



東北大学セミナー in MOBIO-Café
MOBIO(クリエイション・コア東大阪)
大阪府東大阪市



大阪府立大学
中百舌鳥キャンパス生協食堂
大阪府堺市中区



東北大学
片平キャンパス食堂「さくらキッチン」
宮城県仙台市青葉区

愛宕山公園シャクヤク園 (宮城県加美郡色麻町)



4月を迎え企業にも大学にも初々しいメンバーが入ってきました。6年計画の関西センター事業はこの3月で折り返しの3年を終え、後半に突入しました。前半を振り返り、対象地域が前身の大阪センターの大阪府から関西全域に拡大し、交流する企業の数が飛躍的に増加しました。また、企業との共同研究が花開き始め、幾つかの成果が出たことも喜ばしいことです。一方で、私たちの活動の原資である文部科学省の予算が年々減額となり、円滑な活動に支障をきたし始めている点を危惧しています。昨今は、大学による産学官連携活動は目新しくありませんが、関西センターのように専従の教員を多数配置している組織は我が国では稀有です。関西センターが大阪に来て良かったと皆様から評価してもらえるように、そしてこの活動が広く認めて頂けるように、これまで以上に活動に尽力する所存ですので、どうぞ宜しくお願い申し上げます。

CONTENTS 目次

1ページ

表紙メッセージ / 関西センター長 正橋直哉 教授

2ページ

最近の研究 /

「環境低負荷社会実現への材料科学の貢献」
応用生体材料分野
中平 敦 教授・佐藤充孝 助教

「鉄鋼の表面硬化における元素機能の解明」
低炭素社会基盤構造材料分野
古原 忠 教授・宮本吾郎 准教授・紙川尚也 助教

3ページ

トピックス / 「マイクロデバイス実装における極微量塗布ポンプ用
ローター casting 技術の開発」
次世代機能材料分野 早乙女 康典 教授
網谷 健児 准教授・福田 泰行 教育研究支援者

イベント報告 / 東北大学セミナー in MOBIO-Café

4ページ

関西センターNews / 関西センターの活動が日刊産業新聞に掲載
編集後記 / 次世代機能材料分野
早乙女 康典 教授

環境低負荷社会実現への材料科学の貢献

応用生体材料分野

中平 敦 教授・佐藤 充孝 助教

利便性の高い現代社会は、エネルギーはもちろん多くの鉱物資源を基にして製造される物質・材料により支えられています。また、これら物質・材料の製品化および廃棄時には、多くの廃棄物が生じます。比較的単価の高い物質の場合はリサイクルされ得ますが、他の大部分の廃棄物は、コスト的にもリサイクルが難しい場合が多いのが常です。

これまで私たちの研究室では、無機系廃棄物やバイオマス系廃棄物など多様な材料系においてその有価物への転化に関する研究、例えば、スラグなどの利材化、焼却灰の利材化、各種廃ガラスの利材化、廃液中のスラッジの利材化、廃建材の利材化、廃石膏や貝殻の利材化、動物骨や魚骨(鱗)の利材化、火山灰やシラス等の利材化、粉砕や竹材、パガスなど多種多様な廃棄物の研究を進めてきました。

例えば、スラグや廃ガラスなどの廃棄物は、日本のみならず世界各地で大量に発生し、その利材化が求められています。これら廃棄物は、Si源やAl源として有用な廃棄物と考えられ、SiやAlとしての再資源化が有効です。例えば、最近よく耳目を集めるゼオライトはSi-Al-O系の材料です。ゼオライトは、3次元的にオングストロームオーダーのナノ細孔をもつ多孔材料であり、触媒材料、分子ふるい材料、イオン交換材料などの様々な有用な用途が期待されます。最近、ニュースなどではCsなどの放射性元素の捕集除染材料としてもゼオライトは良く知られていますが、さらに、他の重金属イオンの捕集材料として、水質浄化や土壌浄化に有益な無機材料です。図1は、スラグや廃ガラスなどの廃棄物から合成したゼオライトです。この廃棄物から合成したゼオライトはA型ゼオライトであり、水処理や重金属イオン交換材料として有用

です。

このように多くの廃棄物はその構成成分から「Si源」、「Al源」、「Ca源」、「Mg源」、「P源」、「S源」などとして位置付けられ(図2)、この成分を基にして有効利用できれば、リサイクル社会や環境低負荷社会の実現、持続的社会的システムの構築に大きく貢献できると期待されます。

