

「極限環境状態における現象」

平成9年度採択研究代表者

本河 光博

(東北大学金属材料研究所 教授)

「強磁場における物質の挙動と新素材の創製」

1. 研究実施の概要

ハイブリッド磁石による研究: ガラスの浮遊溶融微粒子作製における磁場による化学組成の制御および物質の配列・配向の非接触状態での制御の可能性がわかった。世界初のヘリウムフリーハイブリッド磁石を稼働させた。

ヘリウムフリー超伝導磁石による研究: 高温超伝導体の薄膜・バルクなどの結晶成長、組織及び機能制御における磁場効果、強磁場下で育成された Cs₂TCNQ₃ 結晶の室温強磁性、導電性ポリマーによる電極反応の制御、タンパク質単結晶育成、磁場中酸素反応スパッタによる Fe₃O₄ 薄膜の成長の促進などの研究が行われた。

2. 研究実施内容

1) ハイブリッド磁石による研究:

ガラス微粒子形成における磁気力の効果を明らかにするために、Na₂O-TeO₂ 系に引き続き BaO-TeO₂ 系ガラスおよび Ce イオンを含有するフッ化物(YF₃-BaF₂-CaF₂-AlF₃)ガラスの微粒子作製を行った。中心磁場 26T(BaO-TeO₂ 系ガラス)および 27T(フッ化物ガラス)において、レーザーを最大出力 50W で数秒間照射した結果、原料ガラスは蒸発-凝縮し、ガラス微粒子を得ることが出来た。BaO-TeO₂ 系ガラスでは、蒸発時のガラス微粒子雲は強磁場中では対流が抑制され、ほぼ同心球様に微粒子雲が広がるのが観測された。Ba の含有量は非常に僅かであるが磁場印加により増加する傾向が見られた。これに対し Ce を含有するフッ化物ガラスでは、形成されたガラス微粒子は磁場中において下方に流れ、微粒子中の Ce イオンのため磁石中心へ引き寄せられている。しかし、加熱が継続し周囲の温度が上昇すると下方への流れは上方に変わる。微粒子雲や雰囲気温度の上昇によって常磁性が小さくなったことが原因と考えられる。形成された微粒子はほとんどが AlF₃ 結晶であった。強磁場中で形成された微粒子中には原料ガラスの成分を含む球状のガラス微粒子が発見され、蒸気圧の低い成分の磁化率の大きさと形成微粒子中の含有量には相関性はなく、蒸発ガス分子の電荷などの要因に磁場効果があると示唆される。

磁気浮上状態での物質の配列・配向は反磁性磁気モーメント間の相互作用とポテンシャルエネルギーや結晶磁気異方性または形状磁気異方性に依存するということから、磁場強度と浮上位置を調整することにより、浮上物質の配列・配向を非接触の状態で制御できることが分かった。このこ

とは、磁気浮上状態を物質合成に応用する上での大きな利点である。

磁気浮上用の磁石開発に関しては、4.5 T のヘリウムフリー大口径超伝導磁石を開発し 15.5T の水冷磁石との組み合わせ試験を実施し、52mm の室温実験空間中心に 20T を発生させた。世界初のヘリウムフリーハイブリッド磁石が稼働し始めたことになる。ヘリウムフリーハイブリッド磁石は、20T 発生によってz軸方向で中心から 78mm の位置で 2100T²/m の磁気浮上力を得られ、23T では 2450T²/m 以上の磁気浮上力を得られる。この磁気浮上力は、液体ヘリウムを一切必要とせずそのための時間制限のない磁気浮上による材料開発に使われる予定である。現時点では、1800 T²/m が必要なパラフィンを用いてマランゴニ対流の研究に着手したところである。世界初の無冷媒型ハイブリッド磁石は、我が国の独創的な磁石技術として世界の最先端に位置することになる。ヘリウムフリー超伝導磁石による研究：

