特集

溶接構造物の損傷と溶接力学の温故知新

溶接屋の破壊研究がおもしろい

—溶接の特徴を踏まえた不安定破壊研究が生み出したもの—^{*}

豊田 政男^{**}

Is Interesting Fracture Mechanics Research by Welding Engineer?
—What Research Activities on Unstable Fracture of Welded Structures
with Paying Attention to Characteristics of Welds have Generated—^{*}

by TOYODA Masao^{**}

キーワード 溶接構造物, 不均質材, 破壊力学, 脆性破壊, ものづくり

1. ま え が き

「温故知新」をキーワードにした特集が本誌で企画された。「ふるきをたずねて新しきを知る」は技術の基本であり、「振り返った長さだけ先が見える」ともいわれ、研究・技術の歴史を知ることが大切ではあるが、それだけに終わるなら技術の進歩はない。寺田寅彦の言葉といわれる「天災は忘れた頃にやってくる」(実際には寺田寅彦の著書にはこの文章はないが)は、ある意味、「古き」を知ることの重要性を示しているともいえる。その最たるものが、地震の被害であろうか。記憶に新しい2011年3月の東日本大震災の事例こそ温故の必要性の最たるものかも知れないが、古の事実に人類は適応してきたとはいえない。

溶接構造の製造技術は、古きにこだわるべきではないが、本稿の趣旨は、古を知っておくことが重要とのメッセージを求められたものと思われる。筆者は現役を離れ久しく、最近の学界の動向は必ずしも十分に把握できていないことを理解頂いて、溶接構造物の強度と脆性破壊などの破壊について、溶接研究がどのような役割を果たしてきたか、特に、溶接部の特徴とその影響を知ることでの研究の魅力の一端を感じてもらふことと、若い研究者への将来の期待についての想いを取り上げることにする。

2. 溶接構造物の(脆性的)破壊の代表事例にみる溶接の意義と溶接屋の活躍の場

構造物、特に鉄鋼材料が構造に利用されるようになって

その接合技術は最大の課題であった。板を重ねてリベット(鉚)で止める方法の開発は画期的なものであったといえるが、重ねることなく突合せてくっつけられるという溶接技術の開発は、更に画期的でいろいろな魅力をもつものであったといえよう。

構造物が接合して造られるときには、壊れることは考えないが、壊れる可能性については設計、製作のいろいろな段階で考慮はされている。特に、溶接構造物のように異なる部材がくっつけられて造られるものが壊れるとすれば、ほとんどの場合、形状の変化部や、材料が変わる接合部(溶接部)であろう。そのため、破壊事例が生じると「溶接」が原因という話が真っ先にでてくるのである。かなり前の話であるが、大分で停泊中の船の甲板に大きな亀裂が走った事例があり、翌日の朝刊の一面の見出しは「溶接不良が原因か」となっていた。それほどに溶接が注目されていることは、溶接屋にとって良いことでもあり、逆に溶接品質を高める努力が求められているともいえる。

これまでに鋼構造物の破壊事例は多くの報告があつて、その事例が鋼材や溶接技術・溶接材料の開発に活かされ、時には基準や規格の改訂につながって、強制的に技術変更が迫られることになっている例が多かったのも事実である。ある意味、破壊事例が技術発展につながり、開発に新しい視点が導入される結果となっている。

表1は、過去の鋼構造物で主に溶接技術に関係する(その後の技術に影響を与えた)破壊事例の代表的な例(主に脆性的破壊の事例)とそれがどのようなインパクトを与えたかについてまとめたものである。表からも分かるように、設計の根本思想の改革、材料の選択の考え方の見直し、材料開発の方向性の顕在化、溶接施工条件などの制限事項の見直し、など破壊事例が研究活動の活性化をもたらすとともに、技術発展につながってきたといえる。ただ、多くの事例は、ただ、破壊事例の事故調査報告に終わっている場合もあり、その後の技術に活かされないといえれば、壊れ

