

博士學位論文

論文内容の要旨

および

論文審査の結果の要旨

東邦大学

論文要旨

氏名 宇田川 洋一

論文題目

収束爆轟によって駆動された水中衝撃波を用いた微生物処理技術に関する基礎的研究

論文要旨

近年、超高圧を利用する技術は進展を見せているが、その技術が実用化に至っているものの多くは主に静的超高圧の技術であり、衝撃超高圧の技術は実用段階に至っているものは少ない。その中で、衝撃超高圧による液体殺菌または死滅処理技術が船舶バラスト水の処理手段として提案されている。そこで、本研究では、気体収束爆轟によって駆動される水中衝撃波による処理技術の基盤を構築すると共に、本提案技術の新たな知見を得ることを目的とした。まず、収束爆轟装置の最終収束半径及び予混合気の燃焼条件を変更して系統的な実験を行い、収束中心に設置されたノズル径を拡大すると、ノズルを通過する流体の運動量が増加することによって、収束中心部での最高圧力が高まること、初期ガス充填圧を増加させることと、当量比を燃料過濃に設定することによって、一般に知られている管内定常爆轟波よりはるかに高い圧力が得られることなどを明らかにし、収束中心での最高圧力の値が前述のパラメータに強く依存することがわかった。次に、本装置における水中衝撃波の発生特性を把握するため、各種運転条件を変更させて水中衝撃波の最高圧力を測定した。その結果、ノズル径を拡大すると、ノズルを通過する流体の運動量が増加することによって収束中心部での圧力の測定結果と同様に、試料管内での収束爆轟駆動の水中衝撃波の最高圧力が上昇すること、初期ガス充填圧を増加させること、及び当量比を燃料過濃に設定することによって、水中衝撃波の最高圧力が上昇することなどを示した。これらの知見は収束爆轟駆動の水中衝撃波の発生技術を確立する上で重要である。さらに、水生生物の器官や組織への損傷を引き起こす直接的要因として、水中衝撃波の最高圧力以外に、圧力波の立ち上がり時間、半値幅時間、衝撃エネルギーに着目し、系統的な実験を行った結果、これらのパラメータ（評価因子）は装置の運転条件の設定によってコントロール可能であることがわかった。最後に、水生生物に対する系統的な処理実験を行い、水中衝撃波の半値幅時間及び衝撃エネルギーを増加させることと、圧力波の立ち上がり時間を短くすることで死滅率が上昇すること、さらに適正化された水中衝撃波による複数回処理により99.99%以上の死滅率が得られることを明らかにした。以上、本研究により、収束爆轟駆動の水中衝撃波発生技術と微生物に及ぼす影響に関する多くの知見が得られた。特に、収束爆轟装置における最終収束半径の影響や、各運転条件の変化による影響が明らかになったばかりでなく、微生物に及ぼす水中衝撃波の影響の詳細を示した。従って、これらの結果から、収束爆轟駆動の超高圧水中衝撃波が、新たな水生の微生物処理手段として適用可能であることがわかった。

論文審査の要旨及び審査結果の要旨

2012年入学	研究分野 環境科学	氏名 宇田川 洋一
審査委員	(主査) 東邦大学 教授 鈴木 実 (副査) 東邦大学 教授 大島 茂 (副査) 東邦大学 教授 佐藤 研二 (副査) 東邦大学 教授 大越 健嗣 (副査) 横浜国立大学 教授 石井 一洋	
(論文題目) 収束爆轟によって駆動された水中衝撃波を用いた微生物処理技術に関する基礎的研究		
(論文審査の要旨及び審査結果の要旨) 近年、超高圧利用技術の開発が行なわれているが、実際に実用化まで到達した技術は主として静的超高圧技術であり、動的超高圧技術については実用例が少ないのが実状である。その中で、動的超高圧による液体殺菌または死滅処理技術が船舶バラスト水の処理手段として提案されているが、詳細な実験データ等がほとんど公表されていないのが実状である。 本研究では、動的超高圧の有害微生物処理分野への適用のための技術開発の一環として、プロパン・酸素収束爆轟によって駆動された超高圧水中衝撃波を処理手段として用い、処理対象微生物として、動物プランクトンの中でも薬剤耐性が極めて強かつ船舶バラスト水処理装置の性能評価用微生物に指定されているアルテミアに着目し、水中衝撃波の発生特性(最高圧力、圧力立ち上がり時間、半値幅時間、衝撃エネルギー等)を明らかにすると共に、これらがアルテミアの死滅率に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。 実験装置として、主燃焼室内径 60mm、試料管内径 10.9mm、有効長さ 1000mm からなる気体収束爆轟型衝撃水圧発生装置を用い、本装置の燃焼室下流端及び試料管下流端での圧力波形を実測すると共に、試料管内の水中に含有させたアルテミアを用いて、水中衝撃波による系統的な処理試験を実施した。 本研究の第一段階として、収束爆轟型衝撃水圧発生装置の燃焼室の下流端、すなわち最終収束部のノズル径(燃焼室と試料管との絞り部の内径)及び予混合気の燃焼条件を変更して系統的な実験を実施し、ノズル径(3、5、8mm)を拡大することで、高圧の持続時間が増加することに起因して収束中心部での最高圧力		

の値が増加すること、初期ガス充填圧の増加又は当量比の増加(燃料過濃側に設定)により、一般に知られている管内定常爆轟波よりはるかに高い圧力(100MPaレベル)が得られること、収束中心での最高圧力の値がノズル径や前述の燃焼条件に強く依存することなど、本装置の燃焼室内での収束爆轟波の高圧発生特性を明らかにした。

本研究の第二段階として、本装置の燃焼室の下流端にノズルを介して接続された試料管内における水中衝撃波の発生特性を把握するため、水中衝撃波(第一波に着目)の最高圧力に及ぼす各種運転条件の影響を調べた。その結果、収束中心部での圧力の測定結果と同様に、ノズル径の拡大により試料管内での水中衝撃波の最高圧力の値が増加すること、初期ガス充填圧の増加又は当量比の増加により、水中衝撃波の最高圧力の値が増加することなど、試料管内での水中衝撃波の高圧発生特性を明らかにした。

本研究の第三段階として、水中衝撃波の特性値、すなわち最高圧力、圧力波の立ち上がり時間、半値幅時間、及び衝撃エネルギーに着目し、系統的な実験を行った結果、本装置の初期ガス充填圧、当量比、及び窒素添加率の変更により、前述の特性値が変更可能であることを明らかにした。

本研究の第四段階として、前述の水中衝撃波の特性値を変更パラメータとして、アルテミアに対する系統的な処理実験を実施し、水中衝撃波の半値幅時間や衝撃エネルギーの増加、又は圧力波の立ち上がり時間の短縮により、死滅率の値が増加すること、100MPaレベルの水中衝撃波による5回処理により最大99.99%の死滅率が得られることを明らかにした。

以上、本研究は、気体収束爆轟によって駆動された水中衝撃波の生体破壊効果を利用した海水中微生物の新たな死滅処理技術を提案し、本装置の高圧発生特性を詳細に示すと共に、アルテミアの幼生及び卵の処理試験を実施し、実用レベルの死滅率を達成するなど、収束爆轟駆動の超高压水中衝撃波を用いた水生微生物処理技術に関する新たな知見を得たものと言える。よって、本論文提出者の宇田川洋一は、博士(理学)の学位を授与される資格を十分に有することを認める。