

水産増養殖イノベーション創出プラットフォーム  
サーモン・陸上養殖勉強会 質疑メモ

1. 日 時：2019年8月2日（金）14:00～17:00

2. 場 所：東京証券会館 第3～5会議室

（組織名は略称、敬称略）

【話題提供に関する質疑】

①境港における大規模沖合ギンザケ養殖とチリサーモン養殖の情報

（日鉄エンジニアリング株式会社 清水貴広）

（質問：水産資源システム・野尻）世界的に寿司文化が拡大するなど、世界的にサーモン需要は伸びていると思う。日本の養殖業界では、今は中小零細の養殖規模が多いものの、今後、大規模な養殖設備での養殖は可能だろうか？

（回答：日鉄エンジニアリング・清水）現状の日本市場におけるサーモンをみるとかなりの部分を輸入品が占めていると聞いている。輸入品は、国産のサーモンに比べても価格競争に強く、そして輸送コストを考慮に入れたとしても海外のものは生産コストが低く、国内産と比べても強みがあるといわれている。特に生産コストの問題は大きいと聞く。このことから、生産コストをおさえるためには、やはり今後大規模化が必要ではないだろうかと当社としては考えている。日本政府も、自給率を上げる目標をかかげており、日本の生産量を増やして、場合によっては輸出も増やしていきたいとも言っている。このようなトレンドを踏まえると、今後は、大規模化が進むのではないかと、また、進めばよいと期待も込めて考えている。

（質問：宮城県水産技術総合センター・本庄）質問は2点ある。①残餌システムを開発中で水中カメラを使うということだが、実際に発生した残餌量と比較検討していくことになるのか？②チリに視察に行かれたということだが、チリではギンザケで魚病など直面している課題はあるか？

（回答：日鉄エンジニアリング・清水）①イケースの中に上向きのカメラを設置する。食べ残したエサはその画面にうつる。それを機械が画面でエサと判別して、どれだけのエサが画面の中にあるのかをカウントする。あらかじめ設定したエサ量と比べて画面内にエサがあれば、残餌が多く発生していると判別される。給餌をストップする一つの判断材料として用いることとなる。今後、どれくらい残餌が発生したかを比較検討していくことになる。

②申し訳ありませんが私も不勉強でこういった魚病がホットトピックになっているのかは把握していない。しかし相当課題意識としては大きいと聞いている。チリでは欧米の製薬メーカーが多額の資金を投じて、魚病をおさえる薬を開発するなどの取り組みを行っているという現地の方から聞いた。このことから課題意識は高く、民間企業を中心として相当研究や開発が行われているという。

（質問：日刊食糧新聞新社・辻）どのようにリモートされているのかをお聞きした

い。今後、見える化やデータを使うなどの養殖システムが増えていくと考えている。ドローンは規制緩和されて使われているが、特に無線に関する規制緩和は必ず必要になると思うのだが、いかがだろうか。

(回答：日鉄エンジニアリング・清水) リモートコントロールはインターネット回線を使用したシステムとしている。インターネット回線を使ってタブレット端末によってプラント上に設置してある機器を動かすことができるようにしている。インターネットさえあれば、この会議室からでも餌やりの指示を出すことができる。今後、インターネット回線が4Gから5Gに回線が変わると言われている。通信の容量や速度の点で、より開発が進み、規制も緩和されていくと、今後、もっと養殖もやりやすくなるなど感じている。ただし、具体的にどんな規制を緩和すればよいか、今後、詳細に検討をしていく必要はあろうなど感じている。

(質問：月刊アクアネット・池田) 大規模ギンザケ沖合養殖に関して、沖合を漁場にした場合に、確かに潮通しがよいなどのメリットはあるとは思う。しかし、1980年代ぐらいのマリノフォーラム21の沖合養殖プロジェクトの際に、沖に出すと、潮流が速いため運動量も増えてしまって代謝量も増えるので、エサをやった割には太っていないという報告があったと記憶をしている。そのような結果は出ているだろうか？

(回答：日鉄エンジニアリング・清水) たしかにそのような懸念は感じており、生産者の方からも懸念の声はいただいている。しかし我々が今までにやってきた境港や尾鷲では、いまのところそのようなデータは出ていない。魚の成長が沿岸域の魚と比べてどうか等の検証もしているが、いまのところ、有意な差は出ていないと思っている。

