



平成26年10月23日

報道機関各位

国立大学法人 熊本大学

熊本大学がボーイング社と共同研究を開始！
～KUMADAIマグネシウム合金の航空機実装化が大きく前進～

【概要】

米連邦航空局（FAA）は、民間航空機へのマグネシウム使用禁止令を解除したことから、航空機分野に「マグネシウム新時代が到来」している。熊本大学は、世界最大の航空機メーカーである米ボーイング社と、**KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金**の次世代航空機への実装化を目指した**共同研究**を平成26年5



月から開始している。平成26年10月22日には、ボーイング社の研究開発担当役員をお迎えして、**共同研究協定の調印式**を熊本大学で行った。

我が国では、「**KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金**」の航空機実装化に向けた研究開発を、素材の量産化技術開発と素材の航空機適用化技術開発の両面から戦略的に進めているが、航空機への新素材採用の決定権を持つボーイング社との共同研究は、「**KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金**」の航空機実装化に向けた研究開発を大きく推進するものであり、航空機実装化の実現性が高まったものと言える。これによって、我が国で航空機用マグネシウム合金素材のサプライチェーンを構築することができ、我が国の航空機産業の発展に大きく貢献できるものと期待される。

【詳細な説明】

（1）マグネシウム新時代の到来

実用金属の中で最軽量のマグネシウム合金は、軽量化が求められる航空機用の構造

部材として期待されているが、発火し易いという理由で、米連邦航空局（FAA）が民間航空機への使用を禁止していた。しかし、今年から FAA は、FAA が策定したマグネシウム燃焼試験法に合格したマグネシウム合金に限定して、航空機への使用禁止令を解除することを決めた。一方、熊本大学の先進マグネシウム国際研究センターは、高強度と耐熱性と難燃性を併せ持つ「KUMADAI 耐熱マグネシウム合金」ならびに高強度と不燃性を併せ持つ「KUMADAI 不燃マグネシウム合金」を開発し、その素材製造技術開発（鋳造法）と素材を用いた応用製品の開発を進めてきた。特に、両 KUMADAI マグネシウム合金が FAA のマグネシウム燃焼試験に合格したことから、航空機産業界から注目されている。

（2）ボーイング社との共同研究の開始

世界最大手の航空機メーカーであるボーイング社は、KUMADAI マグネシウム合金に興味を持ち、3年前から、熊本大学に共同研究を打診してきた。その間、共同研究内容等について協議してきたが、ようやく共同研究契約の内容の合意に至り、KUMADAI マグネシウム合金の中でも最強である「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の次世代航空機への実装化を目指して、共同研究を平成26年5月から開始した。平成26年10月22日には、ボーイング社の研究所（Boeing Research and Technology）の開発担当重役（500名の技術者・科学者を率いる Director）ら3名をお迎えして、熊本大学において共同研究協定の調印式を執り行った。また、この機会を利用して、国内の航空機メーカーや素材メーカー等も交えた非公開のセミナーを開催して、「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金の航空機実装化」に向けた国際連携について協議した。

（3）「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の航空機実装化に向けた取り組み

「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の航空機実装化を実現するためには、①素材を航空機に適用するための加工や締結技術開発ならびに材料評価と認証取得（素材の航空機適用化技術開発）、②実用サイズの素材を低コストで製造するための量産技術開発（素材の量産技術開発）、の2つが不可欠である。2020年から開発が始まる予定の次期航空への採用を目指して、上記①と②を計画的に進めている。

