

談話室

談話室

構造材料のインテリジェント化とは

新 谷 紀 雄

金属材料技術研究所 損傷機構研究部
第二研究室長 工博

インテリジェントなる言葉を冠した造語が身の回りに目立つようになっている。インテリジェントビル、インテリジェントカー、インテリジェントロボット、インテリジェントセンサー等々である。インテリジェンスという言葉が工学の分野に初めて登場したのは、MIT のミンスキーらが Artificial Intelligence (AI, 人工知能) を提唱した時といわれている。この時のインテリジェンスは人間の知性、あるいは知的活動を意味していたに違いない。それに比べると、現在では、上記造語から連想されるようにもう少し広い意味に使われている。

技術的な観点からすると、これらのインテリジェント群は、IC 技術の進展がベースにあり、マイクロチップ化したコンピューターに覚え込ませたインテリジェンスをそれぞれの分野で便利に使いこなした新技術群といえるであろう。

このインテリジェントという言葉は今度は材料につけたインテリジェント材料なる造語が最近作りだされた。インテリジェント材料となるとインテリジェントセンサーなどの既製造語と並べて同じように扱う訳にはいかないであろう。材料というからには、コンピューター内蔵のシステムという訳にはいかないからである。それでは、材料がどのようにしてインテリジェンスを発揮できるのか疑問であろう。しかし、いいかげんな造語ではなさそうである。なぜならば、インテリジェント材料の概念づくりのため、科学技術庁の審議会に材料研究の碩学を集め、2 年間にわたって検討し、その成果としての答申「環境条件に知的に応答し、機能を発現する能力を有する新物質・材料の創製に関する総合的な研究開発の推進について」に基づいた造語だからである。

同答申の言葉を借りると、「インテリジェント材料とは、材料自身が環境や材料自身の変化を捉えるセンサー機能、捉えた情報の伝達・処理を行うプロセッサ機能、それを結果として適切な機能を発現するエフェクター機能（またはアクチュエーター機能）をもつ材料」となる。こうなると、やはりコンピューターを中心に据えたシステムと同じかと思われるかもしれませんが、方向は全く逆である。現在のシステムはあまりにもコンピューターに頼りすぎ、万一、コンピューターそのもの、あるいはそれに連なる中枢部に事故があるとすべてが駄目になる。また情報のやり取りのため、膨大、複雑な配線が必要となり、この様子を表した「スパゲッティ症候群」な

言葉まで生まれている。そこで上記のような情報処理を材料自身が行うことができれば、このような配線は不要となる。過度の集中から分散化へ、そして材料自身が分散化された機能の担い手になるのである。

インテリジェント材料なるものの概念はやや漠然としているものの、そのような材料ができたらいいなと誰しも思うであろう。しかし、コンピューターによって初めて可能となったインテリジェントなる機能をコンピューターを使わず、材料自身にもたせようといっても極めて難しい。材料以外の分野の人がインテリジェント材料の必要性や魅力に共鳴するものの、材料研究者の多くが懐疑的となるゆえんである。

インテリジェント材料とは、具体的にはこういうものであると示せるとよいのであるが、概念先行できたため、多くの人が納得するようなものはまだない。遠い目標というか、優れた手本として生体がある。生体では、それを形づくるための設計図としての遺伝子情報は、その基礎構造材料ともいえるたん白質の構造そのものに組み込まれているらしい。たん白質どうしが相互作用し、自律的に高次構造を組み上げていき、できあがった細胞、さらには器官となるにつれ、より上位の機能がつぎつぎと発現する仕組みになっているという。何億年にもわたる体の進化の過程で蓄積された知恵がつまったシステムなのである。そのエッセンスはたん白質の構造そのものにあるという。このようなたん白質こそインテリジェント材料と呼べるであろう。

たん白質と工業材料とでは、その基本構造が違いすぎて、そのメカニズムを真似するのには相当時間がかかりそうだ。しかし、たん白質が形づくる生体の機能、特に自己保存のためのいろいろな機能、外部環境や自分の置かれている状況を判断する「自己診断」、判断をもとに調節する「自己調節」そして損傷を受けた場合、自らが治す「自己修復」など、こういった機能を真似て、工業材料、特に構造材料に取り入れるのはそれほど困難ではなく、極めて有用なことであろう。

御巣鷹山に墜落したジャンボ旅客機のパイロットは垂直尾翼がなくなっていることを最後まで知らずに苦闘していたという。墜落後、安全確認のため、運行している旅客機の疲労クラックの有無の検査の模様をテレビで映していたが、あの微細なクラックを肉眼検査のみで行っていた。他に方法がないのだという。自己診断機能の一部でも材料に付与できれば、状況はかなり違ったものになるであろう。前から奇異に思っていることだが、原子炉容器のように万一壊れてもしたら大災害を引き起こすような所に使われる材料も、流しなどのように壊れても大きな影響のない所に使われる材料も、同じ製造法で作られ、同じ特性で、同程度の商品価値なのである。構造材料はただ力を支えていればそれでよいのだという固定観念によるものならば、今後開発されるであろう、より

