

学位論文題名

Development of stock management evaluation procedure
incorporating uncertainty from sampling error

（標本誤差による不確実性を考慮した資源管理方策評価方法の開発）

学位論文内容の要旨

【目的】

水産資源管理に付随する不確実性の取り扱いは、水産資源管理の中心的課題の一つとなっている。なかでも、計測の不確実性は資源評価に必ず存在する不確実性であるにもかかわらず、これを定量的に扱った研究は見当たらない。一般的に資源評価は水揚げ物から抽出した標本の体長、体重、年齢査定などの測定結果を基に行われる。しかし、この標本を十分に多く得ることは困難なことが多く、標本から推定された特性値には大きな標本誤差を含む可能性がある。

水産資源の特性値に関する推定過程は複雑であり、推定値の誤差を解析的に評価するのは困難な場合が多い。このような場合、推定値の誤差を評価するのにブートストラップ法が有効である。本研究では、資源管理にとって有用な情報提供を目的として、まず、資源量推定値の不確実性をブートストラップ法により評価した。次に、将来の加入量変動や漁獲死亡係数の変動を考慮した資源動態予測モデルを開発し、指標を定めて管理方策を評価する手順を確立した。開発した資源管理方策評価方法の有効性を、スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 北部日本海系群とソウハチ (*Cleisthenes pinetorum*) 北海道日本海・オホーツク海系群の資源評価結果を用いて検証した。

【方法の開発と適用】

資源管理方策評価方法を、以下のように開発して適用した。

1. 現状の把握

予測の出発点となる現在の資源尾数、および将来の加入量や漁獲圧の推定に必要な過去の資源尾数推定値や漁獲死亡係数は、解析期間内の推定漁獲尾数から推定した。漁獲尾数の推定は、水揚げ物から得た漁獲物標本の測定結果から行われる。そこで、漁獲物標本の測定結果にブートストラップ法を 1000 回適用し、推定した 1000 組の推定漁獲尾数を基に、それぞれの資源尾数推定を行うことで、1000 組の資源尾数推定値ならびに漁獲死亡係数を算出した。

2. 予測モデル

算出した最近年の資源尾数を、資源動態及び漁獲動態予測の出発点とした。将来の資源動

態には、資源解析に最も広く使用されている漁獲方程式を用いた。また、将来の加入量の予測には、加入量の変動を考慮して 2 通りの方法を用いた。加入量推定の第 1 法は、資源尾数推定値から計算した過去の産卵親魚量あたり加入量 (RPS) を無作為に抽出し、それに予測された産卵親魚量を乗じることで将来の加入量を予測した。加入量推定の第 2 法は、Kimoto *et al.* (2007) の過去の再生産関係を考慮し、産卵親魚量の大小により加入量の大きさが確率的に予測される方法を用いた。将来の漁獲圧の変動は、過去の漁獲死亡係数を無作為に抽出することで表した。この抽出された漁獲死亡係数に、検討する管理方策による現在の漁獲圧からの削減率を乗じて将来の漁獲死亡係数とした。この将来の漁獲死亡係数と将来の資源尾数から、将来の漁獲尾数が計算される。得られている 1000 組の資源尾数推定値と漁獲死亡係数を用いて、それについて 30 年間の将来予測を行った。

3. 管理方策評価のための指標

管理方策の有効性を評価する指標として、4 つの指標を使用した。①資源保全に関する指標 ②資源利用に関する指標 ③安定性に関する指標 ④信頼性に関する指標を用いた。

4. 適用

資源管理方策評価方法を、スケトウダラの 1991 年から 2004 年の資源評価データに適用した。本資源の漁獲尾数の推定は、層化抽出法に基づいて漁業を 3 つの種類に分け、それぞれの漁業での漁獲尾数を、経験的に母集団を反映すると考えられる時期と、場所から得られた漁獲物標本から推定し、それらを合算しその年の推定漁獲尾数とした。2004 年については、漁獲重量に占める標本重量の割合は 0.004% である。管理方策は漁獲圧の削減による 23 通りを検討した。また、ソウハチ資源の 1985 年から 2004 年の資源評価データを資源管理方策評価方法に適用した。本資源の漁獲尾数の推定は、層化抽出法に基づいて漁業を 2 つの種類に分けて行っている。2004 年の漁獲重量に占める標本重量の割合は 0.01% である。管理方策は刺し網の目合い拡大による 8 通りを検討した。

