
総 説

レーザーポインターとレーザー安全基準

小澤 哲磨

横浜通信病院

要 約

背景：近年、玩具型のレーザーポインターが遊びの目的で格安の値段で小中学生間に普及したため、眼に対する安全性が社会的に問題となってきた。

症例：レーザーポインター光を照射され網膜色素上皮に障害のあった 4 例は、いずれも 10 秒以上の露光時間であり、そのうち 3 例は若年者であった。重大な器質的眼障害は生じず、心因性反応のことが多いとの報告もある。照射により眼底に異常を生じることは少ないが、不快感を生じることは多く、作業中の状況によっては危険性を伴うと考えられた。頭痛、眼痛関連についても検討した。工業用の高出力レーザーでの眼障害事故はほと

んどが実験室内で一部点検中に生じている。

対策：玩具型のレーザーポインターは子供への対策が重要なことから出力がクラス 1 のもののみが販売許可されることになったが、家庭内にはクラス 3 B の製品がすでに広く普及しており、その危険性を今後とも啓蒙していく必要がある。高出力レーザーによる実験、点検時には安全設備の充実が安全教育とともに望まれる。(日眼会誌 105 : 653—658, 2001)

キーワード：レーザーポインター、レーザー安全基準、レーザーポインター黄斑症、クラス分け

A Review

Laser Pointer and Laser Safety Standard

Tetsuma Ozawa

Yokohama Teishin Hospital

Abstract

Background : In recent years, cheap laser pointers have been used as toys for children. The safety of laser pointers has become a public issue.

Cases : Many cases of visual disturbance without retinal symptoms were reported, and those might be of a psychogenic nature or due to afterimage effects. However, four cases of macular retinal pigment epithelial disturbances due to radiation of a laser pointer beam were reported. One patient was affected in both eyes because of alternate laser beam radiation to both eyes. The exposure time to the

laser beam exceeded 10 seconds. All cases except one were young patients. For the safety, it is important that handheld laser pointers be kept away from children. Toy type laser pointers should be treated as Class 1 laser products according to the Consumer Affairs Council, Ministry of Economy, Trade, and Industry. (J Jpn Ophthalmol Soc 105 : 653—658, 2001)

Key words : Laser pointer, Laser maculopathy, Laser safety standard

I はじめに

レーザー技術の進歩によりその応用分野が広がり、可視光レーザーダイオードが汎用化し安価な玩具型のレーザーポインターが多量に小中学生間に主として遊びの目

的で用いられるようになり、その安全性が社会的な問題としてマスコミなどに取り上げられた。1997 年にプロ野球の投手にレーザー光を投射して問題となったが、昨今は使用者の低年齢化と、産業経済省の調査によると 80～100 万台が流通しており、そのうち約 7 割が玩具用と大

別刷請求先：221-8798 横浜市神奈川区西神奈川 1-13-10 横浜通信病院 小澤 哲磨
(平成 13 年 6 月 13 日受付, 平成 13 年 6 月 21 日改訂受理)

Reprint requests to : Tetsuma Ozawa, M. D. Yokohama Teisin Hospital, 1-13-10 Nishikanagawa, Kanagawa-ku, Yokohama 221-8798, Japan

(Received June 13, 2001 and accepted in revised from June 21, 2001)

