

第20回 自然科学研究機構 シンポジウム

生命の起源と進化

地球から系外水惑星へ

2016年

3月13日 日

13:00～17:30 (開場12:00)

(主催)

NINS
National Institutes of Natural Sciences

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
<http://www.nins.jp/>

参加
無料

(会場)

学術総合センター

公開シンポジウム



プログラム

12:00～ 開場 ～パネル展示(展示会場にて研究所紹介やミニトーク等)～

開 会

13:00～13:10

13:00～13:10 機構長挨拶

佐藤 勝彦 (自然科学研究機構 機構長)

講 演

13:10～17:10

13:10～13:45 生命を宿す惑星の成り立ちを考える

玄田 英典 (東京工業大学 地球生命研究所 特任准教授)

13:45～14:20 水はどこから来たのか?—惑星系を伴う原始惑星系円盤の観測

および円盤内の水や氷の観測—

橋本 淳 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター 特任助教)

14:20～14:55 地球型惑星を探せ!これからの系外惑星観測

成田 憲保 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター 特任助教)

14:55～15:25 休 憩(30分)～パネル展示(展示会場にて研究所紹介やミニトーク等)～

15:25～16:00 極寒の南極で光合成をする生物たち

小杉 真貴子 (中央大学 助教)

16:00～16:35 生命の謎に迫る人工細胞

菅原 正 (神奈川大学 教授)

16:35～17:10 地球の覇者—昆虫の多様な世界

新美 輝幸 (自然科学研究機構 基礎生物学研究所 教授)

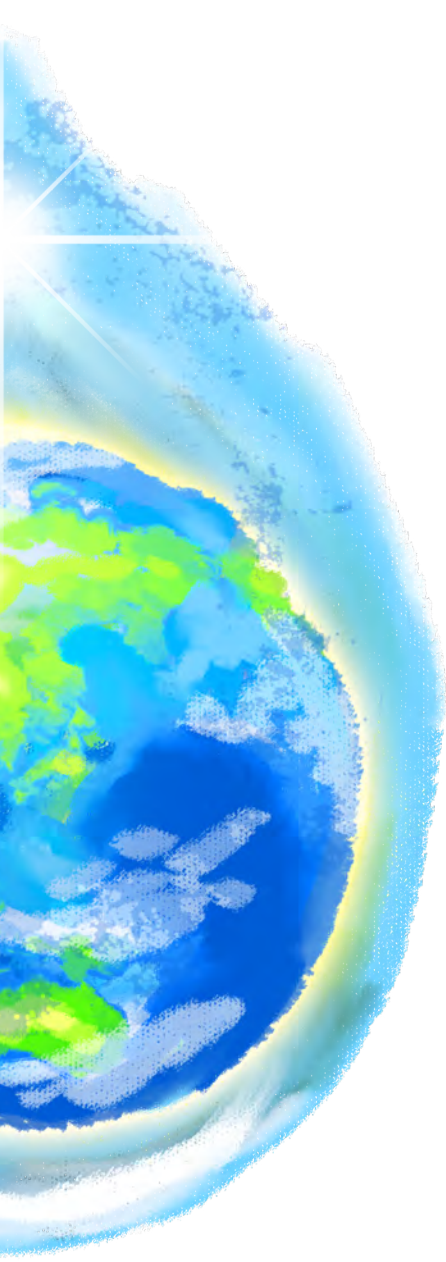
閉 会

17:10～17:20

17:10～17:20 閉会挨拶

田村 元秀 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター長)

※題目はすべて仮題であり、講演者が変更する場合があります。



さとう かつひこ
佐藤 勝彦

自然科学研究機構 機構長

1968年京都大学理学部物理学科卒業。1974年京都大学大学院理学研究科博士課程修了(理学博士)。1982年東京大学理学部助教授。1990年同大学院理学系研究科教授。1999年同研究科付属ビッグバン宇宙国際センター長。2001年同研究科長・理学部長。2009年定年退官。同年、同大学名誉教授。2013年日本学士院会員。2014年度文化功労者。同年度香川県文化功労者。2016年現在、大学共同利用機関法人自然科学研究機構長。第5回井上學術賞、第36回仁科記念賞、紫綬褒章、日本学士院賞など受賞。



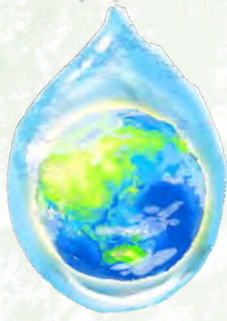
たむら もとひで
田村 元秀

自然科学研究機構
アストロバイオロジーセンター センター長

東京大学大学院理学系研究科 教授

国立天文台太陽系外惑星
探査プロジェクト室 室長

1988年京都大学大学院博士課程修了 理学博士。1992年～1998年国立天文台助手。1998年～2013年国立天文台助教授(准教授)。2013年～現在東京大学大学院理学系研究科教授。2015年～現在自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター・センター長。2012年日本天文学会林忠四郎賞、2014年東レ科学技術賞など受賞。



