

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：32503

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K20383

研究課題名（和文）野外調査・試料分析から探る、地球上での大規模天体衝突による物質の飛散堆積過程

研究課題名（英文）Exploring the Dispersion and Deposition Processes of Ejecta Caused by Large-Scale Impacts on Earth through Field Surveys and Sample Analysis

研究代表者

多田 賢弘 (Tada, Toshihiro)

千葉工業大学・地球学研究センター・研究員

研究者番号：80909565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ベトナム南部及びラオス南部において、オーストラリア-アジアテクトイトイベント起源のイジェクタ層の野外調査を実施したほか、東南アジア各地で採取したイジェクタ堆積物試料の光学顕微鏡及び電子顕微鏡観察を行い、イジェクタ層の層厚と礫種組成に顕著な異方性がみられることを明らかにした。また、天然試料との組織比較のため花崗岩及び砂岩を用いた衝突実験を実施し、石英中の衝撃変成組織の一種であるFeather Featuresが従来知られていたより広い衝撃圧力範囲(2-18GPa)で形成されること、形成衝撃圧力の大きさに伴い顕微鏡下での特徴が変化し、衝撃圧力指標として有用であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

およそ79万年前のオーストラリア-アジアテクトイトイベントは、地球上での大規模天体衝突イベントとしては最も年代が新しく、イジェクタの飛散堆積過程に関する初生的な情報が多く残されていると期待できる。本研究で明らかになったイジェクタ層の岩相層序と地理分布は、地球上での天体衝突による物質の飛散堆積過程を明らかにするうえで重要なデータセットである。また、衝撃圧力指標として従来用いられてきた変成組織の多くは10 GPa以上の高圧下で形成されるものであった。本研究で石英中のFeather Featuresが2-18GPaの広い圧力範囲で衝撃圧力指標として有用であると示されたことは学術的な意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted field surveys of ejecta deposits derived from the Australasian Tektite Event in southern Vietnam and southern Laos. Additionally, we performed optical and electron microscopy observations on ejecta deposit samples collected from various locations in Southeast Asia. Our findings revealed significant anisotropy in the thickness and gravel composition of the ejecta deposits. We also conducted impact experiments using granite and sandstone to compare with natural ejecta samples, and discovered that feather features, a type of shock deformation feature in quartz, form over a wider shock pressure range (2-18 GPa) than previously known. The characteristics of the feather features observed under the microscope change with the magnitude of the shock pressure, indicating their usefulness as a shock pressure barometer.

研究分野：地球惑星科学

キーワード：テクトイト 天体衝突 イジェクタ 衝撃変成石英 Feather Features

## 1. 研究開始当初の背景

天体衝突は固体天体の表層における基本的な地質現象であり、衝突による物質の飛散堆積過程を理解することは地球を含む固体天体の表層環境進化を考えるうえで必要不可欠である。衝突によって放出された物質はイジェクタと呼ばれ、堆積して地層(イジェクタ層)を形成する。イジェクタの飛散堆積過程として、放物軌道に沿って飛散するモデルや、重力流として移動・堆積するモデルが考えられているほか、近年では月・火星の高解像度衛星画像の解析や地球上のイジェクタ層の野外観察から、特徴の異なる複数の層によってイジェクタ層が構成されている例が多く知られ、連続する複数段階のプロセスによってイジェクタが運搬され堆積するモデルも提案されている。

地球上のイジェクタ層の野外地質調査・試料分析は、惑星科学分野で多く行われている衛星画像解析、室内衝突実験や衝突計算と相補的な手法であり、物質科学的な証拠を手にできるという大きな利点がある。しかし、室内実験や計算と比べ研究例が乏しいのが現状である。それは、地球上のイジェクタ層の多くが形成後の風化変質、浸食、埋没を被っており、試料の採取や、試料から初生的な情報を得ることが難しいためである。

およそ 79 万年前に東南アジアで起きたオーストラリア-アジアテクトイトイベントは、地球への大規模な天体衝突としては最も新しく、初生的な情報が多く残されていることが期待される。衝突クレーターは未発見であり正確な衝突地点は明らかでないものの、地域的な表層環境や初期人類の移動拡散への影響も示唆されており、惑星科学的にも地球環境史的にも重要な研究対象である。しかしながら、熱帯地域であるためこれまで野外調査が十分行われてこなかった。

