

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：82706
 研究種目：基盤研究(B) (一般)
 研究期間：2016～2019
 課題番号：16H04083
 研究課題名(和文)地球で最も軽い「アミノ酸」の有機地球化学：40年来の海底下メタン酸化の謎の解明

研究課題名(英文)On the role of amino acids in anoxic methane oxidation at sub-seafloor environment

研究代表者
 高野 淑識 (Yoshinori, Takano)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋機能利用部門(生物地球化学プログラム)・プログラム長代理

研究者番号：80399815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者らは、温室効果ガスである「メタン」を高効率で消費(分解)する微生物から、アミノ酸中央代謝に関する生化学反応及び炭素12を選択的に濃縮した炭素同位体組成を明らかにしました。暗黒の海底下でメタンを消費する嫌氣的メタン酸化アーキア(ANME)と呼ばれる始原的な生命の関与が、考えられています。

本研究課題では、分子レベル同位体比質量分析や放射性炭素同位体の細胞レベル加速器質量分析といった精密な化学分析を行い、ANMEの詳細な代謝機構を明らかにしました。メタンを消費する際には、炭素12と炭素13のうち炭素12を選択的に濃縮し、その結果、地球上で最も「軽い」アミノ酸を形成することが判明しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

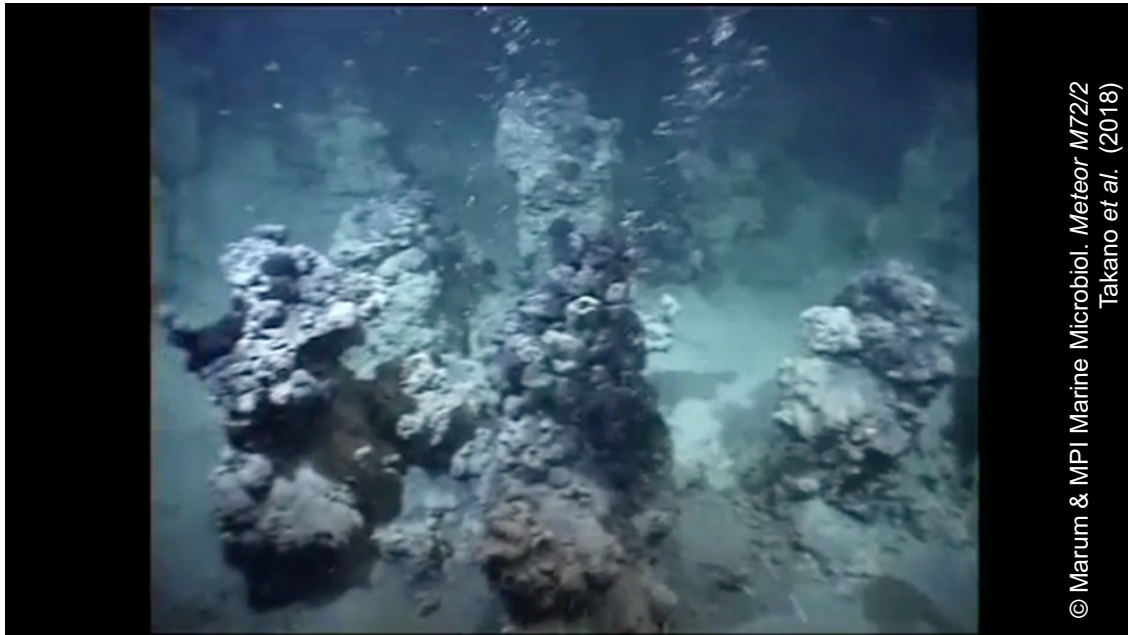
(1)メタンの温室効果は二酸化炭素の25倍であり、メタンを消費してくれるANMEは地球温暖化を防ぐための「縁の下の力持ち」と表現することができます。本研究により明らかとなったメタンの消費(分解)プロセスは、地球の気候システムの安定化に重要な役割を果たしていると考えられています。

