

# 安全なレーザー実験のために

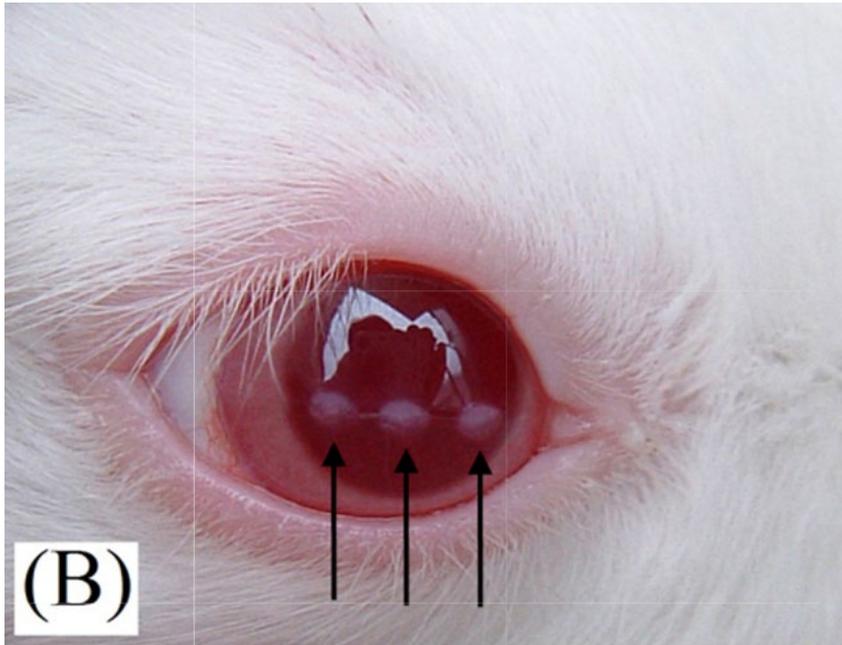
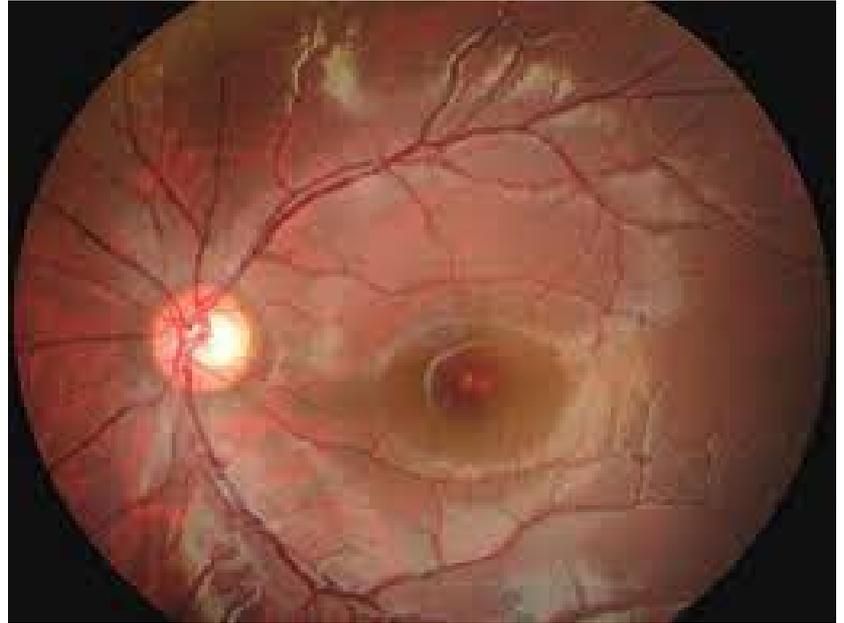
理学部物理学科  
固体物理学講座  
西沢グループ

