

NIMS

2008.Vol.8 No.8 August

NOW



私の履歴書
—サイエンスの心—

江崎玲於奈博士講演から

私の履歴書 -サイエンスの心-

江崎玲於奈博士講演から



江崎玲於奈博士は、1992年、32年間を過ごした米国IBMワトソン研究所を離れ、筑波大学学長に就任しました。現在も茨城県科学技術振興財団理事長を務めるほか、つくばサイエンス・アカデミーを主宰するなど、つくばとは深い縁で結ばれています。博士の主な業績は1973年にノーベル物理学賞を受賞した半導体トンネル効果に基づくエサキダイオードの発見、そしてもう一つ、渡米してからの仕事である半導体人工超格子の発明とその先駆的研究であり、これらはまさしくナノテクノロジーの先駆けでした。先頃、NIMSで行われた講演は、次の世代を担う研究者への示唆と刺激に富むものでした。

■サイエンスの心とは何か

私は昭和の戦争の時代に育ちました。中学に進む1年前に日中戦争が始まり、高等学校に進む1年前に日米戦争が始まりました。そして東京大学理学部物理学科に進んだ翌年、日本は終戦を迎えました。戦争という追いつめられた環境に置かれていたからこそ、普遍的な知識を渴望したのだと思います。それで、natural philosophyとしての物理学を専攻することにしました。1945年3月9日、死者10万人を出した東京夜間大空襲で、本郷の下宿が延焼しました。その翌朝大学に出ると、田中務先生が何事もなかったかのように「物理実験第1」の講義をされました。学ぶことが何よりも大切であると、言わばサイエンスの心を教えられたのはこの時です。

さて、今日はこのサイエンスの心についてお話したいと思います。ここでいう心とは、heartではなくmindのことです。東北大学の沢田康次先生の定義によると、心とは「変化する環境に対して動的適応性を最適化するために環境に先んじて自らを律する戦略

を身につけ、そこで主体性が生まれ、そこに心が芽生えた」。そういうものだということです。文明が高度化するに伴って人間は普遍性や客観性を求めるようになります。これがサイエンスの心です。サイエンスを特徴づけるのは、古代に生まれた形式論理の数理体系、デカルトの言う「我」の思考作用、そして因果関係を突きとめる、系統だった実験です。宇宙と物質を解き明かすサイエンスは数理解析と還元主義を基盤として築かれました。一方、気象や地震といった現象は、情報量が多く組織化の原理は明白でないで、私たちはまだ全貌を把握することができずにいます。また、生命体ではもちろん、全体は部品の総和以上という重要な組織化の原理が働いているに違いないですが、十分な解析はできておりません。

では、サイエンスの研究者の条件とは何でしょうか。与えられた問題を解くだけでは条件を満たしているとは言えません。サイエンスを進歩させる創造力を備えていなくてはならないのです。サイエンスの心をもって問題を見出し、問題の核心をとらえて

解を見出すこと。それが創造です。人間は通常、加齢とともに分別力を身につける反面、創造力を失います。20歳で創造力が100%、分別力が0%、70歳で創造力が0%、分別力が100%とすれば、その交差点は45歳です。このあたりが人生の危機というわけです。ちなみに私が超格子を作ったのは44歳の時でした(図1)。ノーベル賞受賞者が受賞理由となった業績を上げた年齢分布を調べてみると、ピークは35歳から39歳です(図2)。若い皆さんはこれをご覧になって発奮して下さい。ご年配の方は無視して下さい結構です。創造力が開花する環境には3つの条件が必要です。第1は限界に挑戦する知的に自由な気風、第2は触媒になる知的交流、第3は公正な評価のもの

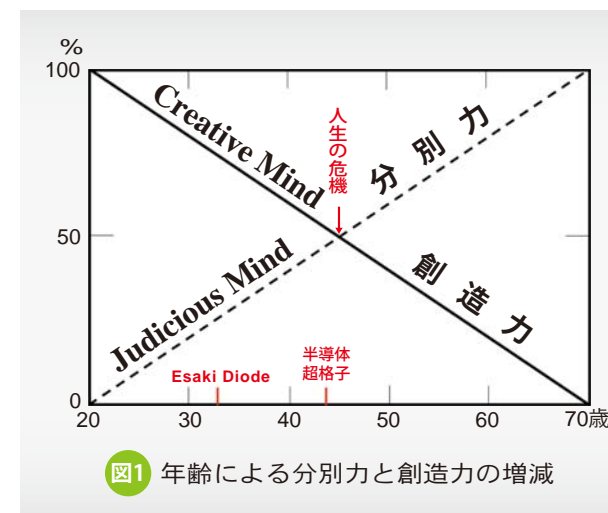


図1 年齢による分別力と創造力の増減

との競争的環境。つまり弟子が自分を乗り越えることをいとわない風潮です。米国には案外、自分を乗り越える弟子の存在を期待してやまない風潮がありますが、日本はどうでしょうか。この点はとても重要です。

■量子力学を産業に活用する重要性

20世紀を振り返ると、最大の発明は、バーディーン、ブラッテン、ショックレーによる半導体トランジスタ(1947年)であり、最大の発見はワトソン、クリックによるDNAの構造の解明(1953年)であったと私は思います。よく温故知新、すなわち古きを尋ねて新しきを知ると言いますが、サイエンスは未来を尋ねて指針を得ることです。

私は、量子力学の新知識を活用して、何か量子デバイスを創るという目的意識をもって、大学を卒業すると産業界に入りました。量子力学は必ずや産業に必要とされると考えたのです。やがて誕生したばかりのソニー(当時の東京通信工業)に移り、エサキ・トンネルダイオードを創りました。これについて東京大学に提出した博士論文「量子力学的トンネルダイオード」が高く評価されて、後にノーベル賞をいただくことになったのです。米国では博士号を取得した人の4割が産業界に入って仕事をします。日本ではわずか2割に過ぎません。産業界のレベルを向上さ

