個体群密度に依存した匂いの好みの変化

山田　康嗣（生物化学専攻　特任助教），
飯野　雄一（生物化学専攻　教授）

集団で生活する動物は，集団中の個体数が多くなると，それに応じて各個体が分散する行動を示す傾向がある。このような戦略により，状況に応じて新たな生存場所の可能性を探ることができ，種全体の生存に対してメリットとなることが理論的に示されている。線虫（C. エレガンス）は土壌中に棲む体長 1 mm ほどの動物であるが，さまざまな物質に対する走性（例えば好きな匂いに近寄っていく行動）を示す。また，本来好きな匂いを一定時間嗅がせることにより，その匂いに誘引されなくなるという行動の変化もみられる。本研究では，この匂いの好みの変化（正しくは嗅覚順応とよばれる変化）が個体群密度により影響を受けることを発見した（図 1）。この現象は個体群密度に依存した分散行動の基盤となり得ると考えられ，個体群密度による制御の分子機構も明らかとなった。

線虫は，アスカロシドという糖化合物をフェロモンとして放出する。仲間の放出したフェロモンの濃度から個体群密度を認識し，成長の過程を変化させることが知られている。フェロモンが作れない変異体では匂いの好みの変化に異常が生じたことから，匂いの好みの変化も同様にフェロモンにより調整されていることがわかった。さらに，詳細な分子メカニズムを調べるために，匂いの好みの変化に異常のある変異体を単離し，その異常の原因を同定した。その結果，哺乳類のネプリライシンと相同性のあるタンパク質である NEP-2 の異常により，匂いの好みが変化できなくなることがわかった。ネプリライシンは膜タンパク質であり，細胞の表面でペプチドを分解する細胞外酵素として知られる。NEP-2 はネプリライシンと全長にわたってひじょうによく似ており，同様に細胞外でペプチダーゼとして働くことが予想された。つまり，NEP-2 に異常が生じると，その基質であるペプチドが細胞外に蓄積し，匂いの好みの変化を阻害すると考えられた。

NEP-2 の機能をさらに詳しく知るために，NEP-2 がなくても匂いの好みが変化する変異体を獲得した。この変異体では，ペプチドが元から存在しないために異常が現れないことが予想される。獲得した変異体を解析すると，海産動物アメフラシのペプチド前駆体である L11 precursor と類似した小さなタンパク質，SNET-1 が作られなくなっていることがわかった。SNET-1 はその一部が切り出されて細胞外に放出されペプチドホルモンとして働くことが示唆された。以上の NEP-2 と SNET-1 の関係から，NEP-2 が SNET-1 を分解することにより機能を阻害することが示唆された。

さらに SNET-1 の機能を調べると，SNET-1 はフェロモンによりその合成量が抑えられることが分かり，これにより個体群密度が高い場合は匂いの好みの変化が保障されることが示唆された。逆にフェロモンの量が少ない（個体群密度が低い）条件下では，SNET-1 の合成量が増加し，細胞から放出された SNET-1 が匂いの好みの変化を阻害すると考えられる（図 2）。

今回の発見により，古くから知られるタンパク質であるネプリライシンや L11 ペプチド類について，新しい機能を同定したことと同時に，個体群密度依存的な行動変化のメカニズムの一端を明らかにすることができた。

以上の成果は，K. Yamada *et al., Science* **329**, 1647（2010）に掲載された。

（2010 年 9 月 24 日プレスリリース）

図 1

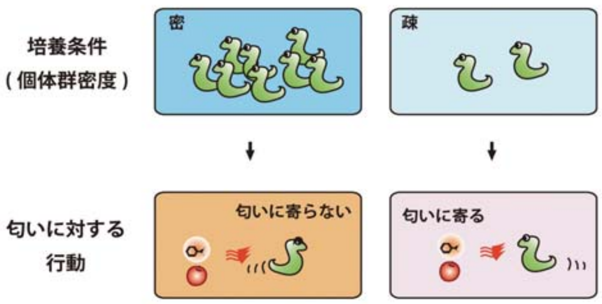
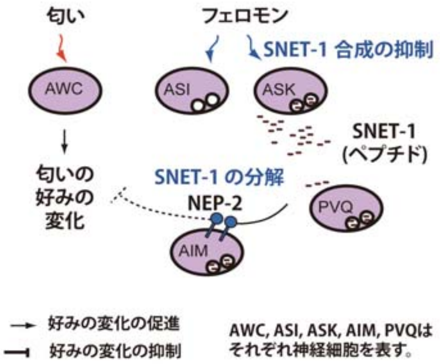


