

2004 年スマトラ島沖地震で 干上がったサンゴ礁

茅根 創（地球惑星科学専攻 准教授）、池田 安隆（地球惑星科学専攻 准教授）

2004 年 12 月 26 日にスマトラ沖で発生した地震は、マグニチュード 9.1 以上と超巨大だった。地震によって発生した津波は、インドネシアをおそった後、タイや、インド洋を越えてスリランカ、インド、アフリカ東岸まで達し、史上最悪の 25 万人の犠牲者をもたらした。地震断層の破壊領域は、震源のスマトラ沖から北に向かい、1,300 km も北方のアンダマン諸島まで伸びたらしいのだが、ここにはほとんど調査が入っておらず、その実態は不明だった。

東京大学と産業技術総合研究所の研究チームは、地震から 2 ヶ月半後のアンダマン諸島へ調査に向かった。地震による隆起が予想されるのは、アンダマンの首都から北へ 200 km の小さな島々である。車、フェリー、さらには小さな木製の船を借りて、ようやく目的の島にたどり着いたわれわれは、驚きの声を上げた。サンゴ礁がまるまる干上がっていたのだ。死んだサンゴは新鮮で、まるで海中の光景を見ているようだった。

干上がったサンゴの中には、頂部が平らな丸テーブルのようなものが見られた。マイクロアトールと呼ばれるサンゴの形

態で、半球状に成長したサンゴの頂部が低潮位に達すると、それ以上は上に成長できないため平らになる。水準測量も検潮記録もない孤島で、マイクロアトールは、数 cm の精度で隆起量を記録してくれた。その結果、アンダマン北西部で隆起量は 1.3 m と最大で、東南東へ向かって隆起量が減少し、アンダマン諸島南東では 1 m 沈降したことがわかった。

スマトラ沖地震のような巨大地震は、プレートとプレートの境界（断層）が急激にすべることによって起こる。スマトラからアンダマンの沖では、陸のプレートの下にインド洋の海のプレートが沈み込んでいる。沈み込む際に陸のプレートを引きずり込むが、それが限界に達すると、陸のプレートが境界面ですべって跳ね上がり地震が発生する。この時、地表面に大きな変形が現れる（海底の変形が津波を発生させる）。隆起量は、すべり面の浅い方で最大になる。アンダマン諸島で大きな隆起が確認されたことは、地殻変動が震源から 1,300 km も離れたアンダマン諸島まで断層の破壊が及んでいたことを示す。

さらに私たちは、海辺の住民の証言から、地震時に大きな隆起があった後、2 ヶ月ほどの間に隆起

量の 3 割程度が沈降したことを知った。地震時に大きく後退した海岸線が、徐々に戻ってきたというのである。これは、すべった領域がより浅い方向にずると延びたことによって説明される。これを余効変動と呼ぶが、地震発生メカニズムを理解する上できわめて重要な知見が得られた。

日本でも、太平洋とフィリピン海のプレートが沈み込んでおり、過去にも巨大地震がたびたび起こっている。1,300 km というと、北海道から関東まで、あるいは関東から九州までが、一度に破壊するというとてもないものだが、そうした超巨大破壊が過去にも起こったのではないかという地質学的証拠も見つかっており、決して彼岸の火事と看過できない。

本研究は、H. Kayanne, Y. Ikeda *et al.* *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L01310, 2006 に掲載され、Editor's highlight に選出された。

