

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05623

研究課題名（和文）チタンの革新的アップグレード・リサイクル技術の開発

研究課題名（英文）Development of a new upgrade recycling technology for titanium

研究代表者

岡部 徹 (Okabe, Toru)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：00280884

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 155,300,000円

研究成果の概要（和文）：Tiは無尽蔵の埋蔵量を有し、その合金は優れた特性を有することから将来有望な金属材料である。しかし、Ti製品製造には非効率なプロセスを要し、また行程中に酸素に汚染された多量のスクラップが発生することから、Ti製品の価格が高く、広く一般には普及していない。そこで本研究では、Tiスクラップ中の酸素を直接除去する新技術を開発し、高純度のインゴットに再生する“アップグレード・リサイクル”を可能にする革新的なリサイクル技術の開発を目指した。特に、希土類のオキシハライドの生成反応を応用し、世界最高レベルである100 mass ppm以下の酸素濃度のTiを製造可能とする新技術を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

チタンはほぼ無尽蔵の資源埋蔵量を有し、その合金は極めて優れた特性を有する夢の金属材料です。しかし、チタン製品製造には非効率なプロセスを要し、また工程中に酸素に汚染された多量のスクラップが発生するため、チタン製品の価格は高く、広く一般には普及していません。本研究で開発した新技術は、酸素に汚染されたチタンスクラップ中の酸素を世界最高レベルまで除去し、超高純度の原料として再生利用する“アップグレード・リサイクル”を可能とします。この技術により、将来的にはチタン製品の価格が大幅に低減し、様々な用途にチタンが利用されるようになると期待されます。

研究成果の概要（英文）：Ti is a promising metallic material because of its inexhaustible reserves and its alloys have excellent properties. However, the production of Ti products requires inefficient processes and generates a large amount of oxygen-contaminated scrap during the process, resulting in high prices for Ti products. Therefore, the price of Ti products is high and they are not widely used. In this study, we developed a new technology to directly remove oxygen from Ti scrap, and aimed to develop an innovative recycling technology that enables “upgrade recycling” to regenerate high-purity ingots. In particular, we developed a new technology to produce Ti with the world's lowest oxygen concentration of less than 100 mass ppm by applying the formation reaction of rare earth oxyhalides.

研究分野：金属製造・リサイクル工学

キーワード：チタン 脱酸 希土類元素 オキシハライド 乾式プロセス リサイクル

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

チタン (Ti) は、無尽蔵の資源埋蔵量を有し、極めて高い耐食性を示す。また Ti 合金は金属材料の中では抜群の比強度を有する。まさに「夢の未来材料」である。しかし、Ti は酸素 (O) との結合力が極めて強く、低いコストで鉱石 (TiFeO<sub>3</sub>) から直接金属 Ti を製造する技術が存在しない。このため、製造コストが高く、広く一般には普及していない。現状では、Ti の主たる用途は航空機産業などに限定されている。しかし、今後、航空機だけでなく、ロボットやドローンなどの高性能移動体技術が進歩、さらには海洋開発が進むと、軽くて錆びない高強度構造材料の需要が増えるため、Ti の需要はさらに増大すると予想されている。

Ti 合金の部品は、現状では、Ti 合金インゴット (金属塊) を製造してから、金属塊の削り出しによって製造されている。例えば、最新の旅客機には約 10 トンの Ti 合金の部品が使用されており、その製造プロセスにおいて、100 トン近くの Ti 合金の切削くず (スクラップ) が発生する。

Ti や Ti 合金の不純物のなかで、酸素は製品のスペック (規格) を決める最も重要なファクターである。Ti のバージン材 (スポンジ Ti) は、酸素を ~500 mass ppm (~0.05 mass %) 含み、その価格は、1000 円/kg Ti 程度である。一方、Ti のスクラップは、2000 ~ 4000 mass ppm (0.2 ~ 0.4 mass %) 程度の多量の酸素を含み、150 円/kg Ti 程度と価格が低い。

現在、Ti 中の不純物の酸素や鉄 (Fe) を効率良く除去する汎用技術は存在しない。このため、Ti のスクラップは、高純度のバージン材との希釈利用、あるいは、フェロチタン (鉄鋼用添加剤) の原料等へのカスケード・リサイクル (ダウングレード・リサイクル) が行われている (図 1 参照)。しかし、今後 Ti の生産が増加すると、フェロチタンの需要の変化は小さいため、カスケード・リサイクルでの処理に限界を迎える可能性がある。

そこで本研究では、Ti スクラップ中の酸素を直接除去する新技術を開発し、高純度のインゴットに再生する“アップグレード・リサイクル”を可能にする革新的なリサイクル技術の開発を目指した。特に、希土類元素のオキシハライドの生成反応を Ti スクラップの脱酸・高純度化に応用した。その過程で希土類オキシハライドの生成反応がチタンの脱酸能に与える影響や効果を学術的に明らかにした。

仮に、Ti 中の酸素を直接除去する量産型の新技術が開発できれば、スクラップから高品質の Ti インゴットが製造できる。すなわち、本研究が進展し、Ti の脱酸技術が工業化できれば、高価な Ti のバージン材 (スポンジ Ti) を利用しなくても、高品位の Ti 製品をスクラップから再生することが可能となる。

Ti 鉱石から金属を製造する製錬工程には、膨大なエネルギーを投入するため、ダウングレード・リサイクルする量を減らす試みは、地球環境の保全という観点からも重要である。したがって、Ti の脱酸プロセスの開発は極めて重要である。

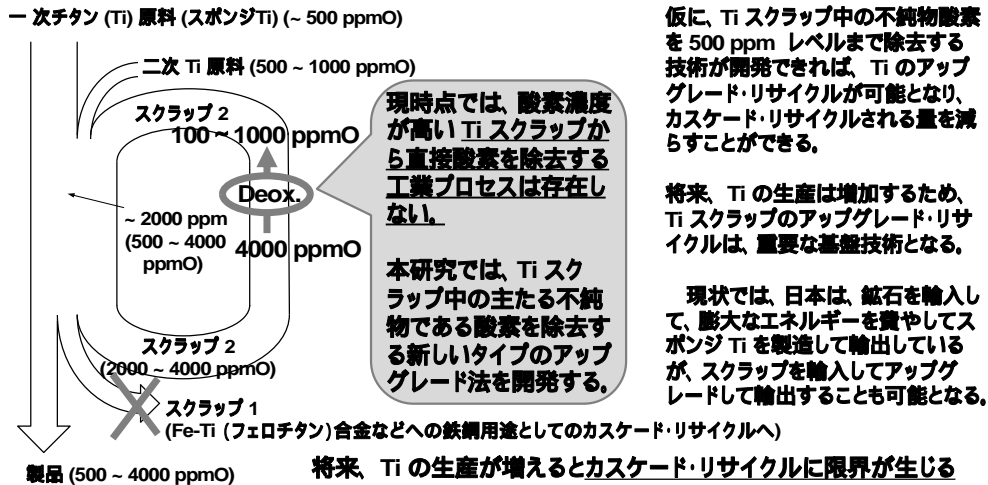


図 1 Ti スクラップのマテリアルフローと不純物酸素濃度の関係。Ti スクラップは、高純度の Ti (一次原料: スポンジ Ti) で“希釈”することによって循環利用されている。

2. 研究の目的

Ti スクラップ中の酸素を直接除去する新技術を開発し、高純度のインゴットに再生する“アップグレード・リサイクル”を可能にする革新的な技術の開発を目指す。本研究の主たる目的は、スクラップ中の不純物酸素を除去する革新的な技術を世界に先駆けて開発することであり、量産技術に展開可能なチタン精錬に関する新技術を多角的に検討することである。

3. 研究の方法

本研究では、世界に先駆けて新しいタイプのリサイクル技術を開発することを目的とし、希土類元素のオキシハライドの生成反応を利用して Ti スクラップを脱酸・高純度化する新手法を開発した。その過程で希土類オキシハライドの生成反応が Ti の脱酸能に与える効果を学術的に明らかにした。

本研究で検証した脱酸反応を図 2 に示す。既存の熱力学データを用いて反応設計を行い、その反応設計に基づいて実験的検証を行った。具体的には、希土類酸化物生成を利用する脱酸反応、希土類オキシハライド生成を利用する脱酸反応、並びにそれらを用いた電気化学反応ならびに気相脱酸反応について検討した。また、同技術を酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) からの Ti 製錬ならびに Ti 粉末の焼結法へと応用した。分担者である竹田 修は、反応生成物であるオキシハライドの再生・循環利用技術に取り組んだ。

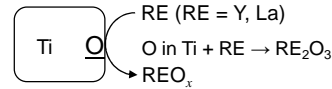
さらに、大規模処理を想定し、溶融 Ti から希土類オキシハライド生成を利用して脱酸を行う新プロセスについても研究を行った。

