

7- (1) 豊かな海づくり事業（未利用海藻ほりおこし調査）アカモク

担 当：福本一彦（養殖・漁場環境室）

実施期間：平成 24～26 年度（平成 25 年度予算額：2,289 千円の一部）

目的

これまで県内で未利用だったアカモクの需要が高まっている中で、

- 1 アカモク資源の利用に取り組む地区への普及・指導
- 2 漁協が取り組む増殖活動の効果検証
- 3 種苗生産方法の検討
- 4 養殖方法の検討

を目的とした。

方法

1 アカモク資源の利用に取り組む地区への普及・指導

(1) 泊地区

2013 年に新たに収穫や一次処理に取り組む泊地区において、一次処理方法を現地指導した。

(2) 赤碕地区

取り組み 2 年目を迎える赤碕地区において、効率的な収穫時期を漁業者へ普及するため、漁業者とともに漁場別にアカモクの分布と収穫の適否調査を行った（図 1）。

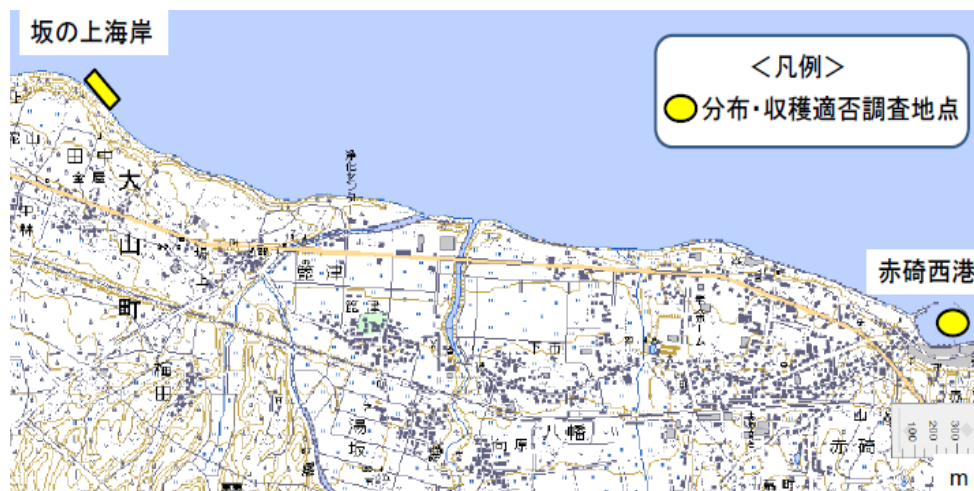


図 1 赤碕地区におけるアカモク分布調査地点

(3) 酒津地区におけるアカモク生育状況の把握

酒津漁港東沖防波堤内側の水深 2.6～4.1m の地点において（図 2）、自動記録式水温計を設置するとともに、1-2 ヶ月間隔でアカモクを採取し、水温、全長、湿重量、生殖器床形成率（生殖器床が形成されていた個体／全調査個体数×100）を調査した。

2 漁協が取り組む増殖活動の効果調査

県漁協酒津支所および泊支所が表 1 に示すスポアバック方式による増殖活動を実施した。この活動の効果調査として、設置した幹ロープの一定区間内のアカモク個体数および全長を随時調査した（図 2, 3）。

また、収穫時に、幹ロープ上や周辺の根固めブロック上のアカモク個体数および重量を調査した。

表 1 漁協が取り組んだ増殖活動

増殖地点	設置水深 (m)	増殖用ロープ長 (m)	ロープ直径 (mm)	スポアバック数	設置日	取上げ日
酒津漁港東沖防波堤内側	3.2	20.5	16	33	2013/ 5/24	2014/ 5/14
泊漁港沖防波堤内側	5.4	56.8	20	未計測	2013/ 6/ 3	2014/ 4/22



図 2 酒津地区における調査地点



図 3 泊地区における調査地点

3 種苗生産方法の検討

種苗生産方法を検討するため、(1) 播種時期、(2) 種苗生産方法、および(3) 当センター屋外に位置する開発試験池(以下、「開発池」という。)での中間育成について検討した。

