

## 第4章 課題の設定

## 第4章 課題の設定

### 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水平に固定された管の溶接である。この作業では、上向き姿勢での溶接から始まり立向き、下向きの順に連続して溶接姿勢を変化させながら溶接が行われる。この場合の下向き姿勢溶接は、立向き姿勢の溶接から移行させられてくることから、トーチ操作が基本的な後退法ではなく前進法で行われること、溶接電流が上向き姿勢や立向き姿勢での低電流で行わなければならないことなどから、同じ下向き姿勢溶接であっても難度の高い溶接になる。

通常、下向き姿勢溶接は、溶接の基本作業として取り扱われるため、比較的技能を必要としない作業に位置づけられる。しかし、水平固定管の下向き姿勢溶接は、上述のようなことからきわめて広い経験とこれに裏付けされた高度熟練技能が必要となる。

すなわち、溶接する材料の板厚や溶接条件、溶接操作の制限などの組み合わせを考慮した下向き姿勢溶接作業の技能解析は、高度熟練技能のデータを利用する技能の伝承にきわめて意義のあるものとなる。

### 2. 板の溶接の特徴

通常の板の溶接における特徴を挙げると、下記の3点となる（図4-1）。

#### (1) 板厚12mmの板を取扱うケースがほとんどない

溶接で扱う板として、板厚9mmの板もしくは同19mmの板を用いることが多く、板厚12mmの板のように、丸鋼管溶接で用いる同11mmに近い板厚の板を扱うケースは少ない。

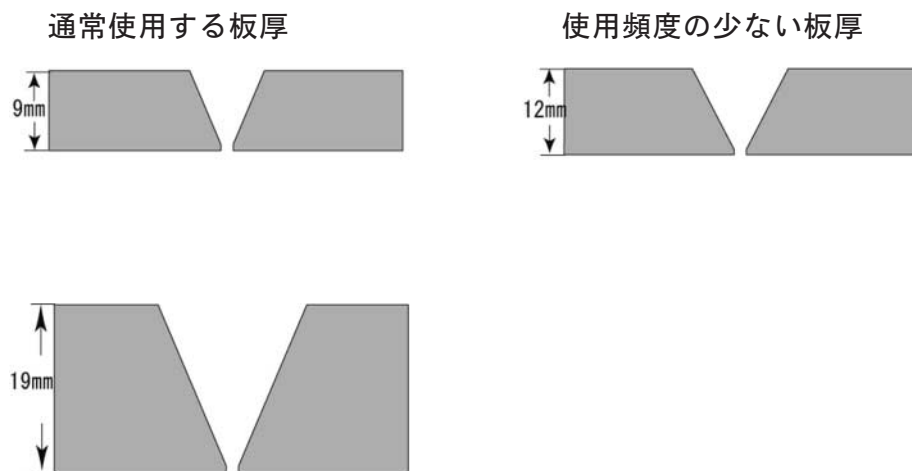
#### (2) 2層目以降は高電流値で溶接

板の溶接における電流値は、初層溶接では裏波を出すことが中心になるので、120A程度の低電流値で行うことが多いが、2層目以降は、前層ビードの両止端部を溶かしたり、平らな溶接にしたりするなど、溶接作業を綿密に行わなければならないため、180A程度の高電流値に設定し、金属が十分に溶けるようにすることが多い。

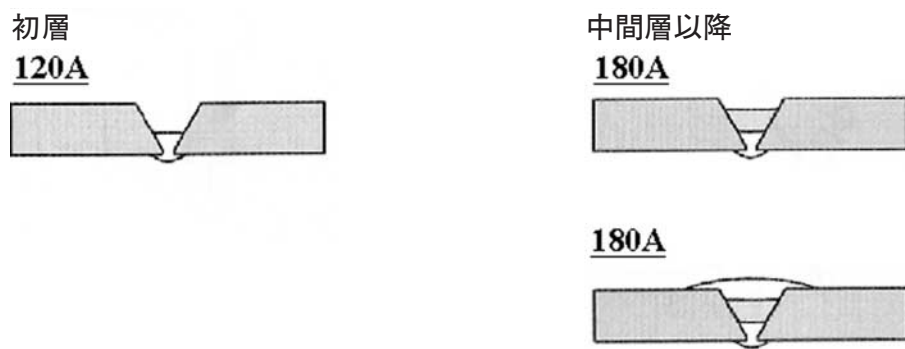
#### (3) 2層目以降は後退法

半自動溶接では、トーチの傾け方として、前進法と後退法がある。前進法とは、溶接方向と溶着方向とが同一になるように溶着する溶接方法で、後退法とは、溶接方向と溶着方向とが反対になるように溶着する方法である。通常の板の溶接では、初層は前進法で溶接を行うが、2層目以降は後退法で溶接を行う。

