

アルミ製微生物捕集機器の製作 ～アルミ溶接の報告～

中鉢 健太¹、新堀 邦夫¹、堤 正純²

1. 技術部装置開発室
2. 微生物生態学

はじめに

水中の微生物を捕集するために、これまでは注射器を用いて手動で水試料をフィルターに通していた。しかし、この方法では時間がかかってしまい、目詰まりが起きたときには非常に大きな力が必要となってしまう。そこで、試料を処理する時間や労力を節約するため、簡単に捕集ができる装置を開発した。フィールドでの調査のため、素材を軽くて持ち運びやすいアルミで製作した。

本装置は、装置内に入っている水試料を入れた袋を空気入れで圧縮し、細い管を通った水試料をフィルター上に捕集をする構造となっている（図1、全高は400mm）。

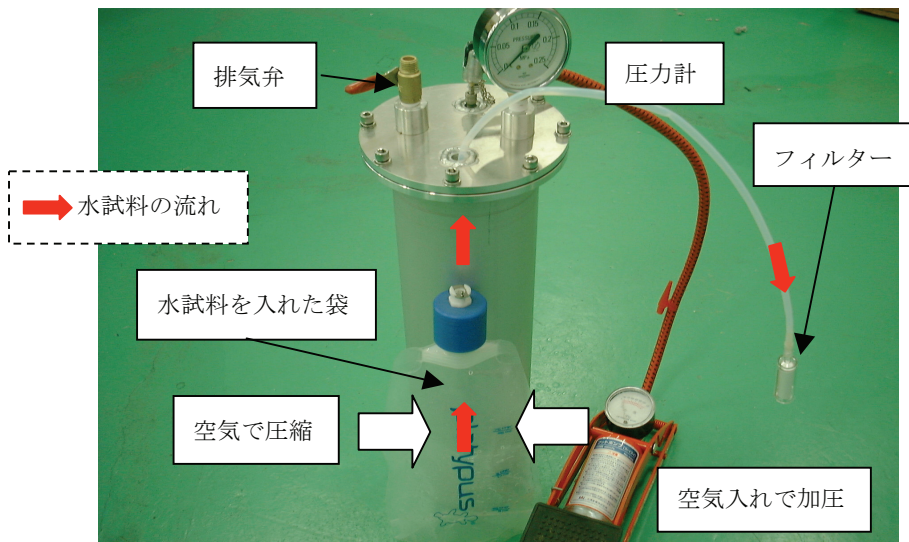


図1 本装置の外観

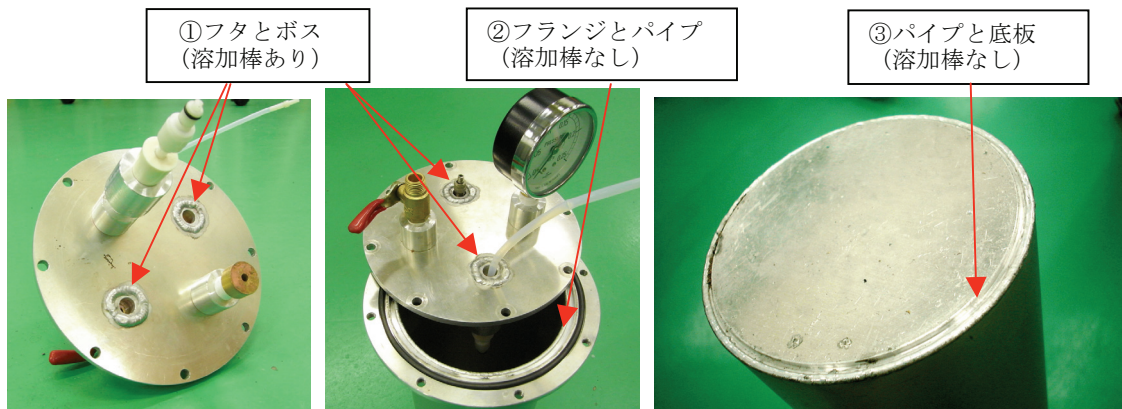


図2 溶接した箇所

容器製作（アルミの溶接）

本装置は圧力容器のため密閉性が求められる。フタとフランジ¹ はボルト（M6 サイズ）8 個で取り付け、さらに密閉性を高めるためにゴム製の O リングを使用した。材質はすべてアルミであり、ボス² のフタへの取り付け、フランジとパイプ、パイプと底板の 6 箇所をそれぞれ溶接した（図 2）。使用上の利便性を考えてボスを 4 つ取り付けた。また、ボスのめねじはテーパねじにした。パイプの肉厚は 1.3 mm、フランジは外径 158 mm、内径 115 mm、厚さ 6 mm である。

