

# 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所 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、青木 央、中野紀彦、松村一弘、村田政隆、清水健志、宮崎俊一  
共和コンクリート工業(株)五十川茂、寺崎 将、川越 力、(株)鉄組潜水工業所 谷 敬志、  
(有)アイジャード 谷口陽一郎、(有)菅原海洋開発工業 菅原俊光、  
(有)バイオクリエイト 中山一郎、(株)山久古田商店 古田清一、(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、脇商事(株)脇 裕輝、  
(株)はこだて柳屋 若杉充宏、(有)SKフード企画 木原茂信、(株)玉藻屋 坂詰和仁、  
(有)タカハシ食品 高橋 誠、函館酸素(株)高田勇介、北海道エア・ウォーターENG(株)辻 昌、  
(株)トライ・ビー・サッポロ 齊藤拓男、(株)カネジン食品 宮澤博嗣、日本ヘルス(株)宮川晃朗、  
(株)富士海洋土木 須田新輔、(有)リ丁能戸水産 能戸 守、(株)和気食品 和気弘明、  
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

海峡による複雑な地形を示し、津軽暖流と親潮寒流が出会う函館エリアの海域は、有史以前より多様で豊かな海洋生物資源を育んできた。本事業の研究では、これまで、周辺海域に特産する海藻ガゴメ(*Kjellmaniella crassifolia* トロロコブの一種)に着目し、そのライフサイクルの特性を踏まえて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た。この開発研究情報を産学官で有機的に共有することによって、このエリアを中心にガゴメ関連新商品(約33製品)や海洋産業で付加価値化の情報発信を実現することができ、一定の成果が得られた。

函館エリアでは、第二、第三のガゴメとなる海藻資源の探索や第二、第三のフコイダンとなる特殊成分の素材開発が期待できる状況にあり、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、高度活用等が十分可能な地域であるといえる。

この海域で回収される未・低利用の幾多の海藻について、健康維持・回復にかかわる特殊成分の調査・探索し、これら機能性成分に関して未知の組成、生成メカニズム、遺伝子情報を明らかにすることは、地域活性化の有意義な研究となる。さらに、このエリアには、他の大形海藻類やアワビ、ウニ、ナマコなどの高級魚介類など複合的に利用可能な水産資源があり、生産・加工・流通・販売を統括する持続的な海洋産業の創出を行うのにも適している。しかし、既存産業の活性化と高付加価値製品を生み出す基盤の定着や自然と共生した持続可能な特色ある産業網の形成を真に達成するための研究課題は、残されたままである。

ここでは、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として19年度の成果の概要(A. フコキサンチン等の低分子機能性素材の開発、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)について説明する。

### A) フコキサンチン等の低分子機能性素材の開発

18年度の研究により、抗肥満、抗糖尿病などの多機能性を有し、メタボリックシンドローム予防に有効と期待されているフコキサンチン含有海藻素材として褐藻ウガノモクを見出している。19年度は、フコキサンチン(海藻油:抗肥満)がアカモク、ヒジキ、ウミトラノオ、マツモ、キタイワヒゲにも多く含有することを明らかにした。特にアカモクでは、フコキサンチン量はウガノモクよりさらに高く(乾燥重

量あたり平均0.8%；高いもので1.5%）、ポリフェノール量も著しく高い値（乾燥重量あたり約3%以上）を示すことを確かめた（図1）。

アカモクの栽培条件を制御することで、生食でも機能性が期待できる程度までフコキサンチン含量を増大できる可能性がある。このエリアで高価値化が有望な大型褐藻ウガノモクについては、持続的な増殖・栽培手法と製品化が検討され、フコキサンチンの利活用に関する特許申請（1件）がなされた。

紅藻オゴノリからプロスタグランジン（PG）合成の第1段階に関わるアラキドン酸遊離酵素（ガラクトリパーゼ）を精製し、その基質特性を解明した。これにより海藻からのPGの生産に資する基礎的知見が得られた。今後は、PG合成酵素の探索とその利用を図る。

上記の機能性素材を多く含む海藻のゲノム解析について検討中であり、特にフコキサンチンの全合成系遺伝子については不明な点が多く、この点を解決することで高含有の新たな海藻素材の開発が可能になる。

## 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

19年度の研究で得られた各時期の栽培藻体や天然藻体のフコイダン含有量を比較した結果、5-6月の栽培藻体は安定的に高い値（9~11%）を示し、従来の天然製品に比べて約2倍の高い値であることを認めた。

本事業の研究で技術移転されて商業生産された6ヶ月栽培（根崎、小安地区）と18ヶ月栽培（南茅部地区）のガゴメ（19年度生産）について、高濃度にフコイダンが含有する海藻素材として認知され、この素材をもとに新規の高価値商品が多数検討され、新製品が生み出された。

海中培養では、生分解性ネットシステム（特許取得「藻場造成方法」特許第3938551号による）を道南海域3地域（恵山、根崎、住吉）で実験し、商業栽培として、海中栽培に適した期間が12月から7月の期間であり、大形に発育する水深が8~15mの範囲であることを明らかにした。得られた知見はガゴメの効率的増殖手法へ発展し、多様な商品開発に合わせた栽培法やガゴメ群落の形成に大きく貢献できる。

優良種苗の作製では、本種の幼孢子体の発生段階を精査したところ、付着器（根状部）が形成開始した幼体を用いて海中栽培を行うと、函館エリアの各沿岸で何れも速やかに2年目藻体と同様の形態を呈し、その後著しい生長を行い、約6ヶ月で2-3mの大形葉状体になることを確かめた（図2）。

陸上栽培では、7種の海藻（フタツガサネ、ダルス、ガゴメ、ウミトラノオ、フシスジモク、オゴノリ、ツルシラモ）と他の魚介類（マガキ、ニホンウナギ、シオミズツボウムシなど）の循環飼育水で以下の検討を行った。養魚の循環飼育水を含む海水中で、海藻を培養し、水質変化や海藻の生長に及ぼす影響を調べ、それぞれの種で水質浄化能を検定した。フタツガサネ、ウミトラノオには高い水質浄化能があることが明らかとなった。実証試験用の生長データ、給餌量、水の移動量、物質収支等を把握し、物質循環型連鎖栽培システムの設計・製作を行った。

フコキサンチン含量が最も多い褐藻中のフコキサンチン(Fx)含量と  
野菜中のカロチノイド含量

種	Fx 含量 (mg/g dry)		Fx 含量 (mg/g lipid)		カロチノイド総量 (mg/g dry) 最大値
	平均値	範囲	平均値	範囲	
<i>Sargassum horneri</i>	7.70	5.08-17.95	152.5	71.3-309.0	-
<i>Cytosira hakodatensis</i>	5.89	3.26-7.91	143.8	109.3-193.4	-
かぼちゃ	-	-	-	-	2.34
とまと	-	-	-	-	1.70

- 褐藻脂質中には15%以上のフコキサンチンが含まれる。褐藻脂質はフコキサンチン資源として極めて優れている。
- 上記の褐藻は成長速度が速く、栽培技術も確立している。
- 褐藻類は紅藻類や緑藻類と比較してポリフェノールが多いが、特にアカモクやウガノモクといったホンダワラ科の海藻油はポリフェノール含量が高い。

機能性と安定性に特に優れたアカモクとウガノモク素材の開発。  
フコキサンチン含量の高い海藻の栽培技術の開発とこれによる安定的な素材の供給（遺伝子レベルでの検討）。

図1



図2