

Seasonally News E-Mail for

Ceramics Research Forum in Medicine, Biomimetics, and Biology

THE DIVISION

No. 45

Summer, 2005

Editor-in-Chief M. Aizawa, Meiji University

Associate Editor T. Miyazaki, Kyushu Institute of Technology

K. Teraoka, National Institute of Advanced Industrial Science and
Technology (AIST)

Editorial Staffs

S. Hayakawa, Okayama University

J. Hamagami, Tokyo Metropolitan University

K. Ioku, Tohoku University

K. Ishikawa, Kyushu University

M. Kikuchi, NIMS

M. Neo, Kyoto University

S. Nakamura, Tokyo Medical & Dental Univ.

C. Ohtsuki, NAIST

M. Ohgaki, Tokyo Medical Dental Univ.

M. Hattori, NGK Spark Plug Co., Ltd.

N. Ozawa, Kyoto University

T. Ogawa, PENTAX Co., Ltd.

H. Takeuchi, Mitsubishi Materials Corp.

N. Tomita, Kyoto University

H. Unuma, Yamagata University

Contents

1. MESSAGE & OPINION	3
< 巻頭言 >	
生医材料の開発の社会的システム （生体関連材料部会部会長 岡山大学 尾坂明義）	
2. INFORMATION ON RESEARCH & DEVELOPMENT	5
< 寄稿 >	
みんなでつくろう！秋季シンポジウム （東北大学大学院環境科学研究科 井奥洪二）	
< 名物研究室紹介 >	
日本大学工学部物質応用化学科 無機材料化学研究室 （日本大学 遠山岳史）	
< 学会参加記 >	
第110回 無機マテリアル学会 （明治大学 山本宏明）	
< Introductions of Recent Papers >	
Biomaterials, Vol 25 (2004), Vol. 26 (2005).	
(宮崎先生（九工大）, 上高原先生（奈良先端大）の研究グループより寄稿)	
3. ANNOUNCEMENT	18
(1) 5 th International Symposium on Inorganic Phosphate Materials	
(2) 第18回日本セラミックス協会秋季シンポジウム	
(3) 5 th Asian BioCeramics Symposium (ABC2005)	
(4) 第111回無機マテリアル学会学術講演会	
(5) Composites at lake Loieuse 2005	
(6) 第27回日本バイオマテリアル学会大会	
(7) 第9回生体関連セラミックス討論会	
(8) 18th International Symposium on Ceramics in Medicine (Bioceramis 18)	
(9) PACIFICHEM 2005 Chemical Congress	

1. MESSAGE & OPINION

< 巻頭言 >

生医材料の開発の社会的システム

岡山大学大学院自然科学研究科（工学系）

尾坂明義

各種のマスメディアは、先日開港された中部国際空港が、初物人気もあり、多数の見学者であふれていると、報道している。思えば 1994 年 9 月、関西国際空港が開港されたときも同様の状況が生じた。これは、たまたま筆者が職場の親睦会の世話人が当たった年であり、職場の小旅行に関西国際空港見学を取り上げたので、よく覚えている。その折の混雑の風景が中部空港の混雑の報道が二重写しになって脳裏に浮かぶ。その時は、展望台への連絡バスが長時間待ちとかで、あきらめて帰途についた。それ以来、空港自体は何度も利用したが、未だに展望台から空港全体を見渡す機会には恵まれない。それを思うと、その後の 10 年間の日本経済の落ち込みがもたらしたとはいえ、現在の関西国際空港の閑散とした状況とは雲泥の差である。聞くところによると、中部空港はトヨタ/トヨタグループが最初から設計等全面的にタッチし、ケチケチで工事等進めたためかなり安く上がったとのこと。数年後の財務状況には大いに興味がわく。関西国際空港管理会社は、現在国費からの多額の補助を得て、また筆者の記憶違いでなければ金利を棚上げしてもらって、やっと昨年度の黒字となった。従って実質的には赤字であり、この赤字は、2002 年 9 月のニューヨークの航空機によるテロ事件、2002 年 11 月、ほぼ時を同じくして起こったアジア地域における SARS の流行等のために航空旅客数の激減（2000 年を 100 として 2003 年度は -30%：関西国際空港ウェブサイトによる）、航空運輸を取り巻く社会的状況が大きい原因のひとつである。しかし、関西国際空港の設立に係るような巨大プロジェクトに対し、すべて民間の資本力を宛にするシステム自体の誤りではないかと考えてよい。パリ万博の利益でその跡地や近隣を整備して、現在の地にシャルル・ドゥゴール空港を建設したフランスは賢い。その運営はもとのオルリー空港とともに ADP と呼ばれる会社にまかされているのはご存知の通り（このウェブサイトはフランス語・英語の二本立てだったのが、近頃はフランス語のみで、使いにくくなった。これは余談。）

閑話休題、生医材料開発に戻ろう。材料の開発とその製品化には多大の資金と人的資源が必要である。また、開発のそれぞれの段階に応じた適切な資金と人との配分が求められる。設計・開発段階では、医療現場の必要性和材料開発者とのコンビネーションおよび基礎研究費が、また、動物実験や人体実験では医師の協力とそれに見合う費用の負担、販売とその材料・デバイスの改良費等、が必要となる。それぞれの段階での人的交流と協力・共同関係も重要なファクターではある。医歯工連携の材料部門に、お箸の太さの内視鏡を作れとかパソコンサイズの NMR-CT 機を設計・製作せよといわれても無理というもの。各大学や研究機関で医療とその他の分野との共同作業が立ち上がって久しいが、このような極端なものはいくらでも、意識の差は見られるのではないか。

資金面ではどうか。こと、健康に関する事物の開発については、特に基礎研究においては既に国家として人件費を負担している旧国立研究所や大学の研究室を開発拠点として利用することをもっともっと積極的に考えるべきではないか。(考える主体は誰か、も大きな問題。)すべてを企業体で賄うのはリスクが大きすぎる。そこでは、基礎から応用・実用あるいはその先まで広いスペクトルの中で、長期・短期の研究開発計画に則った国家的資金の投下が必須となる。

