

アナリストの眼

近年注目を浴びる閉鎖循環式陸上養殖

【ポイント】

1. 水産物需要が世界的に増加していることから、水産資源の持続可能性に警鐘が鳴らされており、その解決方法として養殖産業が注目されている。
2. 従来の養殖方法は環境負荷が大きく、持続可能な養殖技術の開発が急がれる。
3. こうした中、環境に配慮した養殖方法として閉鎖循環式陸上養殖 (RAS) が注目を集める。しかし同時にコスト面での課題も抱えている。
4. 日本では今後更に養殖業の拡大が進むと予想されるが、陸上養殖、特に RAS の普及においては金融機関及び機関投資家の協力がカギとなるだろう。

1. 世界的な水産物需要の増加

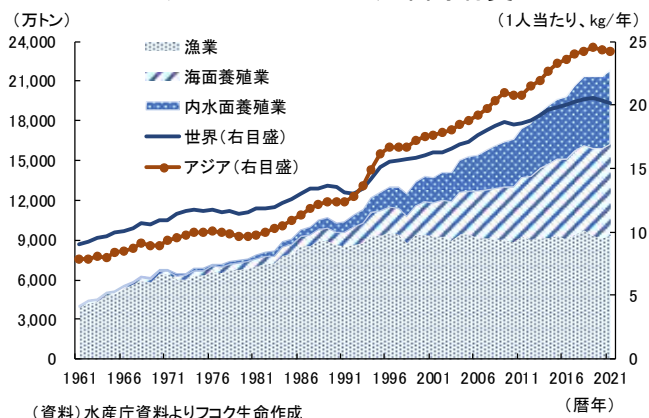
近年、先進国における健康志向の高まりや途上国の生活水準向上や食生活の欧米化、急激な人口増加などの影響で世界的に水産物の消費量が増加傾向にある。「令和5年度水産白書(水産庁)」(図表1)によれば、世界の1人当たりの水産物年間消費量は1961年の9.02kgから2021年には20.16kgと過去半世紀ほどで約2倍に増加し、足元においてもその傾向はいまだ継続している。地域別でみていくとアジア、特に中国、インドネシアでの消費

量増加が顕著であり、過去半世紀で前者は約10倍、後者は約4倍と爆発的な増加を遂げた。こうした需要の増加から水産物の生産量(漁獲量)も増加傾向にあり、1961年は4,062万トンであったが2021年には21,899万トンと大幅に増加した。これら需給双方の増加を背景に現在、水産資源の持続可能性についての議論が広がっている。国際連合食糧農業機関(FAO)が発刊した「The State of World Fisheries and Aquaculture 2024」では、1974年は90%の水産資源が持続可能なレベル(量)で漁獲されていたものの、近年の漁獲量の急増により2021年にはその水準は62%程度まで低下しているとし、水産資源の持続可能性に警鐘が鳴らされている。こうした状況を改善すべく、各国では養殖産業の拡大が進められており、徐々にその生産量を伸ばしている。しかし、現在は養殖にも多くの問題点があるとして従来の方法に対する見直しが求められ始めている。

2. 一般的な養殖方法とその問題点

水産物の養殖には大きく分けて海面養殖と陸上養殖の2種類が存在する。海面養殖とはその名の通り海を利用した養殖方法である。生産物によるが、一般的には卵～幼魚の間を陸上の施設で飼育し、ある程度の大きさとなってから、沿岸部などに用意した生け簀に移

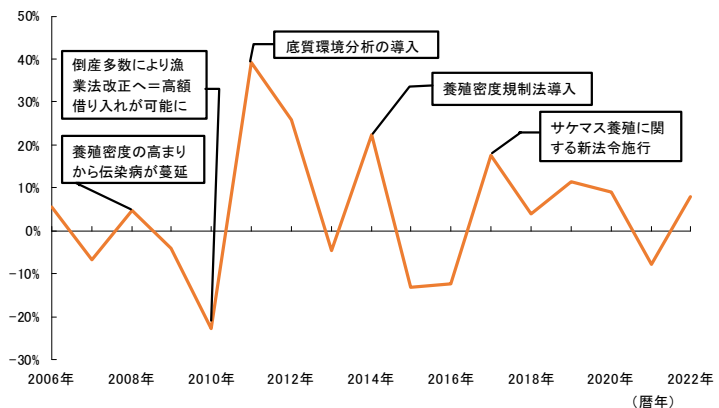
図表1. 世界の水産物“年間漁獲量推移”及び“1人当たり年間消費量”



