

餌料イワシの死因に関する研究—I

低かん水のカタクチイワシに及ぼす影響

宮沢公雄・須田恭光・平本紀久雄・田村 勝・渡辺福松*

カツオ一本釣漁業に用いられる活餌料として、カタクチイワシは重要な地位を占めている。活餌料に用いられるカタクチイワシの斃死する数量は無視できなく、斃死対策に関する調査研究は多い¹⁻¹²⁾。

従来、各地の蓄養場では、カタクチイワシの斃死を防ぐために、水温、溶存酸素量、化学的酸素要求量、無機態窒素等の環境要因が重点的に調査されている。しかし低かん水はカタクチイワシの蓄養にとって経験的に不適な環境と考えられていて、実験的に検討された報告はみあたらない。

銚子港では数年前から利根川河口に大規模な外港の建設が進められていて、完成後には蓄養場として活用することが計画されている。汽水域の港内でカタクチイワシの蓄養が可能となれば、周辺海域では春、夏季にカツオの好漁場が形成され、周年カタクチイワシが漁獲されていること、しかも大規模な市場を控えていることでもあり、有望な餌場として期待できる。

著者らは、汽水域での蓄養の可能性を判定するための第一段階として、低かん水に対する抵抗力についての実験を行ない^{2, 3}の知見を得たので、ここに報告する。

材料と方法

供試材料は、1973年6月から1974年1月の間に旋網によって漁獲され、館山湾内において蓄養されているカタクチイワシを使用した。生簀網より取りあげる際には、蓄養に馴致し安定して旋回運動をしているカタクチイワシを選択して実験に供した。生簀網より取りあげた材料は、館山湾奥水試地先の海水を入れた500ℓ容円形パンライト水槽に收容し、絶食状態で最低2日間飼育をおこない、安定して遊泳している個体を実験に供した。

実験用水槽は100ℓ容円形ポリ水槽を使用し、水中垂直ポンプで循環、ツルミコール4GW活性炭で濾過

し、同時にミニコンポンプで通気した循環濾過式でおこなった(図1)。

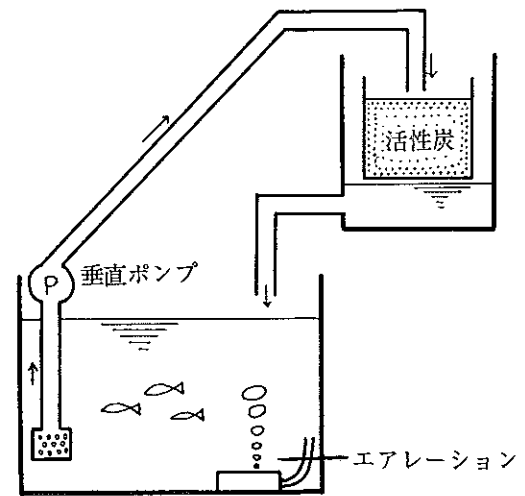


図1 活性炭を濾材とした循環式飼育実験水槽

実験中はカタクチイワシに不安定な動揺を与えることを避けるため、水槽上1.5mに40W蛍光灯を常時点灯し明るくしておいた。

実験用海水は水試地先より採水し、希釈水は水道水をそのまま用いた。水槽には75ℓの各濃度希釈海水を入れ、水温の調節は水中に直接200Wヒーターを投入しサーモスタットでおこなった。

実験中の水温は1/4目盛棒状水温計を、塩素量は鶴見精機製のTS-E2型サリノメーターとクヌーツセンの銀滴定法を併用した。

実験は規定水温、塩素量に調整した各水槽内にカタクチイワシを14~53尾收容し、開始後10時間までは斃死その他の異常現象が著じるしいため毎時、以後は3~6時間の間隔で目視観察をおこなうとともに、測温と魚体測定をおこない、68~72時間継続した。

カタクチイワシを水槽に收容した直後に目視して、

*現在、千葉県君津市役所

損傷の程度の大きい個体や衰弱していると認められる個体はできるだけ実験より除外するよう努めた。

斃死率を求める実験では、観察時に斃死している個体をその都度取りあげて計数すると同時に、水槽の底部に静止し軽く触れても反応の殆んどない個体、また、衰弱して腹部を上位にして遊泳している個体については、仮死状態と判断して取りあげ斃死したものとあわせて計数した。

