

漁獲によるキンメダイ *Beryx splendens* のストレス状態 漁獲がキンメダイの血液性状におよぼす影響

久保島 康子・菊池 康司

Stress Reaction Induced by Fishing in Alfonsino*

Yasuko KUBOSHIMA** and Koji KIKUCHI***

Abstract

Survivability of juvenile and young alfonsino released just after catching by hook was serologically examined. Assuming that alfonsino rearing seawater (13°C) for 55 days after catching were control fishes, the mean level of plasma cortisol, glucose and chloride in alfonsino just after catching were 1.8, 0.6 and 1.1 times as much as control fish respectively. Plasma chemical compositions of alfonsino reared for two days after catching in the fish hold of research vessel were significantly higher than that of fish just after catching or control fish. Because it was assumed that serological condition of alfonsino just after catching were the very beginning stage of stress response as described above. It suggested that alfonsino released as soon as catching by hook would be able to recover pre-capture condition from capture stressors.

緒 言

キンメダイ *Beryx splendens* は、茨城県以南の太平洋の海底山脈沿いに分布する底魚で、神奈川県、静岡県、千葉県、東京都（以下、一都三県とする）の一本釣漁業にとって重要な魚種である。神奈川県のカンメダイ漁獲量は、1960年代後半から1970年代前半にかけて年間300トン前後であったが、1976年より徐々に増加傾向を示し、1985年以降1000～1500トンで推移し、一都三県総漁獲量の約2割を占めている。近年、水産資源の永続的有効利用を図るため、資源管理事業は国の施策として推進され、一都三県ではキンメダイを対象魚種として1990年から5カ年計画で本事業を実施してきた。その結果、管理の一手法として「漁獲した小型魚は海に戻す」、いわゆる「小型魚の再放流」が立案された。しかし、この手法の実施にあたり問題となるのは、放流後のキンメダイの生残率である。キンメダイは、水深200m以深から毎秒1mの速さで海面まで釣り揚げられる。漁業者は、この漁獲による環境変化がキンメダイに大きな影響を与え、よって放流後の生残率は低いと考えている。実際、同時に釣り揚げられたキンメダイでも、釣り揚げた時点で体

色が異なっている等、漁獲により受けるダメージが個々の魚により差があることは明確である。しかし、漁獲がキンメダイに与える影響の度合い等の知見はほとんど見あたらない。

これまでも多くの魚種^{1)~8)}で、様々なストレスにより血液性状に変化が起ること、また、血液性状の動態について報告がなされている。これらのことから血液性状の変化を調べることにより、魚に与えられたストレスについての検討が可能となってきた。本報告は、水圧や水温等の環境変化を含めた漁獲行為により生じるキンメダイのストレスについて、血液性状から検討し、漁獲がキンメダイに与える影響について検討した。

材料と方法

供試魚 供試魚は1994年5月18日～8月30日に伊豆諸島海域（三本漁場）で漁獲されたキンメダイ81尾を漁獲時の体色による比較試験および短期蓄養試験に、同年11月1日に東京湾口海域（布良瀬漁場）で漁獲したキンメダイ18尾を長期間飼育試験に用いた（Fig.1）。標本の大きさは、三本漁場で尾叉長21.6～39.7cm、平均32.1cm、

2000.11.21 受理 神水研業績 No00-75

脚注* 本研究の一部は平成7年度日本水産学会秋季大会で発表された。

脚注** 横須賀三浦地区農政事務所

脚注*** 湘南地区農政事務所

Table 1. Condition of sampling area

Date	Fishing area	Fishing depth	Temperature of fishing depth	Surface temperature	Number of sample
18.May.~ 29.Aug.	Sanbon	220~280m	9.1~10.2℃	20.2~28.9℃	81
17.Nov	Meraze	150~200m	13.1~14.5℃	22.2℃	18

Table 2. The variations in haematological characteristics of *Alfonsino* showed different body color (mean \pm SD with coefficient of variation* in parentheses)

