

**私立大学研究ブランディング事業  
令和5年度の進捗状況（成果報告書）**

学校法人番号	361002	学校法人名	村崎学園		
大学名	徳島文理大学				
事業名	藻類成長因子を用いた海藻栽培技術イノベーション				
申請タイプ	タイプ A	支援期間	3年	収容定員	5760人
参画組織	薬学部・香川薬学部・理工学部・総合政策学部・人間生活学部・生薬研究所				
事業概要	徳島・香川の両県は、古くからアオサノリやスジ青ノリなどの海藻養殖が盛んな地域である。本事業では、本学が独自に開発した「緑藻類成長因子サルーンを用いた革新的海藻種苗生産技術」を核とする安定栽培技術を確認し、海藻養殖産業の復興と活性化を目指す。大学発ブランド海藻の生産・通年陸上養殖システムの開発・伝統的な沿岸網養殖への応用・新たな藻類成長因子の探索とその活用等を通じて、地域水産業の発展に貢献する。				
①事業目的	本事業の目的は、徳島文理大学が所在する徳島県や香川県の主幹産業である海藻養殖業から抽出された課題に対して、本学の基礎研究から集約された知見、技術、ノウハウを結びつけ、薬学・環境科学・生物(理工)学・栄養学・総合政策科学を専門とする学部学科が協働することで具体的な解決策を提案すると共に、地域を支える人材の育成へと繋がる活動として発展させることである。				
②令和5年度の実施目標及び実施計画	<p><b>■研究計画</b></p> <p>事業「藻類成長因子を用いた海藻栽培技術イノベーション」は、平成29年度文部科学省選定私学ブランディング事業に採択され、3年間文科省の支援のもと実施された後、令和2年度からは本学オリジナルの全学的な研究事業として継続し、令和5年度で7年目に至る。その間、本事業は本学で開発されたアオサノリ種苗の培養技術と陸上養殖技術を核にして、本学の「ものづくり、研究力の高さ」の周知、大学ブランドの向上（受験生・地域住民から「サイエンスマインドを持つ学生を育てる大学」「研究活動によって地域の産業を支える大学」「地域に欠かせない大学」などの認知）を目指してきた。令和5年度は、これまで目標として掲げてきた<b>大学発ベンチャーの設立と大学のブランディング戦略</b>に重点を置き、下記に列挙した項目 1) 牟岐栽培センターの整備と実養殖試験、2) 養殖したアオサノリのブランディング（健康成分の特定、健康スイーツの開発）を本格的に進める。また、産業技術への応用が強く期待される 3) アサクサノリの成熟誘導物質の探索とその活性評価及び4) アサクサノリ養殖肥料の開発についても継続して実施する。</p> <p><b>&lt;研究1&gt; 牟岐町栽培センターの整備と実養殖試験</b>（薬学部・生薬研究所）  <b>目標：</b>牟岐町栽培センターに設置した陸上養殖槽を使用してアオサノリの通年陸上養殖システムを完成する。  <b>実施計画：</b>大学発ベンチャーの設立に向けて、令和3年4月下旬から牟岐町が管理するアワビ種苗生産施設を活用し養殖試験を実施してきた。令和4年度は、経年劣化が進んだセンターを部分的に整備し、それと並行して量産化に向けた養殖水槽の選定、数量、動線、養殖期間等を試験した。令和5年は、農林水産省の用地変更の手続きが完了した養殖予定用地とセンター内の使用可能エリア（研究用地）を利用して、目標1~2tのアオサノリを陸上養殖する。さらに、現在、基礎研究として進行中の絶滅危惧種アサクサノリの陸上養殖試験も開始する。  <b>成果の波及効果：</b>昨年度の研究成果として選抜育種に成功した2種のアオサノリ高温耐性株を使用して、令和5年はアオサノリの量産化を試みる。現在計画している栽培モデルがシミュレーション通りに生産できれば、年内に大学発ベンチャーを起業する。</p> <p><b>&lt;研究2&gt; 養殖したアオサノリのブランディング</b>（薬学部・生薬研究所・人間生活学部）  <b>目標：</b>アオサノリの血圧降下成分を特定する。  <b>計画：</b>昨年、人間生活学部の小川直子先生と犬伏知子先生は、本学の技術で陸上養殖したアオサノリを継続的に摂取（3g/日）すると、コントロール群と比較して優位に血圧上昇を抑える研究成果を報告した。その後、本知見をもとに、薬学部の川上隆茂先生らが、その有効成分を特定するための成分研究と活性評価試験を実施してきた。そして、アオサノリ水層分画の一部に強いACE阻害活性（血圧降下作用）を確認した。現在、本知見をもとに、有効成分の特定に取り組んでおり、ACE阻害活性を示す候補</p>				

物質(4種)がほぼ単離できた。令和5年も継続し、分子構造の決定と効果の再現性を確認する。

**成果の波及効果：**血圧降下作用を示すアオサノリの水相分画については、既に、アオサノリの産地として著名な三重県伊勢志摩や鹿児島県で天然養殖されたアオサノリと比較し、本学の技術で陸上養殖したアオサノリの方が、強いACE阻害活性を示すことが確認できている。そのため、その成分を特定し、含有量等の比較から効果を証明できれば、徳島県産(文理大学産)アオサノリをブランディングする一助になるはずである。今後、販路を広げていくためにも大切な取り組みである。

#### <研究3> 文理大学オリジナルスイーツの開発(短期大学部)

**目標：**文理大学オリジナルスイーツを開発する。

**実施計画：**昨年度から、短期大学部において、本学非常勤講師パティシエの岡山康伸先生の指導のもと、アオサノリを利用した健康スイーツを試作に取り組んでいる。試作したスイーツに関しては、大学祭の短期大学部フェスタで、学内や一般参加の方々を対象にアンケートを実施し、良好な評価を得た。本活動に関しては、令和5年度も継続的に実施し、文理大学オリジナルの健康スイーツを開発したい。

**成果の波及効果：**開発した健康スイーツに関しては市販化を既に視野に入れており、スイーツの最終的な製造は、自立支援を兼ねて社会福祉法人カリヨンや眉山園に委託する計画である。本取り組みは、報道関係からもチャレンジングな取り組みとして取り上げられ、産学官連携の新たな試みとして徳島県も協力したいと既に申入れを受けている。大学活動の宣伝、広報としても魅力的な試みであり、令和5年度は、本格的に取り組みたい。

#### <研究4> アサクサノリの成熟誘導物質の探索とその活性評価(薬学部・生薬研究所)

**目標：**アサクサノリ成熟誘導物質の簡易合成法を確立する。

**実施計画：**これまでのブランディング事業の成果の一つとして、本学の化合物ライブラリーの中から、アサクサノリの単孢子(種)を作成するうえで重要な成熟プロセスを効果的に誘導する天然化学物質を特定した。令和4年度は、その物質を利用して、アサクサノリ種苗を室内培養する条件を探索した。令和5年度からは、本格的にその種苗を使って陸上養殖試験を開始する。それと並行して、種苗生産の鍵となる成熟誘導物質の簡易合成法の開発を進める。

**成果の波及効果：**令和4年度の研究成果として、本学で見出した成熟誘導物質を用いて安定的にアサクサノリ種苗を培養できるようになった。そのため、成熟誘導物質の簡易合成法が確立できれば、アサクサノリの陸上養殖技術も実用化が期待できる。現在、アサクサノリは絶滅危惧一種指定藻類であるため、国内外問わず、その養殖技術の開発は社会的インパクトの大きな成果になるはずである。

#### <研究5> 海藻養殖肥料の開発(薬学部・生薬研究所)

**目標：**ドラッグデリバリーシステム技術を応用した徐放性肥剤を開発する。

**実施計画：**昨今、護岸整備が進んだことで近海の栄養塩濃度が低下し、ワカメや昆布などの栄養要求性の高い海藻の「色落ち」が多発している。本事業で取り組んでいるアサクサノリにおいても例外ではなく、栄養要求性が高い紅藻であるため、養殖による「色落ち」が懸念される。紅藻のアサクサノリは緑藻アオサノリと比較すると約100倍近い窒素やリンが正常な成長に必須である。そのため、今後アサクサノリの陸上養殖を推進するためには、流水水槽で栄養塩濃度を常に適切な濃度に維持するための技術開発(安価な肥剤と施肥作業の効率化)が重要になる。そこで、医薬品で汎用されているドラッグデリバリーシステム(DDS)を利用して、アサクサノリ養殖用の徐放性肥剤を開発する。

**成果の波及効果：**「色落ち」は海藻本来の風味や味に強く影響を及ぼすため、商品価値を著しく低下させる。そのため、アサクサノリに特化した徐放性肥剤を開発できれば、その産業的な波及効果は極めて高いと考えられる。

■研究成果

<研究1> 牟岐町栽培センターの整備とあおさのり完全陸上養殖技術の開発

生薬研究所 山本博文

徳島県水産業の成長産業化及び関連産業の振興に関する協定(マリンサイエンスゾーン協定)に基づいた牟岐町を含む四者共同研究のもと、令和3年度からスタートした牟岐町水産栽培資源センターでの取り組みも今年で3年目になる。最終年度となる令和5年度は、大学発ベンチャー及び大学関連研究施設の候補地として本格的に施設整備を進めると共に、栽培したあおさのりのブランディング戦略として、有機 JAS 藻類としてのあおさのり生産を目的に、有機JAS認証基準を満たす種苗培養法の開発に取り組んだ。本報告書では、その進捗状況と共に、これまでの活動について総括する。

