

構造部材の軽量化に向けた超軽量 Mg-Li基合金における力学機能発現

弘前大学 理工学部・大学院理工学研究科
機械科学科・機械科学コース・機能創成科学専攻
准教授 峯田 才寛

2026年3月3日

ハイライト

➤ 新技術の概要

- アルミニウム合金の1/2、Feの1/5という超低密度構造用合金
- 実用金属で最も軽いマグネシウム合金よりもさらに軽い
- 超軽量とジュラルミン以上の強度-延性バランスを両立
- レアアースフリーの材料設計
- 製造プロセスごとに特性を変化させることが可能

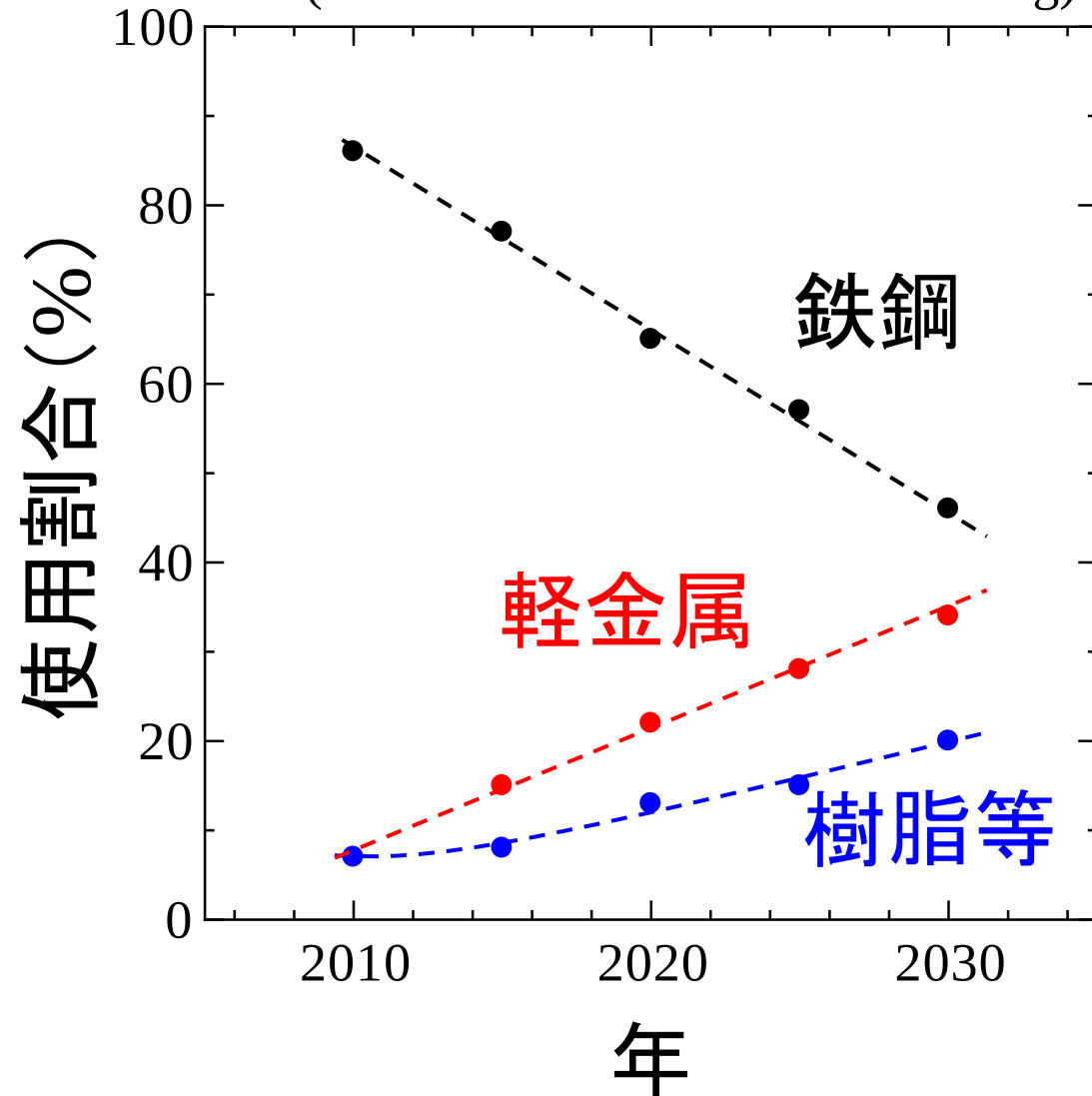
➤ 想定される用途

- 自動車、航空機（環境負荷低減）
- 車椅子、義足、パワーアシストスーツ（身体的負担低減）
- 産業用ロボット（動作性向上）
- PC筐体、カメラ、アウトドア用品（快適性向上）

