

## カツオ餌料魚としての蓄養イワシ類の

### ストレス反応に関する研究 -

## 蓄養カタクチイワシの健康状態

三 谷 勇

Stress Reactions of anchovy and sardine used as the living bait in the skipjack pole fishery - .

Physiological characteristics of holding anchovy in good health and normal conditions.

Isamu MITANI\*

本県の重要な漁業の1つとして、カツオ竿釣漁船に活餌を供給する旋網・定置漁業がある。この活餌の大部分はマイワシ0歳魚（未成魚）とカタクチイワシ1歳魚（成魚）・0歳魚（未成魚）である。マイワシ0歳魚は非常に早く成長するため活餌として利用される期間は限定される。これに対して、カタクチイワシは1歳魚でも体長が10cm前後の大きさにしか成長しない（Hayashi and Kondo 1962）ため周年活餌として利用される。

しかし、近年のカタクチイワシ資源の減少はこれらの漁業経営に悪影響を与えており、漁獲後のカタクチイワシを最大に有効利用することが望まれる。

漁獲直後から販売時までのカタクチイワシの歩留率は旋網では50～70%、定置網では80～100%といわれている。亀山（1969, 1971）は漁獲直後から30時間以内のカタクチイワシの斃死原因は漁撈作業などの人為的刺激による興奮であり、30時間以降から3～5日間の斃死原因は魚体が生簀等に接触したために生じた損傷であるとした。また、この他にカタクチイワシの斃死原因を解明するための研究は多いが、これらの研究は斃死後の魚体を計測し観察するにとどまり、蓄養中のカタクチイワシの健康状態、換言すれば飼育条件

や環境の適・不適に対する生理的变化を調べておらず、本邦でも蓄養中のイワシ類の健康状態に関する研究報告はみあたらない。

本報告は蓄養中のカタクチイワシが健康で正常な行動をしている状態（生簀内を右または左に旋回している状態、興奮状態は健康であるが正常ではないと考える。以下、健康状態という）にある時の血液中の諸成分を調べた。

本文に入るに先立ち、本研究を進める上で大変有益なご助言を頂いた東京水産大学教授尾崎久雄博士、助教授池田弥生博士に深謝する。また、本報のご校閲とご助言を頂いた神奈川県水産試験場資源研究部長中込淳氏、魚体購入にご協力を頂いた不動丸漁業生産組合長岩崎信治氏、魚体測定や採血作業に大変な労を煩わした二谷和子嬢の各氏に謝意を表する。

### 材 料 と 方 法

供試魚 蓄養場で漁獲後一週間経ったカタクチイワシを約32kg（活餌販売用バケツで8杯分）購入し、流水式3トン水槽2槽にほぼ同数収容した。購入日から4日後には蓄養場の生簀でみられるようにカタクチイワシは水槽を右または左に旋回しながら摂餌し、漁業

者のいう健全状態が観察された。餌料として配合飼料（ペレット）を1日に2回与えた。実験は購入後7日

表1 供試カタクチイワシと環境条件

カタクチイワシの平均肥満度は実験初期では高く（F = 8 ~ 9）、実験後期では低い（F = 7 ~ 8）（図1）

採血日	1981									
経過日数	6.29	6.30	7.1	7.3	7.6	7.10	7.12	7.18	7.24	8.4
日数	1	2	3	5	8	12	14	20	26	37
体長(cm)	10.93±0.77	10.96±0.63	11.07±0.51	11.13±0.74	11.13±0.62	11.23±0.57	11.13±0.61	10.90±0.38	11.25±0.70	11.11±0.87
体重(g)	11.74±1.94	12.17±1.93	11.86±1.54	12.59±1.98	12.29±1.81	11.81±1.42	11.85±1.51	11.51±1.89	11.89±1.86	10.57±2.06
平均成熟係数	4.04	4.83	4.35	4.09	4.60	4.40	4.95	4.08	3.63	2.00
雌雄比	♂10 20	♂16 14	♂15 14	♂16 11	♂12 18	♂12 18	♂21 9	♂9 21	♂13 17	♂7 23
採血尾数	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
水温	20.4	20.8	21.2	20.8	20.9	22.4	22.3	24.1	24.7	23.8