時折叫ばれる知的財産権の問題は、すぐ調整がつく。大きな問題とはなるまい。ただし、これはある大企業重役経験者の話であるが、「企業における開発研究の開始はその製品の企業体としての利潤も考慮して進める。興味に任せて進めることはない。特許も同様。」従って、「大学では特許等は個人的興味にまかせれば無作為に取得されているのが大多数。これが現状ではないか、売れるものがいくつあるか、疑問。」

メーリングリストの皆様の一層の踏ん張りが必要のようです。

2. INFORMATION ON RESEARCH & DEVELOPMENT

< 寄稿: 秋季シンポジウム開催に向けて >

みんなでつくろう! 秋季シンポジウム

東北大学大学院環境科学研究科 井奥洪二

第 18 回日本セラミックス協会秋季シンポジウムが 2005 年 9 月 27-29 日大阪府立大学にて開催されます。昨年に引き続き、今年も「ナノインターフェイスの制御による医用セラミックスの開発と評価」のセッションオーガナイザーを務めさせていただきます。明治大学・相澤先生、京都大学・川下先生という強力なメンバーとともに、大阪に来て良かったと思っていただけるよう準備を進めていきますので、ぜひみんなで集中的に、ワイワイ議論いたしましょう。

セッションの主なトピックスは、医用材料、歯科材料、バイオマテリアル、リン酸カルシウム、生体内反応などとなっていますが、普段以上に「ナノインターフェイス」に意識を向けてみませんか? ナノインターフェイス制御については、取り組む切り口として、例えば次の4つに分類して考えることができますと思います。

1) セラミックス材料間のナノインターフェイス制御 :

ナノレベルでの欠陥、粒界の制御、析出相および固溶体形成などによるセラミックス材料の高機能化。

2) 異種材料間のナノインターフェイス制御 :

セラミックスとポリマーやメタルなどとのナノレベルにおける接合、ハイブリッド化およびそれによる高次構造の構築による材料の高機能化。

3) 材料と細胞とのナノインターフェイス制御 :

材料と細胞との相互作用に注目し、材料のもつナノレベルの特性と細胞機能との関連性および細胞活動の制御。

4) 材料と生体組織とのナノインターフェイス制御 :

材料と生体組織との相互作用に注目し、材料のもつナノレベルの特性と生体内反応との関連性および組織反応の制御。

ここからは、特に若い読者にお話したいことですが、研究を進めていくと、まず間違いなく未踏の領域にたどり着きます。もしも、そこで不安を感じて先に進めなくなったら、少しの修行が必要かもしれません。自分の手で新しい道を切り開く勇気と力を養う必要があると思います。秋季シンポジウムを楽しく、厳しく、修行する場と考えて、積極的に取り組んでください。「みんなでつくろう! 秋季シンポジウム」を合言葉に。

< 名物研究室紹介 >

日本大学工学部物質応用化学科 無機材料化学研究室

日本大学工学部物質応用化学科 遠山 岳史

E-mail : ttoyama@chem.cst.nihon-u.ac.jp

はじめに

日本大学工学部物質応用化学科 無機材料化学研究室は昭和 13 年に東京大学から永井彰一郎先生が日大に来られ、本学科設立時に開講されました。その後、日大名誉教授の荒井康夫先生から安江 任教授へと研究室はバトンタッチされ現在に至っております。

現在、研究室の教員スタッフは安江 任 教授，小嶋芳行 助教授，遠山岳史 助手，東口 新 副手，大学院博士前期課程 7 名，学部卒研究生 24 名が研究室に所属しており，総計 35 名で一致団結をしながら日夜研究に取り組んでおります。当研究室の研究テーマは開講当初からわが国で自給自足できる天然鉱物資源である石灰を中心とするカルシウム化合物(主として炭酸カルシウム，リン酸カルシウム，硫酸カルシウム，ケイ酸カルシウム，水酸化カルシウムなど)の機能化に関する研究を行っておりますが，基本となるソフト溶液プロセスを用いた以下の 4 本の柱からなり，スタッフ一丸となってパラレルに研究を進めております。



Fig.1 平成 16 年度研究室中間発表会 (箱根強羅にて)

前列右から 3 番目に著者，左側に安江 任教授，その左は小嶋芳行助教授

(1) 物質を材料へと変化させる技術の確立をめざして

材料とは物質にわれわれが手を加えて役に立つ形，大きさをもったとき始めて材料となります。このため，物質の組成，構造，形状，粒径，表面および複合化などのキャラクター制御を行うことで，新規機能性材料を作製することが可能となります。われわれの研究グループではキャラクター制御にナノサイズの非晶質カルシウム塩(非晶質リン酸カルシウム，非晶質炭酸カルシウム)を原料とする

各種カルシウム塩の粒径，形状，変態の制御，すなわち形態制御を行っています．一例として，非晶質リン酸カルシウム ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, ACP) をアルカリ溶液下，0 で結晶化させると，5 μm 程度のうす板状リン酸三カルシウム八水和物 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) が [Fig.2]¹⁾、25 の弱酸性溶液中では 50 μm 程度の鱗片状リン酸一水素カルシウム二水和物 ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, DCPD)，60 の中性溶液下では 10 μm 程度のテープ状リン酸八カルシウム五水和物 ($\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, OCP) へと結晶化する．さらに，水熱条件下では酢酸溶液中 200 で 50 μm 程度の水酸アパタイトホイスキー ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, HAp) が [Fig.3]²⁾、ギ酸溶液中 240 で 10 μm 程度の菱面体 β 型リン酸三カルシウム ($\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\beta\text{-TCP}$)³⁾へと結晶化させることが可能です．

さらに，近年では 2 次粒子の形態制御にも注目しており，リン酸カルシウム [Fig.4]⁴⁾，炭酸カルシウム [Fig.5]^{5),6)} およびセッコウの球状中空体⁷⁾の作製について精力的に研究を行っております．このような中空体の粒径，細孔分布，膜厚の制御を行うことで，従来にはない新たな用途への利用が期待できます．

