

## マイワシの鮮度保持について—Ⅲ

### —中羽マイワシの致死条件による鮮度保持効果—

田 辺 伸

#### はじめに

著者は前報<sup>1)</sup>において次の事項を報告した。マイワシは、死に至るまでの苦悶時間が長いとpHが当初から低く、乳酸生成量は逆に多く、またATP含有率<sup>\*</sup>は低くなる。さらに、これを高温状態に放置すると、その鮮度低下の傾向が顕著になる。一方、苦悶時間の短いものは、pHが高く、乳酸生成量が逆に少く、またATP含有率は高いレベルにある。そして低温、高pH水中で致死させたものは、pHが高く、乳酸生成量は逆に少く、またATP含有率は高いレベルにあり、鮮度低下の進行が緩やかになる。またpHと乳酸量には、高い負の相関がある。

この報告では、さらに麻酔による安静死、苦悶死、あるいは致死水のpHおよび溶存酸素量等の条件によって死直後とその後の魚体の鮮度がどのように変化するかを、pH、乳酸量、およびATP関連物質で調べるとともに、死後硬直の進行状況をあわせて観察し、マイワシの良好な鮮度保持方法の手がかりを求めることとした。

そして、これによって得られたpH、乳酸量、およびATP関連物質の測定値をもとに、それらの測定値相互の関係も求めた。

#### 方 法

鯉鮪一本釣り用活餌の中羽マイワシ(BL14.7~20.5 cm平均16.7cm・BW31.7~97.0g 平均50.2g の比較的やせたもの)を、水槽中で4日間投餌飼育後、第1表のとおり処置し、それぞれについて時間経過とともに3~5尾取り出し、その背側普通肉のpH、乳酸量およびATP関連物質を測定するとともに死後硬直の状況を観察した。

pHは、2~3倍量の0.02Mモノヨード酢酸ナトリウムを用いる方法で、乳酸量およびATP関連物質は、前報の方法<sup>1)</sup>で測定し、また死後硬直の状況は、魚体の硬さ等による五感測定によった。

採肉にあたっては、試験水のpHの影響を避けるため、一旦ラウンドのまま冷却清水中で洗浄した後、水気をよく拭き取った。

なお、飼育水槽からの取り上げは、投網を用いて供試魚をそれぞれの区分毎に一括取り上げ、個体差が出ないように配慮した。

試験した致死条件は、鮮度保持決定の重要な因子が苦悶の状況、致死水のpHおよび溶存酸素量であると想定し、次の6区分を設定した。

- ①冷海水浸漬致死は、対照区ともいうべきもので苦悶中程度、pHは無調整で8.10、溶存酸素量無調整で6.01 cc/lの区分 (以下①冷海と言う)。
- ②高pH冷海水浸漬致死酸素曝気は、苦悶中程度、pHは水酸化ナトリウムを添加して9.30、溶存酸素量は酸素曝気して12.15cc/lの区分 (以下②高・冷海・酸素と言う)。
- ③高pH冷淡水浸漬致死空気曝気は、苦悶中程度、pHは炭酸ナトリウムを添加して9.30、溶存酸素量は空気曝気して8.28cc/lの区分(以下③高・冷淡・空気と言う)。
- ④苦悶高pH冷淡水浸漬致死酸素曝気は、苦悶の程度が大きく、pHは炭酸ナトリウムを添加して11.00、溶存酸素量は酸素曝気して14.61cc/lの区分 (以下④苦・高・冷淡・酸素と言う)。
- ⑤低pH冷海水浸漬致死窒素曝気は、苦悶中程度、pHは塩酸を添加して6.35、溶存酸素量は窒素曝気して2.71cc/lの区分 (以下⑤低・冷海・窒素と言う)。
- ⑥麻酔後高pH冷海水浸漬致死酸素曝気は、麻酔をかけながら致死させたため苦悶の程度が小さく、pHは水酸

