
ケベック高等工科大学（カナダ） 研修報告書

6000 系アルミニウム合金のレーザ溶接部における結晶粒径の調査

工学研究科 機械物理工学専攻 富田 海

1 はじめに

2018 年 8 月 9 日から同年 9 月 2 日の間、カナダのケベック高等工科大学において研究を行った。その報告を以下に示す。

2 共同研究課題の決定

広島大学材料接合工学研究室では、溶接割れ感受性の評価やその冶金的解明を研究対象にしており、現在アルミニウム合金の凝固割れに及ぼす母材粒径の影響を調査している。他方、カナダのケベック高等工科大学では航空機製造プロセス最適化を研究対象としており、冶金学や材料強度学の観点から溶接や鋳造などの研究が盛んにおこなわれている。そこで今回、当研究室が保有する半導体レーザを用いて作製した溶接ビードを対象に、派遣先の研究室が保有する EBSD を用いて結晶学的な知見をもとに評価を行った。

3 共同研究スケジュール

8 月 8 日 出国

8 月 9 日～9 月 2 日 研究、プレゼンテーション

9 月 3 日 帰国

4 共同研究派遣先の概要

大学名：École de technologie supérieure

所在地：カナダ ケベック州 モントリオール

指導教員：Dr. Philippe Bocher

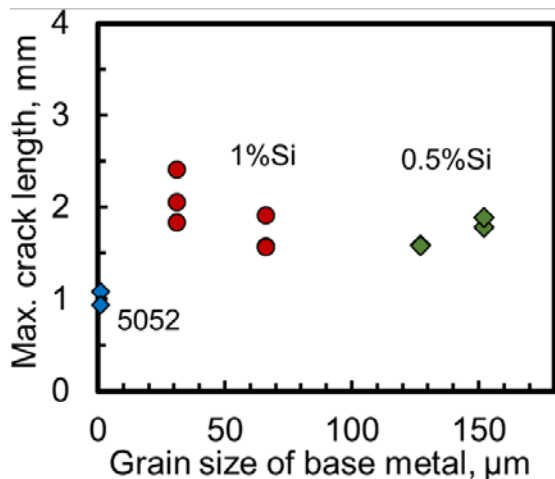
5 共同研究内容

5.1 概要

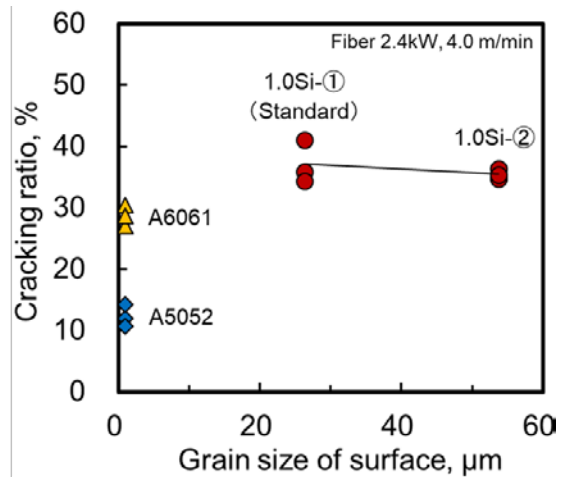
近年深刻化している地球温暖化への対応策として、CO₂ 排出量削減が求められている。自動車産業では燃費向上や車両性能向上の観点から、軽量化が積極的に行われており、従来の鋼材からより軽量のアルミニウム合金の使用が増加している。特に 6000 系（Al-Mg-Si 系）アルミニウム合金は、中程度の強度で比較的押出し性に優れ、さらにベークハード性を有するため、自動車用ボディパネル材料として用いられている。一方、溶接施工の観点から、高速化や自動化が容易であり溶接部の機械的性質に優れる、レーザ溶接の導入が進められている。しかし、6000 系アルミニウム合金は凝固割れ感受性が高く、溶接割れが発生することが知られている。そこで、レーザ溶接時の凝固割れに及ぼす諸因子の影響を調査する必要がある。