生命を宿す惑星の 成り立ちを考える

玄田 英典 (東京工業大学 地球生命研究所 特任准教授)

惑星上に生命が誕生し進化するための条件とはどのようなものでしょうか? 実のところは、よくわかっていません。地球上には生命が存在することから、地球のような惑星であれば生命が誕生するかもしれないと考えることもできますが、どれくらい地球と違っていても生命が誕生するのでしょうか? という問いについては現段階ではっきりとした答えは見いだせていません。一方で、我々が唯一知っている地球生命を詳しく見てみると、地球型の生命が誕生するために必要な惑星の条件(十分条件ではない)についてはいくつか導き出すことができます。その一つが惑星表面の液体の水の存在、つまり海の存在です。地球生命は少なくとも化学反応一部に液体の水を利用していることから液体の水が生命誕生と進化に重要な役割を担ってきたのは間違いありません。また、地球においては、陸地の出現、プレートテクトニクスの存在など、地球本体の進化が、地球表層環境を安定的に長期間永続させるのに重要な役割を果たしてきたと考えられています。そこで、比較惑星学という観点から、どのようにして地球が作られて、どのようにして地球に水が供給されて、表層環境がどのような仕組みで長期間安定的に存続できたのかについて検討していきたいと思います。また、地球のような惑星がこの宇宙にたくさん存在しているのかどうかについても検討したいと思います。



PROFILE

東京工業大学 地球生命研究所(ELSI) 特任准教授。博士(理学)。

2004年 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 博士課程終了。その後、日本学術振興会PD、東京大学GCOE 特任助教を経て、2012年より現職。専門は比較惑星学。地球の形成過程、生命が誕生した初期地球環境の解明を目指す。NHK「コズミックフロント」や「サイエンスZERO」などのメディア出演やアウトリーチ活動にも力を入れている。



図1 宇宙に存在するであろう様々な特徴をもった地球型惑星（想像図）
NASA/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC-Caltech)

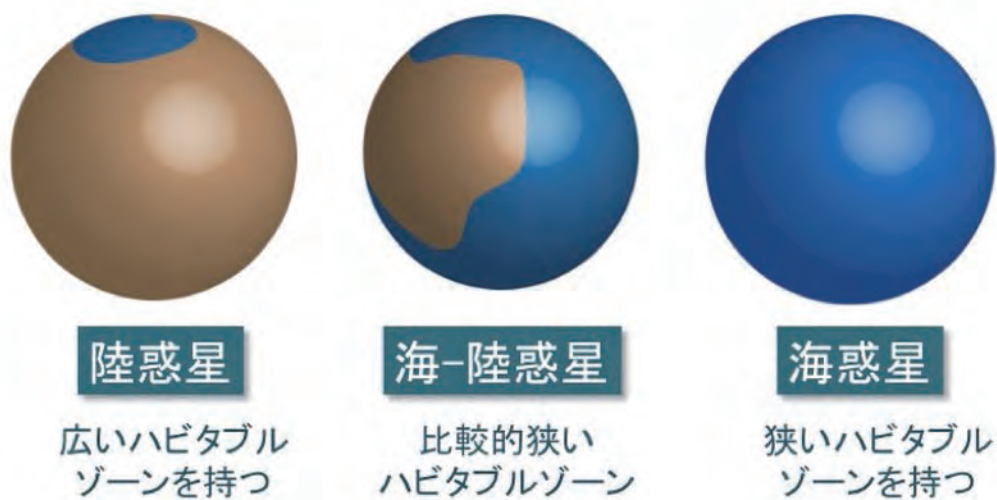


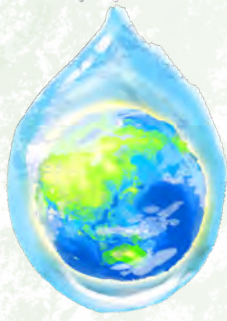
図2 海水量の異なる地球。現在の地球は、海と陸が存在する海-陸惑星に分類される。