浸透圧の違いによる体重の変化を求める実験については、肥満度 ($c.f = BW / BL^3 \times 10^3$) の変動を追跡することで代行し、誤差を極力避けるため、観察時に既に斃死していた個体は計測せずに除外した。また実験時間を少しでも長くする目的で、仮死状態の個体、衰弱している個体から優先的に取りあげて計測した。

実験結果

実験に用いたカタクチイワシの体長組成は図2のとおり、体長5~12cmの範囲で、主として体長7cmおよび10cm台のものである。

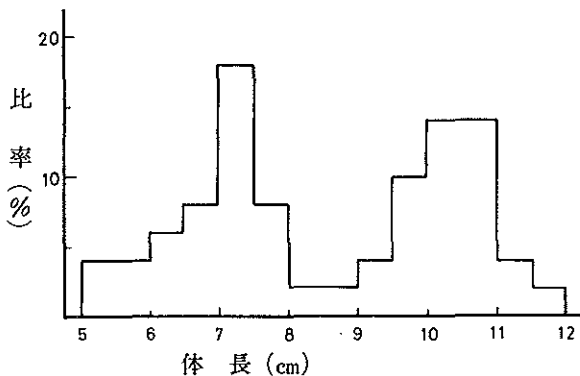


図2 実験に用いたカタクチイワシの体長組成

カタクチイワシに影響を及ぼす塩素量濃度の概略を知るために、予備的实验として室温(水温範囲19.6~23.4℃)において2~15%の間で10段階に希釈した海水を用いて、72時間の累積斃死率を求めた(図3)。

この実験の結果、3~4%のあいだに急性的に斃死させる塩素量濃度のあることがわかり、4.2%以上の濃度では72時間経過後の斃死率はいずれの実験区とも10%以下であった。

低かん水に対する抵抗力の実験 本実験では、前記の結果を考慮し、水温別に3回にわけて塩素量濃度3, 4, 5%の3段階についておこない、経時的累積斃死率を求めた。結果は表1、図4のとおりである。

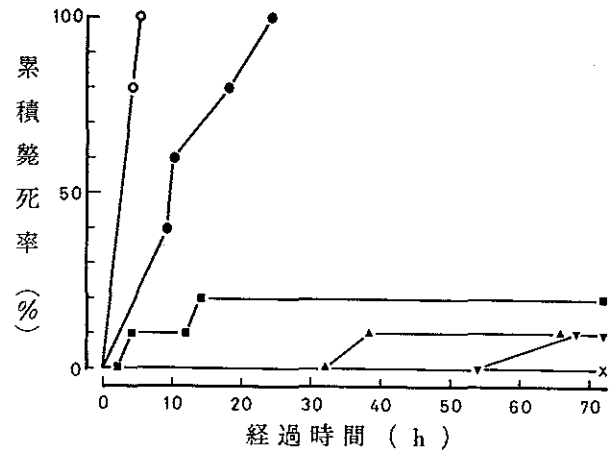


図3 塩素量濃度 2.5~19.5%海水飼育による経時的累積斃死 1974年6月22日~7月6日, 9月6日~8日

- : 2.5%, N=5, WT 18.4~20.5℃
- : 3.4%, N=10, WT 16.6~16.9℃
- : 19.5%, N=10, WT 20.1~22.0℃
- ▲—: 12.9%, N=10, WT 20.1~21.6℃
- ▼—: 11.2%, N=10, WT 16.4~20.4℃
- ×—: 4.2%, N=10, WT 18.0~20.8℃
- 5.3%, N=10, WT 17.9~20.7℃
- 7.7%, N=10, WT 17.2~20.6℃
- 9.5%, N=10, WT 16.8~20.3℃
- 15.4%, N=10, WT 19.8~21.3℃

3, 4%希釈海水については15, 20, 25℃の各水温について、また5%希釈海水については前2回の実験結果から25℃についてのみおこなった。

3%希釈海水の25℃実験区では開始直後より急激に衰弱、斃死がみられはじめ、以後ほぼ直線的に累積斃死し、7時間後には全部斃死した。20℃実験区では25℃実験区に比較して時間的進行は少し遅れるが、同様に短時間での斃死は著しく、11時間後には25尾中24尾が斃死した。残りの1尾は実験終了の27経過時まで生残した。15℃実験区では開始5時間後に始めて斃死がみられ、以後急激に斃死現象は進行し、9経過時までには22尾中14尾が斃死した。その後の斃死現象の進行は鈍る傾向がみられ、だらだら斃死する。実験終了の27経過時までには20尾が斃死し、2尾が生残していた。

