

報道解禁：日本時間 2023 年 3 月 1 日午後 7 時（2 日付朝刊）

2023 年 3 月 1 日

報道関係者各位

甲 南 大 学

女王アリ精子貯蔵器官内のほぼ無酸素環境が、 精子の静止と生死に関わる

～女王アリが 10 年以上もの間、精子を常温で貯蔵できるメカニズムの一端を解明～

<本研究成果のポイント>

- 女王アリは 10 年以上にわたる長い寿命の間、精子を受精囊とよばれる体内の袋の中で生かしたまま常温保存できるが、そのメカニズムは不明であった。
- これまでの本グループの研究で、受精囊の中で貯蔵されている精子は不動化されていることが分かっており (Gotoh and Furukawa, 2018)、これが長期間の精子貯蔵に寄与していると考えられていた。
- 今回の研究で、受精囊内がほぼ無酸素環境であり、これが精子の不動化を引き起こしていることを明らかにした。
- 人為的に作り出した無酸素環境下では、有酸素環境下よりも精子の生存率を高く維持できた。このことから、受精囊内のほぼ無酸素環境が、長期間の精子貯蔵メカニズムの鍵のひとつであることを示した。

甲南大学理工学部・統合ニューロバイオロジー研究所の後藤彩子准教授（サントリー生命科学財団・SunRiSE Fellow）は、甲南大学理工学部の竹島実加研究員、神戸学院大学大学院薬学研究科の水谷健一特命教授との共同研究によって、女王アリが 10 年以上もの長い間にわたり、体内で精子を常温で生きたまま保存できるメカニズムの一端を解明しました。この研究成果は、3 月 1 日に「Scientific Reports」に掲載されます。

【研究の背景】

社会性ハチ目昆虫（アリ、ハチ）では、女王とオスは羽化後の限られた時期にしか交尾をせず、女王はその時に受け取った精子を精子貯蔵器官「受精囊」に寿命が続く限り貯蔵し、産卵時に必要な数の精子のみを取り出し受精させています。アリ科女王は他昆虫と比較して極めて長寿であることが知られており、多くの種で10年以上、記録では29年生存する種も報告されています（図1）。これはつまり、アリ科女王は体のみならず、膨大な数のコロニーメンバーを生産するだけの大量の精子を受精囊内で女王アリの寿命と同じくらい長寿化させていると言い換えられます。通常、動物のオスの精子は交尾後数時間から数日で著しく劣化し、受精能力も低下することを考えると、女王アリの精子貯蔵能力は極めて特殊ですが、これまでにそのメカニズムはほとんど分かっていませんでした。



図1 女王アリの生活史。女王アリは羽化後まもない時期にオスと交尾する。オスは交尾後に死亡するが、女王アリはオスから受け取った精子を腹部の中にある受精囊内に貯蔵し、長い寿命の間、産卵し続ける。

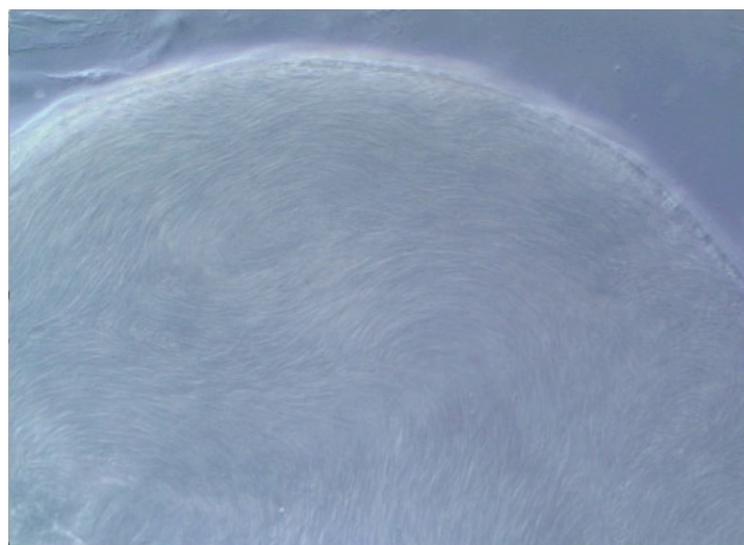


図2 受精囊内で貯蔵されている精子。すじ状の構造はすべて精子で、不動化された状態で密に納まっている。

【研究の内容・成果】

これまでに、受精嚢内の精子は不動化されており、受精嚢から取り出すと運動することが分かっていました (Gotoh and Furukawa, 2018)。このことは受精嚢の中に精子を不動化させるなんらかの要因があることを意味しています。精子の運動は、物理的な損傷や、運動するためのエネルギーを呼吸により作り出している場合は、細胞に悪影響を及ぼす活性酸素を発生させるリスクがあります。そのため、精子を不動化させる要因は、精子を長期間生存させるために重要な要因であるとも言えます。

