

坂井南美 | 天文学

星や惑星が形成される過程で、宇宙で起きている化学的なプロセスを探求している。新しい星が形成されている場所で予想外の炭素鎖分子を発見し、生まれたばかりの星の周りのガスの化学組成にはバリエーションがあることを証明した。



星のどんなところに魅力を感じて天文学者になろうと思われたのですか？

子どもの頃は星がすごく好きというほどではありませんでした。自然の中で遊ぶのが大好きな子どもでした。自然の複雑さと調和に興味があり、なぜこれほど複雑でありながら調和がとれているものが「自然に」生み出されたのかが不思議で仕方ありませんでした。宇宙や星も好きでしたが、あくまで自然の一部として捉えていたにすぎません。ところが大学生のときに、宇宙が自然の一部なのではなく、宇宙で起きている現象の結果として「自然」が存在することに気づきました。そこで、「自然」の起源である星の誕生過程の研究に興味を持つようになったのです。

生まれたばかりの星や惑星系を 20 年近く研究されているそうですね。現在の研究分野についてわかりやすく説明していただけますか？

化学史を理解するためには、化学史だけに着目するのではなく、恒星や惑星の誕生過程も同時に理解する必要があります。そのため、恒星や惑星の形成についても研究しています。さらに、分子を観測して原始星を取り巻くガスの化学組成を調べるには、分子が出す電波の波長や強度などの分光情報、すなわち「ツール」も必要です。正確な分光情報は、観測で原始星を取り巻くガスの運動状態を知る際にも役立ちます。星形成の過程で起こる化学的プロセスを理解し、原始惑星系の化学的多様性を明らかにする。そして最終的に太陽系の化学的起源の理解へつなげたいと思っています。そのためには、こういった多角的な研究推進が必要です。

どのようなことを解明されたいのですか？

数多ある星の中での太陽系の存在価値（希少性または普遍性）を知りたいです。

正しい道を歩んでいるのかどうか、疑問に思うことはありませんか？

むしろ「正しい道とは何だろう？」と思いますね。答えは誰にもわからないと思います。悔いのないよう、最善を尽くすだけです。

アルマ望遠鏡は、重要な新たな知見をもたらしてくれましたか？

ええ、それ以上です。アルマ望遠鏡がなければ、遠方（たとえば 500 光年以上彼方）にある原始星周辺のさまざまな分子の分布を明らかにすることはできませんでした。遙か彼方にある太陽系と同じような大きさ（約 100au：au は地球と太陽の間の

距離に相当する天文単位) の原始惑星系内に分子がどのように分布しているかを調べるには、高い空間解像度だけでなく、高い感度が必要です。アルマ望遠鏡が登場する以前は、原始星を取り囲む分子ガスを 1,000~10,000au のスケールでしか解像することができませんでした。

数学と想像力、どちらが大切だと思いますか？

想像力は大切だと思いますが、「行動を伴わない想像力は、何の意味も持たない」というチャップリンの言葉に同意します。数学や物理はデータを調べるための手段です。ですから、必要に応じて学びます。そのためには、数学と物理の基礎力は身につけておかなければいけません。事前にしっかり勉強しておけば、もちろん役立ちます。しかし、研究を開始する前に勉強しておかなければ研究が出来ない、というわけではないと思います。

ご自分の研究は社会にどのように貢献していると思われますか？

直接的にはあまりしていないと思います。最初から「社会に直接役立つもの」という目標が設定されていると、目標の範囲内でしか発展はありません。目的主導型の研究では、予想の範囲内の発見しか生まれないでしょう。そのような目標を持たずに行われた研究によって発見された成果が、ときに他のアイデアや発見と出会い、思いもよらない結果をもたらすことがあります。天文学ではそのような例が過去に多々あります。宇宙は極限的環境下での現象を理解するための一種の実験室であり、また、そのような現象を観測するためには特殊な技術も必要だからです。私達は宇宙のことをほとんど知りません。逆に言うと、宇宙は私たちにたくさんの新しいこ

とを教えてくれるので、それが社会に「役立つ」こともあります。たとえば、医療診断に使われる MRI（磁気共鳴画像）やナノテクノロジーにつながったフラーレンの発見などが挙げられます。

直接的な貢献はさておき、私の研究は、宇宙において生命がいかに奇跡的であるか、言い換えればいかに脆弱であるかを理解することにもつながります。それは、地球上の生命に対する見方を変え、地球の平和と持続可能な社会の重要性を認識するきっかけにもなると考えています。先ほど述べたように、星間化学研究は数百年、それどころか数千年先の科学技術の礎となる可能性もあります。講演をするときはいつも、聴衆の皆さんにこのような超長期的な視点に立っていただくきっかけになることを願っています。

