

水産業の未来を拓く

FRA NEWS vol. 70

特集

「ブリの人工種苗」の普及をめざして



Contents

- 2 「ブリの人工種苗」の普及をめざして
- 23 ピックアップ・プレスリリース
- 24 刊行物報告 / 執筆者一覧 / 編集後記



ブリってどんな魚？

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センターでは、浮魚資源部がブリ資源の変動要因の調査研究や持続的に資源を利用するための資源評価に取り組んでいます。

ここではまずはじめに、令和3年度のブリ資源評価結果をもとに、ブリという魚について紹介します。

生態

分布 ブリは沿岸性の回遊魚で、各都道府県沿岸で定置網などにより漁獲されています。未成魚から成魚は、東シナ海から北海道まで広く分布します(図1)。

ブリの稚魚(モジャコ)は流れ藻について、3～4月に薩南海域に現れます。4～5月には九州西岸から長崎県五島列島近海および日向灘から熊野灘に、6月には島根県隠岐周辺海域に分布します。ブリの養殖の大半は天然のモジャコを使用しています。

成魚は産卵のため、冬から春に南下回遊します。北海道のブリの漁獲量は2011年以降急激に増加し、2013年

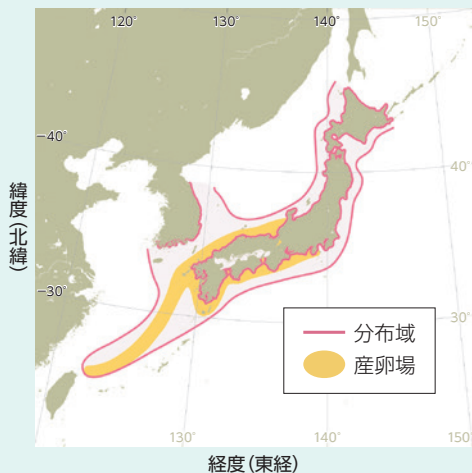


図1 ブリの分布と回遊

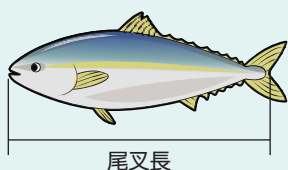
以降は、それまで漁獲の少なかった根室海峡周辺でも増えています。

1950年代にも、北海道のオホーツク海沿岸や根室海峡周辺で漁獲されていた

ましたが、当時の漁獲量はわずかだったことから、資源量が歴史的に見て高い水準となった近年は、北方海域に來遊するブリの個体数が増加したのと考えられています。

このようにブリの分布域の変化には、資源の増減にともなう分布域の拡大・縮小があると考えられています。図1の分布図は、分布が拡大した近年の状況を想定したものです。

年齢・成長 年齢、尾叉長びさちようおよび体重は、太平洋千葉以西では、平均で、1歳が41センチ、約1キロ、2歳が60センチ、約3キロ、3歳が72センチ、約6キロ、4歳が80センチ、約8キロ。日本海と太平洋北部では、1歳が37センチ、約1キロ、2歳が53センチ、約2キロ、3歳が67センチ、約5キロ、4歳が78センチ、約7キロです。寿命は7歳前後です。



ブリってどんな魚？

成熟・産卵 産卵期は1月から始まり、太平洋側では5月頃まで、日本海側では7月頃までです。産卵場は図1に示すように九州沿岸から日本海側では能登半島周辺以西、太平洋側では伊豆諸島以西です。満2歳前後、尾叉長60センチ程度から生殖腺が急速に発達します。以上のことから、3歳以上ですべての個体が成熟すると考えられています。

また、アーカイバルタグ^{※1}による調査から、日本海から東シナ海へ大規模な産卵回遊を行うのは3歳の一部と4歳以上であることがわかりました。

餌 稚魚は、カイアシ類を中心とする動物プランクトンを捕食し、全長約3センチでカタクチイワシなどの魚類を食べ始め、13センチ以上で完全な魚食性となります。流れ藻を離れた後は、マアジやカタクチイワシなどのほか、底魚類も捕食します。

資源

1994～2009年の資源量は14.0万～25.3万トンで推移し、2010年

以降は30万トンを超える資源量となっています。

2020年の資源量は、31.6万トンでした。資源の年齢組成を尾数で見ると、0歳魚(稚魚期を含まない後半の時期)と1歳魚を中心に構成されています(図2)。

図3にブリを対象とした神戸プロット

を示しました。近年の漁獲圧(F)は、資源評価開始年の1994年以降、最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲圧(F_{msy})をやや上回る水準で推移して見ました。親魚量は近年では歴史的に見て高い水準にあるものの、MSYを実現する水準を下回っています。

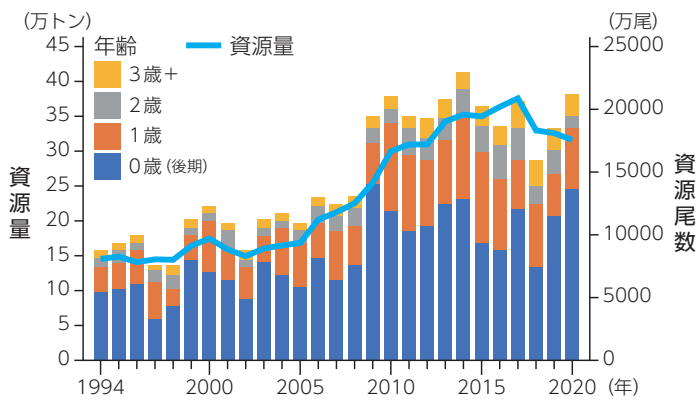


図2 資源量と年齢別資源尾数の経年変化

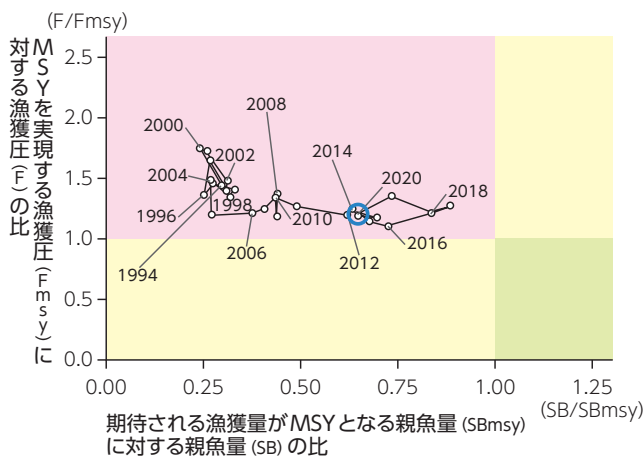
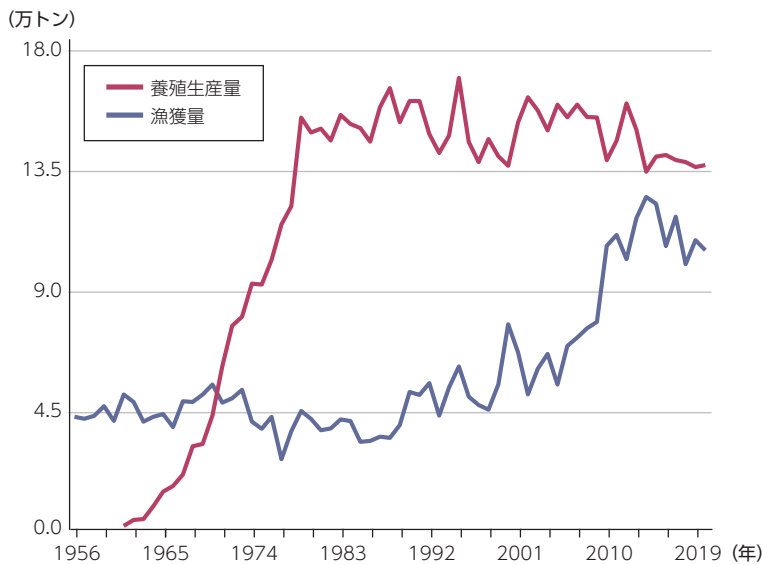


図3 神戸プロット^{※2}

※1 アーカイバルタグ：魚の体内に埋め込み、水温、水圧(水深)、照度を記録する標識。

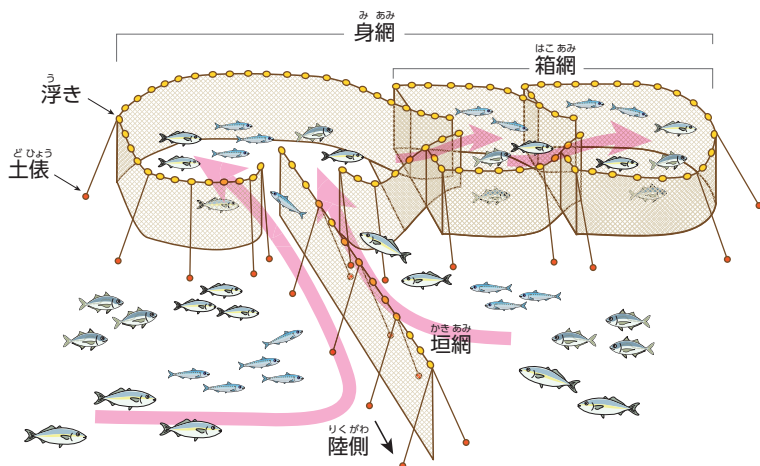
※2 神戸プロット：2007年に神戸で開催されたまぐろ類地域漁業管理機関合同会合で、資源評価結果を示すための共通的な図の採用が合意されたことから「神戸プロット」と呼ばれています。神戸チャートとも呼ばれます。



