	494	633	611	656	792	718	740	909	920	101%		
	小計	14,431	22,725	25,111	23,290	21,477	26,296	23,394	23,574	25,492	27,152	107%		
	輸出(鉱石: 焼成鉱+硫化鉱) ³⁾	39	19	8	6	17	36	19	0	41	10	-		
	輸出(素材) ³⁾	864	599	661	506	747	754	712	542	928	714	77%		
	輸出(製品: 棒・板・線) ³⁾	1,052	1,205	1,000	1,014	913	817	600	406	265	275	104%		
	輸出 合計	1,954	1,823	1,669	1,526	1,677	1,607	1,331	948	1,234	999	81%		
	合計	16,386	24,549	26,780	24,816	23,155	27,902	24,726	24,522	26,726	28,151	105%		
	供給-需要	1,712	3,263	3,458	3,715	3,205	4,025	3,915	3,001	2,262	2,343	-		

出典: 1) 経済産業省 非鉄金属等需給動態統計、2014年以降については日本フェロアロイ協会(フェロアロイ生産推移)

2) 工業レアメタル「モリブデン製品の生産実績」(タングステン・モリブデン工業会)

3) 輸出入: 財務省貿易統計

4) 触媒資源化協会「触媒資源化実績報告書」

5) 経済産業省資源エネルギー庁 非鉄金属等需給動態統計(用途別消費量)

* 参考 は合計数量に加工しない。

*1 製鋼用の焼成鉱(三酸化モリブデン)の直接投入における供給量及び需要量の統計は見当たらない。

*2 二硫化モリブデンのHSコードが2016年から無くなったので、値の欄は空欄とした。

*3 直接の統計はないが、用途が不明な鉱石が直接製鋼用に投入された焼成鉱として次式より算出した。

(輸入鉱石量-輸出鉱石量)-(FeMo生産向け+ブリケット生産向け+金属Mo生産向け+無機薬品生産向け+その他向け)

純分換算率:

焼成鉱60%、モリブデン酸塩59%、粉・塊100%、くず100%、棒・板・線100%、二硫化モリブデン60%

硫化鉱:(輸入分・輸出分ともに)2011年まで60%、2012年以降50%

FeMo:(輸入)2011年まで62%、2012年以降70%、(輸出分)62%

酸化物・水酸化物:(輸入分・輸出分ともに)2011年まで59%、2012年以降66.6%

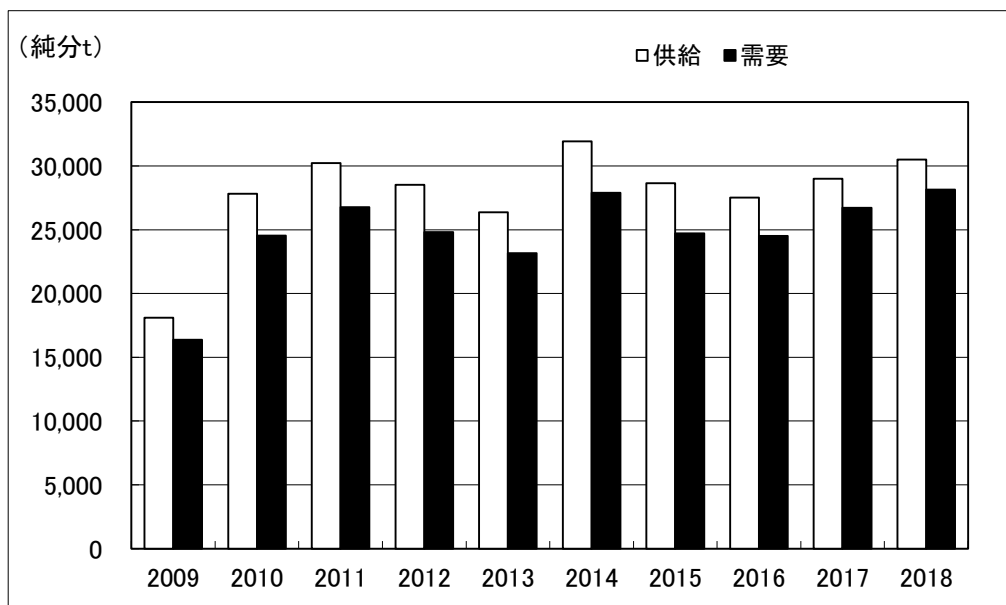


図 2-2 モリブデンの国内需給

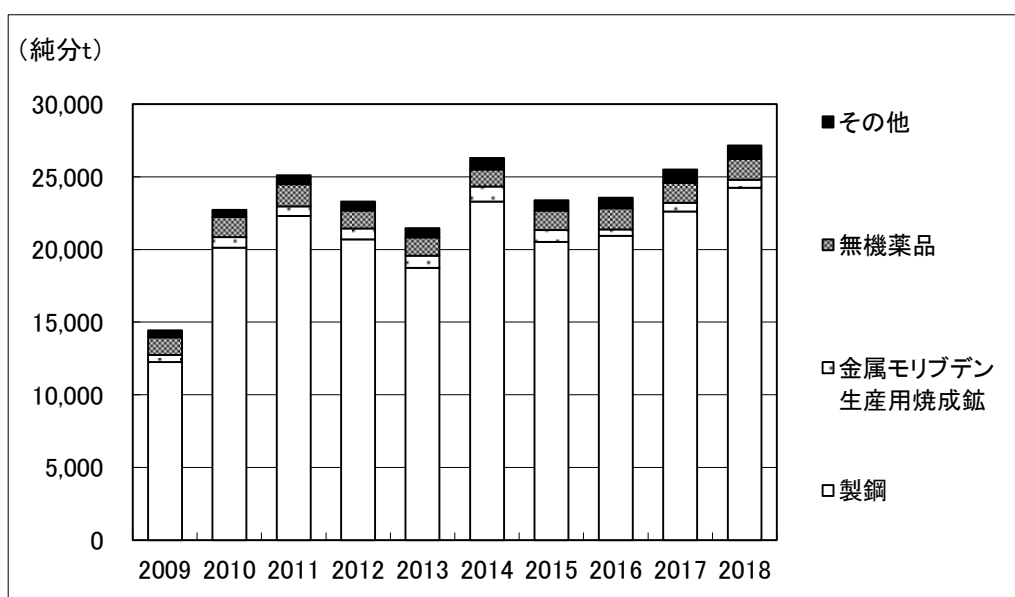


図 2-3 モリブデンの内需

(1) 製鋼用モリブデン

2018年の製鋼用モリブデンの需要は、前年比107%の24,255tと増加した。

世界と同様に日本国内のモリブデン需要では製鋼用が多く内需の9割を占めており、国内の特殊鋼やステンレス鋼の中でも高強度鋼や耐熱性が要求される自動車向けなど、モリブデンを多く含む鉄鋼製品の生産量が伸びるのに伴い増加傾向にある。

