

第15回自然科学研究機構 シンポジウム

2013年10月14日(月)・祝

宇宙における生命

アストロバイオロジー

―天文・地球・生物・物理・化学の最前線研究者が熱く語る―



NINS
National Institutes of Natural Sciences

TISF
東京国際科学フェスティバル
<http://www.tisf.jp/>

フェスタ
国立大学2013 JANU

2013年4月

新分野創成センター

宇宙における生命研究分野発足

Program

プログラム

導 入

10:00~10:05 機構長挨拶
佐藤 勝彦 自然科学研究機構 機構長

10:05~10:20 趣旨説明
観山 正見 自然科学研究機構 理事・新分野創成センター宇宙における生命研究分野長

講 演

10:20~10:50 「地球と生命の共進化:全球凍結イベントが生命進化を促した？」
田近 英一 東京大学 教授/自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授

10:50~11:20 「宇宙の有機物に生命の起源を探る」
小林 憲正 横浜国立大学 教授/自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授

11:20~11:50 「日本の火星生命探査計画提案」
山岸 明彦 東京薬科大学 教授/自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授

11:50~13:00 昼休み

13:00~13:30 「地上生物学者からのアストロバイオロジーへの期待と要望」
長谷部光泰 自然科学研究機構基礎生物学研究所 教授・新分野創成センター 教授(併任)

13:30~14:00 「アストロバイオロジーにおけるサイズとノイズの問題」
長沼 毅 広島大学 准教授/自然科学研究機構新分野創成センター 客員准教授

14:00~14:10 休 憩

14:10~14:40 「高感度電波天文観測で探る生命素材宇宙起源説」
大石 雅寿 自然科学研究機構国立天文台 准教授・新分野創成センター 准教授(併任)

14:40~15:10 「系外惑星と宇宙偏光の観測で迫る生命起源の謎」
田村 元秀 東京大学 教授/自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授

15:10~15:25 休 憩

パネルディスカッション

15:25~16:25 立花 隆、小林 憲正、山岸 明彦、長谷部光泰、
長沼 毅、大石 雅寿、田村 元秀

閉 会

16:25~16:30 閉会挨拶
岡田 清孝 自然科学研究機構 理事・新分野創成センター長

※講演題目は全て仮題であり、講演者が変更する場合があります。



機構長挨拶



さとう かつひこ
佐藤 勝彦

自然科学研究機構・機構長

1974年京都大学大学院理学研究科博士課程修了。73年日本学術振興会奨励研究員（京都大学研修員）、76年京都大学理学部助手、79年デンマーク Nordita（北欧理論物理学研究所）客員教授（～80年）、82年東京大学理学部助教授、88年東京大学大学院理学研究科教授、97年理学系研究科ビッグバン宇宙国際研究センター長（～99年、2001～05年）、99年大学院理学研究科長・理学部長、2009年明星大学理工学部物理学科客員教授を経て、2010年より現職。

専門は宇宙物理学、宇宙論。

趣旨説明



みやま しょうけん
観山 正見

自然科学研究機構・理事 理学博士

1975年京都大学理学部卒業。81年同大学大学院博士後期課程修了。83年同大学理学部助手、89年国立天文台理論天文学研究系助教授、92年同教授を経て、2006年より2012年まで自然科学研究機構副機構長、国立天文台長、2009年より現職。

専門は理論天文学。特に星・惑星系形成論。

著書に『太陽系外の惑星に生命を探せ』（光文社、2002年）などがある。

自然科学研究機構新分野創成センター
宇宙における生命研究分野長

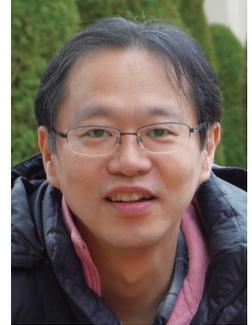




地球と生命の共進化： 全球凍結イベントが生命進化を 促した？

たぢか えいいち
田近 英一

東京大学／自然科学研究機構新分野創成センター



生命は宇宙において普遍的な存在なのでしょうか？ 太陽系においては、地球以外に、火星、木星の衛星エウロパとガニメデ、土星の衛星タイタンとエンセラダスなどに、もしかすると生命が存在している可能性があるのではないかとする議論もあります。しかし、たとえこれらの天体に生命が存在していたとしても、それらはバクテリア以上のものではないであろうと考えられます。地球では、動物や植物など高度に進化した複雑な生物が繁栄していることとは対照的です。その理由は何でしょうか？

地球大気には酸素が21%も含まれています。私たちは大気中の酸素を呼吸することによって非常に大きなエネルギーをつくりだしています。しかし、このような大気を持つ惑星は、地球しか知られていません。実は、大気中の酸素濃度の上昇が生物の大進化と結びついてきたのではないかと考えられるのです。地球大気は、いつどのようにして酸素を含むようになったのでしょうか？

酸素は生物の光合成によって作り出されたものです。しかし、光合成だけでは、酸素は大気中に蓄積しません。酸素は惑星表層ではすぐに消費されてしまうからです。実は、大気中の酸素濃度が上昇したことで、かつて地球が完全に凍りついていたとする「スノーボールアース（全球凍結）イベント」とは密接な関係にある、という可能性が考えられるのです。

地球は原生代初期（約23億年前）と原生代後期（7億年前、6億5000万年前）に全球凍結したらしいことが地質記録から示唆されています。実はどちらもその直後に、大気中の酸素濃度が上昇したことを示唆する地質学的証拠が知られており、その後まもなくして、それぞれ最古の真核生物化石、最古の多細胞動物化石が産出するのです。全球凍結と酸素濃度の上昇との間にどのような因果関係があったのでしょうか？ 本講演では、地球環境の進化と生命の進化のあいだの密接な関係について考えてみたいと思います。

東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻教授 博士（理学）
自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野客員教授

1987年東京大学理学部地球物理学科卒業、92年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。
東京大学助手、准教授を経て、2010年より現職。2003年第29回山崎賞受賞、07年日本気象学会堀内賞受賞。
専門は地球惑星システム進化学、地球や惑星の表層環境の進化・変動性・安定性、地球環境と生命の共進化などに関心をもつ。著書に『凍った地球—スノーボールアースと生命進化の物語』（新潮社、2009年）、『地球環境46億年の大変動史』（化学同人、2009年）などがある。



図1 原生代初期（約23億年前）の氷河性堆積物。カナダのオンタリオ州に分布するヒューロニアン累層群ゴウガンダ層と呼ばれる地層。ダイアミクタイトという、粘土から巨大な岩塊までを含む堆積岩で、その詳細な特徴から氷河作用で形成されたものと解釈されている。南アフリカ共和国にみられる同時代の氷河性堆積物との対比から、全球凍結イベントによって形成された可能性が考えられている。