$$*ATP含有率 = \frac{ATP}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100$$

表1 試験区分の概要

致死条件の種類	試験区の略称	致死試験水の状況				苦悶の状態	
		淡水・海水の別	溶存酸素量	調整後のpH	試験水の温度変化	取り上げ→試験水投入前	試験水投入後致死までの状態
① 冷海水浸漬致死	①冷海	海水	6.01 0C/l	8.10 (無調整)	投入前-2℃ 投入後から24時間-2° ~-1℃	激しい苦悶 約1分30秒	激しい苦悶 約1~2分
② 高pH冷海水浸漬致死酸素曝気	②高・冷海・酸素	海水	12.15	9.30 (NaOH使用)	投入前-1℃ 投入後から24時間-1° ~2℃	激しい苦悶 約1分30秒	激しい苦悶 約1~2分
③ 高pH冷淡水浸漬致死、空気曝気	③高・冷淡・空気	淡水	8.28	9.30 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 使用)	投入前2℃ 投入後30分3°~4℃ その後24時間0°~3℃	激しい苦悶 約1分30秒	激しい苦悶 約2分
④ 苦悶高pH冷淡水浸漬致死、酸素曝気	④苦・高・冷海・酸素	淡水	14.61	11.00 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 使用)	投入前7°~8℃ 投入後10分8°~9℃ その後水追加1時間後に0°~1°℃となる その後24時間0°~3℃	激しい苦悶 約1分30秒	激しい苦悶 約10分
⑤ 低pH冷海水浸漬致死、窒素曝気	⑤低・冷海・窒素	海水	2.71	6.35 (HCl使用)	投入前3℃ 投入後24時間0°~3℃	激しい苦悶 約1分30秒	激しい苦悶 約2分
⑥ 麻酔後高pH冷海水浸漬致死、酸素曝気	⑥麻・高・冷海・酸素	海水	16.09	9.30 (NaOH使用)	投入前12℃ 投入後3分13℃ その後氷を追加4分で13℃→0℃にする 24時間まで-1℃~0℃	取り上げ後麻酔槽投入 激しい苦悶約5~10分 その後麻酔状態	試験水投入後直ちに麻酔からさめる。 3分後氷を入れ降温この間ほぼ安静状態

化ナトリウムを添加して9.30、溶存酸素量は酸素曝気して16.09cc/lの区分(以下⑥麻・高・冷海・酸素と言う)。

なお、③高・冷淡・空気および④苦・高・冷淡・酸素は、淡水を用いたが、これはpH調整剤としてアルカリの効果を上げることおよび高pH水の魚体への浸透を期待したためである。

そして①~⑤の5区分については、取り上げ後直ちにそれぞれの条件の試験水に投入致死させたが、⑥の麻酔区については、飼育水槽から取り上げ後一旦MS-222、4万分の3濃度の水槽に投入麻酔した後、試験水中に移し、氷を加え降温致死させた。

### 結果及び考察

#### 1. 肉pHの変化

各区分の肉pHの変化は第1図のとおり、⑥麻・高・冷海・酸素は、当初から他区分に比較してpHが非常に高く、しかもこれが長時間持続したが、逆に④苦・高・冷淡・酸素は、初期に急激なpH低下が見られ、他区分にないパターンをとった。

一方、⑥麻・高・冷海・酸素および④苦・高・冷淡・酸素を

除いた①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、⑤低・冷海・窒素の3時間ないし5時間までの肉pHの変化は、②高・冷海・酸素が他区に比較して高いところで推移し、次いで③高・冷淡・空気が、そして対照区とも言うべき①冷海が③高・冷淡・空気に比べやや低いところで推移し、⑤低・冷海・窒素が最も低い値をとっていった。

3時間ないし5時間以降の①~⑤の5区分は、時間経過とともに互いに同様の値になる傾向を示し、5時間後には6.01~6.12の間に、また8時間後には5.95~6.04の間の値を示した。

なお、⑥麻・高・冷海・酸素のpHは、5時間後も6.62と依然高いpHを示したが、8時間後には6.02と他の区分と同様の値を示した。

そして24時間後のpHは、④苦・高・冷淡・酸素が6.23と非常に高い値を示した他は、5.88~6.00の値をとり、その中でも高pH試験水を用いた区分に幾分高い傾向がみられた。

また、⑥麻・高・冷海・酸素についてのみ48時間後のpHを測定したところ、6.02と若干上昇していた。

このような肉pHの変化の原因は、第一に苦悶の有無

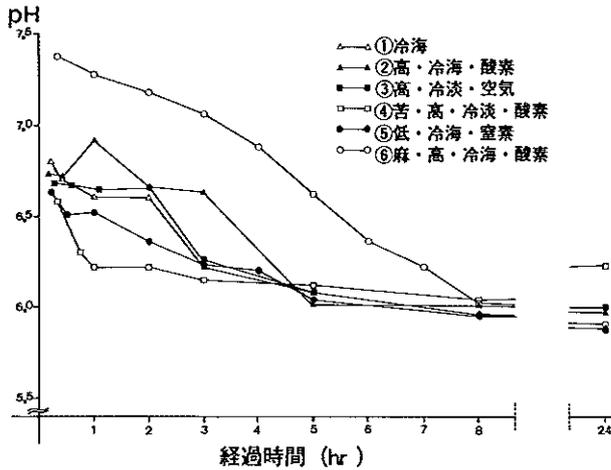


図1 各区分のpH変化

あるいはその程度<sup>12)</sup>、第2に苦悶の状態が同程度の場合はその致死環境あるいは条件の相違<sup>1)</sup>、そして第3に長時間浸漬の浸漬水の影響の3つであると推察した。

第1の苦悶の有無あるいはその程度は、④苦・高・冷淡・酸素の苦悶が最も大きく、逆に⑥麻・高・冷海・酸素のそれが最も小さく、またその他の4区分はほぼ同程度のそれと観察されたことから、この苦悶の差が当初およびその後のpH変化に大きな影響を与えたものと考えた。

