

第6章 安全衛生

45 アルゴン沈殿による酸素事故例とその防止対策は？

Q-45

アルミニウム合金の溶接において、アルゴン沈殿による酸素事故に注意が必要とありますが、その内容について教えてください。

A-45

『酸素』とは酸素欠乏症のことで、昭和47年の労働省令第42号として制定された『酸素欠乏症防止規則』にその詳細が規定されています。

アルミニウム合金の汎用的な溶接方法として、ティグ溶接法およびミグ溶接法がありますが、溶接用のシールドガスには主としてアルゴンガスが用いられています。このアルゴンガスそのものは、人体に有害なガスではありませんが、アルゴンガスが大量に存在することにより、空気中の酸素濃度が18%未満になりますと、「酸素欠乏」の状態になります。

標準的な空気の容積比率は、窒素が78%、酸素が21%、その他のガスが約1%となっています。人間を始めとする地上の動物は、このような組成の空気を呼吸することによって、体に必要な酸素を取り込み、不必要となった炭酸ガスを体の外に排出するガス交換を行っています。

酸素欠乏症の症状が現れる酸素濃度は、個人差が大きく、また個人の健康状態によっても異なりますが、一般的には酸素濃度が16%程度から自覚症状が現れ、低濃度になるほど症状は重く、10%以下では死の危険が生じます。特に酸素濃度が6%以下では、一瞬の内に失神し、昏睡、呼吸緩慢、そして呼吸が停止して、心臓が停止します。Fig. 71に、酸素欠乏に対する人間の反応を示します。無酸素空気に突然遭遇すると、呼吸は呼吸中枢の無限的刺激により、胸郭拡張の極限まで持続され、無酸素空気を途中で呼出す動作が出来なくなり、肺の中の酸素は希釈されて酸素分圧の低下を招き、肺毛細血管の血中酸素分圧が上昇することなしに、直ちに脳に送られて、酸素を大量に消費する脳細胞が、活動低下もしくは停止を起すからです。

災害事例としては、窒素を充填したタンクの上部点検蓋を開放し、内部を覗き込んだ瞬間、吹き出した窒素に巻き込まれて無酸素空気を吸い込み、タンク内に転落して死亡する事故が報告されています (Fig. 72)。

