特定技能２号

漁業技能測定試験（養殖業）学習用テキスト

（一般・安全関係）

全国漁業協同組合連合会

一般社団法人大日本水産会

（初版2024年1月）

【目次】

１．総論 1
（１）「養殖」とは 1
（２）養殖の制度 2
（３）無給餌養殖 2
（４）給餌養殖 3
（５）日本の養殖生産量の動向 4
２．養殖の技術 8
（１）種苗 8
（２）養殖技術の基礎 9
（３）養殖施設の構成と材料 11
３．海洋環境と海の生態系 14
（１）海洋・海流 14
（２）水塊・潮境 15
（３）潮汐・潮流・波浪 15
（４）水棲生物 16
（４）生態系と食物連鎖 17
（５）海の生物生産力 19
４．養殖環境とその保全 21
（１）海の汚れ 21
（２）富栄養化と赤潮 22
（３）貧栄養化 23
（４）養殖環境の観察 23
（４）養殖環境の保全 25

５．荒天・災害に対する注意 26
（１）荒天時の注意 26
（２）災害への対応 26
６．漁業基礎知識 28
（１）基礎 28
（２）安全 28
（３）ロープの結び方 30
７．気象・海象の基礎知識 34
（１）天気の基礎知識 34
（２）気象予測 35
８．漁村社会と漁業協同組合 36
（１）漁村の社会・文化と多面的機能 36
（２）漁業協同組合 37
９．持続可能な養殖業の実現に向けて 39

１．総論

（１）「養殖」とは

人の食料（食べ物）として水産物は、とても大切なものです。水産物をいつまでも利用するためには、海を大切にし、とり過ぎないようにしなければなりません。しかし、人の数が多くなり、水産物を食べる量が増えたので、水産資源は少なくなってきています。また、経済成長により豊かになるとおいしい魚介類を食べたい人が増えますが、天然の魚介類は生産力が限られています。

一方で、養殖技術が向上したため、今までの「とる漁業」に加えて「養殖業」が盛んになってきました。「養殖業」とは、人の手で管理できる施設（飼育施設）を作り、その施設に、養殖用の種苗を入れて、「餌やり、飼育数の調整、網交換や池掃除、生簀や筏の移動、海中に下げる深さの選択」などの工夫により、人の手で良い環境を作り、種苗を健康に成長させ、商品サイズにする方法のことです。

図１　養殖業のイメージ

最近では、新しい養殖方法や、今までやっていなかった魚、貝、藻類などの養殖も増えています。

また、養殖と同じやり方で、価格調整のためや、太らせるため、あるいは貝毒が無くなるまでの間など、数日から数カ月の飼育を行うものは、「蓄養」と呼びます。

（２）養殖の制度

日本では、漁業法に基づく漁業権制度によって漁業や養殖業が適切に営まれるよう管理されています。漁業権制度とは、都道府県知事の免許を受けて、一定の水面において他の人に邪魔されずに特定の漁業を営む権利を取得する制度です。

漁業権は、①共同漁業権（採貝採藻など）、②区画漁業権（真珠養殖、藻類養殖や魚類小割式養殖など）及び③定置漁業権（大型定置など）の３種類に大別されます。都道府県知事は、海面の総合的な利用を行うための漁場利用計画を策定し、海面に漁業権を設定します。養殖業を営むためには、漁場利用計画に基づいて設定された区画漁業権（養殖を行う権利）の免許を得る必要があります。つまり、養殖は、漁場利用計画に基づいて区画漁業権が設定された場所で、その免許を受けた人しか行えません。養殖を営みたい希望者が勝手に、自分のしたいところで、養殖することはできないのです。

現在、区画漁業権は漁場を適切かつ有効に活用している漁業者について優先して免許されることになっています。養殖する人は、国の法律に沿って、適切かつ有効に養殖を行わなければならず、安全・安心な商品を作ることを心がけなければなりません。

（３）無給餌養殖

無給餌養殖とは、人が餌を直接与えないで、天然の水の中の栄養塩や餌を利用して養殖する方法です。日本における主な養殖の方式は、以下のとおりです。

●垂下式養殖

養殖する生物をロープにつけて吊るし、あるいは網などに入れて水の中で育てる養殖方法です。主にマガキ、ホタテガイ、ノリ、ワカメ、コンブなどが養殖されています。

図２　垂下式養殖（左：筏式/カキ、右：延縄式/コンブ）

資料：農林水産省漁業種類イラスト集

（４）給餌養殖

給餌養殖とは、池や生簀の中の魚やエビなどに餌を与えて養殖する方法です。

●網生簀養殖（小割養殖）

水面を網で区切って魚を養殖する方法で、最も標準的な養殖方法として広く普及しています。主にブリ・カンパチ、マダイ、トラフグ、シマアジ、マグロ、コイなど、水中を泳ぎ回る