^{*}原稿受付 平成25年4月16日

^{**}名誉員 (独)科学技術振興機構 Honor member, Japan Science and Technology Agency

表1 鋼構造物の破壊事例の代表例と溶接技術などへの影響

年代	破壊事例など	影響の主な形態	技術的影響
1919	蜂蜜タンク破壊（米国・ボストン）	破壊研究の発展 （フラクトグラフィーの原点）	裁判における鑑定過程で、脆性破面の観察からシェブロンパターンの発見（MIT: Williams 教授）。破壊伝播経路の決定が可能に。
1935-36	最上ばらばら事件、第4艦隊事件 台風による船体損傷（疲労破壊）	破壊がもたらした 技術停滞現象	台風時の航行で船体が切断、甲板損傷、艦橋損傷などの大被害で死者 50 名以上の大事故。「艦艇船体構造電気溶接指針」が制定され、艦艇へのドック内での溶接不採用方針が決定された。我が国の溶接技術の発展を大きく阻害。
1936-40	ヨーロッパにおける溶接橋の多数 の落橋事故	開発初期や技術導入初期の 注意事項	初めて高張力鋼が用いられた鋼橋の熱影響部の効果や残留応力、隅肉溶接部の仕上げ不良、現場溶接の導入など、技術導入初期事故。この影響は大きく、橋梁では、その後、「現場溶接」が近年まで用いられなかった。
1943-47	米国「戦時標準船」の折半・損傷 （約 5000 隻の内の約 1 割が損傷、 約 20 隻折半事故）	破壊靱性要求の必要性や 構造設計指針の見直し	戦時標準船(T2 タンカー、リバティ船、など)の折半事例や甲板亀裂の発生事故多数。米国船級協会などの大々的な調査研究で、鋼材靱性やハッチコーナーの設計、溶接施工不良などの原因が特定され、特に、シャルピー破壊靱性の要求値 15ft-lb（約 20J）が初めて示された。
1944	LNG タンク（米国・オハイオ）の 破壊・火災事故	低温用タンクの 材料選定のあり方 （LNG タンクには9%Ni 鋼）	3.5%Ni 鋼を使用した LNG タンクにおける破壊事故。3.5%Ni では-162℃に曝される LNG タンクには靱性不足。最近まで、LNG タンク=9%Ni 鋼タンクが常識に。材料選定の重要性と、破壊事例が実用的常識を決定。
1954	タンカー“world Concord”（英国） 折半事故	破壊靱性要求は鋼材の グレードに依存の事実の提示	米国の戦時標準船の調査からの破壊靱性要求で造られた船舶の折損事故。ロイド協会の Boyd 博士等の詳細な調査で、戦後、鋼材がリムド鋼からセミキルド鋼に進展しており、破壊靱性要求値が異なることを指摘。シャルピー破壊靱性の要求値 35ft-lb（約 47J）を提示。「47J」は、今もって破壊靱性要求の基準値に。
1965	アンモニア合成用圧力容器（英国） の脆性破壊事故	応力除去焼き鈍し時の 温度管理の重要性指摘	圧力容器の鍛鋼・鋼材溶接部の熱影響部に残存していた1辺 10mm の三角形の割れからの水圧試験中の脆性破壊。応力除去焼き鈍し温度の管理不備で、材料の劣化が生じた事例。
1968	球形タンク（プロピレン）（徳山）の 脆性破壊事故	高張力鋼溶接の入熱制限 補修溶接のあり方	80 ℃高張力鋼の球形タンクで、溶接入熱 80 ℃ J/cm の大入熱で補修溶接を行い、破壊靱性が著しく低下したことにより、水圧試験中に脆性破壊。高張力鋼の入熱制限が明示されるようになった。80 ℃高張力鋼の溶接入熱限界=50 ℃ J/cm の常識化。
1972 頃	海洋構造物における破壊事故	破壊靱性要求 特に、CTOD 要求 破壊靱性評価研究の活性化	幾つかの海洋構造物における破壊事例を基に、英国で破壊靱性指標として CTOD（当時 COD）に注目され、CTOD 試験法の規格化などの動きにつながった。シャルピー要求との違いから、鋼材開発などヘインパクトを与え、研究も活性化した。
1977	低温プロパンタンク（カタール）の 破損・火災事故	低温タンクにおける亀裂の アレスト性の要求	低温タンク6基のタンクが破壊・延焼し7名の死者。亀裂が生じたときに大事故に至らない様に鋼材に亀裂アレスト性を求めるかどうかの議論がなされた。
1994 1995	ノースリッジ（米国）大地震 阪神淡路大震災における鋼構造物 の脆性破壊	建築鉄骨への破壊靱性要求 溶接部ディテールの改善	建築鉄骨における大々的な脆性破壊事例として注目され、材料、設計の面から研究がなされ、建築鉄骨の破壊靱性要求の重要性とともに、溶接部の設計詳細の改善案、更には、溶接施工管理の重要性について指摘され、情報の周知、管理の徹底が図られた顕著な事例といえる。

