

安全衛生

①危険因子とその防止対策←まとめ	1
②ヒューム及びガスによる障害の防止対策	2
(1)溶接ヒュームとその影響	2
(2)ガスの発生とその影響	5
(3)ヒューム及びガス対策	6
ア. 換気装置	6
イ. 呼吸用保護具	8
③有害光線による障害の防止対策	10
(1)しゃ光保護具	10
(2)溶接用しゃ光カーテン	10
④感電防止対策	11
⑤溶接作業者の保護具の装着例	12



1 危険因子とその防止対策←まとめ

アーク溶接作業では作業者に障害をもたらす危険因子が発生する。これらの危険因子が人体に及ぼす影響及びその防止対策を以下にまとめる。

表8-1 溶接などにおける危険因子と人体に及ぼす影響・防止対策

危険因子		人体に及ぼす影響		防止対策		
		部位	主な障害	環境、装置	個人用保護具	特記事項
ヒューム	Fe、Mn など複合 酸化物、 ふっ化物	呼吸器 ほか	金属熱 じん肺症 呼吸困難	<ul style="list-style-type: none"> 全体換気装置の設置 局所排気装置の設置 プッシュプル型換気装置の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 防じんマスク（国家検定合格品）着用 電動ファン付き呼吸用保護具の着用 送気マスクの着用 	<ul style="list-style-type: none"> ヒュームの直接吸入を防止すること 周辺作業者のヒューム曝露を防止すること 狭い場所では十分な換気又は送気マスク着用を徹底すること 塗装鋼板やめっき鋼板溶接時に発生するヒュームに注意すること 銀ろうヒュームに含まれるCdによる中毒を防止すること ガス切断時に母材から上昇するヒューム吸入を防止すること
光 ¹⁾	可視光線 ¹⁾ 紫外線 ¹⁾ 赤外線 ¹⁾	眼	網膜障害	<ul style="list-style-type: none"> 溶接作業場の分離 しゃ光カーテンの設置 衝立の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 溶接用保護面、しゃ光めがねの着用 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺作業者のアーク光曝露を防止すること コンタクトレンズを着用して溶接を行わないこと
			表層性角膜炎、結膜炎白内障			
			白内障			
	紫外線、赤外線 ¹⁾	皮膚	光線皮膚炎	<ul style="list-style-type: none"> 溶接用皮製保護手袋、足腕カバー、頭巾などの着用 		
スパッタスラゲ	—	眼	外傷、異物混入	—	<ul style="list-style-type: none"> 溶接用保護面、しゃ光めがねの着用 保護めがねの着用 	—
		皮膚	熱傷	—	<ul style="list-style-type: none"> 保護衣類、安全帽、安全靴、溶接用皮製保護手袋、前掛け、足・腕カバーの着用 	<ul style="list-style-type: none"> シガレットライターなどの引火性物質や可燃性物質を携帯して溶接を行わないこと
アーク熱	—	全身	熱中症	<ul style="list-style-type: none"> 送風の実施、空調装置の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 冷房服の着用 	<ul style="list-style-type: none"> 夏には熱射病に注意すること
騒音 ²⁾	—	耳	騒音性難聴	—	<ul style="list-style-type: none"> 耳栓、耳覆い（イヤマフ）の着用 	<ul style="list-style-type: none"> 騒音レベルが80dB以下の作業場では溶接を行わないこと
電撃	—	皮膚	熱症	<ul style="list-style-type: none"> 損傷のない適正なケーブルの使用 絶縁性ホルダの使用 電撃防止装置付き溶接機の使用 	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁性の安全靴の着用 乾いた絶縁性保護手袋の着用 破れがなく、乾いた作業衣の着用 	<ul style="list-style-type: none"> 雨の日には屋外で溶接を行わないこと 狭い場所では感電に注意すること テイク溶接用タンクステン電極棒の交換時には、感電に注意すること 感電による墜落に注意すること
		その他の臓器・器官	心臓・循環器障害、中枢神経障害			
火災、爆発	スパッタ、可能性・爆発性材料、引火性ガス・液体	熱傷 ガス中毒 煙死	—	<ul style="list-style-type: none"> 可燃性・爆発性材料対策 引火性ガス・液体対策 消火設備の設置 整理整頓、始業、終業点検 	—	<ul style="list-style-type: none"> 有機溶剤を使用している作業場の近くでは、溶接を行わないこと 可燃性の入った容器は溶接を行わないこと 溶接作業場の近くに、消火器、水バケツなどを用意すること
	アースケーブル	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 通電による発熱の防止 	—	—
高周波	—	(電子機器の障害)		<ul style="list-style-type: none"> 高周波エネルギーの低減および遮蔽 	—	<ul style="list-style-type: none"> 溶接機近くへの各種ケーブルおよび電子機器設置時は注意すること
		(心臓のペースメーカーやその他の生命維持電子装置の異常作動)				

