

■現在、国内外で検討されているEV, HV, PHVの駆動、発電用モータからのレアアースのリサイクルは、

モータを、ネオジム磁石と鋼板から構成されるロータと、鋼板と銅線からなるステータに解体

↓
ロータを消磁し、さらに分解して磁石と鋼板を分け、磁石単体を回収

↓
湿式法や乾式法を用いてネオジム磁石からレアアースを分離・回収

※複雑なプロセスとなっている。



本研究ではリサイクルプロセスの簡略化を目指し、

✓ ロータとステータを解体せずに、 BaB_4O_7 フラックスを用いて同時に高温処理することで、レアアースを Nd_2O_3 - BaB_4O_7 系スラグに濃縮

✓ 炭素飽和下のFe-Cu-C系の二液相分離を用い、鉄と銅を溶鉄相と溶銅相に分離

することが可能か、試薬を用いて検討した。

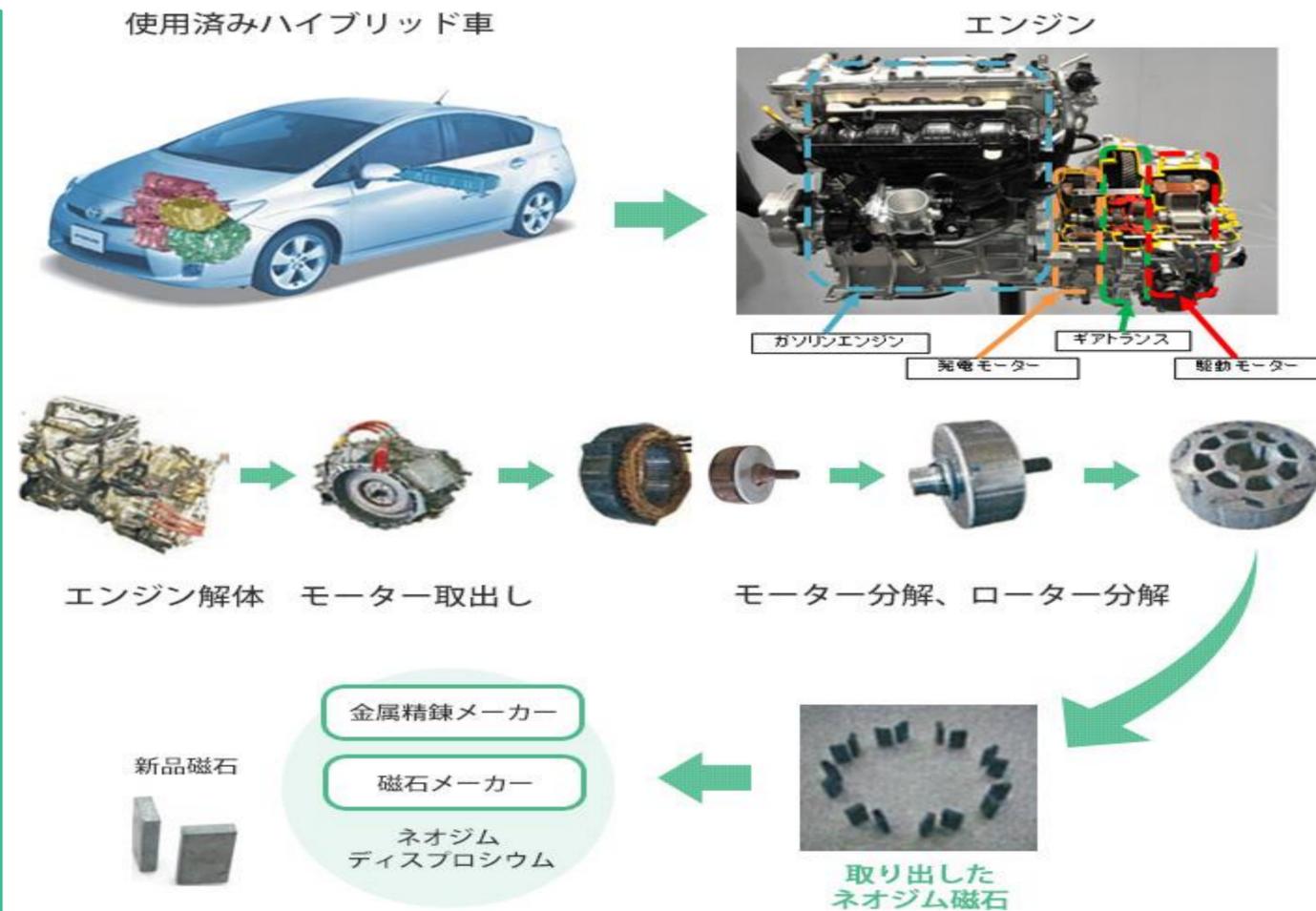
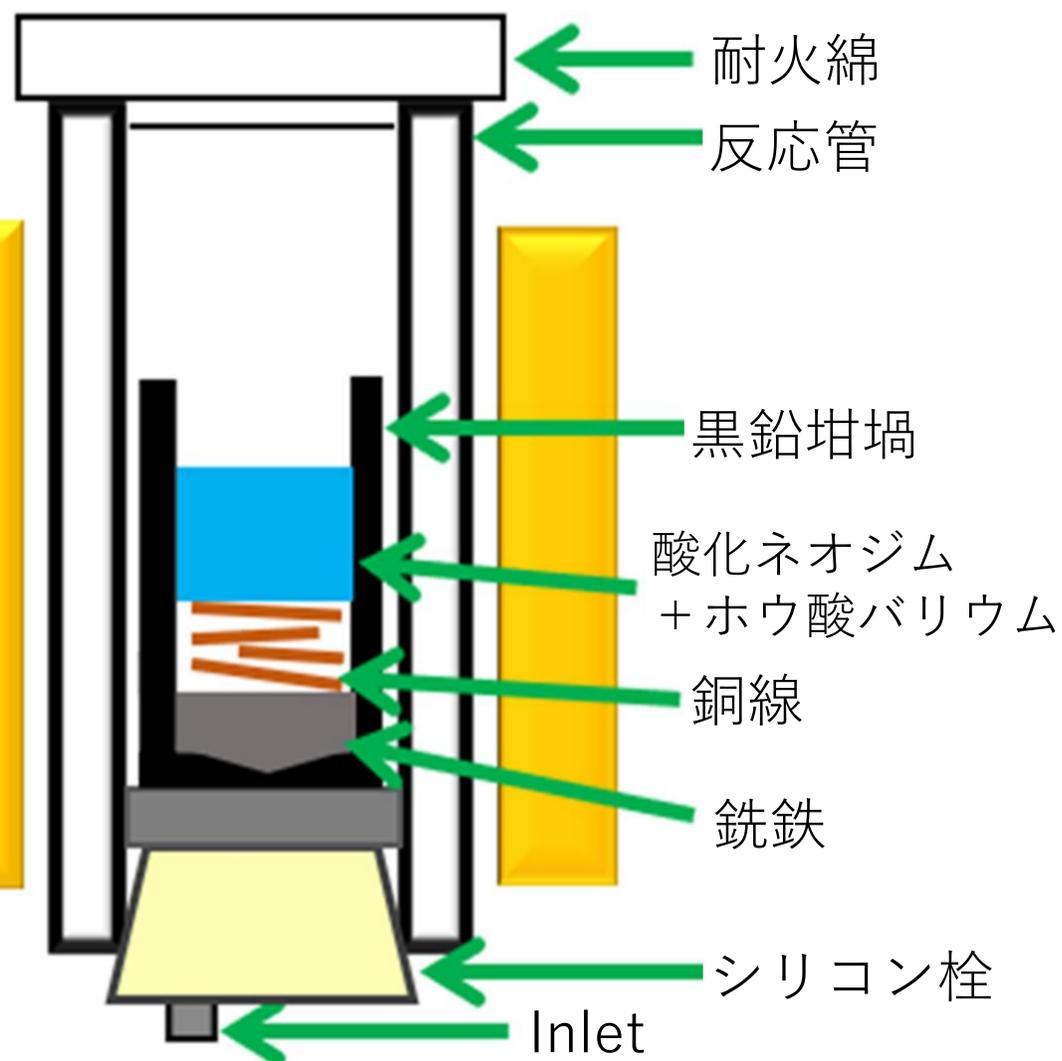


