

学 位 論 文 題 名

Validation of Common Beliefs in Fisheries Management using Meta-analysis

(水産資源管理における通説の妥当性に関するメタアナリシス)

学位論文内容の要旨

【目的】 近年、世界的に伸び続けている漁業資源の需要を支えるため、多くの資源は過剰に漁獲され、資源量が減少している。漁業資源の持続的利用のため、資源の維持、回復を目指した資源管理が広く実施されており、その役割は極めて重要である。現在、世界の各漁業管理機関が、年齢別の解析により漁業資源の評価を行い、それに基づく資源管理を広く実施している。一方、年齢別の解析ができず、漁獲量や CPUE (単位努力量当たり漁獲量) に基づく資源管理が実施される場合も少なくない。

特にいくつかの管理方策は、管理効果が十分に検討されていないにも関わらず、管理者や研究者に広く通説として受け入れられている。例えば「禁漁すれば資源は増える」、あるいは「高い漁獲圧は資源を枯渇させる」という通説である。情報量が乏しく、年齢別の評価ができない資源にも通説に基づき広く資源管理が実施されている。今後も実施する対象が広がると考えられる現状を考慮すると、これらの通説を、資源に適用したときの実効性を十分に検討する必要がある。

本研究では、より科学的根拠に基づく資源管理の実施のため、資源管理における4つの通説、「現状の漁獲圧は資源を減少させる」、「禁漁は資源を回復させる」、「漁獲量と資源量の間にはトレードオフが存在する」、「大きな漁獲圧が維持されると資源は枯渇する」の妥当性を検討した。

【資料および方法】 個々の資源評価結果を統合、再評価して普遍的な結果を導くメタアナリシスを用い、資源全般に対する管理方策の実効性の程度を示す凡資源管理効果を定量的に調べた。データには、ICES (国際海洋探査委員会) がコホート解析により資源評価を行った54の系群を、資源全般を示すランダムな資源とみなし、その年齢別資源量推定結果を用いた。各資源において資源動態モデルを用い、通説の管理方策に従って漁獲した場合の資源変動を予測し、各通説の妥当性を検討した。不確実性を考慮し、独自の再生産予測確率モデルを用い、それぞれの方策に対して1000回の試行を行い、その中央値やばらつきを算出した。

【結果および考察】

通説 1: 「現状の漁獲圧は資源を減少させる」

現状の漁獲圧で漁獲した場合の今後20年間の資源変動を予測した。通説は56%の資源で確認されたが、20%もの資源で20年後に資源量、漁獲量ともに現状より増加すると予測された。しかし、検討資源全体の平均では資源量、漁獲量ともに現状の16%が減少すると予測されたため、資源全般において現状の漁獲圧は僅かに高いと考えられた。さらに、現状の漁獲圧を2割削減した場合を検討した

結果、通説は 43%の資源で確認され、検討資源全体の平均では、漁獲圧を削減しない場合と比較して資源量は 19%増加したが、漁獲量はほぼ等しかった。2 割の漁獲圧削減は漁獲量の増加には寄与しないが、漁業コストを下げ、確実な資源回復を導くため、効果的な資源管理であると判断された。

通説 2:「禁漁は資源を回復させる」

本通説の検討のため、3 年間の禁漁後、現状の漁獲圧で漁獲した場合の今後 20 年間の資源変動を予測した。禁漁をしない場合と比較して、禁漁による資源量の増加が 20 年間持続すると予測された資源は 63%でしかなかった。さらに 39%もの資源で禁漁時に漁獲しなかった漁獲量を 20 年かけても取り戻せなかった。検討資源全体の平均では、20 年後の資源量と累積漁獲量は禁漁の有無によらず等しかったため、禁漁の効果は 20 年以内に消失すると判断された。さらに、禁漁後の漁獲圧を 2 割削減した場合を、禁漁と漁獲圧削減がない場合と比較した結果、資源量は 93%の資源で増加し、検討資源全体の平均では 20 年後に 23%増加した。一方、20 年後の累積漁獲量の検討資源全体の平均はほぼ等しかった。禁漁を行う場合、3 年間の禁漁後に漁獲圧の 2 割削減を併用することにより、確実に禁漁の効果が期待できることが示唆された。