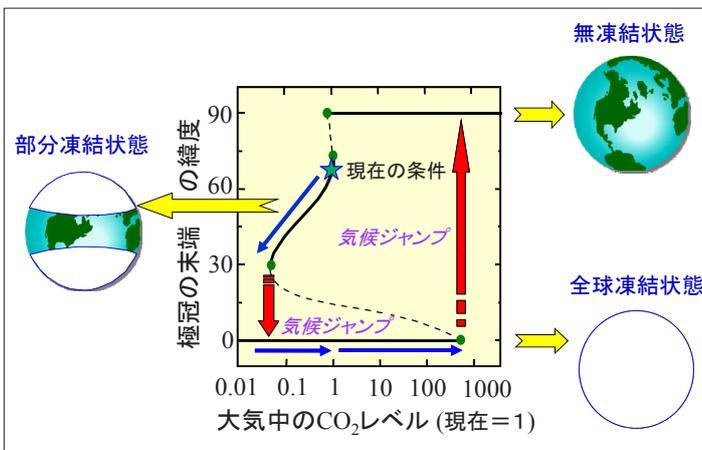


図2 全球凍結イベントの気候学的な説明。地球の安定な気候状態には大きく三種類（無凍結状態、部分凍結状態、全球凍結状態）がある。現在は部分凍結状態にあるが、二酸化炭素レベルが低下して温室効果が失われると、気候ジャンプが生じて、地球は全球凍結状態に陥る。一方、二酸化炭素レベルが現在の数百倍に達すると、再び気候ジャンプが生じて、無凍結状態に移行する。それは非常に高温環境のため、地表は激しい風化浸食作用を受けることになる。

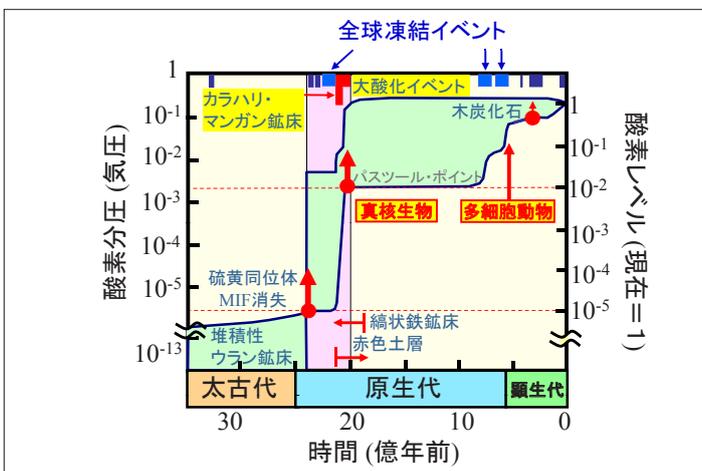


図3 地球大気中の酸素濃度の増加史。大気中の酸素濃度は、いまから約22億2200万年前の原生代初期と約6億3000万年前の原生代後期の二段階で上昇したのと考えられている。どちらもその直前に、全球凍結（スノーボールアース）イベントが生じている。また、酸素濃度の上昇後には、それぞれ真核生物と多細胞動物が出現したことを示す地質学的証拠が産出する。

Keywords

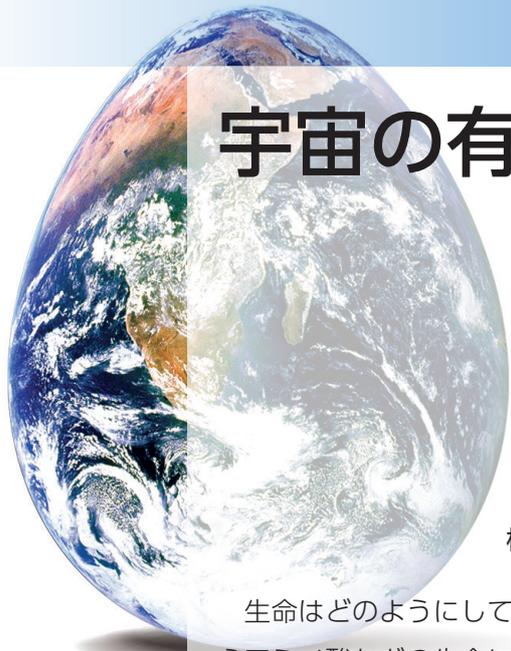
全球凍結：地球はかつてその表面がほぼ完全に凍結していた時期があったと考えられている。その状態を全球凍結状態と呼び、その出来事を全球凍結イベントまたはスノーボールアース・イベントと呼ぶ。いまから、約23億年前、約7億年前、そして約6億5000万年前の少なくとも3回生じたことが知られている。

真核生物：生物は古細菌、真正細菌、真核生物という3つのドメインに分類される。真核生物は、動物、植物、菌類、原生生物などから構成される。細胞内に核やリボソーム、ミトコンドリア、葉緑体（植物の場合）などの細胞小器官を含む。

多細胞動物：後生動物と呼ばれる真核生物の分類群のひとつ。海綿動物や中生動物、真正後生動物などを含む。このうち真正後生動物には節足動物や脊索動物を始め、動物門のほとんどが属しており、動物とほぼ同義。



宇宙の有機物に生命の起源を探る



こばやし けんせい
小林 憲正

横浜国立大学／自然科学研究機構新分野創成センター



生命はどのようにして誕生したかは、人類に遺された大きな謎です。かつては、原始地球大気からアミノ酸などの生命に必須な有機物が多く生成したと考えられていましたが、近年、原始地球大気からの有機物の生成は限定的であると考えられるようになりました。

代わって注目されているのが、宇宙からの有機物の供給です。隕石や彗星にはさまざまな有機物が検出されています。これらは、太陽系が誕生する前の分子雲（暗黒星雲）内で生成したと考えられています。実際にこのような環境を模擬した実験を行うと、アミノ酸のもとになる高分子量の有機物の生成が確認されました。これが、地球の海に供給された後、さらなる進化により、生命にまで進化したのでしょう。

生命誕生の最大の謎は、物質から生命への変換が起きたと考えられる約 40 億年前頃の物証が現在の地球に全く遺されておらず、その検証は困難であることです。しかし、近年、探査機を用いて太陽系の天体の探査が可能となったことから、生命誕生に関するさまざまな情報が他の天体から得られることが期待されます。

たとえば、土星の衛星「タイタン」は原始地球と類似した環境を有していることが知られるようになりました。タイタンの探査により、原始地球環境下での物質の進化に関する多くの情報が得られることが期待できます。また、火星や木星の衛星「エウロパ」などに生命が存在する可能性が示唆されています。これらの天体の探査により、地球生命と異なる生命形態がわかれば、生命誕生の道筋に関する大きなヒントが得られると考えられます。

これらの探査から得られた情報と、さらに実験室での模擬実験を組み合わせることにより、地球や他の天体上でどのようにして生命が誕生したかが解き明かされていくことが期待されます。

横浜国立大学大学院工学研究院教授 理学博士

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野客員教授

1977年 東京大学理学部化学科卒業。

1982年 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。

米国メリーランド大学化学進化研究所研究員等を経て、2003年より現職。

専門は、分析化学を基盤としたアストロバイオロジー研究で、宇宙・地球における化学進化や、極限環境生命の検出法を研究している。

著書に「生命の起源 宇宙・地球における化学進化」（講談社、2013年）、「アストロバイオロジー 宇宙が語る生命の起源」（岩波書店、2008年）などがある。



図1 ハレー彗星の核
大きく尾を引く彗星も、その本体は直径10km程度の氷と塵からできた核である。太陽に熱せられると塵を放出するが、その中に多様な有機物の存在が確認されている。

