

室戸海洋深層水による海藻の大量培養とアワビ複合養殖

岡 直宏*・川北浩久 (*愛媛大学大学院連合農学研究科)

要 約

室戸海洋深層水を使用したワカメ (*Undaria pinnatifida*)・ホソメコンブ (*Laminaria religiosa*)の大量培養技術を確立し、海藻給餌によるアワビ養殖を行った。配偶体の最適成熟・生長条件は、ワカメが15~20℃、100~200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ であり、同様にホソメコンブが水温10℃前後、光量10~20 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、両種共に光周期による影響はない。両種の孢子体は一年中大量培養が可能であり、周年の生長率はワカメで15~20%、コンブで20~10%であった。両海藻を単独種、混合して給餌したアワビの増重量・伸長、一般成分とも有意差はないが、摂餌量はコンブが少なく、アワビの餌料効果が高いと考えられた。

1. 目 的

平成12年度高知県主催のヤングベンチャービジネスコンテスト“竜馬発掘大作戦”にて、海藻アオサの大量培養とアワビ類トコブシの複合養殖を提案した。しかし、トコブシは海外、主に台湾で大量に養殖され、本国にも格安で輸入されている。そこで、トコブシよりも高価なアワビ(メガイアワビ)養殖を考えた。アワビは好んでアオサを摂餌しない為、アワビの好適餌料とされているワカメ、コンブの給餌を検討した。しかしながら、アオサは藻体を切断することにより大量培養できるが、ワカメ、コンブは形態・生活史が複雑であり、アオサのように容易に大量培養できず、受精卵から育種する必要がある。受精卵を得る為には、配偶体を成熟させなければならない。またこれまでに、コンブ、ワカメの陸上タンク養殖技術は、確立されていない。

そこで本研究では、ワカメ、コンブ配偶体の最適成熟・生長条件を確認すると共に、海藻の培養に適した室戸海洋深層水(低温安定性、富無機炭

養塩性、清浄性)を使用し、ワカメ、コンブの大量培養技術の確立を目指す。さらに培養したワカメ、コンブを連続的にアワビに給餌し、成長や一般成分を分析し、アワビ養殖システムを検討する。

2. 材料及び研究方法

2.1 配偶体成熟誘導

ホソメコンブ配偶体は北海道室蘭市産、ワカメ配偶体は徳島県鳴門市産のものをを用いた。配偶体は500ml容量のフラスコ内でPES培養液¹⁾を用い、維持培養を行った。成熟誘導作業の3日前に、一定量の配偶体をPES培養液で前培養を行い、その後ミキサーで裁断し、100 μm 大のものを供試した。配偶体は、PES培養液を満たした30ml容量のプラスチックシャーレに一定量入れ、各試験区に設置し、静置培養を行った。試験区は水温(10、15、20℃)、光量(0、25、50、100、200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$)、光周期(Light:Dark; 14L10D、12L12D、10L14D)を設定し、配偶体の卵形成(成熟)と生長具合を観察した。卵形成率は、ランダムに選択した200個の配偶体の内、卵形成が確認された配偶体の割合から算出した。

2.2 孢子体の大量培養

成熟誘導により得られた孢子体は、孢子集塊化技術を用い、花弁状にした(Fig.1)。直径5mmに生長した孢子体を屋外の陸上タンクに移し、生長に応じて100L、1t、7t水槽へと移植した(Fig.2)。ワカメは2001年4月~2002年2月にかけて7期間、ホソメコンブでは2002年2月から2003年2月までに7期間行った。1日当たりの深層水注水量はワカメで3倍量、ホソメコンブで6倍量に設定した。また水温、光量の変動をモニタリングし、定期的に海藻の重量を測定して日間生長率を算出した。

$$\text{日間成長率}(\%) = [(Wt/W0)^{1/t}] \times 100^2)$$

Wt:培養t日目の湿重量；W0:培養開始時の湿重量

2.3 餌種別によるアワビ養殖試験

ワカメ、ホソメコンブ単独給餌区、交互給餌区の3試験区を設定し、個体識別をした平均殻長4cmのメガイアワビ (*Haliotis sieboldii*) を各5個体ずつ供試した。養殖期間は2002年10月～2003年