(コメント：日鉄エンジニアリング・清水) 最後にひとこと。大規模生産をやっていくなかで強く感じることは、いくら施設を作ったとしても、種苗がきちんと供給されるシステムがないと、そもそも育てる魚がないような状態になってしまう。また同様に、エサが安定した価格・量で供給される体制になっていないと、いくら大規模生産システムがあったとしても、うまくいかないと思う。そして、大量に生産をしても売り先がないとよくはならないし、加工、流通、輸出を含めて、より下流の取り組みも重要な要素となっていると感じる。みんなが一緒にやらないとうまくいかないと思う。我々はあくまでもシステムのサプライヤーであるが、今回の勉強会などを通して、いろいろと勉強をさせていただいており、みんなで一体となりより良いシステムを作っていければよいと思う。

## ②日本サーモンファームのサーモン養殖について

(日本サーモンファーム株式会社 野呂英樹)

(質問：兵庫県水産技術センター・増田) 資料1のp19に、種苗の重量と水揚げの量の関係が書かれているが、2倍ちょっとの年や4倍以上の年もあるなど、成績がまちまちと感じる。この差は、歩留まりによるものなのか、魚体の成長によるものなのか、何なのだろうか？

(回答：サーモンファーム・野呂) 時化<sup>しけ</sup>でイケスが破損したことによる減耗であることと、2016年～2017年に関しては、馴致で、一瞬失敗をしたことによるものである。成績のよい年は95%ほどの生残率である。もうひとつは、種苗が違うというものもある。種苗が、青森県のものか、海外のものかで成長の差が出たのかなと感じている。海外のものの方が、成長が良い。

(質問：中央水研・石田) 海水馴致を失敗した年があるとおっしゃったが、失敗内容を具体的に教えていただけないだろうか。

(回答：サーモンファーム・野呂) その年の海水馴致は、翌日、翌々日に時化<sup>しけ</sup>ると、あらかじめわかっているながら行われた。現場の担当者が、スケジュール通りに入れなければいけないと判断をして海水馴致を行った。結果として、海が時化で揉まれて、魚が網にすれて、失敗した。

(質問：瀬戸水研・今井) 中間養殖施設は、流水のかけ流し飼育か、それとも半循環飼育か？

(回答：サーモンファーム・野呂)：かけ流しである。循環はしていない。

(質問：水研本部・江連) さきほど、青森産と海外産で成長が違うとおっしゃったが、品種や系統が違うのか？デンマークと深浦サーモンの食味の違いはあるのか？

(回答：サーモンファーム・野呂) 青森産と海外産で餌のやり方によって成長が異なっているという印象である。青森産でも成長はするものの、大きくするには、加水(配合飼料に水を加え柔らかくすること)を加えるなどのテクニックを使う必要があることがわかった。青森産と海外産は、どちらも同じトラウトサーモンではあるが、魚の特性上、エサの吸収率が違うのだろうなと思っている。

デンマークと深浦サーモンの食味の違いは、深浦サーモンは年々、市場の評価が上がってきている。色味も上がっているうえ、脂ものってきている。

デンマークのものは、自社で20～30年ほど、種苗を選抜育種してきている。深浦にデンマークのものを持って来ることができればよいのだが、現状では農水省の許可が出ない状態である。持ってこられるならば、非常に良いと思っている。

### ③ホシガレイにおける閉鎖循環飼育の活用について

(水研機構・東北海区水産研究所 清水大輔)

(質問：日本水産・中山) スライド4に関して、寄生虫の駆除の話があったが、どういう寄生虫で、どこからの由来なのか？閉鎖循環内で寄生虫が出ると致命的ではないか？

(回答：東北水研・清水) 寄生虫はカリグスである。放流用の親魚の養成をしているので、多様性を保つために毎年、かなりの数の親魚を入れ替えている。天然のホ

シガレイを毎年導入するため、そのたびに、カリグスの駆除を行っている。毎年、夏場の水温が上がる前に、取る必要がある。一回取れば大丈夫なのだが、親魚にくっついて新しいのが次々と入ってくるため、なかなか全てを取り切ることができないというのが現状である。

(質問：日本水産・三星) ①ホシガレイはおそらく多回産卵の人工授精だと思う。総卵数は変わりなかったということだが、成熟率や放卵率などに違いがなかったのか？②緑色 LED に関して、形態異常の違いというのはなかったのか？

