

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第95回 熊本大学、富山大学 先進軽金属材料国際研究機構 (2024.9.27)



- | | |
|--------------------|--|
| 12:05 – 12:10(5分) | : 先進軽金属材料国際研究機構の概要
機構長 河村能人 |
| 12:10 – 12:25(15分) | : 若手研究者からのプレゼン
「燃えないMg合金の開発」
助教 井上晋一 |
| 12:25 – 12:45(20分) | : 質疑応答 |

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第95回 熊本大学、富山大学 先進軽金属材料国際研究機構 (2024.9.27)



- | | |
|--------------------|--|
| 12:05 – 12:10(5分) | : 先進軽金属材料国際研究機構の概要
機構長 河村能人 |
| 12:10 – 12:25(15分) | : 若手研究者からのプレゼン
「燃えないMg合金の開発」
助教 井上晋一 |
| 12:25 – 12:45(20分) | : 質疑応答 |

●軽金属材料（アルミ・マグネ・チタン）の研究開発の必要性

軽金属材料の革新が大きな鍵

- ①先端技術の革新（航空宇宙・モビリティ、バイオテクノロジー、環境・エネルギー等）
- ②輸送機器の省エネルギー化
- ③カーボンニュートラル社会の実現

研究拠点の構築による軽金属材料の研究開発の推進が必要



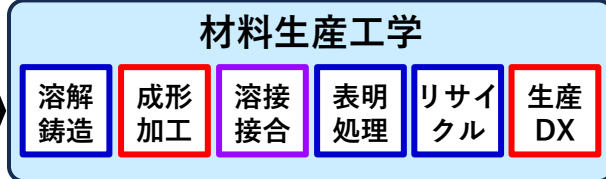
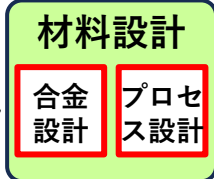
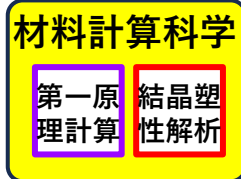
●軽金属材料国際研究機構ILMの設置目的

両大学の強みを統合することで限られた大学資源を有効活用して

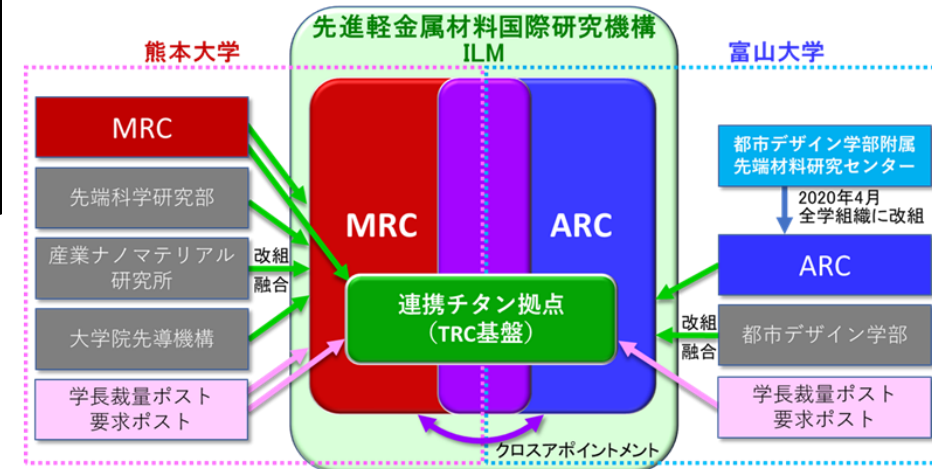
- ①相互補完によるマグネ研究拠点(MRC)の強化
- ②相互補完によるアルミ研究拠点(ARC)の強化
- ③日本初のチタン研究拠点の構築
- ④マルチマテリアル化の融合研究体制の構築

を図り、完結した材料研究サイクルを備えた「世界に伍する総合的軽金属研究教育拠点」を構築する。

「完結した材料研究サイクル体制」と「一気通貫のモノづくり研究体制」の構築



2021年4月1日
熊本大学・富山大学の連携による
先進軽金属材料国際研究機構(ILM)の設置



熊本大学MRC

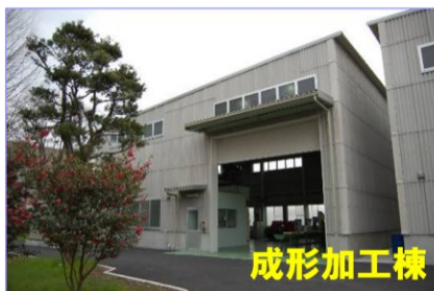
研究棟(2,000 m²)



実験工場(530 m²)



溶解鑄造棟



成形加工棟

モノづくり設備



分析評価設備



- 最近の設備導入(基盤的設備整備)
- 2021年度「チタン用モノづくり・分析評価システム」
⇒チタン研究の加速
- 2024年度(予定)「計装化摩擦攪拌接合装置」
⇒モノづくり研究の加速
- くまもと軽金属コンソーシアムの加速

富山大学ARC

施設

研究棟(1,100m²)



ホール



教員研究室



オープンラボ



セミナー室



コラボラウンジ



学生研究室



設備

アルミ溶解精錬システム



EPMA



精密万能試験機



小型圧延機



ICP



レーザー加工機(大)



STEM



400MT複動押出機



全自動ビッカース硬さ試験機

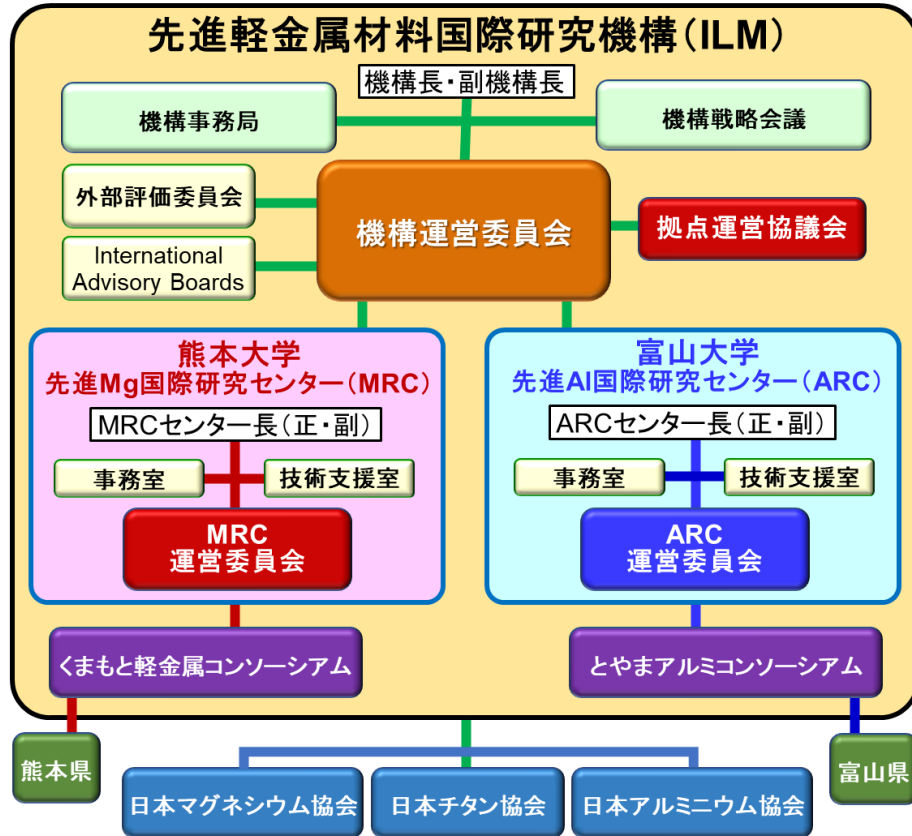


レーザー加工機(小)



R4年度 共同利用・共同研究拠点に新規認定

研究機構構成法人会議



- ・3大軽金属産業団体と包括的連携協定
日本アルミニウム協会、日本マグネシウム協会、日本チタン協会
- ・地方自治体と包括的連携協定
熊本県、富山県
- ・地域コンソーシアムの設置
くまもと軽金属コンソーシアム、とやまアルミコンソーシアム

