

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K04643

研究課題名（和文）トンネル内での爆薬爆発時にトンネル壁面が吸収する爆発エネルギーの定量的な理解

研究課題名（英文）Quantitative understanding of absorption of explosion energy by tunnel wall in case of explosion in tunnel

研究代表者

保前 友高（HOMAE, Tomotaka）

富山高等専門学校・商船学科・教授

研究者番号：30470032

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、トンネル内で爆薬が爆発した際、トンネル壁面の材料や表面形状を工夫することにより、爆発のエネルギーを吸収し、トンネル外における爆風の被害を低減することを目的とし、小スケール実験と数値解析を通じて、爆風と壁面の相互作用によるエネルギー吸収・散逸のメカニズムの解明と定量的な評価を行った。実験では、ガラスビーズ、多孔質金属、周期的凸部を壁面に配置した場合のエネルギー吸収量を評価し、最大で90%以上のエネルギーを吸収・散逸できる方法があることを明らかにした。数値解析では、トンネル内の空気とこれらの材料や構造の間のエネルギー輸送現象についての評価手法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義として、本研究で対象とした爆風と壁面材料や構造の相互作用によるエネルギー輸送の評価を通じて、気体と固体の間のエネルギーの授受を定量的に評価する実験解析、および数値解析手法を確立できた。また、社会的意義として、日本国内に設置されている地中式火薬庫、および地下式火薬庫の安全性の向上のために重要な爆風低減技術を提案した。これらの方法は、一般的なトンネル内での爆発による被害低減のためにも応用が可能な知見である。

研究成果の概要（英文）：Focused on an explosive explosion in a tunnel, suppression of damage outside tunnel by adopting unique materials or structures of the tunnel wall is proposed in this study. The explosion-energy absorption and dispersion by the interaction between the blast wave and the tunnel wall is quantitatively evaluated through small-scale experiments and numerical analysis. The energy absorption and dispersion by glass beads, metal foams, and periodical obstacles were evaluated by the experiments. Approaches of absorbing more than 90% of the explosion energy was proposed. Numerical-analysis procedures of evaluating energy-transport phenomena between the air in the tunnel and the materials and structures were established as well.

研究分野：爆発影響評価

キーワード：爆薬 爆風 トンネル内爆発 トンネル壁面材料 トンネル壁面構造 被害低減 小スケール実験 数値解析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

昨今、地下通路やトンネル内を狙ったテロ攻撃の可能性が高まっている。また、火薬類をより安全に保管するため、地中式火薬庫や地下式火薬庫の設置が進められている。地下通路やトンネル内、地下式/地中式火薬庫における爆発(以下、これらの形状から「トンネル内爆発」と総称する)では、開放空間での爆発と異なり、発生した爆風が衝撃波として、壁面で繰り返し反射・吸収された後、トンネル内を伝播するため複雑な挙動を呈する。

トンネル内爆発では、一般に、壁面で繰り返し反射する際に、壁面による爆発エネルギーの吸収量が大きいほど、トンネル内を伝播する衝撃波は弱くなる。また、トンネル外に爆風が噴き出す場合、外での爆風の強さは、トンネル出口での衝撃波の強さに依存する。従って、トンネル内での衝撃波低減は被害低減のため重要であり、そのためには、壁面による爆発エネルギーの吸収メカニズム解明と定量的な理解が必要である。

壁面が爆発のエネルギー(衝撃波のエネルギー)を吸収する量やメカニズムは、壁面の表面形状、材料に依存する。例えば、ポーラスな材料に衝撃波が垂直に入射した際の材料のミクロな挙動、エネルギー吸収が実験、計算の両面から詳細に報告されている(V.F. Nesterenko, Dynamics of Heterogeneous Materials, Springer, 2001)。ただし、トンネル内爆発を扱ったものではなく、材料の応答に主眼が置かれているため、空気中への衝撃波反射、その後の衝撃波の挙動などについては論じられていない。