ヘリウムフリー超伝導磁石熱処理炉をもちいて、YBa₂Cu₃O₇ バルクの磁場中成長を行い、結晶成長や超伝導特性に及ぼす磁場の効果を調べた。試料は YBa₂Cu₃O₇ に 30%の Y₂BaCuO₅ と 0.5wt%の Pt を添加した前駆体に SmBa₂Cu₃O₇ の種結晶をつけて作製した。得られた試料の結晶性は、X 線のロッキング曲線評価によると、磁場の増加にともなって大きく改善され、10T の磁場中では単結晶とほぼ同等となり、試料中に含まれる Y₂BaCuO₅ の分布に変化が見られる。前者は臨界電流密度 J_c の向上を促し、後者は減少させる効果がある。これらの競合によって、J_c は低磁場で増加し、高磁場では減少する。最高の J_c は YBa₂Cu₃O₇ バルクにおいて得られているほぼ最高の J_c 値に相当する。結晶性の向上については磁場配向効果によって解釈できるが、組織の変化については単純には理解できない。又磁場中の熱分析装置の開発、測定によって熔融成長における磁場の印加は結晶成長速度を下げ、このために組織変化がおこると思われる。このように、結晶成長における詳細な磁場の効果についての理解もかなり進んできている。

高温超伝導線材の開発においてもその組織制御が重要であり、磁場中の成膜が有効と考えられる。このため、磁場中化学気相法成膜装置を開発した。化学気相法はプラズマなどを使わないので成膜プロセスに及ぼす磁場の影響がスパッタなどと比べて少なく、比較的早い成膜速度が実現でき、テープ線材の合成法として有効である。多結晶銀基板に成長させた場合は、その結晶粒の大きさが磁場の印加と共に急激な減少が見られ、これに伴って J_c が向上した。また、集合組織も磁場の印加に伴って向上する傾向が見られた。

導電性ポリマーのポリピロールを強磁場中で電解重合を行うと、そのモルフォロジーや電気化学的性質が変化することを見出した。また、磁気電解重合膜を電極に用いることにより、水素発生などの電極反応が制御できることなどを明らかにした。今年度は主に、磁気電解重合膜の特質として特異吸着があることを見いだした。この特異吸着によりポリピロールの還元が抑制され、電位窓の広い修飾電極としての利用が可能となった。さらに、アミノ酸やビタミンCなどの不斉分子の特異吸着も確認され、不斉界面をもつ電子移動反応場の設計へと発展が期待される。

中性/ラジカル比が 1:2 の組成を持つ TCNQ 錯体の結晶を強磁場中で成長させると、電子物性がどのような影響を受けるかを、結晶構造・モルフォロジーと電子物性の両面から調べた。結晶育成にはおよそ 10 mg の試料原料を用いるが、一つのバッチで多数の針状または平板上の結晶が

得られる。それらの結晶を調べると、5T 以上の磁場中で全ての結晶が磁場効果を示すわけではなく、磁場効果はある一定の頻度で現れることが分かった。強磁場結晶が示す種々の異常な物性が狭い意味の不純物ではなく、強磁場によって導入された、極めて微弱ではあるが本質的な構造変化に起因していることが明らかになった。この構造変化の結果、TCNQ 分子の積層カラムの中に束縛準位が形成されていることを強く示唆するデータが直線偏光赤外吸収測定より得られつつある。強磁場結晶では中性/ラジカル比が2:3の化学量論比から僅かにずれているのではないかと推察され、半導体工学の見地に立てばこの効果はおそらく世界で初めての、外部磁場による物理ドーピングとみなすことができる。

強磁場下でタンパク質結晶を育成すると結晶の品質が向上するメカニズムとして、1) 対流の抑制2) 結晶のモザイクブロックの配向、3) 成長速度の低下、4) タンパク質分子の三次元構造の変化が考えられるが、1) 2) の寄与については平成12年度に明らかにすることができたので、平成13年度には3) 4) に焦点を絞り研究を行った。結局1) 3) 4) は大きな結晶の品質向上に大きな寄与を及ぼさず、2) によって高品質化するものと考えられる。結晶の磁場配向効果が最も大きな寄与を及ぼすことより、結晶の単位胞が磁氣的に異方性を持つタンパク質であれば全てのケースにおいて、磁場による結晶の高品質化が期待できることがわかる。