KEYWORDS

比較惑星学：惑星の特徴を比較することによって地球という惑星の普遍性・特殊性を明らかにする学問。

プレートテクトニクス：地球の表面を覆ったプレート(岩石の板)が絶えず生成・水平移動・地球内部に沈み込むことによって地球の表層が絶えず更新されているという学説。

ハビタブルゾーン：惑星表面上に液体の水が存在できる中心星(太陽)からの距離の範囲。太陽系では、地球はハビタブルゾーンの中に存在している。



水はどこから来たのか？

－惑星系を伴う原始惑星系円盤の 観測および円盤内の水や氷の観測－

橋本 淳 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター 特任助教)



地球上の生命にとって必要不可欠な水。水はどこから来たのでしょうか。太陽が生まれて間もない年齢100万年程度の頃(人間の年齢に例えるならば生後1週間程度)、太陽にはガスや塵から成る円盤がありました。その円盤は、私たちの地球や木星などの生まれ故郷でもあるため、原始惑星系円盤と呼ばれています。現在の太陽系では、原始惑星系円盤はすでに惑星や小惑星などに成長しているため観測することができませんが、太陽以外の若い天体を取り巻くいくつかの原始惑星系円盤を観測したところ、そこに水(水蒸気や氷を含む)が存在していることが近年わかってきました。生まれて間もない太陽を取り巻く原始惑星系円盤にもきっと水が存在していたことでしょう。当時は氷となって塵と混じていた水が、彗星の材料となって地球に降り注いだかもしれません。私たちの研究グループでは、若い天体を取り巻いている原始惑星系円盤をハワイにあるすばる望遠鏡を使って精力的に観測してきました。講演では、すばる望遠鏡が明らかにした若かりし頃の太陽系を連想させる様々な姿の原始惑星系円盤を紹介し、そこに見つかった水について解説します。さらに、原始惑星系円盤に見つかった水の起源(円盤内で生成されたのか、原始惑星系円盤の形成母体である分子雲から取り込まれたのか)についても言及します。

PROFILE

自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター特任助教。理学博士。

2005年東京理科大学大学理学部化学科卒業。総合研究大学院大学大学院博士課程修了。2010年国立天文台研究員、2013年米国オクラホマ大学研究員を経て、2015年より現職。専門は赤外線天文学。特に原始惑星系円盤の観測的研究に関心をもつ。

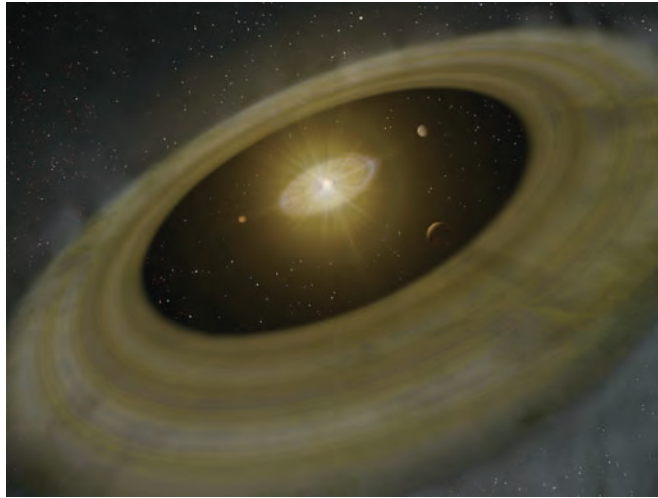


図1 惑星を保有している原始惑星系円盤の想像図。
惑星の重力によって円盤に巨大なギャップ構造が生じている様子。
(提供 国立天文台)

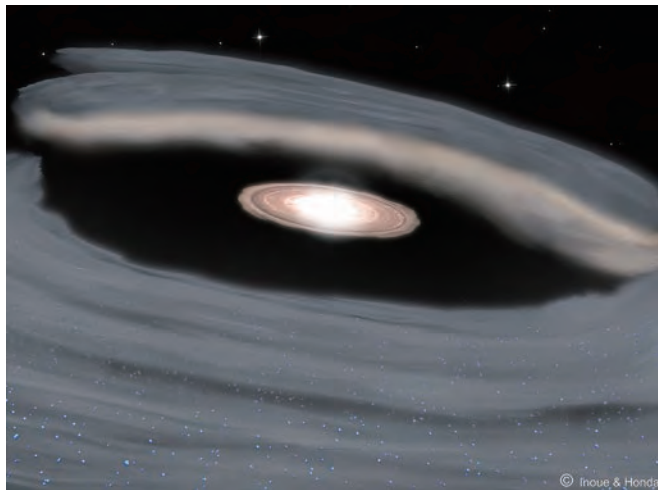
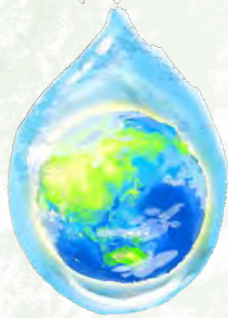