一般にアルミ溶接は以下のような理由から鋼などに比べ施工が難しいとされている³。

アルミニウム（Al）は、熱伝導率が $247 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ （鋼は $81.5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）と高く、逆に融点が 660°C （鋼 1540°C ）と低いため、鋼などと同様な溶接をすると、うまく溶け込まなかったり、母材が溶け落ちたりする。

溶融しているときに水素などのガスを吸収しやすい。それが気孔の生じる原因となり、溶接部の強度を低下させる。

アルミの溶接をするとき、アルミの表面を覆っている酸化皮膜を除去しなければ良好な溶接ができない。そのための方法として、母材側を陰極性とし、皮膜を除去するクリーニング作用が知られている。この作用の場合、陽極性となった電極は溶解してしまう。これを回避するには極性が陰と陽で交互に現れる交流溶接が一般的で、これを採用した。さらに、スパッタ⁴ の発生しない交流 TIG 溶接⁵ を採用した。

また溶接時の溶け落ちを抑えるため、パルス機能を利用した（図 3）。これは、高電流（パルス電流）で母材を溶かし、低電流（ベース電流）で溶融池⁶ を冷やすことを周期的に繰り返す機能である。

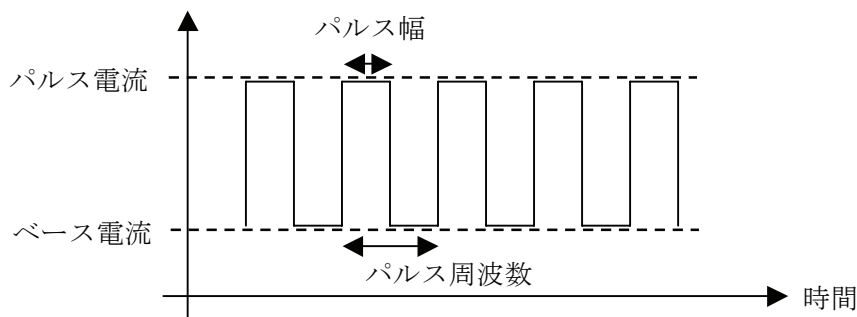


図 3 溶接波形図

- 1 ボルトを留めるため、円筒形あるいは部材からはみ出すように出っ張った部分のこと。
- 2 穴の周りの補強や他の部品とのはめ合わせなど、部分的に高くしたいときに設ける突起部分のこと。
- 3 溶接学会編、「溶接・接合技術入門」、産報出版、平成 14 年 4 月
- 4 溶接中に飛散する微粒子のこと。溶接品質に悪影響を与える。
- 5 タングステン電極を使って母材との間にアークを発生させて溶接部の金属を溶かす方法。
- 6 溶接の熱によって母材が溶融してできた溶融金属のたまりのこと。

溶接は以下 (1) ~ (4) に注意し、作業を進めた。

(1) 電流値・周波数の調整

電流が大きすぎると母材が過度に溶け、小さすぎると熔融池が形成されない。さらに電流のパルス周波数、パルス幅も適切な値にしなければならない。今回フランジとパイプの溶接 (図 2 ②) 箇所では、パルス電流 50 A、ベース電流 40 A、パルス周波数 2 Hz、そのパルスの周期に対するパルス幅 60 %が適当な値であった。

(2) 電極棒

TIG 溶接の電極にはタングステンが用いられるが、今回は $\phi = 2.4 \text{ mm}$ のもの (2 % トリウム入り) を使用した。電極棒は消耗が早かったので、電極棒研磨機でこまめに研磨した。

(3) 溶接するときの姿勢

フランジとパイプの溶接には、パイプの外枠に沿って、円を描くように溶接していく。はじめはこれらを固定したまま作業を行ったが、ビード⁷ が規則的にできなかつた。そこで、ポジショナ⁸ を使用し、自動でフランジとパイプを回すようにした。これにより、溶接トーチを固定した作業が可能になり、一定のビードを作る事ができた。適切な熔融池を作るため、約 6 mm/s で溶接箇所が動くようにポジショナを約 1 rpm に設定した。さらに作業を安定させるため、肘を固定する台を用いた (図 4)。

