

TODAY

エアロゾル微粒子からナノ材料工学に魅せられて



広島大学 工学研究院
特任教授 奥山喜久夫

工場から出る煤煙および排ガスによる大気汚染が大きな社会問題となっていた昭和40年代に、卒業研究として、繊維層フィルターによるエアロゾル（煙霧体）の捕集に取組み、さらに大学に職を得て研究を続けるなか、米国の大学で客員研究員として、エアロゾル研究の貴重な経験を重ねました。帰国後、悪玉である汚染物質が、実はれっきとした結晶構造と化学組成を持つ微粒子であり、また、当時から省エネ・省資源化の社会的要請もあり、善玉として可能性のある微粒子の機能性に着目し、特にサイズが100nm以下の新規ナノ粒子材料の合成と機能化技術について取組みました。具体的には、ガス中に浮遊する微粒子分散系、いわゆるエアロゾル微粒子工学を核として、大気汚染とエアロゾル、微粒子汚染とクリーン化技術、ナノ粒子材料合成とナノテクノロジーへの展開を、基礎技術から応用展開を行い、特に、平成13年度から5年間、経済産業省・NEDOの材料ナノテクノロジープログラム中の「ナノ粒子の合成と機能化技術」プロジェクトのリーダーを務め、企業との連携に注力しました。この間、世界一の研究設備が整った環境下で、機能性ナノ粒子およびエアロゾルの両者の研究に没頭し、約40年間で、日本人の学生、アジアからの多くの留学生、企業からの社会人ドクターは70名程で、工学博士として、現在、国内外で大変活躍しています。

工学部における材料開発の研究では、最初に基礎研究をしっかりと行くと、国際的な雑誌に掲載され、世界の研究者と競い会える自信と同時に、多くの企業の方々と共同研究を進める中で、基礎研究が

やがては実用化されるという喜びを知り、いつのまにか企業に役に立つ工学的研究が工学部では魅力ですよと教えられました。現在、ナノ粒子材料は、多くの企業で製造されるようになり、スマートフォン用部材から癌の治療薬まで、幅広く利用されています。この微粒子のサイズは、1nmオーダーの分子状クラスターから数十 μm の粉体粒子まで多義にわたり、また、多様な粒子形状をもつため、微粒子の特性や機能性の評価には、界面・表面化学、材料科学、電気化学などの基礎知識が必要ですが、同時にナノ粒子材料の研究には、物理、化学、生物、医学などの学際分野において大きな関心が寄せられて、新しい物理化学的特性の発現が報告されると、ナノ粒子材料を工業的に合成しようとする試みが始まり、晶析・粉碎・分散・攪拌・混練など、経験に依存する多くの単位操作が重要と分り、研究論文としては報告できないような泥臭い技術の開発が極めて重要となります。

最近、エアロゾル・微粒子に関する興味深い研究が、日本ではなくアジアの国々から報告されるようになり、国際学会の開催や専門雑誌の編集委員、招待講演者にも日本を除くアジアの台頭が目立ってきました。さらに、微粒子の原料である鉍物資源について、製錬などの製造工程も産出国で行うように規制されるようになってきました。一方、PM2.5としてマスコミで報道されている微粒子状汚染物質による大気汚染問題は、中国だけでなく、ほかのアジアの国々にも広がり始めています。これからの日本は、アジアの大学・研究機関との研究交流がますます重要になると考えられます。高機能材料としての微粒子材料工学は、今後も研究が進展するのは間違いありませんが、一方、PM2.5の問題は、発生源である微粒子排出の抑制と大気中での煤塵の挙動の評価・解析により解決できると考えています。これまでの善玉および悪玉としての微粒子研究の趨勢は、我国からアジアに替わろうとしている中、これまで以上の一層の基礎研究の取組みと応用展開への推進が必要と考えています。

IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG Europe 2014) 報告

高効率モーター用磁性材料技術研究組合 専務理事 作田 宏一

1. はじめに

未来開拓研究プロジェクト「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発」に関連する研究動向調査と情報収集のため「IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG Europe 2014)」に参加した。本会議は、IEEE(米国電気電子学会)主催の磁性関係の最大級の国際会議であり、材料から応用まで、磁性に関連するほぼ全ての分野をカバーしている。3年毎に米国国内開催のMMM(Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials)との合同会議として開催されている。



図1 会場の国際会議場
手前左がエルベ川、左奥に旧市街が見える

2. 会議概要

会議は平成26年5月4日(日)～8日(木)、ドイツ・ドレスデンの国際会議場(International Congress Center Dresden)にて開催された。旧市街の西部、エルベ川岸に2006年建設された近代的な会議場である(図1～3)。緩やかなスロープで結ばれた多層構造の建物に多数のオーラルセッション会場が分散して配置されているため、少数のエレベーターやエスカレーターはあるものの、当初は目的の会議室にたどり着くのに苦労した。ポスター会場は、最上階のホワイエに設定されていた。