図2 円盤に存在する氷になった水の想像図。
固体微粒子と混じって存在していると考えられている。
(提供 井上昭雄氏、本田充彦氏、国立天文台)

KEYWORDS

原始惑星系円盤: 星は水素分子を主成分とするガスの塊である分子雲から生まれる。生まれて間もない年齢100万年程度の星は、水素分子などのガス(全体の約99%)やケイ酸塩などの僅かな固体微粒子(全体の約1%)から成る原始惑星系円盤が付随している。これら固体微粒子が衝突・合体を繰り返し微惑星へと成長することで地球のような岩石型の惑星が生まれ、さらにガスを捕獲することで木星のようなガス惑星が形成されると考えられている。

円盤の水の観測: 水は円盤内で主に水蒸気か氷の状態が存在している。中心星によって温められて水蒸気となっている場合、水蒸気自ら発する輝線を観測することで水の存在を確かめることができる。一方、低温の氷の場合、中心星の光の一部を吸収するという性質を利用して水の観測が行われる。



地球型惑星を探せ!

これからの系外惑星観測

成田 憲保 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター 特任助教)

太陽系外惑星の研究はこの20年ほどで大きく進展し、現在では夜空の星のほとんどに惑星があることがわかってきました。また、地球と同じように岩石できていて、液体の水が表層に存在できるような「生命居住可能惑星」の候補も発見されてきています。そしてこれから2020年代の前半にかけて、太陽系の近くにある恒星のまわりで、「第2の地球」とも呼べる生命居住可能惑星の探査が行われようとしています。そのために私たちは、MuSCATやIRDといった最新の観測装置の開発を行い、2017年に打ち上げられるNASAの衛星計画TESSにも参加して、第2の地球探しの準備を進めています。さらに2020年代にハワイ島・マウナケアに建設される予定の30m望遠鏡「TMT」では、発見された生命居住可能惑星の性質や環境を調べる研究も可能になると期待されています。本講演では、これからどのようにして太陽系外の地球型惑星を探し、調べていくのかをご紹介します。



PROFILE

1981年(昭和56年)千葉県千葉市生まれ。2003年(平成15年)東京大学理学部物理学科卒業、2008年(平成20年)東京大学大学院博士課程修了(理学博士)。日本学術振興会特別研究員、国立天文台研究員、国立天文台特任助教を経て2015年より現職。専門分野は、太陽系外惑星の観測と装置開発。2013年に日本惑星科学会最優秀研究者賞を受賞、2014年に井上科学振興財団井上リサーチアワード、日本天文学会欧文研究報告論文賞、日本天文学会研究奨励賞を受賞。主な著作物に「一家に1枚 宇宙図」(共著)や平成27年版理科年表での解説記事などがある。



図1 岡山天体物理観測所188cm望遠鏡用に開発した3色同時撮像カメラMuSCAT



図2 すばる望遠鏡用に開発中の赤外線視線速度測定装置IRD

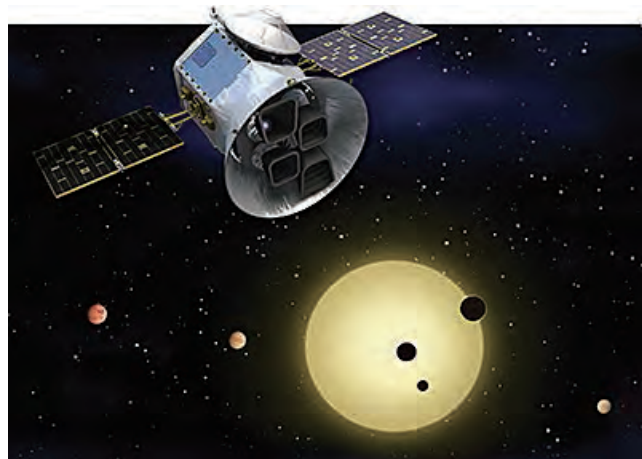
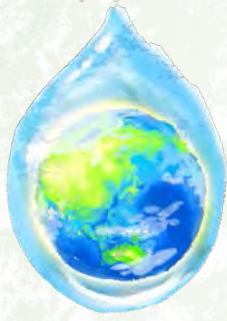