播種時期と種苗生産方法の各試験項目を組み合わせ設定した試験区を表 2 に示した。

(1) 播種時期

3月中旬から4月上旬に播種した区を早期、5月下旬に播種した区を晚期として、種苗の生長および残存状況を比較した。

(2) 種苗生産方法

種苗を水中で浮遊させ通気により立体攪拌培養する「攪拌区」、種苗が着底した基質を流水かけ流し状態で培養する「流水区」、種苗が着底した基質に直接散水して培養する「シャワー区」の3通りの手法について検討した。基質には、建材ブロック、牡蠣殻、ABS樹脂を適宜使用した。

種苗生産試験は、基質上に播種後4-9日間止水で飼育した後、微通気、微注水しながら6月中旬までかけ流し飼育を行った。6月中旬に種苗を各試験区の水槽に収容し、11月上旬まで種苗生産試験を実施した。

表 2 各試験区の播種時期、種苗生産方法および基質

試験区	播種時期 (播種日)	種苗生産方法 (飼育期間)	基質
早期-攪拌区	早期 (3/15, 4/4)	立体攪拌培養 (6/21~11/11)	—
晚期-攪拌区	晚期 (5/21, 5/24)		—
流水区	早期 (4/4)	流水かけ流し (6/18~11/8)	牡蠣殻
	晚期 (5/21, 5/24)		建材ブロック
シャワー区	早期 (4/4)	シャワー式かけ流し (6/18~11/8)	牡蠣殻
	晚期 (5/21, 5/24)		建材ブロック

(3) 開発池における中間育成

7月以降、「(2) 種苗生産方法」で得られた種苗の一部を開発池に移設して中間育成を行い、種苗の生長を観察した(表3)。

表3 各試験区の播種時期、種苗生産方法および基質

試験区	播種時期 (播種日)	種苗生産方法 (飼育期間)	基質
開発池区		流水かけ流し(～6/30) 開発池(7/1～)	建材ブロック
攪拌→開発池区	晩期	立体攪拌培養(～8/21) 開発池(8/22～)	ABS樹脂またはなし
流水→開発池区	(5/21, 5/24)	流水かけ流し(～9/4) 開発池(9/5～)	建材ブロック
シャワー→開発池区		シャワー式かけ流し(～9/4) 開発池#(9/5～)	建材ブロック

4 養殖方法の検討

(1) 沖出し時の種苗全長が収穫量におよぼす影響

「3 種苗生産方法の検討」で得られた種苗を用いて養殖試験を実施した。沖出し時の種苗全長が大きい順にI～VII区とした(表4)。

養殖試験では、種苗を2012年11月15日に泊旧港内(水深2.7m)へ沖出した後、試験区I～VIは2013年4月22日に、試験区VIIは5月1日にそれぞれ収穫し、残存率および収穫量を調査した。

表4 各試験区の種苗の由来

試験区	種苗生産試験に おける試験区	備考
I	開発池区	表3参照
II	シャワー→開発池(9/5)区	表3参照
III	流水→開発池区	表3参照
IV	攪拌区	立体攪拌(6/18～11/11) 幹ロープ長: 25m, 14m, 4.05m, 2.8m
V	シャワー区	表2参照
VI	シャワー→開発池(10/8)区	シャワー式(6/18～10/7)開発池(10/8～) 基質: 建材ブロック1個
VII	流水区	表2参照

(2) 沖出し時期が収穫量におよぼす影響

酒津地区で2012年12月および2013年1月に採取した天然種苗と、それより生長が早い開発池に自生していた種苗を用いて養殖試験を行った。それぞれの種苗はロープへ挟み込んだ後、両端を結束バンドで固定し、幹ロープとした。12月25日、1月24日に泊漁港沖防波堤内側(水深5.4m)の海底へ沖出した後、4月22日に収穫し、残存率および収穫量を調査した(表5)。

