

Bi-weekly News E-Mail for

*Ceramics Research Forum in Medicine, Biomimetics, and Biology*

# ***THE DIVISION***

**No. 9**

**January 15, 2001**

*Editor-in-Chief*      C. Ohtsuki, NAIST

*Associate Editor*      S. Nakamura, Tokyo Medical Dental University

*Editorial Staffs*

M. Aizawa, Sophia University  
S. Hayakawa, Okayama University  
K. Ioku, Yamaguchi University  
K. Ishikawa, Okayama University  
M. Kawashita, Kyoto University  
M. Kikuchi, NIRIM  
T. Miyazaki, NAIST

M. Neo, Kyoto University  
T. Ogawa, Asahi Optical Co., Ltd.  
M. Ohgaki, Tokyo Medical Dental Univ.  
K. Okada, NGK Spark Plug Co., Ltd.  
N. Ozawa, Kyoto University  
H. Takeuchi, Mitsubishi Materials Corp.  
N. Tomita, Kyoto University

## Contents

1	REPORT .....	3
	(1) 【参加報告】 第 20 回整形外科セラミック・インプラント研究会 .....	3
	(2) 【参加報告】 Materials Research Society Fall 2000 Meeting .....	4
2	INFORMATION ON RESEARCH & DEVELOPMENT .....	6
	(A) 論文紹介 .....	6
	(1) S. N. Nazhat <i>et al.</i> , J. Mater. Sci.: Mater. Med., <b>11</b> , 621-628 (2000). 「ハイドロキシアパタイトにより補強されたポリエチレンの動的力学的性質：粒径による影響」 .....	6
	(2) L.-Y. Huang <i>et al.</i> , J. Mater. Sci.: Mater. Med., <b>11</b> , 667-673 (2000). 「水酸アパタイトコーティング電気化学析出及び水熱合成法の過程及び動力学に関する研究」 .....	6

(3) J. E. Barralet <i>et al.</i> , <i>J. Mater. Sci.: Mater. Med.</i> , <b>11</b> , 719-724 (2000). 「炭酸アパタイトの密度及び微細構造に及ぼす焼結パラメータの影響」 .....	7
(4) K.-L. Eckert <i>et al.</i> , <i>Biomaterials</i> , <b>21</b> , 63-69 (2000). 「細胞担体への応用のための多孔質アルミナセラミックスの作製と <i>in vivo</i> 試験」 .....	7
3 ANNOUNCEMENT.....	9
(1) The Division の編集委員を募集中.....	9

## 1 REPORT

### (1) 【参加報告】第20回整形外科セラミック・インプラント研究会

奈良先端科学技術大学院大学  
物質創成科学研究科  
宮崎 敏樹

第20回整形外科セラミック・インプラント研究会は、2000年12月2日に大阪市立大学医学部において開催された。140余名が参加し、一般講演35件、特別講演2件の計37件の講演が行われた。

「バイオアクティブセラミックスに対する生体反応1」のセッションにおいては、主として工学系の研究者により新規な生体材料の設計に関する発表がなされた。その中で、破壊韌性に優れるもののそれ自体骨と結合しないジルコニアセラミックスに種々の化学処理を施し、骨と結合する生体活性を付与する試みに関する発表に興味を持たれた。「バイオアクティブセメント」のセッションにおいては、今年6月に発売されたばかりのリン酸カルシウム系骨セメント「バイオベックス®」に関する研究発表が多数行われ、同セメントの力学的性質の評価、生体内埋入試験ならびに練和方法の改良に関する報告がなされた。

ランチョンセミナーでは佐賀医科大学の佛淵孝夫教授による「セラミック人工股関節の短期成績」と題した講演があり、臨床の現場、とりわけ患者の生活から見た人工股関節置換術治療の実際についての報告がなされた。患者の方々が快適に過ごすための助けとなる生体材料を設計するに際しては、患者側の視点を常に心に留めておかななくてはならないと感じた。引き続いてパリ大学のAlain Meunier教授によって”Alumina on alumina THA – from basic research to clinical results –”と題した特別講演が行われ、1970年から実用化されたアルミナ骨頭とアルミナ球蓋とを組み合わせた人工股関節の改良の経緯ならびに使用成績に関する講演が行われた。実用化された直後には高い割合で埋入後に破壊が生じたが、アルミナの高密度化、気孔率の低下、粒径の減少などの改善策により、埋入後に破壊を生じる割合は0.05%にまで減少したと報告された。

「セラミックの臨床応用（股関節）」のセッションの中では、骨セメントと人工股関節との間に生ずる緩みを防ぐために、骨とセメントとの界面に水酸アパタイト顆粒を充填する方法とその臨床成績についての報告があった。「セラミック骨頭人工股関節の有用性」のセッションにおいては、人工関節の摺動面における摩擦を低減するためのモデル実験として、アルミナ表面にシランカップリング剤を用いてフルオロアルキル化し、同処理により摩擦係数が減少したという報告がなされた。