ブリ類の養殖生産量と漁獲量の変化
(農林水産省の海面漁業生産統計調査のデータを元に作図)

◆ 漁獲量と養殖生産量

漁獲量は、1990年代頃までは4万から5万トンでしたが、2000年以降増加してきており、2010年以降は約10万トンとなっています。養殖生産量は、統計データがある1961年から急激に増加し、1971年に漁獲量を超えました。1979年には15.5万トンになり、それ以降14万トン前後を維持しています。



定置網のイメージ

定置網は、海岸近くの魚の通り道に固定して魚群を網の中に誘い込んで獲る漁具です。ブリやイワシ、アジ、サバ、マダイなど、いろいろな種類の魚を獲ることができます。定置網についてわかりやすく説明したおさかな瓦版は以下からお読みいただけます。

➔ <http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/letter/no92.pdf>



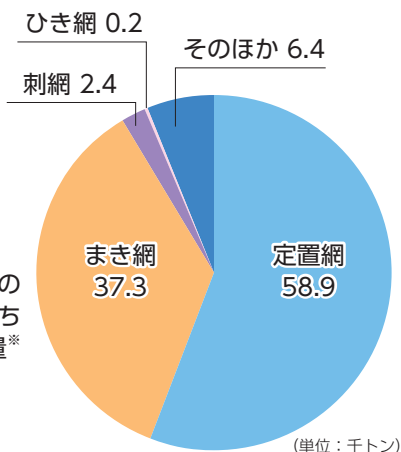
※ 農林水産省の海面漁業生産統計調査による令和2年漁業・養殖業生産統計のデータを元に作図

令和2年の
ブリ類漁獲量105.2千トンのうち
漁業種別の漁獲量*

* 農林水産省の統計データで扱われる「ブリ類」はブリ、ヒラマサやカンパチなどが含まれていますが、大部分をブリが占めると考えられるため、ここでは漁獲量を全てブリのものとして扱っています。

◆ どうやって獲る？

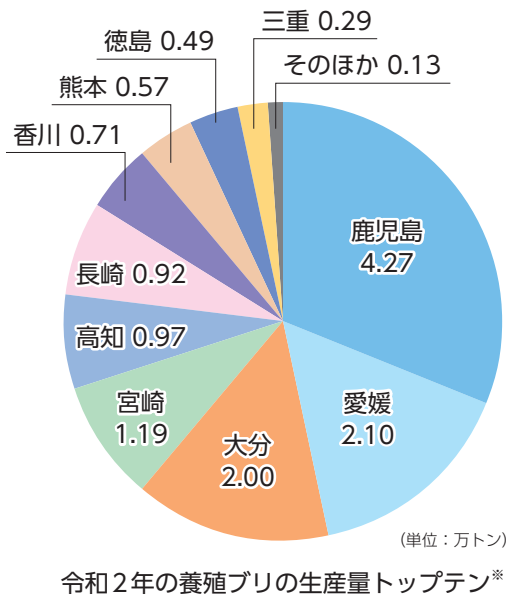
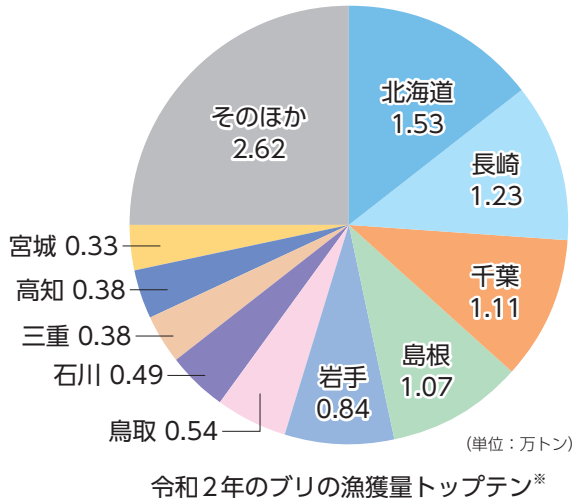
ブリの主な漁法は、定置網で、全漁獲量の半分以上の56%を占めています。これにまき網が続きます。両者で全漁獲量の90%を超えています。



(単位：千トン)

ブリってどんな魚？

グラフで見るブリ



◆ブリで獲れる？

農林水産省の海面漁業生産統計調査の令和2年のデータによると、ブリの漁獲量が最も多い都道府県は北海道で約1・5万トン、約1・2万トンの長崎、約1・1万トンの千葉、島根と続きます。トッペン^①の北海道、長崎、千葉、島根、岩手、鳥取、石川、三重、高知、宮城の漁獲量の合計は全漁獲量約11万トンの75%を占めています。また、ブリと聞くと、富山県をイメージすることも多いかと思いますが、令和2年のブリの漁獲量は約0・1万トンで、ランキングでは20位となっています。

◆ブリで養殖されている？

ブリの養殖生産量は1971年から漁獲量よりも多くなっています。令和2年の養殖ブリの生産量も最も多い都道府県は鹿児島県の約4・2万トンで、全生産量約13・6万トンの3分の1近くを占めています。これに愛媛の2・1万トン、大分の2万トンと続きます。トッペンの合計は約13・5万トンで、全生産量の約99%を占めています。



網生簀のブリ

* 農林水産省の海面漁業生産統計調査による令和2年漁業・養殖業生産統計のデータを元に作図

「ブリの人工種苗」の普及をめざして ブリ養殖の現状

養殖の生産量と輸出量

わが国の沿岸では年間約25万トンの魚が養殖されています。その中でもブリは生産量が最も多く、毎年約10万トンが生産されています(図1)。生産量が安定しているのは2014年から水産庁がブリとカンパチの目標生産量を年間14万トンとしているためです。

養殖ブリは主に国内で消費されていますが、サーモン人気を背景とした世界的な魚食文化の浸透が追い風となり、海外での消費量が増えています。とくに北米での人気が高いためですが、欧州やアジア各国にも販路が拡大しつつあります。輸出量は2020年に世界的な新型コロナウイルス感染症の影響で大きく落ち込みましたが、2021年は過去最高となる約1・2万トンまで増加しました

(図2)。数ある水産物の中でも、近年の養殖ブリの輸出額は常にトップ5に入っており、2020年12月に政府が定めた農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略の中で、ブリは「輸出重点品目」の28品目にリストアップされています。このことから養殖ブリが重要視されていることがわかります。



ブリ養殖場の給餌風景



養殖ブリ



水産技術研究所 養殖部門
生産技術部 技術開発第4グループ長

ふじ なみ ゆう いち ろう
藤浪 祐一郎

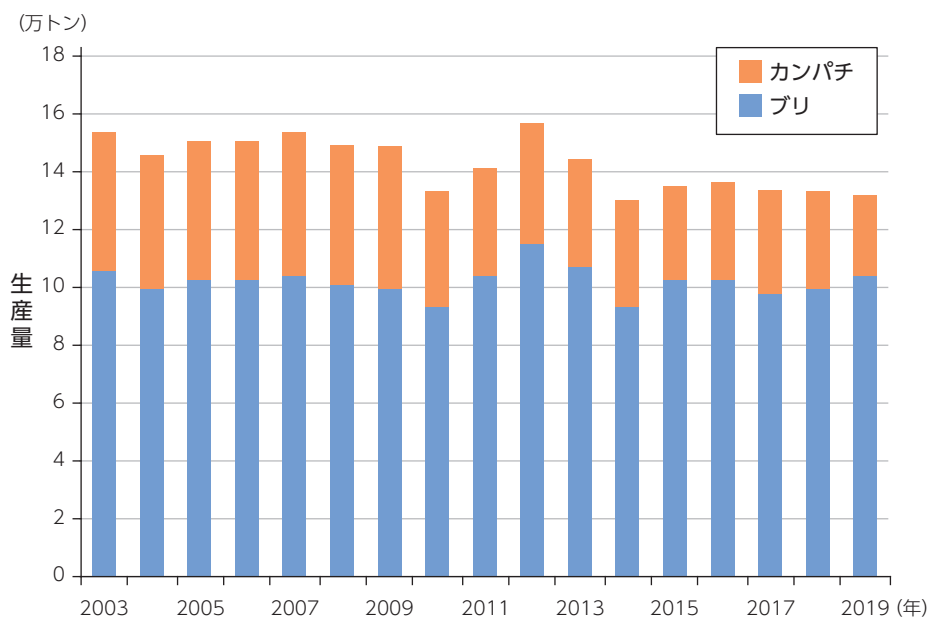


図1 ブリとカンパチの養殖生産量
(農林水産省海面漁業生産統計調査より作図)

