CO2/MAGアーク溶接法

（カレッジテキスト）

パナソニックコネクト株式会社　溶接プロセス事業部

本書の無断複写・転写を禁じます

目次

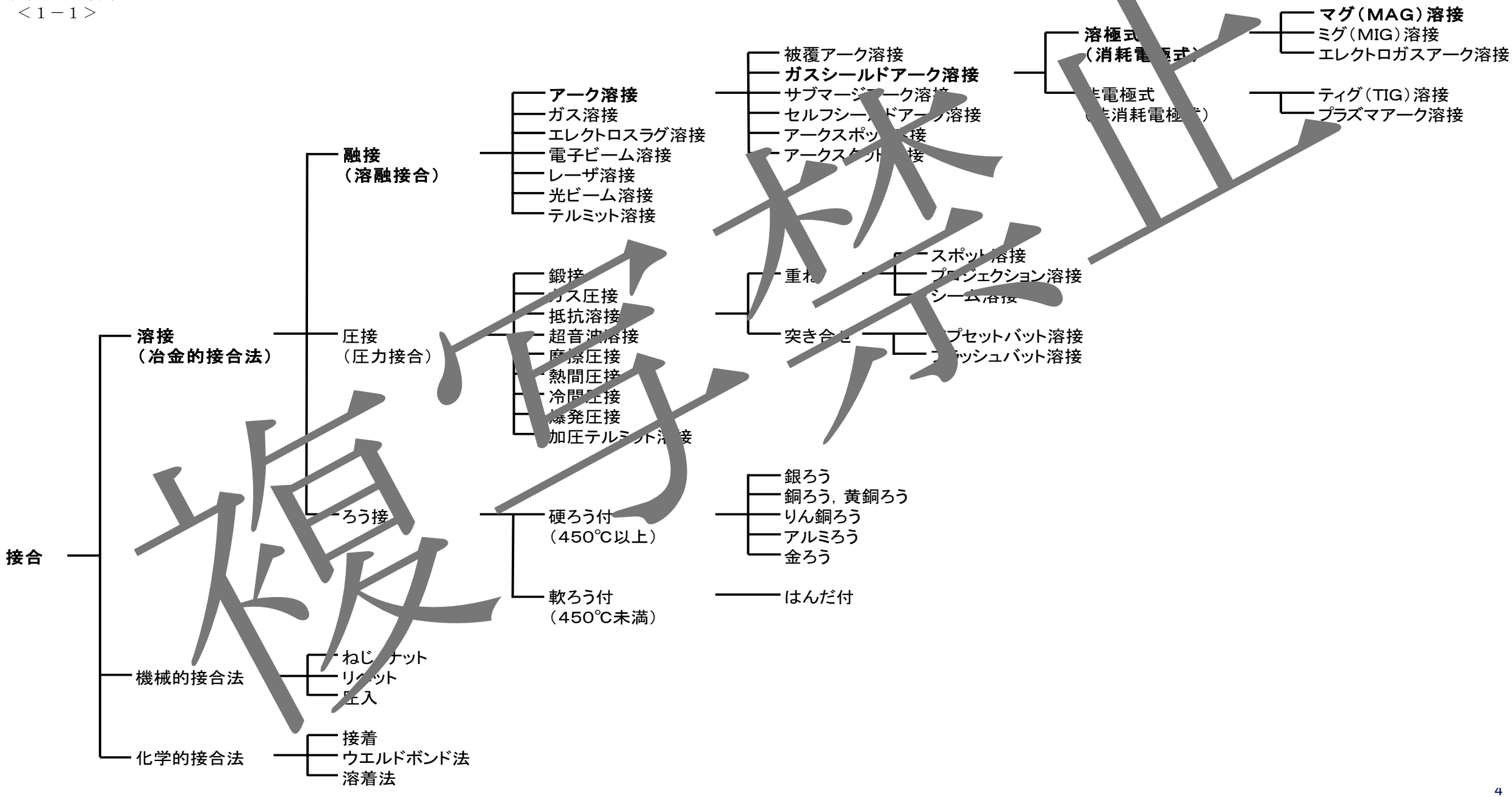
1）　金属接合法の分類
2）　主な溶接法の原理と特徴
2－1）溶極式ガスシールドアーク溶接の原理
2－2）溶極式ガスシールドアーク溶接の特徴
2－3）被覆アーク溶接（手溶接）の原理
2－4）セルフシールドアーク溶接の原理
2－5）サブマージアーク溶接の原理
2－6）アークスタッド溶接の原理
3）　アーク溶接の基礎
3－1）アーク溶接の基本事項
3－2）アーク放電
3－3）アーク溶接現象
3－4）溶滴移行方式の分類
3－5）溶滴の移行現象
　3－5－1）短絡移行
　3－5－2）グロビュール移行（球滴移行）
　3－5－3）スプレー移行
3－6）溶接ビードの形成
3－7）アーク溶接機の外部特性
3－8）ガスの種類
3－9）ワイヤの種類
　3－9－1）ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤ
　3－9－2）軟鋼および高張力鋼用溶接ワイヤ
3－10）使用率について
4）　鉄鋼材料の基礎
4－1）鉄の歴史
4－2）鉄と鋼（ハガネ）
4－3）鉄と炭素の合金
4－4）炭素鋼の分類
5）　溶接継手の型式
6）　溶接用語と溶接記号
7）　溶接検査の種類
8）　溶接欠陥と防止法
　8－1）溶接結果と影響
　8－2）溶接欠陥の種類
　8－3）溶接欠陥の発生原因
　8－4）気孔性溶接結果の対策
　8－5）弊社での対策事例（参考）

目次

9)　　保守・点検
　9－1)溶接機設置の注意事項
　9－2)溶接作業前の点検事項
　9－3)溶接作業中の注意事項
　9－4)日常および定期点検事項
　9－5)機器の日常点検
　9－6)サービスマン定期点検チェックシート(参考事例)
10)安全衛生について
　　10－1)アーク溶接機使用上、義務付けられている主な資格
　　10－2)安全について
　　10－3)安全衛生管理
　　10－4)溶接設備の安全
　　10－5)溶接光
　　10－6)溶接ヒューム
　　10－7)COおよびCO2ガス
11)溶接施工の基礎
　　11－1)溶接3大条件と品質の関係
　　　11－1－1)溶接電流
　　　11－1－2)溶接電圧
　　　11－1－3)溶接速度
　　11－2)ワイヤ突き出し長さ
　　11－3)トーチ角度(前進法／後進法)
　　　11－3－1)前進法(前進角)
　　　11－3－2)後進法(後退角)
　　11－4)狙い位置
　　11－5)ワーク傾斜角
　　　11－5－1)上進溶接
　　　11－5－2)下進溶接
　　11－6)トーチ角度(狙い角度)

1．金属溶接法の分類

金属接合法の分類
＜１－１＞

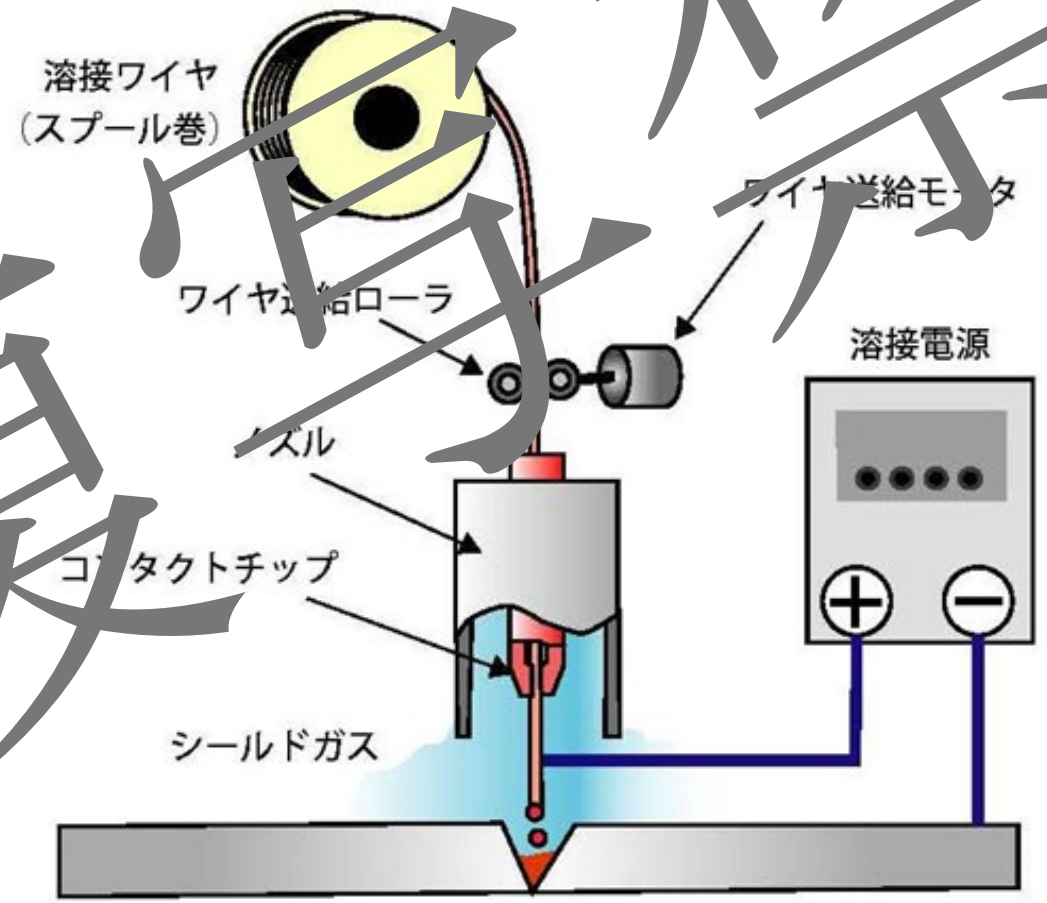


複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

1．溶極式ガスシールドアーク溶接の原理

溶極式（消耗電極式）ガスシールドアーク溶接は、細径の溶接ワイヤ（消耗電極）と母材との間にアークを発生させ、その周囲をシールドガスでシールドして母材と溶接ワイヤを溶融する溶接法で、作業者が手でトーチを操作する半自動溶接の他、ロボット溶接や自動溶接などに幅広く使用されています。



複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

２．溶極式ガスシールドアーク溶接の特徴

（１）溶融速度（ワイヤが溶けて溶接部についていく速さ、即ち溶接の能率の基本となるもの）が速い。

（２）溶接ワイヤがコイル状に巻かれているので連続的な溶接が可能。

・手溶接のようなスラグ取りが不要

・アークを切らずに連続的に溶接ができ、継目個所が少ないことの理由で「アークタイム率」（作業時間の中で実際にアークを出して溶接している時間の割合）が良い。

（３）溶け込みが深い。（手溶接棒比 1.5 ～ 2 倍）

（４）溶着効率が高い。

ＣＯ2溶接法と手溶接で比べると、その溶着効率は前者で約９２％、後者で約６０％程度となる。

（５）１種類のワイヤで適用できる板厚の範囲が広い。

（６）溶接部の品質が優れている。

（７）１種類のワイヤで適用できる母材の範囲が広い。

（８）溶接部の歪みが少ない。

（９）溶接作業量の要領が比較的容易に習得できる。

（一般的に手溶接法の約１／２～１／３の期間で習得できる）

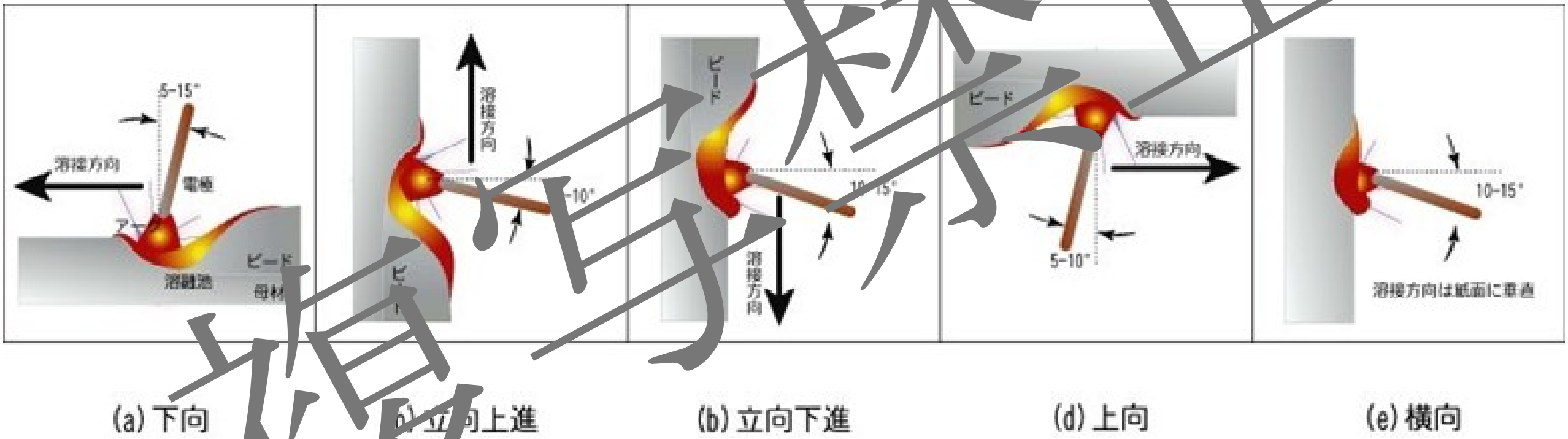
（１０）短所は、屋外作業などでは横風に対する防風対策が必要であること、磁気吹き現象によりアークが乱れる場合があることなどが挙げられる。（たばこの煙がなびく、風速２m／secで影響する）

複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

（１１）全姿勢溶接が可能。

・Ｆ（ｆｌａｔ）…　下向き
・Ｈ（ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ）…　横向き
・Ｖ（ｖｅｒｔｉｃａｌ）…　立向き
・Ｏ（ｏｖｅｒｈｅａｄ）…　上向き

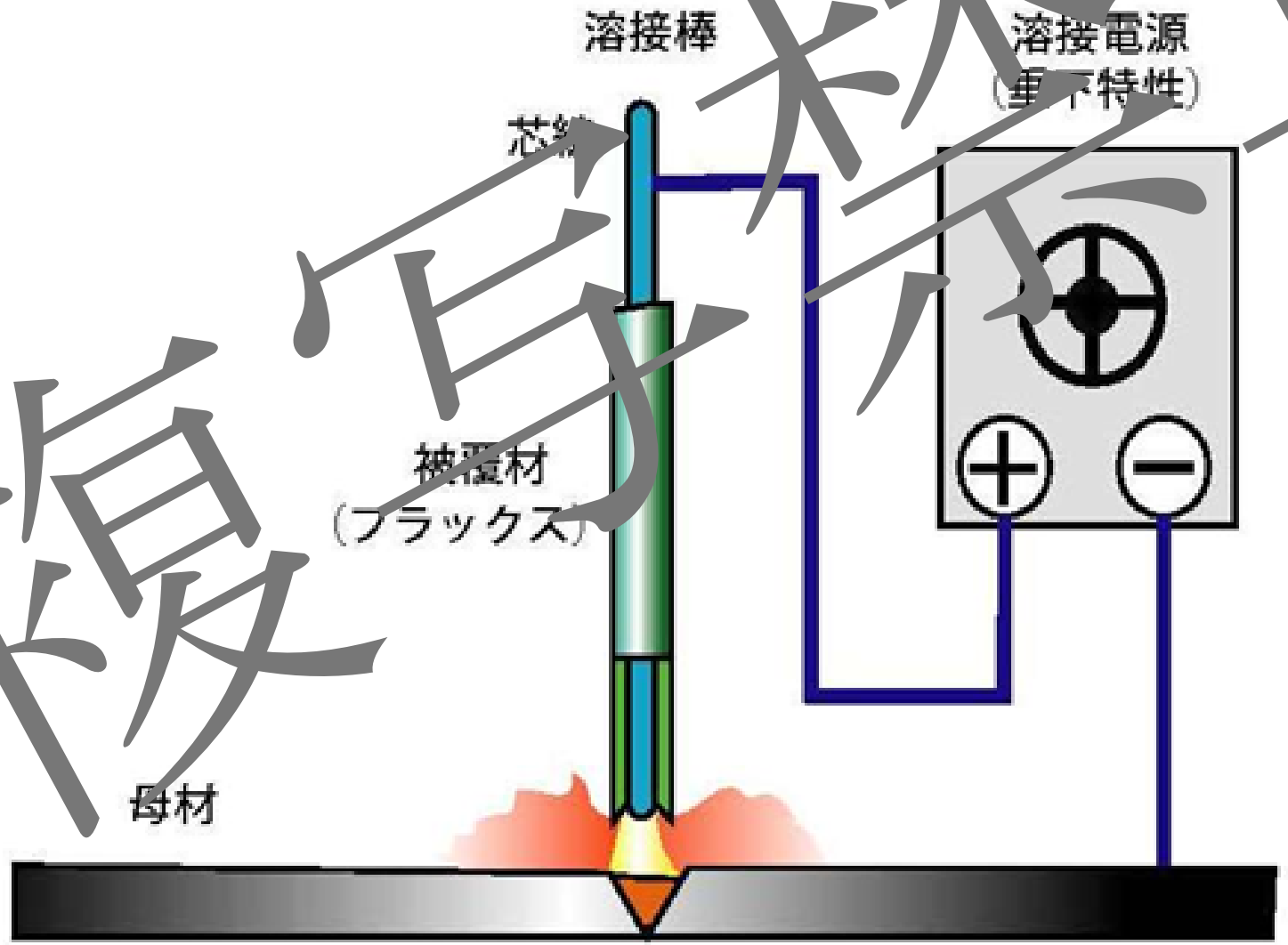


複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

３．被覆アーク溶接（手溶接）の原理

被覆アーク溶接は、被覆アーク溶接棒と母材との間にアークを発生させ、アーク熱で溶接棒と母材を溶融して溶接する方法です。 溶接棒は心線の外側が被覆剤（フラックス）で覆われており、これがアーク熱により溶けて、アークの安定化、スラグの形成、脱酸、精錬などの役割を果たします。

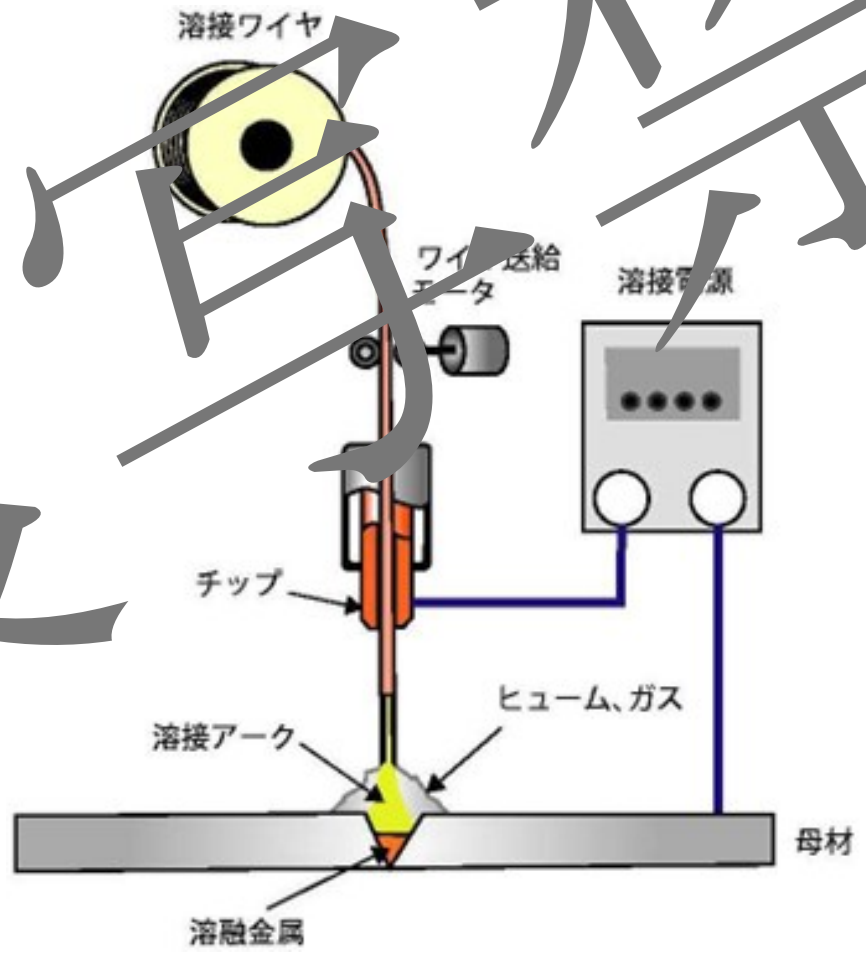


複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

４．セルフシールドアーク溶接の原理

シールドガスを使用しないで溶接する方法で、溶接ワイヤにフラックス入りワイヤを使用します。
ノーガス溶接は、シールドガスでアーク雰囲気をシールドする代わりに、溶接ワイヤの充填フラックス中に
強脱酸剤（アルミニウム等）窒化物形成元素を添加した溶接ワイヤを使用することに大きな特徴をもっています。
ノーガス溶接に使用する溶接電源は、垂下特性式の交流アーク溶接機または直流アーク溶接機が主に使用されます。
ワイヤ径が比較的細い場合には、定電圧特性式の直流アーク溶接機を使用することもあります。



複写禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

５．サブマージアーク溶接の原理

サブマージアーク溶接の原理と一例を図２－５に示します。

サブマージアーク溶接は溶接継ぎ手表面に粒状のフラックスを散布し、この中に溶接ワイヤを送給しフラックスの中でアークを発生させて連続的に溶接する方法です。

溶接電源には垂下特性の交流アーク溶接機を使用し、アーク電圧に応じてアーク長を制御する方式の組み合わせが一般的です。

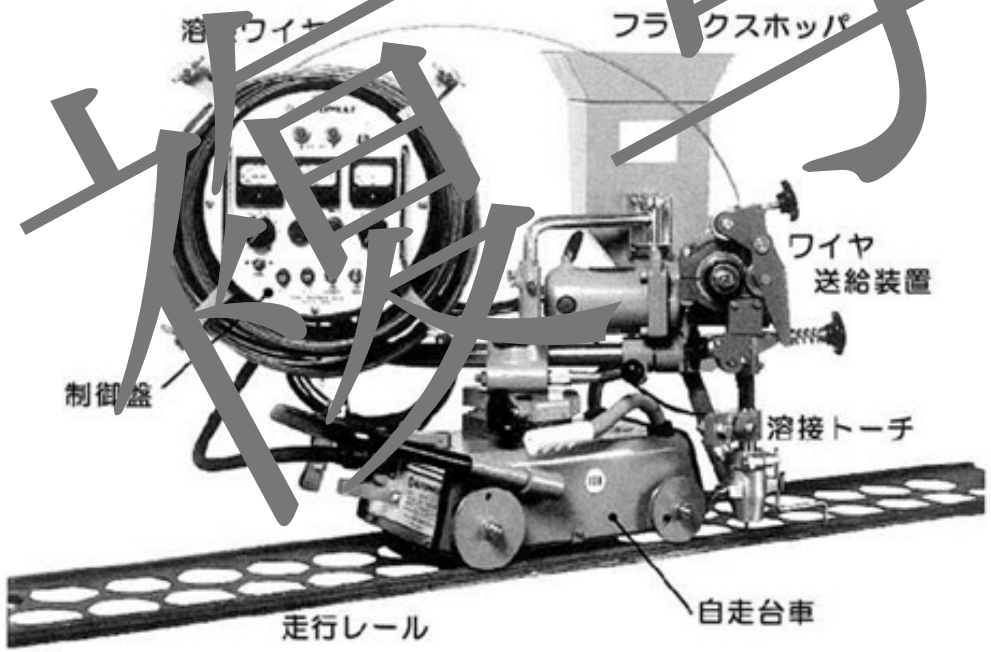
サブマージアーク溶接法は、アークがフラックスの中で発生し、外部からは見えない（不可視アーク）ので、「潜弧溶接法」とも呼ばれています。

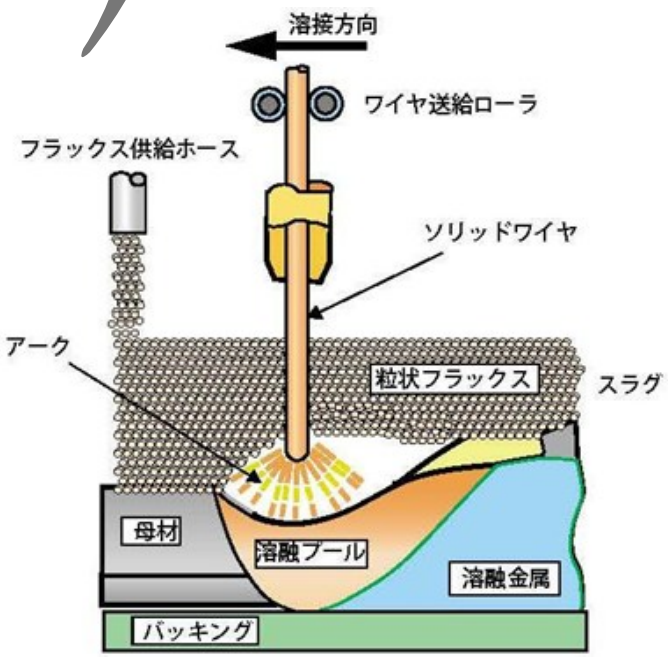
溶接ワイヤは、φ3.2～6.4mm程度の太径ワイヤを用いて、数百～2千Ａ程度の大電流を通電して溶接を行います。

溶接電源には垂下特性の可動鉄心形交流電源を用いることが多く、可動鉄心をモータで駆動して出力を調整します。

また、φ1.2～1.6mm程度の細径ワイヤを用いる溶接も適用されています。

その場合には、溶接ワイヤを定速送給し、直流定電圧特性電源の自己制御作用を利用します。



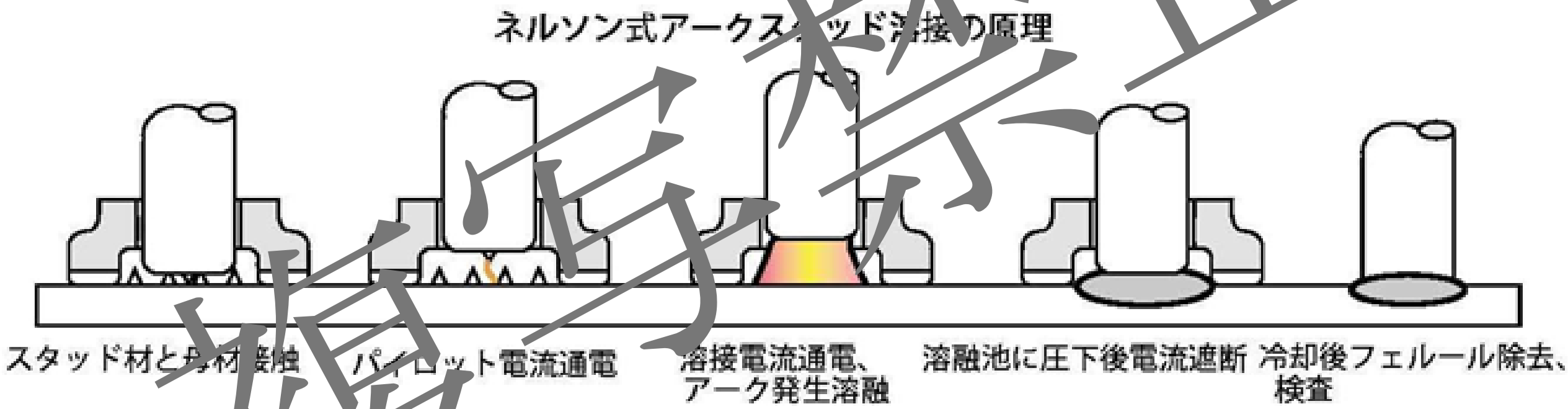


複製禁止

2. 主な溶接法の原理と特徴

6．アークスタッド溶接の原理

ボルトや丸棒など(スタッドと呼ばれる)の先端と母材との間にアーク溶接と同じようにアークを発生させ、そのアークの熱エネルギーで金属を溶融させ、溶融部分にスタッドを押し付けて行う溶接法で、スタッド溶接ともいう。この溶接法では、母材に穴をあけたり、ねじ加工をする必要がなく、約１秒／本の短時間で加工ができる。



複写禁止

3．アーク溶接の基礎

1．アーク溶接の基本事項

溶極式（消耗電極式）溶接での電極はアークを発生させると同時に、それ自体が溶融して溶着金属を形成する為高能率な溶接作業を行うことが可能となる。ところが、電極（ワイヤ）の溶融量は溶接電流に強く依存するため、それぞれを独立に制御することができない。このため、溶接条件選定の自由度は制限され、適切な溶接条件の設定には熟練が要求される。

溶融金属中に大気（空気）が混入すると、気孔（ブローホールおよびピット）発生の大きな要因となる。即ち母材を溶融して溶接するアーク溶接では、空気中の窒素や酸素から溶融金属を保護することが重要であり、そのシールド方法と電極特性の組合せによって種々のアーク溶接方法が開発されている。（前項参照）

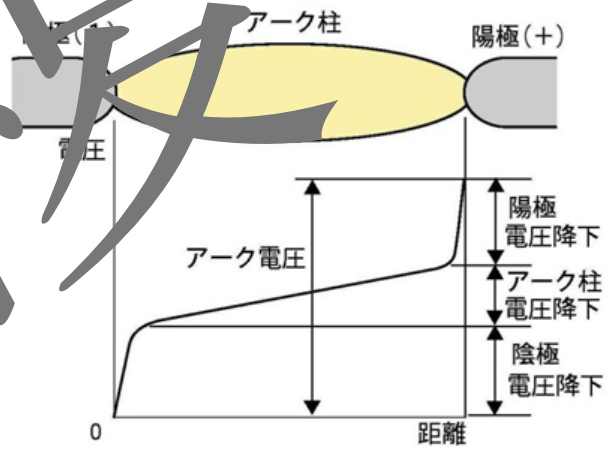
2．アーク放電

二つの電極の間に直流電圧を印加し、二つの電極を一旦短絡した後引き離すなどの手段でアークを発生させると、図３－１に示すように、二つの電極の間に電圧分布が生じます。

陰極ならびに陽極電圧降下は電極の種類によって異なり、またアーク柱電圧降下は周囲のガスの種類、電極間の距離、アーク電流などによって異なります。

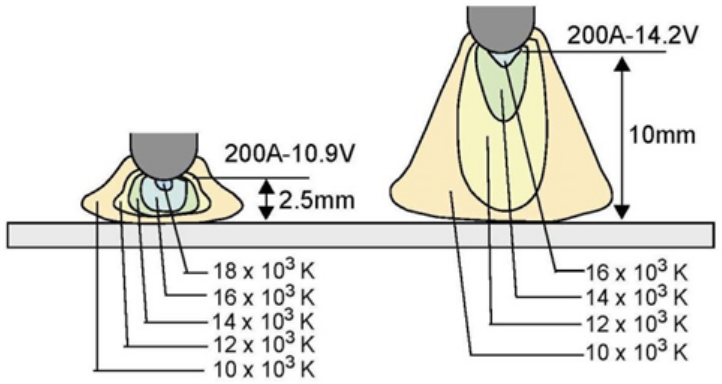
アーク柱の温度は、周囲ガスの種類やアーク電流などによって異なりますが、大気圧では大体7,000 ～30,000K程度といわれています。（電流1 ～ 1,000A）　図３－２はTIG アーク柱の温度分布の実測例です。

アークの構成と電圧分布　図３－１



ＴＩＧアーク柱の温度分布例　図３－２

アルゴン気中の W(−)～Cu(+)(水冷)間のアーク温度分布



溶接技術学会

3．アーク溶接の基礎

3．アーク溶接現象

平行な導体に同一方向の電流が通電されると導体間には電磁力による引力が発生する。アークは気体で構成された平行導体の集合体とみなせるので、平行導体間に発生する引力はアークの断面を収縮させる力として作用する。このような作用を**電磁的ピンチ効果**といい、その力は**電磁ピンチ力**と呼ばれる。

電磁的ピンチ効果は、溶接ワイヤにおいても同様である。図３－３のように個体部分は電磁ピンチ力を受けても変形することはないが、液体となった先端部の溶滴は電磁ピンチ力の作用で断面が減少し、溶滴にはくびれが発生してワイヤ端から溶滴を離脱させる駆動力となる。アークには冷却作用を受けると断面を収縮させ、表面積を減少させることによって熱損失を抑制しようとする作用もあり、この作用は**熱的ピンチ効果**と呼ばれている。

アーク溶接では、その周囲に溶接電流による磁界が形成され、図３－４のように電磁力が発生する。また、アークの電流路は電極から母材に向かって拡がるため、電流密度の大きい電極近傍での電磁ピンチ力は、電流密度が小さい母材近傍で大きく、アーク柱内部の圧力差は、プラズマ気流と呼ばれる電極から母材に向かう高速のガス気流を発生させる。プラズマ気流の流速は10 m／secに達することもあり、溶滴移行や溶込みの形成に大きく影響する。

