

WES

溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生 第 7 部：レーザ溶接・切断

Safety and health in welding, thermal cutting and allied
processes

Part 7 : Laser welding and cutting

WES 9009-7 : 20XX

令和 7 年 X 月 XX 日 改正

一般社団法人 日本溶接協会

The Japan Welding Engineering Society

WES 9009-7（溶接、熱切断及び関連作業における安全衛生 第7部：レーザ溶接・切断）

制定原案作成委員会 構成表

	氏 名	所 属
(委 員 長)	山 根 敏	国立大学法人埼玉大学
(委 員)	山 田 比路史	株式会社重松製作所
"	神 山 宣彦	一般社団法人日本繊維状物質研究協会
"	名 古 屋 俊士	学校法人早稲田大学
"	澤 口 直哉	株式会社神戸製鋼所
"	高 見 信敬	山本光学株式会社
"	左 成 信之	柴田科学株式会社
"	保 坂 信行	興研株式会社
"	齋 藤 佑介	日鉄溶接工業株式会社
"	芹 田 富美雄	一般社団法人日本溶接協会
"	中 島 均	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 職業能力開発総合大学校
"	鷹 屋 光 俊	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
"	畠 山 航	小池酸素工業株式会社
"	新 井 聡	株式会社巴コーポレーション
"	海 福 雄一郎	株式会社ガステック
"	飯 島 直之	公益社団法人産業安全技術協会
"	梅 本 晋吾	日本製鉄株式会社
"	住 森 大地	IPG フォトニクスジャパン株式会社
"	内 野 一成	株式会社名村造船所
"	吉 岡 瞬	日産自動車株式会社
"	市 川 明 信	株式会社スズキッド
"	矢 野 良 明	JFE エンジニアリング株式会社
"	齋 藤 文 昭	株式会社エステーリンク
(事 務 局)	金 子 謙	一般社団法人日本溶接協会
"	染 谷 直 登	一般社団法人日本溶接協会

WES 9009-7 原案作成 WG 構成表

	氏 名	所 属
(主 査)	山 根 敏	国立大学法人埼玉大学
(委 員)	高 見 信敬	山本光学株式会社
"	加 尻 慎也	山本光学株式会社
"	中 島 均	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 職業能力開発総合大学校
"	芝 原 利幸	芝原工業株式会社
"	近 藤 大祐	株式会社レーザックス
"	山 本 伸一	株式会社レーザックス
"	長 谷 川 慎一	株式会社ダイヘン
"	住 森 大地	IPG フォトニクスジャパン株式会社
(事 務 局)	染 谷 直 登	一般社団法人日本溶接協会
"	大 宮 かなえ	一般社団法人日本溶接協会

制定年月日 : 令和7年x月x日

改正年月日 :

原案作成委員会 : 一般社団法人日本溶接協会安全衛生・環境委員会（委員長 山根 敏）WES 9009-7 原案作成 WG（主査：山根 敏）

審議委員会 : 一般社団法人日本溶接協会 規格委員会（委員長 山根 敏）

この規格についてのご意見又はご質問は、一般社団法人日本溶接協会 業務部（〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町4-20）にご連絡ください。

なお、WES は、少なくとも5年を経過する日までに一般社団法人日本溶接協会 規格委員会の審議に付され、速やかに、確認、改正又は廃止されます。

まえがき

この規格は、一般社団法人日本溶接協会の定款及び諸規程に基づいて、規格案が作成され、パブリックコメント公募を経て規格委員会の審議及び理事会によって承認された日本溶接協会規格（以下、**WES** という。）である。これによって、**WES 9009-7:20xx** は制定される。

当協会は、この規格に関する説明責任を有するが、この規格に基づいて使用又は保有したことから生じるあらゆる経済的損害、損失を含め、一切の間接的、付随的、また結果的損失、損害についての責任は負わない。また、この規格に関連して主張される特許権及び著作権等の知的財産権の有効性を判断する責任も、それらの利用によって生じた知的財産権の侵害に係る損害賠償請求に応じる責任ももたない。そうした責任は、全てこの規格の利用者にある。

この規格の内容の一部又は全部を他書に転載する場合には、当協会の許諾を得るか、又はこの規格からの転載であることを明示のこと。このような処置がとられないと、著作権及び出版権の侵害となり得る。

WES 9009 の規格群には、次に示す部編成がある。

- WES 9009-1** 第1部：一般
- WES 9009-2** 第2部：ヒューム及びガス
- WES 9009-3** 第3部：有害光
- WES 9009-4** 第4部：電撃及び高周波ノイズ
- WES 9009-5** 第5部：火災及び爆発
- WES 9009-6** 第6部：熱、騒音及び振動

目次

ページ

1	適用範囲	1
2	引用法規及び規格	1
3	用語及び定義	1
4	レーザ光に関する知識の周知	2
4.1	レーザ溶接又はレーザ切断に使用される代表的レーザ光	2
5	作業環境対策	2
5.1	レーザ管理区域	2
5.2	レーザ遮光シールド	3
6	ハンドヘルドレーザ溶接装置	4
7	個人用保護具	5
7.1	レーザ保護めがね	5
7.1.1	一般	5
7.1.2	形式	5
7.1.3	選択	6
7.2	防じんマスク	7
7.3	ハンドヘルドレーザ溶接時の個人用保護具	7
7.3.1	溶接保護手袋・溶接作業着	8
7.3.2	溶接用保護面	9
9	障害に対する対応	9
解説		17

日 本 溶 接 協 会 規 格

溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生

第 7 部：レーザ溶接・切断

Safety and health in welding, thermal cutting and allied processes

Part 7 : Laser welding and cutting

1 適用範囲

この規格は，レーザ溶接及びレーザ切断（以下，レーザ溶接等作業という。）を行う際に発生する有害光を含めて，危険・有害因子から作業者を保護するための指針を示す。

2 引用法規及び規格

次に掲げる法規及び規格は，この規格に引用されることによって，この規格の規定の一部を構成する。これらの引用法規は，この規格の発行日時点での最新版を，また，これらの引用規格は，その最新版（追補を含む。）を適用する。