図3 NASAが2017年に打ち上げる予定の太陽系外惑星探査用の衛星TESS

KEYWORDS

- M u S C A T** : 講演者らが中心となって岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡のために開発した3色同時撮像カメラ。青い光と赤い光、近赤外の光の3色で同時に天体を観測し、それぞれの色での明るさの変化を世界最高レベルの高精度で調べることができる。
- I R D** : 東京大学/アストロバイオロジーセンターの田村元秀教授らが中心となってすばる望遠鏡のために開発している赤外線視線速度測定装置。赤外線を使って太陽系の近くにある太陽より温度が低い星の動きを調べ、惑星が存在しているかどうかを調べることができる。
- T E S S** : マサチューセッツ工科大学が中心となって開発しているNASAの衛星。惑星が主星の前を通る時にわずかに暗くなる現象を使って、太陽系に近い恒星にある惑星を探す。2017年に打ち上げ予定。



極寒の南極で 光合成をする生物たち

小杉 真貴子 (中央大学 助教)

系外惑星に生命が存在する可能性を探るために、私たちが知る唯一の生命居住惑星である地球の環境と生物進化を参考にすることが重要です。特に地球の大気組成を大きく変えた酸素発生型光合成生物の誕生は、地球史における大きなイベントのひとつです。光合成活動により蓄積された酸素によってオゾン層が形成され、生物は陸上進出を遂げました。そして、光合成生物は太陽エネルギーを使って二酸化炭素から有機物を生成することで現在のあらゆる生物の活動を根底から支えています。

光合成生物を巡る地球進化の問題として、全球凍結(スノーボールアース)があります。地球はこれまでに3回の全球凍結を経験したことが分かっており、1000~2000mの氷が地球を覆ったとされています。氷の到達しない海底に住む生物を除き多くの生物は絶滅しましたが、生育に光を必要とする光合成生物がどのように生き延びたのかは大きな謎とされています。現在の南極は全球凍結していた環境に近いと考えられ、その謎を解くヒントが秘められているのです。

南極と聞くと氷で覆われた無機質な世界を想像する人が多いのではないのでしょうか。確かに南極は低温で、それゆえに乾燥しており、紫外線も強いため生物の多くは生存することのできない“低温の砂漠”です。しかし一部の光合成生物はその環境に適応し、氷河に削られた剥き出しの岩盤や厚い氷に覆われる湖沼の底に群落を形成しています。その風景は生物が陸上進出を始める前後の地球を彷彿とさせます。彼らはなぜそうした環境に生育できるのでしょうか。南極の光合成生物を取り巻く環境とストレス耐性の面からこれまでに明らかになっていることを紹介します。



PROFILE

中央大学理工学部生命科学科 助教。理学博士。

2005年姫路工業大学理学部生命科学科卒業。2010年兵庫県立大学大学院博士後期課程修了。2010年岡山大学非常勤研究員、2011年国立極地研究所特任研究員を経て2015年より現職。2012年に第54次日本南極地域観測隊夏隊に参加。専門は植物生理学。特に地衣類の乾燥耐性機構について。



図1 南極スカルプスネスの海岸線に生育するコケ群落。陸上に生育する光合成生物の多くは優れた乾燥耐性を持っている。



図2 南極のスカールンにある湖沼。夏になると氷が融け、底に生えていた藻類マットが多量に岸へ打ち上げられる。外側のオレンジ色は、強い日差しを遮るためのカロテノイドの色である。

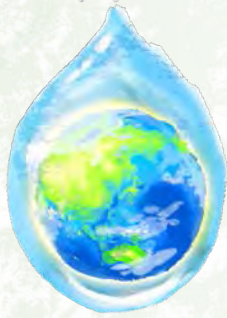


図3 (上)大理石のような白くてもろい岩の間隙は、適度に光が通り水も保持されるためシアノバクテリアのすみかとなっている。(下)同様に砂礫に埋まっている石英質の石の裏側にも様々な藻類やコケが生育する。

KEYWORDS

酸素発生型光合成：植物や藻類、シアノバクテリアが行っている光合成。太陽光エネルギーを利用して水を分解し、得られた還元力で二酸化炭素をグルコースなどの有機物に固定する反応。水を分解する過程で酸素が放出される。

全 球 凍 結：スノーボールアースとも言われる、地球全体が寒冷化によって氷床や海氷に覆われる現象。地球は約23~22億年と約7億年前、約6億年前に3回の全球凍結を起こしたことが世界各地の氷河堆積物から明らかにされている。



生命の謎に迫る 人工細胞

菅原 正 (神奈川大学 教授)

生命はどこから来たのか?という疑問は誰もが抱いていると思います。21世紀は生命と物質の間のミッシングリンクを解明する世紀といえるかも知れません。専門家の間では、生命の起源に関して、「RNAワールドが先か、プロテイン(タンパク質)ワールドが先か」というホットな議論がありますが、DNAもタンパク質も分子としてみると大変高度な化合物で、前生物時代の初めからあったとは考えられません。

