

夢ある未来を切り拓きたい!



随筆

新原 皓一*

Toward dreams in the future

Key Words : Creation, Intuition, New concept, Nanocomposite, Future dreams

はじめに

私は、1968年に大阪大学大学院工学研究科原子力専攻修士課程を修了し、東北大学金属材料研究所の助手、助教授、米国バージニア工科大学の客員教授、防衛大学数学物理教室および材料工学科の教授を経て、1989年に大阪大学産業科学研究所教授に着任しました。それから16年が経過し、大阪大学を今年3月末に目度く停年退職することが出来ました。現在は、長岡技術科学大学で極限エネルギー密度工学研究センター長として、3つの夢を持って働いています。この経緯を踏まえて本稿では、阪大に着任する前に構築した私の研究教育活動の基本的考え方とその実践について述べ、最後に現職への動機について紹介したいと考えます。

研究途上で得た教訓

東北大学金属材料研究所の希有金属材料部門(2年後には材料照射部門)を担当されていた矢島聖使教授の下で助手を務めた1969~1974年には、イオン交換法で一連の希土類元素(Re)を分離し、高純度酸化物と金属を作製、それを原料にして、カラーテレビ用の赤色蛍光体材料、Re-鉄系遷移金属-ホウ素三元系の超強力磁石材料、RE-遷移金属系の金属間化合物水素吸蔵合金、 ReB_6 熱電子放出材料の

開発研究に取り組みました。この一連の材料研究の中で、Re-鉄系遷移金属-ホウ素三元系の超強力磁石材料、金属間化合物水素吸蔵合金、 LnB_6 熱電子放出材料は、この時期から約5-10年後に活発に研究され初めて実用化につながりました。このプロセスを目の前にして、「研究課題の選択には時期を見ることが重要」で、また「持続・継続」と「夢を実現する弛まない努力」が不可欠であることを自覚しました。

1974-1986年には特殊耐熱材料部門の平井敏雄教授の下で助手・助教授として研究に従事し、最初の4年間は1mm/1hr以上の高速CVD法の開発とバルク状 Si_3N_4 、 SiC 、 BN 、 B_4C 等の合成と構造・機能の解明に関する研究に従事しました。その結果、通常のセラミックス焼結体では粒界の制御が難しいが、CVD法では不純物の存在しない粒界の実現が可能であることを見つけ、この材料は高温まで優れた機械的機能が不可欠なガスタービンや自動車等の高温材料として有望であると信じ込みました。しかし5年後には、この希望は大量生産とコストの面から不可能と自覚し始め、数年後はコストパフォーマンスに優れた焼結法に興味を持ち始めました。1979-1981年の2年間、米国のバージニア工科大学に客員教授として招聘された際は、上記の高速CVDプロセス中に頻繁に起こるカタストロフィクな材料破壊を理解するための一助にもなればと、脆性破壊を示すセラミックス材料を対象として破壊力学に取り組みました。破壊力学に取り組んだのは米国滞在中の2年のみであったが、その間に現在でも世界中で使用されている、セラミックス材料の破壊靱性をピッカー硬さ試験法を改良したダイヤモンド圧子圧入法で評価する新原の式を提案することが出来ました。この試験法は極小の試験片で信頼性の高い靱性値を得る方法で、その後の材料開発研究の進展に大いに



* Koichi NIIHARA

1941年9月生
昭和41年(1966)大阪大学・工学部・原子力工学科卒業
現在、長岡技術科学大学(大阪大学名誉教授)、極限エネルギー密度工学研究センター、教授・教育研究評議員・センター長、工学博士、セラミックス工学、ナノコンポジット工学、破壊力学
TEL 0258-47-9897
FAX 0258-47-9890
E-Mail niihara@nagaokaut.ac.jp