図３－３

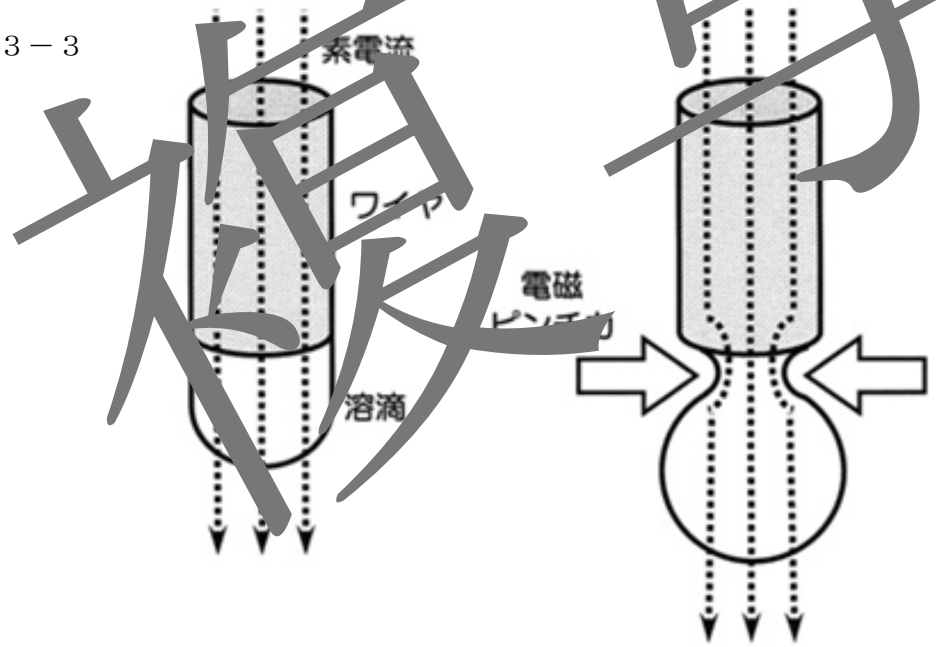
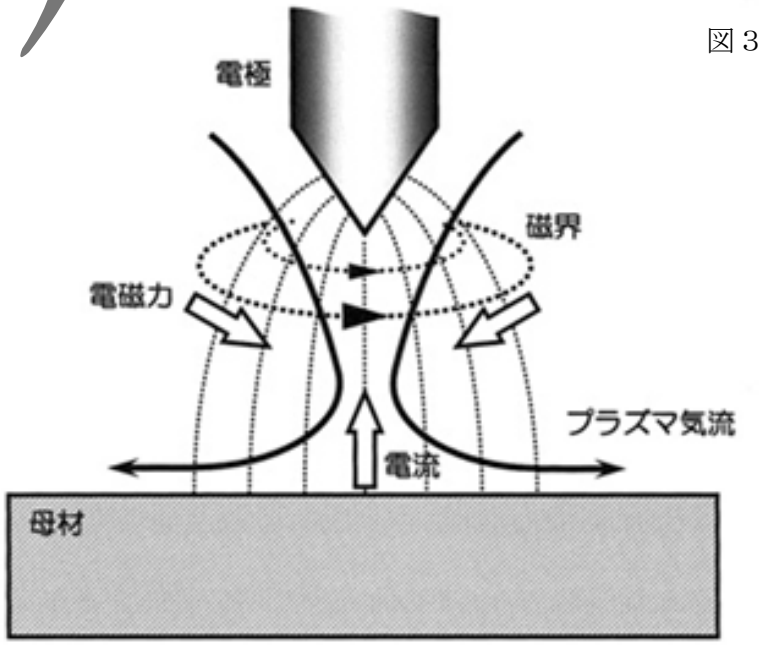


図３－４



複写禁止

3．アーク溶接の基礎

3．アーク溶接現象

溶接電流によって発生する磁界や母材に残留した磁気がアーク柱を流れる電流に対して著しく非対称に作用すると、アークは電磁力によって偏向する。

このようなアークの偏向現象をアークの磁気吹き（アークブロー）といい、図３－５に代表例を示します。

（ａ）は、母材側ケーブルの接続位置に起因したもので、溶接電流のループによって形成される磁場は、ループの外側より内側の方が強くなるため、アークは磁場の弱い方、すなわち電流ループの外側に偏向する。

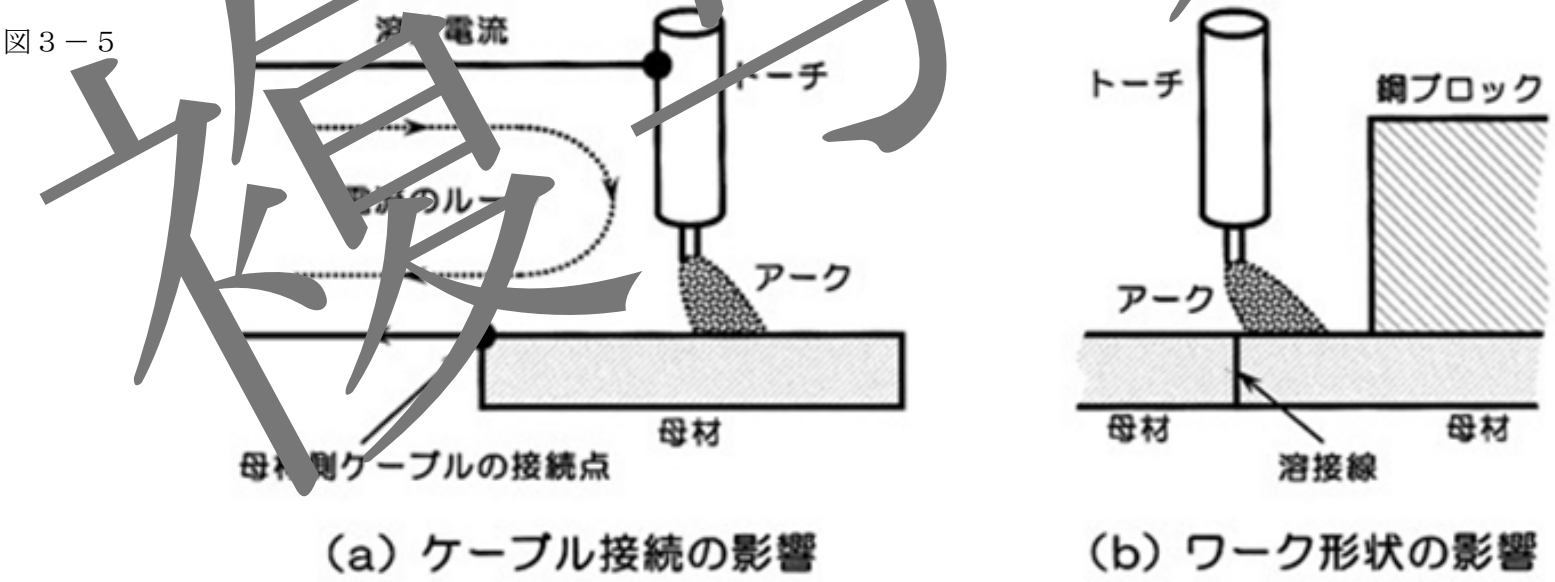
（ｂ）は、母材の始終端部や溶接線の近くに大きい鋼ブロックが存在する場合などに発生しやすい現象で、磁力線が磁性体に吸い寄せられる結果、アークに対して非対称な磁界が形成されることが原因で発生する。

磁気吹きは、磁性材料の直流溶接で発生しやすい現象であり、極性が頻繁に変化する交流溶接や非磁性材料の直流溶接などでの発生は比較的少ない。

防止対策としては、母材へのケーブル接続位置や接続方法の工夫、母材の脱磁処理などが基本的な事項である。

しかし、現実的には試行錯誤の繰り返しになることが多いです

図３－５



（a）ケーブル接続の影響　（b）ワーク形状の影響

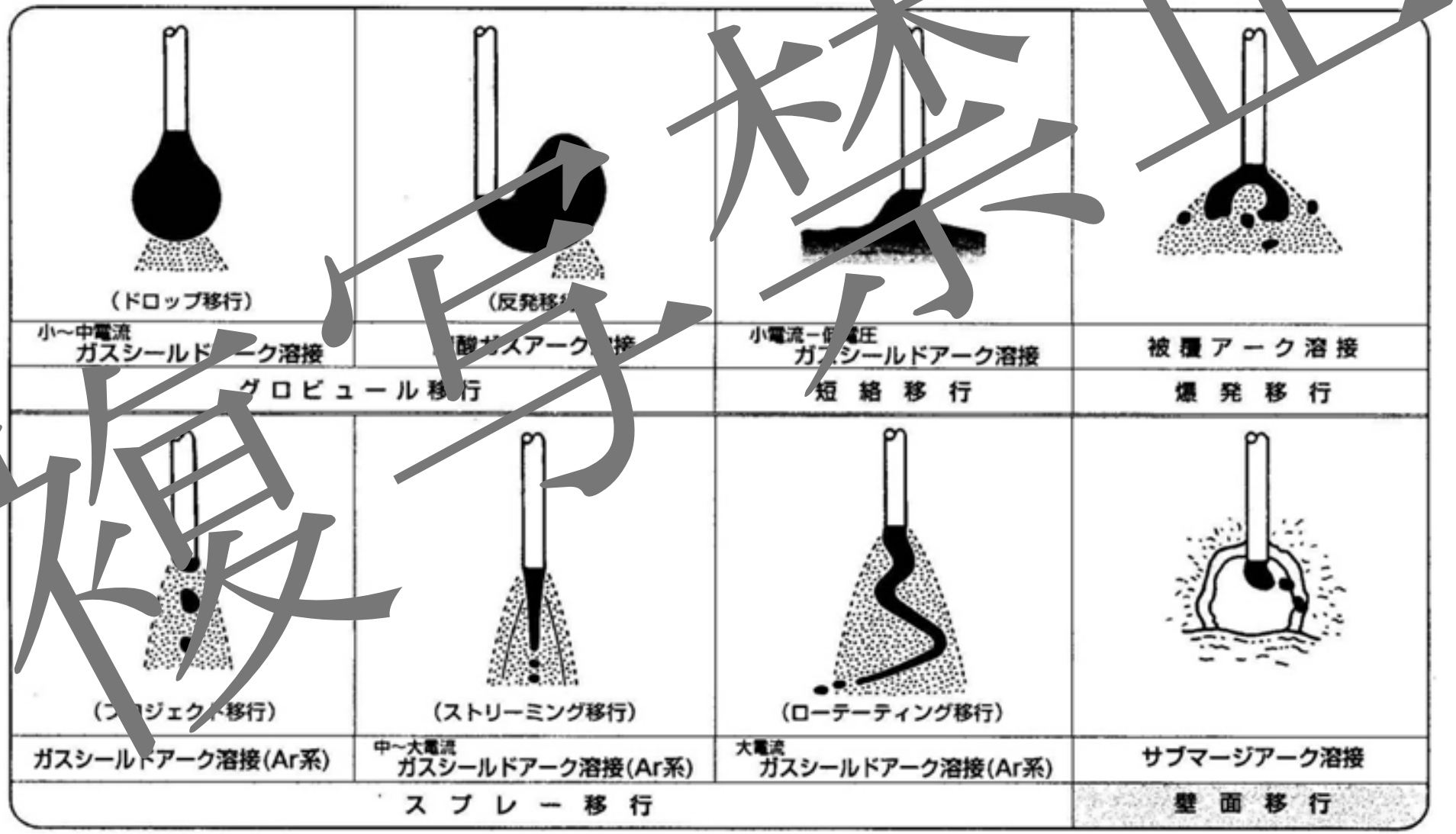
複写禁止

3．アーク溶接の基礎

4．溶滴移行方式の分類

ガスシールドアーク溶接や被覆アーク溶接など、電極（溶接棒・溶接ワイヤ）を消耗材として溶融して母材に移行させる溶接法においては図３－６に示すような形態で移行します。

図３－６



複写禁止

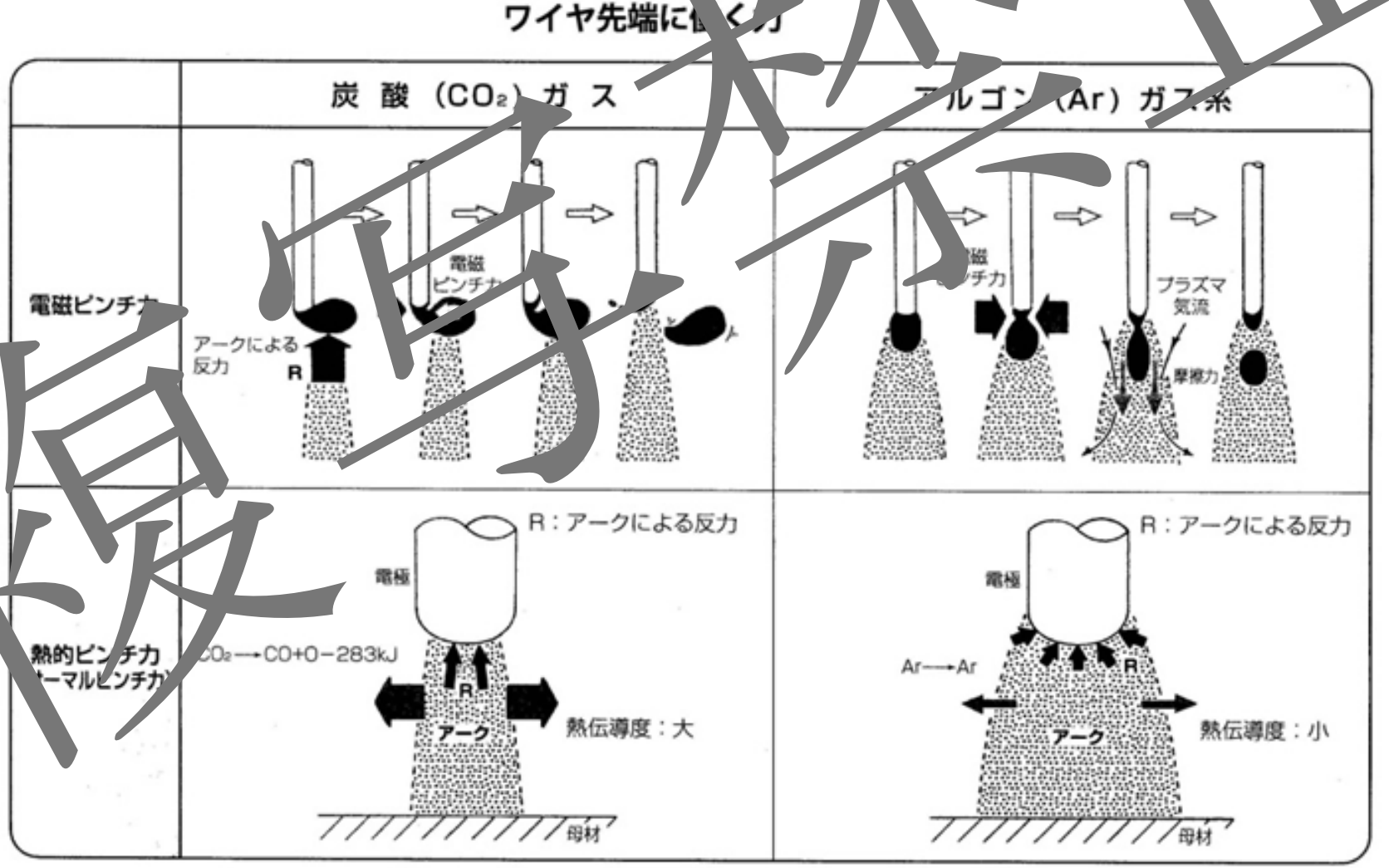
3．アーク溶接の基礎

5．溶滴の移行現象

溶接ワイヤの先端が溶融して母材に移行する際に、ワイヤ先端には電磁ピンチ力と熱的ピンチ力（サーマルピンチ力）と呼ばれる力が働き、溶滴の移行を妨げたり促進したりします。（図３－７参照）

また、シールドガスの種類、ワイヤの種類や径、溶接電流の波形や電流値の大小などによって、異なった移行形態で溶滴が移行します。（図３－６参照）

図３－７



複写禁止

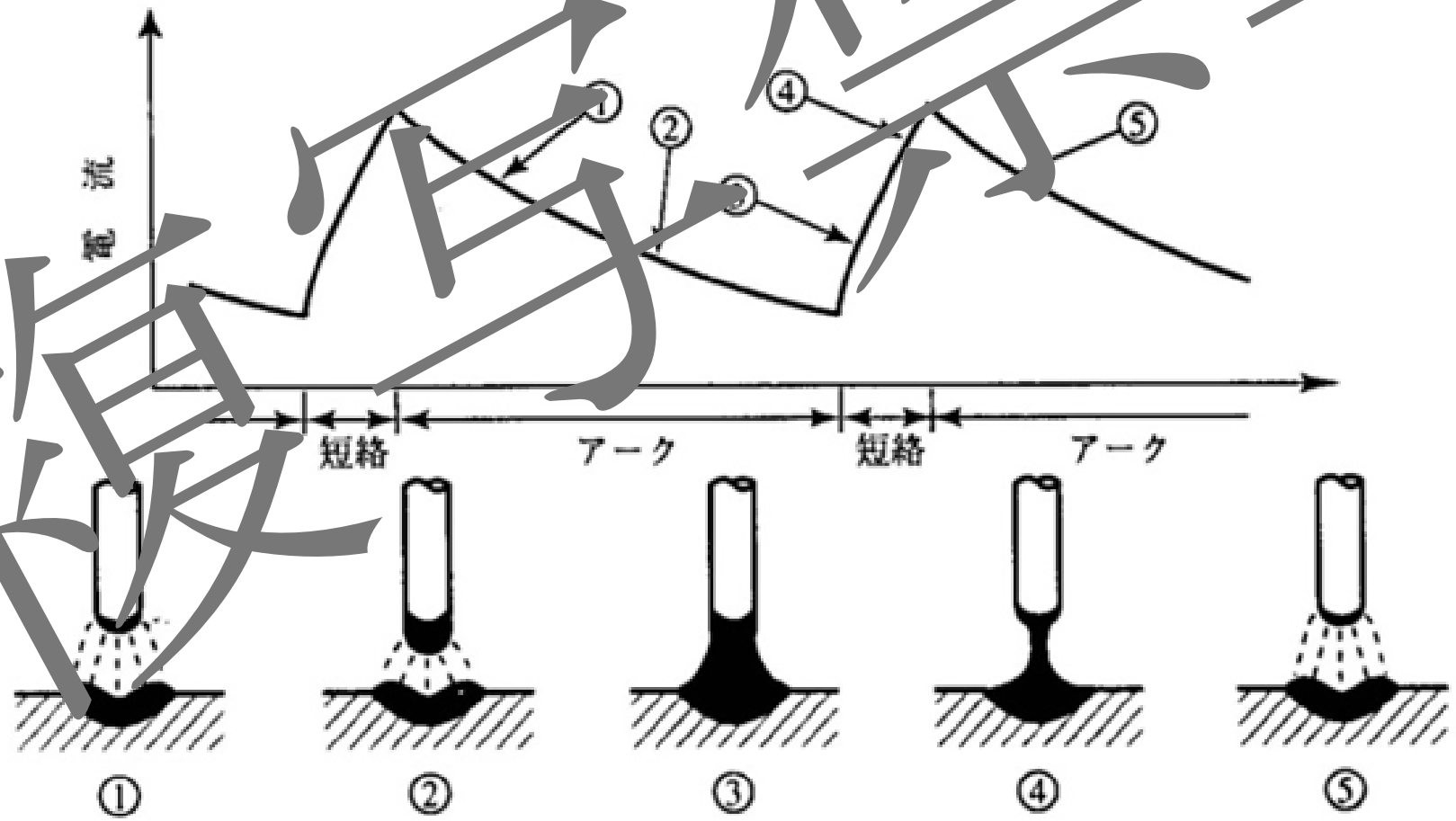
3．アーク溶接の基礎

5．（1）短絡移行

比較的小電流・低電圧の領域ではアークの反力による溶滴の押し上げ作用や電磁ピンチ力は弱いため、溶滴の移行は短絡移行となります。

詳細は図３－８に示すように、①②ワイヤ先端部はアーク期間中に溶融され、ワイヤの送給につれて母材に接触短絡し、③溶滴は表面張力によって母材の溶融池に吸い込まれ、④短絡によって生じる短絡電流により電磁ピンチ力が大きくなって溶滴がくびれ、⑤溶滴と母材の短絡が切れてアークが発生し、以降これを繰り返します。

図３－７



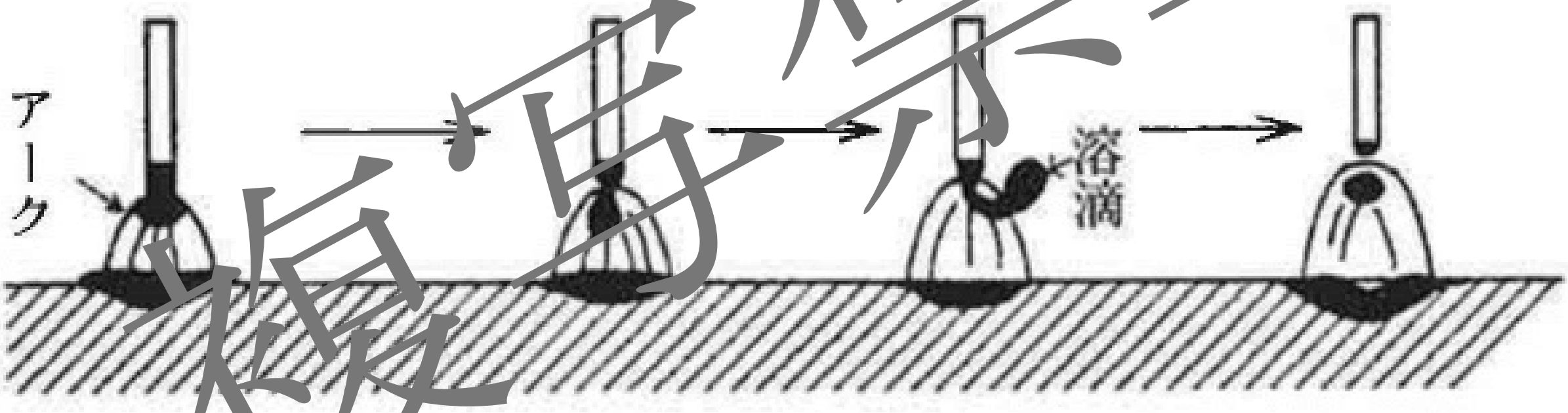
複写禁止

3．アーク溶接の基礎

5．（2）グロビュール移行（球滴移行）

CO2 溶接における中電流領域およびMAG/MIG 溶接における小～中電流領域では、溶滴の先端はアークによる押上げ力により球状になり、大きな塊となって重力に逆らえなくなると、ワイヤ先端部を離れて母材溶融池に移行します。この時、比較的大粒のスパッタを発生させることがあります。（図３－９参照）

図３－９



複製禁止

3．アーク溶接の基礎

5．（3）スプレー移行

MAG/MIG 溶接において、ワイヤ径に対してある電流値以上の溶接電流を流すと、溶滴の移行は球滴移行からスプレー移行に変化します。この時の電流を臨界電流と呼んでいます。図３－１０（ａ）は、アルゴンと炭酸ガスの混合比率を変化させた時の臨界電流を示すもので、軟鋼1.2mm径のワイヤで、炭酸ガス比率が20% の場合、臨界電流は約290A となります。

また、図３－１０（ｂ）はアルゴン主体の各種金属のＭＩＧ溶接における臨界電流の例を示します。

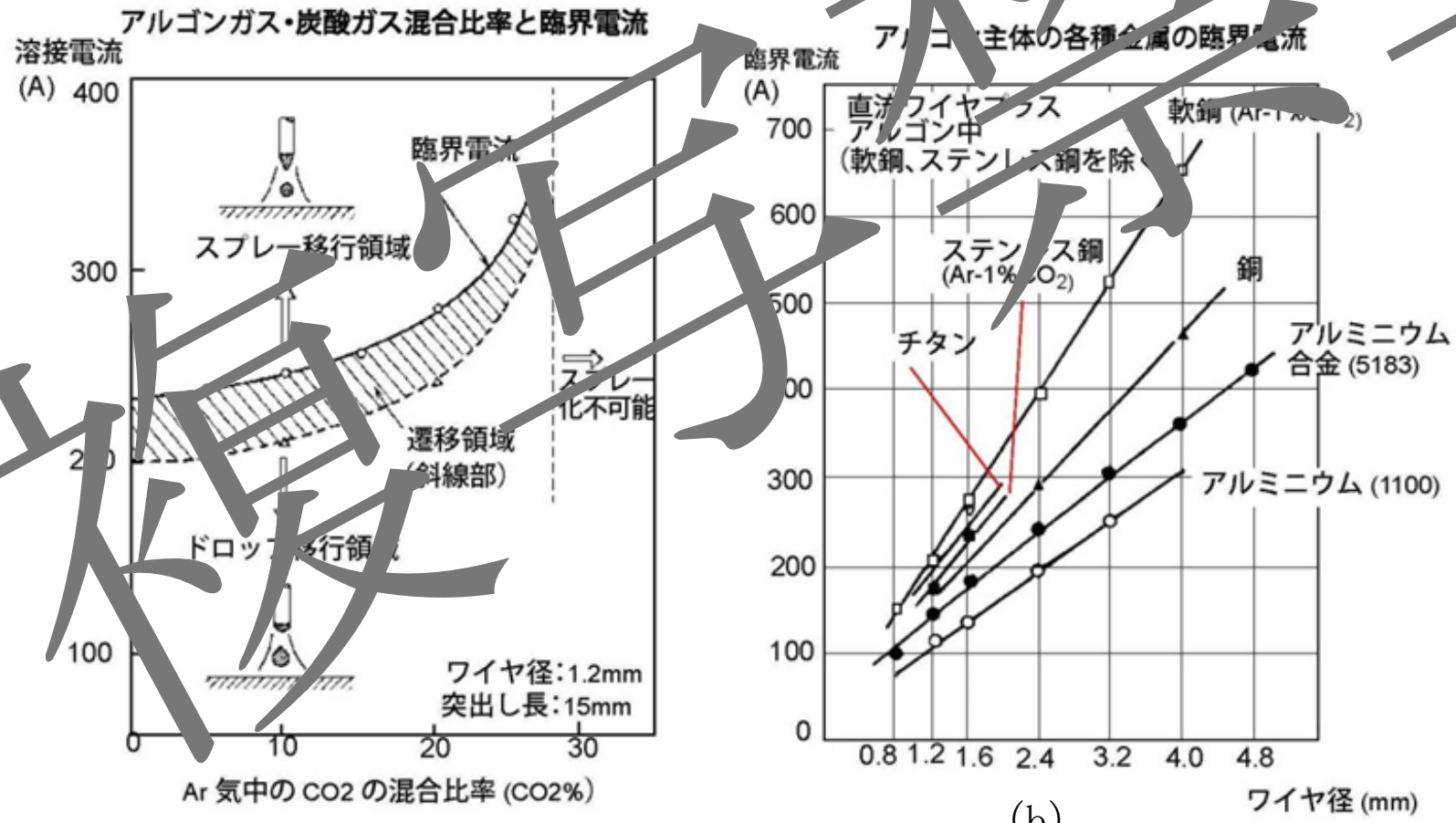


図３－１０

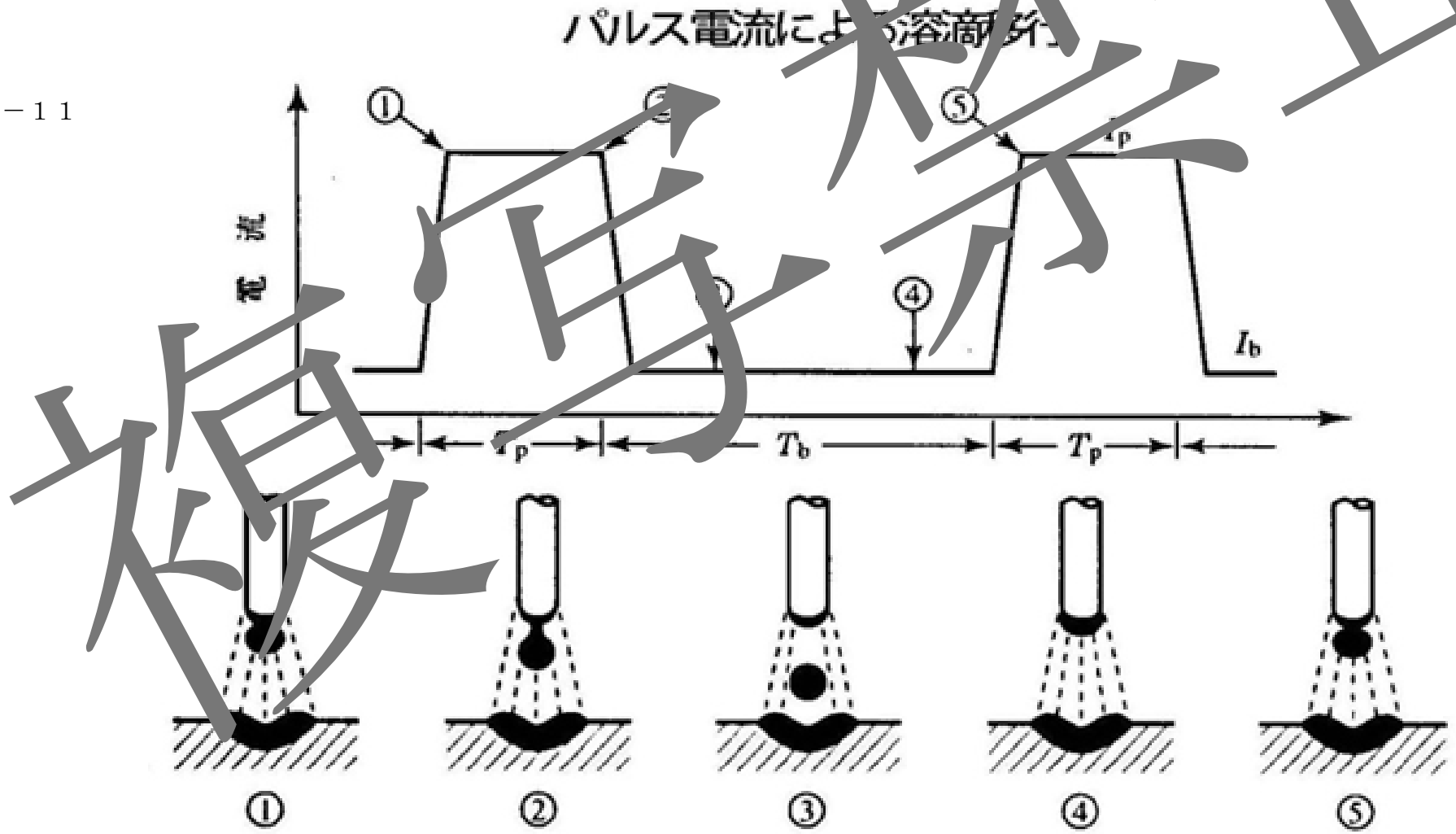
複写禁止

3．アーク溶接の基礎

5．（3）スプレー移行

臨界電流以下の電流領域では、球滴移行となりますが、図３－１１のように、溶接電流波形をパルス状にして、①②⑤パルス電流のピーク値を臨界電流以上とし、③④ベース電流を臨界電流以下となるように制御することにより、比較的薄板をスプレー移行により溶接することができ、スパッタの低減、ビード外観の美麗化や、TIG 溶接に比較して高能率化を図ることができます。

図３－１１



複写禁止

3．アーク溶接の基礎

6．溶接ビードの形成

図３－１２（ａ）に示すような力、アーク力やプラズマ気流による摩擦力が作用します。

図３－１２（ｂ）に示すような溶融池内の対流には、以下がある。

①プラズマ気流による ⇒ 対流

②溶融池内を流れる電流による ⇒ 電磁力対流

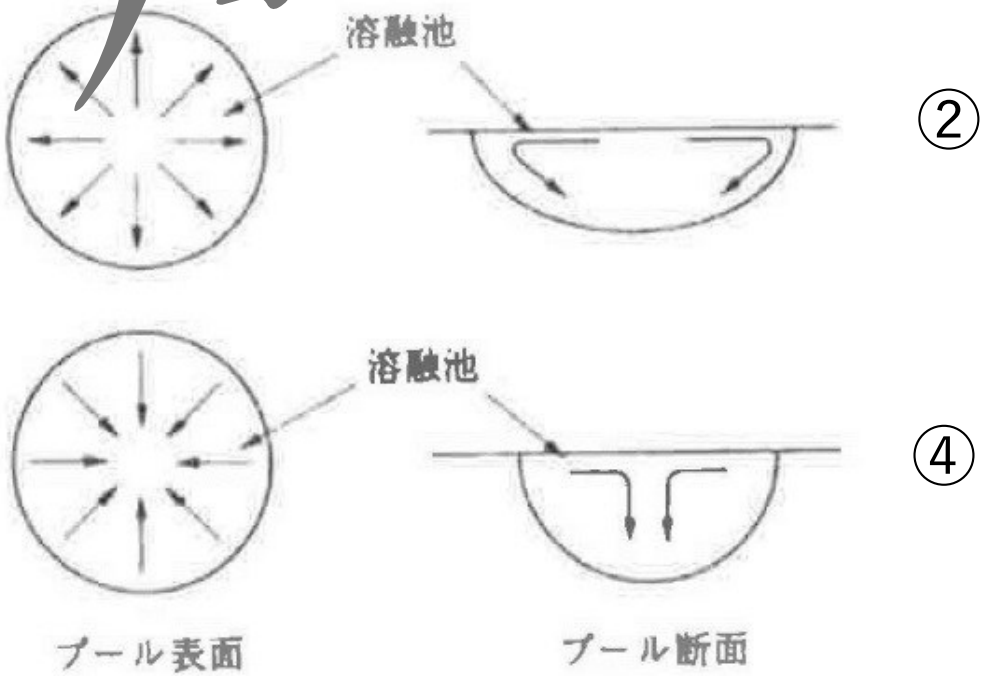
③溶融池表面上の温度勾配に起因する ⇒ 表面張力対流（硫黄や酸素の影響大）

④溶融池内の密度差による ⇒ 熱対流

このような４種類の対流が複合され、溶融池の周辺部へ向かう溶融金属の流れが形成されると溶込みは幅が広く浅いものとなる。逆に、溶融池の内部に向かう溶融金属の流れが形成されると幅が狭く深い溶込みとなる。

図３－１２（a）

図３－１２（b）



複写禁止

3．アーク溶接の基礎

6．溶接ビードの形成

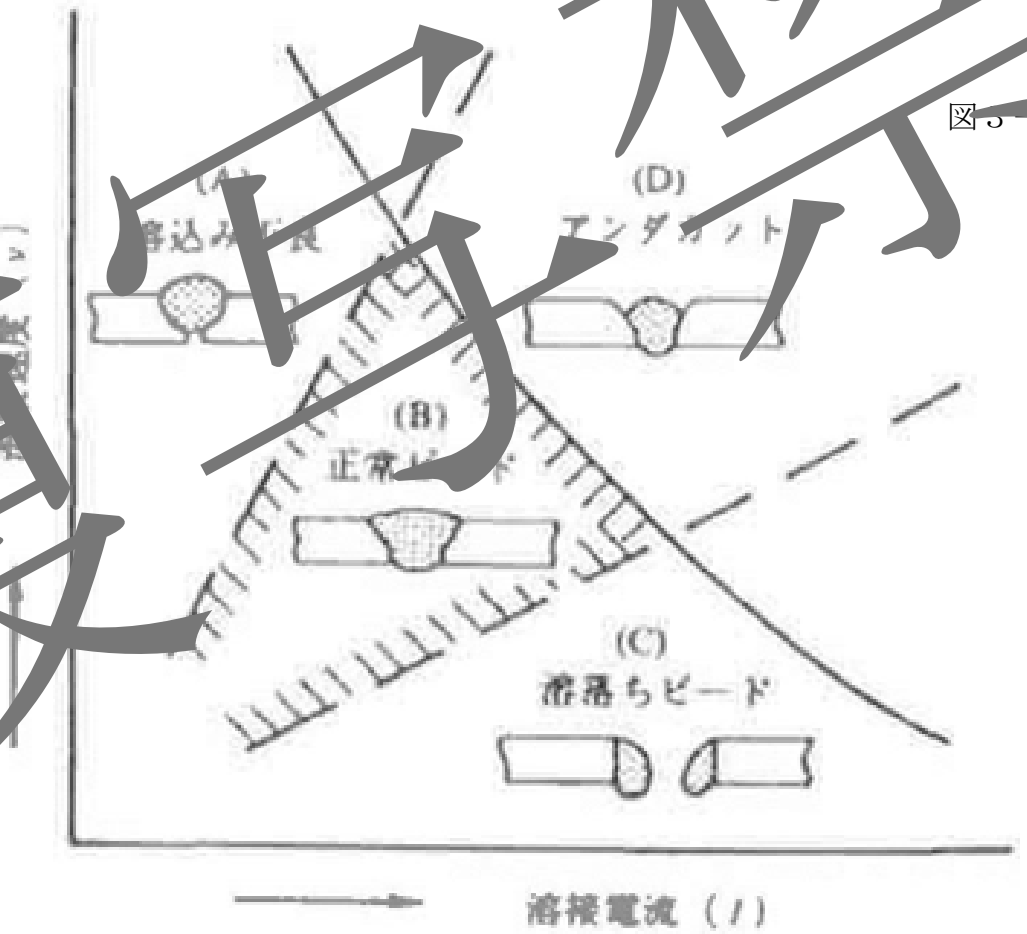
溶接ビード形成に及ぼす溶接電流と溶接速度の関係を図３－１３に示します。

領域Ａ　…　母材へ十分な入熱が加えられないため、溶込み不足を生じる

領域C　…　過大な入熱が母材へ加えられ、溶接金属の溶落ちや穴あきが発生する

領域D　…　アークによる溶融池の掘り下げ作用が強く、母材溶け幅がビード幅がビード幅より広くなるため
アンダカットを生じ、極端な場合にはハンピングが発生する。

図3－1



複写禁止

3．アーク溶接の基礎

7．アーク溶接機の外部特性

アーク溶接において、アーク長を常に一定に保ちながら溶接することは、溶接品質を均一に保つために重要な要素となります。このアーク長を一定に保つしくみは、溶接電源の特性と電極（溶接棒・溶接ワイヤ）の送給方式の組合せによって大きく異なります。