労働安全衛生規則（昭和 47.9.30 労令第 32 号）（以下，安衛則という。）

消防法施行令（昭和 36.3.25 政令第 37 号）

JIS C 6802 レーザ製品の安全基準

JIS T 8141 遮光保護具

JIS T 8143 レーザ保護フィルタ及びレーザ保護めがね

JIS Z 3001-1 溶接用語―第 1 部：一般

JIS Z 3001-2 溶接用語―第 2 部：溶接方法

JIS Z 3001-5 溶接用語―第 5 部：レーザ溶接

ISO 11553-1:2020 機械の安全性―レーザ加工機械―第 1 部：一般安全要求事項

Safety of machinery -- Laser processing machines -- Part 1: Laser safety requirements

WES 9009-3 溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生―第 3 部：有害光

WES 9020 高出力レーザ溶接及び切断の安全基準

3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は，JIS C 6802，JIS Z 3001-1，JIS Z 3001-2，JIS Z 3001-3，JIS Z 3001-5 及び JIS Z 8113 によるほか，次による。

3.1

溶接作業者

レーザ溶接等作業を行う人。

3.2

管理者

作業者の安全衛生に関して責任及び権限をもつ人。

3.3

来場者

管理者及び作業員以外の従業員又は外来者。

3.4

ハンドヘルドレーザ溶接

トーチを手にもって行うレーザ溶接。

3.5

レーザ遮光シールド

レーザ管理区域内を外から視認できるように窓を設置する場合に、窓の部分に設置する透明又は半透明の板状の素材。

4 レーザ光に関する知識の周知

レーザ溶接等作業が行われる場所では、事業者、管理者は、レーザ光による障害を防止するために、作業員に、必要に応じて適切な保護具〔**安衛則 第 325 条**（強烈な光線を発散する場所）、**同則第 596 条**（保護具の数等）〕を提供、使用させなければならない。来場者にも、同様に提供し、使用させなければならない。

事業者、管理者、溶接作業員及び周辺の作業員は、レーザ光による健康障害及びその防止対策について知っていなければならない。また、来場者に対しては、必要に応じてこの知識を伝えなければならない。

レーザ光に関する指針は、**WES 9020** によるほか、次による。なお、レーザ加工機を用いた作業において、溶接等光が同時に発生する場合には、必要に応じて、これに対する防護も行わなければならない。

レーザ溶接における直接光に対する有効な個人用保護具は存在しない。このため、作業環境対策及びレーザ装置の安全保護機能が重要である。レーザ溶接に関する警告ラベル及びシンボルの例を附属書に示す。

また、レーザ加工機のガイド光の直視及び反射光を凝視してはならない。

4.1 レーザ溶接又はレーザ切断に使用される代表的レーザ光

代表的なレーザ光の例を表 1 に示す。

表 1 代表的なレーザ光

名称	主な波長(nm)
半導体レーザ	780～1 070
Nd:YAG レーザ	1 064
ファイバーレーザ	1 064～1 090
炭酸ガスレーザ	10 600

5 作業環境対策

5.1 レーザ管理区域

レーザ加工機を使用する場合には、下の **a) b) c)**により、レーザ管理区域を設定しなければならない（厚生労働省 基発第 0325002 号による。）。

- レーザ管理区域を囲い等により、他の区域と区画し、標識等によって明示すること。
- レーザ管理区域は、関係者以外の立ち入りを禁止し、その出入口には、必要に応じて、自動ロック等の

措置を講じること。

- c) 関係者以外の者がレーザ管理区域に立ち入る必要が生じた場合は、レーザ機器管理者の指揮のもとに行動させること。

なお、作業者がレーザ管理区域内にいる場合、レーザの反射光に耐えられる遮蔽板又は遮蔽フィルムなどで、作業者の安全を確保しなければならない。また、レーザ管理区域を設定したときに、管理区域外でのレーザ光へのばく露が発生しないよう遮蔽されており、レーザ光が管理区域外に人体に有害なレベルのレーザ光が漏れていないか確認しておくことが望ましい。

ハンドヘルドレーザ溶接装置を移動させた場合、再度、レーザ管理区域を設定しなければならない。

5.2 レーザ遮光シールド

5.2.1 用途

レーザ管理区域内を外から視認できるように窓を設置する場合、危険な出力レベルのレーザ光がレーザ管理区域外に放射しないように窓の部分にレーザ遮光シールドを設置しなければならない。このとき、レーザ遮光シールドの選択はレーザ加工機の製造業者若しくは販売業者の推奨に従って行い、隙間が開いたり、剥がれたりなど、容易に外れないように取り付けなければならない。

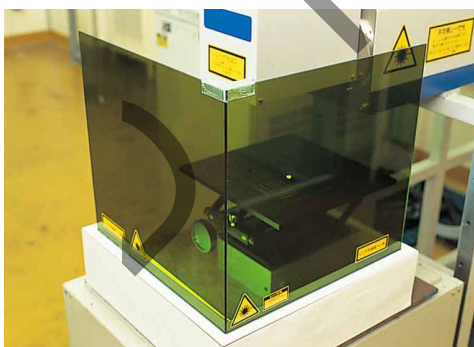
なお、レーザ遮光シールドはレーザ光の散乱光用に作製されているため、レーザ光が直接照射されることが想定される場所に設置してはならない。

5.2.2 種類

5.2.2.1 材質による区分

レーザ遮光シールドには材質の違いにより、次の2種類がある。その使用例を図1に示す。

- a) 硬質タイプ：窓材の代わりに、窓枠にはめ込んだり、ねじなどで締め込んだりして使用されることが多い。強く締め付けると損傷することがあるため、ゴムパッキンなどを使用して力がかかりにくいように取り付ける。遮光性能が高く、高出力レーザに対する遮光にも使用できるものもある。
- b) 軟質タイプ：既に取り付けてある窓材に直接貼り付け使用されることが多い。硬質タイプと比べ大きなサイズに対応しやすい。硬質タイプと比べ遮光性能が低いものもあるが、窓材の両面に貼り合わせるなどの対応にて遮光性能を上げることも可能である。



a) 硬質タイプ



b) 軟質タイプ

図1 レーザ遮光シールドの使用例1

5.2.2.2 光学的性質による区分

レーザ遮光シールドには光学的性質の違いにより次のようなものがある。使用例を図2に示す。透明なレーザ遮光シールドについては、反射・拡散タイプ、吸収タイプともに遮光性能については波長依存性が

