

## 第4章 課題の設定

## 第4章 課題の設定

### 1. 第1課題：水平固定管に応用可能な板の炭酸ガス半自動立て向き溶接

#### (1) 課題の設定

前述のとおり、水平に固定された管の溶接は、溶接作業の中で熟練した技能を必要とする作業の1つである。この作業では、上向き姿勢溶接からスタートし、立向き、下向きと徐々に姿勢を変えながら溶接が行われる。このうち立て向き姿勢溶接では、常にトーチの角度を一定に保持するため、身体を移動させなければならないが、局面局面では、板の立て向き姿勢溶接とほぼ同じ内容の作業をしているため、板の立て向き姿勢溶接を習得すれば、管の立て向き姿勢部分の作業へ十分応用可能である。

#### (2) 立て向き姿勢溶接の特徴

どの姿勢の溶接でも、溶接部分をしっかりと見る、母材ノズル間距離を安定させる、トーチ角度を保持する、等が基本となる。しかし、立て向き姿勢溶接では、溶融金属が重力の影響で下に（溶接方向とは逆の方向に）垂れやすくなり、アンダーカットやオーバーラップなどの溶接欠陥の原因になりやすいため、次の2点を意識して作業することが必要である。

##### 電流値を低めに設定する

立て向き姿勢溶接では、重力の影響で溶融金属が下に垂れやすくなるため、電流値を高く設定しすぎると、溶融金属が大きく膨らみ、下に垂れ落ちることで、溶接欠陥が生じやすくなる。そこで、電流値を低めに設定することが必要である<sup>1</sup>。

##### スムーズな運棒

立て向き姿勢溶接では、運棒の渋滞が生じると、重力の影響から溶融金属が下へ垂れてしまうリスクがある。このため、運棒をスムーズに操作し、溶融金属が下に膨らむことを防ぐ必要がある<sup>2</sup>。

<sup>1</sup> 日本溶接協会編『溶接実務入門 - 手溶接からロボットまで』（産報出版、平成14年）参照。

<sup>2</sup> 日本溶接協会編『溶接実務入門 - 手溶接からロボットまで』（産報出版、平成14年）参照。

### (3) 板厚の相違の影響

板厚が厚くなった場合、以下のように運棒方法を変更することが必要である。

#### 止端部を溶かす運棒

板厚が厚くなると、止端部が溶けにくくなるため、薄い板と同じように作業をしていると、溶接不良を引き起こす懸念がある。そこで、止端部をよく溶かすよう、止端部での運棒をゆっくりと行うことが必要となる（図4 - 1）。

#### 振り幅を広くした運棒

板厚が厚くなると、開先幅が広がるため、各層における振り幅を広くすることなどが必要となる（図4 - 2）。

#### 多パス溶接の採用

板厚が厚くなると、板厚によっては1パス溶接で行うと、十分な溶け込みが得られなくなることがあるため、必要に応じて多パス溶接を採用し、1パス当たりの振り幅を狭くすることが必要となる（図4 - 3）。

