

鉄の可能性を引き出す溶接・接合技術

大阪大学大学院工学研究科 マテリアル生産科学専攻
生産科学コース プロセスメタラジー領域 教授

平田 弘征

1. はじめに

2022年4月に工学研究科マテリアル生産科学専攻生産科学コースに着任いたしました。私は本コースの前身である溶接工学科に1986年に入学し、大学院前期課程を終了後、住友金属工業株式会社（現 日本製鉄株式会社）に入社いたしました。途中、社会人ドクターコースでの学位取得を経て、このたび30年ぶりに古巣である生産科学コースに教員として戻る機会をいただきました。

私は、鉄鋼メーカーに在職していた期間、ほぼ一貫して研究所にて、主にエネルギー輸送や発電に使用される管に用いられる鉄鋼材料ならびにその溶接・接合技術の研究開発に従事してきました。普段はあまり意識をすることがないかもしれませんが、我々の回りには自動車や鉄道、ビル、橋梁など鉄鋼材料を使用した様々な機器や構造物が身近に存在し、我々が便利に日々の生活を送るための社会基盤を支えています。鉄鋼材料を使用する際には、必ずと言ってよいほど何らかの溶接・接合技術を用いて組み立てられています。すなわち、板や管などの鉄鋼製品は、それ単独で機能を発揮することは難しく、溶接・接合により機器や構造物として組み立てることにより、はじめて社会に役立つ力を発揮すると言えます。ところで、鉄鋼材料の溶接・接合技術といえば、ともすれば一昔前に完成された技術であると捉える方が多いのではないのでしょうか。しかしながら、私は長年にわたり企業で研究開発に取り組む中で、その技術の利用範囲の広さや現象の奥深さを知り、未だ研究対象として魅力的な技術分野であると常々感じてきました。

今回、執筆の機会をいただいたものの、着任して間もなく具体的な研究成果が未だ乏しいため、ここでは私が主たる研究対象として考えている鉄鋼材料とその溶接・接合技術について簡単に述べるとともに、現在取り組んでいる研究の概要についてご紹介します。

2. 鉄の可能性と溶接・接合技術

鉄はアルミニウムやニッケル、銅など他の金属材料に比べて桁違いに埋蔵量が多いため、古くから主要な構造

材料として様々な分野で利用されてきました。また、回収、分別が容易でリサイクルによる性能低下が小さいことから、今後も構造材料として広く用いられると考えられます。

鉄鋼材料は使用において要求される性能の高度化に応じて、絶えず高性能化を遂げてきました。例えば、強度については現在、建築用厚板では1 GPa、自動車用薄板では1.8 GPaクラスの材料まで実用化が進んでいます。しかしながら、鉄の持つ理論強度は約10 GPaであると言われており、鉄はその能力の半分も活かせていません。また、強度だけでなく、多様な過酷環境下での使用に耐えうるよう、耐食性や靱性を高めた新たな材料が数多く開発され、その高性能化の努力は現在も続けられています。このように、素材として鉄の持つ可能性は未知数であり、今後もその潜在能力を引き出すための取り組みは続くと考えられます。

ところで、これら必要な性能を得るため、鉄鋼材料は製造時の加工や温度履歴を緻密にコントロールし、材料組織を造り込んでいます。一方、溶接・接合は一般的には溶かして固めるプロセスであり、溶接金属から溶接熱影響部、母材にわたって、溶接部は融点を超える温度から室温まで様々な温度履歴を受けます。そのため、溶接・接合部では材料組織の変化に伴う多くの問題が起こります。例えば、溶接金属や溶接熱影響部では様々な種類の溶接割れが生じるとともに、溶接熱影響部では組織変化に起因した性能低下が起こります。すなわち、溶接・接合は精緻なプロセスを駆使して作り込まれた鉄鋼製品の材料組織に悪影響を与え、台無しにしてしまうプロセスであると言っても過言ではありません。このような理由から、鉄鋼材料の進化に合わせて、溶接・接合技術についても研究開発に多くの努力が払われ、発展を続けてきました。しかしながら、近年、鉄鋼材料の高性能化が急速に進むとともに、非金属材料を含めた他素材とのマルチマテリアル化の要求が高まり、溶接・接合の技術的な難度は著しく高まってきています。そのため、最近では素晴らしい性能を持った新たな鉄鋼材料が開発さ

