

日本の成長産業におけるレアメタルの消費構造

—重要素材に関するマテリアルフロー調査—（その1）

希少金属備蓄部

大久保 聡

特集・連載

日本の成長産業におけるレアメタルの消費構造—重要素材に関するマテリアルフロー調査—（その1）

はじめに

経済産業省産業構造審議会産業競争力部会が策定した産業構造ビジョン2010では、今後の戦略5分野として、①インフラ関連/システム輸出（水、原子力、鉄道等）、②環境・エネルギー課題解決産業（スマートグリッド、次世代自動車等）、③文化産業（ファッション、コンテンツ、食、観光等）、④医療・介護・健康・子育てサービス、⑤先端分野（ロボット等）の強化による、成長の牽引を提言している。

この提言に関連して、日本産業の基幹でありながら金属消費構造が十分つかめていないスーパーアロイを含む製鋼業、次世代自動車を含む自動車産業、電気・電子機器産業に加えて、戦略5分野の1分野のシステム輸出に挙げられ、今後の低炭素化社会の進展から成長が見込まれる原子力産業、先端分野の中で今後も重要となる航空機産業、十分な成長の余地が残されているロボット産業、高温超伝導産業、宇宙産業につき、原料（レアメタル）からフローを辿るのではなく、製品・素材側から遡ってマテリアルフローを作成する調査を株式会社矢野経済研究所に委託して実施した。本稿はその結果を取りまとめたものである。

具体的な調査手法として、各対象産業に使用される素材・部材でレアメタルを含むものに焦点を当て、そのレアメタル含有率、対象産業の国内全体の素材使用量を把握し、レアメタルに着目した各対象産業のエンドユースを基点とするマテリアルフローを作成し、各対象産業のレアメタル使用実態を明らかにした。

1. 調査対象産業分野及び調査結果の概要

本調査では、図1に示す産業分野を調査対象とした。

その中で、今後生産の伸びが期待される具体的な調査対象製品（素材、部材）に絞り調査を実施した。

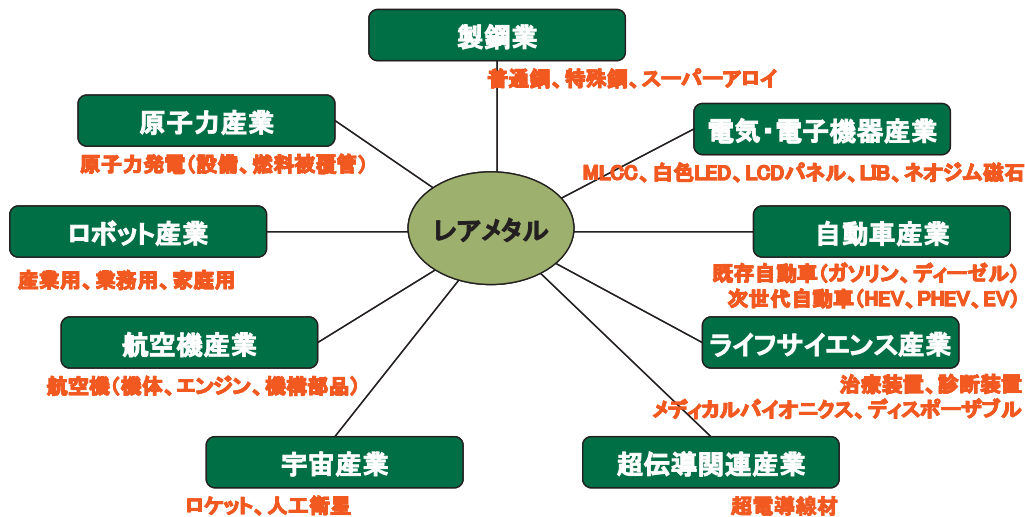


図1. 調査対象産業分野

各産業分野のレアメタル使用状況について対象となった産業のレアメタル使用状況を表1に示す。

表1. 重要素材に関するマテリアルフロー調査の対象産業分野

産業	製品(素材)と主な使用レアメタル
製鋼業	普通鋼、特殊鋼、スーパーアロイ：Ni, Mn, Cr・・・
原子力産業	原子炉系・タービン系：Cr, Ni, Mo,・・・ 復水器：Ti 燃料棒系：Zr
航空機産業	機体：アルミ合金：Mn,Cr エンジン：チタン合金、耐熱合金(スーパーアロイ)：Ni, Cr, Co,・・・ 降着装置システム：特殊鋼(高張力鋼)
宇宙産業	人工衛星、ロケット、宇宙ステーション： アルミ合金、耐熱合金(構造体のみ)
ロボット産業	製造用など向けサーボモーター：ネオジム磁石モータ(制御部分には多種の電子部品を使用)
超伝導関連産業	超伝導線材(低温超伝導：NbTi系線材、高温超伝導：Bi系、Y系)
自動車産業	既存自動車(ガソリン、ディーゼル)：排煙触媒：PGM 次世代自動車(HEV、PHEV、EV)：ネオジム磁石モータ、リチウムイオン電池
電気・電子機器産業	積層セラミックコンデンサ：Ba, Ti, Ni・・・ 白色LED：レアアース酸化物 ネオジム磁石モータ：Nd(+Pr), Dy リチウムイオン電池：Co, Ni, Mn, Li 液晶ディスプレイ：In
ライフサイエンス産業	治療装置、診断装置(MRI、超伝導関連産業、NbTi線材、ネオジム磁石モータ) 生体材料：Ti 歯科用材料：Pd, In

各産業分野のレアメタル使用状況につき、以下に概略的に述べる。数値は特記が無い限り2010年ベースの推定値である。なお、本稿に記載してある数値は、大体の傾向を示したある種定性的なものであることに注意されたい。

製鋼業のうち普通鋼、特殊鋼、スーパーアロイ向けにおよそCr、Mn、Ni、Moなどレアメタルを純分換算で年間合計60万t弱消費している。その内訳は、図2に示したとおり。その他成分としては消費量が多い順にNb、V、Ti、Co、Wが用いられる。

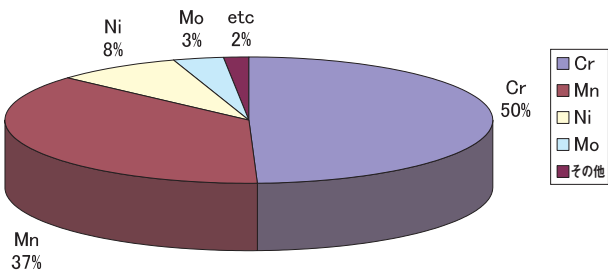


図2. 製鋼業でのレアメタル使用状況

原子力産業では、発電所単位でみると、PWR型(加圧水型)1基で原子炉系・タービン系にCr、Niが500t弱、Mo、Mnが50t程度、Zrが30t程度用いられる。中性子を最も吸収しにくい、耐食性が優れているという特性からジルカロイ(ジルコン合金)が用いられるのが特徴である。なお、BWR型(沸騰水型)ではPWR型に比べ、金属使用量が小さい傾向がある。