全体を通して質疑応答がいささか少ないのは残念ではあったが、セラミック生体材料の臨床応用に関する最新の動向を知る絶好の機会であった。

## (2) 【参加報告】 Materials Research Society Fall 2000 Meeting

無機材質研究所  
科学技術振興事業団 CREST

生駒俊之  
佐藤公泰

2000年11月27日から12月1日まで、米国マサチューセッツ州ボストンにおいて、「Materials Research Society Fall Meeting」が開催されました。私たちは医用材料に関するセッション（Orthopaedic/Dental Biomaterials）に参加すべく、直前にイタリアでおこなわれた学会に参加した後、直接ボストンに入りました。

学会は、Sheraton、Marriottなどのホテルをつなぐショッピングモールに隣接したHynes Convention Centerを中心として開かれました。MRS Meetingは、材料科学の国際学会の中でもきわめて規模が大きく、その内容も多岐にわたります。学会会場で手渡される予稿集は、1ページあたり5つほどの発表に関する原稿が掲載されており、しかもページ数は700を軽く越えています。予稿集のページをパラパラと繰ると、そこかしこに興味深い研究が紹介されており、しかし自分で直接発表を聞くことのできるはそのうちのほんの1部だけで、いささかもどかしいような気分さえなりました。会場に隣接するショッピングモールは、食事時ともなると世界中から集まった学会参加者があふれ、独特の雰囲気となります。レストランのテーブルにつけば、両隣から材料科学に関する会話が聞こえてきます。このような、国際色豊かで活気にあふれた雰囲気を味わうことも、私たちにとっては大変有意義なことに思えました。

私たちは、ハイドロキシアパタイトなどのリン酸カルシウム結晶を有機高分子と複合化させることで、医用材料、特に人工骨や人工軟骨としてのより高い機能をもつ新物質を創るという研究をすすめています。MRS Fall Meetingにおいては、この一連の研究のうち、ハイドロキシアパタイト結晶の表面・界面における構造や無機結晶／有機高分子間の化学結合状態の評価を中心とした発表をおこないました。高分解能透過型電子顕微鏡による界面の直接観察や無機／有機界面の電子状態計算によって明らかとなった知見、それをふまえて実際に合成された無機・有機複合体の医用材料としての可能性について述べました。発表後には、会場外においても米国の研究者らに多くの質問をうけ、我々の研究が彼らの興味を引いたことに大きな満足といささかの安堵を覚えました。

我々の参加した医用材料に関するセッションにあっては組織工学に関する発表が増加傾向にあり、この分野に利用可能な材料（細胞培養の足場となる材料など）の研究が世界中で盛んにおこなわれていることが実感されました。リン酸カルシウムと有機高分子の複合体をそのような目的に利用しようという試みもなされています。組織工学用の材料を新規に開発する上でも、我々の発表した無機／有機界面の構造・結合状態に関する知見は有用であると感じられ、この学会への参加が、私たちにとって研究へのモチベーションを大いに高めることにつながりました。

## 2 INFORMATION ON RESEARCH & DEVELOPMENT

### (A) 論文紹介

- (1) S. N. Nazhat *et al.*, J. Mater. Sci.: Mater. Med., **11**, 621-628 (2000). 「ハイドロキシアパタイトにより補強されたポリエチレンの動的力学的性質：粒径による影響」

S. N. Nazhat, R. Joseph, M. Wang, R. Smith, K. E. Tanner and W. Bonfield, Journal of Materials Science: Materials in Medicine, **11** [10], 621-628 (2000).

“Dynamic mechanical characterization of hydroxyapatite reinforced polyethylene: effect of particle size”

「ハイドロキシアパタイトにより補強されたポリエチレンの動的力学的性質：粒径による影響」

合成したハイドロキシアパタイト (HA) 微粒子により補強されたポリエチレン (PE) からなる生体臨床用複合体の性質を調べるために動力学的分析を行った。HA の体積率、温度、HA 粒子が、貯蔵弾性率 ( $E'$ ) および減衰 ( $\tan \delta$ ) に及ぼす影響について調べた。HA の体積率が増すにつれ、 $E'$  は大きくなり、 $\tan \delta$  は小さくなった。 $E'$  は、準静的な引っ張り試験により求めたヤング率と線形的な関係にあることが分かった。相対弾性率と減衰を調べることにより、フィラーとマトリックス間の界面付近のマトリックス中において熱的に誘起される引っ張り応力が存在するために、補強されていない PE の粘弾性挙動は、補強されたもののそれとは異なることが分かった。

- (2) L.-Y. Huang *et al.*, J. Mater. Sci.: Mater. Med., **11**, 667-673 (2000). 「水酸アパタイトコーティング電気化学析出及び水熱合成法の過程及び動力学に関する研究」

L.-Y. Huang, K.-W. Xu, J. Lu, Journal of Materials Science: Materials in Medicine, **11** [11], 667-673 (2000).

