

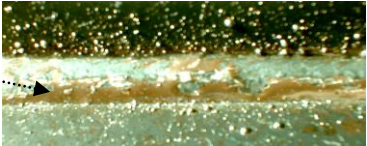
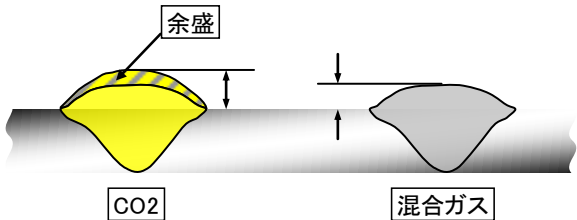
アーク溶接コスト

I. アーク溶接のコストについて

1. アーク溶接のコスト計算

アーク溶接のコスト計算をする場合、或いは CO₂ と混合ガスとのコスト比較をするときに使う。この資料は CO₂ と混合ガスのコスト比較を試みました。金額等は参考価格ですので皆様の実際の価格を使用してください。

2. CO₂ 溶接に対し、混合ガス溶接の特徴

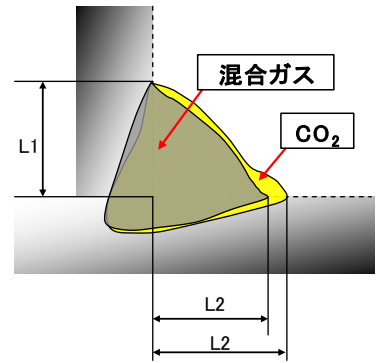
CO ₂ に対し混合ガスの特徴	内 容
I) スピードアップが出来る。	①アークタイムの短縮。→ 生産性の向上(20%以上)。
	②ガス使用量が削減。
	③歪の軽減。
II) 稼働率の向上効果。	①最適溶接条件が設定しやすい。
	②スパッタ除去に費やす時間の削減。 a) スパッタ付着防止剤を塗る時間の削減。 b) ノズルに付着したスパッタの除去時間の削減。 c) 製品・治具に付着したスパッタの除去時間の削減。
	③スラグ処理時間の短縮 (スラグ付着量が大幅に減少)。 スラグとは： <ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤ、母材中の Fe・Si・Mn の酸化物。 ・こげ茶色でガラス状の剥離性付着物。 
	④補修 (手直し) 時間の短縮。 a) 溶け落ちが少なく、補修作業の削減。 b) アンダーカットの整形作業が削減。 c) 余盛の整形作業が削減。
	⑤歪取り時間の削減。
III) ワイヤ節減効果	①突合せ溶接 余盛が低く、スパッタが少ない。 CO ₂ に比べ 10%以上、ワイヤの削減が出来る。 

②隅肉溶接

- ・等脚長で余盛が低く、よりスパッタが少ない。
- ・CO₂に比べて20～30%程度のワイヤ削減が出来る。

CO₂ : L₁<L₂ (不等脚長)

混合ガス : L₁=L₂ (等脚長)



③ CO₂は、アークが不安定なため溶接速度を上げると、ビードが途切れて(ハンピング)しまう。そのため、速度を抑えなければならず、単位溶接長当りの溶着金属量が多くなってしまう。混合ガスを使用することで、スピードアップが計れ、10～20%のワイヤ量の削減が出来る。

④ スパッターロスが多くなる。

CO₂と混合ガスの溶着効率を比較すると下表のようになる。

	CO ₂ (%)	混合ガス (%)
大電流領域	90～92	97～99
短絡アーク領域	92～93	95～96
パルス領域	使用不可	99

IV) ガス価格

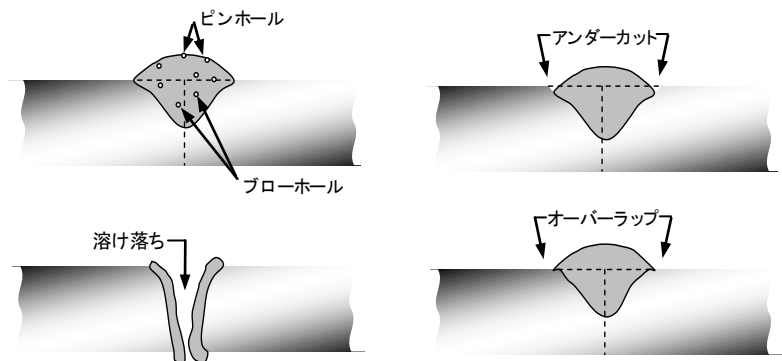
・表面ガス価格 (ガス価格のみの比較) :