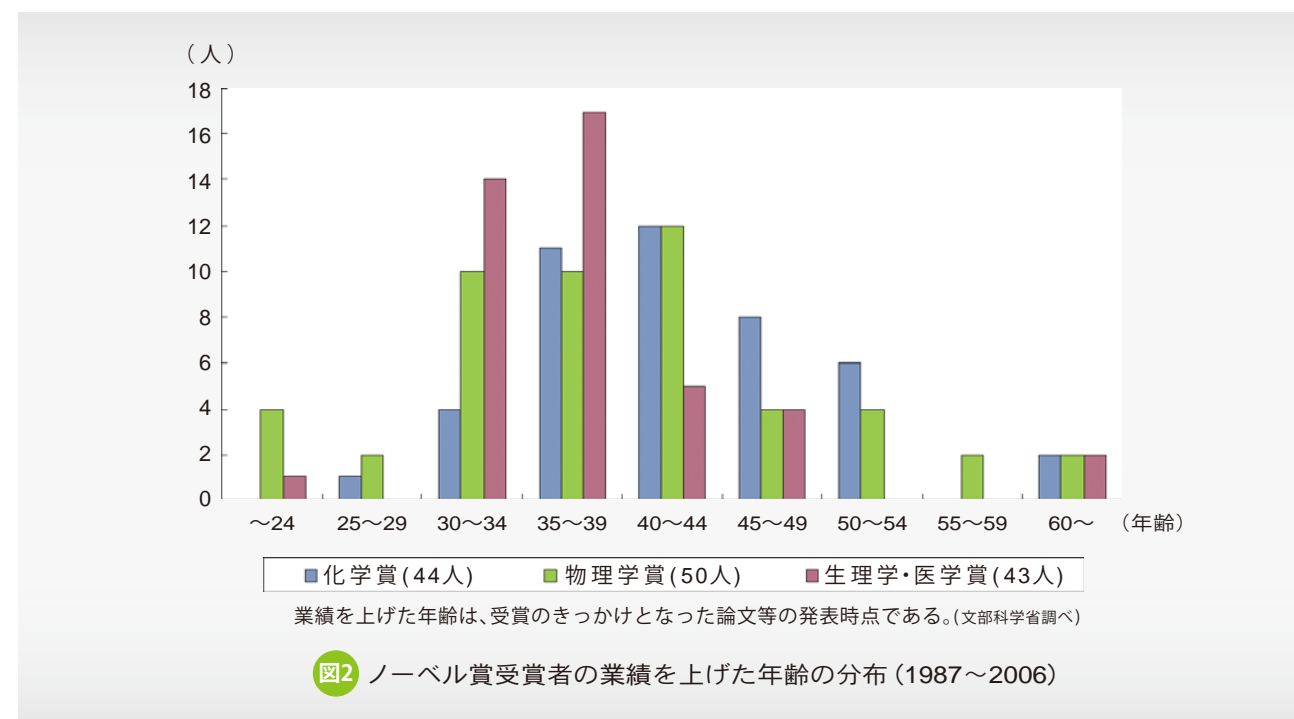


図2 ノーベル賞受賞者の業績を上げた年齢の分布(1987~2006)

せるためには、もっとたくさんの博士を採用することが必要だと思います。産業界の文化と大学の文化とは確かに異なりますが、私は米国ではIBMに勤務する傍ら、客員教授としてイリノイ大学などで教壇に立ちました。そのようなかたちで、産業界と大学の強い交流が存在します。

学問上の新しい試みには“creative failure”が付きものです。追求すべき課題は創造的失敗の影に隠れていることがよくあるのです。ツェナートンネル効果はその例です。ツェナーは電氣的絶縁破壊がトンネル効果で起こるとしましたが、それは誤りで、実は雪崩現象でした。しかし、この創造的失敗があったからこそ、私はp-n接合を作って、ツェナートンネル効果とされていた現象を観測することができました。ちょうど50年前の1958年にPhysical Reviewに論文を発表しました。研究は論文としてまとめ、発表することでようやく終わることを忘れないでいただきたいと思います。

その年、固体物理学の国際会議に出かけて、初めてトンネルダイオードについて発表しました。この時、1956年にノーベル賞を受賞していたショックレー博士が、基調講演で最近の重要研究のひとつとして私の研究を取り上げ、「ツェナー効果の最も美しいデモンストレーション」と評価してくれたおかげで、私の講演会場は超満員になりました。その帰り道に米国を訪問し、ベル生誕100周年の1947年に造られた記念碑を見る機会がありました。1947年はトランジスタが発明された年でもあります。その碑にはベルの言葉が刻まれていました。「時には踏みならされた道を離れて森の中に入ってみなさい。そこできっとあなたはこれまで見たことのない新しいものを見出すに違いありません」と。私はなるほどと思い、これがひとつのきっかけとなって間もなく渡米を決めました。

■人工超格子構想を提案する

そして米国に渡り、ニューヨークのIBMワトソン研究所で超格子の構想を提案したのです。しかし、論文はPhysical Reviewからは掲載を拒否され、IBMの雑誌に発表されました。結晶の中の電子エネル

ギー状態はブロッホ関数で表わされます。結晶に電場を加えると、エネルギーは量子化されて等間隔に離散化された準位になります。そのエネルギー間隔は、 e を電荷、 F を電界強度、 d を格子定数として eFd で与えられます。量子化の条件は $eFd > \frac{h}{\tau}$ (h はプランク定数)ですが、現実には結晶ではなかなか成立しません。そこで格子定数を人工的に大きくすることで、量子化条件を満たす人工超格子を造ることを考えたのです。超格子に電場をかけると量子化されますが、この間の遷移に基づく振動がブロッホ振動です。ブロッホ振動はたいへん興味深い現象で、巨視的な量子効果であるわけです。人工的に結晶格子を大きくするといいても、ナノメートルのスケールですから、この仕事はまさしくナノテクノロジーの先駆けとなり、その後大発展を遂げました。