図 2



SNET-1 と NEP-2 による匂いに対する応答の制御のモデル

星間塵に隠された爆発的星形成銀河

河野　孝太郎（天文学専攻　教授），
廿日出　文洋（天文学専攻修了注)）

サブミリ波望遠鏡 ASTE を用い，波長 1.1 mm での広く深い撮像観測を行った結果，198 個の「サブミリ波銀河」（2010 年 9 月号「理学のキーワード参照」）を新たに検出した。 赤外線天文衛星「あかり」による遠赤外線画像との比較から，検出した銀河のほとんどすべて（196 個）が，現在から 80 億年以上遡った初期の宇宙にあり，星間塵に覆い隠された爆発的星形成銀河であることがわかった。約 100 億年前の初期宇宙における星形成活動の半分は「埋もれて」いることが示唆される。

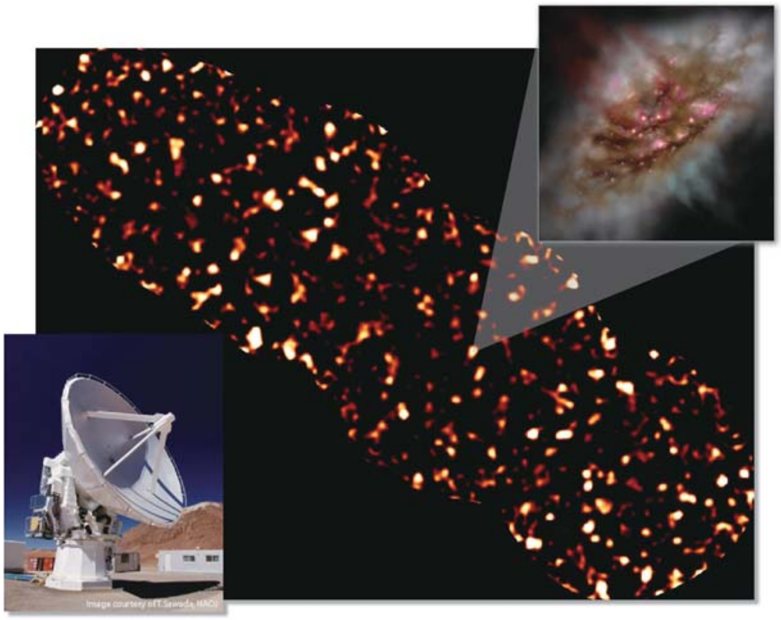
現在の宇宙に存在する多種多様な銀河は，約 140 億年という宇宙の歴史の中で，どのように生まれ，成長していったのだろうか。可視光や近赤外線での観測の結果，銀河が示す星形成活動の変遷が明らかになりつつある。しかし，可視光や近赤外線は星間塵（固体微粒子）によって大きく吸収されることに注意する必要がある。実際，「あかり」衛星などによる赤外線観測によれば，現在から数 10 億年程度の過去に遡ると，星間塵に覆い隠された「埋もれた」星形成が急増するらしい。100 億年以上の過去まで，さらに遡った初期の宇宙における，埋もれた星形成を調べるためには，さらに波長の長い，ミリ波・サブミリ波が有効である。星間物質（ガスや星間塵）の中で誕生した大質量星は，紫外線を放射してその周囲の星間塵を 30－50 K ほどに暖める。このため，爆発的な星形成を行う銀河は，遠赤外線域に放射のピークをもつスペクトルを示す。これが初期宇宙に存在すると，遠赤外線として放たれた電磁波は，宇宙膨張の効果で波長が引き延ばされ（赤方偏移），サブミリ波域で明るい銀河，「サブミリ波銀河」として観測される。