宇宙物理学者のアヴィ・ローブは、私たちは宇宙で孤独な存在ではないと考えています。どう思われますか？

私は少々悲観的です。化学的な観点から見ると惑星に生命を宿すことはそう簡単ではない上に、知的生命同士が出会える時間的確率の観点からも難しいと思います。この宇宙では、すべての物質が同じ原子のリストから構成されています。原子は普遍的な物理法則に従います。たとえば、さまざまな分子、ひいては生命が存在するためには、炭素原子が重要な役割を担います。炭素原子はその「4本の腕」で、単結合、二重結合、三重結合など、さまざまな（共有）結合を形成することができます。ケイ素も共有結合を形成することができますが、宇宙での存在度ははるかに低いです。したがって、宇宙で自然に形成された複雑な物質（生命）は、すべて有機化学すなわち炭素を骨格とした分子からなる化学に由来しているはずです。

地球上の生命は、太陽からの放射エネルギーを、植物による光合成などで化学エネルギーに変換しています。放射エネルギーは 2.5eV に強度のピークがあり、これはちょうど分子の価電子を励起するエネルギーに相当します。つまり、可視光は化学反応に利用できるのです。ところが、放射エネルギーのピークがそれより少し高い、たとえば $4\sim 5\text{eV}$ になると、分子結合を破壊してしまいます。これは紫外線に相当するので、紫外線による皮膚のダメージを考えれば、この放射で分子が破壊されてしまうことは容易に想像がつくと思います。逆に少し低い場合（赤外線）、エネルギーが低すぎて、化学反応を促進することができません。分子の性質は、全宇宙のどこでも変わりません。ですから、太陽エネルギーを利用した化学進化を考える場合、可視光が必要なのです。太陽は太陽系最大のエネルギー源であり、そのエネルギーを効率的に利用することは当然の帰結です。放射エネルギーは、そのほとんどが星の質量で決まります。ですから、大質量星系や低質量星系は、周囲に惑星があったとしても分子を進化させるのに適していないのです。

自然を安定的に維持するためにはあまりにも多くのハードルが存在し、それらをすべて乗り越えて初めて地球上の生命につながっていくのです。これらの化学的ハードルは、これまでほとんど考慮されてきませんでした。いつの日か、星間化学研究がこのようなハードルをすべて明らかにすると信じています。

スティーブン・ホーキング博士は、宇宙に神が存在する可能性はないと言いました。

たとえば、自然の中に神の存在を感じますか？

科学者としてはノーと言いたいところですが、私たちはたくさんの奇跡が積み重なって存在しています。そのことを考えると、神の存在を信じたくもなります。

助教時代の2012年に1人目、2015年に2人目のお子さんを出産されましたね。キャリアに支障をきたすのではないかという不安はありましたか？どのくらい休まれましたか？研究の第一線に復帰するのは大変でしたか？ご主人も天文学者でいらっしゃるようですが、そのことは助けになりますか？仕事、研究、結婚、育児をどのようにこなしていらっしゃるのでしょうか？

夫も天文学者なので、そういう意味では恵まれています。忙しいときに何を優先させるかもわかってくれます。もちろん、お互いの研究を尊重し合っています。それでも子どもを産む前には、一時的に研究のクオリティが落ちてしまうことへの不安がありました。当時の上司であった山本智教授が、「雑務は全部引き受けるから、あなたにしかできないサイエンスに集中しなさい」とおっしゃって全面的に協力してくれました。この言葉に心から感激し、研究の道を諦めずに長男を出産することができました。産前6週、産後8週の産休を取って職場に復帰しました。当初は仕事の能率がぐっと落ち、もどに戻るまでに産後1年ほどかかったと思います。生活は夜型から朝型へシフトし、普段は残業しません。家に帰ると頭がすっかり切り替わって、子どもが寝てから仕事をしようと思ってもなかなか頭が戻らないこともあります。

