

魚類血液の生化学的研究-XIV

赤血球の平均恒数と形状について*

齋 藤 要

Biochemical Studies on the Fish Blood-XIV.
On the Mean Corpuscular Constant and Shape
of Red Corpuscule

Kaname SAITŌ

The present paper deals with the mean corpuscular constant and shape shown by red corpuscles of fishes. The results obtained are summarized as follows:

1) The variety in the size and shape of the red corpuscule of fish was observed to be fairly in accordance with the difference in the fish species. Generally, through every kind of the fish, the large type red corpuscule was apt to take an oblong shape; while the small typed one, round shape.

2) Generally, the mean corpuscular volume of fish is higher than that of man. The value of such elasmobranchs as shark or ray is far higher than that of teleosts. Lesser value than other kinds was apt to be found in case of such migratory fish as bonito or albacore.

3) The larger is the mean corpuscular volume of fish, the more abundant becomes the amount of mean corpuscular hemoglobin; and generally, comparatively large amount of mean corpuscular hemoglobin was observed in the fish blood in which there were small number of red corpuscule.

4) The mean corpuscular hemoglobin concentration of fish is lower than that of man. And in case of elasmobranchs such as shark or ray, the concentration was generally apt to show lower value than in case of teleosts.

脊椎動物の赤血球は hemoglobin の担体として酸素の運搬作用に関与する最も進化した細胞と云われ、その数とか容積は hemoglobin 量と共に血液の酸素運搬能を表現する重要な特数とされている。これらの数値は通常単独の測定値で示されることが多く、著者も既に 10 種類余りの魚類について測定した結果を報告してある。¹⁾

ところで特数相互間には密接な関係のあることが明らかであつて、その関係を一般に赤血球指数²⁾と赤血球平均恒数³⁾とで表現している。前者は人間を対象とした血液診断学の方野で重要視される方式であるが、人間以外の脊椎動物の赤血球には適用し得ない場合が多い。これに対し後者は人間は勿論、下等脊椎動物の有核赤血球の場合にも広く適用し得るから、魚類相互間における赤血球特数の関係を比較検討するのに適した方式と考えられる。脊椎動物の赤血球平均恒数については WINTROBE¹⁾ が詳細に報告しているが、魚類を主体としたこの種の報告は著者の調べ得た限りではみあたらないようである。

* 1957 年 10 月 日本水産学会秋期大会にて発表。

そこで棲息環境と分類学上の位置を異にする若干の淡水産硬骨魚、海産硬骨魚及び軟骨魚について該恒数を求めると同時に赤血球の形状を顕微鏡で観察したところ、供試魚間に系統的な相違のあることが認められたので次にその結果を報告する。

実 験 材 料

魚類の生理、生態的諸性質は環境の影響を受けることが多く、その血液成分にも時期並びに成長過程による変化が多少認められる。⁵⁾ そこで同種の実験材料には出来得る限り採集の時期、場所及び成長度等の同一条件にあるものを使用し、特に採血時苦悶の激しかった個体は除外した。その理由については既に報告してある。⁶⁾

魚種：赤血球平均恒数を求めた魚種と各々の平均体重を示すと次の如くである。

淡水産硬骨魚類に属するものは、コイ *Cyprinus carpio* (314g)、フナ *Carassius auratus* (253g)、サクラマス *Oncorhynchus masou* (277g) の3種、海産硬骨魚類に属するものはマアナゴ *Astroconger myriaster* (569g)、ヒメダイ *Pristipomoides filamentosus* (582g)、チダイ *Evynnis japonica* (451g)、シイラ *Coryphaena hippurus* (1068g)、ゴマサバ *Scomber tapeinocephalus* (844g)、カツオ *Katsuwonus pelamis* (1365g)、キハダマグロ *Neothunnus albacora* (3471g)、及びクロカジキ *Makaira mazara* (120kg) の8種、更に軟骨魚類に属するものはアカエイ *Dasyatis akajei* (2092g)、シロザメ *Mustelus griseus* (3489g) 及びツマジロ *Carcharhinus albimarginatus* (58kg) の3種である。