一緒に半導体超格子の構想を提案した中国人の共同研究者Tsu(朱)博士は、最近“Superlattice Nanoelectronics”という本を書いて、その中で「正直なところ江崎の経験と力強さがなかったら、私はとっくに諦めていただろう」と言ってくれています。また、“Experts are not always right.”(専門分野の権威といえども常に正しいとは限らない)と私がいつも言っていたと書いています。



ノーベル賞受賞後、IBMワトソン研究所で
志村幸雄氏提供

■個人志向社会が必要

個と集団ということを考えてみたいと思います。日本はこれまでどちらかという集団思考で栄えてきました。集団全体の繁栄と安定を主眼に置いて、個人は全体に尽くすべきものとする社会でした。他方、西欧は個人志向の社会です。個人が創造力を発揮することが重要であり、集団は個人の活動を支える場であろうとするわけです。日本もこれからは個人志向型社会に移行する必要があります。そうしないとアジアでリーダーシップを発揮することは難しいでしょう。今日の社会ではパラダイム変化が起っています。横並びのネットワーク化が進み、第3次産業が多様な発展を遂げ、知識集約型のグローバルな競争社会に入っています。ベンチャー企業が多数生まれ、インターネットが盛んに活用されています。多様な才能が開花する個の時代です。

私たちは知力立国を目指さなくてはならないと思います。大学や研究機関で、知を創り、知を伝え、知を生かすことはいっそう重要になってきています。まさしく科学の時代がやってきたのです。そして、特定の研究におけるアカデミアとインダストリーの関係や発展を示したのが次の図です(図3)。それぞれの文化の差を飛び越えることはなかなか難しいのですが、ダーウィンの淘汰の海を生き抜いて新産業が生まれ、ベンチャー企業から億万長者が生まれることがあるのです。発明や発見から新産業への転換にはイノベーションが非常に重要です。

■ノーベル賞を獲得するための5カ条

さて、最後にノーベル賞を取るためにはならない5カ条を挙げておきたいと思います。第1は、今までの行きがかりにとらわれてはいけません。第2は、大先生を尊敬するのは結構ですが、のめり込んではいけません。第3は、情報の大波に足を取られないように取捨選択しなくてはなりません。第4は、自分の主張を貫くために戦うことを避けてはいけません。このことは案外重要です。そして第5は、いつまでも若々しい感性と飽くなき好奇心を失ってはいけません。この5つが必要条件であります。けれども決して十分条件ではないことをお忘れなく。

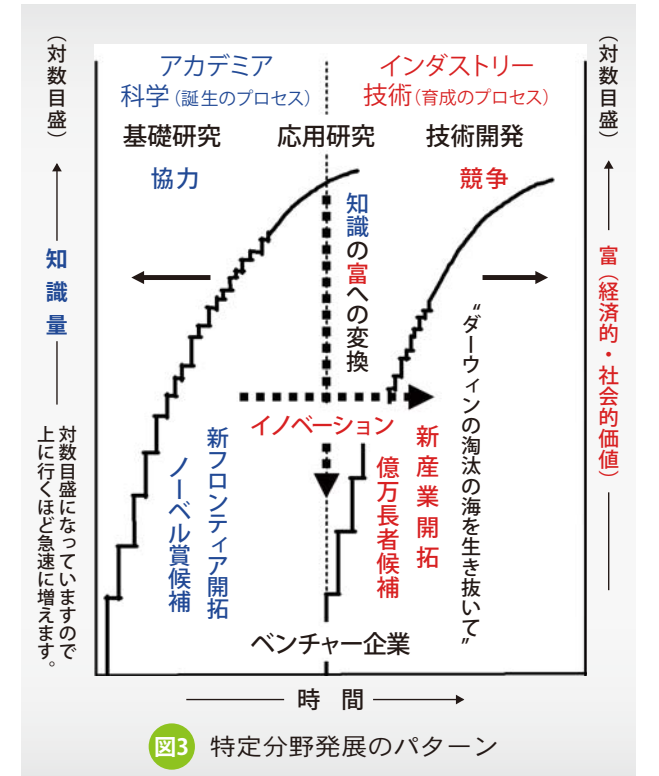


図3 特定分野発展のパターン

原子の概念を提唱したデモクリトスは「この世はすべて偶然か必然」と言いましたが、ノーベル賞はどこまでが偶然で、どこまでが必然なのでしょう。私の場合には、p-n接合の幅を10nmくらいにしなければトンネル効果は見られないと計算し、そのために不純物を入れて幅を狭くしましたが、そのことは必然であったと言えるでしょう。しかし、p-n接合の正方向におもしろい現象があることはまったく予期しなかったのです。こちらは偶然でした。そこが研究のおもしろさです。しかし、偶然が訪れた時にそれをつかみ取る能力がなかったらどうにもなりません。よく言われるように“Chance favors prepared mind”なのです。

私が32歳でエサキダイオードを発明するという仕事できたのは、これが新しい分野で、しかも誰もボスがいなかったからではないかと思います。思い切ってよい仕事をしようと思ったら、ボスのいない新開地に行ってみるのも手です。今日が私の時代と著しく違うのは、現代の日本はサイエンスの研究が重要だと認識されている社会になっていることです。この恵まれた環境の中で、皆さんが良い業績を上げられることを祈りまして話を終わります。

