

## 和歌山県串本町における養殖マダイのブランド化の試み —活けしめ脱血、神経破壊および温度管理—

東京海洋大学 名誉教授 山中 英明

チェーンロジスティックス

研究会主幹・食品冷凍技士 鬼丸 良道  
大島漁業協同組合

代表理事組合長 吉田 俊久

和歌山県串本町水産課 課長 沖 繁幸

和歌山県串本町水産課 河合 拓也

和歌山県串本町の町おこしには魚介類のブランド化が必要である。串本町の場合、ブランド魚候補としてカツオ、養殖マダイ、養殖クロマグロが挙げられた。そこで、まずカツオに関して、ブランド化の実験を行い、ケンケン漁（曳縄漁）のカツオを船上で活けしめ脱血することによって高品質のカツオが得られることを報告<sup>1)</sup>した。

山中のブランド魚に関する総説<sup>2, 3)</sup>によれば、マダイの場合、ブランド化には活けしめ脱血、神経破壊（神経抜き）を行った上に、さらに0℃貯蔵をさせ、やや高目の温度に貯蔵して死後硬直を遅延させることが必要であるとしている。死直後から完全硬直までを“生き”の状態と称しており、筋肉中にはATPがかなりの量存在している状態であり、肉に透明感と弾力があるからである。

今回、串本町の養殖マダイについて、活けしめ脱血、神経破壊および温度管理による実験を行うに先立ち、予備的実験を2006年3月中旬串本町で実施した。気温9.8℃、海水温16.4℃であった。船で生簀まで接近し、たも網で養殖マダイ4尾をすくい上げ、2尾は従来よく行われている海水氷（-1℃）に5分間入れて致死させた。いわゆる海水氷じめである。その後、発泡スチロール容器中で氷蔵した。一方、他の2尾は延髄を刺殺して即殺後、両側の鰓動脈を切断して脱血した。さらに尾部の上部を切り、脊髄に針金を差し込んで神

経破壊を行った。その後、2℃の冷却海水の入った発泡スチロール容器中に養殖マダイを15分間入れておき、脱血を十分に行った。血水をすて、中心温度を測定すると13℃まで下っていたので、容器に入れたまま蓋をせずに10℃の低温室に貯蔵した。3時間後および9時間後に海水氷じめ・氷蔵養殖マダイと活けしめ脱血・神経破壊・10℃貯蔵養殖マダイを比較してみると、海水氷じめ・氷蔵の方は血液のために肉がやや赤っぽく、毛細血管が黒く残っており、血合が濃く、肉が軟らかいのに対して、活けしめ脱血・神経破壊・10℃貯蔵の方は血液がよく抜けていて肉が白く、血合もうすく、肉にコリコリ感があった。この結果は、魚津において定置網で漁獲された天然のマダイ、インダイ、ウマヅラハギで同様な比較を行った研究結果<sup>4)</sup>とほぼ同じであった。

以上の結果から、養殖マダイのブランド化には活けしめ脱血、神経破壊および温度管理が必要であることが再確認された。そこで、2006年7月12日～13日串本町にある和歌山県農林水産総合技術センター水産増殖試験場で実験を行った。写真1は養殖マダイの生簀である。今回は養殖マダイを16尾用いた。人工孵化した約10cmの稚魚をEPドライペレットで20か月養殖したもので、魚体重1.4kg～1.5kgである。養殖マダイは写真2のように活魚水槽に入れて上記の試験場へ運搬された。

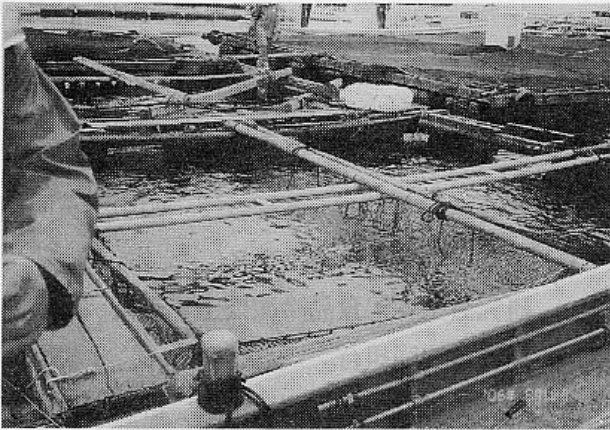


写真1 養殖マダイの生簀



写真2 活魚水槽中の養殖マダイ

活けしめ脱血と神経破壊の実演には養殖業者、漁協組合員、町議、水産課職員他約20名が参加した。写真3は養殖マダイの活けしめ脱血と神経破壊を示す。後方が包丁による延髄刺殺と両側の鰓動脈切断による活けしめ脱血を行っている所であ