また、地下構造物、地中式/地下式火薬庫の設置基準策定のため、トンネル内外の爆風の挙動と低減化の方法について研究が行われてきている。特に、トンネルの構造と内部の爆風伝播挙動、周囲の爆風圧の関係について、実験データ、数値計算やこれらに基づく経験則の報告は多数ある(例えば古い網羅的なものでは C.N. Kingery, BRL-TR-3012, 1989 があるが爆風低減については定性的、新しいものでは O. Penner, et al., Process Safety and Environmental Protection, 94, 96-104 (2015) があるが低減の観点ではない)。しかし、爆風低減の観点から壁による爆発エネルギー吸収の定量的な議論や熱力学的パラメータにまで踏み込んだメカニズムの解明は未だなされているとは言えない。この結果、地下構造物はもとより、地中式/地下式火薬庫の実用化は行われているものの、爆風低減に関しては、主に経験則による設計となっており、最適化が図られているか否かは明らかではない。

このように爆風低減に着目した壁面によるエネルギー吸収のメカニズム解明や定量的な研究は見られなかった。

### 2. 研究の目的

本研究では、トンネル内で爆薬が爆発した際の壁面による爆発エネルギー吸収メカニズムを解明し、壁面の表面形状や材料と吸収量の関係の定量的な理解を行う。

地下通路やトンネル内で爆発した際に発生する爆風は、衝撃波として内部を伝播する。伝播する衝撃波とトンネル壁面の相互作用により、壁面が爆発のエネルギーの一部を吸収、または散乱する。壁面の形状や材料によりエネルギーの吸収量や散乱量が変化する。爆発被害低減化の観点から、壁面のエネルギー吸収のメカニズム解明や定量的な理解が重要である。

この問題を解明するため、独自に開発した 0.1 g 程度の爆薬を使用するテーブルトップ爆発実験法により、トンネル内爆発の縮小モデル実験を行う。壁面の表面形状や材料の種類を変化させ、トンネル内外の衝撃波の減衰過程を詳細に評価する。得られたデータを独自に開発した数値解析コードを用いて解釈することにより、壁面のエネルギー吸収のメカニズムを解明し、定量的に理解する。

### 3. 研究の方法

本研究では、室内爆発実験と数値解析の両面から研究を進めた。

#### (1) 実験

トンネルを模擬した管の床面や壁面にエネルギー吸収を期待できる材料や壁面構造を設置したテーブルトップ爆発実験を行った。片端を閉じたアクリル製の正方形断面の直管(内寸 330 mm × 30 mm × 30 mm)の閉端近くで 100 mg の供試火薬を爆発させ、管の延長線上の管外の 4 点または 7 点(管出口から 200 mm から 1400 mm)で圧力履歴の計測を行い、以下の材料や壁面構造による爆風圧低減効果を評価した。

はじめに管の床面や壁面にポーラスな材料を設置して爆風低減効果を評価した。ポーラスな材料は表面積が大きいことから、爆発により生じる急激な圧縮による熱を効果的に吸収することが想定される。また、ポーラスな材料は、圧縮を受け変形(=仕事を受ける)するため、この分のエネルギー吸収も期待できる。本研究では、ポーラスな材料として、砂を模擬したガラスビーズ、および多孔質金属を評価の対象とした。これらのポーラス材料の粒径、設置位置、設置面数などをパラメータとした。

次に、爆風が管内を 1 次元的に通過することを妨げることによりエネルギーを散逸させることを期待して、床面、壁面に周期的に凸部を設けて爆風低減効果を評価した。凸部の周期、高さ、設置面数をパラメータとした。

爆風低減効果を定量的に評価する手法として、換算薬量比を導入した。計測した爆風パラメータ(ピーク過圧、換算インパルス)から、材料や構造を設置しなかった場合の爆風エネルギーを1として、設置した場合の爆風エネルギーの比を求め、これを換算薬量比とした。

#### (2) 数値解析

研究分担者が独自に開発している数値解析コードを用いて、実験で得られたデータを解釈した。これまでトンネル内での爆発解析への妥当性が確認されているコードの本研究への適用方法とその妥当性を検証し、コードの改良を行った。その上で、得られた実験データを数値解析により解釈・説明した。

これらの実験と数値解析を通じて、トンネル内で爆薬が爆発した際の壁面による爆発エネルギー吸収メカニズムを解明し、壁面の表面形状や材料と吸収量の関係を定量的に理解した。