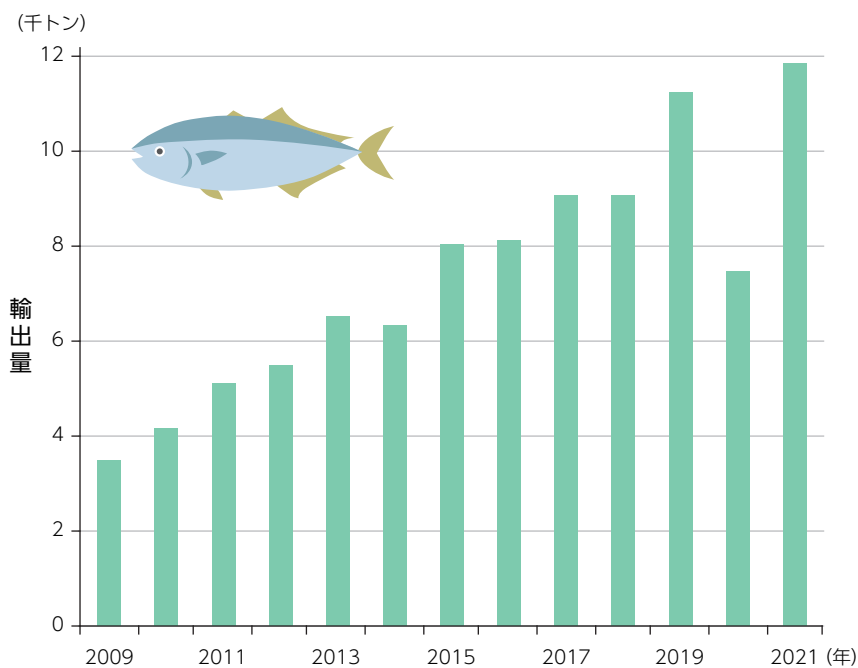


図2 ブリの輸出量
(財務省貿易統計より作図。2021年は11月までの値)

※1 **トップ5**: 財務省「貿易統計」を基に農林水産省がまとめた2020年の農林水産物・食品輸出額(1~12月)品目別の資料によると、水産物で多い順にホタテガイ(約314億円)、サバ(約204億円)、かつお・まぐろ類(約204億円)についてブリ(約173億円)となっている。

※2 **輸出重点品目**: 牛肉、豚肉、鶏肉、鶏卵、牛乳・乳製品、果樹(りんご)、果樹(ぶどう)、果樹(もも)、果樹(かんきつ)、果樹(かき・かき加工品)、野菜(いちご)、野菜(かんしょなど)、切り花、茶、コメ・パックご飯・米粉及び米粉製品、製材、合板、ブリ、マダイ、ホタテガイ、真珠、清涼飲料水、菓子、ソース混合調味料、味噌・醤油、清酒(日本酒)、ウイスキー、本格焼酎・泡盛 以上28品目。

ブリ養殖の現状

ブリの養殖方法

ブリは、4月～5月に黒潮や対馬暖流にのった流れ藻とともにわが国周辺に移動してきた全長3～15センチの天然稚魚（モジャコと呼びます）を網でとり、人工の餌に慣れさせてから生簀いけすに入れて養殖を開始します。モジャコ漁は時期と量が県ごとに厳格に決められており、許可がなければ捕ることができません。

ここ10年のモジャコの目標漁獲数量は全国で約2200万尾、実際の漁獲数量は1500万尾～2000万尾でした。2021年はモジャコが記録的な不漁であり、捕れたのは例年の半分の約880万尾でした（図3）。養殖に使う稚魚（種苗と呼びます）がなければ養殖ができませんので、モジャコの不漁はブリ養殖の根幹にかかわる大きな問題です。そこで、水産庁を中心に陸上水槽で卵から育てた稚魚（人工種苗と呼びます）を養

殖に使うという動きが進んでいます（↓P14）。

生簀に入れてからは全て人間の手で育てることになるので、重要になるのが餌です。ブリ養殖はコストの7割以上を餌代が占めるので、低価格で健康に育つ餌がポイントになります（↓P18）。また、病気にかからないように育てることも重要です。ブリを病気から守る取り組みについてはP16で解説します。

モジャコを使った養殖の場合、体重はその年の12月頃に約1キロ、養殖開始から1年が経過する5月頃に1.5～2キロになります。その後、秋には約3.5キロになります。この頃から口にになり出荷が始まります。この頃から身に脂がのり始め、養殖ブリは旬を迎えます。出荷のピークは12～2月で、丸々と太った体重約5キロの養殖ブリが毎日のように水揚げされ、養殖場は1年で最も活気づく季節となります。水揚げされたブリはそのまま箱詰めされて出荷され

ることもあります。加工場で3枚におろしたフィレや、さらにフィレを背身と腹身に分けたロインに加工して、真空パックにされて出荷されることが多くなっています（↓P10）。

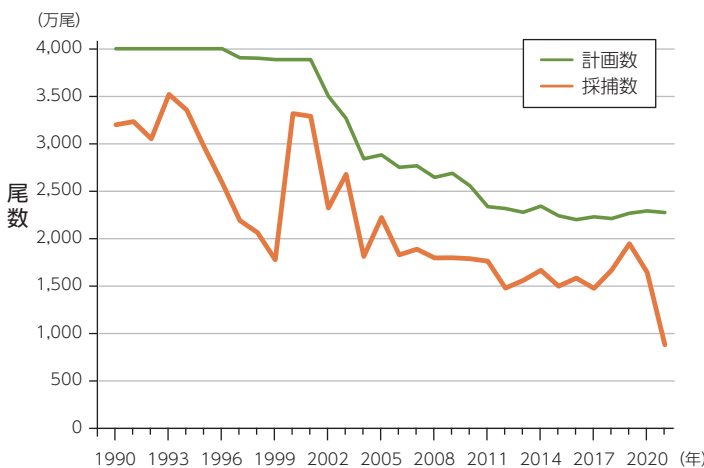


図3 モジャコの採捕計画尾数と採捕数
(水産庁提供データより作図)

養殖ブリの出荷

年が明け、出荷のピークを過ぎても養殖は続きます。これは、主な輸出先である北米で体重6キロ以上の大型のブリが好まれるからです。一方、ブリは2歳の春になると成熟期を迎えるため、身の脂は徐々に落ちていきます。また、同時に体重も減少するため、2歳の春以降も養殖を続けることは経営上大きなリスクであり、多くの養殖場はそれまでにほとんどの魚を出荷します。

どの産地もこのような生産サイクルで養殖を行うので、成熟期である春から翌年の新物が出始める秋にかけては極端な品薄状態となります。野菜のように時期をずらして生産できればよいのですが、モジャコを使って養殖する場合、種苗の入手時期が4～5月に限られるので、前述の生産スケジュールにならざるを得ません。そこで注目されるのが人工種苗です。

人工種苗は、人間の都合に合わせてブリに卵を産ませて生産できるので、モジャコとは異なる時期に養殖を始められ、

2歳の春の成熟を回避できることが期待されます(↓P12)。さらに、人工種苗には育種技術の活用でモジャコよりも成長がよい、病気に強いといった付加価値をつけることができるというメリットもあります(↓P20)。

日本人にとってブリは冬の魚というイメージが強く、養殖の生産サイクルと需要のピークがうまくいまい具合にマッチしていません。しかし食生活の変化が進み、回転ずしのネタとしての消費が高まってからは国内でも夏から秋にかけての需要が増えています。また、海外では需要の季節性がないので、1年中高品質の養殖ブリを供給する必要が出てきました。このような状況から、モジャコに頼った養殖では多様化する需要に対応することが難しくなってきました。養殖ブリ産業が今後も成長していくためには、「人工種苗の普及」が大きなカギになることは間違いありません。

水産研究・教育機構ではさまざまな研究を通じてサポートしていきたいと考えています。



ブリの養成親魚の測定のようす



ブリ養成成魚

ブリ養殖の現状と経営・経済研究の側面からの問題解決

養殖生産量の推移

海面の魚類養殖生産量は1995年の約28万トン进行ピークに緩やかな減少傾向にありますが、ブリ類の養殖生産量は2014年に養殖生産量ガイドラインが定められて以降は比較的安定し約14万トン前後で推移し、そのうちブリは約10万トン水準です。

かつて養殖ブリの1キロ当たりの単価は原価割れする低水準になることがありましたが、養殖生産量の安定とともに概ね900円以上で推移しています。

養殖政策とその変化

2014年の養殖生産量ガイドラインの設定の5年後に出された2019年の改正漁業法では資源管理の強化とともに養殖業成長産業化が重要政策として示され、そのもとで輸出を含む^{※1}マーケット・イン型養殖業やスマート^{※2}養殖の推進、

