

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009～2011

課題番号：21244080

研究課題名（和文）

初期地球でのアミノ酸生成とペプチド化プロセスの解明

研究課題名（英文）

Production of amino acids and peptides on the early Earth

研究代表者

掛川 武 (KAKEGAWA TAKESHI)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：60250669

研究成果の概要（和文）：

隕石海洋衝突を模擬した衝撃実験を行いオリビンの蛇紋石化に世界で初めて成功し、アミノ酸を含めた多種の有機物生成に成功した。衝突蒸発雲を想定した実験では、アンモニアやシアン化物の生成に成功した。アミノ酸重合実験では最大 5 GPa という圧力でアラニンとグリシンの重合に成功した。この成果に対して 2011 年国際生命起源と進化学会から最優秀成果発表賞を受賞した。複数アミノ酸混合系実験でもユニークなペプチドが生成される事が分かった。

研究成果の概要（英文）：

Production of an amino acid and various organic molecules were successful by shock experiments simulating meteorite ocean impact events. High productions of ammonia and hydrogen cyanide were confirmed by impact-plume-simulation experiments. Polymerization experiments of amino acids were also successful: successful polymerization of alanine and glycine at 5 GPa was surprising results. Best presentation awards were granted to this result. In addition, variety and unique peptides were formed under high pressure and temperature conditions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	21,200,000	6,360,000	27,560,000
2010 年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2011 年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
年度			
年度			
総計	35,800,000	10,740,000	46,540,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：生体・環境鉱物、衝撃実験、生命起源、有機分子

1. 研究開始当初の背景

初期地球環境におけるアミノ酸生成と、そのペプチド化に関しては未解決の問題であった。隕石衝突とその後の地球のダイナミクスが、アミノ酸生成からタンパク質生成、やがては生命誕生につながったとする仮説を

本研究申請グループが出した。しかし、この仮説は十分な実験的裏付けはなかった。

2. 研究の目的

本研究課題は、生命起源に関するアミノ酸生成とその重合の問題を地球科学的手法で取

り組む課題である。第一の目的として、(1a) 隕石海洋衝突を模擬した衝撃実験と、(1b) 衝突蒸発雲を想定したガス-鉱物反応実験を行う。第二の目的として(2a) 単一アミノ酸だけの系と (2b) 複数アミノ酸混合系、(2c) そこに鉱物を加えた混合系において高温高压実験を行い、アミノ酸からタンパク質に移り変わる過程を解明する。

3. 研究の方法

物質材料研究機構の衝撃圧縮装置を用いた隕石海洋衝突模擬実験と東北大学の高压発生装置を用いたオートクレーブ、ピストンシリンダー実験の2種類の実験を行った。分析は東北大学のLC-MS、HPLC、イオンクロマトグラフ、ガスクロマトグラフ、元素分析系、同位体質量分析計を用いて行った。

4. 研究成果

隕石海洋衝突を模擬した衝撃実験を行いオリビンの蛇紋石化に世界で初めて成功した。それと同じ系でアミノ酸を含めた多種の有機物生成に成功した。衝突蒸発雲を想定した実験では、隕石物質が多種に酸化される中でアンモニアやシアン化物の生成に成功した。ここでは化学平衡に外れた系がアンモニアやシアン化物生成に重要であることを示した。アミノ酸重合実験では最大5 GPa という圧力でアラニンとグリシンの重合に成功した。ここでは安定同位体をトレーサーにしてペプチド生成「プロセス」解明に至った。この成果に対して2011年国際生命起源と進化学会から最優秀成果発表賞を受賞した。その他、各種学会で招待講演として招聘された。複数アミノ酸混合系高压高温実験でも、それぞれの温度圧力に見合ったユニークなペプチドが生成される事が分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計11件)

1. Otake T., Taniguchi T., Furukawa Y., Kawamura F., Nakazawa H. and Takegawa T. (2011) Stability of amino acids and their oligomerization under high-pressure conditions: implications for prebiotic chemistry. *Astrobiology*, vol. 11., DOI: 10.1089/ast.2011.0637. 査読有り
2. 関根利守 (2011) 衝撃変成度の定量化に向けた展望. *遊星人*, **19**, 139-146. 査読有り
3. Furukawa Y., Sekine T., Takegawa T. and Nakazawa H. (2011) Impact-induced phyllosilicate formation from olivine

