

令和3年2月16日

各位

【本研究発表の報道解禁日時】 令和3年(2021年)2月16日(火) 18:00(日本時間)

北海道・道北の陸域深部地下環境から硫酸等で呼吸する新種の細菌を発見  
(*Desulfovibrio subterraneus* HN2<sup>T</sup>株の発見)

研究成果のポイント

- 北海道・道北地方に位置する幌延町の深部地下環境の水から、嫌気的条件<sup>\*1</sup>のもと、硫酸で呼吸して生育する細菌の新種を発見しました(*Desulfovibrio subterraneus* HN2<sup>T</sup>株の取得<sup>\*2</sup>)。
- 硫酸に加え、酸化鉄や二酸化マンガン、腐植物質類似体など、地層中にも含まれる物質も使い呼吸をしていることが分かりました。
- 幌延町の深部地下環境の水は、この細菌が主に呼吸に使う硫酸が乏しい環境だが、硫酸以外の物質を使って呼吸し生きることが可能であることが分かりました。
- ノーステック財団 幌延地圏環境研究所では、このたび新種の微生物を発見したため、微生物新種記載の上で最も権威ある「International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology<sup>\*3</sup>」の2021年2月号に発表となります。
- ノーステック財団 幌延地圏環境研究所、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、広島大学との共同研究の成果となります。

論文発表の概要

研究論文名: *Desulfovibrio subterraneus* sp. nov., a mesophilic sulfate-reducing deltaproteobacterium isolated from a deep siliceous mudstone formation  
著者: 上野 晃生<sup>1</sup>、玉澤 聡<sup>1</sup>、玉村 修司<sup>1</sup>、村上 拓馬<sup>1</sup>、木山 保<sup>1</sup>、猪股 英紀<sup>1</sup>、天野 由記<sup>2</sup>、宮川 和也<sup>2</sup>、玉木 秀幸<sup>3</sup>、長沼 毅<sup>4</sup>、金子 勝比古<sup>1</sup> (<sup>1</sup>ノーステック財団 幌延地圏環境研究所、<sup>2</sup>国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、<sup>3</sup>国立研究開発法人 産業技術総合研究所 生命工学領域 生物プロセス研究部門、<sup>4</sup>広島大学大学院統合生命科学研究科  
公表雑誌: International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (微生物新種記載の上で最も権威ある英国の科学雑誌)  
オンライン公表日: GMT グリニッジ標準時: 2021年2月16日(火) 9:00(論文公開日)  
(日本時間: 2021年2月16日(火) 18:00)  
DOI: 10.1099/ijsem.0.004683

研究成果の内容

(背景)

硫酸還元菌は、土壌、淡水、海洋堆積物、熱水噴出孔、油層、石油生産施設など多様な環境に棲息し、全地球的物質循環に重要な役割を果たしていることが分かっています。陸域地下環境には未だ人類が利用できない膨大な種類の微生物が存在していることが過去の研究から分かっていますが、陸域地下環境は酸素のない嫌気的な環境であり、この環境からの試料採取時には酸素への曝露を最小限にする方法が必要などの困難を要することが多く、研究を進める上での大きな障害となっていました。幌延町には、国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構が深地層研究施設を有しており、通常はアクセス

【本研究発表の報道解禁日時】 令和3年(2021年)2月16日(火) 18:00(日本時間)

困難な地下環境から、陸域地下環境由来の研究用試料の採取が可能な世界的にも稀有なサイトとなっています。このような利点を活かし、ノーステック財団 幌延地圏環境研究所(H-RISE)は開所時より、幌延地下環境における微生物に関する研究を行ってきました。

