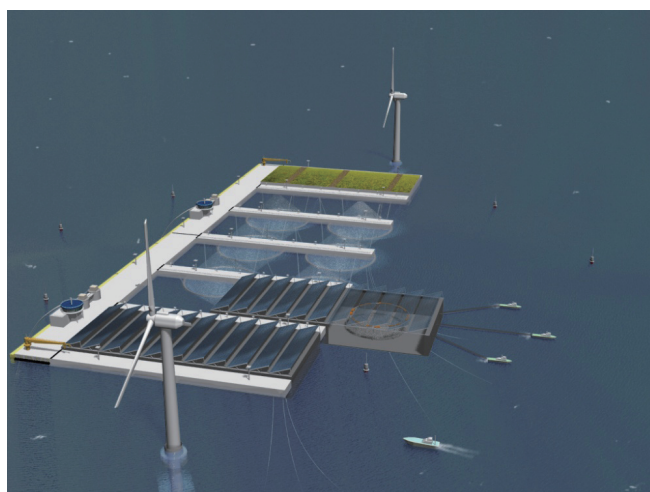


第Ⅳ章 養殖支援技術

“つくる技術”を支える基盤づくり



養殖魚の生産現場は様々な技術によって支えられています。養殖施設を造る場所も必要ですし、施設も省エネ・省力化に配慮して改良する必要があります。また、作業は重労働で危険もつきまとい、より能率的で安全な職場となるよう改善していくことが重要です。

そこで本章では、陸上養殖システムや養殖施設の先進的な事例を紹介するとともに、労働環境を改善するための方策などを紹介しました。

Ⅳ－A 養殖施設

15 浮消波堤で雇用の拡大

—浮消波堤を用いた新たな漁場開発—

浮消波堤を利用した新たな養殖場の開発は、1977年頃から沿岸漁場整備開発事業（現水産基盤整備事業）で実施されてきた、養殖場の波浪・水質環境の改善、漁場面積の拡大を目的とした事業です。

浮消波堤の形状

浮消波堤は、水面上に波のエネルギーを縮減するための構造を持った浮体構造物を設置して、構造物の背後の海面の波を小さくする施設です。図に示したように、波を消す原理の違いから様々な形のものが開発され、利用されています。

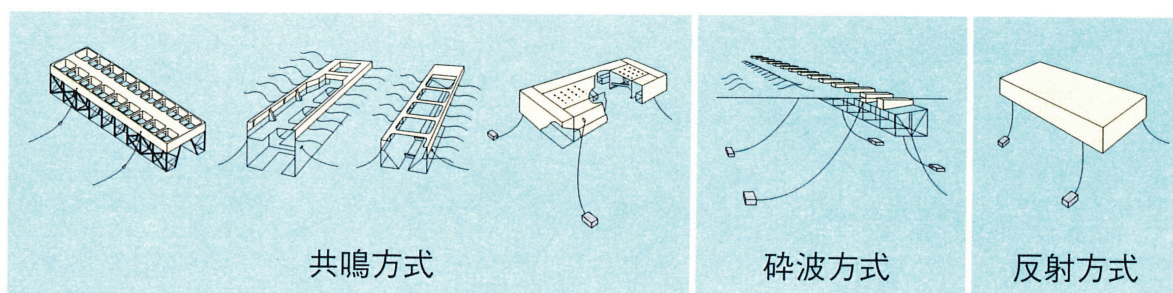


図1 浮消波堤の消波原理と形状

浮消波堤の特徴

浮消波堤は、浮体として水面上に設置されるため、以下のような特徴があります。

- ・ 海水交換を妨げないため背後域に形成される養殖場の環境に与える影響が少ない。
- ・ 大水深・軟弱地盤の海域でも、設置可能であり、経済性・施工性で着底式防波堤に比べて有利である。
- ・ 浮体であるため、移動・あるいは撤去が容易である。
- ・ 浮消波堤の寸法で、消波できる波の大きさが決定され、周期8秒、波高3m程度までが消波対象の波となっている。したがって、現状では台風時などの周期が長い波を消すことはできません。

造成の目的及び事例

浮消波堤を用いた養殖場造成は、既存の養殖場が養殖業者の増大や規模の拡大で利用できる面積が狭くなったため、利用可能な海面を拡大すること、同時に限られた水域で過密な養殖を行ったことによる水質悪化の改善を目的としていました。

