

# 液晶式自動遮光溶接面を使用してアーク溶接を行なう場合のアーク 点火時の青光への曝露

奥野 勉\*1 小嶋 純\*2

新しい種類の溶接用遮光保護具である液晶式自動遮光溶接面（液晶面）は、明るさ（透過率）が変化する液晶フィルタプレートと、溶接アークの点滅を検出する光センサーをもつ。アーク溶接作業では、液晶フィルタプレートを、アークが点灯している場合には暗く、消灯している場合には明るくなるよう変化させる。このため、液晶面は、従来の溶接用保護面と異なり、アークの点滅にかかわらず、常時、着用していることができる。しかし、液晶面の着用者は、アーク溶接を開始する際、アークの点灯から液晶フィルタプレートの作動までの短い時間に、網膜障害を引き起こす危険性がある青光への曝露される。本研究では、市販の液晶面の製品について、これを使用してアーク溶接を行なう場合のアーク点火時の青光への曝露量を、ACGIHの許容基準に従って実験的に測定、評価した。液晶面を着用して溶接アークに点火した場合の青光への曝露量は、液晶面の製品、その設定、溶接の条件によって異なり、0.24 から 77 mJ/cm<sup>2</sup>sr の範囲にあった。ACGIHは、任意の10000秒間における青光への曝露の許容値を 100 J/cm<sup>2</sup>sr としているが、現実の状況では、作業者の曝露量がこの値を超えることはないと考えられる。現在、ISOでは、保護めがねなどに関する規格の策定が行なわれているが、本結果は、液晶面に対する規定を検討する際の基礎となると考えられる。

キーワード：液晶式自動遮光溶接面、アーク溶接、青光、Blue light.

## 1 はじめに

現在、多くのアーク溶接作業者は、遮光保護具として、溶接用保護面（溶接面）、特に、ハンドシールド形の溶接面を使用している。ハンドシールド形溶接面の例を図1に示す。ハンドシールド形溶接面は、ハンドグリップを手で持って使用する。溶接面のフィルタプレートは、透過率が非常に低い（色が濃い）ため、アークが点灯していない状態では、これを通しては何も見えない。そこで、アーク溶接を開始する際、はじめは、溶接箇所を覗き込むのを付けるため、溶接面を外しており、その後、アークに点火すると同時に溶接面を装着する。このため、溶接面は、常時、片手で保持している必要があり、作業者は、両手を作業に使用できない。また、アークに点火する際には、装着が遅れ、作業者が有害光線への曝露される危険性がある。

一方、近年、アーク溶接作業現場では、従来の溶接面の代わりに、液晶式自動遮光溶接面（液晶面）の使用が普及しつつある。液晶面の例を図2に示す。液晶面は、明るさ（透過率）が変化する液晶フィルタプレートと、アークの点滅を検出する光センサーをもつ。アーク溶接作業では、液晶フィルタプレートを、アークが点灯している場合には暗く、消灯している場合には明るくなるよう変化させる。したがって、液晶面は、従来の溶接面と異なり、アークの点滅にかかわらず、常時、着用していることができる。このため、液晶面の場合には、作業

