

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo 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

著者	曲 晓玉
学位名	博士（海洋科学）
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2018
学位授与番号	12614博甲第516号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001736/

博士学位論文内容要旨
Abstract

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		

海洋生物資源が減少する中で水産物の需要拡大に応じて、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、海洋環境の保全と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、柔軟な網地で構成される生簀は流れと波浪による影響を受けやすく、その変形と容積変化は養殖魚の生存・成長に、また流れから受ける抵抗は生簀の耐久性に大きく影響を及ぼす。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。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に考察した。

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簀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. 模型実験による生簀の抵抗と容積変化および生簀内外の流速分布

ブリ養殖生簀を研究の対象として、枠体構造と網地材料、網目タイプなどを変えた10種類の模型生簀を製作し、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 ϕ 1.2m）の模型生簀の網丈はそれぞれ 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）の全化繊網生簀；側網に化繊網で底網に金網（ ϕ 1.0mm のステンレス製で脚長 16.2mm）の底金網生簀；すべて金網で製作した全金網生簀に加えて、底金網の角目側網を菱目側網に変えた模型生簀を実験に用いた。流水中における各模型生簀の受ける抵抗を

比較するために、単位容積当たりの抵抗 F/V_0 (F : 生簀の抵抗; V_0 : 生簀の最大容積) を用いた。結果より、角型と円型生簀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。全化繊網生簀より、底金網生簀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 : 流水中における生簀の容積] は著しく小さい。流速が 0.2m/s (実物換算 1.1kt) において、同じ網丈 1.0m の全化繊角型生簀と底金網角型生簀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簀について、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簀の方がかなり大きいことが分かった。底金網の側網を角目網地から菱目網地に変えた場合、角目側網生簀に比べて、菱目側網生簀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ことが確かめられた。特に、全金網生簀は他の生簀に比べて、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。さらに、生簀内外の流速分布を調べた結果、設定流速に対して、生簀内部の平均流速の減少割合は全金網、角型底金網、円型底金網、全化繊網生簀の順に大きくなることが確認された。

3. 養殖生簀の現場計測試験

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簀 (長さ 10m×幅 10m×網丈 6m) の現場試験を実施した。実物生簀は底金網生簀と全金網生簀の 2 種類である。底金網生簀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 $\phi 60.5$ mm) 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。全金網生簀は底金網生簀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、生簀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 基の生簀が一行に連結され、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。

4. 養殖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 の流れを受けた場合、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行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。

以上のように、本研究では生簀用網地の流体力特性を調べた上で、構造の異なる各種模型および実物生簀の物理的特性を、一連の実験と数値解析により明らかにした。これらの成果は、今後生簀養殖の沖合化を進めて行く中で適正な生簀の設計・開発に役立つことが期待される。