【結果および考察】

1. 漁獲尾数および資源量推定値の標本誤差による変動

スケトウダラでは、2004 年年齢別漁獲尾数推定値の変動係数は 6.8% から 18.9% であり、VPA による 2004 年年齢別資源尾数推定値の変動係数は 7.1% から 19.7% であった。年齢別資源尾数推定値の変動のうち、標本誤差の影響は 2~59% であった。ソウハチでは、2004 年体長別漁獲尾数推定値の変動係数は 7.7% から 33.3% であり、LPA による 2004 年体長別資源尾数推定値の変動係数は 8.8% から 35.5% であった。体長別資源尾数推定値の変動のうち、標本誤差の影響は 1~29% であった。

2. 予測モデルの結果

管理方策案の評価は、両資源ともほぼ同様の結果が得られた。①資源保全に関する指標は、より厳しい管理方策案がより優れた結果を示した。②資源利用に関する指標では、期間により効果の差が見られ、短期的には比較的厳しい管理では、悪い結果が得られたが、長期的には、厳し

い管理のもとで良い結果が得られた。③安定性に関する指標では、スケトウダラにおいて、禁漁措置の後漁獲を開始する管理方策では、安定性が劣る結果が得られた。④信頼性に関する指標では、管理方策間で大きな差異は認められず、いずれの計算結果も同等に扱えるという結果が得られた。

3.加入量予測に関する仮定の影響

加入量予測に関する仮定が計算結果に与える影響を検討するため、スケトウダラに対して異なる3つの加入量予測に関する仮定による将来予測を行った。その結果、予測される資源量は、加入量予測に関する仮定により30年後の資源量で最大6.4倍になった。しかし、それぞれの管理方策の評価は、加入量予測の仮定に関わらず同一であった。このことは、加入量予測仮定に関わらず、管理方策の検討が可能であることを示唆している。

4.将来予測に与える仮定した変動の影響

シミュレーションに組み入れた加入量予測の変動、将来の漁獲圧の変動、標本誤差による資源量推定値の変動の影響を評価するため、1000回の計算全てに、同一の値を用いて将来予測を実施した。その結果、2034年の資源量予測値について、全ての変動を考慮した場合の変動に対して、同一値を用いた場合の変動の減少は、スケトウダラは、それぞれ、54%、14%、8%であった。一方ソウハチでは、それぞれ、45%、7%、1%であった。いずれも、加入量の変動が全変動の50%以上を占めることから、将来予測に最も影響を与えたのは、加入量予測の変動であることがわかった。また、現状の標本誤差による資源量推定値の変動が将来予測に与える変動は、全変動の1~8%と少なかった。

【結論】

本研究では、標本誤差による不確実性を考慮した資源管理方策評価方法を開発した。これを用いて、標本誤差の資源管理方策評価に与える影響を定量的に示す手法を提案できた。水産資源に対する要求は多岐に渡っていることが多く、資源管理の実行に合意形成は不可欠である。本研究で開発した手法は資源管理における合意形成にとって有効であると結論付けられた。

学位論文審査の要旨

主　査　教　授　桜　井　泰　憲
副　査　教　授　帰　山　雅　秀
副　査　教　授　木　村　暢　夫
副　査　准教授　松　石　　隆

学位論文題名

Development of stock management evaluation procedure incorporating uncertainty from sampling error

(標本誤差による不確実性を考慮した資源管理方策評価方法の開発)

水産資源管理に付随する不確実性の取り扱いは、水産資源管理の中心的課題の一つとなっている。一般的に資源評価は水揚げ物から抽出した標本の測定結果を基に行われる。しかし、この標本を十分に多く得ることは困難なことが多く、標本から推定された特性値には大きな標本誤差を含む可能性がある。本研究では、資源管理にとって有用な情報提供を目的として、まず、資源量推定値の不確実性をブートストラップ法により評価した。次に、将来の加入量変動や漁獲死亡係数の変動を考慮した資源動態予測モデルを開発し、指標を定めて管理方策を評価する手順を確立した。開発した資源管理方策評価方法の有効性を、スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 北部日本海系群とソウハチ (*Cleisthenes pinetorum*) 北海道日本海・オホーツク海系群の資源評価結果を用いて検証した。

