

## 研究部会紹介

## 異種金属接合部の腐食挙動予測研究部会の紹介

## Introduction of the sectional meeting on corrosion prediction for joints of dissimilar metallic materials

多田 英司\*

Eiji TADA\*

## 1. はじめに

地球温暖化対策では、温室効果ガスの排出量削減が中心課題である。我が国では、2015年7月において、温室効果ガスの総排出量を2030年までに2013年度比で26%削減するという計画を掲げた。そのため、排出量の多い産業部門、運輸部門のみならず、排出量の伸び率が高い業務・家庭部門に至るまで積極的な削減が求められている。

温室効果ガスの大部分を占めるCO<sub>2</sub>について、排出量が比較的多い運輸部門では、自動車など内燃機関の燃費向上が必須の課題である。そのためには、燃焼効率の向上はもちろん、車両そのものの軽量化が求められている。自動車用の構造材料として一般的に用いられる鉄鋼材料では、急速に高張力化が進められ、衝突などに対する安全性と軽量化に大きく貢献している。現在、1200MPa級のハイテン材を利用した自動車車両が市場に現れはじめているが、さらなる高強度化は今後も続いていくものである。それに並行して鉄鋼に対して軽量であるアルミニウム合金や炭素繊維強化プラスチックなどの多様な材料を適材適所に用いて、構造体総重量を削減するようにアセンブリするマルチマテリアル化も進められている。

一方、車両の安全性や耐久性は担保されるべきものである。特に車両の耐久性では、耐疲労特性や腐食などによる経年劣化による損傷が挙げられる。特に、自動車走行環境における耐食性は重要であり、強度低下や破壊のみならず美観からもある程度の期間は車両が保証すべきものとされている。ただし、自動車車両に多様な材料が使用される場合、種々の異材接合部が生じることになる。電気伝導性材料からなる異材接合部では、それらの電位差により腐食劣化が促進され、車両の耐食性を損ねることになる。さらに、単に異材が接触するだけでなく、摩擦攪拌接合のような、接合部に複雑相が形成する場合、腐食挙動が極めて複雑なものになるといえる。

以上の背景から、マルチマテリアル化の流れの中で、異材接合部の耐食性を評価することは、自動車のみならず様々な構造材料の長期耐久性を予測し、性能保証するために必須の課題といえる。本研究部会はそのような課題に挑戦すべく立ち上げられたものである。

## 2. 目的と目標

現状では、どのような接合部の、どのような腐食劣化を研

究対象とすべきかを判断することは極めて難しい。特に、異材の組み合わせと接合方法については、技術の進歩によって対象とすべきものが多彩で、また変化していく可能性がある。そこで、本部会では、比較的多く用いられているアルミニウムと鋼材（将来的には亜鉛めっき鋼板など）を中心的な異材の組み合わせとして、それらが単純に電気化学的に接触したときの腐食挙動を評価すること、さらに腐食シミュレーションによってその挙動を予測することを目標に掲げた。

具体的には、以下の目標を達成することにある。

- 1) アルミニウムおよびその合金と鋼材の大気腐食挙動、異種金属接触腐食挙動を実験的に明らかにする。
- 2) 異種金属接触腐食機構を検討し、腐食劣化を評価できる数理モデルを構築し、腐食シミュレーションを実現する。
- 3) 実験で取得したデータに加え、既存の暴露データ、研究例を参考にして、異材接合部の大気腐食機構について明らかにする。
- 4) アルミニウム合金／鋼材の異種金属接触腐食について世界の動向を調査し、情報交換を行う。

## 3. 委員の構成

本研究部会は、アルミニウムなどの軽金属材料の腐食、防食、表面処理に関わる大学および軽圧メーカーの8名から構成されている。

## 4. これまでの活動経緯

活動内容は、年3回程度の研究部会を開催し、そこで各機

表1 異種金属接合部の腐食挙動予測研究部会の構成メンバー (2017年12月現在)

機関	所属	氏名	備考
大学	東京工業大学	多田 英司	部会長
企業	(株)UACJ	児島 洋一	幹事
	(株)UACJ	大谷 良行	
	三菱アルミニウム(株)	岩尾 祥平	
	(株)神戸製鋼所	太田 陽介	
	昭和電工(株)	南 和彦	
	昭和電工(株)	小堀 一博	
	日本軽金属(株)	長澤 大介	

\* 東京工業大学 物質理工学院 材料系 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1) School of Materials and Chemical Technology Department of Materials Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology (2-12-1 Oookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552) E-mail: tada.e.ea@m.titech.ac.jp  
受付日：平成29年12月20日

関が担当している実験結果について議論をしている。以下では、これまでの活動について年度ごとに簡単に紹介する。

### 4.1 初年度（平成27年度）

本研究部会は平成27年6月に発足し、第1回の研究会を同年9月に開催した。初年度においては、3回の会議を実施し、研究の進め方、対象とする異種金属の組み合わせおよび接合方法などについて検討した。具体的には、構成メンバーから、これまでの異種金属接触腐食や大気環境中での腐食劣化に関する研究内容や自動車構成部材に見られる異材接合方法などを紹介してもらい、どのような接合様式、腐食環境について研究するかを議論した。その結果、異種金属接合部材として対象とするものは、市場での普及が先行すると考えられるアルミニウム合金と一般鋼材との組み合わせにすることとした。ただし、アルミニウム合金については、大気腐食挙動が非常に複雑であるため、実際に適用される可能性が高い5000系や6000系の合金のみならず、工業用純アルミニウムA1050を比較材とするべきであるとの方針を得た。1章でも述べたように、接合方法については、今後様々な方法が提案、採用されることになると言えるため、議論の結果、現状では、対象とすべき異材の組み合わせ、接合方法を決定できる段階にはないと判断した。

