



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	養殖環境の変動によるホタテガイのへい死予測に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	武田, 忠明
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第11979号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59903
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Tadaaki_Takeda_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：武田 忠明

学位論文題目

養殖環境の変動によるホタテガイのへい死予測に関する研究

ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* は、1965 年以降に確立された栽培技術を基盤に生産規模が拡大し、1995 年からは 40 万トン前後の生産量を持続してきた。しかし、ここ数年は、夏季の高水温や発達した低気圧が要因とされる被害が度々発生し、今後の安定した生産にも影響が懸念されている。サロマ湖では 2007 年と 2008 年に出荷貝の 10%を超えるへい死が発生したが、へい死に至る活力低下の客観的な指標がないため、海洋環境の変動とへい死の関係は解明されていない。そこで本研究では、ホタテガイのへい死や活力低下の有用な予測指標を見だし、養殖現場で活用可能な方法を開発することを目指し、まずホタテガイの生命活動に必須の生体エネルギー成分である ATP と、その消長に関わるアルギニンリン酸に着目して、各種環境ストレスを負荷したときのそれら成分の変動と活力低下の関係を解明することを第一の目的とした。

第 1 章では、飼育水槽にて海洋環境で想定される高水温、低塩分、低酸素および振動流の各種ストレスをホタテガイに負荷し、そのときの活力と閉殻筋の ATP およびアルギニンリン酸量の関係を調べた。高水温負荷では、活力スコアおよび ATP 量は、25°C で 2 日目には初期値の 50%以下に低下した。一方、アルギニンリン酸量は、24°C で初期値の 50%以下の値となった。すなわち、飼育水温の上昇に伴う貝の活力低下や ATP の減少に先行してアルギニンリン酸量が減少することが明らかになった。次に、塩分濃度では、濾過海水の塩分濃度 34.0‰に対して、13.6‰の塩分調整海水では、16 h 後に生残

率および活力スコアが初期値の 50%以下にまで低下した。その ATP およびアルギニンリン酸量は、各々 8 h および 4 h で 34.0%の各値に対して 50%以下に減少し、飼育水の塩分濃度低下による活力低下でも、アルギニンリン酸量が、ATP 量に先行して減少することが明らかになった。また、飼育水の溶存酸素濃度を 0.5 ppm 以下の無酸素にした場合は 1 日目で生残率が 60%となり、活力スコアも 50%以下に低下した。このときの ATP 量は正常な溶存酸素濃度で飼育した貝の同量に対して 17%減少したが、アルギニンリン酸量は 50%以下に減少した。すなわち、無酸素飼育では、1 日目でへい死に至る活力低下が認められ、ATP 量に比べ、アルギニンリン酸量の減少が著しいことが明らかになった。以上、へい死に至る活力低下を閉殻筋の残存アルギニンリン酸含有量から予測可能なことが示唆された。

ホタテガイ閉殻筋の鮮度保持では、酸素ガス置換包装により筋肉の ATP が持続し、活きた状態が数日間延長することが分かっている。また、閉殻筋に含まれるホスファゲンの一種が漁獲ストレスにより一時減少するが、その後、低温海水中で蓄養することで回復することが確認されている。このように、ATP-アルギニンリン酸系のエネルギー補填回路は、貝にストレスが負荷されたときに対応する代謝機能として重要である。しかし、ストレスが長時間持続的に負荷され、へい死に至る危険があるとき、アルギニンリン酸の減少程度とストレス解放後の活力回復の関係は、よく分かっていない。

そこで、第 2 章ではホタテガイ養殖現場で貝がへい死にいたらないアルギニンリン酸濃度の下限値推定を目的に、各種環境ストレス負荷により閉殻筋アルギニンリン酸量が減少した貝を再び正常な飼育環境に戻してその回復程度を追跡し、回復とへい死の境界を決定づける残存アルギニンリン酸量の限界値推定を行った。高水温（25℃）を負荷した 16 個体の閉殻筋残存アルギニンリン酸量は、 $6.6 \pm 3.9 \mu\text{mol/g}$ でストレス負荷前の 50%程度に減少した。この活力状態の貝を正常な飼育環境に戻すと、およそ半数の個体が死亡し半数がほぼ初期の状態に回復した。ここでストレスを負荷した 16 個体のうちアルギニンリン酸濃度が低い個体の順に死亡したと仮定すると、死亡個体の