牟岐町水産栽培資源センターでの陸上養殖試験

令和3年6月1日に FRP 水槽 (300L)2 基を搬入し、養殖試験を開始した。古牟岐沖の海水を使用した初めての養殖試験であったことから、まず、海藻に対する水質適正を判断した。種苗は報告者らが既に確立した方法(サルーシン添加条件下、1及び5L マリンフラスコを用いて室内培養する手法)によって作成した 5±5 mm の葉状体を使用した。成長率は1週間で平均 5 倍の高い値を示したことから、あおさのり養殖に適した水質であるがわかった。その後、水温が20℃を超えた6月25日以降は、高温耐性株として選抜した 2 種の株を用いて比較試験を実施した。その年の8月10~27日の期間は、線状降水帯や台風が発生し、日照不足と急激な水質変化から、一部の葉体に成熟分解等が観察されたものの、それ以外の期間においては、良質なあおさのりを養殖することができた。2年目となる令和4年度は、実生産を視野に入れた最終槽(二次養殖槽)の選定に注力した。養殖スケールが大きくなる二次養殖槽は、収穫作業にかかる時間や養殖槽の洗浄工程等にも影響するため、生産性と作業効率の点から、その選定が重要になる。最終槽の候補には、これまで使用実績があったプール型の円形水槽と半円柱型の養殖槽を用いて通年的に比較試験を実施した。結果は表1に改めて示した(令和4年度報告済み)。

① 令和5年度の事業成果

表1 養殖水槽の比較(屋外養殖期間35~42日で比較)

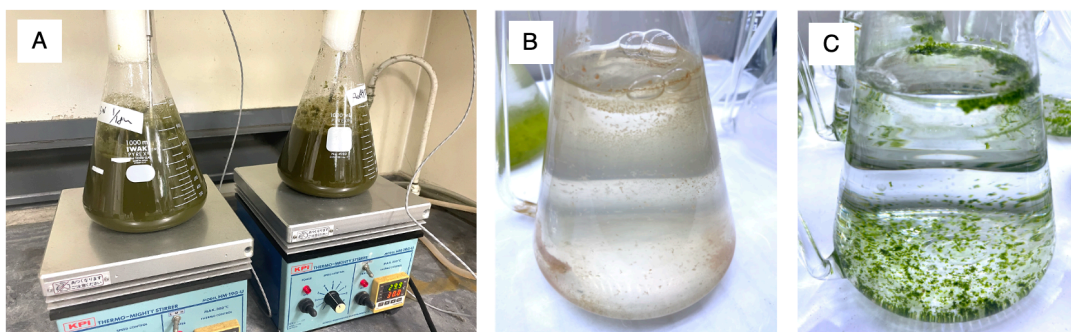
	プール型円形水槽 (3.5 t)	半円柱型養殖槽 (1.2 t)
最適収穫量	15~17 kg (wet)/基	8~9 kg (wet)/基
収穫時間	1.5~2 h	~0.5 h
洗浄時間	~1.5 h (攪拌機含む)	~0.5 h

養殖期間は照度が $12 \times 10^5$  Lux を超える夏期から気温が5℃以下となる冬期を含む令和4年4月~令和5年2月とし、収穫量と作業効率を総合的に評価した。最終槽の第一候補として期待していたプール型円形水槽(3.5t容量)は、屋外養殖期間35~42日で15~17kgのあおさのりを収穫することができた(表1参照)。葉体の状態も良好で、養殖するうえでは全く問題ないことを確認した。しかし、収穫作業の観点では、既存のビニールプールを水槽として代用していることで、排水効率が極めて悪く、想像以上に収穫時間が掛かることが分かった。収穫後の槽内洗浄においても、水槽を攪拌するための攪拌機の洗浄に余分な時間が掛かることや、夏季に使用したプール水槽は熱によってビニール素材が硬化し、洗浄工程で頻繁に破損することが分かった。一方、半円柱型の長方形養殖槽(1.2t容量x2基)では、プール水槽と同一の養殖期間、同量の種苗量で、平均8~9kg/基のあおさのりを養殖することができた。この結果はこれまで実施してきた浅川栽培漁業センターでの知見と同程度の結果であり、異なる地域(浅川、牟岐)でも高い再現性が確認できた。また、半円柱型養殖槽は材質にFRP(繊維強化プラスチック)が使用されていることで、耐久性が高く、夏場の劣化も低かった。さらに、半円柱型養殖槽は、一基あたり30分程度の一人作業で、洗浄工程を完結できるため、作業時間や人手の効率化にも繋がると判断した。その後、このデータを基に、実生産に関わる作業工程スケジュール(非公表)を作成し、令和5年度にその実証試験を行った。それと並行して、令和5年度は、冒頭にも述べたが、生産したあおさのりのブランディング戦略として、有機 JAS 藻類としての認証基準を満たす種苗培養法の開発に取り組んだ。これまで、本学で取り組んできた海藻の陸上養殖は、海藻に付着するバクテリア(海藻-バ

クテリア共生関係)に着目し、海藻の付着バクテリアが生合成する藻類成長促進因子を利用した全く新しい養殖技術である。この技術は、これまでもメディア等で取り上げられ、衰退を続ける海藻養殖産業の復活をかけた革新的技術として注目されてきた。その一方で、既存の海面養殖とは大きく異なることから、生産物としての安心と安全を消費者の方に提供するためにも、これまでの知見とノウハウを基に、有機JAS適合技術への展開を試みた。有機JAS規格とは、化学合成された農薬や肥料、組み換え遺伝子に由来する農業資材などを使わずに作られた農産物や、それらを原材料として作られた加工食品について、日本農林規格等に関する法律に基づいて、農林水産省の登録認証機関が検査を実施し証明するものである。そのため、有機 JAS 認証の農産物及びその食品は国産品としての安全性と信頼性を保証し、国際協定加盟国 (EU諸国やアメリカ等)へはそのまま輸出が可能となる。この有機 JAS 規格は 2000 年に発足され、野菜や穀物等を中心とした4つの対象カテゴリー (農産物、加工品、畜産物、飼料)から構成されてきた。2021 年からは新たに海藻類が制定され、有機藻類として施行されている。その JAS 規格に適合するためには、化学合成された農薬や肥料等の資材を全く使用できないため、次に示す項目①藻類成長促進因子サルーシンの使用と②海藻用培養液の添加に改良が必要になる。

①藻類成長促進因子サルーシンの代替案としては、サルーシン産生菌として保存していた *Bacteroides phy.*のクラスII細菌群を直接、あおさのり遊走子(種)と共培養する方法を検討した。

② に関しては、培養過程で必要な栄養素を含む自然食品を網羅的に探索し、主に天然に存在している3種の繊維素分解菌で天然食品を発酵分解した抽出エキスを検討した(下図A)。そして、菌数、培養液、その添加量、培養温度を順次精査し、計691回の条件検討を重ねることで、これまでとほぼ同程度の種苗生産効率を示す条件を見出した(下図B、C)。



A) 3種の繊維素分解菌を用いた食品の発酵分解 (30°C, pH = 9.6~7.6) B) 有機JAS条件における種苗培養実験(失敗例: 大繁殖したバクテリア) C) 有機JAS条件における成功例

開発した方法に関しては、令和5年10月から先行的に浅川栽培センター(海藻ラボ)でJAS認定機構の審査を受けて、どうにか陸上養殖技術として国内初となる有機 JAS 認証 (認証番号 J36H-2318) を取得することができた。この種苗培養法は、自然の海洋生態系サイクルを模倣して、廃棄用の自然食品を発酵抽出した培養液を利用するため、食品ロスの軽減にも繋がる種苗培養法である。

### 牟岐町水産栽培資源センターの整備

一方で、アワビ養殖センターとして設立された牟岐町水産資源栽培センター (敷地面積 1397.66 m<sup>2</sup>、建築面積 310.29 m<sup>2</sup>) を海藻の陸上養殖研究施設として利用するため、養殖試験と並行して整備も進めてきた(写真下)。徳島県水産振興課、政策基盤課、南部県民局、牟岐町と協議を進めながら、令和3年度4月1日付けで、牟岐町から大学への占用許可が下りたことで、徳島県と農林水産省を経由して、国土交通省へと海藻養殖のための用地変更を申請し、令和4年12月1日付で全ての手続きを終えることができた。その後、牟岐町栽培センター内に、センター設立当時(平



徳島県と農林水産省を経由して、国土交通省へと海藻養殖のための用地変更を申請し、令和4年12月1日付で全ての手続きを終えることができた。その後、牟岐町栽培センター内に、センター設立当時(平

成2年) から設置されていた経年劣化が激しい4基の流水養殖槽を撤去し、埋め戻し作業を行なった。令和5年度は、随時、海藻養殖用FRP水槽を搬入し、現在、送水配管及び送風管の整備を進めているところである。また、大学発ベンチャーの登記も並行して進めることで、牟岐町水産資源栽培センター横の用地を事業場とする**合同会社アソア**を設立した。



