

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29回 東北大学 金属材料研究所 (2023.01.06)

司会：佐々木孝彦副所長

12:05 – 12:10(5分) : 金属材料研究所の概要 古原忠所長

12:10 – 12:25(15分) : 若手研究者からのプレゼン

「ナノ構造制御による構造用金属材料の高強度化」

宮本吾郎 准教授

12:25 – 12:45(20分) : 質疑応答



東北大学 金属材料研究所 (通称 “金研”)

東北大学における最も古い附置研究所

100年を超える歴史を持つ物質・材料研究の国際的中核拠点



初代所長：本多光太郎先生



1916



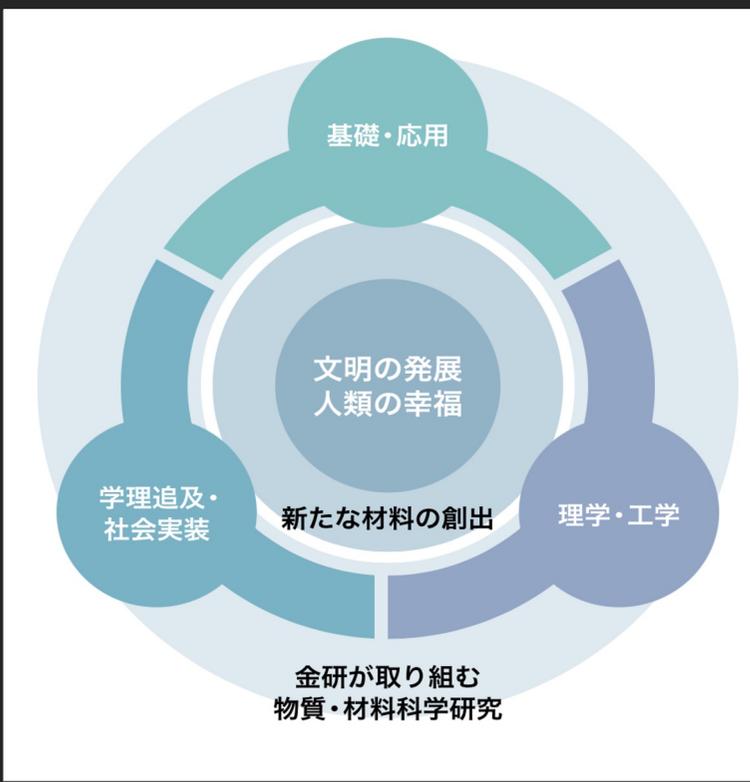
1966



2016

理念と目的

金属を始め、半導体、セラミックス、化合物、有機材料、複合材料などの広範な物質・材料に関する**基礎と応用の両面の研究**により、**真に社会に役立つ新たな材料を創出**することで、**文明の発展と人類の幸福に貢献**する。





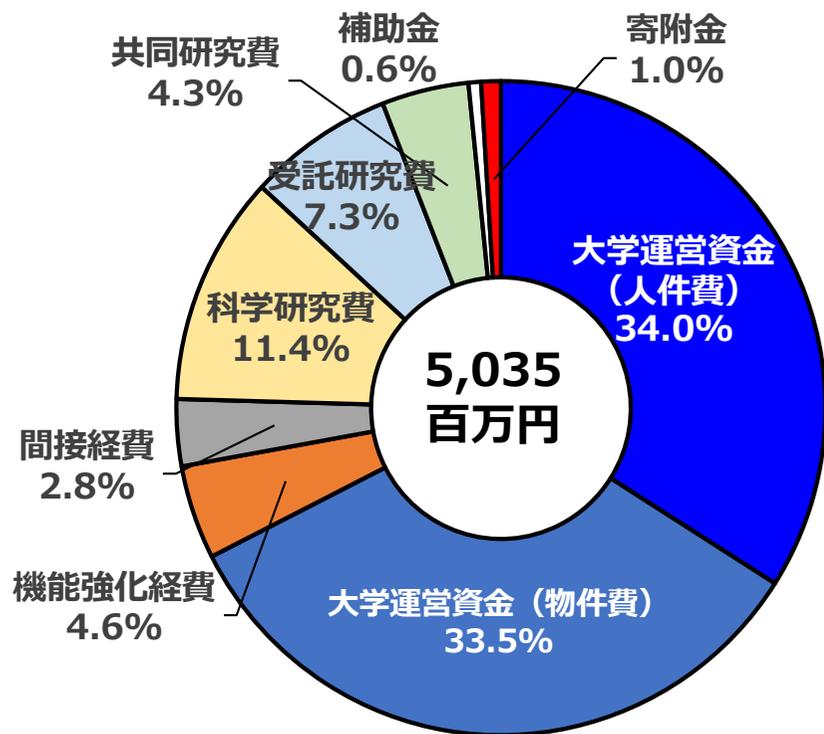
現在までの金研の沿革

幅広い共同利用・共同研究に貢献

1916	東北帝国大学理科大学に 臨時理化学研究所第2部として発足	
1919	東北帝国大学附属鉄鋼研究所として設置 (初代所長 本多光太郎)	
1922	金属材料研究所へ改称 官制による附置研究所としてのスタート 3部門を設置、軽金属・非鉄合金を含む金属の総合研究所	
1949	21部門構成となる	
1952	日本初のヘリウム液化機導入 全国の極低温の物性の研究者が利用 (共同利用研究の魁)	
1957-62	原子炉材料関係4部門を加え、25部門構成となる	原子力材料関係の共同利用
1969	附属材料試験炉利用施設 (現: 量子エネルギー材料科学国際研究センター) 設置	
1981	附属超電導材料開発施設 (現: 強磁場超伝導材料研究センター) 設置	強磁場環境の共同利用
1987	全国共同利用研究所、Institute for Materials Researchへ改称 新素材開発施設 (現: 新素材共同研究開発センター) 設置	多様な新素材開発に必要な装置共同利用と関連共同研究
1994	スーパーコンピュータ導入	
2001	計算材料学センター 設置	材料科学分野におけるスパコン共同利用への展開
2002	材料科学国際フロンティアセンター (現: 国際共同研究センター) 設置	国際共同拠点化の開始
2006	附属大阪センター (現: 産学官広域連携センター) 設置	産学官広域連携活動の開始
2009	材料科学共同利用・共同研究拠点	
2015	先端エネルギー材料理工共創研究センター 設置 (前身: 低炭素社会基盤材料融合研究センター)	
2016	金研百周年	
2018	材料科学国際共同利用・共同研究拠点	期末: S評価, 2021: 認定更新



■ 2022年度収入予算（見込額）



■ 人員 教職員 令和4年5月現在

	常勤	非常勤	総数	常勤若手状況	
				40歳以下	35歳以下
教授	27	12	39	1	0
准教授	33	2	35	5	0
講師	1	0	1	0	0
助教	51	1	52	40	23
助手	4	0	4	1	0
小計	116	15	131	47	23
技術職員	47	26	73		
事務職員	37	56	93		
合計	200	97	297		

