

令和 4 年 8 月 25 日現在

機関番号：12701

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K21895

研究課題名(和文) 生命の起源「がらくたワールド」仮説の実験的検証

研究課題名(英文) Experimental Validation of "the Garakuta World" Hypothesis for Origins of Life

研究代表者

小林 憲正 (Kobayashi, Kensei)

横浜国立大学・大学院工学研究院・名誉教授

研究者番号：20183808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：従来の化学進化仮説においては小分子から徐々に大きい分子が生成するとされてきた。本研究では、宇宙線などによりまず高分子態有機物(がらくた分子)が生じ、これが有する微弱な生化学的機能が進化することにより生命が誕生したとする「がらくたワールド説」の検証を行った。分子雲を模擬した実験により分子量数百から数千の高分子態有機物(がらくた分子)が生成した。がらくた分子はアミノ酸前駆体を含み、また宇宙環境で安定であることが室内実験・宇宙実験でわかった。がらくた分子は微弱ながらエステル化活性を有した。がらくたワールドのさらなる検証のためには、太陽系天体の探査が必要であり、その方法も考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生命の起源研究は、オパーリンらによる化学進化仮説が有力で、1950年代以降は実験による検証も多数行われてきた。それらの前提として、まずは小分子が生成し、それらが徐々に繋がって大きい分子になったとする段階的生成説が主流であった。本研究において、高エネルギー粒子線が小分子に作用した場合に、分子量数千の有機分子が生成し、その中にアミノ酸前駆体や触媒機能を有する分子が含まれていることが証明された。このような高分子態有機物(がらくた分子)を経由する生命起源説はこれまでなく、生命起源研究にあらたな方向を示すものといえる。

研究成果の概要(英文)：It was conventionally supposed that chemical evolution toward the origin of life proceeded step by step. We found that complex molecules whose molecular weights were thousands were formed when a mixture of simple molecules such as CO and NH₃ was irradiated with high energy particles. We named them garakuta molecules. Garakuta molecules contained amino acid precursors and molecules with catalytic activity. Stability of amino acid precursors in garakuta molecules were compared with free amino acids and simple amino acid precursors such as hydantoins by laboratory simulations and space experiments: Garakuta molecules were robust as amino acid precursors. It is difficult to find relics of prebiotic chemical evolution on the Earth. Thus it is necessary to make efforts to find it in extraterrestrial environments. We proposed to use catalytic activities for detection of extraterrestrial life or Garakuta World on other celestial bodies.

研究分野：アストロバイオロジー

キーワード：生命の起源 がらくたワールド アミノ酸前駆体 触媒機能 宇宙線 宇宙実験 地球外生命探査

1. 研究開始当初の背景

1950年代から今日に至る生命の起源の実験的研究において、化学進化過程においても通常の化学式で表されるような反応が段階的に起き、HCNのような小分子からアミノ酸へ、さらにペプチドへというように徐々に段階を踏んで大きい分子への進化が起きたとする考え（ここでは**古典的シナリオ**とよぶ）(Fig. 1)をもとに研究が行われてきた[1]。また、最近では、古典的シナリオに則り、地球生命が用いるRNAや代謝系で用いられる分子系の生成経路

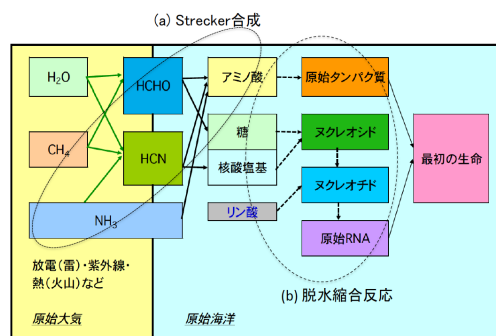


Fig.1. Conventional scenario of chemical evolution

を探ることにより「RNAワールド」「代謝ワールド」の成立を証明しようとする研究が生命起源研究の主流を占めるようになってきている。しかし、この古典的シナリオの検証実験においては、高濃度の出発材料を用い、反応を阻害する他の分子を加えずに行うため、実際の

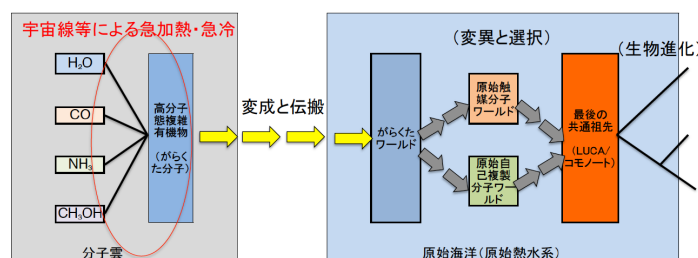


Fig. 2. “Garakuta World” scenario of chemical evolution

の原始地球環境で同様なことが起きた可能性は極めて低いといわざるをえない。

申請者らは、RNAが生成する前のpre-RNAワールドにおいては、高エネルギー付与(Flash)-急冷(Quench)により多様な分子が一挙に生成するという機構が中心ではないかと考えた。生成する分子は生体高分子のような規則的な構造を有していないため、これを「がらくた分子」と名付けた。このがらくた分子の進化により機能を有する分子が生成するシナリオが**がらくたワールド説** (Fig. 2) [2]である。現在の洗練された生命システムをL=1とした場合、最初期の生命はRNAなどを用いない極めて低レベルの生命機能(L<<1)を有する「がらくた生命」が存在したとする提案であるが、実験的検証はなされていない。

2. 研究の目的

本申請研究では、地球外や原始地球環境下で高分子態の決まった構造を持たない「**がらくた分子**」が生成し、それがアミノ酸前駆体や触媒分子としての機能を調べ、また、その地球外・原始地球環境下での安定性を調べることによりがらくたワールド仮説を実験的に検証することを目的とする。具体的には、(1) 地球外および原始地球を模した実験により「がらくた分子」が生成することを調べる。(2) がらくた分子の機能を調べる。アミノ酸などの**生体分子前駆体**としての性質や**触媒活性**などを調べる。(3) がらくた分子の地球外や原始惑星環境下での放射線・紫外線などに対する安定性を調べる。安定性の評価には、実際の宇宙環境を利用した**宇宙実験**も用いる。