センターに設置されていた流水水槽



流水水槽 撤去後の整備



搬入した水槽と整備中の送水配管



構築した天然物ライブラリーのうち、約 40 種のライブラリーとサルーンシンについて、LC-MS/MS 分析を行った。得られたデータを MZmine で解析後、GNPS にアップロードし、モレキュラーネットワークを作成した。今回解析に用いた約40種のライブラリー中にはサルーンシン類似化合物を見出すことはできなかった。また、GNPS に付随している複数の自動 In silico annotation を実施し、ライブラリー中の化学構造を予測した。その結果、数種の植物に含まれている化合物の構造をある程度推定することができた。また、オレアナン型トリテルペンの様に様々な植物に含まれる成分や、Illicium 属、Viburnum 属に含まれる特有成分の存在も MN から推測することができた。自動解析により、フラボノイド類、テルペン類、アルカロイド類など化合物の構造的特徴とライブラリー群との紐付けを実施することができた。

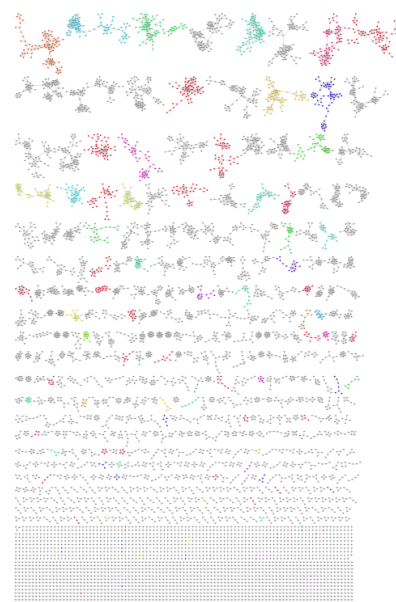


図3 ライブラリー (40種) のモレキュラーネットワーク

[2] アオサノリの血圧降下成分の探索研究

本事業において、人間生活学部の小川直子先生と犬伏知子先生は、本学の技術で陸上養殖したアオサノリを継続的に摂取 (3g/日) すると、コントロール群と比較して優位に血圧上昇を抑える研究成果を報告した。そこで、アオサノリに含まれる有効成分を分子レベルで明らかにする薬学的研究を行った。

アンジオテンシン変換酵素 (ACE) は、体内で昇圧作用のあるアンジオテンシンIIの生成を促すと共に、ブラジキニンを分解して一酸化窒素の生成を抑制することで血管収縮を促進させる酵素である。したがって、ACEの働きを阻害する物質 (ACE阻害活性物質) は、体内の血圧降下作用を示す。古くから、モロヘイヤや野沢菜などの一部の野菜がACE阻害活性を示すことは知られており、その有効成分が降圧医薬品のリード化合物としても利用されてきた。沖縄県工業技術センターの報告によると、成分を直接調査したわけではないが、サーモライシン等の加水分解酵素で加温処理したあおさのりから、ペプチド由来のACE阻害活性物質が単離されている。そこでまずは、あおさのりに含有される血圧抑制物質の探索では、アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害活性に着目した。牟岐町水産資源栽培センターで陸上養殖したあおさのりと、市場で流通しているあおさのりの降圧作用を比較するため、それぞれの乾燥あおさのり12gを室温、同一条件でエタノール抽出した濃縮液のACE阻害活性を比較した。ACE阻害活性試験は、薬学部機能形態学教室の川上隆茂先生にご協力頂いた。その結果、牟岐産あおさのりの方が、市販品より約1.8~2倍の強いACE阻害活性を示すことが分かった (図4)。

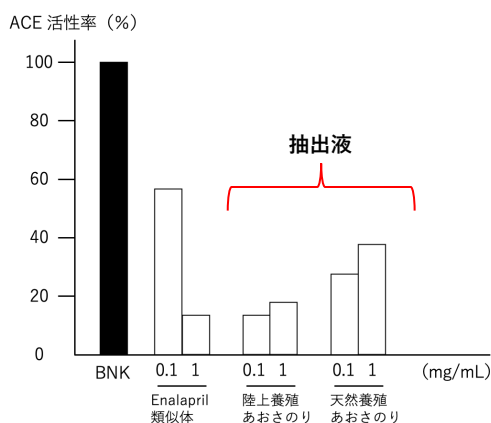


図4 アオサノリ抽出液のACE阻害活性

ACE 阻害活性物質の単離を目的に、エタノール抽出物を酢酸エチル、ブタノール、水で分配し、ACE 阻害活性を調べたところ、水層に強い ACE 阻害活性を確認した。そこで、水相は LH-20 を用いた分子ふるいで 25 個のフラクションに分画し、各フラクションの ACE 阻害活性を調べたところ、fr.5 に強力な阻害活性が認められた (図5)。Fr.5を逆相クロマトグラフィーにより精製し7個のフラクションに分画した (図6)。得られたフラクションに対して活性試験を実施した結果、fr.3 が最も強力な阻害活性を示した。活性が強かったfr.3を HPLC により精製し、4 つの化合物を単離した (図7)。各化合物の活性を調べた結果、3 種が強力な ACE 阻害活性を示すことがわかった。単離量が少なかったため、LC-MSMS 分析を行い、得られた MSMS データを *in-silico* annotation 法によって解析し、化合物の構造を推測した。化合物 1 は  $m/z$  497.2178  $[M+H]^+$  の分子イオンピークが観測され、その分子式は  $C_{22}H_{32}N_4O_9$  と推測できた。MS-Finderを用いて *in-silico* annotation法により解析した結果、Ser-Ile-Tyr-Aspのオリゴペプチドであると化学構造を推測することができた。一方、化合物 3 は  $m/z$  4279.0933  $[M+H]^+$  の分子イオンピークが観測され、その分子式は  $C_8H_{14}N_4O_7$  のアラントイン誘導体である可能性が示された (図8)。なお、化合物 2 は、LC-MS分析の結果、複数の化合物の混合物あるいは分解していることが分かったため、構造を推測することはできなかった。今後、詳細な解析を進めると共に、単離量を増やし、あおさりに含まれる強力な ACE 阻害活性物質を同定し、あおさりのブランディングに繋げていきたいと考えている。

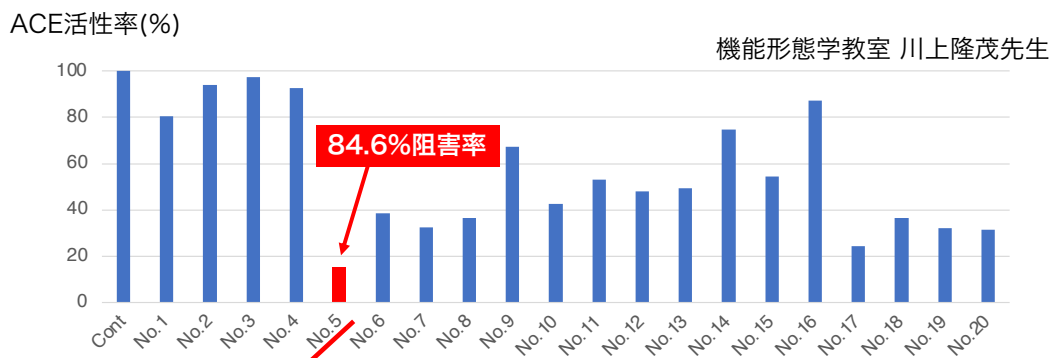


図5 Fr.1 ~ 20のACE阻害活性試験

分取したFr. 1~7のACE阻害活性試験

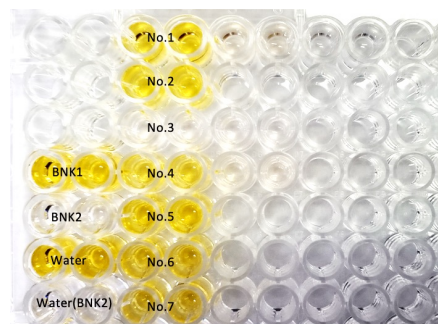
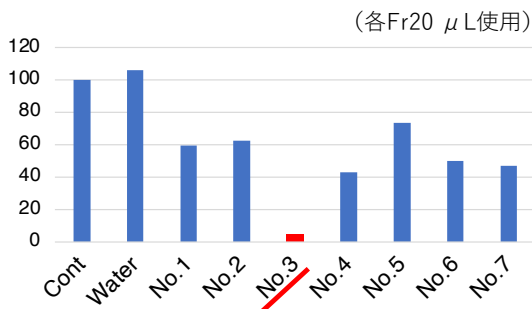
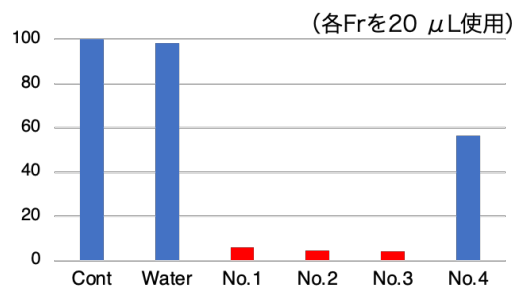