われわれは，南米アタカマに設置したサブミリ波望遠鏡 ASTE と波長 1.1 mm 帯のカメラ AzTEC を使って，ある天域を広く深く撮像した結果，198 個のサブミリ波銀河を新たに検出した。世界有数の空の良さ，高い装置性能，大気の影響を除去する新しい解析手法などの成果である。さらに「あかり」衛星による遠赤外線（波長 90 μm）画像と比較し，銀河の放射モデルと突き合わせた結果，198 個のうち，ほぼすべて（196 個）が，80 億年以上遡った初期の宇宙に存在する，星間塵に覆い隠された爆発的星形成銀河であると判明した。可視光や赤外線での銀河探査では，一般に，距離の近い銀河の割合が大きいが，今回，ほとんど 100 発 100 中（198 発 196 中！？）の高打率で初期宇宙の銀河を検出できたことは，サブミリ波帯における銀河探査の威力を如実に示したものといえるであろう。

今回発見された銀河は，その 1 個 1 個が，われわれの住む天の川銀河と比較して数 100 倍から数 1000 倍もの驚異的な勢いで大質量星を作り出す「怪物」的な種族であると考えられる。検出された銀河の個数を明るさごとに数え上げ，モデル化し，この銀河種族が示す埋もれた星形成活動の密度を見積もったところ，約 100 億年前の宇宙では，可視光や近赤外線で測定された星形成活動に対して，約 50 % という，大きな割合を占めていることもわかった。

以上の成果は，B. Hatsukade *et al.*, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* on-line 版 26 Nov.（2010）に掲載された。

（2010 年 9 月 29 日プレスリリース）



AKARI Deep Field South とよばれる天域のサブミリ波画像。南米アタカマ砂漠の高地に設置された口径 10 m のサブミリ波望遠鏡 ASTE（左下写真）を使って観測した。白い点のひとつひとつが「サブミリ波銀河」。その大部分は，多量の星間塵に覆い隠された爆発的な星形成銀河（右上；想像図）である。

注）現所属：国立天文台野辺山宇宙電波観測所　研究員

貴金属の組合せで欲しい物だけ作るナノ触媒

宮村　浩之（化学専攻　特任助教），
小林　修（化学専攻　教授）

金や白金といった貴金属は古くから装飾品に用いられるなど，化学反応に対してひじょうに不活性な物質である。しかし近年，これらの貴金属もナノサイズ（10^{-9} – 10^{-8} m）の粒子（ナノ粒子）にすると，例えば自動車の排気ガスの浄化をはじめ，種々の有用な化学反応を促進させる触媒になることがわかってきた。これまでに二種類の金属を使ってナノ粒子を作ることで，一種類の金属からなるナノ粒子に対して優れた性能をもつ触媒となることは知られていたが，二種類の金属の組み合わせで，作りたい物質を選べるナノ粒子触媒の存在は知られていなかった。今回われわれは，二種類の貴金属（金，白金，パラジウム）からなるナノ粒子触媒がその金属種の組み合わせによって，大気中の酸素を使ってアルコールから，アルデヒド，エステル，ケトン，およびカルボン酸を作り分けられることを発見した。ここで作り出される物質は，化成品原料，芳香剤，薬や溶剤などとして工業的にも日常生活にも重要である。

われわれはポリスチレン（発泡スチロールの材料）を主成分とする高分子の中に金のナノ粒子を閉じ込めることで，大気中の酸素を使ってアルコールからアルデヒドやケトンを作ることができる触媒を開発し，2007 年に報告した。また同様に，金と白金からなるナノ粒子を閉じ込めることで，より優れた触媒になることを 2008 年に報告した。

