

1. 特殊成分の組成・ゲノム解析・連鎖型マリンガーデンシステムの構築

-海藻由来機能性素材の創出と効果的に回収できるマリンガーデンシステムの開発研究-

北海道大学大学院水産科学研究院 ○安井 肇、足立伸次、栗原秀幸、水田浩之、木村暢夫、松本世津子、
宮下和夫、細川雅史、嵯峨直恆、板橋 豊

北海道立工業技術センター 吉野博之、宮崎俊一、青木 央、中野紀彦、松村一弘、村田政隆、清水健志
共和コンクリート工業(株) 長谷川伸弘、五十川 茂、川越 力、(有)菅原海洋開発工業 菅原俊光、
(株)富士海洋土木 須田新輔、(有)バイオクリエイト 小西英樹、(株)鉄組潜水工業所 谷 敬志、
(有)アイジャード 谷口陽一郎、(株)かまだ商店 石田征史、(株)松永商店 松永清男、(株)梶原昆布店 梶原健司、
(株)及能 及能尚之、(協)商事(株) 脇裕輝、(有)鮎処木はら 木原茂信、(株)山久古田商店 古田清一、
(有)タカハシ食品 高橋 誠、(有)函館酸素(株) 石黒良太、高田勇介、(有)玉藻屋 坂詰和仁、(有)リ丁能戸水産 能戸守、
南かやべ漁業協同組合 鎌田光夫、えさん漁業協同組合 高谷成基、銭亀沢漁業協同組合 宮川廣明、
戸井漁業協同組合 田中勝博、函館市漁業協同組合 橋 忠克

はじめに

本事業の一般型(平成15-17年度)における「ガゴメのライフサイクル操作等に関する開発研究」では、函館周辺海域に特産する褐藻コンブのなかま、ガゴメ(*Kjellmaniella crassifolia*)に着目し、藻体の発達条件とライフサイクルの特性を見出し、それらをベースに開発研究に取り組み、高分子粘性多糖類の成分分析、陸上培養での成分回収方法の検討、海中培養での含有量変化、生態等の解明に努め、機能性および生産技術に関する研究を行ってきた。ガゴメに含まれる各種フコイダン(粘性多糖類:抗腫瘍・抗肥満・抗炎症・免疫賦活)など豊富な機能性成分は発達・生長段階で含有量に変化し、函館エリアの海中と陸上培養によってフコイダン量が約2倍になること、考案した複数の栽培法が資源増幅に有効であることなどを示した。

また、このエリアではこれら情報に伴い多くのガゴメ関連商品(25製品以上)が開発されて、地域産業活性化に貢献できた。地域特性を生かしたガゴメの存在や数々の製品で新たな価値について全国へ発信する機会が高まり、大きな新産業に発展する兆しをみせている。しかし、良質種苗の安定供給や短期間で多収量を栽培する技術の確立、持続可能な特色ある産業網の形成等、研究課題は残されている。

さらに、第二、第三のガゴメとなる海藻資源の探索や第二のフコイダンとなるような特殊成分の素材開発、それに伴う遺伝情報、生成メカニズム解明、ローエミッション回収、利活用等が期待されている。道南エリアには他の大形海藻類やアワビ、ウニ、ナマコ、マグロなどの高級魚介類など多様で複合的に利用可能な水産資源があり、新たな可能性としての取組みをこのエリアで探索し、生産・加工・流通・販売を統括する持続的産業創出の試みを行う。

研究の目的

道南海域に生育する幾多の海藻のうち、マツモなどはフコキサンチンを高濃度に産生すると予想され、他にも雑藻で未利用のアナメ、チガイソ、ウガノモク、ウミトラノオ、カヤモノリが沿岸で多量に存在し、オゴノリと近縁種ツルシラモはプロスタグランジン生成などで有望な材料と考えられる。平成18年度は、先ず、機能性成分を含む有効な生物資源としての海藻を探索した。本事業の研究期間内では、それら機能性成分に関して、未知の組成、生成メカニズム、生理活性、栄養機能性、分子レベルでの疾病予防特性、遺伝子情報を明らかにすることに努める。また、有効成分の安全かつ効率的な抽出法の開発とバイオテクノロジー技術を用いたローエミッション型生産技術の確立を図る。

