



電中研で養殖した大きなヒラメ

ヒラメやトラフグを山で栽培!?! 実用化を迎えた食のハイテク、陸上養殖

トラフグやヒラメを山の中で育てる——そんなスゴイ技術が実用段階にあるという。閉鎖循環式陸上養殖と呼ばれるものだ。室内のプールで魚を養殖する技術で、水温を管理することで魚の成長も早く、食べ残しのエサや魚のフン尿による汚染水を外部に出さないため、環境にも優しい。そのため資源の枯渇や海洋汚染の深刻化から、21世紀の漁業を担うと期待されている。また「海ナシ県」でも養殖が可能になるといふことで、自治体などでも関心が高く、異業種からの参入も相次いでいるという。そこで、注目される次世代型の養殖技術、陸上養殖の現状にスポットをあててみた。

海洋汚染の原因となる

海面養殖の現状

海の魚の養殖は、昭和初期に香川県でハマチ養殖に成功したことに始まる。海面養殖は、需要の高級化・多様化を背景に発展を続け、80年代前半まで順調に生産を伸ばしてきた。しかし、安い輸入魚介類の増加などもあり、その後は横バイとなつてい

る。海での養殖は、海面を網などで仕切つて行う「海面養殖」と、海辺の近くに養殖池を作つて海水を汲み上げて育てる「掛け流し式」の2つの方法が主流。なるべく自然に近い環境の方が育

てやすく、コストも安く済むからだ。

2000年の海面養殖業（掛け流しを含む）生産量は123万1000トン、生産額は5272億円（水産庁、漁業・養殖業生産統計年報）。沿岸漁業に占める割合は生産量で44%、生産額は48%に及ぶ。

魚種別に見るとブリ類が13万6800トン（養殖の割合は63・9%）でトップ。マダイ8万2000トン（84・5%）、ギンザケ1万3100トン（100%）、ヒラメ7100トン（48・3%）、フグ類4700トン（30・1%）と続く。

しかし近年、こうした養殖法



フグがウジャウジャいる状態。クスリを使わずとも病気もしない

に大きな問題が持ち上がった。環境汚染である。

養殖では早く大きく育てようとエサを過剰に与える傾向にある。すると、食べ残ったエサや魚のフン尿がゴミとなつて海底に堆積して富栄養化となり、赤潮等の海洋汚染の原因にもなっている。

養殖の現場では、生産効率を上げようと魚を過密に押し込むため、病気も多発。「海洋汚染」や過密養殖などによって、魚病の発生による養殖漁場の被害は年間200億円以上（水産庁）という。

そのため養殖場では、病気予防のために、魚に様々なクスリ

や抗生物質を与えているのが現状だ。こうしたクスリに関して水産庁栽培養殖課では「適切に使っていけば、問題はない」というが、クスリ漬けの養殖魚とは、あまり気持ちのいい話ではない。

また、トラフグなど一部の魚類は、寄生虫を駆除するために劇薬のクロロホルムで消毒を行い、薬剤をそのまま海へ流していた。これについては真珠の母貝となるアコヤガイの大量死との因果関係が指摘されるなど、国会で取り上げられたこともある。

水産庁ではこれまで、クロロホルムの使用禁止を何度も通達してきたし、安全な代替薬品も



現在主流の入り江に設けられたヒラメの掛け流し式養殖場



日よけ用ネットはあるが、室外に設置された養殖池

開発されている。だが、工業製品のクロロホルムと比べてコストが高く、なかなか浸透していないのが現状。昨年も熊本県で逮捕者まで出ている。

こうした養殖業の現状に危機感を抱いた水産庁では、97年に「持続的養殖生産確保法」を施行。養殖漁場の改善を促すため、漁場改善計画の作成と、それに対して知事の認定を受けるよう指導している。いわばマル適マールクのようなもので、環境に配慮した適切な養殖施設であることを認定するものだ。

また、養殖に適した波の静かな沿岸域も少なく、海面養殖のこれ以上の拡張は難しい現実もある。

わが国で陸上養殖の研究が始まったのは86年

こうした問題を解決する切り札として期待されているのが、閉鎖循環式の陸上養殖。室内のプール式の水槽で、バクテリアやオゾンを使って水を浄化しながら繰り返し使い、長期間替えることなく魚を育てるシステム。外部からの魚病や寄生虫の侵入を防ぐことができるため、抗生物質等を使わずに、高密度の養殖が可能になる。いわば魚のハウス栽培だ。