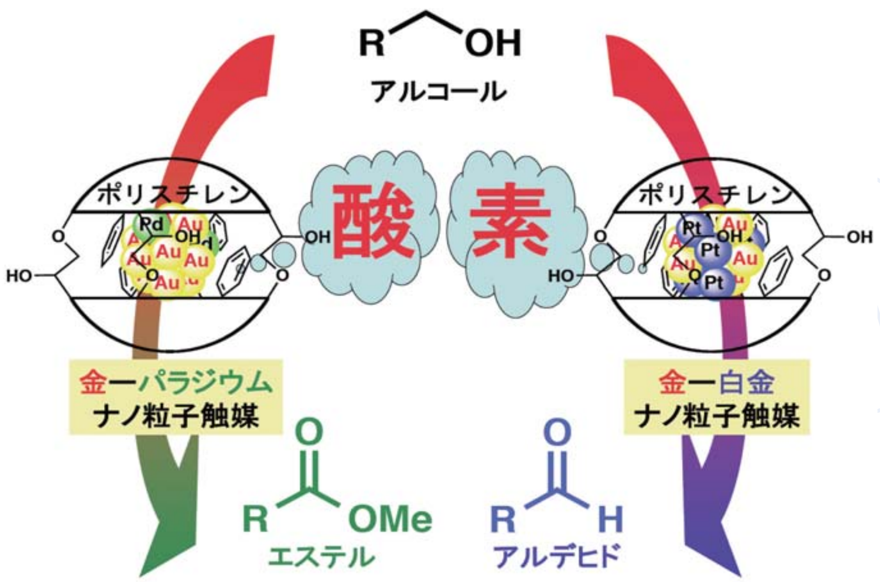
今回われわれは，高分子とカーボンブラック（炭の粉）を混ぜた複合体に金と白金，金とパラジウムからなるナノ粒子を閉じ込めた触媒を開発した。興味深いことに，金と白金からなる触媒を用いた場合はアルコールからアルデヒドが得られ，金とパラジウムからなる触媒を用いた場合はエステルが得られた。

従来はこのような化学反応を行うには毒性や危険性が高い酸化剤を使うことや，高温，高圧などの激しい条件が必要であった。しかし今回われわれが開発した触媒を用いることで，大気中の酸素を酸化剤として，常温，大気圧で円滑に反応が進むことからクリーンで環境に優しい反応が実現できた。さらに，これらの触媒は簡単な作業のみで回収，再利用が可能なことから，経済的にも環境面からも優れている。将来は大量スケールや流通系への応用などを行うことで，工業化も期待される。

このように金属種の組み合わせによって異なる物質ができる理由を調べるため，電子顕微鏡によるナノ粒子の詳細な観測を行った。その結果，触媒全体を構成する金属の比率は金と白金，金とパラジウムのどちらもほぼ 1 対 1 であったのに対し，ナノ粒子を構成する金属の比率は金と白金の場合はほぼ 1 対 1，金とパラジウムの場合はほぼ 1 対 3 から 1 対 4 であることがわかった。この観測結果と，金属固有の電子を引きつける力の強さを併せて考えると，金とパラジウムからなるナノ粒子の場合，その表面に正の電荷をもった部分が存在し，そこがアルコールからエステルへの変換に重要な役割を果たしていると推定される。このように，ナノ粒子中の金属の組み合わせによってこれまでひとつの金属種では難しかった反応や，新反応を可能にする触媒の発見が期待される。

以上の結果は NEDO「革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発」プロジェクトによって行われ，K. Kaizuka *et al., J. Am. Chem. Soc.* **132**, 43, (2010) に掲載された。

