

魚の免疫と水産用ワクチンの より効果的な利用に関する試みについて

—増養殖部—

1. はじめに

宮崎県では、かつお一本釣り・まぐろ延縄等の海面漁業以外に、温暖な気候と天然種苗の確保が容易であるという地の利を活かし、古くから海面養殖業が盛んに行われています。近年では沖合養殖によるブリの生産量が増加している他、カンパチ、マダイ等が養殖されています（図1）。

昨年度以降、新型コロナウイルスの影響により、水産業も含めて、世界的に大変な状況にあります。しかしながら、ワクチン接種の見通しが立ち、安堵するにはまだ早いですが、希望の一筋が見えてきました。

さて、ワクチンによる防疫ですが、実は養殖業において非常にポピュラーな取組であり、特にブリ類養殖ではほとんどの経営体で接種が行われています（図2）。養殖業の収益性を上げるためには、飼育魚の減耗を出荷時までいかに最小限に食い止められるかが鍵となっています。台風等の天災は仕方ないですが、『魚病』については、一定の範囲で人為的に防除・治療することが可能ですので、養殖現場では魚病被害を抑えるための各種取組がなされており、その一つとして、ワクチン（特に注射による接種）が積極的に実施されています。

今回は、魚の免疫機構の概要と併せて、現在行っている既存水産用ワクチンのより効果的な利用に関する試みについて、ご紹介します。

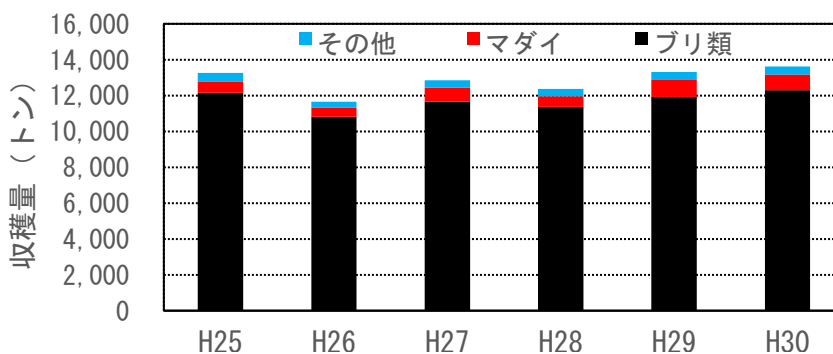


図1 海面養殖業収穫量

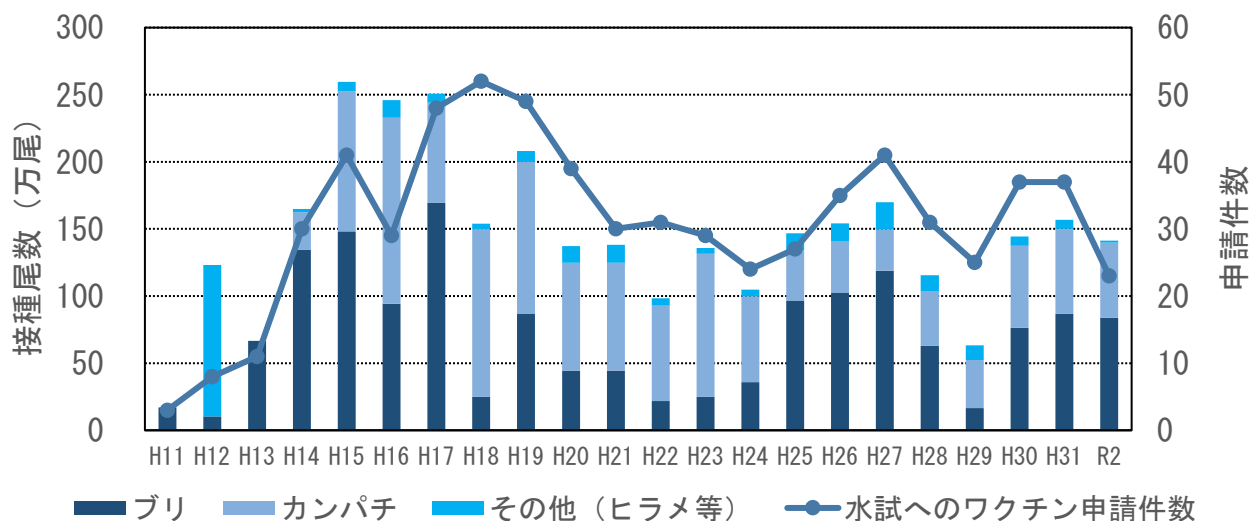


図2 県内のワクチン接種状況

2. 魚の免疫の仕組みについて

魚には、人間と類似した3つのステージの免疫系が存在します。

まず、鱗や粘液で異物を物理的・生理学的にバリアーし、そこが突破された場合には体内中に存在する「自然免疫」、「獲得免疫」と呼ばれる防御システムで自分の体を守っています。

なお、獲得免疫では異物（病原体）に対して特異的に反応するとともに、感染した病原体を記憶し、再度、病原体が体内に侵入してきた際には迅速かつ効果的に排除できるようになる仕組みを持っているのが大きな特徴です。この免疫応答を利用したのがワクチンによる疾病対策です。