(3) 食害対策の検討

酒津地区で2013年2月に採取した天然種苗を用いて食害対策について検討した。食害対策は、本項(2)と同様の方法で作成した幹ロープにブイを取り付け、幹ロープが海底から約1m程度浮いた状態になるよう維持した。試験は種苗を2月25日に泊漁港沖防波堤の内側(水深5.4m)へ沖出しした後、4月22日に収穫し、残存率および収穫量を調査した(表5)。

(4) 流れ藻活用の可能性調査

泊漁港内で採集した流れ藻を「(3) 食害対策の検討」と同様の方法で養殖試験した(表5)。

表5 各試験区の種苗の由来、沖出し時期、幹ロープの設置水深および沖出し場所

試験区	種苗の由来	沖出し時期	幹ロープ設置水深	沖出し場所
池 12月	開発池	12/25	海底	泊漁港 沖防波堤内側 (水深5.4m)
天然 12月	天然(酒津産)			
池 1月	開発池	1/24		
天然 1月	天然(酒津産)			
天然 2月	天然(酒津産)	2/25	海底から 1m上部	
流れ藻	流れ藻			

結果および考察

本県におけるアカモク出荷量の推移を図4に示した。2013年取組地区数は3地区に増加したものの、出荷量は5.2tで前年に比べてやや減少した(図4)。

1 アカモク資源の利用に取り組む地区への普及指導

(1) 泊地区

取組み1年目の泊地区では一次加工品210kgが生産された(図4)。

(2) 赤碕地区

赤碕地区のアカモクは4月下旬時点で西港内の個体には生殖器床が形成されていたものの、ウミシバが多数付着しており収穫できなかった。一方、外海に面した坂の上海岸の個体は、付着物が少なく収穫可能であったため、漁業者に収穫を指導した。

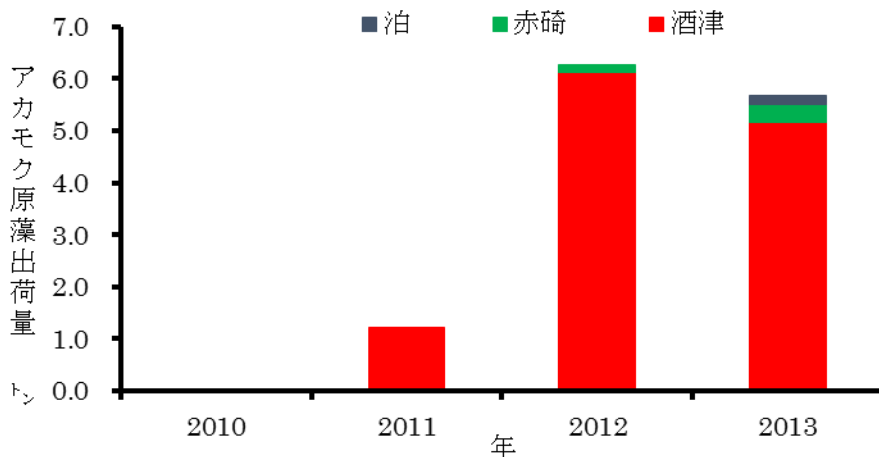


図4 鳥取県におけるアカモク出荷量の推移

(3) 酒津地区におけるアカモク生育状況の把握

酒津漁港東沖防波堤内側におけるアカモクの全長および湿重量の推移を図5に、生殖器床形成率の推移を図6にそれぞれ示した。

2013年4,5月の全長は、2011年および2012年同期のそれと比べて短かった。また、2013年生まれのアカモクは、2014年3月下旬時点で、全長、湿重量ともに過去3年間のうち最も低く、生殖器床の形成も確認されなかった。