（2010 年 10 月 4 日プレスリリース）



バイメタルクラスターによる反応経路のコントロール

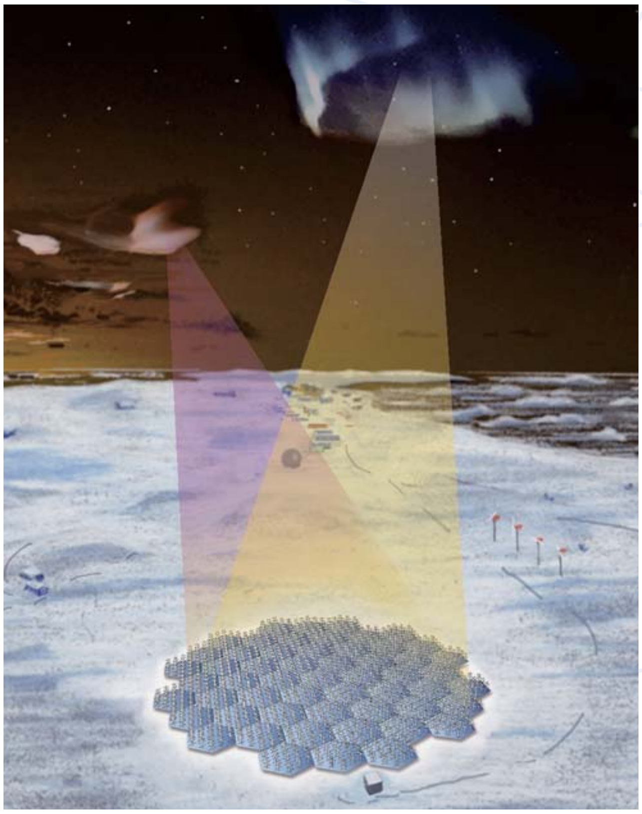
南極から大型レーダーで地球気候の仕組みを探る

佐藤　薫（地球惑星科学専攻　教授）

極域は地球気候において重要な位置を占めている。対流圏・成層圏では赤道域から始まる大気大循環の終着点であり，中間圏では夏は出発点，冬は終着点にあたる。また隔絶された場所であるにもかかわらず，極中間圏雲やオゾンホールなど人間活動の影響が強く反映された現象が出現する。しかし，過酷な環境であるため他の緯度帯に比べて観測が大幅に遅れていた。このたび，南極では世界初となる最新型大型大気レーダーを昭和基地に設置し，地上から高度 500 km までの大気全層の精密観測を開始する。

2010 年 12 月末から建設が始まる南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY レーダー）は，コード化された 50 MHz 帯（VHF 帯）の強力な電波を送信し，微弱な大気乱流からの散乱を受信することで，降水の有無にかかわらず風（大気の流れ）を約 1 分毎に高度 150 m の高分解能で観測できる。特に，大気の上下結合を調べる鍵となる風の鉛直成分の中間圏までの観測は，南極域では初めてとなる。また，55 系統のデジタル受信システムにより，極域に固有の極成層圏雲や極中間圏雲，オーロラのイメージング観測が可能である。

南極は，建設に適した季節が短いこと，物資輸送が砕氷船「しらせ」による年に 1 度であること，供給電力に限りがあること，建設の担い手が研究者も含む観測隊であること，強風低温の厳しい環境に長期さらされることなどから，このレーダーの実現には多くの技術的問題の克服が必要であった。直径約 160 m の円形領域に，整地せずに高さ約 3 m のクロス八木アンテナ 1069 本を配置するレーダー建設は，それだけでもチャレンジングである。



PANSY レーダーのイメージ図

高度約 10 km 以上の成層圏・中間圏・下部熱圏での大気大循環は，主に大気中の波が担う下層からの運動量輸送により駆動されている。この中で浮力を復元力とする小規模（水平スケール 10 ～ 2000 km）な内部波「大気重力波」は，現在の気候予測モデルは解像できないため，その運動量輸送効果を簡単化して取り込んでいる。しかし定量性に問題があり，気候予測モデルには成層圏の気温が数度低くなる系統誤差がある。このため極域のオゾン層破壊の激しさを決める極成層圏雲の雲量が正確に推定できておらず，したがって，オゾンホールの予測も精度に限界がある。最近の高解像大気大循環モデルの研究によれば，冬季，大気重力波は極域に集中するように伝播する傾向のあることがわかっており，大型大気レーダーによる南極初の重力波に伴う運動量フラックスの特性解明が待たれている。

極中間圏雲は，夏，極域の中間圏上層約 90 km の高さに出現するブルーグレーの雲である。北欧などでは日没後に現れるので夜光雲ともよばれる。1885 年の最初の報告以前は記録がなく，産業革命以降出現したのではないかと考えられており，気候変動のカナリアとも称される。極域固有の雲なのだが，昨年夏には中緯度のパリ上空などでも出現し注目されている。ところが中間圏は観測がひじょうに困難な位置にあり，極域では地上光学観測や衛星観測が開始されたばかりである。PANSY レーダーを用いれば，雲内外での大気の 3 次元運動が観測可能であり，極中間圏雲の物理的描像に迫ることができる。

このように，PANSY レーダーは南極のほぼすべての大気現象を精密に観測し，これまでとは桁違いのレベルで理解するための観測器となる。観測期間は太陽活動 11 年周期の 1 周期分を含む 14 年を計画している。これによって南極大気の地球気候での役割が明確になり，温暖化など地球気候予測の精度向上に寄与することになろう。

本計画は東京大学・国立極地研究所の協同プロジェクト（佐藤薫代表）であり，全国 9 大学および主要 8 研究所が参加している。

（2010 年 11 月 12 日プレスリリース）

PANSY：フランス語の penser（考える）を語源とする花の名前。Program of the Antarctic Syowa MST/IS radar のプロジェクト名の略。
ホームページ：http://pansy.eps.s.u-tokyo.ac.jp