■ 論文成果 2016—2021年

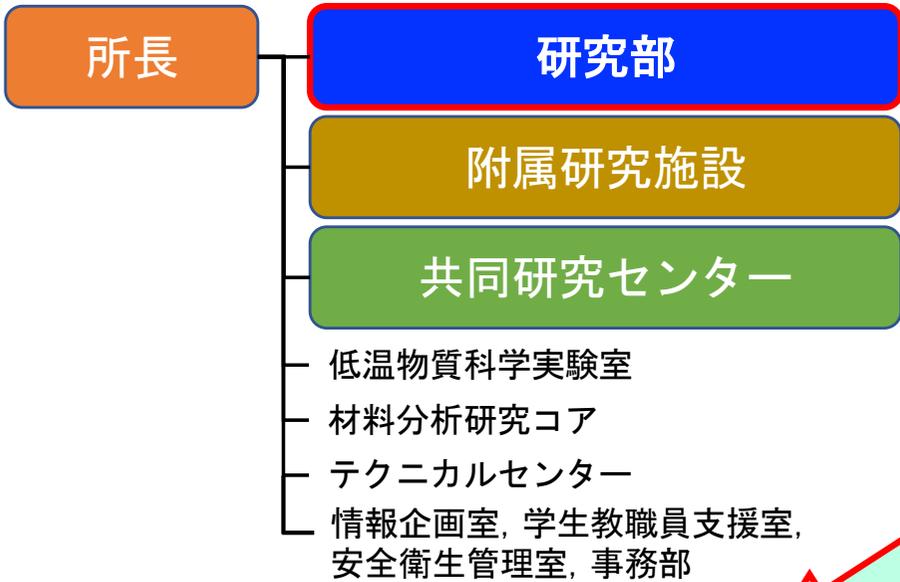
論文数： 3,443 編
 - 国際共著： 1,417 編（41.2%）
 - TOP10%： 357 編（10.4%）
 平均FWCI 1.04
 平均被引用数： 10.5回/論文

大学院生・研究生

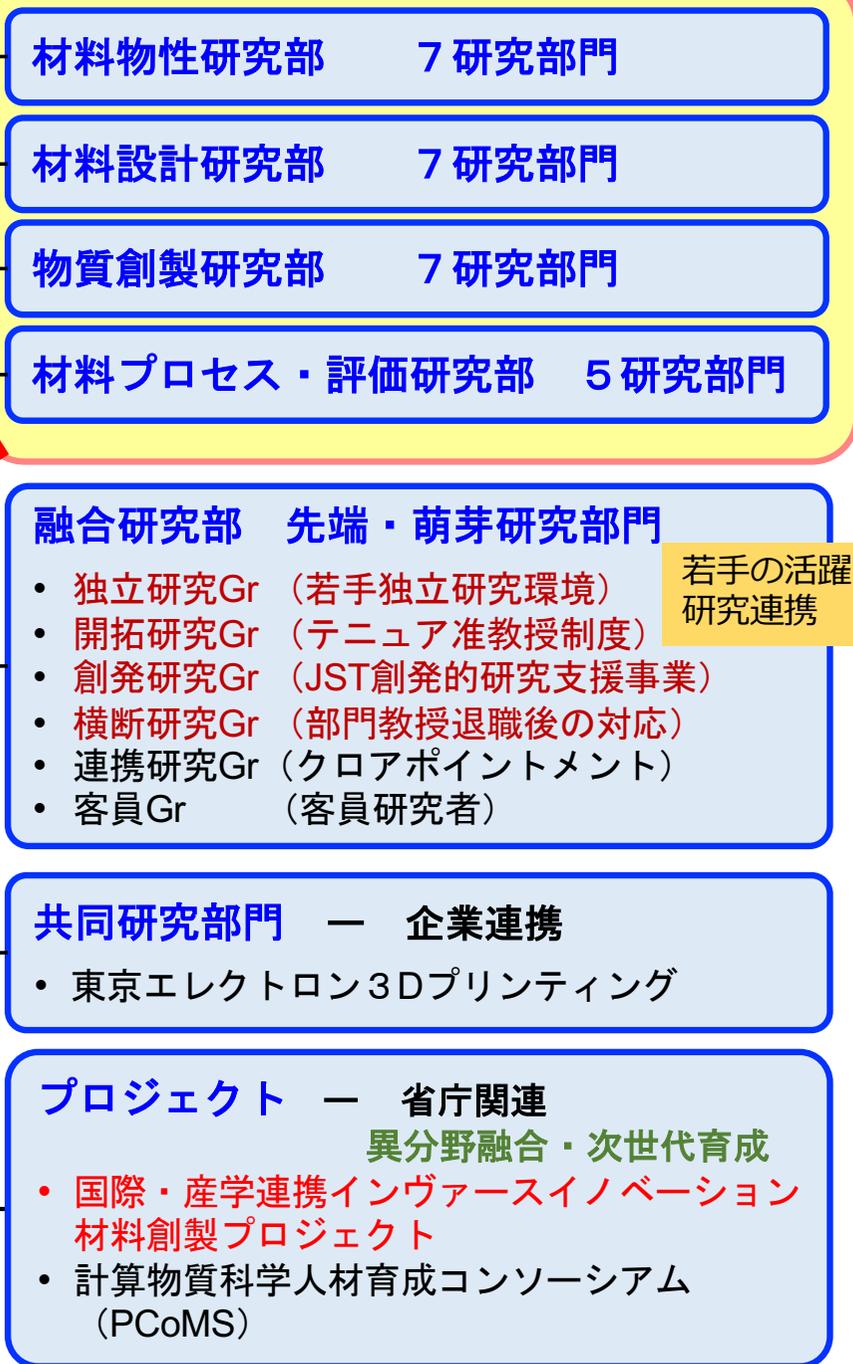
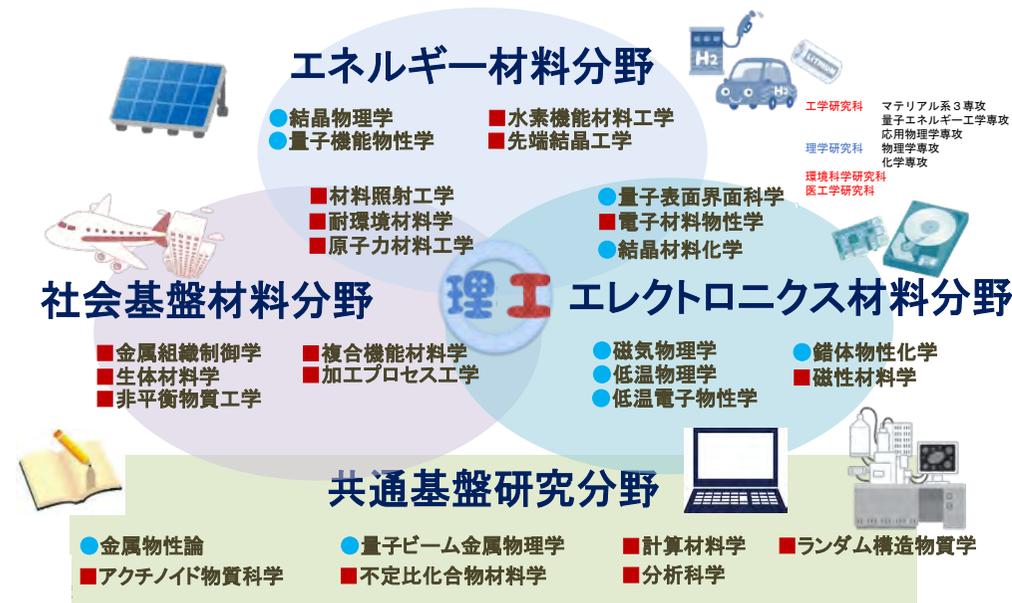
	総数	外国人
博士課程前期	116	20
博士課程後期	60	33
合計	176	53



研究体制： 研究部



理学・工学両分野の研究分野が共存



研究体制： 附属研究施設・共同研究センター



- 量子エネルギー材料科学国際研究センター
- 新素材共同研究開発センター
- 強磁場超伝導材料研究センター
- 産学官広域連携センター 拠点機能強化経費
- 先端エネルギー材料理工共創研究センター
- 計算材料学センター
- 中性子物質材料研究センター
- 国際共同研究センター
- 先端放射光利用材料研究センター 所内措置