高度で複雑なシステムの中で、構造材料は主役になり得ない。

科学技術庁では、前記審議会の答申に沿って、インテリジェント材料の研究を進めるため、(社)末踏科学技術協会にインテリジェント材料フォーラムを設置した。筆者はその世話役を仰せつかっているのだが、同フォーラムの中で、金属・構造材料関係の研究者の参加者は少なく、また前向きの意見をいう人はさらに少ない。そのためか、構造材料は端役の印象となる。しかし、インテリジェント材料の概念を最も明快に具現化できるのも、また切実なニーズをもつのも構造材料であるように思える。

米国では、既にスマート材料なる研究分野があるが、その研究内容をみると、構造材料を扱っている。オプティカルファイバーを材料に埋め込み、材料の置かれている環境や材料劣化の情報を得ようとする試み、圧電材料や形状記憶合金を分散させ、形状制御、振動制御、位置制御を行う試みなどである。我が国における動きに影響を受け、最近では、米国でもスマート材料ではなく和製語のインテリジェント材料と呼ぶようになってきた。それに伴って、研究は強化されているようだ。

米国でのインテリジェント材料の研究者はおもに機械屋である。またインテリジェント材料の審議会をリードしていたのは応用物理や電気工学の研究者であった。他分野の人が入ってくると研究は活性化し、思わぬ方向に発展することがあるといわれているが、やはり材料プロパーの研究者が本気になってもらわないと、インテリジェント材料研究はなかなか進まないし、質的向上も難しいのではない。構造材料研究者の積極的な対応を期待したい。

既存の構造材料に損傷が生成したら色変化や電気信号で知らせるなどの自己診断的機能や応力誘起変態により応力集中を緩和させるなどの自己修復的機能を付与させるのは、今の材料技術を駆使すれば容易なことであろう。このような材料をインテリジェント材料と呼ぶのはおこがましいとしても、構造材料の質的向上や構造物の格段の向上につながるであろう。着手すべき研究分野と思う。

一方、前記たん白質におけるように、インテリジェンスを発揮できるような構造を新たに創りだすとなると容易なことではないようだ。しかし、細菌のべん毛の構造とその運動に関する最近の研究をみると、その自己組織化過程は、工場におけるアッセンブル過程とよく似ている。従って、アッセンブルされた構造もスクリーなどの機械部品と似たものとなっている。正に分子機械である。生体と工学とは隔絶された世界ではなく、かなり近いところにあるようだ。このアッセンブル過程やべん毛の運動も、それらを制御しているのは、基本構造材料となる分子、すなわちたん白質の構造そのものに仕掛けがあるという。このような仕掛けを、たとえにかに原始的

なものであれ、工業材料に植えつけられないものであろうか。IC 作製技術など、関連する技術は準備されているように思う。足りないのは知恵なのか、いやそれよりも自分のテリトリーに築いた垣根を取り払い、他分野にも進出していく勇気なのではあるまいか。インテリジェント材料は、正にボーダーレス時代の研究なのであろう。

談話室

異分野に転進して 5 年 —研究開発会社の経験から—

佐々木 稔

(株)コロイドリサーチ 取締役 主幹研究員 工博

岸輝雄先生との再会

一昨年秋のことである。八幡製鉄所を見学された先生が、コロイドリサーチにも寄られるというので、私は玄関に出て先生をお待ちしていた。横付けになった車から降りられた先生は、私と顔を合わせるなり、「(スケジュール表に載っている)佐々木さんがまさかあなただとは！」と驚きの声を上げられた。現在東大の先端科学技術研究センターで研究しておられる先生も、以前は和文誌の編集委員をされていて、毎月の委員会では私は先生にお目にかかったものである。北九州の地で 5 年振りの再会となった。

あの頃の編集委員会

5, 6 年前は鉄鋼業のリストラクチャリングがもてはやされて、株価もどんどん上昇した時期である。新素材、エレクトロニクス、バイオテクノロジーなど、新規の事業開拓活動が拡大し、それに伴って研究所でも長年鉄一筋にやってきた研究者が、続々と新しい分野に転向していった。会社から出ていた編集委員もその大波を受けて、毎月の委員会では必ず 1, 2 名の、比較的若い委員の辞任の挨拶が行われた。しかしこれらの新しい分野は、私の経歴とは直接のつながりがまったくなく、他人ごととして受け取っていた。製鉄分野の、しかも 50 才を過ぎた高年の研究者にお呼びが掛かることはない、と思っていたからである。

会社設立の折衝

異動の内示が出たのは 86 年の 2 月で、早ければ 6 月に新しい研究会社がスタートする、その現地責任者をやるように、というのである。驚いたのと同時に心配になった。新会社は政府系特殊法人からの資金に加え、民間企業も出資し、さらにそれぞれの企業から研究者が派遣され、ファインセラミックスの特定テーマを一定期間、プロジェクト的に研究するものであって、私の経歴とはまったく縁がない。研究計画書もすでにでき上がっていたが、その内容は分からないことだらけであった。