目から開始し、37日間で終了した。実験に使用した魚体および環境条件を表1に示す。

採血方法 採血は実験開始後3日目までは毎日1回、半月までは2~4日間隔に、その後は6~10日間隔に行った。実験魚を可能な限り静かに取り上げ、この尾部に付着する海水と鱗をガーゼで拭き去った後、解剖バサミでこの尾部を切断し、流れ出る血液のうち一部をヘマトクリット毛細管に吸い取り、残りの血液を遠沈管に自然に落下させた。前者はヘマトクリットと血清総蛋白量の測定用血液とし、カタクチイワシ個々の魚体から採血した。後者はグルコースとクロライドの測定に供したが、採血量がカタクチイワシ1尾では不十分であるためカタクチイワシ6尾の血液を一緒にして（プール血清）用いた。

分析方法 分析は採血後直ちに遠心分離し、血清を得て行った。ヘマトクリットはマイクロヘマトクリット法により全血を11,000r.p.mで10分間遠心分離して行った。血清総蛋白量はアタゴ製の屈折計を用い測定した。グルコースはOTB法によるワコー製グルコーステスト用キットを用いて行った。クロライドはシャルズ・シャルズ法によるワコー製キットを用いて行った。

生物測定 採血した実験魚の形態的特色として、被鱗体長（Lcm）、体重（Wg）、雌雄、生殖腺重量（w'g）および脾臓重量（w"g）の各項目を測定し、肥満度  $F = W/L^3 \times 10^3$ 、成熟係数  $K_G = w'/L^3 \times 10^4$ 、脾臓重量比  $S = w''/W \times 10^4$  を求めた。

結 果

実験魚の生態的特色 供試カタクチイワシは各採血日共平均体長11cm前後で、採血日間の被採血魚の大きさに有意の差はみられない。各採血日における供試カ

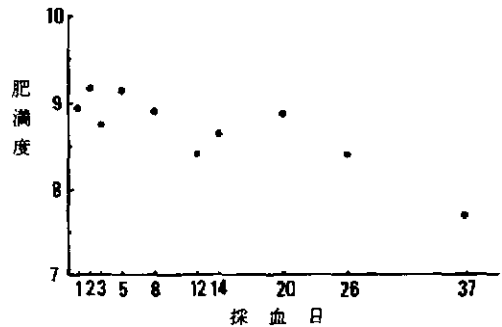


図1 各採血日におけるカタクチイワシの平均肥満度

また、供試カタクチイワシの成熟状態は37日目を除き中熟期（ $K_G = 2 \sim 5$ ）のものが大半を占めるが、巨視的にみると、実験初期では成熟状態（ $K_G = 5$ 以上）のものが多く、実験後期では未熟状態（ $K_G = 0 \sim 2$ ）のものが多くなる（図2）。供試カタクチイワシの雌雄比は雄130尾、雌170尾で、雌がわずかに多いが、採血日

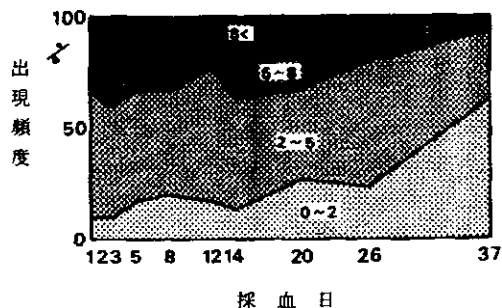


図2 各採血日におけるカタクチイワシの成熟状態別出現頻度

毎の雌雄比は5, 14日目では雄が多く, 1, 20, 37日目では雌が多かった。

血液性状 (1)ヘマトクリット値: 実験初期(1~3日目)の平均ヘマトクリット値は40.0%であるが実験期間が長くなるに従いわずがずつ低くなる傾向を示し, 37日目の平均ヘマトクリット値は37.1%となった(図3)。また, 成熟度別平均ヘマトクリット値をみると,  $K_5$  以上の成熟したカタクチイワシの方が $K_5$ 以下の未熟のものより平均ヘマトクリット値が高い値(42.3%)を示した。しかし, 雌雄差によるヘマトクリット値の相違はみられなかった。次に, 肥満度別平均ヘマトクリット値は肥満度7のもので35.1%, 肥満度8のもので38.4%, 肥満度9のもので40.6%, 肥満度10のもので43.6%で, 肥満度が大きくなるに従い平均ヘマトクリット値は高くなる傾向を示した。