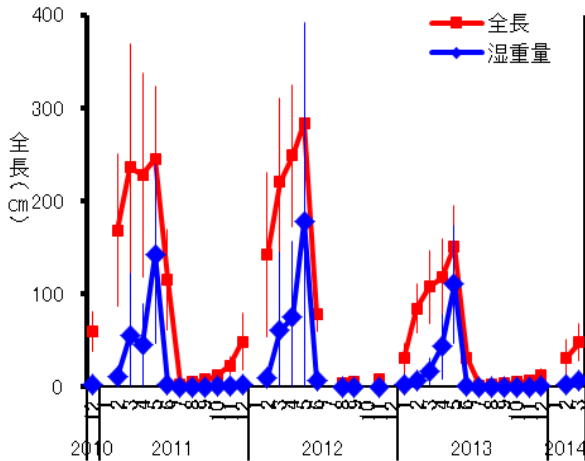


図5 全長および湿重量の推移

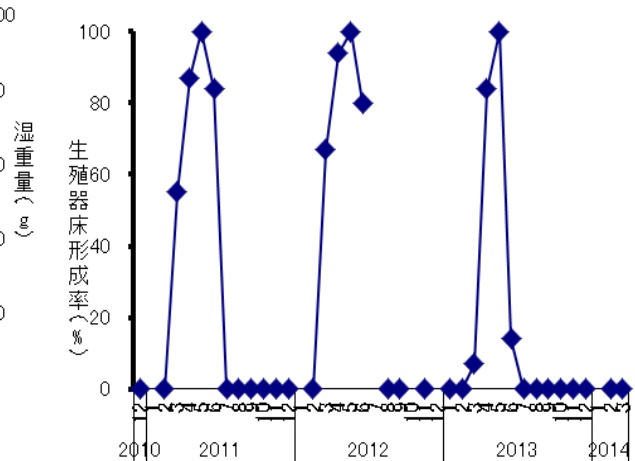


図6 生殖器床形成率の推移

2013年生まれのアカモクの生長が悪かった原因を検討するため、本調査地点において日平均水温が28℃以上を記録した日数を表6に示した。2013年は、8月10日から8月24日まで15日間連続して30℃を超え、過去3年間で最も高い水温であった。

藤田ら(2010)¹⁾によると、アカモク夏期藻体の生育上限温度は27℃である。2011年から2013年の各年において、日平均水温が28℃以上を記録した日数は、2011年が22日、2012年が44日、2013年が46日である。このうち、29℃以上を記録した日数は2011年が2日、2012年が15日、2013年が25日であった。以上のことから、2013年8月に高水温が続いたことが当地区のアカモクの生育に影響をおよぼしたと考えられる。

表6 調査地点において日平均水温が28℃以上を記録した日数

年	日平均水温 28℃以上記録日数	内訳		
		28℃	29℃	30℃
2011	22	20	2	0
2012	44	29	15	0
2013	46	21	10	15

2 漁協が取り組む増殖活動の効果調査

増殖効果調査の結果を表7に、酒津地区の増殖場の状況を図8~10に、幹ロープ10mあたりの個体数を図11に、平均全長の推移を図12にそれぞれ示した。

酒津、泊両地区ともに、幹ロープ上の方が根固めブロック上よりも1㎡あたりの個体数、重量ともに多かった(表7)。

泊地区では、スポアバック設置約1ヵ月後の観察において、幹ロープ上には比較的多くの幼体が認められたものの、根固めブロック上の幼体はごくわずかであった。また、根固めブロックには多数の巻貝が認められた。このため、根固めブロックで幼体が少なかった主な原因は巻貝による食害と考えられた。

H25 成果 7-1 アカモク

酒津地区では、6月27日には幹ロープ上に多数の幼体が観察されていたが（図8）、9月30日には、幼体に多数の食害跡や枯死個体が観察された（図9、図10）。その後、幹ロープ上の個体数も12月にかけて大きく減少し（図11）、例年であれば大きく生長する12-3月の生長も悪かった（図12）。

この原因として、8月に生育限界を超える水温が長期間続いたため藻体が衰弱したこと、また、巻貝やアイゴ等による食害が重なった可能性が考えられた。

今回の増殖活動は、根固めブロックへの増殖を期待していたが、根固めブロックは食害の影響を受けやすいことが明らかになった。一方、幹ロープや母藻を結ぶためのPPロープ上に幼体に残りやすいことが観察からわかった。アカモクの増殖方法として、水中での食害対策の観点から、スポアバック付きの幹ロープを水中に漂わせ、ロープ上に落下した幼胚の生長を期待する方法も今後漁業者とともに検討していく必要がある。

