

レーザー彫刻機／切断機

(CO₂・UV・ファイバーレーザー)

安全教育講習

Ver. 1.1

SunmaX laser

株式会社リンシュンドウ

安全教育講習

1 機器分類とレーザー彫刻・切断の特徴.....	3
1.1 レーザー加工技術の分類と概要.....	3
1.2 CO ₂ /UV/ファイバーレーザー彫刻機・切断機の安全面での違い.....	4
2 安全教育講習の目的・概要.....	7
2.1 講習の目的.....	7
2.2 講習の必要性.....	7
2.3 講習の対象者.....	7
2.4 講習の構成.....	8
2.5 講習修了後の期待される成果.....	8
2.6 講習の重要ポイント.....	9
2.7 講習の進め方.....	9
2.8 参考資料・スクール・試験.....	9
3 法令・規格の理解.....	10
3.1 関連法令の概要.....	10
3.2 労働安全衛生法関連.....	10
3.3 PL 法.....	14
3.4 JIS 規格（日本産業規格）.....	15
3.5 その他の関連法令.....	16
3.6 国際規格.....	16
3.7 JIS C 6802:2025 と IEC 60825-1:2014 (IDT).....	17
3.8 社内規程の整備.....	17
3.9 罰則規定.....	18
3.10 最新動向と改正情報.....	18
4 レーザー光の基礎と危険性.....	19
4.1 レーザー光とは.....	19
4.2 彫刻・切断機で使われるレーザーの原理と波長特性.....	19
4.3 レーザー光の生体影響と物理的危険.....	20
4.4 彫刻・切断作業に特有の生成物と危険.....	20
4.5 暴露限界（MPE）と安全距離（NOHD）についての実務的注意.....	21
4.6 管理区域・標示・立入管理.....	23
4.7 防護対策の基本原則（優先順位：工学的 > 管理的 > 個人防護）.....	23
4.8 緊急時の初動対応（要点）.....	24
5 機器構造と操作方法.....	25
5.1 彫刻機/切断機の全体構成.....	25
5.2 レーザー発振器と光学系（機種別の要点）.....	25
5.3 正しい起動手順.....	26
5.4 安全な操作方法（現場運用の留意点）.....	26
5.5 正しい停止手順（安全なシャットダウン）.....	27
5.6 異常時の対応.....	27
5.7 保守・点検（定期性と項目）.....	28
5.8 記録の管理（法令・運用）.....	28
6 作業環境と管理措置.....	29
6.1 作業環境の基本要件.....	29
6.2 立入制御システム.....	29
6.3 警告・表示システム.....	30

6.4 換気・集塵システム.....	30
6.5 照明・視環境.....	30
6.6 温度・湿度管理.....	31
6.7 防火・消火対策.....	31
6.8 電気設備の安全.....	31
6.9 化学物質管理.....	31
6.10 騒音・振動対策.....	32
6.11 緊急時対応設備.....	32
6.12 作業環境測定.....	32
6.13 管理体制.....	32
7 保護具と点検手順	33
7.1 個人防護具（PPE）の基本.....	33
7.2 レーザー保護眼鏡（レーザーゴーグル）	33
7.3 保護服・保護手袋.....	35
7.4 呼吸保護具（換気・PPE の併用）	35
7.5 その他の保護具.....	36
7.6 保護具の管理（保管・共用・清掃）	36
7.7 日常点検手順（現場で行う項目） 例.....	36
7.8 定期点検・交換基準 例.....	37
7.9 点検記録と管理.....	38
7.10 緊急時の取扱い（PPE に関する指示）	38
8 緊急時対応	39
8.1 事故発生時の基本対応原則.....	39
8.2 緊急事態の分類.....	39
8.3 眼への照射事故対応.....	40
8.4 皮膚への照射事故対応.....	42
8.5 火災発生時の対応.....	43
8.6 感電事故の対応.....	44
8.7 中毒・窒息事故の対応.....	45
8.8 機械的事故の対応	46
8.9 緊急連絡体制 例.....	47
8.10 避難・誘導手順.....	48
8.11 事故報告・記録 例.....	49
8.12 事故調査・分析 例.....	49
8.13 再発防止策.....	50
8.14 訓練・演習.....	51
9 健康管理と記録保存	52
9.1 健康管理の重要性.....	52
9.2 健康診断の種類と内容.....	53
9.3 健康診断結果の評価と措置.....	55
9.4 記録の種類と内容.....	56
9.5 記録の保存期間と管理.....	56
10 用語集	58

1 機器分類とレーザー彫刻・切断の特徴

1.1 レーザー加工技術の分類と概要

レーザーの用途

レーザーは「精密・非接触・高効率」という特性を活かして、産業から医療、通信、研究、日常生活まで幅広く利用されています。

分野	特徴	具体例
産業加工	高精度・非接触	切断、溶接、マーキング、微細加工、レーザークリーニング、硬化
医療	低侵襲・精密	レーザーメス、眼科治療、シミ・ほくろ除去、脱毛
通信	高速・大容量	光ファイバー通信
計測	高精度・非接触	LiDAR、分光分析、環境計測
研究	最先端技術	核融合、超短パルス解析
日常生活	身近な応用	プリンタ、光ディスク、ポインタ

産業加工用レーザー光源の主な種類

産業加工では「CO₂」「ファイバー」「YAG」が三本柱であり、精密分野では「UV」「エキシマ」「半導体」が補完的に使われる構成です。表に挙げたもの以外にも多くのレーザー光源が活用とされています。

レーザー形式	媒質	特徴	主な用途
CO ₂ レーザー	二酸化炭素ガス	赤外線 (10.6 μm) 非金属材料の切断・彫刻に強い	非金属切断、彫刻
ファイバーレーザー	希土類元素を添加した光ファイバー	近赤外 (1 μm 前後) 高効率・高出力、金属加工に適する	金属切断、溶接
UV レーザー	エキシマレーザーや固体レーザーの高調波	紫外線 短波長で微細加工に適する	微細加工、半導体
YAG レーザー	固体結晶（イットリウム・アルミニウム複合酸化物）	近赤外 (1.06 μm) 高出力・安定	金属加工、溶接、医療、マーキング
半導体レーザー (ダイオードレーザー)	半導体素子	可視～近赤外 小型・効率的	薄膜加工、マーキング
エキシマレーザー	希ガスとハロゲンの混合ガス	紫外線・微細加工	半導体、医療

産業加工用レーザーの主要な加工内容

産業加工用レーザーの加工内容は、切断(穴あけ)・溶接・マーキングが三本柱です

加工内容	特徴
切断	非接触・高精度・高速
穴あけ	微細・高速
溶接	高精度・高強度
マーキング	非接触・摩耗なし
表面改質	耐摩耗・耐食性向上
クリーニング（錆・塗装除去）	選択的除去・母材保持・非接触・環境負荷低

産業加工用レーザーの主要な加工方式

加工方式（作用内容）	原理	主なレーザー形式
熱融合	材料を局所的に加熱・溶融し、凝固させて接合	ファイバー、YAG
溶融切断	材料を溶融し、ガスや圧力で吹き飛ばして切断	CO ₂ 、ファイバー
蒸発切断	高エネルギー密度で材料を瞬時に蒸発させて除去	YAG、UV
アブレーション	超短パルスで表面を瞬間的に除去（熱影響少）	UV
表面改質	照射で表面組織を変化（硬化、クラッディング、アニーリング）	ファイバー、YAG
クリーニング	酸化膜（錆）、塗膜を蒸発・剥離	ファイバー、UV
マーキング	酸化・変色・除去・燃焼	ファイバー、YAG、CO ₂

1.2 CO₂／UV／ファイバーレーザー彫刻機・切断機の安全面での違い

本紙で扱う CO₂、ファイバー、UV レーザーの比較

項目	CO ₂ レーザー	ファイバーレーザー	UV レーザー
波長	10.6 μm（赤外域）	≒ 1064 nm（近赤外域）	≒ 355 nm（紫外域）、193 nm（エキシマ）など
適合材料	有機材料（木材、紙、布、アクリル）、ガラス、セラミックの一部	金属（鉄、アルミ、ステンレス、銅）、一部プラスチック	プラスチック、薄膜、電子基板、セラミック、石材、陶器
加工特性	非金属切断・彫刻に高効率 厚板非金属も可能	金属加工に強い マーキング、切断、穴あけが高速	低熱影響で高精細 微細加工やパターン形成に強み
加工精度	中精度（切断幅は比較的広い）	高精度（薄板切断やマーキングに適合）	高精度（数 μm レベルの微細加工可能）
熱影響	大きい（煙・焦げが発生しやすい）	中程度（バックリフレクションに注意）	小さい（光化学作用主体）
伝送方式	ミラーや導波管で伝送	光ファイバー伝送可能（コンパクト・高効率）	光ファイバー伝送可能（短波長用特殊ファイバー）
安全上の注意	可燃性材料の取扱い注意 煙・ガス排気が必要	反射光（バックリフレクション）による 機器損傷や眼障害に注意	光化学的副生成物に注意 紫外線防護が必須
代表的用途	木材・アクリル切断・非金属彫刻・ガラス加工	金属切断・溶接・マーキング・穴あけ・クリーニング	電子基板加工・樹脂マーキング・セラミック微細加工

- **CO₂レーザー：**

非金属・有機材料に最適。ただし煙や焦げが出やすく、排気・防火対策が必須。

- **ファイバーレーザー：**

金属加工の主力。高効率・コンパクトで産業用途に広く普及。

- **UV レーザー：**

微細加工の主流。熱影響が小さいため、電子部品やセラミックに強い。

各レーザー加工機の危険性

項目	CO ₂ レーザー (10.6 μm, 遠赤外)	ファイバーレーザー (近赤外 ≒ 1064 nm)	UV レーザー (短波長 ≒ 355 nm)
光学的性質・可視性	不可視（人間の目に見えない） 皮膚深部加熱や材料の強熱分解 → 熱災害・火災リスク	不可視（近赤外域） 網膜損傷リスク大（失明の危険） 鏡面反射による二次被害に注意	不可視または弱可視 角膜・水晶体で吸収 → 光化学的眼 損傷（角膜炎、白内障リスク）、皮 膚炎
反射・散乱の危険性	透過や散乱による周辺加熱、二次火 花の危険	金属鏡面で強反射 直線反射・逆方向（バックリフレク ション）ともに危険	拡散反射が強い 周辺光学系や皮膚・眼への光化学被 害が発生しやすい
加工物からの生成物	PVC 切断時：塩化水素（HCl）発生 → 腐食性・有害 木材・紙・布：VOC・粉じん・CO 発生 → 発火リスク	金属切断時：金属粉・エアロゾル・ 酸化物発生 → 有害性あり	材料分解により特殊な揮発性有害物 質が発生（材料依存）

各レーザー加工機で発生する有害ガス

CO₂ レーザー加工で有害ガス等が発生しやすい主要な加工素材

加工素材	代表的な有害発生物質	備考・注意点
塩化ビニル樹脂（PVC）	塩化水素（HCl）、ダイオキシン、クロロホルム	極めて危険・腐食性も強いので厳禁
ポリカーボネート（PC）	一酸化炭素（CO）、フェノール類、VOC	発生ガスは吸入に注意
ポリウレタン（PU）	イソシアネート類、VOC、窒素酸化物	急性毒性が強いことがある
フッ素樹脂（PTFE など）	フルオロカーボン類、有害フッ素ガス	強い有毒性・高温時に特に注意
エポキシ樹脂	アルデヒド類、アミン類、VOC	吸入・皮膚刺激など配慮が必要
接着剤使用部材	溶剤系 VOC、ホルムアルデヒド等	加工時の臭気・有害ガスに注意
PMMA（アクリル板）	メタクリル酸メチル、VOC	刺激臭、換気・排気が重要
ゴム系素材	硫黄酸化物（SO _x ）、VOC	硫黄臭や青酸系ガスが出ることも

ファイバーレーザー加工で有害ガス等が発生しやすい主要な加工素材

加工素材	代表的な有害発生物質	備考・注意点
金属	金属酸化物ヒューム	長時間曝露は呼吸器障害リスク
金属被覆 PVC 線	樹脂コートメタル、塩化水素（HCl）、VOC	被覆・コート材の分解で CO ₂ /UV と同等 リスク
金属上の接着剤・コーティング	VOC、アミン類、溶剤ガス等	接着剤・塗膜分解時は特殊ガスが発生
樹脂部材 （ファインレーザー用途など特殊事例）	各種樹脂の分解ガス	基本的にはファイバーは金属加工向け

