



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Photophysiological responses of marine phytoplankton and ice algae to temperature, iron and light availability in subpolar and polar regions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	吉田, 和広
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第13545号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74220
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuhiro_YOSHIDA_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士（環境科学）

氏名 吉田 和広

審査委員	主査	教授	鈴木 光次
	副査	教授	力石 嘉人
	副査	准教授	西岡 純
	副査	教授	Andrew McMinn

(タスマニア大学海洋・南極学研究所)

学位論文題名

Photophysiological responses of marine phytoplankton and ice algae to temperature, iron and light availability in subpolar and polar regions
(亜極域・極域に生息する海洋植物プランクトンおよび海水微細藻類の温度・鉄・光利用度への光合成生理応答)

地球温暖化は、海水温の上昇と水柱成層化の強化を促進し、直接的もしくは間接的に海洋の生態系および生物地球化学過程に深刻な影響を及ぼすことが予測されている。この気候変動の影響は亜極域や極域でより早く現れると考えられており、同海域の一次生産者である植物プランクトンや海水微細藻類（アイスアルジー）の光合成生理に大きな変化をもたらすことが懸念されている。亜極域や極域において、温度上昇は、ある藻類グループの一次生産力の増加をもたらす可能性があるが、海水微細藻類を含む海水生物の生息場所である海水の面積が低下させる。光は全ての光合成生物にとって重要な環境因子であり、光利用度は海水融解により劇的に変化する。微量栄養塩である鉄は光合成を含む藻類の代謝過程に重要な役割を果たしている。本研究は、温度・鉄・光利用度が亜極域や極域に生息する海洋植物プランクトンおよび海水微細藻類の光合成過程へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

亜寒帯沿岸域での春季植物プランクトンブルーム（大增殖）の代表例として、春季沿岸親潮域で発生する植物プランクトン群集に対する温度の影響を調査した。2015年3月から4月にかけて、沿岸親潮域における海表面温度は $-1\sim 2^{\circ}\text{C}$ の低温だったにもかかわらず、同海域での植物プランクトンブルームで高い一次生産力が確認された。18S rRNA遺伝子を標的とした次世代シーケンス解析により、沿岸親潮陸棚域では、珪藻*Thalassiosira*属が植物プランクトン群集中で優占していたことが判明した。また、観測期間中を通して、全珪藻群集に対する*Thalassiosira*属の相対寄与率と光-光合成曲線における最大光合成速度（ P_{Bmax} ）との間に有意な正の相関があったことを発見した。この結果は、*Thalassiosira*属が沿岸親潮ブルームに大きく貢献していたことを示唆していた。春季沿岸親潮域の植物プランクトンの光合成に対する温度影響を評価するため、研究船甲板上で短期の海水ボトル培養実験を実施した。その結果、沿岸親潮陸棚域で採取した海水では、温度上昇が植物プランクトン群集の最大光合成速度（ P_{Bmax} ）および珪藻類の炭素固定酵素ルビスコの大サブユニットをコードする*rbcL*

遺伝子の転写レベルの増加を導いた。これら結果は、温度上昇が珪藻*rbcL*遺伝子発現を上方制御したことにより高い $P_{B_{max}}$ をもたらし、ひいては沿岸親潮域の陸棚で春季珪藻ブルームを発生させたと考えられた。

海氷微細藻類は、極海域の年間の一次生産の10–25%を寄与し、大規模な氷縁ブルームを発生させる。海氷の凍結および融解に伴う、温度、塩分、光、鉄利用度の変化は、海氷微細藻類の光合成生理状態を大きく変化させる可能性がある。このため、新開発したアイスタンク（海氷培養装置）および極域海洋の代表的な珪藻種*Fragilariopsis cylindrus*を用いて、これら複合環境因子が同生物の光合成過程へ及ぼす影響を評価した。*F. cylindrus*細胞が海氷中で生息していた際には、光合成光化学系IIの光化学反応の量子収率（ F_v/F_m ）が、光および鉄の利用度にかかわらず、低下した。この結果は、光化学系IIの反応中心が損傷した、もしくは海氷中の高いブライン塩分が光化学系II下流の光合成過程を律速させた可能性が考えられた。一方、この凍結環境において、*rbcL*遺伝子発現は上方制御された。これは、おそらく、海氷中の低温環境における生残のための順応戦略であると考えられた。海氷が融解し、高い光環境（800 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）に細胞が曝されると、 F_v/F_m 値は劇的に減少した。一方、過剰な光エネルギーを細胞から逃散させるための非光化学的消光過程が強化された。興味深いことに、光化学系IIの反応中心D1タンパク質をコードする*psbA*遺伝子の発現は高い鉄利用度環境では上方制御されたのに対し、低い鉄利用度環境ではその発現が低下した。これら結果から、高い鉄利用度がD1タンパク質の新規合成を促進させたが、鉄利用度が低下すると、高照度環境により損傷した光化学系IIの回復が阻害されたことが示唆された。本研究により、鉄飢餓状態にある珪藻細胞は、海氷融解時の環境変化に対して上手く順応できず、氷縁ブルームにあまり寄与できないことが考えられた。

審査委員一同は、これらの研究成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、タスマニア大学とのダブル・ディグリー・プログラムへの参加を含め、大学院博士課程における研鑽、修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。