

# 季報

第109号

海藻アカモクの養殖技術



海中の養殖アカモクと収穫の様子

平成28年6月

京都府農林水産技術センター海洋センター

# 目 次

|                     |    |
|---------------------|----|
| はじめに                | 1  |
| 1 アカモクとは            |    |
| (1) アカモクの仲間         | 2  |
| (2) アカモク的生活史        | 3  |
| (3) アカモクの分布と食習慣     | 4  |
| (4) 京都府でのアカモクの利用    | 5  |
| (5) アカモクの美味しさ・栄養    | 6  |
| 2 アカモクの養殖技術         |    |
| (1) アカモク養殖カレンダー     | 7  |
| (2) 特許技術で養殖用の種苗をつくる | 8  |
| (3) 養殖施設を設置する       | 9  |
| (4) 種苗を固定して養殖を開始する  | 10 |
| (5) 養殖期間中の育成管理      | 11 |
| (6) アカモクを収穫する       | 12 |
| (7) 翌年の本養殖に備える      | 13 |
| (8) アカモク養殖の収支試算     | 13 |
| (9) 養殖生産の増大にむけて     | 15 |
| おわりに                | 16 |

## はじめに

アカモクは、日本海側の秋田県から石川県に至る地方で古くから食されてきた海藻ですが、京都府では平成19年から利用が始まった新しい食用海藻です。アカモクには、豊富なミネラル成分に加え、野菜にはないフコキサンチンやフロロタンニン類、食物繊維のアルギン酸やフコイダン等の機能性成分が含まれていますが、なんとと言ってもシャキシャキとした食感と独特の粘りが醸し出すえも言われぬ味わいが魅力で、あっという間にファンが増加しました。これは京都府だけでみられる現象ではなく、10年ほど前から全国各地でアカモクを食用とする取組が行われるようになりました。このように食としての魅力あふれるアカモクですが、年による生育量の変動が大きく、生産が安定しないために、いざ販路を開拓しようとした時に大きな障害となっていました。そこで、海洋センターでは、オリジナルの特許技術で生産した種苗を用いて、よりよい品質を持ったアカモクの安定生産と増産に繋がる養殖試験に取り組みました。

今回は、京都府ではまだまだ耳慣れないアカモクという海藻への理解を深めていただくために、前段でその生態等の解説を、後段で開発した養殖技術について紹介します。

# 1 アカモクとは

## (1) アカモクの仲間

アカモク（図1）は、褐藻綱ヒバマタ目ホンダワラ科の海藻です。ホンダワラ科海藻は付着器（仮根）<sup>\*1</sup>により岩や石などに付着して、コンブやワカメと異なり、空気が入った気胞という特殊な器官により、海中に直立して生育しています。多くのホンダワラ科海藻は、茎から主枝が伸び、主枝からは更に側枝が伸び、そこに葉が形成されます（図2）。しかし、アカモクだけは茎が伸びてそこに側枝、葉が形成されるという特徴があります。ホンダワラ科海藻は、京都府では20種類の分布が確認されており、丹後地方で「じんば」と呼ばれているホンダワラ（図3）のように、古くから地域の食として利用されているものもあります。その他には、よく知られているヒジキも分布していますが、京都府では生育場所が限られているためにほとんど利用されていません。このように、食用として利用されるホンダワラ科海藻は少ないのですが、ヤツマタモクやマメタワラ、ノコギリモクなどにはモズク（図3）や「うご」と呼ばれるエゴノリ等が付き、食用として春から夏にかけて漁獲されます。