注 1) 学術用語としては、可視放射、紫外放射および赤外放射が用いられている。

2) アーク溶接機よりも、周辺作業のハンマー、ガス切断、プラズマ切断、エアガウジングのほうが大なる騒音が発生する。

2 ヒューム及びガスによる障害の防止対策

(1) 溶接ヒュームとその影響

ア. 溶接ヒューム

溶接時の熱によって蒸発した物質が冷却されて個体の微粒子となったものを溶接ヒュームという。

溶接ヒュームの人体への影響は、組成、濃度およびばく露時間によって決まるが、個人の感受性によっても大きな差がある。一時に多量に吸引したときは作業中からその夜までに「金属熱」と呼ばれる急性の症状があらわれる。

これは数時間で回復するが、長期間にわたって吸引しつづけると、「じん肺」を発症するため、アーク溶接作業は「粉じん障害防止規則」で、粉じん作業と規定されている。

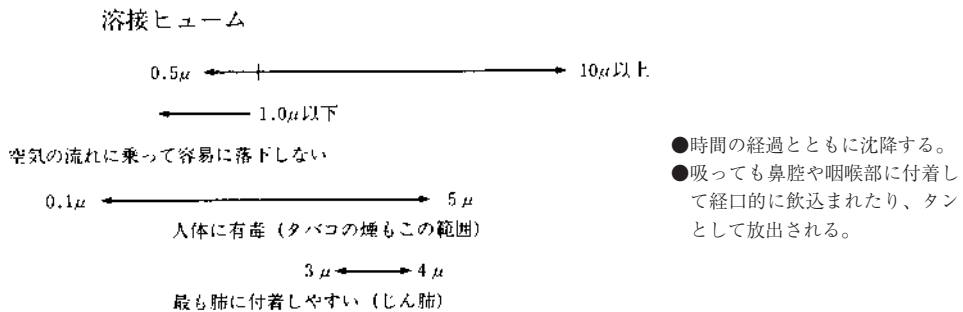


表8・2 溶接ヒュームの化学組成の一例

(%)

JIS	径(mm)	溶接条件	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	BaO	Cr ₂ O ₃	NiO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	F
YGW11 (ソリッドワイヤ)	1.2	280A-30V	75.50	10.45	15.13	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YGW12 (ソリッドワイヤ)		150A-21V	78.52	11.26	12.86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YFW-C50DR (フラックス入りワイヤ)	1.2	280A-31V	54.74	10.58	16.09	6.74	0.55	0.71	2.42	-	-	-	-	5.17	2.27	2.55

イ. ヒュームの発生量

- (ア) 溶接電流が高くなるとヒューム発生量が増加します。
- (イ) アーク電圧が高くなるとヒューム発生量が増加します。
- (ウ) ソリッドワイヤに比較し、フラックス入りワイヤはヒューム発生量が増加します。

