

修士学位論文

イセエビ種苗生産における人工飼料の開発に  
資する基礎的研究

平成 25 年度  
(2013 年 9 月)

東京海洋大学大学院  
海洋科学技術研究科  
海洋生命科学専攻

黄 旻翔

[修士]

## 修士学位論文内容要旨 Abstract

専攻 Major	海洋生命科学	氏名 Name	黄 旻翔
論文題目 Title	イセエビ種苗生産における人工飼料の開発に資する基礎的研究		

イセエビは日本の重要な水産資源であり、種苗生産技術の開発に向けた取り組みが続けられている。現在、イセエビフィロソーマ幼生の飼育に有効な飼料は生のムラサキイガイの生殖巣に限定されている。この飼料は冬季に獲得し難く、また毒化してフィロソーマを致死させる恐れがある。そのため、イセエビの生産性を高める方法として通年に渡り、安定供給が可能な飼料の開発が求められている。

飼料開発においては二つの課題がある。一つは物性の把握による摂餌性の向上、もう一つは飼料の栄養組成改善による生長の促進である。今研究では現在の人工飼料の改善に資するため、ムラサキイガイとイガイの生殖巣を用いて栄養成分分析およびそれらを用いて飼育実験を行い、両者を比較することで、人工飼料改良の一助けとすることを目的とした。

生殖巣は水産総合研究センター増養殖研究所南伊豆庁舎周辺海域から採集した。一年を4段階にわけて、1月、3月、7月、11月にそれぞれ成熟度が異なるムラサキイガイとイガイの生殖巣をサンプルとした。-80℃の冷凍庫に保存し、水分、灰分、粗タンパク、粗脂肪の4項目とさらに脂質、脂肪酸および遊離アミノ酸の各組成を測定した。

飼育実験は南伊豆庁舎の培養室にて行った。脱皮0回目まではムラサキイガイ卵巣とアルテミア幼生の併用給餌とし、実験開始と併に中期養成フィロソーマを1Lの個別水槽に単独飼育し、ムラサキイガイとイガイの生殖巣をそれぞれ給餌した。約1.5ヶ月の飼育を行い、脱皮間隔、成長率、ステージ進行割合について飼育成績を評価した。なお、飼育試験にはそれぞれ5尾を使用した。

栄養分析の結果、ムラサキイガイとイガイの内には大きな差がなかった。季節変動を見ると、フィロソーマの成長に有効な遊離アミノ酸の含量は一月に高い傾向が見られる。一方、飼育結果では、栄養価値が高いと想定される1~3月のイガイ卵巣を使用したものの、体長の伸び、脱皮間隔などを比べた結果はいずれにおいてもムラサキイガイ区がイガイ区を上回る優れた結果を示した。以上の結果より、フィロソーマ幼生の飼育には飼料の栄養組成だけでなく、餌・飼料自身の物性にも十分な検討を加える必要性のあることが分かった。

# イセエビ種苗生産における人工飼料の開発に 資する基礎的研究

## 目 次

	頁
諸 言 .....	4
第一章 フィロソーマに対するイガイとムラサキイガイ生殖巣の栄養成分 .....	7
第二章 フィロソーマに対するイガイとムラサキイガイ生殖巣の栄養価値 .....	29
総 括 .....	41
謝 辞 .....	42
参考文献 .....	43

## 緒言

イセエビ *panulirus japonicus* は軟甲綱、十脚目、抱卵亜目、イセエビ科 (*palinuridae*) に属し、台湾、韓国南岸、濟州島、日本沿岸に分布し、外海浅海の岩礁域に生息する<sup>1)</sup>。特に日本に多く、茨城県から九州の太平洋岸、九州では北部、西部沿岸に存在している。イセエビは日本における有用水産物であり、世界的にも高級食材として認識されている。

イセエビは、成熟した硬甲の雌雄の間で交尾を行い、交尾後雌の胸板には精胞が付着し、数時間後に産卵する<sup>2)</sup>。雌は受精卵を孵化するまでの1.5から2ヵ月間に腹肢の卵付着糸に着生させながら抱卵する。日本産イセエビの抱卵数は約50,000～500,000粒である<sup>3)</sup>。抱卵するイセエビのグループではノープリウスを胚期内で過ごし<sup>4)</sup>、変形ミミスに相当するフィロゾーマと呼ばれる幼生として孵化する。フィロゾーマは背腹方向に扁平・葉状、かつ透明で、長く伸張している胸脚の外肢には遊泳毛を有する<sup>5)</sup>。月間浮遊生活を送り、約25～30回脱皮した後、成体と類似した形態であるが、透明の外甲殻を有し、フィロゾーマ幼生より強い遊泳力を持つプエルルスと呼ばれる幼生に変態する<sup>6)</sup>。プエルルス幼生は、親個体群の生息する沿岸域に回帰し、藻場に定着する。この間の2週間は摂食せずに生活する<sup>7)</sup>。プエルルスが脱皮した後、稚エビとなり、第1齢稚エビになると口器が摂食するのに十分発達し、底生生物を摂食し始める。頭甲胸長が30mm以上になった稚エビは成体エビとなり、脱皮を繰り返しながら、徐々に浅い岩礁域へと生息域を変えていく<sup>8)</sup>。このように、孵化から稚エビまでに約1年近くかかり、他のエビ類と比較して幼生期間が長いのが大きな特徴である<sup>9)</sup>。

海産食用甲殻類の中でイセエビは他の種と比べ、体は大きく、鎧のような殻を持ち、肉質の鮮度や味わいも勝っている。そのため、イセエビは日本の重要な水産資源であり、種苗生産技術の開発に向けた取り組みが続けられている。しかし、資源量の維持と増産を目的としてイセエビの種苗生産の研究が行われているが、まだ生残率は不安定であり、特に現在のイセエビの量産については、

未だ困難な問題が幾つかある<sup>10)</sup>。

イセエビのフィロソーマ幼生の飼育に有効な飼料は現在、生のムラサキイガイの生殖巣に限定されている。水産総合研究センター増養殖研究所南伊豆庁舎では、孵化幼生から5脱皮令までは海産の単細胞性珪藻である *Phaeodactylum* sp. で強化したアルテミアノープリウスを、以降はそれに加えてムラサキイガイ *Mytillus galloprovincialis* の卵巣を給餌している<sup>11)</sup>。しかし、この飼料は冬季に獲得し難くなるだけでなく、毒化してフィロソーマを致死させる恐れがある。そのため、イセエビの生産性を高める方法として通年に渡り、安定供給が可能な飼料の開発が求められている。

飼料開発においては2つの課題がある。一つは物性の把握による摂餌性の向上、もう一つは飼料および栄養組成の改善による成長促進である。過去の研究から物性に関しては飼料形状、あるいは物性に関して、摂餌性向上の検討が行われている。また、栄養組成に関してはフィロソーマが天然で捕食していると考えられるウキゴカイやヤムシの栄養組成が把握されている。その結果、人工配合飼料の取り込みと排泄は確認できたが、成長に十分な量の摂餌には至らなかった<sup>12)</sup>。また、ムラサキイガイと近似しているイガイ *Mytilus coruscus* の卵巣を使用した飼育の報告の中で、フィロソーマ幼生に適していないという結果があったが、その原因は両者の微妙な物性の違いが影響していると論じた<sup>13)</sup>が、具体的な比較データはなかった。

本研究では現在のフィロソーマの餌料であるムラサキイガイの卵巣と、栄養成分がほぼ同様と思われるイガイの卵巣の栄養成分の季節変化および飼育比較実験を行う。

今度使用するムラサキイガイ *Mytillus galloprovincialis* は、二枚貝綱イガイ目イガイ科に属し、地中海北岸および日本沿岸に広く分布する移入種の一つである。ムラサキイガイの成熟サイクルは、休止中の生殖腺の発達が10~11月から、続く生殖細胞形成が冬から早春に生じ、春には部分的な放卵放精が始まる<sup>14)</sup>。そして、春から初夏にかけて急速な生殖細胞形成が起き、生殖腺はもう一度完全に成熟し、7~8月に完全な放卵放精が起きる。その後の8~9月におい

ては性腺指数は最低となって個体の殆どが休止期に至る<sup>15)</sup>。

一方、今回使用するイガイ *Mytilus coruscus* は、イガイ目イガイ科に分類される二枚貝の一種で、東アジアの浅海岩礁に生息する大型の二枚貝である。外見は同属の外来種ムラサキイガイに似るが、イガイは日本沿岸の在来種で、食用として漁獲もされている。性腺の成熟サイクルは、ムラサキイガイと比べ、1ヶ月ほど遅れ、3~4月に性腺が最も発達する。

本論文はイガイがムラサキイガイと比較して不適である原因を解明し、現在開発中である人工飼料の構築のための基礎的な研究とした。第一章はなぜイガイの生殖巣が使用できないのかについて、栄養面から両者の違いを解明するため栄養成分の分析を行う。第二章は、同じ飼育環境の下で両餌料にフィロソーマ幼生の成長への影響を明らかにするため飼育実験をおこなった。

## 第一章. フィロソーマに対するイガイとムラサキイガイ

### 生殖巣の栄養成分

#### 目 的

イセエビ幼生の孵化から稚エビまでの飼育に始めて成功したのが、1988年であり (yamakawa et al.1989, kittaka and kimura 1989)、この完全飼育の成功に貢献したのが餌料としてムラサキイガイの生殖巣を用いたことであった。しかし、この餌料は冬季に獲得し難くなるだけではなく、毒化してフィロソーマを致死させる恐れがある。そのため、イセエビの生産性を高める方法として通年に渡り、安定供給が可能な飼料の開発が求められている。イガイの方は、一ヶ月程度成熟期がムラサキイガイとずれているため、ムラサキイガイが不足する時期に、代替できる価値があるのではないかと予想する。しかしながら、飼育実験 (宍戸 2010) の結果によると十分成長が得られなかったと分かった。その原因は不明のままである。そこで、本章ではムラサキイガイとイガイの卵巣を4季に分けて栄養分析、すなわち一般組成、脂質組成、脂肪酸組成、遊離アミノ酸組成の各項目それぞれを比較し、季節による栄養成分に差があるか否かを調べた。また、飼育実験に使用された新鮮の飼料と一日経過し、即ち24時間飼育水に浸し通常廃棄する餌料を回収して分析し、ムラサキイガイとイガイの生殖巣の栄養成分の流失状態を把握した。

