

微生物の「会話」をひもといてメタンを生成

微生物同士のコミュニケーションに着眼して研究を進めている前田憲成さんは、その仕組みを活用してメタンガスを効率よくつくり出す装置の社会実装を目指す。

九州工業大学

大学院生命体工学研究科 生体機能応用工学専攻
環境共生工学講座 微生物工学分野 教授

前田憲成

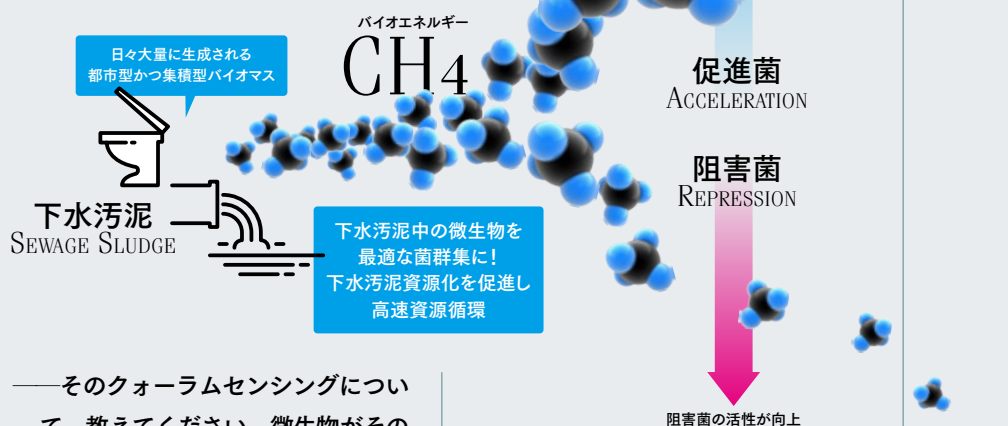
まえだ・としなり 1978年、福岡県生まれ。九州工業大学工学部物質工学科卒業。同大学大学院生命体工学研究科生体機能専攻博士前期課程・博士後期課程修了、博士(工学)。2006年4月から翌年9月まで、米テキサスA&M大学工学部化学工学科で博士研究員。九州工業大学大学院生命体工学研究科助教、准教授を経て2021年11月より現職。野球やサッカーの観戦が趣味。音楽ではB'zのファン。九州工業大学以外に高専や看護学校などでも授業を持っており、「土曜日はくたくたでぼぼ寝ている」という。[第36回 松籟科学技術振興財団研究助成受賞]

微生物は情報交換している

—まず研究テーマについてご説明いただけますか。

専門は微生物工学です。細菌とか真菌といった、肉眼では見えないような小さな生き物が微生物ですね。微生物は、土壌の有機物を分解することで炭素や窒素といった元素の循環に関わるなど、さまざまな働きをしています。そうした微生物の働きの中で、私たちは微生物が人間と同じようにコミュニケーションを取っていることに着目しました。シグナル分子を放出し合うことで菌密度を感知し、周りに仲間が少ないときにはおとなしくし、たくさん集まると一気に活動のスイッチをオンにします。この仕組みをクォーラムセンシングといいます。

私は現在、クォーラムセンシングを活用してメタンガスを効率よくつくり出す手法の開発に関する研究に取り組んでいます。



—そのクォーラムセンシングについて、教えてください。微生物がそのような働きをすることは、前からわかっていたのですか。

1990年代の後半に名付けられた細菌密度を感知して遺伝子発現を活性化する仕組みのことです。最初に判明したのはイカが光る現象です。自分で発光器を持っているイカもいますが、発光バクテリアを体内に持っているタイプのイカの場合、クォーラムセンシングの仕組みが働いて光っていることがわかってきたのです。

—バクテリアが光ることに意味や目的があるのでしょうか。

光ることでイカの近くに餌が集まり、イカが餌を摂ることで自分たちの栄養になるというように、イカとバクテリアの間に共生関係があると考えられます。そうした現象をコミュニケーションという切り口で研究するうちに、メカニズムがだんだん解明され、オートインデューサーと呼ばれる、微生物

物たちが使う言葉の分子(シグナル分子)が特定されていきました。

微生物の複雑系の研究へ

—言葉の分子というのは、化学物質のようなものですか。

そうです。化学物質が言葉のような働きを担い、言葉の分子が多いとざわざわするような感じになり、それが引き金になって一気に活動が活発化する、それがクォーラムセンシングというわけです。

