

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書

◆記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字		ASAI SHIGEO				
①研究代表者氏名		浅井 滋生			②所属研究機関・部局・職	名古屋大学・工学研究科・教授
③研究課題名	和文	強磁場が齎す結晶配向機能の実用材料への展開				
	英文	The Application of Crystal Aligment Function Induced by a High Magnetic Field to the Development of Practical Materials				
④研究経費 金額単位：千円	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	総合計
	7,600	34,200	35,200	13,300	3,800	94,100
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在						
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
浅井 滋生	名古屋大学・工学研究科・教授	材料工学	研究計画の立案と総括			
岩井 一彦	名古屋大学・工学研究科・助教授	材料工学	強磁場が齎す結晶配向機能の適用性の普遍化			
佐々 健介 (H13～H16)	名古屋大学・工学研究科・助教授	材料工学	結晶配向機能発現の実験			
成ムン圭 (H17)	名古屋大学・工学研究科・助手	材料工学	結晶配向機能発現の実験			
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）						
<p>基盤研究(A)(2) 課題番号：08405049 の成果を踏まえたその後の研究により、PAN（ポリアクリロニトリル）繊維を強磁場・高温下で処理することにより、引張強度を30%向上させることに成功した。本研究では、（Ⅰ）この基盤研究(A)(2)で明らかにした磁化力によるBi蒸着膜の結晶配向の成果を生体材料に用いられる水酸アパタイトをはじめ、種々の材料に展開して、結晶配向された膜や成形体を作製する。また（Ⅱ）ピッチおよびその半製品であるメソフェース小球体にも強磁場を印加して、結晶配向された炭素材料の作製を試みる。以上、（Ⅰ）、（Ⅱ）の成果に基づいて、強磁場が齎す結晶配向機能に関して、その適用の普遍化を図る。</p>						

⑦研究成果の概要 (研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、簡潔に記入してください。)

研究目的に掲げた (I) と (II) に分けて研究成果の概要を以下に述べる。

(I) に関する成果：

骨代替セラミックスであるHAp結晶は生体部位によってその配向状態が異なる。HApの結晶配向状態を制御することによって、治癒効果が高められることが期待できる。そこで、結晶配向成形体を作製する研究を行った。磁場中スリップキャスト中に、試料を入れた容器を回転させる方法を新たに開発し、ほぼ100%配向したHAp結晶配向成形体の作製に成功した(図. 1参照)(学術雑誌(16))。

同法は構造材用セラミックスである窒化珪素(Si_3N_4)にも適用され、その一軸結晶配向にも成功した。本成果に対して日本金属学会論文賞が授与された(学術雑誌(11))。熱電材料 Bi_2Ti_3 に適用し、300Kで熱電性能指数1.2を得た(Materi.Trans,投稿中)。本数値はこれまで報告されたものの中では最高値である。さらに、理論解析により磁場中スリップキャストにおける結晶配向可能粒子径を操作条件の関数として求めた(学術雑誌(13))。

(II) に関する成果：

PAN系炭素繊維の黒鉛化工程で強磁場を印加することによって引張強度が30%程上昇した結果を踏まえて、安定化工程、炭素化工程に磁場を印加する実験を行った。PAN繊維にかかる張力の減少に伴って磁場印加の効果が約2倍まで顕在化することを見出した。また、メシチレンを高温高压下に置くことによって炭素小球体を簡便に作製することができる。この反応を10Tの磁場下で行ったところ、小球体は合体し球状化が抑制されることが分った(図. 2参照)(学術雑誌(8))。