図３　小割養殖

資料：農林水産省漁業種類イラスト集

魚類を対象として養殖されます。

●陸上養殖

人が作った陸上の池で魚を養殖する方法です。主にクルマエビ、ヒラメ、ウナギ、マス類（ニジマスなど）などが養殖されています。

図４　陸上養殖（左：ウナギ養殖、右：マス類養殖）

資料：農林水産省漁業種類イラスト集

（５）日本の養殖生産量の動向

日本の漁業総生産量は1980年代にピークを迎え、生産量1,200万ｔ以上、生産額2.8～2.9兆円に達しました（図５）。しかし、その後はマイワシ漁獲量の急減とともに大きく減少し、生産量約421万ｔ（2021年）で約１／３、生産額1兆3442億円（2020年）で約１／２に減少しています。

一方、養殖生産量はピーク時には131万ｔで、2021年は94万ｔと若干減少しました。しかし、漁業と比べれば比較的安定しており、漁業総生産量の約１／４を占めています。また、養殖生産金額は、2020年で4,559億円と漁業総生産金額の１／３以上を占めており、漁業の中で重要な産業となっています。

図５　日本の漁業生産量（上）・漁業生産額（下）の推移

資料：漁業養殖業生産統計、漁業産出額

養殖種類別生産量でみると、魚類が約28％、貝類が約35％、海藻類が約36％の割合となっています（図６）。

主要魚種別収獲量は、魚類養殖ではブリ類、マダイが主体で、最近ではクロマグロ、ギンザケも多くなっています（図７）。また、貝類ではカキ、ホタテガイ、海藻類ではノリ、ワカメ、コンブが多く、モズクも養殖されています。

図６　日本の養殖種類別生産量の割合

資料：漁業養殖業生産統計

図７　日本における主要品目別養殖生産量の割合

資料：漁業養殖業生産統計

２．養殖の技術

（１）種苗

養殖の種苗は、水中に生活している魚や貝を親にして水槽で産卵させたものや、自然の水中で産卵したものを利用しています。このため、水中に産卵する魚や貝が豊かであるように守っていくことが大切です。特に、漁業により獲りすぎないように、注意しなければなりません。このことを「資源を管理する」と言い、管理を続けることにより、丈夫な種苗を末永く、安定して手に入れることができます。「養殖業」を行うためには、丈夫な種苗を安定的に確保することが必要です。

種苗とは、魚や貝など生物の養殖施設で飼育可能となった子供のことです。種苗の中には、天然種苗と人工種苗があります。

①天然種苗

天然の魚や貝の子供は決まった時期に決まった場所に集まる性質があって、まとまった数を捕獲できる種では、それを捕獲して養殖用種苗として利用されます。ホタテガイ・マガキ・ブリ・マグロ・ウナギ・アユなど海や川、湖で産まれたものがあります。天然資源の採集には、それぞれの種や地域ごとに、獲る時期、方法、場所に許可が必要なものがあります。

②人工種苗

水槽や生簀などの中でその生物の卵に精子をかけ、卵を受精させて、その子供を養殖業者が飼育できるサイズの種苗として育てたものです。人の力で作る技術がある生物であって、天然種苗を獲りにくい場合や、天然よりも成長が良かったり

値段が安いなどの長所がある場合に、使われます。以下は人工種苗で育てる魚介類の一例です。

・海の魚：マダイ・ヒラメ・ブリ・マグロ・トラフグなど
・川・湖の魚：アユ・サケ・コイ・ナマズなど
・海老・蟹の仲間：クルマエビ・ガザミなど
・貝の仲間：マガキ・アワビ・真珠など
・海藻：ノリ・ワカメ・コンブなど
・その他：ウニ・ナマコなど

※ブリやマグロは、天然種苗も使われていますが、近年、人工種苗の使用も増えてきました。

（２）養殖技術の基礎

①種苗の育成

生まれたばかりの魚や貝は、極めて小さくて弱く、敵から逃げる力も、餌を食べる力も、消化する力もわずかしかありません。そのため、卵・稚魚・稚貝の時に、ほとんどが食べられたり、食べるものが無くて死んだりします。成長するにつれて、魚では泳ぐ力が強くなり、貝では貝殻が硬く大きくなるので、死ぬ割合が低くなります。

そこで人工種苗の場合には、陸上水槽にろ過した海水を入れて温度を調節し、成長に合わせて適度な大きさの消化の良い餌を十分に与えて種苗に育てます。そのために必要な施設は養殖とは異なるため、専門の技術者がいる漁業協同組合や種苗生産業者が行います。

②良好な環境の維持

養殖では、種苗を手に入れて世話をして大きくします。養殖の対象とする生物は、世話をして大きくなれば強くなりますが、どんなに大きくなっても水質等の飼育環境が悪くなったり、病気が発生すると死んでしまいます。そうした問題が起こらないように良好な環境を維持し、病気の個体が出ないように注意することが養殖を安定的に行うことにつながります。そのために必要なことは以下の3点であり、このことが養殖技術の基礎になります。

●酸素の豊富な清潔な水を循環させること

生簀網の交換や池の掃除を適切に行って良い飼育環境を保ち、酸素の豊富な清潔な水を循環させることが大切です。新鮮な水を入れるためには、生簀網等に付着物が付かないようにすることも大事です。

●適切な飼育密度で養殖すること

飼育環境を維持するためには、種苗を過密に入れないように注意することも大事です。はじめは種苗が小さいので、飼育施設（篭・水槽・生簀など）の中に数を多く入れます。しかし、魚や貝などの成長に合わせて、飼育施設（篭・水槽・生簀など）の中の数を徐々に少なくする管理も大事です。