材料科学国際共同利用・共同研究拠点

GIMRT: Global Institute for Materials Research Tohoku

金研究の材料と発明: 100年の知識・経験の蓄積

1916: KS鋼, 1932: センダスト, 1940: コエリンパー, 1959: 高純度チタン, 1973: アモルフォス磁性合金, 1976: SIC繊維, 1982: 傾斜機能材料, 金属ガラス

1992: 無冷媒超伝導磁石, 1995: トンネル磁気抵抗, 2006: 高品質Si多結晶, 2007: 超イオン伝導水素化物, 2010: NANOMET, 2011: シンチレータ単結晶, 2016: 金属溶湯脱成分, 2017: 高温超伝導磁石

材料開発を支える大型施設と高度な研究環境

量子エネルギー, 強磁場, 計算材料科学, 新素材, 研究部, 産学官広域連携センター

MAROA形成

国内研究者 (若手育成) → 企業/大学/研究所 → プリッジ → 企業/大学/研究所 → 海外研究者

頭脳循環

金研と他機関による国際共同研究を結合

年間 500 件超の受入れ (国際課題~20%)

国際的協業体制 (Materials Research Open Alliance, MAROA) を形成し、我が国の材料科学分野の研究力強化に取り組むとともに、国際的に認知される若手人材を育成。

第3期評価: S → 第4期認定更新

役割

- 共同利用・共同研究の強力な推進と研究分野振興への寄与
- 国際・産学面での組織連携
- 新たな分野への戦略的展開



金研における研究施設・共同研究センター

— 共同利用・共同研究を強力に推進し、研究分野振興に寄与 —



量子エネルギー材料科学国際研究センター

- ◎ 国内唯一の材料試験炉や海外研究炉等を利用 **JMTR, 常陽 他**
- ◎ 原子力関連材料およびアクチノイド等の物質研究を展開



強磁場超伝導材料研究センター

- ◎ 世界の5大定常強磁場施設の1つ、無冷媒技術で先導
- ◎ 超伝導材料、磁性材料等、新物質の創製と評価の研究を展開



計算材料学センター

- ◎ スーパーコンピュータを利用して計算材料科学研究を主導
- ◎ スパコン用アプリケーションソフト開発と材料科学への応用展開を推進



中性子物質材料研究センター **JRR-3, J-PARC** **法人化後(2010)**

- ◎ 戦略的中性子利用による中性子科学と物質材料科学の相互発展
- ◎ 中性子利用者と施設研究グループの連携推進

+ 先端放射光利用材料研究センター(2020)

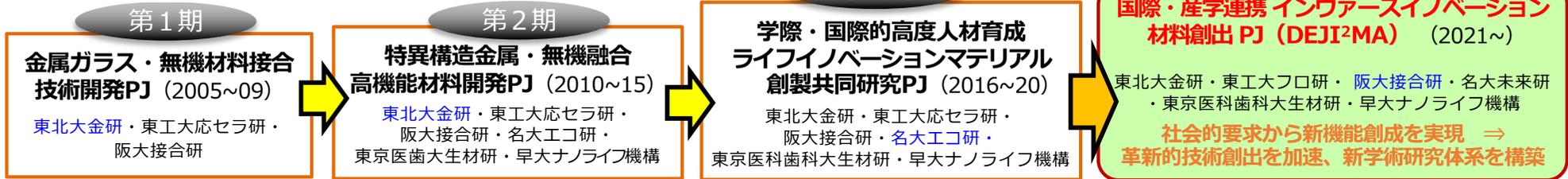


新素材共同研究開発センター

- ◎ 21世紀のイノベーションを支える新素材の開発
- ◎ 材料設計の基本原理やプロセス技術の確立と優れた新材料の創製

法人化後～第4期中期目標期間までの金研の取組み

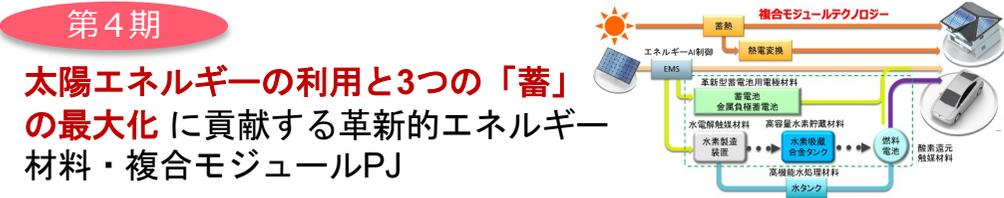
➤ 附置研・共共拠点等間の連携（異分野融合）



➤ 産学官広域連携（国公立大・自治体連携，産業界支援・社会貢献）



➤ 先端エネルギー材料理工共創研究センターの拡充・強化



➤ マテリアルDXプラットフォーム形成への貢献



➤ その他国内外との組織的連携の展開

✓ 機関連携による文科省ロードマップ2020への貢献

強磁場コラボラトリー

統合された次世代全日本強磁場施設の形成

その他: スピントロニクス学術研究基盤、物性科学研究連携 などに貢献

High Magnetic Field Collaboratory Platform for Materials and Condensed Matter Sciences
 Flux Compression 1200 T 1 μsec, Pulsed Field, IISSP Tokyo Univ., Non-destructive 100 T 0.1-1 g, Collaboration with Other facilities, Steady Field, Complex Extremes 60 T 0.1 μs+HP Magnets, 30T Superconducting Magnet, HFLSM IMR

✓ ICC-IMRでの国際連携推進（国際的プレゼンス向上）

Joint Laboratories

学術交流協定

マックスプランク鉄鋼研究所 (2020)

大連理工大学 (2018) グルノーブル強磁場センター (2019)

金研の材料研究の今後の発展

生かすべき研究ポテンシャル： **構造材料**と**機能性材料**が両輪， **ハード**と**ソフト**で強み

多彩な材料 — 鉄鋼・非鉄合金， セラミクス， 半導体， 機能性材料（無機・有機）...

多彩なプロセス — 熱処理， 塑性加工， 結晶成長（凝固， 薄膜合成）， 粉末冶金...

優れた評価技術 — 汎用および先進的な物理的・化学的評価分析

幅広い学問分野 — **理学**（物理， 化学）と**工学**（材料， 応物， 原子力...）の共創

豊富な研究インフラと充実した共同研究システム — 所内外共同利用での活用



➤ 材料科学分野の研究力強化

- 分野で認知される優れた成果発信と国際的リーダーシップの発揮
- 今後を見据えた新分野開拓と柔軟な研究体制の構築
- 共同利用・共同研究の強みを生かした幅広い研究展開
- 国際広報を含むタイムリーな情報発信

➤ 大型プロジェクトへの継続的コミット

- 科研費, JST・NEDO .., その他拠点事業

➤ 産学連携研究の一層の推進

- シーズ・ニーズに基づく共同研究
- 企業支援・技術者育成
- 大学と連携した組織的取組の推進
- 成果の社会実装・企業化への努力



文部科学省と東北大学金属材料研究所
個別定例ランチミーティング(2023. 1. 6)

若手研究者からのプレゼンテーション

ナノ構造制御による構造用金属材料の高強度化

東北大学 金属材料研究所
金属組織制御学研究部門(古原研)
准教授 宮本吾郎



1979年2月27日(43歳)
(兵庫県出身)