図３－１４（ａ）垂下特性（定電圧特性）電源

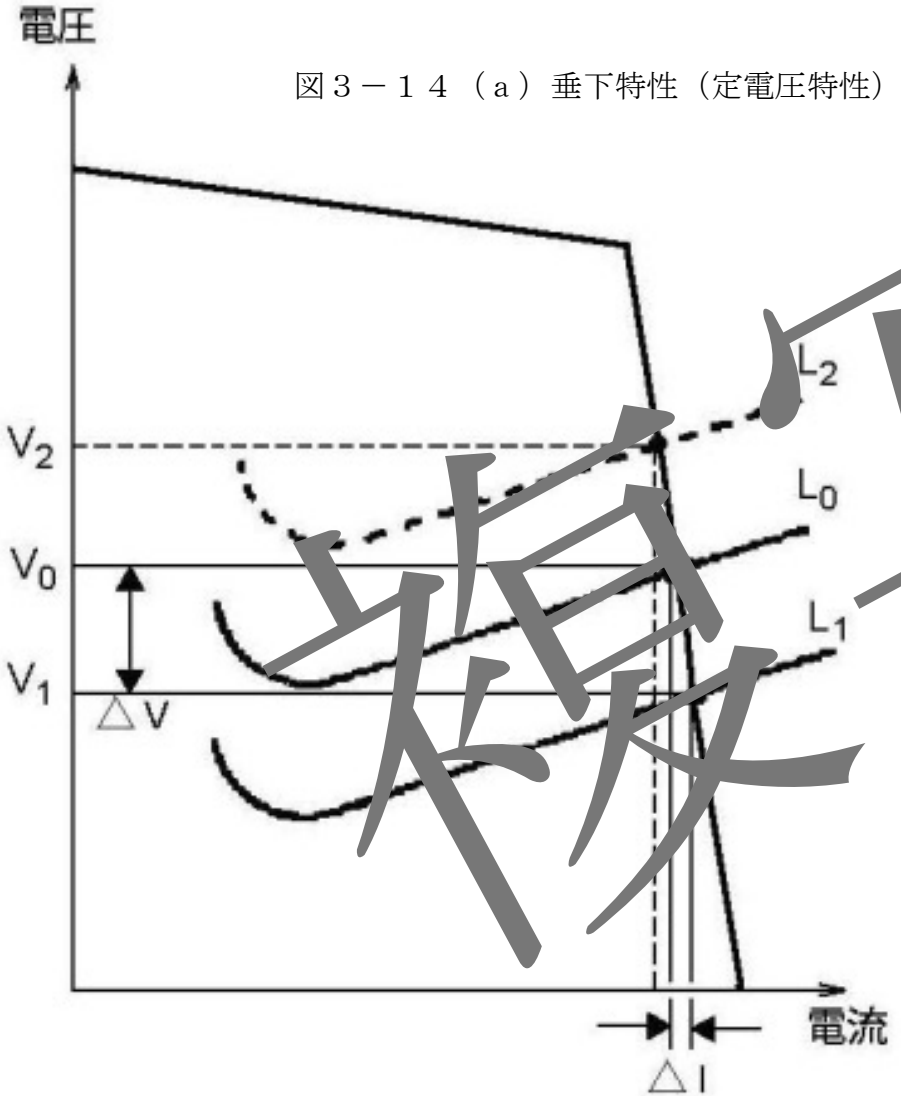


図３－１４（ａ）に示すように、溶接棒を用いた被覆アーク溶接などでは、溶接電流の変動を少なくするために垂下特性（または定電流特性）の溶接電源を使用します。

アーク長がＬ0の状態から溶接棒が溶融するとアーク長が長くなってＬ2になり、溶接電流が若干減少します。

ここで溶接棒の先端を母材に近づけるとＬ0に戻ります。

逆に母材に近づけすぎるとアーク長はＬ1となり、溶接電流は若干増加します。（定電流特性の場合は、溶接電流は変化しません。）

このように、アーク長は溶接棒の溶融状態によって変化しますので、それに応じて溶接作業者はアーク長が一定になるように溶接棒を操作します。すなわち、アーク長の制御は溶接作業者の技量に依存します。

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

7．アーク溶接機の外部特性

アーク溶接において、アーク長を常に一定に保ちながら溶接することは、溶接品質を均一に保つために重要な要素となります。このアーク長を一定に保つしくみは、溶接電源の特性と電極（溶接棒・溶接ワイヤ）の送給方式の組合せによって大きく異なります。

図３－１４（ｂ）定電圧特性電源

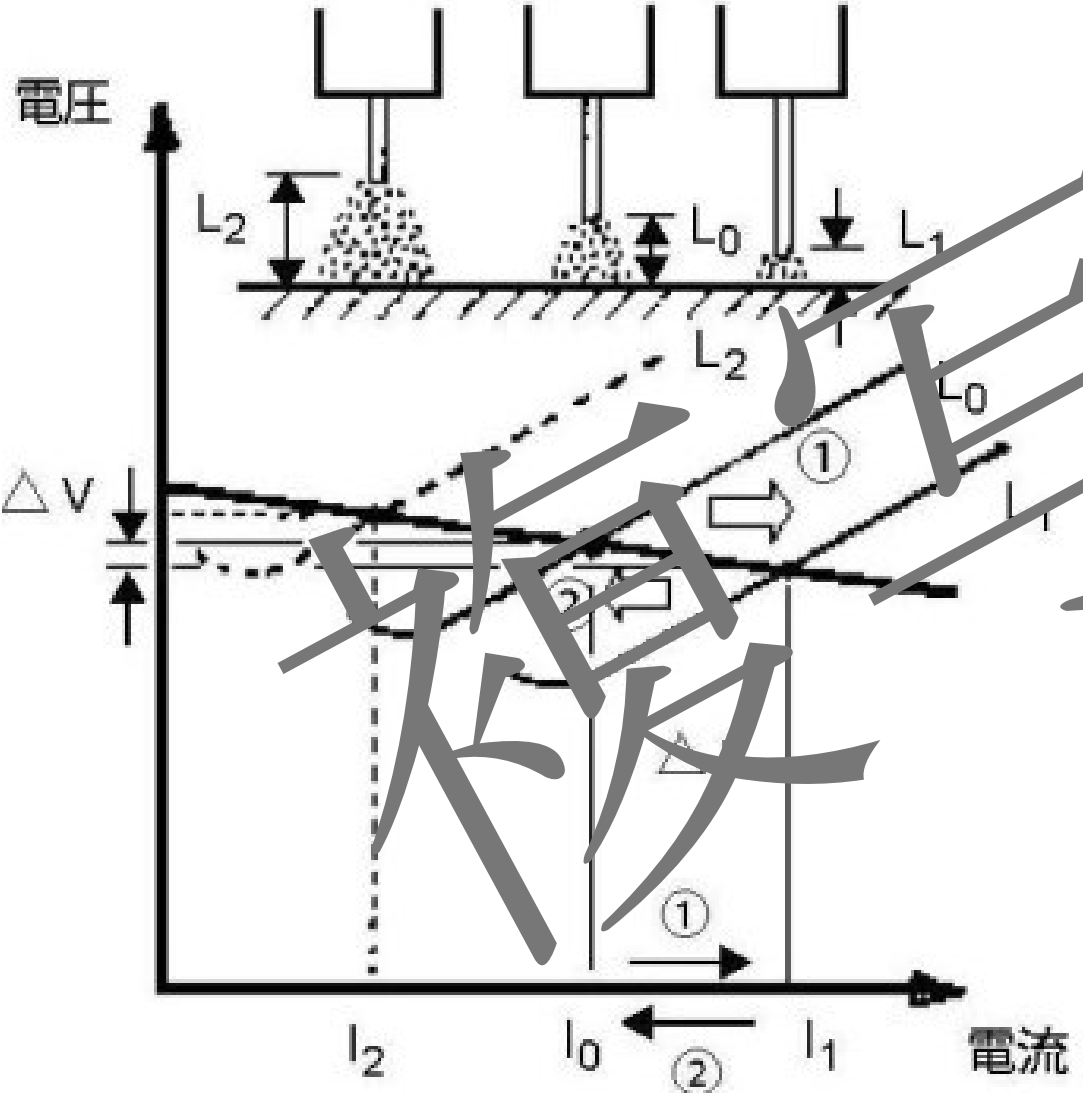


図３－１４（ｂ）に示すように、ＭＩＧ溶接やＭＩＧ溶接などのガスシールドアーク溶接においては一般に溶接電源として、定電圧特性のものを使用し、これに溶接ワイヤを一定速度で送給する方式（これを定速度送給方式といいます。）と組合わせて使用します。

アーク長Ｌ0において溶接中に、何らかの原因でアーク長がＬ1になったとしますと、溶接電流がＩ1に増大します。

これに応じて溶接ワイヤの溶融量が増大しますが、ワイヤ送給速度は一定であるため、アーク長は元のＬ0に自動的に戻ります。

逆に何らかの原因で、アーク長がＬ2になったとしますと、溶接電流がＩ2に減少します。

これに応じて溶接ワイヤの溶融量が減少しますが、ワイヤ送給速度は一定であるため、アーク長は元のＬ0に自動的に戻ります。

このように、定電圧特性の溶接電源と溶接ワイヤの定速度送給方式を組合せると、アーク長が自動的に一定に制御されます。

これを「アーク長の自己制御作用」とよんでいます。

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

8．ガスの種類

ガスシールドアーク溶接に使用される溶接用ガスの規格と主な用途を表３－１に示します。

表３－１

ガスの種類	規格番号	種類	主要品質（体積％）	主な用途
液化二酸化炭素（液化炭酸ガス）	JIS K 1106-1990	3 種	二酸化炭素 99.9％以上 水分 0.05％以下	CO2 溶接 MAG 溶接用（Ar と混合）
アーク溶接用炭酸ガス	WES 5402-1986	TG1	純度 99.5％以上 水分 125ppm 以下	CO2 溶接 MAG 溶接（Ar と混合）
		TG2	純度 99.95％以上 水分 50ppm 以下	CO2 溶接 MAG 溶接（Ar と混合）
アルゴン	JIS K 1105-1995	2 級	純度 99.99％以上、酸素 20ppm 以下、水分 20ppm 以下	MIG 溶接、（TIG 溶接） MAG 溶接（CO2 と混合）
アーク溶接用アルゴン－炭酸ガス混合ガス	WES 5401-1986	AT-1	炭酸ガス 5％	MAG 溶接
		AT-10	炭酸ガス 10％	
		AT-15	炭酸ガス 15％	
		AT-20	炭酸ガス 20％	

注意

WES 5401-1986　の窒素：0.02％以下、酸素：0.02％以下、水分：20ppm 以下、アルゴンと炭酸ガスの濃度の合計：99.98％以上【参考】酸素　JIS K 1101-1982　純度：99.5％以上

溶接学会

3．アーク溶接の基礎

8．ガスの種類

MAG溶接におけるArガスとCO2ガスの混合比率による溶接への影響については表３－２を参考にして下さい。

表３－２

アルゴン体積 (%)	100	95	80	50	0	備考
CO2 ガス体積 (%)	0	5	20	50	100	
見かけアーク長さ	長い	<=		=>	短い	同一電圧設定
アーク集中度	×	△	□	○	○	
アーク安定性	×	○	□	△	△	
溶滴移行形態	(S/D)	S/D	S/D	G/D	G/D	(大電流・小電流)
ビード外観	×	○	□	△	△	G：グロビュール移行
ビード平滑度	×	○	□	△	△	D：短絡移行
ビード止端形状	×	○	□	△	△	S：スプレー移行
溶込み形式	×	○	□	○	◎	
アンダカット	×	△	□	○	○	
オーバラップ	×	△	□	△	△	
スパッタ量	△	○	□	×	×	
スラグ量	◎	○	□	△	×	◎：優れる
スラグはく離性	△	○	□	ー	△	○：やや優れる
ヒューム量	◎	○	□	△	×	ー：同等
耐気孔性	×	×	□	○	◎	△：やや劣る
合金消耗量	小			=>	大	×：劣る
溶接金属強度	高い	<=		=>	低い	□：基準
溶接金属靭性	向上	<=		=>	低下	
溶接速度	小	<=		=>	大	同一電流比較
アークの強さ	強い	<=		=>	弱い	

複製禁止

■使用上の注意

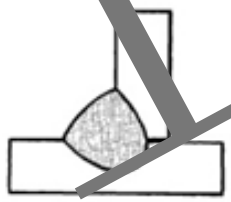
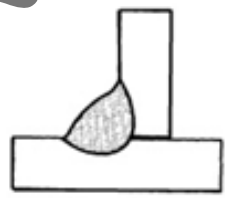
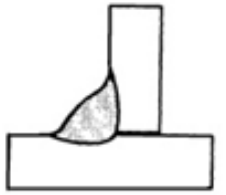
- ●母材材質、溶接ワイヤ、シールドガスの適正な組み合わせと、不純物の付着防止、乾燥などが重要です。
- ●要求される溶接品質に応じて、溶接電源の出力制御方式、パルス制御の有無、クレータ制御等のシーケンス制御、定格出力電流と定格使用率の選定等が重要です。
- ●TIG 溶接と同様の注意に加え、溶接ヒューム・一酸化炭素などの換気・排気処理などが大切です。

3．アーク溶接の基礎

8．ガスの種類

シールドガスによる溶接結果を表３－３に示します。

表３－３

溶接法	シールドガス	ビード表面	スパッタ量	溶け込み深さ	断面図
CO_2溶接	CO_2ガス	少し粗い	大	非常に深い	
MAG/MIG溶接	アルゴン＋O_2ガス	滑らか	小	深い	
	アルゴン＋O_2（酸素）ガス	非常に滑らか	微量	浅い	

注意

CO_2溶接はＭＡＧ溶接の１種類として分類されます。当社が導入したCO_2溶接の歴史が古く、また市場で広く使用され、CO_2溶接の名前がよく浸透しているため、本書ではCO_2／ＭＡＧ溶接と記載します。

ＭＡＧ溶接：Metal Active Gas（金属活性ガス）溶接

ＭＩＧ溶接：Metal Inert Gas（金属活性ガス）溶接

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

９．ワイヤの種類

（１）ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤ

図３－１５に示すように、溶接ワイヤは断面構造の面から、ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤ（ＦＣＷともいいます。）に分けられます。CO2/MAG 溶接には、どちらのワイヤも使用されますが、MIG 溶接にはソリッドワイヤが多く使用されています。

フラックス入りワイヤはソリッドワイヤに比べて次のような特徴を有しています。

①ソリッドワイヤよりさらに高能率な溶接が出来、特に全姿勢溶接の場合、大電流が適用出来るため著しく能率が向上する。（溶着速度が大きい）

②アークがソフトでスパッタが少ない。

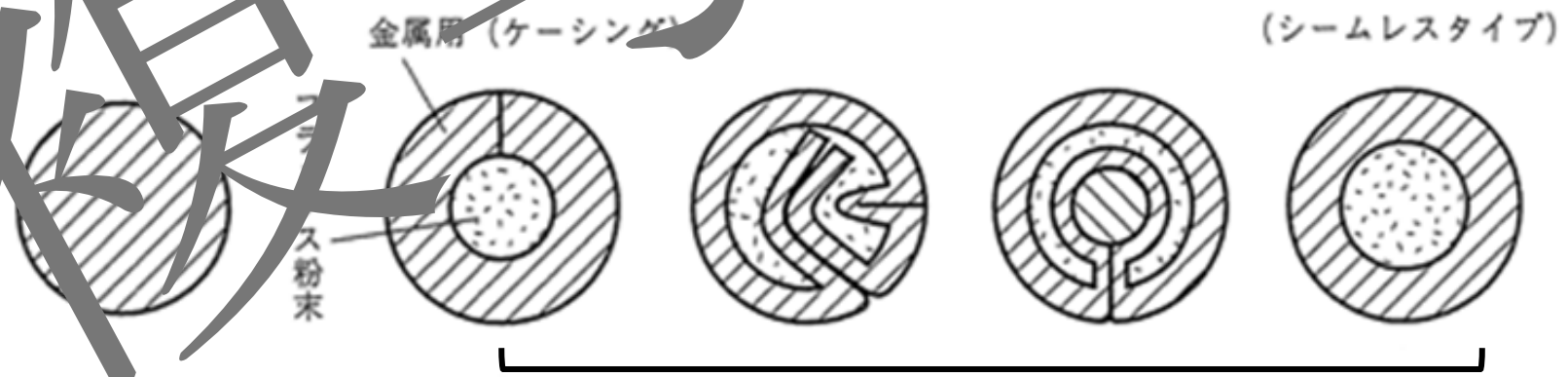
③ビード形状・外観が平坦で美しい。

④ヒューム発生量がやや多い。

⑤スラグを形成させるワイヤの場合（スラグ系）、スラグ除去工程が必要である。

⑥コストが高い

⑦溶込みが浅い



（ａ）ソリッドワイヤ　　（ｂ）フラックス入りワイヤ

図３－１５

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

溶着速度の比較例と各種ＭＡＧ溶接の溶接作業性比較をそれぞれ図３－１６と図３－１７に示します。

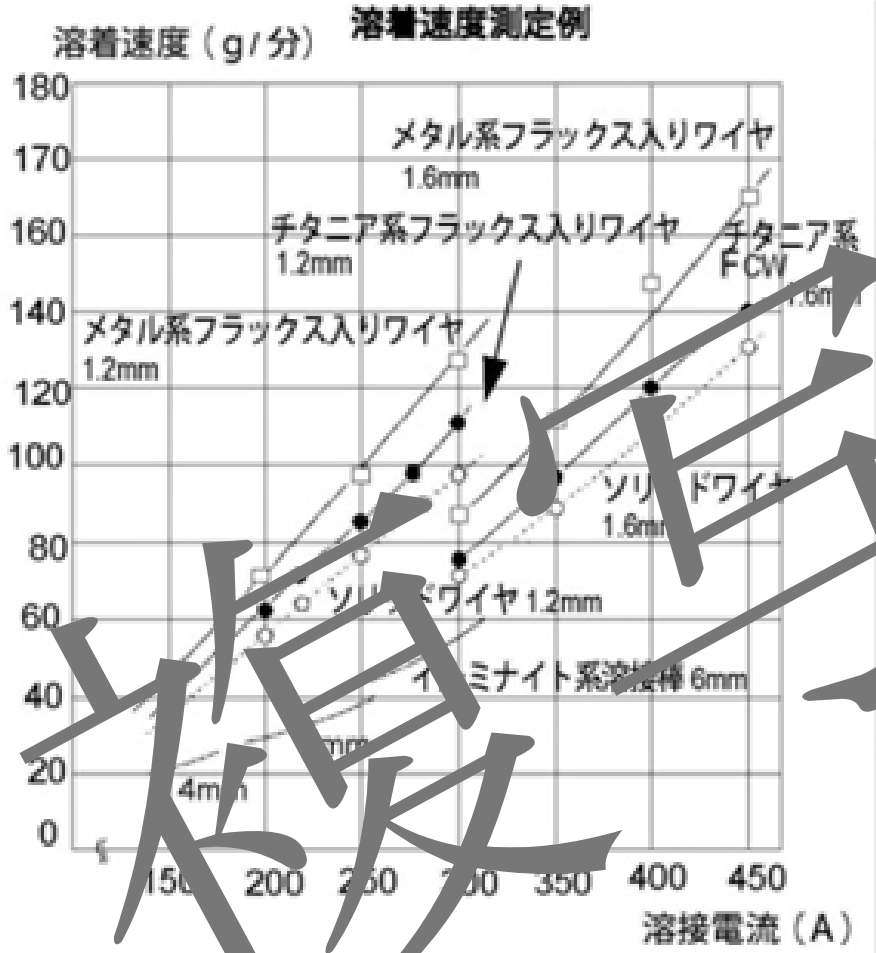


図３－１６

各種ＭＡＧ溶接の作業性比較

溶接作業性		CO_2 溶接ソリッドワイヤ	Ar-CO_2 溶接ソリッドワイヤ	CO_2 溶接フラックス入りワイヤ スラグ系	CO_2 溶接フラックス入りワイヤ メタル系
作業の難易	下向 薄板	△	◎	△	△
	下向 中板	□	◎	◎	◎
	下向 厚板	○	◎	◎	○
	水平すみ肉 1層	○	◎	◎	○
	水平すみ肉 多層	□	○	◎	○
	立向 上進	○	◎	◎	△
	立向 下進	○	○	◎	△
	裏波溶接	△	△	△	△
ビード外観	下向	□	◎	●	○
	水平すみ肉（1層）	△	◎	●	○
	立向	□	◎	◎	□
	上向	△		◎	△
その他	アークの安定性	□	◎	◎	◎
	溶け込み	●	◎	◎	◎
	スパッタ	△	◎	◎	◎
	スラグのはく離性	□※1	◎※2	●	□
	アンダーカット	◎	◎	●	◎

●：非常に優れている、◎：優れている、○：少し優れている
□：普通、△：少し劣る、
※1：薄いスラグができる、※2：極めて少量か、ほとんど発生しない

図３－１７

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

９．ワイヤの種類

（２）軟鋼および高張力鋼用溶接ワイヤ

溶接ワイヤには、溶着金属の機械的性質の改善やアーク安定化、酸化・窒化防止等の作用を行わせる為の成分が含有されています。

ＣＯ2溶接においては、アーク熱で高温にさらされたＣＯ2が下記のように解離します（８００℃以上）

【CO2→CO＋O　　２CO2→２CO＋O2】

これらの活性な酸素によって、鉄は酸化反応を起こし、ブローホールの原因となる一酸化炭素（ＣＯ）が溶融池の中に形成されます。

【Fe＋O⇔FeO　　FeO＋C⇔Fe＋CO】

この一酸化炭素の生成を防止するために、溶接ワイヤ中に脱酸剤としてシリコン（Ｓｉ）やマンガン（Ｍｎ）を含有させ、これと酸素（Ｏ）を反応させて、SiO2，MnOなどのスラグ（ガラス成分）としてビード表面に浮上させます。

複写禁止

3．アーク溶接の基礎

１０．使用率について

溶接機には定格使用率が定められており、むやみに長時間の連続溶接を行うことが出来ない。
定格使用率は、JIS C 9300で定格二次電流を通電した時間の１０分間に対する比（定格二次電流の通電時間【分】／１０分）の百分率であると定義されている。

しかし、実際の溶接作業では、常時定格二次電流を用いた溶接を行うわけではない。そのため、使用する溶接電流に応じて許容される使用率（許容使用率）の値があり、その値は下記３－１式で表される。
溶接電流と使用率の関係を図３－１８に示します。また、連続使用可能電流の値は、３－２式で求めることが出来ます。

【許容使用率（%）＝（定格二次電流÷使用溶接電流）^{2}×定格使用率（%）】　３－１式

アーク溶接機はその使用率に適合するように設計されており、操作性、移動性および経済性の良い構造になっています。 許容使用率を超えて使用すると、過熱検出機能の動作により機器が停止したり、あるいは機器の焼損にいたる場合がありますので注意が必要です。
定格出力（二次）電流と異なる電流で溶接する場合の「許容使用率」は発生する熱量が等価になる３－１式の計算式を用いて算出します。 ただし、整流器を有する直流アーク溶接機では整流器の熱容量が極めて小さいので、いかに短時間といえども、定格二次電流より大きい溶接電流は使用できません。

$$\text{連続使用可能電流(A)} = \text{定格出力電流(A)} \times \sqrt{\frac{\text{定格使用率(\%)}}{100\,(\%)}}$$

３－２式

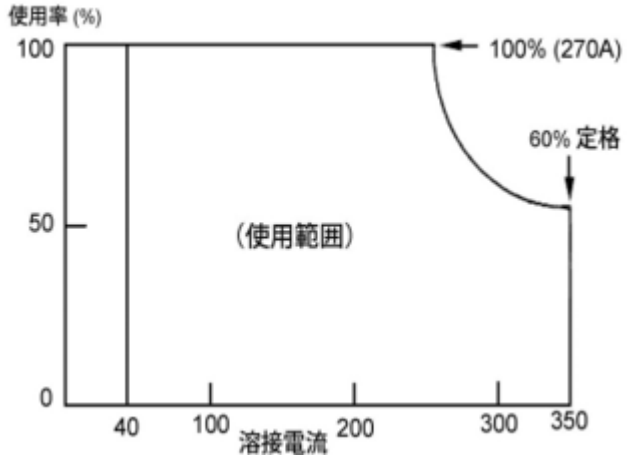


図３－１８

復習未禁止

3．アーク溶接の基礎

１０．使用率について

溶接電源はワイヤ送給装置や溶接トーチなどと組み合わされて使用されます。
各構成ユニットの定格使用率は必ずしも同じとは限りません。
この場合、構成ユニットの一番小さい定格使用率により溶接全体のシステムの許容使用率は制限されます。
また、溶接トーチなどは溶接法により定格使用率が異なりますので、注意が必要です。
パルスMAG、パルスMIG 溶接では定格使用率が低く、また交流出力は直流出力に比べ定格使用率は低くなっています。

複写禁止

４．鋼材の基礎

１．鉄の歴史

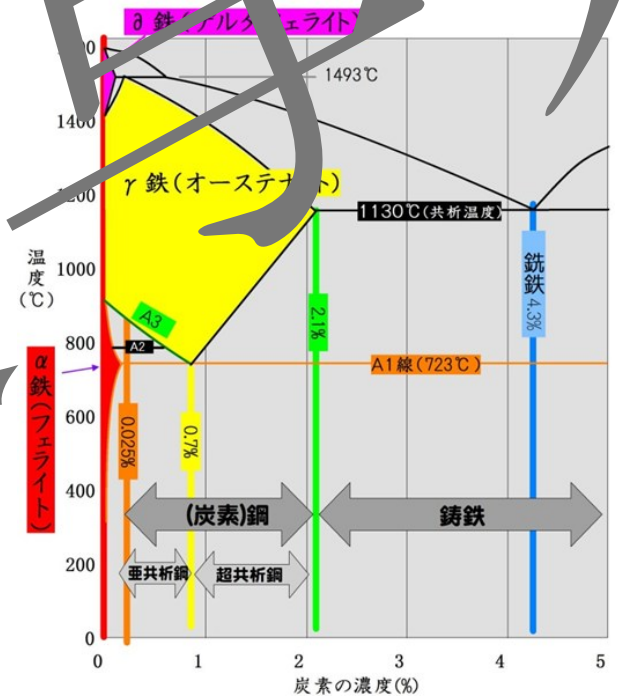
石器、土器、青銅器文明に続いて紀元前１５世紀ころにヒッタイトにより、鉄器の利用が始まりました。ヒッタイトの滅亡後、製鉄技術は周辺にもたらされて以来、農機具や武器、様々な工作物と人類において鉄は最も重要な金属であり続け、産業革命以降は、益々その重要性は増しました。そして、我が国は、日本刀や和包丁、高機能鋼材など世界一の鉄を扱う技術を持ち、重要な産業へと発展しました。

２．鉄と鋼（ハガネ）

鉄は性質上、純粋な鉄（Iron）として使われることはほとんどなく、鋼（Steel）すなわち炭素など他の元素との合金として使われている。鉄とは、炭素など他の元素を含まない場合で、炭素など他の元素を含む場合は鋼と区別されます。そのうち、鉄鋼などに使われる炭素との合金を炭素鋼、あるいは単に鋼と呼んでいます。

３．鉄と炭素の合金

炭素鋼、すなわち鉄と炭素の２元合金の性質を知るためには、図４－１に示す「鉄－炭素２元合金平衡状態図」が役立ちます。



複写禁止

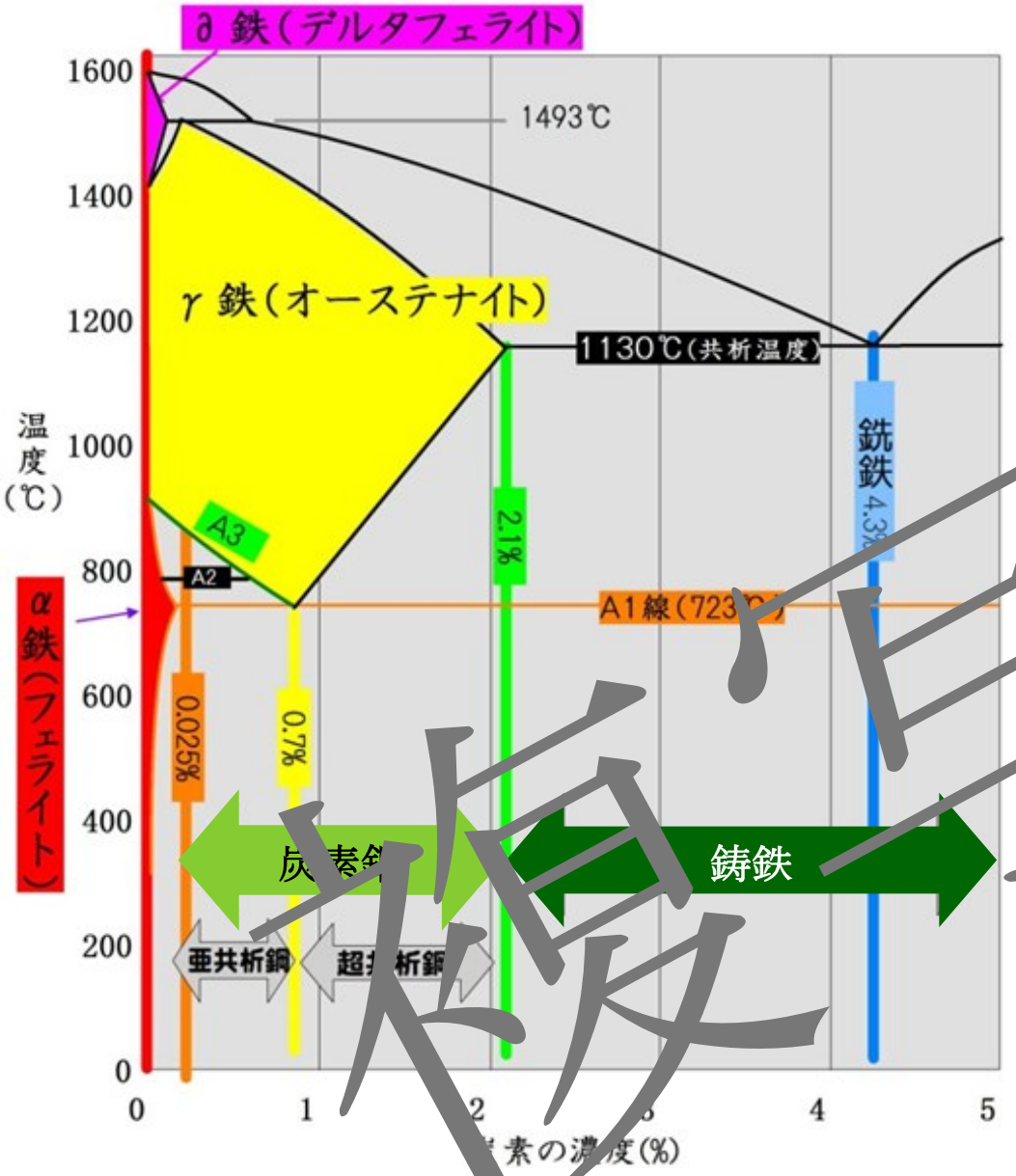


図４－１

◎純鉄.....図４－１の一番左のライン、炭素が０％を見るとα鉄と呼ばれる状態が最も安定している。α鉄は図４－２に示すように、体心立方格子構造（BCC）のフェライトと呼ばれる構造です。

◎銑鉄.....鉄を炭素とともに加熱すると、図４－１の共晶点（炭素4.25%）1130℃－4.25%ラインで溶融した鉄を取り出すことが出来る。鉄はそのままで利用されることはなく、転炉や平炉で炭素量を少なくして炭素鋼にさったり、ケイ素（Si）を加えるなどの調整をして鋳鉄になる。

◎炭素鋼..製鉄では、こうして得られた銑鉄を転炉や平炉で炭素含有量を2%程度まで下げて鋼を得る。
フェライトが含有する最大炭素量（0.02%）からオーステナイトが含有する炭素量（2.1%）の範囲の炭素合金を炭素鋼と言う。

◎鋳鉄.....銑鉄の炭素量を調整し、炭素を2.14～6.67%含有する状態で、ケイ素（Si）を約1～3%の範囲で加えた鉄の３元合金である。セメンタイト濃度より炭素が多いため、グラファイト（黒鉛）が析出する。グラファイトを含むため加工性が良いが脆い反面もある。防振性や加工性に優れた「ねずみ鋳鉄」や機械的強度に優れた「ダクタイル鋳鉄」が多く使われている。

体心立法構造　図４－２

複写禁止

４．鋼材の基礎

４．鋼の５元素

銑鉄は比較的柔らかく強度も低いです。その為一派的に使用される鋼は、鉄の中に炭素（C）・ケイ素（Si）・マンガン（Mn）を含有させることで強度を高めています。その他に不純物としてリン（P）・硫黄（S）を含有しており、これらを「鋼の５元素」と呼んでいます。またこの５元素のみで構成されるのが炭素鋼と」呼ばれる鉄鋼材料です。各元素主な役割を表４－１に示します。　表４－１