### 4. 研究成果

#### (1) 実験

##### ガラスビーズによる爆風低減

爆風低減効果の粒径依存性を調べるため、粒径が0.500 mmから0.710 mm、または2.500 mmから3.500 mmのシリカガラス製ガラスビーズを5 mmの厚さで管内全長の床面に設置し、設置しない場合と比較した。粒径が小さい場合の換算薬量比は、0.585(ピーク過圧) または0.525(換算インパルス)、大きい場合は、0.651(ピーク過圧) または0.596(換算インパルス)となり、粒径が小さい方が、爆風低減効果が大きい(管外に出てくる爆風のエネルギーが小さい)ことが明らかになった。

爆風低減効果の設置場所依存性を調べるため、粒径が小さいガラスビーズの設置場所を以下の4通りに変化させた。Case 1: 設置なし(基準) Case 2: 管内全長の床面に設置、Case 3: 爆薬直下の床面30 mm長さの部分のみに設置、Case 4: 爆薬直下以外の床面300 mm長さの部分に設置。得られた換算薬量比は、Case 2: 0.599(ピーク過圧から計算、以下同様) 0.548(換算インパルスから計算、以下同様) Case 3: 0.756(ピーク過圧) 0.658(換算インパルス) Case 4: 0.835(ピーク過圧) 0.781(換算インパルス)であった。先に研究した水による爆風低減効果に比べて、直下以外の場所に設置したガラスビーズが爆風低減に寄与する割合が大きいことが明らかになった。

##### 多孔質金属による爆風低減

多孔質金属として、空孔率約95%のニッケル多孔質金属を用いた。爆風低減効果の孔径への依存性を調べるため、9 ppi、15 ppi、25 ppi(ppiは1インチあたり孔の数で値が小さいほど粗い多孔質となる)の多孔質金属を5 mmの厚さで爆薬直下以外の床面に設置し、設置しない場合と比較した。換算薬量比は、9 ppi: 0.708(ピーク過圧) または0.748(換算インパルス)、15 ppi: 0.639(ピーク過圧) または0.699(換算インパルス)、25 ppi: 0.650(ピーク過圧) または0.712(換算インパルス)となり、15 ppiと25 ppiの差は小さいものの15 ppiが最も低減効果が大きい結果となった。低減効果の孔径依存性は、最適な孔径があることが示唆された。

爆風低減効果の設置場所依存性を調べるため、25 ppiの多孔質金属の設置場所をガラスビーズと同じ4通りに変化させた。得られた換算薬量比は、Case 2: 0.560(ピーク過圧) 0.634(換算インパルス) Case 3: 0.890(ピーク過圧) 0.873(換算インパルス) Case 4: 0.650(ピーク過圧) 0.712(換算インパルス)であった。ガラスビーズによる爆風低減効果に比べて、直下以外の場所に設置した多孔質金属が爆風低減に寄与する割合がさらに大きいことが明らかになった。

多孔質金属は自立させることが可能であるため、床面に加え、側壁、天井のあわせて4面の全長にわたって設置する実験(Case 5)も行った。換算薬量比は0.037(ピーク過圧) または0.052(換算インパルス)となり、95%程度の爆発エネルギーを管内で吸収できる結果が得られた。これは、爆風がほとんどトンネル内で吸収されることを意味しており、実用化の検討が可能な成果を得ることができた。

##### 周期的凸部による爆風低減

周期的凸部については、周期(凸部の数) 凸部の高さ、設置面数を評価した。

周期については、直管の爆薬直下以外の300 mmの間に20 mm、30 mm、100 mm間隔で高さ7 mmの凸部を設置して比較した。得られた換算薬量比は、20 mm: 0.846(ピーク過圧) 0.760(換算インパルス) 30 mm: 0.746(ピーク過圧) 0.859(換算インパルス) 100 mm: 0.699(ピーク過圧) 0.697(換算インパルス)であった。予想に反して周期が小さい(凸部の数が多い)場合よりも大きい場合の方が、低減効果が大きかったがその差は大きくはなかった。これらの範囲では凸部の数は低減効果に大きな影響を及ぼさないことが明らかになった。

凸部の高さについては、周期を20 mmとして、3 mm、7 mm、10 mm、16 mm、21 mmについて評価した。管の高さである30 mmの半分を超える16 mmの換算薬量比は、0.192(ピーク過圧) 0.349(換算インパルス)となるが、十分な低減効果を得るためにはある程度の高さが必要であることが明らかになった。