## 実験1 イガイとムラサキイガイの生殖巣（卵巣）における 栄養成分の周年変化

### 材料及び方法

平成24年3月から25年1月まで南伊豆庁舎周辺海域で3月、7月、11月、1月の計4回、イガイとムラサキイガイを採集し、剥製して毎回各約20gの生殖巣を採取して-80°Cに保存した。

なお、ムラサキイガイは3月に37個体、7月に20個体、11月に22個体、25年の1月に14個体を、イガイは3月に5個体、7月、11月、25年の1月に各6個体をそれぞれ採集し、Table 1で示した。

一般組成の分析方法については粗脂肪含量はクロロホルム/メタノール抽出法、水分は常圧加熱乾燥法、灰分は直接灰化法（水分と同時に進行）、粗タンパク質含量はケルダール法を用いた。脂肪酸分析はガスクロマトグラフ法で分析を行った。遊離アミノ酸分析はイオン交換クロマトグラフィ法を用いて分析をした。以上の実験はすべて3反復で行った。

### 結果

同月分では、イガイとムラサキイガイは両方で一般組成および脂質、脂肪酸、遊離アミノ酸における大きな差は見られなかった。(Tables 2; 3-1; 3-2; 4-1; 4-2; 5)

次に周年変化では、一般組成には水分、粗タンパク質、灰分含量に関しては、イガイとムラサキイガイの変動はほぼ同じであった。(figs 1,3,4) 粗脂肪含量では、イガイは3月をピークに7月までに低下し、11月再び増加するのに対し、ムラサキイガイは3月の最低値から11月まで増加し、1月に低下し始める傾向が見られる。(Fig 2) 特に極性脂質では、イガイの場合は7月が最低値に達し、ムラサキイガイと大きな差が見られた。(Fig 5)



脂肪酸組成の変動については、7月と11月にPLのN-3HUFA含量に両者で著しい差が見られた。(Fig 6)

遊離アミノ酸含量の変動については、イガイの場合は、アルギニンとリシンは3月の低値から7月まで上昇し、その後11月に最低値に達し、翌年1月また上昇する傾向を示した。ムラサキイガイの場合は3月から低下し、1月にピークに達した。(Figs 7; 8) いずれにしても遊離アミノ酸含量は1月に最も高い値を示していた。

## 実験 2. イガイとムラサキイガイにおける投餌直前と 飼育水に浸漬後 24 時間の生殖巣の栄養分析比較

### 材料及び方法

サンプルは実験 1 と同様 3 月の生殖巣を使用した。24 時間飼育水に浸漬後の生殖巣は一度フィロソーマ幼生に投餌し、翌日まで飼育水槽に残っていた生殖巣を回収したものである。

各約 10~15g をサンプリングし、-80°C で冷凍して栄養分析をした。

実験方法も実験 1 と同じ方法を使用した。全ての項目は 3 反復で行った。

### 結 果

24 時間浸漬後のイガイとムラサキイガイの生殖巣では栄養成分の流失がみられた。特に遊離アミノ酸の流失が著しく、Tables 6; 7; 8; 9 に示したように、総量の約 30% の遊離アミノ酸が損した。

## 総 括

イガイとムラサキイガイの生殖巣（卵巣）については、周年の栄養変化に差が見られるが、値としては、大きな差ではなかった。

具体的では、イガイとムラサキイガイの一般組成に関してはほぼ同じの傾向が見られた。しかし、粗脂肪含量、脂質および脂肪酸組成に関しては、3、7月の変化が大きかった。ムラサキイガイでは低下した時期に、イガイではまだ減少していない。その後、イガイもムラサキイガイと同じような変動を開始するという周年変化を示した。これが、イガイの成熟期が遅れるという原因と推測される。

遊離アミノ酸を見ると、ムラサキイガイの場合には、11月から遊離アミノ酸の数値は増加し始め、1月にピークが達したのに対し、イガイでは成熟期が遅れることより時期がずれてムラサキイガイと同じ変動になるという原因であろう。

投餌直前のものと24時間浸漬後の生殖巣の比較分析結果を見ると、一般組成や脂肪酸の流失、脂質組成の変化はあまり著しくないが(Fig 9)、24時間浸水後の方が遊離アミノ酸が約30%流失し、かなり栄養価が低下していると思われる。(Fig 10) それに細菌に汚染される恐れもあるため、実際に飼育するときには、絶えず新鮮なものを投餌できるようにすべきであろう。

以上の結果から、栄養面については、新鮮なイガイの卵巣は周年にわたり人工餌料として十分使用できると考えられる。一方、イガイについてもムラサキイガイと比較し、栄養的には遜色はなく、若干成熟期のずれに伴う栄養組成の違いが見られるだけであった。また、投餌後速やかに摂餌させないと、両者ともに栄養素の流失が大きく、栄養価が劣ることも明らかになった。

**Table 1. The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**

<b>Bule mussel</b>	Shell length (mm) *	Body weight (g) *	Gonad weight (g) *	Gonad index (%)
<b>Mar (n=37)</b>	<b>70.38</b>	<b>4.89</b>	<b>0.72</b>	<b>14.72</b>
<b>Jul (n=20)</b>	<b>70.10</b>	<b>9.98</b>	<b>1.45</b>	<b>14.53</b>
<b>Nov (n=22)</b>	<b>76.70</b>	<b>9.64</b>	<b>1.67</b>	<b>17.32</b>
<b>Jan (n=14)</b>	<b>67.21</b>	<b>8.88</b>	<b>1.87</b>	<b>21.06</b>
<b>Japanese mussel</b>				
<b>Mar (n=5)</b>	<b>118.37</b>	<b>43.60</b>	<b>6.60</b>	<b>15.14</b>
<b>Jul (n=6)</b>	<b>114.90</b>	<b>39.71</b>	<b>7.17</b>	<b>18.06</b>
<b>Nov (n=6)</b>	<b>128.49</b>	<b>51.01</b>	<b>10.58</b>	<b>20.74</b>
<b>Jan (n=6)</b>	<b>131.98</b>	<b>62.36</b>	<b>18.04</b>	<b>28.92</b>

\*(average) Gonad index=Gonad weight/Body weight

**Table 2. Nutritional proximate compositions of gonad in Japanese mussel and Blue**

<b>mussel</b>								
<b>Japanese mussel</b>	<b>Mar</b>		<b>Jul</b>		<b>Nov</b>		<b>Jan</b>	
<b>Moisture (%)</b>	<b>78.1</b>	<b>± 2.2</b>	<b>70.0</b>	<b>± 1.2</b>	<b>76.7</b>	<b>± 1.2</b>	<b>76.7</b>	<b>± 0.2</b>
<b>Crude lipid (% d.b.)</b>	<b>19.7</b>	<b>± 1.6</b>	<b>13.2</b>	<b>± 0.7</b>	<b>19.1</b>	<b>± 0.8</b>	<b>13.4</b>	<b>± 1.6</b>
<b>Crude protein (% d.b.)</b>	<b>61.2</b>	<b>± 2.9</b>	<b>46.2</b>	<b>± 2.4</b>	<b>56.4</b>	<b>± 0.7</b>	<b>53.8</b>	<b>± 1.4</b>
<b>Ash (% d.b.)</b>	<b>7.8</b>	<b>± 2.4</b>	<b>4.4</b>	<b>± 0.3</b>	<b>6.9</b>	<b>± 0.2</b>	<b>6.5</b>	<b>± 0.7</b>
<b>Blue mussel</b>	<b>Mar</b>		<b>Jul</b>		<b>Nov</b>		<b>Jan</b>	
<b>Moisture (%)</b>	<b>79.8</b>	<b>± 1.1</b>	<b>77.7</b>	<b>± 1.5</b>	<b>80.1</b>	<b>± 0.7</b>	<b>79.2</b>	<b>± 1.1</b>
<b>Crude lipid (% d.b.)</b>	<b>13.1</b>	<b>± 1.0</b>	<b>19.7</b>	<b>± 1.9</b>	<b>21.0</b>	<b>± 1.6</b>	<b>16.4</b>	<b>± 0.3</b>
<b>Crude protein (% d.b.)</b>	<b>66.2</b>	<b>± 1.5</b>	<b>48.1</b>	<b>± 0.7</b>	<b>63.0</b>	<b>± 2.3</b>	<b>61.8</b>	<b>± 1.3</b>
<b>Ash (% d.b.)</b>	<b>9.7</b>	<b>± 0.1</b>	<b>7.7</b>	<b>± 1.0</b>	<b>9.1</b>	<b>± 0.6</b>	<b>8.5</b>	<b>± 0.6</b>

**n=3**

**Table 3-1. Lipid classification of gonad in Japanese mussel**

Japanese mussel	Mar.	Jul.	Nov.	Jan.
Moisture(%)	78.1 ± 2.2	70.0 ± 1.2	76.7 ± 1.2	76.7 ± 0.2
Crude lipid	19.7 ± 1.6	13.2 ± 0.7	19.1 ± 0.8	13.4 ± 1.6
Neutral lipid	10.8 ± 0.5	10.2 ± 0.2	14.6 ± 0.1	9.3 ± 4.1
Polar lipid	8.8 ± 0.5	3.0 ± 0.2	4.5 ± 0.1	4.1 ± 0.5
<b>Neutral lipid</b>				
SE	1.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.1	0.3 ± 0.1
TG	6.3 ± 0.5	7.2 ± 0.5	11.6 ± 0.0	4.4 ± 0.2
FFA	0.4 ± 0.0	1.6 ± 0.5	0.3 ± 0.1	1.2 ± 0.1
FS	1.8 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.8 ± 0.0	1.7 ± 0.4
DG+MG	0.6 ± 0.0	0.4 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.5 ± 0.2
<b>Polar lipid</b>				
PA	1.4 ± 0.2	0.2 ± 0.0	tr	0.1 ± 0.1
PE	3.4 ± 1.1	1.2 ± 0.0	2.0 ± 0.3	2.1 ± 0.2
PS	1.3 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1
PI	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.1
LPE	tr	tr	tr	tr
PC	2.0 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.8 ± 0.1
Sph	ND	0.1 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.0
LPC	0.2 ± 0.0	0.6 ± 0.0	0.8 ± 0.4	0.2 ± 0.0

tr:trace(<0.05)