ただけで終わってしまう。

この表は、溶接構造物を取り上げているようにも見えるが、実際の脆性破壊事例は溶接部の持つ特徴が支配し、溶接を知ることの重要性を示しているものといえる。そこに、溶接屋にとっての破壊研究のおもしろさがある。とにかく、構造的には、一番に難しいところに溶接が用いられているのである。破壊研究を行っている研究者のグループで、溶接に関連した研究者が多かったのもこのような「興味」と「おもしろさ」のためであり、溶接屋の活躍の場でもあった。

3. 壊れなかったことへの研究はなされていない

破壊が生じると研究が活性化することは皮肉でもあるが、「破壊事例は教材」とも言われる。ただ、壊れるに「学ぶ」はきれいごとで、構造の寿命中には壊さないことが第1である。ただ、多くの破壊事例では、通常あり得ないと思っていた事象が重なって生じ、そして壊れるとすればほとんどは溶接部なのである。壊れる場所と壊れる原因は、必ずしもその場所の特性が原因でないことも多い。

最近の重要なプラントでの損傷事例は、その損傷の影響が大きいこと、そしてサプライチェーンが止まってしまうことなどによる社会的にも大きな問題に至っている。平成25年の3月に経済産業省の産業構造審議会保安分科会で、最近の産業事故件数は、近年全体的には着実に減少してきているものの、危険物等の集積が高い一部の素材

系製造業などでは事故件数の増加と深刻な被害が後を絶たない、との現状認識から産業保安についての報告書（<http://www.meti.go.jp/press/2013/04/20130402005/20130402005.html>）が作成され、そこで指摘されている原因や課題は、①設備の故障等の非定常時におけるリスクアセスメントの不十分さ、②事故を防止する上で重要となるリスクアセスメントを行う能力や、危険を予知する技術者の現場力の低下、③過去の事故情報の共有の問題、等が指摘されている。重大な事故が、人為的なミス等から発生していることとからして、やはり技術者のものとともに、技術者の意識・能力が問われているといえよう。ただ、このような指摘は、表1の破壊事例で指摘されつつも、繰り返されていることも認識しなければならない。

このような大事故が生じると、それまでの不断の努力が一瞬にして壊れ、ダメだとのレッテルが張られてしまうことは多々ある。そこでは、それまでうまくいっていたのが損なわれることから、しばしば「技術者の劣化」と指摘されることが多い。それは本当であろうか。

破壊事例の歴史を振り返るとき、確かに事故の経験が技術向上をもたらしてきたが、事故の解析はなされても、多くの壊れなかった構造が、なぜ壊れなかったのかについての解析や研究はほとんどなされていない。阪神淡路大震災の後に建築センターに伺ったとき、「我々は、柱・柱あるいは端・梁接合部などの破壊の研究を大々的に行っていますが、壊れていない建築物の方が圧倒的に多いわけで、今後改修などで取り壊されるとき、壊れてない建物（ノースリッジの事例を見ても、外観上何の変化が無くても、本当に切れていないかどうかは分からないことが知られてい

図1 破壊力学研究の流れ

図2 溶接部の持つ不均質性に注目した力学体系の変遷

る)の柱梁接合部を頂けることはできないか」と、お願いしたことがある。個人資産の関係もあって実現はしなかったが、壊れなかったものの接合部の溶接の状況、材料の破壊靱性などが把握できると、もっと確実な破壊限界評価ができたかも知れない。

壊れなかったものの解析情報の共有も重要であろう。

4. 溶接屋の破壊の研究

破壊を取り扱う研究分野は「破壊力学」と呼ばれる。1950

年頃、Irwin 教授が「Fracture Mechanics」という言葉を使い、その訳語として使われている。ただ、平教授 (元京大) は破壊力学とは、ものを壊すような学問の名前でよろしくないと話され、また、宮本教授 (元東大) は著書に「破壊の力学」という用語を使われた。その意味するところは「壊さないための力学」ということであり、講義や学生への講座紹介でも「研究室では、構造を壊さないために壊す実験をしています。」などといったものである。言葉を単純に受け入れないで、真意を探れということか。

その破壊力学は、1920年のGriffithの論文に始まるといってもよい。図1は、Griffithに始まる破壊力学研究の流れ

を概観したものである（最近の研究の動きは含まれていない）。研究の流れは、破壊の力学的指標の解析的な検討と（主に脆性）破壊条件を明らかにする研究である。この研究の流れとともに、破壊の実験手法に関する研究が並行して多く行われている。ただ、ここ最近では、新しい破壊力学の流れを創る研究が生まれていないのも事実である。