—もちろん微生物に知恵があるわけではないですよね。

そうですね。言葉を使うといっても、化学物質を出し、それに反応するということです。酵素や毒素をつくる時に、クォーラムセンシングを働かせて、周りに仲間がたくさんいるかどうかを確認します。そうした機構がわかってき

たので、研究の流れは次の段階に移ってきました。例えば、病気の原因になるようなものがクォーラムセンシングによってつくり出されるのなら、クォーラムセンシングを阻害すればいい。今はそういう方向に研究が進んでいます。

—クォーラムセンシングによって毒素が出ている例としてはどんなことがありますか。

例えば歯周病ですね。菌が出すジンジパインという酵素が原因になっていることがあります。

—クォーラムセンシングを阻害すれば歯周病の進行を防げるということですか。

そのとおりです。でも、阻害しようとする微生物たちが抵抗しようとすることもわかってきました。

ただ、これまでの研究は基本的に1つの菌でということが起きるのか、1つの菌の特性を解明することで現象を解析したものばかりでした。しかし私が2018年に松籟財団の助成をいただいた研究は、いろいろな菌がいる状態での現象

を見たものです。これを複合微生物系と呼んでいます。具体的にいうと、下水汚泥の嫌気消化が研究テーマの一つです。下水汚泥は微生物の塊のようなもので、中にはいろいろな微生物がいるので、酸素を含まない嫌気的な環境に置きます。すると下水汚泥の加水分解が起き、たんぱく質や脂質などが低分子化されてアミノ酸や糖が取れるようになります。それを酸生成していくと、最終的にはメタンがつくれます。

そうした反応には酸生成する微生物、メタンをつくる微生物などいろいろな微生物が関わっています。こうした複雑系の現象とクォーラムセンシングとの関わりを解明しようとした研究はこれまでありませんでした。

火薬無害化でノーベル賞!?

—その研究はいつ頃から始められたのですか。

米国留学から帰ってきてからです。2008年以降です。研究成

果が論文として公表されたのは2014年からです。それ以降、コンスタントに出ています。

—複雑系ということは、異なる微生物同士でもコミュニケーションするということですか。

そのとおりです。例えば大腸菌はクォーラムセンシングでアシルホモセリンラクトンという言葉となる分子を作れませんが、他の菌が作り出すその言葉の分子を聞き取ることもできるため、お互いに干渉し合います。

—そういう研究をされるようになったのは、アメリカに行かれたことがきっかけだったのですか。

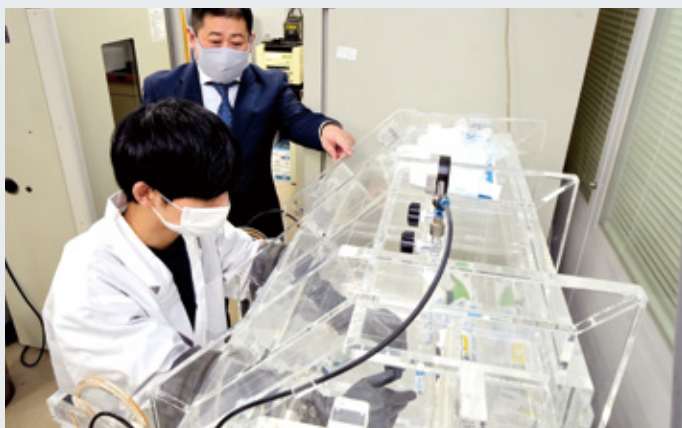
テキサスA&M大学での主な研究テーマは水素生成でした。ところが同じ研究室に7人いたほかのポスドクは、皆クォーラムセンシングを研究していました。それで私も関心を持つようになったのです。

