

第164号（2021年1月5日発行）



愛研技術通信

あけましておめでとうございます。

旧年中は格別のご厚情を賜り、誠にありがとうございました。

私たち社員一同、常に学ぶ姿勢を忘れずに、成長という目的に向かって日々精進していきたいと思えます。

本年も変わらぬお引き立ての程よろしくお願い申し上げます。

皆様のご健勝とご発展をお祈り申し上げます。



2021年 正月

株式会社 愛 研
代表取締役 角 信彦
社員一同

法令・告示・通知・最新記事・その他

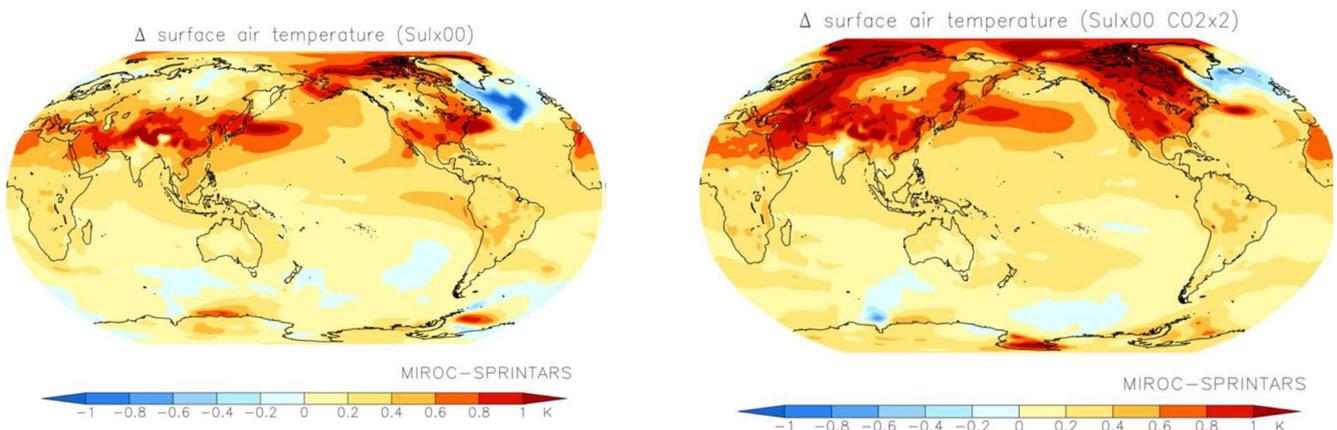
○ PM2.5削減とCO₂濃度増加により地球温暖化は急拡大することを解明

～ 大気汚染物質・温室効果ガス両者の排出量同時削減が必須 ～

2020年12月10日九州大学報道発表資料抜粋

地球温暖化対策の国際的枠組であるパリ協定が2020年から実質的に始動しており、二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスの大幅な排出量削減が求められています。また、新興国や途上国では大気汚染が深刻な状況であり、世界全体で年間約700万人が大気汚染を原因として死亡していると推計されています。一方で、人間活動により排出されるPM2.5の主要物質である硫酸塩エアロゾルには大気を冷却する効果があるため、PM2.5は温室効果ガスによる地球温暖化をいくらか抑えてきたことがわかっています。

九州大学の竹村俊彦教授は、自ら開発したエアロゾル（微粒子）による気候変化を計算できるソフトウェアMIROC-SPRINTARSを利用して、近い将来に想定される硫酸塩エアロゾル濃度の低下に伴う気温上昇について予測しました。その結果、同量の硫酸塩エアロゾル濃度の低下であっても、それに伴う気温上昇は、CO₂濃度が高い状態の方が大きくなることを明らかにしました。このことは、大気汚染対策の観点からPM2.5濃度を下げる場合、同時に温室効果ガスの濃度上昇を抑制しなければ、地球温暖化が加速度的に進行することを示しています。