熊本大学側の体制	
機構長	河村能人 (Mg)
MRCセンター長	安藤新二 (Mg)
MRC副センター長	A. Vinogradov (Ti)
卓越教授	山崎倫昭 (Mg)
専任教授	木口賢紀 (Ti)
特任教授	堀田善治 (Mg)
	里中忍 (Mg)
	K. Chattopadhyay (Ti, Mg)
専任准教授	圓谷貴夫 (Mg)
	白石貴久 (Ti)
	北原弘基 (Ti)
専任助教	井上晋一 (Mg)
	西本宗矢 (Mg)
	顧少杰 (Mg)
併任教授	眞山剛 (Mg)
	連川貞弘 (Mg)
	小林牧子 (Mg)
	外本和幸 (Mg)
	丸茂康男 (Mg)
	寺崎秀紀 (Mg)
	峯洋二 (Ti)
客員教授	塚本修 (Mg)
	高口義幸 (Mg)
	松崎邦男 (Mg)
	池野文昭 (Mg)
	佐藤裕 (Mg)
	中野貴由 (Ti)
	松本洋明 (Ti)
URA	柳原恵美
技術支援者	大塚晃
	山本光治
	豊田洋輝
事務支援者	ダイロフ美香
	飯屋未央

富山大学側の体制	
副機構長	柴柳敏哉 (Al)
ARCセンター長	研究会の企画・運営 小野英樹 (Al)
ARC副センター長	共共拠点の運営 石本卓也 (Ti)
	機器の管理・運用 松田健二 (Al)
	広報活動 佐伯淳 (Al)
	社会実装 白鳥智美 (Al)
専任助教 (特命助教)	加藤謙吾 (Al)
併任教授	真中智世 (Ti)
	小熊規泰 (Al)
	會田哲夫 (Al, Mg)
	阿部孝之 (Al)
	椿範立 (Al)
併任准教授	李昇原 (Al)
	畠山賢彦 (Al)
	並木孝洋 (Al)
	増田健一 (Al)
	小野恭史 (Al)
併任講師	高野登 (Al)
	附田之欣 (Al, Mg)
併任助教	山根岳志 (Al)
	土屋大樹 (Al)
	船塚 達也 (Al)
客員教授	高井俊宏 (Al)
	箕田正 (Al)
	水谷健 (Al)
	和田健司 (Al)
URA	金子喜則
	北瀬晶子
技術支援者	小橋正明
事務支援者	村上綾子
	伊勢奈緒美
	才木みのり

人材育成

大学院副教育プログラム ※既存の教育プログラムに加えて
【前期課程】「先進軽金属材料研究者共同養成コース」(2022年度開始)
 ①先進軽金属材料学 ②先進軽金属材料実習 ③先進軽金属材料特別プレゼンテーション
 ④先進軽金属材料地域インターンシップ(2週間) 【コース修了書の授与】
【後期課程】「先進軽金属材料研究者共同特別養成コース」(2022年度開始)
 ①先進軽金属材料学特論 ②先進軽金属材料特別実習 ③先進軽金属材料国際プレゼンテーション
 ④先進軽金属材料国際インターンシップ(1～2か月間) 【コース修了書の授与】

R6年度の受講生
 M1: 15名
 D1: 3名

- ・ILM International Seminar, ILM Seminarの開催
- ・若手研究助成、大学院生研究助成、大学院生国際学会発表支援等の助成プログラム

国際連携

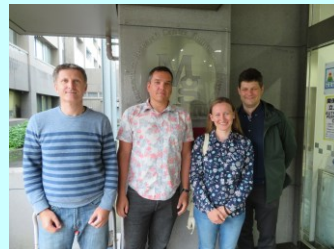
国際プロジェクトの推進

JST SICORP「Japan+V4共同研究」
 (2021～2024年度)
EU共同研究プログラム(MSCA-RISE)
 2018年12月～2023年8月 12カ国22機関
JSPS 二国間交流事業共同セミナー 2件
 (2022年韓国・2023年インド)

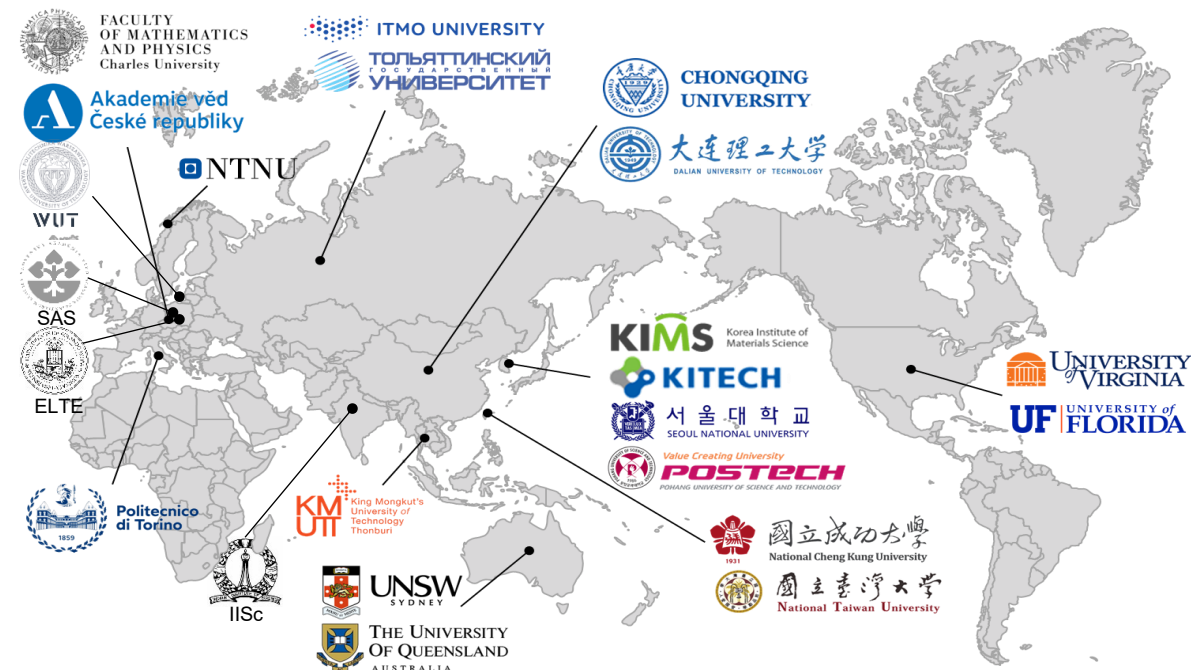


外国人研究者の受入(1か月以上)

ノルウェーの研究機関の研究者をポスドクとして雇用 (R5年半年間)
 ドイツの修士学生1名 (R6年半年間)
 カレル大学(チェコ)の教授1名、准教授1名
 (R5・R6年1か月間)
 カレル大学(チェコ)の助教1名
 (R4・R5・R6年各1～2か月間)
 チェコ科学アカデミーのポスドク1名
 (R4年半年間、R5・R6年1か月間)
 マレーシアの助教1名とポスドク1名
 (R4年・R5年各1か月間)
 コスタリカの博士学生1名 (R5年3か月間)
 他