3. 研究の方法

3-1. **がらくた分子の合成**：分子雲、小天体内部、原始大気などの環境を模した実験を行った。分

子雲模擬実験では、一酸化炭素・アンモニア・水混合物への陽子線照射 [3], およびメタノール・アンモニア・水への炭素線照射[4]を行った。それぞれの生成物を CAW, MeAW とよぶ。このほか、小天体内部模擬実験や原始大気模擬実験も行った[5][6]。

3-2. がらくた分子の機能評価: 粒子線照射実験で生成した**がらくた分子**がアミノ酸前駆体であることを検証した。模擬実験生成物を種々の手法(HPLC, 限外ろ過など)で分離し、加水分解後にアミノ酸となる分子のキャラクタリゼーションを行った。また、模擬実験生成物が有する触媒活性(エステラーゼ活性[7], ホスファターゼ活性[8])を測定した。

3-3. 種々の環境下でのがらくた分子**の安定性評価:** 主として、一酸化炭素・アンモニア・水への陽子線照射生成物(CAW)を用いて行った。比較としてグリシン, ヒダントインなどの小分子を用いた。(i) 分子雲環境での宇宙線に対する安定性: HIMAC (放医研) からの 290 MeV/u 炭素線を試料(水溶液凍結物)に照射した。(ii) 原始惑星系円盤での軟 X 線に対する安定性: 試料(固体)に NewSUBARU (兵庫県立大) からの軟 X 線を照射した。(iii) 小天体内部: 試料(水溶液)に ^{60}Co 線源(東工大)からの γ 線を照射した。(iv) 惑星間塵: 試料(固体)に Xe ランプ, またはエキシマランプ(172 nm)からの紫外線を照射した。また、実際の宇宙環境で 1-3 年宇宙曝露した(たんぽぽ計画[9])。照射後、各試料は加水分解し、アミノ酸分析を行った。

4. 研究成果

4-1. アミノ酸前駆体としての**がらくた分子**の評価

4-1-1. アミノアセトニトリル(AAN)およびヒダントイン(Hyd)の定量

陽イオン交換 HPLC を用いて加水分解前の CAW および MeAW を分析したところ、MeAW に含まれる AAN は 0.04%未満, CAW に含まれる AAN は 0.07%未満であることがわかった。一方、逆相 HPLC の結果からは MeAW に含まれる Hyd は 10%未満, CAW に含まれる Hyd は 7.2%未満であることがわかった。以上の結果から、模擬星間実験生成物中のアミノ酸前駆体として AAN および Hyd 以外のものが主であることが示唆された。

4-1-2. 分子量推定とアミノ酸前駆体の分画

限外ろ過 (PALL ナノセップ 3K 使用) によって CAW のグリシン前駆体が上層に 56%残ることから、CAW には分子量 3000 以上の高分子量アミノ酸前駆体が多く存在することが示唆された。一方、MeAW は限外ろ過によってアミノ酸前駆体が上層に残らなかった。

MeAW をゲルろ過クロマトグラフィーで分離すると、保持時間 10~20 分の間(分子量 3000Da 以上のタンパク質の溶出位置)にピークが存在し、この画分を加水分解することによりアミノ酸が生じた。CAW の場合も 10-20 分間に顕著なピークが存在し、高分子量生成物の生成が示唆された。MeAW および CAW をゲルろ過 HPLC により溶出時間 10 分毎に分画した。10-20 分の画分は高分子態有機物が溶出する画分なので、MeAW には少なくとも 17%の高分子量アミノ酸前駆体が、CAW には少なくとも 34.8%の高分子態アミノ酸前駆体が存在することが示唆された。

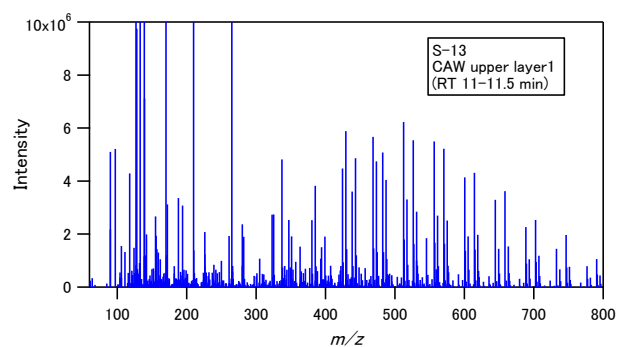


Fig. 4. ESI-mass spectrum of a fraction of CAW (11-11.5 min fraction of the upper layer of PALL-3K ultrafilter)

CAW の分子量および構造を調べるため、ESI-Orbitrap-質量分析法での分析を行った。Fig. 4 は、限外濾過膜で膜上に残った画分をゲルろ過 HPLC で分取した時の 11-11.5 分の画分の質量スペクトル(m/z 60-900)である。多数のピークが見られるが、 m/z 14 間隔で強いピークが存在した。これは-CH₂-の炭素鎖を有する多種類の分子が存在することを示唆する。

4-1-3. 宇宙におけるがらくた分子の生成

陽イオン交換 HPLC および逆相 HPLC によって CAW および MeAW 中のアミノ酸前駆体として AAN および Hyd が主要なものでないことが示唆された。また、ゲルろ過 HPLC によって、CAW および MeAW には高分子量アミノ酸前駆体が含まれていることが示唆された。さらに、CAW においては、限外ろ過によって分子量 3000 以上の高分子量アミノ酸前駆体が多く含まれている可能性が示唆された。以上の結果から、星間環境で生成されるアミノ酸前駆体としては、AAN や Hyd ではなく、複雑な高分子態（がらくた分子態）アミノ酸前駆体が多く生成されることが示唆された。小天体内部模擬実験においても、同様の結果が得られた[10]。