表 1 レーザー安全基準一覧

日本規格
JIS C 6801 : 「レーザー安全用語」, 1980, 1988 改
JIS C 6802 : 「レーザー製品の安全基準」, 1988, 1991 改, 1997 改, 1998 追補
JIS T 8143 : 「レーザー保護フィルタ及びレーザー保護めがね」, 1994
基発第 39 号 : 労働省労働基準局長通達「レーザー光線による障害の防止対策について」, 1986
薬審第 524 号 : 厚生省薬務課審査課長通知「レーザー手術装置について」, 1980
医用レーザー臨床応用安全使用指針 : 日本レーザー医学会, 日本医科器械学会, 1988
レーザー内視鏡の安全施行指針 : 日本消化器内視鏡学会, 1990
国際規格
IEC Publ. 60825 : Safety of laser products Part 1 : Equipment classifications, requirement and user's guide., 1993 改
IEC Publ. 60825-2 : Safety of laser products Part 2 : Safety of optical fiber communications system, 1993. 2000 改
IEC Publ. 1040 : Power and Energy Measuring Detectors, Instruments and Equipments for Laser Radiation, 1990
米国規格
ANSI Z 136. 1 : American National Standard for Safe Use of Lasers, 1986 改.
ANSI Z 136. 2 : American National Standard for Safe Use of Optical Fiber Communications Systems Utilizing Laser Diode and LED Sources, 1988 改
ANSI Z 136. 3 : American National Standard for Safe Use of Lasers in Health Care Facilities, 1988
CDRH : 21 CFR 1040, Performance Standards for Laser Products Source, 1985 改.

量に普及していることから、以前と異なる問題点も含んできている。販売規制が 2001 年 1 月から行われており、レーザーポインターの安全性について現在のレーザー安全基準とともに述べる。

II レーザー安全基準

レーザー光が眼に危険なことはレーザーの開発当初から認識されており、1970 年前後に主として米国でレーザー安全基準にかかわる動物実験が当時の主要なレーザーで行われ、眼に 50% の確率で障害を与える光量 (ED_{50}) を推定し、米国規格が 1973 年 ANSI Z 136.1 for safe use of lasers (American National Standards Institute, ANSI) として作成され、これ以降のほとんどの安全規格はこれをベースにしている。CDRH 基準 (Center for Devices and Radiological Health, CDRH) が ANSI をベースとした米国連邦法として 1976 年に施行された。

国際基準は IEC Publ. 825 (International Electrotechnical Commission, IEC) として 1984 年に作成され、1993 年 IEC Publ. 60825-1, -2 として改訂された。

日本では通産省、厚生省、労働省および医用レーザー医学会の安全規格などがある。日本工業規格 (Japan Industrial Standard, JIS) (JIS C 6802) は IEC 825-1 に準拠して 1982 年に作られ、1997 年に IEC 60825-1 (1993) の翻訳 JIS として 1997 年改訂された (表 1)。

眼に対する最大許容露光量 (Maximum Permissible Exposure, MPE)、すなわち通常の環境下では人体に照射しても有害な影響を与えることのないレーザー放射レベルは原則として、 ED_{50} の約 1/10 (安全係数 10) としてレーザー製品の危険度をクラス分けしている。クラス 1

は眼に障害を与えない安全なレーザー、クラス 2 は回避運動により安全性が保たれ、クラス 3 は拡散反射では安全、クラス 4 は拡散反射でも危険なもの、と危険度によってわかりやすく分類がされている。なお、クラス 2 は可視光のみ適用されるが、可視光の定義は回避運動を生じる明るさが必要なため、波長 400~700 nm で一般的な定義より狭くなっている (表 2)。

各国の基準は若干異なったところがあり、また同じ基準であっても、改訂が行われていることも多く、どの基準を適用するのかを明確にしておかないと、誤り、誤解を生じてしまう。例を挙げると、日本の JIS 規格 (JIS C 9802) では医用レーザー製品は除外されているが、国際規格 (IEC 60825) では含まれている。また、クラス 3 A のレーザー製品は、日本ではビーム径などに制限があるが、米国ではない、今回取り上げるレーザーポインターでは玩具型のものの多くは輸入品であり、そのクラス分けのラベル表示が米国規格の 3 A となっていることが多いが、日本規格では 3 B に分類される。

また、一つの安全基準ですべての使用環境をうまく管理できるわけではない。特殊な環境での使用には基準の適用に慎重な配慮が必要である。現在の JIS C 6802 の規格は、できるだけレーザー光が眼に入らないことが前提となっているが、レーザーライトショーやレーザーポインターでは、不特定多数の人にレーザー光が見えることを目的としている。前者では米国でその規格が作成されている。後者においては産業経済省で審議が行われた。労働省の通達 (基発第 39 号) では使用者の安全を目的としているが、JIS 規格では製造者の基準も含まれている。

