

温暖化による魚類相の変化を探る — 四国黒潮沿岸調査

●聞き手・文：瀬戸内 千代（海ライター・エブオブ副編集長）

地球温暖化による海水温の上昇が止まりません。その生態系への影響が、各地のさまざまなモニタリング調査によって、少しずつ解明されつつあります。

OWSでも九州・四国から房総半島までの黒潮流域沿岸で、サンゴと魚類の調査を実施しています。

そこで今回は、同じ黒潮流域で早い時期から藻場やサンゴ場、魚類相などの調査を続けておられる高知大学の中村洋平先生を訪ね、四国の太平洋沿岸の状況について、お話を伺いました。



写真提供：中村 洋平（高知大学農林海洋科学部准教授）

◆調査の概要

— 暖流の黒潮が沿うように流れる高知県の海では、2000年代の冬の平均海水温が1980年代前半よりも、1°C近く高かったそうですね。

はい。高知の海は、本州の黒潮沿岸の将来を先取りしているような状況です。ここで起こっていることが、いずれ東の方に移っていくという予測のもとに、潜水調査を続けています。

高知県の沿岸には藻場もサンゴ場もありますが、藻場については、1970年代からの調査データが存在します。県の水産試験場が、漁場の状態を把握するために、定期的に海藻の分布調査をしてきたからです。2000年代に高知大学の教員や学生も調査に参加しました。

ここ（高知大学農林海洋科学部のある物部キャンパス）は海が近いので、最寄りの研究フィールドまで30分もかかりません。海の中に入って初めて分かることも多いので、毎月ちゃんと海に出るようにしています。やはり現場での実感というのは大切です。

— どのような調査なのでしょう。

調査対象は、ガラモ場、カジメ場、サンゴ場の魚類相です。「ガラモ」はヒジキなどホンダワラ類の総称

で、「カジメ」は昆布の仲間です。2019年から愛媛県沿岸を含む四国西岸についても国立環境研究所と共同研究を始めましたが、中心となるフィールドは高知県沿岸です。

調査方法は主に、まっすぐに引いたロープを基準に目視調査をする「ベルトトランセクト法」です（図1）。藻場と違って網を引けないサンゴ礁では非常に一般的な方法で、例えば20mのロープを張って、その左右50cm、計1m幅の中にいる魚を目で見て記録します。この長さや幅は、対象とする魚の大きさによって変わります。頻度は、季節ごとや月ごとなど、目的によって設定します。



図1 ベルトトランセクト法

◆藻場が熱帯性に、そしてサンゴ場に

ー 高知の海では何が起きているのでしょうか？

藻場の衰退と消失、ガラモ場の海藻構成種の変化、それから、サンゴ場の拡大ですね。過去のデータで藻場面積を見ると、1970年代1500ヘクタール、1990年代1000ヘクタール、2000年代345ヘクタールと減っています。規模の縮小と同時に、藻の種類も変わっています。熱帯域や亜熱帯域に分布の中心がある種類(熱帯種)が西側から出てきて、全体的に、温帯域に分布の中心がある種類(温帯種)から、熱帯種へと、だんだんと変化してきているのです(図2、図3)。

藻が枯れ果てて完全に岩場になっているところもありますし、藻の消失後にサンゴが生えてきて、すっかりサンゴ場に変わったところもあります。

手結(高知県香南市)では、従来のカジメ場が完全に消失し、2000年に岩場になってしまいました。その後サンゴがどんどん入ってきて、サンゴ場になりました。カジメがなくなったのは、主には90年代後半のエルニーニョ現象による水温上昇で死んでしまったからです。その後、近くにあったサンゴ場から卵などが流れてきて、岩場にサンゴ場が拡大したということだと思えます。

