



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

- 「Cu-Ni₃Al擬二元系状態図の構築と利用」
環境・エネルギー材料分野
(東北大学 金属材料研究所)
准教授 千星 聡

What's new!

プロジェクト紹介

- 兵庫県最先端技術研究事業 (COEプログラム)
【可能性調査・研究】新規採択研究プロジェクト
次世代機能材料分野
(東北大学 金属材料研究所)
特任准教授 網谷健児

巻頭ご挨拶

教え子から学ぶ楽しみ

センター長 正橋直哉

この時期の大学は、卒論審査が終わり、学生達は社会へ旅立つ日を待っています。私事で恐縮ですが、企業在職時「ビジネスプランを作れ」と教えられました。大学着任後、この言葉を聞くことはないと思っていましたが、昨今の大学は収益確保に躍起で、この言葉の重みを感じています。お金を頂くには、見返りを提供しなければなりません。大学の見返しとは何でしょうか。判り易いのは「品物」ですが、大学は製造現場を持ちませんから除外です。次に「知的財産」が浮かびますが、知財に値段をつけるのは簡単ではありません。弁護士の相談料が参考になるかもしれませんが、金額算出の根拠形成は難しく、結局は安易な時間課金となります。この問題の解決に、産学連携が役立つと考えます。学は産からビジネススキルを学び、共同で有形無形の見返りを創り、そこから収益を得ます。近い将来、就職した学生達からビジネスプランの作り方を学ぶのではと期待しています。

Cu-Ni₃Al擬二元系状態図の構築と利用

材料開発をするときの「地図」と称されるが「状態図」。信頼性の高い状態図を得るための基盤研究にも鋭意取り組んでいます。

[Keywords] 導電材料、銅合金、状態図、熱処理(時効)

Al、Cu、Niの三成分を基本成分にした合金群には学術的にも実践的にも有用なものが多く含まれています。例えば、Al基およびCu基合金は機能性非鉄材料として、Cu-Al系やNi-Al系は形状記憶合金として、Ni₃AlやNiAlは高温構造用材料の強化相として、Al-Cr-Cu-Ni-Fe系ハイエントロピー合金の構成要素として関心が高いです。殊に、Cu母相中にNi₃Al粒子を微細分散させた時効析出型Cu-Ni₃Al合金は従来の銅合金の中でも最高クラスの強度特性を示すために、電子素子用接点材料として注目されています。

今後、本系にて組織制御による特性改善を効率的に推し進めていくためには、組成と温度を変数としたCu-Ni₃Al擬二元系状態図^[*]は必要不可欠な基盤データとなります。図1には、当グループで提案したCu-Ni₃Al擬二元系状態図を紹介します。本状態図は、組織観察、熱分析(DSC)、TEM-EDSによる局所的組成分析、および電気抵抗測定などの実験的手法により構築したものです。本状態図は共晶系に属します。つまり、液相(Liq.)から凝固させると、面心立方晶(fcc構造、Al)をもつ銅固溶体相と、fcc規則構造(L1₂)をもつNi₃Al相の二つの固相が同時に晶出する反応を有します。

本系のCu固溶体単相領域では、Cu固溶体へのNiやAlの固溶が比較的強い温度依存性をもつことは特筆すべき特徴です。つまり、高温になるほど多量のNiとAlが固溶しますが、低温になるとNiやAlが固溶しきれなくなるためCu母相中にNi₃Alが析出します。本系ではCu固溶体中へのNiとAlの過飽和度や過冷度を幅広く選択できるため、Cu中のNi₃Al粒子の析出量や大きさを多様に変化させることが可能になります。

図2には、Cu-26.7 at.% Ni₃Al(Cu-20 at.% Ni- 6.7at.% Al)合金を1000°Cで溶体化処理した後に、600°Cで時効したときの微細組織を示します。1000°Cで溶体化材したときはCu固溶体単相ですが、600°Cで時効するとCu固溶体中に大きさ数10nmのNi₃Al粒子が高密度に析出します。Cu固溶体とNi₃Alの結晶構造はよく似ているので、母相に対してNi₃Al粒子は整合性が高いということも特徴です。このような組織をもつことに起因して顕著な高強度化が起こります。また、Ni₃Al粒子が析出すると同時に、Cu中のNiとAl固溶量が低減するため合金の導電性は向上されます。結果として、強度ー導電性バランスに優れた合金が得られます。