CO₂ < 混合ガス
 例えば、171.3 円/kg(300 円/m³) 700 円/m³

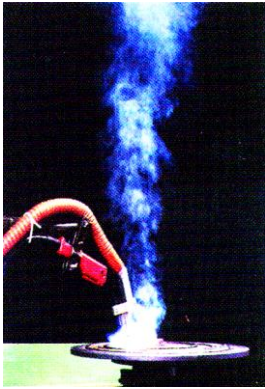
・TOTAL コストによる価格 : CO₂ > 混合ガス
 例えば、379 円/m 276 円/m

V) CO₂ での問題点

- 1) スパッター
- 2) ビード外観(余盛が高い。止端部が不揃い。止端部の濡れ性が悪い。)
- 3) 溶接スピードに限度。
- 4) 欠陥が出やすい。
 - ・ブローホール・ピンホール
 - ・アンダーカット・オーバーラップ
 - ・ハンピング・溶け落ち
 - ・ビード底辺の溶け込み不揃い



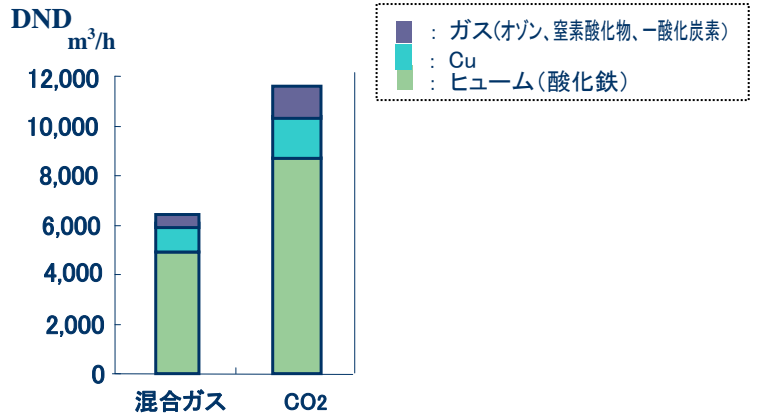
VI) CO₂はヒュームの発生量が多い為、作業環境が悪い。



ヒュームの主成分

- ・酸化鉄： 溶接中に酸化された鉄分が気化し発生する。空気中に含まれる O₂ の混入量とシールドガス中の CO₂ 又は O₂ 量が増加すると増加する。
- ・銅成分： 通電性、耐腐食性の向上のためワイヤの表面に銅メッキが施されている。これがアーク熱により気化しヒュームの成分となる。
- ・ガス成分(O₃・NO_x・CO)： 溶接時のアーク光により O₂・N₂ が化学反応を起こし O₃,NO_x を、又、シールドガス中の CO₂ が解離して CO を発生する。

CO₂ と混合ガスとのヒューム発生量の比較



2. コストの構成

MAG 溶接における溶接コストの構成は次の 3 項目に大別することが出来る。

項目	内容	
労務費(人件費)	前工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークのセット作業。 ・溶接条件・トーチ狙いの設定作業。 ・スパッター除去剤の塗布作業。 ・仮付け作業 ・スパッターの除去、余盛整形作業(仮付け)。
	本溶接	
	後工程	<ul style="list-style-type: none"> ・スパッター除去作業。 ・ビード補修作業 (ブローホール、ピンホール、アンダーカット、オーバーラップ、溶け落ち)。 ・歪取り作業。
溶接材料費(消耗品費)	前工程	<ul style="list-style-type: none"> ・スパッター除去剤。 ・仮付け時のワイヤ・ガス。 ・砥石 (仮付け後のスパッター除去、余盛整形)
	本溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤ・ガス。
	後工程	<ul style="list-style-type: none"> ・砥石 (スパッター除去、ビードの補修)。 ・ワイヤ・ガス (ビード補修)。
設備等の使用費	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の減価償却費 ・保守費(修理費) ・消耗部品費 (チップ・ノズル等) ・電気代 	

