

ミリ波、準ミリ波帯電波曝露の眼部 ばく露による影響の指針値妥当性の 再評価

— 60GHz眼部ばく露による眼障害発 生閾値検索 —

佐々木 洋、佐々木一之、○小島正美、坂本保夫
河上裕、山代陽子（金沢医科大学総合医学研究所）
渡辺聡一、和氣加奈子、酒井泰二（情報通信研究機構）
多氣昌生、鈴木敬久（首都大学東京）
平田晃正（名古屋工業大学）
上村佳嗣（宇都宮大学）

日常生活でのミリ波利用



TVチューナーとモニター間通信



電車内の広告、情報通信



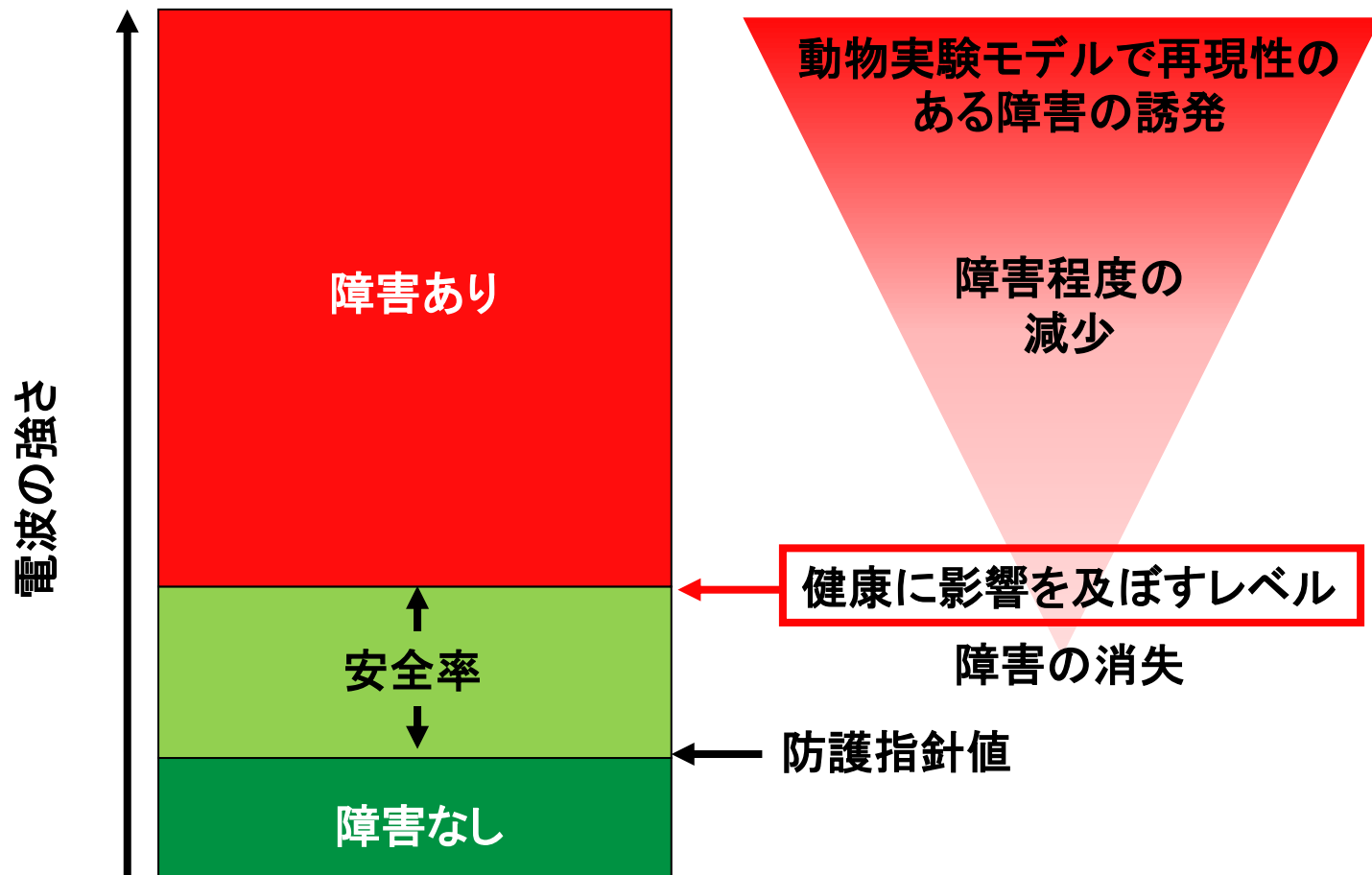
空港で保安検査
ミリ波アクティブ型
ボディスキャナ装置

準ミリ波・ミリ波帯防護指針値の比較

	電力密度 空間平均値	電力密度 空間最大値	平均時間
日本	1 [mW/cm ²]	2 [mW/cm ²]	6分
米国IEEE	1 [mW/cm ²]	20 [mW/cm ²]	3分
ICNIRP	1 [mW/cm ²]	20 [mW/cm ²]	0.7分

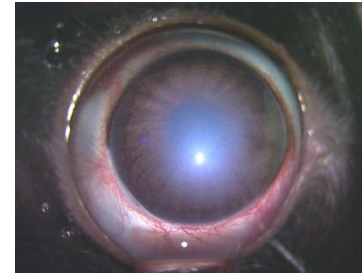
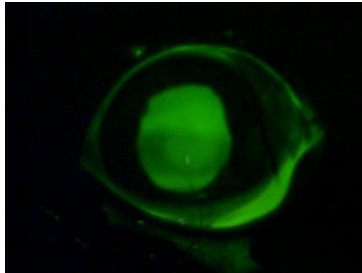
防護指針値評価の方法