本研究では、母材の結晶粒径をそれぞれ 2 段階に変化させた 0.5%Si 材または 1.0%Si 材を用いて、各種凝固割れ感受性の評価試験を行い、母材の結晶粒径が凝固割れ感受性に及ぼす影響を調査している。Fig. 5.1.1 に結果を示すように、いずれの試験においても母材粒径が変化に対して凝固割れ感受性は変化しないことがわかる。しかし、ステンレス鋼 SUS347 を対象とした先行研究では、母材粒径が小さくなるにつれて凝固割れ感受性が減少するという結果が得られており、アルミニウム合金の実験結果とは異なる。

そこで、今回の海外共同研究では、溶接ビード表層の結晶成長やその粒径を調査することにより、凝固割れ感受性に及ぼす母材粒径の影響を冶金的に検討する。具体的には、①EBSD 法との比較により、簡易手法である陽極酸化法の有用性を検討し、その後②母材粒径が及ぼす溶接部粒径への影響調査を行う。なお、陽極酸化画像は事前に広島大学で取得した。



(a) Trans Varestraint test.



(b) Modified Houldcroft type cracking test.

Fig. 5.1.1 The effect of Si content for solidification cracking susceptibility.

5.2 供試材料および溶接ビード作製条件

Table 5.2.1 に供試材料を示す. 溶接ビードは半導体レーザ 5.0kW, 焦点外し距離 0 mm, スポット径 0.8 mm とし, 溶接速度を 1.0 m/min に設定して実験を行った.

Table 5.2.1 Specimen.

Material	Grain size, μm	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
1.0Si-①(Standard)	31	1.01	0.13	0.01	0.07	0.58	0.02	0.02	0.01	RE.
1.0Si-②	66									
0.5Si-①	127	0.53	0.01	0.002	0.07	0.63	—	—	—	RE.
0.5Si-②	152									

時間の都合上により未実施

※Grain size is calculated at surface part.

5.3 EBSD の観察領域

Fig. 5.3.1 に, 事前に広島大学で得られた 0.5Si-① (表層粒径 $127\mu\text{m}$) の陽極酸化画像を示す. 図に示すように, 今回の共同研究で EBSD 観察した領域は, ①溶接部中央と②溶融境界の 2 ヶ所について観察を行った.

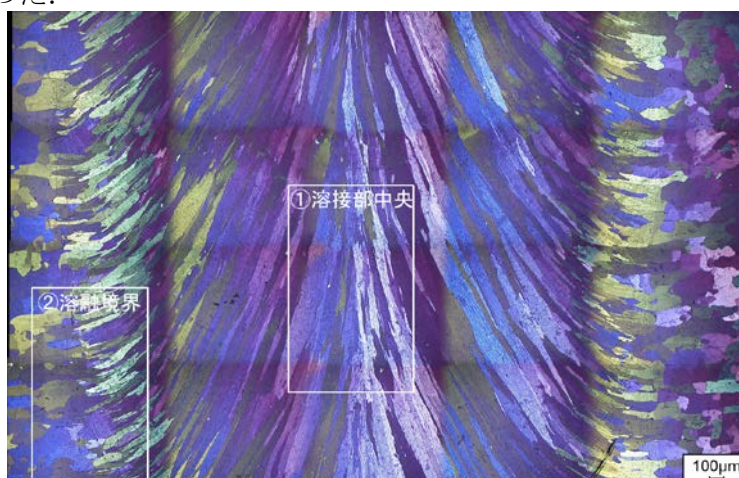


Fig. 5.3.1 Anodizing of 0.5%Si-① ($127\mu\text{m}$).