元素名	記号	特性	溶接性
炭素	C	鋼材の強度を増すが焼きが入りやすく硬く脆くなる。	一般に0.2%以下なら良好な溶接結果が得られる。
ケイ素	Si	ある量までは鋼材の強度を増すのに有効である。	0.6%以下なら溶接性を害しない
マンガン	Mn	鋼材の強度を増すのに有効である。	溶接性は良好であり、最高1.5%くまいまで添加してよい。
リン	P	鋼材にとっては有害な不純物である。	溶接性を悪くするから0.04%以下にすることが望ましい。
硫黄	S	鋼材にとっては有害な不純物である。	硫黄が帯状に集まってサルファバンドを作り割れを生じ易い為、0.04%以下が望ましい。

５．炭素鋼の分類

炭素鋼の分類を表４－２に示します。　表４－２

0%↵	～0.2%↵	0.3～2%↵			2.1～6.7%↵	4.25%↵
純鉄↵	鉄↵	炭素鋼↵			鋳鉄↵	銑鉄↵
炭素量が0.02%以下の鉄↵	軟らかく、展延性があり、電気材料などに使用↵	炭素が約0.3%以下↵ **低炭素鋼（軟鋼）**↵	炭素が↵ 約0.3～0.7%↵ **中炭素鋼**↵	炭素が↵ 約0.7%以上↵ **高炭素鋼**↵	鋳鉄はケイ素を含む溶鉱炉から最初に取り出される鉄↵	共晶点（炭素4.25%）で鉄を取り出したもの↵

複写禁止

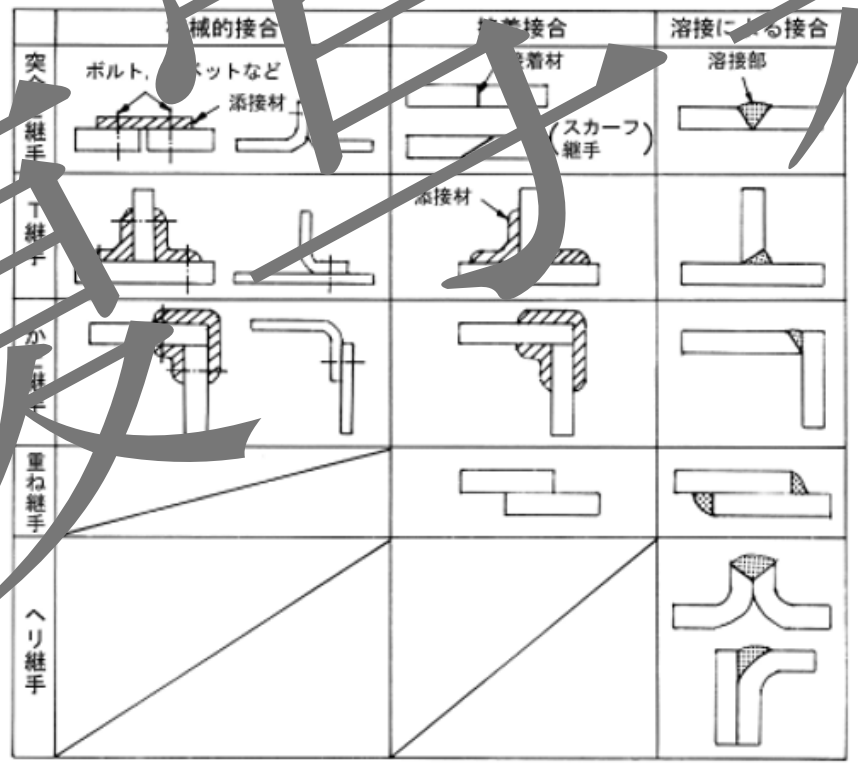
5．溶接継手の形式

複数の部材を接合する場合、継ぎ目すなわち継手ができる。
継手の形式も部材の組み合せ方によっていくつかの種類がある。（表５－1参照）

① 突き合せ継手（butt joint） ２つの部材がほぼ同一の面内に位置する継手
② T継手(T joint) ２つの部材がほぼ直交してT字形を形成する継手
３つの部材の場合は、十字継手(cruciform joint)となる。
③ 角（かど）継手(corner joint) ２つの部材がほぼ直交してL字形の角（かど）を形成する継手
④ 重ね継手(lap joint) ２つの部材の一部を重ねた継手。類似のものに当て金継手(strapped joint)がある。
⑤ へり継手(edge joint) ２つ以上のほぼ平行に重なっている部材の端面が形成する継手

表1にみられる様に接合方法により多少の違いはあるが大きな違いではない。
尚、溶接継手とは、溶接されるかまたは溶接された継手のことである。

表５－１



複製禁止

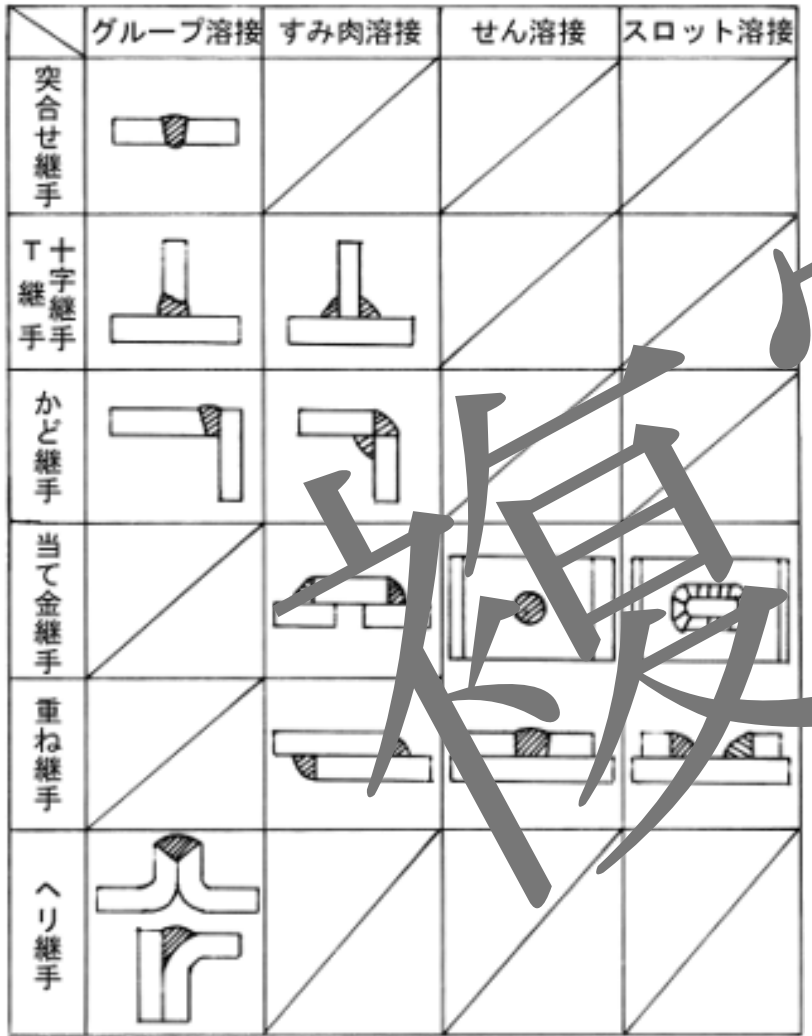
©（社）日本溶接協会2004

5．溶接継手の形式

1．溶接継手の種類とその特徴

溶接されるかまたは溶接された継手を溶接継手と呼んでいる。
溶接継手の種類としては、表1に示すように溶接部の形状によって開先（グルーブ）溶接、すみ肉溶接、プラグ（せん＝栓）溶接およびスロット溶接に分けられる。

表５－２　　©（社）日本溶接協会2004



① 開先（グルーブ）溶接(groove weld)
突合せ継手やT継手などで部材に開先またはグルーブと呼ぶ溝を設けて行う溶接。溶接する部材を完全に溶かし込む完全溶け込み溶接と部分的に溶かす部分溶込み溶接とがある。

② すみ肉溶接(fillet weld)
T継手、十字継手、角（かど）継手などでほぼ直交する２つの部材の面をつなぐ三角形状の溶接

③ プラグ（せん）溶接(plug weld)
重ね合わせた部材の片側に穴を設けて行う溶接

④ スロット溶接(slot weld)
プラグ溶接の穴に代えて細長い溝を設けて行う溶接、溝溶接とも言う。

開先溶接とすみ肉溶接が一般的でありプラグ溶接とスロット溶接は特殊と言える。
尚、開先溶接に含まれる突合せ溶接は、２つの部材がほぼ同一の面内に位置する継手を溶接することであるが、建築・鉄骨の分野では同一の面内に位置しなくても（T継手や角継手でも）完全溶込み溶接ならば突合せ溶接と呼ぶ事もある。

複製禁止

6．溶接用語と溶接記号

1．溶接記号

溶接の種類、開先の形状、寸法、工場溶接、現場溶接の区別などを設計図面上に表示するための記号と表示方法は、JIS Z 3021として規格化されている。溶接記号の基本記号を表６－１に補助記号を表６－２に示す。

表６－１　溶接記号（基本記号JIS Z 3021）

溶接部の形状	基本記号	備　考
両フランジ形	⋀	
片フランジ形	⋏	
I　形	‖	アプセット溶接，フラッシュ溶接，摩擦溶接などを含む。
V形，両面V形（X形）	∨	X形は説明線の基線（以下，基線という）に対称にこの記号を記載する。アプセット溶接，フラッシュ溶接，摩擦溶接などを含む。
レ形，両面レ形（K形）	∠	K形は基線に対称にこの記号を記載する。記号のたての線は左側に書く。アプセット溶接，フラッシュ溶接，摩擦溶接などを含む。
J形，両面J形	｜	両面J形は基線に対称にこの記号を記載する。記号のたての線は左側に書く。
U形，両面U形（H形）	⋎	H形は基線に対称にこの記号を記載する。
フレアV形，フレア	⋎	フレアX形は基線に対称にこの記号を記載する。
フレアレ形，フレアK形	∠	フレアK形は基線に対称にこの記号を記載する。記号のたての線は左側に書く。
すみ肉	◺	記号のたての線は左側に書く。並列溶接の場合は基線に対称にこの記号を記載する。ただし，千鳥溶接の場合は，用いることができる。
プラグ，スロット	⊓	
ビード，肉盛	⌓	肉盛溶接の場合は，この記号を二つ並べて記載する。
スポット，プロジェクション，シーム	✱	重ね継手の抵抗溶接，アーク溶接，電子ビーム溶接などによる溶接部を表す。ただし，すみ肉溶接は除く。シーム溶接の場合は，この記号を二つ並べて記載する。

表６－２　溶接記号（補助記号JIS Z 3021）

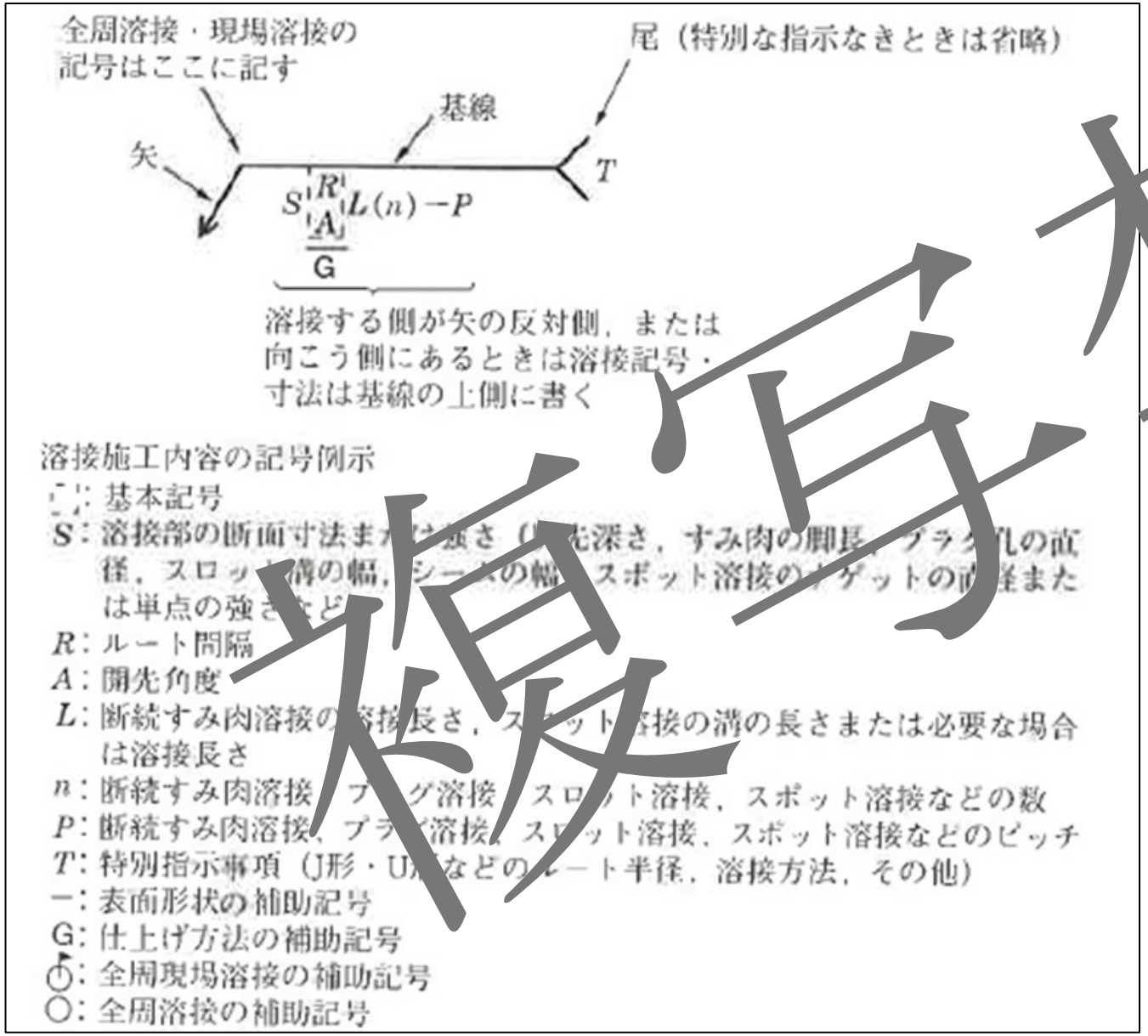
区分			補助記号	備　考
溶接部の表面形状		平ら	―	
		凸	⌒	基線の外に向かって凸とする。
		へこ	⌣	基線の外に向かってへこみとする。
溶接部の仕上げ方法		チッピング	C	
		研　削	G	グラインダ仕上げの場合。
		削	M	機械仕上げの場合。
		指定せず	F	仕上げ方法を指定しない場合。
現場溶接			⚑	
全周溶接			○	全周溶接が明らかなときは省略してもよい。
全周現場溶接			⚐	
非破壊試験方法	放射線透過試験	一　般	RT	一般は溶接部に放射線透過試験など各試験の方法を示すだけで内容を表示しない場合。 各記号以外の試験については必要に応じ，適宜，表示を行うことができる。 〔例〕 漏れ試験　LT ひずみ測定試験　ST 目視試験　VT アコースティックエミッション試験　AET 渦流探傷試験　ET
		二重壁撮影	RT-W	
	超音波探傷試験	一　般	UT	
		垂直探傷	UT-N	
		斜角探傷	UT-A	
	磁粉探傷試験	一　般	MT	
		蛍光探傷	MT-F	
	浸透探傷試験	一　般	PT	
		蛍光探傷	PT-F	
		非蛍光探傷	PT-D	
	全線試験		○	各試験の記号の後につける。
	部分試験（抜粋試験）		△	

複写禁止

6．溶接用語と溶接記号

基本記号と補助記号の記載方法は次のとおりである。

図６－１　溶接記号（補助記号JIS Z 3021）



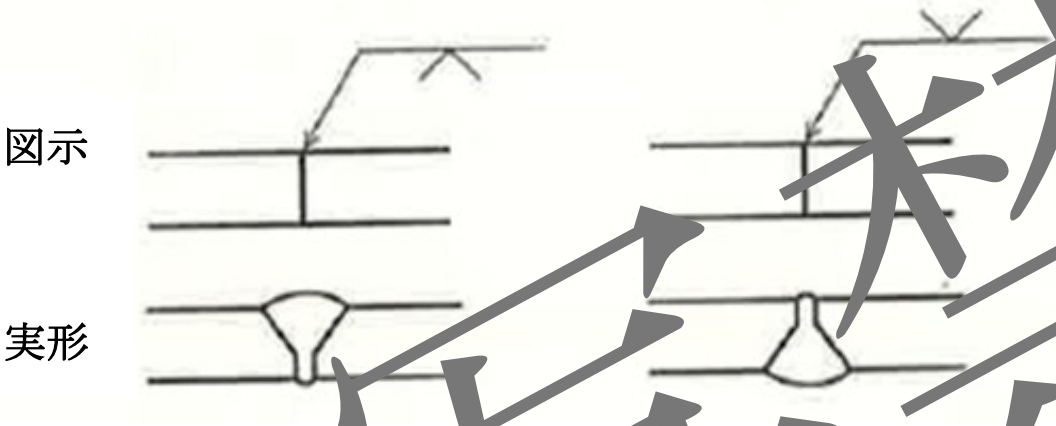
① 図６－１に示すように溶接する部分を指し示す矢と、水平な基線および必要に応じて尾を書き、この基線にそって溶接記号と寸法を記載する。）

複写禁止

6．溶接用語と溶接記号

基本記号と補助記号の記載方法は次のとおりである。

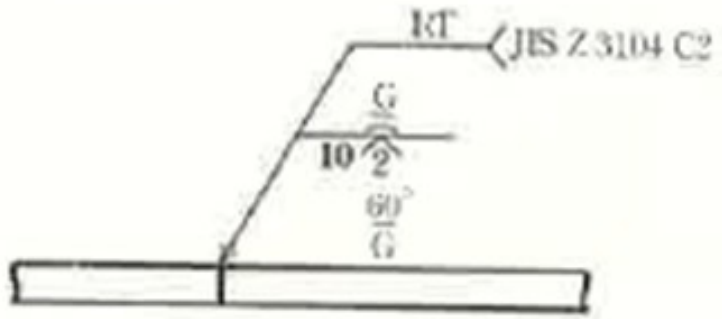
② 溶接記号および寸法は矢のある側、あるいは手前側に溶接するときは基線の下側に矢の反対側、あるいは向こう側に溶接するときは基線の上側に記載する。（図６－１）



溶接する側と記号の基線に対する上下位置（例）

③ レ形、K形、J形、両面J形の左右非対称の開先溶接においては、基線を開先を設ける側に記し矢は折れ線として開先を設ける面に矢の先端を向ける。（図６－２参照）

(a)開先加工をする部材の指示



溶接記号の記載例

(b)補助記号及び非破壊試験方法の記載例

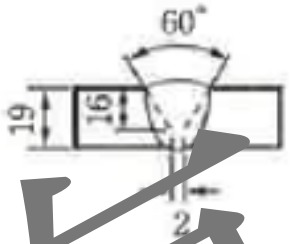
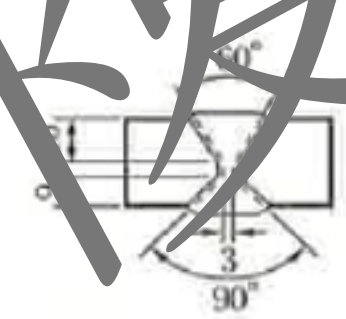
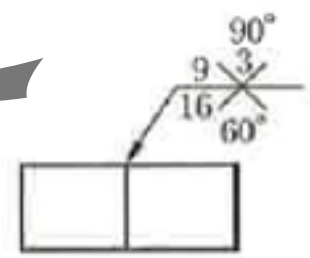
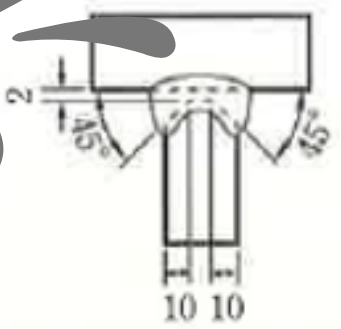
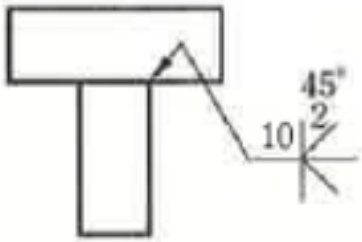
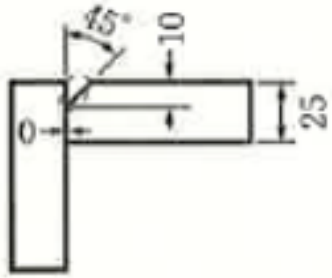
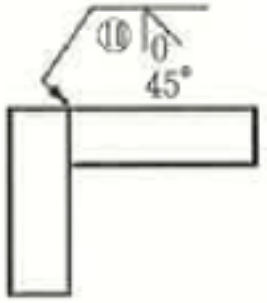
複写禁止

6．溶接用語と溶接記号

基本記号と補助記号の記載方法は次のとおりである。

④　表６－１に示した基本記号を用い、これに開先深さ、開先角度、ルート間隔を記入する。（表６－３）
また、必要に応じて表面形状、仕上げ方法などの補助記号を用いる。
部分溶込み溶接では開先深さの寸法を○印で囲む。この指示のないときは完全溶込み開先溶接とみなす。

表６－３　開先溶接の記載例

溶接部	実形	記号
板厚19mm 開先深さ16mm 開先角度60° ルート間隔2mm		
開先深さ 矢の側16mm 矢の反対側9mm 開先角度 矢の側60° 矢の反対側90° ルート間隔3mm		
角継手 開先深さ10mm 開先角度45° ルート間隔2mm		
角継手 部分溶込み溶接 板厚25mm 開先深さ10mm 開先角度45° ルート間隔0mm		

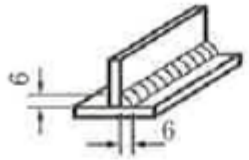
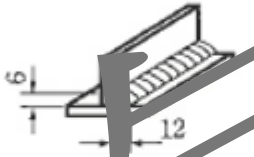
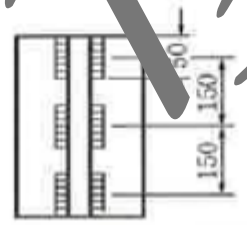
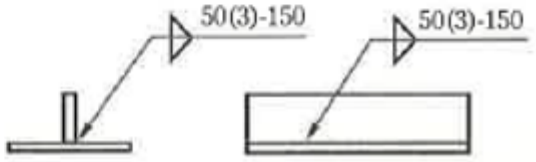
複写禁止

6．溶接用語と溶接記号

基本記号と補助記号の記載方法は次のとおりである。

⑤　すみ肉溶接の寸法は脚長で示す。不等脚長の場合は小さいほうの脚長をS1、大きいほうの脚長をS2として（S1×S2）と記載する。この場合、不等脚長の方向がわかるように示す。（表６－１）
断続溶接の場合は個々の溶接長さとピッチを示す。

⑥　補助記号および非破壊試験方法ときずの分類を示すときは、図６－３（b）の例に従う。

溶接部	実　形	記　号
脚長6mmの場合		
不等脚の場合，小さい脚の寸法を先に，大きい脚を後に書き，（　）でくくる。この場合不等脚の方向がわかるように示す。		
両側脚長の異なる場合 矢の側9mm 矢の反対側6mm		
並列溶接 溶接長さ50mm 溶接数3 ピッチ150mm		

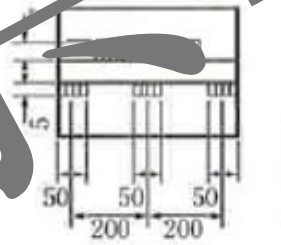
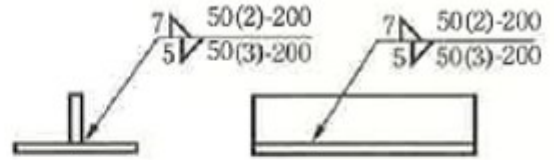
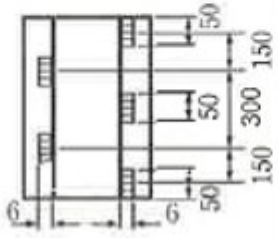
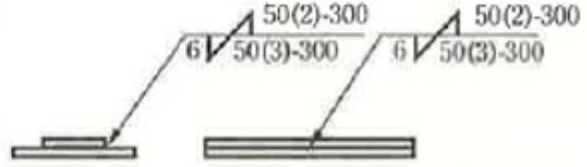
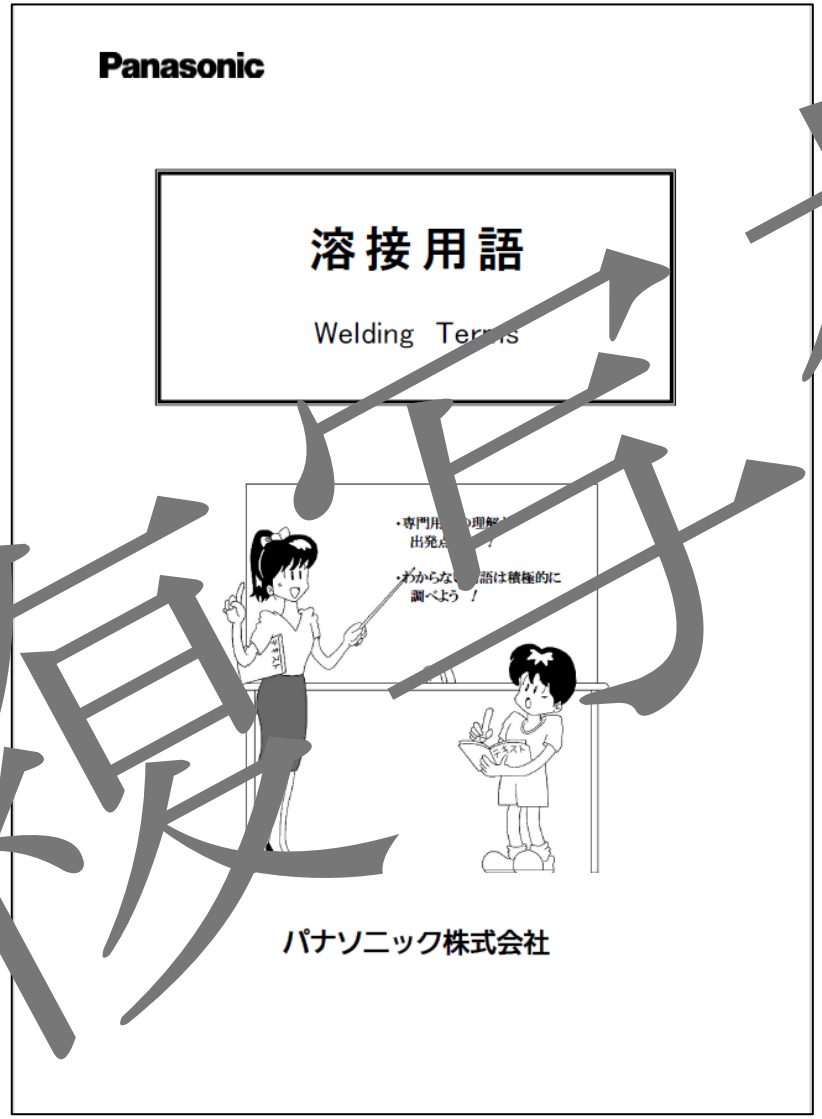
溶接部	実　形	記　号
千鳥溶接 両側脚長6mm 溶接長さ50mm 溶接数 矢の側3 矢の反対側2 ピッチ300mm		
千鳥溶接 両側脚長6mm 溶接長さ50mm 溶接数 矢の側3 矢の反対側2 ピッチ300mm		

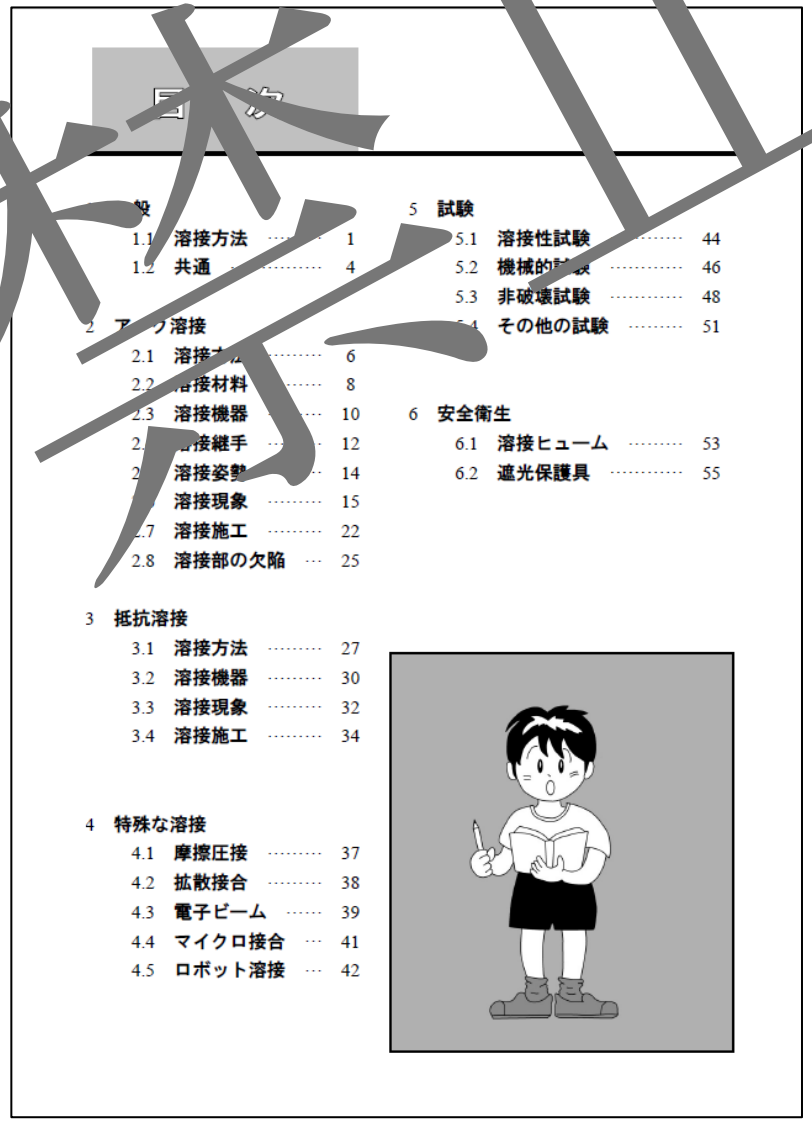
表６－４　隅肉溶接の記載例

複写禁止

6．溶接用語と溶接記号

2．溶接用語については、別冊「溶接用語」を参照願います。

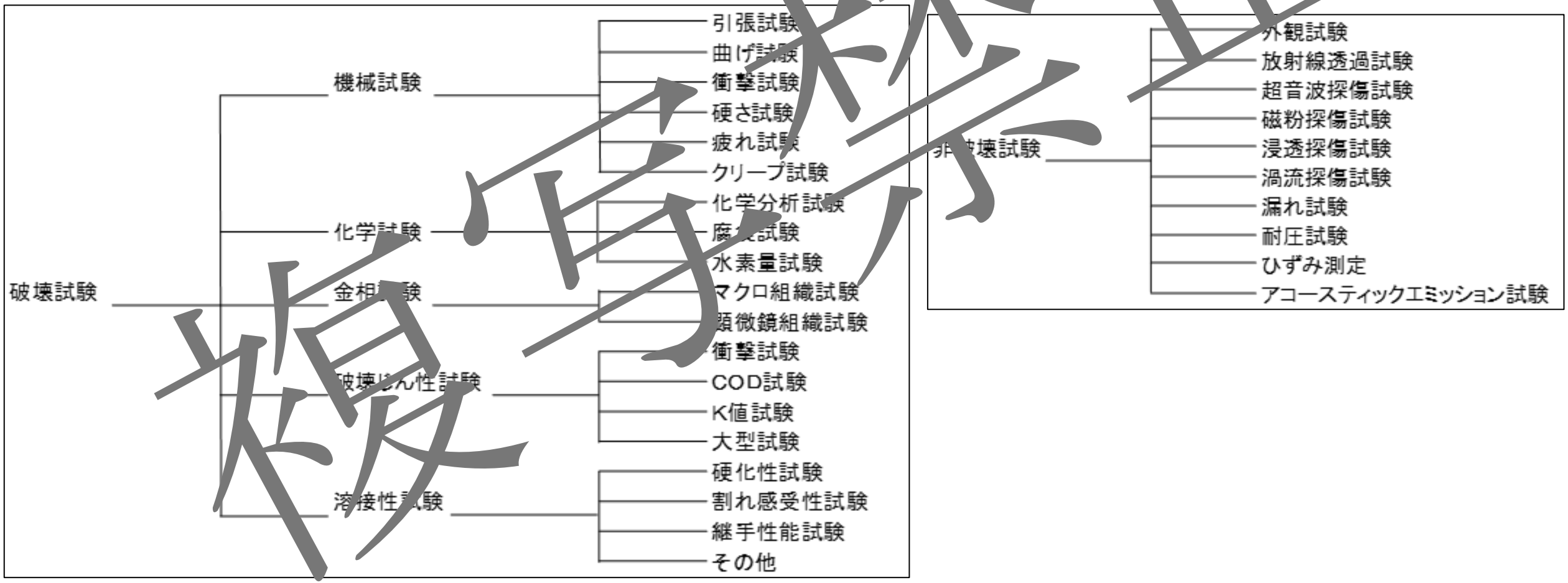




複写禁止

7．溶接検査の種類

溶接継手の試験方法は、大別すると図７－１に示すように、破壊試験と非破壊試験に分けられる。
機械的性質などを調べる場合は、試験片を破壊してしまう、このような試験方法を破壊試験という。
それに対して、溶接後の製品を破壊しないで溶接欠陥を検出する、いわゆる非破壊試験を用いて検査している。
（図７－１）



複写禁止

7．溶接検査の種類

① 曲げ試験（Bending　Test）

材料試験の一種で、材料の曲げに対する強さや変形のようすを調べる。
丸棒または角棒状の試料の両端を支え、図７－２のように中央に荷重を加える３点曲げと、図７－３のように左右両支点から等距離の位置に同じ大きさの２つの荷重を加える４点曲げによる方法とがある。
３点曲げは試験方法が簡便であるが、試料に加わる曲げモーメントが一様ではなく、材料の基本的性質を調べるには不向きである。しかし、材料の曲げに対する加工性を調べるなどの工業的試験にこの方法で行われる。
棒状、板状、管状などの試験片を規定の内側半径をもつ弧状に規定の角度だけ曲げたとき、湾曲部の外側に生ずる亀裂の有無により材料の曲げ加工性を判定する。
また、脆性材料の曲げに対する破壊強さを調べる抗折(こうせつ)試験も工業的曲げ試験の１つである。
４点曲げは２つの荷重の間で材料に加わる曲げモーメントが一定であって、純粋曲げの状態にある。
曲げに対する材料の基本的性質を調べるのに適している。
もう１つの曲げ試験方法としては、図７－４に示す型曲げ試験がある。