UV レーザー加工で有害ガス等が発生しやすい主要な加工素材

加工素材	代表的な有害発生物質	備考・注意点
塩化ビニル樹脂（PVC）	塩化水素（HCl）、ダイオキシン、クロロホルム	非常に有害、腐食性ガスも含む
ポリカーボネート（PC）	一酸化炭素（CO）、フェノール系化合物、VOC	一部の分解生成物は吸入注意
ポリエステル（PET 等）	ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、VOC	吸入や目・皮膚への刺激性あり
ポリイミド（PI）	シアン系ガス（HCN 等）、アミン類、VOC	マイクロエレクトロニクス用途で要注意
アクリル樹脂（PMMA）	メタクリル酸メチル等のモノマー、VOC	刺激臭あり
ポリウレタン（PU）	イソシアネート類、VOC	重篤な健康被害を起こすことあり
フッ素樹脂（PTFE 等）	フルオロカーボン類、有害フッ素ガス	強い有毒性
エポキシ樹脂	アルデヒド類、アミン類、VOC	回路基板等に使用
接着剤・インク等（有機化合物多含 有）	溶剤系 VOC、ケトン類、アルコール類等	必ず排気設備とフィルタ要

- **VOC : 揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds)**

- 常温常圧で揮発しやすい（気体になりやすい）有機化合物の総称。
- VOC は空気中に容易に拡散し、臭気や大気汚染、健康被害（シックハウス症候群、頭痛・めまい・アレルギーなど）や地球温暖化、光化学スモッグの原因となる。

2 安全教育講習の目的・概要

2.1 講習の目的

本講習は、レーザー加工機を安全に使用するために必要な知識と技能を習得することを目的とします。

主要な目的：

- レーザー光による健康被害の防止 - 適切な作業手順の理解と実践
- 法令遵守による安全な作業環境の構築
- 緊急時における適切な対応能力の向上
- 継続的な安全管理体制の確立

2.2 講習の必要性

レーザー加工機は高出力のレーザー光を使用するため、以下のリスクが存在します。

健康リスク：

- 目への直接照射による視力障害・失明
- 皮膚への照射による火傷
- 反射光による予期しない被害
- 加工時に発生するヒューム・ガスによる呼吸器への影響

安全上のリスク：

- 火災・爆発の危険性
- 感電事故
- 機械的な怪我

リスクを理解し、法令や規格に準拠した、安全な作業環境を構築するための基礎的知識を習得する必要があります。

2.3 講習の対象者

- レーザ安全管理者・レーザ機器管理者
- レーザー加工機を操作する作業員
- レーザー作業区域で作業する関係者
- 保守・点検担当者

2.4 講習の構成

項目	内容
1. 機器分類とレーザー彫刻・切断の特徴	レーザー機器について。CO ₂ 、ファイバー、UV の違い
2. 安全教育講習の目的・概要	講習の必要性和全体像
3. 法令・規格の理解	関連法令と安全基準
4. レーザー光の基礎と危険性	レーザーの原理と健康影響
5. 機器構造と操作方法	装置の構造と正しい操作手順
6. 作業環境と管理措置	作業場の安全対策
7. 保護具と点検手順	必要な保護具と日常点検
8. 緊急時対応	事故発生時の対処法
9. 健康管理と記録保存	健康診断と記録管理

2.5 講習修了後の期待される成果

知識面：

- レーザー光の危険性を正しく理解
- 関連法令・規格の要点を把握
- 適切な保護具の選択と使用方法を習得

技能面：

- 安全な操作手順の実践
- 適切な点検・保守の実施
- 緊急時の迅速で正確な対応

態度面：

- 安全意識の向上
- 責任感のある作業姿勢
- 継続的な安全管理への取り組み

2.6 講習の重要ポイント

1. ゼロ災害の実現

- 「災害は防げる」という強い意識
- 小さなヒヤリハットも見逃さない姿勢

2. 全員参加の安全活動

- 個人の安全は組織全体の安全
- 積極的な安全提案と改善活動

3. 継続的な学習

- 技術の進歩に合わせた知識のアップデート
- 定期的な再教育の実施

2.7 講習の進め方

- 講義形式による知識の習得
- 実機を使用した実習（該当項目）
- 質疑応答による理解の確認
- 修了証の発行

2.8 参考資料・スクール・試験

- 一般社団法人日本鍛圧機械工業会 「レーザ機器管理者 講習マニュアル」
https://j-fma.or.jp/newsletter_information/laser-safety-textbooks よりダウンロードできます。
- 一般社団法人光産業技術進歩協会では、「レーザ機器取扱技術者試験」、「レーザ安全スクール」などが行われています。
<https://www.oitda.or.jp/>
- 日本規格協会グループより、JIS や IEC などの規格書が購入できます。
<https://webdesk.jsa.or.jp/>

※ その他、複数の民間企業によりコンサルティングやセミナー等が開催されています。

3 法令・規格の理解

3.1 関連法令の概要

レーザー加工機の使用にあたっては、複数の法令が適用されます。これらの法令を理解し、遵守することは法的義務であり、安全確保の基盤となります。

※ レーザー機器を操作することに対する国家免許はありません。

3.2 労働安全衛生法関連

労働安全衛生法関連にはレーザーについて複数言及されています。

労働安全衛生法（昭和 47 年法律第 57 号）

- **基本理念：**
 - 労働者の安全と健康の確保
 - 快適な職場環境の形成促進
- **事業者の義務：**
 - 安全衛生教育の実施
 - 健康診断の実施
 - 危険防止措置の実施
 - 安全衛生管理体制の確立

労働安全衛生法第 20 条：事業者の講ずべき措置等

目的：労働者の危険防止のため、事業者に対して必要な措置を義務付けている。

- **対象となる危険：**
 - 機械、器具その他の設備 による危険
 - 爆発性、発火性、引火性の物 による危険
 - 電気、熱その他のエネルギー による危険
- **事業者の義務：**

これらの危険を防止するために、適切な安全対策（例えば囲い、安全装置、遮断措置など）を講じる必要がある。

労働安全衛生規則 第 325 条：強烈な光線を発散する場所の措置

対象： アーク溶接など、強烈な光線を発する作業場所

● 規定内容：

- 区画義務： 危険を伴う強烈な光線を発する場所は、原則として区画しなければならない。
ただし、作業上やむを得ない場合は例外あり。
- 保護具の備え付け： 区画された場所には、適切な保護具（遮光面、保護眼鏡など）を備えること。

労働安全衛生規則 第 585 条

事業者は、特定の危険または有害な場所について、関係者以外の立ち入りを禁止し、その旨を見やすい箇所に表示しなければならないと義務付けている。

労働者に対しても「前項の規定により立ち入りを禁止された場所には、みだりに立ち入ってはならない」と定められており、立ち入りが禁止された場所へむやみに入らないよう義務付けている。

レーザー光線による障害の防止対策について

(昭和 61 年 1 月 27 日基発第 39 号 改正 基発第 0325002 号 平成 17 年 3 月 25 日)

● 目的

レーザー光線による障害防止対策要綱

この要綱は、レーザー機器を取り扱う業務又はレーザー光線にさらされるおそれのある業務（以下「レーザー業務」という。）に常時従事する労働者の障害を防止することを目的とする。

● 適用範囲

この要綱は、クラス 1 M、クラス 2 M、クラス 3 R、クラス 3 B 及びクラス 4 のレーザー機器を用いて行うレーザー業務について適用する。ただし、当分の間、医療用及び教育研究機関における教育研究用のレーザー機器を用いて行うレーザー業務については適用しない。

● レーザー光線による障害を防止するための措置：労働衛生管理体制の整備

労働安全衛生法の規定による労働衛生管理体制の整備を図るほか、クラス 3 R（400nm ～ 700nm の波長域外のレーザー光線を放出するレーザー機器に限る。）、クラス 3 B 及びクラス 4 のレーザー機器については、レーザー機器の取扱い及びレーザー光線による障害の防止について十分な知識と経験を有する者のうちからレーザー機器管理者を選任し、次に掲げる事項を行わせること。

- イ レーザー光線による障害防止対策に関する計画の作成及び実施
- ロ レーザー管理区域（レーザー機器から発生するレーザー光線にさらされるおそれのある区域をいう。以下同じ。）の設定及び管理
- ハ レーザー機器を作動させるためのキー等の管理
- ニ レーザー機器の点検、整備及びそれらの記録の保存
- ホ 保護具の点検、整備及びその使用状況の監視
- ヘ 労働衛生教育の実施及びその記録の保存
- ト その他レーザー光線による障害を防止するために必要な事項

なお、衛生管理者を選任すべき事業場にあつては、上記のレーザー機器管理者が行う業務は、衛生管理者の指揮のもとで行わせるものとする。

- ※ 衛生管理者：衛生管理者は、労働安全衛生法に基づき、職場の衛生管理を担当する国家資格者です。一定規模以上の事業場では、選任が法律で義務付けられています。

● クラス4のレーザー機器に係る措置

1 レーザー管理区域

- (1) レーザー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。
- (2) レーザー管理区域は、関係者以外の者の立ち入りを禁止し、その出入口には、必要に応じ、自動ロック等の措置を講じること。
- (3) 関係者以外の者がレーザー管理区域に立ち入る必要が生じた場合は、レーザー機器管理者の指揮のもとに行動させること。

2 レーザー機器

1. レーザー光路に対する措置
 - イ レーザー光路は、作業者の目の高さを避けて設置すること。
 - ロ レーザー光路は、可能な限り短く、折れ曲がる数を最小にし、歩行路その他の通路と交差しないようにするとともに、可能な限り遮へいすること。
 - ハ レーザー光路の末端は、適切な反射率及び耐熱性を持つ拡散反射体又は吸収体とすること。
2. キー・コントロール
レーザー機器は、キー等により作動する構造とすること。
3. 緊急停止スイッチ等
レーザー機器には、次に掲げる緊急停止スイッチ等を設けること。
 - イ 緊急停止スイッチ
レーザー光線の放出を直ちに停止させることができる非常停止スイッチを操作部及び必要な箇所に設けること。
 - ロ 警報装置
レーザー光線を放出中であること又は放出可能な状態であることが容易に確認できる自動表示灯等の警報装置を設けること。
 - ハ シャッター
レーザー機器のレーザー光線の放出口には、不意にレーザー光線が放出されることを防止するためのシャッターを設けること。
4. インターロックシステム等
レーザー管理区域の囲いを開け、又は、レーザー光路の遮へいを解除した場合には、インターロック機能等によりレーザー光線の放出が行われないようにすること。
5. レーザー光線の放出口には、その旨の表示を行うこと。

3 作業管理・健康管理等

- (1) レーザー機器の操作
レーザー機器の操作は、レーザー光線からできるだけ離れた位置で行うこと。
- (2) 光学系調整時の措置
レーザー光線により光学系の調整を行う場合は、調整に必要な最小の出力のレーザー光線により行うこと。
- (3) 保護具等の使用

イ レーザー光線の種類に応じた有効な保護眼鏡を作業者に着用させること。ただし、眼に障害を及ぼさないための措置が講じられている場合はこの限りではない。

注) レーザー用保護眼鏡（メガネ形式とゴーグル形式がある。）を用いること。

ロ できるだけ皮膚の露出が少なく、燃えにくい素材を用いた衣服を作業者に着用させること。特に溶融して玉状になる化学繊維の衣服は、好ましくないこと。

(4) 点検・整備

イ 作業開始前に、レーザー機器管理者にレーザー光路、インターロック機能等及び保護具の点検を行わせること。

ロ 一定期間以内ごとに、レーザー機器について専門的知識を有する者に、次の項目を中心にレーザー機器を点検させ、必要な整備を行わせること。

① レーザー光線の出力、モード、ビーム径、広がり角、発振波長等の異常の有無

② 入力電力、励起電圧・電流、絶縁、接地等の異常の有無

③ 安全装置、自動表示灯、シャッター、インターロック機能等の作動状態の異常の有無

④ パワーマーター、パワーモニター等の異常の有無

⑤ ファン、シャッターその他の可動部分の異常の有無

⑥ 冷却装置、ガス供給装置、有害ガス除去装置、粉じん除去装置等の異常の有無

(5) 安全衛生教育

レーザー業務に従事する労働者を雇い入れ、若しくは労働者の作業内容を変更して当該業務につかせ、又は使用するレーザー機器を変更したときは、労働安全衛生法第59条第1項又は第2項に基づく教育を行うこと。この場合、特に、次の事項が含まれるよう留意すること。

① レーザー光線の性質、危険性及び有害性

② レーザー機器の原理及び構造

③ レーザー機器の取扱い方法

④ 安全装置及び保護具の性能並びにこれらの取扱い方法

⑤ 緊急時の措置及び退避

(6) 健康管理

レーザー業務に常時従事する労働者については、雇い入れ又は配置替えの際に視力検査に併せて前眼部（角膜、水晶体）検査及び眼底検査を行うこと。

4 その他

(1) レーザー管理区域の出入口等の見やすい箇所に、次の事項を掲示すること。

イ レーザー機器管理者の氏名

ロ レーザー光線の危険性、有害性及びレーザー機器取扱い上注意すべき事項

ハ レーザー機器の設置を示す表示

(2) レーザー機器の高電圧部分には、その旨を表示するとともに、当該部分に接触することによる感電の危険を防止するための措置を講じること。

(3) レーザー管理区域内には、爆発性の物、引火性の物等を持ち込まないこと。

(4) レーザー業務を行う際、有害ガス、粉じん等が発生する場合には、これらによる健康障害を防止するため、密閉設備、局所排気装置等の設置、防毒マスク、防じんマスクの使用等労働安全衛生法令所定の措置を講じること。