代表者らは東南アジア 20 地点において野外地質調査を実施し、テクトイト(衝突により形成されたガラス物質)や衝撃変成石英の産出に基づいて、この天体衝突イベント由来のイジェクタ層をインドシナ半島陸域で初めて認定した(Tada et al. 2020 *Progress in Earth and Planetary Science*; Tada et al. 2022 *Meteoritics & Planetary Science*)。一方で、イジェクタ層の具体的な堆積過程や地理分布、衝突地点からの距離に伴う側方変化は十分明らかになっていなかった。

## 2. 研究の目的

地球上での大規模天体衝突による物質の飛散堆積過程の解明に向けて、1)地球上で最も新しい大規模天体衝突イベントであるオーストラリア-アジアテクトイトイベント起源のイジェクタ層の地理分布及び側方変化を明らかにすること、2)幅広い衝撃圧力範囲で利用できる衝撃圧力指標を確立すること、を目的とした。当初はさらにイジェクタ層中の石英の ESR (Electron spin resonance) 信号強度測定と放射光 X 線回折分析による経験温度圧力推定も目的としていたが、コロナ禍において外部研究機関での作業や分析に遅れが生じたこと、天然試料に応用できる衝撃圧力指標を確立することが重要課題であることが判明したため、方針をやや変更した。

## 3. 研究の方法

本研究では、以下の2つのアプローチで研究に取り組んだ。

### 1)ラオス南部及びベトナム南部における野外調査と採取試料の観察・分析

オーストラリア-アジアテクトイトイベント起源のイジェクタ層の地理分布及び側方変化を明らかにするため、2022年11-12月にベトナム南部、2023年2月にラオス南部において、新たに17地点で野外調査を実施し、イジェクタ層の岩相層序記載と試料採取を行った。また、東南アジア各地で採取したイジェクタ層試料について、研磨片及び薄片を作成し、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて衝撃変成組織の観察と礫種の同定を行った。

### 2)花崗岩及び砂岩を用いた衝撃回収実験

東南アジアで採取したイジェクタ試料と組織を比較するため、花崗岩及び砂岩を用いた衝撃回収実験を実施した。衝撃回収実験は千葉工業大学の二段式軽ガス銃(現在は神戸大学に移設)を用い、近年開発された減衰衝撃波を利用した実験手法(e.g., Kurosawa et al. 2022; Hamann et al. 2023 *Journal of Geophysical Research: Planets*)を適用した。回収試料の薄片を作成し、光学顕微鏡観察、ユニバーサルステージ顕微鏡を用いた衝撃変成組織の方位測定、SEM-EBSD(Electron backscatter diffraction)を用いた結晶方位分析、SEM及び透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた微細組織観察を実施した。

#### 4. 研究成果

##### 1) オーストラリア-アジアテクトニクスイベント起源のイジェクタ層の分布と異方性

これまでに東南アジア4か国(タイ・ラオス・カンボジア・ベトナム)の計37地点で野外調査を行い、イジェクタ層の岩相層序記載と試料採取を行った。その結果、イジェクタ層の層厚や礫種組成に顕著な異方性が見られることが明らかとなった。

イジェクタ層の層厚は、推定される衝突地点であるラオス南西部(Sieh et al. 2020, 2023; Tada et al. 2023 *LPI contributions*)に向かって厚くなる傾向が見られるものの、数百 m 程度しか離れていない地点間でも層厚が大きく異なる場合があることや、特定の方位に沿って層厚が厚い傾向があることが分かり、イジェクタがレイ状あるいはロブ状に分布していることが示唆された(図1)。イジェクタ層中には玄武岩、砂岩、泥岩、石英岩の礫が含まれており、玄武岩及び珪質堆積岩がこの天体衝突の標的岩であったと考えられる(図2)。このことは、玄武岩及び砂岩が広く分布するラオス南西部に衝突が起きたとする仮説(Sieh et al. 2020, 2023; Tada et al. 2023, *LPI contributions*)を支持する結果である。イジェクタ層中の礫種組成は、ラオス南部では玄武岩礫が卓越する一方で、タイ東北部及びカンボジアでは石英岩礫や砂岩礫が卓越し、地域による差が見られた。このことは衝突地点における基盤岩の不均質な分布を反映している可能性がある。