赤血球の形状は約30種の魚類について観察したが、その種名は Fig. 1 に示してある。なお対照として人間の血液を使用した。

採集の時期及び場所：供試海産魚は鹿児島県の南方海域、主として沖縄西方の魚釣島近海において、1952年から1954年に亘る10月より12月の間に採集したものである。当時の環境水温は表層で24~27°C、100米層で20~22°Cを示した。

又供試淡水魚は鹿児島市内の養魚池より同時期に採集したもので環境水温は13~17°Cであつた。

実 験 方 法

採血法、赤血球数の計算法、血球容積の測定法及び hemoglobin 定量法については各々前報¹⁾を参照されたい。

赤血球平均恒数の計算法：WINTROBE の提案した次式により平均血球体積、平均血球色素量及び平均血球色素濃度を求めた。³⁾

$$\text{Mean corpuscular volume } (\mu^3) = \frac{\text{Hematocrit value } (\%) }{\text{Red count (millions in } 1 \text{ mm}^3)} \times 10$$

$$\text{Mean corpuscular hemoglobin } (\gamma\gamma) = \frac{\text{Hemoglobin (g./dl.)} }{\text{Red count (millions in } 1 \text{ mm}^3)} \times 10$$

$$\text{Mean corpuscular hemoglobin concentration } (\%) = \frac{\text{Hemoglobin (g./dl.)} }{\text{Hematocrit value } (\%)} \times 100$$

顕微鏡写真の撮影：常法²⁾により作製した血液の塗抹標本(GIEMSA染色)を顕微鏡(日本光学K型、倍率600倍)に装置したOlympus 35-II型とConica II型にて撮影した。この場合両カメラの焦点距離は等しくないから単に顕微鏡の倍率を一定にしても密着によつて得られる影像の倍率は異なることになる。そこでZEISS式のmicrometer(1目盛10 μ)を同一条件で撮影し、これを標準として写真面における赤血球の大小を観察した。

実験結果

1. 赤血球の形状

供試魚の血液から作製した血球塗抹標本の代表的な顕微鏡写真を Fig. 1 に示した. 図において視野円の小さい写真は Olympus 35-II 型で又視野円の大きい写真は Conica II 型で撮影したものである.

この結果よりも明らかな如く対照とした人間の赤血球は通常無核で平面的には殆んど円形を示すのに対し, 供試魚の赤血球は一般に核を有し, しかもその形とか大きさは魚種によりかなり異なる場合のあることが了解される.

例えば軟骨魚類に属するアカエイとかシロザメ等では硬骨魚よりもかなり大きい楕円形を示す赤血球が多い. 又淡水産硬骨魚類ではウナギの赤血球が円形に近く, 且つコイ及びサクラマス等よりもかなり小さい. 更に海産硬骨魚類ではキハダマグロ及びカツオの如き活動の激しい回游魚の赤血球はタイ及びマアナゴの如き底棲魚のものより円形に近く, しかも小型である.

以上の結果より, 各魚種を通じて一般に大型の赤血球は楕円形を示すのに対し小型のものは円形を示す傾向のあることが認められる. ところでこのような塗抹標本によると赤血球は平面的にしか見えないが実際には厚さがあつて, その立体的な形状は比較的複雑である. 例えば人間の赤血球では中央附近が両面より窪んだ円盤状をなすのに対し供試魚では一般に中央の核附近が幾分両面に突出した円盤又は楕円盤状をなしている. 従つて単に赤血球の平面的な直径等を計測しても, その値は実質的な大きさを表現するとは云えない場合がある. 更に該標本より求めた赤血球の大きさは血管内に存在する時の値とは幾分異なるものと思う. 何故ならば血液を塗抹する際に温度とか薬品等の影響により血球中のガス等が発散する可能性も考えられるからである. この点次に述べる平均血球体積は自然状態に近い赤血球の立体的な大きさを表現する数値として意義あるものと思われる.

2. 赤血球の平均恒数

前述の計算式で求めた供試魚の赤血球平均恒数を Table 1 に示した. 次にその各々について説明する.

Table 1. Mean corpuscular constants of various fishes.