(5) レーザー光線による障害の疑いのある者については、速やかに医師による診察又は処置を受けさせること

3.3 PL 法

レーザー加工機は PL 法（製造物責任法）の対象となり得ます。設計・製造・表示・取扱説明における欠陥が原因で損害が発生した場合、製造者や販売者が賠償責任を負う可能性がある。

PL 法（製造物責任法）の概要

- 対象製品：製造または加工された「動産」（レーザー加工機は該当）
- 欠陥の定義：通常有すべき安全性を欠いていること（設計・製造・表示・取扱説明の不備など）
- 責任の範囲：被害者が欠陥の存在を証明すれば、製造者の過失を立証する必要はない
- 免責事由：
 - 科学技術の限界により欠陥を認識できなかった場合
 - 指示通りに部品を供給した場合など

レーザー加工機における PL 法リスク

- 失明・火傷などの人体被害
- 感電・火災・中毒・粉塵による健康被害
- 誤操作や安全装置の不備による事故

これらの事故が、製品の欠陥（設計ミス、安全装置の不備、誤解を招く表示など）に起因する場合、PL 法による賠償責任が発生します。

3.4 JIS 規格（日本産業規格）

JIS C 6802:2025「レーザ製品の安全－クラス分け及び要求事項」2025 年 8 月 20 日（JSA 掲載／JIS 発行）

- ・波長範囲 180nm～1mm のレーザ放射を放出するレーザ製品の安全基準について規定するものです。
- ・対応国際規格：IEC 60825-1:2014 (IDT)
- ・ICS 13.110、31.260

レーザの分類（クラス分け）：

クラス	危険度	特徴	管理措置
クラス 1	低	合理的に予見可能な使用条件下で安全と見なされるレベル。通常使用で目や皮膚に有害な暴露は生じません。	特別な管理不要
クラス 1M	低～中	肉眼での観察では安全ですが、双眼鏡や望遠鏡などの拡大光学系を介すと危険となる可能性があります（主にビーム径が大きい、302.5 nm～4000 nm の波長域など）	光学機器の使用禁止
クラス 1C		医療用途などで皮膚への直接照射を意図して設計され、適切な安全対策下で使用されることを前提としたレーザ製品	想定条件下での安全管理
クラス 2	中	可視光（400～700 nm）。瞬目反射などにより短時間の偶発的曝露は通常安全ですが、意図的な直視は危険です（連続波の目安として約 1mW）	直視の禁止
クラス 2M	中	可視光。肉眼での短時間曝露はクラス 2 相当ですが、拡大光学系を用いると危険となり得ます。	直視・光学機器使用禁止
クラス 3R	中～高	クラス 2 より危険度が高く、直視で眼障害のおそれがあります。可視連続波でおおむね 5mW 程度まで（クラス 2 の約 5 倍が目安）。	アクセス制御必要
クラス 3B	高	直視は短時間でも危険。条件によっては拡散反射でも危険となることがあります。皮膚への軽度損傷や可燃物の発火リスクもあります。	厳格な管理措置
クラス 4	最高	最も高出力。直射・散乱ともに眼・皮膚へ重大な危険があり、火災・物損のリスクも高い。厳格な安全管理が必要です。	最高レベルの管理

上表は概要です。正確な定義、測定条件（AEL、測定口径、暴露時間、走査条件など）や表示要件の細目は規格本文を参照する必要があります。

レーザ彫刻機 / 切断機で使用するレーザ源は、通常クラス 4 に分類される。クラス 4 のレーザ源を使用しても、安全対策の強化(密閉筐体＋インターロック＋適切な遮光設計など)により、製品レベルではクラス 1 やクラス 2 の認証が可能。実際の市販レーザ加工機は「内部はクラス 4 だが、外部漏洩がないためクラス 1 製品」として販売されるケースがある。

製品のクラス認証を受けるには一般財団法人日本品質保証機構（JQA）などの第三者認証機関に判定を依頼し、認証書を取得しなければならない。

クラス 4 レーザ源は認証が必須であり、クラス 4 レーザ源を使用したクラス認証を受けていない製品はすべてクラス 4 となる。

主な管理措置(使用者への要求)の要求事項

● クラス 4 レーザの主な管理措置：

1. レーザ安全管理者の任命
2. 立入制御措置
 - ◆ 管理区域の設定（入退室管理・関係者以外立ち入り禁止にする）
 - ◆ 危険性や管理者名などを記した掲示・標識設置
 - ◆ 鍵による制御

3. レーザー放射が人に不必要に曝露されないように光の通る経路（光路）を安全に制御・監視・限定
4. 適切な保護具の選択・着用の義務化
5. 安全衛生教育・訓練の計画・実施・記録化
6. 医学的監視
7. 取扱説明書・ラベル・教育資料の整備と最新化
8. 緊急時対応の計画・明確化
9. インシデント報告と事故後の是正措置を明確化
10. リスク評価の実施

3.5 その他の関連法令

消防法

- 火災予防対策
- 消火設備の設置
- 危険物の管理

電気事業法

- 電気設備の安全基準
- 定期点検の実施
- 電気主任技術者の選任

建築基準法

- 作業場の構造基準
- 避難設備の設置

3.6 国際規格

IEC 60825-1「レーザ製品の安全」

- 国際的なレーザ安全基準
- JIS C 6802 のもととなる規格

ANSI Z136 シリーズ（米国）

- アメリカの包括的レーザ安全基準
- 産業応用に特化した詳細規定

3.7 JIS C 6802:2025 と IEC 60825-1:2014 (IDT)

IEC 60825-1:2014 (IDT)は、JIS C 6802:2025 のもととなる規格です。

JIS C 6802:2025 と IEC 60825-1:2014 (IDT)は、基本的なレーザー安全の技術要求やクラス分け枠組みはほぼ同じですが、主な差異として JIS 版は日本国内での運用実務に特化した項目や管理面の強化が加えられている点にあります。

主要点の比較

- **技術要求・クラス分け**

- 両規格ともクラス分け（1/1M/1C/2/2M/3R/3B/4）の定義・判定基準、測定法、ラベル表示、AEL（許容放射限界）や MPE（最大許容暴露）など技術的な要求は共通です。
- JIS C 6802:2025 は日本国内での運用実務・教育・管理・ドキュメントの充実を強く求めています。

- **運用管理・教育・記録**

- JIS C 6802:2025 では「教育・訓練」「安全管理体制」「レーザ安全管理責任者（LSO）の任命・役割」「リスクアセスメント・医療対応」「記録の保存・継続的改善」など運用実務面への要求が大幅に強化されています。
- IEC/TR 60825-14:2022 ユーザーガイドの内容も JIS 附属書（JA, JC, JD）として反映し「エリア管理・PPE・安全手順書・FAQ・評価テンプレート」など実践的な情報を盛り込んでいます。

- **適用波長・クラス枠**

- 適用範囲（180nm～1mm）、クラス構造は共通ですが、JIS C 6802:2025 は国内規制やマーキング要件に従った細目記載があります。

- **実効性・コンプライアンス**

- JIS C 6802:2025 では教育・訓練の計画、定期的なレビュー、エリア管理・作業記録、FAQ やチェックリストの提供など「運用管理の実効性」を求めています。
- IEC 原典ではこの部分は推奨・参考にとどまる場合が多いです。

3.8 社内規程の整備

必要な社内規程

1. レーザ安全管理規程

- ◆ 安全管理体制
- ◆ 作業手順
- ◆ 教育訓練計画

2. レーザー機器操作マニュアル

- ◆ 操作手順
- ◆ 点検手順
- ◆ 緊急時対応

3. 健康管理規程

- ◆ 健康診断の実施
- ◆ 記録の保存

記録の保存義務

保存が必要な記録：

- 安全教育記録（3年間）
- 健康診断記録（5年間）
- 点検記録（3年間）
- 事故・災害記録（永久保存）

3.9 罰則規定

労働安全衛生法違反

- 6月以下の懲役または50万円以下の罰金
- 事業停止命令
- 改善命令

民事責任

- 労働災害による損害賠償
- 安全配慮義務違反

3.10 最新動向と改正情報

法令改正の把握方法

- 厚生労働省ホームページの確認
- 業界団体からの情報収集
- 安全衛生関連セミナーへの参加

最近の動向

- レーザー技術の進歩に伴う安全基準の見直し
- 国際規格との整合性確保
- リスクアセスメントの重要性向上

4 レーザー光の基礎と危険性

4.1 レーザー光とは

LASER の意味

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation（誘導放出による光の増幅）

レーザー光の特徴（通常光との違い）

- 指向性：ほぼ平行なビームを長距離まで到達させる
- 単色性：狭い波長帯で高エネルギーを集中させる
- 位相整合（コヒーレンス）：集光・結像により局所で非常に高いパワー密度を生む
- 高輝度：短時間で材料を蒸発・溶融・燃焼させる

特徴	通常の光	レーザー光
指向性	拡散する	平行光線
単色性	複数の波長	単一波長
可干渉性	位相が揃っていない	位相が揃っている
高輝度	低い	極めて高い

4.2 彫刻・切断機で使われるレーザーの原理と波長特性

CO₂レーザー（波長 10.6 μm）

- 原理：ガス共振器（CO₂等）で発振。ミラー導光や共振器でビームを伝送することが多い。
- 主用途：アクリル、木材、紙、布、皮革、ゴムなどの非金属切断・彫刻。
- 波長特性と危険面：遠赤外域で皮膚表層や角膜に吸収されやすく、可視化されないため「見えない危険」。加熱・着火・焦げ・有害ガス発生に注意。ファイバー伝送は通常不可。

ファイバーレーザー（波長 ≒ 1064 nm）

- 原理：希土類ドープファイバーで光を増幅。光ファイバー伝送が可能で高効率・高信頼。
- 主用途：金属マーキング、金属板の切断、穴あけ、高速加工。
- 波長特性と危険面：近赤外域は網膜損傷のリスクが高い（不可視であり、可視光のガイド光と混同してはならない）。鏡面金属での強い反射（バックリフレクション）による二次被害に要注意。

UV レーザー（短波長：例 355 nm 等）

- 原理：高次高調波や固体レーザーの波長変換で生成されることが多い。短波長の光化学的アブレーションにより、低熱影響で高解像度加工が可能。
- 主用途：プラスチックや薄膜、電子基板、精密マーキング・微細加工。
- 波長特性と危険面：紫外領域は角膜・結膜・皮膚の光化学的損傷を起こしやすい。また材料の化学分解に伴い有害揮発物が発生する場合がある。

4.3 レーザー光の生体影響と物理的危険

眼への影響（波長別の主な影響部位）

- 可視～近赤外（ファイバー ≈400–1400 nm）：角膜・水晶体を透過して網膜へ集光 → 網膜熱損傷（失明の危険）、無痛で不可逆な損傷が起きる。
重要：角膜・水晶体での集光により網膜上のパワー密度が大幅に増加するため、短時間の露光でも重篤な損傷が起こり得る（無痛・無自覚で進行する場合あり）。
- 遠赤外（CO₂ 10.6 μm）：主に角膜・表皮で吸収 → 角膜や皮膚の熱損傷が中心。
- 紫外線（UV ≈180–400 nm）：角膜・結膜で吸収 → 瞬間的に角膜炎や光角膜炎を招く。痛みを伴うことが多い。

皮膚への影響

熱的損傷（火傷、炭化、瘢痕）や UV による光化学的損傷（紅斑や長期的リスク）など。波長・出力・露光時間で影響は異なる。

反射光・散乱の危険

- 鏡面反射：入射角＝反射角でほぼ全パワーが保持されるため、金属や光沢面では非常に危険。
- 乱反射：粗面や飛沫（溶融物）から多方向へ散るため周囲被害を招く。
- 予期しない反射は事故で頻出する原因。治具・クランプ・工具・塗膜の状態を確認すること。

4.4 彫刻・切断作業に特有の生成物と危険

加工プルーム（煙）・ガス・粉じん

- 有機材料（例：PVC ポリ塩化ビニル）→ 塩化水素（HCl）等の腐食性・有害ガスを発生する可能性が高く、排気系の腐食や作業健康被害を招く。
- 木材・紙・布 → 微粒子、VOC(揮発性有害物質)、一酸化炭素等を発生。着火性・中毒のリスク。
- 金属加工（ファイバー使用）→ 金属煙・酸化物・微粒子が発生し、肺障害を招く可能性あり（HEPA 等の濾過対策が必要）。
- UV 加工作業 → 光化学的分解により種々の VOC が発生する場合があります、材料依存で事前調査必須。

火災・着火の危険

可燃性材料は切断中に着火することがある。自動運転では特に着火検知・監視が重要。

溶融物・スパッタ

高温の飛散物が皮膚火傷や二次火災の原因となる。金属切断では飛散物の飛散経路を想定し保護対策をとる。

4.5 暴露限界（MPE）と安全距離（NOHD）についての実務的注意

MPE（最大許容露光量）

- MPE は「裸眼または皮膚がレーザー照射されても危険がない最大の値」。単位： W/cm^2 （連続波）、 J/cm^2 （パルス波）など。比較値が小さいほど危険。
- MPE は波長・パルス幅・露光時間で変わる。IEC 60825-1 等の規格に基づき専門的に算定する必要がある。
- 実務では装置の波長・最大出力・ビーム径・光学系を元にレーザー安全管理者が MPE 評価を行うこと。