事業性評価ガイドラインの設定などが行われています。これらの養殖政策の主対象は、魚類養殖のなかで最も経営体数が多く、かつ輸出対象として重要視されているブリです。

ブリ類養殖経営体の構造変化

^{※3} 漁業センサスによれば、2018年のブリ類養殖経営体数は520であり、2013年と比較して約2割減少し、ほかの魚種と同様に経営体数の減少と規模拡大が明らかかな変化として示されています(表1)。

ブリ類養殖業においては、2013年までは販売金額が1億円以上の階層の経営体数の割合は4割未満でしたが、2018年には5割弱まで上昇し販売金額が大きい階層の位置づけが大きくなってきています。そのなかで、とくに5億円以上の経営体数が増加し、割合も1割を超えるようになったことが注目さ



水産技術研究所 養殖部門
養殖経営・経済室長
みき なつこ
三木 奈都子

れます。つまり、販売金額が上位階層に集中し、経営体間の経営格差が拡大してきているのです。

都道府県別では、大分県や熊本県のブリ類養殖経営体数の減少程度が小さい一方で、宮崎県、高知県、長崎県では大幅に減少しています。そのうち、宮崎県と高知県では、急速に養殖経営体の規模拡大が進んでいます。

課題として、第一に安定的な生産と単価の実現です。今後も当面は養殖生産量ガイドラインの継続が想定されますが、輸輸出に見込む生産量との調整をどう図るかが課題となっています。

課題

表1 ブリ類養殖における販売金額別の専業および主とする経営体数と構成比の変化

養殖販売金額	経営体数				構成比(%)			
	2003年	2008年	2013年	2018年	2003年	2008年	2013年	2018年
専業および主とする経営体数	1,023	839	632	520	100.0	100.0	100.0	100.0
販売金額なし	3	6	6	2	0.3	0.7	0.9	0.4
500万円未満	28	26	19	10	2.7	3.1	3.0	1.9
500~1,000	27	32	26	9	2.6	3.8	4.1	1.7
1,000~2,000	72	50	43	31	7.0	6.0	6.8	6.0
2,000~5,000	178	124	132	63	17.4	14.8	20.9	12.1
5,000万円~1億円	327	270	167	152	32.0	32.2	26.4	29.2
1~2	221	181	123	114	21.6	21.6	19.5	21.9
2~5	125	106	83	86	12.2	12.6	13.1	16.5
5~10	25	25	22	40	2.4	3.0	3.5	7.7
10億円以上	17	19	11	13	1.7	2.3	1.7	2.5
1億円以上	388	331	239	253	37.9	39.5	37.8	48.7
5億円以上	42	44	33	53	4.1	5.2	5.2	10.2

資料：漁業センサス（農林水産省統計部）

※ 佐野雅昭「海面養殖業の現状と動向」『転換期におけるわが国漁業の構造変化 2018年漁業センサス分析報告書』、農林水産省編、p51-70、2021年のデータを基に作成

第二に、新型コロナウイルス感染症の影響による巣ごもり生活で変化した需要への対応です。外食需要のみならず家庭内需要でも加工度を高めたものに対する要求が高くなっていますが、小売業の人手不足とバックヤードがない小売店対応として、ファイル出荷はもちろんのこと、スライス加工やスライスの冷凍品・個食サイズ商品など産地での高次加工がこれまで以上に求められてきています。

第三にブリが量販店や外食チェーン店の定番商品化するなかで、周年出荷が重要となっています。周年出荷が可能となれば、量販店や外食チェーン店などの取引が結びやすくなります。これに対しては、従来から生育条件の異なる漁場を使用した出荷調整などが行われてきましたが、今後は人工種苗を用いた池入れ時期の分散が重視されるとみられます。ただ、人工種苗については生産者から生残率がよくないことと追加のコスト負担の懸念が示されています。

第四に、コストの大半を占める餌料費と人件費の圧縮です。低コストの餌料の

開発と自動給餌機をはじめとするスマート養殖などの推進による人件費の圧縮及び人手不足の解消が求められています。



生産者による加工業兼業
(ブリ類・マダイ生産者の加工場)



普及しつつある自動給餌機

※1 マーケットイン型：顧客のニーズをもとに開発・提供を行う考え方。

※2 スマート養殖：ICT（情報通信技術）などを活用し、水温や溶存酸素などの水質や魚の状態などの情報を集めて適切な管理を行うこと。

※3 漁業センサス：日本の漁業の生産構造、就業構造を明らかにするとともに、漁村、水産物流通・加工業などの漁業をとりまく実態と変化を総合的に把握するために、農林水産省が5年ごとに水産業を営んでいるすべての世帯や法人を対象に実施している全国一斉の調査。

養殖の生産性を向上させる早期採卵技術の開発

養殖ブリの課題

養殖ブリは体重4キロ以上の魚を周年に渡って出荷することが求められています。

一方、養殖に用いる種苗は主に天然海域で捕獲した稚魚(天然種苗)が使われており、入手時期とサイズが限定されています。

そのため、ほとんどの産地で同じ時期に出荷サイズに到達し、翌年の種苗が出荷サイズに到達する1年後まで出荷は続き、その間にサイズはどんどん大きくなります。

一般的に飼料転換効率(1キロの餌を食べて体重が何キロ増えるか)はサイズが大きくなるほど悪くなること、養殖開始から2年経過した春(4~5月)には生簀内で成熟、産卵し、その後やせてしまうことが問題となっていました。

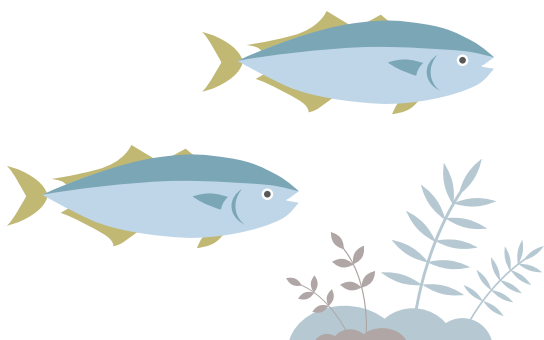
そこで天然稚魚とは異なる時期に人工

的に稚魚(人工種苗)を生産し、いつでも養殖現場に供給できれば、これらの問題が解決できると考えました。

人工種苗の可能性

そのためにはブリの成熟を自在に制御できるようにならなければなりません。一般的に魚類の成熟は日長(昼間の長さ)と水温で決まると言われており、ブリについて調べたところ、以下の事がわかりました。

- ① 日長が短い条件から長い条件に変化させると成熟を開始する(成熟促進)
- ② 日長が常に短くなっていく条件で飼育を続ける限り成熟を開始しない(成熟抑制)
- ③ 水温は高ければ成熟の進行が早くなるが、24℃を超えると成熟できない
- ④ 成熟制御の適水温は18℃前後



水産技術研究所 養殖部門 生産技術部
技術開発第4グループ 主幹研究員

ほつ た たく ろう
堀田 卓郎

これらの情報を基に、長崎大学との共同研究でブリ親魚を陸上水槽に収容し、この①から④の条件を組み合わせ、短いもので3か月、長いもので10か月の飼育を経ることにより、狙った時期に確実に卵が得られる「周年採卵技術」を開発しました。

この技術を用いて秋に採卵して生産した、いわゆる「早期人工種苗」を養殖現場に供給したところ、養殖開始から約1年半経過した5〜6月頃に4キロに到達しました。これにより、天然種苗を用いた従来型の養殖で5月以降に養殖ブリを出荷するには、大型なうえに産卵後にやせた、非常に生産コストの高い魚で対応せざるをえなかったものが、天然種苗とは異なる時期に人工種苗を用いて養殖を開始(図1)すれば、養殖経営の改善に寄与できることを実証しました。

この成果で、ブリ養殖業界において人工種苗のメリットが理解され、10年前は1%程度であった人工種苗の利用率は今では20%に達し、今後もさらに増えることが予想されます。



周年採卵を行うための親魚水槽の外観(左)と内部(右)

