

三重県産魚類養殖技術の高度化

5. 品質安定化技術の開発

田中真二・田路拓人・松田浩一

目的

養殖魚の品質評価において、可食部（筋肉）の脂肪含有量は大きな要素の一つである。筋肉の脂肪含有量は用いる飼料の脂肪含有量や飼育水温等に影響されることが考えられる。本研究ではマダイを対象に、異なる脂肪含有量の飼料を与えることで筋肉中の脂肪含有量をコントロールし、安定した脂肪含有量の養殖マダイ生産の可能性を検討した。

材料および方法

1. 水温上昇期～高水温期における飼育試験

平均体重約1,600gのマダイ2歳魚を32尾ずつ2区に分け、それぞれ2.5m角の網生簀に収容し、対照区及び高脂肪区とした。試験飼料は、マダイ育成用マッシュ、カタクチイワシ、アミエビを5:4:1の割合で配合して製造したモイストペレット（MP）（対照区用）と、これにタラ肝油を1の割合で添加したMP（高脂肪区用）とした。飼料の粗脂肪含有量（g/100g）は、対照区用飼料が4.1（乾物換算で7.3）、高脂肪区用飼料が12.6（乾物換算で21.3）であった。これらの飼料を週に2～3回飽食給餌し、平成30年6月12日～9月18日の98日間飼育した。試験期間中の水深2m層の水温は21.8～28.7℃（平均25.7℃）であった。

試験開始時、中間時（7月18日）及び終了時に両区の総魚体重を測定して平均体重を算出した。また、試験開始時には試験区に分養する前の母群から6尾を、中間時および終了時には両区から6尾ずつを無作為に採取し、皮を取り除いた筋肉中の粗脂肪含有量をソックスレー法により測定した。

2. 水温下降期～低水温期における飼育試験

平均体重約1,200gのマダイ1歳魚を30尾ずつ2区に分け、それぞれ2.5m角の網生簀に収容し、対照区及び高脂肪区とした。試験飼料は上記試験と同様とした。飼料の粗脂肪含有量（g/100g）は、対照区用飼料が6.4（乾物換算で11.1）、高脂肪区用飼料が14.2（乾物換算で22.7）であった。これらの飼料を週に2～3回飽食給餌し、平成30年10月23日～平成31年2月6日の106日間飼育した。試験期間中の水深2m層の水温は14.8～23.8℃（平均19.0℃）であった。

試験開始時、中間時（12月11日）及び終了時に上記試

験と同様に両区の平均体重の算出と筋肉の粗脂肪含有量の測定を行った。

3. インピーダンス値を用いたマダイ活魚筋肉中の脂肪含有量測定手法の検討

マダイでは、メタ魚の電気抵抗（インピーダンス）の測定値から筋肉中の粗脂肪含有量を算出する技術が確立されているが、活魚を用いた測定例はない。昨年度にマダイ活魚のインピーダンス値の測定を試みたところ、魚が暴れて測定値が大きくばらついたため、測定不能と判断された。そこで今年度は、活魚に麻酔を施すことによるインピーダンス値の測定の可能性を検討した。

上記1の試験の終了時採材魚（平均体重1,972g：ロット1）及び2の試験の終了時採材魚（平均体重1,473g：ロット2）の各12尾を用い、フィッシュアナライザDFA-100（大和製衡株式会社）を用いて計測波長100kHzにおけるインピーダンス値を測定した。即ち、生簀から採取したマダイ活魚について、まず麻酔なしで背部のインピーダンス値を3回測定し、引き続いてオイゲノールを10%含有する麻酔剤（FA100：DSファーマアニマルヘルス株式会社）を0.02%添加した海水で麻酔を施し、同様に測定した。その後直ちに延髄刺殺し、氷冷海水中に約2時間収容して活けメ状態となったものも同様に測定した。データの解析にあたっては、同一個体で3回測定した値の変動係数（個体内変動）を算出するとともに、各個体の3回の平均値とソックスレー法による粗脂肪含有量の実測値の関係を検討した。

オイゲノール麻酔剤は7日間の休業期間を要するため、出荷直前の魚に用いることができない。そこで、体重約700gのマダイ10尾を用い、休業期間を要しない炭酸ガス麻酔の可能性を検討した。即ち、サケに対する麻酔効果を確認した山本ら（2008）の報告を参考に、100L容水槽に水温20℃の海水50Lを入れ、そこに炭酸ガスを5L/分の流量で4分間吹き込んだ。この炭酸ガス添加海水にマダイを1尾ずつ収容して観察し、平衡を失って横たわり、取り上げても反応を示さなくなるまでの時間を麻酔所要時間として計測した。次いで、麻酔状態のマダイを直ちに通常海水に収容し、平衡を取り戻して泳ぎ始めるまでの時間を覚醒所要時間として計測した。覚醒後は引き続き24時

間通常海水中で異常の有無を観察した。このようにマダイに対する麻酔条件を確認した後に、平均体重723gのマダイ10尾を用い、マダイに炭酸ガス麻酔を施し、インピーダンス値を1個体につき3回測定して変動係数を算出した。