従来、陸上養殖は海面養殖と比べて、土地代・初期投資・ラニングコストが高くつくため採算が取れないといわれてきたが、水質浄化技術の向上や自動化・省力化による大幅な採算の改善がみられ、実用化競争が加熱している。

とはいえ、コストが高いのは事実。そのため、陸上養殖されているのはヒラメやトラフグ、車エビなど付加価値の高い高級魚が中心。回遊魚は密集養殖するのは難しく、現在は行われていない。

この陸上養殖システムの特徴は、汚染水を排出しないため

環境にやさしい 水質管理の徹底で病気の発生を防ぐため、クスリを使わない安全・安心な魚が生産できる 水温の調整で、冬場や夏場でも食欲が落ちずに成長が早い 赤潮など自然環境に左右されずに安定経営ができる 人工海水を使えば場所を選ばず、山の中でも養殖が可能 陸上施設のため魚の



マリノフォーラムのトラフグ養殖施設。室内にあり外気と遮断してある



養殖イケスはシートで覆われ、フグをリラックスさせる穏やかな音楽が流れる

同社の鷺山社長。
夢は大きく「マグロの陸上養殖」

海沿いの田んぼに建てられたアトラスジャパンの実験施設



管理がしやすい システムの自動化で、養殖の熟練者以外の高齢者などの雇用対策にも有効などである。

また、商業ベースで陸上養殖を展開しているところはないが、実証試験は各地で進められ、実用化まで、あと一歩の段階までできているという。

陸上養殖の技術は、日本より

欧米が進んでいるといわれるが、日本の草分けは、千葉県我孫子市にある電力中央研究所・我孫子研究所だ。電中研は電気事業の総合研究機関として51年に設立されたもので、発電・送電から環境問題・バイオ・農業・漁業にいたるまで、幅広い研究を行っている。

電中研が陸上養殖の研究を始めたのは86年。電気の新しい需要開拓を進める中で、野菜のハウス栽培を研究していた経緯があり、養殖に着目したものの。「発電所のある地域の振興策のひとつとして研究を始めた」（我孫子研究所応用生物部・菊池弘太郎 席研究員）。

当時、稚魚が大量に手に入るのはタイとヒラメに限られたこともあり、ヒラメで研究を開始。実験水槽を造り、魚の生態から育成環境、エサに至るまで様々な基礎研究を重ね、「現在ではヒラメやフグ、オニオコゼなども陸上養殖できる技術を確立している」。電中研は収益事業を行わないため、研究成果は協力会社の（株）環境リサーチを通じて、陸上養殖施設的设计・施工・販売などを行っている。

ヒラメの場合、わずか2割の

稚魚を11カ月で720グラムまで育成可能で、「海面養殖と比べて1〜2カ月は成長が早い」という。これは、季節ごとに魚の育成に最適な水温に管理することで温度管理がしやすい」というメリットもある。

養殖した魚の味については、（財）日本食品分析センターにパネルテストを依頼をしており、「天然魚と比べて味は変わらない」という報告を受けています。

ただ、課題はコスト。「ヒラメを1キログラム育てる費用は、閉鎖循環式だと種苗（稚魚）代とエサ、電気代を合わせて1173円かかる。だが掛け流しだと約980円ですむ」という。海面養殖や掛け流しと比べて設備投資や、水温管理のための電気代がかさむためだが、「食肉表示の問題などもあり、消費者は安全な食品に関心が高い。陸上養殖で育てた魚はクスリなど使っていない氏素性がハッキリした、安全・安心な魚。この点を消費者にうまくPRできれば、多少の価格差はクリアできるので」と見込む。



アトラスの育てたトラフグ。丸々と太っておいしそう

安心・安全な魚を育てる
魚の「有機栽培」

神奈川県横浜市のアトラスジャパンは、94年から小規模のプラントで実験を開始。99年には千葉県白子に実証プラントを建設して研究を重ねてきた。7・2×18^{cm}のビニールハウス3棟に、それぞれ直径6^{cm}の円形の生簀（水量30^ℓ）を2つずつ、計6基設置。トラフグとヒラメの養殖を行い、「昨年春、システムが完成し、すでに兵庫県でプラント販売の実績もあります」と鷺山一郎社長はいう。

