

廃材利用でチタン製品を安く、もっと身近に ～可能にしたのは「鉄」と「水素」

近藤勝義・大阪大学 接合科学研究所 教授

環境研究総合推進費において、スポンジチタン廃材の再資源化技術の開発に取り組む

ここが
POINT!

スポンジチタン*の課題と現状

*「目的・背景」欄に注釈あり

- チタンは、主に航空機の胴体や翼に使われ、需要は世界で拡大中
- チタン製品の原料となるスポンジチタンは、製造時に多量の電力を消費し、不純物の鉄がスポンジ表面につくため、表面付近を切除する（全体の10～20%）
- 切除した廃材は、チタン製品に再生できない

開発した新技術と仕組み

世界初!

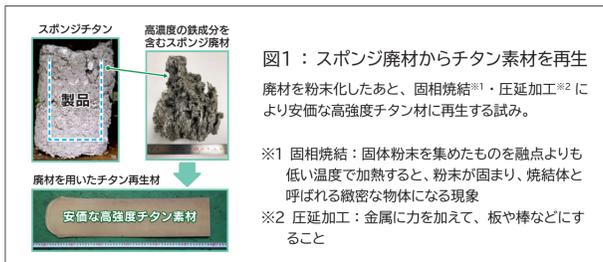
- スポンジチタンの廃材から、しなやかさと強度を併せ持つ再生チタン材を作る製法を開発
- 廃材に水素を加えて粉砕し、容器で加熱することでチタン素材を安く作製する新技術を確立
- 処分される廃材が減るため、エネルギー効率が向上し、CO₂削減とチタン素材の低コスト化が実現

目的・背景 廃材から安価にチタンを再生させる

高級金属であるチタンは、航空機や生体インプラントなどに使われていますが、より身近な分野で普及させるには、環境に優しい方法で、安く作る必要があります。

ルチルなどの鉱石から、四塩化チタンを経て作られる「スポンジチタン*」を原料にして、チタン製品が製造されますが、スポンジチタンには、鉄などの不純物が含まれるため、どうしても廃棄される部分が出てきます。

私たちは、処分されるスポンジチタンの廃材をチタン素材に再生する技術開発に着手し、素材の低コスト化と、製造時のエネルギー消費の削減（CO₂排出削減）を目指しました。



*スポンジチタン：
四塩化チタンをマグネシウムで還元して得られるスポンジ状のチタン。これを原料にして、チタン板材が作られ、さらに、チタン製品が製造される。

※1 固相焼結：固体粉末を集めたものを融点よりも低い温度で加熱すると、粉末が固まり、焼結体と呼ばれる緻密な物体になる現象

※2 圧延加工：金属に力を加えて、板や棒などにする

成果 鉄や水素を使った、常識を超える発想で、廃材からチタンを再生する技術を開発

廃材に水素を含ませることで脆くなり粉砕しやすくし、スポンジチタンからチタン粉末を製造する方法を開発。

融点未満の温度域での加熱により、不純物であった鉄をチタン中に分散させ、**チタンのしなやかさと強度を両立させることに成功しました。**

さらに、粉末をプレス成形せず、**加熱工程のみでチタン素材を安く再生する製法を、世界で初めて確立（特許出願済）。**しかも、**通常のチタン合金を超える強度を持ちます。**



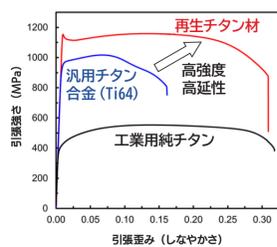
● 固相温度：固体が溶け始める温度

● 焼結体：粉末が固まってできた緻密な物体

廃材の再生技術を社会に生かす3つのアイデア

1 再生チタン材は、しなやかさ、強度とも汎用チタン合金や工業用純チタンを上回る

スポンジチタンのうち、廃棄されていた部分が資源に変わります。また、この再生チタン材は従来よりも強度を高めることで製品の小型軽量化を可能とします。



鉄原子の固溶強化^{※1}により再生チタン材は、汎用チタン合金^{※2}や工業用純チタン材に比べて、しなやかさと強度のいずれもが増大する。

※1 固溶強化：元の金属とは異なる元素を混ぜることで原子配列にひずみを生じさせ、状態が変化するのを抑制する手法

※2 汎用チタン合金材=Ti64: Ti-6%Al-4%V

2 大型チタン素材が、応用可能性を広げる

型枠に粉末を充填して加熱するので、粉末のプレス成形が不要です。この製法では、素材の大型化が可能となると同時に、巨額の設備投資が不要となります。大型のチタン粉末素材は、エンジン用ファンブレードなど、従来なら製造が困難であった製品への適用が見込まれます。

3 他の不純物成分の有効利用も可能

本製法では、鉄以外の酸素、窒素、炭素などの不純物によるチタン素材の強度向上も可能。例えば、リサイクルした高濃度の酸素を含む3Dプリンティング用（＝積層造形用）チタン粉末から、チタン素材を再生できます。

Message 企業・自治体関係者へのメッセージ



- 1 連携企業（武生特殊鋼材株式会社）が持つ圧延加工技術により、すでにプロトタイプのコチタン板材を試作しており、**素材の評価や製品化に向けた社会実装に移行する体制が整っています。**
- 2 鉄以外に、他の元素添加も可能なため、**素材の利用者が求める特性・性能を有する合金設計が可能**です。
- 3 世界中で急速に発展する3Dプリンティング技術では、繰り返し使用したチタン粉末は高濃度の酸素を含むため、現状は廃棄処分されています。しかし、本製法では**3Dプリンティングで出たチタン粉末を高強度チタン素材に再生**できます。
- 4 サークラーエコノミーに資する研究成果を素材メーカー、エンドユーザー、粉末製造および積層造形部材メーカーと幅広い産業分野で**協業・展開**できると期待しています。

【環境研究総合推進費 3G-2102】課題名「工程内廃材使用による廉価高強度チタン合金開発と応用」（研究期間：2021年度～2023年度）

