

り他のさまざまな情報と統合されコントロールされているのです。そして刺激される脳内の部位の違いにより“お腹空いた！”と感じたり，“お腹いっぱい！”と感じたりするのです。この刺激が絶妙なバランスで保たれているからこそ、私たちも魚も一生食べ続けるということではなく、食べることを止めることもできるのです。

食欲は脳からのメッセージ

ではそれらの情報はどのようにして交換されているのでしょうか？食事をして胃や腸が（それ以外の組織も関与します）膨張すると、その膨らみの情報は神経線維（迷走神経）を介して「食事しました」という情報となり脳に伝えられます。また、そこに大きく関与してくるのがホルモンと呼ばれる神経シグナルです。大きく分けると食欲に関連するホルモンは2つのグループに分けられます。お腹が空いて、食べると満腹になることから分かるように食欲を促進させるホルモンと、逆に食欲を抑えるホルモンです。そして不思議なことに促進させるホルモンも、抑制するホルモンも多数存在するのです。

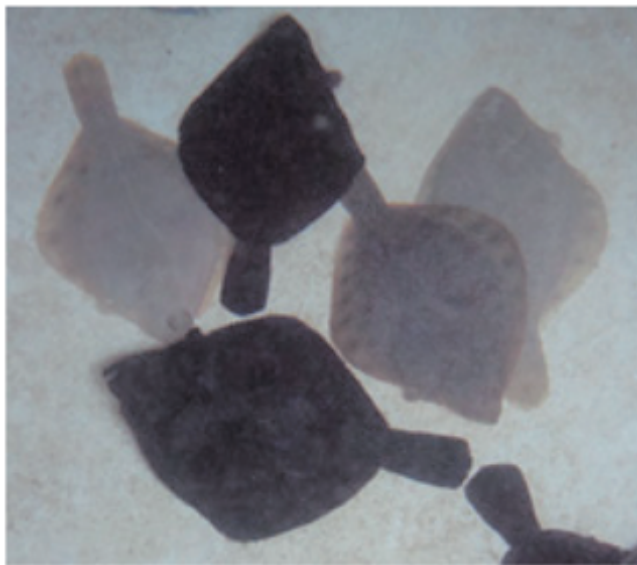


図1. 飼育中のマツカワ

ニューロンに着目

前に述べたように、魚の食欲も脳によってコントロールされています。そして食欲に関与するホルモンは多数存在します。ヒトと同じ体重にして比べてみると魚の脳重量はヒトの150分の1程度しかなく、知的に比較すると頭が良いとは言えません。しかし、私たちの脳と魚の脳を比べてもレイアウトはほとんど同じなのです。脳を構成しているのはもちろん細胞ですが、脳の細胞は他の組織の細胞と少し形が違います。細胞とい

うと丸い形を想像しますが、脳内の細胞は丸い形の部分から長い手のような突起（神経線維）が出ています。この脳特有の細胞は「ニューロン（ギリシャ語で「臍」などを意味する）」と呼ばれており、食欲も脳内のたくさんのホルモンをつくっているニューロンによる複雑な情報交換により調節されているのです（図2）。魚でもヒトでもニューロンが情報交換手段の一つとして使われているのは同じなのです。

では一体、マツカワの脳内でMCHはどのようなホルモンと情報交換をおこなっているのでしょうか？ホルモンといってもたくさんあるので、まず3種のホルモンに的を絞りましょう。①MCHの作用とは反対に魚の体色を黒くする黒色素胞刺激ホルモン（MSH）、②哺乳類で食欲を促進させるホルモンとして発見され、脳内でMCHニューロンの近くに存在するオレキシン（ORX）、③魚類でも哺乳類でも性成熟に関与する生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH）です。ニューロンに色を付ける方法を使って顕微鏡で観察してみると、MCHニューロンとMSH、ORX、GnRHニューロンは綺麗にマツカワの脳内でネットワーク（神経線維が他のホルモンのニューロンに伸びている状態）をつくっていました。これらのネットワークの存在からマツカワの周りの色情報はMCHニューロンだけではなく、MCHがつくるMSH、ORX、GnRHとのネットワークにも伝わり、互いに連絡を取り合いながら食欲を調節していると考えられます。