■用語解説

*【Cu-Ni₃Al擬二元系状態図】本来はAl、Cu、Niの三元系だが、Ni₃Alを一つの成分としたCuとの二元系とみなし、横軸にNi₃Al(Cu)組成、縦軸に温度をとった状態図

環境・エネルギー材料分野

准教授 千星 聡

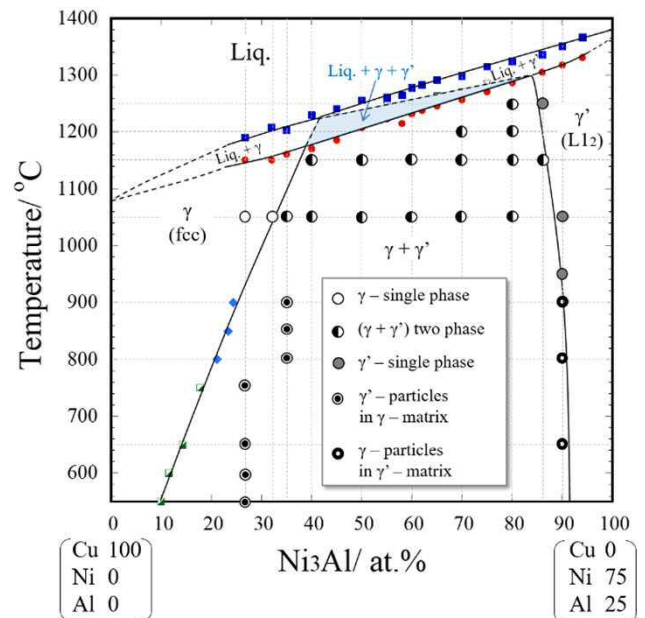
(東北大学 金属材料研究所)

[専門] 金属組織学、加工プロセス

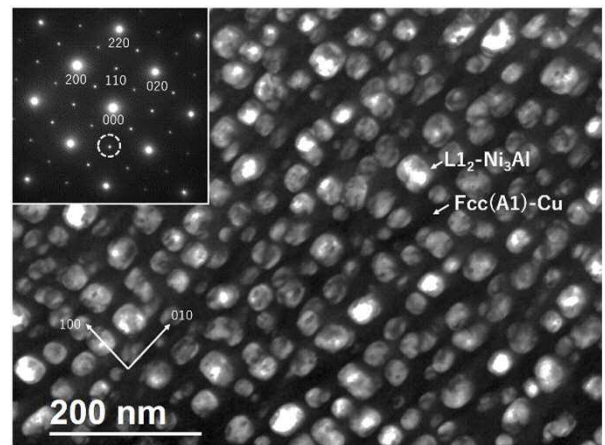
[趣味] テニス、囲碁、広島東洋カープ



昨今ではデータベースの構築が進み、二元系状態図はほとんど整備されています。計算状態図の進展も著しく、多元系合金の状態図も精度よく予測できるようになりつつあります。一方、より信頼性の高い計算状態図を得るにはまだ実験による検証は不可欠です。今後も状態図に関する研究を大切にしていきたいです。



【図1】本グループが作成したCu-Ni₃Al擬二元系実験状態図



【図2】Cu-26.7 at.% Ni₃Al合金の透過型電子顕微鏡(TEM)像。Ni₃Alに対応する回折斑点(左上 電子回折図形の点線円)で結像しているため、銅母相(暗部)中に大きさ数10 nmのNi₃Al粒子(明部)が分散している様子が観察される。

兵庫県最先端技術研究事業（COEプログラム）

兵庫県は、阪神から播磨の瀬戸内海沿岸を中心に、全国有数の金属素材製造・加工企業が集積し、「ひょうごメタルベルト」を形成しています。これらの産業の高付加価値化を目指し、兵庫県立大学では、「金属新素材研究センター」を設置しました。本研究センターは、電子ビーム型とレーザビーム型の2種類の「金属用3Dプリンタ」を導入し、従来の鋳造や切削加工技術では作製不可能な製品試作を可能にしており、金属3Dプリンタを用いた試作などにより3Dプリンタの導入・活用が困難な中小企業の支援も継続しています。