表彰

奨励賞・功績賞

- 日本金属学会
- 日本鉄鋼協会
- 本多記念会
- 日本熱処理技術協会

論文賞

- 日本鉄鋼協会
(2008, 2014, 2017, 2020)
- 英国材料学会
(2005, 2016, 2022)
- 日本銅学会 (2020, 2022)
- Acta student award (2020)
- 日本熱処理技術協会 (2020)
- 表面技術協会 (2010)

研究テーマ:

微細組織制御による構造用金属材料の力学特性向上

元素機能を活用した微細組織制御による、
省元素・省プロセス・高機能を究めた鉄鋼材料設計

学歴

1999

大阪明星学園高校

2006

京都大学 工学研究科 材料工学専攻【学・修・博】
日本学術振興会 特別研究員(DC2、PD)

職歴

2006 - 2012

東北大学 金属材料研究所 助手

2012 - 現在

東北大学 金属材料研究所 准教授

JST創発的研究支援事業 研究員(2020~)

物質・材料研究機構 招聘研究員(2020 ~)

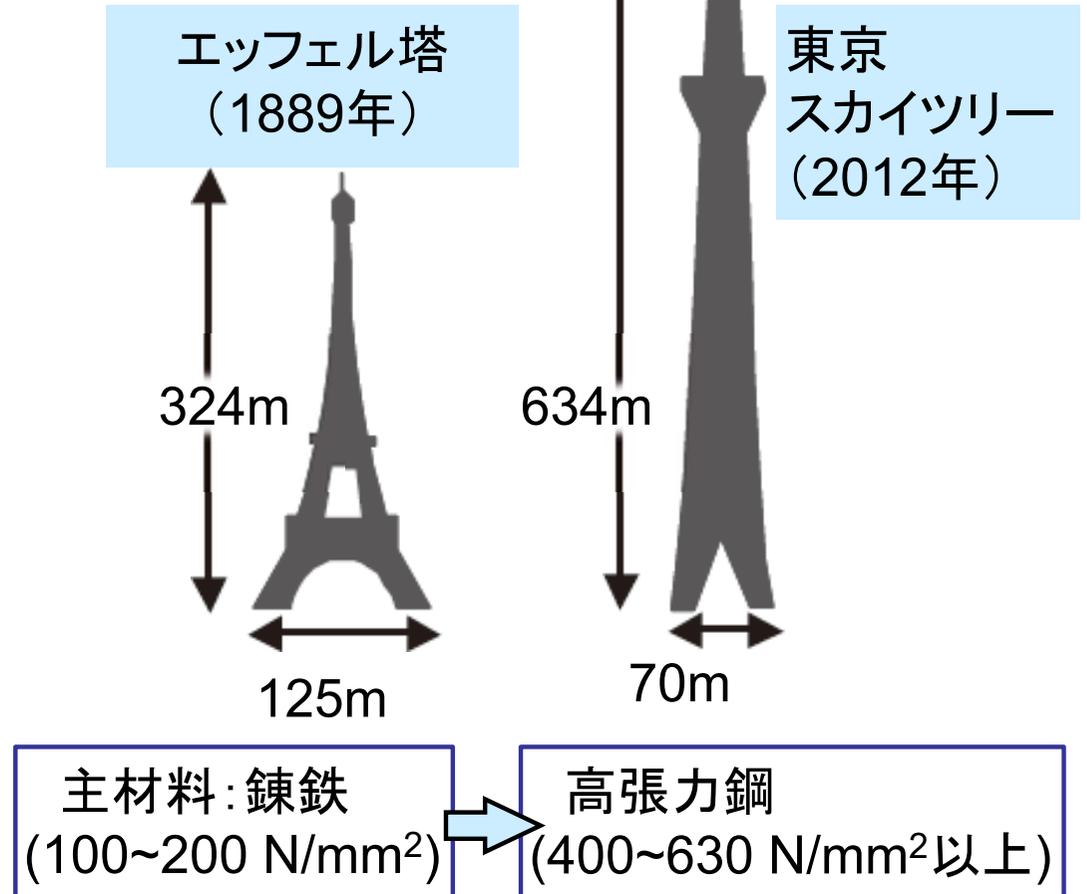
デルフト工科大(オランダ)訪問研究員(2013-2014)

社会を支える構造用金属材料

用途 輸送機器、建築構造物、機械部品等



衝突安全性と高燃費の両立
⇒ 構造材料の高強度化
(鉄鋼材料が約70%を占める)



廣田ら 溶接学会誌, 82(2013), 237.

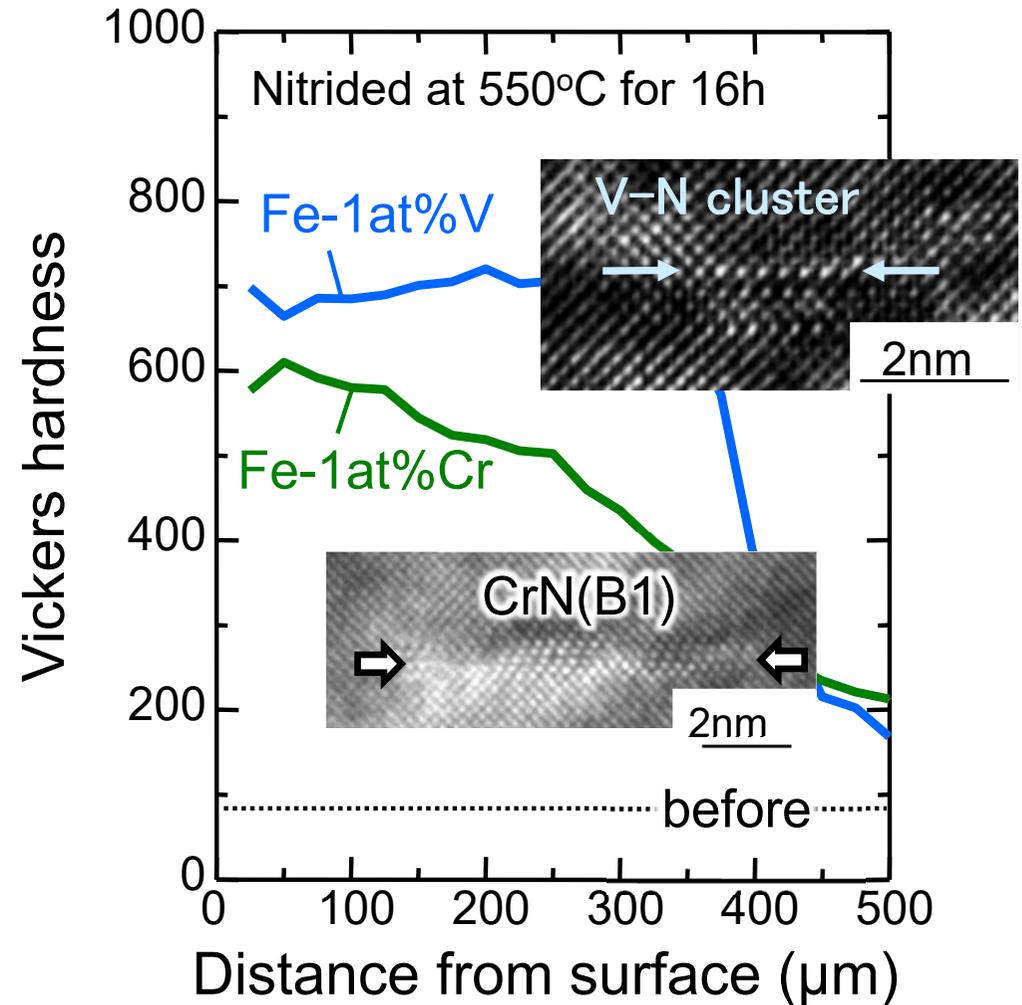
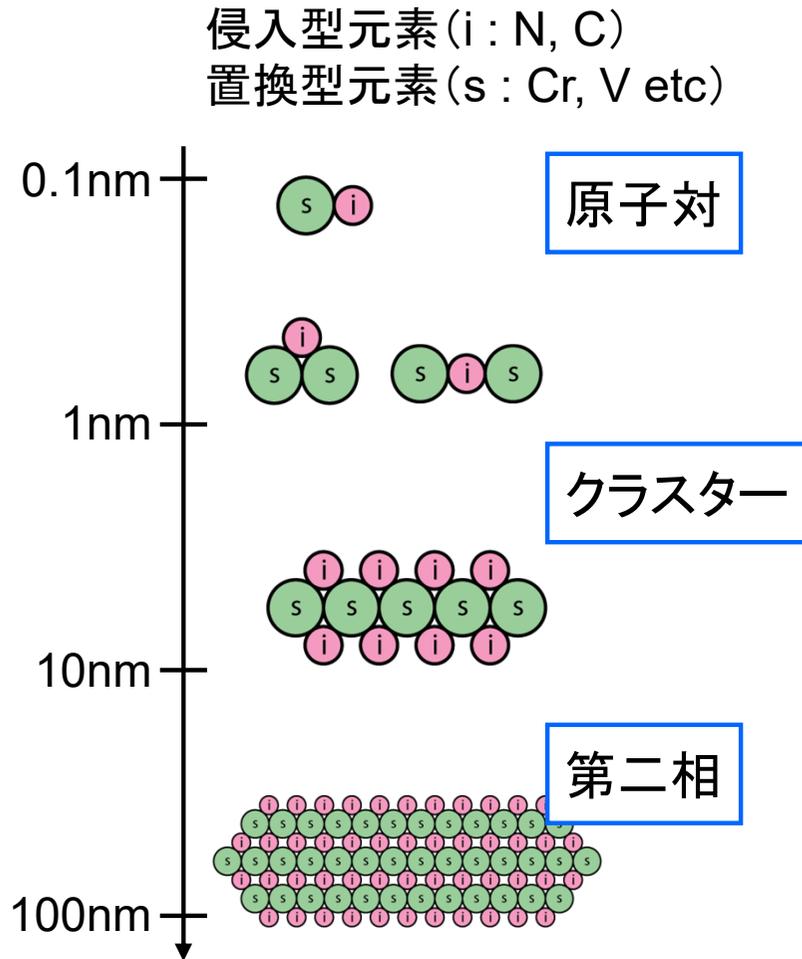
高効率・安心安全な社会構築のために、より高強度な構造用金属材料が必要
ナノ構造制御によって達成