4-2. がらくた分子の安定性

Gly, Hyd, AAN は酸加水分解後にグリシンが検出された。またCAW は酸加水分解後に様々なアミノ酸が検出されるが、グリシンが最も多く検出されるため、ここでは実験前後でのグリシンの回収率をもとに安定性を議論した。Table 1に照射または加熱実験後のグリシンの回収率を示す[11]。重粒子線に対してはAANの安定性が低いこと、 γ 線に対してはGlyの安定性が低いことなどがわかる。CAWは紫外線照射以外においては他よりも安定であることが示された。

Table 1. Recovery (%) of Glycine and Its Precursors after Irradiation / Heating [11]

Environment	Molecular cloud	Proto planetary disk	Asteroid interior		Upper atmosphere
Energy	Heavy ions 15 kGy	Soft X-rays 100 J cm ⁻²	γ -rays 10 kGy	Heat 150°C, 24 h	UV/Visible 90 mJ cm ⁻²
Phase	ice (196 K)	solid	solution (r. t.)	solution	solid
Gly	91	n.d.	77	105	62
Hyd	93	27	99	162	65
AAN	77	33	107	26	53
CAW	95	71	101	81	45

Abbreviations: Gly, glycine; Hyd, hydantoin, AAN: aminoacetonitrile,

CAW, complex organics synthesized from carbon monoxide, ammonia and water

紫外線照射では、全ての試料でグリシン回収率が低下した。アミノ酸およびその前駆体の真空紫外/紫外スペクトルから、一般的には光子に対しての安定性は物質の吸収スペクトルに大きく関係すること、CAWは強い吸収スペクトルを有するにも拘わらず安定であることが分かった。実際の宇宙環境でのCAW, Hyd, Glyの安定性を調べる宇宙実験を「たんぼぼ計画」の中で行ったところ、波長170 nm 以下の紫外線をカットした環境下ではGlyとCAWが他よりも安定であることがわかった[11]。

以上の結果から、地球外で生成したアミノ酸（前駆体）が地球に届けられた可能性を考える場合、遊離態のGlyや低分子量前駆体であるAANやHydよりも高分子態アミノ酸前駆体の方が

様々な宇宙環境で安定であることがわかった。

4-3. がらくた分子の触媒活性

CAWのエステラーゼ活性を酢酸p-ニトロフェニルを基質として測定したところ、全体として有機炭素1 g当たり4.5 $\mu\text{mol}/\text{min}$ の比活性がえられた。一方、より高い活性化エネルギーを必要とするホスファターゼ活性をリン酸4-メチルウンベリフェリルを基質として測定したが、時間とともに蛍光強度が低下し、活性は検出されなかった。一方、メタン・窒素・水混合気体への陽子線照射生成物(MNW)においては、微弱なホスファターゼ活性が検出された。

CAWのエステラーゼ比活性を、エステラーゼ活性を有する既知の物質（イミダゾール、セリルヒスチジン）と比較してみた。有機炭素1 g当たりイミダゾールは470 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 、セリルヒスチジンは58 $\mu\text{mol}/\text{min}$ の比活性を有するため、CAWはこれらより比活性が低い。また、CAWのOrbitrap-MS分析により、精密質量69.0449のMH⁺ピークが強く観測されたことから、イミダゾールが含まれる可能性が強く示唆された。つまり、CAWの活性の一部はイミダゾール由来であることが推定される。しかし、CAWの高分子態画分もエステラーゼ活性を有し、この中に高い比活性を含む分子が存在する可能性がある。そのような分子の探索には、HPLCで分離後、溶離液をオンラインで活性測定することが望ましい。そのような装置の開発を行った。今後、この装置を用いて高比活性分子種の検出を行う予定である。

4-4. まとめ

本申請研究では、宇宙線などによりまず高分子態有機物（がらくた分子）が生じ、これが有する微弱な生化学的機能が進化することにより生命が誕生したとする「がらくたワールド説」の検証を試みた。分子雲を模擬した実験により分子量数千の高分子態有機物（がらくた分子）が生成し、これは複雑態アミノ酸前駆体を含むことが確認された。これをグリシンやグリシン前駆体のヒダントインとともに国際宇宙ステーション曝露部上で3年間宇宙曝露したところ、CAWは他の分子よりもはるかに強い紫外線吸収をもつにもかかわらず、紫外線吸収の少ないヒダントインよりも安定で、また、さらに紫外線吸収の少ないグリシンとほぼ同じ安定性を示した。このがらくた分子はエステラーゼ活性を有することがわかった。他の天体上での生命探査（「がらくた生命」を含む）を考える上で、触媒活性は有用な指標となりうることがわかった。