図6 Fr.1 ~ 7のACE阻害活性試験

分取したFr.1~4のACE阻害活性試験



	ACE阻害活性率(%)	ACE活性率(%)
Cont	0	100
Water	1.82	98.2
No.1	94.13	5.9
No.2	95.42	4.6
No.3	95.90	4.1
No.4	43.53	56.5

図7 No.1 ~ 4 の ACE 阻害活性試験



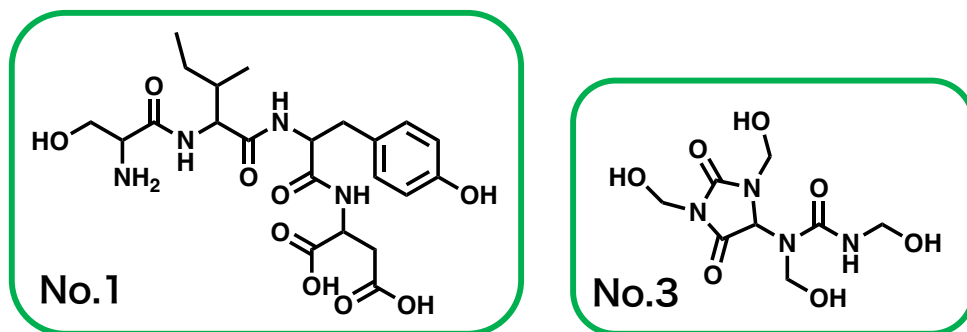
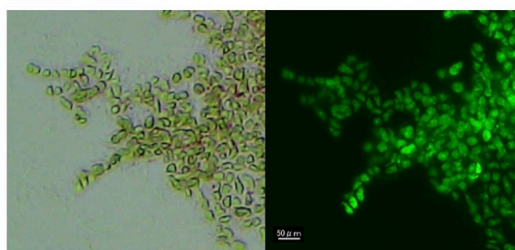


図8 アオサノリに含まれる ACE 阻害活性物質の推定構造

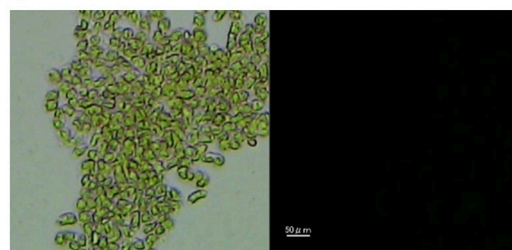
### <研究3> 藻類成長促進因子サルーシンのメカニズム研究

生薬研究所 山本博文

サルーシンは、海洋バクテリア *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* に属する YM2-23 株が産生するラブダン型ジテルペンの誘導体で、ヒビミドロ目緑藻類マキヒトエや食用海藻のアオサノリに必須の成長促進因子である。2014 年に初めてサルーシンの不斉全合成を達成し、その後、本ブランディング研究事業では、サルーシンの活性発現メカニズムの解明に向けた分子ツールの合成に取り組んできた。昨年は、新たにデザインした蛍光ラベル型サルーシン誘導体がマキヒトエやアオサノリ仮根の一部に局在する現象を確認した。そして、この現象を契機として、アオサノリ遊走子が仮根へと分化する過程で、細胞核が仮根へと徐々に移動する新たな知見を得ることができた。この結果をもとに、今年度は、細胞初期の状態（遊走子が単細胞状態に変化したタイミング）に対して、蛍光標識型サルーシンを添加し、細胞組織への局在を観察した。海水培養液に添加するサルーシン溶液の濃度調製と観察時間のタイミングを測りながら検討を重ね、蛍光標識型サルーシン添加後、僅か6時間の培養条件で、高濃度に細胞核へ蛍光標識型サルーシンが集積することを観察した。この知見は、核酸染色に用いられるシアニン系色素サイバークリーンIの染色箇所とも強くマージすることから、サルーシンが細胞核に対して作用している可能性を強く示唆する。今後は青色色素 DAPI:4'、6-diamidino-2-phenylindole で核染色を行なった後、蛍光標識型サルーシンを添加し、その組織移行に関するマージ実験を行いたいと考えている。一方で、核酸及びその関連蛋白とのアフィニティー実験を通じて、サルーシン結合蛋白の特定へと展開したいと考えている。



蛍光ラベル型サルーシン誘導体  
添加後（6時間）



コントロール

#### <研究4> アサクサノリに対する成熟活性を示すキラル化合物の合成

薬学部 加来裕人

これまでの研究により、紅藻類アマノリ属に分類されるスサビノリの生活環のなかで、原胞子の放出を誘導する活性をもつアラントイン (allantoin) が、別種ではあるものの同族であるアサクサノリに対しても成熟活性が見られることが分かった。続いて、アラントインの代替となるより高活性な化合物の探索を開始した。アラントインの構造的特徴は、ヒダントイン骨格とその5位にウレア構造を一つ持つキラル化合物である (自然界にはラセミ体として存在)。また、ヒダントイン自身にも弱い成熟活性が認められたため、ヒダントイン構造を基本骨格として、5位に置換基を有する類縁体を活性試験に供する候補化合物とした。また、5位の立体に関する鏡像異性体をそれぞれ調製することも目標とした。

令和4年度までに、アミノ酸から誘導した合成化合物と市販品を含めた29種類のヒダントイン誘導体のうち8種類に関する成熟活性試験を行い、いくつかの化合物に成熟活性が認められた (令和3年度報告書参照)。興味深いことに鏡像異性体間での活性の違いも見られた。更に詳細な培養実験を行い、アラントインよりも高活性な光学活性化合物を見出すことに成功した。光学活性な5位モノ置換ヒダントイン類は、L-あるいはD-アミノ酸から合成可能である。しかし、さらに多種多様な誘導体をスクリーニングするために、アミノ酸からは誘導できない置換基を含む光学活性体を供給する必要がある。そこで、徳島文理大学発の反応としてデラセミ化法を適用することにした。塩基性の平衡条件下、不斉結晶場での分子認識を利用して光学活性体を調製する方法である。

常法に従い、無置換ヒダントインから二段階で5-モノ置換ヒダントインを得たのち、3位窒素上の水素をメチル基で置換した。まず、ホスト分子としてアセチレン誘導体**1**が、5-ベンジル-3-メチルヒダントイン (**3a**) に対して光学分割剤として利用できることを確かめた。また、別途調製した光学純度 97%ee の (*S*)-**3a** は、メタノールと pH=10 の緩衝液との混合溶媒中で、24 時間以内にラセミ化した。そこで本条件下にデラセミ化反応を行うことにした。すなわち、**3a** とホスト分子 **1** (4当量) をメタノール-緩衝液 (1:4) 混合溶媒中に懸濁させ激しく攪拌した。24 時間後、固体部分をろ別しホストに含まれるゲストの回収率及び光学純度を調べた。その結果、91%ee の (*S*)-**3a** を収率 63%で得ることに成功した (図1)。

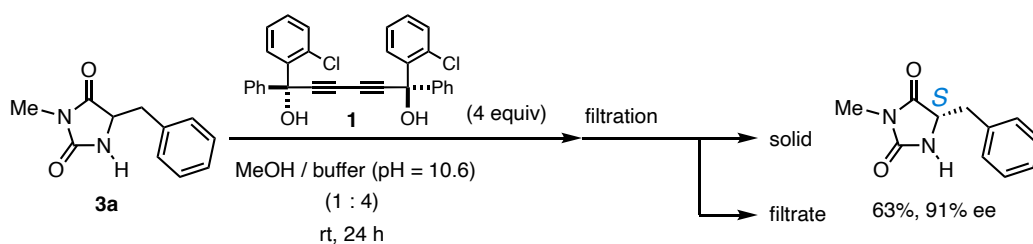
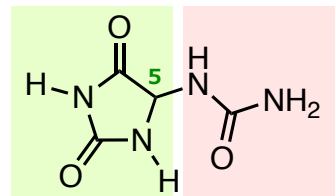


図1 5-ベンジル-3-メチルヒダントイン (**3a**) のデラセミ化

化合物 **3a**でのデラセミ化に成功したことから、その他のヒダントイン誘導体 (**3b-j**) にもデラセミ化を適用した。この際、ホスト分子として **1** および TADDOL 型ホスト分子 **2** を試みた。その結果、中程度の収率ながら、それぞれ光学活性体を得ることに成功した (図2)。このように、未だ不十分であるもののデラセミ化により、光学活性なヒダントイン誘導体を得ることに成功した。今後、アラントインに代わるより高活性な成熟を促す活性を示す光学活性体を見出すことができると期待される。

ヒダントイン骨格      ウレア(尿素)構造



アラントイン (allantoin)