and water. *Geochimica Cosmochimica Acta*. vol. 75, 6461-6472. 査読有り

4. Naraoka H., Uehara T., Hanada S. and T. Takegawa (2010) d13C-dD distribution of lipid biomarkers in a bacterial mat from a hot spring in Miyagi Prefecture, NE Japan. *Organic Geochemistry*. Doi: 10.1016/j.orggeochem.2009.11.008 査読有り
5. Kato S., Yanagawa K., Sunamura M., Takano Y., Ishibashi J., Takegawa T. et al (2009) Abundance of zetaproteobacteria within crustal fluids in back-arc hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough. *Environmental Microbiology*. Vol. 11, pp. 3210-3222. 査読有り
6. Kato S., Hara K., Kasai H., Teramura T., Sunamura M., Ishibashi J-I., Takegawa T., Yamanaka T., Kimura H., Marumo K., Urabe T., Yamagishi A. (2009) Spatial distribution, diversity and composition of bacterial communities in sub-seafloor fluids at a deep-sea hydrothermal field of the Suiyo Seamount. *Deep Sea Research Part 1*, vol. 56. pp. 1844-1855. 査読有り
7. Kato S., Kobayashi C., Takegawa T., Yamagishi A. (2009) Microbial communities in iron-silica rich microbial mats at deep-sea hydrothermal fields of the Southern Mariana Trough, vol.10, *Environmental Microbiology*, vol. 11. pp. 2094-2111. 査読有り
8. Furukawa Y., Sekine T., Oba M., Takegawa T. and Nakazawa H. (2009) Biomolecule formation by oceanic impacts on early Earth, *Nature geoscience*, vol. 2, 62-66. 査読有り
9. 古川善博、関根利守、大庭雅寛、掛川武、中沢弘基 (2009) 隕石の海洋衝突による初期地球の有機物生成. *日本惑星科学会誌* vol. 18, No. 4, pp. 229-237. 査読有り
10. 掛川武 (2009) 最初の地球の海に降り注ぎ込まれた鉄が生命を生んだ. *岩波「科学」* 10月号. pp. 54~58. 査読無し
11. 掛川武 (2009) 生命の起源: 地球惑星科学の新しい問題 *日本地球惑星科学連合ニューズレター* vol. 5. 5月号 pp. 3~6. 査読無し

[学会発表] (計33件)

1. 大竹翼, 谷口尚, 古川善博, 中沢弘基, 掛川武 (2011) 高温高压条件下における固体アミノ酸の安定性と重合反応. *地球化学会*, 札幌, 9/15
2. 堀内真愛, 古川善博, 掛川武 (2011) 初

