

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04600

研究課題名（和文）キャビテーション噴流による水中衝撃波の生成・制御に関する研究：船用技術への新展開

研究課題名（英文）Study on generation and control of underwater shock waves produced with cavitating jet flow for creation of new marine technology

研究代表者

阿部 晃久（Abe, Akihisa）

神戸大学・海事科学研究科・教授

研究者番号：50221726

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は海事産業における新たな衝撃波活用技術の創出を目的として、キャビテーション噴流によって生成される水中衝撃波の効果的な活用技術の確立のため、噴流中の衝撃波生成位置や発生周期、圧力変動、噴流ノズルと対象物体との最適な距離などの関係が調査され、特に、噴流中の衝撃波の生成条件とキャビテーション流場の挙動及び壊食作用について検討しました。これらの成果は海事関連分野の基盤技術への衝撃波の応用可能性を示しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

衝撃波は、工学、医学等幅広い分野で様々な応用技術が確立されてきていますが、海上輸送に支えられている我が国の経済や産業へ貢献する海事関連分野での衝撃波の応用技術は未開発状態です。本研究では、衝撃波現象を船用技術の基盤技術として活用するために、水中衝撃波の生成手法として、キャビテーション噴流を活用する方法を提案し、キャビテーションジェットと気泡運動による水中衝撃波の生成の関係やそれらの挙動について検討しました。その結果、安全かつ省エネルギーの水中衝撃波生成とその利用について知見を得ることができ、これらはバラスト水処理、船底付着生物除去などの諸問題を解決する技術として新たな応用技術に繋がられます。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to create a new shock wave utilization technology in the maritime industry, focusing on shock wave generation with cavitating jet. An experimental study on the removal of deposits using a cavitating jet flow was mainly conducted. Relationships such as shock wave generation position and frequency, pressure fluctuations, and optimal distance between the jet nozzle and the target object were investigated. Especially, in the observation of the flow field around the jet, the conditions of shock wave generation in the cavitating jet and the behavior of the cavitating flow field were examined. Regarding the erosion effect by the cavitating jet, the position where the shock wave acts most effectively was identified from the observation of the surface damage on the test piece. From the viewpoint of shock engineering, these results can contribute as a new basic technology in the maritime field.

