

談話室

談話室

エコマテリアル —環境を考慮した鉄鋼技術—

古 林 英 一

金属材料技術研究所反応制御研究部部长

編集委員会からの依頼で、未踏科学技術協会レアメタル研究会（会長は後藤佐吉東大名誉教授）が行ってきた「エコマテリアル」調査研究の内容を紹介することとなった。レアメタルの用途として従来、機能材料が注目されてきたが、量の面ではほとんどを占める構造材料について、今後の研究開発の方向を探ることを目的に、レアメタル研究会が平成 2 年度から 3 年度にかけて調査研究を行った。そのタイトルが「エコマテリアル＝環境材料」である。調査研究委員会の委員長は山本良一東大教授、レアメタル研究会会員だけでなく、企業、大学、国立研究所から、材料以外の例えば建築、植物生理などの専門家も委員として参加した。金材技研からは筆者を含め最も多くの委員が協力した。

エコマテリアルという名称は山本委員長の命名によるもので、Ecological Materials（生態系と調和した材料）、または Environmentally Conscious Materials（環境を念頭に置いた材料）の和名で、以下にやや詳しく説明するように、特別の思想を盛り込んだ概念を表わした固有名詞である。しかし、最近では一般化して普通名詞として使われ始めている。以下に述べることは、上記委員会の調査結果を踏まえてはいるが、必ずしも委員会の合意を得ていない筆者のエコマテリアル論も含まれている。

問題認識

出発点は「21 世紀に人口が 100 億人に達した場合、人類の生存と持続可能な開発を保証するには、我々は何を成すべきか」を材料学の面から考えようということである。現在人類が手にし得る食料、エネルギー、物質（資源）いずれをとっても、人類を満足に養うことは難しい。とくに人間活動が環境に及ぼす効果（環境負担度）が大きく、人類生存に必要な許容限度を超えるという問題である。人口抑制、原始生活への回帰といった対策は現実的でない。解決には技術の助けが不可欠であるが、それだけでは無理であるところがこの問題の本質である。

例えば地球温暖化にしても、2 酸化炭素の削減で産業活動が停滞するのを恐れる米国の大統領は、2 酸化炭素原因説を信じようとしない。南極ポストーク基地での氷河の氷の分析からわかった 16 万年前から現在までの大気中の 2 酸化炭素濃度変化が、気温変化と全く並行して

おり、気温変化が原因で 2 酸化炭素は結果であるという解釈も成り立つ。科学的にはどちらも明確に否定は出来ないからである。このように解決すべき問題は技術だけでなく、政治、経済、文化など広い範囲が関係する相当困難な問題である。

人類が道具を用いるようになって文明が発展したが、道具を作るのに必要なものが材料であり、材料の性能向上によって生活の利便性が増し、人類の生活圏・活動環境を広げることが出来た。この意味の材料性能を材料の「フロンティア性」と呼ぶ。フロンティア性の向上は材料開発において中心的課題であることは今後も変わらないであろうが、これまでの材料開発の姿勢は、先端（フロンティア）性能を追いすぎ、これが環境問題への対応を困難にしているのではない。

例えば材料の使用時の性能を高めるため、現在の合金学では、「構造敏感な性質に着目し、微量元素や材料の組織・構造を極限まで厳密に制御」する方法を採用している。しかし反面、このような材料はリサイクルによる不純物混入や組成の変動による性能劣化が著しいため、再利用を考えると大きな欠点となる。その性能自体も、必ずしも必要ないほど高められていることが多い。このフロンティア性能を多少犠牲にしてもよければ、もう少しゆとりを持って材料の設計が行えるのではないか。そのゆとりをリサイクルなどの材料の「環境調和性」の向上に振り向けられないか。

リサイクル指向・裕能材料

このような発想で設計される材料を我々はよく裕能材料（英語では Compatible Materials/Mild Materials か）と呼ぶこととした。組成・構造にそれほど敏感でない材料は、製造条件も厳しくないので製造過程でのエネルギー、資源など環境負担低減が可能で、コストの点でも非常に有利である。またこの材料は、材料の強度が高くなると応力腐食や遅れ破壊などの環境依存劣化が現れやすいという従来材料の欠点を、軽減できる可能性を秘めていると思う。

問題はそのような発想での材料研究がこれまで存在しないため、研究の方法論に自信が持てないことである。一例を挙げると、構造に鈍感な材料であるフェライトステンレス鋼は、裕能材料の資格を十分持つと思われるが、そのままでは通常の意味の性能（フロンティア性）の点で見劣りする。このような固溶体合金のフロンティア性能向上が一つのわかりやすい課題である。原子配列がランダムであるといわれている固溶性でも、実際はランダムからの「一定のずれ」が存在し、そのずれが固溶体効果の原因ではないかという考えを持っている。

環境問題の社会的な関心が高まってきた結果、ものを捨てることが社会的、経済的に不可能に成りつつある。そこで近い将来、材料はすべてリサイクルを前提として設計し直さなければ（つまりリサイクル指向材料）に