(2)グルコース量: 実験を開始して5日目までは60~130mg/dlの範囲で高低を繰り返したが, 8日目から実験終了時まで91mg/dl前後の平均した値を示した(図4)。また, 全試料の平均値と標準偏差はそれぞれ91.3, 13.3mg/dlであるが, 正規確率紙を用いた場合でもほぼ直線となり, 正規分布であることを示すと

もに平均値, 標準偏差は上記の値とほぼ同じ値を示した。

(3)クロライド量: クロライド量は本実験で最も変化の少ない成分で, 各採血日の平均クロライド量は150mEq/l前後の値を示した(図5)。また, グルコース量の場合と同じく正規確率紙を用いて分布型を検討したところ, ほぼ直線となり, 正規分布であることを示すとともに, 平均値, 標準偏差は全試料の場合とほぼ同じ値であった。

各採血日における平均クロライド量(C)と平均グルコース量(G)との間には次の回帰式が認められた(図6)。

$$C = 0.126G + 140.2 (R = 0.795)$$

(4)血清総蛋白量: 実験開始1日目の平均血清総蛋白量は4.2g/dlで, 実験期間内で最も高い値を示したが, これ以後漸減傾向を示し37日目には1.59g/dlとなった。この傾向は次の単回帰で示された(図7)。