図：MIROC-SPRINTARSにより予測された人間活動起源硫酸塩エアロゾルを現在の濃度からゼロにした場合の年平均地上気温変化

(左) CO₂濃度を2000年レベルに設定

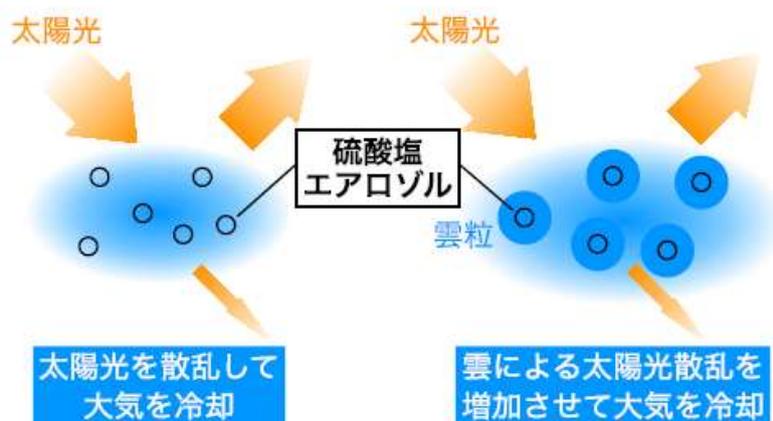
(右) CO₂排出量が現在の比率で増加を続けた場合の2080年のCO₂濃度レベルに設定

CO₂濃度が高い状態で人間活動起源の硫酸塩エアロゾルを減少させると、特に北半球中高緯度の気温上昇が非常に大きくなってしまふことを示している。

【 研究手法 】

PM2.5の主要物質である硫酸塩エアロゾルには、下図のとおり、2つのメカニズムで大気を冷却する効果があります。本研究では、論文著者自らが開発してきたエアロゾルによる大気汚染や気候変動を地球規模で計算できるソフトウェアMIROC-SPRINTARS を利用して、人間活動起源の硫酸塩エアロゾルの前駆物質である二酸化硫黄（SO₂）の排出量を増減させる実験を行い、気温変化を解析しました。その際、二酸化炭素濃度を2000年レベルの369ppm、およびその2倍の738ppmの2つのパターンで計算を行いました。

SPRINTARS は、大気中の様々な種類のエアロゾルの発生・移流・化学反応・沈着という一連の輸送過程を計算し、さらに、エアロゾルによる気候変動を計算することができます。また、多くの報道機関にて日々利用している PM2.5 予測情報を提供するソフトウェアとして知られています。



【 研究者のコメント 】

先進国は大気汚染対策のみを行い、温室効果ガスの排出量は増加させてきました。その結果、地球温暖化の状況を一層悪化させてきたということになります。大気汚染対策を行う場合は、同時に地球温暖化対策をしなければならないことは明白です。

○ 魚類に由来するメッセンジャーRNA を水から検出することに成功

～ 脊椎動物由来の環境RNAを対象としてmRNAの検出が可能であることを実証した初の報告例 ～

2020年12月3日 龍谷大学報道発表資料抜粋

龍谷大学の研究グループは、神戸大学、三重大学との共同研究で、環境水中に浮遊している魚類由来のRNA（環境RNA）試料から、メッセンジャーRNA（mRNA）の検出（タイピング）が可能であることを世界で初めて実証しました。

【 研究内容の詳細 】

水中に漂っている DNA を回収・分析して生息している種を推定するという環境 DNA 分析は、魚類等の大型生物を対象としてここ 10 年ほどで急激に技術的發展を遂げています。対象生物を捕獲することなく「水から」検出できる簡便さから、生物多様性の観測や水産資源の管理に革命をもたらす技術として期待されており、一般社団法人環境 DNA 学会が設立されるなど、社会実装に向けた動きが進んでいます。

ただ、DNA を手掛かりとして検出をする場合、放出した個体が若い個体なのか老齢個体なのか、生きているのか死んでいるのか、といった区別ができません。どのような種がその水域に存在しているのかを知ることができるだけでも有用ですが、さらに詳細な生物情報を水から取り出せないかという期待が大きくなってきていました。

メッセンジャーRNA (mRNA) は生物が特定のタンパク質を合成するときに DNA 上の遺伝子情報をもとに一時的に合成される核酸物質であり、これを解析することでその個体がどのような状態であるのかを推定できます。環境水中には水生生物の細胞が剥がれ落ちたものが浮遊していると想像されていきましたので、環境 DNA 分析と同じように環境水中から RNA を回収して分析できるのではないかという見込みがありました。しかし、これまで脊椎動物を対象とした環境 RNA 分析による mRNA の検出例はありませんでした。

本研究では実験動物として有名なコイ科魚類、ゼブラフィッシュ *Danio rerio* を使用し、その飼育水槽水から環境 RNA をろ過によって回収し、抽出・生成した後、逆転写 PCR によって、鰓と表皮で特異的に発現する遺伝子（それぞれ *c1c2c* と *muc5.2*）の mRNA を検出しました。これによって、脊椎動物の mRNA を環境水中から回収して検出が可能であることを示し、また、長らく議論の対象となっている「環境 DNA は魚類のどこから放出されているのか」という問いに部分的に答えることができました。*c1c2c* と *muc5.2* の検出成功は鰓や体表組織から剥がれ落ちた細胞が環境 DNA（および環境 RNA）の由来の一つとなっていることを強く示していますし、同時に分析した他の複数の mRNA の検出結果から、腸管なども放出起源となっていることが示唆されました。環境 DNA および環境 RNA の由来については知見が少なく、今回得られた情報や研究アプローチそのものが、これら核酸物質の環境水中での動態のさらなる解明に貢献するものと思われます。

