

アワビ類の生体成分からみた 造成漁場と天然礁の漁場評価法の確立

中央水産研究所 生物機能部 細胞生物研究室
中野 広*・鈴木 満平**・山下 倫明

緒言

各地にアワビ類の増殖場が造成されてきている。しかし、新たに形成された増殖場のうち当初予期された成果が上がっていないものが見受けられる。その原因の一つとして、増殖場の造成にあたり設置する人工構築物の耐久性と藻場の形成にのみ注意が払われ、アワビ類の生理・生化学的性状が無視されてきたことが考えられた。すなわち、造成漁場の環境がアワビに何等かのストレスを与えているために成長や生残率が悪くなるのではないかというのである。そのため新たに造成された増殖場に生息するアワビ類の生理・生化学的性状は本来有しているものと異なっていることが予想された。そこで、新たな増殖場の造成地におけるアワビの性状と従来漁場である天然礁由来のアワビの性状を生化学的に比較することにより造成漁場のアワビの性状の特徴を把握し、増殖場の造成や評価の指針作成の基礎資料を得ることを目的として本課題を設定した。

調査方法

①アワビ 平成3年度は平成3年11月下旬に岩手県広田地区および田老地区で漁獲されたエゾアワビ (*Haliotis discus hannai*) を、平成4年度は平成4年11月下旬に田老地区で漁獲されたものを用いた。アワビの年齢と大きさは、それぞれ平均年齢：5.6～5.7年貝、平均殻長：約97mm、平均重量：約120grであり、これらの形質については造成漁場アワビと天然礁アワビに有意差は認められなかった。生鮮状態のアワビは-50℃の冷凍庫内で一旦凍結し、東京まで搬送した。搬送直後にアワビを一旦解凍し、腹足筋と中腸腺を採取した。採取した腹足筋と中腸腺は液体窒素内で急速凍結し、分析に供するまで-40℃で保存した。

②調査項目と方法

- a. 腹足筋の水分含量
常法。(105℃における乾燥)
- b. 腹足筋の灰分含量
常法。(電熱器で炭化後、600℃で灰化)
- c. 腹足筋のタンパク質含量
平成3年度：Lowryらの方法。¹⁾
平成4年度：ケルダール法。
ケルダール窒素自動測定装置 (kjeltec auto 1030 Analyzer、日本ゼネラル社) を使用。
- d. 腹足筋のグリコーゲン含量
平成3年度：30%KOHで抽出後、エタノール沈澱法で回収。硫酸加水分解後、グルコースを酵素法で定量²⁾。
平成4年度：30%KOHで抽出後、エタノール沈澱法で回収。アンスロン硫酸法で定量³⁾。
- e. 腹足筋の核酸含量

*現 水産庁研究課 **現 農林水産技術会議

- 平成3年度：STS変法⁴⁾の考え方に基づく中野の方法⁵⁾。
 平成4年度：STS法⁴⁾の考え方に基づくBuckleyらの方法⁶⁾。
- f. 腹足筋の脂質（トリグリセリド・リン脂質）含量
 エタノール-エーテル（3：1）混液で脂質を抽出。臨床検査用キットで定量⁷⁾。
- g. 腹足筋の酸性プロテアーゼ活性
 酸変性ヘモグロビンを反応基質とするAnsonの方法⁸⁾。
- h. 腹足筋ミオシンBのATP分解酵素活性
 高士らの方法でミオシンB画分を調製。⁹⁾
 平成3年度：高イオン強度（400mM KCl）環境におけるATP分解活性を測定。
 （2mM CaCl₂・2mM MgCl₂・1mM ATP・25mM Tris-maleate buffer（pH 7.0））
 平成4年度：高イオン強度（400mM KCl）環境におけるCa-ATP分解活性を測定。
 （2mM CaCl₂・1mM ATP・25mM Trismaleate buffer（pH 7.0））
- i. 中腸腺のトリグリセリド含量
 平成3年度：エタノール-エーテル（3：1）混液で脂質を抽出。臨床検査用キットで定量⁷⁾。
 平成4年度：クロロホルム-メタノール（2：1）混液で総脂質を抽出。臨床検査用キットで定量¹⁰⁾。

