

5. レーザー光線および有害光線

1960年にルビーレーザーが発明されて以来、レーザーの高性能化が進み、高強度、大出力、様々なスペクトルをもつレーザー光源が開発されている。レーザーは単色性、高指向性、可干渉性に優れており、レンズなどにより微小領域に集光させることができるため、レーザー光の被爆により、眼や皮膚などへの障害を起こす危険性がある。光源開発はレーザー以外でもLED等において、波長の短い紫外線や波長の長い赤外線、マイクロ波領域まで行われている。波長によっては眼で見ることができないため、特に注意する必要がある。暴露量が大きい場合には眼や皮膚などへの障害が生じるため、保護眼鏡、保護着衣の使用など労働衛生上の配慮を十分にすべきである。ここでは、昭和61年1月27日付の基発第39号通達「レーザー光線による障害防止対策要領」と財団法人光産業技術振興協会編集の「レーザ安全ガイドブック」を基にレーザー光および有害光線の安全な使用と対策について紹介する。

5.1 レーザー光・有害光線による生体の障害

光による人体障害は、最も光に対して敏感な目とその他の部分である皮膚とで程度が異なる。また、表1に示すように光の波長によって人体における障害が異なる。さらに人体の障害は、光の総エネルギー、パワーではなく、エネルギー密度（単位面積あたりの光エネルギー）で決まる。

紫外線の暴露が大きい場合は、皮膚に対して老化と同様の変化を起こし、皮膚ガンの原因にもなる。眼に対する障害も大きく、角膜、水晶体、網膜も影響を受ける。

可視光および近赤外光では、角膜および水晶体は透明であり、水晶体の集光作用によって眼底が影響を受ける。

赤外線は、生体内で比較的深部にまで到達し吸収される。眼では白内障の原因となり、皮膚への局所的暴露が著しい場合は、熱性紅斑と呼ばれる皮膚異常を起こすことがある。

表1 過度のレーザー光に暴露した場合の生体障害

CIE 波長領域	眼	皮膚
紫外 C (UV-C) (100-280nm)	角膜障害	紅しん（日焼け） 皮膚老化の促進、色素の増加
紫外 B (UV-B) (280-315nm)	角膜障害	紅しん（日焼け） 皮膚老化の促進、色素の増加
紫外 A (UV-A) (315-400nm)	角膜障害、白内障	火傷、色素の黒化 光による反応
可視 (VISIBLE) (400-780nm)	網膜損傷	火傷
赤外 A (IR-A) (780-1400nm)	網膜損傷、白内障	火傷
赤外 B (IR-B) (1.4-3 μm)	角膜障害、白内障	火傷
赤外 C (IR-C) (3 μm-1mm)	角膜障害、白内障	火傷

赤外線より波長の長いマイクロ波（波長 1mm から 1m）は、レーダー、電子レンジなどで被爆のおそれがあり、赤外線よりも深く生体内部に到達する。

5. 2 レーザー機器のクラス

レーザー光線による生体への主な障害として、眼、皮膚での暴露による障害が考えられる。レーザーの波長や放出持続時間に応じて被爆放出限界が決められるが、一般に用いられるレーザー機器の人体に与える影響の程度にかかる等級で分類されている。分類を表2にまとめる。

表2 レーザーのクラスと危険度

クラス	パワーの目安	危険度
クラス1	0.39μW以下	(本質的に安全) 最大許容露光量を超えないもの。 人体に障害を与えない低出力のもの
クラス2	1mW以下	(安全) 可視光域(波長400nm~700nm)のレーザーで、人体の防御反応(瞬きなど)により障害を回避し得る程度の出力以下。長時間の暴露は障害を及ぼす。
クラス1M クラス2M クラス3R	5mW以下	(少し危険) 光学的手段でのビーム内観察は危険で、放出レベルがクラス2の出力の5倍以下のもの。
クラス3B	0.5W以下	(かなり危険) 直接又は鏡面反射によるレーザー光線の暴露により眼の障害を生じる可能性があるが、拡散反射によるレーザー光線に暴露しても眼の障害を生じる可能性のない出力。眼や皮膚等の人体への障害の他に火炎の危険性もある。
クラス4	0.5W超	(とても危険) 拡散反射によるレーザー光線の暴露でも眼に障害を与える可能性のある出力。眼や皮膚等の人体への障害の他に火炎の危険性もある。

以下、危険を伴うクラスのレーザー機器に関する措置について中央衛生情報センター「レーザー光線による障害の防止対策について」に準じて示す。

クラス1M又はクラス2Mのレーザー機器に係る措置

1 レーザー機器

レーザー光路に対し、次の措置を講じること。

- (1) 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。
- (2) JIS規格10.6に掲げるレーザー機器にあっては、レーザー光路の末端は、適切な反射率と耐熱性をもつ拡散反射体又は吸収体で終端すること。

2 作業管理等

(1) 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。

(2) 点検・整備

イ 作業開始前に、レーザー光路等レーザー機器の点検を行うこと。

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] 安全装置等の作動状態の異常の有無
- [4] パワーメーター、パワーモニター等の異常の有無
- [5] ファンその他の可動部分の異常の有無

(3)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就かせ、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] 緊急時の措置

3 その他

- (1) レーザー機器等の見やすい箇所に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を掲示すること。
- (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。