MPE 参考値

CO₂レーザー；数十～数百 [mW/cm^2] レベル（網膜には届かない）

ファイバーレーザー：数 [mW/cm^2]

UV レーザー：数 [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$] ～ 数 [mW/cm^2] レベル（非常に低く、相対的により危険である）

※ MPE：CO₂ > ファイバー >> UV という関係になります。

UV レーザーは CO₂ やファイバーと比較して、桁違いに身体に対する影響が大きいです。これは CO₂ とファイバーが主に熱による作用であるのに対して、UV 光は、「一つ一つの光子が持つエネルギー」がはるかに大きいため、分子結合や原子間の化学結合を直接切断する破壊力が高く DNA・細胞損傷の可能性があるためです

※ 上記参考値は連続波の場合です。パルス波は、「波長」「パルス幅」「繰返し周波数」「総暴露時間」により大きく変化します。

上記参考値をもとに安全管理の計画を行ってはならない。実際にはユーザー（利用事業者）側で設備の具体条件に合わせて安全計算を行う必要がある。

NOHD（公称眼球危険距離）

- NOHD はビームが拡散して MPE 以下になるまでの距離。換言すれば、「レーザー光を直接見た場合に、即座に目に損傷を与える危険がある距離」のことで、この距離以内では、偶発的な照射でも失明や網膜損傷のリスクが非常に高いとされる。
- 高出力の切断機では数メートル～数百メートルになる場合があるため、単に「見えないから安全」としない。
- 管理区域・物理遮蔽は NOHD を踏まえて設定すること。
- NOHD は、レーザー出力・波長・ビーム径・パルス/連続・発散角などで変わるが、加工用途の高出力ファイバーレーザーでは非常に長いのが一般的。

計算式

連続波（CW）レーザーの場合、NOHD の一般式は次の通りです：

$$\text{NOHD} = \frac{1}{\theta} \left(D_0 + \sqrt{\frac{4P}{\pi D_0^2 E_{MPE}} - 1} \right)$$

記号	意味	単位
P	レーザー出力（Power）	W
D_0	ビーム開口径（発振器出口での直径）	m
θ	ビーム拡がり角（divergence angle）	rad
E_{MPE}	最大許容露光量（MPE：Maximum Permissible Exposure）	W/m ²

パルスレーザーでは、単発エネルギー E_p を用いて同様に計算します。

$$\text{NOHD} = \frac{1}{\theta} \left(D_0 + \sqrt{\frac{4E_p}{\pi D_0^2 H_{MPE}} - 1} \right)$$

記号	意味	単位
E_p	パルスエネルギー	J
H_{MPE}	パルスに対するMPE（エネルギー基準）	J/m ²

NOHD 値の参考値

40W CO₂ レーザー機：約 50-150 [m]

60W CO₂ レーザー機：約 60-180 [m]

80W CO₂ レーザー機：約 70-200m [m]

150W CO₂ レーザー機：約 90-250 [m]

30W ファイバーレーザー機：約 200-500 [m]

50W ファイバーレーザー機：約 250-600 [m]

1000W ファイバーレーザー機：約 800-2000 [m]

2000W ファイバーレーザー機：約 1100-2800 [m]

3000W ファイバーレーザー機：約 1300-3400 [m]

3W UV レーザー機：約 100-300 [m]

5W UV レーザー機：約 130-350 [m]

上記参考値をもとに管理区域・物理遮蔽の計画を行ってはならない。レーザー発振器メーカーが公開している場合もあるが、あくまでも「参考値」扱いとなる。実際にはユーザー（利用事業者）側で設備の具体条件に合わせて安全計算を行う必要がある。

上記参考値は、各レーザーの相対的な数値比較のためのものである。

4.6 管理区域・標示・立入管理

管理区域の設定

- NOHD を考慮して物理的境界を設ける（可能ならエンクロージャで封じ込め）。
- インターロック付扉、施錠、立入記録を運用する。

警告表示

レーザー危険（Class 4 等）、波長帯、最大出力、必要 PPE、非常停止位置等を明示した標識を掲示する。

4.7 防護対策の基本原則（優先順位：工学的 > 管理的 > 個人防護）

工学的対策（最優先）

- 封じ込め：完全エンクロージャでの加工（波長に合った遮蔽材を使用）。CO₂/UV/ファイバー、それぞれ遮断特性が異なるため適材を選定。
- インターロック：蓋・扉開放でレーザー発振停止。
- インターロックの無効化の禁止: 保守・調整のためにインターロックを意図的に無効化することは、重大な事故につながるため原則禁止。やむを得ず実施する場合は、レーザー安全管理者の許可のもと、厳格な作業手順（一時的な管理区域の設定、保護具の格上げ、作業者の限定など）を定めて行う。
- ビームストップ/アブソーバ：目的箇所以外に到達した余分なレーザー光（不要ビーム）」を安全に吸収・遮断する金属や特殊素材の板を設置し、不要なビームを確実に吸収・停止させる。
- 適切な排気処理：材料に応じたフィルタの組み合わせ（プレフィルタ+HEPA+活性炭等）、および排気経路の耐食対策。

管理的対策

- SOP（機種・材料別）：起動・加工・停止・点検・清掃・緊急時対応手順を整備。
- 材料管理：加工禁止材料リスト（例：PVC は専用設備か厳重換気が無ければ禁止）と材料チェックの運用。
- 教育訓練：定期的な再教育・点検訓練・ヒヤリハット共有。
- 監視体制：自動加工でも人による定期巡回、煙検知、カメラ監視の併用。

個人防護具（PPE : Personal Protective Equipment）

- レーザー保護眼鏡（レーザーゴーグル）：装置の波長帯・最大出力に対応したレーザー保護眼鏡（波長と必要な光学密度 OD 指定はレーザー安全管理者が決定）。CO₂ / UV / ファイバー 用で仕様が異なる。
※ OD（Optical Density）＝光学密度は、光の透過の程度を対数で表した指標です。

- 保護服：耐熱・難燃材の長袖、耐熱手袋。UV 作業時は皮膚露出回避。
- 呼吸保護：排気が不十分、または材料評価で有害生成物の可能性がある場合に、適切な防じん・防毒マスクを使用。

4.8 緊急時の初動対応（要点）

眼への照射事故（露光が疑われる場合）

1. 直ちにレーザー出力を停止（非常停止ボタン 等）
2. 被災者を安静にし、眼をこすらせない
3. 速やかに眼科専門医へ搬送（搬送前に医療機関へ連絡し状況を説明）
4. 事故の状況（装置、波長、出力、露光時間、PPE の有無）を記録・報告

禁止事項：自己判断での点眼薬投与や長時間の放置は避ける。

皮膚の焼創

- 患部を一次冷却（流水）し、必要であれば医療機関へ搬送。状況写真・ログを保存し事故報告を行う。

火災・大規模発煙

- 非常停止ボタン・ガス供給停止（酸素使用時は酸素遮断を優先）
- 訓練を受けた者による初期消火（危険と判断したら速やかに避難・通報）
- 換気・排気の停止や二次被害回避措置を実施

有害ガス発生・中毒疑い

- 速やかに換気・退避、必要な医療対応を行う。排気系の点検と材料の確認を行い、再発防止措置を講じる。

5 機器構造と操作方法

本章の講習は、実際に使用する装置ともに行う必要がある。また、起動停止順序や操作になど、装置固有の手順は装置のマニュアルや SOP に従うこと。

5.1 彫刻機／切断機の全体構成

主要構成要素

1. レーザー発振器（CO₂管 / 固体（UV） / ファイバー発振器）
2. 加工ヘッド（集光レンズ、ノズル、ガルバノスキャナ等）
3. 制御装置（コントローラ、ソフトウェア）
4. 冷却システム（空冷 / 水冷）
5. 助燃・保護ガス供給システム（酸素・窒素・エア等）
6. 作業テーブル・搬送機構（X-Y テーブル、回転軸、治具）
7. 安全装置・インターロック（カバー、ドア、E-STOP）
8. 集塵・排気装置（局所排気、フィルタ、腐食対策）
9. 監視・計測系（カメラ、煙検知、温度・圧力センサ）

5.2 レーザー発振器と光学系（機種別の要点）

CO₂レーザー発振器（ガラス管・RF）

- 構成要素：レーザー管、反射鏡、高電圧電源、冷却系
- 伝送：反射鏡（ビーム導波路）を用いるため光路上のミラー清掃・アライメントが重要
- レーザーヘッド：焦点レンズと保護ガラス、排気ノズル

留意点：遠赤外域のため一般窓材を透過することは少ないが、窓・ミラーの破損・汚染は重大な光漏洩リスクになる。

ファイバーレーザー発振器（近赤外）

- 構成要素：半導体励起源、希土類ドープファイバー、合波器、アイソレータ、出力コネクタ（ファイバーヘッド）
- 伝送：光ファイバーによる柔軟な伝送、加工ヘッドは小型で取り回し良好

留意点：ファイバー端面の汚染や逆入射（バックリフレクション）を防ぐためアイソレータおよび適切なコネクタ管理が重要。

UV レーザー（短波長、固体系／周波数変換）

- 構成要素：固体レーザー発振器＋波長変換（高調波）、光学フィルタ、集光系、ガルバノメータスキャナ（マーキング用）
- 加工ヘッド：ガルバノメータスキャナや微小スポット集光レンズを備えることが多い

留意点：UV は光学素子の劣化（コーティング）や材料表面の光化学反応により特殊な保護ガラス管理が必要。

レーザーヘッド（共通要素）

- 集光レンズ（焦点距離）、保護ガラス、ノズル（切断時の助燃ガス排出）
- ファイバーレーザー（切断用）は自動焦点（Z 制御）やエアブロー（保護・冷却）を備える機種が多い
- ガルバノメータスキャナ（マーキング／高速彫刻機）またはビーム搬送機構（切断用）

5.3 正しい起動手順

各装置の取扱説明書、操作手順書、作業手順書などのマニュアルに準拠する。

作業前点検（毎日） 例

- ☐ 電源・ケーブルの損傷確認
- ☐ 冷却装置の水量・水温・流量確認
- ☐ 助燃ガス/保護ガスの残量・圧力確認
- ☐ 保護ガラス／ミラーの清浄度確認（CO₂はミラー、ファイバーはレンズ端面）
- ☐ 排気装置・フィルタ差圧の確認
- ☐ 作業用 PPE の点検（レーザー保護眼鏡・手袋等）

システム起動手順 例

1. 作業エリアとワークの安全確認（可燃物除去、周囲立入注意）
2. 必要 PPE 着用の確認（レーザー保護眼鏡等）
3. 排気・集塵装置起動（先に排気を立ち上げる）
4. 冷却装置起動・安定化確認
5. 助燃ガスの供給開始・流量/圧力確認（切断時）
6. 制御装置の主電源投入・ソフト起動・自己診断確認
7. 試し打ち（低出力で条件確認）後、本加工開始

※ 装置や加工内容により、起動・暖機時間や手順は異なる。必ず機種 SOP を優先。

5.4 安全な操作方法（現場運用の留意点）

基本運用原則

- 5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）の徹底：作業エリアの整理整頓・清掃で光学素子汚染や可燃物混入を防止
- 指差呼称・ダブルチェック：設定変更時の確認を習慣化
- 小出力での試験：未知材料は必ず低出力で試験して生成物・着火性を確認

切断／彫刻作業手順 例

1. 材料仕様確認（材質、塗装、裏当て、可燃性の有無）
2. ワークの固定・治具設置（反射や跳ね返りを抑える）
3. 加工パラメータ設定（出力、速度、ガス種・圧力）
4. 試し打ち（端での確認）→ 切断条件で温度上昇・スパッタ・煙の有無を監視

5. 本加工中は監視（自動運転でも定期的に巡回）
6. 加工後：ワーク冷却、飛散物の除去、外観確認

調整・保守作業（安全手順） 例

- 光軸調整や保護ガラス交換は必ずレーザー完全停止、主電源 OFF、キースイッチ LOCK 状態で実施
- 光学素子清掃は指定の溶剤・クロスで実施し、素手・汚れた手で触れない
- ファイバー端面は汚染に敏感：コネクタ開放時はキャップ保護、クリーニング実施

5.5 正しい停止手順（安全なシャットダウン）

作業終了手順 例

1. レーザー照射停止（レーザーイネーブル OFF）
2. ワークの取り外し、冷却が必要な場合は冷却継続
3. 加工パラメータの保存（プロファイル保存）
4. 制御装置の終了（ソフトシャットダウン）
5. 補機停止（ガス供給停止、集塵はクールダウンのため暫時継続）
6. 冷却装置の継続運転（必要時間経過後停止）
7. 主電源 OFF、キースイッチ OFF、作業記録の記入