3. 溶接条件

コスト比較をする為、下表条件表の溶接形状等及び数値等を参考として使用し計算しました。

溶 接 条 件					
母材材質	軟鋼				
溶接継ぎ手	水平隅肉				
溶接長	m	1 (100 cm)			
脚長	mm	CO ₂ 混合ガス			
		a < b			a = b
		6	8	6	6
		CO ₂		混合ガス	備考
溶接電流	A	280		300	
溶接電圧	V	31		29	
溶接速度	cm/分	50		65	
アークタイム	分	2.0		1.54	溶接長/溶接速度
ワイヤ送給量	g/分	100.5		105	
ワイヤ径	(φ)	1.2		1.2	
ガス流量	ℓ/分	20		20	
ビード余盛率	%	15		8	
溶着効率	%	92		99	
アーク発生率	%	40		40	
スパッター除去時間	分	アークタイムの30% 0.6		アークタイムの5% 0.077	
その他の条件					
人件費	円/H	3,000. (50 円/分)			
ワイヤ単価	円/kg	300. (0.3 円/g)			
ガス単価	円/m ³	CO ₂	300 (0.3 円/ℓ) = 171.30/kg		
		混合ガス	700(0.7 円/ ℓ)		
チップ単価	円/個	150.			
電力料金単価	円/kwh	18.			
年間作業時間	時間	1,800. (8H/日×225 日/年)			
設備(溶接機等)費	円	610,000.			
減価償却期間	年	7			

* ビード余盛率(%)={S₂/(S₁+S₂)}×100

4. 経済的比較表

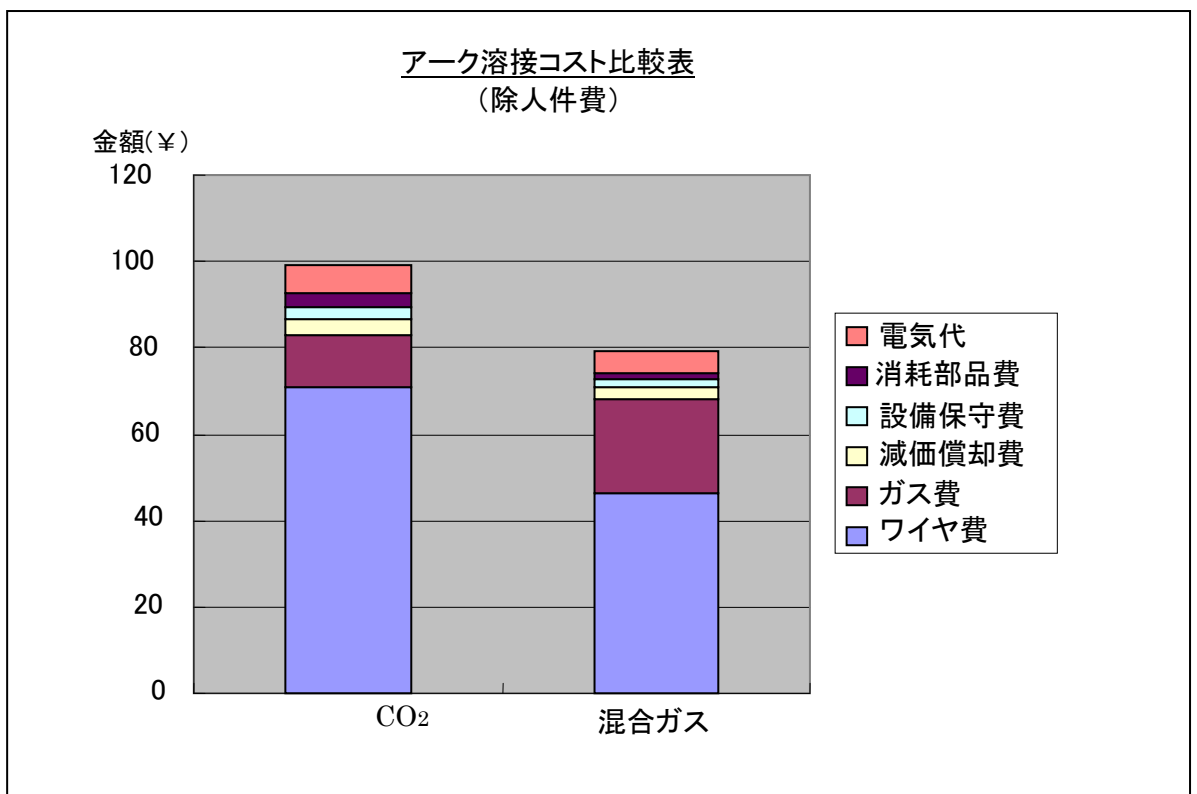
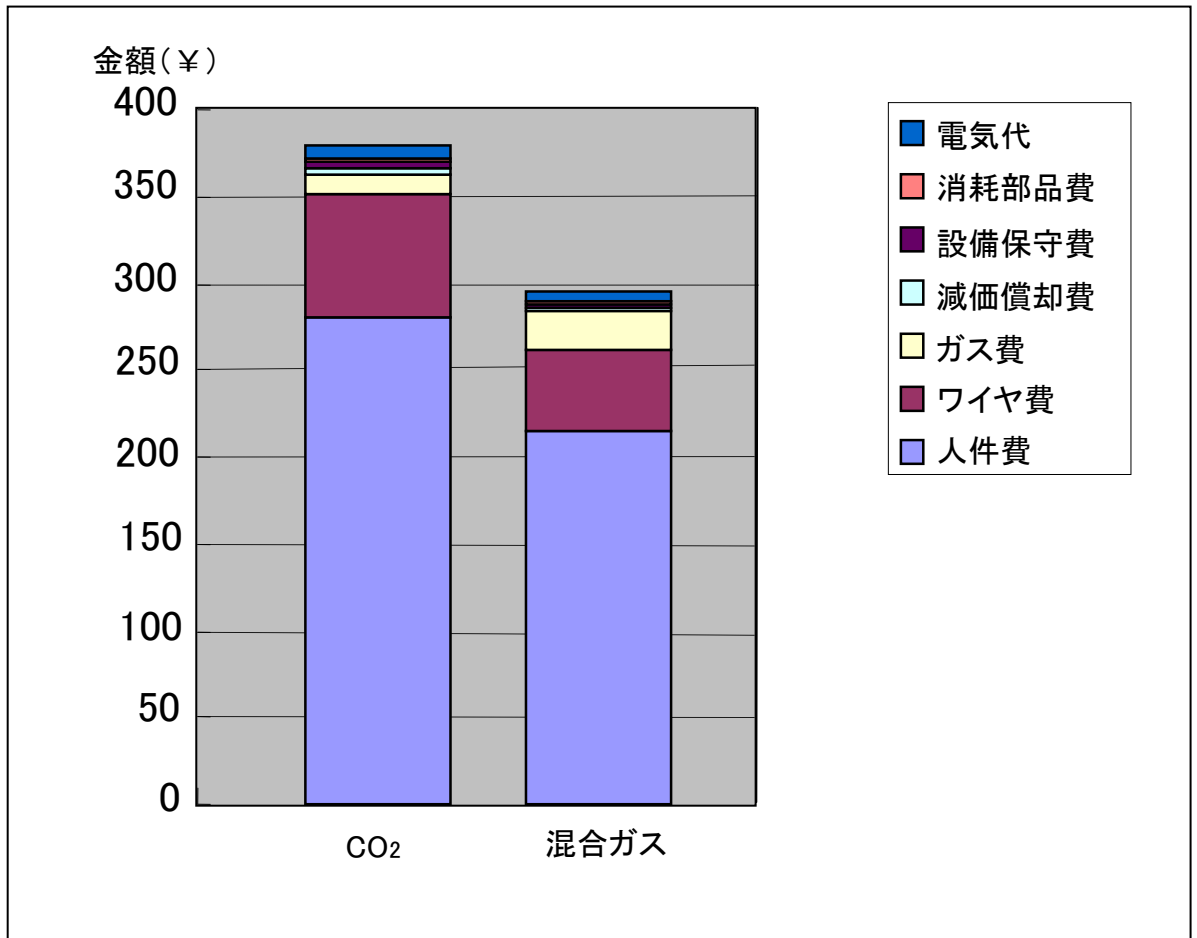
溶接長 1m を脚長 6 mm で隅肉継ぎ手で溶接するとした場合の例です。

