視
点

溶接研究の未来は？*

上 田 幸 雄**

How can we innovate in the
welding research?*

by Yukio Ueda**

私が初めて、外国の留学生を研究室に受入れたのが約 25 年前である。現在、私の勤める溶接工学研究所には外国からの留学生・研究者が多く、私の研究室でも 7 名の外国人が熱心に研究している。これからも当分は、この状態が続くことであろう。これに反して、今の私の研究室に居る日本人学生は余り学問をしたがらないし、ましてや、博士課程に進んで、毎日続く研究生活をしようと思っていそうにない。これは、日本全体の傾向で、よく言われる“若者の理工系離れ”であり、伝統的な工学分野における“研究の空洞化”の一つの現象である。私自身も、アメリカ留学を終えて帰国してから 33 年経ち、今はアメリカ文化、科学・技術に対するあの当時の燃えるような憧れはない。これは、私の年齢のせいだけではなく、日本の科学・技術がアメリカに肩を並べるようになったからであろう。1983 年に“21 世紀の留学生政策”に関する提言が出されて以来、21 世紀には日本に受入れる留学生の数を 10 万人にするという計画が進められて来た。それも、最近にいたって、5 万人になったが、その伸び率は急に鈍化し始め、10 万人計画の達成があやうくなって来た。そして、留学生にとって日本は何時まで憧れの国であるだろうかと不安になっている。

溶接学会の創立以来 70 年、阪大の溶接工学科が誕生して 50 年、そして、私共の溶研が創設されて 25 年

である。50 年前には、バラバラだった溶接に関する技術は集約され、やがて、境界領域の学問が体系化されて溶接工学と言えるように発展して行ったのであろう。そして昭和 30 年代からの造船ブームにのって、やるべき仕事が目の前に山積され、体系化されつつあった溶接技術の現場への適用のための研究・技術開発によって、日本の溶接技術は磨かれ、産業立国としての我が国の発展を支える基板技術として大いに貢献して来た。

世界をリードする我が国の溶接も 3 K 業種の 1 つとして若者に忌避されていることを別問題としても、今、溶接工学は 1 つの turning point に来ているのではないだろうか。溶接工学は、この 50 年間に発展し、成熟し、特別の技術から、いたって通常の技術にまで進んだのだと思う。そして通常の溶接技術は、ブラックボックスのように正しい使い方で管理が行き届いておれば、安価で、安全で、信頼性の高い接合技術になっているのである。これらの技術は生産性の高い要素技術の一つとして新しい生産システムに組み込まれており、CIM の目標達成に十分応えられるまでに進歩しているのであろう。このようになると、溶接技術は個々の製品に密着した生産工程の中での適合性の研究・開発が重要になって来る。現在、従来型の溶接技術の適用範囲の拡大が益々進んでおり、従来型の溶接技術を使う限り、溶接技術は、個々の生産過程に組み込まれた技術として開発され変容して、特別の技術として総合的に研究する必要はなくなったのではないだろうか。

このようなことは、科学・技術史をみれば、多くの例があったように思う。例えば、構造力学では、15 世紀終りには、レオナルド・ダ・ビンチが、簡単な構造力学の問題を解いているし、17 世紀にいたってはガリレオ・ガリレイが、もっと進んだ力学を体系化し、色々な問題を解いている。その頃から 20 世紀初頭までは、弾性学、構造力学が大いに発展し、その成果をもとに種々の具体的な構造を解析、設計している。多分、それが構造力学の発展期で、安全な建築、橋梁などの設計を理論的に総括した中心的な学問として重要な役割を果たしていたと思われる。その後、個々の構造物に精密さ、軽量化、製作の効率性が求められるようになると、構造力学は分化し、個々構造の特殊性に密着した学問として発展した。そして、構造力学という学問の定義は存在するものの、かつてのように構造力学が中心になって構造の力学問題を総合化することはなくなっていった。それが高速電子計算機の出現・発達によって、未知数は多いが、定式代の整ったマトリックス変位法が脚光を浴び、有限要素法が開発されるにいたって、これまで解けなかった多くの問題に数値的に答が得られるようになり、構造力学は、あらゆる構造

*原稿受付 平成 7 年 8 月 21 日

**正 員 大阪大学溶接工学研究所
Member, Welding Research Institute
OSAKA Univ.

の力学問題を総合的に取扱う学問として再び浮上して来たのである。有限要素法も発表されて凡そ40年経ち、通常の構造解析法として定着している。しかし、視点を変え、構造物の設計となると個性性が重要な因子となり、通常の構造解析法となった有限要素法は、設計プロセスの中の要素技術に組み込まれてしまっているのである。研究の成果が、工学としてまとめられ、それが通常の技術になるのは、単に溶接の分野だけでなく、多くの例があり、科学技術史の示すところである。なお、有限要素法を含む電子計算機援用の数値計算法は、実験科学、理論科学に続く第3の科学：“計算科学”として新しい展開をみせ始めている。