Blood constitution	Cortisol (ng/ml)	Glucose (mg/dl)	Chloride (mEq/l)	Total protein (g/dl)	Number of fish
Silver body	181 \pm 149 (82.3)	95 \pm 34 (36)	172 \pm 9 (5)	6.2 \pm 1.3 (21.0)	36
Red body	106 \pm 51 (48.1)	95 \pm 24 (25)	190 \pm 6 (3)	5.6 \pm 0.5 (8.9)	8
significantly different	p<0.05	p \geq 0.05	p<0.05	p<0.05	

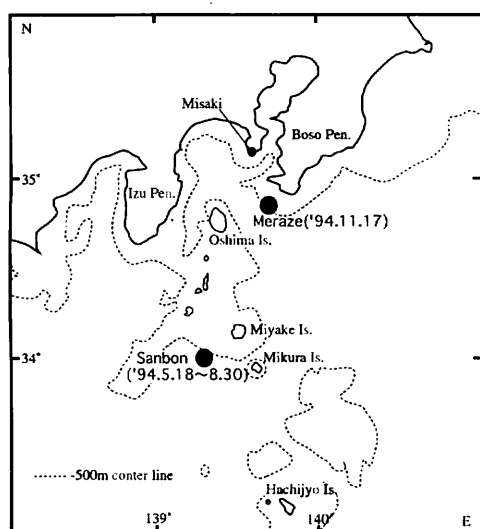
* SD/mean \times 100

Fig.1 Sampling area in this paper.

布良瀬漁場で18.6~24.4cm, 平均19.7cmであった。

各漁場における標本漁獲水深, 表面水温および漁獲水深の水温をTable1に示した。三本漁場では表面水温は20.2~28.9℃, 漁獲水深220~280mの水温は9.1~10.2℃, その時の水温差は最小で10.0℃, 最大で19.4℃であった。布良瀬漁場では, 表面水温は22.2℃, 漁獲水深150~200mの水温は13.1~14.5℃, その水温差は最小で7.7℃, 最大で9.1℃であった。

漁獲時の体色による比較試験 釣り揚げた時点(漁獲直後)のキンメダイの体色は, 大きく二つに分けられる。一つは, 頭部と背部は鮮紅色であるが腹部は体表の色素胞が収縮し銀白色を呈するもの(以下, 銀白色魚とする)と, 他の一つは, 腹部の色素胞が拡散し, 腹部も頭部や背部と同じ鮮紅色を呈したのもの(以下, 鮮紅色魚とする)である。これを肉眼により区別し, それぞれの血清化学

成分の比較のため, 漁獲後1分以内に採血を行った。

短期蓄養試験 短期蓄養試験には, 全て漁獲直後に腹部が銀白色のキンメダイ(銀白色魚)を用いた。前述の比較試験の試料を0時間目とし漁獲後直ちに神奈川県水産総合研究所所属漁業指導船江の島丸(99トン)の魚艀に収容し, 7, 12, 18, 36, 48間後に採血を行った。採血場所は, 航行中または三崎漁港に帰港してからの調査船上で行った。魚艀の容量は5トン, 海水の使用量は2.5トンで, キンメダイを8~18尾(3~7尾/1,000ℓ)蓄養した。魚艀の海水は止水式で, エアレーションを行い, 水温は13℃前後になるよう冷却器で調整した。

長期飼育試験 漁獲後, 漁船の魚艀で蓄養したキンメダイを, 帰港後直ちに中央水産研究所の流水式陸上恒温水槽(丸型500ℓ)に搬入し, 8℃, 13℃, 18℃の各水温で飼育した。水槽は, それぞれ暗幕で覆われ, 照明器具は設置せず静かな環境下に置かれた。飼育密度は1ℓ当たり4~7尾(8~14尾/1,000ℓ)で, 餌はトウゴロウイワシや金魚等の生き餌およびイカやエビの切り身を用い, 週2~3回投餌した。飼育期間中はエアレーションを行い, 飼育開始から55日後に採血を行った。

採血および血液性状の分析 採血は, 漁獲もしくは水槽から魚を取り出した後1分以内に, 魚に麻酔をせずに頭部を布で覆い, 注射器で尾柄部より行われた。採血した血液1.5mlは, 冷所に1時間放置した後, 遠心分離(12,000rpm, 7,740 \times g, 10分間)にかけ血清を分離し, 分析に供するまで凍結保存した。これらの血清から, 次の4種類の血清化学成分を分析した。コルチゾールはEIT法, グルコースはグルコースオキシダーゼ法, クロライドは電気滴定法, 総蛋白はビュレット法により分析した。