設置面数については、床に3 mm、天井に4 mmを設置した場合の換算薬量比は、床面のみに7 mmの凸部を設置した場合に比べて、55%から64%となった。合計が同じ高さの凸部であっても上

下に分けて設置すると低減効果が大きいことが明らかになった。

#### まとめ

以上の換算薬量を先に研究した水（科研費基盤研究（C）26350461「水による爆風圧低減化のメカニズム解明と応用」参照）とともに図1、図2にまとめた。これらのデータから、短いトンネルでも爆風低減効果が高いのは、爆薬直下の寄与が大きい水であることが明らかになった。ただし、火薬庫内では法令や技術的な制約により、水を設置することは困難である。一方で、トンネルが長ければ（本研究では、トンネル長さが高さの10倍程度以上）多孔質金属が低減効果を発揮することを明らかにできた。ガラスビーズ（砂）は、両者の中間的な性質を示したことから、水を設置できないやや短いトンネルに適していると考えられる。いずれの場合も多孔質金属を4面に設置すれば、十分な効果が得られると期待できる。周期的凸部により十分な低減効果（例えば半減程度）を得るにはある程度の高さが必要であり、通常時の通行を妨げる可能性があることから、トンネルの実用性とのトレードオフを考慮する必要があることがわかった。

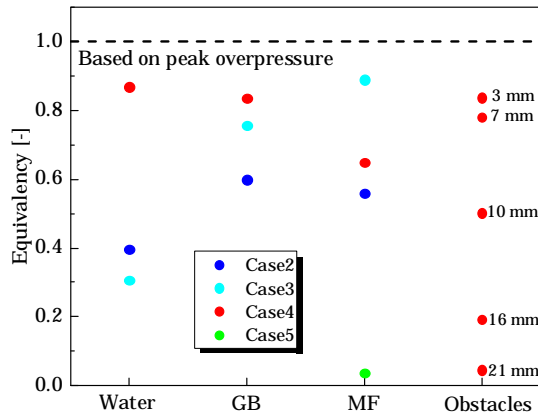


図1 ピーク過圧から求めた換算薬量比

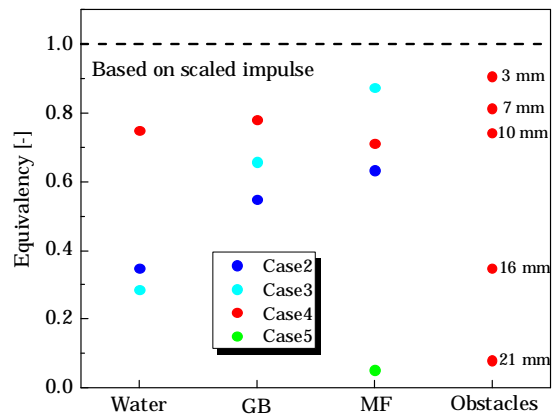


図2 換算インパルスから求めた換算薬量比

## (2) 数値解析

### ガラスビーズによる爆風低減

衝撃波背後の圧縮性流体と粒子層を考慮した多相流解析手法として、7方程式モデルのBaer-Nunziato型の連続体による粉体流モデル (Saurel, R., Le Martelot, S., Tosello, R., and Lapebie, E., Phys. Fluids, Vol.26, 123304 (2014)) およびその解析手法のHLLC型のRiemann solver (Furfaro, D., and Saurel, R., Comput. Fluids, Vol.111, 159-178 (2015)) を数値解析コードに組み入れ、種々の実験を検証対象として適切な抗力モデルと熱伝達モデルの検討を行った。開発した数値解析コードにおいて、球形爆薬の周りを平均粒径1 mm程度の砂で覆った際の爆風圧低減効果を数値解析によって検討した。粒子層の厚さをパラメータとした結果、厚いほど爆風低減効果が大きく、実験と同程度の爆風低減効果が得られた。また、爆風背後の高速空気によって加速される砂は、条件によっては空気音速に対して超音速になる場合があり、砂粒子前方に発生した衝撃波が先頭の爆風破面に追いつくことで爆風低減効果が下がることがわかった。