通説 3:「漁獲量と資源量の間にはトレードオフが存在する」

「資源量の増加には、漁獲量の減少が必要」という通説である。漁獲圧を極端に小さい場合から大きい場合まで変化させ、各漁獲圧での 20 年後の資源量と漁獲量を算出した。小さい漁獲圧では、漁獲圧を下げると漁獲量が減少し、資源量が増加するというトレードオフが見られ、大きい場合には漁獲圧を下げると資源量、漁獲量ともに増加するというリカバリーが見られた。トレードオフとリカバリー範囲の漁獲圧の閾値は、 F_{msy} に相当するものである。検討資源全体の平均では、漁獲圧の閾値は $0.5F_{med}$ であり、 F_{msy} の代替値として適用できると推定された。さらに、現状の漁獲圧では、69%の資源はリカバリー範囲にあることがわかった。今後、資源管理を実施する上で、現状の漁獲圧がトレードオフとリカバリーのいずれの範囲にあるのかを確認することが重要であると考えられる。

通説 4:「大きな漁獲圧が維持されると資源は枯渇する」

大きな漁獲圧の例として、各資源で過去最大の漁獲圧で漁獲した場合を検討した。今後 50 年以内に 57%もの資源で枯渇の可能性があった。さらに、現状の漁獲圧でも、20%もの資源に枯渇の可能性が確認され、枯渇の可能性は漁獲圧の 2 割削減によって劇的に減少すると判断された。また、禁漁は枯渇を避ける効果はなく、遅らせる効果があり、禁漁後に漁獲圧を 2 割削減すると、ほぼ枯渇の可能性が消失した。これらのことから、2 割の漁獲圧の削減は資源の枯渇の可能性を確実に避けることが示唆された。

以上の結果から、本研究で解析した 4 つの通説は、必ずしも資源全般に該当しないことが示された。詳細な調査が行われ、年齢別の解析が可能な資源では、管理方策の適用前に、その確実性について十分検討する必要があることがわかった。一方、情報量の乏しく管理方策の検討ができない資源では、本研究で示した凡資源管理効果を参照することにより、資源変動予測に基づいた資源管理が促進できると考えられる。例えば、禁漁を行ったとしても 63%の確率でしか禁漁は成功しないが、禁漁後の漁獲圧削減を併用すると 93%の確率で成功するという凡資源管理効果は、「禁漁すれば資源は増える」という通説とは一線を画しており、禁漁方策の検討に寄与すると考えられる。

メタアナリシスに用いた資源には、年魚や熱帯性の魚類は含まれていない。一方、FAO(国連食糧農業機関)は熱帯から寒帯までの底魚、浮魚、および沿岸魚種を含む 584 資源を調査し、75%以上の資源において開発を広げる余地がないと示唆している。この結果は、現在の漁獲圧で 69%の資源がリカバリーの範囲であるという本研究の結果とほぼ一致していると考えられ、本研究の結果は、一定程

度、資源全般を表現していると考えられた。

以上のように、本研究では漁業への一般的な資源の応答や通説の妥当性を定量的に表現できた。また、メタアナリシスを用いた結果、漠然と管理者や研究者に広く信じられてきた通説の一部の誤りを指摘できた。さらに、本研究で提案した凡資源管理効果は、資源全体に対して管理方策の成功確率を定量的に評価できる。管理方策の効果が検討できない情報量の乏しい資源は世界中に多く存在するため、凡資源管理効果は、特にそれらの資源に対して、より適切な資源管理の履行や合意形成の達成に貢献できると考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 桜 井 泰 憲

副 査 教 授 高 橋 豊 美

副 査 准教授 松 石 隆

副 査 准教授 平 松 一 彦 (東京大学)

学 位 論 文 題 名

Validation of Common Beliefs in Fisheries Management using Meta-analysis

(水産資源管理における通説の妥当性に関するメタアナリシス)

近年、世界的に伸び続けている漁業資源の需要を支えるため、多くの資源は過剰に漁獲され、資源量が減少している。漁業資源の持続的利用のため、資源の維持、回復を目指した資源管理が広く実施されており、その役割は極めて重要である。現在、世界の各漁業管理機関が年齢別の解析により漁業資源の評価を行い、それに基づく資源管理を広く実施している。一方、年齢別の解析ができず、漁獲量や CPUE (単位努力量当たり漁獲量) に基づく資源管理が実施される場合も少なくない。

特にいくつかの管理方策は、管理効果が十分に検討されていないにも関わらず、管理者や研究者に広く通説として受け入れられている。例えば「禁漁すれば資源は増える」、あるいは「高い漁獲圧は資源を枯渇させる」という通説である。情報量が乏しく、年齢別の評価ができない資源にも通説に基づき広く資源管理が実施されている。今後も実施する対象が広がると考えられる現状を考慮すると、これらの通説を、資源に適用したときの実効性を十分に検討する必要がある。