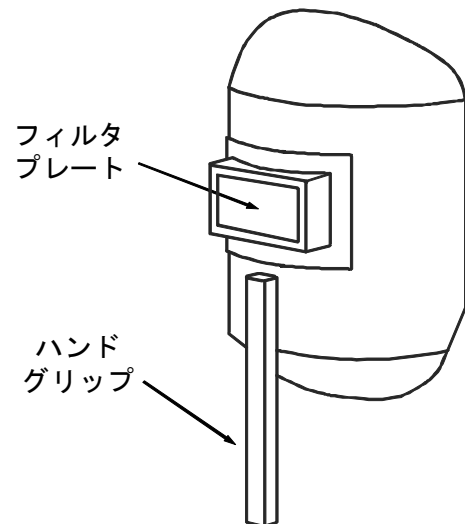


図1 ハンドシールド形溶接用保護面（溶接面）の例

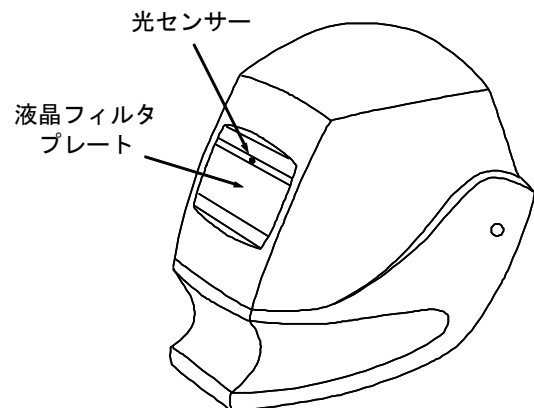


図2 液晶式自動遮光溶接面（液晶面）の例

\*1 労働安全衛生総合研究所人間工学・リスク管理研究グループ。

\*2 労働安全衛生総合研究所環境計測管理研究グループ

連絡先：〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

労働安全衛生総合研究所人間工学・リスク管理研究グループ 奥野

勉\*1

E-mail: okuno@h.jniosh.go.jp

は、両手を作業に使い、またアーク点火する際に、装着が遅れ、有害光線への曝露されることもない。

しかし、液晶面の着用者は、アーク溶接を開始する際、アークの点灯から液晶フィルタプレートの作動までの短い時間に、アークが発生する強い光、特に、青光へ曝露される。青光は、短い波長の光であり、網膜障害を引き起こす危険性がある。本研究では、市販の液晶面の製品について、液晶面を使用してアーク溶接を行なう場合のアーク点火時の青光への曝露量を、ACGIHの許容基準<sup>1)</sup>に従って実験的に測定、評価した。

## 2 方法

図3に実験の配置を、図4実験の流れを示す。

溶接ロボット（ARCMAN-RON、神戸製鋼）を用い、水平に置いた軟鋼板の上で、炭酸ガスアーク溶接のアークを発生させた。金属の接合は行わなかった。溶接ワイヤは、直径1.2mmのソリッドワイヤ（MG-50T、神戸

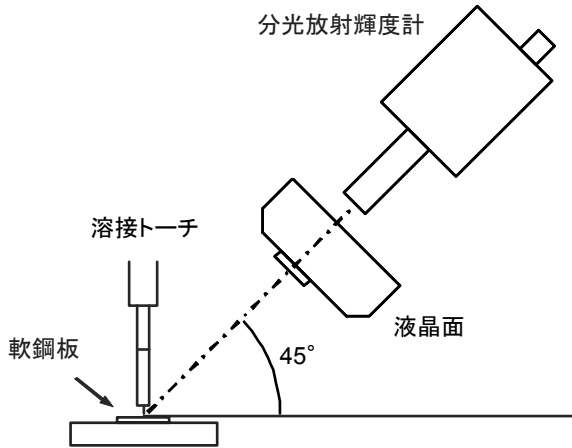


図3 実験の配置

製鋼)またはフラックス入りワイヤ（DW-Z100、神戸製鋼）を使用した。溶接電流は、500Aに設定した。

溶接アークに点火する際のアークの光を、液晶面のフィルタプレートを通して測定した。測定器は、分光放射輝度計（PR-705、Photo Research）を使用した。この測定器は、光の波長域（380-780nm）における分光放射輝度を2nm間隔で測定する。感度の校正は、測定の前に、製造業者に依頼して行なった。測定の際には、測定モードを積算モードにし、測定時間を5秒に設定した。この場合、この時間内の分光放射輝度の積算値を測定することができる。溶接アークの位置における測定視野の直径が5.5mmとなるように、分光放射輝度計を設置した。この測定視野は、アーク溶接の際の作業者の目と溶接アークとの距離を50cmと仮定すると、ACGIHの許容基準<sup>1)</sup>における評価視野11mrad（角度で表される）に相当する。

