

【部門構成員】

教授：井上 明久、 助教授：長谷川 正、 助教授：大砂 哲、 助手：竹内 章、 助手：加藤 秀実、
助手：ルズキン ドミトリ ヴァレンチノウィッチ、 客員教授：加藤 晃、 COEフェロー：Bian ZAN、
講師（研究機関研究員）：井上 哲範、 産学官連携研究員：平賀 賢二、 産学官連携研究員：西嶋 雅彦、
産学官連携研究員：鶴井 隆雄、 その他（技術補佐員：1名、 事務補佐員 1名）

【研究成果：2002 年度】

2002 年度では、高比強度、高靱性、高加工性を併せもつ新規マグネシウム合金、高強度特性をもつ Cu 基金属ガラス、さらに、優れた高耐食性をもつ Ni-Nb 基金属ガラスを開発した。高比強度、高延性および優れた加工性を兼ね備えた新しいマグネシウム合金($Mg_{97}Zn_1Y_2$)は、600MPa 以上の高い引張降伏強度を示すことを見出すとともに、その組織が長周期六方構造結晶相に起因することを突き止め、高強度特性が得られる因子として、(1)母相粒子の微細化強化、(2)Zn と Y による固溶体強化、(3)高密度面欠陥の存在と長周期六方晶 Mg 相の形成、および(4) $Mg_{24}Y_5$ 化合物粒子の分散強化の相乗効果によることを明らかにした。さらに、優れた延性および高速超塑性の発現の原因は、(1)結晶粒界に析出物がなく、微細な $Mg_{24}Y_5$ 化合物が Mg 母相内に均一に分散していること、および(2)微細な $Mg_{24}Y_5$ 化合物の均一分散および新規な長周期六方晶原子配列に起因して変形中の粒成長が困難になったためと考察した。この合金は、軽量・高強度が求められる自動車、航空機、ロケットなど幅広い応用に向けて研究が展開されている。銅鋳型鋳造法により、Cu-Zr-Ti、Cu-Hf-Ti、Cu-Zr-Hf-Ti および Cu-Zr-Ti-Y 合金で 2000MPa を超える高強度バルク金属ガラスの作製に成功した。この Cu 基合金はこれまで開発されてきた Zr 基、La 基などと同様にバルク金属ガラスを生成することが可能であり、かつ、初めての实用合金における大形状バルク金属ガラスが作製可能となったことは、学術的・工業的に高い意義をもつと考えられる。Ni-Nb 基合金では、3mm 直径までバルク化が可能な金属ガラスを見出すとともに、これらの合金が 1 規定塩酸中で優れた耐食性を示すことを明らかにした。また、液体急冷法によって、ステンレス鋼の 7 倍近くの強度があり、塩酸に対してステンレスの 1 千倍以上の耐食性を持つ Ni-Nb-Zr-Ti 金属ガラスの開発に成功した。これらの合金系は薄板状に加工が可能であり、燃料電池のセパレーターに利用できるため、安価な燃料電池の開発への応用研究が遂行されている。

1. INOUE A., ZHANG W., ZHAN T., KUROSACA K.
Cu-based Bulk Glassy Alloys with High Tensile Strength of over 2000 MPa
Journal of Non-Crystalline Solids, 304(2002), 200-209.
2. INOUE A., MATSUSHITA M., KAWAMURA Y., AMIYA K., HAYASHI K., KOIKE J.
Novel Hexagonal Structure of Ultra-High Strength Magnesium-Based Alloys
Materials Transactions, 43(2002), 580-584.
3. INOUE A., KAWAMURA Y., MATSUSHITA M., HAYASHI K.
High Strength Nanocrystalline Mg-Based Alloys
Materials Science Forum, 386-388(2002), 509-518.
4. LOUZGUINE D.V., INOUE A.
Evaluation of the Thermal Stability of $Cu_{60}Hf_{25}Ti_{15}$ Metallic Glass
Applied Physics Letters, 81(2002), 2561-2562.