Species	No. of sample	Red count (millions in 1 mm ³)	Hematocrit value (vol. %)	Hemoglobin (g./dl.)	MCV* (μ^3)	MCH** (rr)	MCHC*** (%)
Fresh-water teleost							
<i>Cyprinus carpio</i>	16	2.16	33.6	8.1	155	37	24
<i>Carassius auratus</i>	7	2.27	35.4	8.3	156	36	23
<i>Oncorhynchus masou</i>	8	1.46	34.3	8.5	232	58	25
Marine teleost							
<i>Neothunnus albacora</i>	18	3.87	51.5	14.4	134	37	28
<i>Katsuwonus pelamis</i>	24	3.92	53.3	14.1	136	36	26
<i>Makaira mazara</i>	16	3.69	48.3	13.7	131	37	28
<i>Scomber tapeinocephalus</i>	27	3.80	50.6	13.8	133	36	27
<i>Coryphaena hippurus</i>	12	3.05	41.8	10.8	137	36	26
<i>Evygnis japonica</i>	23	2.66	38.9	8.9	146	33	23
<i>Pristipomoides filamentosus</i>	14	2.51	37.2	8.8	148	35	24
<i>Astroconger myriaster</i>	8	1.43	33.6	7.5	238	52	22

Species	No. of sample	Red count (millions in 1 mm ³)	Hematocrit value (vol. %)	Hemoglobin (g./dl.)	MCV* (μ^3)	MCH** (rr)	MCHC*** (%)
Marine elasmobranch							
<i>Mustelus griseus</i>	21	0.18	15.2	2.7	825	147	18
<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	15	0.22	19.3	3.6	866	161	19
<i>Dasyatis akajei</i>	5	0.14	13.6	2.2	951	148	16
Control Human	13	4.96	47.0	15.7	95	32	33

* Mean corpuscular volume. ** Mean corpuscular hemoglobin. *** Mean corpuscular hemoglobin concentration.

平均血球体積：この値は赤血球 100 万当りの立体的な大きさを表わすのであるが Table 1 の結果によると供試魚の値は何れも対照とした人間の値より大きく、特に軟骨魚類に属するシロザメとかアカエイ等ではその約 8～9 倍を示している。硬骨魚類中ではサクラマスとかマアナゴの値が比較的大きく、又キハダマグロとかゴマサバの如き活動の激しい洄游魚は一般に小さい値を示す傾向がみられる。

平均血球血色素量：この値は赤血球 100 万当りに含まれる hemoglobin の量を表わすのであるが Table 1 の結果によると、一般に平均血球体積の大きな魚種ほどこの量は多くなっている。即ち供試魚の平均血球血色素量には平均血球体積の大小が支配的に関係しているようである。しかし両値の各対照値（人間）に対する比率は必ずしも等しくはなく、特に軟骨魚類に属する魚種ではかなりの差がみられる。例えばツマジロでは平均血球体積が対照値の約 9 倍であるのに対しこの値は約 4 倍となつている。更にこの結果によると一般に赤血球数の少ない供試魚では平均血球血色素量が多くなり、逆に前者の多いものでは後者が少なくなると云う関係のあることが推定される。

平均血球血色素濃度：この値は赤血球の単位容積中に含まれる hemoglobin の濃度を表わすのであるが Table 1 の結果によると供試魚の値は前述の二平均恒数の場合とは異なり何れも対照値（人間）より低い。又この値には前二者にみられたほどの魚種による大差はないが一般に軟骨魚類に属するシロザメとかアカエイ等の値は低く、カツオとかゴマサバの如き洄游魚は幾分高い値を示す結果となつている。

考 察

脊椎動物の体内における血液の酸素運搬能力を論ずる場合には hemoglobin 分子自身の酸素結合能と血液総量も無視し得ない要素と考えられる。一般に鰓呼吸をしている魚類ではその酸素結合能が他の動物に比し非常に大きく、酸素分圧の低い状態でも充分酸素結合の出来ることが明らかにされている。^{7,8)} しかしこの能力に魚種による差があるか否かは不明である。又動物の総血液量も求めることは困難であり、しかも確実な測定法がないために現在の処血液の酸素運搬能は主として赤血球の理化学的性質より論ぜられているようである。そこで著者も前述の諸結果を赤血球の呼吸機能と関連づけて若干の考察を試みた。

一般に赤血球が人間（新産児は例外）のように無核細胞であることは運搬酸素を自己消費しないための分化現象と解されている。⁹⁾ この見解に従えば魚類の赤血球は有核細胞であ