一般に養殖では、飼育施設（篭・水槽・生簀など）に最初に収容する数を100％とすると、2-3年後に水揚げする数は、80％以上を残す計画で生産しています。

●質の良い餌を適切な量与えること

養殖では、対象生物の成長度合いに応じた品質が良い餌を適当な間隔で必要な量を与えることが重要です。餌の与えすぎは生物の健康を害したり、飼育環境の悪化を招きます。過密養殖を避け、栄養豊富な餌が全体に満遍なく行き渡るようにすることが、出荷まで病気にかかることなく健康に育てるために必要なことです。

（３）養殖施設の構成と材料

①養殖施設の構成

貝類や海藻類を対象とした養殖は垂下式で行われ、ロープ、浮子玉、筏、アンカーなどで構成された施設を使用します（図８）。波の穏やかな海域では筏式を、比較的波の荒い海域では延縄式の施設が使用されることが多いです。

図８　垂下式養殖施設の構成例

資料：地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所HPより引用

また、魚類養殖では、①生簀枠を係留する側張、②側張をアンカーにつなぐサルコロープ、サルコ台、アンカーロープ、③アンカー（方塊と呼ばれるコンクリートブロックを使用することが多い）、④生簀枠、生簀網、生簀底枠、フロートなどで構成された施設を使用しています（図９）。従来は10 m ×10 m ×10 m 前後の小割式生簀が主体でしたが、近年は浮力があって波に強い大型の円形生簀枠や浮沈式の生簀枠が使用されることも多くなっています。

図９　魚類養殖施設の構成例（大型円形生簀の例）
資料：養殖ブリのページより引用・改変

②生簀網・枠・ロープなどの材質・構造

ロープは水中での劣化に強い化学合成繊維を材質としたものが使用されています。養殖施設を設置する漁場の水深、潮流速度などを測定して十分な強度を確保できるよう考慮して設計し、使用するロープの材質や太さを決定します。

生簀枠の材質・構造を見ると、小割式では鋼管製トラス構造（複数の三角形による骨組構造）が多く使用されています（図１０）。また、フロート式は枠を用いずフロートのみで生簀網を吊り下げる方式ですが、耐久性は高い反面、形状保持に難があるため、潮の流れが穏やかな海域で使用されています。また、円形大型生簀では、ポリエチレン製のパイプで円形枠を形成しており、枠自体に浮力がある構造となっています。

生簀網の素材は、網交換しやすく防汚剤に漬け込み可能な化繊網が広く普及しています。また、形状保持性が高く荒天時などでも曳航して避難可能な金網、網成りの変化が化繊網に比べて小さく魚にストレスを与えない亀甲網などがあります。

図１０　生簀枠・網の構造の例

３．海洋環境と海の生態系

（１）海洋・海流

海洋は地球表面積の71％を占め、南半球に多く広がっています。海洋は、沿岸域（陸地の延長とみなされる大陸棚縁辺の水深200ｍ未満）と外洋域または深海域（水深200ｍ以上）に大別されます。沿岸域は、潮間帯（大潮時の最高高潮面から最低低潮面までの範囲）、汽水域（陸水の影響で塩分が低い範囲）、浅海域（水深50ｍ程度までの範囲）などに細分されます。

海流は、ほぼ一定の場所をほぼ一定の強さで長時間流れる海水の流れのことです。日本周辺の海域には図１１に示すように南から暖流の黒潮、対馬海流、北から寒流の親潮とリマン海流の4つの海流が流れています。黒潮は流れが速く比較的プランクトンの量が少ないため透明度が高いことが特徴です。黒潮の一部は沖縄の北で分かれて対馬海流となり日本海へ入って北上します。一方、ロシアのカムチャツカ半島付近から北海道の南東岸の沿海を経て、さらに三陸沖を南下する流れが「親潮」です。この海流は養分が多くプランクトンが大量繁殖して、それを餌とする魚を育てることが名前の由来です。また、「リマン海流」はロシアと中国の国境を

図１１　日本周辺海域の海流

流れるアムール川（黒龍江）あたりから間宮海峡を経て日本海へ流れ込む海流で、近年は北海道西岸沖を北へ流れた対馬海流の一部が冷やされ合流した海流とされています。

（２）水塊・潮境

海水中には様々な物質が溶けており、その濃度や成分比率は世界中の海でほぼ一定です。海水の塩分濃度は海水１ｋｇに含まれる塩類の量をｇで表します（単位：‰）。一般に海水の塩分濃度は34～35‰の範囲で、最も多く含まれる塩類は食塩の素となる塩素イオンとナトリウムイオンです。

海水の密度は、海水１m^3当たり質量（ｋｇ／m^3）で表されます。海水密度は低温、高塩分、高圧であるほど大きくなります。密度が異なる海水は簡単には混ざらず、水塊や潮境を形成します。例えば、海面が温められる夏季には暖められた表層の軽い海水と底層の冷たい海水との間に水温躍層が形成されます。逆に冬季は大気によって海面から熱が奪われ、海面で冷された海水は下層に沈降して上下混合されるので混合層が形成されます。