Fe の酸素反応スパッタを強磁場中で行うと膜成長速度が下がり、同時に Fe₃O₄ 相が優先的に成長するというこれまでの結果を踏まえ、強磁場中スパッタの現象そのものの追求や窒化物系での実験を行った。2-4Tの磁場中でのスパッタでは、膜厚の著しい不均一性が見られ、試料表面が不均一にエッチングされるという現象を見いだした。エッチング現象によりスパッタされた物質が基板上への堆積してもその一部は再び飛散してしまうため、強磁場中では膜成長速度が減少し、また、不均一性を生じるものと考えられる。Fe 窒化物系においても、磁場印加により膜成長速度の減少が見られた。また興味深いことに安定相である Fe₃N や Fe₄N ではなく、非平衡の α'-Fe 相が優先的に成長しやすいことが分かった。このような Fe-N 系非平衡相は、Fe₃N や Fe₄N より大きな飽和磁化を有しており、高密度磁気記録用の書込みヘッド材料への応用の可能性を有している。

3. 研究実施体制

ハイブリッド磁石グループ

本河光博(東北大学金属材料研究所、教授)

研究項目

- 総括、氷、イオン結晶の結晶成長、
- ハイブリッド磁石用新水冷磁石の開発、
- 無機物固体の浮揚合成、
- 高分子材料の重合、
- 無機物固体の浮揚合成

ヘリウムフリー磁石グループ

① 渡辺和雄(東北大学金属材料研究所、教授)

② 研究項目

高温超伝導体の強磁場配向成長、
大口径ヘリウムフリー磁石開発、
シード法高温超伝導体の合成、
高分子材料の重合、
蛋白質の結晶成長、
機能性磁性薄膜の合成、
TCNQ 錯体の結晶成長と電子物性、

4. 研究成果の発表

論文発表(年報に掲載し公開)

“著者名、発表論文タイトル、掲載誌名、巻号頁、発行年等を記述”

なお、昨年度と重複しているものは避ける。

- S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, Effects of Heat Treatment in High Magnetic Field for YBa₂Cu₃O₇, Proc. 8th US-Japan Workshop on HTSC, Tallahassee, edited by J. Schwartz, National High Magnetic Field Laboratory, (1998) 103-108.
- W.P. Chen, H. Maeda, K. Watanabe, M. Motokawa, H. Kitaguchi and H. Kumakura, Tc enhancement of Bi₂212/Ag composite tapes by magnetic melt processing, Applied Superconductivity 1999 (Institute of Physics Conference Series No 167), Vol.1, (1999) pp471-474
- N. Kitamura, M. Makihara, M. Hamai, T. Sato, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, “Containerless Melting of Glass by Magnetic Levitation Method”, Jpn.J. Appl. Phys. 39(2000)L324-L326.
- N. Kitamura and M. Motokawa, “強磁場環境を利用したガラスの無容器溶融”, New Glass Vol.15, No.3(2000)38-41.
- M. Makihara, “Quasi-Microgravity Environment and Development of Glass Materials”, New Technology Japan, Vol.28, No.6(2000)18-24.(解説)
- M. Motokawa and N. Kitamura, “Containerless Melt by Means of Magnetic Levitation”, Journal of the Japan Society of Microgravity Application 17(2000)203- 206.
- N. Kitamura, M. Makihara, T. Sato, M. Hamai, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, Glass Spheres Formed by Magnetic Levitation Method , Journal of the Japan Society of Microgravity Application Vol.17, Supplement (2000) 102.(Proceedings)
- K. Watanabe and M. Motokawa, Cryogenfree High Field Superconducting Magnets , IEEE Trans. Appl. Supercond. 10 (2000) 489-494.

