

3D01

(Keynote)

初期地球と初期火星の大気から供給される有機分子

○上野雄一郎^{1,2}、河出和香¹、藏暁鳳¹

(¹ 東工大地惑、² 地球生命研究所)

近年の火星探査の結果、初期火星の表層もまた、現在より還元環境にあったことが指摘されはじめた。また、硫黄の非質量依存同位体分別の記録に基づくと、初期地球大気は従来考えられたよりもより還元的状態であった可能性がある。還元大気下での光化学反応は非生物的に有機物を合成する主要なメカニズムであり、生命起源に寄与した可能性があるものの、紫外線により駆動される大気中での有機合成についての実験的研究は 1980 年代以降ほとんどなされておらず、いかなる惑星環境でどの種の有機化合物がどれだけのフラックスで供給され得るのかについて、系統的な研究が必要である。そこで、我々は太陽光を模擬した紫外光源を用いて有機物合成実験を開始した。予察的な実験結果は（１）水の光解離速度と（２）系の酸化還元状態の二つの環境因子が、合成される有機物の種類とフラックスを変える主たる要因であることを示唆している。水の光解離の絶対量は、特に大気 CO₂ 密度に大きく左右されるため、地球より薄い初期火星大気では、紫外線による有機合成はより重要な役割を果たしたであろう。また、大気海洋系の酸化還元状態が何によって緩衝されるかを考慮すると、海洋中に熱水活動により供給される金属イオンが大きな役割を果たした可能性がある。講演では、このような新しい観点から初期地球と火星の大気から供給されたであろう有機物について再考し、それが生命の起源や地球初期の生態系に与える影響について議論する。

Prebiotic compounds supplied from early atmospheres of Earth and Mars

*Y. Ueno^{1,2}, W. Kawade¹, X. Zang¹ (¹Tokyo Institute of Technology, Department of Earth and Planetary Sciences, ²Earth-Life Science Institute [WPI-ELSI])

タンパク質は生体内化学反応の触媒としての酵素、抗体やホルモン、眼のレンズとしての機能を有する水晶体のクリスタリン、組織支持体として機能するコラーゲン、運動をつかさどるアクチン、ミオシン、核酸との結合など生命活動にとって重要な機能を担っている。このような機能はタンパク質を構成する 20 種類の性質の異なるアミノ酸が重合し、固有の立体構造を有することにより担保されている。アミノ酸はグリシンを除いて L-体と D-体の鏡像異性体が存在するが、タンパク質構成アミノ酸は L-体のみである。L-アミノ酸と D-アミノ酸は光学的性質を除き物理的・化学的性質は全く同じである。生命が誕生する前の初期地球上では L 体、D 体のアミノ酸が等量合成されたと考えられているが、化学進化の過程で D-アミノ酸は排除され、L-アミノ酸のみが重合してタンパク質となり、今日の生命世界が生まれたと考えられている。その理由は不明であるが、L 体と D 体のアミノ酸が混然一体となったポリペプチドでは無数のジアステレオマーが形成されてしまうので、立体構造形成には不利で、アミノ酸が重合して規則正しい高次構造を形成するためにはどちらか一方の片手構造（ホモキラリティー）でなければならないと考えられる。生命誕生前の初期地球では遊離型の D-アミノ酸や D-アミノ酸-ペプチドが存在したかもしれないが、これらは消滅し生命は L-アミノ酸ワールドが成立することにより誕生したと説明されてきた。したがってタンパク質構成アミノ酸の L 体というホモキラリティーは生命体が生きている限り、絶対的に維持されているはずであると長い間信じられてきた。しかしながら、最近、加齢に伴い、眼の水晶体や網膜、脳、皮膚、骨、靱帯等のタンパク質中で加齢に伴い D-アスパラギン酸 (Asp) が増加し、タンパク質に構造変化をもたらし、これが代謝されることなく組織に蓄積し、異常凝集を引き起こして白内障、加齢性黄斑変性症などのような二大失明疾患やアルツハイマー病、動脈硬化、皮膚硬化等の様々な加齢性疾患の発症に関連することが明らかになってきた。D-Asp は長期間にわたる加齢の過程で、非酵素的異性化反応によって生じたものと考えられている。我々は加齢性白内障患者の水晶体のクリスタリン中に D-Asp が多量存在することを発見し、その部位を特定し、D-Asp の生成機構について明らかにしてきた。すなわち、Asp 残基は側鎖にカルボキシル基を有するため、5 員環イミド体を中間体として生理的条件下で容易に L β -, D α -, D β -体へと反転、異性化すること、これらの異性化速度は当初予測していたより速く、ヒトの寿命の範囲内で、十分に生じることが明らかとなった。また、これらの異性化がタンパク質の凝集や解離、機能不全をもたらすことなども判明した。さらに従来、複雑であった結合型の D-アミノ酸分析法の