結果および考察

1. 水温上昇期～高水温期における飼育試験

両区のマダイの開始時、中間時及び終了時における平均体重は対照区が1,606g, 1,752g, 2,021g, 高脂肪区が1,601g, 1,790g, 2,190gであり、増重率は前期（試験開始時～中間時）では対照区が9.1%, 高脂肪区が11.8%, 後期（中間時～終了時）は対照区が15.1%, 高脂肪区が21.0%と、試験期間を通じて対照区より高脂肪区で高かった。日間給餌率は、前期は対照区（0.79%）より高脂肪区（0.85%）の方が高かったが、後期は対照区、高脂肪区とも0.77%で同等であった。増肉係数は、前期は対照区が3.27, 高脂肪区が2.73, 後期は対照区が3.41, 高脂肪区が2.53であり、高脂肪区が優れていた。

マダイ筋肉の粗脂肪含有量（g/100g）の平均値は、試験開始時で7.1, 対照区では中間時が5.0, 終了時が6.1とやや減少傾向を示した。一方、高脂肪区では中間時が7.3, 終了時が6.9とほぼ一定で推移した。内臓の粗脂肪含有量の平均値は、試験開始時で5.2, 対照区では中間時が5.2, 終了時が5.0, 高脂肪区では中間時が4.7, 終了時が5.2であり、両区とも大きな変動は認められなかった。

以上のように、水温上昇期～高水温期は、高脂肪区のマダイでは対照区より成長と増肉係数が優れ、筋肉の粗脂肪含有量も高く維持されたことから、摂取した脂肪分が効率的に成長に利用されたと考えられる。一方、対照区では筋肉の粗脂肪含有量が減少しており、成長も劣ったことから、良好な成長に必要な脂肪分を摂取できていなかったと考えられる。

2. 水温下降期～低水温期における飼育試験

両区のマダイの開始時、中間時及び終了時における平均体重は対照区が1,215g, 1,308g, 1,503g, 高脂肪区が1,196g, 1,364g, 1,500gであった。増重率は、前期は対照区（7.2%）より高脂肪区（13.7%）の方が高かったが、後期は対照区（12.4%）より高脂肪区（9.1%）の方が低かった。日間給餌率は、前期は対照区（0.45%）より高脂肪区（0.63%）の方が高かったが、後期は対照区（0.44%）より高脂肪区（0.35%）の方が低かった。増肉係数は、前期は対照区（3.15）より高脂肪区（2.38）の方が優れていたが、後期は対照区（2.13）より高脂肪区（2.32）の方が劣った。

マダイ筋肉の粗脂肪含有量（g/100g）の平均値は、試

験開始時で5.6, 対照区では中間時が5.4, 終了時が5.2とやや減少傾向を示した。高脂肪区では中間時が6.0とやや増加したが、終了時は5.2に減少した。内臓の粗脂肪含有量の平均値は、試験開始時で3.7, 対照区では中間時は3.7と変化がなかったが、終了時は3.1とやや減少した。高脂肪区では中間時は5.1と増加したが、終了時は3.9に減少した。このように、両区とも筋肉と内臓の粗脂肪含有量は類似した変動を示した。

以上のように、前期では対照区に比べて高脂肪区で給餌率と増重率が高く、増肉係数も優れていたが、後期は逆の傾向を示した。後期に高脂肪区の摂餌と成長が悪化し、筋肉と内臓の粗脂肪含有量が低下した原因は不明であるが、油分が多い飼料の長期間の投与が何らかの悪影響を及ぼした可能性が考えられる。

3. インピーダンス値を用いたマダイ活魚筋肉中の粗脂肪含有量測定手法の検討

ロット1及び2におけるインピーダンス値の変動係数は、麻酔なしでは1.32, 2.03（平均1.68）、麻酔ありでは0.48, 1.54（平均1.01）、活けメでは0.53, 1.03（平均0.78）であった。このように、麻酔なしでは測定値のばらつきが大きく実用的でないと判断された。一方、オイゲノール麻酔を施すことで、麻酔なしに比べて測定値のばらつきが抑制されることが確認された。そこで、ロット1及び2における活けメと麻酔ありの2条件について、粗脂肪含有量（実測値x）とインピーダンス値（y）の関係を表す回帰直線を比較したところ、ロット1の活けメでは $y=2.3596x+63.504$ 、麻酔ありでは $y=1.7776x+50.372$ 、ロット2の活けメでは $y=4.4191x+80.37$ 、麻酔ありでは $y=2.0005x+63.306$ であり、ロット1, 2ともに回帰直線の傾きと切片が活けメと麻酔ありで大きく異なった。以上のように、粗脂肪含有量とインピーダンス値の関係は活けメ魚と麻酔魚で大きく異なることが明らかとなり、麻酔を施した条件での測定手法を確立するためには、測定データをさらに蓄積し、信頼度の高い独自の回帰直線を作成する必要があると考えられた。

炭酸ガス麻酔試験では、平均84秒間で全てのマダイが麻酔状態になった。また、平均62秒間で全てのマダイが覚醒し、24時間後まで遊泳異常や死亡は確認されなかった。これらの結果から、山本ら（2008）による麻酔方法はマダイに対しても有効と判断された。また、炭酸ガス麻酔を施したマダイのインピーダンス値の変動係数は平均0.57であり、上記試験におけるオイゲノール麻酔での変動係数（平均1.01）より小さかったことから、炭酸ガス麻酔はインピーダンス値のばらつきの抑制に有効と考えられた。