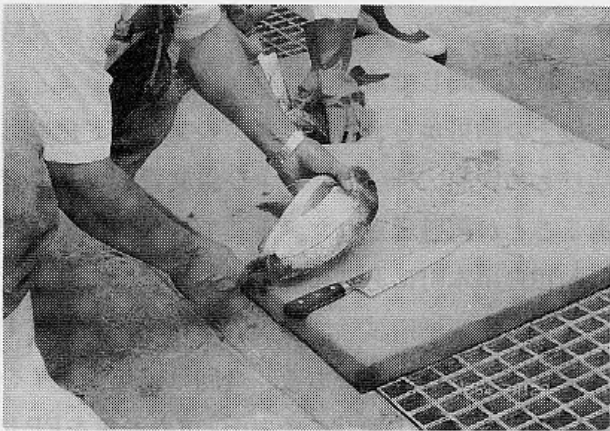


写真3 養殖マダイの活けしめ脱血と神経破壊  
後方：包丁による活けしめ脱血  
前方：針金による神経破壊

り、前方が針金を尾部から入れて神経破壊を行っている所を示している。延髄刺殺による活けしめはATPを高いレベルに保つ効果があり、脱血は前報<sup>1,2)</sup>で述べたように種々の効果がある。神経破壊は遅延性けいれんを防止することによってATPを保持するとともに体色の白色化の防止にも役立っている。

さらに、上記の処理を行った養殖マダイを写真4のように15℃～20℃の海水中に10分間入れて脱血を十分に行った。海水が血液で赤くなった時は海水を入れ換えた。



写真4 海水中で脱血を十分に行う

次に、温度管理として、写真5のように、活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを発泡スチロール容器に入れ、魚に触れないように回りに袋水を置いて貯蔵温度をコントロールした。養殖マダイの中心部に温度センサを入れ、経時的に養殖マダイの品温を測定した。さらに、発泡スチロール容器の蓋の内側と外側にボタン型温度センサを固定して温度測定を行った。また、写真6のように、活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを発泡スチロールに入れ、氷蔵した場合も行った。この場合も養殖マダイの中心部にセンサを入れ、品温を測定した。また、発泡スチロールの蓋の内側と外側にボタン型温度センサを固定し、雰囲気温度と容器内