溶接方式		CO ₂	混合ガス	備 考	
ワイヤ費	・ワイヤ消費量	g/m	236	154.6	・ワイヤは実体ワイヤ（ソリッド）を使用。
	・ワイヤ単価	¥/kg	300	300	
	a) ワイヤ費用	¥/m	70.8	46.4	
ガス費	・アークタイム	分/m	2.00	1.54	溶接長さ/溶接速度
	・ガス単価	¥/m ³	300(171.3/kg) (0.3/l)	700 (0.7/l)	・CO ₂ の場合、円/kgの取引。 ・円/kgを円/m ³ に換算するには、円/kg価格を0.571で割れば、円/m ³ 価格になる。 (1 kg=0.571 m ³)
	b) ガス費用	¥/m	12.0	21.56	
人件費	・作業時間	分	5.0	3.85	
	・スパッター除去時間		0.6	0.077	
	・工賃単価	¥/H	3,000	3,000	
	c) 人件費用	¥/m	280.0	196.4	
設備(溶接機等)使用費	・投資金額	¥	610,000	610,000	
	d) [減価償却費]	¥/m	4.0	3.1	7年償却
	e) [電力費]	¥/m	6.52	5.04	電力料金 18 円/KWh
	f) [保守費]	¥/m	2.83	2.17	投資金額の 10%。
	g) 消耗部品費	¥/m	2.83	2.17	投資金額の 10%。
	合 計 (¥/m) (a+b+c+d+e+f)		≒379	≒276	* CO ₂ に対し混合ガスは27%コストダウンが出来る。