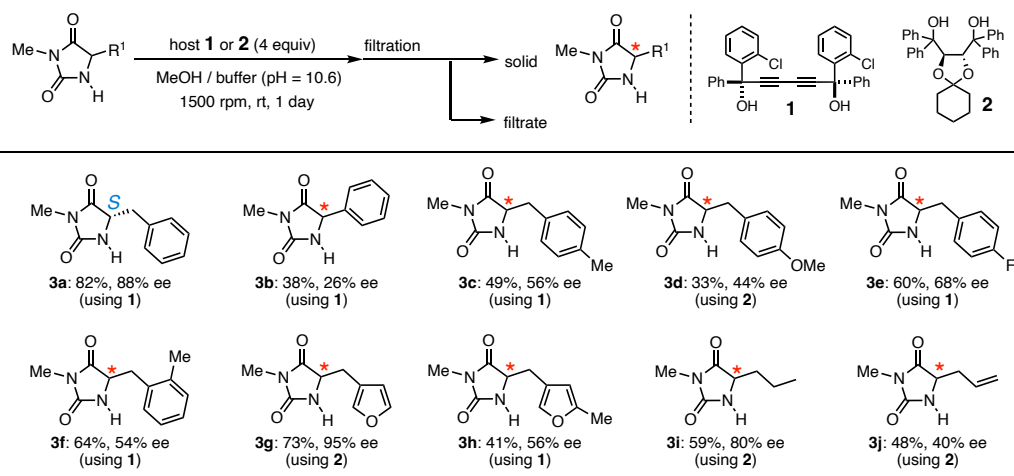


図2 5-モノ置換-3-メチルヒダントイン類のデラセミ化

<研究5> ドラッグデリバリー技術を生かした持続性海藻栽培用肥料の開発

薬学部 上田ゆかり、谷野公俊

近年、海藻養殖海水中の栄養塩濃度低下がノリやワカメなどの色調を低下（色落ち）させる事象が多発している。陸上栽培で栄養塩濃度が低下した海水を利用すると、流水水槽中の養殖海藻の成長に影響を及ぼす。流水水槽中の栄養塩濃度を常に適切な濃度に維持への課題は、安価な肥剤と施肥作業の効率化である。薬剂的な技術（ドラッグデリバリーシステム、DDS）を利用して、新規の徐放性窒素肥剤の開発を試みてきた。

1) 実験室ビーカー1L

陸上養殖を想定して、まずは1Lの流体力学モデル装置を考案し、水温15~20℃下、流水水槽中アンモニア態窒素濃度を測定した。マトリックス型はポリヒドロキシエチルメタクリレートと肥料主成分の塩化アンモニウム（塩安）を錠剤化した。また、20%ゼラチンと塩安を混合後、その混合溶液を室温で凝固させた。一方、リザーバー型は塩安または硫酸アンモニウム（硫安）を様々な基材をベースに練合し、それらをロウで被覆した。放出試験は日本薬局方溶出試験法に準じて行い、放出アンモニウム塩の窒素量（アンモニア態窒素）をインドフェノール法で定量した。放出試験では、塩安含有マトリックス型錠剤は1~2日で塩安が速やかに100%放出した。ゼラチン被包型は3日間にわたり、塩安がすべて放出する徐放性を示したが、品質を安定に保つことがかなり困難であった。リザーバー型に関して、O/W基材は流水水槽中のアンモニア態窒素濃度を徐々に上昇させたのち、ゆるやかに消失する放出特性であった。基材量を増加させると、持続性が向上し、水槽中窒素濃度を良好に制御できる可能性があった。

2) 実験室水槽62L

全量62Lの水槽で実験を行った。O/W型基材と硫安の比率を検討すると4:1の比率でアンモニア態窒素濃度が4日から5日持続性を示し、かなり良い徐放化肥剤ができた。

3) 陸上養殖300L

ヒトエグサ養殖水槽にて試験を行った。実際の300L水槽では扱いやすさと安全性から徐放肥剤を改良した。アオサノリの養殖槽に、試作した徐放性肥剤を週1回の間隔で投入し、成長率を観察した。1か月後には肥剤なしと比較して約3倍、成長スピードを高めることができた(図1)。

4) これまでの技術を生かして

紅藻のアサクサノリは緑藻アオサノリと比較すると約100倍近い窒素やリンが正常な成長に必須である。そのため、アサクサノリの陸上養殖を推進するためには、流水水槽で栄養塩濃度を常に適切な濃度に維持できる技術開発（安価な肥剤と施肥作業の効率化）が重要になる。いままでの成果を踏まえ、アサクサノリの安定的な陸上養殖に適する徐放性肥剤を試作し、養殖の問題解決を図りたい。

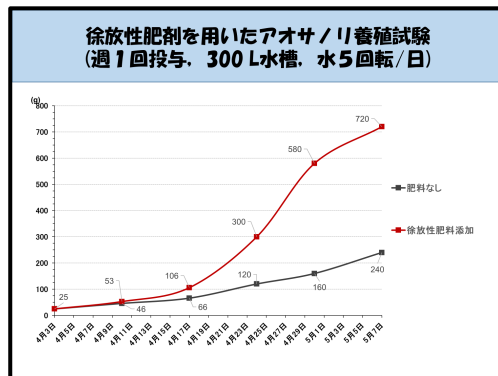
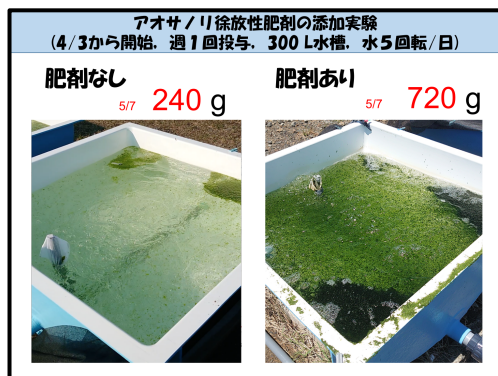


図1 陸上養殖300Lにおけるアサクサノリの成長率

## <研究6> アオサノリ継続摂取による拡張期血圧上昇抑制効果

人間生活学部食物栄養学科 小川直子、犬伏知子

**【目的】**平成29年度文部科学省選定徳島文理大学私立大学研究ブランディング事業「藻類成長因子を用いた海藻栽培技術イノベーション」で栽培されたアオサノリを、人が毎日摂取することで身体にどのような影響を及ぼすのかについて以下の実験①②によって検討した。

### 実験① 2018年1～3月

**【方法】**協力者10名(全員女性)をランダムに2群に分け、5名はアオサノリ摂取群(50±13歳)、残り5名は対照群(51±7歳)とした。実験開始時に全員のアンケート調査、体格指標の測定(体重、BMI、体脂肪率、骨格筋量等)と骨密度、足指筋力、血圧、臨床検査値(空腹時血糖値、HbA1c、グリコアルブミン、総コレステロール、HDLコレステロール、LDLコレステロール、中性脂肪)の測定、食事調査を実施した。アオサノリ摂取群には開始から3カ月間、乾燥重量で2g/日のアオサノリを毎日摂取させ、それ以外の生活習慣については両群ともそれまで通りとした。開始から1.5カ月後に体格指標と骨密度、足指筋力の測定を行い、3カ月後には開始時と同様に両群全員の体格指標、骨密度、足指筋力、血圧、臨床検査値の測定と食事調査を行った。

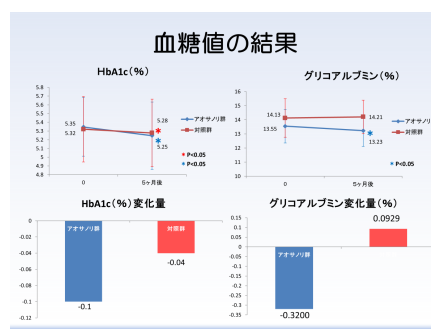
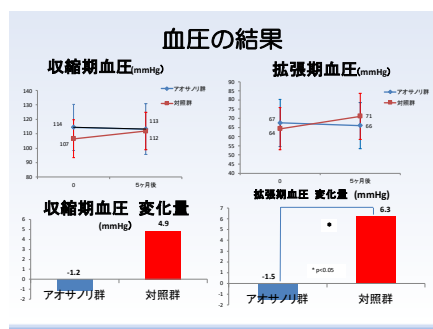
**【結果】**アンケート調査結果から、すでにアオサノリを知っていた協力者は70%であり、たまに摂取していた者は10%程度であった。また毎日便通がある者は皆無で、5～6回/週の者が40%、それ以外は3～4回/週以下であった。アオサノリ摂取群の身体への影響については、開始時に比べ収縮期血圧が有意に低下したが( $p < 0.05$ )、対照群との比較では有意な差はなかった。また中性脂肪については、対照群では一定であったのに対し、アオサノリ群において低下する傾向にあった。HbA1cは対照群で上昇する傾向にあったがアオサノリ群では一定であった。骨密度は対照群で低下傾向にあったがアオサノリ群では一定であった。

### 実験② 2019年の7～12月

**【方法】**実験①の結果を踏まえ、協力者とアオサノリ摂取期間を増やして実施した。協力者は30名とし、これをランダムに2群に分け、アオサノリ摂取群(乾燥重量で3g/日のアオサノリを5カ月間毎日摂取する群)(39±18歳(男性3名、女性12名))と、それまでと変わらない生活を送る対照群(41±19歳(男性4名、女性11名))とした。実験開始時に実験①と同様の調査、測定に加え運動量の測定も行った。開始から2.5カ月後と5カ月後にも同項目の測定を行い、5カ月間の変化について両群を比較した。