航空機産業では、その部位に求められる軽さ・強度、耐熱性により、機体にアルミ合金(合金ベースで年間3,000t程度の需要)、エンジンに耐熱合金(スーパーアロイ：合金ベースで年間1,000t程度の需要)、チタン合金(合金ベースで年間500t程度の需要)、降着装置システムには高張力鋼、ステンレス鋼が合わせて年間250t程度使用されている。これら材料は公共規格(SAE/AMS規格)に基づいたものである。なお、機体は炭素繊維とアルミ合金との複合材料が多い。アルミ合金はMn、Crを含み、耐熱合金はNi、Cr、Co、Ta、Nb、W、Reを、チタン合金はTi、Vを含む。航空機産業で使用されるレアメタルの構成比は図3のとおり。

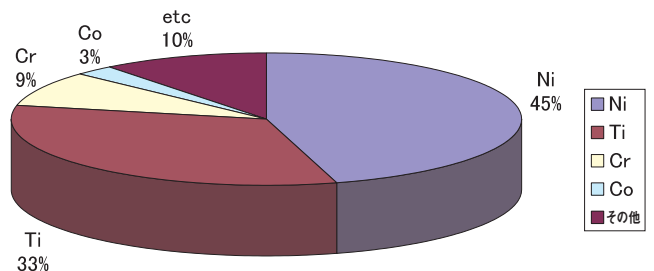


図3. 航空機産業でのレアメタル使用状況

宇宙産業では、ロケット1機当たりで見ると機体部分にアルミ合金が200t程度、エンジンに耐熱合金が70t程度使用されている。ロケットに使用されるアルミ合金はMn、Zr、V、Ti、Mgを含み、耐熱合金は主にNi、Crが使用されている。

ロボット産業では、可動部と制御部のうち、可動部

に着目すると、サーボモーターに用いられる永久磁石にNd-Fe-B磁石が年間100t弱使用されている。なお、制御部はコンピュータや電子部品の集合体であり、レアメタルが使用されていると思われるが、部材が多岐に亘るため実態の把握が難しい。

超伝導関連産業ではMRI、産業用超伝導モーター向けに使用されている低温超伝導ではNb系の素材が、今後スマートグリッドなど向けに進展が期待される伝送ケーブルでは高温(-200℃程度)超伝導もBi系素材、Y系素材が用いられている。低温超伝導用Nb系素材は年間約600tのNbTi線材が使用され、Nb、Tiともに純分で年間約300tが使用されている。高温超伝導については、今後実用化が進むものと考えられ、消費量の見通しは不透明である。

自動車産業のレアメタル使用量については『金属資源レポート Vol.40 No.3 2010.9 次世代自動車普及に伴う自動車産業におけるレアメタル需要動向

http://www.jogmec.go.jp/mric_web/kogyojoho/2010-09/MRv40n3-01.pdf

を参照されたい。

ライフサイエンス産業では医療用具として生体材料としてチタン合金(TiとAl、V、Moなどの合金)としてTiが年間30t程度、歯科金属材料として金銀パラジウム合金としてPdが年間10数t程度使用されている。その他に診断機器であるMRI、CTについては超伝導型にNbTi、永久磁石型にネオジウム磁石が用いら

れているが他分野と重複するため割愛した。

電気・電子機器産業における原料形態などのレアメタルの使用状況の詳細について以下に述べる。

2. 電気・電子機器産業でのレアメタル使用状況

2-1. 概要

主要な電気製品・電子部品に使用されるレアメタルは多岐に亘る。

Co、Niのように数千t/年と量的にも多く使用されているレアメタルもあるが、ごく微かな添加量で部品性能をコントロールする使われ方が多い。

たとえば、積層セラミックコンデンサー(MLCC)はレアメタルの塊のようなものであるが、MLCCに使用されているレアメタルを使用ロット別に一例として挙げると、Ni、Ti、Ba等がある。これらに加え、微量に添加するレアメタルも数多く存在するうえ、MLCCメーカーによって使用するレアメタルが異なっているのが現状である。

また、部品メーカーにとって使用しているレアメタルはノウハウの根幹に位置付けられているため、情報開示がなされない傾向が強い。例えばリチウムイオン電池(LIB)正極材料における三元系ではNi、Mn、Coの組成そのものが他社との差別化につながるということもあり、非常に把握しにくい世界となっている。

参考まで、省エネ家電など電気製品で用いられるレアメタルを表2に示す。

表2. 主要電気・電子製品でのレアメタル使用状況

	主要電気・電子製品							
	携帯電話	ノートPC	デスクトップPC	DSC	TV	冷蔵庫	洗濯機	エアコン
Ni	コンデンサー、チップ抵抗、カメラ	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Cr	めっき	めっき	めっき	めっき	めっき	めっき	めっき	めっき
Mn	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Co	バッテリー	バッテリー		バッテリー		ランコバ磁石	ランコバ磁石、サマコバ磁石	ランコバ磁石
W	振動モーター			振動モーター				
Mo	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
V								
Ta	コンデンサー、レンズ	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー、レンズ	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Sr	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	フェライト磁石、ランコバ磁石	フェライト磁石、ランコバ磁石	フェライト磁石、ランコバ磁石
Sb	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤	樹脂難燃剤
Pt	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Pd	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Rh	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Ti	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー	コンデンサー
Li	バッテリー	バッテリー		バッテリー				
Ga	LED	LED	LED	LED	LED			
In	LCD、タッチパネル	LCD、タッチパネル	LCD、タッチパネル	LCD、タッチパネル	LCD、タッチパネル			
Nd	振動モーター、スピーカー	HDD	HDD		HDD	ネオジウム磁石	ネオジウム磁石	ネオジウム磁石
Dy	振動モーター、スピーカー	HDD	HDD		HDD	ネオジウム磁石	ネオジウム磁石	ネオジウム磁石
As	LED	LED	LED	LED	LED			
P	LED	LED	LED	LED	LED			
B						ネオジウム磁石	ネオジウム磁石	ネオジウム磁石
La						ランコバ磁石	ランコバ磁石	ランコバ磁石
Sm						サマコバ磁石		
Sn	LCD、はんだ							
Zn								
Se								
Ru								
Zr								
Y	LED	LED	LED	LED	LED			

電気・電子機器産業分野については、生産規模が大きく、かつ、今後も高い成長性が見込まれる製品を対象に調査を行った。具体的には、セラミックコンデンサ (MLCC)、白色 LED、LCD パネル、リチウムイオン二次電池、ネオジム磁石モータの 5 品目を対象とした。

2-2. セラミックコンデンサ (MLCC)

2-2-1. 構成部品とレアメタル使用状況

(1) 構成部品と材質、レアメタルの使用箇所

MLCC (MULTILAYER CERAMIC CHIP CAPACITORS; 積層セラミックコンデンサ) は、誘電体層、内部電極、外部電極で構成される。誘電体層は誘電特性に優れたチタン酸バリウム (BaTiO₃) が主原料として使用される。

