

高水温飼育によるホタテガイへの影響

吉田達・小谷健二

目的

高水温下でホタテガイを飼育した場合の貝柱、中腸腺の重量変化、中腸腺、直腸、鰓の形状等の変化からホタテガイのへい死メカニズムを明らかにする。

材料と方法

平成 25 年度猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発（ホタテガイ養殖生産技術の改善）¹⁾ における 2 年貝を用いた 20℃、22℃、23℃、24℃、25℃、26℃ の水温別室内飼育試験時に、安静区の FRP 製 250L 水槽の排水部分へ 85ℓ 角型水槽を 2 個設置し、久栗坂実験漁場の丸籠で養殖した 1 年貝を平成 25 年 8 月 20 日に無作為に採取して、20℃区に 35 個体ずつ、22℃区と 23℃区に 40 個体ずつ、24℃区、25℃区、26℃区には 50 個体ずつ収容した（図 1）。

8 月 21 日から 10 月 1 日まで飼育し、1 日 1 回、死貝を確認して取り除いた。試験開始直後から 24～26℃区でへい死が見られたので 7 日目にエアレーションを 1 個追加して、2ヶ所で曝気を行った。12 日目には 26℃区が 9 割へい死したため、残った生貝を処分し、20℃区の水槽から 36 個体を取り上げて、26℃区の水槽に再収容した（以下、「26℃再設置区」と呼ぶ）。

15 日目には餌料濃度が低いことが判明したため、25℃区、26℃区の水槽に餌料タンクから別チューブを用いて直接、2 年貝と同じ量の *Chaetoceros gracilis* を給餌した。

試験開始時に生貝 30 個体の殻長、全重量、軟体部重量、中腸腺重量および貝柱重量を測定したほか、9 月 2 日、11 日、20 日の中間測定時に生貝 10 個体、試験終了時に全ての生貝の測定を同様にを行った。また、試験終了時には生貝の鰓を 1%グルタルアルデヒド、1%ホルマリン溶液で固定後、凍結乾燥装置（日本電子、JFD-300）による凍結乾燥及びイオンスパッタ装置（日本電子、JFD-1100E）による真空蒸着を行い、走査型電子顕微鏡（日本電子、JSM-5400LV）で表面構造を観察した。

結果と考察

1. へい死率

各試験区の試験期間中の累積へい死率を図 2 に示す。

20℃区、22℃区、23℃区は試験終了時の 41 日目までへい死は全く見られなかった。24℃区では 2 日目からへい死が見られ、試験終了時の累積へい死率は 10%であった。25℃区では 1 日目からへい死が見られ、試験終了時の累積へい死率は 67%であった。26℃区では 1 日目からへい死が見られ、12 日目の累積へい死率は 90%であった。26℃再設置区では 3 日目からへい死が見られ、試験終了時の 29 日目の累積へい死率は 68%であった。