(2)今回の成功のポイントは、先鋭的な有機分析技術です。このような開発要素は、学術的な異分野への波及に限らず、社会的な要請にも貢献しています。メタンが存在する惑星は、地球以外にもあります。今回の発見は、地球惑星科学的な観点から、将来、太陽系物質科学としてのレファレンスデータ(基準点)になると期待されています。

研究成果の概要(英文)：Prokaryotic microorganisms play a central role in the global methane cycle for both production and consumption. Methanogenic archaea (methanogens) are a diverse group of Euryarchaeota, which grow with the enzymatic formation of methane from H₂ plus CO₂, acetate, and methy-compounds in anaerobic condition. Archaeal methanotrophy in sub-seafloor is also an important microbial process in the global carbon cycle and also greenhouse gas emission constraints. Since laboratory-based culture and isolation of anaerobic methanotrophic archaea (ANME) are currently difficult, the fate of sub-seafloor 13C-depleted methane emission is still unclear on their biosynthetic pathways. Cold seep ecosystems, known as a high cell density spot for modern ANME communities, is an appropriate natural laboratory for the study of methane biogeochemistry. To address the enigmatic biochemical process further, we developed the high resolution method for the relevant organic molecules of archaeal methanotrophy.

研究分野：有機地球化学・地球生命科学

キーワード：メタンサイクル メタン生成アーキア 未培養アーキア 始原的代謝 有機分子レベル追跡



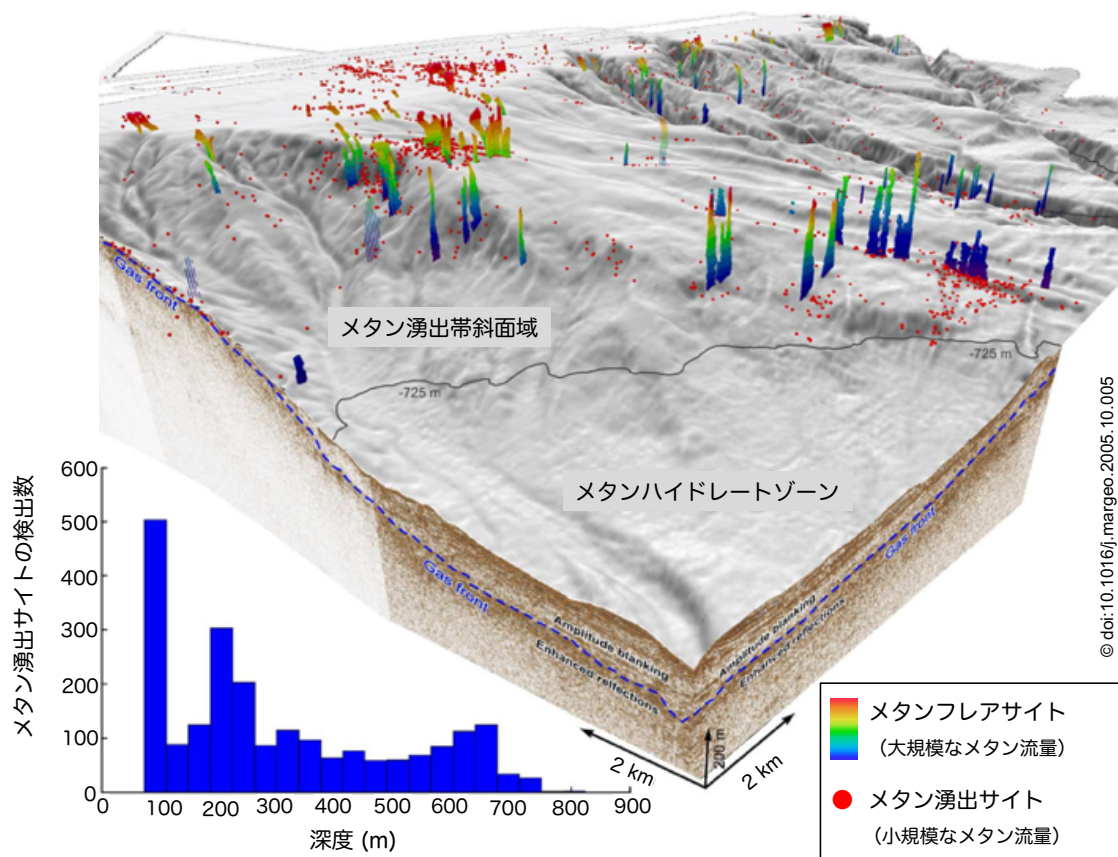
1. 研究開始当初の背景

メタンは、地球表層で最も還元的な炭素の形態である。Marsh gas (沼気ガス)とも言われるように、メタン生成菌が地下で生成していることは高等学校(化学)や大学の教養課程でも触れられている。海底下でも同様に微生物によるメタン生成が起きている。海底からの大気中へのメタン放出は、メタン酸化によって、面的に防がれていることがアラスカ大学の W.リーバーらによって仮説提唱が行われた (Reeburgh et al., 1976)。その後、炭素同位体的に軽いメタンの酸化による炭素同位体的シグナルは、米国・ウッズホール海洋研究所(WHOI)とドイツ・キール大学の研究グループによって、ほぼ同時に発見された。その微生物は、ANAerobic MEthanotroph (ANME)であることが判明した。メタンの酸化剤としての硫酸の役割が理解され (Boetius et al., 2000)、次いで、マンガンおよび鉄 (Beal et al., 2009)、そして硝酸 (Haroon et al., 2013)の重要性が認識されるようになった。しかし、1976年から40年が過ぎようとしている現在でもメタン酸化の生化学的メカニズムには、大きな謎が残されたままだった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地球化学および微生物生態学の大きな謎であった海底下メタン酸化プロセスの全容解明である。40年以上も誰も開けることが出来なかった「ブラックボックス」を解く鍵は、まず、有機分子レベルでのアプローチである。有機分子は、プロセスの追跡に極めて有効なツールであり、申請者らの分析技術が最大限に発揮される研究機会である。次に、共同研究グループが海底下メタン酸化プロセスの主役である難培養微生物を培養できるようになったことである(海洋研究開発機構、マックスプランク研究所)。これまで全く記載できなかった、極めて希少な微生物の生理・生態と純真

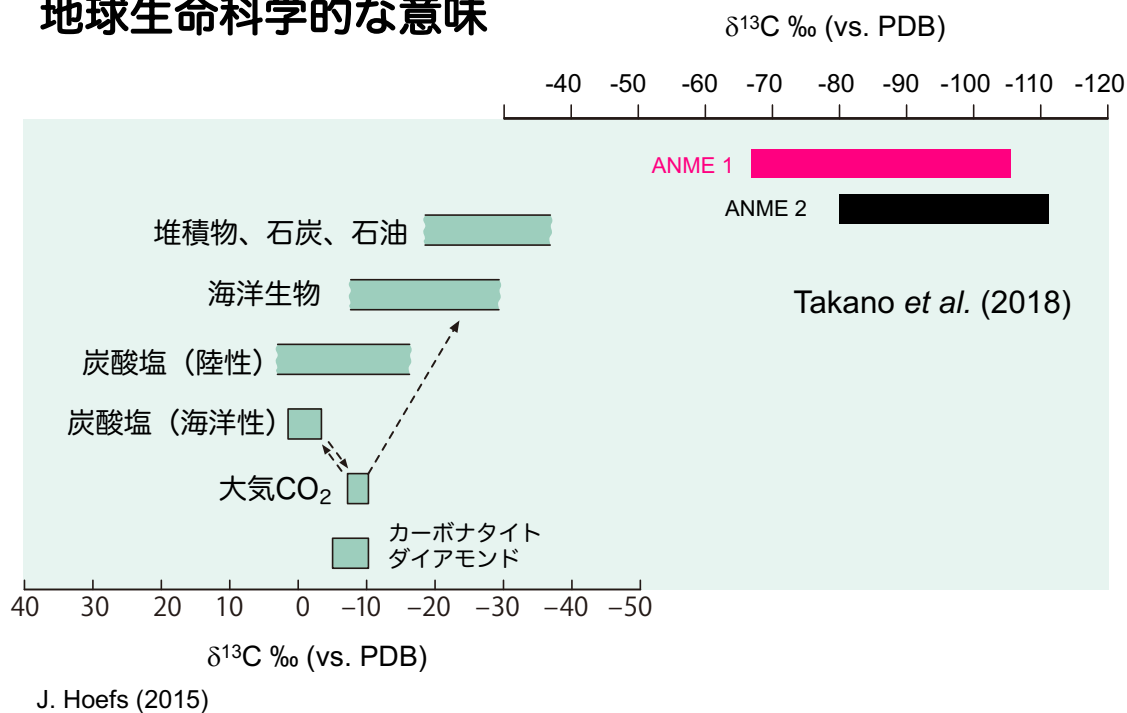
な生化学を分子レベルで可視化できるようになった。本研究の遂行により、地球環境学的にも重要なメタンの正確な動態と海底下メタンの生物地球化学プロセスの全容が理解できるようになる。



