

39 ハフニウム (Hf)

39. ハフニウム (Hf)

39. 1 マテリアルフロー分析

ハフニウムはジルコニウム鉱石(ジルコン)中に存在し、ジルコニウムの副生成物として生産される。ジルコニウム生産の1~2%程度の生産量になると想定すると、現在の世界のハフニウム鉱物生産量は16,000~17,000t/年と推定される。

鉱石中のハフニウムをジルコニウムから分離するには、工業的には有機溶媒抽出法と蒸留法が代表的な方法である。有機溶媒抽出法では、ハフニウムのチオシアン酸イオン錯体がケトンとチオシアン酸の混合物中に選択的に抽出される性質を利用して分離する。蒸留法は、ジルコニウムとハフニウムの四塩化物の昇華温度差を利用して分離する。

我が国では原材料として金属ハフニウムを輸入しているが、ハフニウムは世界的に供給過剰の状態にあり、今後も供給面での問題は少ないと考える。

金属ハフニウムを原材料として、精製金属ハフニウム、超合金、ハフニウムカーバイド、ハフニウムナイトライド等が生産される。

精製金属ハフニウムは原子炉制御棒、ニッケル系超合金はジェットエンジン及びガスタービン、カーバイドは切削バイト、プラズマアークノズル、プラズマ電極、高温用セラミック等に利用されている。また、光ファイバーの材料等にも適用される。現状の用途としては、特殊合金用、原子炉用、電子・光学機器用の順に多いと推定される。各用途の状況は以下の通りである。

- ・原子炉制御棒

ハフニウムは熱中性子吸収断面積が大きいことから、原子力発電所や原子力潜水艦の原子炉の制御棒に使用されている。

- ・ジェットエンジン及び発電用ガスタービン

ジェットエンジンや発電用ガスタービンに使用されるニッケル系超強力耐熱合金の製造の際に、微量のハフニウムが添加される。

- ・半導体集積回路

ハフニウムの酸化膜は誘電率が高いことから、半導体集積回路のゲート電極材料の1つとして検討されている。ただし量産化の可能性、PVD法かCVD法のいずれの成膜方法を採用するかなど現段階では不透明である。PVD法で量産化された場合、トンレベルでの需要が期待される。

- ・その他

プラズマアーク金属切断用のノズル、プラズマ電極(炭化ハフニウム、窒化ハフニウム)、

高温用セラミックなどに使用される。他には、電子機材(白熱灯のフィラメント、高圧放電管、真空管用ゲッター)、写真用フラッシュバルブ等の用途もある。光ファイバーにはフッ化ハフニウムとして使用される。また超硬工具材料のハフニウムニオブカーバイドにも使用される。耐食材として化学プラントに使用されることもある。

工作機械用としては、金属材料などの切断のためのスローアウェイチップ(刃)として使用される。形状は正方形、正三角形、菱形などで、通常のサイズは一辺が10~15mm、厚さが3~5mmである。主要組成はタングステンカーバイド、チタンカーバイド、タンタルカーバイドなどであり、ハフニウムは添加物として使用されており、含有率は通常はコンマ数%程度で、稀に2~3%のものがある。

最近では、ハフニウムはプラスチックなどの透明材料の表面を強くするということが注目されてきている。バイクの風防やヘルメットのシールドなどの表面を透明なセラミックスであるハフニウムで覆うことで、傷が付きにくくなり、水をはじく性質もある。

3.9.2 リサイクルの現状と評価

ハフニウムが添加剤として利用されているものは、含有率が小さいためリサイクルは行われていない。原子炉制御用に利用されたものは、放射性廃棄物として処理されることになり、リサイクルは実質的に不可能である。

原子炉制御棒として利用された使用済み品は、放射性廃棄物として収集・保管される。放射能が消滅するまで長期の保管が必要となり、事実上、リサイクルは不可能であると考えられる。

ジェットエンジン及び発電用ガスタービン用の高温材料ニッケル系合金では、ハフニウムの含有率が低く、リサイクルはされていないと思われる。最近開発された第3世代の高温材料イリジウム・ハフニウム合金は、ハフニウムの含有率が高く、加えてイリジウムも高価な貴金属であるので、今後、実用化されればリサイクルされる可能性が高いと思われる。