（３）潮汐・潮流・波浪

潮流とは、潮の干満に伴って12.5時間（半日周潮流）または25時間（日周潮流）の周期で向きと速さを規則正しく変える流れのことです。潮の干満は月および太陽が海水に及ぼす引力と遠心力で起こります。月と太陽が重なる新月と満月の日に干満差が最も大きい大潮となります。

海上を吹く風によって直接生じる周期が短い海面の波を風波または風浪といいます。水深に比べて波長が長い波を深海波または表面波、水深に比べて波長が短い波を浅海波といいます。風波の短周期短波長成分が減衰して長周期長波長成分だけが伝播してきたのがウネリです。海岸へ向かって吹き続ける強い風によって、海岸に海水が吹き寄せられ、水位が上昇するのが高潮です。

（４）水棲生物

海に棲息している水棲生物は、浮遊生活を営む生物をプランクトン、充分な遊泳力を備え水中環境に棲息する生物をネクトン、海底に生活する生物をベントスと呼びます。

①プランクトン

プランクトンは、光合成によりエネルギーを獲得する植物プランクトンと他生物や遺骸を捕食することによりエネルギーを獲得する動物プランクトンに区別されます。

植物プランクトンのうち、ケイ藻類は世界中の水域における基礎生産に最も貢献する生物群です。また、植物プランクトンは好適な環境条件下で大量繁殖する場合があり、これを赤潮と言います。

動物プランクトンのうち、シオミズツボワムシは古くから養殖魚の初期餌料として使われてきました。カイアシ類やオキアミ類は、海洋中に広く分布し魚類の重要な餌となっています。

②ネクトン

ネクトンは無脊椎動物と脊椎動物から成り、極めて多くの

水産有用種が含まれます。このうち、魚類は脊椎動物の中で最多の約25,000種があり、無顎類、軟骨魚類及び硬骨魚類の３群に大別されます。ブリ類やマダイを始めとする日本で養殖されている魚の多くは硬骨魚類に分類されます。

③ベントス

水産に有用な軟体動物、節足動物及び棘皮動物が多く、主要な養殖対象のホタテガイ、カキも含まれます。この他、エビ、カニに代表される十脚甲殻類、ナマコ、ウニなどの棘皮動物などが含まれます。

④藻類

水産植物は、藻類（海藻）と海産顕花植物（海産種子植物）で構成されます。多くは波打ち際から水深50 m 程度の沿岸域に生育し、光合成を行います。

海藻と総称される底生の大型藻類は、緑藻、褐藻、紅藻からなり、日本には約1,400種が生育しています。多くが食用として利用され、養殖の対象ともなっています。主な有用海藻として、緑藻ではヒトエグサやスジアオノリがあり、褐藻ではコンブ属やワカメ、オキナワモズク、ヒジキ、紅藻ではアマノリ属やテングサ属、オゴノリ属があります。

（４）生態系と食物連鎖

一定の棲息場所に棲む全生物とその環境を物質循環とエネルギーの相互作用で結ばれた一つのまとまりとして捉えたものを生態系と呼びます。生態系は、生産者・消費者・分解者・無機的環境の4つが基本的な構成要素となります。海では、植物

プランクトンや水生植物が光合成によってエネルギーを固定する生産者となります。それを食べる一次消費者である動物プランクトンや小型の動物（二次栄養段階）、さらにそれを食べる小型魚類等の二次消費者（三次栄養段階）、以下順に三次、四次消費者が存在し、それらの死体や排泄物を分解するバクテリア等の分解者で生態系が構成されます。生態系内の競争、寄生、共生といった生物の種間関係で結ばれた種の集まりは生物群集と呼ばれ、この生物群集での「食う、食われる」の相互作用を食物連鎖と呼び、生態系ピラミッドで表されます（図１２）。

図１２　食物連鎖と生態ピラミッド

消費者が捕食・消化した食物の一部は体内に蓄積され、動物体の成長に寄与しますが、大部分は生活活動に消費されます。つま

り、食われる者が持っていたエネルギーは100％食う者に利用される訳ではなく、ある栄養段階から次の栄養段階へと渡される時にはロスが生じるのです。一般的に生体量は、栄養（エネルギー）段階が1つ上がるごとに、ほぼ1/10になるといわれており、この状態が維持されていれば生態系は、安定に維持されると考えられます。

これまで示したように、エネルギーは「食う−食われる」の関係を通して生物間を移動していますが、生命活動に必要な元素（生元素、C：炭素、O：酸素、N：窒素、S：硫黄、P：リンなど）の物質もまた、食われる者から食う者へと移動します。これらの物質は、形を変えて、生物間だけでなく生態系内を循環しています。

（５）海の生物生産力

生態系内の生物量は現存量又はバイオマスと称し、単位面積内の乾燥物質重量（Kg／㎡）で表します。生物種の中には、1年間で再生産を何度も行う種がありますので、年間の再生産回数を考慮して算出する数値が生物生産力（Kg／㎡／年）になります。

海の生物生産は一次生産者の生産力が基礎となります。一次生産者は光合成を通じて水中の栄養塩類を取り込み、生育します。したがって、一次生産者の生産力は、海水中に含まれる栄養塩類の濃度で規定されます。海水中の栄養塩類は、硝酸塩・亜硝酸塩・アンモニウム塩・リン酸塩・ケイ酸塩等で無機物の状態で溶けています。これら栄養塩は光の届く海の表層で一次生産者に取り込