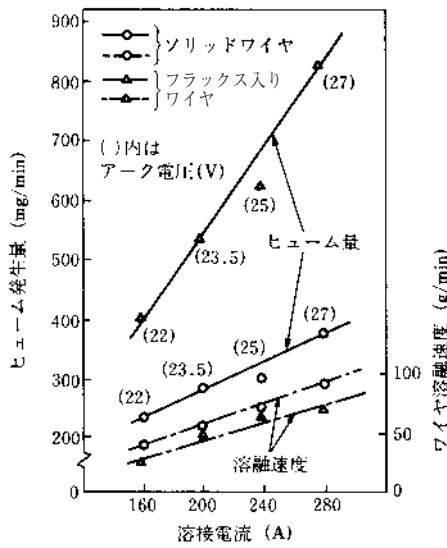


図8・1 ワイヤ溶融量単位当りのヒューム発生量

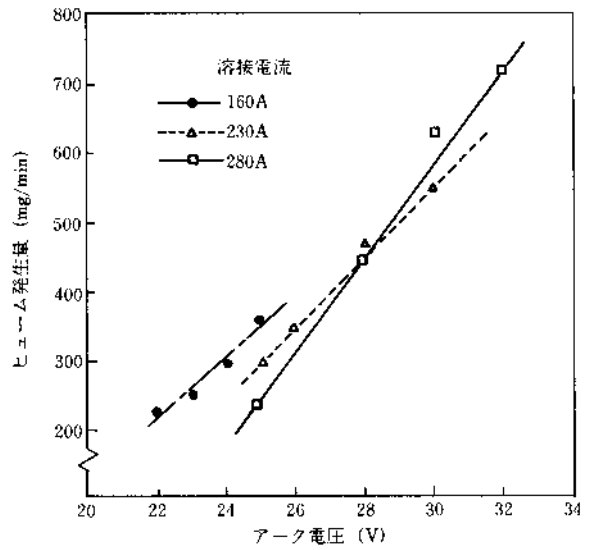


図8・2 アーク電圧とヒューム発生量 (ソリッドワイヤ)

表8・3 ヒュームおよびガス中の成分の許容濃度

物質	形態	許容濃度 (mg/m ³)	
		日本産業衛生学会	ACGIH
Al	金属ダスト	—	10
	溶接ヒュームおよび高温粉末	—	5
	Al ₂ O ₃	—	10
B	B ₂ O ₃	—	10
Ba	バリウム	—	0.5
	可溶性化合物 (Baとして)	—	0.5
Ca	CaCO ₃	—	10
	CaO	—	2
Co	コバルト	—	0.02
	コバルトおよびコバルト化合物 (Coとして)	0.5	—
	コバルト無機化合物 (Coとして)	—	0.02
Cr	金属クロム	0.5	0.5
	3価クロム化合物	0.5	0.5
	6価クロム化合物	0.05	—
	ある種の6価クロム化合物 (人間に対する発ガン物質)	0.01	—
	可溶性6価クロム化合物	—	0.05
不溶性6価クロム化合物	—	0.01	
Cu	ヒューム	—	0.2
	ダストおよびミスト (Cuとして)	—	1
F	フッ化物 (Fとして)	—	2.5
Fe	Fe ₂ O ₃ ダストおよびヒューム (Feとして)	—	5
Mg	MgOヒューム	—	10
Mn	マンガン	—	0.2
	マンガンおよびマンガン化合物 (Mnとして有機マンガンを除く) 無機化合物 (Mnとして)	0.3 ²⁾	— 0.2
Mo	可溶性化合物 (Moとして)	—	5
	不溶性化合物 (Moとして)	—	10
Ni	ニッケル	1	1.5
	可溶性化合物 (Niとして)	—	0.1
	不溶性化合物 (Niとして)	—	0.2
Sn	金属スズ	—	2
	酸化物、水素化合物を除く無機酸化物 (Snとして)	—	2
	有機化合物	—	0.1
Ta	金属タンタル	—	5
Ti	TiO ₂	—	10
V	V ₂ O ₅ ヒューム	0.1	0.05
	FeV粉塵	1	—
W	金属タングステンおよび不溶性化合物 (Wとして)	—	5
	可溶性化合物 (Wとして)	—	1
Zn	ZnOヒューム	(検討中)	5
Zr	金属ジルコニウム化合物 (Zrとして)	—	5
CO	一酸化炭素	50 ³⁾	25 ³⁾
CO ₂	二酸化炭素	5000 ³⁾	5000 ³⁾
COCl ₂	ホスゲン	0.1 ³⁾	0.1 ³⁾
HF	フッ化水素	3 ^{1),3)} (暫定値)	3 ^{1),3)}
NO ₂	二酸化炭素	(検討中)	3 ³⁾
O ₃	オゾン	0.1 ³⁾	—
	重作業	—	0.05 ³⁾
	中程度作業	—	0.08 ³⁾
	軽作業 2時間以下の作業	—	0.1 ³⁾ 0.2 ³⁾
PH ₃	ホスファン	0.3 ^{1),3)}	0.3 ³⁾

注 1) 天井値として規定されている値

2) 日本産業衛生学会において、吸入性微粒子として記載され、吸入性粉塵と同様に取り扱われている。

3) 単位：ppm

(2) ガスの発生とその影響

アーク溶接ではCO₂やAr等のシールドガスや周辺の空気が高温にさらされ、CO、O₃、NO_xといった人体に有害なガスが発生する。なお、狭い場所で作業する場合は酸素欠乏症をおこす恐れがある。

ア. CO

CO₂の1%程度が解離してCOになると考えられており、CO₂流量の影響が大きい。アーク近傍ではCO濃度は高く注意が必要である。

表8・4 COガスによる中毒

作用	CO (ppm)
健康に有害	100以上
中毒作用が起こる	200~500以上
数時間呼吸すると危険	1000以上
30分以上呼吸すると死亡の恐れ	2000以上