表7 増殖効果調査結果

増殖地点	調査面積 (㎡) (A)	取り上げ時 確認個体数 (B)	収量 (g) (C)	1㎡あたり 個体数 (B/A)	1㎡あたり 重量 (g) (C/A)
酒津漁港東沖防波堤内側	幹ロープ (直径16mm×長さ20.5m)上 0.33	26	898	79	2,738
	幹ロープ設置地点を中心とした幅1.5m内（幅1.5m×長さ20.5m）の根固めブロック上 30.75	15	2,864	0.5	93
泊漁港沖防波堤内側	幹ロープ (直径20mm×長さ56.8m)上 1.14	5	80	4	70
	幹ロープ設置地点を中心とした幅1.5m内（幅1.5m×長さ56.8m）の根固めブロック上 85.2	0	0	0	0



図8 幹ロープ上の幼体(6/27)



図9 食害跡(9/30)



図10 枯死(9/30)

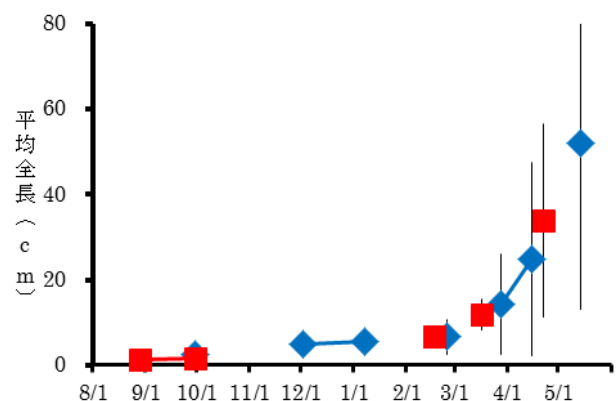
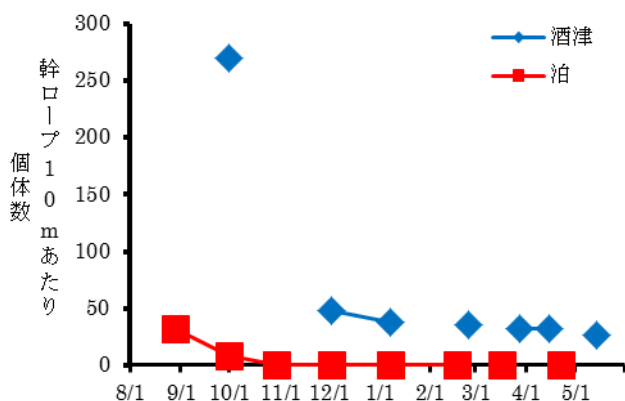


図 11 幹ロープ 10m あたりの個体数

図 12 平均全長の推移

3 種苗生産方法の検討

各試験区の生残状況を表 8, 生長を図 13 にそれぞれ示した.

(1) 播種時期

早期-攪拌区と晩期-攪拌区の残存率は, 5.7%および 3.8%で, 播種時期の違いによる残存率の差はほとんどみられなかった (表 8).

また, 平均全長は, 7 月下旬までは早期-攪拌区の方が晩期-攪拌区に比べて大きく, シャワー区, 流水区でも早期に播種した試験区の方が大きかった (図 13). ただし, 最終的には, 晩期-攪拌区が早期-攪拌区を上回った. これは, 7 月以降, 早期-攪拌区の生長が停滞したことが主な原因である (図 13).

以上の結果から, 播種時期の差がアカモク種苗の残存率に与える影響は少ないと考えられた. また, 7 月までの生長は, 早期に播種した方が晩期に行うよりもよいと考えられた.

(2) 種苗生産方法

種苗の残存数は, 流水区とシャワー区で比較すると, シャワー区の方が多かった (表 8).