<sup>\*1</sup>付着器：陸上植物の根に相当するが栄養や水分の吸収は行わない

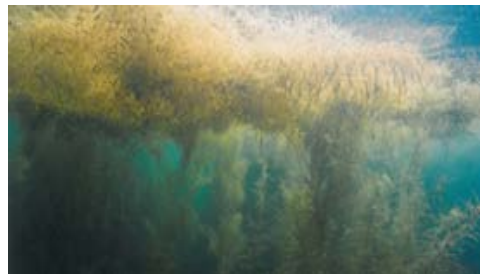


図1 海中のアカモク（水面まで伸びて海面を覆っている）



図2 ホンダワラ科海藻の構造

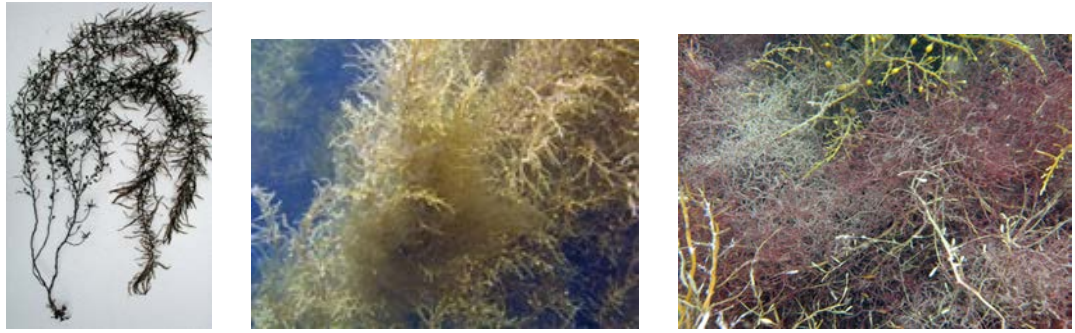


図3 左からホンダワラ、モズク、エゴノリ

## (2) アカモク的生活史

アカモクは1年で全長5m以上に成長し、成熟して幼胚<sup>※2</sup>を放出したのち、藻体全部が枯死、流出する一年生の海藻です(図4)。一方、アカモク以外の京都府沿岸に生育しているホンダワラ科海藻は多年生であり、アカモクとは異なり、成熟して幼胚を放出しても茎より下の部分は越冬し、翌年には再び茎から主枝が伸びます。したがって、アカモク以外の種類は、一度幼胚が着底した場所を長期間占有するのに対して、アカモクには毎年幼胚が着底する新しい場所が必要となります。そのような場所は、多年生のホンダワラ科海藻が生育できないような波当たりや砂の移動が大きいところであり、アカモクの幼胚が毎年安定して着底するにも困難な場所とも言えます。つまり、一度生育すると安定した群落<sup>※3</sup>を形成する多年生のホンダワラ科海藻と比較して、幼胚の着底場所が年により変化するアカモクは、年毎の生育量の変動が大きいことが特徴と言えます。

京都府沿岸に分布するアカモクには、主に2~3月、4月、5月に成熟する3つのタイプがみられます。5月に成熟するアカモクは、2~3月に成熟するアカモクと比較して、全長が短く、茎が太いなど形態の違いがみられます。

なお、アカモクは雌雄異体であり、成熟時期にはそれぞれ特徴的な生殖器床<sup>※4</sup>が形成されます。雄の生殖器床が細長いのに対して雌では太短いので、雌雄の判別は容易です(図5)。成熟時期になると、雌の生殖器床上に卵が放出され、雄の生殖器床から放出された精子と受精して幼胚となり、周辺の岩や石に落下して着底します。

※2幼胚：陸上植物の種に相当するもので、アカモクでは長径0.2~0.3mmの洋ナシ形

※<sup>3</sup>群落：海藻がまとまって生育している場所

※<sup>4</sup>生殖器床：雄は精子、雌は卵がつけられる場所で、藻体全体に形成される

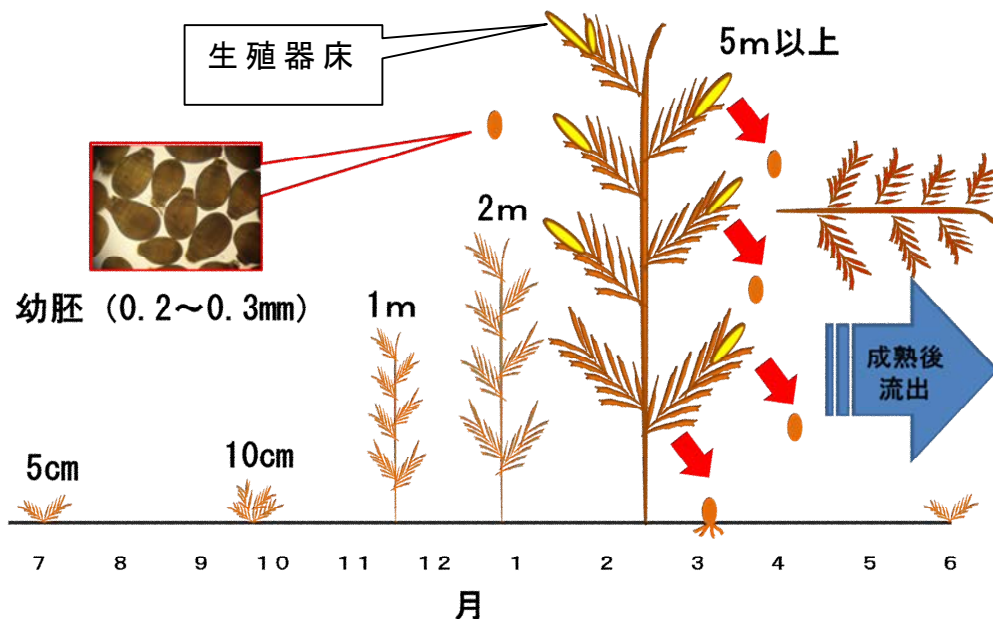


図4 アカモクの一生



図5 生殖器床（左：雌、右：雄）

### （3）アカモクの分布と食習慣

アカモクは、北海道の東部沿岸を除く全国に分布していますが、最新の研究では東北太平洋沿岸、関東・東海地方沿岸、そして西日本・日本海沿岸の3つのグループに分かれることが明らかとなっています。

秋田県では「ぎばさ」、新潟県では「ながも」、石川県では「じ

んばさ」と呼ばれて、古くから食用として利用されています。また、近年は岩手県、宮城県、神奈川県、愛知県、三重県、鳥取県、島根県、福岡県など全国的に利用が始まり、京都府でも平成19年から漁獲されています。