事故事例として多少グロテスクな  
写真などが出ます。  
注意して閲覧して下さい



# 安全講習の必要性

レーザーによる視力障害は治らない



# レーザーの危険性

- ・ 高輝度

- 局所にエネルギーが集中する  
(目や皮膚障害、火災を引き起こす)



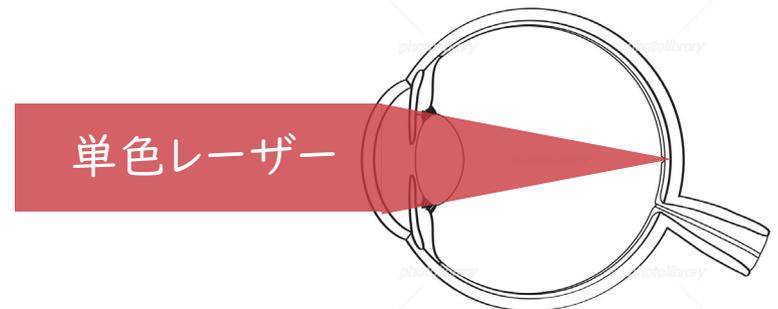
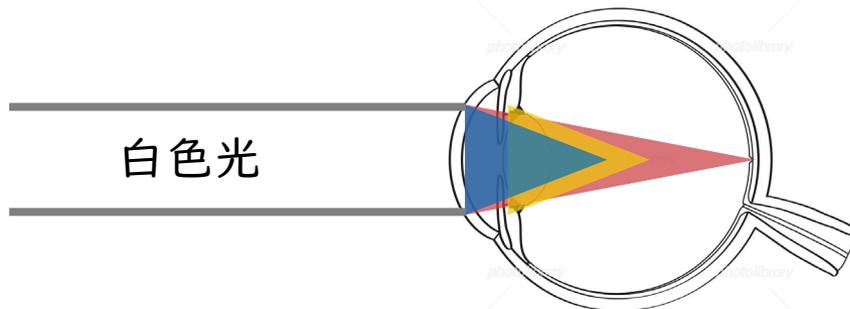
- ・ 指向性 (平行性)

- 遠く離れてもビームが拡がらない  
(離れていても危険)