**【結果】**エネルギー及び栄養素摂取量については両群に差はなく、体格指標、骨密度、足指筋力、運動量にも有意な差はなかった。しかし拡張期血圧についてはアオサノリ摂取群が対照群に比べ有意に低下した( $p < 0.05$ )。さらに収縮期血圧についても、両群に差はなかったもののアオサノリ摂取群では低下したのに対し対照群で上昇したことから、アオサノリを摂取することによって収縮期血圧についても上昇を抑制する傾向があると考えられた。また、過去2カ月間の血糖値の平均を表す指標であるHbA1cについては、両群共にそれぞれ開始時に対し有意に低下したが( $p < 0.05$ )、その低下した変化量はアオサノリ摂取群の方が大きかった。さらに過去2週間から1カ月前の血糖値を反映するグリコアルブミン値は、アオサノリ摂取群のみで開始時に比べ有意に低下した( $p < 0.05$ )。



**【結論】**20歳代～60歳代までの対象者に毎日乾燥重量3gのアオサノリを5カ月間摂取させた事で、拡張期血圧の上昇抑制効果が認められ、学会誌にも掲載された（日本食生活学会誌 Vol.32 No.4、197-205、2022）。さらに収縮期血圧や血糖値の上昇についてもその抑制効果がある傾向がみられたことから、長くアオサノリを継続摂取した場合に、人の身体に良い影響を及ぼす可能性があると考えられた。このような結果を踏まえ、日常の食卓にアオサノリを加えることによって、人の健康の維持増進に大きく貢献できる可能性が示唆された。

## <研究7> あおさのりを使用した健康志向のサステナブル・スイーツの開発

短期大学部生活科学科 岡部千鶴

本事業は、徳島文理大学の独自技術として開発された「アオサノリ」の認知を高め有効利用を図ることを目指し、「これまでになかった味」を追求した「あおさのりスイーツ」を提案するものである。健康志向、SDGs への理解という視点を有したスイーツ開発を行うことにより、本学の「ものづくり、高い研究力」の周知及び具現化を図る。産官学連携による商品化に取り組み、地域活性化へ寄与する。

### 1. 取り組み2年目の活動～サブレの商品化と新スイーツの開発

令和5年度は2つの取り組みを同時並行的に行った。一つは、令和4年度に開発した「あおさサブレ」の商品化準備（パッケージデザイン、製造拠点の確保、販売チャネルの確保等）、もう一つは新スイーツの開発である。生活科学科生活科学専攻の授業として「総合科目D（スイーツ開発）」を開講することによって活動時間の確保が容易となり、他学部の学生が加わり新たな広がり生まれた。

「あおさサブレ」の商品化に関しては商品名やパッケージデザインを学生が提案し、プレゼンを行い、その後、数度に亘って製造委託先、商業デザイナー及び徳島県の関係者と試食や協議を重ねた。

新スイーツとして開発したのはバターサンド、タルト、チョコレートの3種。モニター試食会を短大フェスタ（山城祭と同時開催）にて実施。昨年同様、山本博文教授による「あおさのり養殖とは」の講演を行い、研究成果を披露すると共にあおさのり養殖とスイーツ開発の意義について周知を図った。

### 2. 本事業の成果～地域との連携、学生への教育効果

サブレの製造委託先として社会福祉法人「スタジオれもん」とその支援団体「とくしま障害者就労支援協議会」を選定。産官学連携により地域の活性化に寄与するという目標を達成した。パッケージには本学が結実させた画期的な研究であることやSDGsに全学挙げて取り組んでいることを記載した。その他、学生考案のオリジナルキャラクターも紹介し消費者の興味を喚起するよう工夫している。サブレは令和5年度内の発売を目指しており、令和6年2月現在、品質保持期間に関する最終検査を受けている。

5月の「消費者まつり」をはじめ、さまざまなイベントに参加して地域の方との交流を図れたことは学生にとって非常に有意義であった。学内においては生活科学科食物専攻が「あおさのり」を使用したメニュー開発を行うなど波及効果がみられる。

令和6年度はサブレ販売を継続的に発展させる他、第2弾としてチョコレートの商品化に取り組む予定である。学内外の運営体制を整え、今後も「健康志向のサステナブル・スイーツ」を引き続き発信していく。



消費者まつり  
(後藤田知事試食)



令和5年度学生開発スイーツ 短大フェスタにて新3品を試食  
(バターサンド、タルト、チョコレート)



■海藻陸上栽培技術の革新性とブランディング戦略

[1] 令和5年度徳島文理大学私立大学研究ブランディング事業報告会

令和6年2月10日(土) 13:00~16:30、徳島文理大学24号館2階201教室において開催された。

報告演題

1. 令和5年度私立大学研究ブランディング事業体制

私立大学研究ブランディング事業事務局 福山愛保

2. あおさのり陸上養殖技術の開発と出口戦略 牟岐町栽培資源センターでの活動を通じて

薬学部教授 山本博文

3. 徳島文理大学天然物ライブラリーの構築およびアオサノリの血圧降下成分の探索研究

薬学部教授 堂上(久保)美和

4. アサクサノリに対する成熟活性を示すキラル化合物の探索研究

薬学部教授 加来裕人

5. ドラッグデリバリー技術を生かした持続性海藻栽培用肥料の開発に向けて

薬学部助教 上田ゆかり

6. アオサノリ継続摂取による拡張期血圧上昇抑制効果の可能性

人間生活学部講師 小川直子

7. あおさのりを使用した健康志向のサステナブル・スイーツ~商品化と今後の展望

短期大学部生活科学科教授 岡部千鶴



## [2] 研究成果報告 (2020 ~ 2024, 3)

## 1) 論文発表

1. ヒビミドロ目に対する葉状体形成促進因子サルーシンの効果、特集号『日本の海藻研究を俯瞰する ~多岐に渡る海藻研究の現状~』山本博文、*日本応用藻類学会誌*、2023、2023、16(1), 1-8. H. Yamamoto, Effect of a morphogenesis-inducing factor (thallusin) on *Ulotrichales*. *Algal Resources*, **2023**, 16(1), 1-8.
2. 小川直子、犬伏知子：健常者のヒトエグサ継続摂取による体格指標、臨床検査値に及ぼす影響～ランダム化比較試験～、*日本食生活学会誌*、**2022**, Vol.32, No.4, 197-205.
3. Utilization of phosphonic acid compounds by marine bacteria of the genera *Phaeobacter*, *Ruegeria*, and *Thalassospira* ( $\alpha$ -Proteobacteria). S. Urata, N. Yamasaki, H. Yamamoto, N. Nishiwaki, Y. Hongo, M. Acachi, H. Yamaguchi, *FEMS Microb. Lett.*, **2022**, 369, 1-5.
4. Development of blade cells and rhizoid cells aseptically isolated from the multicellular leaf seaweed *Gayralia oxysperma*. Y. Kinoshita, Y. Sato, T. Sakurai, T. Yamasaki, H. Yamamoto, M. Hiraoka, *Cytologia*, **2022**, 87, 17-22.
5. ヒトエグサ養殖におけるサルーシンの活用、山本博文、*日本海水学会誌「西日本の海水科学研究(10)」*、**2021**, 75(1), 19-25.

## 2) 学会発表、招待講演

## 学会発表

1. 日下優一、川上隆茂、井上正久、堂上美和、浅川義範、山本博文、ヒビミドロ目緑藻類及びアオサ目緑藻類に含有される ACE 阻害活性物質の探索、日本薬学会第 144 年会（横浜）、2024 年 3 月
2. 高橋桃花、加来裕人、山崎直人、浅川義範、山本博文、アサクサノリ生活園の分化をコントロールする新規化合物の合成について、日本薬学会第 143 年会（横浜）、2024 年 3 月
3. 猪野純乃、加来裕人、山崎直人、江角朋之、兼目裕充、浅川義範、山本博文、アサクサノリ生活環の分化をコントロールする新規天然化合物について、日本薬学会第 143 年会（札幌）、2023 年 3 月
4. 高橋桃香、山崎直人、竹原正也、江角朋之、兼目裕充、浅川義範、山本博文、蛍光ラベル型サルーシン誘導体の合成とヒトエグサ遊走子に対する効果日本薬学会第 143 年会（札幌）、2023 年 3 月
5. 山崎直人、山本博文、あおさのり高温耐性株の選定と通年陸上養殖、第 7 回徳島マリンサイエンスシンポジウム、2022 年 10 月
6. 高橋桃香、山崎直人、大城彩里、兼目裕充、江角朋之、浅川義範、山本博文、緑藻類マキヒトエ仮根に対する蛍光標識型サルーシンの集積現象、日本薬学会 142 年会、2022 年 3 月
7. 山崎直人、猪野純乃、加来裕人、山本博文、岡直宏、アサクサノリの陸上養殖に向けた分化誘導分子の探索、第 6 回 徳島マリンサイエンスシンポジウム、2021 年 11 月
8. 岡直宏、児玉吉平、浜野龍夫、山本博文、鳴門産アサクサノリの陸上養殖技術の開発、第 6 回 徳島マリンサイエンスシンポジウム、2021 年 11 月
9. Y. Kinoshita, K. Tanaka, H. Yamamoto, Y. Sato, T. Sakurai, T. Yamasaki, M. Hiraoka,

A novel approach for biomass production by controlled switching between unicellular and multicellular growth modes in marine macroalgae、 International Conference on Algal Biomass、 Biofuels and Bioproducts (*Algal BBB*), 2021 年 6 月 14 日