- * この費用には前処理・後処理工程費用は含まれていません。但し、スパッター除去費用は含まれています。前処理・後処理工程費用を含めれば混合ガスの場合、27%+α%のコストダウンが出来ます。
- － 前処理工程：仮付け作業時のやり直し或いは仮付けビードの補修など。
 - － 後処理工程：本溶接で発生した不良品の手直し或いは破棄品の費用。

5. アーク溶接コスト比較表

「4.経済比較表」に基づき、各項目事にコスト計算をすると、下表のような傾向になると思われます。



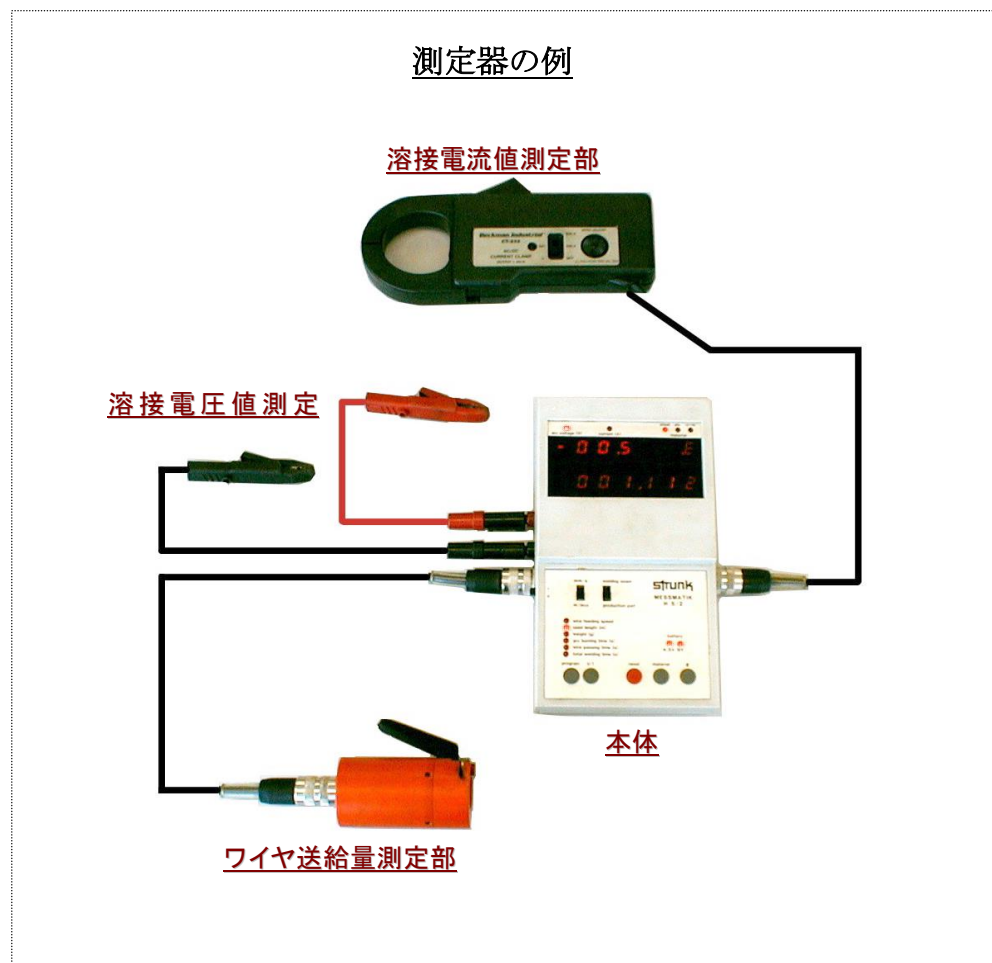
Ⅱ. コスト計算内訳

I. ワイヤ費

1. ワイヤ消費量を把握する方法

- 1) 計算で算出する方法。＝正確性に欠ける。
- 2) 消費したワイヤ長さを測定し、それから計算で求める方法。
- 3) 消費したワイヤの重さを測定する方法。
- 4) 測定器(コンピューター)で測定する方法。