<引用文献>

- [1] N. Kitadai and S. Maruyama, *Geosci. Front.*, **9**, 1117-1153 (2017).
- [2] K. Kobayashi, T. Kaneko, J. Takahashi, *et al.*, in *Astrobiology: from Simple Molecules to Primitive Life*, ed. by V. Basiuk, American Scientific Publishers, Valencia, CA, (2010), pp. 175-186.
- [3] Y. Takano, A. Ohashi, T. Kaneko and K. Kobayashi, *Appl. Phys. Lett.*, **84**, 1410-1412 (2004).
- [4] K. Kobayashi, T. Ogawa, H. Tonishi, *et al.*, *Electr. Commun. Jpn.*, **91**, 293-298 (2008).
- [5] Y. Kebukawa, Q. H. S. Chan, S. Tachibana, *et al.*, *Sci. Adv.*, **3**, e1602093 (2017).
- [6] K. Kobayashi, T. Kaneko, T. Saito and T. Oshima, *Origins Life Evol. Biosphere*, **28**, 155-165 (1998).
- [7] T. Tsuruda, T. Takahashi, Y. Funatsu and K. Kobayashi, *Orig. Life Evol. Biosph.*, **30**, 168 (2000).
- [8] K. Kobayashi, Y. Ito, A. Moroi, *et al.*, *Biol. Sci. Space*, **18**, 144-145 (2004).
- [9] A. Yamagishi, S. Yokobori, K. Kobayashi, *et al.*, *Astrobiology*, **21**, 1451-1460 (2021).
- [10] W. Elmasry, Y. Kebukawa and K. Kobayashi, *Life*, **11**, 32 (2021).
- [11] K. Kobayashi, H. Mita, Y. Kebukawa, *et al.*, *Astrobiology*, **21**, 1479-93 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Y. Kebukawa, M. E. Zolensky, M. Ito, N. Ogawa, Y. Takano, N. Ohkouchi, A. Nakato, H. Suga, Y. Takeichi, Y. Takahashi, K. Kobayashi	4. 巻 271
2. 論文標題 Primordial organic matter in the xenolithic clast in the Zag H chondrite: Possible relation to D/P asteroids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochim. Cosmochim. Acta	6. 最初と最後の頁 61-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2019.12.012	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 小林憲正, 横堀伸一, 春山純一	4. 巻 JSASS-2019
2. 論文標題 UZUME計画: 月縦穴環境を用いる宇宙実験への期待	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第63回宇宙科学技術連合講演会講演集	6. 最初と最後の頁 4553 (4 pp)
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 山岸明彦, 橋本博文, 矢野創, 河口優子, 横堀伸一, 小林憲正, 三田肇, 藪田ひかる, 東出真澄, 田端誠, 河合秀幸, 今井栄一	4. 巻 JSASS-2019
2. 論文標題 有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集 (たんぼぼ) 3年目試料解析報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第63回宇宙科学技術連合講演会講演集	6. 最初と最後の頁 4482
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 W. Elmasry, Y. Kebukawa, T. Kaneko, Y. Obayashi, H. Fukuda, Y. Oguri and K. Kobayashi	4. 巻 50
2. 論文標題 Alteration and Stability of Complex Macromolecular Amino Acid Precursors in Hydrothermal Environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Orig. Life Evol. Biosph.	6. 最初と最後の頁 15-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11084-020-09593-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 N. Hirakawa, Y. Kebukawa, K. Kobayashi, H. Nakano	4. 巻 358
2. 論文標題 Effects of minerals on metamorphism of organic matter during thermal processes in meteorite parent bodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Icarus	6. 最初と最後の頁 114167 (14 pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.icarus.2020.114167	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 N. Hirakawa, Y. Kebukawa, Y. Furukawa, M. Kondo, H. Nakano and K. Kobayashi	4. 巻 73
2. 論文標題 Aqueous Alteration Without Initial Water: Possibility of Organic-Induced Hydration of Anhydrous Silicates in Meteorite Parent Bodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth Planets Space	6. 最初と最後の頁 16 (11 pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-020-01352-6	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 吉村義隆, 塩谷圭吾, 小林憲正, 佐々木聡, 山岸明彦	4. 巻 70
2. 論文標題 宇宙における生命兆候探査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 分析化学	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 小林憲正	4. 巻 12
2. 論文標題 宇宙および地球上でのアミノ酸の起源	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アミノ酸研究	6. 最初と最後の頁 7-14
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 J. Takahashi and K. Kobayashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Origin of Terrestrial Bioorganic Homochirality and Symmetry Breaking in the Universe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 919 (11 pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym11070919	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 W. Elmasry, Y. Kebukawa, T. Kaneko, Y. Obayashi, H. Fukuda, Y. Oguri and K. Kobayashi	4. 巻 50
2. 論文標題 Alteration and Stability of Complex Macromolecular Amino Acid Precursors in Hydrothermal Environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Orig. Life Evol. Biosph	6. 最初と最後の頁 in press
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 三田肇	4. 巻 78
2. 論文標題 液体クロマトグラフ/質量分析 (LC/MS) による模擬星間有機物の分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 低温科学	6. 最初と最後の頁 277-286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14943/lowtemsci.78.277-286	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 三田肇、中山美紀、白水まどか、中川和道	4. 巻 2
2. 論文標題 生命の起源を探るための有機化合物生成宇宙暴露実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 福岡工業大学総合研究機構研究所報	6. 最初と最後の頁 115-118
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 -

1. 著者名 小林憲正, 横堀伸一, 春山純一	4. 巻 JSASS-2020
2. 論文標題 UZUME計画: 月縦穴環境での宇宙実験と有機物・微生物探査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第64回宇宙科学技術連合講演会講演集	6. 最初と最後の頁 4440 (6 pp.)
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 Yamagishi Akihiko, Yokobori Shin-ichi, Kobayashi Kensei, Mita Hajime, Yabuta Hikaru, Tabata Makoto, Higashide Masumi, Yano Hajime	4. 巻 21
2. 論文標題 Scientific Targets of Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments at the Japanese Experiment Module Exposed Facility of the International Space Station	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 1451 ~ 1460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2020.2426	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 Enya Keigo, Yoshimura Yoshitake, Kobayashi Kensei, Yamagishi Akihiko	4. 巻 11815
2. 論文標題 Fluorescence microscope as a core instrument for extraterrestrial-life detection methods	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 118150V
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2595495	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 MOGI Yuto, KEBUKAWA Yoko, KOBAYASHI Kensei	4. 巻 38
2. 論文標題 Comparison of Stepwise and Single-Step Pyrolysis GC/MS for Natural Complex Macromolecular Organic Matter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 113-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.21P188	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 Kobayashi Kensei, Mita Hajime, Kebukawa Yoko, Nakagawa Kazumichi, Kaneko Takeo, Obayashi Yumiko, Sato Tomohito, Yokoo Takuya, Minematsu Saaya, Fukuda Hitoshi, Oguri Yoshiyuki, Yoda Isao, Yoshida Satoshi, Kanda Kazuhiro, Imai Eiichi, Yano Hajime, Hashimoto Hirofumi, Yokobori Shin-ichi, Yamagishi Akihiko	4. 巻 21
2. 論文標題 Space Exposure of Amino Acids and Their Precursors during the Tanpopo Mission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 1479 ~ 1493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2021.0027	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 小林 憲正、小川 麻里、吉田 聡、佐藤 修司、伊藤 有希、中本 早紀、栗塚 泰平、高野 淑識、大林 由美子、金子 竹男、癸生川 陽子	4. 巻 49
2. 論文標題 ホスファターゼ活性を用いた極限環境試料中の微生物活動評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Viva Origino	6. 最初と最後の頁 7 (13 pp.)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50968/vivaorigino.49_7	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 -