これらの流れの中には、溶接との関係は一見表れていない。しかし、1940年頃以降の多くの脆性破壊事例は、溶接構造物で生じており、溶接の研究無くしては構造物の（脆性）破壊の研究はなし得ないのである。そのためには、溶接の特徴を知らなければならない。

（脆性）破壊に及ぼす溶接部がもつ特徴的支配因子は、大きく分けて、破壊パラメータ（破壊の起こりやすさの指標）に影響を与えるものと、破壊限界（例えば見かけ上の破壊靱性）に影響を与えるものの二つに分けられる。主な影響因子を分類すると、

- (a) 破壊パラメータに影響を与える因子：残留応力、溶接変形、初期不正、強度的不均質、など
- (b) 破壊限界に影響を与える因子：溶接熱影響脆化（材質的不均質）、強度的不均質、など

があげられ、いずれの因子も溶接部での破壊を助長するような因子である。特に、溶接部に存在する力学的不均質の存在は、溶接部の破壊を考える上で両者に影響を与える影響要因であり、筆者らは「不均質材破壊力学」として研究を進めてきた。

図2は、溶接部に注目したときに強度と破壊の力学の研究の流れを示したものである。溶接屋であることで破壊と強度の研究に果たせた役割とそのアウトプットがこの図に見られるといえる。

5. 溶接部の不均質がおもしろい

材料を取り扱うものにとって、どの部分も同じ強さ、同じ機能を持つことは理想である。金属材料の理想強度（原子が隙間なく一様に並んだ状態の完全結晶の強度）は、その材料の縦弾性係数（ヤング率）の $1/5 \sim 1/7.5$ 程度もある。鉄鋼材料では20 GPa程度というから、実際の鉄鋼材料強度の100倍以上もある。なぜ、実際の材料では、そこまでの強度が出せないのか。その疑問に対して一つの解を与える研究を行ったのがグリフィスであり、細いガラスの繊維（ウイスカ）の強度を求める実験を行い、その太さが大きくなるほど強度が小さくなり、細くなるほど理想的強度に近づいてくることを明らかにし、強度低下の原因は、材料に（広義の）キズが存在することであり、強度解析でキズを亀裂として扱うことから、グリフィス亀裂としてよく知られているところである。

材料の強度は原子が分離する劈開破壊で決まるのみでなく、他のすべり変形などの塑性変形支配型の強度や環境強度などいろいろあるが、いずれも理想的な場合の強度に比べて小さいことが知られている。現実の金属材料は多結晶体であり、全ての結晶が同じ強度でないこと、その大きさもいろいろで、また、結晶粒界の存在、また、結晶内の欠陥だけでなく、組織ごとに異なる特性を持つなど、実際

の材料では、均質・等方なものなどない。強度的に弱いものや脆い組織の存在は常である。

筆者は、大学の卒業研究の課題が強度的不均質をもつ材の静的強度に関するものであり、結局はそれ以後の研究は、「不均質」から抜け出すことはなかった。同じ力学屋でも機械や材料の先生方は、微視的な観点での不均質（格子欠陥など）には注目するが、溶接屋のように巨視的な観点からの不均質にはあまり目がいかなかった。溶接屋は着目するとともに、溶接・接合することで不均質なモデルを作り出せることが優位な点でもあった。

材料や部材の静的引張り強さは、低強度部が存在しても、その部分の一番小さな強度で決まるものでない。ところが、破壊強度、特に脆性的な破壊は、一番弱いところで発生するや全体破壊に至ることが多いために、局部的な脆いところが全体強度を支配する傾向にある。いわゆる「最弱リンクモデル」が適用されることになる。

溶接部には、いろいろなスケールでの劣化部（破壊しやすい部分）が存在する。溶接熱影響部寸法レベルの劣化部、あるいは、結晶粒レベルの劣化部、更には、結晶粒内の微少な不均質の存在などいろいろな大きさをもつ。溶接熱影響部の破壊靱性評価で、1980年前後から、特に海洋構造物の比較的厚板の多層溶接熱影響部で、溶接融合線（わが国ではボンドと良く呼ばれる）近傍の高温にさらされる部分は、結晶粒が大きくなる粗粒域（CGHAZ）で靱性が低くな