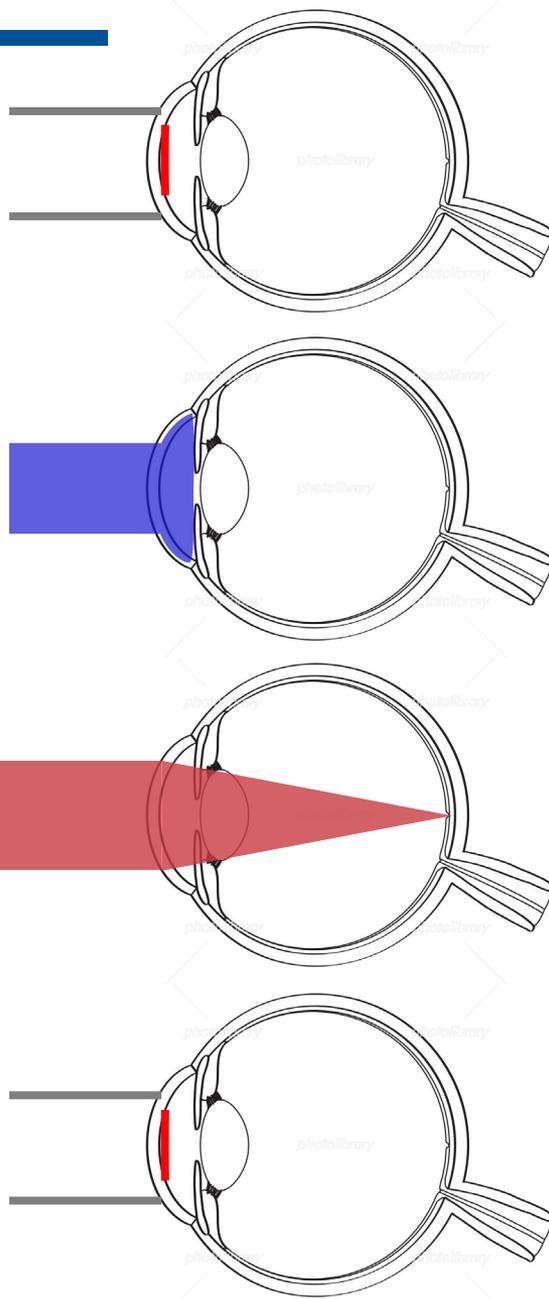
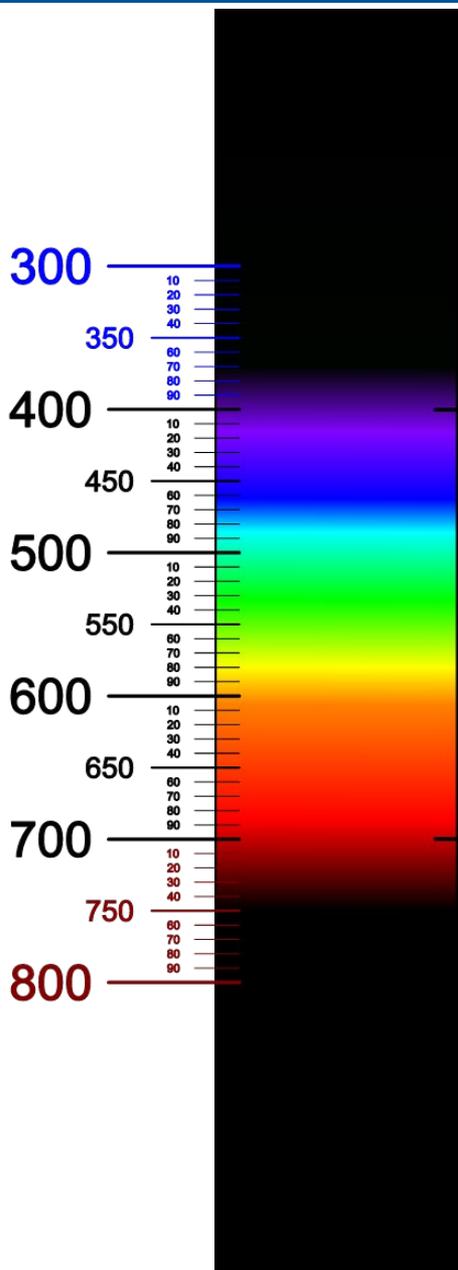


- ・ 単色性

- 一点で焦点を結ぶ



# 目の損傷



紫外線領域

防御反応なし

光化学作用、熱作用による  
角膜、結膜の激痛を伴う炎症  
(角膜損傷)

近紫外～可視光領域

熱作用による水晶体の混濁  
(水晶体損傷)

瞬きによる防御反応  
(0.25s)

赤～近赤外領域

光化学作用、熱作用、衝撃波  
による網膜損傷

防御反応なし

赤外領域

熱作用による  
角膜火傷、白内障

# レーザー事故例

症例	年齢	レーザー	年	状況	最終視力
大学講師	34	ルビー	1965	ガラス板反射	0.9
研究員	35	Nd:YAG	1975	直接	0.06
大学院生	23	Nd:YAG SHG	1982	直接	0.2~0.4
大学生	22	Nd:YAG	1984	実験見学中反射	0.1~0.6
研究員	43	Nd:YAG pulse	1987	直接	0.04
大学院生	29	Nd:YAG SHG	1992	IRカードで反射	0.02~0.7
大学講師	34	Nd:YAG	1995	プリズム反射	0.9
研究員	31	Nd:YAG	1996	実験中、ミラー回転	0.06
大学院生	23	Nd:YAG	1998	実習	0.3
研究員	30	Ti:Sapphire	1999	偏光板操作中	0.7
大学生	21	Ti:Sapphire	2004	実験見学中反射	0.1以下