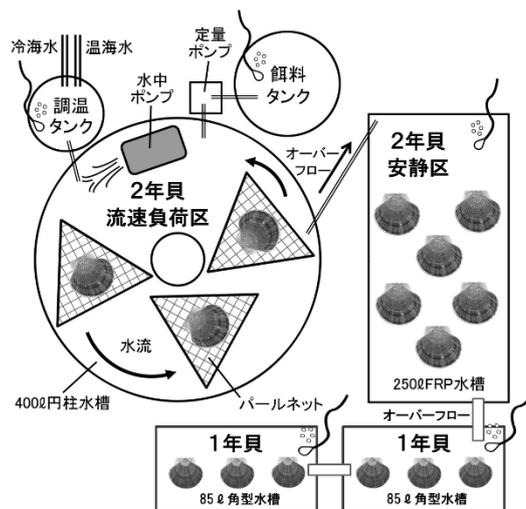


図 1. 水温別室内飼育試験のイメージ図

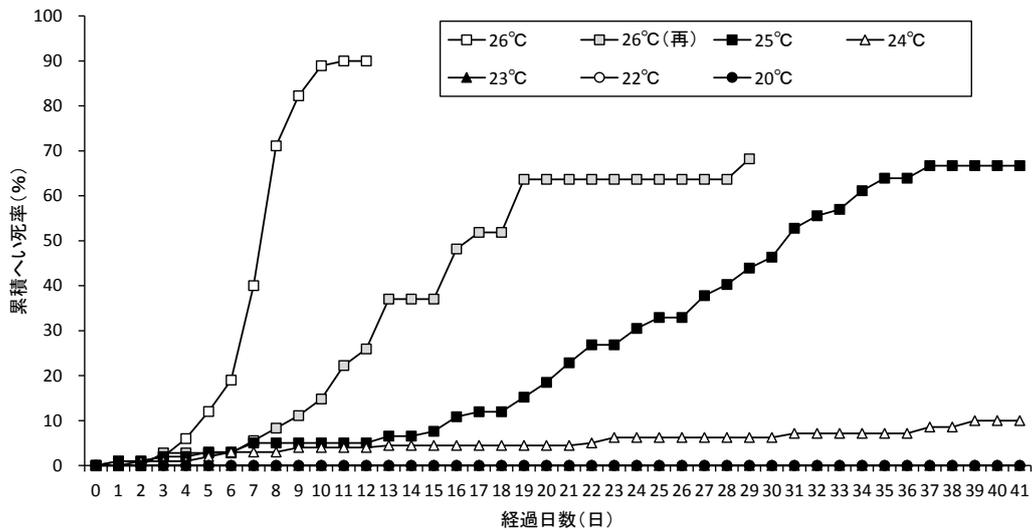


図 2. 水温別試験区の累積へい死亡率

2. 貝柱と軟体部重量

試験開始時から試験終了時までの殻長、全重量、軟体部重量、貝柱重量、中腸腺重量の平均値を表 1 に、貝柱重量、中腸腺重量の推移を図 3~6 に示した。

中腸腺重量については、試験開始から 12 日目の 9 月 2 日の測定では 24°C 区と 26°C 区が試験開始時より軽かったが、21 日目の 9 月 11 日では 25°C 区以外の全ての試験区が、30 日目の 9 月 20 日と試験終了時の 10 月 1 日には全ての試験区が試験開始時より軽かった (図 3~6)。

貝柱重量については、12 日目は 26°C 区が、21 日目は 24°C 区、25°C 区、26°C 再設置区が、30 日目は 22°C 区、25°C 区、26°C 再設置区が、試験終了時は全ての試験区が試験開始時より軽かった (図 3~6)。

なお、成長が停滞すると考えられた 20°C 区でも試験終了時には試験開始時と比べて、貝柱重量、中腸腺重量が軽くなっていることから、実際の養殖漁場に比べて餌料環境が悪かったと考えられる。このため、前述の累積へい死亡率も実際の養殖漁場より過大となっている可能性がある。

