

第1章 アカガレイ

漁獲量変動の特徴

アカガレイ（学名 *Hippoglossoides dubius*）は、太平洋では宮城県以北に、日本海では島根県以北に生息する冷水性のカレイだ（写真 1.1）。煮つけや干物で食べることが多いが、秋から冬に獲れる鮮度が良い大型魚は刺身も美味しい。福井県沖で獲れるアカガレイは「越前がれい」というブランド名がつけられ、高値で取り引きされている。



写真 1.1 トロール網で採集されたアカガレイ（右ステンレスバット内）、ソウハチ（青バット内）、トヤマエビとウナギガジ（左ステンレスバット内）（2013年8月20日 11:41 噴火湾）。

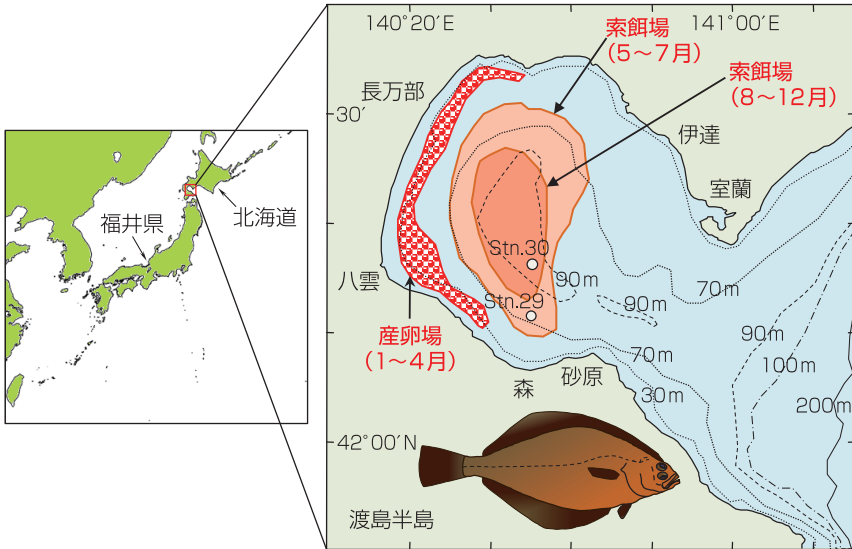


図 1.1 噴火湾における海底水深と、アカガレイの生息域。横山ほか (1991) を基に作成。産卵場では餌をほとんど食べない。8~12月には水温が高いため、深い場所に集中する。Stn.30とStn.29は練習船うしお丸が定期的に海洋観測を行っている場所。左図の海岸線データは <https://www.freemap.jp/> から引用。

アカガレイは水深 200~600 m の大陸棚斜面の海底に生息しているので、深海魚の仲間だ。しかし、北海道の南に位置する噴火湾は、水温が上昇しやすい春から秋にかけて低水温の「沿岸親潮」が流入するため、最大水深が 98 m しかないのに、アカガレイが生息している (図 1.1)。噴火湾のアカガレイの漁獲量は 1987 年 (昭和 62 年) から 3 年間で約 6 分の 1 に減ったが (図 1.2), 魚体が小型で漁業ではまだ漁獲できない魚も含めた「資源量」(単に資源というときもある) も 6 分の 1 に減ったのだろうか？

資源量を推定する代表的な方法は 2 つある。1 つ目は VPA (Virtual Population Analysis, 別名コホート解析) という方法で、漁獲物を抜き取り調査して、体長と年齢を丹念に調べて、いくつかの仮定を設定して、数学的に計算する方法である。多くの水産試験場や水産研究・教育機構がこの方法を用いている。ただし欠点があって、将来その資源が増えるのか減るのか、予測には向かない。過去に遡れば遡るほどデータの精度が良くなる方法なのだ。