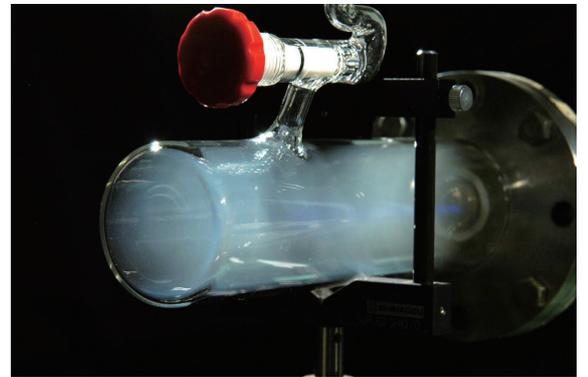
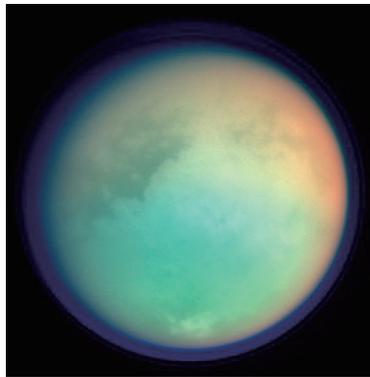


図2 タイタン（左）とその大気モデル実験（右）
タイタンは土星最大の衛星で、窒素・メタンなどからなる濃い大気をもつことから原始地球のモデルとして注目されている。模擬タイタン大気を用いた実験からはアミノ酸前駆体などの生成が確認されている。

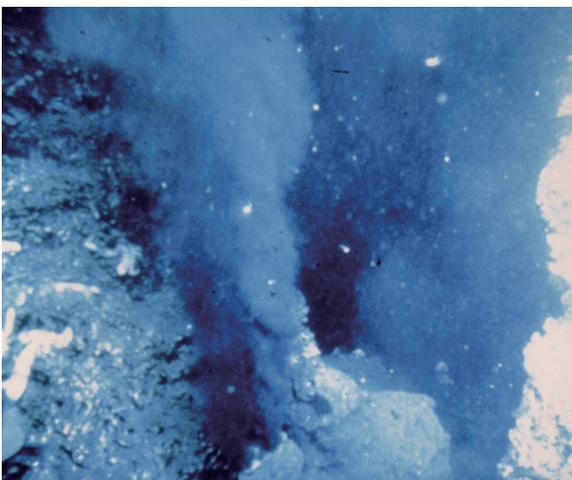


図3 海底熱水噴出孔
地球生命が誕生したのは地球の海、特に高温高圧の熱水が噴き出している海底と考えられている。

Keywords

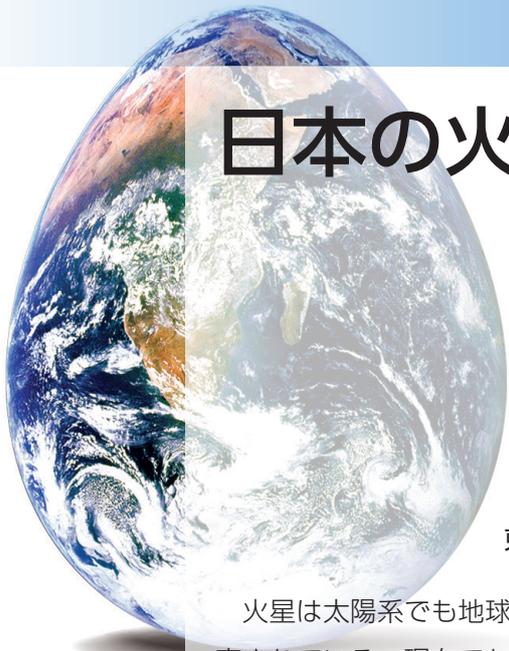
生命：生命の定義は人により異なるが、物質レベルでは、外界とのしきりがあること、外界から物質やエネルギーを取り込み制御された化学反応を行うこと、自己複製することなどが特徴とされる。

化学進化：物質が単純なものからより複雑で機能をもったものに変化していくこと。1920年代にオパーリンらによって生命の起源を説明する概念として提唱された。

アミノ酸前駆体：水中で分解されることによりアミノ酸となる分子の総称。宇宙環境や原始地球環境を模擬した実験を行うと、アミノ酸そのものではなくアミノ酸前駆体が生成することが多い。



日本の火星生命探査計画提案



やまぎし あきひこ
山岸 明彦

東京薬科大学／自然科学研究機構新分野創成センター

火星は太陽系でも地球にもっとも似た惑星である。火星の誕生初期にはおそらく海があったと推定されている。現在でも火星の極域には水の氷が大量に残されている。また、クレーターの側面からここ数年の間に何か flowed ような痕跡が多数発見されている。おそらく、これは高塩濃度の水が流出したあとなのではないかと推定されている。

地球上には様々な物質をエネルギー源として生育できる微生物が発見されているが、火星には、地球の微生物であればエネルギー源として利用できる幾つかの化合物（メタン、還元型の硫黄）が発見されている。火星の大気圧は地球の 0.7% と大変薄く、温度も低い（-120℃～ 20℃）が、地球の微生物であっても一定期間生存可能な条件である。したがって、火星にも生命が誕生したのであれば、まだどこかに生存している可能性があるのではないかと推定している。

そこで、われわれ日本の研究チーム（東京薬科大学、宇宙科学研究所、その他）は火星に探査機を送り、生命探査を行う計画を準備中である。仮に火星に微生物が生存しているとして、地球の微生物とは大分異なる可能性もある。そこで、どの様な微生物であっても検出出来る様な方法を考案し、準備を行っている。その方法は蛍光顕微鏡をもちいて、有機物でできていれば検出でき、それが膜に囲まれていれば、細胞であると判定できる方法である。火星に到着した探査機から探査車（ローバー）を火星表面に着陸させ、ローバーのシャベルで火星表面の土壌を採集する。それを、蛍光顕微鏡で自動的に観察して、解析した画像を地球に転送する。計画が無事に進行した場合に 2020 年代に打ち上げることを想定して準備を進めている。

東京薬科大学生命科学部極限環境生物学教室教授 理学博士

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野客員教授

西暦 1975 年東京大学教養学部基礎科学科卒業。 1981 年東京大学大学院博士課程修了。

カリフォルニア大学バークレー校博士研究員、東京工業大学理学部生命理学科助手、1995 年東京薬科大学生命科学部助教授を経て、西暦 2005 年より現職。

専門は微生物学。特にタンパク質工学と生命の初期進化。現在はアストロジーに関心をもつ。

著書に、『化学進化・細胞進化』（共著、岩波書店、2004）、『古細菌の生物学』（共著、東京大学出版会、1998）、『アストロバイオロジー』（編集、化学同人、2013）、などがある。