事業が多く実施されている地域は、九州（長崎県、熊本県、鹿児島県）および四国（愛媛県）など西日本が主体で、ブリやマダイなどの魚類養殖が盛んな地域です。それぞれの地域によって抱えていた問題はさまざまでしたが、漁場面積を拡大するためには、波浪条件の厳しい海域に進出せざるを得ない事情があったため、浮消波堤が利用された経緯があります。

写真は、福井県高浜町の事例を示したのですが、手前が浮消波堤（黄色の部分）、背後に養殖筏が整然と並んでいます。ここは、原子力発電所からの温排水が流れ込んでいることから、冬場の水温が高く、この特徴を利用してトラフグ、マダイの養殖が行われています。



写真 高浜町内浦湾の造成事例

新たな浮消波堤利用方法

これまで養殖場造成事業を実施してきたことによって、単に浮消波堤は波を消すだけの施設ではなく、安心して養殖作業ができる拠り所（畑）を提供していることを、そこに働く漁業者の皆さんの声から実感しています。

現状の養殖業者の皆さんは、高齢化や後継者不足の中でがんばっていますが、養殖業は魚価の低迷、餌や燃油の高騰により、離職、廃業する方が増える傾向にあります。しかし、将来的に水産物の安定した供給を実現するためには、養殖業の拡大は重要な課題です。

私たちは、一般市民の皆さんや就職に困っている若者に、水産業への理解を深めてもらう場として、また気軽に漁業に参入できる雇用の場として、浮消波堤で作った市民養殖場（仮称）といったイメージの場作りを推進して行きたいと考えています。

（水産工学研究所：高木儀昌）

16 養殖場沖合化のための技術開発

—養殖場の沖合化技術の現状と将来—

養殖場の沖合化については、古くからさまざまな取り組みが行われてきていますが、実用化には至っていないのが現状です。実用化に対する厚い壁の第1は台風等の激浪の存在で、施設的には強度とコストの関係、生物的には養殖生物の耐波性（流速や振動に対する耐力）が、解決できない問題として残っています。

ここでは、これまでに実施されてきた事例を幾つか紹介し、沖合養殖の現状を理解していただければと考えています。

管理施設と生簀が一体となった事例

図1は、住友金属工業㈱が実施した管理部分と生簀が一体となった施設で、長さ112m、幅32mの養殖船といったイメージのものです。

この施設は、長崎県野母崎沖に設置され、シマアジの養殖を実用レベルで実施した最初の事例です。

写真1は、浮消波堤と生簀を一体とした事例で、下波・蔭淵地区沖合養殖場造成事業において建造されたものです。この施設における生簀部（写真右側のくぼみ）は、稚魚の中間育成用の共通スペースとして利用することを目的として、施設の一部に付加されています。

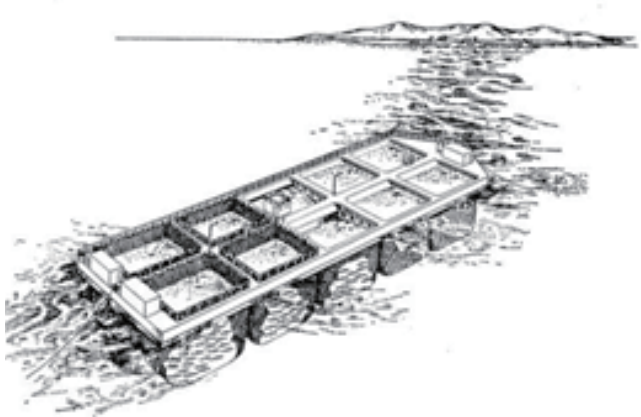
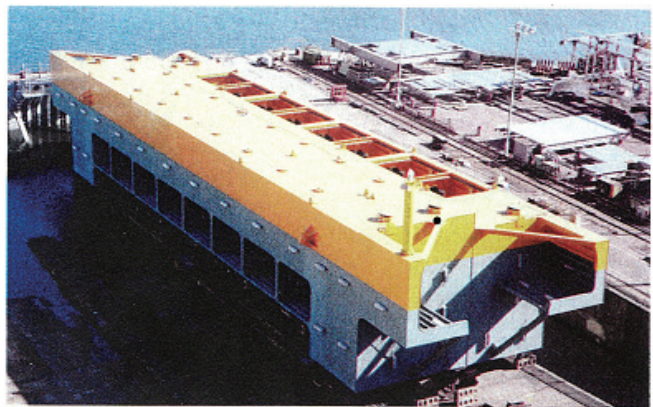