- K. Watanabe, S. Awaji and M. Motokawa, Activities in High Field Laboratory for Superconducting Materials at Sendai, IEEE Trans. Appl. Supercond. 10 (2000) 1560–1563.
- K. Watanabe, S. Awaji, M. Motokawa, T. Kaneko, T. Seto, S. Murase, S. Shimamoto and T. Saito, Quench Behavior of Nb₃Sn Wires in a Cryocooled Superconducting Magnet , Adv. Cryo. Eng. 46 (2000) 951–956.
- G. Iwaki, M. Kimura, H. Moriai, K. Asano, K. Watanabe and M. Motokawa, High Strength (Nb, Ti)₃Sn Superconducting Wire Reinforced by Nb/Cu Composite, Adv. Cryo. Eng. 46 (2000) 981–988.
- K. Watanabe, S. Awaji, M. Motokawa, T. Seto, T. Murakami, T. Kaneko, S. Murase and S. Shimamoto, Normal Zone Propagation Properties in a Cryogenfree Nb₃Sn Coil, Mass and Charge Transport in Inorganic Materials, Fundamentals to Devices, edited by P. Vincenzini and V. Buscaglia, Techna Srl, (2000) 1479–1485.
- S. Awaji, K. Watanabe, Y. W. Ma, M. Motokawa, Preparation of YBCO Films by Chemical Vapor Deposition in Magnetic Field, Physica B, 294–295 (2001) 482–485.
- Y. W. Ma, K. Watanabe, S. Awaji and M. Motokawa, New Metalorganic Chemical Vapor Deposition Process in a High Magnetic Field for YBa₂Cu₃O₇ ,Jpn. J. Appl. Phys., 39 (2000) L726–L729.
- Y. W. Ma, K. Watanabe, S. Awaji and M. Motokawa T_c Enhancement of YBa₂Cu₃O₇ Films on Polycrystalline Silver Substrates by Metalorganic Chemical Vapor Deposition in High Magnetic Field, Appl., Phys. Lett., 77 (2000) 3633–3635.
- W.P. Chen, H. Maeda, K. Watanabe and M. Motokawa, Effect of precursor composition on textured crystal growth of Bi₂212 bulks in high magnetic field investigations on Pb-substitution and Ag-doping, Physica C 337 (2000) 160–164
- W.P. Chen, H. Maeda, K. Watanabe and M. Motokawa, 的 ntroducing a melt processing into fabrication of Bi(Pb)₂223 bulks, Advances in Superconductivity XII (2000) 551–553
- S. Yanagiya, G. Sazaki, S.D. Durbin, S. Miyashita, K. Nakajima, H. Komatsu, K. Watanabe, M. Motokawa, Effects of a magnetic field on the growth rate of tetragonal lysozyme crystals, J. Crystal Growth, 208, 645–650 (2000).
- T. Sato, Y. Yamada, S. Saijo, T. Nakaura, T. Hori, R. Hirose, N. Tanaka, G. Sazaki, K. Nakajima, N. Igarashi, M. Tanaka, Y. Matsuura, Enhancement in lysozyme crystal perfection under high magnetic field, Acta Cryst. D56 (2000) 1079–1083.
- M. Hamai., I. Mogi, M. Tagami, S. Awaji, K. Watanabe, and M. Motokawa. Crystal Growth of Ammonium Chloride in Magnetic Levitation Conditions, J. Crystal Growth 209 (2000): 1013–1017.
- M. Motokawa., S. Awaji, S. Miura, M. Hamai, I. Mogi, and K. Watanabe. Construction of Large Scale Bitter Magnet and Its Application to Crystal Growth in Levitating Water, IEEE