構造用軽金属の需要

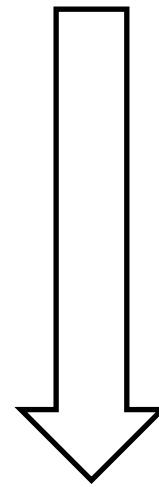
自動車用構造材料の割合

(Sc-Abeam Automotive Consulting)



➤ 従来の自動車

鉄鋼を中心とした構造部材設計
(密度: 約8 g/cm³)



- ✓ 省エネルギー化
- ✓ カーボンニュートラル
- ✓ グリーンイノベーション

➤ これからの自動車

軽金属を中心とした構造部材設計
(密度: 約1-4 g/cm³)

軽金属の選択肢

アルカリ金属(活性)

希土類元素(高コスト)

(密度: 約1-4 g/cm³)

アルカリ土類金属
(活性)

希土類元素 (高コスト)

(密度: 約1-4 g/cm³)

カリ土類金属
(活性)

1																	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	La	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										
67	Fr	68	Ra	69	Ac	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og										
																		56	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
																		90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	An	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr

三大軽金属の特性

	Mg合金	Al合金	Ti合金
軽量性	○ ($\sim 1.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	△ ($\sim 2.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	× ($\sim 4.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
強度	△ ($\sim 200 \text{ MPa}$)	○ ($\sim 300 \text{ MPa}$)	◎ ($\sim 800 \text{ MPa}$)
加工性	×	○	△