同じ魚類でも異なる作用

魚でもMCHが食欲の促進に関与することが、マツカワの実験で明らかになってきました。やはり、MCHは魚でも私たち哺乳類と同様に脳内で食欲を促進するホルモンとして働いているのだらうと考えられるようになったわけです。しかしその後、富山大学大学院理工学研究部の松田恒平教授らにより、キンギョで面白いことがわかりました。マツカワと同じ魚類でありながら、キンギョの脳内でMCHは食欲を抑えることがわかったのです。そしてこれが私の現在の研究テーマに繋がりました。MCHがつくるネットワークの研究をおこな

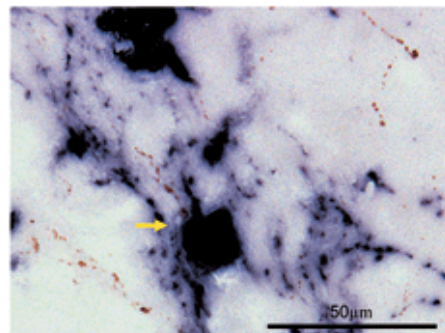


図2. ニューロン（細かい点々が神経線維）

化学を通して生き物を見る



講師 安元 剛

知りたくなりました。このMCH作用の違いは、MCHが構成する他のホルモンとのネットワークの違いにより生じていると考えられるからです。

マツカワとの格闘

博士研究員として松田教授による指導の下、マツカワの食欲研究に応用できる技術を学ばせていただきました。その方法とは「脳室内投与方法」というもので、その名の通りに脳に直接、先端の細い注射針でホルモンを注入する技術です。指令センターである脳に直接ホルモンを注射して、ホルモンの働きを調べる方法です。マウスなどでは当たり前の様におこなわれている方法ですが、左右非対称のカレイ（マツカワ）は体も横になっていれば脳も横になっているため、まず、脳の場所が非常に分かりにくいのです。さらに困ったことに硬い皮の奥深くに脳があるため、注射したくても脳までなかなか辿り着けません。このように問題は山積みで学生時代から失敗を繰り返していたマツカワでの投与方法でしたが、松田教授らとの出会いにより先が見えてきました。原始的な方法ではありますが、マツカワにおける投与方法が確立できれば、さまざまなホルモンの作用をより直接的に調べることが可能になります。そしてマツカワとキンギョにおけるMCH作用の違いを生じさせている仕組みも示すことができるのです。

これから

私の研究は魚類における食欲の研究から始まり、少しずつ方向性を変えながら前進しています。「食欲」というキーワードで現在は研究をおこなっていますが、魚の行動と向き合いながら「食欲」のみに捉われずに視野を広げて研究を展開していくことが今の私の大きな目標です。そしてこれまで多くの人に支えられてなんとか研究を続け、発展させることができました。これからも人との出会いを大切に研究を続けていきたいと思っています。