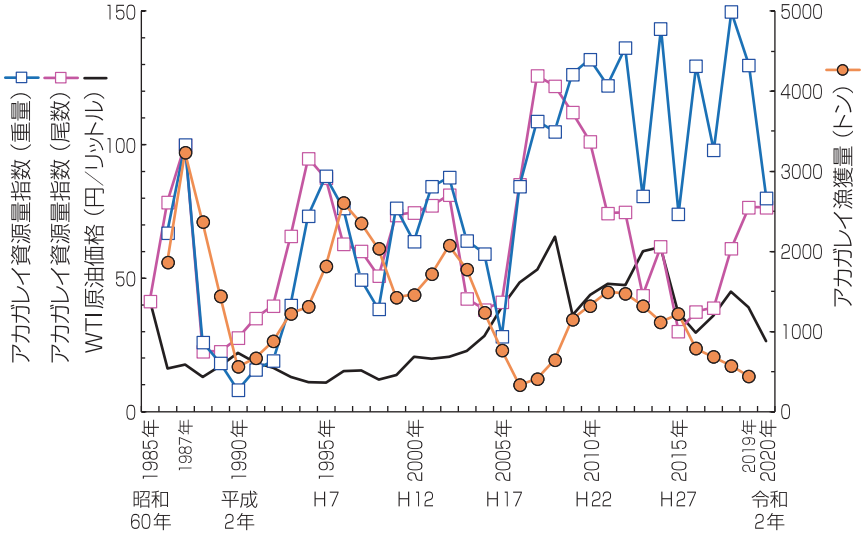


図 1.2 噴火湾周辺(森町(旧砂原町と旧森町), 旧八雲町(旧熊石町を含まず), 長万部町, 豊浦町, 洞爺湖町, 伊達市)におけるアカガレイの漁獲量と, 北大水産学部うしお丸の着底トロール網採集によるアカガレイの資源量指数の経年変化。資源量指数は, 3ノット15分間曳網あたりの尾数および重量の6地点平均CPUE値を1987年(昭和62年)の平均値260.93尾/15分曳網を100とした値(資源量指数)で表し, さらにこの値に採集体体の平均体重をかけあわせ, 100gあたりに換算した相対値(重量指数)。1986~2019年のアカガレイ漁獲量は, 北海道水産現勢(北海道水産林務部, 1987~1993年発行)およびマリネット北海道データベース検索(北海道水産林務部総務課, 2021)より集計・引用。WTI原油価格はThe World Bank - Commodity Markets (<https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>)を基に©世界経済のネタ帳(https://ecodb.net/commodity/crude_wti.html)が円ベースに変換したデータ(2021年8月23日参照)。

そこで重要な漁業資源には, 2つ目の方法である漁期前調査が有効だ。寿命が1年しかないスルメイカ *Todarodes pacificus* (函館ではマイカと呼ぶ) の場合は, もっぱら解禁日前の漁期前調査(試験操業ともいう)に頼っている。海底に生息しているカレイ類であれば, 調査船で小型のトロール網や桁網けたあみを用いる「掃海法」を実施する。目合めあいの細かい桁網や小型トロール網を短時間曳網して, 曳網距離に網の幅を掛け合わせて掃海面積を計算し, 獲れた生物の重さや尾数を生息域全体に引き延ばす方法だ。噴火湾のアカガレイのように, 底刺網そこさしあみで漁獲しているのなら, その刺網よりも小さな目合のトロール網を使って漁期前調査を行えば, 資源量が増えているか減っているかを漁期の前にかなり正確

に知ることができる。ただし、若齢魚と成魚の生息域が別の場所だったり、好漁場が不安定で毎年変化する場合には、資源量の精度が低下する。なお、この掃海面積あたりの重さや尾数を、資源量の相対的な指標（資源量指数）として表示することがある。

資源量も減少していたのか？

北海道大学水産学部では、練習船「うしお丸」（写真 1.2）で、学部 3，4 年生の小型トロール網実習を兼ねた、アカガレイの資源量調査を毎年実施している。推定された資源量は 1987 年からの 3 年間でどれくらい減ったであろうか？ 噴火湾のアカガレイは 8～12 月に噴火湾内の水深の深い水域に集中する傾向があるので（図 1.1），この期間に調査を行い、水深 50m にだけ生息すると仮定する。1987 年に小型トロール網で採集された重量資源量を 100 とした場合，1990 年には尾数による指数で 28，重量による指数で 8.0 まで減少していた。つまり，重量では 12.5 分の 1 に減少しており，漁獲量の 6 分の 1 よりも減少が激しい。