3. 研究の方法

本研究では、黒海 (Black Sea) の深海底に棲息する嫌氣的メタン酸化アーキア (ANME) を対象に、分子レベル (アミノ酸代謝、脂質代謝、DNA 代謝に関わる有機分子) の高精度・高分解能分析を行い、併せて、炭素同位体比および窒素同位体比の解析を行う。試料アクセスおよび調査航海は、ドイツ・連邦地質調査所 (BGR) と共同研究体制で行う。世界初の室内集積培養 ANME 試料 (JAMSTEC 井町グループ提供: Aoki et al., 2014) により、未培養アーキアの代謝系の解明に焦点をあてて、生合成機構を明らかにする。本計画の実施に必要な研究基盤として、高速液体クロマトグラフィー/電子スプレーイオン化/トリプル四重極質量分析法 (LC/ESI-MS/MS) およびガスクロマトグラフィー/質量分析法 (GC/MS)、ガスクロマトグラフィー/同位体質量分析法 (GC/IRMS) は、難易度の高い湿式操作と共に、必要な最適化、微量化、高精度化を進行中である (例えば、Takano et al., Anal. Chem., 2009; Takano et al., Nature Geosci., 2010; Takano et al., IJMS, 2015 など)。

地球生命科学的な意味



4. 研究成果

【査読付きの論文リスト】を別添した。

【紀要・解説】

高野 淑識 (2018) 始原的な気体「メタン」と地球生命科学の眺望. *Japan Geoscience Letters (JGL)*, 14, 9-11.

古川 善博, 高野 淑識 (2016) 「アーリーアース・ケミストリー (Early Earth Chemistry)」のプロローグ. *地球化学(Geochemistry)*, 50, 117-119. (in Japanese with English abstract)

古川 善博, 高野 淑識 (2016) 「アストロケミストリー (Astrochemistry)」のプロローグ. *地球化学(Geochemistry)*, 50, 29-31. (in Japanese with English abstract)

【関連するアウトリーチ活動】

高野 淑識・JAMSTEC2019 虎ノ門ヒルズフォーラム

「暗黒の海底下に生きる始原的生命のメタン代謝の発見」 2019年4月24日

高野 淑識・日本地球惑星科学連合 高校生のための冬休み講座2018 小柴ホール

『始原的な気体「メタン」と地球生命科学の未来』 2018年12月27日

高野 淑識・日本地球惑星科学連合 スペシャルレクチャー 幕張メッセ

「生命が発生する"前夜"とその"夜明け"を『化学』で観る」、2018年5月20日

高野 淑識・日本地球化学会 年会ショートコース@東工大・大岡山

「渚のメタンにまつわるエトセトラ」、2017年9月12日

高野 淑識・天然物探索セミナー : アジレント・テクノロジー株式会社 様
(東京コンファレンスセンター品川・ブリーゼプラザ大阪)

