

# 15 モリブデン (Mo)

## 15 モリブデン (Mo)

### 15.1 マテリアルフロー分析

2008年の日本のモリブデン需要は、表1のようにモリブデン純分で27.4千tと推定される。その内、特殊鋼用の消費は25.0千tと推定され約90%を占めている。

一方供給については、我が国は三酸化モリブデン( $\text{MoO}_3$ )の全量を輸入に依存するとともに、フェロモリブデンの約61%を輸入に依存している。

2008年の三酸化モリブデン精鉱の輸入量は焙焼鉱37,564t、非焙焼鉱96tであり、焙焼鉱が殆どを占める。表2のように焙焼三酸化モリブデンが製品ベースで37.5千t(前年は38.3千t)、フェロモリブデンが3.3千t(前年は3.2千t)となった。

供給国別内訳では、三酸化モリブデン精鉱についてはチリ56%、米国17%、メキシコ13%、カナダ9%、中国3%である。フェロモリブデンについては、中国のシェアが14%(458t)と前年45%(1,448t)、前々年の70%(2,985t)から一気に低下した。これは日本とチリの二国間自由貿易協定の締結により、2007年よりチリからのフェロモリブデンの輸入に対して、輸入関税が撤廃されたことによると思われる。

一方モリブデンの輸出は、表4に示すように製品主体である。モリブデン製品の輸出量は増加傾向にある。

フェロモリブデンは環境問題、コスト等の観点から海外の供給者確保が難しい状況となっており、国内生産者( $\text{MoO}_3$ を輸入し酸化モリブデン、フェロモリブデン等に加工)も過去には7社あったものが現在では2社に減少したが、国内生産者の存在は不可欠である。

三酸化モリブデン( $\text{MoO}_3$ )の価格は、2003年から上昇を続けは2005年6月に82.5 US\$/kg・Moの最高値をつけた。しかし2006年1月には49.7 US\$/kg・Moにまで下落した。その後持ち直し2007年は54.9~73.0 US\$/kg・Moで推移した。2008年には、年初72.7 US\$/kg・Moであったが、年後半の鉄鋼の急激な減産により年末には20.9 US\$/kg・Moまで低落した。

表1 日本のモリブデン需要量

	単位:t				
	2004	2005	2006	2007	2008
数量	25,400	27,200	26,200	27,700	27,400

出典:工業レアメタル 2009

表2 日本の酸化モリブデンとフェロモリブデンの輸入量

	単位:t				
	2004	2005	2006	2007	2008
酸化モリブデン(焙焼鉱)	35,462	40,289	38,543	38,323	37,546
フェロモリブデン	5,066	4,119	4,285	3,234	3,327

(出典:工業レアメタル 2009、日本貿易統計)

表3 金属添加用モリブデンの生産量

	単位:t				
	2004	2005	2006	2007	2008
酸化モリブデンブリケット	744	682	310	418	164
フェロモリブデン	3,323	4,011	4,229	4,573	4,554

出典:工業レアメタル 2009、タングステン・モリブデン工業会

表 4 粉末製品と加工製品の生産実績

単位:t

		2004	2005	2006	2007	2008
生産	粉末製品	936	1,013	1,388	1,311	1,305
	加工製品	759	960	1,208	1,290	1,378
輸入	加工製品	1,888	2,155	3,131	2,733	2,832
輸出	加工製品	486	683	837	1,016	1,147

出典:工業レアメタル 2009、日本貿易統計

表 5 触媒用モリブデンの消費実績

単位:t

	2004	2005	2006	2007	2008
数量	2,468	2,497	2,247	2,093	2,545

出典:工業レアメタル 2009

中間生産物に係る我が国の主要生産者並びに生産品目は次のとおりである。

表 6 中間生産物に関する主要生産者及び生産品目

主要生産者	生産品目
太陽鋳工	フェロモリブデン
日本新金属	金属モリブデン、化合物
日本タングステン	モリブデン合金
アライドマテリアル	モリブデン粉、棒、線、板
東邦金属	モリブデン粉、棒、線、板
妙中鋳業	フェロモリブデン
東芝マテリアル	金属モリブデン

出典:各社ウェブサイト

## 15. 2 リサイクルの現状

### (1) 主な応用製品と利用形態

モリブデン需要の大きなものは、特殊鋼用、触媒用(石油精製用、石油化学工業用)及び金属モリブデンの線、板、棒、箔の形で使用される照明器具や電子材料、各種無機薬品等がある。その他潤滑材添加剤としてモリブデン硫化鋳が全量輸入されているがその数字は明らかではない。