ー 変化の多くは水温上昇が原因なのでしょうか。

藻場やサンゴの増減の原因は、複数あります。水温の変化で生育条件が変わったのに加えて、藻場の減少は、ウニや魚の食害でも起きます。いわゆる「磯焼け」です。高知では、食害で知られる魚はアイゴではなく、ブダイ。サンゴを食べるブダイとは別種ですよ。

奈半利(高知県奈半利町)では、砂浜の流出防止のために離岸堤を設置したら、サンゴの幼生が着床しやすい基質が提供されたことと海域の静穏化によって、次々とサンゴが生えました。人工構造物によって環境が創出された一例です。今では、そのサンゴを観光や町おこしに活用するNPOが発足して、シーカヤックやシュノーケリングによる環境体験ツアーを提供しています。

土佐湾全体の大規模な藻場消失や海藻構成種の変化に関しては、こういった食害や人工物などの影響は、あまり大きくないというのが現場での私の実感です。実際、沿岸に人が住んでいない所やウニが少ない所でも変化は起きていますし、やはり、主な原因は水温上昇だと考えられます。

◆魚類相の変化予想

ー 調査で見つかる魚に変化はありますか。

まだ高知に来て10年なので、それほど魚類相に変化があるようには見えません。しかし、藻場がなくなっ

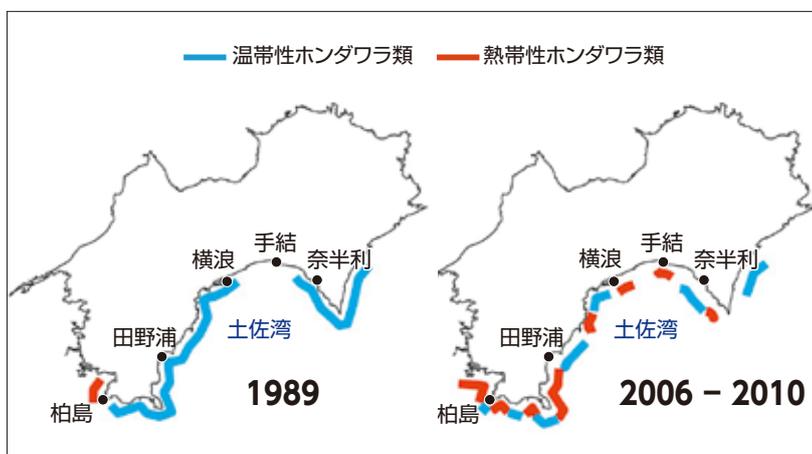


図2 高知県沿岸のガラモ場の分布

約20年で、在来の温帯種が残っているところと、熱帯種に置き換わったところが混在する状態になった。現在(2019年)は土佐湾全域が熱帯種ばかりになっている。Tanaka et al.(2012)Ecology and Evolution の Fig.6 を改変



図3 熱帯種のガラモ場

て、サンゴ場がみるみる広がっていく変化は確実に起きています。このような環境の変化に伴って魚類相がどのように変化するのか。そこに重点を置いて調査を続けています。漁業者に聞くと、昔は今ほどヒブダイやスジアラはいなかったそうですが、定量的なデータはありません。どの種が減って、どの種が増えたのかを調べ、生息場所と魚種とのつながりの強さをそれぞれ解明して、この先、環境が変化した時の変化を予測できるようにしたいと思っています。

岩場の上にサンゴ場が広がっていけば、おそらくチョウチョウウオやスズメダイの仲間が増えますが、それらが冬の低水温に耐えられるかどうかが問題です(図4)。

— もう越冬している種はいるのですか。

スズメダイとテンジクダイの仲間には越冬だけでなく産卵している種もいます。スズメダイ類は沈性卵という水に沈む卵を岩などに産み付け、テンジクダイ類は口の中に卵を置くので、いずれも産卵しているかどうか確認しやすい魚です。そこで、私の学生が調査して、高知沿岸に出現する熱帯性のスズメダイ科とテンジクダイ科の魚類を、越冬して産卵している種と、越冬しているが産卵はしていない種、そして、冬になると死んでしまう死滅回遊魚に分けました。そして、高知県の柏島、横浪、和歌山県の串本、この3カ所で調べました。そ