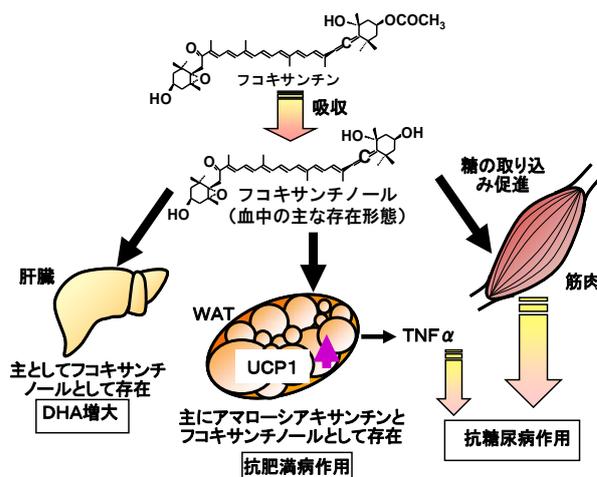
さらに道南において持続的な地域活性化を実現するために、平成18年度から3年間、ガゴメと上記のうち有効な海藻類に着目し、フコイダン等の粘性多糖類、フコキサンチン、プロスタグランジンについて機能性成分を高濃度に含有する大量生産法または効果的に回収できる海中と陸上の栽培法を開発、実用化する。更に上記海藻にアワビ等動物を含めた連鎖的な栽培法を確立し、未利用砂浜域・港周辺の静穏海域で、短期栽培・成分抽出・新製品化・教育・観光など、多目的に利用可能な連鎖型マリンガーデンシステム(特殊成分海藻の生命情報よりなる栽培・種苗

育成の統合システム)を開発する。

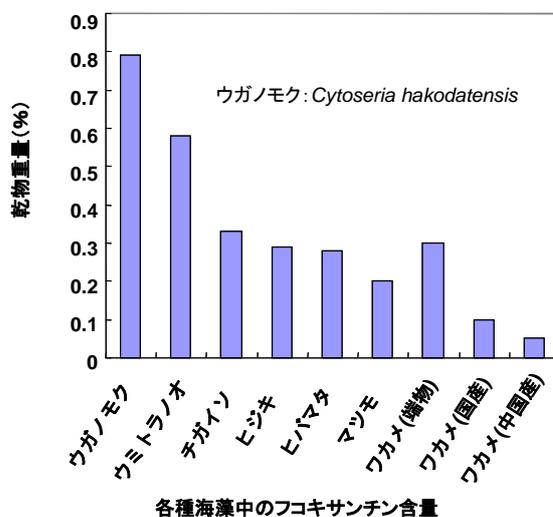
研究開発の内容

A) フコキサンチン等の低分子機能性素材の開発

例え少量であっても付加価値が非常に高く、類似の機能を有する他の成分と差別化が可能であれば、資源の高価値化になる。この点で海藻カロテノイド、フコキサンチンは、現在注目されている成分である。フコキサンチンはオレンジ色の色素で、褐藻類に特徴的に見出される。この成分は、他のカロテノイドと同様、抗酸化性やガン細胞に対するアポトーシス誘導作用を示す。しかし、フコキサンチンが注目されている理由は、我々が最近見出した抗肥満活性と抗糖尿病活性にある。右図にフコキサンチンの生理作用の概要を示した。フコキサンチンは生体中に取り込まれる際にフコキサンチノール



へと変換され、その後アマローシアキサンチンAにも変換される。この内、抗糖尿病作用はフコキサンチノールが、抗肥満作用はアマローシアキサンチンAがその活性本体であることを本年度見出した。また、フコキサンチン投与により肝臓中のDHA含量の上昇することも見出した。これまでに抗肥満活性を有する化学成分については複数報告されているが、その分子機構は不明なものが多く、単なる現象面(脂肪量が動物やヒトで減少するなど)の結果で食品などに利用されている。しかし、フコキサンチンの場合、内臓脂肪細胞中に特殊なタンパク質(UCP1)を発現させ、脂肪を熱に変換することで抗肥満作用を示すことが分子レベルで明らかにされている。こうした機能を有する食品成分は、フコキサンチン以外には知られていない。他と差別化できる機能性を有するフコキサンチンの発見は、褐藻類の有効活用に資するものである。褐藻類は、主要成分として多糖類、タンパク質等を含み、これら成分も十分な栄養機能性を有し、有効成分を総合的にリンクさせることで、食素材として高価値につながる。褐藻類のフコキサンチン含量については道南地域の海藻について網羅的に解析し、ウガノモク(*Cytoseria hakodatensis*)で特に多いことを本年度見出した(右図)。今後、ウガノモクの食品活用を視野に、その生理作用について検討する。ウガノモクにはフコキサンチンのほか、フコステロールや海藻ポリフェノールの多いことも今年度明らかにできたので、こうした特定の褐藻を地域でブランド化し、新たな食素材の創出を行う予定である。



また、紅藻類のオゴノリ(*Gracilaria vermiculophylla*)はプロスタグランジン(PG)産生能を有する稀有な海藻である。オゴノリは本来PGを含まず、細切や凍結・解凍など藻体への物理的な刺激(細胞破壊)を受けるとこれを産生するが、その生合成経路や産生の意味は不明である。オゴノリ及び近縁海藻におけるPG生合成経路の全容を明らかにするためには、PGの迅速かつ精密な高感度分析が不可欠である。本年度の研究では、マトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析法(MALDI-MS)を用いて、PGを簡単に同定する方法を開発した。本法は試料調製が容易であり迅速分析が可能であることから、今後オゴノリ及び近縁海藻におけるPGの分布、生合成、生理機能を明らかにする上で有用であると考えられる。