#### ① 特殊鋼及びスーパーアロイ

特殊鋼では構造用合金鋼(Mo:0.15~0.7%)、ステンレス鋼(Mo:0.5~5.0%)、高張力鋼(Mo:0.15~0.7%)、合金工具鋼(Mo:0.2~1.5%)、高速度鋼(Mo:3.5~9.5%)などがある。また鋳物は0.3~3.5%のモリブデンを含み、スーパーアロイはMo純分最大25%含むものまで種々ある。

#### ② 触媒

石油精製のNiO-CoO-MoO<sub>3</sub>系触媒には水素化脱硫用(Mo:4.5%)、水素化分解用(Mo:7.0%)の2種類があり、石油化学工業用にはBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MoO<sub>3</sub>系(Mo:12%)触媒が使用されている。

#### ③ 線・板・棒・箔

金属モリブデンを線、板、棒、箔の形態で使用する応用製品としては、照明器具(マンドレル、反射鏡)、電子管用陰極及びヒーターグリッド、ガラス炉融炉用電極棒、マグネロン部品(陰極、端子

等)、工業炉用発熱体等がある。

#### ④無機薬品

モリブデンを含む無機薬品としては、防錆塗料用に塩基性モリブデン酸亜鉛(Mo:25~30%)、着色顔料としてモリブデート赤(Mo:9%)がある。また硫化モリブデンの形態で潤滑剤として使用されているものもある。

### (2)リサイクル形態と現状評価等

#### ①特殊鋼・スーパーアロイ

工場内でのスクラップはほぼ全量原料として回収されている。また製品として出荷された後使用済みになったものは鋼屑として回収後再溶解原料とされている。

#### ②触媒

廃触媒は製造場所・発生場所・品質が判っており経済的に成り立つものはほとんどがリサイクルされるシステムが確立されている。モリブデン触媒もその一つで殆どがリサイクルされている。

国内で使用されたモリブデン触媒のうち石油精製用のものはリサイクルシステムが確立しており、直接脱硫用は1~2年、間接脱硫用は7~8年の使用の後、リサイクルされ再利用されている。石油化学工業用モリブデン触媒はアクリロニトリル製造用のものが一部リサイクルされている。

#### ③線、板、棒、箔

照明器具材料製造用に使用された金属モリブデンは全て回収・リサイクルされている。工業炉用では発熱体、ポート、敷板の形態で使用済みとなる。その他電子管、マグネトロン管、半導体デバイス等の形態で使用済みとなるものもある。分離回収できるものはリサイクルされているが一部は組み込み器材と共に廃棄されていると思われる。