- 防護指針値：人体に好ましくない影響を及ぼすことがない電波の強さを示したものの。



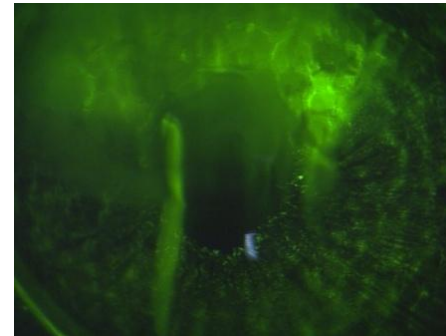
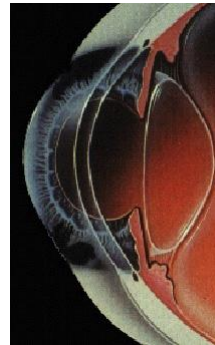
60 GHzばく露による急性眼障害 (家兎眼、1900 mW/cm²)

- 角膜上皮傷害、角膜混濁の発症



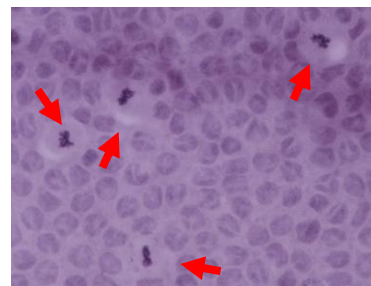
平均角膜
表面温度
55°C

- 虹彩血管の拡張、血液—眼関門の破綻 (房水対流の影響?)



- 瞳孔領域での分裂期に水晶体上皮細胞の出現 (房水対流の影響?)

平均中心部
水晶体温度
40°C



M. Kojima et al.
Health Phys. 2009

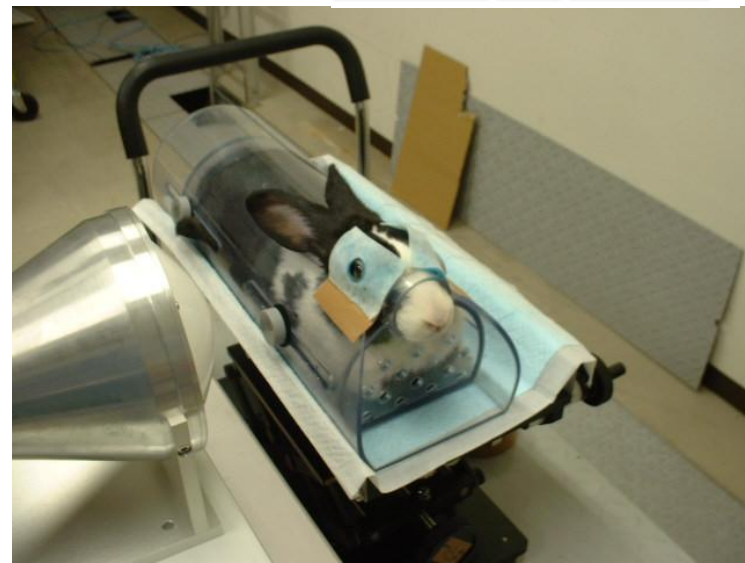
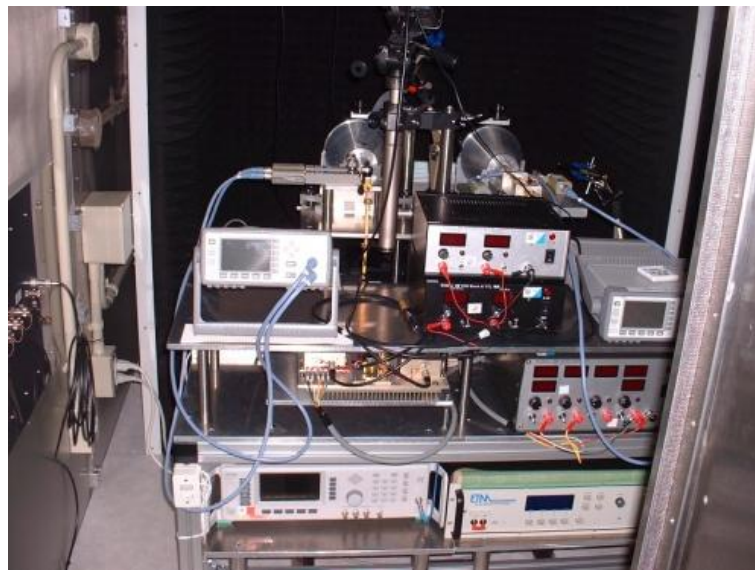
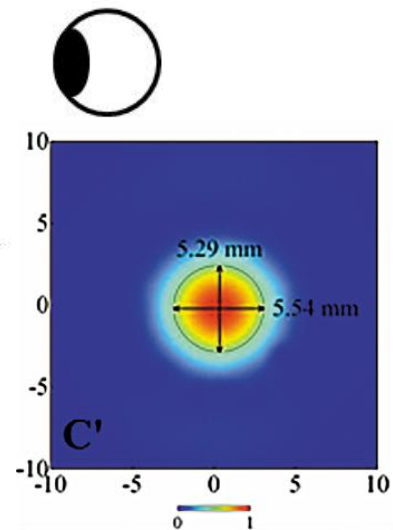
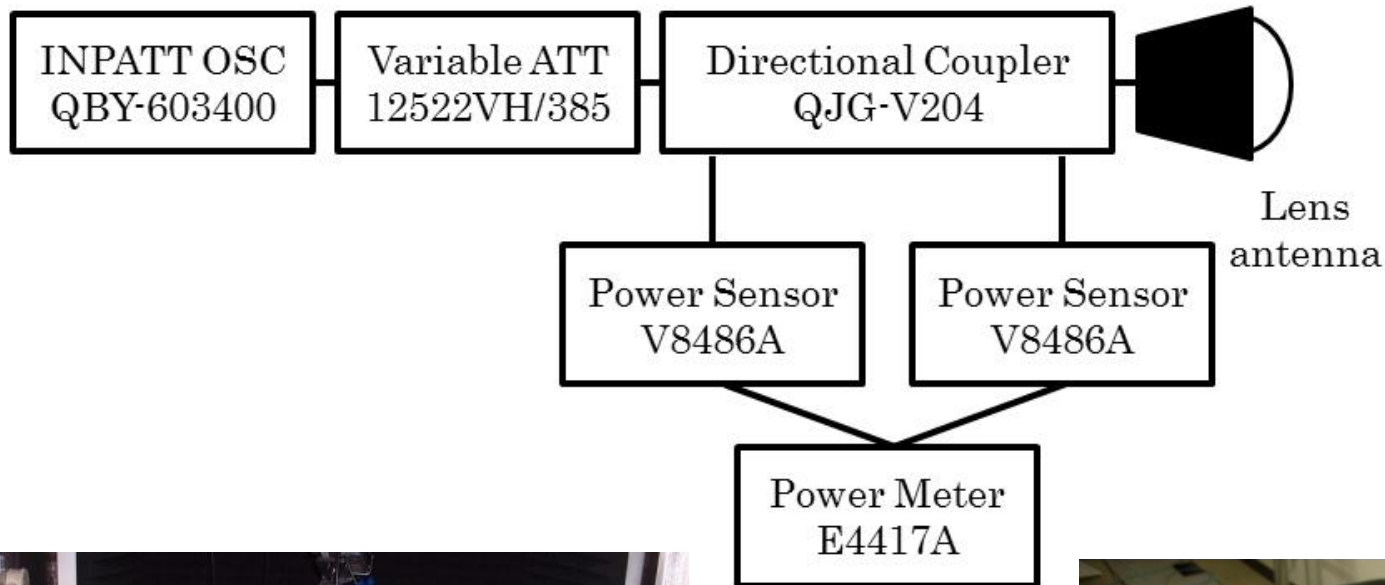
背景、研究目的

