レーザーの安全対策、 とくに聴力障害の可能性について

西坂 剛 恩田幸昌* 小沢哲磨**
東京農工大学 防衛庁* 東京通信病院**

Case Report on the Hearing Loss Due to the Exposure of
Shock Wave by Laser Induced Plasma

T.NISHISAKA, Y.ONDA*, T.OZAWA**

Tokyo University of Agriculture and Technology,

Japan Defence Agency*, Tokyo Teishin Hospital**

はじめに

近年、レーザーは多くの分野で使用されるようになり、各分野に応じた安全対策が以前にも増して必要となってきた。従来から、レーザー光の眼と皮膚に対する安全対策は大きな関心を持って対処されてきた。これは、眼球が高性能な光検出器であり、強力な光に対して簡単に障害を受け易いこと、また、皮膚の光の曝露は日焼けなどで日常経験していることから、両者に対する強力な光の危険性は直接的・直感的に理解できることによる。これらのことから、レーザーの利用の最初の段階から、両者の安全対策は重要課題として検討されてきた。

しかし、レーザー装置やレーザー光から発生する他の危険性、例えば高圧による感電、レーザーのプラズマチューブから発生するX線による曝射、レーザー媒質の有毒ガスによる曝露、また騒音など、多くのものが指摘されている。

最近に至り、パルスレーザー光を利用するプラズマ実験が誘引と思われる聴力障害の症例が見られた。そこでこの聴力障害を報告し、併せてレーザー使用時における、眼、皮膚以外の感

覚器、とくに耳の防御にかんする注意を喚起したい。

症例

45才、男性、研究所勤務。1986年以前に予備実験として短期間、レーザー誘起プラズマの実験を行うことがあった。同年秋、軽い眩暈を自覚。1987年3月平衡機能検査、聴力検査、眼科学的検査で特に異常は認められなかった。同年春より12月まで、大気中下のプラズマ発生の実験に従事。6月の聴力検査では、右 -8 dB、左 -15 dBであった。10月左・耳鳴、11月に入り同症状が増悪、聴力検査上、右 -4 dB、左 -44 dBであった。10月から12月の間、実験の回数は多かった。この実験において耳栓等の防音対策は特に構っていなかった。1988年に入り、実験は終了したものの、耳鳴は益々悪化。薬剤投与を受けるも症状は軽減せず、更に強い回転性眩暈、悪心が時に出現。1989年6月まで聴力は一進一退する。7月下旬、突然左耳の聴力低下（-100 dB）に見舞われる。治療により聴力は

やや快復するも (-55 dB)、時に眩暈、悪心が持続する。現在に至るまで、左の聴力低下が存続している。

本症例における音源の特性

レーザーのプラズマ発生； レーザー装置は Q-Switched Nd:YAG レーザー (波長： 532 nm 、パルス幅： 10 ns (FWHM)、パルス繰り返し数： 20 Hz) で、プラズマは焦点距離 250 mm のレンズでレーザー光を集光することにより発生。

音圧および周波数スペクトルの測定；プラズマ発生点より、レーザー光軸上 500 mm 離れた位置で、周波数 50 Hz まで平坦な特性を有するマイクロフォンによる。この位置における音圧レベルは、レーザー出力 2 W (平均) で約 90 dB であった。

図1は観測された音圧の時間特性を、図2はその周波数スペクトル (フーリエ変換パワースペクトル) である。

図1 観測された音圧の時間特性

図2 観測された周波数スペクトル

考察

プラズマは雷光として自然界で日常的に観察される。最近ではレーザーの光を集光させることにより、媒体の絶縁破壊(break down)を惹起させ、ここにプラズマを発生させている。このレーザープラズマは理工学分野の基礎研究、また産業界で加工などに応用される他、最近に至り、眼内手術に積極的に応用される様になった。これは nano 秒から pico 秒のパルスレーザーが実用化し、臨床用装置として使用可能になったことも一因であろう。

プラズマが空気中で発生すると、プラズマの中心から少しはなれた部位の圧力の時間的な変化は、爆発に似た急峻な圧力の上昇（衝撃波）と、この直後の急激な減少（膨張波）が生ずると言われている。そして Q Switch や Mode Lock レーザーなど、極く短いパルス波レーザーによるプラズマ形成に伴う衝撃波と膨張波は、レーザーパルスの発射に応じて、発生と減衰を繰り返す。

本症例のレーザー誘起のプラズマは、感覚としての平均的な音圧は低く、感覚的には通常経験される音として認識される。しかし単一パルス当りの音圧（ピーク瞬時値）は 非常に高く、また、周波数スペクトルは可聴域から超音波の領域までおよんでいる。防音具無しに、このような衝撃波に長期間曝されることは聴力障害の原因になるものと思われる。一般的に、削岩器、リヴェット打ちなどのエアハンマーやジェットエンジンなどの騒音は平均的に音圧が高く、感覚的にも防音具を必要とする。

本症例における聴力障害の原因は、現段階では明確にすることはできないが、体質的素因の

他、①予備実験における衝撃波の事前の曝射が誘引となり、②本格的な実験において、繰り返してのピーク値の非常に高い音圧の曝射が原因と思われる。レーザープラズマによる音源は①周波数的には超音波域まで、②立ち上がりが極めて短い、非常に高い音圧を有しており、何らかの防音対策を施さない場合、聴力に与える危険性は高いと言える。従来 Q - Switch レーザーによる加工の後、耳鳴り等の報告も散聞される事もあることから、レーザー誘起プラズマだけでなく、レーザーの発振に伴う各種の騒音（電源、放電音）、特にパルスレーザーの操作中には防音保護具（JIS T 8161）の装着による耳の保護も必須になると思われる。とくに可聴音域外の衝撃波、超音波は聴覚として認識されないことから注意が必要である。