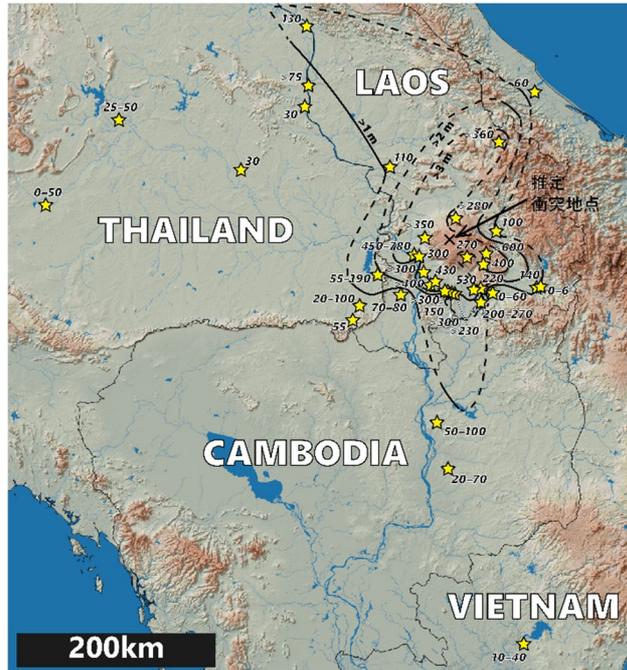


図1 調査地点とイジェクタ層(角礫層)の層厚分布[cm]