- 電波を利用したメディアの更なる高速化、高度化の要求より、ミリ波帯無線が日常生活で使用されている。
- 高強度の60 GHzを眼部にばく露した際の再現性の高い実験モデルを作成している (M. Kojima, et. al, Health Phys. 2009)。
- 本研究の目的は上記実験モデルを使用して60 GHz眼部ばく露による急性眼傷害発生閾値を検索することにより、我が国の防護指針の妥当性を検討する。

実験材料および方法

- 供試動物：有色家兎（ダッチ種：13-17 週令）
- ばく露：60 GHz (400, 200, 100 mW/cm²) をレンズアンテナを介して6-10分間ばく露した。
- 眼傷害の検討
 - 細隙灯顕微鏡観察（フルオレセイン染色を含む）
：角膜上皮傷害、眼炎症誘発の観察
 - レーザーフレアセルメーター：眼炎症の半定量
 - サーモグラフィー：角膜表面温度測定

60 GHzばく露装置

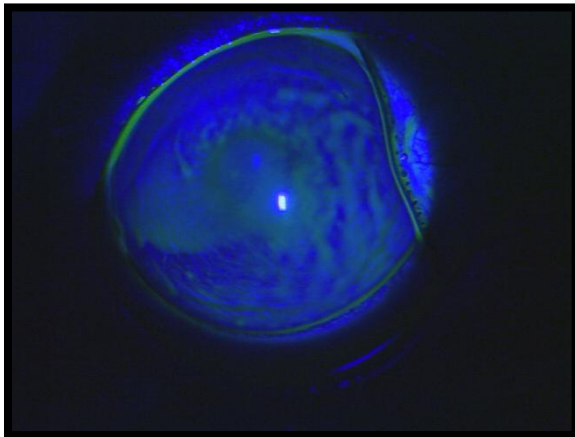


角膜上皮細胞障害の検出 フルオレセイン染色

従来の方法

S.W. Rosenthal, 1976

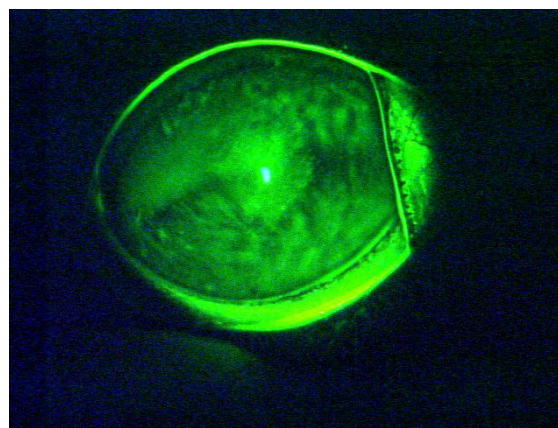
S. Chalfin, 2002



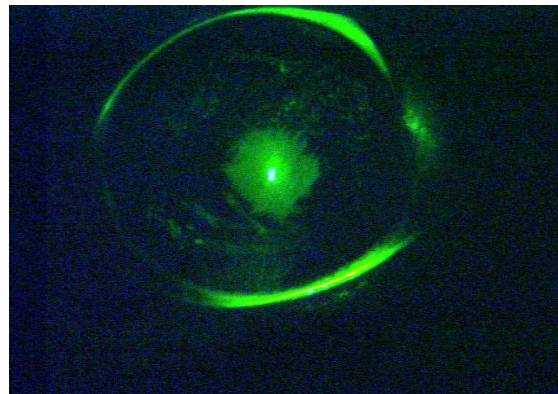
- 蛍光励起フィルターのみ
- 2% Fluorescein
1 滴点眼
- Rosenthal, Chalfin