内部電極については Ni のほかに、Ag や Ag-Pd が一部で使用されるが、コストが高いこともあり減少傾向にある。MLCC 用 Ni 電極として使用される Ni 微粉末も合成法は様々で、その合成法により Ni 中間原料は異なってくるが、出発原料としては Ni 地金である。

外部電極としては下地電極として厚膜 Ag または厚膜 Cu が、その中間電極として Ni メッキが、外部電極として Sn または Au メッキがそれぞれ施されている。

MLCC ではその他に、Ba や Ti を置換することで焼結時の構造制御を行い、信頼性や高温特性安定化を促進するためにレアメタル (主にレアアース) が微量添加剤として使用されている。

(2) レアメタルの含有量 (原単位)

① レアメタルの品質

主原料である BaTiO₃ の純度は 99.9% 程度、平均粒径 1 μm 以下であるが、高純度であること他に不純物の内容が問題となる。特に MLCC では Na や Cl、Nb 等の混入が少ないことが求められている。MLCC で使用される Ni 粉末は純度が 99.9%、平均粒径は 1 μm 以下のものが使用されている。

② レアメタルの含有量 (原単位)

MLCC は、サイズが 5.7×5.0mm から 0.4×0.2mm まで、厚みが 2.8mm から 0.2mm までバリエーションがあり、製品タイプも汎用から低損失温度補償用、高周波用まで様々な製品がラインナップされている。また、誘電体の積層数は数百層程度とされている。従って、MLCC 1 個あたりのレアメタルの含有量を算出することは非常に難しい。本調査では 1 つの目安として MLCC 向け総需要量から原単位を算出した。なお、添加剤の使用量に関しては製品ごとに大きく異なるため、平均値を出すのが非常に難しい。

- ・ MLCC1 個あたりの BaTiO₃ 使用量
BaTiO₃ 需要量 12,000 t ÷ MLCC 生産数量 1 兆 8 千億個 = 6.7mg
- ・ MLCC1 個あたりの Ni 使用量
Ni 需要量 2,300 t ÷ MLCC 生産量 1 兆 8 千億個 =

1.3mg

2-2-2. 生産規模とレアメタルの需要量

MLCC の世界生産数量は 2010 年が 1 兆 8,000 億個程と推定される。そのうち約半数が日系 MLCC メーカーによるものと推定される。メーカーの原料調達は今のところ日本国内が中心で、いったん国内で原料を調達して原料調合を行い、それを海外の工場に送る場合もある。したがって、今のところ MLCC 用レアメタルの需要量は海外生産も含めた日系メーカーの MLCC の生産数量を反映したものである。

主原料である BaTiO₃ の生産規模は世界全体で約 12,000 t。元素別では、Ba が約 7,000 t、Ti が約 2,500 t となる。このうち、日本国内の BaTiO₃ 需要量は 6,400 t 前後と推定される。

MLCC の電極である Ni に関しては、世界全体の生産量が 2,300 t、このうち日本国内で消費される分が 1,300 t 前後と推定される。

その他に、MLCC には添加剤として様々なレアメタル、レアアースが使用されている。これらの添加剤は重量比で平均 0.5% 前後、高信頼性が要求される製品に最大で 3% 程のレアメタルが添加される。

日本国内レアメタル使用内訳 (純分ベース) は図 4 に示したとおり。レアメタル使用量合計は年間約 6,600 t となる。

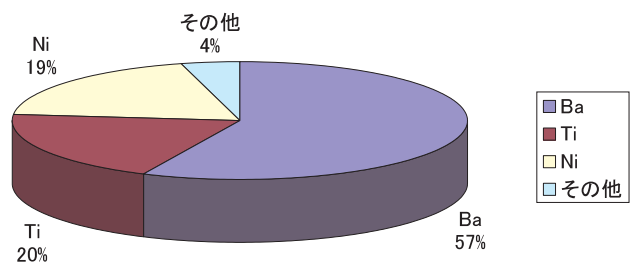


図4. MLCC向けレアメタル使用状況

2-2-3. レアメタルマテリアルフロー

(1) サプライチェーンの特徴

MLCC のサプライチェーンはかなり複雑である。以下に材料別にそのポイントを示す。

① BaTiO₃

- 合成方法が様々で、詳細は不明ながら使用原料の形態などは製造方法別に分かれている。
- 日系メーカーのシェアが高く、海外 MLCC メーカー向け輸出が相当数ある。
- コンデンサメーカーによる内製がある。

② Ni 電極

- 合成方法が様々で、詳細は不明ながら使用原料の形態などは製造方法別に分かれている。
 - 日系メーカーのシェアが高く、韓国、台湾の MLCC メーカー向け輸出が多い。
- MLCC に関するマテリアルフローを図 5 に示す。

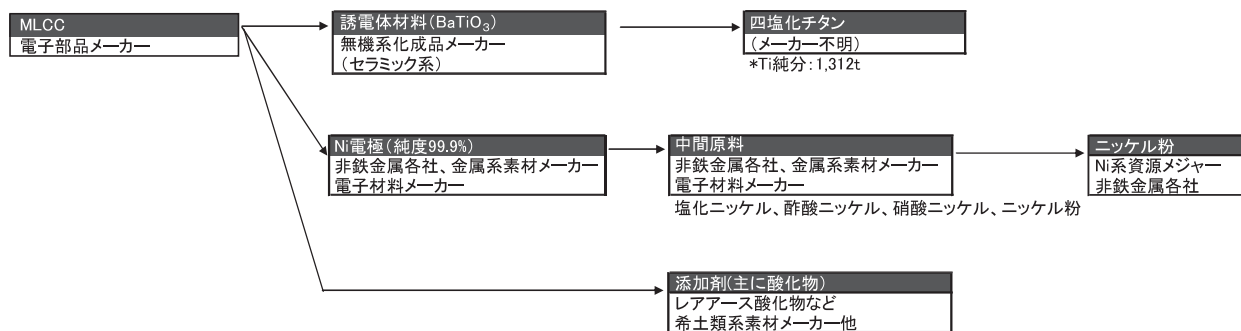


図5. MLCCにおけるマテリアルフロー

2-2-4. 重要レアメタルの需要予測 (2015年 / 2020年)

世界のMLCC市場は、2008年、2009年と主要アプリケーションである携帯電話、PC、AV関連等のセット機器の低迷により苦戦を強いられているが、2010年以降、これら機器の需要回復に加え、スマートフォンやタブレット型PCの需要が本格化し、それに伴いMLCC市場も回復基調を示している。

レアメタル使用量は、主原料のBaTiO₃に関しては

需要の中心が全体的に小型化の方向に進んでいくことから、MLCCの数量の伸びを下回ると考えられる。逆にNi電極に関しては、MLCCの容量は電極の面積に比例することから、こちらの方は大容量化の流れで、MLCCの伸びを上回る形での伸びとなっていくことが予測される。