#### （４）京都府でのアカモクの利用

京都府では、主に宮津市養老地区に生育している天然アカモクが、成熟時期である2～3月に漁獲されています。同地区に生育しているアカモクは、柔らかく付着物が少ないのが特徴であり、漁業者は時期になると水面上に漂っている部分のみを鎌等で漁獲します。漁獲されたアカモクは、原藻の状態ですーパー等に出荷される他、固い茎や側枝の部分が取り除かれ、湯通しされ綺麗な緑色になった湯通しアカモクや、佃煮などの加工品（図6）がつくられています。

その漁獲量は、平成19年の0.2トンから平成24年には8トンまで増加しましたが、平成25年には生育量が極端に少なかったため禁漁となりました（図7）。なお、平成24年の漁獲後も同地区にはまだ多くの天然アカモクが残っていたにもかかわらず、翌年の生育量が少なかったことから、資源管理により天然アカモクの生育量をコントロールする困難さがここからもうかがえます。

一方、養殖アカモクは、天然アカモクの生育が悪かった平成25年に0.9トンが初めて収穫され、平成26年には1.6トンに増加しました（図7）。



図6 アカモク加工品

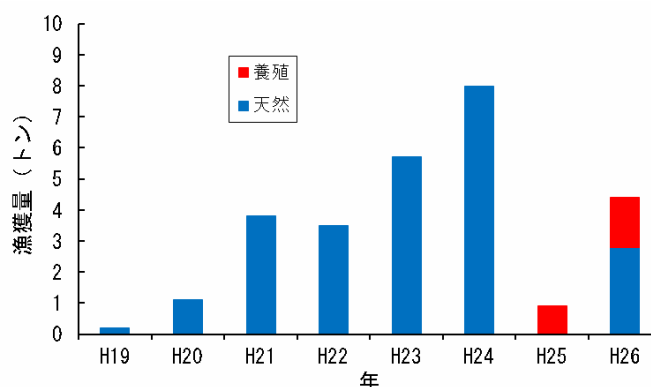


図7 天然及び養殖の漁獲量の推移

## (5) アカモクの美味しさ・栄養

アカモクの特徴は、シャキシャキとした食感とトロトロとした独特の粘り（図8）が醸し出す美味しさであり、粘りのもとはアルギン酸やフコイダンといった海藻特有の水溶性食物繊維です。アルギン酸は茎や葉に多く含まれており、その含有量は生育期間を通じてあまり変化しません（29.1g/100g 乾燥重量：宮津市大島産）。一方、フコイダンは生殖器床に多く含まれていることから、成熟時期に最も多くなります（7.9g/100g 乾燥重量：宮津市大島産）。また、カリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛、銅などのミネラル成分は、同じ褐藻類のワカメや沖縄モズクより多く含まれています（表1）。その他にも、抗肥満作用や抗酸化作用が期待されるフコキサンチンやフロロタンニン類などの機能性成分が含まれており、これらは健康食品の成分として企業等からも注目されています。今後、京都府産のアカモクを使用した商品が開発される可能性もあるので、販売時のアピールポイントとしていきたいと考えています。

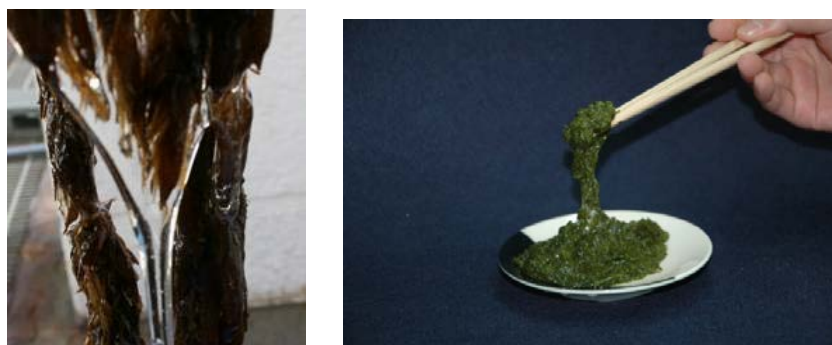


図8 アカモクの粘り

表1 アカモクなどの海藻に含まれるミネラル成分

| 種類    | ナトリウム | カリウム | カルシウム | マグネシウム | 鉄   | 亜鉛  | 銅    |
|-------|-------|------|-------|--------|-----|-----|------|
| アカモク  | 17    | 161  | 84    | 90     | 0.9 | 0.8 | 0.03 |
| ワカメ   | 540   | 12   | 42    | 19     | 0.5 | 0.2 | 0.01 |
| 沖縄もずく | 240   | 7    | 22    | 21     | 0.2 | Tr  | 0.01 |

単位 (mg/100g)

【アカモク】湯通し冷凍品（平成20年2月宮津市大島採取、京都府中小企業技術センターで分析）  
 【ワカメ】湯通し塩蔵品、塩抜き【沖縄モズク】塩蔵品、塩抜き（日本食品標準成分表より抜粋）  
 Tr（トレース）：含まれているが最小記載量に達していない