今回使用の方法

M. Kojima, et al., Health Phys. 2009

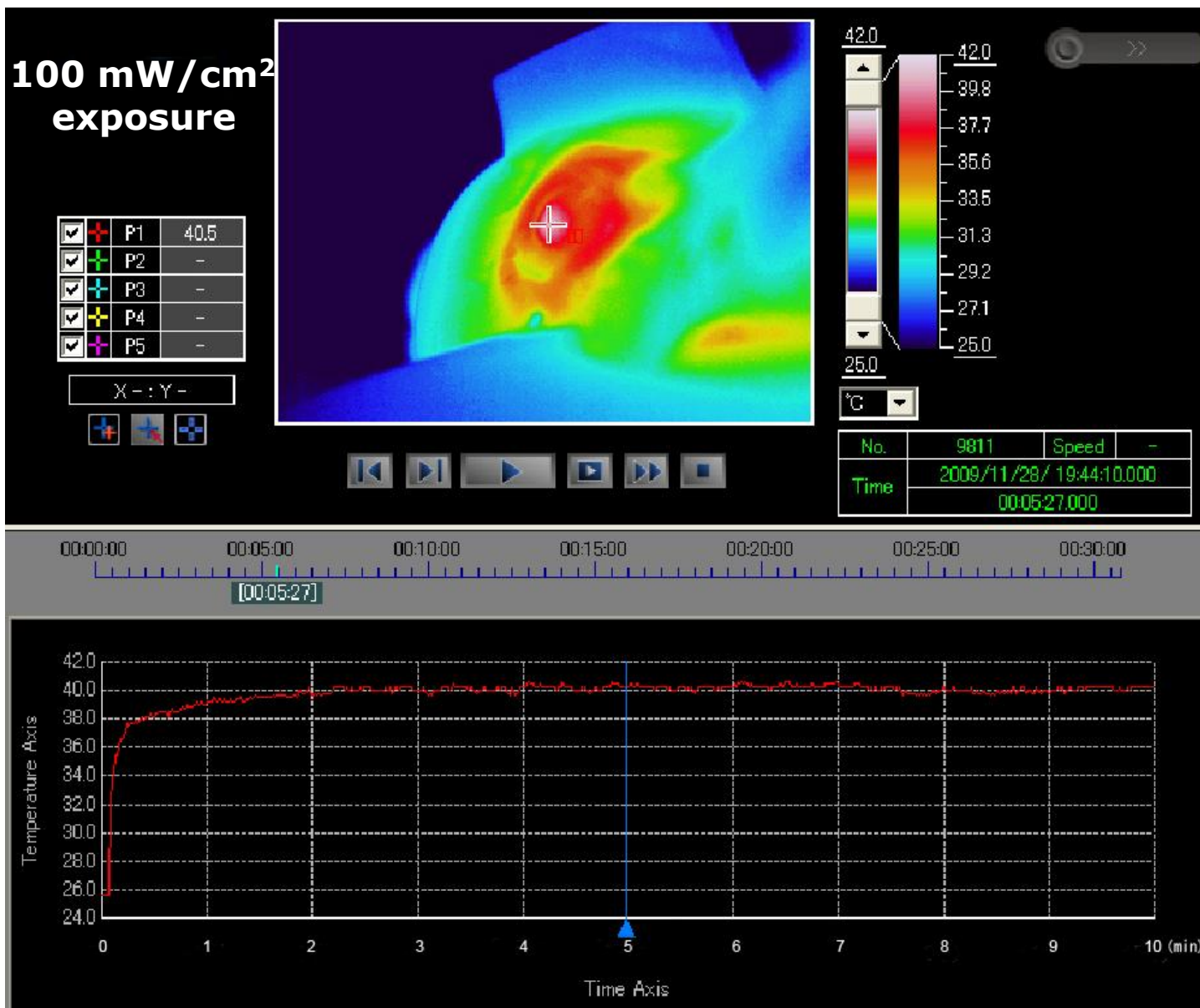


- 蛍光励起フィルター+
励起光カットフィルター
- 0.05% Fluorescein
30 μ l 点眼



- 余剰のフルオレセインを
生理食塩水で洗浄

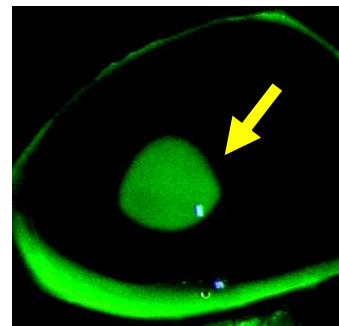
ばく露中の角膜表面温度



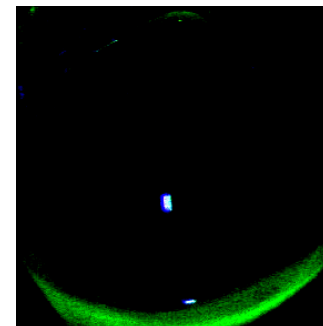
角膜上皮傷害の診断基準

- **60 GHzばく露による傷害**

- 円形、楕円形の上皮傷害がばく露眼の瞳孔領周辺に生じ、非ばく露の反対眼には同様の傷害がない。



ばく露眼

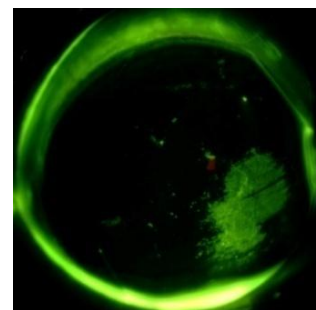


非ばく露眼

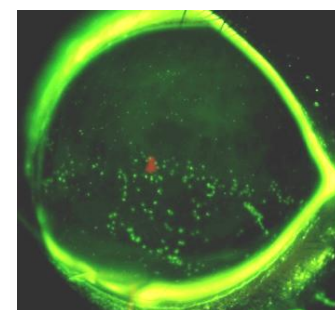
- **ばく露以外の要因での上皮傷害(ドライアイ等)**

- 擦過による上皮傷害
- 瀰漫性の点状傷害

(点状表層角膜炎の形状は除外)