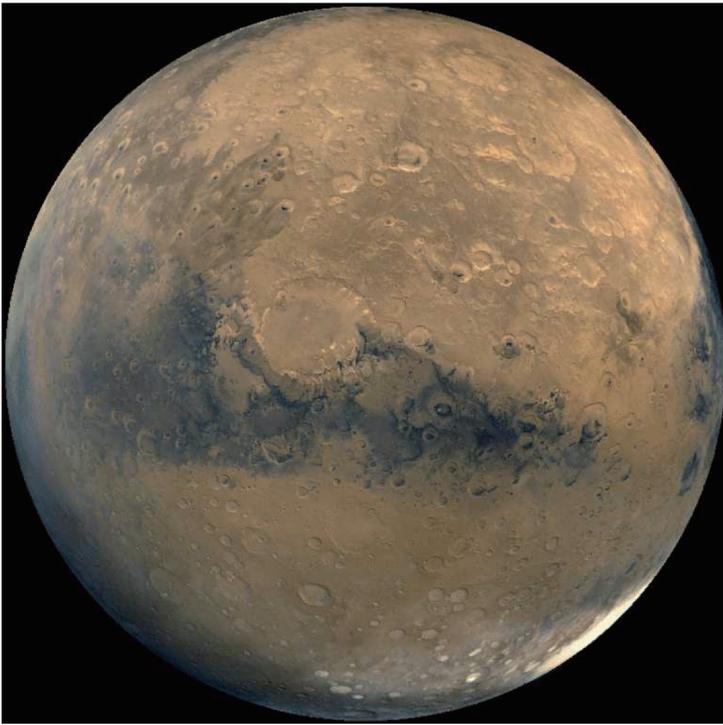


図1 火星：パイキング周回機が撮影した火星の画像（1980. NASA/JPL-Caltech）

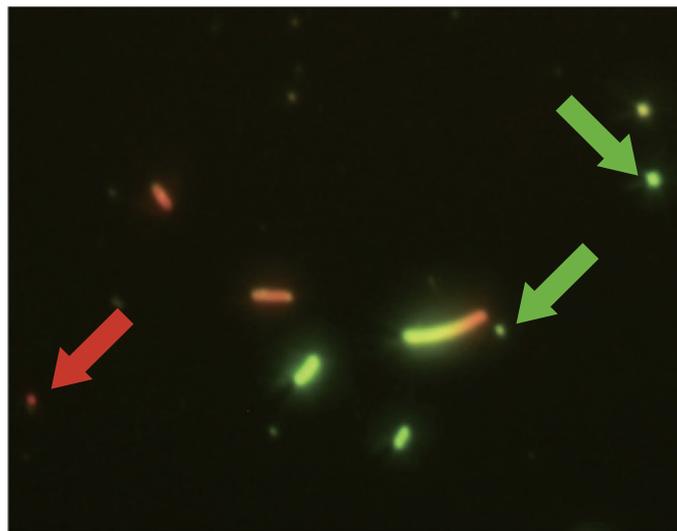


図2 微生物の蛍光顕微鏡写真：
生きた微生物細胞（緑矢印）と
死んだ微生物細胞（赤矢印）

Keywords

蛍光顕微鏡：一般的な顕微鏡は光を試料に照射して透過した像を観察する。蛍光顕微鏡では、照射した光を蛍光色素に吸収させ、蛍光色素が発光する特徴的な色の光を観察する事から、どこに蛍光色素があるかを見分ける。蛍光色素には、たとえば有機物にだけ吸着する蛍光色素など、特徴的な性質をもつ蛍光色素がある。うまく蛍光色素を選んで用いることで、例えば、有機物を検出することや、生きた細胞を検出することなどが可能となる。

生きた細胞と死んだ細胞：細胞が生きている状態では外部から餌（エネルギー源）となる物質を取り込み、餌からエネルギーを取り出し、細胞に必要な物質を作り出し、分裂して増殖する。これらの反応を直接観察することは難しいが、生きた細胞では取り込んだ物質を閉じ込める為に物質透過性の低い膜を表面に持っている。細胞が死ぬと、膜の物質透過性が上昇する。これを利用して、細胞が生きているか死んでいるかを蛍光色素を用いて判定する事が出来る。



地上生物学者からの アストロバイオロジーへの 期待と要望



は せ べ みつやす
長谷部 光泰

自然科学研究機構基礎生物学研究所・新分野創成センター

人類にとって科学には二通りの効用がある。一つは、直接的に生活を向上できることである。科学の進歩は技術革新、医療の向上に大きく寄与してきた。もう一つは、人々の心に幸福感をもたらすことである。我々は、新しいことを経験したり、疑問が解けたりすると幸福感が得られる。所謂、元気をもらえる点も科学の人類への大きな効用である。アストロバイオロジーはすぐに役にはたたないかもしれないが、その未知さは、人類が初めてキリンやゾウを見たときに匹敵する感動をもたらすことだろう。

多くの生物学者は地球外生命の存在に否定的である。これは、非生命と生命の間にあまりにも大きなギャップ（間隙）があるからである。ただ、この問題は、地球外生命に限らない。現生生物の中には、中間型が見つからず、祖先からどのように進化してきたのかがわからない生物がたくさんいる。また、発生においてもギャップがある。個体発生は受精卵から順番を追って徐々に進行する。しかし、時に、できあがった体から受精卵や違う形の体が出現したりすることもある。我々はこのような進化や発生におけるギャップがどうして生じるのかを研究している。

今回の講演では、進化のギャップとして、食虫植物の消化酵素や捕虫葉がどのように進化してきたのかを紹介する。植物なのに動物を消化してしまう食虫植物は壺状の葉を持ち、その中に消化酵素を含んだ消化液を貯めている。平面上の葉をどうやったら壺状にできるのか、どこから消化酵素を獲得したのかについての研究結果を紹介したい。また、発生のギャップとして、植物の完成した葉細胞が受精卵のような細胞（幹細胞）へと逆戻りしてしまう現象を紹介する。植物は動物よりも簡単に幹細胞化を引き起こせるが、その理由はわかっていない。我々は植物においてたった1つの遺伝子の働きを変化させるだけで、葉からによきによきと幹細胞を作り出すことに成功した。この遺伝子を材料として、どうして発生上のギャップが生じるのかについて議論したい。

最後に、食虫植物と幹細胞化から推定されたギャップを生じさせる理由を勘案し、地球外生命について議論してみたい。

自然科学研究機構基礎生物学研究所教授 博士（理学）

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野教授（併任）

1987年東京大学理学部植物学教室卒。1991年東京大学大学院理学系研究科植物学専攻博士課程中退。東京大学理学部附属植物園助手、日本学術振興会海外特別研究員（米国Purdue大学）などを経て、2000年より現職。専門は発生進化学。2005年日本学術振興会賞、日本学士院学術奨励賞、2008年日本植物学会学術賞、2013年米国植物学会Jeanette Siron Pelton Awardを授賞。

食虫植物の消化酵素や捕虫葉はどのように進化したのだろうか？



図1 さまざまな食虫植物。虫を捕らえる葉（捕虫葉）は、祖先の普通の葉から進化してきたと推定されるが、どうしてそのような進化が可能だったのかは不明である。図中下段のフクロユキノシタは生育条件によって普通の葉を形成したり、捕虫葉を形成したりする。

