

## ウミコップ属のクラゲにおける 配偶子放出タイミングの同調と多様性

宮城教育大学大学院教育学研究科高度教職実践専攻 専門職学位課程 2年（助成時）

東北大学大学院農学研究科生物生産科学専攻 博士後期課程 1年（現在）

橋井 瑠伽

### 研究背景・目的

体外受精をする海洋動物は、配偶子（卵・精子）放出のタイミングを同調させることで受精率を高めている。クラゲ類の多くも体外受精を行い、配偶子放出のタイミングは1日の明暗周期に依存する。明刺激（暗から明への変化）を受容して明け方に配偶子を放出する明タイプと、暗刺激（明から暗への変化）を受容して日没後に配偶子を放出する暗タイプの2つのタイプが知られているが、いずれも明・暗刺激から数時間以内に配偶子を放出する点で共通している。また、明タイプの *Clytia hemisphaerica* では、明刺激受容直後に神経様細胞から卵成熟誘起ホルモン（Maturation Inducing Hormone: MIH）が放出されることで放卵・放精に至るという比較的単純な配偶子放出機構であることが知られている。

しかし、宮城県女川町で採集したウミコップ属の1種（*Clytia* sp. IZ-D）は近縁種 *C. hemisphaerica* と異なり、明刺激から配偶子放出まで13から14時間の時間差があり、明タイプでありながら暗タイプと同様に日没後に配偶子を放出するという特異な性質を持つことが明らかになった（図1）。また、明暗条件下では正確に24時間周期の配偶子放出を継続する一方で、恒明条件下（常に光を当て続けた状態）でも約20時間周期の自律的な配偶子放出を数日間にわたって継続し、配偶子放出に概日リズムが関与していることが示唆された。これらの現象は、既知の配偶子放出機構で説明できない。したがって、近縁種間でのわずかな配偶子放出機構の変化が、配偶子放出タイミングの多様性と環境変化に対して頑強な仕組みの獲得に寄与している可能性がある。

本研究では、宮城県沿岸を中心に日本沿岸に生息しているウミコップ属のクラゲを収集・系統化するとともに、比較解析によりウミコップ属における配偶子放出タイミングの多様性や進化を明らかにすることを目指した。さらに、MIHの受容と分泌に着目し、日没後に放卵する明タイプ（時間差明タイプ）の放卵機構の解明に向けた基礎データの収集を試みた。

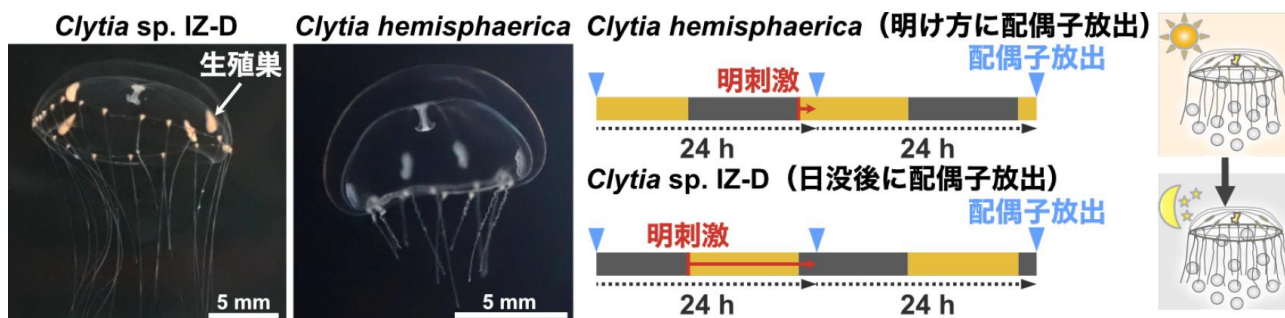


図1 *Clytia* sp. IZ-Dと *C. hemisphaerica*の配偶子放出の特徴の違い。

## 研究成果

日本各地でウミコップ属のクラゲを採集したところ、*Clytia* sp. IZ-D、*Clytia* sp. SZ-S、*Clytia* sp. IZ-C、*Clytia* sp. IW-A、チギレコザラクラゲ (*C. gardineri*) の計 5 種を収集することができた。明暗条件下でこれらの放卵のタイミングを調べた結果、*Clytia* sp. IZ-C と *C. gardineri* は明け方に放卵する通常の明タイプであった一方、*Clytia* sp. SZ-S と *Clytia* sp. IW-A は日没後に放卵する時間差明タイプであったことから、ウミコップ属ではこれら 2 つのタイプが混在していることが示された。また、恒明条件下において通常の明タイプでは自律的な放卵が見られなかったが、時間差明タイプでは一定の周期で自律的な放卵が見られ、後者のタイプでは放卵が概日リズムの影響を強く受けていることが示唆された。