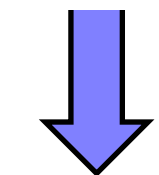
軽量性：合金種に強く依存
強度・加工性：組織制御により改善可能

構造用軽金属の開発戦略

➤ 「軽くて強い」の材料設計戦略

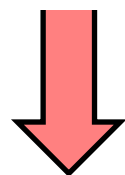
低密度かつ高強度を達成するには？

低密度化

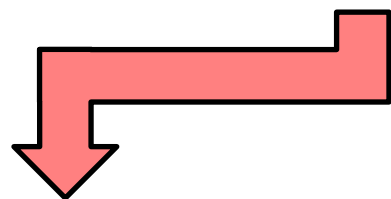


困難

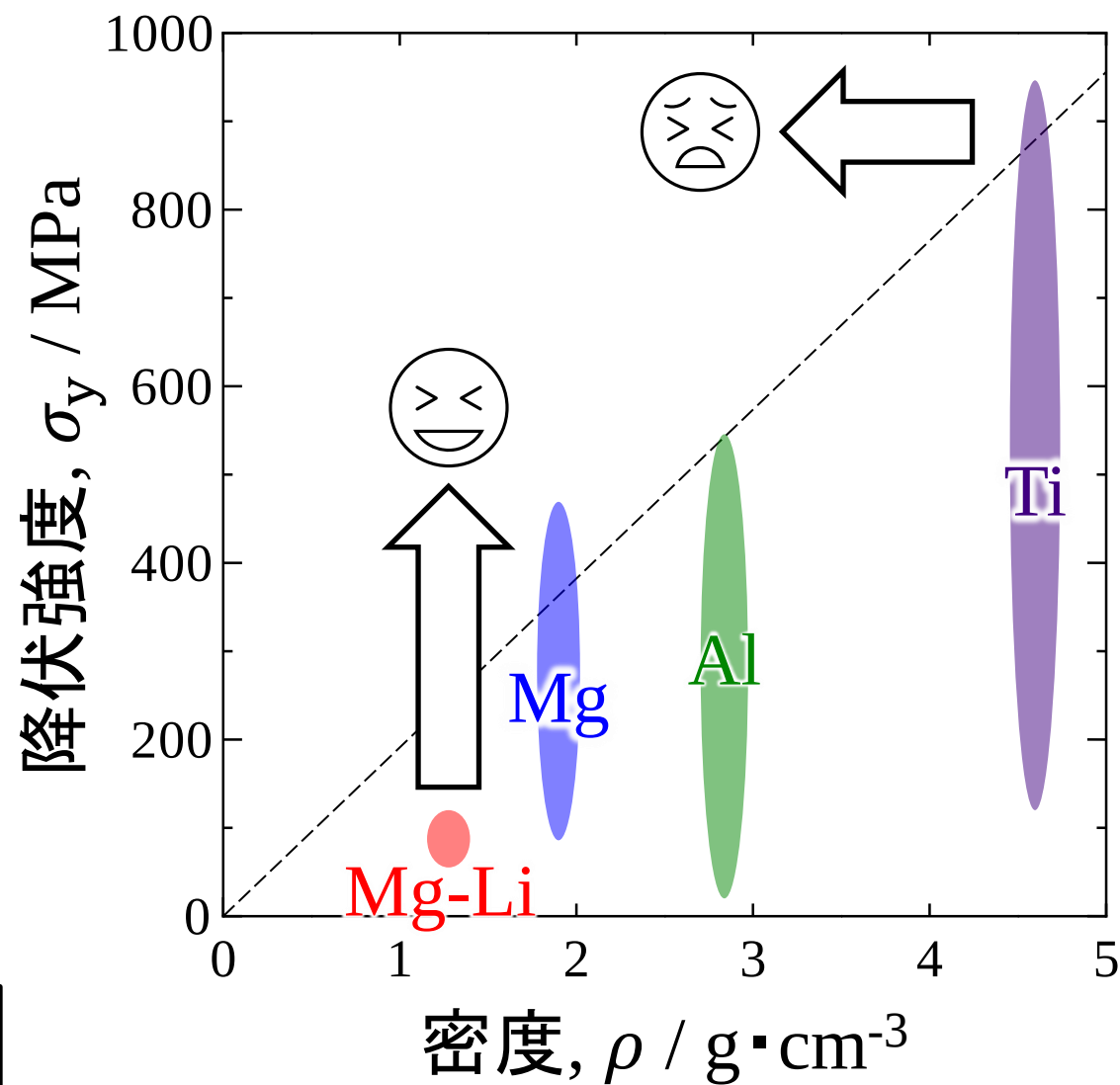
高強度化



多様なアプローチ



最軽量材料を強くするという発想



従来のMg合金とMg-Li基合金

	従来のMg合金	従来のMg-Li基合金
軽量性	○ ($\sim 1.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	◎ ($\sim 1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
強度	○ ($\sim 300 \text{ MPa}$)	× ($\sim 100 \text{ MPa}$)
加工性	× (冷間圧延不可能)	○ (冷間圧延可能)