材料創製支援ステーション

— 研究におけるものづくり支援 —



当ステーションは、NIMSにおける最先端の研究を「ものづくり」の観点から支援する部署として設置されています。研究を行うにあたっては、まず研究環境の整備が必要であり、開発研究に不可欠である独自の装置の開発・改良、さらに研究対象素材の製作から評価用試験片の加工などが重要です。具体的には、「材料加工、機器設計試作、試料作製、ガラス工作、金属溶製・鍛造・圧延・熱処理」など、上工程から試験片製作までの技術支援を行います。言うなれば、私達は物質・材料研究者の「縁の下の力持ち」集団です。(1)設計試作セクションと(2)創製技術セクションの2つで構成されており、以下に各セクションの主な業務内容を紹介します。

(1) 設計試作セクション

◆材料加工室／機器設計試作室

材料加工室／機器設計試作室は、研究に必要な装置のCADを用いた設計試作や改修、各種部品・治具等の製作、機材保守管理、機械操作・安全講習会の開催、技術相談等を主な業務としています。NIMS並木加工室、千現加工室ともに材料加工の拠点として、依頼が急増している「微細加工」に特化した技術開発も行っています。

◆試料作製室

試料作製室では、SEM(走査型電子顕微鏡)、EDS(エネルギー分散型蛍光X線分析装置)、X線回折装置等を使用するための試料、TEM(透過型電子顕微鏡)等で使用する研究用薄膜試料の作製のための各種研磨機を配備するほか、ガス吸着量測定装置・自動比表面積測定装置などを備え、利用の便宜を図っています。このほか、難研磨加工材に関する技術相談や関連機器操作に関する技術指導も行っています。

◆ガラス工作室

当機構の研究開発・実用化研究に欠かせないガラス機器の作製に関わるガラス器具、装置の作製、試料の真空封入や各種ガス置換封入等の業務を行っています。特にガラス機器を組み込んだ独自の研究設備の試作には、外注による試作には限界があるため、研究者との密接な連携の下で進める必要があります。本セクションでは研究者の要望に合わせた試作支援を行っています。

(2) 創製技術セクション

◆溶解圧延室

金属材料研究のための素材溶製から塑性加工など一貫した技術と設備を保有し、各研究者のニーズに適した材料の提供と開発、ならびに研究実験への技術的支援を行うことで、内外の研究者からの材料創製に関する要望に応じています。外部研究者への技術相談やサンプル提供も行っています。

【各種合金溶製／純金属の溶解／各温度域による塑性加工／素材成形加工／各種研究実験】

- ◆各種純金属(Ti,Zr,V,Nb,Cr,Mn,Fe,Co,Ni,Cu,Alなど)
- ◆各種鋼(軟鋼、高炭素鋼、ステンレス鋼、Cr-Mo鋼など)
- ◆各種合金(チタン系、マンガン系、マグネシウム系など)



ひずみ速度制御圧延機

当ステーションの業務に関して、共同研究や技術相談のご希望がございましたら下記にお問い合わせください。

設計試作セクション：
<http://www.nims.go.jp/gwsp1/index.html>

創製技術セクション：
http://www.nims.go.jp/mmes/mms_top.html

E-mail: matman@nims.go.jp

ナノ材料の社会受容



ナノ材料の社会受容クラスターは、標準ナノ材料の合成およびナノ材料の毒性評価とその発現メカニズムに関する基礎研究を進めることにより、ナノ材料利用の健全な発展に寄与することを目指しています。当クラスターは、ナノ物質ラボ、ナノ計測センター、生体材料センターを核とし、さらに、国際室、電顕クラスター、材料ラボ等と連携しつつ研究を進めます。

一般に、物質はナノメートルサイズまで小さくなると、バルク材料にはない優れた機能が現れたり、異常な現象が観測されたりします。この“サイズ効果”を上手に使うことにより、優れた触媒、集積回路、高強度材料などを作ることができます。しかし、ナノ材料は極めて小さいため、生体の持つ捕捉機能をすり抜けて生体内に取込まれ、残留して有害な影響を及ぼすのではないかと懸念が生じます。そこで、ナノ材料を安全に使うためのガイドとなる基礎研究に力を注ぐことが強く要請されています。しかし、全てのナノ材料を調べることは不可能ですので、素性が明確な標準物質を使って毒性を調べる必要があります。

当クラスターでは、C₆₀(図a)などのフラーレン分子からなるナノファイバー(フラーレンナノファイバー)を合成し、ナノ計測技術を用いて形状と物性が明確な標準物質とします。フラーレンナノファイバーの毒性は、細胞レベルのインビトロ試験*1によって評価します。肺の細胞はフラーレンナノファイバーを細胞内に取込みませんが、マクロファージ様細胞*2は、フラーレンナノファイバーを細胞内に取込むことが明らかになりました。これまでいくつかの指標で細胞との相互作用を研究した結果、フラーレンナノファイバーの細胞に対する毒性は強くないことを示唆する結果が得られています。そこで、フラーレンナノファイバーの生体に対する利用方法も検討しています。

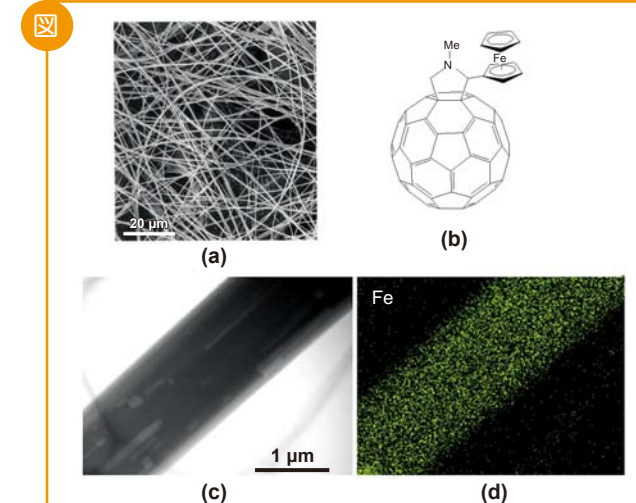
以上の他に、細胞組織中での存在を容易に識別することを可能とする、マーカー機能を有するフラーレンナノファイバーの合成も進めています。図cは、C₆₀の