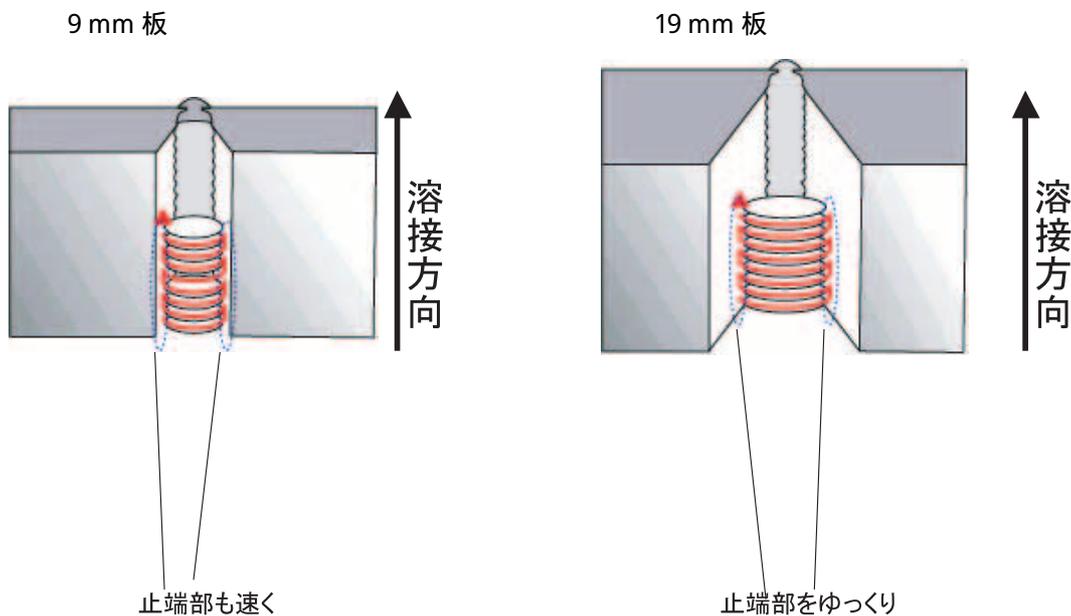


図4 - 1 立て向き姿勢溶接で板厚が厚くなったときの止端部をよく溶かす運棒

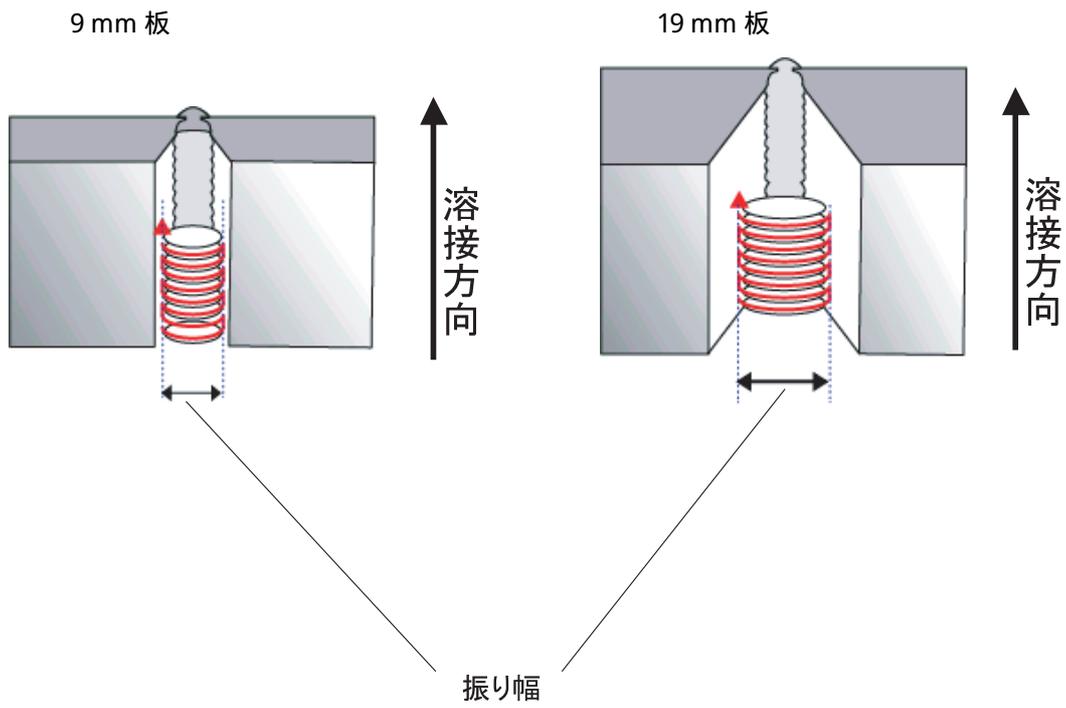


図4 - 2 立て向き姿勢溶接で板厚が厚くなったときの振り幅が広い運棒

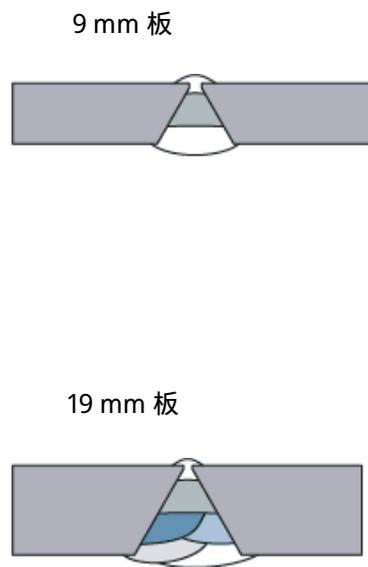


図4 - 3 立て向き姿勢溶接で板厚が厚くなったときの多パス溶接の採用

#### (4) 溶接層数の相違の影響

溶接を仕上げる層数を変えることで、運棒方法を変更する必要がある。9 mm 板溶接は通常 3 層仕上げで溶接されるが、これを 2 層仕上げに変更すると、以下のような運棒の相違が生じる。

まず 3 層仕上げ溶接では、2 層目溶接は、前層ビードと両止端部を溶かし、平らに仕上げることを重視した中間層としての運棒操作を、3 層目溶接は、ビード外観を整えることを重視した最終層としての運棒操作を、それぞれ行えば十分である。

これに対し、2 層仕上げ溶接では、2 層目溶接で、前層ビードと両止端部を溶かし、平らに仕上げることと、ビード外観を整えることの双方を重視しなければならず、中間層の運棒操作と最終層の運棒操作を組み合わせることが必要となる（表 4 - 4）。

表 4 - 4 3 層仕上げと 2 層仕上げの違い

	層	運棒上のポイント
3 層仕上げ	1 層目	裏波を出すことに重点をおいた運棒
	1 層目	前層ビードと両止端部を溶かし、平らに仕上げることに重点をおいた運棒
	3 層目	ビード外観を整えることに重点をおいた運棒
2 層仕上げ	1 層目	裏波を出すことに重点をおいた運棒
	2 層目	前層ビードと両止端部を溶かし、平らに仕上げること、及びビード外観を整えることに重点をおいた運棒

(注) 9 mm 板立て向き姿勢溶接の場合