図3 グリフィス博士（左）とオロワン博士（右）

図4 初めて日本を訪れた時の東大寺南大門前の Irwin 教授

表2 破壊事例や時代要請によってもたらされた技術改革

年代	影響分野	破壊事例及び顕著な事象	もたらされた技術要求と効果
1935～1940	溶接試験	欧州における溶接橋の落橋事故	→ 橋梁現場溶接の排除、ビード付き板曲げ試験法の開発
1943～1947	材料	米国戦時標準船の脆性破壊事故	→ 必要 $vE = 15ft \cdot lb (=約20J)$
1954	材料	World Concord号の沈没	→ 必要 $vE = 35ft \cdot lb (=約47J)$
		欧州：大型破壊実験	→ 破面遷移温度基準 Reference温度アプローチ
1965	溶接	英国でのアンモニア合成用タンクの破壊	→ [PWHT]の温度管理の徹底
1968	溶接	球形タンクの脆性破壊	→ 高張力鋼の[入熱制限]の徹底
1969～	材料	アラスカ向けラインパイプの性能要求	→ 鋼板製造における制御圧延の開発
1972～	材料	海洋構造物の破壊事例と破壊靱性評価としてのCTOD試験の意義	→ 溶接金属への[CTOD要求]
1980～	材料	極地向海洋構造物：-60℃使用	→ 水冷型[TMCP鋼]の開発
1980	溶接	A.K.号の事故	→ [HAZ-CTOD要求]
1982	溶接	O.R.号の事故	
1987	材料溶接	API RP2Z, LBZ問題など	→ [CTOD試験法のあり方]
1995	材料溶接	阪神淡路大震災	→ 建築用鋼材への靱性要求 柱梁仕口部のディテール変更 溶接パス感温度の管理基準

る。また、多層溶接で後続の溶接パスによってその部分が700℃前後に再加熱されるところはICCGHAZなどと呼ばれ、更に低靱性となることもある。通常の溶接条件では、これらの領域の寸法は数mm以下であることが多いが、米国の石油会社のFairchild博士などの主張の影響が大きく、LBZ (Local Brittle Zones) 問題として、1980年代から90年代にかけて研究者がこぞって着目して、鋼材開発のキポイントともなった。

この最弱リンク型の破壊現象に対して、確率論的な考えを持ち込んだ研究がフランスで始まり、80年代後半に南教授(阪大)が「ローカルアプローチ」の概念を持ち帰り、LBZ問題などについて多くの優れた研究がなされている。

また、鋼溶接部の熱影響部は往々にして高強度(硬化)となる。溶接部で破壊が生じるときは、溶接金属・熱影響部で生じることが普通であり、母材や溶接金属よりは高強度の熱影響部の存在、あるいは、溶接金属そのものが高強度であるときは、高強度部が破壊に複雑な影響を与えることになる。溶接部の高強度部の影響の仕方は、高強度部を横切る形で亀裂が進むか、高強度部(高度急変部)に沿って亀裂が進むかによって影響の仕方が異なる。高強度部に向かって亀裂が進むとき、この強度の高い部分はあたかも壁のようなものである。ただ、この壁は乗り越え難いものであるかどうかは、破壊の形態によって異なる。一般には溶接線に沿って破壊が進行することが多く、そのときに亀裂先端近傍に強度の高い部分が存在すると、亀裂先端部の変形を拘束するような働きをすることになる。溶接部の破壊は、破壊部の破壊抵抗としての靱性の分布と、そこにかかる応力の大きさに決まるものであり、その大きさは亀裂先端近傍の応力多軸度(亀裂垂直方向と平行方向の応力の比のようなもの)によって決まる。亀裂先端近傍に存在する強度的不均質は、この亀裂先端近傍の応力の多軸度に影響を与え、同じ破壊靱性値のものでも破壊強度が異なること

は溶接屋が見つけたものである。この応力多軸度の影響については、筆者や南教授らがローカルアプローチを用いて、試験片形状・不均質性などによる破壊強度の違いなどを説明し、「塑性拘束」の概念を持ち込んだ破壊評価を提案し、最近、南教授らによってISOにも導入されている。

強度的不均質の研究は、結果説明としては十分におもしろい考えであるが、予測という点で人々の魅力を引きつけられたかどうかは疑問の残るところであった。どちらかと言えば、おもしろさも玄人受けかも知れない。このような研究の流れは、溶接屋だからこそといえる発想と成果であるが、近年、世界的にこの分野の研究者の数が大きく減少している感があるのは時代の流れか。

