

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

流れ場における養殖生簀の物理的特性に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-07-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 曲, 晓玉 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1768

博士学位論文要約 Summary

専攻 Major	応用生命科学専攻	氏名 Name	曲 暁玉
論文題目 Title	流れ場における養殖生簀の物理的特性に関する研究		

海洋環境の急変や漁業活動の影響を受けて、海洋生物資源が減少する中で水産物の安定供給に応じて、生簀を用いる魚類養殖が国内外ともますます重要視され、養殖生産量も増えている。しかし、これまで主に海水交換の少ない内湾域で営まれてきた生簀養殖は水質汚染などの問題が多く取り上げられており、海洋環境の保全および養殖魚の品質と生産性の向上を目指すには、内湾域から生簀養殖の沖合化を進めていかなければならない。一方、海面（海中）に設置される養殖生簀の網成りと抵抗は潮流や波浪に大きく影響される。生簀が吹かれることによる容積減少と生簀内部の海水交換が養殖魚の生存と成長に影響を与えるだけでなく、急潮流の場合では生簀の破損や流失の可能性も考えられる。そのために、漁場環境に応じた養殖生簀の適正な設計技術が求められる。しかし、現場で使用されている生簀は経験的に設計されたものが多く、実海域に設置されている生簀の網成りや流体抵抗を計測した例は少ない。また、日本では柔軟な化繊網の代わりに、金網を用いる生簀が増えており、アメリカや韓国などでは銅または銅合金を用いた生簀の試験研究も進んでいるが、金網を用いた生簀の物理学的知見が少ない。

本研究では、生簀の設計・開発に必要な基礎資料を得るために、回流水槽で流れによる養殖生簀網地の流体力特性を調べた後に、構造や網地材料の異なる模型生簀を用いて、流水中における生簀の抵抗と容積変化および生簀内外の流速分布を詳細に調べるとともに、ブリ養殖生簀を対象とした実物試験を実施し、生簀設置海域の流速・流向などの時系列情報と関連付けて、流れ場における生簀の形状、容積変化および係留索にかかる張力を明らかにした。一連の模型実験と実物試験の結果に基づいて、単体と複数連結される生簀群の数値シミュレーションを行い、養殖生簀とその係留システムの挙動を解析し、物理的特性を総合的考察した。

1. 流れによる養殖生簀網地の流体力特性

流れに直角と平行に置かれた生簀網地の流体抵抗を調べるために、ブリやマダ

イ養殖に使われている生簃に用いられるポリエチレン製無結節網地（網目係数 α : 0.083~0.254）9種類および亜鉛メッキ金網（ α : 0.129~0.158）3種類の計12種類の網地を用いて、大型回流水槽において網地の流体抵抗を調べた。得られた抵抗から化繊網と金網の抵抗係数とレイノルズ数との関係を検討し、網地材料ごと、菱目と角目網地ごとの流れに直角と平行な場合の網地の抵抗係数を推定する実験式を求めた。流れに直角に置かれた無結節化繊網および亜鉛メッキ金網の抵抗係数 C_{D90} は、レイノルズ数および網目係数に対する変化が小さく、実験レイノルズ数範囲における化繊網および金網の C_{D90} の平均値は約 1.22 と 0.80 となり、同程度の網目係数では化繊網より金網の C_{D90} が 3割程度小さいことが確かめられた。網地が流れに平行な場合では、化繊網の抵抗係数 C_{D0} は網目係数 α が大きいほど小さく、また角目網地より菱目網地の C_{D0} が 2割程度小さかった。一方、金網の C_{D0} は実験範囲内の網目係数において、その値は約 0.251 であった。

2. 模型実験による生簃の抵抗と容積変化

宇和島嘉島の近海に設置されているブリ養殖生簃を対象とした約 1/8 の模型生簃（1.2m×1.2m×0.723m）を基本型として、枠体構造と網地材料、網目タイプなどを変えた計 10 種類の模型を制作し、大型回流水槽において模型実験を実施した。枠体が方形角型（長さ 1.2m×幅 1.2m）と円型（直径 φ1.2m）の模型生簃の網丈はそれぞれ 0.72m と 1.0m で、使用網地材料がすべて化繊網（高強度ポリエチレン無結節の角目で脚長 12.6mm）の全化繊網生簃；側網に化繊網で底網に金網（φ1.0mm のステンレス製で脚長 16.2mm）の底金網生簃；すべて金網で製作した全金網生簃に加えて、底金網生簃で角目側網を菱目側網に変えた模型生簃を実験に用いた。流水中における各模型生簃の受ける抵抗を比較するために、単位容積当たりの抵抗 F/V_0 (F : 生簃の抵抗 ; V_0 : 生簃の最大容積) を用いた。結果より、角型と円型生簃の両方とも網丈が短いほど変形が小さく、単位容積当たりの抵抗が大きい。そして、全化繊網生簃より、底金網生簃の単位容積当たりの抵抗が大きいことに対して、容積の減少割合 R [= $(V_0 - V)/V_0 \times 100\%$, V : 流水中における生簃の容積] は著しく小さい。同時に、底網に金網を用いると、生簃の底網の吹かれ防止と側網の網成りを保つ効果が実験で確認された。流速が 0.2m/s（実物換算 1.1kt）において、同じ網丈 1.0m の全化繊角型生簃と底金網角型生簃の容積減少