(g/100g dry matter basis)

ND:not detected

n=3

**Table 3-2. Lipid classification of gonad in Blue mussel**

<b>Blue mussel</b>	<b>Mar</b>	<b>Jul</b>	<b>Nov</b>	<b>Jan</b>
<b>Moisture(%)</b>	<b>79.8 ±1.1</b>	<b>77.7 ±1.5</b>	<b>80.1 ±0.7</b>	<b>79.2 ±1.1</b>
<b>Crude lipid</b>	<b>13.1 ±1.0</b>	<b>19.7 ±1.9</b>	<b>21 ±1.6</b>	<b>16.4 ±0.3</b>
<b>Neutral lipid</b>	<b>6.7 ±0.3</b>	<b>12.5 ±0.4</b>	<b>12.9 ±0.6</b>	<b>13.2 ±0.3</b>
<b>Polar lipid</b>	<b>6.4 ±0.3</b>	<b>7.4 ±0.4</b>	<b>8.0 ±0.6</b>	<b>3.2 ±0.3</b>
<b>Neutral lipid</b>				
<b>SE</b>	<b>1.2 ±0.2</b>	<b>0.9 ±0.2</b>	<b>1.1 ±0.2</b>	<b>0.8 ±0.0</b>
<b>TG</b>	<b>2.5 ±0.3</b>	<b>8.8 ±0.4</b>	<b>7.3 ±0.5</b>	<b>7.5 ±0.1</b>
<b>FFA</b>	<b>0.3 ±0.1</b>	<b>0.7 ±0.5</b>	<b>1.0 ±0.2</b>	<b>0.8 ±0.3</b>
<b>FS</b>	<b>1.9 ±0.1</b>	<b>0.9 ±0.1</b>	<b>1.9 ±0.2</b>	<b>2.3 ±0.4</b>
<b>DG+MG</b>	<b>0.6 ±0.0</b>	<b>0.9 ±0.4</b>	<b>1.7 ±0.1</b>	<b>2.0 ±0.1</b>
<b>Polar lipid</b>				
<b>PA</b>	<b>1.4 ±0.3</b>	<b>0.3 ±0.0</b>	<b>tr</b>	<b>0.1 ±0.0</b>
<b>PE</b>	<b>2.4 ±0.1</b>	<b>2.7 ±0.4</b>	<b>4.0 ±0.8</b>	<b>1.6 ±0.1</b>
<b>PS</b>	<b>1.0 ±0.2</b>	<b>1.6 ±0.4</b>	<b>1.3 ±0.3</b>	<b>0.5 ±0.1</b>
<b>PI</b>	<b>0.2 ±0.1</b>	<b>0.3 ±0.1</b>	<b>0.4 ±0.1</b>	<b>0.1 ±0.1</b>
<b>LPE</b>	<b>0.2 ±0.1</b>	<b>tr</b>	<b>tr</b>	<b>tr</b>
<b>PC</b>	<b>1.0 ±0.1</b>	<b>1.5 ±0.1</b>	<b>1.2 ±0.3</b>	<b>0.5 ±0.1</b>
<b>Sph</b>	<b>ND</b>	<b>0.2 ±0.1</b>	<b>0.3 ±0.1</b>	<b>0.1 ±0.0</b>
<b>LPC</b>	<b>0.1 ±0.0</b>	<b>0.9 ±0.3</b>	<b>0.7 ±0.3</b>	<b>0.2 ±0.0</b>

**tr:trace(<0.05)**

**(g/100g dry matter basis)**

**ND:not detected**

**n=3**

**Table 4-1. Fatty acid composition of polar lipid (PL) and non-polar lipid (NL) of gonad in Japanese mussel (area%)**

	Japanese mussel		Japanese mussel		Japanese mussel		Japanese mussel	
	Mar.		Jul.		Nov.		Jan.	
	PL	NL	PL	NL	PL	NL	PL	NL
14:0	0.44	3.30	1.85	3.46	1.14	3.12	0.45	6.80
15:0	0.98	0.03	1.17	0.04	1.41	0.10	0.62	0.92
16:0	11.61	25.78	11.36	23.01	12.34	24.85	15.36	25.39
16:1n-7	1.40	6.50	1.13	6.33	1.94	8.81	1.43	10.89
17:0	1.08	0.15	1.71	0.20	1.44	0.20	0.64	0.18
16:3n-6	1.41	0.37	1.45	0.20	1.92	0.18	0.91	0.53
16:3n-3	14.91	1.13	21.39	0.51	21.72	0.34	18.44	1.35
18:0	3.37	2.50	4.51	3.13	3.20	2.92	4.63	2.78
18:1	1.85	5.03	2.07	3.97	2.51	4.67	1.86	2.82
18:2n-6	1.03	2.05	1.65	1.80	1.24	2.44	0.84	1.96
18:3n-6	0.09	0.08	0.33	0.13	0.12	0.18	0.06	0.33
18:3n-3	0.80	1.99	0.62	1.59	0.65	1.60	0.89	0.34
18:4n-3	0.35	2.09	0.51	2.10	0.33	1.61	0.46	3.12
20:0	0.85	0.08	1.11	0.15	0.78	0.04	0.63	0.22
21:1	1.74	0.99	3.94	0.73	3.30	0.72	2.62	0.22
20:2n-6	0.29	0.36	0.54	0.29	0.28	0.34	0.24	0.32
20:3n-6	0.10	0.11	0.03	0.21	0.16	0.20	0.12	0.25
20:4n-6	4.10	1.20	3.57	1.37	4.31	2.00	4.30	1.04
20:3n-3	0.07	0.06	0.14	0.11	0.07	0.05	0.03	0.22
20:4n-3	0.21	0.31	0.36	0.40	0.22	0.26	0.31	0.49
20:5n-3	13.22	7.90	11.46	12.55	10.06	13.84	18.69	9.46
22:0	0.30	0.11	0.05	0.09	0.14	0.05	0.01	0.11
22:1	2.80	1.47	2.82	1.15	0.64	1.25	1.32	0.56
22:4n-6	0.19	0.12	0.33	0.09	0.31	0.15	0.32	1.05
22:5n-6	0.75	0.30	0.39	0.38	0.62	0.38	0.73	0.20
22:5n-3	0.77	0.98	0.71	0.73	0.72	0.72	0.64	0.45
22:6n-3	15.44	9.45	11.00	10.14	9.25	11.74	12.75	6.51
(g/100g dry matter basis)								
18:2n-6(LA)	0.09	0.22	0.05	0.18	0.06	0.36	0.03	0.18
18:3n-3(LNA)	0.07	0.22	0.02	0.16	0.03	0.23	0.04	0.03
20:4n-6(AA)	0.02	0.01	0.11	0.09	0.19	0.12	0.18	0.08
20:5n-3(EPA)	1.17	0.86	0.34	1.28	0.45	2.02	0.77	0.88
22:6n-3(DHA)	1.37	1.02	0.33	1.03	0.42	1.71	0.52	0.61
n-3HUFA	2.63	2.02	0.71	2.44	0.91	3.88	1.33	1.59



**Table 4-2. Fatty acid composition of polar lipid (PL) and non-polar lipid (NL) of gonad in Blue mussel (area%)**

	Blue mussel		Blue mussel		Blue mussel		Blue mussel	
	Mar.		Jul.		Nov.		Jan.	
	PL	NL	PL	NL	PL	NL	PL	NL
14:0	0.52	3.71	1.05	5.96	1.22	4.23	0.80	6.37
15:0	0.62	0.28	0.93	0.44	1.38	0.13	0.67	1.14
16:0	10.44	6.29	10.41	20.26	14.81	23.01	10.86	24.97
16:1n-7	3.55	3.41	1.21	7.48	1.55	7.79	0.95	12.18
17:0	0.92	0.32	1.21	0.41	1.42	0.21	1.00	0.25
16:3n-6	0.82	0.24	1.09	0.40	1.94	0.23	1.11	0.54
16:3n-3	12.74	2.22	18.26	2.35	18.40	1.03	17.37	0.99
18:0	4.97	2.22	2.32	1.91	4.18	3.11	4.37	1.79
18:1	1.76	1.12	2.34	2.46	1.98	4.04	2.21	3.78
18:2n-6	0.81	0.54	1.23	0.69	0.77	2.00	0.79	2.07
18:3n-6	0.04	0.11	0.04	0.05	0.25	0.13	0.03	0.33
18:3n-3	1.06	0.83	0.63	4.39	0.42	1.37	0.34	0.90
18:4n-3	0.60	2.82	0.46	4.24	0.21	1.91	0.83	3.02
20:0	1.17	0.52	0.94	0.40	1.41	0.15	0.55	0.24
21:1	2.97	0.62	1.97	0.85	1.69	0.88	4.50	0.15
20:2n-6	0.38	0.25	0.49	0.32	0.37	0.52	0.22	0.31
20:3n-6	0.07	0.20	0.03	0.31	0.26	0.10	0.26	0.32
20:4n-6	2.34	0.85	4.02	0.77	5.52	2.50	3.92	1.07
20:3n-3	0.12	0.13	0.09	1.00	0.15	0.08	0.07	0.64
20:4n-3	0.18	0.37	0.21	0.78	0.28	0.29	0.24	0.58
20:5n-3	15.92	5.84	11.81	11.17	9.96	11.66	14.82	9.91
22:0	0.08	0.25	0.05	0.45	0.05	0.08	0.27	0.12
22:1	2.41	0.40	2.57	0.61	2.98	1.31	2.05	0.90
22:4n-6	0.30	0.08	0.27	0.83	0.43	0.15	0.43	0.56
22:5n-6	0.48	0.17	0.38	0.25	0.67	0.34	0.58	0.19
22:5n-3	1.00	0.39	0.66	0.61	1.16	0.79	0.80	0.48
22:6n-3	13.16	10.65	11.46	8.15	11.10	10.91	9.87	6.49
(g/100g dry matter basis)								
18:2n-6(LA)	0.05	0.04	0.09	0.09	0.06	0.26	0.03	0.27
18:3n-3(LNA)	0.07	0.06	0.05	0.55	0.03	0.18	0.01	0.12
20:4n-6(AA)	0.15	0.06	0.30	0.11	0.44	0.11	0.13	0.11
20:5n-3(EPA)	1.01	0.39	0.87	1.40	0.80	1.50	0.47	1.31
22:6n-3(DHA)	0.84	0.71	0.85	1.02	0.89	1.41	0.32	0.86
n-3HUFA	1.93	1.17	1.79	2.71	1.81	3.06	0.83	2.39

