

時化が垂下養殖ホタテガイ稚貝のトリグリセライド含有量に及ぼす影響

宮園 章^{*1}, 奥村裕弥^{*2}, 吉村圭三^{*2}, 菊池 肇^{*3}, 遠藤 圭^{*3}, 長間馨一^{*4}

Influence of stormy weather on triglyceride concentration in juveniles of Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) under suspended culture.

Akira MIYAZONO^{*1}, Hiroya OKUMURA^{*2}, Keizo YOSHIMURA^{*2},
Hajime KIKUCHI^{*3}, Kei ENDO^{*3} and Keiichi NAGAMA^{*4}

Temporal change of triglyceride (TG) concentration in juveniles of Japanese scallop under suspended culture was examined off Oshamanbe from Aug. 25 to Oct. 21, 2004. Water temperature, salinity, chlorophyll-a, horizontal flow speed and vertical flow speed were monitored by continuous data recorders near the culture area at the same time. From Aug. 25 to Sep. 21, 4 times stormy weathers caused by low pressure passages (include Typhoon no. 16, no. 18) were observed. The TG concentration decreased immediately after Typhoon no. 16 passage, and the low concentration continued. The stormy weather caused by low pressure passage was observed from Oct. 9 to 13. The TG concentration decreased immediately after the stormy weather, and increased at the 8 days after. It is showed that the TG concentration in juveniles of scallop decreased immediately when the juveniles experienced the stormy weather. These results suggested that the TG concentration becomes good index of physiological condition of the juveniles under suspended culture.

キーワード：ホタテ貝，稚貝，トリグリセライド，時化

まえがき

ホタテガイ養殖工程で、夏から秋に行われる稚貝の分散作業は翌春の本養成（耳吊り、籠養殖）に使用する稚貝を育成するための重要な工程である。稚貝を水中から引き上げ、水槽内に集め、フルイ分けし、密度調整をして養殖籠に入れるという作業を船上、あるいは陸上施設で行うこの工程は稚貝へい死の要因の一つとなる¹⁾。他方、夏から秋の噴火湾では、低気圧等の通過による時化や、津軽暖流水の流入などの養殖環境の急変が稚貝へい死の要因となることが経験的に知られているが、そのメカニズムは明かにされていない。本分散時期の稚貝へい死は人為的要因と環境的要因が複合した結果と考えられるが、

それぞれの要因の関与等を検討するためには養殖現場でホタテ稚貝がどのような生理的ダメージを受けているかを把握する指標が必要である。前報では、ホタテガイ稚貝のトリグリセライド(TG)含有量は短期飢餓に対して敏感に減少し、飢餓条件下での代謝活性は稚貝のTG含有量に応じて低下することから、稚貝のTG含有量が養殖現場におけるホタテ稚貝の生理状態をモニタリングするための指標として有望であることを示した²⁾。しかし、養殖現場における稚貝のTG含有量の挙動に関する知見はない。本研究では、養殖現場におけるホタテ稚貝のTG含有量を経時的に調査し、TG含有量が養殖現場における稚貝の生理状態の1つの指標となることを確認したので報告する。

報文番号 A 401 (2006年1月30日受理)

*1 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

*3 渡島北部地区水産技術普及指導所 (Oshima-Hokubu Fisheries Extension Office, Mori, Hakodate, Hokkaido 049-2313, Japan)

*4 長万部漁業協同組合 (Oshamanbe Fisheries Cooperative Association, Oshiamanbe, Hokkaido 049-3511, Japan)