色分解できる黄斑部を失うと視力があっても色を失う

(見ようとしたときの結像位置は黄斑部であるため、損傷の殆どは黄斑部)

網膜損傷の場合、メガネでは矯正不可能(再生医療技術の発展に期待するのみ)

# レーザーによる目の損傷を防ぐために

- ・ 使用しているレーザーの種類と危険性を知る
- ・ 危険性が高いレーザーの場合は、  
適合するレーザーゴーグルを使う
- ・ レーザー光が想定外のところに行かないように、  
実験系（光学系）の組み立てを行う
- ・ 反射しやすいもの（腕時計や指輪など）は  
身につけない
- ・ 光軸調整の間は部屋を暗くしない  
（瞳孔の大きさが7倍、網膜到達光量は50倍）
- ・ レーザー光と同じ高さで作業しない、頭を下げない
- ・ レーザー光のないときに調整しない
- ・ 実験室入室の際のルールを厳守する

# レーザーのクラス分け

クラス	放射安全基準
1	人体に障害を与えない低出力のもの（例：He-Ne レーザーで0.39mW以下）
1M	光学機器を用いてレーザー光を集光し観察すると危険であるが、裸眼での観察はクラス1と同じく安全
2	可視光レーザー（波長400～700nm）で、 <u>人体の防御反応（目の瞬き、頭の回避行動）により障害を回避しうる程度</u> の出力（可視光出力でCW 1mW以下）
2M	可視光レーザーに適用され、人体の防御反応（目の瞬き、頭の回避行動）により普通に使えば安全。光学機器（双眼鏡又はルーペなど）を用いて観察すると危険
3R	直接のビーム内観察は潜在的に危険。可視光（400～700nm）のレーザーはクラス2の5倍の出力。それ以外の波長のレーザーは、クラス1の5倍の出力
3B	直接又は鏡面反射によるレーザー光線の暴露により、目の傷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目の傷害を生じる可能性のない出力（おおむねCWで0.5W以下）
4	拡散反射によるレーザー光線の暴露でも、目や皮膚に損傷を与える可能性のある出力（おおむねCWで0.5Wを超える）のもの

マウス  
(レーザー)

レーザー  
ポインター

注意

厳注意

安全    少し危険    かなり危険    とても危険

起動にカギが必要なものは要注意

# 適合するゴーグル

レーザーゴーグル(保護メガネ)の指標

$$OD = \log_{10} \left( \frac{1}{T} \right), \quad T = 10^{-OD}$$

$T$ : 透過率

$OD$ が大きければ $T$ が小さくなる

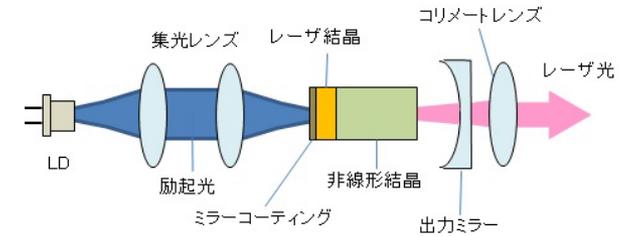
写真	数	波長域におけるOD値	適用
	1	190 – 390 nm OD5+ ; 625 – 860 nm OD3+ ; 670 – 835 nm OD5+	紫外、赤外用
	1	200 – 524 nm OD6 ; 525 – 537 nm OD5 ; 860 – 1090 nm OD6	可視光用
	2	190 – 400 nm OD5+ ; 808 – 840 nm OD4+ ; 840 – 950 nm OD5+ ; 950 – 1080 nm OD7+ ; 1080 – 1090 nm OD5+	赤外用
	1	532 nm OD2	532nm (簡易レーザー用)

