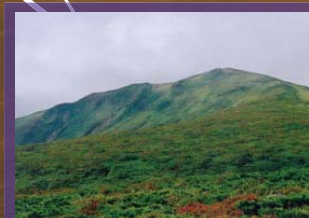




第78回 夏の学校  
クリエイション・コア東大阪  
(大阪府東大阪市)



与謝野晶子像  
大阪府堺市堺区(南海本線堺駅西口)



栗駒山  
宮城県栗原市(栗駒国定公園)



農業園芸センター  
宮城県仙台市若林区



さわやかな秋の風が季節の移り変わりを心地よく伝えてくれる今日この頃ですが、皆様方はいかがお過ごしでしょうか。私ども大阪センターも産学連携を実りのあるものとするために、今まで以上の努力をしていく所存であります。

気候の安定したこの季節は様々なビジネスマッチングを通じた新たな出会いの場でもあるようです。各地で毎週のようにセミナーなどのイベントが開催されますが、その一つ一つが将来に向けての可能性を秘めていると思うと身の引き締まる思いがいたします。実際、私共が2年前、この大阪の地で活動を開始したときに初めてお話した企業の方々との共同研究が、最近になって少しずつ光触媒や耐熱材料などの分野で目に見える成果として出てきています。この秋も大阪と仙台、企業と大学という立場の相違こそありますが、逆に異なった背景を持つ両者がじっくりと腰を据えて考えることによって新しい発想が生まれてくるものと信じ、私共は初心を忘れることなく一つ一つの出会いを大切にしていきたいと思えます。

一方、大学のもつ本来的な使命はやはり基礎研究における真理の探求にあるでしょう。しかしそれは生産現場から離れていることを意味しているわけではありません。あのニュートンでさえ17世紀の終わりに造幣局長官として冶金学と化学の知識を駆使することにより、変造貨幣に悩まされたイギリスを救っているのです。このように物質を社会が利用できる材料として育てあげるために必要な個々のプロセスには、対応する学問分野が必ず存在します。私共はこの涼しい秋を利用して少しずつこういった基礎的知識を体系的にご紹介できるプログラムも始めたいと思っています。

生体材料の高性能化に向けたバイオセラミック研究

2005年、65歳以上の占める日本の人口は2500万人を超え、総人口に占める65歳以上の割合(高齢化率)が20%を超えました(図1)。また、これには少子化問題や団塊世代退職とが密接に関わっており、解決が難しい問題です。長寿命社会の到来は本来望ましいことですが、日本や欧米各国のみならず、多くの国々が近々に直面する課題です。そのため、高QOL(質の高い日々の生活)維持のため、高性能な生体材料の開発が現在強く求められています。

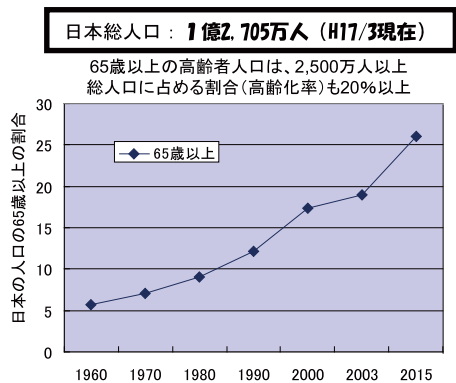


図1 日本の65歳以上人口の割合 「厚生労働省データより」

生体材料に関する研究には、「代替骨開発」ならびに「骨充填材開発」の2方向の研究が必要ですが、昨今、高齢者人口の増加と共に、特に、「代替骨開発」が重要であり、現状の代替骨に変わる新しい次世代型代替骨研究(主に関節部位材料)の進展が急務です。

新次世代型代替骨には、強度および疲労や摺動などに対する長期安定性、低コストで高信頼な材料開発が不可欠である為、金属ベースの材料を基に、その表面に骨結合促進のためにリン酸カルシウムやバイオガラスなどをコーティングした生体高活性な関節部位材料に関する研究が極めて有望であり、その実現に向けて必要なのは、金属へのバイオセラミクス材料のコーティング並びに複合化のための新規プロセス開発に関する研究、金属と異種のバイオセラミクス材料間の界面構造評価とその最適設計に関する研究、それら研究の基本となるバイオセラミクスに関する研究が重要であり、当研究グループでは図2に示すような研究をメインに進めています。