擦過

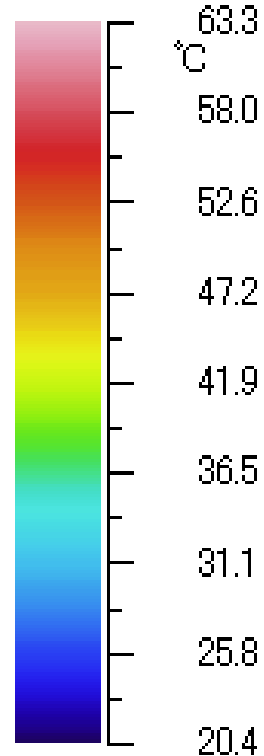
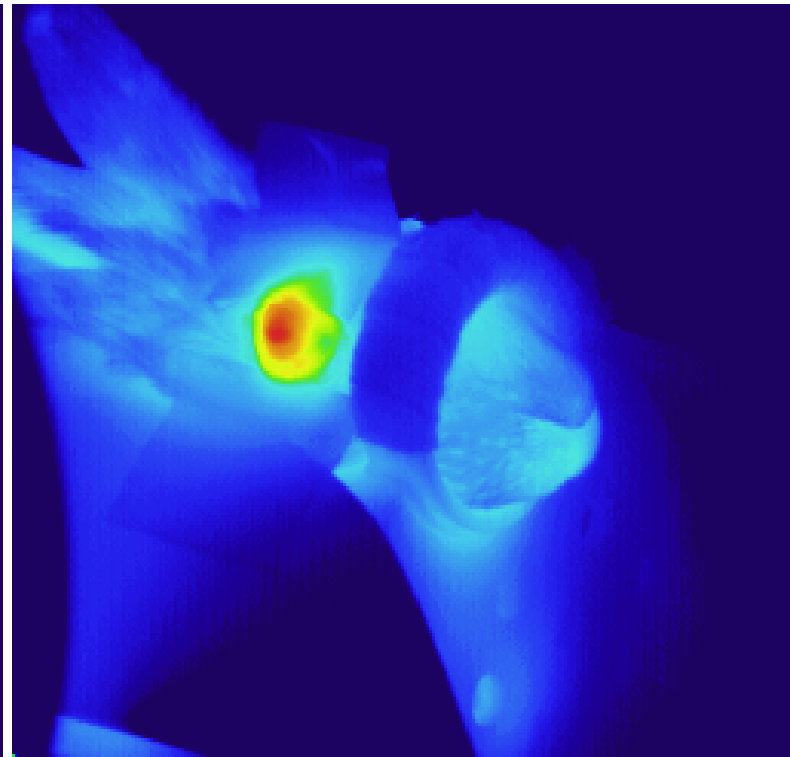
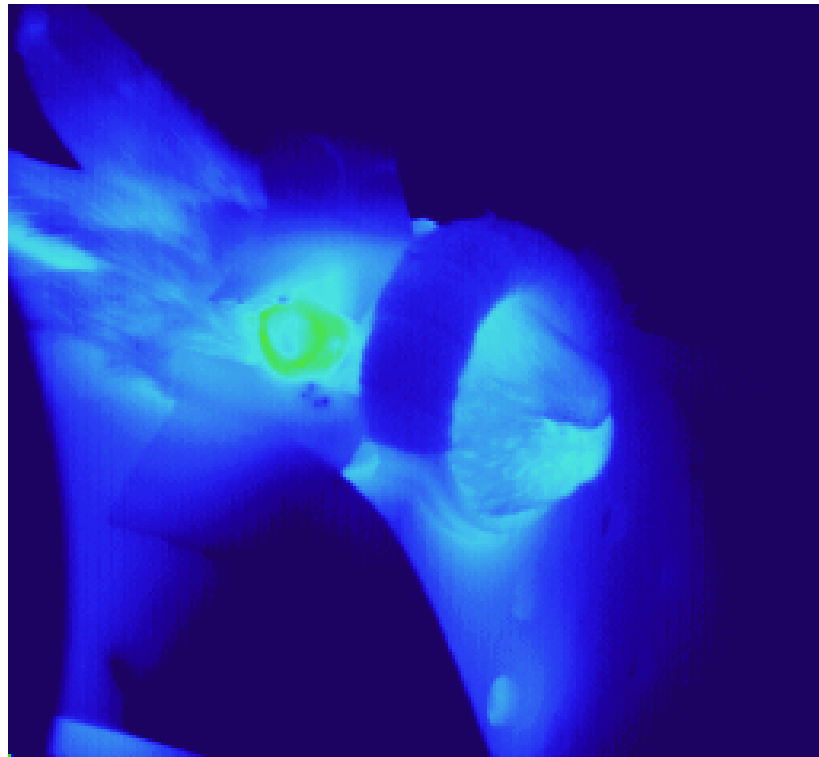


瀰漫性
点状傷害

400 mW/cm² ばく露による角膜温度変化

ばく露前

400 mW/cm² ばく露



33.0 ± 2.1 °C

47.7 ± 2.5 °C

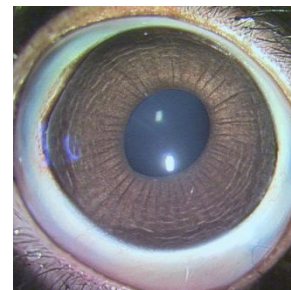
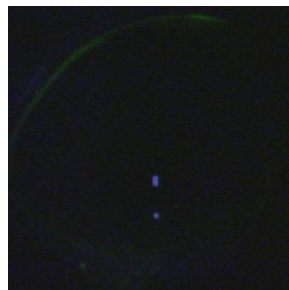
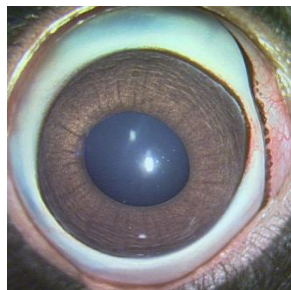
N=7-8 家兔平均值

400 mW/cm²ばく露による眼所見

ばく露側

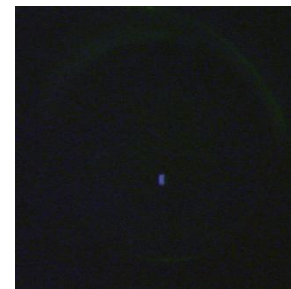
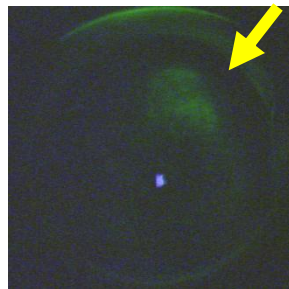
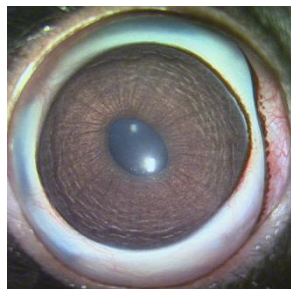
非ばく露側

