溶接・接合技術

〝見える化〟がつなぐ新技術

（本文、右ページより続く）

今まで想像もしていなかったミグアークの本当の顔が見えた瞬間だ。今後のミグ溶接プロセスの予測・制御技術の新展開が期待される。

■可視化を利用した溶接技術開発の取り組み

写真2（右ページ）は、厚さ0・3ミリメートルのアルミニウム合金（A3004）をティグ溶接法で突合せ溶接した結果の一例である。写真のように曲げても溶接部は母材と同等にしなやかに曲がるし、静的な引っ張り強度も母材と同等（192メガパスカル）だ。アルミニウムは熱伝導率が高く熱が逃げやすいため、通常のティグ溶接法では難しい。

しかし、狭窄ノズルを用いたティグ溶接法では、毎分2メートルの溶接速度で実現可能だ。狭窄ノズルとは、通常のシールドガスノズルの内側にノズルを設け、タングステン電極の表面に沿って高速ガス流を生成させるものである（**図・写真B参照**）。

これにはムラタ溶研（大阪市淀川区）の数値シミュレーションによる先進可視化技術が大いに活躍した。左の**グラフ**はその一例だ。

狭窄ノズルによってアーク空間に輸送されるヘリウムガスが高速化され、その結果、熱的ピンチ効果によりアークが明らかに緊縮している。机上の解析により、熱源特性に与える狭窄ノズル径、ガス流量、旋回流の有無、電極突出し長、シールドガス種、溶接電流など、さまざまなパラメーターの影響が科学的に可視化された。

ごく薄板の突合せ溶接を実現するためには、熱流束を集中させるため1ミリ以下の短アーク長が必要だ。そのような条件下では、溶融池から発生する金属蒸気がアークプラズマに与える影響は大きい。それはティグ溶接であったとしても大きな課題だ。狭窄ノズルは熱的ピンチ効果により適度に高速なプラズマ気流を誘起し、効率よく金属蒸気をアーク外周へ吐き出す。それによってアーク中心部への金属蒸気の侵入が抑制され、アークとタングステン電極の安定性が確保される。すなわち、不確定要素である金属蒸気を排除し、制御性に優れるプラズマ気流が支配する熱輸送の系を維持することが極めて重要だ。

0・1ミリ―0・5ミリメートルのごく短アーク長でのティグアークの安定化の達成が本技術の実用化の鍵であり、それには可視化が大きな役割を果たしたのである。現状、この狭窄ノズルを用いたティグ溶接によって厚さ30マイクロメートルの銅合金箔の突合せ溶接にも成功している。

■おわりに

溶接プロセスの可視化技術は日進月歩で進化している。ごく最近では、大阪大学接合科学研究所に「高輝度X線透過型溶接接合機構4次元可視化システム」が設備導入された。材料内部の観察を実現するもので、これによって「材料と材料が接合する」本質に、より迫れるようになった。

進歩著しいデジタル化技術の恩恵を受けることで、複雑な溶接・接合現象を、X線源とイメージインテンシファイアを2組用いて3次元空間を表示し、高速度デジタルビデオカメラを用いて、時間軸と合わせて4次元でリアルタイムに可視化できる技術が現実のものになった。

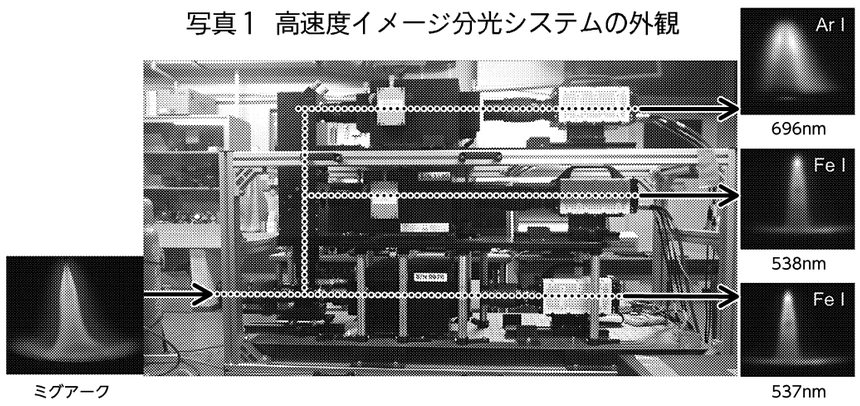
当研究所では、12月12日に東京・田町のキャンパス・イノベーションセンター東京において、東京セミナー「可視化による溶接科学の未踏領域への誘い」を開催する。本4次元可視化システムや、その他の先進可視化技術で得られた最新の研究成果が公開される予定である。

溶接に携わる研究者や技術者は、日常の観察や計測を通じて、対象とするプロセスのメカニズムや現象の本質に迫る仮説を持っているものと思う。今まで見えなかったものが見えるということは、パズルの最後のピースを埋めるかのように、仮説から真実への一歩を後押ししてくれる。あるいは、考えてもいなかった自然法則の美しさに出会う機会も与えてくれるだろう。