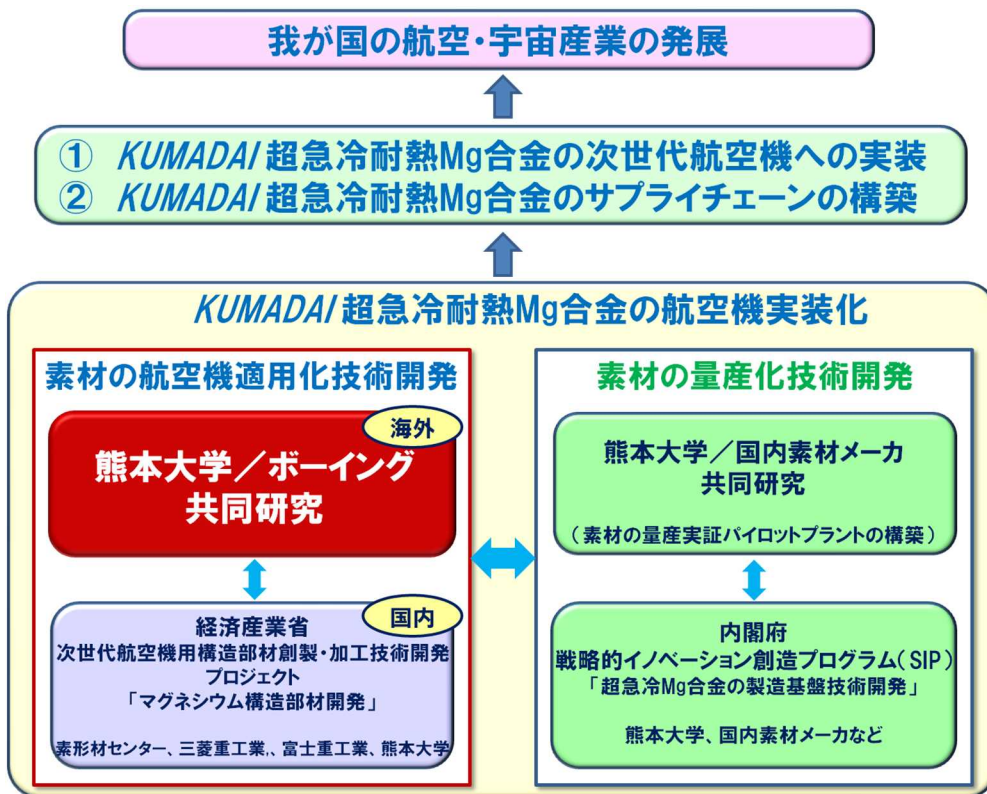
「素材の航空機適用化技術開発」に関しては、昨年度から経済産業省の次世代民間航空機用構造材料創製・加工技術開発プロジェクトの一環として、「航空宇宙機構造用 KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金の開発」を、素形材センター、三菱重工業、富士重工業、熊本大学で進めているところであり、今回のボーイング社と熊本大学との共同研究の開始によって、国際的に「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の航空機実装化が大きく前進し、その実現性がより具体的になったものと考えられる。

「素材の量産化技術開発」のうち「鋳造法」に関しては、既に大型素材の製造技術開発を行い、現在は量産技術開発を進めているところであるが、航空機実装化の対象となっている「超急冷法」については大型素材の製造技術開発から行う必要がある。しかし、超急冷大型素材の製造技術開発についても、実用サイズの素材が製造できる量産化実証パイロットプラントを開発する方向で国内素材メーカーと話を詰めているとともに、その予備的研究を内閣府の「戦略的イノベーション戦略プログラム（SIP）」（今年の10月に採択決定）として開始しており、「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム

合金」の量産技術開発の道筋が整ったところである。平成 28 年度末までには実用サイズの素材を航空機メーカーに供給する予定である。

(4) ボーイングとの共同研究の意義

このように、「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の航空機実装化に向けた研究開発を、素材の量産化技術開発と素材の航空機適用化技術開発の両面から、我が国主導で戦略的に進めている。今回の共同研究は、次期航空機への採用決定権を持つボーイング社との共同研究であるので、「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」の航空機実装化に向けた研究開発を大きく推進するものであり、航空機実装化の実現性が高まったものと考えられる。また、これまで日本は、航空機用素材のサプライチェーンの構築に失敗してきたという苦い経験をしてきたが、KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金に関しては、経済産業省をはじめとする日本政府や国内の航空機メーカー、素材メーカーが連携した取組みを通して、我が国でサプライチェーンを構築するとともに、我が国の航空機産業の発展に繋げて行きたいと思っている。



【お問い合わせ先】

●研究内容に関すること

河村 能人 (カワムラ ヨシヒト)

国立大学法人 熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 教授／センター長
〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-3-9-1

Tel : 096-342-3717 Fax : 096-342-3717 E-mail : rivervil@gpo.kumamoto-u.ac.jp

【用語の解説】

1. マグネシウム

マグネシウムは、その比重が鉄の4分の1、アルミニウムの3分の2であり、実用金属の中で最も軽量であり、人体にも優しく、リサイクル性にも優れた金属である。また、マグネシウムは資源が豊富で海水中にも多く含まれるので日本で唯一自給できる金属資源であるといっても過言ではない。マグネシウムの融点は649℃であり、アルミニウムの融点(660℃)に近いが、マグネシウムの沸点は1,091℃であり、アルミニウムの沸点(2,470℃)の半分以下である。マグネシウムは酸素と激しく反応するので、アルミニウムに比べて発火しやすいという欠点を持つ。