また, 平均全長は, 7 月までは流水区の方が大きかったが, 流水区では, 7 月以降, 藻体が次第に珪藻に覆われ, 生長が停滞したり枯死したりしたため短くなった. 一方, シャワー区では, 散水により藻体が珪藻に覆われることが少ないため種苗の残存数は多かったものの, 飼育を継続したところ, 生長は停滞した (図 13).

以上のことから, 珪藻対策として種苗に直接散水するシャワー方式は, 種苗の残存数は多いものの, 7 月以降の生長停滞が課題であることが明らかになった. 一方, 立体攪拌培養は, シャワー方式に比べて生長は上回ったものの, 西垣ら (2007)²⁾, 遠藤ら (2010)³⁾の試験結果と比べると残存率が低く, 生長量も少なかったことから, 種苗の培養密度など更なる検討が必要である.

(3) 開発池における中間育成

平均全長は, 開発池で 7 月から中間育成した個体が最も大きく, 11 月時点で約 100mm に達した. また, 攪拌→開発池区, 流水→開発池区, シャワー→開発池区においても, 開発池で中間育成を行わないで飼育した試験区の個体に比べて上回った (図 13). 開発池での中間育成により生長が促進された原因として, 地下海水が流入する開発池の水温がアカモク夏期藻体の生息上限温度以下であることと, 屋内水槽と比べて照度が高いことが考えられた.

以上のことから, 開発池で中間育成することにより, 種苗の生長が促進されることがわかった. 一方で, 主にヨコエビの被害により種苗の減耗が多く認められたことは, 今後の検討課題である.

表 8 種苗生産試験結果

試験区	種苗残存数 (個体)		残存率 (%)
	収容時 6/17 (密度: 個体/L)	終了時 11/8, 11/11	
早期-攪拌区	13,849 (27.7 個体/L)	785	5.7
晩期-攪拌区	13,849 (27.7 個体/L)	529	3.8
流水区	未計数	牡蠣殻 1 枚あたり 2 (N=15)	-
	"	ブロック 1 個あたり 42 (N= 5)	-
シャワー区	"	牡蠣殻 1 枚あたり 18 (N=15)	-
	"	ブロック 1 個あたり 147 (N= 5)	-

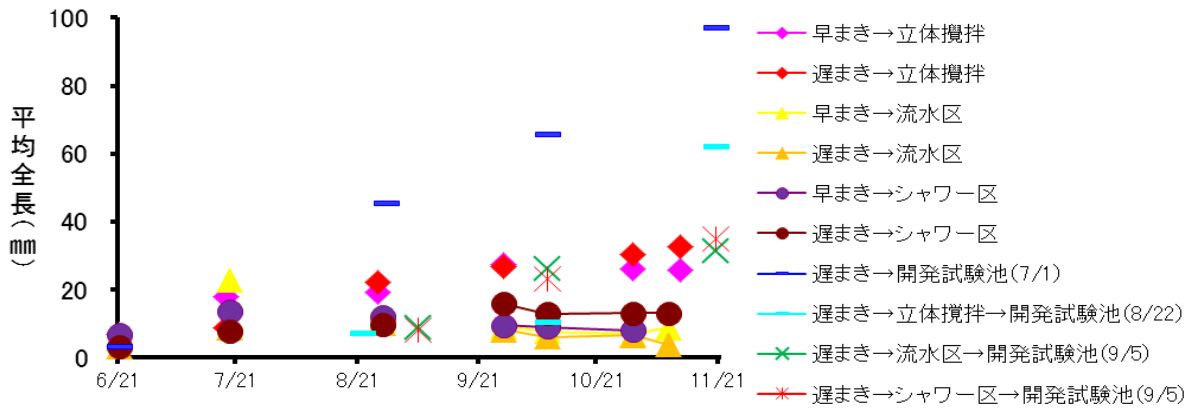


図 13 生産方法別の種苗の平均全長

4 養殖試験

(1) 沖出し時の種苗全長が収穫量におよぼす影響

養殖試験結果を表 9 に、各試験区における養殖種苗の生長を図 14 にそれぞれ示した。

単位面積あたりの収穫量は、沖出し時の種苗全長が大きいほど多かった (表 9)。

平均全長は、I 区が 213cm, II 区, III 区, IV 区で 50-60cm であったが、その他の区では 30cm にも満たなかった (図 14)。なお、各区とも全長 10 cm 以上の個体の大半に、生殖器床が形成されていた。