欠点を解消し、高速液体クロマトグラフ-タンデム質量分析計(LC-MS/MS)による微量、簡便、迅速な新規結合型アミノ酸異性体分析法を開発したので、併せて紹介する。本法により今後多くの加齢組織で D-アミノ酸が検出されることが期待される。L-アミノ酸ワールドにおいても一方のキラリティーを考慮することにより生命科学における新たな分野が拓かれることを論じたい。

Absolute homochirality which has been established in the origin of life is not guaranteed in our lifetime

*N. Fujii (Res. React. Inst., Kyoto Univ.)

西グリーンランド・イスア表成岩帯における変堆積岩の地質学的・地球化学的特徴及び希土類鉱物の産状からみる約 38 億年前の微生物棲息環境

○大友陽子¹、大竹翼¹、掛川武²

(¹北海道大学大学院工学研究院、²東北大学大学院理学研究科)

西グリーンランド・イスア表成岩帯（約 38 億年前）では生物由来グラファイトが発見されている（Rosing, 1999; Ohtomo et al., 2014）。Ohtomo et al. (2014)は高い炭素含有量（<8.8wt%）を示す黒色片岩から生物由来グラファイトを発見しており、約 38 億年前の海洋には高い生産性を持つ微生物が繁茂していたことが示唆されている。しかしながら、グラファイトの前駆物質である微生物の棲息環境や微生物種について詳細は明らかになっていない。本研究では生物由来グラファイトの報告があったイスア表成岩帯の西部において、黒色片岩及び縞状鉄鉱層（Banded iron formation: BIF）の地質学的・地球化学的特徴及び希土類元素含有鉱物の産状から堆積環境を復元することにより、当時の微生物の棲息環境に制約を与えることを目的とした。

イスア表成岩帯西部では BIF の層が複数南北に渡り分布しており、黒色片岩層は西部北端に位置する BIF の層間に分布している。露頭では黒色片岩及びその周辺の BIF はシリケイトに富むのに対して、南側の BIF はマグネタイトに富む様子が観察された。誘導結合プラズマ質量分析計による全岩化学組成分析結果では、黒色片岩及びその周辺の BIF の $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ 比は低く Mg に富む傾向を示すのに対して、南側の BIF は $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ 比が高く Fe に富むことがわかった。緑泥石及び角閃石の化学組成においても同様に、北側は Mg に富み、南側は Fe に富む傾向がみられた。このことから、北側は南側に比べ大陸地殻からの Mg の混入が多かったと考えられる。黒色片岩及び BIF 試料中の Al_2O_3 及び TiO_2 量（wt%）は正相関を示しており、黒色片岩及びその周辺の BIF が Al、Ti に富むのに対して、南側の BIF は Al、Ti に乏しい傾向が見られた。また、グラファイトに富む黒色片岩試料（4.3wt% $\text{C}_{\text{graphite}}$ ）中の希土類鉱物を走査型電子顕微鏡で観察したところ、ジルコン、モナズ石及びゼノタイムがグラファイトに富む層のみに葉理に調和的な産状で卓越していることがわかった。以上の結果は、黒色片岩及びその周辺の BIF が Mg、Al、Ti、希土類元素を含む地殻碎屑物が多く混入するような浅海域で堆積したことを示しており、当時繁茂していた微生物は浅海で繁茂していた光合成細菌であった可能性を示唆するものと考えられる。

Possible habitat environments in ca. 3.8 Ga ocean constrained by geological, geochemical characteristics and occurrence of rare earth element-bearing minerals in metasedimentary rocks of Isua Supracrustal Belt, West Greenland.

*Y. Ohtomo¹, T. Otake¹ and T. Kakegawa² (¹Faculty of engineering, Hokkaido Univ.,

²Department of earth science, Tohoku Univ.)

