

# マッチングプランナープログラム

## 短期間の蓄養によってアスタキサンチンを高蓄積するクマエビを作り出す

上田幸男・川龍祥子<sup>1</sup>・足立亨介<sup>1</sup>

食品の彩は商品価値を決定する上で非常に重要なファクターである。赤色素であるアスタキサンチン(Asx)はその抗酸化性から機能性成分としての価値も期待できることから食品上の重要な色素と言える。

甲殻類の主要な体表色素であるAsx含量はロブスター*Homarus americanus*では背景色や紫外線によって(Michael *et al.*, 2009), ウシエビ*Penaeus monodon*では餌や環境、遺伝によって増加することが報告されている(Nicholas *et al.*, 2012, Nicholas *et al.*, 2015)。

そこで、本研究では平成27年度から徳島で水揚げされ、調理後の体表の赤さが特徴で、高価に取引されるクマエビ*Penaeus semisulcatus*(地方名; アシアカエビ)を用い、背景色の適用、紫外線の照射、窒素ガスによる飼育水の低酸素化及び餌料中のAsx含量の増加によって「2週間の蓄養でアスタキサンチンを高蓄積するクマエビ作出する」ことを目的として試験を実施した。

その結果、平成27年度には、背景色の適用、紫外線の照射及び餌料中のAsx含量の増加によってアスタキサンチンの指標となるa\*を高蓄積することが明らかになったので(上田ほか, 2016), 平成28年度には背景色の適用、紫外線の照射及び餌料中のAsx含量の増加による効果の再確認、ナノバブル窒素ガスによる飼育水の低酸素化、雌雄別、部位別のa\*の違い及びa\*とAsx含量の関係について調べた。

本事業についてはマッチングプランナープログラムで実施したが、平成29年12月の調査については県単水産研究費

により実施した。

### 材料と方法

#### 供試エビの入手

平成28年6月6日から平成28年12月29日にかけて、紀伊水道で操業する椿泊漁協及び徳島市漁協所属の小型底びき網漁船が水揚げしたクマエビの中から生きたものを選んで購入し、水産研究課鳴門庁舎に搬入した。

#### 飼育試験

試験No8,13では角形水槽(内寸351×600×H260mm)に頭胸甲長2.9~5.4cm, 体長11.9~20.3cm, 体重21~103gのクマエビを収容し、流水下で飼育した(表1)。エビが飛び出さないように、全ての水槽に金網で蓋をした。背景色の適用については、青の水槽内壁を黒、白の油性ペンキを塗布したものを黒区、白区とし、そのままの色を青区とした。また、低濃度(10mg/kg)と高濃度(200mg/kg)のAsxを含むハードペレット(日本農産工業株式会社水産技術センター特注製)の投与、ブラックライト(東京メタル工業株式会社ブラックランプFLBLB100V, 10Wに日立FL10BL-Bランプセット)の照射及びその組み合わせにより2週間を基調に14~15日間飼育した(表1)。

#### 色調の計測

飼育後、生鮮下で高知大学農学部を持ち帰り、沸騰した海水に1分間浸漬後、冷却し、頭部及び第1服節の側部の色彩(L\*, a\*, b\*)を高知大所有のミノルタ社製色彩色差計CR-300により調べた。また、一部の個体についてはAsxを

表1. 各試験における調査期間と試験区の内容(平成28年度)

No	試験開始日	試験終了日	試験区	収容数/水槽	飼育水	水温	試験区内容 <sup>※</sup>
8	2016/6/6	2016/6/19	2	18	流水	常温	①白Asx10, ②黒Asx10
9	2016/7/13	2016/7/18	1				①雌雄別部位別a*比較
10	2016/7/14	2016/7/18	2				①ナノバブル無酸素試験, ②対照区
11	2016/7/22		1				①雌雄別部位別a*比較
12	2016/7/22	2016/7/27					①ナノバブル無酸素試験, ②対照区
13	2016/12/14	2016/12/28	9	19-20	流水	常温	①白10, ②黒UV2Asx200, ③黒UV2Asx10, ④黒Asx200, ⑤白UV2Asx200, ⑥黒Asx10, ⑦白UV2Asx10, ⑧白Asx200, ⑨水色Asx10
14	2016/12/29		3				①雌雄別部位別a*比較