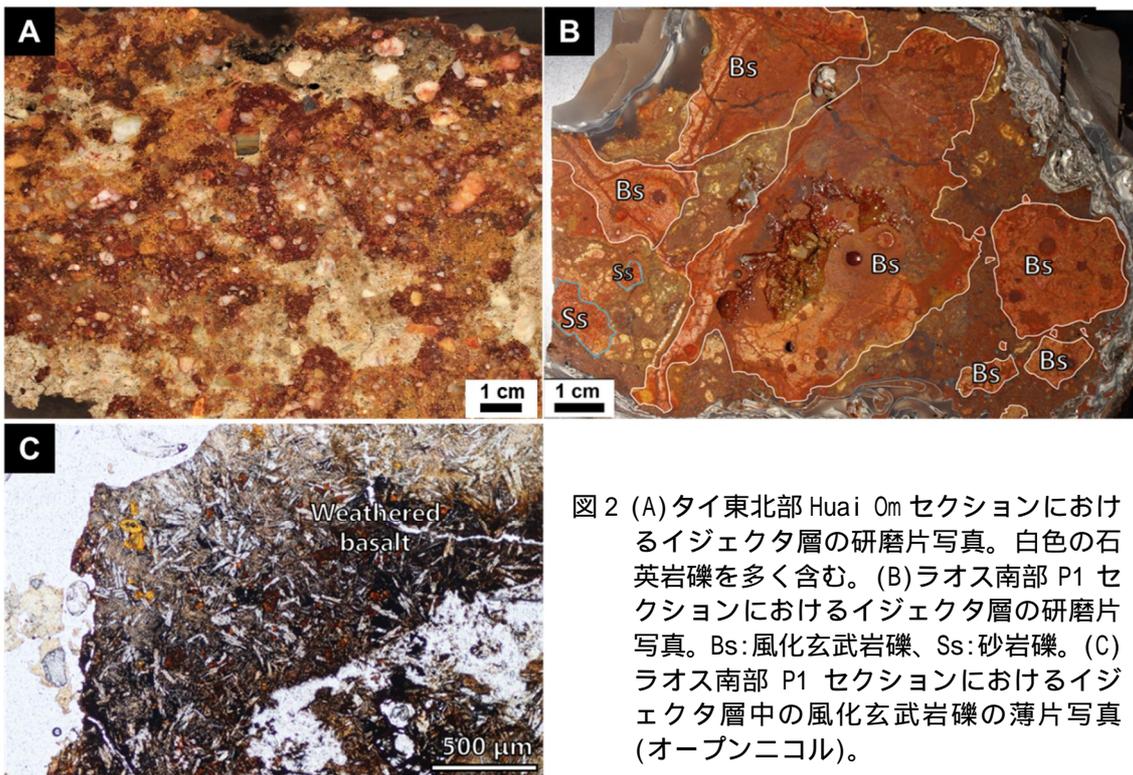


図2 (A)タイ東北部 Huai Om セクションにおけるイジェクタ層の研磨片写真。白色の石英岩礫を多く含む。(B)ラオス南部 P1 セクションにおけるイジェクタ層の研磨片写真。Bs: 風化玄武岩礫、Ss: 砂岩礫。(C)ラオス南部 P1 セクションにおけるイジェクタ層中の風化玄武岩礫の薄片写真(オープンニコル)。

## 2) 石英中の衝撃変成組織 Feather Features の詳細な産状

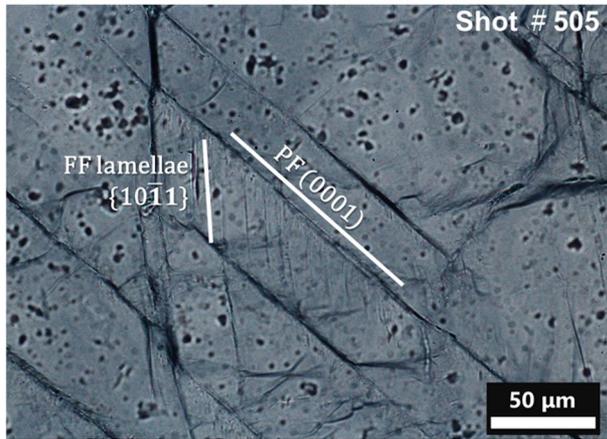


図 3 実験試料中の石英粒子に形成された Feather Features (FFs) の例 (光学顕微鏡写真)。FFs は、平板割れ目 (PF) と、PF から 1 方向に伸びる微細な層構造 (FF lamellae) から構成される変成組織で、顕微鏡下で鳥の羽のように見える。

東南アジアで採取したイジェクタ試料との組織比較のために行った衝撃回収実験の結果、およそ 2-18 GPa の衝撃圧力を被った試料から、石英の衝撃変成組織の一種である Feather Features (FFs) が見つかった (図 3)。FFs は 10 GPa 以下の低い衝撃圧力下における衝撃圧力指標となることが期待されていたものの、実験的に形成された例が 1 例しかなく、その実態はこれまで不明瞭であった (Poelchau and Kenkmann 2011)。本実験では計 34 個の FFs が見つかり、FFs が 2-18 GPa の幅広い衝撃圧力下で形成されること、形成された衝撃圧力の大きさに伴って結晶方位や形態が変化し、特徴の異なる 3 つのタイプ (Type I-III) に分けられることが明らかとなった。特に、14 GPa 以下の圧力で形成された FFs (Type I, II) は微細な割れ目によって構成されているのに対し、14-16 GPa 以上の圧力で形成された FFs (Type III) は SiO<sub>2</sub>

ガラスによって構成される (図 4)。この結果は、FFs が幅広い衝撃圧力範囲において衝撃圧力指標として利用できることを示している。また、12 GPa 以下の衝撃圧力で形成された FFs (Type I) は、衝撃波進行方向に沿って形成される傾向があり、試料中を衝撃波が伝播した方向の復元にも FFs が利用できることが示された。これらの観察結果は論文としてまとめ Journal of Geophysical Research: Planets 誌に投稿中である。