ヒメツリガネゴケ葉細胞の幹細胞化

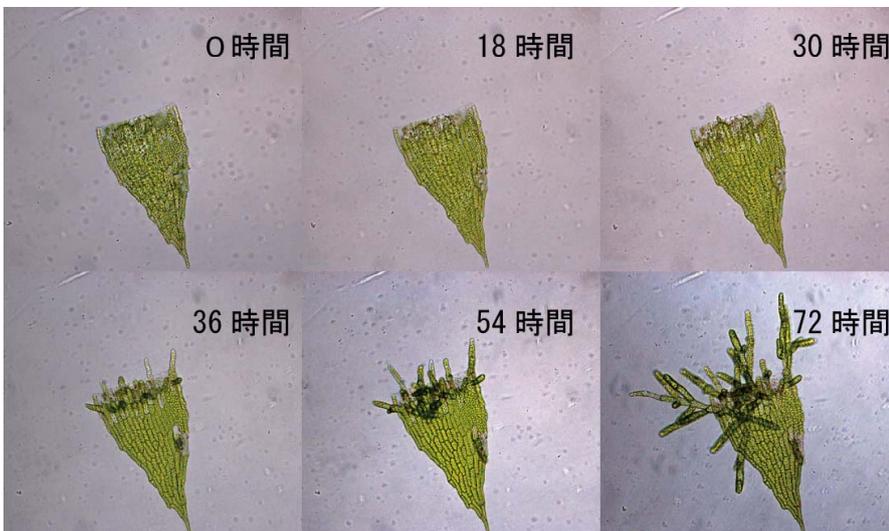


図2 植物の幹細胞化。コケ植物ヒメツリガネゴケは葉を切断して水につけておくだけで、葉細胞が幹細胞へと変化し、にょきにょきと伸びだしてくる。伸びだした先端に幹細胞があり、それぞれ新しい個体を形成する。できあがった葉から幹細胞へはどのように短時間で変化するのはまだよくわかっていない。

Keywords

食虫植物：小動物を消化して栄養分を吸収できるため、貧栄養の場所でも生育できる。花の咲く植物（被子植物）の中で何回も進化した。

幹細胞：受精卵のように体のほとんどの細胞を生み出す元となる細胞。哺乳類の分化細胞を幹細胞化する技術が進展し、再生医療に利用されつつある。

アストロバイオロジーにおける サイズとノイズの問題



ながぬま たけし
長沼 毅

広島大学／自然科学研究機構新分野創成センター

私が「生命」を考えると、よくふたつのことを考えます。ひとつは「なぜ細胞はこんなに小さいのか」、もうひとつは「なぜ生命はこんなにたくましいのか」ということです。地球の生物はみな「細胞」からできています。目に見えないほど小さな微生物は単細胞、私たち人間のように大きな生物は小さな細胞がたくさん集まった多細胞……大きな生物は、けっして細胞が大きいのではなく、小さな細胞がたくさん集まっただけです。そこで私は「細胞の小ささの意味」を考えてみました。

細胞の中では遺伝子の発現や酵素の作用など多種多彩な“はたらき”あるいは“出来事”が整然と進んでいますが、時々“ノイズ”が生じます。それがたまたま“よいノイズ”なら、それを発生しやすい細胞ひいては個体がよりよく生残・繁殖するでしょうし、“わるいノイズ”なら、それを発生しがちな細胞や個体は減っていくでしょう。このことは、遺伝子の突然変異もノイズとすれば、現代進化論と同じになります。ここで、進化論も然ることながら、私は「生命のたくましさ」すなわち「ロバストネス」にノイズを適用したいと思います。

細胞の中で発生するノイズの大半は役立たずで、生命のロバストネスに無関係でしょう。しかし、時として「よいノイズ」が発生するかもしれません。それが有意な効果を発揮できるとしたら、全体で起きている出来事の数が少ないほうがいいでしょう。このことが細胞サイズの上限に関係あると私は考えています。

ここからは私の妄想ですが、一般的な細胞のサイズ（ $1 \sim 10 \mu\text{m}$ ）というのは、そこに含まれる分子ひいては出来事がいい具合に少なく「よいノイズ」を拾いやすいのかもしれませんが。一般に生物は小さいものほど数が多いのですが、細胞サイズの下限（ $0.1 \mu\text{m}$ ）に近づくと急に数が減ります。これは細胞が小さすぎて必要以上にノイズが効いてしまうためかもしれない、と考えているところです。

広島大学大学院生物圏科学研究科（生物生産学部）准教授 理学博士
自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野客員准教授

1984年筑波大学第二学群生物学類卒業。1989年筑波大学大学院生物科学研究科博士課程修了。1989年海洋科学技術センター（現・海洋研究開発機構）研究員、1994年広島大学、現在に至る
極限環境に住む微生物の生態と進化と、地球外生命の探査に関心をもつ。著書に『生命の起源を宇宙に求めて』（化学同人、2010）、『形態の生命誌』（新潮社、2011）など多数。

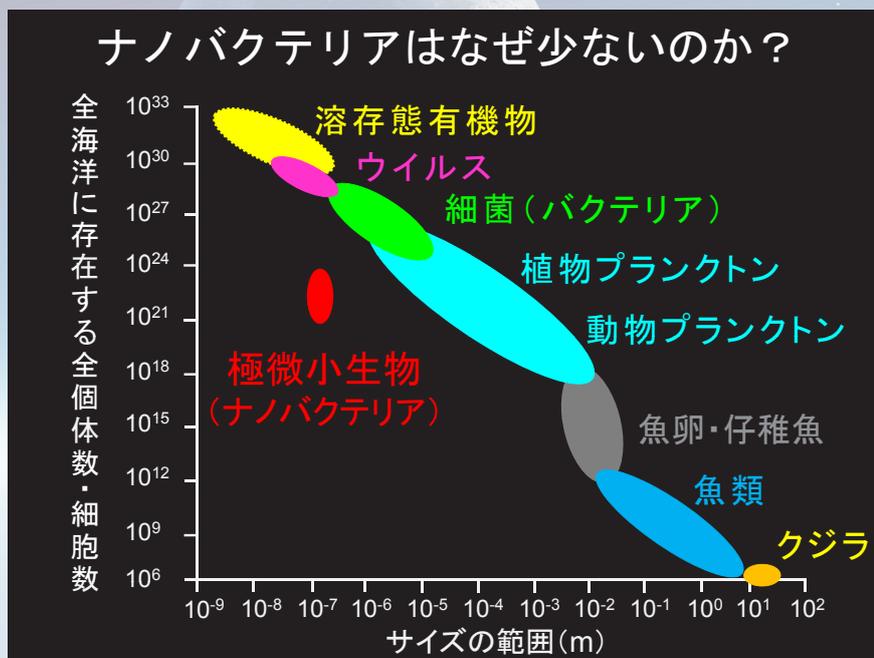


図1 全海洋に存在する生物の個体数と体サイズの関係。一般に小さいものほど多くなるが、細胞サイズの下限近くの「極微小生物」(ナノバクテリア)は予想されるよりずっと少ないことがわかる。