①自然免疫：マクロファージ、好中球等の食細胞により体内に侵入した異物が排除されること

②獲得免疫：抗体、キラーT細胞、NK細胞等により特異的に各病原体が排除されること

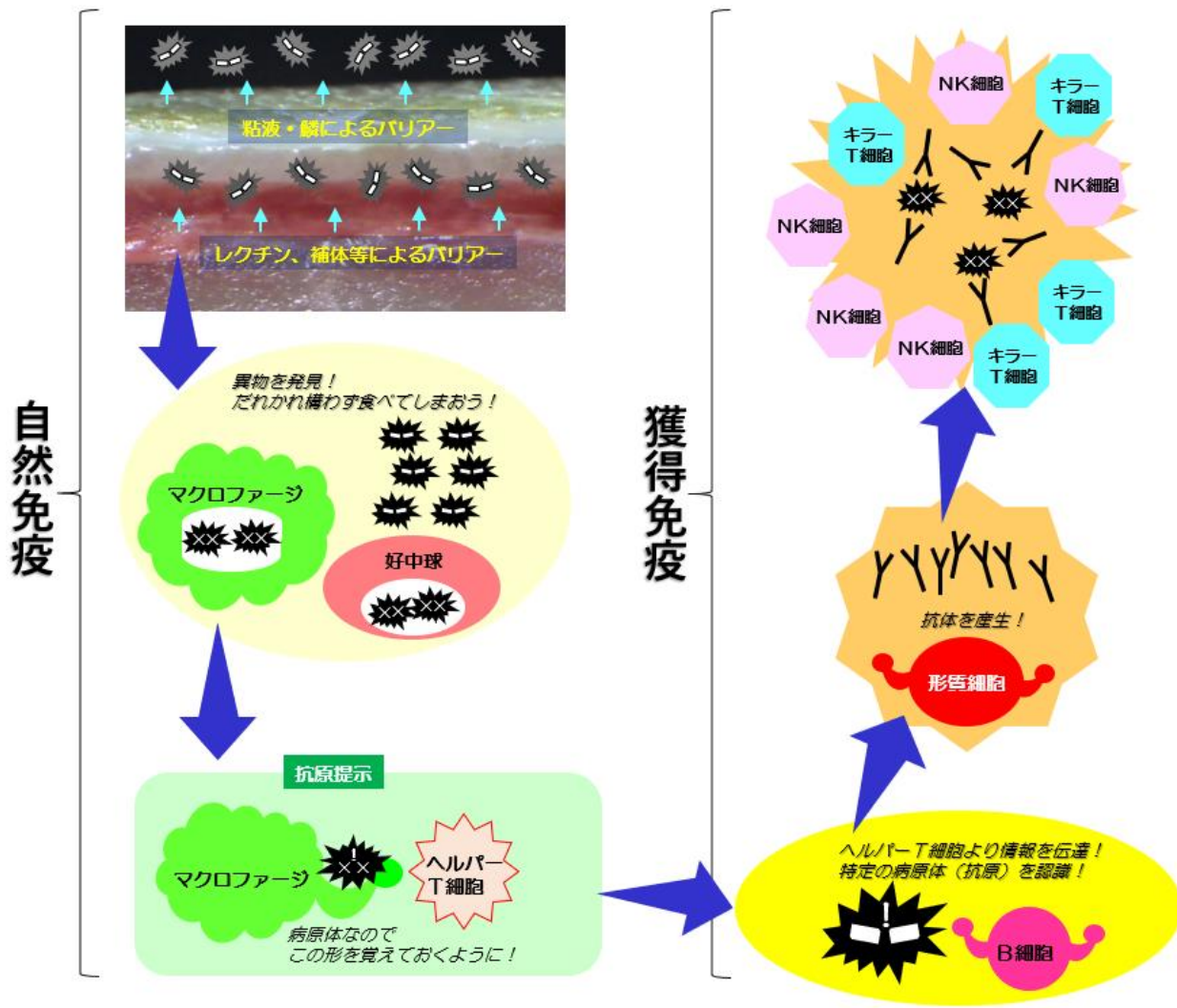


図3 免疫機構

3. ワクチンで魚体内に抗体をつくる

魚はワクチンを体内に取り込むと、上述の免疫系が反応し、ワクチンに含まれる無毒化した対象疾病の病原体（抗原）を排除するための抗体を作り出します。なお、一定期間が経過すると、体内の抗体は消失してしましますが、免疫系細胞が抗原の情報を一定期間記憶することができるかとされています。そのため、この期間中、魚は常に（直ちに）抗体を作れる状態を維持でき、病気の侵入に備えることができるのです。ご参考までに、抗体の代表的な機能を以下に紹介します。

(1) 病原菌に目印をつける

細菌は主に魚体内で増殖し、病気を引き起こすのですが、通常、自然免疫が働き、食細胞が病原菌を貪食する（殺す）ようになっています。抗体は魚体内に侵入してきた病原菌に結合し、目印となることで食細胞が病原菌を発見しやすいようにします。