製鋼用では主に輸入した焼成鉬(MoO₃)が利用されるが、その他に輸入のフェロモリブデン(以下、FeMo)や国内生産のFeMo、また、くずも使用される。2018年の焼成鉬(MoO₃)の直接投入は前年比108%の18,180t、輸入FeMoが同105%の1,641t、輸入くずが同130%の889tと増加した。また、製鋼用に投入された国内生産FeMoの量は、2016年度から増加傾向であったが2018年は前年のほぼ横ばいとなり、輸入原料を増やすことで需要増に応えた形となった。

焼成鉬(MoO_3)は、製鋼原料として一次製錬の段階でそのまま転炉・電炉に直接投入される。モリブデンの製鋼向けの需要を見るためには、焼成鉬(MoO_3)の直接投入分が必要であるが、直接投入分に関する統計がない。そこで、非鉄金属等需給動態統計調査から焼成鉬(MoO_3)の用途別消費統計を利用して、表 2-2 では輸入された焼成鉬(MoO_3)の量より、輸出焼成鉬(MoO_3)分を除き、その上で FeMo、ブリケット(三酸化モリブデンブリケット:以下、ブリケット(MoO_3))、金属モリブデン、無機薬品、その他の生産に使われたモリブデン精鉬消費量を差し引いたものを直接投入量として算出した。

ブリケット(MoO_3)も FeMo も主に製鋼の二次製錬の段階で成分調整を行うために用いられている。これらの生産に使われた焼成鉬(MoO_3)の消費量も表 2-2 に示した。

(2) 金属モリブデン

金属モリブデンとは、電極等に用いられる細線や線、棒、その他液晶用ターゲット・電気炉リフレクター板・敷板・陰極等で用いられる板や加工品である。

金属モリブデン向けの焼成鉬(MoO_3)消費量は 2014 年の 1,020t から大幅に減少し、2018 年度はピーク時からの半減に近い 536t となった。タングステン・モリブデン工業会の統計では、2018 年の日本のモリブデン製品の生産量は、粉末は横ばいだが線・棒・板・加工品は全て前年比でマイナスとなった。

電子材料向けが縮小していることが要因であり、照明の LED 化に伴って電球向けのモリブデン需要が減少したことに加えて、電子部品産業の中心が日本からアジアなど海外に移っているという流れもある。また、電子材料分野においては、2015 年に主用途のモリブデン坩堝(るつぼ)の種類が変更されたことも影響している。これまで、携帯電話用カバーガラスの製造工程ではモリブデン坩堝が使われてきたが、カバーガラスの強度向上のためカバーガラスの種類が変わったことから、モリブデンを使用しない坩堝に変更されたものと考えられる。

(3) 無機薬品

無機薬品とは、防食剤、石油脱硫触媒、水素化分解触媒、その他肥料・薬品向け等が含まれる。

防食剤には主にモリブデン酸ナトリウムが使用される。石油脱硫触媒にはピュアオキサイドが使用され、水素化分解触媒にはモリブデン酸アンモニウムが使用される。

2018 年の無機薬品向けの焼成鉬(MoO_3)の消費量(モリブデン純分量)は前年比 104%の 1,440t と増加したが、2015 年以降は 1,400t 前後を増減して推移している。経済産業省の生産動態統計によれば、日本国内で生産された石油精製触媒の生産量は 2017 年は前年比 91%の 46,992t(触媒の重量)に落ち込んだが、2018 年は前年比 107%となり 50,476t まで回復した。ガソリン・重油の製造で使用する石油精製の触媒は数年毎に交換されることから、2016 年に交換需要や中国向けの環境対策等で石油精製用触媒の需要が増えた反動で 2017 年は減少したと推測されたが、中国政府は環境対策に引き続き力を入れており、2018 年以降も触媒需要は底堅いと思われる。また、世界の船舶排ガス規制が 2020 年に強化され、一般海域において船舶で使用する燃料に対しても硫黄分濃度が 0.5%を超えない燃料の使用が義務付けられるなど、環境問題への対応のために石油精製触媒の需要は世界的にも増加していく傾向にあると思われる。

3.価格動向

モリブデン価格は LME で上場廃止となっているが、参考値としてモリブデンの LME 価格を図 3 に示す。

2014 年 6 月から 2015 年 10 月まで続いた下げ傾向が落ち着き、2016 年 6 月頃からは 15~16 千\$/t 程度で推移していたが、2018 年 3 月頃に一気に 25 千\$/t 近くまで値上がりした。2018 年 4 月以降は、ほとんど値動きが無い状態を継続している。

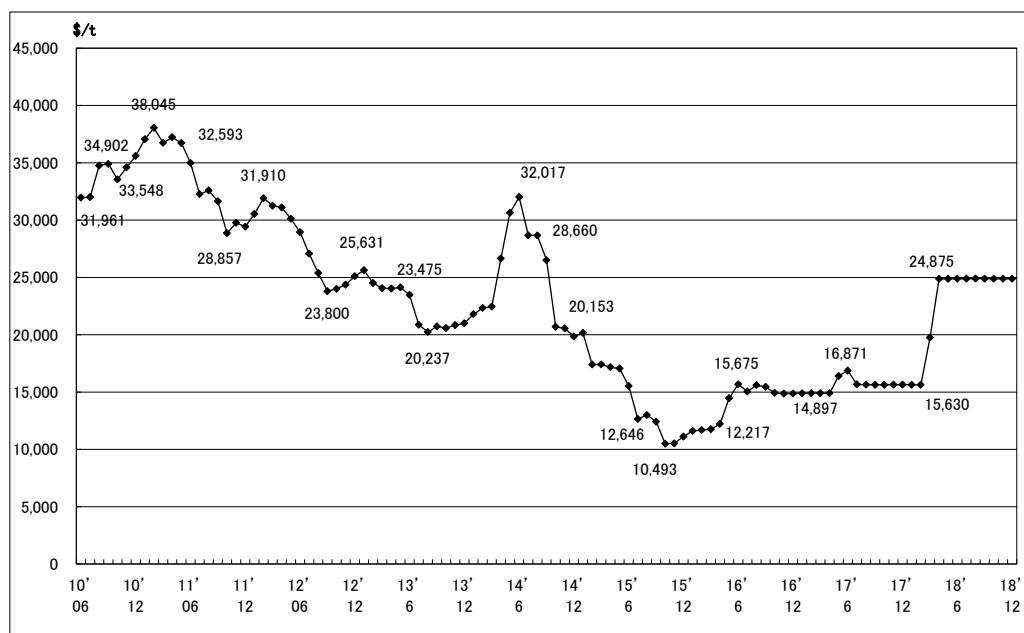


図3 モリブデンのLME価格(MONTHLY AVERAGE)