4%希釈海水では、15~20℃の両実験区は20℃実験区で開始直後に1尾斃死した他は68時間後の終了まで正常に経過した。25℃実験区では開始5時間後までに14尾中7尾斃死したが、その後の進行は鈍る傾向が認められ、ほぼ横道いで経過し、47時間後に9尾、終了した68時間後には12尾の累積斃死を示した。

表1 カタクチイワシの低かん水飼育による累積斃死実験

その1 3%希釈海水

区分	25℃実験区		20℃実験区		15℃実験区	
	水温	備考	水温	備考	水温	備考
0 ^h	25.3°	投入直後より狂奔	20.4°	呼吸不規則	15.1°	呼吸不規則
1	25.6	2尾死、2尾仮死、狂奔	—		—	
2	25.5	3尾死、2尾仮死、狂奔	20.0	2尾仮死、呼吸不規則	15.0	ほぼ正常
3	25.0	3尾死、2尾仮死、狂奔	19.9	2尾死、2尾仮死、時々狂奔	—	
4	25.4	2尾仮死、狂奔	20.2	2尾死、5尾仮死、狂奔	15.0	呼吸やや不安定
5	24.9	2尾仮死、動きにぶる々	20.1	3尾仮死、狂奔	14.9	1尾仮死
6	25.5	殆んど動かさず	20.2	狂奔	15.0	2尾仮死
7	26.0	1尾仮死、全部斃死	20.3	2尾仮死、狂奔	14.9	4尾仮死、動き混乱
8			20.3	4尾仮死、狂奔、鼻上げ	15.0	5尾仮死
9			20.2	2尾仮死、残り1尾	14.9	2尾仮死
11			20.6	動き鈍い	15.1	1尾仮死
12.5			20.3	動き鈍い	14.7	1尾仮死
14			20.7	動き鈍い	15.1	2尾仮死
18			20.4	動き鈍い	15.2	1尾仮死
23			20.4	衰弱する	15.3	1尾仮死
24.5			20.1	衰弱する	15.2	
27			19.8	1尾生残	15.1	2尾生残
材料	供試尾数 20 平均体長10.0cm		供試尾数 24 平均体長 10.7cm		供試尾数 22 平均体長 10.3cm	

その2 4%希釈海水

区分	25℃実験区		20℃実験区		15℃実験区	
	水温	備考	水温	備考	水温	備考
0	24.7		20.2	動き大きい	14.9	動き大きい
2	25.5	3尾死、1尾仮死、幾分狂奔	20.5	1尾仮死、その他正常	15.8	正常
5	24.2	2尾死、1尾仮死、呼吸不規則	20.0	正常	15.6	正常
8	24.3	正常	20.3	正常	15.4	正常
18	23.4	1尾仮死、その他正常	20.2	正常	15.4	正常
28	24.7	正常	—	正常	—	正常
47	25.5	1尾死	20.0	正常	15.5	正常
68	26.0	3尾死、2尾生残		正常、14尾生残		正常、全部生残
材料	供試尾数 14 平均体長 10.3cm		供試尾数 15 平均体長 10.6cm		供試尾数 15 平均体長 10.2cm	

その3 5‰希釈海水

区分	25℃実験区	
時間	水温	備考
0	24.5	
1	24.6	正常
18	24.2	2尾死、その他正常
21	25.4	正常
26	25.4	正常
42	25.0	1尾死、その他変化なし
48	25.6	正常
66	25.4	1尾死、その他正常
72	25.4	正常、12尾生残
材料	供試体数	16
	平均体長	10.1cm