(回答：東北水研・清水) ①ホシガレイは冷水性の魚類である。閉鎖循環の親魚養成で少し問題だと思う点は、夏場に閉鎖循環でも 25℃を一週間ほど超えてしまうことがあることである。ホシガレイは 9 月ごろから成熟が始まるのだが、水温上昇の影響があるのか、閉鎖循環区のものには初回産卵が少し遅くなると考えている。ただし、卵質や、排卵個体率等の差はみられない。

②緑色 LED 光であるが、種苗生産時に導入すると、形態異常が出やすくなる。変態に関わる異常で、浮遊期に緑色 LED をあてると白化等の発生が非常に多くなる。そのため変態以降の中間育成、つまり稚魚になってから LED を導入している。

(質問：月刊アクアネット・池田) ホシガレイの発表に関して、閉鎖循環方式による親魚養成を 3 つの時期に分けて行っていると伺ったが、その節目節目に飼育水を全交換するという事だろうか？ そうであれば何故か？ また、「革新技術」に大量生産を組み合わせることでコストが大幅削減されることが示されたが、大量生産によるコスト削減効果は従来法でも得られるのではないか？

(回答：東北水研・清水) 今回は、4 ヶ月間の閉鎖循環を 3 回繰り返した。水や施設浄化槽はその都度、交換をしている。他の親魚養成を行っている機関、例えば岩手県の第 3 セクターは海水が十分に取れるところなので、完全閉鎖で親魚養成を行うことはあまり考えられていない。そのため、親魚養成には、半閉鎖循環や、今回のような 4 ヶ月でリセットするようなやり方が望ましいと考えて、今回はリセットするやり方で試験を行った。硝酸が増えるために水を換えたほうがよいことと、異体類であるため、水槽の底をきれいに掃除したいので、水槽ごとリセットをしたほうが簡便である。コストの話だが、実際には、規模を大きくした従来のやりかたもやっている。規模を大きくしてコストは半減し、100 円/尾ほどになるのだが、今回のやり方で、さらにコストカットができるということ。もともとホシガレイは種苗生産が困難で、数万尾ができれば ok のような世界であったが、今回の試験で、さらに大量に作れて、またコストも削減ができるようになった。

(コメント：東北水研・清水) 一つ付け加えると、ホシガレイ養殖については、極端な大規模化はあまり考えておらず、地域に行けば食べることができるといった、ブランド化のようなものを考えている。どこの都道府県の種苗生産機関も、現在苦しい状況にあると思っているが、ホシガレイ養殖が確立すれば、今後、種苗生産機関の出口の一つとして種苗供給の安定化につなげてもらえればよいと思う。ホシガレイの他にもキジハタ等の種苗生産技術開発も行っており、難しいかもしれない

が、放流用種苗を養殖用種苗として販売することができれば、種苗の確保問題の解決の一つに貢献ができるのではないかと考えている。

#### ④循環式陸上養殖の現状と課題・留意点について

(水研機構・瀬戸内海区水産研究所 森田哲男)

(質問は特になし)

(コメント：瀬戸水研・森田) 一言付け加えると、陸上養殖を行う際も、種苗が全然足りないという問題は懸念材料である。もう一つエサの問題もある。我々は陸上養殖では配合飼料を使っているが、配合飼料をまいてもそれほど大きく水の濁りは発生しない。ただし魚が糞をすると水が大きく濁ってしまうため、濁りが回復していない翌日エサをやることができないという状況となる。そうすると1日水がきれいになるまで待ってエサをやらないとならないため魚体の成長が鈍ることになる。そのため糞が濁らないエサの開発が必要ではないかと思う。欧米では技術開発が進んでいるが、日本でもやっていきたい。種苗を作ってくれる機関、エサに関心のある機関があれば一緒にぜひ技術開発をやっていききたいと思っているため声をかけていただければと思う。

#### 【意見交換会】

##### ①サーモン養殖について

(質問：兵庫県水産技術センター・増田) 資料2の質問1に関して、①サケ科魚類早期海水馴致の効果の質問だが、「早期」とは、時期的に早く海水馴致、という意味である。

(回答：瀬戸水研・今井) 過去の知見を見ると、スマルト変態前でも体重100gを越えているサイズであれば可能であるという回答ができる。陸上の閉鎖循環であれば、馴致を行うことによって海水順応性を促進させて、また、18℃を超える水温は危険であるため、それよりも下げて飼育をするという方法が良いと思われる。また水温が高くても希釈海水を使うなどのやり方もある。希釈海水なら必ずしも海水順応性が高くなくても良いため、希釈海水を使いつつ冷却を行うという方法もとれるのではないかと思う。