次に、単離した卵母細胞に *C. hemisphaerica* の MIH として知られるペプチドホルモン WPRPamide (WPRPa) を投与したところ、*C. gardineri* を除いた種で卵成熟が誘起された (図 2 A)。一方、PRPa 抗体を用いて免疫染色で卵巣を観察した結果、*C. gardineri* を含む全ての種で PRPa のシグナルが検出された (図 2 B)。これらのことから、ウミコップ属では卵成熟誘起ホルモンが比較的高度に保存されているものの、*C. gardineri* では二次的に卵成熟誘起ホルモンの配列、またはその機能が変化した可能性がある。さらに、卵母細胞における低濃度 (生理的濃度) の WPRPa 受容能の獲得タイミングを比較した結果、*Clytia* sp. IZ-D 以外の種では前回の放卵から 19 時間後に閾値に達する一方、*Clytia* sp. IZ-D では前回の放卵から 22 時間後によろやく閾値に達することが示された。このことから、*Clytia* sp. IZ-D では WPRPa 受容能の獲得タイミングが放卵時刻を調節しているものの、他の時間差明タイプのクラゲでは WPRPa の放出タイミングが放卵時刻を調節している可能性がある。

最後に、ミトコンドリア 16S rRNA と Cytochrome c oxidase subunit 1 (CO1) 領域を用いて分子系統解析を行なった結果、時間差明タイプの *Clytia* sp. IZ-D と *Clytia* sp. SZ-S は系統的に離れていた。このことは、ウミコップ属において時間差明タイプが少なくとも 2 回独立に進化した形質であることを示唆している。

以上のことから、ウミコップ属では時間差明タイプが異なる放卵機構により独立に進化した可能性が高い。今後は、時間差明タイプにおける放卵の分子メカニズムの解明を目指す。

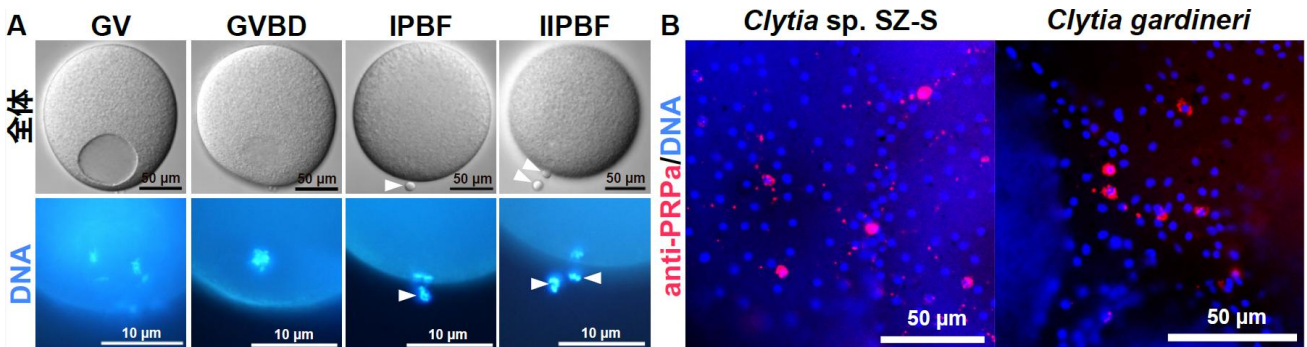


図 2 卵成熟過程と卵巣の免疫染色像. (A) 単離した卵母細胞の卵成熟過程. 白色の矢頭は極体を示す. (B) 卵成熟開始前の卵巣における免疫染色像. 赤色の蛍光がMIHを、青色の蛍光がDNAを示す.

## 研究成果の公表

Kitsui R., Takeda N., Houliston E., Deguchi R., Momose T. (2026). A light-entrained clock mechanism in a hydrozoan jellyfish synchronizes evening gamete release. PLoS Biology, 24 (1), e3003502.