**Table 5-1. Free amino acid compositions of gonad in Japanese mussel**  
(mg/100g dry matter basis)

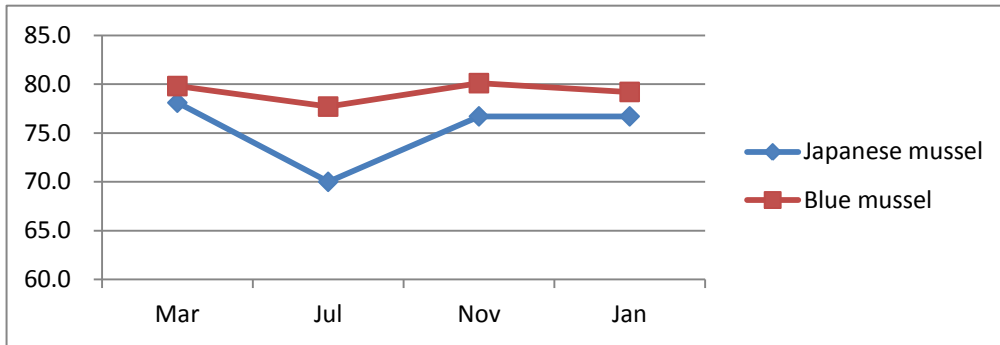
	Japanese mussel Mar.	Japanese mussel Jul.	Japanese mussel Nov.	Japanese mussel Jan.
Arginine	48.9	143.5	26.6	208.1
Lysine	33.1	100.7	18.8	112.7
Histidine	21.6	57.2	13.7	24.7
Phenylalanine	10.0	30.5	4.4	14.7
Leucine	23.2	57.9	37.5	52.5
Isoleucine	16.0	44.6	38.7	45.8
Methionine	11.9	49.7	0.0	23.5
Valine	45.8	52.4	25.5	28.7
Threonine	34.3	91.9	73.3	54.8
Tryptophan	ND*	12.7	ND	11.3
<b>Taurine</b>	<b>3132.2</b>	<b>3104.3</b>	<b>2553.8</b>	<b>5959.8</b>
Tyrosine	35.7	87.7	46.5	54.5
Alanine	188.0	501.1	307.3	461.8
Glycine	230.0	671.7	508.2	2412.9
Glutamic acid	139.9	296.8	230.3	477.3
Serine	14.7	132.1	97.6	66.2
Aspartic acid	93.5	303.0	131.4	209.5
Proline	63.9	86.7	67.2	143.9
<b>Essential amino acid</b>	<b>244.3</b>	<b>641.3</b>	<b>238.5</b>	<b>576.8</b>
<b>Non-essential amino acid</b>	<b>3898.1</b>	<b>5183.2</b>	<b>3942.3</b>	<b>9786.0</b>
<b>Total</b>	<b>4142.4</b>	<b>5824.5</b>	<b>4180.8</b>	<b>10362.8</b>

\*ND=no detected

**Table 5-2. Free amino acid compositions of gonad in Blue mussel****(mg/100g dry matter basis)**

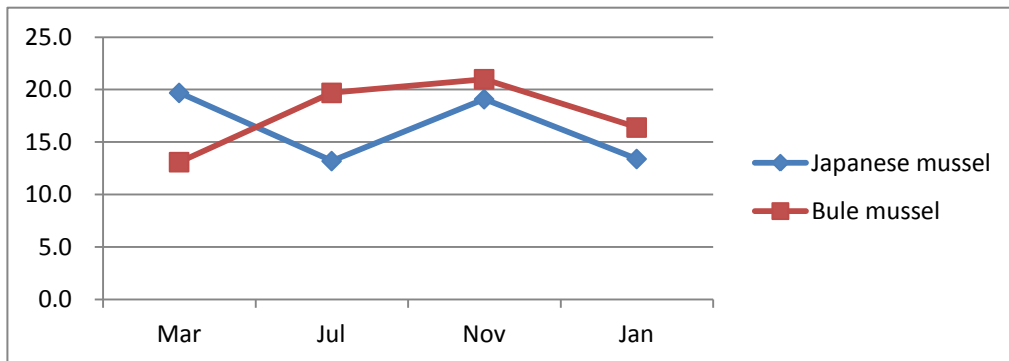
	<b>Blue mussel</b>	<b>Blue mussel</b>	<b>Blue mussel</b>	<b>Blue mussel</b>
	<b>Mar.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Jan.</b>
<b>Arginine</b>	<b>164.2</b>	<b>23.5</b>	<b>10.6</b>	<b>81.6</b>
<b>Lysine</b>	<b>87.6</b>	<b>8.8</b>	<b>4.7</b>	<b>69.4</b>
<b>Histidine</b>	<b>39.5</b>	<b>9.2</b>	<b>4.1</b>	<b>15.7</b>
<b>Phenylalanine</b>	<b>9.3</b>	<b>4.9</b>	<b>1.4</b>	<b>9.3</b>
<b>Leucine</b>	<b>31.6</b>	<b>14.2</b>	<b>4.5</b>	<b>32.0</b>
<b>Isoleucine</b>	<b>27.5</b>	<b>33.5</b>	<b>12.2</b>	<b>25.3</b>
<b>Methionine</b>	<b>17.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>9.9</b>
<b>Valine</b>	<b>38.0</b>	<b>27.7</b>	<b>18.5</b>	<b>40.4</b>
<b>Threonine</b>	<b>108.3</b>	<b>114.3</b>	<b>35.1</b>	<b>41.4</b>
<b>Tryptophan</b>	<b>ND*</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>
<b>Taurine</b>	<b>2378.9</b>	<b>2779.0</b>	<b>1657.3</b>	<b>6239.7</b>
<b>Tyrosine</b>	<b>15.3</b>	<b>7.6</b>	<b>8.4</b>	<b>25.8</b>
<b>Alanine</b>	<b>293.2</b>	<b>647.0</b>	<b>43.7</b>	<b>635.9</b>
<b>Glycine</b>	<b>1315.6</b>	<b>751.3</b>	<b>657.9</b>	<b>2745.2</b>
<b>Glutamic acid</b>	<b>187.6</b>	<b>288.5</b>	<b>109.5</b>	<b>504.3</b>
<b>Serine</b>	<b>70.5</b>	<b>90.3</b>	<b>43.1</b>	<b>77.2</b>
<b>Aspartic acid</b>	<b>300.0</b>	<b>317.0</b>	<b>102.0</b>	<b>272.4</b>
<b>Proline</b>	<b>116.3</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>85.5</b>
<b>Essential amino acid</b>	<b>523.0</b>	<b>235.9</b>	<b>91.2</b>	<b>325.1</b>
<b>Non-essential amino acid</b>	<b>4677.3</b>	<b>4880.6</b>	<b>2621.9</b>	<b>10585.9</b>
<b>Total</b>	<b>5200.3</b>	<b>5116.5</b>	<b>2713.1</b>	<b>10911.0</b>

\*ND=no detected



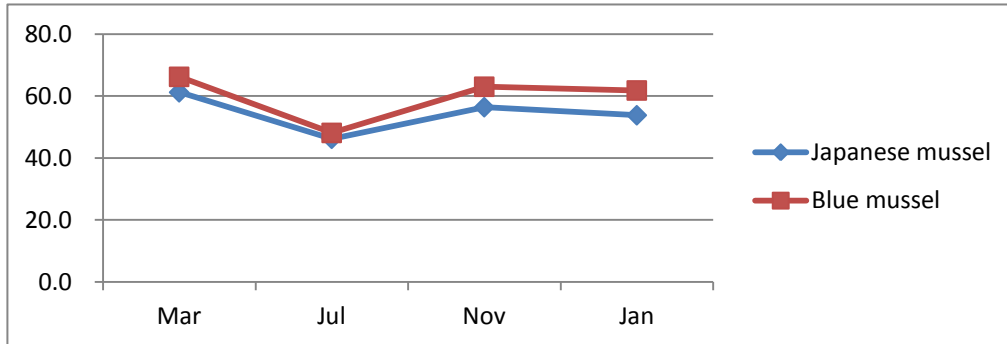
**Fig 1. Moisture content (%)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**



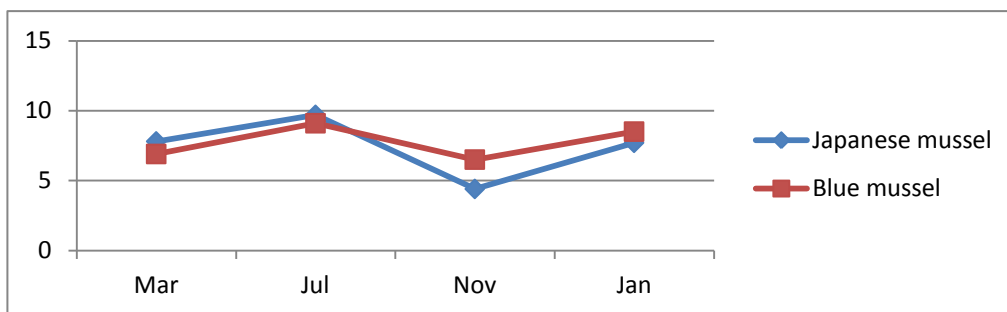
**Fig 2. Crude lipid content (%)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**