「地球物質からの天然物および機能性分子の探索」、2017年7月20日-21日

高野 淑識・慶応義塾大学 先端生命科学研究所 鶴岡サイエンススクール
「Keio Spring Science Camp 2017」、2017年3月26-27日

【新聞メディア報道など】

日本経済新聞 「深海底で生息 メタン酸化菌内の反応解明」、2018年10月14日
日刊工業新聞 「『炭素12』 取り込む種を発見」2018年9月25日

共同研究で行った研究成果（担当：代謝マップの分子レベル追跡）は、アメリカ科学協会の *Science* 誌が選ぶ2019年ブレークスルー・オブ・ザ・イヤー（2019年における最も革新的であった科学ニュース：Imachi et al., 2020）の1つに選ばれた。News and Views として、以下のような記事が多数掲載された。

Schleper, C., & Sousa, F. L. (2020) Meet the relatives of our cellular ancestor. *Nature*, 577, 478-479 (2020) doi: 10.1038/d41586-020-00039-y.

The life of archaea. *Nature* 577, 294 (2020) doi: 10.1038/d41586-020-00087-4.

Hofer, U. (2020) Asgard archaeon rises from the mud. *Nature Reviews Microbiology*, 18, 122–123.

Lambert, J. (2019) Scientists glimpse oddball microbe that could help explain rise of complex life. *Nature* 572, 294. doi: 10.1038/d41586-019-02430-w.

（真核生物の起源を暗示するアーキアの培養に成功、*Nature ダイジェスト*, vol. 16, No. 11, doi : 10.1038/ndigest.2019.191112.)

Pennisi, E. (2019) Tentacled microbe could be missing link between simple cells and complex life. *Science*. doi:10.1126/science.aaz0650.



Courtesy from Dr. H. Imachi, JAMSTEC

Researchmap Link:

