



東北大学 金属材料研究所 附属 産学官広域連携センター

What's up!

最近の研究

- 「相界面制御による鉄鋼の高強度化設計」
低炭素社会基盤構造材料分野
(東北大学 金属材料研究所)
教授 古原 忠

Interview!

「産」に聞く!

- 株式会社ダイセル
事業創出本部 評価解析センター事業化推進グループリーダー
兼 イノベーション・パーク イノベーション戦略室主任部員
蔭山宏樹 氏

巻頭ご挨拶

日本の世界ランキング

センター長 正橋直哉

戦後高度成長を成し遂げ、先進国入りをした日本の経済は一流と称せられ、その昔マレーシアのマハティール首相は「Look East」という政策で評価しました。先人の努力の賜物であることは確かですが、日本人の勤勉実直も見逃せないでしょう。そして今、「国際機関ランキングで日本が観光地として1位」の栄誉を与えられました。交通インフラや文化遺産の指標がポイントとなったそうですが、治安の良さと清潔さ、そして日本人の優しさが評価されたのではないかとコメントを読みました。私達には当たり前のことが、現代世界では貴重な資産であるかもしれません。資源の無いわが国がこのように発展してきた背景には、上述の日本人の所作に加え、知恵と技術があり、それを支えるのが教育で、この分野への投資を疎かにしてはなりません。翻って三流と称せられる日本の政治ですが、わが国の良さを損なうことがないように私たち自身が高い民度を持つことが必要と考えます。

相界面制御による鉄鋼の高強度化設計

熱処理時に結晶構造の変化を生じる低合金鋼において相界面の構造を制御することで、材料の高強度—高延性化を図ります。

【Keywords】 相変態、薄鋼板、析出、結晶学

第二相の析出による強化は、アルミニウム、銅、マグネシウムのような相変態のない軽金属において結晶粒微細化強化とともに最も重要な強化機構である。鉄鋼における析出現象も、添加元素の固溶限が低いフェライトが主相である薄鋼板や焼戻しマルテンサイトを用いる機械構造用鋼、高温強度を維持するフェライト系耐熱鋼を中心とした析出強化、厚鋼板の熱間加工時のオーステナイトの結晶粒微細化や未再結晶組織の維持、機械構造用鋼の浸炭時の粒成長抑制など、様々な鋼種においてその重要性は疑問の余地がない。

この中で、自動車のコネクティングロッドやクランクシャフトなどに用いられる非調質中炭素鋼は、高温相であるオーステナイト状態での熱間鍛造後の冷却過程で起こるフェライト/パーライト変態時に、フェライト/オーステナイト界面で合金炭化物の析出が起こる相界面析出を高強度化に利用している。低炭素フェライト鋼でも同様の相界面析出を利用して、高強度と高延性を兼ね備えたボディ用薄鋼板の材料設計が行われている。

フェライト変態では高温相である母相オーステナイト粒界よりフェライトが優先的に核生成し粒内に向けて成長する。右上図は電子線後方散乱回折 (EBSD) 法で求めたフェライト方位マップである。母相粒界 (PAGB) より形態の異なるフェライトの成長が見られる。これらの結果を元に、塊状形態を持つ粒界フェライト (GBF) と板状または針状のウイドマンステッテンフェライト (WF) について結晶学的特徴をまとめたものを右中図に示す。粒界フェライトは粒界を形成するオーステナイト母相の片側と特定の結晶学的方位関係 (K-S 関係) を持って低エネルギー相界面を形成し、そのような方位関係の内側に優先的に成長する。一方、より低温で形成されやすいウイドマンステッテンフェライトは成長するオーステナイト側に K-S 関係を持っている。右下図の左は、材料中における元素のナノスケールでの分布を評価できる三次元アトムプローブを用いて検出した合金炭化物 VC の存在形態である。VC は、結晶学的方位関係が K-S 関係より大きくずれた相界面において頻りに核生成し、その結果フェライトが大きく強化される (右下図)。その主な理由としては、方位関係のずれが大きいほど界面エネルギーが高いため炭化物の核生成に有利であること、フェライト成長時に炭化物生成元素である V (バナジウム) の相界面での濃縮が起こりやすいため、フェライトの成長中に炭化物として析出しやすいため、が挙げられる。この結果は、相界面析出を用いたフェライト鋼の高強度化において、フェライト変態の結晶学的制御という新しい可能性を示すものである。

低炭素社会基盤構造材料分野

教授 古原 忠

(東北大学 金属材料研究所)