材料および方法

1. 現地調査および稚貝の採集

2004年8月25日に、長万部町静狩沖水深20m付近の養殖施設(図1: Stn.1)に係留した船上で稚貝の分散作業を行い、試験用の稚貝養殖籠を仕立て、垂下養殖を開始した。稚貝は5.1mm目合のフルイで小型個体を除去したのち、1連13段のザブトン籠(目合4.5mm)に約30~40個/段の密度となるように収容した。このとき、作業に使用した稚貝の一部は測定用にサンプリングした。養殖期間中の稚貝の成長とトリグリセライド含有量を把握するため、9月1日、9月15日、および9月21日にそれぞれ養殖籠を引き上げ、稚貝のサンプリングを行った。稚貝は養殖籠の上段(1~3段)から採集し、船上で直ちに海水でぬらしたスポンジにくるんで保冷剤を入れたクーラーボックスに収容した。これらは実験室に持ち帰ったのち凍結保存し、後の分析に供された。2004年には8月下旬から9月上旬にかけて北海道に上陸した2つの台風(台風16号, 18号)が記録的な災害をもたらした。その影響を評価するために、10月4日に採集した養殖籠の上段(1~3段)の貝を用いて試験養殖施設における稚貝の死亡状況を推測した。また、低気圧の通過が予想された10月10日の前後には、2~3日間隔のサンプリングを行った。採集日は10月9, 13, 15, 18および21日である。このサンプリングは長万部漁協青年部に依頼した。採集された稚貝は下船後、長万部漁業協同組合において凍結保存された。これらの凍結サンプルは後の分析に供された。

2. 連続観測機器による観測とデータの扱い

養殖環境の変化を知るために、8月25日に水深約40m付近の養殖施設(図1: Stn.2)の水深約15m付近に電磁流速計(アレック電子 ACM16M-332)とメモリー式クロロフィルa測定機(アレック電子 Compact CLW)を設置し、水温、塩分、流速(水平方向, 垂直方向), クロロフィルa蛍光強度の連続測定を行った。電磁流速計の観測データは毎時データとして記録された。流れの強さを評価するために、水平方向(X, Y成分)は流向に関わらず、絶対流速値(cm/s)を使用した。鉛直方向(Z成分)の流れについては、上向き(+)と下向き(-)成分に分けた流速値(cm/s)をそのまま用いた。流速データと同時に得られた水温、塩分データのうち、スパイク状の一時的な大きな値は解析データから除外した。

Compact CLWでは20分毎に記録したクロロフィルa蛍光強度データのうち、前後3つのデータの平均を求め、

毎時データとした。また、クロロフィルa濃度の換算値は蛍光法で実測した濃度よりも高めに評価されていたので、換算値を無単位として扱い、調査期間中の餌料環境の相対変化を知る目的に利用した。

沿岸部のホタテ養殖漁場の環境は気象条件に大きく影響される。ここでは、調査期間中の気象の変化と海洋環境変化を整理するために、2004年8月26日~10月20日までの室蘭地方気象台による地上気圧の毎時観測データをインターネットのホームページから引用した

(<http://sapporo-jma.go.jp/mr/murooran/web/>)。2004年の8月から10月までの室蘭における平均現地気圧は1008.5hpa(8月1003.5, 9月1009.9, 10月1012.2hpa)であった。低気圧の通過期間はこの値より気圧が低下し回復するまでの時間を含む日単位の期間として整理した。

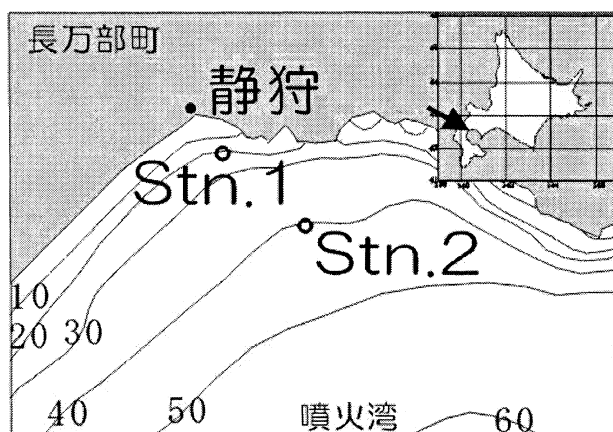


図1 調査地点

3. 稚貝の死亡状況の推定

10月4日に採集された稚貝は生貝と死貝に区別した後、生貝と死貝、それぞれの殻長を測定した。生貝の殻長は他のサンプリング時の生貝の殻長データを合わせて、平均殻長の推移から稚貝があるサイズに達する月日を推定する式を求めるために用いた。死貝の殻長は1mm毎の頻度分布にすることで死亡頻度の高い殻長範囲を求めた。上記2つの関係から、死亡頻度の高かった時期を推定した。