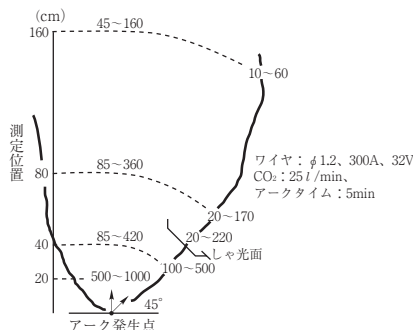


図8・3 CO₂アーク溶接時の各点におけるCO濃度 (ppm)

イ. O₃ (オゾン)、NO_x

O₃はアーク直近では高濃度に生成するため、近年問題視されてきている。O₃はヒュームやNOと還元反応するため、拡散に伴って濃度が急激に減少する。よって、実際の作業者がばく露される濃度は問題にならない。NO_xの生成量は微量で、アーク溶接により問題になることは少ない。

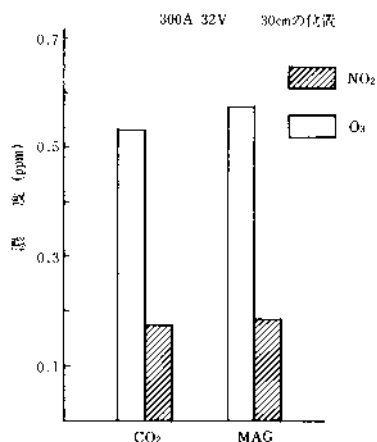


図8・4 CO₂、MAG溶接におけるNO₂、O₃濃度

表8・5 各種濃度におけるオゾンの影響

濃度 (ppm)	影響
0.01~0.015	正常者における嗅覚閾値
0.06	慢性肺疾患患者における換気能に影響ない
0.1	正常者にとって不快、大部分の者に鼻、咽喉の刺激 (労働衛生的許容濃度)
0.1~0.3	ぜんそく患者における発作回数増加
0.23	長時間ばくろ労働者に慢性気管支炎発症率増大
0.6~0.8	胸痛、せき、気道抵抗増加、呼吸困難、肺のガス交換機能低下
0.5~1.0	呼吸障害、酸素消費量減少、モルモットの寿命短縮
1~2	疲労感、頭重、頭痛、上部気道の渴き
5~10	呼吸困難、肺水腫、脈拍増加、体痛、麻痺、昏睡
15~20	肺水腫による死亡の危険、小動物で2時間以内に死亡
50	1時間で生命の危険
1000以上	数分間で死亡
6300	空気中浮遊細菌に対する殺菌

Patty, F. A.: Industrial Hygiene and Toxicology その他の文献から抜粋収録

ウ. その他

作業環境中に塩素有機溶剤が脱脂、洗浄、噴霧、塗装などの作業において、有害なガスや可燃性ガスが発生することがあるのでその周囲では溶接を行ってはならない。

(3) ヒューム及びガス対策

溶接作業は粉じん作業と規定とされているため「粉じん障害防止規則」（以下粉じん則）に基づく対策が必要である。

作業場では粉じんの減少のため、全体換気装置または局所排気装置、プッシュプル型換気装置を据付けなければならない。

さらに溶接作業者は国家検定に合格した防じんマスク、送気マスクまたは空気呼吸器を使用しなければならない。ただし、局所排気装置がある場合は、それら呼吸用保護具の着用は省略できる。

ア. 換気装置

(ア) 全体換気

表8・6 全体換気装置の種類

方式	特徴
送気式	送風機を用いて送風し、発生したヒュームやガスを希釈させるもの。
換気式	屋根に取り付けた換気ファンや壁に取り付けた換気扇などにより、作業場内に発生したヒュームやガスを屋外に排出するもの。
併用式 (送気式+排気式)	大きな作業場において、中間滞留層に停留しているヒュームなどを、水平方向の気流に乗せて建物側面のフードに吸引して排気するもの（平衡層流排気方式）。 一方の送風機によってヒュームなどを送り、他方の大型フードで吸引するようにしたもの。