<https://researchmap.jp/read0194918>

以上

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件/うち国際共著 12件/うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Sekine Yasuhito, Kodama Kenya, Kobayashi Takamichi, Obata Seiji, Chang Yu, Ogawa Nanako O., Takano Yoshinori, Ohkouchi Naohiko, Saiki Koichiro, Sekine Toshimori	4. 巻 53
2. 論文標題 An experimental study on impact-induced alterations of planetary organic simulants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Meteoritics & Planetary Science	6. 最初と最後の頁 1267 ~ 1282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/maps.13075	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 Pant Naresh C., Jimenez-Espejo Francisco J., Cook Cary P., Biswas Paromita, Mckay Robert, Marchesi Claudio, Ito Motoo, Upadhyay Dewashish, Kuroda Junichiro, Shimizu Kenji, Senda Ryoko, Van De Fliedrt Tina, Takano Yoshinori, Suzuki Katsuhiko, Escutia Carlota, Shrivastava Prakash K.	4. 巻 30
2. 論文標題 Suspected meteorite fragments in marine sediments from East Antarctica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Antarctic Science	6. 最初と最後の頁 307 ~ 321
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0954102018000299	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 Ishikawa Naoto F., Chikaraishi Yoshito, Takano Yoshinori, Sasaki Yoko, Takizawa Yuko, Tsuchiya Masashi, Tayasu Ichiro, Nagata Toshi, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 16
2. 論文標題 A new analytical method for determination of the nitrogen isotopic composition of methionine: Its application to aquatic ecosystems with mixed resources	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography: Methods	6. 最初と最後の頁 607 ~ 620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lom3.10272	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 Furota Satoshi, Ogawa Nanako O., Takano Yoshinori, Yoshimura Toshihiro, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 1095
2. 論文標題 Quantitative analysis of underivatized amino acids in the sub- to several-nanomolar range by ion-pair HPLC using a corona-charged aerosol detector (HPLC?CAD)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography B	6. 最初と最後の頁 191 ~ 197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jchromb.2018.07.033	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 Ishikawa Naoto F., Itahashi Yu, Blattmann Thomas M., Takano Yoshinori, Ogawa Nanako O., Yamane Masako, Yokoyama Yusuke, Nagata Toshi, Yoneda Minoru, Haghypour Negar, Eglinton Timothy I., Ohkouchi Naohiko	4. 巻 90
2. 論文標題 Improved Method for Isolation and Purification of Underivatized Amino Acids for Radiocarbon Analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 12035 ~ 12041
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.8b02693	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 Takano Yoshinori, Chikaraishi Yoshito, Imachi Hiroyuki, Miyairi Yosuke, Ogawa Nanako O., Kaneko Masanori, Yokoyama Yusuke, Kr?ger Martin, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 8
2. 論文標題 Insight into anaerobic methanotrophy from 13C/12C- amino acids and 14C/12C-ANME cells in seafloor microbial ecology	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-018-31004-5	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 Takahagi Wataru, Seo Kaito, Shibuya Takazo, Takano Yoshinori, Fujishima Kosuke, Saitoh Masafumi, Shimamura Shigeru, Matsui Yohei, Tomita Masaru, Takai Ken	4. 巻 3
2. 論文標題 Peptide Synthesis under the Alkaline Hydrothermal Conditions on Enceladus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 2559 ~ 2568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.9b00108	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 Kebukawa Yoko, Zolensky Michael E., Ito Motoo, Ogawa Nanako O., Takano Yoshinori, Ohkouchi Naohiko, Nakato Aiko, Suga Hiroki, Takeichi Yasuo, Takahashi Yoshio, Kobayashi Kensei	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 Geochimica et Cosmochimica 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 Imachi Hiroyuki, Nobu Masaru K., Nakahara Nozomi, Morono Yuki, Ogawara Miyuki, Takaki Yoshihiro, Takano Yoshinori	4. 巻 577
2. 論文標題 Isolation of an archaeon at the prokaryote-eukaryote interface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 519 ~ 525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-019-1916-6	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 Oba Yasuhiro, Takano Yoshinori, Naraoka Hiroshi, Watanabe Naoki, Kouchi Akira	4. 巻 10