12.5 分の 1 に減った理由には，さまざまな要因が絡み合っている。1 つ目は，漁師が使う刺網は目合が大きいので，大型魚を多く漁獲しやすいためだ。



写真 1.2 北海道大学練習船うしお丸（179トン）。

2つ目は、生まれ年によって多くの稚魚が生き残る年（卓越年級群という）と、そうではない年があり、この3年間は卓越年級群が刺網で漁獲されはじめる年ではなかったからである。3つ目は、アカガレイが密集している水深の深い好漁場には刺網が乱立していて、調査船によるトロール調査ができず、アカガレイの密度が低く小型魚が多い浅い海域で調査を行った結果、資源量を過小評価してしまったことが疑われる。この他にも資源量を計算する場合に誤差が生じる原因はたくさんあるのだが、それにしても3年間で12.5分の1にまで減るのは急すぎる。したがって、この3年間はアカガレイを獲り過ぎていたと考えている。別な言いかたをすれば、人による漁獲と自然死亡が加入量を上回っていたからである。

資源量が増える理由

用語を解説する。「加入」とは、若い個体が漁獲サイズに仲間入りすることであり、英語では **recruitment**。日本語のリクルートとは大学生や高校生の就職活動を意味し、社会人に仲間入りすることと同じである。社会の厳しさ（漁獲）に晒されるようになるという意味だ。「漁獲死亡」は言うまでもない、漁獲によって水揚げされ、資源から間引かれることである。ほかの死亡要因は「自然死亡」にまとめられる。アカガレイも生き物だから、病気で死亡することもあれば、他の魚や海獣類に食べられて死亡することもある。

加入量が「漁獲死亡+自然死亡」より多ければ資源は増加する。少なければ減少する。「魚が増えるのは自然のおかげ、減るのは人と自然のせい」である。ようは、魚が増えた分だけ漁獲していれば、漁獲量は変動しても資源量は変化せず、未来永劫、魚を獲り続けることができる。つまり、禁漁すれば資源は自然回復する点が、石油や天然ガスなどの地下資源の利用とは大きく異なる点だ。石油は採掘をやめても何十万年も待たないと増えない。つまり漁業資源は「再生可能な資源」であり、漁獲は殺生^{せつしょう}ではあるが、乱獲さえしなければそれほど罪深いものではない。むしろ軽度な漁獲（間引き）は生態系のバランスを維持するのに役立つ場合すらある。もちろん無駄な殺生は控えるべきなのは

言うまでもない。乱獲しない漁師は、きわめてエコで、地球に優しく、漁場を保全する、胸を張って誇れる職業ともいえる。また、種苗放流は人為的に「加入」を増やす方法だ。種苗放流は低下した資源を回復させる有効な手段の1つだが、種苗を生産するのにコストがかかるのが欠点だ。誰かがその費用を負担しなければならない。

なお私は、漁業に従事しているみなさんをあえて「漁師」と呼ぶようにしている。学校の先生を、教える師匠という意味で「教師」と呼ぶのと同じで、漁師は漁の技術を習得したプロという意味で尊敬を込めて使っている。「漁業者」では、技術者に対する礼を欠くと感じる。誤解がないように申し添えておく。

卓越年級群の発生がアカガレイ資源を支えている

硬骨魚類には、三半規管に「耳石」という骨があり(図 1.3)、神経につながった細かい毛の上に、この耳石が乗っていて、音や振動を探知している。耳石は血液中のカルシウム濃度の季節変化を反映して、木と同じように年輪ができる。だから、この耳石を観察すれば年齢(学年)がわかる。噴火湾のアカガレイも、この耳石の年輪を数えて、年齢を判定している。

