

公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団  
一般研究助成 成果報告書

公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団  
理事長 殿

研究助成期間終了にあたり、下記の通り成果を報告します。

2025年 4月 24日

氏名 遠藤 求  
所属 奈良先端科学技術大学院大学  
職位 教授

### 1. 申請研究の題目

植物の光周性原理の解明とデンプン質バイオマス生産への応用

### 2. 研究の目的

ウキクサおよびモデル植物シロイヌナズナの日長応答性メカニズムを分子のレベルで解明するとともに、成長が速く、デンプン生産性の高い、バイオマス生産に適したウキクサの探索と系統確立を通じて、日長制御によるウキクサの休眠芽を人工的に誘導する技術を確立し、エネルギー問題、地球温暖化、食糧問題の解決のための基礎的な知見を得ることを目的とした。

### 3. 研究の内容

キタグニコウキクサは生育環境の悪化を感知すると、各種のストレス条件に耐性を持ち、長期間生存できる休眠芽を発達させることで増殖を止める。その中でも#6619株は冬の到来を予期させる短日条件(9時間明期/15時間暗期)に対して鋭敏に応答し、休眠芽を発達させる。そこで#6619株を解析の基準株とし、短日条件下で長日条件下と比較して発現変動する遺伝子群を網羅的な遺伝子発現解析によって同定した。また短日条件においても休眠しない#7427株、休眠しにくい#9434株、長日条件(15時間明期/9時間暗期)においても休眠・デンプン合成が盛んな#7550株を加えて、休眠誘導とデンプン合成に関わる制御因子の同定と絞り込みを行った。同定した休眠制御に重要な役割を果たすと考えられる候補遺伝子群については、ウキクサ植物体内で任意のタイミングで人工発現誘導するための形質転換ウキクサの作出を進め、発現上昇と休眠誘導との因果関係の解明を試みた。また、将来的な大規模ウキクサバイオマス生産に向けて、屋内の無菌環境下でのキタグニコウキクサの非休眠時の増殖速度、休眠とデンプン合成誘導時の増殖速度を正確に把握し、ウキクサ植物内の休眠芽発達に相関した水分含量の低下やデンプン蓄積の計時変化を解析した。世界各地から集められたキタグニコウキクサの貴重な株を液体窒素下で半永久的に超低温保存できる「ビーズガラス化クライオ保存法」の実用化も進めた。

### 4. 研究の成果と結論、今後の課題

ウキクサ植物(キタグニコウキクサ)における、冬季の到来の指標となる短日条件に応答した休眠芽の発達とそれに伴うデンプン蓄積の表現型に連動する遺伝子発現変動遺伝子を同定することでウキクサの増殖と休眠(成長停止)を人工的に制御するための重要な知見が得られた。発現変動遺伝子の中から休眠誘導の原因となる遺伝子を見つけ出し、分子メカニズムを解明していく

ために、今後はそれら遺伝子群の機能欠失・過剰発現させた形質転換ウキクサを作出し、詳細な解析を進めていく予定である。これによりバイオマス生産性の優れたウキクサの自然変異集団からの選抜の加速や、分子育種が可能となり、デンプン質バイオマス生産性を高めることが可能になると考えられる。

## 5. 成果の価値

### 5-1. 学術的価値

様々な生物種において一日を測る概日時計機構を用いて一年単位の季節応答（光周性）の研究が盛んに進められている。植物においては適切なタイミングに花を咲かせ種子を残すための光周性花成機構の研究が最も盛んに行われてきた。本研究ではウキクサ植物における休眠芽の発達という新たな季節応答に着目し、それを制御する遺伝子群に関する知見を得ることができた。これらの知見は樹木や多年生の植物の休眠応答にも普遍的な制御機構が存在することが予想される。今後は解析が先行している光周性花成機構との情報伝達機構との類似点、特異点を明らかにすることで、生物の概日時計機構を用いた、日長（季節）感知の分子メカニズムの解明に大きく貢献することが期待される。

### 5-2. 社会的価値

ウキクサ植物は旺盛に繁殖する能力を持つことから、既存の耕作地と競合することなく、富栄養の湖沼や下排水処理施設などの水圏を活用した持続的なバイオマス生産が期待されている。本研究で得られた知見を活用することで、日長制御により、ウキクサの増殖フェーズと休眠芽誘導によるデンプン合成フェーズを自在にスイッチングし、持続的なバイオマス生産技術の実用化を進めることができるようになった。また、ウキクサ植物を半永久的に保存する技術を確立したことから、有用なウキクサ遺伝資源を次世代に低コストで残すことが可能となった。このことから、ウキクサ応用研究の促進だけでなく、食糧生産、環境浄化、温暖化、エネルギー問題などの解決に結びつく多岐にわたる貢献があったと考えられる。

## 6. 研究成果・「国際会議発表」

Yu Horikawa, Emiri Watanabe, Di Luo, Shogo Ito, Tokitaka Oyama. Circadian regulation in the association of physiology of duckweed and its aquatic environment. The 7th International Conference on Duckweed Research and Applications, 2024

Tomoya Nozaki, Masahiro Okanami, Makoto Kashima, Shogo Ito, Tokitaka Oyama. Plant growth regulation mechanisms of *Pseudomonas* sp. strain Y132. The 7th International Conference on Duckweed Research and Applications, 2024

○ Shogo Ito, Daisuke Tanaka, Tokitaka Oyama. Cryopreservation of duckweed: updating methods and analyses of re-growth rates after long-term storage in liquid N<sub>2</sub>. The 7th International Conference on Duckweed Research and Applications, 2024

Tomohiro Asami, Gian C. Maliwat, Hinako Kasuya, Yuki Inoue, Norihito Nakamichi, Noriyuki Suetsugu, Ayane Kaneko, Tatsuya Sakai, Akane Kubota, Motomu Endo. The Clock Gene PRR7 Is Involved In the Regulation of the Photoreceptor PHOTOTROPIN Signaling. EMBO COB Workshop "Plant Tropisms", 2024

Akane Kubota, Hikari Ikeda, Taiga Uchikawa, Takuma Shishikui, Nozomu Takahashi, Yohei Kondo, Masaaki K. Watahiki, Motomu Endo. Circadian clock regulates root hair elongation in Arabidopsis. EMBO COB Workshop "Plant Tropisms", 2024

Gian Carlo Maliwat, Tomohiro Asami, Hinako Kasuya, Ayane Kaneko, Yuki Inoue, Norihito Nakamichi, Noriyuki Suetsugu, Tatsuya Sakai, Akane Kubota, Motomu Endo. The clock genes, PRRs, regulate phototropin-mediated blue-light responses in Arabidopsis. EMBO COB Workshop "Plant Tropisms", 2024