Fig.1 HVモータからのネオジム磁石リサイクル例

出典: (一社)産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター
<http://www.cjc.or.jp/raremetal/advanced-business-model/toyota-toyotametal-toyotsurecycle>

実験方法・結果

○実験方法



溶融温度(°C)	1400, 1500
炉内雰囲気	Ar (300 mL/min)
保持時間(h)	2
るつぼ	C (内径20 mm/高さ50 mm)

Nd ₂ O ₃	3.70
BaB ₄ O ₇ *	1.36
銑鉄	5.00
Cu	5.00

*Flux添加量: Nd₂O₃-26mass% BaB₄O₇ (BaB₄O₇純度:95.5%)

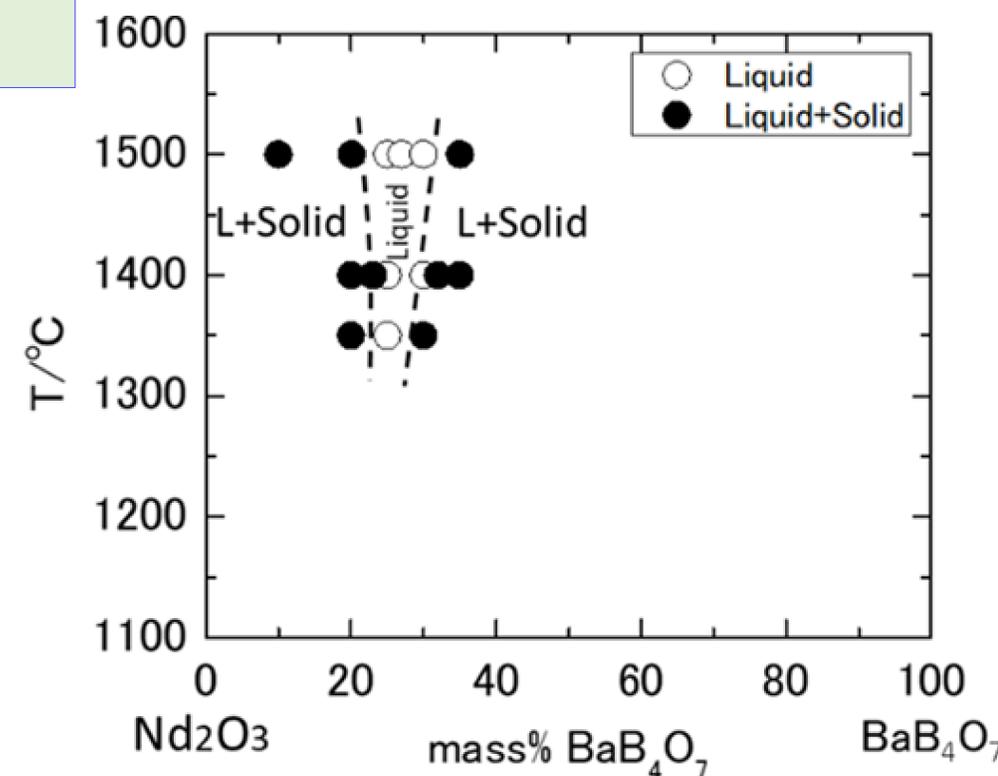
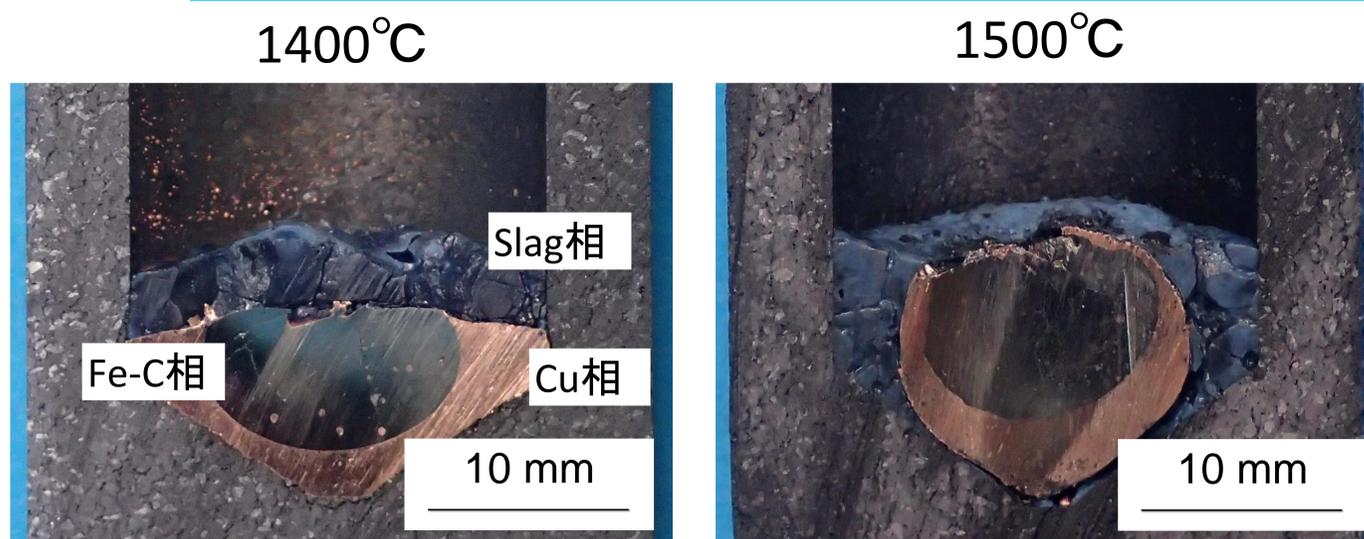
- 溶融保持後, 水冷により試料を急冷.
- Nd₂O₃-BaB₄O₇系スラグと Fe-Cと Cuの質量比は 1:1:1とする.