あるため使用するレーザ光の波長に適したものを選択しなければならない。また、不透明なものでも影響のない用途においては金属板やレンガなどの不燃性シート又はボードで遮蔽することも可能であるが、暗幕のような布地のものを選択する際は直接レーザ光が照射試験され性能を確認されたレーザ光用のものを使用しなければならない。難燃性で耐熱加工の施された布製で、カーテンレールなどにつり下げて使用するものなどが該当する。

- a) 反射・拡散タイプ：レーザ光を表面で反射させ、拡散減衰させる。比較的高出力のレーザ光にも耐えられるが、強い散乱光が出るため周辺には可燃性のものを置かないなどの注意が必要である。例えば、表面にレーザ光を拡散させる処理を施した、金属製の遮蔽板などが該当する。
- b) 吸収タイプ：レーザ光を吸収しエネルギーを減衰させるため、拡散はなくなり周囲への危険性は減少する。しかし、照射された光を熱として吸収するため、強いレーザ光の照射に対しては破損することがある。



記号： 1 反射タイプ 2 吸収タイプ

図2 レーザ遮光シールドの使用例2

6 ハンドヘルドレーザ溶接装置

ハンドヘルドレーザ溶接装置を設置、操作、又は修理前に、ラベル及び装置の取扱説明書を読み、それに従って操作しなければならない。ハンドヘルドレーザ溶接装置の設置、操作、保守、修理は有資格者のみが行う。

溶接作業者は、クラス4レーザ製品であるハンドヘルドレーザ溶接装置が、次の重要な安全機能を内蔵していることを確認しなければならない：

- a) 装置を保護し、不正な操作を制御するためのキースイッチ。
- b) 緊急停止ボタンでレーザ照射を即座に停止する機能。
- c) 溶接作業者以外の人が不用意にレーザ管理区域に入った場合、レーザ溶接装置をシャットダウンするための外部インターロックへの接続。
- d) トーチ先端が溶接部分に接触しているときのみ、レーザ照射が有効になるようにする母材接触回路を有する。
- e) トーチのトリガは2段階あり、意図しないレーザ照射を防ぐのに有効である。なお、2段階のトリガ設定は製造業者による。

溶接作業者、周辺の作業者及び来場者の安全のために、次の追加の安全機能をハンドヘルドレーザ溶接装置が具備していることを確認することが望ましい：

- a) センサを搭載し、溶接開始後に十分なプラズマ光が生成されない場合、装置は自動的にレーザ照射を停止する。
- b) トーチとレーザ発振装置の接続を確認するためのファイバーインターロック回路を有する。
- c) レーザ装置にガスの圧力センサを有する。

7. 個人用保護具

レーザ光を材料に照射すると、材料の表面状態に従って、レーザ光が反射及び散乱する。その光が眼に入ると、網膜や角膜に深刻な損傷を与え、永久的な眼の障害を生じる可能性が高い。個人用保護具としてのレーザ保護めがねは散乱光及び反射光に対して有効である。また、皮膚に照射されると火傷などの深刻な皮膚障害が発生する。

7.1 レーザ保護めがね

7.1.1 一般

密閉されていない空間でレーザ加工機を運転する作業場では、全ての作業者が、常時、**表 2** に示す規格によるレーザ保護めがねを使用しなければならない。

レーザ保護めがねはレーザ光の散乱光用に設計されているため、レーザ保護めがねを着用していてもレーザ光を直視してはならない。

レーザ保護めがねに使用されるレンズは、それぞれ保護できるレーザ光の波長に依存している。

表 2 レーザ保護めがねに関する規格

規格名称	規格
レーザ保護フィルタ及びレーザ保護めがね	JIS T 8143
レーザ製品の安全基準	JIS C 6802

7.1.2 形式

レーザ保護めがねの代表的な形式としては、ゴーグル形とスペクタル形がある（**JIS T 8143** による。）。レーザ保護めがねは、装着が容易で、広い視野をもち、曇りが発生しないように十分な換気性を保ちながら接顔部との隙間が少ない形状で、かつ、可視光を透過するものが望ましい。代表的な形式の特徴を**表 3**に示す。

表 3 レーザ保護めがねの代表的な形式とその特徴

形式	特徴
ゴーグル形	顔と密着し、隙間が少ない。
スペクタル形	掛け外ししやすい。屈折異常矯正用めがねと併用できる製品もある。（ 図 1 参照）



図1 スペクトル形レーザー保護めがねの一例

なお、レーザー保護めがねに使用されるレンズは、それぞれ保護できるレーザー光の波長が決まっているため、使用するレーザー光の波長に適したものを選択しなければならない。

7.1.3 選択

レーザー保護めがねはレーザー装置の製造業者若しくは販売業者又はレーザー保護めがねの製造業者若しくは販売業者の推奨に従って、次の事項を考慮し、選択しなければならない。

- a) 動作波長
- b) レーザ出力
- c) レーザ出力および波長におけるめがねの必要光学濃度
- d) 可視光透過率
- e) めがねレンズの処方に対する要求事項
- f) 快適さ及び換気性
- g) 吸収媒質の劣化又は変性（一時的又は過渡的なものを含む。）
- h) 材料の強度（衝撃耐性）
- i) 周辺部の視界
- j) 国内法規

7.1.3.1 レーザ保護めがねの光学濃度

使用するレーザー光の波長における光学濃度と透過率の関係を表4に示す。

レーザー保護めがねは、製品ごとに波長に対する光学濃度が異なる。溶接作業において、必要光学濃度を求めなければならない。レーザー保護めがね選択の際には、必要光学濃度より高い光学濃度を有するものを選択しなければならない。

注記： 必要光学濃度の計算には、レーザー装置又はレーザー保護めがねの製造業者から情報を得ることができる。

表 4 光学濃度と透過率の関係

光学濃度	透過率(%)
0	100
1	10
2	1
3	0.1
4	0.01
5	0.001
6	0.000 1
7	0.000 01
8	0.000 001

7.1.3.2 視認性

レーザ保護めがねは、作業を行うのに必要な可視光を透過するめがねを選択することが望ましい。一般に、光学濃度の高いレーザ保護めがねは暗くなり、作業に十分な明るさを確保できないことがある。その場合は、作業環境を明るくするのも有効である。