[学会発表] 計87件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 K. Kobayashi, T. Sato, T. Yokoo, I. Sakon, H. Yano, M. Nakayama, H. Mita, H. Hashimoto, S. Yokobori, A. Yamagishi, S. Yoshida, I. Yoda, H. Fukuda, Y. Oguri, K. Kanda
2. 発表標題 Stability of Amino Acids and Amino Acid Precursors in Space: Approaches Through Space Experiments (Tanpopo and Tanpopo 2) and Ground Simulation Experiments
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kobayashi, S. Kuramoto, T. Sato, M. Nakayama, H. Mita, S. Yoshida, H. Fukuda, Y. Oguri, H. Shibata, Y. Kebukawa
2. 発表標題 Formation of Complex Amino Acid Precursors by Cosmic Rays in Interstellar Environments
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Sugaya, K. Kobayahshi, Y. Kebukawa, Y. Oguri and H. Fukuda
2 . 発表標題 Analysis of nucleic acid bases formed from simulated interstellar media
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 S. Abe, Y. Kebukawa and K. Kobayashi
2 . 発表標題 Evaluation of the aldonitrile acetate ester derivatization method for aldose analysis in products from chemical evolution experiments
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 W. Elmasry, Y. Kebukawa and K. Kobayashi
2 . 発表標題 Minerals and their catalytic effects on amino acid formations in environments simulating asteroids
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Akihiko Yamagishi, Hirofumi Hashimoto, Hajime Yano, Yuko Kawaguchi, Shin-ichi Yokobori , Kensei Kobayashi, Mita Hajime, Hikaru Yabuta, Masumi Higashide, Makoto Tabata, Eiichi Imai,
2 . 発表標題 Third year results and current status of Tanpopo: Capture and exposure experiment of micrometeoroids and microbes on Exposure Facility of International Space Station
3 . 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 生命の起源へと至る道
3. 学会等名 Astrobiology on Line (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正, 三田肇, 癸生川陽子, 中川和道, 矢野創, 山岸明彦, たんぼぼRT, たんぼぼ2RT
2. 発表標題 宇宙環境下でのアミノ酸関連分子の安定性：宇宙実験たんぼぼ・たんぼぼ2での検証
3. 学会等名 日本マイクログラビティ応用学会第32回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 宇宙に生命の起源を探る
3. 学会等名 第21回比較グライコム研究会・糖の起源と進化-宇宙&深海- (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正, 横堀伸一, 春山純一
2. 発表標題 UZUME計画：月縦穴環境での宇宙実験と有機物・微生物探査
3. 学会等名 第64回宇宙化学技術連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正, 倉本想士, 佐藤智仁, 横尾拓哉, 癸生川陽子, 三田肇, 中川和道, 吉田聡, 福田一志, 小栗慶之, 柴田裕実, 矢野創, 山岸明彦, 左近樹
2. 発表標題 分子雲中での高分子態アミノ酸前駆体の生成とその宇宙安定性の検証
3. 学会等名 日本惑星科学会2020年秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 アストロバイオロジー研究における宇宙実験
3. 学会等名 第35回宇宙環境利用科学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岸明彦, 橋本博文, 矢野創, 横堀伸一, 河口優子, 小林憲正, 三田肇, 藪田ひかる, 東出真澄, 田端誠, 河合秀幸, 今井栄一, 横谷香織, 木村駿太, 鳴海一成, 矢田部純, 藤原大祐, 加藤浩, オン 碧, 鴫田未来
2. 発表標題 たんばぼ計画: 全宇宙曝露試料の帰還と微生物試料解析の現状
3. 学会等名 第35回宇宙環境利用科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三田肇, 矢野創, 左近樹, 小林憲正, 癸生川陽子, 横谷香織, 中川和道, 山岸明彦, 杉本学, Tetyana Milojevic, 別所義隆, 中山美紀, 白水まどか, 横尾卓哉, 佐藤智仁, ポストたんばぼ研究チーム
2. 発表標題 ポストたんばぼ計画における宇宙曝露実験
3. 学会等名 第35回宇宙環境利用科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	K. Kobayashi, S. Kuramoto, T. Sato, Y. Kebukawa, M. Nakayama, H. Mita, K. Kanda, H. Fukuda, Y. Oguri, S. Yoshida, H. Shibata
2. 発表標題	Ultracomplex Amino Acid Precursors Formed from Interstellar Media Analogs by High Energy Particles Irradiation,
3. 学会等名	COSPAR 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	K. Kobayashi, H. Mita, Y. Kebukawa, I. Sakon, K. Nakagawa, T. Yokoo, T. Sato, K. Terasawa, M. Nakayama, J. Takahashi, H. Shibata, S. Yoshida, I. Yoda, H. Fukuda, Y. Oguri, K. Kanda, H. Hashimoto, S. Yokobori, A. Yamagishi and H. Yano
2. 発表標題	Space Exposure of Amino Acids and Amino Acid Precursors in the Tanpopo and the Tanpopo 2 Missions
3. 学会等名	COSPAR 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	W. Elmasry, Y. Kebukawa, T. Shibuya, K. Kobayashi
2. 発表標題	Abiotic Synthesis of Organic Matter in Aqueous Environments Simulating Parent Bodies of Meteorites and the Effects of Minerals on the Production of Amino Acids
3. 学会等名	52nd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	矢野創, 三田肇, 左近樹, 小林憲正, 癸生川陽子, 横谷香織, 阿部智子, 新井和吉, 遠藤いずみ, 藤島皓介, 今井栄一, 加藤浩, 木村駿太, 中川和道, 奥平恭子, オン碧, 佐々木聰, 田端誠, 富田勝, 山岸明彦
2. 発表標題	たんぼぼ2 ~ ガストから生命へ : 2019-2020年の宇宙曝露運用と地球帰還後の科学分析計画
3. 学会等名	第21回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 三田肇
2. 発表標題 宇宙塵（うちゅうじん）を探す ～宇宙実験「たんぼぼ計画」～
3. 学会等名 体験型こども科学館0 - Lab 科学体験講座（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂元俊紀，高橋淳一，癸生川陽子，小林憲正，柴田裕実，久保謙哉，泉雄大，松尾光一，藤本將輝，加藤政博