図1 養殖船（アクアシステム）



下波・蔭淵地区沖合養殖場造成工事（多機能浮消波堤）

写真1 宇和島沖に設置されている多機能浮消波堤

管理施設と生簀が分離している事例

図2に示したものは、マリノフォーラム21が実用化試験として実施した、管理施設と生簀が分離した形の一例です。この形式での試験は、北海道、愛媛県、熊本県で

実施されており、図は熊本県での事例です。この形式は、管理施設内に餌を貯蔵し、機械によって、近接して設置されている生簀に供給するシステムとなっていました。

I、IIに示した事例は、いずれも台風などによる外力に対して、施設は安全でしたが、経済性や養殖魚の安全性をクリアーすることができずに、実用化には至っていません。

(水産工学研究所：高木儀昌)

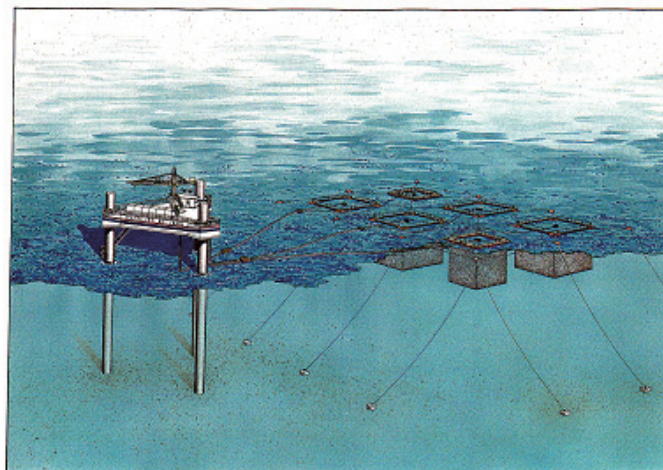


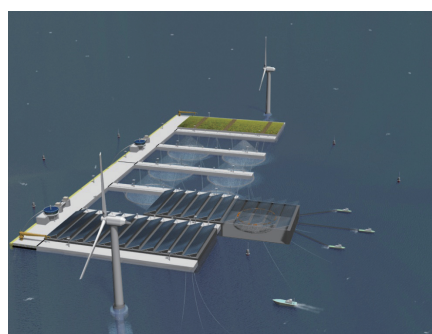
図2 MF21 が実施した沖合養殖試験施設の一例

コラム8. 未来の養殖システム

持続型社会実現に向けて環境に配慮した養殖業を目指し、風力、潮力、波力など海洋上で有利なエネルギー利用を中心に、太陽光も組み合わせ、脱炭素社会に貢献します。陸域からのCO₂を藻類の培養によってバイオエネルギーとして固定するエネルギー生産も想定されます。種苗は天然種苗に頼らない完全養殖を目指します。育種により、飼いやすく、おいしい魚をデザインすることができます。餌飼料は、人為的な餌生物培養や人工飼料の改良、育種によって飛躍的に高めた増肉効率と、効率的な投餌法による効率的な飼育を図ります。飼育施設は、幼魚期飼育等は基本的に閉鎖型で、水温、水質をコントロールすることによって、効率的な飼育ができます。外洋上に置き、沈下型の大生け簀等を利用することにより大規模な養殖業の展開が図れます。さらに閉鎖系は病原菌や寄生虫のコントロールが可能となるため医薬品のコスト削減

、安全・安心に寄与します。環境にも配慮した水産物として、自国の食料の安定確保にとどまらず、強い国際競争力を持った戦略的な輸出産物としての水産物生産手段となることが強く期待されます。

(水産工学研究所：中山一郎)



新食料生産システムのイメージ

(独)海上技術安全研究所提供、外洋上プラットフォームの研究開発(国土交通省海事局)において検討)

17 環境にやさしい未来型養殖システム

—水を換えずに養殖する陸上閉鎖循環飼育—

海面養殖から排出される有機物による周辺環境への悪影響や疾病の蔓延など養殖産業の自家汚染問題が深刻化しています。そこで水を換えずに浄化してリサイクルすることで環境負荷軽減が可能である陸上閉鎖循環飼育システム(図1)が注目され、未来型養殖システムとして将来の魚介類の種苗生産、養殖事業の主流になると期待されています。ここでは閉鎖循環飼育のシステム開発の成果と飼育技術への応用事例について紹介します。

