

べこ病に関する疫学調査と中間宿主の探索

増養殖環境課 渡辺 貢・黒原 健朗・池部 慶太

1 目的

べこ病はブリ稚魚（以下「モジャコ」という）で以前から知られており、通常は成長とともに治癒していくが、重篤に感染すると痩せて死亡するほか、筋肉内に痕跡が残るため商品とならない場合がある。近年、西日本の養殖場で頻繁に見られるようになり、高知県においてもぶり類の幼魚における発生頻度が高くなってきている。しかし、原因寄生虫の生活史、特に中間宿主が特定されていないことから、根本的な防除策を立てられないのが現状である。¹⁻⁴⁾

そこで、県内での発生状況等の疫学的調査と中間宿主の有無について解明を行い、重篤な感染を避ける予防方法及び治療対策の確立を目指す。

2 方法

(1) 疫学調査

本病の発生がみられる地域を含む県内のモジャコ育成漁場3か所（A、B、C）において、モジャコの採捕・育成業者から採捕海域、飼育管理、被害状況等を聞き取り、本病の発生状況を整理するとともに、発病要因について検討した。

また、上記3か所のうち2か所では、モジャコ育成期間中に1~2回サンプリングを行い、魚体測定後、3枚に卸した状態で目視によりシストの有無を調べた。また、1か所については、ワクチン接種時に外観症状から本病が疑われるものや生育不良の個体について同様に調べた。さらに、別の漁場では定置網に入網したブリ及びカンパチ幼魚についても同様に調べた。

(2) モジャコ飼育試験

県有調査船による流れ藻調査時に採捕されたモジャコを速やかに水産試験場の屋内水槽へ収容し、配合飼料への餌付きを確認後60日間飼育し、本病の発生の有無を観察した。飼育には500Lアルテミアふ化槽（水量400L）を用い、精密ろ過後紫外線殺菌した海水を8回転／日の換水率で掛け流しとし、市販ぶり類用配合飼料を4回／日、飽食するまで与えた。

(3) 媒介生物の探索（中間宿主調査）

県内の養殖用人工種苗の中間育成漁場3地区（D、E、F）における海産生物のサンプリングを行い選別し、国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所が開発したnested-PCR法を用いて、原因寄生虫である微孢子虫*Microsporidium seriolae*の検出を行った。サンプリングは5月から8月まで毎月1回実施し、各地区において生簀網及び小割筏フロートの付着生物並びに海中のプランクトン（北原式プランクトンネットを用いた水深7mからの垂直曳き）を採取した。採取後はいずれも直ちに99.5%エタノールで固定して持ち帰り、種ごとに分類・同定後重量を測定して再び70%エタノール保存して検査用試料とした。

3 結果と考察

(1) 疫学調査

A育成漁場は、ほとんど本病が見られない海域であるが、需要量に満たなかった年に県外から導入した際に多くの発病魚があったことや、赤潮の影響で出荷が遅れた場合の7月以降に若干発病魚が見られたことがある。水深は17m、底質は砂泥で内湾性の海域である。モジャコの採捕場所は土佐湾内全域であるが、沿岸を中心として操業している。育成中の給餌は3~5回／日で、生餌を主体として配合飼料は混ぜる程度である。収容から出荷までに3回以上の選別・分養を行い、飼育密度は成長に伴って低下するが概ね400~50尾／m³で、いずれの場合も2kg以下／m³である。

B育成漁場は、外洋水の影響を受ける水深8mの漁港内で底質は砂である。年によって発症率に変動があるものの12年ほど前から毎年発生し、水温が22℃を超えてくる6月上旬に主に小型魚で発病魚が見られ始める。モジャコ採捕場所は室戸・足摺両岬の沖合を中心に操業して

いる。給餌は2回/日、生餌主体で配合飼料も朝のみ混ぜている。育成期間前半の飼育密度はかなり高く約870尾/m³（約10kg/m³）である。

C育成漁場は、水深5mの漁港内で底質は泥混じりの砂である。モジャコ採捕場所は土佐湾内が主体で、1~2回は黒潮の外側に出ることもある。給餌は1回/日で、最初は生餌だが成長に伴って配合の割合を高めていく。出荷前の飼育密度は50尾/m³（3kg/m³）前後である。ここでの発症率は例年0.1%未満であるが、他地区から不足分を導入した際、約半数に発病魚が見られたことがある。