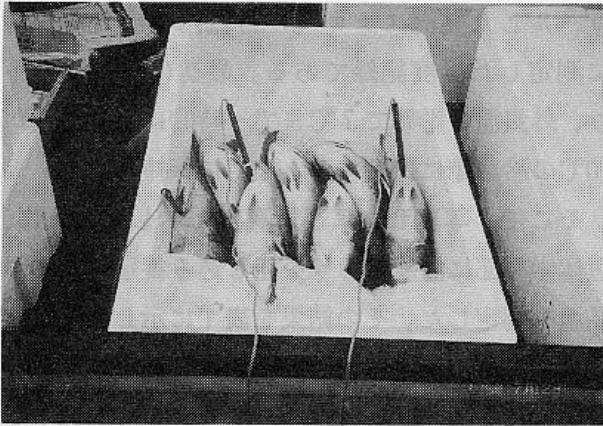


写真5 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイの袋氷による貯蔵

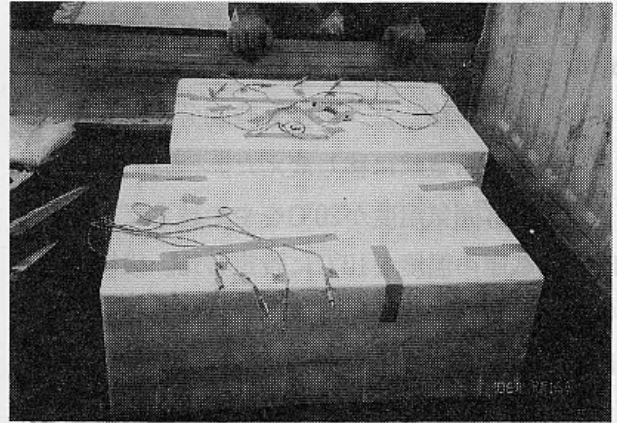


写真7 冷蔵庫に保管する直前の養殖マダイを入れた発泡スチロール容器

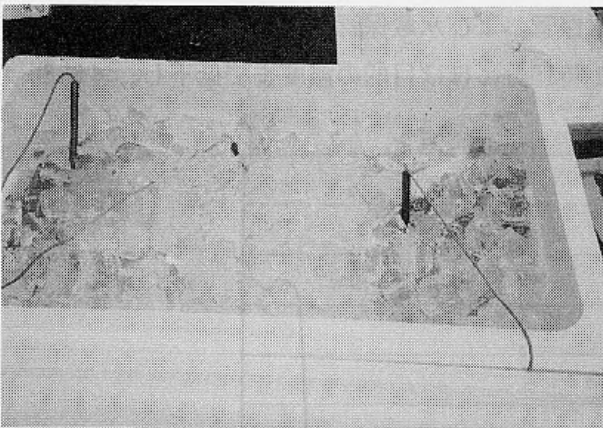


写真6 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイの氷蔵



写真8 ボタン型温度センサからパソコンへの温度履歴の記録

温度を経時的に測定した。写真7は発泡スチロール容器に蓋をした後、冷蔵庫に入れる前の状態を示している。ボタン型温度センサは写真8に示すように、パソコンの左に置いてあるリーダーにセッ

トし、パソコンに読み込むと画面に温度履歴が記録される。

図1は養殖マダイを入れた発泡スチロール容器の雰囲気温度（外気温度）をボタン型温度センサ

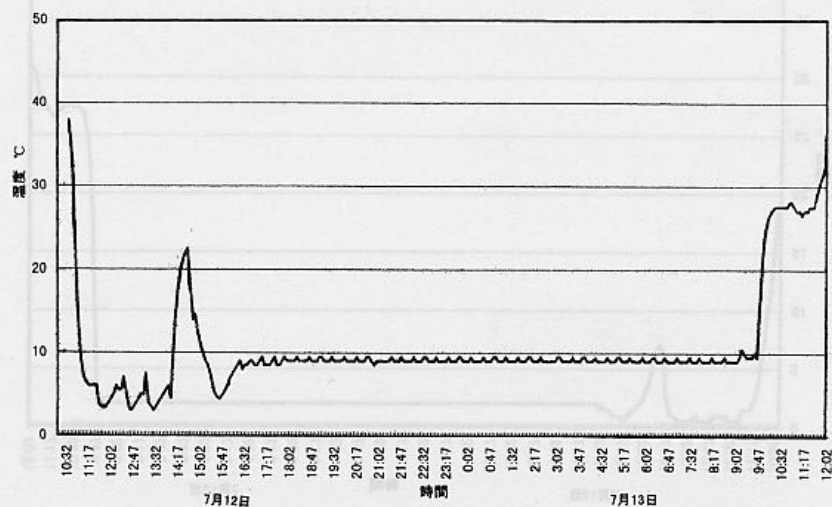


図1 養殖マダイを入れた発泡スチロール容器の雰囲気温度のボタン型温度センサによる測定

で経時的に測定した温度記録である。最初は試験場のプレハブ冷蔵庫に入れておいたので3℃～7℃の間で推移した。午後2時20分に試験場内のリーチン冷蔵庫に移し変えた。一時的に外に出したため雰囲気温度が20℃をやや越えた。午後4時に冷蔵庫の温度を10℃に設定した。以後、翌日午前9時47分容器を冷蔵庫から外に取り出すまでほぼ10℃を保持していた。図2は袋水でコントロールした容器内温度をボタン型温度センサで経時的に測定した温度記録である。最初は3℃～4℃で推移した後、外気温の影響で10℃まで上昇したが、10℃に設定した冷蔵庫に保管中は5℃を正確に保持していた。図3は直水によってコント

ロールした発泡スチロール容器内の温度を同様に測定した温度記録である。最初は1℃まで下り、外気温の影響で7℃まで一時的に上昇したが、10℃の冷蔵庫に保管すると2℃に保持された。

そこで、写真5および写真6に示したように、魚体中心部に温度センサを差し込み養殖マダイの品温を測定した。その結果を表1に示した。また、袋水保管および氷蔵保管中の活けしめ脱血・神経破壊した養殖マダイ各々3尾計6尾の品温低下を図4に示した。