# 使用レーザーと対応ゴーグル

## 使用中のレーザー



DPSS Laser: Diode Pumped Solid State Laser



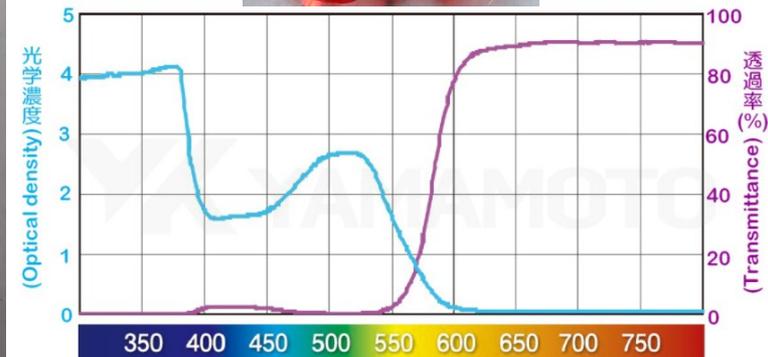
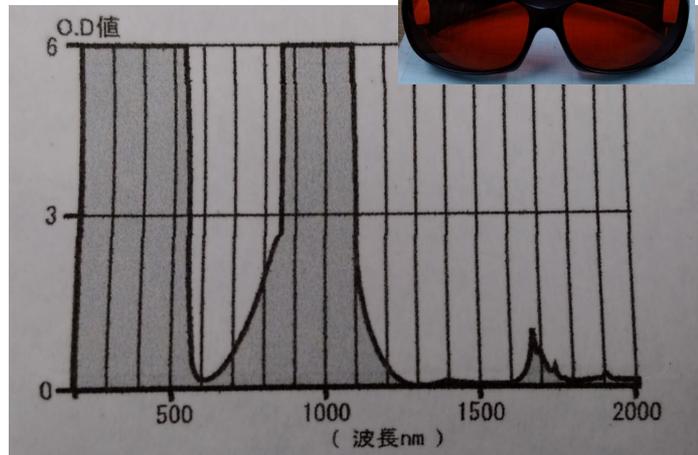
## DPSS Laser