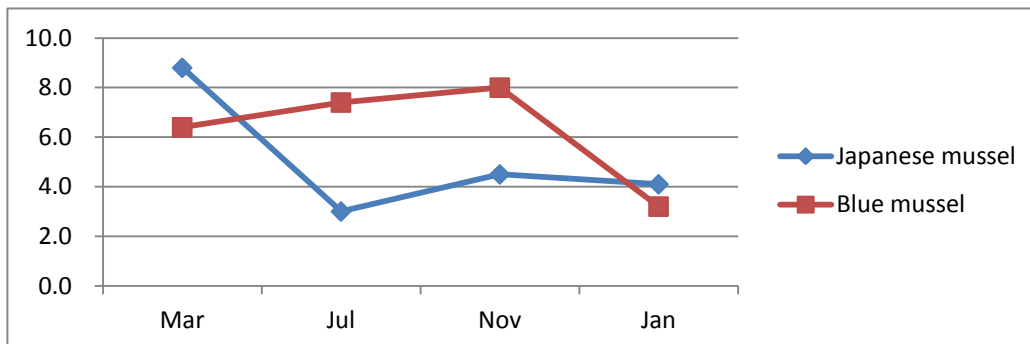
**Fig 3. Crude protein content (%)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**



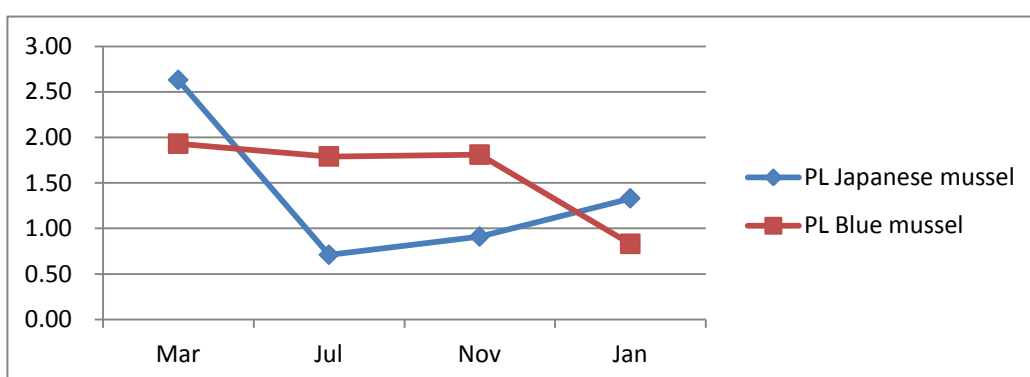
**Fig 4. Ash content (%)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**



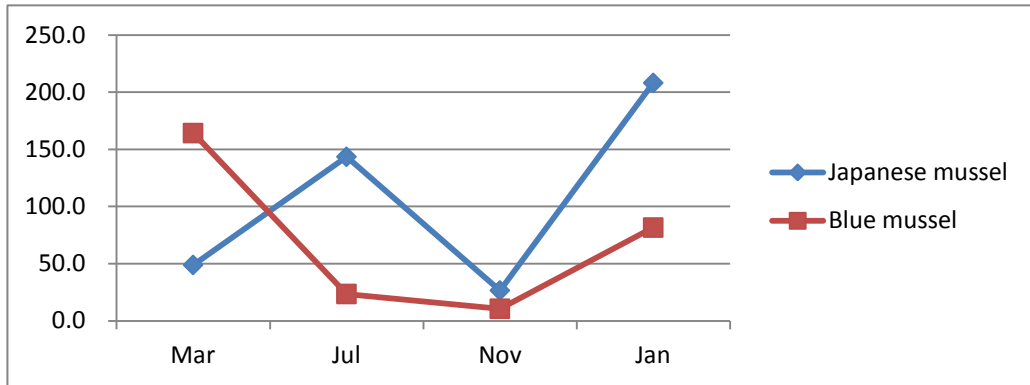
**Fig 5.Polar lipid content (%)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**

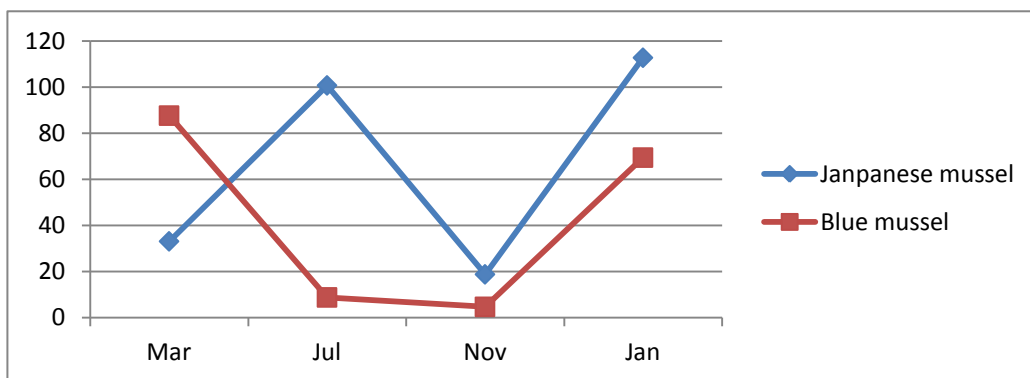


**Fig 6.N-3HUFA content in polar lipid (mg/100g)**

**The data of gonads sample in blue mussel and Japanese mussel in one year.**



**Fig 7. Arginine content in Blue mussel and Japanese mussel (mg/100g)**



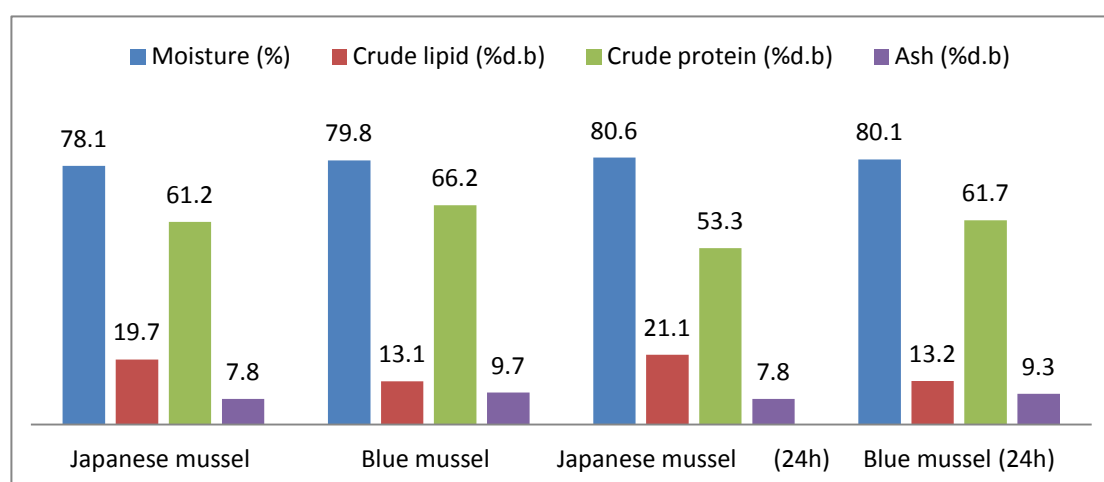
**Fig 8. Lysine content in Blue mussel and Japanese mussel (mg/100g)**

**Table 6. Nutritional proximate compositions of gonad in Japanese mussel and Blue mussel gonad (fresh and 24hours)**

	Japanese mussel	Japanese mussel (24h)*	Blue mussel	Blue mussel (24h)
Moisture (%)	78.1 ± 2.2	80.6 ± 0.4	79.8 ± 1.1	80.1 ± 0.2
Crude lipid (% d.b.)	19.7 ± 1.6	21.1 ± 1.0	13.1 ± 1.0	13.2 ± 1.0
Crude protein (% d.b.)	61.2 ± 2.9	53.3 ± 0.5	66.2 ± 1.5	61.7 ± 0.6
Ash (% d.b.)	7.8 ± 0.4	7.8 ± 0.2	9.7 ± 0.1	9.3 ± 0.1

n=3

\*24h= soaked in rear water 24 hours



**Fig 9. Nutritional proximate compositions of gonad in Japanese mussel and Blue mussel gonad (fresh and 24hours)**



**Table 7. Lipid classification of gonad in Japanese mussel and Blue mussel**

(fresh and 24hours)

	Japanese mussel	Japanese mussel (24h)*	Bule mussel	Blue mussel (24h)
<b>Moisture(%)</b>	<b>78.1 ±2.2</b>	<b>80.6 ±0.4</b>	<b>79.8 ±1.1</b>	<b>80.1 ±0.2</b>
<b>Crude lipid</b>	<b>19.7 ±1.6</b>	<b>21.1 ±0.1</b>	<b>13.1 ±1.0</b>	<b>13.2 ±1.0</b>
<b>Neutral lipid</b>	<b>10.8 ±0.5</b>	<b>12.4 ±0.4</b>	<b>6.7 ±0.3</b>	<b>7.1 ±0.2</b>
<b>Polar lipid</b>	<b>8.8 ±0.5</b>	<b>8.6 ±0.4</b>	<b>6.4 ±0.3</b>	<b>6.1 ±0.2</b>
<b>Neutral lipid</b>				
SE	1.7 ±0.1	4.6 ±0.2	1.2 ±0.2	2.2 ±0.1
TG	6.3 ±0.5	3.7 ±0.2	2.5 ±0.3	3.1 ±0.0
FFA	0.4 ±0.0	0.3 ±0.0	0.3 ±0.1	0.3 ±0.0
FS	1.8 ±0.0	1.9 ±0.1	1.9 ±0.1	1.3 ±0.0
DG+MG	0.6 ±0.0	0.4 ±0.1	0.6 ±0.0	0.3 ±0.0
<b>Polar lipid</b>				
PA	1.4 ±0.2	1.3 ±0.1	1.4 ±0.3	1.1 ±0.1
PE	3.4 ±1.1	3.3 ±0.6	2.4 ±0.1	2.1 ±0.3
PS	1.3 ±0.1	1.1 ±0.1	1 ±0.2	1.2 ±0.0
PI	0.3 ±0.1	0.3 ±0.0	0.2 ±0.1	0.2 ±0.0
LPE	tr	tr	0.2 ±0.1	0.2 ±0.0
PC	2 ±0.1	1.1 ±0.1	1 ±0.1	0.9 ±0.2
Sph	ND	ND	ND	ND
LPC	0.2 ±0.0	0.2 ±0.0	0.1 ±0.0	0.4 ±0.1

n=3

tr:trace(<0.05)

