

大学での研究—その2

東京大学名誉教授 北陸先端科学技術大学院大学名誉教授

牧島 亮男

1. 東京大学工学部金属材料学科に転任

無機材質研究所から、東京大学金属材料工学部の教授として移籍することになった。48歳のときである。当時は、大学も変革の時期であり、金属分野はセラミックスなどに研究教育分野を広げる時期であった。同学科にはセラミックスは先に新しく講座が開設されて新任の教授が就任していた。丁度、スラグを研究していた教授が退任されたので、この講座はニューガラス分野に舵を切ることになり就任してガラスの講座を開設した。

2. 東大での研究テーマと研究者

当初の講座の体制は、牧島、助手2人、技官1名卒論学生3名であり、新任の助手を採用する必要がある、森田一樹さんをむかえたが、ガラス講座の担い手となることを期待し、UCLAのマッケンジー教授にお願いして、ガラスの研究生活を体験してもらった。金属材料工学科は後にマテリアル工学科になり、現在はこの学科の教授になっている。また、その後に他の学科の安井至教授の講座の井上博之さんを助手に迎え、またマッケンジー教授にお願いして、ガラ

スの研究生活を体験してもらった。彼は、帰国後にガラス講座の助教授となり、現在は東大の生産技術研究所のガラス講座の教授となっている。無機材研の井上悟さんには客員助教授に就任してもらい研究に従事してもらった。彼は現在の物質材料研究機構の名誉研究員である。学生としては宇尾基弘、曾我浩平さんが博士課程まで進学して宇尾さんは東京医科歯科大学の教授になり、曾我さんは東京理科大学の教授になっている。そのほか神谷和孝さんは博士課程終了後に日本板硝子社に就職し研究所で活躍している。小西智也徳島大学工学部准教授、慶應義塾大学大学院経営管理研究科 岩本 隆 特任教授はマテリアル工学とビジネスモデルなど幅広い研究をして講演も多くおこない、マテリアル工学・知的財産・法においては筑波大学大学院ビジネス科学研究科 平嶋 隆太 教授も牧島研で卒論をおこなった。

3. ガラスの構造と特性に関する研究¹⁻¹²⁾

無機材研で開発したY20含有アルミノケイ酸塩ガラス結晶化ガラスの機械加工性の延長で、その切削性と結晶構造と表面平滑性の研究である。新たに助手になった森田一樹さんに担当してもらった。またソーダライムガラスにおいてアルカリ土類や窒素含有量と耐アルカリ

E-mail: makisimaa@jaist.ac.jp

性についてガラス種々作製してその性質をしらべた。またゾルゲル法では合成課程での超音波照射効果を調べた。森田さんは UCLA のマッケンジー教授の研究室に転任したので、牧島研より UCLA に進学した岩本さんとも共同研究している。

ガラスの構造のシミュレーションや注目原子の周辺構造の明確化は各種性質の推定に重要である。また可能なら材料設計まで結び付けたい。井上博之さんはこの方面の優れた研究者であり、牧島研で中心的に研究を遂行してもらった。紙面と都合上、一部を下記に記述する。例えば有機分子のポルフィリン含有のゾルゲル膜の性質や Eu^{3+} 含有のフルオロアルミネートガラスやフルオロリン酸塩ガラスの構造や Eu^{3+} イオンのスペクトル計算、また Tm:ZBLAN ガラスの Tm イオンスペクトルは計算値と良い一致を示した。

無機材研でも共同研究していた井上悟さんには東大の特任助教授に就任してもらい、研究を継続した。ガラスの相分離や微小重力での現象と応用やゾルゲルガラスの光物性についてである。

博士課程まで進学してきた神谷和孝さんは機能性有機分子含入のゾルゲルガラスの作製と性質の研究をおこなった。ケミカルホールパーニング (PHB) を示す TPPS 色素の導入とその性質などである。