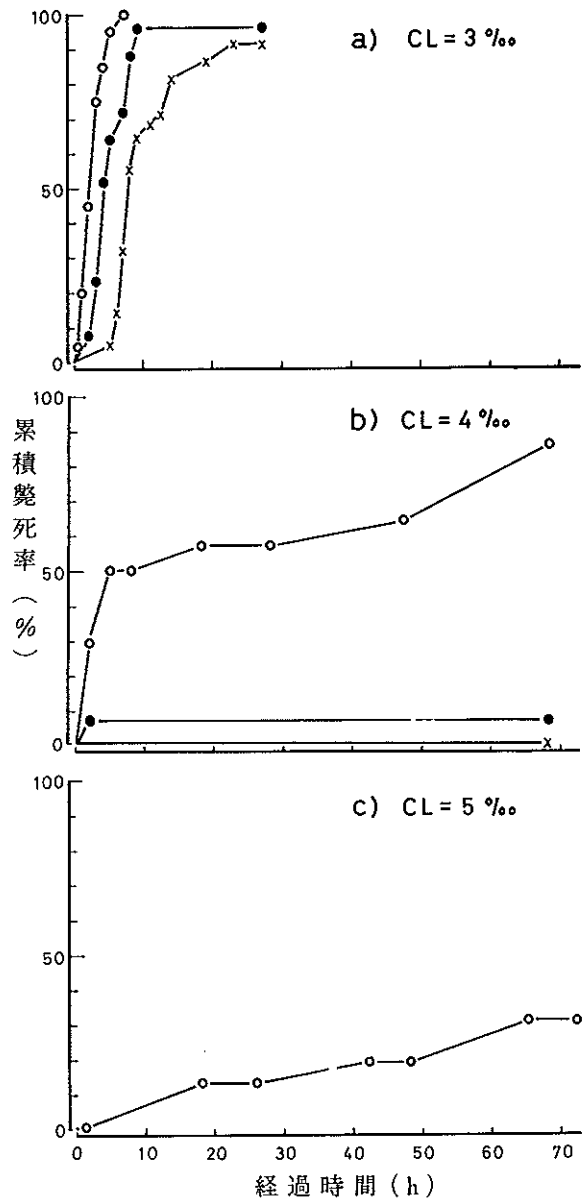


図4 カタクチイワシの低濃度海水飼育による累積斃死

—○— : 25℃, —●— : 20℃, —×— : 15℃

a) 25℃ (24.9~26.0) N=20

20℃ (19.9~20.7) N=25

15℃ (14.7~15.3) N=22

b) 25℃ (23.4~26.0) N=14

20℃ (20.0~20.5) N=15

15℃ (14.9~15.8) N=15

c) 25℃ (24.2~25.6) N

低かん水による肥満度の変化 結果は表2、図5のとおりである。

塩素量濃度3%実験区では、開始直後より衰弱、斃死をしながら著しい増大傾向がみられ、開始4時間後には最大値を示した。肥満度は開始時の8.05から10.07にふえ、25%の増加率であった。その後は減少傾向を示し、6.5時間後には9.60まで降下したが、この先については材料が全滅したため追跡出来なかった。

塩素量濃度5%実験区では、開始2時間後までは3%実験区のものに比較してやや低い増加率を示すものの、同様に著しい増加がみられた。しかしその後は鈍り前者が最大値を示す4時間経過時までは横這い状態が続くが以後再び著しい増加をみせ、開始7時間後に最大の9.50に達し開始時より18%の増加率を示した。以後、急速に回復傾向がみられ、開始21時間後には8.48(開始時と比較して5.3%の増加率)まで低下した。その後は殆んど変化なく経過し、実験終了の48時間後の肥満度は8.44であった。

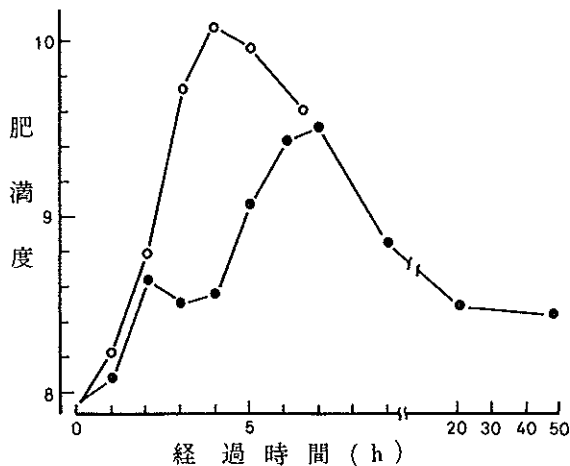


図5 カタクチイワシの低濃度海水飼育による肥満度 ($c.f = BW / BL^3 \times 10^3$) の経時変化
1974年1月21日～23日
—○—: 塩素量濃度3%,
—●—: 塩素量濃度5%.