アルギニンリン酸量は約 $5\mu\text{mol/g}$ 以下の値となることが明らかになった。低塩分および無酸素負荷試験でも、死亡個体はほぼ半数で、それぞれ $2.1-4.6\mu\text{mol/g}$, $1.1-4.6\mu\text{mol/g}$ の残存アルギニンリン酸の個体が死亡すると推察された。以上、各ストレス下の残存アルギニンリン酸量の多寡が、養殖環境回復後の個体の活力回復を予測する指標となると推察され、約 $5\mu\text{mol/g}$ が下限となると判断された。

第3章では、第1章と第2章において屋内飼育水槽にて得られた知見を実際の養殖現場で活用することを企図し、サロマ湖にて、水温、塩分、溶存酸素濃度、流速などの海洋環境データとその環境下で生息するホタテガイの閉殻筋の ATP やアルギニンリン酸濃度を 2012 年－2014 年の 3 年間調査した。その結果、2012 年－2014 年における水温、塩分、溶存酸素濃度および流速は、平年値に比べ一部に差が認められたが比較的静穏な養殖環境下であったと推察され、調査期間中のへい死率は $5.7\%-6.3\%$ と養殖現場で問題となる 10% 未満で推移した。ATP 量は 2012 年－2014 年の調査年別平均値に有意差が認められたが、同年内の季節変動は少なく、3 か年平均値は $8.8 \pm 1.3\mu\text{mol/g}$ ($n = 134$) で推移した。一方、アルギニンリン酸量は調査年別では 2012 年と 2013 年の平均値に有意差 ($p < 0.01$) が認められたが、同年内の季節変動は少なく、3 か年平均値は $14.6 \pm 2.6\mu\text{mol/g}$ ($n = 134$) で推移した。これらの数値は、サロマ湖の静穏な養殖環境下の調査基準値となると判断された。今後、貝の大量へい死などが起きた場合に、貝の活力低下および養殖環境データとの詳細な因果関係が解明できると期待される。

第4章では、これまで試験材料とした 2 および 3 年貝に比べて環境変動に弱いとされる 1 年貝について、各種ストレスを負荷したとき、アルギニンリン酸が活力指標となるかを検証した。その結果、1 年貝においても、各ストレス負荷後のアルギニンリン酸量が、活力および ATP 量に先行して減少し、活力低下予測の指標となる可能性が示唆され、分散作業後の貝の健康状態を正確に把握し、本養成でのへい死を事前に抑制できる可能性が示唆された。

第5章では、その他の二枚貝でもアルギニンリン酸が指標となるか、蓄養

時のへい死が問題とされるホッキガイについて、漁獲後の輸送時間や蓄養後の出荷作業時の干出の影響を想定したモデル試験により、活力低下とエネルギー成分の関係を検証した。その結果、干出 72 h が活力低下に伴うエネルギー代謝の転換点で、活力を高レベルに維持するための干出時間は 48 h 以内とすべきであること、また、5°C 干出時間とその後の蓄養回復の状況から、アルギニンリン酸が貝の活力予測指標となることが分かった。

以上、ホタテガイのへい死に至る活力低下は、アルギニンリン酸量の減少から予測可能で、5 $\mu\text{mol/g}$ が活力回復に必要な限界値であることが明らかになった。さらに、サロマ湖のフィールド調査から、垂下養殖貝では、閉殻筋のアルギニンリン酸量の定常値および生死の限界値約 5 $\mu\text{mol/g}$ を基準として、養殖環境の変動とへい死に至る活力低下の要因を解明するための調査指標が確立された。