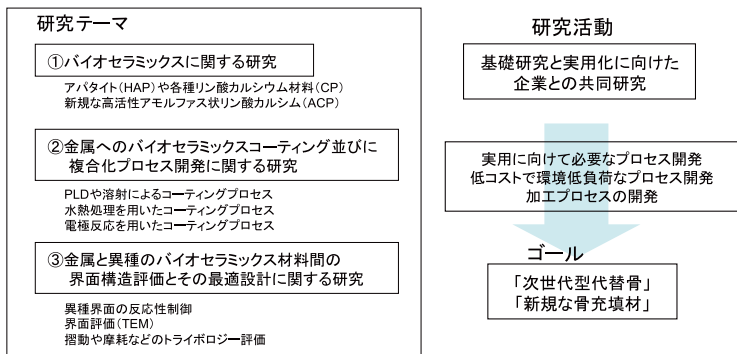


図2 当研究グループの研究テーマ

その研究テーマの中でも最近、ハイドロキシアパタイトおよびリン酸カルシウム関連のバイオセラミクス研究において興味ある成果が得られたので、今回は、アパタイトに関わる最近の結果を紹介します。

我々の骨や歯はアパタイトという物質(リン酸カルシウムの一種)から出来ており、代替関節や骨折部位への補填材など生体活性を誘導するためにバイオマテリアルの高性能化に必須の材料で、その高性能化が望まれます。金属は、本来生体活性は有していませんので、生体活性の役割を担うアパタイトの高性能化が重要であり、アパタイトの構造解明やその高機能化へのアプローチが極めて重要です。化学的に合成されるアパタイトは結晶性の高いもので、加重を支えるという観点からは、結晶性の良い物質が好ましいような気がしますが、現実には我々の骨は、極めて低結晶性なアパタイトで構成されています。

これは、溶解性の向上、タンパクとの相互作用、恒常性維持などのためにも他のカチオンを取り込みやすくするなどの役割があるためです。

我々は低結晶性のアパタイトの前駆体としてアモルファスリン酸カルシウム(ACP)が重要な役割を果たしていると考えており、このアモルファスリン酸カルシウム(ACP)の合成とその構造評価を精力的に進めてきました。通常的手法では、アモルファスリン酸カルシウム(ACP)の合成は困難ですが、ゾルゲル法などのソフトケミストリーの手法を改良することによって、アモルファスリン酸カルシウム(ACP)の合成に成功しました。そのXRD結果からは、30°付近にブロードなXRDパターンを示しており、明確な結晶相を含んでおらず、アモルファスであることを確認しました。

更にそのアモルファス構造を明らかにするため、Spring8およびKEKなどの放射光施設で放射光による構造解析を進めた結果、図3のようにCaのK殻のXAFSの結果が得られました。図のようにアモルファスリン酸カルシウム(ACP)は特徴的な動径構造分布を示す結果が得られ、アモルファスリン酸カルシウム(ACP)の合成直後は、第一近接のみを示す結果でした。一方、適当な温度での熱処理にともない、第一近接以降に第二近接、第三近接のピークが確認されるようになり、結晶化の進行を明らかにできました。このように骨の初期の物質と言われるアモルファスリン酸カルシウム(ACP)の構造の解明に成功しました。更に、アモルファスリン酸カルシウム(ACP)の合成試料とその熱処理した試料を用いたTEM観察を行いました。図4はそのTEM像とHRTM像を示していますが、その結果、白い丸で囲むような構造クラスターが確認され、結晶化過程に関する重要な知見が得られました。