研究分野：圧縮性流体力学

キーワード：衝撃波 キャビテーション 混相流 キャビテーションエロージョン 衝撃波生成周波数

1. 研究開始当初の背景

水中衝撃波は水中を伝播する強い圧縮波であり、様々な分野で応用されている。海事産業においてもバラスト水殺菌処理、船底付着生物除去、排気浄化技術など、衝撃波現象の活用による新技術の創出の可能性は高いと考えられる。特に、海事分野において他分野と異なる点は、対象物のサイズや量が大きいことである。そのため、高い処理速度と効率が求められるほか、安全性、経済性が重要となる。海事分野での衝撃波応用研究として海洋細菌の殺菌研究がある。衝撃波によりマイクロバブルの収縮膨張運動を誘起し、気泡の強い収縮作用が生み出すフリーラジカルの強酸化作用と収縮気泡の急膨張が作り出す球状衝撃波の高圧力作用が殺菌に有効であることが確認されている。また、より小さな気泡は相対的に表面張力が強く現れ、理想的な球形状を保ちやすくなることから外部からの衝撃圧に曝されることで、より強い収縮膨張運動を実現できることが理論解析から示されている。したがって、理想的な球状崩壊運動の発生確率を高め、強いリバウンド衝撃波を得るための条件を見出すことが、効果的殺菌処理において重要となる。キャビテーションノズルを用いた水中キャビテーション噴流では、微小気泡群の生成と共にキャビテーションノズル出口から下流側で微小気泡群の自己崩壊運動による周期的な水中衝撃波の生成が期待できることから、気泡の崩壊現象に伴う強い水中衝撃波を生成できる可能性がある。すなわち、高圧水流の利用によって微小気泡と水中衝撃波の生成が同時に達成でき、両者の干渉現象による効果的かつ効率的な殺菌処理の実現可能性が得られることで、処理速度を高め、より経済的で効果の高い技術を創出できると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、水中に噴射されるキャビテーションノズルからの流れと衝撃波生成条件を調査し、衝撃波挙動を分析し、生成制御技術を確立することで、効果的な海洋細菌の殺菌、壁面付着物除去や洗浄への活用展開について実験室レベルで実証する。様々なタイプのキャビテーションノズルを用いて水圧条件を変え、単一ノズルを基本として噴流場の様子を可視化観測や圧力計測等を行うことによってノズル条件が与える流れ場への影響および衝撃波生成結果との関係について検討する。特に、噴射された微小気泡群の収縮膨張運動により発生する衝撃波の挙動に注目し、発生周期や強さの制御方法、複数個のノズルを用いた最適化など、水中衝撃波の圧力作用を効果的に得るための性能向上について検討する。さらに、固体壁付着物の除去や洗浄への効果への本技術の応用可能性を示す。従来の方法との大きな違いは、貯水タンク中にキャビテーション噴流を放出することにより、ノズルによる減圧効果で気泡群を生成し、水槽の環境圧に曝すことで気泡の内外圧力差を高められ、強い崩壊運動を誘起して衝撃波を生成する点にある。すなわち、非常に簡易なシステムで、微小気泡群と水中衝撃波の両者を生成でき、衝撃圧による微小気泡運動の誘起に加えて、高圧ポンプを介してノズルを通過する際に菌体に加えられる強い圧力作用から、より効果的な殺菌効果を得ることもできる点が本研究の大きな特色であり、独創的な点である。本研究で提案するシステムは、高い経済性と安全性が期待でき、船用技術の進展において大きな意義がある。また、衝撃波を生成するキャビテーション噴流は、単体としても船体付着生物除去や表面洗浄などへの活用が考えられ、応用技術の拡大に寄与できる。学術的には、キャビテーション気泡群が作り出す複雑な衝撃波の生成メカニズムや伝播挙動などの解明に繋がる。上述の水中衝撃波生成法との技術融合によって、海事産業分野における効果的な水中衝撃波の利用促進を図ることが可能になる。水中衝撃波生成技術の確立によって、バラスト水殺菌の効率化、エマルジョン燃料の水粒子の微細化、微細加工・表面加工、洗浄、船底付着生物除去など応用技術の拡大発展が期待できる。

3. 研究の方法

高圧力ポンプを用いてキャビテーション噴流を生成するノズルを作成すると共に、実験観測用水槽を作製し、水槽実験を中心とした研究を実施した。特に、高速な衝撃波現象を観測するために、可視化実験及び圧力計測実験の実施、数値シミュレーションによる気泡運動生成衝撃波の予測、キャビテーション噴流の構造と挙動について解析する他、壊食センサーを自作し、キャビテーションによる表面損傷計測により、付着物除去効果について定量的な分析を行った。

4. 研究成果

図1は、水槽内で上部のノズルから下向きに噴射されたキャビテーション噴流の高速シュリーレン撮影の合成画像(2 ms 間)である。水が満たされた水槽内へノズルから水が噴射される際の減圧現象により大量のキャビテーション気泡が生成される。水槽内に放出された気泡は、周囲との圧力差によって圧縮作用を受けて収縮運動を開始する。本ノズルの噴流のコアサイズは約 10 mm であることから、10 mm を超えた位置において流速が著しく減少するため、この領域で最も大きな圧力差が気泡に作用すると考えられる。気泡の最小直径とそれに至る時間は、初期の気泡直径と気泡内外圧力差に依存する。最小サイズに収縮された気泡は、その直後に著しい膨張運動へ転じ、周囲の水を強く圧縮することで球状衝撃波を発生させる。図1に捕らえられた多数の波紋は、気泡が作り出した球状衝撃波を示している。