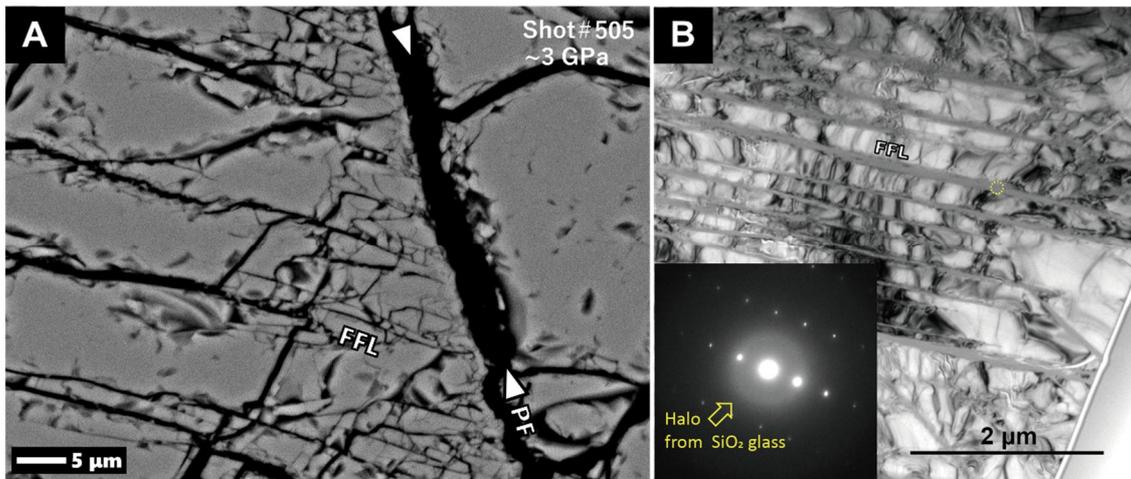


図 4 (A) およそ 3 GPa で形成された石英中の変成組織 Feather Features (FFs) の走査電子顕微鏡 (SEM) 画像。FFs は微細な割れ目で構成されている。(B) およそ 16 GPa で形成された石英中の FFs の透過電子顕微鏡 (TEM) 画像。FFs は SiO<sub>2</sub> ガラスで構成されている。

### < 引用文献 >

- Hamann, C., Kurosawa, K., Ono, H., Tada, T., Langenhorst, F., Pollok, K., Genda, H., Niihara, T., Okamoto, T., & Matsui, T. (2023). Experimental evidence for shear induced melting and generation of stishovite in granite at low (< 18 GPa) shock pressure. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 128(6).
- Kurosawa, K., Ono, H., Niihara, T., Sakaiya, T., Kondo, T., Tomioka, N., Mikouchi, T., Genda, H., Matsuzaki, T., Kayama, M., Koike, M., Sano, Y., Murayama, M., Satake, W., & Matsui, T. (2022). Shock recovery with decaying compressive pulses: Shock effects in calcite (CaCO<sub>3</sub>) around the Hugoniot elastic limit. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(6), e2021JE007133.
- Poelchau, M. H., & Kenkmann, T. (2011). Feather features: A low shock pressure indicator in quartz. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 116(B2).
- Sieh, K., Herrin, J., Jicha, B., Schonwalder Angel, D., Moore, J. D., Banerjee, P.,

Wiwegwin, W., Sihavong, V., Singer, B., Chualaowanich, T., & Charusiri, P. (2020). Australasian impact crater buried under the Bolaven volcanic field, Southern Laos. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(3), 1346-1353.

Sieh, K., Schonwalder Angel, D., Herrin, J., Jicha, B., Singer, B., Sihavong, V., Wiwegwin, W., Wong, N., & Quah, J. Y. (2023). Proximal ejecta of the Bolaven extraterrestrial impact, southern Laos. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(50), e2310351120.

Tada, T., Tada, R., Chansom, P., Songtham, W., Carling, P. A., & Tajika, E. (2020). In situ occurrence of Muong Nong-type Australasian tektite fragments from the Quaternary deposits near Huai Om, northeastern Thailand. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, 1-15.

Tada, T., Tada, R., Carling, P. A., Songtham, W., Chansom, P., Kogure, T., Chang, Y., & Tajika, E. (2022). Identification of the ejecta deposit formed by the Australasian Tektite Event at Huai Om, northeastern Thailand. *Meteoritics & Planetary Science*, 57(10), 1879-1901.