7.1.3.3 快適性

長時間作業する場合に、溶接作業者に適しないめがねを使用すると、装着部に痛みや、めがねのずれなどが発生することがあるため、溶接作業者に適しためがね形状を選択することが望ましい。作業現場の状況により、汗や結露により曇りが発生することがある。そのときは曇り止め加工のされたレーザ保護めがねを選択することも有効である。

7.1.3.4 レーザ保護めがね選択の注意事項

レーザ・アークハイブリッド溶接の場合には、WES9009-3 5.1 による遮光保護具及びレーザ保護めがねの両方の性能を満足するものを用いなければならない。なお、一体化していない場合、レーザ保護めがねの外面側に遮光保護具を用いる。

7.2 防じんマスク

レーザ溶接等作業では、レーザ誘起ブルームにより、溶接ヒュームなどの細かい粉じんが生じる。レーザ溶接直後の作業場に入る場合、又は、ハンドヘルドレーザ溶接装置を用いる場合、溶接作業者の健康障害を避けるためには、防じんマスク又は防じん機能を有する電動ファン付き呼吸用保護具（P-PAPR）などの粒子捕集効率が95%以上を有する呼吸用保護具の着用が望ましい。

7.3 ハンドヘルドレーザ溶接時の個人用保護具

ハンドヘルドレーザ溶接作業は、通常レーザ作業と異なり、レーザ照射位置と溶接作業者との距離が近いいため、レーザ光の反射・散乱の赤外線が直接皮膚に照射されることがある。これらによる炎症を避けなければならない。また、飛散するスパッタ及び溶接作業で高温になった材料と接触することによって火傷を負うことがあるので、溶接作業中は、手及び足などを露出させてはならない。また、顔面も保護しなければならない。個人用保護具の装着の一例を、図 2 に示す。

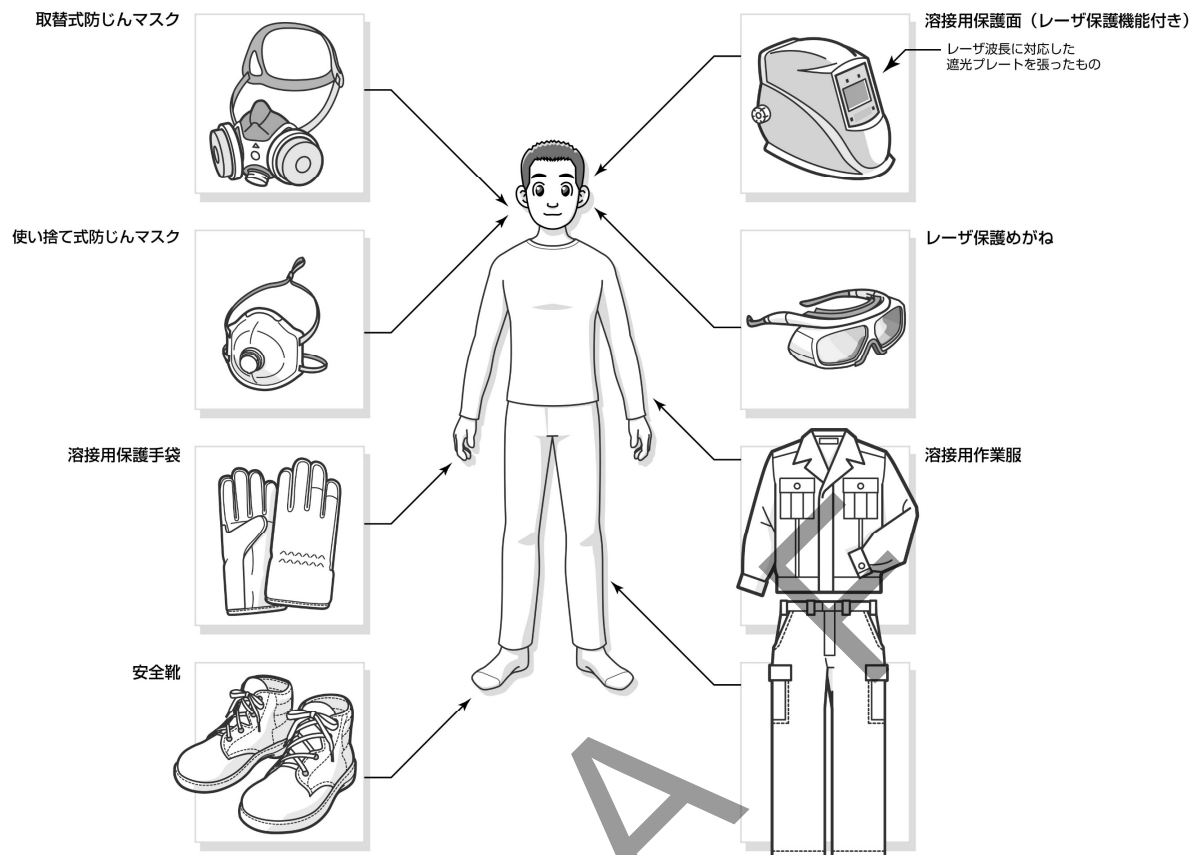


図2 ハンドヘルドレーザ溶接時の保護具装着の一例

安全に対して次の点について十分な注意をしなければならない。

- a) レーザ光の反射による作業員への健康障害の防止及びトーチの保護のため、母材に対するレーザ照射角を垂直入射にしてはならない。
- b) 母材に対してレーザ照射角が垂直入射でない場合には、散乱光だけでなく、入射角と同じ角度を中心に分布した、強い反射光が照射される。そのため、その方向に作業員が立ち入りできないよう制限するか、レーザ直射に耐えられる遮蔽板又は遮蔽フィルムなどで危険レベルのばく露が発生しないようにし、安全を確保しなければならない。
- c) ハンドヘルドレーザ溶接装置には、レーザ保護めがね着用センサやトーチ接触センサなど様々なインターロックが取り付けられている場合がある。これらは安全な作業のためにつけられたものなので、作業の不便さから安易にインターロックを解除してはならない。