#### 4. 研究成果

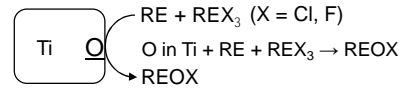
##### (1) 熱化学脱酸による希土類金属の脱酸能の検証

我々は既存の文献データを用いた熱力学的考察により、図 2 に示すような、希土類酸化物生成反応または希土類オキシハライド生成反応により、Ti 中の O 濃度を低減するプロセスの設計を行った [採択以前]。そのプロセス設計をもとに、本研究では、候補となった希土類金属を用いて、脱酸反応の実験的な評価を進めてきた。実験に利用した化学平衡と脱酸反応および Ti 中の O 濃度を表 1 にまとめた。イットリウム (Y)、ホルミウム (Ho) を脱酸剤として用いて、酸化物生成反応により、Ti 中の O 濃度をスポンジ Ti レベル (500 mass ppm) 以下の酸素濃度まで低減可能であることを示した (表 1 (Nos. 3, 6))。Y、ランタン (La)、およびセリウム (Ce) のオキシハライド生成反応を用いると、Ti の O 濃度を 100 mass ppm O 以下まで低減可能であることを実験的に示した (表 1 (Nos. 9, 11, 12))。さらに、塩化マグネシウム (MgCl<sub>2</sub>) に塩化イットリウム (YCl<sub>3</sub>) を添加した溶融塩中で、金属マグネシウム (Mg) を脱酸剤として用いる場合、1000 mass ppm O を下回る酸素濃度の Ti が得られることを示した [採択前 (表 1 (No. 13))]。塩化ホルミウム (HoCl<sub>3</sub>) や塩化ランタン (LaCl<sub>3</sub>) を用いる場合 (表 1 (Nos. 14, 15)) にも同様の効果が得られることを示した。通常金属 Mg を脱酸剤として用いる場合に得られる O 濃度は 10000 mass ppm (1 mass%) 以上である (表 1 (No. 1)) のに対して、希土類元素を MgCl<sub>2</sub> に添加することで、オキシハライド生成反応を伴う脱酸反応により大幅な酸素濃度の低減が可能であることを示した結果である。

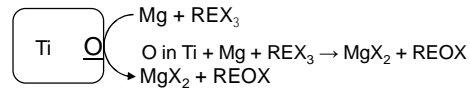
(a) 希土類酸化物生成を利用する脱酸反応



(b) 希土類オキシハライド生成を利用する脱酸反応



(c) Mg を脱酸剤とする脱酸反応



(d) 電気化学的脱酸反応

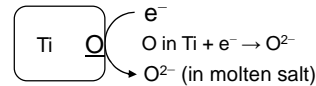


図 2 本研究で開発した Ti の脱酸手法。RE: 希土類元素。

表 1 実験に利用した化学平衡、脱酸反応、および実験で得られた Ti 中の O 濃度 (実験温度: 1300 K)。

No.	Chemical equilibrium	Calculated deoxidation limit of Ti at 1300 K (1027 °C), Co, calc. (mass ppm) <sup>a</sup>	Experimentally determined oxygen conc. in Ti at 1300 K (1027 °C), Co, exp. (mass ppm)
1	Mg/MgO eq.	(25000) <sup>b</sup>	11500 <sup>b, c</sup>
2	Ca/CaO eq.	580	470 <sup>d, e</sup>
3	Y/Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	200	120–210 <sup>f</sup>
4	La/La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	5400	3100–4200
5	Sm/Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	3000	1800–2000
6	Ho/Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	380	260–700
7	Tm/Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	550	290–530
8	Yb/Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> eq.	2700	1400–2100
9	Y/YOCl/YCl <sub>3</sub> eq.	21	30–60
10	La/LaOCl/LaCl <sub>3</sub> eq.	87 <sup>g</sup>	30–60
11	Ce/CeOCl/CeCl <sub>3</sub> eq.	77	30–90
12	Ho/HoOCl/HoCl <sub>3</sub> eq.	24	110–260
13	Mg/MgCl <sub>2</sub> /YOCl/YCl <sub>3</sub> eq.	242	630–690 <sup>c</sup>
14	Mg/MgCl <sub>2</sub> /HoOCl/HoCl <sub>3</sub> eq.	136	520–540
15	Mg/MgCl <sub>2</sub> /LaOCl/LaCl <sub>3</sub> eq.	310 <sup>h</sup>	220 <sup>h</sup>

- a: The value calculated using the following references: T. H. Okabe, R. O. Suzuki, T. Oishi, and K. Ono, Mater. Trans. JIM, 32 (1991) pp. 485–488. I. Barin, Wiley-VCH, Weinheim, Germany (1995). O. Knacke, O. Kubaschewski and K. Hesselmann, Springer-Verlag (1991).  
 b: Larger than the solubility of oxygen in β-Ti (~9000 mass ppm).  
 c: C. Zheng, T. Ouchi, A. Iizuka, Y. Taninouchi, and T.

- H. Okabe, Metall. Mater. Trans. B, vol. 50, no. 2 (2019) pp. 622–631.  
 d: 1273 K (1000 °C)  
 e: T. H. Okabe, R. O. Suzuki, T. Oishi, and K. Ono, Mater. Trans. JIM, vol.32, no.5 (1991) pp.485–488.  
 f: a<sub>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> < 1.  
 g: T. H. Okabe, C. Zheng, and Y. Taninouchi, Metall. Mater. Trans. B, vol. 49, no. 3 (2018) pp. 1056–1066.  
 h: 1200 K (927 °C)

##### (2) 電気化学的脱酸法による低酸素 Ti 作製プロセス

電気化学的脱酸法では、希土類を含む溶融塩中に、Ti 電極と炭素電極 (C) をそれぞれカソードおよびアノードとして挿入し、カソードとアノード間に電圧を印加した。Ti 電極上に脱酸剤

を電気化学的に還元析出させ、Ti電極の脱酸を進行させる。脱酸反応で生成する酸化物イオン(O<sup>2-</sup>)を、炭素電極上で電気化学的に酸化して一酸化炭素や二酸化炭素(CO<sub>x</sub>)を生成して系外に排出することで、脱酸反応を促進する。金属 Mg を脱酸剤として、MgCl<sub>2</sub>-RECl<sub>3</sub>(RE: Y, Ho) 中で電気化学的脱酸を行うと、最適な条件下では100 mass ppm を下回る酸素濃度の Ti が得られた [採択前, Ref. 1]。本研究では、ポテンシャル図(E-pO<sup>2-</sup>図)を作成して、NaCl-KCl-YCl<sub>3</sub> 中の電極反応の設計を行い、Y を脱酸材とする電気化学的脱酸法の実験的検証を行った。その結果 100 mass ppm 以下の酸素濃度の Ti が再現性良く得られた。以上の結果から電気化学的脱酸法の有効性が明らかとなった。本研究内容について論文の投稿準備をしている。

[Ref. 1] C. Zheng, T. Ouchi, L. Kong, Y. Taninouchi, and T. H. Okabe, Metall. Mater. Trans. B, vol.50, no.4, (2019) pp.1652-1661. <https://doi.org/10.1007/s11663-019-01602-3>

### (3) 気相脱酸プロセスの開発

上記に記載した実験では、図3(a)に示すように、反応媒体として溶融塩のような凝縮相中での反応を利用していた。これに対して、図3(b)に示すように、Tiスクラップに金属脱酸剤の蒸気を気相を介して供給する脱酸プロセス(気相脱酸)についても検討した。気相を介して金属脱酸剤を供給する方法は、脱酸後にTiスクラップに付着する脱酸剤および脱酸生成物の量を低減でき、Tiスクラップからのこれらの付着物の分離除去を簡略化できる。過去の研究では、脱酸剤としてカルシウム(Ca)蒸気を利用し、酸化カルシウム(CaO)生成反応(Ti中のO + Ca(g) → CaO(s))によって、約500 mass ppmのOを含むTiが得られることが報告されていた。本研究で我々は、Sm, Eu, Tm, Ybのような蒸気圧の高い希土類金属の蒸気を脱酸剤として使用し、それらの酸化物およびオキシハライド形成反応を利用することにより、500 mass ppm以下の酸素濃度のTiが得られる可能性を熱力学的考察により示し、さらに、実験的検証では、Sm, Tm, Ybの蒸気を供給することにより、Ti中の酸素を低減できることを実証した。本研究で我々が実験的に得られた気相脱酸の結果を表1に示す。最近ではその研究をもとに気相脱酸により100 mass ppmを下回る酸素濃度のTiを得る新手法の開発も進めており、順調に成果が出始めている。