日長を自在にコントロールするため水槽上部をテントで覆い、完全人工照明下で飼育する

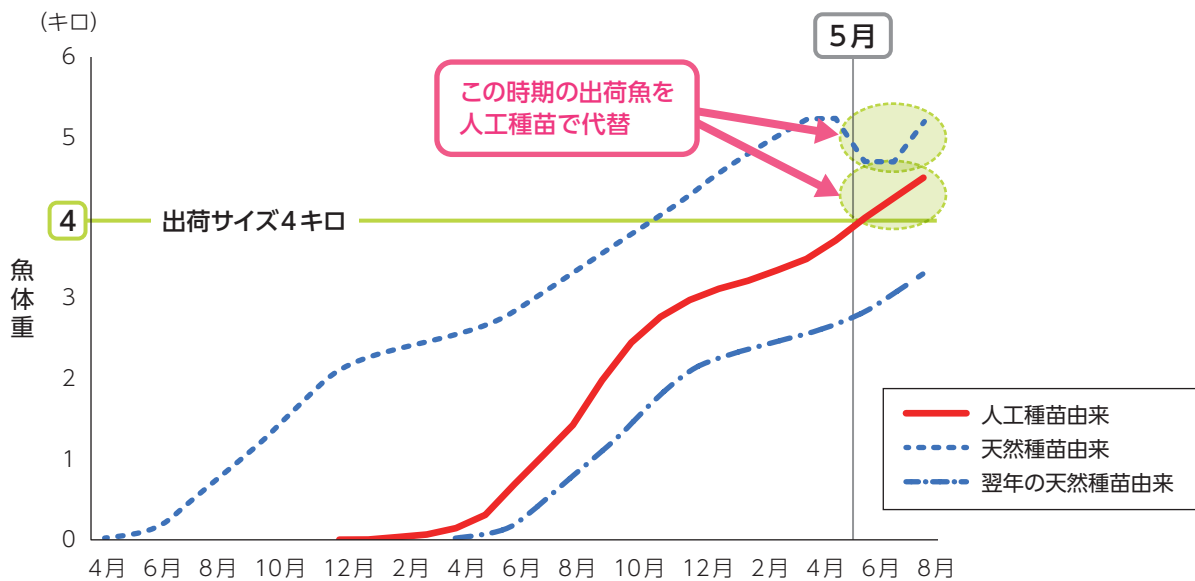


図1 人工種苗の利用方法の一例

天然種苗がやせる5月以降の出荷魚を人工種苗で代替する

ブリ受精卵と人工種苗のニーズおよび利用促進

人工種苗周年供給システム

水産研究・教育機構は、ブリの高成長系統の作出および輸出拡大を念頭に置いた人工種苗の普及を目的とする実証事業「ブリ優良人工種苗周年供給システムの構築」を令和元年度から開始しました。

この事業では、3世代10年を要する高成長ブリの選抜育種を進める「育種プログラム」を柱として、ブリの親魚養成・採卵と種苗生産に取り組みとする事業者、あるいは人工種苗を利用してみたいという養殖業者を支援するための「種苗供給プログラム」、「技術移転プログラム」を並行して進めています。今回は、これまでの種苗供給プログラムから得られた調査結果の一部を紹介します。

人工種苗のニーズ

種苗供給プログラムでは、ブリの受精卵と人工種苗を事業者に供給する時期を

決めるためのニーズ調査を毎年行っています。令和元々4年度の調査結果(表1、2)を概観すると、ニーズは2つに大別されます。

- ① 春先の天然種苗が入手できる時期より3から6か月早く人工種苗を確保して養殖を開始し、早期出荷をめざす。8月～12月の受精卵・人工種苗のニーズ。
- ② 春先に池入れして天然種苗と人工種苗を比較しつつ早期出荷の可能性を探る。1月～3月のニーズ。

②には人工種苗の良否を見極めたいという意図もあるようです。4月～7月は天然種苗の供給時期と重なるため当初はニーズがありませんでしたが、昨年の天然種苗の不漁を受けて、令和4年度はこの時期にもニーズが出されています。

ニーズの数量を月ごとに合計してみると(図1)、受精卵のニーズが最も多いのは10月、2位が8月となっており、人工



開発調査センター
養殖システムグループリーダー

おお こうち ひろ ゆき
大河内 裕之

種苗のニーズは1位が10月、2位が11月～12月となっています。受精卵が全長5センチの種苗に育つまでに2か月を要します。8月の受精卵は10月の人工種苗、10月の受精卵は12月の人工種苗と同じニーズと判断でき、天然種苗よりも早期の種苗に人気があることがわかります。

ニーズの数量を年ごとに合計してみると(図2)、受精卵のニーズは年々増加しているのに対し、人工種苗のニーズが減少傾向で推移しています。これは、種苗

表1 ブリ受精卵のニーズ調査結果

(単位：万粒)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
令和元年度					125		220	100		60	20	
令和2年度					100	5	300	100	300		20	
令和3年度					200	50	400			200	10	
令和4年度		40		150	405		390	100		220		

表2 ブリ人工種苗(全長5センチ)のニーズ調査結果

(単位：千尾)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
令和元年度						300	200	170				30
令和2年度							240		200			50
令和3年度							150	100		100		45
令和4年度	20		20				50	30	100	100		100

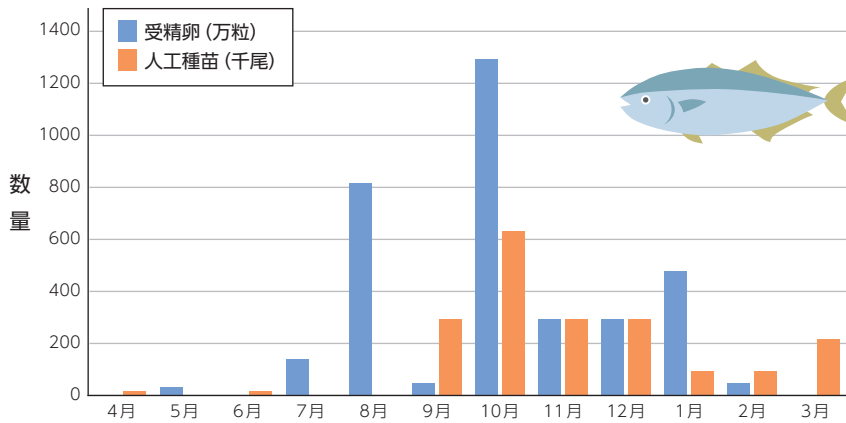


図1 令和元～4年度の月別ニーズの合計

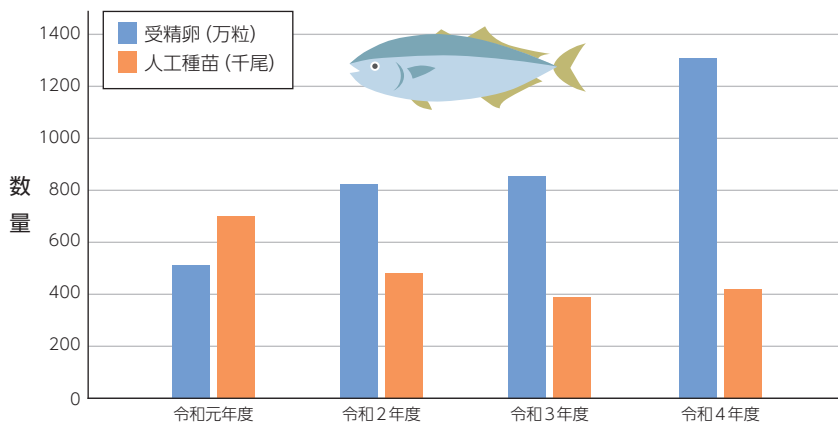


図2 年別ニーズの変化

生産施設を保有する、あるいは新たに確保した機関や事業者が、自ら種苗生産を行って人工種苗を確保しようという流れが強まっていることを示しています。本

事業の技術移転プログラムによる種苗生産技術の普及がこの流れを作っている側面もあると考えられます。今後、ブリ人工種苗をさらに普及さ

せるため、種苗供給プログラムと技術移転プログラムを着実に進めて行きます。

疾病対策 ブリで発生する魚病とワクチン開発研究

魚病による被害

魚もほかの生物と同じくさまざまな病気になるため、養殖業では寄生虫などのほかにウイルスや細菌などの病原体による感染症(魚病)の発生が問題になります。魚とは乳類では体温など生理的特徴が大きく異なり、魚の病原体がヒトに感染することはありません。しかし、魚病によって養殖魚が死んでしまえば生産者にとって経済的損失となります。

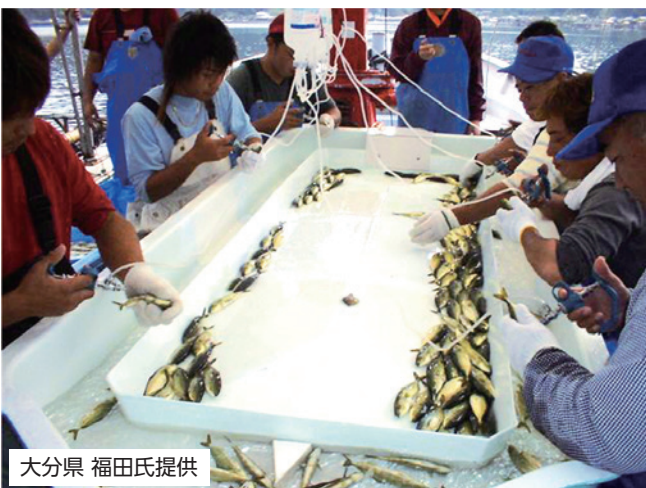
ブリ類の年間養殖生産量は、この30年間およそ14万トン前後で安定しています。今から30年前の魚病による被害額は生産額の約10%であったのに対し、現在は3%前後にまで減少しています。