本研究で、精子不動化の要因を探る過程で、女王アリの受精嚢内環境がほぼ無酸素環境であることが分かりました (図3)。研究グループは、人為的に無酸素環境の液体を作り、そこに女王アリから取り出した精子を入れたところ、精子が不動化したことから (図4)、受精嚢内のほぼ無酸素環境が精子不動化を引き起こしていることを確かめました。

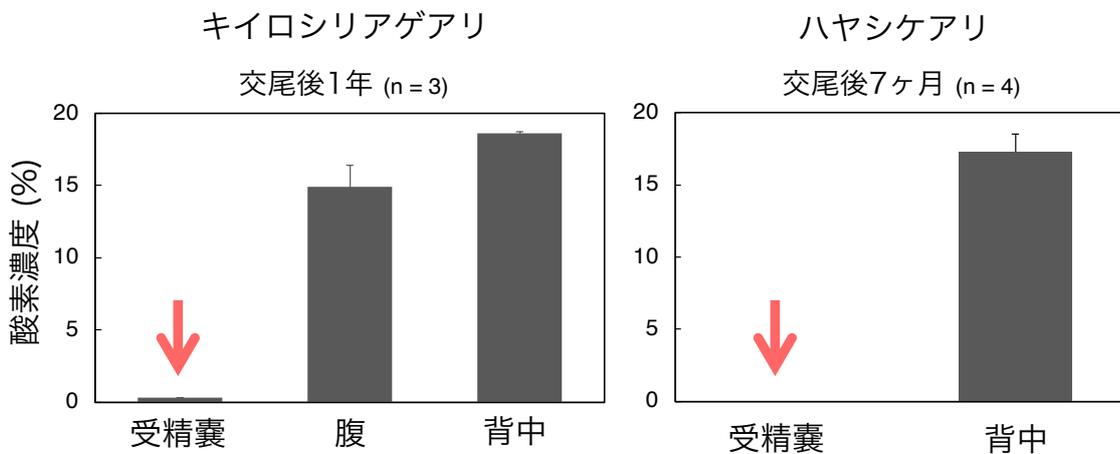


図3 女王アリ体内の酸素濃度。腹や背中の中の体液と比較して、受精嚢内の酸素濃度が著しく低い。

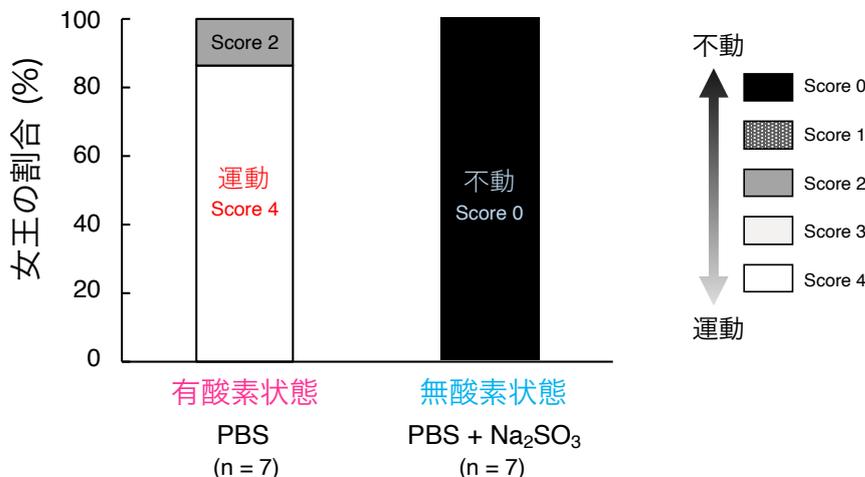


図4 有酸素状態と無酸素状態の液に入れた精子の運動性。無酸素状態の液中では、すべての精子が不動であった。

次に、酸素がない状態では、精子は呼吸できずに、運動するための十分なエネルギーを作れないため、不動化されていると仮説を立てました。そこで、呼吸を阻害する試薬を加えた有酸素状態の液体に精子を入れたところ、不動化される傾向がみられました。また、無酸素環境下で呼吸ができない状態では、細胞は乳酸が蓄積し、酸性状態になります。これまでに、酸性状態では精子運動が阻害されるということがさまざまな動物で報告されています。そのため、受精嚢内液の pH を測定したところ、アルカリ性であり、さらに、精子は外部の液体の pH に影響を受けることを示したことから、無酸素環境下で精子が酸性になることにより不動化されているわけではないことがわかりました。

最後に、人為的に作り出した無酸素環境下で、精子が長期間生存するかを確かめました。その結果、有酸素環境下と比較して、高い生存率を保っていました（図5）。このことは、受精嚢で作られているほぼ無酸素環境が、長期間の精子貯蔵を支える大きな鍵の一つであることを示しています。ただし、受精嚢から取り出した直後の精子よりも、日を追うごとに生存率が低くなるため、10年以上にもわたる精子の長期保存には、無酸素環境以外の要因も必要であることがうかがえます。