(2) 菌を溶かす

病原菌に抗体が結合すると、血液中の補体と呼ばれるタンパク質の結合が一層促進されるとともに、補体が活性化し、細菌を溶かす作用が増強されます。

(3) ウイルスの細胞内への侵入を防ぐ

ウイルスは細菌と異なり、単体で増殖することはできません。そのため、魚体内の細胞に侵入し、その中で増殖しようとします。これを阻止するために、抗体はウイルスに結合することで無力化させます。

4. 水産用ワクチンのより効果的な利用に関する試みについて

現在、ブリ類及びシマアジ養殖において、『 α 溶血性レンサ球菌症』の魚病被害が大きな問題となっています。本症は古くから存在している細菌性疾病で、市販ワクチンの普及により、このところ被害が少なかったのですが、平成27年に突如出現した変異株によって、再び被害が目立つようになってきました。

この変異株で最も問題となっているのは、本症に対するワクチン効果が十分でないという点で現場で認識されているということです。養殖現場では種苗導入後、数週間を経過した時点で本症のワクチンを接種するのですが、接種してから約半年を経過した時期から徐々に発症がみられるため、出荷まで2年程度を要する当該魚種にとって、非常に悩ましい問題となっています。ワクチン効果が十分でない（ワクチン効果が持続しない）理由の1つとして、魚体内で抗体を産生するための記憶がワクチンの接種後、半年程度で消失している可能性があることが推測されます。

そこで、今年度、越冬させたワクチン既接種魚に再接種した場合、その効果が持続するか否かの検証を行いました。具体的には、実験水槽を用いて、ワクチンの初回接種から9ヶ月を経過した魚に2回目の接種を行い、本症の原因菌を人為的に感染させ、死亡推移の確認を行ったものです。この試験ではワクチン未接種区、1回接種区と比較すると、2回接種区では有意に死亡率が低い結果となり、この時点で1回接種ではワクチン効果がほぼ消失していること、2回接種で改めてワクチン効果が付与されることが示されました。



写真1 α 溶血性レンサ球菌症に感染したカンパチ（左：眼球の白濁、右：尾柄部の潰瘍）

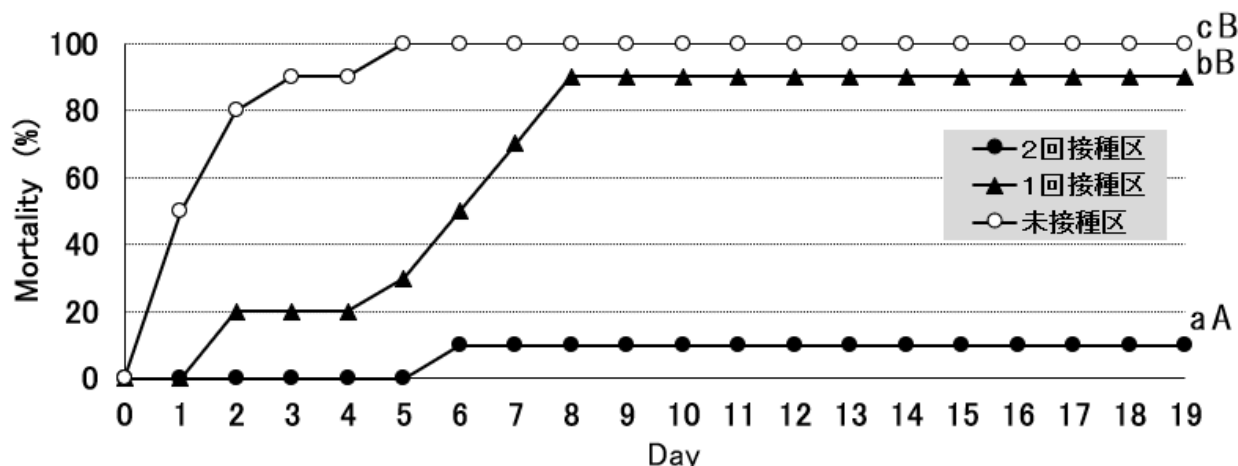


図4 各試験区の死亡状況（試験期間：令和2年8月26日～9月14日）

異なるアルファベット大文字の上書きはフィッシャーの直接確立検定での有意な差を示す (P<0.01)。異なるアルファベット小文字の上書きはカプランマイヤー曲線を用いた Gehan-Breslow による一般化ウィルコクソン検定での有意な差を示す (P<0.05、P<0.01)

5. おわりに

今回、ご紹介したα溶血性レンサ球菌症のワクチン再接種の効果検証について、今後、より詳細な条件設定のもと、定期的な人為感染での比較等を行い、再接種の有効性の経過やブースター効果（ワクチンの複数回接種を行うことで、より強く免疫が発現する現象）の有無を確認していく予定です。

本症による魚病被害の軽減を実現できるよう、データの蓄積を行うとともに、養殖現場とも連携しながら、健康で安全安心な養殖業を推進して参りたいと考えています。