2010年のレアメタル使用量を1とした2015年の使用量予測を図6に示す。

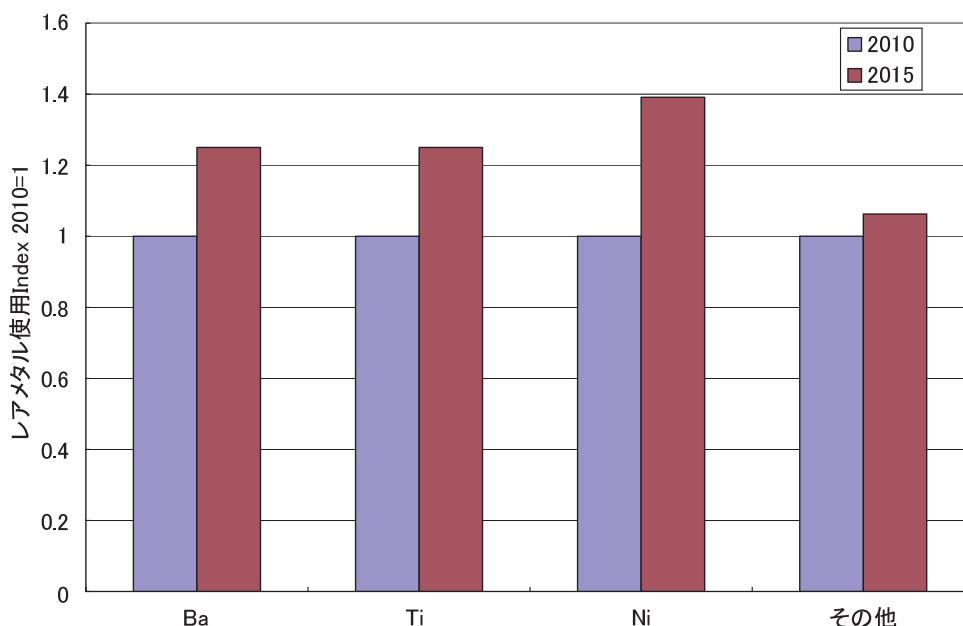


図6. MLCCでのレアメタル使用量予測 (2010年使用量 =1)

2-3. LCDパネル

2-3-1. レアメタル使用実態

(1) 調査対象製品(素材)の構成部品とレアメタル使用状況

①構成部品と機能

LCDパネルはカラーフィルタ基板、アレイ基板、液晶材料から構成されており、透明電極による共通電極が基板全面に作られる。透明電極の材料としては、電気抵抗が低くパターン加工の容易なITO (Indium Tin Oxide: 酸化インジウム錫) が広く用いられている。

②レアメタルの品質と含有量 (原単位)

LCDパネルで主に使用されるレアメタルは、透明電極のITO (In)、アレイ基板のCr、Ta、Moが挙げられる。このうち、透明電極 (ITO) はスズ5~12%添加したIn酸化物 (一般的にはIn含有率90%) を成膜したものでIn使用量は42インチワイドのLCDパネルの場合、1g以下/台と推計される。Cr、Ta、Moについては使用量が微量なためInに着目する。

透明電極で使用されるITO膜はスパッタリング法が用いられることが多く、ITOはスパッタリングターゲット材として供給される。

(2) 調査対象製品（素材）の生産規模とレアメタルの需要量の算出

①対象製品（素材）の生産台数

2009年のLCDパネル出荷枚数（グローバルベース）は小型（携帯電話）：約15億枚、大型：約5億枚であった。このほか、カーナビ向けなどの中型を加えると、トータルで約20億枚を超える水準に達した模様である。2010年も秋以降一部で生産調整があったものの、通年では大型が約7億枚と大きく伸長。小型も約16億枚前後と安定した伸びを示した。

しかし、こうしたLCDパネルの好調な出荷動向の一方で、日系パネルメーカーのシェアは年々低下している。特に大型LCDパネルでは2010年の出荷枚数ベースでわずか6%の水準にまで縮小している。なかでも、大型LCDパネル出荷枚数の6割以上を占めるPC分野は韓国、台湾メーカーの独壇場となっている。実際、ITOターゲット材の需要は韓国、台湾に中心が移っており、日本国内の需要は全体の1割強となっているものとみられる。

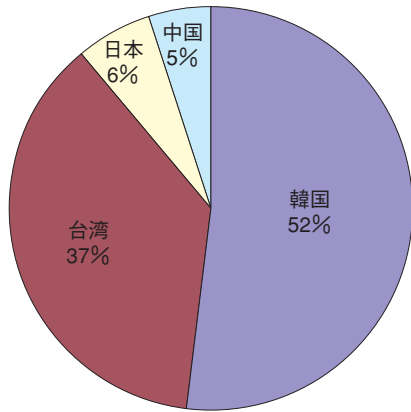


図7. 大型LCDパネル（ノートPC、モニター、TVなど）地域別シェア（出荷量ベース）、矢野経済研究所推計

ITOターゲット材は従来より日系メーカーのシェアが高く、現在も全体需要の7割程度を確保しているも

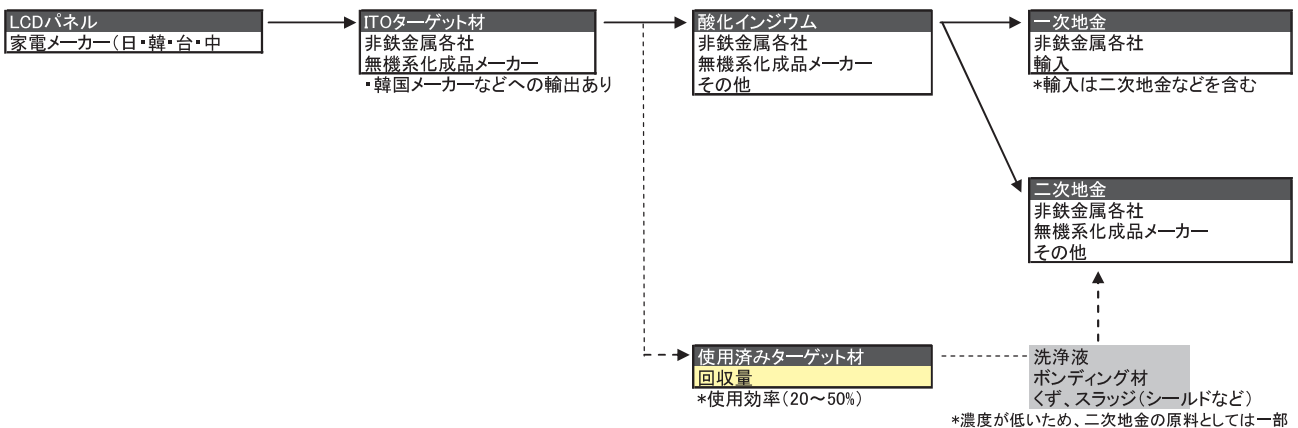


図8. LCDパネルにおけるマテリアルフロー

のとみられるが、韓国メーカーの勢いが強まっている。
②レアメタルの需要量（生産台数×レアメタル原単位×歩留まり）

ここでは、LCDパネルにおけるInの需要量について述べるが、算出方法、数値に関する前提条件は以下のとおり。

- ・LCDパネルは小型から大型までサイズが様々であるため、生産台数×原単位ではなく、LCD用ガラス基板の出荷量（面積ベース）から算出
- ・m²当りのIn使用量は約1.8g
- ・LCDパネルの地域別生産台数及びITOターゲット材の需要構造を基に日本国内でのIn需要量を算出。ただし、実際の需要量には日系ターゲット材メーカーの輸出分も含まれてくるため、ここではLCDパネル、ITOターゲットそれぞれの需要量を試算
- ・ITOターゲット材の使用効率は35%