3D04

北中国地塊アンシャン地域の片麻岩の産状とジルコンの U-Pb 年代及び REE 組成から示唆される火成活動の記録

○上原啓幹¹、山本伸次²、昆慶明³、李毅兵⁴、金巍⁵、小宮剛¹

(¹ 東京大学大学院、² 横浜国立大学環境情報学府、³ 産業技術総合研究所、⁴ 中国地質科学院地質研究所、⁵ 吉林大学)

北中国地塊は 38 億年前以前の大陸地殻物質が存在する世界でも数少ない場所の一つである。その 38 億年前の年代値を示すジルコンは遼寧省鞍山地域に産する花崗岩質片麻岩（白家坟; Baijiafen および東山; Dongshan 地域）から報告されている（Liu et al., 1992; Song et al., 1996）。一方、Wu et al. (2008)は、U-Pb 年代分析やカソードルミネッセンス（CL）像の結果から、原岩の形成年代は 33 億年前で、38 億年前の年代を示すジルコンは全て inherited であると解釈した。このように、鞍山地域の片麻岩の原岩の形成年代は、ジルコンの U-Pb 年代分析、CL 像の観察結果から異なる解釈がされており（Liu et al., 2008; Nutman et al., 2009; Wu et al., 2008, 2009; Wang et al., 2015）、38 億年前の岩石が存在していたのか、いまだに多くの議論がされている。

本研究では、東山地域の花崗岩質片麻岩露頭の詳細な観察を行い、その片麻岩中のジルコンの局所分析から、その原岩形成年代の再検討を行った。詳細な露頭観察の結果、(1)雲母に富む苦鉄質岩、(2)粗粒な薄灰色花崗岩質片麻岩、(3)粗粒な白色花崗岩質片麻岩と(4)若い粗粒なペグマタイト質岩脈の 4 つの岩相が存在することがわかった。また、それらの地質学的な関係として、(1)雲母に富む苦鉄質岩を、(2)粗粒な薄灰色花崗岩質片麻岩が貫入し、さらに両者を(3)粗粒な白色花崗岩質片麻岩が貫入し、最後に(4)若い粗粒なペグマタイト質岩脈が全体を貫入していることがわかった。それぞれの岩相から系統的にジルコンを抽出した後、それらの CL 像を観察し、オシラトリー累帯構造を残すものを選別した。そして、それらのジルコンの局所 U-Pb 年代分析を産総研の LA-ICP-MS を用いて行った。その結果、(1)には 3.3 Ga の年代値を持つ変成ジルコンが多く存在した。(2)に含まれる多くのジルコンは変成作用により若返っているが、3.8 Ga のジルコンが含まれることがわかった。(3)には 3.3 Ga の年代値を持つジルコンが多く存在した。(4)には約 240 Ma のジルコンが存在した。また、各岩相において形成年代と同じ年代のジルコンの REE パターンを解析した結果、(4)のジルコンは LREE に富むことや、年代が若くなるにつれて Eu の負異常が大きくなることがわかった。

Occurrence of the Archean gneisses, and U-Pb dating and REE patterns of their zircons in Anshan, North China Craton: Identification of four igneous activities

*H. Uehara¹, S. Yamamoto², Y. Kon³, Y. Li⁴ and W. Jin⁵, T. Komiya¹ (¹The University of Tokyo, ²Yokohama National University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Institute of Geology, China Geological Survey, ⁵The University of Jilin)

○小宮 剛¹(¹ 東京大学・駒場)

地球は高等生物が闊歩する生物に満ちあふれた星である。一般に、生物の出現には液体の水の存在が不可欠とされ、海洋底熱水系はエネルギーと溶存元素の豊富さから、生命の出現や初期生命の生息場として重要な役割をしたとされる。