調査した液晶面の試料を表1に示す。試料は、日本の製造会社または販売会社6社（A、B、C、D、E、Fの

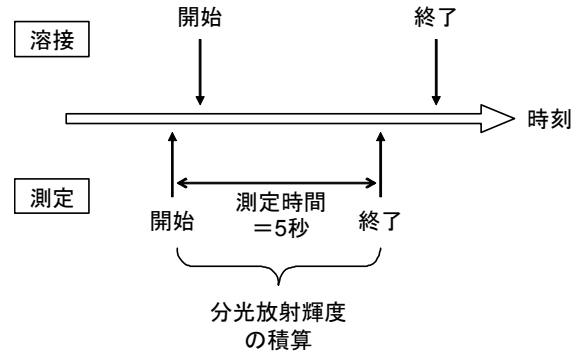


図4 実験の流れ

表1 液晶式自動遮光溶接面（液晶面）の試料

製造または販売会社	モデル	EN 379の表示 ○: あり, ×: なし	試験商品数	暗状態の遮光度番号
A	A1	○	2	9
	A2	○	2	9
B	B1	×	2	9
	C1	○	2	9
C	C2	○	2	9
	C3	○	2	9, 8, 5
	C4	○	2	9, 8
D	D1	○	2	9
	D2	○	2	9, 8
	E1	×	2	9
E	E2	×	2	9
	E3	×	2	9
	F	F1	○	2
F2		○	2	9
合計 6社	14モデル		28個	

記号で表す)が、日本で市販している合計14モデル(A-1, A-2, B-1, C-1などの記号で表す)である。B社とE社以外のモデルの液晶フィルタプレートは、ヨーロッパ規格EN379<sup>2)</sup>に適合している。同じモデルの中で個体差がある可能性を考慮し、各モデルについて、2個ずつの製品を調べた。暗状態の遮光度番号は、基本的に、標準的な遮光度番号である9に設定した。暗状態の遮光度番号を8以下にも設定できる4モデルの製品では、8以下の遮光度番号についても調べた。

ACGIHの許容基準<sup>1)</sup>では、青光への曝露量は、次の式で表わされる。

$$\sum_{305}^{700} \int_{\text{曝露時間}} L_{\lambda}(t) dt \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

ここで、 $t$ は時刻、 $\lambda$ は波長、 $L_{\lambda}(t)$ は光源の分光放射輝度、 $B(\lambda)$ は青光障害関数(Blue light hazard function)、 $\Delta\lambda$ は、和をとる際の波長の刻み幅である。青光障害関数は、光の有害性の波長依存性を表す関数であり、ACGIHの許容基準<sup>1)</sup>の中で与えられている。

測定した分光放射輝度の積算値を、(1)式に代入し、青光への曝露量を計算した。ただし、380 nm未満の紫外域の波長成分は無視した。この波長域では、青光障害関数の値が小さいので、溶接アークのような白色光源の場合には、その影響は小さいと考えられる。たとえば、完全にフラットな分光分布をもつ白色光源の場合、青光の有害性に対する紫外域の波長成分の寄与は、計算上、わずか1%である。また、紫外放射による眼障害を防ぐため、液晶面のフィルタプレートは、基本的に、紫外放射を遮断する。したがって、本研究の場合、紫外域の波長成分の影響は、さらに小さいと考えられる。

それぞれの条件について、曝露量を5回測定し、平均を求めた。

### 3 結果

液晶面の暗状態の遮光度番号が9の場合の、アーク点火時の青光への曝露量を図5に示す。曝露量は、液晶面の製品および溶接の条件によって異なっていた。特に、ソリッドワイヤを使用した場合の方が、フラックス入りワイヤを使用した場合よりも、曝露量は大きかった。その原因のひとつとして、溶接電流が大きい場合には、ソ