役立ちました。

帰国後の1982年からは、破壊力学を基礎にした高性能セラミックスの研究開発に取り組み、防衛大学校物理教室教授として働いた1986-1989年(最後の3ヶ月は材料工学科に所属)には、「高強度・高靱性セラミックス系複合材料の開発」、「無機高分子から炭化珪素の創成研究」等に取り組み、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2/\text{SiC}$ ウィスカー系の研究においては、高強度・高靱性のマルチタフニング材料の開発に成功し、工具材料として実用化することに成功しました。同時に、東北大学金属材料研究所で取り組んだ高速CVDによるバルク状セラミックス材料の創成研究の際に得た局所残留応力に関する知見、米国で取り組んだセラミックス材料の組織・構造の相関を破壊力学から理解する研究で得た多くの新しい知見を収束させて、セラミックス系ナノコンポジット材料の基本的な設計コンセプトの構築に取り組みました。その結果、革新的に力学的特性を改善した酸化物系ナノコンポジット材料、金属のように超塑性変形や快削性を示すナノコンポジット材料の開発に成功しました。これらの成果をまとめて1987年には、世界に先駆けてナノコンポジットのコンセプトを、セラミックス材料の機械的特性を飛躍的に改善出来る新しい材料設計法として発表する事が出来ました。

魔物が現れました。1987年に防衛大学校から発信したナノコンポジットコンセプト、それに基づく高性能材料の開発成果に関して、多くに知人・友人には信じて頂きましたが、学会等で疑惑の目で見られ一種のパッシングを受けることになりました。この経験は、その後の研究生活に大きな影響を与え、次項で述べるように、これを切掛けにナノコンポジット構造を材料設計手段とする長期の材料開発方針を構築することが出来ました。

幸いなことに、大阪大学産業科学研究所にはナノコンポジットに関する成果を信じて頂き、1989年に教授として招聘して頂きました。阪大産研に着任後は、「多岐にわたるセラミックス系ナノコンポジットの創成・構造・機能評価」、「ナノコンポジット概念の電子セラミックス、金属及び高分子材料への展開」、「ナノコンポジット概念による多機能調和型材料の創成」、「高性能光・触媒・熱電変換材料の開発」、「ラティスコンポジットの創成」等に関する研究に精力的に取り組みました。また、1998年頃

からは産学連携による研究成果の産業応用に、今まで以上に積極的に取り組み初め、その成果として、2003年には新産業育成を支援するNPO-IMAGINEを設立し、ベンチャー企業の育成に努力し、現在までに6社のベンチャーの創設に関与出来ました。

以上が阪大―仙台―大洗―仙台―米國―仙台―横須賀―大阪と研究する場所を移りながらの材料研究の一端の紹介です。次の項では、この中で悩みながら創り上げた材料研究者として生きる為の基本的考え方等に関して紹介したいと思います。

長期計画の構築

東北大学金属材料研究所で高速CVDによるバルク状非酸化物系セラミックスの合成研究に取り組んでいる時代に、前述のCVDプロセス中に頻繁に起こるカタストロフィクな材料破壊の根本的な解決策が見つからず、大学で材料研究者として生きて行くことの意義と能力に疑問を持ち始めました。この自信喪失は、1987年に起こった宮城沖地震の直後に観た映画「日本沈没」に惹かれて小松左京の原作を読んだ時に曲がりなりに解き放つことが出来ました。小松左京は、小説の中で辺骨と言われていながら地震災害の解決策に関して力を発揮する地球物理学者の田代教授の口を借りて、研究者にとって重要な事は「頭が良い、博学である」ことではなく、「直感、センス、閃き、洞察力、創造力」であると述べていました。この文章に接し、私でも大学で研究者として生きることは可能ではと、自信を回復しました。

前項で述べた「ナノコンポジットのコンセプトの発表に係りして生じたパッシングの際は、防衛大学校着任時に副校長の岡崎清教授に紹介されて読んだ、同志社大学卒で苦勞の末に58歳で東京工業大学の教授となられた加藤与五郎先生(フェライトの発明者として有名)が1942年に出版された著書「科学制覇への道」に救われました。加藤先生は1942年に「科学の超越には独創を要する。依存、模倣、追従では超越は出来ない。他民族の尊敬は受けられない。そこで依存、模倣、追従の弊害と独創の必要を説くものは多い。だが、今日は必要を論議する時期はとうに過ぎて、独創実行の時期である。とは言え、その実行はなお遺憾ながら不満足な状態である。」と述べられていました。この序論で述べられている文書を読んだ時には、1942年に、太平洋戦争が始まった

2年目に、私が2歳の時に、と本当に驚愕しました。また、先生はこの本で「学理を説くことと有用性は全く別物である。学理の道を究めることにより、世のために役立てることが出来る。博学で学理の本質を究めることは出来ない。学理の本質を知ることにより本物を見抜く力を育成することが重要である。」とも述べられていました。