その結果、2010年のLCDパネルにおけるIn需要量（日本国内）は230t程度、ITOターゲットIn需要量は1,100tと推定される。

2-3-2. レアメタルマテリアルフロー

(1) サプライチェーンの特徴

Inに関わるLCDパネルのサプライチェーンは、リサイクルが進んでいるという特徴がある。ITOターゲット材はユーザーサイドで使用された後、サプライヤが使用済みターゲット材を回収。ターゲットとその他部品を分離し、それぞれリサイクルする仕組みとなっている。ユーザーは使用量に応じた費用をサプライヤに支払うため、安定したITO膜の形成が難しくなった時点でターゲット材を交換する傾向が強い。

(2) サプライチェーン

日本国内のパネル生産分に対するマテリアルフローとして見ると、装置内壁付着を加味したITOターゲット材から原料となる酸化In、Inメタルとつながっていく。日系ターゲット材メーカーの多くが韓国、台湾への輸出を大きなウエイトで行っていることを留意する必要がある。

2-3-3. レアメタルの需要予測

LCD パネルの生産はTV、ノート PC の世界的な需要増を背景に 2010 年から 2015 年に掛けて約 1.4 倍に拡大すると仮定した。

In の需要量 (ITO ターゲット) では世界的な LCD

パネルの生産量の動きに加え、ITO ターゲット材に関連した要因が複雑に絡んでくる。変化要因としては、日系ターゲット材メーカーの生産動向 (生産量・供給体制)、ITO ターゲット材の使用効率と考えられる。これらを勘案した In 需要量の予測は以下のとおり。

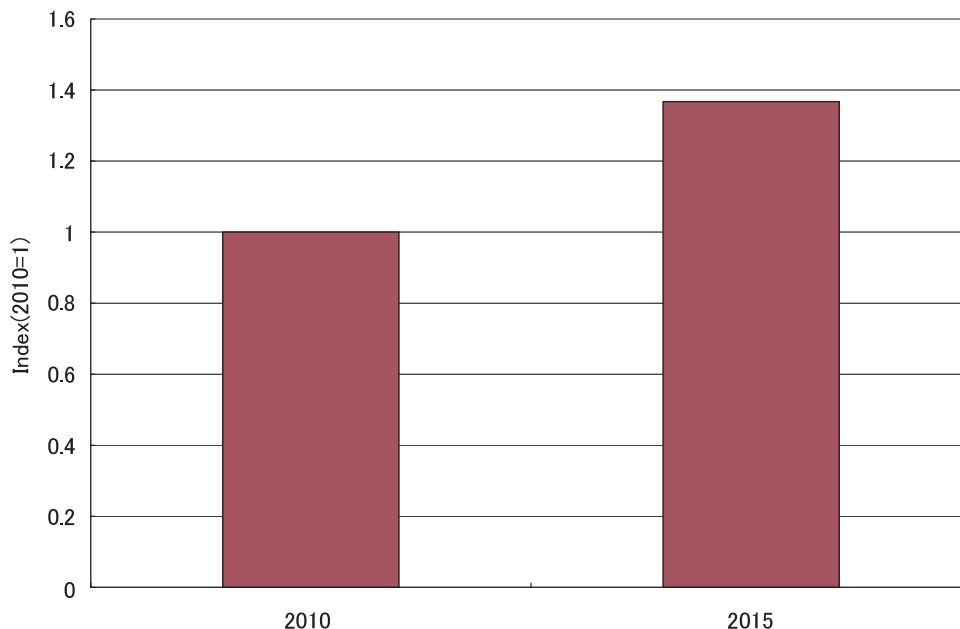


図9. LCDパネル、ITOターゲット向け In需要予測 (2010年=1)

2-4. 白色 LED

2-4-1. レアメタル使用状況、生産動向

代表的な白色 LED では、LED チップから発生した青色光が蛍光体を励起して、緑～赤の波長の光に変換する。そして、青色光と、励起光である緑と赤の混合により白色光を発生させるという仕組みである。

白色 LED で使用される蛍光体としては、黄色蛍光体、黄色蛍光体+赤色蛍光体、緑色蛍光体+赤色蛍光体の組み合わせがある。蛍光体材料としては、YAG (イットリウム・アルミニウム・ガーネット) 系、TAG (テルビウム・アルミニウム・ガーネット) 系、サイアロン系、BOS (バリウム・オルソシリケート) 系などがある。これらの中で現在、最も一般的な白色 LED は黄色系 YAG 蛍光体である。

なお、白色 LED 用蛍光体の製法 (およびレアメタル使用原単位) についてはメーカー各社がオープンにし

ていないため詳細は不明である。

白色 LED のチップベースでの国内生産数量は 2009 年が約 160 億個、2010 年は約 320 億個 (いずれもチップベース) となっており、市場は好調に推移している。

2-4-2. レアメタルマテリアルフロー

(1) サプライチェーンの特徴

各方式とも特許を保有する各社が、全て自社生産し、OEM 先やクロスライセンス先に出荷している。原料の一部である Y、Tb などの REO についての調達状況は詳細不明。中国などから持ち込むケースも少なくないものとみられる。なお、国内では素材メーカーからの調達も考えられる。

白色 LED におけるレアメタルを含む部材の原料のフローは図 10 に示したとおり。

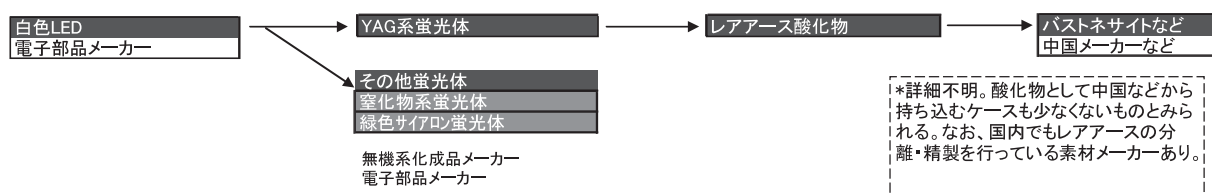


図10. 白色 LEDにおけるマテリアルフロー

2-5. リチウムイオン電池 (LIB)

2-5-1. 構成部品とレアメタル使用状況

リチウムイオン二次電池 (Lithium Ion Battery : LIB) は正極と負極および電解液 (電解質) の組み合わせでできており、この他、負極・正極の極板を担う活物質やバインダー、これらの材料間を流れるリチウム塩となる六フッ化リン酸リチウム (LiPF₆) とその溶媒である電解液などの材料もある。