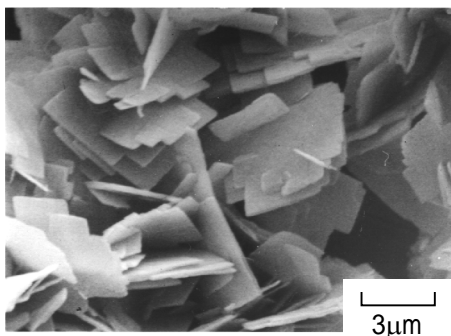


Fig.2 リン酸三カルシウム八水和物

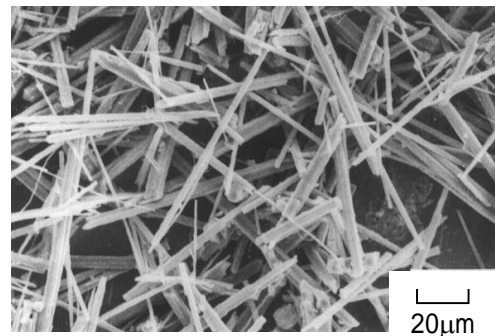


Fig.3 水酸アパタイトホイスキー

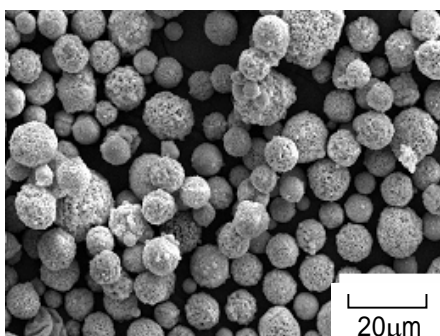


Fig.4 水酸アパタイト球状中空凝集体

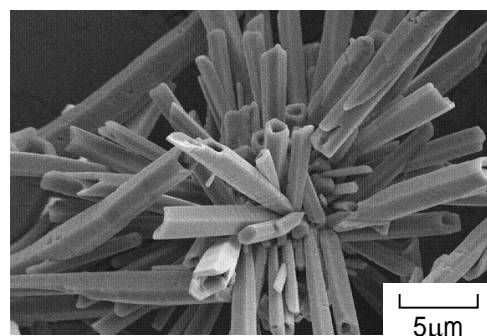


Fig.5 炭酸カルシウム針状中空体

(2) 生物の無機鉱物化に学ぶ生体模倣材料の創製をめざして

われわれが新規材料を開発するにはきわめて多大な労力と時間をかけて行うのが常であります。自然界を見渡すと人工的には合成できないすぐれた性質を示す素材が多く見受けられます。一方，天然生体鉱物（脊椎動物の骨，歯およびサンゴの骨格や貝がら）は独特の形状と機械的強度を示すた

め、これを模倣することで新規な材料の創製が可能となることが考えられます。このような、天然生体鉱物を模倣するプロセスについては明確に定義されているわけではありませんが、われわれは生体の組成、組織、形成機構の一部、あるいはすべてを模倣したプロセスをバイオミメティックプロセスと定義しております。

一例をあげると、貝がらはうす板状の炭酸カルシウムが幾重にも積層した構造をもっており、その層間にはキチン、アスパラギン酸を多く含むタンパク質がバインダーとなった無機 - 有機複合体です。このとき、貝がらと同様の組成（炭酸カルシウム、キトサン、アスパラギン酸）の溶液を用いて電気泳動プロセスを行うことにより、貝がら類似の積層構造を形成することができます[Fig.6]⁸⁾。また、意図的に組成を変化させることで新規水酸アパタイト - キトサン積層シートの作製も可能です。

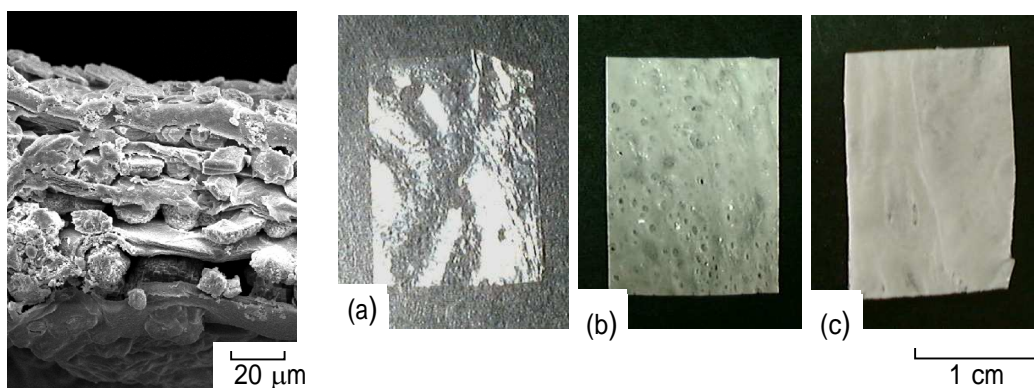


Fig.6 電気泳動法により得られた炭酸カルシウム - キトサン積層シート

左：走査型電子顕微鏡写真，(a)：キトサン薄膜シート，(b)：炭酸カルシウム - キトサン積層シート(2層)，(c)：炭酸カルシウム - キトサン積層シート(4層)

また、生体骨の形成は生成初期に非晶質リン酸カルシウムが生成し、その後徐々に有機物を取り込みながら結晶化し、水酸アパタイトを主成分とした生体骨となります。そこで、組成と形成機構を模倣して、自己硬化性の非晶質リン酸三カルシウム無水和物 ($\text{Amorphous-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) を主成分とした骨補修材として利用可能なバイオセメントについても研究を行っております⁹⁻¹¹⁾。

(3) 産業廃棄物の資源化による循環型社会をめざして

現在、環境、エネルギーなどの問題が社会問題となっており、この解決策の一つとして一度使用した資源を繰り返し使用する、循環型社会の構築が望まれている。このためには、産業廃棄物を原料に戻すのは比較的容易ではあるが、コスト面から見ると現実的ではありません。このため、循環型社会を構築するにはただ単純に資源化するのではなく、何らかの付加価値をつけてやる必要があります。