るから酸素運搬体としては進化の程度が遅れたものと考えられる。又赤血球が酸素運搬体として働く場合、その全表面が有効なのか或は一部分だけが有効なのかは不明であるが一般的に酸素運搬能力には血球表面積も関係すると云われている。¹⁰⁾ この表面積を正確に実測することは困難であるが、その形状とか平均血球体積から概略の大小は推察し得る。例えば供試軟骨魚類の赤血球は多く楕円盤状であるが、平均血球体積は極めて大きいから血球表面積も供試硬骨魚類より当然大きいと考えられる。従つて血球表面積と平均血球血色素量のみから考えると単位赤血球数当りの酸素運搬能力は供試魚中で軟骨魚類が最も大きいと推定される。しかし単位血液量中の総合的な血球表面積と hemoglobin 量には赤血球数が支配的に関係するから、この意味においてはその数の極めて少ない軟骨魚類が非能率的な性質を有することになる。又平均血球血色素濃度には他の平均恒数にみられたほどの魚種による大差が認められなかつたが、この事実は魚種の如何に拘らず血液中の hemoglobin 量が血球容積 (hematocrit value) に左右される度合の大きいことを意味する。従つて供試魚中ではこの値の大きいカツオ、キハダマグロの如き活動の激しい洄游性魚類が他の魚種よりも単位血液量当りの酸素運搬能力は大きいことになり、このような性質は魚体の酸素需要度に応じた一種の適応現象とも考えられる。しかしこの適応現象にも例外があるようで、例えば軟骨魚類に属するサメ類はかなり活動の激しい魚種であるにも拘らずその血球容積は極めて小さく且つ赤血球数も非常に少ないと云う事実がある。このように赤血球が非能率的な性質を有している魚種でも体重に対する血液量が多ければ体内における酸素の運搬能力は大きいことになる。著者はこの関係を明らかにするために供試魚の全血液量を直接法で求めてみたが、同種の魚でもかなりの個体差があり、信頼し得る数値は得られなかつた。しかしサメ類は硬骨魚類よりも一般に単位体重に対する血液量が多いと云う傾向のあることを観察している。ところで軟骨魚類と硬骨魚類とでは単に赤血球の性質のみならず血液自体の組成、特に尿素量、trimethylamine oxide 量、並びに血清蛋白質組成等¹¹⁾にも著しい差異があるから、魚類とは云え両者を同一に論ずることは出来ないようである。従つて軟骨魚類の赤血球が有する特異性は個体発生が系統発生を繰返すことに基づく現象とみて、別個に呼吸機能を論ずるべきであると考えられる。

要 約

魚類の赤血球の形状と平均恒数について検討し次の結果を得た。

1. 魚類の赤血球の形状には若干の種属的差異のあること並びに各魚種を通じて一般に大型の赤血球は楕円形を示すのに対し小型の赤血球は円形を示す傾向のあることを認めた。
2. 供試魚の平均血球体積は人間の値より大きく、特にシロザメとかアカエイの如き軟骨魚類の値は硬骨魚類に属する魚種より極めて大きい。又供試硬骨魚類中ではキハダマグロとかカツオの如き活動の激しい洄游魚が一般に小さい値を示す傾向がみられた。
3. 供試魚の平均血球血色素量は一般に平均血球体積の大きな魚類ほど多い。しかし兩値間の各対照値(人間)に対する比率は必ずしも等しくはなく、特に軟骨魚類に属する魚種ではかなりの差がみられた。又赤血球数の少ない魚種では平均血球血色素量が多くなる傾向がみられた。

4. 供試魚の平均血球血色素濃度は人間の値より低い。この値には前述の二平均恒数にみられたほどの魚種による大差はなかつたが、シロザメとかアカエイの如き軟骨魚類は硬骨魚類に属するものより低い値を示す傾向がみられた。