調査結果

平成3年度に実施した岩手県広田地区産アワビおよび田老地区産アワビの分析結果を表1と2に示した。また、平成4年度に実施した田老地区産アワビの分析結果を表3に示した。

考察

①平成3年度の調査について

平成3年度は、アワビ腹足筋および中腸腺の構成成分の定量法・諸酵素活性の測定法を確立することに主眼をおいた。生化学分析法は当課題の担当者である中央水産研究所生物機能部の中野が、仔稚魚の生体構成成分分析について提唱している方法によった。

岩手県広田地区および田老地区の造成漁場と天然礁由来アワビを分析し、表1と2に示された結果を得た。3年度の調査では分析個体数が各調査項目について一定でなく、かつ5個体以下と少ない場合もあって分析値の平均値の有意差検定を実施できなかった調査項目が多かったが、田老地区産アワビの腹足筋のタンパク質含量と核酸（DNA）含量、ミオシンB-ATP分解活性の3項目については造成漁場アワビと天然礁アワビとの間で違いが認められた。

分析値を検討した結果、腹足筋のタンパク質含量の測定法をLowryらの方法¹⁾からケルダール法へ変更すること、同一試料の水分・灰分含量も測定することにより一般成分分析値を把握すること、腹足筋の脂質含量はごく微量であることから測定対象からはずすこと、腹足筋のミオシンBのATP分解活性を400mM KClの高イオン強度下で測定する場合、Mg²⁺の存在によって活性が強く抑制されることから、Mg²⁺を測定系から除くことが必要と判断した。

②平成4年度の調査について

平成3年度の調査結果を受け、4年度では岩手県田老地区のアワビについて再調査を実施しその結果の再現性を調べた。田老地区の造成漁場（当地では大規模増殖場と呼ばれている）は、かつてはアワビの個体数は多いが餌料海藻がほとんど無く、殻長が90mm以上に成長する個体はほとんどいないという典型的な磯焼け状態を呈する非生産漁場であり、アワビ漁場として成立しなかった場所である（図1）。とこ

表1. 岩手県広田地区産アワビの生化学的性状 (平成3年度分) 平均値±標準偏差, n=3~10

調査項目	造成漁場	天然礁漁場
a. 腹足筋・水分	*****	*****
b. 腹足筋・灰分	*****	*****
c. 腹足筋・タンパク質	69±19	51±24
d. 腹足筋・グリコーゲン	4±2	5±3
e. 腹足筋・核酸 (RNA)	0.64±0.17	0.77±0.26
核酸 (DNA)	0.26±0.11	0.42±0.20
f. 腹足筋・脂質 (トリグリセリド)	0.015±0.003	0.014±0.004
脂質 (リン脂質)	1.18±0.18	0.87±0.13
g. 腹足筋 (酸性プロテアーゼ) [μmole/min/g tissue]	96±29	133±37
h. 腹足筋 (ミオシンB-ATPase) [μmole/min/mg protein]	0.060±0.014	0.097±0.012
i. 中腸腺・脂質 (トリグリセリド)	4.4±2.1	9.5±1.0