予測の出発点となる現在の資源尾数、および将来の加入量や漁獲圧の推定に必要な過去の資源尾数推定値や漁獲死亡係数は、解析期間内の推定漁獲尾数から推定した。漁獲尾数の推定は、水揚げ物から得た漁獲物標本の測定結果から行われる。そこで、漁獲物標本の測定結果にブートストラップ法を 1000 回適用し、推定した 1000 組の推定漁獲尾数を基に、それぞれの資源尾数推定を行うことで、1000 組の資源尾数推定値ならびに漁獲死亡係数を算出した。

算出した最近年の資源尾数を、資源動態及び漁獲動態予測の出発点とした。将来の資源動態には、資源解析に最も広く使用されている漁獲方程式を用いた。また、将来の加入量の予測には、変動を考慮した。また、将来の漁獲圧の変動も考慮し、検討する管理方策は現在の漁獲圧を削減することで表した。得られている 1000 組の資源尾数推定値と漁獲死亡係数を用いて、それぞれについて 30 年間の将来予測を行った。

管理方策の有効性を評価する指標として、4つの指標を使用した。①資源保全に関する指標 ②資源利用に関する指標 ③安定性に関する指標 ④信頼性に関する指標を用いた。

資源管理方策評価方法を、スケトウダラの 1991 年から 2004 年の資源評価データに適用した。管理方策は漁獲圧の削減による 23 通りを検討した。また、ソウハチの 1985 年から 2004 年の資源評価データを資源管理方策評価方法に適用した。管理方策は刺し網の目合い拡大による 8 通りを検討した。

その結果、スケトウダラでは、VPA による 2004 年年齢別資源尾数推定値の変動係数は 7.1%から 19.7% であった。年齢別資源尾数推定値の変動のうち、標本誤差の影響は 2~59% であった。ソウハチでは、LPA による 2004 年体長別資源尾数推定値の変動係数は 8.8% から 35.5% であった。体長別資源尾数推定値の変動のうち、標本誤差の影響は 1~29% であった。

また、管理方策案の評価は、両資源ともほぼ同様の結果が得られた。①資源保全に関する指標は、より厳しい管理方策案がより優れた結果を示した。②資源利用に関する指標では、期間により効果の差が見られ、短期的には比較的厳しい管理では、悪い結果が得られたが、長期的には、厳しい管理のもとで良い結果が得られた。③安定性に関する指標では、スケトウダラにおいて、禁漁措置の後漁獲を開始する管理方策では、安定性が劣る結果が得られた。④信頼性に関する指標では、管理方策間で大きな差異は認められず、いずれの計算結果も同等に扱えるという結果が得られた。

シミュレーションに組み入れた加入量予測の変動、将来の漁獲圧の変動、標本誤差による資源量推定値の変動の影響を評価するため、1000 回の計算全てに、同一の値を用いて将来予測を実施した。その結果、2034 年の資源量予測値について、全ての変動を考慮した場合の変動に対して、同一値を用いた場合の変動を比較した結果、スケトウダラ、ソウハチ、いずれも、加入量の変動が全変動の 50% 以上を占めることから、将来予測に最も影響を与えたのは、加入量予測の変動であることがわかった。また、現状の標本誤差による資源量推定値の変動が将来予測に与える変動は、全変動の 1~8% と少なかった。

本研究では、標本誤差による不確実性を考慮した資源管理方策評価方法を開発した。これを用いて、標本誤差の資源管理方策評価に与える影響を定量的に示す手法を提案できた。水産資源に対する要求は多岐に渡っていることが多く、資源管理の実行に合意形成は不可欠である。本研究で開発した手法は資源管理における合意形成にとって有効であると結論付けられた。

上記の内容は、従来困難であった標本誤差の定量的評価を行った点で資源学的にも新規性に富み、水産資源管理の検討を行う上で重要な情報を提供するものである。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。