なにより、脊椎動物由来の環境 RNA に対して、特定の mRNA を狙って検出（タイピング）できることを実証した例は本研究が初めてであり、極めて分解が早く検出は困難と思われていた分析が可能であると示されたことで、環境 RNA 分析の研究開発が促進されるはずです。将来的には、野生生物の成長段階の推定であったり、特定の病原生物への感染を検知したり、といった生物の保全や資源の管理に有益な分析手法へと展開できる可能性があります。ただし、現状では DNA の情報に比べて、生物種ごと、遺伝子ごとの mRNA の情報の蓄積（データベース化）はかなり遅れています。興味



のある現象（生理状態や感染の成立プロセスなど）を的確にとらえる指標とすべき mRNA はなんであるのかを、適切に選び出せるに足る十分な情報の蓄積が必要です。技術的には mRNA タイピングが環境 RNA 分析で可能であると示された今回の研究を契機として、そうした基礎情報の蓄積も活発化することを期待しています。

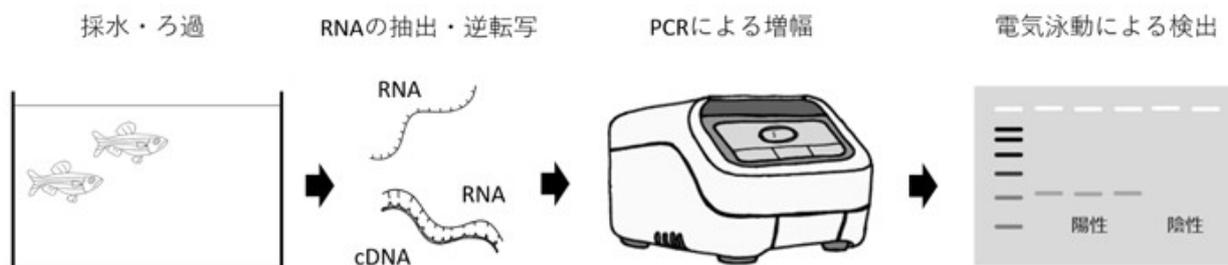


図 本研究で行った実験の流れ

○ 太陽系形成より古い有機分子を炭素質隕石から検出

～ ただ古いだけじゃない！太陽系に存在する有機物生成に不可欠な分子 ～

2020年12月8日北海道大学報道発表資料抜粋

北海道大学、海洋研究開発機構、九州大学、東北大学、東京大学の研究グループは、世界で初めて炭素質隕石からヘキサメチレンテトラミン（HMT）という有機分子の検出に成功しました。

【 背景 】

現在、はやぶさ2が小惑星リュウグウでのサンプリングに成功し、小惑星サンプルの地球への帰還が心待ちにされています。また、アメリカ主導の小惑星サンプルリターン計画でも探査機 OSIRIS-REx (NASA) が小惑星ベンヌでのサンプリングに成功したとの報道があり、炭素質の小惑星探査への注目が世界的に高まっています。いずれの小惑星も有機物に富むと考えられているため、両プロジェクトでは小惑星固有の有機分子検出に加え、地球外有機分子の生成メカニズム解明も強く期待されています。

小惑星を含む太陽系に存在するすべての物質は、太陽系が形成された星間分子雲に存在した化学種から形成されたのですが、どのような化学種がどのように変化したのかなど、宇宙における分子進化に関して多くの謎が残されていました。特に、隕石に含まれるアミノ酸や糖などの複雑な生体関連分子生成に多くの興味が集まり、それらの生成にはホルムアルデヒドとアンモニアが不可欠だとわかってきました。しかし、揮発性の極めて高いそれらの分子がどのようにして小惑星での反応の材料となりえたのか、その詳細はあまり明らかになっていませんでした。その謎を解明するカギとなるのがヘキサメチレンテトラミン（HMT）です（図1）。HMTは揮発性が低く、星間分子雲における光化学反応の主生成物のため、太陽系形成時に星の材料となったと考えられています。さらに、