図７－２

図７－３

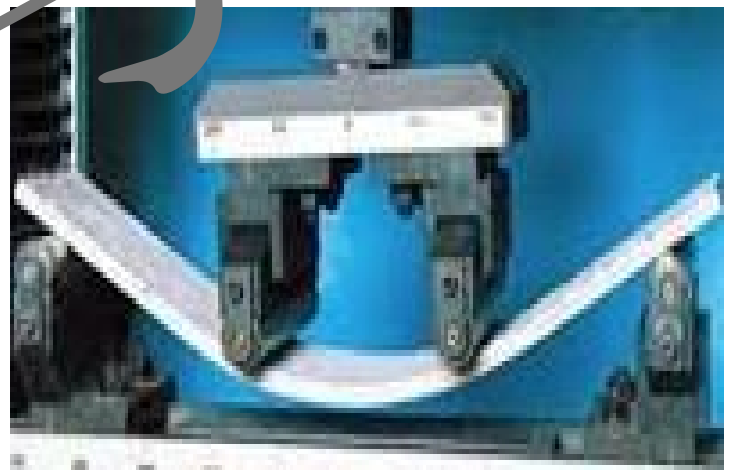


図７－４

複製禁止

7．溶接検査の種類

② 外観試験（Visual Testing）
外観試験は、人間の目で見て観察する試験方法である。特別な手段を用いることなく外観から大きなきずを発見できる。
日本ではVTの技術者資格は存在しないが、非破壊試験技術者には近距離視力が必須条件とされている。
目視試験では、直視する他に、拡大鏡や鏡、ボアスコープやCCDカメラといった光学的な道具を用いて間接的に観察することも行われる。

③ 磁粉探傷試験（Magnetic Particle Testing）
磁粉探傷試験は、磁性金属の表面及び表層に発生した表面割れ等のきずの検査に適しており、表面開口きず及びごく浅い内部きずの検査が可能である。

④ 浸透探傷試験（Penetrant Testing）
浸透探傷試験は、材料表面に発生した表面開口きずに浸透液を浸透させ、浸透液を毛細管現象により表面に吸い出し、拡大されて現れた指示模様を観察して表面きずを調べる方法である。材料の表面粗さの影響を受け、表面粗さが荒い場合は適用困難。発泡体や内部きずの検査は適用不可である。

⑤ 放射線透過試験（Radiographic Testing）
放射線透過試験は、判定結果が放射線透過写真（フィルム）として残り、溶接の溶け込み不足やブローホールの様な、体積を持つ内部きずの検出を目的とした信頼性が高く一般的な検査方法である。しかし、材料表面に発生する高張力鋼の溶接部の遅れ割れのような微細な表面きずが検出されないこともあるので、磁粉探傷検査などの表面きずの検出を目的とする他の検査と併用することが望ましい。

複写禁止

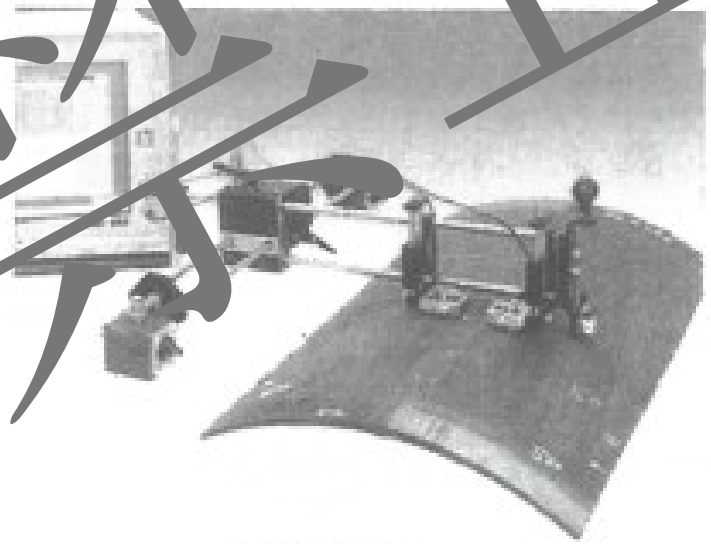
7．溶接検査の種類

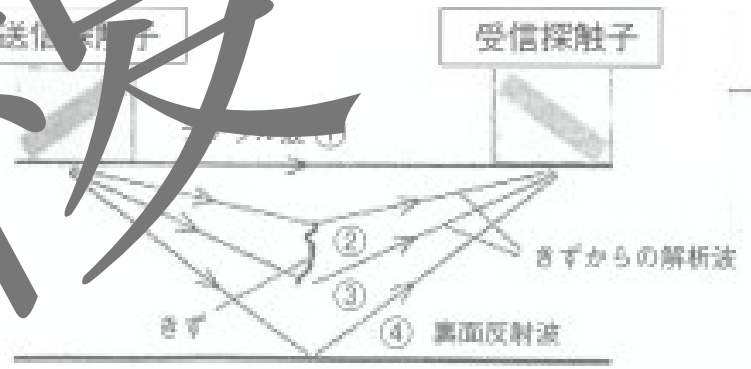
⑦　超音波探傷試験（Ultrasonic Testing）

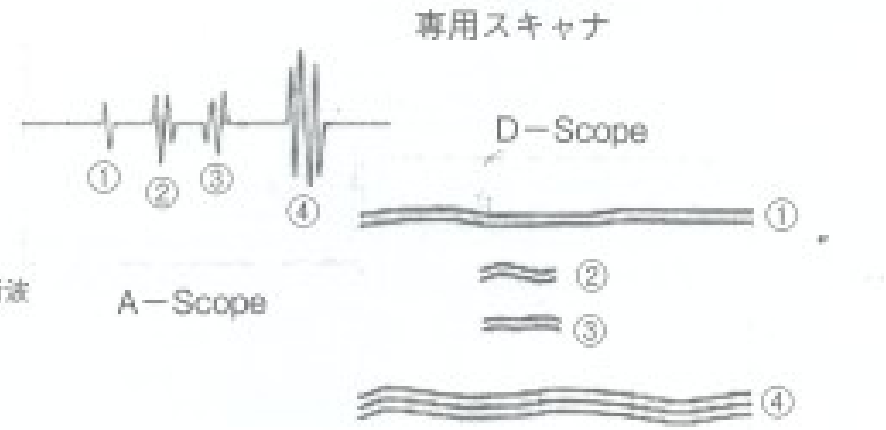
超音波探傷試験は、材料内部の面形状を持つ割れ等の内部きずに対して、検出精度が高いが、欠陥形状の判定はやや困難である。近年、フェーズドアレイ探傷法やTOFD法などの開発により、送信や受信波形を制御し、得られた超音波受信信号から、画像化や数値解析を行うことによって、きずの寸法や形状を推定できるようになってきた。

TOFD法

TOFD法（Time Of Flight Diffraction）は、超音波ビームの広がりの大きい送信と受信の一対の探触子を向かい合わせで平行に走査を行い、きずからの微小な解析波を受信して断面を映像化（Dスコープ）し、評価する手法です。







複写禁止

8．溶接欠陥と防止方法

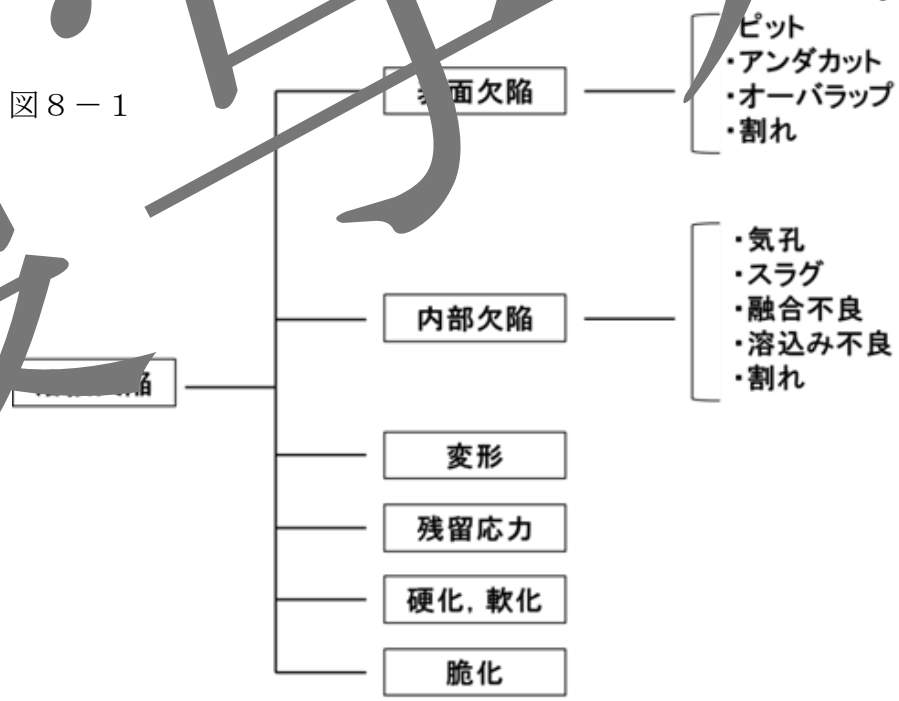
1．溶接結果と影響

溶接部の性能に及ぼす溶接欠陥の影響は，変形や残留応力，硬化なども考慮に入れた範囲の広いものになりますが，通常は図８－１に示す通り，表面欠陥と内部欠陥に多く現れます。一般的には割れや気孔，溶込み不良などを溶接欠陥と呼びます。

溶接欠陥は，大きさ，形状，発生している位置によって品質に与える悪影響の程度が判断されますが，欠陥の発生している継手に，使用条件（引張・圧縮・繰り返し荷重など）が加わると，同じ大きさ，形状，位置の欠陥であっても品質に与える影響は変化します。従って，欠陥による影響の判断は，単にその種類や大きさ，形状，位置だけでなく，使用条件，使用環境なども考える必要があります。

一般的に，欠陥は先端が丸みを持った形状より尖った形状の方が悪影響を及ぼします。従って，割れや，溶込み不良および融合不良は最も重大な欠陥とみなされています。また，変形，著しい寸法違い，形状の不良や硬化，軟化，脆化なども溶接部の品質に悪影響を及ぼします。

図８－１



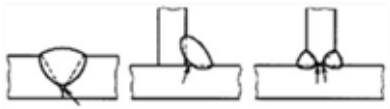
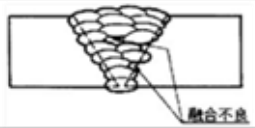
複写禁止

8．溶接欠陥と防止方法

2．溶接欠陥の種類

代表的な溶接欠陥の主な種類を表８－１に示します。不適切な施工要領により欠陥が発生した場合は，直ちにその施工を中止し原因を追究するとともに，原因に関連している全継手を全数チェックしなければなりません。
また改善された施工要領を適用する場合は，欠陥が再発しないことを十分に確認しなければなりません。

表８－１

溶接欠陥	定義	形状
アンダーカット	溶接の止端に沿って母材が掘られて溶着金属が満たされないで溝となって残っている部分	
オーバーラップ	溶着金属が止端で母材に融合しないで重なった部分	
ピット	ビードの表面に生じた小さなくぼみ穴	
ブローホール	溶着金属中に生じる球状又はほぼ球状の空洞	
溶込み不良	完全溶込み溶接継手の場合に溶込まない部分があること	
融合不良	溶接境界面が互いに十分に溶合っていないこと	
割れ	溶接部に生じる割れ状の欠陥	

複写禁止

8．溶接欠陥と防止方法

3．溶接欠陥の発生原因

溶接欠陥の種類の中から，特に発生しやすい気孔性欠陥について解説します。

溶接における気孔欠陥とは，水素（H2），窒素（N2），一酸化炭素（CO），アルゴン（Ar）などのガスや亜鉛（Zn）蒸気などの気体によって溶接金属内部に生じる欠陥の総称で，一般に「ピット」と「ブローホール（ウォームホール）」に大別されます。

JISの溶接用語では，ブローホールは「溶着金属中に生じる球状又はほぼ球状の空洞」とされ，ピットは「ビードの表面に生じた小さなくぼみ穴」と説明されています。そして、ガス圧により細長く成長したブローホールがビード表面で芋虫状に繋がってできるくぼんだ表面欠陥をウォームホールと呼びます。

これらの気孔欠陥が発生する位置や形は，その発生原因により様々であり図８－２に示す要因図のように分類することができます。これらの項目を正しく管理することで欠陥を未然に防止することが重要になります。

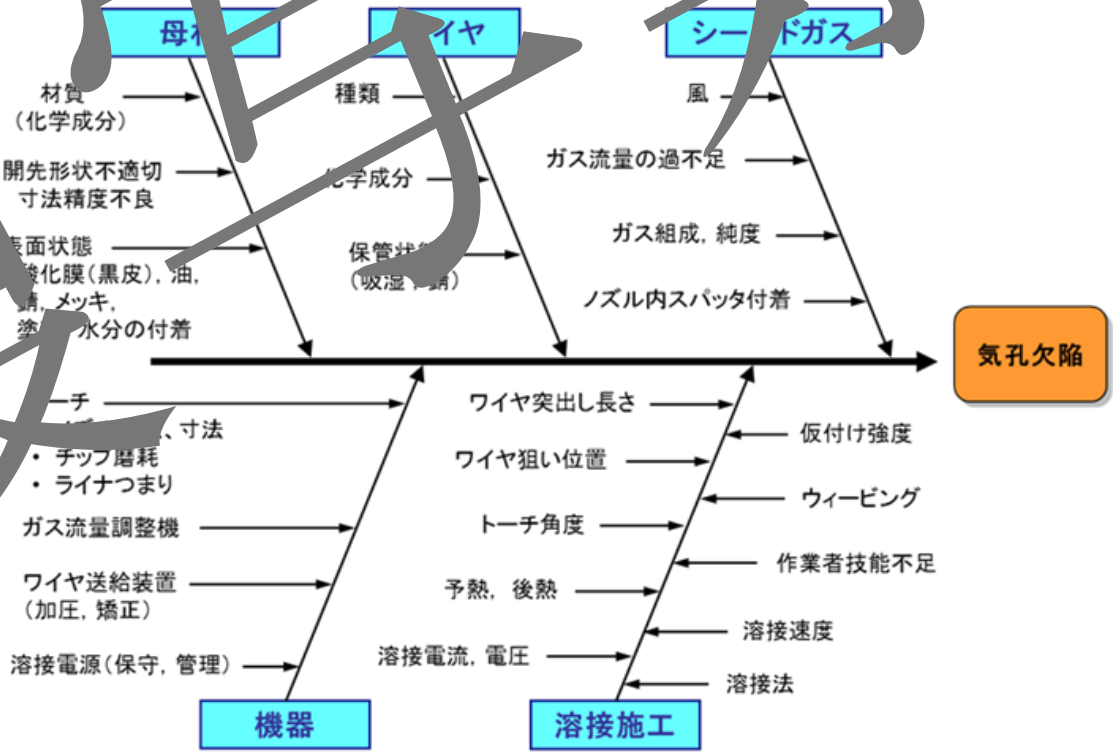


図８－２

複写禁止

8．溶接欠陥と防止方法

４．気孔性溶接結果の対策

気孔性溶接欠陥の予防対策について解説します。

●母材の汚れ防止と清掃

（１） 母材に水分，湿気，錆，油脂，塗料などが付着しないように注意すること。付着している場合は，除去と清掃を十分に行う必要があります。

（２） プライマーと呼ばれる防錆塗料が塗布されている鋼材の溶接を行う場合も，継手部のプライマーは除去してから溶接を行うこと。

（３）取扱いには清潔な手袋を使用し，素手や汚れた手袋は用いないこと。

●ガスシールドアーク溶接の場合

（１） 溶接条件に合った，適正なシールドガス流量で溶接をすること。シールドガス流量が少な過ぎるとシールド不足となり，多過ぎるとシールドが乱流となり，ブローホールが発生しやすくなります。

（２） 風がある場合は，トーチ近傍の風速が２ｍ／ｓ以下になるように適切な防風対策が必要となります。

（３） ノズル内側にスパッタが付着するとシールドガスの流れが乱れ，ブローホールの原因になるので，ノズル内側に付着したスパッタは溶接作業中，頻繁に除去すること。

（４） 適切なチップ母材間距離を保持して溶接を行うこと。

（５） 空気中の窒素はブローホールとなって残留しやすいため，空気の混入は避ける必要があります。

●溶接材料の吸湿管理

（１） 溶接材料は，屋内の吸湿しない場所に保管すること。

（２） 被覆溶接棒は，種類ごとに乾燥庫で決められた条件で乾燥・保温を実施したものを使用します。また、乾燥温度が基準より高過ぎると被覆材が変質・劣化し，溶接欠陥の要因にもなるので注意が必要です。

複写禁止

８．溶接欠陥と防止方法

４．気孔性溶接結果の対策

気孔性溶接欠陥の予防対策について解説します。

●適正な溶接条件による施工

（１） 溶接電流値などの溶接条件は適正範囲内に設定し，施工すること。特に過大電流での施工は，ブローホールが発生しやすくなります。

（２） アーク長，運棒も適正範囲内で施工する必要があります。

（３） 溶接速度を速くし過ぎると，ブローホールやピットが発生しやすくなります。

●その他の管理（アルミニウム溶接の場合）

（１）溶接現場の相対湿度が８０％を超える場合は溶接を中止すること。

（２）溶接開始前に適切なプリフロー時間を設定すること。

（３）ガスホースには吸湿するゴム系材料は使用せず，ビニールやテフロン系を使用すること。

（４）溶接トーチのライナー（図８－３）およびワイヤ送給ローラ（図８－４）は、ワイヤ１巻を目安に清掃を実施すること。

図８－３

図８－４

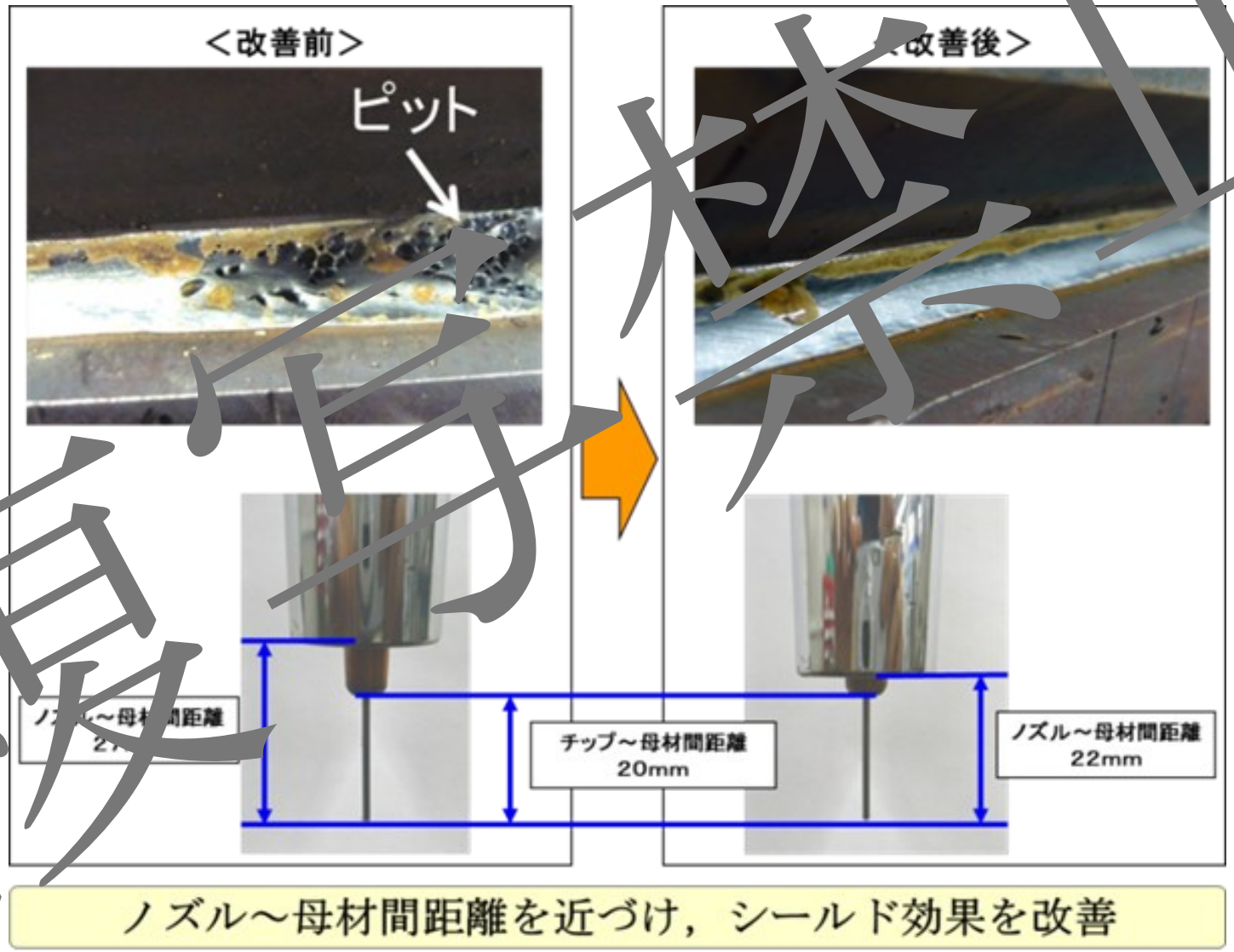
複写禁止

8．溶接欠陥と防止方法

5．弊社での対策事例（参考）

図８－５に，ピットの改善事例を紹介します。（軟鋼・CO2溶接）

図８－５

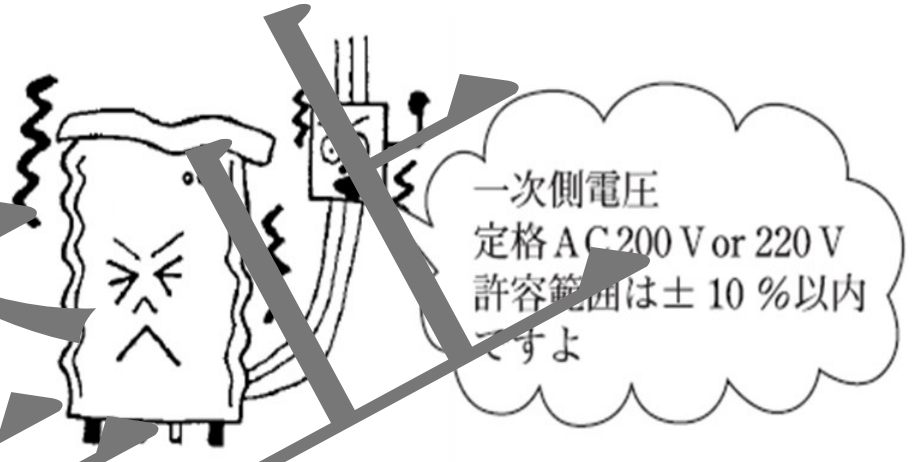


複写禁止

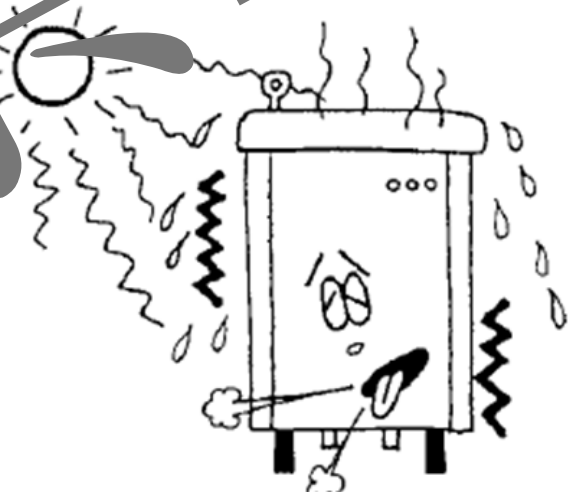
9．保守・点検

1．溶接機設置の注意事項

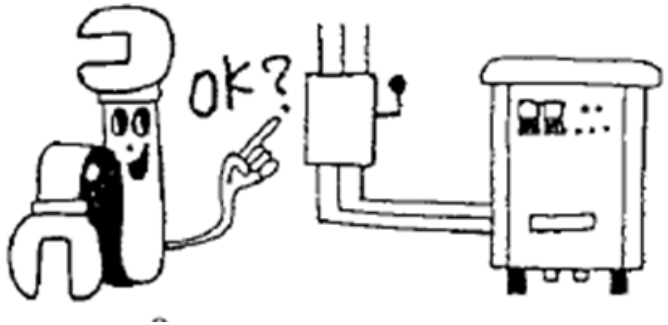
① 電源設備の容量は十分ですか？
電源容量が少ないと、溶接電流が大きく変化して良好な溶接結果が得られません。
始業時と工場全体が稼働しているときに、一時電圧をテスターで確認して下さい。



② 溶接機は雨水のかからない、直射日光の当たらない屋内に設置してありますか？
溶接機の設置場所はできるだけ、湿気やほこりの少ない場所を選んで下さい。



③ 溶接機１台ごとにスイッチボックスを設け、ヒューズあるいはブレーカに規定のものを使用していますか？



当社KR2シリーズ
ノーヒューズブレーカの場合

溶接電源	ヒューズ容量
２００A	４０A
３５０A	６０A
５００A	１００A

複写禁止

9．保守・点検

1．溶接機設置の注意事項

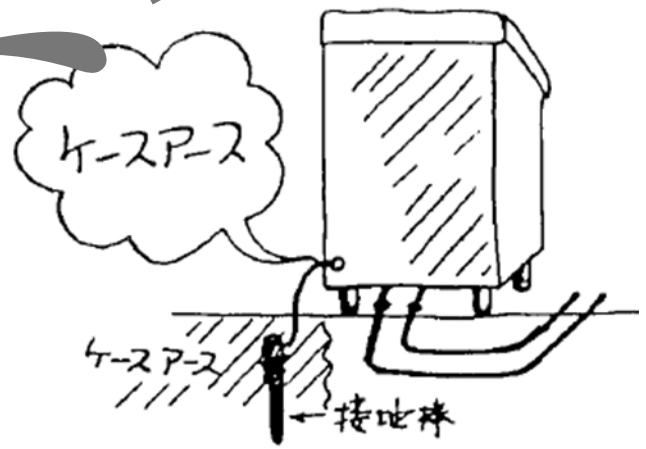
④　一次側及び二次側ケーブルは、決められた太さのものを使用していますか？

ケーブルが細いと電気の流れが悪くなり、アークの安定が悪くなったり定格出力が得られなくなります。また、ケーブルの焼損につながります。

容量は取扱説明書記載の規定のもの（内線規程による）を、お使い下さい。

当社KR2シリーズの場合　単位:㎟

溶接電源	一次側	二次側
２００A	5.5以上	３０以上
３５０A	１４以上	６０以上
５００A	２２以上	１００以上



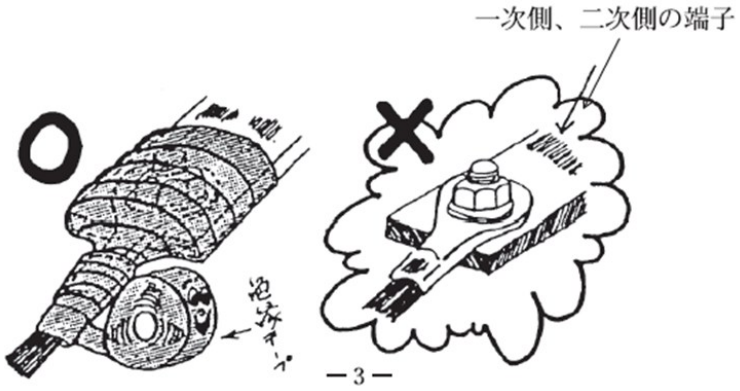
⑤　ケースアースはとられていますか？

ケースアース（溶接機外箱の接地）は、確実に行って下さい。

（電気設備技術基準D種接地工事）

⑥　ケーブルの接続部や端子は絶縁テープで絶縁していますか？

通電部を露出したままにしておくと感電災害や、漏電による火災などの原因になります。



複写禁止

9．保守・点検

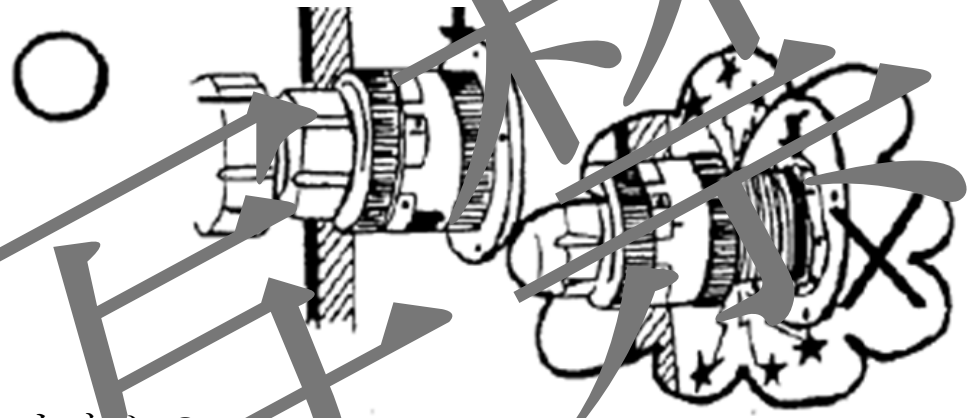
２．溶接作業前の点検事項

⑦　コネクタやプラグ類は完全に差し込んで固定ネジを締めつけていますか？

不完全な接続をすると接続不良となり、正常な動作が出来なくなり故障の原因となります。

固定ネジを無理に締め付けるとネジ山がつぶれ、完全な締め付けが出来ません。

水平に差し込んで無理なく固定ネジを締めて下さい。



⑧　アースの接続は確実にされていますか？

アースケーブルは鋼板や棒鋼などで代用されがちですが、電気抵抗が高くなって溶接電流が不安定になりまた加熱を

して火災の原因となる[illegible]ーブルを用いて確実に接続して下さい。

複写禁止

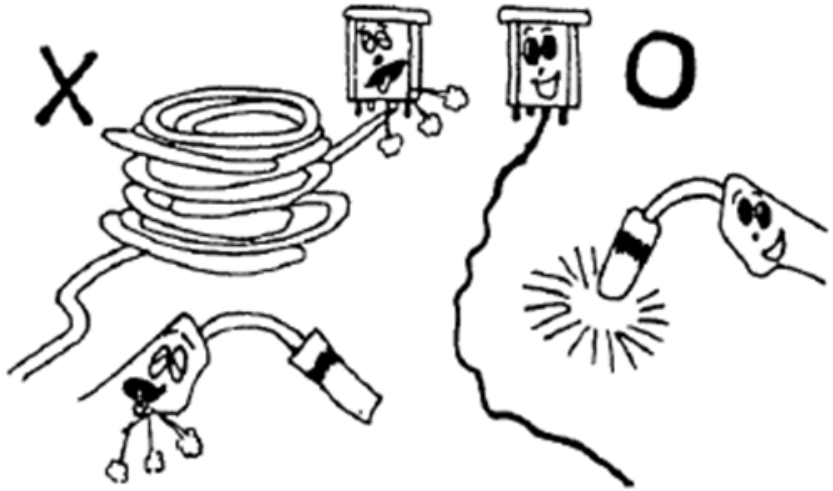
９．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

⑨　延長ケーブルが長すぎたり、巻いて使っていませんか？

延長ケーブルを巻いたまま使用すると、アークが不安定になることがあります。

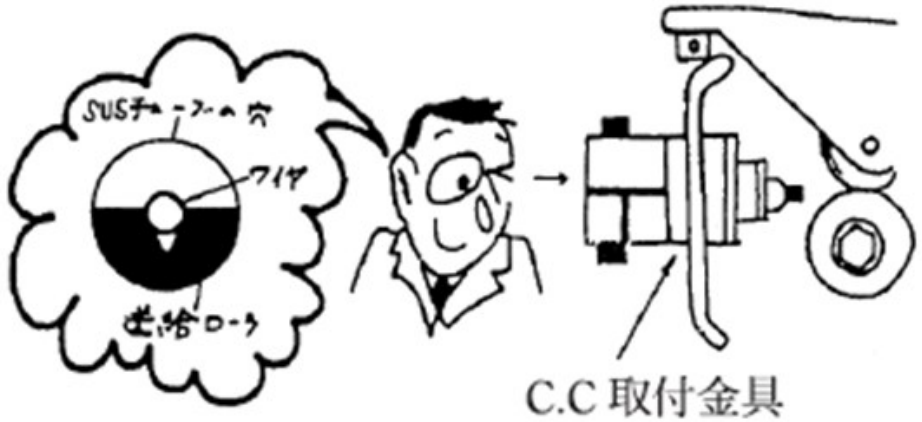
また、長すぎると必要なアーク電圧が得られなくなります。作業の状況に適した長さで使用して下さい。



⑩　ＳＵＳチューブの穴とワイヤフィードローラの溝のセンターがあっていますか？

SUSチューブとワイヤフィードローラの溝のセンターがあっていないと、ＳＵＳチューブの入口でワイヤに傷を付け送給性が

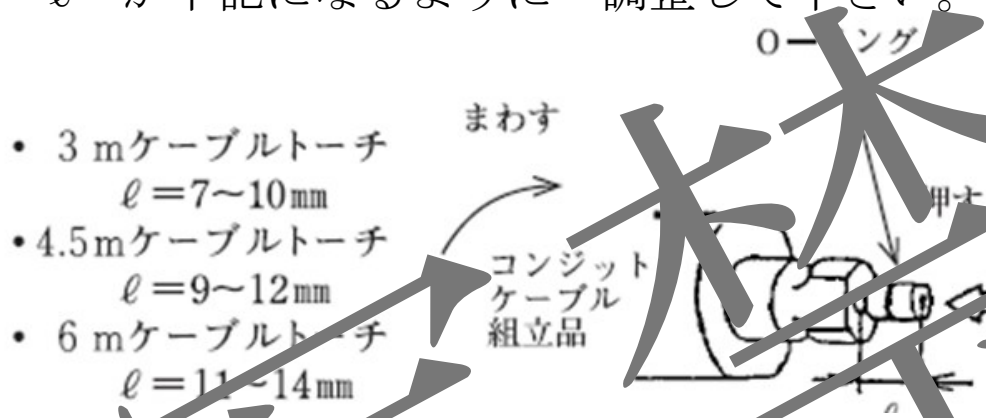
悪くなります。



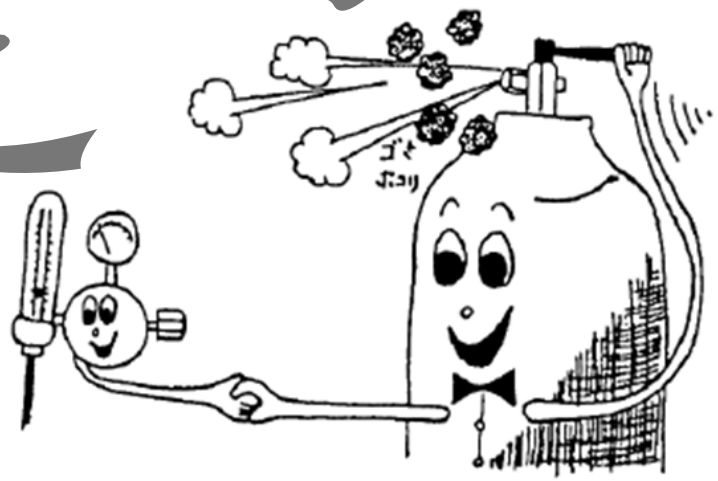
9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

