#### 研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 6 年 6 月 1 4 日現在

機関番号: 11401

研究種目: 基盤研究(C)(一般)

研究期間: 2020~2023

課題番号: 20K05162

研究課題名(和文)硼素・炭素・窒素複合六方晶系超硬質砥粒の爆発合成と切削加工への応用

研究課題名(英文)Explosive synthesis of composite hexagonal ultrahard abrasive grains composed of boron, carbon, and nitrogen and its application to cutting

#### 研究代表者

神谷 修 (Kamiya, Osamu)

秋田大学・名誉教授・名誉教授

研究者番号:60113891

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文): 震災により発生した産業廃棄物は、高温と放射線の影響で廃棄処理を難しくしている。これを処理するため、ホウ素B、炭素C、窒素Nの3元素から、ダイヤモンドと同等以上の硬度を持つ物質を合成して、強い工具を開発した。ここではダイヤモンド単結晶を被削材として実験を行い、成果を得た。初めにダイヤモンド砥粒を固定したソーワイヤ工具では、緩やかな速度でダイヤモンドを自由曲線に沿って加工することが出来た。次に、六方晶系の窒化ホウ素(ウルツ鉱、w-BN)を得て、10%加工速度を上昇させることが出来た。さらに、燃焼炎合成法により得た多結晶ダイヤモンド砥粒により、ダイヤモンドを脆性的に切削できること を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義 ダイヤモンドの硬さを超える物質を合成して、固定砥粒型の工具を作成することにより、単結晶ダイヤモンドを加工することができた。留意すべき点は、ダイヤモンドの硬さを超える砥粒があったとしても、そのサイズが小さすぎる場合は、マクロな工具を作ることはできないことを示した。フラーレンの原子間結合は、ダイヤモンドよりも強いのであるか、機械加工に応用する事は出来なかった。一方で、爆発合成した六方晶型の窒化ホウ素と燃焼炎合成法による多結晶ダイヤでは、単結晶ダイヤモンドを加工することが出来た。このような工具は、震 災で発生した産業廃棄物の早期解体処理に応用することが可能である。

研究成果の概要(英文): Industrial waste generated by the earthquake is difficult to dispose of due to the effects of high temperatures and radiation. In order to process this, we synthesized a substance with a hardness equal to or greater than that of diamond from the three elements of boron B, carbon C, and nitrogen N, and developed a strong tool. Here, we conducted experiments using a single diamond crystal as a workpiece material and obtained results. First, the saw wire tool fixed the diamond abrasive grains made it possible to process the diamond along a free curve at a moderate speed. Next, hexagonal boron nitride (w-BN) was obtained, and the processing speed could be increased by 10%. Furthermore, it was confirmed that diamond can be cut brittlely using polycrystalline diamond abrasive grains obtained by the combustion flame synthesis method.

研究分野: 素材の加工

キーワード: 六方晶型窒化ホウ素 ウルツ鉱 多結晶ダイヤモンド 燃焼炎合成法ダイヤモンド 固定砥粒型工具 爆発合成法

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。

## 1. 研究開始当初の背景

相次ぐ震災により、処理が追い付かない産業廃棄物が負の遺産として存在している。従来の鉄筋コンクリートや岩石の他に、これらが高温で溶融したり強い放射線で変質したり、これまで経験した事のない廃棄物の処理を余儀なくされている。本研究は、代表者のこれまでの成果を生かし、廃炉原発の溶融デブリスや厚いコンクリート構造体を高速で解体するための、ダイヤモンドより硬い超高硬度工具を開発することを目標とする。代表者は、既に協力企業と連携して、蒸気圧破砕剤(SPC: Steam pressure cracking agent)を用いたコンクリートの高速解体システムを開発した。ここで、き裂伝播を制御するための穿孔(穴あけ)用工具の先端に、超高硬度砥粒が必要となった。そのため、硼素(B)、炭素(C)、窒素(N)の組合せからなる六方晶系超硬質砥粒の爆発合成を行い、切削加工への応用を行う。代表者は、日本工機と 2019 年にウルツ鉱(wBN)の爆発合成実験を行った。その手法を応用して、本研究では B,C および N の 3 元物質から wBN より硬度