※ 白; 白い角形水槽, 黒; 黒い角形水槽, 水色; 水色の角形水槽, UV2; ブラックライト, Asx10; アスタキサンチン10mg/kgペレット投与, Asx200; アスタキサンチン200mg/kgペレット投与

1 高知大学農学部

定量するために冷凍保存した。

### 雌雄別部位別のa\*

試験No.9,11,14では図1の部位について徳島県水産研究課所有のミノルタ社製色彩色差計CR-300により雌雄別にa\*を生鮮下と沸騰した海水に1分間浸漬後計測した。なお、高知大学と徳島県水産研究課所有のミノルタ社製色彩色差計CR-300を用いて同一のサンプルを計測することで、色彩指標値L\*, a\*, b\*の絶対値は異なるが、相対的な傾向が一致することを確認した。

### ナノバブル窒素ガスによる低酸素海水への浸漬

試験No.10,12では海水を満たした角形水槽(内寸351×600×H260mm)にナノバブル発生装置NANOX(株)ナノックス<装置名;NF-WP-SO,4LW-100/60-FH-RT-4,シリアルナンバー;NFS1-0082DU,製造年月日;2016/2/16>を投入し、窒素ガスを1時間海水中に添加し、海水氷を投入し、水温を10℃以下に保ちながらHORIBA DOMETER OM51により無酸素状態下を確認した。その後、体重44~

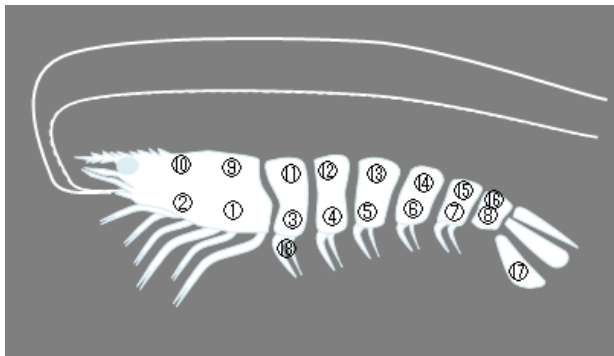


図1. 部位別のa\*測定位置と番号

68gのクマエビ5個体を海水に30分浸漬後、頭胸部と第1腹節のa\*を徳島県水産研究課所有のミノルタ社製色彩色差計CR-300により計測し、冷蔵庫に保管し、1日毎に5日間a\*を計測した。水温は接触温度計SATO SK-250WP-Rにより計測した。

### Asxの定量

Asx含量の定量は高知大学が担当し、冷凍保存しておいたサンプルについてアセトン抽出法によりAsx含量を定量した。頭部と胴部を分けて、殻から筋肉を除去し、頭部3g、胴部5gをアセトン20mL中でホモジナイズ後、フィルタリングペーパー(アドバンテック製90mm5A)を用いて色がなくなるまで(最大5回)抽出を繰り返した。石油工業表2. 試験8における試験内容、生残率の推移

経過 日数	試験区番号	①	②
	水槽色 ASX(mg/kg)	白 10	黒 10
開始	平成28年6月6日	18	18
1	平成28年6月7日	18	18
2	平成28年6月8日	17	17
3	平成28年6月9日	15	16
4	平成28年6月10日	14	16
5	平成28年6月11日	13	13
6	平成28年6月12日	11	12
7	平成28年6月13日	9	11
8	平成28年6月14日	9	7
9	平成28年6月15日	8	6
10	平成28年6月16日	6	4
11	平成28年6月17日	6	3
12	平成28年6月18日	5	3
14	平成28年6月19日	5	3
生残率(%)		27.8	16.7