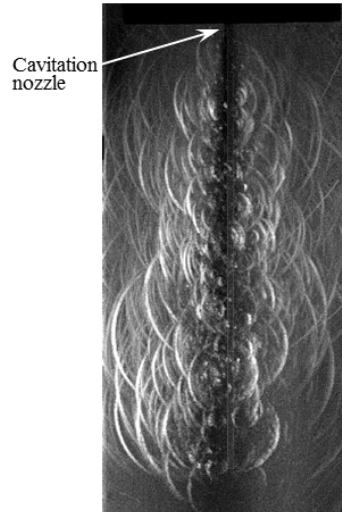


Fig.1 Synthetic high-speed schlieren images of cavitating water jet for 2 ms

図2は、500 μsec の時間幅で記録された圧力波形の一例である。スパイク状の波形の内、最大圧力値が 0.3 MPa 以上を計測対象としてスパイク状波形の発生回数を計測し、1 秒間当たりの衝撃波生成数に換算した数値を衝撃波生成周波数 (SWGF: Shock Wave Generation

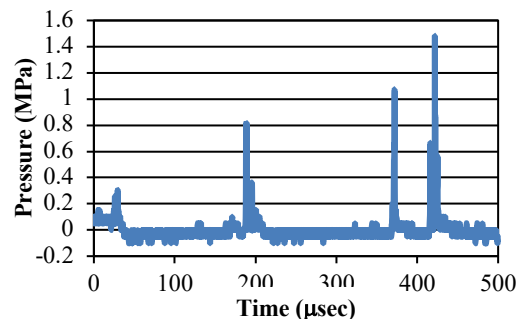


Fig.2 Example of pressure records for 500 μsec

Frequency, Hz) として定義した。図3に SWGF の計測結果を示す。判例枠内の z は、噴流の中心軸の位置、すなわち、ノズル出口から流れ方向の距離を意味し、横軸の x は、中心軸に対する

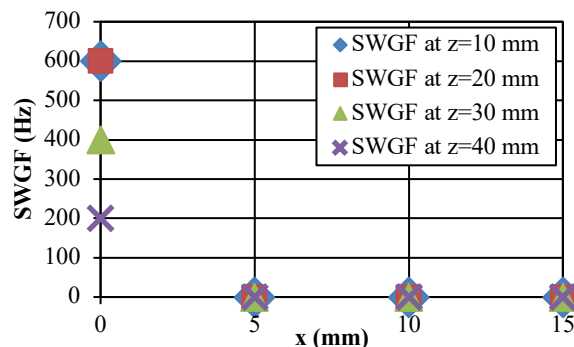


Fig.3 Distributions of SWGF of cavitating water jet

垂直方向距離を示している。図より、衝撃波生成周波数は、ノズル出口から 10 mm 及び 20 mm 下流の中心軸周り 5 mm 以内の領域で高い値を示すことがわかる。次に、図 4 は、 $Z=20$ mm の位置に垂直壁面を設置し、噴流を壁に向けて噴射した場合の衝撃波生成周波数の計測結果である。壁面へ吹き付けられた圧力上昇効果によって、衝撃波の発生頻度は 10 倍以上に高まることわかる。