われわれは、大量廃棄されているコンクリート廃材に着目し、工場の排ガス中の二酸化炭素ガスとコンクリートを反応させた溶液中で円盤状の炭酸カルシウムを外殻にもつ円石藻（ゲフィロカプサ・オセアニカ[Fig.7]）を培養することによる、高比表面積炭酸カルシウムの資源化および円石藻中に含

まれる有用成分について研究を行っています¹²⁾。

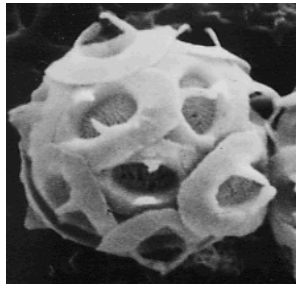


Fig.7 コンクリート廃材を用いて培養した円石藻の走査型電子顕微鏡写真

一方，畜産加工処理場から廃棄されている牛骨もリン資源およびコラーゲン原料として考えることができます．そこで，できる限りコラーゲンを変性させないようにイオン交換樹脂を用いたマイルドな処理により，リン酸およびコラーゲンを回収することも可能です¹³⁾。

また，貝がらを構成する炭酸カルシウムの形状は貝がらの種類によって大きく相違し，その形状は人工的に合成するには困難な特徴的な形状をしています．しかし，この貝がらも牛骨同様に産業廃棄物として処分されており，再資源化が望まれます．そこで，この炭酸カルシウムの層間にはタンパク質が存在しているわけですが，アルカリ溶液中で加熱しながら加水分解処理を行うことでタンパク質を可溶性のアミノ酸にまで分解することができれば，貝がらから独特の形状をもった炭酸カルシウムが回収できるものと考えられます．

このため，オートクレーブ条件下で水熱粉碎処理をすることで，ホタテガイ貝がらから針状のカルサイト型炭酸カルシウムが，サザエ貝がらから板状のアラゴナイト型炭酸カルシウムを回収して資源化することが可能です[Fig.8]¹⁴⁾。

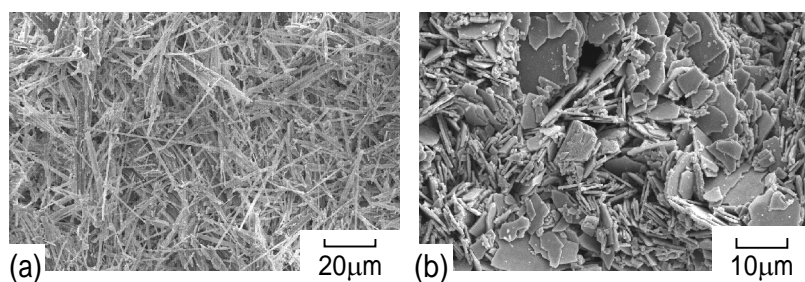


Fig.8 各種貝がらから得られた針状および板状炭酸カルシウムの走査型電子顕微鏡写真

原料，(a)：ホタテガイ貝がら，(b)：サザエ貝がら

(4) 環境の変化に応じてさまざまな色に輝いて変身する無機蛍光体の創製をめざして

現在，われわれの生活リズムは夜型に移行しているため，蛍光体の重要性は高まってきています．とくに，近紫外線（ブラックライト）を照射することにより発光する無機蛍光体は，景観材や室内内装材，ウエディングドレスなどの衣料などに利用されつつある，付加価値の高い蛍光体です．とくに，

カルシウム塩を母体結晶とした蛍光体は、カルシウムイオンが付活剤である希土類イオンとイオン半径が類似しているためさまざまな種類の付活剤を置換することができ、他の母体結晶よりも多種多様な発光色の蛍光体を合成することが可能であるのが特徴です。また、一般の蛍光体の合成は、母体結晶の原料と付活剤とを混合し、1000℃以上のきわめて高温で焼成することで作製しておりますが、この方法では形態制御というものは非常に困難です。われわれは、これら蛍光体をソフト溶液プロセスによる合成を中心に研究を行っています。とくに、液相反応で蛍光体を合成できると塗布性の良好な板状結晶の蛍光体を作製することが可能のほか、一旦不安定な非晶質状態で付活剤を導入することにより、付活剤の固溶量を多くできるというメリットがあります。さらに、液相中で合成すると通常乾式では分解してしまう炭酸カルシウムを母体結晶とすることも可能であり、このため室温で合成できる炭酸カルシウム系蛍光体の開発も精力的に行っています¹⁵⁻¹⁹⁾。

また、同様に非晶質リン酸カルシウムを用いることにより、400℃以上では分解するリン酸一水素カルシウムを母体結晶とした新規蛍光体の合成も可能です²⁰⁾。

一方、近年では残光性蛍光体^{21),22)}および熱ルミネッセンス蛍光体²³⁾にも注目しており、研究を行っております。

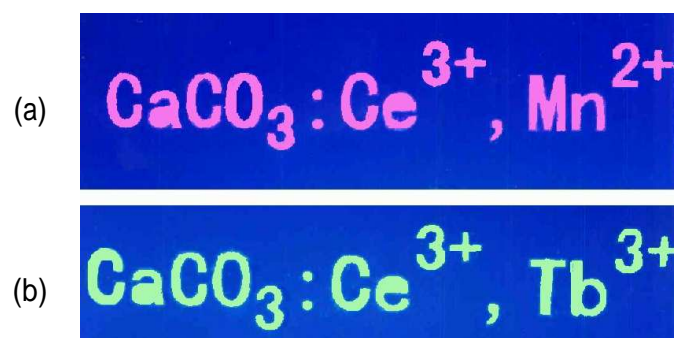


Fig.9 ブラックライト照射により発光する炭酸カルシウム系蛍光体

(a)：赤色発光，(b)：緑色発光

おわりに

以上、当研究グループの研究室紹介をしまいましたが、生体に関連する材料の研究をしていることはしておりますが、生体関連材料部会は医学、歯学系の研究者が多く在籍しており、われわれの研究は分野外の感もありますが、生体関連材料を理工学部の材料設計の立場から別の角度で見つめることで、皆様のお役に立てばと思っております。

文献(たとえば)

- 1) 遠山岳史，安江 任，荒井康夫，*J.Ceram.Soc.Japan*，**105**，976-80(1997).
- 2) 遠山岳史，大島敦夫，安江 任，*J.Ceram.Soc.Japan*，**109**，232-37(2001).
- 3) T.Toyama，K.Nakashima，T.Yasue，*J.Ceram.Soc.Japan*，**110**，716-21(2002).

