

# 審査委員会報告書

【書式10】

令和7年2月12日

申請者	フリガナ	ウェルディ・アイリケム・アデューニ	生年月日	1985年2月19日生
	氏名	Woldie Ayirkm Adugna (男)	国籍又は本籍	エチオピア連邦民主共和国
	学籍番号	21D5804	専攻名	環境共生工学専攻
論文題目		Molecular identification and cultivation of indigenous <i>Limnospira</i> strains from Ethiopian soda lakes: Growth evaluation under simulated outdoor light conditions		
翻訳題目 (英文の場合のみ)		エチオピアのソーダ湖に生息するリムノスピラ属菌株の分子同定と培養：模擬屋外光条件下での成長評価		
審査委員会委員	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(氏名) 印</div> <div>(所属機関名)</div> <div>(役職名)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>主査委員：戸田 龍樹</div> <div>印 創価大学大学院理工学研究科</div> <div>教授</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>委員：黒沢 則夫</div> <div>印 創価大学大学院理工学研究科</div> <div>教授</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>委員：古谷 研</div> <div>印 創価大学大学院理工学研究科</div> <div>教授</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>委員：伴 修平</div> <div>印 滋賀県立大学環境科学研究所</div> <div>教授</div> </div>			
内容の要旨及び審査結果の要旨 最終試験の結果の要旨		別紙1 別紙2	※文系は書式任意	
博士学位申請論文の受付		受付日：令和7年1月6日		
博士学位申請論文の受理		受理日：令和7年1月15日	可・不可	
論文審査の可否		実施日：令和7年1月29日	合・否	
最終試験の可否		実施日：令和7年1月29日	合・否	
審査委員会 の結論	審査委員会は、学位論文について詳細な検討を行い、かつ申請者の学力と研究能力に対する試問を行った。その結果、申請者が十分な学力と研究能力を有し、かつ博士論文の内容も博士(工学)の学位に値するものであることを確認した。			

審査委員会の審査及び最終試験の結果を受け、当該研究科委員会は以下の通り判定しました。

研究科委員会の判定	開催日：令和 7 年 2 月 12 日		
	出席者数 29 名	可数 29 名	不可数 0 名
最終可否	合・否		
学位記番号	博 甲・乙 221 号	授与年月日	平成 7 年 3 月 18 日
学位の種類	博士 (工学)	備考	

研究科長 井田 剛一



## 内容の要旨及び審査結果の要旨

【書式 1 1】

令和 7 年 2 月 1 2 日

氏名 (本籍)	Woldie Ayirkm Adugna (国籍 エチオピア連邦民主共和国)		
学位の種類	博士 (工学)		
学位記番号	博 甲 221号		
学位記の授与日	令和 7 年 3 月 18 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 創価大学大学院学則第 31 条第 2 項該当 創価大学学位規則第 3 条の 3 第 1 項該当		
論文題目	Molecular identification and cultivation of indigenous <i>Lomnospira</i> strains from Ethiopian soda lakes: Growth evaluation under simulated outdoor light conditions		
論文審査機関	理工学研究科委員会		
論文審査委員	主査委員	農学博士	戸田 龍樹
	委 員	学術博士	黒沢 則夫
	委 員	農学博士	古谷 研
	委 員	水産学博士	伴 修平



### <論文の内容の要旨>

エチオピアでは、低い食糧生産性によるタンパク質やミネラルなどの栄養不足により、妊婦や乳幼児の栄養失調が依然として大きな問題となっている。スピルリナ (*Arthrospira* 属を代表とする螺旋状の藍藻類の通称名) は高アルカリ環境下でも急速に成長することで知られ、高タンパク質で多くのミネラルを含み、持続可能なバイオマス生産を通じてこれらの課題に対処できる可能性を擁している。しかし、エチオピアにおいて大量培養に適した現地スピルリナ株の同定とそれらの増殖条件はほとんど研究されていない。