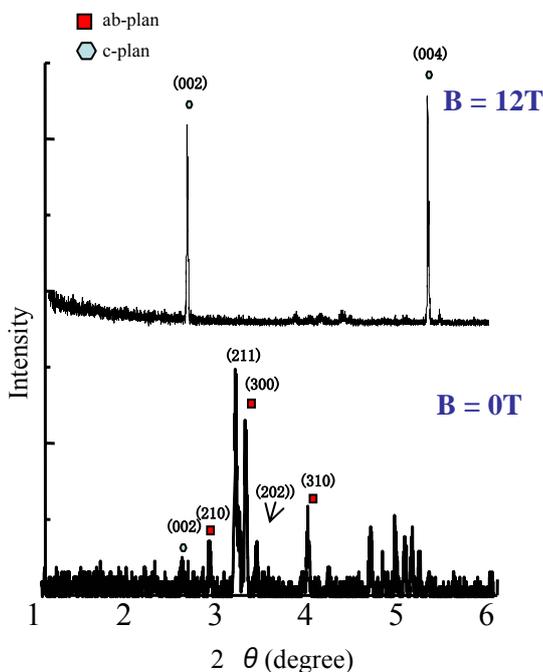


図. 1 磁場中試料回転スリップキャストによって作製された成形体のX線回折と無磁場処理されたものの比較

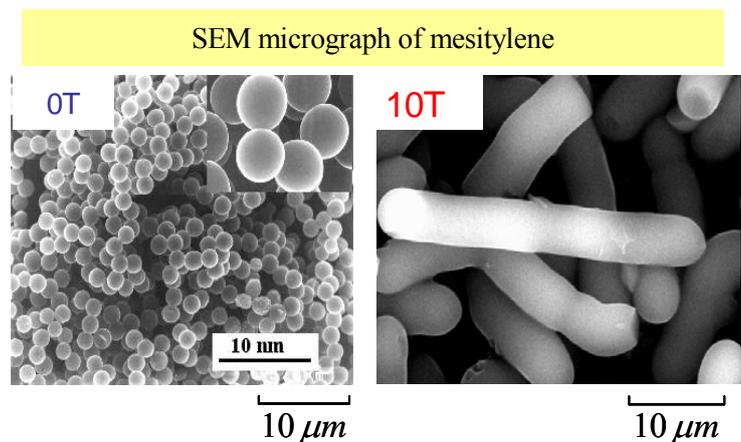


図. 2 メシチレンから得られた小球体のSEM像(磁場を印加したものとしないものの比較)

⑧特記事項 (この研究において得られた独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、当該研究分野及び関連研究分野への影響等、特記すべき事項があれば記入してください。)

強磁場を印加することによってこれまで磁性体に限定されてきた磁化力の利用を非磁性体である金属、セラミックス、有機物質にも拡大できることを確認するとともに、磁化力を使って非磁性体を結晶配向させ得ることを明らかにした。構造材料から有機、無機機能材料(繊維高分子材料も含む)にわたり、結晶および組織配向に関する有効な手法を開発することができた。

上記の内容を以下の(Ⅰ)、(Ⅱ)、(Ⅲ)に分けて述べる。

(Ⅰ) 本研究において得られた独創性・新規性

軸対象構造を有する物質で、軸方向の磁化率 $\chi_{//}$ がそれと直交する方向の磁化率 χ_{\perp} より小さい物質の場合、磁場印加のみでは結晶を一軸配向させることは原理上できない。この基本的課題を解決する方法として、磁場印加方向に対して直交する方向を軸として、試料を入れた容器を回転させる方法を理論的に考案し、その有用性を実験によって実証した(学術雑誌(11))。すなわち、「⑦研究の成果の概要」で述べたとおり生体材料である水酸アパタイト(HAp)(学術雑誌(16))、構造用セラミックス Si_3N_4 (図1参照)(学術雑誌(11))、熱電材料 Bi_2Te_3 の成形体作製(Materi. Trans.,投稿中)に適用して、それぞれの材料に対して高い性能を付与することに成功した。

(Ⅱ) 新たな知見

(1) 一部粒子が結晶配向されたグリーン成形体を焼結すると、成形体の配向度が飛躍的に向上することを見出した(J.Am.Ceram.Socに投稿中)。

(2) 配向可能な粒子径を粒子物性と操作条件の関数として理論的に求めた。この知見は結晶配向の可能性をあらかじめ予測できるようにしたものである(学術雑誌(13)参照)。

(Ⅲ) 当該研究分野及び関連研究分野への影響

本研究で開発した結晶配向法は金属・セラミックス材料に限らず、有機材料分野にも適用可能である。当然、結晶配向が治癒効果に直接影響する生体材料にも、その適用は拡大できる。将来、本結晶一軸配向法は材料分野で広く活用されることになるだろう。本研究の実用上の成果は⑨に記載の特許出願(1),(2),(3)のとおりである。