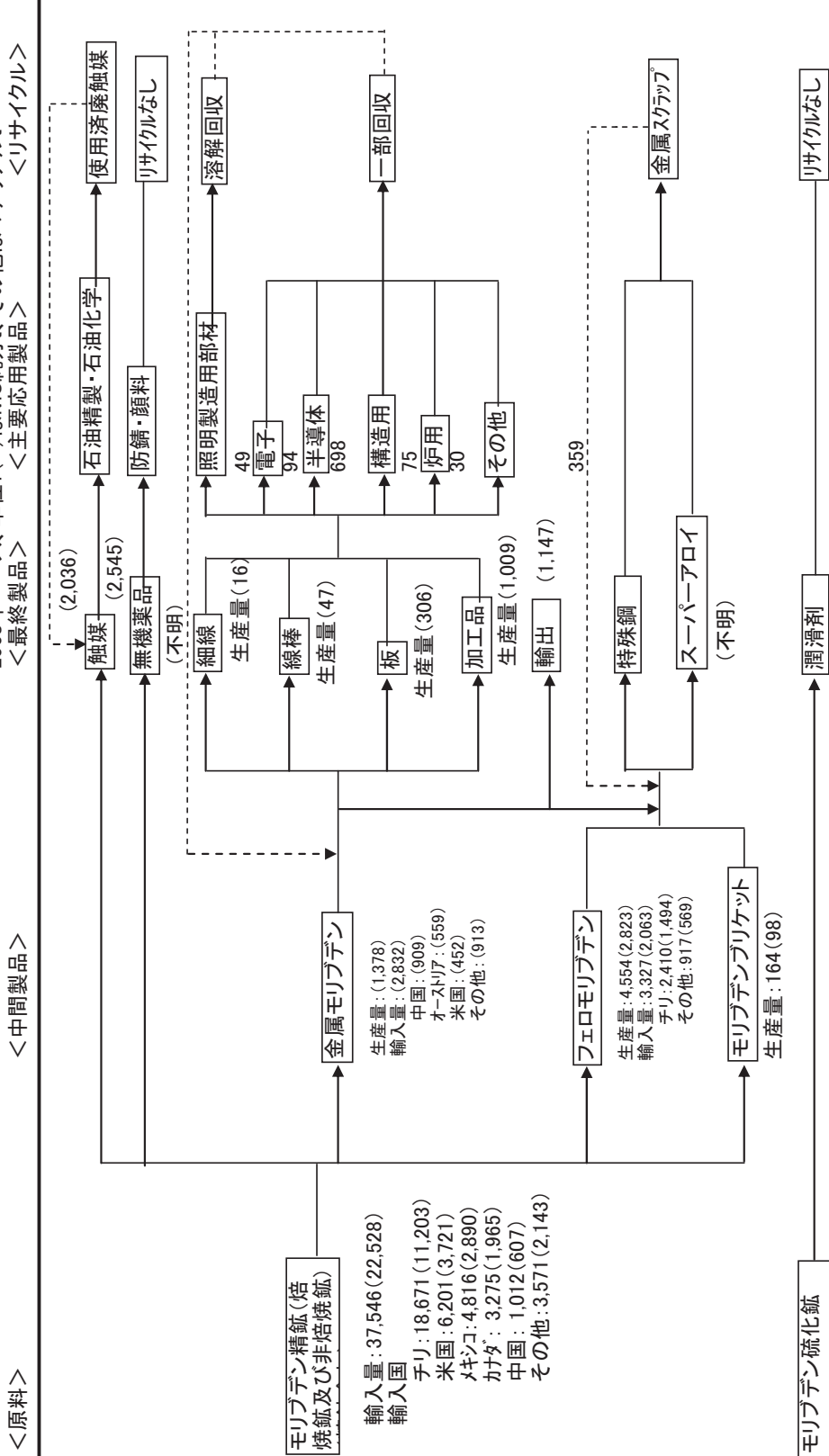
#### ④無機薬品

無機薬品に含まれるモリブデンは微量添加物あるいは消耗品であり、最終製品からのリサイクルは行われていない。

例えば防錆塗料や着色顔料として使用されたモリブデンは、使用後は各種器材の塗膜として存在するものが大部分で回収はなされない。潤滑剤として使用される硫化モリブデンもグリース、ギヤ油等の廃油の形で使用済みとなり、これらはリサイクルはなされていない。

# モリブデン(Mo)

2008年ベース、単位：( )はMo純分、その他はマテリアル  
 <最終製品> <リサイクル>



1. 鉱石埋蔵量 (Reserves): 8,600千トン (MCS2009)
2. 純分換算: モリブデン煤焼鉱・モリブデンブリケット60%、モリブデン硫化鉱56.6%、フェロモリブデン62%、特殊鋼0.055%
3. 工業レアメタル2009、日本貿易統計
4. 主応用製品の数量は2007年の値。

モリブデン (Mo)

リサイクルの現状

主な応用製品	利用形態	使用済み品の存在形態・量		リサイクル形態				リサイクル 現状評価 (A~G) (注③)	備考 (注④)
		形態	量(注①)	リサイクルの実態	リサイクルのサイクル(注②)	リサイクル率			
特殊鋼	ステンレス鋼 高張力鋼 高速度鋼 石油精製用 石油化学工業 用	同左	(25,000t)	鋼屑として回収	(5年~10年)	100%	B		
触媒		廃触媒	(2,036t)	リサイクルされる触媒の大部分は石油精製用直接法	(1年~7年)	80%	B	製品全体に対して微量故回収はされない	
無機薬品	防錆顔料 着色顔料	塗膜	不明	リサイクル無し		0	B	一部のみ回収	
モリブデン製品	マンドレル、陰極 ヒーター、電極棒 ボート、炉材	電極棒、マグ ネトロン部品、 廃炉材	(1,378t)	コスト・品質面で回収価値のある物に限定される	(1年未満~3年)	不明	A		
スーパーアロイ	タービン部材 化学プラント部材	同左	(特殊鋼に 含む)	工場内はほぼ全量リサイクル ル、製品としては鋼屑として回収	(5年~10年)	不明	B		
潤滑材	潤滑剤	消耗品	不明	リサイクル無し		0%	A	消耗品	

(注) ①量の単位:  
( )内は使用量純分  
その他は マテリアル量t  
②サイクル:  
( )内は推定使用年数  
その他は実リサイクル量

③現状評価:  
A. 応用製品が消耗品である  
B. 添加剤として使用されている  
C. リサイクルの流通システムがない  
D. 効果的なリサイクル技術がない  
E. 経済性がない  
F. 需要開発が十分になされていない  
G. その他

④リサイクルのボトルネックと  
解決の難易度  
毒性、保管の危険性の  
有無など