- 4) 遠山岳史, 西村 舞, 安江 任, 無機マテリアル学会第 106 回学術講演会講演要旨集, p.42(2003).
- 5) 小嶋芳行, 安江 任, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **10**, 78-85(2003).
- 6) 遠山岳史, 潘 涛, 安江 任, 無機マテリアル学会第 110 回学術講演会講演要旨集, p.4(2005).
- 7) 遠山岳史, 西村 舞, 安江 任, 無機マテリアル学会第 108 回学術講演会講演要旨集, p.18(2004).
- 8) 遠山岳史, 佐藤 順, 安江 任, 無機マテリアル学会第 103 回学術講演会講演要旨集, p.20(2001).
- 9) 遠山岳史, 安江 任, 荒井康夫, *J.Ceram.Soc.Japan*, **106**, 984-88(1998).
- 10) 遠山岳史, 毒島智亮, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **5**, 479-85(1998).
- 11) T.Toyama, K.Misawa, T.Yasue, Y.Arai, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **7**, 13-17(2000).
- 12) 小嶋芳行, 早苗美里, 大塚祐二, 安江 任, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **8**, 110-17(2001).
- 13) 遠山岳史, 川西あゆみ, 安江 任, 荒井康夫, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **7**, 441-47(2000).
- 14) 遠山岳史, 安江 任, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **12**, (2000)[in press].
- 15) 小嶋芳行, 遠藤典秀, 安江 任, 荒井康夫, *J.Ceram.Soc.Japan*, **105**, 395-400(1997).
- 16) 小嶋芳行, 真智絹代, 安江 任, 荒井康夫, *J.Ceram.Soc.Japan*, **108**, 836-41(2000).
- 17) 小嶋芳行, 土井 淳, 安江 任, *J.Ceram.Soc.Japan*, **110**, 755-60(2002).
- 18) 小嶋芳行, 土井 淳, 古郡久乃, 安江 任, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **10**, 233-40(2003).
- 19) 小嶋芳行, 土井 淳, 安江 任, *J.Ceram.Soc.Japan*, **111**, 343-47(2003).
- 20) T.Toyama, M.Hashimoto, T.Kojima, T.Yasue, *Phos.Res.Bull.*, **17**, 225(2005).
- 21) 小嶋芳行, 川岸克誠, 安江 任, *J.Soc.Inorg.Mater.Japan*, **9**, 30-37(2002).
- 22) Y.Kojima, K.Aoyagi, T.Yasue, *J.Luminescence*, (2005)[in press].
- 23) K.Nakashima, M.Takami, M.Ohta, T.Yasue, J.Yamauchi, *J.Luminescence*, **111**, 113(2005)

< 学会参加記 >

第 110 回無機マテリアル学会学術講演会参加報告

明治大学大学院理工学部工業化学専攻

博士前期課程 1 年 山本宏明

去る 2005 年 6 月 2 日～3 日にかけて、工学院大学にて無機マテリアル学会が開催されました。発表 10 分質疑応答 5 分という中で、発表件数 33 名により、セッコウ、石灰、セメント、環境材料およびこれらと関連する無機材料に対する研究成果が発表されました。どの発表も研究に対する熱意が伝わるものでありました。また、参加者は企業の方や各大学の先生方が多く参加しており、そのような発表に対し鋭い質問や手厳しいご指摘が多々あり、そしてそれに対する学生らの懸命な応答が見られ、活発な討論がなされていました。

私自身についても、アパタイトの合成について発表することになっており、質疑に対しての準備も行なっていました。しかしながら、その分野において先端を駆けている先生方からは、手厳しいながら知っておく必要がある質疑や今後の実験の vision が浮かぶような熱心な意見を頂き、それに対する応答ができない自分に悔しさを感じたことを覚えています。ですが、このことは今後の研究に対するヒントとなり、また、研究を行なう上での基盤ができていないと実感でき、研究意欲への強い刺激となる貴重な一日となっていると感じます。

一日目の最後には東北大学の荒井邦夫教授が「地球環境浄化と超臨界流体処理」と題して御講演されました。エネルギーを多大に消費して暮らしている現代において、この超臨界流体技術は従来では実現不可能な革新的なエネルギー・物質変換プロセスを創出する可能性を有しているというとても興味のある内容であり、今後、多くの分野において注目される技術ではないかと感じました。

学会一日目終了後、工学院大学の隣、エステックビルにて懇親会が行われました。学会中の真剣で張り詰めた雰囲気とは一転し、和やかな雰囲気で行われたため、討論会では聞けなかった質問について語り合い、親交を深められる場であったと感じます。

今後はこの無機マテリアル学会で得たさまざまな経験を活かして研究に取り込んで生きたいと思えます。

< Introductions of Recent Papers >

"The effect of pH on the structural evolution of accelerated biomimetic apatite"

「加速されたバイオミメティックアパタイトの構造伸展に及ぼす pH の影響」

Yu-Fen Chou, Wen-An Chiou, Yuhuan Xu, James C. Y. Dunn, and Benjamin M. Wu, *Biomaterials*, **25**(22), 5323-5331 (2004).

