

NIMS-EMC 材料環境情報データ No.13
Ni, Co, V, REEの現状に対する考察



独立行政法人 物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター

NIMS-EMC 材料環境情報データ No.13
Ni, Co, V, REEの現状に対する考察

2006年 3 月

執筆者

島田 正典

原田 幸明

(独) 物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター

はじめに

環境の世紀とも呼ばれる21世紀になって、経済活動や生活のあらゆる局面で地球環境を考慮した改変が進んでくるようになってきています。そのような中で素材や材料は、あらゆる製品をかたちづくっている存在であり、かつ、資源として地球環境圏から取り出され、廃棄物として地球環境圏に戻される、地球環境に密接に係わった存在でもあります。それゆえ素材の製造者だけでなく、製品の製造者、使用者、さらには処理に係わる人達すべてが、使用されている素材に対して、その素材に係わる環境負荷やリサイクルのしやすさ・状況等を的確に知り資源生産性の向上や持続可能な社会に向けた選択に生かして行くことが重要です。

しかし、そのために必要な材料の環境負荷や循環に対する情報はまだあまり整備されておりません。中には一部の側面だけを肥大化させた情報などが散見され判断に困る場合も出てきています。

このような状況に対し、エコマテリアル研究センターでは、信頼性における材料環境情報の整備が物質・材料研究の中核機関として欠くことのできない努めであると判断し、ここに、NIMS-EMC材料環境データをシリーズとして発行する事にしました。なお、NIMSは物質・材料研究機構 (National Institute for Materials Science) の略、EMCはエコマテリアル研究センター (EcoMaterials Center) の略です。データ集やデータベースとは若干趣は異なりますが、専門家による綿密な聞き込み調査などをもとに統計資料などでは得られない材料の製造や循環に係わるデータや、LCA的な考察に不可欠の材料データなどを提供して行きたいと考えております。

2006年

物質・材料研究機構

エコマテリアル研究センター長

原田 幸明

目 次

第1章 ニッケル

- 1．ニッケルの資源量
- 2．ニッケルの需給
- 3．用途別ニッケルの材料消費
- 4．ニッケル地金の需給バランス

第2章 コバルト

- 1．コバルトの埋蔵量
- 2．世界の需給
- 3．日本の需給

第3章 バナジウム

- 1．バナジウムの資源量
- 2．世界のバナジウム需給
- 3．日本のバナジウム需給
- 4．バナジウムの価格動向と今後

第4章 レア・アース

- 1．鉱石の種類と鉱床
- 2．埋蔵量と生産量
- 3．中国の希土類の現状
- 4．レア・アースの価格動向
- 5．レア・アースの消費量とリサイクル

第5章 二次電池の主要構成材料の使用量とリサイクル

- 1．高性能二次電池の主要構成材料の使用量
- 2．HEV (Hybrid Electric Vehicle) 用ニッケル水素電池
- 3．電池

第6章 希土類磁石材料など

- 1．希土類磁石
- 2．フェライト磁石

第1章 ニッケル

1. ニッケルの資源量

表1-1 ニッケル基礎埋蔵量(単位: kt)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States	2,500	2,500					
Australia	18,000	25,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000
Botswana	1,400	1,400	920	920	920	920	920
Brazil	6,000	6,000	6,000	8,300	8,300	8,300	8,300
Canada	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
China	7,900	7,900	7,600	7,600	7,600	7,600	7,600
Colombia	1,200	1,200	1,100	1,000	1,100	1,100	1,100
Cuba	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
Dominican Republic	1,300	1,300	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Greece	900	900	900	900	900	900	900
Indonesia	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
New Caledonia	15,000	15,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Philippines	11,000	11,000	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
Russia	7,300	7,300	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200
South Africa	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Venezuela	610	610	610	610	630	630	630
Zimbabwe	260	260	260	260	260	260	260
Other countries	12,000	12,000	5,100	5,100	5,100	5,900	5,900
World total(rounded)	150,000	160,000	140,000	140,000	140,000	140,000	140,000
	148,370	155,370	139,890	142,090	142,210	143,010	143,010

出典:U.S.GeologicalSurvey, MineralCommoditySummaries

表1-2 可採鉱量(単位: t)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States	43					-	
Australia	11,000	20,000	22,000	22,000	22,000	22,000	24,000
Botswana	880	880	490	490	490	490	490
Brazil	670	670	670	4,500	4,500	4,500	4,500
Canada	6,600	6,600	5,200	5,200	4,800	4,900	4,900
China	3,700	3,700	3,600	1,100	1,100	1,100	1,100
Colombia	920	920	900	830	830	830	830
Cuba	5,700	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600
Dominican Republic	670	750	690	740	720	720	720
Greece	450	450	490	490	490	490	490
Indonesia	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200
New Caledonia	4,500	4,500	4,400	4,400	4,400	4,400	4,400
Philippines	410	410	940	940	940	940	940
Russia	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600	6,600
South Africa	2,500	2,500	3,700	3,700	3,700	3,700	3,700
Venezuela	610	610	610	610	560	560	560
Zimbabwe	240	240	15	15	15	15	15
Other countries	450	450	1,300	1,300	1,300	2,100	2,100
World total (rounded)	49,000	58,000	61,000	62,000	62,000	62,000	64,000
	49,143	58,080	60,405	61,715	61,245	62,145	64,145

出典:U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表 1 - 1、表 1 - 2 に世界のニッケルの基礎埋蔵量と可採鉱量を示した。オーストラリアが 2001 年から 2002 年にかけて、両方とも増加していることが注目される。

中国の旺盛なステンレス需要もあり、Ni の需要も増加しており、表 1 - 3 に示すように、新規の鉱山開発プロジェクトが活発化している。このなかで、Ni 原料の供給ソースとしては、Ni 地金、Fe-Ni、酸化ニッケルがある。最初の統計は経産省の資源統計年報（最近は「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報」で公表されている。Fe-Ni はフェロアロイ協会あるいは合金鉄年鑑）(テックスレポート)があるが、酸化ニッケルは公式な統計がなく、東京ニッケルが工業レアメタルで丸めた数字を公表しているのみである。東京ニッケルに、酸化鉱と硫化鉱の原料事情と製錬方法について、若干コメント頂いたので以下に記述する。

表 1 - 3 ニッケルの新規プロジェクト（年産能力 30 万 t 以上住友金属鉱山資料などによる）¹⁾

	プロジェクト	運営企業	年産能力(千t)	生産品目	稼働時期
酸化鉱					
オーストラリア	Ravensthorpe	BHPBilliton	45	水酸化物	2007
ニューカレドニア	Goro	Inco/SMM など	60	オキサイドシנק -	2007
インドネシア	Gag	BHPBilliton /AnekaTambang	61	金属	2010
"	WedBay	WedBay/Aneka Tambang	53	Ni・Co 混合硫化物	2008
バブアニューギニア	Ramu	HighlandPacific など	33	水酸化物	2007～
キューバ	SanFellipe	BHPBilliton	55	-	2007～
ブラジル	Vermelho	CVRD	45	金属,水酸化物	2007
フィリピン	Nonoel	Philnico など	42	Ni・Co 混合硫化物	2007～
"	MBMI	Celestial	30	"	2007～
"	Sablavan	CrewDevelopment	40	金属	2007～
マダガスカル	Ambatovy	Dynatec	60	金属	2008
合計(その他含む)			564		
硫化鉱（ガーニライト）					
カナダ	Voisey'sBay()	Inco	50	精鉱	2005
"	"()	"	50	金属	2012
オーストラリア	Yakabindie	WMC	32	精鉱	2007～
ニューカレドニア	Konianbo	SMSP/Falconbridge	60	フェロニッケル	2009～10
合計(その他含む)			214		
総計			778		

「東京ニッケルの酸化ニッケルは 2～2.5%Ni ラテライト（酸化鉱、Ni 鉱石の 60%を占める）を使用する。硫化鉱ならば、選鉱により富化ができるが、酸化鉱なので、電気炉で直接溶解し、7 倍もある不純物をスラグとして分離する。エネルギー多消費型の製錬となるが、溶解のエネルギーには、インドネシア（当初カナダで行っていたが）にインコ（[親?]関連会社）が建設した水力発電を利用している。プロセスの途中の硫黄を添加即ち硫化することにより、Fe50%Ni35%S15%の粗マットを製造し、その後脱鉄し、更に酸化して純度 80%以上の酸化鉄（直接ステンレスの原料として投入）を製品化している。現在、酸化ニッケルを製造しているのは東京ニッケルのみであり、公の統計には掲載していない。唯一、工業レアメ

タルに丸めた数値を公表している。関連団体は鋳業協会で、数値は報告しているが、情報開示は組合員のみで、一般には公表されていない。酸化ニッケルの製造に硫化鋳を入手できればコストミニマム（富化できるので）になるが、現実には採掘場所が 2,000～3,000m と深くなり採掘コストのアップとなっている。結局は、酸化鋳に頼らざるを得ない。最近 1.5%Ni の品位の酸化鋳での製錬が実用化されようとしている（Goro）」²⁾

新金属データブック 2002 に、東京ニッケルの酸化ニッケル製造プロセスに最初の工程で「優先還元」のプロセスが入っているため、その概要について聴取した。

鋳石中の着水や結晶水を、乾燥装置（ドライヤ）により除去することも兼ねて、煅焼する場合がある。この時の FeO、MnO、SiO₂ などよりも N 酸化物が還元しやすい温度条件で還元雰囲気にすることより、Ni 酸化物を優先的に還元し、Ni の硫化を促進しようとするものである。

新規プロのうち確実視されているのは当面 16.5 万 t

新規プロジェクト（表 1 - 3）は、公にされているものだけで 77.8 万 t（酸化鋳 56.4 万 t、硫化鋳など 21.4 万 t）にのぼっているが、このうち FS などの状況からほぼ確実に立ち上がるとみられるのが 16.5 万 t と言われている。硫化鋳では Voisey's Bay があげられる。酸化鋳では別項（図 1 - 2）のように今月稼働したフィリピンのコーラル・ベイのほか、2007 年に予定されているニューカレドニアの Goro、オーストラリアの Ravensthorpe（BHP Billiton）がある。それ以外ではブラジルの Vermelh（CVRD）がある。2005～15 年まで消費が年率 4.4% で成長（ファルコンブリッジ）するとの予測からみて、短期的には上記プロジェクトがスタートする 2007 年には需給はバランスするとの見方が多い。

年初の主要アナリスト予想は年平均 \$ 5.30～6.82/lb

今年の相場は、年初の主要アナリスト 9 社の予想（メタルプレティン誌）では年間平均で 5.30～6.82 ドル/lb。

(1) 硫化鉱

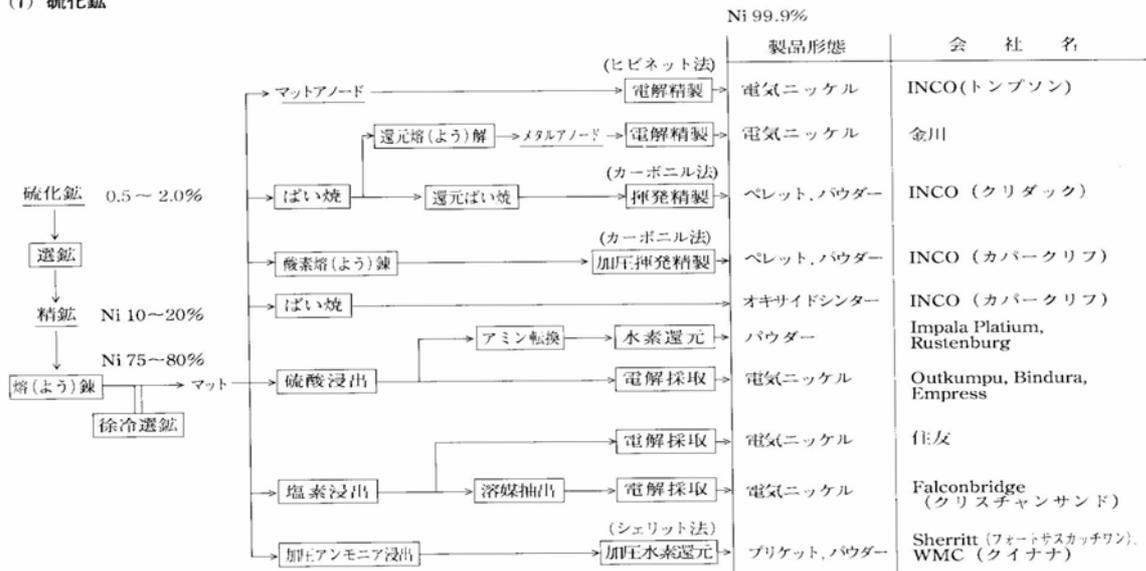


図 1 - 1 ニッケル各種製錬法硫化鉱 (新金属データブック 2002)

(2) 酸化鉱

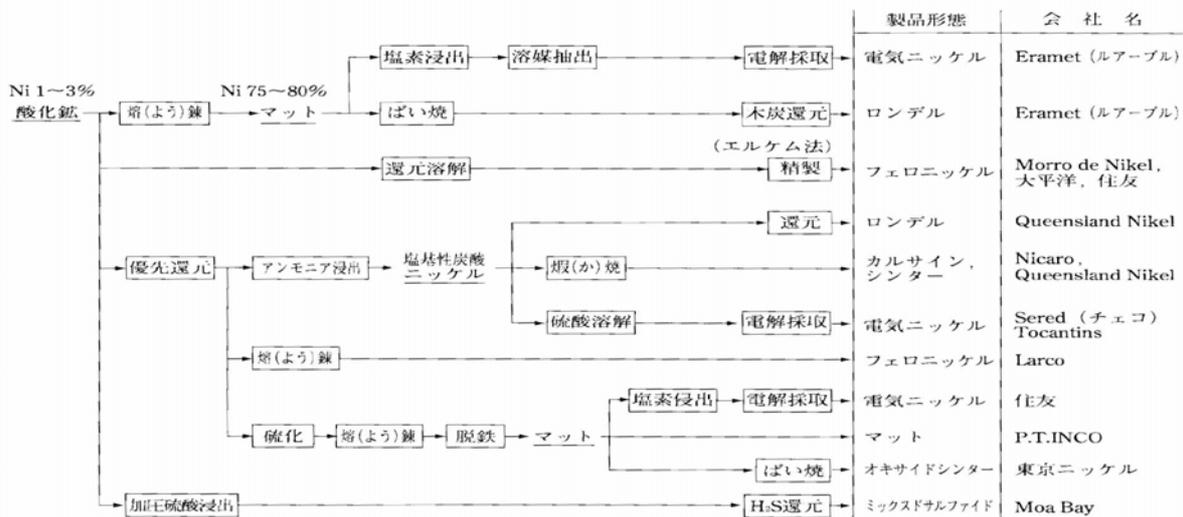


図 1 - 2 ニッケル各種製錬法酸化鉱 (新金属データブック 2002)

表 1 - 4 ニッケル鉱石採掘量 (単位: t) nikel mine product

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
United States							
Australia	126,000	168,300	197,000	211,000	210,000	178,000	189,000
Botswana	25,800	34,465	26,200	20,005	32,740	33,000	28,000
Brazil	43,784	45,317	45,400	45,029	45,000	45,200	52,000
Canada	188,218	190,728	193,361	178,338	162,756	187,000	198,000
China	50,100	51,100	51,500	54,500	60,000	64,000	77,000
Colombia	39,300	58,927	52,962	58,196	70,844	75,000	89,000
Cuba	64,407	68,305	70,662	73,000	74,018	72,400	72,000
Dominican Republic	39,500	39,943	31,000	38,859	45,400	47,000	46,000
Greece	16,050	19,535	20,830	22,670	21,410	21,700	23,200
Indonesia	89,100	98,200	102,000	122,000	143,000	133,000	160,000
New Caledonia	110,062	127,493	117,554	99,650	111,895	118,000	112,000
Philippines	8,450	23,500	27,359	26,532	21,150	17,000	26,600
Russia	260,000	270,000	325,000	310,000	315,000	315,000	315,000
South Africa	35,802	36,616	36,443	38,546	40,842	39,900	42,500
Venezuela		2,472	13,600	18,200	20,700	20,500	20,000
Zimbabwe	11,164	8,160	8,145	8,092	9,517	9,520	9,500
Other countries	12,400	8,200	9,240	14,000	14,000	11,000	25,000
World total(rounded)	1,120,000	1,250,000	1,330,000	1,340,000	1,400,000	1,400,000	1,490,000
	1,120,137	1,251,261	1,328,256	1,338,617	1,398,272	1,387,220	1,484,800

出典:U.S.Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

上記の記載したインコ東京ニッケルからヒヤリングした資料 2) の中に「最近 1.5%Ni の品位の酸化鉱で精錬 (Goro) で採用されようとしている HPAL 法」について、以下の情報がある。

1999 年にオーストリアの 3 つのラテライト鉱山が稼働した。ニッケルは進歩した PAL (加圧酸浸出法) で生産されている。キューバ、インドネシア、ニューカレドニアやフィリピンの競合会社は PAL の採用を検討している。探鉱グループは、ボイズベイの地域でボーリングしている。北部カナダのジェームズベイの南東部のラック ロッカー地域、ケベックの北部のウンガバニッケルベルト、トンプソンニッケルベルトの北東部のマニトバでボーリングしている。ニューカレドニアの南東で、ゴロのラテライト鉱山の開発を再開した。新しいニューカレドニアのニッケルは加圧酸浸出法 (PAL) の新しい製錬での回収である。オーストラリアでは、屋外の PAL 法が 1998 ~ 1999 年に建設され、生産は継続されている。次世代のオーストラリアの PAL 計画は開発状況が変化しつつある。競合会社は、キューバ、インドネシアやフィリピンで屋外 P A L 法を採用始めた³⁾。

住友金属鉱山 次期中期計画も HPAL 軸に自主資源開発

住友金属鉱山は、世界に先駆けて本格操業に成功した HPAL (高圧硫酸浸出) を軸にして、2006 年 9 ~ 10 月に発表予定の次期中期計画 (2007 ~ 09 年度) で国内生産能力の増産に対応する原料確保を進める。HPAL は、従来製錬に用いられなかった低品位のラテライト鉱 (酸

化鈹)を使用するため、既存鈹山の未処理鈹石か、新規鈹山開発かを選択できるが、いずれにしても同業他社との競争を避け、自主資源開発を行うことができる。

国内生産 6 万 t の目標に向けて、資源手当てを進める。同社は 2000 年ごろに発表した長期計画で、国内拠点の生産能力(現在年産で地金 36,000t、応用製品 4,000t)を 6 万 t に上げる目標を掲げており、次期中期計画でも国内生産の増強に踏み切るべく原料の手当てを進める。

ただし、海外の非鉄メジャーによる寡占化が進んでおり、従来の買鈹だけでは原料確保が難しくなっている。オーストラリア・BHP Billiton が 2005 年 8 月に、同社の主なニッケルマット供給先だった WMC Resources を買収。大幅な値上げを通知され、同社は長期契約の更新を断念した。

同社が自主資源開発の切り札として考える HPAL を活用すれば他社では実用化していない低品位硫化鈹を処理できる。フィリピン・Cora I Bay のように既存の鈹山に放置された低品位硫化鈹を処理するか、酸化鈹の新規鈹山を開発するかを選択できる⁴⁾。

2. ニッケルの需給

1) 世界の需給

表 2 - 1 世界ニッケル需給(単位:1,000 t)

	2003	2004	2005(E)	2006(F)
生産	1,183	1,254	1,275	1,346
需要	1,249	1,264	1,243	1,340
バランス	-66	-10	32	6

原出典:2003 年・2004 年は INSG(Internation Nickel Study Group)2005 年・2006 年は、住友金属鈹山推定 出典:工業レアメタル 122(2006 年)

表 2 - 1 は 2006 年の工業レアメタルに掲載されていた表である。この表は 2005 年の工業レアメタルには掲載されていなく、表 2 - 2 の西側世界のニッケル需給が掲載されているのみであった。中国がステンレスを使用し、ニッケルを消費し始めたのは 2000 年頃からで、2005 年になって、中国の Ni の消費量が無視できないほど大きくなり、世界の Ni 市場を西側のみで表現できなくなったことを意味するのではないだろうか。

表 2 - 2 西側世界のニッケル需給 (単位: 1,000 t)

	2001	2002	2003	2004	2005(E)	2006(F)
生産	813	839	831	864	863	919
旧共産圏からの流入	173	213	265	235	208	175
米国戦略備蓄の放出	0	0	0	0	0	0
(供給計)	986	1,052	1,096	1,099	1,071	1,094
需要	969	1,059	1,096	1,091	1,033	1,075
バランス	17	-1	0	8	38	19

原出典: 2001年~2004年は INSG (Internation Nickel Study Group) 2005年・2006年は、住友金属鉱山推定 出典: 工業レアメタル- 120,-121,-122

2) 日本の需給

日本のニッケルの需給を、表 2 - 3 - 1、表 2 - 3 - 2、表 2 - 3 - 3 に示した。フェロは Fe - Ni、Nos は酸化ニッケルで、いずれもステンレスを含む鉄鋼用途向けに消費されている。地金はニッケル地金のこと、用途としては、鉄鋼用途、非鉄金属用途の両方がある。この中で、酸化ニッケルは単純に増加している。

表 2 - 3 - 1 日本のニッケル需給 (単位: 1,000t)

	2002				2003			
	地金	フェロ	NOS	計	地金	フェロ	NOS	計
備蓄放出								
生産	32.3	74.7	49	156	34.9	75.4	52.7	163
輸入	40.4	14.8	0.9	65.8	53.6	17.4	1.2	81.9
*	9.7				7.7			
(供給計)	82.4	89.5	49.9	221.8	96.2	92.8	53.9	244.9
消費	86.5	69.6	28	184.1	90.8	71.3	28.5	190.6
輸出	1.6	22.5	22	46.1	1.8	19.2	25.5	46.5
(需要計)	88.1	92.1	50	230.2	92.6	90.5	54	237.1
在庫	12.2	6.7	3.2	22.1	15.8	9	3.1	38.3
内生産者	(3)	(3.1)	(2.2)	(10)	(2.7)	(3.6)	(2.2)	(10)
バランス				-8.4				7.8

*印はパウダー (住友金属鉱山推定)
出典: 工業レアメタル- 120,-121,-122

表 2 - 3 - 2 日本のニッケル需給 (単位: 1,000 t)

	2004				2005			
	地金	フェロ	NOS	計	地金	フェロ	NOS	計
備蓄放出					0.5	0.1		0.6
生産	32.8	74.3	60.3	167.4	31	76.4	56.7	184.1
輸入	52	17.2	1	80.2	49.7	14.9	0.6	74.2
* 印はパウダー	10				9			
(供給計)	94.8	91.5	61.3	247.6	90.2	91.4	57.3	238.9
消費	93.4	68.7	30.5	192.6	85.5	59.9	28.7	174.1
輸出	1.9	20.6	29.6	52.1	3.4	22.6	29.5	55.5
(需要計)	95.3	89.3	60.1	244.7	88.9	82.5	58.2	229.6
在庫	15.3	11.2	4.3	30.8	16.6	20.1	3.4	40.1
内生産者	(4)	(3.5)	(3.3)	(10.8)	(3.9)	(7.2)	(2.4)	(13.5)
バランス				2.9				9.3

* 印はパウダー (住友金属鉱山推定)

出典: 工業レアメタル- 120,-121,-122

表 2 - 3 - 3 日本のニッケル需給 (単位: 1,000 t)

	2006			
	地金	フェロ	NOS	計
備蓄放出				0
生産	33	70	60	163
輸入	43	15	0.6	67.6
* 印はパウダー	9			
(供給計)	85	94	69.6	230.6
消費	89.5	67	28	184.5
輸出	2	24	32.6	58.6
(需要計)	91.5	91	60.6	243.1
在庫	10.1	14.1	3.4	27.6
内生産者				
バランス				-12.5

* 印はパウダー (住友金属鉱山推定)

出典: 工業レアメタル- 120,-121,-122

3. 用途別ニッケルの材料消費

我が国のニッケルの用途別需要動向を表3-1、表3-2に示す。これは、従来は需給統計（経産省の指定統計）であったが2002年から需給統計（総務省の承認統計）に変更され存続している。

表3-1はニッケル地金の用途別統計であり、表3-2はニッケルスクラップの用途別統計である。

ところで、ニッケルマテリアルフローなどのレアメタルフローは資料⁵⁾があり広く活用されている。その中からNiのマテリアルフローを図3-1に示した。このフローの非鉄の用途の数値は、表3-1をあまり検討せずにそのまま書き写したものと考えられる。例えば、図3-1に記載のアルカリ蓄電池は2,924tで、これに対応する値は表10の欄の1989年の30,987tでほぼ一致する。

しかし、図3-1の非鉄合金は3,999tでこれが、リードフレームだとすれば、執筆者が過去に調査した資料⁶⁾によれば、リードフレーム生産量はNi量で7,400tであり、かなり低い数値であり、検討が必要である。

ところで、磁性材料は、表3-1でニッケル地金が2,829tで、表3-2でニッケルスクラップ3,448tの記載があり、両方をプラスして、磁性材料の需要を推定する必要があり、現在検討中である。ただ、Ni含有の磁性材料には、アルニコ磁石、ソフトフェライト、パーマロイが挙げられる。図3-1には記載がないが資料⁵⁾の本文には磁性材料はアルニコ磁石を特定している。しかし、執筆者の調査⁶⁾によると、平成元年（1989年）のアルニコ磁石の生産量は、1,774tでNi含有量を12.6%として、Ni消費量は224tと小さく、該当する磁性材料と考えられない。該当する磁性材料は、ソフトフェライトもNi消費量は少なく、パーマロイがそれに該当すると考える。パーマロイは、大型モーターの鉄心は珪素鋼板が使用されるが、小型モーターの鉄心として使用されるとともに、電磁シールド材としても使用されている。

また、表3-1の欄に、Ni地金の供給と需要の差を表示した。1995年（平成9年）頃から供給と需要の差が大きくなっているが、これは、この頃から、シャドウマスク（テレビ全面のビーム遮蔽板、材質はアンバーと呼ばれNi36%含有するFe-Ni合金）の生産が増加したが、統計には掲載されていない。また、2002年から、需給統計が経産省の指定統計から総務省の承認統計に格下げされた影響のためか、Ni地金の供給量と需給量の差が更に大きくなっている。この辺の事情を理解した上で、Niの用途別の需要動向を推定する必要がある。表3-1の数値のなかで、この表でしか把握できなく且つ重要な情報がある。それは、ニッケル地金の鉄鋼での消費量である。これを別途資料で検証が必要であり、これは今後の課題でもある。以下、ニッケル地金の鉄鋼を除く用途別需給動向をまとめた。

表3-1 用途別ニッケル (単位;t)

区分	62年	63年	平成1年	2	3	4	5	平成6年	7	8年計	9年計	10年計	11年計	12年計	13年計	14年計	15年計	16年計	17年計
供給	81,136	74,661	76,807	83,759	93,409	73,385	78,978	95,416	113,386	103,017	117,712	93,973	111,607	121,537	84,705	107,019	110,327	110,492	106,798
供給	65,886	62,727	64,492	71,635	75,528	57,322	63,238	78,982	90,785	79,396	96,528	72,328	95,500	105,752	66,798	93,016	94,515	95,228	90,240
年(年 度)初在	13,653	15,250	11,934	12,315	12,124	17,881	16,063	15,740	16,434	22,601	23,621	21,184	21,645	16,107	15,785	17,907	14,003	15,812	15,264
生産	21,397	19,961	21,939	22,275	23,658	22,038	23,108	25,311	26,824	26,564	26,889	23,697	30,481	36,230	32,534	32,304	34,980	32,769	29,795
輸入	46,086	39,350	42,934	49,169	57,627	33,466	39,807	54,365	70,128	53,852	67,202	49,092	59,481	69,200	36,386	56,808	61,344	61,912	61,739
需要	58,289	63,187	62,589	65,620	67,570	59,025	62,895	73,724	83,916	71,661	81,835	68,344	89,642	74,368	63,562	66,626	71,258	70,320	61,475
内需	57,918	62,662	62,477	65,553	67,496	58,931	62,831	73,641	83,618	70,576	80,320	65,392	88,683	72,221	62,267	65,010	69,488	68,431	57,992
特殊鋼	39,064	42,526	42,270	43,011	45,494	38,803	42,848	50,891	59,443	49,746	53,751	41,404	45,000	50,209	45,113	53,233	58,404	55,332	46,153
磁性材料	3,266	2,800	2,819	3,251	3,227	2,274	3,137	3,615	3,478	3,342	4,472	3,464	3,676	2,736	1,440	1,991	1,843	2,232	1,852
非鉄合金	3,670	3,439	4,000	4,952	3,635	3,397	3,100	3,751	4,153	3,481	4,141	3,494	3,522						0
展伸材	843	773	801	958										3,776	2,798				0
めっき	6,046	6,256	5,907	6,087	5,878	5,682	5,249	5,809	6,430	5,258	6,116	5,624	3,459	5,449	4,312	2,500	3,090	2,887	3,282
触媒	429	437	520	505	495	546	417	439	497	471	638	605	488	380	380	440	409	480	435
蓄電池	2,383	2,896	2,924	2,920	3,365	3,334	3,400	3,836	4,325	3,774	4,670	4,160	4,490	4,047	3,571	3,983	3,181	4,446	3,056
貨幣	433	1,222	733	173															0
その他	1,784	2,253	2,503	3,696	5,402	4,901	4,680	5,301	5,291	4,523	6,532	6,643	6,050	5,625	4,653	2,864	2,562	3,055	3,215
輸出	351	525	112	67	74	88	64	83	298	1,085	1,515	962	959	2,147	1,295	1,616	1,770	1,889	3,483
年(年 度)末在	15,250	11,934	12,315	12,124	17,881	16,063	15,740	16,434	22,601	23,621	21,184	21,645	16,107	15,785	17,907	14,003	15,812	15,264	16,558
生産業者	2,056	1,906	1,216	2,211	3,604	4,058	2,432	2,274	3,114	3,639	2,329	2,699	2,306	2,529	5,014	3,090	2,748	3,984	3,869
販売業者	490	225	316	488	1,455	1,563	1,855	2,710	5,272	7,704	4,423	7,069	4,333	2,499	2,647	1,436	4,181	4,019	3,660
消費者	12,704	9,803	10,783	9,425	12,822	10,442	11,453	11,450	14,215	12,278	14,432	11,877	9,468	10,756	10,246	9,476	8,883	7,262	9,028
鉄鋼業	10,201	7,625	8,802	7,160	9,970	8,455	9,538	9,400	11,887	10,373	12,151	9,997	7,751	9,289	9,051				
鉄鋼品製造業	261	194	232	235	282	167	207	261	236	201	288	162	135	169					
造幣局	178	142	152	249	221	259	178	154	167	164	203	234	150						
供給需要	7,597	-460	1,903	6,015	7,958	-1,703	343	5,258	6,869	7,735	14,693	5,974	25,858	31,384	3,236	26,390	23,257	24,908	28,765

出典：経産省供給統計(資源統計年報、鉄鋼非鉄金属非鉄金属製品統計年報)

注) ニッケルはニッケル地金などの供給側のデータはかなり正確値である。これが即、需要側のデータはなり得ないが、1995年(平成7年)以降、需要側と供給側の数量にギャップが大きくなってきたので、このギャップの計算しておく必要性がでてきた。の供給量からの年末在庫を除外し、これを供給'として、の需要との差をとり、に示した。

表3-2 用途別ニッケル又ははニッケル合金の故又ははくず (単位：t)

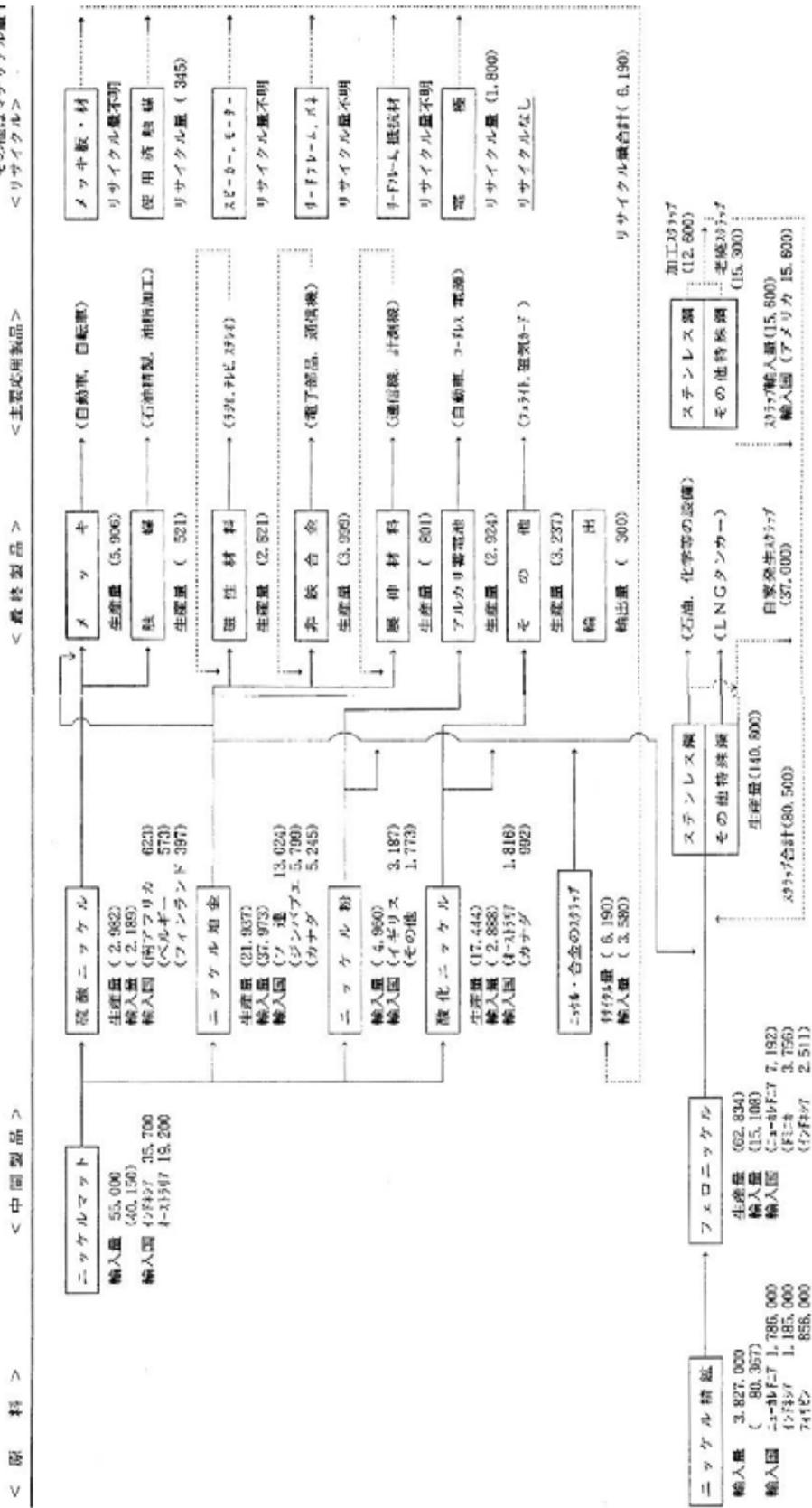
区分	62年	63年	平成1年	2	3	4	5	平成6年	7	8年計	9年計	10年計	11年計	12年計	13年計	14年計	15年計	16年計	17年計
供給	671037	792628	827190	899605	981342	944593	902239	1045549	1260901	1255924	1330348	1177064	1144007	1295688	1316614	1311258	1376619	1317792	1246261
供給	617303	718169	744052	811825	859166	837111	800692	927459	1105504	1123034	1198117	1027486	1003790	1146511	1188523	1179571	1259254	1212373	1069699
年(度)初在	65178	53734	74459	83138	77780	122176	107482	101547	118090	155397	132890	132890	149578	140217	149177	128091	131687	117364	105418
発生	227445	241717	238425	248767	288834	289325	278446	305238	361181	358278	379506	341459	348279	365828	338912	340918	328883	334301	308357
回収	376307	493499	512065	553857	610573	528541	511327	632461	775186	734538	805113	692444	634414	773975	812485	828216	907584	856693	825431
輸入	3107	3578	2241	3843	4155	4551	4984	6305	6444	7711	12839	10271	11736	16	16040	14033	10664	9434	7054
需要	611180	720829	746050	795081	859396	822046	797700	966213	1103570	1121669	1198254	1030574	1041513	1124064	1175011	1032942	1191436	1175803	1047151
廃棄	611093	719879	745921	794859	859094	821605	797360	965651	1102821	1119112	1189692	1029620	1041025	1123405	1174298	1032623	1190789	1175403	1046032
特殊鋼	597494	703437	731165	782309	846543	808191	785586	953835	1090775	1108246	1172266	1016814	1025949	1104696	1158917	1023249	1023249	1166630	1038077
磁性材料	4255	3736	3448	3459	2984	2603	2704	2825	2549	2545	3221	3093	3560	3615	2157	1664	2977	2004	1653
非鉄合金	6954	7616	7706	5904	6040	6124	6226	6207	6434	5971	6656	5772	5933	4455	3627				0
展伸材	674	542	547	531															0
めっき	209	302	435	661	867	887	687	524	558	408	527	338	2	4	4	17	1	2	1
触媒	38	20	16	18	21	5													0
蓄電池																			209
貨幣	1146	3761	2336	1729															0
その他	323	465	268	248	2629	3795	2177	2259	2505	3943	7022	3601	5581	10635	9597	7693	3551	6557	6302
輸出	67	150	129	222	312	441	320	562	749	2557	8562	954	488	659	713	319	647	408	1125
年(度)未在	53734	74459	83138	77780	122176	107482	101547	118090	155397	132890	132231	149578	140217	149177	128091	131687	117364	105418	176562
販売業者	708	797	544	449	420	329	297	452	307	375	416	479	591	495	480	342	401	309	376
消費者	53026	73662	82594	77331	121756	107153	101250	117638	155090	132515	131815	149099	139626	148682	127611	131345	116963	105109	176186
鉄鋼業	50700	71758	80769	75349	118939	104121	98784	115393	152859	130067	128952	145087	135061	142814	119249				
その他電気機械器具製造	645	594	456	511															
造船局	1342	870	865	916	1464	1504	1041	1027	977	1390	1812	3210	3462						
廃品等	6,123	-2,660	-1,998	16,744	-230	15,065	2,992	-38,754	1,934	1,365	-137	-3,088	-37,723	22,447	13,512	146,629	67,818	36,570	22,548

出典：経産省需給統計(資源統計年報、鉄鋼非鉄金属、鉄鋼非鉄金属、非鉄金属製品統計年報)

注) ニッケルスクラップの供給側と需要側のギャップを 示した。

表 2.1-2 ニッケル (NI)

1985年ベース
 単位の単位：()内は前年比
 その他はマテリアル量
 <リサイクル>



1. 生産量 : (100,677) 千t
 2. 可採総量 : (82,608) 千t
 3. 純分換算比率 : 73% (7457/7586, 47457/70%以上)
 4. 出典 : 輸入通関統計, Mineral Facts and Problems 1985 Edition, 工業用ニッケル (90), 新金属コールドアタック等

図 3 - 1 ニッケルのマテリアルフロー (レアメタル 31 より引用) 5)