閉鎖循環飼育システム開発

閉鎖循環飼育では魚の飼育中に出る懸濁物や沈殿物などや魚の尿や糞から出る毒性が強いアンモニア態窒素などの溶解性物質を速やかに飼育生物に安全な方法で除去する必要があります。そこでこれら进行处理する装置として、マイクロバブルの効果を利用した泡沫分離装置(写真1:特願2007-314248)と従来のろ過方法よりも高い浄化能力を持つ間歇ろ過方式の生物濾過装置(特願2008-203934)を開発しました。本システムを実用化することで、従来の1/3の省コスト化が図れ、高性能でメンテナンスフリーの普及型閉鎖循環飼育システムが実現できそうです。

閉鎖循環飼育の応用事例

閉鎖循環飼育の特長として、環境負荷軽減のみならず、「疾病防除」「省エネルギー」「高生産性」などの効果が提唱されています。閉鎖循環飼育の普及のためにはこれらの効果を実証し、有効性を検証することが重要です。「疾病防除」は閉鎖環境であることから実現できる効果です。これまでにトラフグやキジハタの種苗生産でビブリオ病やウイルス病などの疾病防除対策としてその有効性が実証されています。「省エネルギー」の効果は、温度調整の経費が閉鎖循環飼育では流水飼育と比べて安く済むことで、トラフグの飼育で88%の省エネルギー化が図れることが実証されています。ま

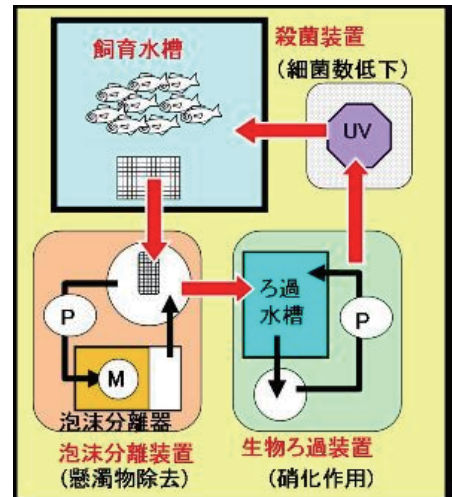


図1 閉鎖循環飼育の模式図



写真1 開発した泡沫分離装置

た、「高生産性」ではマダイの種苗生産では全長 25mm サイズで 2 万尾／kL の高密度種苗生産が実現できることが実証されています。

閉鎖循環飼育技術の将来

この様に多くの利点がある陸上閉鎖循環飼育は、適正な飼育環境条件を維持するために有効であるとともに、安心安全な養殖生産に繋がる技術でもあります。さらに、システムの稼働に廃熱や自然エネルギーを有効利用し、閉鎖循環飼育過程から出る有機物を再利用して植物工場との融合を図ることが可能であるなど、水だけでなく窒素やリンなどの物質の循環を有効に活用した複合養殖研究を進めることで未来型の養殖システムとして期待されます。

(屋島栽培漁業センター：山本義久)

詳しくは、栽培漁業センターのホームページから研究情報等のトピックス欄をご覧ください。(http://ncse.fra.affrc.go.jp/00kenkyu/001topics/060topics_121.html 及び http://ncse.fra.affrc.go.jp/00kenkyu/001topics/060topics_136.html)

コラム 9. 日本でバナメイを陸上養殖する

バナメイは中南米原産のクルマエビの仲間、成長が速いなど養殖に適した特性を持つため、東南アジアや中国でも養殖されるようになりました。今では世界のエビ養殖の 3 分の 2 がバナメイで、年間 200 万トン以上も生産されています。

日本では年間 23 万トン近いエビが消費されていますが、ほとんど輸入に頼っており、自給率は約 5% です。将来の食糧不足を考えると、安定供給のためにエビの自給率を上げる必要があります。そこで、世界中で養殖されるようになったバナメイを国内でも養殖しようという試みが進められています。

バナメイは水温が 25℃ 以下になると成長が悪くなります。そのため、屋内に育成池を作って飼育水を暖めながら循環ろ過して養殖する閉鎖循環式陸上生産システムが開発され