図4 高知のサンゴ場のチョウチョウウオ類

の結果、沿岸に出現する熱帯種のスズメダイ科52種のうち19種と、テンジクダイ科34種のうち16種が、既に産卵していました。つまり、いずれも半数近い種がもう産卵しているわけです。ただ、それらが実際に温暖化によって産卵するようになったのかは今のところ分かりません。黒潮に流されてきただけの魚は温暖化の指標にならないので、出現種の中から、実際そこに住み着いて再生産している魚種を判別していく必要があります。10年後などに再び調査して、もし産卵している種が増えていたら、その科の分布域は拡大している可能性があります。高知の沿岸には夏にたくさんの熱帯性魚類がきますから、再生産しているかどうかを、魚種ごとに調べる必要があります。

— 種間関係の変化については、いかがでしょう。

藻食性のスズメダイ類は自分の縄張りの藻類を守るため、他の藻食性魚類が入ってくると攻撃します。横浪に生息する在来種のセダカスズメダイは縄張りの中に進入してくる在来種のブダイやニザダイに対して攻撃しますが、同じ場所に出現する熱帯種の藻食性魚類であるヒブダイやニジハギに対しても攻撃しています。つまり、温暖化によって熱帯種が増えると、在来種と熱帯種との間での新たな種間競争も起きるでしょう。

また、磯焼けも、魚と海藻の種間関係と言えます。水温上昇で藻場が衰退し、そこに、温暖化によってより活発に摂食活動を行うようになったブダイ、アイゴ、イスズミといった藻食性魚類がやってきて食べる。その相乗効果で藻場が減っていくことも考えられています。特にカジメ場が消失した一因にはブダイによる食害がありました。秋になると水温が下がりブダイの摂食量が落ちるはずなのに、水温上昇で秋でもよく摂食する。しかも、秋は、カジメが産卵する大事な時季なのです。このタイミングで食べられてしまうと、カジメ場の消失に拍車がかかります。

— ガラモ場の海藻が温帯種から熱帯種に置き換わることは問題ですか。

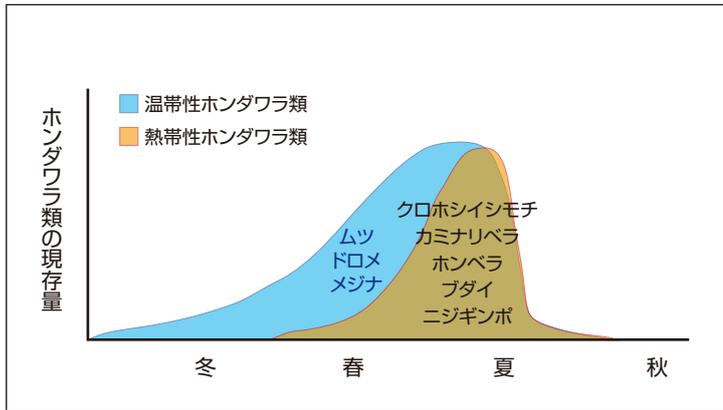


図5 土佐湾の温帯性ホンダワラ類と熱帯性ホンダワラ類の季節的消長とガラモ場に出現する魚類

別に藻場があるならいいじゃない、と思われがちですが、温帯種と熱帯種のホンダワラ類は季節ごとの繁茂パターンが違うのです。温帯種は秋口から生えてきて夏にパッと消え、また秋口に生える。一方の熱帯種は春先に生えてきて夏前に繁茂して夏に消える。消えるのは同じ頃でも、生えている期間が熱帯種のほうが短いわけです。そうすると、困るのは、冬や春先に形成されている温帯種中心の藻場を利用している魚たちです(図5)。魚種による藻場への依存度や、温帯種の藻場の消失が問題になる魚種の特定などを、いま調査しています。