$$A = 4.14 - 0.07D (R = -0.97)$$

A: 血清総蛋白量

D: 経過日数

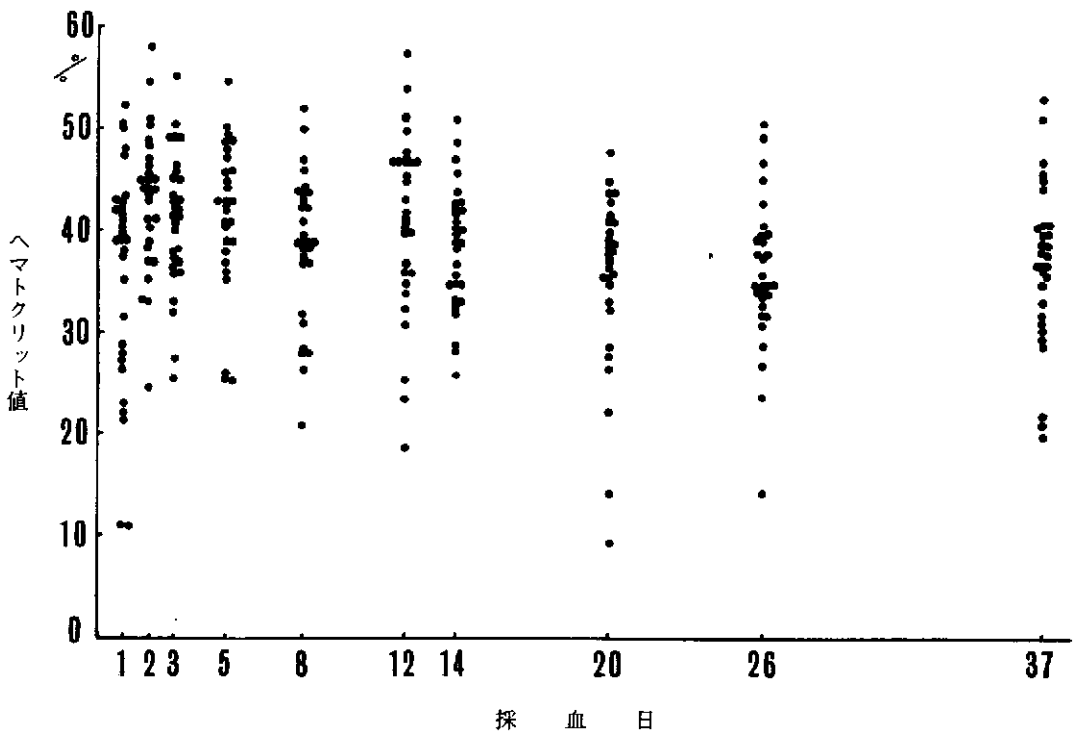


図3 各採血日におけるカタクチイワシの個体別ヘマトクリット値

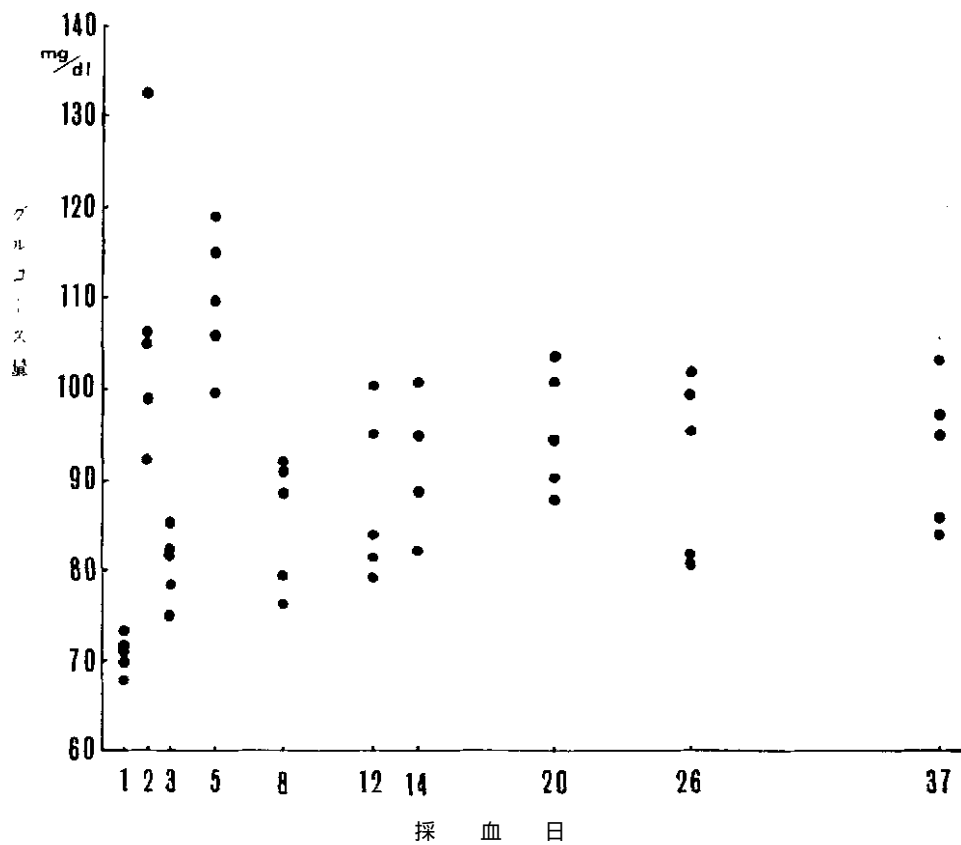


図4 各採血日におけるカタクチイワシのプール血清によるグルコース量

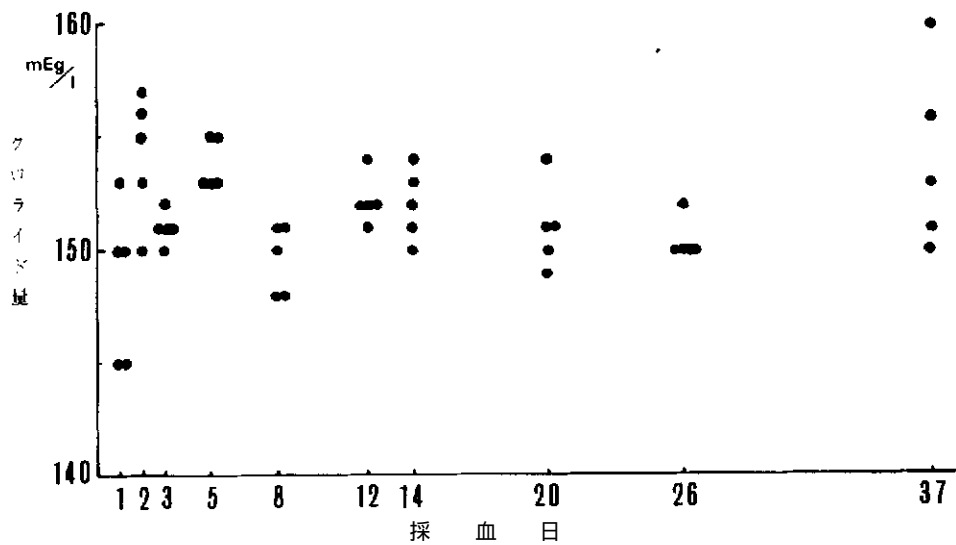


図5 各採血日におけるカタクチイワシのプール血清によるクロロライド量

また、魚体個々の血清総蛋白量はそれぞれの魚体の肥満度が大きくなるに従い増加する傾向を示し、この関係は次式で示された(図8)。

$$A = -1.830 + 0.577F (R=0.524, \text{自由度} 287) \quad F: \text{肥満度}$$

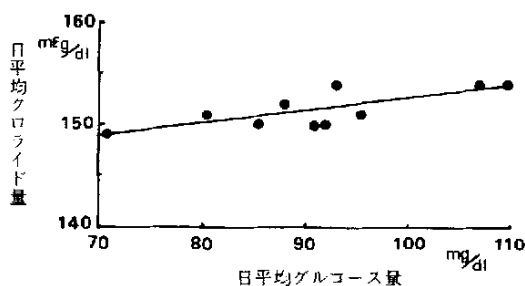


図6 各採血日の平均グルコース量と平均ステロイド量との関係