Tada, T., Tada, R., Carling, P. A., Songtham, W., Chansom, P., Thuyen, L. X., Nguyen, C. Q., Kogure, T., Chang, Y., & Tajika E. (2023), Location of the Australasian Tektite Impact Event based on Distribution of the Ejecta Deposits in the Eastern Indochina, *LPI Contributions*, 2806, 2606.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Hamann Christopher, Kurosawa Kosuke, Ono Haruka, Tada Toshihiro, Langenhorst Falko, Pollok Kilian, Genda Hidenori, Niihara Takafumi, Okamoto Takaya, Matsui Takafumi	4. 巻 128
2. 論文標題 Experimental Evidence for Shear Induced Melting and Generation of Stishovite in Granite at Low (<18 GPa) Shock Pressure	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Planets	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) 10.1029/2023je007742	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 該当する
1. 著者名 Toshihiro Tada, Kosuke Kurosawa, Junko Isa, Haruka Ono, Christopher Hamann, Takaya Okamoto, Takafumi Niihara, Takafumi Matsui	4. 巻 2806
2. 論文標題 Shock Recovery of Granite: Implications for Feather Features Formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 LPI Contributions	6. 最初と最後の頁 2630
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Toshihiro Tada, Ryuji Tada, Paul A. Carling, Wickanet Songtham, Praphas Chansom, L. X. Thuyen, C. Q. Nguyen, Toshihiro Kogure, Yu Chang, Eiichi Tajika	4. 巻 2806
2. 論文標題 Location of the Australasian Tektite Impact Event based on Distribution of the Ejecta Deposits in the Eastern Indochina	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 LPI Contributions	6. 最初と最後の頁 2606
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Toshihiro Tada, Kosuke Kurosawa, Haruka Ono, Christopher Hamann, Takaya Okamoto, Takafumi Niihara, Takafumi Matsui	4. 巻 2678
2. 論文標題 Shock Recovery of Granite with a Decaying Shock Wave: Feather Features Formation in Quartz	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 LPI Contributions	6. 最初と最後の頁 1733
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Christopher Hamann, Kosuke Kurosawa, F. E. D. Kaufmann, Haruka Ono, Toshihiro Tada, Takafumi Niihara, Takaya Okamoto, Takafumi Matsui	4. 巻 2678
2. 論文標題 Shock Recovery of Granite with a Decaying Shock Wave: Fragmentation, Formation of Stishovite, and Onset of Melting at Low (<20 GPa) Shock Pressure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 LPI Contributions	6. 最初と最後の頁 2020
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toshihiro Tada, Ryuji Tada, Paul A. Carling, Wickanet Songtham	4. 巻 -
2. 論文標題 ESR 信号強度を利用した石英の供給源、熱履歴の推定	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 2023 年度 日本原子力研究開発機構・量子科学技術研究開発機構 施設利用共同研究 一般共同研究 成果報告書	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tada Toshihiro, Tada Ryuji, Carling Paul A., Songtham Wickanet, Chansom Praphas, Kogure Toshihiro, Chang Yu, Tajika Eiichi	4. 巻 57
2. 論文標題 Identification of the ejecta deposit formed by the Australasian Tektite Event at Huai Om, northeastern Thailand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1879 ~ 1901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13908	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 該当する