ガスの取り扱いに関して、ガスの性質を空気との比較において理解しておくことが必要です。空気よりも軽い

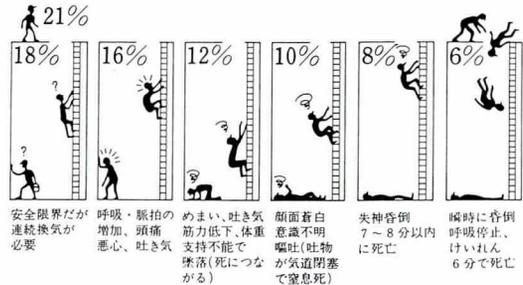


Fig. 71 酸素欠乏に対する人間の反応

膨張噴出する窒素にまき込まれ、失神転落

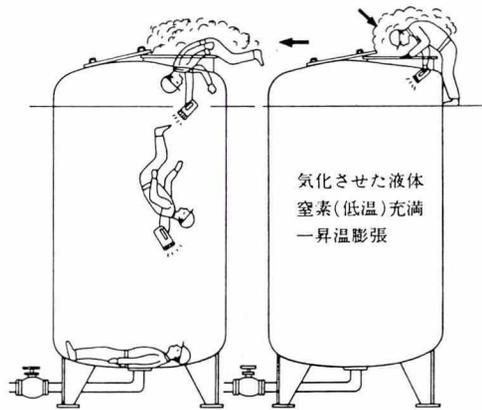


Fig. 72 窒素充填タンク内への転落の危険性

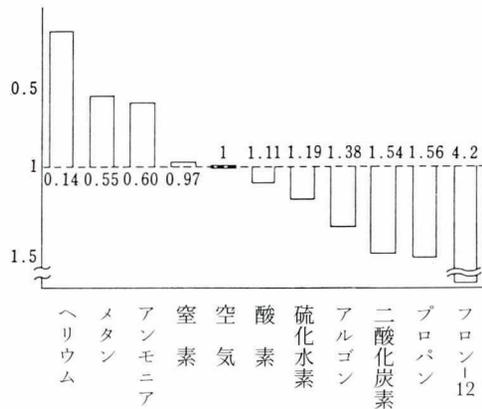


Fig. 73 各種ガスの比重

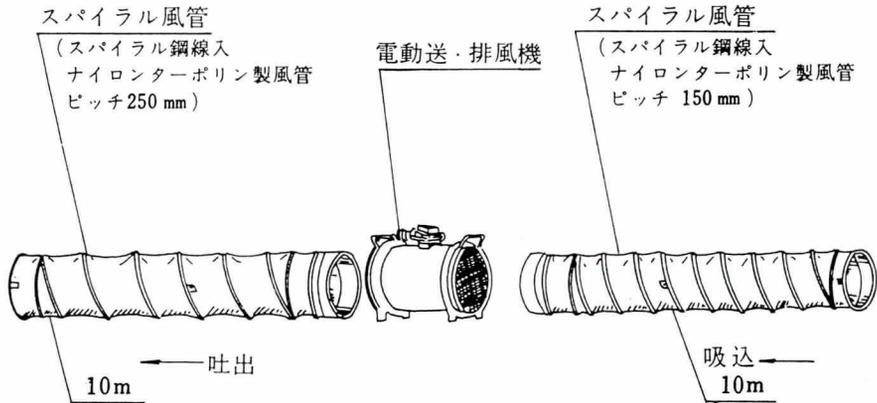


Fig. 74 可搬型換気装置の例



Fig. 75 ボンベ式空気呼吸器の例

(比重が小さい)ヘリウム、メタン、アンモニア等のガスは、上方に溜まります。一方、空気よりも比重が大きいフロン、プロパン、二酸化炭素、アルゴン等のガスは、下方に溜まります。Fig. 73に、各種ガスの比重を示します。

溶接用のシールドガスとしてアルゴンを用いますが、広い作業場所や換気が十分な場合は問題がありません。しかしながら、地下部分での溶接作業や、容器内での溶接作業において換気が不十分な場合、アルゴンガスが下方に溜まり、酸素欠乏の状態となります。災害事例として、半楕円鏡板の内面をティグ溶接していて、鏡板の内部に溜まったアルゴンガスを吸い込み死亡した事故が報告されています。

酸素欠乏症の発生を防止するためには、作業環境として酸素濃度18%以上を確保する必要があります。最近で

は、警報装置が付いた簡便な酸素濃度計が市販されていますので、その採用を推奨します。酸素濃度18%以上を確保するためには換気装置が必要です。各種の可搬型換気装置が市販されておりますので、作業現場に合わせた装置を使用して下さい。Fig. 74には、可搬型換気装置の例を示します。また、酸素欠乏の危険が予想される場合には、Fig. 75に見られるような空気ボンベ式マスクの着用が安全です。この呼吸器を着用しておれば、有害ガスが存在していても、タンク内の清浄な空気を呼吸することが出来ます。なお、危険が予想されても人命救出のために緊急に立ち入る必要がある場合が発生します。どのような有毒ガスが存在するかの測定には時間が必要ですので、鳥籠にカナリヤを飼育しておき、危険区域に鳥籠を挿入し、カナリヤの挙動を観察して危険性を知る方法が採用されます。

なお、酸素欠乏症の初期の症状としては、脈拍・呼吸数の増加、酩酊状態、頭痛、耳鳴り、吐き気、嘔吐、顔面蒼白(チアノーゼ)等が挙げられます。「今日は風邪気味だから」と言うように、安易に自己の健康状態に理由付けをせず、まずは酸素欠乏症を疑うことが必要です。また、酸素欠乏危険作業に従事する人には、4時間以上の安全衛生特別教育を実施することが義務づけられています。

参考文献

- 1) 「酸素欠乏危険作業主任者テキスト」、労働省安全衛生部労働衛生課編。
- 2) 「改訂：粉じんによる疾病の防止—作業用—」粉じん作業特別教育用テキスト一、中央労働災害防止協会。

46 溶接ヒュームとその排気方法は？

Q-46

アルミニウム合金の溶接において発生するヒュームとはどんなものですか。また局所排気法について教えてください。

A-46

アルミニウム合金を溶接した時に発生するヒュームは、ほとんどの場合、酸化アルミニウムで、Al-Mg合金の場合には僅かな酸化マグネシウムが存在し、Al-Zn-Mg合金の場合には、酸化亜鉛が加わると報告されています。Table 35には、母材と溶加材の組み合わせを変化させた場合の溶接ヒュームの組成例を示します。

溶接ヒュームは、人間の目には煙霧のように見えますが、大きさが約0.1~5μmの埃を含んだ空気です。この埃の発生源は溶融池であり、蒸発したアルミニウムおよびその他の金属がシールドガス雰囲気中で凝固し、ヒュームとなります。Fig. 76には、溶接ヒュームの電子顕微鏡写真を示します。その形状は球状ですが、互いに接触して融合し、大部分は数珠状になっています。