表 1. 試験開始時、中間測定時、試験終了時の殻長等の平均値

測定日	区分	測定数(個体)	殻長(mm)	全重量(g)	軟体部重量(g)	貝柱重量(g)	中腸腺重量(g)
H25. 8. 21	開始時	30	86. 6	69. 7	27. 1	10. 4	2. 21
	20°C区	8	88. 3	77. 6	29. 3	10. 7	2. 06
H25. 9. 2	22°C区	10	89. 2	74. 7	29. 5	10. 6	2. 55
	23°C区	10	92. 6	82. 5	30. 6	11. 6	2. 17
	24°C区	10	90. 4	79. 6	28. 1	10. 8	1. 96
	25°C区	10	90. 5	75. 1	27. 2	10. 1	2. 12
	26°C区	6	87. 2	69. 8	22. 8	7. 9	1. 64
H25. 9. 11	20°C区	8	91. 2	81. 4	31. 1	11. 0	1. 80
	22°C区	10	88. 6	73. 8	28. 0	10. 1	1. 84
	23°C区	10	90. 3	77. 0	28. 4	10. 4	1. 97
	24°C区	10	90. 2	78. 5	28. 1	9. 6	1. 96
	25°C区	10	90. 2	73. 0	25. 6	8. 7	2. 04
	26°C区(再)	9	89. 8	76. 5	26. 7	9. 2	1. 98
H25. 9. 20	20°C区	8	90. 0	80. 3	29. 6	10. 5	1. 90
	22°C区	10	90. 1	76. 4	26. 1	9. 7	1. 76
	23°C区	10	91. 6	82. 6	30. 7	11. 0	1. 89
	24°C区	10	92. 7	80. 6	28. 6	9. 8	1. 73
	25°C区	10	87. 9	70. 3	22. 2	7. 5	1. 75
H25. 10. 1	26°C区(再)	5	90. 7	73. 5	23. 1	7. 4	1. 58
	20°C区	10	89. 9	76. 3	26. 4	9. 2	1. 65
	22°C区	50	87. 1	69. 3	24. 0	8. 7	1. 42
	23°C区	50	87. 1	70. 6	23. 7	8. 2	1. 46
	24°C区	63	88. 3	72. 3	23. 6	8. 1	1. 49
	25°C区	21	88. 4	73. 0	21. 4	6. 9	1. 70
	26°C区(再)	8	90. 4	74. 6	19. 6	6. 4	1. 67

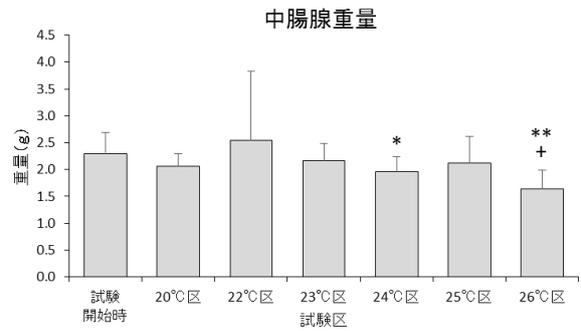
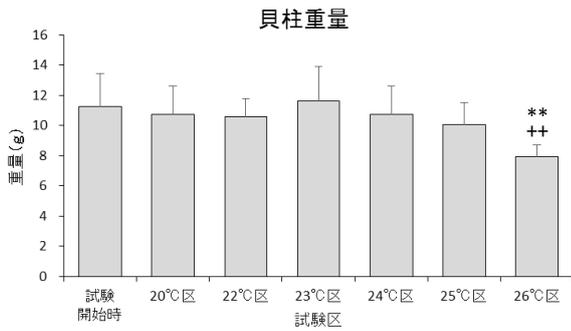


図 3. 試験開始時と 9 月 2 日中間測定時の貝柱重量と中腸腺重量 (バーは標準偏差、開始時と比較して**は $P < 0.01$ 、*は $P < 0.05$ 、20°C区と比較して++は $P < 0.01$ 、+は $P < 0.05$ でそれぞれ有意差あり)

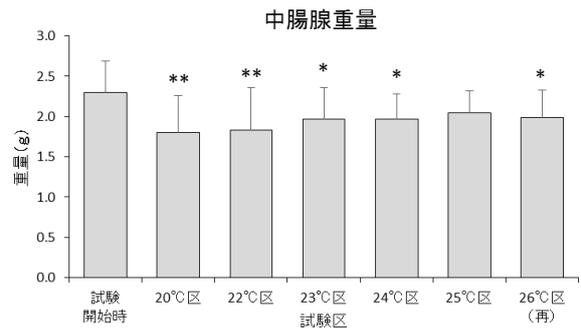
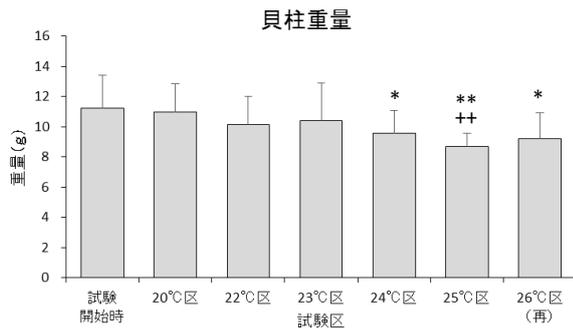