## 2 アカモクの養殖技術

### (1) アカモク養殖カレンダー

アカモク養殖の年間スケジュールは表2のとおりです。一連の工程は、海洋センターで水槽を用いて行う種苗生産と、海面で行う本養殖に分けられます。今回は早期に成熟する宮津市養老地区のアカモクを母藻に用いた事例を紹介します。

表2 アカモクの養殖カレンダー

|     | 種苗生産(海洋センター)                 | 本養殖(海面)    |
|-----|------------------------------|------------|
| 2月  | 母藻からの幼胚の回収、<br>基質への幼胚散布、冷蔵保存 |            |
| 3月  | ↓                            |            |
| 4月  | ↓                            |            |
| 5月  | ↓                            |            |
| 6月  | ↓                            |            |
| 7月  | 平面静置培養                       |            |
| 8月  | 立体攪拌培養                       |            |
| 9月  | ↓                            | 養殖施設の設置    |
| 10月 | ↓                            | ⇒ 種苗の沖出し   |
| 11月 |                              |            |
| 12月 |                              | 育成水深の変更    |
| 1月  |                              |            |
| 2月  |                              | 収穫         |
| 3月  | 母藻からの幼胚の回収<br>冷蔵保存           | アンカーロープの沈設 |

次頁からは、養殖カレンダーの順に、作業内容等について詳しく説明していきます。

## (2) 特許技術で養殖用の種苗をつくる

アカモクの場合、陸上植物の種に当たるものは「幼胚」と呼ばれ、0.3mm程度の大きさです。2月頃に幼胚を持つ雌のアカモクを採集し、水槽内に浮かべておきます。水槽の底に自然に落下した幼胚を回収し、ABS樹脂製の小片基質(1×1.5×1cm)に散布し、幼胚が基質に付着するまで数日間静置します。その後、4℃程度の冷蔵庫内で冷蔵保存します。幼胚は低温・暗条件下において休眠状態になり成長を停止しますが、再び温度を上昇させると正常に成長を開始します。4ヵ月間冷蔵保存した後に、海水をかけ流して1ヵ月間「平面静置培養」(図9)を行い、その後「立体攪拌培養」(図10)を行います。水槽底面から空気を出し、種苗を攪拌しながら培養する本方法では、個々の種苗に光が満遍なく当たることにより、平面静置培養より成長が促進され、生残率も向上します。この技術については、「海藻種苗の生産方法(特許第4711807号)」として登録済みであり、本方法で生産した種苗を小片種苗(図11)と呼びます。

冷蔵保存をすることで養殖開始時の種苗の大きさは、冷蔵保存しない場合に比べて小さくなりますが、養殖開始後の生残や収穫時の生産量は遜色無いことが確認されています。また、立体攪拌培養の期間が短くなり、その間の水槽掃除の労力が軽減されること、種苗が小型なので、水槽に多くの種苗を収容でき、生産効率が向上することにより、生産経費の低減に繋がりました。

このようにアカモク種苗を効率良く大量に生産することは可能となりましたが、生産には濾過海水やエアレーション等の設備が必須です。漁業者の皆さんの本養殖では、海洋センターで種苗を生産し(現有設備で4万個程度生産可能)、規模に応じて必要数を配布することとなります。



図9 平面静置培養

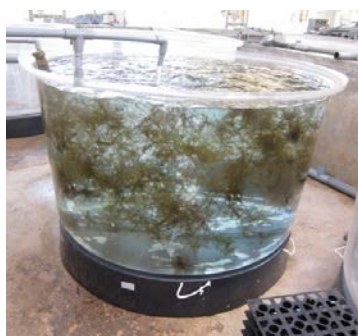


図10 立体攪拌培養



図11 小片種苗

### (3) 養殖施設を設置する

養殖施設は、コンブやワカメ養殖にも使用されている中層延縄方式とします(図12)。養殖施設1基(種苗ロープ長50m)に必要な資材の数量は表3のとおりですが、これは水深10mの海域に設置する場合であり、水深により必要なロープ長は異なります。施設はアンカー土俵、アンカーロープ、目印ブイと調整ロープからなる立ち上げ部分と水面下に海面と平行に張られた種苗ロープで構成されています。アンカーロープには調整ロープが付いており、後述する育成水深の変更の際に施設の張りの調整に使用し、これにより全ての作業を船上から行うことが可能となります。

種苗ロープには10m間隔(この間の9mが種苗設置場所)で6個の水深調整用のブイと錘を付けますが、ロープの両端はアンカーロープに引っ張られて張り気味となることから、中間4個のブイより浮力のあるものを使用します。

養殖施設は、10月下旬の養殖開始に備えて1ヵ月前を目安に設置しますが、その際の種苗ロープは仮ロープとし、両端の水深調整用ブイと錘のみを取り付けて、種苗ロープが水面下1mになるように調整します。また、養殖施設の間隔としては、収穫時には藻体が10m程度になること、船外機船による作業性を考慮して、10m間隔を目安としています。