考 察

カタクチイワシの生息域は時期、発育段階によって異なるが、概略14～22℃台の沿岸水帯に分布する。高温に対する抵抗力は28℃以上になると悪影響を及ぼし、また生息水温範囲内ならば6℃の急昇、14℃の急降に

対して殆んど影響は無いという報告²⁾のあることから実験時において室温の水槽から各水温に設定された実験水槽へ移すことによる水温の急変も別にさしつかえなかったものと考えられる。また夏季には25～26℃の水域に漁場の形成みられることもあることから通常海水の場合15～25℃範囲内の実験水温では、温度のみによるカタクチイワシの斃死は考えなくてよい。

海産魚を低濃度海水に移行したことにより生理的に最も重要となることは、 Na^+ および Cl^- の流入、流出のつりあい(浸透圧)にある。広塩性魚では低かん水に移行後、短時間で Na^+ 、 Cl^- 流出が減少し適応が完了すると正常なイオン平衡を保てるようになるが、狭塩性魚では最後までイオン流出はとまらないで体内イオンが低下し死に至る^{14,15)}。

本実験の結果から、カタクチイワシは塩素量濃度3%では水温が15～25℃の範囲内においては温度に関係なく適応できないことがわかり、4%以上のかん度があれば20℃以下の水温に生存可能で、かなりの広塩性魚であることがわかった。しかし、海産魚には不可逆的な魚類もあり¹⁵⁾、カタクチイワシが可逆的であるか否かは別の実験を行なわなければ判断できない。

塩素量が4%以上でも高水温の場合には水温が斃死原因として重要な要因となる。5%で25℃の場合66時間後には31%の累積斃死率をみており、低かん水中において蓄養するには環境水温に注意する必要があり20℃以下が条件として好ましい。25℃実験区で斃死率の高い原因としては、浸透圧の違いによって抵抗力が衰えているのに加えて高温による代謝の活発化、および H_2CO_3 の体内への蓄積等が相乗的に働いているためと考えられる。

低濃度海水への移行による浸透圧の調整については、水温20℃において斃死率の高い3%海水と、斃死のみられなかった5%海水での実験結果を比較すると、体重の経時変化は3%海水のものが最高値はより早く出現し、増加率もより高い。しかし、体重の最も増加した時点での肥満度の差は平均で0.57程度であり、この範囲内に斃死するか否かの分岐点がある。また最高値に達するまでの時間も斃死要因として重要になると考えられる。

カタクチイワシの場合、生残できる程度の低濃度海水においては体重が最大となった後は数時間でイオン流出、入の調整ができるようになり、回復に向かうと考えてよい。

本実験結果から、淡水の影響の強い汽水域においてカタクチイワシを蓄養するには、水温20℃以下であれ

ば塩素量は4%以上の濃度があれば可能と考えられる。しかし25℃高温水では危険でありより高い濃度が必要になる。

銚子外港におけるカタクチイワシ蓄養の可能性については、塩素量を周年にわたって調査した記録がないため言及するには危険を伴うが、1974年8月14～31日にかけて実施した連続調査の結果、表面塩素量の最低値は8.9%だがこのときの4.5m深(底)の塩素量は18.1%で高く、底層は常時外海の影響を強く受けやすい地域といえる¹⁶⁾。また、上流部には河口堰が完成し通常では河川水の downstream への放出は少ない。これらのことからみて、よほどの降水がない限り5%以下に低下することは考えられず、蓄養可能と考えられる。一時的に5%以下に低下するとしても気象の変化(とくに降水量)はある程度事前に察知することが可能であり、生簀網を安全な場所に避難させ被害を未然に防ぐことも出来る。

以上実験結果から塩素量および水温要因のみについて蓄養の可能性を検討したが、実際に汽水域において蓄養するには、都市廃水、産業廃水による水質悪化、また、淡水性の寄生虫類、細菌等の影響などについても問題はあり、これらを解決しなければ汽水域における蓄養については完全といえない。