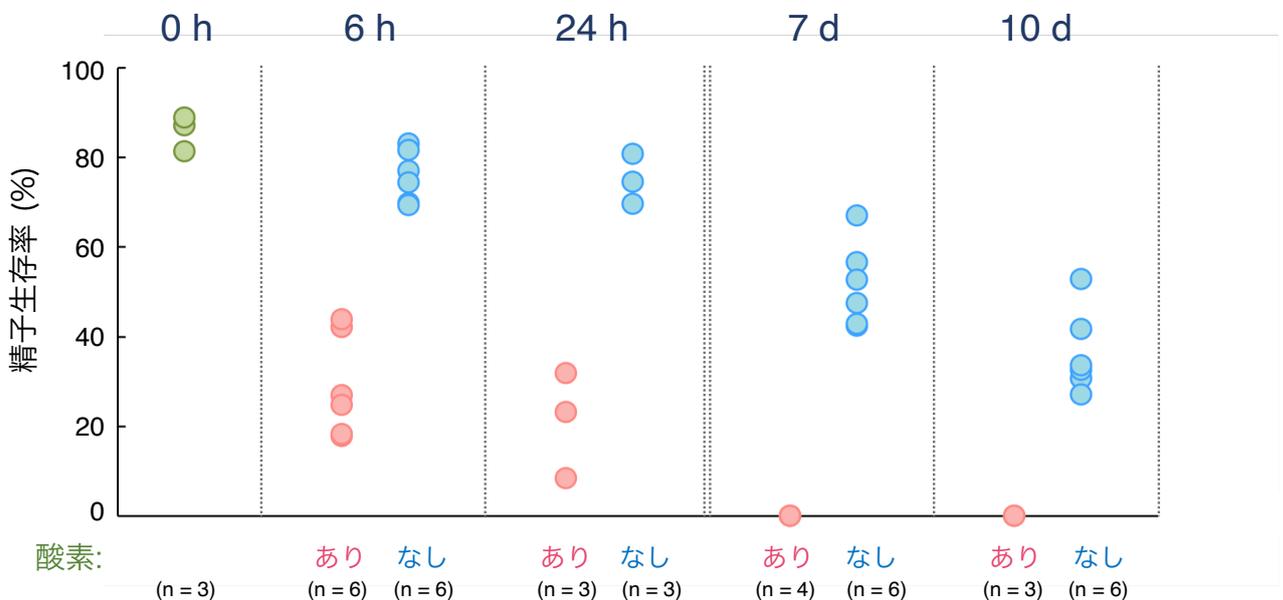


図5 有酸素状態と無酸素状態の液体に保存した時の精子生存率。無酸素環境下では、有酸素環境下よりも精子生存率が高いが、時間経過とともに生存率が低くなった。

【今後の展望】

長期間の精子貯蔵に重要な要素の一つが、受精嚢内のほぼ無酸素環境ということがわかりました。今後は、この他の重要な要素を突き止めていきたいと思えます。

現在、畜産や不妊治療の現場では、家畜やヒトの精子は液体窒素により凍結されて保存されています。女王アリは、液体窒素を使わなくとも常温で長期間精子を貯蔵できます。女王アリの特殊な精子貯蔵メカニズムが完全に解明されれば、将来、家畜やヒトの精子も低エネルギーかつ高品質で保存できるようになるかもしれません。

【論文情報】

掲載誌：Scientific Reports

論文タイトル：

Near-anoxia induces immobilization and sustains viability of sperm stored in ant queens

著者：Ayako Gotoh, Mika Takeshima and Ken-ichi Mizutani

DOI：10.1038/s41598-023-29705-7

【女王アリに貯蔵されている精子の動画】

研究室 YouTube にて、受精嚢内で貯蔵されている精子および受精嚢外に出されて運動している精子の動画を公開しています。

URL：https://www.youtube.com/watch?v=_PVEM6s2lp0



【研究サポート】

本研究は、文部科学省科学研究費補助金（20K06080）、日本分子生物学会若手研究助成富澤純一・桂子基金、公益財団法人三菱財団自然科学研究助成、財団法人稲盛財団研究助成金、甲南学園平生太郎基金科学研究奨励助成、公益財団法人サントリー生命科学財団生命科学研究者支援プログラム（SunRiSE）の支援のもとで行われました。

*Embargo（発表禁止期間）の遵守をお願い申し上げます。

報道解禁時間：ロンドン時間 3 月 1 日午前 10 時（日本時間 1 日午後 7 時、新聞は 2 日付朝刊）

◀本件に関するお問い合わせ先▶

甲南学園広報部

兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

電話 078-435-2314（直通） Email: kouhou@adm.konan-u.ac.jp

本プレスリリース配信先：兵庫県教育委員会記者クラブ、神戸市政記者クラブ、
大阪科学・大学記者クラブ

以上