表 2 レーザー製品出力のクラス分け

クラス 1
裸眼又は光学的手段(双眼鏡, 望遠鏡, 顕微鏡等, 以下同じ.)により 400 nm を超える波長範囲のレーザー光を偶発的に目に入れた場合に, その時間が 100 秒以内であれば安全であると考えられる基準. なお, 400 nm 以下の波長範囲や 400 nm を超える波長範囲のレーザー光を意図的に目に入れる場合には, その時間が 30,000 秒以内であれば安全であると考えられる基準. 対象となる波長範囲は 180 nm~1 mm.
クラス 2
裸眼又は光学的手段により偶発的にレーザー光が目に入った場合でも, その時間がまばたき反射時間(0.25 秒)以内であれば安全と考えられる基準. 瞬きは可視光線でないことから, 対象となる波長範囲は 400 nm~700 nm で設定されている.
クラス 3 A
光学的手段により偶発的にレーザー光が目に入った場合には危険であると考えられる基準. なお, 裸眼で 400 nm~700 nm の波長範囲のレーザー光を偶発的に目に入れた場合には, その時間がまばたき反射時間(0.25 秒)以内であれば安全と考えられ, 裸眼で 400 nm~700 nm 以外の波長範囲については, クラス 1 と同等の安全性を有する. 対象となる波長範囲は 180 nm~1 mm.
クラス 3 B
波長範囲及び裸眼又は光学的手段(双眼鏡, 望遠鏡, 顕微鏡等)を問わず, 偶発的にレーザー光が目に入った場合には危険であると考えられる基準. なお, レーザー光が他の物体(ミラー等を除く.)に照射されているのを観察する場合は安全と考えられる.
クラス 4
レーザー光が他の物体に照射されているのを観察する場合には危険であると考えられる基準. 当然, 波長範囲又は裸眼若しくは光学的手段(双眼鏡, 望遠鏡, 顕微鏡等)を問わず, 偶発的にレーザー光が目に入った場合には危険であると考えられる.

III レーザーポインターの構造

レーザーポインターの装置はレーザー半導体素子に電池と玩具の場合は抵抗, 事務機では保護回路により流れる電流を制御し, 素子の前に簡単なレンズをつけてレーザー光を平行ビームにする. 出力は 1~5 mW 程度である. 光の波長は 670~635 nm 程度で, 同一出力でも波長が短いほど明るく見えるので¹⁾, 技術的に短波長化の努力がされている. ビーム径は通常 7 mm 以下なので, 出力 1 mW 以上では JIS C 6802 の安全基準ではクラス 3 B のレーザー製品に分類される. それ以下ではクラス 2 となる.

IV レーザーポインターによる事故例の検討

レーザーポインター光により眼底に器質的变化が生じた症例の報告は現在まで 4 例ある. Zamir ら²⁾によると, 19 歳女性, 10 秒間右眼で注視(670 nm, 1 mW). 右眼視力は 20/40 に低下し, 中心窩の周囲は環状の低色素領域があり, 無赤光線で中心窩に多数の低色素斑があり, 蛍光眼底撮影で中程度の不規則な過蛍光あり. 視力は 8 週後に回復, 中心窩の網膜色素上皮異常は 3 か月後も残存している(イスラエル). Israeli³⁾によると, 16 歳男性, 20 秒間両眼交互に照射された(670 nm, 5 mW). その後, 赤色の中心暗点が 2 日間残存. 3 日後の検査では視力, 視野正常, 蛍光眼底所見で window defect 型の網膜色素上皮異常が両眼の傍中心窩にみられている. この所

見は 8 か月続いた(イスラエル). Luttrull ら⁴⁾によると, 34 歳男性, 左眼で 30~60 秒間の注視した. 赤い中心暗点と頭痛を自覚. 2 日後の視力は正常. 中心窩の鼻側端に網膜色素上皮の異常, 蛍光眼底撮影で window defect 型の過蛍光があった(米国). Sell ら⁵⁾によると, 11 歳女児, 数秒間右眼で注視. 3 週間後の検査で視力 20/60, 中心窩に色素斑と反射の消失があった. 11 か月後に視力は 20/25 で自覚症状は消失した(米国).