4. トリグリセライドの分析

トリグリセライド分析はトリグリセライドE-テストワコーを発色試薬として用い、96穴マイクロプレートを用いた方法²⁾で実施した。8月25日~9月21日までの稚貝凍結サンプルは分析結果を軟体部湿重量あたりのTG含有量として表現した。しかし、10月9日~10月21日に採

取した稚貝サンプルは凍結保存中の乾燥が進んでいるものが含まれたため、分析は切り出した中腸腺について行った。分析結果は軟体部湿重量あたりのTG含有量として表現することができなかつたため、これらについては下式により殻長を貝の大きさの目安とした相対値として表現した。

$$\text{TG 相対含有量} = (\text{中腸腺の TG 含有量}) / (\text{殻長})^3 \times 100$$

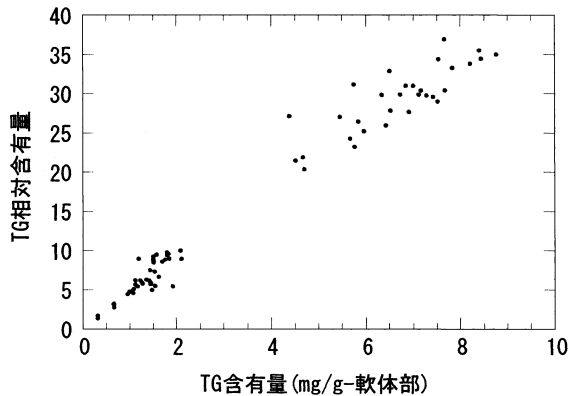


図2 稚貝の軟体部湿重量あたりのTG含有量と殻長に対するTG相対含有量の関係（8月25日～9月21日のデータによる検討）

TG相対含有量は湿重量あたりのTG含有量とほぼ直線的な関係が認められた(図2)ので、TG相対含有量の経時変化はTG含有量と同等に扱えると判断した。

結 果

1. 調査期間中の低気圧の通過と漁場環境条件の変化

調査期間中の室蘭における地上気圧の変化と静狩Stn.

2の15m層における水温、塩分、クロロフィルa濃度および流速（水平成分、垂直成分）の時系列変化を図3、A～Fに示した。台風16、18号の他に9回の低気圧通過が認められた(図3、A)。なお、調査期間の最後の低気圧(L9)は対応する稚貝データがないため、解析から除外した。低気圧の通過に伴う時化の有無を流速データから推測するために、低気圧の概要と水平流速および垂直流速の状況を表1に整理した。水平流速は養殖施設に加わる流れの強さの目安と考え、流向は考慮せず、平均流速と最大流速を用いた。垂直流速については、毎時データの差を垂直的な流れ場の変動の大きさの目安と考え、平均流速差と最大値を用いた。

台風16、18号の通過時の最低気圧は、それぞれ、972.2、971.0 hpaで、大きな気圧変動が認められた。台風18号の通過時の水平平均流速および最大値は5.2、13.7 cm/sec.で、調査期間中に最も水平方向の流れが大きかった。このときの垂直流速の毎時データの差は平均0.74、最大4.0 cm/sec.であった。台風16号通過時には水平流速は台風18号通過時よりも小さかったが、垂直流速はほぼ同程度であった。2つの台風通過時の流況を参考として、水平流速の平均値が4.0 cm/sec.以上、最大値が10 cm/sec.以上、あるいは垂直流速の毎時データ差の平均が0.7 cm/sec.以上、最大値が3.0 cm/sec.以上のいずれかを満たした場合を「時化」と判断した。その結果、5つの低気圧(L1、L2、L4、L5、L8)通過時に時化を伴ったと判断された。時化の持続期間はT16、T18でそれぞれ、5日、4日と長く、低気圧通過時の時化の持続時間はL8で3日であったが、その他は1～2日と短かった。