7.3.1 溶接保護手袋・溶接作業着

レーザ照射位置と溶接作業員との距離が近いと、散乱光が十分拡散されず、通常レーザ作業より強いレーザ光の散乱光にばく露される。また、レーザ照射位置と溶接作業員との間に遮蔽板がないため、皮膚が露出しないように、不燃性の溶接保護手袋及び溶接作業着を着用しなければならない。常時、長袖、長ズボンの溶接作業着を着用しなければならない。また、上着の上ボタンをとめるなど皮膚を露出させない

ように配慮する。

7.3.2 溶接用保護面

作業場の状況及び母材の表面状態により、溶接作業者がレーザ光の反射光又は散乱光にばく露する場合がある。この場合、溶接作業者の顔面などを保護するため、溶接保護面（レーザ保護機能付き）を着用しなければならない。

9 障害に対する対応

溶接作業に伴い、表 5 に示す症状が現れた場合には、レーザ光による急性障害の可能性があるので、医師の診療を受けなければならない。継続して溶接作業を行う場合、医師の判断に従う。また、再発を防ぐため、溶接作業におけるレーザ光防止対策の見直しを行う。

表 5 レーザ光による健康障害の症状

種類	角膜障害、 網膜障害、 白内障（慢性症状）	皮膚障害
症状	眼痛 異物感 羞明 流涙 白濁 視力低下 暗点 硝子体出血	紅斑 水ほう 熱凝固 炭化

附属書 ラベル及びシンボル
(参考)

ラベルは JISC6802:2018 レーザ製品の安全基準 による。

a) 警告ラベル

警告ラベル	内容
	このラベルが貼られている箇所および周辺では、レーザ光照射による危険があります。 このラベルの貼られている箇所および周辺では、レーザ光や散乱光が目または皮膚に被爆しないよう十分注意してください。
	本製品のレーザクラスおよびスペックが記載されています。また、製品のレーザクラスに対応した注意事項が記載されています。
	レーザ放射口には、このラベルが貼られています。 このラベルが貼られている箇所の前に顔、手、体などを出さないでください。また、レーザ放射口は絶対に人に向けてないでください。

b) シンボル

シンボル	機能，キーワード又は字句	適用
	危険電圧	危険電圧を示す。
	警告	作業員に知らせる一般的な危険
	警告 高温表面	高温表示項目及び心配なしに接触できない表示
	取扱説明書を読む。	取扱説明を読むことを示す。

WES 9009- : 20XX

溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生

第 7 部：レーザ溶接・切断

解 説

この解説は、WES 9009-7:20XX 溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生 第 7 部：レーザ溶接・切断（以下、WES 9009-7 という。）の本文に規定・記載した事柄，及びこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

なお、解説内に記した法規名の略号については、本体の箇条 2 を参照されたい。

1 制定・改正の趣旨及び経緯

1.1 制定及び従来の改正の趣旨及び経緯

溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生に関して，1994 年，アメリカ合衆国では，ANSI/ASC Z49.1-94 “Safety in Welding, Cutting and Allied Processes（溶接，切断及び関連作業における安全）” が，また，カナダでは，CSA W117.2-94（同一名称）が制定され，溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生管理の指針となっていた。しかし，その当時，我が国では，労働安全衛生法及び関連法令による規定はあったが，指針となる規格はなかった。

そこで，1998 年，社団法人日本溶接協会（日本溶接協会）は，日本溶接協会規格 WES 9009:1998 “アーク溶接の安全衛生管理” を制定した。原案の作成は，溶接棒部会が担当した。その後，経済情勢の変化及び技術の進歩などに伴って，溶接などの作業態様が変化し，また，関連法令及び対応海外規格が改正された。そこで，2007 年，日本溶接協会は，これらの状況に対応するため，本規格を改正，名称も変更して，WES 9009:2007 “溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生” を発行した。2025 年にハンドヘルドレーザ溶接装置に対応するために，WES 9009-3:2018 “溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生—第 3 部：有害光 “からレーザ光に関わる溶接・溶断を分離し，本規格を制定した。原案の作成は，安全衛生・環境委員会が担当した。

1.2 今回の制定の趣旨及び経緯

今回の制定では，ハンドヘルドレーザ溶接部分がユーザにとってわかりやすい情報となるように制定をした。

本制定は，安全衛生・環境委員会が担当した。同委員会は，LMP 委員会と安全衛生・環境委員会との合同で原案作成小委員会を設置した。原案作成小委員会が作成，提出した原案を安全衛生・環境委員会が審議，修正し，最終原案を作成した。

2 各項目の説明

2.1 ハンドヘルドレーザ溶接装置（3.4）

この規格では，手をもってレーザ溶接を行う装置の安全な取り扱いが重要であるため，これを定義した。

2.2 レーザ光について（箇条 4）

レーザ光は，皮膚火傷を引き起こす危険性がある。さらに，可視光と短い波長（1 400 nm 以下）の赤外放射のレーザ光は，網膜火傷を引き起こす危険性がある（解説表 1）。

レーザ光の種類を表 1 に示す。

解説表 1 有害光の種類とこれによる主な障害

有害光の種類(波長範囲)		急性障害	遅発性障害
紫外放射 (約 1～約 380 nm)	(約 1～約 200 nm) ^{a)}		
	(約 200～約 380 nm)	角結膜炎, 皮膚炎	白内障, 皮膚がん
可視光 (約 380～約 780 nm)	ブルーライト (約 380～約 550 nm)	光網膜症, 網膜火傷 ^{b)} , 皮膚火傷 ^{b)}	
		網膜火傷 ^{b)} , 皮膚火傷 ^{b)}	
赤外放射 (約 0.78～約 1 000 μm)	IR-A(0.78～1.4 μm)	網膜火傷 ^{b)} , 皮膚火傷 ^{b)}	白内障
	IR-B, C(1.4～1 000 μm)	皮膚火傷 ^{b)} , 角膜火傷 ^{b)}	白内障
注 ^{a)} 空气中を透過しないため, 障害を引き起こすことはない。 ^{b)} 主としてレーザ光の場合			