動させ育てる方法である。他方、陸上養殖は海面養殖と違い、養殖の行程を陸上の施設で行うものである。代表的なものでは、掛け流し式養殖（川などの自然の水源から水を調達し、養殖層を経由したうえで再び外に放出する方法）、流水再生式養殖（水を部分的に再利用する方法で淡水魚、海水魚双方に用いられる）などが挙げられる。現在はこれらの方法が養殖産業の主流となっているが、海面・陸上両者において“外部環境を利用する”、“常時外部環境と接続している”という特徴から、ともに外部環境への影響が大きな問題として注目されている。餌や死骸、廃水、海水などが施設外へ漏れ出ることがあり、これらが赤潮や塩害などの水質・土壌汚染、生態系の破壊を引き起こしているという報告や、水源の枯渇が起きたなど様々な報告が各国で挙げられている。

例えば、サーモン養殖生産量世界 2 位を誇るチリでは、近年赤潮の頻発によりサーモンの大量死が起きている。最も被害の大きかった 2016 年は 2,300 万匹ほどのサーモンが窒息死したという。また、チリの南端部ではサーモン養殖場から漏れ出た餌やフンなどが海底に体積して一帯が富栄養化したことで酸素不足が発生し、底生生物が大量死したという事例も発生している。上記以外にも養殖槽からサーモンが脱走し、近海の生態系に影響が出ていると指摘する声もある。地球温暖化の影響も考え得るため、これらすべてがサーモン養殖の影響かは定かではないものの、チリ政府は養殖密度に関する規定や底質環境分析の導入など、養殖事業に対し様々な規制等を施行し始めている。図表 2 はチリにおけるサーモン養殖生産量の伸び率である。グラフの通り養殖生産が過熱する度に環境への影響が危惧され、規制等が導入されていることがわかる。足元でも新たな規制の協議・導入が進められており、今後もこうした潮流は続いていくものと予想される。

図表 2. チリにおけるサーモン養殖生産量（前年比）



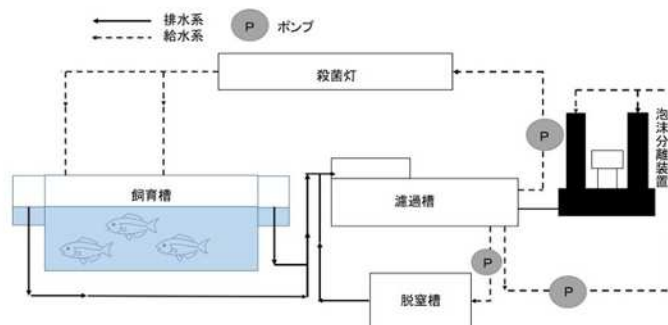
3. 注目を浴びる「閉鎖循環式陸上養殖」

各国が養殖産業に注力する中で様々な環境問題が指摘されている昨今、環境に配慮された養殖技術として注目を集めているのが「閉鎖循環式陸上養殖（RAS：Recirculating Aquaculture System、以下 RAS）」である。正確な発祥地や時期は不明だが凡そ 2000 年代頃から関連技術の研究開発が進み、2010 年代に入って以降北欧、北米を中心に様々なプロジェクトが立ち上げられ始めている。RAS が注目を集める最大の要因はその環境性能である。“閉鎖”とある通り外部とのつながりを断った閉鎖空間での養殖システムであるため、生産物が病気や水質汚染などといった外部の影響を受ける可能性が低位であり安定生産が可能となる。また、同じく名前にある“循環”は養殖で使用する水を外部に放出せず再利用することを指しており、従前の養殖方法と違い赤潮や生態系破壊などの環境問題を引き起こさないという特徴がある。