低気圧の通過に伴う時化による水温、塩分環境の変化をみると、T16とL1の通過時に顕著な環境の乱れが認められた(図3、B、C)。T16の通過時には、水温・塩分の大きな上下変化があり、通過後、塩分が高くなった。L1の

表1 低気圧の通過に伴う漁場における流速条件 (Stn.2 15m層) の比較

低気圧 番号	(最低気圧) hpa	通過時期	水平流速 (cm/sec.)		垂直流速差** (cm/sec.)	
			平均±SD	最大	平均±SD	最大
T16*	(972.2)	8/30- 9/ 3	4.0±2.42	11.8	0.73±0.67	3.3
T18*	(971.0)	9/ 6- 9/ 9	5.2±2.81	13.7	0.74±0.84	4.0
L1*	(1000.6)	9/13- 9/14	3.0±1.68	7.6	0.55±0.62	3.2
L2*	(999.7)	9/18- 9/19	4.1±2.39	13.0	0.47±0.44	2.0
L3	(1006.6)	9/21	1.0±0.61	3.0	0.67±0.40	1.5
L4*	(1005.9)	9/22	2.6±2.69	10.0	0.71±0.59	1.8
L5*	(1003.5)	9/30	1.4±1.28	5.1	0.82±0.53	2.3
L6	(1000.8)	10/ 1-10/ 2	1.5±1.12	5.9	0.66±0.45	2.1
L7	(1004.4)	10/ 6-10/ 7	1.4±0.63	2.9	0.48±0.41	1.6
L8*	(1002.8)	10/11-10/13	1.8±1.10	4.7	1.02±0.90	4.4