ばく露前



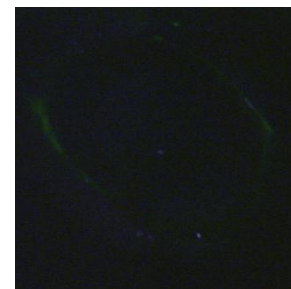
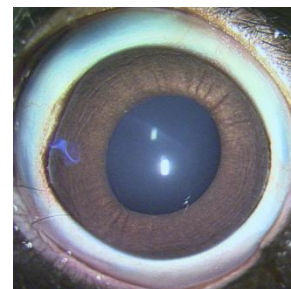
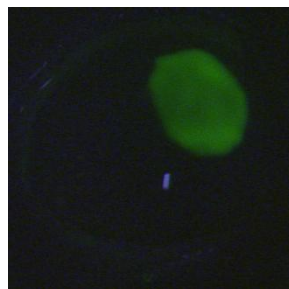
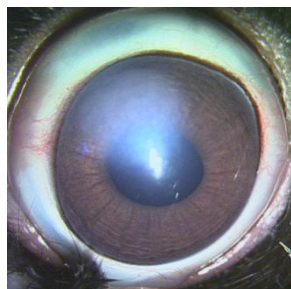
ばく露
10分後

縮瞳+



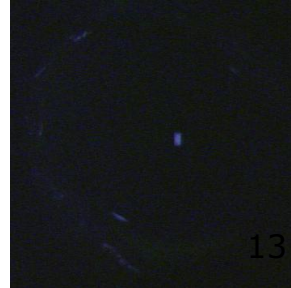
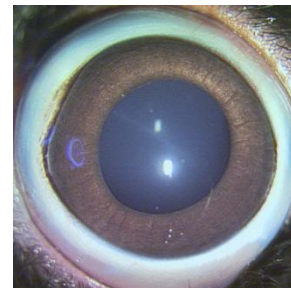
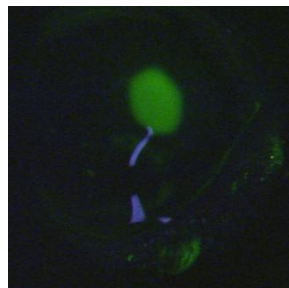
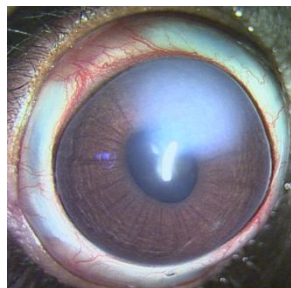
ばく露
1日後