今後は現場における実験に重点をおいて残された問題を解決してゆくつもりである。

要 約

1) 汽水域において、カツオ餌料用カタクチイワシの蓄養場を設置する場合に問題となる低かん水の許容濃度を明らかにする目的でおこなった。

2) 水温20℃以下で生息水温内ならば塩素量濃度は4%以上あれば蓄養可能と考えられた。

3) 25℃高温水での斃死率は塩素量濃度5%でも、72時間で31%を示した。

4) 生存可能な低限の塩素量濃度付近では、カタクチイワシに与える影響として水温が強く働くことがわかり、20～25℃のあいだに許容水温のあることがわかった。

5) 低かん水による体重の変化(浸透圧の調整)は、塩素量濃度3%のカタクチイワシは5%のものに比較して、より早く、より高い最高値を示し回復することなく斃死する。後者は時間的に遅れて最高に達した後回復にむかい、開始20時間後にほぼ正常に復した。

6) 銚子外港でのカタクチイワシ蓄養は、塩素量に関する限り可能と考えられる。しかし、水質、寄生虫

類、細菌等の影響については今後に残された研究課題である。

文 献

- 1) 木村喜之助：活魚槽に収容された「いわし」の斃死と水中酸素消費量について。水産試験場報告, 6, 239～280 (1945)
- 2) 末広恭雄：餌料イワシの死因に関する研究。水産試験場報告, 7, 51～90 (1946)
- 3) ————：魚類生理学の実際。22～30, 竹内書房, (1947)
- 4) 中野喜代志・原田昌幸・田中卓郎・高橋次郎：カツオ漁船の活魚船強制循環装置実験(Ⅰ)。静岡水試事業報告, 54～62 (1966)
- 5) 中野喜代志・植田金一・原田昌幸・水野秀二：カツオ漁船の活魚槽強制循環装置(Ⅱ)。静岡水試事業報告, 49～53 (1967)
- 6) 阿井敬雄・松原壮六郎・原田雄四郎：イワシイケスの環境変化。静岡水試事業報告, 115～116 (1967)
- 7) 鈴木勝一・服部 広・五十嵐正治・山下一臣：カツオ餌料船内蓄養技術改良試験。静岡水試事業報告, 35～37 (1971)
- 8) 鈴木勝一・服部 広・山田万樹・馬場啓輔：カツオ餌料船内蓄養技術改良試験。静岡水試事業報告, 63～66 (1972)
- 9) 中野喜代志：カツオ漁業の活餌に関する研究Ⅰ。静岡水試研報, 3, 13～20 (1969)
- 10) 五十嵐正治・鈴木勝一・服部 広・小林孝平：カツオ餌料イワシ陸上活魚船蓄養実験。静岡水試事業報告, 43～49 (1970)
- 11) 亀山 勝・沖野哲昭・矢沢敬三・中田尚宏・池田文雄：餌料用蓄養カタクチイワシ斃死原因について。蓄養魚斃死対策調査報告書, 神奈川水試, 133, 1～13 (1969)
- 12) 亀山 勝：蓄養カタクチイワシの斃死に関する実験。蓄養魚斃死対策調査報告書, 神奈川水試, 175, 1～16 (1971)
- 13) 近藤恵一：カタクチイワシの生態と資源。水産研究叢書, 20, 44～50, 日本水産資源保護協会, 東京 (1971)
- 14) 末広恭雄：魚類学。178～188, 岩波書店, 東京 (1960)
- 15) 川本信之：新版 魚類生理生態学。302～347, 恒星社厚生閣, 東京 (1972)
- 16) 銚子市水産課：銚子外港海況調査 未発表資料 (1972)

