

【本件リリース先】

文部科学記者会、科学記者会、大学記者会（東京大学）、
広島大学関係報道機関



広島大学



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

NEWS RELEASE

本件の報道解禁につきましては、令和2年
8月26日（水）午後9時以降にお願いいたし
ます。

令和2年8月25日
広島大学
東京大学

40億年前より古い大量隕石衝突の痕跡を発見 - 小惑星の岩石の年代測定から検証 -

【本研究成果のポイント】

- 太陽系初期に大量の隕石衝突があったことが、小惑星から来た隕石の年代測定からわかりました。
- 従来、隕石衝突のピークは39億年前頃だと推測されてきました。今回の発見はそれより古く（44～41.5億年前）、太陽系の歴史を書き直すことになるかもしれません。

【概要】

広島大学大学院先進理工系科学研究科の小池みずほ助教、東京大学大気海洋研究所の佐野有司教授、大学院理学系研究科の飯塚毅准教授、総合研究博物館の三河内岳教授らの研究グループは、小惑星ベスタ由来の隕石の年代を測定し、約44億年～41.5億年前という「古い」時代にベスタへ大量の隕石が降り注いでいたことを明らかにしました。

地球をはじめとする太陽系の惑星形成は45億年前までにほぼ完了しました。しかし、誕生から6～7億年後（約39億年前）、地球や月には大量の隕石が衝突したと推測されています（後期重爆撃仮説）。この説には反論もあり、太陽系初期の天体衝突史はおよそ50年にわたり論争が続いてきました。

本研究で見つかった隕石衝突の痕跡は従来予測より「古く」、太陽系初期に大量の隕石が小惑星に衝突したことを初めて実証的に示しました。小惑星は、かつて地球や月が受けた隕石衝突の目撃者でもあります。今回の成果は「小惑星の衝突史」にとどまらず、地球を含めた太陽系初期の歴史の大幅修正につながると期待されます。

本研究成果は、英国夏時間の2020年8月26日（水）午後1時（日本時間：同日午後9時）に「*Earth and Planetary Science Letters*」オンライン版に掲載されます。

<発表論文>

論文タイトル

Evidence for early asteroidal collisions prior to 4.15 Ga from basaltic eucrite phosphates

著者

小池みずほ¹、佐野有司²、高畑直人²、飯塚毅³、大野遼^{3,4}、三河内岳^{3,4}

1. 広島大学 大学院先進理工系科学研究科
2. 東京大学 大気海洋研究所
3. 東京大学 大学院理学系研究科
4. 東京大学 総合研究博物館

掲載雑誌

Earth and Planetary Science Letters

DOI番号

<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116497>

【背景】

1970年代にアポロ計画で持ち帰られた月の石を調べると、その多くが約39億年前の天体衝突を記録していました。このことから、月には39億年前頃に大量の隕石が降り注いだと考えられ、この現象は「後期重爆撃 (Late Heavy Bombardment)」と名付けられました。後の研究にて、後期重爆撃は月のみならず、地球や火星、さらには小惑星帯などの太陽系の広範囲に及ぶ隕石衝突現象だったと予想されるようになりました。しかし、この説には惑星軌道計算やクレーター年代分布との矛盾点も指摘されており、「はたして本当に後期重爆撃があったのか？ それは39億年前頃だったのか？」と、およそ50年にわたり惑星科学者の議論の的となってきました。

【研究成果の内容】

火星と木星の間に位置する小惑星帯は、多くの隕石のふるさとです。小惑星は46億年前に誕生し、地球のような地殻変動や風化を経験せず、太陽系初期の物質を残しています。その一部である隕石は「太陽系の化石」であり、地球史以前の時代を知る手がかりとなります。今回、研究グループは大型の小惑星「ベスタ」由来の隕石グループに注目しました。この隕石の年代を測定することで、「ベスタが約39億年前の後期重爆撃を目撃したか？」がわかります。