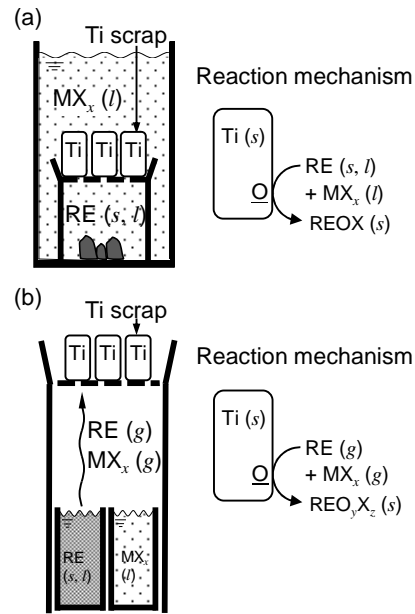
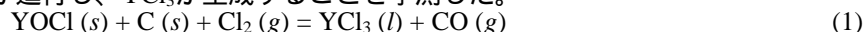


図3 実験セットアップの模式図：(a) 凝縮相中での脱酸、(b) 気相脱酸。

### (4) オキシハライド再生プロセスの開発

本研究で開発した脱酸法では、反応助剤として塩化イットリウム(YCl<sub>3</sub>)などの希土類ハライドを添加するが、Tiの脱酸に伴ってイットリウムオキシクロライド(YOCl)などの希土類オキシハライドが副生する。そこで我々はYOClをYCl<sub>3</sub>に再生する方法を検討した。YCl<sub>3</sub>の合成法として、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のカーボクロリネーションが過去に研究されている。Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からYCl<sub>3</sub>が形成される過程の中間生成物としてYOClが生成することから、YOClを出発物質としてもYCl<sub>3</sub>への塩化反応が進行すると予想される。

本研究では、炭素(C)の共存下で塩素(Cl<sub>2</sub>)ガスを作用させるカーボクロリネーションを用いた。Y-O-Cl系のポテンシャル図より、炭素と共存させて酸素分圧(pO<sub>2</sub>)を下げることで、下記の反応(1)が進行し、YCl<sub>3</sub>が生成することを予測した。



希土類金属オキシクロライド形成反応で補助したMgによる脱酸法においては、溶融塩化マグネシウム(MgCl<sub>2</sub>)を反応場とするため、副生したYOClはMgCl<sub>2</sub>中に懸濁する。固体のYOClと液体のMgCl<sub>2</sub>を高温で固液分離することが困難であるため、ある程度MgCl<sub>2</sub>と混合した状態でYOClを塩化するのが合理的である。本研究では、YOCl単体の塩化および、YOClにMgCl<sub>2</sub>を添加した上での塩化を検討した。YCl<sub>3</sub>-MgCl<sub>2</sub>系は39 mol% MgCl<sub>2</sub>の組成に共晶点を持つ。塩化後の生成物の組成を共晶点近傍に制御できれば、生成物を液体として取り出し、分離しやすくなり、塩化炉の操業上都合がよいと考えられる。

塩化炉の様式としては、a) 流動床型(原料を粉末で装荷) b) 塩浴型(溶融塩中に粉末で投入) c) 固定床-団鉱型(原料を団鉱にして装荷)などが考えられる。YCl<sub>3</sub>の蒸気圧はさほど高くなくMgCl<sub>2</sub>と同程度であり、MgCl<sub>2</sub>との揮発分離は現実的でない。YCl<sub>3</sub>を揮発させて回収するよりも、液体として流下させて回収する方がエネルギー消費的に有利である。よって、本研究ではc)の様式を選択し、YOClをペレット化して塩化反応に供した。

一連の実験によって、カーボクロリネーションによって、YOClから最高で83%の転換効率でYCl<sub>3</sub>が再生できることが確認された。また、MgCl<sub>2</sub>が共存する状態でも、カーボクロリネーションによって、YOClからYCl<sub>3</sub>を再生できることが確認された。YCl<sub>3</sub>の溶融温度域 1073 K(800 °C)では、固体温度域 973 K(700 °C)に比べて若干転換効率が低く、MgCl<sub>2</sub>の共存によってさらに若干転換効率が低かった。操業操作としては、YCl<sub>3</sub>の固体温度域でYCl<sub>3</sub>を形成した後、温度を上昇させて混合融体を形成させ流下させる、温度サイクルを持った運転が有効であることがわかった。

### (5) 脱酸焼結プロセスの開発

当初の予定から発展し、本研究で開発した脱酸技術を、Ti粉末の焼結技術に利用可能であることを示した。Tiの粉末冶金プロセスは、シンプルでコスト競争力のある歩留まりの良いプロセスであるため、Ti製品の普及拡大を実現するポテンシャルを秘めている。一方で、TiとOの極めて高い親和性のために、焼結プロセス中にTiへのOの汚染が生じることが深刻な課題である。

そこで、本研究で開発した希土類金属を脱酸剤として用いる脱酸反応系に、Ti 粉末の成形体を設置し、焼結を進行させながら脱酸することで、低酸素濃度の Ti 焼結体が得られる可能性を示した。

#### (6) TiO<sub>2</sub>の直接還元

当初の予定から展開し、本研究で脱酸に利用した希土類オキシハライド生成反応を、TiO<sub>2</sub> の直接還元法にも適用可能であることを示した。La は TiO<sub>2</sub> を還元するのに十分な還元能を有する。TiO<sub>2</sub> は LaCl<sub>3</sub> 中で次式  $(1/2 \text{TiO}_2 + 2/3 \text{La} + 1/3 \text{LaCl}_3 = \text{LaOCl} + 1/2 \text{Ti})$  により還元され、極低酸素濃度の Ti が得られることを明らかにした。また、Y を用いる場合も同様の結果が得られた。

さらに、MgCl<sub>2</sub> に LaCl<sub>3</sub> を添加した溶融塩を用いることで、Mg を用いた場合も TiO<sub>2</sub> を Ti に還元可能であることを示した。通常では Mg を還元剤として用いて TiO<sub>2</sub> を還元しても低酸素濃度の Ti を製造することはできない。そのため、一般的なプロセスとしては一度塩化して TiCl<sub>4</sub> とすることで、酸素を完全に取り除いたのちに、Mg で還元する手法が用いられている。一方で我々は、希土類元素を MgCl<sub>2</sub> に添加することで、TiO<sub>2</sub> の直接還元を可能とした。

この技術は将来的に Ti の製造プロセスを抜本的に変革しうる技術であり、その波及効果は本研究で目的としている脱酸技術と同様に極めて高い。

#### (7) 金属フィルターを用いたTiサンプルへの汚染防御

希土類元素を用いた Ti の脱酸実験の結果、当初の想定に反し、一部の希土類元素が Ti サンプルへ数百～数千 mass ppm 程度混入することが判明した。希土類元素の混入が Ti の特性へ悪影響を与えないとは限らないが、新規脱酸プロセスにより製造する Ti の性能を向上するためには、この Ti サンプルへの汚染の防御が不可欠であると考えた。そこで、汚染現象の原因解明及び防御策の開発を行った。希土類金属の Ti への汚染は Ti と希土類金属が溶融塩中に共存している限り、直接接触していなくても生じることがわかった。一方で、Ti フィルターで完全に隔てていると、脱酸反応は進行するが、Ti 中への希土類金属の混入量を大幅に低減できることが分かった。

この技術は、脱酸プロセス中の、鉄をはじめとする酸素以外の不純物元素による Ti の汚染の低減にも有効であると期待される。

#### (8) 溶融 Ti の脱酸プロセスの開発

溶融した Ti は、固体の Ti に比べ、酸素と極めて高い反応性を示すため、熱力学的にも技術的にもその脱酸は困難である。しかし、仮に、溶融 Ti から直接酸素を除去して、4000 mass ppm (0.4 mass%) 以下の酸素濃度の Ti を製造することができれば、大量の Ti を高速に脱酸処理できるプロセスを開発できると期待される。そこで本研究では、固体 Ti の脱酸に関する技術を溶融 Ti の脱酸に応用する研究を行った。

脱酸剤である希土類金属として、特に高い脱酸能を有するイットリウム (Y) を、反応助剤 (フラックス) として、Ti が溶融する高い温度 (2000 K (1727 °C) 付近) でも激しく蒸発せずに液体として安定に存在するフッ化イットリウム (YF<sub>3</sub>) を選択した。熱力学計算から、イットリウムオキシフロライド (YOF) 生成反応により、1000 mass ppm (0.1 mass%) 以下の低酸素濃度まで溶融 Ti を直接脱酸できる可能性を見出した。ただし、不確かさの大きい熱力学データを用いた計算結果であるため、実験実証によりその有効性を検証した。

コールドクルーシブル誘導溶解炉を用いて、Ti、Y や YF<sub>3</sub> と一緒に10–20分間溶解した結果、条件によっては、110–230 mass ppm (0.011–0.023 mass %) の極めて酸素濃度の低い Ti 試料が得られた。一般に、Ti の塩化物を経由する工業的製錬法を用いても、200 mass ppm (0.02 mass %) 以下の低酸素濃度の Ti を製造するのは困難である。本研究では、世界で初めて、液体 Ti から直接酸素を極低濃度まで除去する新しい技術の有効性を実証した。