一方、兵庫県神崎郡市川町を中心とする播磨北部地域は、ゴルフアイアンが日本で最初に誕生した地域であり、現在、日本最大のゴルフパターヘッドの生産拠点となっています。しかし、中国製の安価な金属加工品の利用が普及し、近年はゴルフパターヘッドの金属加工部品の大半は海外へ依頼加工し、本産業分野は技術流出と価格競争に晒されています。この現状から脱却するため、ゴルフクラブ製造メーカの(株)東邦ゴルフは、ゴルフパター製造で金属3D積層技術を用いる可能性について検討するべく、本研究センターで試作を開始することになりました。その共同研究の一部を、「ゴルフクラブヘッド製造のデジタルイノベーション調査研究」と題し、兵庫県COEプログラムとして実施しています。プログラムでは、ゴルフクラブヘッド形状の寸法精度だけでなく、ユーザの抽象的なニーズとヘッド設計および試作までを繋ぐため、衝撃特性等のヘッド特性の評価データ蓄積を行います。



図1 試作したゴルフパターヘッド。左：中空品、右：ラティス構造品

第一次試作として、積層条件が開示されているSUS630粉末でパターヘッドの試作を開始しました。図1に試作したゴルフパターの例を示します。図1左は、フェイスより内部を中空にすることで軽量化を狙った設計になっており、図1右は表面にラティス構造を付与することにより、意匠性の向上と約15%の軽量化を図っています。

COEプログラムでは、この試作パターの特性評価をしており、ゴルフボールの落下試験やパッティング試験を行っています。図2にパッティング試験の一例を示します。重心位置からトゥ側またはヒール側に20mmずらしてパッティングした際のボールの転がり方向を示しました。コントロール重視の低反発ボールを使用した際には、市販パターも試作品も転がり方向のずれは同等ですが、飛距離重視の高反発ボールを用いた場合、試作品は市販パターの1.7～2.4倍のズレが生じることが分かりました。試作品は市販品よりもパターの反発係数が高く、高反発のボールを使うとパターの違いが大きく観察された結果だと考えられます。パッティングは安定した方向性や距離感が求められますから、試作品はまだ市販品のレベルまでには達していないと思われます。現在、振動などの計測や、パターの材質変更などを実施し、さらなる改善を行っており、個々のプレーヤーが望む Tailor-made パターが3D金属プリンタにより作製され、ユーザの手に渡ることを目標に日々検討を行っております。

（特任准教授 網谷健児、プロジェクトリーダー）

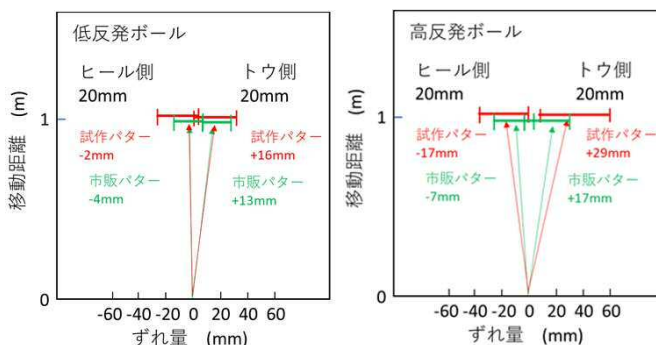


図2 市販および試作パターを用いて、重心位置からずらしパッティングしたボールの転がり方向。

左：低反発ボール、右：高反発ボール

イベント報告 *Close up!*

■ものづくり向上セミナー2022「金属材料の最新動向」（1月26日(水)）

当センターが協賛する標記のセミナーが、尼崎リサーチ・インキュベーションセンター（ARIC）にて開催されました。兵庫県立大学竹内章教授から「コンピュータを駆使した新合金の開発と鉄合金の実証」、当センターの網谷から「溶融金属からの急冷を利用した金属新素材の開発」と題して講演を行い、新素材開発に対し、コンピュータ支援から試作ビデオでのプロセス紹介まで、開発過程の川上から川下に至る幅広い話題を提供できました。当日は、新型コロナでの開催制約の中、25名の参加があり、講演者と参加者間の意見交換も行われました。（特任准教授 網谷健児）