4.輸出入動向

4-1.輸出入動向

モリブデンの輸出入数量を表4-1、図4-1、図4-2に示す。

2018年のモリブデンの輸入量は前年比106%の30,120tで、輸出量は同81%の999tであった。

輸入についてみると、まず焼成鉬(MoO₃)の輸入は2年連続で増加しており、2018年は前年比106%の24,555tであった。FeMoは2015年に前年比52%と大きく減少したが、その後は増加に転じて2018年は前年比105%の1,641tと過去10年で最高となった。また、2年連続で減少していたが、前年比130%の889tと増加に転じた。これらは、製鋼用モリブデンの国内需要が増加したことに対応している。

一方、モリブデン酸化物・水酸化物は前年比102%の1,490t、モリブデン酸塩は同108%の287tと増加はしたが、いずれも2015年頃の輸入量と比較すると低いレベルになっている。また、塊・粉も2015年から大きく減少した後に昨年は反発を見せたが、2018年は前年比92%の838tと再び減少し、ピークであった2014年より以前のレベルに戻った傾向にある。

また、輸出では、5年連続で増加していたモリブデン酸塩が前年比68%の325tと減少に転じた。また、昨年515%の291tと大幅に増加した塊・粉は94%の273tと若干減少したが、2年前より高いレベルを維持している。

棒・板・線・その他の製品については、2011年以降は輸出入ともに減少傾向が継続している。

なお二硫化モリブデンは2016年よりHSコードが廃止されており、データは無い。

表 4-1 モリブデンの輸出入数量

			単位: 純分t										
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比
原料	焼成鉬 (主に三酸化モリブデン)	輸入	13,285	20,564	22,886	21,091	19,563	23,873	21,630	21,568	23,245	24,555	106%
		輸出	39	19	8	6	17	17	13	0	41	10	25%
	硫化鉬	輸入	14	43	45	29	34	26	27	37	42	78	185%
		輸出	0	0	0	0	0	19	6	0	0	0	—
	小計	輸入	13,298	20,607	22,931	21,120	19,597	23,899	21,657	21,604	23,287	24,633	106%
		輸出	39	19	8	6	17	36	19	0	41	10	25%
		輸入-輸出	13,259	20,588	22,923	21,114	19,580	23,864	21,638	21,604	23,246	24,622	106%
素材	モリブデン酸化物 水酸化物	輸入	553	708	1,385	1,434	1,372	1,531	1,760	2,027	1,461	1,490	102%
		輸出	8	59	158	9	11	30	15	15	20	24	118%
	モリブデン酸塩	輸入	774	849	1,053	898	758	869	824	500	266	287	108%
		輸出	103	146	164	150	172	327	358	407	476	325	68%
	FeMo(フェロモリブデン)	輸入	575	1,429	1,483	1,320	1,084	1,531	802	1,259	1,563	1,641	105%
		輸出	321	93	21	17	22	13	19	7	10	22	226%
	塊・粉	輸入	411	1,179	865	959	821	1,430	802	613	908	838	92%
		輸出	141	68	125	41	30	17	20	56	291	273	94%
	くず	輸入	597	709	750	856	814	901	955	711	683	889	130%
		輸出	61	77	48	129	166	133	53	56	132	69	52%
	二硫化モリブデン*	輸入	286	662	678	850	749	810	785	-	-	-	-
		輸出	229	157	145	157	346	234	248	-	-	-	-
小計	輸入	3,196	5,535	6,214	6,317	5,597	7,072	5,927	5,110	4,881	5,144	105%	
	輸出	864	599	661	503	747	754	712	542	928	714	77%	
		輸入-輸出	2,332	4,936	5,553	5,814	4,850	6,318	5,215	4,568	3,953	4,430	112%
製品	棒・板・線・その他	輸入	736	825	621	606	585	461	625	422	334	344	103%
		輸出	1,052	1,205	1,000	1,014	913	817	600	406	265	275	104%
		輸入-輸出	-316	-380	-379	-409	-328	-355	25	16	69	68	99%
合計		輸入	17,230	26,967	29,766	28,043	25,779	31,433	28,209	27,137	28,502	30,120	106%
		輸出	1,954	1,823	1,669	1,526	1,677	1,607	1,331	948	1,234	999	81%
		輸入-輸出	15,275	25,144	28,097	26,517	24,102	29,826	26,878	26,189	27,268	29,121	107%