Ti 中の Y 濃度を1 mass% 以下とし、Y 汚染を抑制した条件でも、600 mass ppm (0.06 mass %) の低い酸素濃度の Ti が得られた。また、出発原料として酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) を意図的に加え、Ti 中の初期酸素濃度を10000 mass ppm (1 mass %) とした条件においても、短時間の処理により約1000 mass ppm (0.1 mass %) まで酸素を除去できることが示された。更に、ランタン (La) やセリウム (Ce) とそれらのフッ化物を用いて行った脱酸実験においても、低酸素濃度の Ti が得られることが確認された。

本技術を Ti の製錬に応用すると、塩化物を経由するクロール法を用いずに、短い処理時間で TiO<sub>2</sub> から低酸素濃度の Ti を直接製造することが可能となる。また、Ti スクラップのアップグレード・リサイクルにおいても、固体の Ti を対象とする技術に比べ、より高速に大量のスクラップを処理できるようになる。以上の構想の下、本プロジェクトを発展させた製錬・リサイクルプロセスを開発する連携企業を探している。

本研究結果をまとめた論文が、Nature Communications 誌に掲載予定である。また、本研究結果に関する国内特許および国際出願を申請済みである。

研究代表者である 岡部 徹は、本研究を含む30 年以上にわたるこの分野の基礎研究と技術開発への取り組みが認められ、ノルウェー科学技術大学 (NTNU) から、名誉博士号を授与された (日本人としては3 人目)。さらに、岡部 徹、研究分担者である 竹田 修、研究協力者である大内 隆成は文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門を受賞した。最近では、本研究成果に関する論文に対し、日本金属学会論文賞が与えられた。さらに、岡部 徹は、チタンをはじめとするレアメタルの精錬やリサイクルに関する研究に対して紫綬褒章 (令和5 年度) を受賞した。また、研究協力者である大内 隆成は第45 回本多記念研究奨励賞を受賞した。これらの受賞を含め、当初の目標をはるかに超える研究の進展があった。本研究を基に、今後もさらなる研究成果が見込まれる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計73件（うち査読付論文 54件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Toru H. Okabe, Gen Kamimura, Takashi Ikeda, Takanari Ouchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Direct Production of Low-Oxygen-Concentration Titanium from Molten Titanium	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toru H. Okabe, Gen Kamimura, Takanari Ouchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermodynamic Consideration of the Direct Removal of Oxygen from Titanium by Utilizing Metallurgical Reduction of Rare Earth Metal Halides	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹田修, 大内隆成, 岡部徹	4. 巻 72
2. 論文標題 チタン製錬とリサイクルの最近の進展	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 58 ~ 59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹	4. 巻 94
2. 論文標題 チタン製錬・リサイクルの最近の話題 ~ グリーン・チタンの製造の可能性 ~	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 184 ~ 189
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryohei Yagi and Toru H. Okabe	4. 巻 69(2)
2. 論文標題 Review: Rhenium and Its Smelting and Recycling Technologies	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Materials Reviews	6. 最初と最後の頁 142 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/09506608241229042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kang Sukho, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe	4. 巻 -
2. 論文標題 Novel Concentration Process for Platinum Group Metals in Automotive Exhaust Catalyst Using Electroless Copper Plating, Sulfurization, and Flotation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-023-02880-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takanari Ouchi, Toru H. Okabe	4. 巻 4
2. 論文標題 Deoxidation of Titanium Using Rare Earth Metals as Deoxidation Agents in Molten Salt Electrolyte	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2022 SUSTAINABLE INDUSTRIAL PROCESSING SUMMIT AND EXHIBITION	6. 最初と最後の頁 49 ~ 60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 谷ノ内 勇樹, 岡部 徹	4. 巻 139
2. 論文標題 白金族金属リサイクルの研究開発動向：溶解抽出の効率化に資する化学的前処理	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of MMIJ	6. 最初と最後の頁 29 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2473/journalofmmij.139.29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taninouchi Yu-ki, Yamaguchi Tsubasa, Okabe Toru H., Nakano Hiroaki	4. 巻 53
2. 論文標題 Solubility of Chromium in Liquid Magnesium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 1851 ~ 1857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-022-02494-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamimura Gen, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 63
2. 論文標題 Deoxidation of Titanium Using Cerium Chloride Flux for Upgrade Recycling of Titanium Scraps	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 893 ~ 902
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M-M2022805	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ouchi Takanari, Akaishi Kenta, Kamimura Gen, Okabe Toru H.	4. 巻 64
2. 論文標題 Direct Oxygen Removal from Titanium by Utilizing Vapor of Rare Earth Metals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 61 ~ 70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MLA2022022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taninouchi Yu-ki, Yamaguchi Tsubasa, Okabe Toru H., Nakano Hiroaki	4. 巻 63
2. 論文標題 Dissolution Behavior of Ferritic Stainless Steel in Liquid Magnesium	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 150 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Taninouchi Yu-ki, Yamaguchi Tsubasa, Okabe Toru H., Nakano Hiroaki	4. 巻 109
2. 論文標題 Dissolution Behavior of Ferritic Stainless Steel in Liquid Magnesium	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 106 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2022-105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jeoung Hyeong-Jun, Lee Tae-Hyuk, Kim Youngjae, Lee Jin-Young, Kim Young Min, Okabe Toru H., Yi Kyung-Woo, Kang Jungshin	4. 巻 11
2. 論文標題 Use of various MgO resources for high-purity Mg metal production through molten salt electrolysis and vacuum distillation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium and Alloys	6. 最初と最後の頁 562 ~ 579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jma.2022.07.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 谷ノ内 勇樹, 岡部 徹	4. 巻 73
2. 論文標題 白金族金属リサイクルの現状と新規濃縮分離技術の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 表面技術 (一般社団法人 表面技術協会)	6. 最初と最後の頁 276 ~ 282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taninouchi Yu-ki, Okabe Toru H.	4. 巻 64
2. 論文標題 Trends of Technological Development of Platinum Group Metal Recycling: Solubilization and Physical Concentration Processes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 627 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2022150	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hyeong-Jun Jeoung, Tae-Hyuk Lee, Youngjae Kim, Jin-Young Lee, Young Min Kim, Toru H. Okabe, Kyung-Woo Yi, and Jungshin Kang	4. 巻 -
2. 論文標題 Production of High-Purity Mg Metal from Various MgO Resources Through a Novel Electrolytic Process Using a Cu Cathode and Vacuum Distillation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of Rare Metal Technology 2023	6. 最初と最後の頁 105 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-22761-5_11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Takeda Osamu, Watanabe Sakura, Iseki Chiaki, Lu Xin, Zhu Hongmin	4. 巻 169
2. 論文標題 Influence of B-Containing Compound on Electrodeposition of Mo and W in Molten Fluoride-Oxide Electrolyte	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 122503 ~ 122503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/aca562	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeda Osamu, Nakano Kiyotaka, Kobayashi Fumiyoshi, Lu Xin, Sato Yuzuru, Zhu Hogmin	4. 巻 8
2. 論文標題 Solubilities of RE2O3 in REF3-LiF (RE = Nd, Dy) at 1473 K	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Sustainable Metallurgy	6. 最初と最後の頁 1498 ~ 1508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40831-022-00617-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Paras Jonathan, Takeda Osamu, Wu Mindy, Allanore Antoine	4. 巻 53
2. 論文標題 The Surface Tension and Density of Molten Sc2O3, La2O3, Y2O3, Al2O3, and MgO Measured via a Pendant Droplet Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 2077 ~ 2087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-022-02508-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lu Xin, Zhang Zhengyang, Hiraki Takehito, Takeda Osamu, Zhu Hongmin, Matsubae Kazuyo, Nagasaka Tetsuya	4. 巻 606
2. 論文標題 A solid-state electrolysis process for upcycling aluminium scrap	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 511 ~ 515
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-022-04748-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lee Dong-Hee, Jeoung Hyeong-Jun, Lee Tae-Hyuk, Yi Kyung-Woo, Lee Jin-Young, Kim Young Min, Okabe Toru H., Kang Jungshin	4. 巻 7
2. 論文標題 Scale-Up Study of Molten Salt Electrolysis using Cu or Ag Cathode and Vacuum Distillation for the Production of High-Purity Mg Metal from MgO	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Sustainable Metallurgy	6. 最初と最後の頁 883 ~ 897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40831-021-00367-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okabe Toru H., Kong Lingxin, Ouchi Takanari	4. 巻 53
2. 論文標題 Thermodynamic Consideration of Direct Oxygen Removal from Titanium by Utilizing Vapor of Rare Earth Metals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 1269 ~ 1282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-021-02342-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iizuka Akihiro, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 -
2. 論文標題 New Deoxidation Method of Titanium Using Metal Filter in Molten Salt	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-021-02400-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 谷ノ内 勇樹、岡部 徹	4. 巻 85
2. 論文標題 白金族金属リサイクル技術の開発動向：易溶化プロセスと物理濃縮プロセス	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本金属学会誌	6. 最初と最後の頁 294 ~ 304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/jinstmet.JA202107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大内 隆成、岡部 徹	4. 巻 85
2. 論文標題 貴金属のアノード電析を用いた新規リサイクル手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本金属学会誌	6. 最初と最後の頁 316 ~ 328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/jinstmet.JA202102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大内 隆成、岡部 徹	4. 巻 57
2. 論文標題 希土類元素を利用したチタンスクラップのアップグレードリサイクル技術の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 環境管理	6. 最初と最後の頁 14 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamimura Gen, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 1
2. 論文標題 Deoxidation of Titanium Using Cerium Metal and Its Oxyhalide Formation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of REWAS 2022: Developing Tomorrow's Technical Cycles	6. 最初と最後の頁 83 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-92563-5_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kang Jungshin, Lee Tae-Hyuk, Jeoung Hyeong-Jun, Lee Dong-Hee, Kim Young Min, Yi Kyung-Woo, Okabe Toru H., Lee Jin-Young	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of Molten Salt Electrolysis of MgO Using a Metal Cathode and Vacuum Distillation to Produce Ultra-High Purity Mg Metal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of Rare Metal Technology 2022	6. 最初と最後の頁 309 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-92662-5_29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jeoung Hyeong-Jun, Lee Tae-Hyuk, Yi Kyung-Woo, Lee Jin-Young, Kim Young Min, Okabe Toru H., Kang Jungshin	4. 巻 -
2. 論文標題 Fundamental Study of a Novel Electrolytic Process Using a Cu Cathode in MgF <sub>2</sub> -LiF-KCl Molten Salt for Producing Mg Metal from MgO	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of Rare Metal Technology 2022	6. 最初と最後の頁 333 ~ 340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-92662-5_32	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saengdeejing Arkapol, Chen Ying, Takeda Osamu, Enoki Masanori, Sugimoto Satoshi, Ohtani Hiroshi, Taichi Abe	4. 巻 75
2. 論文標題 Sm-Ti binary thermodynamic database and phase diagram	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Calphad	6. 最初と最後の頁 102357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.calphad.2021.102357	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Noguchi Daisuke, Takeda Osamu, Zhu Hongmin, Sugimoto Satoshi	4. 巻 539
2. 論文標題 Surface tension measurement of Nd-Fe-B-X melts (X = 0, Cu, Ga, In) as simulated substances of Nd-rich phase in Nd magnet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Magnetism and Magnetic Materials	6. 最初と最後の頁 168407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmmm.2021.168407	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeda Osamu, Lu Xin, Zhu Hongmin	4. 巻 1