原著はまだないが, Israeli³⁾によると, 米国の学会で Almenbel が両側の大きな光凝固斑を生じた 2 例を発表し, 日本では臨床眼科学会(平成 12 年)で岡野ら⁶⁾が 23 歳女性, 1 秒間照射され, 直後の視力は正常であったが 2 か月後右眼視力 0.05, 75 日後に 0.01, 黄斑部に顕著な混濁と中心窩出血あり. 半年後も視力 0.2 であったと報告している.

自覚症状のみで眼底所見のない例では Seeley⁷⁾によると, 16 歳女性, 2 回照射を受けた後, 視野が緑色になり, その後痛みがあり全くなかった. 眼科的には異常がみられていない. 男性教師で照射により溶接の火花のように感じ, 直後から視力の大幅の低下, 眼痛, 頭痛があった. 眼科的な所見はなく 1 週間後には視力は回復した.

Sethi ら⁸⁾は 14 例のレーザーポインター光を照射された患者の長期的観察を行った. 9 歳女児の 1 例を除くと 20 歳以上で, 平均 34 歳と高齢で, 露光時間の記載はないが短時間と考えられる症例である. 5 例が視力低下を,

5例が角膜上皮障害を、1例に異常な中心窩反射があった。最も多いのは不快感で11例にあった。頭痛は2例、残像、中心暗点、視野異常はない。

レーザーポインター光では重大な網膜障害は起こり得ず、マスコミの報道が危険性を強調していることにより、心因性反応が起こりやすくなっている。また、眼を擦ったための上皮障害も多いと、Mainsterら^{9)~11)}、Marshallら^{12)~13)}は強く主張している。レーザーによる網膜障害とは思えない5例を挙げている。Lutterullらの症例に視力低下がないこと、中心窩からはずれていること、眩しい光を長時間にわたっての偏心固視は難しいこと、window defect型よりは蛍光漏出になりやすい筈とレーザー光による障害は疑わしいとし、肯定しているMcGheeら¹⁴⁾と議論となっている。

Robertsonら¹⁵⁾によると、眼内の悪性黒色腫で眼球摘出予定の3人、年齢62、36、54歳の眼にレーザーポインター光、それぞれの波長673、673、658 nm、出力1、2、5 mW、露光時間は中心窩に1分、その上下5度にそれぞれ15、5分とかなりの長時間露光したが、自覚的にも、組織学的検索を含め眼科的な所見に見るべきものはなかった。

動物実験ではレーザーポインター光の波長に近いHe-Neレーザー、波長632.8 nmではサル眼底での障害閾値は8 mWで、人眼では10 mWと推定されている¹⁶⁾。赤外領域のGaAsレーザー波長(820、860、910 nm)では8.4 mWの閾値をサル眼底で得られている¹⁷⁾。

レーザー光による生体の反応は、その波長、出力、露光時間により変化する。レーザーポインターの1~5 mW程度の弱い出力の連続波レーザーの場合には、パルスレーザーで生じる衝撃波は起こらず、熱反応が光化学反応が考えられるが¹⁸⁾、光化学反応は430~435 nmの青色光で最も作用が大きく、レーザーポインター光の赤色波長680~635 nmでは1/100以下となるので¹⁹⁾、ほとんど熱作用による障害と考えられる。しかし、人眼への長時間の照射実験で何事も起こらなかったことと、動物実験での障害閾値との関係を合理的に説明することは、現在できていない。低出力、長時間照射では生体反応にばらつきが大きいと考えるのであろうか。