第1章は総合序論として、途上国における栄養失調の現状とそれに対して微細藻類の果たしうる役割、スピルリナ (*Arthrospira* 属) の生息地、分類学的問題、そして屋外大量培養における課題について最新の情報をもとに総括した。第2章では、エチオピアのソーダ湖から 100 株の *Arthrospira* 様菌株を単離し、比増殖速度をもとに、4 つの有望株 (LA-08, LA-32, LC-23, LC-30) を大量培養候補株として選定した。16S rRNA 遺伝子の塩基配列を解析し、これらエチオピア産 4 株全てが *Arthrospira* 属に属するスピルリナではなく、*Limnospira fusiformis* であることを分子生物学的同定法によってはじめて明らかにした。さらに、これらの 4 株について、形態的特性、比増殖速度、最大バイオマス収量を評価し、その結果、LC-30 株が比増殖速度  $1.63 \pm 0.05 \text{ d}^{-1}$ 、最大バイオマス収量  $3.27 \pm 0.51 \text{ g-乾燥重量 L}^{-1}$  と最も優れた増殖特性を有し、化学的組成分析により、LC-30 株と LA-08 株が高タンパク質・高フィコシアニン含量を示し、大量培養候補株としての高い可能性を見出した。第3章では、現地での屋外大量培養を視野に入れ、光環境を 4 つの模擬シナリオ、すなわち、屋外直射日光 (最大  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、温室内の光 (最大  $1700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、温室内で日中に遮光 (最大  $1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )、および温室内で終日遮光 (最大  $1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) の条件を設定し、*L. fusiformis* の増殖および生化学的組成に与える影響を調べ、屋外大量培養光条件の最適化を試みた。その結果、終日遮光条件において、最も高いバイオマス収量 ( $2.10 \text{ g-乾燥重量 L}^{-1}$ )、タンパク質含量 (乾燥重量 (灰分を除く) あたり 63.10%)、およびフィコシアニン生産性 ( $0.11 \text{ g L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) を示した。一方で、強光環境では、炭水化物の蓄積が促進されたものの、強光阻害により、タンパク質合成および細胞成長が低下することを明らかにした。遮光調整による光強度の最適化が、バイオマス収量を増加させ、栄養品質を向上させるという大量培養方法に関する重要な知見を得た。



さらに、フィコシアンの生産性が光強度によって変化した点に着眼し、バイオマス生産に十分な光強度 ( $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) で培養した細胞を、一定期間  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の弱光下に置くという、2段階培養を試みた。その結果、上述の光環境最適化試験と比較し、細胞のフィコシアニン含量が 32.7% 増加することが明らかになった。

第4章は総合考察として、エチオピア産 *L. fusiformis* の分子同定結果、増殖ポテンシャルと栄養価、タンパク質およびフィコシアニン生産を高めるための培養戦略、フィコシアニン強化のための2段階培養法、屋外大量培養法について議論した。

なお、本論文の内容の一部は、査読制度を有する当該分野において権威のある、下記の国際学術誌に2編が掲載されており、本文の研究成果が国際的にも高く評価されていることを示している。

1. A. A. Woldie, A. K. Chowdhary, M. Sekine, M. Kishi, M. B. Zegeye, N. Kurosawa and T. Toda (2024). Growth characteristics and molecular identification of indigenous *Limnospira* strains from Ethiopian soda lakes as a protein source. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 60, 103336.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103336>
2. A. A. Woldie, A. K. Chowdhary, M. Sekine, M. B. Zegeye, M. Kishi and T. Toda (2024). Growth and biochemical composition of *Limnospira fusiformis* cultivated under simulated outdoor light intensity in photobioreactors. *Biochemical Engineering Journal* 211, 109482.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109482>

#### <論文審査結果の要旨>

エチオピアのソーダ湖から 100 株もの *Arthrospira* 様菌株を単離し、増殖特性にもとづき、4 株を大量培養候補株として選定した。これらエチオピア産 4 株を分子同定し、*Limnospira* 属に属するスピルリナであることを初めて明らかにした。4 株のうち、LC-30 株は最も速い増殖速度と高いバイオマス収量を示し、タンパク質とフィコシアニンの高含有量から大規模培養候補種としての可能性を明示した。単離された菌株間で増殖速度とバイオマス生産量には大きな違いがあり、生産性の高い菌株を選択するためのスクリーニングの必要性・重要性を確認した。屋外での大量培養を目指し、実際の屋外光条件をシミュレートし、遮光環境が光阻害を効果的に減少させ、安定した、高いバイオマス収量、高いタンパク質含量とフィコシアニン含量をもたらすことを明らかにした。これらの成果は、*Limnospira* 株の特性評価のみならず、屋外での大量培養の最適化に重要な知見となる。

以上のように、本博士論文で得られた成果は、微細藻類生産学、プランクトン工学に大きく貢献するものであり、博士(工学)の学位論文に値すると判定した。

# 最終試験の結果の要旨

【書式12】

令和7年2月12日

フリガナ 申請者氏名	ウェルディ・アイリケム・ア デューニ Woldie Ayirkm Adugna	専攻名	環境共生工学専攻
審査委員会委員	主査委員	戸田 龍樹	印
	委員	黒沢 則夫	印
	委員	古谷 研	印
	委員	伴 修平	印
要旨			
審査委員4名により、学位論文の内容および関連する学問分野に関して口頭で試問を行った。その結果、申請者が博士（工学）としての十分な学力と研究能力を有するものと判定された。審査委員会は最終試験の結果を合格と判定した。			