この魚病被害の減少にはワクチンが大きく貢献しており、現在は、水産用ワクチンで魚病を予防することが主流となっています。

水産用ワクチンの現状

わが国では、水産用ワクチンとしてアユに対するビブリオ(細菌)病ワクチンが1988年に初めて承認され、その後ニジマスにも適用が拡大されました。このワクチンは、浸漬^{しんじく}ワクチンといって、ワクチン液の中に魚を漬け込むことで体表からワクチン成分が取り込まれ、効果を発揮します。ブリ類に対しては、1997年にαレンサ球菌に対する経口ワクチンが承認されました。餌にワクチンを混ぜて食べさせることで効果が得られます。

2000年にはビブリオとαレンサ球菌を混合した2価注射ワクチンが承認されました。注射ワクチンは、浸漬ワクチンや経口ワクチンよりも高い効果が得られますが、一尾ずつ注射しなければなりません。ワクチンの承認と同時期に、連続注射器の開発と注射法研修体制の整



大分県 福田氏提供

連続注射器によるブリ種苗へのワクチン接種風景



水産技術研究所 養殖部門 病理部
免疫グループ長

まつ やま とし まさ
松山 知正

備が進められ、生産者に高い有効性が評価されたこともあり、海産魚の養殖では注射ワクチンが普及していきます。現在市販されている水産用ワクチンの多くが注射ワクチンです(表1)。

期待されるワクチン開発

一方で、ワクチンが開発されていない魚病に関しては、被害は変わらないか増加傾向にあります。これらの病気に對してもワクチンの開発が求められています。簡単ではありません。現在販売されている水産用ワクチンは、全て不活化ワクチンとよばれ、培養してふやした病原体を薬剤で失活させて製造したものです。不活化ワクチンは投与された魚に抗体を作らせる能力が高く、販売されているワクチンには非常に高い効果が認められます。また、比較的簡単かつ安価に製造できるメリットもあります。その反面、宿主の細胞内で増殖する病原体に対しては、ワクチン投与により産生された抗体が細胞内にまで入り込んで作用できないため、効果が得られないなど、不活化ワ

クチンでは有効な免疫が誘導されないことがあります。また、当然のことながら、培養できない病原体に対しては製造することができません。私たちは、不活化ワクチンでは対応できず、ワクチンが市販

化されていない取り残された魚病に対して、DNAワクチン、組み換えサブユニットワクチン、弱毒生ワクチンなど、新しい技術を取り入れた水産用ワクチンの開発を行っています(図1)。

表1 ブリに承認された市販ワクチン

対象疾病	病原体名	投与方法
イリドウイルス病	マダイイリドウイルス	注射
αレンサ球菌症	<i>Lactococcus garvieae</i>	注射・経口
ビブリオ病	<i>Vibrio anguillarum</i>	注射
類結節症	<i>Photobacterium damsela</i> subsp. <i>piscicida</i>	注射

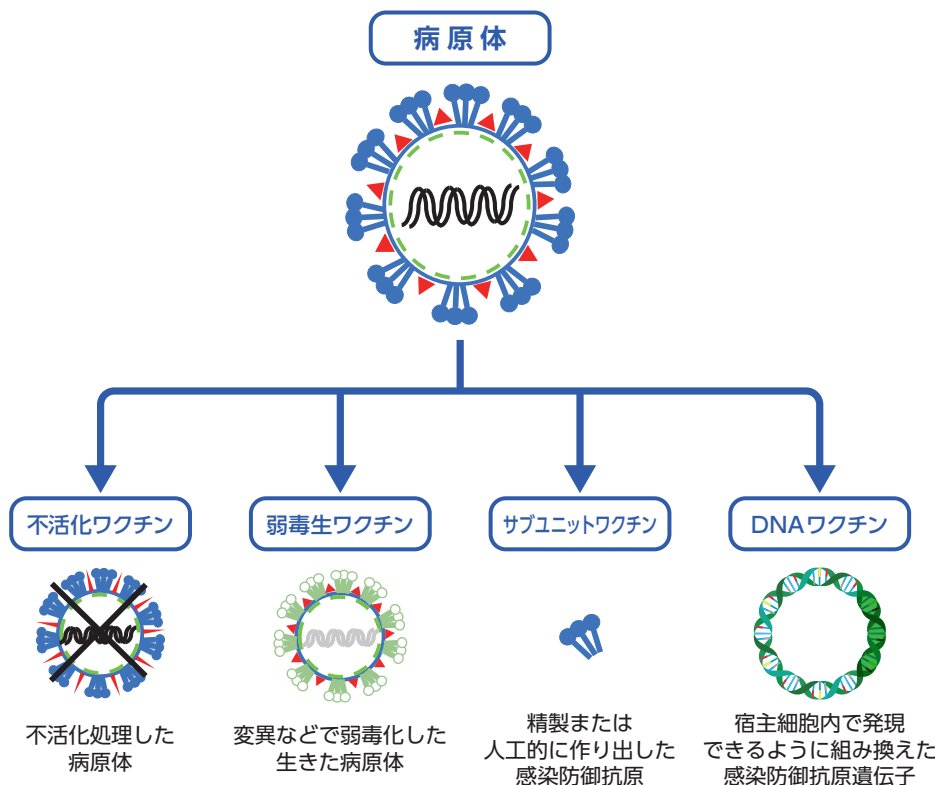


図1 研究中的水産用ワクチンの種類

魚粉を減らしてもよく食べて消化もよく、成長もよい餌の開発

魚粉を減らす

魚類養殖に必要な費用のうち6〜7割を餌代が占めていて、主な原料である魚粉の価格高騰にともない餌の価格が上昇し、養殖業者の経営に大きな影響を与えています。餌の価格上昇を抑えるため、魚粉よりも価格の安い大豆油かすなどが魚粉の代わりに使われています。しかし、これらの代替原料には魚に好まれない、消化吸収が悪い、といった問題があり、代替原料を多く含む餌では魚の成長が悪くなってしまう。飼餌料グループでは、代替原料を使った餌でも魚がよく成長するようにするために、どうして餌を食べる量が変わるのか、どのようにして餌を消化して利用しているのかを調べています。

よく食べる餌の開発

同じ生簀の中で飼っていても、非常に

成長のよい個体がでてくることがあり、そのような個体は食欲が旺盛であると考えられます。魚の食欲がどのように制御されているかを調べていく中で、ネズミやヒトで食欲を抑制する作用をもつレプチンと呼ばれるホルモンが魚にも存在することが明らかにされました。レプチンを魚に投与する試験を行った結果、ほ乳類と同様に魚でも食欲に関係していることが確かめられました(図1)。

レプチンの作用をより詳しく調べ、魚粉を減らした餌でも魚がよく食べて効率のよい養殖ができるように研究を進めています。

成長のよい餌の開発

魚粉を減らした餌をよく食べるようになってからも、食べた餌がきちんと消化され利用されないと、成長のよい餌にはなりません。代替原料を給餌したときに成長が悪くなる原因を調べるために、魚粉