なお、立ち上げ部分は5年間使用することから、2~5年目は後述するように沈設した両側のアンカーロープを引き上げて種苗ロープを繋ぐ作業だけになります。

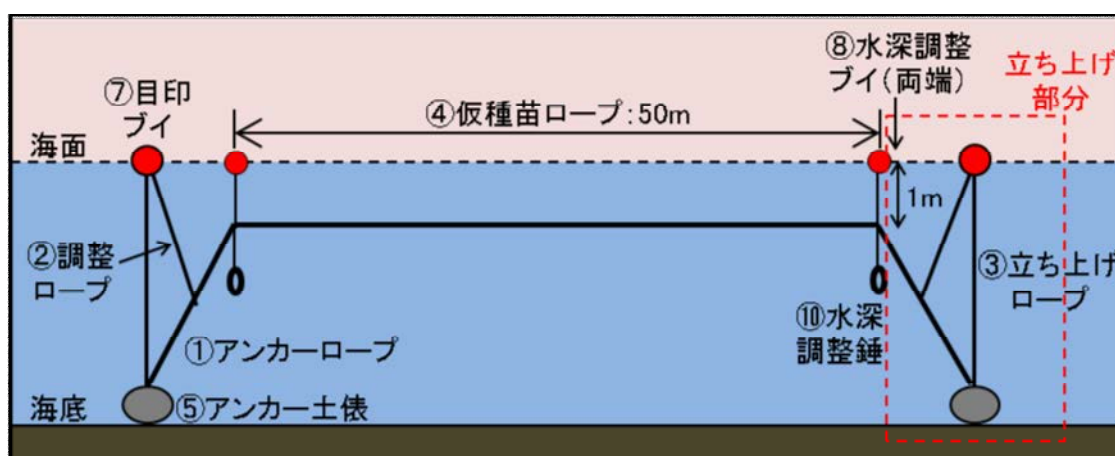


図12 施設設置時の施設図

表 3 養殖施設 1 基に必要な資材と必要量

| 施設資材                        | 品名      | 規格      | 必要量   |
|-----------------------------|---------|---------|-------|
| ① アンカーロープ                   | ポリロープ   | 16mm    | 50m   |
| ② 調整ロープ                     | ハイクレロープ | 10mm    | 20m   |
| ③ 立ち上げロープ                   | ハイクレロープ | 10mm    | 20m   |
| ④ 種苗ロープ                     | ラックスロープ | 10mm    | 100m  |
| ⑤ アンカー土俵<br>(50kg×10俵)      | 土俵袋     | 15×15   | 10袋   |
|                             | 碎石      | 5-15    | 500kg |
| ⑥ 育成水深<br>変更土俵<br>(10kg×6俵) | 土俵袋     | 15×15   | 6袋    |
|                             | 碎石      | 5-15    | 60kg  |
|                             | ラックスロープ | 10mm    | 40m   |
| ⑦ 目印ブイ(施設両端)                | ブイ      | 浮力13kg  | 2個    |
| ⑧ 水深調整ブイ<br>(種苗ロープ両端)       | ブイ      | 浮力3kg   | 2個    |
| ⑨ 水深調整ブイ<br>(種苗ロープ中間)       | ブイ      | 浮力1.2kg | 4個    |
| ⑩ 水深調整錘                     | 錘       | 0.8kg   | 6個    |

#### (4) 種苗を固定して養殖を開始する

アカモク種苗の海面への沖出しは、10月下旬を目途に実施します。小片種苗の基質側面に貫通孔が開いていますので、陸上で結束バンドを通して種苗ロープに固定していきます(図13)。ロープ1mあたり5個の小片種苗を20cm間隔で固定し、ロープ全体(種苗取り付け長45m)では225個の種苗を使用します。

種苗を取り付けた種苗ロープを海面の養殖施設まで運び、仮の種苗ロープと交換する形で養殖施設に設置し(図14)、中間4箇所には水深調整用のブイと錘を取り付けます(図15)。