これらの溶接ヒュームを多量に吸引すると、金属ヒューム熱を引き起こします。また、長期間の作業では肺に障害を起こしたり、じん肺を引き起こす危険性があります。溶接ヒュームの許容濃度は、わが国では2mg/m³(日本産業衛生学会の勧告値)とされており、長期にわたり溶接作業を行う場合には、この濃度以下にすることが望ましいという値で、短期間作業での規制値はありません。

溶接ヒュームには特に有害な物質は含まれていませんが、長期間にわたって粉じんを吸い込み続けると、肺に粉じんが溜まってじん肺になります。細かい粉じんが、肺の一番奥にある小さな袋(肺胞)に溜まって、肺胞が炎症を起こし、やがて正常な肺胞が壊されて、硬い組織となり(繊維化)、肺の最も大切な役割であるガス交換(人間の体に必要な酸素を取り込み、不必要となった炭酸ガスを体の外に出すこと)の機能が低下します。じん肺になると、肺結核他の合併症を引き起こしやすくなります。このため、じん肺の健康管理については、『じん肺法』に細かい定めがあります。

粉じんを吸入することによって起こる疾病を防止するためには、粉じんに曝されない職場をつくるのが基本になります。粉じんに曝されない、粉じんを吸入しないことが大切です。発生した粉じんを取り除く方法の代表的な装置が局所排気装置です。Fig. 77に、局所排気装置の例を紹介しします。フードは、粉じん発生源を出来るだけ囲むようにするか、作業位置に近づけた位置に設置することです。Fig. 78には、溶接ヒュームが発生する近傍に集塵装置のフードを配置した一般鉄系材料の溶接施工の状況例を示します。集塵方法には種々の方法がありますが、溶接ヒュームの集塵装置としては、静電フィルタ式のもの適しているようです。この局所排気の方を更に発展させて、溶接トーチ自体に吸引装置を取り付けたのがFig. 79の吸引トーチです。また、アルミニウムの集塵装置については、粉塵爆発防止対策が必要

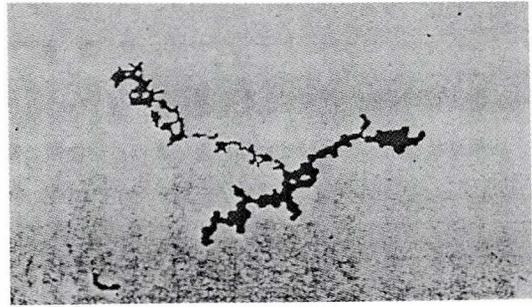
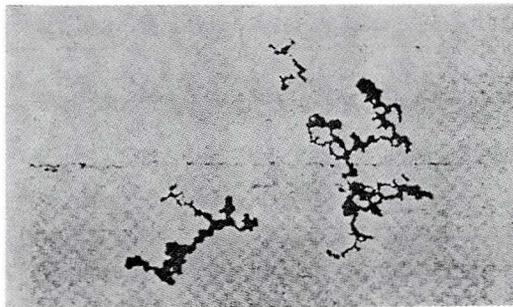


Fig. 76 溶接ヒュームの電子顕微鏡写真

Table 35 溶接ヒュームの組成例

母材—溶加材	Al ₂ O ₃	CuO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	MgO	ZnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
A5083P-A5183WY	90.2	0.05	0.62	0.25	0.27	4.75	0.06	0.14	0.08
〃	96.4	0.05	0.24	<0.1	0.77	4.3	<0.01	<0.1	<0.1
A1100P-A1100WY	93.7	0.18	1.4	<0.1	0.02	0.12	0.19	<0.1	<0.1