⑪　ライナーは、正しい長さになっていますか？交換用ライナーは長目に製作されています。
交換する時は、突出長“ℓ”が下記になるように　調整して下さい。



⑫　ガス調整器は、正しく取り付けられていますか？
ガス調整器に異物が入ると、ガスの出が悪くなります。1～2回軽くガスを吹かしてから取り付けて下さい。
フローメータは真直ぐに取り付けて下さい。斜めに取り付けると正しい流量を示しません。
また、ガス調整器は、使用されるガスに適したものを使用して下さい。
アルゴン用を使用すると、ガスの比重が違うので正しい流量を示しません。



複写禁止

9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

⑬　溶接用炭酸ガスを使用していますか？

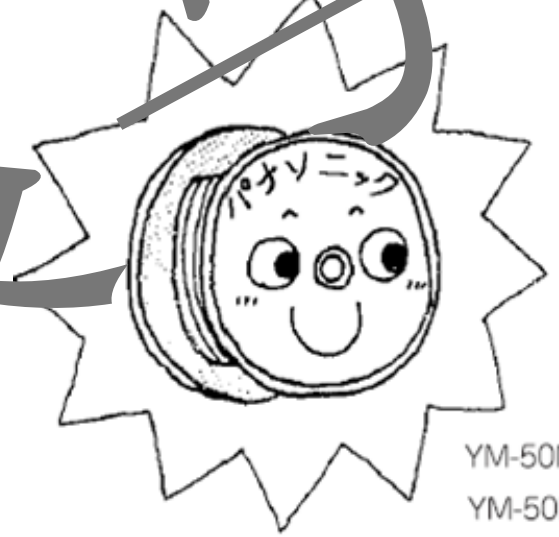
炭酸ガス溶接に使用するガスは、ＪＩＳ規格の３種または、それと同等の溶接用の水分の少ないガスを使用して下さい。

ＪＩＳ　K1106　炭酸ガスの品質

	１種	２種	３種
二酸化炭素（CO_2）（容量%）	99.0	99.5	99.5
水分（質量%）	—	0.05	0.005
臭　気	異臭のないこと	—	—

⑭　鋼材や作業に適したワイヤを取り付けていますか？

鋼材に適したワイヤを使用しないと、機械的性質（引き長さ、伸び、衝撃値等）が違ってきます。



YM-50MT（YGW−12）T1… 薄板用

YM-50M（YGW−11）…… 厚板用

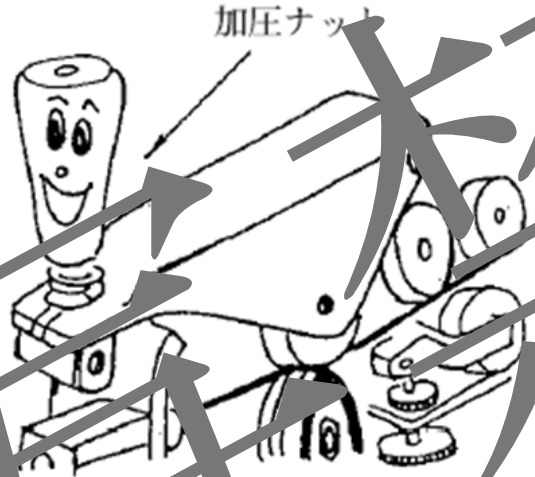
複写禁止

9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

⑮　ワイヤ加圧力を正しく調整していますか？

加圧力が不足していますとワイヤがスリップして送給性が悪くなります。
また、加圧力が強すぎてもワイヤに傷が付き送給性が悪くなります。



⑯　チップの穴が摩耗して楕円形になっていませんか？

チップの穴が摩耗して楕円形になると、通電が悪くなりアークが不安定となります。

チップは使用ワイヤ径にあっていますか？

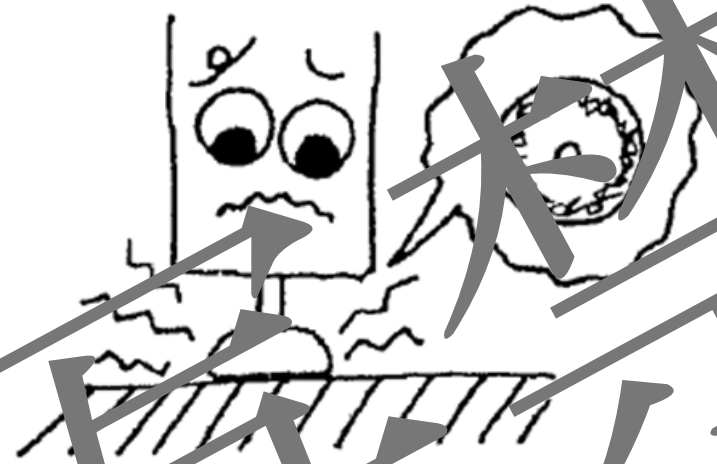
複写禁止

9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

⑰　ノズルにスパッタがたくさん付着していませんか？

ノズルにスパッタが多く付着していると、シールド効果が悪くなります。清掃したノズルを取り付けて下さい。



⑱　チップはモンキーなどで確実に締め付けられていますか？

チップの締め付けが不完全ですと通電が悪くなってアークが不安定になり、

また溶接中にワイヤの先端が振れたりします。

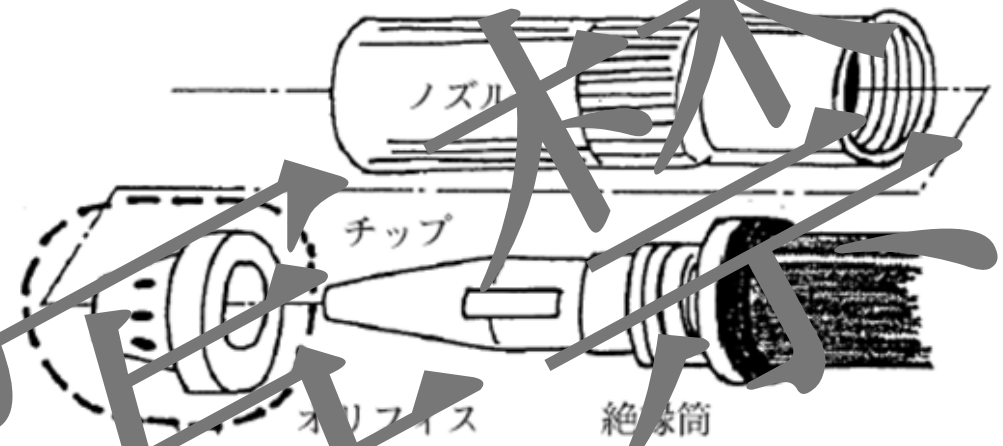
複写禁止

9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

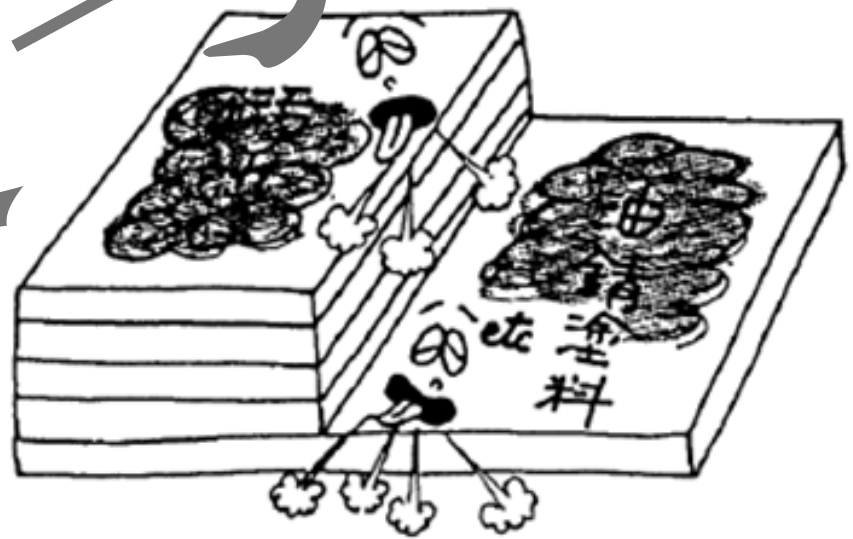
⑲　オリフィスは取り付けられていますか？

オリフィスは取り付けを忘れたり割れたまま使用すると、スパッタでトーチを損傷したりシールド状態が悪くなってピンホールやブローホールの発生原因となります。



⑳　溶接母材は汚れていませんか？

溶接面に油・錆び・塗料・水分・その他異物の付着や汚れがあると良い結果が得られません。



複写禁止

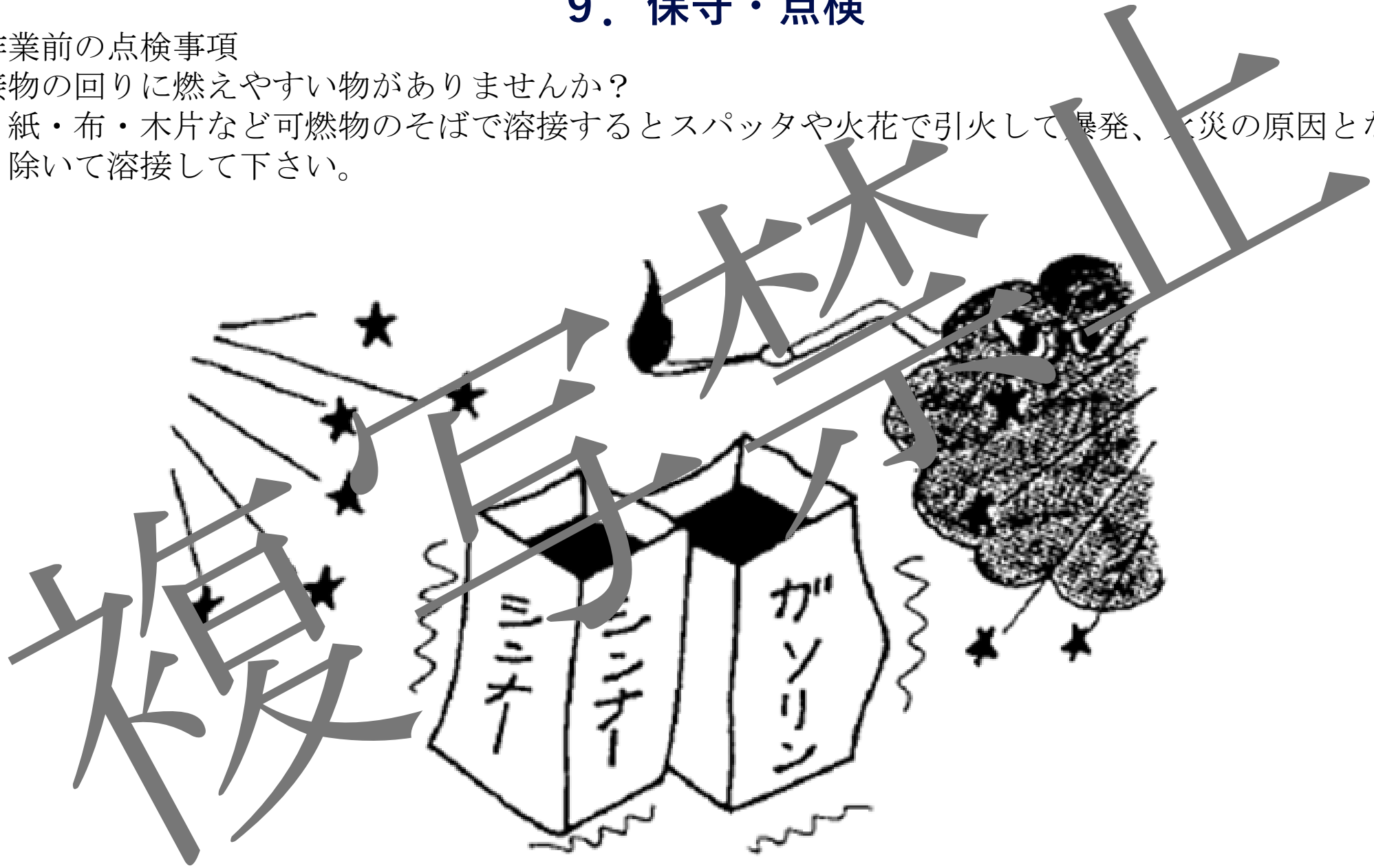
9．保守・点検

２．溶接作業前の点検事項

㉑　溶接物の回りに燃えやすい物がありませんか？

油・紙・布・木片など可燃物のそばで溶接するとスパッタや火花で引火して爆発、火災の原因となります。

取り除いて溶接して下さい。



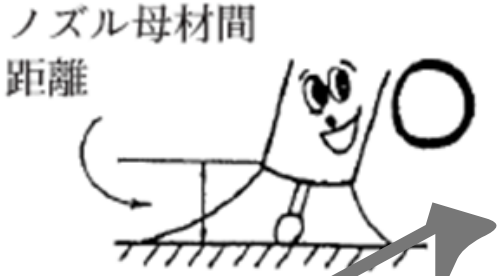
複写禁止

9．保守・点検

３．溶接作業中の注意事項

㉒　ノズル～母材間距離、ガス流量は適正ですか？

各溶接電流に対して、ノズル～母材間距離やガス流量を適正に調整して溶接して下さい。

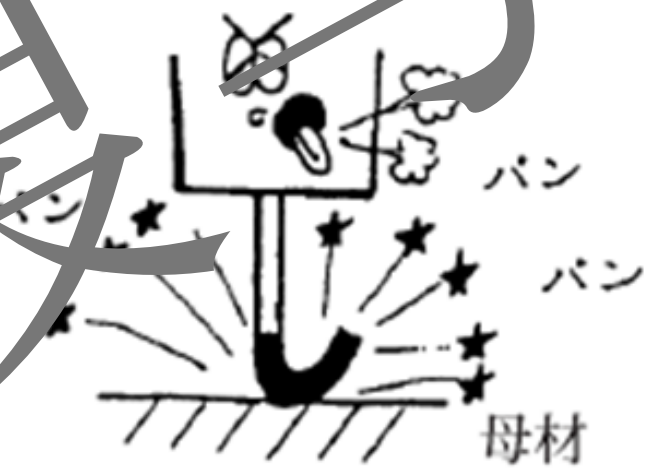


溶接電流	ノズル～母材間距離	ガス流量
200A	10～15mm	10～20ℓ/min
350A	15～20mm	
500A	20～25mm	20～25ℓ/min

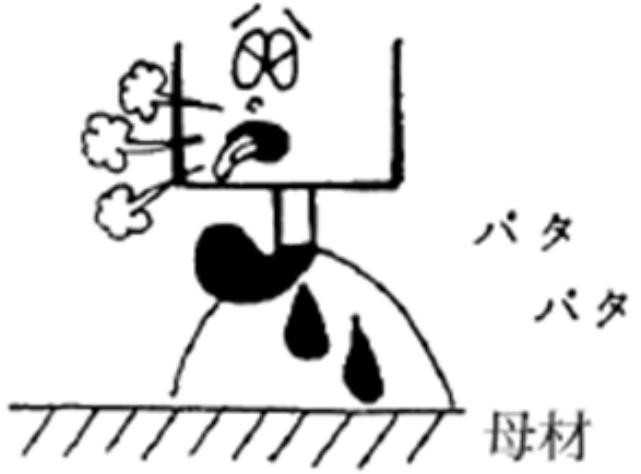
㉓　溶接条件は適正に調整されていますか？

電圧が低すぎると……アークが短くなり、ワイヤ先端が母材に突き込みパンパンという音を出してアークが続きません。

電圧が高すぎると……アークが長くなり、パタパタという音をだしてスパッタが多くなります。



（電圧が低すぎる）



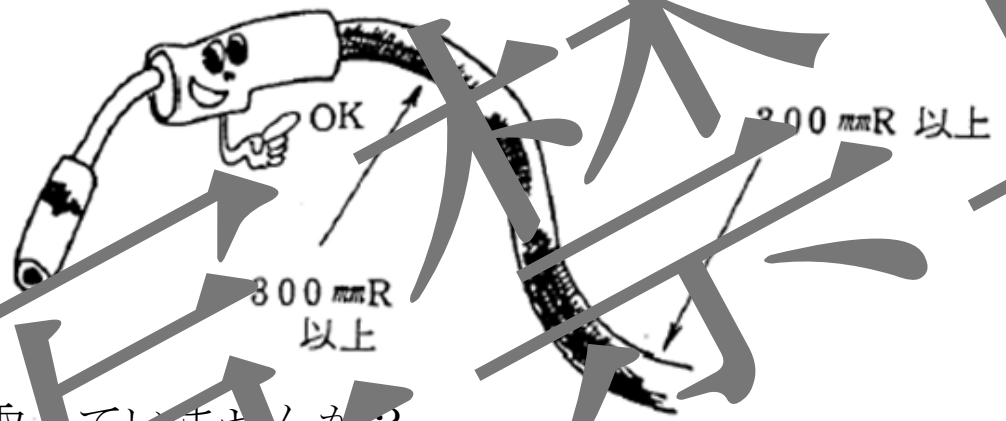
（電圧が高すぎる）

複写禁止

9．保守・点検

３．溶接作業中の注意事項

㉔　トーチケーブルがきつく曲がっていませんか？
トーチケーブルはできるだけ真直ぐにして、使用して下さい。
トーチケーブルを曲げすぎると、ワイヤの送給性が悪くなりアークが不安定になります。



㉕　トーチをたたいて、スパッタを取っていませんか？
トーチ（ノズル）をたたいてスパッタを取ると、ノズルに変形や傷が生じてシールド効果が悪くなります。
スパッタ付着防止剤（チップディップ）を使用すると、スパッタの除去が容易になります。

スパッタを取るためにトーチをたたいてはいけません。ノズルが変形したりトーチを損傷します。

複写禁止

9．保守・点検

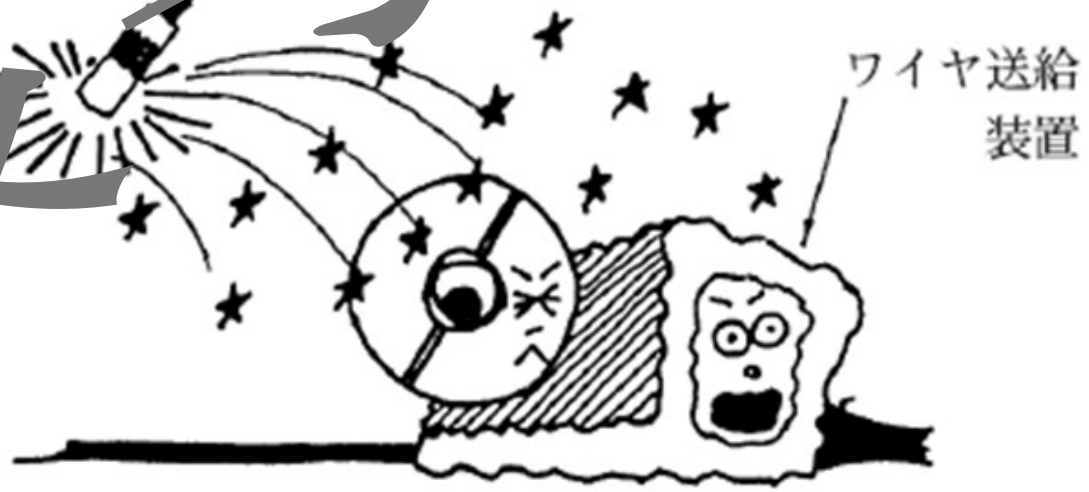
３．溶接作業中の注意事項

㉖　トーチケーブルを引張ってワイヤ送給装置を動かしていませんか？

トーチケーブルを引張ってワイヤ送給装置を移動させると、ケーブルの断線や機器の故障につながります。

㉗　ワイヤ送給装置にスパッタがあたっていませんか？

ワイヤにスパッタを付着させたり傷を付けると、ワイヤの送給性が悪くなりアークが不安定になります。



複写禁止

9．保守・点検

３．溶接作業中の注意事項

㉘　風の当たる作業場所ではつい立などで囲んで溶接していますか？
溶接中に風が当たると炭酸ガスが吹き飛ばされてブローホールの原因になります。

㉙　狭い作業場所での使用の場合、換気に気を付けていますか？
狭い場所や換気の悪い場所で作業をする場合、一酸化炭素中毒や酸欠（炭酸ガスは空気より重いので下にたまりやすい）を起こさないように換気にご注意下さい。

複写禁止

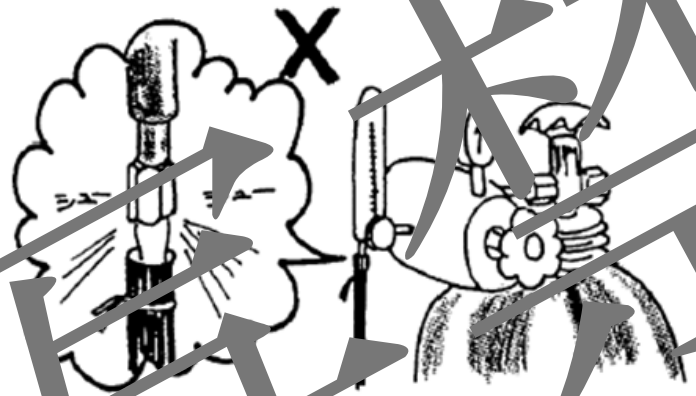
9．保守・点検

4．日常および定期点検事項

㉚　CO_2ガスは漏れていませんか？

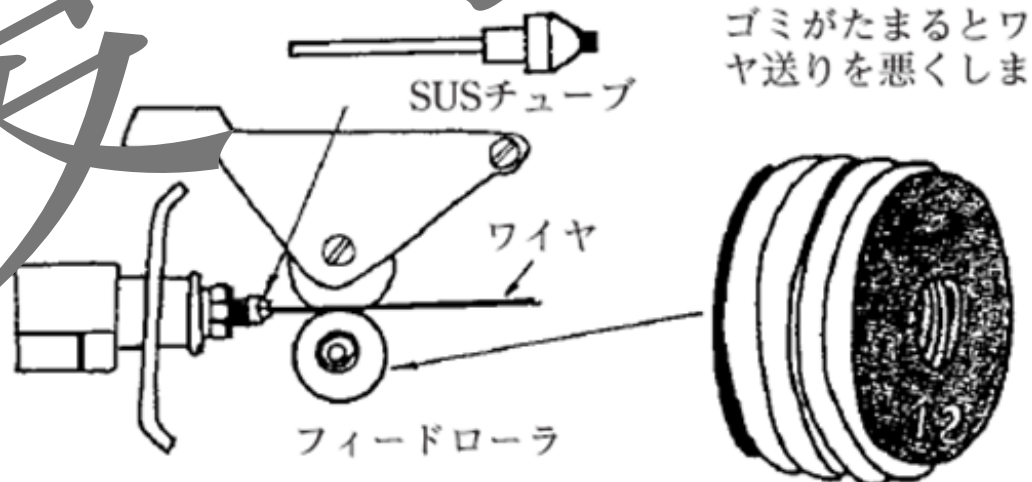
CO_2調整器やガスホースの接続が不完全ですとガスが漏れてノズル先端のガス流量が少なくなり、シールド効果が悪くなって溶接ビードにブローホールが発生する原因になります。

ガス漏れは石鹸水溶液などで調べて下さい。



㉛　ＳＵＳチューブとフィードローラは定期的に掃除していますか？

ゴミがたまるとワイヤの送りが悪くなります。フィードローラの溝が極端に深くまたは広くなりますとワイヤの送りが悪くなります。



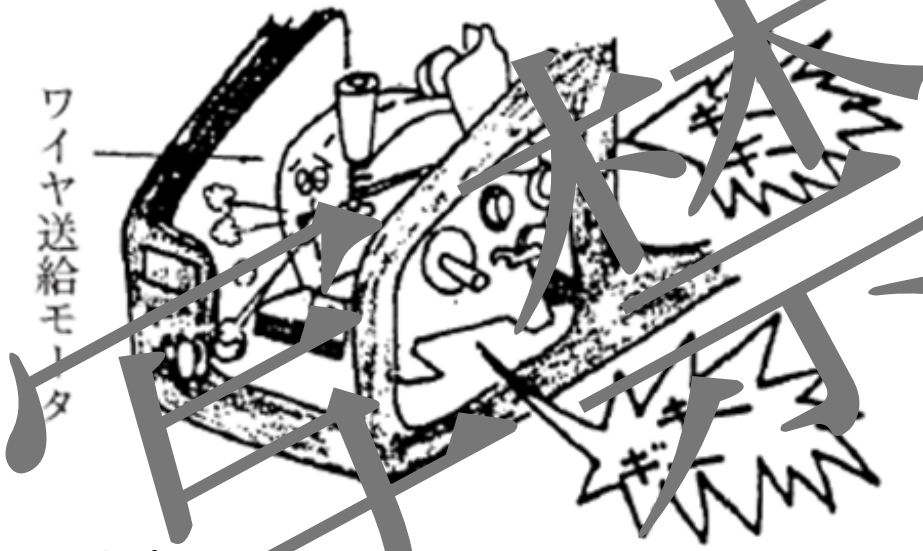
複写禁止

9．保守・点検

4．日常および定期点検事項

㉜　ワイヤ送給モータから異常音が聞こえませんか？

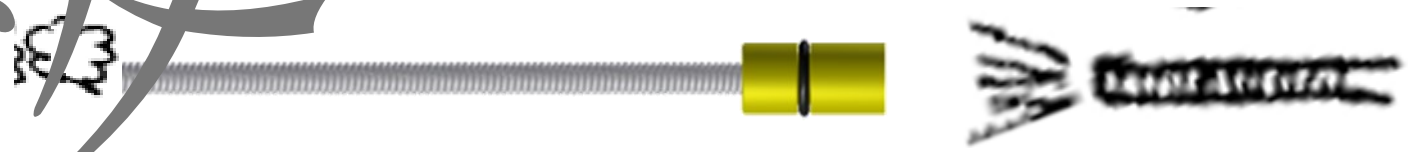
ワイヤ送給モータにはギヤー機構が付いています。ギヤー部より異常音が出るようだと修理が必要です。



㉝　ライナーは定期的に掃除していますか？

ライナー内にワイヤの削れかすや、ゴミがたまるとワイヤの送給が悪くなります。

定期的にドライエアーで掃除して下さい。



複写禁止

9．保守・点検

4．日常および定期点検事項

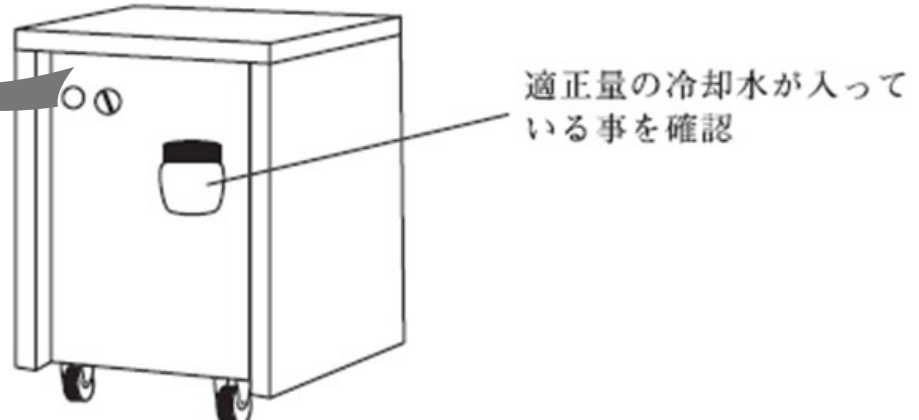
㉞　電源内部にほこりがたくさんたまっていませんか？

機器の汚れ具合に応じて定期的に圧縮空気（水分をふくまないこと）で内部のほこりを払ってください（機内の清掃は、必ず電源を切ってから）。ほこりの除去は、上部と両側板を外して上から順に下方に吹き飛ばし付着している油脂類は布で拭き取って下さい。

㉟　冷却水装置には適量のきれいな水が入って入りますか？（水冷式の電源の場合）

水量が不足しているとトーチを焼損します。水は定期的に交換して下さい。

冬季の凍結を防ぐためには、適量の専用冷却水を入れて下さい。



複写禁止

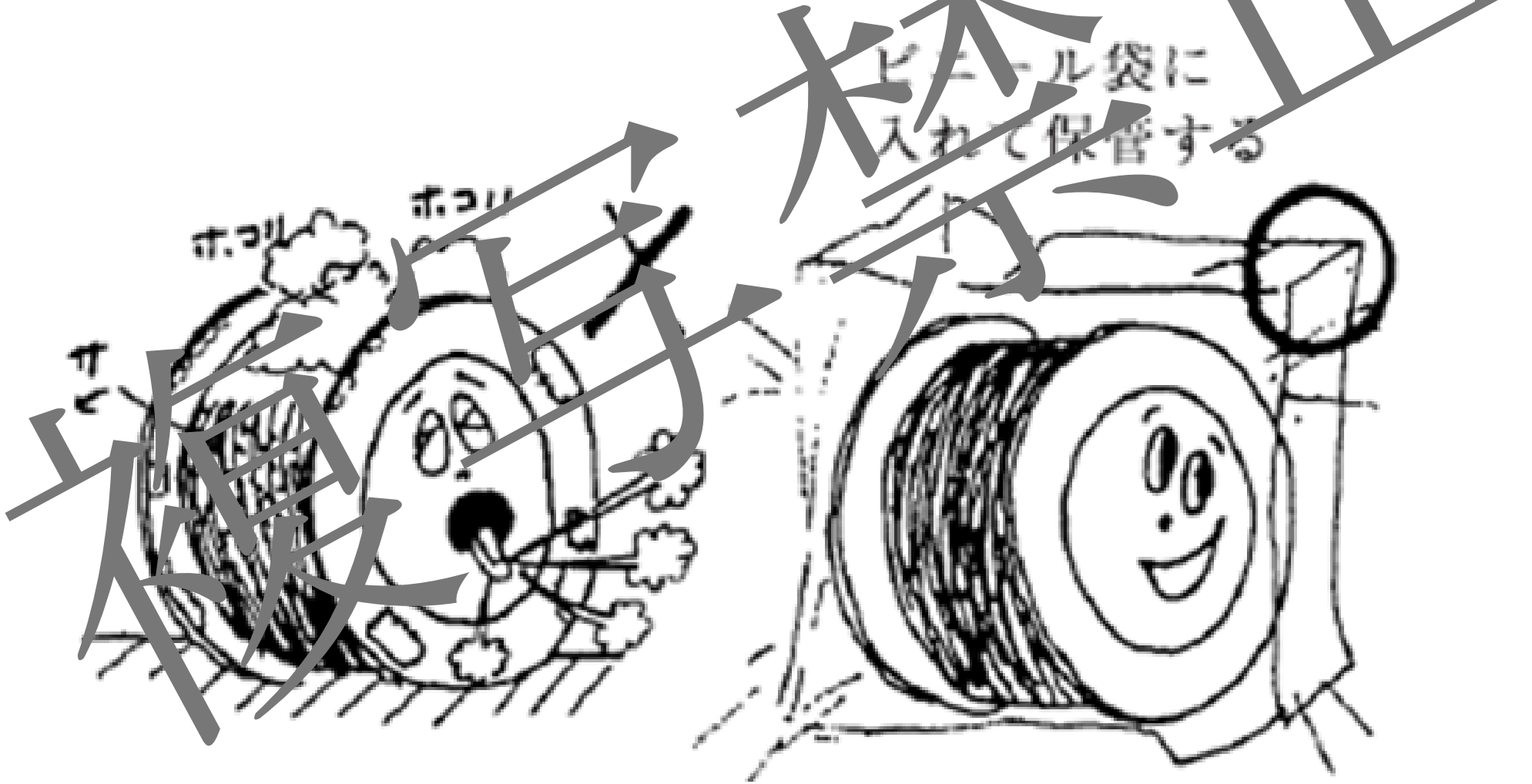
9．保守・点検

4．日常および定期点検事項

㊱　ワイヤなどの管理は十分ですか？

ワイヤは錆び、ゴミが付着しないように十分気をつけて保管して下さい。

多量の錆び、ゴミの付着は、溶接欠陥の原因となります。



複写禁止

9．保守・点検

５．機器の日常点検

●溶接トーチ

①スパッタの除去…ノズルなどに付着したスパッタを除去する。チップディップ（スパッタ付着防止剤）などを使用してこまめに掃除する。

②チップの点検…ワイヤサイズに合っているか，穴径が大きくなっていないかを調べる。

③ライナー及びインナーチューブの清掃…ドライエアで清掃し，ワイヤ送給不良を防止する。

●ワイヤ送給装置

①フィードローラーの点検の点検…溝が摩耗していないか、溝内にゴミがないかを点検する。

②ワイヤガイドの点検…歪み、ゴミがないか点検する。

③モータの点検…カーボンブラシの摩耗がないか調べる。

④グリスの交換…モータギヤのグリスを点検する。

⑤清掃…ドライエアで粉塵の除去。

●溶接電源

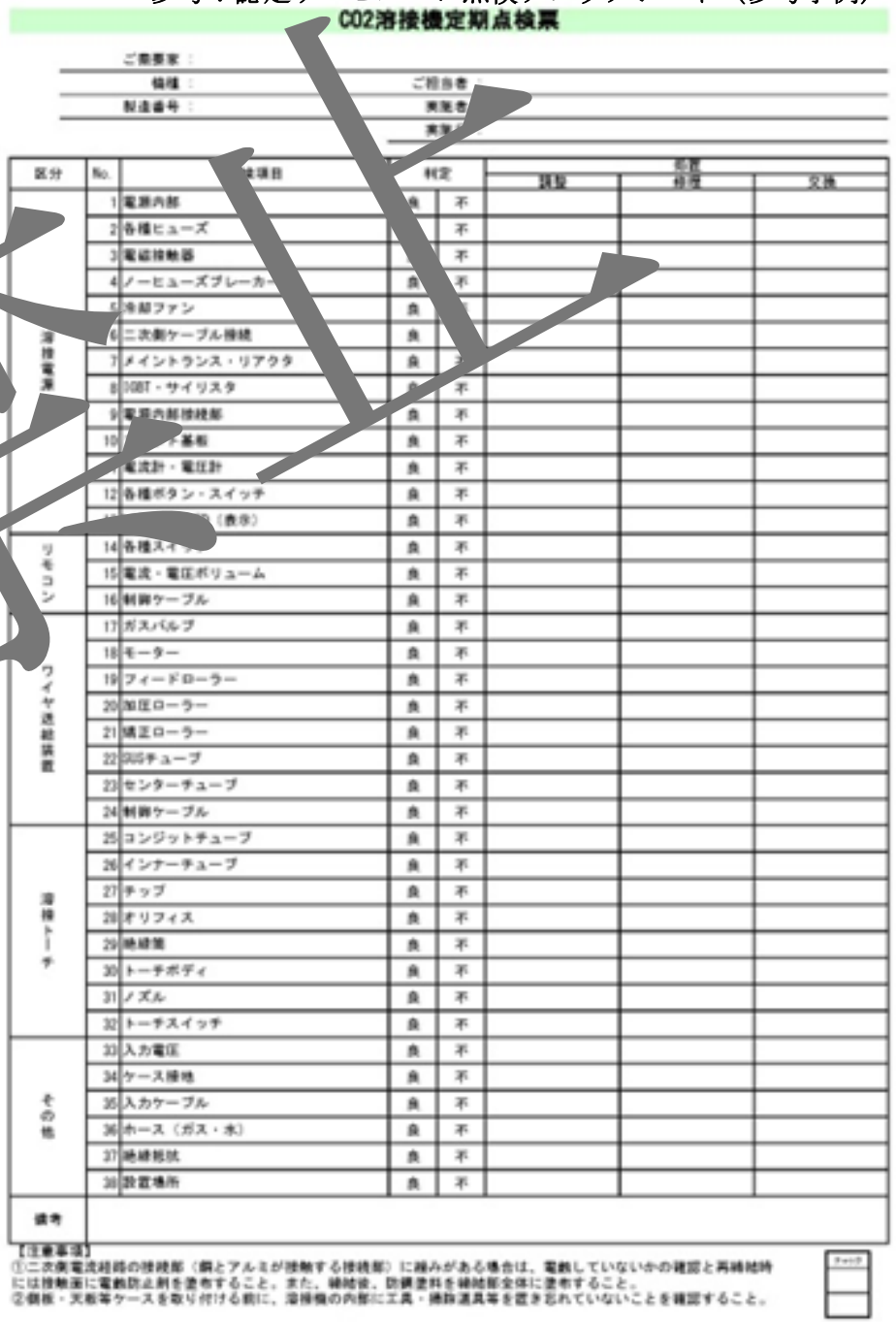
①内部の清掃…半年に一度は内部のほこりを除く。（ドライエアで粉塵の除去）

②電磁開閉器の点検…接点が荒れていないか調べる。

③ケーブル類…接続部の増締め（接続部のゆるみ，ケーブルの劣化を調べる）

④その他…臭い・変色・発熱痕の有無等を調べる。

参考：認定サービスマン点検チェックシート（参考事例）



CO2溶接機定期点検票

区分	No.	点検項目	判定		処置		
					清掃	調整	交換
溶接電源	1	電源内部	良	不			
	2	各種ヒューズ	良	不			
	3	電磁接触器	良	不			
	4	ノーヒューズブレーカー	良	不			
	5	冷却ファン	良	不			
	6	二次側ケーブル接続	良	不			
	7	メイントランス・リアクタ	良	不			
	8	IGBT・サイリスタ	良	不			
	9	電源内部接続部	良	不			
	10	制御基板	良	不			
	11	電流計・電圧計	良	不			
	12	各種ボタン・スイッチ	良	不			
		（表示）	良	不			
リモコン	14	各種スイッチ	良	不			
	15	電流・電圧ボリューム	良	不			
	16	制御ケーブル	良	不			
ワイヤ送給装置	17	ガスバルブ	良	不			
	18	モーター	良	不			
	19	フィードローラー	良	不			
	20	加圧ローラー	良	不			
	21	矯正ローラー	良	不			
	22	ライナーチューブ	良	不			
	23	センターチューブ	良	不			
	24	制御ケーブル	良	不			
溶接トーチ	25	コンジットチューブ	良	不			
	26	インナーチューブ	良	不			
	27	チップ	良	不			
	28	オリフィス	良	不			
	29	絶縁筒	良	不			
	30	トーチボディ	良	不			
	31	ノズル	良	不			
	32	トーチスイッチ	良	不			
その他	33	入力電圧	良	不			
	34	ケース接地	良	不			
	35	入力ケーブル	良	不			
	36	ホース（ガス・水）	良	不			
	37	絶縁抵抗	良	不			
	38	設置場所	良	不			
備考							