図 4. 試験開始時と 9 月 11 日中間測定時の貝柱重量と中腸腺重量 (バーは標準偏差、開始時と比較して**は $P < 0.01$ 、*は $P < 0.05$ 、20°C区と比較して++は $P < 0.01$ でそれぞれ有意差あり)

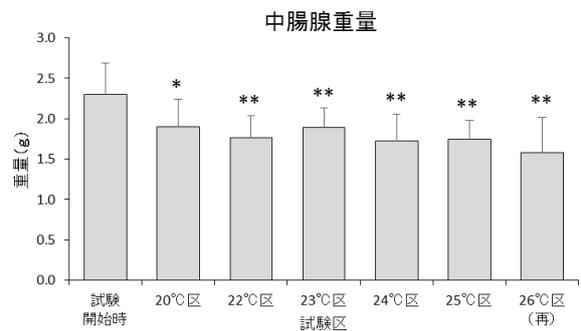
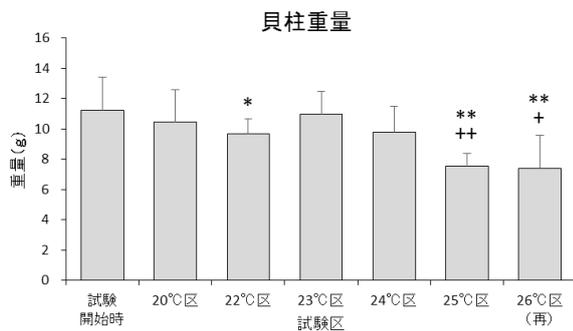


図 5. 試験開始時と 9 月 20 日中間測定時の貝柱重量と中腸腺重量 (バーは標準偏差、開始時と比較して**は $P < 0.01$ 、*は $P < 0.05$ 、20°C区と比較して++は $P < 0.01$ 、+は $P < 0.05$ でそれぞれ有意差あり)

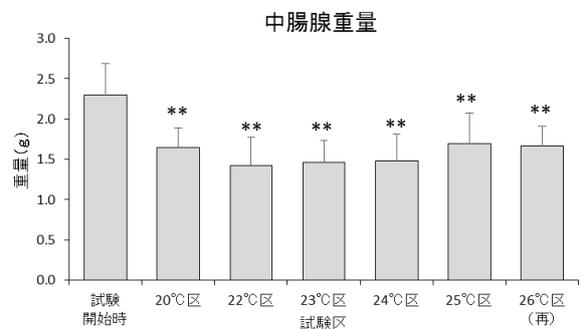
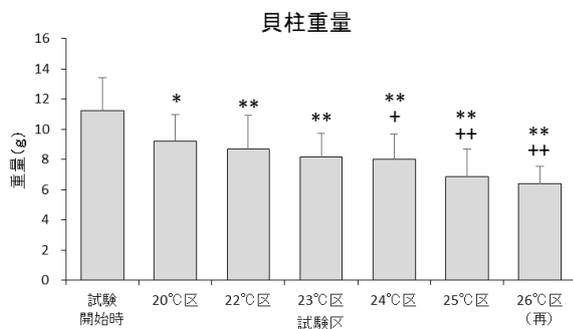


図 6. 試験開始時と 10 月 1 日試験終了時の貝柱重量と中腸腺重量 (バーは標準偏差、開始時と比較して**は $P < 0.01$ 、*は $P < 0.05$ 、20°C区と比較して++は $P < 0.01$ 、+は $P < 0.05$ でそれぞれ有意差あり)

