

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17204050  
 研究課題名（和文）模擬実験と隕石分析による星間有機物から生命構築分子系への進化シナリオの構築  
 研究課題名（英文）Formulation of Evolution Scenario from Interstellar Organics to Life-Building Molecular Systems by Simulation Experiments and Analysis of Meteorites  
 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・教授  
 研究者番号：20183808

研究成果の概要：模擬星間物質に重粒子線などを照射して合成した「模擬星間有機物」と、炭素質コンドライト中の有機物を分析し、両者と生命起源の関連について考察した。模擬星間環境実験では分子量数千の複雑態アミノ酸前駆体が生成する。これが星間や隕石母天体中での放射線・紫外線・熱などでの変性により隕石有機物となったことが示唆された。原始地球へは宇宙塵の形で有機物が供給された可能性が高く、その分析が必要である。宇宙ステーション上で宇宙塵を捕集する条件を検討中である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	11,300,000	3,390,000	14,690,000
2006年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2007年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
年度			
総計	27,800,000	8,340,000	36,140,000

研究分野：分析化学・アストロバイオロジー

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙化学

キーワード：炭素質コンドライト・星間有機物・アミノ酸・宇宙線・惑星間塵・化学進化・生命の起源・アストロバイオロジー

## 1. 研究開始当初の背景

地球上での生命の誕生に必要とされる有機物の供給源として、彗星や隕石などの地球外物質が注目を集めている。特に、Cronin らによる炭素質隕石中の L-アミノ酸の過剰の発見は、生体分子の不斉の地球外起源を示唆している。しかし、従来の宇宙における有機物質進化に関する研究は、(1)天文学者・惑星科学者らによる観測と模擬実験による星間分子化学、(2)地球化学者による隕石中の有機物分析、(3)生化学者による生体分子モノマーを用

いた模擬実験などが行われてきたが、これらの間の整合性はほとんど顧みられて来なかった。そのため、隕石や彗星中の有機物は、星間塵アイスメントルに紫外線・宇宙線があたることにより生成した有機物が、さらに変成を受けた後、太陽系生成時に彗星や隕石母天体に取り込まれたとする「グリーンバーグモデル」などが提唱されていたものの、隕石有機物と星間有機物との関連はあまり調べられていなかった。一方、われわれは、前段階研究（基盤研究(B)14340170）において、室内模

擬実験により星間環境下でアミノ酸前駆体を含む複雑有機物が生成すること、このアミノ酸前駆体は遊離アミノ酸よりも放射線や衝突に対して安定であることなどを見だし、複雑有機物というキーワードのもとに星間有機物の生成・変成・地球への供給が一連の過程としてとらえうる可能性を示してきた。しかし従来の模擬実験の結果は、炭素質コンドライト中の有機物の分析結果と必ずしも整合しておらず、その関連を探る研究が必要であった。また、隕石や彗星中の有機物は、それらから生成したダスト（宇宙塵）の形で地球に届けられた可能性が示唆されているが、それら相互の関係や、それらが実際に地球上での生命の起源に対し、どのような寄与を行ったかについても不明であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、これまで全く別の研究対象とされてきた星間模擬実験により生成する有機物と炭素質コンドライトなどの有機物との比較を行い、両者の関連を統一的に説明するシナリオを構築することを目的とした。さらに、これらの地球外有機物からの生命機能（光学活性・触媒活性）の創成の可能性を調べ、生命誕生までのシナリオの延伸を試みた。具体的には、以下の点の解明を試みた。

- (1) 種々の紫外線・放射線により生成・変成した「模擬星間有機物」のキャラクタリゼーションを行い、星間での有機物生成・変成のエナジェティックスを考察する。
- (2) 隕石や宇宙塵中の有機物（特にアミノ酸）の分析法について検討し、分析を行う。
- (3) (1)(2)の結果と、炭素質コンドライト中の有機物との比較を行い、両者をつなぐシナリオを構築する。
- (4) (1)で生成した有機物からの不斉創成のメカニズムとしては、中性子星からの円偏光の照射、および超新星爆発に伴って生じる偏極したβ線の照射が提案されている。本研究ではこれらの仮説の実験的検証を行い、宇宙環境下での生体分子（アミノ酸）の不斉創成の可能性をさぐる。
- (5) (1)(2)で生成した有機物の有する触媒活性を測定し、生命誕生につながる生体分子触媒の創成のシナリオを構築する。

