

ERATO「井上過冷金属」プロジェクト 追跡評価報告書

1. 総合所見

1932年にザカライアセン(Zachariasen)が酸化物ガラスに関してガラスを形成する傾向(ガラス形成能)を示して以来、酸化物ガラスについては多くの新しいガラスが作られ、応用されて来たが、金属は従来結晶化速度が大きいため、超急冷しなければガラス化しないと思われてきた。本プロジェクトの総括責任者、井上明久氏は原子配置が三角プリズム型あるいは正20面体を取る金属元素配合の合金では冷却速度を通常の鑄造速度にてガラス化し得ることを実験により証明した。

その結果、従来考えられて来た、大きな冷却速度が不可欠である、との金属ガラスの常識を打ち破る、バルク状態で金属ガラスを製造することが可能になり、金属ガラスは従来知られている、有機、無機材料に見られない、全く新しい材料特性を持つことが明らかになった。

それらの特性の中で特筆されるべき点は、高強度かつ低ヤング率、原子レベルでの凹凸の転写性、であるが、これらの特性は従来知られて来た金属ガラスの軟磁性、耐食性、耐摩耗性などと合わせて、広い応用分野を拓くことになった。

ガラスは結晶に比較して、合金元素の種類や濃度の選択の幅が広く、物理的および化学的性質が等方的であるので、今後もさらに新しい金属ガラスを開拓して新しい材料特性を開発していくことが可能であり、このプロジェクトもその新材料開拓のステップのスタートとしての意義は極めて大きく、また十分に好発進の責任を果たしたと評価できる。

2. 研究成果の発展状況や活用状況

研究の継続状況

自己構造・組織創成型過冷金属の応用展開：

SORST, 2002年10月 2007年9月

「金属ガラスの材料科学」:

文部科学省・特定領域研究

「金属ガラスの成型加工技術」NEDO2002 - 2006年度

「高性能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」2007 - 2011年度

研究の発展状況

新しいバルク金属ガラスの開発。

Cu-Zr系でナノ結晶を分散させた組織を開発し、超塑性的な高展延性材料を見出した。

Fe-Pt系金属ガラスを開発、結晶化させることにより高保磁力で生体適応性にも優れた

材料を開発した。

高圧水アトマイズ法を新たに開発して、金属ガラスの微細粒の製造を行い、軟磁性コア材料を開発した。

ガラスの特性である微細組織の転写性を利用して 50 ナノメートル寸法までの微細組織転写プリント加工を実現した。

その他、液中の水素濃度センサー、圧力センサー材料などへの金属ガラスの利用についても研究を進展させている。

基礎科学的にガラスの中距離構造の解明が進みつつある。

金属ガラスの材料科学という新しい分野が発展しつつある。

3. 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果

3.1 研究成果は科学技術の進歩にどのように貢献しているか

バルク金属ガラスは、金属の特性である展延性、導電性、磁性などをもちながら、ガラスの持つ組成範囲の大きい自由度、物理的性質の等方性などを合わせ持つ新しい材料である。このプロジェクトは総括責任者井上明久氏が開拓したこの材料の科学的基礎と応用を研究、実証する目的であったが、その成果は十分に果たしている。しかしながら、新しい材料の可能性は今得られた成果をはるかに超える可能性もあるのであって、更なる展開が予想される。逆に見れば更なる展開の可能性が大きいほど、その新技術の価値は高いとも言える。

この新材料への世界の注目度も極めて高く、アメリカでは金属ガラス発祥の地でありながらバルク金属ガラスの開拓において日本に遅れたことに鑑みて鋭意この材料の新展開を目指して組織的な研究活動が始まっている。また、知的所有権についても、アメリカはその分野のエキスパートを多数有しており、活発に手を打っている模様である。又、韓国も国策として基礎・実用の両面から取り組み始めている。さらに、中国では研究者数の多いことを利点に、新しいバルク金属ガラスの開発に大規模に取り組み始めている。

この研究では、金属ガラスが形成するための化学的、物理的な 3 原則が提示されているが、この、3 元素以上の配合、原子寸法差 12%以上、負の混合熱、は新しい金属ガラス開発の指針として有用である。

また、このプロジェクトおよびその後の展開において、実用材料としてのバルク金属ガラスの価値が実証されつつあるので、コマーシャルベースでの研究開発も広がり始めており、将来が期待される。

3.2 研究成果はどのような形で応用に向けて発展しているか

バルク金属ガラスの特性別に応用分野を取り上げると。

力学的性質（高強度、低ヤング率、精密転写性）

超小型モーター（ロボット用、内視鏡、カテーテル）、電気接点、圧力センサー、コリオリ流量計、スプリング、人口骨。

磁氣的性質。

軟磁性材料、永久磁石、アクチュエーター、磁気バルブ、高密度磁気記録計。

耐食性。

燃料電池セパレーター、水素濃度検出用センサー。

これらはいずれも製品開発に着手あるいは製造販売の段階に至っている。一般に常識的に使用されるようになれば、更なる新しい応用も期待され、工業的な基礎技術の深化につながることは疑いない。

3.3 参加研究者はどのような形で活躍しているか

参加研究者には新しい分野での活躍の場であり大いに得るところが大きかったと見られる。中国、韓国、エジプト、からの参加は今後の世界的展開に大いに資するであろう。今後、これらの研究者が、更なる新しい材料の開発、開拓を行う基礎となったはずである。また、企業から派遣されたメンバーは、本プロジェクト終了後は所属する企業に戻り、得られた成果を実用化に取り組んで成果を挙げている。

さらに、「金属ガラスイノベーションフォーラム」や NEDO 特別講座を実施し、技術者、研究者の育成にも貢献している。

4. その他

本プロジェクトのような先端的かつ世界的に見て他の追随を許さない研究・技術開発にたいして、ERATO 研究制度が適用された意義は大きい。

提言としては、競争して国益を守るという発想ではなく、独自の新機軸の研究、技術を開拓するために ERATO に期待したい。リスクはあっても、新しい着想の研究を支援して頂きたい。

まだまだ発展途上にある金属ガラスの科学、技術の分野を開拓して行くことは、科学技術立国を標語とする我が国の本分を十分に発揮出来る機会である。新材料の分野が開拓されつつある事は、予想も出来ない新機能、新応用法、が新たに見つかる可能性もあり、基

礎的な研究にも十分の資金が注がれることを望みたい。

以上