- 期地球環境下リボース生成反応における
ハウ酸の影響. 地球化学会、札幌、9/15
3. 古川善博, 大竹翼, 中沢弘基, 掛川武
(2011) バリン重合反応に対する圧力の影
響. 地球化学会、札幌、9/14
 4. T. Kakegawa (2011) New evidence of early
life found in >3.74Ga meta-sedimentary
rocks of Isua Supracrustal Belt,
Greenland. ISSOL and Bioastronomy, Joint
International Conference, Montpellier,
France, July 4th.
 5. Otake T., Taniguchi T., Furukawa Y.,
Nakazawa H. and T. Kakegawa (2011)
Stability of amino acids and their
oligomerization under high pressure
conditions. ISSOL and Bioastronomy,
Joint International Conference,
Montpellier, France, July 4th.
 6. Y. Furukawa, Otake T., Ishiguro T.,
Nakazawa H., Kakegawa T. (2011)
Oligomerization of valine under high
temperature and high pressure conditions.
ISSOL and Bioastronomy, Joint
International Conference, Montpellier,
France, July 4th.
 7. T. Kakegawa (2011) Experimental and
geological link for prebiotic peptide
and ribose formation. 日本地球惑星科学
連合大会、幕張、千葉、5/23 (招待講演)
 8. 福永 奈央, 関根 利守, 泉 俊輔, 古川
善博, 掛川 武, 小林敬道, 中沢弘基
(2011) 海洋衝突生成有機分子の衝突進化過
程. 日本地球惑星科学連合大会、幕張、千
葉、5/23
 9. 古川 善博, 石黒 崇人, 大竹 翼, 中沢
弘基, 掛川 武 (2011) 高温高圧環境にお
けるバリンペプチド生成. 日本地球惑星科
学連合大会、幕張、千葉、5/23
 10. 堀内 真愛, 古川善博, 大竹翼, 掛川武
(2011) 初期地球環境化ホルモース反応実
験と中間生成物および糖の液体クロマトグ
ラフ質量分析計による分析法の開発. 日本
地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/23.
 11. 大竹 翼, 谷口 尚, 古川 善博, 中沢 弘
基, 掛川 武 (2010) 初期地球における海
洋堆積物中でのアミノ酸の安定性と重合反
応. 高圧討論会、仙台、10/21
 12. 古川善博、大庭雅寛、関根利守、掛川武、
中沢弘基 (2010) 隕石の後期中爆撃による
有機物の生成. 高圧討論会、仙台、10/21
 13. 掛川武 (2010) 生命起源に関する化学進
化の問題点、第3回日本アストロバイオロ
ジーネットワーク会議、八王子 9/30 (招
待講演)
 14. 高橋 拓人, 大竹 翼, 古川 善博, 掛川
武 (2010) 海洋堆積物の続成環境模擬実験
における混合アミノ酸の重合と安定性、地
球化学会、熊谷、埼玉、9/8.
 15. Otake, T., Taniguchi, T., Furukawa, Y.,
Nakazawa, H., and Kakegawa, T. (2010)
Stability of amino acids and peptides
during diagenesis on the early Earth.
Goldschmidt Conference. Tennessee, USA,
June 18.
 16. 掛川武 (2010) ハウ素はバイオマーカー
となりうるか? : イスアからの報告、日本
地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/25.
 17. 掛川武 (2010) 生命の起源・進化とデー
ブカーボンサイクルとの関係. 日本地球
惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/24 (招
待講演)
 18. 古川善博、大庭雅寛、関根利守、掛川武、
中沢弘基 (2010) 隕石の後期中爆撃による
有機物の生成. 日本地球惑星科学連合大会、
幕張、千葉、5/24
 19. 大竹翼、古川善博、掛川武 (2010) 初期
地球における続成作用中のアミノ酸および
ペプチドの安定性. 日本地球惑星科学連合
大会、幕張、千葉、5/24
 20. Kakegawa T. (2010) Pressure effects on
peptide formation: implication to
chemical evolution for origin of life.
AbSciCon Conference. Huston, USA, April
26.
 21. Furukawa Y., Sekine T., Oba M.,
Kakegawa T., Nakazawa H. (2010)
Synthesis of organic molecules by
oceanic impacts on the early Earth.
AbSciCon Conference, Huston, USA. April
26.
 22. 掛川武 (2010) 34~27 億年前の海底熱水
活動と微生物活動との関連: 海底熱水場は
起源の場か進化の場か? 生命の起源と進化
学会、函館 3/15-17 (招待講演)
 23. Kakegawa T. (2010) New evidence of
early life recorded in meta-sedimentary
rocks of ca. 3.8 Ga Isua Supracrustal
Belt, Greenland. Global Network
Symposium, Akiu, Sendai, 3/2-4.
 24. Furukawa Y., Sekine T., Oba M.,
Kakegawa T., Nakazawa H. (2010)
Formation of organic molecules by ocean
impacts on the early Earth. Global
Network Symposium, Akiu, Sendai, 3/2-4.
 25. Ohtake T., Taniguchi H., Nakazawa H.
and Kakegawa T. (2010) Formation of
Alanine and Glycine Peptide under high
pressure conditions. Global Network
Symposium, Akiu, Sendai, 3/2-4
 26. 古川善博、大庭雅寛、関根利守、掛川武、
中沢弘基 (2009) 隕石の後期中爆撃による有
機物の生成. 日本アストロバイオロジーネ
ットワーク年会、神奈川、11/22-23
 27. 鮫島太郎、古川善博、掛川武 (2009) 初期

地球における隕石衝突蒸発蒸気雲内部を想定した電気炉内反応実験. 日本アストロバイオロジーネットワーク年会、神奈川、11/22-23

28. 古川善博、大庭雅寛、関根利守、掛川武、中沢弘基(2009)隕石の後期中爆撃による有機物の生成. 地球化学会、広島、9/17-20
29. Furukawa Y., Sekine T., Oba M., Kakegawa T., Nakazawa H. (2009) Synthesis of organic molecules by oceanic impacts on the early Earth. Goldschmidt Conference. Davos, Swiss, June 21-26.
30. 鮫島太郎、古川善博、掛川武(2009) 初期地球における隕石衝突蒸発蒸気雲内部を想定した電気炉内反応実験. 日本地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/16-21
31. Ishiguro T., Furukawa Y., Nakazawa H. and Kakegawa T. (2009) Solid state reaction of valine peptide formation under high P and T conditions. 日本地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/16-21
32. 古川善博、大庭雅寛、関根利守、掛川武、中沢弘基(2009)隕石の後期中爆撃による有機物の生成. 日本地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/16-21
33. 高橋裕人、古川善博、掛川武(2009) 高温高压条件でのメチオニンペプチドの重合実験. 日本地球惑星科学連合大会、幕張、千葉、5/16-21

[図書] (計2件)

1. 掛川武・海保邦夫(2011)地球と生命-地球環境と生物圏進化-, 共立出版, pp. 1~125.
2. 掛川武(2010)古生物学辞典, 朝倉書店, pp. 109-111. , pp. 356-358. , pp. 880-882.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等
<http://www.es.tohoku.ac.jp/JP/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

掛川 武 (KAKEGAWA TAKESHI)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：60250669

(2) 研究分担者

関根 利守 (SEKINE TOSHIMORI)
広島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：70343829

大庭 雅寛 (OBA MASAHIRO)
東北大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：40436077

(3) 連携研究者

()

研究者番号：