水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

東日本大震災がサケ資源に及ぼす影響評価シミュレーション

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産総合研究センター 公開日: 2024-07-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 渡邉, 久爾 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2009654

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

研究成果情報

東日本大震災がサケ資源に及ぼす影響評価シミュレーション

渡邉（わたなべ） 久爾（きゅうじ）（北海道区水産研究所　さけます資源部）

はじめに

2011 年 3 月，東日本大震災は本州太平洋側のサケ *Oncorhynchus keta* を襲いました（小川・清水 2012）．この震災は，民間ふ化場を破壊しただけではなく，2010 年級群の飼育中の稚魚および震災前に放流した稚魚に大きな損害を与えた可能性があります．壊滅的な状況にあった沿岸陸海域の中で生き残ることができた稚魚は主に 4 年および 5 年魚になると成熟し（岩手県 2005），それぞれ 2014 年および 2015 年に母川に帰って来ます．そのとき，いったいどのような問題が生じ，どのような対応が必要となるでしょうか？未来を正確に予測することは困難です．しかし，水産資源の持続的利用を目的とした資源管理（放流数一定方策）を行う上で，ある確率で生じる問題に対応することは重要です．そこでシミュレーション（模擬数値実験）が有効となります．資源と漁業の関係をモデル化しシミュレーションすることで，将来生じる可能性がある“潜在的問題”を仮想現実の中で知ることができ，問題への対応策の効果も試算できます．このようなアプローチは，国際捕鯨委員会における鯨類管理方式の開発から始まり（桜本ら 1991; 北原 1996; 田中 2001），現在ではミナミマグロ *Thunnus maccoyii*（高橋ら 2015）などに実施されています．本稿では，岩手県を対象としたサケ資源変動モデルの中に震災由来の生残率や沿岸漁獲率を設定し，震災や漁獲が資源変動に与える影響をシミュレーションにより評価した取り組みを紹介します（Watanabe et al. 2015）．なお，この論文でシミュレーションを試みた 2014 年と 2015 年の漁期は，本稿の掲載時期において既に終了していることをご理解ください．

資源変動モデルとシミュレーションの概要

モデルは，サケの全生活史を通して資源尾数が変動する過程を年齢別に描き出す年齢構造モデルです．モデルについては，過去の実績データを用いて作成します．ここで，3 つのモデルとその計算過程について概念図を用いて説明します（図 1）．まず，来遊数は，放流数，震災由来の生残率（L）および放流から 2 年魚に至るまでの生残率（S）といった主要パラメータによって決まります（モデル 1）．次に，来遊数と沿岸漁獲率（E）を用いて，沿岸漁獲数と河川捕獲数をそれぞれ算出します（モデル 2）．沿岸漁獲率とは，来遊数に占める沿岸漁獲数の比率を意味します。次に，河川捕獲数を用いて翌年の放流数（モデル 3）を算出します．最終的に，算出した放流数についてはモデル 1 を通して次年の来遊数の計算に用います．この計算サイクルを繰り返して，2014 年から 2030 年まで計算を行います．

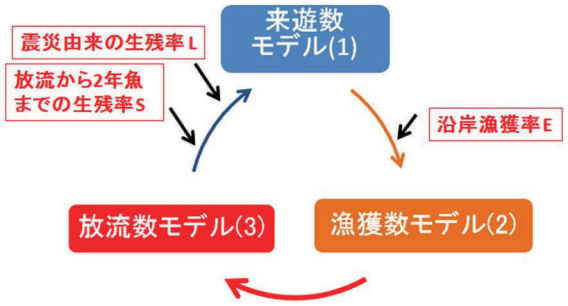

図 1. モデルとシミュレーションの概念図.

シナリオ設定

上述のモデルによってコンピューターの中に仮想現実が作られます。この仮想現実の中に様々な事象（シナリオ）を起こすために，図 1 の各モデルのパラメータ（赤字で示す）に場合分けした数値条件を与えます（表 1）．このことをシナリオ設定といいます．震災由来の生残率 L に与える数値については，全く頼る情報がないので 0〜1 を範囲とし，それを 0.25 間隔で 5 段階に層化して与えます．放流から 2 年魚に至るまでの生残率 S の場合，過去の値を基に下位 10%値（低水準，0.019）および中央値（0.046）を設定します．沿岸漁獲率 E の場合，従来操業のケース（E = 中央値，0.912）と漁獲率低水準ケース（E =下位 10%値，0.864）を設定します．従来操業とは，管理者が従来通りの行動をすることであり，ある問題に対して何も手段を講じないことを意味します．なお，従来操業ケースの中で，最も資源量が低下する悲観的なシナリオは，シナリオ A1 となります．