はじめに

平成22年度4月より資源化学研究室に着任しました安元剛です。宜しくお願い致します。

専門は天然物有機化学です。特に化学生態学を研究してきました。今回はその一部を紹介致します。

「化学を通して生き物を見る」と書きましたが、難しく考えずに、今回は“におい”について少し考えてみましょう。“におい”というものが実は小さな化学物質であるということを皆さんはご存知だと思います。綺麗な花の甘い香り、山に登ると漂ってくるさわやかな草の香り、海辺で感じる磯の香りなど、私たちが感じている“におい”の多くは揮発性の小さな化学物質が混ざり合ったものです。生き物はこの小さな化学物質を非常に敏感に感じ取り、その“におい”のもとが何なのかを見極める力をもっています。また私たちは、陸上で生活しているさまざまな生き物がこの“におい”を利用して生活しているのを知っています。植物は花を咲かせ甘い香りを出し、花粉を運んでくれる昆虫などを引き寄せます。昆虫はフェロモンと呼ばれる“におい”でお互いを認識しています。それでは、水の中で生活している生き物はどうなのでしょう？たっくさんの水に囲まれた世界で生き物は“におい”を感じ取れるのでしょうか？実は、水の中の生き物も、陸上の生き物と同様に、わずかな“におい”を敏感に感じ取っているのです。例えば、鮭がふるさとの川に戻ってこられるのは、その“川のにおい”を覚えているからです。また、ウニは敵であるロブスターやイチヨウガニなど、“敵のにおい”を察知すると逃避行動を起こします。さらに、イソギンチャクとクマノミの

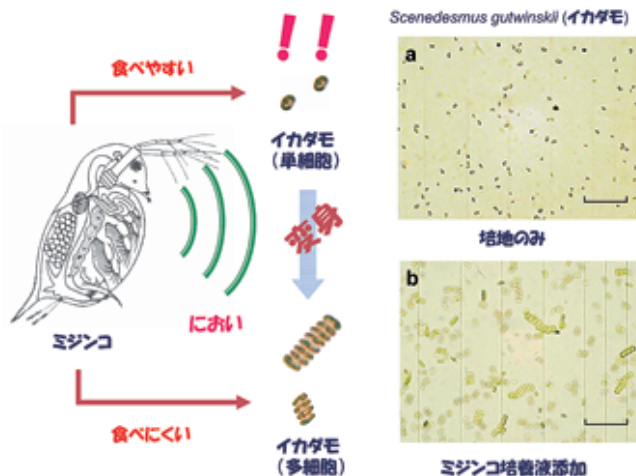


図1. イカダモのミジンコに対する防御メカニズム (写真：目盛は50マイクロメートルでいずれも10日間培養)

仲の良い様子を海の中でよく見かけることが出来ますが、この共生関係でも “イソギンチャクのおい” がクマノミをひきつけていることがわかっています。このように、海または陸上で生活している多くの生き物が、生存のための戦略に、“におい”つまり化学物質を利用してはいますが、これまでにわかっているのはほんの一例に過ぎません。これら “におい” のもととなる微量の化学物質など、生き物たちの生態を化学的に明らかにしていくことは、生命の神秘に触れるとともに、人と自然が仲良く暮らしていく方法のヒントを与えてくれると思います。それでは、今回は先ほど例に挙げたような大きな生き物ではなく、もっともっと小さな生き物である植物プランクトンのイカダモとそのイカダモを餌にしている、動物プランクトンのミジンコの生存競争に関わる “におい” のお話をご紹介します。

・イカダモがミジンコから身を守る方法

イカダモは世界各地の池や沼に生息する大きさが8マイクロメートル（1マイクロメートルは100万分の1メートル）程度の小さな緑藻で、光合成をして栄養をつくりだす植物プランクトン的一种です。このイカダモは、単細胞の形態をとる場合と細胞が連なった多細胞の形態をとる場合がありますが、この形態の違いはイカダモの防御機構と深く関係しています。ミジンコはイカダモなどの植物プランクトンをえさにしているのですが、イカダモはこのミジンコの存在を感じ取ると、自らの姿を大きく変えてしまうのです。通常、イカダモのみで培養すると、単細胞の形態で増えていきます（図1a）。しかし、ミジンコ、もしくはミジンコを飼育していた水を、イカダモを培養している水に加えてしばらくすると、細胞が2個、4個、あるいは8個といった数連なった大きな形に変身します（図1b）。ミジンコの体は貝のように殻が2つ合わせた様な構造をしていて、えさを食べる時、この体の前にある脚