3.1. シャドウマスク

(1) 生産量

(a) Ni系シャドウマスク(アンバー)の薄板ベースでの推定生産量

レアメタル31の調査対象の1989年の時と比較すると、アンバーの生産量は桁違いに増大しており、Niに関して言えばステンレスに次ぐ需要分野であり、原料はステンレスの原料のフェロニッケルや酸化ニッケルではなく、高品質なNi地金である。

1990年 100トン/月

1995年 500~1,000トン/月

1999年 2,500~3,000トン/月⁶⁾

表3-3 管球ガラス(CRT)ガラス生産量とレアメタル酸化物需要量(単位:ト)

	CRTガラス生産量		
	カラー	モノ	計
1989	514,187	87,863	602,050
1990	575,357	51,995	627,352
1991	613,596	36,763	650,359
1992	585,322	32,733	618,055
1993	641,629	23,972	665,601
1994	754,249	14,709	768,958
1995	764,557	10,109	774,666
1996	685,561	10,638	696,199
1997	656,835	4,147	660,982
1998	637,213	3,136	640,349
1999	668,606	1,166	669,772
2000	749,180	659	749,839
2001	583,954	581	584,535
2002	562,649	511	563,160
2003	500,652	647	500,005
2004	398,758	830	389,588
2005	237,670	22	237,691

出典: CRTガラスの生産量は電気硝子工業会の統計

表3 - 4 シャドウマスクの Ni 消費量の推定 (単位 : t)

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Ni系SM合	月当たり	100	230	360	490	620	750	1250	1750	2250	2750
金重量	年当たり	1200	2760	4320	5880	7440	9000	15000	21000	27000	33000
Ni重量	年当たり	932	1394	1855	2317	2778	3240	5400	7560	9720	11880

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ni系SM合	月当たり	2750	3079	2400	2312	2053	2053	2053	1500	
金重量	年当たり	33000	36945	28800	27747	24635	24635	24635	18000	
Ni重量	年当たり	11880	13300	10368	9989	8869	8869	8869	7560	

注1) シャドウマスクの成分は、MnO.4%、CO.2%、Ni36%、残り Fe で換算

注2) 資料1)に記載の1990年、1995年、1999年の値から各年を推定。

2000年以降は、表3-3の管球ガラスの1999年の生産量の比率から求めた。2004年以降は、管球ガラスメーカー（旭硝子、電気硝子）が中国へ生産移転。シャドウマスク材料は、中国へ輸出されているので、日本の管球ガラス生産量ほど減少していない。中国のCRTテレビ生産は以前として活発にしており、2003年のNi材料消費量が維持されていると考えられる。しかし、2006年に入ってから、中国人も薄型テレビを購入する人も現れ今までCRTテレビは生産量の増加を続けてきたが初めて減少に転じた。

資料⁷⁾によると、「2006年のシャドウマスクの生産量は、1,500t/月即ち、18,000t/年」との情報がある。即ち、これは現在でも、シャドウマスク材料は供給されている示す証左でもある。

テレビ30in.以上の大型サイズのCRTがアンバー（Ni36%）を使用しており、現在のテレビ生産の約7~10%を占めている。パソコンは1990年当時14in.がほとんどで、シャドウマスクは鉄板製（アルミキルド鋼）15in.以上がアンバーを使用しているが、この15in.への切り替えは1995年50%で、1999年では100%と現在はアンバーのみになっている。

(b) 溶解・製品段階での生産量

溶解時点の生産量（1999年）

インゴット溶解して、板を製造する段階で、Bottom、Topを除去するなど、地金から板にする段階で歩留まり50%と云われる。溶解段階で66,000t（Ni量で23,760t）の合金が製造されたことになる。

製品段階での生産量（1999年）

また、薄板から電子線は通過する孔があけられるので、どの程度減量するか明確ではないが、仮に、2/3に減量すると合金で22,000t（Ni量で7,920t）となる。加工くずとしてのリサイクル（1999年） 結局、Ni量で23,760t - 7,920t = 15,840tがシャドウマスク製造時点で発生した加工くずである。電子線が通過する孔を穿つシャドウマスク製造業者（凸版印刷など）も、最近、中国へ移転している。電子線の通過する孔は塩酸などで化学反応で加工され、スクラップはスラッジ状で排出される。やはり、日本でのスクラップ発生量は減少しているような状況である。

(2) シャドウマスクの材料供給者

日立金属、日鉱金属、M、日本冶金、東洋鋼鉄、日新製鋼

(3) シャドウマスクの製造業者

大日本印刷、凸版印刷、大日本スクリーン

(4) シャドウマスクの品質

このように供給が限定されるのは、シャドウマスクの品質要求が厳しいことに由来している。アジアではシャドウマスクを製造する技術はなく、韓国でも実力不足である。今でも、30in.未満のテレビは低炭素 C<0.005%> のアルミキルド鋼が使用されているが、薄板の平坦度、寸法精度、表面粗さの品質要求が厳しい。厚さは0.25%~0.50%である。

(5) 今後のシャドウマスクの需要動向

今後、ディスプレイのCRTはLCD(液晶)に置き換わる趨勢が見えている。また、その後にはその次の世代のディスプレイとしてプラズマプレーが大型CRTに替わることが予想されている。しかし、目の前ではテレビのデジタル化が進んでおり、2007年には全てデジタルテレビに移行する。このデジタル用のディスプレイは、アンバー材料のシャドウマスクと考えていたが、日本はCRTから別の薄型ディスプレイに置き換わっているであろう。また、アジアの他の国は直ぐには置き換わらないかもしれない。

ところで、経産省のニッケル地金の需給統計には、アンバー材料は数量的に見ても、網羅されていない。アンバー材料がJIS規格に掲載されていないので、それが理由なのだろうか。

3.2. 磁性材料

表3-5 磁性材料(パーマロイ)

区分		62年	63年	平成1年	2	3	4	5	平成6年	7	8年計
		87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
地金		3,266	2,860	2,819	3,251	3,227	2,274	3,137	3,615	3,478	3,342
スクラップ		4,255	3,736	3,448	3,459	2,984	2,603	2,704	2,825	2,549	2,545
比率	/	1.303	1.306	1.223	1.064	0.925	1.145	0.862	0.781	0.733	0.762
外部流出スクラップ分		1/6			1/5					1/3	
Ni45%比率		70%			46%					29%	

区分		9年計	10年計	11年計	12年計	13年計	14年計	15年計	16年計	17年計
		97	98	99	00	01	02	03	04	05
地金		4,472	3,464	3,676	2,735	1,440	1,991	1,843	2,232	1,852
スクラップ		3,221	3,093	3,560	3,615	2,157	1,664	2,977	2,004	1,653
比率	/	0.720	0.893	0.968	1.322	1.498	0.836	1.616	0.898	0.893
外部流出スクラップ分			1/4							1/4
Ni45%比率			33%							33%

出典：経産省の資源統計・鉄鋼・非鉄金属・非鉄製品統計のニッケル需給統計

パーマロイには、JIS PCのNi含有率78%と、JIS PBのNi含有率45%の二つの種類

の合金がある。

合金の説明は、Neomax のカタログと JIS 規格を下段に記載する。パーマロイは、薄板・条に圧延したものを、山の形にプレス打ち抜いたものにコイルを巻き付け巻鉄心として使用される。

このプレス打ち抜きで約 50%の打ち抜きスクラップが発生する。Ni45%の PB は Ni - Fe のみを含有する単純な組成なので、再溶解で再びパーマロイを製造するのが容易なので、大手の溶解メーカーにスクラップがリターンされるのが比率が高いと考えられる。一方、Ni0.78%の PC は Ni、Fe の他に、合金成分として、Cr、Cu、Mo が含有されている。最近、省エネからモーターの性能アップが求められ、このパーマロイが増加する傾向があるが、各メーカー間の競争も激しく、メーカー毎に、成分バラツキあるためか非鉄溶解メーカーに比較的戻らず、溶解メーカー以外に流出する傾向が多いように思われる。

経産省の統計が非鉄溶解メーカーからのデータであるとする、地金とスクラップの使用比率が、重要な情報となる。以下の検討から非鉄溶解メーカーの地金の使用比率が小さい時は、Ni46%の合金の比率が大きく、外部に流出するスクラップの比率は小さくなるという傾向を導き出すことができたからである。97年～92年は、Ni45%の比率が高かったが、93年～97年はNi45%比率が少なく、スクラップ外部流出も増加したが、その後紆余曲折があり、若干緩和される傾向が読み取れる。1999年～2003年は統計データの不整合（他の検討でも示す）があり無視するに決した。

2002年以降、需給統計の数値絶対値が減少しており、パーマロイの生産量の絶対量の特定にはかなり手直しが必要であるが、非鉄合金の需要動向に比例するとみて、表4-1の「磁性材料(B)」に推定した。

パーマロイは、磁性材料として重要にかかわらず、経産省の需給統計以外にデータは存在しない。特に、Ni材料需給を調査していた電子材料工業会がデータを採取していないのは理解できないところである。

現・Neomax、今後名称を元に戻すといわれる日立金属にNi合金需給全般について聴取できれば、もっと確実性の高いまとめが可能かもしれない。

1) 1987年 (S62)

ニッケル需給統計でアンケートを行ったと考えられる大手非鉄溶解メーカー以外にパーマロイのスクラップが流出する比率をスクラップ全体発生量の 1/6 とする。

X・・・2種合金のトータルの合金成分

$$(3266/X)+4255=5106/0.5$$

$$X=0.549$$

Y・・・Ni45%の合金種類の比率

$$0.78(1-Y) + 0.45Y = 0.549$$

$$Y=0.70$$

合金グロス生産量・・・10,212t 内、70%の 7,148t が Ni45%の生産量、Ni78%の生産量は 3,064t。

2) 1990 年 (H2)

ニッケル需給統計でアンケートを行ったと考えられる大手非鉄溶解メーカー以外にパーマロイのスクラップが流出する比率をスクラップ全体発生量の 1/5 とする。

X・・・2 種合金のトータルの合金成分

$$(3251/X)+3459=4384/0.5$$

$$X=0.627$$

Y・・・Ni45%の合金種類の比率

$$0.78(1-Y) + 0.45Y=0.627$$

$$Y=0.464$$

合金グロス生産量・・・8,768t 内、46%の 4,068t が Ni45%の生産量、Ni78%の 54%生産量は 4,735t。

3) 1995 年 (H5)

ニッケル需給統計でアンケートを行ったと考えられる大手非鉄溶解メーカー以外にパーマロイのスクラップが流出する比率をスクラップ全体発生量の 1/3 とする。

X・・・2 種合金のトータルの合金成分

$$(3,478/X)+2549=3824/0.5$$

$$X=0.683$$

Y・・・Ni45%の合金種類の比率

$$0.78(1-Y) + 0.45Y=0.683$$

$$Y=0.294$$

合金グロス生産量・・・7,648t 内、29%の 2,218t が Ni45%の生産量、Ni78%の 71%生産量は 5,430t。

4) 1998 年 (H10)

ニッケル需給統計でアンケートを行ったと考えられる大手非鉄溶解メーカー以外にパーマロイのスクラップが流出する比率をスクラップ全体発生量の 1/4 とする。

X・・・2 種合金のトータルの合金成分

$$(3,464/X)+3093=4124/0.5$$

$$X=0.672$$

Y・・・Ni45%の合金種類の比率

$$0.78(1-Y) + 0.45Y = 0.672$$

$$Y = 0.328$$

合金グロス生産量・・・8,250t 内、33%の 2,723t が Ni45%の生産量、Ni78%の 71%生産量は 5,528t。

5) 2005 年 (H17)

ニッケル需給統計でアンケートを行ったと考えられる大手非鉄溶解メーカー以外にパーマロイのスクラップが流出する比率をスクラップ全体発生量の 1/4 とする。

X・・・・・・・・・・2 種合金のトータルの合金成分

$$(1,852/X) + 1653 = 2204/0.5$$

$$X = 0.673$$

Y・・・・・・・・・・Ni45%の合金種類の比率

$$0.78(1-Y) + 0.45Y = 0.673$$

$$Y = 0.325$$

合金グロス生産量・・・4,408t 内、33%の 1,455t が Ni45%の生産量、Ni78%の 67%生産量は 2,953t。

磁性材料⁸⁾

パ - マロイ

鉄・ニッケルを主成分とする透磁率の高い軟質磁性材料です。その代表的製品として、高磁束密度を特長とする 45%ニッケル系のパーマロイと、高透磁率で低損失を特徴とする 78%ニッケル系のパーマロイがあり、それぞれの特長を活かして使われています。当社のパーマロイは AV 機器用磁気ヘッド、時計用ステッピングモータ、漏電しゃ断器用コア、各種電流センサなどエレクトロニクス製品の電磁変換部分に広く採用されているほか、磁気シールド用にも使用されています。

JIS C 2531 (1999)

鉄ニッケル軟質磁性材料

Nickel iron soft magnetic metallic materials

定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次による。

a) 絶対透磁率 (absolute permeability)

鉄ニッケル軟質磁性合金の磁化のしやすさを示す量。

量記号は μ 、

単位は ヘンリー毎メートル (H/m)

絶対透磁率 μ に磁界の強さ H を乗じたとき、磁束密度 B になる。

$$B = \mu H \quad \text{ここに, } B: \text{磁束密度 (T)}$$

H : 磁界の強さ (A/m)

μ : 絶対透磁率 (H/m)

b) 比透磁率 (relative permeability)

絶対透磁率 μ を真空の透磁率 μ_0 ($= 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$) で除したものを。単位は無名数。

3.3. リードフレーム

表3 - 6 - 1 にニッケル・ニッケル合金の出荷実績 (グロス量) を示した。

リードフレームは、Ni - Fe 系の板・条が該当している。Ni - Fe 系で量的多いのが棒・線であるがこれは、ジュメット線 (テレビの電子銃) である。

ところで、表3 - 6 - 2 に「リ - ドフレーム」と、ジュメント線を含みリードフレームを除いた「その他の合計」2つのグループに分けて集計した。「その他の合計」を作成したのは、後ほど述べる経産省の需給統計の「非鉄合金」の数量と概略一致することと、現在のところ、この統計の中身はこれらの合金が集計されていると考えているからである。表3 - 6 - 2の右端に、合金の Ni 含有量を示した。その含有量で Ni 量を表3 - 6 - 3に推定した。Ni 合金の説明は「ニッケル合金の説明」で行う。

表3 - 6 - 1 ニッケル・ニッケル合金の出荷実績(グロス量) (t, 通産省・非鉄金属課資料)

品 種	形状	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ni 系	板・条	782	858	879	843	1,095	1,032	1,081
	管	6	3	2	0	1	5	8
	棒・線	1,198	1,283	1,217	1,342	1,530	1,012	894
	外販半製 品	2	54	46	16	54	156	82
	その他	20	27	7	5	13	8	1
	計	2,009	2,225	2,151	2,207	2,693	2,213	2,067
Ni Fe 系	板・条	21,346	25,573	21,919	25,518	31,192	18,866	23,673
	管	0	0	0	6	0	0	2
	棒・線	1,676	1,816	1,724	1,469	2,060	1,306	1,316
	外販半製 品	110	213	206	248	640	258	304
	その他	394	394	319	307	396	294	254
	計	23,526	27,996	24,169	27,547	34,287	20,723	25,550
Ni Cr 系	板・条	2,793	3,099	2,723	2,594	3,275	2,195	1,851
	管	667	272	291	132	557	350	2,217
	棒・線	2,220	2,235	2,095	2,099	1,873	2,154	1,467
	外販半製 品	64	57	36	45	15	25	3
	その他	452	433	474	393	375	506	639
	計	6,196	6,096	5,619	5,264	6,095	5,230	6,177
Ni Mo 系	板・条	1,571	1,986	1,719	1,596	1,978	1,494	842
	管	3	1	3	5	2	85	33
	棒・線	48	129	89	111	105	134	120
	外販半製 品	1	0	0	0	0	0	0
	その他	403	415	369	391	411	334	166
	計	2,026	2,533	2,180	2,102	2,496	2,047	1,162
Ni Cu 系	板・条	264	332	223	221	288	224	221
	管	6	0	6	13	1	0	0
	棒・線	1,006	1,217	827	732	944	745	796
	外販半製 品	9	5	20	4	8	7	20
	その他	41	61	11	24	41	19	0
	計	1,325	1,615	1,087	994	1,282	995	1,038
そ の 他	板・条	2,967	3,984	3,761	3,780	3,893	2,341	2,487
	管	1,338	1,129	1,163	1,112	1,975	2,204	1,912
	棒・線	524	522	420	489	699	415	383
	外販半製 品	0	0	0	0	0	0	0
	その他	94	139	201,6	220	342	536	0
	計	4,924	5,774	5,547	5,610	6,909	5,497	4,782
合 計	板・条	29,724	35,833	31,225	34,561	41,720	26,153	30,156
	管	2,020	1,406	1,465	1,267	2,535	2,644	4,173
	棒・線	6,673,1	7,203	6,373	6,242	7,212	5,765	4,977
	外販半製 品	185	328	307	313	717	446	410
	その他	1,404	1,470	1,382-9	1,341	1,578	1,697	1,061
	計	40,007	46,239	40,752	43,724	53,761	36,705	40,776

表3 - 6 - 2 ニッケル・ニッケル合金の出荷実績(グロス量)(t, 通産省・非鉄金属課資料)

品 種	形状	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Ni含有 率
Ni 系	板・条	782.3	858.3	878.6	842.9	1,094.7	1,032.2	1,081.4	
	管	6.4	3.3	1.9	0.2	1.3	4.6	8.4	
	棒・線	1,198.4	1,282.9	1,217.3	1,342.4	1,530.4	1,011.9	894.2	
	外販半製品	2.3	53.7	46.3	16.2	54.0	156.2	82.2	
	その他	19.9	27.0	7.3	5.4	12.9	8.3	1.2	
	計	2,009.3	2,225.2	2,151.4	2,207.1	2,693.4	2,213.2	2,067.2	0.99
Ni I Fe 系	板・条	21,346.3	25,573.1	21,919.2	25,517.6	31,191.5	18,865.7	23,673.2	0.42
	管	0.0	0.1	0.0	5.6	0.0	0.0	2.2	
	棒・線	1,676.4	1,816.1	1,724.4	1,468.5	2,060.4	1,305.5	1,316.0	0.42
	外販半製品	109.5	212.8	205.8	247.8	639.6	257.8	304.0	
	その他	394.1	393.9	319.4	307.0	395.6	294.3	254.2	
	計	23,526.3	27,996.1	24,168.7	27,546.5	34,287.2	20,723.3	25,549.6	0.42
Ni I Cr 系	板・条	2,793.2	3,099.0	2,723.2	2,594.4	3,274.9	2,195.0	1,850.8	
	管	667.1	272.1	290.5	132.3	556.6	350.2	2,216.8	
	棒・線	2,220.1	2,234.8	2,095.1	2,099.0	1,873.0	2,153.6	1,467.0	
	外販半製品	63.7	56.7	35.5	45.2	15.3	25.1	3.4	
	その他	451.9	433.2	474.4	393.1	375.0	506.0	639.4	
	計	6,196.1	6,095.6	5,618.7	5,264.0	6,094.8	5,229.9	6,177.4	0.65
Ni I Mo 系	板・条	1,570.9	1,986.1	1,718.8	1,595.6	1,977.6	1,494.4	842.2	
	管	2.9	1.0	2.6	4.5	1.7	84.9	33.0	
	棒・線	48.2	129.4	89.2	111.0	105.4	133.9	120.2	
	外販半製品	0.6	0.3	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
	その他	403.2	415.4	369.3	390.9	411.1	333.6	166.4	
	計	2,025.9	2,532.7	2,179.9	2,102.0	2,495.8	2,046.8	1,161.8	0.575
Ni I Cu 系	板・条	264.2	331.6	223.4	220.5	287.9	224.4	220.8	
	管	5.6	0.2	6.4	12.9	0.5	0.0	0.2	
	棒・線	1,005.7	1,217.1	826.6	732.4	943.8	744.5	796.4	
	外販半製品	9.1	5.0	19.9	4.2	7.9	7.1	20.0	
	その他	40.8	61.3	11.0	24.2	41.3	18.6	0.4	
	計	1,325.4	1,615.2	1,087.3	994.3	1,281.5	994.6	1,037.8	0.45
そ の 他	板・条	2,967.3	3,984.4	3,761.3	3,780.0	3,893.1	2,341.0	2,487.2	
	管	1,338.2	1,129.2	1,163.4	1,111.7	1,975.1	2,204.0	1,912.0	
	棒・線	524.4	521.8	420.2	488.7	698.6	415.4	383.0	
	外販半製品	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	
	その他	94.2	138.8	201.6	220.0	341.7	536.4	0.0	
	計	4,924.0	5,774.2	5,546.5	5,610.4	6,908.5	5,496.8	4,782.2	0.30
リ ド フ レ ー ム	板・条	21,346.3	25,573.1	21,919.2	25,517.6	31,191.5	18,865.7	23,673.2	
そ の 他 の 合 計	板・条	8,378.0	10,259.4	9,305.3	9,043.3	10,528.3	7,287.2	6,482.4	
	管	2,020.2	1,405.9	1,464.8	1,267.3	2,535.1	2,643.7	4,172.6	
	棒・線	6,673.1	7,202.7	6,372.8	6,242.1	7,211.6	5,764.8	4,976.8	
	外販半製品	185.2	328.4	307.4	313.4	716.9	446.2	409.6	
	その他	1,404.1	1,469.5	1,382.9	1,340.6	1,577.7	1,697.2	1,061.4	
	計	18,660.6	20,665.9	18,833.2	18,206.7	22,569.6	17,839.1	17,102.8	

表3 - 6 - 3 ニッケル・ニッケル合金の出荷実績 (Ni量) (t, 通産省・非鉄金属課資料)

品種	形状	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ni系	板・条	774.5	849.7	869.8	834.5	1,083.8	1,021.9	1,070.6
	管	6.3	3.3	1.9	0.2	1.3	4.6	8.3
	棒・線	1,186.4	1,270.1	1,205.1	1,329.0	1,515.1	1,001.8	885.3
	外販半製品	2.3	53.2	45.8	16.0	53.5	154.6	81.4
	その他	19.7	26.7	7.2	5.3	12.8	8.2	1.2
	計	1,989.2	2,202.9	2,129.9	2,185.0	2,666.5	2,191.1	2,046.5
Ni-Fe系	板・条	8,965.4	10,740.7	9,206.1	10,717.4	13,100.4	7,923.6	9,942.7
	管	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.9
	棒・線	704.1	762.8	724.2	616.8	865.4	548.3	552.7
	外販半製品	46.0	89.4	86.4	104.1	268.6	108.3	127.7
	その他	165.5	165.4	134.1	128.9	166.2	123.6	106.8
	計	9,881.0	11,758.4	10,150.9	11,569.5	14,400.6	8,703.8	10,730.8
Ni-Cr系	板・条	1,815.6	2,014.4	1,770.1	1,686.4	2,128.7	1,426.8	1,203.0
	管	433.6	176.9	188.8	86.0	361.8	227.6	1,440.9
	棒・線	1,443.1	1,452.6	1,361.8	1,364.4	1,217.5	1,399.8	953.6
	外販半製品	41.4	36.9	23.1	29.4	9.9	16.3	2.2
	その他	293.7	281.6	308.4	255.5	243.8	328.9	415.6
	計	4,027.5	3,962.1	3,652.2	3,421.6	3,961.6	3,399.4	4,015.3
Ni-Mo系	板・条	903.3	1,142.0	988.3	917.5	1,137.1	859.3	484.3
	管	1.7	0.6	1.5	2.6	1.0	48.8	19.0
	棒・線	27.7	74.4	51.3	63.8	60.6	77.0	69.1
	外販半製品	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	その他	231.8	238.9	212.3	224.8	236.4	191.8	95.7
	計	1,164.9	1,456.3	1,253.4	1,208.7	1,435.1	1,176.9	668.0
Ni-Cu系	板・条	118.9	149.2	100.5	99.2	129.6	101.0	99.4
	管	2.5	0.1	2.9	5.8	0.2	0.0	0.1
	棒・線	452.6	547.7	372.0	329.6	424.7	335.0	358.4
	外販半製品	4.1	2.3	9.0	1.9	3.6	3.2	9.0
	その他	18.4	27.6	5.0	10.9	18.6	8.4	0.2
	計	596.4	726.8	489.3	447.4	576.7	447.6	467.0
その他	板・条	890.2	1,195.3	1,128.4	1,134.0	1,167.9	702.3	746.2
	管	401.5	338.8	349.0	333.5	592.5	661.2	573.6
	棒・線	157.3	156.5	126.1	146.6	209.6	124.6	114.9
	外販半製品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	その他	28.3	41.6	60.5	66.0	102.5	160.9	0.0
	計	1,477.2	1,732.3	1,664.0	1,683.1	2,072.6	1,649.0	1,434.7
リドフレーム	板・条	8,965.4	10,740.7	9,206.1	10,717.4	13,100.4	7,923.6	9,942.7
その他の合計	板・条	4,502.4	5,350.6	4,857.1	4,671.5	5,647.0	4,111.2	3,603.4
	管	845.6	519.6	544.1	430.4	956.8	942.2	2,042.8
	棒・線	3,971.2	4,264.1	3,840.5	3,850.1	4,292.8	3,486.6	2,933.9
	外販半製品	94.1	181.8	164.3	151.4	335.6	282.4	220.3
	その他	757.4	781.8	727.5	691.5	780.2	821.8	619.4
	計	9,959.3	10,843.3	9,913.0	9,562.6	11,577.8	9,412.3	9,184.3

出典：レアメタルニュース（1999～2004）。この表の原出典が(社)日本電子材料工業会で、平成 17 年 3 月 31 日をもって解散し、同 4 月 1 日をもって(社)電子情報技術産業協会（JEITA）と統合。結局、この団体の解散をもって、ニッケル合金の統計も公表されなくなった。

注 1) 2003 年は 1 月～6 月の半年の集計しかなく年間の値は、2002 年の 1 月～6 月と 2002 年 1 月～12 月の比例関係から、2003 年は 1 月～6 月の値を挿入し年間の値を求めた。

注 2) Ni-Fe 系では、板・条には、シャドウマスクに使用されるインバー（あるいはアンバー、36%Ni）とリードフレームに使用される 42 アロイ（42%Ni）ただし、レアメタルニュース No.204(2001)には、この公表資料にはアンバーが含まれていないとのコメントがあった。棒・線では透磁率が高く、磁心に用いるパーマロイ（Ni は 78.5%、36%、45%）があり、どの成分がメインが調査要。パーマロイの材料供給は、中小企業がかなり関与しているので経産省の統計から抜けていると考えられる。

(1) リードフレームの 42 アロイの概要⁶⁾

(a) 生産量

表 3 - 7 42 アロイの生産量（単位千トン/年）

	1990 年	1995 年	1999 年
合金量	17.5	19.8	22.6
Ni 量	7.4	8.3	9.5

上記の生産量は板製造段階での量であり、その後スタンピングなどで、加工くずが約半分発生し、製品になるのは半分であると云われている。42 アロイのシェアは日立金属がトップで大同特殊とヤマハメタリックの 3 社合計で 90%、残りを住特金、日本鋳業、日本冶金。日本のリードフレームの 42 アロイ材料メーカーの世界シェアは 90～95%である。従って、半導体を製造している国にかなり輸出されていることになるが、貿易統計には細かい分類はないので詳細は分からない。

(b) Ni 系と銅系の比率

Ni 系リードフレームは DRAM など厳しい条件で高温を発生し易く高級な IC 向けに需要がある。

銅系リードフレームは 10 年前は Ni 系の 4 倍であったが、最近は 6 倍になっている。タンタルコンデンサー、セラミックフィルター、水晶振動子のリードフレームは、42 アロイなので、これは厳密には半導体ではない。これは 42 アロイの約 2 割存在する。この分を差し引いた、17.8kt（1999 年）が Ni 系の真の半導体の量であろう。

これをベースに考えると、銅系のリードフレームの量は Ni 系に比較してトランジスタなどの単純なデスクリートは 3.5 倍、IC 用では 2 倍である。

(c) BGA の影響

最近のリードフレームに替わる技術として BGA（PGA）がある。BGA は半田ボールでの接続で、性能がよいがコストが高い一面があり、現在 5%のシェアである。

今後5年後の2005年に20%のシェアとなっても、半導体の成長率/年は17%であり、」の記載から、表13の板・条の生産値は42アロイのリードフレームのグロス生産量と考えられる。

Ni含有量は42%なので、これよりNiの量が推定できる。また、加工スクラップ発生量は約50%とされている。

(2) リードフレーム生産量の推定

表3-6と表3-7を合わせ、表3-8にリードフレームのニッケル地金消費量を推定した。

表3-8 リードフレームの生産量(単位:t)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
管球・半導体材料	20,171	20,024	20,373	18,482	20,919	21,305	23,217	21,591	25,401
リードフレーム (注3)									
Ni重量	8,472	8,410	8,557	7,762	8,786	8,948	9,751	9,068	10,668

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
管球・半導体材料	21,887	23,036	31,230	16,119	19,225	19,311	25,307	19,245
リードフレーム (注3)						19,321	22,436	18,437
Ni重量	9,192	9,675	13,116	6,770	8,075	8,115	9,423	7,744

出典：レアメタルニュースから引用。1997年、2002年の場合を重量データあり、それ以外は、レアメタルニュースから引用したデータで下記の表の方法で推定。

注1)「管球・半導体」の項目については、非鉄金属課のNi合金のデータと比較すると、管球(シャドウマスク)は含まれていなく、半導体のリードフレームのみが集計されているようである。

注2)2003年以降Niの価格が暴騰したので、金額の比例関係を検討したが、良好な結果は得られなかった。

注3)日本半導体年鑑(2006年度版、プレスジャーナル)のリードフレーム市場実績のグラフから2002年の値に対する比例関係で2003年~2005年のリードフレーム出荷量を推定。

資料⁹⁾に「現在、リードフレーム用銅合金の年間使用量は約7万8千トンであるが、42アロイも約1万7千トンが使用されている。」と記載されていた。この資料の発行日は2004年4月であり、この年間生産量は2003年のものと考えられる。

表3-5に推定した2003年の値は、19,321tで非常に近い値の推定値であり、少なくとも、非鉄金属課が採取した値は、リードフレームのみであることが裏付けられた。

ところで、経産省のニッケル地金の需給統計には、42アロイは数量的に見ても、網羅されていない。42アロイはJIS規格に掲載されていないので、それが理由なのであろうか。

資料・・・・・・・・『ニッケル合金の説明』

ニッケル合金の分類基準とおもな合金名

- Ni 系 Ni95%以上のもの Ni200、205、211 パーマニッケル、デュラニッケルなど
- Ni - Mo 系 Ni を主成分としてモリブデンを 5 ~ 28%、含むもの ハステロイ、インコネル 617、625、ルネアロイなど
- Fe - Ni 系 Ni30%以上のもの、パーマロイ、インバー、ニッケルスパン C、リードフレーム用 42 アロイなど
- Ni - Cu 系 Ni40 ~ 70%と銅との合金、モネル 400 ~ 404、R405 K500、電気抵抗合金の一部など
- Ni - Cr 系 Ni18%以上で Cr10%以上のもの、ニクロム、インコネル、インコロイ、ナイモニック 713C など (Mo5 ~ 28%を除く)
- その他 上記以外で Ni10%以上の非鉄合金、キユプロロニッケル、電気抵抗合金の一部など

1) Ni系

表 1 種類及び記号¹⁾

合金番号	種類及び記号	参考		用途例
		従来の種類及び記号 (JISH4551:1991)	記号	
NW2200	Ni99.0	常炭素ニッケル板	NNCP	水酸化ナトリウム製造装置、電子・電気部品など。
NW2201	Ni99.0・LC	低炭素ニッケル板	NLCP	海水淡水化装置、製塩装置
NW4400	NiCu30	ニッケル-銅合金板 ニッケル-銅合金条	NCuP NCuR	原油蒸留塔など。
NW4402	NiCu30・LC		-	
NW5500	NiCu30A13Ti	ニッケル-銅-アルミニウム-チタン合金板	NCuATP	海水淡水化装置、製塩装置、原油蒸留塔などで高強度を必要とする機器材など。
NW0001	NiMo30Fe5	ニッケル-モリブデン合金 1 種板	NM1P	塩酸製造装置、尿素製造装置、エチレン・アクリル製造装置や加圧レターター製造装置など。
NW0665	NiMo28	ニッケル-モリブデン合金 2 種板	NM2P	酸洗装置、公害防止装置、石油化学産業装置、合成繊維産業装置など。
NW0276	NiMo16Cr15Fe6W4	ニッケル-モリブデン-クロム合金板	NMCRP	
NW6455	NiCr16Mo16Ti	-	-	
NW6022	NiCr21Mo13Fe4W3	-	-	
NW6007	NiCr22Fe20Mo6Cu2Nb	ニッケル-クロム-鉄-モリブデン-銅合金 1 種板	NCRFMCu1P	りん酸製造装置、ふっ化水素酸製造装置、公害防止装置など。
NW6985	NiCr22Fe20Mo7Cu2	ニッケル-クロム-鉄-モリブデン-銅合金 2 種板	NCRFMCu2P	
NW6002	NiCr21Fe18Mo9	ニッケル-クロム-モリブデン-鉄合金板	NCRMFP	工業用炉、ガスタービンなど

レアメタルニッケル系のガイドによると、「Ni95%以上のもの Ni200、205、211 パーマニッケル、デュラニッケル」と記載されている。Ni 系の Ni 金属は JIS ハンドブックから引用した表 1 と表 2 の NW200 と NW2201 が該当し、Ni 含有量は 99%と考えられる。この表は「板及び条」同じ成分系の、他に、「継目無管 JIS H 4552」、「棒 JIS H 4553」も存在する。

JIS H 4551 (2000)¹⁾

ニッケル及びニッケル合金板及び条 Nickel and nickel alloy plate, Sheet and strip

表2 化学成分及び密度

合金番号	種類及び記号 合金記号	化学成分																密度 (参考) (Mg/m ³)
		Al	B	C	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	Ti	W	その他	
Ni12200	Ni99.0	-	-	0.15	-	-	0.2	0.4	0.3	-	99.0	-	0.010	0.3	-	-	-	8.9
Ni12201	Ni99.0・LC	-	-	0.02	-	-	0.2	0.4	0.3	-	99.0	-	0.010	0.3	-	-	-	8.9
Ni14400	NiCu30	-	-	0.30	-	-	28.0 34.0	2.5	2.0	-	63.0	-	0.025	0.5	-	-	-	8.8
Ni14402	NiCu30・LC	-	-	0.04	-	-	28.0 34.0	2.5	2.0	-	63.0	-	0.025	0.5	-	-	-	8.8
Ni15500	NiCu30A13Ti	2.2 3.2	-	0.25	-	-	27.0 34.0	2.0	1.5	-	残部	0.020	0.015	0.5	0.35 0.85	-	-	8.5
Ni16001	NiMo30Fe5	-	-	0.05	2.5	1.0	-	4.0 6.0	1.0	26.0 30.0	残部	0.040	0.030	1.0	-	-	V:0.2 ~0.4	9.2
Ni16665	NiMo28	-	-	0.02	1.0	1.0	-	2.0	1.0	26.0 30.0	残部	0.040	0.030	0.1	-	-	-	9.2
Ni16276	NiMo16Cr15Fe4W4	-	-	0.010	2.5	14.5 16.5	-	4.0 7.0	1.0	15.0 17.0	残部	0.040	0.030	0.08	-	3.0 4.5	(1)	8.9
Ni16455	NiCr16Mo16Ti	-	-	0.015	2.0	14.0 18.0	-	3.0	1.0	14.0 17.0	残部	0.040	0.030	0.08	0.7	-	-	8.6
Ni16022	NiCr21Mo13Fe4W3	-	-	0.015	2.5	20.0 22.5	-	2.0 6.0	0.5	12.5 14.5	残部	0.025	0.020	0.08	-	2.5 3.5	V:0.35 以下	8.7
Ni16007	NiCr22Fe20Mo6Cu2 Nb	-	-	0.05	2.5	21.0 23.5	1.5 2.5	18.0 21.0	1.0 2.0	5.0 7.5	残部	0.040	0.030	1.0	-	(2)	Nb+Ta:1. 7~2.5	8.3
Ni16985	NiCr22Fe20Mo7Cu2	-	-	0.015	5.0	21.0 23.5	1.5 2.5	18.0 21.0	1.0	6.0 8.0	残部	0.040	0.030	1.0	-	1.5	Nb+Ta: 0.5以下	8.3
Ni16002	NiCr21Fe18Mo19	-	0.010	0.05 0.15	0.5 2.5	20.5 23.0	-	17.0 20.0	1.0	8.0 10.0	残部	0.040	0.030	1.0	-	0.2 1.0	-	8.2

2) Ni-Fe 系

レアメタルニュースのガイドによると、「Ni30%以上のもの、パーマロイ、インバー、ニッケルスパンC、リードフレーム用 42 アロイなど」と記載されている。

Ni 合金の中で、Ni-Fe 系の板・条が最も多い、用途は半導体などに使用されるリードフレームで材料は 42 アロイ (Ni 含有量 42%) 呼ばれる。

JIS ハンドブックでは、表 3 の PB や PE が成分組成には該当するが、用途としてはリードフレーム記載がなく、厳密には JIS に規格化されていない可能性が大きい。ガイドには種々の合金例が挙げられているが、非鉄金属課の引用している数値は比較検討の結果、42 アロイのみであることが判明した。

元々、電子材料工業協会がデータを提供していたことに理由があるのかもしれない。

Ni-Fe 系の棒・線は、表 4、表 5 に示されるジユメット線 (Ni 含有量 42%) で電子管の電子銃で使用されるものである。

表 3 種類

種類	IEC 種類	ニッケル成分 %	参考	代表的化学成分%						特色及び用途
				Cr	Cu	Mo	Ni	Fe	Fe	
PB	-	41~51	-	-	-	-	42~49	残部	高磁束密度材, リレー, 変成器など	
-	E31	45~50	-	-	-	-	45~49	残部		
PC	-	70~85	2~3	4~6	-	-	75~78	残部	高透磁率材, 変成器, 磁気遮へい, 考鉄心, 磁気ヘッドなど	
-			-	1~6	3~5	3.5~6	75~80	残部		
-	E11	72~83	2~3	4~6	-	-	79~82	残部		
PD	E41	35~40	-	4~6	3~4.5	3.5~6	75~78	残部	高電気抵抗材, 変成器など	
PE	-	41~51	-	4~6	-	-	79~82	残部	高角形ヒステリシス材, 巻鉄心, 変成器など	
-	E32	45~50	-	-	-	-	42~49	残部		
PF	E2	54~68	-	-	-	-	45~49	残部	巻鉄心, 変成器など	
			-	-	-	-	54~65	残部		

JIS H 4541 ジュメット線¹⁾

Dumet Wires

適用範囲

この規格は、電子管、電球、放電ランプ及びダイオード、サーミスタなどの半導体デバイス用の軟質ガラス封入部に用いるジュメット線(1)(以下、線という。)について規定する。

注(1)線は、鉄・ニッケル合金を心金とし、それに銅を被覆した複合線で、更に表面をオキタイズ仕上げ又はボレート仕上げしたものをいう。

表4 種類及び記号

種類	記号	参考 用事例
ジュメット線1種1	DWI-1	電子管, 電球, 放電ランプなどの管球類
ジュメット線1種2	DWI-2	
ジュメット線2種	DW2	ダイオード, サーミスタなどの半導体デバイス類