細胞出現+



ばく露
2日後

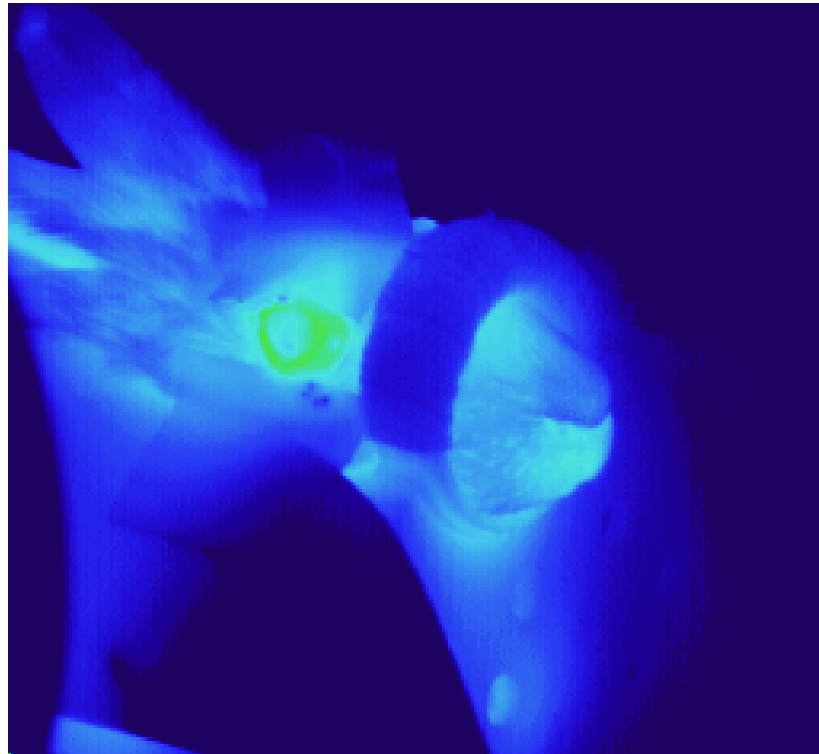
充血+
細胞出現+
水晶体傷害-



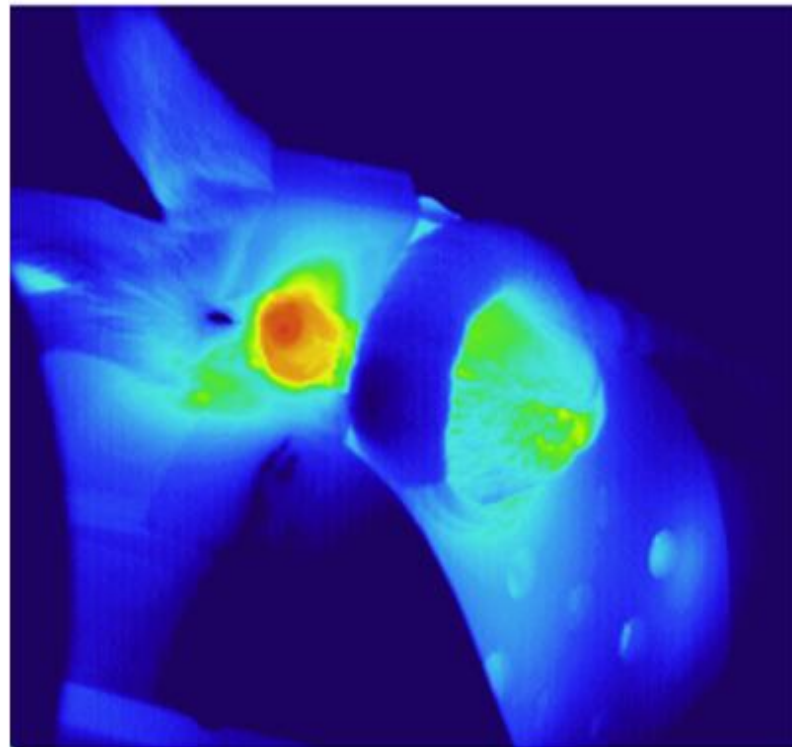
200 mW/cm²ばく露中の角膜温度変化

ばく露前

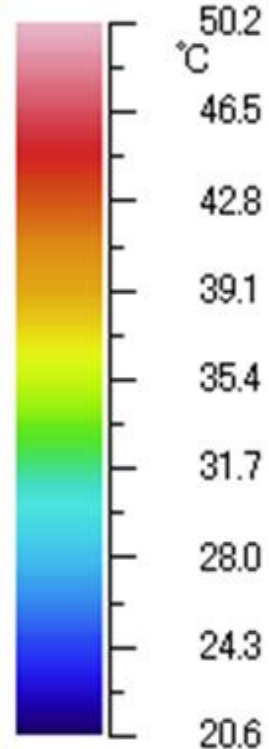
200 mW/cm²ばく露



32.5 ± 4.6 °C



40.7 ± 1.5 °C



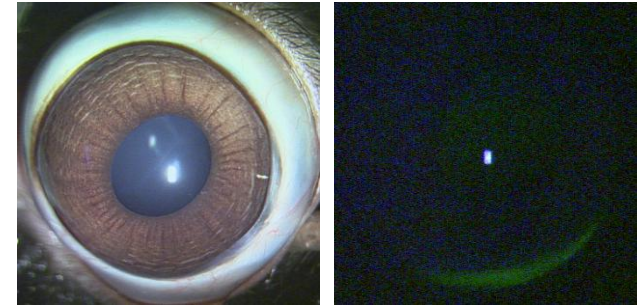
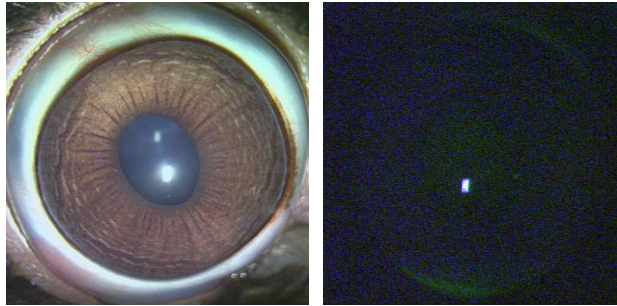
N=8 家兎平均値

200 mW/cm²ばく露による眼所見

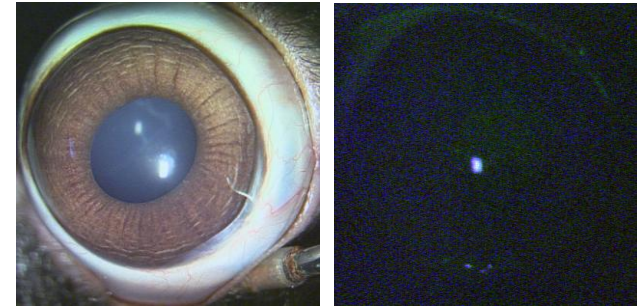
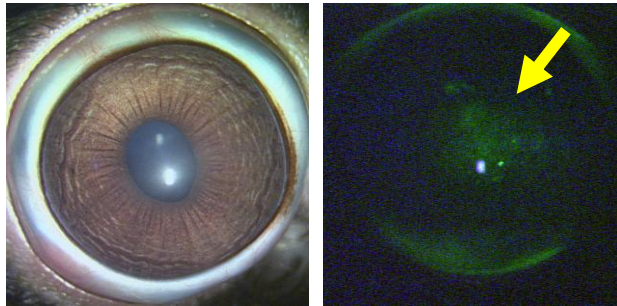
ばく露側

非ばく露側

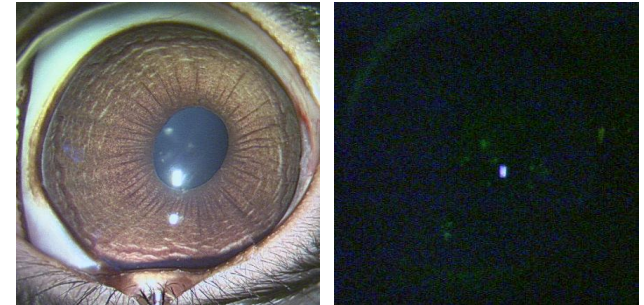
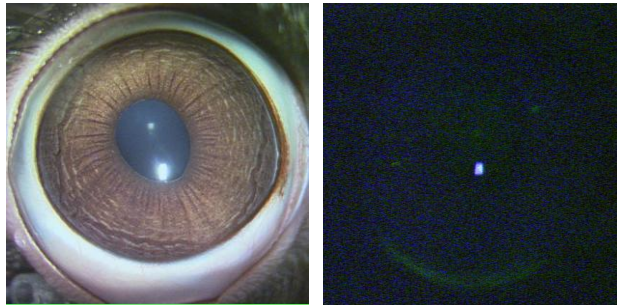
ばく露前