生まれ変わらなければ) ならなくなるはずである。そのためには材料はどのような組織・構造と特性を具備すべきか、真剣に考える時が来ている。リサイクル指向材料には、成分の変動で特性が著しくは変わらない材料(構造鈍感材料)の他に、特定元素の組合せだけで、または加工プロセスだけで広範囲の用途に対応できる材料(超汎用材料)が考えられる。プラスチックの分野では材料の種類を減らした汎用材料化の動きがみられる。金属についても以前、コスト低減のためではあるが同様の検討が成されたことがあると聞いている。複合材料もリサイクル性という点では大幅な見直しが必要である。

フロンティア性と環境調和性の両立/環境コスト

リサイクルだけでなく、材料の製造、使用、廃棄の各段階で環境へ放出されるエネルギーや物質などで、技術が環境に対してどのような負担を強いるかの尺度<技術の環境負担性>、またはそれを含めて材料が環境と如何に調和しているかの尺度<材料の環境調和性>を、フロンティア性と並んで材料開発の重要因子に取り上げなければならない。後者はこれら諸々の因子を材料の性質の一部として整理しようとする考え方による。

今後は製造、使用、廃棄のすべての物質循環過程の環境負担性を考慮に入れる必要がある。しかし従来、ユーザーに利用され、代価を請求できる対象は使用中の性能だけであった。コストという経済的仕組みだけでこれを行うのは難しい面が多い。本来、経済的効率追求の学問的裏付けを与えてきた「工学」の基盤が、ともすれば失われかねない危機であるともいえる。法規制などの政治的対策も必要である。しかし思わぬ援軍があった。企業イメージのような社会的評価が、経済機構の枠内での問題解決に役立つ傾向がはっきりしてきた。最近ではものを捨てたり環境を汚す場合は、すでに純粋経済的にも「環境コスト」がかかるようになってきている。

アメニティ性と利便性

環境調和性と並んで材料の<アメニティ性>も、同時に考えに入れるべきであることを我々は強調している。快適さを追求してきた技術体系のつけが、今日の地球環境問題を招いたという側面があるので、地球環境にやさしい技術は快適さを我慢したものになる恐れがある。しかし、それでは技術屋として情けない気がする。環境問題まで引き起こしてまで我々が手にしたかったものは一体何か、それを我々は材料のアメニティ性と位置づけている。これは材料というより材料を用いたシステム(機械)の性能かも知れないが、インテリジェント材料と同様の視点で、システムの材料化を考える立場から、アメ

ニティ性を材料の特性と考えている。具体的には、構造壁として用いた場合の外部の騒音の遮断性能(環境遮蔽性)や、手に持った場合の軽量性、温もり、肌触りなど、人間の生理・心理の面での対象となる性質であり、おそらくこの場合について言えば比重、熱伝導度、表面性状など、いくつかの物理量の組合せによって評価される性質であろう。木材や木綿といった天然素材の持つ官能的性質の分析が指針を与えてくれるであろう。

この分野は学問的にはそれほど進んでいないようであるが、最近の消費者ニーズの多様性に対応するため、ステンレス鋼板表面色つやなど、製品開発の段階ですでに企業で多くの研究開発の実績がある。アメニティ性はこれまで追求目標だった「利便性」の昇華した形とも言えるので、今後の研究の中心的課題の地位を占めることになるであろう。

材料開発の新しい座標軸

フロンティア性、環境調和性、アメニティ性は、図に示すようにそれぞれ独立な座標軸に位置づけることを提案している。従来の材料研究はほとんどフロンティア性(X軸)の研究で、その尺度は一応確立している。Y、Z軸については、その尺度が確立していないが、これらの要素を総合的に高める努力(材料のエコマテリアル化)が必要である。これらの軸に位置づけられた性質は互いに矛盾し、それらを同時に高めることが一般に困難なものが多い。材料強度(フロンティア性)と振動減衰性(アメニティ性)の両立、材料複合化(フロンティア性、アメニティ性)とリサイクル性(環境調和性)の両立などであり、材料学的にも意味のある課題と考えている。

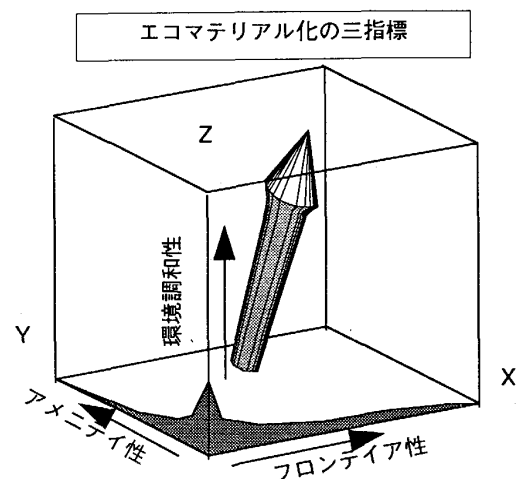


図 材料の総合性能キューブ (レアメタル研究会調査研究報告書第Ⅱ部 (1992, 5) による)