表5 心金の化学成分

種類	記号	心金の化学成分						
		% (m/m)						
		Ni (2)	C	Mn	Si	S	P	Fe
ジュメット線1種1	DWI1	41.0~43.0	10.10以下	0.75~1.25	0.30以下	0.02以下	0.02以下	残部
ジュメット線1種2	DWI-2							
ジュメット線2種	DW2	46.0~48.0	0.10以下	0.20-1.25	0.30以下	0.02以下	0.02以下	残部

3) Ni-Mo系¹⁾

レアメタルニューズのガイドによると、「Ni-Mo系 Niを主成分としてモリブデンを5~28%、含むものハステロイ、インコネル617、625、ルネアロイなど」と記載されている。

表1、表2に記載のNi-MoのNW0001 (Ni含有量65%)とNW0665 (Ni含有量70%)などで、化学プラントなどに使用されている。Ni-Mo-Cr (Ni含有量60%、NW0265、NW6455、NW6022)は酸洗、公害防止、石油化学、合成繊維でも最もシエアが大きいと考えられる。

Ni-Cr-Fe-Mo (Ni 含有量 55%、NW6007、NW6985) はリン酸、ふっ化水素、公害防止。

Ni-Cr-Mo-Fe (Ni 含有量 55%、NW6002) は工業用炉、ガスタービンで 2 番目に大きなシェアと考える。

具体的には、1 番目と 2 番目のシェアの中間成分の Ni57.5%を代表成分と考えたい。

4) Ni-Cu 系

レアメタルニュースのガイドによると、「Ni40 ~ 70%と銅との合金、モネル 400 ~ 404、R405 K500、電気抵抗合金の一部など」と記載されている。

Ni-Cu 系は JIS ハンドブックから引用した表 6 の電気抵抗用に使用されているものが該当すると考えられる。

具体的な成分値としては、表 9、表 10 の「49 マイクロ」で Ni 含有量は 45%が代表成分と考えられる。

資料 2) の homepage を発行している(株)東京ワイヤー製作所に問い合わせたところ、電気抵抗合金で最も、売れているのは、ニクロム線の 2 種と「49 マイクロ」(Ni 含有量 45%)[抵抗部品]であり、その次が「5 マイクロ」(Ni 含有量 2.25%)[低温ヒーター]とのことである。

JIS C 2521 (1999)¹⁾

電気抵抗用銅ニッケル線、帯、条及び板

Copper - nickel alloy wires, rolled wires, ribbons and sheets for electrical resistance

表 6 化学成分 % (m/m)

化学成分	
Ni (1)	Mn
42.0 ~ 48.0	0.5 ~ 2.5
	99.0 以上

注(1)ニッケルには少量のコバルトを含んでもよい。

5) Ni - Cr 系

レアメタルニュースのガイドによると、「Ni18%以上で Cr10%以上のもの、ニクロム、インコネル、インコロイ、ナイモニック 713C など (Mo5 ~ 28%を除く) 」と記載されている。

電熱用としては、表7、表8に示すように、1~3種がある。

表9、表10から、1種が自動車の特殊な用途なので、2種（Ni含有量65%）が主要な用途と考えられる。

6) その他

レアメタルニュースのガイドによると、「上記以外でNi 10%以上の非鉄合金、キョプロニッケル、電気抵抗合金の一部など」と記載されている。

表1、表2を参照して、キョプロニッケル（白銅）（Ni含有量30%）非鉄合金はJISに掲載されているものはすべて登場した。電気抵抗合金では、「5マイクロ」（Ni含有量2.25%）[低温ヒーター]が多いのであるが、Niの含有量が低いのでカウントされている不明である。

結局、具体的なNiの数値としてはキョプロニッケル（白銅）（Ni含有量30%）に代表させて、30%としたい。

JIS C 5220 (1999)¹¹⁾

電熱用合金線及び帯

Wires and rolled wires for electrical heating

表7 種類及び記号

種類	線	帯	記号	参考	
				特性	及び用途
電熱用ニッケルクロム	線	1種	NCHW1	電熱用ニッケルクロム線及び帯1種 耐酸化性良好で高温強度も大きい。加工性は、高温加熱後もぜい化することがなく冷間加工性も良好である。最高使用温度は約1100（発熱体表面）で高温用発熱体に広く適する。	電熱用ニッケルクロム線及び帯1種 電熱用ニッケルクロムの線及び帯1種に比べて耐酸化性並びに高温強度がやや劣る。最高使用温度は約1000（発熱体表面）で高温用発熱体に適する。 電熱用ニッケルクロム線及び帯3種 電熱用ニッケルクロムの線及び帯2種に比べて耐酸化性はやや劣るが耐硫化性は優れている。最高使用温度は約800（発熱体表面）程度の発熱体に通ずる。
		2種	NCHW2		
		3種	NCHW3		
	帯	1種	NCHRW1		
		2種	NCHRW2		
		3種	NCHRW3		

表 8 化学成分

使用	化学成分 % (m/m)						
	Ni (1)	Cr	Al	C	Si	Mn	Fe(2)
電熱用ニッケルクロム線 1種	77 以上	19 ~21	残部	0.15 以下	0.15 ~1.6	2.5 以下	1.0 以下
電熱用ニッケルクロム線 2種	57 以上	15 ~18	-	0.15 以下	0.75 ~1.6	1.5 以下	残部
電熱用ニッケルクロム線 3種	34 ~37	18 ~21	-	0.15 以下	1.0 ~3.0	1.0 以下	残部
電熱用鉄クロム線 1種	-	23 ~26	1 ~6	0.10 以下	1.5 以下	1.0 以下	残部
電熱用鉄クロム線 2種	-	17 ~21	2 ~4	0.10 以下	1.5 以下	1.0 以下	残部
電熱用鉄クロム線 2種							

表 9 抵抗材料の種類^{1,2)}

分類	品名	記号	組成							体積抗率 (μm)	温度係数 ($\times 10^{-6}$)	線径 (mm)
			Cu	Mn	Ni	Cr	Fe	その他				
Cu-MnNi 系	マンガニグ	CM	85	12	2	-	1	-	-	0.44-	± 10	0.05 ~ 2.0
	4-9 マイカ	CN	53	2	45	-	-	-	-	0.49	± 20	0.05 ~ 2.0
	30	CN30	77		23	-	-	-	-	0.30	180	0.05 ~ 2.0
	15 マイカ	CN15	90		10					0.15	420	0.05 ~ 2.0
	10 マイカ	CN10	94		6					0.10	650	0.05 ~ 2.0
Ni-Cr 系	5 マイカ	CN . 5	94		2.25				3.75	0.05	1200	0.05 ~ 2.0
	モル	MM	28		67			1	4	0.43	700	0.05 ~ 2.0
	ニクロム-1 種	NCH - 1			80	20			4	1.08	2-00	0.05 ~ 1.0
	ニクロム 2- 種	NCH - 2			65	15			20	1.12	260	0.05 ~ 1.0 *
	カ-ロ イ	KM			76	19			-	1.33	± 20	0.025 ~ 0.50
Fe-Cr 系	鉄加ム- 1 種	FCH - 1				25		-	A1 5	1.42	80	0.10 ~ 2.0
	鉄加ム- 2 種	FCM-2				19			A1 3	1.23	150	0.10 ~ 2.0

分類毎の特徴及び用途

表 1 0 抵抗材料の特徴及び用途^{1,2)}

分類	特徴及び用途
Cu-Mn-Ni 系	マンガンニンの温度と抵抗の関係は 2・次曲線となり(2次曲線は合金組成に起因)、20 の抵抗温度係数が小さく、対銅起電力が小さい。 経年変化が安定していることから標準抵抗器に使われる。 主な用途 - 精密抵抗材料(例 アナログ計器、標準抵抗器、ブリッジ回路の抵抗器)
Cu-Ni 系	銅ニッケル合金の特性として、Ni の含有率が 40~50% のとき、体積抵抗率、対銅熱起電力は、最大となり、抵抗温度係数は最小となる。
	主な用途
	CN49W 普通クラスの抵抗部品、熱電対、補償導線
	CN30W 補償導線
	CN15W 低温ヒータ線
	CN10W
	CN5W
Ni-Cr 系	主な用途 - 電熱合金・ヒータ線 機械的強度が大きい為、極細線に伸線が可能。 対銅熱起電力が小さく、体積抵抗率が大きい。 ニクロム 1 種は、自動車のパネルメータ〔ガソリンメータ、水温・油温計等〕に使用される。 カーマロイ線
	1. 広い温度範囲(0~100)で抵抗温度係数が小さく、安定している。 2. 体積抵抗率が 1.33 m と高く、/m も高い。 3. 機械的強度が大きく、極細線(0.025mm)と伸線が可能。
Fe-Cr 系	主な用途 - Ni-Cr 系の抵抗線と比べ温度の高い電熱線として使用される。 1 種、2 種の違いは Al の含有率の違いで、体積抵抗率は、 1 種 - 1.42 μ m、2 種 - 1.23 μ m。

3.4. 非鉄合金

表3-6-2の下段に「リードフレーム」と「その他の合計」に区分してニッケル合金のグロス量を集計した。この「その他の合計」が、標記の非鉄合金に該当する。表3-6-3には、ニッケル地金量を集計した。

Ni-Fe系のリードフレームが全体の半分を占めているが、残りの非鉄合金も大略半分を占めている。

表3-6のデータは、1996年～2002年の区間しか存在しない。1996年以前は、「非鉄合金」との比例関係から求め、「非鉄合金(E)」に求め、2002年以降は「リードフレーム(C)」(リードフレームは半導体の需要動向と密接な関連があるが、非鉄合金もITに影響を受けているので)との比例関係から「非鉄合金(E)」を求めた。

次に、この非鉄合金の原料はすべて、ニッケル地金だけではなく、かなりスクラップが使用されていると考えられる。表3-6-3の「その他の合計」のリサイクル状況が、ある程度把握できているならば、この表からリサイクル率を設定することも考えられる。しかし、この方面の情報がほとんどなく、経産省のニッケルくずの需給統計を利用して、スクラップ消費量を推定することとした。

表3-6-2の「その他の合計」のグロスと表3-6-3「その他の合計」のニッケル量の比率は50%と読み取れる。

経産省のニッケルくずの需給統計である表4-2の「非鉄」はNiの非鉄用途向けに使用されたスクラップの量である。この中には、磁性材料グロス量で約4,000t、ニッケル量で約2,000t、めっきがNi量で300t～800tがふくまれているが、量的に小さいので、あえて除算しないで、上記のを数値0.5(スクラップ含有率)を掛け算して、Niスクラップのニッケル量を推定し、この数値を非鉄合金のリサイクル量とした。

3.5. めっき

めっきのニッケル消費量に関しては、表4-1や表4-2などで示す経産省の需給統計以外に、統計的な資料はない。これは、磁性材料も同じである。パーマロイもモーターなどの鉄心材料の他に、電磁気シールド用途があるがこれは、かなり中小企業が生産を担っているようである。めっきも中小企業が担っている。中小企業が主体的に行っている用途・分野の統計は、データ集計に抜けがどうしてもあるので、市場規模が明確にできない傾向がある。

今回も、この分野の市場規模を正確に推定しようと試みたが、必ずしも目的を達成したとは言えない。

この分野、経産省の需給統計をそのまま採用した。

2002年の経産省の需給統計が指定統計から、総務省の承認統計に格下げされ、「めっき」統計の集計値が半減したので、手直しが必要となった。

表4-1の非鉄合金(D)と非鉄合金(E)との比例関係から、「めっき(F)」を求めた。

3.6. 触媒

表3-9 触媒のNi材料消費(単位:t)^{1,2)}

	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
原料消費	897	919	982	1,054	1,081	1,197	1,060	990	1,013	1,086	1,078	972

	99	00	01	02	03	04	05
原料消費	1,154	1,185	1,291	1,288	1,319	1,350	1,434

表4-1の経産省の需給統計の「触媒」の欄に、触媒でのNi消費量が掲載されている。表3-9に掲載された値は、表4-1の「触媒(G)」であり、需給統計の「触媒」の値よりも2倍ほど大きい。

使用済触媒協会からの廃触媒からのニッケル回収量のデータはあるが、この回収された金属が触媒に必ずしも使用されていないので、引用しなかった。

3.7. 二次電池（蓄電池）

3.7.1. 小型二次電池（蓄電池）

3.7.1.1. はじめに

レアメタル³¹の調査時点の1989年では、実用化されていたレアメタルを含む二次電池は、ニカド電池のみであった。ニッケル水素、リチウムイオンなどは、その後に実用化されたものである。EVなどの開発に触発され、リチウムイオン電池の電解質媒体にCoではなくMnやポリマーを使用するものや、新規で更に優秀な二次電池も開発され、二次電池は驚くほど進歩を遂げつつある。なお、今回の調査ではマンガン一次電池の検討を省略した。

なお、表4-1の経産省の需給統計の蓄電池は、今回求めた蓄電池(H)のNi消費推定量の1/3にも達していない。ハイブリッドだけでなく、Ni-MHも含まれていない。Ni-Cdの一部しか含まれていない。原因、理由は不明である。

3.7.1.2. 蓄電池のレアメタル量の推定

蓄電池の原単位を以下に示す。

表3-10 電池の含有金属量など（代表例）

品目	ニカド電池	ニッケル水素	リチウムイオン	鉛蓄電池	マンガン乾電池
Ni	18%	39%	-	-	-
Fe	33%	19%	25%	-	11%
Cd	15%	-	-	-	-
Co	3%	4%	16%	-	-
レアース()	-	12%	-	-	-
Pb	-	-	-	55%	-
Al	-	-	4%	-	-
Cu	-	-	7%	-	-
Li	-	-	3%	-	-
Mn					30%
Zn					20%
金属計	69%	74%	55%	55%	61%
電解液	10%	8%	7%	17%	23%
樹脂等	4%	5%	3%	18%	5%
その他	17%	13%	35%	10%	11%

注1) リチウムイオン電池は、コバルト系で鉄ケース使用(80%)の場合

注2) ハイブリッドのFe含有量は、21.8%

出典：電池工業会資料（産業構造審議会廃棄物・リサイクル部会、平成12年4月）

(1) ニカド電池

表3-11 カドミウム需要量の国内用途別推移と電池のNi量推定(単位:トン)

暦年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
電池Cd	1682	1990	2319	2416	2425	2163	1941	1825	2165	1992	2230	2604	2027	2437	2497	2233	2297	2226
輸入Cd	2701	1939	3452	2704	2991	4010	6038	4394	4772	3562	3333	3916	2463	2819	3820	2626	3072	1685
電池の計Cd	4383	3929	5771	5120	5416	6173	7979	6219	6874	5554	5562.7	6520	4490	5256	6317	4859	5369	3911
その他Cd	424	627	460	422	505	457	384	338	383	520	356	290	182	151	150	150	150	150
計Cd	4807	4556	6231	5542	5921	6630	8363	6557	7257	6074	5918.7							
電池・数量(百万個)	544.2	626	777.7	759.6	807	879.3	872.6	694.4	703.3	585.1	601.1	607.4	514.8	484.9	392.2	371.3	362.6	
電池・容量(106Ah)	473.7	552	694.3	670.6	693.5	776	854.5	737.7	824	708.3	762.4	794	680.1	686.9	580.1	623.8	647.6	
電池・Ah/個	0.870	0.882	0.893	0.883	0.859	0.883	0.979	1.062	1.172	1.211	1.268	1.307	1.321	1.417	1.479	1.680	1.786	
Ni量	3506	3143	4617	4096	4333	4938	6383	4975	5499	4443	4450	5216	3592	4205	5054	3887	4295	3129
Co量	657	589	866	768	812	926	1197	933	1031	833	834	978	674	788	948	729	805	587
Ni量改訂	3087	3597	4525	4370	4519	5057	5569	4807	5370	4616	4968	5174	4432	4476	3780	4065	4220	
Co量改訂	579	674	848	819	847	948	1044	901	1007	865	932	970	831	839	709	762	791	

出典:日本鉱業協会資料、日本貿易月報

注1) はCdの投入量との1の比率からNi量を推定したもので、0.9は電池製造歩留まりである。

注2) 輸入カドミウムは全て電池用途に使用されているものとした。

注3) 2003年以降の電池の欄は、生産量から輸出生産量から輸出生産量以外の用途相当量の150tを除算。

注4) 2006年になってからCdの国内消費量が減少している。中国へのCdの輸出生産量が増大している。電池メーカーが生産を中国に移転した可能性がある。

注5) 日本リサイクルセンターの情報により、電池に含有されるCdは18%、Niは16%を採用。

注6) のCdの供給にバラツキがあるので、の電池容量との比の値(8.146)をとって、のNi,Co量を換算した。

表3 - 1 2 Ni - Cd 電池の生産量

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
数量(百万個)	544.2	626	777.7	759.6	807	879.3	872.6	694.4	703.3	585.1	601.1	607.4	514.8	484.9	392.2	371.3	362.6
									106782	86598	76501	67743	55932	56039	44525	40213	39316
容量(106Ah)	473.7	552	694.3	670.6	693.5	776	854.5	737.7	824	708.3	762.4	794	680.1	686.9	580.1	623.8	647.6
Ah/個	0.870	0.882	0.893	0.883	0.859	0.883	0.979	1.062	1.172	1.211	1.268	1.307	1.321	1.417	1.479	1.680	1.786
輸出量(百万個)								454.6	495.5	441.1	464.9	499.4	426.1	409.4	333.5	339.3	336.3
																	29,745
輸出比率(%)								65.5%	70.5%	75.4%	77.3%	82.2%	82.8%	84.4%	85.0%	91.4%	92.7%
輸出重量(t)								18,194	19,255	17,531	18,997	20,667	17,303	16,887	13,844	14,674	15,051
重量/個数(g)								40.02	38.86	39.74	40.86	41.38	40.61	41.25	41.51	43.25	44.76
重量/容量	/							37.67	33.17	32.83	32.22	31.66	30.74	29.12	28.07	25.74	25.06
Ni量								5,002	4,919	4,186	4,421	4,525	3,763	3,600	2,931	2,890	2,921

108

注1) ニカド電池は生産個数は減少したが、容量がアップしたので消費材料は、あまり変化していない。

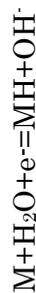
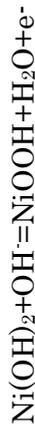
注2) 材料の投入量はバラツキがあるが、傾向としては容量アップに一致している。

注3) 表3 - 1 1 の Ni 量に比較して、輸出の重量データから推定した表3 - 1 2 の Ni 量は、良く一致している年としていない年がある。

特に、表3 - 1 1 の 2002 年以降の輸出データからの推定値は低くでている。多分、輸出統計の電池の重量が国内向けに比較してかなり小さいもの多
いと考えられる。

(2) ニッケル水素電池

電池の反応式は



負極の材質は Mm (ミッシュメタル) を用いて、Niの一部を Mn や Al で置換して水素解離圧を 60 で調整し、Co で置換して耐久性を向上させた合金組成 $\text{MmNi}_a(\text{Mn}, \text{Al})_b\text{Coc}$ (a + b + c = 5) なお、代表的な合金例として、LaNi₅型で a=4、b=0.5、c=0.5 がある。この場合、水素吸蔵合金は水素化物物 LaNi₅H₆ を形成する (出典: 最新二次電池材料の技術, (株) シーエムシー, 1999.9.8)。

- ・正極の Ni 量
また、ニッケル水素電池は、Ni-Cd 電池と原理は類似しており、正極制限を維持する必要がある。この値は上記の「1) Ni-Cd 電池」で求めた 0.64 原子量で、更に Ni 量は減少する。
- ・負極の Ni 量
上記の典型的負極材料は、 $NmNi_{15-x}(Co,Mn,Al)H_6$ 水素化合物を形成する。従って、ミッシュメタルの約 5 倍の Ni の原子数である。
- ・Mm (ミッシュメタル)の原子量
Mm の組成は秘密だが、レア・アース鉱石の組成は大略一致しているので Mm 規格標準からの理論的原子量を求めると、Ce に類似した原子量で 140 である。

化学成分	%	原子量	原子量%
Ce/Re	50	140	70.0
La/Re	30	139	41.7
Nd/Re	15	144	21.6
Pr/Re	4	141	5.6
Sm 他/Re	1	150	1.5
計			140

出典：レア・アース、新金屬協会、平成元年 12 月 1 日

- ・負極としての、業者の情報より、ミッシュメタルの電池 1 ケ当たりの使用量は 2.3 g とのことである。1999 年の電池個数 868 百万個で、2,000 トンのミッシュメタルを使用したことになる。Ni の消費量は、 $2,000 \times Ni \text{ 原子量} (4 + \text{正極量}) / Mm \text{ 原子量} = 2,000 (59 \times (4 + 6 \times 0.5)) / 140 = 5,900 \text{ トン}$ 。正極の Ni 量は正極制限の 0.65 を 0.5 とした。これは想定値である。ところで、表 3 - 10 の電池の含有金属では、実際の代表例は Ni39%に対して、Mm12%なので Ni の消費量は、 $2,000 \times 39\% / 12\% = 1,736 \times 3.25 = 6,500 \text{ トン}$ となる。
- ここでは、後者の数値を採用し推定した。なお、 $Co/Ni = 4\% / 39\%$ の比率から推定。

表3 - 1 3 ニッケル水素電池の生産量とMm、Niの消費量

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
数量(百万個)	-	-	-	-	72.2	105.8	306.1	356.2	580.9	643.8	868.1	1026	631.6	538.3	378.6	306.4	303.4
容量(106Ah)	-	-	-	-	204.7	270.4	362.6	413.9	578.9	686	964.4	1185.9	769.3	775.5	674.8	753.7	918.1
	/				2,835.2	2,555.8	1,184.6	1,162.0	0,996.6	1,065.5	1,110.9	1,155.8	1,218.0	1,440.6	1,782.4	2,459.9	3,026.0
Mmの量(ト)					166.1	243.3	704.0	819.3	1,336.1	1,480.7	1,996.6	2,359.8	1,530.8	1,543.2	1,342.8	1,499.8	1,826.9
	x 2.3				540	791	2,288	2,663	4,342	4,812	6,489	7,669	4,975	5,015	4,364	4,874	5,937
Niの量(ト)					48	71	204	237	387	429	579	667	510	514	448	500	609
Coの量(ト)																	
輸出量(百万個)										483.4	701.1	819.8	498.4	422.8	266.4	166.1	178.1
輸出比率										75.1%	80.8%	79.9%	78.9%	78.5%	70.4%	54.2%	58.7%
輸出重量										11,052	14,490	17,392	10,742	9,361	6,905	6,178	7,635
Niの量(ト)										5741	6997	8489	5309	4648	3827	4444	5072

注1) 2001年からニッケル水素電池の容量が大幅にアップしており、2000年の容量と各年の容量との比率で、金属量を推定。

注2) Mm→ミッシュメタル

表3 - 1 3のMmの原単位から推定したのNi量と輸出の重量データから推定したNi量と大略一致した値となっている。

(3) リチウムイオン電池

資料「工業レアメタル2000」によると、「炭酸リチウムの1999年の需要は5,200ト、前年比24%の大幅増加となった。このうちLiイオン電池(LIB)の正極材向けは、1,700~1,900と推定される。98年(1,500~1,600ト)にくらべ24%上昇している。昨年のLIB生産は3億8,300万個、前年82億6,700万個)否44%増と右肩上がり続けている。しかし、電池の主流が円筒形からコンパクトな角形へ移行が進んでいる。この結果電池1個当たり炭酸リチウムの使用量は4~5gから3g前後に減少しているが、伸びは鈍化する傾向にある。しかし、電池需要の伸びがそれをカバーしており、今年も2,200トから25,000ト続伸が見込まれている。」

電池の反応



正極は LiCoO_2 、負極は炭素(LiC_6 の黒鉛層間化合物)なので、負極のLiを無視すればCoとLiは同じ原子当量の反応である。

Li=7、C=12、O=16、Co=59

$$2\text{Li}/\text{Li}_2\text{CO}_3 = 2 \times 7 / (2 \times 7 + 12 + 3 \times 16) = 0.189189$$

1 個当たりの炭酸リチウム 4.5g は Li 0.8514g、Co 7.176 [1998 年の Li 消費量では 1.09952、Co 9.2674]

1 個当たりの炭酸リチウム 3g は Li 0.5676g、Co 4.784g [1999 年に Li 消費量で 0.8894 Co 7.4964]

1 個当たりの炭酸リチウム 3.5g [2003 年の LIB 生産量 7.6 億個、LIB1 個当たりの正極材に使用された炭酸リチウムを最低でも 3.5g として計算]……

工業レアメタル No.120 2004 から引用

以下に、消費量の Li、Co 量で推定、ただし、1995 年～1997 年は 1998 年の原単位で計算。

表 3 - 1 4 リチウムイオン電池の生産量と Li、Co 量

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
数量(百万個)	-	-	-	-	-	-	32.0	125.4	193.5	266.6	383.4	478.6	453.1	568.1	762.8	779.8	876.8
容量(10 ⁶ Ah)	-	-	-	-	-	-	34.2	138.2	198.2	270.7	407.4	498.6	484.7	679.8	982.2	1083.5	1247.8
Li 量(t)	/						1.069	1.102	1.024	1.015	1.063	1.042	1.070	1.197	1.288	1.389	1.423
Co 量(t)	x * 1	-	-	-	-	-	35	138	213	293	341	334	343	384	413	446	457
輸出量(百万個)	x * 2	-	-	-	-	-	297	1162	1793	2471	2874	2818	2893	3237	3483	3758	3849
輸出比率(%)	(/) * 100									130.5	249.1	372.8	346.6	484.5	627.2	728.7	824.3
輸出重量										48.9%	65.0%	77.9%	76.5%	85.3%	82.2%	93.4%	94.0%
Li 量(t)の推定	*0.03/									8247	11543	13593	12585	15083	19238	20985	23305
Co 量(t)の推定	*0.16/									505	533	524	494	531	702	674	744
										2696	2843	2792	2632	2830	3744	3593	3966

注) 1999 年以降は電池の 1 個当たりの容量がアップするので、1998 年の容量に対するその年の容量の比率で金属量を推定。

なお、「リチウムイオン電池は 1993 年から実用化された」との記事が工業レアメタル No.107 にある。

表 3 - 1 4 の Li の原単位から推定した Co 量と輸出の重量データから推定した Co 量は大略一致している。

3.7.2. HEV (Hybrid Electric Vehicle) 用ニッケル水素電池

3.7.2.1. HEV 販売状況、市場規模

1997年、トヨタ社のプリウスに始まったハイブリッドシステムは、走行性能と環境性能を両立させた新世代のシステムとして認められ、ハイブリッド車(HEV)の販売台数を着実に増やしてきた。HEVにはニッケル水素電池が主として使用され、HEVの販売とともに、HEV用ニッケル水素電池も販売されている。

表3-15にニッケル水素二次電池搭載 HEV 車の販売台数¹³⁾を示す。2003年のHEVの全世界累計販売台数は約230,000台に達している。さらに2005年の国内販売台数約65,000台、全世界の累計販売台数約400,000台(2005年3月末)に達している。

表3-15 ニッケル水素二次電池搭載 HEV 車販売台数¹³⁾

車種	発売時期	1997	1998	1999	2000	2001年	2002年	2003	2004	2005	2006	2007
プリウス	内 97/12	320	17,656	15,200	12,511	1,003	6,698	2,300				
	外 00/7	0	0	0	6,515	25,926	21,500	17,700				
	小計	320	17,656	15,200	19,026	3	28,198	20,000				
新プリウス	内 03/9	0	0	0	0	0	0	14,200				
エスティマ	内 01/6	0	0	0	0	5,886	11,602	5,200				
アルファード	内 03/7	0	0	0	0	0	0	500				
インサイト	内 99/11	0	0	300	1,397	229	121	70				
	外 99/12	0	0	50	3,500	3,300	3,0010	2,500				
	小計	0	0	350	4,897	3,529	3,121	2,570				
ビック	内 01/12	0	0	0	0	228	2,248	780				
	外 02/3	0	0	0	0	0	13,919	23,000				
	小計	0	0	0	0	228	16,167	23,780				
合計	内	320	17,656	15,500	13,908	17,346	20,669	23,050	16万	30万	35万	50万
	外	0	0	50	10,015	29,226	38,419	43,200	3万	3万	8万	15万
		320	17,656	15,550	23,923	46,572	59,088	66,250	19万	33.3万	43万	65万
累計	内	320	17,976	33,476	47,384	64,730	85,399	108,449				
	外	0	0	50	10,065	39,291	77,710	120,910				
		320	17,976	33,526	57,449	104,021	163,109	229,359				

内は国内、外は輸出。

出典：2004年以降は日経ビジネスオンラインから引用¹⁴⁾。

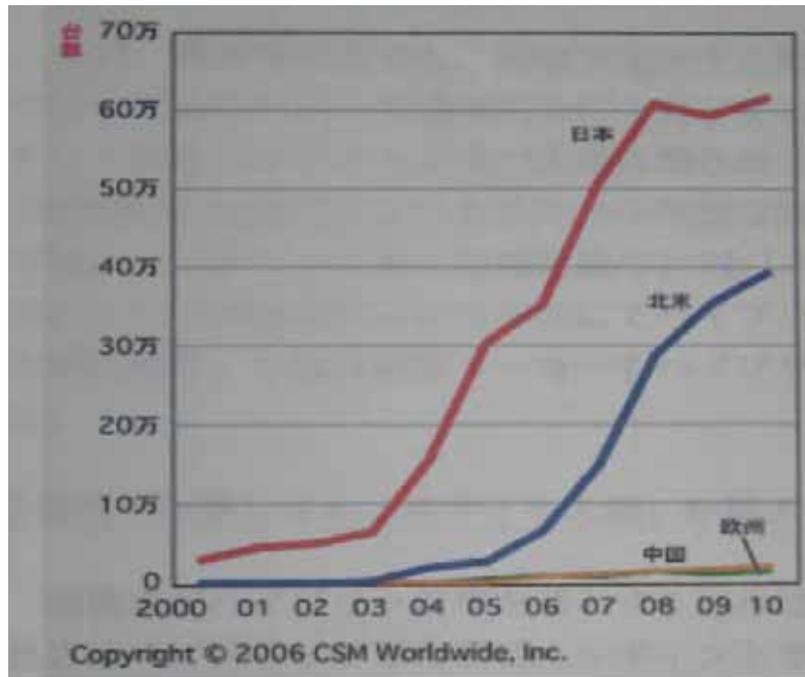


図3 - 2 各地域ごとのハイブリッド車生産台数の推移¹⁴⁾

なお、2004年以降の日経ビジネスオンライン¹⁴⁾による図3 - 2から読みとった値を表3 - 16に記入した。

今後については、2010年にはトヨタが100万台のHEV販売を目指しており、海外が100万台として合計200万台の販売が予測されている(表3 - 16)。

ところで、日経ビジネスオンライン¹⁴⁾によると2010年の世界のハイブリッド車の販売予測を2008年から100万台に下方修正しているが、トヨタは上記の目標を変更していない。

表3 - 16 HEVの世界市場予測¹³⁾ (台)

地域	種類	実績	予想	
		2003年	2004年	2010年
国内	ストロング HEV	22,200	75,000	450,000
	マイルド HEV	850	20,000	189,000
	小計	23,050	95,000	630,000
北米	ストロング HEV		53,000	700,000
	マイルド HEV		20,000	100,000
	小計		73,000	800,000
欧州	ストロング HEV		5,000	50,000
	マイルド HEV		20,000	300,000
	小計		25,000	350,000
世界計	ストロング HEV		133,000	1,200,000
	マイルド HEV		60,000	580,000
	計		193,000	1,780,000

表3 - 17に HEV用ニッケル水素二次電池の性能を示す。HEV用ニッケル水素二次電池の性能は、初代プリウスの出力密度 600W/kg に対し、2代目プリウスの 1,000W/kg と約 1.7 倍に向上した。当初、プリウスのニッケル水素電池部分は質量 53kg で価格 38 万円であったが、新型は質量 28kg 価格 13 万円と質量比 53%、価格比 34%に下がっている。寿命は当初 3 年間で 60%が交換されたが、最近では 5 年間または 10 万 km 保証され、実質的には車体寿命である 10 年間は稼働できる¹³⁾。なお、HEV 用のニッケル水素電池はパナソニック EV エナジー（浜松）が製造している。

表3 - 17 HEV用ニッケル水素二次電池の性能一覧⁷⁾

車種製造者	ホンダ		トヨタ				
	インサイト	ヴェルック	プリウス (初代)	プリウス (MC)	プリウス (2代目)	エスティマ	アルファード
販売開始年月	1999.11	2001.12	1997.12 ~ 2000.5	2000.8 ~ 2003.8	2003.9 ~	2001.6 ~	2003.7 ~
車型式	ZA - ES9	YA - ZE1	NHW10	NHW11	NHW20	AHR10W	ATH10W
HEV 形式	マイルド	マイルド	ストロング	ストロング	ストロング	ストロング	
極板製造方式	焼結式	焼結式	焼結式	非焼結式	非焼結式	非焼結式	
形状	円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型	
公称電圧/モジュール	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	
公称容量	6.OAH	6.OAH	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	
重量/モジュール-密度	40Wh/kg	40Wh/kg	43Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	
出力密度	800W/kg	800W/kg	600W/kg	1,000w/kg	1,000W/kg	1,000W/kg	
モジュール/個数	20/120 個	20/120 個	40/240 個	38/228 個	28/168 個	30/180 個	
電圧	144V	144V	288V	273.6V	201.6V	216V	
モジュール外形寸法 (mm)	φ 35x384	φ 35 x 384	φ 35 x 384	19.6 x 106 x 275	19.6 x 106. x 285	19.6 x 106 x 270 ?	
重量/モジュール	660g(?)	660g(?)	1,320g(?)	1,060g	1,040g	850g ?	
定価(除工賃)	23.5 万円	23.5 万円(?)	38 万円	32.8 万円	12.8 万円	不詳	

3.7.2.2. HEV用ニッケル水素二次電池のNi, Co, Mm (ミッシュメタル) 原単位と消費量 ニッケル水素二次電池に使用される金属量は必ずしも明確でない。

表3 - 19 ~ 表3 - 22に、各種ニッケル水素二次電池に使用される金属量の試算値を示す。

表3 - 18 ハイブリッド車の Ni, Co, Mm の消費量の推定 (単位: t)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
販売台数(万台)	4.7	5.9	6.6	19	33.3	43	65	90
Ni(t)	407	511	572	1,646	2,885	3,726	5,632	7,798
Co(t)	49	62	69	199	349	451	681	943
Mm(t)	143	180	201	580	1,017	1,313	1,984	2,748

注) 電池の金属含有原単位; Ni=8.664Kg/台、Co=1.048Kg/台、Mm=3.053Kg/台

表3 - 19 ニッケル水素二次電池モジュールの元素組成(例)¹³⁾

(角型密閉式、1.2kWh(12V, 100Wh)/モジュール、寸法:60L×120W×220W、重量:19kg/台、容量:63Wh/kg、重量:19kg)

	負極合金	正極活物質	負極集電体	金属部品 Fe-Niその他	電解液	計	電池1kg当り 金属量(g)
電池重量(kg)						19	
Ni(g)	3,164	2,394	50	45		5,653	298
Co(g)	418	266				684	36
Mm(g)	1,992					1,992	105
Zn(g)		169				169	9
Cu(g)				143		143	8
Li(g)					2.5	2.5	0.132

HEV に使用される Ni, Co, Mm の含有量は、表3 - 20 のプリウス(2代目)の 8.664kg/台、1.048kg/台、3.05kg/台 程度と考えられ、これより、レアメタル消費量を表3 - 18 に推定した。今後については2010年にはトヨタが100万台のHEV販売を目指しており、海外が100万台として合計200万台の販売が予測されている。

表3 - 20 主要 HEV 別ニッケル水素二次電池中の含有金属量試算例¹³⁾

主要 HEV 車種	プリウス(初代)	インサイト	プリウス(MC)	プリウス(2代目)	エスティマ
分類	ストロング HEV	マイルド HEV	ストロング HEV	ストロング HEV	ストロング HEV
角型/円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型
モジュール数	40	20	38	28	30
電池重量(kg)	52.8	26.4	40.3	29.1	25.5
1台当り金属量 Ni(g)	15,709	7,855	11,984	8,664	7,587
Co(g)	1,901	950	1,450	1,048	918
Mm(g)	5,536	2,768	4,223	3,053	2,673
モジュール当り Ni(g)	393	393	315	309	253
Co(g)	48	48	38	37	31
Mm(g)	138	138	111	109	89

表3 - 21 EV 用ニッケル水素二次電池構成材料試算例¹⁵⁾

項目	特性	
タイプ	Prismatic	
正極	活物質: (Ni, Co, Zn) (OH) ₂	基板: 発泡ニッケル、Niめっき Fe
負極	活物質: Mm Ni _{3.8} Co _{0.5} Al _{0.3} Mn _{0.4}	基板: 発泡ニッケル、Niめっき Fe
電解質	30%KOH、5%LiOH	
モジュール	出力: 1.2kWh (12V, 100A)	重量: 18.9 kg
システム	出力: 24kWh(20モジュール)	重量: 404 kg

表3 - 2 2 ニッケル水素二次電池の構成材料試算例 1.2kWh module (100Ah*12V)¹⁵⁾

区 分		構 成		
		kg	%	
正 極	Ni(OH) ₂	4.41	29.2	
	発泡ニッケル	0.94		
	集電体	0.16		
	計	5.51		
負 極	水素吸蔵合金	Mm	2.0	39.0
		Ni	3.2	
		Co	0.4	
		Al	0.1	
		Mn	0.3	
		小計	6.0	
	Binder	0.18	7.36	
	Ni めっき鋼板	1.01		
	集電体	0.17		
	計	7.36		
電 極	電極	2.5	15.4	
	セパレータ	0.4		
	計	2.9		
組立部品	極柱	0.6	16.4	
	安全弁	1.5		
	ボルト、ナット	0.3		
	補強板	0.7		
	計	3.1		
合計		18.87	100.0	

3.7.3. 二次電池のリサイクル

(1) 電池リサイクル団体のデータによるスクラップ回収量

電池リサイクル団体の使用済二次電池の回収量からの金属回収量は表3 - 23に示す。団体の回収する二次電池は、容量の大きい使用済二次電池を回収していない。また、ハイブリッド電池を回収していないなど、リサイクル業者の回収量とは1桁少ない回収量で、業者の回収量を今回採用するが、団体のデータも以下に示す。

表3 - 23 電池（金属）の回収（単位：トン）と金属リサイクル推定量

	年度	97	98	99	00	01	02	03	04	05
種類										
ニカド電池		1079	1174	1183	600	700	834	888	975	947
ニッケル水素		-	165	72	53	45	72	94	110	125
リチウムイオン		-	206	195	286	333	168	152	67	92
鉛蓄電池		153	159	157	28	27	20	16	10	2
計		1232	1704	1607	966.7	1104.5	1094	1150	1162	1166
ニカド電池	Ni(18%)	194	211	213	108	126	150	160	176	170
	Co(3%)	32	35	35	18	21	25	27	29	28
ニッケル水素	Ni(39%)		64	28	21	17	28	37	43	49
	Co(4%)		7	3	2	2	3	4	4	5
	Mm(12%)		20	9	6	5	9	11	13	15
リチウム	Co(16%)		33	31	46	53	27	24	11	15
	Li(3%)		6	6	9	10	5	5	2	3
計	Ni		276	241	129	143	178	197	218	219
	Co		75	70	66	76	55	55	44	48
	Mm		20	9	6	5	9	11	13	15
	Li		6	6	9	10	5	5	2	3