## 3. 研究の方法

### (1) 「模擬星間有機物」の作成とその分析

有機物変成実験に用いる「模擬星間有機物」を合成し、そのキャラクタリゼーションを行った。主要な星間分子種である一酸化炭素・アンモ

ニア・水の混合気体にヴァンデグラフ加速器（東京工業大）またはタンデム加速器（高崎量子応用研）からの3 MeV陽子線を照射した。主要な星間分子種であるメタノール・アンモニア・水の混合物を室温もしくは液体窒素温度で凍結後、重粒子加速器（HIMAC, 放医研）からの290 MeV/u炭素線などの重粒子線、もしくは、サイクロトロン（TIARA, 高崎量子応用研）からの20 MeV陽子線を照射した。

これらの生成物を酸加水分解後、イオン交換HPLCおよびGC/MSによりアミノ酸分析を行った。加水分解前の生成物は、ゲルろ過HPLC法やMALDI-MS法による分子量推定、熱分解GC/MSによる構造解析、透過型電子顕微鏡による構造観察などを行った。

### (2) 宇宙・地球試料の分析システムの構築

隕石や宇宙塵中の有機物等の分析のため、クリーン分析システムの構築を行った。現有のクリーンベンチをさらにクリーンブースで覆い、クリーンブース内で純水の製造やアミノ酸分析計によるアミノ酸分析を行えるようにした。微量アミノ酸分析法の検討のため、マーチソン隕石の他に、南極土壌（第47次および49次南極観測隊により採取）などを用いた。

### (3) 宇宙塵採取法の検討

国際宇宙ステーション曝露部を用いて、地球外で宇宙塵を採取する方法について検討した。宇宙塵は数km/sで移動しているので、超低密度シリカゲル（エアロゲル）での捕集条件を検討した。捕集したダスト中のアミノ酸分析の問題点についても検討した。

### (4) アミノ酸関連分子の放射線・紫外線・熱による変成とアミノ酸不斉の創生の検証

アミノ酸、タンパク質、(1)で合成した有機物（アミノ酸前駆体）に、重粒子線（HIMAC, 放医研）、X線（Photon Factory, 高エネ研）、円偏光紫外線レーザー（UV-SOR, 分子研）の照射を行い、星間での有機物の変成について調べた。また、同様の試料を、オートクレーブもしくは超臨界水フローリアクターにより高圧下で加熱し、海底熱水系および隕石母天体内での変成について調べた。照射後、アミノ酸分析、アミノ酸のエナンチオ過剰の測定、ゲルろ過法・MALDI-MS法による分子量推定、TEM観察などを行った。

### (5) 星間有機物から生命構築分子へのシナリオの構築

以上の結果をもとに、可能なシナリオの構築と今後の課題について考察を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 「模擬星間有機物」の作成とその分析：

一酸化炭素・アンモニア（または窒素）・水

の混合物にヴァンデグラフ加速器（東工大）または TIARA タンデム加速器（高崎量子応用研）からの陽子線を照射したもの(CAW(CNW)と略記)および、メタノール・アンモニア・水の凍結混合物に重粒子加速器 HIMAC からの重粒子線または TIARA サイクロトロン（原研）を照射したもの(MeAW と略記)を「模擬星間有機物」とした。これらはいずれも加水分解によりアミノ酸を与える「アミノ酸前駆体」であり、アミノ酸のエネルギー収率（G 値）を比較したところ、 $\gamma$  線 < H 線 < He 線 < Ne 線 > Ar 線となり、Ne 線が最も高い値を示した。

複雑有機物のキャラクタリゼーション法として、熱分解 GC/MS、NMR、ゲルろ過 HPLC、MALDI-TOF-MS、加水分解後のアミノ酸分析などの適用を試みた。その結果、星間で分子量数千の複雑な構造を有するアミノ酸前駆体が生成しうることが示唆された。