（2007 年 1 月 26 日プレスリリース）

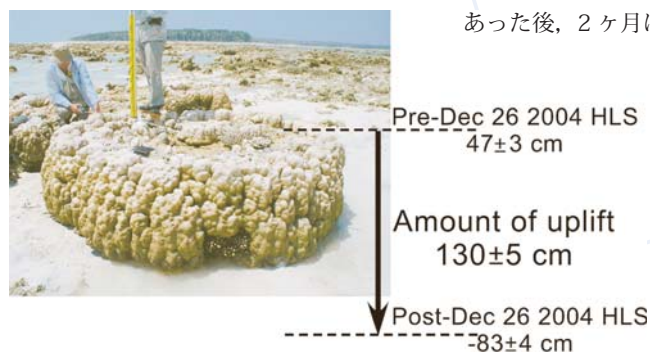


図 1：アンダマン諸島北西部のノースリーフ島で発見された、地震で隆起したサンゴのマイクロアトール（2005 年 3 月撮影）

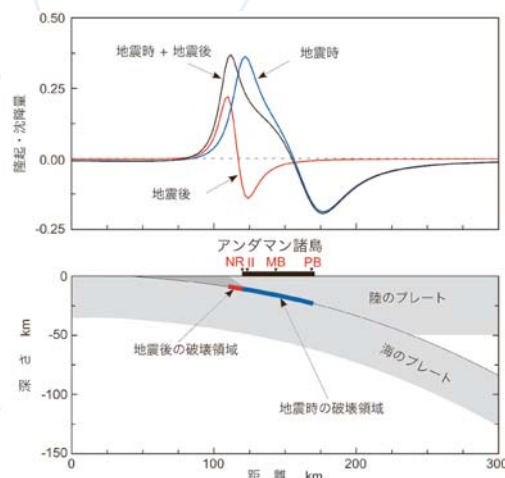


図 2：アンダマン諸島を横断する断面沿いの、地震時・地震後の地殻変動を説明するモデル。地震時、下図の青い部分がすべて上図の青い曲線のような隆起・沈降が起こった。隆起域で地震後に沈降したことは、地震後にさらに赤い部分がすべり、隆起域が前進するとともに、その背後に沈降域が生じたことによって説明できる。

史上最高の蛍光量子収率を示すアゾベンゼンの合成

— 強い蛍光を発するアゾ染料の開発 —

川島 隆幸（化学専攻 教授），狩野 直和（化学専攻 准教授）

現在までに多くの色素や染料が開発されているが、その中でも工業的にもっとも頻用されているのは、アゾ染料と呼ばれるもので、二つの窒素の間が二重結合で結ばれたアゾ基を発色団としてもつ化合物であり、世界での工業生産量の約半分を占めている。アゾ染料の中で、二つの窒素にそれぞれベンゼン環が結合したアゾベンゼンは、色素としてよく知られている。アゾベンゼンは、光があたると異性化と呼ばれる構造変化を容易に起こす特徴があり、そのため光をあてても一般に蛍光を示さないとされてきた。今回、われわれは、アゾ染料の色素としての性質を保ちつつ、蛍光性物質としての性質をあわせもつアゾベンゼンの合成に成功した。すなわち、これまで光異性化により見逃されていた蛍光機能をアゾベンゼンに付与したことになる。

光異性化を抑えるため、アゾベンゼ

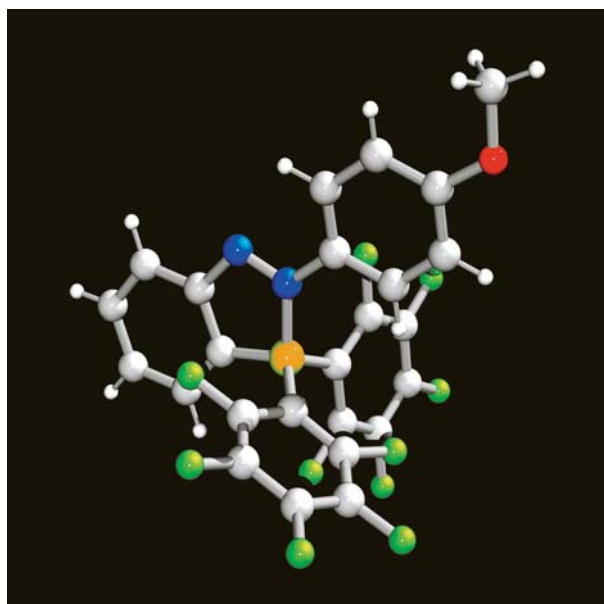
ンのベンゼン環にホウ素を結合させ、かつホウ素上のベンゼン環にフッ素を導入することで強く相互作用するように分子を設計した（図1）。ヨウ素が結合したアゾベンゼンから、二段階で蛍光性アゾベンゼンが合成できた。今回、合成したホウ素置換アゾベンゼンに光をあてると、強い緑色の蛍光を示すことを見出した（図2）。このアゾベンゼンの蛍光量子収率は0.76（76%）であり、無置換アゾベンゼンと比較して3万倍も効率よく蛍光を示した。すなわち、今回ここで合成した化合物は、アゾベンゼンとして史上最大の蛍光量子収率を示すことがわかった。