表1および図4の結果から明らかなように、袋水保管および氷蔵保管を開始して3時間後の午後1時15分にほぼ目的の温度まで低下し、4時間後

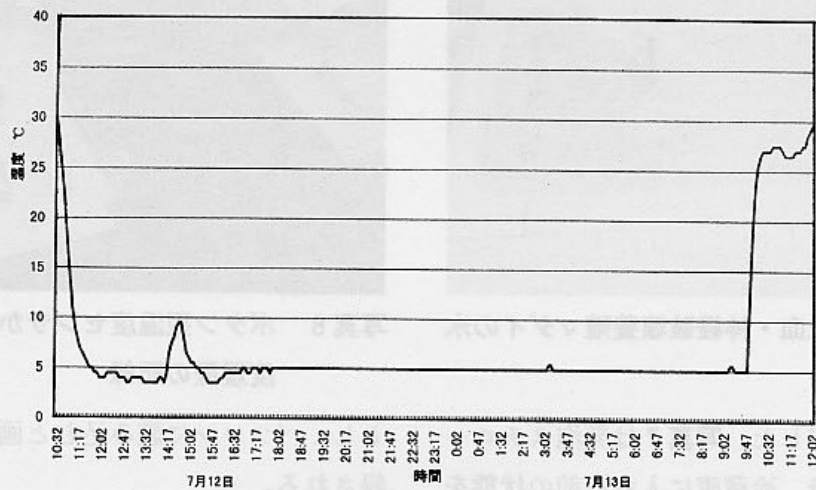


図2 袋水でコントロールした発泡スチロール容器内温度のボタン型センサによる測定

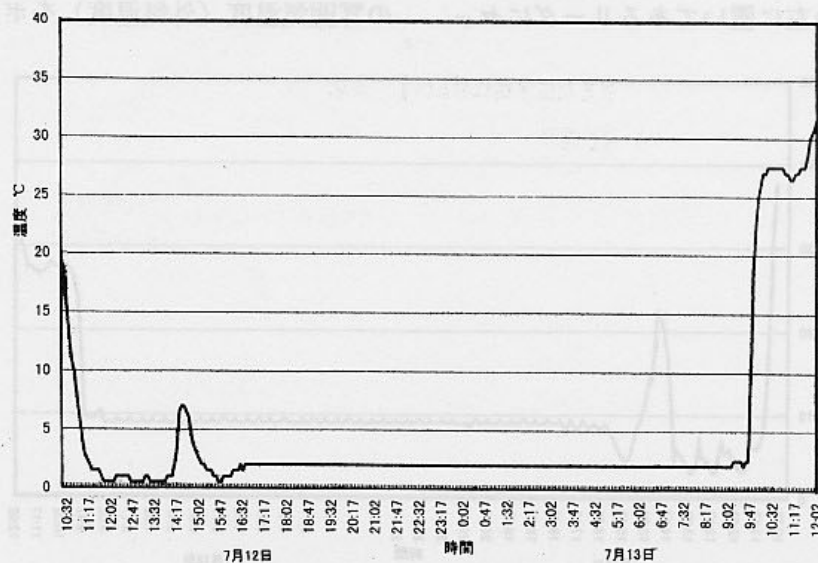


図3 直水によってコントロールした発泡スチロール容器内温度のボタン型温度センサによる測定

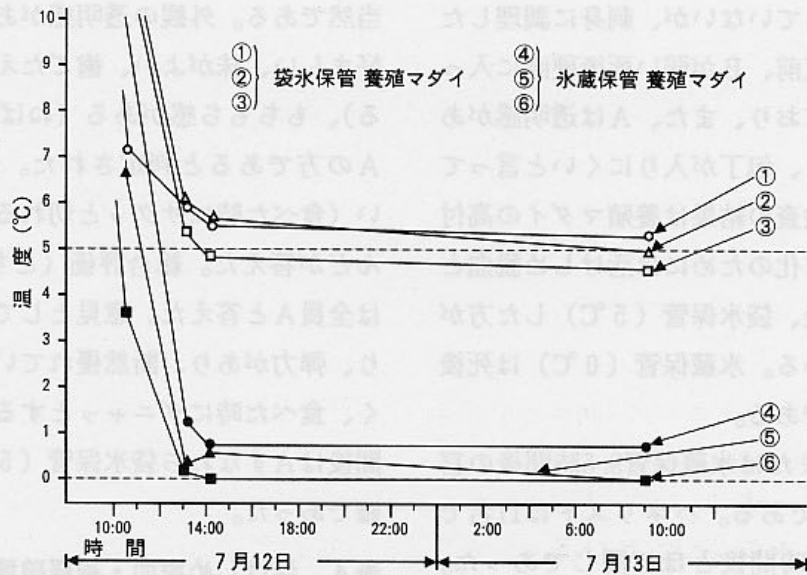


図4 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイの袋水保管および氷蔵保管中の品温低下

表1 養殖マダイの品温 (°C)