5.6 異常時の対応

警告・アラーム対応（優先順位） 例

- 温度・水流異常：即時レーザー停止、冷却系点検、原因究明
- ガス圧異常：処理を中止しガス系の漏れ・接続を確認
- 排気差圧・フィルタ詰まり：作業中止、フィルタ点検・交換
- 光学系汚染・破損：照射停止、保護ガラス/ミラーの点検・交換

緊急停止後の対応

1. 人的被害の有無確認・救護（必要なら医療機関へ連絡）
2. 装置の電源を確実に切る（現場での安全確保）
3. 現状保持（証拠保全：写真・ログ）
4. 管理者・安全担当へ報告
5. 事象調査と再発防止策の実施

5.7 保守・点検（定期性と項目）

各装置の取扱説明書、操作手順書、作業手順書などのマニュアルに準拠する。

日常点検（毎日）例

- ☐ 外観・ケーブル破損確認
- ☐ 冷却水のレベル・流量・温度確認
- ☐ 助燃ガス残量・流量確認
- ☐ 保護窓・ミラー・レンズの清浄度確認
- ☐ インターロック・E-STOP の動作確認
- ☐ 排気・集塵装置の動作確認

定期点検（週次・月次）例

● 週次：

- ☐ 光学系の精密清掃（メーカー指示に従う）
- ☐ フィルタ点検・予備交換準備
- ☐ 助燃ガス配管・接続部の漏洩点検

● 月次：

- ☐ 電気系の接続点点検・絶縁測定（資格者実施）
- ☐ インターロック・安全装置の機能試験（ログ確認）
- ☐ 校正（スキャナや焦点位置の精度確認）

年次点検 例

- ☐ 総合的な機能試験（レーザー出力、ビーム品質）
- ☐ 主要部品の予防交換（フィルタ、保護ガラス、ポンプ等）
- ☐ 安全装置の全面点検・認証（必要に応じて外部検査）

5.8 記録の管理（法令・運用）

必要な記録

日常点検記録、作業ログ、異常・事故記録、保守・フィルタ交換記録、教育記録

保存・管理

- 保存期間：機器規程・法令に従う（一般的な社内基準：3 年を推奨）
- 保存方法：電子ログ（バックアップ）＋紙の保守台帳（必要に応じて）
- 管理責任者：レーザー安全管理者を明確に定める

6 作業環境と管理措置

6.1 作業環境の基本要件

レーザー管理区域の設定

- 管理区域：レーザー光および加工生成物（煙・ガス・粉じん）による危険が存在し、立入制御が必要な区域。

設定基準：

- 公称眼球危険距離（NOHD）を含む範囲を基準とする（装置ごとの計算が必要）。
- 反射光の到達可能範囲（治具・クランプ・鏡面ワークの反射）を考慮する。
- 小規模ワークベンチ型では周囲を含め少なくとも半径 5～10m 相当の遮蔽・管理が望ましいが、NOHD 算定で拡大が必要な場合がある。
- 区域は明確に物理的隔離（エンクロージャ、壁、扉）と表示で分離する。

物理的境界の設置

- 境界要件：
 - 十分な高さ（一般的に 2.5m 以上）と天井までの遮蔽が望ましい。
 - レーザーの波長に対して十分な遮断性を持つ材質を使用（CO₂用の遠赤外遮断材、UV 用の UV 遮蔽材など）。
 - 内部の確認用ウインドウは該当波長を遮断するレーザー保護窓（OD 規格適合）を用いる。
- 推奨材：
つや消し黒の鉄板や吸光性コーティング、波長適合のレーザー保護アクリル／ガラス。

6.2 立入制御システム

入退室管理

- 施錠可能な入口とアクセス権管理（キーカード、キースイッチ等）を設置。
- 入退室記録（ログ）を保存し、無資格者の立入りを防止する。
- 緊急時の退避経路を明示し、常時確保する。

インターロックシステム

- ドアインターロック：扉開放時は即時レーザー発振を停止する設計（フェールセーフ）。
- エリアセンサー（ライトカーテン、レーザースキャナー等）：人侵入時にレーザー停止。死角をなくす配置が必須。
- 停電時や機器故障時の安全側故障（フェールセーフ）を確認する。

6.3 警告・表示システム

必須表示

- レーザー危険警告標識（クラス表示、波長、最大出力、直接光・散乱光の危険）を入口と機器周辺に掲示。
- 立入制限(関係者以外の立入禁止)、PPE（レーザー保護眼鏡等）着用義務、緊急連絡先を明記する。

動作状態表示

- 動作表示灯（赤＝発振中、黄＝準備中、緑＝安全）を設置。
- 発振前に音声またはブザーで警告。異常時は音声アラームで注意喚起。

6.4 換気・集塵システム

局所排気装置

- 設計要件：
 - 加工点での捕集効率が高いこと（目標：捕集効率 95%以上を目安）。
 - フード先端の風速目安：2～3 m/s（形状・距離により変動）。
 - ヒューム発生点での確実な捕集を実現すること。
- フード形状：囲い式フードが推奨。切断ではノズル排気と局所フードを組合せる。

全体換気

- 換気回数：標準目安として 10 回/時以上を推奨（環境・材料により増加必要）。
- 気流制御：作業者に向かう気流を避け、ヒュームが作業者方向に拡散しないよう設計する。
- 屋外排気時は地域法規と周辺環境への配慮を行う。

フィルター・集塵装置

- フィルター構成例：プレフィルタ（粗大粒子）→ HEPA（0.3 μm で 99.97%除去）→ 活性炭（ガス捕集）。
- PVC 等ハロゲン含有材料を加工する場合は、排気系およびフィルタ系の耐食対策と適切なガス処理が必要。
- 差圧計で目詰まり監視、定期的なフィルタ交換を実施し交換時の被曝防止措置を確立する。

6.5 照明・視環境

作業照明

- 照度目安：
 - 一般作業：300～500 lx
 - 精密作業：500～750 lx
 - 検査：750～1000 lx
- 配置は影・グレアを最小にし、均一照度を確保する。

レーザー可視化・反射対策

- 赤外用検出カード、IR ビューワー、熱画像カメラ等で不可視光の確認を行う。
- 鏡面仕上げや光沢面は反射リスクが高いため処理（つや消し化、マスキング）を行う。

6.6 温度・湿度管理

- 適正環境：
 - 温度：20～25℃（±2℃目標）
 - 相対湿度：45～65%RH
- 理由：レーザー発振安定性、光学部品の結露防止、作業者快適性。
- 空調設計は局所排気と調和させ、気流によるヒューム拡散を防ぐ。

6.7 防火・消火対策

火災リスク評価

- 着火源：レーザー直接照射、熱による着火、スパッタによる飛散火花等。
- 可燃物：加工材料（木・布・紙・一部プラスチック）、梱包材、揮発性溶剤など。

防火対策

- 可燃物の持ち込み制限・保管管理を徹底。作業後は速やかに除去する。
- 不燃材料や防火区画を採用し、避難経路を確保する。

消火設備

- 消火器配置：CO₂ 消火器（電気火災対応）および粉末消火器（一般火災）を設置。設置間隔は歩行距離20m 以内が目安。
- 自動消火設備（スプリンクラー、不活性ガス消火）は施設条件に応じて導入検討する。排気や油・溶剤類と相性を確認すること。

6.8 電気設備の安全

- 適切な絶縁・接地と漏電遮断器の配置を行う。
- 配線は規格に従い適切なサイズ・金属管配線とし、過負荷保護を確保する。
- 高電圧部は施錠された電気室に収容し、電気工事は資格者が実施する。

6.9 化学物質管理

- SDS（安全データシート）を全化学物質について保管・周知する。
- 清拭溶剤、防錆剤、冷却液等は専用保管庫で管理し、混合禁止品を分離する。
- 排気で発生する化学物質（塩化水素、VOC 等）は事前評価し、必要に応じて活性炭や中和装置を導入する。

6.10 騒音・振動対策

- 主な騒音源：冷却ファン、集塵装置、真空ポンプ、圧縮機。
- 対策：防音カバー、吸音材、低騒音機器の選定。
- 管理基準：85 dB(A)（8 時間 TWA）以上では聴力保護具を義務付ける。

※ 85 dB(A)（8 時間 TWA）の日常音の例で比較：

- 普通の会話：60～65 dB
- 自動車がそばを通るとき：70～80 dB
- 騒がしい交通の道路沿い（窓を開けている）：85 dB 程度
- 大声を出して話さないと会話ができない工場内や機械作業場：85～90 dB
- 電車が通るガード下や大きなトラックのすぐそば：90 dB 近く

6.11 緊急時対応設備

- 救急箱、AED、担架等の備えを配置。
- 内部通報手段（インターホン、緊急ボタン）および停電対応の通信手段を確保する。

6.12 作業環境測定

測定項目

- 物理的：照度、騒音、温湿度測定
- 化学的：ヒューム濃度（TSP・PM2.5 等）、有機溶剤濃度、塩化水素や一酸化炭素等のガス濃度

測定頻度と記録

- 定期測定：年 2 回以上（設備や材料により増頻度を検討）を推奨。
- 臨時測定：設備変更時、異常発生時、健康被害が疑われる時に実施。
- 測定は有資格者が行い、結果は少なくとも 3 年間保存する。

6.13 管理体制

責任者の配置

- レーザ安全管理者・レーザ機器管理者を任命し、安全対策の総括、教育計画、事故対応指揮を行う。
- 作業主任者は現場の安全確認と作業者の健康管理を担当する。

管理業務

- 日常管理：始業前点検、作業状況の監視、ヒヤリハットの記録と改善。
- 定期管理：設備点検スケジュール、教育訓練の実施、管理措置の見直し。

7 保護具と点検手順

7.1 個人防護具（PPE）の基本

PPE の位置づけ（階層的対策）

安全対策の優先順位：

1. 除去（危険源の排除）
2. 代替（リスクの低い方法への変更）
3. 工学的対策（封じ込め、インターロック、排気など）
4. 管理的対策（SOP、立入管理、監視）
5. 個人防護具（PPE） — 最後の防護手段

重要事項：

- PPE は単独で安全を保証しない。常に上位対策と併用する。
- 適切な選定・装着・点検・保守が必須。

主な法規・規格

- 労働安全衛生法および各国の労働安全基準（労働安全衛生法は、事業者に対して作業内容に応じた保護具を正しく備え付け、かつ労働者に使用させるよう義務付けている）
- JIS C 6802 / IEC 60825 系列（レーザー安全）に基づくレーザー保護眼鏡の適合性・光学密度（OD）選定基準など

7.2 レーザー保護眼鏡（レーザーゴーグル）

レーザー作業で最も重要な PPE はレーザー保護眼鏡です。波長ごとに適合するレーザー保護眼鏡を使用し、OD（光学密度）や有効波長域が装置仕様に一致していることを確認してください。

種類と形状

- レンズ素材：ガラス系（耐久性◎） / プラスチック系（軽量◎）
- 形状：メガネ型（軽作業） / ゴーグル型（密閉性が高い） / 面体型（顔面全体保護）
- 波長選択フィルター付き：CO₂用（遠赤外遮断）、UV 用（短波長遮断）、ファイバー用（近赤外遮断）など

OD（光学密度）と波長レンジの目安 ※ 以下は一般的目安です。

- CO₂（10.6 μm、遠赤外）：
 - 推奨 OD：装置仕様に基づき製造者指示に従う（一般に専用遮蔽窓＋保護具併用）。

例 Co2 水冷 40W レーザー機

最低 OD3+@10,600nm 以上

万一の暴露を考慮する場合は OD6+@10,600nm ～ OD8+@10,600nm を使用する

例 Co2 水冷 150W レーザー機

最低 OD4+ @10,600nm 以上

万一の暴露を考慮する場合は OD7+@10,600nm ～ OD8+@10,600nm を使用する

- ファイバー（約 1064 nm、近赤外）：
 - 最低 OD：4（小出力・短露光時）
 - 推奨 OD：5～7（一般作業）
 - 高出力・連続運転：OD8 以上を検討

例 1000W ファイバーレーザー機

推奨 OD6+@1064nm ～ OD8+@1064nm

例 2000W ファイバーレーザー機

最低 OD6 以上

推奨 OD7+@1064nm ～ OD8+@1064nm 以上

- UV（≈355 nm 等、紫外域）：
 - UV 領域用の専用遮光フィルタが必要（OD で示されるが、可視光透過率と UV 遮断比を確認）
 - 5W 機で最低 OD4、OD5～OD7 推奨

上記の OD 値は一般的な目安です。実際の選定には、ビーム径、露光時間、作業距離、反射条件等を考慮した詳細なリスクアセスメントが必須です。必ずレーザー安全管理者の指示に従ってください

OD と透過率の関係（参考）

- OD4 = 0.01% (1/10,000)
- OD5 = 0.001% (1/100,000)
- OD6 = 0.0001% (1/1,000,000)
- OD7 = 0.00001% (1/10,000,000)

選定基準（チェックポイント）

- 対応波長範囲が装置の波長を完全にカバーしているか
- 必要 OD を満たしているか（レーザ安全管理者の算定結果に従う）
- 可視光透過率（作業性）：通常 20%以上を目安にするが、作業内容による調整が必要
- 機械的強度（ANSI Z87.1 / EN166 準拠推奨）
- 側面保護や密閉性（反射光の侵入防止）
- メガネ併用の可否（度付き眼鏡上から着用可能タイプ等）