*1. a~f・iの数値は組織重量1g当りの含量 (mg) を表す

*2. ***は測定を実施していないことを意味する。

*3. xxx#の#は、造成漁場群と天然礁漁場群の測定値の平均値に有意な差 (p<0.05) が認められたことを意味する。

表2. 岩手県田老地区産アワビの生化学的性状 (平成3年度分) 平均値±標準偏差, n=3~10

調査項目	造成漁場	天然礁漁場
a. 腹足筋・水分	*****	*****
b. 腹足筋・灰分	*****	*****
c. 腹足筋・タンパク質	70±15 [#]	50±9 [#]
d. 腹足筋・グリコーゲン	6±2	4±2
e. 腹足筋・核酸 (RNA)	0.43±0.15	0.76±0.23
核酸 (DNA)	0.23±0.04 [#]	0.42±0.16 [#]
f. 腹足筋・脂質 (トリグリセリド)	0.015±0.003	0.015±0.005
脂質 (リン脂質)	1.12±0.14	0.91±0.32
g. 腹足筋 (酸性プロテアーゼ) [μmole/min/g tissue]	46±20	80±13
h. 腹足筋 (ミオシンB-ATPase) [μmole/min/mg protein]	0.022±0.009 [#]	0.095±0.044 [#]
i. 中腸腺・脂質 (トリグリセリド)	3.8±2.5	4.9±0.2

*1. a~f・iの数値は組織重量1g当りの含量 (mg) を表す

*2. ***は測定を実施していないことを意味する。

*3. xxx#の#は、造成漁場群と天然礁漁場群の測定値の平均値に有意な差 (p<0.05) が認められたことを意味する。

表3. 岩手県田老地区産アワビの生化学的性状 (平成4年度分) 平均値±標準偏差, n=12

調査項目	造成漁場	天然礁漁場
a. 腹足筋・水分	690±19	689±35
b. 腹足筋・灰分	14±2*	16±1*
c. 腹足筋・タンパク質	143±24	149±14
d. 腹足筋・グリコーゲン	138±36	133±33
e. 腹足筋・核酸 (RNA)	0.29±0.07	0.36±0.03
核酸 (DNA)	0.17±0.04	0.19±0.02
f. 腹足筋・脂質 (トリグリセリド)	*****	*****
脂質 (リン脂質)	*****	*****
g. 腹足筋 (酸性プロテアーゼ) [μg/min/g tissue]	0.11±0.03	0.12±0.06
h. 腹足筋 (ミオシンB-ATPase) [μmole/min/mg protein]	0.44±0.06*	0.36±0.09*
i. 中腸腺・脂質 (トリグリセリド)	39±20	35±24

- *1. a~f・iの数値は組織重量1g当りの含量 (mg) を表す
- *2. ***は測定を実施していないことを意味する。
- *3. xxx*の#は、造成漁場群と天然礁漁場群の測定値の平均値に有意な差 (p<0.05) が認められたことを意味する。

ろが、昭和52年からの沿整事業で環境が変化し (特に、コンブの生育量が増加した)、54年からアワビ人工種苗の放流事業が開始されてアワビ漁業が成立している。なお、近傍の比較対照海域として田老湾に面した佐賀部地先を選定した (図1)。この海域は従来からの天然礁漁場であり、アワビの人工種苗放流も行われていない。

4年度の生化学分析結果 (表3) によれば、腹足筋の構成成分は、水分・タンパク質・グリコーゲンの3成分が主成分であり、これらで約970mg/g (97w%) を占めた。なお、水分・タンパク質・グリコーゲンの3主成分および核酸の含量については造成漁場アワビと天然礁アワビは同じであった。すなわち、3年度の結果を再現しなかった。その他、腹足筋の酸性プロテアーゼ活性、中腸腺のトリグリセリド含量も造成漁場アワビと天然礁アワビとは違いが認められなかった。

灰分含量については統計学的には測定値の平均値の差が2mg/gで有意差が認められた。また、腹足筋から調製したミオシンBのCa²⁺-ATP分解活性については造成漁場アワビの方が天然礁アワビより有意に強かったが、これらの違いに生物学的にどういう意味があるのかは不明である。

以上をまとめると、田老地区の造成漁場アワビは近傍の天然礁漁場で漁獲される天然アワビと比較して体成分上ほとんど差が無いと判断された。

③調査計画の見直しについて

アワビにとってストレスとなるある環境要因が存在すると仮定すると、アワビ漁場でその強度が強まれば生き残りの可能性がしだいに低下していく。その低下の程度はストレスをアワビがホメオスタシス機構