月日	時間	袋水保管			氷蔵保管		
		マダイ1	マダイ2	マダイ3	マダイ4	マダイ5	マダイ6
7月	10:15				18.5	16.1	12.1
	10:26	16.5	17.0	16.0			
	10:37				10.6	6.6	3.6
	10:45	7.1	12.1	12.4			
	13:15	5.9	6.0	5.3	1.2	0.4	0.1
14:15	5.5	5.6	4.9	0.8	0.6	0.0	
13日	9:10	5.3	5.0	4.6	0.8	0.0	0.0

の午後2時15分には、養殖マダイの中心部の品温が袋水保管が5°Cに、氷蔵保管が0°Cまで低下し、その後は一定であった。

次に、活けしめ脱血・神経破壊した後、袋水保管(5°C)した養殖マダイ(A)および氷蔵保管(0°C)した養殖マダイ(B)を刺身に調理し、大皿に盛り付けし、AおよびBの表示札をそれぞれの大皿に付けておいた。パネリストに官能検査(2点比較法)用紙を配り、事前にはパネリストには処理方法や保管温度は知らせず、A、Bのどちらか、または差なしと判定してもらった。醤油やわさびは使用しない判定である。

表2に袋水保管(5°C)または氷蔵保管(0°C)5.5時間後(活けしめ脱血・神経破壊後5.5時間)の官能検査の集計結果を示した。パネリストは32名であった。総合評価は8割のパネリストがAを好んだ。歯ごたえがある(弾力がある)、もちも

ち感がある(ねばりけがある)は7割のパネリストがAと答えた。一方、歯切れがよい(食べた時にサクッと切れる)は7割のパネリストがBと答えた。透明感がある、肉色が好ましい、味がよいもAが大半を占めた。血なまぐささがないは脱血している効果のため、ほとんどのパネリストが差なしと答えた。官能検査の際に意見を記入する欄を設けているが、Aについては身に照りがある、食感がよいという意見があった。Bについては明らかに歯切れがよいという意見が多かった。ほとんど差はないというコメントも少しあった。なお、

表2 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを袋水保管または氷蔵保管5.5時間後の官能検査の集計結果

官能検査(2点比較法)		{ A: 袋水保管(5°C) B: 氷蔵保管(0°C)		
		A	B	差なし
1. 外観	透明感がある	19	8	5
	肉色が好ましい	19	7	6
2. におい	血なまぐささがない	7	2	23
3. 味がよい		20	4	8
4. 歯切れがよい (食べた時にサクッと切れる)		9	21	2
		22	9	1
6. もちもち感がある(ねばりけがある)		21	7	4
7. 総合評価(どちらを好みますか)		25	7	0

パネリストに参加していないが、刺身に調理した板前はAが死後硬直前、Bが弱い死後硬直に入っている状態と述べており、また、Aは透明感があり、ねばりけがあり、包丁が入りにくいと言っていた。表2の官能検査の結果は養殖マダイの高付加価値化、ブランド化のためには活けしめ脱血と神経破壊を行った後、袋氷保管(5℃)した方がよいことを示している。氷蔵保管(0℃)は死後硬直を早めるからである。

表3は袋氷保管または氷蔵保管9.5時間後の官能検査の集計結果である。パネリストは11名であった。結果は5.5時間後とほぼ同じであった。どちらを好むかという総合評価は全員がAと答えた。意見としてはテクスチャーが全く異っていたというパネリストが多かった。Aは身質に弾力ともちもち感があるという意見も多かった。Aは死後硬直前であるが、Bは死後硬直しているというコメントがあった。Aすなわち袋氷保管(5℃)のマダイは依然として死後硬直前の状態(“生き”の状態)といえる。

表3 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを袋氷保管または氷蔵保管9.5時間後の官能検査の集計結果

官能検査(2点比較法)		{ A: 袋氷保管(5℃) { B: 氷蔵保管(0℃)		
		A	B	差なし
1. 外観	透明感がある……………	7	2	2
	肉色が好ましい……………	7	2	2
2. におい	血なまぐさがない……………	3	0	8
3. 味がよい……………		5	1	5
4. 歯切れがよい (食べた時にサクッと切れる)……………		4	7	0
5. 歯ごたえがある(弾力がある)……………		8	2	1
6. もちもち感がある(ねばりけがある)……………		9	1	1
7. 総合評価(どちらを好みますか)……………		11	0	0