表3. 試験13における試験内容、生残率の推移及び脱皮の状態

経過 日数	試験区番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	水槽色 紫外線(ブラックライト) ASX(mg/kg)	白 なし	黒 有り	黒 有り	黒 なし	白 有り	黒 なし	白 有り	白 なし	水色 なし
開始	平成28年12月14日	20	20	20	20	20	20	20	20	19
1	平成28年12月15日	19	19	19	18	18	16	17	20	19
2	平成28年12月16日	15	18	18	15	17	12	16	19	19
3	平成28年12月17日	13	16	17	15	17	12	16	19	19
4	平成28年12月18日	13	13	16	12	14	12	16	18	17
5	平成28年12月19日	13	12	15	11	14	11	12	18	17
6	平成28年12月20日	12	12	12	11	12	10	12	15	16
7	平成28年12月21日	12	12	11	11	11	9	11	14	15
8	平成28年12月22日	12	11	9	10	11	9	11	13	15
9	平成28年12月23日	11	9	9	7	11	6	11	13	15
10	平成28年12月24日	11	9	9	7	11	5	11	13	15
11	平成28年12月25日	10	9	8	6	11	4	11	10	15
12	平成28年12月26日	9	8	7	5	11	4	8	10	15
13	平成28年12月27日	8	8	7	5	9	4	7	10	14
14	平成28年12月28日	8	7	7	5	9	4	7	10	14
生残率(%)		40.0	35.0	35.0	25.0	45.0	20.0	35.0	50.0	73.7

テルを加え混合し、分液漏斗下層の水槽を除去し、アセトンで50mLに定容した。その後、吸光波長477nmで吸光度を測定し、Asxのモル吸光係数( $E_{1cm}^{1\%}=2,200$ )を用いて組織1g当たりのAsx含量( $\mu\text{g}$ )を算出した。

## 結果と考察

### 各試験区における生残率

試験8では 区ともに14日後の生残率が27.8, 16.7%と著しく低く、供試個体が産卵群であることが影響していると考えられる。しかしながら、これまで同様に黒水槽区の生残率がわずかに高かった。

試験13においても 区の水色Asx10試験区が73.7%で最も高く、次いで 区の白Asx200が73.7%、 区のが白UV2Asx200が73.7%で白水槽の生残率が高い傾向を示したのに対し、黒水槽の生残率は 黒Asx10、 黒

Asx200、 黒UV2Asx10、 黒UV2Asx200ともに35%以下で白水槽以下の低い値を示した。

### 雌雄別部位別の $a^*$ の比較

2016年7月の2個体と12月の3個体のうち12月の1個体の茹でた状態でメスの $a^*$ が高い値を示したことを除いて、個体差はあるものの概ね大部分の部位で生鮮、茹でともにオスの $a^*$ が高い値を示した(図2)。また、生鮮下に較べて茹で状態で $a^*$ が明らかに高い値を示した。部位別にみると生鮮下では の尾節部、 の歩脚部が著しい高い値を示した。茹で状態下でも同様の傾向が認められたが、生鮮下ほど顕著ではなかった。7月と12月の個体でも明瞭な差は認められなかった。