着用・点検・保守

- 着用前：レンズの傷・汚れ・コーティング剥離を確認、マーキング（波長・OD）を確認する。
- 使用中：側面からの隙間やフィット感を常時確認（フィットテスト）。
- クリーニング：メーカー指定の溶剤・クロスを使用。硬い物で擦らない。
- 保管：専用ケースに入れ直射日光・高温を避け保管する。
- 廃棄・交換：レンズに深い傷、コーティングはがれ、OD 低下の試験値異常、フレーム破損で即交換。

7.3 保護服・保護手袋

レーザー切断では高温物やスパッタが飛散するため、適切な熱・火花対策が必要です。

保護服の性能要件

- 難燃性（自己消火性）であること
- 溶融しにくい素材（熱で溶けて皮膚に張り付く合成繊維は避ける）
- 十分な引裂強度・摩耗耐性を有すること
- 作業性を損なわない適度な柔軟性

推奨素材と避ける素材

- 推奨：綿 100%、ウール、革、アラミド（例：ノーメックス）、アラミド混紡の耐熱素材
- 避ける：ナイロン・ポリエステル・アクリル（溶融・滴下による二次火傷リスク）、高光沢素材

保護手袋

- 切断・取り扱い（高温部対応）：皮革手袋、溶接用厚手手袋、アラミド製手袋など
- 精密作業用：薄手の耐熱素材で指先感覚を残すタイプを併用（状況に応じて使い分ける）
- 手袋の使用基準：レーザー照射領域での取扱い、スパッタ飛散が予想される作業時、高温部取扱い時に必須

7.4 呼吸保護具（換気・PPE の併用）

加工プルームや有害ガスの暴露を防ぐため、換気が十分でない場合は呼吸保護具が必要です。まずは局所排気とフィルタによる除去を優先し、それでも暴露が残る場合に PPE を用います。

必要性の判断基準

- 材料の種類（PVC、塗装、複合材等の有害物質発生可能性）
- 作業時間・頻度（長時間作業は保護必須）
- 換気・集塵性能（環境測定結果に基づく）

種類と用途

- 防じんマスク（使い捨て）：DS2/DS3 等、粉じん主体の場面
- 取替え式マスク：粒子・ガス両用カートリッジ（組合せ指定）
- PAPR（電動式空気供給式呼吸保護具）：高濃度や長時間作業の推奨方法

フィットテストと管理

- 定性的フィットチェック（簡易）と定量的フィットテスト（測定器による）を実施する。
- フィルタの交換時期はメーカー仕様・使用環境・使用時間などにより決定し、交換履歴を記録する。

7.5 その他の保護具

保護帽・安全靴

- 保護帽：落下物や飛来物から頭部を保護。電気絶縁性等、必要特性を考慮。
- 安全靴：つま先補強（JIS T8101 相当）、踏抜防止、必要に応じて電気絶縁性を選択。

聴覚保護

- 冷却ファン・集塵機・圧縮機などの騒音源がある場合、85 dB(A) を基準に保護具着用を検討。
- 耳栓またはイヤーマフを用いる。

7.6 保護具の管理（保管・共用・清掃）

個人管理 vs 共用管理

- 個人管理推奨：レーザー保護眼鏡、使い捨てマスク、パーソナル PPE（顔面接触があるもの）
- 共用管理：保護服、予備手袋、聴覚保護具（共用時は清拭・消毒を徹底）

保管方法

- 直射日光・高温多湿を避ける（推奨温度帯 5-35°C、相対湿度 85% 以下）
- 専用ケースやハンガーで形状保持、レンズは個別ケースに保管
- 化学物質と分離保管、在庫管理で交換時期を明確化

7.7 日常点検手順（現場で行う項目） 例

レーザー保護眼鏡

- ☐ レンズ表面：傷・コーティング剥離・汚れがないか
- ☐ フレーム：変形・ひび割れ・留め具の緩みがないか

- ☐ マーキング：対応波長・OD 表示が判読できるか
- ☐ 装着感：隙間なくフィットするか

点検方法：明るい光源で透かして確認、複数角度から視認。異常時は直ちに使用中止・交換。

保護服・手袋

- ☐ 破れ・ほつれ・焦げ・溶融痕がないか
- ☐ 汚染（化学物質・油等）の付着がないか
- ☐ 縫い目・ボタン・ジッパーが正常か

呼吸保護具

- 使い捨て式：包装破損の有無、形状確認
- 取替式：面体の亀裂、フィルターの有効期限・詰まり確認、ストラップの弾力性確認

7.8 定期点検・交換基準 例

レーザー保護眼鏡（定期：月次）

- 月次点検内容：
 - 光学特性（透過率・OD が必要な場合は測定機器での確認）
 - 機械的強度（フレームの衝撃・ねじれ）
 - 使用履歴（使用頻度・変色等）を記録
- 交換基準：
 - レンズに深い傷やクラックがある場合は即交換
 - OD 測定で基準外（低下）となった場合は交換
 - フレーム破損やフィット不良がある場合は交換
 - メーカー推奨使用期限到来時

保護服・手袋

- 保護服：使用頻度・汚染状況により 6 ヶ月～1 年を目安に評価・交換
- 手袋：使用状況で 1 か月～3 か月で交換、溶融・穴あき・劣化があれば即交換

呼吸保護具

- フィルター・カートリッジ：使用環境とメーカー指示に従い定期交換（具体的期限を作業環境測定に基づいて設定）
- PAPR のバッテリー・フィルタはメーカー指定周期で点検・交換

7.9 点検記録と管理

必須記録

- 日次点検シート（PPE 使用前チェック）
- 月次・年次点検記録（光学測定、交換履歴）
- フィルタ交換・保守記録、個人ごとの PPE 配布履歴

保存と責任

- 記録保存期間：運用ルールまたは法令準拠（社内推奨：3 年）
- 管理責任者：レーザ安全管理者を明確に指定

7.10 緊急時の取扱い（PPE に関する指示）

- PPE 損傷や露光事故が疑われる場合：ただちに作業中止、該当者の安全確保、管理者へ報告。眼の露光疑いがあれば医療機関へ直行（眼科）。
- 使用済み・汚染した PPE（特に呼吸用フィルタや防護服）は適切に隔離し、必要ならば有害廃棄物手順に従って処理。

8 緊急時対応

8.1 事故発生時の基本対応原則

事故対応の優先順位

1. 人命救助：負傷者の救護
2. 二次災害防止：事故拡大の防止
3. 通報・連絡：関係機関への連絡
4. 現場保全：証拠の保存
5. 報告・記録：詳細な記録作成

初期対応の4原則

- 迅速性（Speed）：
 - 一刻も早い対応
 - 判断の迅速化
 - 行動の素早さ
- 安全性（Safety）：
 - 救助者の安全確保
 - 二次災害の防止
 - 安全な救助方法
- 確実性（Sureness）：
 - 正確な状況把握
 - 適切な処置方法
 - 確実な連絡体制
- 冷静性（Serenity）：
 - パニックの防止
 - 冷静な判断
 - 組織的な対応

8.2 緊急事態の分類

- 眼への照射事故：
 - 直接光による照射
 - 反射光による照射
 - 散乱光による長時間暴露
- 皮膚への照射事故：
 - 直接照射による火傷
 - 高温部品による接触火傷
 - スパッタによる火傷

- レーザー起因火災：
 - 可燃物への直接照射
 - スパッタによる着火
 - 高温部品による着火
- 電気火災：
 - 漏電・短絡による発火
 - 過負荷による発熱
 - 接続不良による発火
- 感電事故：
 - 高電圧部への接触
 - 漏電による感電
 - 水濡れによる感電
- 中毒・窒息事故：
 - ヒューム・ガスによる中毒
 - 酸素欠乏による窒息
 - 化学物質による中毒
- 機械的事故：
 - 可動部への挟まれ
 - 落下物による負傷
 - 転倒・転落事故

8.3 眼への照射事故対応

事故発生直後の対応（最初の 5 分間）

- 第 1 段階：即座の安全確保（0-30 秒）
 - レーザー出力の即座停止
 - 緊急停止ボタンの押下
 - 主電源の遮断
 - キースイッチの OFF
 - 被災者の安全確保
 - ◆ レーザー照射エリアからの退避
 - ◆ 安全な場所への移動
 - ◆ 追加照射の防止
- 第 2 段階：初期対応（30 秒-3 分）
 - 被災者の状態確認
 - 意識レベルの確認
 - 視力状況の聞き取り

- 痛み・異常感の確認
- 応急処置の開始
 - ◆ 被災者を座らせる（安静）
 - ◆ 眼を閉じさせる
 - ◆ 冷静な対応を促す
- 第3段階：連絡・準備（3-5分）
 - 緊急連絡の実施
 - 救急車の要請（119番）
 - 社内管理者への連絡
 - 眼科専門医への連絡
 - 搬送準備
 - ◆ 被災者の身元確認
 - ◆ 事故状況の整理
 - ◆ 付き添い者の手配

やってはいけない行為（禁止事項）

- 眼をこする・触る
 - 角膜損傷の悪化
 - 感染リスクの増大
 - 異物の押し込み
- 点眼薬の使用
 - 不適切な薬剤による悪化
 - アレルギー反応のリスク
 - 医師診断の妨害
- 経過観察での放置
 - 「様子を見る」は危険
 - 時間経過による悪化
 - 治療機会の逸失
- 水道水での洗眼
 - レーザー損傷には通常無効
 - 感染リスクの増大
 - 適切な治療の遅延

医療機関への情報提供

- レーザー仕様
 - 波長：1064nm（ファイバーレーザー）
 - 最大出力：〇〇W
 - パルス/連続波の別

- 照射条件
 - 推定照射時間
 - 照射距離
 - ビーム径
- 被災状況
 - 照射部位（右眼/左眼/両眼）
 - 直接光/反射光の別
 - 被災者の訴え
- 応急処置内容
 - 実施した処置
 - 使用した薬剤
 - 処置時刻

8.4 皮膚への照射事故対応

火傷の重症度判定

- 1 度火傷（軽度）：
 - 皮膚の発赤
 - 軽度の腫れ
 - ヒリヒリ感
- 2 度火傷（中等度）：
 - 水疱の形成
 - 強い痛み
 - 皮膚の剥離
- 3 度火傷（重度）：
 - 皮膚の炭化・白色化
 - 痛みの消失（神経損傷）
 - 深部組織の損傷

応急処置手順

- 冷却処置（20 分間）：
 1. 清潔な流水での冷却
 2. 15～25℃の水温
 3. 直接水流を避ける
 4. 20 分間継続

- 被服の処理：
 - 皮膚に付着した衣服は除去しない
 - 周囲の衣服のみ除去
 - アクセサリーの除去
- 創面の保護：
 - 清潔なガーゼで被覆
 - 軟膏・油脂類は使用しない
 - 水疱は破らない

搬送時の注意事項

- 体位の管理：
 - 火傷面を上にする
 - ショック体位(仰向けの状態で下肢を 15～30cm 挙上する体位)の準備
 - 気道確保の準備(頭部後屈あご先挙上)
- 保温・保湿：
 - 体温低下の防止
 - 適度な保湿
 - 脱水の防止

8.5 火災発生時の対応

火災発見時の初期行動

- 発見者の行動：
 - 「火事だ！」の大声通報
 - 火災報知器の作動
 - 119 番通報
 - 初期消火の実施
 - 避難誘導の開始

消火活動の判断基準

- 初期消火可能な条件：
 - 火災の大きさが天井に達していない
 - 消火器で対応可能な範囲
 - 避難経路が確保されている
 - 複数人での対応が可能
- 避難優先の条件：
 - 火災が天井に達している
 - 有毒ガスの発生

- 避難経路の危険
- 爆発の危険性

消火器の使用方法

- PASS 方法：
 - Pull：安全ピンを抜く
 - Aim：火元に向ける
 - Squeeze：レバーを握る
 - Sweep：左右に掃くように放射
- 使用時の注意：
 - 風上から接近
 - 燃焼物の根元を狙う
 - 後退しながら放射
 - 完全消火の確認

8.6 感電事故の対応

感電者発見時の対応

第1段階：電源の遮断

- ブレーカーの切断
- コンセントの抜取り
- 主電源の遮断

第2段階：感電者の救出

- 絶縁物を使用した救出
- 乾燥した木材・ゴム製品の使用
- 直接接触の禁止

第3段階：応急処置

- 意識・呼吸の確認
- 心肺蘇生法の実施
- AED の使用

心肺蘇生法（CPR）

- 胸骨圧迫：
 - 圧迫位置：胸骨下半分
 - 圧迫深さ：5cm 以上 6cm 以下
 - 圧迫速度：100-120 回/分
 - 圧迫解除：完全に戻す

- 人工呼吸：
 - 気道確保(頭部後屈あご先挙上)
 - 2回の吹き込み
 - 胸の上がりを確認
 - 圧迫と呼吸の比率：
 - 30回圧迫：2回呼吸
 - 救急車到着まで継続