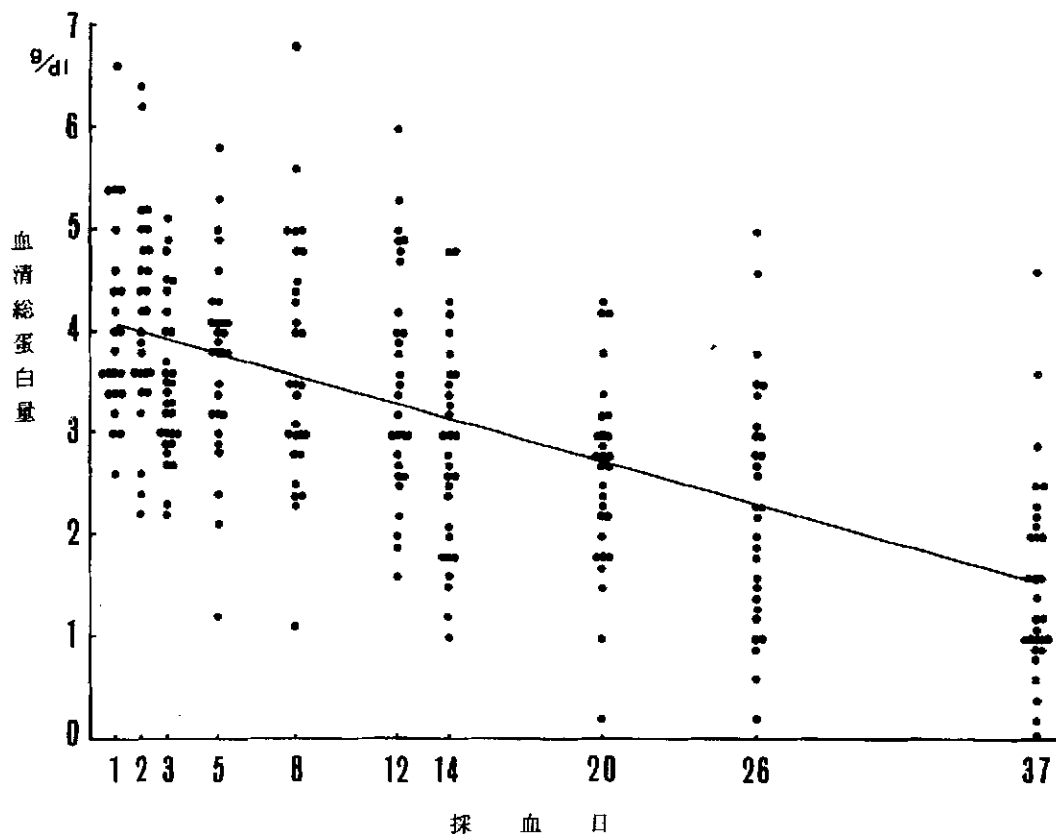


図7 各採血日におけるカタクチイワシの個体別血清総蛋白量

脾臓重量比 全魚体の平均脾臓重量比は0.151%で、その標準偏差は0.117%である。この $\bar{x} \pm 2SD$ は0.385~0.000%である。この範囲外に脾臓重量比が出現する魚体は実験開始後2~8日目に多く、他の採血日には少ない。また、各採血日における脾臓重量比の出現モードは0.05~0.15%の範囲にある(図9)。また、各採血日毎に雌雄別に $K_0$  5以上のもの(成熟魚)と $K_0$  5未満のもの(未成熟魚)とに区分して脾臓重量比を求めると、3, 12日目の雄の場合を除いた他の採血日の雄および雌の平均脾臓重量比は未成熟魚の方が成熟魚よりも大きい値を示した。また、雌雄別脾臓重量比を実験期間内の総平均として求めると、成熟魚・未成熟魚共雄の脾臓重量比が雌のそれよりも大きい値を示した。次に、肥満度別脾臓重量比を実験期間内の総平均として求めると、肥満度7で0.197%、肥満度8, 9で0.175%、肥満度10で0.151%と肥満度が増加するに従い脾臓重量比は減少した。