(g/100g dry matter basis)

ND:not detected

\*soaked in rear water 24 hours

**Table 8. Fatty acid composition of polar lipid (PL) and non-polar lipid (NL) of gonad in Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM) (fresh and 24hours) (area%)**

	JM		JM(24h)*		BM		BM (24h)	
	PL	NL	PL	NL	PL	NL	PL	NL
14:0	0.44	3.30	0.38	3.23	0.52	3.71	0.70	2.22
15:0	0.98	0.03	0.98	0.06	0.62	0.28	0.50	0.19
16:0	11.61	25.78	10.43	21.04	10.44	6.29	8.30	6.35
16:1n-7	1.40	6.50	1.01	6.88	3.55	3.41	0.77	1.99
17:0	1.08	0.15	1.32	0.10	0.92	0.32	0.69	0.33
16:3n-6	1.41	0.37	1.59	0.31	0.82	0.24	0.71	0.16
16:3n-3	14.91	1.13	20.10	1.26	12.74	2.22	11.57	0.17
18:0	3.37	2.50	3.50	1.99	4.97	2.22	3.35	3.13
18:1	1.85	5.03	1.59	4.31	1.76	1.12	1.41	1.40
18:2n-6	1.03	2.05	0.95	2.01	0.81	0.54	0.56	0.48
18:3n-6	0.09	0.08	0.08	0.10	0.04	0.11	0.11	0.17
18:3n-3	0.80	1.99	1.06	2.36	1.06	0.83	0.48	0.58
18:4n-3	0.35	2.09	0.50	3.39	0.60	2.82	0.54	1.47
20:0	0.85	0.08	0.79	0.05	1.17	0.52	1.23	0.23
20:1	1.74	0.99	2.91	0.77	2.97	0.62	2.54	0.10
20:2n-6	0.29	0.36	0.41	0.26	0.38	0.25	0.24	0.18
20:3n-6	0.10	0.11	0.10	0.11	0.07	0.20	0.21	0.15
20:4n-6	4.10	1.20	3.97	1.08	2.34	0.85	1.38	0.22
20:3n-3	0.07	0.06	0.08	0.07	0.12	0.13	0.14	0.19
20:4n-3	0.21	0.31	0.29	0.48	0.18	0.37	0.25	0.26
20:5n-3	13.22	7.90	13.85	8.34	15.92	5.84	8.10	3.72
22:0	0.30	0.11	0.18	0.08	0.08	0.25	0.16	0.08
22:1	2.80	1.47	2.99	1.20	2.41	0.40	1.80	0.16
22:4n-6	0.19	0.12	0.35	0.10	0.30	0.08	0.19	0.12
22:5n-6	0.75	0.30	0.55	0.20	0.48	0.17	0.21	0.56
22:5n-3	0.77	0.98	0.90	0.64	1.00	0.39	0.83	0.84
22:6n-3	15.44	9.45	10.54	7.35	13.16	10.65	8.36	9.86
	(g/100g dry matter basis)							
18:2n-6(LA)	0.09	0.22	0.08	0.25	0.05	0.04	0.03	0.03
18:3n-3(LNA)	0.07	0.22	0.09	0.29	0.07	0.06	0.03	0.04
20:4n-6(AA)	0.02	0.01	0.03	0.01	0.15	0.06	0.08	0.02
20:5n-3(EPA)	1.17	0.86	1.19	1.04	1.01	0.39	0.49	0.26
22:6n-3(DHA)	1.37	1.02	0.91	0.91	0.84	0.71	0.51	0.70
n-3HUFA	2.63	2.02	2.21	2.09	1.93	1.17	1.07	1.05

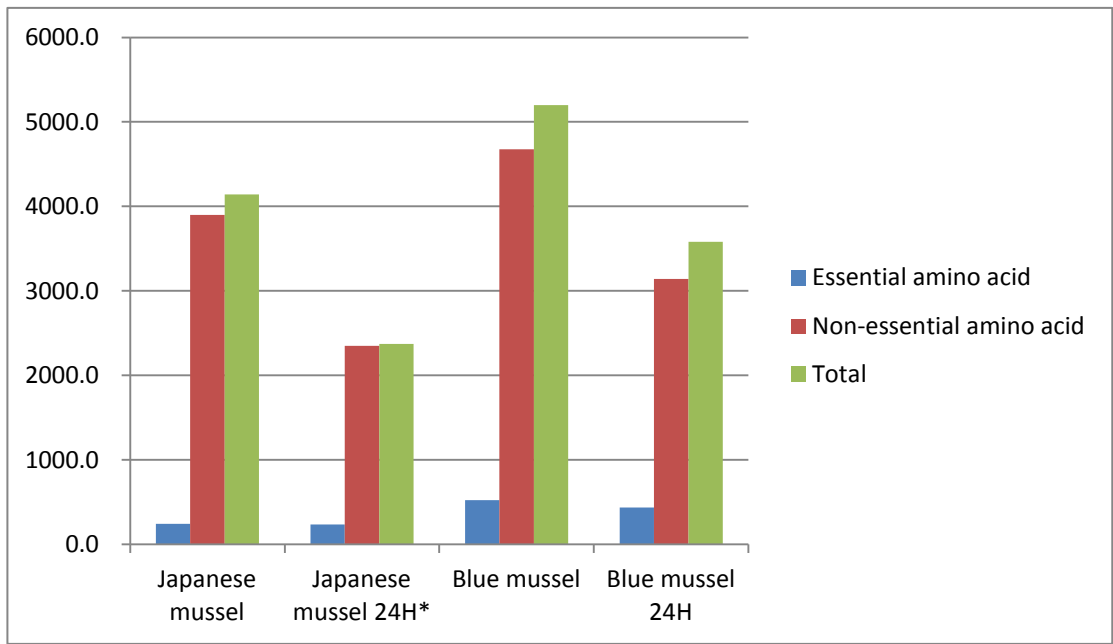
\*24h= soaked in rear water 24 hours

**Table 9. Free amino acid compositions of gonad in blue mussel gonads and Japanese mussel (mg/100g dry matter basis)**

	Japanese mussel n=3	Japanese mussel 24H* n=3	Blue mussel n=3	Blue mussel 24H n=3
<b>Essential amino acid</b>	<b>244.3</b>	<b>234.5</b>	<b>523.0</b>	<b>438.2</b>
Arginine	48.9	15.0	164.2	72.0
Lysine	33.1	19.8	87.6	173.9
Histidine	21.6	9.8	39.5	9.6
Phenylalanine	9.9	12.9	9.3	3.1
Leucine	23.2	51.6	31.6	26.8
Isoleucine	16.0	33.0	27.5	25.6
Methionine	11.9	13.8	17.0	33.8
Valine	45.8	44.4	38.0	41.2
Threonine	34.3	34.4	108.3	42.3
Tryptophan	ND*	ND	ND	ND
<b>Non-essential amino acid</b>	<b>3898.1</b>	<b>2348.4</b>	<b>4677.3</b>	<b>3143.2</b>
Taurine	3132.2	1808.9	2378.9	1388.0
Tyrosine	35.7	26.0	15.3	49.7
Alanine	188.0	200.5	293.2	306.4
Glycine	230.0	164.2	1315.6	734.6
Glutamic acid	139.9	145.0	187.6	168.6
Serine	14.7	34.2	70.5	163.2
Aspartic acid	93.5	35.8	300.0	248.5
Proline	63.9	23.9	116.3	84.3
<b>Total</b>	<b>4142.4</b>	<b>2372.0</b>	<b>5200.3</b>	<b>3581.4</b>

\*24h=soaked in rear water 24 hours

\*ND=no detected



**Fig 10. Free amino acid compositions of gonad in blue mussel and Japanese mussel**

## 第二章 フィロソーマに対するイガイとムラサキイガイ

### 生殖巣の栄養価値

#### 目的

第一章の栄養分析結果からイガイ生殖巣の栄養成分はムラサキイガイと比べて大きな差はなかったことがわかった。そのため、実際にフィロソーマに対する投餌実験を行い、イガイはフィロソーマ幼生の成長に有効なのかについて、ムラサキイガイによる飼育との比較実験を行った。すなわちでは、中期～後期のフィロソーマに対して成熟度が同じイガイとムラサキイガイの生殖巣を給餌して飼育実験を実施し、成長への影響を検証することを目的にした。

#### 材料および方法

**餌料** アルテミアは北米産（太平洋貿易株式会社）のものをを用い、23°Cで48時間後に孵化していた幼生を回収した。回収後、水温22～24°Cに維持した100L水槽に收容し、フェオダクティラム *Phaeodactylum tricornutum*（給餌時1,000～1,500細胞/ml/日）を餌料として培養した。ムラサキイガイは愛知県または岩手県産で、3週間～2ヶ月間静岡県西伊豆町の筏で垂下して蓄養（籠40×40×10cm、2cmメッシュ、水深約5m）したのから生殖巣を取り出し、ロータリーカッター（OLFA、ロータリーカッターS型）で3mmくらいの細片にして用いた。イガイは同じ静岡県西伊豆町にて、帰航した遠洋船の船倉底部に寄生したものを潜って取ったから生殖巣を取り出し、ロータリーカッターで3mmくらいの細片にして用いた。なお、細片した生殖巣は給餌前にアンピシリン50mg/lで一昼夜薬浴処理した。