① 取扱う板厚



② 2層目以降の電流値



③ 2層目以降のトーチ進行方向

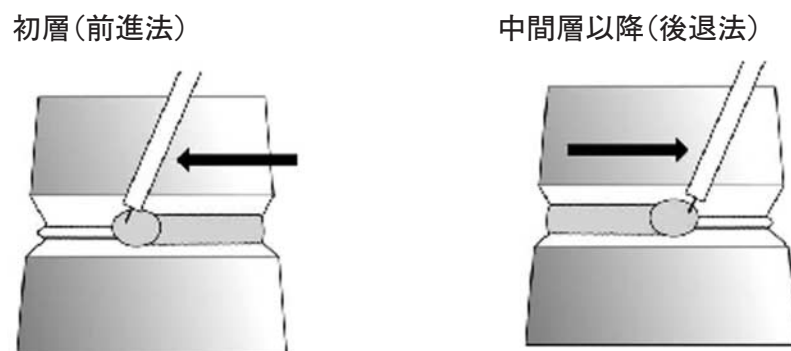


図4-1 板の溶接の特徴

### 3. 丸鋼管溶接の特徴

丸鋼管（円周）溶接の特徴は、下記の3点である（図4-2）。

#### (1) 板厚11mmの丸鋼管を扱うことが多い

丸鋼管溶接で用いられる丸鋼管の板厚は、11mmであることが多く、板の溶接では扱われることが少ない板厚である。

#### (2) 全層の溶接を一定の電流値で行う

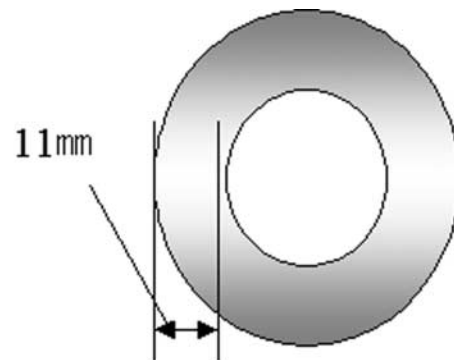
丸鋼管溶接では、板の溶接と異なり、層ごとに電流値を変更することはなく、全て一定の電流値で行うことが多い。通常は板の初層溶接と同じ、120Aで設定する。これは、丸鋼管の場合、全姿勢で溶接を行うが、管の中が空洞になっているため、下向き姿勢溶接のとき、電流値が高すぎると、重力の影響で、溶融金属が中にたれてしまうリスクがあるからである。

#### (3) 全層の溶接を前進法

丸鋼管溶接では、全ての層の溶接において、真下から真上に向かって、時計回りと反時計回りで作業を行うため、トーチの傾け方は、溶接方向と溶着方向が同一の前進法である。

丸鋼管溶接は、板の溶接の上向き姿勢、立向き姿勢、下向き姿勢溶接を組み合わせた応用であるが、上記のように通常の板の溶接とは溶接条件が異なるため、通常の板の溶接を習得したからといって、すぐ丸鋼管溶接ができるようになるとは限らない。このため、特殊な溶接条件でも板の溶接を適切に行えるだけの技能を身に付けることが重要である。

①取扱う板厚



② 2層目以降の電流値

120A

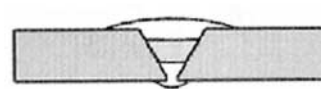


中間層以降

120A

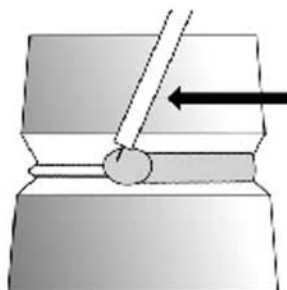


120A



③ 2層目以降のトーチ進行方向

初層(前進法)