Sethiら⁸⁾の14例は異常眼底所見がなかったが1例が6歳で、他は20歳以上、平均34歳、いずれも他人から照射を受けたもので眼底に変化を生じた症例のように長時間の露光時間ではなかったと思える。岡野ら⁶⁾の症例は露光時間が僅か1秒でありながら、眼底にこれまでにないような大きな変化を生じている。何か二次的な変化によるものであろうか。原著を待ちたい。

これらの文献的考察から若年者では長時間の露光が起こり、またそれにより眼底に熱的と思える変化が生じる可能性があるため、まず若年者対策が必要となる。網膜の障害以外では、心因性反応、残像、眼痛と頭痛が問題

となる。Seely⁷⁾の症例の16歳女性例は心因性反応と考えられ、36歳男性の症例もその要素が大きいのであろう。

Sethiら⁸⁾の症例では14例中11例に不快感があり、また角膜上皮障害(5例)を起こすほどに眼を擦りたくなくなっている。残像効果は個人差が大きい、多くの人は視覚に関する不快感を生じているので、車の運転中などの危険な作業中には作業に支障を生じる可能性は十分にある。

Marshall¹²⁾は眼痛は光凝固に使用される程度の強い光で脈絡膜への刺激がなければ起こり得ないと述べているが、かなりの個人差があることは臨床的によく知られており、光凝固治療を中断しなければならないこともしばしばある。一方、兵器に用いられている大きな出力のパルスYAGレーザーでの受傷事故でも照射時に全く自覚症状がない例も報告²⁰⁾されている。小出ら²¹⁾の第5例はパルスYAGレーザーの両眼への誤照射後、鎮痛剤の無効な頑固な眼痛、頭痛に悩まされた。左眼に黄斑円孔を生じたがそれよりも大きい中心暗点が測定され、また両眼のマ盲点の拡大もあった。明るい光による網膜血管攣縮のあることは知られており^{22)~24)}、この場合も虚血性の症状が加わった可能性が大きい。心因性反応、残像、血管攣縮などは光の強さよりは個人の感受性に由来することが大きく、安全基準として取り上げるのは難しいところであるが、網膜損傷のおそれのない出力(クラス1)になっていれば、少なくとも心因性反応に関与する症例は減少すると思える。

事務機としてのレーザーポインターは安全性の確保が必要であるが、ポインターとしての機能が損なわれてはならない。特に色覚異常者が十分に確認できるよう、必要以上の減光は望ましくない²⁵⁾。

V 販売規制

消費生活用製品安全法施行令²⁶⁾の規制対象として、レーザーポインターその他の携帯用レーザー応用装置が平成13年1月に産業経済省により追加された。これにより、製造・輸入事業者は、技術上の基準に適合する製品を製造または輸入することを義務づけられる。事業者は、この基準に適合していることを確認し、さらに認定検査機関など(第三者検査機関)の検査を受けた上で、製品に所定のマークを付することが求められ、所定のマークの付されていない製品の販売・陳列は禁止されることとなった。

技術上の基準の概要は規制対象として指定されたレーザーポインターなどのうち、会議などでの文具専用として使用されるような製品については、通常の使用形態なら安全と考えられる出力のレベル、すなわちJIS C 6802規格のクラス2以下を基準とする。

一方、玩具用途として用いられようような製品につい

表3 最近の工業用高出力レーザーによる
眼障害例

職業	使用レーザー	発生前	最終視力
大学院生	YAG	1990	1.5
技術員	Ar	1991	1.2
研究員	チタンサファイア	1992	0.5
大学院生	YAG	1992	1.0
大学院生	YAG	1993	1.0
研究員	YAG	1993	0.2
研究員	チタンサファイア	1993	1.5
研究員	チタンサファイア	1993	1.2
大学生	YAG	1994	0.4
研究員	チタンサファイア	1995	1.2
大学講師	YAG	1995	0.9
研究員 ²⁹⁾	チタンサファイア	1996	0.8
大学生	YAG	1997	0.06
大学院生	YAG	1997	1.0, 0.01
大学院生	YAG	1997	2.0, 1.5
大学院生	YAG	1997	1.2, 1.5
大学院生	YAG	1997	1.5, 1.5
大学院生	YAG	1997	1.2, 0.4
大学生 ³⁰⁾	YAG	1998	1.5

