レーザ誘起応力波で創発された水中インパルス超音波の特性評価

Impulsive Ultrasonic in Water Emerged by Laser-induced Stress Wave

金沢工大 〇會澤 康治,冨永 惇司,得永 嘉昭

Kanazawa Inst. of Tech., [°]Koji Aizawa, Atsushi Tominaga, and Yoshiaki Tokunaga

E-mail: aizawa@neptune.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】 レーザ誘起応力波による遺伝子導 入技術[1,2]では、インパルス状の超音波が培養液 や体液を通して標的細胞に照射される.今回我々 は、導入メカニズムの理解に必要な水中を伝搬す るインパルス超音波の特性を実験的に調べた.

【実験方法】 実験に用いたレーザターゲットは, 厚さが 0.5 と 3mm の黒色ゴム板 (NR, 10mm 角) にポリエチレンテレフタレート板(PET, 10mm角, 厚さ 1mm)板をエポキシ樹脂で接着した「confined 型」である. これに波長 532nm のレーザ光源 (Spectra Physics, LAB-130)からの単一パルス光 (パルス幅 10ns, 最大パルスエネルギー2J/pulse) を照射すると PET/NR 界面での ablation とプラズ マ膨張により創発的レーザ誘起応力波(LIESW) [3]が発生する. この LIESW の acoustic signature をターゲットに貼り付けた PVDF transducer (東 京センサ,厚さ約 0.11mm) で検出する. またこ のターゲットを水で満たした細胞培養容器(dish) に接着し発生した水中インパルス超音波の圧力 波形をハイドロフォンセンサ (Muller-Platte Needle Probe, 先端径 0.5mm 以下)で観測する.

【実験結果と考察】 図1は confined 型ターゲッ ト(NR 厚さ0.5mm)による dish 内の LIESW の測定 結果である.距離 1.48mm (深さ1.32mm の水中 と厚さ0.16mm のカバーガラス)を伝搬する波は, 音速 (25℃で約1.5km/s) を超えた約1.8km/s の 速度で伝わることがわかった.図2は laser fluence1.43J/cm²で発生させた LIESW により dish 内の水中に発生した音波のハイドロフォンセン サによる(a)圧力波形と(b)圧力勾配の測定結果で ある.波形は一方向性(圧縮性)の単一パルス形 状を示し,ターゲットのゴム厚が0.5mm から



Fig.1 Acoustic signatures show before (point A) and after (point B) propagation in water.

3mm に増加するとピーク圧力は約20MPaから約7.6MPa まで減少し,それに伴い圧力勾配も約0.6MPa/nsから0.1MPa/ns以下に減少した. 竹内らは,dish内に播種した培養細胞(HeLa,ヒト子宮頸がん由来)の接着率はターゲット厚の増加で増加するが,蛍光標識したデキストラン(Sigma,直径約2.8nm)の取り込み効率は大きく減少することを報告している[4].またDoukasらは高い圧力勾配(短い立ち上がり時間)が細胞膜の浸透性向上につながることを報告している[5].

【おわりに】 LIESW を水中に照射して発生す る超音波は約1.8km/sの速度で伝わる圧縮性の単 ーパルスであり,細胞の接着率や取り込み効率に 影響を与えるパラメータであるピーク圧力と圧 力勾配を今回明らかにした.

【謝辞】 アドバイスを頂く本学 バイオ・化学 部の小木美恵子教授に感謝する.本研究の一部は 科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究:23656275 お よび基盤研究(C):24560384)の助成を受けた.

【参考文献】 [1] S. Lee et al., IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron., 5, pp. 997-1003 (1999). [2] M. Terakawa et al., Opt. Lett., 29, pp.1227-1229 (2004). [3] 得永他, 信学技報, US2011-78, pp.7-12 (2011). [4] 竹内他, 信学技報, US2012-64, pp.5-8 (2012). [5] A.G. Doukas et al., Proc. SPIE, 3916, pp. 188-195 (2000).



Fig.2 Temporal profiles of (a) pressure and (b) pressure gradient of ultrasonic in water.