ベスタの衝突史は過去にも調べられてきましたが、これまではアルゴン同位体を用いた年代測定(注1)を元に議論がなされてきました。希ガスであるアルゴンは古い情報を保持しにくく、太古の衝突が後のイベントで「上書き」されてしまうおそれがあります。一方、リン酸塩鉱物のウラン-鉛年代(注2)を用いれば、「上書き」のリスクを抑えて衝突年代を復元することが可能です。そこで研究チームは、ナノスケール二次イオン質量分析計(ナノシムス; 東京大学大気海洋研究所 設置)の局所分析技術を活用し、隕石中の直径100分の1ミリメートルほどの微小なリン酸塩鉱物粒子(図1)が記録するウラン-鉛年代を調べました。

結果、複数の隕石が約44億年~41.5億年前の衝突年代を示し、この時代にベスタに大量の隕石が衝突したことがわかりました。一方、後期重爆撃に相当する39億年前の衝突の形跡は、今回の調査で1件も見られませんでした(図2)。今回の発見は、ベスタは約39億年前の後期重爆撃を目撃しておらず、むしろそれより古い時代に活発な隕石衝突を経験していたことを示唆します。

【今後の展開】

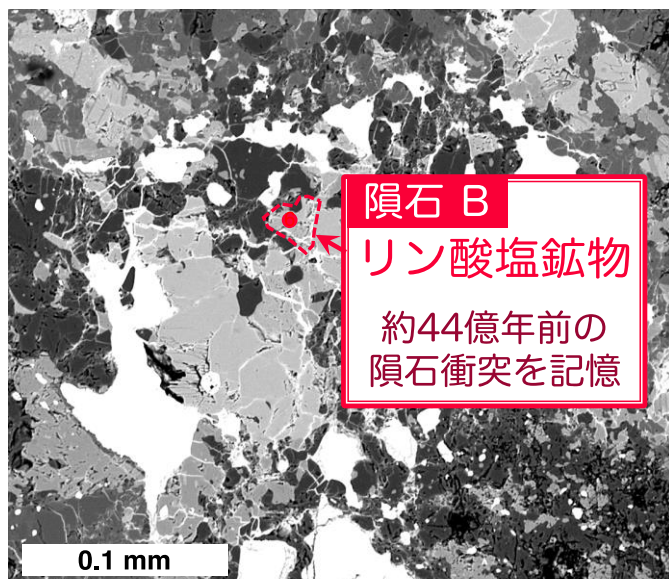
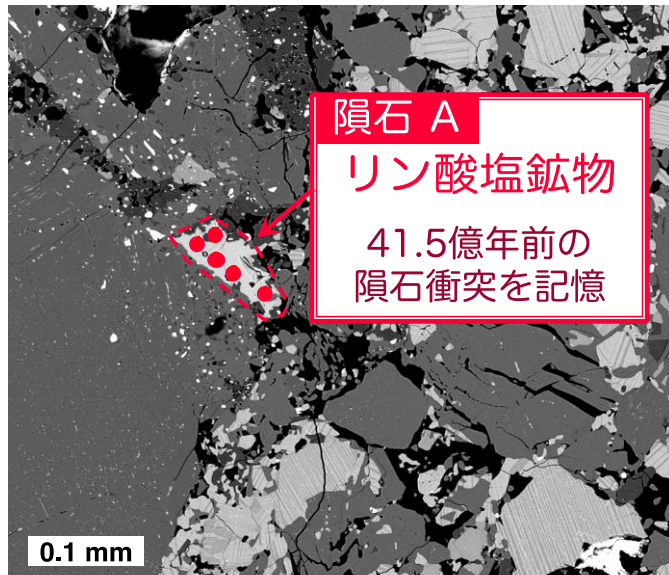
隕石衝突は、惑星の環境変動や生命進化を引き起こします。特に「後期重爆撃」にあたる約 39 億年前は、地球では最古の生命が誕生し、火星も温暖で海や湖が広がっていたとされる時代です。この時代の衝突史の解明は、様々な自然科学分野に関わる重要な課題です。

今回の研究成果から、小惑星が受けた隕石衝突のピークは、従来予測を数億年遡るものであったことがわかりました。この発見は「小惑星の衝突史」にとどまらず、地球や火星などにおいても、39 億年以前の隕石衝突史が書き換わる可能性があることを意味しています。今後のさらなる調査によって、より普遍的な「太陽系の衝突史」が解明でき、太陽系最古の生命環境の理解も進むと期待されます。