3月の5ヶ月間とした。給餌は十分量を3～5日間隔で給仕し、給餌前に残餌を回収することで、摂餌量を算出した。アワビ重量の測定は毎月1回行い、重量及び殻長を計測することで成長量、生残状況を確認した。実験終了後のアワビは、一般成分およびグリコーゲン含量を定法により分析し、試験区による成分比較を行った。



Fig.1 The germling clusters of *Undaria pinnatifida*(left) and *Laminaria religiosa* (right) grew up to more than 5mm diameter.



Fig.2 *L. religiosa* cultivated as free living form "germling cluster" in 1-ton tank with DSW.

3. 結果及び考察

3.1 配偶体成熟誘導

ワカメ配偶体の至適成熟・生長条件はほぼ同様の条件で、水温20℃、光量100～200 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期に関しては顕著な差は見られなかった (Fig.3)。同様にホソメコンブ配偶体では水温10℃、光量50～100 $\mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期に関しては顕著な差は見られなかった (Fig.4)。また、至適な条件であれば、ワカメで成熟誘導開始時から4～6日目、ホソメコンブでは6～8日目に高い成熟率を

得られることが分かった。三重県産のワカメ雌性配偶体における成熟水温は10～15℃と報告されており、本実験と若干の差が見られた³⁾。しかしながら一般的に、同海藻種であっても分布域が異なると、その生長や成熟特性が異なることが知られている。これら分布域の差が成熟水温の差として現れたものと考えられた。

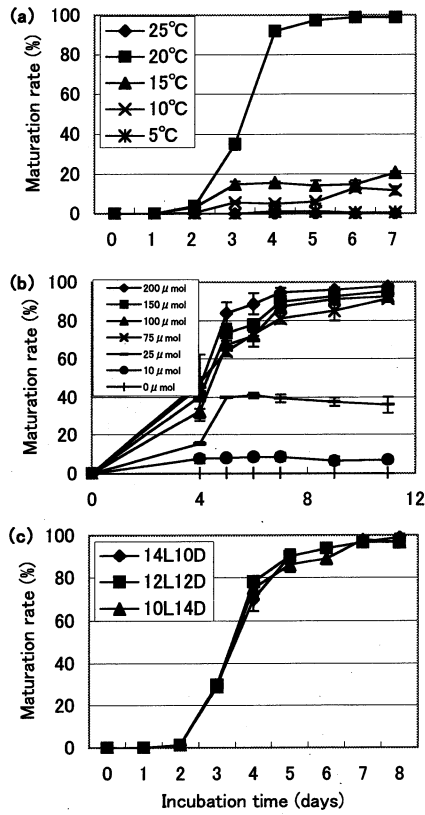


Fig.3 Effects of environmental factor ((a) temperature (b) irradiance (c) photoperiod) on the maturation of female gametophytes in *U. pinnatifida*.

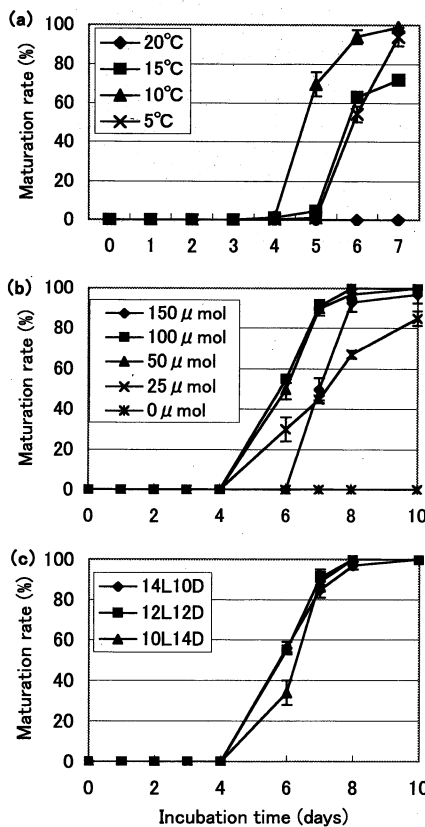


Fig. 4 Effects of environmental factor ((a) temperature (b) irradiance (c) photoperiod) on the maturation of female gametophytes in *L. religiosa*.