【注意事項】
①二次側電流経路の接続部（銅とアルミが接触する接続部）に緩みがある場合は，電気していないかの確認と再締結時には接触面に電気防止剤を塗布すること。また，締結後，防錆塗料を締結部全体に塗布すること。
②側板・天板等ケースを取り付ける前に，溶接機の内部に工具・端除道具等を置き忘れていないことを確認すること。

複写禁止

１０．安全衛生について

１．アーク溶接機使用上、義務付けられている主な資格

アーク溶接等の業務に係る場合	アーク溶接等特別教育の受講 （学科１１時間＋実技１０時間以上）
低圧；交流では600V以下、直流では750V以下の電気配線接続	低圧の充電電路の敷設等の業務に係る特別教育（学科７時間＋実技）

※）配線の工事（圧着端子装着等）の場合は、電気工事士の資格が必要

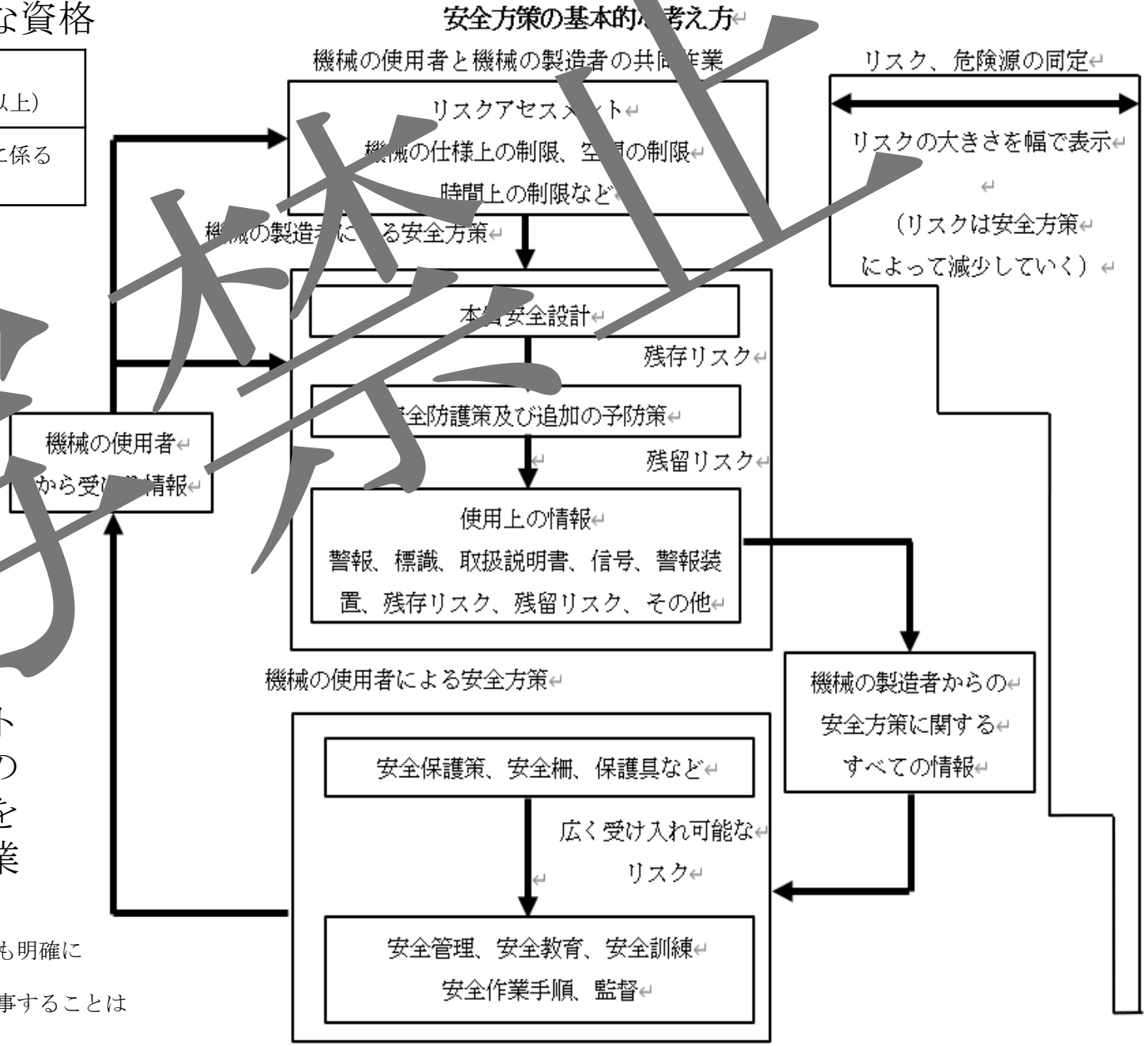
２．安全について

溶接機は一般家電製品と異なり、取扱い・操作に関する基礎教育と訓練を受けた専門家が使用する前提で設計・製造されています。

なかでもアーク溶接作業においては、「労働安全衛生法」により溶接作業に従事する作業者に対して安全教育を実施することが義務づけられております。

アーク溶接・抵抗溶接作業に際しては取扱説明書等の安全情報を参考にリスクアセスメント「適切な安全方策を選定する目的で、危険状態の起こり得る傷害または健康傷害の確立及び程度を包括的に見積もる」等の手法を活用して安全作業の実現をお願いします。

※参考：携帯電話による電磁波と同じように溶接電磁波による人体への影響についても明確になっていません。
したがってペースメーカ等の生命維持装置を使用している人が溶接作業に従事することは結果の重大性から当社としては禁止をお願いしています。



見本資料

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

屋内・屋外のアーク溶接作業に対しては「粉じん障害防止規則」で粉じん作業対象にあると定義されています。関係法令・規則・基準をよく理解し、正しく安全なアーク溶接作業の実施と安全な環境の実現が溶接機使用者側にも求められていることを理解する必要があります。

社団法人日本溶接協会発行の規格「アーク溶接の安全衛生管理」（WES9009-1998）からの抜粋要約	
アーク溶接作業に適用される主な法令・規則	・労働安全衛生法 ・労働安全衛生法施行令 ・労働安全衛生規則 ・粉じん障害防止規則 ・酸素欠乏症等防止規則
作業者の保護及び作業環境の管理	アーク溶接作業では、作業者に障害をもたらす各種危険因子が発生する。 障害を防止するには危険要因について十分に認識し、管理者・作業者が必要な予防処置を実施しなければならない。 ・管理者が実施すべき事項 － 溶接作業における安全衛生計画の作成 － 危険因子の抽出と、障害の防止対策の実施 － 装置が安全作動状態かつ適切な保守状態の確認 － 個人用保護具、保護装置の使用確認 － 来場者に対する障害防止対策の実施 － 装置の安全操作方法の溶接作業者教育の実施 － 個人用保護具の着用方法、保護装置の操作方法の溶接作業者教育の実施

複写禁止

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

作業者の保護及び 作業環境の管理	・管理者が実施すべき事項 － 個人用保護具の着用方法、保護装置の操作方法の溶接作業者教育の実施 － 作業者の健康管理の実施 － 作業者の障害発生時の応急処置の実施 － 安全衛生計画実施状況の定期的な評価 ・作業者が実施すべき事項 － 安全な方法で溶接装置の操作実施 － 個人用保護具及び保護装置の使用 － 溶接作業の安全衛生要求事項を守る。
ヒューム及びガスによる障害の防止対策	・屋内のアーク溶接作業は粉じん障害防止規則で「粉じん作業」に定義され、以下の対策が義務づけられている。 － 溶接作業場全体の動力による全体換気の実施 － 溶接作業者の呼吸用保護具の着用または局所排気装置の設置 － 局所排気装置の点検及び保守管理（局所排気装置の点検および保守要領書の文書化と１年１回以上の定期検査の実施、その検査および補修記録の３年間保存） 防じんマスクは JIST8151、昭和６３年労働省告示第１９号「防じんマスクの規格に適合したものを使用し、点検・保守管理の徹底が必要。 ・周辺作業者のヒューム及びガスの暴露防止対策が必要。 ・塗装鋼板、メッキ鋼板溶接時の有害なヒューム発生に注意が必要。 ・有機溶剤使用現場近くでの溶接は禁止。

複写禁止

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

スパッタ・スラグ・アーク熱などによる障害の防止対策	・アーク光の紫外線および赤外線が直接皮膚に照射されると炎症を起こしたり、スパッタ、スラグの飛散や溶接熱及び高熱材料との接触により火傷を負うことがある。 ・作業者の体格にあった難燃性、耐熱性の衣料の着用が必要。 ・JIST8131に適合した安全帽等で頭部の保護が必要。 ・JIST8101に適合した安全靴による電撃防止および足部の保護が必要。 ・JIST8142に適合した溶接用保護眼および合わせ頭巾による眼及び皮膚の保護が必要。 ・JIST8147 に適合した保護めがねによるスパッタおよび除去時のスラグ片や飛来物からの眼の保護が必要。 ・JIST8113に適合した溶接用かわ製保護手袋による手の火傷や感電から保護が必要。 ・かわ製や難燃性材質の前かけ、足カバー、腕カバーによるスパッタやスラグからの体の保護が必要。 ・耳管への危険がある場合は難燃性の耳栓の使用が必要。 ・パルスアーク溶接や周囲に大きな騒音を発生する機器がある場合は JIST8161 に適合した耳の防音保護具の使用が必要。 トリアタングステン電極は微量の放射線を発生するため、研磨時の粉じんの飛散防止と防じんマスクによる粉じんの吸引防止が必要。
感電と高周波障害の防止対策	・溶接機は取扱説明書の内容に従い、正しく設置する。 ・アーク溶接作業者は安全衛生法により特別教育を受けることが義務付けられている。 ・溶接作業場内では感電防止のため、乾燥した絶縁性のよい服装、保護具の着用が必要。

複写禁止

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

感電と高周波障害の防止対策	・安全確保のために教育を受けた有資格者により定期的に保守点検を実施し、損傷部分は必ず修理してから使用する。 ・アーク溶接機のアーク起動用高周波発生装置、インバータ制御電源装置回路やアーク溶接から高周波ノイズが発生するので下記の高周波障害の防止をする必要がある。 － 溶接ケーブルをできるだけ短くする。 － 溶接ケーブルを床や大地にできるだけ近づけて配置、接続する。 － 母材側とトーチ（ホルダ）側ケーブルは互いに沿わせて配置し、ループを作らない。 － 母材、溶接機の接地は他の機器の接地と共用しない。 － 溶接機のすべての扉、カバーを確実に閉め、固定する。 － アークを起動する時以外はむやみにトーチスイッチを空押ししない。 － 事前に溶接機の近く（１５ｍ程度以内）に高周波が侵入して障害を起こすものが無いことを確認する。 － 心臓のペースメーカなどの生命維持電子装置を使用している人は装置メーカ及び医師の許可があるまで動作中の溶接機及び溶接作業場所の周囲に近づいてはいけない。
溶接材料及びガス容器取扱い時における障害の防止対策	・溶接材料の保管、運搬の際には溶接材料の転倒、落下などによる災害に注意が必要。 ・高温乾燥した直後の溶接材料は火傷をおうことあるので取り扱いに注意が必要。 ・溶接フラックスを取り扱う際は粉じんを発生するので防じんマスクや保護メガネ等の保護具の着用が必要。 ・ワイヤや溶加棒の先端で目・顔・手足などに刺し傷やかすり傷を負うことがあるので注意が必要。 ・ガス容器の転倒、破裂やガス流量調整器の破裂に注意が必要。

複写禁止

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

来場者の保護	・適切な保護具を着用させたり、保護装置を設置して一般来場者を溶接作業に関係する災害から保護する。 ・必要に応じて立ち入り禁止区域を設け、一般来場者の入場を制限する。
火災・爆発などの防止対策	・管理者及び作業者は安全衛生規則に従い、溶接時の火花・スパッタや高温溶接金属が周囲の可燃性物質への着火や可燃性粉じんやガスに引火爆発を引起こすことを防止する必要がある。 － 可燃性 ・ 爆発性材料の安全な場所への移動、又は除去。 － 引火性ガス・液体の周辺での溶接および溶接機設置の禁止。 － 母材接地・良好な電気接続の維持・過負荷発熱・通電部の加熱防止の徹底。 － 適切な人的保護装置、防火装置・火災感知器の配置と救護作業・消化作業の邪魔にならない溶接現場の整理整頓の徹底。
安全衛生教育	・事業者はアーク溶接作業者に作業に従事する前に安全衛生法の規定に基づく特別教育を実施し、教育の記録を３年間保存しなければならない。 以後も安全衛生再認識のための教育および安全衛生推進活動を恒常的に行い、安全衛生作業遵守の重要性を作業者に認識させる必要がある。
健康管理	・粉じん障害防止規則に基づき定期及び不定期のじん肺健康診断を実施しなければならない。 溶接および関連作業で予想される災害に対する応急処置・救護訓練を行い、緊急時での対処を準備しておく必要がある。

複写禁止

１０．安全衛生について

３．安全衛生管理

警告情報の伝達	・管理者は作業者に対してヒューム・ガス・アーク光・アーク熱・スパッタ・スラグ・騒音・電撃などの有害因子についてあらかじめそれらの人体に及ぼす影響及びその防止対策を周知徹底しなければならない。

※注意

溶接電磁波による人体への影響については現在明確になっていません。ペースメーカ等の生命維持装置を使用している人のアーク溶接作業は結果の重大性から当社としては禁止をお願いしています。

またコンタクトレンズを装着しての溶接作業は紫・赤外線の影響等による眼球表面の乾燥により外傷を負うこともありますので避けてください。

４．溶接設備の安全

CO2/MAG溶接電源は、直流の比較的無負荷電圧の低い（通常45~60V）定電圧特性のものを用い、かつアーク発生中及び溶接操作を開始しアークが発生するまでの極めて短い時間（数分の1秒）しか無負荷電圧が加わらないので、感電の危険性は殆ど考えられません。

ただし一般的注意事項としては溶接電源が絶縁不良を生じた場合の感電防止のため溶接電源に設けられた接地端子は確実に接地しておき、かつ電源・トーチ・ワイヤ・送給装置などの絶縁状態は定期的に点検を行うことが望ましいです。

複写禁止

１０．安全衛生について

５．溶接光

電流密度の高い可視アークである関係上、被覆アーク溶接棒によるアークに比較して輻射が強く、特に眼障害を起　こし易い紫外線の量が多いです。

したがって、作業者自身は十分な遮光度を有する保護ガラスのついたヘルメット　ハンドシールドを使用するのはもちろん、周囲の作業者に迷惑を及ぼさないために必要に応じ周囲をつい立などで囲みアークが洩れないようにすることが望ましいです。保護ガラス（遮光ガラス）の標準的遮光度番号は表１０－１に示す。

溶接線が見難ければ無色に近い紫外線除けの眼鏡などを使用し、遮光ガラスを明るいものに変えて下さい。

表１０－１

ガラスの遮光度番号	溶　接　電　流
No. 8　No. 9	30A～100A
No. 10　No. 11　No. 12	100A～300A
No. 13　No. 14	300A以上

複写禁止

１０．安全衛生について

６．溶接ヒューム

溶接ヒュームとは、高温で蒸発した金属やフラックスが空気中で冷えて発生する微細な粉塵のことである。
金属やフラックスだけでなく、母材に塗布、または付着している物質もヒュームとなる
亜鉛メッキ鋼板の溶接では、ヒューム中の酸化亜鉛濃度が２０％以上にもなり、急性の発熱症状を起こしやすい。
ヒュームによる健康障害を防止するため、設備、作業工程または作業方法の改善、作業環境の設備等、必要な措置を取るように努めなければならない。
表１０－２は、各種溶接材料からのヒューム発生量を表している。
平成２０年３月より、粉じん障害防止規則および じん肺法施工規則の改正により、屋内で行う自動溶接は「粉じん作業」として追加され、屋外での作業を含め、アーク溶接作業全般に従事する労働者が規制の対象になっており、有効な呼吸用保護具の着用が必要である。その際、電動ファン付き呼吸用保護具を着用することが望ましい。
また、特に屋内でアーク溶接作業を行う場合、粉じん規則第５条に基づき、全体換気装置による換気の実施またはこれと同等以上の措置を講じる必要がある。この措置に当たっては、より効果的に粉じんの発散防止を図るため、局所排気装置、プッシュプル型換気装置等が望ましい。その他、狭い場所で作業する場合には事項のＣＯ２ガス対策を兼ねて、上記規則に従った対応が必要である。

表１０－２

	径 (㎜)	電流 (A)	ヒューム発生量		
			mg/分	mg/g材量	mg/g溶着金属
E4[illegible]6H15棒	4.0	170	375	11.5	15.6
4319棒	4.0	170	292	7.0	11.2
〃	8.0	440	1406	10.1	14.1
ーガスワイヤ	3.2	400	2000~3500	16~28	23~41
CO_2ワイヤ	1.6	400	598	5.2	5.4

複写禁止

１０．安全衛生について

７．ＣＯおよびＣＯ２ガス

炭酸ガスは温度が800℃位になるとCO_2→CO+Oの分解をはじめ、さらに温度が上昇するにより一層一酸化炭素（CO）の発生が多くなります。したがってアーク電流が高くなるほどCO発生量は増加する傾向にあり、また同一電流でもアーク電圧（アーク長）と密接な関係をもちます。ＣＯ発生量を表１０－３に示します。

番号	ガス流量 (ℓ/分)	ワイヤ径 (㎜)	アーク電圧 (V)	電流 (A)	CO_2(%) (CO_2に対し)	アーク長	備考
1	20	2	39	390	2.1	大	※
2	20	2	39	400	11.8	大	※※
3	20	2	31.5	480	2.8	小	※
4	20	2	32	490	6.8	小	※※

※2mの場所で1分間アークを出した場合

※※周囲の空気の影響をなくして1分間アークを出した場合

表１０－３

空気中のCO濃度がある限度を超えると人体には極めて有害である（表１０－４）が、CO濃度0.01～0.03%程度では人体に対する影響度は相当に個人差があります。炭酸ガス（CO_2）そのものが人体に与える影響は表１０－６の通りであり許容濃度としては0.5%となっているが、連続的呼吸雰囲気としてではできるだけ低い濃度が望ましいです。なお、比重の関係で一般的に言えば一酸化炭素は上に上がり（特にヒューム中に多い）、炭酸ガスは下へ下がる傾向を示します。表１０－７は自然喚起の十分ある作業環境で無風の場合、表１０－８は同様な環境で側風のある場合、また表１０－９は特殊な作業姿勢の場合についてCO及びCO_2濃度を実測した例を示します。

作　用	CO（体積%）
健康に有害	0.01以上
中毒作用が起こる	0.02~0.05以上
数時間呼吸すると危険	0.1以上
30分以上呼吸すると死亡の恐れがある	0.2以上

表１０－４

複写禁止

１０．安全衛生について

表１０－５

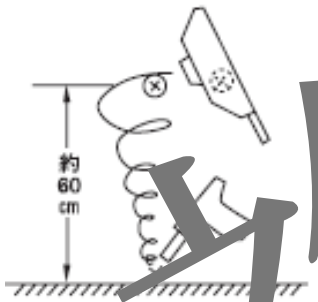
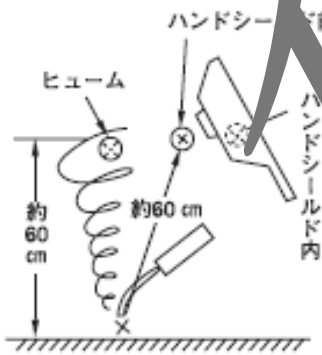
	CO_2	CO	NO_2	O_3
労働衛生上 (8時間における1時間値の平均)	5.000	50	5	—
環境基準 (24時間における1時間値の平均)	1.000	10	0.02	0.03

表１０－６

作　　用	CO_2（体積%）
許　容　限　界（TLV）	＜0.5%※
頭痛や脳貧血を起こす	3~4%
致命的仮死を起こす	＞15%
致　　死　　量	＞30%

※理想的生活環境は0.1%以下

表１０－７

測定市	溶接条件	測定位置	CO（体積%）		CO_2（体積%）	
			25ℓ/分	100ℓ/分	25ℓ/分	25ℓ/分
	180A、21V 1.2φワイヤ ※1	ヒューム	0.012	—	0.28	—
		ハンドシールド前	0.003	—	0.27	—
		ハンドシールド内	0.0035	—	0.40	—
	300A、31V 1.2φワイヤ	ヒューム	0.017	0.016	※2	※3
		ハンドシールド前	0.001	0.001	0.07	※3
		ハンドシールド内	0.0005	0.0005	0.45	※3
	400~420A 36V 1.6φワイヤ ※4	ハンドシールド前	0.012	0.012	0.28	※3
		ハンドシールド内	0.001	0.001	0.43	※3

※1　この場合のみCO_2流量は20ℓ/分

※2　測定器（最大指示値0.7%）をわずかにスケールオーバーした。（推定値約1%）

※3　測定器（最大指示値0.7%）を大幅にスケールオーバーした。（推定値約2%）

※4　この場合ヒュームはハンドシールド前面にほぼ集中した。

複写禁止

１０．安全衛生について

表１０－８

	CO2流量	100ℓ/分							
	溶接条件	300A，31V，1.2φワイヤ				400A，36V，1.6φワイヤ			
	ガス	CO（体積%）		CO_2（体積%）		CO（体積%）		CO_2（体積%）	
	風速	0.8m/秒	2.6m/秒	0.8m/秒	2.6m/秒	0.8m/秒	2.6m/秒	0.8m/秒	2.6m/秒
測定位置	ヒューム点×	0.002	0.003	0.33	0.30	0.003	0.002	[illegible]	0.15
	ハンドシールド前	0.001	0.0001	0.075	0.06	[illegible]0001	0.0005	0.08	0.05
	ハンドシールド内	0.001	＜0.0001	0.15	0.37	0.0005	[illegible].0005	0.75	0.24

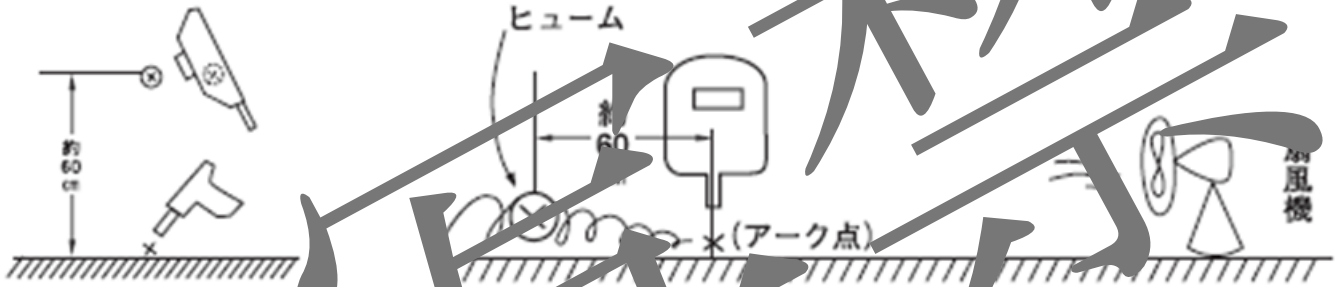
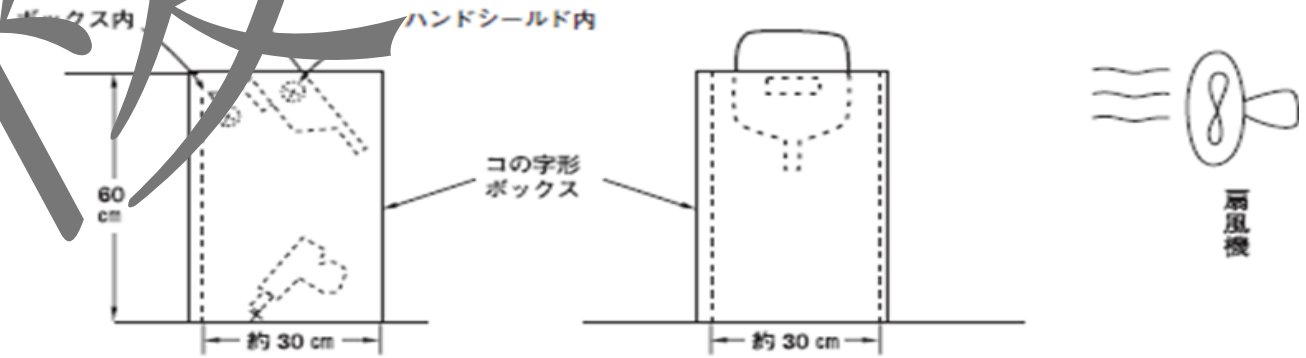


表１０－９

	CO2流量	420A，36V，1.6φワイヤ　CO_2流電25ℓ/分			
	ガス	CO（体積%		CO_2（体積%）	
	風速	な　し	26m/秒	な　し	26m/秒
測定位置	ボックス内	0.0175	—	0.35	—
	ハンドシールド内	0.003	0.0035	0.17	0.15



複写禁止

１０．安全衛生について

表１０－７，８，９の結果を要約するとつぎのようになります。

●ＣＯについて

① CO_2流量を変化させてもCO濃度は大差ありません。（無風の場合）

② 弱い側風でもとくにヒュームあるいはハンドシールド前面のCO濃度に大きな影響を与えます。

③ ヒューム点では、側風のある場合を除き、CO濃度が若干超過しますので極めて短時間の作業は別として、一般にはヒュームを直接吸い込まないように注意すべきである。

④ ヒュームを直接吸い込まなければ、遮へい効果の十分な保護面またはヘルメットの使用により、狭いボックス内での作業でもCOガスの害から身を守る事が出来ます。

●CO_2について

① ヒュームあるいはハンドシールド前面のCO_2濃度は、CO_2流量に大きく影響されます。

② ハンドシールド内では、作業者自身の排出CO_2が送給CO_2と共に大きな影響をもちます。
※溶接アークを出さない状態でのハンドシールド内のCO_2濃度は、約0.4%程度であります。
（表１０－９では0.15~0.17%を示しているが、これは溶接熱による自然対流の影響を受けていると考えられます）

③ 通常の状態では、ヒューム中以外のCO_2濃度は十分許容限以下であると言えます。

④ ただし、溶接結果に悪影響を及ぼさない程度の側風は、労働衛生上むしろ極めて好ましいです。

なお、27m×14.5m×4mの作業場で窓はほぼ締め切り、300~400Aで正味約35分溶接作業を行った場合ヒュームは部屋全体にこもり内部でもヒュームで霞んでいることが明確に判る状態になったが、この場合のCO濃度を測定した結果、床上1.5mの位置で0.001%になりました。

※ppm　：parts per million
1ppm　：1cc/1㎥
1%　　：10000ppm

複写禁止

１１．溶接施工の基礎

１．溶接３大条件と品質の関係

マグ溶接で良好な溶接結果を得るためには，溶接３大条件である溶接電流・溶接電圧・溶接速度の適切な設定が重要になります。とくに溶接電流・溶接電圧は溶込みやビード形状に大きな影響を及ぼすため，その役割をよく理解しておかなければなりません。また，溶接施工において，アークの安定，スパッタの発生量などはすべて溶接電流・溶接電圧の調整が基本となり，溶接材料，ワイヤ，シールドガス，母材の材質・板厚，継手形状及び溶接姿勢に応じて，適切な条件選定が必要となります。

①　溶接電流

溶接電流は，主として「溶接ワイヤの溶融速度」と「溶込み」に影響します。溶接ワイヤの溶融速度は，ほぼ溶接電流に比例して増加します。したがって，同一溶接速度で比較すれば，溶接電流が増加するほど溶着量は増加し，ビード幅は広がり，余盛高さは高くなります。同時に母材への入熱も増して，溶込みも深くなります。溶接電流が与えるビード断面形状への影響について図１１－１に示します。

また，表１１－１に示すように，半自動溶接では各種ワイヤ径に応じて，適正な電流範囲と板厚があります。

図１１－１

表１１－１

ワイヤ径 (mm)	使用電流範囲(A) 0 100 200 300 400 500 600	適応板厚 (mm)
0.6	40～100	0.6～1.6
0.8	50～150	0.8～2.3
0.9	70～200	1.0～3.2
1.0	90～250	1.2～6.0
1.2	120～350	2.0～10.0
1.4	250～450	4.5以上
1.6	300～550	6.0以上

複写禁止

② 溶接電圧

溶接電圧は，「アークの安定性」，「ビード外観」，「スパッタの発生」および「溶込み状態」などに大きく影響します。溶接電圧が与えるビード断面形状への影響について図１１－２に示します。アーク長は「溶接電流」と「溶接電圧」によって定まります。同一電流で溶接電圧が低い場合，アーク長は短くなり，逆に溶接電圧が高い場合，アーク長は長くなります。

また溶接電圧が高くなるとスパッタが多くなり，低くなると溶接ワイヤが突込みアークが不安定になります。

溶接電圧と溶込みおよびビード形状の関係は，同一電流で溶接電圧が低い場合，溶込みが深く，幅の狭い盛り上がったビード形状になります。また，溶接電圧が高い場合は，逆に溶込みは浅く，幅が広く扁平で，止端部のなじみの良いビード形状になります。

図１１－２

複写禁止

③　溶接速度

図１１－３に示すように，溶接電流と溶接電圧を一定にして，溶接速度を速くするとビード止端部にアンダカットが発生しやすくなります。さらに高速になると「ハンピングビード」となります。ビード断面形状は溶接速度が速くなるほど，溶込み深さ，余盛高さおよびビード幅は減少し，ビードは凸形となります。
また，スパッタも増加する傾向があります。
逆に，溶接速度を遅くするとビード止端部がなじみにくくなり，オーバラップが発生しやすくなります。
また，溶融金属が先行して，融合不良の原因となります。ビード断面形状は溶接速度が遅くなるほど，溶込みは深く，余盛は高くなり，ビード幅は広くなります。