* : 時化を伴ったと判別された台風および低気圧, ** : 毎時データの差

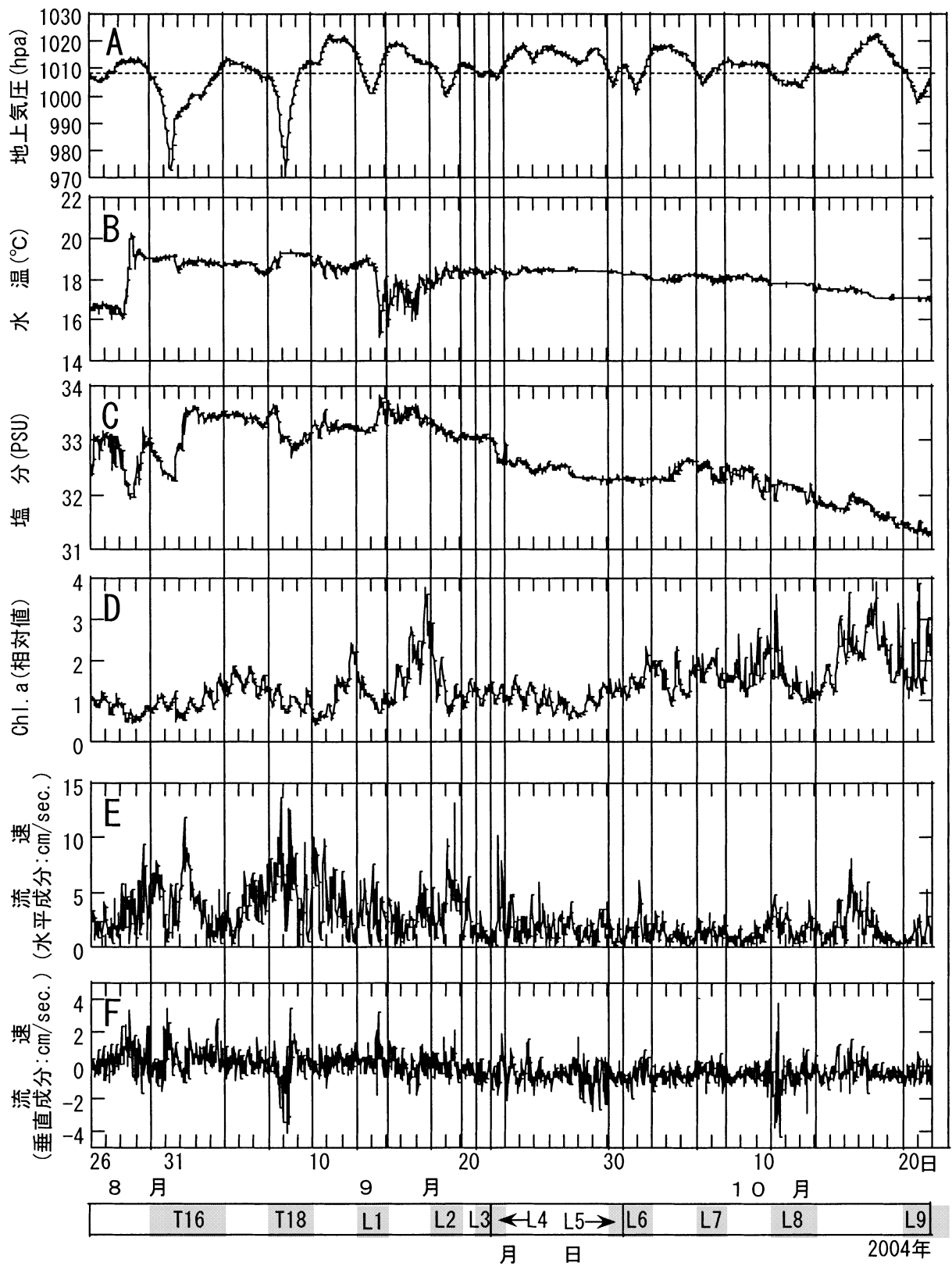


図3 2004年8月26日～10月21日の室蘭における地上低気圧の変化(A), 静狩Stn.2の深度15mにおける水温(B), 塩分(C), クロロフィルa相対濃度(D), および水平(E), 垂直(F)方向の流速の時系列変化。A中の横波線は期間平均気圧(1008.5hpa), 最下部四角中のT16, T18は台風16, 18号, L1～L9はそれぞれ, 低気圧を示す。

通過時には低水温・高塩分水の侵入が認められた。

クロロフィルa濃度は8、9月に低く、10月に高くなる傾向が認められた。低気圧通過前にクロロフィルa濃度は増加し、低気圧通過中に濃度低下するというパターンがT18, L1, L2, L8について認められた(図3, D)。

2. 稚貝の成長, 死亡状況およびTG含有量の変化

2-1 殻長による稚貝の成長時期の推定

調査期間中の稚貝の殻長の変化を図4に示した。殻長は8月25日の平均8.6mmから10月4日の平均20.2mmまでほぼ直線的に増加した。この直線関係を用いて、稚貝の平均殻長から稚貝がそのサイズになった時期を推定する式は次のとおりである。