その本に会ってからナノコンポジットの発表に関連してのバッシングに関しては、「落胆し研究意欲の減退させては駄目で、このバッシングを逆に好都合と思うことにしました。その理由は、研究組織が小さく(助手1名、4年生3人、大学院生1人)、ナノコンポジットの構想を小さなグループで短時間に大きく展開するのは難しいが、これで他と争うことなく将来構想が構築できる」と考え、諦めずに自分たちのグループを信じ努力していくことにしました。また、原因は自分にもある筈で、今後同じ事が起こらないようにする為に「人のネットワークを構築し、今後は人を嫌いにならない、全ての人を好きになる」ことに務めることにしました。

また、「科学制覇への道」を読破することにより、(1) 考え行動することが重要で自分を信じて自分の道を邁進する、(2) 学術研究で生きるならば学術の新潮流を創ることを目指す、(3) 学術は特定の人がリードするもので大衆がリードするものではない、(4) 若手育成に関しては、自分で考える機会を重視、才能・個性を最大限伸ばす、自分を信じさせる、ことが重要であると考えました。また、「博学は独創につながらない」、「研究においては人間性および学理の道を究めることが本質を知る上で

重要」、「世の役に立たない研究は無意味」と考えることにしました。

更に、独創性の発現の為に、(1) 常に考え、想像し、そして適当で些細で非常識なことに目をつける、(2) この中から、将来の大きな成果に見通しをつける事が可能で、新しいコンセプトの構築(戦略・戦術)につなげることが出来る物からスタートする、(3) 一回スタートしたら、工夫し、努力し、諦めずに持続し、新しい成果を追求する、の3項目を基本的姿勢とすることにしました。一般に、世間は最終項目(3)の成果に注目して判断しがちであるが、研究者が独創的な成果を得るためには、実際は(1)と(2))が重要であることを意識していることが大切であると考えました。この研究方針に従い、2年の間に多岐にわたるナノコンポジットを創成し、その本質を掴む事に務め、それを基に退職までの長

表1 ナノコンポジット技術による機械的特性の改善

(マイクロコンポジット) : 15-25 vol%
 (ナノコンポジット) : 3- 5 vol%(50-100nm)
 : 0.1 vol%(20nm以下)

1)破壊モード 1300-1500℃でも 粒内破壊を示す	4)破壊強度 2~5倍の大幅改善が可能
2)破壊靱性 破壊靱性の向上は大きくない。しかし粒内 タフニングが可能	5)高温機械的特性 強度が低下し始める温度 200~700℃の改善が可能
3)摩擦・摩耗特性 顕著な向上が観られる	6)クリープ抵抗 3~4桁の改善が可能
	7)その他