4. ガラスの光関係研究¹³⁻¹⁶⁾

各種ガラスの構造のシミュレーションや注目原子の周辺構造の明確化は、光学的性質を中心に研究していた井上さん、曾我さんなど多くの人達がかかわった。希土類イオン、例えば Eu^{3+} 、や有機分子が中心である。また、フツジルコニア酸ガラスにおける蛍光現象も津田さんなどにより研究された。

5. バイオ関係の研究¹⁷⁻²⁰⁾

多孔質ガラスの作製と微構造に関心があり、東工大での同期で東京医科歯科大学教授の青木英希さんと共著で「バイオセラミックス」という本を出版した¹⁷⁾。私は多孔質ガラスの作製と特性、バイオテクノロジーなどへの応用について、青木さんはアパタイトの作製、構造と応用について記述した。当時まだバイオセラミックスという言葉は一般的ではなく、関心もたれた。牧島研にきた宇尾基弘さんはバイオ分野の研究に興味を持ち、東大の先端科学技術研究所の軽部教授と共同指導することとなった。各種の組成の相分離と細孔の作製や各種菌類の細孔への固定化と応用などの研究を行い発表した。また、バイオガラスの $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ 系組成について、その構造と細胞毒性を組成を変えて調べた。

6. 北陸先端科学技術大学院大学 (Japan Advanced Institute of Science and Technology, JAIST) での研究²¹⁻²⁶⁾

東大を 60 歳で定年予定であったが、東大を併任して定年前に石川県の小松市と金沢市の中間に位置する北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) に転任した。国立の大学院大学設立について、当時は日本の科学技術振興が叫ばれ、米国などと比較して、修士号や博士号の人口当たりの修得が少ないことが問題となり、特に科学技術大学院大学を創立する動きがあった。その動きの中心にいて初代学長に就任した慶伊富長先生から、時々東大にいた私に連絡があり、セミナー開催などでは講演していた。先にも述べたように慶伊先生は東工大での博士論文でお世話になった先生である。

JAIST は学部は無く、修士、博士課程の学生が全国の大学から応募してくる。助手が 1 名配属されたので公募により中国人で日本で博士号をとった Jianbei Qiu さんを採用し研究を開始した。彼は私の退任後に雲南大学に移動して同

校の教授になっている。JAIST に就任して国内でも最新装置がある新素材センターをナノマテリアルテクノロジーセンターに改組する作業が入り、そのセンター長になり、翌年には研究、教育、国際交流担当の副学長になったので、研究には時間が割けなくなった。

研究テーマは 1) ゼルゲル法で見出した $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ 膜に関するもの、2) 微小重力環境の硼ケイ酸塩ガラスの相分離に関するもの及び 3) 希土類含有ガラスのアップコンバージョン現象、長残光現象に関するものであった。なお、当初はこれらの研究に従事できたが後半には教育、研究、国際交流担当副学長になり残念ながら多くの時間を割けなかった。

1) ゼルゲル法で見出した $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ 膜

金色に発色する $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ 膜をゼルゲル法で発見してその作製法、その構造、性質などを調べる研究である。Ti アルコキシドを主原料としてアルミ拍を基板とすると黄金色になった。

2) 微小重力環境の硼ケイ酸塩ガラスの相分離

東大のときの研究の継続で土岐にある微小重力落下実験施設と北海道の砂川にある微小重力落下実験施設を使用して。いずれも鉱山の垂直坑道跡を利用したものである。宇宙関連プロジェクトに参加していたので数名で数日間出張していた。硼ケイ酸塩ガラスの相分離の初期を調べガラスの真球の可能性の検討をするものである。

3) 希土類含有ガラスのアップコンバージョン現象

長波長光を短波長に変換する現象でガラスに希土類イオン類を含有させ低波数の光を高波数の光に変換するものである。ガラスの基本組成、構造、イオン種の組み合わせを変えてアップコンバージョンを調べた。また長残光のガラス組成とイオン種についても研究した。

7. マレーシア日本国際工科院 (Malaysia and Japan International Institute of Technology, MJIT) に就職