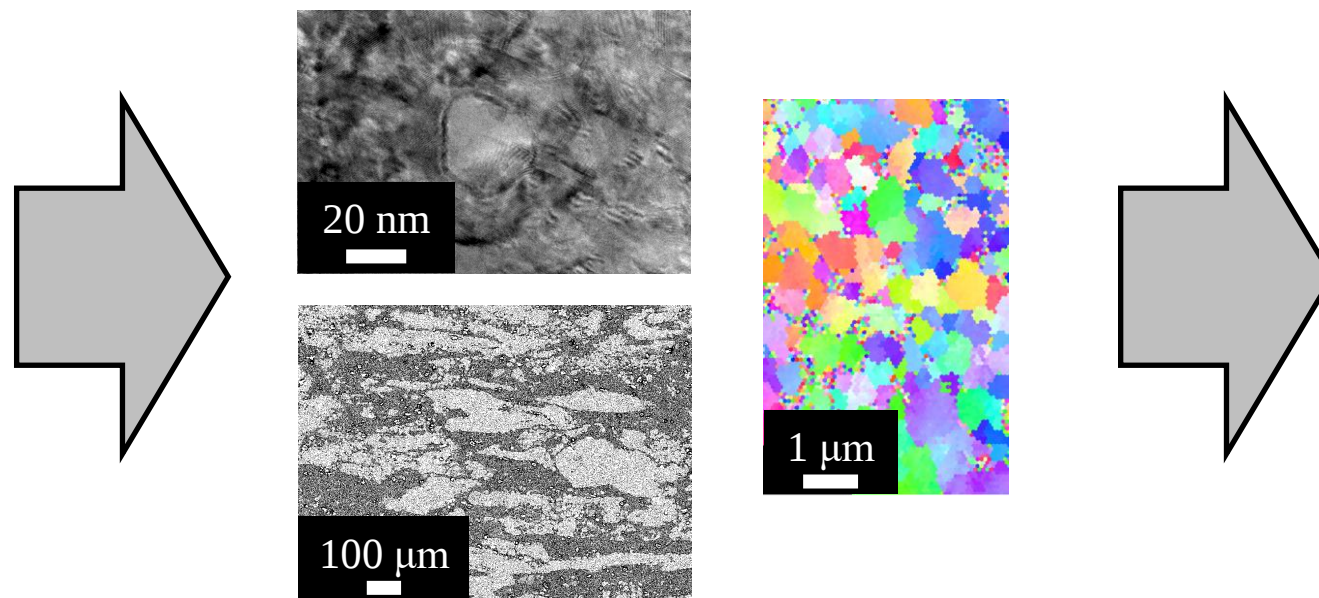
Mg-Li基合金：超軽量だが低強度
→ 負荷過重の小さい箇所にしか使えない

新規開発Mg-Li基合金

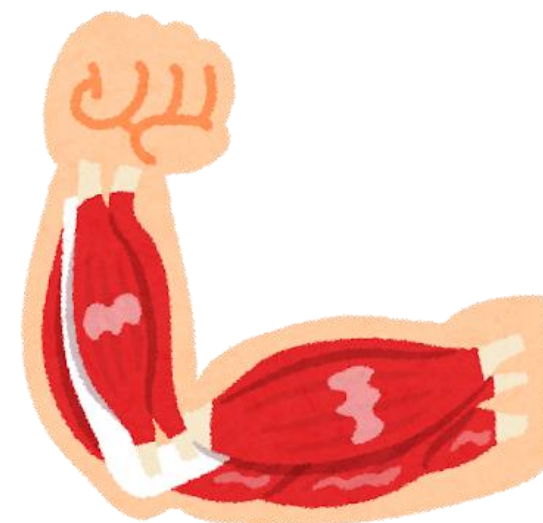
第三元素添加
加工+熱処理



組織制御



特性改善



ナノ～マイクロレベルの微細組織制御により
高い軽量性-強度-加工性バランスの実現に成功

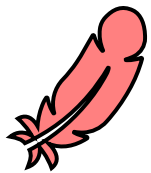
特許7266803 Mg-Li-Al-Ca-Zn-Si合金及びその製造方, 峯田才寛, 佐藤裕之, 上手康弘, 出願日: 2018年6月20日
峯田才寛, 超軽量Mg-Li基合金の力学特性改善に向けた材料設計, 軽金属, 73 (2023) 297-306