出典: 財務省貿易統計

純分換算率: 焼成鉬60%、モリブデン酸塩59%、粉・塊100%、くず100%、棒・板・線100%、二硫化モリブデン60%

純分換算率(硫化鉬): (輸入分・輸出分ともに)2011年まで60%、2012年以降50%

純分換算率(FeMo): (輸入)2011年まで62%、2012年以降70%、(輸出分)62%

純分換算率(酸化物・水酸化物): (輸入分・輸出分ともに)2011年まで59%、2012年以降66.6%

* 二硫化モリブデンのHSコードが2016年から無くなったので、値の欄は空欄とした。

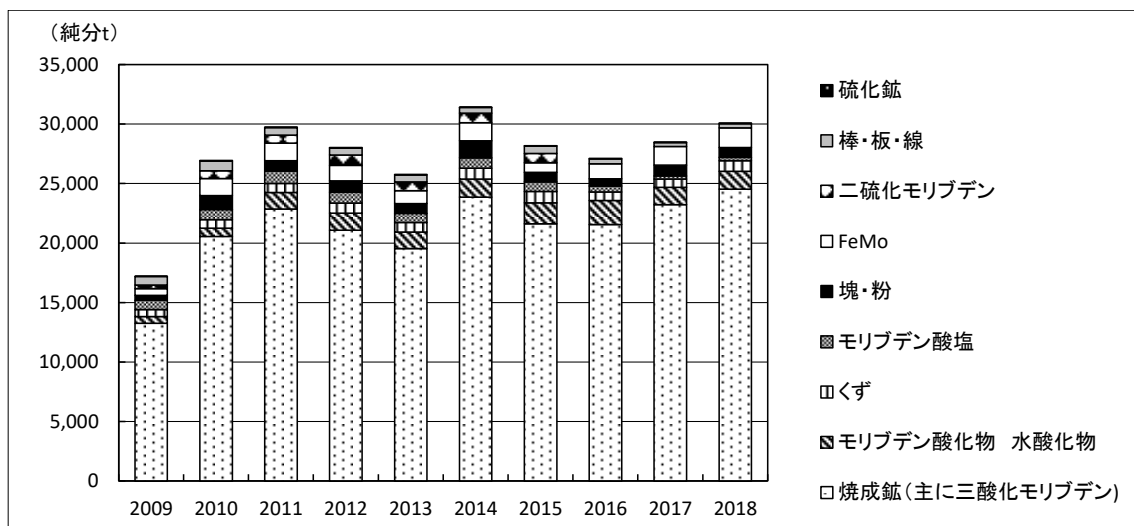


図 4-1 モリブデンの輸入数量

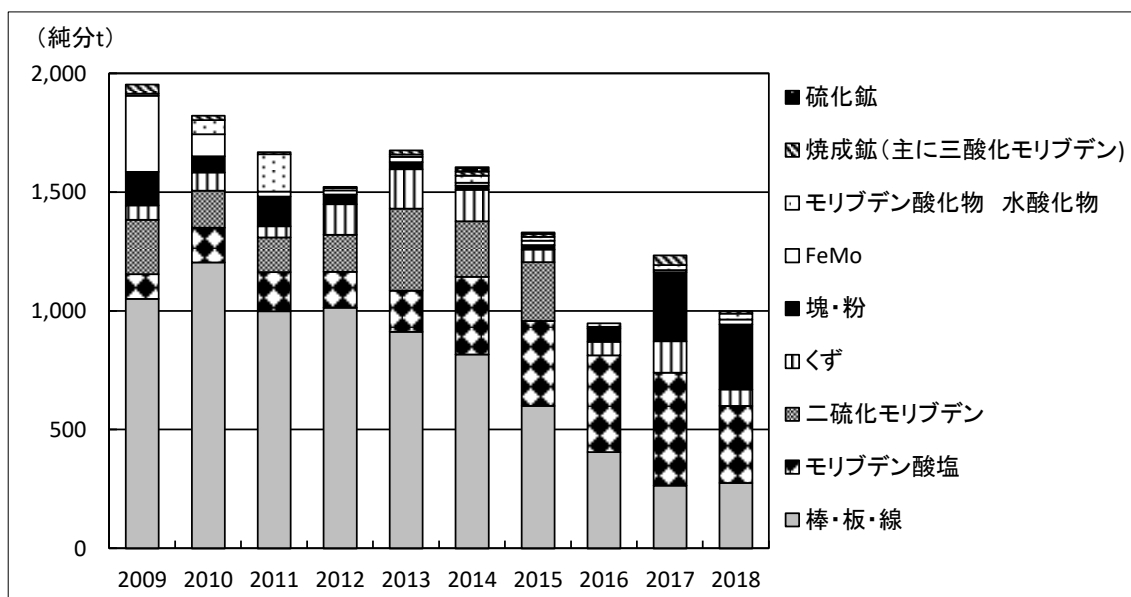


図 4-2 モリブデンの輸出数量

4-2 輸出入相手国

4-2-1 焼成鉬(MoO₃)

焼成鉬(MoO₃)の輸出入相手国を表 4-2、図 4-3 に示す。

2018 年の焼成鉬(MoO₃)の輸入量は前年比 106%の 24,555t であり、過去最高レベルとなった。主要輸入相手国はチリ、米国であり、チリ1か国で 71%を、上位 2 か国で輸入量の 84%を占めている。輸入が増加傾向にある中で、韓国からの輸入は 2014 年の 1,386t から減少して 2018 年は増加に転じたもののピーク時の 1/3 となっているが、代わりに韓国からは FeMo の輸入が増加している。(表 4-5 参照)

モリブデンのみを産出するプライマリー鉬山を有する中国とカナダからの輸入が近年ゼロとなっており、米国から輸入の焼成鉬(MoO₃)以外は基本的に銅採掘の副産物として生産されたものである。

表 4-2 焼成鉬(MoO₃)の輸入相手国

単位: 純分t

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
輸入	チリ	7,633	11,587	13,004	12,313	11,306	13,941	14,222	16,457	17,382	17,335	100%	71%
	米国	2,338	3,002	4,193	3,335	3,479	2,534	2,005	1,909	2,862	3,309	116%	13%
	メキシコ	946	1,374	1,275	955	1,180	1,609	2,052	1,259	1,284	1,764	137%	7%
	ベトナム	11	95	360	380	540	1,088	871	684	900	1,080	120%	4%
	韓国	495	1,115	1,045	1,607	943	1,386	1,010	725	366	468	128%	2%
	タイ	0	0	12	51	36	0	144	161	199	360	181%	1%
	ベルギー	420	1,103	972	480	180	384	684	230	204	204	100%	1%
	オランダ	60	131	108	0	12	0	0	132	48	35	73%	0%
	中国	258	353	344	217	154	60	12	10	0	0	—	—
	カナダ	1,060	1,792	1,570	1,726	1,734	2,858	618	0	0	0	—	—
	その他	65	12	4	26	0	12	12	0	0	0	—	—
	合計		13,285	20,564	22,886	21,091	19,563	23,873	21,630	21,568	23,245	24,555	106%