すなわち、⑥麻・高・冷海・酸素は取り上げから麻酔が効くまでの5～10分間激しい運動を経たものの、麻酔が効くとともに安静状態に入り、ある程度の疲労が回復される。さらに水温12℃、pH9.30、溶存酸素量16.09 cc/lの試験水中に浸漬された中で再び疲労回復がいきとどき、このまま氷を加えて水温を0℃にしたため、苦悶することなく安静死したもので、このため体組織が好気状態に保たれ、当初からの高pHおよびその後の長時間に渡るpHの維持につながったと考えた。

このことは、麻酔を除いて試験水の状況が⑥麻・高・冷海・酸素とほぼ同様の②高・冷海・酸素のpH変化と比較して、両者に大きな差が生じることから、麻酔による苦悶からの解放が高pHを長時間維持する大きな要因となったことを裏付けている。

一方、苦悶が大きかった④苦・高・冷淡・酸素は、試験水の水温が当初7～8℃と高かったため、氷を追加するまでの約10分間、死に至らず苦悶を続けた結果、疲労したまま致死したもので、嫌氣的な代謝が速やかに進行して急激なpH低下を来したと考えられる。

その他の①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、⑤低・冷海・窒素は、⑥麻・高・冷海・酸素よりも苦悶が大きく、また④苦・高・冷淡・酸素よりも苦悶が小さかったため、これらの両区分のほぼ中間のpHを示したものと

思われる。

第2の致死環境あるいは条件は、致死時における試験水のpH、溶存酸素量の影響で、これはおおむね3時間ないし5時間頃まであらわれたものと推察した。

すなわち、④苦・高・冷淡・酸素および⑥麻・高・冷海・酸素の両区分を除いて、高pH、高溶存酸素量の試験水を使用したものはpHが高く、逆に低pH、低溶存酸素量の試験水のものにはpHが低い傾向がみられた。

そしてpHの高いものから低いものへの順番は、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、①冷海、⑤低・冷海・窒素であった。

このことは、前報<sup>1)</sup>に記したように、高pH試験水中では鰓からの酸素取り込みが円滑に進行するというところ。そして本試験で設定した高溶存酸素環境で鰓の酸素分圧と水中の酸素分圧に大きな差が生じ、さらに酸素の取り込みが円滑になったこと。これら2つの要因により組織の酸素分圧が高まり、その嫌気代謝の時期が遅れたことによるものと推察した。

しかし、各区分とも、3時間後から互いに同様の値となる傾向を示し、5時間後には、①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、④苦・高・冷淡・酸素、⑤低・冷海・窒素の5区分が、そして8時間後には⑥麻・高・冷海・酸素がこれらに合流した。これは、時間経過とともに組織内酸素がほとんど消費され、嫌気代謝が進んだ状態になったためと思われる。

そして、各区分毎にpH低下の時間的なズレがあったのは、各区分の組織内酸素の量が異ったため、pHが同一レベルに達するまでの時間に差が出た結果と思われる。

第3の長時間浸漬の浸漬水の影響は、24時間後に浸漬水のpHが高いものほど肉pHが高い傾向になったことから、嫌気代謝がほぼ終了し、乳酸起因のpH低下の影響が無くなった頃に、浸漬水の魚体への浸透が現われ、このような値になったものと推察した。

なお、供試魚は、皮下脂肪量が少いと観察されたが、これも、この浸透を手伝った大きな要因と考えられる。

## 2. 乳酸量の変化

各区分の乳酸量の変化は第2図のとおりで、⑥麻・高・冷海・酸素は当初から他区分に比較して乳酸量が少く、その増加の勾配は小さく、そしてほぼ直線的に増加した。

しかし、④苦・高・冷淡・酸素は、当初から高い値を示し、しかも変動が激しく、他区分には見られないパターンをとった。

一方、①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、

⑤低・冷海・窒素の3時間ないし5時間までの乳酸量の変化は、おおむねpHのところでも述べた傾向と対応していた。

すなわち、②高・冷海・酸素が他区分よりも低いところで、次いで③高・冷淡・空気が、そして対照ともいうべき①冷海が③高・冷淡・空気よりも高めのところを、⑤低・冷海・窒素が最も高いところを推移した。

そして、⑥麻・高・冷海・酸素を除く各区分は、3時間ないし5時間後に、時間に差があるものの、増加傾向がゆるやかになり、8時間後には全区分がほぼ横バイ状態となった。ここがおおむね乳酸生成量のピークであると思われる。