復帰後は仕事の優先順位を新たに設定されたのでしょうか？

はい。以前は何事にも全力投球でしたが、今は時間が限られているため、仕事の優先順位をつけなければなりません。自分にしかできない仕事は、もちろん優先させるべきでしょう。たとえば委員会の仕事でも、自分が誰よりも貢献できるときだけ頑張って、他の人でもできる仕事はあえて力を抜きます。私は現在、多くの委員会に所属していますが、それはほとんどの委員会が女性委員を必要としているからです。たとえば、物理学の分野では、女性の主任研究員や教授(PI)の割合は非常に低く、数十から百人のPIの中に1人しかいないこともあります。一方、委員会は通常数人から10人程度で構成されますが、たいてい女性委員が少なくとも1人は必要です。つまり、私のような女性PIは、同年代同程度のキャリアの男性PIに比べて約10倍以上も委員会に貢献しなければならないのです。これでは研究の時間がとれません。ですから、たとえば私が全部の委員会で頑張ってしまうと、研究する時間が全く無くなってしまうのです。

年長の同僚は、どのように若手研究者をサポートすればよいのでしょうか？

私の場合、研究に関しては、たとえ些細なことでも、若手研究者が自力で発見したことには興味を示すようにしています。面白い発見であれば、彼らがいる前でさらに強い関心を示します。そうすることで、彼ら自身がさらに研究を進めようという気持ちになることが多いように思います。

若手研究者から見えるものと、先輩研究者から見えるものは違います。その違いを具体的に伝えることが、若手研究者の視野を広げるきっかけとしてとても重要だと考えています。また、面接の準備や助成金を獲得する過程でのアドバイスなど、さ

まざまな場面で先輩研究者が彼らの研究や行動をどう見ているか、将来を見据えて何を考えるべきか、助言するようにしています。

キャリアについては、彼らがライフイベントに直面したとき、私の上司のように「雑務は全部引き受けるから、あなたにしかできないサイエンスに集中しなさい」と言えるようになりたいです。今はまだ難しいですが。

妊娠中は幸い体調がよかったので、ゆとりのある旅程を組んだり、飛行機のプレミアムエコノミークラスやビジネスクラスを利用すれば、出張して学会で発表することも可能でした。ところが、例え自分が獲得した研究費から出張費を出すと云ってもそのような旅程は認められず、自腹を切らなければなりませんでした。東京大学など一部の研究機関では、妊娠は健康上の問題に相当するとして、そのようなゆとりのある旅程を認めているところもありますが、理化学研究所では認められていません。当時の理事にその理由を尋ねたところ、妊娠は病気ではない、つまり「健康上の問題」ではないと言われました。若手研究者が研究分野で存在感を示し続けることは、とても大切なことです。国際会議に招待されて発表したり、共同研究者と直接議論を交わすことが、研究者の存在をアピールすることになります。そのためサポート体制や職場環境を整える必要があります。

年配の研究者の考え方と異なる点は何ですか？

研究の時間が制約を受けたり減ったりするライフイベントに直面している、またはそのような経験のある研究者に対する考え方を除けば、それほど大きな違いはないと思います。たとえば、子どもがいる研究者は、研究よりも育児に多くの時間を費

やした期間を考慮して評価されるべきです。1人の子どもがいるということは、2年間程度のブランクがあったと考えることができます。特に研究職の選考では、そのような期間を考慮して、他の研究者と研究活動を比較しなければなりません。たとえば、子どもが1人いて博士号取得後3年の研究者は、博士号取得後3年の研究者ではなく博士号取得後1年の研究者とその実績を比較されるべきです。

働き方は近年変わりつつあります。しかし、日本ではまだ、夜間や週末、休日にも研究や仕事に使える時間があると考える人が多くいます。このような「伝統」は捨て去るべきです。また、男性研究者であっても、育児や介護をしている可能性があることを考慮すべきです。

女性科学者は、男性に仕事のクオリティを疑われることが多いと聞きます。そのような経験をされたことはありますか？

私の場合、実際にはそれほどないと思います。優れた論文の実績がクオリティの証明になります。ただ、他の研究者から疑われないようにするために、昔は女性限定のポストや賞には応募しませんでした。ただ、PIになった今は、考え方を変えました。STEM（科学・技術・工学・数学）分野に進みたい若い女性の後押しになるのであれば、女性限定の賞にも応募するでしょう。

ご自分の専門分野では、女性に対する偏見はどうですか？

最近はだいぶ改善されましたが、まだ問題は多いです。

私が学部生だった頃はまだあからさまな男女差別があり、授業のことで質問に行くと、男性の教授から「女の子のおしゃべりに付き合いたくない」と言われ、質問に

答えてもらえないこともありました。最近ではあからさまな差別は減ってきましたが、いまだに根強い差別意識を持つ研究者もおり、たとえば委員会で私が発言しても無視するなど会話に支障をきたす人がいたり、共同研究しづらい人がいたりします。