軽金属国際ネットワークの構築

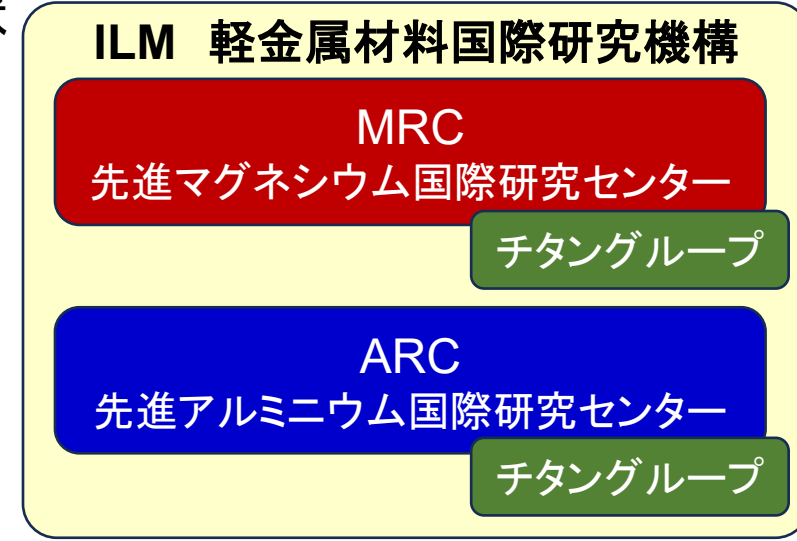


R8年度からフェーズⅡに移行

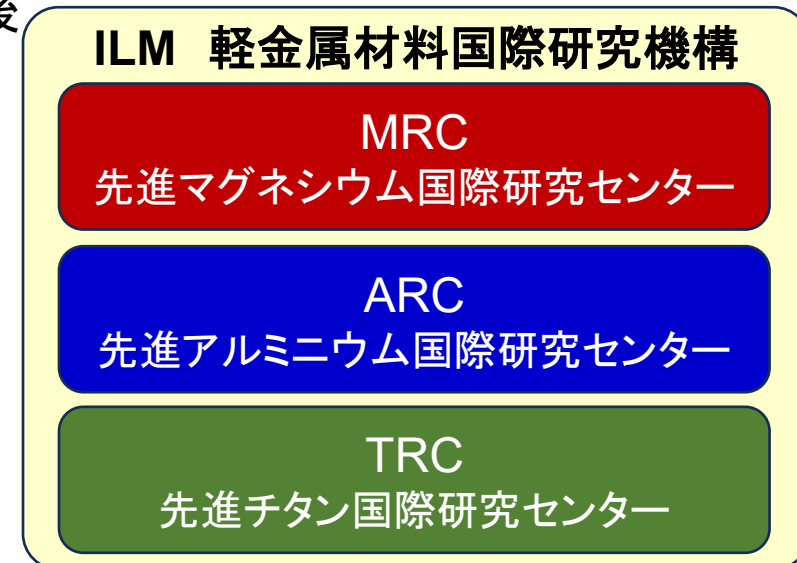
R8年度に「先進チタン国際研究センター設置」の改組を予定

フェーズⅠ 軽金属研究の強化					フェーズⅡ 軽金属研究の深化					フェーズⅢ 軽金属研究の卓越化				
R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17
先進軽金属材料国際研究機構の設置	共同利用・共同研究拠点の新規認定	共同養成コースの設置	共同研究プロジェクトの立上げ	機構中間評価	- 次期5力年の計画策定 - 整備状況の検証・外部評価	先進チタン国際研究センターの設置	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請	共同利用・共同研究拠点の継続申請

現 状



改組後



● 学術論文 (R4・R5年度)

年平均 **101報**

うち 国際学術論文 81報
TOP10%補正論文 6報

学外との共著論文 91%以上

● 主な報道発表

・R4年 マルチ機能Mg合金の開発 (4新聞社+3TV)

鉄鋼新聞	令和4年3月14日	12面
熊本日日新聞	令和4年3月15日	3面
日経産業新聞	令和4年3月23日	10面
日刊工業新聞	令和4年4月 8日	22面
KKT熊本県民テレビ	令和4年3月14日	
TKUテレビ熊本	令和4年3月14日	
RKK熊本放送	令和4年3月14日	

・R6年 ミルフィーユ型Mg合金の開発 (7新聞社+1TV)

熊本日日新聞	令和6年7月10日	1面
日刊工業新聞	令和6年7月10日	26面
鉄鋼新聞	令和6年7月10日	4面
航空新聞社	令和6年7月18日	1面
科学新聞	令和6年7月19日	1面
日本経済新聞	令和6年7月23日	15面
読売新聞	令和6年7月31日	22面
KKT熊本県民テレビ	令和6年7月18日	

● 主な受賞

【研究者】 合計7件

- ①「日本金属学会賞」(日本金属学会の最高の賞)
- ②日本金属学会「増分量賞」
- ③日本金属学会「論文賞」 2件
- ④Top Cited Author 2023 of Mater. Trans.
- ⑤軽金属学会「奨励賞」
- ⑥日本塑性加工学会「フェロー認定」

堀田善治(2024年3月)
河村能人(2024年3月)
・河村、井上、木口、Shih他(2023年9月)
・Lee、土屋、小野、松田他(2023年9月)
河村、井上、木口、Shih他(2024年6月)
井上晋一(2023年11月)
丸茂康男(2023年6月)

【学 生】 合計36件

- ①軽金属学会「論文新人賞」
- ②日本金属学会「新進論文賞」
- ③日本金属学会「優秀ポスター賞」
- ④軽金属学会「優秀ポスター発表賞」
- ⑤日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会
九州支部 合同学術講演大会「優秀ポスター賞」
- ⑥日本金属学会・日本鉄鋼協会・軽金属学会
九州支部 合同学術講演大会「優秀発表賞」
- ⑦日本金属学会・日本鉄鋼協会 奨学賞
- ⑧軽金属学会「希望の星賞」
- ⑨日本金属学会
第6回第7分野講演大会「優秀ポスター賞」
- ⑩日本金属学会・日本鉄鋼協会
北陸信越支部 連合講演会「優秀学生発表賞」

王運生(2024月11月)
石崎誠太郎(2024年9月)
3件(2022年9月)、1件(2023年3月)、
1件(2023年9月)、4件(2024年4月)
1件(2022年5月)、1件(2022年11月)、
3件(2023年5月)、1件(2023年11月)
1件(2024年5月)
4件(2024年6月)
3件(2022年6月)、2件(2023年6月)、
2件(2024年6月)
2件(2024年3月)
1件(2023年1月)、1件(2024年1月)
2件(2023年12月)
1件(2023年12月)

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第95回 熊本大学、富山大学 先進軽金属材料国際研究機構 (2024.9.27)



12:05 – 12:10(5分)

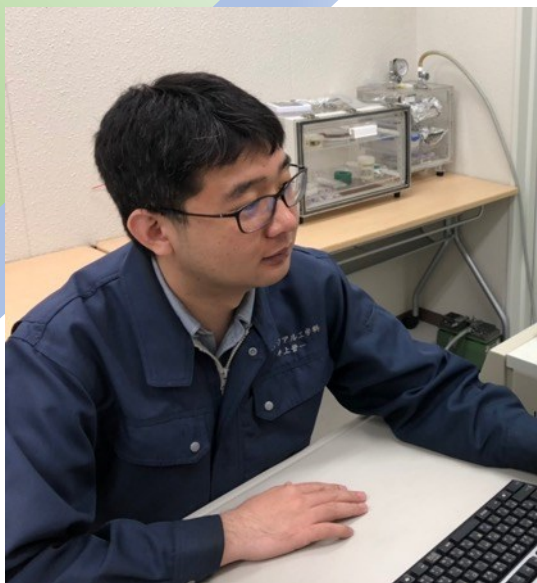
: 先進軽金属材料国際研究機構の概要
機構長 河村能人

12:10 – 12:25(15分)

: 若手研究者からのプレゼン
「燃えないMg合金の開発」
助教 井上晋一

12:25 – 12:45(20分)

: 質疑応答



熊本大学
先進マグネシウム
国際研究センター

合金設計分野

助教 井上 晋一
博士（工学）

経歴

- 2010年3月 熊本大学工学部マテリアル工学科 卒業
- 2012年3月 熊本大学大学院自然科学研究科
博士前期課程 マテリアル工学専攻 修了
- 2012年4月 東邦チタニウム株式会社入社
- 2015年12月 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター寄付講座
特任助教着任
- 2019年3月 熊本大学大学院自然科学研究科
博士後期課程 産業創造工学専攻 修了
- 2020年11月 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター
助教着任 ～現在に至る

研究内容

- ・ マグネシウム合金の不燃性に関する研究
- ・ マルチ機能マグネシウム合金に関する研究
- ・ 高強度MF構造型マグネシウム合金に関する研究
- ・ 医療用生体吸収性マグネシウム合金に関する研究