* 1)の方法は概略の数値しか出せない。2)・3)・4)の方法は、実際に消費したワイヤの量が出るので確実性がある。出来れば4)の方法が簡単で早く実測が出来るが、測定器が必要。



2. ワイヤの消費量の計算方法とワイヤ費

計算項目		記号	計算式	単位								
			<p>溶接部断面積の計算方法</p> <ul style="list-style-type: none"> $S = S_1 + S_2$ S : 溶接ビード断面積 (cm²) S_1 : ビード断面=($a \times b$) / 2 (cm²) S_2 : 余盛面積率 (%)=$S_2 / (S_1 + S_2) \times 100$ (%) 									
a) 理論必要溶着ワイヤ量 * ビードの余盛率を、CO ₂ を15%・MAGを8%と仮定したとする。	Aw	$Aw = S_1 \times L \times \alpha \times \rho = \{(a \times b) / 2\} \times L \times \alpha \times \rho$ <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ = $\{(0.6 \times 0.8) / 2\} \times 100 \times 1.15 \times 7.87 = \mathbf{217 (g/m)}$ • MAG = $\{(0.6 \times 0.6) / 2\} \times 100 \times 1.08 \times 7.87 = \mathbf{153 (g/m)}$ <p>S₁ : 溶接部の断面積 CO₂=($a \times b$)/2=(0.6×0.8)/2=0.24 (cm²) MAG=($a \times b$)/2=(0.6×0.6)/2=0.18 (cm²) L : 溶接長=100(cm) α : 余盛率=CO₂:15%(1.15)/MAG:8%(1.08) ρ : 密度(Fe=7.87g/cm³)</p>	g/m									
b) 溶着効率	η	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>短絡</th> <th>大電流</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>94%</td> <td>92%</td> </tr> <tr> <td>混合ガス</td> <td>96%</td> <td>99%</td> </tr> </tbody> </table>		短絡	大電流	CO ₂	94%	92%	混合ガス	96%	99%	%
	短絡	大電流										
CO ₂	94%	92%										
混合ガス	96%	99%										
a) 必要溶着ワイヤ量	Bw	<p>1) $Bw = Aw / \eta$</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ = $217 / 0.92 = \mathbf{236 (g/m)}$ • MAG = $153 / 0.99 = \mathbf{154.5 (g/m)}$ <p>Aw : 理論必要溶着ワイヤ量 CO₂:217(g/m) / MAG:153(g/m) η : 溶着効率 CO₂:92%(0.92) / MAG:99%(0.99)</p> <p>2) ワイヤを消費した長さが判れば、 $Bw = \pi r^2 / 4 \times L \times \rho$ $\pi r^2 / 4$: ワイヤの断面積(cm²)</p> <p>3) 測定器で測定した場合、消費したワイヤ量(g)が出るので、e)に進めばよい。</p>	g/m									
d) ワイヤ価格	Wc	購入価格=300(¥/kg)=0.3(¥/g)	¥/kg									
e) ワイヤ費	Cw	$Cw = Bw \times Wc / 1,000$ <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ : $236.0 \times 300 / 1,000 = \mathbf{70.8(¥/m)}$ • MAG : $154.5 \times 300 / 1,000 = \mathbf{46.35(¥/m)}$ <p>Bw : 必要溶着金属量(ワイヤ量) CO₂:236(g/m) / MAG:154.5(g/m) Wc / 1,000 : ワイヤ価格=300(¥/kg)、¥/kgを¥/gにする為。</p>	¥/m									

Ⅱ. シールドガス費

計算項目	記号	計算式	単位
a) シールドガス設定流量	Gf	流量計の読み=20(ℓ /分)	ℓ /分
b) 時間			
1) プリフロー時間	Pt	溶接機で任意に設定=(0.5Sec)	秒
2) 本溶接時間 (アークタイム)	At	アークが出ている間の時間 CO2:2.00(分) / MAG:1.54(分)	分
3) アフターフロー時間	Aft	溶接機で任意に設定=(1Sec)	秒
TOTAL 時間 [1)+2)+3]	Wt	Wt=(Pt)+At+(Aft) CO2:2.00(分)/MAG:1.54(分) *プリフロー(Pt)・アフターフロー(Aft)は無視。	分
c) シールドガス価格	Gc	購入価格(CO2:171¥/kg / MAG:700¥/m ³) CO2 : 300(¥/m ³)=300/1,000=0.3(¥/ ℓ) MAG : 700(¥/m ³)=700/1,000=0.7(¥/ℓ)	¥/m ³
d) シールドガス費	Cg	Cg=Gf×Wt×Gc <div style="margin-left: 20px;"> ・CO2 : 20×2.00×0.3 = 12.0(¥/m) ・MAG : 20×1.54×0.7 = 21.56(¥/m) </div> Gf : シールドガスの設定流量=20(ℓ /分) Wt : アークタイム CO2:2.00(分)/MAG:1.54(分) Gc : シールドガスの価格 CO2:0.3(¥/ ℓ)/MAG:0.7(¥/ℓ)	¥/m