2. 発表標題 アミノ酸への円偏光およびスピン偏極ミュオン照射による不斉発現
3. 学会等名 第56回アイソトープ・放射線研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉本想士，佐藤智仁，福田一志，小栗慶之，柴田裕実，吉田 聡，癸生川陽子，小林憲正
2. 発表標題 模擬星間氷への粒子線照射により生成された高分子量アミノ酸前駆体の生成
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤智仁，倉本想士，吉田聡，依田功，福田一志，小栗慶之，三田肇，神田一浩，柴田裕実，高橋淳一，癸生川陽子，小林憲正
2. 発表標題 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Elmasry, Y. Kebukawa, K. Kobaysahi
2. 発表標題 Abiotic Synthesis of Organic Matters in Environments Simulating Asteroids and the Catalytic Effect of Minerals on Amino Acid Formation
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本間智穂, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 極限環境試料中のホスファターゼ活性に関する研究
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅谷ことみ, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 模擬星間物質から生成した核酸塩基類の分析法の検討
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内藤弘毅, 内藤敬介, 福田一志, 小栗慶之, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 模擬海底熱水環境下におけるアミノ酸前駆体の変成と自己凝集
3. 学会等名 生命の起原および進化&アストロバイオロジー 夏の学校2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kobayashi, M. Kinoshita, S. Mouri, Y. Kebukawa, B. Kunwar, K. Kawamura, J. Takahashi, H. Shibata, H. Fukuda, Y. Oguri and V. S. Airapetian
2. 発表標題 Formation of Amino Acid Precursors in Slightly-Reducing Primitive Atmospheres by Solar Energetic Particles
3. 学会等名 19th EANA Astrobiology Conference, (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋淳一, 坂元俊紀, 柴田裕実, 久保謙哉, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 地球上生命ホモキラリティ起源の解明を目指したスピン偏極ミュオン照射による光学活性発現実験の現状
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉本想士, 佐藤智仁, 福田一志, 小栗慶之, 柴田裕実, 吉田聡, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 模擬星間物質への粒子線照射により生成された高分子量アミノ酸前駆体のキャラクタリゼーション
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤智仁, 倉本想士, 吉田聡, 依田功, 福田一志, 小栗慶之, 三田肇, 神田一浩, 柴田裕実, 高橋淳一, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木下美栄, 池田伸太郎, 河村公隆, Bhagawati Kunwar, 福田一志, 小栗慶之, 柴田裕実, 高橋淳一, Vladimir Airapetian, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 模擬原始地球大気におけるアミノ酸およびカルボン酸生成可能性の検討
3. 学会等名 2019年度日本地球化学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋淳一, 坂元俊紀, 柴田裕実, 久保謙哉, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 地球上生命ホモキラリティ起源の解明を目指したスピン偏極ミュオン照射による光学活性発現実験
3. 学会等名 第62回放射線化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kobayashi
2. 発表標題 Abiotic Formation of Amino Acid Precursors and Carboxylic Acids in Primitive Planetary Atmosphere by Cosmic Rays and Solar/Stellar Energetic
3. 学会等名 ISSI International Team #464 (ETERNAL Team) Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林憲正, 木下美栄, 毛利駿介, 坂元俊紀, 高橋淳一, 柴田裕実, 癸生川陽子, Vladimir Airapetian
2. 発表標題 生命の起源における太陽エネルギー粒子の役割
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤智仁, 倉本想士, 吉田聡, 依田功, 福田一志, 小栗慶之, 三田肇, 神田一浩, 柴田裕実, 高橋淳一, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 種々の模擬宇宙環境におけるアミノ酸前駆体の安定性
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉本想士, 佐藤智仁, 福田一志, 小栗慶之, 柴田裕実, 吉田聡, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 模擬星間氷への粒子放射線にほり生成された高分子量アミノ酸前駆体の分析
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山美紀, 三田肇, 倉本想士, 佐藤智仁, 小林憲正
2. 発表標題 複雑有機物の質量解析
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 V. S. Airapetian, G. Gronoff and K. Kobayashi
2. 発表標題 Building Blocks of Life on Early Earth and Mars Under the Young Sun
3. 学会等名 2019 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林憲正, 倉本想士, 佐藤智仁, 中山美紀, 三田肇, 吉田 聡, 福田一志, 小栗慶之, 柴田裕実, 癸生川陽子
2. 発表標題 地球外アミノ酸はストレッカー反応でできたのか
3. 学会等名 生命の起原および進化学会第45回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林憲正, 佐藤智仁, 横尾卓哉, 左近樹, 中川和道, 矢野創, 中山美紀, 三田肇, 橋本博文, 横堀伸一, 山岸明彦, 吉田 聡, 依田 功, 福田一志, 小栗慶之, 神田一浩, 柴田裕実, 高橋淳一, 癸生川陽子
2. 発表標題 アミノ酸・アミノ酸前駆体の宇宙環境下での安定性と変成
3. 学会等名 生命の起原および進化学会第45回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Shiromizu, K. Nakagawa, T. Bessho, H. Mita
2. 発表標題 Nucleotides synthesis by UV irradiation and preliminary study for experiment on the International Space Station
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society, 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Mikuriya, H. Mita
2. 発表標題 Asia Oceania Geosciences Society, 16th Annual Meeting
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society, 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Shiromizu, K. Nakagawa, Y. Bessho, H. Mita
2. 発表標題 Nucleotide synthesis experiments by UV irradiation for “TANPOPO3”