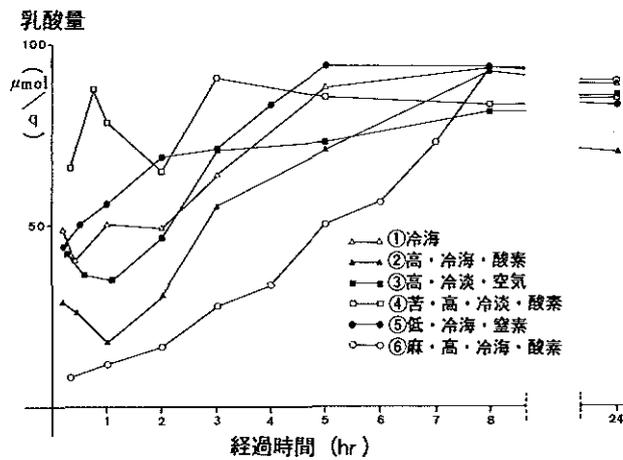


図2 各区分の乳酸量の変化

乳酸生成量は、後述するようにpHとよく対応しており、pHの項で述べたのと同様に、その生成要因は、第1に苦悶の有無で、これは⑥麻・高・冷海・酸素および④苦・高・冷淡・酸素に現われたものと考えた。

すなわち、苦悶したものは当初から乳酸量が多く、しかもピークに達するまでの時間が短かった。一方、苦悶の少ないものは当初から乳酸量が少く、生成速度が遅く、従ってピークに達するまでの時間が長かった<sup>3,4)</sup>。

第2に、①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、⑤低・冷海・窒素に見られるように、高pH、高溶存酸素環境であるほど鰓からの酸素取り込みが円滑に進み、好気状態がより長かったため乳酸生成が遅れたものと推察した。それは乳酸量の少ないものから②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、①冷海、⑤低・冷海・窒素の順で推移した。

そして、8時間後に乳酸生成量のピークと考えられる値に全区分が収束したことは、この時点でグリコーゲンがほぼ消失し、乳酸生成が止まったためと思われる。

一方、pHのところでも述べた第3の要因である高pH水

浸透による影響は、乳酸量には認められなかった。

### 3. ATPおよびその関連物質の変化

各区分のATP含有率の変化は、第3図のとおりであった。⑥麻・高・冷海・酸素は当初から高めで、しかも高い状態のまま推移し、8時間後も若干残っていた。逆に、④苦・高・冷淡・酸素は他区分に較べ当初から低めで、しかも急激に減少し、ほぼ3時間後には最低レベルに、そして5時間後には痕跡を残すのみとなった。

また、④苦・高・冷海・酸素および⑥麻・高・冷海・酸素を除いた①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、⑤低・冷海・窒素は、それぞれ多少の変動があるものの、ほぼ同様の減少傾向で推移し、8時間後には痕跡を残すのみとなった。

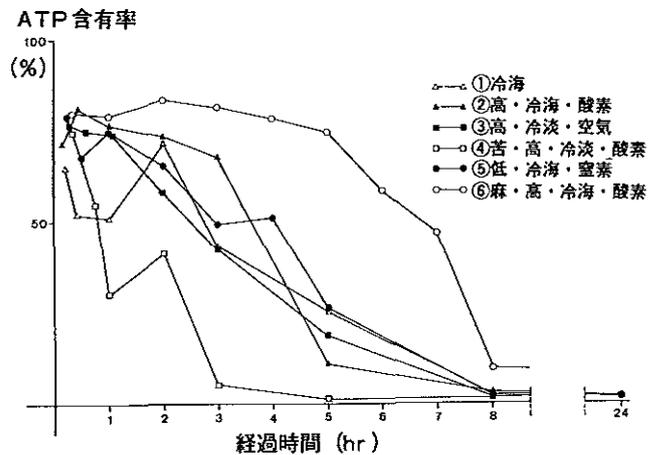


図3 各区分のATP含有率の変化

これらは、やはりpHのところでも述べたように、苦悶の程度によりそれぞれの値を示したものと推察され<sup>4,5)</sup>、苦悶の程度が小さい⑥麻・高・冷海・酸素が高レベルで、逆に苦悶が大きい④苦・高・冷淡・酸素が低レベルで、そして苦悶が中程度で同様の①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気、⑤低・冷海・窒素が、上記2区分の中間の値をとったものと推察した。

なお、高pH、高溶存酸素環境の影響は、低pH、低溶存酸素環境の⑤低・冷海・窒素のATP含有率の挙動と①冷海、②高・冷海・酸素、③高・冷淡・空気のそれと照らし合わせてみると、無いように思われた。

また、ADP、AMP、IMP、H<sub>x</sub>RおよびH<sub>x</sub>の値の変化は、第4図ATP関連物質相互の変化(⑥麻・高・冷海・酸素の例)のとおりで、各物質の全体に占める含有率は、おおむね次のように推移した。