Trans. on Applied Superconductivity 10 (2000) 905–908

- I. Mogi, K. Watanabe, and M. Motokawa. Magneto electropolymerization Effects on Hydrogen Evolution from a Polypyrrole Electrode, Mater. Trans. JIM 41 (2000) 966–969.
- 本河光博、北村直之、“磁気浮上による無容器溶融”、日本マイクログラビティ応用学会誌 17 (2000)203–206
- S. Awaji, K. Watanabe, M. Motokawa, A. Kuramochi, T. Fukase and K. Kimura, “Characteristics and Distribution of Local J_c for Melt-Textured Grown Bulk YBa₂Cu₃O₇ under High Magnetic Fields”, Jpn. Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) L330 – L333.
- H. Maeda, W.P. Chen, T. Inaba, M. Sato, K. Watanabe and M. Motokawa, Texture development in Bi-based superconductors grown in high magnetic fields and its effect on transformation of Bi(Pb)₂212 to Bi(Pb)₂223, Physica C 354 (2001) 338–341

国際会議

- S. Awaji, K. Watanabe, M. Motokawa, A. Kuramochi, T. Fukase and K. Kimura “Melt-Growth Process of YBa₂Cu₃O₇ Bulk in High Magnetic Fields”, Proc. 3rd Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials, Nagoya, 2000 3.3 3.7.
- G. Sazaki, S. Miyashita, T. Ujihara, N. Usami, K. Nakajima, Novel approach to control convection in an aqueous solution using a homogeneous magnetic field, 4th Japan-Canada Microgravity Workshop, Dunsmuir Lodge, Victoria, Canada, 2000.4.11–12.
- I. Mogi, Magneto electropolymerization of a Conducting Polymer, 3rd Int. Symp. of Electromagnetic Processing of Materials, Nagoya, Japan, 2000.4
- T. Sato, Y. Yamada, S. Saijo, T. Hori, R. Hirose, N. Tanaka, G. Sazaki, N. Igarashi, M. Tanaka, Y. Matsuura, Enhancement of crystal perfection and the structure of orthorhombic lysozyme grown under high magnetic field, Corrected Abstracts in the 8th Int. Conf. on Crystallography of Biological Macromolecules, 92, Sandestin, Florida, USA., 2000. 5.14–5.19
- G. Sazaki, S. Yanagiya, S.D. Durbin, S. Miyashita, T. Ujihara, K. Nakajima, and M. Motokawa, Effects of a magnetic field on the growth and dissolution rates of protein crystals: magnetic damping of natural convection, Corrected Abstracts in the 8th Int. Conf. on Crystallography of Biological Macromolecules, 191, Sandestin, Florida, USA, 2000. 5.14–5.19
- K. Watanabe, S. Awaji, M. Motokawa, T. Seto, T. Murakami, T. Kaneko, S. Murase and S. Shimamoto, Normal Zone Propagation Properties in a Cryogenfree Nb₃Sn Coil, Int. Conf. On Mass Charge Transport in Inorganic Materials, Venice, Italy 2000. 5.28–6. 2
- I. Mogi, Magneto electropolymerization of Pyrrole and Its Application to a Modified Electrode, The Electrochemical Society 197th Meeting, Toronto, Canada, 2000.5 (Invited)

