「材料の学—製造と材料, 新しい学問領域の創生に向けて」—シンポジウム報告*

Panel Discussion Report

-Creation of New Discipline by Integration of Manufacturing and Materials Science and Technology-

五十嵐一男**

Kazuo IGARASHI

Key words

manufacturing, materials science and technology, minimal manufacturing, aerosol deposition, multi-scale modeling

はじめに

「材料の学」シンポジウムを開催するに至った経緯は、日本の製造技術の国際競争力強化を図るために材料技術と一体化した新たな融合領域を創れないかと模索したこと端を発している。そのために、従来の材料科学の枠組みを越えて、製造側から見た材料の概念の捉え方や社会ニーズから見た材料の在り方、物質とプロセスを統合的に把握することなどの議論を深化させるための試みとして、これまで先導的に取り組んできた産総研と日本の材料研究の一翼を担ってきた(独)物質・材料研究機構とで「材料の学」の創生と銘打ってシンポジウムを開催したものである。

今回は、上記の試みの第1回目のシンポジウムということもあり、第1部では材料研究に製造側からの視点が必要なことを強く示唆した吉川弘之産業技術総合研究所理事長の「材料の学」の創生にあたっての講演を皮切りに、岸輝雄一物質・材料研究機構理事長の基調講演、佐久間健人(大学評価・学位授与機構教授)、松本洋一郎(東京大学教授)、田澤真人(産総研グループ長)の3氏に特別講師としてそれぞれ専門の立場から「材料の学」に対する想いを語っていただいた。講演内容については、本特集号でまとめられているとおりである。

第2部では、岸理事長および特別講師3名に産総研の材料研究の第一線で活躍している研究者4名を新たにパネリストとして加え、ディスカッションの輪を広げて「材料の学」の輪郭を浮かび上がらせることが試みられた。ここで、3名のパネリストからの話題提供を簡単に紹介する。

(材料の学: http://www.aist.go.jp/aist_j/research/honkaku/index.html)

話題提供 1

「ミニマル・マニファクチャリングに向けた製造プロセス技術の構築」

産総研・先進製造プロセス研究部門
大司達樹総括研究員

ミニマル・マニファクチャリング自体が耳慣れない言葉であるが産総研のナノテクノロジー・材料・製造分野の第2期中期計画におけるキーコンセプトとして提唱しはじめたものである。製造に関わる現実の技術分野を大きく分けると、現在社会的に強く求められている低環境負荷技術、新機能付与、高機能化などに関わる先端技術、製品化に伴う低コスト化技術とがあるが、これらはともに相反的になっており、環境性を強く打ち出すと、要求されている機能の面や、コストの点で折り合いが難しくなり実用化しない、などがその例といえる。ミニマル・マニファクチャリングとは製品化において、これらの技術をより近づけていくことで、結果として最小資源投入、最小エネルギー投入で最大機能を発現し、かつ、廃棄物も最小に押さえる技術体系のことである。

このようなコンセプトを現実のものとするために2つのアプローチが考えられる。1つは、材料→マイクロ、製品→マクロとして捉えたマルチスケール解析的な製品の最適設計である。これはミクロスケールの材料製造制御などによる材料自体の機能向上であり、これまで進めてきた材料技術の一面を持っているが、それにより機能を最大限に発現させるマクロスケールの製品構造の最適化である。もう1つは、材料→製造→還元のライフサイクル的トータルパフォーマンスの総合的な、あるいは定量的な評価を行い、その指標を得ようとするものである。これは製品のライフサイクルにおける全体のパフォーマンスを低環境負荷性、機能・特性、生産性・コストについて、製造プロセス技術の観点から総合的・定量的に評価する手法である。このような2つのアプローチを取り入れたミニマル・マニファクチャリングの観点から、製造プロセス、材料技術の最適化を行うことが必要だと考えている。

*原稿受付 平成17年6月3日

** (独) 産業技術総合研究所 (茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2)

五十嵐一男 (材料の学シンポジウム実行委員会)
1973年東京理科大学理学部化学科卒、工学博士、千葉大学工学部助手を経て、89年工業技術院名古屋工業技術研究所入所。主任研究官、メソスコピック材料研究室長、研究部長、産総研・基礎素材研究部門長等を経て現在、研究コーディネータ (ナノテクノロジー・材料・製造担当)、専門: 材料科学。

話題提供 2

「エアロゾルデポジション—基礎研究から実用化への取り組み」

産総研・先進製造プロセス研究部門
明渡純グループ長

エアロゾルデポジション法はまだ一般には良く知られていないかもしれないが、セラミックス原料粒子をほぼ常温で衝突させて接合して、原料粒子の結晶構造をナノサイズで成膜体に転写するというプロセスで薄膜を製造する技術である。この発想の原点は、材料を積み上げていくときに、周囲への熱影響を極力少なくして、かつ、従来の窯業プロセスのような粉をベースにした方法で行えば、原子・分子から積み上げていくものよりは非常にスピードが速いという点に注目したところにある。この方法で作製した膜は、ナノ結晶になっており、条件を最適化すると透明性のある膜にもなる。また、絶縁性も高い。例えば強誘電、強磁性のような特殊な材料機能についても、従来の薄膜プロセスと変わらないか、あるいは場合によってそれを超える性能を出せるところまで来ている。ポイントは、成膜現象が「非熱平衡」という点にある。そういう観点からこの現象を見直してみると、溶射などに比べると非常に効率の良い粒子間の分離を起こさせている。また、原料粉体の性質が非常に重要だということも分かってきた。現在、粉体設計から成膜時の構造制御、それからデバイス化という一連の流れを、欠陥構造制御や粒界制御を行いながら試みている。