従来型のバイオミメティックなアパタイトコーティングは、最初に擬似体液の 5 倍の濃度の水溶液 (5xSBF) に 37 °C で基板を浸漬してアパタイトの球状粒子の初期コーティングを行い、結晶成長阻害因子のない 5xSBF に浸漬して最終的に結晶性のアパタイト薄膜に転化させることで促進される。最初に浸漬する 5xSBF により前駆体球状粒子の組成や形成速度が支配されるため、最初の液の pH は 2 番目の液中で生成するアパタイトの構造にも影響を与えると仮定した。この仮定を確かめるため、pH=5.8 あるいは 6.5 の液にポリスチレン基板を浸漬し、引き続いて pH=6.0 の液に浸漬した。得られたアパタイトはほぼ同様の薄膜 X 線回折パターンを示し、水酸基、リン酸基、炭酸基による FT-IR ピークを示した。また最初に pH=5.8 の溶液に浸漬して得られたアパタイトの Ca/P 比は 1.42 であり、pH=6.5 の場合のそれは 1.48 であった。SEM, TEM ならびに電子線回折は、pH=6.5 の液で生成した前駆体の球は大きい単結晶の板に転化するのに対して、pH=5.8 の液で生成した前駆体の球は、微細な多結晶の板状構造に変化することを示した。

"Influence of interphase layer on the overall elasto-plastic behaviors of HA/PEEK biocomposite"

「生体用 HA/PEEK 複合体の弾性-塑性挙動に及ぼす中間層の影響」

J. P. Fan, C. P. Tsui, C. Y. Tang and C. L. Chow, *Biomaterials*, **25**(23), 5363-5373 (2004)

水酸アパタイトで強化したポリエチルエーテルケトン複合体の機械的特性を解析するため、三次元有限要素単位格子モデルを構築した。このモデルには、弾性かつ脆性の水酸アパタイト球状粒子と、弾性かつ塑性変形を示すマトリックス、ならびに粒子とマトリックスの中間層からなる。4 種類の異なる材料特性を示す中間層は、複合体全体の特性に及ぼす影響を明らかにするために考慮に入れた。マトリックスと中間層の損傷伸展と、界面の損傷も考慮した。メッシュの感受性や荷重速度などの要素についても本研究で議論した。ユーザー定義の材料サブルーチンを導入した、汎用の有限要素ソフトである ABAQUS を解析に使用した。予測された結果を文献による実測値と比較した。マトリックスの劣化や中間層の損傷や破断を考慮した格子モデルを用いて得た結果は実験結果とよく一致した。したがって、複合体の機械的特性をモデル化するために適当な中間層を導入した、我々の格子モデルの妥当性が確かめられた。

"Electrochemically assisted co-precipitation of protein with calcium phosphate coatings on titanium alloy"

「電気化学的に補助されたチタン合金上へのリン酸カルシウムとタンパクの共沈」

Xiaoliang Cheng, Mark Filiaggi and Sharon G. Roscoe, *Biomaterials*, **25**(23), 5395-5403 (2004)

ウシ血清アルブミン(BSA)を含むリン酸カルシウムを、水酸アパタイトをコーティングした Ti-6Al-4V に電気化学的手法により共沈させた。電気化学的手法による BSA/ブルッシュャイトに水酸アパタイトへのコーティングは、BSA の含有量を単なる吸着と比較して 70 倍にも増加させ、しかもこれらは徐放されることが分かった(70 時間で 15%の放出)。従ってこの電気化学的手法は生理的な温度でタンパクを導入する有効な手法を与え、金属インプラントの固定のような場面で必要な薬剤徐放の可能性を有する。

Biomaterials 2005;26:1-9

Low temperature formation of hydroxyapatite-poly(alkyl oxybenzoate)phosphazene composites for biomedical applications

「医療への応用を目指した水酸アパタイト-poly(alkyl oxybenzoate)phosphazene 複合体の合成」

Y. E. Greish, J. D. Bender, S. Lakshmi, P. W. Brown, H. R. Allcock and C. T. Laurencin,

骨類似器官として適した生分解性コンポジットの合成について記述する。ポリホスファゼン-水酸アパタイト (HAp) 複合体を、アルキルエステル側鎖をもつポリホスファゼン存在下で、リン酸四カルシウムと無水リン酸二カルシウムの酸-塩基反応により合成した。ポリホスファゼンとして、poly(ethyl oxybenzoate)phosphazene (PN-EOB)、及び poly(propyl oxybenzoate) phosphazene (PN-POB) を使用した。合成温度と、ポリホスファゼンの割合が、化学量論 HAp の形成速度、相変化に及ぼす影響について調べた。速度論、相変化、及び微細構造変化について、それぞれ等温型熱量計、X線回折、走査型電子顕微鏡を用いて調べた。化学量論 HAp の形成課程において、pH の上昇がみられた。この pH の上昇により、ポリホスファゼンの部分的な加水分解が起こり、さらにポリホスファゼン表面でのカルシウム架橋が起こった。カルシウム架橋されたポリホスファゼン表面は、その表面でのアパタイトの核形成と成長を促進した。本研究では、ポリホスファゼンの存在下における *in situ* HAp 形成について説明し、HAp がポリホスファゼンに化学的に結合していることが示された。

Biomaterials 2005;26:285-295

The effect of biomimetic apatite structure on osteoblast viability, proliferation, and gene expression

「骨芽細胞の生存率、増殖、および遺伝子発現への生体類似アパタイト構造の影響」

基板を 37°C で濃縮擬似体液(5×SBF)へ浸漬し、基板の上にアパタイト前駆体粒子を形成させ、これを板状のアパタイトに転化させることで、従来のバイオメテック法によるアパタイトコーティングをより迅速に行うことができる。本法では、パラメーターの変化により、同じ基板の上に異なる形状のアパタイトを形成させることも可能である。本研究の目的は、アパタイトの微小環境の違いが細胞の伸展、生存率、増殖および遺伝子発現に与える影響を調べることである。MC3T3-E1 前骨芽細胞を従来のアパタイト(CA)、アパタイト前駆体粒子(PreA)、大きな板状のアパタイト(LgA)、小さな板状のアパタイト(SmA)および組織培養用ポリスチレン(TCPS)上で培養した。PreA は培養 2 週間で他と比較して顕著に高い細胞死を引き起こした。TCPS は CA、LgA および SmA と比較して、均一な細胞の伸展(1 日)および、高い細胞増殖(2 週)を示した。アパタイトが細胞の伸展を抑制し、表面形状に沿った細胞の突起伸長を促進することを共焦点顕微鏡によって観察した。定量的リアルタイム RT-PCR に基づき、LgA は 3 週までに、通常の培地中および骨形成培地中で、骨形成の後期マーカーであるオステオカルシン(OCN)および骨シアロ蛋白(BSP)の最も高い発現を誘導した。これらの結果は、アパタイト微小環境のわずかな変化に対し、細胞が異なる応答を示唆している。