今回の試験で用いた、 の定量部位の $a^*$ は他の部位に較べて相対的に低い値を示した。

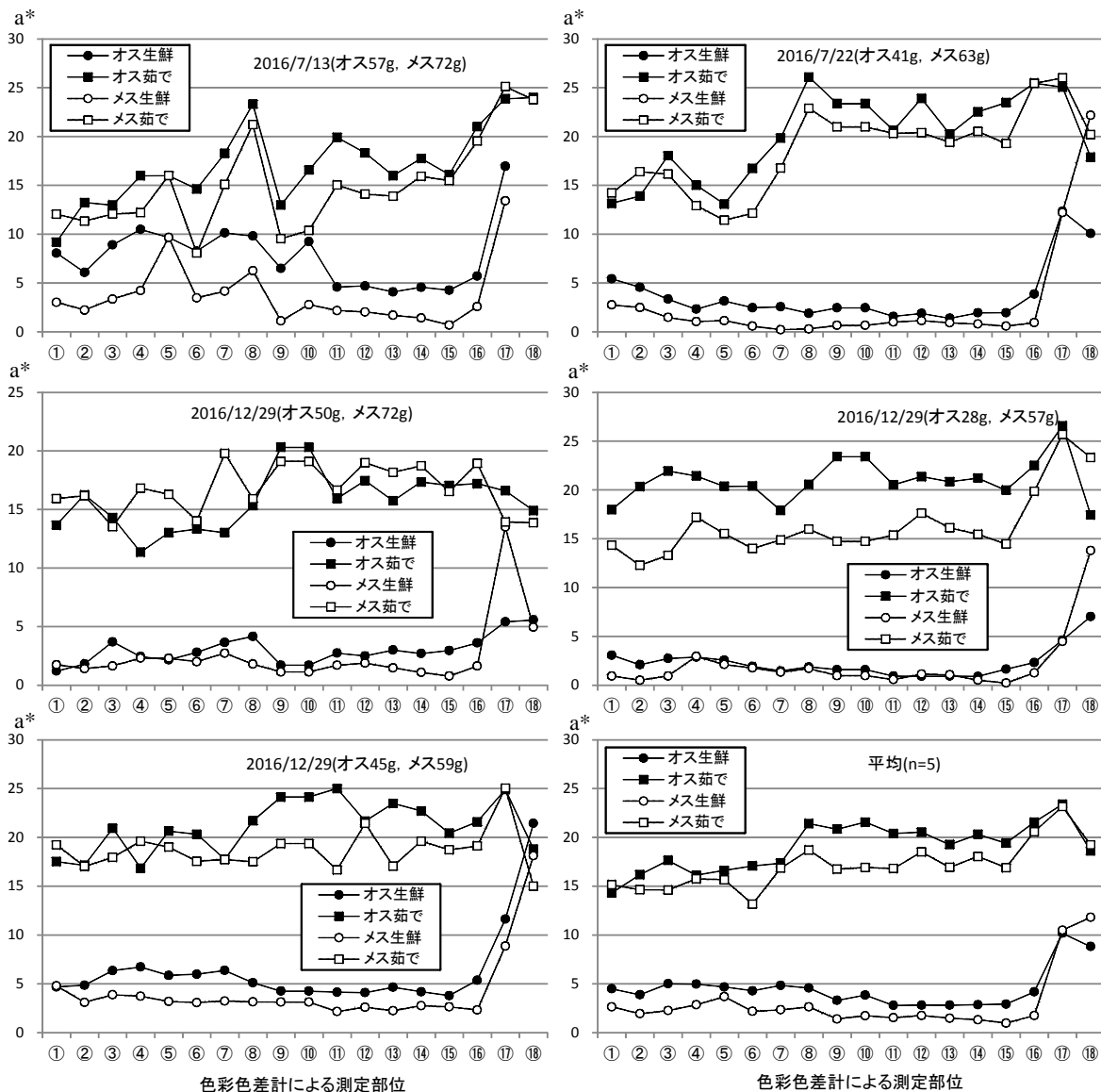


図2. クマエビのオス・メスにおける部位別の $a^*$ の比較

表4. 試験10におけるナノバブル窒素ガスによる飼育水の低酸素化試験におけるa\*の変化

計測日	状態	対照区(A)			ナノバブル区(B)			B-A	
		n	①	③	n	①	③	①	③
2016/7/14	生鮮	9	5.1		8	5.5		0.4	
2016/7/15	生鮮	9	6.1		8	6.1		0.0	
2016/7/16	生鮮	9	3.7		8	2.9		-0.8	
2016/7/17	生鮮	9	3.9		8	3.8		-0.1	
2016/7/18	生鮮	9	4.8	2.8	8	4.0	2.3	-0.8	-0.5
2016/7/18	茹で	9	10.2	13.7	8	11.3	13.0	1.1	-0.7