出典：1997年～2000年→電池工業会資料（産業構造審議会廃棄物・リサイクル部会、平成12年4月）2000年以降→JBRCのホームページ

注1）リチウムイオンは2002年44tのところ、JBRC以外も加算した値168t、2003年は54tのところ加算値152tを記入。2004年、2005年には記載なし。

注2）電池工業会資料からJBRC資料に移行するときに、回収量の数値的にひらきがある。この理由をヒヤリングする必要がある。

(2) リサイクル業者の情報による二次電池の回収量

表3-24の二次電池の生産に消費したNi量から、スクラップの回収推定のための情報から回収量を推定し、その結果を表3-25に示した。

表3-24 二次電池の消費Ni量(単位:t)

暦年			2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ni-Cd			5,174	4,432	4,476	3,780	4,065	4,220
Ni-MH			7,669	4,975	5,015	4,364	4,874	5,937
ハイブリッド			207	407	511	572	1,646	2,885
Ni-MH_T			7,877	5,382	5,526	4,936	6,520	8,823
計		+ +	13,051	9,814	10,003	8,716	10,586	13,043

【スクラップの回収推定のための情報】

電池の加工くずの発生量は、1.3割

2005年のNi-MH電池の加工くずと回収くずの発生比率は4:1

(2006年は5:1)

Ni-Cd電池の加工くずと回収くずの発生比率場合は1:1

蓄電池の耐用年数は、リチウムイオン電池の公称耐用年数の2年から1年延長し、蓄電池の耐用年数を3年とした。

(1) 2005年のNi加工くず量とNi回収くず量は、

X:3年前の生産量がそのまま排出のときのリサイクル率

Ni-Cd : $(4,220 \times 0.13) / (4,776 \times X) = 1 \rightarrow 549 / (4,776 \times X) = 1 \rightarrow X = 0.1149$ (排出量の11.5%)

Ni-MH : $(8,823 \times 0.13) / (5,526 \times Y) = 4 \rightarrow 1147 / (5,526 \times Y) = 4 \rightarrow X = 0.0519$ (排出量の5.19%)

Ni加工くず量は1,696t(549t+1,147t) Ni回収くず量は836t(549t+287t)

合計=2,532t(1,098t+1,434t)

1696/10003*X=4のとき x=0.04239(排出量の4.239%)

Ni加工くず量は1,696t、Ni回収くず量は424t 合計2,120t

(2) 2004年のNi加工くず量とNi回収くず量は、

Ni-Cd : Ni加工くず量 $4,065 \times 0.13 = 528$ t 回収くず量 $4,432 \times 0.115 = 510$ t (排出量11.5%)

合計1,038t

Ni-MH : Ni加工くず量 $6,520 \times 0.13 = 848$ t 回収くず量 $5,382 \times 0.0519 = 279$ t (排出量5.19%)

合計1,127t

Ni加工くず量は1,376t(528t+848t) Ni回収くず量は789t(510t+279t)

合計=2,165t(1,038t+1,127t)

Ni加工くず量は1,376t、Ni回収くず量は430.8t(排出量の4.239%)、合計1,807t

(3) 2003年のNi加工くず量とNi回収くず量は、

Ni-Cd : Ni加工くず量 $3,780 \times 0.13 = 491$ t 回収くず量 $5,174 \times 0.115 = 595$ t (排出量11.5%)

合計1,086t

Ni-MH : Ni加工くず量 $4,936 \times 0.13 = 642$ t 回収くず量 $7,877 \times 0.0519 = 409$ t (排出量5.19%)

合計1,051t

Ni加工くず量は1,133t(491t+642t) Ni回収くず量は1,004t(595t+409t)

合計=2,137t(1,086t+1,051t)

Ni加工くず量は1,133t、Ni回収くず量は553t(排出量の4.239%)、合計1,686t

表3 - 2 5 二次電池のNi量のスクラップ回収量(単位:t)

年	Ni-Cd			Ni-MH			トータル		
	加工くず	回収くず	計	加工くず	回収くず	計	加工くず	回収くず	計
2003	491	595	1086	642	409	1051	1133	1004	2137
2004	528	510	1038	848	279	1127	1376	789	2165
2005	549	549	1098	1147	287	1434	1696	836	2532

3.8. 伸銅品原料

表3 - 2 6 伸銅品のニッケル消費量(単位:t)¹⁶⁾

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
ニッケル地金	2247	1574	2126	3589	2428	2090	1912	2717	3025	2274
ニッケルスクラップス	1473	2114	1818	1872	2388	2497	2479	2397	2434	2007

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ニッケル地金	2552	2225	2473	3776	2798	-	-	
ニッケルスクラップス	2725	2257	2751	2763	1994	-	-	

注) 上表のニッケルスクラップ: 白銅(Ni→30%、Cu→70%の銅合金)で、用途は10円銅貨や、展伸材料で、このデータには、両方の用途のスクラップ回収量が含まれていると考えられる。

経産省のニッケル地金の需給統計の表4 - 1の展伸材、貨幣の合計より、上記の表3 - 2 6の値(表4 - 1の伸銅材料(I))は2倍の数値となっており、需給統計は触媒と同様に抜けがあるようである。表3 - 2 6の統計も2002年以降なく、非鉄合金との比例関係から、伸銅原料(J)を求めた。

経産省のニッケルスクラップの需給統計表の表4 - 2の展伸材、貨幣は合計は、上記の表3 - 2 6よりも大きい値であるが、1991年以降はデータがない。

4 . ニッケル地金の需給バランス

4 . 1 . ニッケル地金の需給 (表4 - 1 に関して)

1) 供給データを比較の対象としたこと

- ・ニッケルはニッケル地金なので供給側のデータはかなり正確な値である。これが即、需要側のデータにはなり得ないが、1995年(平成7年)以降、需要側と供給側の数量のギャップが大きくなってきたので、このギャップを計算しておく必要性がでてきた。 の供給量から の年末在庫を除算し、これを供給' として、 の需要との差をとり、 に示した。
- ・上表の 欄の統計の供給と需要の差の隣あった年で増減が繰り返されているところがある。多分のステンレスの需給の影響が出たものと見て、その大きな領域を平均化して、その増減で(24)欄、(25)欄を(26)欄(27)欄のように訂正した。

2) Ni 需給バランスで不具合のデータのある年

Ni 需給バランスで、不具合がでた年は、'87年、'93年、'99年~'01年、'03年であった。この内、'87年、'93年、'99年はNi 価格が暴落したときである。また、'00年はITバブルの時であり、'01年はITバブル崩壊のときである。'03年は、スクラップ需給統計の鉄鋼向けの需要が2002年の数字と同じであるように、統計数値に誤りがあったためと考えられる。

3) 統計データがなくなった技術分野

- ・2000年から非鉄合金の項目がなくなり、「その他」に吸収された。
- ・展伸材と貨幣がH3(91年)から項目がなくなった。
- ・伸銅品材料(I)は非鉄合金(D)の中に含まれていることになっているが、実際は、半分しか網羅されておらず、その「非鉄合金差(K)」を加える必要がある。
- ・非鉄合金(E)は、1995年(H7)以前は「非鉄合金 」と「非鉄合金(D)」との比の値を、2.758に固定し、「非鉄合金 」との比例によりもとめた。
非鉄合金(E)の2003年(H15)以降は、磁性材料と非鉄合金(D)との比例関係によりもとめた。
- ・「伸銅品原料(I)」のNiの項目は2002年より経産省の生産統計からなくなったので、非鉄合金との比例関係から(J)に求めた。

4) 需給計による集計

需要計(28)には、Ni 地金の需要を集計してみた。

- ・シャドウマスク(A)
- ・磁性材料
- ・リードフレーム(C)
- ・非鉄合金(D)あるいは非鉄合金(E)

- ・めっき
- ・触媒 (G)
- ・蓄電池 (H)
- ・非鉄合金差(K)

をプラスした。

なお、シャドウマスク(A)、リードフレーム(C)からは、それぞれ生産量の 1/2、1/3 の加工スクラップが排出される。両用途ともに IT 関連なので、スクラップを使用することは考えにくく、特に前者はヒヤリングでスクラップを使用していないとのコメントを得ている。しかし、成分系が単純なので、元の製品にリターンしていることは十分考えられ、他の用途にそのスクラップを使用することが容易である。従って、そのスクラップ分を除算してニッケル地金の需要トータルである需給計(28)を集計した。

非鉄合金 (D) あるいは非鉄合金 (E) の数値にも、スクラップが含まれている。Ni 合金の Fe-Ni 合金以外の Ni 合金の平均 Ni 含有量は、50%である (表 3 - 6 - 2 の「その他の合計」のグロスと表 3 - 6 - 3 「その他の合計」のニッケル量の比率から読み取れる)。

経産省のニッケルくずの需給統計である表 4 - 2 の「非鉄 ()」は Ni の非鉄用途向けに使用されたスクラップの量である。この中には、磁性材料グロス量で約 4,000t ニッケル量で、約 2,000t、めっきが Ni 量で 300t ~ 800t がふくまれているが、量的に小さいので、あえて除算しないで、この数値 0.5 をかけ算して、Ni スクラップとして、この値を除算して、表 4 - 1 に記載のニッケル地金トータル需給である需給計(28)を集計した。

5) 需要計(28)とT非鉄(24)あるいはT非鉄(26)との比較

この需要計(28)に対して比較するのは T 非鉄(24)あるいは T 非鉄(26)で、Ni 地金の供給量である。'88年の差が 2 千 t、'89年が 3 千 t、'90年がマイナス千 t、'91年~'92年が千 t、'94年がゼロ t、'95年~'98年が 4 千 t、'02年が 1.5 千 t、'04年がマイマス千 t、'05年がマイナス 1t とかなり近い数字となっている。

4.2. ニッケルスクラップの需給 (表 4 - 2 に関して)

1) 表 4 - 1 の需給計(28)の集計

ニッケルスクラップの供給側と需要側のギャップを 示した。

表 4 - 2 の「非鉄 ()」は Ni の非鉄用途向けに使用されたスクラップの量である。この中には、磁性材料グロス量で約 4,000t ニッケル量で、約 2,000t、めっきが Ni 量で 300t ~ 800t がふくまれているが、量的に小さいので、あえて除算しないで、この数値 0.5 をかけ算して、Ni スクラップとして、この値を除算して表 4 - 1 の需給計(28)を集計した。

2) データの不具合のある年

2003 年の非鉄スクラップ回収量が異常に大きい(特殊鋼の 2003 年の需要が 2002 年と同じなので転記ミスと考えられる)。

3) 統計データがなくなった技術分野

- ・非鉄スクラップ回収量の統計値が、2002 年から減少(統計が経産省管轄から総務省管轄になった)している。
- ・2000 年から非鉄合金が「その他」に吸収された。
- ・伸銅原料(A)の 2002 年以降は、統計がなく、非鉄合金(C)あるいは非鉄合金(D)の比例関係から推定。

表4-1 ニッケル地金の需給 (単位;t)

区分	62(87)	63(88)	1(89)	2(90)	3(91)	4(92)	5(93)	6(94)	7(95)	8(96)	9(97)	10(98)	11(99)	12(00)	13(01)	14(02)	15(03)	16(04)	17(05)
供給	81136	74661	76807	83759	93409	73385	78978	95416	113386	103017	117712	93973	111607	121537	84705	107019	110327	110492	106798
供給	65886	62727	64492	71635	75528	57322	63238	78982	90785	79396	96528	72328	95500	105752	66798	93016	94515	95228	90240
年初在庫	13653	15250	11934	12315	12124	17881	16063	15740	16434	22601	23621	21184	21645	16107	15785	17907	14003	15812	15284
生産	21397	19961	21939	22275	23858	22038	23108	25311	26824	26564	26889	26997	30481	36230	32534	32304	34980	32789	29795
輸入	46086	39350	42934	49169	57627	33466	39807	54365	70128	53852	67202	49092	59481	69200	36386	56808	61344	61912	61739
需要	58289	63187	62589	65620	67570	59025	62895	73724	83916	71661	81835	66354	67642	74368	63562	66626	71258	70320	61475
内需	57918	62662	62477	65553	67496	58937	62831	73641	83618	70576	80320	65392	68683	72221	62267	65010	69488	68431	57982
特殊鋼	39064	42526	42270	43011	45494	38803	42848	50891	59443	49746	53751	41404	45000	50209	45113	53233	58404	55332	46153
シャドウマスク				932	1394	1855	2317	2778	3240	5400	7560	9720	11880	13300	10368	9989	8869	8869	8869
磁性材料	3266	2860	2819	3251	3227	2274	3137	3615	3478	3342	4472	3464	3676	4735	1440	1991	1843	2232	1852
磁性材料													3498	2755	3443	3360	3376	3321	3222
リードフレーム	7968	8123	8472	8410	8557	7762	8786	8948	9751	9068	10668	9192	9675	13116	6770	8075	8115	9423	7744
非鉄合金	3670	3439	4000	4952	3635	3397	3100	3751	4153	3481	4141	3494	3522						0
非鉄合金										9959	10843	9913	9563	11578	9412	9184			
非鉄合金	10122	9485	11032	13657	10025	9369	8550	10345	11454								9230	10718	8808
展伸材	843	773	801	958										3776	2798				0
めっき	6046	6256	5907	6087	5878	5682	5249	5809	6430	5258	6116	5624	3459	5449	4312	2500	3090	2887	3282
めっき													5289	6404	5206	5080	5105	5928	4872
触媒	429	437	520	505	495	546	417	439	497	471	638	605	488	380	380	440	409	480	435
触媒	897	919	982	1054	1081	1197	1060	990	1013	1086	1078	972	1154	1185	1291	1288	1319	1350	1434
蓄電池	2383	2896	2924	2920	3365	3334	3400	3836	4325	3774	4670	4160	4490	4047	3571	3983	3181	4446	3056
蓄電池			3087	3597	4525	4370	5059	5848	7857	7470	9715	9584	11996	13052	9814	10003	8716	10586	13043
貨幣	433	1222	733	173															0
伸銅品原料	2247	1574	2126	3589	2428	2090	1912	2717	3025	2274	2552	2225	2473	3776	2798				
伸銅品原料																2107	2117	2459	2020
非鉄合金差	595	26	326	1360	792	561	517	1030	1156	797	820	561	789	1703	1149				
その他	1784	2253	2503	3696	5402	4901	4680	5301	5291	4523	6532	6643	6050	5625	4653	2864	2562	3055	3215
輸出	351	525	112	67	74	88	64	83	298	1085	1515	962	959	2147	1295	1616	1770	1889	3483
年末在庫	15250	11934	12315	12124	17881	16063	15740	16434	22601	23621	21184	21645	16107	15785	17907	14003	15812	15284	16558
供給需要差	7597	-460	1903	6015	7958	-1703	343	5258	6869	7735	14693	5974	27858	31384	3236	26390	23257	24908	28765
非鉄	18854	20136	20207	22542	22002	20134	19983	22750	24175	20830	26569	23988	23663	22012	17154	11778	11084	13100	11839
他	15657	16357	19908	23939	23965	22681	22294	25970	29594	25654	32120	30374	35788	45396	35972	28264	25928	30859	31149
非鉄-他	3197	3779	299	-1397	-1963	-2547	-2311	-3220	-5419	-4824	-5551	-6386	-12105	-23384	-18818	-16487	-14844	-17760	-19309
バランス	10794	3319	2202	4618	5995	-4250	-1968	2038	1450	2911	9142	-412	15753	8000	-15582	9903	8413	7148	9456
T非鉄	26471	19676	22110	28557	29960	18431	20326	28008	31044	28565	41262	29962	49541	53396	20390	38168	34341	38008	40605
T非鉄-他	3319	3319	2202	4618	5995	-4250	-1968	2038	1450	2911	9142	-412	13753	8000	-15582	9903	8413	7148	9456
T非鉄	22443	23705	24166	26501	25130	23262	22784		1450	2911	9142	34322							
T非鉄-他	6785	7348	4256	2562	1165	580	490				4782	3947							
需要計	30480	21532	21010	27714	24697	22173	29895	26518	26917	24081	27252	30008	39089	46444	34650	36589	-42013	43274	41877

出典：経産省資源統計年報、最近は鉄鋼・非鉄金属・非鉄金属製品統計年報の需給統計から引用。数字の欄は、この需給統計からの引用で、ローマ字が他の統計あるいは資料からの引用、あるいは推定である。

表4-2 ニッケル又はニッケル合金の故又はくずの需給 (単位=t)

区分	62 (87)	63 (88)	1(89)	2(90)	3(91)	4(92)	5(93)	6(94)	7(95)	8(96)	9(97)	10(98)	11(99)	12(00)	13(01)	14(02)	15(03)	16(04)	17(05)
供給	671037	792628	827190	889605	981342	944893	902239	1045549	1260901	1255924	1330348	1177064	1144007	1295688	1316614	1311258	1376619	1317792	1246261
供給	617303	718169	744052	811825	859166	837111	800692	927459	1105504	1123034	1198117	1027486	1003790	1146511	1188523	1179571	1259254	1212373	1069699
年初在庫	65178	53734	74459	83138	77780	122176	107482	101547	118090	155397	132890	132890	149578	140217	149177	128091	131687	117364	105418
発生	227445	241717	238425	248767	288834	289325	278446	305238	361181	359278	379506	341459	349279	365828	338912	340918	328883	334301	308357
回収	375307	493499	512065	553857	610573	528541	511327	632461	775186	734538	805113	692444	634414	773975	812485	828216	907584	856693	825431
輸入	3107	3578	2241	3843	4155	4551	4984	6305	6444	7711	12839	10271	11736	16	16040	14033	10664	9434	7054
需要	611180	720829	746050	795081	859396	822046	797700	966213	1103570	1121669	1198254	1030574	1041513	1124064	1175011	1032942	1191436	1175803	1047151
内需	611093	719879	745921	794859	859084	821605	797360	965651	1102821	1119112	1189692	1029620	1041025	1123405	1174298	1032623	1190789	1175403	1046032
特殊鋼	597494	703437	731165	782309	846543	808191	785586	953835	1090775	1106246	1172266	1016814	1025949	1104696	1158917	1023249	1023249	1166630	1038077
磁性材料	4255	3736	3448	3459	2984	2603	2704	2825	2549	2545	3221	3093	3560	3615	2157	1664	2977	2004	1653
磁性材料																			
非鉄合金	6954	7616	7706	5904	6040	6124	6226	6207	6434	5971	6656	5772	5933						2789
展伸材	674	542	547	531										4455	3627			0	0
めっき	209	302	435	661	867	887	687	524	558	408	527	338	2	4	1	17	1	2	1
触媒	38	20	16	18	21	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
蓄電池																		209	0
貨幣	1146	3761	2336	1729														0	0
伸銅原料	1473	2114	1818	1872	2388	2497	2479	2397	2434	2007	2725	2257	2751	2763	1994	2083	1928	2335	1938
その他	323	465	268	248	2629	3795	2177	2259	2505	3943	7022	3601	5581	10635	9597	7693	3551	6557	6302
輸出	67	150	129	222	312	441	320	562	749	2557	8562	954	488	659	713	319	647	408	1125
年末在庫	53734	74459	83138	77780	122176	107482	101547	118090	155397	132890	132231	149578	140217	149177	128091	131687	117364	105418	176562
供給需要差	6123	-2660	-1998	16744	-230	15065	2992	-38754	1934	1365	-137	-3088	-37723	22447	13512	146629	67818	36570	22548
非鉄	13599	16442	14756	12550	12541	13414	11794	11816	12046	12866	17426	12906	15076	18709	15381	9374	167540	8773	7956
他	570	787	719	927	3517	4687	2864	2783	3063	4351	7549	3939	5583	10639	9598	7710	3551	6560	6303
非鉄-他	13029	15655	14037	11623	9024	8727	8930	9033	8983	8515	9877	8867	9493	8070	5783	1664	163989	2214	1653
非鉄																17045	17045	17045	17045
非鉄-他																6927	2886	2886	2886

出典：経産省資源統計年報、最近は鉄鋼・非鉄金属・非鉄金属製品統計年報の需給統計からの引用、あるいは推定である。
 の統計あるいは資料からの引用、あるいは推定である。数字の欄は、この需給統計からの引用で、ローマ字が他

4.3. ニッケル需給バランスの概要と課題

(1) 供給側のデータで整理

経産省の需給統計では、特に Ni の場合、ニッケル地金にしても、ニッケルスクラップにしても、需要量はデータの抜け問題から小さ目にてでくるので、ニッケル地金の供給量とのバランスで考えなければ正確な定量的な物流の把握は難しい。今回試行してみて、かなり年数でニッケルの需給バランスが適合している場合が見いだされ、種々の大胆に行った仮定や仮説にはある程度の妥当性があると確認された。

今回の需給バランスで得られた最大成果は、意外にステンレスにカスケードリサイクルされているスクラップ量が少なく、ニッケル合金製品の生産にリターンされている量の方が圧倒的多いというところであった。そうでなければ、ニッケル合金製品が物流バランスから考えて、生産が不可能だからである。

大雑把に云えば、非鉄生産に戻らず、Fe - Ni など、鉄鋼生産に向かうのは、Ni 量で廃蓄電のスクラップの 2 千 t とそのリサイクルで消費される Fe-Ni 系のスクラップ 3 千 t の合計 5 千 t/年（これ以上あるかもしれない確認できた数値）と想定される。

また、12 千 t ~ 13 千 t/年のスクラップは非鉄合金の生産で消費されていると想定される。

(2) 需要データの創出・提案（できなかった項目）

経産省の需給統計で抜けている技術分野で、シャドウマスク（アンバー）、リードフレーム（42 アロイ）の需要量を推定したこと。

経産省の需給統計には項目があるが数値が不正確（値が小さい）であった、蓄電池でのニッケル消費量とリサイクル量を推定したこと。

ただ、期待してできなかったこととして、経産省の需給統計でしか得られない「磁性材料（パーマロイ）」と「めっき」の需要量を、ニッケル地金の需給バランスから正確に推定しようとしたが、需給バランスの精度の問題から結局推定できなかった。

(3) 需給比較の不具合点について

Ni の価格の暴落による不具合が生じていることを説明した。しかし、これよりも深刻な問題点を提起する。

需給統計が経産省管轄の指定統計から総務省管轄の承認統計に格下げになった。このために、データ採取を中止したもの、採取しているが集計数量が減少していることである。

ニッケル地金に関しては、非鉄合金の数量減少をリードフレームの比例関係で推定した。ニッケル地金の需給バランスを求めるときに、非鉄合金のスクラップ消費を推定するためのデータとして、採用した「非鉄」は、2002 年から数量が半減している。ニッケル地金は数量の減少を修正したが、スクラップの数量は、比較して推定する手段がないためそのままの数量を使用した。

ニッケル地金の需給バランスでは、'02 年 1.5 千 t、'04 年マイナス 4 千 t、'05 年マイナス 1 千 t である。最大でバランスの差がマイナス 4 千 ~ 4.5 千 t（Ni 量は 8 千 ~ 9 千 t の半分）

の可能性が想定される中では、'04年が実際の条件に近いようである。

(4) 今後の課題

(a) ニッケル地金の鉄鋼向けの消費量の検証

今回、「非鉄の需要計(28)」を集計するときに引用した数値の中に経産省の需給統計の「特殊鋼」がある。これは、ニッケル地金の鉄鋼向けの消費量である。この数値なしに「非鉄の需要」を推定できないポイントとなるデータである。それだけに、この値は機会を見つけて検証を行う必要がある。

(b) 非鉄合金溶解メーカーのヒヤリング

資料⁷⁾に「LNG用タンカーのアンバーの年間使用量は約1万t」とある。

ニッケル合金の需要は、石油精製や、石油掘削、液化天然ガスなどエネルギー全般に活況である。LNGタンカーの箱型のメンブレン方式タンクの内張りにアンバー(36%Ni-Fe合金)が使われているが、日本冶金工業は三井造船から2隻、三菱重工業から2隻、合計4隻分を受注している。

一般に15万t級LNGタンカーではアンバー(厚さ1mm弱)は約450t使用され、サハリン、カタルなどの天然ガス開発プロジェクトが増えており、年間20隻が建造されているという。LNG用タンカーのアンバーの年間使用量は約1万t規模になる。

カセイソーダ向け純ニッケル需要は伸びが制約

純ニッケルの板・帯は、イオン交換膜法によるカセイソーダ製造用の電極(陰極)に使われているが、正極に使われるチタン展伸材の入手難から需要の伸びが制約されているという。また、チタン展伸材の代替として海水が使われる熱交換器などへハステロイ系、6Moスーパーステンレスなどの需要が増えている。

シャドーマスク向けアンバーは横ばい

カラーテレビ用ブラウン管のシャドーマスク向けアンバー(36%Ni-Fe合金)需要は、昨年春以降液晶TV、プラズマディスプレイ(PDP)などの市場拡大により、製品、部品、材料の在庫調整などで減少していたが、現在の市場規模は月1,500t程度と推定される。

排煙脱硫装置向けニッケル合金需要は伸び悩む

石炭火力発電プラントの排煙脱硫装置(FGD)向け高耐食性ニッケル合金需要は、国際的な環境規制の京都議定書の発効などや国家の政策に影響されるため、同社が想定したよりも少ないという。これは「原料の石炭価格が上昇しているため石炭火力発電所の建設へのネックとなっている。」の情報がある。

以上から、日立金属などの非鉄溶解メーカーのヒヤリングの必要があり、特に必要なのは、LNGタンカーの容器の内張りにアンバー(Ni36%)の消費量1万t/年などのように最近のNiの需要動向についてである。

5. 最近の需給動向

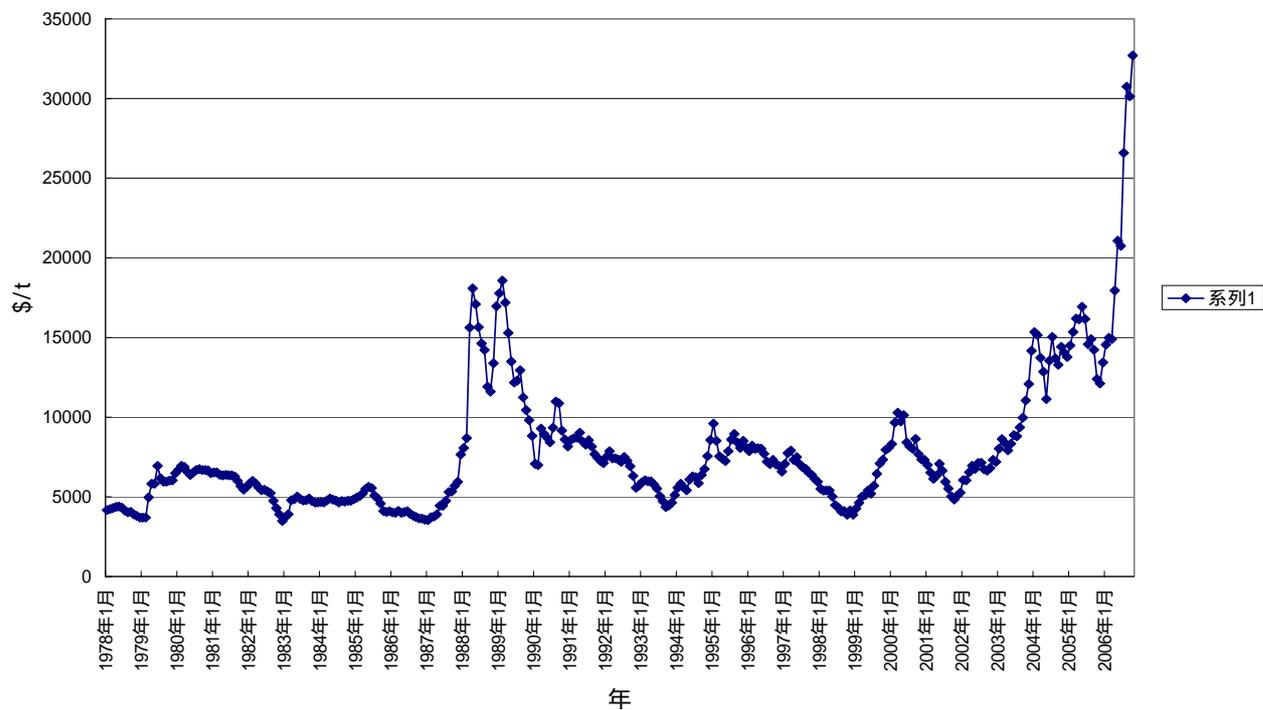


図 5 - 1 Ni 価格推移 (LME、Settlement、\$/t)

表 5 - 1 Ni 価格推移 (LME、Settlement、\$/t)

	Settlement \$/t		Settlement \$/t
Jan-02	6047	Sep-04	13277
Feb-02	6033	Oct-04	14411
Mar-02	6541	Nov-04	14053
Apr-02	6962	Dec-04	13776
May-02	6764	Jan-05	14505
Jun-02	7123	Feb-05	15350
Jul-02	7146	Mar-05	16190
Aug-02	6720	Apr-05	16142
Sep-02	6644	May-05	16932
Oct-02	6808	Jun-05	16160
Nov-02	7317	Jul-05	14581
Dec-02	7197	Aug-05	14893
Jan-03	8030	Sep-05	14228
Feb-03	8627	Oct-05	12403
Mar-03	8382	Nov-05	12116
Apr-03	7914	Dec-05	13429
May-03	8334	Jan-06	14555
Jun-03	8878	Feb-06	14979
Jul-03	8801	Mar-06	14897
Aug-03	9355	Apr-06	17942
Sep-03	9969	May-06	21077
Oct-03	11052	Jun-06	20755
Nov-03	12091	Jul-06	26587

図 5 - 1 や表 5 - 1 の Ni の価格動向に見られるように、2006 年 5 月頃から Ni の価格が上昇し始めた。

表 5 や表 6 の Ni の需給状況が原因というよりは、下記に記載のように、LME の在庫状況が原因なのかもしれない。

「ニッケル LME15.42 ドル/Ib と暴騰 低水準の LME 在庫がパニック買いを誘発 実需は欧州のステンや電子関連で大幅に回復」¹⁷⁾

ニッケルは、ヨーロッパのステンレス生産回復などによる需給ひっ迫で、LME 価格が 2006 年 6 月中旬から右肩上がりで上昇している。8 月中旬には、1 万 t を割った低水準の LME 在庫が市場に心理的なタイト感を強める中で、「1 万 t の売りポジションが残り、2 万 t の現物が必要になる」との報道が引き金となって、パニック的な買いが発生。

LME 相場 (1b 当り、現物) は一挙に 2 ドルに跳ね上がり 15 ドル台に入った。こうした突

発的な値上りは一時的で相場はやがて下落する、との見方が根強いものの、需給ひっ迫が続く限りある程度の高値を維持するとみられている。

需給が急速に引締り、わずかな生産障害が注目を集める。需要が今年上半期に急速に回復したステンレスでは、欧州のステンメーカーが年初に回復、日本も春以降に回復しており、昨年並みの成長を続ける中国とあわせて好調な状況にある。また、ステンレス以外も、電子関連が堅調で、ニッケル水素電池が自動車やトラックでのハイブリット化の進展、三洋の「エネループ」好調などで伸びている。

供給は、おおむね各社が計画通りフル生産を続けるものの、需要の伸びに追いついていない。需要堅調の中で、インドネシア AnTam の第 3 期 Fe - Ni プロジェクト（年産 1,000t）の遅れ、といったわずかな生産障害が注目を集めている。

在庫が 6 月に 1 万 t 割れ、市場に心理的な影響を与える。需給の引締りを反映して、今年初めに 3 万 t 台だった LME 在庫は減少を続け、6 月末に 1 万 t を割り込んだ。7 月末の 4,128t を底に回復傾向にあるが、足元の LME 在庫（8 月ニッケル相場は最高値更新続く。ニッケル相場（1b 当り、LME 現物中値）は 5 月末に 80 年代後半の高騰を上回る 10 ドル台に入った。6 月末から再び上昇を始めると、8 月中旬には 13 ドル台まで急ピッチで上昇。8 月 16 日には一気に 15 ドル台に突入した。

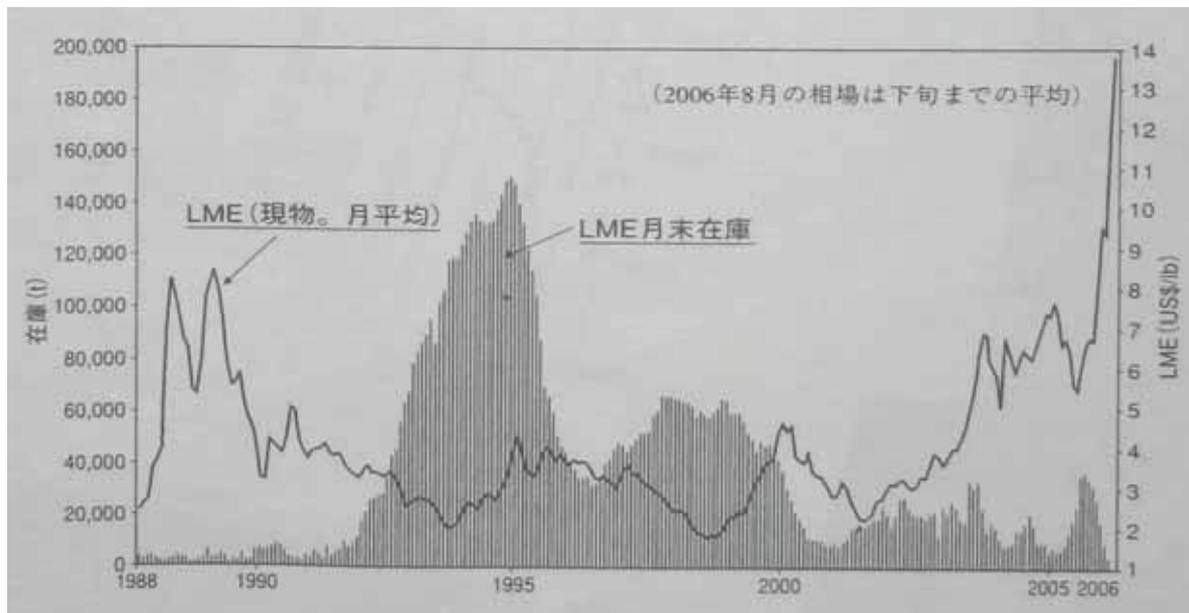
LME 相場（現物，\$ / 1b）

	2005	2006
高値	8.05	15.75
安値	5.21	6.12
平均値	6.68	9.13

（2006 年は 8 月 29 日までの数値。29 日は 5,808t。）

低水準の LME 在庫が市場に心理的な影響を与えている。Wall Street Journal 誌（8 月 14 日付）は、「韓国 Posco が 1 万 t 以上の売りポジションを抱えて、2 万 t の現物が不足している」とのレポートを掲載（Posco はすぐに事実無根と否定）。トレーダーの多くがレポートの信憑性を疑問視したにもかかわらず、これをきっかけにして価格が急騰した。現在の価格は 1b 当り 15.42 ドルとなっている。欧州ステン各社、サーチャージ制で Ni 高騰リスクを回避。欧州のステン各社は、ニッケル相場の暴騰にもかかわらず買いを手控えていない。これは、ユーザーとの間にサーチャージ制を導入したことで、Ni 高騰分の価格転嫁が容易であることも一因になっている。

日本のステン各社は、ユーザーとの交渉で製品価格を決定しているため、Ni 高騰時に買いを手控えている。高いニッケルで生産しても需要家との交渉で Ni 上昇分を転嫁できなければ、ステンメーカーが損失をかぶることになる。このため、需要が好調でも、ステン価格を維持するべく一時的な減産を行い、一辺倒の増産の増産に踏み切れていない。



引用文献（第一章）

- 1) レアメタルニュース No.2214 2005 年 4 月 24 日、アルム(株)、
- 2) 酒井敏治氏[インコ東京ニッケル] (tel にて聴取 2005 年 5 月 31 日、6 月 1 日の 2 回)
- 3) U.S.Geological Survey , Mineral Commodity Summaries,2005
- 4) 次期中期計画も HPAL 軸に自主資源開発;1p、レアメタルニュース No.2274 20060901、アルム出版
- 5) レアメタル 31、1990 年 3 月、(社)新金属協会
- 6) 島田正典(日本メタル経済研究所); IT 機器に関する主要レアメタルにリサイクル動向、平成 13 年 6 月
- 7) ニッケル・ニッケル 合金各社事業戦略 「日本冶金工業」 耐食・エネルギー関連向け需要活発;レアメタル・ニュース No2277 2006 年(平成 18 年)9 月 24 日、アルム(社)
- 8) <http://www.neomax.co.jp/seihin/kinzoku.htm>
- 9) 野村幸矢(神戸製鋼所); 半導体リードフレーム用高性能銅合金板条の技術動向と当社の開発戦略、R・D 神戸製鋼技報 Vol. 54 No.1 (Apr1 2004) P13~18
- 10) JIS ハンドブック
- 11) <http://www.twire.co.jp/dehki-teiko/denki-teiko.htm>
- 12) 化学工業統計年報

- 13) 大蔵隆彦：HEV (HybridElectricVehicle) 用ニッケル水素電池・モーターのリサイクルについて、科学技術振興機構研究テーマ・「マテリアルリソース社会システム構築のための総合研究」の検討会、2004.8.9
- 14) 武谷匡城 (CSM ワールドワイド); 需要高まるハイブリッド、2006.5.23、
<http://business.nikkeibp.co.jp>(日経ビジネスオンライン)
- 15) 境哲男：Eco design of Advanced Secondary Batteries,the 7th International Conference on Ecomaterials(ICEM7) in Singapore, 2005.7.7
- 16) 経産省：資源統計年報あるいは鉄鋼・非鉄金属・非鉄製品統計年報の生産統計_伸銅品原料
- 17) レアメタルニュース NO2274 2006年(平成18年)9月1日)アルム(株)

第2章 コバルト

1. コバルトの埋蔵量

米国の地質調査所 (Geological Survey) の Commodity Summaries の Co の記載箇所を見ると、他の元素よりも紙数を多く割いており、米国が Co に注目していることがわかる。Co 資源は南ア、オーストラリア、キューバなど限られた地域にしか存在しない地域偏在鉱種である。

表1 コバルト基礎埋蔵量 [Cobalt Reserve base (unit : kt)]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States	860	860	860	860	860	860	860
Australia	1,300	1,600	1,600	1,700	1,700	1,600	1,700
Brazil				40	40	40	40
Canada	260	260	300	300	350	350	350
China							470
Congo(Kinshasa)	2,500	2,500	4,700	4,700	4,700	4,700	4,700
Cuba	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Morocco				NA	NA	NA	NA
New Caledonia	860	860	860	860	860	860	860
Philippines	400	400					
Russia	230	230	350	350	350	350	350
Zambia	540	540	680	680	680	680	680
Other countries	1,200	1,200	1,600	1,500	1,500	1,500	1,100
World total(rounded)	9,900	10,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
	9,950	10,250	12,750	12,790	12,840	12,740	12,910

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表2 コバルト可採鉱量 [Cobalt Reserves (unit : kt)]