図13 ロープに固定された小片種苗



図14 種苗ロープの設置

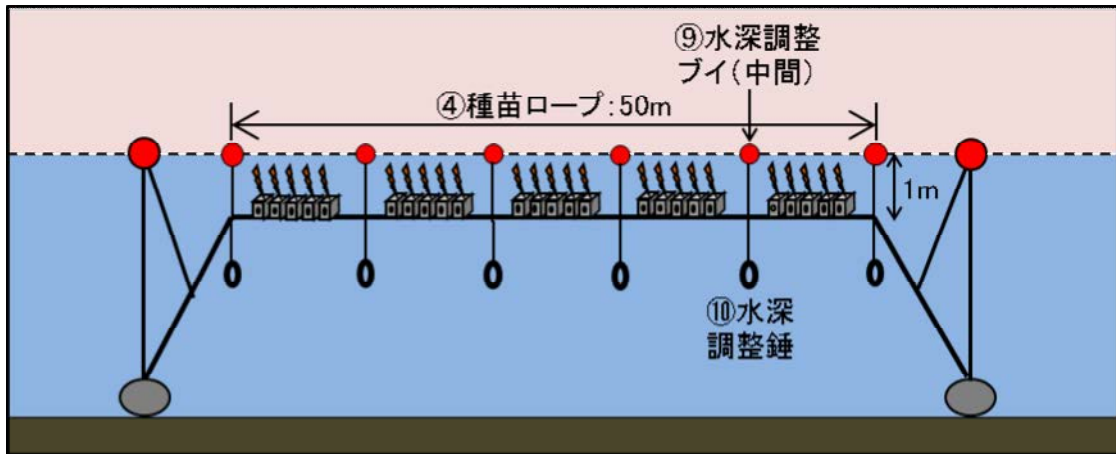


図15 養殖開始後の施設図

### (5) 養殖期間中の育成管理

アカモク種苗は、養殖を開始した2ヵ月後の12月中旬には全長が2m以上となり、海面を覆うような状態となります(図16)。このままの状態では藻体の下の方へ光が届きにくくなり成長に影響することから、このタイミングで種苗ロープの水深を3mまで下げます。種苗ロープの下げ方は、既存の6箇所ブイと錘をはずして、同じ場所に水深調整用土俵(10kg)を付けて所定の水深になるように調整します(図17)。種苗ロープの設置水深を下げるとアンカーロープが緩むので、調整ロープを縮めて張りを回復させます。

なお、全長2m以上となったアカモクは気胞により十分な浮力があるため、これ以降ブイは必要ありません。



図16 海面を覆うアカモク

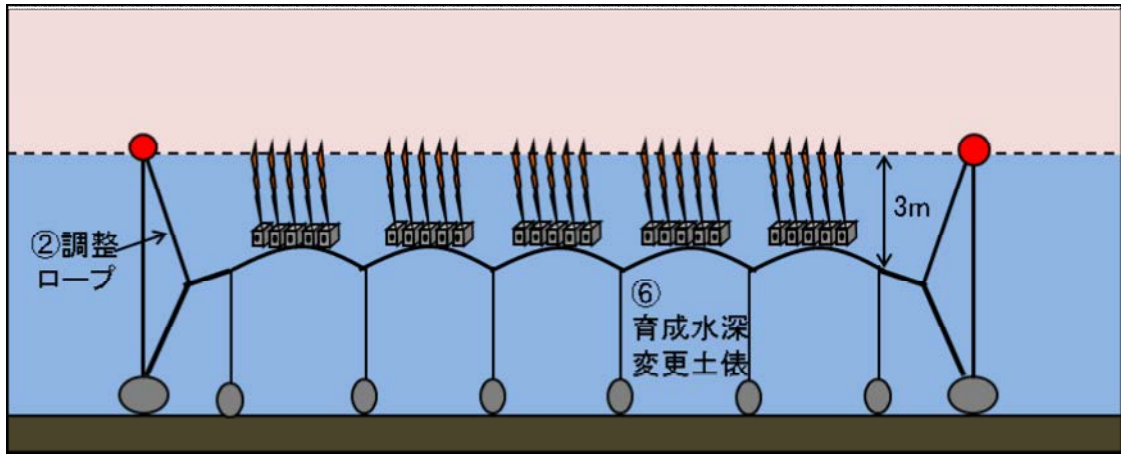


図17 育成水深の変更後の施設図

### (6) アカモクを収穫する

10月下旬に全長約10cmで養殖を開始した種苗は、翌年1月下旬～2月中旬には10m程度まで成長（図18）して成熟し、収穫時期を迎えます。収穫作業では、海面に漂っている藻体を船上に引き上げて鎌等で刈り取りますが、天然とは違い、他のホンダワラ科海藻が混入することがないことから、短時間で大量に収穫することが可能です（図19、20）。

海洋センターの試験結果から養殖施設1基あたりの生産量は750kgと推定されました。藻体の下の方は付着物等が多く食用としては利用できないことから、養殖施設1基あたりの収穫量は約600kgで、1人の場合90分程度で収穫できます。



図18 成長した養殖アカモク



図19 収穫の様子



図20 収穫された養殖アカモク

## (7) 翌年の本養殖に備える

収穫が終了した後、翌年の本養殖に向けて養殖施設の後始末をします。調整ロープをたぐってアンカーロープを引き揚げ、種苗ロープを取り外し、水深調整用土俵1俵を取り付けて沈設します(図21)。翌年の本養殖開始時には調整ロープ、アンカーロープの順に引き上げて種苗ロープを取り付けます。この方法により、養殖を実施しない時期には場所を占有することなく翌年の養殖に備えることが可能となります。