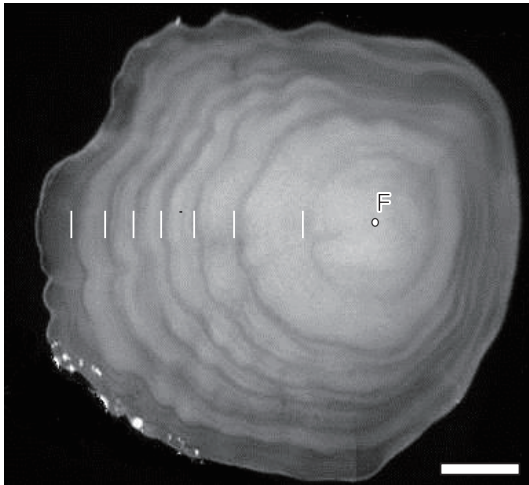


図 1.3 全長 300 mm のアカガレイのメスの有眼側扁平石耳石(岩川ほか(2013)を基に作成)。アカガレイでは透明帯は冬季に形成されることから、透明帯を数えると越冬した年数がわかる。産卵期は 12~1 月。F が耳石ができてはじめる核。その外側に 7 本の透明帯があり、7 歳とわかる。右下のバーは 1 mm の長さを示している。

「卓越年級群」とは、平年では考えられないくらい多くの稚魚が生き残る学年のことだ。噴火湾のアカガレイでは、1980年から2016年の37年間に9回発生して稚魚が多く生き残り（図1.4）、生徒数が多くて小学校はパンクしかけた。卓越年級群の定義は、ここでは2～4歳の尾数による資源量指数の平均値が10以上の8つの年級群（1983, 1989, 1991, 1995, 2003, 2004, 2008, 2016年生まれ）を認定し、加えて1980年は高齢な5～7歳の平均でも29.4なので、卓越年級群に認定した。また、同指数が5以上10未満の7つを強勢年級群と定義した（1984, 1987, 1994, 2006, 2007, 2009, 2013年生まれ）。卓越年級群は37年に9回、強勢年級群が37年に7回だから、それぞれ4.1年に1回、5.3年に1回発生してもよいのだが、発生間隔は一定ではなく、法則性はない。2～4歳時の資源量指数のデータと、未成魚と成魚の年齢データがすべてそろっている1985～2016年の32年間（卓越年級群7回、強勢年級群6回、5未満の並の年級群19回）について、尾数に基づく資源量指数に占める卓越年級群の割合は80.3%、強勢年級群は13.6%、その他の年級群は6.1%になる。だから、もし卓越年級群も強勢年級群も発生しなかったら、資源は大幅に減少する。

ところで図1.2に示したように、アカガレイの漁獲量が急激に減少したときは、資源量も急速に減少している。逆に資源が回復しはじめると、1～3年遅れて漁獲量が最大になっている。この遅れは、漁師がアカガレイを漁獲するのに使用している刺網の目合が、調査で使用しているトロール網の目合よりも大きいからだ。

ただし2007年級群のような例外がある。2007年級群は2歳までは多く生息していたが、3歳以降急速に減少していた（図1.4）。つまり、他の年級群ではみられなかった未成魚期の減耗がみられた。多くの魚類は、1歳魚げんもつになってから成魚になるまでの生残率はあまり変化がないが、2007年級群は例外だ。函館水産試験場の調査でも同様で、当時の担当者も、この2007年級群の減耗を確認している。アカガレイは3歳までは噴火湾のなかでも水深70mよりも浅い水域に偏って生息しており、4歳以降に水深70mよりも深い場所に生息範囲を広げる。だから2007年級群は、70mよりも浅いところで、何か突発的な