新技術の特徴・従来技術との比較

➤ 従来のMg合金との比較



- ✓ 従来不可能とされていた冷間加工を達成
→ 低コスト塑性加工が可能に



- ✓ 密度を70~80%まで低減しながら、同等の強度を維持
→ 構造部材の更なる軽量化に寄与

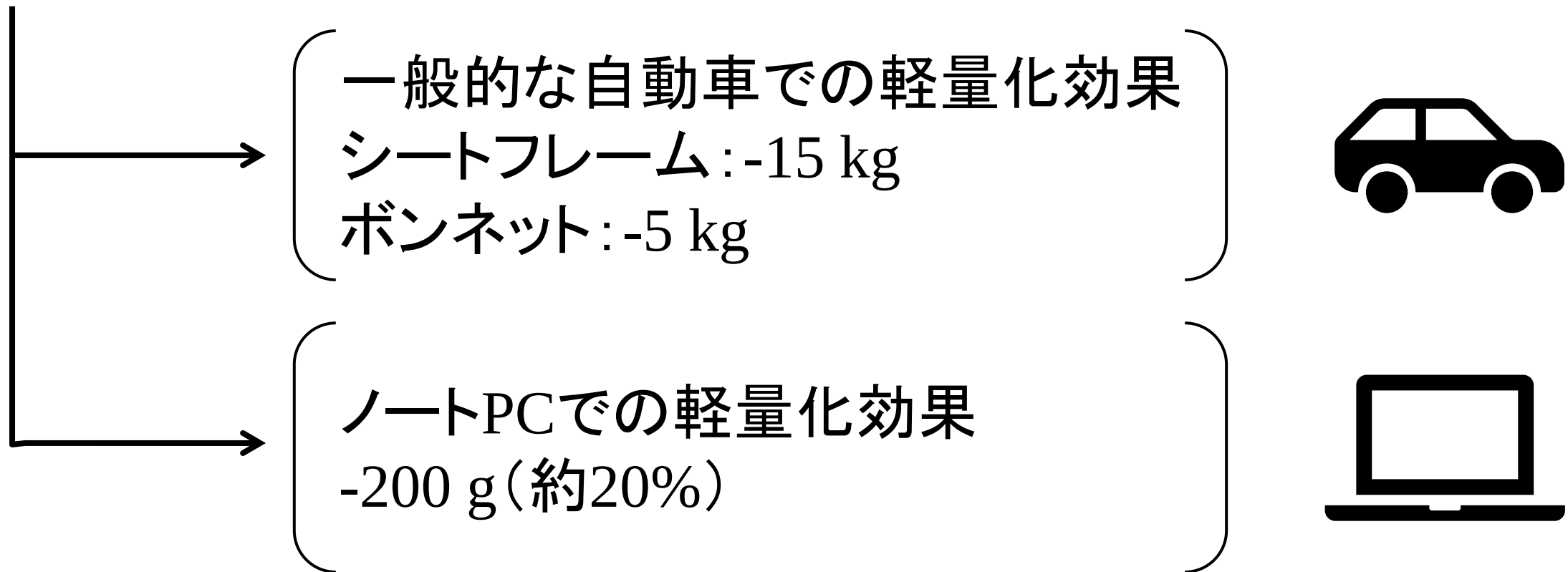


- ✓ 希土類元素フリーの合金設計
→ 資源供給に関するリスクの低減
→ 高強度型Mg合金 (KUMADAI合金、LPSO合金) との差別化

新技術の特徴・従来技術との比較

➤ 実用構造材料との比較

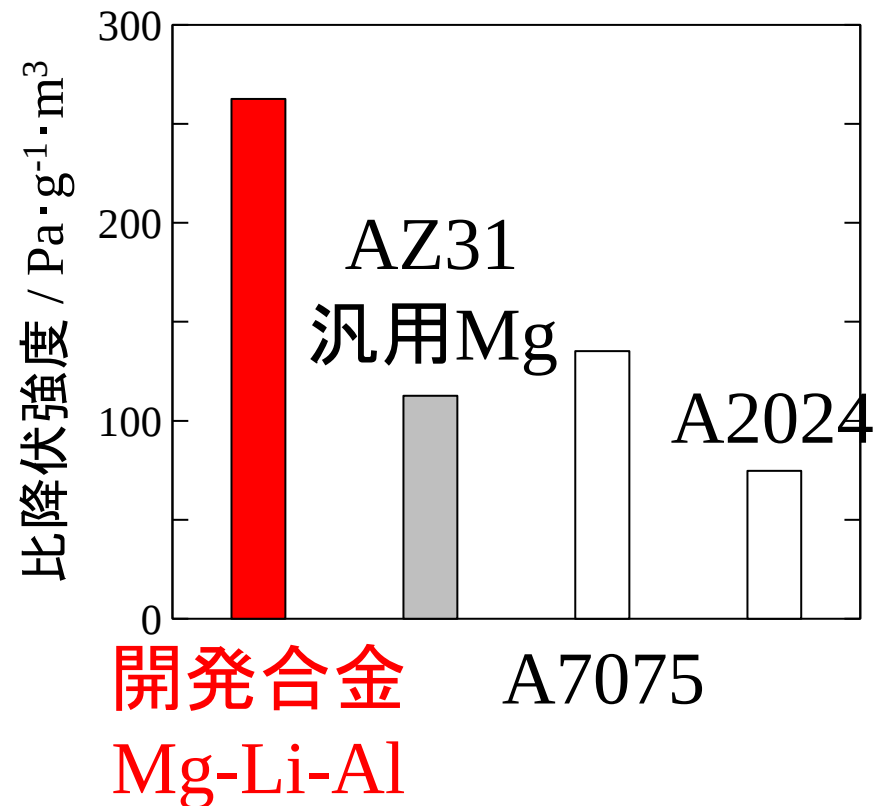
- ✓ 密度を鉄鋼の20%、Al合金の50%まで低減



現状の開発材の特性例

➤ 開発材の一例

1. 優れた強度特性



(比降伏強度: 単位密度当たりの降伏強度)

2. 優れた冷間加工性

上: 開発合金 (99%圧延の達成)