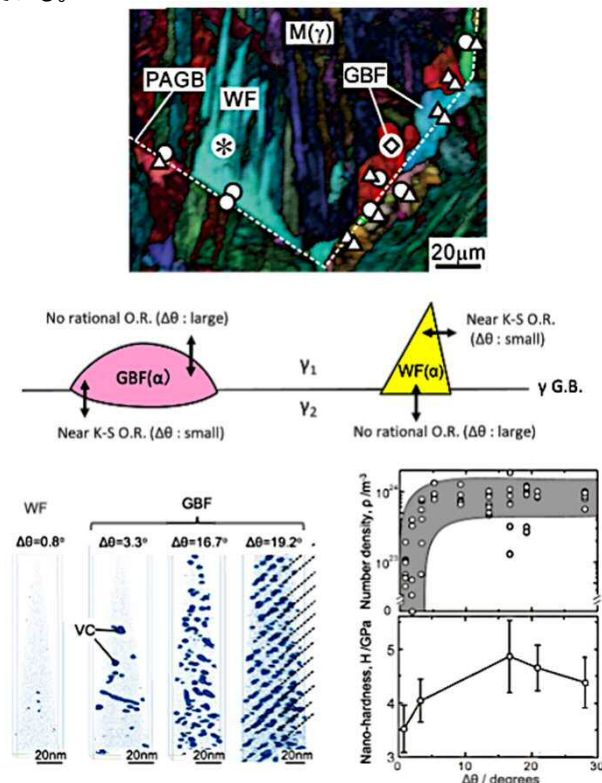
【専門】 鉄鋼材料学、金属組織学

【趣味】 読書、音楽を聞くこと



実際、介在物を核生成サイトとして粒内から塊状フェライトを生成させたり、熱間加工時に母相オーステナイトを方位分散の大きい加工硬化状態から変態させることで、フェライトの核生成・成長時に界面での方位関係をランダム化させることができ、その結果合金炭化物の効果的な微細分散化が図られる。

このように、当研究室は、鉄鋼材料の高強度化に必要な合金組成や熱処理プロセスの設計のみならず、相変態の結晶学に基づく界面制御という独自の材料設計原理の構築にも取り組んでいる。



上図：低合金鋼の粒界フェライト組織 (フェライト方位マップ)。
中図：結晶方位関係の模式図 ($\Delta\theta$: K-S 関係からのずれ角)。
下図：三次元アトムプローブで評価した相界面析出 VC の形態。
および粒子数密度とナノ硬さのずれ角依存性。

用語解説

【K-S 関係】 fcc 構造を持つオーステナイト相と bcc 構造を持つフェライト相との間で、面内の原子密度が最も高い結晶面 (最密面) と、原子が最も密に並んだ方向が、それぞれ平行を保つ結晶方位関係のこと。鉄鋼のフェライト変態やマルテンサイト変態で頻りに見られる低エネルギーの方位関係である。

株式会社ダイセル

蔭山宏樹（かげやま ひろき）氏

株式会社ダイセル

事業創出本部 評価解析センター 事業化推進グループリーダー
兼 イノベーション・パーク イノベーション戦略室 主任部員



御社の事業内容を教えてください。

（蔭山） 弊社はセルロース化学、有機合成化学、高分子化学、火薬工学をコア技術にして、化学製品、高機能材料、精密火工品システムなど、化学の枠を超え様々な分野で事業を展開している素材メーカーです（下図を参照ください）。2020年4月より「戦略ビジネスユニット（SBU）」を設置し、対象市場やお客様に主眼を置いた「マーケットイン」型の研究開発を進めております。

所属する評価解析センターでは、分析業務を通してSBUを始めとするダイセルグループ全体における課題解決に貢献すると共に、各SBUと連携しながら新規分析法の構築を進めており、私は主にそこでのマネジメント業務に携わっております。

トリガー	健康 (ヘルスケア)	安全・安心 (セイフティ)	便利・快適 (スマート)	環境
注力 市場	コスメ 	モビリティ 	ディスプレイ 	水処理
	健康食品 	IC/半導体 	センシング 	生分解性樹脂
	メディカル 	インダストリー 		

【図】株式会社ダイセルの主な事業内容

交流の中で印象に残っていることは？

（蔭山） 我々の技術力向上も兼ねて現場（東北大学金属材料研究所）での立ち合い分析をお願いしましたが、快くご対応いただきました。特に千星先生とは同郷ということが分かり盛り上がりましたが、そうでなくとも正橋先生、千星先生共にご親切で、こちらからの質問にもご丁寧にお答えいただき大変感謝しております。

様々な課題にフレキシブルに対応、
大変有り難いです。

広域連携センターは役立っていますか？

（蔭山） 弊社は有機系の素材メーカーですので無機系の材料についての専門的なご知見は非常に頼りにさせていただいております。特に弊社開発品であるナノダイヤモンド配合潤滑油における摩耗抑制機能解析や色素増感太陽電池の組織構造解析などにおいて、アカデミックな視点でのアドバイスはとても役立っており、研究開発の加速に繋がっております。

また、1つの開発テーマに縛られず、様々な課題に対しフレキシブルにご対応いただけるのは、我々のような企業の分析部門としては大変有り難い存在です。

広域連携センターと交流した経緯は？

（蔭山） 弊社の開発者が既に正橋先生・千星先生と共同研究をさせて頂いており、その開発者からの紹介が交流のきっかけになりました。現在は評価解析センターとして共同研究を実施しており、特に無機系材料の分析・評価についてご協力をいただいております。