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States		NA	NA	NA	NA	NA	NA
Australia	880	1,300	1,300	1,500	1,400	1,300	1,400
Brazil				35	35	35	29
Canada	45	45	90	90	140	130	120
China							72
Congo (Kinshasa)	2,000	NA	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Cuba	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Morocco				20	20	20	20
New Caledonia	230	230	230	230	230	230	230
Philippines	NA	NA					
Russia	140	140	250	250	250	250	250
Zambia	360	360	270	270	270	270	270
Other countries	90	90	150	200	200	200	130
World total (rounded)	4,700	3,200	6,700	7,000	7,000	7,000	7,000
	4,745	3,165	6,690	6,995	6,945	6,835	6,921

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

Commodity Summaries には Co を含有する主要な鉱石として、ラテライト (laterite deposit) を挙げている。ラテライトは酸化鉱であり、通常は、Fe-Ni の原料となり、Co は Ni の中に取り込まれ、ステンレスなどに含まれて無益な産物となっている場合が多い。最近の新しい動きとしては、Ni 価格の高騰もあり、加圧浸出法による Ni 回収が採算に合うようになり、このときに副産物として Co が回収されるケースがでてきたことであろう。

2 . 世界の需給

表3 コバルト生産量 [Cobalt Mine production (unit : t)]

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
United States							
Australia	4,100	5,600	6,200	6,700	6,900	6,700	6,000
Brazil				1,200	1,300	1,400	1,200
Canada	5,300	5,300	5,300	5,100	4,300	5,200	5,500
China							1,300
Congo (Kinshasa)	7,000	7,000	4,700	12,500	12,000	16,000	22,000
Cuba	2,200	2,400	3,400	3,400	3,000	3,600	3,600
Morocco				1,300	1,300	1,600	1,600
New Caledonia	1,100	1,100	1,400	1,400	1,400	1,400	1,200
Philippines	NA	NA					
Russia	3,300	3,600	3,800	4,600	4,800	4,700	5,000
Zambia	4,700	4,600	8,000	10,000	11,300	10,000	9,300
Other countries	2,300	3,700	3,800	1,400	2,100	1,800	1,200
World total (rounded)	29,900	33,300	36,700	47,600	48,400	52,400	57,900
	30,000	33,300	36,600	47,600	48,400	52,400	57,900

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表4 世界のコバルト供給 (t) ¹⁾

生産国	生産者	鉱石	生産能力	製品	1999	2002	2003	2004	2005 (実績推定)	2006 (予想)
コゴ	Gecamines	銅	16,000	地金, 中間原料	5,180	2,149	1,200	735	600	600
ザンビア	Chambishi, Mopani	銅・コバルト尾鉱	7,000	地金	3,946	6,144	6,620	5,791	5,422	5,500
カナダ	INCO	ニッケル	2,000	地金, 酸化物	1,420	1,480	1,000	1,562	1,563	2,000
	ICCI (Sherritt)	(ニッケル)	3,000	地金	2,770	3,065	3,141	3,225	3,391	3,200
オーストラリア	Falconbridge	ニッケル (スクラップ 他)	4,500	地金	4,009	3,993	4,556	4,670	5,021	5,200
フィンランド	OMG	コバルト尾鉱・(銅)	10,000	粉末, 塩類, 酸化物	6,200	8,200	7,990	7,893	8,170	7,800
日本	住友金属鉱山	(ニッケル)	600	地金, 塩類	221	354	379	429	471	850
オーストラリア	QueenslandNickel	(ニッケル)	2,000	水酸化物	1,539	1,863	1,800	1,900	1,400	1,800
モロッコ	Murrin Murrin	ニッケル	4,000	地金	239	1,838	2,039	1,979	1,750	2,000
	CTT	コバルト	1,200	地金	470	1,354	1,431	1,593	1,613	1,500
ブラジル	Tocantins	ニッケル	1,200	酸化物		960	1,097	1,155	1,136	1,300
ロシア	Norilsk	ニッケル	4,500	地金		4,200	4,654	4,524	4,748	4,800
新プロジェクト	Bulong, Kasese	ニッケル, コバルト尾鉱	1,000	地金		650	0	0	50	100
その他		(コバルト精鉱)	7,000	地金他	1,230	2,538	5,297	6,701	12,952	13,800
小計			64,000		27,224	38,788	41,204	42,157	48,287	50,450
調整					0	0	0	0	0	0
アメリカ戦略備蓄放出					1,679	1,284	1,987	1,632	888	1,000
再生品 (2次原料から製造された1次コバルト)					2,000	1,135	1,704	2,947	3,298	3,400
総合計					30,903	41,207	44,895	46,736	52,473	54,850

注: 1 鉱石 () 内は買鉱生産を示す。

注: 2 上記は1次コバルト (地金・塩類、酸化物など) として製造されるもののみ記載、Falcon 以外の回収品、地金から加工される2次製品としての金属粉末・塩類、酸化物などを除く。(三井物産推定)

Commodity Summaries には説明がないが、表3に中国が2005年からCoを産出し始めたことが示されており注目される。

表5 世界のコバルト需要 (t)

	2003	2004	2005	2006(*)
アメリカ	10,000	10,000	10,800	11,700
西ヨーロッパ	7,800	8,200	8,600	9,100
日本	11,000	12,600	13,000	14,300
中国	6,400	8,500	11,300	12,800
その他	5,100	5,700	6,600	7,300
合計	40,300	45,000	50,300	55,200

注: 上記は地金、金属粉末、塩類、酸化物など1次コバルトとして消費されるコバルト (純分) ベースにて推定。(除くスクラップ)
(*)... 予想

スーパーアロイ向け、二次電池向けの二つの用途が世界のコバルト需要の50%以上を支えており、地域別にみるとその用途での主要消費量は、アメリカ・ヨーロッパ並びに日本に集中している。用途別で堅調であった需要はそのまま各3地域の需要量増加にも結びついており、それぞれ前年比約3%~8%の増加率となっている。3地域合計の需要量は、2004年の30,800tから2005年には32,400tに達した。

上記 3 地域の需要量合計 32,400t は世界の総需要量の 64%を占めており、残り 36%の大部分 11,300t、即ち 20%に相当する需要量を占めるのが中国である。

その中国の需要量も増加しており、これを支えているのは日本同様に二次電池用途向けと考えられる。

中国政府系非鉄情報局安泰科 (Antaiko) によっても中国の用途別消費割合は、

二次電池用途	: 52%
顔料・化成品など用途	: 24%
超硬合金・工具用途	: 11%
特殊鋼・磁石用途	: 11%
ダイヤモンド工具用途	: 2%

と圧倒的に二次電池用途向が多いと分析されており、前年比約 33%増となった同国の需要量を牽引している。

若干乱暴な推測となるが、2005 年のコバルト世界需給は、総生産量 (供給量) を倍増させる一方で自国消費の伸びは 3 割強に留まった中国の需給構造が、そのまま世界需給にも反映された結果、総供給量が総需要量を上回る構図となったと総括出来る。

(1) 2006 年の展望

2006 年のコバルト総供給量は 54,750t にまで増加するが、総需要量はそれを上回り、55,200t にまで達すると推定される (表 4、5 参照)。供給過剰に終わった 2005 年の需給環境から一転して供給不足になるとの予測であるが、この背景には以下の様な要因が挙げられる。

需要面では、スーパーアロイ向けが引き続き好調であり、アメリカ、ヨーロッパの需要がそれぞれ前年比 8%、6%増加し、11,700t、9,100t になると見込まれている。同地域向けでは、スーパーアロイに加え、コバルトを含有する触媒を利用する GTL (Gas to Liquid - 天然ガス液体燃料化) 向けの新規用途も加わると見込まれている。GTL 向けに関しては、過去数年コバルトの新たな用途として注目を集めていたが、そのプロジェクトの立ち上がりは遅れていた。ようやく今年 6 月にカタールでのプロジェクトが立ち上がり、今後のコバルト需要の増加要因の一つとなると注目されている。

日本・中国を中心とするアジア圏の需要も増加すると見込まれる。日本は前年比 10%増の 14,300t、中国は前年比 13%増の 12,800t の需要量見込みであり、この大きな増加要因は電池用途である。

2006 年の二次電池需要は、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニッカド電池合計で、前年比 7%増加すると見られている。電池別にみるとそれぞれの増加率は、リチウムイオン電池 13%増、ニッケル水素電池 7%増、ニッカド電池は横ばいとリチウムイオン電池の増加率が最も大きい。この需要増に対応して生産を増やすのが日本・中国・韓国であり、アジア地域のコバルト需要増加の大きな牽引役となると言える。

供給面でも需要量同様に 2005 年比増加すると予測されているが、その伸び率は、若干鈍化

すると見込まれる。主要需要国の増加率が前述の通り軒並み10%前後で増加するのにくらべ、総供給量の増加率は約5%に留まると見込まれている。

(2) Co の価格動向

表6 最近の Co の価格動向 MB 99.8%

	\$/kg	\$/lb	\$/lb
	平均	最小	最大
Jan-02	16.62	7.338	7.738
Feb-02	15.80	6.988	7.35
Mar-02	15.24	6.813	7.013
Apr-02	15.45	6.838	7.175
May-02	18.95	8.45	8.745
Jun-02	17.18	7.613	7.975
Jul-02	16.16	6.888	7.775
Aug-02	14.59	6.488	6.75
Sep-02	15.16	6.675	7.075
Oct-02	14.33	6.333	6.667
Nov-02	14.70	6.456	6.878
Dec-02	14.39	6.393	6.664
Jan-03	16.93	7.4	7.956
Feb-03	17.42	7.5	8.3
Mar-03	20.39	8.769	9.725
Apr-03	20.99	9.088	9.95
May-03	21.70	9.622	10.067
Jun-03	23.31	10.225	10.925
Jul-03	23.48	10.3	11
Aug-03	23.78	10.194	11.375
Sep-03			
Oct-03	24.10	10.31	11.55
Nov-03	31.97	13.95	15.05
Dec-03	40.08	17.679	18.679
Jan-04	57.90	25.444	27.083
Feb-04	60.83	27	28.188
Mar-04	60.66	27	28.033
Apr-04	59.13	26.45	27.188
May-04	57.07	25.475	26.3
Jun-04	56.49	25.133	26.111
Jul-04	55.09	24.622	25.356
Aug-04	53.28	23.925	24.406

	\$/kg	\$/lb	\$/lb
	平均	最小	最大
Sep-04	51.89	23.3	23.778
Oct-04	48.44	21.639	22.306
Nov-04	37.49	16.494	17.519
Dec-04	39.84	17.613	18.531
Jan-05	42.10	18.794	19.394
Feb-05	40.35	18.031	18.575
Mar-05	35.63	15.925	16.4
Apr-05	38.24	17.083	17.611
May-05	34.56	15.456	15.9
Jun-05	31.43	14.006	14.506
Jul-05	30.03	13.283	13.956
Aug-05	35.21	15.472	16.472
Sep-05	35.83	15.889	16.611
Oct-05	31.14	13.856	14.394
Nov-05	30.28	13.233	14.233
Dec-05	33.56	14.333	16.111
Jan-06	30.57	13.275	14.456
Feb-06	27.88	12.413	12.875
Mar-06	30.49	13.52	14.14
Apr-06	33.60	14.879	15.6
May-06	34.06	15.133	15.767
Jun-06	32.49	14.561	14.911
Jul-06	31.21	13.95	14.363
Aug-06	37.54	16.567	17.489
Sep-06	42.26	18.667	19.667
Oct-06	39.06	17.163	18.275
Nov-06			
Nov-06-15	35.16	15.700	16.200
Nov-06-17	37.15	16.500	17.200
Nov-06-29	55.12	24.000	26.000
Dec-06-01	57.87	25.000	27.500

増加率鈍化の大きな要因は、2005年に供給量を倍増させた中国における生産量の鈍化である。中国の最大生産者である金川社は引き続きその生産量を増やすとみられるが、他の生産者は総じて生産量を2005年比減少させるとの見通しが強い。内訳をみると、2006年はコンゴからの輸出が少なくとも同純分ベースで3,000tは減少するとも言われている。

コンゴからの原料供給減は、コンゴ自体もしくは中国以外の他地域からのコバルト供給量増を意味するものではない。コンゴからの輸出量が減少している要因は、銅価格高騰の影響でコバルトではなく銅の採掘へと生産者がシフトしていること、政府主導でコバルト安価原料の輸出が抑制されていること、また、外資の鉱山会社などによる新規コバルト開発（再開発）プロジェクトが数多く計画されており、より鉱山地域での原料の流出や採掘管理が徹底されている点にある。従って、原料の供給不足は、短期的にはコバルト供給量の減少を生むことになるかと思えるのが妥当である。

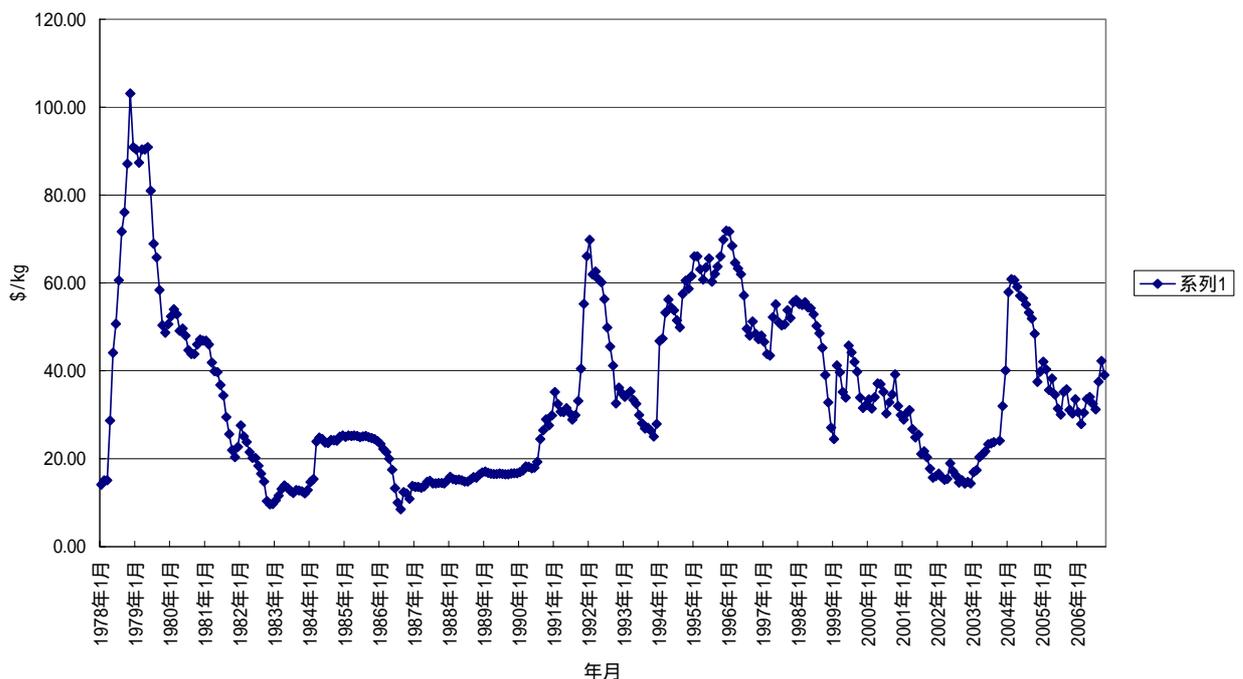


図1 Co 価格 (99.8%, \$/kg)

図1の価格動向を見ると、かなり乱高下を繰り返している。表6に最近の価格動向を示した。2006年の11月29日と12月1日の価格は50万円/kgを超えてきた。

(3) 日本のリチウムイオン電池の正極のCoのNiやMnへの代替

(a) リチウムイオン電池のコバルト代替化は年率10~20%予測²⁾

三洋電機は二次電池でのコバルトの用途を説明。さらにLIBとニッケル水素電池(Ni-MH)でのコバルトの代替についても触れた。LIBでは、三洋電機はリチウム酸コバルト(LiCoO₂)の代替としてLiMn₂O₄+LiCoO₂およびLi(Ni-Mn-Co)O₂+LiCoO₂の複合体を開発し、すでに商品化されている。松下電池工業はニッケル、コバルト、アルミニウムの複合体、ソ

ニーはニッケル、マンガン、コバルトを使った LIB の生産を開始している。この LIB の特徴はコバルトの減量化がある一方、高容量化され (4.2V → 4.4V)、熱安定性が上がっていることで、品質を落とした代替ではなく、他の安い原料を使用すると特性が向上することである。また、コバルトの価格が安くなっても代替化の動きは止まないという。Ni - MH では Mn(Ni - Co - Al - Mn)₅ での省コバルト化を図り、すでに商品化されている。

LIB のコバルト代替化の進み方は、現在年 10 ~ 20% を予想される。セットメーカー (携帯電話メーカーなど) は正極材が変わり電池の電圧が変わると回路変更が必要である。そのため代替化の動きは限定される。

(b) 日本のリチウムイオン電池出荷は前年比 10 ~ 15% 増へ

リチウムイオン電池向けコバルト需要は、正極材をコバルト酸リチウムからコバルトレス化や、三元系 (ニッケル、マンガン、コバルトなどの複合酸化物) のものが若干出てきているが、コバルト需要に大きな影響はないという。日本の今年 1 ~ 3 月計のリチウムイオン電池出荷数量は経済産業省統計によると 2.68 億個で前年同期比 31% 増となっているが、暦年ベースでは前年比 10 ~ 15% 増が見込まれているという。昨年は在庫調整により買い控えられたが、通常レベルの購入に戻ると予想されている。

(4) Co 価格上昇の要因について考察

Co 価格上昇の要因を考える。一つは、表 4 に示すように政情不安と銅採掘優先のためにコンゴから Co 鉱石供給が 2004 年から減少している。これは銅価格が 2004 年から 2000\$/t 以上に回復したと連動している。

二つめは用途別にみると、好調な航空機需要に引き続き支えられたアメリカ、ヨーロッパを中心とするスーパーアロイ・メーカー向けの需要が堅調であった。2001 年の 9・11 事件以後低迷していた航空機業界も 2004 年に復調に転じてからは本格的な回復をみせたからである。

三つめは二次電池の旺盛な需要であった。特に、中国の二次電池の需要の急上昇が上げられる。次に、日本の旺盛な二次電池の生産増加があったためである。問題は日本のリチウムイオンの Co から Ni、Mn などへの代替の進行状況である。(3) の (a) で Co からの代替がかなり進むような記載が、(3) の (b) で代替の影響は小さいとの記載に変わっている。このように代替予測が変わったのは、レアメタルニュースは言及していないが多分ソニー製リチウムイオン電池の発火問題が大きく影響したと考えている。今後、この材料の代替がどのように進むかは業者のヒヤリングが必要と考える。

その後のヒヤリングの結果、「ソニーの影響は大きくなかった。リチウムイオン電池の正極が、Co から Ni、Mn への代替進行が進展すると考えられた。しかし、現実には進行しなかった。その理由としては、Mn への代替はリサイクル性が悪くなる。Ni については、Ni の価格上昇

したために（2006年10月33,000\$/t）、Coの価格（2006年10月39,000\$/t）とあまり変わらなくなったので、Niに代替するメリット乏しくなったためと考えられる。」とのことであった。

3. 日本の需給

資料1)によると、日本Coの2005年の総需要は13,000tで、約7割が二次電池で占めているが、各用途別にみると

- 電池 66% (8,500 t)
- 磁気記録媒体・他 11%
- 特殊鋼 7%、
- 粉末冶金 6%、
- 有機酸 4%、
- 磁石 3%、
- 触媒 2%、
- 顔料 1%

で、下の値は、経産省統計と言及（経産省統計には が考慮されていないとのこと）。

ところで、著者の計算によると、二次電池の金属使用はNiの項で詳述するが、具体的に数値を挙げると、2005年の二次電池の金属消費量は、

- Ni-Cd→791t、
- Ni-MH→609t、
- リチウムイオン→3,966t、
- ハイブリッド→349tで、
- 合計 5,366t

歩留を85%とする、電池材料の消費量は、6,724tとなった。これは二次電池が全体の51.8%に相当することになる。

多分、経産省統計に抜けがあり、の用途の占める割合が実際よりも低くなったためと考える。

リチウムイオン電池製造時の加工くずの発生量は、リチウムイオン電池の生産量の15%の600t程度考える。

リチウムイオン電池の正極材の加工くずは、図2に示すように、アルミ缶が使用されており、アルニコ磁石の原料として使用されるが、最近ではアルニコ磁石の生産量は希土類磁石の普及により減少し、全部は消化できずに、中国へ輸出され手解体後粉末にされ再びリチウムイオン電池の原料として使用されている。

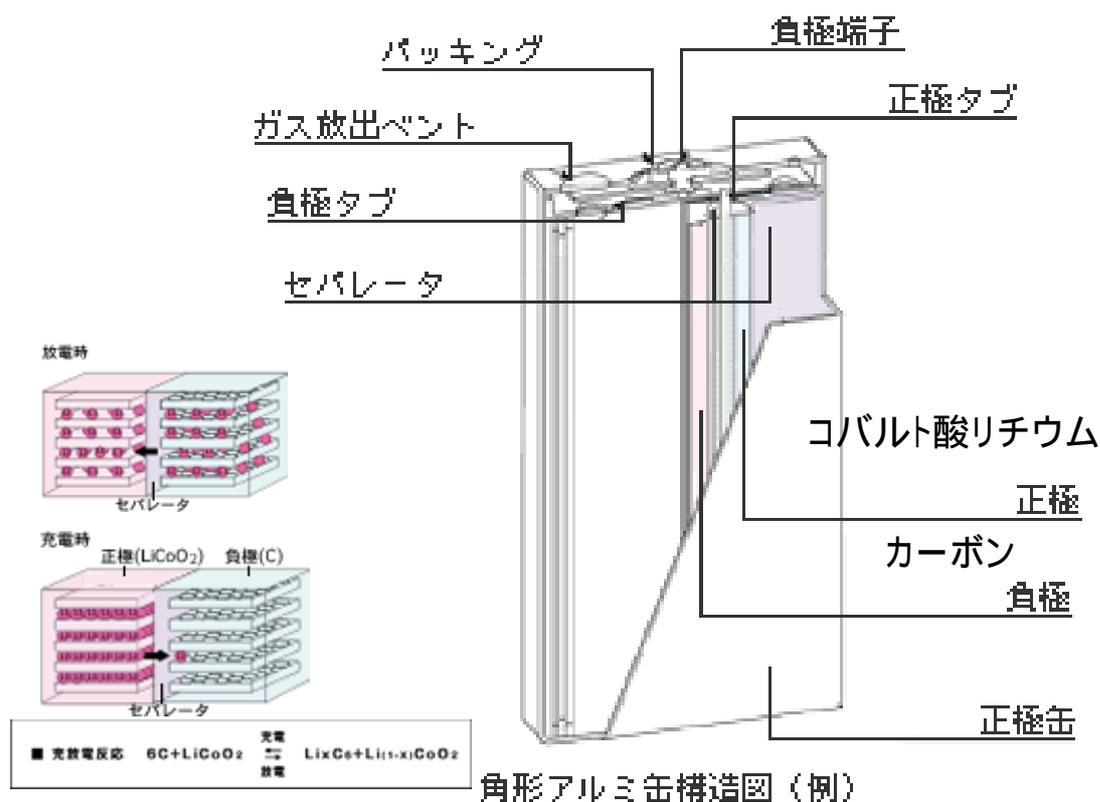


図2 リチウムイオン電池の構造

表7 アルニコ磁石の生産量と Co 消費量 (単位: t)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
アルニコ	1,774	1,969	1,691	1,482	1,137	1,119	1,313	1,015	1,073
Co 量	448	497	427	374	287	282	331	256	271

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
アルニコ	890	932	851	679	519	463	478	391
Co 量	225	235	215	171	131	117	121	99

注) Co 含有量は、25.24%として計算

引用文献 (第二章)

- 1) アルム社; コバルト、工業レアメタル No.122 P83-89 2006
- 2) アルム社: コバルト ロシアが安売りで市場軟化 (2220_050616 レアメタルニュース)
- 3) アルム社: コバルト ロシア品の値上げで相場上昇 (2263_060601_レアメタルニュース)

第3章 バナジウム

1. バナジウムの資源量

表1 バナジウム基礎埋蔵量 (vanadium reserve base、単位：kt)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
China	3,000	3,000	14,000	14,000	14,000	14,000	14,000
Russia	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
South Africa	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Other countries	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
World total (maybe rounded)	27,000	27,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000
	27,000	27,000	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表2 バナジウム可採鉱量 (vanadium reserve、単位：kt)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
United States	45	45	45	45	45	45	45
China	2,000	2,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Russia	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
South Africa	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Other countries	NA						
World total (rounded)	10,000	10,000	13,000	13,000	13,000	13,000	13,000
	10,045	10,045	13,045	13,045	13,045	13,045	13,045

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表3 バナジウム鉱石

鉱石名	組成	V含有%	産地
モントレサイト Montrosite	(Fe,V) O ₂ H	~ 45	
パトロン鉱 Patronite	VS ₄	~ 28	ペルー
チュヤムン石 Tyuyamunite	CaO · 2CUO ₃ V ₂ O ₅ · 4H ₂ O	~ 11	アメリカ, CIS
カルノー石 Carnotite	K ₂ O · 2UO ₃ V ₂ O ₅ · 2H ₂ O	10 ~ 11	アメリカ, 멕시코, トルコ

出典：新金属データブック、金属時評 2002年

表1、表2に世界の鉱石生産量、可採鉱量、基礎埋蔵量に示した。中国のバナジウム鉄スラグ（バナジウム含有転炉スラグ）から生産量は減少している（2003年から）。これは、鉄鋼需要の増大により、鉄鋼価格が高騰したために、鉄鋼生産を優先して操業したために生じたことである。

世界のバナジウムの埋蔵量は6,300万tである。バナジウムは、V含有主要岩石含有量2%以下のチタン鉄マグネタイト、リン鉱石、ウラン鉄砂岩・シルト岩などに存在する。また、ボーキサイトや、原油、石炭、オイルシェール、タールサンドのような炭素鉄材料にかなり

のVが含有している。

Vは通常副産物や共産出物なので、公示されている資源埋蔵量は利用されてる量の全てを表してはいない。米国では、国内埋蔵、リサイクルなど集計すると需要を満足させることができる。しかし、現実には、米国の需要は海外から供給されている。その理由は、米国のバナジウム鉱山の採算性は良くないからである¹⁾。

地殻中のバナジウムの存在量は、クラーク数で示すと、0.015で23番目の元素である。この存在量は、鋼の0.01やニッケルの0.01と比べても多い方ではあるが、一般常識とは異なっていて、鉄の生産時の副産物であるバナジウムスラグV205約10~25%や、ウラン採取の副産物を原料としたり、ボイラー燃焼灰、使用済み脱硫触媒、などから抽出されることが多い。直接に鉱石から採取するものとしては、南アフリカで操業している含チタン磁鉄鉱(V205約2.5%)を原料とするものが主体であり、鉱物としては表3に示すものなどが認められているものの、ほとんど活用されていない²⁾。

多分、表2の可採鉱量は、現在採算の合っている鉄の副産物に関連する埋蔵量のみが掲載されていると考える。

2. 世界のバナジウム需給

Vは鉄鋼生産量と連動して需要が増加する傾向がある。世界的な鉄鋼増産の影響でVの需要も増加しているが、その中で、中国の増加が著しい。これは、中国政府が、鉄筋コンクリート用の強靱性丸棒へのバナジウム添加を推奨しているためである。しかし、2003年~2004年にバナジウム専業鉱山(南ア・Vantech、豪州・Windimurra)の休止・閉山が相次いで以降新規サプライヤーの出現はほとんどない。このためVの価格高騰し、価格が高騰し過ぎた影響もありニオブへの代替などのバナジウム離れが進行している。また、FeVの価格が60\$/Kgが需要回復のポイントともいわれ、Vの価格次第で需要が増加する可能性がある。

なお、下記の表5、表6は双日が作成したもので、双日はStratcor社に25%出資、US Vanadium社、Vemetco社にも独占販売権をもっており、特に、南ア、米国の情報は正確である。それに反して、中国の情報は表4のUSGSに比較する見劣りする。

現在、Vの価格が上昇しているが、最近閉鎖したV専業鉱山が再開する可能性は少ないとされている。

それは、V専業鉱山の採算性が鉄・ウランの副産物の鉱山に比較すると、悪く、現在の需要増が中国に大きく依存しており、その増加度合いも価格の影響受け爆発的需要増加がストップしているからであろう。

Vの増産情報としては、世界最大生産者であるhighvelt社(南ア)が2005年4月に2006年下半期までに30%の増産を行うと発表した。しかし、このHighveltの最大株主のAnglo Americanが鉱山を売りに出しておりこのような膨大な投資を行うか疑問視されている。

最大の生産国である南アフリカでAAC(アングロ・アメリカン)が2005年11月末に子会

社ハイベルド・スチール・アンド・バナデアム社の事業を非コア事業に指定、売却方針を打ち出したことによって供給面の不安定性はさらに拡大した。また、鋼材生産能力年間 70 万トンのハイベルド社の売却先は決定していないが、同社が同時に世界最大のバナジウム生産者（年間 50 百万封度）であるためその帰趨が注目されている。現在の段階でハイベルド社買収に関心を示している企業はミッタル社、タタ社など鉄鋼ミルであり、鉄鋼ミルがどの程度買収企業のバナジウム事業に期待と関心を示すか不透明である。³⁾

2005 年にウランの副産物からバナジウムを回収する米国の Cotter 社が操業の再開を予定している。

近隣の諸外国から残渣を輸入して回収するので合計の生産量は V 換算で 1,300 t と言われている。

表 4 世界のバナジウム鉱石生産量 (vanadium mine product、単位：t)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
United States	w						
China	16,000	16,000	30,000	33,000	13,200	14,000	17,000
Russia	9,000	9,000	9,000	8,000	8,500	8,000	15,100
South Africa	16,000	17,000	18,000	18,000	18,000	17,200	25,000
Other countries	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,100
World total (rounded)	42,800	43,000	58,000	60,000	41,000	40,200	58,200
	42,000	26,000	58,000	60,000	40,700	40,200	58,200

Source : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries

表5 世界のバナジウム供給推移（単位：V量で、t）

		2002	2003	2004	2005	2006
(供給)					推定	予測
南アフリカ						
	Highveld Vantra (p)	2,540	2,540	4,318	4,572	5,817
	Vantra - Slag (b)	7,112	8,128	8,636	8,763	8,408
	Glencore Rhovan	3,810	4,064	5,080	5,588	5,588
	Vantech	3,556	3,302	0	0	0
	Stratcor Vametco	0	762	2,032	2,286	3,048
小計		17,019	18,797	20,067	21,210	22,861
アメリカ						
	Stratcor	2,032	2,032	2,286	2,540	2,286
	Gulf Chemical	1,524	1,524	1,524	1,524	1,524
	CS Metal	1,016	1,016	508	0	0
	Amox	0	0	0	0	0
	Kerr Mcgee	0	0	0	0	0
	Others < Spent Catalyst >	1,016	1,016	1,524	2,794	2,540
小計		5,588	5,588	5,842	6,858	6,350
(ヨーロッパ/ロシア)						
	Tula	6,858	5,080	7,112	7,366	7,874
	Chusovoy	508	508	889	1,524	1,778
	Orbit	635	254	127	127	127
	Others	254	254	254	254	254
小計		8,255	6,096	8,382	9,271	10,033
(アジア/オセアニア)						
オーストラリア	Windimurra(P)	3,048	0	0	0	0
ニュージーランド	BHP	889	889	1,016	1,270	1,270
中国	Pangang	7,112	7,874	8,128	9,906	13,971
	Chengde etc	0	0	0	0	0
日本	Taiyo Koko	1,016	1,016	1,016	1,016	1,143
	Shinko Chemical	0	0	0	0	0
	JFE Material					
台湾	Full Yield	254	254	254	254	254
小計		12,320	10,033	10,414	12,447	16,638
供給計		43,182	40,515	44,706	49,786	55,883

出典：工業レアメタル No.121 p88 2005 及び、No.122 p100 2006

表6 世界のバナジウム需要推移

	2002	2003	2004	2005	2006
アメリカ	9,144	9,144	8,890	9,398	9,652
カナダ	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
西ヨーロッパ	9,652	9,652	10,414	10,414	10,669
東ヨーロッパ	1,016	1,270	1,651	2,032	2,540
CIS	3,302	3,556	3,937	4,572	5,334
中国	3,556	4,318	8,128	9,652	9,906
日本	4,318	4,826	5,080	5,334	5,715
韓国	1,778	1,778	1,778	1,778	1,524
その他	4,318	4,318	5,334	5,334	5,334
合計	38,102	39,880	46,230	49,532	51,691
ロス加算分(5%)	40,108	41,988	48,669	52,149	54,409
需給差引き	3,074	-1,473	-3,963	-2,362	1,473

出典：工業レアメタル No.121 p88 2005 及び、No.122 p100 2006

注) V₂O₅ (酸化物) → V (金属) に重量換算

3. 日本のバナジウム需給

3.1. 日本のバナジウムの供給

V₂O₅の供給量(回収量、単位:t)

V ₂ O ₅ 回収企業	回収対象	2005年	2006年
・太陽鋳工	使用済み重油直接脱硫触媒(赤穂、坂出)	900	900
・新興化学工業	石油火力発電所(重油焚きボイラー)の燃焼灰(堺市)	490	650
・鹿島北共同発電	オリノコタール燃焼灰(茨城県鹿島郡)	240	273
・NCC(住鋳子会社*1)	使用済み重油直接脱硫触媒(新居浜)	500	600
・メタルテック(JFE関連*2)	重油焚きボイラーや使用済み脱硫触媒	-	994

*1 NCC(住友金属鋳山の子会社・日本キャタリストリサイクル)が太陽鋳工のアドバイスを受け入れ、触媒担体のAl₂O₃の回収を断念し、Mo-Ni-Coの回収に限定して、リサイクルが可能となり、2004年から回収が開始された。

*2 最近、またJFEの関連会社のメタルテクノロジーが重油焚きボイラー灰や使用済触媒からのV回収を始めた。

[日本のJFEマテリアルス社は厳しい環境規制をパスして2005年11月から富山工場で乾式によるフェロバナジウムの生産を開始した。年産2,000ト(純分1,000ト)の50%フェロバナジウムの生産設備を立ち上げた。日本市場にある使用済触媒の回収を図り、乾式で直接フェロバナジウムを生産する。新技術開発をベースとしている。ただ、日本におけるこの種の使用済触媒の発生量(年間2.5万ト)は数量が限定されるので日本全体としてのバナジウム供給増とは無縁である。]³⁾

3. 2. 日本のバナジウムの需要

鉄鋼関連

表 7 バナジウムの需給関連指標 (単位: MT) ³⁾

	五酸化バナジウム (V ₂ O ₅)					フェロバナジウム (FeV)							
	輸入	消費	国内生産からの供給	期末在庫	生産	FeVの純度	販売	生産者在庫	輸入	受入	消費	V換算	消費者在庫
1997	5,302.2	5,604	302	442	4,457	0.711	4,811	386	1,809	5,721	5,714	4,063	952
1998	5,042.9	5,413	370	799	4,073	0.744	4,123	386	1,913	5,438	5,547	4,127	915
1999	3,699.8	4,370	670	615	3,444	0.711	3,382	679	1,981	5,798	5,767	4,100	1,073
2000	4,538.5	5,262	724	659	4,108	0.717	4,058	642	2,775	6,592	6,568	4,709	1,161
2001	3,617.8	4,762	1,144	556	3,688	0.723	4,441	551	2,995	6,647	6,700	4,844	1,166
2002	3,981.0	4,620	639	703	3,692	0.701	4,339	529	3,236	7,145	7,244	5,078	1,034
2003	3,809.5	4,613	804	473	3,595	0.719	4,602	520	4,251	6,256	6,341	4,559	1,009
2004	2,274.2	NA	NA	NA	2,178		4,979	482	5,518	6,937	6,899		1,081
2005	2,713.2	NA	NA	NA	2,360		4,867	848	5,820	7,302	7,426		1,104

出典: 合金鉄年鑑 2006 テックスレポート

注 1) NAは経産省の統計で、2004年から統計廃止で不明。ただし、表の平均値からあるていどの数値を逆算できる。

注 2) 工業レアメタル No.121 p87 2005 (執筆者は双日←日商岩井) では輸入 FeVの V含有率を 80%として計算しているが、国内 FeVには、1号 80%と 2号 50%があり、電炉業者は溶解し易い 50%含有の FeVを使用するケースが多く、平均すると Vの含有率は 65%~70%の間にある(太陽鉱工)。上表のその含有量は推定してみた。FeVは V₂O₅からテルミット法で製造される。鉄鋼用 (FeV)の原料の V₂O₅の純度は約 98%なので、その純部分だけ Vの含有率は低下する。

注 3) 日本に FeVを供給しているのは、太陽鉱工と日本電工の 2社だけである。過去には、日本重化、NKK、栗田(あわた)金属も供給していたが、前 2社はかなり以前から製造を中止しているが、栗田(あわた)金属は 2003年から中止している。2002年頃から、FeVの国内生産量は減少し、輸入量は増加している。これは日本電工が FeVの生産拠点を、我が国から南アに移動しているためである。

注 4) 換算係数の $V2N2O5=2 \times 51 / 2 \times 51 + 5 \times 16 = 102 / 182 = 0.56$

鉄鋼以外
化学用途

	2005 年	2006 年	
計	500	600	
脱硝触媒	200	200	
釉薬	200	200	
フタル酸、マレイン酸の触媒	100	100	
その他		100	(その他の触媒、用途は秘密 [5 年以上])

その他

骨材 10 ~ 15t (AL-V 50t 「コンテナの柱 (V=5% ~ 30%) 」)
チタン合金ゴルフヘッド 0t (Al 6 : V 4 : 残部 Ti 「輸入」)
金属 5t 以下

チタン合金ゴルフヘッド材料の輸入 (単位 : t)

	2005 年	2006 年
(AlV 合金, Al:V=6:4)	288	431

太陽鋳工もゴルフ材料 (アルミバナジウム合金) をトライしているがなかなか満足する製品ができないという。

ポイントは金属純度ではなく N や O の溶解濃度のレベルにあるとのこと。

大同特殊や神戸製鋼はこの合金を米国から購入し、Ti 合金を製造しているとのこと。

3 . 3 . 需給バランス

1) 2005 年

供給側は、NCC を除く国内供給合計 1,640t、化学用途需要を V 換算で 500t を V₂O₅ に換算すると 700t の合計 Fe - V 生産への国内材料供給量は、1,640t - 700t=930t

V₂O₅ の輸入量は 2,713t でこれが Fe - V に供給されたとすると、材料供給量は、3,643t でこれを F - V (72%) に換算すると 2,833t で、実際の F-V 生産量は、2,360 t と比較すると 473t (Fe - V) が過剰となる。この供給過剰分は、生産歩留で説明するか触媒用途で公表できない分野のいずれかであろう。

ところで、NCC の供給分は、国内へは供給されていないとの情報があり、多分海外に輸出されていると想定される。

2) 2006 年

2006年の合金鉄年鑑が未だ発行されていないので、需給バランスを計算できない。
ところで、JFEは50%VのFe-Vを製造しているとのこと(太陽鉬工の製造しているFe-Vは80%と50%の平均濃度の約70%V程度)。

