地まきホタテガイの成長不良に対する水温および餌濃度の影響

Effect of Water Temperature and Food Concentration on the Growth of Bottom Cultured Japanese Scallop *Mizuhopecten yessoensis*, in the Coastal Area of Northeastern Part of Hokkaido, Japan

品田晃良

北海道立網走水産試験場. 〒099-3119 北海道網走市鱒浦 1-1-1

Akiyoshi SHINADA

Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station. 1-1-1 Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan

Abstract: Effect of temperature and food concentration on the growth of bottom cultured Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis*, was investigated in the coastal area of northeastern part of Hokkaido, Japan. Fourteen years from 1992 to 2005 were distinguished into good growth years and bad growth years by yield rates of adductor muscle. Although water temperature was not different between good and bad growth years significantly, chlorophyll *a* concentrations in spring were significantly higher in good growth years than in bad growth years. The predictive model for bad growth years was constructed by spring temperature and chlorophyll *a* data. The appropriate logistic regression model was selected by AIC method, so that the model using spring chlorophyll *a* data was adapted. These results suggest that low food concentration in spring causes bad growth to bottom cultured Japanese scallop.

Key Words: chlorophyll *a*, growth, logistic regression model, *Mizuhopecten yessoensis*, monitoring, scallop

はじめに

オホーツク海に面する北海道北東部の沿岸海域では、種苗放流による輪採制のホタテガイ漁業（地まき漁業）が行われている（蔵田 2003）。地まき漁業は、中間育成により 1 年貝まで育てた稚貝を放流して 3 年後に 4 年貝を漁獲する漁業であり、この行程は、各漁協が設置している複数の海区でそれぞれ別の年に繰り返される。本漁業は、害敵であるヒトデ駆除の徹底、種苗生産技術および放流技術などの技術革新により安定性、生産性とも高水準にある（西浜 1994）。

その一方で、地まき漁業は価格低迷の要因となる 2 つの不安定要素を抱えている。1 つは、1990 年代前半に問題になったホタテガイの恒常的な小型化である。その要因として、生残率の向上による生息密度の増加や餌料環境の悪い沖側への漁場拡大などの人為的要素と（蔵田 1999）、天然発生した若年貝の混獲による自然的要素（見かけの小型化）が考えられている（五嶋・千葉 2001）。小型化の対策としては、放流数と放流場所の調整（蔵田 1999）や生息密度の高い場所から低い場所への移植（Paturusi *et al.* 2002）などがある。もう 1 つの不安定要素は、一時的に貝柱歩留（全重量に占める貝柱重量の割合）が悪くなる成長不良で

ある。要因としては、大時化、低水温（成長阻害を引き起こす）および餌不足などの環境異変が考えられているが、環境異変はまれに起こるものなので成長不良と海洋環境との関係はいまだ不明な点が多い（西浜 1994）。

本研究は、1992 年から 2005 年までのモニタリングデータを用いて、地まきホタテガイの成長不良に対する水温と餌環境の影響を明らかにすることを目的とした。また、漁期前の 4 月から 5 月の海洋環境データを用いて、その年が成長不良となる確率を推定するモデルを作成した。

材料と方法

調査は、1992 年から 2005 年に北海道北東部に位置する紋別漁場で行った（Fig. 1）。ホタテガイ試料（4 年貝）は、4 月から 11 月にかけて月 2 回の頻度で水深約 40 m からホタテ桁網により採集して、40 個体について全重量と貝柱重量の測定を行った。

海洋観測は、ホタテガイ試料の採集と同時にいった。水温は STD（アレック電子 AST-1000）で測定した。クロロフィル *a* 測定用試水は、バンドン採水器でホタテガイの成長が最も良い水深約 40 m の底層から採水して、GF/C フィルターでろ過したのち分析まで凍結保存した。クロロフィル *a* の抽出は、*n,n*-ジメチルホルムアミド（DMF）で行い、濃度は蛍光光度計（ターナーデザイン社 Model 10-AU）を用い Welschmeyer 法（Welschmeyer 1994）で測定し

Fig. 1. Scallop culture ground of Monbetsu with the divided culture area (A to D).