## 2. 第2課題：鉛直固定管に応用可能な板の炭酸ガス半自動横向き溶接

### (1) 課題の設定

溶接作業において、特に熟練した技能を要する作業の一つが鉛直に固定された管の溶接である。管の横向き姿勢溶接では、常にトーチの角度を一定に保持するため、身体を移動させながら溶接作業を行うという特徴がある。しかし、局面局面では、板の横向き姿勢溶接とほぼ同じ内容の作業をしているため、管の横向き姿勢溶接の技能を習得するためには、板の横向き姿勢溶接を習得しておくことが必要である。

### (2) 横向き姿勢溶接の特徴

どの姿勢の溶接でも、溶接部分をしっかりと見る、母材ノズル間距離を安定させる、トーチ角度を保持する、等が基本となる。しかし、横向き姿勢溶接では、溶融金属が重力の影響で下に（溶接方向とは垂直の方向に）垂れやすくなり、アンダーカットやオーバーラップなどの溶接欠陥の原因になりやすいため、次の3点を意識して作業することが必要である。

#### 上下非対称なビードを盛る

横向き姿勢溶接では、重力の影響で溶融金属が下に垂れやすくなるため、板と平行に上下対象にビードを盛ると、溶融金属が下に膨らみ、上の方で溶接欠陥が生じやすくなる。そこで、下の開先を上の開先よりも多く残すイメージで、上下非対称にビードを盛ることが必要である（図4-5）。

#### 非対称な上下の運棒速度

横向き姿勢溶接では、重力の影響から、上から下へ運棒するとき、スピードが遅いと、溶融金属が下へ垂れてしまうリスクがある。反対に下から上へ運棒するとき、垂れてくる溶融金属を押し上げる動きが必要となる。このように上から下への運棒と下から上への運棒では、運棒速度が非対称となっている（図4-6）。

#### 多パス溶接

横向き姿勢溶接では、振り幅の広い運棒を行うと、ウィーピングの間に溶融金属が固まり、下へ垂れ落ちることが懸念される。このため、2層目以降の溶接では多パス溶接とし、できるだけ振り幅を狭くし、溶融金属の垂れ落ちを回避する必要がある（図4-7）。なお、パス数であるが、作業者により個人差はあるものの、9mm板溶接では3層5パスで行われることが多く、1層目を1パス、2層目を2パス、3層目を2パスで溶接する。