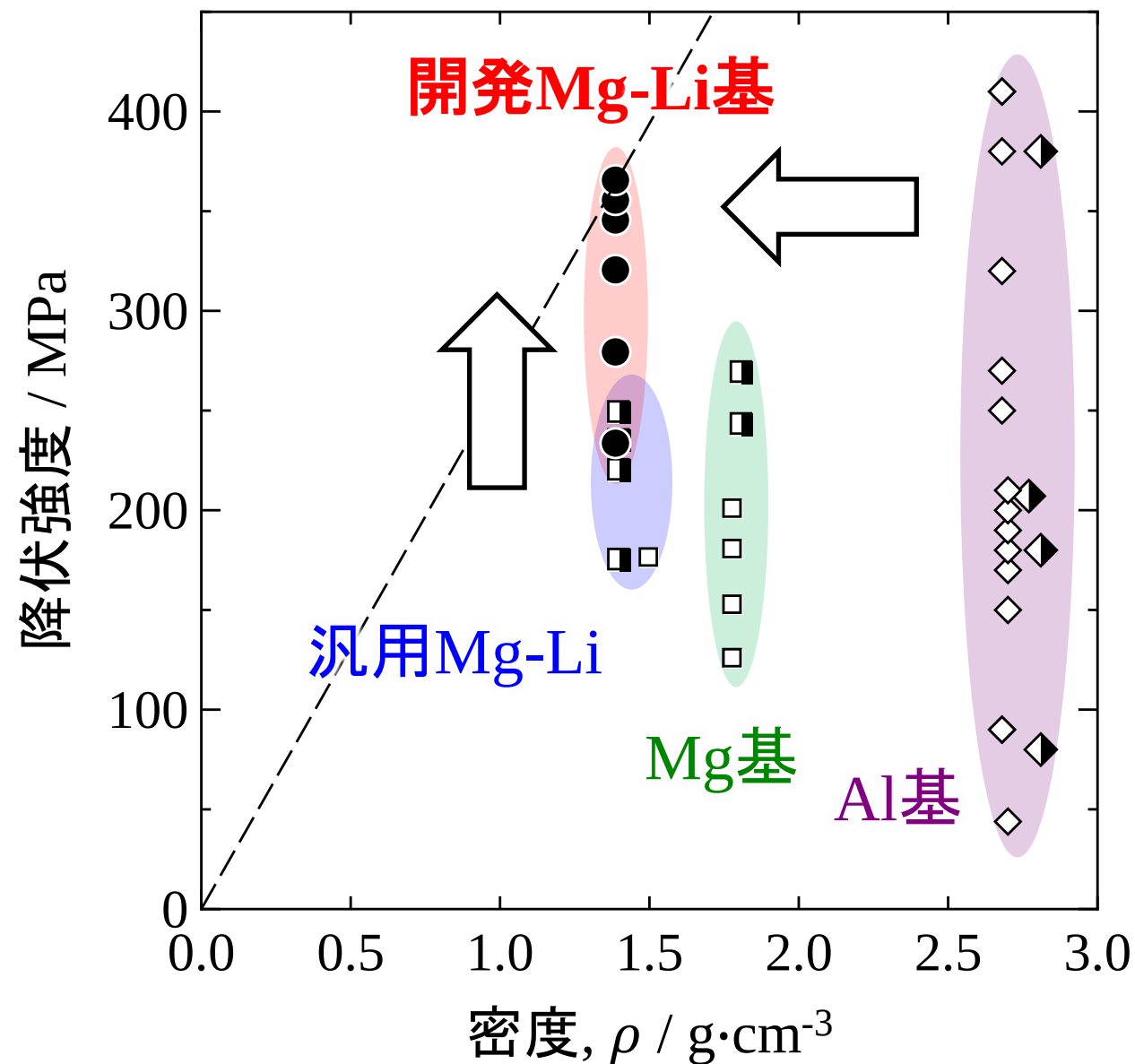


(冷間圧延加工)



下: AZ31 (10%程度の圧延で破壊)