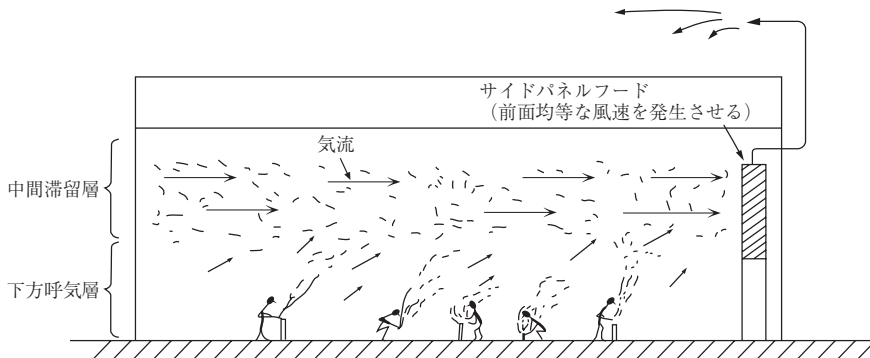


図8・5 平行層流排気方式による全体換気の場合

(イ) 局所換気

表8・7 局所排気装置の種類

方式	特徴	フードの型式
定置式	装着が固定され、原則として排出口は建屋の外に設置	ヒュームおよびガスの発生源がフードの開口部の内側にあるもの (囲い式)
		ヒュームおよびガスの発生源がフードの開口部の外側にあるもので、固定フードとフレキシブルフードがある。(外付け式)
可搬式	装置がヒュームおよびガスの発生源の移動に伴って移動し、清浄化された空気を作業環境に排出	フレキシブルなダクトに取り付けたフードから、ヒュームおよびガスを吸引するもの (フレキシブルアーム式)
		溶接トーチの近傍に取り付けたノズルから、ヒュームおよびガスを吸引するもの (吸引トーチ式)

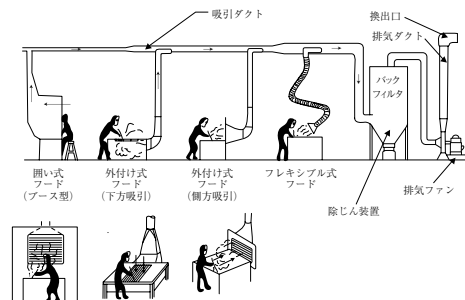


図8・6 局所排気装置 (定着式) の一例

表8・8 局所排気装置の制御風速

フード形式	制御風速 (m/s)	備考	
囲い式フード	0.7	フード開口面における最小風速	
外付け式フード	側方吸引型	1.0	フードによって吸引しようとする範囲内で、フードの開口面からもっとも離れた位置での風速
	下方吸引型	1.0	
	上方吸引型	1.2	

注) この表における制御風速は、同時に使用することのある局所排気装置のすべてのフードを開放した場合の制御風速をいう

(ウ) プッシュプル型換気

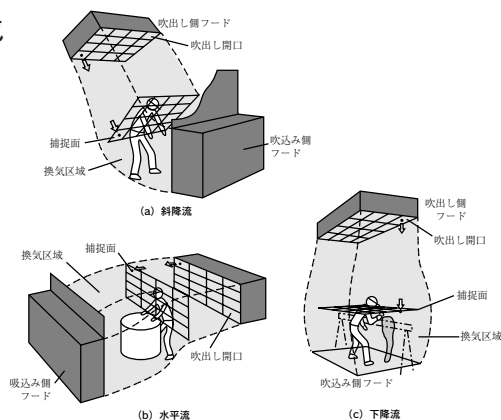


図8・7 プッシュプル型換気装置の気流の向き

イ. 呼吸用保護具

呼吸用保護具は様々な種類があり、ヒュームやガスの種類、濃度に合わせて使い分けなければならない。

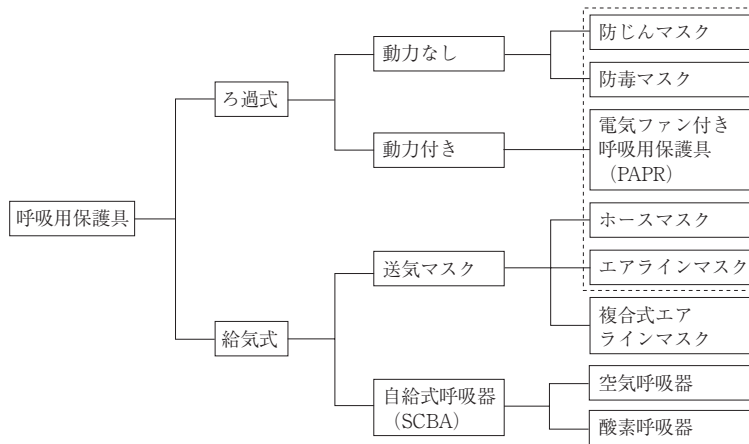


図8・8 呼吸用保護具の系統図

(ア) 防じんマスク (JIS T 8151)