一般に、固体地球は地球史を通じて変化しないとされ、現在の条件が仮定されることが多い。しかし、太古代緑色岩帯の海洋底変成作用の研究は、大気 CO₂ 濃度が高かった太古代では熱水変成作用時に炭酸塩鉱物が大量に生じるため、緑泥石などの苦鉄質鉱物の形成が阻害され、アルカリ性の熱水が噴出することを示唆する。そして、そのアルカリ熱水作用は太古代の地球表層環境の推定に重要な示唆を与える。例えば、①還元的かつ CO₂ に富む海洋は pH が低く、中性～弱酸性であったと考えられる。その場合、海水は溶存 Fe²⁺ に富み、炭酸塩に不飽和であったと考えられる。そして、溶存シリカに非常に富むアルカリ熱水が海洋中に噴出すると、シリカと鉄水酸化物に飽和し、縞状鉄鉱層を形成する。このモデルは還元的環境下での縞状鉄鉱層の形成を説明し、また、炭酸塩は熱水噴出口周辺では飽和していたが、そこから離れた地域では溶解し、シリカに置換され、珪化されたことを示唆する。②現在の海洋底変成作用ではリンは岩石に固定されるが、アルカリ熱水作用では炭酸塩が大規模に形成されるために Ca が枯渇し、リン酸塩の形成が阻害されるため、P は海洋に供給されたと考えられる。③アルカリ熱水変成作用とそれに続く珪化作用によって変質した海洋底玄武岩は極めた高い K/Na 比をもつ。

現在の海洋底熱水系は銅、鉛、亜鉛等の重要な鉱床となっているが、それらの親銅元素におけるアルカリ熱水の影響について、変質玄武岩の化学組成をもとに検討した。現在の熱水系では酸性・還元的な熱水を形成し、熱水変成・変質作用により、母岩の Cu は増加し、Zn は減少する傾向が見られる。一方、太古代の海洋底変質玄武岩は Cu に一部増加している傾向があるものの、全体としては減少している。特に、珪化岩は Cu に非常に枯渇している。一方、母岩中の Zn は変成・変質によって増加し、珪化岩ではやはり顕著に乏しい。以上の結果は、中央海嶺近傍の熱水口では Cu や Zn の鉱床が形成されにくく、珪化作用が起こるオフリッジ域でそれらが形成されることを示唆する。また、その領域では高 P 量、高 K/Na、高 Cu 量の熱水が形成されていたことが示唆される。

Alkaline hydrothermal metamorphism in the Archean: Behavior of chalcophile elements

*Tsuyoshi Komiya¹ (¹The University of Tokyo, Komaba)

3D06

マリアナ海溝・南チャモロ蛇紋岩海山下における微生物活動と硫黄循環

○青山 慎之介¹、上野 雄一郎^{1,2,3}、西澤 学³、宮崎 純一³、高井 研^{2,3}

(¹東工大地惑、²地球生命研究所、³地球生命研究所)

地球上の極限環境下における微生物活動境界を制約することは、宇宙生物学的な生命居住可能領域を定義する上で重要である。マリアナ前弧に位置する南チャモロ蛇紋岩海山は、湧水流体の pH が 12 を超え、地球上で最もアルカリ環境と考えられている極限環境である。このような環境での微生物活動を検証するため、ODP Leg195 によって 2001 年に南チャモロ海山の掘削が行われた。間隙水の溶存化学種及び、膜脂質由来のバイオマーカーによって、海山下 15 m 程度では古細菌硫酸還元活動が認められた [Mottl et al., 2003]が、(1) さらに深部で微生物活動はあるのか、(2) 深部由来の硫酸はどのように形成されたのか、ということは明らかになっていない。そこで本研究は、掘削コア中硫化鉱物、間隙水中硫酸、及び CORK によって海底下 150 m 程度から採取された深部流体中硫酸・硫化水素、これらの四種硫黄同位体比を高精度で計測し、微生物硫酸還元活動及び深部硫酸の起源を制約することを試みた。四種硫黄同位体比は微生物活動を含めた硫黄循環の強力なトレーサーとなることが知られている [Ono et al., 2008]。

掘削コア中硫化鉱物には $\delta^{34}\text{S}$ が低くなるほど $\Delta^{33}\text{S}$ は高くなる傾向が見えた。これは培養実験から示唆される硫酸還元菌の特徴と一致する。従って、微生物硫酸還元は蛇紋岩海山下 55 m 程度(コアの最深部)でも起きている可能性を示唆した。また間隙水硫酸の同位体比から、この硫酸還元の基質硫酸は、海水ではなく、”海水よりも $\delta^{34}\text{S}$, $\Delta^{33}\text{S}$ に枯渇した硫酸”を使用していることが明らかになった。