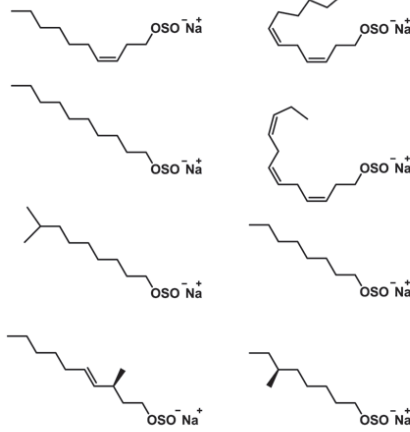


図2. イカダモが感じている ‘ミジンコのにおい’ の正体

で水をかき水の流れを作ります。そしてその流れに乗ってくる植物プランクトンやバクテリアを殻の隙間に取り込み脚の細かい毛で濾して食べています。殻

の隙間は小さく毛も細かいため、イカダモの体が大きくなると、小さなミジンコにとっては餌として取り込みにくくなってしまいます。実際に、大きくなったイカダモはミジンコに食べられにくくなることがわかりました。つまり、イカダモはミジンコが作り出している何らかの化学物質（においのようなもの）を感知すると、自らをミジンコに食べられにくい形へと変身させることで、身を守っているのです。

・ “ミジンコのにおい” の正体を追って

ミジンコを培養していた水から、“ミジンコのにおい” の正体がどのような化学物質であるかをこれまで多くの研究者が調べてきましたが、非常に量が少なく、その正体を突き止められるだけの量を集めることができませんでした。そこで私たちは、この化学物質を突き止めようといういろいろ検討した結果、ミジンコ自体を抽出した液にも、イカダモを変身させる性質があることを見つけました。そこで魚のえさとして売られている冷凍のミジンコを買ってきて（10キログラム！）、含まれている成分を抽出しました。抽出した成分を性質ごとに細かく分離し、それらを、イカダモを培養している水に加えることで、どの成分がイカダモの変身を引き起こすかを丹念に探すことにしました。数年にわたる研究の結果、ついにその物質を突き止めることが出来

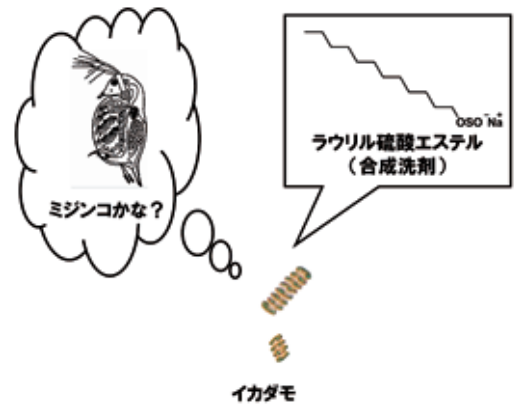


図3. イカダモに勘違いさせるかも？

ました。また、そのほとんどはこれまでに知られていない新しい化学物質でした。どれもごく微量で効果がありましたが、最も効果が大きかったものは炭素数が10個のものでした。水1ミリリットル中にわずか0.1ナノグラム（1ナノグラムは10億分の1グラム）で強い効果を示しました。これらの化学物質が “ミジンコのにおい” の正体であると証明するために、これらを人工的に合成し、イカダモの変身を引き起こすことを確認しました。さらに、ミジンコを飼育した水にこれらのにおい物質がどのくらい含まれているか調べました。その結果、アルキル硫酸塩は、1ミリリットル中に全部で8ナノグラム含まれており、イカダモを変身させ