H-RISE では、平成 24 年度より第二期長期研究計画として「褐炭層や珪質岩層等に含まれる未利用有機物を微生物の作用によりバイオメタンに変換する方法の開発」を行いました。上記長期研究の一環として採取した試料からメタン生成菌の探索を行い、これまで 3 種類の新種を報告しました。今回の報告ではメタン生成菌の探索に使ったものと同じ試料を用い、硫酸で呼吸する新種の細菌「*Desulfovibrio subterraneus* (デスルフォビブリオ スブテラネウス)HN2<sup>T</sup>株」を発見しました(図 1)。

*Desulfovibrio* 属に分類される細菌に限定した場合、現在まで 50 種以上が報告されていますが、陸域地下環境から得られたものについては世界的には過去に 4 例しか報告がなく、今回のものが 5 例目となり、陸域地下環境からの報告は非常に貴重であるだけでなく日本国内では初の報告となります。株名の「HN2<sup>T</sup>」は、幌延(Horonobe)の H と N から、数字の 2 は実験サンプルの番号、右肩の T は、その種(今回は *subterraneus*)の基準株(Type strain)であることを示しています。

## (研究手法)

研究グループは、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センターが開設前に行った大深度ボアホール調査時に採取した地下水試料を使い、既に 3 種類のメタン生成菌の新種を報告していました。H-RISE ではこの試料を維持しており、この試料から新種の細菌の取得を行いました。取得した細菌については 16S rRNA 遺伝子<sup>\*4</sup> および全ゲノムの塩基配列解析を活用し、データベース内に登録されている他の細菌と比較することにより新種かどうかの判定を行いました。新種の細菌の可能性のあるものについてさらなる解析を行いどのような特徴があるかを調べました。

## (研究成果)

過去に報告を行った 3 種類のメタン生成菌の新種に加え、嫌氣的条件で硫酸を使い呼吸する新種の細菌の取得に成功しました。硫酸に加え、酸化鉄や二酸化マンガン、腐植様物質など、地層中にも含まれる物質も使い呼吸をしていることが分かり(図 2)、硫酸が乏しい環境である幌延町の深部地下環境中(1 リットルあたりの硫酸濃度は 5.9 mg、比較として海水は約 2700 mg)で棲息できる理由を明らかにしました。

## (今後の期待)

今回発表した研究をさらに発展させることにより、当該施設を活用した陸域地下環境を新たな微生物資源探索の場として利用できることが期待できます。また、陸域地下環境でのメタン生成菌との共生機構や、幌延地下環境でのメタン生成機構に興味が持たれます。

**なお、この発表についての報道解禁は令和 3 年(2021年)2月16日(火) 18:00(日本時間)とさせていただきますので、それまでは各社ご協力の程、どうかよろしくお願いいたします。**

【本件のお問い合わせ窓口】

●ノーステック財団（公財）北海道科学技術総合振興センター

部署名 幌延地圏環境研究所（H-RISE）  
担当者名 常務理事 中西 ・ 主任研究員 上野  
電話 011-708-6527(中西) ・ 01632-9-4112(上野)  
F A X 011-708-6529 ・ 01632-9-4113  
E-mail h-rise@h-rise.jp

●広島大学

部署名 広島大学大学院統合生命科学研究科  
担当者名 教授 長沼 毅  
E-mail takn@hiroshima-u.ac.jp

部署名 広島大学 財務・総務室 広報部 広報グループ  
電話 082-424-3749  
F A X 082-424-6040  
E-mail koho@office.hiroshima-u.ac.jp

用語解説

\*1 嫌気的条件

生物が関わる現象で、酸素の介在を伴わないこと、あるいは酸素が無い状態でのみ生じる条件。逆に、酸素を使って生命現象を行う条件を「好気的条件」という。

\*2 *Desulfovibrio* (デスルフォビブリオ)属細菌

主に硫酸( $\text{SO}_4^{2-}$ )を使って呼吸を行い、硫化水素( $\text{H}_2\text{S}$ )を発生させる細菌の分類上の一つのグループ。酸素存在下(好気的条件)では生育できないという特徴がある。土壌、淡水、海洋堆積物、熱水噴出孔、油層、石油生産施設など多様な環境に棲息する。