表4は袋氷保管または氷蔵保管15時間後の官能検査の集計結果である。パネリストは7名と少ないが、におい以外は検査項目別のAとBの判定すなわち差異がはっきりと出ている。においの血なまぐさがないは脱血しているので差がないのは

当然である。外観の透明感がある、および肉色が好ましい、味がよい、歯ごたえがある(弾力がある)、もちもち感がある(ねばりけがある)のはAの方であると判定された。一方、歯切れがよい(食べた時にサクッと切れる)のみはBとほとんどが答えた。総合評価(どちらを好みますか)は全員Aと答えた。意見としては、Aは光沢があり、弾力があり、断然優れている。Bはやわらかく、食べた時にグニャットするなどである。15時間後はAすなわち袋氷保管(5℃)の優位性が明確であった。

表4 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを袋氷保管または氷蔵保管15時間後の官能検査の集計結果

官能検査(2点比較法)		{ A: 袋氷保管(5℃) { B: 氷蔵保管(0℃)		
		A	B	差なし
1. 外観	透明感がある……………	6	0	1
	肉色が好ましい……………	6	0	1
2. におい	血なまぐさがない……………	1	0	6
3. 味がよい……………		7	0	0
4. 歯切れがよい (食べた時にサクッと切れる)……………		1	5	1
5. 歯ごたえがある(弾力がある)……………		7	0	0
6. もちもち感がある(ねばりけがある)……………		7	0	0
7. 総合評価(どちらを好みますか)……………		7	0	0

表5は袋氷保管または氷蔵保管25時間後の官能検査の集計結果である。パネリストは22名である。傾向としては前の結果と同じであり、外観、歯ごたえ、もちもち感および総合評価はAと答えた人が多く、歯切れはBと答えた人が多かった。においと味については差はほとんどなくなった。意見としては、テクスチャー、食感に差があり、Aの方がよいという人が多い反面、ほとんど差がないという人もいた。Aはまだかなり透明感が保たれていて、歯ごたえがあるが、Bは濁っていて、軟らかく、歯ごたえがない。Bの方があっさりしているなどの意見があった。

表6は袋氷保管または氷蔵保管33時間後の官能検査の集計結果である。パネリストは7名である。

表5 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを袋水保管 または氷蔵保管25時間後の官能検査の集計結果

官能検査(2点比較法)		A: 袋水保管(5°C)		B: 氷蔵保管(0°C)		差なし
		A	B	A	B	
1. 外観	透明感がある……………	14	4	4	4	
	肉色が好ましい……………	8	5	9		
2. におい	血なまぐさがない……………	5	2	15		
3. 味がよい……………		6	6	10		
4. 歯切れがよい (食べた時にサクッと切れる)……………		5	14	3		
5. 歯ごたえがある(弾力がある)……………		12	7	3		
6. もちもち感がある(ねばりけがある)……………		11	9	2		
7. 総合評価(どちらを好みますか)……………		12	7	3		

表6 活けしめ脱血・神経破壊養殖マダイを袋水保管または氷蔵保管33時間後の官能検査の集計結果

官能検査(2点比較法)		A: 袋水保管(5°C)		B: 氷蔵保管(0°C)		差なし
		A	B	A	B	
1. 外観	透明感がある……………	0	0	7		
	肉色が好ましい……………	1	0	6		
2. におい	血なまぐさがない……………	0	0	7		
3. 味がよい……………		3	0	4		
4. 歯切れがよい (食べた時にサクッと切れる)……………		2	5	0		
5. 歯ごたえがある(弾力がある)……………		6	0	1		
6. もちもち感がある(ねばりけがある)……………		6	0	1		
7. 総合評価(どちらを好みますか)……………		6	0	1		

外観とにおいは差なしと判定された。味もほとんど差はなしと考えてよい。歯切れがよいはBと答えた人が多く、歯ごたえ、もちもち感、総合評価はほとんどどの人がAと答えた。意見は次の通りである。AはBに比較して食感がよい。Aの方が歯ごたえがある。Bはベタッとした感じである。差はあまりないと答えた人もいた。

活けしめ脱血・神経破壊した養殖マダイを袋水保管(5°C)または氷蔵保管(0°C)し、5.5時間後、9.5時間後、15時間後、25時間後、33時間後の官能検査の集計結果を述べてきた。結論的には、どの保管時間であっても袋水保管(5°C)の