✓ Nd₂O₃-BaB₄O₇擬二元系状態図¹⁾より, 1400°C~1500°Cの温度域では, 26mass% BaB₄O₇付近で均一融体を生成する.

Fig.2 溶融実験装置図

○試料写真

密度差でスラグ相, Fe-C相, Cu相の 三相に分離することを確認



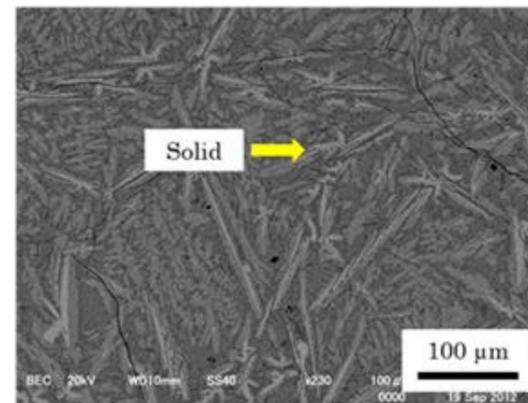
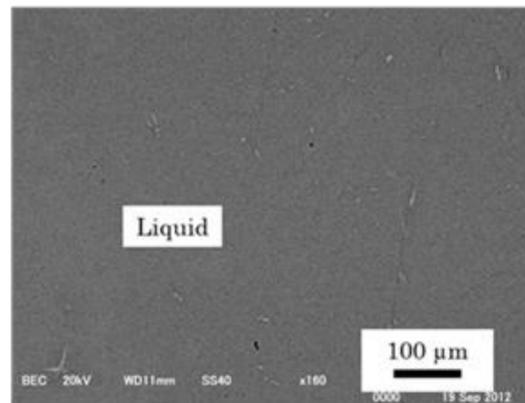
1) 桑葉秀一, Nd₂O₃-CaB₂O₄およびNd₂O₃-BaB₄O₇系状態図に基づいたネオジム磁石のリサイクル, 早稲田大学卒業論文, (2020)