シミュレーションでは，20 個のシナリオ別に設定したパラメータのうち S と E に乱数を与え，ある 1 つのシナリオに対して 1000 回計算を繰り返しました．つまり，ある 1 つのシナリオで 2014～2030 年における年別の来遊数，漁獲数および放流数をそれぞれ 1000 個算出しました．これをモンテカルロ・シミュレーションと呼びます（参考 Vose 2000）．

シミュレーション結果 ～問題の検出と対応策の効果 ～

結果を説明する前に，“はじめに” で述べた “潜在的問題” とは何かあらかじめ定義します．ここでは，放流数が目標値 4.05 億尾に達しない状況のことと定義します．その上で 2014 年の結果を見ると（図 2b），従来操業ケースではシナリオ A1（最も悲観的）~A5，B1 および B2（図 2 における青色の枠線）で放流数の中央値が目標値に達しませんでした．なお，中央値とは 1000 個の算出値を値の小さい順に並べたとき中央に位置する値を意味します．一方，漁獲率を低水準に下げたケースではどうなるでしょうか？放流数の中央値が目標値に達しないシナリオは A1~A3 の 3 つだけとなりました（図 2e）．

次に，長期的なシミュレーションの結果を見てみます（図 3）．放流から 2 年魚までの生残率 S が低水準で従来操業ケースの場合（A1~A5），震災由来の生残率 L がどのような場合でも放流数の中央値は経年的に減少し，約 1～2 億尾にまで減ってしまいました（図 3 の青線）．一方，生残率 S を中央値に増加させた従来操業ケースの場合（B1~B5）はどうなるでしょうか？震災由来の生残率 L が 0.00 および 0.25 のシナリオ B1，B2 において放流数の中央値は 2014，2015 年で目標値を下回りましたが、それ以外のシナリオ B3~B5 では目標値に達しています．生残率 S が低水準から中央値に増加することで震災由来の生残率 L が S に相殺されて，放流数不足が起こりにくくなりました．

震災由来の生残率 L や放流から 2 年魚までの生残率 S を同じ条件として，沿岸漁獲率だけを低水準に下げるケースの場合（C1~C5，D1~D5）どうなるでしょう？S が低水準であるシナリオ C1~C3 では放流数の中央値は 2014，2015 年に目標値以下となるもののそれ以後は目標値に達しました（図 3 の緑線）．一方，シナリオ C4 と C5 では，放流数の中央値は 2014～2030 年の期間にかけて目標値を下回ることはありませんでした（図 3 の赤線）．S が中央値であるシナリオ D1 では放流数の中央値は 2014，2015 年に目標値以下となりましたが（図 3 の緑線），シナリオ D2 では目標値を下回ることはありませんでした（図 3 の赤線）．すなわち，生残率 S が低水準である従来操業ケースのシナリオで，放流数が目標値を下回ることが起りましたが（A1~A5），沿岸漁獲率を中央値から低水準に減少させるという対応策（漁獲率低水準ケース）によって放流数が目標値に達成することがわかりました．

表1．沿岸漁獲率 (E)，放流から2年魚までの生残率 (S)および震災由来の生残率 (L) を場合分けして作成したシナリオ．

ケース	シナリオ名	パラメータ 沿岸漁獲率 E	生残率 S	震災由来生残率 L
従来操業	**A1(悲観)**	**中央値**	**低**	**0.000**
	A2	中央値	低	0.250
	A3	中央値	低	0.500
	A4	中央値	低	0.750
	A5	中央値	低	1.000
	B1	中央値	中央値	0.000
	B2	中央値	中央値	0.250
	B3	中央値	中央値	0.500
	B4	中央値	中央値	0.750
	B5(楽観)	**中央値**	**中央値**	**1.000**
漁獲率低水準	C1	低	低	0.000
	C2	低	低	0.250
	C3	低	低	0.500
	C4	低	低	0.750
	C5	低	低	1.000
	D1	低	中央値	0.000
	D2	低	中央値	0.250
	D3	低	中央値	0.500
	D4	低	中央値	0.750
	D5	低	中央値	1.000

