

## まえがき

人類の数千年にわたる物質文明では、青銅器時代、鉄器時代と呼ばれるように、常に新材料の発見が人類の発展をもたらしてきました。エレクトロニクス時代、さらには再生可能エネルギーを必要とする新エネルギー時代へと突入した現代や近未来でもこの状況は不変であり、まさに「材料を制する者が時代を制する」と言えます。前世紀後半の材料科学に関わる基礎科学・技術の進歩は目覚ましく、真に新しい実用的素材の出現とともに技術革新が達成され、例えば、人類の新たな未来を拓く輸送システム、電力システムなどが導入されてきました。高効率ガス・タービンエンジンに不可欠な耐熱構造材料を例にとっても、Ni基超合金が開発され、合金誕生当時に比べれば耐熱温度は数十年をかけて400度以上も上昇しています。この間に、耐熱性を向上させつつ、さらに疲労特性や耐酸化性など諸特性を向上させるために、種々の合金元素が添加され、それら合金元素の特性向上に対する役割なども基礎科学をもとに十分に理解がなされてきました。しかし、最近では耐熱温度の向上も飽和気味となり、Ni基超合金と呼ばれるように、主要元素(この場合Ni)に合金元素を添加して特性向上を図るという従来からのアプローチに限界が見えてきたと言わざるを得ません。

このような中、主要元素を指定できないような多成分系高濃度合金として「ハイエントロピー合金」という概念が今世紀初頭に登場しました。ハイエントロピー合金は、狭義には「5種類以上の構成元素から成る等原子分率単相固溶体合金」を指しますが、近年では「多元系状態図中央付近の組成を持つ等原子分率から外れた高濃度固溶体合金や析出物を含む多相合金」にまで研究対象が広がりがつあります。ハイエントロピー合金は、ある1種の特定期元素を主要元素として少量の異種元素を添加した従来合金(Ni基合金、Al基合金など)とは全く異なり、これまで探索が行われなかった未開の多元系かつ高濃度の化学組成を持つ新規な合金であり、優れた特性を示す未知の合金系が数多く見つかる可能性が高いと考えられます。元素の組み合わせ次第では、組み合わせた元

素の種類だけからでは予測不能な物性を発現する「カクテル効果」が生み出され、「一つの主要元素を決めて合金添加により特性制御する」という従来の合金開発手法に代わる、「多元系状態図の中央付近の化学組成から元素と量比の最高の組み合わせを見つける」というパラダイムシフトの出発点となり得ると考えられます。当初は、金属系材料で力学特性に関する研究が主流でしたが、今日ではセラミックス系材料や熱電特性、磁気特性など機能特性にまで研究領域が広がっています。

このように新材料として大きな期待を抱かせる合金材料ですので、ドイツ共和国、アメリカ合衆国、大韓民国、台湾など多くの国・地域で大型プロジェクトが立ち上がり深く幅広い研究が進行しています。数年前にわが国でもハイエントロピー合金に関する研究機運が高まり、文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「ハイエントロピー合金：元素の多様性と不均一性に基づく新しい材料の学理」が採択されています。本書は、この新学術領域研究の初期の成果・知見を領域構成メンバーを主体的な執筆者としてまとめたものです。そのため、定量的にも定性的にも解決されていない研究課題も多いものの、積極的に問題提起を行うよう努めました。これまでこの分野の研究に関わっていない多くの研究者の関心を喚起し、新たにハイエントロピー合金研究に挑戦しようと考えていただくきっかけとなれば幸甚の至りです。

ハイエントロピー合金に関する書籍は洋書としては二、三点あるものの、恐らく本書が邦文で書かれた成書としては最初となります。そのため、ここで用いる訳語が慣例的に本邦での専門技術用語となる可能性があり、細心の注意を払いました。例えば、「high-entropy alloy」にも多様な訳語が考えられますが、本書では「ハイエントロピー合金」に統一しました。また、ハイエントロピー合金の特性の一つとして「sluggish diffusion」がよく使われますが、「遅い拡散」という意味を説明するに留め、原語でそのまま表記することにしました。物理量を表す単位や記号は、研究分野により慣例が異なり、各章ごとに統一したものの、書籍として統一することは意図的に避けました。また、ハイエントロピー合金を元素記号で表記する場合、可能な限り原子番号の小さい順に並べました。国際規約に従えば、固溶体をはじめとする、いわゆる合金では、元素記号をハイフンで繋ぐべき(例えば、Cr-Mn-Fe-Co-Niのように)ですが、

元素記号を単純に並べる方法(例えば, 等原子量合金では CrMnFeCoNi のように)を採用しました. 本来この表記法は, 国際規約では構成元素比が 1 : 1 : 1 : 1 : 1 の化合物を表しますが, ハイエントロピー合金の研究分野では一般化, 慣例化しているためこの表記法を採用しました.

なお, 内田学氏には, 本書の編集に関し多くの有益なご指摘をいただきました. ここに記して感謝の意を表します.

2020年3月

乾 晴行