結 果

漁獲時の血清化学成分 漁獲時のキンメダイの血清化学成分の分析結果を体色別にTable2に示した。銀白色魚のコルチゾール量は平均181ng/ml, グルコース量は95mg/dl, クロライド量は172mEq/l, 総蛋白量は6.2g/dlであった。鮮紅色魚のコルチゾール量は106ng/ml, グルコース量は95mg/dl, クロライド量は190mEq/l, 総蛋白量は5.6g/dlであった。銀白色魚に比べ、鮮紅色魚では、コルチゾールおよび総蛋白量は低く、クロライド量は高かった。グルコース量は両者で差がなかった。各成分の変動係数(標準偏差/平均値×100)を比較すると、コルチゾールで銀白色魚は82.3, 鮮紅色魚は48.1, グルコースでは36と25, クロライドでは5と3, 総蛋白で21.0と8.9と、どの成分でも銀白色魚の方が値が大きかった。また、成分毎の変動係数を比較すると、銀白色魚でも鮮紅色魚でもコルチゾールが最も大きく、次にグルコース・総蛋白となりクロライドが最も小さかった。

短期蓄養時の血清化学成分 魚槽に収容されたキンメダイは、魚槽の壁に突進したり、急速に泳ぎ回るなどの狂乱状態に陥ることがなく、数分後には腹鰭を広げてゆっくりと遊泳した。キンメダイを蓄養している調査船は、通常の操業を行っているかまたは三崎港に向け航行中であった。蓄養時間の経過に伴う各血清化学成分の変化を次に示した。

コルチゾール量の変化をFig.2に示した。漁獲後7時間でのコルチゾール量は平均744ng/mlで、漁獲直後(181ng/ml)の4.1倍になった。12時間後には、489ng/mlで、漁獲7時間後の値の約6割と減少したが、漁獲直後の値と比較すると2.7倍と高い値を示した。18時間後に389ng/mlと、12時間後に比べやや低下したが、漁獲直後の2.1倍であった。36時間後に771ng/mlと再び高くなり、これは漁獲後7時間の値に匹敵する。48時間後に570ng/mlと、再び低下したが、依然として漁獲時の値の3.1倍と高い値を示した。

グルコース量の変化をFig.3に示した。漁獲後7時間でのグルコース量は175mg/dlで、漁獲直後(95mg/dl)の1.8倍になった。12時間後には304mg/dlで、短期蓄養中最も高い値を示し、漁獲7時間後の値の1.7倍、漁獲直後の値と比較すると3.2倍であった。18時間後に164mg/dlと、12時間後の値の約5割に低下したが、漁獲直後の1.7倍であった。36時間後には137mg/dlとやや低下したが、漁獲直後の1.4倍、48時間後に188mg/dlと再び高くなり、漁獲直後の2.0倍となった。

クロライド量の変化をFig.4に示した。漁獲後7時間でのクロライド量は174mEq/lで、漁獲直後(172mEq/l)よりやや高くなったが、12時間後には168mEq/lとなり漁獲直後より低くなった。18時間後には177mEq/lとなり、7時間後より高くなり、36時間後に195mEq/lと最も高い値を示した。48時間後には172mEq/lとなり漁獲直後とほぼ同じ値になった。

総蛋白量の変化をFig.5に示した。漁獲後7時間での

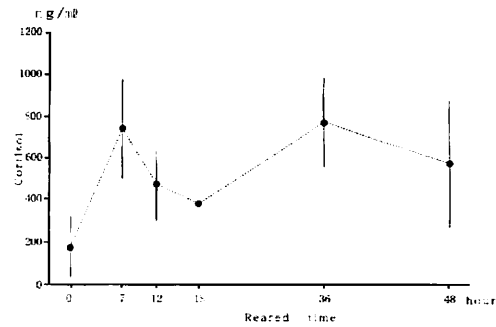


Fig 2. Variations in cortisol values of alfonsino reared in the fish hold of the research vessel. The vertical bars denote standard deviations of the mean values.