—そもそもどうして微生物の研究をされるようになったのでしょうか。

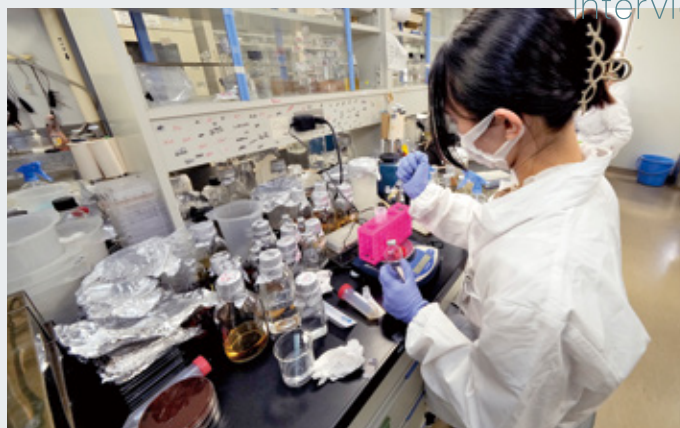
九州工業大学の学生だったときに入った研究室が、微生物による下水汚泥の減容化を研究していた



前田教授（前列中央）と研究室の皆さん ※写真撮影時のみマスクを外しました



嫌気性微生物を取り扱うために、嫌気チャンバーを扱う学生を指導



実験ベンチを使い培地を分注する学生たち

からです。学部4年生の卒研は、微生物の芳香族化合物の分解をテーマにしたものでした。その後、大学院では火薬を微生物で分解する研究をしました。この研究がうまくいけば地雷の爆発を防げるようになると思いきや、実際に火薬を無害化できたのでノーベル平和賞が獲れるかなと思いました(苦笑)。——でも残念ながら……。

地雷はプラスチックなどのカバーで覆われています。だから微生物が地雷の中に入ることができない。世の中、甘くはありませんでしたね。

実用化の壁はコスパ

——現在の研究はどういう状況ですか。

嫌気消化を促進させて下水汚泥からメタンをつくり、エネルギーとして活用できるようにすることを目標にしています。そのためには協力的な促進菌と足を引っ張るような阻害菌、この両方がどの程度いるのかなどを把握する必要があります。

——そういう菌はどうやって見つけるのでしょうか。

次世代シーケンサーを使っています。クォーラムセンシング分子にインドールを使い、反応させてメタンが増えたとき、あるいは減ったときに微生物種の何が増えて何が減ったのかをシーケンサーで解析しながら特定していています。

——もう特定できていますか。

促進菌も阻害菌も、その候補となるような菌は見つかっています。

——最終的にはそうした仕組みを使ってメタンを効率よくつくり、環境問題やエネルギー問題の解決に貢献しようということですね。そこがゴールだとすると、今は何回目くらいまで進んでいるのですか。

8割くらいまでは来ていると思います。

——すごいですね。でも残りの2割が難しいのでしょうか。

企業の方から相談されることもありますが、結局、コストパフォーマンスが問題になります。コストの見積りがまだできていません。

——実用化を目指されているのですか。

もちろん、その可能性は十分あると考えています。今の仕組みだと嫌気消化の副産物で硫化水素ができるのですが、この生成量を抑制できればメタンの生産量が増えます。だから、硫化水素をつくらせないようにする方法も研究しています。金属を腐食させる働きのある硫化水素を抑制できれば装置の寿命も延びることを実証し、最終的には社会実装につなげていきたいと思っています。

研究者に必要なのは忍耐力

——技術的な課題はありますか。

促進菌を大量に投与しても、自然淘汰が起きてなかなか効率が上

がらないことですね。単一系なら促進菌を培養して増やすことは容易なのですが、複雑系だと菌同士が反応し合い、促進菌だけを増やして生きさせるのが難しいのです。——先生の研究室のホームページに、地球上に存在する細菌の数は星の数より多いという記述がありますが、本当ですか。

確か10の8乗か9乗くらいいるはずですから、星より多いはずですよ。でもまだ発見されて登録され、培養できている菌の数は数万種程度にすぎません。

——先生も新種の菌を見つけたことはあるのですか。

火薬分解菌を見つけて、「TM15株」と名付けました。Tは憲成、Mは前田の頭文字です。

——星と同じで、発見者が名前を付けることができるのですか。こういう微生物工学の研究者にはどういう資質が必要ですか。

忍耐力でしょう。わけのわからない結果が出ることはしょっちゅうで、本当に思うようにならない。でも、そこが面白さでもあります。

——研究者としての今後の夢、目標は？

狙って獲れるものではないでしょうが、あわよくばノーベル賞を獲りたいですね(笑)。火薬の無害化の後には、微生物を使って海水からメタンをつくり出す研究をしたことがありました。これもいけると思ったのですが、ダメでした。諦めずに忍耐強くやっていきます。