科学・技術が進んでも建物、橋梁、船舶、等が無くならない限り建築工学、橋梁工学、船舶工学が必要であり続けるのであろう。それでは、直接製品を持たない成熟した溶接工学の今後の技術開発、研究はどうあるべきであろうか。どうすれば、溶接工学が求心力を保ちながら発展し続けられるのが、これが turning point に差しかかった溶接工学関係者の大きな課題である。

溶接工学の今後の発展のための条件の1つは通常の技術となった現在の溶接工学を越えることであろう。どのようにして越えるのか、色々あるであろうが、まず、前述したように、従来型の溶接技術をさらに発展させ、個々の製品の生産工程での支配的要素技術とすることであろう。

もう少し、違った方向から、この状態を break through できるのではないだろうか。その一つは、研究をより基礎的にそして深化させることであろう。そして、これまで境界領域の学問の複雑さをやや単純化してきた溶接工学を、異なる分野の複合領域の非平衡、非定常、非線形問題として解明して行くことである。生じている不明確な現象を解明するために、その現象が生じている次元にできるだけ近い(サイズを含めた)次元に入り、徹底した精緻な研究を行うことから現象を支配する原理、法則が見えてくるのではないだろうか。もう1つは、工学は材料を機能化することであるが、その機能化の価値を新しい視点から再評価することである。例えば、人と自然に優しいという視点に立てば、地球環境、資源保護から、作りっぱなし、使いっぱなしの生産から、製品の経年劣化を最小限にするように、さらにそれらの延命、再利用という再帰循環を考えてみることはどうであろうか。さらに、震災による陸上構造物の破壊、タンカーや海洋構造物の衝突による破壊の例にみられるように、溶接部が起点となり致命的な損傷に至ることもあり、その結果として生じる社会・経済活動の停滞や環境汚染による社会的損失は

莫大である。このような視点からも構造物の安全性にとって、溶接は支配的で、その重要性を指摘し、これまでの溶接工学を再検討し、再構築する必要がある。この二つは、現在、文部省へ提出している溶接工学研究所の改組も主目的である。

今回の我々研究所の改組に時期を合わせたように、文部省が本年度から世界的に卓越した研究拠点すなわち C. O. E. (Center of Excellence) の育成と支援を始め、溶接工学研究所もその C. O. E. としての特性と存在意義が認められ、当分支援されることになった。

文部省が支援する今年度の研究高度化推進プログラムとして、「溶接・接合加工における予測理論の構築」に関する調査研究を取り上げた。これは溶接現象のスタートから始めて、電磁場現象、熱・物質輸送、電子と材料の連成現象、溶融池の流動現象、冷却に伴う凝固、材料の組織変化、そして生じる応力・ひずみ、さらには変形、最終的には、溶接・接合部材の性能と経年劣化の機能評価にいたる諸現象がどこまで理論的に整備され、現象の予測が可能かを調査し、理論構造の上での重要な問題点を摘出し、基礎研究課題の整理と引いては今後の研究推進の reference にしたいと考えている。これは、溶接・接合科学の理論体系化への第一歩であり、本年度取り上げた研究課題は、その一例に過ぎない。現在、研究所内にワーキング・グループを設け、企業を含む他研究期間の専門家にそれぞれの分野のリーダーとなって研究調査を進めていただく準備をしているところである。このように具体的な課題を決めて議論し、作業するところから現在の溶接研究の在り方、目標などを明確にすることが可能であると考えている。

1992年閣議決定の「科学・技術政策大綱」では、人間社会および環境との調和を配慮しながら、国民の知的創造力が最大の資源であるわが国は将来を科学・技術の発展に託するところが大きいと述べている。これは正しく天然資源に乏しい我が国が C. O. E. として生きることへの期待である。今、3年前の閣議決定を実現するための第一歩がようやく踏み出されたところである。政府の C. O. E. への育成・支援と国民の努力によって、世界の科学・技術の C. O. E. の一つとして成長することを期待したい。我が国がこの目標に向かって成長しつづけられるならば、外国の研究者、留学生にとって、我が国は憧れの国であり続けられるに違いない。溶接工学研究所もその一翼を担うつもりである。