溶質ナノクラスターによる鉄鋼材料の強化

溶質元素間に引力相互作用が働くことで、元素が局在化

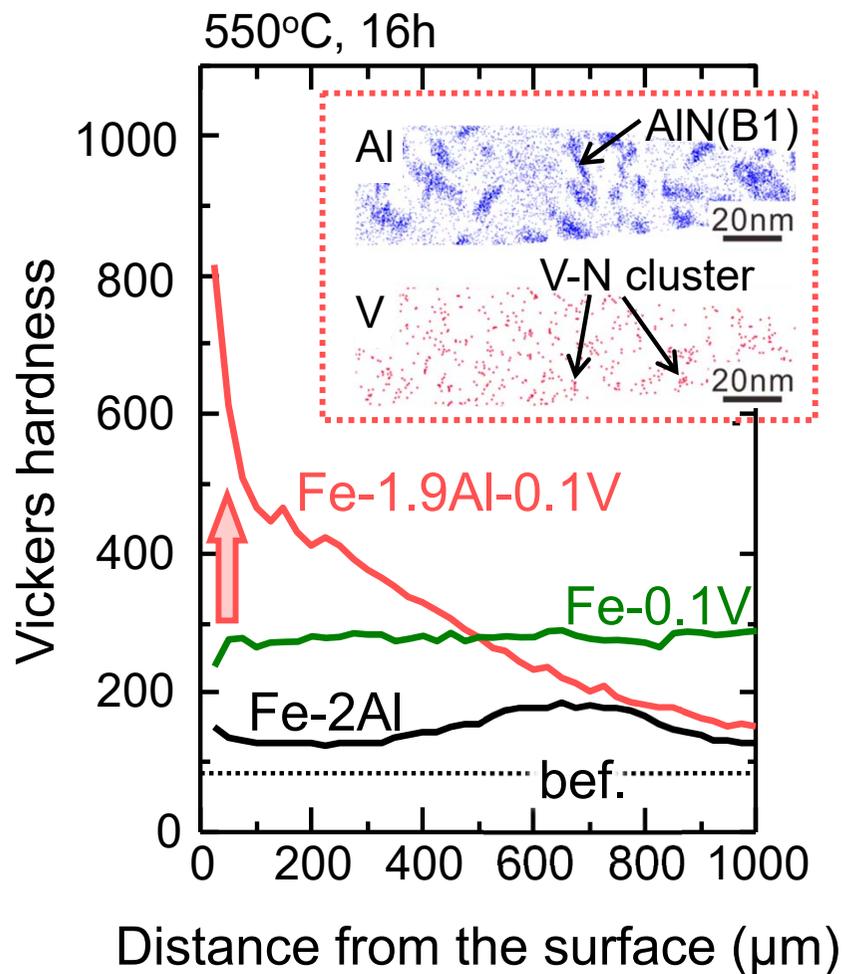
表面から窒素を添加すると、溶質ナノクラスター形成により表面近傍で硬化

G. Miyamoto et al, Mater. Sci. Tech. 27(2011), 742



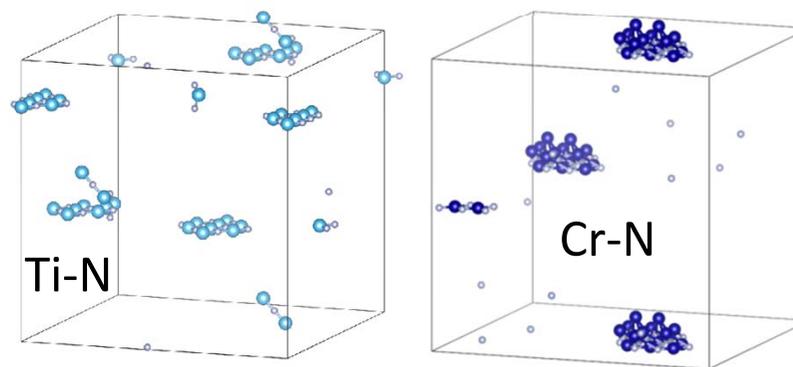
クラスタリング機構解明と元素複合添加によるシナジー効果

元素複合添加による顕著な硬化
～クラスター誘起析出の発現～



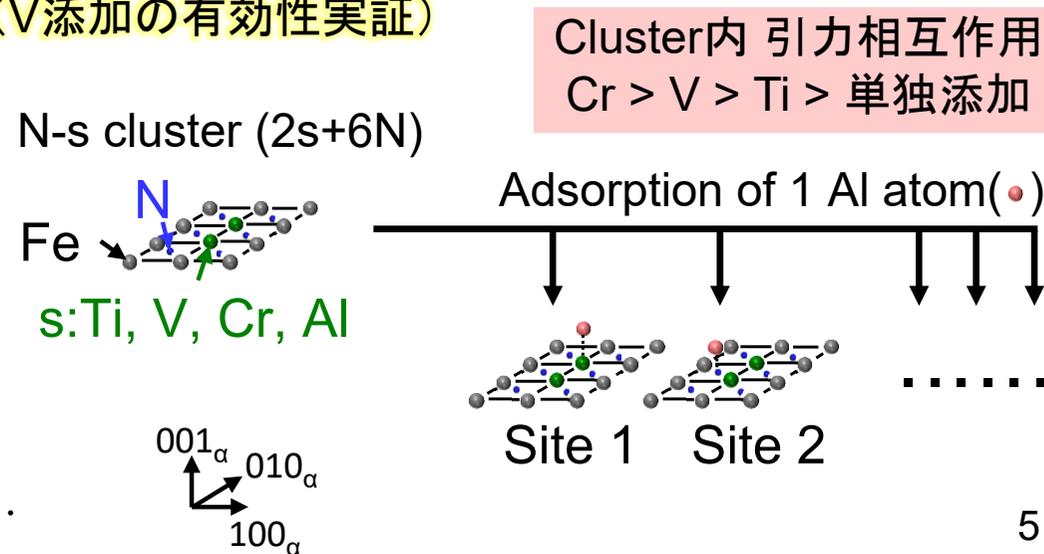
クラスタリング挙動の理論的解明
(東北大 榎木先生、大阪公立大 上杉先生)

クラスタリング挙動の元素依存性再現
(第一原理計算+モンテカルロシミュレーション)



榎木ら, 鉄と鋼, 105(2019), 334

複合添加材におけるクラスタリングの理論計算
(V添加の有効性実証)



文部科学省 データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト 「極限環境対応構造材料研究拠点」プロジェクト(2022-2030)

～ 実用材料/環境、破壊、データ科学～

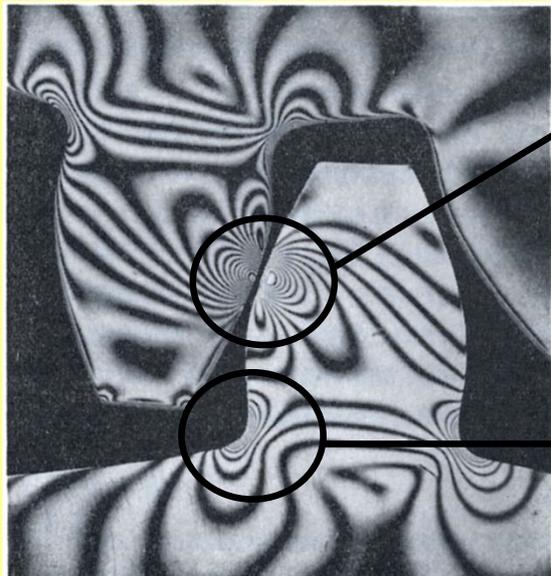
次世代自動車(EV, PHEV...)における構造材料課題の一つ

モーター高速回転と稼働率アップに伴うギアボックス用の歯車材料の高強度・高耐久性



歯車の寿命: 表面摩耗と疲労が支配

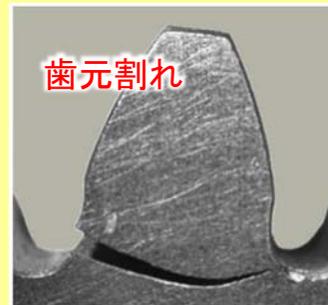
歯車の破壊損傷



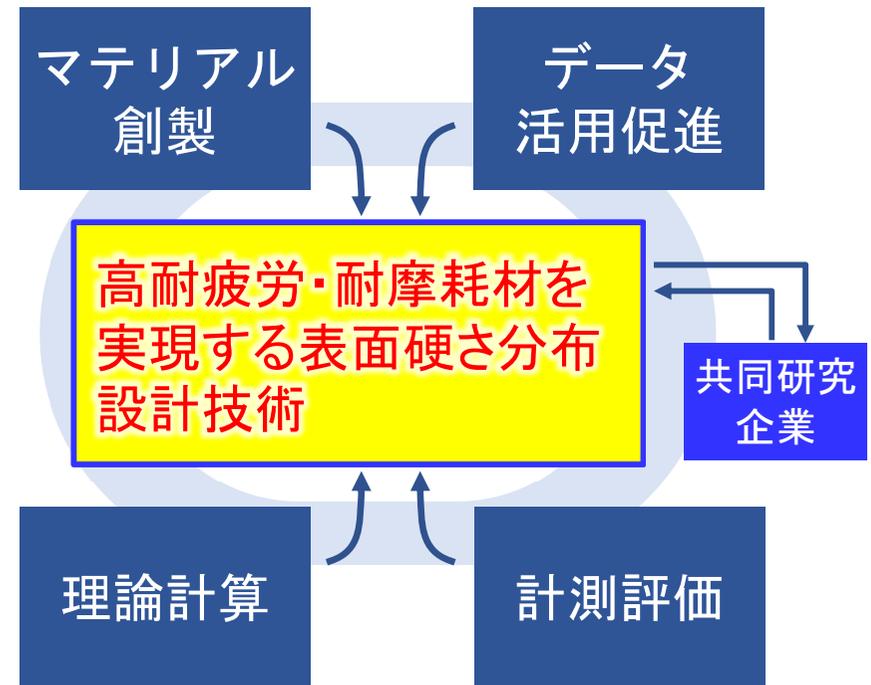
歯車の研究、成瀬政男編、養賢堂(1960)



ピッチング破壊
歯車強さ設計資料、日本機械学会(1999)