脾臓重量比とヘマトクリット値との関係を各採血日

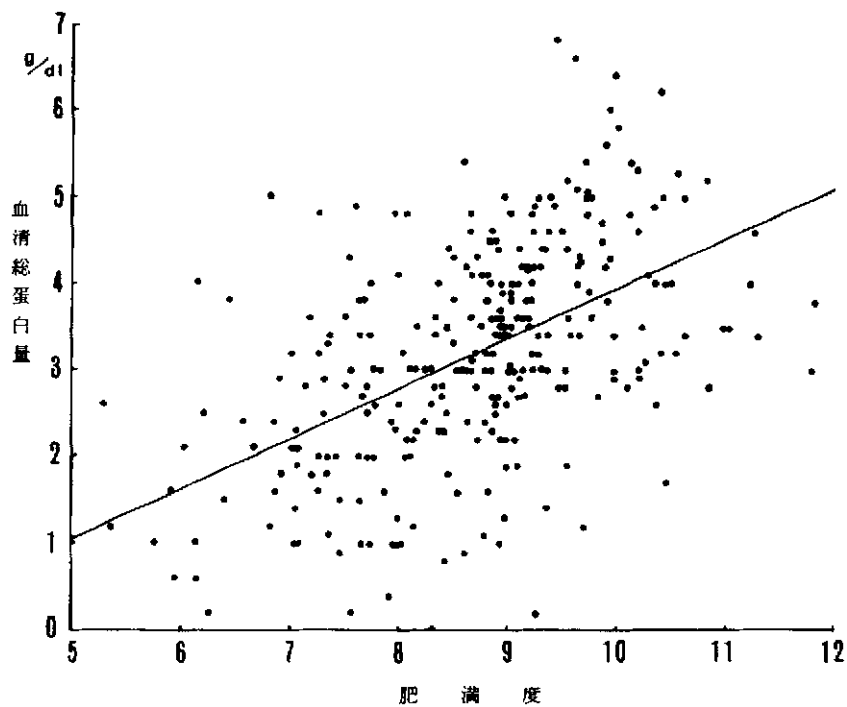


図8 カタクチワシの肥満度と血清総蛋白量との関係

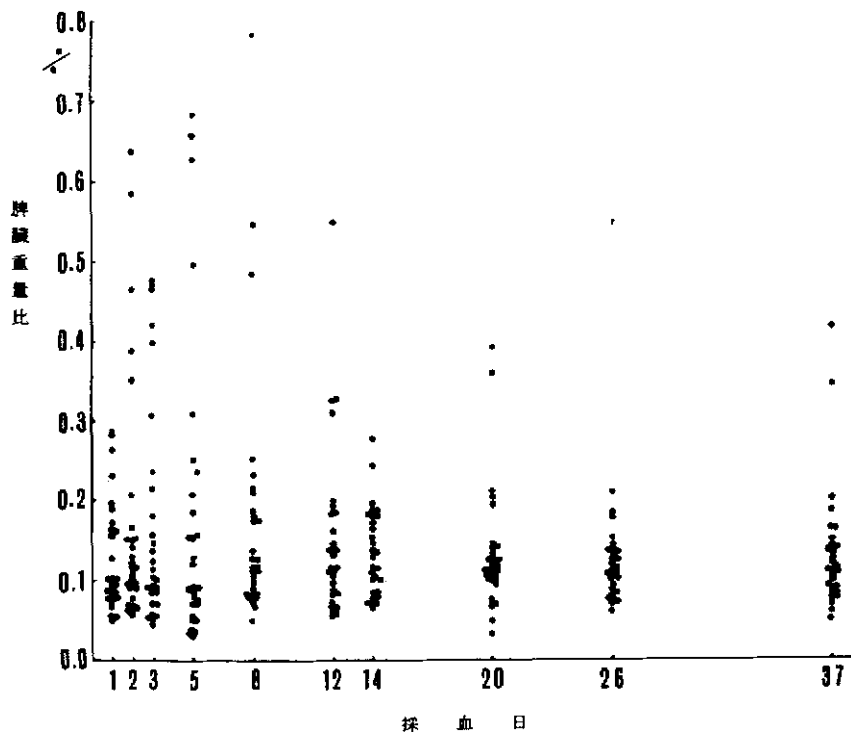


図9 各採血目におけるカタクチワシの個体別脾臓重量比

の平均値で求めると、図10に示すように単回帰の傾向が認められる。

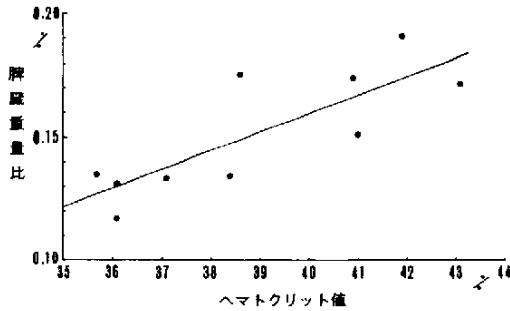


図10 各採血日の平均ヘマトクリット値と平均脾臓重量比との関係

考 察

カタクチイワシの健康状態とは、前述したように生簀内で健康で、かつ正常な行動（右または左に旋回する運動）を示している状態であるとし、この健康状態のカタクチイワシから求めた生化学的形態的検査結果を同イワシの正常値と考え、その値を求めた。

カタクチイワシのヘマトクリット値をみると、実験期間中の総平均値は37.1%で、サバ (Scomber scombrus) と近似した値 (Root 1931) を示した。しかし、この値はカタクチイワシの成熟状態や肥満状態によって異なっていた。このような事例は成熟状態ではSano (1960) がニジマス (Salmo irideus) で指摘し、肥満状態では有菌・永井 (1979) が養殖ハマチで本報と同一の結果を得ている。また、ヘマトクリット値は個体差の大きい成分であることも報告されている (尾崎 1968)。従って、ヘマトクリット値は成熟度差、肥満度差、個体差が複雑に絡み合った総合的な値として示されることから、生簀内のカタクチイワシの健康状態の判定に用いる場合はこれらの生態的特性を十分に加味して正常値と比較する必要がある、また、それ以前のヘマトクリット値の正常値の設定にはさらにデータの蓄積が必要である。