まれるため、表層で濃度が低く、光の届かない深層で濃度が高くなります。海域によっては、海底近くの水が海面に昇ってくる湧昇流が起きているところがあります。海面に昇ってきた水は水温が低く、栄養塩が多いためプランクトンが増殖して生産力が高まります。こうした海域は、餌を求める魚（二次消費者より上の栄養段階の生物）が集まり良い漁場となることが知られています。

一般に、食物連鎖は栄養段階の上位へいくに従ってバイオマスも生産力も小さくなる栄養ピラミッドという構造を示します。すなわち、食う者の方が食われる者より常に少ない状態が維持されているのです。このように、それぞれの栄養段階のバイオマスがバランスよく存在していることが安定した生態系を維持するために重要です。

４．養殖環境とその保全

（１）海の汚れ

海（川）は、いつも綺麗にしておかなければなりませんが、人間の陸上での暮らしや工場、畑などから流れ出てくる栄養塩や有害物質の量は非常に多く、海の汚れの多くがそのために起こるといわれています。

養殖業では、この汚れにより、養殖する魚や貝が病気になったり、死んだりします。また汚れた環境で養殖した魚は、消費者（人）の健康を悪くすることがあるので、注意しなければなりません。

養殖環境の汚染を引き起こす物質は、大きく２つのグループに分けられます。湖沼や内湾域の富栄養化を引き起こす窒素、リンなどのグループと、重金属類、ダイオキシン類、有機スズ化合物などのような、人や生物に有害なグループです。前者は、植物プランクトンが爆発的に増殖する赤潮現象等の原因となります。また、後者は公害病のイタイイタイ病の原因物質カドミウム、水俣病の原因物質メチル水銀、PCB、DDT、有機スズ化合物などが含まれ、人体や生物の生命や健康に危害を生じさせます。また、ダイオキシン類等は環境ホルモン作用により、生体の複雑な機能を調節するために重要な役割を果たしている内分泌系の働きに影響を与え（内分泌かく乱作用）、生体に障害や有害な影響を引き起こします。これらの物質は食物連鎖を経由して栄養段階の高い生物に高濃度に濃縮される生物濃縮される性質を持っていま

す。

これらに加え、山や海岸などの開発による泥や砂の流れ込みによる汚れ、海や川に捨てられたごみによる汚れ、船の事故などで流れ出した油による汚れも非常に大きい被害をもたらす可能性があります。

これらの汚れは、ほとんどが陸域から河川などを通じて海に流れ込んでくることが原因です。具体的には、人の住んでいる所から流れてくる洗剤、下水道排水（汚い水）や工場排水、畑・牧場などから流れ出た農薬、家畜の糞や尿などが挙げられます。一方で、魚や貝を育てている所から出る余った餌や生物の排泄物による自家汚染が原因になる場合もあります。後述するとおり、常に養殖漁場の環境を監視し、良好な養殖環境を保つ努力を続けることが重要です。

（２）富栄養化と赤潮

富栄養化とは植物プランクトンの栄養となる窒素（N）、リン（P）などが水中で増え過ぎることです。原因は工場や家庭などで、これらを多く含む水を捨てることにあります。

赤潮とは、富栄養化を原因として、ある特定の種類の植物プランクトンが増え過ぎ、水の色が赤や茶色に変わることです。

赤潮の原因となる主な植物プランクトンは、シアノバクテリア、ケイ藻、鞭毛藻等の種で、適水温での栄養塩の増加（富栄養化）等の好適な

環境条件下で大量繁殖します。

富栄養化が原因で赤潮が発生すると、大量の植物プランクトンが死んで水中の酸素が減ったり、魚の鰓に植物プランクトンが詰まったりして、魚が死んでしまい漁業、養殖業などに大きな影響を与えます。

（３）貧栄養化

富栄養化が問題となる一方で、栄養が少なく生物生産力が著しく低下した水域となっている場合も見られます。無給餌養殖では、水中の栄養塩類の濃度が生産量の増減に直結します。一定の生産量を得るためには、養殖漁場海域に栄養塩類が一定の濃度で存在している必要があります。現在は、下水道が普及して下水処理場の機能も向上し、陸域から海域に放出される栄養塩類の濃度が著しく低下している状況が多く見られます。このため、養殖漁場が生物生産力の低いきれいすぎる環境になっている場合があります。このような場合には、生物生産力の高い豊かな海に戻す対策を講じることが求められます。

（４）養殖環境の観察

海域や湖沼などの水域では、先に述べたような人為的な要因に加え、自然の環境変化によって養殖環境が悪化することがあります。特に、台風などが通ったり、雨が多く降ったときなどは、養殖漁場の広い範囲で塩分が低下したり、泥でにごった水が流入してくるので、注意する必要があります。このため、常に養殖環境の変化を観察して大量斃死や病気の発生、成長・成熟の停滞とい

った悪影響を回避する準備をしておくことが必要です。これに対し、これまで養殖の現場では、養殖漁場の水を採水して、水温、塩分、溶存酸素量などを調べたり、悪い臭いがしていないか、水の色が変わっていないかなどを観察してきました。