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 多田 賢弘、黒澤 耕介、富岡 尚敬、永治 方敬、伊佐 純子、Christopher Hamann、大野 遼、新原 隆史、岡本 尚也、松井 孝典
2. 発表標題 衝撃回収実験により石英中に形成された衝撃変成組織Feather Features の特徴
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2024年大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 多田 賢弘 , 黒澤 耕介 , 富岡 尚敬 , 永治 方敬 , 伊佐 純子 , Christopher Hamann , 大野 遼 , 新原 隆史 , 岡本 尚也 , 松井 孝典
2. 発表標題 衝撃回収実験により形成された、石英中のFeather Features の特徴
3. 学会等名 日本惑星科学会 2023 年秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Tada , K. Kurosawa , J. Isa , H. Ono , C. Hamann , T. Okamoto , T. Niihara , T. Matsui
2. 発表標題 SHOCK RECOVERY OF GRANITE: IMPLICATIONS FOR FEATHER FEATURES FORMATION
3. 学会等名 54th Lunar and Planetary Science Conference 2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 T. Tada, R. Tada, P. A. Carling, W. Songtham, P. Chansom, L. X. Thuyen, C. Q. Nguyen, T. Kogure, Y. Chang, E. Tajika
2. 発表標題 LOCATION OF THE AUSTRALASIAN TEKTITE IMPACT EVENT BASED ON DISTRIBUTION OF THE EJECTA DEPOSITS IN THE EASTERN INDOCHINA
3. 学会等名 54th Lunar and Planetary Science Conference ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 多田賢弘 , 黒澤耕介 , 伊佐純子 , 大野遼 , Christopher Hamann , 岡本尚也 , 新原隆史 , 松井孝典
2. 発表標題 花崗岩の衝撃回収実験 : 石英中の Feather Features 形成機構への示唆
3. 学会等名 第18回衝突研究会研究集会 天体衝突物理の解明 (XVIII) -表層粒子から探る太陽系天体の進化-
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒澤 耕介, 大野 遼, Christopher Hamann, 多田 賢弘, 新原 隆史, 三河内 岳, 富岡 尚敬, 境家 達弘, 近藤 忠, Felix Kaufmann, 鍵裕之, 玄田 英典, 松崎 琢也, 鹿山 雅裕, 小池 みずほ, 佐野 有司, 村山 雅史, 佐竹 渉, 岡本 尚也, 松井 孝典
2. 発表標題 減衰衝撃波を用いた衝撃回収実験: 大理石, 花崗岩, 玄武岩の衝撃変成
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 多田 賢弘, 多田 隆治, Carling Paul, Songtham Wickanet, Chansom Praphas, Le Xuan Thuyen, 小暮 敏博, 常 昱, 田近 英一
2. 発表標題 オーストラリア・アジアテクトタイトイベント: インドシナ半島におけるイジェクタ層の層厚分布と礫種組成に基づく衝突地点推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田 賢弘, 多田 隆治, Chansom Praphas, Songtham Wickanet, Carling Paul, 田近 英一
2. 発表標題 タイ東北部第四系堆積物から見つかったオーストラリア・アジアテクトタイトイベント起源層状テクトタイト破片の産状
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田 隆治, 多田 賢弘, チャンソム プラファス, ソンサム ウィカネット, カーリング ポール A
2. 発表標題 タイ東北部イジェクタ層中に埋没した現地性テクトタイト破片からの層状テクトタイト塊復元と飛来方位の推定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K Kurosawa, H Ono, T Niihara, T Mikouchi, T Sakaiya, T Kondo, N Tomioka, H Genda, T Tada, R Tada, M Kayama, M Koike, Y Sano, T Matsuzaki, M Murayama, W Satake, T Okamoto, T Matsui
2. 発表標題 Shock Recovery of Macro Blocks of Rocky Materials with Decaying Shock Waves
3. 学会等名 84th Annual Meeting of The Meteoritical Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田賢弘, 黒澤耕介, 大野遼, Christopher Hamann, 岡本尚也, 新原隆史, 松井孝典
2. 発表標題 減衰衝撃波を利用した花崗岩の衝撃回収実験: 石英中の Feather Features の形成圧力
3. 学会等名 日本惑星科学会 2021年秋季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Tada, K. Kurosawa, H. Ono, C. Hamann, T. Okamoto, T. Niihara, T. Matsui
2. 発表標題 Shock Recovery of Granite with a Decaying Shock Wave: Feather Features Formation in Quartz
3. 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 C. Hamann, K. Kurosawa, F. E. D. Kaufmann, H. Ono, T. Tada, T. Niihara, T. Okamoto, T. Matsui
2. 発表標題 Shock Recovery of Granite with a Decaying Shock Wave: Fragmentation, Formation of Stishovite, and Onset of Melting at Low (<20 GPa) Shock Pressure
3. 学会等名 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「地球へ最後に衝突した巨大隕石、クレーター的位置を特定、研究」、日経ナショナルジオグラフィック、ナショナルジオグラフィック日本版、2023年12月15日、<https://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/23/120700618/>

“800,000 years ago, a huge meteorite hit Earth. Scientists may have just found where.”, National Geographic Partners National Geographic, 5th December 2023, <https://www.nationalgeographic.com/premium/article/have-scientists-found-800000-year-old-meteorite-impact-crater>

「コズミックフロント ロスト・クレーター 79万年前の天体衝突」、NHK BS コズミックフロント、2023年8月31日、<https://www.nhk.jp/p/cosmic/ts/WXVJVPGLNZ/episode/te/16WY1M22LZ/>

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

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			
英国	University of Southampton			
タイ	Nakhon Ratchasima Rajabhat University			
ベトナム	Can Tho University	Ho Chi Minh City University of Science		
ドイツ	Museum fur Naturkunde Berlin	Friedrich-Schiller-Universitat Jena		