グルコースは血液中に動的な平衡状態を保つ成分であるが、本報で求めた平均グルコース量は91.3mg/dlで、マグロ、ゴマサバのグルコース量 (斉藤 1954) よりも高い値を示した。また、本報のグルコース量は正規確率紙で調べた結果より正規分布を示すと考えられたので、正常値の範囲は医療機関で一般的に用いられる健康者の95%を占める範囲と考えられ、グルコース量は $\bar{x}$  (平均値)  $\pm 2SD$  (標準偏差) で示される(北村

1980)。即ち、カタクチイワシのグルコース量の正常値の範囲は118 ~ 65mg/dlである。

クロライドは無機成分の中で陰イオンの大部分を占める成分であるが、この量もグルコースと同じく血液中で平衡状態を保っている。本報で求めた平均クロライド量は152.3mEq/lで、サバ (Scomber scombrus) よりやや低い。また、本報のクロライド量は正規確率紙で調べた結果より正規分布と考えられるから、グルコース量と同じくその正常値の範囲は157 ~ 146mEq/lである。

カタクチイワシのグルコース量とクロライド量との間は前述したように高い相関関係が認められることから、これらの2変量による正常値を設定することができる (稲田・武田 1980)。この方法は次のとおりである (奥野他 1971)。棄却楕円は棄却限界をとすれば以下の式を満足する $P(x_1, x_2)$ の軌跡として求めることができる。

$$\frac{U_1^2 + U_2^2 - 2rU_1U_2}{1-r^2} = \chi^2(2; )$$

$$U_i = (X_i - \bar{x}_i) / s_i \quad (i=1, 2)$$

ただし、 $X_i$ ; 観測値

$\bar{x}_i$ ; 平均値

$s_i$ ; 標準偏差

$r$ ; 相関係数

$\chi^2(2; )$ ; 棄却限界を  $\chi^2$  にした自由度 2 の  $\chi^2$  分布

グルコース量とクロライド量の2変量の正常値は図11に示す楕円内のものであり、楕円外のは棄却限界5%で異常とみなすことができる。この方法は1変量の正常値設定よりもさらに精度が高く、ストレス反応等による異常値を判別することが可能となる。