2. マグネシウム合金

金属は他の金属元素を微量添加して合金にすることによって機械的強さなどの特性が著しく向上するので、通常は合金にして使用される。合金の特性は、添加する元素の種類・組合せとその添加量、ならびに製造プロセスに依存する。

マグネシウム合金とは、マグネシウムを主成分とする合金のことであり、一般的に、アルミニウム、亜鉛、希土類金属、カルシウム、銀、マンガン、ジルコニウムなどが合金元素として添加される。一般的な市販合金としてAZ31合金(アルミニウム3重量%、亜鉛1重量%含んだ合金)やAZ91合金(アルミニウム9重量%、亜鉛1重量%含んだ合金)があるが、これらは情報家電製品や自動車部品等に使われている。

世界各国は、マグネシウム合金を戦略材料に位置付けて、その研究開発を推進している。特に最近では、欧米はもとより中国や韓国がマグネシウム合金の研究開発を強力に推進しており、韓国では10年間で二百数十億円の大規模プロジェクトが、POSCO(韓国の製鉄会社)を中心として2010年から開始されている。

3. KUMADAI マグネシウム合金

KUMADAI マグネシウム合金には、「耐熱合金(Mg-Zn-Y系やMg-Zn-Gd系合金等)」と「不燃合金(Mg-Al-Ca系合金)」という添加元素が異なる二種類の合金がある。また、それぞれの合金は、製造法によって、「鋳造合金」と「超急冷合金」の二種類に分類される。「鋳造合金」は鋳造材を押し加工や圧延加工するという一般的な金属材料の製造法で作製された材料である。一方、「超急冷合金」は、溶湯を一秒間に10万℃で超急冷して作製したリボンや粉末を押し出しにより固化成形することによって塊にした材料である。例えば、「超急冷法」により作製した耐熱合金が「KUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金」であり、「鋳造法」で作製した耐熱合金が「KUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金」である。一連の研究に対し、河村教授は文部科学省科学技術政策研究所の「ナイスステップな研究者2012」、公益財団法人本多記念会の「第10回本多フロンティア賞」(5月31日に表彰式の予定)を受賞した。

【KUMADAI 耐熱マグネシウム合金(Mg-Zn-Y系やMg-Zn-Gd系合金)】

常識を覆す機械的強度と耐熱性を持つマグネシウム合金が熊本大学で開発され、KUMADAI耐熱マグネシウム合金と呼ばれている。本合金は、長周期積層構造という新奇な原子配列構造を持ち、従来の高強度アルミニウム合金に匹敵する機械的強度を持つ。特に、本合金は250℃の高温でも250MPaを超える降伏強度を有しており、耐熱合金と言われる所以がここにある。また、本合金の発火温度は780~940℃であり、従来の難燃性マグネシウム合金よりも優れた難燃性を持っている。FAAのマグネシウム燃焼試験に合格している。2010年度からは、文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「シンクロ型LPSO構造の材料科学」(領域代表者:河村能人)において、KUMADAIマグネシウム合金を特徴づけている長周期積層構造に特化したオールジャパンの基礎研究が開始されている。

「KUMADAI 鋳造耐熱マグネシウム合金」は2003年に開発され、これまで科学技術振興機構の地域結集型研究開発プログラム「次世代耐熱マグネシウム合金の基盤技術開発」(代表研究者:河村能人)において、大型で高品質のKUMADAI鋳造耐熱マグネシウム合金を製造するための製造基盤技術が確立され、現在では不二ライトメタル株式会社でその量産工場を立上げ、量産技術の開発を進めるとともに、素材を用いた応用製品の開発を進めている。