出典: 財務省貿易統計

純分換算率: 焼成鉬(三酸化モリブデン)60%

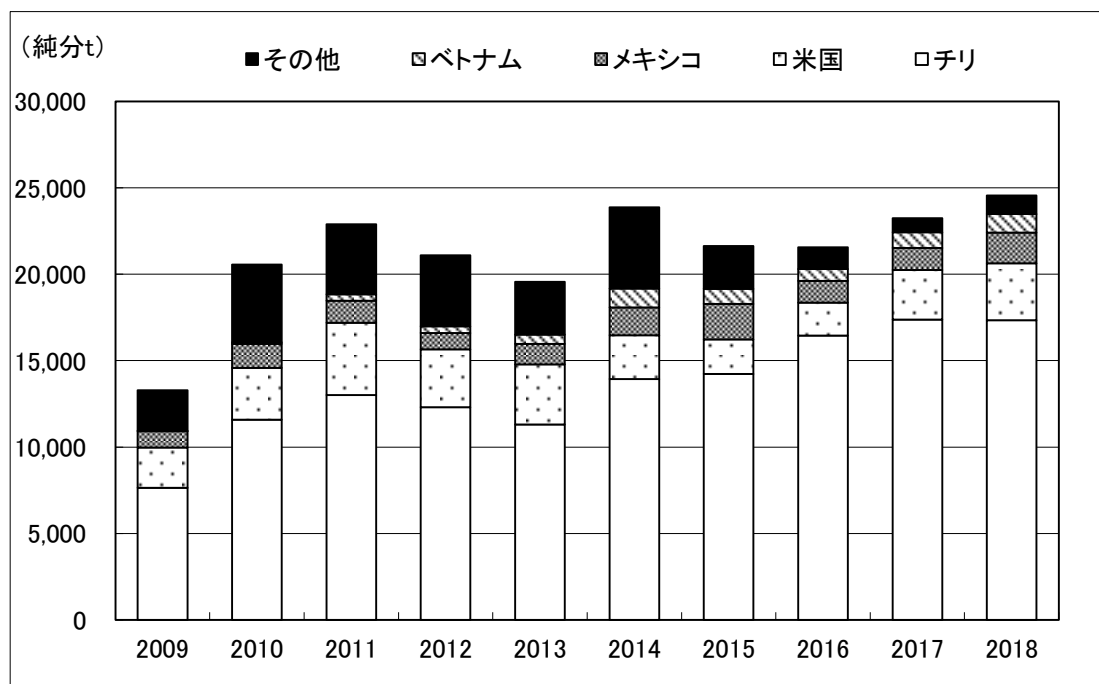


図 4-3 焼成鉬(MoO₃)の輸入相手国

4-2-2モリブデン酸化物・水酸化物

モリブデン酸化物・水酸化物の輸出入相手国を表 4-3、輸入相手国を図 4-4 に示す。

2018 年の酸化物・水酸化物の輸入量は前年比 102%の 1,490t であった。中国からの輸入量は前年比 87%の 941t と 2 年連続で減少した。中国からの輸入減少は、中国政府による環境規制強化の影響と推察される。また、チリからの輸入も半減したが、オランダ・台湾からは輸入増となった。オランダは前年比 6 倍の 216t、昨年大きく減少した台湾は前年比 160%の 190t と 2016 年には及ばないものの輸入量を回復した。2018 年は中国、オランダ、台湾の 3 개국で輸入量の 90%を占めた。

表 4-3 モリブデン酸化物・水酸化物の輸出入相手国

単位: 純分t

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
輸入	中国	12	0	191	269	375	561	776	1,457	1,077	941	87%	63%
	オランダ	156	71	27	75	37	0	192	120	36	216	600%	14%
	台湾	12	14	248	260	240	279	257	254	119	190	160%	13%
	チリ	161	232	283	258	233	228	161	123	184	93	51%	6%
	米国	213	379	580	563	467	422	360	47	45	50	112%	3%
	その他	0	12	56	9	20	41	13	27	0	0	-	0%
	合計	553	708	1,385	1,434	1,372	1,531	1,760	2,027	1,461	1,490	102%	100%
輸出	韓国	5.2	10.6	6.0	7.1	8.2	9.3	8.7	9.7	11.2	15.1	135%	63%
	インドネシア	0	2.2	0	1.1	0	9.1	0.3	0.3	5.7	5.0	88%	21%
	オランダ	0	0	0	0	0	0	0.4	1.3	1.3	1.5	113%	6%
	台湾	0.7	44.6	151.0	0.3	0.3	0.3	0.7	1.3	0.5	1.1	221%	4%
	タイ	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.6	0.8	140%	3%
	中国	2.4	0.1	0.1	0.1	1.5	4.2	3.9	1.3	0.2	0.2	100%	1%
	その他	0	1.5	0.4	0.6	0.9	7.1	1.5	1.5	1.2	0.3	26%	1%
合計	8.2	59.0	157.5	9.2	10.9	30.0	15.4	15.5	20.7	24.0	116%	100%	

出典: 財務省貿易統計

純分換算率: (2011年以前)モリブデン酸化物・水酸化物59%

(2012年以降)モリブデン酸化物・水酸化物66.6%

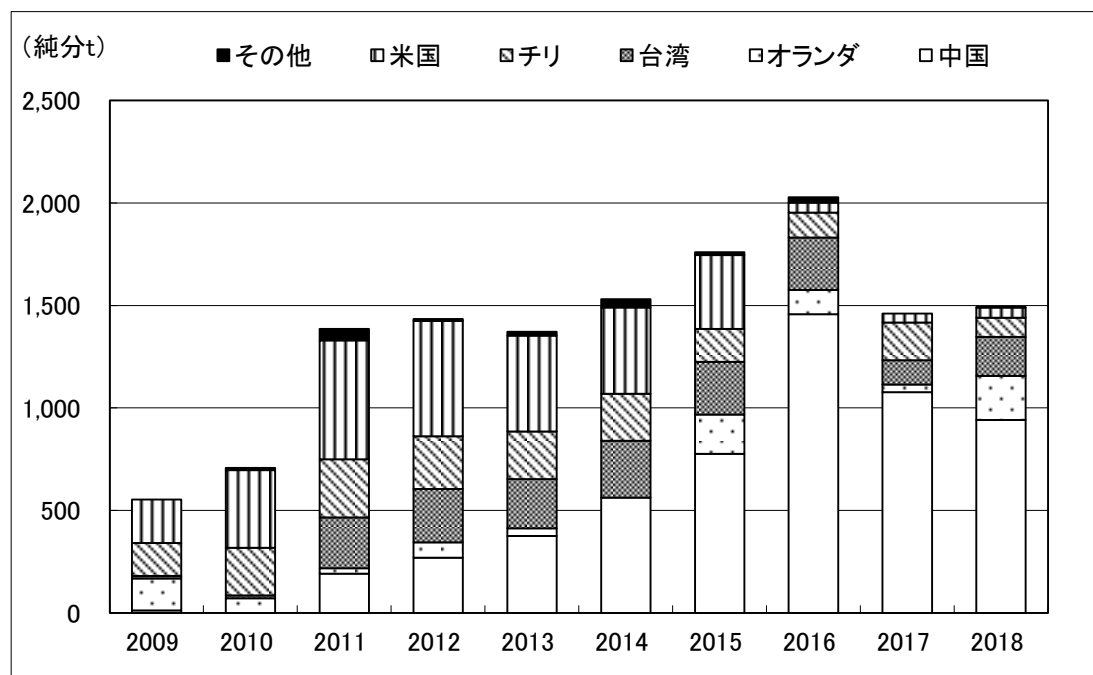


図 4-4 モリブデン酸化物・水酸化物の輸入相手国

4-2-3.モリブデン酸塩

モリブデン酸塩の輸出入相手国を表 4-4 に示す。

2018 年のモリブデン酸塩の輸入量は前年比 108%の 287t であり、その 87%を中国が占めている。米国とチリからの輸入が減少する中で、中国は前年比 127%の 248tと過去 2 年続けた減少から増加に転じたものの、2015 年の輸入量の 1/3 という低い水準にあり、これも中国の環境規制の影響ではないかと推察される。

モリブデン酸塩の輸出量は過去 10 年は増加傾向で推移してきたが、2018 年は前年比 68%の 325t と大幅な減少となった。主要輸出先では昨年まで過去 4 年間トップであったドイツが、前年比 8%の 12t と激減したことが主な要因である。その結果、主要輸出相手国は韓国、イタリア、タイとなり、全体の 86%を占める。韓国向けは前年比 135%の 143t と増加したが、イタリアは同 66%の 73t と昨年まで 3 年続いた増加傾向から減少に転じている。モリブデン酸塩は触媒の原料であることから、数年ごとの定期的な触媒交換による需要の変動があるものと思われる。