溶接作業においては必ず国家検定に合格した防じんマスク（型式検定合格標章が貼付）を使用しなければならない。

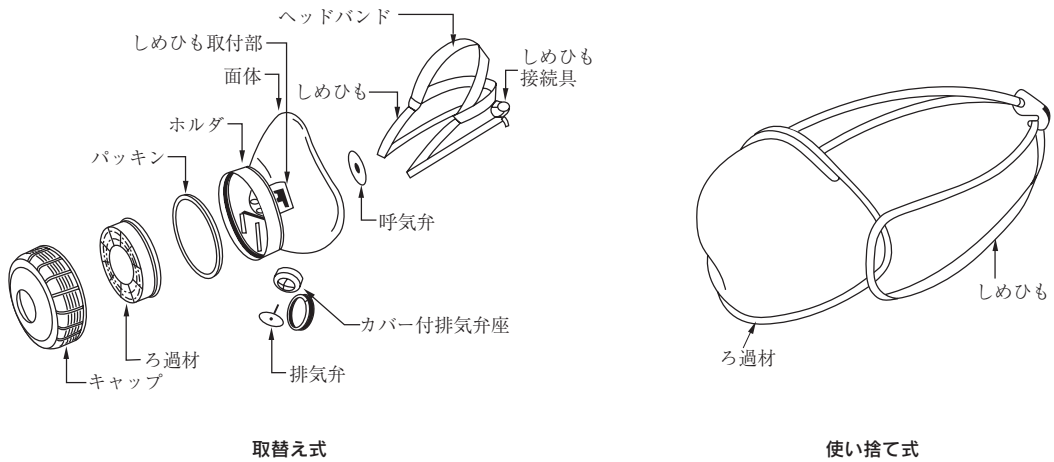


図8・9 防じんマスクの構造の一例

(イ) 防毒マスク (JIS T 8152)

有毒ガスを吸収缶によって吸引するもので、対応ガスに応じた薬剤を充填した吸収缶を選ばなければならない。

表8・9 吸収缶の種類

対応ガス	色	適合するマスクの構成			適応する代表的なガス
		隔離式	直結式	直結式小型	
ハロゲンガス用	灰色および黒	◎	◎	◎	塩素、ホスゲン
酸性ガス用	灰色	○	○	○	フッ化水素、塩化水素
有機ガス用	黒	◎	◎	◎	ベンゼン、トルエン
一酸化炭素用	赤	◎	○	—	一酸化炭素、二酸化炭素
一酸化炭素・有機ガス用	赤および黒		—	—	一酸化炭素、二酸化炭素
アンモニア用	緑	◎	◎	◎	アンモニア
亜硫酸ガス用	黄色	◎	◎	◎	亜硫酸、硫化水素
青酸用	青	○	○	—	青酸
硫化水素用	黄	○	○	○	硫酸水素、亜硫酸
臭化メチル用	茶	○	○	○	臭化メチル

◎：国家検定およびJISで規定されているもの。○：JISで規定されているもの

(ウ) 送気マスク (JIS T 8153)

外部に設置した空気源からホースを通して空気を送り込むもので、狭い場所での溶接作業などの酸素欠乏状態になる恐れのある場合や、溶接により有害化学物質が発生する場合に有効である。

3 有害光線による傷害の防止対策

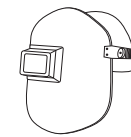
アーク溶接では強い光を発生する。紫外線は目に対しては角膜炎や結膜炎を引き起こし、皮膚には熱傷を生じさせる。また、強い可視光線は一時的に視界を妨げる。よって、溶接時には目や皮膚をアーク光から保護する必要がある。