趣味のダイビングと釣りので、獲ってきた魚を生簀で飼ううちに、「本格的な養殖ができるんじ

アトラスジャパンによる陸上養殖の事業収支予想
(ヒラメの場合)

売上	1500匹 × 0.8 ^{キロ} × 2300円	2760,000円
経費明細	稚魚代金 1800匹 × 130円	234,000円
	エサ代 1500匹 × 0.8 ^{キロ} × 増肉係数0.9 × 300円 / ^{キロ}	324,000円
	電気料金 10円 × 1 k w	350,000円
	その他 p hミネラル、パチルス菌他	150,000円
合計		1,058,000円
利益	売上 - 経費 (利益率61%)	1,702,000円

飼育水槽：直径6^{メートル} × 深さ1^{メートル} × 1基 稚魚：1800匹 歩留まり85%
飼育期間：約12か月 出荷成魚：1500匹 平均体重：0.8^{キロ} 電源：200v

やないか」と92年に会社を設立。水の浄化装置やエサの研究、機械設備の開発まですべてを自分でこなしてきた。

現在、ヒラメとトラフグを合わせて9000匹ほど養殖しており、「ヒラメは5〜6^{キロ}の稚魚が1年で4^{キロ}、トラフグは1年半で1^{キロ}の出荷サイズに成長している」。育てた魚はすべて、自社で経営する料理屋3店舗で格安で提供している。

同社は、水処理技術と魚の免疫力を高めることにこだわり、「魚にストレスを感じさせずにスクスク育て、クスリを飲ませなくとも健康に育てるのが基本。いわば安心して食べられる有機栽培のヒラメとトラフグ」と鷺山社長。「魚を本来の自然な形で育てるために、養殖のフグには身に黒いスジが入り嫌われるが、ウチではこれがない。また、養殖フグは白子が入らないが、当社には大きなものが入っている」とも。

アトラスジャパンでは陸上養殖システムを1基約2000万円で購入している。「他に建屋が1800〜2000万円かかるが、ヒラメの掛け流しでは魚の歩留まりは7割、フグはヘタをすると5割を切るほど低いが、ウチでは9割近いため利益率は61%と極めて高く、数年のうちには回収できるよう工夫している」と自信をのぞかせる。

「日本の沿岸漁業は資源の枯渇や赤潮、また養殖は病気の発生など厳しい現状がある。収入も不安定で、高齢化と後継者難もあるが、閉鎖循環式の陸上養殖システムなら、こうした難問をクリアでき、新しい産業をつく

ることができる」と意気込む。「森のヒラメ」を特産品に育て山里の活性化を目指す

陸上養殖技術は、山の中でも海の魚の育成を可能にした。大分県の上津江村では、平成10年に陸上養殖施設を建設。ヒラメの養殖に取り組んでいる。上津江村は大分県の最西南端、阿蘇山に近い山の中にある、人口1300人の大分が一番小さな山里だ。日田杉の産地として知られ、林業が村の主要産業。

「木材不況が続く、林業労働者の高齢化や後継者不足もあり、たいへん厳しい。産業誘致などにも取り組んできたが、平地が少ないこともあり難しく、村の新たな特産品づくりや雇用の機会として、養殖に取り組んでいる」(上津江村農林課・田辺慎一郎)。大分県は海でのヒラメの養殖は全国2位の規模を誇るが、山の中での養殖は、全国でも初めての試み。

村では県の補助金など総事業費3000万円をかけ、有休田を利用して施設を建設。大阪にある陸上養殖システム会社、バイコムと提携して設備やノウハウの提供を受け、30×12^{メートル}のハ