マグネシウム

密度 : 1.73 g/cm^3

アルミニウム

密度 : 2.7 g/cm^3

チタン

密度 : 4.5 g/cm^3

実用金属中最軽量であるため、自動車、鉄道、航空宇宙分野への応用が期待されている。



背景-航空機部材としてのマグネシウム合金-

特に航空機は軽量化の恩恵が大きい
→ マグネシウム合金の適用が研究されている。

しかしながら、マグネシウム合金は高温で容易に発火してしまうため、航空機内部（客室等）への応用は進まなかった。



2015年に米国連邦航空局がマグネシウム合金の燃焼試験を策定



この燃焼試験に合格したマグネシウム合金は航空機内部への適用が許可されるようになった。

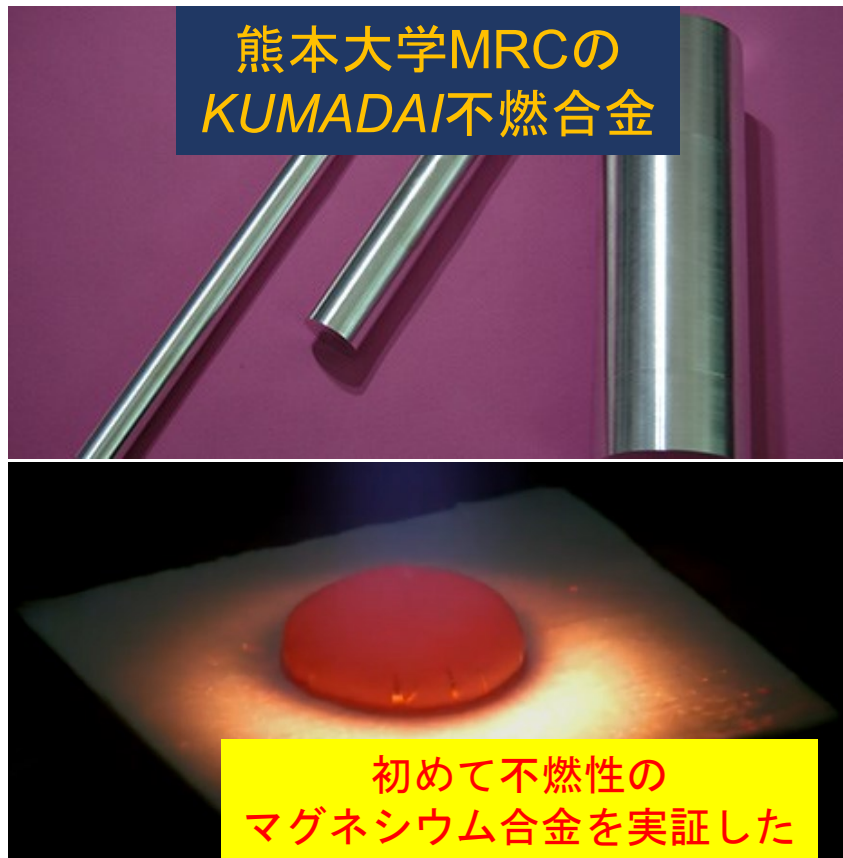


航空機のシートフレーム



航空機の貨物用コンテナ

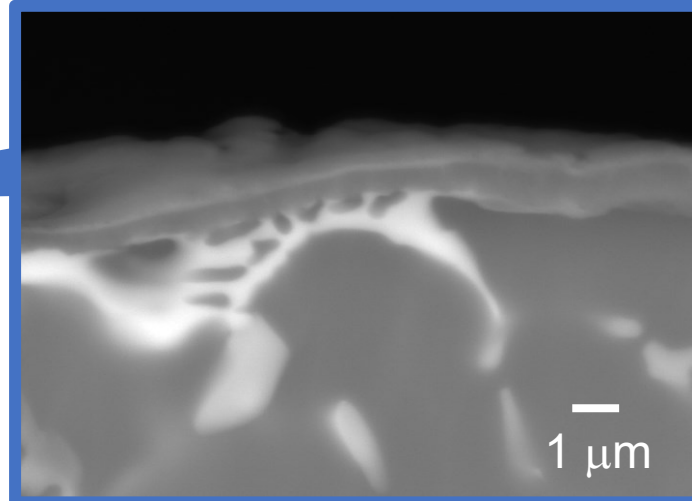
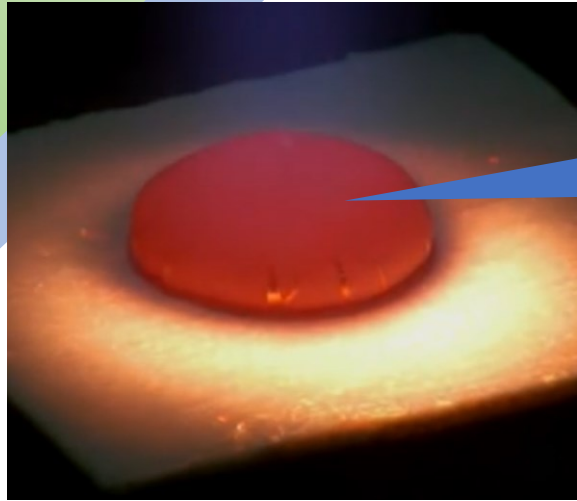
国内で開発された不燃合金