構成物質	重量%	平均分子量	種類数	個/細胞
水	70	18	1	4×10^{10}
無機イオン*	1	40	20	2.5×10^8
炭水化物**	3	150	200	2×10^8
脂質**	2	750	50	2.5×10^7
アミノ酸**	0.4	120	100	3×10^7
ヌクレオチド**	0.4	300	200	1.2×10^7
その他低分子	0.2	150	200	1.5×10^7
タンパク質	15	4×10^4	3000	10^6
DNA	1	2.5×10^9	1	2
RNA	6	5×10^5	1000	10^5

* Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} など

** 前駆物質を含む

表1 大腸菌の構成物質 (J.D. ワトソン『遺伝子の分子生物学 (第2版)』化学同人 1970 年より)。細胞内に存在する分子の数がこれくらいなら「ノイズ」が効果を発揮しやすいのだろうか。

Keywords

細胞：私たちが知っている生物の体をつくる単位で、細胞膜が細胞質を包んでいる。遺伝子を担う DNA が細胞質に漂っている原核細胞と、それが細胞核に収められた真核細胞がある。

ノイズ：不要な情報や信号 (シグナル) のことで「雑音」ともよばれる。ここでは熱雑音や分子のブラウン運動などで起きしまう不要な出来事や反応のことをノイズとよんでいる。

ロバストネス：外部からの攪乱を受けても変化せず安定性を保つような性質のことで「頑強性」ともよばれる。生物の恒常性 (ホメオスタシス) はロバストネスの代表例である。

高感度電波天文観測で探る 生命素材宇宙起源説



おおいし まさとし
大石 雅寿

自然科学研究機構国立天文台・新分野創成センター

「生命はどうやって発生したのか」は人類の根源的問いの一つと言えます。「私達は宇宙で孤独な存在なのか、あるいは、他惑星に仲間がいるのか？」

地球の生命は約 35 億年前に誕生し、地球環境の変化と共に進化してきました。生体内では多種多様な化学反応が起きており、生命を理解するためには非常に広範な科学分野の密接な連携が必要となります。そして、「宇宙における生命の起源・進化・分布・未来の研究」を目的とするアストロバイオロジーという新しい学問分野が 1990 年代末に提案されました。

最近では、「生命の種」(アミノ酸、糖、核酸塩基やそれらの前駆体などの有機分子)を宇宙から初期惑星環境に持ち込むことが生命の発生にとって重要ではないかとのアイデアも出されています。太陽系外惑星が 940 個以上も見つかっており、もしかしたら他の惑星にも生命が存在するかもしれないとの期待も高まっています。

本講演では、国立天文台野辺山にある 45m 望遠鏡によるアミノ酸前駆体の高感度観測結果を中心に、居住可能惑星での生命兆候(バイオマーカー)の話題など、天文学から生命を理解しようとする活動の一端をご紹介します。

自然科学研究機構国立天文台准教授 理学博士

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野准教授(併任)

東京大学大学院理学系研究科天文学専攻修了(1985年)。理学博士。専門は、電波天文学、アストロバイオロジー、データベース天文学。富山大学理学部、国立天文台野辺山宇宙電波観測所を経て、現在、国立天文台天文データセンター長を務める。著書に『アストロバイオロジー』(共著)、『天文学小事典』(共著)、『宇宙と生命9の論点』(共著)など。井上研究奨励賞(1987年)、日本データベース学会論文賞(2005年)、日本ITU協会功績賞(2006年)。



Photo: @NAOJ

図1 国立天文台野辺山
宇宙電波観測所の
45m電波望遠鏡と
ヘール・ボップ彗星

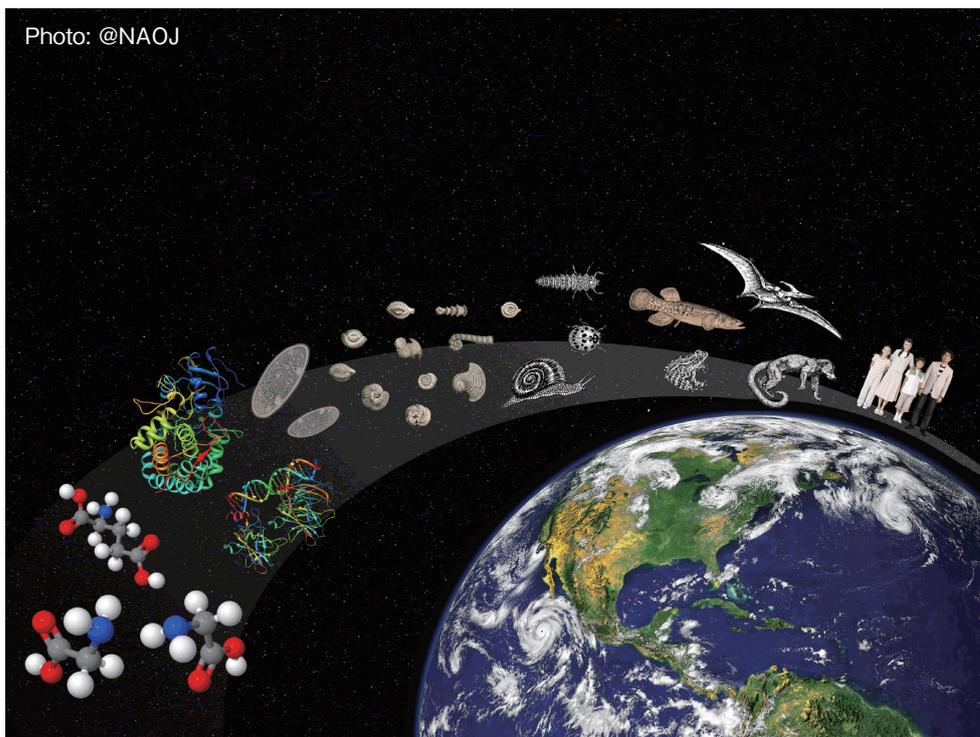


Photo: @NAOJ

図2 生命の素材が化学進化によってでき、さらに進化して私達人類まで繋がっている。

Keywords

前駆体：ある化学物質について、その物質が生成する前の段階の物質のこと。宇宙に豊富に存在する物質とアミノ酸前駆体が反応すればアミノ酸となる。

居住可能惑星：地球外生命の存在は未知であるが、初期生命の発生や進化には液体の水が不可欠であると考えられるため、中心星から惑星までの距離として、液体の水が存在し得る範囲にあるものを居住可能惑星（ハビタブル惑星）としばしば呼ぶ。その定義は、今後の研究の発展に伴って、変わる可能性がある。

系外惑星と宇宙偏光の観測で迫る 生命起源の謎



たむら もとひで
田村 元秀

東京大学／自然科学研究機構国立天文台・新分野創成センター

生命の起源を宇宙に求めることはアストロバイオロジーの最も大きな課題と言ってよいだろう。その切り口として、2つの方法が考えられる。ひとつは、ストレートに生命の場を宇宙に求める科学的手法として「太陽系の外の惑星を探し、そこに生命存在の証拠を求めること」であり、これは系外惑星研究として今や天文学・惑星科学の最重要分野のひとつになっている。もうひとつとしては、「生命の起源に直結する地球上の生命の性質の特異性の原因を宇宙に求めること」があり、これもまた今日の天文学手法の進展により新しい成果を挙げつつある。本講演では、この両者への天文からのアプローチを概観する。