ADPは当初から7.0~14.4%位であったが、ATPが急激に減少する頃から減少しはじめ、ATPが痕跡程度となるのとほぼ同時に痕跡程度となった。

AMPは終始低レベルか、あるいは検出限界以下の値

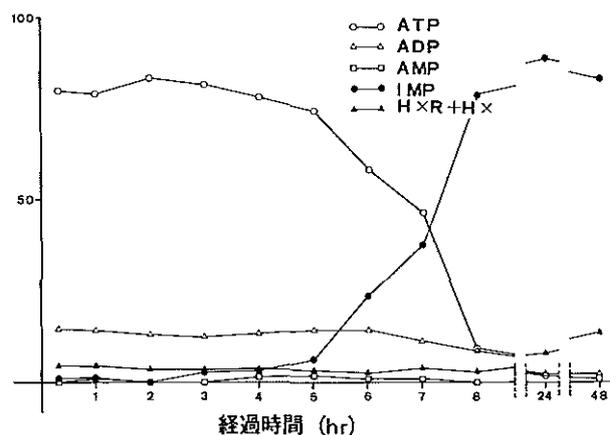


図4 ATP関連物質相互の変化  
(⑥麻・高・冷海・酸素の例)

であった。

IMPはATPの含有率と反比例の関係を示し、ATPが減少するにつれて増加し、8時間ないし24時間をピークに、その後減少していった。そしてIMPがピークを過ぎる頃からは、ATPとの相関が無くなるものと考えられた。

一方、 $H_xR$ および $H_x$ は、当初から最低レベルで推移していたが、IMPがピークを越え、減少する頃から増加する傾向をみせ、24時間後は、10%内外となった。

第2表 死後硬直とpH、乳酸量およびATP含有率\*

致死条件の種類	硬直入期の状況				最大硬直期の状況			
	時間(分)	pH	乳酸量( $\mu\text{Mole/g}$ )	ATP含有率(%)	時間(分)	pH	乳酸量( $\mu\text{Mole/g}$ )	ATP含有率(%)
① 冷海水浸漬致死	120~180	6.60~6.22	49.1~63.8	71.6~43.4	300	6.08	87.7	25.4
② 高pH冷海水浸漬致死酸素曝気	180~300	6.63~6.01	55.3~70.5	67.8~10.8	300	6.01	70.5	10.8
③ 高pH冷淡水浸漬致死空気曝気	120~180	6.65~6.26	46.5~70.7	57.9~42.2	300	6.08	72.7	18.6
④ 苦悶高pH冷淡水浸漬致死酸素曝気	45~60	6.30~6.22	87.9~78.2	54.8~30.2	300	6.12	85.2	1.8
⑤ 低pH冷淡水浸漬致死窒素曝気	120~180	6.36~6.23	69.1~71.1	65.3~49.1	300	6.04	93.8	26.0
⑥ 麻酔後高pH冷海水浸漬致死酸素曝気	300~360	6.62~6.36	50.3~56.4	74.6~58.2	480	6.02	93.1	9.4

\*ATP含有率 =  $\frac{\text{ATP}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{H}_x\text{R} + \text{H}_x} \times 100$

#### 4. 死後硬直とpH、乳酸量およびATP含有率

各区分の死後硬直入期の時間は、最も早かったものが④苦・高・冷淡・酸素で、45~60分頃、逆に最も遅く現われたのが⑥麻・高・冷海・酸素で5~6時間頃であった。

その他の区分は、①冷海、③高・冷淡・空気および⑤低・冷海・窒素が2時間ないし3時間の間で、②高・冷海・酸素が3時間ないし5時間で硬直入期と観察された。

また、最も硬直の進んだ最大硬直期は、⑥麻・高・冷海・酸素が8時間後で、その他の5区分は、全て5時間後と観察された。

なお、24時間後の観察では、⑤低・冷海・窒素に軟化の傾向が見られたが、その他の5区分は、若干硬直が残っているように見受けられた。

一方、死後硬直入期の各区分の肉pHは、①冷海が6.60~6.22、②高・冷海・酸素が6.63~6.01、③高・冷淡・空気が6.65~6.26、④苦・高・冷海・酸素が6.30~6.22、⑤低・冷海・窒素が6.36~6.23、⑥麻・高・冷海・酸素が6.62~6.36であり、これらの値から、死後硬直入期は、おおよそpH6.3付近を通過する頃であると思われる。そしてこの時期には、おおむねpHが急激に低下する傾向があった。

また、最大硬直期のpHは、①冷海が6.08、②高・冷海

・酸素が6.01, ③高・冷淡・空気が6.08, ④苦・高・冷淡・酸素が6.12, ⑤低・冷海・窒素が6.04, ⑥麻・高・冷海・酸素が6.02とおおよそ6.0~6.1付近であった。

これに対応して硬直入期の乳酸量 ( $\mu\text{Mole/g}$ ) は, ①冷海が49.1~63.8, ②高・冷海・酸素が55.3~70.5, ③高・冷淡・空気が46.5~70.7, ④苦・高・冷淡・酸素が87.9~78.2, ⑤低・冷海・窒素が69.1~71.1, ⑥麻・高・冷海・酸素が50.3~56.4と様々な値を示したが, これは乳酸量がおおむね急激に増加する時期に該当していた。

