

# 和歌山県串本町における養殖クロマグロの体温とpHの測定

東京海洋大学 名誉教授 山中 英明  
和歌山東漁業協同組合

代表理事組合長 吉田 俊久  
チェーンロジスティックス研究所

主幹・食品冷凍技士 鬼丸 良道  
串本町農林水産課 課長 沖 繁幸  
串本町環境衛生課 主幹 平松 勇  
串本町農林水産課 主査 河合 拓也

哺乳動物は環境水温に関係なくほぼ一定の体温を維持するいわゆる恒温動物であるが、魚類などは環境水温によって体温が変動する変温動物であり、一般に安静時の魚の体温は環境水温とほぼ等しいか、1～2℃高いのが普通である。しかし、すべての魚類が変温動物とは限らない。活動性の高いマグロ類では海水温よりも高い体温を持つことが報告<sup>1,2)</sup>されており、メバチマグロおよびクロマグロでは皮下の肉の温度は海水温に近いが、深部の肉の温度は31～32℃であり、海水温よりも約10℃も高い体温を維持しているといわれている。

しかし、最近注目されている養殖クロマグロに関しては出荷サイズのものについて体温を測定した研究は見当たらない。そこで、和歌山県串本町において養殖しているクロマグロを用いて、一年を通して体温を測定してみた。また、養殖クロマグロにおいても焼けが発生している。焼けの原因は漁獲時の体温上昇とpHの低下によるといわれている。そこで、時々、部位別にpHの測定を行った。

## 実験方法

### (1) 測定検体

和歌山県串本町の養殖クロマグロを検体として用いた。表1には使用した14検体の漁獲年月日、養殖年数、全長、体重を示す。

### (2) 体温測定および海水温測定

養殖クロマグロも漁獲時にあばれると体温が上昇するので、釣り・電殺法を採用した。ほとんどが即死状態で船上に釣り上げられるが、時々仮死状態で上がる時もあるので、魚しめ器で延髄刺殺した。次に、両側の胸びれを持ち上げ、包丁で刺して脱血を行った。さらに魚しめ器でしめた時の頭部の

表1 体温測定に用いた養殖クロマグロの漁獲年月日、養殖年数、全長および体重

No.	漁獲年月日	養殖年数	全長(cm)	体重(kg)
1	2008. 1.29	2年 7か月	140	43.6
2	2007. 2.27	2年 6か月	140	46.5
3	2007. 2.27	2年 6か月	150	41.0
4	2009. 3.16	2年 7か月	132	41.7
5	2008. 4.21	2年10か月	135	44.0
6	2007. 5. 8	2年10か月	144	55.5
7	2007. 5. 8	2年10か月	145	61.8
8	2007. 5. 8	2年10か月	155	62.2
9	2007. 5. 8	2年10か月	156	61.2
10	2007. 6.25	2年11か月	142	53.1
11	2007. 6.26	2年11か月	145	48.6
12	2007. 8. 6	2年	114	36.0
13	2008.11.10	2年 4か月	130	31.3
14	2008.11.10	2年 4か月	136	35.7

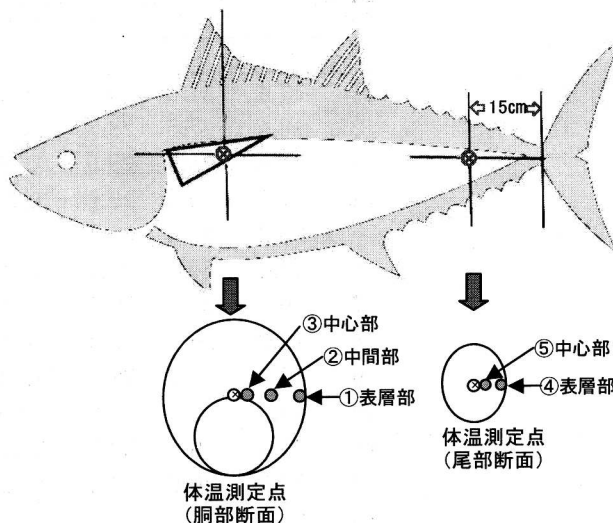


図1 養殖クロマグロの体温測定点

穴からステンレス線を差し込んで神経抜きを行った。直ちに図1に示す養殖クロマグロの5個所(①~⑤)の体温測定点に温度センサーを差し込んで体温測定を行った。また、海水温(表面および水深6m)ならびに気温も温度センサーで測定した。温度センサーとしては(株)チノー製の針状温度センサーMR9301C20、アンリツ(株)製のセンサーAM2001を用いて測定した。