\*3 International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (略称 IJSEM)

英国の科学雑誌で、国際微生物学会連合(IJSEM)の公式誌。微生物分類の専門誌となる。新種の微生物の命名規約ではIJSEMへの掲載のみを学名の正式発表としている。

\*4 16S rRNA 遺伝子

微生物の同定の際に用いられる遺伝子。この遺伝子の塩基配列を特殊な装置で読み、その結果を既存のデータベースと比較することにより、どのような微生物であるかを推定することが可能である。

参考文献

Shimizu et al. (2015) *Methanosarcina subterranea* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface diatomaceous shale formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ij.s.0.000072

Shimizu et al. (2013) *Methanoculleus horonobensis* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated

---

from a deep diatomaceous shale formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ijs.0.053520-0

Shimizu et al. (2011) *Methanosarcina horonobensis* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface Miocene formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ijs.0.028548-0

具体的データ

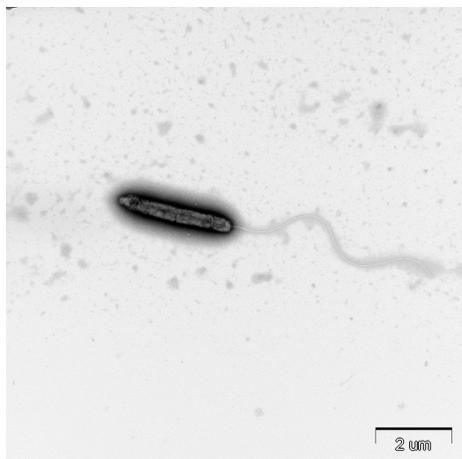


図1. 硫酸還元菌 *Desulfovibrio subterraneus* HN2<sup>T</sup> 株の電子顕微鏡写真

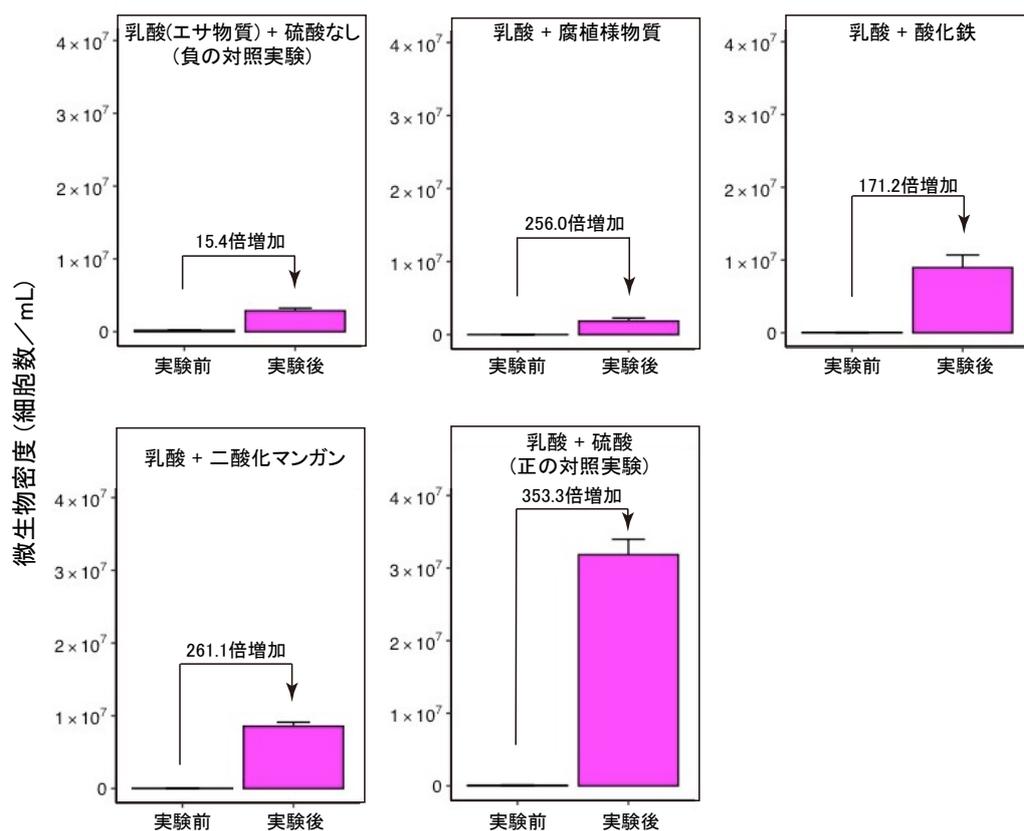


図2. エサ物質の乳酸に加え、呼吸に用いる物質を変えた場合のHN2<sup>T</sup>株の成長度合いについて(30°Cで4日間培養した結果)。実験前および実験後の微生物密度を比較した結果。HN2<sup>T</sup>株は硫酸を使って呼吸する時が増加率が一番高いが(353.3倍増加)、腐植様物質(256.0倍増加)、酸化鉄(171.2倍増加)、二酸化マンガン(261.1倍増加)でも大きく増加することが分かった。

想定質問について

Q. 硫酸(塩)還元菌とは、どのような働きをしているのか。

酸素のない嫌気的な環境で有機物を分解し、硫酸を硫化水素に還元して(硫酸呼吸)エネルギーを得ることができる細菌の総称です。硫黄の循環に重要な役割を果たしています。硫酸(塩)還元菌が生育している嫌気的な環境は、硫化水素臭(卵が腐ったような臭い)があったり黒色の金属硫化物が認められたりします。