1) シールドガスの価格について

CO₂ 価格は¥/kg で取引されている。流量計の設定がℓ /分であるので、¥/kg を¥/m³(¥/ ℓ)に変換しなければならない。よって、CO₂は1kg=0.571m³であるので、CO₂購入価格に0.571で割った数値が1m³の価格となる。

$$\text{CO}_2 \text{ 価格(¥/kg)} / 0.571 = \boxed{} (\text{¥} / \text{m}^3)$$

又、¥ / m³であるので、¥ / ℓにしなければならない。¥ / ℓにするには、1m³=1,000 ℓであるので、¥ / m³ 価格を1,000で割ればよい。

2) シールドガス使用量の計算式

$$\text{使用量} = \{ \text{プリフロー時間} + \text{溶接時間 (アークタイム)} + \text{アフターフロー時間} \} \times \text{ガス流量 (ℓ /分)}$$

3) アークタイムとは、

- ・ 実際にアークが発生している時間のこと。
- ・ 溶着ワイヤ量を溶接ワイヤの溶着速度で割ることに求められる。
 アークタイム(分/m)=必要ワイヤ量 / 溶着速度=100 cm/溶接速度
- ・ 一パス仕上げの水平隅肉溶接では、溶接長を溶接速度で割ることにより求めることが出来る。
 100 cm/溶接速度(cm/分)

Ⅲ. 人 件 費

計算項目	記号	計算式	単位
a) アーク発生率	Af	$Af = (At / Tw)$ ・CO ₂ : (2.00/5.00)=0.4(40%) ・MAG : (1.54/3.85)=0.4(40%) At : アークタイム(アーク発生時間) (CO ₂ : 2.00分/MAG:1.54分) Tw : 溶接作業時間 (CO ₂ : 5.0分/MAG : 3.85分)	%
b) 溶接作業時間	Tw	$Tw = 100 \times (At / Af)$ ・CO ₂ : 100×(2.00/0.4)=5.0(分) ・MAG : 100×(1.54/0.4)=3.85(分) At : アークタイム(アーク発生時間) (CO ₂ : 2.00(分/m)/MAG : 1.54(分/m)) Af : アーク発生率=40%(0.4)	分/m
c) 溶接前後のスパッター除去時間 (アークタイムの 30%(CO ₂)/MAG(5%) と仮定する)	T2	$T2 = At \times (CO_2 : 30\% / MAG : 5\%) / 100$ ・CO ₂ : 2.00×(30/100)=0.60(分) ・MAG : 1.54×(5/100)=0.077(分) At : アークタイム (CO ₂ : 2.00分/m / MAG : 1.54分/m)	分
d) 人件費単価	Pr	3,000(¥/H)	¥/H
e) 人件費	Cp	$Cp = (Tw + T2) \times (Pr / 60)$ ・CO ₂ : (5.0+0.60)×(3,000/60) = 280.0(¥/m) ・MAG : (3.85+0.077)×(3,000/60) = 196.4(¥/m) Tw : 溶接作業時間 (CO ₂ : 5.0分/MAG : 3.85分) T2 : 溶接前後のスパッター除去時間 (CO ₂ : 0.60分/MAG : 0.077分) (Pr / 60) : 1分当りの人件費単価=50(¥/分)	¥/m

1) 人件費=作業時間(H)×時給(¥/H)=作業時間(H)×工賃単価(¥/H)×(1/60)

2) 作業時間とは、

- ・ 溶接作業者の全作業時間のことで、アークタイムに準備時間・手待ち時間・前処理時間・後処理時間・移動時間などの合計です。
- ・ 全作業時間に占めるアークタイムの割合をアーク発生率と呼んでおり、一般的に 30～50%程度で計算される。