#### (2) 隕石および南極土壌中アミノ酸の抽出・分析：

既存のクリーンベンチを改良し、さらに、これを新規に購入した移動式クリーンルーム内に置くことにより、アミノ酸分析におけるブランクの低減を可能にした。本システムを用いて、海底熱水系より採取したチムニー試料中のアミノ酸や酵素活性の分析を行い、チムニー部位によるアミノ酸や酵素活性濃度の大きな差異があることを見いだした。

マーチソン隕石(CM2)および南極昭和基地周辺土壌からのアミノ酸抽出法として、従来多く用いられてきた熱水抽出法に加え、フッ酸分解法について比較検討した。いずれの試料からも、フッ酸分解法により熱水抽出法の2倍以上のアミノ酸が検出された。このことは、隕石や土壌中に熱水抽出で出てこないアミノ酸が多く含まれることを示す。隕石中の有機物の総合的な評価のためには、熱水抽出法では不十分で、フッ酸分解法が必要であることがわかった。

#### (3) 宇宙塵採取法の検討：

従来、宇宙塵は成層圏や南極の氷の中から採集されていた。しかし、地球生物圏の影響を受けない試料の採集のため、宇宙環境で採集する必要がある。そこで、宇宙ステーション曝露部で惑星間塵を採取する計画をたて、そのための実験条件の検討を行った。

秒速数 km という高速で飛来するダストを有機物の変成を最少にして採取するため、国際宇宙ステーションの日本実験モジュール(JEM)の曝露部において、低密度シリカゲルで

捕集する計画を申請した（たんぼぼ計画）。その予備実験として二段式軽ガス銃でマーチソン隕石やアミノ酸を吸着したシリカゲルを高速で飛ばしたものを捕集した。（隕石中のアミノ酸） > （シリカゲルに吸着させたアミノ酸） > （アミノ酸粉末）の順に高い回収率を示し、惑星間塵中の複雑態アミノ酸（前駆体）が捕集・分析可能なことが示唆された。

#### (4) 放射線や水熱反応による模擬星間有機物の変成：

分子雲で生成した複雑有機物の星間や隕石母天体中での変成過程を調べるため、模擬星間有機物(CAW, CNW, MeAW)に(1) HIMAC からの炭素線照射、(2) TIARA サイクロトロンからの陽子線、(3) オートクレーブ中での水熱反応、(4) 宇宙研レールガンを用いた高速衝突、(5) フローリアクターを用いた 200-400℃での水熱反応を行った。いずれの実験においても、複雑なアミノ酸前駆体は遊離アミノ酸よりも高い安定性を示した。また、TEM での観察により、CNW 乾燥物中に微小な構造体が見られたが、水熱変成によりその構造変化が観察された。変成過程の追跡法として熱分解 GC/MS や NMR 法の検討も行った。

また、有機物は一般的に  $\gamma$  線よりも重粒子線に対して安定なこと、タンパク質への照射によりアミノ酸残基の分解よりは2, 3次構造に大きな影響が出ることもわかった。一方、DL-イソバリン水溶液に自由電子レーザからの円偏光紫外線や種々の放射線を照射したところ、紫外線の場合の主要分解生成物がアラニンであること、放射線照射ではより多様な分解生成物が生じることがわかった。

星間での不斉の発現を検証するためには、高精度のアミノ酸のエナンチオ分離が不可欠である。このため、クロロホルメイト誘導体化-GC/MS 法の高感度化を試みた。また、HPLC 法による新規エナンチオ分離法として、AQC 誘導体化-逆送 HPLC 法などを検討し、ヒスチジンやイソバリンのエナンチオ分析法を構築した。今後、生成物の D/L 比を測定することにより不斉創生の可能性を検証する予定である。

#### (5) 星間有機物から生命構築分子へのシナリオの構築：

以上の結果から、分子雲で生成した高分子量複雑有機物が星間および隕石母天体中での変成を受け、隕石有機物や彗星有機物に進化した、というシナリオが示唆された。模擬実験生成物と隕石有機物とは、芳香族化合物の割合などが異なるが、これは分子雲中の炭素粒

子の寄与や、放射線や水熱反応での芳香族化などによるものと推定された。

今後の研究で、分子雲中での存在が推定されるグラファイト、アモルフォス炭素、フラーレン、PAHなどを加えた模擬星間物質への放射線照射や、照射生成物の模擬隕石母天体環境での変成実験などを行い、有機物の変化を固体NMRやXANES法などで調べることで、星間有機物と隕石や宇宙塵中の有機物との関連を明確にすることを計画している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 48 件)