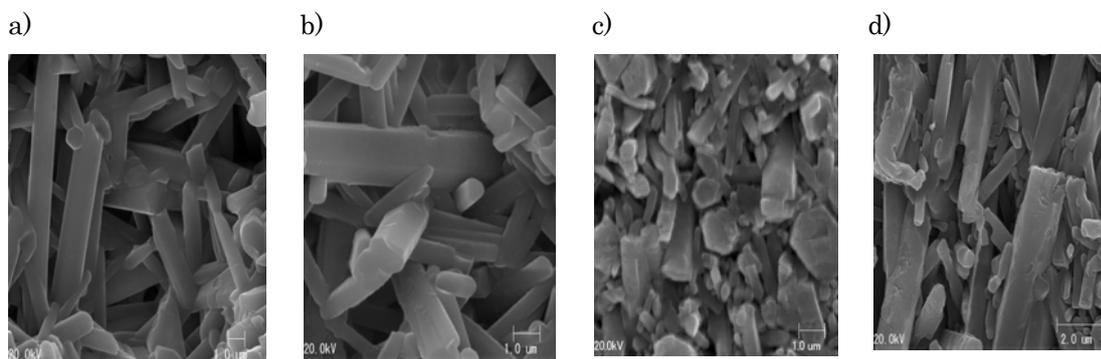


図. 1 磁場中スリップキャストリングし、焼結した Si_3N_4 成形体のSEM像

- a) : 無磁場で回転無し試料の上面 c) : 10T 磁場中で回転させた試料の上面
b) : 無磁場で回転無し試料の側面 d) : 10T 磁場中で回転させた試料の側面

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

平成13年度 口頭発表

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	PLD法によるPt-Fe薄膜の強磁場印加による結晶方位制御	材料とプロセス	14(1)	490	2001
田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	気相蒸着過程における強磁場印加による結晶配向	日本金属学会第129回秋季大会概要集	第129回	870	2001
鳥居武史, 佐々健介, 成 炆圭, <u>浅井滋生</u>	炭素質メソフェーズ小球体形成に及ぼす強磁場印加の効果	材料とプロセス	14(4)	871	2001
石原正人, 田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	蒸着薄膜の成長様式に及ぼす強磁場の効果	材料とプロセス	14(4)	226	2001

平成14年度 学術雑誌

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
M.Sung, K.Sassa, H.Ogawa, <u>S.Asai</u>	(1) Application of a high magnetic field in the carbonization process to increase the strength of carbon fibers	CARBON	40	2013-2020	2002
田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	(2) 強磁場印加による金属結晶の配向	材料の科学と工学	43(11)	222-225	2002
M.Tahashi, K.Sassa, <u>S.Asai</u>	(3) The Effect of a High Magnetic Field on Surface Aspect of Vapor-Deposited Films of Bismuth and Zinc	Materials Transactions	43(11)	2813-2817	2002

平成14年度口頭発表

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
井上幸治, 佐々健介, 目義雄, 興戸正純, <u>浅井滋生</u>	強磁場印加によるハイドロキシアパタイトの結晶配向	材料とプロセス	5	226	2002
村上雄一朗, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	強磁場印加による結晶配向ハイドロキシアパタイト焼結体の作製	日本金属学会2002年秋季大会(第131回)講演概要集	第131回	520	2002

平成14年度 口頭発表

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	強磁場印加による非磁性バルク金属の結晶方位制御	日本金属学会2002年秋季大会(第131回)講演概要集	第131回	533	2002
杉山翼, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	強磁場印加による亜鉛厚膜の結晶配向制御	同上	第131回	533	2002
小川博靖, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	PANフィルム作製過程における強磁場の影響	第29回炭素材料学会年会要旨集	2002	64-65	2002

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

平成14年度 特許出願

工業所有権の名称	発明者	権利者	工業権の種類, 番号	出願年月日	取得年月
(1) 強磁場印加による材料の結晶方位制御方法および装置	浅井滋生 他3名	科学技術振興事業団	特願 2002-149808	平成14年5月23日	
(2) アパタイト被覆基材の製造方法およびアパタイト被覆基材の製造装置	浅井滋生 他3名	科学技術振興事業団	特願 2002-31900	平成14年10月31日	

平成15年度 学術雑誌

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
大竹芳文, 田橋正浩, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	(4) 強磁場印加によるNi-Zn系電析物の組織制御	日本金属学会誌	67 (1)	1-6	2003
T.Sugiyama, M.Tahashi, K.Sassa and <u>S.Asai</u>	(5) The Control of Crystal Orientation in Non-magnetic Metals by Imposition of a High Magnetic Field	ISI International	43(6)	855-861	2003
K.Inoue, K.Sassa, Y.Yokogawa, M.Okido, Y.Sakka, <u>S.Asai</u>	(6) Control of Crystal Orientation of Hydroxyapatite by Using a High Magnetic Field	Bioceramics	15	513-516	2003
<u>S.Asai</u> , M.Tahashi, K.Sassa,	(7) Crystal orientation of non-magnetic materials by imposition of a high magnetic field	Science and Technology of Advanced Materials	4	455-460	2003
M.G.Sung, T.Torii, K.Sassa and <u>S.Asai</u>	(8) Application of a High Magnetic Field in a Carbonization process of Pitch	Trans, Mater. Res. Soc. Of Japan	28 (2)	263-264	2003

