

高強度レーザープラズマ放射線科学の発展とテラヘルツ発生

Intense laser plasma radiations and THz generations

阪部 周二

京都大学・化学研究所・先端ビームナノ科学センター・レーザー物質科学研究領域

今年にはレーザー生誕 50 年の節目の年である。レーザーの発明から間もなくレーザープラズマの研究は始まった。エネルギーを時空間に集中できるレーザーを標的に照射すると標的は瞬時にプラズマとなり、超高温プラズマを実現することができる。このようなレーザーによるプラズマ生成およびレーザーとプラズマとの相互作用の物理を対象とするレーザープラズマ物理の研究も同時に今日まで発展してきた。レーザー生成超高温プラズマ応用の代表的なものはレーザー（慣性）核融合である。超高温プラズマは様々な輻射（放射線）を発する。電子、X 線、イオン、電磁波、中性子など、まさに放射線の泉である。よって、レーザープラズマは放射線源になりうる。その特徴はパルス、点源、（ゆえに高輝度、）異種放射線間の完全同期である。しかしながら、最近までレーザープラズマ放射線が応用されているという話をあまり聞く事はなかった。その理由は結局のところ、まだレーザー強度不足であった。一例として、レーザープラズマから 1MeV の陽子を発生しようとする、 $10^{15}\text{W}/\text{cm}^2$ の強度が必要である[1]。この強度を実現するには、ナノ秒レーザーでは 100J 以上のエネルギーをだせるレーザー核融合研究に用いられているような大型施設が必要となる。このような状況もこの 10 数年の間に一変した。極短パルスレーザー発生とそれを増幅するチャープパルス増幅の技術の飛躍的な進歩により[2]、テーブルトップサイズのレーザー装置でも $10^{18}\text{W}/\text{cm}^2$ の強度を実現することができるようになった。光電場の大きさでは $3 \times 10^{10}\text{V}/\text{m}$ に達する。このような短パルスレーザーの出現によりレーザーは熱源から電界源にもなった。現在、高強度極短パルスレーザープラズマ相互作用による高エネルギー放射線発生の研究が国内外で活発に行われている[3]。筆者の研究室では電子線[4]、イオン[5]、中性子[6]、テラヘルツ[7]の発生の基礎研究を行っている。レーザープラズマテラヘルツはまだ実用に供されていないが、高強度テラヘルツ源としての可能性の一つである。しかしながら、その発生機構は必ずしもまだ明らかになっていない。講演では短パルスレーザーと大気、希ガスクラスタとの相互作用により発生するテラヘルツ波の特性を紹介し、テラヘルツ科学分野の専門家から線源としての可能性と課題についての意見を頂きたい。

[1] S. Sakabe, *et al.*, “Velocity distribution of multi-ion species in an expanding plasma produced by a 1.05- μm laser,” *Phys. Rev. A* **26**, 2159-2167 (1982).

[2] 阪部周二, 「テーブルトップ超短パルス超高強度レーザー」, レーザー研究 **25**, 855(1997).

[3] 阪部周二他, 「超高強度レーザーを用いた放射線の発生～「レーザー核工学」の発展を期待して～」, 日本原子力学会誌 **43**, 996(2001).

[4] S. Tokita, *et al.*, “Single-Shot Femtosecond Electron Diffraction with Laser-Accelerated Electrons: Experimental Demonstration of Electron Pulse Compression”, *Physical Review Letters* **105**, 215004 (2010).

[5] S. Sakabe, *et al.*, “Generation of high energy protons from hydrogen clusters Coulomb-exploded by intense femtosecond laser pulse”, *Phy. Rev. A* **69**, 023203(2004).

[6] S. Sakabe, *et al.*, “Laser Energy Scaling Law for the Yield of Neutrons Generated by Intense Femtosecond Laser-Cluster Interactions,” *Plasma and Fusion Research* **4**, 041(2009).

[7] T. Nagashima, *et al.*, “Terahertz pulse radiation from argon clusters irradiated with intense femtosecond laser pulses,” *Optics Express* **17**, 8907-8912(2009).