1. Elemental and isotope behavior of macromolecular organic matter from CM chondrites during hydrous pyrolysis. Y. Oba and H. Naraoka, *Meteoritics Planet. Sci.*, in press (2009) 査読有.
2. Significance of Organic Compounds in Interplanetary Dust Particles: Scientific Objectives of Tanpopo Mission, K. Kobayashi, H. Hashimoto, T. Kaneko, H. Mita, S. Nakashima, H. Naraoka, K. Okudaira, J. Takahashi, Y. Takano, A. Yamagishi, M. Yamashita, H. Yano, S. Yokobori and Tanpopo WG, *Orig. Life Evol. Biosph.*, **39**, 4 (2009) 査読無.
3. TANPOPO: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments – For Understanding Survival Possibility of Trans-Space Migration of Microorganisms, S. Yokobori, A. Yamagishi, Y. Yang, K. Fujisaki, H. Hashimoto, H. Kawai, K. Kobayashi, H. Mita, K. Okudaira, M. Tabata, H. Yano, M. Yamashita, Y. Yoshimura and Tanpopo WG, *Orig. Life Evol. Biosph.*, **39**, 64-65 (2009) 査読無.
4. “Synthesis of Amino Acid Precursors from Simulated Interstellar Media by High-Energy Particles or Photons,” by K. Kobayashi, T. Ogawa, H. Tonishi, T. Kaneko, Y. Takano, J. Takahashi, T. Saito, Y. Muramatsu, S. Yoshida and Y. Utsumi, *Electr. Eng. Jpn.*, **91** (3), 293-298 (2008) 査読有.
5. “Formation of Amino Acid Precursors with Large Molecular Weight in Dense Clouds and Their Relevance to Origins of Bio-homochirality,” by K. Kobayashi, T. Kaneko, Y. Takano and J. Takahashi, Proceedings of IAU Symposium 251, “Organic Matter in Space,” eds. By S. Kwok and S. Sandford, Cambridge Univ. Press, Cambridge (2008), pp.465-472 査読無.
6. Carbon and hydrogen isotope fractionation of low molecular weight organic compounds during ultraviolet degradation. Y. Oba and H. Naraoka, *Org. Geochem.*, **39**, 501-509 (2008) 査読有.
7. “Asymmetric Synthesis of Amino Acid Precursors in Interstellar Complex Organics by Circularly Polarized Light,” by Y. Takano, J. Takahashi, T. Kaneko, and K. Marumo and K. Kobayashi, *Earth Planet. Sci. Lett.* **254**, 106-114 (2007) 査読有.
8. “Tanpopo: 有機物と微生物の宇宙空間曝露と微隕石及び微生物の捕集実験,” 山岸明彦, 矢野創, 奥平恭子, 小林憲正, 横堀伸一, 田端誠, 河合秀幸, *Biol. Sci. Space*, **21** 67-75 (2007) 査読有.
9. “アミノ酸の前生物的合成と触媒機能の起源,” 小林憲正, *Biol. Sci. Space*, **20** (1), 3-9 (2006) 査読無.
10. “Role of Extraterrestrial Complex Organics in Chemical Evolution toward Origins of Life, by K. Kobayashi, H. Tonishi, T. Tsuboi, N. Suzuki, T. Kaneko and Y. Takano, *Origins Life Evol. Biospheres*, **36**, 206-208 (2006) 査読無.
11. “Stability of Organic Compounds in High-Temperature and High-Pressure Environments Simulating Submarine Hydrothermal Systems,” by H. Kurihara, S. Yabashi, T. Horiuchi, Md. N. Islam, T. Kaneko, Y. Takano, K. Marumo and K. Kobayashi, *Origins Life Evol. Biospheres*, **36**, 338-340 (2006) 査読無.
12. “High-Molecular-Weight Complex Organics: Three Dimensional Imaging and Pyrolysis Experiment of Simulated Product via Interstellar Gas Mixture Irradiated 3 MeV Proton Beam,” by Y. Takano, T. Tsuboi, T. Kaneko, K. Marumo and K. Kobayashi, *Origins Life Evol. Biospheres*, **36**, 246-248 (2006) 査読無.
13. A Spectroscopic Index for Estimating the Age of Amber. H. Kimura, Y. Tsukada, H. Mita, Y. Yamamoto, R. Chujo, and T. Yukawa, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **79**, 451-453 (2006) 査読有.
14. “Photochemical Abiotic Synthesis of Amino-acid Precursors from Simulated Planetary Atmospheres by Vacuum Ultraviolet Light,” by J. Takahashi, H. Masuda, T. Kaneko, K. Kobayashi, T. Aaito and T. Hosokawa, *J. Appl. Phys.*, **98**, 024907-1-6 (2005) 査読有.
15. “Subjects of Astrobiology Experiments in Earth Orbit,” by K. Kobayashi, Y. Ishikawa, M. Oishi, K. Kato, Y. Kawasaki, J. Koike, A. Kouchi, Y. Takano, K. Nakagawa, T. Naganuma, H. Naraoka, H. Hashimoto, H. Mita, A. Yamagishi, and M. Yamashita, *Biol. Sci. Space*, **19**, 114-115 (2005) 査読無.
16. “Photochemical Abiotic Synthesis of Amino-Acid Precursors from Simulated Planetary Atmospheres by Vacuum Ultraviolet Light,” by J. Takahashi, H. Masuda, T. Kaneko, K. Kobayashi, T. Saito and T. Hosokawa, *J. Appl. Phys.*, **98**, 024907-1-6 (2005) 査読有.
17. Prebiotic formation of polyamino acids in molten urea, by H. Mita, S. Nomoto, M. Terasaki, A. Shimoyama and Y. Yamamoto, *Int. J. Astrobiol.* **4**, 145-154 (2005) 査読有.
18. “放射線と生命の起源,” 小林憲正, 放射線,