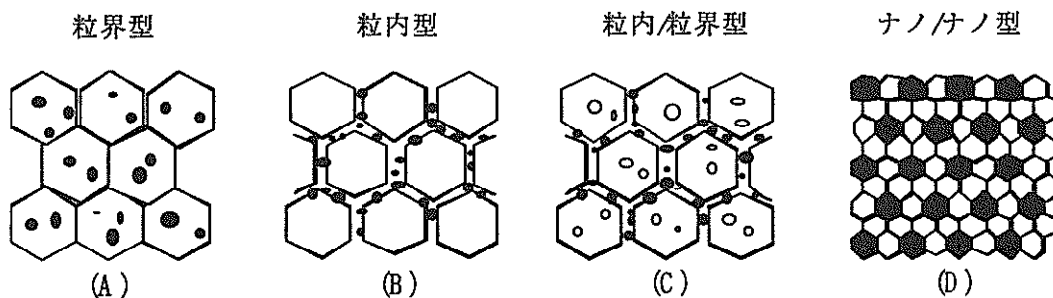


図1 ナノコンポジットの基本構造(これらの構造以外に、多岐にわたるナノコンポジット構造が考えられるが、ここでは従来の焼結技術で作成可能な構造に限定してある)。

期の材料研究方針を構築しました。

この方針に従い防衛大学の3年間で、セラミックス系に関して20以上の異なる複合系で多岐にわたるナノコンポジットを創成し、構造と機能の相関を追求していく事により得た重要な知見を表1にまとめて示します¹⁾。図1(D)に示した結晶粒の全てがナノサイズになったナノ/ナノ型ナノコンポジットでは、ダイヤモンドと同じような強い共有結合を持つSi₃N₄/SiC複合系でも、金属と同じように餡の様に伸びる超塑性変形機能を示します²⁾。一方、図1(A)-(C)型のナノコンポジットではナノ粒子分散と言う単純な材料設計ですが、各種の力学的機能が革新的に改善可能である事が分かります³⁾。また、分散ナノ粒子の寸法が革新的な力学的機能の改善に必要な分散量は、粒子径が50-100の場合は3-5 vol%であるが、10nm以下の場合にはほんの0.1vol%で十分です。20以上の複合系でこの事実を確認し、特性改善機構を分散ナノ粒子周辺に蓄積されている局所応力で有ると推定し、それを基に表2に示した、図1(A)-(C)のナノ粒子分散型コンポジットを基礎にした、新材料の長期の開発方針を立てました。即ち、ナノコンポジット構造はセラミックスのみでなく、金属や高分子にも展開可能であり、表2に示したように多岐にわたる機能調和材料の設計・開発を可能にすると信じ研究を推進することにしました。

また、①21世紀に大問題となる「エネルギー、地球環境問題」の解決、②21世紀の新しい科学技術の展開に不可欠は「バイオ工学、情報工学」の加速度的な進展、③21世紀の「A Winner Takes All」の言葉で表現される激しい競争社会、即ち「デジタル社会」へ対処するために不可欠となる「感性工学」や「人間工学」の進展、の為には高次機能調和材料(無機、金属、有機材料を必要に応じてマイクロ、ナノ、格子、分子レベルで融合した材料、即ちIntermaterials)の研究・開発が不可欠で、それ為にはナノ材料及び

表2 新しい材料設計へのナノコンポジット研究からの情報

1)電気、電子、磁気、光学材料への展開	4)硬マトリックス/柔分散相系複合材料の設計
2)卓越した界面強度を持つコーティングの設計に展開	5)高強度・多機能多孔体の設計
3)金属、高分子材料等への展開	6)多岐にわたる新機能(応力検知、自己修復機能等)の付与