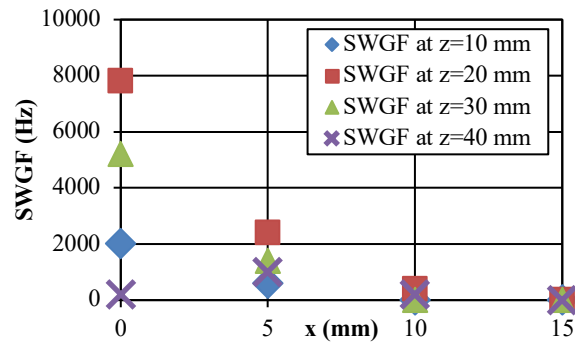


Fig.4 Distributions of SWGF with wall boundary effect

以上のようにキャビテーション噴流によって短時間に多数の衝撃波が生成されることから、物体表面近くでは気泡崩壊時の気泡が作り出すマイクロウォータージェットによるエロージョンは無視できない。噴流出口から 20 mm の位置に z 軸に対して傾斜角度 $\theta=30^\circ$ 、 45° 、 60° 、 90° でステンレス板を設置した場合の流れ場の様相を図 5 に示す。図 5 (a) ~ (d) は、それぞれ $\theta=30^\circ$ 、 45° 、 60° 、 90° の条件で 2 ms 間に得られたシュリーレン合成画像である。円弧状の衝撃波面は、ノズル出口付近のキャビテーション噴流の周りにも多数の小さな衝撃波が見られるが、傾斜壁面に沿って $\theta=30^\circ$ では噴流が衝突している箇所から約 17 mm までの間、 $\theta=45^\circ$ では約 13 mm までの間、 $\theta=60^\circ$ では約 10 mm までの間で発生したと考えられる衝撃波の波紋が捕らえられている。また、傾斜角度の増加に伴って、衝撃波の発生範囲が狭まってくることから波紋が同心円に近づく。すなわち、角度が浅いほど、広い範囲で衝撃波が発生するが、噴流が壁面に衝突する際の水撃作用は低下するため、発生する衝撃波の頻度や強さは減少すると考えられる。

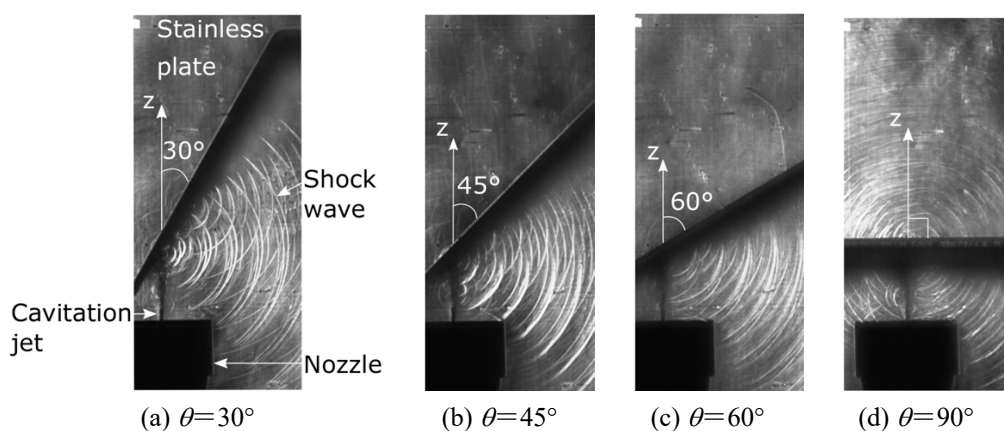


Fig.5 Composite images obtained by schlieren method for 2 ms

衝撃波発生周波数と物体表面の傷生成の関係を図 6 に示す。 $z=20$ mm における壊食による塗装面上に生じた窪みの数密度 (mm^{-2}) と衝撃波発生周波数分布は、 $0 \leq x \leq 15$ mm の領域において類似の傾向を示し、キャビテーション気泡の崩壊運動による効果として判断できる。壊食が生

じる領域は、キャビテーション噴流が試験片に衝突する際の水撃作用の強さの違いによるキャビテーション気泡運動へ与える圧力刺激の強さ及びそれに伴う気泡運動の激しさと崩壊時間の関係に加えて、試料片表面の流速の違いによる気泡数密度の分布変動に依存するものと考えられる。したがって、これらをコントロールするためには、水撃作用が加わった際のキャビテーション気泡群の自己崩壊現象の強さと応答時間を把握することが重要であり、今後さらに気泡群を対象として現象を捉え、挙動解析を行うことが必要と考えられる。

