

修士論文内容の要旨

ふりがな	てらおか たくみ	
氏名	寺岡 拓未	
専攻名	海洋生物資源科学専攻	
入学年度	令和3年4月	
指導教員名	主査 和田 哲 教授	副査 山口 篤 准教授 副査 松野孝平 助教
論文題目	北部北太平洋に優占する大型浮遊性カイアシ類3種の 成長率に及ぼす水温の影響	

近年の地球温暖化によると考えられる海洋への影響は、「海洋熱波」という形で現れてきている。海洋熱波とは、平年よりも高い水温が5日以上連続して続く事象を指す言葉である。この海洋熱波による海洋生態系の変化は、世代時間の短いプランクトンにまず表れると考えられ、水温とプランクトンとの間に、どのような関係があるのかを明らかにするのは、喫緊の課題であると言える。動物プランクトンの成長を表す指標として成長率があり、海洋生態系において動物プランクトンが今後増えるか減るかを評価する指標として、極めて重要である。しかし動物プランクトンの成長率に、水温をはじめとする環境要因が、どのような影響を与えるのかについては、必ずしも明らかになっていない。動物プランクトンの成長率を求める方法は様々にある。このうち Artificial Cohort 法 (AC 法) は、複雑な実験プロトコルを必要とせず、様々な海域や動物プランクトンに適用できる点で有用であり、水温条件を操作した AC 法を行うことにより、同所的に出現する動物プランクトン種の、水温上昇に対する応答を明らかにすることが出来る。しかし、そのような実験デザインは、これまで確立されていないのが現状である。これらのことを踏まえ、本研究は、北部北太平洋における動物プランクトン相に優占するカイアシ類3種 (*Eucalanus bungii*, *Metridia pacifica*, *Neocalanus plumchrus*) を対象として、水温を3条件に変えた AC 法による成長率を明らかにしたものである。環境要因として、水温に加えて、溶存酸素、餌の指標である Chl. *a* を定量し、これらの環境要因が3種のカイアシ類の成長率に与える影響を評価することを目的として行った。

2021年7月22日-8月17日にかけて、緯度47°Nに沿った153°19'E-151°24'Wの東西観測ラインにて計18回の動物プランクトンネット採集を行った。採集は大型のバケツ型コッドエンドを備えた口径45 cm、目合い63 μmのNORPAC ネットを夜間に水深50 mから海表面まで鉛直曳きして行った。生鮮採集試料は、目合い925 μmの大型な篩いをを用いた逆ろ過により、肉食性のマクロ動物プランクトンを除去した。その後、サイフォンにより生鮮動物プランクトンを4つの4.4 Lの飼育瓶に緩やかに分注した。4つの飼育瓶のうち3つは、温度3, 7, 11°C、光量と光周期を現場水深50 mの値に合わせて設定したインキュベーターに入れて、約42時間の飼育を行った。飼育瓶の1つは時間0 (T₀) の試料とした。T₀の飼育瓶は実験開始時に溶存酸素濃度、水温の測定を行い、目合い100 μmの濾しネットにて濾し、1 L 瓶に濃縮した。濾しネットの下にはバケツを置き、捕集された飼育水を Chl. *a* 濃度の測定に用いた。1 L の濃縮生鮮試料は、個体の生死判別を行うため、Neutral Red (NR) による染色