これら3か所で共通するのは次のとおりであった。

①採捕時には本病の外観症状を呈する個体が見られることから、天然海域で既に感染している可能性がある。②育成中の水温が21℃ぐらいになると発病魚が目視で確認されるようになり、22℃を超えてからその数が一気に増える。③外洋水が流入し、長く滞留する生簀で多い傾向がある。④飼育密度が高いほど、また、給餌量が少ないほど発症しやすい。⑤ブリよりカンパチのほうが発病魚が多い。⑥本病の発生は年による変動が大きい（特に、B育成漁場）

3育成漁場及び1漁場におけるサンプリング魚の状況を表1に示した。

表1 サンプリング魚の状況

採集場所	採集月日	魚種	採集尾数	平均魚体重 (g、範囲)	シスト確認尾数	漁獲方法
A	4月24日	ブリ	15	13.8 (8.2~25.7)	0	モジャコ採捕
育成漁場	5月14日	ブリ	20	19.7 (14.1~34.0)	0	
B	5月11日	カンパチ	30	24.5 (6.8~41.9)	0	モジャコ採捕
育成漁場	5月15日	ブリ	17	32.3 (19.1~49.2)	0	
C	7月1日	カンパチ	25	82.3 (33.9~128.0)	11	モジャコ採捕
育成漁場	7月1日	ブリ	47	39.2 (19.6~109.3)	8	
D	6月24日	カンパチ	22	78.0 (34.6~148.9)	0	大型定置網
漁場	6月24日	ブリ	14	67.1 (42.6~104.3)	0	

A及びB育成漁場並びにD漁場ではシストを有する個体は確認できなかったが、C育成漁場では同日にサンプリングしたブリ及びカンパチとともにシストを有する個体が確認された。前者の3海域でのサンプリングは4~6月で、後者が7月であったことから、水温上昇に伴い発病魚が見え始めるという疫学調査内容と一致する結果となった。ただし、C育成漁場におけるサンプリングは、最終出荷魚のワクチン接種時に排除された本病の外観症状を呈するものや小型魚であり、このときの全ワクチン接種尾数に占める発病魚の割合は、ブリ0.04%（8尾/2万尾）、カンパチ0.11%（11尾/1万尾）で、ワクチン接種が遅れたことにより今年は発病魚数がやや増えたとのことであった。

(2) モジャコ飼育試験

土佐湾中央部において、5月27、28日の2日間で計130尾のモジャコを採捕し、両日とも当日のうちに水産試験場の屋内1トン円形FRP水槽1面に收容した。翌日から配合飼料を給餌し、2日後にはほぼ全個体の餌付きを確認した。この間の斃死は9尾で、剖検による観察ではシストを確認できなかった。そして、やせ気味の成長不良魚及び小型魚を除いた100尾を500Lアルテミアふ化槽に收容し6月1日から飼育を開始した。表2に飼育結果を示した。

表2 飼育結果

開始時			終了時					
月日	收容尾数 (尾)	平均体重 (g)	月日	飼育日数 (日)	取上尾数 (尾)	密度 (尾/m ³)	平均体重 (g)	生残率 (%)
6月1日	100	1.0	7月30日	60	85	213	93.2	85

7月30日までの60日間飼育し、体表に症状の見られる個体の有無を毎日水槽側面から観察したが、外観症状を呈する個体は見られなかった。なお、飼育開始前に間引いた21尾についても剖検したが、肉眼でシストは確認できなかった。生残率は85%で魚病の発生はなく、順調に成育した。死亡魚は魚体のサイズ差で生じた共食いによる減耗であった。開始時の収容密度は250尾(250g)/m³で、終了時は213尾(19.8kg)/m³まで高くなっていた。