また, 最大硬直期の乳酸量 ( $\mu\text{Mole/g}$ ) は, ①冷海が87.7, ②高・冷海・酸素が70.5, ③高・冷淡・空気が72.7, ④苦・高・冷淡・酸素が85.2, ⑤低・冷海・窒素が93.8, そして⑥麻・高・冷海・酸素が93.1であった。

そして, 死後硬直に直接関与するとされているATP含有率 (%) は, その硬直入期の値が, ①冷海が71.6~43.4, ②高・冷海・酸素が67.8~10.8, ③高・冷淡・空気が57.9~42.2, ④苦・高・冷淡・酸素が54.8~30.2, ⑤低・冷海・窒素が65.3~49.1, ⑥麻・高・冷海・酸素が74.6~58.2であった。

これらの値から, 死後硬直入期は, ATP含有率がおおよそ50~60%を通過する頃であると思われる。そして, この時期は, おおむねATPが急激に減少する時期に該当していた。

また, 最大硬直期のATP含有率 (%) は, ①冷海が25.4, ②高・冷海・酸素が10.8, ③高・冷淡・空気が18.6, ④苦・高・冷淡・酸素が1.8, ⑤低・冷海・窒素が26.0, ⑥苦・高・冷海・酸素が9.4と様々な値を示した。

各区分の死後硬直入期の時間に差が出たのは, 苦悶の程度によるものと考えられ, 苦悶の程度が大きい④苦・高・冷淡・酸素と苦悶の程度が小さい⑥麻・高・冷海・酸素では, 4~5時間の差があった<sup>3,4)</sup>。

そして上記両者を除いた区分については, 苦悶の程度が中程度と観察されたことから, 死後硬直入期の時間が両者の間になったものと推察した。また, その中でも②高・冷海・酸素の硬直入期の時間が1~2時間遅れたことについては, その高pH, 高溶解酸素環境に関係があるのではないかと推察される。

なお, 死後硬直入期のpH<sup>6)</sup>, 乳酸量およびATP含有率が急激に変化したのは, 嫌気条件化で乳酸生成が急激に進んだこと, それに対応してpHが急激に低下したこと, そしてこのpHがATP-ase活性が大になるpHになると同時にATPが急速に分解<sup>7)</sup>したことによるものと思われる。

一方, 最大硬直期までの時間は, ⑥麻・高・冷海・酸素が長く, その他の区分はほぼ同様と観察されたが, ⑥

麻・高・冷海・酸素の最大硬直期までの時間が長かったのは, 硬直入期までの時間が長かったのと同様の理由によるものと思われる。その他の区分の最大硬直期までの時間が同様となったのは不明であるが, 観察時間の間隔に問題があったのではないかとの疑問が残る。

なお, 最大硬直期のpHおよび乳酸量は, ほぼ底値とも言うべき値で収束しており<sup>6)</sup>, また, ATP含有率については, 最大硬直期と観察されたところで勾配が変化している。

## 5. pH, 乳酸量およびATP関連物質相互の関係

### (1) pHと乳酸量

6試験区分のpHと乳酸量 ( $\text{mg/g}$ ) に負の相関が認められ, その回帰式は次のとおりであった。

$$y(\text{pH}) = -0.1619x(\text{乳酸量}) + 7.294$$

$$r = -0.9410$$

なお, 各区分毎にpHと乳酸量の相関を求めたところ, それぞれの相関係数は⑥麻・高・冷海・酸素が  $r = -0.992$  と最も高かったが, ④苦・高・冷海・酸素については相関が認め難かった。そしてその他の区分は, いずれも,  $r = -0.92$  以上の相関を示した。

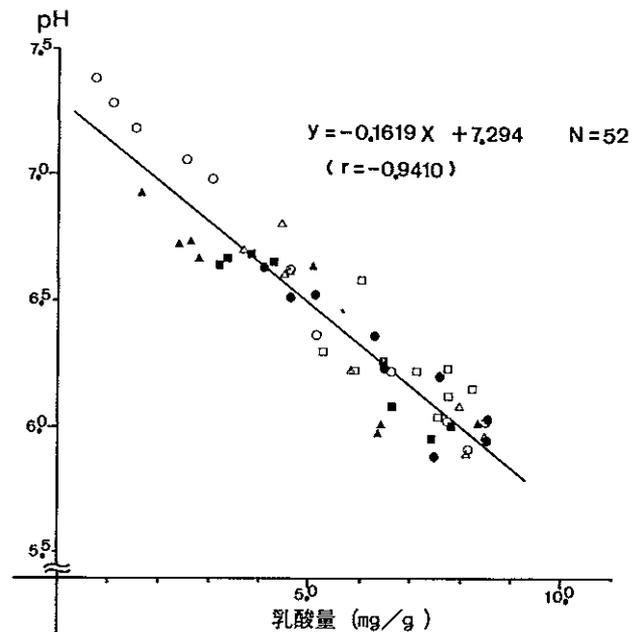


図5 pHと乳酸量

### (2) pHとATP含有率

pHとATP含有率は, pHが7以上の付近でATP含有率が一定となり, また8時間後にはATPがほぼ消失するため, pH7以下で, しかも経過時間を8時間以内に限定して相関を求めた。