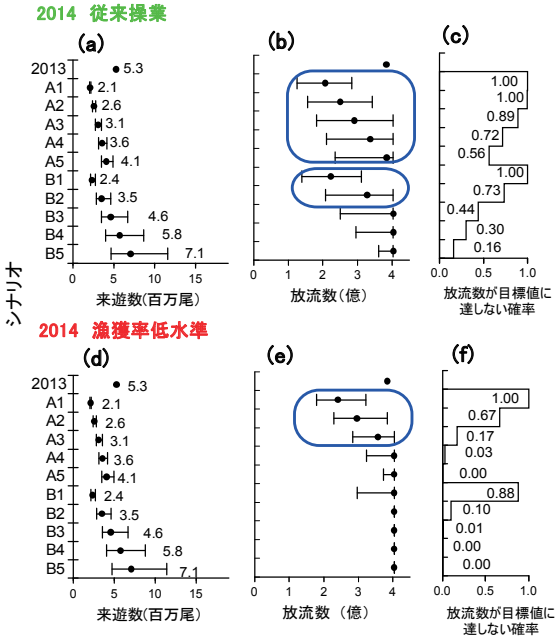

図2. シミュレーションによる2014年の来遊数，放流数および放流数が目標値に達しない確率．算出値の中央値を黒丸で示し，下位 10%と上位 10%の値を左右水平バーで示す（Watanabe et al. 2015 を改変）．

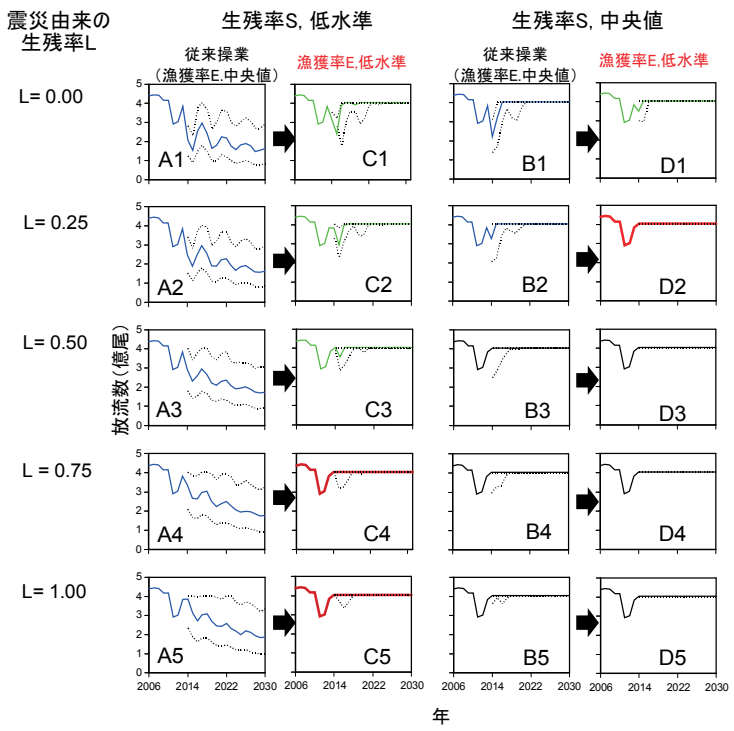

図 3. 2014～2030 年におけるシナリオ別の放流数の中央値（直線），下位 10%値および上位 10%値（点線）.

おわりに

資源管理を実行する場合，事前の問題把握と管理目的の設定が必要です．本稿では，複数のシナリオの下でシミュレーションを実行することによって，将来生じる可能性がある“放流数不足”がどのような状況の下で発生するのか把握できました．つまり，従来操業の漁業の下で放流から 2 年魚までの生残率 S が低水準の場合，放流不足は頻繁に起きました．さらに，この問題への対応策の効果に対して洞察を与えました．すなわち，沿岸漁獲率を低水準値にすることで問題を効果的に緩和させることから，海産卵による種卵確保という対応策と同様に漁獲率の削減という対応策も有効であることがわかりました．本研究により資源管理のための情報整理ができたといえます．ただし，実際に対応策を実施するためには知見が十分とはいえません．なぜならば，もしも実際に沿岸漁獲率を下げる場合，具体的にどのような手段を用いて沿岸漁獲率を下げるのかについても理解する必要があるからです．つまり，実際に漁獲が行われる定置網の設計および網揚げと魚群行動の関係といった実証研究が必要です（井上・長洞 1987）．資源管理の実践という明確な目的の下で、シミュレーションと実証研究の両方を行うことが重要です．

謝辞

本稿の研究は，岩手県水産技術センターの小川元氏，東北区水産研究所沿岸資源研究センターの佐々木系氏および北海道区水産研究所の斎藤寿彦氏と共同で行いました．研究にあたり，岩手県庁の清水勇一氏，佐々木将氏，北海道区水産研究所の小軽米成人氏，高橋史久氏および平林幸弘氏には協力を頂きましたので，感謝の意を表します．本研究は平成 23 年度所裁量費を受けて実施しました．

引用文献

井上善洋・長洞幸夫．1987．　三陸沿岸の定置網漁場におけるサケ魚群の行動．日本水産学会誌，53: 699-704.