た。

ホタテガイの成長状況は、漁期である6月から11月の

貝柱歩留（貝柱重量/全重量×100）で判定した。6月から11月までの12回の調査で、貝柱歩留が9回以上平年値（1992年から2005年までの算術平均）を下回った年を成長不良年、それ以外の年を成長良年と区分した（2項検定： $P=0.5$, $n=12$, $p<0.05$ ）。4月から5月における成長不良年と成長良年の水温とクロロフィル a の差は、Mann-Whitneyの U 検定で検定した。また、ロジステック回帰分析により、漁期前の4月から5月の水温およびクロロフィル a データで、その年が成長不良年となる確率を推定するモデルを作成した。最適モデルはAIC法により選択した。モデルの定義は以下のとおり。

$$Y = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 Chl)]}$$

Y : ホタテガイの成長状況 (0: 成長良年, 1: 成長不良年)

T : 底層水温 (4月から5月の平均)

Chl : 底層クロロフィル a 濃度 (4月から5月の平均)

Fig. 2. Seasonal changes in yield rates of adductor muscle. A. Good growth years. B. Bad growth years. Small closed circles show each year value. Normal value is arithmetic average from 1992 to 2005 (open squares). Median is calculated by each value of good and bad growth years (large closed circles).

Fig. 3. Seasonal changes in temperature and chlorophyll a concentration of good growth years (A) (C), and bad growth years (B) (D). Small closed circles show each year value. Normal value is arithmetic average from 1992 to 2005 (open squares). Median is calculated by each value of good and bad growth years (large closed circles).

Table 1. Regression coefficients and summary statistics of the logistic regression model. β_0 is the intercept parameter and, β_1 and β_2 are the regression coefficients for temperature and chlorophyll *a*, respectively. In parentheses after each values is the *p*-value. AIC is the Akaike's Information Criteria. Sample size is 14.

Model	Coefficients (<i>p</i> -value)			AIC
	β_0	β_1	β_2	
<i>T</i>	0.633 (0.70)	-0.591 (0.34)	—	19.7
<i>Chl</i>	1.047 (0.46)	—	-0.944 (0.06)	18.0
<i>T + Chl</i>	1.423 (0.43)	-0.865 (0.23)	-0.205 (0.74)	19.8

T: Temperature, *Chl*: Chlorophyll *a*

結 果

貝柱歩留の平年値は、5月より増加して9月下旬には最大値 (13.5%) を示した (Fig. 2). 成長良年における貝柱歩留の中央値は、漁が始まる6月から11月に平年値を上回る傾向を示したが、成長不良年は、5月以降も増加が緩やかで平年値を下回って推移した。

底層水温の平年値は、4月の1.5°Cから上昇して9月下旬に最高水温 (17.3°C) を示した (Fig. 3). 成長良年における底層水温の中央値は、4月から5月まで平年値を0.4~1.0°C高く、成長不良年は4月から5月下旬まで最大で1.0°C低く推移したが、成長良年と成長不良年に明確な差は認められなかった ($n_1=16$, $n_2=40$, $U=267$, $p=0.34$).

底層クロロフィル *a* 濃度の平年値は、4月から5月にかけて2~3 mg m⁻³の高い値を示すが、それ以降は0.7~1.2 mg m⁻³の低い値であった。成長良年における4月から5月の底層クロロフィル *a* 濃度は、成長不良年に比べ有意に高かった ($n_1=16$, $n_2=40$, $U=210$, $p<0.05$).

成長不良となる確率を推定するモデルについて、モデル選択をAIC法で行ったところ、説明変数として底層クロロフィル *a* 濃度を採用したモデルが選択された (Table 1).