大学や産学連携に今後期待することは？

（蔭山） 引き続き、弊社開発品における機能発現メカニズムの解明等において、種々の先端装置を用いた分析データの取得をより迅速に行うことが出来れば有難いです。

また、得られた結果に対して学術的見解・論理的考察をいただけることを期待しております。



金属加工や素材企業が密集する東大阪市にある、東大阪市立産業技術支援センターでは、東大阪地域の産業振興を目的に、「東大阪市モノづくり開発研究会」を立ち上げ、機械・金属に関する基盤技術の実習と講義を開催しています。今年のオープニングは7月26日で、正橋直哉教授が「金属の機能と組織」と題した講演を行い(オンライン開催)、3月末までに金属組織の観察や分析、そして機械的性質等の基本をテーマに開催されます。詳しいプログラムは東大阪市立産業技術支援センターのHP (<https://techsupport.jp>)をご覧ください。(教授 正橋直哉)

● 広域連携センター News ●

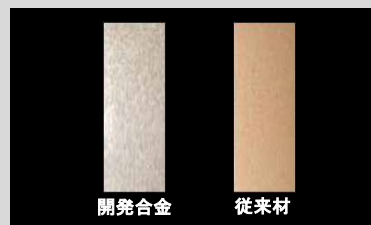
人工股関節ステム用TiNbSn合金実用化

本学花田修治名誉教授と当センターの正橋直哉教授、千星聡准教授は、本学医学研究科や企業との共同研究により人工股関節ステム用TiNbSn合金を開発し、昨年6月に厚生労働大臣から薬事承認を得ました。この合金はヤング率が大腿皮質骨に近く、チタン合金として世界最小値を示し、応力遮蔽による廃用性骨萎縮の抑制が可能となりました。TiNbSn合金製ステムはすでに医療機関に提供されていますが、現在、さらなる量産化のための作業を共同研究企業と実施中です。(教授 正橋直哉)



高強度・高耐食性導電材料の開発

DOWAメタルテック(株)と当センター 千星准教授との共同研究により、携帯電話カメラ用のVCM板ばね向けのCu-Ni-Al合金を開発しました。この合金の強度(引張強度)は1,400 MPaを超え、銅合金の中では最高レベルとなります。外観は一般的な高強度型銅合金(例えばCu-Ti合金)の赤金色と異なる精美な銀白色を示し、耐変色性および耐食性に優れるのも特徴です(右図)。この成果をまとめた記事は日本金属学会会報誌「まてりあ」(第60号(2021)119-121)に掲載されました。(准教授 千星聡)



コ ラ ム

新型コロナウイルスの蔓延が始まって、今年で3年目に入りました。大学の講義も対面方式が復活し、徐々に元の社会生活が戻りつつありますが、まだまだ安心できる状況ではありません。長期間のコロナ禍の社会生活にあって、人と人との接触が大きく制限され、様々な会議やイベントもオンライン化されて社会の様相も一変し、それに伴って、人々の価値観は大きく変化し、人々が求める未来社会のあるべき姿も大きく変化してきたように思えます。

ある新聞記事によると、世界各地から大都市の大気汚染が大幅に改善したという報告が相次ぐとともに、世界のCO₂の排出量は2019年度比で約17%減少し、日本でもほぼ30%の減少が報告されています。昨年4月までの日本のCO₂削減目標は、2030年までに2013年度比で26%減とされ、当初は乾いた雑巾を絞るようなものと実現が危ぶまれていました。しかしながら、我々はこの目標を僅か2年で大きく超えて達成してしまったことになります。

今回のコロナ・パンデミックは現代社会の脆弱性を露呈しましたが、同時に、美しい地球環境の回復や、ゆとりある社会構造の構築といった、未来社会のあるべき姿を教えてくれたとも言えます。コロナ禍を体験して、人に本当に必要なものとは何か、人の幸せとは何かといったことを改めて考えさせられました。

革新グリーン材料設計分野
客員教授 山崎 徹
(兵庫県立大学名誉教授、特任教授)
(兵庫県立工業技術センター所長)



産学官広域連携センター

Trans-Regional Corporation Center for Industrial Materials Research.

編集・発行

<http://www.trc-center.imr.tohoku.ac.jp/>

mail: kouikioffice.imr@grp.tohoku.ac.jp



大阪オフィス

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2

大阪公立大学 研究推進機構棟(C10棟)8F

TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375

兵庫オフィス

〒671-2280 兵庫県姫路市書写2167 兵庫県立大学

インキュベーションセンター2F

TEL/FAX 079-260-7209

仙台オフィス

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

TEL 022-215-2371 FAX 022-215-2137

MOBIO (クリエイション・コア東大阪)

〒577-0011 東大阪市荒本北1-4-1 (南館2F-2201室)

TEL 06-6748-1023 FAX 06-6745-2385