クラス3Rのレーザー機器に係る措置

1 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 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ついては、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 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ついては、レーザー光路の末端は、適切な反射率と耐熱性を持つ拡散反射体又は吸収体とすること。

(2) 警報装置

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ついては、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。

(3) レーザー光線の放出口には、その旨の表示を行うこと。

2 作業管理・健康管理等

(1) 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。

(2) 保護具等の使用

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を取り扱う業務又は当該レーザー光線にさらされるおそれのある業務を行う場合には、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。

(3) 点検・整備

イ 作業開始前に、次に定めるところにより、レーザー光路、インターロック機能等レーザー機器及び保護具の点検を行うこと。

[1] レーザー機器管理者を選任している場合は、レーザー機器管理者が自ら行い、又はレーザー業務従事者に行わせること。

[2] レーザー機器管理者を選任していない場合は、レーザー業務従事者が自ら行うこと。

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] パワーメーター、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

(4) 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

(5) 健康管理

レーザー業務従事者(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を取り扱う業務又は当該レーザー光線にさらされるおそれのある業務に常時従事する労働者に限る)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）検査を行うこと。

3 その他

(1) レーザー機器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を選任した場合には、その者の氏名

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

(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。

クラス3B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、次により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、レーザー光路のしゃ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) 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。

(2) 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(注)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い衣服を作業者に着用させること。

(3) 点検・整備

イ 作業開始前に、レーザー機器管理者は、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] パワーメーター、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

(4) 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

(5) 健康管理

レーザー業務従事者については、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) レーザー光路の付近に、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。

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しゃ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、レーザー光路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(注)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。特に熔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] パワーメーター、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

レーザー業務従事者については、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。

5. 3 レーザー使用上の注意事項

レーザーを使用する上での注意事項を「レーザーの知識」、「レーザー使用室における環境」、「作業前の準備」、「作業時の注意」に分けて記載する。ここで挙げた項目以外にも使用状況に応じて適切な措置を講じ、安全に実験作業を行うようにすべきである。

5. 3. 1 レーザーの知識

- (1) レーザー使用前にレーザーの使用方法、レーザーのクラス、構造、危険度、緊急時の措置および退避方法などを教員から必ず指導を受け、熟知しておくこと。
- (2) 使用マニュアルを熟読し、適切な手順・状況でレーザーを使用すること。
- (3) 使用するレーザーの波長、強度、パワーを十分に理解すること。パルス光の場合には光電場の尖塔値が非常に大きく、またハイパワーレーザーの場合はパワーが非常に大きい場合があるので特に注意する。

5. 3. 2 レーザー使用室における環境

- (1) レーザーを使用する部屋では、レーザー使用に関する危険表示をすること。
- (2) レーザー使用中は、警告のために掲示などを行うこと。
- (3) 作業中のレーザー実験室への入室制限をし、座って作業する環境とレーザー実験室と同居させないこと。
- (4) 爆発性の物、引火性の物等を持ち込まないこと。
- (5) 光源システムには、高圧電源、高圧ガス、有害物質、有毒ガスなどが使用されている場合があり、その取り扱いには十分注意すること。
- (6) レーザー加工などにおいては、レーザービーム照射で高温に加熱されることで有機物が分解する、金属酸化物などの粉塵が発生するなど有害ガス、粉じん等が発生する場合は、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。
- (7) 色素レーザーにおいては色素の使用、廃液処理を適切に行うこと。

5. 3. 3 作業前の準備

- (1) 使用波長に応じた有効な保護眼鏡（ゴーグル）を着用すること。
- (2) 作業中は時計、指輪、ブレスレットなど光を反射する物を身に着けないこと。
- (3) レーザーが直接皮膚に当たると火傷をする危険があるので、長袖の作業着を着ること。
- (4) 使用前には電源、冷却水の水回り等の点検を行うこと。

5. 3. 4 作業時の注意

- (1) 作業時は、いすに座って作業せずに、眼の位置は必ず光路の高さに近づけないこと。
- (2) 光学系の調整時には、レーザー出力を小さくするか Neutral Density フィルター等によりパワーを十分に減衰させ、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。また、上述のように使用波長に応じた有効な保護眼鏡を着用すること。
- (3) 鏡、レンズ、試料などで必ず反射が起こるので、ビーム光路に十分配慮し、反射光・拡散

- 光などが本人または他の実験者に被爆させることのないようにすること。
- (4) ビームを遮断させる場合には、材質に注意し、火災の原因にならないようすること。
 - (5) YAG レーザーなどの赤外レーザーやエキシマレーザーなどの紫外レーザーは、眼で見ることができないため、非常に危険であり、事故につながるおそれがあるため、十分に注意をして実験を行う必要がある。このため、可視光をガイド光として光学系の調整に利用することや赤外光・紫外光照射により可視光を発光するセンサーを用い、光路を的確に把握すること。
 - (6) レーザー光線による障害の疑いがある者は、速やかに医師による診察を受け、適切な措置を受けること。

参 考 文 献

- (1) 中央衛生情報センター「レーザー光線による障害の防止対策について」
- (2) レーザー安全ガイドブック 第3版, 新技術コミュニケーションズ
- (3) 神戸大学理学部 安全の手引き