海外で開発された難燃合金

- ・ オーストラリア工科大学の
難燃性合金
- ・ 韓国のSEN alloyなど

国内外で難燃・不燃性マグネシウム合金の研究・開発が盛んに行われている。



保護的な
酸化皮膜



マグネシウムよりも酸素と結びつきやすい元素を添加すると合金を覆うように酸素を遮断する膜が形成する。

融点以上の不燃性マグネシウム合金は水風船に似ている。

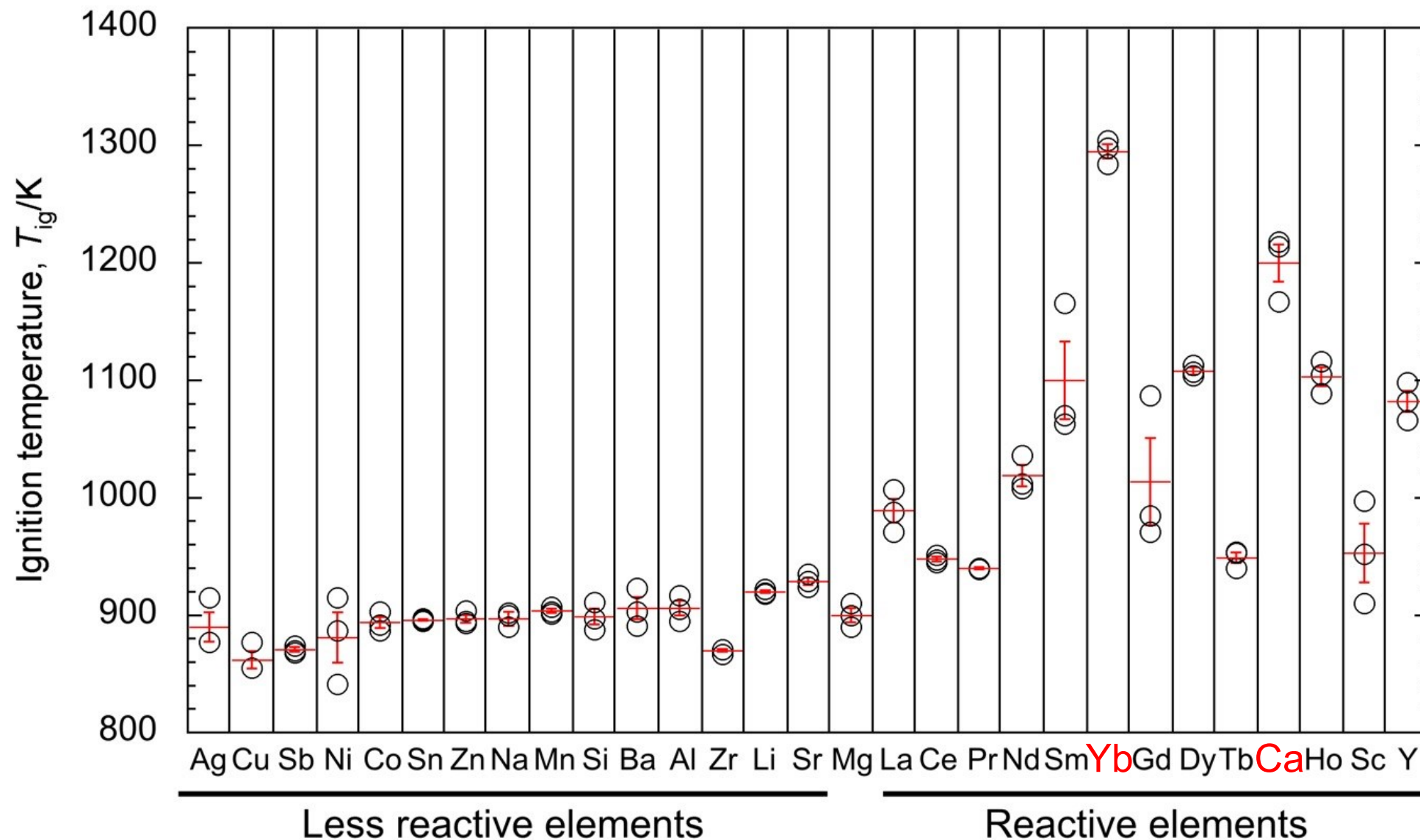
不燃性マグネシウム合金を設計する上での疑問

- ・ どんな酸化皮膜が強固にマグネシウムを保護するのか？
- ・ 強固な酸化皮膜をつくるには、どうすれば良いか？

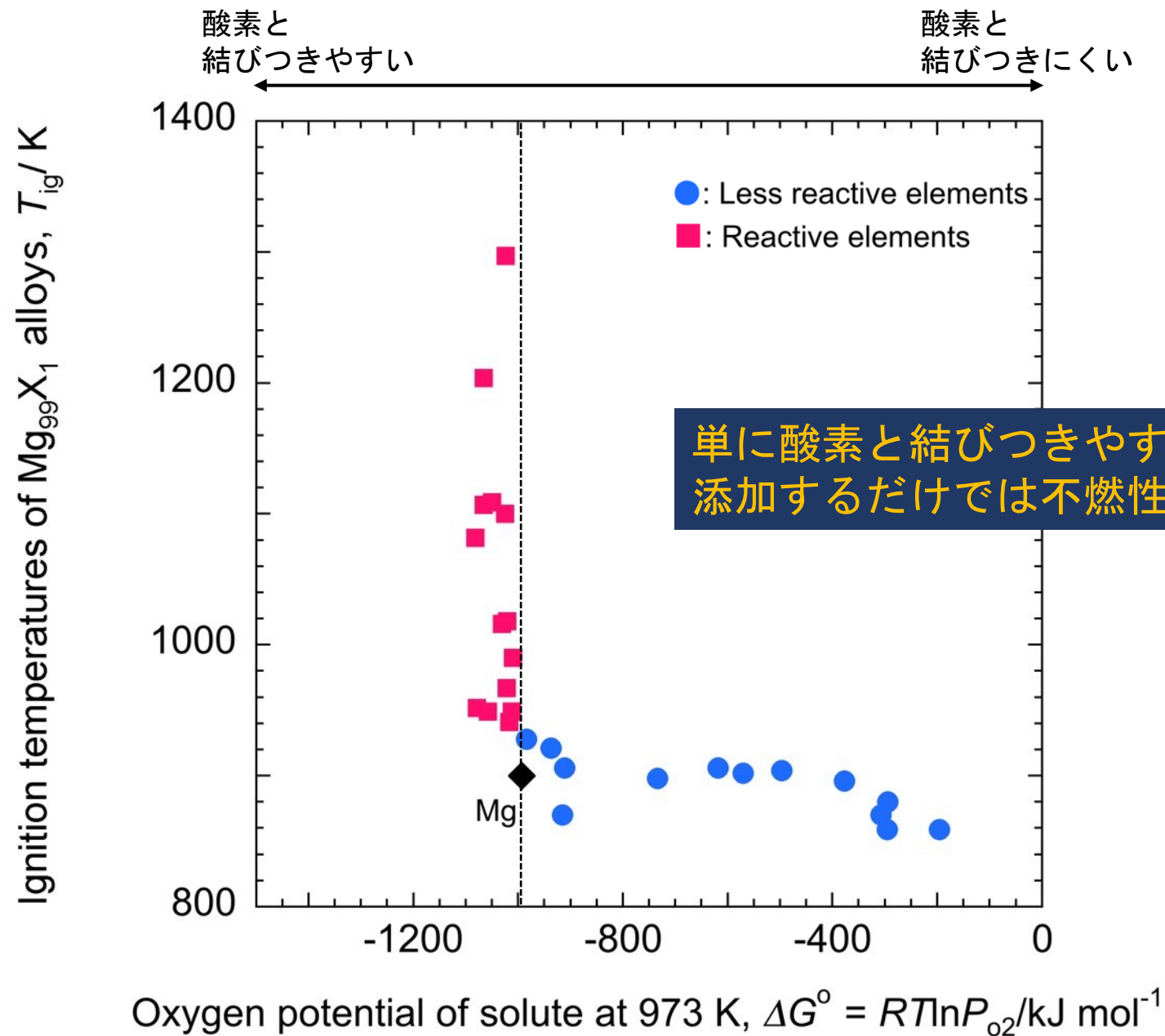
添加元素が難燃・不燃特性に及ぼす影響の調査

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57~71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89~103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn						