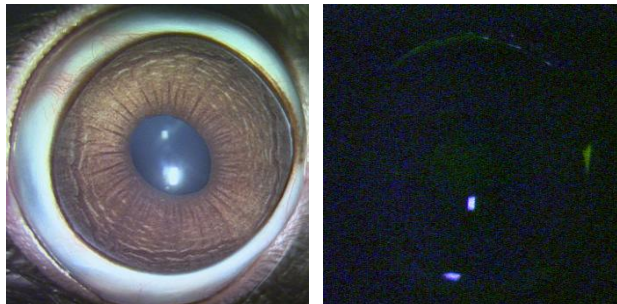
ばく露
10分後



ばく露
1日後



ばく露
2日後

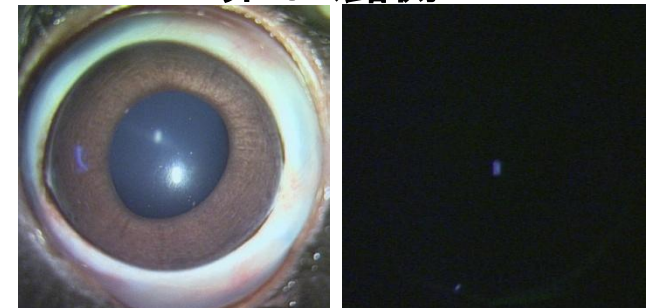
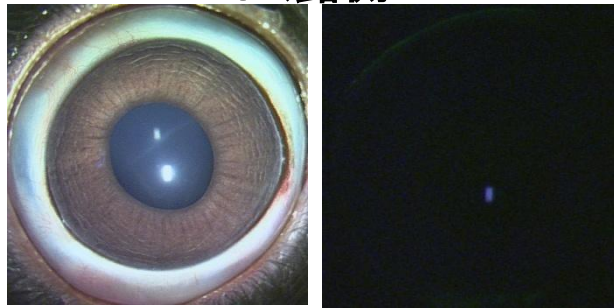


100 mW/cm²ばく露による眼所見

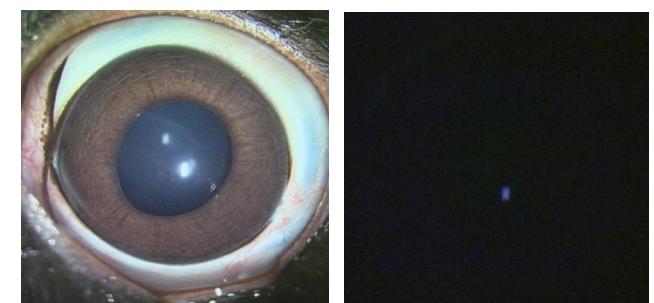
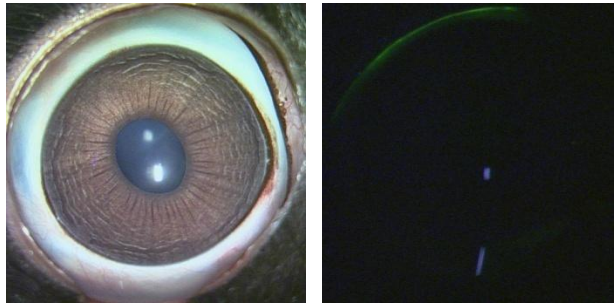
ばく露側

非ばく露側

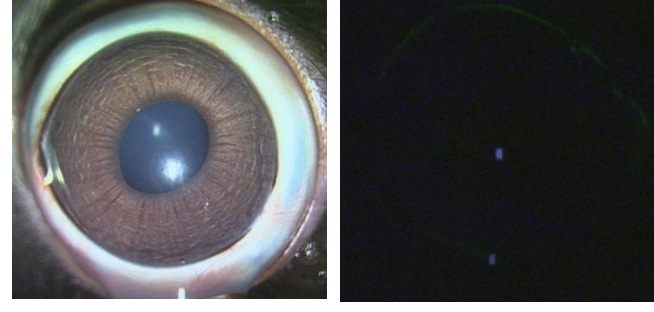
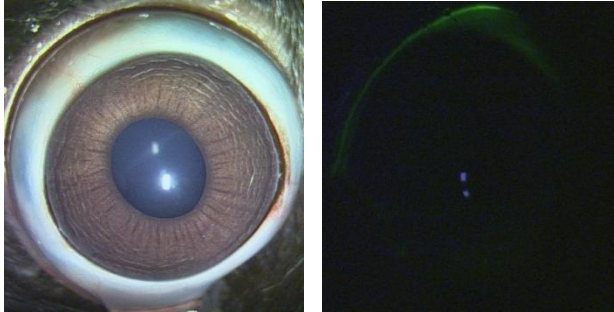
ばく露前



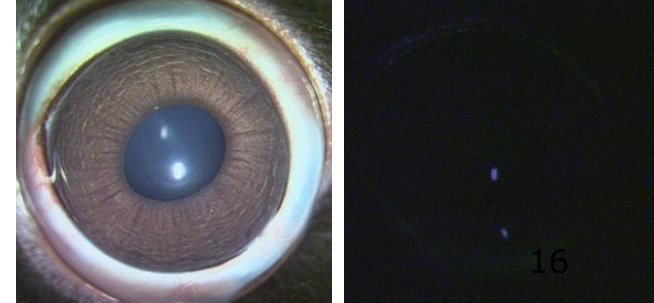
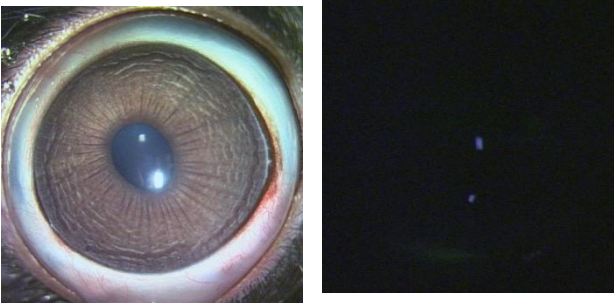
ばく露
10分後



ばく露
1日後



ばく露
2日後



結果の要約

400 mW
cm⁻²

- 角膜表面温度: $47.7 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$
- 角膜混濁、縮瞳、眼内炎症誘発、水晶体混濁なし
- 角膜上皮傷害(ばく露10分、1, 2日後)

200 mW
cm⁻²

- 角膜表面温度: $40.7 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- 角膜上皮傷害(ばく露10分後のみ)
- その他の眼部異常所見なし

100 mW
cm⁻²

- 角膜表面温度: $35.6 \pm 1.9^{\circ}\text{C}$
- 眼部異常所見なし

結 論

60 GHz 100 mW/cm² ばく露による眼部異常所見は認めなかった。