小片基質についても再利用するため、種苗ロープから取り外し、回収します。

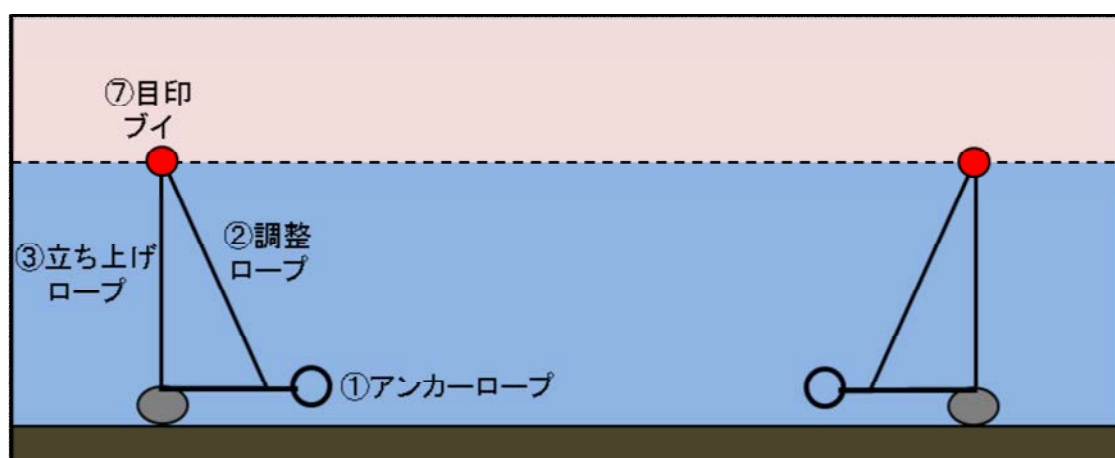


図21 養殖期間外の施設図

## (8) アカモク養殖の収支試算

アカモク養殖を行う際の収支、作業時間を試算しました。今回は一例として養殖施設5基で本養殖した場合を紹介します。

### 1) 支出

アカモク養殖に係る費用としては、養殖資材費、種苗代があります(表4)。必要とされる養殖資材は表3に示したとおりですが、立ち上げ部分は1年目に設置した後5年間使用するため、2~5年目に必要な資材は養殖ロープ、結束バンド、育成水深変更用の土俵のみとなります。したがって、資材費は1年目は24万円ですが、2~5年目は2.6万円となります。種苗代は1個15円で、5基分(種苗1,125個)では1.7万円です。

表 4 アカモク養殖に係る年間費用（単位：円）

| 項 目 | 1年目     | 2～5年目  | 6年目     | 備 考                     |
|-----|---------|--------|---------|-------------------------|
| 資材費 | 244,000 | 25,500 | 244,000 | 養殖施設5基<br>立ち上げ部分の耐用年数5年 |
| 種苗代 | 16,900  | 16,900 | 16,900  | 15円/個×1,125個            |
| 支出計 | 260,900 | 42,400 | 260,900 |                         |

2) 収入

海洋センターの養殖試験結果を用いた試算では、養殖施設 5 基から 3 トンのアカモクが収穫できます。原藻のまま市場に出荷する際の販売単価 250 円/kg を掛けると、販売金額の合計は 75 万円になります。

3) 収支試算

養殖1年目の収益は、販売金額から支出合計約 26 万円を差し引いた約 49 万円が見込まれます。2～5年目には資材費の支出合計が 4.2 万円に減額されるため、毎年約 71 万円の収益が見込まれます。

4) 作業時間

アカモク養殖の1年目の年間延べ作業時間は 70 時間です。2～5年目には養殖施設の設置に係る時間が短縮され 61 時間になります（表 5）。収穫以外の作業については、船外機船 1 隻、3 名体制で実施するのが適当です。

表 5 アカモク養殖に係る年間作業時間（単位：時間）

| 本養殖作業      | 作業人員 | 作業時間   | 延べ作業時間  |
|------------|------|--------|---------|
| 養殖施設の設置    | 3    | × 6(3) | = 18(9) |
| 種苗の沖出し     | 3    | × 7    | = 21    |
| 育成水深の変更    | 3    | × 4    | = 12    |
| 収 穫        | 1    | × 7    | = 7     |
| アンカーロープの沈設 | 3    | × 4    | = 12    |
| 合計作業時間     |      |        | 70(61)  |

（括弧内は養殖2～5年目の作業時間）



### (9) 養殖生産の増大にむけて

今後アカモクの養殖生産を増大させるために、府内各地に養殖産地を広げていく必要があります。現在養殖適地の把握に取り組んでいます。これまでの海洋センターでの養殖試験の知見等から京都府沿岸海域におけるアカモク養殖の可否を図 22 に整理しました。

アカモクは低塩分に弱い特徴がありますので、河川水の影響により塩分低下が認められる舞鶴湾（湾口部を除く）、宮津湾（湾奥）、阿蘇海、久美浜湾、由良川河口域周辺は養殖に不適です。丹後半島と大浦半島の北岸海域は、アカモクの養殖期間である秋季から冬季にかけて波浪条件が厳しく養殖には不向きと考えられます。ただし、波浪が遮蔽される漁港内や小湾では養殖できる可能性がありますので、今後検証する必要があります。上記以外の丹後半島南東岸、栗田半島周辺、舞鶴湾口部の海域については養殖可能海域と考えられ、実証試験により収量や品質を確認する必要があります。