3.2 胞子体の大量培養

ワカメの平均日間成長率は、春季・秋季にかけて20%（1週間で3倍量）前後と高く、夏季・冬季では15%（1週間で2.3倍量）前後に減少した（Table 1）。ホソメコンブでは秋季から春季にかけて20%前後と高い成長率を示したが、夏季では顕著に減少し、10%（1週間で1.8倍量）を下回った（Table 2）。両海藻種共に光量と成長には相関はなく、ワカメでは15~20℃、ホソメコンブでは

10~15℃の水温時に成長率が高くなる傾向がみられた（Table 1 and 2）。成長率には季節的な変動がみられたものの、深層水を用いれば周年の養殖が可能であることが分かった。現在、海藻養殖は主に海中で行う⁹⁾。本研究では海藻養殖の新技术、胞子集塊化法⁵⁾によって、水槽内での高密度養殖が可能となった。本技術を用いれば、様々な海藻種の養殖が可能になると考えられる。

Table 1 Effects of environmental factor on the growth rate of sporophytes in *U. pinnatifida*.

Incubation period	temperature range (°C)	average temperature (°C)	average irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	deep seawater supply (ton/day)	average daily growth rate (%)
2002/4/3~4/27	14.2~16.2	14.9	972	3.0	19.9
5/16~6/10	15.4~20.9	17.4	1176	3.1	19.6
8/15~8/26	19.8~22.2	21.3	1493	3.2	17.5
9/10~10/6	16.4~19.3	17.6	1424	3.0	20.5
9/16~10/18	17.4~19.0	18.3	1350	2.9	19.4
12/25~2003/1/24	11.1~14.9	12.7	1440	3.0	14.9
1/28~2/13	9.1~12.4	11.5	1247	3.0	16.0

Table 2 Effects of environmental factor on the growth rate of sporophytes in *L. religiosa*.

Incubation period	temperature range (°C)	average temperature (°C)	average irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	deep seawater supply (ton/day)	average daily growth rate (%)
02/2/25~4/9	11.7~16.5	13.7	1285	6.0	22.7
4/26~6/27	13.7~17.5	15.4	880	5.4	14.1
6/7~7/8	16.0~17.6	16.8	865	5.0	13.3
8/17~9/11	16.9~20.0	17.4	1292	5.0	7.3
9/17~10/15	15.4~17.4	16.2	1309	6.3	16.6
10/29~11/25	13.4~14.6	14.3	994	6.3	23.3
03/1/6~2/1	10.7~13.4	12.6	1445	6.5	21.7

3.3 餌種別によるアワビ養殖試験

養殖期間を通して、斃死したアワビは見られなかった。成長量はワカメ給餌区で平均殻長4.6cm、平均重量7.2g、同様にコンブ給餌区で5.6cm、10.6g、交互給餌区で5.2cm、6.3gとなりコンブ区での

増重が最も良かった（Table 3）。しかしながら検定の結果、各試験区において増重・殻長に有意差は見られなかった。また一般成分及びグリコーゲン含量についても、各試験区に有意差は見られなかった（Table 4）。本実験では、海藻の摂餌量は

ホソメコンブがワカメの55%と少なく、このことからワカメよりもホソメコンブの餌料価値が高いと考えられた。今後は海藻成分の違いがアワビの

成長や成分に与える影響を調査する必要があるだろう。

Table 3 Growth and food intake of abalone fed with *U.pinnatifida* and *L.religiosa*.