“A study of the process and kinetics of electrochemical deposition and the hydrothermal synthesis of hydroxyapatite coatings”

「水酸アパタイトコーティング電気化学析出及び水熱合成法の過程及び動力学に関する研究」

電気化学的析出法、及びそれに続く水熱合成法を用いて、水酸アパタイト (HAP) コーティングを行った。各工程段階におけるコーティング層の組成と形態を、走査型電子顕微鏡 (SEM)、X 線分光法 (XRD) 及び赤外分光法 (IR) によって調べた。水熱合成法の機構と動力学について重点的に考察され、また、温度と時間が HAP 形成速度に与える影響についても調べられた。結果によれば、電気化学的析出コーテ

ィング層は  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  結晶からなり、それが、続く水熱処理の後に針状 HAP 結晶に転化する。コーティング層の HAP 含有率は処理温度と時間と共に増大する。合成の速度はまた、水の pH と共に増大する。HAP コーティング層の形成には、数種類の反応が組み合わさっていると考えられる。HAP 形成速度と温度との間にはアーレニウスの関係が成り立ち、見かけの活性化エネルギーは 94.4 KJ/mol と計算された。

- (3) J. E. Barralet *et al.*, J. Mater. Sci.: Mater. Med., **11**, 719-724 (2000).「炭酸アパタイトの密度及び微細構造に及ぼす焼結パラメータの影響」

J. E. Barralet, S. M. Best, and W. Bonfield, Journal of Materials Science: Materials in Medicine, **11** [11], 719-724 (2000).

“Effect of sitering parameters on the density and microstructure of carbonate hydroxyapatite”

「炭酸アパタイトの密度及び微細構造に及ぼす焼結パラメータの影響」

本研究では、二酸化炭素雰囲気下での焼結において、炭酸含有水酸アパタイトの密度と微細構造に与える水の影響について調べた。炭酸含有率 3.2 から 7.8 wt% の炭酸アパタイトを析出させ、これを乾燥ゲルに成形した。乾燥二酸化炭素雰囲気、あるいは湿潤二酸化炭素雰囲気（水分 3 wt%）下において、等温、当時焼結実験を行った。未焼結時の密度 37%、炭酸含有率 5.8 あるいは 7.8 wt% の 2 種類のゲルを用いて、炭酸含有率の影響を調べた。等温実験においても、当時実験においても、アパタイトの膨大化が認められ、これはアパタイトからの炭酸の離脱と連動していた。湿潤二酸化炭素雰囲気下でのみ、完全に密で半透明の炭酸アパタイトが得られることが分かった。700°C で 4 時間焼結することによって、密度 93% の炭酸アパタイトが得られた。

- (4) K.-L. Eckert *et al.*, Biomaterials, **21**, 63-69 (2000).「細胞担体への応用のための多孔質アルミナセラミックスの作製と *in vivo* 試験」

K.-L. Eckert, M. Mathey, J. Mayer, F.R. Homberger, P.E. Thomann, P. Groscurth, E. Wintermantel, Biomaterials, **21**, 63-69 (2000).

“Preparation and *in vivo* testing of porous ceramics for cell carrier applications”

「細胞担体への応用のための多孔質アルミナセラミックスの作製と *in vivo* 試験」

移植可能な細胞担体の開発のために、マイクロ孔を持つアルミナを、血管化細胞を内側へ伸長させるための空孔を中心に持つ中空の球体として用いた。担体は、水中でセラミック原材料を均質に懸濁し、得られたスラリーを加熱したプレートに滴下

して作製された。その細胞担体の組織形態の特性を、SEM と光学顕微鏡により調べた。作製された担体の平均粒径は 4.9 mm であり、比較的高い気孔率 ( $56 \pm 8\%$ ) であった。in vivo 試験として、細胞担体を Zur:SIV ラットの腹部内壁に 50 週埋入し、その後光学顕微鏡、SEM 及び TEM を用いて観察した。その中空担体の表面は未炎症の筋組織と密に接触しており、炎症やカプセル化は観察されなかった。緩い結合組織が、中空細胞担体の中へと成長し、20 週以上延長して埋入した後では含脂肪細胞が観察された。埋植材料周辺での癒痕組織形成の欠如と中空担体の孔内での細胞の活動は、多孔質アルミナが細胞移植デバイスとして有用であることを示している。



### **3 ANNOUNCEMENT**

#### **(1) The Division の編集委員を募集中**

The Division の編集委員に手を上げてくださる方を募集しております。ご関心があれば、大槻（ohtsuki@ms.aist-nara.ac.jp）までご連絡お願いいたします。