8.7 中毒・窒息事故の対応

ヒューム中毒の対応

- 症状の確認：
 - 呼吸困難
 - 胸部圧迫感
 - 頭痛・めまい
 - 吐き気・嘔吐
- 応急処置：
 - 新鮮な空気のある場所への移動
 - 安静にして座らせる
 - 衣服を緩める
 - 酸素吸入（可能であれば）

化学物質中毒の対応

- 皮膚接触時：
 - 大量の水で洗浄（15分間以上）
 - 汚染衣服の除去
 - 中性石鹼での洗浄
- 吸入時：
 - 新鮮な空気のある場所へ移動
 - 人工呼吸（必要時）
 - 医療機関への搬送
- 誤飲時：
 - 口の中を水でゆすぐ
 - 無理に吐かせない
 - 意識確認と医療機関搬送

8.8 機械的事故の対応

損傷の重症度判定

- 軽度損傷（表層性・軽度切創など）
 - 皮膚の擦過傷・浅い切創
 - 出血が少量で止血しやすい
 - 軽度の疼痛や腫れ
- 中等度損傷（深い切創・圧挫・打撲など）
 - 持続する出血
 - 組織の損傷や皮下出血
 - 著しい腫れ・強い痛み
 - 一部の可動制限（関節や指など）
- 重度損傷（挟まれ・断裂・粉碎骨折など）
 - 大量出血または止血困難
 - 骨・腱・筋肉の露出
 - 感覚の消失（神経損傷）
 - 変形・不自然な角度（骨折の疑い）

応急処置手順

1. 出血の制御

1. 清潔なガーゼや布で直接圧迫止血
2. 出血部位を心臓より高く挙上
3. 圧迫しても止まらない場合は、止血帯を一時的に使用（必要最小限）

2. 汚染防止

- 汚れがある場合は流水または生理食塩水で軽く洗浄
- 異物が深く刺さっている場合は抜かずに固定
- 感染防止のため手指は清潔に保つ

3. 創面の保護

- 清潔なガーゼまたは布で被覆
- 圧迫を避け、緩やかに固定
- 消毒薬の多量使用や軟膏塗布は避ける（医療機関での処置を優先）

4. 冷却（腫脹・痛みが強い場合）

- 15～25℃程度の水または清潔な冷湿布で軽く冷やす
- 直接氷を当てず、タオル越しに短時間冷却（10～15分）

搬送時の注意事項

- 体位の管理
 - 損傷部位を動かさないよう固定
 - 骨折や脱臼が疑われる場合は副木などで固定

- 出血部位を心臓より高く保つ
- ショック症状（顔面蒼白・冷汗・脈拍微弱）がある場合：
 - 仰向け・下肢 15～30cm 挙上（ショック体位）
 - 気道確保（頭部後屈あご先挙上）

● **保温・保湿**

- 毛布などで体温低下を防止
- 出血・脱水を考慮し、意識があれば水分少量摂取可（嘔吐なしの場合）
- 意識障害や顔面蒼白がある場合は飲水禁止

搬送の要否

状況	対応
出血が止まらない	直ちに救急搬送（119 番通報）
骨・腱・神経の損傷が疑われる	速やかに医療機関へ
挟まれ・圧挫で変形・腫脹著明	救急要請
異物が刺さっている	抜かずに固定し搬送
軽度の擦過傷	自己処置後に経過観察

8.9 緊急連絡体制 例

連絡順位と連絡先

- 第 1 次連絡（同時実施）：
 - 救急車：119 番
 - 直属上司：内線〇〇〇
 - 安全管理者：内線〇〇〇
- 第 2 次連絡（状況確認後）：
 - 消防署：119 番（火災時）
 - 警察署：110 番（必要時）
 - 会社代表：代表電話
 - 労働基準監督署：〇〇-〇〇〇〇-〇〇〇〇
- 第 3 次連絡（事後対応）：
 - 保険会社：〇〇-〇〇〇〇-〇〇〇〇
 - 協力会社：〇〇-〇〇〇〇-〇〇〇〇
 - 関係取引先：各担当部署

※ 各事業所で具体的な連絡先を記入してください

連絡時の報告内容

- 基本情報（5W1H）：
 - When：発生日時
 - Where：発生場所
 - Who：関係者（被災者・発見者）
 - What：事故の内容
 - Why：原因（推定）
 - How：発生状況
- 追加報告事項：
 - 被害の程度
 - 応急処置の内容
 - 現在の状況
 - 必要な支援

8.10 避難・誘導手順

避難の原則

- 避難の基本原則：
 - 人命優先
 - 冷静な行動
 - 秩序ある避難
 - 全員確認

避難手順

- 避難指示の伝達：
 1. 館内放送による避難指示
 2. 各部署への直接連絡
 3. 視覚・聴覚両面での伝達
- 避難誘導：
 1. 避難経路の確認・誘導
 2. エレベーター使用禁止
 3. 障害者・負傷者の援助
 4. 最終確認と人員点呼
- 避難場所での対応：
 1. 人員確認
 2. 負傷者の応急手当
 3. 二次災害の防止
 4. 情報収集と指示待ち

8.11 事故報告・記録 例

事故報告書の作成

- 即報（24 時間以内）：
 - 事故発生の第一報
 - 基本的な事実関係
 - 応急処置の内容
 - 今後の対応予定
- 詳報（1 週間以内）：
 - 詳細な事故調査結果
 - 原因分析
 - 再発防止策
 - 責任の所在

記録すべき内容

- 事故状況：
 - 発生日時・場所
 - 天候・作業条件
 - 使用機器・材料
 - 作業内容・手順
- 被害状況：
 - 負傷者の状況
 - 設備・物的被害
 - 作業への影響
 - 環境への影響
- 対応状況：
 - 応急処置の内容
 - 連絡・通報状況
 - 避難・誘導状況
 - 復旧作業状況

8.12 事故調査・分析 例

事故調査の目的

- 再発防止：
 - 根本原因の究明
 - 有効な対策の立案
 - システムの改善

- 責任の明確化：
 - 法的責任の確認
 - 管理責任の明確化
 - 改善責任の所在

調査手法

- 現場調査：
 - 現場の保全・観察
 - 物的証拠の収集
 - 写真・図面の作成
- 関係者聴取：
 - 被災者・目撃者
 - 作業関係者
 - 管理・監督者
- 技術的分析：
 - 機器の故障解析
 - 作業手順の検証
 - 安全対策の評価

8.13 再発防止策

対策の分類

- 根本対策：
 - 設備・システムの改善
 - 作業方法の見直し
 - 管理体制の強化
- 暫定対策：
 - 緊急的な安全措置
 - 作業制限・禁止
 - 監視体制の強化

水平展開

- 類似作業場への展開：
 - 同種設備での対策実施
 - 関連作業での注意喚起
 - 業界全体での情報共有

- 教育・訓練への反映：
 - 事例研究の実施
 - 訓練内容の見直し
 - 意識啓発活動

8.14 訓練・演習

訓練の種類

- 図上訓練：
 - シナリオ想定訓練
 - 対応手順の確認
 - 判断力の向上
- 実技訓練：
 - 消火器使用訓練
 - 心肺蘇生法訓練
 - 避難誘導訓練
- 総合訓練：
 - 関係機関連携訓練
 - 実地的な状況設定
 - 総合的な対応力確認

訓練の実施

- 実施頻度：
 - 年2回以上の実施
 - 新人への個別訓練
 - 設備変更時の特別訓練
- 評価・改善：
 - 訓練結果の評価
 - 問題点の抽出
 - 手順・体制の見直し

9.1 健康管理の重要性

レーザー作業における健康リスク

- 眼への影響：
 - 網膜損傷による視力低下・失明
 - 白内障の進行
 - 眼精疲労・ドライアイ
 - 光過敏症
- 皮膚への影響：
 - 急性・慢性皮膚炎
 - 色素沈着
 - 皮膚癌のリスク増加
 - 光老化の促進
- 呼吸器への影響：
 - 金属ヒューム肺
 - 職業性喘息
 - 慢性閉塞性肺疾患（COPD）
 - 肺線維症
- 全身への影響：
 - 金属熱（Metal Fume Fever）
 - 慢性疲労
 - 免疫機能の低下
 - アレルギー反応

法的根拠

- 労働安全衛生法第 66 条（健康診断）：
 - 事業者は労働者に健康診断を実施する義務
 - 雇入れ時健康診断
 - 定期健康診断（年 1 回以上）
 - 特殊健康診断（有害業務従事者）
- 労働安全衛生規則第 44 条～第 48 条：

労働安全衛生規則第 44 条～第 48 条は、労働者に対する定期健康診断や特定業務従事者・海外派遣者などへの健康診断の詳細を定めた条文です。事業者が実施すべき診断項目や頻度、例外規定が具体的に示されています。

以下は抜粋・要約

■ 第 44 条：定期健康診断【一般労働者】

◆ 対象：常時使用する労働者（特定業務従事者を除く）

◆ 頻度：1 年以内ごとに 1 回

■ 第 45 条：特定業務従事者の健康診断

◆ 対象：高熱・低温・放射線・粉じん・異常気圧・振動・重量物取扱い・騒音・坑内作業・深夜業・有害物取扱いなどに常時従事する労働者

◆ 頻度：6 か月以内ごとに 1 回

※ レーザー加工は、有害業務のリストには入っていませんが、有害業務扱いとなり、特殊健康診断に該当するケースがあります。

■ 第 47 条：健康診断結果の記録・保存

◆ 義務：事業者は健康診断結果を記録し、5 年間保存する必要がある

9.2 健康診断の種類と内容

雇入れ時健康診断

● 実施時期：

■ 雇入れ時（原則として雇入れ前）

■ 配置転換時（レーザー作業への従事開始時）

● 検査項目：

1. 既往歴・業務歴の調査
2. 自覚症状・他覚症状の有無
3. 身長・体重・BMI
4. 視力・聴力検査
5. 胸部 X 線検査
6. 血圧測定
7. 血液検査（貧血・肝機能・血糖・血中脂質）
8. 心電図検査
9. 尿検査（蛋白・糖・潜血）

定期健康診断

● 実施頻度：

■ 年 1 回以上（一般労働者）

■ 年 2 回以上（深夜業務従事者）

● 基本検査項目：（雇入れ時健康診断と同様の項目に加えて：）

■ 眼科精密検査（レーザー作業者）

■ 呼吸機能検査（ヒューム暴露者）

特殊健康診断

法令義務の健康診断に加え、厚生労働省の通達により、クラス 3R を超えるレーザー業務従事者には以下の項目を含む健康診断（眼科検査等）の実施が指導されています(法令義務ではなく厚生労働省の指導・推奨（通達））。

- 対象者：
 - クラス 3R を超えるレーザー作業従事者
 - 有害物質取扱者
 - 粉じん作業従事者

- レーザー作業従事者特殊健康診断：
 - 眼科検査
 - 視力検査（裸眼・矯正）
 - 視野検査
 - 眼底検査
 - 細隙灯顕微鏡検査
 - 眼圧測定

- 皮膚科検査
 - 皮膚の視診・触診
 - 色素沈着の確認
 - 皮膚炎の有無
 - 問診
 - 眼の症状（かすみ・痛み・充血等）
 - 皮膚の症状（発疹・痒み・色素沈着等）
 - 全身症状（疲労・頭痛等）

臨時健康診断

- 実施時期：
 - 有害業務への就業制限解除時
 - 健康診断結果で異常が認められた場合
 - 事故・災害発生時
 - 作業環境の大幅な変更時

9.3 健康診断結果の評価と措置

判定区分

判定	状況	就業可否・対応
A 判定（異常なし）	通常業務継続可能	次回定期健康診断まで経過観察
B 判定（軽度異常）	業務継続可能	生活指導 保健指導、経過観察強化
C 判定（要精密検査）	精密検査必要	専門医での精密検査、結果により就業制限検討
D 判定（要治療）	治療必要	医療機関での治療、就業制限・配置転換検討
E 判定（要休業）	就業禁止	治療専念 回復後の復職判定

就業上の措置

- 作業環境の改善：
 - 局所排気装置の改善
 - 作業時間の短縮
 - 保護具の見直し
- 作業方法の変更：
 - 作業手順の見直し
 - 自動化・機械化の推進
 - 作業ローテーションの実施
- 配置転換：
 - 他部署への配置変更
 - 職種変更
 - 勤務時間の調整
- 就業制限・禁止：
 - 一時的な作業中止
 - 復職までの療養
 - 定期的な経過観察