10. 浦田真平、山下春奈、山本博文、山崎直人、西脇永敏、足立真佐雄、山口晴生、本邦沿岸域より分離された海洋細菌の有機亜リン酸化合物利用能、2021 年日本水産学会、2021 年 3 月
11. 大城彩里、住友健人、山崎直人、江角朋之、兼目裕充、浅川義範、葛西祐介、今川 洋、葛原 隆、山本博文、磁気ビーズ担持型サルーンシンの合成研究、日本薬学会第 141 年会、2021 年 3 月
12. 山崎直人、高見明香、中原華、上田ゆかり、谷野公俊、山本博文、海藻養殖に応用可能な徐放性肥料の開発とヒトエグサへの応用、第 5 回徳島マリンサイエンスシンポジウム、2020 年 8 月
13. 山崎直人、高見明香、中原華、上田ゆかり、谷野公俊、山本博文、海藻養殖に応用可能な徐放性肥料の開発とヒトエグサへの応用、第 5 回徳島マリンサイエンスシンポジウム 2020 年 8 月
14. 小川直子、犬伏知子、山本博文、ヒトエグサ (アオサノリ) を毎日摂取することによる身体への影響、第 8 回日本食育学会学術大会 (コロナによる中止の為誌上发表) 2020 年 5 月

#### 招待講演

1. 山本博文、あおさのり陸上養殖技術の開発と出口戦略、マリンサイエンスシンポジウム (於：徳島) 令和 5 年 11 月 18 日
2. 山本博文、温暖化に伴う海の環境変化～あおさのり養殖事業の取り組み～、AWA21 講演会 (於：徳島) 令和 5 年 5 月 18 日
3. 山本博文、薬学的観点からの地域活性化構想～大学ブランド海藻の陸上養殖：薬物動態学の応用～、第 108 回薬剤師国家試験問題 (薬剤学) 検討委員会 (於：徳島) 令和 5 年 5 月 13 日
4. 山本博文、ヒビミドロ目に対する葉状体形成促進因子サルーンシンの効果、日本応用藻類学会 20 回記念大会 (於：仙台) 令和 4 年 9 月 3 日
5. 山本博文、よみがえれ！ぼくたちのアオサノリ、日本財団 四国放送主催 海と日本プロジェクトセミナー、令和 3 年 8 月 7 日
6. 山本博文、海藻生活環における海水の不思議：藻類成長因子サルーンシンの合成と応用、143 回日本薬学会中国四国支部例会：日本薬学会中国四国支部会、令和 3 年 1 月 23 日
7. 山本博文、薬学的観点からの地域産業活性化構想「あおさのり養殖を通じて」、徳島県議会事務局 政策調査課主催 徳島県議会講演会、令和 2 年 9 月 11 日

#### [3] 新聞・TV報道

1. 四国新聞「海藻二毛作養殖に成功：徳島 2 大学とベンチャー」2022 年 8 月 14 日
2. 読売新聞「海藻の養殖「二毛作」で、県と大学と連携開発」2022 年 7 月 22 日
3. 日本経済新聞「海藻を陸上養殖」2022 年 7 月 14 日
4. 徳島新聞「2 種養殖成功で季節分け生産」2022 年 7 月 14 日
5. 薬事日報 新春随想 2022 年新年 25 面「あおさのり陸上養殖を確立-地元水産業の活性化後押し」2022 年 1 月 1 日

	<p>6. 徳島新聞「牟岐町ヒトエグサ養殖へ アワビ種苗施設を活用」2021年4月1日</p> <p>7. 四国放送CM「海と日本プロジェクト: 海から海藻がきえる!？」2020年10月10日</p> <p><b>[4] インターネットでの情報発信</b>          事業関連ニュースと事業成果をHPで発信する。  <a href="http://www.bunri-u.ac.jp/brand17/">http://www.bunri-u.ac.jp/brand17/</a></p>
<p>③ 令和5年度の自己点検・評価結果</p>	<p><b>■令和5年度私立大学研究ブランディング事業自己点検・評価結果総評</b></p> <p>学長のリーダーシップの下、本学の研究力を結集して行われている「藻類成長因子を用いた海藻栽培技術イノベーション」事業の「令和5年度の進捗状況」に対する内部評価が6名の委員で次の各項目について実施された。内部評価委員6名の評価結果の平均値と、各委員のコメントを要約する。</p> <p>評価段階： 5. 非常に良く出来ている 4. 良く出来ている 3. 普通にできている 2. 努力が足りない 1. 目的が達成できていない</p> <p><b>A. 研究課題に意義ある成果が得られている：5</b></p> <p>コメント：評価委員全員が満点5の評価であった。プロジェクトは当初の目標（大学の研究力ブランディング、地域社会の活性化、研究マインドを持つ人材育成等）が達成でき進捗があったと評価された。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・徳島文理大学の地域社会への貢献にとどまらず、研究成果も高く評価される。起業化への取り組みにおいても、山本先生の企画力や交渉力が高い。</li> <li>・海藻栽培技術の進歩は、持続可能な開発や環境保護、経済的利益の追求など、様々な面で重要な意義を持つ。本事業において、本学独自の緑藻類成長因子サルーンを用いた革新的海藻種苗生産技術を核とする安定栽培技術が確立されたことにより、アオサノリの陸上養殖が可能となり、天候や海水温度の影響を受けずに一定の品質で生産できることが明らかとなった。これは生産安定化や品質向上につながり、また環境への負担も低いため持続可能な養殖法として意義深い。学術的成果も高く評価できる。特に、アオサノリの血圧降下成分の探索において、本学独自の天然物ライブラリーを用いてACE阻害活性を示す3種類の単離成分中の二成分が、Ser-Ile-Tyr-Aspのオリゴペプチド化合物とアラントイン誘導体であることを突き止めたことは評価できる。また、サルーンの作用メカニズムに関し、蛍光ラベルした誘導体を用いて細胞核に蓄積することを明らかにしている。一方、アサクサノリの成熟誘導物質の探索研究において原胞子誘導活性を持つアラントイン誘導体に成熟活性が見られることを見出した。さらに、アラントインの代替となる高活性化化合物としてヒダントイン骨格に着目し研究を進展させた。このように本事業において種々の意義ある研究成果が得られている。</li> <li>・令和5年度の進捗状況（成果報告書）に記載されている研究項目1～7について、すべての結果において進捗が認められ、意義ある成果が見て取れる。アオサノリの研究に関しては、陸上養殖方法を確立し、その成果は有機JAS認定を取得している。さらに、牟岐町水産栽培資源センターの整備を行い、本地を事業所とする合同会社を設立している。また、ブランディングを高める上で、アオサノリの継続摂取による血圧上昇抑制作用、それに関わる成分研究などが積極的に進められており期待が持てる。本研究はさらに展開し、アサクサノリの成熟を促す成分についても進められ、すでに高い成熟活性を促す化合物が得られている。これらの結果を含め、並行して行われている研究において意義ある成果が認められる。</li> <li>・令和5年度に高温耐性株を発見できたことで、アサクサノリの陸上養殖技術が飛躍的に向上し、安定した生産量を確保できると期待できる。</li> <li>・アオサノリの陸上養殖が軌道に乗り、今後生産力の向上が期待できる。アサクサノリについても研究が進んでおり、アオサノリ以上に意義ある成果が期待できる。</li> </ul>

## B. 本事業は起業化に踏み出せる段階に来ている : 3.5

コメント：評価 (5~1) が大きく分かれた。ベンチャーの起業は評価できるが、ベンチャーの具体的な企業展開が曖昧のため、ビジネスの観点から今後の事業展望に危惧する意見もあった。

- ・多くの商業資本から、生産力が追いつかないほどの引き合いが来ているとの発表があったことから、生産力の増強という次のステップへの展開が期待できる。

- ・アオサノリの陸上養殖には生育に適した多量の海水が必要で、この地域の海水の成分が適しているという報告があり、本事業が地域の発展に貢献することは間違いない。養殖槽の選定を含む実証実験が実施され、半円柱型養殖槽とプール型円形水槽の比較を終了した。これは高温耐熱性アオサノリの株選定を含めた実用化に向けたプロセスが最終段階にあることを示している。また、徳島県水産業の成長産業化及び関連産業の振興に関する協定に基づいた牟岐町を含む四者共同研究による牟岐町水産栽培資源センターでの取り組みも最終年度となり、関連する実証実験も終了し、大学発ベンチャーおよび大学関連研究施設の候補地として本格的に施設整備を進めている。さらに、有機 JAS 藻類としての認証基準を満たす種苗培養法の開発に取り組んでおり、有機 JAS 適合技術へと展開を図った。令和 5 年 10 月から先行的に浅川栽培センター(海藻ラボ)で JAS 認定機構の審査を受けた結果、陸上養殖技術として国内初となる有機 JAS 認証を取得することができたが、藻類成長促進因子サルーシンの使用と海藻用培養液添加の問題解決が必要になる。大学発ベンチャーの登記も並行して進めることにより牟岐町水産資源栽培センター横の用地を事業場とする合同会社アソアを設立していることもあり、これら 2 つの課題を克服すれば本格的に企業化に踏み出せる。