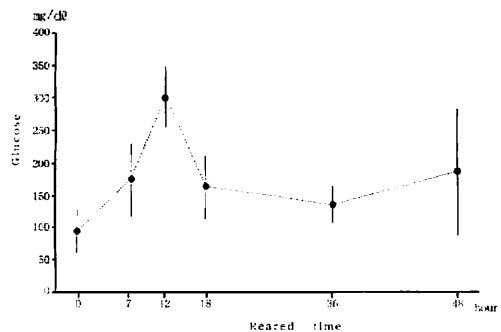


Fig 3. Variations in glucose values of alfonsino reared in the fish hold of the research vessel. The vertical bars denote standard deviations of the mean values.

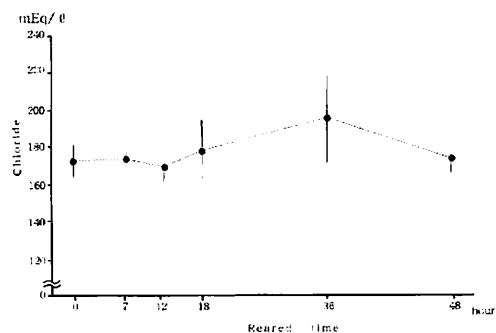


Fig 4. Variations in chloride values of alfonsino reared in the fish hold of the research vessel. The vertical bars denote standard deviations of the mean values.

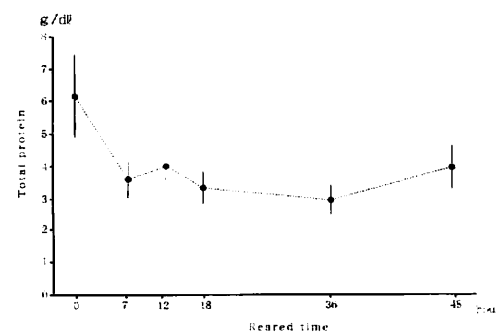


Fig 5. Variations in total protein values of alfonsino reared in the fish hold of the research vessel. The vertical bars denote standard deviations of the mean values.

総蛋白量は3.6 g/dlで、漁獲直後(6.2 g/dl)の約6割に減少した。12時間後には4.0 g/dlで、7時間後よりやや高くなった。18時間後に3.3 g/dlと、漁獲直後の値の約5割に低下し、36時間後には2.9 g/dlと短期蕃養期間中最も低い値を示した。48時間後に3.9 g/dlと再び高くなり、漁獲7時間後および12時間後の値とほぼ同じ水準になった。

以上のことから、血清成分の漁獲後の時間経過に伴う変化を見ると、コルチゾール、グルコース、クロライドは漁獲直後の値に対し、蕃養期間中の値は高くなり、総蛋白は低くなった。漁獲7時間後にコルチゾール値が高くなり、コルチゾール値が低下した漁獲12時間後にグルコースの値が高くなった。18時間後に、コルチゾール値は12時間後よりさらに低下し、グルコース値も低下した。36時間後には、18時間後に比べグルコース値はさらに低くなったが、コルチゾールは7時間後同様高い値を示した。そして、48時間後にはコルチゾール値が低下し、グルコース値が高くなった。

この様に、コルチゾールが増加してから、時間的に遅れてグルコースが増加した。また、クロライドは、漁獲後36時間経ってから値が高くなり、コルチゾールやグルコースの増減との関係は認められなかった。総蛋白は、漁獲7時間後に漁獲直後の約6割に減少したが、その後の時間経過に伴う変化は、12時間後に高くなりその後減少

し、48時間後に再び高くなり、グルコースと同じ増減パターンを示した。

長期飼育時の血清化学成分 飼育に供したキンメダイは、恒温水槽搬入時に、肉眼観察により外傷がなく活発に遊泳しているものが選ばれた。55日間の飼育中、水温、溶存酸素等の環境は常に一定であった。キンメダイ収容後16日から26日の10日間で収容当初の約25%が集的に死亡したが、その後はほとんど死亡が見られず、採血時の55日目に生残していた個体は、外見上正常な遊泳行動が観察された。