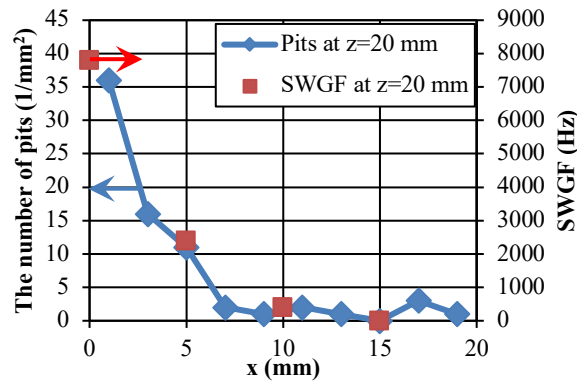


Fig.6 Relationship between the number of pits on the painted specimen and SWGF

図7は、水中放電衝撃波を用いて水面に振動を与え、キャビテーションを発生させた際の殺菌効果を調べるため、毒性の無い海洋ビブリオ属細菌を用いて行った実験結果を示している。赤で示されるデータは衝撃波作用を与えずキャビテーション生成が生じない場合、青のデータはキャビテーション崩壊運動が生じる場合であり、キャビテーション気泡の崩壊運動が殺菌効果を与えることが明確である。本研究によって、気泡崩壊運動の気泡収縮時に生成されるOHラジカルが殺菌効果の基本原則であることがほぼ明らかとなり、気泡運動が生じる場合、水中衝撃波の発生は殺菌効果の有無の判断指標として用いることができると考えられる。これらのことから、キャビテーション噴流の活用により、容易に高い周波数の水中衝撃波を発生させることが可能であり、衝撃波の発生は同時に気泡の崩壊運動によるマイクロウォータージェット及びOHラジカル生成を伴うことが明らかであることから、付着物除去作用及び殺菌効果が得られ、海事産業の発展に資する新たな応用技術として期待される。