5.4 実験結果および考察

Fig. 5.4.1 に溶融境界，溶接部中央の粒径を計測した結果をもとに，EBSD と陽極酸化法のずれを示す．まず溶融境界について，0.5，1.0%Si とともに EBSD，陽極酸化法のどちらを用いても値に変化がないことがわかった．しかし，溶接部中央においては値のずれが大きくなり，特に 1%Si 材については，50%近く差異が生じる結果となった．また，ここでは結果を示していないが，2%Si については EBSD 画像を陽極酸化画像から見つけることが困難なほど不明確であった．これより，溶接部中央の粒径は EBSD を用いて評価をおこなった．

Fig. 5.4.2 に EBSD を用いて溶接部中央の粒径を比較した結果を示す．これより，すべての供試材でおおよそ同じ値 (Av. 31 μ m) となり，母材粒径は溶接部粒径へ影響を与えないことが分かった．したがって，凝固割れ感受性が母材粒径に依存しない理由の 1 つは，割れ発生部の粒径が母材粒径の影響を受けないためであると考えている．

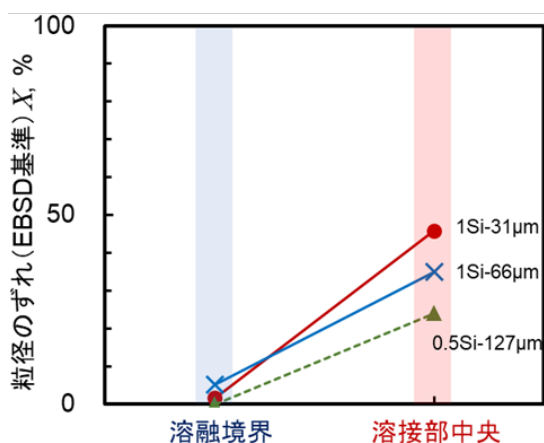


Fig. 5.4.1 Comparison between Anodizing and EBSD

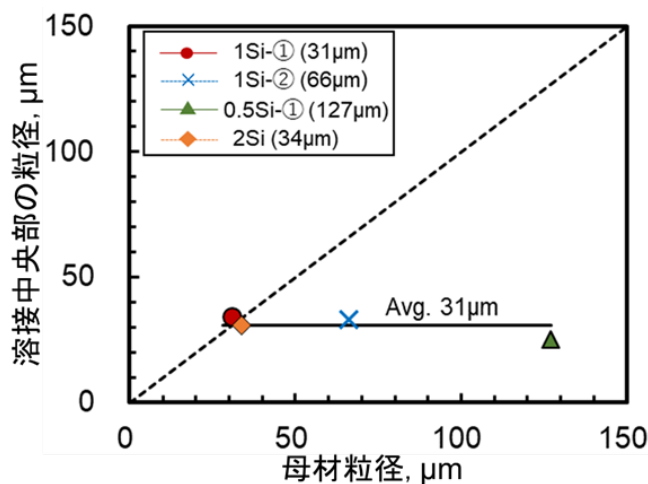


Fig. 5.4.2 Grain size of weld metal by EBSD

6 まとめ

留学を通して，社会システムや研究室運営などについて日本とカナダの様々な違いを学ぶことができました．カナダは一見すると日本同様に秩序が維持されていますが，よく観察してみると物乞いなど貧困者も多く，実力主義社会の厳しさを思い知りました．数多くの経験の中で私が一番実感したことは，コミュニケーションは言葉よりも態度・姿勢で伝えられる（伝わってしまう）ことです．たとえ英語が通じなくて相手にされなくても，必死にコミュニケーションを取ろうとする姿勢こそが異文化理解の第一歩である，と思えたことは，将来海外で仕事をする際に役に立つ経験であると思います．

7 謝辞

本共同研究を遂行するにあたり，現地での研究のみならず学内設備や宿泊施設についても便宜を図っていただきましたケベック高等工科大学 Philippe Bocher 教授，研究助手 Yasser Zedan 氏，Ph.D. Samaneh Mansouri 氏に厚く御礼申し上げます．

このような大変貴重な機会を与えて下さるとともに，本共同研究への御助言を頂いた広島大学工学研究科 篠崎賢二教授，山本元道准教授に深く感謝申し上げます．

派遣前の手続きから派遣後の研修まで，本プログラム全体を通して多大なご協力を頂きました実行委員会の諸先生方をはじめとする学生支援グループ国際事業担当の皆様にご心より感謝を表すると共に，本プログラムの益々のご発展をお祈り申し上げます．