2. 論文標題 Nucleobase synthesis in interstellar ices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 Article 4413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-12404-1	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 Isaji Yuta, Kawahata Hodaka, Takano Yoshinori, Ogawa Nanako O., Kuroda Junichiro, Yoshimura Toshihiro, Lugli Stefano, Manzi Vinicio, Roveri Marco, Ohkouchi Naohiko	4. 巻 7
2. 論文標題 Diazotrophy Drives Primary Production in the Organic-Rich Shales Deposited Under a Stratified Environment During the Messinian Salinity Crisis (Vena del Gesso, Italy)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 Article 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2019.00085	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 Sugahara Haruna, Takano Yoshinori, Tachibana Shogo, Sugawara Iyo, Chikaraishi Yoshito, Ogawa Nanako O., Ohkouchi Naohiko, Kouchi Akira, Yurimoto Hisayoshi	4. 巻 53
2. 論文標題 Molecular and isotopic compositions of nitrogen-containing organic molecules formed during UV-irradiation of simulated interstellar ice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GEOCHEMICAL JOURNAL	6. 最初と最後の頁 5 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0553	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 高野 淑識	4. 巻 14
2. 論文標題 始原的な気体「メタン」と地球生命科学の眺望	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japan Geoscience Letters (JGL)	6. 最初と最後の頁 9-11
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugahara, H., Meinert, C., Nahon, L., Jones, N.C., Hoffmann, S.V., Hamase, K., Takano, Y. and Meierhenrich, U.	4. 巻 in press
2. 論文標題 D-amino acids in molecular evolution in space: absolute asymmetric photolysis and synthesis of amino acids by circularly polarized light.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Proteins and Proteomics	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) 10.1016/j.bbapap.2018.01.004.	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 Ohkouchi, N., Chikaraishi, Y., Close, H., Fry, B., Larsen, T., Madigan, D.J., McCarthy, M.D., McMahon, K.W., Nagata, T., Naito, Y.I., Ogawa, N.O., Popp, B.N., Steffan, S.A., Takano, Y., Tayasu, I., Wyatt, A., Yamaguchi, Y.T. and Yokoyama, Y.	4. 巻 113
2. 論文標題 Advances in the application of amino acid nitrogen isotopic analysis in ecological and biogeochemical studies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Geochemistry	6. 最初と最後の頁 150-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orggeochem.2017.07.009	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 Kinoshita, K., Takano, Y., Ohkouchi, N. and Deguchi, S.	4. 巻 2
2. 論文標題 Free-Radical Polymerization of Acrylic Acid under Extreme Reaction Conditions Mimicking Deep-Sea Hydrothermal Vents	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 2765-2769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.7b00293	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 Yamaguchi, T.Y., Chikaraishi, Y., Takano, Y., Ogawa, N.O., Imachi, H., Yokoyama, Y. and Ohkouchi, N.	4. 巻 111
2. 論文標題 Fractionation of nitrogen isotopes during amino acid metabolism in heterotrophic and chemolithoautotrophic microbes across Eukarya, Bacteria, and Archaea: Effects of nitrogen sources and metabolic pathways	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Geochemistry	6. 最初と最後の頁 101-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.orggeochem.2017.04.004	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 Takizawa, Y., Dharampal, S.P., Steffan, S.A., Takano, Y., Ohkouchi, N. and Chikaraishi, Y.	4. 巻 7
2. 論文標題 Intra-trophic isotopic discrimination of $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ for amino acids in autotrophs: Implications for nitrogen dynamics in ecological studies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 2916-2924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.2866	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 Sugahara, H., Takano, Y., Ogawa, N.O., Chikaraishi, Y. and Ohkouchi, N.	4. 巻 1
2. 論文標題 Nitrogen Isotopic Fractionation in Ammonia during Adsorption on Silicate Surfaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 24-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.6b00006	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 Sugahara, H., Takano, Y., Ogawa, N.O., Chikaraishi, Y. and Ohkouchi, N.	4. 巻 1
2. 論文標題 Nitrogen isotopic fractionation in ammonia during adsorption on silicate surface.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 24-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.6b00006.	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 Oba, Y., Takano, Y., Watanabe, N. and Kouchi, A.	4. 巻 827