水とともに加熱すると前述の2種の分子（ホルムアルデヒド、アンモニア）を生成するので、小惑星上での分子生成反応の材料として期待されていたものの、これまでの宇宙空間での赤外・電波天文観測及び隕石など地球外物質の分析で、HMTが検出された例はありませんでした。

そこで本研究では、従来とは異なる手法で炭素質隕石を分析し、世界で初めてのHMT 検出を試みました。

【ヘキサメチレンテトラミンとは】

ヘキサメチレンテトラミンは、4個の窒素原子がメチレンによってつながれた構造を持つ複素環化合物です。水溶性で、融点が280℃と高く常温では無色の個体です。医療品（膀胱炎や尿路感染症の治療）や樹脂及びゴムの硬化剤などに使われています。

水中では比較的安定ですが、塩素などの酸化剤で酸化分解するとホルムアルデヒドとアンモニアに分解します。平成24年に利根川水系の浄水場で高濃度のホルムアルデヒドが相次いで検出され、各県の浄水場において取水停止になった水質事故の原因物質でもあります。

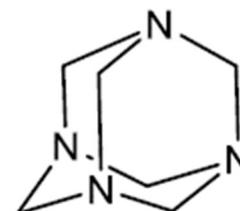


図1. HM の分子構造

【研究手法】

3種の炭素質隕石（マーチソン隕石、タギッシュレイク隕石、マレー隕石：いずれもアミノ酸など有機化合物を豊富に含む）から、HMT を分解させないように高濃度の強酸や熱湯を用いずに水溶性成分を抽出し、HMT を含む画分の精製を行いました。その後、高速液体クロマトグラフ-超高分解能質量分析計を用いて、分子レベルでの精密な分析を行いました。

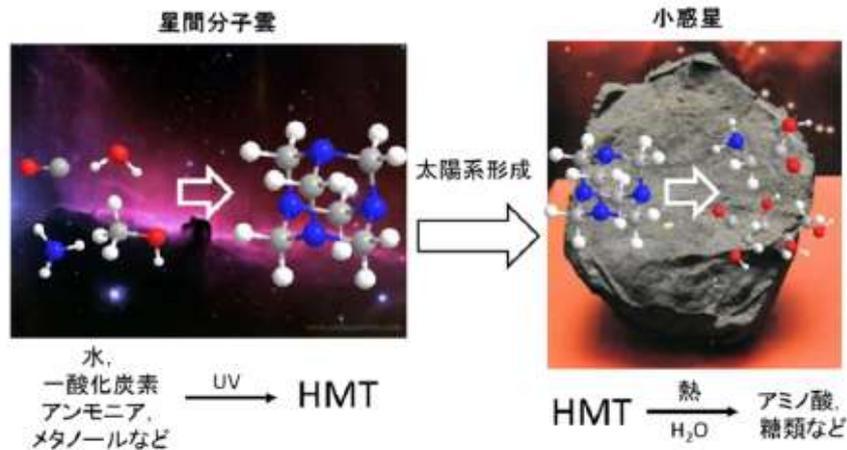
【研究成果】

すべての炭素質隕石からHMT が検出され、その濃度は最大で隕石1グラム当たり846ナノグラム含まれることがわかりました。この量は同じ隕石に含まれるアミノ酸量に匹敵するほど多いことがわかりました。また、隕石を用いないブランク実験や隕石落下地点の土壌サンプルの分析では、ほとんどHMT が検出されなかつたので、検出されたHMT は隕石固有であると結論されました。比較的温度の高い小惑星環境ではHMT が生成するよりも分解するほうが有利なので、本研究で検出されたHMT は主に約46億年前の太陽系形成に先立って、星間分子の光化学反応で生成したと考えられます。これまでに、隕石有機物に一般的に見られる高い重水素濃集が太陽系形成以前の化学反応の関与を示唆するパラメーターとして認識されていましたが、太陽系形成前に生成した有機分子が具体的に確認されたのは本研究が初めてです。

【今後への期待】

検出されたHMT は隕石ごとにその濃度が大きく異なることがわかり、その原因の一つとして小惑星での熱水活動の程度の違いや、小惑星誕生当時のHMT 量の多様性などが示唆されました。つまり、隕石ごとのHMT の分布を明らかにすることで、宇宙における分子進化だけでなく、太陽系形成に至るまでの天体進化を紐解くうえで重要な情報を得ることができるはずです。今後は本研究で用

いた3種以外の隕石や、小惑星リュウグウやベンヌから帰還するサンプルからもHMTの検出を試み、その存在量を比較することで、宇宙の物質進化の理解が進むことが強く期待されます。