を行い、冷蔵庫内に1時間収容して染色した後、50 μm メッシュ上にろ過捕集し凍結保存した。インキュベーター内に収容した3つの飼育瓶は、約17時間後に水温と溶存酸素濃度を測定し、約42時間後に水温、溶存酸素濃度、Chl. *a* 濃度、NR 染色を行い凍結保存した。これが一連の実験作業で、この飼育実験を18回行った。凍結動物プランクトン試料は航海帰着後、実体顕微鏡下で *E. bungii*, *M. pacifica* と *N. plumchrus* を発育段階毎に計数を行った。T₀, 3, 7, 11°Cの各飼育瓶における1個体平均個体重量を、乾重量 [DW]、炭素重量 [CW]、窒素重量 [NW] の3単位にて求めた。統計解析として、成長率を目的変数、水温、溶存酸素濃度、Chl. *a* 濃度を説明変数とする Generalized Linear Model (GLM) 解析を行った。GLM 解析により、最も重要な環境データと判断された水温については、Generalized Additive Model (GAM) 解析により、成長率に与える影響を解析し、水温と溶存酸素濃度は各飼育瓶について約17時間後と約42時間後の2回測定した際の平均値を用い、Chl. *a* 濃度は実験開始時、実験終了時、実験期間中の日間変化の3つを用いた。

解析に用いるのに十分な個体数が得られた実験は、*E. bungii* が4回、*M. pacifica* が15回、*N. plumchrus* が10回であった。溶存酸素濃度は酸素溶解度において0.692-1.021で、カイアシ類の生育には十分であった。本研究の飼育実験条件では、光条件を現場光量と光周期に合わせていたため、実験全体の83%においてChl. *a* は増加していた。このことは飼育時の餌条件は、カイアシ類の成長の制限要因になっていないことを示している。また死亡個体の割合は、野外で報告されている既報の値とよく一致していた。これら水温、溶存酸素およびChl. *a* から示される本研究の飼育条件は、餌制限がなく、水温差のみが大きかった点が特徴として挙げられる。死亡個体の割合が、野外で報告されている既報の値とよく一致していたことから、飼育水温の変化や高密度での飼育が、本研究で行った短期間の飼育には、大きな影響を及ぼさないことが示された。このように本研究の成長率は、餌が潤沢にあり、水温のみを変化させた際の、カイアシ類3種の応答を表していると判断することができた。

E. bungii と *M. pacifica* の成長率は3つの水温条件のうち、最も高水温な条件において高くなる傾向があった。*N. plumchrus* の成長率は、多くの実験において、最も高い成長率を示したのは水温が中間の実験区であった。これは、先の2種とは異なる水温に対する本種の応答であった。本研究にて取り扱った3つの重量単位についてみると、CWの成長率は他の2単位に比べて高いことが、3種に共通する特徴として挙げられた。同様の傾向は、北大西洋における *C. finmarchicus* においても報告されており、これは後期発育段階において、脂質の蓄積量が多くなることの反映であるとされている。本研究で取り扱った3種とも、生活史の中で体内に脂質を蓄える種であり、この特性がCWにおける成長率が他の2単位に比べて高い結果をもたらしたと考えられる。環境データのうち、最も有意な影響を与えていたのは水温で、3種の成長率を目的変数、水温を説明変数とするGAM解析は、3重量単位のいずれにおいても、水温が極めて有意な影響を及ぼしていた ($p < 0.001$)。 *E. bungii* と *M. pacifica* は水温上昇により成長率が高くなっていたが、*N. plumchrus* は中間の7°Cにて成長率が高くなっていた。この水温に対する成長率の応答の種間差は、各々の種の水温耐性や至適水温の種間差の反映と考えられる。すなわち、*E. bungii* と *M. pacifica* は表層で再生産 (income breeding) を行い、ある程度の高水温への耐性があるが、深海で再生産 (capital breeding) を行い、高水温期には深海に潜る *N. plumchrus* の高水温への耐性は、前2種よりも低いと考えられる。

近年の地域温暖化に起因すると考えられる海洋熱波は、1987-2016年には地球全体で、1925-1954年に比べて、年間の日数は50%以上増加したとされている。また、海洋熱波は2014-2016年にかけて東部アラスカ湾、2021年に西部亜寒帯循環においても観測されている。本研究により示された、カイアシ類の種による水温への成長率の応答の違いは、これら海洋熱波などが多く発生することが予想される、将来の海洋における低次海洋生態系の応答を予測する上で、重要であると言える。