終了時に全個体を取り揚げ、3枚に卸した状態で目視による観察を行ったが、シストは確認できなかった。上述の疫学調査によれば、給餌量が十分であれば発症しにくいということであり、今回の場合比較的発病魚が多くなると言われている配合飼料の単独給餌であったが、4回/日の飽食給餌では感染していたとしても発症しにくい条件であった可能性が高い。また、終了時の飼育密度はいずれの育成漁場でも見られないほど高くなっていたが、飼育初期から中期にかけては実際の育成漁場よりかなり低密度であったことから、上述の豊富な給餌量と相まって初期成長の良さが発症をくい止めた可能性が考えられる。今後は、育成漁場で実施されている選別・分養を考慮した飼育密度と、給餌量を控えた条件設定での飼育試験を実施し、発症の有無を検討する必要がある。

(3) 媒介生物の探索 (中間宿主調査)

県内3地区の中間育成場における小割生簀網及び小割筏フロートから図1~4のように採取し、nested-PCR法で検査した付着生物の試料について表3、4に示した。

表3 小割生簀網の付着生物 PCR 検査リスト

No.	門名	綱名	目名	科名	種名	学名	D				E				F				
							5月	6月	7月	8月	5月	6月	7月	8月	5月	6月	7月	8月	
1	刺胞動物	ヒドロ虫	—	—	ヒドロ虫綱の数種	Hydrozoa spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	触手動物	苔虫	—	—	苔虫綱の数種	Bryozoa spp.													
3	軟体動物	盤足	ウキツボ	—	シマハマツボ	<i>Alaba gonioctila</i>				●									
4		—	—	—	後鰓亜綱の数種	Opisthobranchia spp.				●									
5		二枚貝	イガイ	—	ホトトギスガイ	<i>Musculista senhousia</i>				●									
6	環形動物	多毛	サンバゴカイ	—	ゴカイ科の数種	Nereididae spp.		●											
7		多毛	ケヤリムシ	—	Serpula属の数種	<i>Serpula</i> spp.				●									
8	節足動物	顎脚	無柄	—	フジツボ亜目の数種	Balanomorpha spp.				●									
9		軟甲	端脚	—	Amphithoe属の一種	<i>Amphithoe</i> sp.				●									
10					Aora属の一種	<i>Aora</i> sp.				●									
11					Aoroides属の一種	<i>Aoroides</i> sp.	●	●											
12					Corophium属の一種	<i>Corophium</i> sp.	●	●											
13					Jassa属の一種	<i>Jassa</i> sp.	●	●											
14					Erichthonius属の一種	<i>Erichthonius</i> sp.	●	●											
15					Podocerus属の一種	<i>Podocerus inconspicuus</i>	●	●	●	●									
16					Paradexamine属の一種	<i>Paradexamine</i> sp.													
17					Pontogeneia属の一種	<i>Pontogeneia</i> sp.				●									
18					Stenothoe属の一種	<i>Stenothoe</i> sp.				●									
19					Elasmopus属の一種	<i>Elasmopus</i> sp.				●									
20					Caprella属の数種	<i>Caprella</i> spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
21					Tanaid科の一種	Tanaidae sp.	●	●											
計							7	10	3	5	8	5	3	2	10	3	4	2	