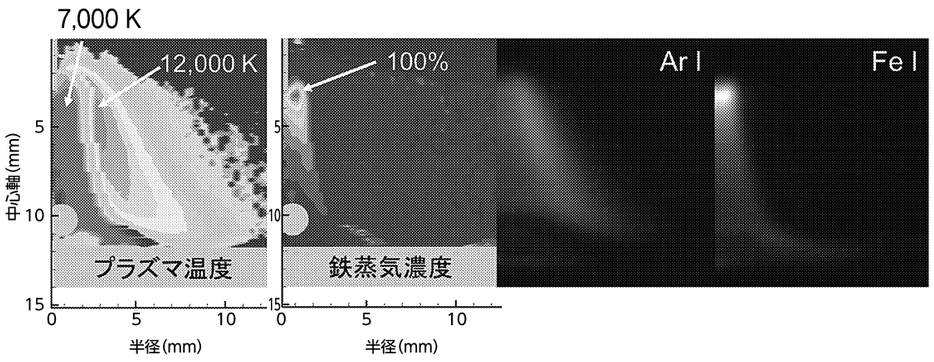
「可視化」はあらゆる溶接現象に通じる、重要なキーワードである。従来のようなプロセス、材料、力学など個々の学問・知見が深化するだけでなく、相互が簡単に連携できる機会を生み出してくれることも魅力だ。

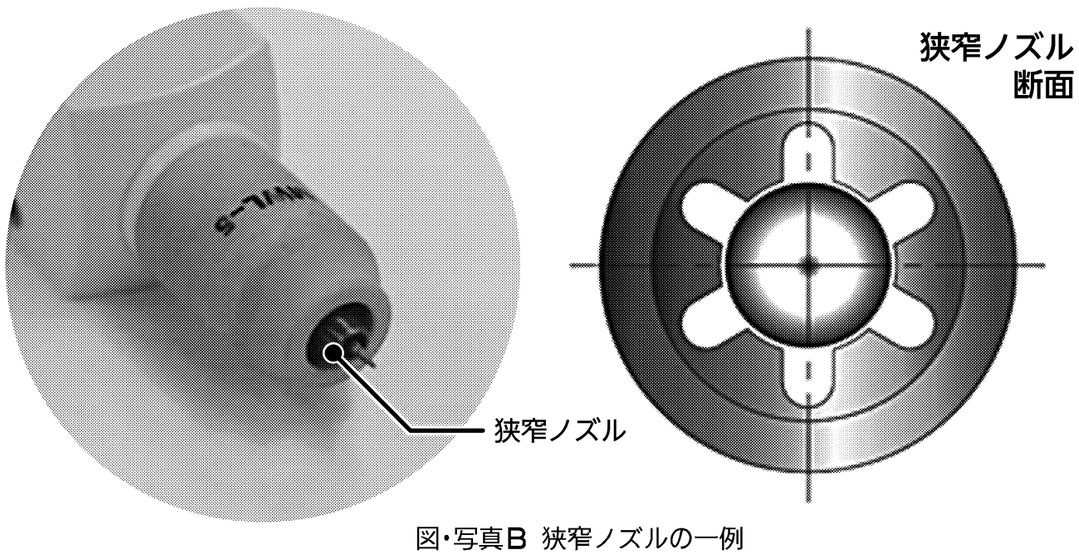
先進可視化技術によって溶接科学の未踏領域を切り開き、そこでつかみ取った貴重な情報を革新的な溶接技術の開発につなげる。可視化は、今後の溶接科学技術の発展のための極めて強力なツールと言える。

写真1　高速度イメージ分光システムの外観

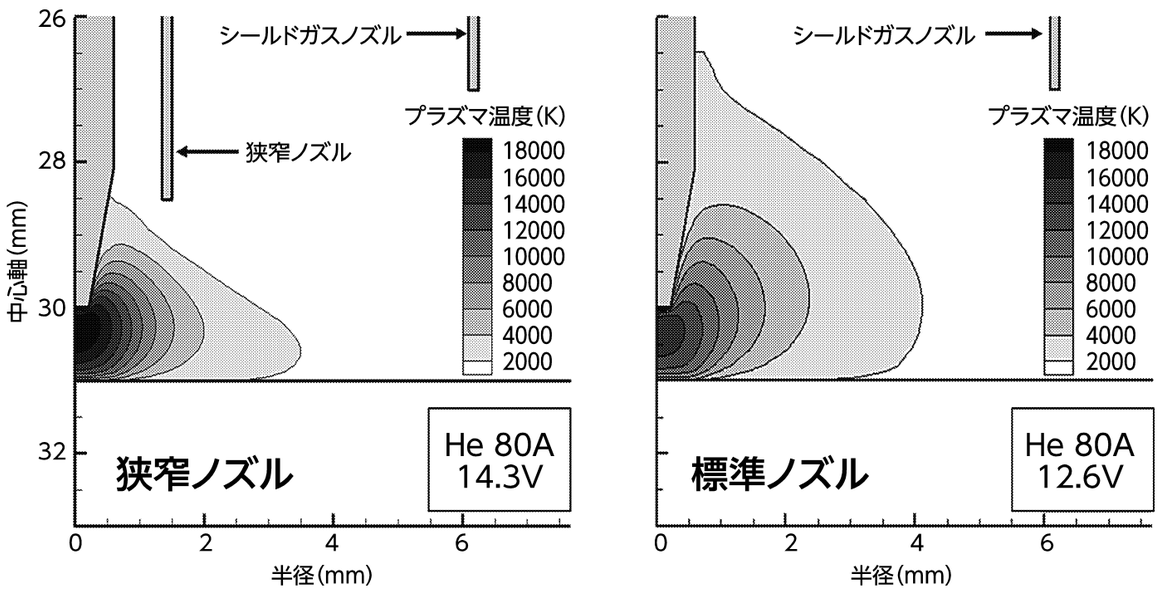


図・写真A　ミグ溶接におけるプラズマ温度分布および鉄蒸気濃度分布、ならびにアルゴンの線スペクトルイメージおよび鉄の線スペクトルイメージ





図・写真B　狭窄ノズルの一例



グラフ　数値シミュレーションで可視化される狭窄ノズルの効果