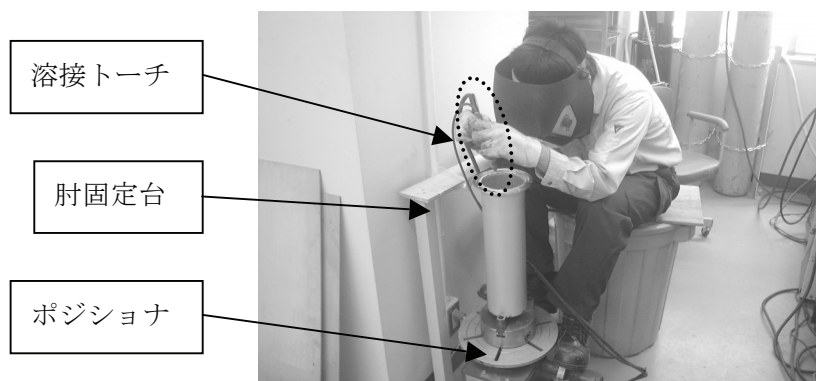


図 4 溶接する筆者

(4) 溶加棒

フタとボスの溶接 (図 2 ①) では、 $\phi = 2 \text{ mm}$ の溶加棒⁹ を用いた。フランジとパイプ (図 2 ②)、パイプと底板 (図 2 ③) では溶加棒を使用せず、溶接部の脇に 1×1 mm 程度の溝を設けた。これにより熔融池を効果的に作り出すことができ、溶加棒がなくても十分な強度の溶接が可能になった。

⁷ 溶接中に熔融凝固した金属のこと。

⁸ 溶接部を溶接しやすい位置・姿勢に置くための作業台のこと。今回は変速可能な回転台を使用した。

⁹ 熔融池に付加される金属材料のことで、強度を増す場合に有効。

リークチェック（空気漏れ検査）

溶接が完了した後、密閉性のチェックを行った。まず、容器内を加圧する方式でリークチェックを行った。本装置を加圧（0.2 MPa）した後、ガス漏れ検知用スプレーを吹きかけた。その結果、パイプとフランジの溶接部分（図 2 ②）で気泡が出て、リークの確認ができた。しかしながら、正確な箇所は特定できなかった。

そこで、真空容器で用いられる染色浸透探傷試験を行った。容器を真空にし、赤色のスプレー（染色浸透探傷剤）を外側から吹きかけた。その結果、空気漏れの箇所が赤色に染まり、正確な欠陥箇所がわかった（図 5）。そこで、「リークチェック → 欠陥部の除去 → 脱脂¹⁰ → 溶接 → リークチェック」と何度も繰り返したが、補修できなかった。その後、使用しているパイプに施されているアルマイト¹¹ が溶接に悪影響を及ぼしているのではないかと指摘を受け、パイプの外側を旋盤で 0.2 mm 程度削った面を溶接面にする、欠陥のない溶接となり、補修できた。

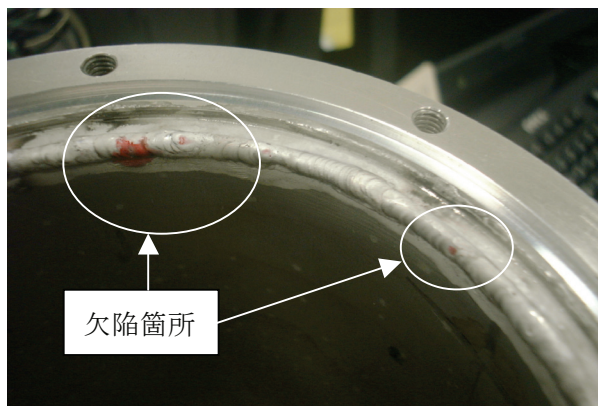


図 5 染色浸透探傷試験によるリーク

自然に作られたアルミニウムの皮膜は、交流 TIG 溶接のクリーニング作用で除去できる。しかし人工的に作られた皮膜であるアルマイトに関しては、クリーニング作用では除去できなかったものと考えられる。

おわりに

終ってみると「そんなことだったのか・・・」と小さなことに思えるが、溶接中はなかなか失敗の原因がわからず大変苦労した。今後は、溶接時の適正諸条件をすばやく見つけ出し、アルミ材料の分類などにも注意しつつ作業を進めていきたい。また、周囲の人の意見を積極的に聞き、問題に当たったときには早急な解決に臨みたい。

アルミは軽金属で耐食性も良いため、フィールド調査に適した材料である。今後もこのアルミの溶接技術を活かした製作を行っていきたいと考えている。この技術を所内の皆様に活用していただきたい。

本装置の製作にあたり、ご指導・ご協力いただいた、技術部装置開発室の中坪技術専門職員、藤田技術職員に心より感謝いたします。

¹⁰ 水分、油脂、さび、ごみなどは、溶接に悪影響を及ぼすため、シンナーやアセトンなどで清掃する。

¹¹ アルミニウムを電解処理して、酸化皮膜を生成させる処理のこと。アルミニウムの耐食性・耐摩耗性の向上、及び装飾のため行われる。