$$Y = 3.212X - 26.6 \quad (n=81, r=0.971)$$

ここで、Xは平均殻長(mm), Yは2004年8月25日を0日とするjulian dayである。

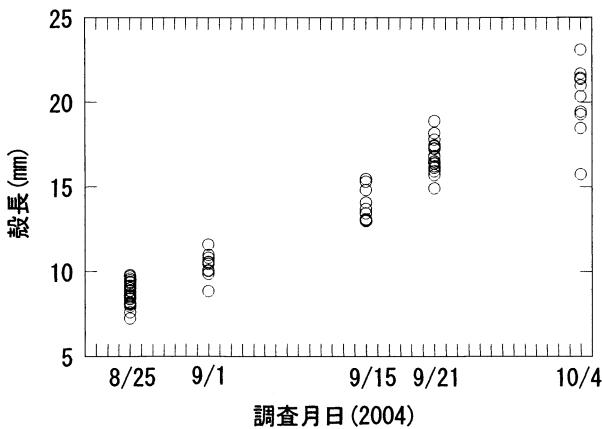


図4 調査期間中の稚貝の殻長の推移

2-2 死亡状況の推定

10月4日の死亡稚貝の殻長頻度分布を図5に示した。稚貝は殻長11~13mmのときに顕著に死亡頻度が高かった。上式により、殻長から稚貝の死亡した時期を推定すると、死亡頻度が高かったのは9月上旬であった(図6)。このことは、台風16, 18号の通過時期に稚貝の死亡があったことを示す。

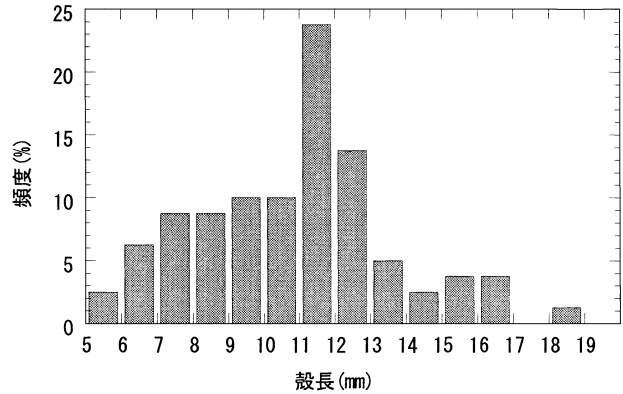


図5 10月4日における死貝の殻長の頻度(%)

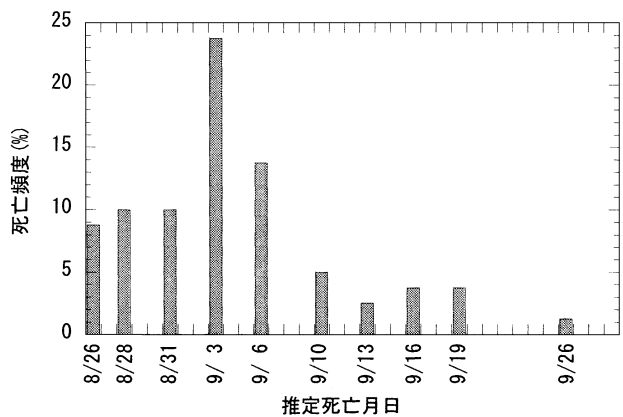


図6 殻長の変化から推定された死亡頻度の高い時期

2-3 トリグリセライド含有量

a 8月25日~9月21日

調査期間中、稚貝の殻長はほぼ直線的に増加しているのに対して、TG含有量は8月25日の6.7mg/g・軟体部から9月1日の0.99mg/g・軟体部に減少し、その後1.4~1.6mg/g・軟体部の間を推移した(図7)。この間に台風16, 18号と2つの低気圧(L2, 3)が通過し、稚貝は4回の時化を経験した。

b 10月9日~10月20日

調査期間中、稚貝は10月15日を除いてほぼ直線的に成長した。TG相対含有量は10月9日の15.3から10月15日の11.0まで減少し、その後、10月21日の16.2まで、増加した(図8)。10月11日から13日には低気圧(L9)が通過し、稚貝は1回の時化を経験した。