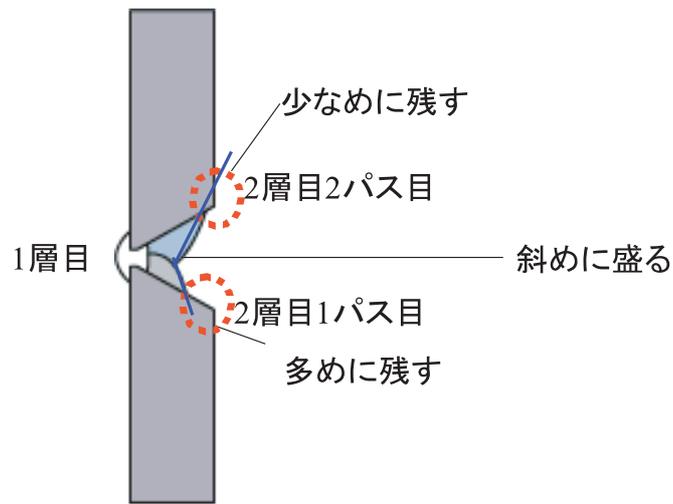


図4 - 5 横向き姿勢溶接における中間層ビードの盛り方

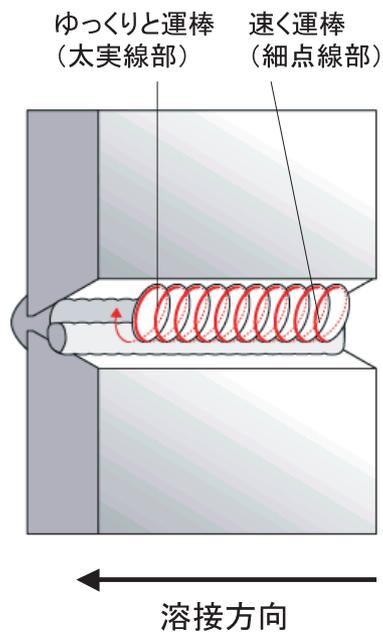
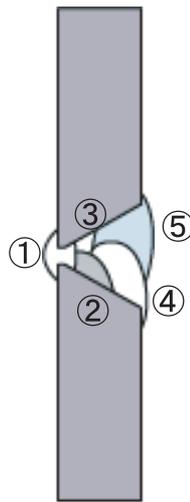


図4 - 6 横向き姿勢溶接における運棒速度



(注)9mm板の場合

図4 - 7 横向き姿勢溶接における標準的な層数パス数

### (3) 板厚の相違の影響

板厚が厚くなった場合、以下のような運棒方法の変更が必要となる。

#### 止端部をよく溶かす運棒

板厚が厚くなると、止端部が溶けにくくなるため、薄い板と同じように作業をしていると、溶接不良を引き起こす懸念がある。そこで、止端部をよく溶かすよう、止端部での運棒速度を遅くすることなどが必要となる(図4 - 8)。