### (3) pHの測定

養殖クロマグロ肉を数g秤取し、約10倍量の蒸留水を加えて乳鉢中で磨砕後、ろ過し、ろ液のpHを堀場製D-52pHメーターで測定した。

### 結果と考察

#### (1) 養殖クロマグロの体温測定

表1に示したように2007年から2009年にかけて、2~3年間養殖したクロマグロを用いて、ほぼ1年を通して温度センサーで体温を測定した。体温測定点は図1に示した5点である。

表2にはすべてのシーズンの養殖クロマグロの部位別の体温(①~⑤)の測定結果と海水温(表面と水深6m)および気温の測定結果を一括して示してある。

養殖クロマグロの表層部の肉は海水温の影響を受けていることが明らかとなった。胴部表層部①の体温と表面海水温を比較すると、①の体温の方がやや高いことがわかった。すなわち、すべての検体が0.4~2.8℃高く、平均して1.5℃高いことが明らかとなった。中心部③の体温は季節を問わず、海水温の

変化にかかわらず、常に一定の体温を維持していることがわかった。すなわち、28.2℃~30.6℃の間に入っていた。平均値は29.5℃であった。なお、中心部③の肉は常に血合筋であることを確認している。

養殖クロマグロの中間部②の体温はおおむね①と③の中間の体温であったが、時々中心部③の体温よりも高い時もあった。また、②の体温はばらつきが大きかった。

尾部の表層部④および中心部⑤の体温は海水温の影響を受け、海水温よりやや高かった。表層部④の体温が平均で0.6℃高く、中心部⑤の体温が平均で1.1℃高かった。なお、尾部の表層部④と中心部⑤および胴部の表層部①の肉は普通筋であることを確認した。

今回の研究で一年を通して養殖クロマグロの体温を測定した結果、胴部中心部③の体温は環境水温の変化にかかわらず、常に一定であること、すなわち、養殖クロマグロは恒温動物であり、平均体温は29.5℃であることを明らかにした。また、胴部中心部③は血合筋であることはすでに述べた。

クロマグロ、メバチマグロ、ピンナガマグロでは体側筋中に血合筋が発達し、その部分の筋温は環境水温より10℃以上高いところがある。これらの魚類では深部血合筋を包み込むように奇網と呼ばれる網状組織が発達している。<sup>3)</sup> 奇網中では動脈の毛細血管と静脈の毛細血管が多数平行に並び、動脈血と静脈血が薄い壁をはさんで反対の方向に流れ、熱交換器として働き、活動的な魚類における筋温を高く維

表2 養殖クロマグロの部位別体温、海水温および気温

No.	部位別の体温(℃)					海水温(℃)		気温(℃)
	①	②	③	④	⑤	表面	水深6m	
1	17.4	27.5	29.0	16.2	17.1	15.5	12.3	9.4
2	18.6	27.5	28.2	17.5	17.9	16.8	16.6	15.5
3	17.5	25.5	29.0	16.6	17.1	16.8	16.6	15.5
4	17.5	26.9	29.8	16.2	16.7	15.6	15.8	15.8
5	20.2	27.3	29.4	19.3	19.8	18.3	18.3	17.2
6	19.2	22.1	29.1	18.9	19.2	18.1	17.7	23.5
7	19.8	26.7	29.5	19.6	20.2	18.1	17.7	23.5
8	19.8	25.2	29.3	18.9	19.5	18.1	17.7	23.5
9	18.9	23.9	28.7	19.4	19.6	18.1	17.7	23.5
10	24.2	31.4	30.6	23.5	24.2	21.9	21.9	24.3
11	23.3	30.8	29.8	23.6	23.1	22.9	21.7	26.8
12	25.2	30.6	30.4	24.2	24.2	22.4	21.4	32.7
13	22.5	29.7	30.1	20.8	22.1	21.6	21.5	17.0
14	23.2	25.2	29.4	20.1	20.8	21.6	21.5	17.0