4 . バナジウムの価格動向と今後

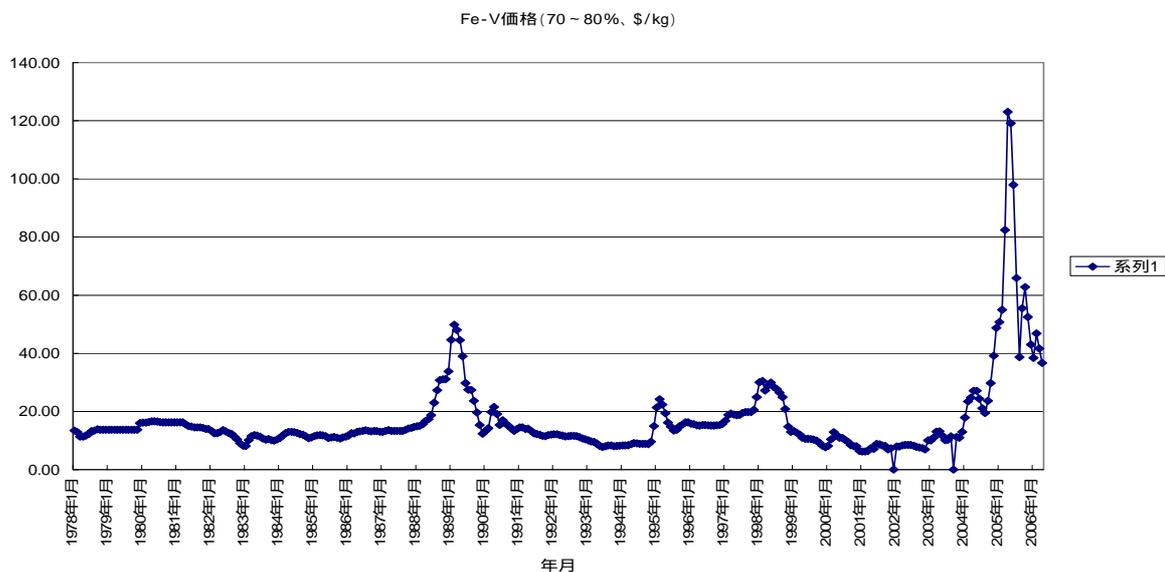


図 1

表 8 メタルブリテン価格—バナジウム Fe-V 70-80% 単位：\$/kg

Jan-02	7.91	Jan-05	50.78
Feb-02	7.98	Feb-05	54.94
Mar-02	8.33	Mar-05	82.41
Apr-02	8.45	Apr-05	123.00
May-02	8.51	May-05	119.06
Jun-02	8.49	Jun-05	97.89
Jul-02	8.21	Jul-05	65.86
Aug-02	7.85	Aug-05	38.72
Sep-02	7.60	Sep-05	55.44
Oct-02	7.39	Oct-05	62.81
Nov-02	6.90	Nov-05	52.47
Dec-02	10.08	Dec-05	42.97
Jan-03	10.05	Jan-06	38.44
Feb-03	11.07	Feb-06	46.78
Mar-03	13.09	Mar-06	41.60
Apr-03	13.10	Apr-06	36.68
May-03	11.68	May-06	40.61
Jun-03	10.15	Jun-06	38.83
Jul-03	10.22	Jul-06	36.07
Aug-03	11.45	Aug-06	35.94
Sep-03	0.00	Sep-06	40.22
Oct-03	11.21	Oct-06	37.14
Nov-03	10.95		
Dec-03	12.99		
Jan-04	17.89		
Feb-04	23.45		
Mar-04	24.69		
Apr-04	27.07		
May-04	27.14		
Jun-04	24.33		
Jul-04	21.10		
Aug-04	19.43		
Sep-04	23.64		
Oct-04	29.76		
Nov-04	39.19		
Dec-04	48.75		

資料⁴⁾の記載を参照して、

4.1. Fe-V相場は\$40台の高値圏で推移

市況低迷に陥っても継続可能かは未知数との声も。今年のパナジウム需給は、中国や CIS など旧東側市場を中心に引き続き需要は堅調に推移しているが、それを上回る生産者の増産で 1.473 万 t 強 (= 世界消費の約 3 カ月分に相当。V 量) の供給過剰を双日 (鉄鉱石・合金鉄部) は予測している (表 6)。V の価格動向は、図 1 と、表 8 に示した。ちょうど 1 年前に史上最高値 (月平均で V205: 26.25 ドル/lb, FeV: 123 ドル/kg,) を記録した国際相場は現在、Fe-V で 40 ドル台まで値を下げているが、2000~02 年にかけて 8 ドル台で低迷していたころのことを考えれば依然、高値圏に張り付いている。今後の市場を占ううえでの注目点として、供給面では既存メーカーの増産スケジュールもそうだが、特に新規プロジェクトの動主が焦点となっている。

4.2. 豪の再開計画に続きカザフでも新規プロが出現

Vantech 撤退後は既存メーカーだけで需要増に対応。世界のバナジウム供給は、03 年に市況低迷と経営者の内部抗争などで閉鎖した Windimurra 鉱山 (03 年以降、事実上休山) や 04 年に磁鉄鉱中の資源枯渇を理由に生産を中止した南ア・Vantech といった大手生産者の撤退以降、市場にインパクトを及ぼすような新規参入はなく、04~05 年にかけての中国を中心とする旺盛な需要は既存の生産者が賄ってきた。しかし、ここへきて Windimurra 鉱山の再開やカザフスタンの参入話といった新たな動きが出てきた。

バナジウムに限らず、需要旺盛時に増産や新規参入が行われた結果、ひとたび需要が陰ると途端に供給過剰に陥り相場下落を招くというパターンを繰返しながらも、結果的に発展を続けてきていると言われればそれまでだが、これらプロジェクトが市況低迷時に継続可能かは未知数である。

カザフでは年間 V 5,000t の生産を計画

イギリス領ヴァージン諸島に本拠を置く Ferro - Alloy Resources 社 (FRL) はカザフスタンの Balasausqandiq 鉱床で年産 V 量で 5,000t (現在の世界供給の約 7~8%) のプロジェクトを推進しようとしているとメタルプレティン誌 (6 月 12 日号) は報じている。年間 100 万 t の鉱石処理を計画しており、FRL では同鉱床の採掘権を 2023 年まで保持しているという。販売先は主に中国市場を狙っている。今月に小規模プラントの建設にとりかかり、07 年第 1 四半期までに 10 万 t 規模の鉱石処理ができるようにし、同年前半にサンプルを出す。さらに、第 2 段階で 3,000 万ドルを投じて商業化へ駒を進めると言われ、生産コストも低いとしているが、既存メーカーは「新参入は厳しいだろう」との見方をしていると伝えている。

Windimurra 鉱山の再開は早くも 2008 年

豪 Precious Metals Australia (PMA) が西オーストラリア再開を検討している Windimurra 鉱山プロジェクトは、V を年間約 5,000t 生産する計画だが、売却されてしまっている主要設

備の手当て、資金調達、環境面での許認可など問題があり、うまく運んだとしても稼働は 2008 年とみられている。

4.3. 需要面では中国市場の動きに注目

バナジウムの需要面での注目点は中国市場の動向だ。ここ数年の中国での需要好調は、北京五輪、上海万博などを背景とする旺盛なインフラ整備需要から、鉄筋コンクリート用の強靱性丸棒（添加）が伸びているのが要因として大きい。同国の需要（表 6）は 2003 年の 4,300t に対して、今年は 9,900t と 2.3 倍に拡大すると予想されている（中国が世界のバナジウム需要の伸び[成長]の 5 割以上も占めている）。

しかし、同国はバナジウム相場に応じて、高騰時には代替材料（主にニオブ）へシフトしたり、また需要そのものも国の経済政策 1 つで調整が入るなど不安定だ（建物の建造を強制的に抑制）。さらに、中国自身もバナジウム（鉄鉱石の副産）の増産をはかっている。このため、西側の既存メーカーは増産や新規参入計画に対して慎重にならざるを得ない状況にあると言える。

引用文献（第三章）

- 1) U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2005
- 2) 新金属データブック、p433、金属時評 2002 年
- 3) 合金鉄年鑑 2006 テックスレポート
- 4) レアメタル・ニュース No2266 2006 年（平成 18 年）6 月 24 日

第4章 レア・アース

1. 鉱石の種類と鉱床

希土類鉱物は約 160 種類、希土類鉱物ではないが相当量の希土類元素を含んでいる鉱物は 60 種類あまり知られている。これらの鉱物には、炭酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩、フッ化物、酸化物などがあるが、希土類元素の硫化物は鉱物としては知られていない。

希土類元素の鉱床としてはカーボナタイト (carbonatite) や熱水性鉱脈などのマグマ作用によるもの、含チタン砂や含スズ砂などの堆積作用による砂鉱床、イオン吸着型の化学的風化作用によるものが代表的である。希土類元素の資源として重要な鉱物は、バストネサイト (bastnesite)、モナザイト (monazite)、ゼノタイム (xenotime) の三種類である。これらの (鉱物を多く含む希土類鉱石とイオン吸着型粘土) 鉱石における希土類元素の含有量は表 1 の通りである。近年、商業的に採掘されるような鉱床はカーボナタイトやイオン吸着型鉱床に限られている。希土類元素を主体に稼動している場合は、むしろまれで、鉄、チタン、錫、ウラン、トリウムといった資源の副産物として採掘されてきた場合の方が多い。中国が最近レア・アースでコスト競争力があり、世界でのシェアをアップさせた要因の一つがレア・アースを副産物として生産できたことである。例えば、下記の バネステサイト四川省や山東省のレア・アース生産は磁鉄鉱の副産物であること。また、中国の複雑鉱石の内蒙古自治区の世界一のレア・アースの生産量のある包頭鉱山も、磁鉄鉱の副産物での生産である。ただし、最近の希土類磁石で脚光を浴びている イオン吸着鉱は副産物ではない。表 1 の希土類鉱石の成分分布を見ると、パトモナス (中国包頭) は磁石材料の Nd や Dy の構成比率が低く、構成比率の高い La や Ce などが過剰となり経営を圧迫しているという。それに反して、イオン吸着鉱は表 1 を見ると、磁石材料の Nd や Dy の含有比率が高い。しかし、環境問題があるとの話を以前から聞いていた。イオン吸着鉱は他に鉱石に比較してレア・アースの品位が低いために、鉱石の採掘量が増加するための環境問題と考えていたが、最近の未踏科学技術協会の希土類磁石の講演会で産総研の地質専門家から、イオン吸着鉱石を酸に溶かして濃縮しているとの話があった。このようにイオン吸着鉱は SXEW のように、硫酸で抽出しているのであろう。その場合の酸の処理の問題が公害問題となっていると理解できた。

モナザイト[(Ce, La, Nd, Th) PO₄、砂鉱床 (堆積鉱床)]

1960 年頃まではモナザイトがレア・アース製品の主たる原料であった。モナザイトの産地は、インド、ブラジル、オーストラリア、米国、南アフリカ、エジプト、スリランカ、マレーシア、韓国などの多くの国々に及んでいる。中国では、広東省陽江村付近から海南島にかけての海岸に分布し、鉱山としては、南山海 (Nanshanhai 広東省) がある (新金属協会 レア・アース (新金属早分かりシリーズ No. 2) 平成元年 12 月 1 日)。なお、モナザイトは、普通海岸や砂鉱床として存在し、チタン原料になるルチルやイルミナイト及びジルコニウムの原料となるジルコンなどの重鉱物と一緒に産出する。これは、はじめ岩石中に含まれてい

たモナザイトがその岩石の風化分解により土砂礫となり河川などに流されて、比重の高いものだけが、河岸や海岸に層なして堆積したものである。

ゼノタイム[(Y, Ce, Er) PO₄]

ゼノタイムはモナザイトと同一の構造をもつイットリウムのリン酸塩で、トリウムを含むが、その割合は普通モナザイトよりも少ない。1975年までイットリウムの原料として使用された。近年、オーストラリアでも生産されているが、マレーシアが主な供給源である。

バストネサイト[(Ce, La) (CO₃) F、カーボナタイト/アルカリ岩複合体]

米国のカリフォルニア州のマウンテンパス鉱山 (Mountain Pass、Molycorp Inc. の所有) はバストネサイトの単独鉱床である。この鉱山はカラーテレビの普及から急速な開発が行われた。この本格的な開発によって、生産の主体はモナザイトからバストネサイトに移行した。また、中国でバストネサイトが産出されるまで、同鉱山が世界最大の鉱山であった。中国は、冕寧 (Mian Ning 四川省)、微山 (Weihun 山東省) の磁鉄鉱の副産物としてバストネサイトを産出する。

中国の複雑鉱石 [REFCOE₃ + REPO₄] →バスト・モナズ

バストネサイトとモナザイトの共析したもので、中国白雲鄂博鉱床 (Bayan Obo、内モンゴル自治区) の磁鉄鉱の副産物として産出する。軽希土類の最大の供給源となっている。白雲鄂博鉱床の包頭鉱は REFCOE₃ と REPO₄ を主とする混合希土鉱であるため、精鉱の前処理に技術工程上の困難があったが、40年以上の技術工程研究を経て開発され、生産技術とその設備も整備された (中国レア・アース産業の現状と展望 苗広札 (中国甘肅希土類集团公司) 2001年9月中国有色金属工業協会の金属事業団訪問資料から)。

なお、包頭白雲鄂博鉱山の原鉱石は、製錬所で Fe₂O₃ 33%を 55%以上に引き上げるため、コニカルボールミル粉碎 - 分級 - ドラム磁選が行われ、Fe₂O₃ 62% ~ 65%製鉄用一次精鉱を得ている。引続き、その尾鉱について、浮選と磁選をおこなって Fe₂O₃ 45%以上の製鉄用二次精鉱を採取している。この浮選工程の泡沫部分にレア・アース鉱物が 10 ~ 15%濃縮してきている。この一部がテーブル選鉱にかけられ、R₂O₃ 30%の粗精鉱となり、更にそれを精製浮選プラント処理して、R₂O₃ 60%のレア・アース精鉱を得ている (1)。

イオン吸着鉱 (風化残留鉱床)

カオリン質粘土に一時希土産物の風化したレア・アースイオンが 10 倍ほど濃縮されて選択的に吸着した堆積鉱床である。中、重軽希土の含有量が高い鉱石である。産地は中国南部の江西省、広東省で、江西省の竜南 (Long Nan)、尋烏 (Xun Wu)、信豊 (Xin Feng) である。イオン吸着鉱はレア・アースの含有率が低いため、1 トンのレア・アース酸化物を得

るのに何百トンもの粘土を処理する必要があるため、環境悪化の一因となっている。

イオン鉱石は、江西、広東、広西自治区、福建、湖南にイオン鉱石の全国埋蔵量の60%～70%あり、且つ、江西省、広東省で60%以上を占めている。生産は、江西省だけで全国の60%～70%を占めている。イオン鉱石のレア・アース品位REOは、0.05%～0.2%で、他の鉱石の品位、例えば、バストネサイト鉱石の四川省冕寧：0.05%～8%、山東省の微山：3.6%と比較するとかなりの低品位である²⁾。

表1 代表的な稀土類鉱石の成分分布(%)

	モナザイト (オーストラリア)	バスト・モナズ (中国・包頭) (注1)	バストネサイト (米国・Mountain Pass)	セノタイム (マレーシア)	イオン吸着 鉱(中国・Y低含有) 尋鳥鉱	イオン吸着 鉱(中国・Y高含有) 竜南鉱
La ₂ O ₃	23.90	27.22	32.25	1.26	29.84	2.18
CeO ₂	46.03	48.73	49.17	3.17	7.18	1.09
Pr ₆ O ₁₁	5.05	5.13	4.35	0.50	7.14	1.08
Nd ₂ O ₃	17.38	16.63	12.02	1.61	30.18	3.47
Sm ₂ O ₃	2.53	1.24	0.79	1.16	6.32	2.34
Eu ₂ O ₃	0.05	0.21	0.12	0.01	0.51	<0.1
Gd ₂ O ₃	1.49	0.40	0.17	3.52	4.21	5.69
Tb ₂ O ₃	0.04	0.03	0.02	0.92	0.46	1.13
Dy ₂ O ₃	0.69	0.09	0.03	8.44	1.77	7.48
Ho ₂ O ₃	0.05	0.02	<0.01	2.01	0.27	1.60
Er ₂ O ₃	0.21	0.03	<0.01	6.52	0.80	4.26
Tm ₂ O ₃	0.02	<0.01	<0.01	1.14	0.13	0.60
Yb ₂ O ₃	0.12	<0.01	<0.01	6.87	0.62	3.34
Lu ₂ O ₃	0.04	<0.01	<0.01	1.00	0.13	0.47
Y ₂ O ₃	2.41	0.27	0.09	61.87	10.07	64.10

注1) 包頭産のレア・アース鉱石は、バストネサイトとモナザイトの混合物である。

出典：金属時評 No.1795 2001年2月5日

2. 埋蔵量と生産量

Mineral Commodity Summaries 2005では、米国は2004年に2004年の鉱石生産を停止したと記載しているが、表3を見ると、2003年から生産が停止しているようである。現在、ストックにより供給が継続されており、2004年段階では、米国は希土類の主要な輸出国でもあると言及。

表2 希土類の埋蔵量 (REO t)

	～2002年		2003年～	
	可採鉱量	基礎埋蔵量	可採鉱量	基礎埋蔵量
中国	43,000,000	48,000,000	27,000,000	89,000,000
CIS	19,000,000	21,000,000	19,000,000	21,000,000
米国	13,000,000	14,000,000	13,000,000	14,000,000
オーストラリア	5,200,000	5,800,000	5,200,000	5,800,000
インド	1,100,000	1,300,000	1,100,000	1,300,000
マレーシア	30,000	35,000	30,000	35,000
タイ			NA	NA
他	22,424,000	22,723,000	22,000,000	23,000,000
世界計 (丸め数)	100,000,000	110,000,000	88,000,000	150,000,000

出典：U. S. Geological Survey, 〃 Mineral Commodity Summaries, January 2002～2005年

注1) CIS→Common wealth of Independent States

注2) U. S. Geological Survey 〃 Mineral Commodity Summaries, January 2003によれば、中国の可採鉱量と基礎埋蔵量は、中国からの新しい情報をベースに推定された。これによると2002年に比較して2003年は可採鉱量は若干減少したが、基礎埋蔵量は減少した。

表3 希土類の鉱石生産量 (REO t)

	鉱石生産量			
	2001年	2002年	2003年	2004年
中国	73,000	75,000	92,000	95,000
米国	5,000	5,000	-	-
オーストラリア	-	-	-	-
CIS	2,000	2,000	2,000	2,000
インド	2,700	2,700	2,700	2,700
マレーシア	450	450	250	250
タイ			2,200	2,000
他	320	320	-	-
世界計 (丸め数)	83,500	85,500	99,100	102,000

CIS→Common wealth of Independent States

出典：U. S. Geological Survey 〃 Mineral Commodity Summaries 2002～2005

米国が生産を中止したのも、中国の競争力が高いためと考えられる。この中国の競争力が高い原因としては、バスト・モナズ(中国・包頭)やバストネサイト(四川、山東)が、磁鉄鉱の副産物として希土類が生産されることである。中国が現在世界の希土類の生産量の80～90%以上を占めている。希土類の2004年の生産量の約10万tで、採掘可能年数を推定すると、2002年の可採鉱量では、1000年であったが、2003年の値では880年に減少したが、かなり長期期間採掘が可能である。

ところで、鄧小平が希土類を中国の戦略物質とすることを述べて以来³⁾、中国政府は、こ

の材料を戦略製品にすべく努力している。この動きが現在どうなっているかをチェックすることは重要であり、中国の状況を以下にまとめた。

3. 中国の希土類の現状

(1) 地域別希土類の鉱石生産量の推移

表4 1987以降の中国の希土類鉱石生産量とその構成 (REO, t) ²⁾

年	パスト・モ ナズ(包頭)	イオン吸着 鉱	パストネサイト		モナザイ ト	磷 Y 鉱	希土類含有中 間原料 (*)	合計
			山東	四川				
1987年	10,600	3,420	150		1,417	151	5,700	21,438
1988年	10,280	8,500	250		1,070	100	9,440	29,640
1989年	11,410	6,100	750		880	100	5,980	25,220
1990年	8,240	2,920	880	730	1,260	50	2,400	16,480
1991年	7,700	3,800	708	2,290	617	35	1,000	16,150
1992年	9,000	2,970	1,220	3,900	60		4,190	21,340
1993年	9,200	2,920	1,330	7,000	1,650			22,100
1994年	15,740	5,860	960	7,500	590			30,650
1995年	26,905	9,770	963	8,500	1,864			48,002
1996年	34,359	7,473	951	12,500	90			55,373
1997年	35,000	6,000	1,200	11,000	50			53,250
1998年	41,500	12,000	1,000	12,500				67,000
1999年	42,000	13,000	1,000	13,100	800	100		70,000
2000年								
2001年	46,600	19,200		9,400			5,400	80,600
2002年	55,000	19,000		11,400			3,000	88,400
2003年	54,000	23,000		16,000			3,000	92,000

出典：1987年～1999年→国土資源部鉱産開発管理司編；国土鉱産資源主要鉱種開発利用水平及政策建議、2002 北京冶金工業出版、

2001年～2003年→レアメタルニュース 3月24日号の表の値をレアメタルニュースが6月24日号の値で修正。

*) 希土類含有中間原料は、包頭で80年代に実施されていた生成物であるが、1992年以降生産中止された。

(2) 国家戦略物資としてのレア・アース²⁾

(a) 「全国規模の希土類集団公司結成」の通達

2002年9月23日付けで中華人民共和国経済貿易委員会より国家最高機関である国務院の同意の下に「全国規模の希土類集団公司結成」に関する通達を、希土類関連の各省・自治体・直轄地に出した。その通達の内容は今まで討議されたものとなんら変わらないが、

全国を地域区分けし、南・北2大希土類集団公司に集約（業界の再編成と整理、整頓）

市場の安定化、国際競争力の強化と同時に国家重要戦略物資としての希土の位置づけ。

その為の、乱採掘、無秩序な精錬、不法な輸出、環境破壊、資源浪費の違反の法律の下での取締り強化

希土鉱石の採掘と輸出割当の集団公司での管理が主な趣旨となっている。

この通達を早期に具体化すべく各地方で説明会、準備作業が現在行われている。一部では

中国歴の年内に集団会社が設立され、2003年度の輸出許可書は2つの集団会社に配布されるとの憶測がなされている。

(b) 通達のその後⁴⁾

輸出ライセンス(E/L)の配布は政府が引き続き管理の方向へ模索中である。

中国の国家経済貿易委員会から通達(2002年9月)が出されている南・北2大稀土集団会社の結成は、国家発展改革委員会など関係機関から提出されている意見書などを参考に作業が続けられている。輸出ライセンスについては当初、両集団に配布するという憶測もあったが、やはり政府(国家経済貿易委員会→対外貿易経済合作部)が指示を出すべきことなどが提案されている模様だ(中国有色金属報・7月22日号など)。また、日本など海外のユーザー、流通の意見も広く求めている。

(c) 中国のレア・アース分離工場一時業務停止

中国の分離約20工場の9割が一時業務停止⁴⁾

最終分離製品の専門メーカーの生産にも影響

中国政府は、環境保全措置を行っていないレア・アース分離・精製メーカーに対して一時業務停止命令を7月に集中発令した。今回の業務停止は、精鉱を外部購入して自社で中間原料(塩化希土、炭酸希土など)まで生産している工場が対象。これら工場は中間原料を自家消費するだけでなく最終分離品専門メーカーに販売してきたが、「中国全土にある約20工場のうち90%が業務を一時停止させられている」(包頭鋼鉄(集団)有限責任会社の日本法人・日本包鋼商事)。酸化物など各種レア・アース化合物、金属といった分離製品の専門メーカーの生産に支障が出てくるのは時間の問題で、中国国内では早くも需要が好調な酸化ネオジムの価格が動意づいているという。

南・北2大稀土集団会社結成による業界再編の一環

今回の動きは、中国政府が「国家の最重要資源の1つ」と付置づけているレア・アースの国内産業を秩序ある発展へ導くため上流部門をコントロールしようという意図がみえる。これは4~5年前から計画され、現在も作業が進められている「南・北2大稀土集団会社」による業界再編の一環で、これまでの粗鉱採掘~精鉱生産の管理から一歩進めて中間原料の生産をコントロールすることで最終分離製品の生産、不法な輸出を取り締まろうとしている。これまで精鉱より下流は自由化の方向へ進んできたが、環境問題、最終製品の価格破壊など多くの問題が噴出していった。

一部で換業再開も依然7割が停止状態⁴⁾

・先高を見越し日本の取り扱い商社の多くが追加発注

資料⁴⁾に記載のように、中国（中央、地方政府）は環境保全措置を行っていないレア・アース分離・精製メーカーに対して一時業務停止命令を7月に発令したことから、約20工場（粗分離中間原料）のうち90%が業務を一時停止させられたが、その後、公害防止設備の設置など改善命令に従うことで操業再開の許可が下りるケースも出てきた。しかし、現在操業しているのは全体の約30%（5~6社）で、残り70%はいぜん生産がストップしたまま再開のめども立っていないという。もともと生産能力の過剰が言われていたことから乱立していたメーカーが整理されただけとも言えるが、突然の業務停止命令ただけに最終分離製品メーカーへの影響も大きく、レア・アース市況は当面強含みで推移しそうだ。

・磁石原料のPr・Nd，Ndの酸化物は\$200~300/t上昇

7月以降、価格への影響は需要が好調な永久磁石材料に表れている。8月にPr・Nd酸化物、酸化ネオジウムがそれぞれ5,700ドル/t（中国、FOB）を付けていたものが、現在は4~5%（約200~300ドル）上昇している。しばらくは在庫（原料、最終分離製品）で捕われるので、他の希土製品の供給、価格に影響が出てくるのは10月以降になる。

仮に10月以降に中国の価格が上昇したとしても日本の需要家への影響は小さいとみられる。それと言うのも、日本のレア・アース取扱い商社の多くが先高を見越して追加発注を一斉に行ったため、当面は大きな混乱は避けられそうだ。

4. レア・アースの価格動向

(1) 1999~2003年の価格動向

(a) 2003年の輸入実績 数量は14%増⁶⁾

163.5億円と低位横ばい、単価の下落が続いている。また、一部磁石関係の材料以外は価格改善が進んでいない。レア・アースの2003年の輸入（中間原料、分離製品）は、需要回復を反映して数量で25,705t（グロス量）、同比14%増加したが、これに対し金額ベースでは163.5億円と低位横ばいに終わった。前年にくらべ円高（平均7%）で推移したのを差し引いても輸入単価の下落が続いていたことを示した。今年は触媒（自動車排ガス浄化用、石油化学用）、光学ガラス、セラミックコンデンサ、磁石などに需要は好調に推移すると予想されている。しかし、価格は磁石関係の元素は実際に高騰しているものの、セリウム、ランタンといった軽希土の価格改善は進んでいない。

(b) 2001年のITバブル崩壊前後の価格動向⁵⁾

2000~2001年の高騰からIT不況をはさみ再び上昇気運

レア・アースの輸入単価（CIF）は、品目によってさまざまな動きをとっているが、トレンドとしては2000~2001年にかけて高騰を演じた後、ITバブル崩壊の影響による価格下落を経て、現在は再び上昇気運にある。

・環境規制という法的強制力を借りて業界再編

1990 年前後から中国のレア・アース生産は川下志向を強め「原料高・製品安」で旧西側市場でのシェア拡大をはかった結果、世界的な価格下落を招いた。2000～2001 年の高騰はそれまでの安値是正という意味合いもあったが、中国ではまだ業界のリストラ途上にあったこと、折からの IT 不況で再び価格は下落に向った。今回の価格上昇は環境規制という法的な強制力を借りた業界再編の動きを反映したものと言えなくもない。

・「その他化合物」は 1～8 月平均で 1,500 円/kg 台に戻す

酸化イットリウムの輸入平均単価（CIF）は、2001 年に 1,652 円/kg まで上昇したが、バブル崩壊後は千円そこそこまで下落。現在は 1,700 円台まで急回復している。レア・アースの各種化合物（その他化合物）は Nd、Dy、Eu、Tb その他元素が集計されているためトレンドをみることはできないが、2001 年の 1,429 円/kg が 2003 年には 1,029 円まで値下がりしたものの、今年は平均で 1,500 円台まで持ち直している。La、Ce の酸化物はトレンドとしては横ばいで推移している。磁石、電池の原料が主体の希土類金属は 2001 年の高騰の後に 2002～2003 年に小さな谷を経て再び上昇という全体の動きを象徴するようなカーブを描いている。

今年上期の日本の市場は磁石、セラコンなど全般に好調

今年上期の日本のレア・アース市場は、永久磁石（Nd）、ニッケル水素電池（Mm）、セラミックコンデンサ（La、Nd）、触媒（Ce、La）など全般に好調に推移している。

表5 レア・アースの輸入数量と単価の推移（t）⁵⁾

（カッコ内は CIF 単価で円/kg 総額はフェロセリウムを含む）

	1999	2000	2001	2002	2003	2004(1-8月)
酸化イットリウム						
	756 (1,334)	1,297 (1,212)	881 (1,652)	917 (1,044)	1,235 (1,154)	1,014 (1,340)
酸化セリウム						
	3,605 (520)	4,850 (409)	3,832 (479)	4,161 (400)	4,241 (346)	2,220 (394)
その他のセリウム化合物						
	5,152 (340)	5,687 (355)	4,434 (475)	6,225 (499)	6,609 (401)	4,261 (309)
酸化ランタン						
	988 (552)	1,744 (471)	1,498 (703)	1,315 (706)	2,241 (613)	1,296 (551)
希土類金属						
	4,659 (1,159)	7,077 (1,184)	3,346 (1,311)	4,985 (793)	6,119 (695)	3,966 (933)
その他の化合物						
	7,109 (1,061)	5,812 (1,381)	5,361 (1,429)	4,463 (1,257)	4,862 (1,029)	3,706 (1,555)
総額（億円）	178	238	186	165	164	139

(2) 材料種類別の 2003 年～2004 年の価格変動

(a) レア・アース輸入 / 輸出磁石材料は今年も続伸⁸⁾

2004 年の輸入総額 208 億円、4 年ぶりの増加した。また、一部価格改善で前年比 27% 増と数量の伸び上回る。レア・アース市場に関連した機能デバイス、製品の生産は、ディスプレイ分野でブラウン管から液晶などへの世代交代が進むなど一部でマイナス要因はあるものの、昨年は全般に好調に推移した。しかし、レア・アース消費の量的拡大という意味では添加材としてだけでなく主原料に使われるレア・アース磁石以外は目立った伸びはなかった。

2004 年のレア・アース輸入 (中間原料、分離製品) は、26,762t (グロス量)、前年比 4% (約 1,000t) 増となり、IT バブル崩壊後の 2001 年を底に 3 年連続で前年を上回った。

金額では約 208 億円 (CIF)、同比 27% 増と 4 年ぶりに増加に転じた。数量の伸び率を大きく上回り、一部で価格改善が進んだことを示した。今年は磁石材料は好調を持続するが、その他用途は横ばいか微増が予想されている。

中国からの輸入は 2.4 万 t、6% 増、10 月前後に集中

レア・アース輸入を国別にみると、中国が約 2.4 万 t (167 億円)、前年比 6% (42%) 増加し、輸入全体の 90% を占めた。このうち化合物 (中間原料を含む) が 5,294t (65 億円)、前年比 35% (120%) 増と突出した伸びをみせた。化合物には Nd、Dy、Tb、Sm、Eu その他の酸化物やその他塩類、濃縮物、粗塩化希土などが含まれている。化合物に限らず金属などは E/L の消化、先高を見越しての買い増しの動きが 10 月前後に集中した。

表 6 レア・アースの輸入量と単価の推移 (kg カッコ内はすべて平均単価・円/kg, CIF)⁸⁾

	酸化イットリウム	酸化セリウム	その他のセリウム化合物	酸化ランタン	希土類金属	その他の希土類化合物
2002	917,288(1,044)	4,160,668(400)	6,224,572(499)	1,314,970(706)	4,985,153(793)	4,462,515(1,257)
2003	1,235,446(1,154)	4,240,632(346)	6,609,442(401)	2,240,535(613)	6,118,667(695)	4,801,806(1,029)
2004	1,377,427(1,355)	4,178,242(335)	6,380,655(303)	1,914,620(544)	6,384,235(882)	6,228,794(1,396)
1～3 月	365,263(1,303)	863,211(396)	2,022,554(287)	495,950(571)	1,371,317(745)	1,382,893(913)
4～6 月	440,328(1,244)	783,418(426)	921,111(444)	440,400(552)	1,382,515(1,162)	1,221,966(2,451)
7～9 月	287,968(1,544)	1,031,663(330)	1,745,449(263)	515,230(577)	1,825,751(857)	1,974,724(1,079)
10～12 月	283,868(1,401)	1,499,950(255)	1,691,541(285)	463,040(469)	1,804,652(797)	1,936,745(1,190)
04/03 (%)	+11(+17)	-1(-3)	-3(-24)	-15(-11)	+4(+27)	+30(+36)

(b) 材料別価格動向

金属・その他の化合物

磁石材料の値上がり

- ・ 1 カ月の間に金属ネオジム(Nd)は 10 ドル/kg へ 25%上昇

値上がり幅の大きい磁石材料は、この 1 カ月の間に金属ネオジムが 8 ドル/kg から 10 ドルへ 25%上昇している。添加材に使われる金属ジスプロシウム(Dy)は 55 ドル(1 カ月前は 45 ドル)、金属テルビウム(Tb)は 500 ドル(同 400 ドル)に値上がりしている。とりわけ Tb はスポットではモノが入手できない状態で、価格だけが一人歩きしている。

- ・ 中国の金属テルビウム生産は推定で年間 20t

レアメタルニュー・ス 2004 年 2 月 1 日号で、「最近では日本でも Dy よりも温度特性向上(高保磁力化)に効果のある Tb を添加する動きも出ている」と報じたが、その後の調べで、日本の Nd-Fe-B 磁石メーカーはすでに「高保磁力製品」には Tb を添加しているという。中国では高級磁石に限り 2~3%添加しているが、日本では 0.1%程度の模様だ。中国の金属 Tb 生産量は推定で年間 30t とも言われている。⁶⁾

E/L 発給後も小幅ながら上昇

磁石関連の材料を中心に価格は強含み

- ・ 中国、日本のネオジム磁石生産急増で供給タイト

日本、中国を中心に生産が活発な Nd-Fe-B 磁石用のレア・アース価格が強含みで推移している。例年になく、今年度の中国のレア・アース輸出ライセンス(E/L)が早ばやと発給(氧化物換算で 5 万 t)されたにも拘わらず、その後も金属ネオジム(Nd)、ジスプロシウム(Dy)など磁石関連の材料は 1~5 ドル/kg と小幅ながら値上がりしている。これは、需要の伸びが急で生産が追いつかず供給タイトな状態が続いていること、また工場排水などによる環境汚染を防止するための設備導入などで生産コストが上昇していることが背景にある。磁石材料は当分、値上がりすることはあっても値は下がらないとみられている。

- ・ Nd、DY は前金取引しが条件になるなどのプレミアムが

昨年 12 月の時点では、2005 年の E/L 発給が何時ものように遅れるとの観測から値上がりする公算が大きいと予想されていた。しかし、年明け早々に発給されたことで本来なら強基調が静まるどころだが、逆に値を上げた。金属 Nd は昨年末に 9 ドル/kg だったのが現在は 10 ドルに、同じく 50 ドルを付けていた金属 Dy は 55 ドル、金属プラセオジム(Pr)も同 10 ドルが 11 ドルに上昇している。金属テルビウム(Tb)は今のところ横ばいで安定している。特に Nd、Dy は前金取引しが条件になるなどのプレミアムがついている。⁸⁾

レア・アース価格 現在の価格上昇は採算点への値戻し

- ・ 過去 10 年間でネオジム約 45%、テルビ約 60%下落

レア・アース（RE）の価格は、2000年代に入ってから今回を含め2度の価格上昇を演じている。ただし、実際に値上がりが目立つのはNd-Fe-B磁石用の材料で、軽希土のうちセリウム、ランタンはいぜん低迷している。磁石はRE応用製品のうち唯一需要が旺盛であるうえ、Nd焼結磁石の場合でREが約40重量%使われるとあってRE市場に与える影響力が大きいためである。

RE価格は元素にもよるが、過去10年間で需要増加や中国政府による鉱山リストラなどで価格是正、下落を繰返しながらもNdで約45%、Tbで約60%（酸化物）下落しており、現在の価格上昇は採算点への値戻しの動きとも言える。⁷⁾

イオン鉱の増産

・中国のイオン鉱の2005年生産は3万t弱まで増加予想

Dy、Tbなど中・電希土元素の含有が多いイオン吸着型鉱（広西省）の2004年生産は2.5万t（03年は2.3万t、酸化物換算）と推定されている。同国では分離・精製企業、金属メーカーなどの下流分野は企業数、生産能力ともまだ過剰状態にあるが、その一方で精鉱は品不足が続いている。

環境問題や資源保護の観点から新規鉱山の開発が禁止されているため大幅な増産は望み薄である。しかし、今年のイオン鉱の生産は既存鉱山の公害防止設備の設置などによる操業率の上昇で3万t弱まで増える見込みだ。ただ、磁石材料のDy、Tbの供給増にはつながるが、大量のイットリウム（Y）が余ることになり、Dy、Tbなど他元素がコストを被ることになる。⁷⁾

昨年のミッシュメタル（Mm）消費は3,200t、金属Ndは4千t

レア・アース金属の輸入は6,384t（56億円）、前年比4%（32%）増加した。金属Nd、Dyや水素吸蔵合金用のミッシュメタル（Mm）などが含まれている。ニッケル水素電池の昨年の生産（経済産業省・機械統計）は約3.1億個と前年比19%減少したが、容量では逆に12%増えており、電動アシスト自転車など大型電池は好調であること、また機械統計にはHEV車用の電池は含まれていないことを考えるとMmの需要は伸びている。昨年日本の水素吸蔵合金生産は約8千t（Mn量で3,200t）と推定されている。磁石用の主原料であるNdは金属単体だけでなくNd-Fe母合金での輸入も増えている。昨年の焼結磁石用Ndの消費は4千tにのぼった模様だ。⁸⁾

今年の中国のNd-Fe-B焼結磁石生産は10%の続伸

中国の2004年のNd-Fe-B焼結磁石生産は、製品に加工される前のブロック量で前年（18,500t）比8%増の2万t強、あるいは2.5万t近くに達したとの情報もあるが、いずれも今年は10%程度の伸びが予想されている。また、日本でも同磁石搭載の小型モーターの応用分野拡大で生産は今年も続伸が見込まれている。

なお、中国のレア・アース製錬メーカーが一般に再投資可能な価格帯として Dy は 60 ドル / kg (現在は 55 ドル) Nd は 15 ドル (同 9~10 ドル) Pr は 15 ドル (同 11 ドル) Tb は 500 ドル (同 400 ドル) が最低ラインと言われている (いずれも金属製品)。⁷⁾

酸化セリウム

バストネサイトはフッ化処理セリウムへの代替進む

フランス、アメリカは年を追うごとに減少している。インドからは粗塩化希土が入荷しており、580t、前年比 27% 増えたが金額は横ばいだった。旧ソ連はエストニア、カザフスタンなどから酸化セリウム、セリウム化合物が輸入されているが、前年比 46% 減の 293t に止まった。エストニアではアメリカのバストネサイトを原料に使用していると伝えられている。