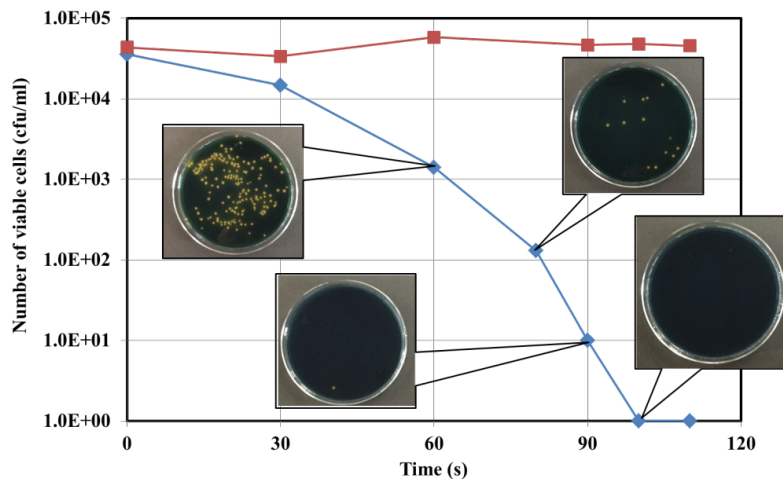


Fig.7 Estimation of number of viable cells
 (■: without the action of shock waves, ◆: with the action of shock waves)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Y. Tamaki, T. Shimokawa, A. Abe	4. 巻 -
2. 論文標題 Study on Relationship between Generation of Underwater Shock Waves and Erosion in Cavitating Flow	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 32nd Intl. Symp. Shock Waves (ISSW32)	6. 最初と最後の頁 151, 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3850/978-981-11-2730-4_0081-cd	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Munemura H., Nishio S., Sou A., Nishida K., Wada Y., Ueki Y., Yokohata H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatio-Temporal Analysis of Correlation between the Cavitation Forming inside Injector and the Progress of Liquid Jet Atomization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of the 15th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization	6. 最初と最後の頁 1, 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下川 朋之、阿部 晃久、玉木 雄祐、石居 梓	4. 巻 -
2. 論文標題 付着粒子状物質に対するキャビテーション噴流の除去効果に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第89回マリンエンジニアリング学術講演会論文集	6. 最初と最後の頁 1, 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下川朋之, 丸山泉輝, 阿部晃久	4. 巻 -
2. 論文標題 キャビテーション噴流の入射角度による衝撃波生成と壊食効果に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019年度衝撃波シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 1, 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 西尾 茂, 宗村宏晃, 林 博昭, 宋 明良, 西田 恵哉	4. 巻 39
2. 論文標題 側方気流を受ける液体噴流微粒化過程の画像解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 可視化情報学会誌	6. 最初と最後の頁 USB
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 西尾 茂, 中村峻登, 岡 拓海, 宋 明良, 西田恵哉	4. 巻 39
2. 論文標題 燃料インジェクタ内における縦渦形成過程の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 可視化情報学会誌	6. 最初と最後の頁 USB
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 王芳怡, 安福弘規, 藤本岳洋	4. 巻 論文No.137
2. 論文標題 衝突下の三点曲げぜい性金属破壊の数値シミュレーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会第32回計算力学講演会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 塚本健太, 藤本岳洋	4. 巻 -
2. 論文標題 被衝突体特異形状端からの強衝撃波発生機構の考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2019年度衝撃波シンポジウム講演論文集	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井上健一郎、藤本岳洋、安福弘規	4. 巻 論文No.316
2. 論文標題 実験・数値解析を用いた動的破壊挙動の衝突仕様依存性の考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会関西支部第95期定時総会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安福弘規、藤本岳洋	4. 巻 No.316
2. 論文標題 固体間衝突における各種衝撃偏心荷重下のき裂進展挙動の実験評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会関西支部第95期定時総会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Jingzhu, Abe Akihisa, Koita Taketoshi, Sun Mingyu, Wang Yiwei, Huang Chenguang	4. 巻 124
2. 論文標題 Study of sterilization effects on marine <i>Vibrio</i> sp. using interaction of cavitation with shock wave in a narrow water chamber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 213301 ~ 213301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5052521	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Huang Y., Wang J., Abe A., Wang Y., Du T., Huang C.	4. 巻 -
2. 論文標題 A theoretical model to estimate inactivation effects of OH radicals on marine <i>Vibrio</i> sp. in bubble-shock interaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ultrasonics Sonochemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe, Yiwei Wang	4. 巻 5-0109
2. 論文標題 Experimental Study on Interaction of Multiple Cylindrical Bubbles with Underwater shock wave	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Symposium on Cavitation (CAV2018)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 中村峻登, 西尾 茂, 宋 明良	4. 巻 Vol.38, Suppl. No.1
2. 論文標題 燃料インジェクター内におけるストリングキャビテーションの発生と3次元流場構造の分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 可視化情報学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宗村宏晃, 西尾 茂, 宋 明良	4. 巻 Vol.38, Suppl. No.1
2. 論文標題 側方気流を受ける液体噴流の流場構造変化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 可視化情報学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Jingzhu, Abe Akihisa, Wang Yiwei, Huang Chengguang	4. 巻 42
2. 論文標題 Fundamental study of sterilization effects on marine <i>Vibrio</i> sp. in a cylindrical water chamber with supply of only underwater shock waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ultrasonics-Sonochemistry	6. 最初と最後の頁 541 ~ 550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.11.047	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe	4. 巻 B09-216