の高い新しい物質を創生することを目指す。さらに、既存の装置により固定砥粒型の超高硬度工具を製造し、高速解体システムを改善して、廃炉工程を推進しようとするものである。

## 2.研究の目的

ダイヤモンドの硬度を超える超硬質素材として、フラーレン(C60) ロンズデーライト(六方晶ダイヤモンド)、ウルツ鉱(六方晶窒化ホウ素) 多結晶ダイヤモンド(PCD)が報告されている。超硬質材に共通する特性は、図1に示すようにホウ素 B, 炭素 C および窒素 N の組合せで、破線で示した中央の位置に見られることである。フラーレン

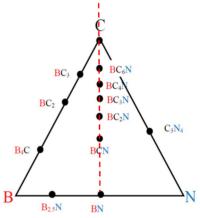


図 1. 硼素/炭素/窒素系の 三元系素材マップ

のみが  $sp^2$  グラファイト結合であり、他の物質は  $sp^3$  混成軌道によるダイヤモンド結合である。なお、図 1 の線状にある従来の物質は、炭素 C では立方晶ダイヤモンドであり、窒化ホウ素(BN)

では、立方晶窒化ホウ素 (c-BN) である。超硬質では六方晶である。これらの、超硬質砥粒の中から、ロンズデーライトを除く物質について、固定砥粒型の工具を作成して、産業廃棄物の解体に使用可能かどうかを評価する。

#### 3.研究の方法

超高圧による物質合成 本研究では超高圧を発生するために、トンネル掘削の発破などに使うゲル状含水爆薬(日本工機製、エナーゲル)を使う。爆薬を用いた実験は、共同研究先である、福島県白河市の日本工機白河製造所で行った。爆発合成のために、厚肉の鉄管に、出発物質の粉末を入れて密封する。図2(a)は爆発前の鉄管、(b)は爆発合成後の鉄管であり、直径が小さくなっていることが解る。

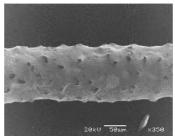
## (3) 切削工具の開発方法

最初に、爆発合成した混合粉から合成物質を抽出する。10%



図2. 合成前後の鉄管(a)前、(b) 後、爆圧の影響で直径縮小

硝酸やふるいを用いて圧力媒体の 鉄粉を分離し、合成された BCN 複合 砥粒を抽出して、ソーワイヤを作 る。製造装置は、代表者が開発した 水素化チタンを用いた高温ろう材 による固定砥粒方式である。芯線と なるタングステンワイヤに、高分子 ゲル材料を塗布し、超硬質砥粒、高



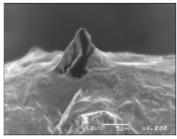


図3. 直径 10 µ m 級のダイヤモンド砥粒を青銅ろう材で固定した本研究室で自作のソーワイヤ

温高強度金属ろう材(Cu-Sn 合金)、水素化チタン(TiH<sub>2</sub>)の混合粉を付着させて、乾燥させる。次に、真空炉で加熱して超硬質砥粒を基材に固定して工具を成形する。図3に固定砥粒型ソーワイヤの例を示した。

代表者が行った、もう一つの超硬質素材の合成法は、図4に示したアセチレンガスを用いた燃焼炎合成法である。酸素不足の燃焼炎の中で、活性な炭素Cを発生させ、アセチレン燃焼反応熱によりsp<sup>2</sup>結合をsp<sup>3</sup>結合にし、急冷してダイヤモンドとして固定するものである。合成された物質を図5に示す。これらは、合体して薄膜を形成して成長する。

代表者が企業と連携して開発した、自動ソーワイヤ 切断機械で評価を行う。被切削材として、4×4×1mm 程度の工業用単結晶ダイヤを用いる。ダイヤモンド厚 さ、1 mmあたり 0.1~1.0N の切削加重をデッドウエイトで負荷し、ワイヤ速度 10~100m/min の幅広い切削条件で評価する。優れた超硬質砥粒を選定して、高温真空炉を用いてドリルチップにろう付けを行う。超硬チップへの硬質砥粒のろう材による接合に関しては、水素化チタンを還元剤として行った実績がある。