生物は細胞からできていることは周知の事実です。そこで細胞として不可欠な要素を、外界と内部を隔てる隔膜、自身の特質を子孫に伝える情報物質、自己増幅反応に必要な触媒(酵素)の三つとし、素性のよく知れた要素(分子)を組み合わせて細胞のようなダイナミクスを示す人工細胞をつくりあげれば、生命の起源・生命の本質を理解する手掛かりが得られるのではないのでしょうか。すでに我々は、両親媒性分子(膜分子)が水中で形成したジヤイアントベシクル(膜分子が集まってできた膜なる袋状構造体。特に顕微鏡で見える大きさのものをジヤイアントベシクルという)に、外部からベシクルの膜の原料となる分子を添加すると、ベシクルの内部で膜分子が生産されてベシクルが肥大し、ちょうど細胞が細胞分裂するように、自身とほぼ同じ大きさのベシクルに分裂し増幅する自己生産系を実現しました。さらに、この自己生産できるベシクルの内部で遺伝子のモデルとして加えたDNAを増幅すると、迅速なベシクル分裂とDNAの分配が誘導されることを見出しました。最近このベシクル型人工細胞が、外部の刺激(温度の昇降、pHジャンプなど)に応答して、四つの相(複製相、成熟相、分裂相、摂取相)からなる自己生産のループを循環し、繰り返し自己増殖するようになりました。ベシクルを構築する膜分子は、DNAやタンパク質より遙かに単純な分子です。そのような分子を中心にして、細胞とよく似たダイナミクスが再現できたことは、前生物時代の自然環境の中で、物質から出来たシステムが次第に生命システムに移行していく過程を追体験できる系といえるでしょう。

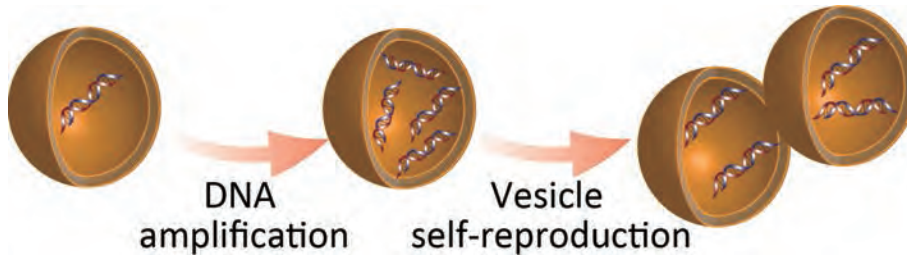
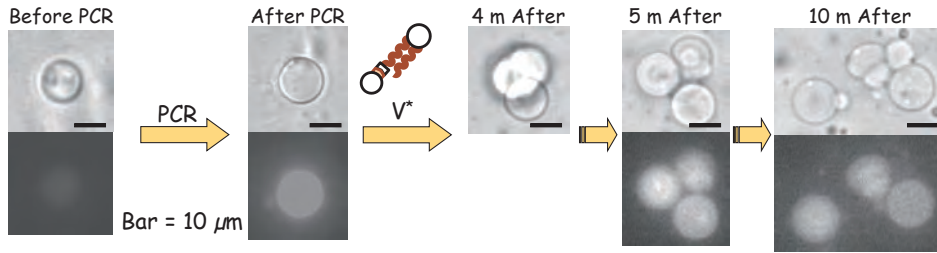


PROFILE

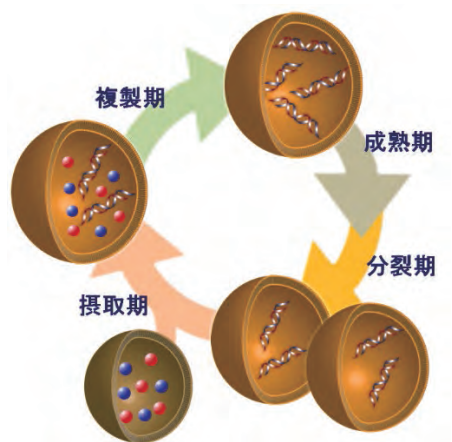
神奈川大学理学部化学科教授。理学博士。

1969年東京大学理学部化学科卒業。同大学院博士課程修了。1986年東京大学教養学部基礎科学科助教授。1991年同教授。1996年同総合文化研究科広域科学専攻教授。2010年東京大学名誉教授。2012年より現職。専門は物理有機化学。特に分子システムの構築。現在は人工細胞の構築に関心を持つ。2008年電子スピンスイエンズ学会賞。2012年分子科学会賞。著書に『現代生物科学入門9巻、合成生物学』(岩波書店、2010年)などがある。