しかし、養殖の現場は、就業者の高齢化と減少が進行しており、人の目による監視・観察が行き届きにくくなっています。十分な観察と適切な対策の実施のためには、最近の技術革新が著しいICT(情報通信技術)、IoT(モノのインターネット)、AI(人工知能)等の情報技術やドローン・水中ロボット等の技術を養殖現場へ導入し、普及させていくことが重要となっています。

近年、養殖の現場では、ICT、IoTなどの技術を導入した観測機材を使用して水温や塩分、潮流、溶存酸素量等の漁場環境データを常時取得し、インターネットを通じて、いつでも確認することができる「海の見える化」が進んでいます（図１３）。また、最近は、AI技術やカメラ、ソナー、魚探、ICTによるデータ送信等の技術導入が進み、自動給餌機の性能が飛躍的に向上しています。自動給餌機とカメラの映像を見ながら、陸上から給餌作業を行うことが可能になっていますし、AI技術によって魚の食欲の変化に合わせて自動的に給餌を停止する等の機能を装備している自動給餌機も普及しつつあります。これにより、無駄な餌を減らして生産性を高めるとともに漁場環境の維持にも役立っています。

このような一連の最新技術の導入は養殖業のスマート化と呼ばれ、生産性の向上や労力負担の軽減と併せて、漁場環境の効率的な観察が可能となっています。

図１３　養殖業のスマート化の進捗状況

資料：水産庁HPより引用

（４）養殖環境の保全

養殖漁場には海流や潮汐によって常に流れがあり、水が交換され、十分な溶存酸素や餌となる植物プランクトンが確保されます。こうした良好な養殖環境を保全するために、環境収容力に応じた適切な養殖規模を維持することが重要です。魚の場合には、環境の悪化を招かない適切な放養尾数を守ること、無給餌養殖の場合には、環境中の植物プランクトン等の量に応じ、餌不足とならない程度の導入種苗数を守ることが重要になります。

また、漁場環境の悪化が見られた場合には、その原因を究明し、対策を講じることが必要です。多くの場合、残餌や排泄物による漁場海底の底質悪化が原因となることから、海底耕耘や底質改良剤の散布などの対策が実施されています。

５．荒天・災害に対する注意

（１）荒天時の注意

大きな低気圧や台風により、強風や高波が起こると養殖施設が壊れることがあります。天気予報には、よく注意をして、強風、高波の強さ、低気圧や台風の来る方向を調べ、養殖施設の被害を少なくするように気をつけることが大切です。台風が近づく可能性がある際には、筏を湾の奥に移動したり、係留ロープを増やすなどの準備及び施設の点検をする必要があります。特に最近は、地球規模の環境変化を原因とした自然災害の激甚化、頻発化が問題視されています。養殖施設への被害を少なくすることと併せて、自身の安全確保についても十分に配慮することが大切です。

（２）災害への対応

恐ろしい災害の一つに津波があります。日本は地震が世界一多いところで、海のそばで生活する人は、地震があると津波が起こると考えて注意する必要があります。

津波は地震の起きたところが近いと、すぐにやってくると考えるべきです。北海道の奥尻島沿岸や岩手県、宮城県の沿岸では、近くで起きた地震により、１０分もかからないうちに津波がやってきて、多くの人が死亡しました。また、日本で地震が起こらないときでも、南アメリカで起きたチリ地震によって、津波は時間をかけて日本沿岸に到着し、急に水位が高くなったために船や養殖筏に多くの被害が出たことがあります。

津波が来るときは、波と波の間隔が大変長い大波が来ることになり、特に、水深の浅い海では波のエネルギーによって、急激に

に海面が上昇します。そのまま陸域に押し寄せて人や船、建物を押し流すとともに、引き波によって流失させてしまいます。津波が海岸に上がってくる力はとても強く、例えば、膝ほどの深さの津波でも人は動くことができず、転倒することがあるといわれています。

日本の気象庁は、地震が発生した時には地震の規模や位置をすぐに推定し、これらをもとに沿岸で予想される津波の高さを求め、迅速に大津波警報、津波警報または津波注意報を発表します。これを受けて、町や市でも一斉放送が出されます。しかし、地震の後に津波が来るまでの時間は極めて早い場合があります。地震を感じたら、すぐに津波が来ると考えて、海岸から離れた高い場所に避難する習慣を持つことが大切です。

また、気象庁では、2013年8月30日から「特別警報」を運用しています。「特別警報」とは、警報の発表基準をはるかに超える大雨や大津波等が予想され、重大な災害の起こるおそれが著しく高まっている場合に発表し、最大級の警戒を呼びかけるものです。

特別警報が発表された場合、対象となった地域は数十年に一度の、これまでに経験したことのないような、重大な危険が差し迫った異常な状況にあります。この数十年間災害の経験が無い地域でも、重大な災害の起こるおそれが著しく高まっていますので、油断せずに迅速に安全な場所に避難するなどの行動をとることが大切です。