フェロセン誘導体(図b)を、C₆₀母相中に分散させたフラーレンファイバーの透過電子顕微鏡(TEM)写真です。図dのエネルギー分散型X線分光分析(EDX)像によって、図cのフラーレンファイバー中には、鉄原子が一様に分散している様子が観察されます。このような識別原子を含んだフラーレンナノファイバーは、ナノ物質が細胞中へ取込まれた後で、どのように変化し、除去されるかを知るための有用な体内マーカーになると期待されます。

ここではフラーレンを中心に紹介しましたが、酸化チタンナノ粒子などのフラーレン以外の物質の細胞毒性に関する研究も進めています。

*1 インビトロ試験
毒性研究では、実験動物を使う「インビボ試験」とヒトや動物の細胞などを用いて毒性評価を行う「インビトロ試験」があります。「インビボ試験」は生体全体の影響を見ることができるというメリットがありますが、煩雑で高価であるのが欠点です。「インビトロ試験」は比較的簡単で多くの検体を処理できるというメリットがあります。

*2 マクロファージ様細胞
マクロファージは体内に侵入してきた微生物などを異物として取り込むことにより、様々な感染防御の働きを示します。白血病細胞から分離した細胞に分化誘導剤を作用させることにより、マクロファージに近い機能を持つ細胞に分化させることができます。この細胞はマクロファージ様細胞と呼ばれます。



(a) C₆₀フラーレンナノファイバーの走査電子顕微鏡(SEM)像、(b) C₆₀のフェロセン誘導体(C₆₀-Fc)の模型、(c) C₆₀-Fcを固溶させたフラーレンファイバーの透過電子顕微鏡(TEM)像、(d) C₆₀-Fc含有フラーレンファイバー(c)の鉄の分布を示すTEM-EDX像(若原孝次主幹研究員による)。

ウォームスプレーによる 超高分子量ポリエチレン コーティング法の開発

コーティング・複合材料センター コーティンググループ
材料創製支援ステーション*1



センター長
川喜多 仁 黒田 聖治 小松 誠幸*1

超高分子量ポリエチレン(Ultra High Molecular Weight Polyethylene-UHMWPE)は、通常2~30万の分子量を100~700万まで高めたポリエチレンで、スーパーエンジニアリングプラスチック(150℃以上でも、長期間熱変形せずに使用できる熱可塑性樹脂)の一つです。UHMWPEは衝撃吸収性、耐摩擦・摩耗性、耐薬品性に優れ、異物の付着防止効果もあり、人体にも安全とされています。

UHMWPEの特性をその表面に付与することで付加価値の高まる産業部材(例えば、硬質部材用の搬送ロール等)は数多く存在するため、コーティング技術の開発が待たれています。UHMWPEは熔融状態における流動性が極めて低いため、粉体を熔融・流動させるコーティング手法が適用できません。さらに、従来の溶射法も検討されていますが、材料の熱的劣化が激しくなることが報告されています。

今回の研究は、大気溶射法において、プラスチック材料の熱物性に合わせた加熱方法を見直すことから出発しました。これまでグループでは、金属、無機材料およびその複合材について、その熱的劣化を抑制したままのコーティングを可能にするウォームス

プレー法(図1および図2)を確立してきました。

ウォームスプレー法では、燃料(灯油)と酸素から得られる燃焼ジェットに窒素などの冷却用ガスを混合し、その温度を制御した超音速ジェットにより原料粉末を加速・加熱させ、基材上に連続的に衝突・堆積させてコーティングします。熱伝導率と分解温度がともに低いUHMWPEに合わせて、投入粒子の加熱・加速部にあたる中銃構造を最適に設計しました。これにより、従来よりも300℃以上低い温度で長時間に渡って加熱することが可能になり、従来溶射技術に比較してUHMWPEの熱的劣化を格段に抑制した空孔のない緻密なコーティングが得られました(図3および図4)。

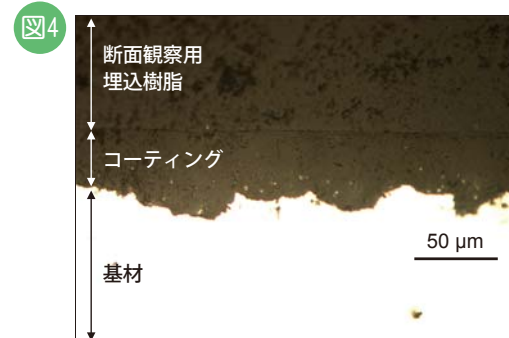
今回開発したウォームスプレー方式は大面積、複雑な形状物へのコーティングが可能と考えられることから、印刷機などに用いられる各種ロール上への樹脂カバリーや化学プラントに用いられる金属材料の耐環境コーティングへの適用が可能と考えられます。また、250℃で連続使用できるポリエーテルエーテルケトン(PEEK)などの高機能性を有するエンジニアリングプラスチックの薄膜形成などが期待されます。



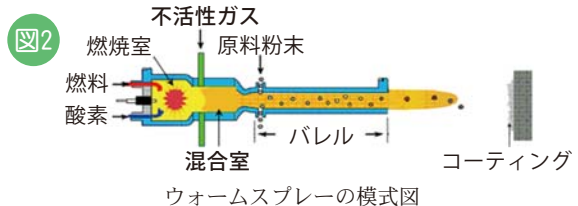
ウォームスプレーの外観



炭素鋼基材上の超高分子量ポリエチレンコーティングの外観写真



炭素鋼基材上の超高分子量ポリエチレンコーティングの断面写真(基材に凹凸があってもコーティング面は平坦である)