2. 論文標題 Recent Trend on the Studies of Recycling Technologies of Rare Earth Metals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of REWAS 2022: Developing Tomorrow's Technical Cycles	6. 最初と最後の頁 259 ~ 266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-92563-5_27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kong Lingxin, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 863
2. 論文標題 Deoxidation of Ti using Ho in HoCl <sub>3</sub> flux and determination of thermodynamic data of HoOCl	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 156047 ~ 156047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.156047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Takara, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 6
2. 論文標題 Magnesiothermic Reduction of TiO <sub>2</sub> Assisted by LaCl <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sustainable Metallurgy	6. 最初と最後の頁 667 ~ 679
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40831-020-00296-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takanari Ouchi, Shuang Wu, and Toru H. Okabe	4. 巻 167
2. 論文標題 Recycling of Gold Using Anodic Electrochemical Deposition from Molten Salt Electrolyte	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 123501 ~ 123501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/1945-7111/aba6c5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tae-Hyuk Lee, Toru H. Okabe, Jin-Young Lee, Young Min Kim, and Jungshin Kang	4. 巻 51
2. 論文標題 Molten Salt Electrolysis of Magnesium Oxide Using a Liquid Metal Cathode for the Production of Magnesium Metal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 2993 ~ 3006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-020-01976-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Takara, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 61
2. 論文標題 Yttriothermic Reduction of TiO <sub>2</sub> in Molten Salts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1967 ~ 1973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2020123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Takara, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 51
2. 論文標題 Lanthanothermic Reduction of TiO <sub>2</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 1485 ~ 1494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-020-01860-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iizuka Akihiro, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 61
2. 論文標題 Development of a New Titanium Powder Sintering Process with Deoxidation Reaction Using Yttrium Metal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 758 ~ 765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019340	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yu-ki Taninouchi and Toru H. Okabe	4. 巻 52
2. 論文標題 Solubilities of Nickel, Iron, and Chromium in Liquid Magnesium in the Presence of Austenitic Stainless Steel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 611 ~ 624
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-020-02025-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tae-Hyuk Lee, Toru H. Okabe, Jin-Young Lee, Young Min Kim, and Jungshin Kang	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of a novel electrolytic process for producing high-purity magnesium metal from magnesium oxide using a liquid tin cathode	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium and Alloys	6. 最初と最後の頁 1644 ~ 1655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jma.2021.01.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹	4. 巻 91
2. 論文標題 クリティカルメタルの資源循環の現状と課題	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 31 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. H. Okabe and T. Ouchi	4. 巻 -
2. 論文標題 Recycling of Critical Metals Using Molten Salt	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The 11th International Conference on Molten Slags, Fluxes, and Salts (MOLTEN 2020)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Ouchi Takanari, Zheng Chenyi, Kong Lingxin, Okabe Toru H.	4. 巻 321
2. 論文標題 Development of Method for Direct Deoxidation of Titanium using Mixtures of Magnesium Chloride and Rare-Earth Chlorides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 07002 ~ 07002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/mateconf/202032107002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kong Lingxin, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 321
2. 論文標題 Electrochemical Deoxidation of Titanium in Molten MgCl <sub>2</sub> -HoCl <sub>3</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 07006 ~ 07006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/mateconf/202032107006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 TAKEDA Osamu, OKABE Toru H.	4. 巻 137
2. 論文標題 スカンジウム資源と製造技術の現況	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of MMIJ	6. 最初と最後の頁 36 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2473/journalofmmij.137.36	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹田 修	4. 巻 89
2. 論文標題 高温化学プロセスを用いたネオジム磁石工程内廃棄物の再生	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気化学	6. 最初と最後の頁 16 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 盧 シン, 竹田 修, 朱 鴻民	4. 巻 69
2. 論文標題 溶融塩におけるチタンイオンの不均化反応・均化反応のシャトルを利用したチタン微粉末の新規製造法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 53 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大内 隆成, 岡部 徹	4. 巻 68
2. 論文標題 希土類塩化物と塩化マグネシウムの混合溶融塩を用いるチタンのアップグレードリサイクル新技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 288 ~ 294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹	4. 巻 74
2. 論文標題 自動車に不可欠なレアアース資源の現状と課題	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 自動車技術	6. 最初と最後の頁 82 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeda Osamu, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 51
2. 論文標題 Recent Progress in Titanium Extraction and Recycling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 1315 ~ 1328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-020-01898-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SASAKI Hideaki, OKABE Toru H.	4. 巻 136
2. 論文標題 低品位銅の電解精製におけるアノード不動態化の防止技術開発に向けた取り組み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of MMIJ	6. 最初と最後の頁 77 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2473/journalofmmij.136.77	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 飯塚 昭博, 大内 隆成, 岡部 徹	4. 巻 68
2. 論文標題 チタンの究極の脱酸手法 ~ 希土類オキシハライドを利用する新技術 ~	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 220 ~ 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 盧 シン, 竹田 修, 朱 鴻民	4. 巻 70
2. 論文標題 溶融塩中でのチタンイオンの不均化反応・均化反応のシャトルを利用したチタン系微粉末の新規製造プロセス	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 軽金属	6. 最初と最後の頁 324 ~ 325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 YASUDA Kouji, OHKUBO Takahiro, TAKEDA Osamu, NATSUI Shungo, SEKIMOTO Hidehiro	4. 巻 88
2. 論文標題 Activity Report on Information-Gathering of Database Literatures for Molten Salts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 243 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00058	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iizuka Akihiro, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 51
2. 論文標題 Ultimate Deoxidation Method of Titanium Utilizing Y/YOCl/YCl <sub>3</sub> Equilibrium	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 433 ~ 442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-019-01742-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chenyi Zheng, Takanari Ouchi, Lingxin Kong, Yu-ki Taninouchi, and Toru H. Okabe	4. 巻 50
2. 論文標題 Electrochemical Deoxidation of Titanium in Molten MgCl <sub>2</sub> -YCl <sub>3</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions B	6. 最初と最後の頁 1652 ~ 1661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-019-01602-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chenyi Zheng, Takanari Ouchi, Akihiro Iizuka, Yu-ki Taninouchi, and Toru H. Okabe	4. 巻 50
2. 論文標題 Deoxidation of Titanium Using Mg as a Deoxidant in MgCl <sub>2</sub> -YCl <sub>3</sub> flux	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Metall. Mater. Trans. B	6. 最初と最後の頁 622 ~ 631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11663-018-1494-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeda Osamu, Yamada Masaya, Kawasaki Masane, Yamamoto Mayu, Sakurai So, Lu Xin, Zhu Hongmin	4. 巻 60
2. 論文標題 Development of Wide-range Viscometer and the Viscosity Measurement for SiO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> O-NaF System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 590 ~ 596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2019-412	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kong Lingxin, Ouchi Takanari, Zheng Chenyi, Okabe Toru H.	4. 巻 166
2. 論文標題 Electrochemical Deoxidation of Titanium Scrap in MgCl <sub>2</sub> -HoCl <sub>3</sub> System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of The Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 E429 ~ E437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.1011913jes	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kong Lingxin, Ouchi Takanari, Okabe Toru H.	4. 巻 60
2. 論文標題 Direct Deoxidation of Ti by Mg in MgCl <sub>2</sub> -HoCl <sub>3</sub> Flux	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Transactions	6. 最初と最後の頁 2059 ~ 2068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lu Xin, Miki Takahiro, Takeda Osamu, Zhu Hongmin, Nagasaka Tetsuya	4. 巻 20
2. 論文標題 Thermodynamic Criteria of The End-of-life Silicon Wafers Refining for Closing The Recycling Loop of Photovoltaic Panels	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 813 ~ 825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2019.1641429	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹田 修	4. 巻 63
2. 論文標題 電解還元拡散法による耐熱材料の表面改質	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 溶融塩および高温化学	6. 最初と最後の頁 70 ~ 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Hideaki, Ninomiya Yuma, Okabe Toru H.	4. 巻 136
2. 論文標題 銅の電解精製とアノード不動態化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of MMIJ	6. 最初と最後の頁 14 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2473/journalofmmij.136.14	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹, 竹田 修, 大内 隆成	4. 巻 90
2. 論文標題 チタンのアップグレードリサイクル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 166 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹	4. 巻 90
2. 論文標題 レアアースの生産に伴う環境破壊と金属のリサイクルについて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 93 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹田 修, 盧 シン, 朱 鴻民	4. 巻 58
2. 論文標題 高温融体の広粘度域測定技術の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 630 ~ 633
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部 徹	4. 巻 58
2. 論文標題 貴金属の製錬・精錬・リサイクル	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 まてりあ	6. 最初と最後の頁 557 ~ 562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 竹田 修, 岡部 徹	4. 巻 70
2. 論文標題 希土類磁石からのレアアースのリサイクルプロセスの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 490 ~ 494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okabe Toru H., Takeda Osamu	4. 巻 -
2. 論文標題 Fundamentals of thermochemical reduction of TiCl4	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extractive Metallurgy of Titanium, 1st Edition: Conventional and Recent Advances in Extraction and Production of Titanium Metal	6. 最初と最後の頁 65 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/B978-0-12-817200-1.00005-3	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okabe Toru H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Metallothermic reduction of TiO2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extractive Metallurgy of Titanium, 1st Edition: Conventional and Recent Advances in Extraction and Production of Titanium Metal	6. 最初と最後の頁 131 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/B978-0-12-817200-1.00008-9	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeda Osamu, Okabe Toru H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Recycling of Ti	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Extractive Metallurgy of Titanium, 1st Edition: Conventional and Recent Advances in Extraction and Production of Titanium Metal	6. 最初と最後の頁 363 ~ 387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/B978-0-12-817200-1.00016-8	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計128件 (うち招待講演 59件 / うち国際学会 36件)

