

私の海藻との出会い

堀 貫 治

はじめに

私は高校時代までを生まれ故郷である鹿児島で過ごした。小中高時代は夏休みになると近くの川や海で遊んだが、海洋生物と言えばバケツ一杯に採れたアサリ、ハマグリ、マテ貝などの貝類を覚えている程度で、不思議に思えるほど海藻の記憶がない。大学に進学して、卒論研究（「受精における多精拒否現象のメカニズム解明」）のための実験材料としてウニ（受精実験用）やアメフラシ（酵素フコシダーゼ原料）を採集するために三崎や館山の海岸に出かけたが、そこでも海藻を意識することはなかった。大学院時代は「魚類の体表粘液毒に関する研究」グループに属して、サンプリングと称して三宅島や沖縄の海に潜り、研究材料のウバウオ科魚類の採集に努めたが、ここでも特に海藻に気を取られることはなかった。一方、この時に見た沖縄の海、珊瑚などの海洋生物の美しさに圧倒されたのは今でも鮮明に覚えている。特に、海底の砂地に身を半ば埋めた多数のシャコ貝の外套膜の色とりどりの美しさは格別であった。その後、この色はシャコ貝に共生する渦鞭毛藻が作っていることを知った。今思い返せば、渦鞭毛藻も海藻の一種だし、酵素フコシダーゼもアメフラシが餌の褐藻多糖（フコイダン）を消化吸収するために中腸腺で使用しているものであることを考えると、海藻と付き合う素地はこの頃からあったのかもしれない。

海藻との最初の出会い

海藻との出会いは、就職先の広島大学へ助手として赴任してからである。所属することになった研究室では、当時、伊藤啓二教授（故人）と宮澤啓輔助教授が海藻エキスの低分子含窒素化合物（アミノ酸類、ペプチド類、アミン類）やそれらの代謝関連酵素を研究対象とされており、赴任当初は私も海藻のアミン類を探索することになった。赴任して間もない頃、紅藻ハリガネ *Besa paradoxa*（旧名 *Ahnfeltia paradoxa*）の藻体採集を命ぜられ、クーラーボックスを一つ抱えて新幹線と在来線 JR を乗り継いで広島から岩手県三陸町まで赴き、当時、三陸町に在った北里大学水産学部の先生方にご協力いただいて、ボックス一杯のハリガネ試料を得て帰広したことなど、貴重な体験をさせていただいた。1977年のことである。

海藻エキスとは、藻体を 70%含水エタノールで抽出し、抽出液のエタノールをエバポレーターで減圧濃縮して除去後、ジエチルエーテル等で脱脂して得られる水溶性画分のことである。ハリガネの場合、奇異なことに脱脂中にパラパラと多量の板状結晶が析出するが、この結晶は *candicine-o-sulfate* と命名した新規の天然化合物であることがわかった（図 1）。既知化合物である *candicine* は *tyramine* の N-トリメチル化物で元々陸上植物サボテンから

毒成分（マヤ文明時代、現地では矢毒として使用されていたとの言い伝えもあるらしい）として見いだされているが、その硫酸化エステル candidine-o-sulfate には毒性はなく、簡単な酸処理（脱硫酸）で得られた candidine には強い毒性があることを確認できた。採集時期が異なるハリガネ藻体からは tyramine の N-ジメチル化物（hordenine）も見つかっていることから、これら candidine-o-sulfate を含むアンモニウム塩基類はメチル基や海藻多糖に多い硫酸基の供与体として機能しているのかもしれない（図 1）。