また、異種金属接合部が曝される腐食環境について検討した結果、自動車の腐食劣化を対象とするのであれば、塩化物イオンが腐食因子となる大気腐食系、すなわち融雪塩や海塩などが材料表面に付着し、それが降雨や昼夜の寒暖によって吸湿することで、乾湿が繰り返される環境とすることにした。

### 4.2 第2年度（平成28年度）

第2年度も3回の会議を開催した。そこでは、初年度の議論をうけて、共通試験片、試験計画の内容について議論した。

はじめに、腐食シミュレーションを行うためのモデルとなる試料の構造を議論した。初年度の部会における議論から、接合部の腐食挙動を予測する数理モデルの確立にはいくつかの課題があり、特に塩化物イオンを含む大気腐食環境では、アルミニウム材に生じる腐食が孔食を中心とした局部腐食であること、その起点として晶出物や介在物等が関係すること、腐食生成物の形成によって腐食状況が経時的に変化することをどのように数理モデルに組み込むかが論点となった。腐食現象をモデル化することは、極めてハードルが高いことである。そこで、本部会では、可能な限り腐食シミュレーションのための数理モデルを確立しやすいシンプルな条件設定から研究をスタートすることとした。

そこで、異材の組み合わせは、鋼材とアルミニウムにすることとした。鋼材には機械構造用炭素鋼（SS400）、アルミニウム材には、工業用純アルミニウムA1050および5000系アルミニウム合金A5052とした。鋼材は市場から購入し、アルミニウム材料は(株)UACJで製造することとした。

腐食試験では、物理的に接触させるのではなく、異種金属間の短絡電流を測定できるように、金属間を外部回路で短絡させるモデル試料（電気化学的に接触させた異種金属接合試料、図1(a))を使うこととした。このモデル試料の腐食挙動を把握することと腐食シミュレーションに必要な境界条件となるデータの取得を行うことで、本研究の目的を達成することとした。また、試験分担は、表2に示すように決定した。

大気腐食環境での腐食挙動を評価するために、人工的な暴

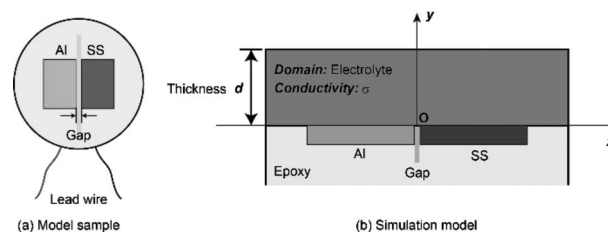


図1 モデル試料(a)と腐食シミュレーション解析領域(b)

表2 本研究部会での試験内容と担当機関

内容	試験内容	機関
試料作製	Al材製造, 加工 接合モデル試料作製	(株)UACJ 東京工業大学
腐食モデルの検討	腐食シミュレーション モデル検討	東京工業大学 全機関
データ取得	電気化学試験（分極曲線測定など）	東京工業大学 (株)神戸製鋼所 三菱アルミニウム(株)
	大気腐食試験 (単板, 接合モデル試料のCCT, SST)	(株)神戸製鋼所 三菱アルミニウム(株)
	腐食状態解析 (断面観察)	日本軽金属(株) 昭和電工(株)

露試験である塩水噴霧試験（Salt Spray Test: SST）および複合腐食サイクル試験（Cyclic Corrosion Test: CCT）を行うこととした。これらは、三菱アルミニウム(株)および(株)神戸製鋼所が担当することとした。

腐食挙動の評価として、腐食試験前後の表面・断面観察および表面の腐食分布（孔あき状況）を測定することとした。これらについては、それぞれ昭和電工(株)および日本軽金属(株)が担当することとした。

腐食シミュレーションでは、異種金属接合部の腐食挙動を評価・予測するため、ベースとなる数理モデルの構築が必要となる。これについては、東京工業大学が担当することになった。まずは、没水環境のシンプルなガルバニック腐食系での腐食シミュレーション（図1(b))を始めることとした。

### 4.3 第3年度（平成29年度）

第3年度も12月までに3回の会議を開催した。各機関のデータが集まってきており、それらの結果について議論を重ねている。現在、没水中におけるモデル試料の腐食挙動について、実測とシミュレーション結果との比較をしている。

## 5. 今後の活動予定

2017年12月現在、本研究部会は3年をもうすぐ終えようとしている。4章で記述したように、これまで各機関で実施した試験によって、異種金属接合モデル試料の腐食データが蓄積されてきた。最終年度は、結果を総合的にまとめ、異種金属接合系の大気腐食予測のための数理モデル確立に取り組む予定である。今後、報告書作成や投稿論文などで、軽金属学会の関係する皆様には特にご指導、ご協力いただく機会が多くなると思われる。この研究部会の成果が実りあるものになるように、構成員一同で一層の努力をしていきたいと思う。