**供試フィロソーマ** 孵化から190～200日齢としてまで予備飼育した中期フィロソーマを用いた。幼生は静岡県南伊豆産親エビから2012年に孵化したも

のであり、5l ボウル型水槽（関根 1995；Sekine *et al.* 2000）に収容し、脱皮 5 齢までは体長 2~4mm のアルテミアを 0.2~0.5 個体/ml の密度で給餌し、5 齢以後 3~5mm のアルテミア（0.01~0.02 個体/ml）とムラサキイガイ生殖巣の細片（0.5~2mm 角、2~6 個/幼生）を併用して給餌した。飼育水温は 24~25°C とし、注水量は 0.2 $\mu$ m 中糸濾過装置（HFS-100BLDX、荏原実業株式会社）と紫外線殺菌装置（PO-10M、シーバスリミテッド）により 10<sup>1</sup>~10<sup>2</sup>CFU/ml まで滅菌処理した海水を使用して 50~150ml/分に設定した。水槽交換は 2 回/1 週間とし、フィロゾーマの体表の汚れを防ぐため、水槽交換翌日にアンピシリン濃度 20mg/l で 17 時間の止水状態で薬浴した。飼育室の光環境は、昼光色の 40W 蛍光灯により明期 12 時間（5 時~17 時）、暗期 12 時間（17 時~5 時）となるようにタイマー制御した。

**試験区の設定と飼育** 試験には中期フィロゾーマをイガイとムラサキイガイ両区に分けて各 5 個体ずつ供した。飼育は 1l ボウル型水槽（直径 20cm、高さ 9cm、直径 18mm のオーバーフロー排水口付き、アクリル製）を使用し、1 個体ずつ収容して流水飼育（60~70ml/分）した。飼育は 2012 年 2 月上旬に開始し、試験記録の 0 回目まではアルテミアとムラサキイガイ卵巣を併用給餌し、試験開始と共に両試験餌料を単独給餌した。5 回脱皮した時点で試験を終了した。試験餌料のイガイとムラサキイガイの卵巣を約 3mm 角に細片したものを個体ごとに 13~15 片ずつ毎日午前中に給餌し、翌朝に残餌を除去した。試験期間中はアルテミアの給餌は行わなかった。

**測定項目** 各試験区の設定餌料で飼育を開始し、脱皮 0 回目から試験終了まで脱皮 5 回目、約 1 ヶ月半の脱皮間隔を記録した。各脱皮回において、脱皮後 3~5 日目に、松田（2006）に従い各個体の体長（BL）、頭長（CL）、頭幅（CW）を万能投影機（V-12A、Nikon）で測定したが、最後に有用なデータは BL しか残らなかった。また、測定項目ごとに脱皮時の成長率（%）を脱皮成長量（mm） $\times$ 100/脱皮前の大きさ（mm）として算出した。なお、各部位の測定はフィロゾーマの背側を下にして胸脚を左右に広げた状態で、アクリル製ス

プーンで海水とともに掬い取ってシャーレに移し、シャーレ内の海水をフィロゾーマが底面に張り付く程度（フィロゾーマの体の厚さと同程度の水位）まで除去し、その動きを止めていった。

## 結果

**生残と成長** イガイ区では水槽 1 のフィロゾーマは空気吸込で死亡し、水槽 2 のフィロゾーマは衰弱し死亡した。ムラサキイガイ区では水槽 1 のフィロゾーマは空気吸込で死亡し、水槽 4 のフィロゾーマは衰弱し死亡した。両区の脱皮間隔と BL を Table 9 に、成長段階は Table 10 をそれぞれ示した。イガイ区の脱皮間隔は少なくとも平均 13.7 日であったが、ムラサキイガイ区は平均 12 日であった (1 回目~3 回目) (Fig11)。後者は若干短かった。BL は 1 回目から両者にあまり差はなかったが、その差は徐々に広がり、ムラサキイガイ区の伸びが優れていた。(Fig12; Fig13) BL の成長率 (%) は 1 回目以外、ムラサキイガイ区が明らかに高い値を示した。(Fig14) イガイ区のフィロゾーマは死亡した両体がⅧ期、Ⅶ期に止まり、残り三体はⅧ期に辿った。ムラサキイガイ区は死亡した二体がⅦ期に止まり、残り三体はⅨ期、Ⅷ期に辿った。プエルルスになる直前まで成長していた。



## 考 察

本試験の結果、イガイ区とムラサキイガイ区の両者においては、フィロソーマ幼生の成長率には開始する時点で大きな差がなかったが、二回目の脱皮から徐々に差が広がるということが明らかになった。

ムラサキイガイの卵巣を餌料として飼育したフィロソーマは、平均的に成長のバランスが良く、体長の伸びが徐々に上回り、脱皮間隔も比較的短かった。なお、試験個体に死亡が見られたが、生残個体はプエルルスになる直前まで成長する個体も存在した。

一方、イガイの卵巣を餌料として飼育したフィロソーマは、1回目の脱皮間隔、体長の伸びも悪くなかったが、2回目からムラサキイガイとくらべ、特に体長の伸びが著しく低下し、5回目の脱皮にも至らなかった。

第一章の実験で、イカイとムラサキイガイ卵巣の栄養成分の差はそれほどなかったことから、栄養素の差が飼育試験に大きな影響を与えていないことを推測できる。イガイ区がムラサキイガイ区に及ばない理由は、生殖巣の栄養成分が足りなかったことではなく、同じ栄養分が満ちていても、フィロソーマ幼生がうまく吸収しなかったと思われる。そこで、イガイの生殖巣はフィロソーマ幼生に適していない原因はイガイ生殖巣の物性に関連しているものと考えられる。

イガイの卵巣は手の感触はもの少し硬いと知られるが、具体的データ、つまり卵巣表面の膜の硬さや、内在の硬度などに関する研究はこれまでなかった。

物性に関しては、二つの問題が残される。一つは、イガイの生殖巣 (卵巣) の投与方法についての改善。3mmの細片にしたのはムラサキイガイに通用したが、イガイにまだ余裕が出なかったかもしれない。すなわちイガイの生殖巣を餌料として作製する場合は別の大きさあるいは他の形にすべきであると示唆される。もう一つは、イガイの生殖巣の物性を数値化にすることである。特に生殖巣の硬さを数値で表現できるよう、測定するための方法や機械の使用により検討するの必要のあることが示唆される。

現時点でイセエビフィロソーマ幼生に有効な人工飼料はやはりムラサキイガイの卵巣を主にする配合飼料であるが、他に注目すべき餌料もいくつかある。

その中にイガイの卵巣は入手ルートが便利で、成熟期が長いことからムラサキイガイは獲得し難い時期に役に立つだろう。今後の研究は、イガイの卵巣の物性を解明すること、そこで解明した物性を模倣した投与方法の改善が必要と思われる。

**Table 9. Growth of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM)**

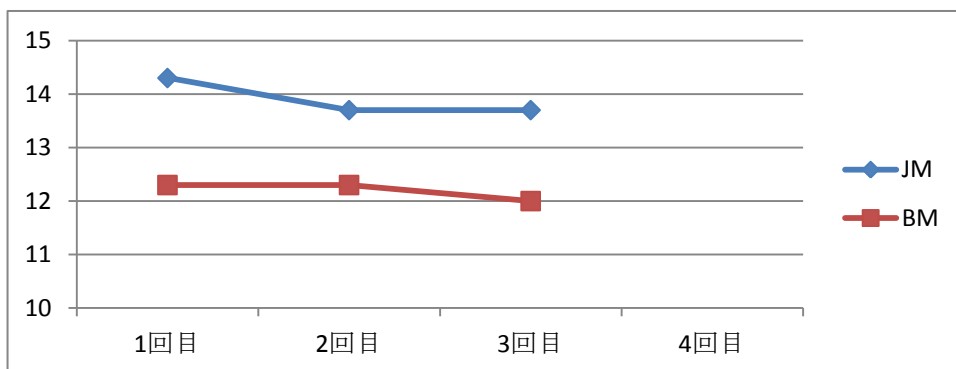
<b>Instar</b>	<b>Food</b>	<b>Intermolt period (day)</b>	<b>Body length (BL) (mm)</b>	<b>BL (mm/day)</b>	<b>BL (%)</b>
<b>0*</b>	<b>JM</b>		<b>14.4 ±0.1</b>		<b>8.4 ±1.2</b>
	<b>BM</b>		<b>14.7 ±0.5</b>		<b>7.1 ±2.4</b>
<b>1</b>	<b>JM</b>	<b>14.3 ±0.6</b>	<b>15.6 ±0.1</b>	<b>0.0525 ±0.1</b>	<b>4.8 ±0.7</b>
	<b>BM</b>	<b>12.3 ±1.2</b>	<b>16.0 ±0.9</b>	<b>0.0658 ±0.0</b>	<b>6.1 ±2.0</b>
<b>2</b>	<b>JM</b>	<b>13.7 ±1.2</b>	<b>16.4 ±0.2</b>	<b>0.0658 ±0.0</b>	<b>5.5 ±1.2</b>
	<b>BM</b>	<b>12.3 ±1.5</b>	<b>17.0 ±1.3</b>	<b>0.1153 ±0.1</b>	<b>7.8 ±2.9</b>
<b>3</b>	<b>JM</b>	<b>13.7 ±0.6</b>	<b>17.3 ±0.4</b>	<b>0.0533 ±0.0</b>	<b>4.2 ±0.3</b>
	<b>BM</b>	<b>12.0 ±2.0</b>	<b>18.4 ±1.8</b>	<b>0.1343 ±0.1</b>	<b>8.1 ±2.8</b>
<b>4</b>	<b>JM</b>		<b>18.0 ±0.4</b>	/	/
	<b>BM</b>		<b>19.9 ±2.4</b>	<b>0.1368 ±0.1</b>	<b>8.8 ±3.9</b>
<b>5</b>	<b>JM</b>		/		
	<b>BM</b>		<b>21.6 ±2.3</b>		

