

パルス大電力注入による水中微生物の不活化要因の解明  
～電気衝撃を抑制した場合の不活化特性～

201212027 永井健人

船舶は安定した航行を行うためにバラスト水が必要となるが、そこに取り込まれてしまう水生生物や微生物などによる生態系破壊や漁業被害が問題となっている。この問題の防止のため、バラスト水処理装置の船舶への搭載が義務付けられようとしている。

本研究室ではパルス大電力による水中微生物の不活化処理装置の研究開発を進めている。現在、微生物が不活化される要因が解明されておらず、効率的な処理装置の開発の妨げとなっている。そこで、電気衝撃の不活化への寄与を検討するため、処理対象とした水生生物(アルテミア)をメッシュネットで電極近傍から隔離し、その際の不活化特性を検証した。

アルテミアを電極から 10 mm 隔離した場合の不活化率は 31 % であったが、30 mm 隔離すると 16 % 程度に低下し、その後、距離を増やしても不活化率に変化はなかった。すなわち、電極から一定以上の距離では電気衝撃の寄与は限定的であることがわかった。

パルス大電力の水中注入に起因する衝撃波の特性

～電力パルスごとの衝撃波の発生特性～ 201212028 西巻健一  
～注入エネルギーと衝撃波速度の関係～ 201212034 山岸泰成  
～衝撃波の総進展距離と電極間隔～ 201212015 小林 慧

本研究室ではパルス大電力の水中への注入により微生物の不活化処理に成功している。微生物は、電気衝撃、大電力注入によるマクロな衝撃波、および、大電力注入により発生する微細気泡の破裂時のミクロな衝撃波などの要因が単体または複合して不活化されると考えられるが、それぞれの寄与は不明である。要因を特定できれば、より効率的な不活化が期待できる。

本研究では、不活化要因の解明や効率的な処理装置の開発の一助とする目的として、パルス大電力の水中への注入により発生するマクロな衝撃波に着目し、以下の 3 項目について検討した。

I. 衝撃波の発生および伝播

衝撃波の存在時間を明らかにすることでパルス大電力の適切な印加間隔を求める。

II. 注入エネルギーと衝撃波の速度

衝撃波の速度を評価し、不活化処理における有効な注入エネルギー量の指標を得る。

III. 衝撃波の総伝播距離

水面での反射を利用して衝撃波の総伝播距離を求め、電極配置を決定する指標を得る。

パルス大電力発生装置(PFN 段数 1~8 段、出力電圧 15 kV、出力電流 0.34 kA、負荷電流パルス幅 0.7~3.5 μs (FWHM)、注入電力 0.77~0.96 MW、注入エネルギー 0.28~2.24 J) にてパルス大電力を水中に注入し衝撃波を発生させ、その衝撃波をシャドウグラフ法と高速度カメラ(コマ間隔 1.08 μs、露光時間 370 ns)を組み合わせたシステムで時間分解可視化観測した。本研究の実験条件下において、以下の結論を得た。

①水中への注入電力パルス列にしたがい複数の衝撃波が発生する。PFN8 段の場合、衝

衝撃波の存在時間は 200~250  $\mu\text{s}$  であり、装置設計においてはパルス大電力の印加間隔を 200  $\mu\text{s}$  以下にすることが望ましい。

- ② PFN 段数を変え水中への注入エネルギーを変化させたところ、エネルギーの大小が衝撃波の速度に影響を与えないことがわかった。また、0.6 J 程度のエネルギーにより存在時間が 170  $\mu\text{s}$  以上の衝撃波の発生できることがわかった。
- ③ 容器内の水位を変化させ反射の条件を変更しても衝撃波の総伝播距離は 180~250 mm の範囲に特定された。これにより、処理容器中に電極を複数設置する場合、バラスト水の状態の如何に関わらず電極間隔は 200 mm 程度にすればよいことがわかる。

### 電力需要量予測向け双方向光注入型半導体レーザシステムのカオス発振特性の検証

201212031 樋口 聰

昨今の電力エネルギー不足への不安やエネルギーの安定供給の必要性を念頭におくと、電力需要量予測は重要である。カオスニューラルネットワークを利用する電力需要量予測では、ニューロンを半導体レーザ(LD)でモデル化することが提案されている。ここで、各ニューロン間の情報伝達は双方向光注入型 LD 系で具現化される。本研究では、LD 系のカオス同期などの発振特性を数値実験により検証し、電力需要量予測への適応性を検証した。

各 LD の戻り光係数が  $\kappa_{f1} = \kappa_{f2} = 3 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  以上、かつ、各 LD の注入光係数が  $\kappa_{2 \rightarrow 1} = \kappa_{1 \rightarrow 2} = 3 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  以上のときに 2 つの LD の光強度変化が同じとなり、カオス同期が起こった。また、戻り光係数  $\kappa_{f1}$  を  $3 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  から  $1.5 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  に大きくすると注入光係数  $\kappa_{2 \rightarrow 1}$  の軌道拡大率が 0 から 0.4 に増加し複雑なカオスの発生に成功した。しかしながら、電力需要量予測では軌道拡大率が 1.5 以上の複雑なカオスが必要であり、本研究で検討した LD 系ではさらなる軌道拡大率の増大が課題である。

### 戻り光と一方向光注入を持つ半導体レーザ系のカオス同期現象

201212023 清野悠生

ネット上の通信容量の増加に伴い、より高速で、より秘匿性の高い通信手段の必要性が高まっている。現状の秘匿通信ではコンピュータの計算量に依存した方法で暗号化を行っており、秘匿性を高めるための計算量増加に伴い消費電力の増加が懸念されている。また、時間さえあれば解読できてしまう問題がある。

本研究では、比較的省電力で高度な秘匿通信を行えるとされる半導体レーザ(LD)を用いた光カオス秘匿通信におけるカオス同期現象について、数値実験により検討し、カオス同期を達成する条件を示した。

送信側 LD の戻り光係数を  $\kappa_{f1} = 1 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  に固定し受信側 LD の戻り光係数  $\kappa_{f2}$  および受信側への注入光係数  $\kappa_{inj}$  を夫々 0 から  $2 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$  まで変化させた場合のカオス同期を検証した。その結果、 $\kappa_{f1} = \kappa_{f2} + \kappa_{inj}$  を満たすとき、相互相関  $\rho$  が 1 となり同期現象の発生することがわかった。また、 $\kappa_{f2}$  と比較して  $\kappa_{inj}$  が非常に大きいときに  $\rho$  の増大することがわかった。