岩手県．2005．平成 15 年度岩手県のさけ・ますに関する資料．岩手県農林水産部水産振興課，盛岡．316 pp.

小川 元・清水勇一．2012．東日本大震災からの岩手県さけ増殖事業の復興と資源回復の課題．日本水産学会誌, 78: 1040-1043.

北原 武（編）．1996．クジラに学ぶ－水産資源を巡る国際情勢－．成山道書店，東京．pp. 98-122.

桜本和美・田中昌一・加藤秀弘（編）．1991．鯨類資源の研究と管理．恒星社厚生閣，東京．273 pp.

高橋紀夫・境 磨・伊藤智幸・黒田啓行．2015. 20 ミナミマグロ．「平成 26 年度国際資源の現況」（水産庁編）水産庁・水産総合研究センター，東京．URL: http://kokushi.job.affrc.go.jp/H26/H26_20.html. （参照 2015-12-01）．
田中昌一．2001．水産資源学を語る．恒星社厚生閣，東京．pp. 126-132.
Vose, D. 2000. Risk analysis: a quantitative guide 2nd edition. John Wiley & Sons, NY.（日本語訳 長谷川専・堤盛人．2003．勁草書房，東京．567 pp.）
Watanabe, K., Sasaki, K., Saito, T., and Ogawa, G. 2015. Scenario analysis of the effects of the Great East Japan Earthquake on the chum salmon population-enhancement system. Fish. Sci. 81: 803-814.

コラム

東日本大震災からのさけふ化放流事業の復興状況

岡田（おかだ） 義郎（よしろう）（東北区水産研究所 沿岸漁業資源研究センター）

はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は東北太平洋のさけふ化放流事業に大きな被害を与えました．岩手県では沿岸ふ化場 28 ふ化場 38 施設のうち 20 ふ化場 27 施設が被災し，宮城県では 17 ふ化場 19 施設のうち 12 ふ化場 14 施設が被災しました．また，福島県では 10 ふ化場 13 施設のうち 6 ふ化場 8 施設が被災し，加えて 4 ふ化場 8 施設では東京電力福島第一原子力発電所の事故により立ち入りすら出来なくなりました．サケ資源の大部分は人工ふ化放流によって維持されているため、ふ化場施設の復旧は急務でした。このことから被災地では生活環境もままならないなか，早期のふ化放流事業の再開に向け施設の復旧が行われて来ました．被災したふ化場のうち，2011 年の秋には岩手県で 17，宮城県では 13，福島県では4箇所のふ化場で稚魚生産が実施されています．2012 年春の放流数は震災前（2009 年，以下同様）に比べ岩手県で 70%，宮城県で 75%、福島県では 15%程度となりました．その後，2012～2014 年度の施設の復興についてはそれぞれの地域の実情に応じて進められ，2014 年度末のふ化放流計画では岩手県では88%，宮城県では99%まで施設復興が進みましたが，福島県では原発事故の影響で 22%程度に留まっていました．

2015 年度に復旧したふ化場施設

震災から 5 年後の 2015 年度の主な施設整備として，岩手県では震災年に仮復旧した津軽石ふ化場の飼育池が整備され，宮城県では仮設のふ化室で管理していた本吉町ふ化場のふ化室が，ふ化室のみ仮復旧していた南三陸町ふ化場小森施設が種卵から稚魚までの一貫した管理ができる施設に整備されました．さらに原発事故により立ち入りが制限されていた福島県の楢葉町では，10 月の帰町宣言が出されたことにより，町内にある木戸ふ化場が 1,000 万尾のさけ稚魚を生産管理できる施設に整備中であります．工事の遅れで残念ながら

写真 1. 岩手県津軽石ふ化場 震災後アルミ池.

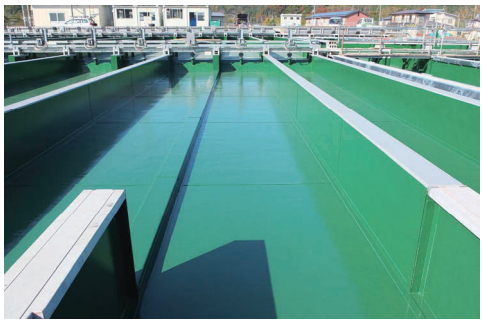

写真 2. 岩手県津軽石ふ化場 アルミ製飼育池を仮復旧し使用していたが，津波時の塩分により腐食が発生，コンクリート製で復旧.