さらに理論計算と実験から、アゾベンゼンが蛍光を示す原因を明らかにした。ここで蛍光を示す鍵となったのは、ホウ素から窒素への強固な配位結合である。この配位結合によってアゾベンゼンの構

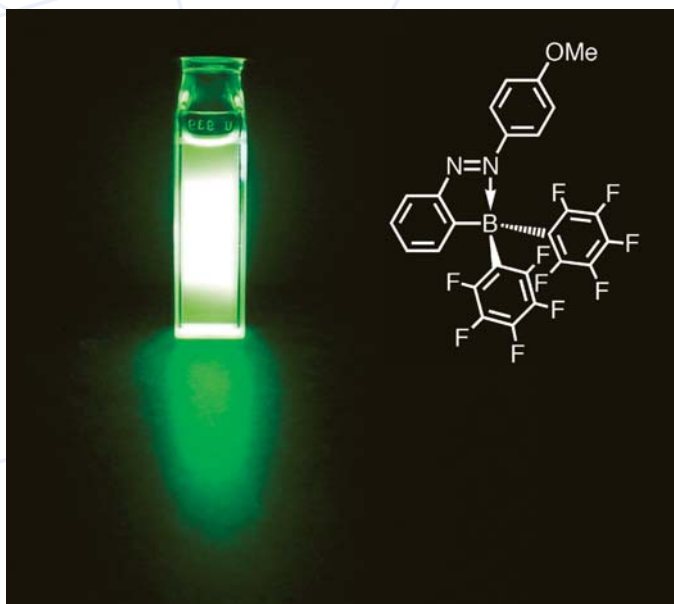
造変化を抑制するとともに、n軌道の準位を下げ、 π 軌道の準位を上げることで、許容遷移である $\pi-\pi^*$ 遷移が基底状態からの最低励起準位となる。その結果、遷移確率が上昇し、光エネルギーを蛍光として効率よく取り出すことが可能となり、高い蛍光量子収率を示したと考えられる。

アゾベンゼンの置換基を化学修飾すると吸収波長が調節できることが知られているので、多様な色調の蛍光を示すアゾベンゼンが合成できると期待される。今後、輝度が高く、多彩な蛍光色調の蛍光性アゾベンゼンが開発できれば、蛍光塗料や、化学センサー、タンパク質検出のための蛍光プローブ、OLEDの発光素子等の最新の機能性素材への応用も期待される。本研究は、T. Kawashima *et al.*, *Chem. Commun.*, 559, 2007 に掲載されている。

（2007年2月6日プレスリリース）



■ 図1：史上最高の蛍光量子収率を示すアゾベンゼンの分子構造



■ 図2：合成したアゾベンゼンの化学構造式と光照射した時に発する蛍光の様子

「あかり」が見た星生成領域、終末期の星、超新星残骸、活動銀河核、遠方銀河

尾中 敬（天文学専攻 教授）

「あかり」は昨年2月に宇宙航空研究開発機構・内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた、日本初の本格的な赤外線天文衛星である。「あかり」の詳細については昨年の理学部ニュース7月号に紹介させていただいた。すでに打ち上げから、あっという間の1年が経ち、観測開始からも1年を迎える時期になった。今回、3月の日本天文学会および4月の韓国天文学会で、「あかり」の初期成果の発表が行われた。ここではその中からとくに近・中間赤外線カメラ（IRC）による観測を中心とした星形成領域の研究成果を紹介する。

下図（右）に、こぎつね座の反射星雲 IC4954 および IC4955 を含む約 $1^\circ \times 1^\circ$ の領域を IRC で撮像し、9 ミクロンと 18 ミクロンの画像を合成したカラー図を示す。やや左で明るい領域が IC4954/4955 である。右図をよくみると、中心部に暗い穴のような部分があり、IC4954/4955 はその球殻上に存在している。1 千万年ほど前に穴の中心で最初の星が生まれ、周りの星間物質を押し出し、球殻上の構造を形成した結果と考え