ウォームスプレーの模式図

中性子で微粒子の 配向過程を直接観測

量子ビームセンター 中性子散乱グループ
ナノセラミックスセンター 微粒子プロセスグループ*1
日本原子力研究開発機構*2



北澤 英明(グループリーダー) 鈴木 達*1
寺田 典紀 鈴木 博之 目 義雄*1(センター長)
他 金子 耕士*2 目時 直人*2

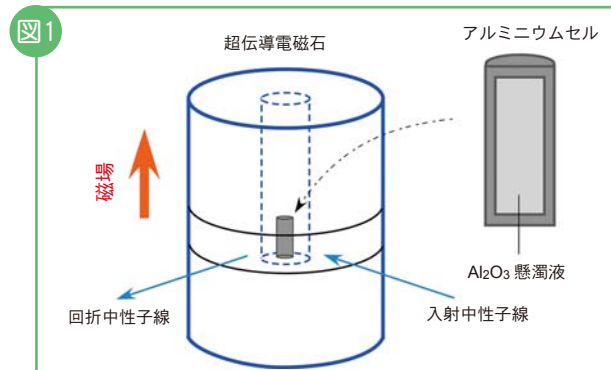
セラミックス材料は、電気絶縁特性や耐熱性、力学的強度などに優れているため様々な用途に使われています。これらの特性は、材料を構成している結晶粒の方位の揃い方(配向)によって大きく異なることが知られています。微粒子を配向させる1つの方法は、磁場によって微粒子を回転させることです。より優れたセラミックス材料を開発する上で、その配向過程の解明は非常に重要です。従来の研究では、磁場中で焼成して作製されたセラミックス材料の全体の配向の度合いを、電子顕微鏡やX線等で、材料の表面を観察することによって評価してきました。ところが、磁場だけでなく、焼成の際の温度によっても配向の度合いが大きく異なるため、磁場とセラミックスの配向度の直接的な関係はわかっていませんでした。

私達は、微粒子の磁場配向の効果だけを調べるために、微粒子を水に分散させた状態で、微粒子が磁場によってどれだけ回転するのかを、中性子回折という手法を用いて調べました。中性子は電荷を持たない粒子で、物質を透過する能力に優れています。また、中性子の波としての性質を利用することによって、X線回折と同じように物質の構造や配向の度合い

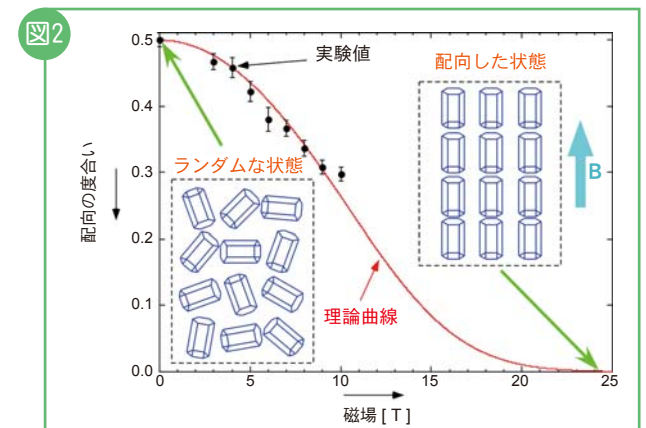
を知ることができます。実験では図1に模式図を示したように、金属容器に入れた酸化アルミニウム微粒子の懸濁液を、電磁石の中に入れた状態で、中性子の回折パターンの磁場変化を観測しました。10テスラまでの磁場中の実験から、水中の微粒子が配向していく過程は、微結晶が磁場の方向に揃おうとする力と、反対に主に水分子との衝突によってランダムな方向を向こうとする力のバランスによって記述できることがわかりました。さらに、図2に示したように理論曲線と比較することによってアルミナ微粒子を懸濁液中で完全に配向させるためには20テスラ以上の強磁場が必要であることがわかりました。

この実験は、中性子回折による微粒子配向過程の直接観測の初めての例です。今後この成果を出発点に、中性子を利用した様々な微粒子の配向過程の解明が期待されます。

N. Terada, H. S. Suzuki, T. S. Suzuki, H. Kitazawa, Y. Sakka, K. Kaneko and N. Metoki, Applied Physics Letters 2008, 92, 112507.



中性子回折実験の模式図。10テスラまでの磁場を発生させることができる超伝導電磁石の中にアルミナ微粒子の懸濁液を挿入して中性子回折を行いました。



懸濁液中のアルミナ微粒子配向度の磁場依存性。無磁場でランダムな方向を向いていた微粒子は20テスラ以上の磁場によって完全に配向します。(図中の六角柱は微粒子単結晶を表しています。六角柱の長手方向は、磁化容易軸(c軸)を示しています。)

液体水素を用いるロケットや液体ヘリウムを用いる超伝導利用機器などの構造材料の試験には、極限環境が必要とされます。そのため、材料の設計や信頼性向上に必要な特性データを得ることがなかなかできませんでした。その極低温下での材料試験法に画期的な手法を開発してきたのが、材料信頼性センターの緒形俊夫センター長です。この業績により、平成20年度科学技術分野の文部科学大臣表彰が授与されました。

材料特性の追究が信頼性を生む

この業績が目されたきっかけは何ですか。

1999年に起きた国産ロケットH-II 8号機の事故です。一番問題になったターボポンプのインデューサの材料に、どのような特性があって破損したのかを評価するためでした。当時問題になったのは、NASDA(現JAXA:宇宙航空研究開発機構)が材料評価を行うのに、適合する特性データがなかったことでした。液体水素(-253℃、20K)を使うので20K以下のデータが必要なのですが、日本ではデータを取れないと思い、NASA(アメリカ航空宇宙局)が公開していたデータを使っていました。ところがそれは薄板材のデータだったため、大きなブロックから削りだしたH-IIの材料とは特性が違い、事故解析に十分に使用できませんでした。そこで、NIMSがこの材料の特性試験をしデータを出したのです。