ては、子供が遊びで故意に光線を眼に入れるような場合が想定されるため、長時間眼に当てても安全が確保される出力のレベル以下、すなわち JIS C 6802 規格のクラス 1[3 万秒間(約 8 時間)光線を眼に入れても安全なレベルを採用)]を基準としている。

この玩具型レーザーポインターは、すでに大量に家庭内に普及しており、今後とも関係機関の PR が必要と考えられる。

VI その他のレーザー事故例と予防対策

眼科領域では世界中でレーザー機器が頻繁に治療に用いられている。その際に使用する三面鏡の表面からのレーザー光の反射(約 10%)が機器周囲の医療従業者などに損傷を与える危険を Sliney ら²⁷⁾、岡本ら²⁸⁾は指摘しているが、関係者の努力もあるのであろう、そのような事故例の報告も現在までなく、安全な治療機器と判断される。

これまでの日本での工業用レーザーでの誤照射事故で原著、学会報告、自験例で捕捉できたものは 35 例^{21)29)~31)}を越すが、発生前代にかかわらず、ほとんどの場合がパルス赤外レーザー実験中に生じている。最近の事故報告例を表 3 に示した。視力は最終受診時矯正視力である。値が 2 つあるのは両眼受傷である。アルゴンレーザー点検中の事故は 3 例である。全例保護眼鏡の着用はない。実験、点検の関係者は安全対策をもう一度確認する必要がある。医療用レーザーの実験でも例外とは思えない。

安全眼鏡の装用は事故防止の第一歩であるが、その装着率には不確かさがつきまとう。安全眼鏡に頼って安全性を保つような設計は危険度が大きく、できるだけ他の

方策で安全を確保すべきである。熟練者にも事故が生じており、慣れによる不注意の要素も大きいと思える。うっかり事故の防止には、定期的な安全講習も有効であろう。レーザーの実験を行うに当たっては施設全体でのレーザー安全施策への取り組みのシステム作りが予防対策として重要である。

文 献

- 1) **Sliney DH, Dennis JE**: Safety concerns about laser pointers. *J Laser Applications* 6: 159-164, 1994.
- 2) **Zamir E, Kaiserman I, Chowers, I**: Laser pointer maculopathy. *Am J Ophthalmol* 127: 728-729, 1999.
- 3) **Israeli D**: Laser pointers: Not be taken lightly. *Br J Ophthalmol* 845: 555-556, 2000.
- 4) **Luttrull JK, Hallisey J**: Laser pointer-induced macular injury. *Am J Ophthalmol* 127: 95-96, 1999.
- 5) **Sell CH, Bryan JS**: Maculopathy from handheld diode laser pointer. *Arch Ophthalmol* 117: 1557-1558, 1999.
- 6) **岡野 正, 溝口朝男, 菅野祐男, 松野員寿, 落合順吉, 尾塚雅博**: レーザーポインター黄斑症. 第 54 回臨床眼科学会抄録, 2000.
- 7) **Seeley D**: Laser pointer causes eye injuries? *International laser safety conference*, 560-563, 1997.
- 8) **Sethi CS, Grey RHB, Hart CD**: Laser pointers revisited: A survey of 14 patients attending casualty at the Bristol Eye Hospital. *Br J Ophthalmol* 83: 1164-1167, 1999.
- 9) **Mainster MA, Timberlake GT, Warren KA, Sliney DH**: Pointers on laser pointers. *Ophthalmology* 104: 1213-1214, 1997.
- 10) **Mainster MA, Sliney DH, Marshall J, Warren KA, Timberlake GT, Trokel SL**: But is it really light damage? *Ophthalmology* 104: 179-180, 1997.
- 11) **Mainster MA**: Blinded by the light-Not! *Arch Ophthalmol* 117: 1547-1548, 1999.
- 12) **Marshall J**: The safety of laser pointers: Myths and realities. *Br J Ophthalmol* 82: 1335-1338, 1998.
- 13) **Mensah E, Vafidis G, Marshall J**: Laser pointers: The facts, media hype, and hysteria. *Lancet* 351: 1291, 1998.
- 14) **McGhee CNJ, Craig JP, Moseley H**: Laser pointers can cause permanent retinal injury if used inappropriately. *Br J Ophthalmol* 84: 229-231, 2000.
- 15) **Robertson DM, Lim TH, Salomao DR, Link TP, Rowe RL, McLaren JW**: Laser pointers and the human eye. *Arch Ophthalmol* 118: 1686-1691, 2000.
- 16) **Ham WT, Geerats WJ, Mueller HA, Williams**