持するのに役立っている。奇網においては組織で暖められた静脈血と鰓で外界水温と等しくなった冷たい動脈血との間で熱交換が行われる。静脈血の熱のかなりの部分は動脈血に伝えられるので、鰓で失われる熱損失は最小限に抑えられ、熱は組織に保存される。<sup>4)</sup> これによって組織は常に外界より高い温度に保たれ、物質代謝など活発な生命活動が可能となる。

マグロ類では深部血合筋を持っている。血合筋は血管分布が密であるため、これが体表近くにあると大きな熱損失になる。回遊魚の通常の遊泳状態では血合筋のみが活動しており、ここが主要な熱源となっている。マグロ類ではこのような血合筋を血管分布の少ない普通筋で包み込んで体の中心部近くに置いているので、これもまた奇網と同様に体温に有利な構造である。<sup>4)</sup>

## (2) 養殖クロマグロのpH測定

体温を測定した14検体中No.1、No.6、No.10、No.13について、赤身(背肉)、大トロ(腹肉)、尾肉、血合肉のpHを漁獲2時間後に測定した。また氷蔵中のpHの変化も測定した。その結果を表3に示す。

2時間後の部位別のpHをみると大トロ(腹肉)と尾肉が高い傾向があった。シーズンによるpHへの影響はないように思われた。氷蔵5時間後にすべての部位でpHの上昇がみられた。これはグリコーゲンの再合成が起きていることを示すものである。マグロは死後、筋肉への酸素の供給が止まり、嫌気的条件下で解糖が進行するとグリコーゲンが分解されて乳酸が生成し、pHが低下する。しかし、氷蔵

5時間後のpHの測定結果をみるとクロマグロの筋肉細胞が生きており、乳酸からグリコーゲンの再合成が起きていることを示している。氷蔵7時間後にはpHは低下し、氷蔵22時間後にpHは顕著に下がり、6以下となった。部位別では血合肉のpHの低下はそれほど著しくなかった。これは血合肉のグリコーゲン含量が低く、乳酸生成量が低いのに原因している。<sup>5)</sup>

また、焼けに関しては、胴部中心部の体温が釣り・電殺による漁法では年間を通し、平均で29.5℃であり、高くても30℃を少し上回る程度であった。また、漁獲直後のpHも6台と高かった。この体温とpHでは焼けが発生することはないと結論した。

## 参考文献

- (1) F.G.Carey and J.M.Teal : Heat conservation in tuna fish muscle, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., **56**, 1461-1469 (1966) .
- (2) F.G.Carey, J.M.Teal, J.W.Kanwisher, and K.D.Lawson : Warm-bodied fish, Am. Zoologist, **11**, 137-145 (1971) .
- (3) 岩井 保 : 水産脊椎動物- II. 魚類 (新水産学全集4)、恒星社厚生閣、東京、1985、pp.134-136.
- (4) 会田勝美 : 魚類生理学の基礎、恒星社厚生閣、東京、2002、pp.119-121.
- (5) 山中英明 : 魚介類のエキス成分 3. 糖および有機酸 (坂口守彦編、水産学シリーズ72、恒星社厚生閣、東京、1988、pp.44-55.

表3 養殖クロマグロ氷蔵中のpHの変化

No.	氷蔵時間	赤身(背肉)	大トロ(腹肉)	尾肉	血合肉
No.1 2008.1.29	2	6.31	6.70	—	6.00
	5	6.68	6.76	—	6.08
	7	6.53	6.51	—	6.01
No.6 2007.5.8	2	6.11	6.39	6.53	6.22
	5	6.29	6.48	6.55	6.18
	7	6.12	6.31	6.40	6.15
	22	5.64	5.85	5.64	5.94
No.10 2007.6.25	2	6.15	6.51	6.43	6.45
	5	6.58	6.73	6.84	6.58
	7	6.42	6.51	6.55	6.18
	22	5.50	5.59	5.54	5.92
No.13 2008.11.10	2	6.73	6.73	6.97	6.10