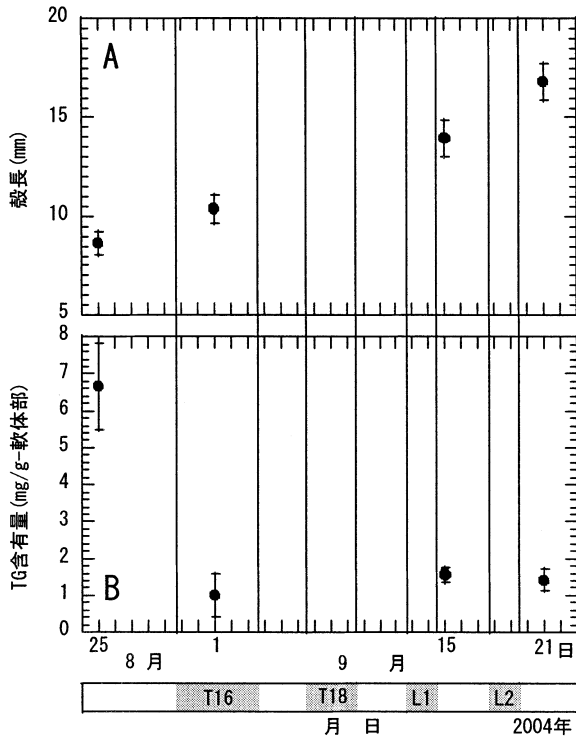


図7 8月25日～9月21日の稚貝の殻長(A)およびTG含有量(B)の経時変化。縦棒はSD, 下部の四角中のT16, T18はそれぞれ, 台風16, 18号, L1, L2は低気圧1, 2を示し, 図中の縦線はそれぞれの通過時期を示す。

考 察

台風16号の通過による時化は数日間にわたる流動環境と水温・塩分環境に大きな乱れをもたらした(図3)。8月25日～9月1日の稚貝のTG含有量の減少は台風16号の通過に伴う時化の影響と考えられる。TG含有量の減少率は6日間で約86%であり, 飢餓飼育による減少率とほぼ一致する²⁾。しかし, 養殖現場で餌をとれない状態が6日間持続したとは考えにくく, 短時間の振動や水温塩分などの変化などが, TG含有量の大きな減少をもたらした可能性がある。稚貝の死亡頻度が高かったことは(図6), この期間のTG含有量の大きな減少が稚貝の受けたダメージの大きさを指標していることを示す。

低気圧(L8)の通過をねらって行った10月9日から10月21日の調査では, L8の通過した9～13日の4日間にTG対含有量は19%減少した。飢餓飼育では, 稚貝のTG含有量は1日に20～30%減少する²⁾ので, これと比較すると, 大きな減少とはいえない。L8の通過による漁場の流速の増加と流向の変化は垂直成分のみに顕著で, 持続時間も1日程度であった(図3)。これらのことは, 時化による短時間の比較的軽微なホタテ稚貝への影響をTG含有量の減少という形で的確に捉えることができたことを示す。10月13日に時化が収まったのち, 15日までホタテ稚貝

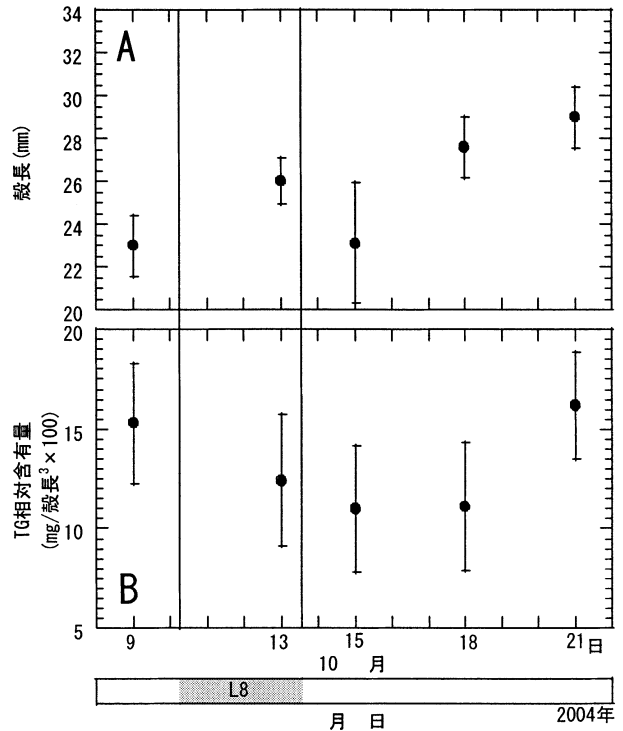


図7 10月9日～10月21日の稚貝の殻長(A)およびTG相対含有量(B)の経時変化。縦棒はSD, 下部の四角中のL8は低気圧8を示し, 図中の縦線はその通過時期を示す。