プレナリーセッションで発表された論文数のデータ(図4、会場でのプレゼンテーションを基に筆者作成)によれば、投稿論文数2,466件、採択論文数1,738件、招待講演69件であり、53カ国からの発表があった。国別では日本248件、中

国213件、ドイツ206件、米国165件、韓国124件、フランス102件、英国75件、スペイン54件、イタリア50件、インド45件が上位10カ国であった。日本と中国を合わせると全体の約1/4、その他のアジア諸国を合わせると4割を超えている。

過去5年の論文数・参加者数のデータ(図5、会場でのプレゼンテーションを基に筆者作成。グラフの目視による読取りのため多少の誤差を含む)によると、今回の参加者数は1,500人強で、参加者数の多いMMMとの合同会議に近い参加者数である。学生参加者数は約500人となっている。地元のLeibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden(IFW)を始めとする大学等から参加している学生の発表やポスターも多く、活発な議論が行われていた。

磁性の応用分野は、記憶媒体、メモリ、各種センサー等の情報関連分野から、生物関連、医療機器、モーター、変圧器等の電力応用分野まで、非



図2 会場受付

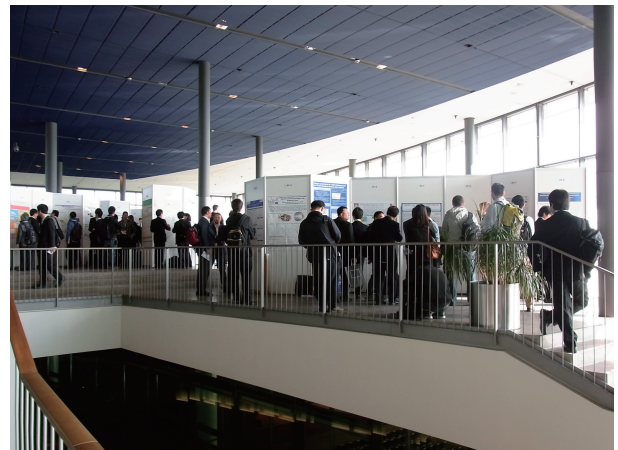
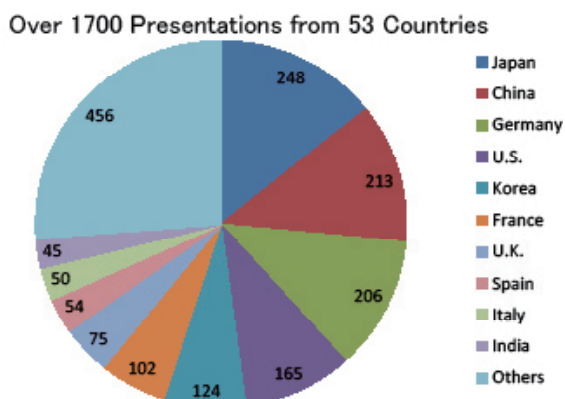


図3 ポスター会場



2466 Digests Submitted; 1738 Accepted, 69 Invited

図4 発表論文数と国別内訳

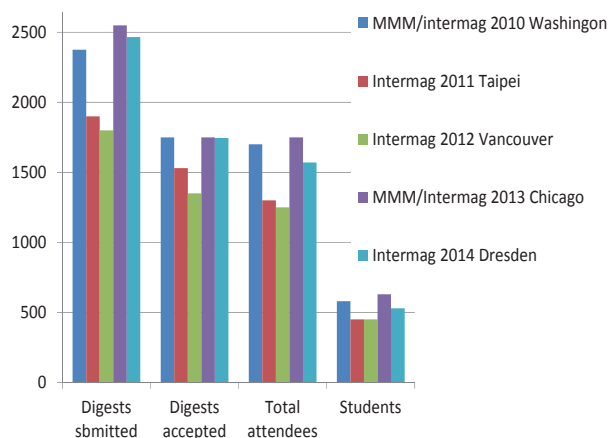


図5 最近5年間の論文数と参加者数

常に広範囲に渡るため、参加者の専門も様々である。会議は日曜日午後のチュートリアルから始まり、木曜日午後まで、図6のように多くのセッションが並行して行われた。口頭発表のセッションは、8セッションが並行して行われた。ポスターセッションも全日程を通じて並行して行われたが、午前中の開始時刻と午後の終了時刻が、口頭発表と各1時間ずれて設定されており、両者への参加が可能となるような配慮がなされていた。