６．漁業基礎知識

（１）基礎

・安全に作業するために、日頃から健康管理に気をつけ病気や怪我などがある場合には、船長に必ず報告しましょう。

・乗船時刻に遅れぬように余裕を持って行動しましょう。

・船内では、船員同士でケンカなどをして秩序を乱してはいけません。

・不必要な火気の使用をしてはいけません。喫煙も注意しましょう。

・船内にいるときはポケットの中に手を入れて歩き回らないようにしましょう。

・船内で使用した道具は、使用後は速やかに片付けましょう。

・船が動いているときは船の外に手や足を出さないようにしましょう。

・船を運転する人の視界を妨げないようにしましょう。

（２）安全

①服装（図１４）

・船の甲板（デッキ）での作業では、必ず作業用救命衣（ライフジャケット）を着ます。船に乗る際は、救命衣を付けることが義務づけられています。

・頭を守るため安全帽（ヘルメット）を被ります。

・危険な作業をするときは、安全ベルトや命綱をつかいます。

・動いている機械やロープなどに巻き込まれないよう、きちんと服を着ます。

・ワイヤー、ロープ等を取り扱う場合は、保護用手袋をつかいます。

図１４　作業するときの安全な服装

②水上で注意すること

・作業が始まる前に、余裕をもって作業内容を把握しましょう。

・作業場に到着したら、段差やロープが配置されている場所を把握します。

・暗いときに、船に乗り降りする時や他の船に乗り移る時は、特に注意します。歩み板を渡る時も注意します。

・作業場が油や魚の血などで汚れたときは、掃除します。

・動いている機械には近づかないように注意します。

・使用中のロープやワイヤーには、不用意に近づかないようにしましょう。纏めてあるロープに足が絡まないように気を付

けます。

・クレーンで、重いものを吊り上げる時は、荷物の下に人がいないことを確認します。動いていない時でも不用意にクレーンの下に近づいてはいけません。また、クレーンの操縦には資格が必要です。

・人が海に落ちたのを見たら大声で知らせ、浮き輪（ライフブイ）など浮くものを海に投げます。絶対に一人で助けようとして飛び込んだりしてはいけません。

（３）ロープの結び方

①一重つなぎ結び、二重つなぎ結び

かえるまた結びとも言います。同じ太さの２本のロープの端と端を繋ぐときに使われます。結び目がほどけにくく、網を編む時にも使います。ロープの太さが違うときや滑りやすい時は二重つなぎを用います。

＜一重つなぎ結び＞

①　②　③

＜二重つなぎ結び＞

①　②　③

②巻き結び

ロープの端を他の物に結ぶ方法です。

＜巻き結び①＞

①　②　③

④　⑤

＜巻き結び②＞

①　②　③　④

③もやい結び

船を泊める時などに使う、大切な結び方です。物にロープを掛けない結び方と掛ける結び方では手の動きが異なります。

＜もやい結び①＞

①　②　③　④

＜もやい結び②＞

①　②　③　④

＜もやい結び③＞

①　②　③　④

④錨結び

ロープを錨等に結びつけ、これを海中等に設定するときの安全で確実な結び方です。

①　②　③

④　⑤

７．気象･海象の基礎知識

（１）天気の基礎知識

気象への理解は、海上における船舶の安全航海や養殖業の安全操業のために重要です。特に、操業する海域では、以下に示す気象要素について日頃から変化に気を付けて観察し、経験則からも実感しておく必要があります。操業途中の気象変化などの際に、安全確保のための判断を瞬時に要求されるからです。

＜気象要素＞

天気：快晴、晴、曇、雨、雪、みぞれ、雷雨など

気温：大気の温度

湿度：空気中の水蒸気の量が、その時の温度で最大含むことができる割合の量（％）

気圧：大気の重みによる圧力で１気圧は 1013.25ｈＰａ

風　：気圧の高い所から低い所への空気の流れのこと。気圧差が大きければ気圧傾度が大きく、等圧線の間隔が狭くなり、風は強く吹くことになります。一般的に、風向は 16 方位で観測し、風速はメートル毎秒(m/s)で示します。

雲　：大気中の水蒸気が凝結したもの。空気塊の上昇気流によって生成されます。

降水：雨、雪、ひょう、あられ、みぞれなど地上に落下して水になる現象。気象庁は降水確率予報を発表しています。

視程：肉眼で目標物が認められる最大距離

霧　：水蒸気を大量に含んだ空気が冷やされ、水滴となって空気中に浮遊したもの。視程が 1 km 未満の状態。

（２）気象予測

養殖業の安全操業や荒天対応のためには、天気図を見ながら、各地域での気象を予測することが大事になります。

天気の変化は、西から東へと移行するのが一般的なので、これを頭に入れながら低気圧の進行方向と進行速度を予測することが重要になります。特に、勢力の強い温帯低気圧や台風では、進行方向や進行速度に加え、勢力の推移、進行方向に対する風向や風速などを確認、予測することが重要になります。

一方で、狭い地域や海域における気象予測は、天気図のみではそのすべてを把握することは難しいです。最近では、衛星からの画像解析やレーダーによる雨雲の探知により、コンピュータを駆使した気象・海況予測が入手可能となっています。入手方法もテレビ、ラジオだけでなく、パソコン、スマートフォン等、インターネットを使って様々な情報機器端末から収集することが可能です。さらに、これらのデータを用いて解析した気象予測結果を提供する気象予測アプリケーションも豊富で、一定の精度を持った気象予測を比較的手軽に入手することが可能となっています。