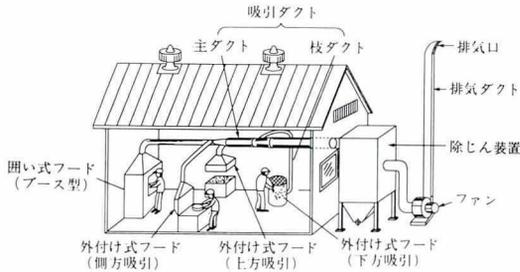


Fig. 77 局所排気装置の例

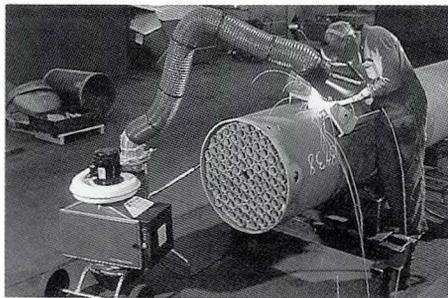


Fig. 78 溶接用集塵装置の適用例

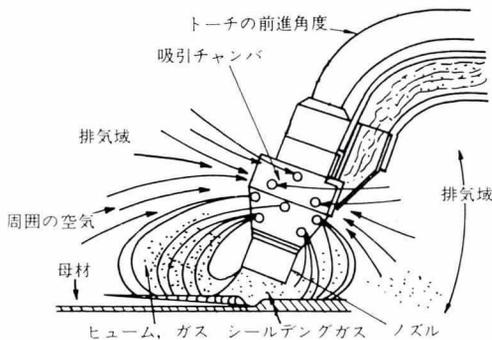


Fig. 79 吸引トーチの説明図

ですので、製造メーカーとよく打合わせる必要があります。

粉じんを吸入しないためには、防塵マスクの着用が最も簡単で効果があります。防塵マスクは労働安全衛生法及びJIS T 8151に、その種類、性能他が規定されています。Fig. 80には、最も広く採用されているフィルター取替え式防塵マスクの着用例を示します。フィルター（濾過材）の汚れをこまめに確認して、適切に取り替えることが肝要です。

かつては劣悪な作業環境が多く、保護具の整備も不十分であり、安全衛生に関する知識も不足していたため



Fig. 80 フィルター取替え式防塵マスクの着用例

に、じん肺管理区分が2以上の人が多くおります。職場の整備と、「自分の体は自分で守る」意識を徹底させることにより、新たにじん肺管理区分2以上の人を出さないことが望まれます。（管理区分1：じん肺検診による所見無し）

参考文献

- 1) アルミニウム合金構造物溶接施工管理—Ⅵアルミニウム合金溶接の安全・衛生，(財)軽金属溶接構造協会。
- 2) 改訂：粉じんによる疾病の防止—作業着用—粉じん作業特別教育用テキスト—，中央労働災害防止協会。

47 ロボット導入時の安全上の留意点は？

Q-47 溶接作業の生産性向上を目的に、溶接ロボットの導入を計画しています。ロボットを使用する上での安全上の注意点について教えてください。

A-47 繰り返しの作業に、産業用ロボットを導入することが多くなってきており、アルミニウム合金の溶接にも導入されています。これに伴って、作業者の知識不足や安全設備の不備等で思わぬ災害が発生しています。

労働省は、このような背景に基づき労働安全規則を改正し、昭和58年6月20日より施工しています。この改正で事業主に義務づけられた主な点は次の3項目です。

- ①ロボットの操作、メンテナンスの業務に従事する作業員への安全衛生特別教育の実施
 - ②作業規程の作成とその実施
 - ③運転中の危険を防止するための必要な措置の実施
- 安全衛生特別教育とは、労働省告示第39号に規定されているもので、学科教育と実技教育で構成されます。学科教育は下記の内容となっています。

- ①産業用ロボットに関する知識（産業用ロボットの種類、各部の機能及び取扱いの方法）について2時間



Fig. 81 標準的な溶接用6軸ロボットの例

- ②産業用ロボットの教示等の作業に関する知識（教示等の作業の方法，教示等の作業の危険性，関連する機械等との連動の方法）について4時間
- ③法令関係（法令及び安全衛生規則の関連条項）について1時間

また，実技教育は下記の内容となっています。

- ①産業用ロボットの操作方法について1時間
 - ②産業用ロボットの教示等の作業方法について2時間
- この安全衛生特別教育は，産業用ロボットメーカーの研

修所にて定期的開催されておりますので，ロボット導入に際して受講するのが良いでしょう。

溶接用ロボットによる危険性は，一般の産業用ロボットによる機械的な危険性に加えて，溶接を行うための電気的な危険性が伴います。従って，購入したロボットの製造メーカーと十分打合せを行い，安全で具体的な作業標準を作成し，それを遵守するよう指導監督する必要があります。

Fig. 81には，標準的な6軸ロボットに溶接トーチを取り付けた適用例を示します。

ロボット運転中の危険を防止するための措置としては，ロボットアームの稼働範囲を設定し，その範囲内については作業者の立ち入りを禁止する安全柵を設けるのが一般的です。（「立ち入り許容限界」の設定）

また，安全柵の設置だけでは，知らない人が立ち入る危険性がありますので，感知センサーを設置して，人の侵入を感知した場合にロボットが停止する安全装置を付けることも行われています。

溶接ロボットに連動する形でハンドリング装置を導入すれば，24時間の連続作業も可能です。センサー，制御，溶接電源，溶接材料を含めたロボットを取り巻く周辺技術が飛躍的に進歩していますので，生産性向上を目的に溶接ロボットを積極的に導入していきたいものです。

参 考 文 献

- 1) アルミニウム合金構造物の溶接施工管理—Ⅵ：アルミニウム合金溶接の安全・衛生，P. 5～6，(株)軽金属溶接構造協会。