(1) シャ光保護具

目を保護するフィルタレンズを備えたしゃ光めがねとフィルタプレートとを備えた溶接用保護面に大別できる。



(a) シャ光めがね



ヘルメット型



ハンドシールド型

(b) 溶接用保護面

図8・10 シャ光保護具

表8・10 フィルタレンズおよびフィルタプレートのしゃ光能力値

しゃ光度番号	紫外線透過率 % (最大)		視感 (可視光線) 透過率 %			赤外線透過率 % (最大)	
	313nm	365nm	最大	標準	最小	金赤外 780~1300nm	中赤外 1300~2000nm
1.2	0.0003	50	100	82.1	74.4	37	37
1.4	0.0003	35	74.4	67.4	58.1	33	33
1.7	0.0003	22	58.1	50.1	43.2	26	26
2.0	0.0003	14	43.2	37.3	29.1	21	13
2.5	0.0003	6.4	29.1	22.8	17.8	15	9.6
3	0.0003	2.8	17.8	13.9	8.5	12	8.5
4	0.0003	0.95	8.5	5.18	3.2	6.4	5.4
5	0.0003	0.30	3.2	1.93	1.2	3.2	3.2
6	0.0003	0.10	1.2	0.72	0.44	1.7	1.9
7	0.0003	0.037	0.44	0.27	0.16	0.81	1.2
8	0.0003	0.013	0.16	0.100	0.061	0.43	0.68
9	0.0003	0.0045	0.061	0.037	0.023	0.20	0.39
10	0.0003	0.0016	0.023	0.0139	0.0085	0.10	0.25
11	0.0003	0.00060	0.0085	0.0052	0.0032	0.050	0.15
12		0.00020	0.0032	0.0019	0.0012	0.027	0.096
13	365nm)における透過率の数値以下	0.000076	0.0012	0.0072	0.00044	0.014	0.060
14		0.000027	0.00044	0.00027	0.00016	0.007	0.04
15		0.0000094	0.00016	0.000100	0.000061	0.003	0.02
16		0.0000034	0.000061	0.000037	0.000029	0.003	0.02

表8・11 フィルタレンズ及びフィルタプレートの使用基準

しゃ光度番号	対象作業
1.2	散乱光又は側射光を受ける作業
1.4	
1.7	
2	
2.5	
3	
4	—
5	
6	
7	
8	
9	
10	溶接電流が100A以下
11	溶接電流が100Aを超え300Aまで
12	
13	溶接電流が300Aを超えて500Aまで
14	
15	溶接電流が500Aを超えた場合
16	

備考

- JIS T 8141より抜粋
- しゃ光度番号の大きいフィルタ (おおむね10以上) を使用する作業においては、必要なしゃ光度番号より小さい番号のものを2枚組み合わせ、それに相当させて使用することが望ましい。1枚のフィルタを2枚にする場合の換算は、次式による。

$$N = (n_1 + n_2) - 1$$
 ここに N: 1枚の場合のしゃ光度番号
 n_1, n_2 : 2枚の各々のしゃ光度番号
- しゃ光めがねと溶接用保護面を同時に使用する作業においては、備考2. に規定された換算式を参考にして、双方のフィルタレンズ・フィルタプレートのしゃ光度番号を選択することが望ましい。その際の換算は、次式による。

$$N = (n_1 + n_2) - 1$$
 ここに N: 1枚の場合のしゃ光度番号
 n_1 : シャ光めがねのしゃ光度番号
 n_2 : 溶接用保護面のしゃ光度番号

(2) 溶接用しゃ光カーテン

アーク溶接時に発生する有害光線から周辺で働く作業員や見学者の目および皮膚を防御するために、しゃ光用カーテンが有効である。

4 感電防止対策

アーク溶接作業で感電のおそれのあるのは、交流アーク溶接機を用い溶接棒ホルダーを使用して手溶接をおこなう場合で、ガスシールドメタルアーク溶接作業ではその危険はほとんどありません。しかし下記の事項については、十分守って作業を行う必要があります。

- a. 電源の開閉は右手で行う。
- b. 電源側、トーチ側のケーブル接続部は完全にテーピングする。
- c. 濡れた作業服、手袋は着用しない。
- d. 電線が露出しているようなケーブルは使用しない。
- e. アースは確実に接地する。

表8・12 人体の抵抗値

体の状態	抵抗値
体内の抵抗 (電流の経路により違う)	オーム 150~500
乾いた手の表面 (電線を握ったとき)	3,000
ぬれた手の表面	500
ぬれた足の表面 (鋼板の上に立つとき)	500
乾いた指で触れたとき	20,000

表8・13 電流の大きさと人体感応の程度

電流の大きさ (mA)	人体の感応の程度
1	電気を感ずる程度
5	相当の痛みを覚える
10	我慢できないほど苦しい
20	握った電線を自分で離せない
50	相当危険な状態
100	致命的な結果を招く