- H. Maeda, W.P. Chen, T. Inaba, M. Sato, K. Watanabe, and M. Motokawa, Effect of magnetic field strength on the texture development and J_c properties of Bi2212 tapes and bulks prepared by high magnetic field processing, 2000 Int. Cryogenic Materials Conf. (ICMC'2000), Rio de Janeiro, Brazil, 2000.6.11–6.15
- H. Maeda, W.P. Chen, K. Watanabe and M. Motokawa, Oriented crystal growth in Bi(Pb)2212 bulks prepared with a magnetic melt processing, 2000 Int. Workshop on Superconductivity (Matsue), 2000.6.19–6.21
- K. Watanabe, S. Awaji, K. Takahashi and M. Motokawa, Hybrid Magnets and Cryogenfree Superconducting Magnets Developed by High Field Laboratory for Superconducting Materials, 6th Int. Symp. on Research in High Magnetic Fields, Porto, Portugal 2000. 7.30–8. 3
- S. Awaji, Y. Ma, K. Watanabe and M. Motokawa, Preparation of YBCO Films by Chemical Vapor Deposition in Magnetic Field, 6th Research in High Magnetic Field, Porto, 2000 7.30–8.3
- I. Mogi, Control of Electrochemical Reactions with Magneto-electropolymerized Electrodes, 6th Int. Symp. on Research in High Magnetic Fields, Porto, Portugal, 2000.7.30–8.3
- G. Sazaki, S. Yanagiya, T. Sato, Y. Matsuura, N. Igarashi, M. Tanaka, S.D. Durbin, S. Miyashita, T. Ujihara, K. Fujiwara, N. Usami, H. Komatsu, K. Nakajima, and M. Motokawa, Effects of a magnetic field on crystal growth processes of biological molecules, 13th Int. Conf. on Crystal Growth in Conjunction with The Eleventh. International Conference on Vapor Growth and Epitaxy, Kyoto, Japan, 2001.7.30–8.4.
- N. Kitamura, M. Makihara, T. Sato, M. Hamai, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, “Glass spheres melted by magnetic levitation method”, 8th Int. Conf. on the Structure of Non-Crystalline Materials, Univ. of Wales, 2000.08.07
- S. Awaji, K. Watanabe, M. Motokawa, A. Kuramochi, T. Fukase and K. Kimura Magnetic field effect on melt growth process of YBa₂Cu₃O₇, Int. Conf. Cry. Growth and Cry. Techn., Sendai, 2000 8.29– 9.1
- G. Sazaki, T. Sato, Y. Matsuura, N. Igarashi, M. Tanaka, S. Miyashita, T. Ujihara, N. Usami, and K. Nakajima, Magnetic damping of the convection in an “aqueous” solution and enhancement in protein crystal perfection under magnetic field, 1st Asian Conf. on Crys. Growth and Crys. Technology, Sendai, Japan, 2000. 8.29–9.1
- K. Watanabe and M. Motokawa, New Concept of a Semi-Superconducting Magnet, Applied Superconductivity Conf., Virginia Beach, USA, 2000. 9.17–9.22
- W.P. Chen, K. Watanabe, M. Motokawa and H. Maeda, Oriented crystal growth in Bi(Pb)2223 bulks prepared with a magnetic melt processing, Applied Superconductivity Conf.

2000 (ASC'2000), Virginia Beach, USA, 2000.9.17-22

- S. Awaji, K. Watanabe, M. Motokawa, A. Kuramochi, T. Fukase and K. Kimura H-J characteristics and distribution of local J_c for YBCO bulks melt-grown under high magnetic field, Int. Conf. Applied Superconductivity Conf., Virginia Beach, 2000, 9.17 - 9.22
- N. Kitamura, M. Makihara, T. Sato, M. Hamai, I. Mogi, S. Awaji, K. Watanabe and M. Motokawa, "Glass micro-spheres formed under high magnetic field", Materials Research Society 2000 Fall Meeting, Boston Convention Center, 2000.11.27