レアメタルは主に正極材や電解質に使用されている。また、負極材のなかに一部 Li を添加するケースもあるが、使用する Li の量は非常に微々たるものである。

正極材は材料の構成により 5 種に大別される。携帯電話やノート PC などの民生機器では容量・放電特性のバランスに優れた LCO (コバルト酸リチウム) が主に使用されているが、Co 価格が乱高下しやすいこと、また、熱安定性が良くないことから安全性に対する懸念が挙げられている。これらの理由から、各電池メーカーは Co の使用量をなるべく減らす方向へとシフト、NCA (ニッケル酸リチウム)、NCM (三元系正極、ニッケル・マンガン・コバルト)、LMO (マンガン酸リチウム)、LFP (鉄リン酸リチウム) などの開発が進んだ。

電解質は、炭酸エステルからなる溶媒に活物質を溶解させた電解液中の活物質にあたるもので、LiPF₆ (六フッ化リン酸リチウム) が主に使用されている。

2-5-2. 生産規模とレアメタルの需要量

(1) LIB および構成部品の生産数量

LIB の世界市場は 2009 年に主用途の携帯電話・ノート PC 向けが大きく落ち込んだ影響からマイナス成長となったが、2010 年はこれらポータブル機器向けが改めて回復した。

正極材市場は LIB の需要拡大を背景に順調な成長を続けているが、携帯電話、ノート PC 向けでは韓国や中国のセルメーカーの台頭が著しい。現状で韓国正極材メーカーは自国内への供給比率が高いが、生産能力の拡大に伴い日本への輸出が増えてくるとみられる。

正極材の市場規模 (出荷数量ベース) は 2009 年約 43 千 t、2010 年約 56 千 t と推移したものとみられる。2009 年は民生ポータブル機器向けをメインとするコバルト酸リチウム (LCO) の出荷量が前年を下回ったが、2010 年は各材料とも出荷増となっている。

電解質 (LiPF₆) 市場は 2009 年約 3.2 千 t、2010 年約 4.5 千 t と高水準の成長が続いている。なお、電解質はフッ素系化合物の高純度化技術が必須であるためメーカーが限られている。

(2) レアメタルの需要量

本調査においては、正極材、電解質の市場規模から LIB におけるレアメタルの需要量を算出した。正極材については、まず材料別のメーカー出荷量から日系メーカー出荷分と海外メーカー出荷分に分け、同時に海外から日本に輸入される分も算出した。今のところ輸入分はそれほど多くないものの、コストダウン重視の傾向が強まっている民生ポータブル機器向けに LCO、NCM の輸入量が徐々に増加しつつあるものとみられる。また、韓国、中国の正極材メーカーが台頭する中、LCO の輸出量は減少傾向にあるものとみられるが、NCM や NCA は一定規模に拡大していると推定される。電解質についても同様の出荷量の取り扱いで算出した。

この結果を図 11 に示す。レアメタル総需要量 (純分量ベース) で年間約 19 千 t である。

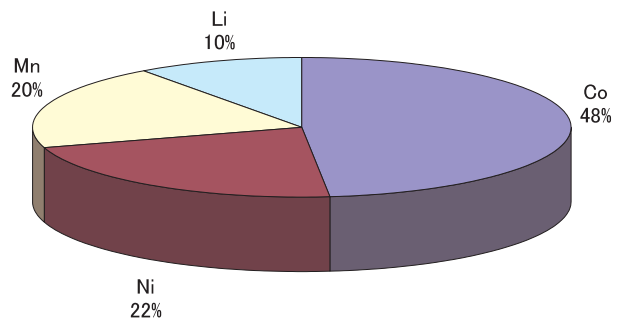


図11. LIB向けレアメタル使用状況

2-5-3. レアメタルマテリアルフロー

(1) サプライチェーンの特徴

製品 (LIB セル)、構成材料 (正極材、電解質) に関わるマテリアルフローを作成する上では「内製」がキーポイントになる。特に正極材では部品の一部を自社で生産しているメーカーと外部から調達しているメーカーがあり、また、部品の外販を行っているメーカーもある。

LIB におけるレアメタルを含む部材の原料フローは図 12 に示したとおり。

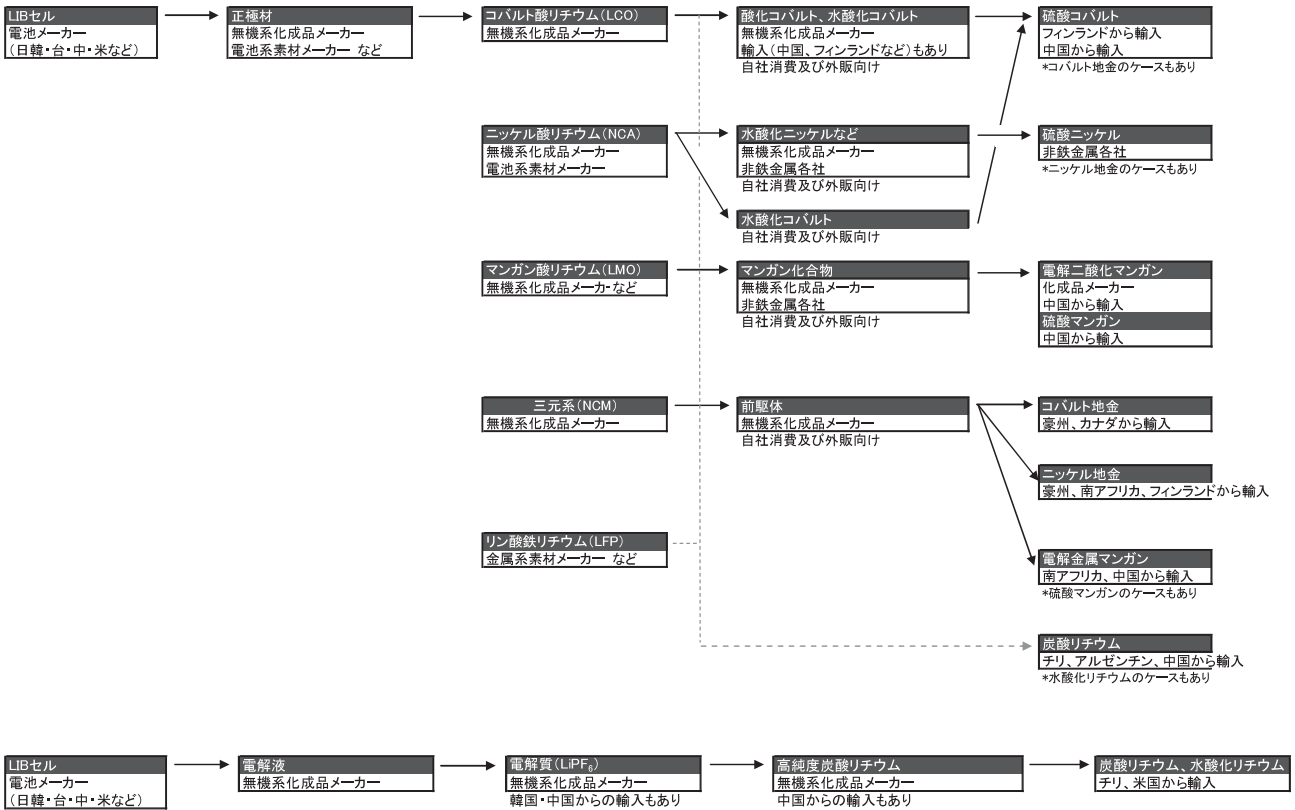


図12. LIBにおけるマテリアルフロー

2-5-4. レアメタルの需要予測

LIBセル市場は、既存の民生ポータブル機器等向けは引き続き堅調な推移で、加えて車載向けに対する注目度が高いが、産業用も将来的には車載向けと並ぶ大きな需要分野に成長すると期待されている。