1. 発表者名 Toru H. Okabe, Takanari Ouchi
2. 発表標題 Up-grade Recycling of Titanium and Its Alloys
3. 学会等名 Process Metallurgy and Environmental Engineering: An EPD Symposium in Honor of Takashi Nakamura, TMS2024 153rd Annual Meeting & Exhibition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuka Kujiraoka, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Concentration of precious metals from ores or scraps using electrochemical anodic deposition in molten salt electrolyte
3. 学会等名 The 17th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW17) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tomoki Yamazaki, Gen Kamimura, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of a new deoxidation method for titanium using the vapors of rare earth metals and yttrium chloride
3. 学会等名 The 17th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW17) (国際学会)
4. 発表年 2024年



1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Current status of rare metals: Bottlenecks in rare metal supply, and importance of recycling
3. 学会等名 AUA Joint Lecture Series 2024: Sustainable Materials for Tomorrow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Kenta Akaishi, Gen Kamimura, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Deoxidation of Titanium and Its Alloy Using Rare-earth Metal Vapors
3. 学会等名 World Titanium Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大内 隆成, Chunhao Ding, Shuang Wu, 岡部 徹
2. 発表標題 アノード電析法を用いる貴金属・レアメタルの新規分離・回収法の開発
3. 学会等名 一般社団法人資源・素材学会 2024年度 春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの現状と問題点 一般には常識とされているデマや誤解を解説 The Current Status and Problems of Rare Metals - Falsehoods and Misunderstandings in the General Public
3. 学会等名 千葉大学「卓越教養特論」(千葉大卓越大学院プログラム講義 令和5年度 第8回「卓越教養特論」(招待講演))
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 最近のレアメタルの事情とリサイクルについて
3. 学会等名 未来デザイン会議（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルに関する最近の話題
3. 学会等名 第106回レアメタル研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 美馬 裕一, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 希土類ハライドの金属熱還元を利用したチタンの新規気相脱酸プロセスの熱力学的考察
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第20回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 脇山 知也, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 溶融塩電解法による金属カルシウム製造プロセスの高効率化に関する考察
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第20回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの現状とリサイクル技術の重要性・将来性について
3. 学会等名 東京大学「化学・材料インキュベーション研究会」
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Current status of rare metals: Bottlenecks in rare metal supply, and importance of recycling
3. 学会等名 ITIA (International Tungsten Industry Association), 36th Annual General Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru H. Okabe, and Takanari Ouchi
2. 発表標題 Up-grade recycling of titanium and its alloys
3. 学会等名 Korea-Japan Joint Symposium on Titanium (KIM Fall Conference, Oct. 25- Oct. 27, 2023) EXCO (Daegu Exhibition & Convention Center) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの現状と将来について
3. 学会等名 第35回タンモリ工業会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Chunhao Ding, Toru H. Okabe
2. 発表標題 Recovery of Bi from base metal bullions using electrochemical anodic deposition method in molten salt electrolyte
3. 学会等名 2023 Joint Symposium on Molten Salts (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 チタン研究の夢とロマン：苦勞と喜び：将来展望
3. 学会等名 日本チタン協会，2023年度表彰式・記念講演・懇親会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 チタンに関する最近の話題
3. 学会等名 第108回レアメタル研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 鉄道とレアメタル
3. 学会等名 第8回東大生研・鉄道総研連携セミナー【第1部】（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの状況と問題点、ボトルネック
3. 学会等名 第142回金属材料研究所講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 もしかする未来の研究所
3. 学会等名 東京大学生産技術研究所駒場キャンパス公開オープニングセレモニー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 New recycling process of precious metals using electrochemical anodic deposition
3. 学会等名 CMSC2022, UT <sup>2</sup> -Mac Student Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sukho Kang, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of pre-treatment technique for concentration of platinum group metals from autocatalyst by flotation
3. 学会等名 CMSC2022, UT <sup>2</sup> -Mac Student Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Gen Kamimura, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of a new recycling process of titanium scraps through deoxidation using cerium metal
3. 学会等名 CMSC2022, UT <sup>2</sup> -Mac Student Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 電池などに使われるレアメタルのリサイクル技術の動向
3. 学会等名 2022年 粉体工業技術協会 電池製造技術分科会 第1回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 最近のレアメタルの事情とリサイクルについて
3. 学会等名 2022 年度SPEED 夏季セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 電池材料のリサイクルに関する最近の話題と産学連携
3. 学会等名 電気化学会関西支部 第62回電気化学セミナー「電池をとりまく産業政策とプロジェクトの動向」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルに関する最近の話題
3. 学会等名 第101回レアメタル研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 大学から見た高校教育の現状と課題: STEAM教育の重要性について
3. 学会等名 学校経営懇談会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの光と影
3. 学会等名 第102回レアメタル研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 持続型社会に不可欠なレアメタルの最近の状況と環境破壊
3. 学会等名 公益社団法人日本技術士会 資源工学部会・金属部会 主催 資源工学部会・金属部会 CPD合同部会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷ノ内 勇樹, 山口 翼, 中野 博昭, 岡部 徹
2. 発表標題 SUS430鋼の液体マグネシウム中への溶解挙動
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 2022年秋季 (第184回) 講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの光と影 ~ レアメタル供給のボトルネック、そして環境問題 ~
3. 学会等名 第41回 マテリアル工学分野講演会 (主催: 大阪公立大学 工学研究科 マテリアル工学分野 (招待講演))
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 走るレアメタル (自動車用レアメタル) の重要性について
3. 学会等名 東京理科大学 エネルギー・環境コース eモビリティ シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 東西分断後のチタンの商流と日本のポジションについて
3. 学会等名 第103回レアメタル研究会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 希土類金属の需要に関する近年の状況と今後の課題
3. 学会等名 日本希土類学会第40回講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの過去・現在・未来
3. 学会等名 室蘭工業大学 蘭岳セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Bottlenecks in rare earth metal supply, and importance of recycling
3. 学会等名 Muroran Institute of Technology, Rare Earth Workshop 2022 (REWS2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takanari Ouchi and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Deoxidation of titanium using rare earth metals as deoxidation agents in molten salt electrolyte
3. 学会等名 Kipouros International Symposium, SIPS2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 夢とロマンに満ちたチタンをはじめとするレアメタル研究の醍醐味
3. 学会等名 ダイニングラボ：【学生対象】イブニングセミナー第3回
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 希土類金属産業が抱える問題点と解決策
3. 学会等名 第105回レアメタル研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hyeong-Jun Jeoung, Tae-Hyuk Lee, Youngjae Kim, Jin-Young Lee, Young Min Kim, Toru H. Okabe, Kyung-Woo Yi, Jungshin Kang
2. 発表標題 Production of High-Purity Mg Metal from Various MgO Resources through a Novel Electrolysis Process using a Cu Cathode and Vacuum Distillation
3. 学会等名 TMS 2023 Annual Meeting & Exhibition (TMS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takanari Ouchi and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Anodic Electrochemical Deposition and Its Application
3. 学会等名 The 16th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW16) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuka Kujiraoka, Takanari Ouchi and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Recovery of precious metals from scraps using electrochemical anodic deposition in molten salt electrolyte
3. 学会等名 The 16th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW16) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Rare Metals Essential for Next Generation Vehicles: Current and Future Problems
3. 学会等名 International Electric Vehicle Technology Conference (EVTeC), EVTec 2023 Plenary Session (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 走るレアメタル(自動車用レアメタル)の資源供給リスクや生産に伴う環境破壊などについて
3. 学会等名 人とくるまのテクノロジー展2023 YOKOHAMA・ONLINE STAGE1 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toru H. Okabe, Takanari Ouchi
2. 発表標題 Up-GradeRecycling of Titanium Using Molten Salts
3. 学会等名 ECS 243rd Meeting (May 28- June 2, 2023) E01 - Molten Salts (High Temperature) Deposition and Extraction of Metals (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹田修, 盧シン, 朱鴻民
2. 発表標題 希土類金属の高温素材プロセスの歴史と展開
3. 学会等名 資源・素材学会2023年度春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田修, 星政義, 盧シン, 朱鴻民
2. 発表標題 YOC1からのYC13の合成と分離
3. 学会等名 資源・素材学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Takeda, Xin Lu, Yuzuru Sato, Hognming Zhu
2. 発表標題 Viscosity measurement of high temperature melts in wide viscosity rangev
3. 学会等名 The 13th Asian Thermophysical Properties Conference (ATPC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toru H. Okabe and Takanari Ouchi
2. 発表標題 Recycling of Rare Metals
3. 学会等名 20th Science Council of Asia Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Jungshin Kang, Tae-Hyuk Lee, Hyeong-Jun Jeoung, Dong-Hee Lee, Young Min Kim, Kyung-Woo Yi, Toru H. Okabe, and Jin-Young Lee
2. 発表標題	Development of Molten Salt Electrolysis of MgO Using a Metal Cathode and Vacuum Distillation to Produce Ultra-high Purity Mg Metal
3. 学会等名	TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022), Rare Metal Extraction and Processing On-Demand Oral Presentations (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Gen Kamimura, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題	Deoxidation of Titanium Using Cerium Metal and Its Oxyhalide Formation
3. 学会等名	TMS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022), REWAS 2022 (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Hyeong-Jun Jeoung, Tae-Hyuk Lee, Kyung-Woo Yi, Jin-Young Lee, Young Min Kim, Toru H. Okabe, and Jungshin Kang
2. 発表標題	Fundamental Study of a Novel Electrolytic Process using a Cu Cathode in MgF <sub>2</sub> -LiF-KCl Molten Salt for Producing Mg Metal from MgO
3. 学会等名	MS 2022 Annual Meeting & Exhibition (TMS2022), Rare Metal Extraction and Processing On-Demand Oral Presentations (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	岡部 徹
2. 発表標題	溶融塩を利用するチタンの脱酸とアップグレードリサイクル
3. 学会等名	電気化学会第89回大会 (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 私が考えるLIBのリサイクル
3. 学会等名 第96回レアメタル研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤石 謙太, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 希土類金属の脱酸能を利用するチタンの新規気相脱酸技術の開発
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第18回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平松 大武, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 アノード電析法を用いたAu含有合金からのAuの選択抽出プロセスの開発
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第18回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの最近の動向と将来展望
3. 学会等名 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの資源の状況と問題点・ボトルネック ～一般には常識とされているデマや誤解を解説～