高強度で機能調和型のセラミックス、金属高分子系材料開発と産業応用

分子から格子レベル複合材料の設計・開発

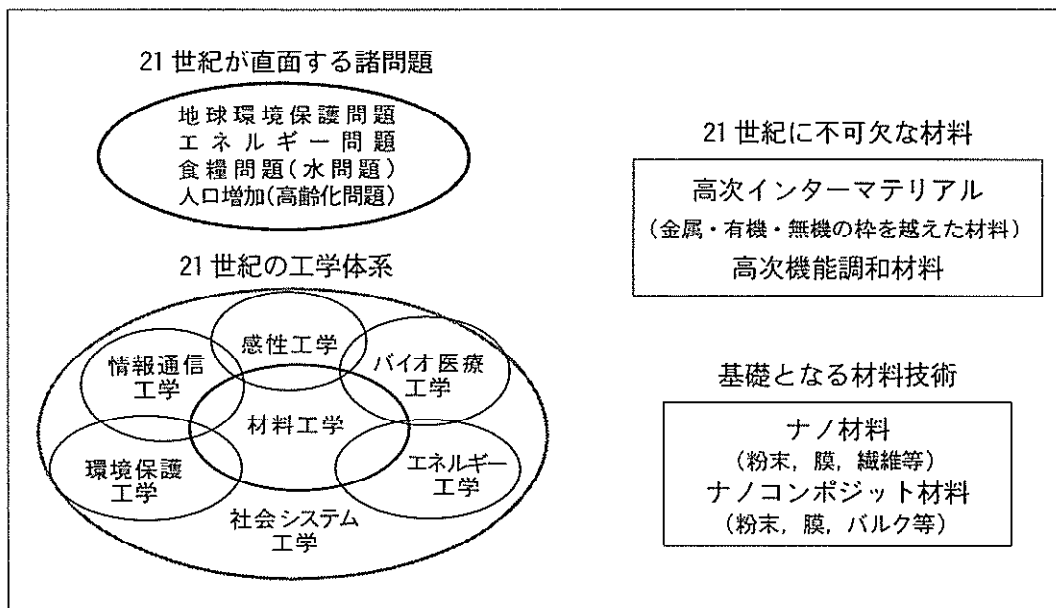


図2 21世紀の材料開発戦略

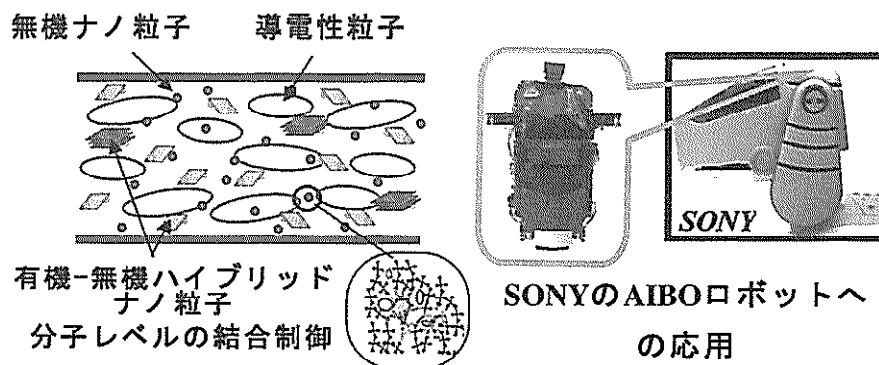


図3 無機-有機ナノハイブリッド化による感触ナノセンサの構造(左)とインテリジェントロボットへの応用。このセンサは、電子ピアノ鍵盤、ゲーム機コントローラ、水圧センサ、健康機器圧力センサ、衣服の着圧センサ、パソコンの入力ペン等にも応用展開されている。

ナノコンポジット材料が基礎技術として必須であると信じることにしました(図2参照)。

この長期研究方針に従い、阪大産研に着任後はナノコンポジット系機能調和材料の研究開発を精力的に進め、その成果を基にして1995年には10年時限のシナジーセラミックス国プロを立ち上げ、翌年には阪大産研に高次インターマテリアル研究センターを立ち上げることに成功しました。また、産研最後の数年間は、長期戦略の締め括りである格子・分子レベルの複合材料の創成にチャレンジすることも出来ました。

今後の夢

防衛大学校で働いていた1998年に構築した長期の研究方針に従い、阪大産研では主に機能調和材料の研究に没頭し、マイクロからナノ、格子、分子レベルで構造制御した高次機能調和材料の開発に没頭し、100種以上の新材料の開発、150以上のパテントの獲得に成功しました。これらの成果を基に、1998年から新材料技術の産業界への技術移転に努力し、前に述べたように2003の秋には新産業育成支援を目的としたNPO Imagineを立ち上げ、また同時に6社以上のベンチャー企業の創立に関与しました。また、2005年3月には開発に成功した有機-無機系ナノセンサー(図3参照)や各種のナノコンポジットの製品化に取り組む(株)NEXT WINを立ち上げました。

この様な活動をしながら2005年3月に大阪大学を

退職しましたが、まだ多くの事をやり残しているとの気持ちが強く、最後の夢を叶えるべく長岡技術科学大学のお世話になることにしました。この大学に魅力を感じたのは、(1)「科学技術大学」ではなく「技術科学大学」であり、技術の延長上に科学があるとの思想で作られた若い大学であり、今まで没頭してきたナノから格子、分子レベルで開発してきた各種の材料技術を科学として最後にとりまとめるのに最適な組織である、(2)この大学は名前からも予測出来るように「産学連携」に力を入れており、今まで開発した各種の材料技術を世の役に立つ形にしたいとの夢を叶えられる大学である、と信じたからです。着任した長岡技大では、「ナノコンポジット技術を科学にする」、「産学連携で世の役に立つ」に2つに加え、「Intuitionに富む若者の育成」にも最後の責務として取り組みたいと考えています。残された時間は長くはありませんが、今後も精一杯頑張りたいと考えています。

文献

- 1) K. Niihara, J. Ceram. Soc. Japan, 99, pp974-82 (1991).
- 2) F. Wakai, Y. Kodama, S. Sakaguchi, N. Murayama, K. Izaki, K. Niihara, Nature, 344 (6265), pp421-23 (1990).
- 3) 新原皓一, 関野 徹, 楠瀬尚史, 中山忠親, セラミックス, 38, pp255-63 (2003).