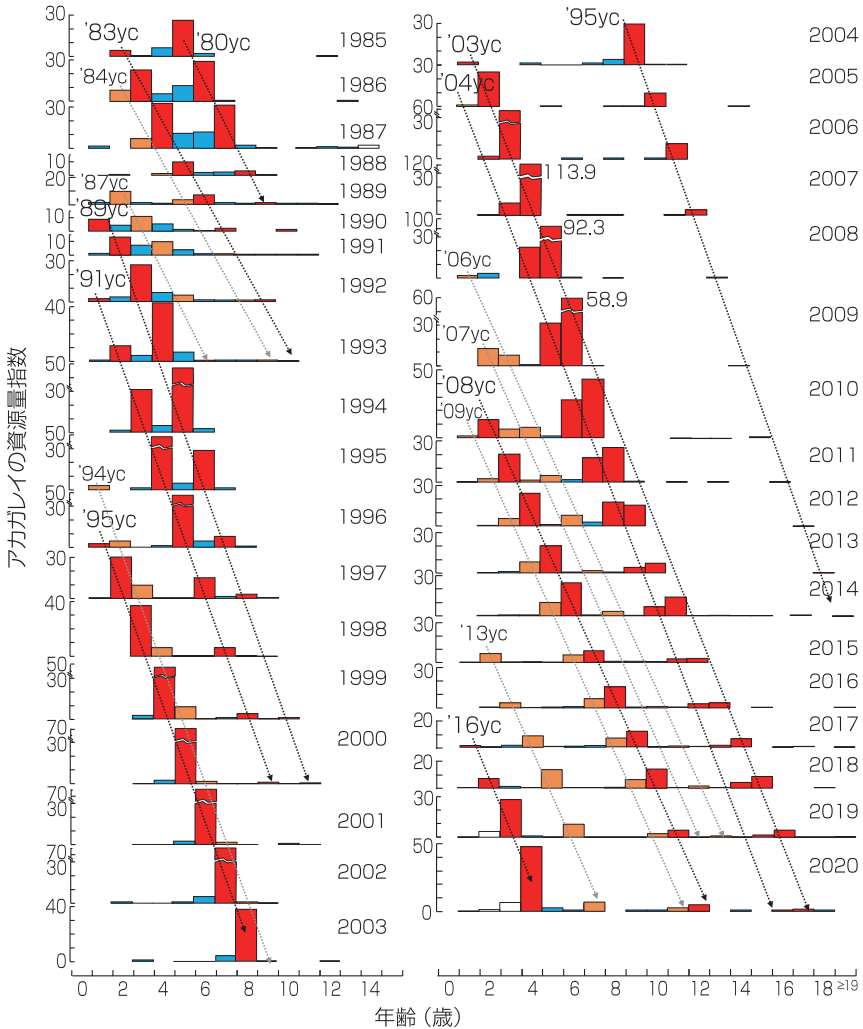


図 1.4 噴火湾における 1985 年から 2020 年のアカガレイ年級群別資源量指数 (4~7 地点の尾数ベースの豊度を基に推定した資源量指数を、全採集地点から推定した年級群組成データに配分した値)。2008 年までの値は前田ほか (2008) より引用。2009~2010 年の値は前田ほか (2009, 2010) を再計算。2011~2020 年の値は高津ほか (2012~2021) より引用。

死亡が生じていた可能性が高い。しかし、その原因は不明だ。また、未成魚の資源量から推定できる漁獲量の予測は、せいぜい 2~3 年先の話だ。そのため、卓越年級群が発生する年の法則性を求める研究が、100 年以上前からさまざまな研究者によって試みられてきた（コラム 1 参照）。

コラム 1 卓越年級群研究の歴史

ノルウェー水産研究所の初代所長であったヨハン・ヨルト (Johan Hjort) は 1914 年に、魚類の孵化直後の仔魚（卵から孵化した直後の姿のこと。親と形態がよく似た稚魚に変態する前の段階のことを、研究者は仔魚と呼ぶ）が餌にありつけるか否かで加入量が大きく変化し、環境中の餌の密度が高いと卓越年級群が発生するのではないかという「クリティカル・ペリオド仮説（危機的な時期仮説）」を発表した (Hjort, 1914)。きっかけは、タイセイヨウニシン *Clupea harengus* の孵化直後の仔魚が何を食べているのか調べるための、消化管の内容物の顕微鏡観察だった。観察の結果、ほとんどの仔魚が何も餌を食べていなかった。ヨルトは「孵化直後の餌捕食開始期は、飢餓で死亡しやすい危機的な時期だ」と考え、クリティカル・ペリオド仮説を提唱したのだ。