ました。さらに、バナメイに適した国産配合飼料も開発されました。これらを利用して新潟県妙高市に 600 トン水槽二基の実証プラントが建設され、商業ベースで生産されるようになりました。現在「妙高ゆきエビ」のブランド名で販売されています。また、妙高のプラントに続いて生産プラントを増やそうと努力が続けられています。

(養殖研究所：奥村卓二)

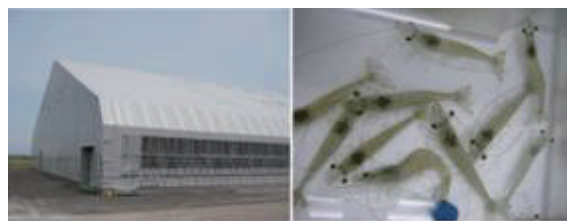


写真 陸上養殖プラントとバナメイ

18 外洋や砂漠で魚を育てる

—アメリカにおける先端的養殖技術の事例—

養殖は気象や波浪の影響を受けにくい内湾域で営まれる場合がほとんどですが、一方で残餌や排泄物による自家汚染やそれによる赤潮などが起きやすく、沿岸環境に配慮した養殖技術が望まれています。アメリカにおいては、1980年代より健康志向の高まりや寿司ブームなどから魚介類の消費量が急増し、養殖生産の拡大が求められました。しかし、環境保全や景観保全の観点から、アメリカでは沿岸域における給餌養殖が厳しく制限されているため、沿岸環境に依存しない新たな養殖技術の開発が必要となりました。そこで、商務省国家海洋大気庁 (NOAA) は1990年代より10年間で1億ドル(約100億円)を投資して、外洋域や陸上などで大規模に養殖生産を行う施設の技術開発を行い、事業化するまでになっています。

ここでは、アメリカで開発された浮沈式沖合養殖施設や閉鎖循環式陸上養殖施設といった先端的養殖技術の事例を紹介します。



写真1 アメリカ NOAA の開発した浮沈式沖合養殖イケス (韓国済州島)

浮沈式沖合養殖施設

波浪や潮流などの影響を受けやすい外洋域で養殖するために、抵抗を受けにくいソロバン玉のような格好をしたイケス (写真1) に稚魚を収容し、海面下に沈下させて養殖します。給餌はパイプで行い、ニューハンプシャーでは自家発電装置を搭載した巨大な自動給餌ブイを使用しています (写真2)。掃除や死魚の取り上げ等はダイバ



写真2 沖合養殖イケス用自動給餌ブイ (ニューハンプシャー州)

一作業で行います。また、イケスの中心にある支柱に空気を送り込むことによって、海面に浮上させることができ、取り上げや網干しなどが行えるようになっています。

NOAA の沖合養殖技術開発は、 ニューハンプシャー大学や国立水産研究センターなどの全米の試験研究機関で基礎から実証まで研究開発が行われ、すでにハワイの民間企業（ヒレナガカンパチ、ツバメコノシロ生産）、韓国国立水産科学院と連携して技術移転した済州島のベンチャー企業（マダイ、イシダイ等生産）などでの商業生産に展開しています。

閉鎖循環式陸上養殖施設

海産魚介類の閉鎖循環式陸上養殖技術開発に関しても、アメリカでは全米の試験研究機関で積極的に取り組まれています。この養殖技術のメリットは、環境への影響を抑え、水を有効に利用でき、また集約的管理により生産調整や感染症防除が容易なことです。

カリフォルニア州サンディエゴ内陸の砂漠では、広大な土地と地下水を利用して民間企業がシーバス（スズキの一種）の大規模養殖を行っています（写真3）。

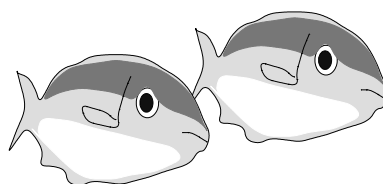
飼育水は淡水に塩化カルシウムを添加することで海水魚の成育を可能としており、水温や溶存酸素量（液体酸素を供給）、自動給餌器はコンピュータによって一括管理されているため、この巨大な施設は数名の職員だけで管理されています。取り上げた魚はすぐに現地でフィレ加工され、世界中に空輸されます。