【参考資料】

<図1> 隕石の電子顕微鏡写真の例。鉱物の種類ごとにグレーの濃淡が異なって見える。破線で囲んだ粒がリン酸塩鉱物。赤い丸はナノシムスによる分析位置を表す。

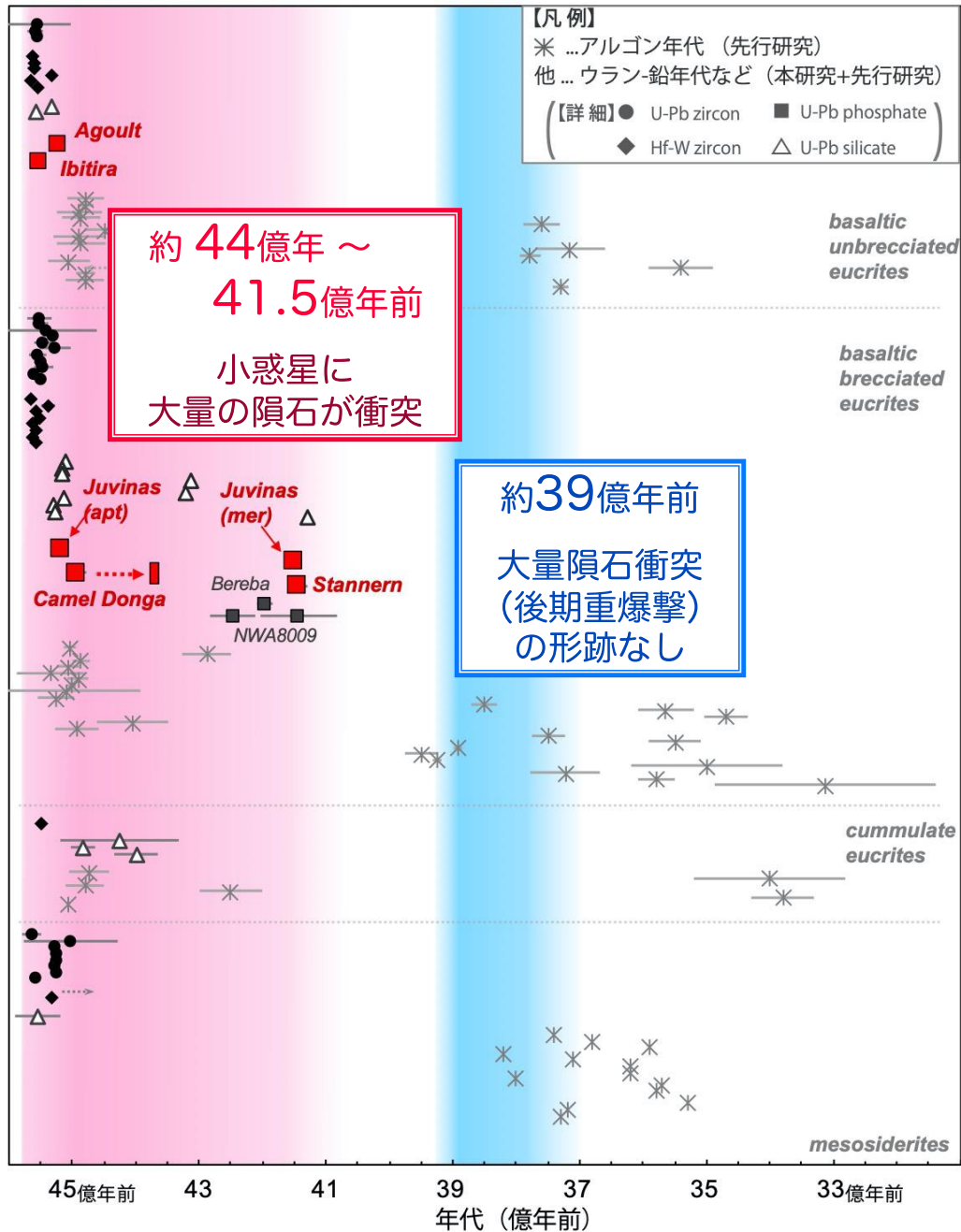
この2つの例では、隕石 A（隕石名: Juvinas）のリン酸塩鉱物は 41.5 億年前の隕石衝突を、隕石 B（隕石名: Camel Donga）は 44 億年前の隕石衝突を記録していた。Koike et al. (2020) EPSL より改変。