2. 論文標題 Deuterium fractionation on the formation of amino acids by photolysis of interstellar ice analogues containing deuterated methanol.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L18 (pp.7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8205/827/1/L18.	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 Naeher, S., Suga, H., Ogawa, N.O., Takano, Y., Schubert, C.J., Grice, K. and Ohkouchi, N.	4. 巻 443
2. 論文標題 Distributions and compound-specific isotopic signatures of sedimentary chlorins reflect the composition of photoautotrophic communities and their carbon and nitrogen sources in Swiss lakes and the Black Sea.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 198-209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2016.04.029.	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 古川 善博, 高野 淑識	4. 巻 50
2. 論文標題 「アーリーアース・ケミストリー (Early Earth Chemistry)」のプロローグ	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 地球化学(Geochemistry)	6. 最初と最後の頁 117-119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14934/chi kyukagaku.50.117	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12件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Y.Takano
2. 発表標題 Quest into peptide molecules: Unseen important targets in organic geochemistry
3. 学会等名 国際有機地球化学会 IMOG 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野 淑識
2. 発表標題 地球深部に生きる始原的な代謝を持つ生命とメタボローム：展望
3. 学会等名 メタボロームシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Takano, Y. Chikaraishi, Y. Miyairi, N. O. Ogawa, M. Kaneko, Y. Yokoyama, M. Kruger, and N. Ohkouchi
2. 発表標題 Amino acid systematics with lipids: Insight from $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ and $\delta^{14}C$ in the deep-sea archaeal methanotrophs at the Black Sea
3. 学会等名 International Meeting of Organic Geochemistry (IMOG) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高野 淑識
2. 発表標題 地球化学試料に含まれる炭質物の非破壊・半破壊・破壊分析によるシームレスイメージング解析
3. 学会等名 日本地球化学会年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊左治 雄太、高野 淑識、井尻 暁、黒田 潤一郎、吉村 寿紘、F. J. Jimenez-Espejo、S. Lugli、稲垣 史生、V. Manzi、M. Roveri、川幡 穂高、大河内 直彦
2. 発表標題 MALDI-TOF/MSイメージング法による生物源有機分子マッピング：メッシニアン蒸発岩中の化石微生物の解明
3. 学会等名 日本地球化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊左治 雄太、川幡 穂高、高野 淑識、小川 奈々子、黒田 潤一郎、吉村 寿紘、Francisco J. Jimenez-Espejo、Stefano Lugli、Vinicio Manzi、Marco Roveri、大河内 直彦
2. 発表標題 ポルフィリン窒素同位体比から明らかにする地中海塩分危機時の窒素循環
3. 学会等名 日本有機地球化学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takano Y., Kaneko M., Chikaraishi Y., Ogawa O. N., Ohkouchi N.
2. 発表標題 Methane cycle in sub-seafloor environment: insight from key organic molecules in archaeal methanogenesis and methanotrophy 【INVITED】
3. 学会等名 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography (ALSO) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kaneko, M. Takano, Y. Sakata, S. Ohkouchi, N.
2. 発表標題 COENZYME F430: A NOVEL BIOMARKER FOR METHANE CYCLE.
3. 学会等名 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography (ALSO) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Isaji, Y. Yoshimura, T. Araoka, D. Kuroda, J. Ogawa, N. O. Takano, Y. et al.
2. 発表標題 d26MG OF THE CHLOROPIGMENTS FROM OXYGENIC AND ANOXYGENIC PHOTOTROPHIC BACTERIA INSIDE THE BENTHIC MICROBIAL MAT OF THE TRAPANI SOLAR SALTERN (ITALY).
3. 学会等名 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography (ALSO) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takizawa Y., Takano Y., Ohkouchi N., Yamamoto M., Chikaraishi Y.
2. 発表標題 Catabolic production in plants: significant influence for CHN isotopes in lipids and amino acids.
3. 学会等名 Goldschmidt 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Revealing the blackbox since 1999: 13C-depleted amino acids and lipids in deep-sea methane biogeochemistry.
2. 発表標題 Takano Y., Chikaraishi Y., Kruger M., and Ohkouchi N.
3. 学会等名 Goldschmidt 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Takano, Y. Chikaraishi, N. O. Ogawa, M. Kruger, N. Ohkouchi
2. 発表標題 Amino acid systematics using delta13C and delta15N in benthic archaeal methanotrophy at Black Sea
3. 学会等名 International Conference on the Applications of Stable Isotope Techniques to Ecological Studies (IsoEcol 2016). (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 http://www.jamstec.go.jp/biogeochem/
国立研究開発法人 海洋研究開発機構 生物地球化学研究分野 高野 淑識 http://www.jamstec.go.jp/seika/pub-j/res/ress/takano/
生物地球化学研究分野 http://www.jamstec.go.jp/biogeochem/

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
研究協力者	力石 嘉人 (Chikaraishi Yoshito)	低温科学研究所・北海道大学	
研究協力者	金子 雅紀 (Kaneko Masanori)	地質調査総合センター・産業技術総合研究所	
研究協力者	マーティン クルーガー (Martin Krueger)	ドイツ・連邦地質調査所	
研究協力者	横山 祐典 (Yokoyama Yusuke)	大気海洋研究所・東京大学	
研究協力者	井町 寛之 (Imachi Hiroyuki)	超先鋭部門・海洋研究開発機構	
研究協力者	大河内 直彦 (Ohkouchi Naohiko)	生物地球化学プログラム・海洋研究開発機構	