表 4-4 モリブデン酸塩の輸出入相手国

単位: 純分t

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
輸入	中国	602	705	875	756	609	706	716	443	196	248	127%	87%
	米国	31	59	106	47	39	48	32	33	45	38	85%	13%
	チリ	141	85	72	89	109	115	18	12	24	0	0%	0%
	台湾	0	0	0	0	0	0	39	12	0	0	-	-
	その他	0	0	0	5	0	0	19	0	1	0	0%	0%
	合計	774	849	1,053	898	758	869	824	500	266	287	108%	100%
輸出	韓国	56	91	104	82	76	98	112	115	106	143	135%	44%
	イタリア	6	7	8	5	5	6	61	54	110	73	66%	22%
	タイ	6	5	19	38	59	48	64	62	69	65	93%	20%
	台湾	8	13	9	8	19	13	14	17	20	12	61%	4%
	ドイツ	0.3	0.3	0	0	0	140	80	143	153	12	8%	4%
	米国	4	7	8	0	0	3	0	0	0	6	-	2%
	中国	10	10	7	6	6	4	4	4	6	5	71%	1%
	スペイン	8	6	5	5	3	8	7	5	5	4	78%	1%
	その他	5	6	5	6	4	7	15	7	6	7	119%	2%
合計	103	146	164	150	172	327	358	407	476	325	68%	100%	

出典: 財務省貿易統計
純分換算率: モリブデン酸塩59%

4-2-4.フェロモリブデン(FeMo)

FeMo の輸出入相手国を表 4-5 に示す。

2018 年の FeMo 輸入量は前年比 105% の 1,641t であった。韓国からは焼成鉬(MoO₃) 輸入が減少する反面、FeMo の輸入は過去 6 年連続で増加しており、2017 年の前年比 174% に続き 2018 年も同 148% の大幅増となって、チリを抜いて 758t となった。一方、中国からの輸入が過去 2 年間増加していたが、2018 年は 49% の 147t と大幅に減少した。これにより中国の割合が低下し、主要輸入相手国は韓国、チリの 2 か国で全輸入量の 91% を分け合う形となった。なお、中国は世界の FeMo 輸出全体でも 2017 年には 8% を占める世界第 5 位の輸出国であったが、2018 年は FeMo の輸出量を前年比 55% に減らしてシェアと順位を大きく下げている。中国では環境規制の影響もあるが、中国での特殊鋼やステンレスの需要が増加していることから、FeMo を国内で消費しているものと推察される。

表 4-5 FeMo の輸出入相手国

単位: 純分t

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
輸入	韓国	64	279	198	141	190	199	219	293	511	758	148%	46%
	チリ	496	1,140	1,235	1,100	884	1,232	546	678	711	735	103%	45%
	中国	6	0	42	64	5	99	23	288	300	147	49%	9%
	台湾	6	0	1	15	5	1	0	0	0	1	-	-
	その他	3	10	6	0	0	0	14	0	42	0	0%	0%
	合計	575	1,429	1,483	1,320	1,084	1,531	802	1,259	1,563	1,641	105%	100%
輸出	インドネシア	0.05	0.1	0.1	0.2	0	0.6	8.4	0	0	12.4	-	57%
	タイ	2.6	3.9	5.2	4.8	4.9	3.9	4.5	1.7	3.1	4.1	132%	19%
	フィリピン	0.5	0.9	1.0	1.7	1.0	3.7	2.5	2.4	2.2	4.0	186%	19%
	台湾	212.7	77.5	13.0	9.0	15.8	3.1	2.5	1.9	2.5	1.2	50%	6%
	その他	106	10	1	2	0	2	1	1	2	0	0%	0%
合計	321.4	92.7	20.8	17.3	22.0	13.0	18.5	6.6	9.6	21.8	226%	100%	

出典: 財務省貿易統計
純分換算率: FeMo (2011年以前) 輸出 62%、輸入 62%
(2012年以降) 輸出 62%、輸入 70%

4-2-5.モリブデン粉・塊

モリブデン粉・塊の輸出入相手国を表 4-6 に示す。

2018 年のモリブデン粉・塊の輸入量は前年比 92% の 838t であった。粉・塊の主要輸入相手国は中国とドイ

ツで、全輸入量の 58%を中国、41%をドイツが占めている。中国からの輸入量が前年比 71%の 483t と昨年の増加から一転して 2018 年は減少したのに対し、ドイツは前年比 150%の 342t と増加した。その他に、2018 年はオランダ、米国、カナダからの輸入があった。

輸出量は前年比 94%の 273t であった。2018 年は減少したものの、2017 年に前年の約 5 倍に急増して高い水準を維持している。台湾と韓国への輸出が 2016 年から増加していることが要因であり、全輸出の 61%を台湾、32%を韓国が占めており、両国の電子産業での需要と考えられる。

表 4-6 粉・塊の輸出入相手国

単位：純分t

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比	構成比
輸入	中国	220.3	576.8	482.9	632.8	471.8	813.1	343.2	391.3	676.0	483.2	71%	58%
	ドイツ	78.1	524.7	307.0	278.2	325.7	557.4	439.6	204.3	227.9	341.9	150%	41%
	オランダ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3	—	0.9%
	米国	90.2	76.5	54.4	46.6	22.2	15.8	17.1	14.1	0	5.2	—	0.6%
	ウズベキスタン	0	0.6	0	0	0	28.9	0	0	0	0	—	0.0%
	オーストリア	0	0	0	0	0	14.4	0	0	0	0	—	0.0%
	その他	22.6	0.0	21.2	1.3	1.2	0.6	1.9	3.6	4.4	0.3	6%	0%
	合計	411.2	1,178.7	865.4	958.9	821.0	1,430.1	801.7	613.3	908.2	837.8	92%	100%
輸出	台湾	60.0	11.0	0.002	0	0	0.1	0	27.1	178.4	165.9	93%	61%
	韓国	8.2	12.8	18.5	16.9	13.2	1.1	1.0	10.1	73.8	86.4	117%	32%
	中国	11.5	3.6	7.6	2.6	3.0	2.6	1.5	5.1	3.6	4.8	132%	2%
	米国	51.9	30.5	55.3	12.1	6.6	5.3	5.2	3.6	4.5	4.3	95%	2%
	タイ	1.5	4.6	4.0	5.4	4.1	4.0	3.4	3.4	3.7	4.0	110%	1%
	オランダ	0.5	2.5	3.5	3.3	2.5	2.0	5.0	3.0	24.0	3.0	13%	1%
	ベトナム	0	0	0	0	0.2	0.2	1.7	1.8	1.4	2.6	193%	1%
	その他	7.3	3.0	35.7	0.8	7.1	1.6	1.8	2.7	1.3	2.5	186%	1%
合計	140.8	67.9	124.6	41.0	36.7	16.9	19.6	56.8	290.7	273.4	94%	100%	