れたにもかかわらず、溶接・接合技術の開発が材料に比べて甚だしく遅れたり、時には成し遂げられなかったりするために、実用化に至らないという事例が散見されるようになり、溶接・接合技術の重要性がより一層高まっています。

3. 溶接・接合プロセスメタラジー

鉄鋼材料の進化に遅れることなく、それに適した溶接・接合技術のタイムリーな提案を可能にするため、我々の研究室では、図1にイメージ図を示すように溶接・接合プロセスで生じる材料に係る様々な現象について、その挙動を正しく理解し、それを予測、制御するためのモデル化に取り組んでいます。

一例として、高温で使用される鉄鋼材料では、溶接部において高温での溶接後熱処理もしくは使用中に結晶粒界で割れが生じることがあります。この割れについては古くから多くの研究が重ねられ、対策が提案されてきましたが、実際の産業機器では未だに問題が皆無とはなっていません。また、この割れが、近年新たに開発された材料の実用化や普及の阻害要因の一つにもなっています。その理由は、現象の理解や有効であるとされている対策が

ある条件下のみに限定されることによると考えられます。この割れには溶接・接合プロセスおよびその後の使用中に溶接部で生じる偏析や析出などの材料挙動およびそれに伴って起こる強度変化や応力緩和などが影響を及ぼしています。そのため、この割れを根本的に解決するためには、プロセス中に起こる一連の材料挙動およびそれに付随して起こる現象を解明するとともに、これらが使用中に発生する割れに及ぼす影響を把握し、特定の組成や溶接・接合プロセスなどの条件に限定されることなく、広範な条件下で通用する形で割れ現象をモデル化することが必要であると考えられます。我々の研究室では、この割れ現象モデルを構築するとともに、そのモデルに基づいた割れ発生の予測と制御技術の確立に取り組んでいます。

そして、この例に限らず、溶接・接合部で生じる材料挙動の解明に係る研究を通じて、溶接・接合技術の高度化に貢献し、溶接構造物の信頼性向上や鉄鋼材料の持つ可能性を一層引き出すことに少しでも寄与したいと考えています。

4. おわりに

大阪大学工学部溶接工学科に入学し、はじめて溶接・接合という技術分野に出会ってから一貫して溶接・接合に係る研究に携わってきました。この間、常に興味を持ち続けて取り組んでこられた理由の一つは在学中に先生方から熱心にご指導いただき、溶接・接合技術の面白さを知ることができたためであると感じています。

現職では、研究成果で溶接・接合技術の発展に寄与することはもちろんですが、研究指導や講義を通じて、学生の方々に溶接・接合の魅力を伝え、一人でも多くこの分野に興味を持ち、社会で活躍できる人財を送り出せるよう努力したいと考えています。

(溶接 平成2年卒 4年前期 生産科学 14年後期)

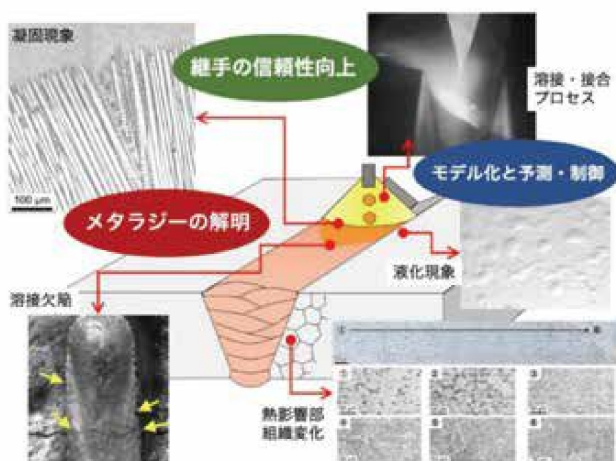


図1 溶接部で生じる諸現象と研究の考え方