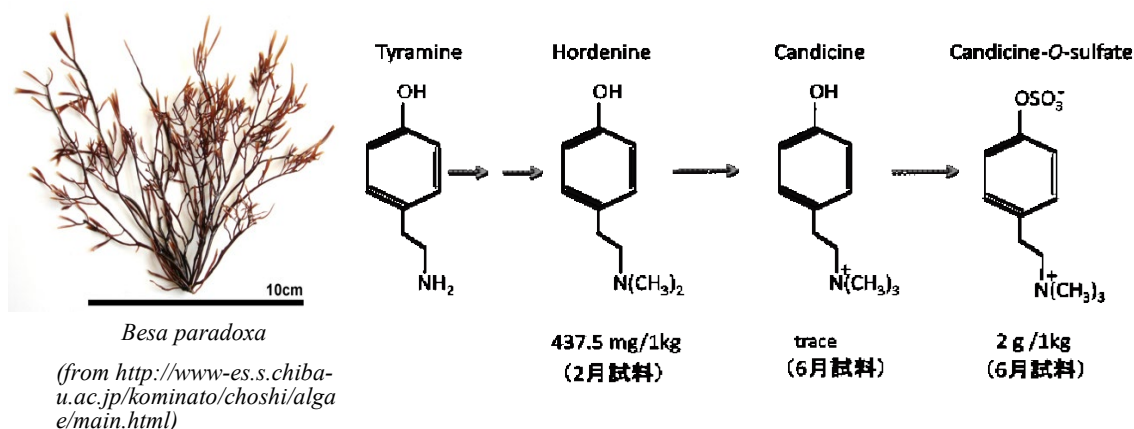


図 1. 紅藻ハリガネ藻体と含有アミン類

多種多様な海藻との出会い

アミン類の検索研究を数年間行った後、ライフワークとなった海藻の糖結合性タンパク質（レクチン）の研究を 40 年間程続けてきているが、この間、海藻サンプリングと称して国内外の多種類の海藻と出会う機会に恵まれた。採集した海藻は 200 種を越え、延べ数にするとその 4~5 倍にもなる。国内では西日本が主な採集地で、和歌山県串本・加太湾から鹿児島県トカラ列島にまで及んだ。国外でもインドネシア、ベトナムの海に潜り、採集した海藻のレクチン探索に取り組んだ。各地の海藻との出会いは同時に採集各地の文化や人々との出会いでもあった。お陰様で、現在 70 種あまりの海藻レクチンライブラリーを組換え体として保有しているが、海藻レクチンは他生物由来レクチンには見られない分子構造や糖鎖結合特異性をもつ新規レクチン群を形成していること、多様な生物活性を示し応用価値が高いことなどを明らかにすることができた。考えて見れば、食材のみならずいろんな意味で私は海藻を食べて生きてきたのかもしれない。

各海藻との思い出は枚挙にいとまがない程であるが、美しいと感じた食用海藻を 2 種類ほど紹介したい。一つは紅藻カギバラノリ *Hypnea japonica* である（図 2）。この糸状体様の海藻は和名にあるように先端のカギ状枝を使って主に褐藻類の枝に巻き付いて生息している。藻体が海水中で青白い蛍光を放ってゆらゆら揺れている様にはつい引き込まれてし

まう。この海藻は波の荒い岩礁先に生息しているので、特に天候が悪い日のサンプリングはやっかいである。私の学位論文はこの海藻のレクチン(Hypnin と命名)が主体となっており、思い入れのある海藻でもある。Hypnin は多様な生物活性（がんマーカー結合性、抗腫瘍、抗ウイルス）を示し、診断薬を含む医療分野での応用が有望視されている。このレクチンは90 アミノ酸で構成される低分子ポリペプチドで 30 分間煮沸しても失活しない。サンプリング後、この海藻をさっと茹でて酢味噌で食べたことがあるが、とても美味である。この海藻は八丈島ではブドと呼ばれる郷土料理に使われている。残念ながら、国内での海域養殖には成功していない。