出典：財務省貿易統計
 純分換算率：粉・塊100%

4-3.輸出入価格

モリブデン原料・素材・製品の平均輸出入価格を表 4-7、モリブデン鉱石の平均輸入価格を図 4-5 に示す。

2018 年のモリブデンの輸出入価格においては、硫化鉬の輸入や製品輸出の一部を除いて、全般的に上昇傾向にある。特に焼成鉬 (MoO_3) は輸入が前年比 145%、輸出が前年比 199%と大きく上昇し、輸入は 2016 年頃の価格を底に 2 倍近くまで上昇している。素材の輸出入価格は、全品目について前年比 110~140%の価格上昇となっている。

輸出価格は、数量が少なく年により輸出先も変化するため、価格変動が大きい。

表 4-7 モリブデンの平均輸出入価格

		単位	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	18/17比
原料	焼成鉬 (三酸化モリブデン)	輸入	16,613	20,053	21,223	17,472	12,889	15,274	10,038	8,003	10,348	14,978	145%
		輸出	14,840	26,371	39,144	34,136	21,373	15,610	10,610	—	9,077	18,090	199%
	硫化鉬	輸入	24,922	22,806	24,283	25,705	22,742	27,271	25,508	24,697	24,157	13,170	55%
		輸出	—	—	—	—	—	295	350	—	—	—	—
素材	モリブデン酸化物 水酸化物	輸入	20	23	25	21	16	19	13	14	14	19	140%
		輸出	27	23	24	35	26	24	18	19	21	28	133%
	モリブデン酸塩	輸入	16	21	22	19	14	17	12	11	13	17	130%
		輸出	19	21	25	23	15	18	12	12	12	16	128%
	FeMo	輸入	19	24	25	21	16	19	13	10	13	18	143%
		輸出	18	26	32	29	17	25	16	18	19	23	116%
	塊・粉	輸入	44	45	46	40	33	35	29	25	28	36	129%
		輸出	58	86	67	47	42	41	35	58	72	77	107%
	くず	輸入	17	22	25	22	17	20	16	14	16	20	128%
		輸出	26	35	27	18	16	17	8	13	22	26	119%
	二硫化モリブデン	輸入	17	12	12	10	12	12	14	—	—	—	—
		輸出	11	28	30	25	11	12	11	—	—	—	—
製品	棒・形材・板	輸入	118	114	124	110	74	90	53	50	81	94	115%
		輸出	207	135	154	121	111	92	83	167	83	74	89%
	線	輸入	86	82	80	86	70	80	68	64	58	67	116%
		輸出	119	84	89	75	77	253	230	312	354	374	106%
	その他 製品	輸入	93	118	119	100	83	77	70	90	64	74	114%
		輸出	157	152	156	140	107	113	151	82	308	219	71%

出典：財務省貿易統計

輸出入価格は貿易統計の貿易額を財務省による年間平均為替レートにより米ドルベースに換算し、年間平均価格を示した。

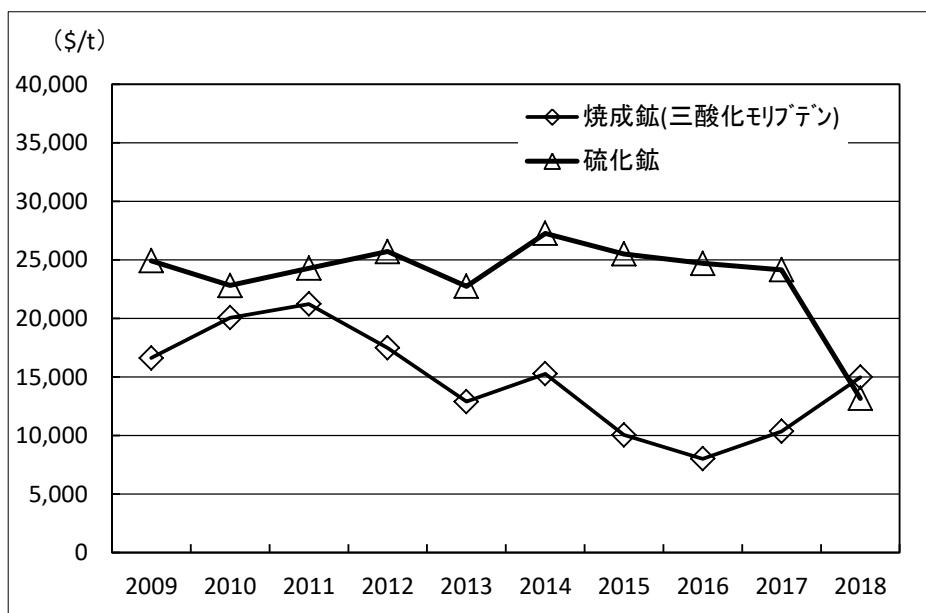


図 4-5 モリブデン鉬石の平均輸入価格

5.リサイクル

使用済触媒や製品からの回収品が原料として各種素材に供給されている。

日本の場合、使用済み製品からのリサイクル量の統計値が触媒資源化協会の数値のみであり、2018 年は 374t(触媒から 351t、金属スクラップから 23t)の回収量であった。これは触媒資源化協会の会員のみによる回収量の集計であるため、あくまでも参考の数値であるが、以下の定義によると 2018 年におけるリサイクル率は 1.3%である。国内では脱硫触媒からモリブデンの回収が行われている。

石油精製所では、石油の品質向上と大気汚染をもたらす硫黄を取り除くために脱硫触媒としてモリブデン系の触媒が使用されており、この使用済みの触媒からモリブデンの回収が行われている。国内では石油精製所の脱硫触媒が減少しているため、触媒等からのモリブデン回収も減少傾向にある。リサイクルの定義には該当しないが、製鉄用で発生したスクラップは再度生産に利用されている。即ちモリブデンのリサイクルは数字

には出てこないものの、モリブデンは基本的にはステンレスとしてリサイクルされていると言える。

リサイクル率	$= (\text{使用済み製品からのリサイクル量}) / (\text{見掛消費})$
見掛消費	$= (\text{国内発生量}) + (\text{原料・素材の輸入量}) - (\text{原料・素材の輸出量})$

※原料は焼成鉬(MoO₃)、硫化鉬、素材はモリブデン酸化物・水酸化物、モリブデン酸塩、FeMo、塊・粉、くず、MoS₂の合計値

※国内発生量には使用済み製品からのリサイクル量及び製錬残渣等から回収された量を含む。モリブデンの場合には、触媒・金属スクラップからの回収を国内発生量とする。

6.マテリアルフロー

日本へのモリブデン資源供給の中心は焼成鉬(MoO₃)の輸入(純分 24,555t)であり、輸入されるモリブデン鉬石のほぼ全てが焼成鉬(MoO₃)である。その他の素材も、FeMo(1,641t)、くず(889t)、塊・粉(838t)の順で一定量の輸入があるが、素材と製品も合わせたモリブデン資源輸入全体の8割以上が焼成鉬(MoO₃)である。