割合はそれぞれ 43.7% と 22.6% であった。次に、網丈 0.72m の底金網角型と円型生簃について、単位容積当たりの抵抗はほぼ同じであるが、内部容積の減少割合は円型生簃の方がかなり大きいことが分かった。底金網生簃の側網を角目網地から菱目網地に変えた場合、角目側網生簃に比べて、菱目側網生簃の単位容積当たりの抵抗が大きいことと、前者の底網がほぼ水平方向に吹かれることに対して、後者の底網は流れが速いほど下流側上方へ斜めに吹き上がるすることが確かめられた。特に、全金網生簃は他の生簃に比べて、容積の減少率が小さく、流速 0.4m/s (実物換算 2.2kt) においても、容積の減少割合はわずか 7.0% 程度であった。

3. 模型実験による生簃内外の流速分布

生簃の内外流速分布を調べるには、回流水槽観測部の流れが均一でなければならない。生簃を入れる前の回流水槽の流速分布を調べた結果、実験領域における流速は、平均流速に対する偏差がわずか 1% 以内であり、かなり均一な流れが得られることが確認された。実験では、枠体の形状、網丈および網地材料を変えた 7 種類の模型生簃について、内外流速分布を調べた。その結果、設定流速 (v_0) に対して生簃内部の平均流速 (v) の減少割合は全金網、角型底金網、円型底金網、全化繊網生簃の順に大きくなり、全金網生簃を除いて、他の生簃の減少割合はすべて 10% 前後であった。全金網生簃の設定流速 (v_0) に対する内部の平均流速 (v) の割合は平均 95% 以上となり、潮通しが最もよいことがわかった。また金網生簃は生物の付着がしにくく、堅牢性も優れるなどから、今後の利用拡大が期待される。

4. 養殖生簃の現場計測試験

宇和島市嘉島近海に設置されているブリを養殖対象とした角型生簃（長さ 10 m × 幅 10m × 網丈 6m）の現場試験を実施した。実物生簃は底金網生簃と全金網生簃の 2 種類である。底金網生簃の側網はポリエチレン製無結節 140 本の角目網地で脚長が 30mm であり、底網には水中重量 244kg の FE 製パイプ枠（直径 φ60.5mm）を取り付けた金網（亜鉛メッキ製 #12、脚長 42mm）が用いられている。全金網生簃は底金網生簃の化繊側網をすべて底網と同じ仕様の金網に取り替えたものである。試験では、生簃の底網四隅と中央に小型深度計を、係留ロープに自記式

張力計を取り付けて底網深度と係留張力を計測するとともに、その近傍の流向・流速と波高をそれぞれ電磁流向流速計と水圧式波高計により計測した。底金網生簀と全金網生簀の両方とも4基の生簀が一列に連結され、係留された方向はそれぞれの設置海域の卓越流向とほぼ平行であることが確認され、計測期間中の流速は流れがやや速い全金網生簀の設置海域でも最大で0.3m/s程度であった。底金網生簀と全金網生簀の係留ロープにかかる張力は最大でそれぞれ414kgfと519kgfであり、係留張力の変化トレンドは概ね流速と一致した。底網に金網を用いたことに加えて、設置海域の流速が小さかったため、水深計のデータから求められた容積の減少割合は両方の生簀とも3.0%以内でかなり小さいことが確かめられ、流れ場における生簀の形状変化を抑えるために、底網に金網を用いることの有効性が現場試験でも再確認された。

5. 底金網生簀の数値シミュレーション

一連の実験結果をもとに底金網生簀の単体および4基を連結した生簀群の数値シミュレーションを行った。数値解析結果は模型実験からの換算値に比べて、相対誤差は抵抗と容積の両方とも10%程度であった。また、数値シミュレーションで得られた生簀の形状は模型実験で確かめられた現象をよく再現できており、底金網は速い流れでも平行に吹かれることが確認された。流れの強い海域に生簀を設置することを想定し、1.5knの流れ受けた場合、底金網生簀単体の抵抗が約800kgf、内部容積の減少率が20%と推定され、また4基の底金網生簀を一列に連結させた場合の係留張力が2.3t程度であると推定された。

以上の研究結果を踏まえて、今後生簀養殖の沖合化を進めて行く中で流れや波浪の強い外海域におけるブリやマダイなどの比較的小規模な生簀養殖を行うには、流体力特性からみると、側網には化纖網地、底網に金網を用いる複合式生簀、または全金網生簀が適切な構造であると考えられる。しかし、全金網生簀は自重で扱いにくく、特に側網が長期間に強い流れを受けた場合の振動による擦れで耐久性に問題があり、強い流れ場で使用される場合には総合的な判断が必要であろう。