歯元割れ
Boiadjiev et al., Gear Technology, 2015, 58



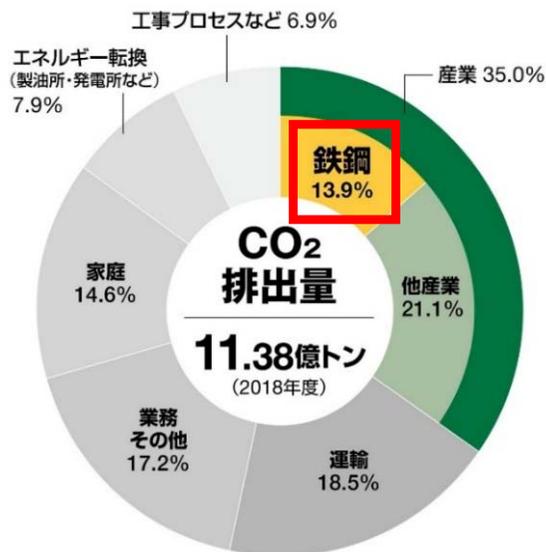
◆ ビックデータ取得の難しい構造材料におけるデータ科学手法の確立

- ⇒メカニズムや微細構造に立脚することで、スモールデータでも高精度の設計を可能に
- ⇒蓄積された文献のグラフから抽出した数値データで、DB拡充

構造用金属材料(鉄鋼)を取り巻く情勢

2050年カーボンニュートラル宣言

部門別CO₂排出量

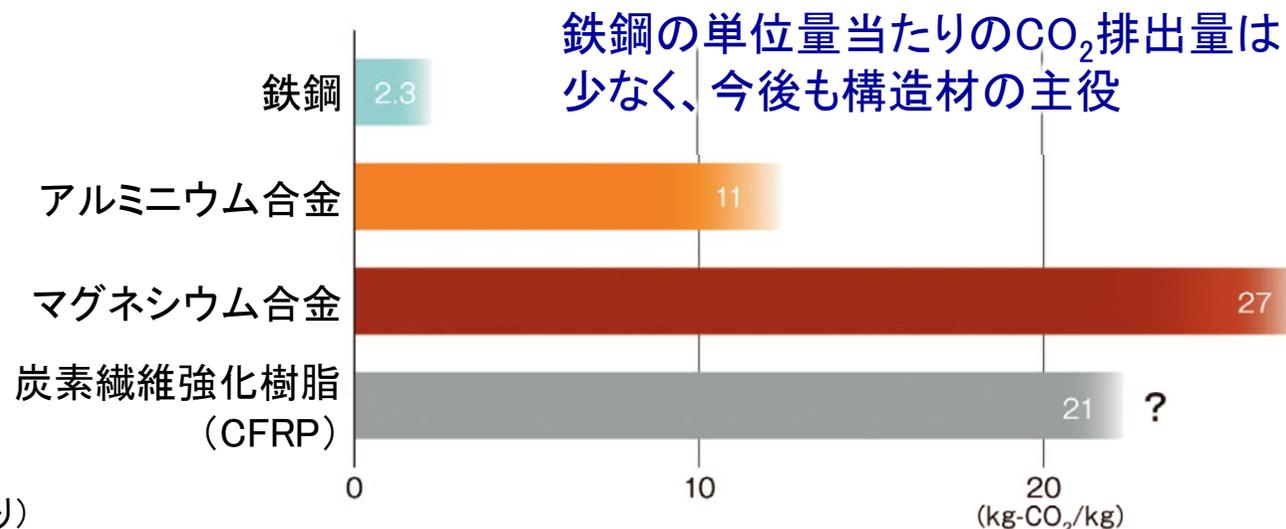


(注)電気・熱配分後
(出所)国立環境研究所

(東洋経済webサイトより)

自動車用素材 製造時のCO₂排出量

(日経オートモーティブ、2021)



鉄鋼の単位量当たりのCO₂排出量は少なく、今後も構造材の主役

カーボンニュートラルに向けて

高炉法: 鉄鉱石をコークスにより還元→CO₂発生

電炉法: 鉄スクラップを再利用



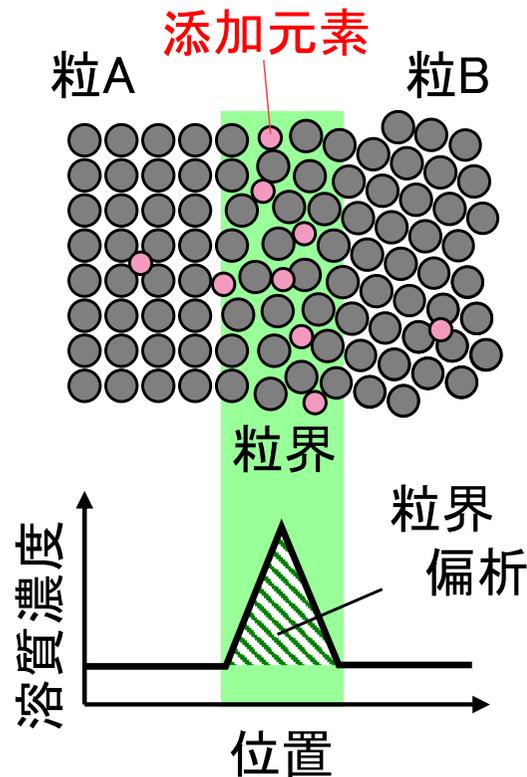
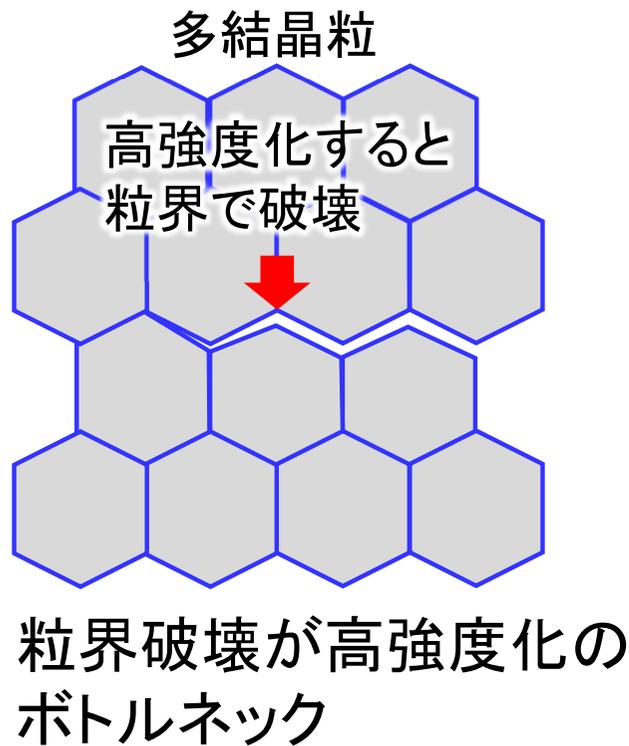
蓄積により不純物濃度が増加
Cu, Sn etc... (粒界に濃化して粒界を脆化)

不純物を含んでも破壊しない材料へ

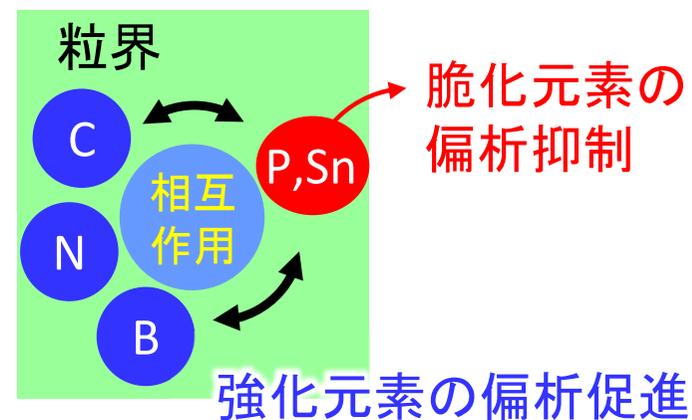


JST 創発的研究支援事業課題(2021~)

界面組成の高度制御法確立による構造用金属材料の力学特性向上



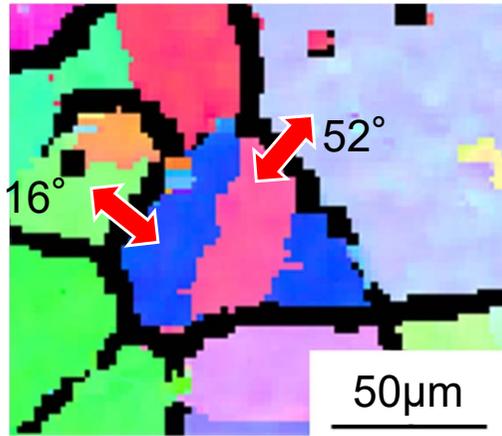
※粒界偏析: 元素が粒界に濃縮する現象



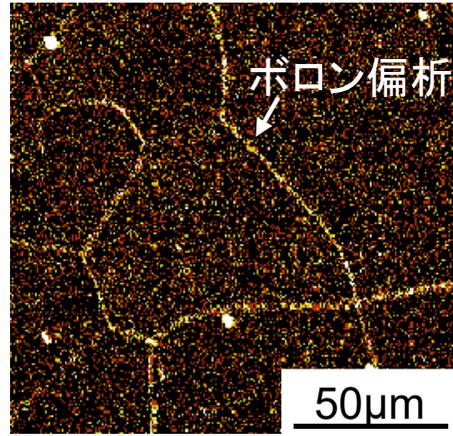
熱力学に基づく粒界偏析設計により、
力学特性を向上させる指導原理を確立

粒界性格を考慮した マルチスケール粒界偏析定量化法

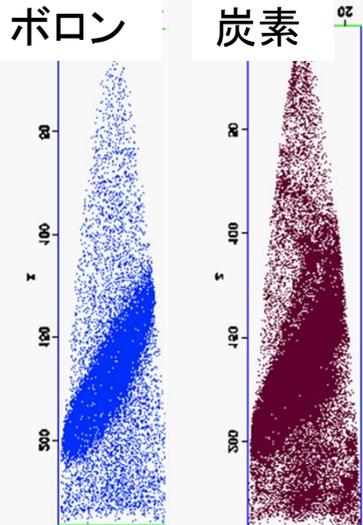
粒界性格測定 (EBSD)