日本のバストネサイト輸入は 2003 年実績で 2,000t (REO で約 1,400t) と推定されるが、最近では酸化セリウムをフッ化処理した研磨材が進出してきている影響で昨年は大幅に減少した模様だ。フッ化処理したセリウムは人工的にバストネサイトをつくっているようなものだが、結果的にコストが安くつくことや不純分がないなどの理由で採用が増えており、今後も置き替えが進みそうだ。

セリウムは UV カットは好調だが研磨材、触媒は横ばい

酸化セリウムの輸入は 4,178 t (約 14 億円) 前年比 1% (5%) 減、セリウム化合物は 6,381t (19 億円) 同比 3% (27%) 減少した。需要の約半分は研磨材向けで、昨年は 5,500~6,000t と推定されている。この分野は前年と同様、ブラウン管ガラス、液晶用ガラス基板の海外ソフト、さらには液晶ガラスの製法が研磨工程を大幅に省けるフュージョン法 (いわゆる無研磨ガラス) に主力が移っていることから大きな伸びは期待できない。UV カット用は 2,000t 以上とみられているが、残りの自動車の排ガス浄化触媒 (助触媒) 向けは OSC (酸素ストレージ能) 増大のためジルコニアの分量を増やす方向にあり、セリウムの消費量は伸びていない。

北方のセリウム在庫問題

- ・北方の生産は今のレベルが上限、Ce の用途開発が課題

北方 (内モンゴル自治区包頭) のバスト・モナズ鉱の今年の鉱石生産は 8~9 万 t (REO で約 5.8 万 t) と推定されているが、ここでも環境問題による操業ストップや商売替えのほか、1 万 t とも言われるセリウム (Ce) 在庫の山を抱えていることから今のレベルが上限とみられている。北方では特に Ce が Nd コストアップの要因の 1 つになっており、Ce の新しくて、ボリュームのある用途の開発が課題になっている。

- ・包頭地区の今年の金属 Nd 生産は 4,500~5,000t へ

包頭地区では金属 Nd の生産に力が注がれている。「China Rare Earth Information」によると、同地区の金属 Nd 生産は 2003 年の 2,800t (中国国内のマーケットシェアは 28%) に対して、2004 年は 4,000t (同 31%)、さらに今年は 4,500~5,000t まで伸びると予想されている。

同地区のトップメーカーの瑞鑫(内蒙古包鋼稀土高科技股份有限公司と稀土研究院有限責任会社の合併会社)の金属ネオジム生産は 2003 年が 1,000t だったのに対して 2004 年は 1,500t、今年は倍の 3,000t が計画されており、来年もさらに増産の可能性がある。

酸化イットリウム

酸化イットリウムは 1,370t、14%増、製品類も含む

品目別に輸入をみると、酸化イットリウムは 1,370t (18 億円)、前年比 14% (35%) 増加した。平均単価 (kg 当り 1,355 円、CIF) からみて単なる分離品 (Y2O3) ではなく蛍光体などの製品類が含まれていると推定され、分離品の単価が改善されているとは一概には言えない。また、数量面では蛍光体 (ブラウン管、三波長蛍光ランプなど)、光学レンズ、ジルコニアなどセラミックス安定化材、YAG のほか、最近はいットリアセラミックス (東芝セラミックス、京セラなど) のような新規用途が出現しているが、約 1,400t もの輸入品 (ほかに化合物の品目で濃縮物として入荷) がどう消費されているのか全体像ははっきりしない。

蛍光体はブラウン管の国内撤退で輸出向けが主体に

日本の TV 用ブラウン管生産は、2004 年にソニー、東芝、松下電産が相次いで撤退したことから、ブラウン管用の蛍光体は輸出向けが主体になった。分かっている範囲では、昨年の蛍光体向け (Y2O3) 需要は 400t、光学レンズ用は 140t、セラミックスなどその他はせいぜい数百 t とみられる。

酸化ランタン

酸化ランタンはコンデンサ、レンズ用が好調

酸化ランタンの輸入は 1,915t (10.4 億円)、前年比 15% (24%) 減少した。数量の減少は、前年の実績が実際よりも多く集計 (FCC 触媒用の塩化ランタンを誤ってカウント) された関係で、数字の上では減少となったことによる。

酸化ランタンの需要そのものは増えている。セラミックコンデンサーの誘電体向け 350t (前年は約 100t) と推定されている。コンデンサー生産は 40,062 億個、前年比 23% の大幅増加となったほか、原材料の在庫補充で大幅増加となった。光学レンズ向けは前年の 700t から 1,200t に増えた。デジタルカメラの国内生産は飽和に近づいているが、それでも昨年は 2,920 万台、前年比 16% 伸びたほか、交換レンズ生産の増加やカメラ付き携帯電話の増加が追い風となった。

そのほか蛍光体向けは80～100t、La - Co系フェライト焼結磁石向けは300tとなっている。

5. レア・アースの消費量とリサイクル

(1) Ni - MH 電池の材料消費

下記の表に二次電池の生産を示す。これらの二次電池の中で、レア・アースを使用するのは、ニッケル水素電池である。この表を見ると、リチウムイオン電池のみの生産が増加し、ニカド電池、ニッケル水素ともかなり減少している。ただ、この両電池とも、容量がアップしており、個数だけでは、電池材料の消費量は判断できなく、消費材料の原単位の見直しが必要である。また、小型二次電池の生産が一部海外に移転しているので、機械統計の数量では抜けが生じる。更に、ニッケル水素電池ではHEV (Hybrid Electric Vehicle) が機械統計には未だ集計されていない。

(a) 小型二次電池

業者の情報により、小型ニッケル水素電池の2000年のときはMm (ミッシュメタル) の原単位は、2.3gで、1,026百万個×2.3g=2,350tと推定。2004年はMmの原単位は5.0gで、319百万個×5.0g=1,595tとなる。

これは電池の容量で推定した値とほぼ同じであった。即ち、2000年の電池容量が1,186百万Ahに対して2004年756百万Ahで64%に相当し、この比率でMmが消費されたとすると、1,500tとなり、上記の推定値と類似している。

表7 二次電池の生産量 (単位：千個)

暦年	二次電池計	自動車用	その他鉛	他	ニカド電池	ニッケル水素	リチウムイオン
1986	323,010	35,976	8,369	437	278,228	-	-
1987	422,880	34,348	10,414	509	377,609	-	-
1988	544,336	36,158	15,052	465	492,661	-	-
1989	583,007	35,404	15,336	492	531,775	-	-
1990	665,917	37,127	18,892	458	609,440	-	-
1991	811,102	34,499	21,324	425	754,854	-	-
1992	802,040	34,009	23,407	377	744,247	-	-
1993	917,565	30,791	1,955	27,288	788,794	68,737	-
1994	1,119,284	30,305	1,955	27,394	865,767	193,863	-
1995	1,249,599	30,404	2,039	24,430	861,618	301,386	29,722
1996	1,235,740	29,950	2,278	20,558	711,067	358,079	113,808
1997	1,528,254	29,998	2,420	20,055	706,394	579,980	189,407
1998	1,556,263	29,435	2,309	16,889	598,120	647,566	261,944
1999	1,886,178	29,920	2,295	14,929	595,803	868,848	374,383
2000	2,154,685	30,836	2,699	15,672	614,906	1,010,581	479,991
2001	1,688,026	29,586	2,915	12,029	531,936	655,047	456,513
2002	1,655,470	29,431	2,581	9,853	492,726	549,535	571,344
2003	1,608,237	28,924	2,484	8,364	400,499	387,045	780,921
2004	1,588,168	29,234	2,604	7,501	401,518	319,113	828,198

HOME > 統計データ > 二次電池販売数量長期推移 (経済産業省機械統計)

(b) HEV (Hybrid Electric Vehicle)

HEV 販売状況、市場規模

HEV 用ニッケル水素電池の性能、構成、主要金属として、ニッケル水素電池の性能はプリウスでは出力密度 600W/kg 1,300W/kg と 2.1 倍に向上した。当初、プリウスのニッケル水素電池部分は質量 53kg で価格 38 万円であったが、最新型は質量 28kg 価格 13 万円と質量比 53%、価格比 34%に下がっている。

寿命は当初 3 年間で 60%交換されたが、最近では 5 年間又は 10 万 km 保証され、実質車体寿命である 10 年間はクリアできる⁹⁾。

最近の情報では、2004 年の HEV の販売は国内が 10 万台、輸出 5 万台、米国 5 万台の約 20 万台とされている。今後については 2010 年にはトヨタが 100 万台の HEV 販売を目指しており、海外が 100 万台として合計 200 万台の販売が予測されている。なお、HEV 用のニッケル水素電池の製造はパナソニック EV エナジー (浜松) の 1 社が行っている。

HEV の Mm (ミッシュメタル) 原単位と消費量

表 13 の 1module の Mm は 2.0kg で、表 14 の 20module で、Mm の使用量は 40kg という大きな値になっていしまう。実際には原単位はかなり少なく、水素吸蔵合金 (負極) では 10Kg/台、Mm はその 1/3 程度、即ち約 3kg であろうとことである。今回の添付資料では、表 11 に記載の比率で、実際の含有量は、表 12 のプリウス (2 代目) の 3.05kg に相当すると考えられる。従って、Mm の HEV での 2004 年の消費量は、20 万台×3kg=600t となる。

Mm (ミッシュメタル) の需給バランス

資料⁷⁾によると、2004 年の日本の水素吸蔵合金生産は 8,000t (Mm 量で 3,200t) と記載されている。しかし、業者の情報では若干少なく、合金の生産量は 7,000t で Mm はその 1/3 で 2,400 t であろうとことである。用途別の Mm の消費量と比較すると、小型二次電池の Mm・・・1,600t HEV の Mm・・・600t、で計が 2,200t で、上記の 2,400t より 200t ほど少ないが、これは中国など日本の現地企業に輸出され、機械統計から抜けたためと考えられる。

表 8 ニッケル水素電池搭載 HEV 車販売台数⁹⁾

車種	発売時期	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
プリウス	内 97/12	320	17,656	15,200	12,511	11,003	6,698	2,300
	外 00/7	-	-	-	6,515	25,926	21,500	17,700
合計		320	17,656	15,200	19,026	36,928	28,198	20,000
新プリウス	内 03/9	-	-	-	-	-	-	14,200
エスティマ	内 01/6	-	-	-	-	5,886	11,602	5,200
アルファード	内 03/7	-	-	-	-	-	-	500
インサイト	内 99/11	-	-	300	1,397	229	121	70
	外 99/12	-	-	50	3,500	3,300	3,000	2,500
合計		-	-	360	4,897	3,529	3,121	2,670
ビック	内 01/12	-	-	-	-	228	2,248	780
	外 02/3	-	-	-	-	-	13,919	23,000
合計		-	-	-	-	228	16,167	23,780
総計		320	17,656	15,550	23,923	46,571	59,088	66,250
累計		320	17,976	33,526	57,449	104,020	163,108	229,358

内は国内、外は輸出

表9 HEVの世界市場予測⁹⁾

		実績 予想		
		2003年	2004年	2010年
国内	ストロング HEV	22,200	75,000	450,000
	マイルド HEV	850	20,000	189,000
	計	23,050	95,000	630,000
北米	ストロング HEV		53,000	700,000
	マイルド HEV		20,000	100,000
	計		73,000	800,000
欧州	ストロング HEV		5,000	50,000
	マイルド HEV		20,000	300,000
	計		25,000	350,000
世界計	ストロング HEV		133,000	1,200,000
	マイルド HEV		60,000	580,000
	計		193,000	1,780,000

表10 HEV用 Ni-MH の性能一覧⁹⁾

車種製造者	ホンダ				トヨタ		
	イサハ	ビック	プリウス(初代)	プリウス(M0)	プリウス(2代目)	ハイマ	アルファード
販売開始年月	1999.11	2001.12	1997.12 ~ 2000.5	2000.8 ~ 2003.8	2003.9 ~	2001.6 ~	2003.7 ~
車型式	ZA - ES9	YA - ZE1	NHW10	NHW11	NHW20	AHR10W	ATH10W
HEV 形式	マイルド	マイルド	ストロング	ストロング	ストロング	ストロング	
極板製造方式	焼結式	焼結式	焼結式	非焼結式	非焼結式	・非焼結式	
形状	円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型	
公称電圧/モジュール	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	
公称容量	6.OAH	6.OAH	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	
重量/モジュール-密度	40Wh/kg	40Wh/kg	43Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	
出力密度	800W/kg	800W/kg	600W/kg	1000w/kg	1000W/kg	1000W/kg	
モジュール数	20/120 個	20/120 個	40/240 個	38/228 個	28/168 個	30/180 個	
電圧	144V	144V	288V	273.6V	201.6V	216V	
モジュール外形寸法 (mm)	φ 35x384	φ 35x384	φ 35x384	19.6x106x275	19.6x106. x 285	19.6 x 106 x 270 ?	
重量 / モジュール	660g (?)	660g (?)	1320g (?)	1.060g	1040g	850g ?	
定価 (除工賃)	23.5 万円	23.5 万円(?)	38 万円	32.8 万円	12.8 万円	不詳	

・電池 1kg の金属比率は、Ni : 30%、Co : 4%、Mm : 10%、Zn、Cu : 1% 残りは樹脂である。

表11 Ni - MH 電池モジュールの元素組成データ事例⁹⁾

[角型密閉式、1.2kWh(12V,100Wh)/モジュール、寸法、260Lx120Wx220W、重量/モジュール - 63Wh/kg、重量 19kg]

	負極合金	正極活物質	負極集電体	金属部品 Fe-Ni 以外	電解液	計	電池 1kg 当り金属量 (g)
電池重量 (kg)						19	
Ni (g)	3.164	2.394	50	45		5.653	298
Co (g)	418	266				684	36
Mm (g)	1,992					1,992	105
Zn (g)		169				169	9
Cu (g)				143		143	8
Li (g)					2.5	3	0.132

表 1 2 主要 HEV 別 Hi-MH 電池中の含有金属量試算⁹⁾

主要 HEV 車種	プリウス(初代)	インサイト(初代)	プリウス(MC)	プリウス(2代目)	エスティマ・アルファード
分類	ストロング HEV	マイルド HEV	ストロング HEV	ストロング HEV	ストロング HEV
角型 / 円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型
モジュール数	40	20	38	28	30
電池重量 (kg)	52.8	26.4	40.3	29.1	25.5
1台当り金属量 Ni (g)	15,709	7,855	11,984	8,664	7,587
Co (g)	1,901	950	1,450	1,048	918
Mn (g)	5,536	2,768	4,223	3,053	2,673
モジュール当り Ni (g)	393	393	315	309	253
Co (g)	48	48	38	37	31
Mn (g)	138	138	111	109	89

表 1 3 Component Materials for Ni-MH 1.2kWh module(100Ah*12V) ¹⁰⁾

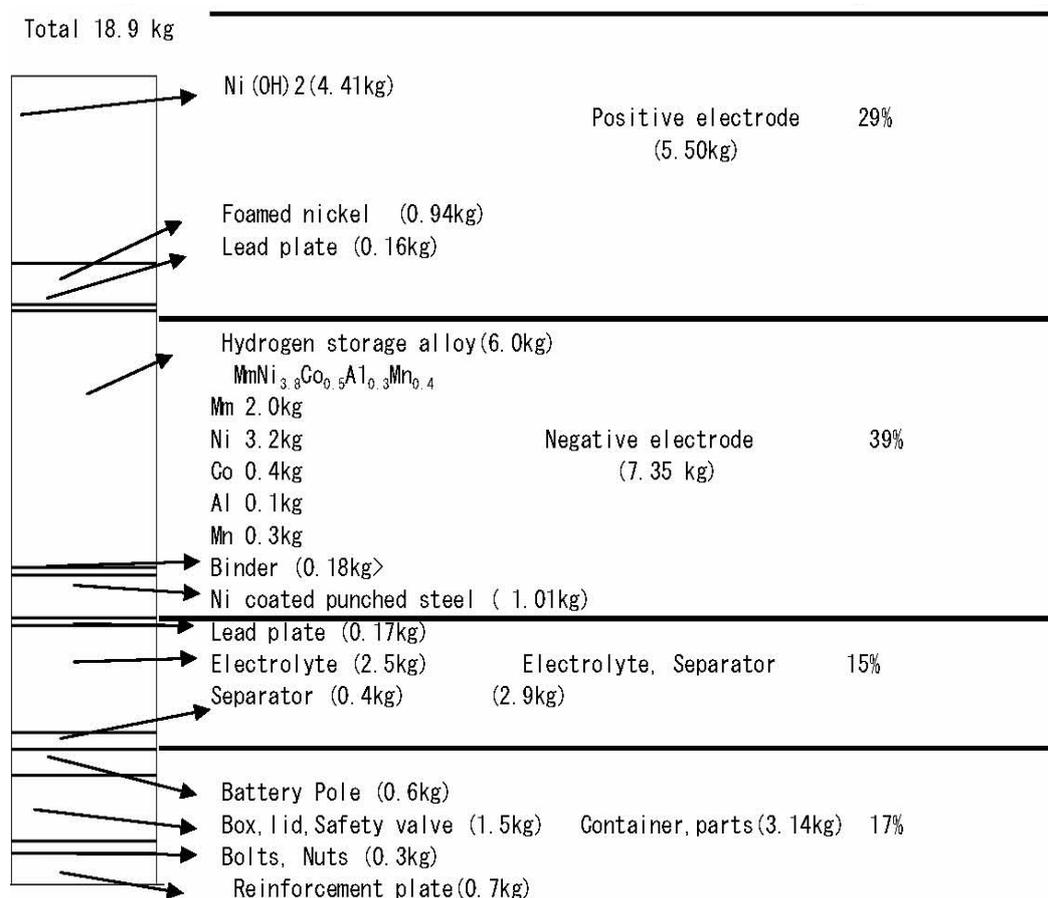


表 14 EV Ni-MH model battery ¹⁰⁾

type : Prismatic		
Positive	(Ni Co, Zn) (OH) ₂	Foamed nickel substrate
Negative	Mm Ni _{3.8} Co _{0.5} Al _{0.3} Mn _{0.4}	Ni-coated steel
Electrode	30% KOH 5% LiOH	
Module	1.2 kWh (12V, 100A), 18.9kg	
System	24 kWh (20 module), 404kg	

HEV 向け Mm の需要は 2004 年の 600t から 2010 年には、1 桁大きい 6,000t に拡大する可能性がある。現在、La の価格は上昇はしてないが、Ce のように余剰にはなっていないので、La の供給不安の可能性はある。

ニッケル水素電池や SOFC の負極に使用される Mm は、電池の容量をアップするために、Mm に更に La が添加されている。Mm はレア・アース鉱石の中で産出量の多い、バスト・モナズ、バストネサイトの鉱石を還元したものなので、鉱石性成分（表 1 参照）の比率のままの金属分布---通常 La30、Ce50、Nd15、Pr5 の組成---となり、レア・アースの成分を全部利用している。しかし、添加する La は、レア・アースス鉱石から、順次レア・アース構成成分を分離・抽出する。まず、最も需要の大きい磁性材料の Nd、Pr が抽出され、次に La が抽出され、最後に構成要素の多い Ce が残る。現在、La が必ずしも余剰になっていないが、この La の需要が増加すると、現在余剰となっている Ce の余剰が更に加速され、中国のレア・アース製造関連企業の経営を圧迫する可能性がある。

(2) Ni - MH 電池材料のリサイクル

(a) 従来二次電池のリサイクル

現在、日本リサイクルセンター（大阪）で、使用済 Ni - MH 電池から Ni が Fe - Ni で回収されている。

Co も回収されていると考えるが（確認要）、残念ながら Mm は回収されていない。

使用済電池の回収量については、下記の JBRC のデータを示す。

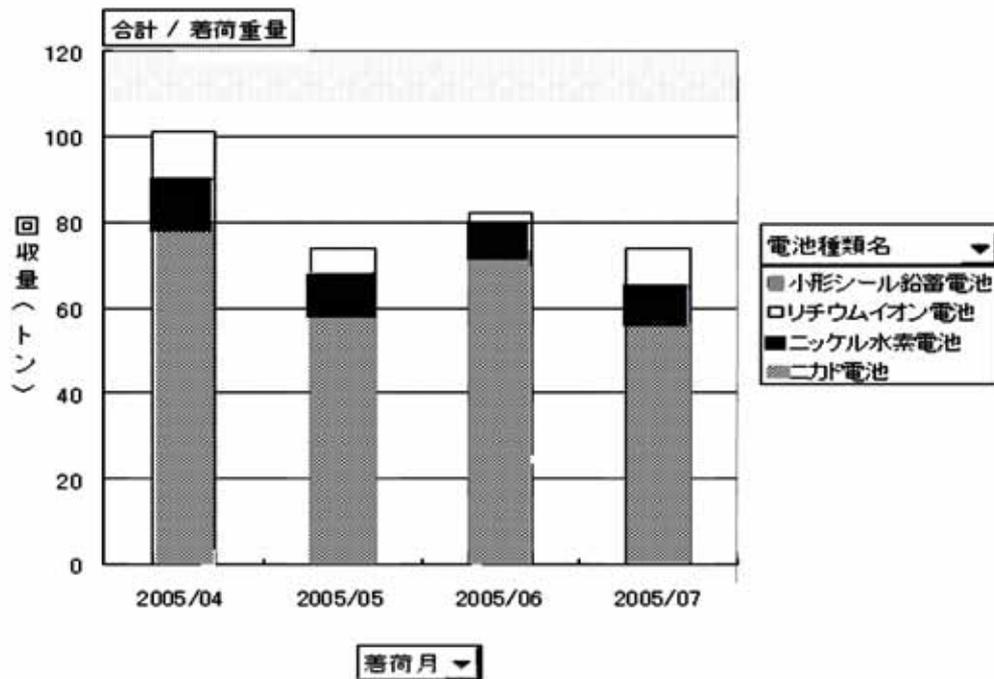


図1 使用済小型二次電池の回収量 - 月単位 (単位 ; t)

出典 : JBRC の homepage

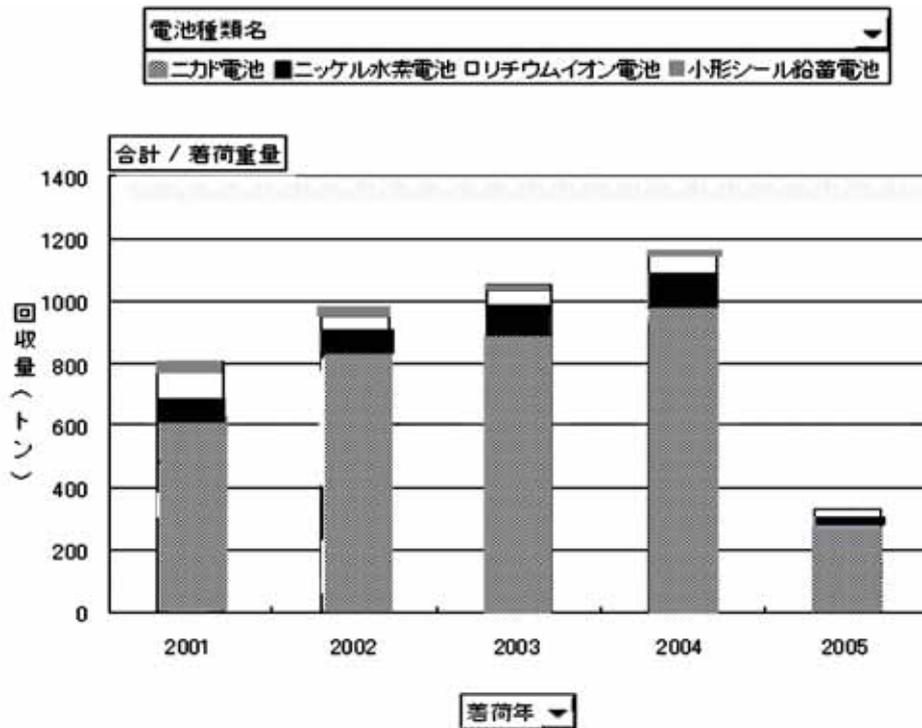


図2 使用済小型二次電池の回収量 - 年単位 (単位 : t)

出典 : JBRC の homepage

図1から2005年の4月～7月のニッケル水素電池の回収量は着荷重量で月当たり、10t程度である。昨年の2004年の年間の回収量は100～120tと考えられる。現在Mmは回収されていないが、2000年の産業構造審議会の資料によると小型ニッケル水素電池のMm含有量は12%なので、回収されるとしたら、12t～14t/年が回収量と推定される。

(b) HEVのリサイクル

使用済HEVの排出量

表8にHEVの販売量が掲載されている。1997年にトヨタがプリウス発売して以来、エスティマを追加、本田が1999年からインサイトを1999年にシビックを追加した。この表はニッケル水素電池のみ記載である。資料¹¹⁾によると、日産は2000年4月にTINO hybridにリチウムイオン電池を搭載した。また、2002年9月に、日産はHEV自動車のコストを低減するために、トヨタと技術共同研究契約を結んだ。2004年7月にはトヨタと基本契約の調印し、2年以内にALITMA HYBRIDを製造すること約束した。

従って、日産は2006年にリチウムイオン電池を搭載したALITMA HYBRIDを製造するであろうと述べている。従って、リチウムイオン電池はまだあまり売れていないようである。しかし、本格的なHEV用のリチウムイオン電池は5年後には開発されるという情報があり、2010年には両方の電池がミックスされてHEVが販売されているかもしれない。

HEV販売は、2001年から10万台を超えた、HEVの寿命を5年間保証している。自動車の寿命は10年なのでHEVの寿命も10年間となる可能性が高い。従って、2010年頃から、使用済HEVが排出されてくると想定される。

使用済HEVのリサイクル

使用済HEVのリサイクルが未だ本格的に排出していないので、リサイクル検討は今後の課題となっている。

1994年に、即ち、ニッケル水素電池の普及が始まった初期の頃に、下記に示すニッケル水素電池のリサイクル実験が行われた。しかし、採算に合わず、Mmは、現在でもリサイクルされていない。HEVは小型二次電池に比較すると、1個あたりのリサイクル対象金属量も多く、全体の排出量も多く(小型電池では12～14t/年に対して、HEVは5年後の2010年には300t以上/年)、リサイクルを進める上での状況は格段に有利である。前回は、電池そのものが小さかったので、正極・負極・その他付帯備品も一緒になっていたが、HEVは物が大きいので手解体で、部位そのものも分別してリサイクルできる。また、前回は熔融塩電気分解で、水素吸蔵合金そのものを回収する方法であった。最近、電池を焼成後硫酸でリーチングし、水溶液電解でNiとCoをする技術が開発されている。残った残渣から金属の相場に応じて熔融塩電解を選択するやり方などを併用して、Mmを回収することも可能である。

ニッケル水素二次電池のリサイクル実験

・経緯と実施企業

平成4年5月に大阪科学技術センターを事務局とし大阪工業技術試験所（当時）を中心メンバーとした「水素吸蔵合金委員会」の分科会として「Ni/MH 電池回収分科会」が設立され、その中で三徳金属工業が検討していた直接合金電解による希土類およびニッケルの回収実験がテーマとして採用された。

・実施企業 三徳金属工業株式会社 三木工場

・実験期間

開始 平成5年4月 1日

終了 平成6年3月31日

・研究開発の概要

回収の工程
原料 (希土類型ニッケル水素二次電池)
破 碎
スラリー化
湿式分級
加熱・焼成
希土類、ニッケルの酸化物
溶融塩電気分解

この研究は、ニッケル水素二次電池の電極材料（ニッケル、コバルト、希土類）を電池から回収し、電極材料として再使用可能な形に戻すことである。

・実験結果

(1) 熱、焼成

750kgの廃電池から焼成品は200kg回収できた。

ICP 発光分析による焼成品の分析結果を以下に示す

(wt%)

希土類	Ni	Co	Mn	Al	Fe	その他
23.54	57.57	11.55	5.63	1.00	0.26	0.45

回収率は、投入廃電池量に対して25%と低かった。（廃電池中の有効回収物に対しては、約50%）。この原因として、破碎の不十分な物があつたことと、スラリー化工程での攪拌力が弱かつたことが考えられる。収率を向上させるためには、破碎物を再度破碎機に投入するか、スラリー化工程での攪拌力を強くして有効回収物と不純物を十分に分離する必要がある。

(2)溶融塩電気分解 金属合金の採取

廃電池から回収した有効回収焼成物を溶融塩電気分解により電池原料の合金として回収できた。

焼成物 40%投入

副生成物の発生量が多く(約 2,5Kg/Hr)電気分解収率は 55%と低かった。

この実験では、31.9kg の原料を投入し、(メタル換算)し、合金採取量は 18kg であった。電流効率は、34%であった。電気分解収率は、56%であった。

採取した合金の組成 (wt%)

希土類	Ni	Co	Mn	Al	Fe	その他
60.21	26.91	5.82	3.36	0.59	0.35	2.76

焼成物 30%投入

実験 1 の結果予想されたように、副生成物の発生は、焼成物 40%投入よりは少なくなった。

(約 1.9kg/hr)

採取した合金の組成 (wt%)

希土類	Ni	Co	Mn	Al	Fe	その他
69.35	19.56	4.02	1.91	0.48	0.36	4.32

34.4kg の原料を投入(メタル換算値)し、採取した合金量は 23kg であった。

電流効率は、42%。電気分解収率は 67%になり、焼成物 40%投入より向上した。

焼成物 30%、36 時間

採取した合金の組成 (wt%)

希土類	Ni	Co	Mn	Al	Fe	その他
68.48	19.16	4.23	1.81	0.44	0.31	5.57

原料投入量(メタル換算値)は、160.7kg であり、合金採取量は、112Kg であった。(副生成物の発生は約 1.8kg/hr)

電流効率は、45%。電気分解収率は、70%であった。

長期運転を行い、電流効率、電気分解収率の向上を狙って行ったが、当初の目標としていた電流効率 70%には到達しなかったが、投入割合の減少等の対策で目標を達成出来ると考えられる。

・まとめ

二軸剪断式破碎機は使用可能であるが、十分破碎することにより収率が向上するものと思われる。

希土類系ニッケル水素廃電池は、破碎、湿式分級、焼成という単純な工程で、溶融塩電気

分解用の原料として回収できる。ただし、回収率の向上が必要である。

溶融塩電気分解において、電池原料となる合金として回収することができた。

コスト面を考えると、電流効率、収率を上げる必要がある。

・成果の企業化及び輸出の見通し

希土類系ニッケル水素二次電池の需要は2～3年後には急増することが予想されている。その後廃電池、不良製品が大量にでてくるものと考えられる。

その量が10t/月になれば、企業化可能の段階になり経済性を見極めて、工業生産することになろう。

省資源、環境問題から考えても、必要性、有用性が重要な社会的問題になる。

引用文献（第四章）

- 1) (社)新金属協会希土類部会；レア・アース（新金属早わかりシリーズ No.2）、平成 12 年 1 月改訂 4 版発行、(社)新金属協会
- 2) 国土資源部鉱産開発管理司編；国土鉱産資源主要鉱種開発利用水平及政策建議、2002 北京冶金工業出版
- 3) 三徳金属 谷本圭介；希土類原料の生産動向、文部科学省イノベーション創出事業・科学研究費補助金基盤研究（B）（海外学術調査）シンポジウム「希土類資源の有効利用と先端材料」平成 14 年 1 月 21 日（木）アジュール竹芝
- 4) レアメタルニュース No.2184 P1 2004 年 8 月 24 日
- 5) レアメタルニュース No.2189 P1 2004 年 10 月 1 日
- 6) レアメタルニュース No.2166 P4 2004 年 3 月 24 日
- 7) レアメタルニュース No.2164 P4 2004 年 3 月 8 日
- 8) レアメタルニュース No.2208 P1～P3 2005 年 3 月 8 日
- 9) 新日鉱テクノリサーチ 大蔵隆彦；HEV（Hybrid Electric Vehicle）用ニッケル水素電池・モータのリサイクルについて、科学技術振興機構研究テーマ「マテリアルリース社会システム構築のための総合研究」の検討会 2004.8.9 提出資料
- 10) 産業総合研究所 境哲男；Eco design of Advanced Secondary Batteries, 2005.7.7 the 7th International Conference on Ecomaterials(ICEM7) in Singapore.
- 11) http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/SR/2005/sr2005_E_p43-54.pdf

第5章 二次電池の主要構成材料の使用量とリサイクル

1. 高性能二次電池の主要構成材料の使用量

表1 二次電池の販売量（単位：千個）

暦年	二次電池計	自動車用	その他鉛	他	ニカド電池	ニッケル水素	リチウムイオン
1986	323,010	35,976	8,369	437	278,228	-	-
1987	422,880	34,348	10,414	509	377,609	-	-
1988	544,336	36,158	15,052	465	492,661	-	-
1989	583,007	35,404	15,336	492	531,775	-	-
1990	665,917	37,127	18,892	458	609,440	-	-
1991	811,102	34,499	21,324	425	754,854	-	-
1992	802,040	34,009	23,407	377	744,247	-	-
1993	917,565	30,791	1,955	27,288	788,794	68,737	-
1994	1,119,284	30,305	1,955	27,394	865,767	193,863	-
1995	1,249,599	30,404	2,039	24,430	861,618	301,386	29,722
1996	1,235,740	29,950	2,278	20,558	711,067	358,079	113,808
1997	1,528,254	29,998	2,420	20,055	706,394	579,980	189,407
1998	1,556,263	29,435	2,309	16,889	598,120	647,566	261,944
1999	1,886,178	29,920	2,295	14,929	595,803	868,848	374,383
2000	2,154,685	30,836	2,699	15,672	614,906	1,010,581	479,991
2001	1,688,026	29,586	2,915	12,029	531,936	655,047	456,513
2002	1,655,470	29,431	2,581	9,853	492,726	549,535	571,344
2003	1,608,237	28,924	2,484	8,364	400,499	387,045	780,921
2004	1,588,168	29,234	2,604	7,501	401,518	319,113	828,198

出所) 経済産業省機械統計

表2 電池の含有金属量など（代表例）

品目	ニカド電池	ニッケル水素	リチウムイオン	鉛蓄電池	マンガン乾電池
Ni	18%	39%	-	-	-
Fe	33%	19%	25%	-	11%
Cd	15%	-	-	-	-
Co	3%	4%	16%	-	-
レア・アース	-	12%	-	-	-
Pb	-	-	-	55%	-
Al	-	-	4%	-	-
Cu	-	-	7%	-	-
Li	-	-	3%	-	-
Mn					30%
Zn					20%
金属計	69%	74%	55%	55%	61%
電解液	10%	8%	7%	17%	23%
樹脂等	4%	5%	3%	18%	5%
その他	17%	13%	35%	10%	11%

注1) リチウムイオン電池は、コバルト系で鉄ケース使用（80%）の場合

注2) レア・アース→Mm（ミッシュメタル）

出典：電池工業会資料（産業構造審議会廃棄物・リサイクル部会、平成12年4月）

二次電池の販売量推移を表1に示す。二次電池の中で、Ni、Coを使用するのは、ニカド電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池である。表1によると、最近数年、リチウムイ

オン電池のみ販売量が増加し、ニカド電池、ニッケル水素は減少傾向である。ただ、近年は電池容量がアップしており、個数だけでは、電池材料の消費量は判断できなくなり、消費材料の原単位の見直しが必要である。また、小型二次電池の生産が一部海外に移転しているので、海外生産分を含めて材料需給を考える場合機械統計の数量では抜けが生じる。さらに、ニッケル水素電池では HEV (Hybrid Electric Vehicle) 用二次電池が機械統計には未だ集計されていない点を考慮する必要がある

(1) ニカド電池

ニカド電池の Cd の消費量は、国内需要の電池用途の Cd と輸入 Cd の合計で算出される。2003 年以降は用途別のデータを入手していないので、Cd の生産量から電池以外の用途と輸出量を除算して推定した。

ニカド電池は、表 3 に示すように、電池生産個数は 2000 年に比較すると 1/3 に減少しているが、電池容量は 3 倍になっており、Cd 消費量はほとんど変わっていない。

しかし、2006 年は 9 月までデータで、1 年を予測した数字であるが、例年より、1,000t ほど減少している。これは、中国への Cd の輸出が同量あり、日系電池メーカーの生産移転の影響と考えられる。

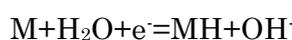
Ni と Co の消費量は表 2 の Cd との比率から推定した。ニカド電池の Ni、Co の消費量を表 3 に示した。

(2) ニッケル水素電池

2000 年の小型ニッケル水素電池の Mm (ミッシュメタル) の原単位は、2.3g/個であった (ヒアリング調査による)。この原単位を基に 2000 年の Mm 使用量を推定すると約 2,300 t (1,011 百万個×2.3g/個=2,325t) となる。2004 年は Mm の原単位は 5.0g/個で、Mm の使用量は約 t (319 百万個×5.0g=1,595t) と推定される。

一方、2000 年に販売された小型ニッケル水素電池の総容量は 1,186 百万 Ah であるのに対して 2004 年の総容量は 756 百万 Ah と、2000 年の 64% に相当する。この比率で Mm が消費されたとすると、2004 年の Mm 消費量は約 1,500 t (2,300×64% = 1,472 t) となり、上記の原単位によるかなり一致している。すなわち、2000 年から 2004 年にかけて、小型ニッケル水素電池一個当たりの容量が大きくなり、電池一個当たりの Mm 使用量が増加している。

電池の反応式は



負極の材質は Mm (ミッシュメタル) を用いて、Ni の一部を Mn や Al で置換して水素解離圧を 60 で調整し、Co で置換して耐久性を向上させた。

合金組成 $\text{MmNi}_a(\text{Mn, Al})_b\text{Co}_c$ ($a + b + c = 5$) なお、代表的な合金例として、

LaNi₅ 型で a=4、b=0.5、c=0.5 がある。

この場合、水素吸蔵合金は水素化物 LaNi₅H₆ を形成する(出典:最新二次電池材料の技術、(株)シーエムシー、1999.9.8)、

・正極の Ni 量

また、ニッケル水素電池は、Ni-Cd 電池と原理は類似しており、正極制限を維持する必要がある。この値は上記の「1)Ni-Cd 電池」で求めた 0.64 原子量で、更に Ni 量は減少する。

・負極の Ni 量

上記の典型的負極材料は、NmNi_{5-x}(Co,Mn,Al)H₆ 水素化合物を形成する。従って、ミッシュメタルの約 5 倍の Ni の原子数である。

・Mm (ミッシュメタル)の原子量

Mm の組成は秘密だが、レア・ア - ス鉱石の組成は大略一致しているので Mm 規格標準からの理論的原子量を求めると、Ce に類似した原子量で 140 である。

化学成分	%	原子量	原子量%
Ce/Re	50	140	70.0
La/Re	30	139	41.7
Nd/Re	15	144	21.6
Pr/Re	4	141	5.6
Sm 他/Re	1	150	1.5
計			140

出典：レア・アース、新金属協会、平成元年 12 月 1 日

・負極としての、業者の情報より、ミッシュメタルの電池 1 ケ当たりの使用量は 2.3g とのことである。1999 年の電池個数 868 百万個で、2,000t のミッシュメタルを使用したことになる。

Ni の消費量は、 $2,000 \times \text{Ni 原子量} (4 + \text{正極量}) / \text{Mm 原子量} = 2,000 \times ((59 \times (4 + 6 \times 0.5)) / 140) = 5,900\text{t}$ 。正極の Ni 量は正極制限の 0.65 を 0.5 とした。これは想定値である。