6試験区分のpHとATP含有率に相関が認められ, その回帰式は次のとおりであった。

$$y(\text{pH}) = 0.009478x(\text{ATP}\%) + 5.938$$

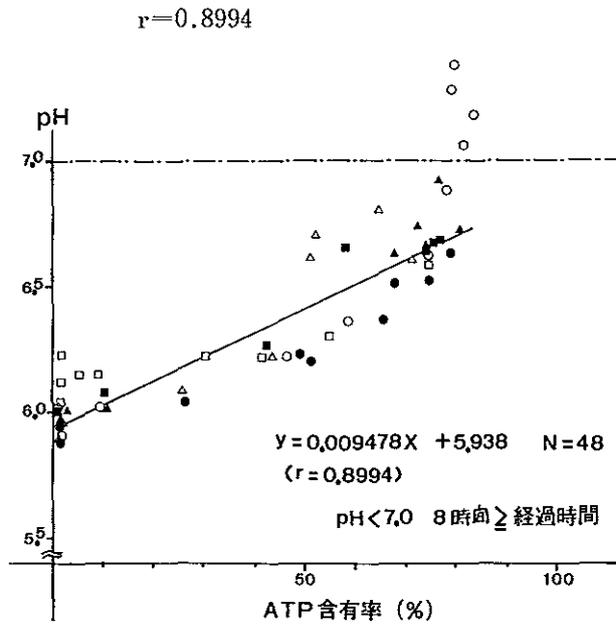


図6 pHとATP含有率

(3) ATP含有率とIMP含有率

6試験区分のATP含有率とIMP含有率\*には負の相関が認められ、その回帰式は次のとおりであった。

$$y(\text{ATP}\%) = -0.9329x(\text{IMP}\%) + 83.83$$

$$r = -0.9957$$

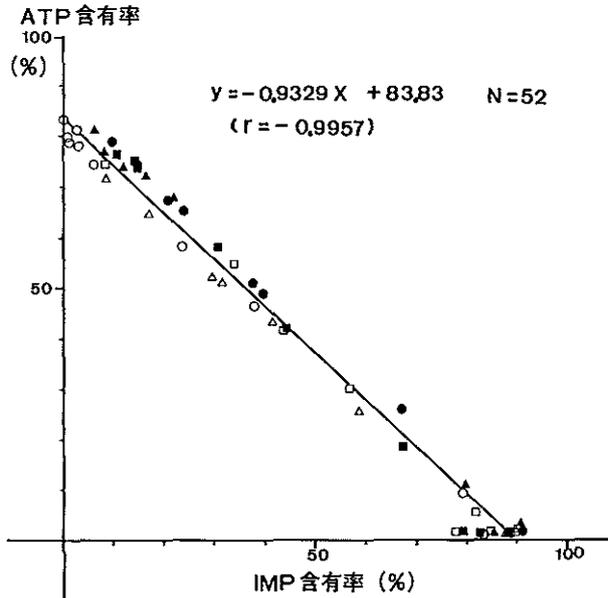


図7 ATP含有率とIMP含有率

(4) pHとIMP含有率

pHとATP含有率に相関が認められ、またATP含有率とIMP含有率に相関が認められるところから、pHとIMP含有率の相関を求めた。

6試験区分のpHとIMP含有率には負の相関が認められ、その回帰式は次のとおりであった。

$$y(\text{pH}) = -0.01030x(\text{IMP}\%) + 6.839$$

$$r = -0.8923$$

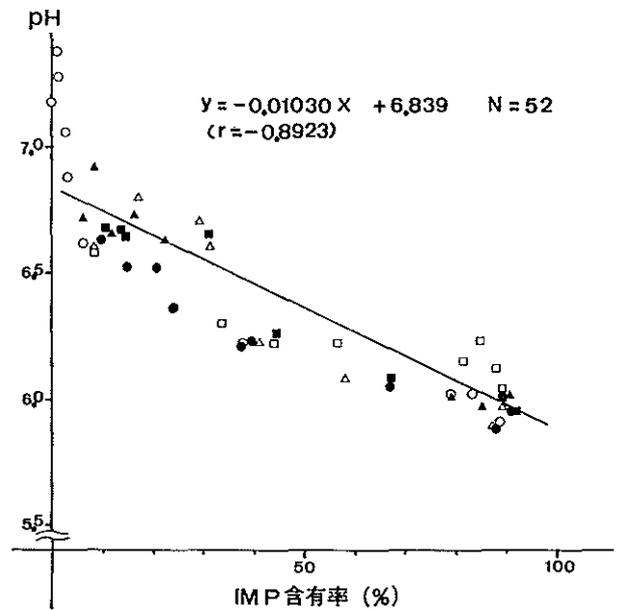


図8 pHとIMP含有率

要約

- 1) 苦悶の程度および致死環境によってマイワシの鮮度がどのように変化するかを試験した。
- 2) 苦悶の有無あるいはその程度によって肉pH、乳酸量およびATP含有率が異なった。
- 3) 麻酔後致死させた区分は、当初から肉pHが高く、それが長時間持続し、乳酸量は逆に当初から低く、増加に時間を要した。またATP含有率は当初から高く、長時間持続した。
- 4) 一方、苦悶が大きかった区分は、当初から肉pHが低く、しかも急激に低下し、乳酸量は逆に当初から高い状態にあった。またATP含有率は急速に低下した。
- 5) 両区分の間には、各測定項目の最終値と考えられる値に達するまで、3時間ないし6時間の差があった。
- 6) 苦悶状態が同程度の場合は、致死水のpHおよび溶存酸素量によっておおよそ5時間までの間、肉pHおよび乳酸量が異なった。しかしATP含有率には、これによる相違が見られなかった。
- 7) 致死水が高pH、高溶存酸素量のものほど肉pHが高

\*IMP含有率 =  $\frac{\text{IMP}}{\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{H}_x\text{R} + \text{H}_x} \times 100$

く保たれ、乳酸量が低かった。逆に低pH、低溶存酸素量のものほど肉pHが低く、乳酸量が高かった。

- 8) これらは、致死水のpHおよび溶存酸素量によって魚体組織内の酸素取り込み量が異なったため、魚体組織内の嫌気状態に差が出た結果と推察した。
- 9) 浸漬水のpHが高いほど、肉pHはその影響を受けることが見受けられた。これは長時間の浸漬中に高pH環境水が魚体内に浸透したためと推察された。