3. 肉眼による観察

試験終了時における生貝の中腸腺と直腸を観察したところ、20℃区は観察した10個体全てで中腸腺が黒く、直腸内に黒い糞が確認できた。25℃区では観察した18個体のうち17個体は20℃区と同様であったが、1個体は中腸腺が灰褐色と薄く、直腸内に糞が全くなかった（図7）。以下、中腸腺が黒く、直腸内に黒い糞が確認できた個体は正常個体、中腸腺が灰褐色と薄く、直腸内に黒い糞が確認できない個体は衰弱個体と呼ぶ。

鰓も同様に観察したところ、25℃区の正常個体はオレンジ色であったが、25℃区の衰弱個体は肌色であった（図8）。電子顕微鏡用に切り出して凍結乾燥した部位の形状を見ると、25℃区の衰弱個体の鰓弁はそれぞれのフィラメントが剥離してバラバラであったが、20℃区と25℃区の正常個体は異常が見られなかった（図9）。

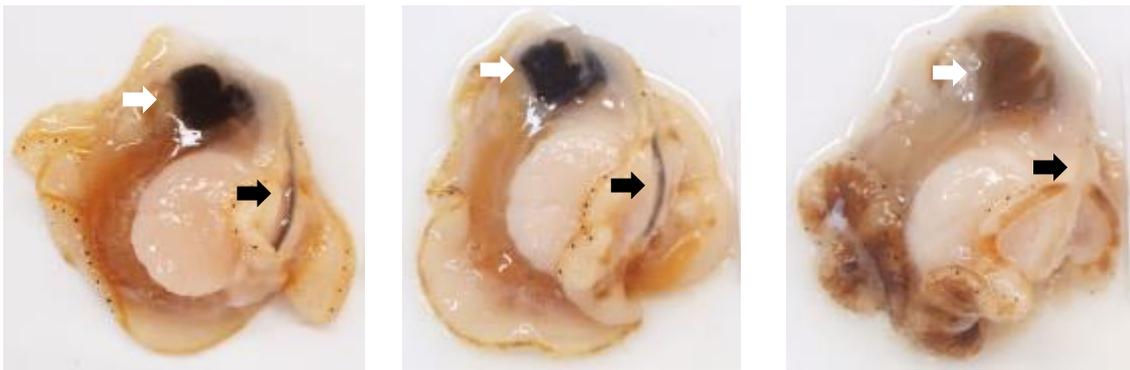


図7. 試験終了時の中腸腺と直腸（白矢印が中腸腺、黒矢印が直腸、左から20℃区正常個体、25℃区正常個体、25℃区衰弱個体）

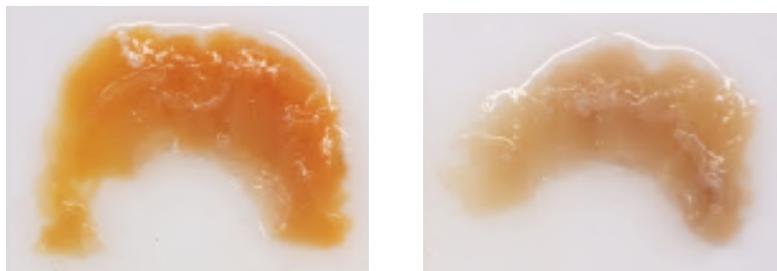


図8. 試験終了時の鰓（左が25℃区正常個体、右が25℃区衰弱個体）



図9. 試験終了時の凍結乾燥後の鰓（左から20℃区正常個体、25℃区正常個体、25℃区衰弱個体）

4. 電子顕微鏡による観察

電子顕微鏡で鰓を観察したところ、25℃区衰弱個体は上向鰓弁のフィラメントの剥離（図10）と、上向鰓弁の繊毛の剥離（図11）が見られたが、20℃区と25℃区の正常個体は異常が見られなかった。呼吸拡散はいずれの個体も異常が見られなかった（図12）。