ところで、表 2 の電池の含有金属では、実際の代表例は Ni39%に対して、Mm12%なので Ni の消費量は、 $2,000 \times 39\% / 12\% = 1,736 \times 3.25 = 6,500\text{ t}$ となる。

ここでは、後者の数値を採用し推定した。

なお、の Co 量は Co/Ni=4%/39%の比率から推定。

表 4 にニッケル水素電池の Ni,Co の消費量を示した。

(3) リチウムイオン電池

資料「工業レアメタル 2000」によると、「炭酸リチウムの 1999 年の需要は 5,200t、前年比 24%の大幅増加となった。このうち Li イオン電池(LIB)の正極材向けは、1,700 ~ 1,900t と推

定される。1998年(1,500~1,600t)に比べ24%上昇している。

昨年のLIB生産は3億8,300万個、前年82億6,700万個)否44%増と右肩上がり続けている。しかし、電池の主流が円筒形からコンパクトな角形へ移行が進んでいる。この結果電池1個当たり炭酸リチウムの使用量は4~5gから3g前後に減少しているが、伸びは鈍化する傾向にある。しかし、電池需要の伸びがそれをカバーしており、今年も2,200tから25,000t続伸が見込まれている。」

電池の反応

充電



放電

正極は LiCoO_2 、負極は炭素(LiC_6 の黒鉛層間化合物)なので、負極のLiを無視すればCoとLiは同じ原子当量の反応である。

Li=7、C=12、O=16、Co=59

$$2\text{Li}/\text{Li}_2\text{CO}_3 = 2 \times 7 / (2 \times 7 + 12 + 3 \times 16) = 0.189189$$

1個当たりの炭酸リチウム4.5gはLi 0.8514g、Co 7.176[1998年のLi消費量では1.09952、Co 9.2674]

1個当たりの炭酸リチウム3gはLi 0.5676g、Co 4.784g[1999年にLi消費量で0.8894 Co 7.4964]

1個当たりの炭酸リチウム3.5g[2003年のLIB生産量7.6億個、LIB1個当たりの正極材に使用された炭酸リチウムを最低でも3.5gとして計算]・・・工業レアメタル No 120 2004から引用

以下に、消費量のLi、Co量を推定。ただし、1995年~1997年は1998年の原単位で計算。リチウムイオン電池のCo消費量は表5に示した。

表3 カドミウムのニカド電池の諸消費量から Ni、Co 消費量推定 (単位: トン)

歴年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
電池Cd	1753	1682	1990	2319	2416	2425	2163	1941	1825	2165	1992	2230	2604	2021	2437	2497	2233	2297	2226
輸入Cd	2268	2701	1939	3452	2704	2991	4010	6038	4394	4772	3562	3333	3916	2463	2819	3820	2626	3072	1685
電池の計Cd	4023	4383	3929	5771	5120	5416	6173	7979	6219	6874	5594	5562.7	6520	4490	5256	6317	4859	5369	3911
その他Cd	601	424	627	460	422	505	457	384	338	383	520	356	290	182	151	150	150	150	150
計Cd	4624	4807	4556	6231	5542	5921	6630	8363	6557	7257	6074	5918.7	607.4	514.8	484.9	392.2	371.3	362.6	
電池-容量(百万個)		544.2	626	777.7	759.6	807	879.3	872.6	694.4	703.3	585.1	601.1	607.4	514.8	484.9	392.2	371.3	362.6	
電池-容量(10 ⁶ Ah)		473.7	552	694.3	670.6	693.5	776	854.5	737.7	824	708.3	762.4	794	680.1	666.9	580.1	623.8	647.6	
電池-Ah/個		0.870	0.882	0.893	0.883	0.859	0.883	0.979	1.062	1.172	1.211	1.268	1.307	1.321	1.417	1.479	1.680	1.786	
Ni量		4345	4734	4243	6233	5530	5849	6667	8617	6717	7424	6008	7042	4849	5676	6822	5248	5799	4224
Co量		724	789	707	1039	922	975	1111	1436	1119	1237	1000	1174	808	946	1137	875	966	704

出典: 日本鉱業協会資料、日本貿易月報

注1) はCdの投入量との表2の比率からNi量を表推定したもので、0.9は電池製造歩留まりである。輸入カドミウムは全て電池用途に使用されているものとした。

注2) 2003年以降の電池の欄は、生産量から輸出生産量と電池以外の用途相当量の150tを除外。

注3) ニカド電池は生産個数は減少したが、容量がアップしたので消費材料は、あまり変化していない。材料の投入量はバラツキがあるが、傾向としては容量アップに一致している。

注4) 2006年になってからCdの国内消費量が減少している。中国へのCdの輸出生産量が増大しているため、電池メーカーが生産を中国に移転した可能性がある。

表4 Mmのニッケル水素電池への消費量からのNi、Coの消費量推定

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
数量(百万個)	-	-	-	-	72.2	105.8	306.1	350.2	580.9	643.8	868.1	1026	631.6	538.3	378.6	306.4	303.4
容量(10 ⁶ Ah)					204.7	270.4	362.6	413.9	578.9	686	964.4	1185.9	769.3	775.5	674.8	753.7	918.1
Mmの量(ト)					2,835.18	2,555.766	1,784.58	1,161.988	0.996557	1,065.548	1,170.932	1,155.848	1,218.078	1,440.646	1,782.356	2,459.856	3,026.038
Niの量(ト)					166.1	243.3	704.0	819.3	1336.1	1480.7	1996.6	2359.8	1530.8	1543.2	1342.8	1499.8	1826.9
Coの量(ト)					540	791	2288	2663	4342	4812	6489	7669	4975	5015	4364	4874	5937
					48	71	204	237	387	429	579	667	510.2718	514	448	500	609

注1) 2001年からニッケル水素電池の容量が大幅にアップしており、2000年の容量と各年の容量との比率で、金属量を推定。Mm→ミッシュメタル

表5 Liのリチウムイオン電池への消費量からCo消費量の推定

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
数量(百万個)	-	-	-	-	-	-	32.0	125.4	193.5	266.6	383.4	478.6	453.1	568.1	762.8	779.8	876.8
容量(10 ⁶ Ah)							34.2	138.2	198.2	270.7	407.4	488.6	484.7	679.8	982.2	1083.5	1247.8
Li量(t)							1,069	1,102	1,024	1,015	1,063	1,042	1,070	1,197	1,288	1,389	1,423
Co量(t)							35	138	213	293	341	334	343	384	413	446	457
							297	1162	1793	2471	2874	2818	2893	3237	3483	3758	3849

注1) 1999年以降は電池の1個当たりの容量がアップするので、1998年の容量に対するその年の容量の比率で金属量を推定。

なお、「リチウムイオン電池は1993年から実用化された」との記事が工業レアメタル No.107にある。

2 . HEV (Hybrid Electric Vehicle) 用ニッケル水素電池

a. HEV 販売状況、市場規模

1997 年、トヨタ社のプリウスに始まったハイブリッドシステムは、走行性能と環境性能を両立させた新世代のシステムとして認められ、ハイブリッド車 (HEV) の販売台数を着実に増やしてきた。HEV にはニッケル水素電池が主として使用され、HEV の販売とともに、HEV 用ニッケル水素電池も販売されている。

表 6 にニッケル水素二次電池搭載 HEV 車の販売台数¹⁾を示す。2003 年の HEV の全世界累計販売台数は約 230,000 台に達している。さらに 2005 年の国内販売台数約 65,000 台、全世界の累計販売台数約 400,000 台 (2005 年 3 月末) に達している。

表 6 ニッケル水素二次電池搭載 HEV 車販売台数¹⁾

車種	発売時期	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004	2005	2006	2007
プリウス	内 97/12	320	17,656	15,200	12,511	1,003	6,698	2,300				
	外 00/7	0	0	0	6,515	25,926	21,500	17,700				
	小計	320	17,656	15,200	19,026	36,929	28,198	20,000				
新プリウス	内 03/9	0	0	0	0	0	0	14,200				
エスティマ	内 01/6	0	0	0	0	5,886	11,602	5,200				
アルファード	内 03/7	0	0	0	0	0	0	500				
インサイト	内 99/11	0	0	300	1,397	229	121	70				
	外 99/12	0	0	50	3,500	3,300	3,0010	2,500				
	小計	0	0	350	4,897	3,529	3,121	2,570				
ビック	内 01/12	0	0	0	0	228	2,248	780				
	外 02/3	0	0	0	0	0	13,919	23,000				
	小計	0	0	0	0	228	16,167	23,780				
合計	内	320	17,656	15,500	13,908	17,346	20,669	23,050	16 万	30 万	35 万	50 万
	外	0	0	50	10,015	29,226	38,419	43,200	3 万	3 万	8 万	15 万
		320	17,656	15,550	23,923	46,572	59,088	66,250	19 万	33.3 万	43 万	65 万
累計	内	320	17,976	33,476	47,384	64,730	85,399	108,449				
	外	0	0	50	10,065	39,291	77,710	120,910				
		320	17,976	33,526	57,449	104,021	163,109	229,359				

内は国内、外は輸出、出典：2004 年以降は日経ビジネスオンラインから引用³⁾。

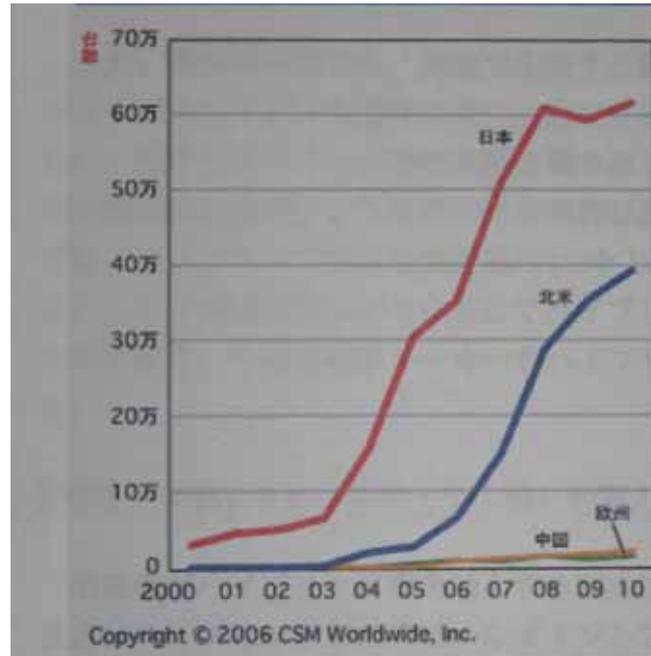


図1 各地域ごとのハイブリッド車生産台数の推移³⁾

なお、2004年以降の日経ビジネスオンライン³⁾による図1から読みとった値を表6に記入した。

今後については、2010年にはトヨタが100万台のHEV販売を目指しており、海外が100万台として合計200万台の販売が予測されている(表7)。

ところで、日経ビジネスオンライン³⁾によると2010年の世界のハイブリッド車の販売予測を2008年から100万台に下方修正している。どの予測正しいのか情報を集める必要がある。

表8にHEV用ニッケル水素二次電池の性能を示す。HEV用ニッケル水素二次電池の性能は、初代プリウスの出力密度600W/kgに対し、2代目プリウスの1,000W/kgと約1.7倍に向上した。当初、プリウスのニッケル水素電池部分は質量53kgで価格38万円であったが、新型は質量28kg、価格13万円と質量比53%、価格比34%に下がっている。寿命は当初3年間で60%が交換されたが、最近では5年間または10万km保証され、実質的には車体寿命である10年間は稼働できる¹⁾。なお、HEV用のニッケル水素電池はパナソニックEVエナジー(浜松)が製造している。

表7 HEVの世界市場予測¹⁾

(台)

地域	種類	実績		
		2003年	2004年	2010年
国内	ストロング HEV	22,200	75,000	450,000
	マイルド HEV	850	20,000	189,000
	小計	23,050	95,000	630,000
北米	ストロング HEV		53,000	700,000
	マイルド HEV		20,000	100,000
	小計		73,000	800,000
欧州	ストロング HEV		5,000	50,000
	マイルド HEV		20,000	300,000
	小計		25,000	350,000
世界計	ストロング HEV		133,000	1,200,000
	マイルド HEV		60,000	580,000
	計		193,000	1,780,000

表8 HEV用ニッケル水素二次電池の性能一覧¹⁾

車種製造者	ホンダ				トヨタ		
	インサイト	シビック	プリウス (初代)	プリウス (MC)	プリウス (2代目)	ハイブリッド	アルファード
販売開始年月	1999.11	2001.12	1997.12 ~ 2000.5	2000.8 ~ 2003.8	2003.9 ~	2001.6 ~	2003.7 ~
車型式	ZA - ES9	YA - ZE1	NHW10	NHW11	NHW20	AHR10W	ATH10W
HEV形式	マイルド	マイルド	ストロング	ストロング	ストロング	ストロング	
極板製造方式	焼結式	焼結式	焼結式	非焼結式	非焼結式	非焼結式	
形状	円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型	
公称電圧/モジュール	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	7.2V	
公称容量	6.OAH	6.OAH	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	6.5Ah	
重量エネルギー密度	40Wh/kg	40Wh/kg	43Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	46Wh/kg	
出力密度	800W/kg	800W/kg	600W/kg	1,000w/kg	1,000W/kg	1,000W/kg	
モジュール数	20/120個	20/120個	40/240個	38/228個	28/168個	30/180個	
電圧	144V	144V	288V	273.6V	201.6V	216V	
モジュール外形寸法 (mm)	φ35x384	φ35×384	φ35×384	19.6×106×275	19.6×106.×285	19.6×106×270?	
重量/モジュール	660g(?)	660g(?)	1,320g(?)	1,060g	1,040g	850g?	
定価(除工賃)	23.5万円	23.5万円(?)	38万円	32.8万円	12.8万円	不詳	

b. HEV用ニッケル水素二次電池のNi, Co, Mm(ミッシュメタル)原単位と消費量

ニッケル水素二次電池に使用される金属量は必ずしも明確でない。表10~表13に、各種ニッケル水素二次電池に使用される金属量の試算値を示す。HEVに使用されるNi, Co, Mmの含有量は、表11のプリウス(2代目)の8.664kg/台、1.048Kg/台、3.05kg/台程度と考えられ、これより、レアメタル消費量を表9に推定した。今後については2010年にはトヨタが100万台のHEV販売を目指しており、海外が100万台として合計200万台の販売が予測されている。

表9 ハイブリッド車のNi、Co、Mmの消費量の推定 (単位:t)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
販売台数(万台)	4.7	5.9	6.6	19	33.3	43	65	90
Ni(t)	407	511	572	1,646	2,885	3,726	5,632	7,798
Co(t)	49	62	69	199	349	451	681	943
Mm(t)	143	180	201	580	1,017	1,313	1,984	2,748

注) 電池の金属含有原単位; Ni=8.664Kg/台、Co=1.048Kg/台、Mm=3.053Kg/台

表 1 0 ニッケル水素二次電池モジュールの元素組成 (例) ¹⁾

(角型密閉式、1.2kWh(12V, 100Wh)/モジュール、寸法:60L×120W×220W、重量:19kg、電圧:12V、容量:100Ah、電流:10A、電解液:63Wh/kg、重量:19kg)

	負極合金	正極活物質	負極集電体	金属部品 Fe-Ni その他	電解液	計	電池 1kg 当り 金属量 (g)
電池重量 (kg)						19	
Ni (g)	3,164	2,394	50	45		5,653	298
Co (g)	418	266				684	36
Mn (g)	1,992					1,992	105
Zn (g)		169				169	9
Cu (g)				143		143	8
Li (g)					2.5	2.5	0.132

表 1 1 主要 HEV 別ニッケル水素二次電池中の含有金属量試算例 ¹⁾

主要 HEV 車種	プリウス(初代)	インサイトビック	プリウス(MC)	プリウス(2代目)	エスティマ・アルファード
分類	ストロング HEV	マイルド HEV	ストロング HEV	ストロング HEV	ストロング HEV
角型 / 円筒型	円筒型	円筒型	角型	角型	角型
モジュール数	40	20	38	28	30
電池重量 (kg)	52.8	26.4	40.3	29.1	25.5
1台当り金属量 Ni (g)	15,709	7,855	11,984	8,664	7,587
Co (g)	1,901	950	1,450	1,048	918
Mn (g)	5,536	2,768	4,223	3,053	2,673
モジュール当り Ni (g)	393	393	315	309	253
Co (g)	48	48	38	37	31
Mn (g)	138	138	111	109	89

表 1 2 EV 用ニッケル水素二次電池構成材料試算例 ²⁾

項目	特性	
タイプ	Prismatic	
正極	活物質: (Ni, Co, Zn) (OH) ₂	基板: 発泡ニッケル、Ni めっき Fe
負極	活物質: Mm Ni _{3.8} Co _{0.5} Al _{0.3} Mn _{0.4}	基板: 発泡ニッケル、Ni めっき Fe
電解質	30%KOH、5%LiOH	
モジュール	出力: 1.2kWh (12V, 100A)	重量: 18.9 kg
システム	出力: 24kWh(20 モジュール)	重量: 404 kg

表 13 ニッケル水素二次電池の構成材料試算例 1.2kWh module(100Ah*12V))²⁾

区 分		構 成		
		kg	%	
正 極	Ni(OH)2	4.41	29.2	
	発泡ニッケル	0.94		
	集電体	0.16		
	計	5.51		
負 極	水素吸蔵合金	Mn	2.0	39.0
		Ni	3.2	
		Co	0.4	
		Al	0.1	
		Mn	0.3	
		小計	6.0	
	Binder	0.18	7.36	
	Ni めっき鋼板	1.01		
	集電体	0.17		
	計	7.36		
電 極	電極	2.5	15.4	
	セパレータ	0.4		
	計	2.9		
組立部品	極柱	0.6	16.4	
	安全弁	1.5		
	ボルト、ナット	0.3		
	補強板	0.7		
	計	3.1		
合計		18.87	100.0	

引用文献 (第五章)

- 1) 大蔵隆彦 : HEV (Hybrid Electric Vehicle) 用ニッケル水素電池・モーターのリサイクルについて、科学技術振興機構研究テーマ・「マテリアルリース社会システム構築のための総合研究」の検討会、2004.8.9
- 2) 境哲男 : Eco design of Advanced Secondary Batteries, the 7th International Conference on Ecomaterials(ICEM7) in Singapore, 2005.7.7
- 3) 武谷匡城 (CSM ワールドワイド); 需要高まるハイブリッド、20006.5.23、
<http://business.nikkeibp.co.jp>(日経ビジネスオンライン)

3. 電池

レアメタル³¹の調査時点 1989 年時点では実用化されていたレアメタルを含む、二次電池はニカド電池のみであった。ニッケル水素、リチウムイオンなどは、その後に実用化されたものである。

EV などの開発に触発され、リチウムイオン電池の電解質媒体に Co ではなく Mn やポリマーを使用するものや、新規で更に優秀な二次電池も開発され、二次電池は驚くほど進歩を遂げつつある。なお、今回の調査ではマンガン一次電池の検討を省略した。

(1) 蓄電池のレアメタル量の推定

蓄電池の原単位を以下に示す。

表1 電池の含有金属量など(代表例)

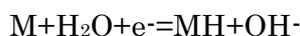
品目	ニカド電池	ニッケル水素	リチウムイオン	鉛蓄電池	マンガン乾電池
Ni	18%	39%	-	-	-
Fe	33%	19%	25%	-	11%
Cd	15%	-	-	-	-
Co	3%	4%	16%	-	-
レアース	-	12%	-	-	-
Pb	-	-	-	55%	-
Al	-	-	4%	-	-
Cu	-	-	7%	-	-
Li	-	-	3%	-	-
Mn					30%
Zn					20%
金属計	69%	74%	55%	55%	61%
電解液	10%	8%	7%	17%	23%
樹脂等	4%	5%	3%	18%	5%
その他	17%	13%	35%	10%	11%

注) リチウムイオン電池は、コバルト系で鉄ケース使用(80%)の場合

出典: 電池工業会資料(産業構造審議会廃棄物・リサイクル部会、平成12年4月)

(2) ニッケル水素電池

電池の反応式は、



負極の材質は Mm (ミッシュメタル) を用いて、Ni の一部を Mn や Al で置換して水素解離圧を 60 で調整し、Co で置換して耐久性を向上させた合金組成 $\text{MmNi}_a(\text{Mn}, \text{Al})_b\text{Co}_c$ ($a + b + c = 5$)

なお、代表的な合金例として、 LaNi_5 型で $a=4$ 、 $b=0.5$ 、 $c=0.5$ がある。

この場合、水素吸蔵合金は水素化物 LaNi_5H_6 を形成する (出典：最新二次電池材料の技術、(株)シーエムシー、1999.9.8)

・正極の Ni 量

また、ニッケル水素電池は、Ni-Cd 電池と原理は類似しており、正極制限を維持する必要がある。この値は上記の「 1) Ni-Cd 電池」で求めた 0.64 原子量で、更に Ni 量は減少する。

・負極の Ni 量

上記の典型的負極材料は、 $\text{NmNi}_{5-x}(\text{Co}, \text{Mn}, \text{Al})\text{H}_6$ 水素化合物を形成する。従って、ミッシュメタルの約 5 倍の Ni の原子数である。

・Mm (ミッシュメタル) の原子量

Mm の組成は秘密だが、レア・アース鉱石の組成は大略一致しているので、Mm 規格標準からの理論的原子量を求めると、Ce に類似した原子量で 140 である。

化学成分	%	原子量	原子量%
Ce/Re	50	140	70.0
La/Re	30	139	41.7
Nd/Re	15	144	21.6
Pr/Re	4	141	5.6
Sm 他/Re	1	150	1.5
計			140

出典：レア・アース、新金属協会、平成元年 12 月 1 日

・負極としての、業者の情報より、ミッシュメタルの電池 1 ケ当たりの使用量は 2g とのことである。1999 年の電池個数 868 百万個で、1,736 トンのミッシュメタルを使用したことになる。

Ni の消費量は $1,736 \times \text{Ni 原子量} (4 + \text{正極量}) / \text{Mm 原子量} = 1,736 (59 \times (4 + 6 \times 0.5)) / 140 = 5,121$ トン。正極の Ni 量は正極制限の 0.65 を 0.5 とした。これは想定値である。

ところで、表 1 の電池の含有金属では、実際の代表例は Ni39% に対して、Mm12% なので Ni の消費量は、 $1,736 \times 39\% / 12\% = 1,736 \times 3.25 = 5,642$ トンとなる。

ここでは、後者の数値を採用し推定した。なお、の Co 量は Co/Ni=4%/39%の比率から推定。

表2 ニッケル水素電池の生産量と Mm、Ni の消費量 (単位：t)

		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
数量(百万個)		72.2	105.8	306.1	356.2	580.9	643.8	868.1	1026	630	
容量(106Ah)		204.7	270.4	362.6	413.9	578.9	686	964.4	1185.9		
Mm の量(t)		144.4	211.6	612.2	712.4	1161.8	1287.6	1736.2	2052	1260	
Ni の量(t)		469.3	687.7	1989.65	2315.3	3775.85	4184.7	5642.65	6669	4095	
Co の量(t)	× 4/39	48	71	204	237	387	429	579	667	420	

注) 2000年の電池個数は業界からの情報であり、容量は不明である。

注2) Mm→ミッシュメタル

(3) 鋳造磁石(アルニコ磁石)

表3に示すように、アルニコ磁石は、10年前に比較して約半分の生産量は減少している。しかし、温度特性が良好(3%/100)なので計測器など例えば、電力績算計などに堅い需要がある。

表3 鋳造磁石生産量とレアメタル含有量 (単位：t)

	磁石生産量	Ni 含有量	Co 含有量	Ti 含有量	
		× 0.126	× 0.2524	× 0.0182	
1989	1774		224	448	32
1990	1969		248	497	36
1991	1691		213	427	31
1992	1482		187	374	27
1993	1137		143	287	21
1994	1119		141	282	20
1995	1313		165	331	24
1996	1015		128	256	18
1997	1073		135	271	20
1998	890		112	225	16
1999	932		117	235	17
2000	1012		128	255	18
2001	694		87	175	13

注1) は(社)日本電子材料工業会の鋳造磁石生産量

注2) 合金の成分含有比率は下記の表6から算定。

表4 アルニコ磁石の生産比率から Ni, Co 含有率

磁石材料	成分	生産比率	計算比率	Ni%	Co%	Ti%
アルニコ5	8Al-14Ni-24Co-3Cu-51Fe	50-70%	60%	8.4	14.4	
アルニコ8	7Al-15Ni-34Co-4Cu-5Ti-5Fe	8%	14%	2.1	4.76	0.7
アルニコ9	7Al-15Ni-34Co-4Cu-8Ti-32Fe	8%	14%	2.1	4.76	1.12
鉄・Cr・Co	26Cr-11Co-63Fe	8%	12%	0	1.32	
計				12.6	25.24	1.82

第6章 希土類磁石など

1. 希土類磁石

1.1. 磁石の種類

希土類磁石には、Sm系とNd系の2種類がある。

Sm系は1967年に開発され、更に性能の良いNd系は1982年に開発された。

実用化時期も開発に合わせて、Sm系からNd系に変遷してきている。

2種類の磁石の生産量・比率については、日本電子材料工業会と新金属協会の値に違いがあるが、磁石の製造歩留Smが80%、Ndの60～70%、磁石の研磨剤の回収状況などがあり、目下検討中である。現在までの検討結果を表5、表6に示す。

なお、レアメタルニュースの2000年の値が掲載されたが、いままで傾向からみると実際もう少し大きな値になるであろう。

表5 希土類磁石生産量とレアメタル含有量

	磁石生産量			メタル含有量			参考(新金属協会)	
	希土類磁石	SM-CO	Nd-Fe-B	Sm ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Co	Sm ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃
			-	×0.2987	×0.3112	×0.74238		
1989	1400	700	700	209	218	520		
1990	1515	651	864	195	269	483		
1991	1698	602	1096	180	341	447		
1992	1592	554	1038	165	323	411		
1993	1767	505	1262	151	393	375	212	992
1994	1965	456	1509	136	470	339	214	1130
1995	2299	465	1834	139	571	345	206	1364
1996	2796	431	2365	129	736	320	206	1700
1997	3667	422	3245	126	1010	313	200	1800
1998	4488	398	4090	119	1273	295		
1999	5221	393	4828	117	1502	292		
2000	5601	350	5250	105	1634	260		
2001	4560	230	4330	69	1347	171		
2002								
2003	5500	275	5225	80	1626	204		

注1) の1994年～2000年は(社)日本電子材料工業会のデータであるが、1989年～1993年は推定値である。

注2) 2000年の希土類磁石のSM-COとNd-Fe-Bの値は、レアメタルニュースNo.2036,2001.4.24から引用。酸化物原料は製造ロス含む形での推定で、それぞれ3,675t、195tである。

注3) 2001年の希土類磁石のSM-COとNd-Fe-Bの値は、レアメタルニュースNo.2081,2002.4.24から引用。

酸化物原料は製造ロス含む形での推定で、それぞれ3,030t、115tである。

注4) 2003年は、レアメタルニュースNo.2166,2003.03.24から引用。この表の希土類磁石は焼結タイプのみを集計している。

注5) レアメタルニュースの製造ロス分は、歩留に換算すると44.5%と非常に低いになる。

歩留ロス分が、どのようにリサイクルがなされているかによって、上表を採用するか、レアメタルを採用するかが決まる。

- 注6) (社)日本電子材料工業会の1989年のSm-Coは1,154tであるが、1989年の磁石生産量はレアメタル31の「Nd磁石はSmの700tに並ぶ」という記載を採用した。
- 注7) レアメタル31の1989年のSm₂O₃の消費量は365tとなっており、上表より大きめの数字になっている。多分その当時の磁石の生産比率が、1-5系列のようにSmの比率が高いものでも700tの磁石に対応するSm₂O₃の重量は274tにしかならない。1-5系列が1967年に発明されたSM-CO磁石なので、正味のSm₂O₃の274tなのかもしれない。
- 注8) の1990年～1993年は毎年等分にSm₂O₃の消費量が減少したとしてのSm磁石生産量を推定。
- 注9) 、 、 の換算比率は表-4と数式から求めた。
- 注10) 、 は新金属協会の需要量(備蓄委員会提出資料)

現状のSm₂Co₁₇の生産量が70～80%である。SmCo₅が残りである。
この比率からSm、Coの比率を求めると、

表6 Sm-Co磁石の生産比率からSm、Co含有率

磁石材料	成分	生産比率	計算比率	Sm比率(%)	Co比率(%)
2-17系	Sm ₂ Co ₁₇	70-80%	75%	17.316	57.686
1-5系	SmCo ₅	残り	25%	8.447	16.553
計			100%	25.763	74.238

$$\begin{aligned} \text{Sm}_2/\text{Sm}_2\text{Co}_{17} &= 2 \times 150.36 / (2 \times 150.36 + 17 \times 58.93) = 0.23088 \\ \text{Co}_{17}/\text{Sm}_2\text{Co}_{17} &= 17 \times 58.93 / (2 \times 150.36 + 17 \times 58.93) = 0.76914 \\ \text{Sm}/\text{SmCo}_5 &= 150.36 / (150.36 + 5 \times 58.93) = 0.33788 \\ \text{Co}_5/\text{SmCo}_5 &= 5 \times 58.93 / (150.36 + 5 \times 58.93) = 0.6621 \\ \text{Sm}_2\text{O}_3/\text{Sm}_2 &= (2 \times 150.36 + 3 \times 16) / 2 \times 150.36 = 1.1596 \\ \text{Nd}_2/\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B} &= 2 \times 144.24 / (2 \times 144.24 + 14 \times 55.85 + 10.81) = 0.2668 \\ \text{Nd}_2\text{O}_3/\text{Nd}_2 &= (2 \times 144.24 + 3 \times 16) / 2 \times 144.24 = 1.1664 \end{aligned}$$

1.2. 磁石の用途

(1) Nd系磁石

成分はNd₂Fe₁₄Bでありボンドタイプも同じ成分である。

Nd系磁石はフェライト磁石よりも10倍性能がよいので軽薄短小な用途に使用される。

モータと通信計測(CD、携帯電話のバイブレーター、パソコンのヘッド駆動モータ)の用途に80%を占めている。

また、パソコンの組立がほとんど海外などもあり、日本で製造したNd磁石の半数近くが輸出されたと考えられる。

(2) Sm系磁石

温度特性として高温に強く、性能を比較するとNd系の磁気特性40に対して、Sm系は80%ダウンの20～30にもかかわらず、マイクロ増幅装置などで需要がある。

1.3. 希土類の価格

中国の2年前のレア・アースの採掘制限などで、Smは変化ないがNdの価格が約2倍に高騰している(2000年)。これはあくまでも業界情報(記事、商社筋、その他)のことである。

大手磁石メーカーでは磁石メーカーに供給される合金の価格はほとんど上がっていないという。これはボンドタイプも焼結タイプも同じである。大口、小口では価格体系が異なるかもしれない。

1.4. 今後について

(1) 中国への対応

中国は世界の希土類の70%を供給している。中国は鄧小平の時代から希土類磁石を育てようとしていた。現在、中国から日本への磁石の輸入は住友特殊金属の特許に守られている。基本特許は2003年に切れるが、その他の特許もその後出願されているので、2013年頃まではその効力があるといわれる。

しかし、中国は中国で製造するスピーカー向けのフェライト磁石の100%のシェアをもっているように、中国のマーケットとしての位置付けは今後益々重要になると考えられる。そのためにはEVなど新規用途に対する「磁石の設計力[Design]」で優位を保つことが必要である。

また、磁石材料の供給業者は中国の鉱山との資本提携などに腐心しているがその努力も仕事を継続して確保する上では重要である。

(2) Nd系磁石の重要性

1996~97年にかけて、磁石の製造設備への投資が盛んに行われ、現在設備は過剰である。そのために、磁石業界はしばらくは我慢の時期である。Nd系を越える磁石は今後現れないと考えられ、磁石業界はこの磁石を中心に展開されると予測される。

2. フェライト磁石

2.1. 磁石の種類の変遷

フェライト磁石には、2種類の Sr($\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$)、Ba ($\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$) があるが、日本、米国の先進国では前者 Sr 系である。後者 Ba 系は安いので中国で製造されている。

目下のところ、Sr 系と Ba 系の磁石の生産比率の変遷が不明なので、1989 年が SrCO_3 の国内原料 100% で Sr 系磁石が製造され、1996 年から Ba 系磁石の生産が中止されたと仮定して表 7 に推定した。

表 7 フェライト磁石生産から Sr タイプと Ba タイプの生産量推定 (単位: 重量: ト)

	フェライト	Sr フェライト	Ba フェライト	Sr(金属)	Ba(金属)
			-	$\times 0.0825$	$\times 0.1236$
1989	84670	30557	54113	2522	6688
1990	83637	33326	50311	2750	6218
1991	81281	36095	45186	2979	5585
1992	75146	38864	36282	3207	4484
1993	66639	41634	25005	3436	3091
1994	64502	44403	20099	3664	2484
1995	60255	47172	13083	3893	1617
1996	49941	49941	0	4121	0
1997	49195	49195	0	4060	0
1998	46616	46616	0	3847	0
1999	46150	46150	0	3809	0
2000	46494	46150	0	3837	0
2001	39796	46150	0	3284	0

注 1) は (社) 日本電子材料工業会のフェライト磁石生産量 (統計値)

注 2) の 1989 年は国内生産の SrCO_3 の 100% で Sr フェライト磁石が生産されていたとして Sr フェライト磁石の生産量推定。

注 3) の 1996 年 ~ 1999 年は Sr フェライトの生産のみになったと仮定。

注 4) の 1990 年 ~ 1995 年は毎年等分に Sr フェライト磁石の生産が増加したとして Sr フェライト磁石生産量を推定。

$$\text{SrO}/\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 = 87.6 + 16 / (87.6 + 16 + 6 \times (55.8 \times 2 + 16 \times 3)) = 103.6 / (103.6 + 957.6) = 0.0976$$

$$\text{Sr}/\text{SrO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.0825$$

$$\text{BaO}/\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 = 137.3 + 16 / (137.3 + 16 + 6 \times (55.8 \times 2 + 16 \times 3)) = 153.3 / (153.3 + 957.6) = 0.138$$

$$\text{Ba}/\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.1236$$

2.2. 磁石の原料輸入

表8に示すように、日本無機薬品協会のデータを整理することにより、Srフェライト磁石向けの原料であるSrCO₃の輸入が増加している。

表8 Srフェライト向けSrCO₃の生産量と輸入量推定(単位:t)

	SrCO ₃ 生産	SrO換算	Srフェライト換算	Srフェライト生産	SrCO ₃ 換算	輸入推定
		×0.7019	/0.0976		×0.13905	-
1989	4,249	2,982	30,557	30,557	4,249	0
1990	4,077	2,862	29,320	33,326	4,634	557
1991	3,462	2,430	24,897	36,095	5,019	1,557
1992	2,711	1,903	19,496	38,864	5,404	2,693
1993	2,272	1,595	16,339	41,634	5,789	3,517
1994	2,292	1,609	16,483	44,403	6,174	3,882
1995	2,610	1,832	18,770	47,172	6,559	3,949
1996	1,240	870	8,918	49,941	6,944	5,704
1997	1,026	720	7,379	49,195	6,841	5,815
1998	846	594	6,084	46,616	6,482	5,636
1999	796	559	5,725	46,150	6,417	5,621
2000	915	642	6,580	46,494	6,465	5,550
2001	1,487	1,044	10,694	39,796	5,534	4,047

は日本無機薬品協会のSrフェライト磁石向けのSrCO₃の生産量

はSrフェライト磁石向けの輸入SrCO₃の推定量

2.3. 磁石の用途

フェライト磁石の7割が電装品の自動車向けである。スターター、ワイパーなど大きさに制約されないで小型モーターなどに30個も使用されている。

また、フェライト磁石の4割近くがボンドタイプで、用途は冷蔵庫のドア、雑貨・日用品、テレビの偏向ヨークなど安価なもの向けである。従って、輸出はほとんどなく、用途も電子・電気機器の本流の用途ではない。

日立金属が1988年にLa-Co系フェライト焼結磁石を開発。Srの約20%をLaに、鉄の2%をCoに置き換えていることで保持力を落とさず、磁束密度を10%強向上させ、温度特性の大幅改善に成功しており、家電製品に用途を広げている(リテラチュア No.2078 2002.4.1)。

この磁石の普及状況の調査を要す。Srの消費変動はそれほどでもないが、Laの需要量の

変動は大きいかもしれない。田中化学研究所は、Co 炭化物を二次電池には 200t/年出荷しているが、フェライト磁石向けは出荷していない（2003 年 1 月間問い合わせ）。堺化学の情報では、La-Co 系フェライト焼結磁石は日立金属と TDK が製造しているが、フェライト磁石全体に占める割合は、2001 年、2002 年共に 1 割程度で、2 割まで達していないとのこと。

表9 フェライト磁石生産で La 消費量推定（単位：重量：トン）

		フェライト	Sr フェライト	Ba フェライト	Sr(金属)	Ba(金属)	La(金属)	LaO
				-	×0.0825	×0.1236	×0.02	×1.115
1	1998	46616	46616	0	3847	0		
2	1999	46150	46150	0	3809	0		
3	2000	46494	46150	0	3837	0		
3'	2000	46494			3760		77	86
4	2001	39796	46150	0	3284	0		
4'	2001	39796			3219	0	66	74

注1) は(社)日本電子材料工業会のフェライト磁石生産量(統計値)

注2) フェライト新磁石の従来品に対する構成比率 La は Sr の 20%で、普及率が 10%なので、La の消費量は 2%

NIMS-EMC 材料環境情報データ

No.1	金属元素の製錬・精製段階における環境負荷算定に関する調査	(2003年3月)
No.2	鉛マテリアルフロー作成のための基礎調査	(2004年3月)
No.3	我国における自動車用白金族金属触媒のリサイクル動向	(2004年3月)
No.4	鉄スクラップの消費動向とその拡大技術シナリオのLCA的検討	(2004年3月)
No.5	我が国のアルミニウムマテリアルフロー調査	(2004年3月)
No.6	バイオマスの利活用に関する調査	(2005年3月)
No.7	中国の非鉄金属リサイクル動向と日本の廃家電を中心とするリサイクル6法のその後の状況	(2005年3月)
No.8	「鉱物資源使用」カテゴリーの特性化係数	(2005年3月)
No.9	中国の鉄鋼需給の現状と展望	(予定)
No.10	関与物質総量(TMR)の算定 資源および工業材料のTMR	(2006年3月)
No.11	金属元素のマテリアルフローを統一した形式で整理する試み	(予定)
No.12	社会蓄積量の把握に関する専門家意見調査	(2006年3月)
No.13	Ni, Co, V, REEの現状に対する考察	(2006年3月)
No.14	ナノテクノロジーの倫理・社会影響に関する調査研究	(2006年3月)
No.15	中国のリサイクル・資源利用調査報告	(2007年3月)
No.16	マテリアルリース社会システムのグランドデザインの検討	(2007年3月)
No.17	社会インフラとしての鋼構造物のハイパーネーション・ストックとしての評価	(2007年3月)
No.18	概説 資源端重量(Total Material Requirement ; TMR)	(2009年3月)

独立行政法人物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター

〒 305-0047

茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL 029-859-2668

FAX 029-859-2601

e-mail emc@wotome.nims.go.jp

home page <http://www.nims.go.jp/emc/>