恒温水槽に収容後、55日目に採血したキンメダイの血清化学成分量をFig.6に示した。コルチゾール値は、飼育水温8℃で平均30ng/ml、13℃で101ng/ml、18℃で70ng/mlであった。

グルコース値は、飼育水温8℃で100mg/dl、13℃で153mg/dl、18℃で191mg/dlと、飼育水温が高くなるほどその値は高くなった。グルコース値の場合、飼育水温8℃と13℃の値で、統計上(t検定、有意水準0.05)有意差が認められた。

クロライド値は、飼育水温8℃で162mEq/l、13℃で157mEq/l、18℃で159mEq/lで、8℃と13℃には統計上有意差が認められた。

総蛋白値は、飼育水温8℃で1.9 g/dl、13℃で2.4 g

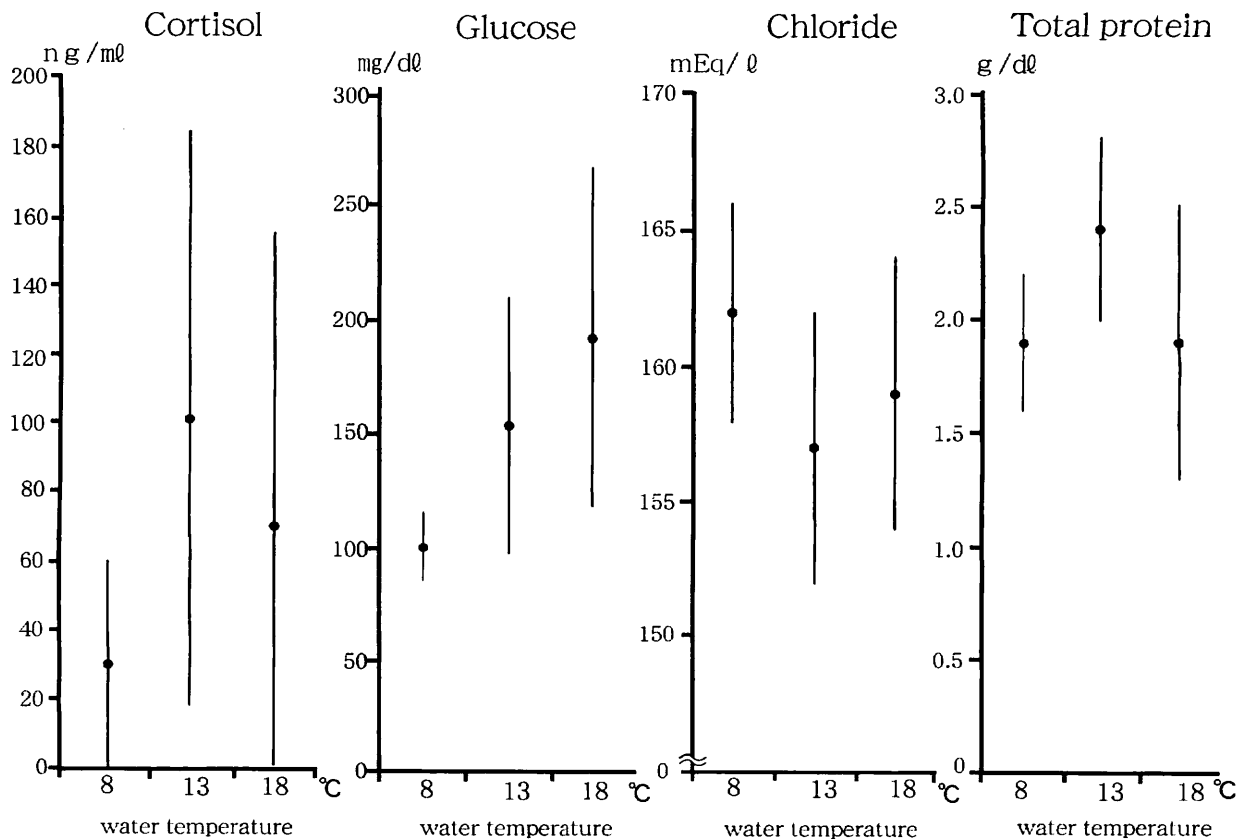


Fig.6 Variations in cortisol, glucose, chloride and protein after reared for 55 days at 8, 13 and 18°C. The vertical bars denote standard deviations of the mean values.