また、4.(1)にて行った実験を再現する数値解析を行い、爆風低減効果の要因を定量的に検討した結果、図3の通り実験と同程度の爆風低減効果を再現できた（「基準」は材料を設置しない場合のピーク過圧分布）。熱伝達によるエネルギー輸送が支配的であることがわかった。空気の温度上昇は衝撃波マッハ数に依存するため、エネルギー輸送率は起爆直後が最も高く、管内を伝播するに従って小さくなることがわかった。衝撃波が出口から放出された後はエネルギー輸送がほぼ起こらないため、起爆直後の強い衝撃波を粒子に干渉させること、管内において衝撃波と粒子が干渉する距離、時間を長くするほどエネルギー吸収の効果が大きくなることが期待される。

### 多孔質金属による爆風低減

4.(2)で開発した数値解析コードに、弾塑性変形に伴う応力発生を計算する手法を組み入れ、種々の実験を検証対象として本手法の検討を行った。衝撃波管の壁面付近に充填したポリウレタンフォームに衝撃波を入射した際の、ポリウレタンフォームの変形挙動および壁面が受ける応力履歴を実験と比較した。その結果、運動量交換を誘起する抗力モデルに強く依存した計算結果が得られることが分かり、実験結果と同等な結果を得るには適切な手法の選択が必要であることがわかった。この手法を用い、4.(1)で行った実験を再現する数値解析を行い、爆風低減効果の要因を定量的に検討した。本質的にはガラスビーズと同様で、熱伝達によるエネルギー輸送が支配的であった。床面に多孔質金属を配置した場合、多孔質金属の初期空隙率は95%とほぼ空気である（ガラスビーズの初期空隙率は40%）にも関わらず、ガラスビーズと同程度の爆風低減効果が得られた（図3のガラスビーズと多孔質金属（1面））。細線が絡み合っ

ているような多孔質金属では比表面積が大きいため、熱伝達が効率よく行われたと考えられる。多孔質金属は自立できるために壁面4面に設置した場合は、図3の通り最も爆風低減効果が高い結果が得られた(図3の多孔質金属(4面))。

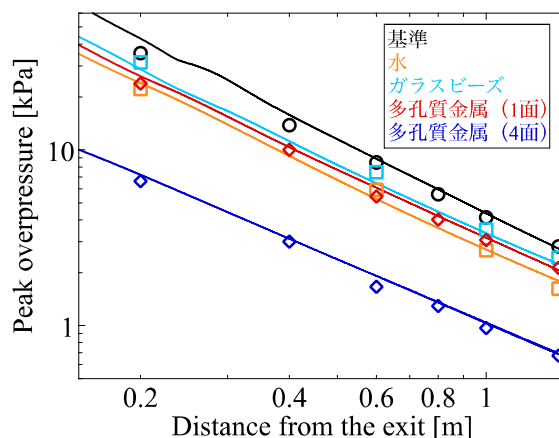


図3 ピーク過圧分布(プロット: 実験の平均値、実線: 数値解析結果)

#### 周期的凸部による爆風低減

4.(1)と同様に、周期的凸部について周期(凸部の数)、凸部の高さ、設置面数をパラメータとした数値解析を行った。図4は管内を伝播する衝撃波と凸部の干渉の様子である。衝撃波が凸部の上を伝播しながら出口に向かっていくが、凸部にて直接出口に向かって通過する成分と壁で反射する成分に分割(RSの生成)され、それが繰り返されることによって先行衝撃波が出口に到達する。凸部高さ21mmの図4bでは閉塞率が上昇するほど衝撃波が通過できる成分が少なくなり、閉管端付近に高圧部が形成されており、管内の気体の内部エネルギー上昇に寄与している。管内を伝播する衝撃波は爆薬のエネルギーを輸送する役割を果たしていることから、凸部高さが大きいほど爆薬のエネルギーは管内の気体の内部エネルギー上昇に寄与し、爆風を形成するエネルギー成分の低下を達成した。ガラスビーズや多孔質金属を使用した場合はエネルギー吸収が重要であったが、周期的凸部の場合はエネルギーの分割によって爆風低減を達成した。