SEM

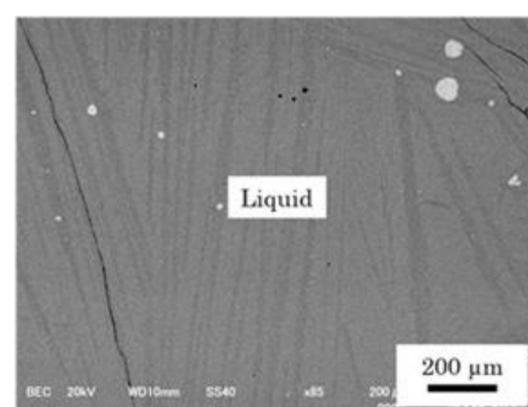
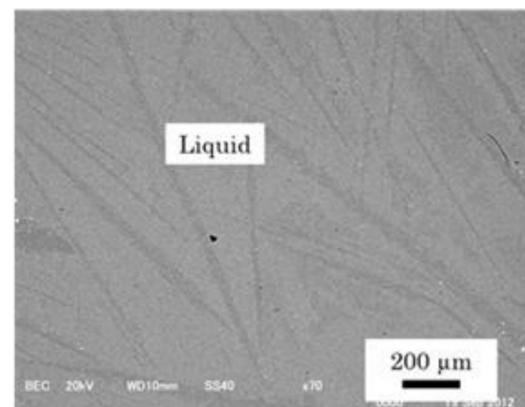
1400°C

1500°C

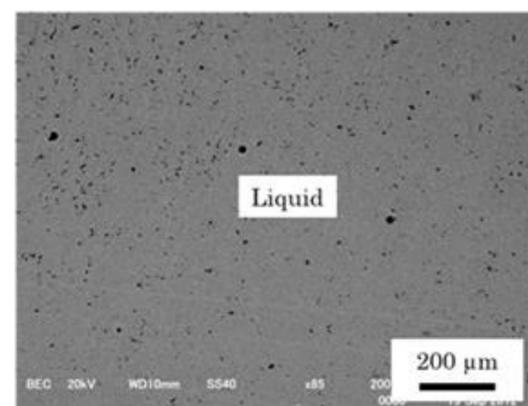
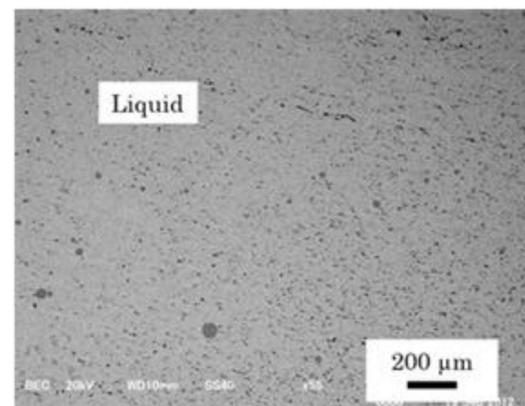
slag



Fe-rich



Cu-rich



ICP-OES

Ndはスラグ相へ **Fe**と**Cu**は金属相へ

Table3 スラグ相の分析結果

温度(°C)	mass%				
	Nd ₂ O ₃	BaO	B ₂ O ₃	FeO	Cu ₂ O
1400	74.17	14.13	11.63	N.D.	0.06
1500	74.91	14.21	10.82	N.D.	0.06

Table4 Fe-C相の分析結果

温度(°C)	mass%					
	Nd	Ba	B	Fe	Cu	C
1400	N.D.	N.D.	0.08	90.13	5.45	Bal.
1500	N.D.	N.D.	0.23	90.49	4.61	Bal.

Table5 Cu相の分析結果

温度(°C)	mass%				
	Nd	Ba	B	Fe	Cu
1400	0.01	N.D.	0.01	5.41	94.57
1500	0.03	N.D.	0.02	6.29	93.67

検出下限値：0.01mass%

■分析結果より、Fe相とCu相中のNd濃度は0.03mass%以下であり、レアアースはスラグ相中に濃縮されることが確認できた。また、スラグ相中のFeとCuの酸化物の濃度も極めて低く、FeとCuはスラグ相に損失されないことが確認できた。

■1500°Cのスラグの反射電子線像でデンドライト状の固相が確認されたが、より低温の1400°Cのスラグでは固相が確認できていないことから、冷却過程で析出したものと考えられる。

結言

✓Nd₂O₃-BaB₄O₇-Fe-Cu-C系において、1400°C、1500°Cの温度域では、Fe-C相には5 mass%程度のCuが、Cu相には4~5 mass%程度のFeが相互溶解するが、Nd₂O₃-BaB₄O₇系スラグ相とFe-C相、Cu相が共存していても、スラグ相にFeとCuはほとんど分配されず、レアアースを含んだスラグ相と、鉄に富んだ溶Fe相と、銅に富んだ溶Cu相の三相に分離可能であることが分かった。