図 2. カギイバラノリ *Hypnea japonica* の海中写真

もう一つは、紅藻キリンサイ属の海藻である。国内でも野生種が存在するが、私が本格的にこの海藻に出会ったのは論博事業（学術振興会）で毎年来日していたベトナム人研究者との共同研究の中で、ベトナム ナチャン市を訪れた時からである。ベトナムのキリンサイ属海藻（主としてネッタイキリンサイ *Kappaphycus alvarezii*）は原産地フィリピンから日本経由（移植株）でベトナムに運ばれて海面養殖が開始されたとのことであった。ベトナムでは国立科学技術アカデミー・ナチャン支局の海藻養殖部門長の Nang 先生（故人）の案内で各地の養殖現場を訪れることができた。軍の施設から船を出してもらいキリンサイ養殖に特化した小島を訪れたことなど懐かしい思い出である（図 3）。訪問当時は生産量も増えてベトナムの漁業従事者の復帰に役立ったとの話も伺った。この海藻はサラダ具材として生食されるが、食品工業用の増粘剤カラゲenanの原藻としてフィリピン、東南アジア、南米、アフリカなど各地で大量に養殖されている。ベトナムではネッタイキリンサイの鮮やかな色と肉付きの良い逞しい枝ぶりの美しさに魅了された（図 3）。ネッタイキリンサイを含むキリンサイ属海藻は比較的多量のレクチンを含んでいるが、その藻体内での生理機能はわかっていない。ネッタイキリンサイのレクチン (KAA) 含量は、海水温が低く溶存態窒素・リン量が多い冬期に増大する。この海藻は同じ生息場所・時期にもかかわらず紅色、緑色、褐

色の3種の株が存在することで興味深い、3株のレクチン性状は同じであった。キリンサイ属レクチンは多様な生物活性(抗がん、抗ウイルス、抗菌など)を示すことから、HypninAと同様に応用価値が高く、原料供給にも恵まれており、今後の利用に期待がもてる。最近席卷した新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)、それにインフルエンザウイルスやエイズウイルス(HIV-1)の宿主細胞への感染を強く阻止することから注目されているレクチン類でもある。キリンサイ属海藻レクチンの分子構造や糖鎖認識能の詳細も明らかにすることができたが、このレクチン類はOAAHファミリー(相同なアミノ酸配列をもつことから互いに類似タンパク質群と見なされる)と称する一つのレクチン家系に属する。このレクチン家系はキリンサイ属以外の大型紅藻にも比較的広く存在し、淡水産藍藻 *Planktothrix agardhii* (旧名 *Oscillatoria agardhii*) (OAA) や陸上粘液細菌 *Myxococcus xanthus* (MBHA) からも見いだされる点で興味深い。このように類似アミノ酸配列をもつレクチンタンパク質が生息環境や分類を異にする多種生物に存在することは、レクチンの分子進化の観点からも興味をもたれる。レクチン遺伝子の水平伝搬などの機構が存在するのかもしれない。



図3. ベトナムにおける *Kappaphycus alvarezii* の養殖現場と収穫藻体

ノリとの出会い

今は亡き伊藤啓二先生の教えでもある「未利用海藻の有効利用化」を旗印に多くの海藻に出会ってきた。今では海に出向くとまず海藻が目につく程になった。しかし、もっとも利用されているノリに出会ったのは最近のことで、恥ずかしながら海苔増殖振興会の「海苔の成分

の有効利用に関する検討委員会」の委員を委嘱されてからである。数年前、有明海のノリ種付け現場を見学させていただいた時、ノリ網張りのために競って船を出す養殖従事者の勇壮な姿に感動した。同時に、海藻資源としてもっとも生産量が多いノリを研究開発対象とする大事さを学んだ時でもあった。ノリは様々な視点から莫大な研究報告例があるが、ノリ由来のレクチンに関する研究報告は皆無に近い。ノリはレクチンを含むのだろうか、ノリから有用なレクチンが開発されたら・・・等々、夢を馳せているところである。

執筆者

堀 貫治(ほり・かんじ)

一般財団法人海苔増殖振興会評議員、
広島大学大学院統合生命科学研究科特任教授、広島大学名誉教授、農学博士