超硬質砥粒として選定した 4 種の素材を図6に示す。製作した工具は、直径約100μmのソーワイヤと直径16mm厚さ0.5mmのホイルソーである。砥粒は、真空炉中で青銅ろう材(Cu85%、Sn15%)で接合した。ダイヤモンドは通常ろう付けが難しいため、水素化チタン(TiH2)を添加して、熱分解による還元雰囲気を形成して行った。

ダイヤモンド単結晶の加工条件は、ソーワイヤの 場合は切削荷重 0.2N でワイヤ速度 100m/min で、ホ イルソーの場合は切削荷重を約 3N、ホイル周速度



図4 燃焼炎ダイヤ合成装置

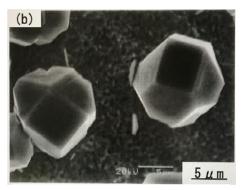


図5 燃焼炎合成ダイヤモンド

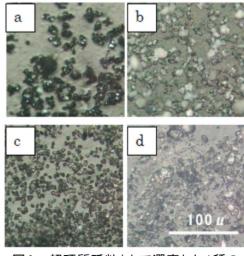


図6. 超硬質砥粒として選定した4種の素材。a.フラーレン、b.ウルツ鉱(w - BN)、c.多結晶ダイヤ(PCD)、d.燃焼炎合成ダイヤ。

#### 4. 研究成果

硼素 B・炭素 C・窒素 N の元素を含む 超硬質粒子で工具を製作して、難削材の 加工を行った。これまで、用いた超硬質 粒子は、フラーレン(C60)、ウルツ鉱(w-BN)、単結晶ダイヤモンド、多結晶ダイヤ モンド(PCD)およびタングステンカーバ イド(WC)である。また、本研究室で行っ ている、アセチレン燃焼炎法による合成 ダイヤモンドを粉砕して粒子として用 いた。加工対象物としては、ダイヤモン ド単結晶、タングステンカーバイド (WC) および複合セラミックスを用いた。最終年 度である 2023 年は、2 つの実験を行い成 果を上げた。ひとつは、多結晶ダイヤモン ド(PCD)の粒子(砥粒)を固定した工具(直 径 100 µm ソーワイヤとホイール)を研究 室内で作成し、ダイヤモンド単結晶の加工 を行ったことである。ソーワイヤにより、 単結晶ダイヤモンドを一定速度で加工す ることが出来た。その加工速度は 1.0 μ m/km、つまりワイヤ走行距離 1km に対して ダイヤモンド加工量は、1μm前後であっ



図7 ソーワイヤで自由曲線に沿って切削した例。ワイヤ走行距離6,000kmでダイヤモンドを2mm切断加工することが出来た。

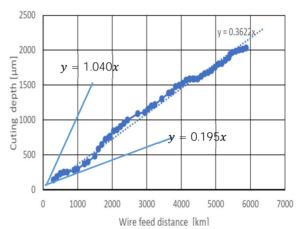


図8 試作固定砥粒型ソーワイヤによる, ダイヤモンド基板の切削深さとワイヤ走行 距離との関係

た。加工速度を増加させるには、切削荷重を増加させることと予測される。ソーワイヤでは張力以上の切削荷重をかけることが出来ないので、ダイヤモンドホイールを使った方が切削荷重を高く出来ると予測される。ふたつめは、タングステンカーバイト工具を用いた複合セラミックス(コンクリート)の掘削実験である。これは、産業廃棄構造物の早期解体システムの開発を目標とするものである。ルートハンマーと呼ぶ機械システムで掘削中に、工具にセラミックス粒子が噛み込んでシステムが急停止する問題が多発した。そのため、工具を改良して、らせん状の溝を付加することにより解決することが出来た。これに関しては論文で発表した。