Q. 硫酸以外の物質で呼吸しているということは、何を示唆しているのか。

A. 例えば、我々ヒトなど、地球の表層で生きている高等生物は酸素を使って呼吸をします。酸素が無くなる(もしくは酸素の濃度が低くなる)と死んでしまいます。

一方、今回発見した硫酸還元菌の HN2<sup>T</sup> 株は硫酸を使って呼吸をします(ヒトの呼吸で言うところの酸素に相当するものが、この菌では硫酸になります)。そのため、硫酸が無くなる(もしくは硫酸の濃度が低くなる)と成長しなくなるか死んでしまうと考えられます。ですが硫酸以外の物質も使って呼吸ができるので、例えば、運悪く硫酸が無い環境中でも、他の物質を使って呼吸ができるので生き延びるチャンスが大きくなり、様々な環境中で棲息できることを意味しています。

Q. また、今後、どのような展開が期待できるのか。(全地球的物質循環に重要な役割を果たしているとは、例えば、どのようなことを指しているのか。)

A. 今回得られた硫酸還元菌の HN2<sup>T</sup> 株は、過去の当研究所の研究(以下の3つの論文を参照)で新種メタン生成菌を取得したのと同じ試料から得ています。そのため、幌延地下環境に存在するメタン生成菌とは地下環境で何らかの関連があることも考えられます。例えば、地下環境の有機物分解によりメタン生成菌にメタンを作るための物質を供給している等のプラスの側面や、逆に、メタン生成菌と HN2<sup>T</sup> 株が競合してメタン生成が抑えられている等のマイナスの面が分かるかもしれません。メタン生成菌との関連性を調べることにより、将来的には、エネルギーとして利用できるメタン生成の効率化に役立つ知見が得られることが期待されます。

参考文献

Shimizu et al. (2015) *Methanosarcina subterranea* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface diatomaceous shale formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ijs.0.000072

Shimizu et al. (2013) *Methanoculleus horonobensis* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep diatomaceous shale formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ijs.0.053520-0

Shimizu et al. (2011) *Methanosarcina horonobensis* sp. nov., a methanogenic archaeon isolated from a deep subsurface Miocene formation. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. DOI : 10.1099/ijs.0.028548-0