**n=3**

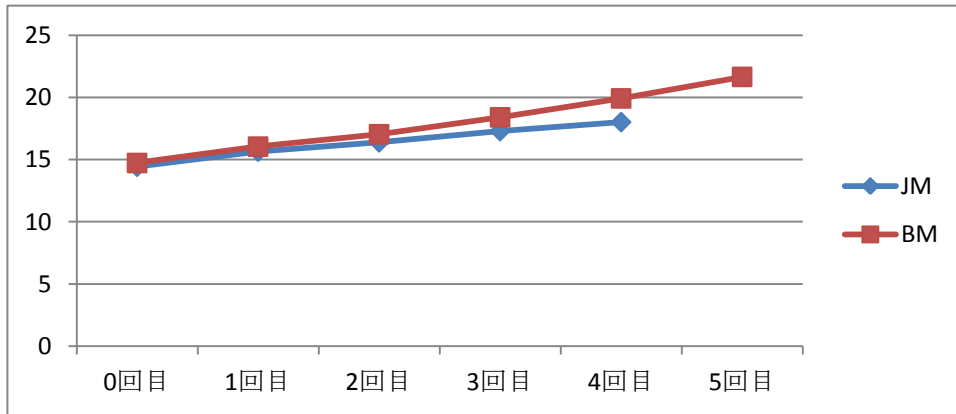
\*Before the experiment (No. 0 molting) the phyllosoma fed with gonad of Blue mussel and *Artemia S.*

**Table 10. Stage of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese (JM) mussel and Blue mussel (BM)**

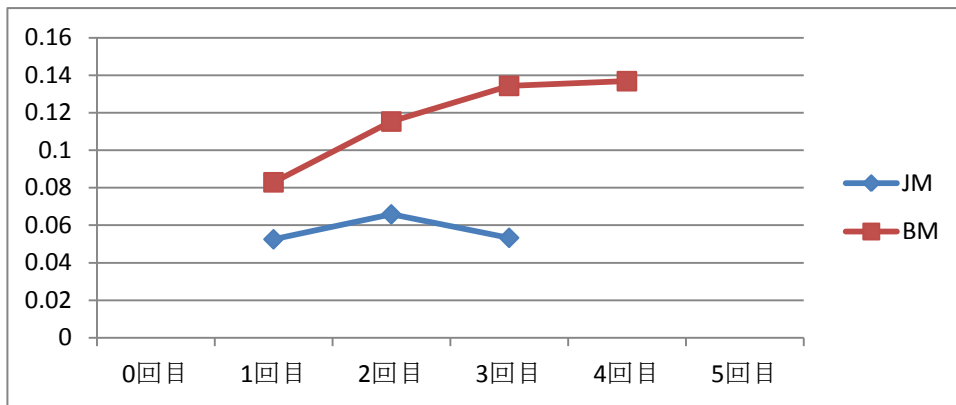
<b>Instar</b>					
<b>JM</b>	<b>no.1</b>	<b>no.2</b>	<b>no.3</b>	<b>no.4</b>	<b>no.5</b>
<b>0</b>	VII	VI-2	VII	VII	VII
<b>1</b>	VIII	VII	VII	VII	VII
<b>2</b>	VIII	VII	VII	VII	VII
<b>3</b>		VII	VII	VIII	VIII
<b>4</b>			VIII	VIII	VIII
	<b>dead</b>	<b>dead</b>			
<b>BM</b>	<b>no.1</b>	<b>no.2</b>	<b>no.3</b>	<b>no.4</b>	<b>no.5</b>
<b>0</b>	VII	VII	VII	VII	VI-2
<b>1</b>	VII	VII	VII	VII	VII
<b>2</b>	VII	VIII	VII	VII	VII
<b>3</b>		VIII	VIII	VII	VII
<b>4</b>		IX	VIII	VII	VIII
<b>5</b>		IX	IX		VIII
	<b>dead</b>			<b>dead</b>	



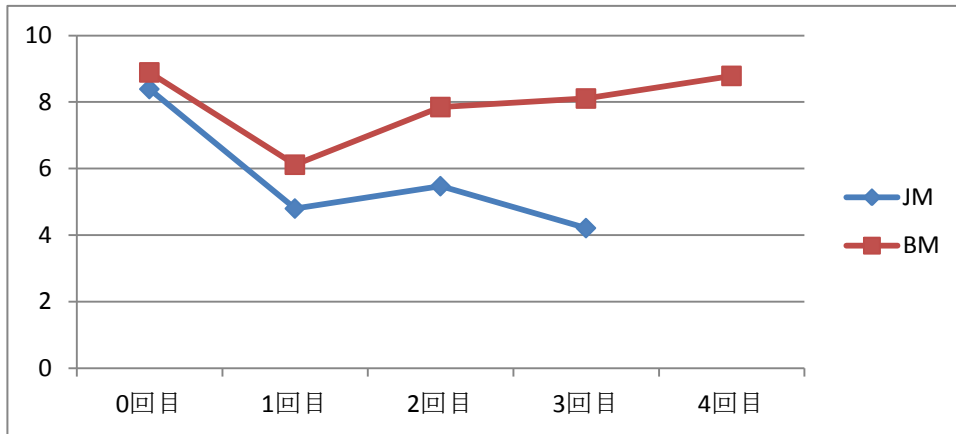
**Fig 11. Intermolt of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM)**



**Fig 12. BL (mm) of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM)**



**Fig 13. BL (mm/day) of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM)**



**Fig 14. BL (%) of phyllosoma larvae of Japanese spiny lobster fed with gonad of Japanese mussel (JM) and Blue mussel (BM)**



## 総 括

本研究は、イセエビフィロソーマの量産技術の開発を目的に、その一環として人工飼料の開発に資する基礎的な研究について解明を図るために行った。

第一章は、イセエビフィロソーマ幼生の人工飼育に欠かせないムラサキイガイの卵巣に代わると推測したイガイの卵巣の栄養分析を行った。新鮮のイガイの卵巣を用いて、ムラサキイガイの卵巣を1周年の変化について分析して比較した。この結果はイガイの卵巣は栄養面にムラサキイガイと大きな差がなかったことを解明し、ムラサキイガイが一時不足した場合、代行餌料としての可能性が見出された。

第二章は、イガイの卵巣とムラサキイガイの卵巣を使用し、中期のイセエビフィロソーマを対象して飼育試験を行った。ムラサキイガイとくらべ、イガイの卵巣を用いた試験区は劣っていた。その原因は両者の栄養素の差ではなく、物性に関係があると推測された。今後イガイ生殖巣の物性について検討が必要を示唆される。

以上の結果より、人工飼料に関する問題を解決することができなかったものの、基礎的にみると、現在使用している餌料の代替となる可能性があるという結論に達した。

今後は、イガイの生殖巣、主に卵巣について、物性に関するデータの収集、そして数値化する研究、そしてこの研究結果をもとにイガイを使用する飼育試験の再検討が求められると思われる。

## 謝 辞

本研究を遂行するに当たり、始終暖かく御指導、御鞭撻を賜りました東京海洋大学水族養殖学研究室教授 竹内俊郎博士、同研究室助教 遠藤雅人博士、同研究室 栗原紋子博士、同研究室 陸 君博士研究員、同研究室 草刈 麗 修士（既卒業）に深甚なる謝意を表します。

また、論文を御検閲いただいた増殖生態学研究室准教授 浜崎活幸博士にお礼申し上げます

さらに、本研究を実施するあたり、適切なる御指導をおよび御助言を下された独立行政法人水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター 村上恵祐 主任技術員、他に多くの職員の皆様に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 三宅 貞祥. 「原色日本大型甲殻類 (I)」保育社, 東京, 1982 ; 83
- 2) 橘高二郎. 幼生飼育 「エビ・カニ類の増養殖—基礎科学と生産技術」恒星社厚生閣, 東京.1996 ; 136-187
- 3) 井上正昭. イセエビフィロゾマの飼育に関する研究— I形態について. 日本水産が学会誌 1978 ; 44 : 457-475
- 4) 井上正昭. イセエビ. 「えび・カニ類の種苗生産」(平野礼次郎編) 恒星社厚生閣, 東京, 1988 ; 119-133
- 5) 小笠原義光. エビの生態「日本のエビ・世界のエビ」(東京水産大学第9回公開講座編集委員会編) 成山堂書店, 東京, 1986 ; 28-71
- 6) Hattori T, Oishi Y. The first report of examination for hatching of the spiny lobster.*J.Imp. Fish. Inst.*, 1899 ; 1 : 76-131
- 7) 野中忠, 大島泰雄, 平野礼次郎. イセエビフィロゾマの飼育とその脱皮について. 水産増殖 1958 ; 5 : 13-15
- 8) Inoue M. Studies on the culture phyllosoma larvae of the Japanese spiny lobster,*Panulirus japonicus*(V.Siebold). *Special japonicas.Nippon Suisan Gakkaishi*, 1989 ; 55 : 745
- 9) Yamakawa T, Nishimura M, Matsuda H, Tsujiagdo A, Kamiya N. Complete larval rearing of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicas*. *Nippon suisan*

*Gakkaishi*, 1989 ; 55 : 745.

- 10) 宍戸 雄亮. イセエビフィロソーマ幼生におけるムラサキイガイ生殖巣の凍結保存方法および人工飼料の開発に関する研究. 修士学位論文. 東京海洋大学大学院. 東京. 2010 ; **2** ; 5-6
  
- 11) Sekine S, Shima Y, Fushimi H, Nonaka M. Larval period and molting in the spiny lobster *Panulirus japonicas* under laboratory condition. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 19-24
  
- 12) 川島 功資. イセエビフィロソーマ幼生に有効な人工配合飼料の開発に関する研究. 修士学位論文. 東京海洋大学大学院. 東京. 2008 ; **35** ; 24
  
- 13) 宍戸 雄亮. イセエビフィロソーマ幼生におけるムラサキイガイ生殖巣の凍結保存方法および人工飼料の開発に関する研究. 修士学位論文. 東京海洋大学大学院. 東京. 2010 ; **15** ; 26
  
- 14) 山下 宗一郎. イセエビフィロソーマ幼生に有効な人工配合飼料の開発に関する研究. 修士学位論文. 東京海洋大学大学院. 東京. 2004 ; 4 ; 15-17
  
- 15) 田村 大輔. イセエビ幼生フィロソーマにおけるムラサキイガイ生殖巣の餌料価値に関する研究. 修士学位論文. 東京海洋大学大学院. 東京. 2006 ; **12** ; 1-2