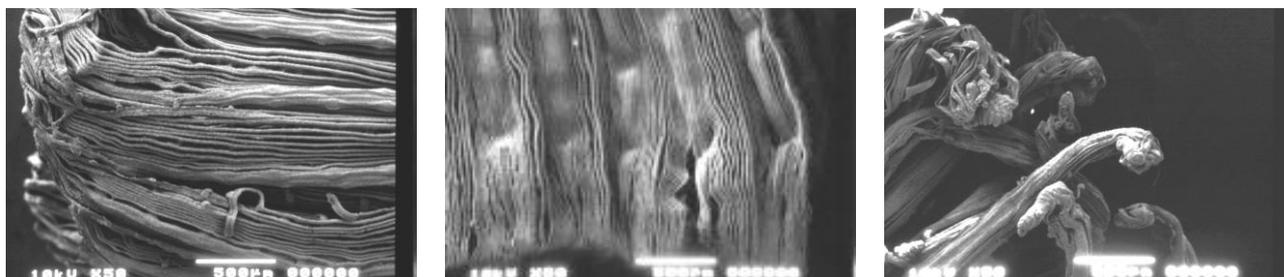


図10. 試験終了時の鰓の上向鰓弁の先端（左から20℃区正常個体、25℃区正常個体、25℃区衰弱個体、観察倍率は50倍）

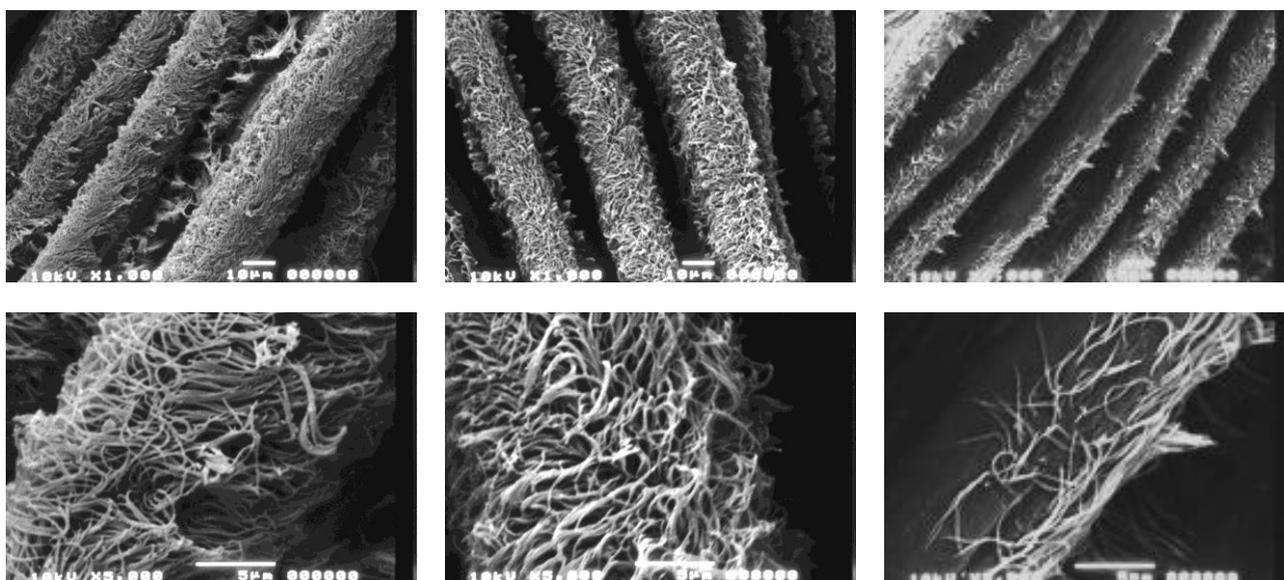


図11. 試験終了時の鰓の上向鰓弁の繊毛（左から20℃区正常個体、25℃区正常個体、25℃区衰弱個体、観察倍率は上段が1,000倍、下段が5,000倍）



図12. 試験終了時の鰓の呼吸拡散（左から20℃区正常個体、25℃区正常個体、25℃区衰弱個体、観察倍率は1,500倍）

5. 高水温時におけるへい死メカニズム

試験終了時の累積へい死率は24℃区が10%、25℃区が67%、26℃区が90%となっており、水温が高いほどへい死率が高かった。また、中腸腺重量、貝柱重量は水温が高いほど軽くなるのが早かったほか、貝柱重量より中腸腺重量で減少ペースが早かった。これは、平成23年度の室内試験²⁾の結果と同様であり、ホタテガイは高水温下において、中腸腺の貯蔵物質を基礎代謝等のエネルギーとして使っているが、それが尽きると貝柱の貯蔵物質をエネルギーとし、それさえ尽きると死に至るものと考えられた。

肉眼で観察して鰓の色が薄い個体は、上向鰓弁のフィラメントがバラバラで繊毛も剥離していることから、十分に餌を採ることができず、結果として直腸内に糞が見られなかったり、中腸腺の色も灰褐色と薄くなっていたものと考えられる。