られる。赤外線で見ると光っているところは、球殻上に密度が高くなった領域で生まれた第二世代の星によって温められている星間物質である。第一世代の星はすでに消滅していて現在、観測では捉えられない。

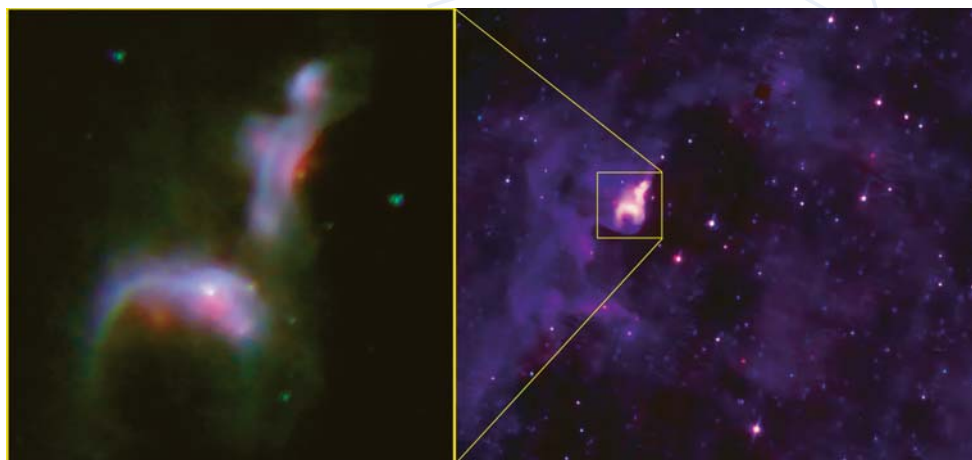
この仮説を確認するために、IC4954/4955 の領域をさらに高解像度で観測した、9、11、18 ミクロンの合成カラー図を下図（左）に示す。この画像は、この波長帯でとられた初めての高解像度で高感度のデータである。特徴的な円弧の構造が何個も見られる。円弧の中心部は 18 ミクロンで明るく赤い。円弧の中心に、第二世代と考えられる比較的若い星が存在し、周囲の星間物質を温めていることが確認され、上の仮説を支持する。円弧は、この熱源の星によりさらにその周囲の星間物質を掃き寄せ、形成したものと考えられる。さらに、生まれたばかりの星を抜き出し、その分布を調べると、この円弧の上に集中していることがわかる。第二世代の星の影響で、次の第三世代の星が生まれている姿まで映し出された。今回の観測は、「あかり」

のもつ広い領域を複数の波長で効率的に観測する能力を十分に活かしたもので、こぎつね座の領域で、一千万年、三世代にわたり、連鎖的に星が作られている様子を初めて明らかにした。

今回の「あかり」の初期成果では、この他に、小マゼラン雲中の超新星残骸の初検出、初期赤外巨星からの質量放出の初めての検出、あるいは活動銀河核と呼ばれる巨大ブラックホールを囲む星間物質中の温かい分子ガスと低温の氷の存在の検出、あるいは波長 15 ミクロンでの深宇宙探査など、広い範囲の天文学について新しい知見をもたらすものが多数、発表された。これらの初期成果は、「あかり」の高い性能を再確認するとともに、今後、広い天文学の分野において、「あかり」の観測結果が大きく貢献することを十分に期待させるものである。

「あかり」は、欧州宇宙機構（ESA）との協力で行われている宇宙航空研究開発機構（JAXA）のプロジェクトである。「あかり」の開発、運用は、東京大学、名古屋大学をはじめとする国内研究機関、イギリス・オランダおよび韓国の研究機関が協力して行っている。

（2007 年 3 月 26 日プレスリリース）



図：（右）「あかり」搭載近・中間赤外線カメラ（IRC）で与えられた、IC4954/4955 を含む約 $1^\circ \times 1^\circ$ の領域の、9 ミクロンと 18 ミクロン画像のカラー合成図
（左）右図の IC4954/4955 領域のさらに詳細な 9、11、18 ミクロン合成図