3. 学会等名 日本技術士会 資源工学部会 講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの過去・現在・未来 ～「走るレアメタル」の普及が世界を変える～
3. 学会等名 化学フェスタ（令和の錬金術師から学ぶ都市鉱山、精製・精錬、リサイクルの現状）（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタル：光と影 Rare Metals: Light and Shadow
3. 学会等名 GRIPSフォーラム（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの最近の動向と将来展望 ～資源の状況と問題点・ボトルネック～
3. 学会等名 独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Shuang Wu, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Anodic electrochemical deposition of gold from molten salt electrolyte
3. 学会等名 30th Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 非鉄金属の資源循環とリサイクル ~リチウムなどの資源の状況と問題点・ボトルネック~
3. 学会等名 近畿化学協会 近化電池セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 現在使われているレアメタル (Ni, Co, Pt, Ir, Li, REMsなど) の賦存量や生産量、供給可能ポテンシャルなどについて
3. 学会等名 先端研 杉山先生からの依頼講演 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタル回収・スクラップの再利用技術の最新動向
3. 学会等名 石川県工業試験場 環境技術開発プロジェクト室 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 酸素除去の視点からのチタン製錬
3. 学会等名 2021年度第2回WEB教育講演「チタンの基礎・応用に関する教育講座(2)」(日本チタン学会・日本チタン協会産学連携委員会共同主催) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 走るレアメタル(自動車用レアメタル)の生産に伴う環境破壊とリサイクルの重要性について
3. 学会等名 “くるまからモビリティへ”の技術展ONLINE(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 蓄電池に関わるレアメタルの状況と問題点、ボトルネック
3. 学会等名 京都大学 触媒・電池元素戦略研究拠点 第19回公開シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Bottlenecks in Rare Metal Supply
3. 学会等名 9th Japan-U.S. Bilateral Meeting on Rare Metals (Organizer: CMI (Critical Materials Institute) & NEDO) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 私が追い求めてきた夢とロマン
3. 学会等名 第100回レアメタル研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタル 今と未来
3. 学会等名 JX金属株式会社 講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの最近の動向と将来展望
3. 学会等名 一般社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA）講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの資源の状況と問題点・ボトルネック ～一般には常識とされているデマや誤解を解説～
3. 学会等名 日本技術士会 資源工学部会 講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの最近の動向と将来展望 ~資源の状況と問題点・ボトルネック~
3. 学会等名 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 (NITE) 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 現在使われているレアメタル (Ni, Co, Pt, Ir, Li, REMsなど) の賦存量や生産量、供給可能ポテンシャルなどについて
3. 学会等名 東京大学 先端科学技術研究センター 杉山 正和 教授からの依頼講演 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタル回収・スクラップの再利用技術の最新動向
3. 学会等名 石川県工業試験場 環境技術開発プロジェクト室 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 溶融塩を利用するチタンの脱酸とアップグレードリサイクル
3. 学会等名 電気化学会第89回大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹田 修, 星 政義, Lu Xin, 朱 鴻民
2. 発表標題 YOC1のカーボクロリネーションによる YCl3の合成
3. 学会等名 資源・素材2021 (札幌)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹田 修
2. 発表標題 希土類金属製錬学の体系化と展望
3. 学会等名 第100回レアメタル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Iizuka, T. Ouchi, T. H. Okabe
2. 発表標題 New Electrochemical Deoxidation Method of Ti Metal in Molten Salts Containing YCl3
3. 学会等名 TMS 2021 Virtual Annual Meeting & Exhibition (TMS2021 Virtual) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Ouchi, S. Wu, T. H. Okabe
2. 発表標題 Selective Extraction of Gold from Gold-copper Alloy Using Anodic Electrochemical Deposition in Molten Salt Electrolyte
3. 学会等名 TMS 2021 Virtual Annual Meeting & Exhibition (TMS2021 Virtual) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 金属生産に関わる環境問題とリサイクルの意義
3. 学会等名 第95回 レアメタル研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 電池に関わる資源問題の現状と展望
3. 学会等名 「最先端電池技術 - 2021」, 公益社団法人 電気化学会 主催（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 チタンのリサイクル
3. 学会等名 第93回 レアメタル研究会/チタン関係シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 未来の自動車に必要な材料の動向と資源・環境について
3. 学会等名 [名古屋]オートモーティブワールド（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤石 謙太, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 希土類金属の蒸気を利用するチタンの新規脱酸技術に関する熱力学的考察
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第17回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kang Sukho, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 自動車排ガス浄化触媒中の白金族金属の高効率物理濃縮に向けた前処理法の開発
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第17回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kang Sukho, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 自動車排ガス浄化触媒中の白金族金属濃縮分離プロセスへの応用に向けた無電解銅めっきおよび硫化処理法の開発
3. 学会等名 資源・素材2020 (仙台) - 2020年度 資源・素材関係学協会合同秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯塚 昭博, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 Y/YOCl/YCl3 平衡を用いる Ti の新脱酸法の開発
3. 学会等名 資源・素材2020 (仙台) - 2020年度 資源・素材関係学協会合同秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大内 隆成, Shuang Wu, 岡部 徹
2. 発表標題 アノード電析法を用いた新規貴金属リサイクル手法の開発
3. 学会等名 資源・素材2020 (仙台) - 2020年度 資源・素材関係学協会合同秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの資源・環境問題とSDGs
3. 学会等名 第91回 レアメタル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアアース磁石の資源の状況と問題点・ボトルネック ~ 一般には常識とされているデマや誤解を解説 ~
3. 学会等名 テクノフロンティア磁気応用技術シンポジウム, 日本能率協会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Takara Tanaka, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Magnesiothermic Reduction of TiO <sub>2</sub> to High Purity Ti assisted with Rare Earth Elements
3. 学会等名 The 15th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW15) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takara Tanaka, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Investigation of the Direct Reduction Process of TiO <sub>2</sub> to High Purity Ti Using Rare Earth Elements
3. 学会等名 The 15th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW15) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Study on Electronically Mediated Reaction (EMR), and What I Learned from Professor Sadoway
3. 学会等名 TMS 2020 Annual Meeting & Exhibition, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Shuang Wu, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of a New Electrodeposition Process based on Liquid Metal Electrochemical Technologies in Molten Salt Electrolytes
3. 学会等名 TMS 2020 Annual Meeting & Exhibition, Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 材料調達の最新状況と課題 ~ 電池材料の資源・生産の状況と問題点・ボトルネック ~
3. 学会等名 第7回電動車両研究会 (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 産学連携
3. 学会等名 生産技術研究所 第三者評価委員会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 貴金属の精錬とリサイクル研究・教育の最近の話題
3. 学会等名 第89回 レアメタル研究会/貴金属シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Akihiro Iizuka, Chenyi Zheng, Lingxin Kong, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Deoxidation of Titanium Using Rare-Earth Metals and its Applications
3. 学会等名 Special lecture at Northeastern University(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタル概論 ~一般には常識とされているデマや誤解を解説~
3. 学会等名 2019年度 大上ゼミOB/OG会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 貴金属やレアメタルの現状と展望 ～一般には常識とされているデマや誤解を解説～
3. 学会等名 東北大学レアメタル・グリーンイノベーション研究開発センター(RaMGI) 第5回 フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 環境自動車とレアメタルの最新動向
3. 学会等名 環境シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 東京大学 生産技術研究所 JX寄付ユニットにおける産学連携とこれから
3. 学会等名 素材プロセッシング分野（環境リサイクルを含む）における産学連携に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 尚良, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 希土類金属熱還元による TiO <sub>2</sub> からの低酸素濃度 Ti 製造
3. 学会等名 第88回 レアメタル研究会/チタン関係シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯塚 昭博, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 金属Yを利用するTi粉末の新規焼結プロセスの開発に関する基礎的研究
3. 学会等名 第88回 レアメタル研究会/チタン関係シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 チタンに関する最近の話題'
3. 学会等名 第88回 レアメタル研究会/チタン関係シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 貴金属やレアメタルの現状と展望 ~ 一般には常識とされているデマや誤解を解説 ~
3. 学会等名 新規事業研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの光と影 ~ 一般には常識とされているデマや誤解を解説 ~
3. 学会等名 一橋大学 「先端科学技術とイノベーション」の講義
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 未来材料：チタン・レアメタル～夢の材料チタンの将来性やレアメタルに関する問題点を解説～
3. 学会等名 広島県立福山誠之館高等学校2年生に対する特別講義
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルの話 (形状記憶合金など)
3. 学会等名 佐賀県立武雄中学校で講演
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 尚良, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 TiO <sub>2</sub> の直接還元に対するLaの還元剤としての可能性
3. 学会等名 資源・素材2019 (京都) - 2019年度 資源・素材関係学協会合同秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiro Iizuka, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of a New Sintering Process of Ti Powder with Deoxidation Reaction Using Yttrium Metal in Molten Salt
3. 学会等名 Powder Metallurgy and Additive Manufacturing of Titanium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Akihiro Iizuka, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Novel Sintering Process for Titanium Powder with Simultaneous Deoxidation using Yttrium
3. 学会等名 Powder Metallurgy and Additive Manufacturing of Titanium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru H. Okabe
2. 発表標題 Recycling Precious Metals and Rare Metals from Scraps
3. 学会等名 MCARE 2019 Symposium 8 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 【EV・次世代車、先端技術に必須のレアメタルの光と影】自動車用レアメタルの現状と展望～日本では知ることが出来ないデマや誤解、サプライチェーン全体のボトルネックを徹底解説～
3. 学会等名 ブロードバンド&グローバル戦略特別セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 クリティカルメタルの資源循環の現状と課題
3. 学会等名 日本学術会議公開シンポジウム, SDGsのための資源・材料の循環使用に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takara Tanaka, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Feasibility of Electrochemical/Thermochemical Reduction of Titanium Oxide Using Lanthanum as the Reducing Agent
3. 学会等名 70th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takanari Ouchi, Chenyi Zheng, Lingxin Kong, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Electrochemical Deoxidation of Titanium in Molten Mixtures of Magnesium Chloride and Rare-Earth Chlorides
3. 学会等名 The 70th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 尚良, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 Laを還元剤として用いたTiO <sub>2</sub> の直接還元に関する基礎的な研究
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuang Wu, Takanari Ouchi, Toru H. Okabe
2. 発表標題 Electrodeposition of Gold in Molten Mixture of Sodium Chloride and Sodium Iodide
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Er Li, Takanari Ouchi, and Toru H. Okabe
2. 発表標題 Development of a New Recycling Process of Gold from Electronic Waste by Utilizing FeCl <sub>2</sub> Vapor Treatment
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kang Sukho, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 無電解ニッケルめっきと磁力選別を用いた自動車触媒からのパラジウム濃縮
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯塚 昭博, 大内 隆成, 岡部 徹
2. 発表標題 金属 Y の脱酸能力を利用する Ti 粉末の新規焼結プロセスの開発
3. 学会等名 資源・素材学会 関東支部 第16回「資源・素材・環境」技術と研究の交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 レアメタルに関する最近の話題
3. 学会等名 第86回 レアメタル研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部 徹
2. 発表標題 貴金属・レアメタルのリサイクルの現状と意義 ~ 一般には常識とされているデマや誤解を解説 ~
3. 学会等名 名古屋大学オムニバス授業
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計5件