マグネシウムに添加できる元素が難燃・不燃特性に及ぼす影響や形成する酸化皮膜を調査した。



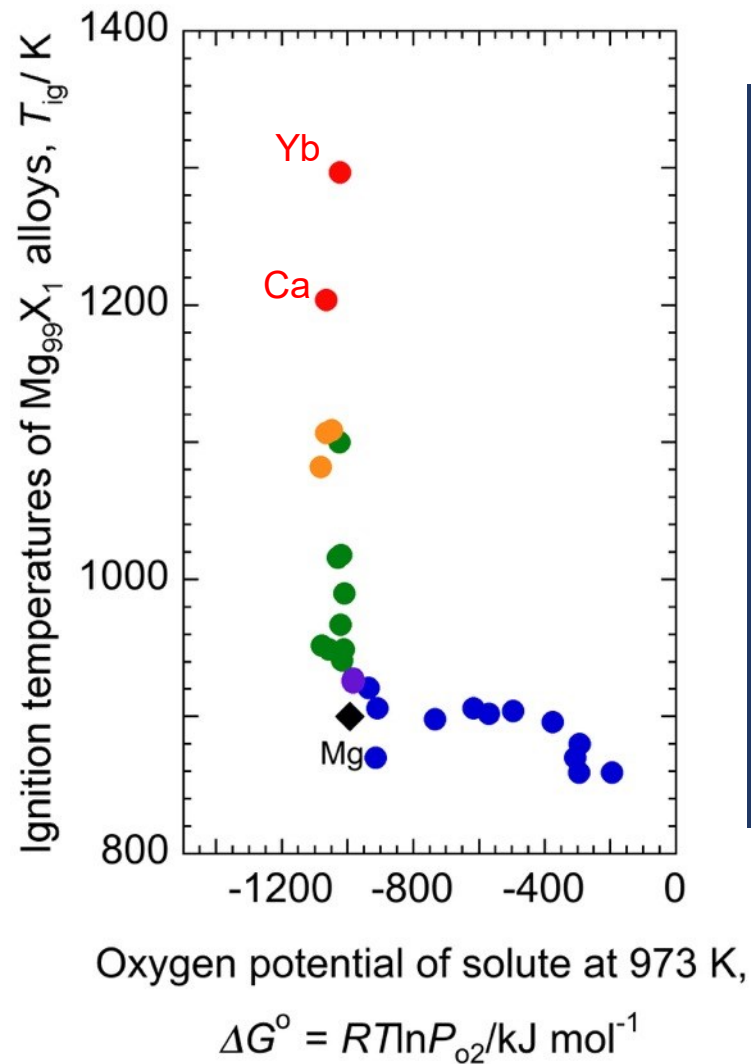
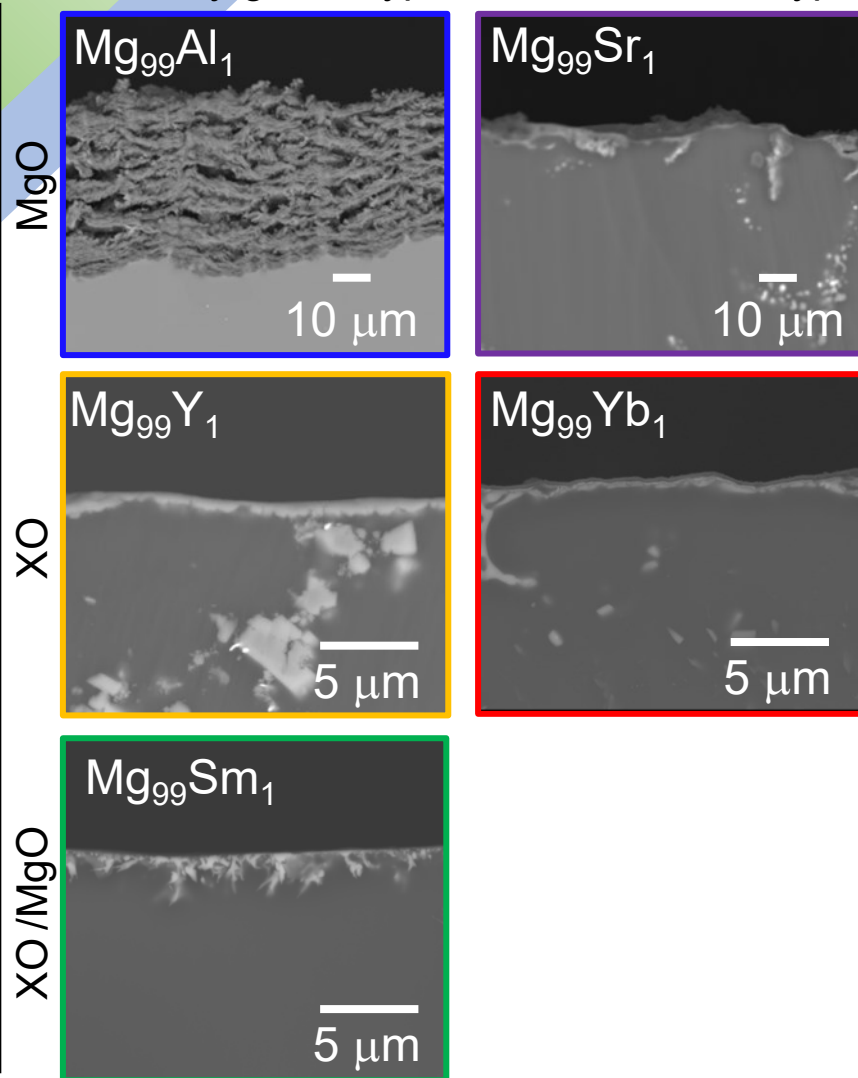
非常に高い発火温度を示すようになるCaやYbを見出すことができた。



酸化皮膜の形態と不燃特性の関係

皮膜の形態

Thermally grown type Thermal barrier type



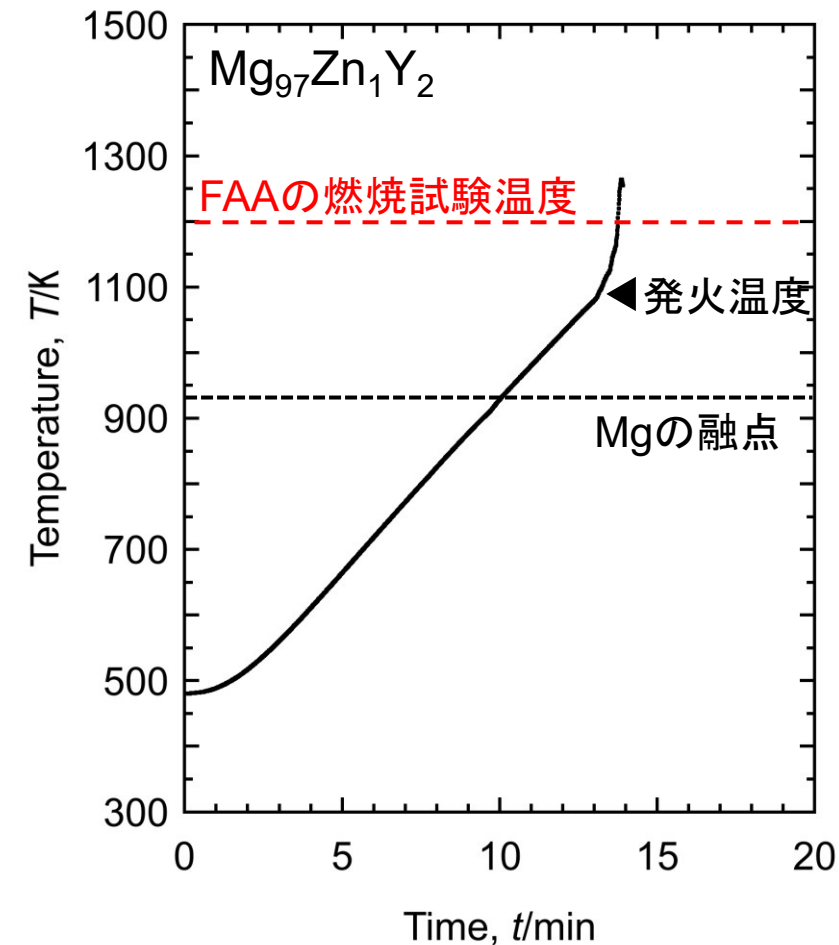
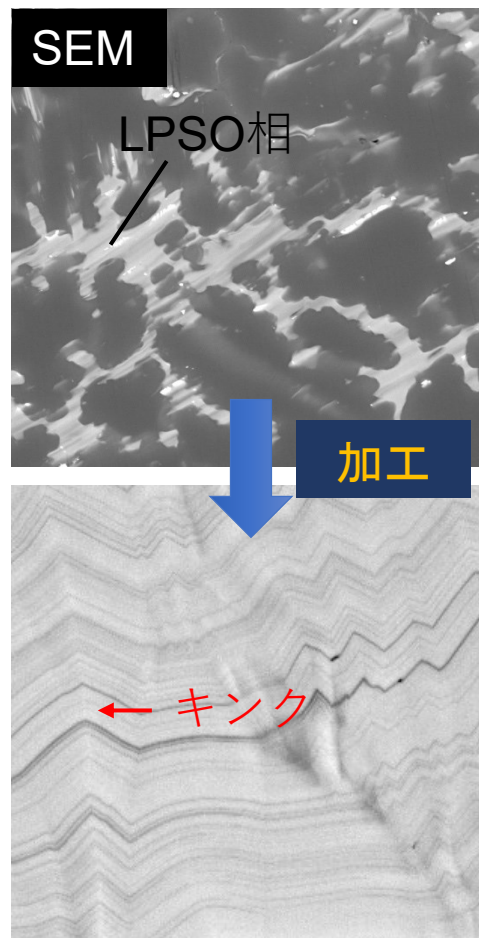
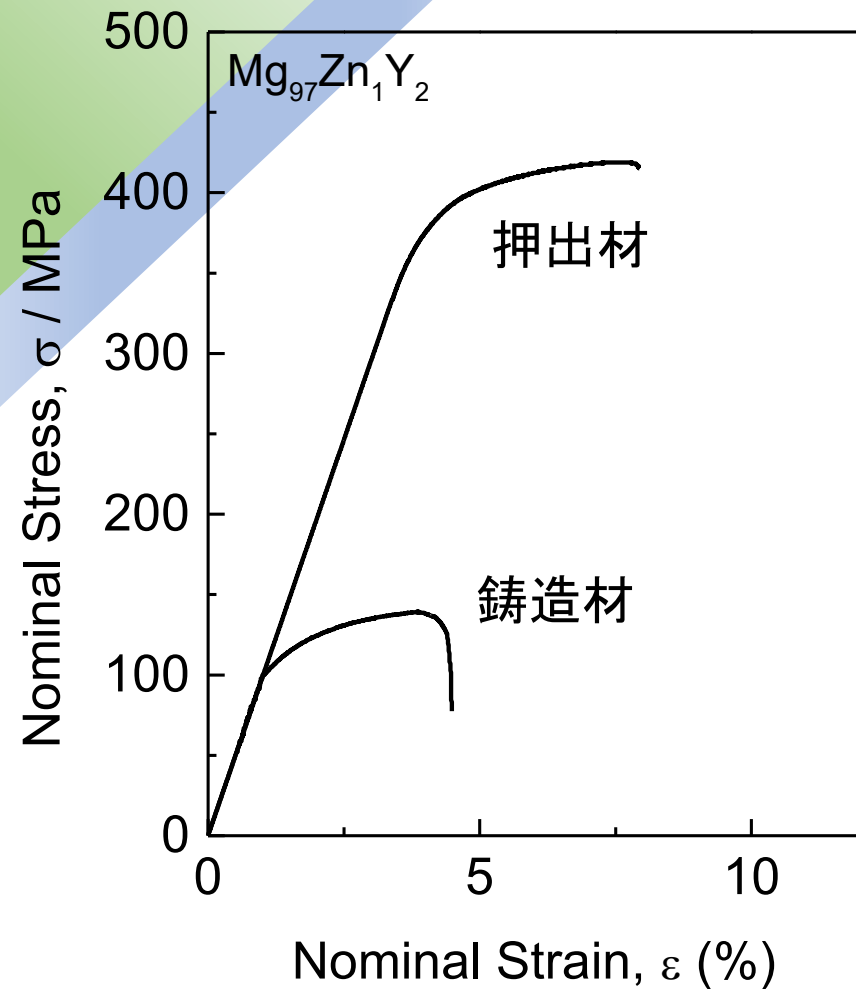
不燃性マグネシウム合金を開発するには

