資源枯渇時代のものづくり
― 困難を好機に ―

独立行政法人 物質・材料研究機構（NIMS）
新構造材料センター　センター長
津﨑　兼彰

◇加工貿易立国日本を支える特殊鋼と材料技術

日本は加工貿易で成り立っている。資源の少ない我が国は食料や鉱物資源などを世界各国から輸入している。その額は2005年には50兆円の大台を超えた。リーマンショックで世界経済が冷え込んだ2009年でも輸入総額は51兆円，輸出総額は54兆円であり，その額はバブル期を凌駕している。諸外国に買っていただいているのは主に自動車，機械，電子機器などの加工製品である。その製品競争力を支えているのが特殊鋼をはじめとする材料技術である。この枠組みは将来も変わらない。

しかし日本を取り巻く世界の様相は今世紀に入って大きく変化した。要因の一つはBRICs諸国における経済成長である。これによって資源枯渇や環境悪化の問題が顕在化した。この状況のなかで日本は加工貿易をどのように成り立たせるのか，材料技術はどのように寄与してゆくのか，我々の新しい挑戦が始まったのである。

ここでは，資源枯渇時代におけるものづくりの厳しい状況を，ひとづくりと基礎研究にとってのむしろ好機ととらえる私見を述べさせていただく。

◇合金化元素不要鉄と不純物元素活用鉄

資源の枯渇とその品位の低下は，すでに現在の課題であり将来にわたる課題である。このように鉄源環境が変化する状況で我々は何を目指すべきか。特殊鋼はじめ鉄鋼材料の多くはその特性を引き出すために合金化元素（Alloying elements）を利用している。しかし資源の取り合いによって原料価格が大きく変動する環境では，合金化元素に頼らない鉄鋼づくりの技術を構築すべきである。近未来的には，特定の合金化元素に頼らない技術，つまり代替技術が必要になるだろう。希少ではないユビキタスな元素で材料特性を高めた「ユビキタス元素活用鉄」である。そして究極として求められるは「合金化元素不要鉄」のものづくり技術である。

また鉄鋼材料はその特性を維持するために不純物元素量を精錬で除去し一定量に制御している。資源品位の低下で不純物量は増加する。これを精錬で除去するとコストがかかり競争力が低下する。従って新たな高効率精錬法の開発は一つの出口となる。加えて，不純物を除去するのではなく出来るだけ許容する対策は考えられないだろうか。Pの有害性を抑えるためにMoを適度に添加する冶金的対策技術は周知のとおりである。これを一歩進めて「不純物元素許容鉄」のものづくり技術を生み出す必要がある。そして究極は「不純物元素活用鉄」である。鉄源に含まれる一見すると不純物元素を活用する，逆転の発想である。

そんな夢みたいなことを，と笑ってはいけない。夢を描けない社会に若者が集うことはないのだから。想わないことは実現できないのだから。

◇夢を実現するための原理原則の再構築

合金化に頼らないものづくり技術の実現。当然のように金属組織の制御が鍵を握ることになる。金属組織を合金化でなくプロセッシングで制御するのである。このためには，何故その合金化元素が必要

だったのか，何故そのプロセッシングを行うのか，Whyの解明が不可欠になってくる。合金化元素の役割とプロセッシングによる金属組織制御の原理を，経験則でなく科学的根拠に基づいて解明することが求められる。つまり原理原則の再構築である。1970年代に一定の完成をみた冶金学を新しい環境のなかで新生材料科学として再構築するのである。

この状況は金属材料学を学ぶ若者およびその指導者ならびに研究者にとって大変うれしいことである。極めるべき原理原則の基礎研究課題があり，その解明が社会貢献につながるのである。このようにわかりやすい金属材料工学における動機付けは過去30年間にはなかった。「鉄鋼材料に未だ研究することがあるのですか？」とは，1990年頃から私がよく受けた質問である。当時私は大学で鉄鋼材料分野での研究と教育に汗を流していた。私の力量不足で，一般の方々へのわかりやすい回答を見つけることは難しかった。少なくとも抗ガン剤研究と比べると，その必要性を訴えることは難しかった。それが今は，資源問題解決のための研究です，とごく短く応えることができる。

資源問題は，ITなどの便利さの問題とは異なり，我々にとっての死活問題なのである。基礎研究で死活問題を通して社会貢献できる，これ以上にやりがいのある研究分野があろうか。

◇ 21 世紀の材料研究のツール

原理原則の再構築を高いレベルで達成するためには，新しい道具が必要である。合金化元素と不純物元素の機能を解明するためには，それら元素の存在状態を原子レベルで知る必要がある。どこにいるのか，どのように結合しているのか，位置とエネルギーを知るのである。アトムプローブに代表される原子を直接見る先進計測技術と，第一原理計算を活用した計算シミュレーション技術の二つは，1970年代にはなかった21世紀の材料研究のツールである。

これらの新しいツールは，大学などの公的研究機関で育ってきた。採算にとらわれない活動ができるからであり，新しい研究は常に新しいツールを必要とするからである。そしてうれしいことに，材料研究分野は諸外国に比べ日本が優位を維持している数少ない分野である。つまり我々は切れ味鋭い二つのツールを持っている。産業界の方々はこれら先行投資したツールを是非とも共同研究などを通して活用していただきたい。そして，ツールをどのように研げばよりよい成果が得られるかの直言をいただきたい。それによって公的研究機関でのツールの研ぎ方が巧みになり，素材産業分野だけでなく計測機器産業分野の競争力のための基礎力を強くすることができる。

◇協調性が生みだす共創

夢があり，道具は整っている，とすれば次は人だ。資源のない我が国にあるのは人だけである，人の活用こそが目指す方向である，と言われて久しい。ではどのように人を活かすのか。もちろん我々の優位を探るべきである。我々は協調性に富んでいる。我々の社会ではチームワークが機能する。優れたリーダーが出ないことへの対策もよいが，もっと我々の持つ協調性を活かすべきだ。比較文明学の梅棹忠夫先生はこの協調性を，島国で森林地帯という特殊地域に育った日本文明の中で生まれた独自の文化の賜物と，指摘された。他にないものを持てば強い。

協調性による問題解決は品質管理活動で大いに力を発揮した。効果は証明済みである。これを研究開発の場に使うのである。産業界だけでなく大学など公的研究機関の研究者も含めて，基礎研究の課題を共有するのである。そしてそれぞれの専門分野から課題解決に向けて，一丸となって知恵を絞るのである。研究開発における産学官の新しい協調が，独自戦略での共創につながり，日本のものづくり技術と基礎研究力を強くすると信じる。それが若者の夢と自信を育むと信じる。

私の所属する（独）物質・材料研究機構（NIMS，ニムス）では若手中堅研究者が中心となって，連係大学院の学生も含めて，ここで述べた活動に着手している。連携をお願いする。