試験開始時と 25℃区の試験終了時の殻長と中腸腺重量、貝柱重量の関係を図 13 に示した。中腸腺重量、貝柱重量ともに、試験開始時に比べると、25℃区で軽い傾向を示した。また、衰弱個体（●）の貝柱重量は 25℃区と同じ殻長の個体と比較すると軽かったことから、25℃区の分布範囲の下限以下になった個体がへい死に至っているものと考えられる。

以上の結果から高水温下で衰弱している個体については、中腸腺重量、貝柱重量、鰓や中腸腺の色、直腸内の糞の有無などを指標として、判別できるものと考えられる。

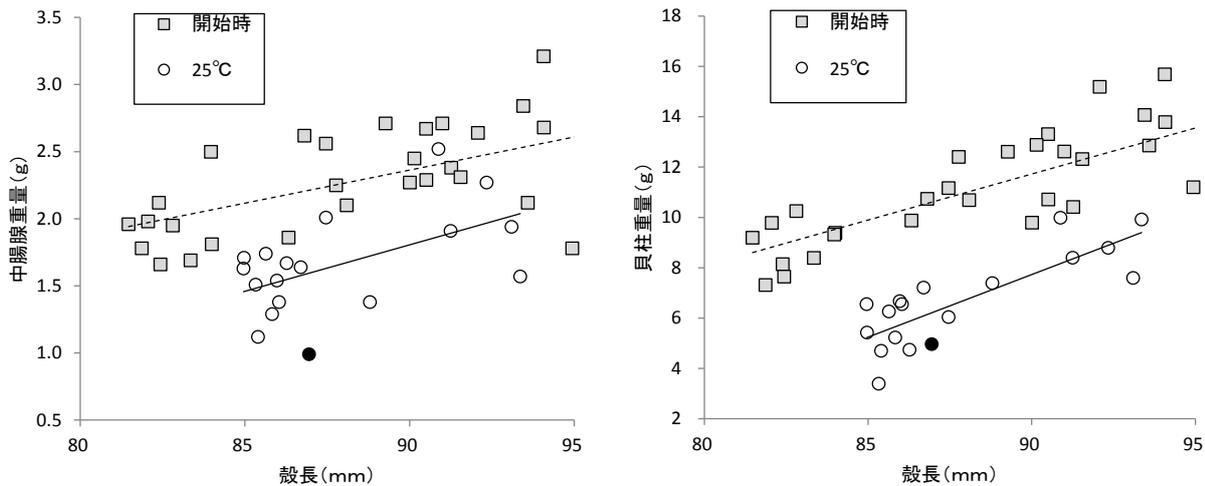


図 13. 試験開始時と 25℃区試験終了時の殻長と中腸腺重量・貝柱重量の関係（●は 25℃区衰弱個体）

文 献

- 1) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・森恭子・川村要（2015）猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発（ホタテガイ養殖生産技術の改善）. 平成 25 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 377-382.
- 2) 小谷健二・吉田達・伊藤良博・東野敏及・小倉大二郎・川村要（2013）猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発. 平成 23 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 514-521.