9.4 記録の種類と内容

下表のような種類・内容の記録を残します。

区分	記録種類	主な記載内容
健康診断関連記録	健康診断個人票	氏名・生年月日・性別／所属・職種・業務歴／健康診断実施日・実施機関／検査項目・検査結果／医師の意見・指導内容／事後措置の内容
	健康診断結果一覧表	受診者数・受診率／判定区分別人数／有所見率／前年度との比較
作業環境測定記録	測定結果記録	測定日時・測定者／測定箇所・測定条件／測定値・評価結果／改善措置の内容
	測定点配置図	作業場の見取り図／測定点の位置／設備配置との関係
事故・災害記録	事故報告書	発生日時・場所／被災者情報／事故状況・原因／応急処置・治療状況／再発防止策
	ヒヤリハット報告書	発生日時・場所／発生状況・原因／予想される被害／改善提案
教育訓練記録	安全衛生教育記録	実施日時・場所／教育内容・講師／受講者名簿／理解度確認結果
	特別教育記録	レーザー取扱特別教育／有機溶剤取扱教育／酸素欠乏危険作業教育

9.5 記録の保存期間と管理

法定保存期間

保存期間	記録種類	対象業務・対象物質	根拠条文
5 年間保存	健康診断個人票	全労働者（一般定期健康診断）	安衛則 第 51 条第 7 項
	健康診断結果一覧表	全労働者（事業場単位集計）	安衛則 第 51 条第 7 項
	特殊健康診断結果（一般）	特殊健康診断対象業務（有機溶剤、騒音、VDT 等）	安衛則 第 51 条第 7 項
	労働者死傷病報告（労災記録）	全労働災害（死傷病）	労基法 第 109 条／安衛則 第 100 条
3 年間保存	安全衛生教育記録（特別教育含む）	特別教育対象業務（レーザー、有機溶剤、酸欠作業 等）	安衛則 第 59 条第 6 項
	作業環境改善記録	作業環境測定結果に基づく改善措置	安衛則 第 65 条第 6 項
	設備点検記録	局所排気装置・換気設備などの自主検査	安衛則 第 30 条・第 31 条
	作業環境測定結果（一般）	一般作業環境（騒音、照度 等）	安衛則 第 65 条第 6 項
長期保存 (7～40 年)	粉じん作業環境測定記録（7 年）	粉じん作業（研磨、切断、鋳業 等）	安衛則 第 65 条第 6 項但書
	特定化学物質・発がん性物質関連記録（30 年）	ベンゼン、クロム酸塩、ホルムアルデヒド 等	特化則 第 38 条・第 39 条
	電離放射線業務記録（30 年）	放射線業務従事者（医療・研究・原子力関連）	電離放射線障害防止規則 第 8 条・第 9 条
	石綿関連記録（40 年）	石綿取扱業務（解体、吹付け、保温材除去 等）	石綿障害予防規則 第 40 条・第 41 条

※ 実務上は法定期間を超えて保存することを推奨されている（特に重大災害や職業病に関する記録）

記録管理の原則

- 正確性の確保：
 - 記録内容の正確性
 - 記載者・確認者の明確化
 - 修正時の履歴保存

- 機密性の保持：
 - 個人情報の適切な管理
 - アクセス権限の設定
 - 情報漏洩の防止

- 利用可能性の確保：
 - 必要時の迅速な検索
 - データベース化
 - バックアップの作成

レーザー・光学関連

- **LASER（レーザー または レーザ）**

- **説明:** "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"（誘導放出による光の増幅）の頭文字をとったもの。特定の波長の光を増幅して放出する技術。
- **特徴:** 通常の光とは異なり、「指向性」（平行に進む）、「単色性」（単一の波長）、「位相整合（コヒーレンス）」（波が揃っている）、「高輝度」といった特徴を持ちます。これにより、エネルギーを一点に集中させ、材料の加工（切断、彫刻など）が可能になります。

- **CO₂レーザー**

- **説明:** 波長 10.6 μm （マイクロメートル）の遠赤外線域のレーザーです。
- **特徴:** 人間の目には見えません（不可視）。主に有機材料（木材、紙、布、アクリルなど）や非金属の切断・彫刻に最適です。皮膚や角膜で吸収されやすく、熱災害や火災の危険があります。

- **UV レーザー**

- **説明:** 波長約 355 nm（ナノメートル）などの短波長（紫外域）のレーザーです。
- **特徴:** 光化学的アブレーション（低熱影響での材料除去）により、微細加工や高精細な彫刻に適しています。目に見えないか弱く、網膜よりも角膜や水晶体で吸収され、光化学的眼損傷（角膜炎など）や皮膚炎のリスクがあります。

- **ファイバーレーザー**

- **説明:** 波長約 1064 nm（近赤外）のレーザーです。
- **特徴:** 人間の目には見えません（不可視）。主に金属のマーキングや切断に優れています。光ファイバーで伝送できるため、コンパクトで高効率です。近赤外域は網膜に集光しやすく、網膜損傷（失明）のリスクが最も高いのが特徴です。

- **OD（Optical Density：光学密度）**

- **説明:** 光の透過の程度を対数で表した指標（指針）です。レーザー保護眼鏡の性能を示すために使われ、OD 値が高いほど、特定の波長のレーザー光をより多く遮断（減衰）できます。
- **選定:** CO₂、UV、ファイバーレーザーでは波長が異なるため、それぞれ専用の OD 値と波長帯が指定された保護眼鏡が必要です。

- **MPE（Maximum Permissible Exposure：最大許容露光量）**

目や皮膚が安全に曝露できると定められたレーザー光の最大レベルです。波長、パルス幅、露光時間によって値が変わります。

- **NOHD（Nominal Ocular Hazard Distance：公称眼球危険距離）**

レーザービームが拡散し、そのエネルギー密度が MPE 以下になるまでの距離を指します。高出力の切断機ではこの距離が数メートルから数百メートルに及ぶこともあり、管理区域設定の基準となります。

- **アブレーション（蒸散）加工**

レーザー彫刻や微細加工に用いられる加工方式の一つ。レーザー光の照射による瞬間的な加熱、蒸発、プラズマ化によって材料表面を除去する技術です。

- **鏡面反射**

金属や光沢面などで起こる、入射角と反射角が等しくなる反射。パワーがほとんど保持されたまま反射するため非常に危険です。特にファイバーレーザーは金属で強く反射します。

- **乱反射**

粗面や飛沫（溶融物）から多方向へ光が散乱すること。鏡面反射より危険度は低いものの、周囲に被害を招く可能性があります。

- **バックリフレクション（逆方向反射）**

ファイバーレーザーで金属などを加工する際に生じる、レーザー光の発振器側への強い反射。機器（特にファイバー端面や発振器）を損傷させる原因となります。

安全管理・法令関連

- **PPE（Personal Protective Equipment：個人防護具）**

- **説明:** 個人が身につける防護具の総称。レーザー作業では、レーザー保護眼鏡、保護服、保護手袋、呼吸保護具などが含まれます。

- **位置づけ:** 安全対策の優先順位（工学的対策＞管理的対策＞個人防護具）において、「最後の防護手段」と位置づけられます。

- **レーザー保護眼鏡（レーザーゴーグル）**

レーザー作業で最も重要な PPE です。使用するレーザーの波長帯（CO₂、UV、ファイバーなど）と出力に適した光学濃度（OD）のものを正しく選定・着用する必要があります。

- **レーザークラス分類**

- **説明:** JIS 規格（JIS C 6802）に基づき、レーザー製品の危険度を分類したものです。

- **クラス 4:** 最も危険度が高い分類。直射光だけでなく散乱光も目や皮膚に重大な危険を及ぼし、火災リスクも高いレベルです。

- **レーザ安全管理者 (LSO)**

クラス 4 レーザーなどの管理において、安全管理体制の構築、教育訓練、管理区域の設定、保護具の選定、事故対応などを統括する責任者。JIS 規格などで任命が要求されています。

LSO ; Laser Safety Officer

- **レーザ機器管理者**

厚生労働省「レーザー光線による障害防止対策要綱」（基発第 0325002 号）で定められた労働者の健康障害（失明・皮膚障害など）を防止するための現場管理者。

- **レーザ安全管理者とレーザ機器管理者**

「レーザ安全管理者」は JIS C 6802:2025 に基づく国際整合の役割であり、「レーザ機器管理者」は厚労省の障害防止対策要綱に基づく国内実務上の役割です。両者は目的・根拠・責任範囲が異なります。

- **管理区域**

クラス 4 レーザーなどで、NOHD（公称眼球危険距離）や反射光を考慮し、レーザー光による危険が存在するため立入制御が必要な区域。物理的な境界（壁やエンクロージャ）で隔離し、警告表示やインターロック付きの扉を設ける必要があります。

- **インターロック**

安全装置の一つ。機器のカバーや管理区域の扉が開いている状態では、レーザーが発振しないように即座に停止させる仕組みです。

- **ディフィート（インターロックの無効化）**

保守や調整のためにインターロックを意図的に無効化すること。重大な事故につながるため原則禁止です。

- **SOP（Standard Operating Procedures：標準作業手順書）**

機器の起動、操作、停止、点検、緊急時対応などの手順を具体的に定めた文書。安全教育を受けた操作者のみが、この手順書に従って作業を行います。

- **リスクアセスメント**

作業に潜む危険性（リスク）を特定し、その影響の大きさを評価し、対策を講じること。新しい材料や加工条件を試す際には、必ず実施する必要があります。

- **労働安全衛生法**

労働者の安全と健康の確保、快適な職場環境の形成を目的とした法律。事業者には安全衛生教育、健康診断、危険防止措置などが義務付けられている。

- **フェールセーフ**

装置が故障したり、停電したりした場合でも、必ず安全側に動作する（例: レーザーが停止する）ように設計する考え方。

- **ISO (International Organization for Standardization：国際標準化機構)**

世界中で通用する規格（スタンダード）を制定する非政府組織です。

- **ICS (International Classification for Standards：国際規格分類)**

ISO が定めた国際規格の分類体系で、規格を分野別に整理するためのコード。

- **ICS 13.110**

「13.110」は「安全機器（Safety equipment）」に該当。レーザー関連では、個人用保護具（PPE）、安全標識や警告装置、インターロック装置、火災防止・消火装置、ガス・化学物質検知器などが扱われている。

- **ICS 31.260**

「31.260」は光と電子の相互作用を利用した技術や機器に関する規格で、「レーザーおよびレーザー関連機器」が含まれている、

機器・操作関連

- **局所排気装置**

加工時に発生するプルーム（煙、ガス、粉じん）を、発生源（加工点）の近くで吸引し、作業者が吸い込む前に除去する装置。

- **HEPA フィルタ**

高性能エアフィルターの一種。金属加工時などに発生する微粒子（エアロゾル）を除去するために使用されます。0.3 μ m の粒子を 99.97%以上捕集する性能を持ちます。

- **活性炭フィルタ**

揮発性有機化合物（VOC）や臭気など、ガス状の化学物質を吸着・除去するために使用されるフィルタ。HEPA フィルタと組み合わせて使用されます。

- **助燃ガス（アシストガス）**

- **説明:** おもにファイバーレーザー切断時に、加工ヘッドのノズルから加工点に吹き付けられるガス（酸素、窒素、エアなど）。
- **役割:** 溶融した金属の除去、切断面の酸化防止（窒素使用時）、燃焼の促進（酸素使用時）などの役割があります。

- **ガルバノスキャナ**

レーザーマーキング（高速彫刻）機などで使用される、高精度なミラーの機構。レーザービームを高速で走査（スキャン）させ、文字や図形を描画します。

- **アイソレータ**

ファイバーレーザー発振器に組み込まれる光学部品。レーザー光を一方方向にのみ通過させ、バックリフレクション（逆方向反射）が発振器に戻るのを防ぐ役割があります。

- **ビームストップ／アブソーバ**

不要なレーザービームを安全に吸収し、熱に変換する装置。意図しない反射や透過を防ぐために光路の終端などに設置されます。

健康・リスク関連

- **プルーム**

レーザー加工（彫刻・切断）時に、材料が蒸発・分解して発生する微粒子（煙、ヒューム）やガスの総称。作業者の健康被害や設備の腐食の原因となります。

- **ヒューム**

プルームの中でも、特に金属が蒸発した後に冷却・凝固して発生する微細な固体粒子を指すことが多いです。吸入すると呼吸器系に影響を与える可能性があります。

- **塩化水素 (HCl)**

PVC（塩化ビニル）などのハロゲン系材料をレーザー加工した際に発生する、腐食性が高く有毒なガス。排気系の腐食や作業者の健康被害を招くため、原則として加工禁止か、専門的な排気処理が必要です。

- **VOC（Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物）**

常温で容易に蒸発する有機化合物の総称。木材や紙、布などを加工する際に発生することがあり、健康被害の原因となる場合があります。

- **光化学的損傷**

UV（紫外）レーザーなど、波長が短い光によって引き起こされる生体（特に目や皮膚）の化学的損傷。角膜炎、白内障リスク、皮膚炎などの原因となります。

- **網膜熱損傷**

ファイバーレーザー（近赤外）や可視光レーザーが、眼球の水晶体で集光され、網膜を熱的に破壊する損傷。無痛で不可逆的な損傷（失明）に至るリスクが非常に高いのが特徴です。

- **特殊健康診断**

- 説明: 労働安全衛生法に基づき、有害な業務に従事する労働者に対して実施が義務付けられている健康診断。
- レーザー作業者: クラス 3R を超えるレーザー業務従事者には、眼科検査（視力、眼底検査など）や皮膚科検査を含む健康診断の実施が指導されています。