星間分子雲から太陽系形成に至るまでの分子進化

○ すばる望遠鏡、「はやぶさ2」拡張ミッションの目標天体の撮影に成功

2020年12月18日自然科学研究機構 国立天文台
報道発表資料抜粋

小惑星探査機「はやぶさ2」の拡張ミッションの目標天体である微小小惑星「1998 KY₂₆」を、2020年12月10日（ハワイ現地時）にすばる望遠鏡が撮影しました。観測で得られた「1998 KY₂₆」の位置測定データは、この天体の軌道要素の精度を向上させるために活用されます。

JAXA 宇宙科学研究所が運用する小惑星探査機「はやぶさ2」は、小惑星「リュウグウ（(162173) Ryugu）」で採取したサンプルを格納したカプセルを、12月6日（日本標準時）に地球に帰還させました。「はやぶさ2」はその後、残った燃料を活用する拡張ミッションのために地球を再出発しました。拡張ミッションでは目標天体である小惑星「1998 KY₂₆」に接近して観測を行うことが計画されています。

小惑星「1998 KY₂₆」は2020年12月中旬から下旬にかけて地球に0.47天文単位まで近づき、およそ3年半に1度という観測の好機を迎えています。しかしながら「1998 KY₂₆」の直径は推定でおよそ30メートルと小さく、とても暗いため、大望遠鏡を使わなければ地球からの観測はとても困難です。

今回のすばる望遠鏡による「1998 KY₂₆」の観測は、JAXA 宇宙科学研究所からの依頼に基づいて行われました。その結果、「1998 KY₂₆」はふたご座の方向に25.4等級（測定誤差0.7等級）の光の点として撮影されました。観測で得られた位置測定データは、「1998 KY₂₆」の軌道要素（軌道を表わ

す数字)の精度を向上させるために活用されます。同様の観測は、ヨーロッパ南天天文台の超大型望遠鏡 VLT でも行われました。

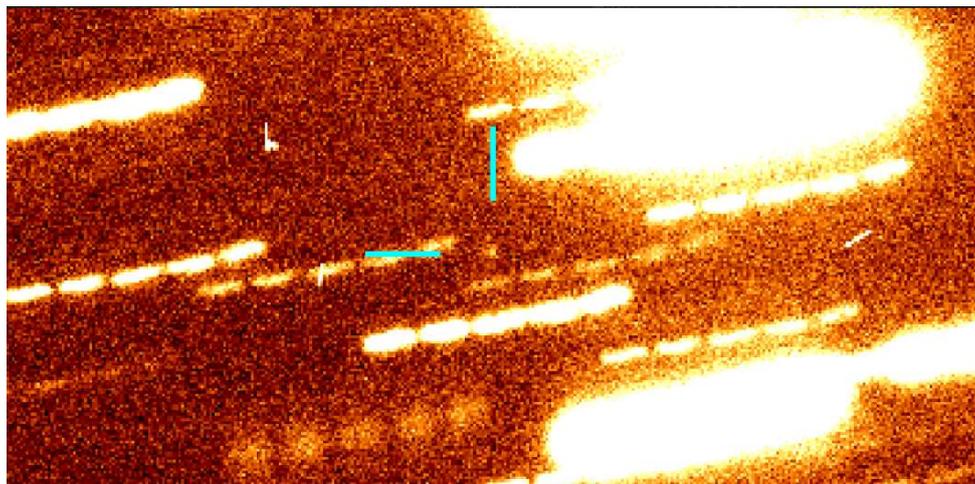


図1：すばる望遠鏡に搭載した超広視野主焦点カメラ「ハイパー・シュプリーム・カム」で捉えた小惑星「1998 KY₂₆」(画像中央、2本の線が交わる位置にある点光源)。「1998 KY₂₆」の動きに合わせて追尾しながら観測を行なったため、背景の星の像は流れて写っています。(クレジット：国立天文台)

編集後記

小惑星探査機「はやぶさ2」の再突入カプセルが2020年12月6日にオーストラリアのウーメラに無事帰還しました。予想以上のサンプルが回収でき、分析結果が出るのが楽しみです。新型コロナウイルスの影響で暗い話題が多い2020年でしたが、終盤に明るい話題を提供してもらいました。

冒頭の写真は再突入カプセルの火球映像です。(クレジット：JAXA) (A. K.)

おかげさまで、愛研は創業50周年を迎えます。



株式会社 愛研

(<http://www.ai-ken.co.jp>)

本社 〒463-0037 名古屋市守山区天子田 2-710

電話(052)771-2717 FAX(052)771-2641

半田営業所 〒475-0088 半田市花田町 2-65

電話(0569)28-4738 FAX(0569)28-4749