我が国で今後さらなる養殖生産の増大を図るためには、これ以上沿岸に新たな養殖場の拡大を図ることは困難であります。日本も世界の趨勢に遅れることなく、将来に向けた新たな養殖技術の開発に挑戦していく必要があります。

（水研センター本部：生田和正）



写真3 砂漠の中に作られた閉鎖循環式シーバス養殖施設（カリフォルニア州）



Ⅳ－B 労働環境管理

19 労働環境を効率的で安全に

－作業の改善「ムダ・ムリを退治する」－

養殖業は、種苗の生産・入手から出荷まで、さまざまな工程から成り立っています。そして工程には、コスト（費用、手間）や作業の安全（事故、職業病）の面で障害となる問題がひそんでいます。これを洗い出して解決し、能率的で快適に生産活動が行えるよう、改善していくことが大事です。

改善を妨げる口実

改善は、地道な努力を続けることによって進められます。ところが、これはなかなか億劫なため、つい取り組まないまま毎日を過ごしてしまう場合が多いようです。

やらない口実には、右のようなものがあるとされています。思い当たる節がないか、考えてみてください。

- ・前にやったことがあるが、だめだった
- ・今までやったことがない
- ・うまくいっているのに、なぜ変える必要があるのか
- ・忙しい

作業を見える化する

日頃の作業のなかで、問題点を見つけ出すのは、案外に難しいものです。

現場で作業を詳しく観察し、その内容とかった時間を表にしてみましょう。養殖の作業にはいくつかの段階があります。工程表は、その段階ごとに作る必要があります。

作業を点検する際のポイントとしては、次のようなものがあるとされています。

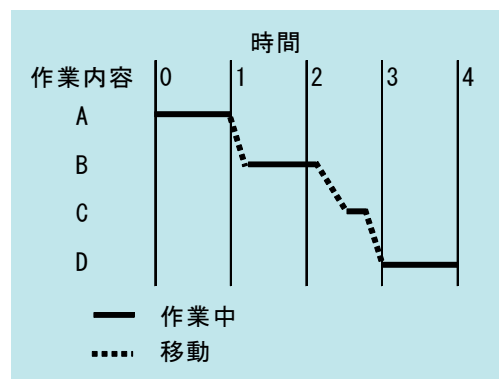


図1 簡便な作業工程表

- ・作業の数をもっと減らせないか
- ・作業の時間（距離）をもっと短くできないか
- ・動作をもっと楽にできないか
- ・複数の動作を同時にできないか

5 Sを徹底する

作業の能率を高めるための基本は、設備や道具をあるべきところにあるようにし、作業の邪魔になる物を取り除いておくことです。そのための取り組みが、整理、整頓、清掃を中心とする5 Sです。

また5 Sの徹底は、勘違い、判断ミス、および操作ミスによる事故を防止するうえでも欠かせません。

整理	要る物と要らない物を区別し、要らない物を撤去する
整頓	必要な物を必要なときにすぐ取り出せるようにする
清掃	ゴミ無し、汚れ無しの状態にする
清潔	整理・整頓・清掃を維持する
躰	作業の方法・順序などのルールを守る習慣をつける

表1 5 S の内容

安全と健康を守る

養殖業は、労働災害の起こりやすい業種です。災害は、不安全状態（環境）と不安全行動（作業）が引き金となって起こります。不安全要因は、日常しばしば出会う「ヒヤリ、ハット」したできごとに対処することで、かなり解消できます。

養殖業を含む漁業では、肉体労働が中心であるためか、腰痛が代表的な作業関連疾患のひとつとなっています。これを防ぐには、身体への負担を減らすよう作業工程を工夫する必要があります。たとえば、重量物の運搬・移動の際に物載台やコンベア類を利用すれば、作業が楽になります。

（水産工学研究所：渡辺一俊）



図2 ローラーコンベアの利用

業 種	料率
水力発電施設、トンネル等新設	103
金属鉱業、非金属鉱業 又は石炭鉱業	87
採石業	70
林業木材伐出業	60
定置網漁業、海面魚類 養殖業	41
海面漁業	32
（以下省略）	30

表2 労災保険の保険料率（千分率、厚生労働省）。海面魚類養殖業の保険料率は保険対象の54業種中5番目に高い

不安全状態	滑りやすい足場 カバーがなくむき出しの機械 物が散乱した作業場
不安全行動	誤操作 作業手順の違反 服装・靴

表3 不安全要因とその例