3. 学会等名 19th EANA Astrobiology Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村義隆、山岸明彦、佐藤毅彦、宮川厚夫、今井栄一、佐々木聡、小林憲正、葵生川陽子、岡田朋華、塩谷圭吾、藪田ひかる、長沼毅、三田肇、藤田和央、臼井寛裕
2. 発表標題 火星表面で生命の兆候を検出する生命探査顕微鏡の開発
3. 学会等名 日本惑星科学会2019年秋季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白水まどか、中川和道、別所義隆、三田肇
2. 発表標題 国際宇宙ステーション曝露部を利用したヌクレオチド合成実験の予備検討
3. 学会等名 2019年度アストロバイオロジーワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横堀伸一、時下進一、志賀靖弘、鳴海一成、杉本学、今井栄一、三田肇、橋本博文
2. 発表標題 地球生物の宇宙生存可能性検証のための短期宇宙曝露実証実験システムの構築
3. 学会等名 第34回宇宙環境利用科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉村義隆、山岸明彦、宮川厚夫、今井栄一、佐々木聡、佐藤毅彦、塩谷圭吾、小林憲正、癸生川陽子、岡田朋華、藪田ひかる、長沼毅、三田肇、登尾浩助、佐藤直人、丸尾裕一、藤田和央、白井寛裕
2. 発表標題 火星表面探査のための生命兆候探査顕微鏡 (LDM) の開発
3. 学会等名 第34回宇宙環境利用科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白水まどか、中川和道、別所義隆、三田肇
2. 発表標題 紫外線照射によるヌクレオチド合成実験と宇宙曝露で使用する反応容器について
3. 学会等名 生命の起原および進化学会第45回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三田肇
2. 発表標題 アストロバイオロジーへの招待 - 化学の目で見る生命の起原研究 -
3. 学会等名 第58回九州高等学校理科教育研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Ishikawa, Y. Kebukawa, I. Yoda and K. Kobayashi
2. 発表標題 Amino acid production by heating and gamma-ray irradiation experiments simulating aqueous alteration in small bodies
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Abe, Y. Kebukawa, I. Yoda and K. Kobayashi
2. 発表標題 Abiotic synthesis of sugars by heating or gamma irradiation simulating aqueous alteration in meteorite parent bodies
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kobayashi, K. Naito, T. Sakamoto, Y. Kebukawa, J. Takahashi, H. Shibata, K. Kubo, H. Fukuda, Y. Oguri, V. Airapetian
2. 発表標題 Possible roles of solar energetic particles in the formation of amino acids and their enantiomeric excesses in early Earth atmosphere
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村義隆, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 佐々木聡, 三田肇, 小林憲正, 癸生川陽子, 佐藤尚人, 佐藤毅彦, 塩谷圭吾, 藤田和央, 臼井寛裕
2. 発表標題 生命兆候探査顕微鏡のブレッドボードモデル開発
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 宇宙に化学進化のミッシングリンクを探す
3. 学会等名 生命の起原および進化学会夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kobayashi, S. Mouri, T. Udo, Y. Kebukawa, H. Mita, H. Fukuda, Y. Oguri and V. Airapetian
2. 発表標題 Roles of Solar Energetic Particles in Habitability of the Early Earth: Experimental Approaches
3. 学会等名 EANA 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 癸生川陽子, 古賀優志, 松岡萌, 左近樹, 小林憲正, 伊藤元雄, 山下翔平, 武市泰男, 高橋嘉夫, 三田肇, 矢野創
2. 発表標題 太陽系小天体の表面過程の理解のための有機物の宇宙曝露実験
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安部隼平, 癸生川陽子, 依田功, 小林憲正
2. 発表標題 隕石母天体内部での水質変質を模擬したホルモース型反応による糖の生成への 線の影響
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 茂木優斗, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法による炭素質コンドライトの段階加熱分析
3. 学会等名 日本地球化学会第65回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林憲正, 毛利駿介, 内藤弘毅, 宇土拓海, 葵生川陽子, 高橋淳一, 柴田裕実, 三田肇, 福田一志, 小栗慶之, N. Globus, V. S. Airapetian
2. 発表標題 初期惑星のハピタピリティーにおよぼす太陽エネルギー粒子の役割
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 小林憲正, 三田肇, 葵生川陽子, 中川和道, 金子竹男, 大林由美子, 佐藤智仁, 横尾拓哉, 峰松沙綾, 福田一志, 小栗慶之, 依田 功, 吉田 聡, 神田一浩, 今井栄一, 矢野 創, 橋本博文, 横堀伸一, 山岸明彦
2. 発表標題 たんぼぼ計画での有機物曝露実験のまとめと展望
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第35回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 生命起源の探求を目指すアストロバイオロジー研究
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第35回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀優志, 葵生川陽子, 左近樹, 小林憲正, 三田肇, 矢野創
2. 発表標題 たんぼぼ2計画における国際宇宙ステーションでの隕石有機物やその模擬物質の宇宙曝露実験
3. 学会等名 日本宇宙生物科学会第35回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林憲正, 菅谷ことみ, 安部隼平, 菊地智紀, 福田一志, 小栗慶之, 依田功, 癸生川陽子
2. 発表標題 模擬星間物質への陽子線照射生成物中の核酸塩基・糖の分析
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 宇宙が語る生命の起源と未来
3. 学会等名 化学フェスタ 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横堀伸一, 春山純一, 小林憲正
2. 発表標題 火星の縦孔における生命の可能性とUZUMEによる探査
3. 学会等名 第65回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩谷圭吾, 吉村義隆, 佐々木聡, 大野宗祐, 木村駿太, 三田肇, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一, 小林憲正
2. 発表標題 蛍光顕微鏡による宇宙生命体探査: 火星縦穴探査への適用
3. 学会等名 第65回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	K. Kobayashi, T. Sato, S. Kuramoto, Y. Kebukawa, H. Mita, H. Shibata, H. Fukuda, Y. Oguri, and K. Kanda
2. 発表標題	Formation and Robutness of Complex Amino Acid Precursors with Large Molecular Weights in Space
3. 学会等名	International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem) 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	三田肇, 矢野創, 左近樹, 小林憲正, 癸生川陽子, 横谷香織, 中川和道, 杉本学, T. Milojevic, 山岸明彦, 横堀伸一, 別所義隆, 加藤浩, 阿部智子, 遠藤いずみ, 木村駿太, オン碧, 大森正之, 藤田知道, 鈴木利貞, 浅野眞希, 奥平恭子, 今井栄一