本研究では、より科学的根拠に基づく資源管理の実施のため、資源管理における 4 つの通説、「現状の漁獲圧は資源を減少させる」、「禁漁は資源を回復させる」、「漁獲量と資源量の間にはトレードオフが存在する」、「大きな漁獲圧が維持されると資源は枯渇する」の妥当性を検討した。

個々の資源評価結果を統合、再評価して普遍的な結果を導くメタアナリシスを用い、資源全般に対する管理方策の実効性の程度を示す凡資源管理効果を定量的に調べた。データには、ICES (国際海洋探査委員会) がコホート解析により資源評価を行った 54 の系群を、資源全般を示すランダムな資源とみなし、その年齢別資源量推定結果を用いた。各資源において資源動態モデルを適用し、通説の管理方策に従って漁獲した場合の資源変動を予測

し、各通説の妥当性を検討した。不確実性を考慮し、独自の再生産予測確率モデルを用い、それぞれの方策に対して 1000 回の試行を行い、その中央値やばらつきを算出した。

通説 1：「現状の漁獲圧は資源を減少させる」

現状の漁獲圧で漁獲した場合の今後 20 年間の資源変動を予測した。通説は 56%の資源で確認できたが、20%もの資源で 20 年後に資源量、漁獲量ともに現状より増加すると予測した。しかし、検討資源全体の平均では資源量、漁獲量ともに現状の 16%が減少すると予測されたため、資源全般において現状の漁獲圧は僅かに高いと考えられた。

通説 2：「禁漁は資源を回復させる」

3 年間の禁漁後、現状の漁獲圧で漁獲した場合の今後 20 年間の資源変動を予測した。禁漁をしない場合と比較して、禁漁による資源量の増加が 20 年間持続すると予測された資源は 63%であった。また、禁漁時に漁獲しなかった漁獲量を、禁漁後 17 年以内に補った資源は 61%のみでしかなかった。検討資源全体の平均では、20 年後の資源量と累積漁獲量は禁漁の有無によらず等しく、禁漁の効果は 20 年以内に消失すると判断された。

通説 3：「漁獲量と資源量の間にはトレードオフが存在する」

「資源量の増加には、漁獲量の減少が必要」という通説である。漁獲圧を極端に小さい場合から大きい場合まで変化させ、各漁獲圧での 20 年後の資源量と漁獲量を算出した。小さい漁獲圧では、漁獲圧を下げると漁獲量が減少し、資源量が増加するというトレードオフが見られ、大きい場合には漁獲圧を下げると資源量、漁獲量ともに増加するというリカバリーが見られた。現状の漁獲圧では、31%の資源はトレードオフ範囲にあり、今後資源管理を実施する上で、現状の漁獲圧がトレードオフとリカバリーのいずれの範囲にあるのかの判断が重要と考えられた。

通説 4：「大きな漁獲圧が維持されると資源は枯渇する」

大きな漁獲圧の例として、各資源を過去最大の漁獲圧で漁獲した場合を検討した。今後 50 年以内に 57%もの資源で枯渇の可能性があった。さらに、現状の漁獲圧でも、20%もの資源で枯渇の可能性が確認され、枯渇の可能性は漁獲圧の 2 割削減によって劇的に減少すると判断された。

以上の結果から、本研究で解析した 4 つの通説は、必ずしも資源全般に該当しないこと、詳細な調査により年齢別解析が可能な資源では、管理方策の適用前に、その確実性を十分検討する必要があると判断した。一方、情報量が少なく、管理方策の検討ができない資源では、本研究で示した凡資源管理効果を適用することにより、資源変動予測に基づいた資源管理が促進できると考えられる。

本研究は、漁業への一般的な資源の応答や通説の妥当性を定量的に表現し、メタアナリシスを用いた結果、漠然と管理者や研究者に広く信じられてきた通説が必ずしも普遍的ではないことを明らかにしている。また、本研究は凡資源管理効果を提案し、漁業資源全体に対して管理方策の成功確率を定量的に評価している。これらの成果は、特に世界中に多く存在する、管理方策の効果が検討できない情報量の乏しい漁業資源に対して、より適切

な資源管理の履行や合意形成の達成に大きく寄与するものと評価される。よって審査員一同は、申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。