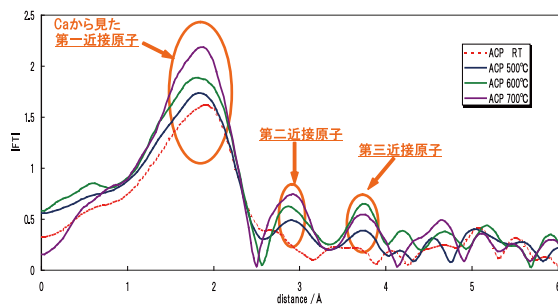


図3 CaのK殻のXAFS結果

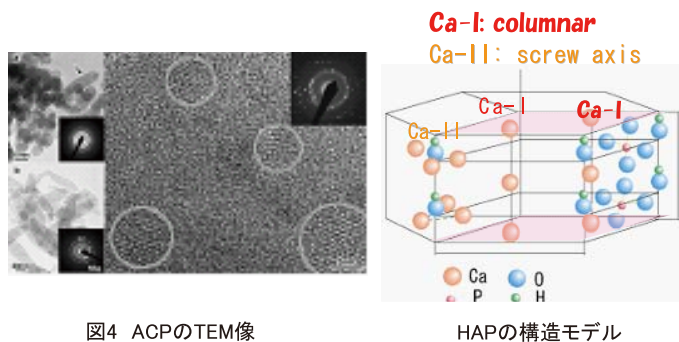


図4 ACPのTEM像

HAPの構造モデル

骨は、我々の加重を支える(瞬間的に体重の数倍の荷重が掛かることもあります)といった役割の他に、更に骨の無機成分であるアパタイト(リン酸カルシウム)を介して恒常性の維持のための種々の必須微量元素の貯蔵庫として重要な役割を果たしています。現在、種々の微量元素種ドーブした高機能性アモルファスリン酸カルシウム(ACP)の材料を合成するためのプロセス開発を進めており、更にそれらの構造をSpring8放射光施設により構造解析する研究は、科研費(ナノ機能元素という特定研究の公募)として研究を進めており、今後、新たな成果が期待されます。

生体材料へ本成果を応用する上で、これら高機能アパタイト材料を金属表面にコーティングしたり、さらに複合化するために良好な界面構造を解明する研究を現在展開中です。また、高分子への複合ハイブリッド化も有用な材料に繋がると考え、研究を進めています。いずれにせよ、生体に関わる材料開発を進める上での環境への影響や生体への影響も絶えず意識しながら、「世の中に役立つ新しい材料づくり」に邁進すべきと考え、セラミクスや金属をベースとした材料を中心にバイオマテリアルの研究を進めています。

鉄鋼研究における科学

東北大学金属材料研究所(いわゆる「金研」)は1916年に帝大時代の理科大学臨時理化学研究所に鉄鋼を研究するために設置された第二部(その後附属鉄鋼研を経て、1922年に金属材料研究所)が母体となっている。発足当時は本多光太郎先生のリーダーシップの下で研究が行われたが、鉄-炭素状態図や鉄の磁気異方性などの研究と共に、当時世界最強のKS磁石鋼の発明など優れた基礎研究と実用材料開発の両方を兼備した研究所であった。その後金研は社会基盤材料としての従来金属にとどまらず、アモルファス、金属ガラス、半導体、セラミックス、有機材料など幅広い分野をカバーする材料研究の世界的拠点となっている。

関西の某大学工学部に30年ほど前に入学して以来、現在まで鉄鋼を中心とした構造用金属材料の研究をずっと行ってきたわけであるが、近年の材料研究はナノをキーワードに20年ほど前にあった新素材ブームのような感じを抱いている。周りが色々な「新材料」の研究を行っている中だと、「鉄鋼でまだ研究することはあるのか?」という問いに関して如何に答えるかを考える機会が増えてくる。先の問いには「十分使えているのだから今更研究することはないだろう」という考えが見え隠れする。本多先生には「鐵は金の王なる哉」という言葉通り、鉄鋼は近代から現代。さらに未来に渡って我々の社会を支え続ける構造材料の主役である。現在日本の鉄鋼業の持つ技術力はまぎれもなく世界一である。鉄鋼のような技術的成熟度の高い分野での数%の特性向上は、大変な労力によって達成され、製造量および利用分野からも社会に与えるインパクトは大きい。しかし、生まれたての新素材の研究で見られるような何倍、何十倍というセンセーショナルな特性向上と比べると、地味な印象を与えるのは否めない。プロパーな研究者や技術者は鉄鋼の重要さだけでなく研究対象としての面白みを強く感じるので、その研究を継続するためには何の抵抗もないが、産業としての重要性を強調するだけでは、次世代の研究者たる学生の興味を引きつけることは難しい。自分に照らし合わせて見たときに、素晴らしいノーベル賞学者を輩出した量子物理学あるいは量子化学という言葉が大変魅力的であったことを思い出すと、工学面の重要性だけではなく科学的な面での魅力がなければ、学生はなかなかついてこない。

では鉄鋼研究における科学とは何であろうか? 鉄鋼を含めた構造材料研究には技術(Technology / Engineering)という言葉はあっても、科学(Science)という言葉はあてはまらないのではという指摘は往々にして出てくる。「鉄鋼に科学的な魅力はあるか?」という問いに対する答えは自分にとってはまぎれもないイエスである。低合金鋼での相変態1つをとっても合金元素による変化の真の原理は未だ明確とは言えない。