女性が少ないのでやむを得ない面もありますが、委員会の仕事は同年代の男性よりも圧倒的に女性の方が多く、最も重要な仕事である研究に費やす時間を確保するのが難しいこともしばしばです。一般的には、そのことが間接的に研究のクオリティを低くしているのだと思います。もし、女性研究者が高い地位に就いてから研究のクオリティが低くなるとしたら、それはたいていこの問題が原因ではないかと思います。

これから科学者を目指す人へのアドバイスをお願いします。

自分が面白いと思うことを追求し続けることが大切だと思います。興味があっても、やらなければ意味がありません。ただ、ひとつの研究分野に一生固執する必要はなく、夢中になれるものを見つけたら、別の分野に移ってもかまいません。不思議なことに、何かに強い関心を持つと、自然のほうから多くのことを教えてくれます。研究者を目指す人には、ぜひその情熱を貫いてほしいです。研究は思い通りにならないのが当たり前です。期待は何度も裏切られるかもしれませんが、思いがけない事実や苦勞を楽しむことが、次のチャレンジにつながっていきます。そういう前向きなメンタリティを持った人たちの将来に、大いに期待しています。

私が好きなのは、電波天文学のパイオニアであるアメリカのグロート・レーバー博士が言った言葉です。

「最初はうまくいかなくても、何度でも挑戦しなさい。現在の理論を絶対的な事実として受け入れてはいけません。みんなが下を向いているとき、上を向くか、違う方向を向いてみなさい。もしかしたらそこであなたは驚くような発見をするかもしれません。」

昔から好奇心が旺盛だったのですね。それ以外にはどんな子どもでしたか？

小学校の入学式の日、初対面の担任の先生に、校庭の木を指差して「あの木に登ってもいいですか」と尋ねました。木登りや自然の中で遊ぶことが大好きな子どもでした。理科の授業でペットボトルロケットの実験をしていたとき、自分を「打ち上げ」ようと思って高い鉄棒に登ったことがあります。鉄棒から飛び降りて転び、腕の骨を折りました。コンセントに金属クリップを差し込むといういたずらをしたら、父にすごく怒られたことがあります。後で、クリップを2か所に差し込むと火花が出てショートすることを教えてくれ、なぜ危険なのかを説明してくれました。おさるのジョージみたいな子どもだったと思います。

最近、子どもの頃に日本で放送されていたお気に入りの アニメ 番組の原作がドイツで生まれたものであることを知りました。ドイツ語の原題は『Die Abenteuer der Honigbiene Maja』（英語では『The Adventures of Maya the Bee』、日本語では『みつばちマーヤの冒険』）です。好奇心旺盛なみつばちの女の子マーヤに親近感が湧いたから好きだったのかもしれない。

5年から10年後に向けての抱負をお聞かせください。

太陽系と原始惑星系円盤の化学的環境をつなぐヒントを見つけたいです。

ご両親からはどのような信条を受け継がれましたか？

母からはよく、「アドバイスはするけれど、どうするかは自分で決めなさい。それから、自分で決めたことには責任を持ちなさい」と言われました。父はいろいろなことに興味を持っていて、それを私と共に楽しんでくれました。父はオーディオシステムを開発するエンジニアで、天文学も好きでした。そのことも、私の選んだキャリアに影響を与えたかもしれません。

ご自分の性格を5つの単語で表現してくださいますか？

好奇心旺盛、情熱的、活発、おしゃべり、うっかり。

ここまで来られたのは、何が一番大きかったのでしょうか？

幸運に恵まれたことです。素晴らしい指導教官、素晴らしいデータ、素晴らしいタイミングで職務内容が完璧にマッチする無期雇用職の募集があったこと、アルマ望遠鏡運用開始直前の素晴らしいタイミングで電波天文学の世界に入れたこと、漢字は違いますが夫と同じ発音・綴りの苗字（坂井-酒井）で、研究者として重要な名前の少なくとも発音を変える必要がなかったこと、素晴らしい両親など、例を挙げればきりがありません。

世界に向けてメッセージをお願いします。

私たちは自然についてほとんど何も知りません。解決策は思いもよらない方向からやってくることが多いので、多様なアプローチがとても重要なのです。多様な考え

方は、コミュニティに多様性があることから生まれます。自分自身に対してもまた、「人の意見に対して寛容になろう」と常に言い聞かせています。