／dl, 18℃で1.9 g／dlであった。8℃と13℃には統計上有意差が認められた。

長期飼育および短期蓄養時と漁獲直後の血清化学成分量の関係 漁獲直後の各成分は、グルコース以外、長期飼育された個体の値より高かった。

漁獲直後のコルチゾール値は、長期飼育時より高い値を示したが、13℃、18℃飼育の値とは統計的に有意な差が見られなかった。しかし、短期蓄養時の値も含めてその他の値と漁獲直後の値には、有意な差が認められた。

漁獲直後のグルコース値は、長期飼育時より低い値を示したが、8℃、18℃飼育の値とは有意な差が見られなかった。しかし、短期蓄養時の値も含めてその他の値と漁獲直後の値には、有意な差が認められた。

漁獲直後のクロライド値は、長期飼育時のどの値より高く、有意な差が認められた。それに対し、短期蓄養時の値は、漁獲直後よりやや高めの値であったが、全て有意な差は認められなかった。

漁獲直後の総蛋白は、短期蓄養および長期飼育のどの値よりも高く、有意な差が認められた。

考 察

一都三県ではキンメダイ資源の永続的な管理を行うため、漁獲した体長21cm以下の小型魚を再び海に戻す運動を展開している。「小型魚の放流」を実施するに当たり、漁獲され再び海中に戻された魚の生死に関する問題を解決する必要がある。この疑問に関しては、標識放流調査で数ヶ月または数年経過してから標識魚が再捕されること^{9,10,11}で証明されてきた。キンメダイの標識放流調査は、神奈川県では1957年から実施している。1989年現在、5,999尾のキンメダイが標識放流され、その再捕率は3.3%^{9,10}である。この再捕率はカツオ¹²、マダイ¹³等の再捕率と比較しても特に低い値ではない。

しかし、これら再放流が頻繁に行われている魚種についても、漁獲による魚体へのダメージの程度について研究した報告はみあたらない。特にキンメダイなどの深海魚は、表層回遊魚や浅場の魚類に比べ過酷な条件にある。なぜなら、漁獲によって生息水深から海面に引き上げられることにより短時間で数十気圧におよぶ水圧や10℃以上の水温差等の環境の変化にさらされるからである。ムツなどの深海魚は、水面まで引き揚げられた時点で、眼球の突出や鰾の膨張により内臓が口から飛び出すなど正常な遊泳ができないものが多い。これに対し、キンメダイは漁獲時に、姿に大きな変化はなく、比較的普通に遊泳しており、外観からでは漁獲行為により与えられたダメージを推定できない。そのため、何らかの方法で漁獲行為により与えられたストレスを検討する必要がある。

血清化学成分はストレス反応の大きさを示し、指標として用いられている¹⁴。石岡^{12,13}はマダイを用いて水温、塩分、溶存酸素を量的に変化させ、コルチゾール、グルコース、ヘマトクリット等の血液性状を求めストレス反応を調べた。Speckerら⁹は、ギンザケの陸上輸送を行い、

収容密度の多少に関わらず血中コルチゾール量が増加することを報告した。血中クロライド量は魚種によって異なり、カレイ類⁹で増加し、ギンザケで減少、カワマス⁷では変わらない。また、三谷¹⁵はカツオ竿釣りの餌として利用される蓄養カタクチイワシを強制的に運動させ、その血清化学成分を調べたところ、グルコース量やクロライド量が増加したことを報告した。すなわち、コルチゾール、グルコース、クロライド等の血清化学成分は、ストレス反応の大きさと密接な関係にあって、ストレスが大きくなるに従い、血清中のこれらの含有量が増加してくるといえる。本報では、キンメダイを釣り揚げることによる水温、水圧等の環境変化、魚体への物理的損傷等を全て総合したストレスラーとして扱い、漁獲直後のキンメダイの血清化学成分を分析した。

