

れる手法についても概説した。発泡金属の利用分野として、軽量構造材料、衝撃吸収材料、断熱材料などの他、多様な分野への利用の現状、可能性について検討した。

最後に本研究の先行技術である、PVA 水溶液バインダーを利用した粉末成形技術の開発の経緯を紹介し、本研究で開発対象とした高気孔率発泡金属を作製するための目標について述べた。

第2章では、ほう砂により PVA バインダーをゲル化したコンパウンドとスペースホルダー法により、医療分野での利用が期待されるチタン多孔質体を作製し、コンパウンドの配合条件と気孔率の関係、焼結条件と収縮率の関係などを明らかにした。また、作製した多孔質体を生体インプラント材料として利用することを目標に機械的特性を評価した。その結果、気孔率を 55 %程度に設定する事により、ヤング率 20GPa, 引張強度 70MPa, 圧縮強度 100MPa 程度の多孔質体を作製できることを明らかにした。この多孔質体は従来の粉体焼結によるチタン多孔質体の試作結果と比較して高強度である。ここで開発した手法では、複雑形状が要求されるインプラント部材の作製においても、容易にネットシェイプ化が実現できる。また、気孔率 20~60 %の範囲では、焼結時の収縮率は 16~17 %であり、この気孔率の範囲では自在に気孔率の異なる多孔質体を組み合わせることも可能である。

第3章では、SWS法(スペースホルダーおよび攪拌法)とGS法(ゲル化発泡法)による超高気孔率ステンレス鋼発泡体の作製法と気孔率や品質の関連について分析、評価した。SWS法による発泡金属の作製法では PVA 水溶液とステンレス鋼粉のスラリーに EPS ビーズを混入し、さらに攪拌により気孔を導入する事によって高気孔率の発泡金属が作製できる。この手法では微細な粉末(平均粒径 $3 \mu\text{m}$)を用いることによって、気孔率 97 %を超える高気孔率な発泡金属の作製が可能であるが、相対的に粗い粉の利用も可能であり、PF20F(平均粒径 $11 \mu\text{m}$)を使用しても 96 %の高気孔率を達成できる。この作製プロセスでは焼結により収縮が起こるものの、前駆体での成形形状が保持され、また、比較的大きな形状の製品が可能である。この手法で作製される発泡体の気孔構造は通気性の高いセミオープンセル構造となる。

GS法による高気孔発泡金属の製造方法では、PVA 水溶液とステンレス鋼粉のスラリーに発泡剤を混入し、凍結解凍法によりゲル化する。さらに、加熱により発泡後、乾燥させた前駆体を脱脂焼結して発泡金属を作製する。この方法では発泡剤や金属粉の混入量を変化させる事によって気孔率を調整することが可能である。高気孔率化には発泡剤を多く添加して発泡率高め、粉末の混入割合を低くする事が有効である。微細粉末を利用する事によって達成できる最高気孔率はおおよそ 98.5 %であり、他の発泡金属作製手法では不可能な高気孔率を実現できる。GS法による発泡金属はセル壁が形成され、セル壁には通気性があるセミクローズドセル構造となる。高気孔率でのセル壁は金属粉がおおよそ 1-2 層で並んで焼結した薄いセル壁となり、さらに高気孔率化すると、セル壁が破れた構造となる。また、平均粒径の異なる 3 種の粉末を用いて、成形性を評価した。その結果、平均粒径が小さくなるほどセル壁が薄くなり、到達できる最高気孔率は高くなる。

第4章では、SWS法およびGS法により作成したステンレス鋼発泡金属の圧縮試験を行

い機械的強度を評価した。SWS法による発泡金属はプラトー領域を示し、そのプラトー応力はほぼ相対密度の2.5乗に比例する。また、微細粉末で作製した発泡金属の強度の方が粗い粉末より高くなった。

GS法による発泡金属のプラトー応力も、使用した粉末の粒径が小さくなるほど高くなる傾向がある。また、その応力はほぼ相対密度の2乗に比例する。しかし、粗い粒子で作製した発泡金属では、気孔率が95%を超えると急激に強度が低下する。これはある水準以上に気孔率を高くするとセル壁を構成する金属粉粒子が不足し、強度を急激に下げられるためと考えられる。

ここで評価した発泡金属の強度をアルミニウムやニッケルの発泡金属と比較すると、同じかさ密度をとるとき、ステンレス鋼の発泡体であっても、他の発泡金属とそれほど変わらない強度となる。ステンレス鋼発泡体の軽量構造用材料としての利用は、軽量性が要求されると同時に耐食性、断熱性等の素材の特性が生かされる場での利用が期待される。

第5章ではSWS法、GS法により作製したステンレス鋼発泡体の熱伝導率・電気伝導率を評価した。既存のモデルによると、高气孔率の発泡体の相対熱伝導率、および相対電気伝導率は、オープンセル構造では相対密度の1/3、クローズドセル構造では相対密度の2/3程度になると推定される。SWS法による発泡金属はセミオープンセル構造を取り、両伝導率ともにオープンセル構造の推定値に近い値となった。一方、GS法で作製された発泡金属はセミクローズドセル構造を取るが、両熱伝導率ともにオープンセル構造の推定値より若干高い程度の値を示した。これは、GS法による発泡金属のセル壁が薄く、実際の熱伝導、電気伝導に寄与する部分のほとんどがセルエッジであるためと考えられる。本評価試験の結果より、ステンレス鋼を用いて0.1 W/m・Kを下回る高性能の発泡金属断熱材が実現できることを確認した。また、同じ気孔率において相対熱伝導率と相対電気伝導率はほぼ一致する。一般に、熱伝導率は電気伝導率と比べて計測が難しいが、この関係を用いれば、発泡金属の熱伝導率は相対電気伝導率とバルク体の熱伝導率より推定できる。

第6章ではSWS法、GS法で作製されたステンレス鋼発泡金属の吸音特性を測定した。吸音材の吸音性能は通気性が低いほど向上するが(Delany-Bazleyの評価式)、ある程度以上通気性が低くなるとかえって低下する。ステンレス鋼発泡金属の通気性を評価したが、気孔率が高いほど通気性は高く、GS法発泡金属よりもSWS法発泡金属が、また、相対的に粗い粉末で作製した発泡金属の方が高い通気性を示した。さらに、吸音特性をインピーダンスチューブ法により評価した結果、良好な吸音特性を示す通気性には限界があり、流れ抵抗104-105 Nsm⁻⁴が最適であることを解明した。SWS法による発泡金属では、気孔率を適宜に調整して適切な流れ抵抗を持たせることによって高吸音率を示す発泡体が作製できる。GS法により微細粉末で作製した発泡体は流れ抵抗が高く、吸音率は低いが、相対的に粗い粉末で作製した発泡金属では、適切な気孔率と通気性を選択することにより良好な吸音特性が実現できる。ここで開発した発泡金属の吸音率は他の発泡金属と比較しても高く、耐熱性、強度を兼ね備えた吸音材料として期待される。

第7章では、本研究で得られた成果を総括し、開発した発泡金属作製法の優位性と作製さ

れた発泡金属の諸特性についてまとめた.