JAIST で定年を迎えたが、副学長最後の 2015 年に JICA 本部より MJIT の副院長に就任の話があり、受諾することにした。国際交流担当副学長でもあったので、MJIT を支える国内の大学のコンソーシアムの構成大学メンバーであったので外務省での会議に担当委員として参加していた関係である。しばらく JAIST の学長特別顧問、シニアプロフェッサーで在職し副院長をしていた。MJIT は 2011 年 9 月にマハティール首相の提唱した東方政策の集大成の一環として日本式工学系高等教育を實踐する大学としてマレーシア工科大学クアラルンプールキャンパス内に設立されました。日本人教員約 20 名が派遣され、現在では留学生、大学院生を含め 1300 名もの学生が学び研究教育をおこなっている。人事、教育は英国式で、マレーシア人の教員は英国で博士を取った人が多かったが日本人教員と協力して日本式工学教育の実施が求められている。現地には数百社の日本の工場があり、大手の会社の工場とは共同研究、就職活動等が必要であった。院長はマレーシア人で私は副院長で管理運営が主である。研究の面では、論文審査などがあつた。

文献

- 1) Kazuki Morita ,Akira Umezawa,Shinji Yamato and Akio Makishima, " Surface Roughness of Y_2O_3 Containing Alumino-Silicate Glass-Ceramics as an Indicative of Their Machinability ", American Ceramic Society, 76 (7) 1861-1864 (1993).
- 2) Kazuki Morita ,Akio Makishima,Takashi Iwamoto,Yi Hu,Chia-Yen Li and J.D.Mackenzie " Sol-gel Reaction Mechanisms of Ormosils and Effects of Ultrasonic Irradiation",Transaction of the Materials Research Society of Japan, 16A, 15-18 (1994).
- 3) Kazuki Morita ,Aturo Suganuma and Akio