以上の結果から、単位面積あたりの収穫量をより多くするためには、種苗をなるべく大きく生長させてから沖出しするのが望ましいと考えられた。今後は、種苗の適正密度などについても検討していく必要がある。

表 9 養殖試験結果

試験区	供試 ブロック数 (個)	沖出し時 1 ブ ロックあたり 平均個体数	終了時 1 ブロ ックあたり平 均個体数	1 ブロックあた り平均残存率 (%)	総収穫量 (kg)	単位面積あたり 平均収穫量 (kg/m ²)
I	3	14	6	65	9.04	40.7
II	2	41	15	36	1.22	8.3
III	4	6	4	67	1.32	4.5
IV	11.5 ^{※1}	83 ^{※2}	40 ^{※3}	47 ^{※4}	5.92	0.13
V	2	202	17	8	0.14	1.0
VI	1	25	5	20	0.04	0.5
VII	5	36	2	7	0.04	0.1

※1 幹ロープ平均長 (m), ※2 沖出し時幹ロープ 1 本あたり平均個体数, ※3 終了時幹ロープ 1 本あたり平均個体数, ※4 幹ロープ 1 本あたり平均残存率 (%)

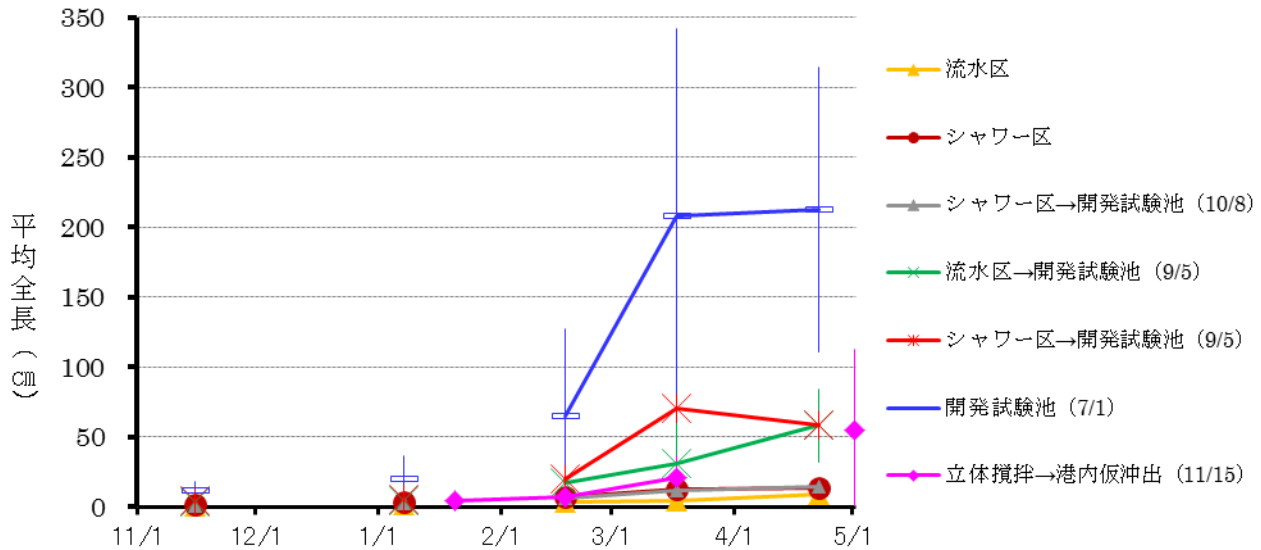


図 14 各試験区における養殖種苗の生長

(2) 沖出し時期が収穫量におよぼす影響

養殖試験の結果を表 10 に示した。

幹ロープ 1m あたりの重量は、池 1 月区と天然 2 月区が最も多く、流れ藻 2 月区、池 12 月区、天然 1 月区、天然 12 月区の順に多かった (表 10)。

