

「アストロケミストリー(Astrochemistry)」のプロローグ

古川善博^{1,*}, 高野淑識^{2,3}

(2016年4月22日受付, 2016年4月23日受理)

Preface to the special issue of “Astrochemistry”

Yoshihiro FURUKAWA^{1,*} and Yoshinori TAKANO^{2,3}

- ¹ Department of Earth Science, Tohoku University
6-3 Aramaki Aza, Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan
- ² Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)
2-15 Natsushima, Yokosuka, Kanagawa 237-0061, Japan
- ³ Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science
University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan
- * Corresponding author: furukawa@m.tohoku.ac.jp

Recent advances in telescope based observation and onsite analysis of extraterrestrial organic compounds provided valuable information and hence significantly expanded our knowledge in astrochemistry. This information is primarily on the present space and constrained our technological limitations in space. Laboratory-based simulation experiments and high-precision analysis of extraterrestrial materials provide more comprehensive understanding of organic matters in space, early stage of planetary system, and the evolution history. This special issue “Astrochemistry” brings four review articles, in which the authors introduced unique organic chemical aspects and recent progresses from the view of individual expertise. We hope that you enjoy those overview contents and that this issue works to spread this research framework. This special issue is followed by a consecutive special issue, “Early Earth Chemistry.”

Key words: Astrochemistry, Laboratory experiments, Extraterrestrial samples, Presolar chemistry, State-of-the-art technology

1. はじめに

近年、ロゼッタ (Rosetta) 計画による彗星オンサイト分析 (e.g., Taylor *et al.*, 2015) やカッシーニ探査機による氷衛星の組成分析および内部海の検証 (e.g., Tobie, 2015; Hsu *et al.*, 2015) などによって、地球外の有機分子を含む低分子化合物に関する直接的な知見がもたらされるようになってきた。このような進展によって有機分子に関するアストロケミストリーは大いに注目を集めているが、オンサイトの探査によって得られる化学分析情報は、地球上での化学分析よりも多

くの制約を受けたものである。このため、太陽系形成期の有機物の成因やその後の変遷、地球との関わりについての理解には、オンサイトの探査データやサンプルリターンに加えて、隕石などの比較的入手しやすい地球外有機物の多面的な精密分析や有機物の室内実験等によってもたらされる知見が不可欠となる。本特集号「アストロケミストリー(Astrochemistry)」は、星間環境から先太陽系および太陽系にまで至る物質化学の中でも特に有機物に関する最新研究の総説4編をまとめたものである。本号では、主著者らの開拓された最新の知見に基づいて、有機化学の要素を交えて、さまざまな視点から論じられており、将来への展望も述べられている。

2. 本特集号の構成

著者には、周辺分野の方にも理解しやすいように、

¹ 東北大学理学研究科地球学専攻
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3

² 国立研究開発法人海洋研究開発機構
〒237-0061 横須賀市夏島町2-15

³ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
〒113-0033 文京区本郷7-3-1

わかりやすい解説を心がけて頂いた。羽馬ほか(2016)の総説は原始太陽系星雲に着目し、将来的に彗星や惑星の原料となったと考えられる星間塵の有機物形成過程について解説している。極低温環境を室内実験で再現し、星間塵の核となる物質と考えられている固体芳香族炭化水素が保有する水素(H)と重水素(D)の同位体交換反応を追跡し、極低温(>10 K)での表面トンネル反応が、同位体濃集の重要な素過程になっていることを解説し、著者らのグループがこれまで切り拓いてきた星間塵の環境を実験室で検証する応用研究のハイライトの一つをまとめている。また、橋口(2016)で解説されている隕石から検出される同位体異常の一部を説明する実験的な裏付けにもなっている。

橋口(2016)では、始原的隕石や宇宙塵を対象とし、その中に含まれる太陽系の平均同位体組成よりも重水素(D)や重い窒素(¹⁵N)に著しく富む同位体濃集(ホットスポット)の発見とミクロンスケールの不溶性高分子有機物(IOM)の物質進化について、先太陽系有機物や原始太陽系での有機物生成との関連性を解説している。現在の試料を用いて先太陽系・原始太陽系化学を顕微鏡下で観察する、極めてユニークな内容である。

癸生川(2016)では、初期太陽系において隕石母集積後から母天体の加熱が収束するまでの期間の有機物の変遷について、これまでの炭素質隕石中のIOMの分析によって得られた知見に加えて、母天体を想定した有機物の変質模擬実験によって得られた知見も総合して推量を行っている。橋口(2016)や羽馬ほか(2016)で議論されている先太陽系や原始太陽系で形成されるIOMとの対比としても参考にされたい。炭素質の小惑星からのサンプルリターン計画(例えば、はやぶさ2(Hayabusa2): Tachibana *et al.*, 2014)と日進歩の分析技術の高度化の相乗により、有機分子の起源や進化のプロセスはより詳細になっていくと言える。