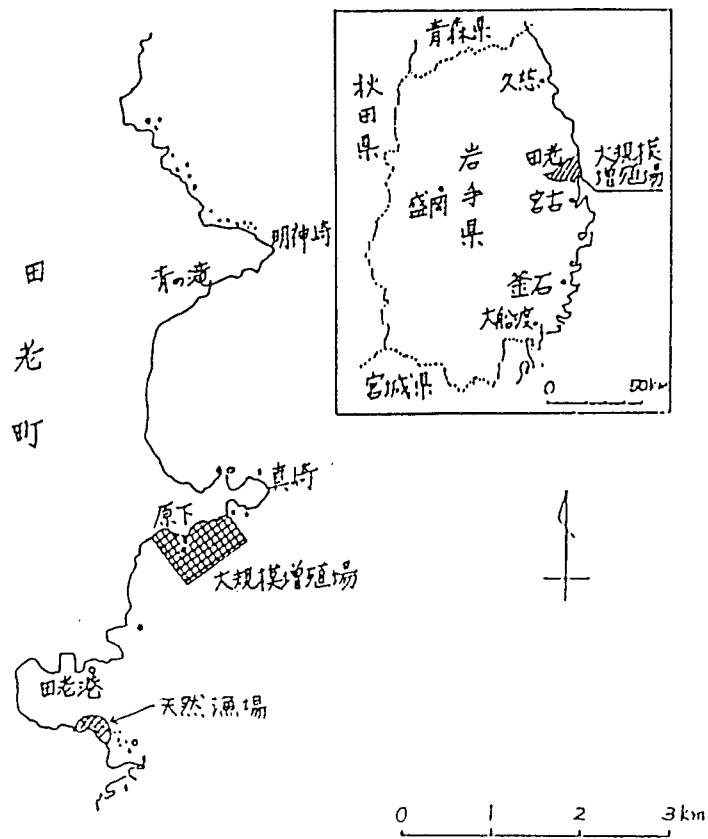
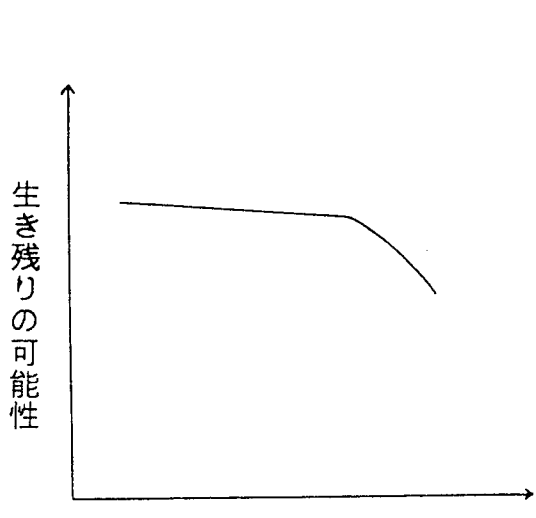
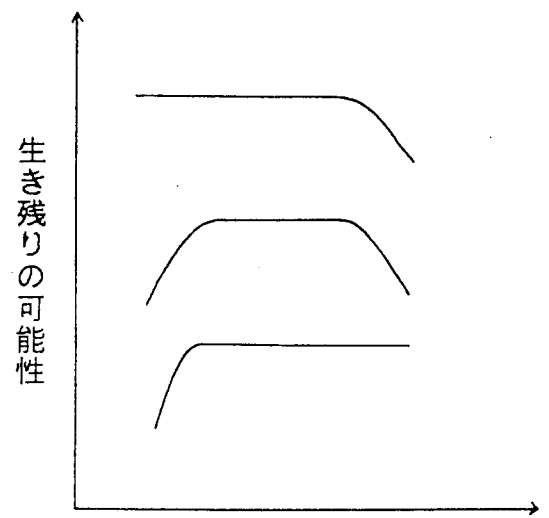