$$\lambda = 532 \text{ nm}$$

$$P = 0.9 \text{ mW}$$

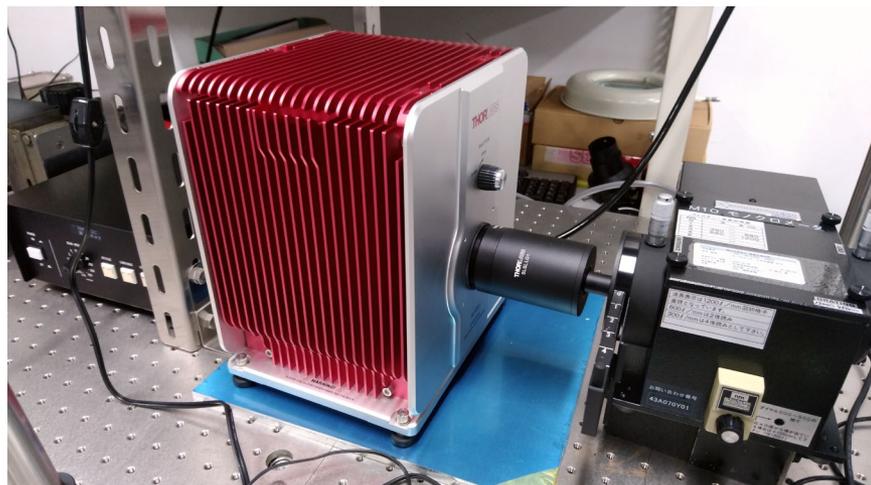
クラス2

## 対応ゴーグル

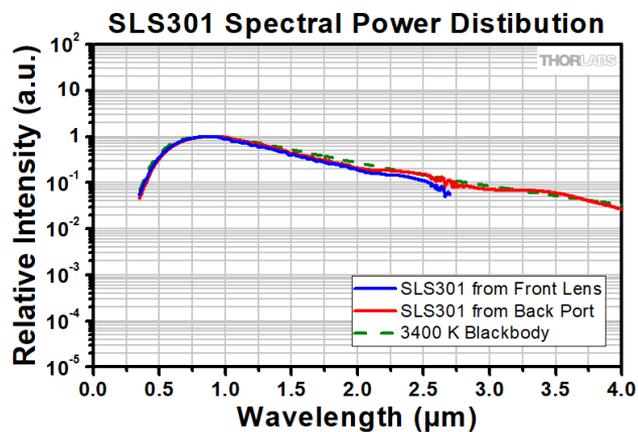
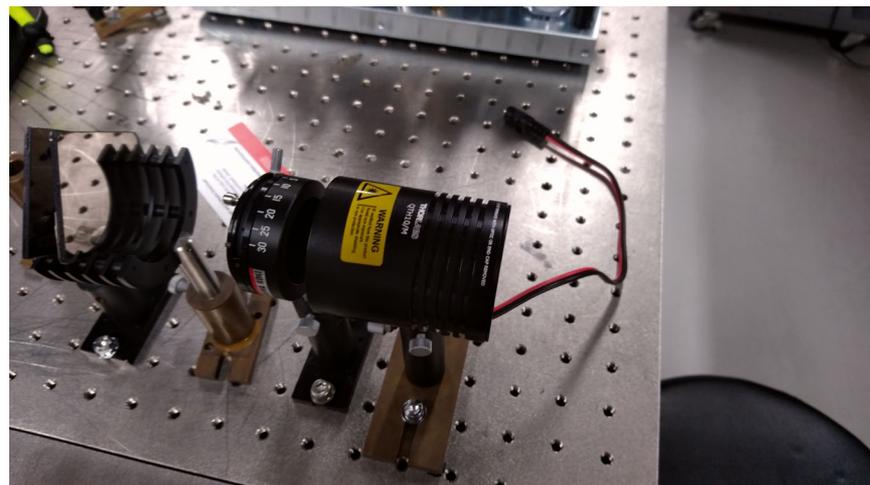


# 使用光源と対応ゴーグル

タングステンハロゲンランプ  
 $P > 1.6 \text{ W}$



タングステンハロゲンランプ  
 $P = 50 \text{ mW}$



対応ゴーグル



レーザーではないが  
直視しないこと

# 保有レーザーのリストと対応ゴーグル

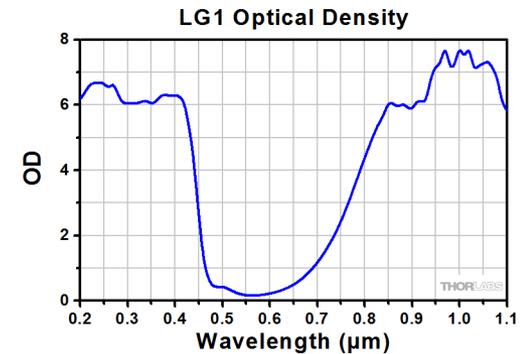
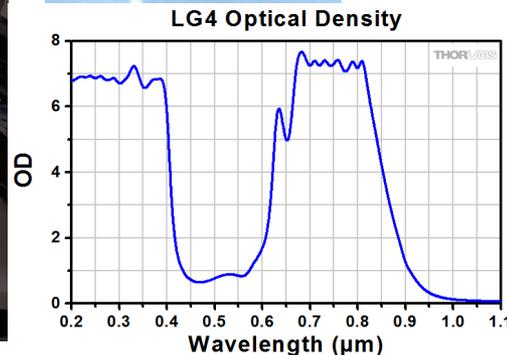
Nd:YVO<sub>4</sub> Laser  
( $\lambda = 532 \text{ nm}$ ,  $P = 165 \text{ mW}$ )



DPSS Laser  
( $\lambda = 914 \text{ nm}$ ,  $P = 100 \text{ mW}$ )