(司会・今井) 先週水産研究・教育機構がサツキマスの陸上養殖についてプレスリリースした。配布の【参考資料1】「国内初、立地条件を選ばないサツキマスの陸上養殖の達成！」について開発者の瀬戸内海区水産研究所 養殖生産グループ 今井智から紹介する。

(瀬戸水研・今井) このプレスリリースは、立地条件を選ばずに海面サーモン養殖用の種苗生産を可能とする技術開発が出来た。

海の近くで淡水飼育と海水飼育の双方を行えることから、近年、海面サーモン養殖が増えている西日本の海面の近くで新たな種苗生産地をつくることにも応用できる。また、(海面で飼育していたサーモンを) 内水面へ親として持ち込まなくても海の近くで継代飼育が可能となることから、各産地に求められる形質を持った系統の作出にすぐ利用できる。また、閉鎖循環を使用する観点から、疾病防除や周辺環境

へ配慮した持続的なサーモン養殖の実現に寄与する技術である。

(司会・今井) 資料2、質問6に関して、特に種苗の確保の観点からのコメントをいただきたい。

(全国養鱒振興協会・小堀) ここ数年、ニジマスの海面養殖が増加しており、種苗が足りないという状態になっている。水産庁の事業で拡大のための余地があるかどうか、調査を本年度から始めている。会員に対するアンケート調査を行って、遊休施設等を使って種苗を増産できるかどうか、調査をしたいと思っている。今までのニジマスの塩焼き用を中心としたレギュラーサイズのマーケットとは別な行き先ができるわけで、海面養殖であれば、これまでニジマスがそれほど流通・販売されていなかった西日本や、北三陸のほうに販路が拡大する可能性がある。飼育に良い条件があっても、売り先がなくて養鱒ができなかった地域が、例えば九州や東北などには結構あるのではないかと思い、調査に入ったところである。

ただし、海面養殖用の種苗生産は多くの課題を抱えている。海面養殖のニジマス用の種苗生産を内水面が担うことの難しさである。今求められているのは最終的な用途サイズが2kgアップであると考えると、500g程度の種苗を11~12月に海に入れる必要がある。そのようなサイズを生産できれば効率が良いが、11~12月というわずか2ヶ月しか売れないとなると問題である。これまでの販路を守りながら新しいものを加えていくということが、必ずしも増産にはならないと私は最初から思っていた。よほど生産計画をうまく組んで作らないと難しいのではないか。種苗生産に特化するような形もとることができると思うし、域内での分業をしながら、今までのマーケットを守りながら種苗生産を増産するという形もあると思うが、そういうことを総合的に考えても難しいと思う。ここ2年ほどは、国内での淡水でのニジマス生産がちょっと落ちて来ているが、これも一つの懸念が表出した結果だとは思う。このあたりは早く解決しないといけないと思っている。

(司会・今井) 【参考資料2】として「食品表示基準Q&A」の一部改正についての抜粋を配布している。今年3月1日付けの食品表示法では「主な養殖場」の原産地表示について、「養殖期間の最も長い所」と定めているが、海面サーモン養殖についての解釈を示したものであるので紹介する。

## ②陸上養殖について

(質問：全国養鱒振興協会・小堀) 資料2の質問13に関して、現在、1万t規模でサーモン陸上養殖がやられるという話が出てきているが、そうすると年間1万t以上のエサをやり、またウェット状態であれば1万t以上の糞が出ると予想される。その糞を、濾過して系外へ出した後の処理をどうすればよいか？海外に聞いてもはっきりとした答えは返ってこない。単純に産廃に出すといってもどれぐらいのコストとなるのかわからない。

(回答：瀬戸水研・森田) 欧米、特にアメリカでは、出てきた硝酸やゴミについて、野菜をもちいたアクアポニックスや肥料としての利用が行われているが、出てきたゴミを湿地帯に廃棄しているということも噂では聞いたりするため、現状では

特にごみ処理はそれほど進んではいないのではというのが個人的な感想である。国内は欧米諸国のように淡水魚の養殖事例は少なく海水魚養殖であることから、処理物に塩分が含まれており難しい部分もある。出てくるゴミの量が少ない場合、乾燥化して焼却もしくは可燃ごみとして処分するという方法もあろうが、1万t規模でのサーモン陸上養殖では、真剣に考えなければいけない問題であると思う。