平成15年度 口頭発表

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
秋山順, 佐々健介, 岩井一彦, <u>浅井滋生</u>	強磁場によるアパタイト/コラーゲン複合体の配向	日本金属学会 2003 年秋季大会 (第133回) 講演概要集	第133回	166	2003
村上雄一郎, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	強磁場を用いたハイドロキシアパタイトの結晶方位制御	同上	第133回	474	2003
S.Li, K.Sassa, <u>S.Asai</u>	Fabrication of textured Si ₃ N ₄ ceramics using a slip casting process in a high magnetic field	同上	第133回	479	2003

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

平成16年度学術雑誌

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
Y.Murakami, K.Sassa, K.Iwai, and <u>S.Asai</u>	(9) Control of Crystal Orientation of Hydroxyapatite by Imposing a High Magnetic Field	Key Engineering Materials	284-286	75-78	2004
V.G.Pol, .V.Pol, A.Gedanken, M.G.Sung and <u>S.Asai</u>	(10) Magnetic field guided formation of long carbon filaments	Carbon	42	2738-2741	2004
S.Li, K.Sassa, K.Iwai, and <u>S.Asai</u>	(11) A Novel Process to Fabricate of Highly Textured Ceramics in a High Magnetic Field	Materials Transactions	45(11)	3124-3129	2004

平成16年度 口頭発表

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
村上雄一郎, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	ハイドロキシアパタイトの結晶成長過程における強磁場の影響	日本金属学会概要集	第134回	387	2004
Y.Murakami, K.Sassa, and <u>S.Asai</u>	Crystal Orientation Control of Hydroxyapatite by High Magnetic Field Process	The 8th IUMRS International Conference on Advanced Materials Oct.8-13, Yokohama, Japan	Abstracts 2	203	2004
川端悠介, 成ムン圭, 佐々健介, <u>浅井滋生</u>	強磁場印加による高性能PAN系炭素繊維の高強度	第30回炭素材料学会年会要旨集	2003	178-179	2004

平成16年度 特許

工業所有権の名称	発明者	権利者	工業権の種類, 番号	出願年月日	取得年月日
(3) 一軸配向成型体の成型方法及びその成型装置	浅井滋生 他2名	独立行政法人科学技術振興事業団	特許2004-075371	平成16年 3月14日	

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

平成17年度学術雑誌

著者名	論文名	雑誌名	巻(号)	頁	発表年
S.Li, K.Sassa, and <u>S.Asai</u>	(12) Texture crystal growth of Si_3N_4 ceramics in high magnetic field	Materials Letters	59	153-157	2005
C.Wu, S.Li, K.Sassa, Y.Chino, K.Hattori, and <u>S.Asai</u>	○(13) Theoretical Analysis on Crystal Alignment of Feeble Magnetic Materials under High Magnetic Field	Materials Transactions	46(6)	203-206	2005
J.Akiyama, M.Hashimoto, H.Takadama, F.Nagata, Y.Yokogawa, K.Sassa, K.Iwai, and <u>S.Asai</u>	(14) Formation of c-axis Aligned Polycrystal Hydroxyapatite Using High Magnetic Field with Mechanical Sample Rotation	Materials Transactions	46(2)	203-206	2005
C.Wu, S.Li, K.Sassa, Y.Sakka, T.Suzuki, and <u>S.Asai</u>	(15) The Crystal Orientation Taking Account of Gravity Force under High Magnetic Field	ISIJ International	45(7)	997-1000	2005
J.Akiyama, M.Hashimoto, H.Takadama, F.Nagata, Y.Yokogawa, K.Sassa, K.Iwai, and <u>S.Asai</u>	(16) Formation of c-axis Aligned Hydroxyapatite Sheet by Simultaneous Imposition of High Magnetic Field and Mold Rotation during Slip Casting Process	Key Engineering Materials	309-311	55 - 56	2006