中間層以降(前進法)

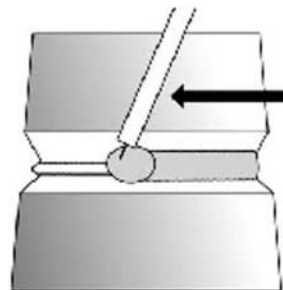


図4-2 丸鋼管溶接の特徴

#### 4. 板厚の相違による溶接法の違い

各溶接条件が異なることで、板の溶接作業にどのような違いが生じるのかを整理する。  
まず、板厚の厚くなった場合、以下のような溶接方法の違いが生じる（図4-3）。

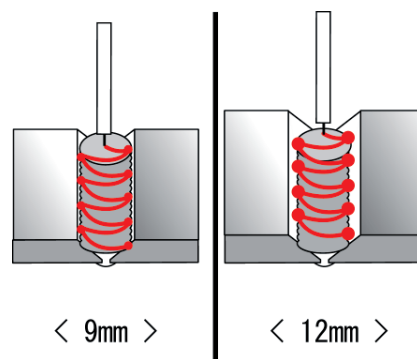
##### (1) 止端止め

板厚が厚くなると、止端部が溶けにくくなるため、薄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、運棒するとき、止端部で一旦運棒を止める操作が必要となる。

##### (2) 2パス溶接

板厚が厚くなると、開先幅が広がるため、最終層に近くなると振り分け溶接を行わなければならない。

##### ①止端止め



##### ②2パス溶接

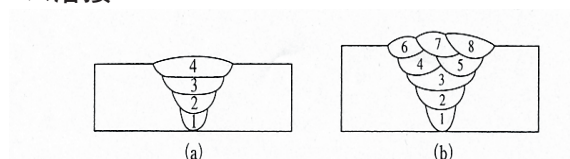


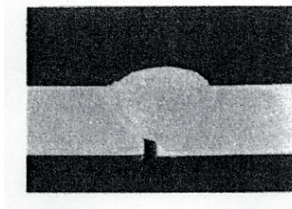
図4-3 板厚の相違による溶接法の違い

(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。

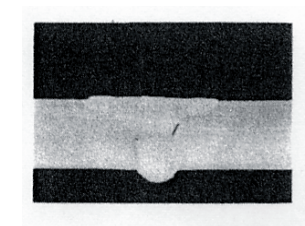
## 5. 電流値の相違による溶接法の違い

次に、電流値が低くなった場合、金属の溶け込みが弱くなるため、溶け込み不良が生じ、金属の間に隙間ができやすい。また、溶接金属と開先面やビードのパス間が融合しない融合不良も生じることがある。このため、運棒速度を適切に行うことが重要である（図4-4）<sup>1</sup>。

①溶け込み不良



②融合不良



③低温割れ

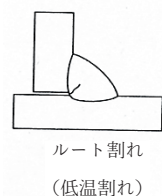
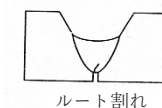


図4-4 低電流値による溶接欠陥の例

(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>1</sup> 日本溶接学会編『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。

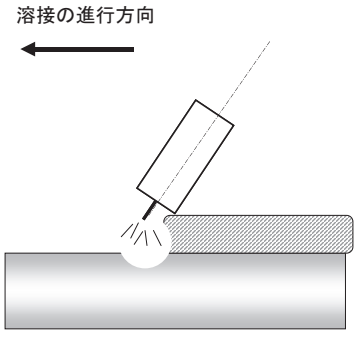

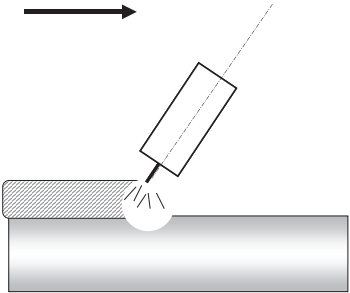

## 6. 前進法と後退法における溶接法の違い

トーチの傾け方の相違による溶接法の違いは、下記の通りである（表4-1）。

まず、前進法は、①溶接線が見やすく、操作がやりやすい、②ビードの幅が広く、溶け込みが浅い、③溶融池が先行しやすい、④水平すみ肉溶接では扁平なビード形状が得やすいという特徴をもつ。