漁獲直後のキンメダイは、体色から見て2種類に区別された。銀白色魚は鮮紅色魚に比べコルチゾールおよび総蛋白量は高く、クロライド量は低く、グルコース量は両者で差がなく、変動係数はどの成分でも銀白色魚の値が大きかった。魚のストレス反応に対する血清成分の経時的増減は、最初にコルチゾールが増加する第一次変化が生じ、やや時間が経過してグルコースの増加や無機塩、水分が変動する第二次変化が生じる¹⁶ことが知られている。体色の変化が、これら血清化学成分の差に対応するものかどうかは現時点では明確でないが、変動係数が大きいということは、ストレス反応の初期の様々な段階にある個体が銀白色魚の中には存在しているということが考えられた。

ストレスの状態を判定するには、各血清化学成分の対象となる魚種の正常値を把握することが必要である。しかし、キンメダイの場合、正常値を得ることは難しい。コルチゾールの正常値は、多くの魚で報告されている値である ng/ml^{17-21} に比べ極めて高く、漁獲直後で 181 ng/ml 、55日間飼育後でも $30 \sim 700 \text{ ng/ml}$ であった。これらのことから、キンメダイは55日陸上で生存した個体でさえ大きなストレスを受けており、陸上飼育での値を正常値とすることは無理と考えられた。しかし、その高い値の状態でも55日間も陸上で生存可能であったといえる。グルコースの正常値も、マダイ¹⁷⁻²¹の $40 \sim 95 \text{ mg/dl}$ に比べると、漁獲直後で 95 mg/dl とほぼ同じ、55日間飼育後でも $100 \sim 191 \text{ mg/dl}$ で1～2倍であった。クロライドの正常値は、マダイ¹⁷⁻²¹の $157 \sim 178 \text{ mEq/l}$ に比べると、漁獲直後で 172 mEq/l 、55日間飼育後でも $156 \sim 162 \text{ mEq/l}$ とほぼ同じ値を示した。

そこで、13℃で55日間飼育した個体の成分量を基準に、漁獲直後の値を検討した。13℃で55日間飼育したキンメダイの平均成分量（以下、基準値という）は、コルチゾール量で 101 ng/ml 、グルコース量で 153 mg/dl 、クロライド量で 157 mEq/l であった。これらの基準値と漁獲直後の成分量とを比較すると、漁獲直後のコルチゾールは1.8倍、グルコースは約6割、クロライドは1.1倍であった。漁獲直後のキンメダイは、コルチゾール量は多くなっているが、グルコースが増加していないことから、スト

レス反応は初期の段階にあると考えられた。総蛋白量は魚体の栄養状態を示す¹⁰⁾が、55日間の飼育後の総蛋白量は、漁獲直後に比べて非常に低い値(約3割)を示しており、55日間飼育したキンメダイの栄養状態はあまり良くないと考えられた。

マダイの輸送¹¹⁾では、輸送期間中グルコース量が増加し、輸送後は徐々に低下したとしている。本調査の短期蓄養期間は、キンメダイを収容している調査船が操業中かまたは帰港中であったことから、蓄養中のキンメダイは、騒音、輸送中の揺れによる強制運動等のストレスを受けていた。実際に、短期蓄養期間グルコース量は増減しており、繰り返すストレス反応が生じていることが示唆された。量的にみると輸送時のマダイでは、輸送直前の約2倍のグルコース量が測定されている。これに対し輸送中のキンメダイでは、漁獲直後の3.2倍のグルコース量を測定したが、蓄養12時間後もへい死はなく、グルコース3.2倍という変化は、キンメダイがすぐ死亡へとつながる増加ではないと考えられた。

これらのことから、船上に釣り揚げられた直後のキンメダイは、急激なストレスに対応するためのホルモン放出反応である一次変化の生理学的状態¹²⁾にあると考えられる。また、漁獲直後に比べ、その後の輸送や異なる水圧下での飼育等さらにストレスが加わる中で、水槽へ搬入した内75%が55日間生存していたことから、漁獲直後に放流する方がよりストレスは少なく、生き残る可能性が高いと考えられた。