火曜日午後の後半にはプレナリーセッションが設けられ、IEEEの各種表彰のセレモニーと基調講演が行われた。岩崎俊一先生とMark Kryder氏がBenjamin Franklin Medal in Electrical Engineeringを受賞され、東北大学の高橋研先生が、新たにIEEE Fellowに就任された。

永久磁石関係のセッションでは、約100件程の発表があったが、表題により分類すれば、NdFeB系が約1/3、ナノコンポジット系が1/3、他が1/3であった。最終日の午前中に行われた最近の進歩に関するシンポジウムは超満員の盛況で、日本からの最新情報への関心の高さが伺われた。

明確に軟磁性材料と銘打ったセッションの発表は60件程と少なかったが、応用関係のセッションにも軟磁性材料に関する発表が含まれていたため、総数は100件程度と思われる。電磁鋼板関係の他、アモルファスやナノ材料系の発表も多数見られた。

モーター関連分野の発表は約200件程で、中国・台湾・韓国等からの発表が大半を占めており、欧米からの発表では英国Sheffield大学からの発表が目立つ程度だった。ポスター発表は、中国・台湾・韓国からの発表が特に多く、殆どがこれらの国からの発表と言っても良い位であったが、キャンセルや発表者不在の論文もかなり見られた。

3. 欧州における関連プロジェクトについて

高効率モーターの開発や省レアアース化を目指した新しい磁性材料の開発については、我が国だ

けでなく世界各国で大規模な国家プロジェクト等が進行中である。米国ではエネルギー省/ARPA-EのREACT(Rare Earth Alternatives in Critical Technologies)プロジェクト、同じくエネルギー省のEnergy Innovation Hubプログラムの一つであるCMI(Critical Materials Institute)等のプロジェクトが進行中である。

欧州では、FP-7(第7次Framework Program)の一環として、ROMEIO(Replacement and Original Magnet Engineering Options)、NANOPYME(Nanocrystalline permanent magnets based on hybrid metal-ferrites)等、幾つかのプロジェクトが進行中であるとの情報があり、今回の会議での情報収集を計画していたところである。実際、会議では、これらのプロジェクトで実施されている研究成果の発表も見られたが、プロジェクトの参加機関やテーマが非常に多岐にわたっており、各プロジェクトそのものに関する包括的な発表は無かったため、具体的なプロジェクトの概要・進捗状況等についての情報は余り得られなかった。しかしながら、幾つかのプロジェクト参加機関からの参加者にコンタクトすることが出来たので、今後個別に情報入手を図りたい。

4. 所感

ドレスデン訪問は、個人的には2003年9月以来、11年ぶりであった。2002年夏のエルベ川大洪水で街の大半が浸水する被害があり、一年以上経っていたのにもかかわらず鉄道の一部が不通でバス代替輸送だったことに驚いた記憶がある。当時まだ、第二次世界大戦で廃墟と化した聖母教会は再建工事の途上であったが、見事に再建されている等、幾つかの変化はあるものの、街全体の印象は、エルベ川の辺りの美しい街として記憶にある11年前のままであった。戦火や自然災害等、幾多の困難を乗り越え、美しい街の再建・発展を続ける人々に対する敬意の念を新たにした再訪の旅であった。