また、昔から、その地方などで言い伝えられてきた諺として継承されている天気予測もあり、これを「観天望気」と言います。特に、漁業や農業などに従事してきた人々の自然界からの経験則から生まれた諺が多く、地域の方々から気象予測に役立つ経験知を学ぶことも大切です。

８．漁村社会と漁業協同組合

（１）漁村の社会・文化と多面的機能

日本は四方を海に囲まれ、約7千の島々から成り立っています。海岸線の総延長は約35,000ｋｍに及び、この海岸沿いの津々浦々に漁村が存在しています。日本の漁村の多くは、漁業生産に有利な条件があったことで人が住み、集落が形成され、社会的な基盤が整ってきた歴史的背景を持っています。また、日本は南北に長い地理的特性から、地域ごとに気候・風土や海洋環境なども大きく異なります。そのため、各地の漁村では特徴ある文化や風俗・慣習が生まれ、継承されてきました。例えば、各地の漁村ではその地の信仰に根差した伝統的な祭りが現代まで伝承されており、漁村地域の共同社会の維持に役立っています。

図１５　各地で伝承されてきた漁村地域の祭り

資料：未来に残したい漁業漁村の歴史文化財産百選

養殖業に従事し漁村で生活していくにあたっては、こうした漁村地域の文化や慣習、地域の共同社会を理解し、互いに受け入れていかなければなりません。

また、漁業及び漁村は、漁業生産活動を行い、国民に魚介類を供給する役割だけでなく、1）自然環境を保全する機能、2）国民の生命・財産を保全する機能、3）交流等の場を提供する機能、及び 4）地域社会を形成し維持する機能等の多面的な機能も果たしており、その恩恵は、漁業者や漁村の住民に留まらず、広く国民一般にも及んでいます。このような漁業・漁村の多面的機能は、人々が漁村に住み、漁業が健全に営まれることによって初めて発揮されるものです。

漁村地域で生活していくことは、こうした多面的機能の発揮にも貢献するものであることを認識、理解し、地域社会の一員として地域住民と調和し、地域の活性化や暮らしの向上などにも貢献していくことが求められます。

（２）漁業協同組合

①漁業協同組合の成り立ちと漁場管理

日本の漁業協同組合（以下、「漁協」とする）は、「漁民の協同組織の発達を促進し、もってその経済的社会的地位の向上と水産業の生産力の増進とを図る」ことを目的とした水産業協同組合法によって定められており、「組合が行う事業によってその組合員又は会員のために直接の奉仕をすること」を目的とした協同組織とされています。

漁業協同組合の成り立ちは、江戸時代にまで遡る漁場の管理

を根幹とします。昔から沿岸域の漁場は、持続可能な利用を基本的な考え方として漁業者が共同で管理してきました。現在は漁業者の協同組織である漁協がこの役割を担い、共同漁業権の免許を都道府県知事から受け、漁場を総合的に管理しています。漁場の総合的な管理とは、地域ごとの様々な漁業による漁場利用をトラブルなく調整するとともに、持続可能な範囲で漁場の生産力を最大限活用することを意味します。養殖業もその中に含まれ、漁場環境の保全を基本として、漁場を適切かつ有効に活用するように漁協が管理しています。

②漁業協同組合の組織と事業

漁協は、地域に居住し漁業に従事する漁業者一人一人の出資によって設立された組織です。出資した漁業者は組合員となり漁協が管理する漁業権漁場で操業できます。年間の漁業従事日数などの一定の資格基準を満たす組合員は正組合員となります。正組合員は漁協の運営にかかる議決権を持ちますが、この議決権は出資した金額に関わらず、一人一票の平等な権利です。

漁協の事業内容は多岐にわたり、営漁指導や資源管理・繁殖保護などを行う指導事業、組合員の生産物を販売する販売事業、操業に必要な燃料や漁具・養殖餌や生活に必要な食品などを供給する購買事業、金融を担う信用事業や各種保険業の共済事業などが、通常行われる事業です。いずれの事業も組合員である漁業者の生活及び生産活動の支援を第一の目的として運営されています。漁協は、この事業収益をもって組織運営と総合的な漁場管理を実施し、海と地域の漁業を守っているのです。

９．持続可能な養殖業の実現に向けて

SDG’ｓは、国連が定めた持続的な社会の実現に向けた持続可能な開発目標です。環境問題への国際的な取組が求められており、2030年までの17項目のゴールが示されています。

養殖業は、養殖環境の保全が持続可能な産業活動の大前提となるため、常に良好な環境の維持に取り組まれています。また、天然資源への負担を軽減すべく、人工種苗への移行や魚粉由来タンパク質への依存度を低下させる餌の研究開発にも取り組まれています。将来の持続可能な養殖業の実現に向けて取組を継続しつつ、「14 豊かな海を守ろう」に貢献していくことが重要です。

また、安全・安心で健康に良い食料を生産し、安定供給することで「2 飢餓を０に」、「3 全ての人に健康と福祉を」にも貢献していくことが求められています。

17の持続可能な開発目標

資料：外務省ＳＤＧ’ｓパンフレット