ヨルトは他にも、タイセイヨウダラ *Gadus morhua* の仔魚や稚魚が成育場から大きく外れた沖合でも採集されることがあることから、遊泳力がない仔魚や稚魚は海流によって生き残れない水域に輸送されると死亡すると考える「輸送仮説」も提唱した。そのためヨルトは、現代でも可能性が高いと支持されているこれらの二大仮説の提唱者として、初期生活史研究の父と呼ばれるようになった。

100 年以上経過した現代でも、卓越年級群が発生する原因の究明は続けられており、仔魚と餌との遭遇確率や、生残適地への輸送以外にも、さまざまな要因が生残率の大変動の原因になっていることがわかってきた。これらの研究を通じて確実となったことは、「魚類の資源量変動の原因は、乱獲を除けば自然任せ」であることと、「全魚種に共通する生残の統一法則はない」ことだ。つまり、魚類の資源量変動や卓越年級群の発生原因を解明するためには、魚種ごとに何年にもわたり継続してデータを蓄積し、死亡率が高い時期とその原因を探索し続けなければならないのだ。現代のように、3 年程度の研究費の支援で、すぐに研究成果を求めることは、この資源量変動機構の解明を目指す研究にはなじまない。腰を据えてじっくりと研究できる体制が必要だ。3 年分の予算を 3 分の 1 にしてよい代わりに、9 年間継続して支援してくれるだけでもかなり助かるのと思う。

アカガレイ卓越年級群発生機構の探求

アカガレイの卓越年級群の発生機構に関する最初の論文は Nakatani et al. (2002) だ。この研究では、噴火湾のアカガレイの 1990～1999 年の未成魚と成魚の年齢組成を調べて、1989, 1991, 1995 年に卓越年級群が発生したことを明らかにした。また 1991 年 1 月と 1995 年 1～2 月の表層水温は高かったことを示し、1989 年 1 月は高水温ではなかったが、前年 12 月中旬は高水温だった

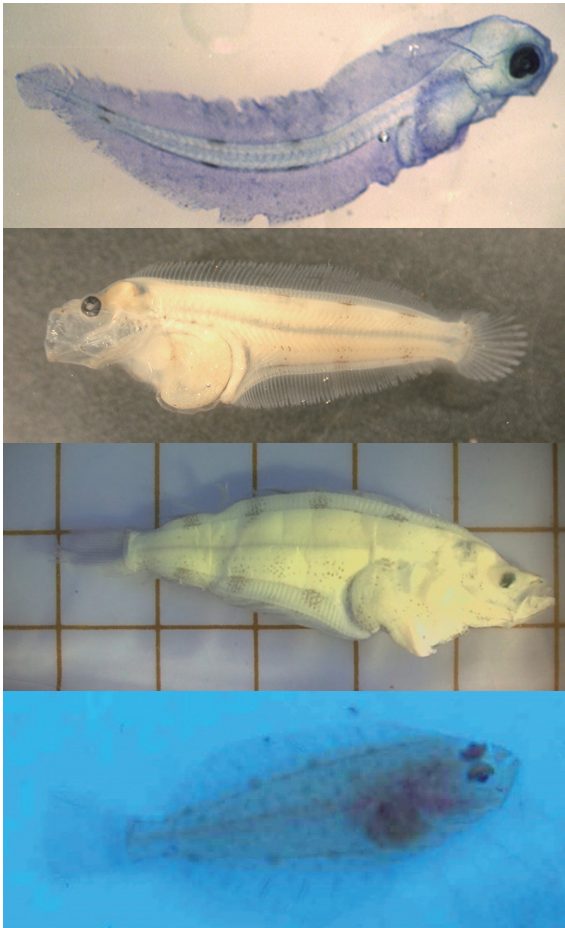


写真1.3 上からアカガレイ浮遊仔魚（体長約 4 mm；ソーラーシアニンで紫色に染色）、脊索屈曲完了後の浮遊仔魚、眼球移動開始期の浮遊仔魚（22 mm）、着底直後の稚魚（約 30 mm）。稚魚の体が半透明のままなのは、カレイ類のなかでは珍しい（青色のバットの色が透けて見えている）。