半導体レーザー  
( $\lambda = 785 \text{ nm}$ ,  $P = 50 \text{ mW}$ )



# レーザーによる目の損傷を防ぐために

- 使用しているレーザーの種類と危険性を知ること
- 危険性が高いレーザーの場合は、  
適合するレーザーゴーグルを使う
- レーザー光が想定外のところに行かないように、  
実験系（光学系）の組み立てを行う
- 反射しやすいもの（腕時計や指輪など）は  
身につけない
- 光軸調整の間は部屋を暗くしない  
（瞳孔の大きさが7倍、網膜到達光量は50倍）
- レーザー光と同じ高さで作業しない、頭を下げない
- レーザー光のないときに調整しない
- 実験室入室の際のルールを厳守する

# 安全対策

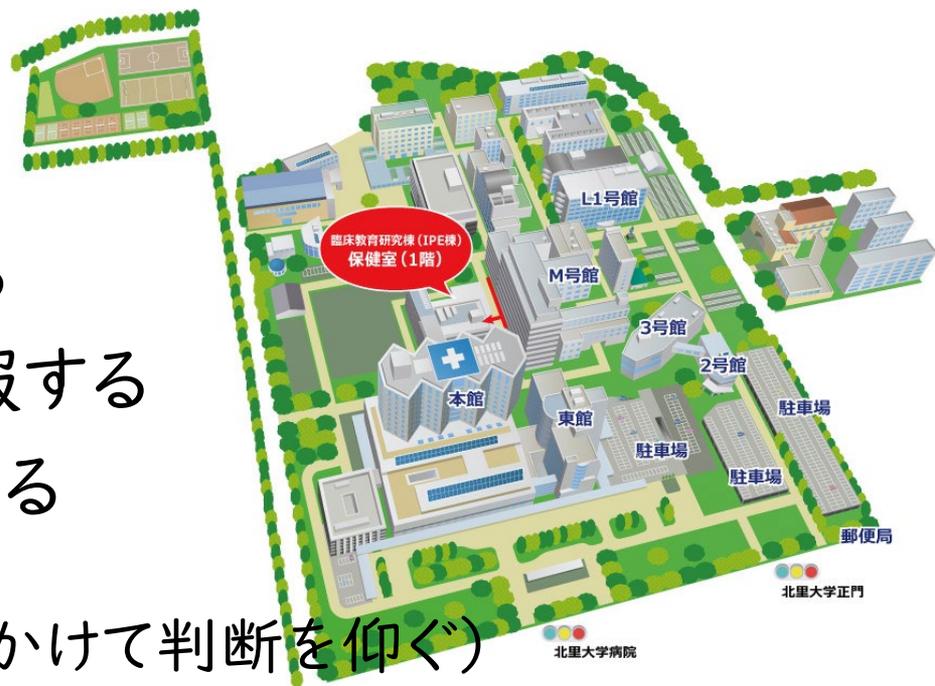
- 反射しやすいものの持ち込み防止とゴーグル使用  
危険性が高いレーザーの場合、レーザーのカギを借りるときに腕時計や指輪を外したか、ゴーグルの装着を確認する
- 想定外のところにレーザーが飛ばないように  
光を閉じ込める(ダンパーの使用)、水平方向にのみ飛ばす  
反射防止の黒い工具を使う
- 想定外のところにレーザーが飛んだ場合  
ゴーグルを必ず装着する 調整時は低パワーで入室時にはロックをするなどルールを厳守する
- つけっぱなしでの作業防止  
低パワーレーザーの場合、ダイヤルタイマーにより一定時間経過後に自動でレーザーが切れるようにする



# 安全対策

## 事故が起きた場合

- 周囲の人に助けを求める
- 指定病院に電話連絡する
- 職員へ事故の様子を通報する
- 病院で直ちに診察を受ける  
(健康管理センターに  
電話(042(778)7607)をかけて判断を仰ぐ)



# Dunning-Kruger Effect