表 4 小割筏フロートの付着生物 PCR 検査リスト

No.	門名	綱名	目名	科名	種名	D				E				F						
						和名	学名	5月	6月	7月	8月	5月	6月	7月	8月	5月	6月	7月	8月	
1	海綿動物	石灰海綿	-	-	石灰海綿綱の数種	Calcarea spp.														
2	尋常海綿	-	-	-	尋常海綿綱の数種	Demospongiae spp.														
3	刺胞動物	ヒドロ虫	-	-	ヒドロ虫綱の数種	Hydrozoa spp.														
4		花虫	ウミトサカ	-	ウミトサカ目的一種	Alcyonacea sp.														
5			イソギンチャク	-	イソギンチャク目的一種	Actiniaria sp.														
6	扁形動物	渦虫	ヒラムシ	-	ヒラムシ目的一種	Planorbida sp.														
7	触手動物	苔虫	瘤口	-	瘤口目の数種	Stenostomata spp.														
8			唇口	-	無蓋葉目の数種	Anasca spp.														
9				-	有蓋葉目の数種	Ascofiora spp.														
10	軟体動物	二枚貝	イガイ	イガイ	ムラサキイガイ	<i>Mytilus galloprovincialis</i>														
11					ヒバガイモドキ	<i>Hormova mutabilis</i>														
12					タマエガイ	<i>Musculus cupreus</i>														
13					ホトトギスガイ	<i>Musculista senhousia</i>														
14			カキ	イタボガキ	イタボガキ科の数種	Ostreidae spp.														
15	環形動物	多毛	サンバコカイ	シリシ	シリシ科の数種	Styllidae spp.														
16				ゴカイ	ゴカイ科の数種	Nereididae spp.														
17			オフエリアゴカイ	カスリオフエリア	カスリオフエリア	<i>Polyopthalmus pictus</i>														
18			フサゴカイ	フサゴカイ	フサゴカイ科の数種	Terebellidae spp.														
19			ケヤリムシ	ケヤリムシ科の一種	Sabellidae sp.															
20			カンザシゴカイ	Serpula属の数種	Serpula spp.															
21				Hydroides属の数種	Hydroides spp.															
22				ウズマキゴカイ	ウズマキゴカイ科の数種	Spirorbidae spp.														
23	節足動物	顎脚	無柄	-	フジツボ亜目の数種	Balanomorpha spp.														
24		軟甲	端脚	ヒゲナガヨコエビ	Amphithoe属の一種	Amphithoe sp.														
25					Aoridaes属の一種	Aoridaes sp.														
26				イシクヨコエビ	Photis属の一種	Photis sp.														
27				カマキヨコエビ	Jassa属の一種	Jassa sp.														
28				ドロノミ	ドロノミ	<i>Podocerus inconspicuus</i>														
29				メリタヨコエビ	Elasmopus属の一種	Elasmopus sp.														
30				Maera属の一種	Maera sp.															
31					Melita属の数種	Melita spp.														
32					ヨコエビ亜目の数種	Gammaridea spp.														
33				フレカラ	Caprella属の数種	Caprella spp.														
34			等脚	ウミミズムシ	ウミミズムシ科の数種	Janiridae spp.														
35			タナイス	タナイス	タナイス科の数種	Tanaidae spp.														
36			十脚		イワニ科の一種	Grapsidae sp.														
37	棘皮動物	クモヒトデ	閉殻属	-	閉殻属目的一種	Myophiurida sp.														
38	脊索動物	ホヤ	マメホヤ	ユウレイホヤ	ユウレイホヤ科の一種	Cionidae sp.														
種類数							10	9	9	7	11	11	6	7	12	12	6	17		

小割生簀網では5門21種、小割筏フロートでは9門38種の試料について *M. seriolae* の中間宿主調査を行ったが、全て陰性であった。また、海中のプランクトンについては、11門60種の生物を採取したがいずれも微小であるため、網目0.3mmのミューラガーゼでろ過し、ミューラガーゼ上の残渣と通過した試料を分けてそれぞれ検査したが、全て陰性であった。なお、3地区とも0.3mm以上の試料では、節足動物のカイアシ亜綱 (Copepoda) が優先していた。



図1 付着生物 (生簀網) 採集



図2 付着生物 (フロート) 採集



図3 プラクトン採集



図4 付着生物固定

今回のモジャコ飼育試験で発病魚は確認できず、媒介生物の探索では原因寄生虫を検出できなかった。過去に、A及びC育成漁場では出荷に必要な尾数が不足した際に、県内外から導入し高率で発病魚が見られていたが、これは、輸送及び育成環境の違いによるストレスで発症したのではないかと考えられる。いずれの場合も、翌年は全く発生しないか例年並みの発症率で推移したことから、当該海域における原因微胞子虫の再生産はなく、生活環も形成されなかったものと推測される。また、生餌よりも配合飼料給餌で発症率が高くなる傾向が見られるという育成漁場もあったが、一般に配合飼料は生餌よりも餌付きにくく、飽食できない個体の割合は高くなることから、給餌量不足が発症率を高めるとの情報と符号している。一方、上述のように本病の原因微胞子虫は外洋水由来ではないかと考えられるが、B育成漁場の中でも流入した外洋水が出入りする場所よりも岸寄りの滞留する場所で発症率が高い傾向が見られた。これは、海水交換の違いによる原因微胞子虫の濃度と溶存酸素量の違いによるものと考えられる。また、採捕直後のブリ当歳魚で感染している個体が確認されている報告もあるが、⁵⁾上記モジャコ育成漁場3か所以外の情報も含めると、黒潮に近い、あるいは暖水波及の影響を受ける海域ほど発症率が高くなり重篤感染になる傾向が見られることから、原因微胞子虫は黒潮北縁に存在している可能性があり、中間宿主を介さず直接経口的に感染しているのではないかと推測される。そして、感染の程度に大きな年変動が見られるのは、この黒潮の離接岸や採捕海域と関係があるのではないかと考えられる。