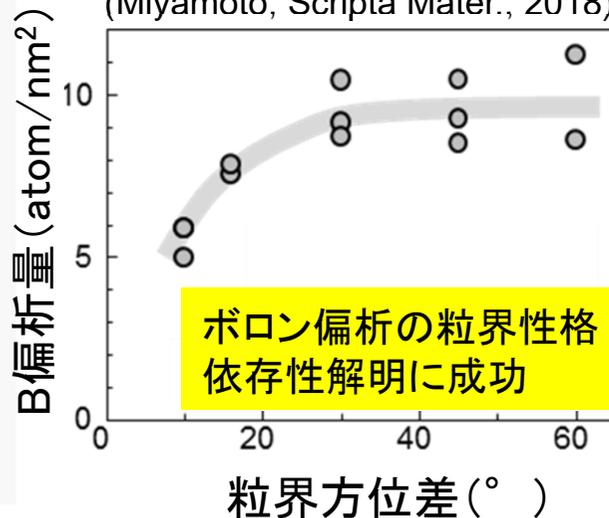
マクロ分布 (SIMS)



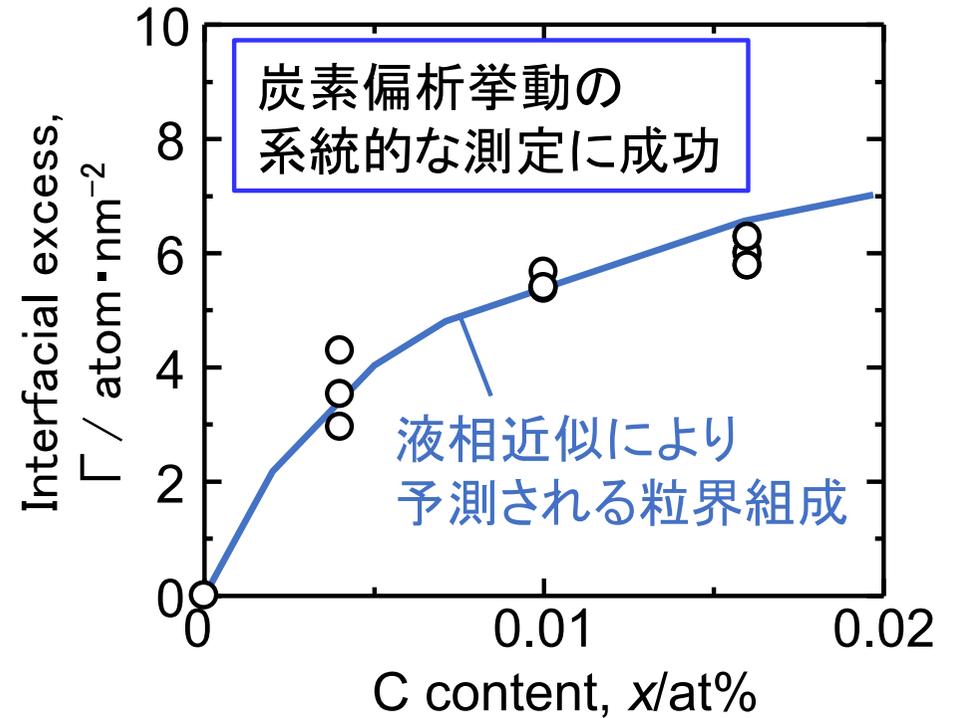
偏析量定量化 (三次元アトムプローブ)



偏析量の粒界性格依存性 (Miyamoto, Scripta Mater., 2018)



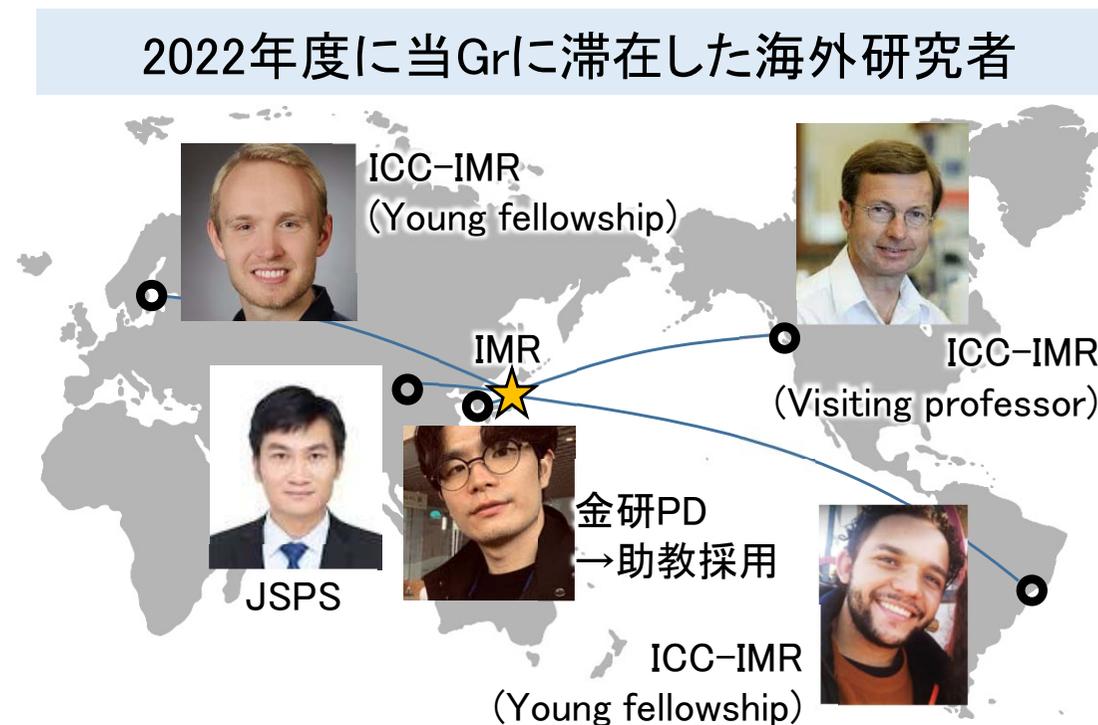
α -Fe粒界における 炭素偏析の実測



- ◆ 液相の熱力学データは既知であり、
種々の多成分系における粒界
組成が設計可能

今後の展望と目標

- ◆ 構造用金属材料におけるマルチスケール(サブnm~mm)構造制御
(量子ビーム(中性子、放射光等)や計算科学、データ科学の活用と連携)
- ◆ カーボンニュートラル時代の鉄鋼材料とは？
- ◆ 国際連携



元素機能を活用した微細組織制御による
省元素・省プロセス・高機能を究めた鉄鋼材料設計法の確立