内部でDNAが増幅したベシクルが分裂する様子



内部でDNAを増幅したベシクルが膜分子前駆体V*を取り込んで肥大・分裂し増殖する様子 上段の写真は光学顕微鏡、下段の写真は蛍光顕微鏡像で、蛍光プローブで光らせたDNAからの発光が写っている。



人工細胞の原始的細胞周期



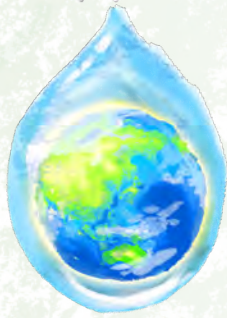
2代目人工細胞から、分裂により3代目の人工細胞が生じる様子

KEYWORDS

RNAワールド仮説：複製能と遺伝情報を備えたRNAの複製系がまず誕生し、その複製系がやがて機能を持つタンパク質を合成するようになり、生命が誕生したとする考え方。

プロテインワールド仮説：原始地球に存在したとされるアミノ酸がランダムに重合していくうちに、機能をもつタンパク質が出現し、やがてDNA/RNA複製系を取り込み、タンパク質を作る情報が固定されたとする考え方。

ベシクル：水になじむ親水部、油になじむ疎水部を併せもつ両親媒性分子が、水中でつくる球形の袋状に閉じた分子集合体。袋の外表面、内表面は親水部で覆われ、内部に水相が存在する。



地球の覇者 —昆虫の多様な世界

新美 輝幸 (自然科学研究機構 基礎生物学研究所 教授)

“この地球上で最も繁栄している生物は?”と聞かれたら、誰もが人間と答えるに違いありません。ところが、種数の多さから昆虫であると言っても過言ではありません。昆虫は、あらゆる生物の中で最も種数が多く、同定された種数だけでも100万にも及び、未知のものまで含めると数百万から三千万もの種が存在すると推定されています。昆虫は、地球上に出現して約4.8億年以上にわたる進化の歴史の中で、あらゆる環境に適応するため多様性に富んだ様々な形質を発達させてきました。昆虫の繁栄を支える大きな要因の一つに翅の獲得が挙げられます。昆虫は約4億年前に翅を獲得して、空への進出を最初に果たすことに成功しました。昆虫の翅は、飛ぶためだけでなく、体の保護、体温調節、擬態など様々な役割を果たすように進化してきました。本講演では、昆虫が持つ多様な形質の中で昆虫だけが独自に獲得した翅に関する研究の一端をご紹介します。昆虫の多様な世界を通して生物の進化について考えるきっかけになることを願っています。



PROFILE

自然科学研究機構 基礎生物学研究所・教授。博士(農学)。

1989年名古屋大学農学部農学科卒業。1993年名古屋大学大学院農学研究科博士課程(後期課程)修了。1993年日本学術振興会・特別研究員、1995年日本学術振興会・海外特別研究員、1997年名古屋大学農学部助手、この間2001年-2005年科学技術振興機構・さきがけ研究研究者(兼任)を経て、2015年より現職。専門は分子昆虫学。現在は昆虫特異的な適応形態の発生と進化に関心をもつ。2014年日本節足動物発生学会賞「丘英通賞」受賞。

著書に『遺伝子から解き明かす昆虫の不思議な世界』(共著)(悠書館、2015年)などがある。



図1 正常なナミテントウ(左)と翅なしナミテントウ(右)
RNAi 法により翅形成のマスター遺伝子の機能を阻害すると翅が形成されなくなる。

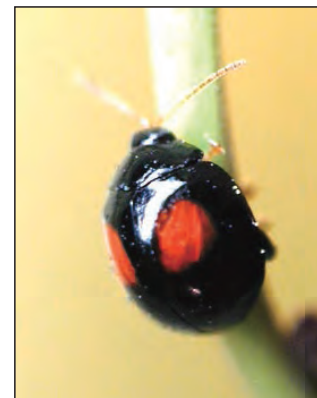


図3 ナミテントウ(左)とヘリグロテントウノミハムシ(右)
テントウムシとハムシは系統的に遠縁な関係にあるにも関わらず、ヘリグロテントウノミハムシはテントウムシに姿形がそっくりである。