初めに、図7にソーワイヤでダイヤモンドを加工した例を示した。切削荷重が低いので、切断速度は図8に示すように、低い。切削深さをy [mm]でワイヤ走行距離を × [km]とすると次式で表される[1]。

 $y = 0.362x \qquad \cdots \qquad (1)$ 

ソーワイヤの利点は、自由曲線に沿って加工できる点であり欠点は、切断速度が遅いことであり、ワイヤ走行距離 1 kmで、加工量が 0.362 μm である。

一方、ホイルソーの場合は、直線的な切断に限定されるが、切削速度が大きくなる可能性がある。それは、ホイルソーでは切削荷重がソーワイヤの 10 倍以上で、回転による振動が負荷されているためである。

超硬質砥粒のホイルソーにおける固定状況を図9に示す。これは、燃焼炎法合成ダイヤモンドを粉砕した砥粒であり、図9の中央に見られるように砥粒とろう材のぬれ性が良く、十分な強度で固定されていると考えられる。4 種類の超硬質材においても、ソーホイルを製作し、ダイヤモンド表面の加工を試みた。

図 10 に、加工後のダイヤモンド表面を観察した。図 6 a は、 多結晶ダイヤモンド(PCD)砥粒で加工した表面であるが、幅が 10 μm で長さが 100 μm 程度の研削したような傷が観察され る。b.には燃焼炎合成ダイヤモンド砥粒による加工痕を示し た。砥粒の移動方向は写真の上下方向であり、被削材である

ダイヤモンド基板の(100)面に平行である。 P C D 砥粒の場合と異なり、(100)方向の加工痕の他に、これに斜めの方向に多数の二次き裂が存在している。このき裂は、ダイヤモンドの(111) 劈開面と考えられ、加工が劈開面に沿ったミクロな脆性破壊により進行していることを示している。PCD 砥粒では、二次き裂が見られないのは、砥粒が微細過ぎて、脆性破壊ではなく研削のようになっているためと考えられる。フラーレンおよび w-BN を固定したホイ

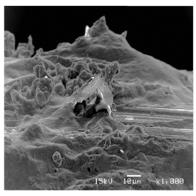


図9 ホイルソー工具において、燃焼炎合成ダイヤ砥粒がろう材で固定されている。

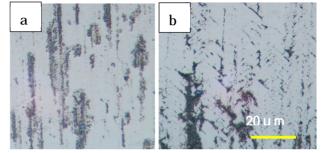


図10 超硬質砥粒を固定したホイルソーによる単結晶ダイヤモンドの加工表面。加工方向は写真の上下方向。a.多結晶ダイヤモンド(PCD)により加工表面。b. 燃焼炎合成ダイヤモンドを固定した工具による加工表面。上下方向の(100)に対して斜めの(111)のダイヤモンド劈開面に二次き裂が観察される。

ルソーにおいても、加工を試みたのであるが、ダイヤモンド表面にキズは発生しなかった。分子レベルでは、超硬質であっても、砥粒が微細過ぎる場合には、ダイヤモンドをキズをつけることが出来ないと考える。そして、加工は別の形で進行すると言える。図3のソーワイヤの場合は、加工面にはキズは見られないが、研磨と言う形で緩やかに加工は進行している。以上の観点から、超硬質材としては、爆発合成した六方晶窒化ホウ素(w-BN)砥粒および燃焼炎合成法による多結晶ダイヤモンド砥粒が、工具と材料として適することが解る。また、w-BN 砥粒サイズを大きくするにはさらに大きな爆発エネルギーを必要とする。こんご、規模の大きな爆発実験は、環境問題の観点から実施が難しいと考えられる。したがって、

