

## 大阪大学接合科学研究所 接合機構 研究部門 接合界面機構学分野

大阪大学接合科学研究所；特任准教授 森貞好昭

我々の研究室では、鉄鋼材料、非鉄材料、非金属材料およびそれらを組み合わせた接合・溶接界面における諸現象を巨視的、微視的に解析することで、種々の接合・溶接プロセスにおける界面の形成機構を明らかにするとともに、その知見を活用した新規界面制御技術(新規接合法)を確立することを目的としている。より具体的には、新たな価値創出のコアとなる強みを有する固相接合法(摩擦攪拌接合<sup>(1)(2)</sup>、摩擦圧接<sup>(3)</sup>、線形摩擦接合<sup>(4)</sup>、圧力制御通電圧接<sup>(5)</sup>等)を主軸として次世代の接合および改質プロセス技術を創出し、新たな学術基盤を体系化するとともに我が国の産業競争力向上による持続的な成長の一助となることを目指している。

現在のスタッフは、藤井英俊教授、潮田浩作特任教授、森貞好昭特任准教授、青木祥宏特任講師、劉恢弘助教に加え、特任研究員2名、招聘研究員1名および事務補佐員2名で構成されている。また、学生としては、博士課程2年：4名、博士課程1年：3名、修士課程2年：3名、修士課程1年：2名が所属しており、研究所に属する研究室としては大所帯となっている(図1)。

代表的な研究内容を以下に列挙するが、詳細については研究室のホームページを参照されたい<sup>(6)</sup>。

### 1. 摩擦攪拌接合

中・高炭素鋼、原子炉用鋼、ODS鋼、TRIP鋼、Ni鋼、Cr鋼、1600MPa級高張力鋼、高強度Ti合金、難燃性Mg合金、各種銅合金、超微細粒Al合金、厚板Al合金などの難接合材の摩擦攪拌接合や、Al/Mg、Mg/銅、ODS鋼/銅、金属/CFRPなどの組み合わせにおける異種接合に取り組んでいる。

また、高融点金属の摩擦攪拌接合技術を確立し、Moの摩擦攪拌接合にも成功している。Moの融点は2620°Cであり、現時点では、摩擦攪拌接合された材料として最も高い値である。また、炭素鋼をA<sub>1</sub>点(723°C)以下で接合する手法を開発し、炭素量に関係なく接合する技術を確立しており、最近ではAlを約100°C、鋼を約300°Cの低温で摩擦攪拌接合することに成功している。

さらに、レーザと組み合わせたハイブリッド摩擦攪拌接合法やショルダとプローブが別に駆動する複動式摩擦攪拌接合法を開発し、接合部終端部に穴の残らない手法を確立した。この他にも、新規ツール材質の探索やツール形状の検討、摩擦攪拌プロセスを用いたポーラス材料の生成および高輝度X線透過装置を用いた摩擦攪拌接合中の塑性流動挙動の解明にも取り組んでいる。

### 2. 摩 擦 接 合

接合にツールを用いる摩擦攪拌接合に対し、被接合材同士の間隙により接合を達成する方法を摩擦接合と称している。摩擦攪拌接合は優れた固相接合法であるが、被接合領域に圧入するツールが必須となる。アルミニウムやマグネシウム等の摩擦攪拌接合には安価な鋼製のツールを用いることができるが、鋼やチタン等を摩擦攪拌接合するためには接合温度において被接合材よりも高い機械的性質を有する超硬合金、セラミックスおよび高融点金属等を用いる必要があり、ツールのコストや寿命の点で課題が残っている。



図1 藤井研究室のメンバー(大阪大学吹田祭における綱引きにて)。

これに対し、摩擦圧接や線形摩擦接合は被接合材同士を摺動させることで発生する摩擦熱を利用することから、ツールを使用する必要がない。加えて、我々の研究室では、摩擦接合では接合圧力(被接合材同士を押し付ける圧力)によって接合温度が制御できることを見出し、摩擦接合法の接合機構における飛躍的なブレークスルーを実現した。具体的には、摩擦接合においては、摩擦熱によって昇温された被接合界面近傍の材料がバリとして排出され、被接合材の新生面同士が当接することで接合が達成される。ここで、金属材料の高温強度はその組成および金属組織によって一義的に決定されることから、所望の接合温度における被接合材の高温強度に対応する接合圧力を印加することで、接合温度を正確に制御することができる。当該コンセプトによって鋼やチタン合金の無変態接合が可能となり、接合温度の低下に伴ってHAZ軟化も抑制されることから、様々な産業分野への応用展開が期待される。

### 3. 新規固相接合

摩擦圧接では被接合材を回転させ、線形摩擦接合では被接合材を線形移動させる必要がある。即ち、これらの接合法を活用する場合は、比較的大型の接合装置を導入しなければならない。また、摩擦圧接では被接合材の中心部と外周部で周速度が異なることから、当該速度差に起因する温度分布が形成される。これらの課題を背景として、我々は接合の熱源として摩擦現象だけではなく、通電による抵抗発熱の利用も検討している。開発した新規固相接合法の一例としては、抵抗発熱によって局所的に昇温した被接合界面に、接合圧力を印加する方法を挙げることができる。一般的に、抵抗発熱を利用した接合方法では被接合材を溶融させて接合を達成するが、本接合法は固相で接合する技術であり、摩擦接合に関して上述したように、接合圧力によって接合温度を正確に制御することができる。

当研究室は全国共同利用機関である大阪大学接合科学研究所に属していることもあり、各種研究プロジェクトへの参画や、大学、公的研究機関および民間企業との共同研究も積極的に進めている。現在はNEDOの革新的新構造材料等研究開発において「中高炭素鋼/中高炭素鋼の摩擦接合共通基盤研究」を担当し、JSTの未来社会創造事業において「難接合材料の接合を可能にする革新的接合技術の確立」を遂行している。加えて、南は沖縄、北は青森の多数の大学および公的研究機関との共同研究を進めており、日常的に外部の研究者との交流を図っている。今後も学生の教育および接合分野における人材育成は勿論のこと、研究室で得られた知見を社会に広く還元し、接合研究の拠点となることができるように努力していきたい。

### 文 献

- (1) H. Fujii, L. Cui, M. Maeda, K. Nakata and K. Nogi: Mater. Sci. Eng. A, **429** (2006), 50-57.
- (2) H. Fujii, Y. Sun and H. Kato: Scripta Mater., **64** (2011), 657-660.
- (3) Y. Morisada, T. Shirasawa and H. Fujii: Sci Technol Weld Joining, (2020) in press.
- (4) Y. Aoki, R. Kuroiwa, H. Fujii, G. Murayama and M. Yasuyama: ISIJ International, **10** (2019) 1853-1859.
- (5) 2018年 溶接学会春季全国大会講演概要集, 96-97.
- (6) <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~dpt9/index.html>  
(2020年3月26日受理)[doi:10.2320/materia.59.393]  
(連絡先: 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘11-1)