Biomaterials 2005;26:327-337

A review on calcium phosphate coatings produced using a sputtering process – an alternative to plasma coating
「スパッタ法により作製したリン酸カルシウムコーティングに関する総説—プラズマコーティングに替わる方法」

Yunzhi Yang, Kyo-Han Kim and Joo L Ong

医療デバイス上にハイドロキシアパタイト(HA)やリン酸カルシウム(CaP)のコーティングを作製するための新しい有望な技術が、研究されてきている。現在、莫大な数の試験的な作製プロセスが利用できるが、この総説は、スパッタ法を使用し作製された CaP や HA のコーティングにのみ焦点をあてる。スパッタ法により作製された CaP コーティングの作製後に行う処理の前後における特性の評価、および特性を評価したコーティング表面と組織との反応を議論する。スパッタ法で作製された CaP コーティングに関する最近の文献によれば、プラズマ溶射プロセスにおける問題を解決するいくつかの可能性が示されている。一般的に、スパッタ法で作製した HA や CaP コーティングが、骨の強度および初期の骨とのインテグレーションを改善することは、受け入れられている。しかし、骨との最適な反応を示すための、最適なコーティングの特性については、未だ報告されていない。議論の余地のある結果を避けるために、生体の反応の評価においては、特性が十分に評価されたスパッタ法により作製された CaP や HA 表面の効用について述べるべきである。加えて、将来のスパッタ法の研究においては、異なった特性を示すコーティングされたインプラント表面における骨の反応の理解を深めるた

めに、臨床試験を含むべきであり、さらに、スパッタ法で作製された HA や CaP コーティングと成長因子との複合化の可能性についても含まれるべきである。

Biomaterials 2005;26:475-483

The influence of the phosphorus content on the bioactivity of sol-gel glass-ceramics

「ゾル-ゲル法で作製した結晶化ガラスの生体活性に与えるリン含有量の影響」

S. Padilla, J. Román, A. Carenas and Vallet-Regi

この研究の目的は、ゾル-ゲル法で作製したガラスから得られた結晶化ガラスの結晶化と生体活性に与えるリンの影響の調査である。この目的のため、二つの似た組成であるが一方には P_2O_5 を含むガラス[70SiO₂·30CaO(mol%)と 70SiO₂·26CaO·4P₂O₅(mol%)]をゾル-ゲル法により作製した。これらのガラスを、700°C から 1400°C の範囲で 3 時間熱処理した。得られたガラス試料を XRD、FTIR、SEM-EDS によってキャラクタリゼーションし、1100°C で熱処理した試料について二軸曲げ強度を調べた。さらに、擬似体液(SBF)を用いて生体外での生体活性評価を行った。

この結果から、リンはガラスの結晶化において重要な役割を果たしていることが示された。リンはリン酸カルシウム相の結晶化を導き、高温でのウォラストナイト相の安定化、さらに、低温での SiO₂ 相の結晶化を導いた。さらに、リンの存在が試料中に不均一な欠陥の分布を産み出し、そのため、リンを含む試料の曲げ強度は低下した。最後に、リンを含むガラスより得られた結晶化ガラスは、SBF に浸漬した際に最も大きいアパタイト層の形成速度を示した。

Biomaterials 2005;26:485-493

In vitro cytocompatibility of MG63 cells on chitosan-organosiloxane hybrid membranes

「キトサン オルガノシランハイブリッド膜上での MG63 細胞の *in vitro* における細胞適合性」

Yuki Shirosaki, Kanji Tsuru, Satoshi Hayakawa, Akiyoshi Osaka, Maria Ascensão Lopes, José Domingos Santos and Maria Helena Fernandes

キトサン シリケートハイブリッドを、キトサン鎖を架橋するための試薬として γ グリシドキシプロピルトリメトキシシラン (GPSM) を用いて合成した。ハイブリッド表面の細胞接着と細胞分化を改善することを期待してハイブリッド中に CaCl₂ を導入した。FT-IR と ²⁹Si CP-MAS NMR をハイブリッドの構造を分析するために使用した。ハイブリッドの細胞適合性を、骨芽細胞の細胞株 MG63 の増殖によって調べた。カルシウムなしのキトサン GPSM ハイブリッドの表面で培養された骨芽細胞の接着と増殖は、コントロールの培養プレート上とほぼ同等であり、キトサン膜上よりも良好であった。このハイブリッド上で培養された細胞の ALP 活性はキトサン膜上でのそれより高かった。予想

に反し、ハイブリッド中へのカルシウムイオンの導入は、それらの表面での細胞接着と増殖を改善しなかった。

Biomaterials 2005;26:1205-1210

Thermal and chemical stability of fluorohydroxyapatite ceramics with different fluorine contents

「フッ素含有量の異なるフッ素アパタイトセラミックスの熱的安定性と化学的安定性」

Yanming Chen and Xigeng Miao

ヒドロキシアパタイト(HA)はその優れた生体活性のため、整形外科や歯科において重要な役割を果たしている。しかし、熱分解と酸性環境において耐食性が低いため、HAの応用が制限されてきた。本研究では、一般化学式 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{2-2x}\text{F}_{2x}$ において $x = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ となる種々のフッ素置換ヒドロキシアパタイト(FHA)セラミックスを作製した。25 から 1400 までの温度の範囲で熱重量分析したところ、 $x > 0.4$ の FHA セラミックスにおいては、純粋な HA と比べて熱安定性が顕著に向上したことが分かった。1300 で 1 時間焼成した FHA セラミックスの X 線回折を測定により、その熱安定性が裏付けられた。膨張計による分析により、フッ素の添加が FHA セラミックスの開始焼成温度をかなり増加させたことが分かった。密度測定により、HA へのフッ素の添加は FHA セラミックスの緻密化を少し遅らせることが分かった。2.5 wt% のクエン酸溶液により研磨した FHA セラミックスの腐食試験をしたところ、 $x = 0.4$ の FHA セラミックスにおいては、かなり耐食性が向上したことが分かった。