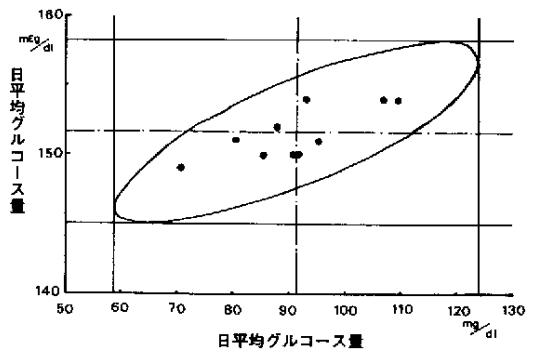


図11 2変量正常値の範囲 (グルコース量とクロライド量)

血清総蛋白量は経過日数や肥満度により異なる値を示しており、ヘマトクリット値の場合と同じく種々の条件下で正常値を示す。本県沿岸に來遊するカタクチイワシの肥満度は主に9~11のものが多い(三谷1978)。肥満度9の場合の血清総蛋白量は単回帰式から3.36g/dlである。この値はサバ(*Scorpaenopsis*)より低く、大西洋産マダラ(*Gadus morhua*)に近似する。血清総蛋白量の変動は栄養状態と密接な関係がある(坂口1969)が、本報の血清総蛋白量も肥満度と密接な関係があることから魚体の栄養状態を示す1指標であると考えられる。

脾臓重量比の正常値はヘマトクリット値の場合と同じく成熟状態、肥満状態、雌雄によって異なる値を示す。脾臓重量比は脾臓の機能からみてグルコース量の高い状態、即ち、魚体の筋運動が高い状態では貯蔵する赤血球を放出し小さな値を示す(池田他1975)が、本報で得たグルコース量の範囲内ではこのような相互関係がみられていない。これはグルコースの増加量が多量の酸素を必要とする筋運動にまで発展していないことを示しており、グルコース量の増加は正常値内の変動と考えられる。

以上のことから、養育中のカタクチイワシの正常、異常の判定にはグルコース、クロライドの2変量による正常値の範囲から勘案するのが最も良く、栄養状態の判定には血清総蛋白量の正常値から勘案するのが最良の方法と考えられる。

このように正常値はある仮定のもとに簡単な手法で設定されるが、北村他(1979)は各医療機関の検査による正常値が標準化されがたい理由として次の3つの条件をあげている。測定技術の正確度、試料採取と前処理条件(サンプリング条件)、統計的処理法のいずれもが不安定で標準化され難い、即ち、これら

の条件によって客観的普遍的な正常値が異なる結果になる。さらに、サンプリングの条件として、正常者の選択や試料採取の時期・方法を統一してもなおかつ個体差のある成分も認められることから、正常値はあくまでも多くの正常者の集団の平均的尺度に過ぎないとしている。従って、カタクチイワシの正常値についても多くの条件について検査を継続する必要がある。

## 文 献

- 有園真琴・永井 彰(1979): 養殖ハマチの健康診断における血液検査の実用化実験, 東海大学紀要海洋学部, 第12号, 119 - 133.
- 池田弥生・尾崎久雄・上松和夫(1975): 養殖ハマチの血清成分におよぼす取扱いの影響, 日水試, 41, 803 - 811.
- 三谷 勇(1978): 神奈川のカタクチイワシ, 神水試資料No.295, 33 - 37.
- 奥野忠一・芳賀敏郎他(1971): 多変量解析法, 日科技連, 東京, 259 - 273.
- 尾崎久雄(1968): 魚類生理学講座, 第1巻, 緑書房, 4 - 10.
- Root, R. W. (1931): The respiratory function of the blood of marine fishes, *Biol. Bull.* 61, 427 - 456.
- 齊藤 要(1954): 魚類血液の生化学的研究, 血液及び血漿比重と一般成分について, 日水試, 20, 196 - 201.
- 坂口宏海・浜口 章(1969): 酸化油添加飼料によるハマチの飼育とビタミンE添加の効果, 日水試, 35, 1207 - 1214.
- 佐野徳夫(1963): 養殖魚の血液性状, 日水試, 29, 1113 - 1118.