表2 カタクチイワシの低かん水飼育による肥満度の経時変化

時間	5 % 実験区					3 % 実験区						
	水温	測定					水温	測定				
1	19.6	測定尾数 5, 2尾死 9.4 11.4 10.6 9.3 10.6 [10.3] 7.3 11.8 9.5 6.9 8.4 [8.8] 8.79 7.96 7.98 8.58 7.05(8.07)					19.4	測定尾数 8 (全部仮死), 5尾死 11.6 10.3 9.3 10.4 10.6 11.0 9.9 10.2 [10.4] 12.6 8.3 5.7 10.4 8.4 11.2 9.0 9.6 [9.4] 8.07 7.60 7.09 9.25 7.05 8.41 9.28 9.05(8.23)				
2	19.6	測定尾数 6, 1尾死 10.4 9.4 10.1 9.3 10.8 9.9 [10.0] 9.7 7.3 8.6 6.8 10.9 8.7 [8.7] 8.62 8.79 8.35 8.45 8.65 8.97(8.64)					19.4	測定尾数 9 (全部仮死), 2尾死 10.2 10.6 10.0 10.0 8.6 9.8 10.2 12.4 8.9 12.2 9.3 8.2 5.1 9.1 9.8 14.6 8.39 10.24 9.30 8.20 8.02 9.67 9.23 7.66 10.6 [10.3] 9.9 [9.7] 8.31(8.78)				
3	19.7	測定尾数 5 (3尾仮死) 10.6 9.0 9.8 10.7 9.6 [9.9] 10.9 6.0 7.1 11.0 7.6 [8.5] 9.15 8.23 7.54 8.98 8.59(8.50)					19.8	測定尾数 16 (全部仮死), 2尾死 10.0 9.9 8.5 9.6 9.5 10.8 11.6 10.3 10.2 10.1 9.8 5.3 8.4 9.3 13.0 14.5 10.6 10.2 10.10 10.10 8.63 9.49 10.85 10.32 9.29 9.70 9.61 11.0 11.6 10.8 11.2 10.4 10.6 10.0 [10.4] 12.9 15.0 11.8 14.0 11.0 10.4 10.2 [11.0] 9.69 9.61 9.37 9.97 9.78 8.73 10.20(9.72)				
4	19.6	測定尾数 5 9.2 11.1 9.8 10.1 10.1 [10.1] 6.8 11.4 8.2 9.3 8.2 [8.8] 8.73 8.34 8.71 9.03 7.96(8.55)					20.2	測定尾数 10 (全部仮死), 1尾死 10.2 9.9 10.7 9.4 9.8 9.0 10.3 10.1 8.9 11.9 8.2 10.0 7.6 10.9 9.52 9.17 9.71 9.87 10.62 10.43 9.98 9.6 10.9 9.5 [9.9] 9.8 12.9 8.9 [9.9] 11.08 9.96 10.38(10.07)				
5	19.6	測定尾数 5 9.5 10.7 10.3 10.8 10.3 [10.3] 8.6 12.6 10.0 8.9 9.6 [9.9] 10.03 10.29 9.15 7.07 8.79(9.07)					20.6	測定尾数 5 10.7 10.4 9.9 10.7 10.0 [10.3] 10.9 12.0 10.3 11.4 10.3 [11.0] 8.90 10.67 10.62 9.31 10.30(9.96)				
6 (3% は6.5)	19.7	測定尾数 4 10.9 9.6 10.7 9.3 [10.2] 12.0 9.0 11.1 7.4 [9.4] 9.26 10.17 9.06 9.20(9.42)					21.0	測定尾数 5 10.9 10.2 9.4 9.8 11.2 [10.3] 11.9 10.4 8.5 9.5 12.2 [10.5] 9.19 9.80 10.23 10.09 8.68(9.60) 終了				
7	19.7	測定尾数 5 10.0 10.8 10.3 10.3 9.6 [10.2] 8.6 11.9 11.4 10.2 8.6 [10.1] 8.60 9.45 10.43 9.33 9.72(9.51)					対象水槽 開始前の測定 10尾 10.2 9.9 11.6 11.0 9.3 9.8 9.6 10.2 9.9 10.7 [10.2] 9.3 8.0 11.5 10.5 6.0 7.2 7.7 9.3 7.6 9.6 [8.7] 8.76 8.24 7.37 7.89 7.46 7.65 8.70 8.76 7.87 7.84(8.05)					
9	19.8	測定尾数 5 (2尾仮死) 11.1 9.8 10.3 9.5 11.3 [10.4] 12.1 7.9 9.8 8.2 12.2 [10.0] 8.85 8.39 8.97 9.56 8.46(8.85)										
24	19.8	測定尾数 5, 6尾死 10.4 10.5 10.5 10.5 9.2 [10.2] 9.1 10.7 9.6 8.7 7.2 [9.1] 8.09 9.24 8.29 7.52 9.25(8.48)										
48	19.8	測定尾数 5 9.8 9.4 10.3 9.4 10.0 [9.7] 8.5 7.8 7.7 7.0 8.3 [8.0] 9.03 9.39 7.05 8.43 8.30(8.44)										

表内数字の上段、中段、下段はそれぞれ体長(cm)、体重(g)、肥満度($c.f = BW / (BL)^3 \cdot 10^3$)を、[]は平均値を示す。