31, 173-179 (2005) 査読無.  
ほか 30 件.

[学会発表] (計 181 件)

1. Quasi-Panspermia: Formation of Complex Amino Acid Precursors in Dense Clouds, K. Kobayashi, Asia Oceania Geosciences Symposium 2009, August 13, 2009, Singapore.
2. TANPOPO: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments, A. Yamagishi, H. Yano, K. Okudaira, K. Kobayashi, S. Yokobori, M. Tabata, H. Kawai, M. Yamashita, H. Hashimoto, H. Naraoka and H. Mita, Asia Oceania Geosciences Symposium 2009, August 13, 2009, Singapore.
3. Capture and Detection of Microorganisms in Space: The Tanpopo Mission, by K. Kobayashi, H. Hashimoto, H. Kawai, H. Mita, K. Okudaira, A. Yamagishi, M. Yamashita, H. Yano, S. Yokobori and TANPOPO WG, CAREX Workshop: Priority for Environment-Specific Technological Developments and Infrastructures, Sant Feliu de Guixoles, Spain, December 3-5, 2008 (invited).
4. Significance of Organic Compounds in Interplanetary Dust Particles: Scientific Objectives of Tanpopo Mission, by K. Kobayashi, H. Hashimoto, T. Kaneko, H. Mita, S. Nakashima, H. Naraoka, K. Okudaira, J. Takahashi, Y. Takano, A. Yamagishi, M. Yamashita, H. Yano, S. Yokobori, Tanpopo WG, 8<sup>th</sup> European Workshop on Exo-Astrobiology, Neuchatel, Switzerland, September 1, 2008.
5. TANPOPO: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments – For Understanding Survival Possibility of Trans-Space Migration of Microorganisms, by S. Yokobori, A. Yamagishi, Y. Yang, K. Fujisaki, H. Hashimoto, H. Kawai, K. Kobayashi, H. Mita, K. Okudaira, M. Tabata, H. Yano, M. Yamashita, Tanpopo WG, 8<sup>th</sup> European Workshop on Exo-Astrobiology, Neuchatel, Switzerland, September 1, 2008.
6. Interstellar Origins of Complex Amino Acid Precursors with Large Molecular Weights, by K. Kobayashi, T. Taniuchi, T. Kaneko, S. Yoshida, Y. Takano and J. Takahashi, 12<sup>nd</sup> ISSOL Meeting and 15<sup>th</sup> International Conference on the Origin of Life, Florence, Italy August 25-29, 2008.
7. Asymmetric Synthesis and Decomposition of Amino Acids by Circularly Polarized Light from Free Electron Laser, by T. Ogawa, S. Shima, T. Kaneko, K. Kobayashi, J. Takahashi, H. Mita, M. Hosaka and M. Kato, 12<sup>nd</sup> ISSOL Meeting and 15<sup>th</sup> International Conference on the Origin of Life, Florence, Italy August 25-29, 2008.
8. Asymmetric Reactions of Amino-Acid-Related Compounds by Polarized Electrons from Beta-Decay Radiation, by V. I. Burkov, L. A. Goncharova, G. A. Gusev, H. Hashimoto. F. Kaneko, T. Kaneko, K. Kobayashi, H. Mita, E. V. Moiseenko, T. Ogawa, N. G. Poluhina T. Saito, S. Shima, J. Takahashi, M. Tanaka, Y. Tao, V. A. Tsarev, J. Xu, H. Yabuta, K. Yagi-Watanabe, H. Yan and G. Zhang, 12<sup>nd</sup> ISSOL Meeting and 15<sup>th</sup> International Conference on the Origin of Life, Florence, Italy August 25-29, 2008.
