

チタンの生産技術に革命をもたらす新製錬・凝固・鑄造技術の開発



| | | |
|------------|----------------------------------|--------------------|
| 研究代表者 | 東京大学・生産技術研究所・教授 | |
| | 岡部 徹（おかべ とおる） | 研究者番号：00280884 |
| 研究課題 情報 | 課題番号：26K12345 | 研究期間：2026年度～2030年度 |
| | キーワード：金属製錬、凝固・鑄造、レアメタル、チタン、リサイクル | |

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

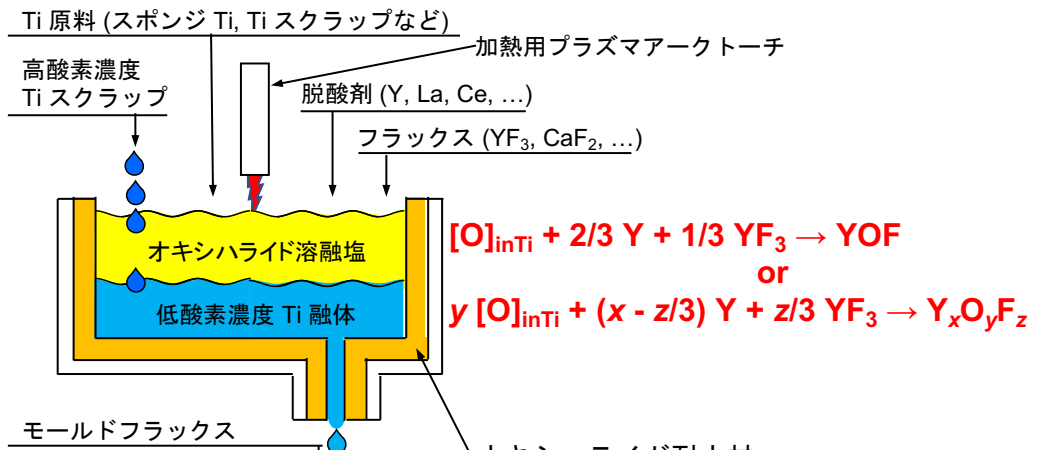
● 研究の全体像

チタン(Ti)は、地球上に豊富に存在し、優れた物理・化学的性質を有しており、航空機産業、化学プラント、医療分野などで不可欠な金属材料である。しかし、**チタンは酸素との親和性が極めて高く、製造には現在も多量のエネルギー消費と CO₂ 排出を伴うため、製錬・溶解・鑄造プロセスのコストが高くなり、生産量拡大の制約となっている。**本研究では、金属チタンの量産化を目指して、チタンの新しい製造方法を提案する。

本手法では、1. アルミニウムなどのスクラップを用いてチタン鉱石を還元し、CO₂ を発生させずに高酸素濃度のチタン合金を製造し、希土類金属（イットリウム Y 等）を用いて溶融した高酸素濃度のチタンから酸素を除去し、低酸素濃度のチタン融体へと転換し、**2. 希土類オキシハライド塩耐火材 (YOF 等) を用いた溶解・鑄造設備によりチタンを連続鑄造し、チタンインゴットを製造する。**本研究では、特に 2. の技術開発に注力する。**溶融チタンに対して化学的に不活性な希土類金属のオキシハライド塩を主成分とする新しい溶解容器を開発してチタンの酸素汚染を抑制するとともに、その酸素濃度を低減しながら高純度チタンを溶解・連続鑄造する革新的なプロセスを確立する。**さらに、1. と 2. の新技術をスクラップの再生利用に応用し、高酸素濃度のチタンスクラップから低酸素濃度のチタンを直接製造するアップグレードリサイクル技術の開発を進める。

本研究を通じて、従来レアメタルとされてきたチタンをコモンメタル・ベースメタルへと転換し、社会に広く普及させることが申請者の夢である。

1. Tiの溶解と脱酸



2. 低酸素濃度 Ti の直接鑄造

オキシハライドを主成分とする耐火材とモールドフラックスを使ってチタンを連続鑄造する革新的な手法

図1 研究全体のイメージ図と研究内容

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

● (I) CO₂ を発生させずに、鉱石中のチタンと酸素を分離する手法

アルミニウムやマグネシウムのスクラップを用いてチタン鉱石 (TiO₂ 等) を還元し、高酸素濃度のチタン合金を製造する。スクラップは複雑な形状を有しており、不純物を含んでいるため、インゴットを用いた一般的な場合とは反応挙動が異なる可能性がある。本研究では、アルミニウムやマグネシウムのスクラップを用い、種々の混合比で TiO₂ の還元実験を行い、得られたチタン中のアルミニウム濃度、マグネシウム濃度と酸素濃度の関係を調査する。