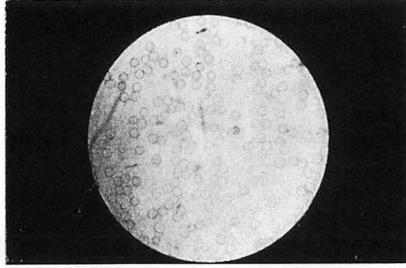
以上の結果を赤血球の呼吸機能と関連づけて若干の考察を試みた。

文 献

- 1) 齋藤 要：日水誌, **19**, 1134 (1954).
- 2) 加藤勝治：“新臨牀血液学” 文光堂, 東京 (1949) p. 52.
- 3) M. M. WINTROBE: *J. Lab. & Clin. Med.*, **17**, 889 (1932).
- 4) M. M. WINTROBE: *Fol. Haem.*, **51**, 32 (1933).
- 5) 齋藤 要：日水誌, **22**, 768, 773 (1957).
- 6) 同上：日水誌, **20**, 196 (1954).
- 7) F. G. HALL and F. H. McCUTCHEON: *J. Cell, Comp. Physiol.*, **11**, 205 (1938).
- 8) H. M. FOX: *Nature*, **168**, 112 (1951).
- 9) 天野重安：“血液学の基礎” 上巻, 丸善, 東京 (1948) p. 142.
- 10) 沼野井春雄：“動物の血液” 河出書房, 東京 (1947) p. 38.
- 11) 齋藤 要：日水誌, **22**, 752 (1957).

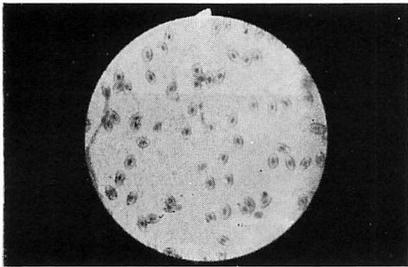
Fig. 1. Corpuscles of various fishes. (20×40)
The corpuscle was stained with GIEMSA'S solution.

Control

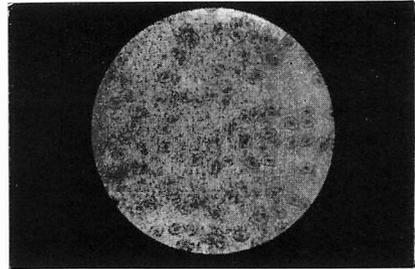


Human

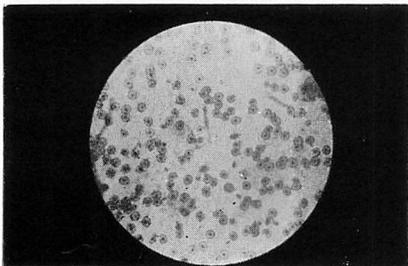
Fresh-water teleost



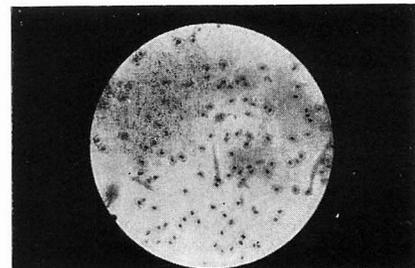
コイ (*Cyprinus carpio*)



フナ (*Carassius auratus*)

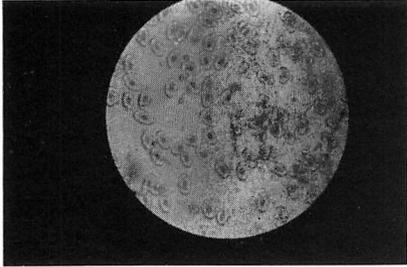


ウナギ (*Anguilla japonica*)

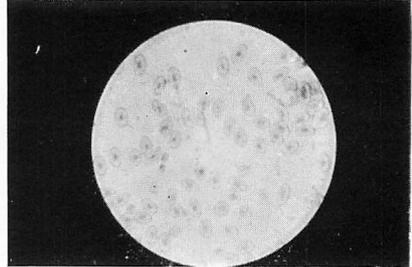


サクラマス (*Oncorhynchus masou*)