図2 ナミテントウの交尾

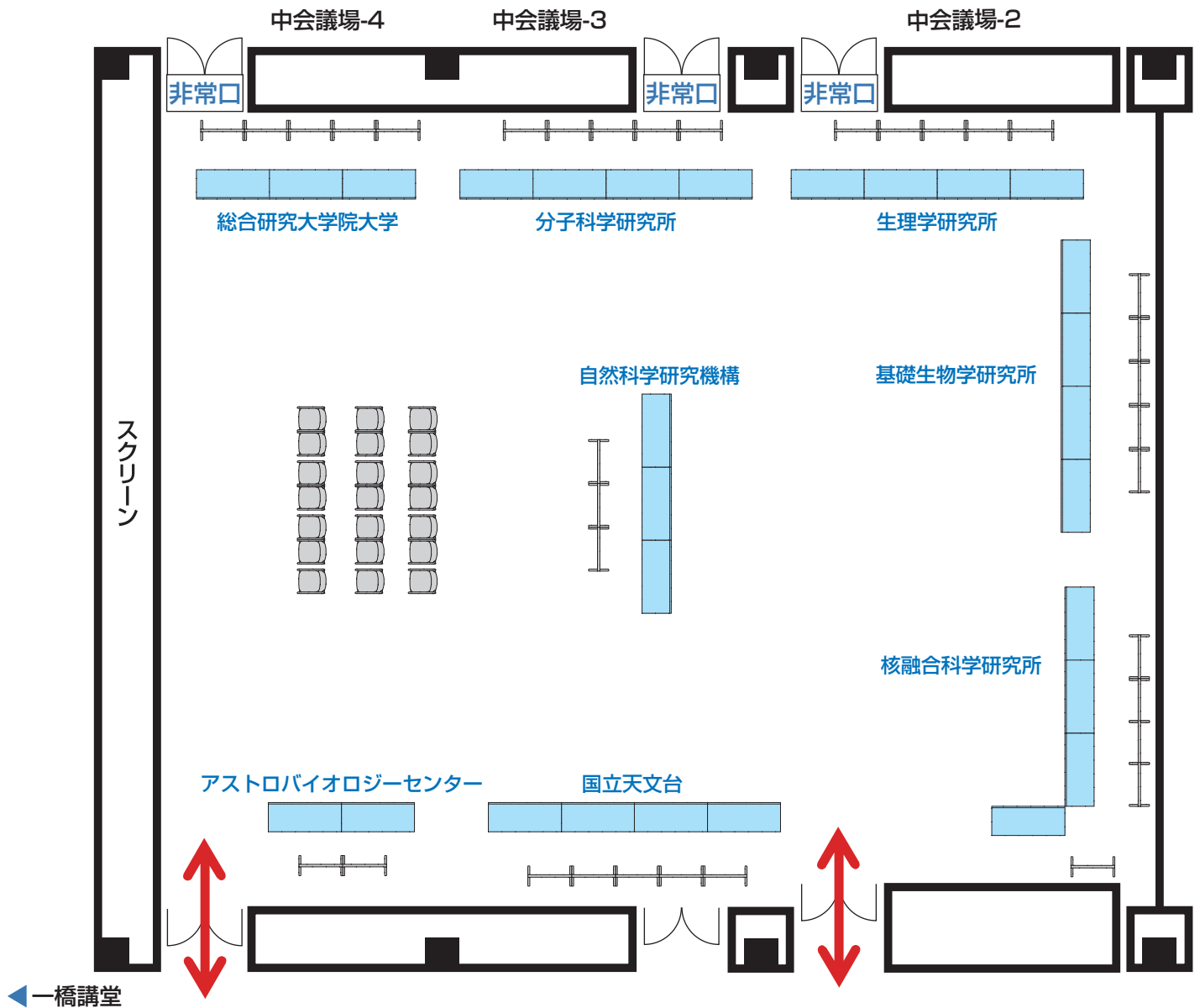
ナミテントウは同種でありながら、斑紋に多型が存在する。

KEYWORDS

RNA干渉 (RNAi) 法: 二本鎖 RNA の生体内への導入により 21 ヌクレオチド長前後の小分子 RNA が切り出され、この小分子 RNA と相同な配列をもつ mRNA が分解される現象を RNA 干渉 (RNAi) と言います。この現象を利用した人為的遺伝子発現抑制システムのことを RNAi 法と呼び、遺伝子の機能を探るため様々な生物の研究に用いられています。

擬態: 擬態には、周囲の環境に溶け込むことにより捕食を回避する隠蔽的擬態や逆に目立つ派手な模様を持つことにより捕食を回避する標識的擬態などがあります。標識的擬態には、無害な生物が派手な警告色を持つ有害な生物に似るベイツ型擬態と、有害な生物同士が互いによく似るミュラー型擬態があります。

展示会場案内図



● 会場

学術総合センター 一橋講堂(講演用)及び中会議室2, 3, 4(展示用)
〒101-8439 東京都千代田区一ツ橋2-1-2

● ライブ配信

Ustream・ニコニコ生放送にてライブ配信をします。視聴については以下URLをご覧ください。
<http://www.nins.jp/sympo20.php>



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>

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、予めご了承ください。