実用化に向け、廃棄物のリサイクルには、より高い付加価値の実現、多機能化や高機能化、低コスト化など、現在解決困難な多くの問題を解決するアイデアやプロセス実現が不可欠であり、今後も、研究を進めていく意義は大きいものがあります。

これらの廃棄物を環境浄化のための有価物としてリサイクル材料に転換できれば、廃棄物処理として環境負荷低減に役立つばかりでなく、さらに環境浄化材料などの有益な材料への転化すれば、汚染環境の浄化にも貢献できるので、二重の意味で環境負荷低減への貢献が期待できます。

実用に向けては、様々な解決すべき難問も多いですが、廃棄物から環境関連セラミックスの合成研究を知恵を絞って進めることは、現在の多消費社会を持続的社会的に換えるために必要な重要なテーマです。今後も、廃棄物をより新規微細構造を有する高機能マテリアルの開発研究に展開することで、「廃棄物(ごみ)を有価物へ展開」するための基礎研究を進めていく予定です。

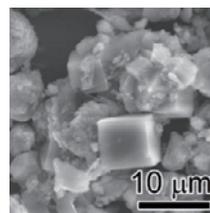


図1 廃棄物からゼオライト合成

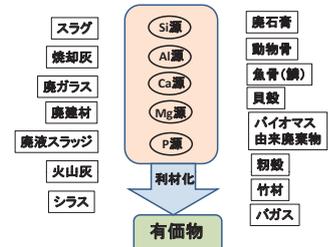


図2 廃棄物の利材化

鉄鋼の表面硬化における元素機能の解明

低炭素社会基盤構造材料分野

中原 忠 教授・宮本 吾郎 准教授・紙川 尚也 助教

鉄(Fe)に他の元素を添加することで種々の機能が引き出されますが、鉄の結晶構造中の格子間に入る侵入型元素(水素(H)、ボロン(B)、炭素(C)、窒素(N)、酸素(O))は、軽元素であり資源として豊富なだけでなく、金属に微量に添加するだけで高機能を発現できる有効な元素にも有害な不純物元素にも成り得ます。軽元素の存在状態は、種々の格子欠陥や添加合金元素との原子間相互作用の影響でそれぞれ異なり、それにとまって力学特性も大きく変化します。私たちは、鉄中の合金元素間の相互作用、点欠陥、転位、粒界/界面といった格子欠陥と各種元素の相互作用を、精緻な物性測定、最先端ナノ解析と計算材料科学の統合により解明するとともに、マイクロ・ナノアロイング技術を駆使し、可能な限りレアメタルフリーでの鉄鋼材料の高強度化、高延性・高靱性化の材料設計原理の確立を目指しています。

その中の主要課題として、鉄鋼の表面硬化熱処理の1つである窒化における窒素と合金元素の相互作用に起因したナノクラスタリング挙動の解明があります。窒化処理において、クロム(Cr)、アルミ(Al)、バナジウム(V)、チタン(Ti)等、窒化物生成傾向の強い元素を含む鋼に、ガスやプラズマ、塩浴などの雰囲気下で表面から窒素を侵入させると、非常に微細な合金窒化物が高密度に生成し、表面硬度が著しく増加します(図1)。しかしながら、硬化層は表面から1mm以下の厚さの領域であるとともに、生成する窒化物が数ナノメートルのサイズであるために、組織と硬化挙動との関係については不明な点が多く残されています。しかしながら、近年は最先端ナノ解析技術を用いることで、図2のような硬化層中の窒化物の分散状態の定量評価が可能になってきています。

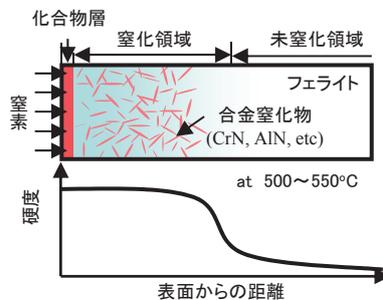


図1 鉄鋼の窒化組織の模式図

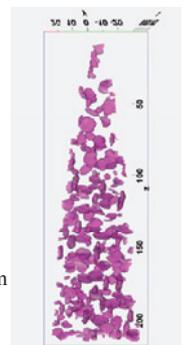


図2 Fe-Crフェライト合金中のCrNの分布(3次元アトムプローブ)