方が品質的に優れていることがわかった。しかし、33時間後の官能検査の結果は外観の透明感があるという項目に差がなくなるなどから判断して、袋水保管の優位性は小さくなると考えるべきである。従って、高付加価値化あるいはブランド化を考慮すれば25時間後まで、換言すれば約1日以内と結論した。すなわち、養殖マダイのブランド化のためには、活けしめ脱血・神経破壊後、発泡スチロール容器に入れ、袋水を養殖マダイの周りに置いて魚体温度を5°Cに保持して流通し、1日以内に消費者に食べてもらうようにすることを提言したい。袋水の代わりに、最近よく使用されている蓄冷材を用いることも可能である。蓄冷材ならば何回でも使用出来る利点がある。

関連した研究論文としては、岩本ら<sup>5)</sup>は約1kgの養殖マダイを延髄刺殺後、脱血し、0°Cと10°Cに貯蔵すると、10°C貯蔵の方がATPの減少が遅く、従って、死後硬直が遅延することを見出した。すなわち、0°C貯蔵の場合、3時間後にすでに死後硬直は進行し、ATPの消失した13時間後に完全硬直に達した。48時間後も完全硬直の状態は続き、72時間後には解硬が観察された。一方、10°C貯蔵の場合、7時間を過ぎると硬直が始まり、20時間後に完全硬直に達し、48時間後も完全硬直は続き、72時間後に解硬がみられた。鮮度指標としK値を測定してみると、10°C貯蔵の方が0°C貯蔵よりも約2倍のスピードで上昇したが、48時間後において、10°C貯蔵でもK値が10%以下であり、極めて新鮮な範囲に入っていた。96時間後もK値が20%以下であり、生食可食であった。また、岩本ら<sup>6)</sup>は天然マダイと養殖マダイのどちらも約1kgのものをを用い、延髄刺殺後、脱血し、0°Cと10°Cに貯蔵して死後硬直の進行を硬直指数で測定した。その結果、養殖・0°C、天然・0°C、養殖・10°C、天然・10°Cの順で死後硬直が早く進行することがわかった。養殖マダイを0°C貯蔵の場合、4時間後に硬直が始まり、10時間後に完全硬直に達し、72時間後まで完全硬直は続き、96時

間後に解硬した。養殖マダイを10℃貯蔵の場合、8時間を過ぎると硬直が始まり、24時間後に完全硬直に達し、72時間後まで完全硬直は続き、96時間後に解硬した。鮮度指標K値を測定したところ、0℃貯蔵および10℃貯蔵ともに48時間後にK値が5%以下であり、極めて新鮮な範囲に入っていた。天然マダイを延髄刺殺後、脱血し、10℃に貯蔵すると、硬直の進行が極めて遅く、48時間後によく完全硬直に達したと報告している。

また、岩本ら<sup>7)</sup>は約1kgの天然ヒラメを用いて、活けしめ脱血後、0℃、5℃、10℃に貯蔵中の死後硬直の進行について調べている。0℃貯蔵の場合、3時間後から硬直が始まり、15時間後に完全硬直に達した。5℃貯蔵の場合、12時間以降に硬直が始まり、28時間後に完全硬直に達した。10℃貯蔵の場合、6時間後から硬直が始まり、28時間後に完全硬直に達したと報告している。岩本ら<sup>8)</sup>は約1.3kgの天然および養殖ヒラメを活けしめ脱血後0℃および10℃に貯蔵し、死後硬直の進行の比較を行っている。その結果、マダイと同様に、天然ヒラメ、養殖ヒラメともに10℃に貯蔵区の方がATPの減少が緩慢で、死後硬直の開始時間および完全硬直到達時間が遅延することを認めた。また、マダイとは異なり、ヒラメでは0℃および10℃貯蔵とも天然ヒラメと養殖ヒラメの間に死後硬直の進行にほとんど差異がないことを明らかにした。

岩本らのマダイとヒラメの死後硬直と貯蔵温度との関係の4つの論文の要約を述べたのは、今回の養殖マダイのブランド化の実験の保管温度が5℃(袋氷保管)と0℃(氷蔵保管)であるからである。文献(5)は養殖マダイの0℃および10℃貯蔵であり、残念ながら5℃貯蔵は行っていない。従って、ヒラメではあるが、0℃、5℃、10℃貯蔵を行っている論文すなわち文献(7)を挙げて、以下に今回の実験に総括的考察を行ってみることにする。