講演会場の様子



この3月末をもちまして東北大学を退職することになりました。長い間、皆様方には本当にお世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。私が金研に着任いたしましたのは大阪センターが発足した平成18年ですので、この間ずっとこの連携の枠組みとともに歩んできたことになります。当時、産学連携という枠組みは珍しいものではありませんでしたが、一方で大学と大学がこれほどまでに積極的に協力しながら産業界を支援していく仕組みは当時では、そしておそらく現在でも、新しい試みであったと思います。

初代の井上明久先生を引き継ぐ形でセンター長を拝命してからは毎週のように大阪と仙台を往復し、大阪府立大学や東大阪のクリエイション・コアを訪れたことが昨日のこのように思い起こされます。

特に、右も左もわからない私どもにとりまして、大阪府、兵庫県、宮城県をはじめとする行政の方々の温かいご支援は貴重でした。ゆうに数千を超える企業に対するサポート体制はもとより、一つ一つの企業における技術内容を熟知されているコーディネータ、そして行政の方々の幅広い知見がなければ我々はここまでやってこれなかったことは火を見るよりも明かです。さらに技術相談や共同研究を通して、まさに日本の産業界を底辺から支えるものづくり企業の現場におられる方々との対話からは学ぶものが山のようにありました。中小企業の方々とお話しをさせていただいているうちに、何度、大学人の知識が教科書的な内容に終始したものに過ぎず、ものづくり現場から求められている高い次元からは程遠いことに気が付かされたことでしょう。「産業は学問の道場なり」と語るのには容易ですが、一つ一つの技術とその背後に潜む科学は千差万別で、そこには王道はないことを今更ながら痛感した次第です。また、数々のセミナーを通して企業の方々の熱意に触れることができたことも私にとっては幸運でした。特にセミナー後の交流会では本音で技術的な内容や産業界を囲む政治・経済の流れをお互いに語ることができ、業務の枠組みを超え、一個人として多くのことを学ばせていただきました。

また産学連携を超えて、小中学生から一般向けのセミナーも数多く担当させていただき、大学人のひとりとして科学と技術を伝えていくことの重要性を感じています。そのような観点から今までの教材をまとめて動画にしましたので、お時間のあるときにご覧になっていただければと思います。



話は変わりますが、平成16年に旧国立大学が法人化したことが一つのきっかけとなり、日本全体として大学における装置を一般に開放し、装置共用によるイノベーションを進めていこうという動きが近年、高まっています。つい先日文科省研究基盤課において検討されてきた「大学等における研究設備・機器の共用化のためのガイドライン」のほぼ最終版となる内容が公開されたばかりです。私も今後、電子顕微鏡を中心とした構造解析技術を通して、産業界における研究開発に微力ではありますが、貢献していく所存でおります。

末筆ではありますが、皆様のご健勝と益々のご発展を祈念しております。ありがとうございました。

コ ラ ム

最近よく SDGs という言葉を耳にします。2015年、国連によって採択された sustainable development goals の略で、17の目標(goal)から構成されています。(日本語では持続可能な開発目標と訳されることが多いのですが、development には発展や成長といった意味もあり、内容によっては発展目標と呼ぶべき項目も多々あります。) このSDGs は今世紀に入って謳われたMDGs(ミレニアム開発目標)を継承した内容を骨子に、地球環境を守るための項目が多数、加えられていることが特徴です。たとえば、「気候変動」や「陸上生態系、森林、砂漠化、生物多様性」などです。このことは人類の生産活動が地球の存在そのものを揺るがすものとなったことへの危機意識の現れともいえるでしょう。現在世界の人口は約78億人、ここ10年で10億人も増加し、地球全体の哺乳類の36%を占めるようになりました。そして60%は家畜類ですから地球は人類のためにあるかのような錯覚に陥ってしまいます。実際には地球は有限ですから、人間だけがその存在を謳歌するわけにはいきません。この地球の限界は「プラネタリーバウンダリー」と呼ばれ、また地質年代でも「人新世」という新たな時代を迎えようとしています。「人は自然の一部に過ぎない」というレイチェル・カーソンの言葉を噛みしめる今日この頃です。

先端分析技術応用分野
教授 今野豊彦
(東北大学 金属材料研究所)



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: koukioffice.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-2207室)
TEL 06-6748-1023 FAX 06-6745-2385

※ 本誌の内容を掲載あるいは転載される場合は事前にご連絡下さい。