Food	Individual		Body weight (g)			Shell length (mm)			Amount of food intake (g)	
	No.	Sex	Initial	Final	Increase in weight (g)	Initial	Final	Increase in length (mm)		
<i>U.pinnatifida</i>	1	♂	21.2	24.7	3.5	58	63	5	1306.5	
	2	♀	27.5	35.5	8.0	62	65	3		
	3	♀	30.5	38.0	7.5	66	68	2		
	4	♂	26.0	32.9	6.9	62	67	5		
	5	♂	22.0	32.1	10.1	57	65	8		
			Average	25.4	32.6	7.2	61.0	65.6	4.6	
			SD	3.9	5.0	2.4	3.6	1.9	2.3	
<i>L.religiosa</i>	6	♀	25.2	30.3	5.1	60	64	4	715.5	
	7	♂	29.8	47.0	17.2	65	74	9		
	8	♂	25.4	30.5	5.1	62	65	3		
	9	♂	36.0	51.3	15.3	68	75	7		
	10	♀	32.1	42.3	10.2	67	72	5		
			Average	29.7	40.3	10.6	64.4	70.0	5.6	
			SD	4.6	9.6	5.6	3.4	5.1	2.4	
Mix of <i>U.pinnatifida</i> and <i>L.religiosa</i>	11	♂	28.4	36.0	7.6	62	68	6	<i>U.pinnatifida</i> = 592.5 <i>L.religiosa</i> =267.3	
	12	♀	19.9	26.6	6.7	54	62	8		
	13	♂	23.2	27.7	4.5	58	63	5		
	14	♂	26.2	35.5	9.3	61	67	6		
	15	♂	21.0	24.3	3.3	57	58	1		
			Average	23.7	30.0	6.3	58.4	63.6	5.2	
			SD	3.5	5.4	2.4	3.2	4.0	2.6	

Table 4 Analytical data of abalone fed on *U.pinnatifida* and *L.religiosa*.

Food	No.	Moisture(%)	Ash(%)	Lipid(%)	Protein(%)
<i>U.pinnatifida</i>	1	76.2	2.5	0.4	21.8
	2	78.4	2.7	0.4	21.4
	3	74.2	2.5	0.5	22.7
	4	76.0	2.3	0.4	22.6
	5	75.5	1.9	0.5	20.1
<i>L.religiosa</i>	6	74.1	1.7	0.4	20.8
	7	72.0	1.7	0.7	20.5
	8	79.9	2.1	0.6	19.3
	9	74.0	1.5	0.5	21.6
	10	75.8	1.7	0.6	20.5
Mix of <i>U.pinnatifida</i> and <i>L.religiosa</i>	11	75.5	1.9	0.5	21.3
	12	76.0	2.0	0.5	20.5
	13	76.0	1.8	0.6	20.8
	14	76.3	2.0	0.4	22.2
	15	77.0	2.4	0.4	21.0

4. 謝辞

本研究は、高知県産業技術委員会から受託した「平成14年度科学技術立県を支える人材育成事業」として行ったものです。

研究を行うにあたり、共同研究者として協力いただきました高知県海洋深層水研究所の職員の皆様、研究の助言等、ご指導いただきました海洋深

層水研究所NEDOフェロー平岡雅規博士、海藻の成分分析等、ご指導いただきました高知県工業技術センターの野村明博士に心から感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) Provasoli, L., McLaughlin, J. J. A. and Droop, M. R. (1957) : *Arch. Microbiol.* 25. 392-428.
- 2) Penniman, C. A., Mathieson, A. C. and Penniman, C.E. (1986) : *Bot. Mar.* 29. 147-54.
- 3) Morita, T., A. Kurashima and M. Maegawa. (2003) : *Phycol. Res.* 51. 154-60
- 4) Critchley, A. T. and Ohno, M (1998) : *Seaweed resources of the world.* Japan International Cooperation Agency. 431pp.
- 5) Hiraoka, M., M. Ohno., A. Dan. And N. Oka. (2003) : *The Japanese Journal of Phycology.* 51. (in press)