「KUMADAI 超急冷耐熱マグネシウム合金」は2001年に開発された。超急冷法で作製することにより、同じ合金成分でも鋳造法に比べて、機械的強度が1.6倍に、耐食性が10倍に著しく向上するとともに、「高速超塑性」という優れた2次加工性が発現するので、「KUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金」の機械的特性、疲労強度、耐食性は、高強度アルミニウム合金の中でも最も強度の高い超々ジュラルミン(7075-T6)を凌駕することから、航空機用の構造材料として注目されている。「KUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金」は現在のところ、大型材の製造技術が確立されていないために、直径22mm以下で長さも1m以下の小さなサイズのものしか製造できず、それが実用

化の大きな課題となっている。しかし、現在、実用サイズの素材が製造できる量産化実証パイロットプラントを開発する方向で国内素材メーカーと話を詰めているとともに、その予備的研究を内閣府の「戦略的イノベーション戦略プログラム (SIP)」(今年の10月に採択決定)として開始する。平成28年度末までには「KUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金」の量産技術開発の目処をたて、実用サイズの素材を各方面に供給する予定である。

【KUMADAI不燃マグネシウム合金 (Mg-Al-Ca系合金)】

2012年4月、不燃性の高強度マグネシウム合金(鋳造法)の開発に世界で初めて成功した。高強度アルミニウム合金に匹敵する強度を持つとともに、純マグネシウムの沸点である1091℃を越えても発火しない。不燃性と言われる所以がここにある。FAAのマグネシウム燃焼試験にも合格している。現在、大型素材の製造技術開発を進めているところである。

4. 世界におけるマグネシウム合金の難燃化への歩み

マグネシウムは酸素と激しく反応するので、一般的なマグネシウム合金は溶融が始まると発火する。発火温度を200~300℃向上させて、溶融しても650~850℃以下なら発火しない合金が下記のように開発され、難燃マグネシウム合金と呼ばれている。しかし、650~850℃を超えると発火して延焼するので不燃性ではない。

- (1) 1990年代後半に、市販合金にCa(カルシウム)を添加すると発火温度が200~300℃程度上昇することが日本の産業技術総合研究所で見出された。Ca添加量が増えるほど発火温度が上昇するものの、Caを3重量%以上添加すると機械的特性が劣化するとともに加工性が悪くなるので、現在ではCaを1~2重量%添加した合金(発火温度:約700~760℃)で実用化が進められている。260MPa程度の耐力が得られると報告されている。
- (2) 2000年代には、市販合金にCaO(酸化カルシウム)を添加した合金が、韓国の生産技術研究院(Korea Institute of Industrial Technology:日本の産業総合技術研究所に相当する国立研究所)で開発され、「Ecoマグネシウム」として実用化研究が進められている。その発火温度は700℃程度であり、機械的特性も10%程度向上する。一昨年からアメリカのボーイング社(世界最大の航空機メーカー)と航空機用素材として利用するための共同研究開発を開始して話題になった(今年の2月に韓国KBSニュースで報道された)。
- (3) 最近では、韓国の材料科学研究所(Korea Institute of Materials Science:日本の物質・材料研究機構に相当)が、市販合金にCaとY(イットリウム)を複合添加した難燃マグネシウム合金を開発して、世界的に注目されている。CaとY(イットリウム)の総添加量が1重量%以下と微量であるにもかかわらず、その発火温度の最高値が780℃であり、機械的特性が10%程度向上するとともに耐食性も向上する。2012年3月11~15日に開催されたアメリカの材料学会(TMS 2012)で発表があり、反響を呼んだ。

5. アメリカ連邦航空局

アメリカ連邦航空局(英称Federal Aviation Administration(FAA))は、アメリカの運輸省の下部機関で、航空輸送の安全維持を担当する部局である。米国内での航空機の開発、製造、修理、運行の全てにおいて同局の承認が求められるため、同局の承認なしには、新しい材料を航空機に使用することはできない。同局は、発火温度が低いという理由で、マグネシウム合金の航空機内装品への使用を禁止していたが、2014年にはマグネシウム燃焼試験法を策定して、マグネシウム使用禁止令を解除した。

FAAのマグネシウム燃焼試験は、930℃のバーナーで4分間加熱するというものであり、その判定基準は燃えることが前提となっており、バーナー加熱から2分以内に燃えず、バーナー加熱停止後から3分以内に自然鎮火する材料が合格となるというものである。KUMADAI耐熱マグネシウム合金とKUMADAI不燃マグネシウム合金の両方が、FAAのマグネシウム燃焼試験において、燃えることすら判定基準を容易にクリアしたことから、世界中の航空機産業から注目されている。