2. 発表標題	ポストたんばぼ計画の進捗状況
3. 学会等名	第36回宇宙環境利用シンポジウム
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	小林憲正
2. 発表標題	初期惑星のハビタビリティと生命誕生におよぼす太陽エネルギー粒子の役割
3. 学会等名	第23回惑星圏研究会 (SPS 2022) (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	W. Elmasry, Y. Kebukawa, J. C. Aponte, and K. Kobayashi
2. 発表標題	Effects of Mineral Assemblages in Meteorites on Amino Acid Production in the Water-Bearing Parent Bodies
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 高橋淳一, 坂元俊紀, 柏原大樹, 柴田裕実, 久保謙哉, 川崎常臣, 島達志, 三宅康博, N. Globus, V. Airapetian, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 スピン偏極ミュオン照射が生体有機分子の光学活性に与える効果II
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安部隼平, 癸生川陽子, 依田功, 小林憲正
2. 発表標題 隕石母天体内部での水質変質過程における糖の生成への 線の影響
3. 学会等名 第46回生命の起原および進化学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 茂木優斗, 癸生川陽子, 小林憲正
2. 発表標題 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法による炭素質コンドライトの段階加熱分析
3. 学会等名 第46回生命の起原および進化学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古賀優志, 癸生川陽子, 左近樹, 小林憲正, 三田肇, 矢野創
2. 発表標題 隕石有機物やその模擬物質の宇宙曝露および紫外線照射による分子構造変化
3. 学会等名 第46回生命の起原および進化学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林憲正, 宇土拓海, 毛利駿介, 癸生川陽子, 高橋淳一, 柴田裕実, 三田肇, 福田一志, 小栗慶之, V. S. Airapetian
2. 発表標題 太陽エネルギー粒子による初期地球大気からのアミノ酸前駆体生成
3. 学会等名 第46回生命の起原および進化学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋淳一, 坂元俊紀, 柏倉大樹, 癸生川陽子, 小林憲正, 柴田裕実
2. 発表標題 スピン偏極ミュオン照射による有機分子への不斉発現の可能性
3. 学会等名 第46回生命の起原および進化学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山岸明彦, 橋本博文, 矢野創, 横堀伸一, 河口優子, 小林憲正, 三田, 藪田ひかる, 東出真澄, 田端誠, 河合秀幸, 今井栄一
2. 発表標題 たんばぼ初号機成果概要
3. 学会等名 2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 たんばぼ・たんばぼ2計画におけるアミノ酸関連分子の宇宙曝露
3. 学会等名 2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 癸生川陽子, 古賀優志, 松岡萌, 左近樹, 小林憲正, 伊藤元雄, 山下翔平, 武市泰男, 高橋嘉夫, 三田肇, 矢野創
2. 発表標題 たんぼぼ2における小天体有機物の宇宙曝露実験
3. 学会等名 2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塩谷圭吾, 吉村義隆, 佐々木聰, 大野宗祐, 木村駿太, 三田肇, 山岸明彦, 宮川厚夫, 今井栄一
2. 発表標題 地球外生命探査顕微鏡
3. 学会等名 2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三田肇, 矢野創, 左近樹, 小林憲正, 癸生川陽子, 横谷香織, 中川和道, 杉本学, Tetyana Milojevic, 山岸明彦, 横堀伸一, 別所義隆, 加藤浩, 安倍智子, 遠藤いずみ, 木村駿太, オン碧, 大森正之, 藤田知道, 鈴木利貞, 浅野真希, 奥平恭子, 今井栄一, 浜瀬健司, 古庄仰, 中山美紀, 中島香織, 白水まどか
2. 発表標題 たんぼぼおよびポストたんぼぼ2計画での有機物の捕集と曝露実験
3. 学会等名 2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林憲正
2. 発表標題 アミノ酸とそのホモキラリティの起源-模擬実験からのアプローチ
3. 学会等名 プラズマ科学のフロンティア2021研究会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Ishikawa, Y. Kebukawa, I. Yoda and K. Kobayashi
2. 発表標題 Amino Acid Production by Heating and Gamma-ray Irradiation Experiments Simulating the Process of Aqueous Alteration Inside Asteroids
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Udo, Y. Kebukawa, K. Kobayashi, H. Fukuda, Y. Oguri and V. S. Airapetian
2. 発表標題 Formation of Organic Compounds in Slightly-Reducing Planetary Atmosphere
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Kobayashi, T. Udo, M. Kinoshita, K. Naito, S. Mouri, Y. Kebukawa, B. Kunwar, K. Kawamura, H. Fukuda, Y. Oguri, V. Airapetian
2. 発表標題 The Rise and Development of Habitability Through Formation of Organic Compounds on the Early Earth via Solar Energetic Particles
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Imai, Y. Kebukawa and K. Kobayashi
2. 発表標題 Effect of Temperatures and Molar Ratios for Amino Acid Formation from Formaldehyde and Ammonia Simulating Aqueous Alteration in Small Bodies
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Kobayashi, T. Udo, Y. Kebukawa, H. Mita, J. Takahashi, H. Shibata, H. Fukuda, Y. Oguri, V. S. Airapetian, G. Gronoff
2. 発表標題 Roles of Solar Energetic Particles in Prebiotic Formation of Bioorganic Compounds in Early Earth and Mars Atmospheres
3. 学会等名 44th COSPAR Scientific Assembly 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 渡部潤一、井田 茂、佐々木晶編 (分担執筆)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 日本評論社	5. 総ページ数 336
3. 書名 太陽系と惑星 第2版	

1. 著者名 小林 憲正	4. 発行年 2021年
2. 出版社 中央公論新社	5. 総ページ数 296
3. 書名 地球外生命	

1. 著者名 日本地球惑星科学連合編, 井田茂, 小林憲正, 他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 272
3. 書名 地球・惑星・生命	

〔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	三田 肇 (Mita Hajime) (00282301)	福岡工業大学・工学部・教授 (37112)	
研究分担者	癸生川 陽子 (Kebukawa Yoko) (70725374)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	

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