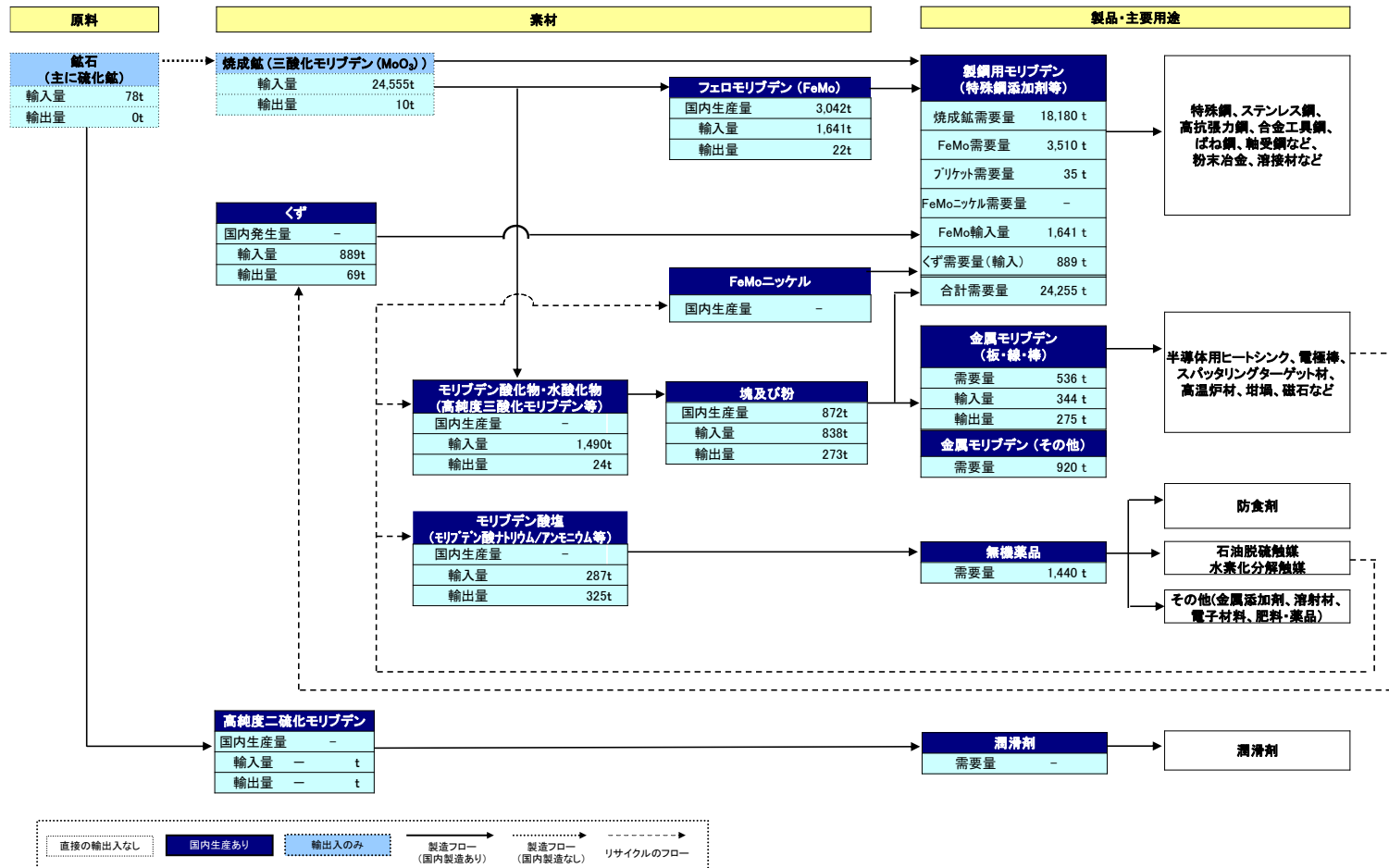
世界最大の生産国である中国からは焼成鉬(MoO₃)の輸入は無く、日本の焼成鉬(MoO₃)輸入全体の7割以上がチリからのものが占めており、2位の米国が13%で、他にもメキシコ、ベトナム等がある。チリに依存している比率は高いものの、チリの鉬山には日本企業も出資しており、現時点で日本のモリブデン調達に関して問題はない。

日本のモリブデン需要の8割以上は、特殊鋼やステンレス鋼のための製鋼添加剤向けであり、輸入された焼成鉬(MoO₃)も9割が製鋼向けに使用されていると思われる。製鋼工程では焼成鉬(MoO₃)を直接投入する以外に、焼成鉬(MoO₃)から生産したFeMoも成分調整のための添加剤として使用される。特殊鋼やステンレス鋼の中でもモリブデンが必要とされるのは、主に高強度や耐熱性が要求される自動車向けであり、ほぼ自動車用途での需要がモリブデン需要を左右する。

製鋼向けに使われる以外に、焼成鉬(MoO₃)からはモリブデン酸化物・水酸化やモリブデン酸塩が生産され、金属モリブデンや合金などの粉末/ビレットのほか、石油精製触媒など無機薬品の原料になる。それらはモリブデン需要の中では2割弱の割合で製鋼向けと比べると量は少ないが、高品質な焼成鉬(MoO₃)が必要とされるため、銅採掘の副産物ではなくモリブデンを主に生産するプライマリー鉬山からの焼成鉬(MoO₃)を調達することが重要である。世界的にも中国以外で生産しているプライマリー鉬山が現在は米国だけになっており、その生産量も減少していることから、プライマリー鉬山からの高品位な焼成鉬(MoO₃)の安定確保については将来的な不安がある。

モリブデンのリサイクルについては、使用済みの石油精製触媒から回収してリサイクルする仕組みは確立している。また、スクラップも流通していると思われるが、その数量について十分に把握した統計は無い。

モリブデンのマテリアルフロー(2018年)



純分換算率: 鉬石60%、モリブデン酸塩59%、モリブデン酸化物・水酸化物66.6%、FeMo輸出62%・輸入70%、粉・塊100%、くず100%、棒・板・線100%、二硫化モリブデン60%
 ※製品の需要量=国内で生産又は国内に輸入された原料、素材の需要量であり、製品の輸出入量は考慮していない。

注)「-」: 生産・需要量が不明。輸出入量の記載がない
 「0(ゼロ)」: 四捨五入して表の最小単位未満である