一方、後退法は、①ビードの幅が狭くなり、溶け込みがやや深くなる、②ビードが凸になりやすいという特徴を有する<sup>2</sup>。

表4-1 前進法と後退法の比較

	トーチの傾け方と進行方向	ビードの断面形状	特 徴
前進法			①溶接線が見やすく、操作がやりやすい。 ②ビードの幅が広く、溶け込みが浅い。 ③溶融池が先行しやすい。 ④水平すみ肉溶接では扁平なビード形状が得やすい。
後退法			①ビードの幅が狭くなり、溶け込みがやや深くなる。 ②ビードが凸になりやすい。

（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>2</sup> 日本溶接学会編『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。



## 7. 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。このシステムの概要を示すと、下記の通りである<sup>3</sup>。

### (1) システムの概要

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。その仕組みは、図4-5に示すように、トーチの3次元の動きをリアルタイムに採取するためのマニピュレータとしての多関節位置計測リンク機構を中心とする技能データ収集部、トーチ操作や溶接条件などをリアルタイムに収集したデータを保存時、その処理や管理などを行うためのパーソナルコンピュータを中心とするデータ処理・管理部、収集された技能データを溶接作業として再現するための溶接ロボットを中心とする技能データ再現部の、3つの主要なサブシステムにより構成されている。

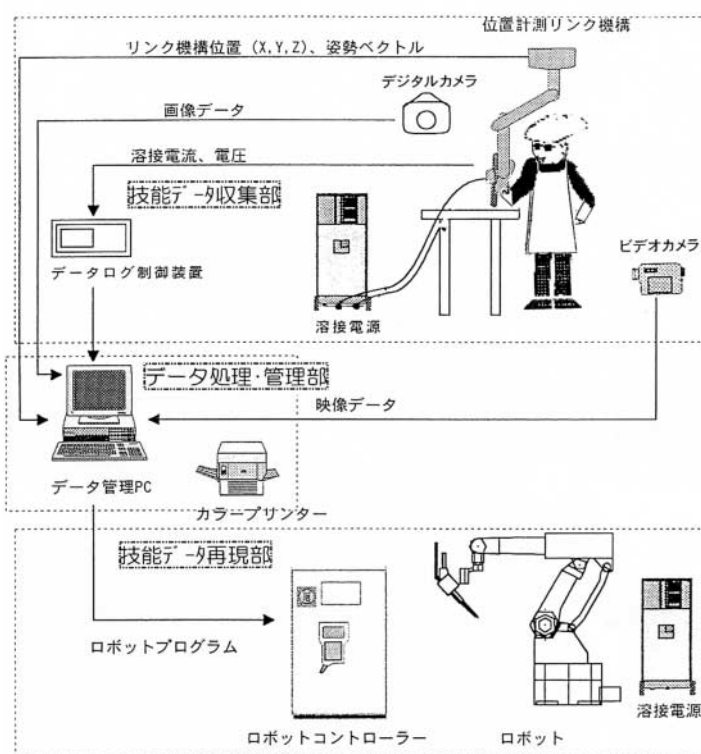


図4-5 溶接技能解析システムの概念図

(出所) 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）

<sup>3</sup> 詳細については、資料編収録の日向輝彦・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）を参照。

このうち、技能データ収集部は、各種の溶接装置のほか、トーチ操作の変化状態を3次元データとしてリアルタイムに採取する位置計測リンク機構（6軸多関節リンク機構）、溶接結果などの静止画像を採取するためのデジタルカメラ、溶接電流・電圧をリアルタイムに計測するためのデータログ制御装置、作業者の溶接姿勢などの動的画像を採取するためのデジタルビデオカメラなどにより、構成されている（図4-6）。