摘 要

キンメダイの資源管理を推進するため、船上に釣り揚げられたキンメダイを再び海に放しても生き残るかどうかを血液性状より検討した。漁獲後55日間13°Cで飼育した時の値を基準値とすると、漁獲直後のキンメダイは、コルチゾールで基準値の1.8倍、グルコースで0.6倍、クロライドで1.1倍であった。また、漁獲後2日間、調査船の魚槽で蓄養されたキンメダイの血清化学成分は、いずれも基準値または漁獲直後のそれらよりも非常に高い値を示した。これらのことから、漁獲直後であれば、初期段階のストレス状態であると推定され、再び海に放流しても生き残る可能性が高いと考えられた。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、神奈川県水産総合研究所三谷勇博士には多大なご指導・ご助言を頂き、日本海区水産研究所山口閩市資源部長および養殖研究所良永知義博士には、飼育実験に多大なるご尽力を頂きました。また、神奈川県水産総合研究所調査船江の島丸の豊留満船長をはじめ乗組員の皆様には標本採集等、多くのご協力を頂きました。ここに記して、心から御礼申し上げます。

文 献

- 1) 石岡宏子(1980): 海産魚のストレス反応に関する研究-I, 温度変化によるストレス反応, 日本水産

学会誌, 46,523-531.

- 2) 石岡宏子(1980): 急激な塩分変化がマダイの血液性状におよぼす影響, 日本水産学会誌, 46, 1323-1331.
- 3) 石岡宏子(1982): 飼育水の酸素分圧低下によるマダイの血液性状変化, 日本水産学会誌, 48, 165-170.
- 4) SPECJER, J. L. and C. B. SCHRECK(1980): Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts, *Can. Fish. Aquat. Sci.*, 37,765-769.
- 5) FLETCHER, G. L. (1975): The effects of capture, "stress" and storage of whole blood on red blood cells, plasma proteins, glucose, and electrolytes of the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), *Can. J. Zool.* 53,197-206.
- 6) ALDRIN, J. F., J. L. MESSENGER et M. MEVEL(1979): Essai sur le stress de transport chez le saumon coho juvenile (*Oncorhynchus kisutch*), *Aquaculture*, 17, 279-289.
- 7) HOUSTON, A. H., J. A. MADDEN, R. J. WOODS and H.M. NILES(1971): Some physiological effects of handling and tricaine-methane-sulphonate anesthetization upon the brook trout, *Salvelinus fontinalis*, *J. Fish. Res. Board Can.*, 28,625-633.
- 8) 三谷勇(1983): カツオ餌魚としての蓄養イワシ類のストレス反応に関する研究-I, 神水試研報, 5,27-34.
- 9) 杉浦暁裕・増沢寿・亀井正法(1987): キンメダイ標識放流結果について, 神水試研報, 8,49-61.
- 10) 杉浦暁裕(1990): キンメダイ標識放流結果について-I, 神水試研報, 11,59-65.
- 11) 木幡孜・今井正昭・杉浦暁裕・戸井田伸一, 久保島康子・田島良博(1992): 標識放流・海域別年齢別漁獲尾数・漁獲試験によるキンメダイの分布生態, 神水試研報, 13,41-51.
- 12) 二平章(1996): 潮境域におけるカツオ回遊魚群の行動生態および生理に関する研究, 東北水研研報, 58,137-233.
- 13) 岡川啓介(1967): 東シナ海・黄海産マダイ資源の研究-IV, 日本水産学会誌, 33,1099-1107.
- 14) 石岡宏子(1982): 活魚輸送(水産学シリーズ39), 恒星社厚生閣, 東京, 1982, 52-69.
- 15) MAZEAUD, M. M., F. MAZEARD and E. M. DONALDSON(1977): Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review, *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106,201-218.
- 16) 坂口宏海・浜口章(1969): 酸化油添加餌料によるハ

マチの飼育とビタミンE添加の効果, 日本水産学会誌, 35,1207-1214 .
17) WEDEMEYER,G.A., B.A. BARTON and D. J.

MCLEALY(1990): "Methods for Fish Biology (ed by C.B. Sherick and P. B. Moyle) , American Fisheriese Society, 451-489.