のTG含有量の減少が続いていたことは, 時化によるダメージが2日後まで続いたことを示す(図8)。時化によるダメージの持続日数は分散作業の可否を決めるための重要な情報と考えられる。これまで, 養殖現場では漁業者の勘に頼っていた分散作業の可否の判断をTG含有量で客観的に診断できるかもしれない。

10月18日～21日のTG含有量の増加は稚貝の生理的ダメージからの回復を意味する。8月25日～9月21日の期間に比べて10月9日～21日までのクロロフィルa濃度は高く(図3), L8による時化の後に餌料条件はさらに好転した。このことから, 稚貝のTG含有量の回復には餌料条件が重要であることが示唆された。

2つの事例は養殖現場における稚貝のTG含有量が時化による生理的ダメージの大きさを指標できることを示した。特に10月9日～21日の稚貝のTG含有量の増減は比較的小さな低気圧通過による稚貝への負荷とその後の回復過程を指標でき, このことはTG含有量が養殖現場での稚貝の生理指標として感度が高いものであることを示唆している。さらに現場データを積み重ねることによって, 様々な環境変動が稚貝に及ぼすダメージの大きさを整理できると思われる。

今回の研究では, 連続観測機器に残されたデータは時化による漁場環境の乱れの有無を判断するのみに利用し

た。連続観測機器には水温・塩分の上下変化，それに伴う異なる水の通過，流動環境の乱れによる養殖籠の振動があり，それぞれの時化で乱れの中身やその強さが異なることが示された。しかし，連続観測データには係留方法・それぞれのセンサーの特徴などによって様々なノイズが含まれるが，今回はそれらを考慮していないため，それぞれのデータがどのような漁場の乱れを示すのかが不明である。ホタテ稚貝のへい死要因となる漁場環境の乱れの程度を連続観測データから読みとるためには，記録されたデータの持つ意味について詳細に検討する必要がある。また，稚貝へい死は時化に伴う物理的な漁場環境の乱れのみならず，異なる水塊の侵入や滞留による水質の急変の影響が指摘されている³⁾。それぞれの連続観測機器によって，こうした現象を把握できることが期待される。

要 約

長万部町静狩沖のホタテ養殖施設において，2004年8月25日～10月21日の期間，ホタテガイ稚貝のTG含有量を定期的に調査した。同時に，連続観測機器で養殖漁場の水温，塩分，流速およびクロロフィルa濃度のモニタリングを行った。8月25日～9月21日の間に，台風16，18号および4つの低気圧の通過に伴う時化が観測された。稚貝のTG含有量は台風16号の通過直後に減少し，その後低いレベルで推移した。10月9～13日の低気圧通過に伴う時化の直後に稚貝のTG含有量は減少し，8日後に増加した。養殖現場で時化を経験した稚貝のTG含有量は速やかに減少することが明かとなった。これらの結果はTG含有量が養殖現場のホタテガイ稚貝の生理状態を示す指標として利用できることを示唆している。

謝 辞

本報告にあたり，稚貝の養殖実験および観測機器の準備と設置，回収にご協力頂いた長万部漁業協同組合青年部諸氏，渡島北部地区水産技術普及指導所，函館水産試験場および函館水産試験場室蘭支場の諸氏に深謝します。

文 献

- 1) 北海道水産資源技術開発協会：噴火湾ホタテガイ養殖の手引．改訂版．札幌，北海水産新聞社，1979，17P．
- 2) 宮園 章：ホタテ稚貝の短期飢餓に対するトリグリセライド含有量の変化．北水試研報，69，145-149（2005）
- 3) 伊藤義三：1995年噴火湾養殖ホタテガイ稚貝のへい死について（速報）．北水試だより．31，25-30（1995）