工作機械用に利用された使用済み品は、ハフニウム含有率が小さく、リサイクルの対象となっていない。

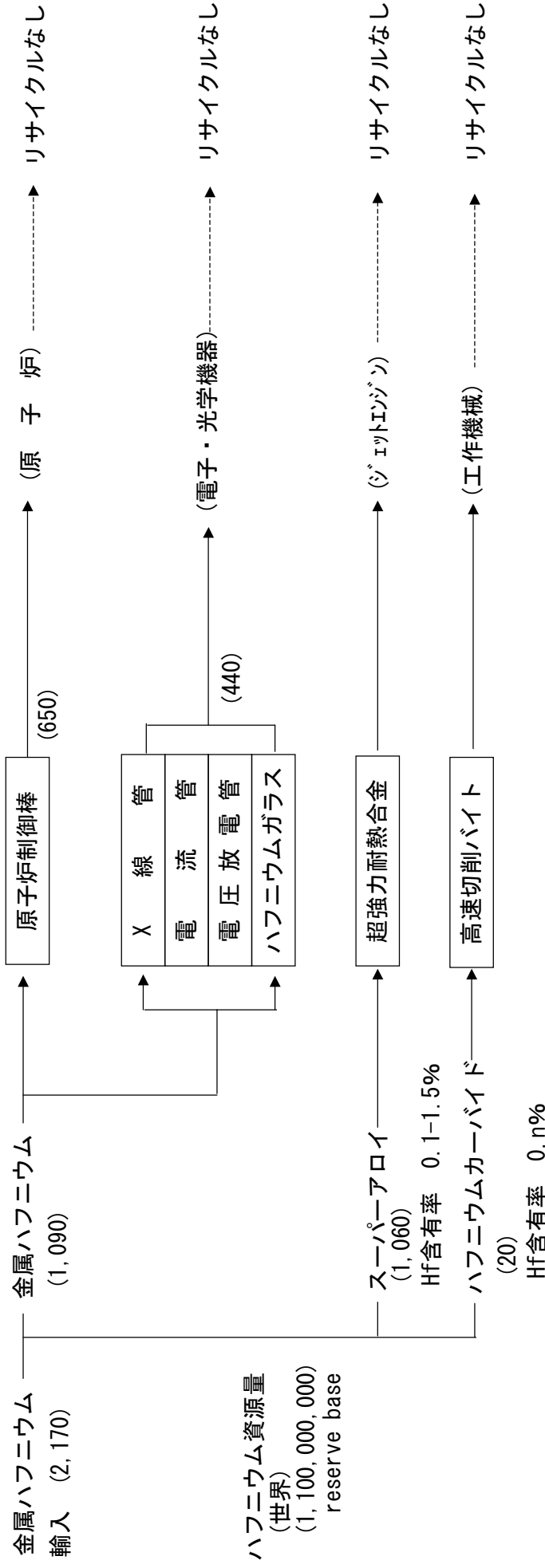
半導体集積回路用については、現時点ではまだ材料として検討段階であるが、今後、PVD法で量産化された場合、使用済みターゲットのリサイクルは重要な課題となる。

プラズマ電極として使用されるものは、炭化ハフニウム、窒化ハフニウムなどハフニウム含有率が高いと思われる材質ではあるが、リサイクルの実態は不明である。

ハフニウム (Hf)

2003年ベース
 量の単位：() 内はHf純分kg

< 中間製品 > < 最終製品 > < 主要応用製品 >



出典：資源量はMineral Commodity Summaries 2005、その他は業界推定

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		リサイクルの現状		備考 (注④)
		形態等	量(t) (注①)	リサイクルの実態	リサイクル率	
原子炉	制御棒	金属 (詳細不明)	(650)	リサイクルなし	0%	放射性廃棄物として収集、貯蔵
電子・ 光学機器	X線管 電流管 電圧放電管 ハフニウムガラス	スクラップ	(440)	リサイクルなし	0%	
ジェットエンジン ガスタービン	エンジン部材 ニッケル合金 (Hf含有率:0.1-1.5%)	スクラップ	(1060)	リサイクルなし	0%	
工作機械	ハフニウムコーティング (Hf含有率:0.0. n %)	一辺10-15mm, 厚さ3-5mmのチップ 状の 正方形/正三角形/菱	(20)	リサイクルなし	0%	

(注)

①量の単位：
()内は使用量純分 t
その他は発生量純分 t

②サイクル：
()内は推定使用年数
その他は実リサイクル年数

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