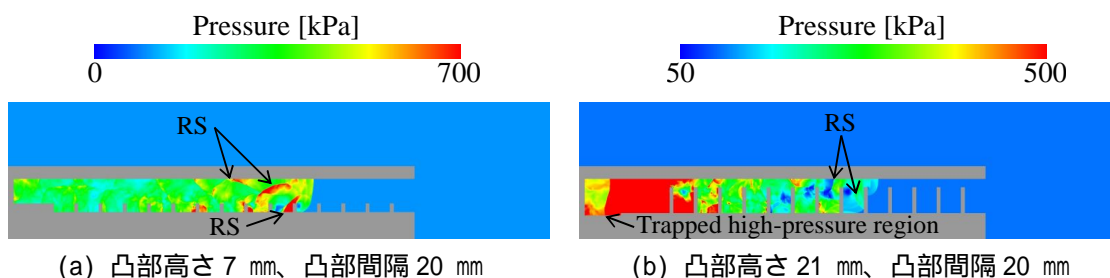


図4 管内を伝播する衝撃波と凸部の干渉の様子

(RS: 凸部による反射衝撃波。先行衝撃波に最も近い2つまたは3つを表示)

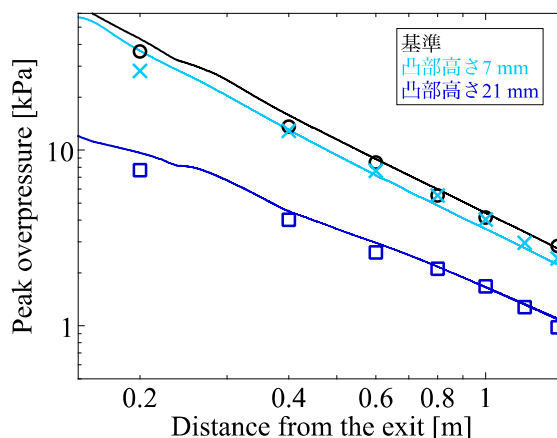


図5 ピーク過圧分布(プロット: 実験の平均値、実線: 数値解析結果)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tomotaka Homae, Yuta Sugiyama, Tomoharu Matsumura, Kunihiro Wakabayashi	4. 巻 83
2. 論文標題 Blast pressure and TNT-equivalency of small electric detonators comprised of lead azide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science and Technology of Energetic Materials	6. 最初と最後の頁 28 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34571/stem.83.1_28	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sugiyama Y., Homae T., Matsumura T., Wakabayashi K.	4. 巻 31
2. 論文標題 Numerical study on the effect of the initiation process of cylindrical high explosives on the blast-wave behavior	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Shock Waves	6. 最初と最後の頁 427 ~ 438
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00193-021-01021-x	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 Tomotaka Homae, Kei Shimura, Yuta Sugiyama, Kunihiro Wakabayashi, Tomoharu Matsumura, Yoshio Nakayama	4. 巻 81
2. 論文標題 Blast wave mitigation from a straight tube using glass beads	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science and Technology of Energetic Materials	6. 最初と最後の頁 164 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34571/stem.81.6_164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tomotaka Homae, Yuta Sugiyama, Tomoharu Matsumura, and Kunihiro Wakabayashi	4. 巻 82
2. 論文標題 Blast wave mitigation from a straight tube using metal foam floor plate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science and Technology of Energetic Materials	6. 最初と最後の頁 83 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34571/stem.82.3_83	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Sugiyama Yuta, Homae Tomotaka, Matsumura Tomoharu, Wakabayashi Kunihiko	4. 巻 127
2. 論文標題 Numerical study on the attenuation effect on the blast wave of encircling a high explosive with granular media	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 164701-1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5143351	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 Sugiyama Yuta, Homae Tomotaka, Matsumura Tomoharu, Wakabayashi Kunihiko	4. 巻 136
2. 論文標題 Numerical study on the mitigation effect of glass particles filling a partially confined space on a blast wave	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Multiphase Flow	6. 最初と最後の頁 103546-1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103546	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 Sugiyama Yuta, Homae Tomotaka, Matsumura Tomoharu, Wakabayashi Kunihiko	4. 巻 211
2. 論文標題 Numerical investigations on detonations in a condensed-phase explosive and oblique shock waves in surrounding fluids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 133 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2019.09.025	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25件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 丹波 高裕, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内の周期的な凸部による爆風低減効果の凸部高さ依存性
3. 学会等名 火薬学会2022年度春季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 丹波 高裕, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内の周期的な凸部による爆風低減効果の凸部高さ依存性の詳細な検討
3. 学会等名 火薬学会2022年度秋季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 保前 友高
2. 発表標題 直管内に設けた種々の緩衝材による爆風圧低減効果（火薬学会賞（論文賞）受賞講演）