IV. 電力費

計算項目	記号	計算式	単位
a) 溶接機効率	ε	(溶接機仕様)80%=0.8	%
b) 使用電力	P	$P=(I_w \times E_w)/(1,000 \times \epsilon)$ ・ CO ₂ =(280×31)/(1,000×0.8)= <u>10.85(kw)</u> ・ MAG=(300×29)/(1,000×0.8)= <u>10.88(kw)</u> I _w : 溶接電流 CO ₂ =280(A)/MAG=300(A) E _w : 溶接電圧 CO ₂ =31(V)/MAG=29(V) 1,000 : CO ₂ =(280×31=8,680w)/ MAG=(300×29=8,700w)であるので、kw にする為 1,000 で割っている。 ε : 溶接機効率(%)=80%(0.8)	kw
c) 使用電力量	Pt	$Pt=P \times (At / 60)$ ・ CO ₂ =10.85×(2.00/60)= <u>0.362(kw-h)</u> ・ MAG =10.88×(1.54/60)= <u>0.280(kw-h)</u> P : 使用電力 CO ₂ =10.85(kw)/MAG=10.88(kw) At : アークタイム(アーク発生時間) CO ₂ =2.00(分) / MAG=1.54(分)	kwh
d) 電力料金単価	Pc	電力会社による=18(¥/kw-h)	¥/kwh
e) 電力料金	Cs	$Cs=Pt \times Pc$ ・ CO ₂ =0.362×18 = 6.52(¥/m) ・ MAG=0.28×18 = 5.04(¥/m) Pt : 使用電力量 CO ₂ =0.362(kw-h) / MAG=0.28(kw-h) Pc : 電力料金単価=18(¥/kwh)	¥/m

1) 電力消費量 (溶接電流×アーク電圧×アークタイム) に、電力料金単価を掛けることにより求めることができます。

例えば、電気代を 18¥/kw-h とした場合、

$$\begin{aligned} & \{(電流 A \times 電圧 V \times 作業時間) / (60 \times 1,000)\} \times 単価 \\ & = \{(A \times V \times 作業時間) / (60 \times 1,000)\} \times @18 \end{aligned}$$

2) 作業時間=アークタイム / アーク発生率(%)

V. 溶接機等使用費

計算項目	記号	計算式	単位
[溶接機及び設備等の償却費]			
a) 設備等投資価格	Wc	(購入価格)=610,000 (¥)	¥
b) 償却年数	Dy	(税務署に確認) = 7 (年)	年
c) 年間作業時間	Hy	8H/日×225 日/年=1,800H	H
d) 償却費計	Cd	$Cd = Wc / (Dy \times Hy) \times (Tw / 60)$ <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂={610,000/(7×1,800)}×(5.00/60) = 4.0 (¥/m) ・MAG={610,000/(7×1,800)}×(3.85/60) = 3.1 (¥/m) <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> Wc : 設備等投資価格=610,000(円) Tw : 溶接作業時間 CO₂ = 5.0 (分)/MAG=3.85(分) Dy : 償却年数 = 7 (年) Hy : 年間作業時間 = 1,800 (H/年) </p>	¥/m
[保守費]			
a) 保守費比率	Mf	(Wc の 10%)	%
b) 保守費計 (修理代等)	Cm	$Cm = \{(Wc \times Mf) / Hy\} \times \{At / (Af \times 60)\}$ <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂={610,000×0.1/1,800}×{2.00/(0.4×60)} = 2.83 (¥/m) ・MAG={610,000×0.1/1,800}×{1.54/(0.4×60)} = 2.17(¥/m) <p style="font-size: small; margin-top: 5px;"> Wc : 設備投資価格=610,000(¥) Mf : 保守費比率(Wc の 10%)=10%(0.1) At : アークタイム(アーク発生時間) CO₂=2.00(分)/MAG=1.54(分) Af : アーク発生率=40%(0.4) CO₂(2.00/0.4)= 溶接作業時間(分) MAG(1.54/0.4)= 溶接作業時間(分) Hy : 年間作業時間=1,800(H/年) </p>	¥/m
[消耗部品費]			
a) 消耗部品費	Cc	(Cc=Cm と設定) ・Cm : 保守費と同じ $CO_2 = \text{2.83(¥/m)} / \text{MAG} = \text{2.17(¥/m)}$	¥/m

1) 償却費 :

$$\{\text{溶接機等の設備価格} \times 0.1 \times \text{作業時間}\} / \{7(\text{年}) \times 225(\text{日}) \times 8(\text{H}) \times 60(\text{分})\}$$

2) 保守費=消耗部品費 :

$$\{\text{溶接機等の設備価格} \times 0.1 \times \text{作業時間}\} / \{225(\text{日}) \times 8(\text{H}) \times 60(\text{分})\}$$