1. Mgよりも酸素と結びつきやすい元素の添加
2. 薄膜で内部酸化が発生しない酸化皮膜の形成

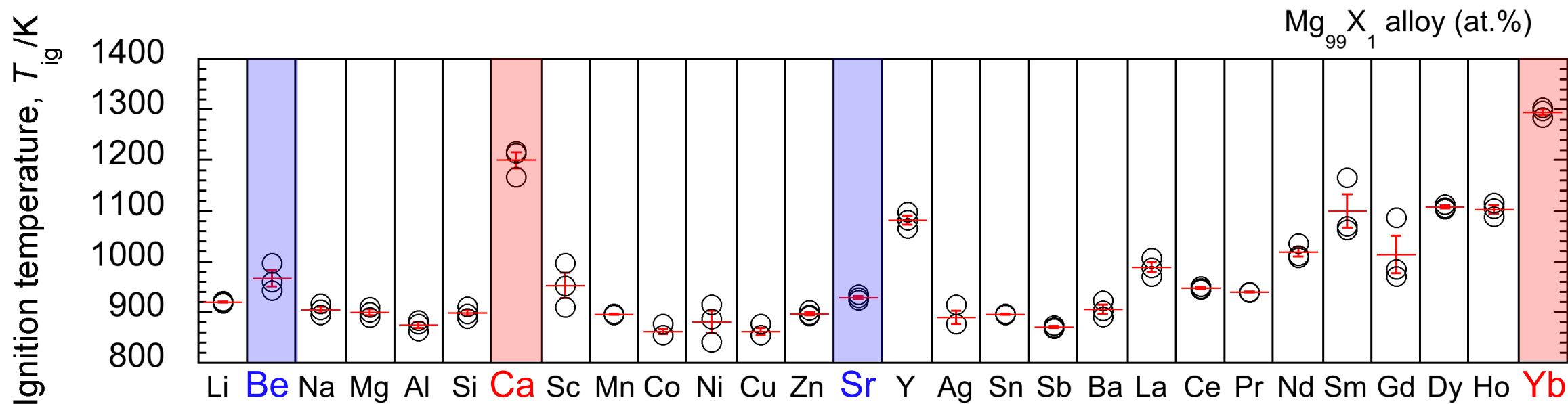
を満たすことが重要であることが明らかとなった。

高強度LPSO型KUMADAI Mg合金

20/25



熊本大学で開発された高強度マグネシウム合金
→高強度ゆえに航空機材料への応用が期待されているが、
発火温度が燃焼試験温度よりも低い。



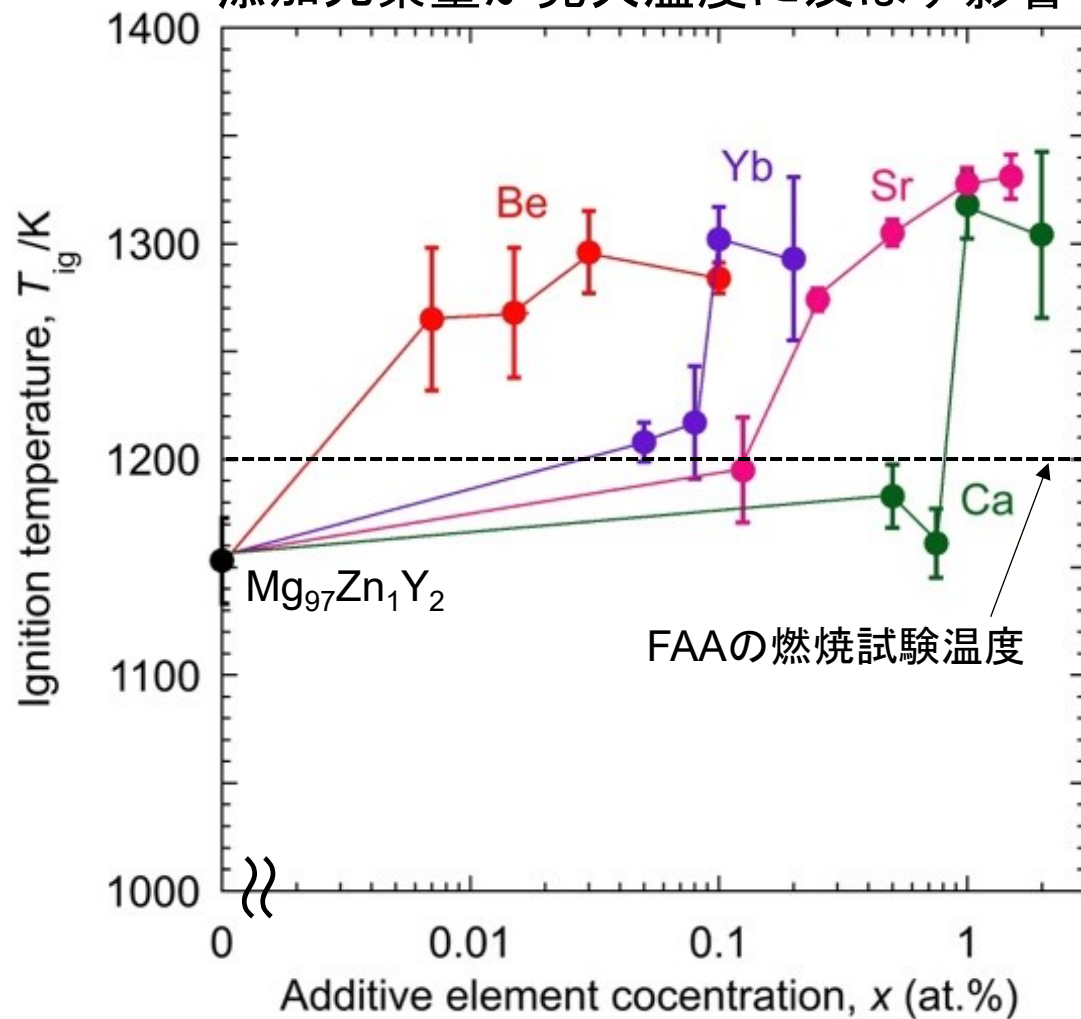
- 単独添加でマグネシウムの発火温度を向上させる元素

CaとYb

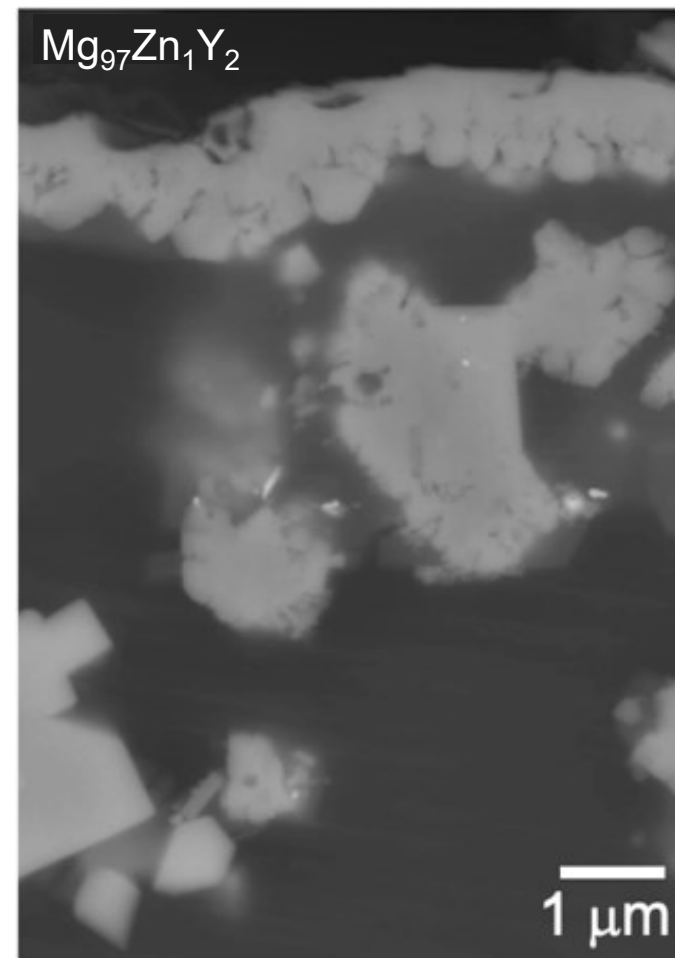
- 単独添加では、マグネシウムの発火温度を向上させないが
希土類元素やCaと複合添加すると発火温度を大きく向上させる元素

BeとSr

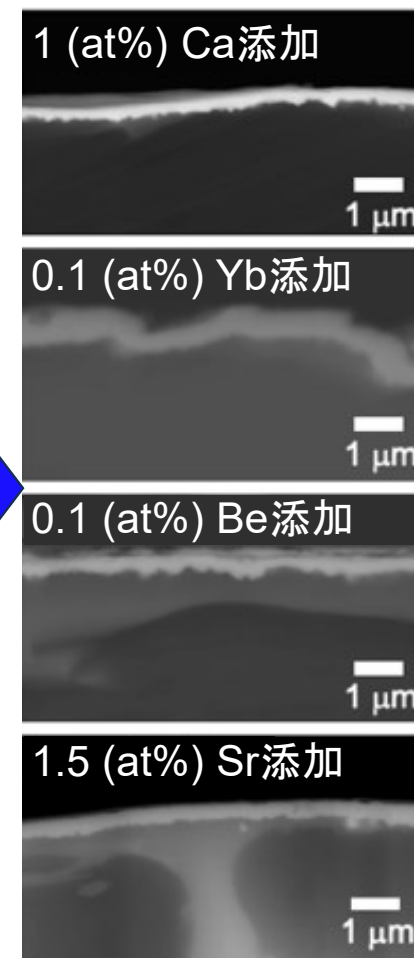
添加元素量が発火温度に及ぼす影響

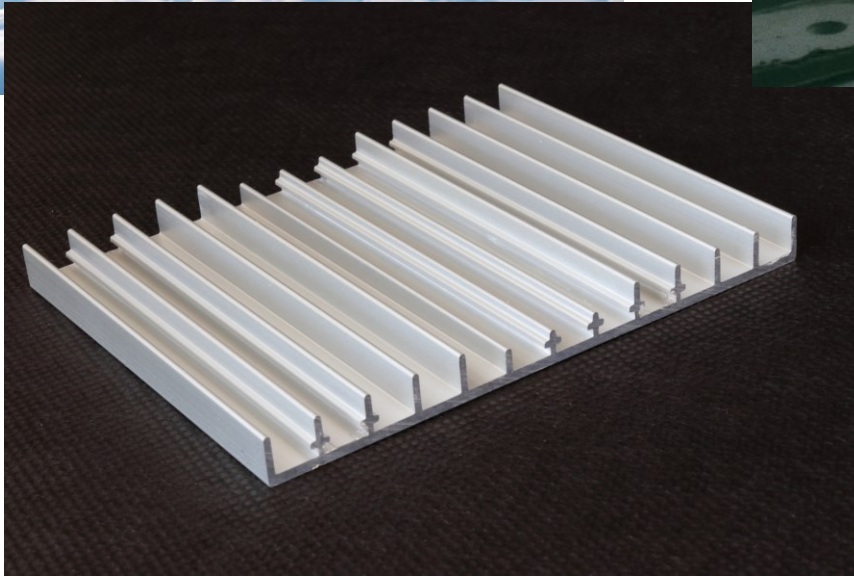


改善前の Y_2O_3 皮膜



改善後の Y_2O_3 皮膜





航空宇宙用部材・熱マネジメント部材といった構造材料分野だけでなく、
鋳造・3Dプリンターといった製造分野においても応用が期待できる。

- 不燃性マグネシウム合金の設計には、活性な元素の添加のみでは十分ではないことが明らかになった。
- 系統的な調査によって、マグネシウム合金に高い不燃性を発現させる酸化皮膜を見出し、酸化皮膜の形態も不燃性にとって重要であることが明らかとなった。
- 単独添加で不燃性を改善しない元素であっても複合添加で飛躍的に不燃特性を向上させることを明らかにした。
- 上記の結果を用いて、LPSO型KUMADAI合金の不燃化に成功した。

・論文