- Makishima," Effect of MgO,CaO and Nitrogen on the Alkaline Durability of Soda-lime Silicate Glasses", *J. Materials Science*, 29(24)6587-6591 (1994).
- 4) H. Inoue, I.wamoto,, Akio Makishima ,Nkoto Ikemoto and K. Horie,"Preparation and Properties of sol-gel thin films with Porphins", *J.Optical Society of America B9* (5) 816-818 (1992).
 - 5) H Inoue, K Soga, A Makishima - Structure and optical properties of Eu^{3+} -doped fluoroaluminate and fluorophosphate glasses *Journal of Non-crystalline Solids*, 222, 220, 212-1 (1997).
 - 6) H Inoue, K Soga, A Makishima -Simulation of the optical properties of Tm: ZBLAN glass, *Journal of Non-crystalline Solids*, 306 (1) 17-29 (2002).
 - 7) S Inoue, A Makishima, H Inoue, K Soga... - An approach to new glasses through phase separation, *Journal of Non-crystalline Solids*, 247, Issues 1-3, 2 June 1-8 (1999).
 - 8) Satoru INOUE, A. NUKUI, Kohei SOGA and Akio MAKISHIMA, "Effect of Yb^{3+} -codoping on the Uconversion Emission Intensity in Er^{3+} -codoped ZBLAN Fluoride Glasses Under 800 Excitation", *J. American Ceramic Society*. 77 (9) 2433-2436 (1994).
 - 9) Satoru INOUE,Kohei SOGO and Akio MAKISHIMA,"Effect of Introduction of Chloride on the Upconversion Emission Intensity in Er and Yb codoped ZBLAN Fluoride Glasses". *J. American Ceramic Society*. 76 (6) 1591-94 (1993).
 - 10) K. Kamitani, M. Uo, H.Inoue and Akio Makishima,"Synthesis and Spectroscopy of TPPS-Doped Silica Gel by the Sol-Gel Process", *J. Sol Gel Science and Technology*, 1 (1) 47-56 (1993).
 - 11) Kazutaka Kamitani,Kazuki MORITA,Hiroyuki INOUE, Motohiro UO, Akio MAKISHIMA,Taro Suzuki and Kazuyuki Horie,"Synthesis andSpectroscopy of TPPS Derivative Doped Silica Gels by the Sol-gel Process", *J.Luminescence*, Vol. 64, P219-294 (1995).
 - 13) Kohei SOGA, Hiroyuki INOUE,Akio MAKISHIMA and Satoru INOUE, "Fluorescence Properties of Fluorozirconate Glasses Containing Eu^{3+} Ions", *J. Luminescence* 55, 17-24 (1993).
 - 14) M.Tsuda. K Soga, H Inoue, S Inoue, A Makishima - Upconversion mechanism in -doped fluorozirconate glasses under 800 nm excitation *Journal of Applied Physics*, 85 (1) 29-37, (1999).
 - 15) K. Soga, Ji Kaga, H. Inoue and Akio Makishima Optical properties of new low-phonon SnF_2 - PbF_2 - ZnF_2 glasses *Journal of Non-Crystalline Solids*, 315, 1-6 (2003).
 - 16) Kohei SOGA,Motohiro Uo ,Hiroyuki INOUE,Akio MAKISHIMA and Satoru INOUE, "Site-Dependent Study on the Optical Properties of Eu^{3+} in Fluorozirconate Glass and Glass Containing Chloride As Revealed by Fluorescence Line Narrowing", *J. American Ceramic Society*, 78 (1) 129-32 (1995).
 - 17) 牧島亮男, 青木秀希, {バイオセラミックス} 技法堂出版, (1984).
 - 18) M.Uo, K.Yamashita, M Suzuki, E Tamiya, I Karube, A Makishima, "Immobilization of yeast cells in porous silica carrier with sol-gel process", *J. Ceramic Society of Japan*,100(4) 426-429 (1992) ... 2. Materials and methods 2.1 Preparation of porous silica gels For preparation of porous silica gels, reagent grade of tetramethoxysilane (TMOS), methanol and polyethyleneglycol (PEG)
 - 19) Motohiro UO ,Masahiko Numata,Masayuki Suzuki, Eiichi Tamiya, Isao KARUBE and Akio MAKISHIMA, "Preparation and Properties of Immobilized Mercuric Reductase in Porous Glass Carriers" *J. Ceramic Society of Japan*, 100 (4) 430-433 (1992).
 - 20) M Uo, M Mizuno, Y Kuboki, A Makishima, F Watari , Properties and cytotoxicity of water soluble $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{P}_2\text{O}_5$ glasses - *Biomaterials*, *Biomaterials*, 19, 2277-2284 (1998).
 - 21) Hiromichi Sakamoto Jianbei. Qiu and Akio Makishima, The Preparation and Properties of CeO_2 - TiO_2 Film by Sol-Gel Spin- Coating Process, *Science and Technology of Advanced Materials*, 4 (1), 69-76 (2003).
 - 22) Akio Makishima, Hiromichi Sakamoto1 and Jianbei Qiu The preparation and surface roughness of CeO_2 - TiO_2 films by a sol-gel

- spin-coating process Journal of Non-Crystalline Solids, 349, 355-359, (2004).
- 23) Yuuji Minami, Akio Makishima, Akira Tnji, Tomoya Konishi and Satoru Inoue , In Situ Observation of Liquid-Liquid Phase Separation of Glass under Microgravity Journal of Ceramic Society of Japan, 113 (9) 593-596 (2005)
- 24) J Qiu, and A Makishima, Frequency up-conversion luminescence in Yb^{3+} - Ho^{3+} co-doped $\text{Pb}_x\text{Cd}_{1-x}\text{F}_2$ nano-crystals precipitated transparent oxyfluoride glass-ceramics Science and Technology of Advanced Materials, 5, 313-317 (2004)
- 25) Jianbei. Qiu and Akio Makishima, Ultraviolet-radiation-induced Structure and Long-lasting Phosphorescence In Sn^{2+} - Cu^{2+} co-doped Silicate Glass, Science and Technology of Advanced Materials, 4 (1), 35-38 (2003).
- 26) J Qiu, A Makishima, Rare-earth containing nanocrystal precipitation and up-conversion luminescence in oxyfluoride glasses, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 5, (9) 1541-1545 (5) (2005).