深部流体中硫酸からは負の $\Delta^{33}\text{S}$ 同位体異常を観測した。そのため、海水硫酸との混合により基質硫酸は形成可能である。しかしこの硫酸の硫黄同位体異常は、現在起きうる如何なる反応を考慮しても説明するのは非常に困難である。そこで、同位体異常を持つ太古代の端成分を南チャモロ海山下に混合させるため、以下のシナリオを考えた。太古代の海洋地殻沈み込みと長期マントル対流によって現在、太平洋のプルーム直上玄武岩質溶岩島のかんらん岩包有硫化鉱物が負の同位体異常を持つことが近年明らかになった [Cabral et al., 2013]。これらの島はプレート運動によって最終的にマリアナ海溝に沈みこむ。この時、蛇紋岩化反応によって橄欖岩が分解され、同時に包有されていた硫化鉱物の酸化が起きれば、観測した同位体異常は説明可能である。

Microbial sulfate reduction and sulfur cycle below S. Chamorro serpentinite seamount

*S. Aoyama¹, Y. Ueno^{1,2,3}, M. Nishizawa³, J. Miyazaki³, K. Takai^{2,3} (¹Tokyo Institute of Technology, Department of Earth and Planetary Sciences, ²Earth-Life Science Institute [WPI-ELSI], ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology [JAMSTEC])

光化学反応による硫黄同位体異常を用いた太古代大気組成の推定

○遠藤美朗¹、上野雄一郎^{1,2,3}、青山慎之介¹、三島郁¹、S.O. Danielache^{2,4}(¹ 東工大地球惑星科学系、² 東工大地球生命研究所、³ JAMSTEC、⁴ 上智大理工)

太古代の堆積岩に報告されている硫黄同位体異常は $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S} \sim -0.9$ で特徴づけられる (Farquhar et al., 2000, *Science*)。太古代の硫黄同位体異常は大気中の光化学反応を反映していると考えられている。SO₂ 光化学反応は大きな硫黄同位体異常 ($\Delta^{33}\text{S} \neq 0$) を生じるが、SO₂ 光化学反応による硫黄同位体分別のメカニズムは完全には解明されておらず、太古代の $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S}$ について説明できていない (e.g. Whitehill and Ono, 2012, *GCA*, Ono et al., 2013, *JGR Atmospheres*)。本研究では、想定される太古代の還元的な大気に近づけるため、SO₂ 柱密度を 10^{16} - 10^{17} molecules/cm² に減らし、0.1 気圧の CO 大気で光解離実験を行った。光解離生成物 (OCS ガス) は正の $\Delta^{33}\text{S}$ を、反応残りの SO₂ は負の $\Delta^{33}\text{S}$ を示し、 $\Delta^{33}\text{S}$ および $\Delta^{36}\text{S}$ 値は SO₂ 柱密度に大きく依存性した。さらに、太陽光に近い UV スペクトルの条件では $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S} \sim -0.9$ となり、太古代の堆積岩の硫黄同位体異常に近い値を得た。 $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S}$ は 2 つのメカニズムの組み合わせにより変化することがわかった。一方は SO₂ の光解離反応の自己遮蔽効果であり、 $\Delta^{33}\text{S}$, $\Delta^{36}\text{S}$ 値は SO₂ 柱密度に応じて変化し、 $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S} \sim -2.4$ である。もう一方は SO₂ 励起反応における項間交差に起因し $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S} \sim +0.7$ である。項間交差による同位体異常を最終生成物に伝えるには CH₄、CO などの還元的な気体が必要である。太古代で観測される最大の $\Delta^{33}\text{S}$ 値 ($\Delta^{33}\text{S} = +9.4\text{‰}$, $\Delta^{36}\text{S} = -7.5\text{‰}$; Kaufman et al., 2007, *Science*) は、 $\sim 6.4 \times 10^{16}$ molecules/cm² の SO₂ 柱密度の条件での自己遮蔽効果および $\sim 3\%$ の励起反応の寄与による項間交差による同位体異常の足し合わせにより再現される。この仮説を地質記録の同位体比に適用し、太古代の大気組成に関して考察する。例えば、Zerkle et al. (2012), *Nat. Geosci.* は、2.65 Ga - 2.5 Ga の堆積岩について $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S}$ と有機炭素同位体比 $\delta^{13}\text{C}_{\text{organic}}$ の相関を示し、 $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S}$ とメタン濃度の相関を示唆した。本研究が示した同位体異常のメカニズムを用いて、 $\Delta^{36}\text{S}/\Delta^{33}\text{S}$ の変動から読み取ることができる情報について報告する。