砥粒サイズを大気中で簡単に制御できる燃焼炎合成法の多結晶ダイヤモンドが工具用の超硬質 材料として有望である。

# 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 7件)	
1.著者名 Osamu Kamiya, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Shinichi Ito, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama, Kenji Murata, Junpei Nanao, Makoto Kawano, Arata Maisawa and Takashi	4.巻 15
Kazumi	5 7%/= <del>(T</del>
2.論文標題 Cutting of Diamond Substrate Using Fixed Diamond Grain Saw Wire	5 . 発行年 2022年
3.雑誌名 Materials	6.最初と最後の頁 5524-5535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma15165524	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 Osamu Kamiya, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Shinichi Ito, Kenji Murata, Makoto Kawano, Arata Maisawa, Jumpei Nanao, Takashi Kazumi, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Tatsuya Miyota, Kota Nagao and Yuichi Iwama	4 . 巻 16
2.論文標題 Dismantling of Reinforced Concrete Using Steam Pressure Cracking System: Drilling and Crack Propagation	5 . 発行年 2023年
3.雑誌名 Materials	6.最初と最後の頁 1398-1415
  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)   10.3390/ma16041398	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 Osamu Kamiya, Mamoru Takahash, Yasuyuki Miyano, Shinichi Ito1, Kenji Murata, Makoto Kawano, Arata Maisawa, Junpei Nanao, Takashi Kazumi, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama	4.巻 11(1)
2.論文標題 Demolition of Reinforced Concrete by Steam Pressure Cracking System	5 . 発行年 2022年
3.雑誌名 Journal of Materials and Applications	6 . 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2022.11.1.1	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 Osamu KAMIYA, Etsushi OKUYAMA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Junpei NANAO, Arata MAISAWA, Makoto KAWANO, Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Yuichi IWAMA	4.巻 11(1)
2.論文標題 Elastic Wave Property of Concrete Decomposed by Steam Pressure Cracking Agent	5 . 発行年 2022年
3.雑誌名 Journal of Materials and Applications	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 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