6. 壊さないために溶接屋がなすべきこと

溶接構造物が機能・性能を発揮し、それを壊さないことが、溶接屋の役目である。溶接屋が溶接構造の製作に力を発揮してきたことは、まさに「温故知新」の技術であり、「不易流行」のバランスを取ってきたことにあるといえる。溶接部の破壊の研究が大きな力をもたらしてきたことは多くの事例からも伺える。表2は、表1に示したような破壊事例の影響を、材料や溶接技術への影響に注目して再度整理したものである。

構造の要求から来る鋼材の高強度化・高機能化とそれに対応した溶接関連技術の開発は裏腹の関係にあり、表2に示すこれまでの破壊事例や時代要求の事象とその影響の仕方の矢印表示は一方向の流れのように見えるが、時代が要請する「高いレベルの要求」が技術レベルを上げ、また、開発された技術が、設計者に自由度を与え、より高い要求へと結びつくのである。このサイクルをもたらしのが技術者の高い意欲であり、また、全体観をもった総合技術

者なのである。

溶接屋が構造を壊さないためには、溶接品質を「つくり込む」ことが必要である。そのつくり込みを支えるのは、「考える」「分かる」「操る」ことのできる溶接人材であり、その育成が求められる。溶接の総合技術性から、例えば、これまで述べてきたような過去の事象の十分な理解と、それを踏まえた新しい事象への展開能力が求められる。

溶接構造の製作にとって、溶接屋がつなぐための溶接技術のみにこだわっていたら、壊れないための構造の製作・保全は十分でない。溶接構造製作には、まず設計が重要であり、溶接が活きる設計がなされなければならず、そこへの溶接屋が関与できるかどうかが問われる。その上で、製作に当たって不十分な施工を避けることが求められ、そのプロセスの開発と管理、更に、その後のメンテナンスが重要である。ただ、本当に溶接屋が役割を果たせるのは、製造プロセスのみでなく全体の製作過程を見渡せ、そこで得られた「暗黙知」を次に活かすことができることである。ただ、その暗黙知は往々にして「人に付く」ことが多く、いかに企業や業界で共有できるかが課題であろう。

7. 技術に限界があるか：若手研究者への期待

溶接破壊研究はおもしろい。それは、溶接の持つ特徴が破壊問題と密接に関係しているからである。いわゆる（均質材を基本とした）破壊力学と異なるところに魅力があるといえる。ただ、必ず評価を受けるかどうかはともかくも、大切なことはこのおもしろさを、次の展開につなげることであろう。

そのためには、研究や技術の展開に自ら限界を設けてはいけないのである。

2011年3月の東日本大震災のあと、政府の科学技術施策の最高機関である「総合科学技術会議」が平成23年5月2日に出した「当面の科学技術政策の運営について」の一節において、

「我々は、この大震災を受け、自然の驚異が科学技術による従来の予測・制御の範囲を超える大きなものであるという、科学技術の限界を再認識し、また、原子力発電をはじめとする技術システムやそのマネジメントに関し、重大な反省をするものである。この問題については、「想定外」や「未曾有」として棚上げするのではなく、専門にとらわれない俯瞰的な視点をもって、研究者、技術者、政策担当者がそれぞれの立場で真摯な姿勢で向き合い、検証しなければならぬ。その上で、一丸となって、復興・再生、そして新たな成長に向けた取り組みに貢献していくことが求められる。」

とある。大きな方向は間違っていないのであろうが、「科学技術の限界を再認識し・・・」の言葉は、科学技術のイノベーションを目指そうとする若い研究者達にどのように響いたであろうか。

技術に限界はない。少なくとも、研究者、特に若手の「意欲に限界はない」と信じたい。今後の復興から更なる発展を支えるのは、科学技術そのものである。

溶接に代表される「ものづくり」が今後も発展するために重要なことは「ひとづくり」である。人材育成という言葉で叫ばれているが、本当に「ものづくり」のための「ひとづくり」が行われていくかがカギである。人を育てるというからには、人が集まらなければならない。そのために重要なのは「魅力」であろう。その魅力とは、

「楽しさ」、「発想の自由」、「良き仲間」であろう。

人材育成の観点からは、大学等で工学やものづくり分野での基礎分野を研究する研究者の減少は、教育内容にも影響してきている。ものづくり基盤技術での「智のつながり」の体系化が十分でなく、大学及び企業での将来人材育成のためにも、ものづくり基盤技術の「智のつながり」を考えたい人材育成教育の基本コンセプトの確立が望まれる。

最後に、溶接学会で活躍される研究者・技術者の皆様に、溶接関連分野の原理・原則が学会から生まれること願って・・・