今後予想される動向としては、NCMは民生ポータブル機器向けでの安定した伸びに加え、産業用でNCM、

LMO、LFPの需要に大きな伸びが期待される。一方、NCAは民生ポータブル機器向けが中心であるため比較的伸びが小さいことが予想される。LCOはコバルト離れ、熱安定性が良くないことからNCMへのシフトから減少傾向になることが予想される。

構成材料（正極材及び電解質）のレアメタル需要量を推計すると図13のとおり。

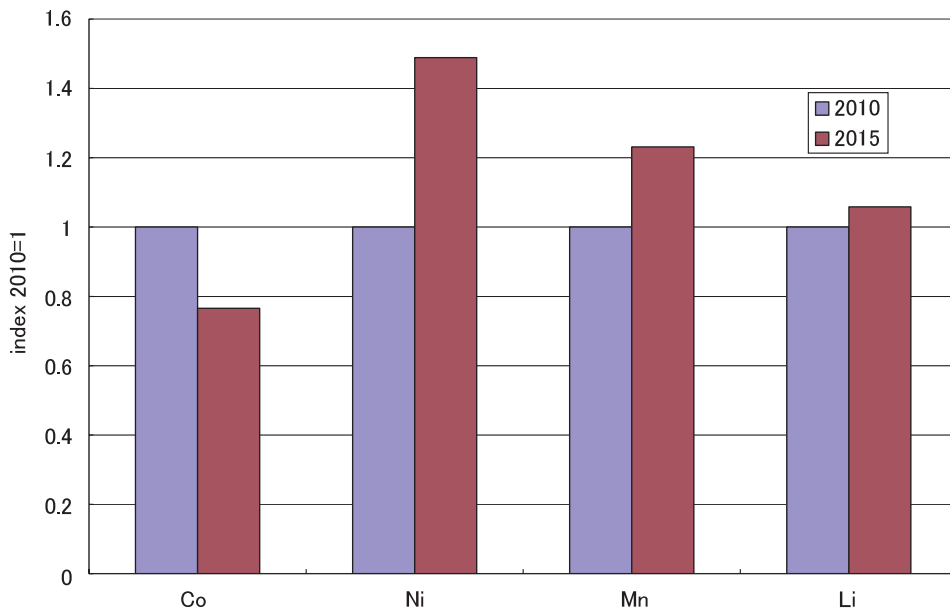


図13. LIB向けレアメタル需要予測 (2010年=1)

2-6. ネオジム磁石モータ

2-6-1. 構成部品とレアメタル使用状況

(1) レアメタルの使用状況含有量（原単位）

ネオジムやディスポロシウムなどレアアースを多く使用するネオジム磁石は大小さまざまなモータに使用されており、エレベーター、家電製品、工事用重機、パソコン、モバイル機器、携帯電話、EV（電気自動車）、磁気冷蔵庫（ネオジム磁石との距離により温度変化する金属の応用）、産業用ロボットなど幅広い用途で実用化されている。ここではそれらのうち電気・電子機器産業に焦点を合わせて（1）携帯電話用振動モータ、（2）HDD用VCM（ハードディスクドライブ用ボイスコイルモータ）、（3）冷蔵庫、洗濯機、エアコンなどの白物家電用コンプレッサモータを対象とした。

(2) レアメタルの含有量（原単位）

対象となる部材に用いられるネオジム磁石はNdを約30%、Dyを3%以下、鉄を約60%の他、B、Coを含む。なお、白物家電用コンプレッサモータではDyの含有率がやや高い傾向がある。それぞれの部材の磁石使用状況は以下のとおり。

①携帯電話用振動モータ

携帯電話には1個の振動モータが採用され、1個のネオジム磁石が採用される。磁石はおよそ1gである。

②HDD用VCM

VCMはHDD1台に1個内蔵されており、磁場を作るために1対のネオジム磁石が取り付けられる。その大きさは、磁気ディスクの大きさにより異なるが、5～10g程度となっている。

③冷蔵庫・洗濯機・エアコン用コンプレッサモータ

これらの用途向けネオジム磁石モータは、いずれの製品においても1製品に1個のモータが採用されている。磁石の重量は製品によりまちまちであるが、最も生産台数が多いエアコン向けの場合100g程度である。

2-6-2. 生産規模とレアメタルの需要量

(1) 対象製品の生産台数と構成部品

①携帯電話用振動モータ

PHSを含めた携帯電話の国内生産台数は、2007年から毎年減少傾向にあり2009年度は約2,500万台となる。また、輸出も毎年減少し、2009年は約70万台で2007年に比べ100万台以上減っている。一方、輸入は毎年拡大し、2009年は約1,200万台と大きく拡大する。

②HDD用VCM

HDDの主用途であるPCの日本国内の出荷実績は、2008年約1,000万台から2009年は約800万台まで減少し、2010年は約900万台まで回復する見込みである。そのうち、デスクトップ型はノート型の半分程度の需要台数である。

③冷蔵庫・洗濯機・エアコン用コンプレッサ

冷蔵庫・洗濯機は中国を中心としたアジアからの輸入が多く、日本メーカー品であっても生産は海外で行

うものが多い。日本国内で生産するものは高機能高価格機種が中心になっていると思われる。エアコンも近年輸入が増加している。

今回対象としたこれらの白物家電は、年間1,800台程度が国内で生産もしくは輸入され、その内約半数が国内で生産される。

冷蔵庫、洗濯機でのネオジム磁石モータの採用率は10%に満たないのが現状である。これは、冷蔵庫では負荷変動が少なく、洗濯機では稼働時間が短いことから、省エネ（節電）効果が少なく、むしろ低価格のニーズが強いためより安価なフェライト磁石の採用が中心となることによる。エアコンは、セパレート型の国内生産は100%国産モータを採用し95%がネオジム磁石を使用している。

(2) レアメタルの需要量

①携帯電話用振動モータ

携帯電話に内蔵される振動モータは国内メーカーが強い市場ではあるが、その生産は全てアジアで行っており、日本国内で生産される携帯電話に内蔵される振動モータは全量輸入品となる。その結果、携帯電話用振動モータ向けレアメタルの需要量は0となる。