一 水温上昇は、生物多様性の劣化につながるのでしょうか。

温暖化で藻場が減って岩場になると魚の種数は減少するでしょう。しかし、それがサンゴ場に変った場合、高知のように熱帯性魚類が多い海では、ひょっとすると種数が増えて多様性が増すかもしれません。他方、熱帯性魚類があまり来遊しない海では、種数が減り続けるかもしれません。また、ガラモ場が熱帯性ホンダワラ類に置き換わることで、消えていく魚種もあるでしょう。そして、種数が増えた海でも、構成種は全く変わるから、楽観視はできません。多様性が劣化しないとしても、生態系の「質」が変化するわけです。

◆暮らしへの影響は

一 漁業や沿岸の暮らしには、どのような影響が出ているのでしょうか。

手結では、2000年に完全に藻場がなくなり、アワビの漁獲量がゼロになりました。ここは今、サンゴ場になっています。熱帯性魚類が増えて多様性は増したかもしれませんが、漁業の面ではマイナスでしょう。

横浪は、夜に建網(刺し網)を仕掛けて朝に引き上げるイセエビ漁で有名ですが、サンゴが増えくると網が引っかかるため漁ができません。サンゴ場の拡大が漁場の縮小を招いたわけです。

また、土佐湾では、ブリ養殖の種苗を得るための「もじゃこ漁」が盛んです。海面近くを漂う藻に付くブリの稚魚を獲るため、ホンダワラ類がちぎれて沖合に流された「流れ藻」が欠かせません(図6)。

しかし、土佐湾沖の流れ藻の海藻の種類や、そこに付いている魚の種類などを調査した結果、夏の間は温帯種と熱帯種の藻が流れていたものの、春先は温帯種しか流れていないことが分かりました。これは、ブリの稚魚がつく時期と重なっています。もし藻場が熱帯種に置き換わったら、肝心の時に流れ藻が無いことになるわけです。温暖化でブリの産卵時期もずれる



図6 ホンダワラ類の流れ藻に寄り添うブリの稚魚

ブリは2月頃に産卵されて3月頃から流れ藻について成長し、6月には藻から離れる

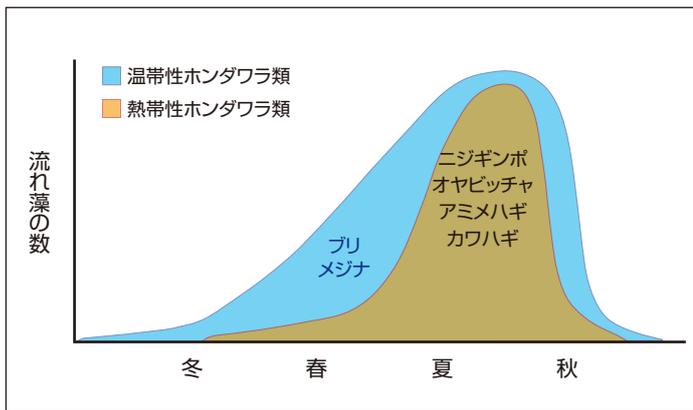


図7 土佐湾沖の流れ藻に付随する魚類

可能性がありますが、いまのところは、藻がなくなっていくスピードのほうが早いです(図7)。

また、春先の流れ藻には、土佐湾で自生していないアカモク(ホンダワラ属の海藻)が見られました(図8)。瀬戸内海にたくさん生えているので、そこが供給源かもしれません。しかし、瀬戸内海も水温が上昇傾向にあります。将来的に分布が縮小してアカモクの現存量が減れば、これも土佐湾沖の流れ藻減少につながる可能性があります。