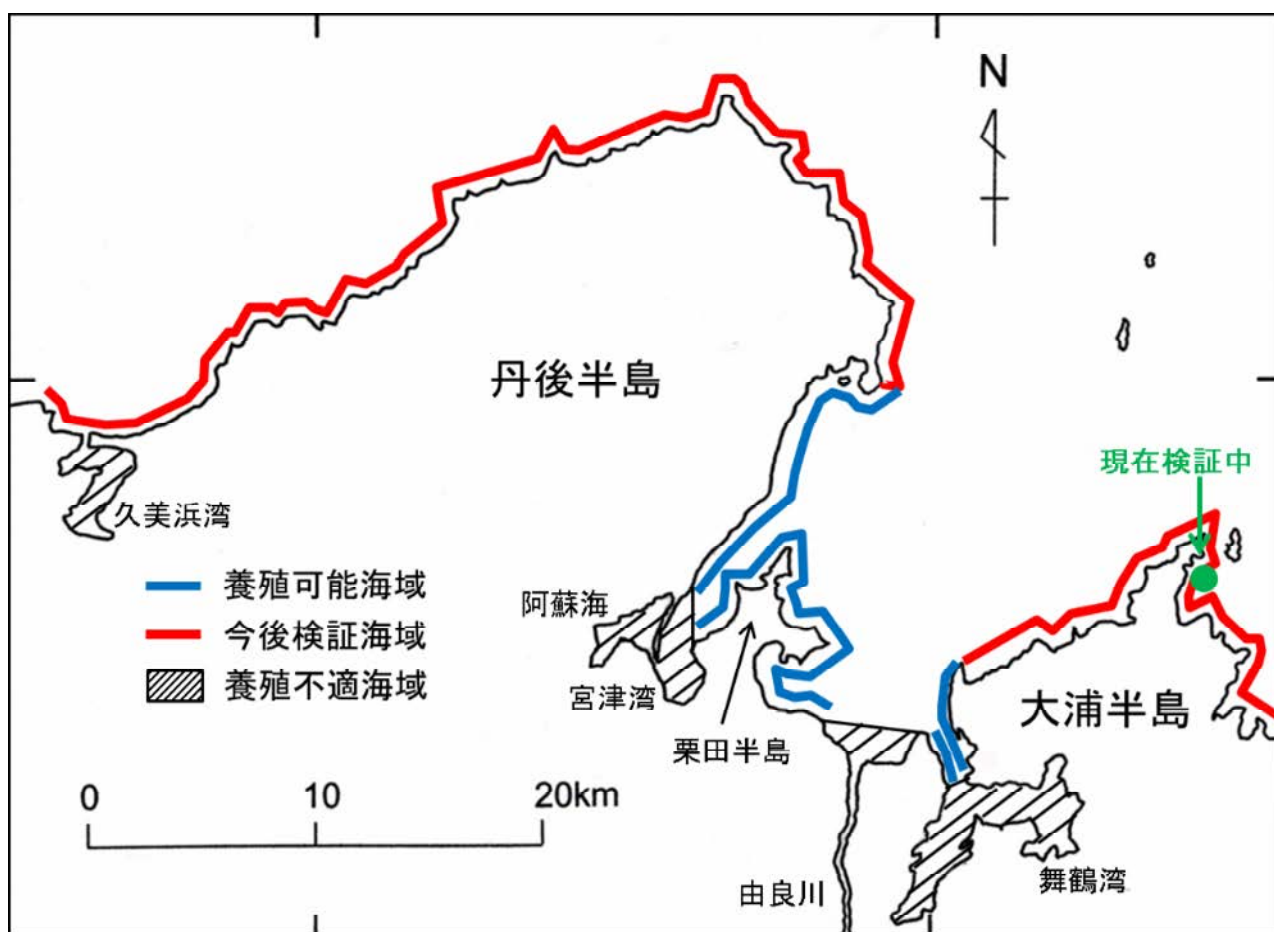


図 22 京都府沿岸海域におけるアカモク養殖マップ

## お わ り に

アカモクは、平成19年から利用が始まった新しい食用海藻であり、京都府の採貝藻漁業にとっては冬季の収入源となり得る貴重な素材です。京都府のみならず、日本全国から注目されているアカモクですが、天然資源の年変動が大きいことが課題であり、安定的な生産と生産量を増大させていくためには養殖技術の開発が不可欠との思いで、養殖試験に取り組みました。その結果、10月下旬に種苗を沖出しすることにより、3～4ヵ月後の1～2月に5m以上に成長したアカモクを収穫できることがわかりました。また、養殖期間は気象条件の厳しい時期に相当しますが、期間中の育成管理が12月の水深変更のみであること、所要の数量を短時間で収穫することが可能であることから、他の漁業種類との兼業で取り組んでいただけると考えます。

現在、養殖技術の定着・普及に向けて宮津市養老地区の海面で漁業者とともに試験を実施しています。今後は生産地の拡大を目指して養老地区以外での試験も行っていく予定です。本冊子をきっかけとして、より多くの漁業者の方にアカモクを知っていただくとともに、アカモク養殖に取り組んでみたいという方の手助けになることを期待します。

さらに、アカモクは赤潮や温暖化の原因となる窒素やリン、二酸化炭素を吸収・固定しながら成長することから、環境浄化にも役立っています。また、健康に良い成分を多く含んでいることから、アカモクを農商工との連携素材として様々な商品に活用することにより、地域振興に繋がると考えられます。