②HDD用VCM

現状ではHDDは日本国内で生産されておらず、VCMの生産もない。ネオジム磁石も焼結までは日本国内で行うが、その後HDD向けネオジム磁石は輸出され加工と検査は現地で行うことから、日本国内のHDD向けレアメタルの需要量は0となる。

③冷蔵庫・洗濯機・エアコン用コンプレッサモータ

白物家電の生産台数、ネオジム磁石モータの採用数、レアメタルの原単位、歩留まりからレアメタルの需要量を推定すると、2010年見込みではNdが約200t、Dyが約20tとなる。

2-6-3. レアメタルマテリアルフロー

(1) サプライチェーンの特徴

ネオジム磁石モータ原料に関するフローは図14のとおり。各用途向けの実態は以下のとおり。

①携帯電話用振動モータ

日本の携帯電話メーカーは振動モータを日系小型モータメーカーや中国・韓国のメーカーから供給を受けている。振動モータの日本国内での生産はない。

②HDD用VCM

PC自体の生産（組み立て）はアジアが中心ではあるが、日本国内で生産されるものもある。ただ、いずれも内蔵するHDDは海外で生産されたものとなり、日本国内で生産されたものはない。HDDの生産（量産）は、主に東南アジアで行われており、少なくとも日本国内の生産はない。VCMの生産の実態（メーカー、地域など）は明らかでない。

③冷蔵庫・洗濯機・エアコン用コンプレッサモータ

ネオジム磁石モータは白物家電メーカー自らもしく

はそのグループ会社で内製する場合と、モーターメーカーから購入する場合がある。これらの用途向けネオジム磁石モーターは、内製する家電メーカーのほかに産業

向けを扱うモーターメーカーでも品揃え、採用する製品やモーターの仕様ごとにその供給関係は複雑で、家電用ネオジム磁石モーターの生産実態は明確でない。

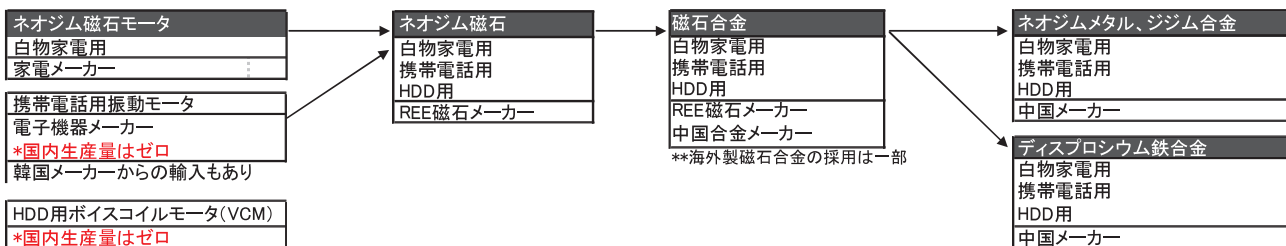


図14. ネオジム磁石モーターにおけるマテリアルフロー

2-6-4. レアメタルの需要予測

(1) 材料構成及びレアメタルの使用状況の変化

ネオジムよりも希少で価格も高いディスプロシウム
の添加量を減らす取り組みが磁石メーカー、モーターメーカーで進んでいる。白物家電向けネオジム磁石モーターは、使用環境が室温であることを前提にしており、産業用や自動車用に比べ特別耐熱性を高めた仕様は求められていない。こうしたことを踏まえて、ディスプロシウムの添加量は減少する傾向にあるとみられ、2015年に2010年時の75%まで減少すると仮定する。携帯電話用振動モーター、HDD用VCMについては前述のとおり国内生産がないため需要を0とし、白物家電にのみ着目する。

拡大にはつながらないとの見方が有力である。

以上を踏まえたネオジム磁石モーター向けレアメタル使用量（2010年を1とした指数）は図15のとおり。

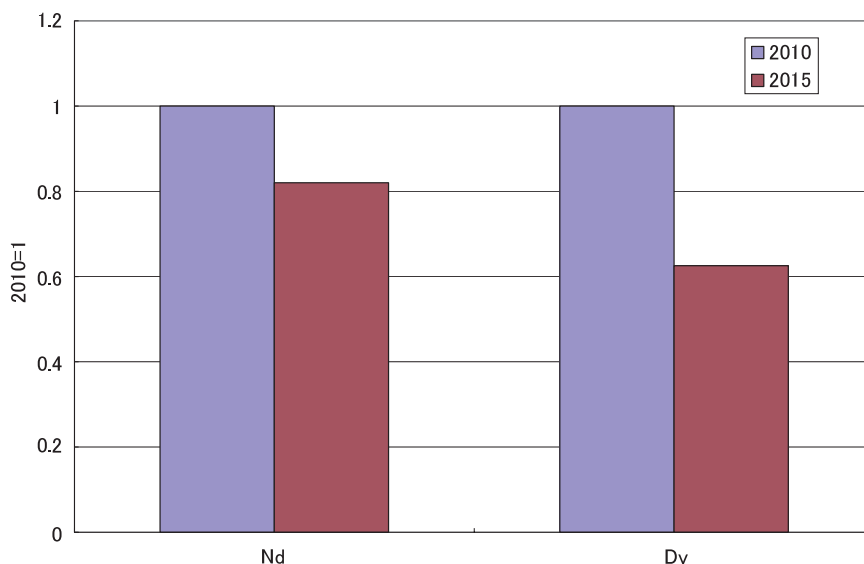


図15. ネオジム磁石モーター向けレアメタル需要予測（2010年=1）

(2) レアメタルの需要予測

①市場動向

家電向けネオジム磁石モーターは、現状では国内で生産され、省エネ推進で採用率が高まる傾向にあり、国内需要は堅調に推移する。ただ、家電自体が普及しており買換え需要に依存するだけに大きな伸びは見込めない。その一方、海外特にアジアでの需要拡大が期待できるが、家電製品の現地生産化とともにネオジム磁石モーターも現地生産される可能性が高い。特に、特許による保護期間を過ぎる2014年以降中国で磁石生産が解禁されると、その傾向が進む。磁石の精度やモーターの性能では不確定な要素もあるが、最高性能を求めなければ海外製が採用される可能性は高い。海外需要に関しては、現地生産化が進むことから日本からの輸出

おわりに

本稿では、日本の基幹産業及び今後成長が見込まれる産業をターゲットに絞り、それら産業でのレアメタル使用実態把握を目的に実施した調査内容につき整理した。まず各対象産業に使用される素材・部材でレアメタルを含むものに焦点を当て、そのレアメタル含有率、対象産業の国内全体の素材使用量を調査し、レアメタルに着目した各対象産業のエンドユースを基点とするマテリアルフローを作成し各対象産業のレアメタル使用実態を把握した。第1回目として、日本が世界で高い競争力を持つ電気・電子機器産業に焦点を当て、概略的かつ定性的であるものの今後の動向を含めレアメタル使用状況をレビューした。

(2011.10.11)