◆海水温変化がおよぼす影響

一 黒潮と言え、2017年の夏から「黒潮大蛇行」が続いていますが、高知ではその影響はありませんか。



図8 アカモクの流れ藻

2018年の初めに和歌山県の海では水温低下の影響でサンゴが白化しました。これは黒潮大蛇行が主な原因と言われていますが、実は同じ年、高知の横浪でもサンゴが全滅しました(図9)。立地的に黒潮があまり離れていないので、大蛇行が原因とは言い切れませんが、やはり水温が大変下がっていたのです。ラニーニャ現象の影響で陸上も記録的な大寒波でした。

一 水温が高すぎても低すぎても、影響が出るのですね。

そうです。温暖化による水温上昇で、温帯性ホンダワラ類の藻場が消失し、サンゴ場が増え続けている印象があると思いますが、気候変動が招く大寒波のような異常気象がサンゴ場をダメにする場合もあるのです。



図9 横浪のサンゴの死滅

例年の高知の海は、最低水温(2月)が約15℃のところ、2018年の2月頃は13℃が1カ月以上も続き、サンゴの白化と死滅を招いた。左が水温低下前、右が長期間の低下後



図10 田野浦のカジメ場の変化

サンゴが死んだ横浪はその後、藻場になりました。先週潜ったら、辺り一面、熱帯性ホンダワラ類でした。

田野浦は高知で唯一、カジメ場が残っているところですが、ところが、2017年の夏に約30℃の水温が1カ月も続いて、カジメが一斉に死んでしまいました。ただ、辛うじて一部が河口近くに残っていたので、そこから胞子が供給されて、またカジメ場が回復しつつあります(図10)。

以上のように藻場が少しずつサンゴ場が変わってきているところに、時々異常気象が起こって、サンゴがなくなってしまう。あるいは、残っている藻場が高水温でパッとなくなってしまう。そういう調子ですから、非常に将来予測が難しくなっているわけです。

◆今後の展望

一 最後に、これからのご研究の展望をお聞かせください。

これほど海中景観が変化しているのだから、それに合わせて魚類相もドラスティックに変わっているはずだ。そうすると、ますます将来を予測しにくくなる懸念があります。

温暖化に伴う沿岸域や魚類相の変化予測モデルは何種類も出されています。例えば魚類の分布予測モデルは、魚の分布範囲と水温の関係を調べた上で、将来、水温が上昇したら、こういうふうには魚が分布するだろうと予測を立てています。しかし、実際の沿岸魚類を見ていると、結構、生息場所との関連が強い

魚が多いのです。

つまり、水温変化モデルに合わせて魚の分布が変化するというよりは、おそらく、その海域が魚にとって、実際に住める環境なのか、住めない環境なのか、という生息場所の影響が大きいわけです。それも加味した分布予測モデルは、きっと沿岸漁業にも役立つでしょう。私達はフィールドで漁業者の方に船を出してもらった時など、研究の内容に関連した情報交換をしています。将来、海中に変化が起きた時に、それが暮らしにどのように影響し、どう適応すれば良いのか。それを考えていくためには、高知の海に普段から関わっている人たちの生活を知っておかないといけないからです。

今後、モデルの精度を上げるためには、魚と水温の関係に加えて、魚と生息場所との関係を、よりしっかりと調査していく必要があります。より良い予測に貢献できるような科学データを積み上げ、他機関の研究者や漁業者と協力して、将来の適応策を立てやすくすることが、当面の目標です。

中村 洋平 先生 高知大学農林海洋科学部
なかむら ようへい 准教授 博士(農学)



2004年東京大学博士課程修了、琉球大学や東京大学海洋研究所を経て、2008年から高知大学へ。2013年から現職。研究テーマは、アマモ場に始まり現在の温暖化まで一貫して魚類生態学。講義やゼミ指導やヨット部顧問など多忙なスケジュールをぬって調査海域に潜り、海中で体感する生息環境のダイナミックな変化と、魚類相の変化の関係を探るため、科学的データの収集と解析に取り組んでいる。