図1 調査海域位置図



アワビにとってストレスとなる環境要因の強度

図2 アワビの生残と環境ストレスの関係



生化学的指標の値

図3 アワビの生残と生化学的指標の関係

で処理できる内は緩やかだが、不可逆的に同機構が崩れた場合は急激に低下する(図2)。漁場造成にあたってはこのような事態を引き起こさない環境整備が必要ということになるが、その目安となるアワビの生き残りの可能性を生体構成成分の含量や活性(以下、生化学的指標と表現)で数値化し、その値をもって漁場の環境を評価する手法を確立することが本調査のねらいであった。

ここで有用な生化学的指標を想定すると、前述のホメオスタシス機構の存在により最良の生き残りの可能性を保障する生化学的指標の値にはある程度の幅があること、また両者の関係には大まかに3つのパターンがあることが予想される(図3)。ところが、図3に示したような検量線を作成するには生残が困難な弱い個体の分析も必要となるが、本調査は漁獲アワビを分析試料としたため漁場環境への適応に失敗した弱いアワビの分析値を同時に得ることは困難である。すなわち本調査ではホメオスタシスが崩れるいき値を求めること、その生化学的指標と生き残りの可能性が相関しているかどうかを確かめることが出来ない。また、生化学的指標の候補である生体構成成分の含量や活性は複数の外部環境要因(たとえば、餌料環境・海況の季節変動、等)や内部要因(生殖サイクル・成長発育段階、等)によって変動することが予想される。したがって生化学的指標だけで漁場の環境評価を行うことは非常に困難であると考えられる。この方法を一般化するには、いろいろな発育段階のアワビに種々の強度の環境ストレスを人為的に付与しそれが生体構成成分の含量や活性、生残率、成長率に与える影響を観察することことをまず基礎研究として実施しなければならない。本調査において、それらも並行して実施できるように計画すべきであったと反省している。

これらのことと、調査予定期間の3分の2をすでに消化していることを考慮し、最後の調査年度内に上記の調査を実施すべく計画を再構築することは困難と判断したので、平成4年度をもって本調査を中止することにした。

引用文献

- 1) O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall, 1951: Protein measurement with the folin phenol reagent., J. Biol. Chem., Vol. 193, pp. 265-275 .
- 2) H. Watanabe, H. Yamanaka, and H. Yamakawa, 1992: Seasonal Variation of Extractive Components in the Muscle of Disk Abalone. Nippon Suisan Gakkaishi, Vol. 58, pp. 921-925 .
- 3) 福井 作蔵, 1981: 還元糖の定量法(生物化学実験法1), 学会出版センター, 東京, pp. 47-50 .
- 4) 水野重樹, 1977: 核酸の一般的分離・定量法(生物化学実験法2), 学会出版センター, 東京 pp. 16-78 .
- 5) 中野 広, 1988: 稚仔魚研究のための核酸の定量法, 海洋と生物, Vol. 10, pp. 23-26, .
- 6) D. A. Wright and E. W. Hetzel, 1985: Use of RNA:DNA ratios as an indicator of nutritional stress in the American oyster *Crassostrea virginica*, Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 25, pp. 199-206 .
- 7) 藤田盛人・中野 広, 1989: マダイ仔稚魚中の中性脂質の変化, 平成元年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 日本水産学会, 東京, p. 49 .
- 8) M. L. Anson, 1937: The estimation of cathepsin with hemoglobin and the partial purification of cathepsin., J. Gen. Physiol., Vol. 20, pp. 565-574 .
- 9) 新井 健一, 1974: 魚類筋肉タンパク質の調製, 水産生物化学・食品学実験書(斎藤 恒行ら編集), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 179-188 .
- 10) 鈴木満平・山下倫明・藤田盛人・菊地 弘・中野 広・オールドニオ リサ, 1993: 仔稚魚脂質の微量分析法, 中央水産研究所研究報告, 印刷中.