RAS の大まかなイメージは図表 3 の通りである。①飼育層から吸水②殺菌灯（赤外線）による殺菌処理③物理濾過、生物濾過などによる不純物除去④泡沫分離装置（細かい泡を用いた装置）での微細なゴミの除去⑤脱窒装置での硝酸塩除去、という流れで水を浄化し再度飼育層に流し再利用する。更に細かく見ていけば pH の調整や酸素の付与など、他にもいくつか行程があるが、大まかには上記のような行程を繰り返し行い、最大限に水を再

利用していくシステムである。スタート時は外部から水を調達するうえ、蒸発分などは適宜外部から吸水を行うものの、稼働後はほとんど外部との接触が遮断されているため生産物、環境両面を守ることができる。また、環境性能以外にも水質や水温、餌などの管理が可能であることから生産物の成長を早めることができ、ブロイラーのように高回転での生産が可能となるという利点などもある。

図表 3. 閉鎖循環式陸上養殖のイメージ



(出典) 水産庁公式ブログ2021年11月8日「山でサバ養殖！～温泉サバの陸上養殖～」より

環境への配慮がされており、生産効率の向上も見込める RAS だが、イニシャル、ランニングともに多額の費用がかかるという課題もある。RAS はイニシャルコストとして土地や各種設備機器などの巨額の投資が要求される。また、ランニングコストでは施設の電気代や高度人材（機器のメンテナンスから水質管理まで各プロフェッショナル）の人件費などで海面養殖と比べ RAS のほうが高額となることが一般的である。一方で、こうしたコスト面のデメリットを解消すべく RAS の低コスト化の研究も進められており、一般的に数千万～数億円かかるとされるコストをどこまで抑えられるか注目が集まっている。

4. 日本国内における RAS の展望と機関投資家に期待される役割

世界各地で RAS の導入が進む中、日本国内でも多くの企業がこの技術に参入し始めている。特に大手商社の内数社では RAS を利用した大規模なサーモン養殖プロジェクトを展開しており、その生産量目標は合計で 21,300 トンにも及ぶという。RAS はその高い環境性能と生産効率などから今後も普及が進むことが期待できるものの、導入には高額な投資が伴うため、国内でどの程度拡大していくかは未知数である。

例えば、水産庁は令和 14 年度までに食用魚介類の自給率を 94% まで引き上げることを目標に掲げているが、令和 5 年度時点での自給率は約 54% に留まっており、残りの 46% は輸入に依存している状況である。この目標を目指すにあたり、40% 分のギャップを今後は養殖業を中心に補っていくことになると思われるが、仮に生産量全体に対する RAS の比率を現状（3% 程度）のままとして目標達成を目指す場合でも、RAS に必要な投資額は 3,000 億円弱に及ぶと試算される。これだけでも巨額だが、昨今の環境保護への関心の高まりや企業の参入などの潮流を踏まえれば、RAS への投資は更に膨らんでいくと予想できよう。加えて、養殖業は投資から資金回収まで長期間を要する産業であるため、企業の自己資金だけで上記投資額を賄うのは困難であろう。ここに長期的かつ安定的な資金提供を行うことができる存在として機関投資家の役割があるのではないだろうか。また、資金提供以外にもプロジェクトのリスク評価やスキーム設計においても積極的に関与することで、RAS の拡大と養殖業の成長を後押しすることができるだろう。機関投資家にとっても、ESG 投資が注目される中で、RAS は環境保護と食料安定供給の双方で高い社会的意義を持つことから、投資対象としての魅力は十分にある。

国内で広がり始めた RAS 普及の潮流が今後どこまで拡大していくは未知数だと述べたが、我々生命保険会社のような長期投融資を得意とする機関投資家が積極的に関わるのがこの潮流の支えとなることは間違いないだろう。結びとはなるが、来る将来、RAS により生産された国産の魚介類が食卓に並ぶ日を楽しみに待ちたい。

(財務審査室 花井 楓真)