1995年以來、太陽以外の恒星の周りに既に900個以上の惑星（系外惑星）が発見されており、2013年までにNASAのケプラー衛星のデータの一部が公開され、2700個を超える新たな系外惑星候補が発見された。さらに、10年以上にわたって続けられてきたドップラー法による系外惑星探査の集大成とも言える報告もなされ、宇宙には地球型惑星がありふれていることが統計的に明らかになってきた。これらの中には多数の地球型惑星とハビタブルな惑星候補も含まれており、宇宙には生命を宿せる惑星は数多くあると言ってよいだろう。講演では、系外惑星観測の最前線を説明し、第2の地球の発見までの処方箋を紹介する。

いっぽう、なぜ地球上の生体を構成するタンパク質のアミノ酸は、ほぼすべて左手型の鏡像異性をもつのだろうか？この150年にもわたる謎を解くための重要な鍵は宇宙にあるかもしれない。地球外説に基づく、この非対称性は、星形成領域で生じた円偏光を通して太陽系形成以前に有機分子に刻印され、隕石や彗星によって地球に運ばれて、生命の起源になったと考えることができる。講演では、この議論の端緒となった最近の円偏光観測の結果を紹介する。

東京大学大学院理学系研究科教授 自然科学研究機構国立天文台太陽系外惑星探査プロジェクト室長 理学博士
自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野客員教授

西暦1988年京都大学理学研究科博士課程修了。米国国立光学天文台研究員、NASAジェット推進研究所研究員、国立天文台助手・准教授を経て、2013年より現職。専門は、系外惑星天文学、赤外線天文学、星・惑星形成、星間物質の観測的研究。日本天文学会林忠四郎賞、ダイワエイドリアン賞、アジア太平洋地球物理学会惑星科学部門Distinguished Lecturer受賞。欧文査読出版論文は約270編で、著書に『宇宙は地球であふれている』（共著、技術評論社、2008年）、『宇宙画像2012』（ニュートン、2012年）、『地球外生命9の論点』（共著、講談社ブルーバックス、2012年）などがある。

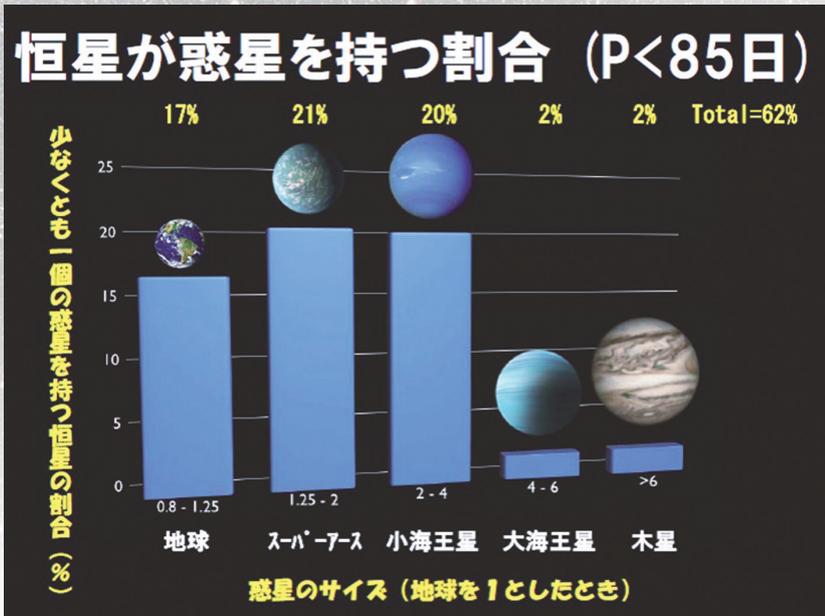


図1 ケプラー衛星が発見した惑星候補のサイズ別の頻度。ただし、周期が85日未満の短周期惑星に限る。地球(0.8-1.25地球半径)、スーパーアース(1.25-2地球半径)、小さな海王星(2-4地球半径)、大きな海王星(4-6地球半径)、木星(>6地球半径)の各クラスの惑星頻度が示してある。周期の少ない地球型惑星頻度は約1/6。ハビタブルゾーンにある地球型惑星頻度は現時点ではわからない。

Photo: NASA、F. Fressin

図2 生命をかたちづくるアミノ酸の謎のイメージ図。宇宙で形成されたアミノ酸が彗星や隕石によって地球にもたらされる仮説において、アミノ酸が左手型にかたよる理由は謎であった。星形成領域に普遍的に見られる円偏光がその原因かもしれない。

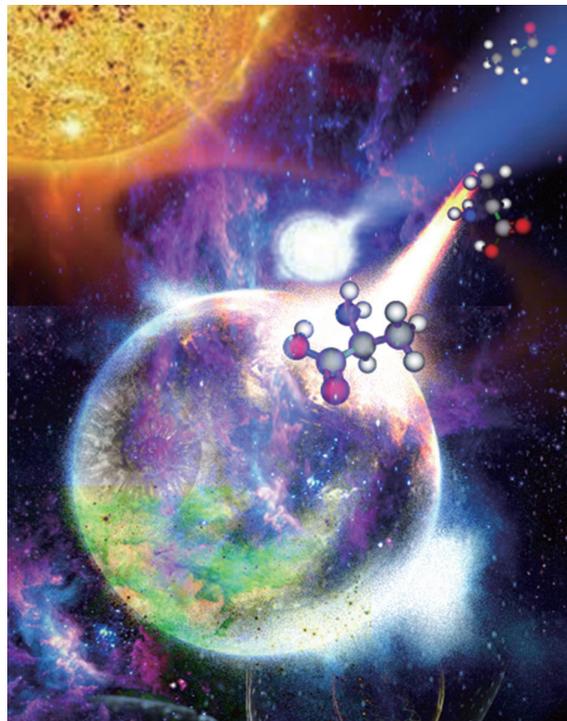


Photo: 国立天文台、J. Kwon

Keywords

ハビタブル惑星：表面温度が、液体の水を維持しうる、つまり、蒸発や凍結しない環境になっていると考えられる惑星。また、そのような領域をハビタブル領域と呼ぶ。

ケプラー衛星：2009年にNASAが打ち上げた口径約1メートルの望遠鏡を搭載する系外惑星探査衛星。太陽に似た恒星のまわりのハビタブル地球型惑星の検出に最適化されている。15万個の星の明るさを連続的かつ同時にモニターしており、惑星が恒星の前を横切るときの明るさの変化などを捉える(トランジット法)。2013年に、トラブルのため系外惑星の延長観測を断念した。

ドップラー法：惑星が恒星のまわりを公転することによる恒星の速度ふらつきを高精度分光器で検出する。1995年の発見もこの手法による。従来は可視光で行われていたが、すばる望遠鏡用に赤外線の専用装置を開発中。太陽の近くの軽い星のまわりの地球型惑星探査に向いている。