ウスの中に直径6^{メートル}の水槽4基のシステムを設置。99年にヒラメの稚魚5000匹を投入して実験を開始した。

ひとつの水槽で最大約1400匹のヒラメを養殖しており、「水槽の中にヒラメがうじゃう



村の小学校では「森のヒラメ」の唐揚げもメニューに



鈍そうなヒラメだが、エサの時には水面を大ジャンプ。上津江村の施設での1コマ

エサはオキアミ主体。エビの管理は軽作業のため女性でも大丈夫

ビニールハウス内に設置された平戸市南部車エビ生産組合の養殖施設



「じゃいる状態」というが、生存率は8割をクリアしている。00年の11月からは、育てた魚を村民や村内の飲食店へ向け販売も開始。「まだ規模が小さく量も少ないけれど、天然魚に近い甘みと、コリコリ感もあり、お歳暮用などにたいへん好評で

した」。

実験段階のため、「とても採算ベースにはのらない」というが、問題は魚価の低迷。「韓国や中国から、養殖物のヒラメが大量に輸入され、4年前と比べて1^キ当り1000円近く価格が下がっている」という。また、水は地下水を利用して、人口海水を造っており、「塩代が40万円近くかかる」こともコストの圧迫要因。

上津江村では01年度で実験を終了し、03年度から本格的な事業化へ向けた拡張計画を予定。収支を考え、最低でも16〜20基体制への増設を計画している。拡張後は管理運営を企業化し、「森のヒラメ」ブランドとして、特産品づくりに励む。

音楽や光でストレス除き
魚をスクスク育てる工夫も

水産庁でも、環境保護や養殖業の振興、食料問題への貢献を目指して、陸上養殖技術の開発に力を入れ始めた。98年に同庁の認可団体、(社)マリノフォーラム21に委託して、5年間の研究プロジェクトをスタートした。

マリノフォーラムは漁場の整

備開発と、つくり育てる漁業に関する新技術の開発を行うため、産学官共同の研究機関として86年に設立された組織。民間企業131社に大学、自治体など合計238会員が参画している。

国内外の調査研究を行う一方、長崎県松浦でトラフグ、島原市ではヒラメの陸上養殖実験を行っている。「トラフグは密集飼育すると、前を泳いでいる仲間の尾を噛み切る習性がある。そのため、一般的に養殖ではトラフグの歯を切り取っている。松浦の施設では、光や音、水流に工夫して、魚にとって快適なゆらぎ空間をつくり、ストレスを取り除くことで、歯切りをしなくてもすむように技術開発した」(マリノフォーラム21開発部・三浦宏次長)。施設内には、ゆったりとした音楽が流れ、トラフグたちも気持ちよさそうに泳いでいる。

マリノフォーラムの研究事業に参画しているヤンマーディーゼルのマリノファーム(大分県東国東郡)では、ブリの飼育やヒラメの採卵技術を研究。養殖魚は天然魚に比べて、味が一段劣る、というのが定説だ。魚は



飼育槽内の車エビ。底に敷かれた砂がエサの食べ残しやフンを吸着する

体長13センチ、体重20グラムに育った出荷前のエビ。わずか6か月で育つ

潮の流れに逆らって泳いでいるが、養殖魚は狭い生簀で運動不足になる上、エサは豊富で肥満になる。つまり脂肪太りになるわけ。その脂肪の匂いが味に影響するといわれる。そこで同社では、ブリがエサを食べた後、水槽の中に強い水流をつくり、

「魚を強制的に運動させ、アスリートのような引き締まったカラダをつくる」研究をしている。

飼育は高齢者や素人でもOK
活車エビも、年中出荷可能に

長崎県平戸市にある平戸市南部車エビ生産組合では、昨年の3月から車エビの陸上養殖に取り組んでいる。長崎県と市の補助金を受け、養殖ノウハウを持つ(株)日本陸上養殖総合研究所と提携して、2600万円を投じて最大5万匹の車エビを養殖できる施設を整備した。施設は海岸近くの休耕田に建設。水

は海水をポンプでくみ上げて利用している。

ヒラメなどの養殖プールと違って、太さ55^{センチ}×長さ3・5^{メートル}のポリエチレンパイプを加工した特殊な飼育管を利用。合計72基の飼育管を設置した。

ケイ藻を含んだ土を固めた人工砂に、エビの排泄物を吸着させ、海水をバクテリアで濾過しながら循環利用する。海水は週に1度入れ換えるだけでOK。余った水は浄化処理してあるため排水溝に捨てることができ