2. 論文標題 Sterilization Effects on a Marine Bacterium using Underwater Shock Waves with Induced Bubbles in a Cylindrical Water Chamber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME)	6. 最初と最後の頁 341-346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe, Nobuyuki Ito, Kota Nishibayashi	4. 巻 SBM000302
2. 論文標題 Strength and Frequency of Underwater Shock Waves Related to Sterilization Effects on a Marine Bacterium	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kota Nishibayashi, Jingzhu Wang, Akihisa Abe	4. 巻 SBM000280
2. 論文標題 Generation Frequency of Rebound Shock Waves from Bubble Collapses in Cavitation Jet	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe, Taketoshi Koita, Mingyu Sun	4. 巻 SBM000165
2. 論文標題 Contribution of Cavitation Generation to Shock Wave Sterilization Effects in a Narrow Water Chamber	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe	4. 巻 -
2. 論文標題 Fundamental Study on Sterilization Effect of Underwater Shock Waves with Cavitation Bubbles on Marine Bacteria	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 7th PAAMES and AMEC2016	6. 最初と最後の頁 1, 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kota Nishibayashi, Jingzhu Wang and Akihisa Abe	4. 巻 -
2. 論文標題 Experimental Observation on Generation Frequency of Shock Waves in Cavitation Flow	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of 7th PAAMES and AMEC2016	6. 最初と最後の頁 1,4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 玉木雄祐, 阿部晃久, 下川朋之
2. 発表標題 キャビテーション噴流の壊食に及ぼす水中衝撃波の効果に関する研究
3. 学会等名 第88回マリンエンジニアリング学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 玉木雄祐, 阿部晃久, 下川朋之
2. 発表標題 キャビテーション噴流中のリバウンド衝撃波の船底付着物除去効果に関する研究
3. 学会等名 平成30年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喜多村匡郎, 三村治夫, 首藤信通
2. 発表標題 フジツボ付着期幼生の盤面上に着生する位置の統計的解析及び微弱青色光視認力の把握
3. 学会等名 第88回マリンエンジニアリング学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田強志、藤本岳洋
2. 発表標題 複雑な混合モード下の破壊力学パラメータ評価に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会第31回計算力学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西林昂大、阿部晃久
2. 発表標題 キャビテーション噴流中のリバウンド衝撃波発生位置の推定
3. 学会等名 平成29年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe
2. 発表標題 Sterilization Effects on a Marine Bacterium using Underwater Shock Waves with Induced Bubbles in a Cylindrical Water Chamber
3. 学会等名 11th the International Symposium on Marine Engineering (ISME) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe, Nobuyuki Ito, Kota Nishibayashi
2. 発表標題 Strength and Frequency of Underwater Shock Waves Related to Sterilization Effects on a Marine Bacterium
3. 学会等名 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kota Nishibayashi, Jingzhu Wang, Akihisa Abe
2. 発表標題 Generation Frequency of Rebound Shock Waves from Bubble Collapses in Cavitation Jet
3. 学会等名 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jingzhu Wang, Akihisa Abe, Taketoshi Koita, Mingyu Sun
2. 発表標題 Contribution of Cavitation Generation to Shock Wave Sterilization Effects in a Narrow Water Chamber
3. 学会等名 31th International Symposium on Shock Waves, Nagoya, Japan (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石川貴大、藤本岳洋
2. 発表標題 衝突条件が後続のき裂進展挙動に及ぼす影響の考察
3. 学会等名 日本機械学会第30回計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤本岳洋、石橋正晃
2. 発表標題 各種衝撃破壊試験時の破壊抵抗に関する数値解析
3. 学会等名 日本機械学会第30回計算力学講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林昂大、王静竹、阿部晃久
2. 発表標題 キャビテーション噴流中の衝撃波発生頻度に関する研究 -境界条件及びノズル形状が及ぼす影響-
3. 学会等名 平成28年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤尚之、王静竹、阿部晃久
2. 発表標題 BOS 法における水中球状衝撃波による 背景画像変位の評価に関する研究
3. 学会等名 平成28年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中川和磨、三村治夫、遠藤紀之
2. 発表標題 平行平板の間隙に依存したフジツボキブリス幼生の着生行動の変化
3. 学会等名 第53回好塩微生物研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤本岳洋、島田光平
2. 発表標題 疲労き裂成長抑止・緩和法に関する数値シミュレーション
3. 学会等名 第29回計算力学講演会 (CMD2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋明生、藤本岳洋
2. 発表標題 数値解析による混合モード作用下疲労き裂成長の応力拡大係数評価
3. 学会等名 第21回計算工学講演会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	西尾 茂 (Nishio Shigeru) (30208136)	神戸大学・海事科学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	藤本 岳洋 (Fujimoto Takehiro) (60314514)	神戸大学・海事科学研究科・教授 (14501)	
研究分担者	三村 治夫 (Mimura Haruo) (90190727)	神戸大学・海事科学研究科・教授 (14501)	