水産技術研究所 養殖部門 生理機能部
飼餌料グループ長
ふるいた ひろ ぶん
古板 博文

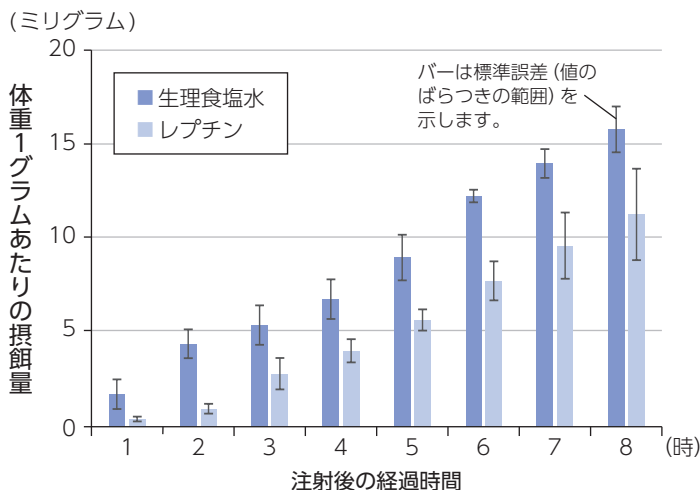


図1 レプチン投与後のニジマスの摂餌量の変化

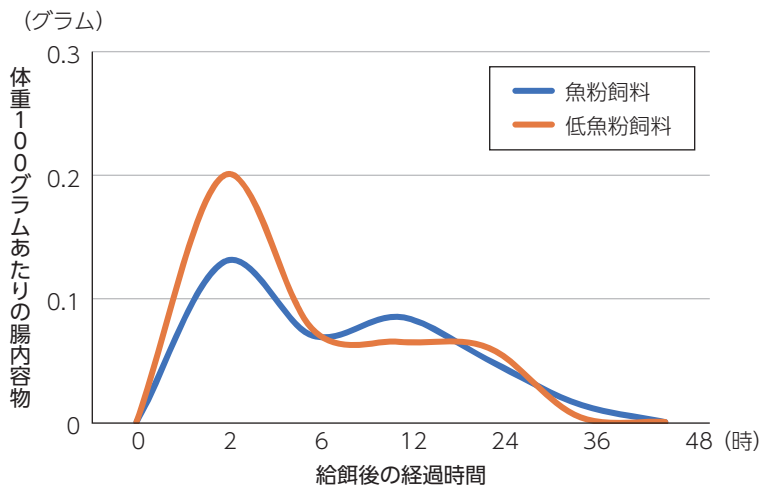
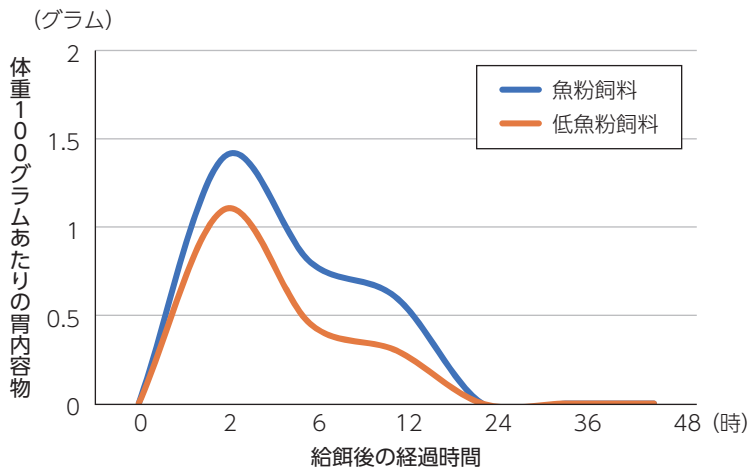


図2 ブリ稚魚に魚粉飼料と植物原料主体の低魚粉飼料を与えたときの胃および腸内容物量の変化 (上：胃内容物、下：腸内容物)

飼料と、大豆油かすなどを原料とする低魚粉飼料をブリ稚魚に給餌して、胃や腸の中での消化のされ方の違いを調べました。その結果、魚粉飼料は胃の中で時間をかけて消化されたあとに腸に移動しますが、低魚粉飼料は胃の中にあまりとどまらずに腸に移動していくことがわかりました(図2)。

また、腸管での消化液の出方について

調べたところ、低魚粉飼料はタンパク質を分解する消化液の量が魚粉飼料よりも少ないこともわかりました。このように魚粉飼料と低魚粉飼料では消化のされ方が異なるため、成長に影響していると考えられます。さらに、マダイで、いろいろな代替原料を単独で与えたときの消化液(消化酵素と胆汁)の出方を調べたところ、魚粉とは異なることがわかりました(表1)。

表1 マダイの消化酵素と胆汁の分泌に及ぼす各種原料の影響

	消化酵素	胆汁
魚粉	+++	+++
大豆油かす	+++	-
濃縮大豆タンパク質	+	-
コーングルテンミール	+	-
チキンミール	+	++
フェザーミール	+++	+

※本研究の成果の一部は水産庁委託による養殖業成長産業化技術開発事業によるものです。

現在、ブリでも同様の研究を実施しているところですが、代替原料が魚に与える影響をいろいろな面から調べるとともに改良方法を検討し、魚粉を減らしても成長のよい餌の開発をめざして研究をさらに進めます。

ゲノム予測(ゲノミックセレクション)

ブリ人工種苗の育種

水産養殖の主要な対象魚種であるブリの養殖では、持続的な生産や、周年出荷などに対応できるように、従来の天然由来の種苗に加え、人工の種苗を利用した生産が重要視されています。人工種苗を利用したブリ養殖を進めるうえでは、成長が速い、病気に強い、環境ストレスに強いといった、遺伝的により優れた特性を有する個体を親魚として選ぶ(選抜)ことにより、優れた系統を作出(育種)することが可能となります。

ゲノム予測・選抜に向けて

遺伝的に優れた親魚の選抜には、個体ごとに、育種価と呼ばれる遺伝させる能力の指標を利用します。育種価が判明するのは次の世代になってからですが、それでは時間がかかってしまうので育種価の推定が行われています。育種価の

従来の推定には、血縁記録(家系情報)を用いていました。最近では、ゲノム配列全体を網羅する多数のDNAマーカー(個体間でDNA配列が異なる領域)の多型情報を用いて、より効率的に育種価を推定することができますようになりました。DNAマーカーには、主にSNPマーカー(1塩基の変異を対象とするDNAマーカー)が用いられます。このDNAMマーカーを用いて推定した育種価(ゲノム育種価)を利用した選抜育種法は、ゲノム選抜またはゲノミックセレクションと呼ばれ、現在、魚類だけでなく多くの家畜や農作物で実践されています。

ゲノム選抜においては、大量のサンプルについて、SNPデータと表現型データ(成長データ、病気への耐性の度合いなど)の関連付けを行い、ゲノム育種価の予測式を構築します(図1)。この予測式は、十分な予測精度があることが重要となります。構築された予測式を用いる



水産技術研究所 養殖部門 育種部
育種基盤グループ 研究員

うち の つばさ
内野 翼

とSNPデータのみからゲノム育種価を推定、親魚候補を選抜することが可能になります。このような特徴は、感染試験などにより病気への耐性の度合いとSNPデータを関連付けることにより、特定の病気に対するキャリアとなることなく親魚を選抜することなどに役立つものです。また本選抜手法は、成長のような多数の遺伝子によって支配される特性に対しても有効であることが知られています。

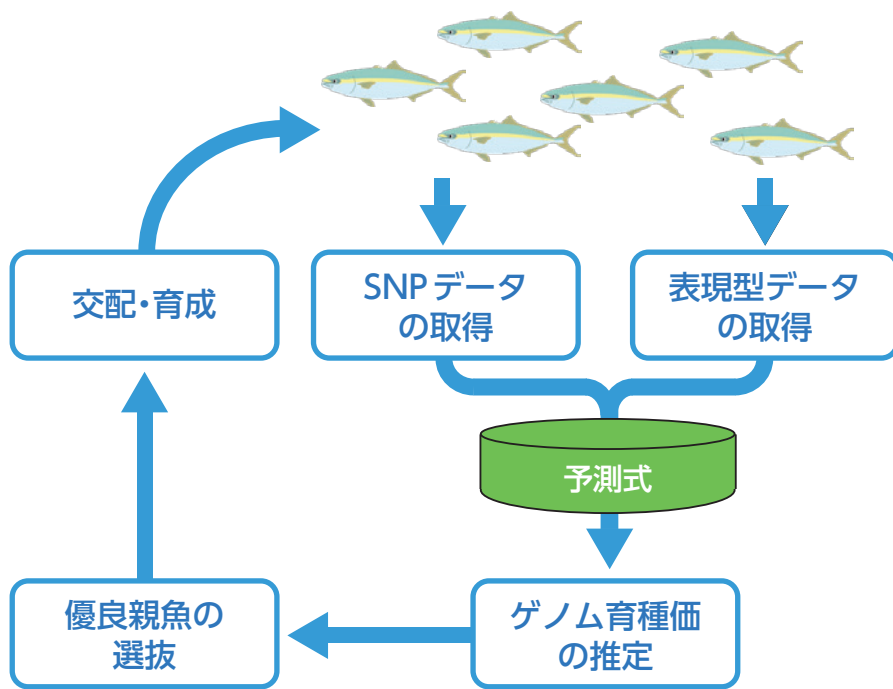


図1 ゲノム育種価による選抜のイメージ図

表1 ブリにおける成長に関するゲノム育種価の予測精度

サンプル情報		成長データ		予測精度
日齢	個体数	項目	平均値	
656	974	全長	67.3センチ	0.61
		体重	4.3キログラム	0.58

予測式から推定したゲノム育種価と、実測値である成長データ(全長、体重)の関係から、予測精度は0.5を超えていることがわかり、構築した予測式でうまく予測できていることを示しています。



これまでに当機構では、大学機関や民間企業との協力のもと、ブリの成長に関するゲノム育種価の予測やゲノム選抜に向けたデータ取得や整備を進めています。具体的には、大量のサンプルを用いて、ブリの成長データの取得や、SNPマ

カーの検出技術の検証、SNPデータの整備などを行いました。また、実際に取得された成長データおよびSNPデータを用いて、成長に関するゲノム育種価の予測精度の評価を実施しています(表1)。このようなゲノム選抜に関する

研究成果は、ほかの優良な特性や、ほかの水産養殖の対象種においても活用することができると考えており、実用化に向けた取り組みを進めています。

※ 本研究は農研機構「水産技術開発・緊急展開事業」(うち先導プロジェクト)の支援を受けて行われたものです。

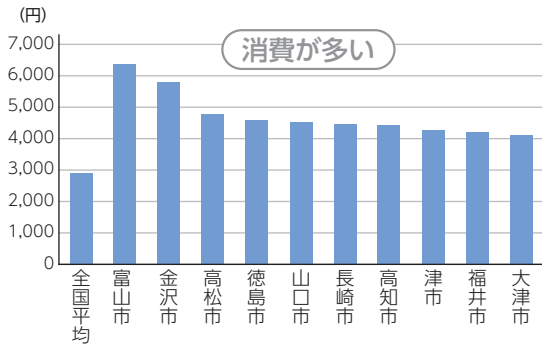
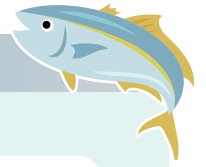


図1 都道府県庁所在地及び政令指定都市のブリ消費量が多い都市トップテンと全国平均

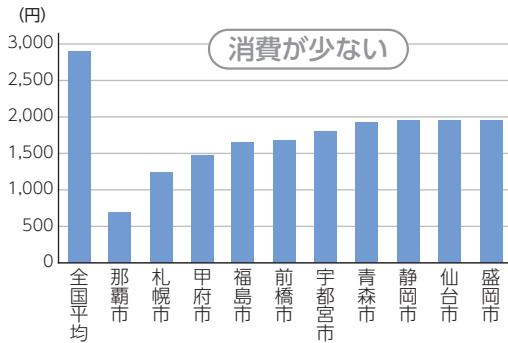


図2 都道府県庁所在地及び政令指定都市のブリ消費量が少ない都市トップテンと全国平均

※総務省統計局の家計調査(二人以上の世帯)品目別都道府県庁所在市及び政令指定都市(川崎市、相模原市、浜松市、堺市及び北九州市)ランキング(2018年~2020年平均)のデータを元に作図

消費が多いエリア、少ないエリア

ブリの消費が多いところは、北陸の富山市、金沢市などで(図1)、消費が少ないところは、那覇市、札幌市や東日本の内陸の都市など(図2)です。

府県によっては、独自に旬の魚や県の魚などを定めているところもあります。ブリを選んでいる府県は、富山、石川、静岡、京都府、香川、福岡、長崎、熊本、大分、鹿児島などです。



ブリの照り焼き風

どうやって食べる?

ブリは、各地方の郷土料理などにも使われ、いろいろな食べ方があります。農林水産省のパンフレット「農山漁村の郷土料理百選」には、富山県のブリ大根、大分県のタレに漬けたブリの刺身を炊きたてのご飯にのせるブリのあつめしが選ばれています。

農林水産省の「うちの郷土料理」次世代につたえたい大切な味」では、石川県の「ブリ大根」、かぶ、ブリ、にんじん、ゆずの皮などを使った「かぶらずし」、大分県のブリの切り身をしょうゆ、酒、みりん、ごま、しょうがでつくるタレで和えた「りゅうきゅう」、おから、ブリなどの刺し身の切れはし、かぼすなどを使った「きらすまめし」、鹿児島県の「ブリ大根」などがあります。ここには、これらを含むいろいろな郷土料理のレシピについても掲載されています。

ネットにもいろいろなブリを使ったレシピがあります。みなさんのお好みのブリ料理はありますか？



かぶらずし(石川県)



りゅうきゅう(大分県)



きらすまめし(大分県)

上記3点の画像の出典：農林水産省ウェブサイト「うちの郷土料理」(https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/k_ryouri/index.html)

絶滅が危惧される日本産イシナマコ類を2種と同定

イシナマコ類は、クロナマコ科の体長30センチメートル以上になる大型のナマコで、インド・太平洋の熱帯・亜熱帯域に分布します。中華料理で最高級のナマコ食材として珍重されますが、世界的な乱獲による資源の減少が危惧されています。

国際自然保護連合(IUCN)レッドリストで絶滅危惧・危急種に指定され、2019年にワシントン条約(CITES)絶滅のおそれのある

野生動物植物の種の国際取引に関する条約)附属書IIへ掲載され、種の保全がこれまで以上に必要です。

沖繩諸島はイシナマコ類の分布の北限にあたり、これまで*Holothuria nobilis* 1種のみが分布するとされてきました。今回、水産研究・教育機構は、沖繩島および八重山諸島のイシナマコ類を遺伝子や、骨片^{※1}などの形態的特徴を調べたところ、*H. nobilis*は同定^{※2}されず、*H. whitmaei*と*H. fuscogilva*

の2種を同定しました(図1・2)。

この2種の生態は異なることが知られています。*H. whitmaei*は、サンゴ礁の平たん部など比較的浅い場所に多く分布し、冬季に産卵します。*H. fuscogilva*は、成長にともなって海藻場などの浅い場所から水深30メートル程度の砂地へと生息場を移動し、夏季に産卵します。漁獲管理など保全策を効果的に行ううえで、この成果は重要な基礎的知見となります。

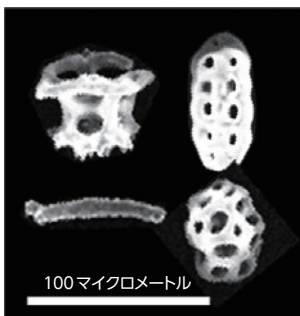
図1



*Holothuria whitmaei*の背面(左)と腹面(右)

*Holothuria fuscogilva*の背面(左)と腹面(右)

図2



*Holothuria fuscogilva*の骨片の例：
(左上から時計回りに)テーブル状、ボタン状、楕円体、棒状骨片
マイクロメートルは千分の1ミリ

本研究は、水産庁の漁場環境改善推進事業のうち海洋生態系保全国際動向調査事業の予算を一部使用して行われました。

この成果は英文誌Plankton and Benthos Research 16巻3号200-209ページに掲載されました。以下のURLから無料で読みいただけます。⇒ https://www.jstage.jst.go.jp/article/pbr/16/3/16_B160305/_pdf/-char/ja



※1 骨片：ナマコの体組織に含まれるさまざまな形状の炭酸カルシウムの小片で、分類で重要な形態学的特徴。
※2 同定：生物の分類上の所属や種名を決定すること。



刊行物報告



水産大学校 研究報告 第70巻

発行時期：第2号 2021年12月
第3号 2022年1月

問い合わせ先

水産大学校 校務部 業務推進課

ウェブサイト

<http://www.fish-u.ac.jp/kenkyu/sangakukou/kenkyuhokoku/kenkyuhokoku.html>



水産研究・教育機構 NEWS LETTER おさかな瓦版 No.105、No.106

内容：105 ノリ
106 磯焼け

発行時期：105 2022年1月
106 2022年3月

問い合わせ先

経営企画部 広報課

ウェブサイト

<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/pr.html#letter>



執筆者一覧

「ブリの人工種苗」の普及をめざして

- ブリってどんな魚? 広報誌編集事務局 (監修 水産資源研究所 水産資源研究センター)
- ブリ養殖の現状 水産技術研究所 養殖部門 生産技術部 技術開発第4グループ長 藤浪 祐一郎
- ブリ養殖の現状と経営・経済研究の側面からの問題解決 同所 同部門 養殖経営・経済室長 三木 奈都子
- 養殖の生産性を向上させる早期採卵技術の開発 同所 同部門 生産技術部 技術開発第4グループ 主幹研究員 堀田 卓朗
- ブリ受精卵と人工種苗のニーズおよび利用促進 開発調査センター 養殖システムグループリーダー 大河内 裕之
- 疾病対策 ブリで発生する魚病とワクチン開発研究 水産技術研究所 養殖部門 病理部 免疫グループ長 松山 知正
- 魚粉を減らしてもよく食べて消化もよく、成長もよい餌の開発 同所 同部門 生理機能部 飼餌料グループ長 古板 博文
- ゲノム予測 (ゲノミックセレクション) 同所 同部門 育種部 育種基盤グループ 研究員 内野 翼

ピックアップ・プレスリリース

絶滅が危惧される日本産イシナマコ類を2種と同定 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 亜熱帯浅海域グループ 研究員 谷田 巖

編集後記

冬の代表的な魚ブリ。刺し身、すし、照り焼き、ブリ大根など、和食の食材の代表となる魚の一つです。また、出世魚として日本の各地で成長するにつれていろいろな名前と呼ばれ、西

日本では、正月を迎えるときに欠くことのできない年取り魚で、生活に根ざした魚となっています。

ブリの養殖は、1928年に香川県で海水池を使って始められました。1960年前後に開発された網生け簀の利用は1965年以降に急速に普及し、1971年には養殖生産量が漁獲量を超えるまでになりました。養殖により供給が安定するととも

に、最近では餌や飼育方法の工夫が進み、各地の養殖ブリのブランドも生まれています。また、供給の安定は輸出にもつながり、輸出が伸びていることから海外でも人気のほどがうかがえます。

人工的に育て上げたブリの種苗を使うことは、天然資源に頼ることなく、養殖生産量の安定につながります。今回の特集では、当機構が取り組んでいる種苗の確保、飼餌料の量や質の確保、病気の克服など、ブリの人工種苗の普及について取り上げました。これからも引き続き、養殖に関連する諸問題の解決に向けた研究開発を進めていきます。(角埜 彰)

<http://www.fra.affrc.go.jp/>

ウェブサイト



<https://www.facebook.com/fra.go.jp/>

【アカウント名】
水産研究・教育機構



https://twitter.com/fra_go_jp

【アカウント名】
水産研究・教育機構 FRA