9. Hydrothermal Alteration of Abiotically-Formed Complex Organic Compounds in Simulated Submarine Hydrothermal Environments, by H. Kurihara, T. Ueki, T. Kaneko, Y. Takano and K. Kobayashi, 12<sup>nd</sup> ISSOL Meeting and 15<sup>th</sup> International Conference on the Origin of Life, Florence, Italy August 25-29, 2008.
10. Tanpopo: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments on the Kibo, ISS, by H. Mita, A. Yamagishi, H. Yano, K. Okudaira, K. Kobayashi, S. Yokobori, M. Tabata, H. Kawai, H. Hashimoto, Tanpopo WG, 12<sup>nd</sup> ISSOL Meeting and 15<sup>th</sup> International Conference on the Origin of Life, Florence, Italy August 25-29, 2008.
11. Capture of Cosmic Dusts and Exposure of Organic Compounds on International Space Station: Astrobiological Objectives of the Tanpopo Mission, by K. Kobayashi, H. Mita, S. Nakashima, H. Naraoka, H. Hashimoto, K. Okudaira, H. Yano, M. Yamashita, S. Yokobori and A. Yamagishi, 37<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, July 13-19, 2008.
12. Tanpopo: Microbe and Micrometeoroid Capture Experiments on International Space Station, by A. Yamagishi, K. Kobayashi, H. Yano, S. Yokobori, H. Hashimoto, H. Kawai and M. Yamashita, 37<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, July 13-19, 2008.
13. Interstellar Origins of Complex Amino Acid Precursors with Large Molecular Weights, by K. Kobayashi, T. Taniuchi, T. Kaneko, S. Yoshida, Y. Takano and J. Takahashi, 37<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, July 13-19, 2008.
14. “Tanpopo Mission: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments on the International Space Station,” by K. Kobayashi, A. Yamagishi, H. Hashimoto, H. Kawai, K. Marumo, H. Mita, S. Nakashima, H. Naraoka, K. Okudaira, M. Tabata, M. Yamashita, H. Yano and S. Yokobori, The Astrobiology Science Conference 2008, Santa Clara, CA, USA, April 14-17, 2008.
15. “Conceptual Design of Apparatus for TANPOPO: Astrobiology Exposure and Micrometeoroid Capture Experiments,” by H. Hashimoto, A. Yamagishi, H. Kawai, K. Kobayashi, K. Marumo, H. Mita, S. Nakashima, H. Naraoka, K. Okudaira, M. Tabata, M. Yamashita, H. Yano and S. Yokobori, The Astrobiology Science Conference 2008, Santa Clara, CA, USA, April 14-17, 2008.
16. “Formation of Amino Acid Precursors with Large Molecular Weight in Dense Clouds and

Their Relevance to Origins of Bio-homochirality,” by K. Kobayashi, IAU Symposium 251 “Organic Matter in Space,” Hong Kong, China, February 18-22, 2008.(invited).