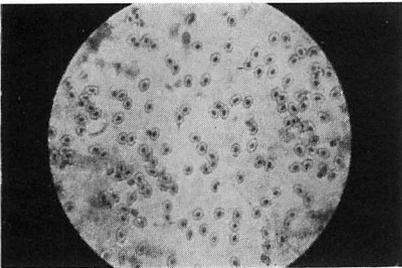
Marine teleost



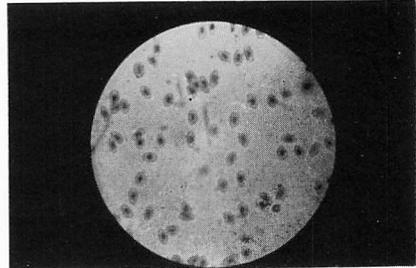
ウツボ (*Gymnothorax kidako*)



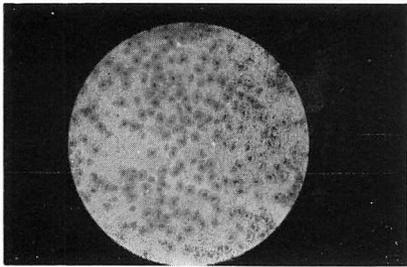
キス (*Sillago sihama*)



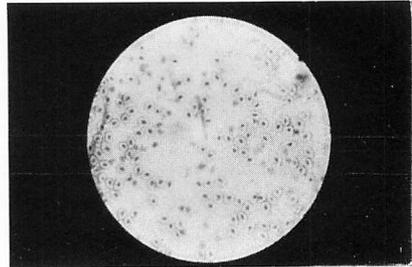
チダイ (*Euvynnus japonica*)



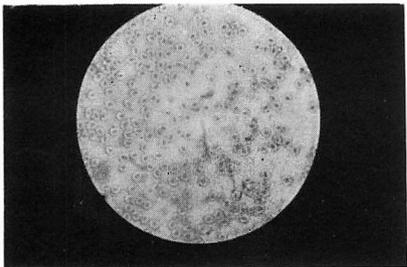
マダイ (*Chrysophrys major*)



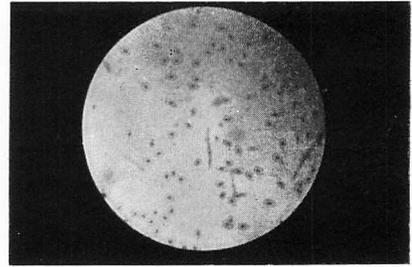
マイワシ (*Sardinops melanosticta*)



マアジ (*Trachurus japonicus*)

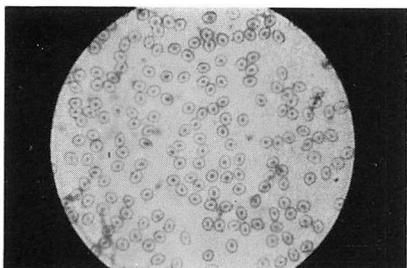


サワラ (*Scomberomorus niphonius*)

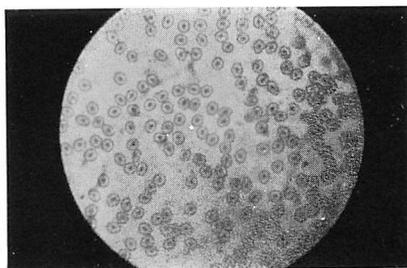


シイラ (*Coryphaena hippurus*)

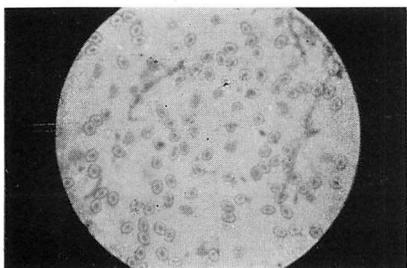
Marine teleost



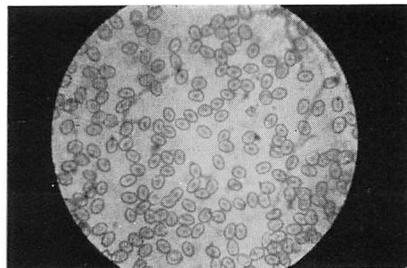
マサバ (*Scomber japonicus*)



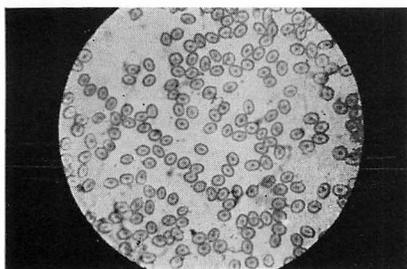
ゴマサバ (*Scomber tapeinocephalus*)