- ・研究成果<研究 1>で記載されているように、牟岐町水産栽培資源センターの整備を行い、本地を事業所とする合同会社を設立していることから起業にすでに踏み出していることに異論はない。また、<研究 7>に記載されているように、アオサノリを使用したサステイナブル・スイーツの開発(サブレ)に関しては、パッケージの準備段階さらに製造委託先も決定しており、これらの面から考えると、本事業は起業にすでに踏み出していると判断する。

- ・大学発ベンチャーとして合同会社を設立し、養殖事業を行うための準備は進められてはいるが、従来から指摘している通り誰を顧客とし何を提供するのかというビジネスの観点での展望が実施項目にも計画にも総合的に記載されていないので評価しようがない。

- ・大学発ベンチャー企業を立ち上げることができ、今後の発展が期待できる。

## C. 本事業は地域発展に貢献している : 4

コメント：アオサノリ陸上養殖の実証実験は徳島県および牟岐町との共同で展開されていること、アオサノリスイーツの製造は社会福祉法人「スタジオレモン」とその支援団体「とくしま障害者就労支援協議会」に委託するなど、本事業の成果は地域社会に還元する当初の目的に沿っていることが確認された。

- ・本事業は徳島県や香川県の主幹産業である海藻養殖業から抽出された課題に対して、本学各学部学科が協働することで具体的な解決策を提案すると共に、地域を支える人材の育成へと繋がる活動として発展させることを目的としている。本海藻栽培技術の開発は、地域の海藻養殖産業の復興と活性化を促進するものであり、地方水産業の発展に寄与している。ヒトエグサ生活環に与える徳島県沿岸海水の影響と効果の解明など地域に根ざした課題に取り組むため平成 31 年 3 月に結ばれた本学と徳島県および徳島大学、阿南高等専門学校、四国大学との徳島県水産業の成長産業化および関連産業の振興に関する協定(マリンサイエンスゾーン協定)からも本事業の地域発展への貢献が伺われる。

- ・研究成果<研究 1>で記載されているように、本事業の成果として合同会社を設立している。本合同会社への雇用に関しても、今後の販売拡大などにより増加する可能性が十分にあることから、地域の発展に貢献していると考えられる。さらに、サステイナブル・スイーツ(サブレ)の製造委託先として社会福祉法人およびその支援団体を選定されているが、どちらも徳島県内にあることから、地域の活性化を誘発することに異論はない。

・自治体等と共同で事業を実施し、施設整備も進んでおり、今後地域貢献に資すると思われる活動がなされている。

・アオサノリスイーツの開発商品化の過程で製造委託先として、社会福祉法人「スタジオオレモン」とその支援団体「とくしま障害者就労支援協議会」になったことは大変評価できる。

・牟岐町と協定を結んで、水産資源栽培センターを活用した研究・生産が行われており、地域の発展に貢献している。今後、アオサノリを生産している他の地域への貢献が期待できる。

#### D. 大学の人材育成に貢献している：4.3

コメント：一般的に大学の人材育成についての質問に答えるのは、教員の業績や卒業生の就職先等の具体的なデータ無しでは難しい。しかし、本事業に大学の多くの学部学科の教員・学生が参画したことが高い評価を受けた。本事業は学長のリーダーシップの下大学の様々な教員・学生が関わり、全学が一丸となって取り組んだ研究プロジェクトと言える。

・関心をもつ学生が育っており、人材育成に貢献しているといえるでしょう。

・本事業は、本学の基礎研究から集約された知見、技術、ノウハウを結びつけ、薬学・環境科学・生物(理工)学・栄養学・総合政策科学を専門とする学部学科が参画し取り組む大型プロジェクトであり、実施の過程で大学の人材育成に大いに貢献している。特に薬学部分野の関わりは多岐にわたっており、本学生薬研究所をはじめ、衛生化学、薬剤学、生化学、薬品製造学、そして分子生物学の各講座が参画している。また、海藻は二酸化炭素を吸収し、海洋の生態系に重要な役割を果たしているため、二酸化炭素の吸収や海洋環境の保護に貢献している環境化学分野の研究者も含まれる。さらに、理工学部ナノ物質工学科等の協力や青さのりの食品機能性を評価する人間生活学部食物栄養学科の役割も大きい。また、緑藻類の6次産業化を視野に入れたマーケティング戦略について総合政策学部の寄与も少なくない。このように本事業は本学の知を集集して遂行された。ただし、まだ参画していない本学の研究者も一部見受けられる。

・令和5年度の進捗状況（成果報告書）に記載されている研究項目1～7について、すべての結果に、学部を超えて徳島文理大学の学生が関与していることは喜ばしいことである。自身の研究成果が実となって表せる様を見せられること、本事業に関わる成果を関連学会において発表していることから、十分に人材の育成に寄与していると考えられる。

・様々な観点で複数の学部等に所属する教員や学生の研究参加と外部発表等が行われており、十分な貢献があると思われる。

・薬学部、食物栄養学科、生活科学科食物専攻が連携してそれぞれの特徴を活かした研究しており、人材育成という観点からも評価できる。

・薬学部や人間生活学部食物栄養学科の教員を中心に幅広く研究が進められており、大学の人材育成に貢献している。

#### E. 徳島文理大学の教育・研究力ブランディングに貢献している：4.3

コメント：大学の研究成果を地域社会の発展に貢献することで大学の教育・研究力ブランディングに資する本事業の目的は、学内では達成されていると評価されたが、学外での認知度は低いと感じている意見もあった。

・薬学部だけでなく、大学の人間生活学部や短期大学部でも新たにユニークな探索テーマが生まれ、両学部の学生教育に貢献している。

・本事業は、大学ブランドの向上を目指しており、受験生や地域住民から、サイエンスマインドを持つ学生を育てる大学、そして研究活動によって地域の産業を支える大学として欠かせない存在と認知されることを期待している。本事業が人材育成に貢献していることは明らかであり、これによってもたらされる研究レベルの向上や学術的な評価、ひいては教育の質の改善などによりブランド力を高めている。また、本事業は実用化研究と基礎・応用研究の2方面より実施され、良好な成果を上げている。起業化の成功が

更なる本学のブランド・イメージ定着に寄与すると思われる。  
 ・本件に関しては、まったく問題ないと思われる。徳島文理大学発のベンチャーを起業できていることや、アオサノリを使用したサブレの開発などに成功しており、今後の販売計画のなかで、徳島文理大学のブランドが内外に周知されることが期待される。今後アオサノリに含まれる血圧上昇抑制降下に関わる有効成分の同定やアサクサノリの成熟活性をもつ化合物の単離ができ、養殖技術が確立されれば、さらになる徳島文理大学のブランドの向上に寄与する。

・論文・学会発表・講演に加えて、新聞・TV 報道の実績があり、研究力およびブランドイメージの向上に寄与している。

・この問いについては、本来他者（外部評価委員）が評価すべきものとする。

・アオサノリスイーツ「アオサブレ」の開発が広く広報され、生産・販売も軌道に乗り、徳島文理大学のブランディングに大きく貢献しており、今後の発展が期待できる。

### 本事業に関して解決すべき課題及び将来展望などの意見

(自己点検評価委員の意見を列挙する)

・研究と企業の両方が発展するかと考えた場合、近畿大学の水産事業も大学から毎年多額の資金援助があると聞いたことがあります。今後の研究の発展には大学の支援継続が期待される。

・本事業による海藻栽培技術の開発により、地域の食料安全保障を向上させることが期待される。安全で高品質な藻類食品の生産が実現すれば、地域の食料供給が安定し、地域の健康と経済に貢献する。藻類成長因子サルーンを用いた海藻栽培技術の開発においては、技術の改良や新しい市場の創出が求められる。海藻は食品や化粧品など多岐に渡って活用されており、新たな製品やサービスの開発により、海藻産業の拡大が期待される。研究面では藻類成長促進因子の作用メカニズムの解明やアサクサノリ成熟誘導物質の研究に興味をもたれる。サルーンの  $^3\text{H}$  ラベル体を用いて結合タンパク質や DNA などの標的分子の探索を行うことで、海藻栽培技術の進歩や新たな応用の可能性が広がる。

本事業による取り組みは、地域の経済活性化や雇用の機会の提供にもつながる。地域経済の活性化と地域社会の持続可能な発展を促進するために、積極的な取り組みが求められる。

・血圧降下作用を持つ成分の抽出などが解決されれば、本成分の大量合成法を確立し、実験動物などを用いて血圧降下作用が検出されるのかについても研究を展開してほしい。また、アサクサノリの成熟活性を持つ化合物の単離については進展が期待され、アオサノリの養殖技術の開発で培われた技術・知識を活用して、アサクサノリの陸上養殖にも触手していただきたいと考える。

・基礎研究での学術上での成果があがっていることに加えて、実レベルへスケールアップした効率養殖へ向けた養殖試験が着々に行われており、一定の成果があげられたと思われる。

・藻類成長促進因子物質である「サルーン」の発見からこのようなアオサノリに関する発展性のある取り組みまで実現できたことは素晴らしい。マスコミにもっと大きく取り上げてもらう働きかけを強力にすべきである。

④ 令和5年度の事業予算の使用状況

計画に則り事業予算は適切に使用された。詳細は平成5年度収支報告を参照。