論文標題	Mamoria TAKAHASHI Tatanga ELLITA Takahita VANACI Biki SUZUKI Ocamu KAMIVA	4.巻 11(1)
Influence of substrate Surface roughness on synthesized diamond films by flame combustion on Ti substrate for dental inplant  Substrate for dental inplant  Journal of Materials and Applications  6 . 最初と最後の質 17-26  17-26  10.32732/jna.2022.11.1.17  第論論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)  Casanu KANIYA, Kaito SUZUKI, Etsushi OKUYANA, Naoya KOJIMA, Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Kenji MJRATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu MAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Vuichi IMWAMA, Nobuyasu FURUJCHI, Keizo SHINYA  . 論文標題  Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen  5 . 飛行年  2020年  18-22  18-22  18-22  18-22  18-22  18-22  18-22  18-22  18-24  18-24  18-25  A - ブンアクセス としている(また、その予定である)  - 著者名  Casmu Kaniya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Vuichi Iwana  1. 論文標題  Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  2021年  2021年  2021年  3 - 光行年  2021年  2021日  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年  2021年	Mamoru TAKAHASHI, Tatsuya FUJITA, Takahito YANAGI, Riki SUZUKI, Osamu KAMIYA	11(1)
substrate for dental inplant in Mission (	2.論文標題	
Journal of Materials and Applications  17-26  調整論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2022.11.1.17  第名名 Casmu KMINA, Kaito SUZUKI, Etsushi OKUYAMA, Naoya KOJINA, Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Kaito SUZUKI, Arata IMAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Yuichi IWAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA  1.論文標題 Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen  5. 飛行年 2020年  1.神跡名 International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources  6. 虚初と最後の頁 16-22  18動論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし  第一プンアクセス  1月	substrate for dental implant	· .
a競論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)  (1) 32732/j na. 2022.11.1.17  (2) 32732/j na. 2022.11.1.17  (3) 32732/j na. 2022.11.1.17  (4)	******	
### 10.32732/jna.2022.11.1.17	Journal of Materials and Applications	17-26
国際共著   1.	引載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
### A - プンアクセスとしている(また、その予定である)  ** 著者名 Osamu KMIYA、Kaito SUZUKI、Etsushi OKUYAMA、Naoya KOJIMA、Shinichi ITO、Mamoru TAKAHASHI、KRENji MURATA、Takashi KAZUMI、Arata MAISAWA、Masanobu NAKATSU、Hiroyuki MIZUMA、Hiroshi SODEYAMA、Yuichi IWAMA、Nobuyasu FURUUCHI、Keizo SHINYA  **	10.32732/jma.2022.11.1.17	有
著者名   Samu KAMIYA, Kaito SUZUKI, Etsushi OKUYAMA, Naoya KOJIMA, Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Kenji MuRATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Tuichi IMAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA   Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Kenji MuRATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Tuichi IMAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA   Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Kenji MuRATA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA   Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi ITO, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Misanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Shinichi Ito, Kenji Murata, Makoto Kawano, Arata Maisawa, Junpei Nanao Takashi Kazumi, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Shinichi Ito, Kenji Murata, Makoto Kawano, Arata Maisawa, Junpei Nanao Takashi Kazumi, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Miyano, Shinichi Iwawa	↑ <b>−</b> プンアクセス	国際共著
Qsamu KAMIYA、 Kaito SUZUKI、Etsushi OKUYAMA、Naoya KOJIMA、Shinichi ITO、Mamoru TAKAHASHI、Kenji MIRATA、Takashi KAZUMI、Arata MAISAWA、Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Yuichi IWAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA         Vol.24           1. 論文標題 Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen         5 . 発行年 2020年           1. 触誌名 International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources         6 . 最初と最後の頁 18-22           1. 触誌名 International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources         18-22           1. 製誌名 Consum Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama         4 . 卷 10(1)           2. 論文標題 Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent         5 . 発行年 2021年           2. 論文標題 Journal of Materials and Applications         6 . 最初と最後の頁 43-51           10.32732/jma.2021.10.1.43         査読の有無 有 1-プンアクセスとしている(また、その予定である)         6 . 最初と最後の頁 43-51           デ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 有 1-プンアクセスとしている(また、その予定である)         国際共著 6           学会発表]         計と作(うち招待講演 の件 / うち国際学会 2件) ・ 現表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KANANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
Kenji MURATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi SODEYAMA, Yuichi IWAMA, Nobuyasu FURUUCHI, Keizo SHINYA  1. 論文標題 Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen  5. 発行年 2020年  6. 最初と最後の頁 18-22  18載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) なし  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  2番名 Osamu Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyamat, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  1. 論文種題 Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  5. 発行年 2021年  1. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  4. 差 3. 発行年 2021年  1. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  43-51  25会発表] 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)  . 発表者名 Osamu KMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	. 著者名	
Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen 2020年  1. 雑誌名 International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources 18-22  18 動論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	Kenji MURATA, Takashi KAZUMI, Arata MAISAWA, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA, Hiroshi	Vol.24
i. 雑誌名 International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources  applications   18-22   18-23   10(1)   18-22   19-22   1	2 . 論文標題	5 . 発行年
International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources  18-22    翻輪文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	Controlled Cracking for Industrial Concrete Waste by Steam Pressure Cracking Agen	2020年
atimix control (デジタルオブジェクト識別子) なし  「一ブンアクセス  「芸者名  Cosmu Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  「・論文標題  Control Ied Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  「・論文標題  Control Ied Cracking of Materials and Applications  「・記録を表現」は「デジタルオブジェクト識別子)  10.32732/jma.2021.10.1.43  「中ブンアクセス  本ーブンアクセスとしている(また、その予定である)  「学会発表」 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件) ・発表者名  Cosamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	3.雑誌名	6.最初と最後の頁
なし 有 国際共著 - コブンアクセス 国際共著	International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources	18-22
Terブンアクセス  オーブンアクセスとしている(また、その予定である)  「著者名 Osamu Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  「・論文標題 Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  「・雑誌名」 Journal of Materials and Applications  「・理解的ないない」(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2021.10.1.43  「ローブンアクセス 国際共著  オーブンアクセスとしている(また、その予定である)  「学会発表」 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件) ・発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	闘載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
### A - プンアクセスとしている(また、その予定である)  ***  ***  **  **  **  **  **  **  **	なし	有
. 著者名 Osamu Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  5 . 発行年 Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  6 . 最初と最後の頁 3 . 雑誌名 Journal of Materials and Applications  6 . 最初と最後の頁 43-51  3 . 雑誌名 Journal of Materials and Applications  5 . 発行年 2021年  6 . 最初と最後の頁 43-51  3 . 雑誌名 Journal of Materials and Applications  6 . 最初と最後の頁 43-51  5 . 発行年 2021年  6 . 最初と最後の頁 43-51  5 . 発行年 2021年  6 . 最初と最後の頁 43-51  5 . 発表名  「一プンアクセス  「一プンアクセス  「一プンアクセスとしている(また、その予定である)  「一プンアクセスとしている(また、その予定である)  「一プンアクセスとしている(また、その予定である)  「学会発表」 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)	<b>↑</b> ープンアクセス	国際共著
Osamu Kamiya, Kaito Suzuki, Etsushi Okuyama1, Naoya Kojima, Jyunpei Nanao, Shinichi Ito, Mamoru Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  5 . 競行年 2021年  5 . 発行年 2021年  6 . 最初と最後の頁 43-51  3 a號論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10 .32732/jma.2021.10.1.43  6 . 最初と最後の頁 43-51  10 .32732/jma.2021.10.1.43	オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu, Hiroyuki Mizuma, Yuichi Iwama  2. 論文標題 Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent  3. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  3. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  43-51  ation 7  ation	1 . 著者名	4.巻
Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent 2021年  3. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  6. 最初と最後の頁 43-51  8載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2021.10.1.43  有  「一プンアクセス  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  学会発表) 計2件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件) . 発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	Takahashi, Yasuyuki Miyano, Kenji Murata, Takashi Kazumi, Arata Maisawa, Masanobu Nakatsu,	10(1)
B. 雑誌名 Journal of Materials and Applications  6. 最初と最後の頁 43-51  a 読動文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2021.10.1.43  有  オープンアクセス  基際共著  オープンアクセスとしている(また、その予定である)  「学会発表」 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件) . 発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	2.論文標題	5 . 発行年
Journal of Materials and Applications 43-51 a a mimixonDol(デジタルオブジェクト識別子) 10.32732/jma.2021.10.1.43 有 コープンアクセス	Controlled Cracking of Large Size Concrete Structures by a Steam Pressure Cracking Agent	2021年
a載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	3.雑誌名	
10.32732/jma.2021.10.1.43 有  ボープンアクセス  本ープンアクセスとしている(また、その予定である)  学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件) . 発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	Journal of Materials and Applications	43-51
10.32732/jma.2021.10.1.43 有  ボープンアクセス  本ープンアクセスとしている(また、その予定である)  学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件) . 発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	引載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	 査読の有無
オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件) .発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA		_
学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件) .発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA	ナープンアクセス オープンアクセスとしている(キャーその予定である)	国際共著
. 発表者名 Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA		<del>-</del>
Osamu KAMIYA, Mamoru TAKAHASHI, Yasuyuki MIYANO, Shinichi Ito, Kenji MURATA, Makoto KAWANO, Arata MAISAWA, Junpei NANAO Takashi KAZUMI, Masanobu NAKATSU, Hiroyuki MIZUMA and Yuichi IWAMA		
		rata MAISAWA, Junpei NANAO,

The Ninth International Conference on Materials Engineering for Resources (国際学会)

3 . 学会等名

4 . 発表年 2021年

1.発表者名		
Mamoru Takahashi, Osamu Kamiya		
2 . 発表標題		
Effect of Diamond Seed Attachmen	t Processing on Synthesis of Diamond Films on Tung	sten Carbide Substrate by Flame Combustion
3.学会等名		
The Ninth International Conferen	ce on Materials Engineering for Resources(国際学名	₹)
. 7X + 6-		
4 . 発表年 2021年		
20214		
〔図書〕 計0件		
〔産業財産権〕		
〔その他〕		
-		
6.研究組織		
氏名	所属研究機関・部局・職	
(ローマ字氏名) (研究者番号)	(機関番号)	備考
( WI / U H H J /	1	

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
---------	---------