Estimation of Archean atmospheric composition using sulfur mass-independent fractionation originated from SO₂ photochemistry

*Y. Endo¹, Y. Ueno^{1, 2, 3}, S. Aoyama¹, K. Mishima, S. O. Danielache^{2, 4} (¹Dept. Earth and Planetary Science, Tokyo Tech., ²ELSI, Tokyo Tech., ³JAMSTEC, ⁴Sophia Univ.)

原生代初期 Hotazel 鉄鉱層の全岩化学組成から示唆される大酸化イベントによる生命進化への影響

○青木翔吾¹、中田亮一²、柏原輝彦²、大野剛³、高橋嘉夫¹、Harilaos Tsikos⁴、小宮剛¹(¹ 東京大学、² 海洋研究開発機構、³ 学習院大学、⁴ Rhodes University)

地球表層環境は、24 から 23 億年前にかけて大気酸素分圧が上昇した (Great Oxidation Event) ことが、様々な地質記録から示唆されている。このような酸化イベントは生命進化にも大きな影響を与え、原核生物から真核生物への進化、多細胞化を引き起こしたことが化石記録から知られている (Albani et al., 2010; Han and Runnegar, 1992)。一方で、この時代の生命必須元素濃度変化に関連した研究は Mo などの一部の酸化還元に敏感な元素を除いて行われておらず (Scott et al., 2008)、生命進化に及ぼした環境変化は、まだ十分に把握されていない。

22 から 23 億年前に形成された南アフリカ Transvaal 累層群 Hotazel 層縞状鉄鉱層中には地球史上最初でかつ世界最大のマンガン鉱床が存在し、大規模な酸素増加が起きたことが示唆される。そこで本研究では、Hotazel 層ドリルコア試料の元素濃度分析を行い、当時の環境復元を試みた。

採取した Hotazel 層鉄鉱層ドリルコアの 3 層準でマンガン堆積物層が存在する。Hotazel 層最下部の鉄鉱層から最下部のマンガン堆積物層に向かって Mn/Fe・Ca/Fe・Mg/Fe 比が上昇し、Hotazel 層の堆積環境が鉄酸化物沈殿環境からマンガン酸化物および炭酸塩鉱物沈殿環境へと移行したことを示す。また、Hotazel 層最下部の鉄鉱層にのみ Eu の正異常が存在することが分かった。以上のことから、Hotazel 層を形成した海洋環境が、熱水活動の影響の低下に伴い、酸化制的になるだけでなく pH の上昇によりマンガン酸化物および炭酸塩鉱物の沈殿を引き起こしたことが想定される。

また Co は Mn 濃度と正の相関を持ち、鉄酸化物に吸着した Co は Hotazel 層よりも古い地質帯の縞状鉄鉱層に比べて少ない。このことは当時の海洋 Co 濃度が非常に低く、その要因として Co が酸化制的な海洋下で Mn 酸化物によって吸着除去されたことを示唆する。Co は必須アミノ酸であるメチオニン合成酵素ビタミン B12 に使われる必須元素である。原核生物は B12 合成能力を有し、高い Co 依存性を持つ。一方で、真核生物は合成能力を持たず、合成能力を持つバクテリアと共生することで B12 を獲得するか、Co のかわりに Zn を使う別の酵素を用いることが知られている。本研究で示唆される海洋 Co 濃度の減少は、Co 依存性の高い原核生物の成長・繁栄を抑制し、Co に不足する酸化制的環境に適応した真核生物の誕生につながったことが示唆される。

Impacts on evolution of life in oxidation event suggested from whole-rock compositions of chemical sedimentary rocks in the Hotazel Formation

*S. Aoki¹, R. Nakada², T. Kashiwabara², T. Ohno³, Y. Takahashi¹, H. Tsikos⁴ and T. Komiya¹
(¹Univ. Tokyo, ²JAMSTEC, ³Gakushuin Univ., ⁴Rhodes Univ.)