#### 振り幅を広くした運棒

板厚が厚くなると、開先幅が広くなるため、各層における振り幅を広くすることなどが必要となる(図4 - 9)。

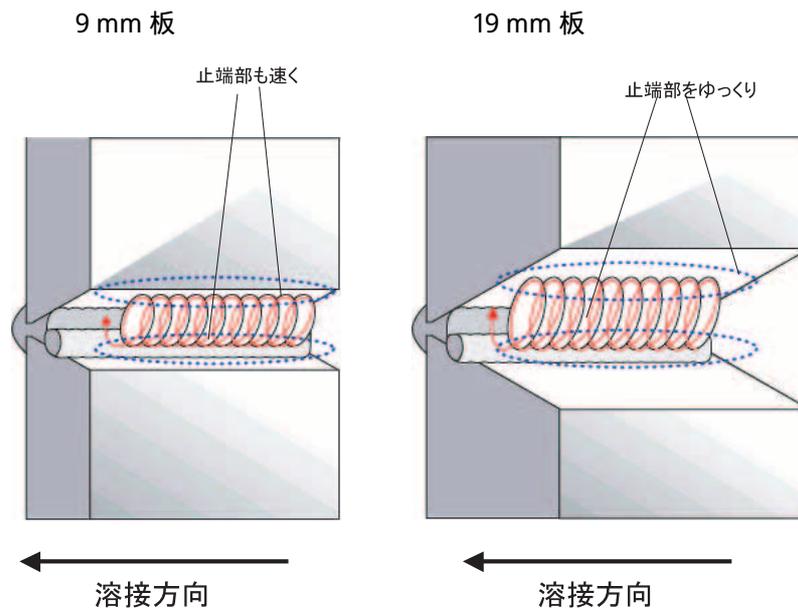


図 4 - 8 横向き姿勢溶接で板厚が厚くなったときの止端部をよく溶かす運棒

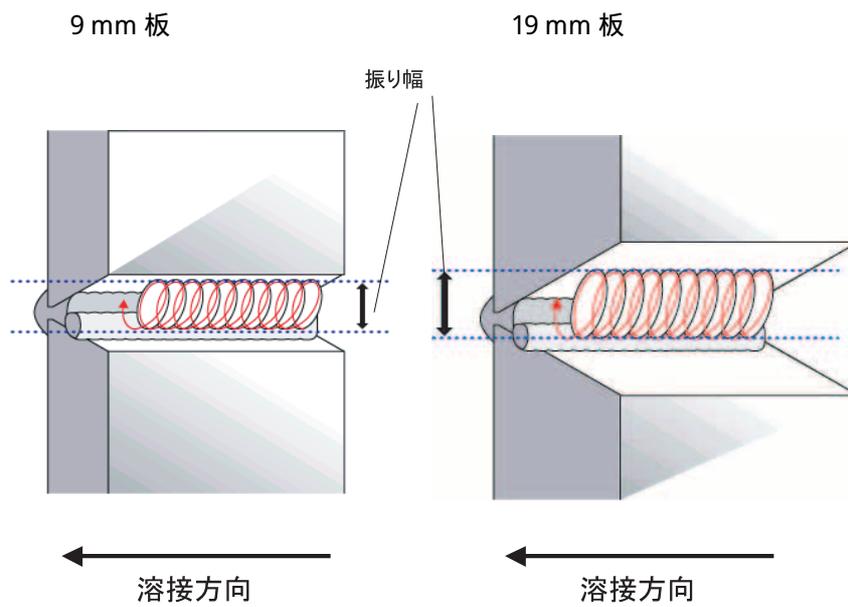
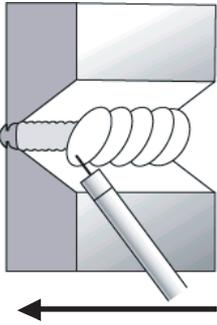
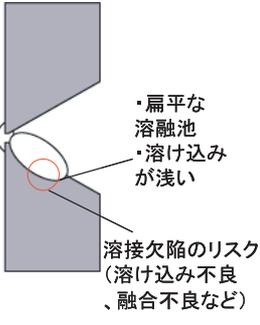
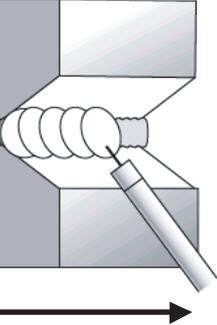
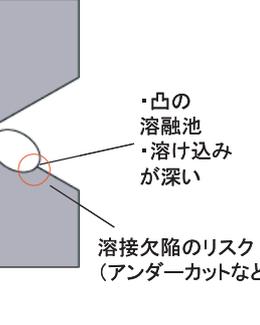


図 4 - 9 横向き姿勢溶接で板厚が厚くなったときの振り幅が広い運棒

## (4) トーチの傾け方の相違の影響

トーチの傾け方の相違により、運棒方法に差違が生じる<sup>3</sup>。まず前進法溶接では、ビードの幅が広く、溶け込みが浅くなりやすい、扁平なビード形状が得やすいという特徴をもつため、ゆっくりと運棒したり、振り幅を広くしたりする必要が生じる。一方、後退法溶接ではビードの幅が狭くなり、溶け込みがやや深くなる、ビードが凸になりやすいという特徴をもつため、速く運棒を行い、振り幅も狭くすることが必要となる（表4 - 10）