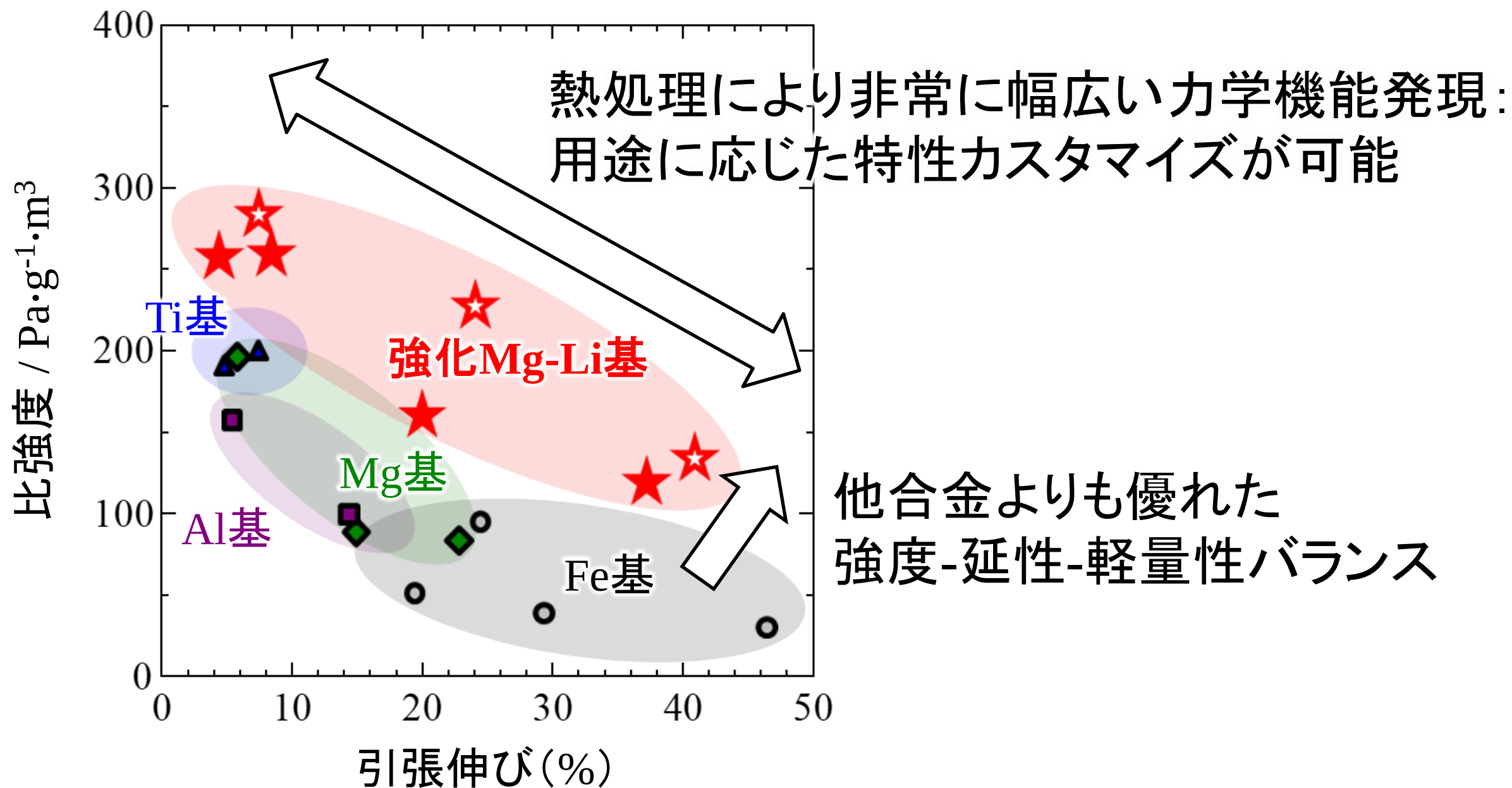
現状の開発材の特性例



- ✓ 汎用Mg-Li基合金からの大幅な強化
- ✓ Al合金と同等の強度を保ちながら軽量化

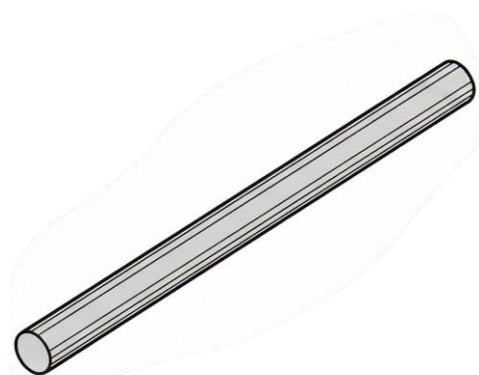
これまでになく強度と軽量性を両立

現状の開発材の特性例

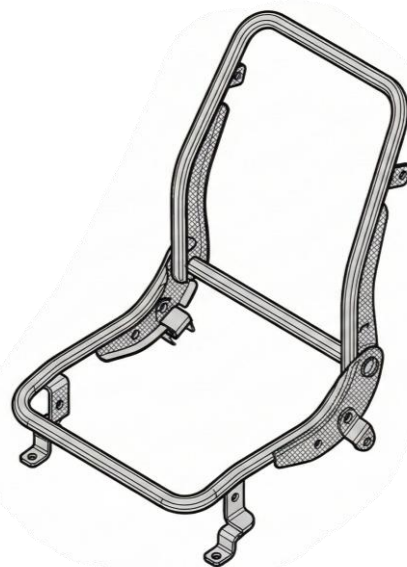


特性を生かした用途案

➤ 幅広い力学機能制御の活用法と優位性



棒材



フレーム材



自動車シート

(部材形状)

(特性)

〔**低**強度
高延性〕

熱処理による
特性変化

〔**高**強度
低延性〕

単一材料で、「低コスト加工」と「高耐荷重」を実現

想定される用途

- 自動車、航空機: **環境負荷低減** 
 - 車体軽量化による燃費・電費の向上、CO₂排出量の削減
- 車椅子、義足、パワーアシストスーツ: **身体的負担低減** 
 - 装着重量の低減による、長時間使用時の疲労蓄積防止
- 産業用ロボット: **動作性向上(高速・高精度)** 
 - アーム先端の慣性低減による、加減速性能の向上
- PC筐体、カメラ、アウトドア用品: **快適性向上** 
 - 毎日持ち歩いても苦にならない極限の軽量性、放熱性、振動吸収性

実用化に向けた課題

➤ 特性面

- ✓ 更なる力学機能向上

- 現状でも十分であるが、更なる軽量化に寄与

- ✓ 耐食性、難燃性といった力学機能以外の特性制御

- 特性向上、コーティング、使用環境制限など

➤ 産業的実装面

- ✓ 製造コスト

- 原材料価格の変動に対するコストダウン技術

- ✓ 製造プロセスのスケールアップ

- ラボレベルから量産ラインへの移行技術

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