考 察

ホタテガイの成長に影響を与える要因として、水温、餌環境、底質などが考えられている (蔵田 1999). ホタテガイの生息水温は、-1.5°Cから23°Cで (蔵田 2003), 約18°Cが最も代謝活動が活発になると報告されている (蔵田 1996). 調査期間中の水温は常に生息水温の範囲内にあったので (Fig. 3), 水温がホタテガイの生理機能にそれほど影響を与えていないと考えられる。また、4月から5月の水温は、成長良年と成長不良年で1°Cほどの差しか認められなかった。北海道北東部のサロマ湖で養殖されているホタテガイのろ水率は、水温が-2°Cから10°Cの範囲で軟体部1g当たり約2 l d⁻¹とほとんど変化しないことが報告されている (蔵田 1991). よって、成長良年と成長不良年でホタテガイのろ水率に差はないと考えられる。以上より、水温が調査期間中の成長不良の要因となった可能

性は低いと考えられる。

一方、餌濃度については4月から5月にかけて明確な違いが見られた。すなわち、成長良年は、春季ブルームの影響と考えられる2~3 mg m⁻³の高いクロロフィル *a* 濃度を示したが、成長不良年は、クロロフィル *a* 濃度の顕著な増加は認められなかった (Fig. 3). 4月から5月は、本海域における植物プランクトンの大増殖期にあたり (西浜 1989), ホタテガイがエネルギーを貝柱に蓄える時期と考えられている (蔵田 1996). 水温が低い4月から5月の期間は、前述のようにホタテガイの濾水率がほとんど変化しないので、ホタテガイの摂餌量は現場の餌濃度に比例すると考えられている (蔵田 1991). これは、成長不良年となる確率を推定するモデルで、底層クロロフィル *a* 濃度が説明変数として選択されていることからもうかがえる (Table 1). 以上より、4月から5月の餌不足が、ホタテガイの摂餌量を減少させて、その結果、ホタテガイは貝柱にエネルギーが蓄えることができず成長不良が発生すると考えられる。

本研究では、地まきホタテガイの成長不良に対する要因として、水温と餌環境についてのみ解析を行ったが、大時化、底質および流量等の海洋環境の影響についても今後明らかにしていく必要がある。また、4月から5月の海洋環境データで、その年が成長不良年となる確率を推定するために使用したロジスティック回帰分析は、データセットが増えるほどパラメータ推定の精度が向上するので、より精度の良いモデルを構築するためにも継続したモニタリングが必要である。

謝 辞: 本稿を終わるにあたり、野外調査および測定にご協力いただいた紋別漁業協同組合、網走地区水産技術普及指導所ならびに網走水産試験場資源増殖部の方々に謹んで御礼申し上げます。また、本稿をまとめるにあたり有益なコメントをいただいたレフリーに謹んで御礼申し上げます。なお、本研究は北海道が北海道はたて漁業振興協会より受託している「ホタテガイ成長モニタリング調査」の一部である。

引用文献

- 五嶋聖治・千葉 晋 2001. I. ホタテガイの成長におよぼす天然発生貝に関する研究. 水産学術研究・改良補助事業報告 (平成12年度), 北水協会, 北海道, pp. 58-62.

- 蔵田 護 1991. サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量. 北海道立水産試験場研究報告, 37: 37-57.
- 蔵田 護 1996. オホーツク海における放流ホタテガイの呼吸量. 北海道立水産試験場研究報告, 49: 7-13.
- 蔵田 護 1999. 北海道オホーツク海沿岸におけるホタテガイの小型化の実態とその原因. 北海道立水産試験場研究報告, 54: 25-32.
- 蔵田 護 2003. 73. ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* (Jay). 水島敏博・鳥澤 雅 (監修), 上田吉幸・前田圭司・嶋田 宏・鷹見達也 (編), 新北のさかなたち, 北海道新聞社, 北海道, pp. 290-295.
- 西浜雄二 1994. オホーツクのホタテ漁業, 北海道大学図書刊行会, 北海道, 218 pp.
- 西浜雄二・蔵田 護・多田匡秀 1989. サロマ湖・能取湖・網走沖におけるクロロフィル量の季節変化. 水産海洋研究, 53: 52-54.
- Paturusi, A., S. Chiba and S. Goshima 2002. The magnitude of natural recruitment in a cultured population of Japanese scallop *Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis* on Yubetsu seabed (Japan), Sea of Okhotsk. *Benthos Research*, 57: 69-75.
- Welschmeyer, N. A. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and pheopigments. *Limnology and Oceanography*, 39: 1985-1992.