1. 著者名 O. Takeda and T. H. Okabe (分担執筆)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Taylor and Francis	5. 総ページ数 704
3. 書名 Routledge Handbook of the Extractive Industries and Sustainable Development	

1. 著者名 竹田修, 岡部徹 (分担執筆)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 内田老鶴圃	5. 総ページ数 464
3. 書名 チタンの基礎と応用	

1. 著者名 岡部 徹 (分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 内田老鶴圃	5. 総ページ数 111
3. 書名 乾式プロセス	



1. 著者名 竹田 修 (分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 内田老鶴園	5. 総ページ数 111
3. 書名 乾式プロセス	

1. 著者名 岡部 徹 (分担執筆) テンミニッツTV (編集)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 イマジニア株式会社	5. 総ページ数 240
3. 書名 現代のリベラルアーツとは何か よりよく生きるための「知の力」	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 チタンまたはチタン合金の製造方法	発明者 岡部 徹、上村 源、池田 貴、大内 隆成	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-117129号	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 チタンまたはチタン合金の製造方法	発明者 岡部 徹、上村 源、池田 貴、大内 隆成	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2024/015012	出願年 2024年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室ホームページ <a href="https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html">https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/index.html</a>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	竹田 修  (Takeda Osamu)  (60447141)	東北大学・工学研究科・准教授    (11301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	大内 隆成  (Ouchi Takanari)  (50555290)	東京大学・生産技術研究所・講師    (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関