赤外放射の中の波長区分である IR-A, IR-B, IR-C の場合には, その波長範囲は, 国際照明委員会 (CIE) によって厳密に定義されている。

近年, レーザ発振器の高出力化が進んでおり, 手持ちの加工機であっても 1 kW を超えるものも出てきている。それに伴い作業者は保護具を着用するだけでは十分な対策ができているとはいえず, さらなる措置が求められるようになってきている。

厚生労働省 (労働省) は, レーザ光に曝されるおそれのある業務における障害を防止するため, 昭和 61 年に“レーザー光線による障害防止対策要綱”を策定し (労働省, レーザー光線による障害の防止対策について, 基発第 39 号, 昭和 61 年 1 月 27 日), 平成 17 年にその一部を改正している (厚生労働省, レーザー光線による障害の防止対策について, 基発第 0325002 号, 平成 17 年 3 月 25 日)。通常, レーザ光の管理では, この要綱に従い, レーザ機器のクラス分けに基づいて障害防止対策を行う。

2.3 管理区域 (5.1)

作業環境対策としてはレーザ光を使用している管理区域とそれ以外を区分け, 管理区域外の作業員, 歩行者などがレーザ光へばく露されないようにしなければならない。管理区域内では作業しない方が望ましいが, 作業する場合にはレーザ保護具を必ず着用しなければならない。また, レーザ光より離れて作業することが望ましい。

2.4 レーザ遮光シールド (5.2)

レーザ遮光シールドは, 使用しているレーザ機器の発振条件を確認し, それに適合したものを選ばなければならない。もし, 選定ができない場合には, レーザ機器の製造販売業者より適した製品を入手するか, 又はレーザ遮光シールドの製造販売業者へレーザ機器の仕様, 作業内容を伝え, それに適した製品を選定させ, 入手することが望ましい。

2.5 レーザ保護めがね (7.1)

レーザ保護めがねは, 使用しているレーザ機器の発振条件を確認し, それに適合したものを選ばなければならない。もし, 選定ができない場合には, レーザ機器の製造販売業者より適した製品を入手するか, 又はレーザ保護めがねの製造販売業者へレーザ機器の仕様, 作業内容を伝え, それに適した製品を選定させ, 入手することが望ましい。

レーザ保護めがねは、規格によって性能が保証された製品を使用しなければならないが、種類によっては、そうした製品の入手が難しい。その場合には、信頼できる業者の製品、又は主要な海外規格 (EN, ANSI) に適合した製品を使用することが望ましい。

2.6 レーザ保護めがねの光学濃度 (7.1.3.1)

光学濃度と透過率の関係は、次の式で表される。

$$D = \log_{10} \frac{100}{T}$$

ここで、D は光学濃度、T は透過率(%)である。

2.7 レーザ製品のクラス別分類

レーザ装置は、人体への危険性を基準にクラス分けがされている(JIS C 6802 による。)。これを解説表 2 及び解説図 1 に示す。

解説表 2 レーザ製品のクラス分け (参考)

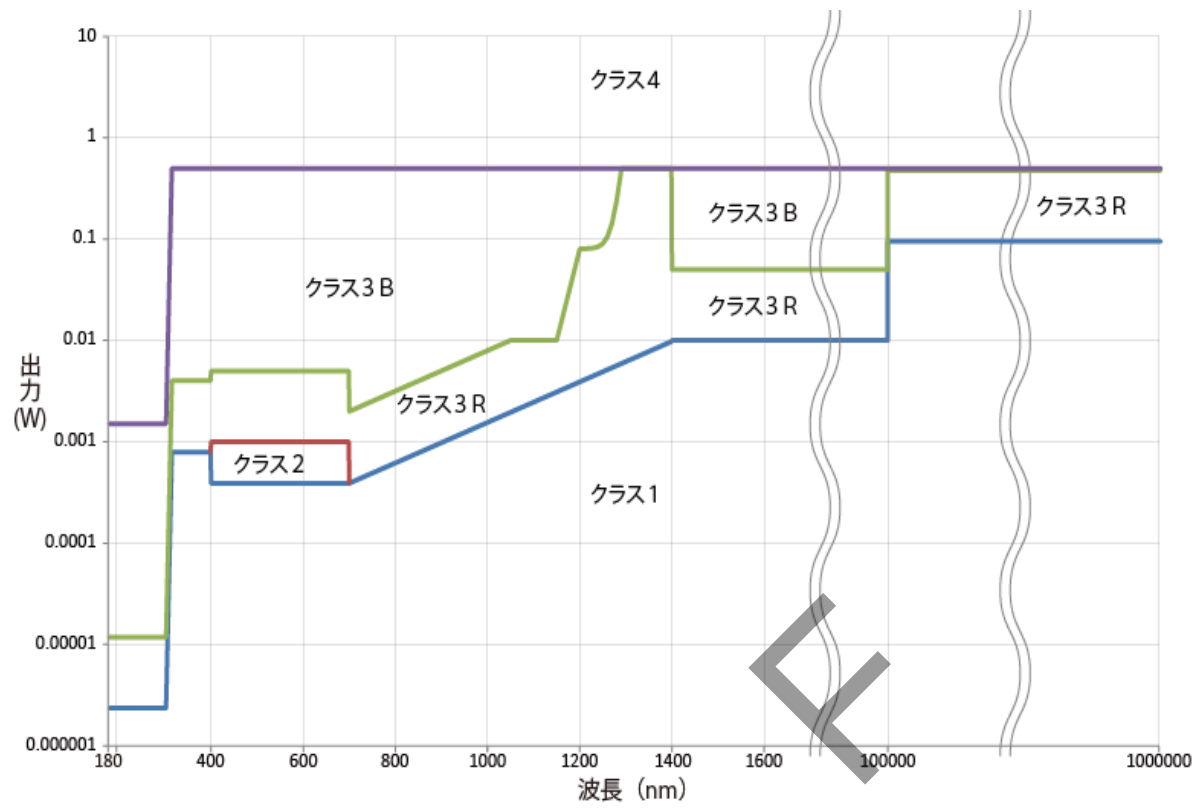
クラス	適用波長範囲	被ばく放出限界 AEL	注記
1 及び 1M	180 nm～1 mm	JIS C 6802 の表 3 参照	C ₆ =1
	400 nm～1 400 nm	JIS C 6802 の表 4 参照	分散光源観察の場合
1C	180 nm～1 mm	JIS C 6802 の表 3 参照	
2 及び 2M	400 nm～700 nm	JIS C 6802 の表 5 参照	
3R	180 nm～1 mm	JIS C 6802 の表 6 参照	C ₆ =1
	400 nm～1 400 nm	JIS C 6802 の表 7 参照	分散光源観察の場合
3B	180 nm～1 mm	JIS C 6802 の表 8 参照	
4	180 nm～1 mm		クラス 3B の AEL を超えるレベル