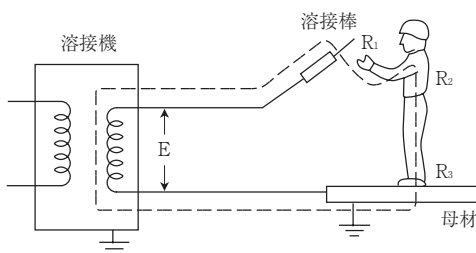


図8・11 溶接棒に触れた場合の電流経路

$$I (A) = \frac{E (V)}{R_1 (\Omega) + R_2 (\Omega) + R_3 (\Omega)}$$

ここに、I：人体への通電電流

E：溶接機出力側の電圧

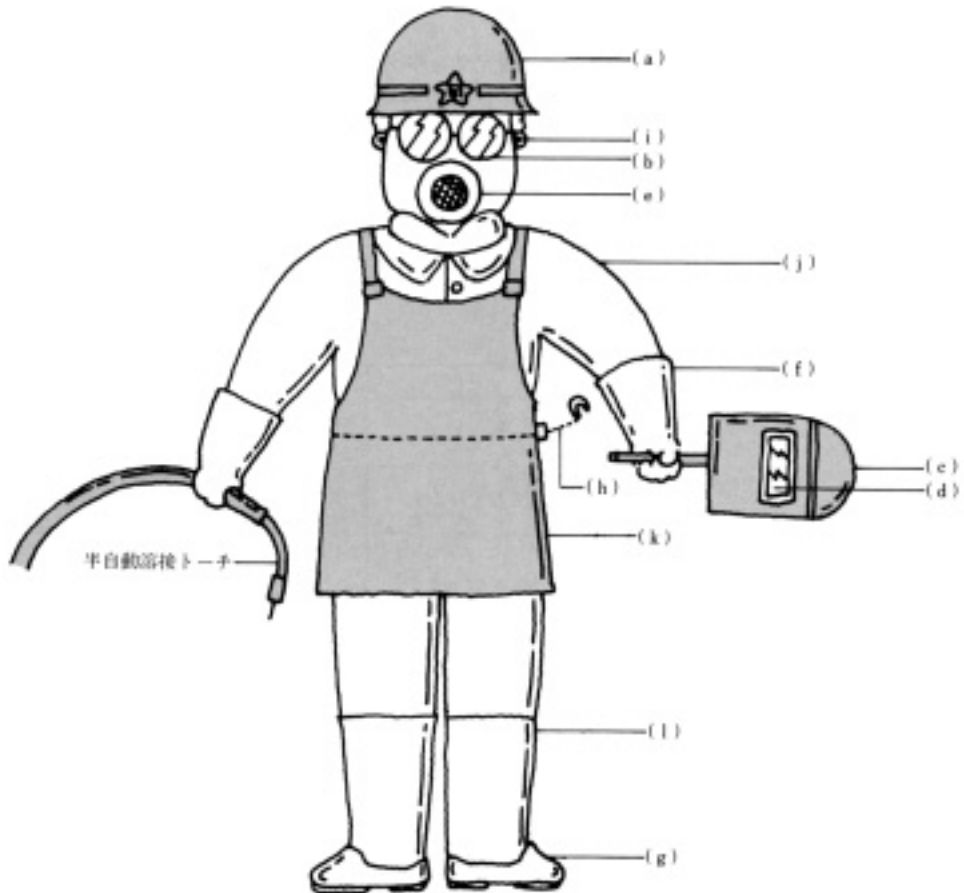
R₁：手とホルダまたは溶接棒の充電部との接触抵抗

R₂＝人体の抵抗

R₃＝足と大地と接触抵抗

溶接機の出側無負荷電圧が最大95Vで、作業環境条件が最悪の場合（例えば、図8・11のように鉄板上に立つ作業者の身体が汗で濡れ、かつ保護手袋も濡れた状態で溶接棒を握ったとして、R₁≒1kΩ、R₂≒0.5kΩ、R₃≒2kΩとした場合）、作業者の身体に流れる電流は約27mAとなり、感電死する恐れがあることになる。

5 溶接作業者の保護具の装着例



- | | | | |
|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|
| (a) 産業用安全帽 | (JIS T8131) | (i) 耳栓 | (JIS T8161) |
| (b) 保護めがね | (JIS T8147) | (j) 防災加工服 | |
| (c) 溶接用保護面 | (JIS T8142) | (k) かわ製前掛 | |
| (d) フィルタプレート
カバープレート | (JIS T8141) | (l) かわ製すね当て | |
| (e) 防じんマスク | (JIS T8151) 国家検定合格品 | | |
| (f) 溶接用かわ製保護手袋 | (JIS T8113) | | |
| (g) 安全靴 | (JIS T8101) | | |
| (h) 安全帯 | (JIS M7624) | | |

図8・12 溶接作業者の保護具