るのに十分な量でした。

・合成洗剤とそっくり？

トピックス

食之殺人

准教授 佐藤 繁



使われている合成洗剤の一種であるラウリル硫酸塩とそっくりな構造をしています。そこで、この合成洗剤にもイカダモを変身させる性質があるか調べました。その結果、水1ミリリットル中に $10\sim 100$ ナノグラム程度含まれているとイカダモの変身を引き起こすことが分かりました。つまり、イカダモはこの合成洗剤があるとミジンコ（敵）がいるのではないかと勘違いしてしまう可能性があります（図3）。このラウリル硫酸塩という合成洗剤は、バクテリアなどによる分解速度も速くそれほど環境中に残留することもなく、排水基準などありません。しかし、非常に微量で活性を示すため生活排水がイカダモの生態に影響を与えている可能性があるかもしれません。実際の自然環境下ではどうなっているのかは調査が必要ですが、イカダモは単細胞形態のとき、クロレラなど他の単細胞緑藻と区別するのが難しく、実際にどのような形態で生活しているかを調べるのは大変です。合成洗剤が自然環境下でイカダモにどのような影響を及ぼしているのかを調べることは今後の課題であるといえます。

・化学を通して生き物を見ること

今回は「化学を通して生き物を見る」と題し、その中の“におい”に関係した一例をご紹介しましたが、生き物たちはその他にも化学物質を用いてさまざまな生存競争を行っています。私たちが病気の時にお世話になる抗生物質も、微生物どうしの長い闘いの末に作り上げられた化学物質です。また海の中でも、海藻などの藻類を始め、海綿、イソギンチャク、ヒトデ、クラゲなど多くの生き物が自らの身を守るためにたくさんの化学物質を作っています。近年の分析機器の発達に伴い、陸上生物だけでなく水圏生物の生態と行動の不思議が、実は化学物質の伝達の仕業として、化学の言葉で語る事が出来るようになってきました。化学を通して生き物を見つめその謎を明らかにしていくことは、自然と仲良くしていく方法を学ぶと同時に、私たちの暮らしをより良くしていくことに繋がると思います。

“ミジンコのにおい”の正体をアルキル硫酸塩であると突き止めることが出来ましたが、実はこの化学物質は、洗濯用洗剤やシャンプー、歯磨き粉などに広く

フグ科魚類は腹鰭と肋骨を欠き、胃の腹側の伸縮性に富む憩室に水を飲み込んで体を大きく膨らますことが出来ず。ふくれるから「フク」なのであり、なまって「フグ」になったのでしょう。体を膨らまして外敵を威嚇するという戦略は、よほど効果的であるらしく、世界中の熱帯から温帯、沿岸域から淡水域に至るまで、多様なフグ類がのうのうと生息しています。

フグという魚は誰が見てもフグなのですが、フグを1尾持ってこられて「これは、なにフグなのか」と種名を問われたら、自信を持って答えられる人は少ないでしょう。フグは種によって毒の体内分布が大きく異なります。全身が有毒で、肉を食べただけでも命を落とすような種が存在します。サンゴ礁の海で遊んでいると、モヨウフグ属の巨大なフグに出くわすことがあります。人間を見ても逃げようとせず、海底に鎮座したまま4本の尖った前歯をむき出しにして威嚇してくる、フグというより猛獣と呼びたくなるような生き物ですが、この仲間は肉にフグ毒（テトロドトキシン）だけでなく、しばしば麻痺性貝毒まで高濃度に溜めこんでいて、とても食用とはなりません。

言うまでもなくフグは毒魚です。世界中で大手をふってフグを食べている国は、日本と韓国しかありません。中国でも一部の地域では食べられています。フグは「河豚」と書きますが、これは本来、産卵のために揚子江（長江）等の大河に遡って漁獲されるメフグを意味します。河豚が「河にいる豚のように美味しい魚」のことなのか、あるいは「膨れて豚のようになる河魚」のことなのかは分かりません。メフグは日本人にとっては馴染みが薄い魚です。日本人はフグが海産魚であると認識していますので、フグを「海豚」と書けばいいようなものですが、これだとイルカになってしまいます。いずれにせよフグを「河豚」と記載するようになったのは、中国でも日本でもそれほど古いことではありません。

紀元前の中国の山海経に「食之殺人」と書かれた「魚偏に市」と書く魚が記載されています。後漢時代に王充が著書の論衡中で「鮭肝死人」と述べています