実用の窒化用鋼材は、機械構造部品に用いられる特殊鋼であり、多種類の合金元素が添加されています。私たちは、これらの鋼における元素の複合添加が窒化物生成と硬化挙動におよぼす影響をナノ解析技術を用いて研究しています。図3にAlとCrを複合添加した場合の影響を示しますが、Al単独添加では窒化物の生成が遅く硬化が見られないのに対して、Vを複合添加すると、窒化物生成が促進され大きな表面硬化が起こります。このような硬化促進は、非平衡なV-NクラスタリングがAlNの析出を誘起し、単独の元素添加では得られない微細かつ高密度の複合窒化物が生成するためであることが、ナノ解析により明らかになっています。元素添加のシナジー効果を効果的に利用するためには、元素の相互作用の本質を理解することが必要不可欠です。私たちは、特性制御の指導原理の確立のため、基礎的かつ系統的な研究を今後も推進していく予定です。

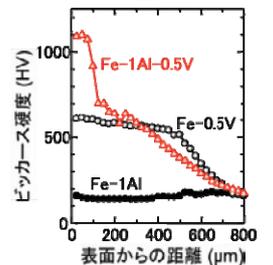


図3 合金元素(Al, V)の複合添加による表面硬度の変化

金属ガラスは、その優れた機械的特性に加えて、アモルファス構造に特有な超高耐食性やナノ成形特性に優れた新材料で、21世紀に最も期待される材料の一つです。本研究室では、金属ガラスの材料開発と共に、その実用化開発研究を関西地区の企業と共に行っています。そこで、ここではそうした例を紹介し、開発プロジェクト名は「マイクロデバイス実装における極微量塗布ポンプ用ローター鑄造技術の開発」で、中小企業庁の戦略的基盤技術高度化支援事業として行われました。研究実施機関は、エイシンテクノベルク株式会社、東北大学で、平成23～25年度の3年間行われました。

極微量塗布ポンプは、「モノポンプ」、「回転容積式一軸偏心ねじポンプ」と呼ばれるポンプで、高粘性液体や固形物含有液体、各種酸アルカリ液を、無脈動・定量移送することが可能であるところに特長があります。その構造を図1に示すと、螺旋状のローターと雌ねじにあたるステーターから構成されています。ステーターの断面には図1に示すように長円形・形状の空洞が形成されており、この空洞にローターが差し込まれると、一連の独立した隙間（キャビティ）が形成されます。ローターがステーター内で回転すると、回転の進行と共にキャビティが吐出側へと移動します。そこで、キャビティ内に吸入された液体は、密閉された空間ごと、吐出側へと連続移送されていきます。こうして、液体の粘性に依存せずに定量で移送できることや、例えば納豆の粒を潰さずに定量し、箱詰めできることなどから、食品から化学、電機、自動車、上下水道をはじめ、幅広い分野で用いられています。さて、スマートフォン等、情報機器、マイクロデバイスの高集積化・実装では、基板実装用のはんだペースト、UV樹脂、接着剤などの高粘性流体を極めて微量で定量塗布するポンプ（ディスペンサー）が求められています。そこで、超微量塗布ポンプの実用化を目指して、複雑な螺旋ねじ形状のローターとカップリングロッドを一体かつ高精度で鑄造成型を行うことにより、ポンプのダウンサイジング化をはかり、塗布微小線幅0.06mmを実現しようとするプロジェクトが発足しました。

このプロジェクトでは、高強度材である金属ガラスの、2%にも及ぶ大きな弾性変形が可能であることに注目し、従来用いられてきたユニバーサルジョイントを廃することにより、部品点数と構造の簡略化、ポンプの小型化を目指しました。更に、これによりロボットへの搭載が容易で作業性が向上します。また、従来精密機械加工により製作されていたものを、金属ガラスの鑄造加工に変更することにより、「ローター+カップリングロッド」の一体成型が可能である点に着目しました。

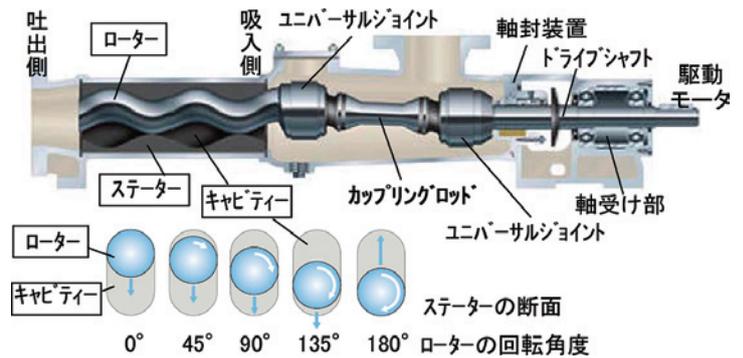


図1 モノポンプの構造 (http://www.mohno-pump.co.jp/)