5. PANG S., ZHANG T., ASAMI K., INOUE A.
Formation of Bulk Glassy Ni-(Co)Nb-Ti-Zr Alloys with High Corrosion Resistance
Materials Transactions, 43(2002), 1771-1773.

【研究成果：2003年度】

2003年度では、Co、Cu、Ni、Feなどの実用金属を主成分とする新規非平衡材料の開発を行った。高強度Co基軟磁性バルク金属ガラスは、従来の二倍に近い5200MPaの世界最高強度で、加工性にも優れた特徴と優れた軟磁気特性を併せもつことを見出した。この合金は270GPaの高ヤング率、 $6.0 \times 10^5 \text{ Nm} \cdot \text{kg}^{-1}$ の高比強度および $31 \times 10^6 \text{ Nm} \cdot \text{kg}^{-1}$ の高比ヤング率をもち、従来報告された結晶合金、ガラス合金よりも優れた高い機械的強度を示すことを明らかにした。さらに、この合金は過冷却液体域で1400%の引張伸びと圧縮率90%の優れた加工性を示すとともに、550,000の高い透磁率を示す。このバルクCo-Fe-Ta-B金属ガラスは、精密光学用の金型や、自動車用エンジンの過熱状態を測定する耐熱センサーの高強度素材などへの応用研究が展開されている。また、実用金属を主成分とし100K以上の過冷却液体域を示す合金をCu基ガラス合金で初めて見出した。Cu₄₅Hf₄₅Al₅Ag₅合金は110Kの広い過冷却液体を示し3mm直径までの棒材としてバルク金属ガラスとして作製できることを示し、120GPaのヤング率、2200MPaの圧縮破壊強度の優れた機械的性質を示すことを明らかにした。さらに、Cu基およびNi基で2500から3000MPaの高強度を示す金属ガラスを新たに見出した。Cu-Zr-Ti-Y、Cu-Zr-Ti-Bは3mm直径までバルクガラス化が可能であり、一方、Ti基では5mmまでのバルク金属ガラスの作製に成功した。また、鋼板に対してきわめて高いショットピーニング効果が得られるFe基ガラス合金を新たに見出した。このガラス合金ショットの耐久力は従来の結晶合金ショットと比較して8から10倍の長耐久時間を有することを明らかにした。優れた耐久性が得られる理由として、従来の結晶合金では決して得られなかったFe基ガラス合金が示すユニークな機械的性質、すなわち、低いヤング率、大きな弾性伸び限および高い引張強度によるものと結論付けた。なお、このFe基金属ガラスを用いたショットピーニング装置は、実用化に成功している。

1. INOUE A., SHEN B.L., KOSHIBA H., KATO H., YAVARI A.R.
Cobalt-Based Bulk Glassy Alloy with Ultrahigh Strength and Soft Magnetic Properties
Nature Materials, 2(2003), 661-663.
2. INOUE A., ZHANG W.
Bulk Glassy Cu-based Alloys with a Large Supercooled Liquid Region of 110 K
Applied Physics Letters, 83(2003), 2351-2353.
3. INOUE A., YOSHII I., KIMURA H.M., OKUMURA K., KUROSAKI J.
Enhanced Shot Peening Effect for Steels by Using Fe-based Glassy Alloy Shots
Materials Transactions, 44(2003), 2391-2395.
4. INOUE A., ZHANG W., ZHANG T., KUROSAKI K., LOUZGUINE D.V.
New Cu- and Ni-Based Bulk Glassy Alloys with High Strengths of 2500 to 3000 MPa
Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials, 15-16(2003), 3-10.
5. INOUE A., SHEN B.L.
Soft Magnetic Properties of Nanocrystalline Fe-Co-B-Si-Nb-Cu Alloys in Ribbon and Bulk Forms
Journal of Materials Research, 12(2003), 2799-2806.