B) 特殊成分を増幅・回収する連鎖型マリンガーデンシステムの開発

道南海域に生育する上述の有用生物を連鎖的に生産および高度利用する高収益型のモデル(連鎖型マリンガーデンシステム)を研究・検討することで、生産・加工・流通・販売を統括する持続的産業創出を試み、さらなる地域活性

化を目指している。平成18年度から3年間の計画としては、

1) ガゴメ良質種苗の安定供給と超ガゴメ(フコイダン・フコキサンチン高濃度含有藻体)の大量栽培技術の確立、2) その他有用海藻(第2, 第3のガゴメ)の検索と効率的栽培技術の確立、3) 未利用海藻を用いたアワビ、ウニ、ナマコなどの養殖(種苗生産)である。

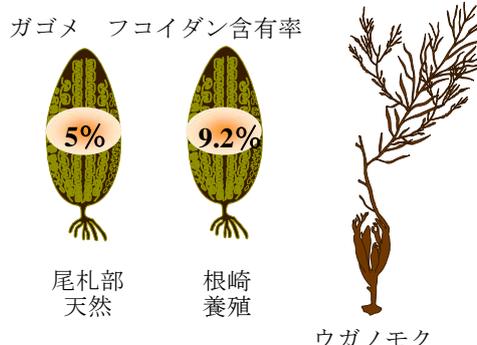
ガゴメを含むこれら有用生物の多くは冷水性であることから、年間を通して冷海水を利用できることが望まれる。

平成18年度は、函館海域で効果的なガゴメ栽培方法の開発及び資源増幅に関わる基礎的知見を得ることを目的とし、本事業で開発したネットシステム(特開 2004-236560 (P2003-28285))を用い、海中栽培効果を調べた。

生分解性ネットシステムは、研究期間中破損することなく、常に80%以上の藻体が育成することを確かめた。本研究結果より、道南海域でガゴメ幼体の栽培に適した条件は、12月から7月の期間、水深8~15mであることを明らかにした。これら得られた知見を応用すると既存のコンブ養殖施設におけるガゴメ栽培の効率的な手法の開発や計画的な藻場の形成に貢献できるものと考えられる。本研究で得られた各時期のガゴメ培養藻体や天然藻体のフコイダン含有量を比較した結果、栽培で6月に採取した藻体が、最も高い値(8~10%)となり、栽培で7~8月に得られる藻体や天然藻体に比べ常に高い値を示すことを明らかにした。



函館エリアでは、有用成分が高濃度に含まれた海藻栽培方法を実現できる総合的環境ポテンシャルを有し、素材の付加価値化の取組みや製品を開発能力がより高まっている。平成18年度に本事業において既に高濃度にフコイダン含有したガゴメ由来のサプリメント、化粧品、健康食品等様々な製品が参画企業を中心に開発され始めた。第二、第三のガゴメになる海藻種の探索を行い、フコキサンチンやフコイダンが高濃度に含有することが判明したウガノモクについても平成19年度に効率的栽培法の開発を行う予定である。



陸上栽培では、水温、光条件、栄養塩条件等の栽培条件を最適に制御することによって、自然変動に影響されず有用成分を多く含む高品質の藻体の栽培が可能である。しかし、設備費やランニング

コストが高いという問題があり、発展型では、アワビやナマコ等の単価の高い水産生物と一緒に栽培して物質循環系を構築し食物連鎖型の陸上栽培技術を確立するとともに、コストダウンを図るため地下水による水温維持等を検討している。

18年度は、海藻と水棲動物との連鎖的栽培による物質循環型連鎖栽培システムを設計、構築するに当たって必要な基礎データを収集した。その結果、ガゴメ1m²に対して約1.3kgのエゾアワビが必要なことが分かった。19年度は収集したデータに基づいて、物質循環型連鎖栽培システムの設計・試作・予備試験を行うとともに、地下水による水温維持方法に関しても検討を行う。これらの成果は、大型種苗の安定的な生産や藻体の有用成分を高濃度に含有させる陸上栽培に応用する。

水温に関するコスト低減については、北大七飯淡水実験所でサケマス類の飼育に用いた排水(年間水温10度で一定)を冷却水として、ガゴメの陸上栽培も検討している。このような自然エネルギーを利用した海藻の陸上栽培は、年間を通して種苗生産が可能になること、生産コストが抑えられること、さらに、栽培条件の調整で機能性成分含有量を高くすることが可能になることから大変有望である。陸上栽培で作成したガゴメ種苗は、これまでよりも良質なガゴメの早期栽培や群落の計画的造成に活用でき、連鎖型マリンガーデンの形成に寄与する。