1. Oxidation behavior and improvement in nonflammability of LPSO-type Mg–Zn–Y–Sr alloy, S. Inoue, K. Iwanaga, Y. Kawamura, *Journal of Magnesium and Alloys*, 12 (2024) 742-749. **IF: 15.4**
2. Classification of high-temperature oxidation behavior of Mg-1 at% X binary alloys and application of proposed taxonomy to multicomponent Mg alloys, S. Inoue, M. Yamasaki, Y. Kawamura, *Corrosion Science*, 174 (2020) 108858. **IF: 7.4**
3. Oxidation behavior and incombustibility of molten Mg-Zn-Y alloys with Ca and Be addition, S. Inoue, M. Yamasaki, Y. Kawamura, *Corrosion Science*, 149 (2019) 133-143. **IF: 7.4**

他26報

・受賞

1. Materials Transactions Top Cited Author 2023, 河村能人, 扇和貴, 井上晋一, 木口賢紀, 高藤誠, 井原博隆, D.S. Shih, 2024年
2. 一般社団法人軽金属学会 第41回軽金属奨励賞, 井上晋一, 2023年
3. 平成30年度(第22回)日本マグネシウム協会奨励賞, 井上晋一, 2019年

・海外研究者との共同研究

1. マグネシウム合金の不燃性に関する共同研究（国立台湾大学、国立清華大学）
2. 高強度マグネシウム合金に関する共同研究（チェコ、ポーランド、ハンガリー、スロバキア）

・共・共拠点での共同研究

1. 高強度MF構造型マグネシウム合金に関する共同研究（京都大学）
2. 高強度MF構造型マグネシウム合金に関する共同研究（日本原子力研究開発機構）