● (II) 低酸素濃度の溶融チタンを直接製造する手法

希土類金属と希土類フッ化物を用い、希土類オキシハライド塩の生成反応を利用して、(I) の手法で得られた高酸素濃度チタン合金融体を脱酸し、低酸素濃度のチタン融体を製造する。研究代表者の最新の研究成果では、イットリウムを用いて 0.02質量% (200 mass ppm)レベルまで溶融チタン中の酸素濃度を低減できることを実証している。最終的に製造されるチタンの品質や希土類元素の消費量を考慮すると、チタン中の希土類元素濃度と酸素濃度 (脱酸限界) の熱力学的関係に未だ不明点が多いため、実験的に明らかにすることを目指す。また、イットリウムよりも安価で豊富に存在するランタンやセリウムによる脱酸限界も調査する。(I) の手法で得られた高酸素濃度チタン合金も脱酸試料として用い、アルミニウムやマグネシウムの挙動と、チタンの純度への影響を明らかにする。また、脱酸反応で生成する希土類オキシハライド塩 (YOF 等) から希土類金属と希土類フッ化物を再生利用する手法を開発する。

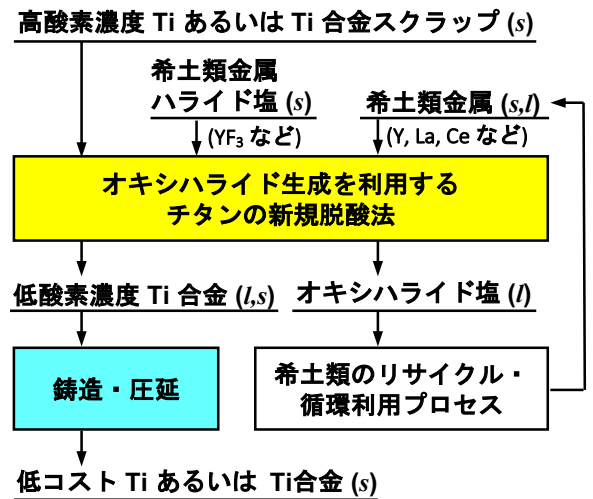


図2 本研究で開発する手法とその工程図

● (III) 低酸素濃度のチタンを溶解・ castingする手法

希土類オキシハライド塩耐火材を主成分とする容器を用い、低酸素濃度のチタン-希土類合金融体を溶解保持し、連続 castingによりチタンインゴットを製造する (図1および図2)。この手法の確立を目指し、以下の4項目について重点的に研究を行う。

A) オキシハライド塩容器の製造方法の確立とチタン溶解の実証

オキシハライド塩の熱力学的な評価に基づき、オキシハライド塩を主成分とする種々の組成の容器を粉末原料から合成する。さらに、製造した容器内でチタン融液を保持できることを実証する。

B) オキシハライド塩容器を用いた溶融チタンの脱酸

オキシハライド塩容器内で希土類金属や希土類フッ化物を、チタンに直接添加して溶解し、低酸素濃度のチタンが得られることを実証する。

C) 溶融チタン-希土類合金の凝固プロセスの評価

高品質なチタンインゴットの製造には、チタンへの希土類元素の汚染を防ぐ必要がある。多くの希土類元素は、チタンへの溶解度が低い。そこで、脱酸したチタン-希土類合金融体を種々の冷却速度や冷却方法で凝固させ、得られたチタン中の希土類元素濃度や酸素濃度を調査し、低酸素濃度・低希土類濃度の高純度チタンを製造する凝固プロセスの確立を目指す。

D) チタン連続 casting用モールドフラックスの開発

オキシハライド塩を主成分とするチタン連続 casting用のモールドフラックスの開発を目指す。

本研究で開発した一貫プロセスの消費エネルギーや CO₂ 発生量の解析・評価を通じて、プロセスの最適化を行い、最終的には革新的な低コストチタン製錬法の完成を目指す。