①③:計測部位

表5. 試験12におけるナノバブル窒素ガスによる飼育水の低酸素化試験におけるa\*の変化

計測日	状態	対照区(A)			ナノバブル区(B)			B-A	
		n	①	③	n	①	③	①	③
2016/7/22	生鮮	5	8.7	8.2	5	8.2	8.0	-0.5	-0.2
2016/7/23	生鮮	5	4.1	4.3	5	4.8	3.3	0.7	-0.9
2016/7/24	生鮮	5	3.4	2.2	5	4.2	2.2	0.8	0.0
2016/7/25	生鮮	5	5.2	2.6	5	5.8	3.5	0.6	0.9
2016/7/26	生鮮	5	4.5	2.4	5	5.6	3.9	1.1	1.6
2016/7/27	生鮮	5	5.1	3.0	5	5.9	4.5	0.8	1.5
2016/7/27	茹で	5	12.9	12.7	5	11.5	13.5	-1.4	0.8

①③:計測部位

### ナノバブル窒素ガスによる低酸素海水の浸漬

試験10と試験12においてナノバブル窒素ガスによる低酸素海水の浸漬後のa\*の変化をそれぞれ6,5日間調べたところ、生鮮、茹でた場合のいずれにおいてもナノバブル区と対照区に明瞭な差が認められなかった(表4,5)。このことから一時的な無酸素海水の浸漬のみにおいてはクマエビのa\*の低下を抑制することは難しいと考えられた。

### Asx含量とa\*の関係

これまで冷凍保存しておいたサンプルと試験13のサンプルについて、Asx含量(x)とa\*(y)の関係を調べたところ、頭部で $y=0.7376x+8.3704$ (n=67, r=0.597, p<0.001)、胴部で $y=0.5313x+11.7$ (n=67, r=0.3907, p<0.001)の直線関係が得られた。両者の関係は分散が大きいものの、これらの回帰式を用いてa\*をAsx含量に変更することができる。

### 2年間の調査のまとめ

27,28年度の調査からアジアカエビの蓄養に黒い背景色の水槽の適用及び餌料中のAsx含量の増加によってアスタキサンチンの指標となるa\*を高蓄積することを明らかにした。しかし、黒背景色は白背景色に比べて生残率が低いという課題が残された。見方を換えれば、白背景色の方が生残率が高いという特性が見出され、将来的に漁船等の生け簀への白背景色の適用の有効性が示唆された。また、オスの方がメスに比べてa\*が高いことから、オスのみを選別す

ることで通常より赤いアジアカエビを出荷できる可能性が示唆された。

### 謝 辞

本事業の供試エビの入手に全面的にご協力いただいた徳島市漁協ならびに椿泊漁協の職員の皆様に記して謝意を表します。

### 文 献

Michael F. Thlusty, Anita Metzler, Sara Huckabone, Sutara Suanda & Saskia Guerrier, Morphological colour change in the American lobster (*Homarus americanus*) in response to background colour and UV light. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **43**(2009) 247-255.

Nicholas M. Wade., Mike Anderson, Melony J. Sellars, Ron K. Tume, Nigel P. Preston and Brett D. Glencross, Mechanisms of colour adaptation in the prawn *Penaeus monodon*. *The Journal of Experimental Biology* **215**(2012) 343-350.

Nicholas M. Wade., Alyssa Budd, Simon Irvin, Brett D. Glencross, The combined effects of diet, environment and genetics on pigmentation in the Giant Tiger Prawn, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* **449** (2015) 78-86.

上田幸男, 枝川大二郎, 川龍祥子, 足立亨介, マッチングプランナープログラム, 短期間の蓄養によってアスタキサンチンを高蓄積するクマエビを作り出す. 平成27年度徳島県水産研究課事業報告, (2016)40-43.