Conference Program at a glance

	Sunday, May 4		Monday, May 5		Tuesday, May 6		Wednesday, May 7		Thursday, May 8		
8:00											
9:00	Poster sessions AP Power and Control Magnetics I AQ Rare earth transition metal borides I AB Intermetallic and other hard magnets I AS Spin Orbitronics and Spin Transfer Torques I AT Soft magnetic crystalline alloys and thin films I AU Magnetic nanowires I AV Exchange bias I AW Multiferroic materials and complex oxides I	Coffee Oral sessions AA PM machines and actuators AB Magnetization dynamics I AC Domain Walls and Magnetic logic AD Energy assisted magnetic recording beyond 1TB/in ² (Symposium) AE Micromagnetics I AF Magnetic sensors (non-recording) and MEMS I AG Magnetoelastic materials and devices I AH Ultrathin Films and Surface Effects: Magnetic Anisotropy	Poster sessions CA Motors, generators and actuators V CB Motors, generators and actuators VI CC Magnetic Recording CD Multilayer Films and Superlattices I CE Ab-initio and transport II CF Hysteresis and micromagnetics I CG Magnetocaloric materials	Oral sessions CA Motors, generators and actuators IV CB Patterned media and associated recording systems CC Spin Transfer Torque: STT-MRAM, spin valves and domain wall CD Advanced techniques in computational magnetism (Symposium) CE Microwave and millimeter wave materials and devices I CF Nanostructured and composite hard magnetic materials I CG Magnetic sensors (non-recording) and MEMS III CH Magnetic nanoparticles I	Poster sessions EP Synchronous machines EQ Design and tests of special machines and actuators ER Transformers and inductors I ES Recording and patterned media ET Fundamental Properties I EU Magnetic sensors (non-recording) and MEMS IV EV Magnetoelastic materials and devices I EW Biomagnetism: Measurement techniques and instrumentation	Coffee Oral sessions EA Transformers and inductors VII EB Magnetic Recording Heads and Physics EC MRAM, Magnetic Logic and Devices I ED New developments in magnetic hyperthermia (Symposium) EE Multilayer Films and Superlattices II EF Intermetallic and other hard magnets II EG Advanced Magnetic characterization I EH Multiferroic materials and complex oxides II	Poster sessions GP Special machines and linear machines GQ Electrical Machines for industrial and automotive applications GR Spin Orbitronics and Spin Transfer Torques III GS Micromagnetics II GT Novel biomedical therapies and measurement techniques HU Microwave and millimeter wave materials and devices II GV Magnetoelastic materials and devices II GW Magnetodynamics and ferromagnetic resonance I	Coffee Oral sessions GA Power and Control Magnetics II GB Energy Assisted Magnetic Recording GC GMR/TMR I GD Recent developments in permanent magnets (Symposium) GE TMR/ GF Magnetoresistive and half-metallic materials GG Magnetic nanowires II GH Magnetic Semiconductors GI Magnetic Imaging II	Poster sessions HP Shielding, levitation and propulsion HQ GMR/TMR II HR Superconductivity and Emerging Topics II HS Novel biomedical therapies and chemical magnetism HT Biomedical diagnostics and magnetic fluids HU Magnetic Semiconductors HV Magneto-optic materials and devices III HW Recording systems, coding and head disk interface HX Soft magnetic amorphous and nanocomposite materials II	Coffee Oral sessions IA Transformers and inductors II IB Novel biomedical therapies and magnetic fluids IC Spin Orbitronics: Spin pumping, thermal spin currents, spin 3D (Symposium) ID Fundamental Properties II IE Patterned films and elements (non-recording) II IF Soft magnetic crystalline alloys and thin films II IG Hysteresis and micromagnetics II	Oral sessions JA PM and reluctance devices JB Magnetic nanowires and nanoparticles JC Spin Orbitronics: DW motion and switching JD Graphene spintronics (Symposium) JE Superconductivity and Emerging Topics I JF Exchange Bias II JG Magnetocaloric materials and devices II JH Magnetodynamics and ferromagnetic resonance II
12:00	Students Lunch with the Experts (with pre-registration only)										
14:00											
15:00	XA Tutorial session	Oral sessions BA Motors, generators and actuators I BB Recording media BC Rare earth transition metal borides II BD Status and trends in MRAM (Symposium) BE Ab-initio and transport I BF Soft magnetic amorphous and nanocomposite materials I BG Magneto-optic materials and devices I BH Biomagnetic diagnosis and measurement technique	Oral sessions DB Magnetization dynamics III DC Spin Transfer torques: Spin torque oscillators and induced magnetic moments DD Motors and Generators (Symposium) DE Head-Disk Interface and HDD tribology DF Magnetoresistive and half-metallic materials I DG Ultrathin Films and Surface Effects: Various Phenomena DH Organic spintronics and hybrid materials	Poster sessions EA Characteristics analyses of electric machines EQ Special topics on electromagnetic analysis of electrical machines ER Nanostructured and composite hard magnetic materials II ES Magnetoresistive and half-metallic materials II ET Advanced Magnetic characterization II EU MRAM, Magnetic Logic and Devices II EV Multiferroic materials and complex oxides III EW Magnetic nanoparticles II	Poster sessions FA Transformers and inductors II FB Novel biomedical therapies and magnetic fluids FC Spin Orbitronics: Spin pumping, thermal spin currents, spin 3D (Symposium) FD Fundamental Properties II FE Patterned films and elements (non-recording) II IF Soft magnetic crystalline alloys and thin films II IG Hysteresis and micromagnetics II	Oral sessions IA PM and reluctance devices JB Magnetic nanowires and nanoparticles JC Spin Orbitronics: DW motion and switching JD Graphene spintronics (Symposium) JE Superconductivity and Emerging Topics I JF Exchange Bias II JG Magnetocaloric materials and devices II JH Magnetodynamics and ferromagnetic resonance II					
16:00											
17:00											
18:00											
19:00											

図 6 プログラム

The Japan Research and Development Center for Metals
 JRCM NEWS / 第 333 号
 内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。
 本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2014 年 7 月 1 日
 発行人 小紫 正樹
 発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒 105-0003 東京都港区西新橋一丁目 5 番 11 号 第 11 東洋海事ビル 6 階
 TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285
 ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>
 E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp