

ホタテガイ漁業を支える基礎学

北海道大学大学院水産科学研究院 五嶋 聖治 (Goshima, Seiji)

はじめに

最新の漁獲統計(2013年)によれば、日本の年間総漁獲量は479万1千tで、そのうち26%にあたる123万9千tは北海道で漁獲されている。北海道漁業の内訳では、第1位は45.4万tのホタテガイであった。以下、スケトウダラ、サケ、サンマと続き、漁獲量の多い上位6種で全体の8割を超える典型的な少数種多獲漁業であり、比較的種類数が少ない寒冷北方漁業の典型的な特徴を示している。ちなみに温帯、あるいは亜熱帯系の漁業形態である鹿児島県では、総漁獲量の8割を超えるのに20種近い魚種が必要であり、典型的な多数種少獲漁業である。これらの特徴は種数から見た生物多様性の地理的傾向を如実に反映している。

日本全国で年間50万tもの漁獲量をあげるホタテガイ漁業であるが、そのうちの8割、40万t以上は北海道沿岸で漁獲されている。北海道でのホタテガイ漁獲量がずっと以前から40万tを超えていたわけではなく、1960年代までは1万t未満の年が長く続いており、ときたま卓越年級群が出現して数万tの水揚げがあった程度であった。それが1970年代初頭から右肩上がりの漁獲量を示すようになり、1996年に40万tを超えるようになった。その背景には、人の手を加えてホタテガイを管理して育てる増殖事業が大規模に行われてきたことが挙げられる。中でも稚貝を海底に放流して成長後に漁獲する地まき放流漁業の役割が大きかった。その手法は、ホタテガイの生活史や生態を十分に解明してその知見を漁業に上手に応用するという、実に理にかなった漁業システムである。日本漁業の優等生とも言えるホタテガイ漁業のサクセス・ストーリーを学ぶことは、生態学等の基礎学を漁業という現業に応用する好例であり、他種にとっても模範となり得る。

ホタテガイ漁業の成功には、大きく3つの要因が挙げられる。すなわち、1) “採苗”技術の確立、2) 輪採性の導入、3) さまざまな増殖技術の向上・改良である。基礎学の重要性を再認識する意味で、成功の鍵を生態学やプランクトン学、海洋学といった基礎学と関連づけて順を追って見てみよう。

“採苗”技術の確立

“採苗”とは、もちろん農業になぞらえ

て用いている言葉であるが、ホタテガイの稚貝を大量に確保することを意味し、この技術開発がなければ今日の成功はなかった。海底ではホタテガイの放精・放卵は5、6月ころに行われ、受精卵は1ヵ月間ほどの浮遊幼生期を経て大きさが0.3mmほどになると岩や海藻等に足糸という糸を出して付着し稚貝に変態する。

1 cmほどに成長すると足糸が切れて海底に降り立ち、親と同じ底生生活をおくる。この習性を利用して、タマネギ袋にネトロン網を丸めて入れた“採苗器”と呼ばれる網袋を海中にぶら下げる。採苗器の網糸には大量の稚貝が付着し変態する。やがて成長後に足糸が切れると、すでに採苗器の網の目合を抜けることができず大きさに成長したホタテガイ稚貝が大量に網袋内に確保されるという仕組みである。実に簡単な方法ではあるが、足糸で物に付着して成長するという生活習性を熟知したからこそ実現できた採苗技術の開発である。

採苗器の海中への投入時期についても、プランクトン学の知見が応用されている。早い時期から海中に採苗器を入れると、フジツボ、ムラサキガイ、ユウレイボヤ等の餌の競争種が大量に付着し、時には捕食者であるヒトデの幼生も付着し、ホタテガイ稚貝の成長、生残に悪影響を及ぼす。北海道オホーツク海沿岸では、浮遊幼生が多く見られる時期に数日間隔でプランクトンネットによる幼生採集を行い、幼生の個体数の計数と大きさの測定を行うという、幼生モニタリングを実施している。そして幼生付着が大量に起こる時期を事前に予測し、その情報を漁業者に流す。漁業者は事前に準備していた採苗器を海中に垂下し、できるだけホタテガイ以外の種の付着を少なくするという仕組みである。多くの二枚貝の浮遊幼生の形態は酷似しており、ホタテガイ浮遊幼生の識別には熟練を要する。最近では、抗原抗体反応を利用してホタテガイ幼生のみを種特異的に染色する技術開発

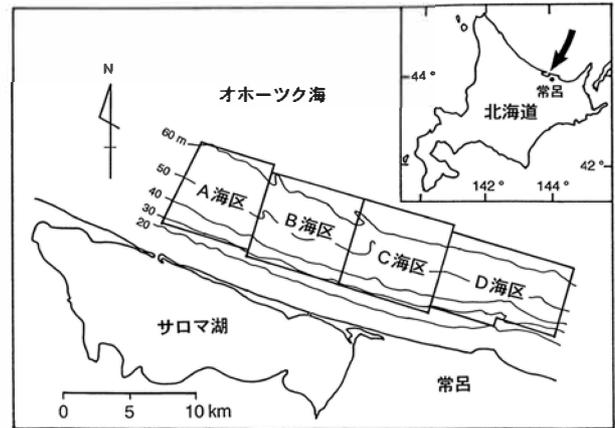


図1. 4輪採制を行っているホタテガイ漁場。例としてオホーツク海沿岸の常呂漁業協同組合の漁場図を示す。(Goshima & Fujiwara 1994を改変)

も行われ、幼生の識別は格段に容易になってきた。

採苗器内で成長した貝は、その後ふろいで大型個体が選別され、別のカゴに移し替えられる。大型個体の成長の良さとし残率の高さが期待できるからである。この中間育成を経て、1歳で4 cmほどの大きさに成長したホタテガイを“種苗”と呼ぶ。これをさらにカゴ等に入れて海中にぶら下げて、集約的に管理する垂下養殖とするか、あるいは海中に放流する粗放的な地まき放流とに分かれる。これらの採苗技術により、毎年必要な数十億個体ほどの稚貝の確保が可能となった。北海道沿岸の主要なホタテガイ種苗生産地には日本海沿岸、サロマ湖、能取湖、噴火湾などがある。ホタテガイの生活史と生態的知見に裏付けられた採苗技術の開発である。

輪採性の導入

大量生産に結びつく第2の要因は、ホタテガイの成長過程に即した輪採性増殖方式の導入にある(図1)。漁業協同組合が管理する地先海域(水深30~60mほど)を4つの海区に分け、中間育成によって育てた1歳の稚貝(種苗)をその中の1つの海区に放流し、翌年には別の海区に放流と、海区ごとに1年ずつずらして放流する。放流後はそのまま手を加えずに放置し、3年経過して4歳になると商品サイズである殻長12cm、重量200gほどに成長する。これを八尺と呼ばれるけた網で海底を引き回して漁獲する。翌年には新たに4歳となった海区を漁獲す

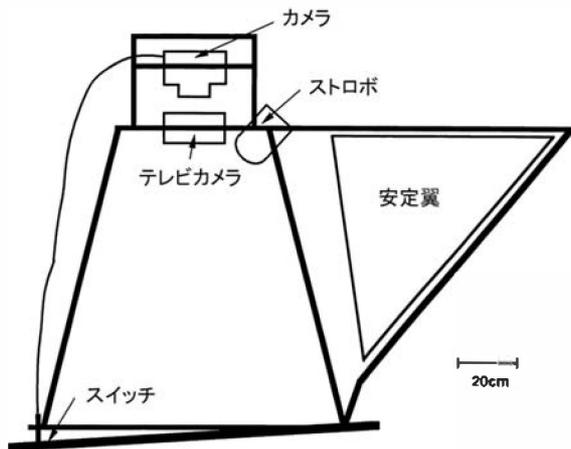


図2. 生息個体数推定に用いる撮影装置。この撮影装置が海底に接地すると自動的に1㎡の範囲の海底写真が撮影できる。(Goshima & Fujiwara 1994を改変)



図3. 撮影したホタテガイ漁場の海底写真の例。外枠が1 m 四方を示し、枠内には9個体のホタテガイが写っている。

るといように、順番に別々の海区を操業区として利用する手法を輪採制と呼ぶ。同じ海区は4年に一度ずつ操業されることになるので4輪採制と呼ぶ。成長が速い場所では3年ごとに漁区となる3輪採制を、より大型の貝を生産したい場合は5輪採制を採用することになる。

輪採制の導入により、毎年継続的に漁獲が可能となり、計画的生産も行えるようになった。このような輪採制増殖は、漁獲対象とする種の成長パターンが予想でき、かつ複数の海区を確保するのに十分な広さの海域を管理する組合であることが必要である。ホタテガイはだいたい4歳で商品サイズになるという成長過程に関する生態的知見が得られているからこそこの4輪採制の導入であった。成長過程という生態的知見が、漁業形態にうまく反映されている例である。

増殖技術の向上・改良

その他にもホタテガイ増殖にはさまざまな増殖技術の向上と改良が行われている。たとえば、放流種苗の大型化では、当初2cmほどだった種苗は、最近では4~5cmほどに大型化されている。種苗の大型化によってその後の成長率と生残率の向上が大いに期待できる。現在では放流3年後の生残率は60%ほどに見積もられている。3年間というやや長期間の割には高い生残率である。

地まき放流ホタテガイにとって放流時のストレスは大きい。それまで海中で育てられていた種苗は、いったん陸上に上げられ個体数推定のための重要測定や、放流海域までの船上移送、あるいは遠い種苗生産地からのトラックによる陸送等のストレスにより、放流時の障害輪が殻上に刻まれるほどである。放流ストレスを軽減するために、作業の迅速化によって空気中に露出する時間の短縮を図ったり、放流作業時の船上での直射日光遮断

のために覆いをするとか、船上の種苗に海水散布を行う等の改良が行われている。

漁具である八尺には鋼鉄の爪が付いているが、爪の長さ、本数、間隔に改良を加えることによって操業時に貝殻が割れないように工夫している。これら小さいながらも不断の技術改良はホタテガイ増殖には欠かすことのできない要素である。

写真撮影法による資源量推定

技術の向上・改良の例として、資源量推定技術を紹介する。資源量や漁獲量の推定は、これ自体は生産量増大には直接結びつかないが、あらかじめ漁獲量を推定できたなら計画的生産、販売、雇用計画に大いに活用でき、年間漁獲高が900億円を超す一大産業となったホタテガイ漁業には必要欠くべからざる項目である。通常は翌年操業対象となる海区の資源量推定を行うが、そのために試験操業が行われてきた。数十km²ほどの大きな海区を小区画に小分けして、小区画ごとに、決められた距離と速度で実際の漁具を試験的に曳いて採捕できたホタテガイ個体数をもとに生息個体数を推定する方法である。しかし、漁具を曳いた場所に生息しているホタテガイのすべてが網に入るわけではなく、ある割合しか入網しない。この割合が漁獲効率であるが、海底状況やその時々々の海況によって漁獲効率にはばらつきが生じるのが普通である。資源

量推定に必要な漁獲効率がばらついたのではとても正確な推定はおぼつかない。

そこで開発されたのが、一定面積の海底写真を撮影してホタテガイ個体数を数え、生息個体数を推定しようという方形枠法の導入である (Goshima & Fujiwara 1994)。図2に示した撮影装置を海中に降ろし、海底に接地すると自動的に海底写真が撮影されるという装置である。1枚に撮影できる範囲はわずかに1m四方(1㎡)であり(図3)、数十km²という広大な海区漁場を対象にした場合の必要撮影枚数の算出が試みられた。一定精度の推定に必要な写真枚数は、一般に対象生物の分布型と生息密度と密接に関係している。場所による生息個体数の濃淡が強い集中分布ほど、あるいは生息密度が低いほど多くの写真を必要とする。ホタテガイの場合には漁場全体では集中分布を示すが、小区画ごとにみるとランダム分布であり、小区画(1000m×500m)あたり5枚、計400枚ほどの写真で精度高く推定できることが分かった。

個体数推定のほかに、個体当りの重量の推定も必要である。ここでは当時の平均的な漁獲個体重を用いた。写真撮影法によって推定されたホタテガイ資源量と漁獲量を表1に示す。表の最後の2つの欄、推定漁獲量と実際の漁獲量を見比べていただくと、ほぼ的中しているのが分かる。しかし、1990年に推定したB海

表1. 写真撮影法により推定した常呂海域のホタテガイの資源量、漁獲量と実際の漁獲量の比較。(Goshima & Fujiwara 1994を改変)

海区	C海区	B海区	D海区
撮影年月	1989年8月	1990年8月	1992年5月
漁場面積	36.5km ²	35.0km ²	34.5km ²
推定生息密度	5.75±0.20/㎡	7.99±0.23/㎡	6.09±0.31/㎡
推定生息個体数	2億1千万個体	2億8千万個体	2億1千万個体
推定資源量	39,883t	53,134t	42,021t
推定漁獲量	37,883t	51,134t	40,021t
実際の漁獲量	38,624t	24,723t	40,784t

タテガイを生産するために、単位面積あたりの放流個体数（放流密度）をはたしていかほどにするのがよいのか、それを推定する総合調査が行われた。漁場で推定された平均的な餌供給量から、平均的な漁獲個体重に成長するために必要な1個体当たりの摂食量を推定して求めた結果、平均的には7個体/m²程度の密度で種苗放流を行い、3年後の生残率が約6割で、4個体/m²程度が漁獲対象群となることが算出された。この手法は生産生態学的アプローチであり、環境収容力を想定して漁場が個体群を維持できる上限である許容量をもとめるという考え方である。

人工衛星画像の利用

上記の最適放流数の算出では、毎年の餌供給量の変化はないか、あっても無視できるほど小さいことが前提であった。しかし、実際には毎年の餌供給量は変化するのが当然であり、その変化を取り込むには毎年の膨大な環境測定データが必要とし、現実的ではなかった。しかし、近年は人工衛星画像から海表面の植物プランクトン量の指標となるクロロフィルa量の推定が比較的容易にできるようになり、その情報をホタテガイへの餌供給量の指標として資源管理に応用できる可能性が大きくなっている。図5は人工衛星画像から推定した海表面のクロロフィルa量を示している。赤や黄色い海域ほどクロロフィルa量が多く、青い海域では少ないことを示している。黒い部分は陸域と雲に覆われた海域である。晴れていれば毎日観測できるという。

オホーツク海沿岸のホタテガイ漁場について、年間の平均的なクロロフィルa量とホタテガイの成長指数の関係をみると、漁場の真上の海表面のクロロフィルa量とその直下に生息するホタテガイの成長の間には有意な関係は見られなかった。一方、北西側に位置する海域のクロロフィルa量とホタテガイの成長の間には有意な正の相関が見いだされた(図6)。すなわち北西側のクロロフィルa量が多い年には、その南東側の漁場のホタテガイの成長がよく、少ない年には成長がよくないという結果になった(五嶋・齋藤2006)。

資源管理

なぜ、北海道オホーツク海沿岸のホタテガイ漁場において北西側のクロロフィルa量の多少が南東域の漁場内のホタテガイの成長に影響するのか。それにはオホーツク海沿岸の漁場周辺の海流が大いに関係している。日本海を北上して流れる対馬暖流は、日本最北端の宗谷岬を回っ

てオホーツク海へ流入し、宗谷暖流となって沿岸を網走、知床岬方面に流れる。その勢力は春季から秋季にかけて特に強い。この時期はホタテガイの成長期に当たり、特に寒冷海域の植物プ

ランクトンの増殖期である春季ブルーミングの強弱がホタテガイの成長に強く影響している。北西海域で生産された植物プランクトン由来の餌が宗谷暖流水に乗って南東海域に流下しつつ海底に降り注ぎ、ホタテガイに摂食されることになる。つまり上流域で生産された餌が下流域に流されてホタテガイの餌になるために、北西海域のクロロフィルa量が南東海域のホタテガイの成長に影響することになるのである。地先の海域だけをモニタリングして管理しても不十分であり、オホーツク海沿岸全域のモニタリングと環境保全を行う必要を示唆している。つまり自分の浜だけでなくオホーツク海全域を守る姿勢と組織が必要であることを意味している。

人工衛星画像から推定されたクロロフィルa量がホタテガイの餌量の指標となり得るということは、人工衛星画像を読み解くことによってホタテガイの成長の良し悪しを事前にある程度は予測できることを意味する。写真撮影法による資源量推定において、個体数の推定は精度高くできるが、個体重予測のばらつきが大きいことが資源量と漁獲量予測の精度を下げている可能性を示唆した。衛星画像を用いた餌量と成長量予測が精度高くできるようになれば、資源量予測においても高い精度が期待できるだろう。今後の課題である。

事前に成長の良し悪しが予測できるならば、悪い成長予測への直接的対処、たとえば給餌するなどの手段は困難であっても、漁獲後の加工や販売の予測にとっては重要な情報となり得る。漁獲予定のホタテガイの成長予測に応じてそれ向けの加工と販路開拓に力を注ぐことが可能となるからである。

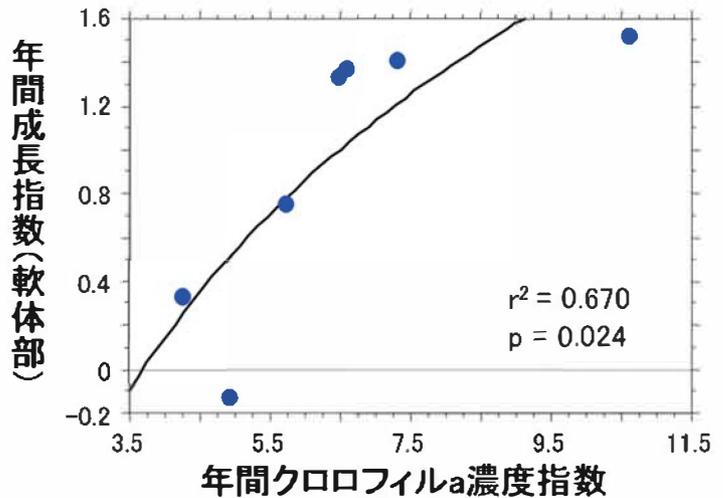


図6. オホーツク海沿岸のホタテガイ漁場(常呂沖)の北西に位置する海域(雄武沖)でのクロロフィルa量指数と南東海域に位置する常呂沖漁場でのホタテガイの成長指数の関係。(五嶋・齋藤2006を改変)

おわりに

ここまで、システムティックで高度に管理されている北海道でのホタテガイ漁業を紹介してきた。漁業という言葉から受けるイメージとは相当に異なる様相であることに驚かれる方も少なくないだろう。ホタテガイ漁業の発展において、水産学と並んで生態学やプランクトン学、あるいは海洋学などの基礎学が大いに応用されていることをご理解いただけたと思う。しかし、これら基礎学が実際の漁業発展のすべてを直接的に支えたわけではもちろんなかった。漁業者の経験則や現場での技術開発が先行し、後追いとして基礎学がその理論的背景を解明しているものも少なくない。とは言うものの、理論的解明があることによって、他の漁業や産業に応用・展開できるのであり、ホタテガイ漁業の成功例に学ぶことは、現場が先であろうが理論が先であろうがそう大きな違いはない。成功例に学ぶ姿勢こそ大事である。基礎学が果たす役割の大きさは、今後も多くの産業においてますます重要となることを再認識させるホタテガイ漁業の発展であった。

本稿を書き上げるに際し、多くの方々のご助力をいただいた。なかでも、長い付き合いのなかでホタテガイ漁業の現場について一からご教示くださった常呂漁業協同組合の藤原博さん、写真撮影技術で開発にご尽力いただいた、(株)海洋探査の皆さんに厚く御礼申し上げる。

参考文献

- Goshima S. & H. Fujiwara 1994 Mar Ecol Prog Ser, 110, 151-158
- 五嶋聖治・齋藤誠一 2006 水産学術研究・改良事業報告(平成17年度), 北水協会, 49-56