国内

- 茂木巖, "導電性ポリマーの磁気電解重合と電極反応制御", 日本鉄鋼協会, 横浜, 2000.4.
- 渡辺和雄, 馬衍偉, 淡路智, 本河光博, "磁場中 CVD 法によって Ag テープ上に形成した $YBa_2Cu_3O_7$ 膜", 第 61 回 2000 年度 応用物理学会学術講演会
- 瀬戸寿之, 鈴木孝治, 月井智之, 村上朝之, 村瀬暁, 島本進, 淡路智, 渡辺和雄, 本河光博, "冷却方法の違いによる Nb_3Sn 線材の安定性評価", 62 回 2000 年度春季低温工学・超伝導学会
- Yanwei Ma, Satoshi Awaji, Kazuo Watanabe and Mitsuhiro Motokawa, "Preparation of $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ films by metal-organic chemical-vapor deposition in a high magnetic field", 低温工学超伝導学会, つくば, 2000 5.29-5.31
- 淡路 智, 渡辺和雄, 倉持 晶, 深瀬哲郎, 木村圭一, 本河光博, "磁場中熔融法 YBCO バルクの E-J 特性", 低温工学超伝導学会, つくば, 2000 5.29-5.31
- 茂木巖, "磁気電解重合ポリピロール電極に対する陽イオン効果", 電気化学会, 習志野, 2000.9.
- ハサヌデイン, 黒田規敬, 杉本豊成 "(NMe_4) $2TCNQ_3$ における赤外吸収の温度依存性", 日本物理学会分科会, 新潟大学, 2000.9.
- 渡辺和雄, 馬 衍偉, 淡路 智, 本河光博, "磁場中 CVD 法によって Ag テープ上に形成した $YBa_2Cu_3O_7$ 膜", 応用物理学会, 札幌, 2000 9.3-9.7
- 三谷誠司, Z.D. Lou, 藤森啓安, 本河光博, "強磁場中スパッタリングによる磁性薄膜の作製と特異な膜厚分布", 日本応用磁気学会, 早稲田大学, 東京, 2000.9.12-15
- 佐藤孝雄, 山田悠介, 西條慎也, 田中信夫, 佐崎元, 中嶋一雄, 五十嵐教之, 田中雅彦, 松浦良樹, "強磁場下での蛋白質結晶化による回折分解能の向上", 第 31 回結晶成長国内会議要旨集, 日本結晶成長学会誌, 27, 114 (2000).
- 佐崎 元, 柳谷伸一郎, Stephen D. Durbin, 宮下 哲, 宇治原 徹, 宇佐美徳隆, 中嶋一雄, 本河光博, "タンパク質の結晶化に及ぼす磁場効果", 第 31 回結晶成長国内会議要旨集, 日本結晶成長学会誌, 27, 131-132 (2000)
- 茂木巖, "ピロールの磁気電解重合とその修飾電極への応用", 新磁気科学シンポジウム, 大宮, 2000.11.

- 佐藤孝雄, 山田悠介, 西條慎也, 堀 哲哉, 広瀬雷太, 田中信夫, 佐崎 元, 中嶋一雄, 五十嵐教之, 田中雅彦, 松浦良樹, “強磁場による斜方晶系リゾチーム結晶の高品質化と構造”, 日本結晶学会, 2000.11.
- Yanwei Ma, Kazuo Watanabe, Satoshi Awaji and Mitsuhiro Motokawa “Superconducting properties for YBCO films by CVD process in high magnetic fields”, 低温工学超伝導学会、熊本、2000 11.30–12.2
- 淡路 智、渡辺和雄、本河光博, “YBCO の結晶成長機構に及ぼす磁場の影響”, 低温工学超伝導学会、熊本、2000 11.30–12.2
- 茂木巖, “ポリピロールの磁気電解重合と修飾電極への応用”, ポーラログラフ討論会, 東海村, 2000.12.
- 茂木巖, “強磁場材料科学の進展”, 日本鉄鋼協会, 習志野, 2001.3.
- ハサヌディン、黒田規敬、加賀山朋子、杉本豊成、茂木巖、渡辺和雄, “磁場中で成長した TCNQ 中性-ラジカル混合電荷移動錯体の高圧光物性”, 日本物理学会年会、中央大学、2001.3.
- 茂木巖, “磁気電解重合ポリピロール膜の電極特性”, 電気化学会, 神戸, 2001.4.

新聞発表

- G. Sasaki, “たん白質結晶, 磁場で高品質化”, 化学工業日報, 2000 年 3 月 8 日
- G. Sasaki, “立体構造を超電導磁石で細かく分析”, 読売新聞(夕刊), 2000 年 10 月 2 日

(2) 特許出願

7件