3. 学会等名 火薬学会2023年度春季研究発表会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Homae, Y. Sugiyama, T. Tamba, T. Matsumura, K. Wakabayashi
2. 発表標題 Dependence of Blast-wave Mitigation by Periodic Obstacles in a Straight Tube on Height of Obstacles
3. 学会等名 The 34th International Symposium on Shock Waves（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉山 勇太, 保前 友高, 丹波 高裕, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内に配置した周期的な壁の高さに依存する爆風低減効果に関する数値解析
3. 学会等名 火薬学会2022年度秋季研究発表会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 杉山 勇太, 保前 友高, 丹波 高裕, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 管内爆発において壁面に配置した様々な物質の爆風低減可能性
3. 学会等名 2022 年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内に設けた周期的な凸部による爆風低減効果
3. 学会等名 火薬学会2021年度春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Homae, Y. Sugiyama, T. Matsumura, K. Wakabayashi
2. 発表標題 Blast-wave mitigation by periodic obstacles in a straight tube
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保前友高, 杉山勇太, 丹波高裕, 松村知治, 若林邦彦
2. 発表標題 直管内の周期的な凸部による爆風低減効果の設置面数依存性
3. 学会等名 2021年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 直管内に配置した多孔質ニッケル発泡体の位置による爆風圧低減効果の違いに関する数値解析
3. 学会等名 火薬学会2021年度春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 周期的な凹凸壁面構造を持つ直管から放出される爆風に関する数値解析
3. 学会等名 熱工学コンファレンス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Sugiyama, T. Homae, T. Matsumura, K. Wakabayashi
2. 発表標題 Numerical simulations on the blast wave mitigation during propagation inside an inner-grooved straight tube
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保前 友高、杉山 勇太、松村 知治、若林 邦彦
2. 発表標題 直管内に設けた周期的な凸部による爆風低減効果
3. 学会等名 火薬学会2021年度春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 直管内に堆積したガラス粒子による爆風圧低減機構に関する数値解析
3. 学会等名 火薬学会2020年度春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 直管内に堆積したガラス粒子の位置による爆風圧低減効果の違いに関する数値解析
3. 学会等名 混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 直管内に配置した多孔質物質による爆風低減効果に関する数値解析
3. 学会等名 2020年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内に配置された多孔質金属による爆風圧低減効果
3. 学会等名 火薬学会2019年度春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 周期的溝付き平板による直管内の爆風低減化
3. 学会等名 火薬学会2019年度秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 小型電気雷管単体の爆風圧計測とTNT換算薬量の検討
3. 学会等名 火薬学会2020年度春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 円柱形爆薬の爆轟によって周囲流体に形成される斜め衝撃波に関する数値解析
3. 学会等名 火薬学会2019年度春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 Numerical Study on the Oblique Shock Wave in a Surrounding Fluid and Detonation in a Cylindrical PETN
3. 学会等名 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 砂による爆風低減効果に関する数値解析 -爆薬周りに配置する砂重量の影響-
3. 学会等名 火薬学会2019年度秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 粒子層による爆風低減メカニズム解明に向けたBaer-Nunziato二相流モデルの適用
3. 学会等名 第33回数値流体力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山勇太、保前友高、松村知治、若林邦彦
2. 発表標題 粒子層による爆風低減メカニズムに関する数値解析
3. 学会等名 2019年度衝撃波シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保前 友高, 杉山 勇太, 松村 知治, 若林 邦彦
2. 発表標題 直管内に配置された多孔質金属による爆風圧低減効果
3. 学会等名 火薬学会2019年度春季研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2022年度火薬学会賞（論文賞）受賞  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 ニュースレター41号（6-7ページ）  
[https://riss.aist.go.jp/wp-content/uploads/2021/11/RISS\\_41Web.pdf](https://riss.aist.go.jp/wp-content/uploads/2021/11/RISS_41Web.pdf)  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 研究紹介  
<https://riss.aist.go.jp/research/20210916-1585/>

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	杉山 勇太  (SUGIYAMA Yuta)  (30711949)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員    (82626)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------