この研究開発で特徴的だった点は、材料技術という視点からだけではなくて、生産という観点からもプロセスを再検討して、学会レベルではあまり議論されていない実用化へ向けてのニーズを産業界と一緒に進めていくことで、隠れたいろいろな技術的な課題が明確化され抽出されてきたということにある。整理すれば、ニーズからスタートして新しいシーズが出てきて、これに刺激されてまた新たなニーズとか基礎研究への展開に繋がるという好循環が生まれていることである。

話題提供 3

「マルチスケールモデリング」

産総研・先進製造プロセス研究部門
手塚明グループ長

製造分野から材料を計算科学の立場で扱うときマルチスケールモデリングの考えは極めて有用である。その際にマクロスケールのところを分割してマルチスケールを考えるとときのモデル化の重要性を話題としたい。

材料と外場との関係、例えば材料に荷重を加えれば、ヤング率、ポワソン比が関係してくるし、温度を考えれば熱伝導が、その流れを考えれば熱伝達係数が出てくる。すなわち物理場で材料は意味を持つ。ここでいう物理とは、連続体力学を考えている。例えば、熱伝導方程式を考えると、よく知られているように、力学要素のフラックスの式と経験的な材料則が組合されてできている。フラックスの式が連続体力学部分となっている。連続体としての材料を計算科学の対象とするときマルチスケールモデルを取り入れたケースがあるが、単に計算効率を上げるための場合が多い。実

際にはマルチスケール化するときのモデルの意味を考える必要がある。例えば、非均質体の材料試験を計算科学で扱うとき、いわゆる幾何学的非線形性をメソスコピック領域で処理し、マクロスケールでは材料非線形性で見るようなモデルが報告されている。この場合のように、モデルの分割、連続性の中でどのようにマルチスケールを仕込んでいくかが重要である。それに加えもう1つ重要なことは、データハンドリングをどうするかである。すなわちマルチスケールがいろいろなパターンによって計算したものをため込んでいって、経路依存性があるデータをどうやって拾い出して、うまくリアルタイムで持ってくるかという点である。

話題提供 4

「ナレッジチェーンサーチによる製造技術データと材料技術の連携」

産総研・ものづくり先端技術研究センター
(大橋隆弘チーム長の内容については本文 (P 831 ~ 836)
で詳細に記載されている)

ここでの話題提供の内容も含めて議論されたところのポイントを以下に簡単に紹介する。これまでである材料科学と「材料の学」の相違を明らかにするには、定量的議論をすることが重要である。定性的な議論から定量化を進めることにより従来見えなかったものが見えてくるし、不必要な部分を整理することもできる。また、ここまでの全体の議論を聞いていると「材料の学」というよりも「部材の学」いった方がより適切のように思える。部材といった場合、例えば、金属、無機材料とか高分子材料といった個別材料を越えた“材料”という1つの抽象化された概念を導入できるし、材料の種類ではなく、機能とか構造などの軸でみた“材料”で整理することが新たなディシプリンに繋がる。さらに、今まである既成の概念で「こういうものが材料です」ということでなく、それを乗り越えるためにどうすればいいか、それを考えるのが「材料の学」なのではないかなど、建設的な意見が相次いだのが印象的であった。

上で述べたように、「材料の学」に対する多くの示唆に富んだ視点が示されたパネルディスカッションであったが、初めての試みということもあり、それが意味するものは何かという入り口のところの議論で時間切れとなった。しかし、ここでの多くの意見が「材料の学」の創生という試み自体が無駄であったとの結論ではなく、どちらかといえば、今後ともこのような議論の場を設けて検討するに値するとの好意的なものであったことは注目すべき点である。このことは、材料研究の重要性は学界、産業界を問わず広く認識されているが、日本が世界に先駆けてこの分野の技術革新を進め、産業変革、社会変革へと結びつけて行くためには、従来型の材料科学に加え新たなコンセプトがここに加わるべき必要性を多くの材料研究者が感じ取っているからほかならない。主催者の1人として、産総研内部の小さな議論から出発して、出席した多くの方々の好意的な意見を得たことは大きな前進であったと考えている。大きな作業の第一歩を踏み出したところであり、今回いただいた意見を踏み台として議論の輪を一層広げ、次のステップに繋げて行く所存である。材料、製造関係者に限らず多くの皆様の共感が得られれば幸甚である。