る。車エビは養殖の割合が59^{パーセント}を

陸上養殖を手がける主な研究機関・企業

(財)電力中央研究所・我孫子研究所 千葉県我孫子市我孫子1646
tel:0471-82-1181 群馬県の赤城試験センターでヒラメ・トラフグ・オニコゼ

環境リサーチ 千代田区神田小川町1-6-1 tel:03-5298-3233 電中研の協力会社。赤城センターでトラフグ

(社)マリノフォーラム21 台東区台東4-8-7 tel:03-3837-5212 産官学共同の研究機関。長崎県松浦でトラフグ、島原市でヒラメ

ジャパンアクアテック 長崎県北松浦郡小佐々町黒石免339-41

tel:0956-68-2977 マリノに参画、トラフグを研究
ヤンマーディーゼル マリンファーム大分県東国東郡武蔵町大字糸原 tel:09786-8-0766 マリノに参画、ブリを研究

アトラスジャパン 横浜市中区相生町4-69-1 tel:045-228-0807 千葉県白子でヒラメ・トラフグ・タイ・エビ他。魚は自社の飲食店で消費

大分県上津江村 大分県日田郡上津江村大字川原2710 tel:0973-55-2011 山中で人工海水を利用してヒラメを養殖。03年より拡張し事業化予定

バイコム 大阪府豊中市新千里東町1-4-2 tel:06-4863-7500 陸上養殖のコンサル会社。上津江村と提携。ヒラメ・トラフグ・オコゼ・エビ

電子物性総合研究所 岐阜県加茂郡富加町羽生2146-2 tel:0574-54-2363 電子物性技術を活用し水を浄化、ヒラメ・アコヤ貝など実験中

平戸南部車エビ生産組合 長崎県平戸市大佐志町107-1 tel:0950-27-0868 昨年からは車エビを陸上養殖し、すでに出荷を開始

松下電工 陸上養殖工学研究所大阪府門真市大字門真1048 tel:06-6900-8802 「生物系特定産業技術研究推進機構」の出資を受け、昨年2月に研究所を設立。門真、滋賀県の近江フィッシュファーム、富山の近畿大水産研究所との共同実験などでヒラメ・トラフグ・オコゼを研究中

占め、いまや天然物を凌ぐほど。従来は海辺に設置した屋外の池で養殖されていたが、ハウス内を温度調節し、車エビの適温とされる17〜30度に維持することで成長が早くなった。体長1^{センチ}足らずの稚エビが、半年で15^{センチ}、20^{センチ}の立派な出荷サイズに成長する。これまで車エビ養殖の収穫は年1回だったが、稚エビを年2回入れ換え、出荷調整することで、「いつでも出荷できる」とが大きなメリット(同組合事務局・宮本利男)という。

養殖の管理作業は、昼間の1時間程度。給餌とエビの健康チェックという軽作業のため高齢者や専門知識のない人でもできるそうだ。

また、ランニングコストは、「電気代とエサ代で月に15万円ほど」と安く済む。ただし「昨年の売り上げは800万円ほどしかなく、初年度は赤字」。

これまで車エビ養殖では、エサやフン尿などを取り除くため、水を抜いて養殖池を消毒して干す、池干し作業が必要だったが、水質を清潔に保つ陸上養殖ではそれも必要ない。「従来の車エビ養殖は3年に1度くらいの頻度で病気が発生して全滅

していたが、室内で管理の行き届いた飼育をすることで、歩留まりも50^{パーセント}前後だったものを、96^{パーセント}まで高めることに成功した」という。

出荷は、発泡スチロールケースにおがくずを敷き、その中に活エビを入れて東京や関西まで「活きたまま届ける」。値段は20匹入りで5000円(送料込み)。「まだ量が少ないので市場には出さず、契約している料理屋や個人のお客様に直送している。海外から安い冷凍エビが大量に輸入されているが、活エビは味が違う、と好評です」と宮本さん。今後は「平戸車エビ」のブランドで、全国展開を目指す。

現在、日本の魚介類自給率は6割を割り込んでいる。漁業資源の枯渇や漁業労働者の高齢化、若者の漁業離れに歯止めはかからず、今後、どうしても養殖魚のウエイトは高くならざるを得ない。本格的な陸上養殖の普及には、技術やコストなど解決しなければならぬ課題もあるが、21世紀の日本の食を支える切り札として、陸上養殖にかかる期待は大きい、といえそう