- RC, Clarke AM, Cleary SF** : Retinal burn thresholds for the helium-neon laser in the rhesus monkey. *Arch Ophthalmol* 84 : 797—809, 1970.
- 17) **Ham WT, Mueller HA, Ruffolo JJ, Guerry RK, Clarke AM** : Ocular effects of GaAs lasers and near infrared radiation. *Applied Optics* 23 : 2181—2186, 1984.
- 18) **Gibbons WD, Allen RG** : Retinal damage from long-term exposure to laser radiation. *Invest Ophthalmol* 16 : 521—520 1977.
- 19) **Wolbarsht ML, Allen A, Beatrice E, Delori F, Ham WT, Hochheimer B, et al** : To the editor. *Invest Ophthalmol* 19 : 1124, 1980.
- 20) **Stuck BE, Zwick H, Lund DJ, Scales DK, Gagliano DA** : Accidental human retinal injuries by laser exposure : Implications to laser safety. *International laser safety conference*, 576—585, 1997.
- 21) 小出良平, 三方 修, 関 保, 稲富 誠, 上條由美, 小澤哲磨 : YAG レーザーによる 5 人連続誤照射の症例. *あたらしい眼科* 16 : 568—572, 1999.
- 22) **Safran AB, Boschi AM** : Light-induced ocular pain and visual obscurations in severe vasospastic disease. *Neuro-ophthalmol* 17 : 113—114, 1997.
- 23) **Gasser P, Flammer J, Guthauser U, Mahler F** : Do vasospasms provoke ocular diseases? *Angiology*, 213—220, 1990
- 24) **Salmenson BD, Reisman J, Sinclair SH, Burge D** : Macular capillary hemodynamic changes associated with Raynaud's phenomenon. *Ophthalmology* 99 : 914—919, 1992.
- 25) **Eagle RC** : Laser pointers and color blindness. *Ophthalmology* 105 : 760, 1998.
- 26) 消費生活用製品安全法施行令 経済産業省, 2001.
- 27) **Sliney DH, Mainster MA** : Potential hazards to the clinician during photocoagulation. *Am J Ophthalmol* 103 : 758—760, 1987.
- 28) 岡本紀夫, 張野正誉, 斉藤喜博, 小川憲治 : レーザー光凝固に生じる反射光の周囲環境に対する安全性. *日眼会誌* 97 : 196—200, 1993.
- 29) **Koide R, Kora Y, Shikano M, Seki T, Inatomi M, Ozawa T** : Laser-induced eye injuries in Japan. *Lasers in the Life Sci* 9 : 69—80, 2000.
- 30) 高桑英夫, 近藤峰生, 高良俊武, 伊藤逸毅, 寺崎浩子, 三宅養三, 他 : チタンサファイアレーザーによる黄斑障害の 1 例. *臨眼* 51 : 697—700, 1997.
- 31) 脇谷佳克, 松原 央, 林 暁玲, 伊藤邦生, 宇治幸隆 : 実験用 YAG レーザーの誤照射による黄斑外傷の一例. 第 53 回臨床眼科学会抄録, 1999.