材料科学(Materials Science)とは実用に供される(あるいはそれを目的とする)材料の科学であるので、基本的には純粋に科学的現象を取り扱う基礎科学(Fundamental Science)ではなく、実用を意識した応用科学(Applied Science)である。鉄鋼の科学という言葉に含まれる範囲は、広い応用を考えると物理・化学のほぼ全領域に渡る。一方、新素材では注目される機能と関連する物理的/化学的現象がかなり限られた機能材料であることが多い。すなわち、中身が単純でわかりやすく人にも説明しやすい。より広い範囲の人々を対象とした場合、材料としての魅力を決める要素として、その関連する科学と新機能の結びつきがわかりやすいかどうかは大きい。鉄鋼が、一般論として魅力に欠けるのは、その優れた特性と長い歴史に裏打ちされた材料としての広すぎる応用範囲にあるのではないかと。鉄鋼材料を学問として教える場合には、やはり鉄という金属自身のユニークさと面白みをまず伝えていくことが重要ではないかと、今さらながら反省する点がある。



現在の鉄鋼業は、かつての高度成長期に匹敵するほどの好況下にある。しかし、日本を取り巻く世界では相次ぐ企業再編によるグローバル化の加速、中国やインド等の新しい鉄鋼生産国の台頭、資源価格の高騰等の激変が続いており、国際的競争力を維持するためには次世代を睨んだ研究および開発の努力を怠ってはならない。今後の鉄鋼材料の発展には、今までにも増して埋もれた知識/技術の発掘と理解が不可欠である。膨大な過去の研究成果を紐解いていくことで、初めて今まで見逃されていた領域での新しい組織制御の可能性が広がる。先人を超越する研究開発を効率良く行うためには、今まで蓄積してきた知識・技術などの知的財産を維持し伝承していくことが最重要課題である。科学技術の進歩を阻むものの1つは、情報伝達が非効率的であることである。

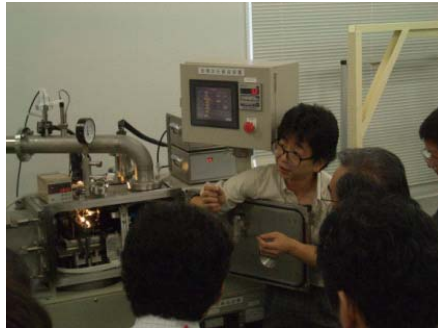
例えば学会で企業より発表される成果は、技術としてはまず何年も前に開発されたものであろう。鉄鋼製造における開発の指向はかなり限られた範囲の製造プロセスの中で行われている。基盤技術が同じである上工程での情報交換は緊密であるが、下工程は製品の差別化、特異性を生み直接利潤につながる部分なので、特許に縛られる形で該当する知識や技術についての風通しが悪くなる。これは仕方がないところではあるが、知識/技術の囲い込みが逆に進歩を阻んでいるのは間違いない。より多くの知識の共有化が進めば、たくさん人間がそれぞれの困難な課題に関わることができ、トータルとして学問的/技術的発展がより加速されるのではと感じる。

われわれ研究者としての成果は、やはり知識として共有されとともにその真價が吟味されるオリジナルな論文発表が本来あるべき姿である。長期的な展望にたった科学的研究が今最も必要であると思いつきながら、研究に頭を悩ませる毎日である。

さる7月30日(水)から8月1日(金)の3日間にわたり、東北大学金属材料研究所「第78回夏期講習会」が大阪府東大阪市にあるクリエイションコア東大阪を中心に開催されました。初日と2日目は金属材料研究所の7名の教授から、金属材料、半導体材料、結晶育成など多岐に渡るテーマについて講義が開かれ、2日目の夕方には金属系新素材試作センターの見学会が開催されました。3日目は大阪府立大学(堺市)構内にある金属材料研究所附属研究施設大阪センター、大阪府立大学新素材研究センター、大阪府立産業技術総合研究所(和泉市)の見学を終えた後に、2班に分かれて(株)竹中製作所(東大阪市)あるいは(株)山田製作所(大東市)の府内中小企業の見学が企画されました。金属材料研究所の夏の学校は今回で78回を重ね、仙台を離れて大阪で開催するのは初めての試みで多少の不安がありましたが、大阪府商工労働部、財団法人大阪産業振興機構、大阪府立産業技術総合研究所、大阪府立大学から多大な協力をいただき成功裏に終える事ができました。当日は大阪府内だけではなく九州や関東からの受講生も含め、総勢39名の受講参加がありました。2日目の講義終了後には、受講者、講師、そして運営関係者の参加のもと、クリエイションコア東大阪内で懇親会が開かれ交流を深めるだけでなく、各講師と受講者間での即効の技術相談や情報交換も行われました。盛り沢山のメニューとタイトなスケジュール、そして開催期間は炎天下にもかかわらず、活気ある学校を開催することができました。