食品衛生法上の食品の規格基準(平成18年1月

1日現在)がある。その中に生食用鮮魚介類に関しては、成分規格として腸炎ビブリ最確数100/g以下(アルカリペプトン水、TCBS寒天培地法)、保存基準として清潔で衛生的な容器包装に入れ、10℃以下で保存する。そこで、これを考慮に入れて養殖マダイのブランド化には活けしめ脱血、神経破壊後、温度管理として魚体中心温度5℃～6℃の保持が必要と思われた。これにより、死後硬直を遅らせ、“生き”の状態をできるだけ延ばし、高品質、高鮮度の養殖マダイを創出させることになる。すなわち、串本町におけるブランド魚としての養殖マダイの出現である。今回のような養殖マダイを活けしめ脱血、神経破壊後、流通を考慮して袋氷保管と氷蔵保管しながら魚体中心温度や発泡スチロール容器の内外の温度を経時的に測定し、併せて官能検査を実施した研究は以前にはないであろう。

岩本らは養殖マダイを活けしめ脱血後0℃に貯蔵すると3～4時間後に硬直が始まり、10～13時間後に完全硬直に達した。ATPは12～13時間後に消失した。一方、10℃に貯蔵すると7～8時間以降に硬直が始まり、20～24時間後に完全硬直に達した。ATPは28～29時間後に消失したと報告<sup>5, 6)</sup>している。岩本らは天然および養殖ヒラメを活けしめ脱血後5℃貯蔵の方が10℃貯蔵よりも死後硬直がやや遅れることを報告<sup>7, 8)</sup>している。そこで、今回の養殖マダイの場合、活けしめ脱血の後に神経破壊処理を行って、死後激しく起こる遅延性けいれんを防止しているので、ATPの減少が遅くなっているはずである。さらに魚種は異なるがヒラメでの報告を考え合せると、今回の養殖マダイの5℃貯蔵は岩本らの養殖マダイの10℃貯蔵より少し死後硬直の進行が遅れていると推定される。本実験でも途中で死後硬直の程度をチェックしているので以下に示す。

- 5.5時間後 { 0℃：弱い硬直  
                  5℃：硬直前
- 7時間後 { 0℃：かなり強い硬直  
                  5℃：硬直前



- 9.5時間後 { 0℃：完全硬直に近い  
5℃：硬直前
- 15時間後 { 0℃：完全硬直  
5℃：硬直前又は弱い硬直
- 25時間後 { 0℃：完全硬直  
5℃：肉にかなり透明感があるので、ATPはまだ肉中に存在している。かなり強い硬直と推定
- 33時間後 { 0℃：完全硬直  
5℃：完全硬直

最後に、養殖マダイを活けしめ脱血・神経破壊し、5℃貯蔵することによってブランド化できることを官能検査（2点比較法）で確認した。また、発泡スチロール容器中で袋氷によって、5℃に保持してブランド魚として流通できるのは1日以内であることを官能検査によって明らかにしたので提案したい。

天然マダイの場合、同様な処理後5℃に貯蔵すれば、岩本らの報告<sup>6)</sup>から考えてATPの減少がきわめて緩慢であり、完全硬直に到達するまでに2日間かかると推定される。従って、養殖マダイよりもさらに1日間長く、すなわち2日以内は高品質の状態が続くと考えられる。

## 文献

(1)山中英明・鬼丸良道・吉田俊久・沖 繁幸・河

合拓也：和歌山県串本町におけるカツオの活けしめ脱血によるブランド化の試み，海洋水産エンジニアリング，第65号，(2007)。

(2)山中英明：ブランド魚とトレーサビリティ，海洋水産エンジニアリング，第44号，42-61 (2005)。

(3)山中英明：魚介類のブランド化とトレーサビリティ，日本調理科学会誌，vol. 39, No. 2, 108-114 (2006)。

(4)山中英明・井岡 久・山内和夫・袴田佳美：富山県魚津産漁獲物のブランド化—魚津の寒ぶり—，海洋水産エンジニアリング，第64号 (2006)。

(5)岩本宗昭・井岡 久・斉藤素子・山中英明：マダイの死後硬直と貯蔵温度との関係，日本水産学会誌，51, 443-446 (1985)。

(6)岩本宗昭・山中英明：天然ならびに養殖マダイにおける死後硬直の顕著な差異，日本水産学会誌，52, 275-279 (1986)。

(7)M・Iwamoto, H. Yamanaka, S. Watabe, and K. Hashimoto: Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice muscle, *J. Food Sci.*, 52, 1514-1517 (1987)。

(8)岩本宗昭・山中英明・渡部終五・橋本周久：天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較，日本水産学会誌，56, 101-104 (1990)。