3. ANNOUNCEMENT

<行事案内>

(1) 5th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INORGANIC PHOSPHATE MATERIALS '05

【会期】 2005年9月6日～8日

【場所】 中部大学（愛知県春日井市）

【ホームページ】 <http://www.isipm.chubu.ac.jp>

(2) 第18回日本セラミックス協会秋季シンポジウム

「ナノインターフェイス制御による医用セラミックスの開発と評価」

オーガナイザー：井奥洪二（東北大）・川下将一（京大）・相澤 守（明治大）

【会期】 2005年9月27日～29日

【場所】 大阪府立大学（大阪府堺市）

【ホームページ】 <http://www.ceramic.or.jp>

(3) 5th Asian BioCeramics Symposium (ABC2005)

【会期】 2005年10月1日～3日

【場所】 北海道大学歯学研究科（北海道札幌市）

【ホームページ】 <http://www.den.hokudai.ac.jp/rikou/evenets/ABC/index.html>

(4) Composites at lake Louise 2005

【会期】 2005年10月30日～11月4日

【場所】 Chateau Lake Louise, Canada

【ホームページ】 <http://composites-lake-louise.mcmaster.ca/>

(5) 第111回無機マテリアル学会学術講演会

【会期】 2005年11月10日～11日

【場所】 岡山大学（岡山県岡山市）

【ホームページ】 <http://wwwsoc.nii.ac.jp/imj/>

(6) 第27回日本バイオマテリアル学会大会

【会期】 2005年11月28日～29日

【場所】 京都府民総合交流プラザ 京都テルサ（京都市）

【ホームページ】 <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsbm/>

(7) 第9回生体関連セラミックス討論会

【会期】 2005年12月1日(木)10:00 ~ 2日(金)17:00

【場所】 日本大学工学部1号館121大会議室(東京都, 御茶ノ水)

【ホームページ】 <http://www.ceramic.or.jp/bseitai/>

* 今年には日本大学工学部 安江 任 先生のお世話で日本大学(御茶ノ水)にて開催します。講演募集などの詳細は逐次、部会HPにてアップしていきますので、ご参加の程よろしくお願ひ申し上げます。

* 申し込み締め切り: 10/5(水)、予稿集締め切り: 10/24(月)

* 問合せ先: yasue@chem.cst.nihon-u.ac.jp

(8) 18th International Symposium on Ceramics in Medicine (Bioceramics 18)

【会期】 2005年12月5日~8日

【場所】 ぱ・る・るプラザ京都(JR 京都駅烏丸口東側)

【ホームページ】 <http://bioceram18.jtbcom.co.jp/>

(9) PACIFICHEM 2005 Chemical Congress

シンポジウム#128において"Biom mineralization and Bio-Inspired Chemistry"が開催されます。

【会期】 2005年12月15日~20日

【場所】 Honolulu, Hawaii

【ホームページ】 <http://www.pacificchem.org/>

(10) その他

現在、Dr. Marcelo Prado が運営しているバイオマテリアルに関連するホームページ(Biomaterials Network; <http://www.biomat.net/>)と連携して、学会情報のアナウンスメントを強化しています。ABC2005 開催の情報もそのホームページに掲載されています。また、生体関連材料部会のホームページにもロゴ入りリンクを宮崎先生がはってくださっていますので、どうぞご利用ください。

編集後記

今回の The DV は如何でしたか？今回は私が担当でした。今号の巻頭言は今年から部会長に就任された尾坂先生にお願いし、寄稿として前編集委員長の井奥先生に秋季シンポジウム開催に向けてのメッセージを頂きました。私も秋季シンポジウムのオーガナイザーとして末席に加えさせて頂いていますが、どうか皆で協力して秋季シンポジウムを盛り上げていきましょう。また、研究室紹介では、今回の生体関連セラミックス討論会をお世話いただく日大の安江先生の講座の遠山先生にお願いしました。お忙しいなか原稿を執筆してくださった先生方をはじめ論文紹介などの情報を提供してくださった方々に御礼申し上げます。

さて、ここで担当者交代のお知らせです。私は前 The DV 編集委員長の井奥先生からバトンを受け取り、寺岡先生・宮崎先生とともに一年間 The DV の編集に取り組んできました。今号で私は卒業しまして、次号からは寺岡先生が編集委員長を務めることになっております。個性あふれる The DV が展開されるだろうといまからワクワクしています。

どうぞこれからも皆様のお力で生体関連材料部会のメールマガジン The Division を盛り上げてください。2年間、ありがとうございました。

(The Division 編集長：相澤 守)

次号より The Division の編集長を務めさせていただくことになりました。相澤先生、ご指名ありがとうございます。副編集長は、引き続き九州工大の宮崎先生にお願いしました。伝統を重んじて、副編集長は二人を予定しておりますが、もう一人は次号編集後記でお知らせいたします。

2000年9月1日にスタートした本誌は、そろそろ5周年を迎えます。先人達の努力のお陰で充実した The DV を引き継ぐことに少しプレッシャーを感じています。ほぼ完成された(ように見える)本誌に、持続的な発展をもたらすことは容易ではないでしょう(生体材料みたい)。秋季シンポ同様、当然のように、皆様のご協力期待しておりますので、どうぞよろしくおねがいいたします(The DV にインタラクティブさを求めています)。相澤先生も、卒業と言わず、ご助言、寄稿等、お待ち申し上げております。

(The Division 副編集長：寺岡 啓)

1年間ご支援を賜り有難うございました。引き続き副編集長を務めさせて頂くことになりました。新任の副編集長とともに寺岡先生の斬新な企画をサポートしていきたいと考えています。

(The Division 副編集長：宮崎敏樹)