係数 C₆は JIS C 6802 表 9 に規定されているが、波長 180 nm～400 nm 及び 1 400 nm～10⁶ nm ではクラス 1 が適用され、波長 400 nm～1 400 nm の網膜障害領域では視角に応じて変化する。そのため、波長 400 nm～1 400 nm の被ばく放出限界 (AEL) においては C₆の係数を算定し決める必要がある。(JIS C 6802 の表 4, 表 7)

レーザ光は波長、エネルギー及びパルス特性に対して、考え得る範囲が広く、その使用によって生じる潜在的な危険性は幅広く変化する。レーザ製品のクラス分けは、被ばく放出レベルを決定し、その値を AEL と比較して決められる。

AEL は JIS 規格内の表より波長と放出持続時間によって算定される。例えば、放出持続時間を 10 秒に限定した場合の波長とパワーで規定されるレーザクラスの領域は、以下の図のようになる。

なお、クラス 1M 及びクラス 1C はクラス 1、クラス 2M はクラス 2 の領域と同一である。



注記 クラス 1M 及びクラス 1C はクラス 1 の領域、クラス 2M はクラス 2 の領域に含まれる。

解説図 1 JIS C 6802 によるレーザ装置のクラス分け（放出持続時間 10 秒のとき）

各クラスに関する説明は、解説表 3 に示す（JIS C 6802 による。）。

解説表 3 レーザのクラスに関する説明

クラス 1	直接ビーム内観察を長時間行っても、またそのとき、望遠光学系を用いても安全。
クラス 1M	裸眼で、直接ビーム内観察を長時間行っても安全。
クラス 1C	医療、診断、手術、又は脱毛、しわ取り、にきび取りのような美容への用途として、皮膚又は体内組織にレーザ光を直接照射することを意図。

クラス 2	400 nm～700 nm の波長範囲の可視光を放射。瞬間的な被ばくの場合は安全であるが、意図的にビーム内を凝視すると危険。
クラス 2M	可視のレーザ光を出射。光学機器を用いない裸眼に対してだけ短時間の被ばくが安全。
クラス 3R	放射出力のレベルが、直接のビーム内観察条件に対して MPE を超えるものの、障害が生じるリスクが比較的小さい。
クラス 3B	眼へのビーム内露光が生じると、偶然による短時間の露光でも、通常危険。拡散反射光の観察は通常安全。
クラス 4	ビーム内の観察及び皮膚への露光は危険であり、拡散反射の観察も危険となる可能性がある。
注記 1 レーザ溶接又はレーザ切断の熱源に使用されているレーザ光は、大部分がクラス 4 に分類され、危険度は高い。	

2.8 動作波長

レーザ装置には単一波長のレーザを放射するだけでなく、ガイド光や複数波長のレーザ光が放射されるものもあるため、あらかじめ使用するレーザ装置から放射するレーザ光の波長を確認しておかなければならない。最大許容露光量（MPE）を超える全ての波長に対して保護できるレーザ保護めがねを使用しなければならない。動作波長の確認にはレーザ装置の仕様書を確認するのが確実であるが、レーザ装置にはレーザ放射の最大出力、パルス持続時間、及び放射する波長が記載された黄色ラベルが貼付されてあるため、簡易にはそれを確認することも有効である。

2.9 最大許容露光量（MPE）

MPE は、露光時間、レーザ装置の波長、発振条件、使用状況によって異なった値をもつ（JIS C 6802 の附属書 A の表 A.1～表 A.5 参照）。実際には、作業者の露光量が、その条件、状況における MPE を十分下回らせる光学濃度をもつレーザ保護めがねを選択しなければならない。

注記 Nd:YAG レーザ（1064 nm）、連続発振の場合、100 秒露光だと JIS C 6802 の表 A.1 より次式となる。

$$MPE = 10C_4C_7 (W/m^2)$$

このとき、 C_4 、 C_7 は補正係数となっており JIS C 6802 の表 9 より求める。この例では波長 1064 nm であるので、 C_4 、 C_7 はそれぞれ次の値をとる。

$$C_4 = 5$$

$$C_7 = 1$$

以上より、それぞれの値をいれると MPE が求められる。

$$MPE = 10 \times 5 \times 1 = 50 W/m^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.10 放射照度

レーザ装置から照射される全放射パワーを所定の面積で平均化したもの。人体への露光の場合、その波長に対応した開口直径（JIS C 6802 の表 A.6）に従った円形内で平均化する。

なお、放射照度 E は、次式による。

$$E = \frac{P_0}{S} (W/m^2)$$

ここで、 P_0 : レーザの全放射パワー (W)、 S : 開口面積: 開口直径より求められる円形の面積 (m^2)

注記 Nd:YAG レーザ（波長 1 064 nm）、出力 1 kW のレーザの場合。JIS C 6802 の表 A.6 より 1 064 nm の開口直径は 7 mm。露光レベルは、この面内で平均化するので次式になる。

$$E = \frac{P_0}{S} = \frac{1000}{\left(\frac{0.007}{2}\right)^2 \times \pi} = 2.60 \times 10^7 \text{ W/m}^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

2.11 放射露光

レーザ装置から照射される全放射エネルギーを所定の面積で平均化したもの。人体への露光の場合、その波長に対応した開口直径（JIS C 6802 の表 A.6）に従った円形内で平均化する。