現在	「ラボレベルでの原理実証完了」 ・板材、棒材での高強度および高加工性の両立を確認 ・基礎的な耐食性データの取得	JST「創発的研究支援事業」 (2025-2032)
2年後	「試作・原理実証フェーズ(部材試作と実用特性評価)」 ・複雑形状への成形性評価(プレス、鍛造) ・表面処理技術(塗装、メッキ)との適合性確認	・JST A-STEP等への共同申請 ・テストピース(小片)の提供 ・ニーズに合わせた加工熱処理条件の探索
3年後	「部材適用・耐久性評価フェーズ(適応検証と安定性評価)」 ・PC筐体やフレームなど実際の小型部材作製 ・長期間の安定性評価(疲労、クリープ、腐食など)	・小型部材の製造 ・実機での耐久試験
5年後	「量産・社会実装フェーズ(量産プロセスの確立)」 ・大型鋳造および圧延技術への展開と最適化 ・リサイクルプロセスの構築	・大型部材の製造

企業への期待

- 更なる特性改善へ向けた共同研究(知財確保を含む)
- ✓ 耐食コーティング技術をお持ちの企業(表面処理メーカー)
- ✓ 塑性加工(プレス・鍛造)技術をお持ちの企業

- 構造部材、またはそれ以外を含む軽量金属の需要提案
- ✓ コストよりも軽さを最優先する用途の提案
→例えばドローン、航空宇宙、医療機器など
- ✓ その他、本合金の使用に期待がある企業

- 実装段階
- ✓ 実際の製品形状での試作評価を行っていただける企業

企業への貢献、PRポイント

➤ 我々がパートナー企業に提供できる価値

✓ プロセス支援

独自の合金設計に加え、鋳造・圧延・熱処理といったプロセス条件を提供します。

✓ 信頼性の担保

力学試験、耐食性評価、および組織解析技術をチームとして保有しており、科学的根拠に基づいた共同開発を行います。

✓ スケールアップ実装

ラボスケールから産業スケールへの移行に伴う課題を、冶金学・材料科学の観点から伴走します。

お問い合わせ先

国立大学法人弘前大学
研究・イノベーション推進機構
産学連携相談窓口

TEL: 0172-39-3176

FAX: 0172-39-3921

e-mail: ura@hirosaki-u.ac.jp