中国では長江流域の開発と同期するように、東シナ海における赤潮発生頻度が高くなり、赤潮形成種が珪藻から渦鞭毛藻に遷移していると報告されている。⁶⁾また、日本海でのエチゼンクラゲが平成14年以降はほぼ毎年大量発生している。⁷⁾本病は、昭和40年ごろから知られているが、特に、十数年前から多発するようになり、平成24年ごろから出荷魚にもシストの一部が残っている背景には、初期の感染強度が高いことに起因することが指摘されている。⁸⁾今回の疫学調査では、近年採捕されるモジャコが汚くなってきているという指摘もあり、ブリの産卵場とモジャコ補給源になっている東シナ海では、地球温暖化に伴う水温上昇を含む様々な環境変化によって原因微胞子虫の現存量が増えているのではないかと推測されるが、詳細は不明であり今後の研究に期待したい。

以上から、本病の原因微胞子虫は黒潮近辺の天然海域でぶり類稚魚に感染している可能性があり、発症には育成期間中の高密度飼育や給餌量不足などのストレスが関係しているのではないかと推測された。また、感染が軽度の場合にはほとんどが自然治癒し問題にはならないと言われており、¹⁻⁴⁾モジャコ採捕時あるいは人工種苗の沖出し後にある程度の感染を受けていても、ストレスの少ない環境で十分量の摂餌があれば、同じような効果が得られるのではないかと考えられた。

なお、今年は例年よりモジャコ採捕尾数が少なく飼育密度が低かったことと、5月末までに大半の出荷を終えたことから、3育成漁場とも昨年までに比べるとかなり発病魚は少なかった。また、一昨年と昨年に80%以上の発病魚が見られたF中間育成漁場でも、今年は同時期にカン

パチ人工種苗を沖出ししたにもかかわらず30%程度の発症に止まり、感染強度も低かったことから、年によって発症率が異なるというこれまでの知見¹⁾や今回の疫学調査の結果が改めて確認された。

4 参考文献

- 1) 白樫 正. ブリ類のべこ病. アクアネット 2015; **18(6)**: 25-27.
- 2) 横山 博. ブリ類養殖におけるべこ病対策. 養殖ビジネス 2015; **52(6)**: 7-10.
- 3) 横山 博. べこ病にへこまない対策. 養殖ビジネス 2013; **50(11)**: 22-25.
- 4) 横山 博. ブリ人工種苗におけるべこ病の発生過程. 養殖 1998; **35(7)**: 50-53.
- 5) 宮原治郎, 横山 博, 綾戸大地. ブリのべこ病の防除対策. 平成 20 年度長崎県総合水産試験場事業報告 2008; 136-140.
- 6) 越川 海. 長江経由の環境負荷が東シナ海・長江河口域の海洋環境に及ぼす影響に関する研究. 国立環境研究所ニュース 2004; **23(4)**: 3-5.
- 7) 上 真一. グローバル化するクラゲ類の大量発生: 原因と対策. 地球環境 2011; **16(1)**: 17-24.
- 8) 松倉一樹, 宮原治郎, 横山文彦, 土内隼人. ブリ成魚の筋肉中にみられる微孢子虫 *Microsporidium seriolae* シストに起因する被害対策についての検討. 長崎県水産試験場研究報告 2013; **39**: 33-39.