- 10) 苦悶の有無によって致死硬直の状況が異なった。
- 11) 苦悶の程度が大きいものの死後硬直入期は早く、一方、苦悶の程度が小さいものの死後硬直入期は遅かった。その時間差は、おおむね4～5時間であった。

また、苦悶が上記両者の中間程度のものの死後硬直入期は、区分により差があるものの上記両者の中間程度であった。

- 12) 死後硬直入期には、肉pH、乳酸量およびATP含有率が急速に変化する傾向にあり、それらはおおよそ肉pHでは6.3、ATP含有率では50～60%を通過する時期に該当すると思われた。
- 13) 最大硬直期の時間は、苦悶の程度が小さいものが遅かったが、その他の苦悶中程度、あるいは大きいものは、ほぼ同時と思われた。
- 14) 最大硬直期の肉pHおよび乳酸量は、各区分とも差が見られなかったが、ATP含有率は、様々な値を示した。
- 15) 肉pH、乳酸量およびATP関連物質相互には、次の関係が認められた。

#### ア. pHと乳酸量

pHと乳酸量には負の相関が認められた。

$$y(\text{pH}) = -0.1619x(\text{乳酸量mg/g}) + 7.294$$

$$r = -0.9410$$

#### イ. pHとATP含有率

pHとATP含有率には正の相関が認められた。

$$y(\text{pH}) = 0.009478x(\text{ATP}\%) + 5.938$$

$$r = 0.8944$$

ただし、 $\text{pH} < 7$ 、8時間 $\geq$ 経過時間

#### ウ. ATP含有率とIMP含有率

ATP含有率とIMP含有率には負の相関が認められた。

$$y(\text{ATP}\%) = -0.9329x(\text{IMP}\%) + 83.83$$

$$r = -0.9957$$

#### エ. pHとIMP含有率

pHとIMP含有率には負の相関が認められた。

$$y(\text{pH}) = -0.01030x(\text{IMP}\%) + 6.839$$

$$r = -0.8923$$

## 文 献

- 1) 田辺 伸(1982):マイワシの鮮度保持について—II、水産加工 59、465～472、千葉県水産試験場。
- 2) 石川宣次・中村邦典・藤井 豊・山野玄三・杉山豊樹・篠崎和夫・飛田 清・山口安男(1979):マイワシのねり製品化および冷凍すり身化試験—III、東海水研報、99、31～42。
- 3) 天野慶之・尾藤方通・河端俊治(1953):漁獲直後の処理方法が肉質に及ぼす影響—I、東海水研業績B、118、487～498。
- 4) 右田正男(1962):筋肉の死後変化—II、日水会誌、28(4)、456～470。
- 5) 中野智夫(1961):魚類筋肉内燐化合物の生理化学的研究—VII、日水会誌、27(10)、908～911。
- 6) 柞木田善治・福田 裕・長谷川幸雄(1981):サバ肉の鮮度と筋原繊維タンパク質の冷凍変性の関係—I、第16回水産物利用加工試験研究全国連絡会議資料、109～112。
- 7) 右田正男(1961):筋肉の死後変化—I、日水会誌、27(10)、934～945。