12 月と 1 月に沖出しした試験区の結果を比較した。その結果、幹ロープ 1m あたり重量、残存率ともに池 1 月区のみ高く、池 12 月区、天然 1 月区では切断主枝と側枝、または主枝のみの個体が多く、天然 12 月区では種苗が全く見られなかった。

この原因として、ムラサキウニによる食害の影響が考えられた。試験期間中の潜水調査により、海中に漂うアカモク種苗をムラサキウニが捕食の様子が多数観察された。一方、池 1 月区では、幹ロープの一部が取り付け方の不具合により海中にアーチ状に漂っていた。このため当該部分の種苗はムラサキウニによる食害を受けなかったものと考えられ、試験終了時には全長 350~650cm に達し、収穫量も多かった。なお、天然 12 月区と天然 1 月区の残存種苗数から、12 月区の方が 1 月区よりも長期間食害の影響を受けたものと推定された。

以上のことから、12 月以降に沖出しをすると、ムラサキウニによる食害を受けることがわかった。このため、アカモクの養殖にあたっては、ムラサキウニによる食害対策が必要であることがわかった。

(3) 食害対策の検討

天然 2 月区の残存率は 100% で、食害による影響を大きく受けた天然 12 月区、天然 1 月区のそれと比べて高かった (表 10)。このことから、沖出し時には、幹ロープを海底から 1m 程浮かせた状態を維持することが、ウニによる食害防止に有効であると考えられた。これにより、アカモクの収穫量が増加する可能性が示されたが、今後検証が必要である。

(4) 流れ藻活用の可能性調査

流れ藻区の残存率は 35% で、天然 2 月区に比べて低かった (表 10)。また、試験期間中、ウニによる食害は確認されなかったが、藻体が消失した。流れ藻区では 3 月中旬時点では 17 本中 15 本の残存が確認され、既に生殖器床が形成されており、重量が増して抵抗が大きくなっていた。このため、藻体が消失した原因として、時化等により収穫日までに流失した可能性が考えられた。

このことから、流れ藻を活用して養殖を行う場合は、波浪により藻体が流失する可能性が高いため、生殖器床が形成された時点であるべく早く収穫するとともに、より強固な種苗の固定方法について検討する必要があると考えられた。

表 10 養殖試験結果

試験区 (種苗由来別)	沖出し時 幹ロープ長 (m)	沖出し時 種苗数 (A)	収穫時残存種苗数			残存率 (%) (B+C/A ×100)	収穫量 (kg)	幹ロープ 1mあたり 重量 (kg/m)	(B) の平均 全長 (cm)
			先端～ 仮根部 (B)	切断主枝 +側枝 (C)	主枝 のみ				
			池 12 月	22.6	267				
天然 12 月	3.0	42	0	0	0	0	0	0	-
池 1 月	23.15	164	40	31	29	43	52.8	2.3	488±166
天然 1 月	2.2	20	0	2	5	10	0.0	0	-
天然 2 月	1.6	16	16	0	0	100	3.7	2.3	185±73
流れ藻	1.7	17	6	0	0	35	3.4	2.0	172±87

成果と課題

- ・アカモクビジネス取組地区数は3地区に増加したが、出荷量は前年をやや下回った。このため、さらなる取組地区の掘り起こしや普及活動が必要である。
- ・更なる増産に向けた増養殖方法について、さらに検討をしていく必要がある。

参考文献

- 1) 藤田大介, 村瀬昇, 桑原久実 (2010) : 藻場を見守り育てる知恵と技術 (磯焼け対策シリーズ, 3). 成山堂書店.
- 2) 西垣友和, 道家章生, 和田洋蔵 (2007) : 立体攪拌方式によるホンダワラの種苗生産. 京都府立海洋センター研究報告 29: 13-16.
- 3) 遠藤光, 山本圭吾, 西垣友和, 竹野功璽 (2010) : 攪拌培養条件下における褐藻ホンダワラの葉状部と気胞の形成に対する密度の影響. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告 32: 29-32.