金属材料研究所副所長後藤教授による講義



金属系新素材試作センター見学



附属研究施設大阪センター見学

## イベントスケジュール

### 第8回ものづくり基礎講座報告

さる、9月8日(月)に「次世代型耐熱材料開発の最近の動向」をテーマに「第8回ものづくり基礎講座」(主催:日本鉄鋼協会・日本金属学会関西支部材料開発研究会)が開催されました。東北大学大学院工学研究科 石田清仁教授から「Co合金における金属間化合物-相安定性と耐熱合金への展開」、大阪府立大学大学院工学研究科金野泰幸助教から「Ni基2重複相金属間化合物の創製と新規耐熱部材の開発」、そして京都大学大学院工学研究科 乾晴行教授から「軽量耐熱構造材料TiAl合金開発の現状と将来」の講演が紹介されました。当日は定員を超過する申し込みがあり、また活発な質疑応答が展開され、盛況に終えることができました。

### 第47回テクノラボツアー報告

さる、9月5日(金)に「第47回テクノラボツアー—大阪府立大学金属系新素材研究センターの『地域企業の“金属系ものづくり”推進のための新素材開発と産学官連携研究をめざして』—」(主催:大阪府立大学産官学共同研究会、(株)堺市産業振興センター、堺商工会議所機械金属部会)が大阪府立大学学術交流会館にて開催され、企業から52名の参加がありました。当日は高杉隆幸教授から「高温構造用金属間化合物合金の製造・加工技術の確立」が、正橋直哉教授から「陽極酸化法により作製した二酸化チタンの研究開発」の講演があり、活発な討議が行われました。

### TOYRO ビジネスマッチングフェア 2008 出展

きたる10月16日(木)と17日(金)の両日、第9回池田銀行「TOYROビジネスマッチングフェア2008」(主催:TOYRO新事業創出推進協議会)がマイドーム大阪にて開催されます。金研大阪センターは昨年に続き参加し、当センターをはじめとした金研のシーズ紹介を行う予定です。

## 金研大阪センター News

### 中原研究室に紙川尚也助教着任

9月1日より、金属組織制御学研究部門(中原忠教授)に、紙川尚也(カミカワナオヤ)助教が着任いたしました。紙川助教は大阪大学で博士の学位を取得後、引き続きデンマーク国立リソ研究所にて、強ひずみ加工を施した金属の組織と特性についての研究を行ってまいりました。仙台に常駐しておりますが、今後大阪センターの業務に関与する機会もあると思っております。どうぞよろしくお願いいたします。



紙川尚也 助教  
Naoya Kamikawa  
A型・さそり座

2006年 大阪大学大学院博士  
後期課程(博士工学)修了。  
Riso National Laboratory, Denmark PD を経て  
2008年9月より現職。  
(専門)  
超微細粒材料、強ひずみ加工

## 編集後記

7月30日から3日間にわたり、金属材料研究所第78回夏期講習会がクリエイションコア東大阪を中心として開催されました。参加していただきました企業の方々にはこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。現在、大阪センターは6名の教授で運営していますが、金属材料研究所には30近い研究室が様々な分野で研究活動を展開しており、私共の活動はその一部に過ぎません。今後、関西地区の企業の皆様との連携の幅がますます広がるものと予想されますが、そのような状況で大阪センターのもう一つの使命は金研本体へのパイプ役にあると考えています。



こういった観点からもクリエイションコア常駐日では我々教授陣一同様々な技術相談をお待ちしておりますので、どうかよろしくお願ひ致します。

先端分析研究部(兼担)教授 今野豊彦

【訂正】夏号(Vol.6)の新素材加工分野のシーズ紹介の記事において誤りがありましたので、訂正します。読者の方にご迷惑をおかけしましたことをお詫び申し上げます。

表1 電気抵抗率の単位: mWcm (誤) → μΩ・cm (正)  
熱膨張係数の単位: 10<sup>-6</sup>/K (誤) → 10<sup>-6</sup>/K (正)

## 東北大学金属材料研究所

<http://www.osakacenter.imr.tohoku.ac.jp/index.html>

編集・発行

### 附属研究施設大阪センター

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町1-2  
大阪府立大学 産学官連携機構8F  
TEL 072-254-6372 FAX 072-254-6375  
Email imrosaka@imr.tohoku.ac.jp

### 大阪センター仙台サテライトオフィス

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

### クリエイション・コア東大阪

〒577-0011 大阪府東大阪市荒北50-5 (南館2F-2207室)  
TEL/FAX 06-4708-3550

