

# 内容の要旨及び審査結果の要旨

【書式 11】

平成 31 年 1 月 31 日

氏名（本籍）	平原 南萌			
学位の種類	博士（工学）			
学位記番号	甲 第 166 号			
学位記の授与日	平成 31 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	Energy accumulation and starvation tolerance of the embayment copepod <i>Acartia steueri</i> Smirnov (Calanoida: Acartiidae)			
論文審査機関	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	印
	委員	理学博士	山本 修一	印
	委員	博士（理学）	力石 嘉人	印

## <論文の内容の要旨>

内湾生態系は、潮汐や陸水の流入、排水などの影響を直接受け、生物種の移入・消失による生態系の構造変化や、生物生産の変動が絶えず起きている。内湾域の生物多様性は、沿岸域や外洋域と比較して低く、内湾生態系において再生産を行い、優占することのできる生物種は限られている。内湾域では、一次生産者である植物プランクトンの量は、短期間のうちに急激に増減し、主な一次消費者であるかいあし類は頻繁に餌不足に曝される。内湾性かいあし類は、このような変動の激しい餌環境に対して、耐性メカニズムを持つことで適応し、個体群を維持しているものと考えられる。

そこで、本論文では、飢餓に対する内湾性かいあし類の生理的耐性メカニズムを明らかにするために、西部北太平洋の内湾に広く優占し、仔稚魚の主要な餌資源である、かいあし類 *Acartia steueri* Smirnov を対象種とし、(1) エネルギー蓄積特性と、(2) 飢餓状態での生理学的応答の両側面から、生理的耐性メカニズムを解明した。

本論文は 4 章から構成されている。第 1 章は総合序論として、一次生産の変動を相殺して、高次栄養段階へ安定的にエネルギーを転送するかいあし類の生存戦略について論じた。第 2 章では内湾性かいあし類のエネルギー蓄積特性を解明するために、*A. steueri* メス成体の生化学組成およびエネルギー収支を実験的に調べた。第 3 章では、飢餓条件での代謝・再生産などの生物学的応答を明らかにするために、20 日間の飢餓培養実験を実施した。第 4 章では総合考察として、短期間に激しく変動する内湾の海洋環境において、本種 *A. steueri* が適応できる生理的な耐性メカニズムを定量的に論じた。

第 2 章では、飽食条件および飢餓条件下で、それぞれ 10 日間培養した *A. steueri* の乾燥重量、炭素量、窒素量、遊離アミノ酸量、タンパク質量、脂質量、炭水化物量、アミノ酸の窒素同位体比を測定した。既知の内湾、沿岸、外洋性かいあし類約 120 種の、体長－乾燥重量の関係をまとめた回帰直線に対し、本研究の *A. steueri* は大きく乖離し、体長に比して、重量が極端に高いことが明らかとなった。脂肪酸量、アミノ酸量、アミノ酸の窒素同位体比からは、卵生産、糞粒排泄および代謝に利用した後の、余剰分のアミノ酸を体内に蓄積して、脂肪酸を主とする他の生化学組成へ常時生合成することで、短期間のエネルギー蓄積を可能にすることが示された。

第 3 章では、飢餓条件下における生残率、卵生産速度、糞粒排泄速度、呼吸速度を測定した。本種 *A. steueri* は、飢餓状態で代謝を低く保ちながら、1 か月程度卵生産を継続させることがわか

り、飢餓では数日程度で死亡する他種と比べ、類稀な飢餓耐性を持つ種であることが明らかとなった。

第4章では総合考察として、飽食条件および飢餓条件下における *A. steueri* の炭素収支を示し、本種の飢餓に対する生理的な耐性メカニズムを定量的に論じた。また、(1) アミノ酸を利用した速やかなエネルギー蓄積能、および、(2) 飢餓条件下における代謝や卵生産へのエネルギー分配を変化させる生理応答が、これまで未解明であった内湾性種特有の生存戦略メカニズムであることを説いた。最後に、餌環境が短期間で激しく変動する内湾域で、極めて高い個体数を維持する本種が、生態系の安定化に機能しているものと考えられた。

本論文の内容の一部は、下記の査読制度を有する権威ある学術雑誌に3編が掲載されており、本論文の研究成果が国際的にも評価されている。

- 1) Minamo HIRAHARA, Yoshito CHIKARAISHI and Tatsuki TODA.  
Isotopic discrimination of  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  of amino acids among the calanoid copepod *Acartia steueri* and its food items, eggs, and fecal pellets.  
Researches in Organic Geochemistry. Vol. 31 : pp. 29-32, 2015.
- 2) Minamo HIRAHARA and Tatsuki TODA.  
Starvation tolerance of extraordinarily heavy embayment copepod *Acartia steueri* in Sagami Bay, Japan.  
Plankton and Benthos Research. Vol. 13 : pp. 95-103, 2018.
- 3) Minamo HIRAHARA, Fatimah Md. YUSOFF and Tatsuki TODA.  
High tolerance of the calanoid copepod *Acartia steueri* to the abrupt food concentration changes in an embayment.  
Regional Studies in Marine Science. Vol. 24 : pp. 40-47, 2018.

#### <論文審査結果の要旨>

内湾域は、動物プランクトンが非常に高密度に存在しており、仔稚魚の餌場として最も好適な海域である。内湾域の植物プランクトン量は非常に不安定で、数日間で数十分の一から数百分の一に激減し、植食性動物プランクトンはしばしば飢餓状態に曝される。このような餌料環境下において、再生産を行い、個体群を維持している動物プランクトンの生存戦略メカニズムは未だ解明されていない。

これに対し、本博士論文は、代表的な内湾性動物プランクトンである *Acartia steueri* が飢餓状態での代謝や卵生産の実験結果から、極めて高い飢餓耐性能を有する種であることを解明した。また本種は、数日間の高餌料環境に曝すことにより、餌から得られたアミノ酸を高い割合でエネルギー源として利用し、常時脂肪酸に生合成して、速やかに体内にエネルギーを蓄積することを明らかにした。本博士研究で得られた知見は、内湾の過酷な餌環境に対する動物プランクトンの新たな生存戦略メカニズムと、そのメカニズムにより動物プランクトンが海洋生態系で果たす役割の理解につながり、海洋生物学や海洋生態学の進展に貢献する。

本博士論文は、データの量・質および得られた結果に対する議論も十分であり、博士（工学）として十分な価値を有するものと認める。

# 最終試験の結果の要旨

【書式 12】

平成 31 年 1 月 31 日

フリガナ 申請者氏名	ヒラハラ ミナモ 平原 南萌	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	山本 修一	印
	委 員	力石 嘉人	印
要旨			
<p>審査委員 3 名により、学位論文の内容および関連する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）として十分な学力と研究能力を有するものと判定された。よって、審査委員会は最終試験の結果を合格と認定した。</p>			