それがH-IIAの打ち上げ成功に役に立ったのですね。

H-IIの改良型であるH-IIAエンジン部の材料特性解明に参画して、13機の打ち上げ成功に貢献しました。もちろん私が開発した極低温での材料試験法を用いて出したデータだけの成果ではありませんが、そのデータを使って機器の運転条件や設計に反映させ、今の連続成功につながっていると思います。最初は緊急を要する材料から試験を始めてデータを取りましたが、これからは次に使用される材料についてもデータを取ることにしています。H-IIAロケットは、国産技術の粋を集めたものですから、私達もぜひ協力をしていきたいと思っています。

開発された極低温下での材料試験法とは、どのようなものですか。

液体ヘリウム(-269℃、4K)中で構造材料特性を的確に評価するものですが、当時、液体ヘリウムは高価である上、蒸発しやすく特性評価が非常に難しかったのです。私が開発・実用化した試験法には引張試験法や衝撃試験法そして、蒸発した分だけ再凝縮して密閉した容器の中に戻すという方法で、より簡便で、より正確に寿命を評価する疲労試験が可能です。これまでの開発の発展として、



緒形 俊夫 (Toshio Ogata)
材料信頼性センター長

「万能環境中材料試験法」があります。例えば、試験片内のわずかに0.1cm³の空間に70MPaの水素を詰めて高圧水素環境の影響を評価することもできます。つまり、通常であれば高圧チャンバーと高圧水素を使う大掛かりなものになるのに対して、試験片に僅かの高圧水素を入れるだけで引張特性や疲労特性の求めたい温度の必要なデータが得られます。

今回は材料試験法の国際標準規格の制定も高く評価されましたね。

これは、極低温での材料特性の解明で得られた成果をISOの国際標準規格として制定したものです。国際標準規格というのは、商取引にも使われますので、このような規格を作る力を日本が持つことは経済的にも非常に大事なことです。また、これまで試験の種類によって異なる定義をしていた国際用語規格を取りまとめました。材料試験の専門分野で、各国の実績のあった人たちが意見を交わしてまとめていくのですが、なかなかまとまらず、最終的には委員の方々から「あなたに任せる」という言葉ももらったのが大きかったですね。欧米人を相手に意見を調整しながら進めたのですが、日本人がリーダーシップを取れて良かったと思います。古くから規律を作るのは支配者なので、今後も先進国の一員であるためにも日本人として携わりたい。

そうすることが、将来の経済活動を支えるために重要だと思います。こうした国際標準化活動は、研究者にとってはある意味外交ですから、積極的に応援していただけるとありがたいです。



表彰式にて 緒形ご夫妻

平成20年度 文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)受賞

極低温下での材料試験法の開発と材料特性解明

材料信頼性センター 緒形 俊夫

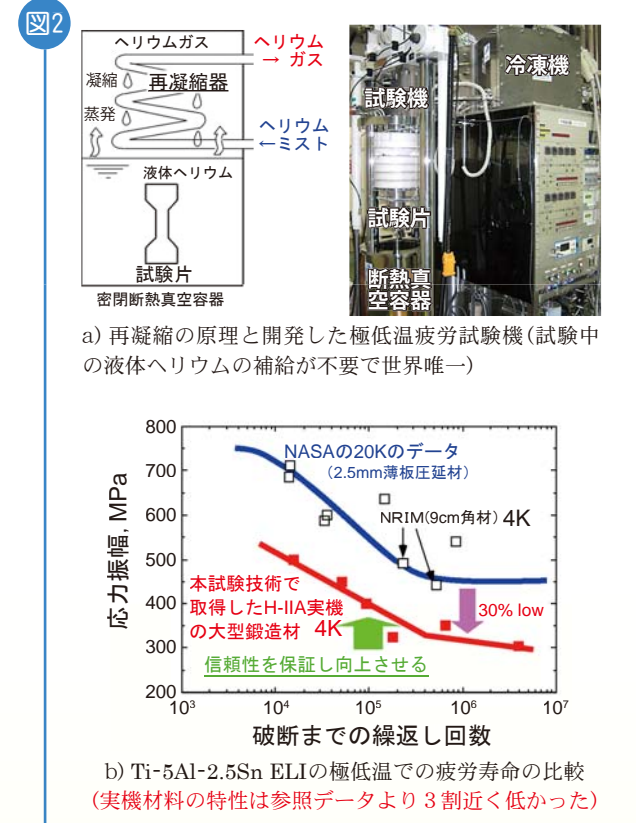
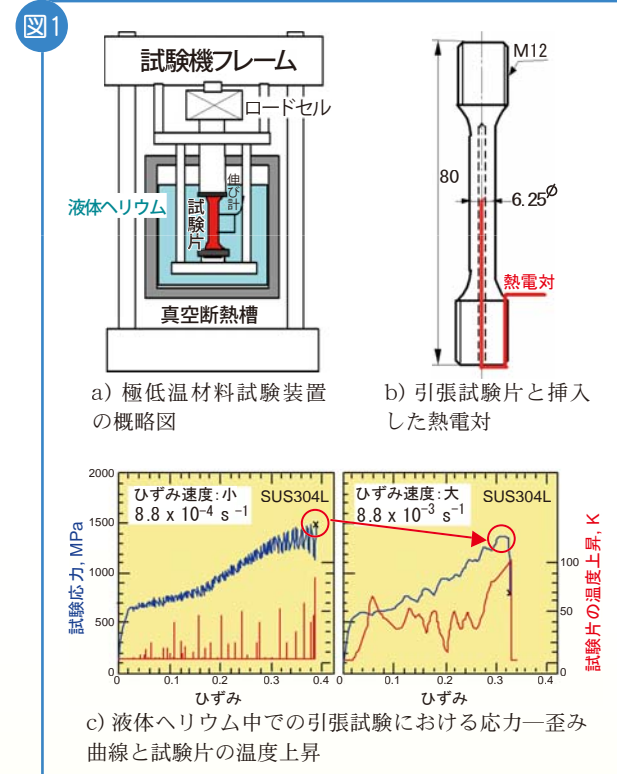
人間も寒いと凍えかじかむように、材料も低温では硬く脆くなります。低温でも脆くならない材料が用途に応じて開発され使われますが、材料の実用化には、使用環境下において特性を評価することが不可欠です。