産廃処理にはコストがかかるが、ゴミをケーキ状に固形化するのにも相当なコストを要する。ただし、素人考えではあるが、肥料として利用をすることに関しては、野菜づくり、土壌作りには、多少の塩分が求められることから、意外と海水が入っていても使う方法があるのではとも考えたりはする。とは言っても、ケーキ状にして廃棄するという考え方が主流であり、これには莫大なコストがかかる。国内の陸上養殖では大規模養殖の実績が少ないため、誰も処理の実績や知見を多くは持ち合わせていない。主流である小規模養殖では、ゴミも排水と一緒に流してしまえという考えが強いものの、今後大規模養殖が増えると想定されることから、廃水処理のノウハウを持っている下水分野などとも連携して処理の方法を研究していく必要があると強く思う。

（質問：三菱ケミカル・安田）コストに関して、陸上養殖は海上養殖に比べてもコスト面で負けてはいないという複数の論文を読んだ。海外だと排水規制が強く、排水処理コストが高いと言われている。海外に比べると、日本は排水規制に対する規制が緩いという印象を持っている。特に総量規制が設定されている場所は少ないし、希釈をすればいいやといった感覚が強く、また養殖の方法もかけ流しが主流であり、流してしまえば良いという感覚なのだろうか。この規制がないからコスト差があるのではないかと思っているのだが、いかがだろうか。

（回答：瀬戸水研・森田）海外の養殖で排水規制が関係あることは考えられる。欧米では、そこにコストをかけるぐらいなら、陸上で養殖を行うという感覚が浸透すると思う。もう一つは、日本に比べて、海外では養殖魚が高く評価されているということも関係があるのではないだろうか。日本では天然>養殖の感覚が一般に浸透しており、養殖魚は天然魚に比べて低い傾向にある。これが海外とは異なる点であろう。また、陸上養殖は、海面養殖では今までできなかった魚種を対象とした養殖を行うことが可能となることがメリットである。例えばキジハタは、中国では大変人気の魚種であるが、海面養殖での養殖実績はこれまでゼロであった。陸上養殖では可能性がある。

またコストのことを考えると、最終的には大型化・大量生産が、スケールメリットの面で優れていると思う。ただしなんでもかんでも大型化という発想は少し違うと感じられ、例えば、ハタ類などでは中型ぐらいの規模のほうが管理・飼育がしやすいということもある。また、無駄なところにお金をかけないという工夫も重要となる。さきほど発表でも発言をしたが、魚種や注水量によって、あれば便利だがなくても大丈夫的な機器があり、単なるシステムのコピペによるオーバースペックな設備投資を行わないことは、コスト削減の観点から重要ではないかと思う。

さらに、人件費の問題もコストの考えでは無視できず、欧米は日本と比べて人件費が高いという事実がある。そのため、欧米では機械化による人件費を削減したシステムが主流であるが、日本では人海戦術の方がコスト抑えられる場合もある。こ

のように、コスト試算の報告書はあるが、日本と欧米とは背景も全く違っており、そのまま当てはまるものではなく、それぞれのケースで算出していくことが重要であろうと考える。

(司会：今井)陸上養殖では電気代のランニングコストが問題とされるが、再生可能エネルギーの活用などエネルギー効率によって環境は大きく変わり得る。当機構が長崎県五島市で取組んだクエの陸上養殖の開発コンセプトは洋上風力発電の電力を水素の形で保管し、地元で活用するエネルギーの地産地消だった。このプロジェクトについて当時の研究代表者だった生研支援センターの渡部さんコメントがあればいただきたい。

(生研支援センター・渡部)：水研機構では、五島市でクエを対象とした陸上養殖の研究開発を行った。五島では洋上風力発電が行われているが、当初は、その電気を利用してエネルギー源としようとした。しかし再生可能エネルギーは現在、電気を使用するとなると電力料金が少し高くなるという課題があることや、電気事業法の関係から、余剰電力があったとしても、養殖業のほうにはすぐに使用できないというハードルが高い課題に直面した。

陸上養殖は現状ではまだまだイニシャルコストがかかることもあり、工場跡地や排熱といったエネルギー源の条件が整ったところであれば可能性があると思う。異業種が参入し、新しいコラボレーションが発生することによって、陸上養殖が産業として成立する。また離島などでは、再生可能エネルギーの使い方が変わって来ることも予想されるため、今後陸上養殖の可能性があると思う。

(以上)