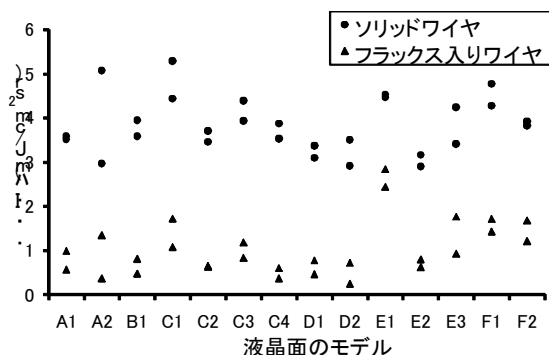


図5 暗状態の遮光度番号が9の場合の曝露量

リッドワイヤを使用した場合の方が、強い青光が発生することが挙げられる。

暗状態の遮光度番号を8以下にも設定できる4モデルの製品について、各遮光度番号に対する曝露量を、図6に示す。遮光度番号が9以下の場合にも、曝露量は、液晶面の製品および溶接の条件によって異なっていた。曝露量は、液晶面の暗状態の遮光度が大きくなると、ほぼ指数関数的に減少した。その傾きは おおむね $3/7$ であり、日本工業規格「遮光保護具」JIS T 8141: 2003<sup>4)</sup>によって定義される遮光度番号と透過率の関係と一致している。

本研究調べた条件の下では、アーク点火時の青光への曝露量は0.24から77 mJ/cm²srの範囲にあった。そのうち、ソリッドワイヤを使用したアーク溶接では、曝露量は2.9から77 mJ/cm²sr、フラックス入りワイヤを使用したアーク溶接では、曝露量は0.24から49 mJ/cm²srの範囲にあった。

### 4 考察

ACGIH<sup>1)</sup>は、10000秒間における青光への曝露が100 J/cm²srを超えてはならないとしている。本研究調べた条件の下では、液晶面を使用してアーク溶接を行う場合、1回のアークの点火によって、最大77 mJ/cm²srの青光へ曝露されることが示された。10000秒間にこの溶接アークの点火を1000回行なったとしても、合計の曝露量は77 J/cm²srであり、ACGIHの許容値を超えることはない。したがって、液晶面を使用してアーク溶接を行なう場合、アーク点火時の青光への曝露によって網膜障害を受けることはないと考えられる。

### 5 成果の活用

ISOの技術委員会TC94 Personal safety — Protective clothing and equipmentの下部委員会TC94/SC6 Eye and face protectionは、2002年に、保護めがねなどに関する一連のISO規格の策定の作業を開始し、現在も、その作業を行っている<sup>5)</sup>が、その中には、液晶面に対する規格も含まれている。筆者のひとりには、専門家および日本の代表として、この委員会に参加している。本結果は、液晶面に対する規格を検討する際の基礎となると考えられる。

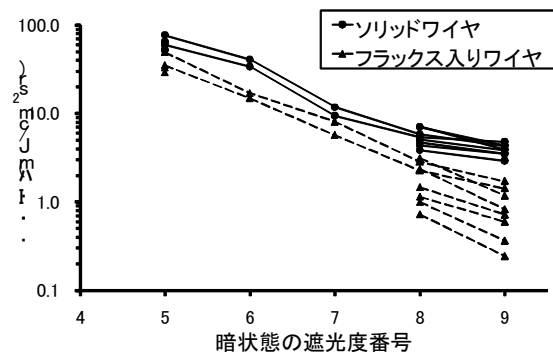


図6 異なる暗状態の遮光度番号に対する曝露量

参 考 文 献

- 1) ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). TLVs and BEIs. Cincinnati: ACGIH; 2010 (CD-ROM).
- 2) Comité Européen de Normalisation (CEN). EN 379:2003+A1:2009 Personal eye-protection - Automatic welding filters. CEN; 2009.
- 3) Okuno T, Ojima J, Saito H. Blue-light hazard from CO<sub>2</sub> arc welding of mild steel. Ann. Occup. Hyg. 2010; 54: 293-298.
- 4) 日本規格協会. 遮光保護具 JIS T 8141: 2003. 東京: 日本規格協会; 2003.
- 5) 奥野 勉. ISO/TC94/SC6 およびその第2回国際会議について. セイフティダイジェスト. 2003; 49(10): 13-17.