17. “Complex Amino Acid Precursors in Interstellar Environments and Their Possible Roles in the Origin of Bio-homochirality,” by K. Kobayashi, Y. Takano and J. Takahashi, International Symposium Origin and Evolution of Biosphere and Photonics of Nucleic Acids, Terskol, Russia, August 6-10, 2007 (invited).

18. “High Molecular Weight Complex Organics in Dense Clouds and Their Relevance to Origins of Life, by K. Kobayashi, H. Kurihara, T. Kaneko, H. Hashimoto, J. Takahashi and T. Takano, Bioastronomy 2007, Puerto Rico, July 16-20, 2007.

19. “Chemical Evolution from Complex Organic Compounds in Molecular Clouds to Terrestrial Life,” by K. Kobayashi, First Nagoya Winter School, Ise-Shima, February 22-23, 2007 (invited).

20. “Roles of Metal Ions in Chemical Evolution in Submarine hydrothermal Systems,” by K. Kobayashi, H. Kurihara, A. Neubeck, T. Kaneko and H. Yanagawa, 19th General Meeting of the International Mineralogical Association, Kobe July 28, 2006 (invited),

21. “Formation of Complex Precursors of Amino Acids by Irradiation of Simulated Interstellar Media with Heavy Ions,” by K. Kobayashi, N. Suzuki, T. Taniuchi, T. Kaneko and S. Yoshida, 36th COSPAR Scientific Assembly, Beijing, China, July 16-22, 2006 (invited).

22. “Interstellar Origins of Bioorganics and Biochirality,” by K. Kobayashi, Exploring New Science by Bridging Particle-Matter Hierarchy: The Third COE Symposium, Sendai, Feb. 16-18, 2006 (invited).

23. A Novel Scenario of Chemical Evolution Toward the Generation of Life via Complex Organic Molecules,” by K. Kobayashi, N. Suzuki, T. Kaneko and T. Takano, The 2005 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, Honolulu, Hawaii, U. S. A., December 18, 2005 (invited).

24. “Role of Extraterrestrial Complex Organics in Chemical Evolution toward Origins of Life, by K. Kobayashi, H. Tonishi, T. Tsuboi, N. Suzuki, T. Kaneko and Y. Takano, 11th ISSOL Meeting and 14th International Conference on the Origin of Life, Beijing, China, June 20, 2005 (invited).

ほか 157 件

[図書] (計 4 件)

1. “Astrobiology: From Simple Molecules to Primitive Life,” (ed. by V. Basiuk), K. Kobayashi ほか分担執筆, American Scientific Publishers,

Valencia, CA, U. S. A. (2008), in press.

2. “アストロバイオロジー 宇宙が語る<生命の起源>” 小林憲正, 岩波書店, 東京 (2008). 122pp.

3. “太陽系と惑星” (シリーズ現代の天文学 9), 渡部潤一他編, 小林憲正ほか分担執筆, 日本評論社, 東京, (2008), pp. 268-279.

4. “天文学大事典,” 天文学大事典編集委員会編, 小林憲正ほか分担執筆, 地人書館, 東京, 832 pp. (2007), p. 52, pp. 366-367.

5. “生命の源 宇宙で探せ” 毎日新聞、2008年7月6日(夕刊)。

[その他] 下記の新聞報道に取り上げられた。

1. “生命誕生, 宇宙と深い関係?” 日本経済新聞, 2008年5月18日。

2. “生命の素材宇宙から” 東京新聞, 2007年5月22日

3. “生命の起源宇宙から探る” 日刊工業新聞, 2006年9月7日

4. “生命の源, 宇宙から” 毎日新聞, 2006年5月17日

6. 研究組織

(1) 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・教授  
研究者番号: 20183808

(2) 研究分担者

奈良岡 浩 (NARAOKA HIROSHI)

九州大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号: 20198386

三田 肇 (MITA HAJIME)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号: 00282301

橋本 博文 (HASHIMOTO HIROFUMI)

宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部・准教授

研究者番号: 50272175

金子竹男 (KANEKO TAKEO)

横浜国立大学・大学院工学研究院・特別研究教員  
研究者番号: 50191987

高野 淑識 (TAKANO YOSHINORI)

海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・研究員

研究者番号: 80399815 (平成17年度のみ)

(3) 連携研究者

Vladimir A. TSAREV

Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Science, Head of Department

(平成20年12月没)