表4 - 10 前進法溶接と後退法溶接の違い

	トーチの傾け方と進行方向	ビードの断面形状	運棒上の対応方法
前進法 溶接			溶け込み不良がないよう、ゆっくりと運棒する。 適切なビードの幅が得られるように、振り幅を広めにする。
後退法 溶接			溶融池が凸になり、融合不良がないように、速く運棒する。 適切なビード幅が得られるように、振り幅を狭くする。

(注) 日本溶接学会編「溶接実務入門」(産報出版、平成14年)に基づき作成。

<sup>3</sup> 日本溶接協会編『溶接実務入門 - 手溶接からロボットまで』(産報出版、平成14年)参照。

### 3. マクロ試験について<sup>4</sup>

本調査では、溶接の溶け込み状況を調査するため、代表的な試験片に対してマクロ調査を実施する。マクロ試験とは、破壊試験の金相試験の1つで、溶接部の切断面をグラインダ、サンドペーパー等で研磨した上、腐食液で腐食し、溶け込みの状態、内部欠陥特に割れの有無、熱影響の範囲などを調査する方法である（表4 - 11）。

表4 - 11 溶接継手部の試験方法の分類

大分類	中分類	小分類
破壊試験	機械試験	引張試験
		曲げ試験
		硬さ試験
		疲れ試験
		クリープ試験
	化学試験	化学分析試験
		腐食試験
		水素量試験
	金相試験	マクロ（組織）試験
		顕微鏡組織試験
	破壊じん性試験	衝撃試験
		COD 試験
		K 値試験
		大型試験
	溶接性試験	硬化性試験
		割れ感受性試験
継手性能試験		
その他		
非破壊試験	目視試験	VT
	放射線透過試験	RT
	超音波探傷試験	UT
	磁粉探傷試験	MT
	浸透探傷試験	PT
	渦流探傷試験	ET
	漏れ試験	LT
	耐圧試験	PRT
	ひずみ測定試験	ST
	アコースティックエミッション試験	AET

（出所）成田園郎・富士岳『溶接部の試験・検査入門』（産報出版、平成3年）

<sup>4</sup> 詳細については、成田園郎・富士岳『溶接部の試験・検査入門』（産報出版、平成3年）参照。

## 4. 溶接技能解析システムについて

本調査では、高度熟練技能者の溶接作業についてデジタル分析を行うため、職業能力開発総合大学校産業機械工学科の安田克彦教授と日向輝彦教授が開発した「溶接技能解析システム」を活用する<sup>5</sup>。

この溶接技能解析システムは、技能者が溶接過程で行っているトーチ操作やこれによる溶接状態の変化などの情報をリアルタイムに採取できる装置である。位置情報の変化は、このシステムに取り付けられたコンピューターにダウンロードされるため、このデータを用いてトーチ移動軌跡を2次元ないし3次元のグラフとして表現することが可能である。実際の溶接結果とトーチ移動軌跡図を併せて観察することで、どの位置でどのようなトーチ操作が行われたかなどの状況が明らかになる。

このシステムの活用のメリットとしては、初心者、熟練者を問わず、作業者自身が行った溶接結果と、同システムで収集したトーチ移動軌跡やトーチ姿勢などの技能データを画像として客観的に把握できることにより、作業上の欠点などが明確に判断でき、その改善のための示唆が得られること、収集・保存した高度熟練技能者の技能データの自由な参照が可能となることから、技能習得上の見本としての活用や自らの技能データと比較することで各自の技能レベルの客観的な判断ができること、などが挙げられ、溶接技能の教育・訓練に資することができる。

また、減少しつつある高度熟練技能者の技能を保存することにより、将来への技能の伝承が可能となること、溶接ロボットを用いた自動化を進める場合、ロボットに対する従来型のティーチング作業が不要となること、などから、産業界にとってもメリットの大きいシステムである。

---

<sup>5</sup> 日向輝彦・安田克彦「溶接技能解析システムの開発」『職業能力開発研究』第18巻（2000年）