

令和2年2月27日

一般財団法人日本産業科学研究所  
理事長 宮地尚 様

下記の通り、一般財団法人日本産業科学研究所令和元年度研究助成金の研究実績を報告いたします。

氏名： 藤井朋之

所属： 国立大学法人静岡大学工学部機械工学科

題目： 生体に優しい低ヤング率インプラント材の開発

Development of a bio-friendly implant material with low Young's modulus

#### 研究内容と結果

損傷した骨を人工骨で置換するインプラント治療が盛んに行われている。インプラント材料として利用されるチタン等の金属と天然骨のヤング率は大きく異なることから、応力遮蔽によるインプラント周辺の生体組織の損傷が生じることが報告されており、天然骨程度のヤング率を有する材料の開発が期待されている。近年、人工骨材料のポーラス(多孔質)化が注目されている。ポーラス体は内部に気孔を有しており、気孔サイズ、気孔率、気孔形態等を制御することで所望の機械的特性を得ることが可能であり、気孔率を増加させることでヤング率を意図的に低下させることができる。研究代表者は、金属粉末とスペーサー粉末を混合・焼結後、スペーサーを除去することでポーラス体を作製する焼結スペーサー法に着目した。本手法は安価かつ容易に微視構造の制御が可能であることから、アルミニウム等の低融点金属に用いられている。一方、チタン(Ti)等の高融点材料への適用については、焼結中にスペーサー材が融出することから、困難である。本研究では、低温で焼結可能な放電プラズマ焼結(SPS)法と焼結スペーサー法を組み合わせ、ポーラスチタンを作製し、低ヤング率の実現可否について検討することを目的とした。

原料粉末には純チタン(Ti)、スペーサー粉末として水で容易に溶出させることが可能かつ融点が高い塩化ナトリウム(NaCl)を用いた。Ti粉末はボールミル混合器により

7時間のミリングを行った。NaCl 粉末はふるいを用いて、平均粒径を3種類に分離した。

焼結体寸法が $\phi 15 \times 5$  mmとなるようにグラファイトダイにTiとNaClの混合粉末を充填し、SPS装置により焼結した。予備試験の結果、焼結条件は真空雰囲気下、加圧力30 MPa、保持時間60分、焼結温度650°Cであれば、ポーラス体が焼結可能であることを見出した。

オープンセル型ポーラスTiとなる条件は、Ti粒径とNaCl粒径の比(粒径比)の影響を受けることが分かった。実現できる気孔率の上限は粒径比によらず73%である一方、下限は粒径比により低下した。つまり、幅広い気孔率の制御には、粒径比を小さくすることが有効であると考えられる。

作製した試験片に対し、三点曲げ試験を実施した。その結果、得られた応力-たわみ関係は非線形性を示した後、最大となり、緩やかに応力が低下、破壊した。ヤング率および曲げ強度はNaCl体積割合の増加または粒径比の減少により、減少した。純Ti(緻密体)のヤング率は106GPaであるが、ポーラスTiのヤング率は18GPa(気孔率40%)から3GPa(気孔率73%)まで変化させることができた。また、曲げ強度は、300MPa(気孔率40%)から30MPa(気孔率73%)が得られた。天然骨のヤング率と強度は、それぞれ6-45GPaおよび15-300MPaであり、Tiのポーラス化によって、天然骨程度の機械的特性を有することに成功した。破面観察により、未焼結部が観察されたため、焼結手法の改善により更なる強度の向上が期待でき、今後の研究の発展が見込める。

今年度の研究実績は以上の通りであり、得られた結果を論文発表する予定である。また、研究の課題も明らかになったことから、研究を継続する。

貴研究所から研究助成金を受けることで、本研究を推進できましたことを心より感謝申し上げます。