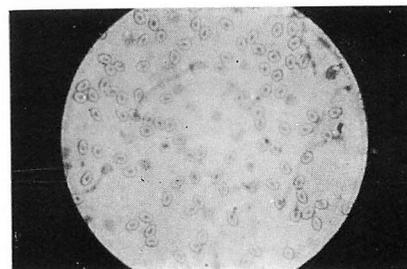
マカジキ (*Makaira mitsukurii*)



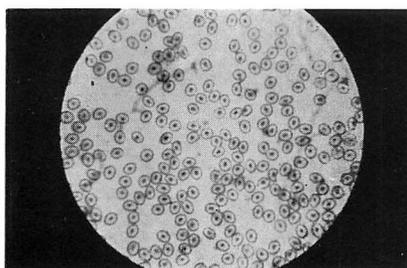
クロカジキ (*Makaira mazara*)



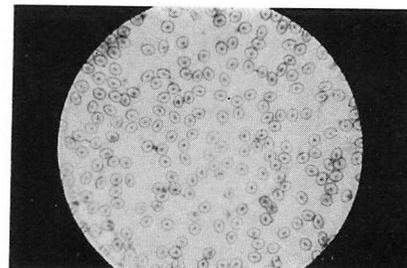
マグロ (*Thunnus thynnus*)



キハダマグロ (*Neothunnus albacora*)

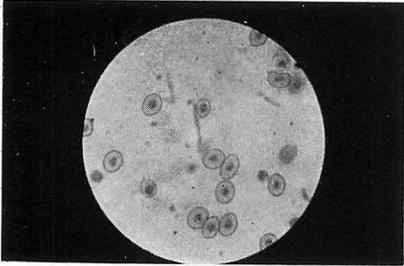


カツオ (*Katsuwonus pelamis*)

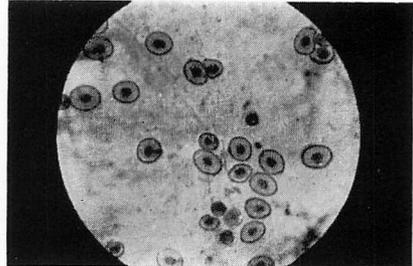


ハガツオ (*Sarda orientalis*)

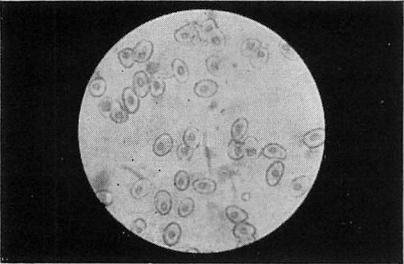
Marine elasmobranch



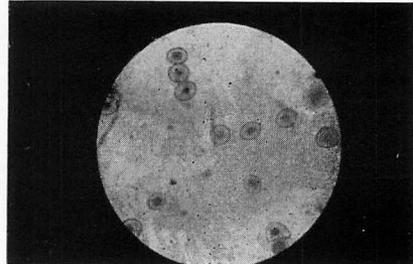
アカエイ (*Dasyatis akajei*)



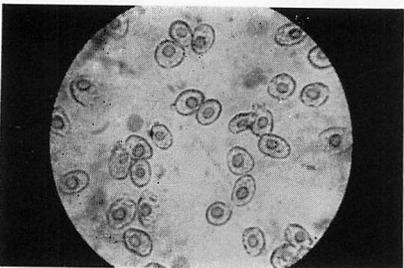
イタチザメ (*Galeocerdo arcticus*)



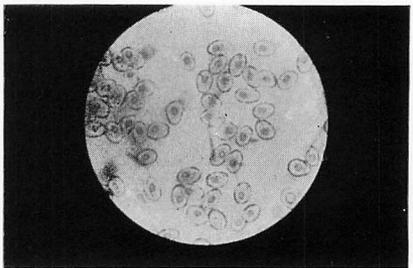
ツノザメ (*Squalus mitsukurii*)



シロザメ (*Mustelus griseus*)



シュモクザメ (*Sphyrna zygaena*)



ツマジロ (*Carcharhinus albimarginatus*)