放射露光 H は、次式による。

$$H = \frac{Q}{S} \text{ (J/m}^2\text{)}$$

ここで、 Q ：レーザの全放射エネルギー(J)、 S ：開口面積：開口直径より求められる円形の面積（ m^2 ）

注記 ファイバーレーザ（波長 1 085 nm）、1 パルスエネルギー 1 mJ のレーザ光の場合。JIS C 6802 の表 A より 1 085 nm の開口直径は 7 mm。露光レベルは、この面内で平均化するので次式になる。

$$H = \frac{Q}{S} = \frac{1 \times 10^{-3}}{\left(\frac{0.007}{2}\right)^2 \times \pi} = 26.0 \text{ J/m}^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

2.12 必要光学濃度

眼の保護を考慮して、保護のない状態で偶発的に眼に照射されるレーザ露光レベルを MPE 以下に減衰させるために必要な保護具フィルタの光学濃度 D_λ は、次の式で算出できる。

$$D_\lambda = \log_{10} \frac{E}{MPE} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 D_λ ：フィルタのレーザ光の発振波長における必要光学濃度

E ：保護のない眼へのレーザ露光レベル（放射照度）

MPE （最大許容露光量）：JIS C 6802 の表 A.1 参照。

計算例：

Nd:YAG レーザ（1 064 nm）、出力 1 kW（連続発振）の場合。式(1)、(2)、(4)より

$$D_\lambda = \log_{10} \frac{2.60 \times 10^7}{10} = 5.71$$

以上より、このレーザ装置を使用するときには、波長 1 064 nm において光学濃度 6 以上のレーザ保護めがねを使用しなければならない。

さらに、レーザ装置から放射されるレーザ光がパルス発振のときは連続波と MPE が異なる。パルスレーザの場合には、次の 3 条件のうち最も厳しい要求事項を用いて決定する。

- a) パルス列内のどの単一パルスからの露光も、単一パルスに対する MPE を超えてはならない。¹⁾
- b) 露光時間のパルス列の平均露光は露光時間の単一パルスに対する MPE を超えてはならない。¹⁾
- c) パルス当たりの露光は、実効的なパルス数に依存する補正係数を乗じた単一パルスに対する MPE を超えてはならない。¹⁾

使用するレーザ装置から放射されるレーザエネルギーの状態を確認し、 MPE を超える場合には保護しなければならない。

注¹⁾ JIS C 6802 の附属書 A の A.3 参照

パルス発振のときの必要光学濃度を算出する。

計算例：

Nd:YAG レーザ（波長：1 064 nm）、パルスエネルギー100 J、50 Hz の場合。

このとき、上記に記載した 3 条件にて計算を行う。

- a) 単一パルスに対しての必要光学濃度は、下記の内容で算出する

単一パルスのエネルギーが 100 J であり、そのパルス幅が 1 マイクロ秒であったとすると、そのときの単一パルスに対する最大許容露光量 MPE_{single} は JIS C6802 の表 A.1 より

$$MPE_{single} = 90t^{0.75}C_7 \text{ J/m}^2$$

となる。このとき、 $t=0.000001$ 、 $C_7=1$ となるので、その値は次の値になる。

$$MPE_{single} = 2.84 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$$

このとき照射されるエネルギー密度 H_{single} は、その波長に対応する開口直径（JIS C 6802 の表 A.6）より次の式で表される。

$$H_{single} = \frac{100}{\left(\frac{0.007}{2}\right)^2 \times \pi} = 2.60 \times 10^6 \text{ J/m}^2$$

これらの結果から必要光学濃度は、下記のとおりになる。

$$OD = \log\left(\frac{H_{single}}{MPE_{single}}\right) = 8.96$$

- b) 平均出力に対しての必要光学濃度は下記の内容で算出する

単一パルスのエネルギーが 100 J であり、周波数が 50 Hz であるため平均出力は 5 000 W となる。

このときの平均出力に対する最大許容露光量 $MPE_{average}$ は JIS C6802 の表 A.1 より

$$MPE_{average} = 10C_4C_7 \text{ W/m}^2$$

となる。このとき、 $C_4=5$ 、 $C_7=1$ であるので、その値は次の値になる。

$$MPE_{average} = 50 \text{ W/m}^2$$

このとき照射されるパワー密度 $E_{average}$ は、その波長に対応する開口直径（JIS C 6802 の表 A.6）より次の式で表される。

$$E_{average} = \frac{5000}{\left(\frac{0.007}{2}\right)^2 \times \pi} = 1.30 \times 10^8 \text{ W/m}^2$$

これらの結果から必要光学濃度は、下記のとおりになる。

$$OD = \log\left(\frac{E_{average}}{MPE_{average}}\right) = 6.41$$

- c) 連続パルスに対しての必要光学濃度は下記の内容で算出する

連続パルスに対しての最大許容露光量 MPE_{train} は、次の式で求められる。

$$MPE_{train} = MPE_{single} \times C_5 \text{ J/m}^2$$

となる。このとき、 $C_5=1.0$ であるので、その値は次の値になる。

$$MPE_{train} = 2.84 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$$

このとき照射されるエネルギー密度 H_{train} は、その波長に対応する開口直径（JIS C 6802 の表 A.6）より次の式で表される。

$$H_{train} = \frac{100}{\left(\frac{0.007}{2}\right)^2 \times \pi} = 2.60 \times 10^6 \text{ J/m}^2$$

これらの結果から必要光学濃度は、下記のとおりになる。

$$OD = \log \left(\frac{H_{train}}{MPE_{train}} \right) = 8.96$$

これら、**a)**、**b)**、**c)**の結果より最も厳しい値をとるので、このレーザ装置を使用するときには、波長 1064 nm において光学濃度 9 以上のレーザ保護めがねを使用しなければならない。

2.13 レーザ保護めがねの光学濃度

レーザ光の光学系の調整、位置の確認などを行う場合には、MPE を下回るようにレーザ装置の出力を調整することでレーザ保護めがねを使用しなくても安全な環境にすることも有効である。

日本溶接協会規格 **WES 9009-7** 溶接，熱切断及び関連作業における安全衛生
第7部：レーザー溶接・切断

2025 年 月 日 第1刷発行

編 集 一般社団法人日本溶接協会 規格委員会
発行人 大丸 成一
発行所 一般社団法人 日 本 溶 接 協 会
〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 4-20
電話 (03) 5823-6324