本研究ではまず、図1 aのように真空断熱容器に入れた液体ヘリウム中で引張試験をしている試験片の内部の温度を初めて、図1 bのように熱電対を挿入して測定しました。そして4 Kの試験であるはずなのに、試験条件(ひずみ速度が大きい場合)によって試験片内の温度は上がったままになり、100K以上に上昇し(図1 c)、得られる強度特性が変化することを発見しました。金属材料の比熱と熱伝導率が20K以下で極めて小さくなり、局所的な微小の塑性変形で大きな温度上昇が生じることが、後に計算によるシミュレーションで明らかとなりました。ヘリウムガスは貴重な資源で液体ヘリウムは蒸発し易いので、ゆっくり試験をするとコストがかかります。一方、コストを減らすため、速く試験をしようとすると、正しい特性が得られない事となり、試験機関により特性が異なることにつながります。さらに、熱物性の異なる材料について、条件を変えた試験を疲労試験や衝撃試験でも行い、適正なひずみ速度等の試験条件と試験法を提案しました。

この液体ヘリウム中の引張試験法は、発表当初からNBS(米国国立標準局、現NIST)に注目され、JIS*¹やASTM*²には間もなく規格化されました。国際標準規格のISOには、VAMAS(新材料と標準に関する国際共同研究)の場で、数年かけて様々な材料について、共通試験材料を用いたラウンドロビンテスト*³で検証してから提案し、ISO19819として制定されました。この後、金属材料の機械的特性試験全般のISO標準用語集の取り纏めを委任され、制定しました(ISO23718)。国際標準化は、論文発表だけの研究とは次元が違い、成果の中に国の利害も見え隠れする『外交』とも言える場です。

本研究はさらに、液体ヘリウムを長時間維持できる極低温疲労試験機の運転の成功(図2 a)と疲労特性取得(図2 b)にも寄与しました。開発し標準化して確立した試験法及び試験機により取得・解析された材料特性は、液体水素を燃料に使う国産宇宙ロケットH-IIAエンジンの設計・改良や運転条件の改善にも反映され、H-IIAの連続打ち上げ成功に貢献しています。

*¹ JIS: Japanese Industrial Standard 日本工業規格
*² ASTM: American Society of Testing Method 米国試験法協会
*³ 共通試験材料を用いて参加機関の試験・測定データを比較すること

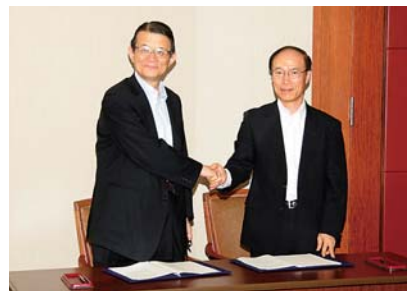


「NIMS－トヨタ次世代自動車材料研究センター」を開設

平成20年7月18日、NIMSは「NIMS－トヨタ次世代自動車材料研究センター」を開設し、トヨタ自動車㈱と連携研究を開始する調印式を行いました。

本研究センターはNIMS千現地区内に設置され、次世代自動車材料を生み出すために必要な基本現象メカニズムの解明と基盤技術開発研究を行い、材料開発における技術の壁のブレイクスルーを目指します。具体的には、環境・エネルギー問題の観点から開発の要請が高い次世代車載用二次電池に関する研究から開始し、順次、他の環境・エネルギー対応材料に研究領域を拡大させる計画です。

この連携研究を通じて産業界のニーズを取り込み、世界水準をリードする新しい研究分野、シーズの発掘・育成を促進するほか、研究成果を次世代自動車の開発に活用するとともに、産業界のニーズを大学や独立行政法人等の研究機関にフィードバックしていきます。



調印式にて 瀧本トヨタ代表取締役副社長(右)と岸NIMS理事長



調印式の会場にて 両者会合の様子

米国ノースカロライナ州立大学と姉妹機関協定を締結

平成20年7月18日、NIMSは米国ノースカロライナ州立大学と姉妹機関協定の調印を行いました。この協定のもと、環境・エネルギー、医療・バイオなどの分野向けの材料に関する共同研究および人材交流を促進します。この調印式はNIMS WEEKの一環として開催された両機関合

同ワークショップにおいて行なわれ、John Gilligan教授をはじめとする7名のノースカロライナ州立大学の教授とNIMS研究員との間で、共同研究に関する活発な討論が行なわれました。



Gilligan教授(右)と岸理事長



合同ワークショップの参加者

韓国材料科学研究所(KIMS)とMOUを調印

平成20年7月17日、新構造材料センターは、韓国昌原(チャンウォン)市にある材料科学研究所(KIMS)材料プロセス部門と研究協力に関するMOU(覚書)を調印しました。KIMSは韓国機械研究所(Korea Institute of Machinery and Materials, KIMM)の材料部門が2007年に独立したものです。今後両機関は、Ti₂AlNb基高温用チタン合金に関して、研究情報の交換、人的交流、材料開発や評価に関する共同研究などを進めます。



左から江村主任研究員、津崎センター長、Yong Tai Lee博士(KIMS)