<図2> 小惑星「ベスタ」由来の隕石グループの年代分布。本研究の結果は赤い四角で表示している（ラベルは各隕石の名称）。他は文献値。

複数の隕石が約 44 億年～41.5 億年前の衝突を記録していることが判明した。一方、約 39 億年前（後期重爆撃）の隕石衝突を示唆するデータはアルゴン年代（注1）のみであったが、これはアルゴンが「上書き」された結果の見かけ上の記録だと考えられる。結局、「約 39 億年前の隕石衝突」の形跡は1件も見られなかった。

Koike et al. (2020) EPSL より改変。



<注釈>

(注1) アルゴン同位体を用いた年代測定

岩石中にわずかに含まれる放射性カリウム-40 (^{40}K) は、半減期 12.5 億年で安定なアルゴン-40 (^{40}Ar) とカルシウム-40 に壊変します。そのため、古い岩石ほど ^{40}Ar が相対的に多く蓄積されています。この性質を「時計」として利用することで、岩石が作られた時代や、隕石が衝突を受けた時代を調べることが可能です。分析法の違いにより、カリウム-アルゴン年代測定 または アルゴン-アルゴン年代測定と呼ばれています。

アルゴン年代の「時計」は適用範囲が広く便利な反面、希ガスであるアルゴンは岩石から逃げやすく、岩石が加熱されると記録が容易に「上書き」されてしまうという難点があります。

(注2) ウラン-鉛年代測定

天然の岩石には、放射性元素であるウラン (U) がごくわずかに含まれています。このウランは、長い時間をかけて鉛 (Pb) の安定同位体に壊変します ($^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$: 半減期 45 億年、 $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$: 半減期 7 億年)。アルゴン年代と同じく、この性質を「時計」として利用すれば、岩石の形成や隕石衝突の時代を知ることが可能です。

アルゴンに比べ、ウランや鉛は岩石から逃げにくいので、ウラン-鉛年代の「時計」は「上書き」されにくいというメリットがあります。

一方、ウラン-鉛年代を精密に測定できる試料は、元々のウラン濃度が（ある程度）高く、ウランの壊変以外による鉛が（ほぼ）含まれないものに限定されます。この条件を満たす天然の鉱物には、ジルコン (zircon) やリン酸塩鉱物 (phosphate) などが挙げられます。これらの鉱物は隕石中にも存在していますが、肉眼で見えないほど小さく（100 分の 1 ミリメートル程度の鉱物粒）、ナノメートルスケールの化学分析技術が必要とされます。

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

広島大学大学院先進理工系科学研究科 先進理工系科学専攻
地球惑星システム学プログラム 助教 小池みずほ
Tel: 082-424-5271
E-mail: mizuhokoike@hiroshima-u.ac.jp

東京大学 大気海洋研究所 高解像度環境解析研究センター
環境計測分野 教授 佐野有司
E-mail: ysano@aori.u-tokyo.ac.jp

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
准教授 飯塚 毅
E-mail: iizuka@eps.s-u-tokyo.ac.jp

東京大学 総合研究博物館
教授 三河内 岳
Tel: 03-5841-2830
E-mail: mikouchi@um.u-tokyo.ac.jp

(報道に関すること)

広島大学財務・総務室広報部広報グループ

Tel : 082-424-3701

E-mail : koho@office.hiroshima-u.ac.jp

東京大学 大気海洋研究所 広報室

E-mail : kouhou@aori.u-tokyo.ac.jp

東京大学 大学院理学系研究科・理学部 広報室

E-mail : kouhou.s@gs.mail.u-tokyo.ac.jp

東京大学 総合研究博物館

E-mail : um-shomu.adm@gs.mail.u-tokyo.ac.jp

<発信枚数 : A4版 7枚 (本票含む)>