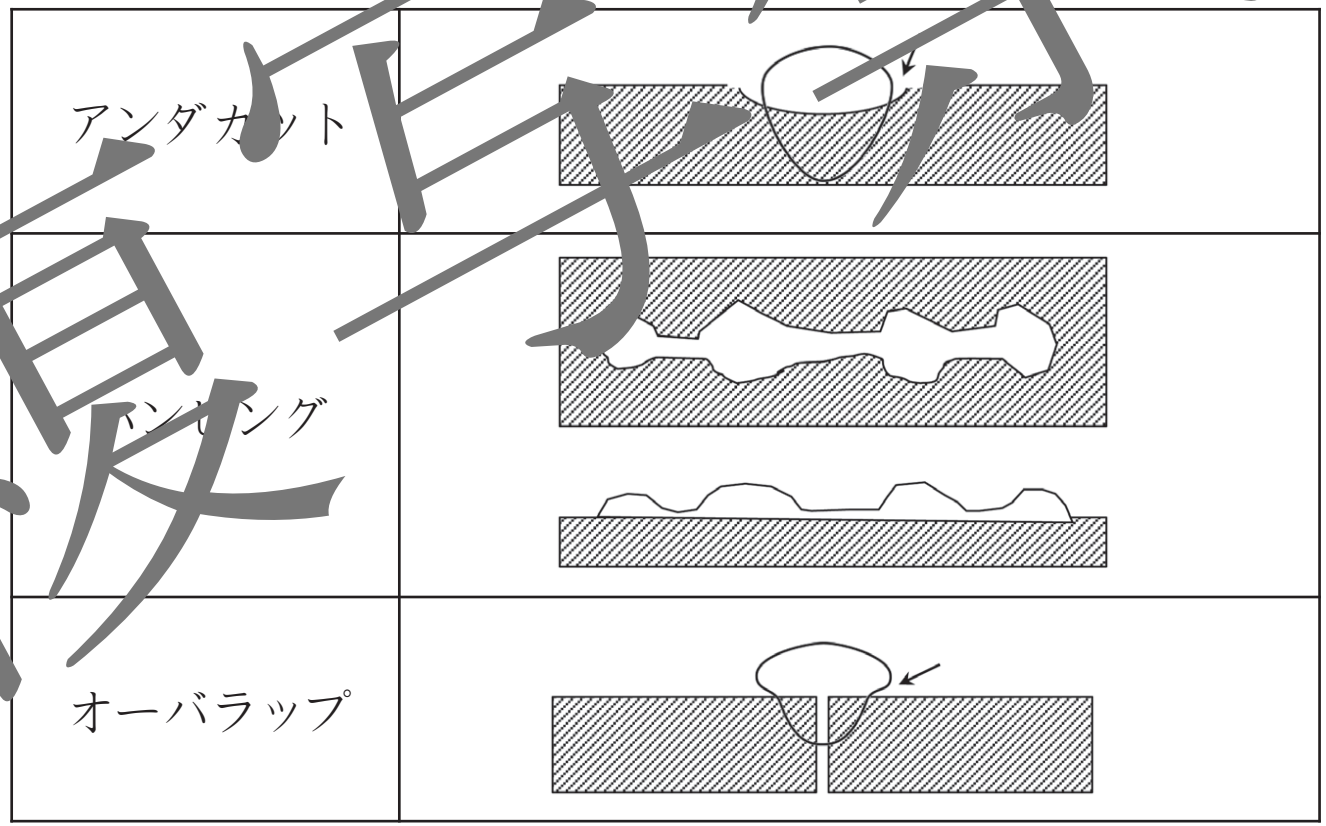


図１１－３

複写禁止

③　溶接速度

図１１－３に示すように，溶接電流と溶接電圧を一定にして，溶接速度を速くするとビード止端部にアンダカットが発生しやすくなります。さらに高速になると「ハンピングビード」となります。ビード断面形状は溶接速度が速くなるほど，溶込み深さ，余盛高さおよびビード幅は減少し，ビードは凸形となります。
また，スパッタも増加する傾向があります。
逆に，溶接速度を遅くするとビード止端部がなじみにくくなり，オーバラップが発生しやすくなります。
また，溶融金属が先行して，融合不良の原因となります。ビード断面形状は溶接速度が遅くなるほど，溶込みは深く，余盛は高くなり，ビード幅は広くなります。

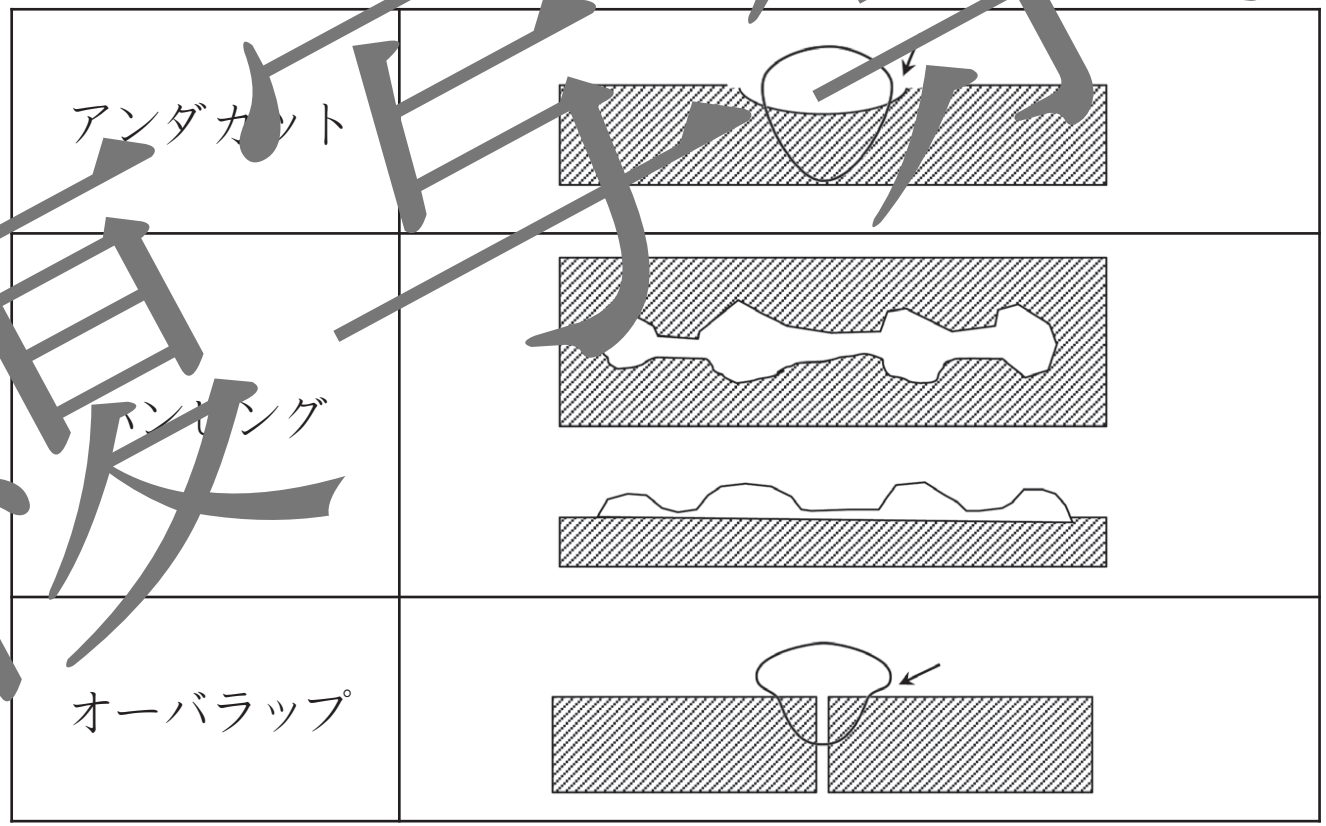


図１１－３

複写禁止

１１．溶接施工の基礎

２．ワイヤ突き出し長さ

半自動溶接では，溶接ワイヤが自動的に一定送給されているのでワイヤ突出し長さ（チップ先端とワイヤ先端までの長さ）を一定にしておけば，アーク長は一定に保たれます。

ワイヤ突出し長さは，溶接ワイヤの溶融量と密接に関係しており，同一電流で比較した場合，ワイヤ突出し長さが長くなると，長くなった分のワイヤが溶融されるため，必要な溶接電流値は小さくなります。

①　ワイヤ突出し長さを長くした場合

・溶接電流が減少します。　・溶込みが浅くなります。アークの安定性が悪くなり，スパッタが増加します。

・シールド効果が悪くなり，ブローホールなどの欠陥が発生しやすくなります。

②　ワイヤ突出し長さを短くした場合

・溶接電流が増加します。　・溶込みが深くなります。

・ワイヤが溶融池の中に突込むようになり，アークが不安定になります。

・スパッタがノズルに付着しやすくなり，シールド効果が悪くなったり，ワイヤ詰まりの原因となります。

このように，溶接中のワイヤ突出し長さは，長すぎても短すぎても安定したアークおよび良好なビード外観が得られないので，常に適正値を保つように心掛けなければなりません。溶接電流に対する標準的ワイヤ突出し長さを図１１－４に示します。

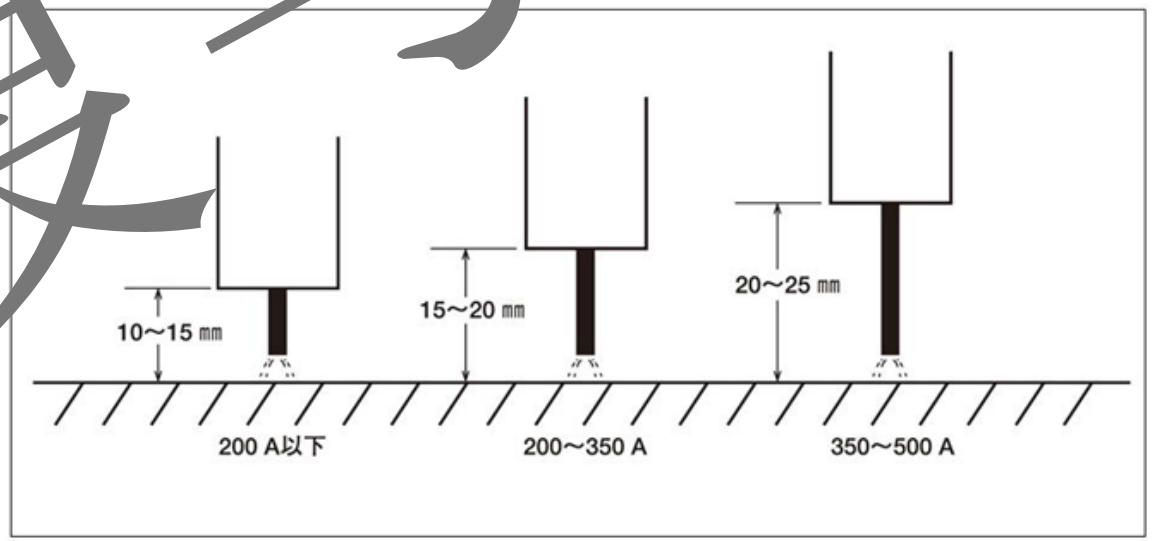


図１１－４

複写禁止

１１．溶接施工の基礎

３．トーチ角度（前進法／後進法）

半自動溶接で良好なビードを得るためには，トーチ角度にも十分注意を払わなければなりません。トーチ角度は，溶接進行方向に対して逆方向にトーチを傾ける「前進法」（前進角）と，同方向に傾ける「後進法」（後退角）があり，その角度により，溶込みやビード形状が大きく変化します。前進法・後進法に対するビード断面形状を図１１－５に示します。

③－１）前進法（前進角）

ソリッドワイヤを使用する場合，ビード形状，溶接線のなめらかさおよびガスのシールド効果の点で，前進角10～20°で前進法を用いる事が一般的です。前進法では，溶融金属が前方に押し出されるため，アークは母材に直接届きにくく，溶込みはやや浅くなります。また，ビード形状は余盛が低く，かつ幅が広くなります。前進法の場合，比較的大きなスパッタがトーチ前方へ飛散します。

③－２）後進法（後退角）

後進法では溶融金属が後方に押されるため，アーク力は母材に直接働きやすくなり，溶込みは深く，幅の狭い盛り上がったビード形状になります。また，スパッタは生じにくくなります。フラックス入りワイヤを使用する場合，前進法・後進法のいずれも用いられますが，深い開先内での溶接では，溶融スラグが先行することを抑える目的で，一般的には後進法を用います。

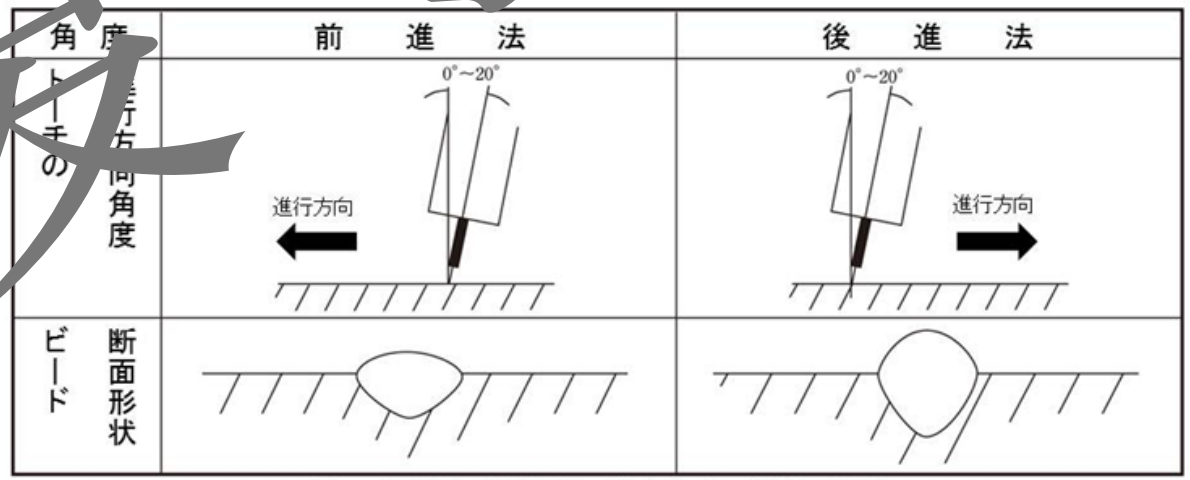


図１１－５

複写禁止

１１．溶接施工の基礎

４．狙い位置

アーク溶接において，ワイヤ（アーク）の狙い位置は重要な因子になります。ワイヤの狙いズレは，融合不良やアンダカット，オーバラップなどの欠陥を引き起こす原因にもなります。

図１１－６に水平Ｔすみ肉継手におけるワイヤ狙い位置の変化とビード断面図の関係について示します。ワイヤ狙い位置が下板側に移動すると溶込みは下板側に深くなり，移動量が大きくなると上板側にアンダカットが発生し出します。ワイヤ狙い位置が上板側に移動すると溶込みは上板側に深くなり，移動量が大きくなると上板側にアンダカットが発生し出し，さらに下板側にオーバラップを生じます。

一般的にワイヤの狙い位置はワークのルート部を狙うことが理想とされますが，板厚違いのワークの場合には厚板側を狙うなど，状況によって狙い位置を見極める必要があります。また，６㎜以上の板厚で200Aを超えるような溶接電流でＴすみ肉溶接を行う場合，ワイヤの狙い位置を下板側にずらすことでオーバラップを低減し，等脚長のビードが形成しやすくなります。自動アーク溶接では，アークセンサやタッチセンサなどを用いて位置検出を行い，ワークのずれに対し自動的に狙い位置を補正する機能もあります

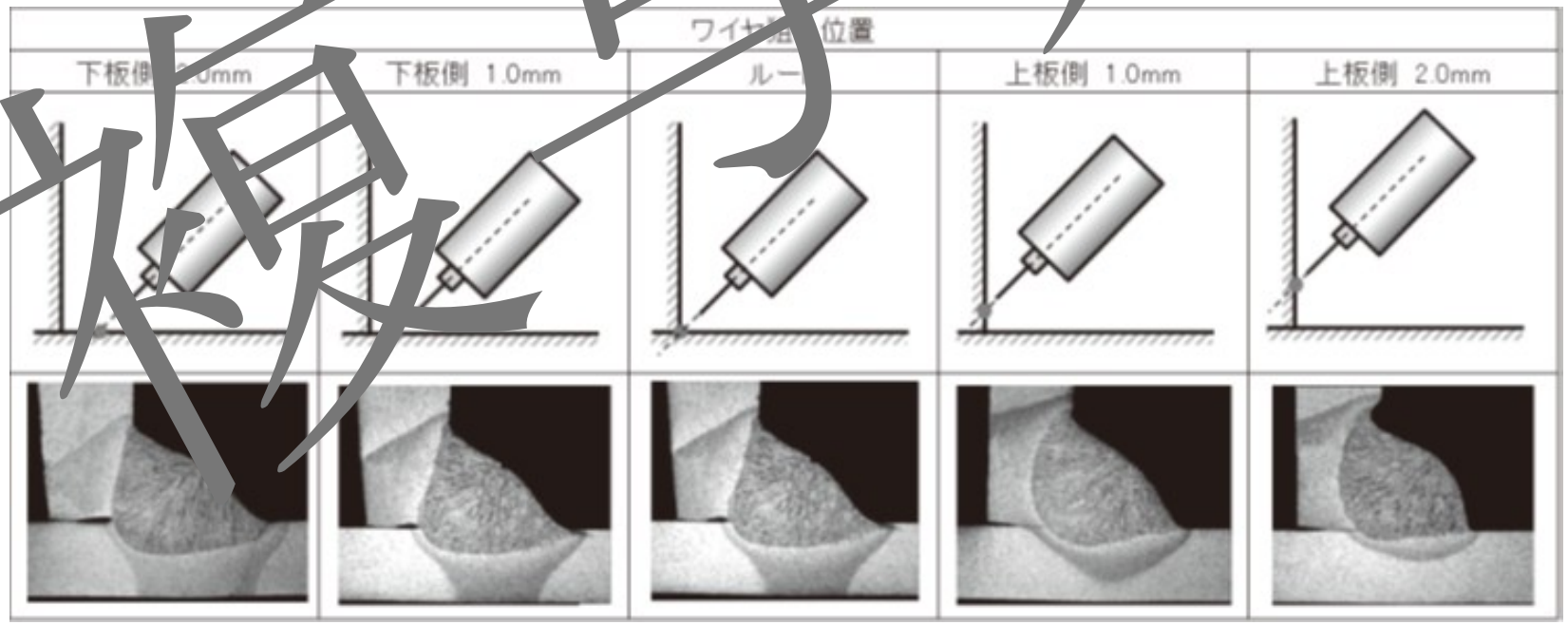


図１１－６

複写禁止

１１．溶接施工の基礎

５．ワーク傾斜角

良好な溶接ビードを得るには，ワークの傾斜角にも十分注意を払わなければなりません。一般に，ワークの傾斜角は水平（０°）が理想的とされますが，ワークの形状やワークの固定状況などにより困難な場合があります。この時，溶接進行方向が下方に向かう姿勢を「下進溶接」，溶接進行方向が上方へ向かう姿勢を「上進溶接」と呼びます。図１１－７にワーク傾斜の変化とビード断面形状の関係について示します。ワーク傾斜角は溶込みやビード形状に大きく影響を与えるため，継手形状，板厚，必要脚長などによって使い分けられます。

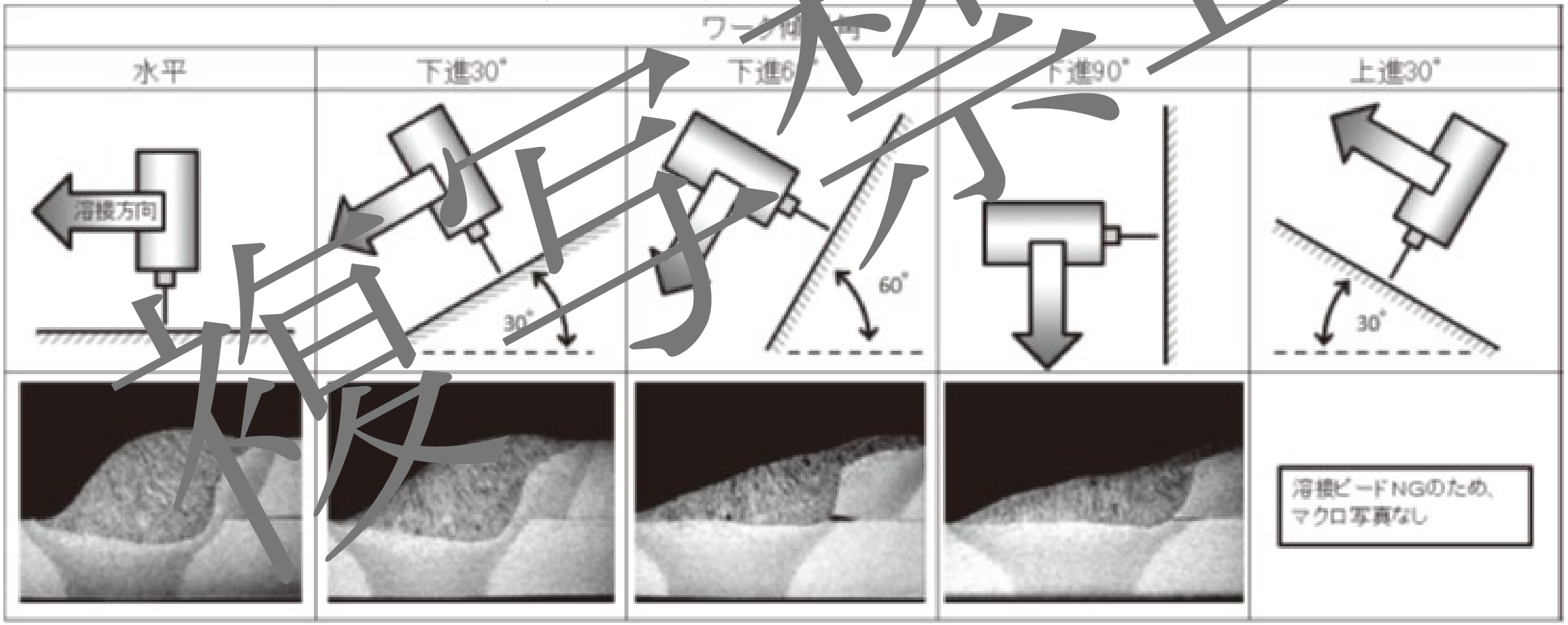


図１１－７

複製禁止

１１．溶接施工の基礎

① 上進溶接

上進溶接は比較的溶込みが深く，溶接速度が遅いため厚板の溶接に多く用いられます。しかし，重力に逆らって溶接するためビード形成が困難であり，凸形のビード形状になりやすいため，ウィービング法によってビード形状を均一にします。図１１－８に立向上進溶接の運棒方法について示します。上進溶接ではビード形状を平らかつ均一にするためにウィービング両端でトーチを止めることがポイントとなります。そして，ウィービングポイントを移動するときは素早く運棒する必要があります。また，重力により溶融池が後退するため，５～15°の前進角を用いて溶接します。

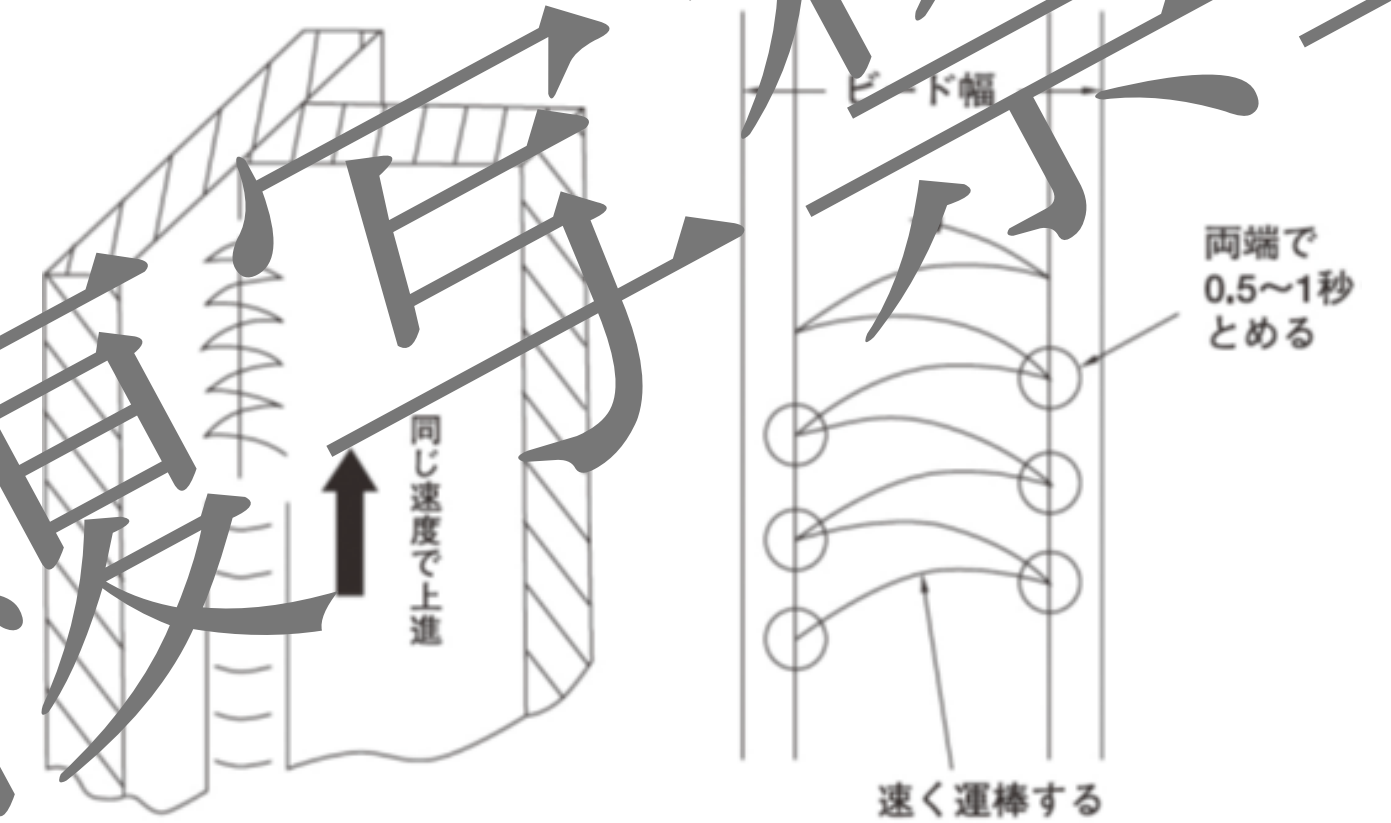


図１１－８

複写禁止

② 下進溶接

下進溶接は重力により溶融池が先行し，溶込み不良が発生しやすくなる傾向があります。したがって，通常溶融池を先行させないように高速の運棒（溶接速度）が必要となり，アークを一定に保持するのが難しくなりますが，溶込みの浅いフラットなビードが得られるため，強度を必要としない箇所や薄板に多く用いられます。

下進90°の場合，図１１－９のようにトーチ角度は０～20°程度の後退角を用います。ウィービング速度が遅いとビード両端部に融合不良が生じるため，ストレートでの運棒が推奨され，ビードが垂れ下がる前にトーチを移動します。

また，Ｔすみ肉継手では凹形のビード形状になるので，のど厚不足が発生しやすくなります。このような場合，溶接を多層仕上げにするなどの工夫が必要になります。

複写禁止

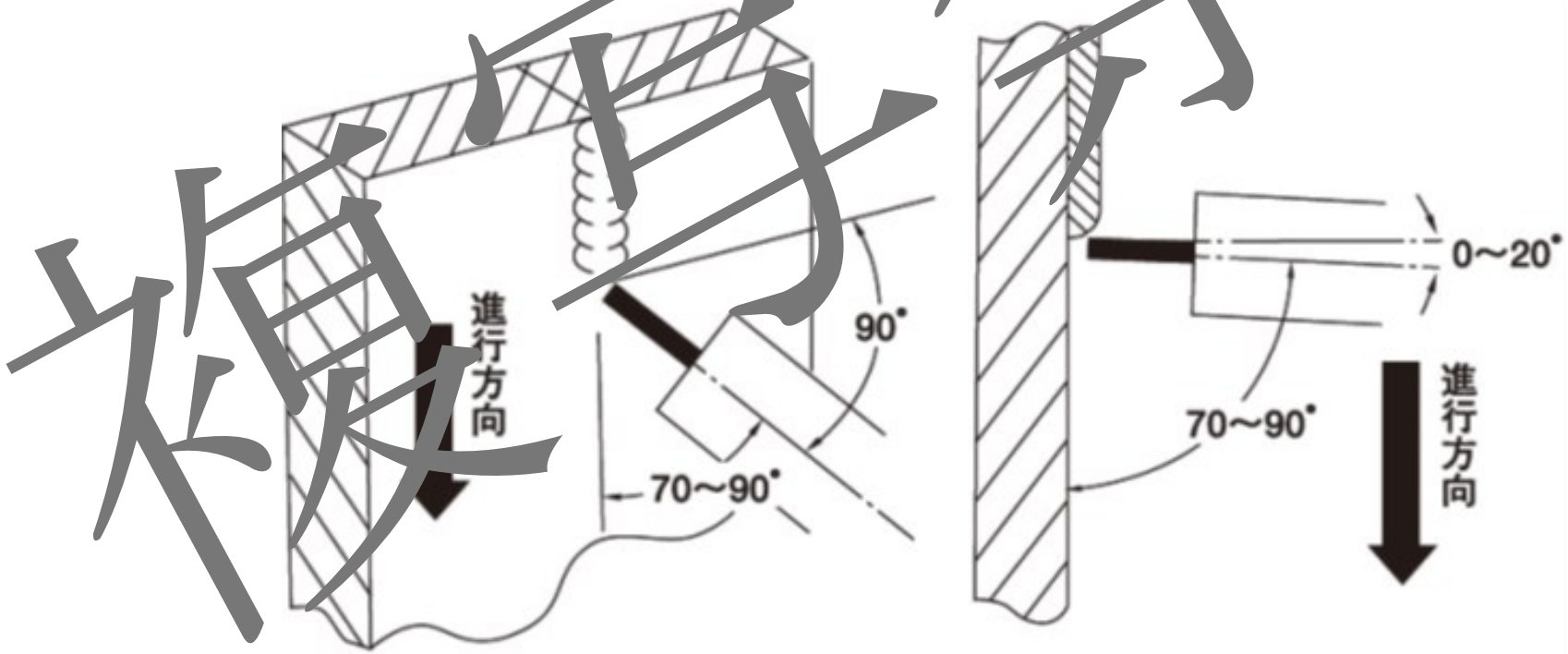


図１１－９

１１．溶接施工の基礎

６．トーチ角度（狙い角度）

良好な溶接を行う上で，トーチ角度（狙い角度）にも気をつけなければなりません。図１１－１０の通りトーチ角度を変化させると溶込み形状およびビード形状が変化するため，板厚や継手形状によってトーチ角度を変える必要があります。表１１－２に継手形状と板厚おけるトーチ角度（推奨）について示します。板厚が同じであれば，突合せ継手ではトーチが溶接線に対し垂直になるように運棒します。水平Ｔすみ肉継手では基本的にトーチ角度45°になるように運棒しますが，板厚が厚くなり溶接電流が大きくなるとオーバラップを生じるため，トーチ角度を下板側に傾ける必要があります。水平重ね継手では，薄板の場合はトーチ角度を立て，板厚が厚くなるとトーチ角度を下板側に傾けます。また，板厚違いのワークでは厚板側の溶込みが大きくなるようトーチ角度を傾ける必要があります。

図１１－１１

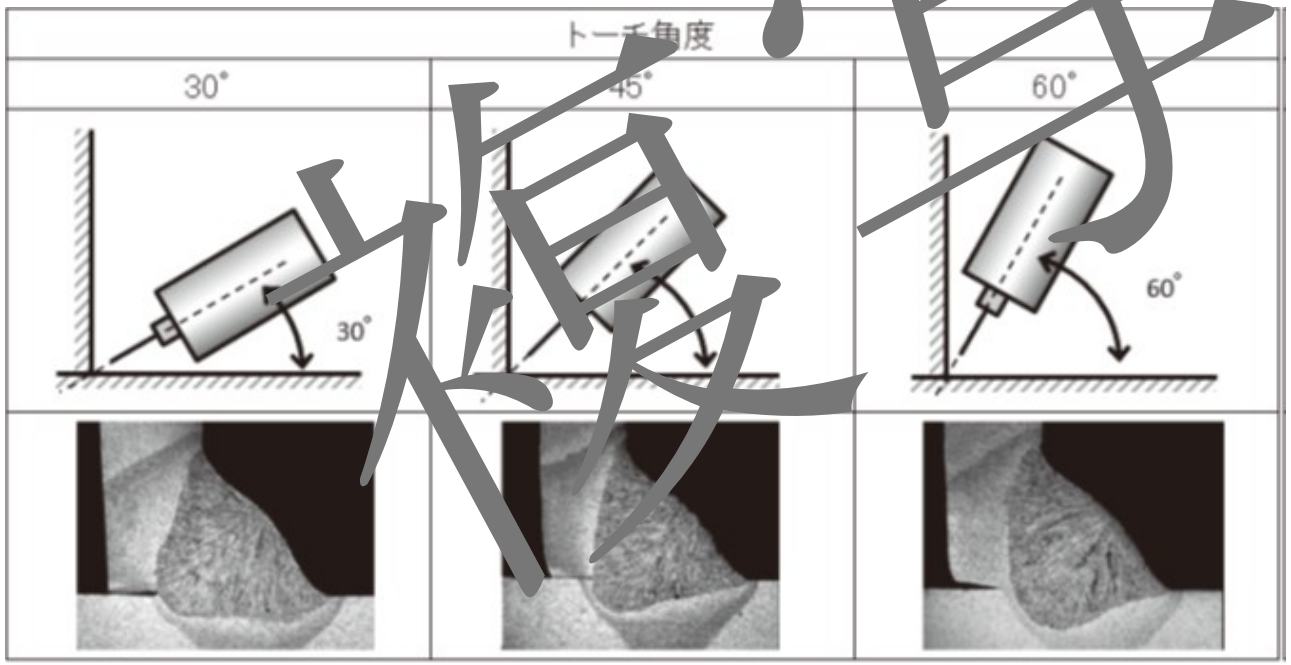
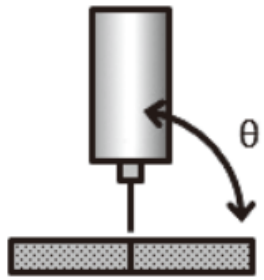
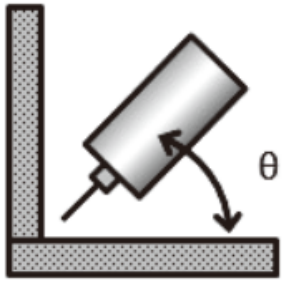
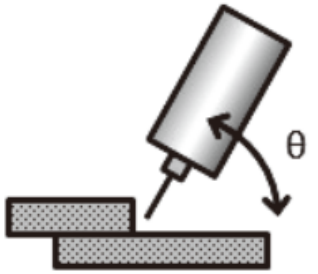


表１１－２

板厚 [mm]	突合せ継手	水平Tすみ肉継手	水平重ね継手
			
0.8	90°	45°	80°
1.2			
1.6			
2.3			80～45°
3.2			
4.5			
6.0		40°	

複写禁止

2017年4月　初範

2025年10月　書式変更