菅原(2016)では、これまでの彗星探査(例えば、ロゼッタ(Rosetta)計画: Taylor *et al.*, 2015)によって得られている有機分子を含む低分子化合物に関する知見を解説するとともに、彗星模擬物質の衝突実験によって得られている彗星—地球衝突の際のアミノ酸の分解や重合に関して解説している。羽馬ほか(2016)、橋口(2016)で議論している原始太陽系星雲物質が集積し、変質を免れた物質である彗星有機物

についてよくまとめられている。また、彗星の地球衝突によるアミノ酸の変遷についても興味深い。

これまでの本誌上のアストロケミストリー(Astrochemistry)に関連した特集(橘・若木, 2014)、レビュー論文(Ehrenfreund and Charnley, 2000; Caselli and Ceccarelli, 2012; Herbst and Yates, 2013; Wakelam *et al.*, 2013; Van Dishoeck, 2014; Millar, 2015)、国内外の動向をまとめた解説論文(香内, 2014)もあるので、それらも併せて参照して頂きたい。

3. おわりに

本号は、査読を快くお引き受け頂いた各分野のエキスパートによる建設的な意見や進言を数多く頂き、より良く精選された。ゲストエディター(古川)と担当エディター(高野)は、原稿を執筆下さった著者の方々、査読者の方々に深く感謝する。本号が、読者らの理解にとって有用であり、境界領域のブレイクスルーの潜在性を高め、何らかの新しいヒントを生むようなものになることを願っている。本号は、次の特集号「アーリーアース・ケミストリー(Early Earth Chemistry)」に続く。

特集号「アストロケミストリー(Astrochemistry)」の総説一覧

- [1] 羽馬哲也・植田寛和・渡部直樹・香内晃(北海道大学) 固体芳香族炭化水素への水素・重水素原子付加から探る星間塵表面反応の速度論と同位体分別
- [2] 橋口未奈子(JAXA) ホットスポット: 顕微鏡で観る先太陽系・原始太陽系化学
- [3] 癸生川陽子(横浜国立大学) 隕石母天体における有機物進化をひも解く
- [4] 菅原春菜(JAMSTEC) 彗星の有機分子とその物質進化への役割

引用文献

- Caselli, P. and Ceccarelli, C. (2012) Our astrochemical heritage. *Astronomy and Astrophysics Review*, **20**, 1-68.
- Ehrenfreund, P. and Charnley, S. B. (2000) Organic molecules in the interstellar medium, comets, and meteorites: A voyage from dark clouds to the early Earth. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, **38**, 427-483.
- Herbst, E. and Yates Jr, J. T. (2013) Introduction: Astrochemistry. *Chemical Reviews*, **113**, 8707-8709.
- Hsu, H.-W., Postberg, F., Sekine, Y., Shibuya, T., Kempf, S., Horanyi, M., Juhasz, A., Altobelli, N., Suzuki, K., Masaki, Y., Kuwatani, T., Tachibana, S., Sirono, S.-i., Moragas-Klostermeyer, G. and Srama, R. (2015) On-

- going hydrothermal activities within Enceladus. *Nature*, **519**, 207-210.
- 香内晃 (2014) 宇宙における分子進化：星間雲から原始惑星系へ。日本地球惑星科学連合ニュースレター, **10**, 10-12.
- Millar, T. (2015) Astrochemistry. *Plasma Sources Science and Technology*, **24**, 043001. doi:10.1088/0963-0252/24/4/043001.
- Tachibana, S., Abe, M., Arakawa, M., Fujimoto, M., Iijima, Y., Ishiguro, M., Kitazato, K., Kobayashi, N., Namiki, N., Okada, T., Okazaki, R., Sawada, H., Sugita, S., Takano, Y., Tanaka, S., Watanabe, S., Yoshikawa, M., Kuninaka, H. and Hayabusa2 Project Team (2014) Hayabusa2: Scientific importance of samples returned from near-Earth C-type asteroid 1999 JU3. *Geochemical Journal*, **48**, 571-587.
- 橘省吾・若木重行 (2014) 「太陽系探査と宇宙化学：「はやぶさ」「かぐや」「はやぶさ2」そしてその先へ」によせて。地球化学, **48**, 207-209.
- Taylor, M., Alexander, C., Altobelli, N., Fulle, M., Fulchignoni, M., Grün, E. and Weissman, P. (2015) Rosetta begins its Comet Tale. *Science*, **347**, 387-391.
- Tobie, G. (2015) Planetary science: Enceladus' hot springs. *Nature*, **519**, 162-163.
- Van Dishoeck, E. F. (2014) Astrochemistry of dust, ice and gas: Introduction and overview. *Faraday Discussions*, **168**, 9-47.
- Wakelam, V., Cuppen, H. M. and Herbst, E. (2013) Astrochemistry: Synthesis and modeling. In: *Astrochemistry and Astrobiology—Part of the Series Physical Chemistry in Action*. Springer, pp. 115-143.