鏡像異性：分子の組成が同じでも、右手と左手のようにお互いを重ね合わせることができない性質。生命のアミノ酸は左手型に偏っている。

パネルディスカッション



- 立花 隆 ジャーナリスト
- 小林 憲正 横浜国立大学 教授／自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授
- 山岸 明彦 東京薬科大学 教授／自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授
- 長谷部光泰 自然科学研究機構基礎生物学研究所 教授・新分野創成センター 教授(併任)
- 長沼 毅 広島大学 准教授／自然科学研究機構新分野創成センター 客員准教授
- 大石 雅寿 自然科学研究機構国立天文台 准教授・新分野創成センター 准教授(併任)
- 田村 元秀 東京大学 教授／自然科学研究機構新分野創成センター 客員教授



たちばな たかし
立花 隆

ジャーナリスト

1964年東京大学仏文科卒業。同年文藝春秋社に入社。66年文藝春秋社退社。67年東京大学哲学科に入学、フリーライターとして活動を開始する。95～98年東京大学先端科学技術センター客員教授。96～98年東京大学教養学部非常勤講師として、第一次立花ゼミ「調べて書く」ゼミを開講。2005年東京大学大学院総合文化研究科特任教授就任を機に、第二次立花ゼミを開講。07年～10年立教大学21世紀社会デザイン研究科特任教授、08年～11年立教セカンドステージ大学特任教授、11年～12年同大学客員教授。07年より東京大学大学院情報学環特任教授に就任し、第三次立花ゼミを開講（ゼミ指導は10年まで）。ジャーナリスト・評論家として多くの著作をもつ。

閉会挨拶



おかだ きよたか
岡田 清孝

自然科学研究機構・理事 理学博士

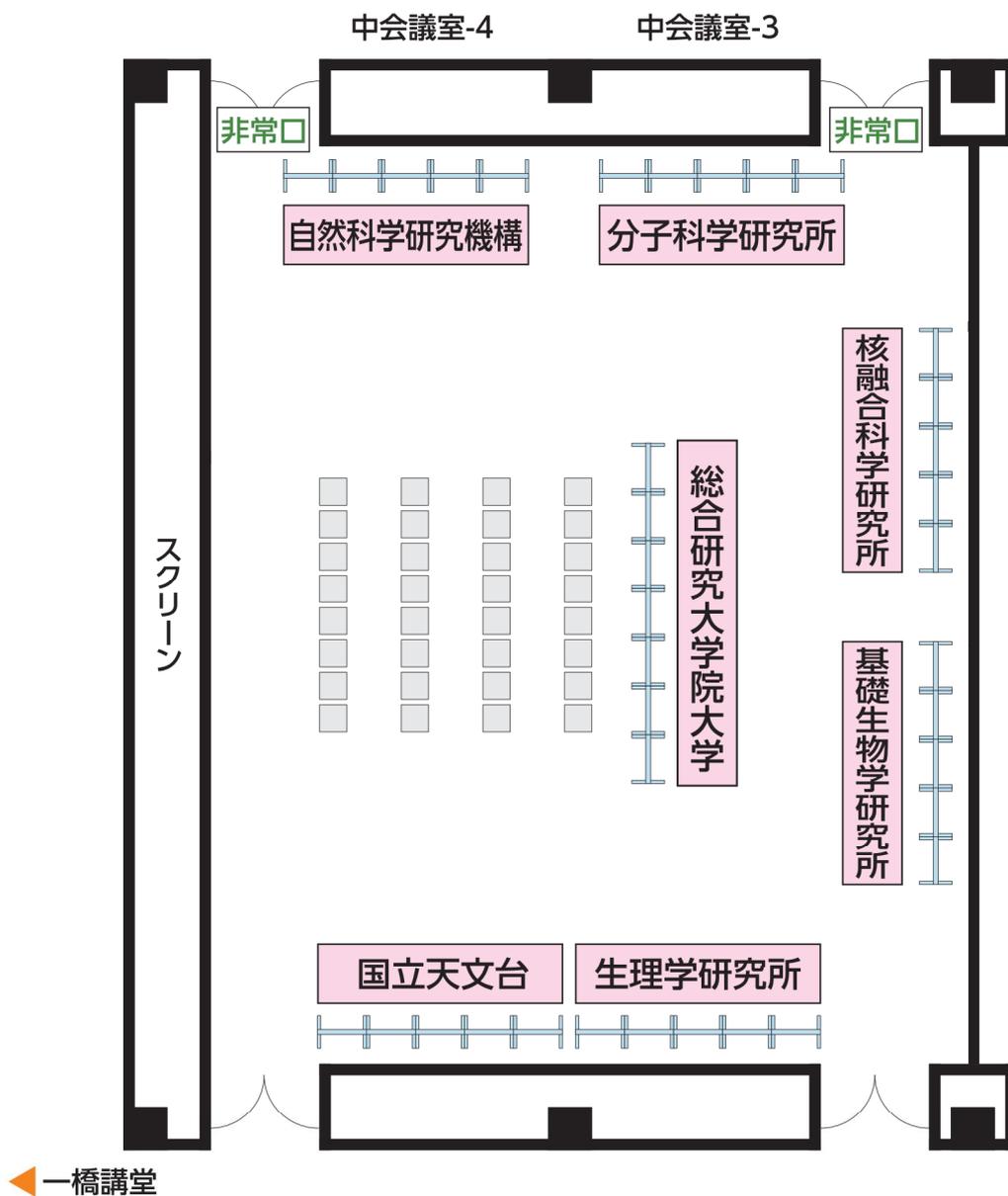
1971年京都大学理学部卒業、75年京都大学大学院理学研究科博士課程退学。75年東京大学理学部助手、86年岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所助手、89年同助教授、95年京都大学大学院理学研究科教授を経て、2007年より2013年まで自然科学研究機構副機構長、基礎生物学研究所長、2010年より現職。

専門は植物分子遺伝学。特にモデル植物シロイヌナズナを用いた植物の発生学。現在は器官の形成を司る細胞間シグナル伝達の機構に関心をもつ。

著書に『植物の形づくり』（共立出版、2002年）、『植物の環境応答と形態形成のクロストーク』（シュブリンガー・フェアラー東京、2004年）、『モデル植物の実験プロトコール』（秀潤社、2005年）（いずれも共編）などがある。

自然科学研究機構新分野創成センター長

展示会場案内図



写真等の撮影について

当イベントで撮影した写真・映像・音声等は当機構のホームページ上又はプレス発表、広報誌等に公表する場合がありますので、予めご了承下さい。



自然科学研究機構シンポジウム・メールマガジン

<http://www.mag2.com/m/0001498331.html>

会場

学術総合センター (一橋講堂)

東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター2階

【中継】 岡崎コンファレンスセンター

愛知県岡崎市明大寺町字伝馬8-1

【ライブ配信】 Ustreamにてライブ配信をします。視聴については右記URLをご覧ください。 http://www.nins.jp/public_information/sympo15.php

主催：大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

<http://www.nins.jp/>