図4-6 溶接技能解析システムの外観

（出所）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）

(2) 分析結果の例

溶接技能解析システムの分析結果の例を示すと、図4-7である。これは、炭酸ガス半自動アーク溶接における下向き姿勢溶接に、溶接技能解析システムを適用した一例で、図中の(a)は、母材面に垂直に上方から見たx-y面、(b)は、母材面に水平に正面方向から見たy-z面を観察したトーチ軌跡図である。(c)は実際の溶接結果をデジタルカメラで採取した画像データであり、(d)は(c)の溶接結果に(a)の軌跡図を重ねて示したものである。このように、実際の溶接結果とトーチ軌跡図を合わ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。

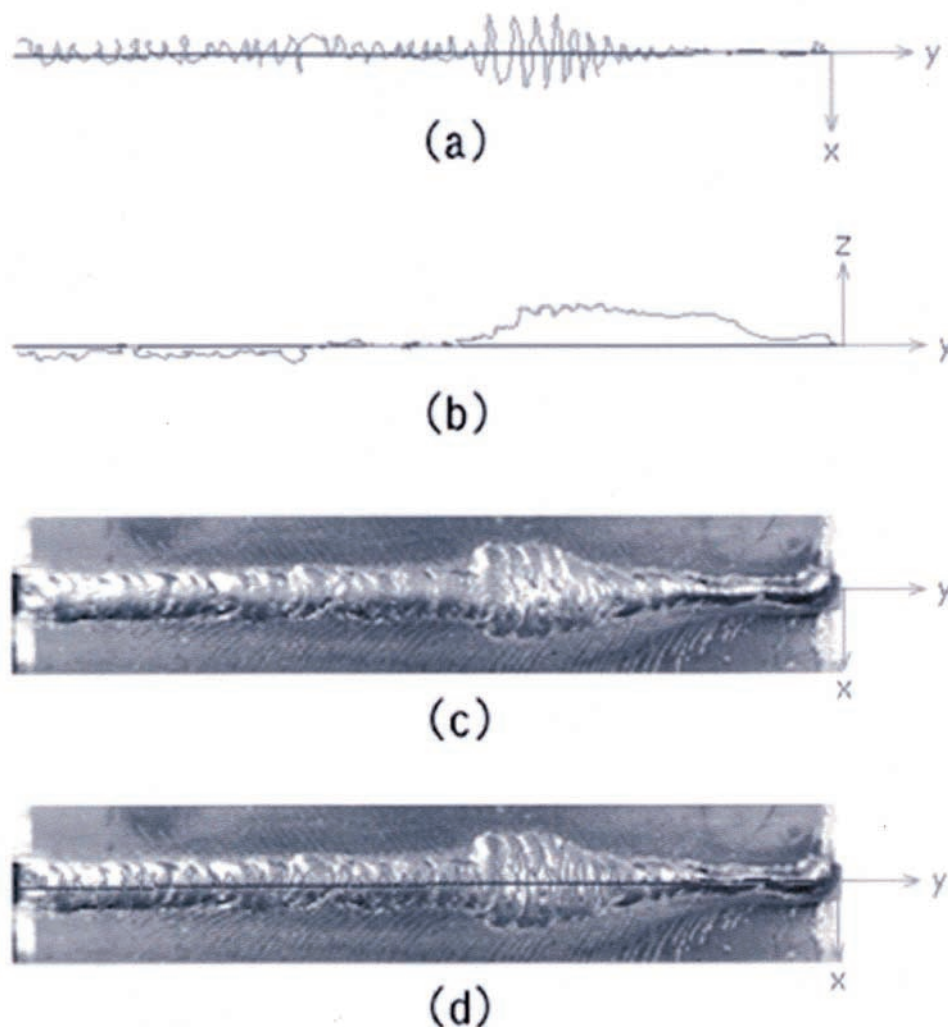


図4-7 溶接技能解析システムの分析結果例

(出所) 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)

### (3) システム活用のメリット

溶接技能解析システムの活用のメリットは、以下の通りである。

#### ① 溶接技能の教育・訓練分野におけるメリット

技能の教育・訓練の場において溶接技能解析システムを活用するメリットとしては、  
①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、  
②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、などが挙げられる。

#### ② 産業界におけるメリット

溶接に関わる産業界の現場で溶接技能解析システムを活用するメリットとしては、  
①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、②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、などが挙げられる。