図2 ローター+カップリングロッドの一体成型(金属ガラス)

金属ガラスの鑄造に際しては、急速冷却によってその結晶化を抑制し、鑄造欠陥のないアモルファス構造の精密構造部材を得ることが重要です。そこで、新たに専用の小型鑄造装置の開発を行い、加工条件の最適化を行うことにより、図2に示すような、最小直径0.7mm、長さ38mmの変断面を有するシャフトを製造することが出来ました。このシャフトを組み込んだモノポンプは、従来の塗布線幅0.1mmに対し、0.06mmを実現しましたが、ポンプの全長も従来比48%の全長97.5mmと小型化を達成することが出来ました。

以上の開発により、金属ガラスのマイクロデバイス分野への実用化の有効性が実証されるとともに、マイクロサージェリーや再生医療分野など、新たな分野でのデバイスの利用が期待されています。

次世代機能材料分野 早乙女 康典 教授
網谷 健児 准教授
福田 泰行 教育研究支援者



イベント報告 *Close up!*

■東北大学セミナー in MOBIO-Cafe (2月24日(月))

自動車やスマートフォンなど、私たちの生活はナノテクノロジーで支えられています。一方、企業における研究のリソースを広く外部に求めるオープンイノベーションという開発スタイルも、世界の潮流となっています。このセミナーでは「ナノテクノロジーとオープンイノベーション」と題し、身近なナノテク技術の紹介から始まり、バブル崩壊後の産学連携の系譜をたどり、また、国内外のオープンイノベーションの枠組みを概観することを通して、企業の技術力の底上げをみなさまと一緒に考えることができました。関西圏ものづくり企業と金属材料研究所の間には、長い共同研究の歴史があり、それはオープンイノベーションに他なりません。今後も、私どもナノテク融合技術支援センターや関西センターの産学連携活動が、少しでも企業のみなさまの強い競争力に結びつければ幸いです。

先端分析技術応用分野 今野豊彦 教授



金研関西センター News

関西センター事業の報道紹介

2月13日付の日本経済新聞の「知の明日を築く」、および2月14日付の日刊産業新聞において、関西センターの産学官連携活動記事が掲載されました。記事では大阪センター開設から都合8年間の関西における産学官連携活動の実績に加え、産学官連携活動の問題点と今後の展望が紹介されています。なお、日本経済新聞の電子版には、正橋センター長へのインタビュー記事が掲載されました。

編集後記

3月初旬にクリエイション・コア東大阪で開催された、ものづくり中小企業を対象とした国の予算事業説明会には多数の方々が参加されました。自己資金でのみでは難しい挑戦的な技術開発や企業環境の整備への支援など、申請に関する説明会も開かれています。さて、申請書の作成には、技術開発の背景や動向、目的、従来技術に対する新技術の優位性と課題、具体的な解決手法と開発スケジュール、参加メンバーの役割分担、期待される効果と事業展開、等々についての記述が求められます。手間がかかると言われますが、社内での議論を通じて、記述事項に関する認識と共通理解が深まり、新規事業への参画を通じて、若い技術者に意欲と夢が広がる効果も期待されます。さらに、産官学のそれぞれの立場を超えたコミュニケーションからは、問題解決の方法や自社技術、競争力の新たな発展も見えてきます。申請書作成の費用対効果は絶大です。(平成26年3月)

次世代機能材料分野
早乙女 康典 教授



「芍薬(シャクヤク)」花言葉：慎ましやか、清浄



Kansai Center

東北大学 金属材料研究所
附属研究施設関西センター

KANSAI CENTER for Industrial Materials Research,
Institute for Materials Research, Tohoku Univ.

編集・発行

<http://www.kansaicenter.imr.tohoku.ac.jp/>
Email : kcoffice@imr.tohoku.ac.jp

大阪オフィス

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2
大阪府立大学 地域連携研究機構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 079-260-7209 FAX 079-260-7210

仙台オフィス

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
TEL 022-215-2124 FAX 022-215-2126

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