


海洋研OMシンポ(2007/11/28)




ミナミマグロの管理方式の 開発

黒田 啓行
(水研セ・遠洋水研・温帯性まぐろ資源部)

- CCSBT(みなみまぐろ保存委員会)科学委員会
- 遠水研・ミナミマグロSG
伊藤智幸, 高橋紀夫, 庄野宏, 宮部尚純
(辻祥子, 平松一彦)


本日の内容



ミナミマグロ大トロ
一貫 1000円

1. ミナミマグロの資源管理の仕組み
 - ミナミマグロと漁業の紹介
 - これまでの問題点と、解決策としてのMP(管理方式)
2. CCSBTにおけるOMとMPの開発プロセス
 - OM(仮想現実モデル)の構築
 - MPの作成
 - MPの評価・比較
 - 最終案の選択とその後
3. まとめ
 - MP開発の利点、課題

(PR) 清水に来てね



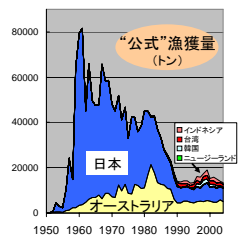
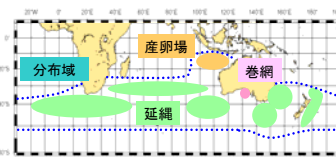

ミナミマグロとは




2004産卵場調査 with 小西君

- 分布 南半球温帯域
- 大きさ 2m, 200kg以上
- 寿命 40歳以上
- 成熟年齢 10歳
- 最高級マグロの一種
寿司・刺身用
(俗名 インドマグロ)

ミナミマグロ漁業とは → 多様な漁業形態

- 延縄漁業
 - 日本、台湾、韓国、ニュージーランド(4歳~10歳)
 - インドネシア(10歳以上)
- 巻網漁業
 - オーストラリア(2~4歳)
 - “畜養”(生け簀で小型魚を短期間で太らせる)

- 1950年代初頭スタート
- 日本・オーストラリアが主
- 現在、大部分は日本へ輸出

みなみまぐろ保存委員会 CCSBT

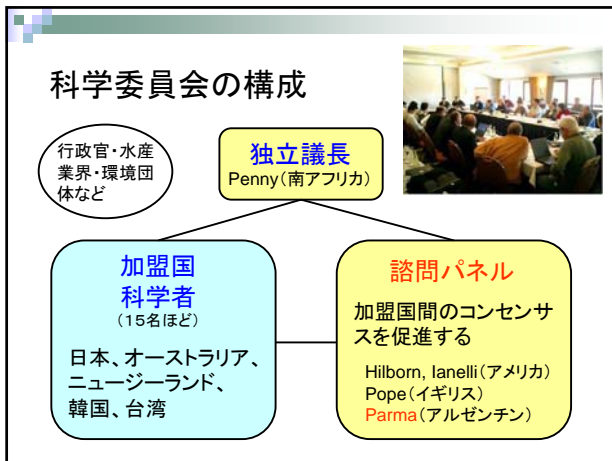
Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna




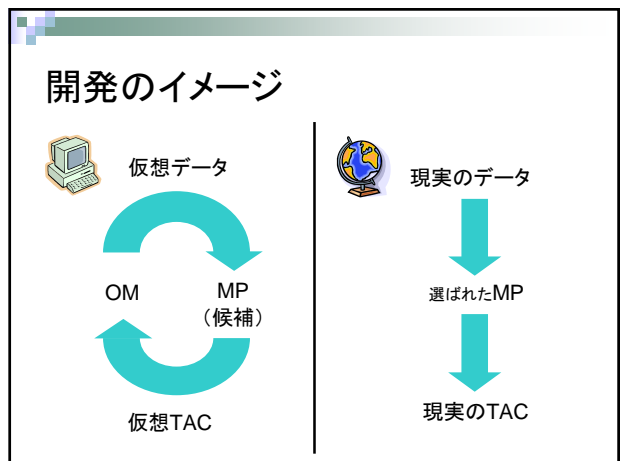
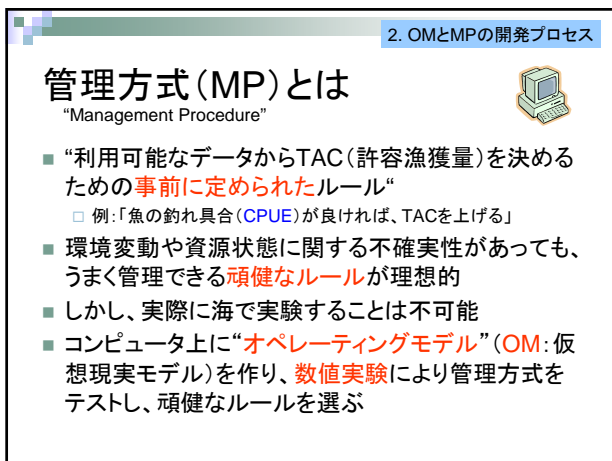
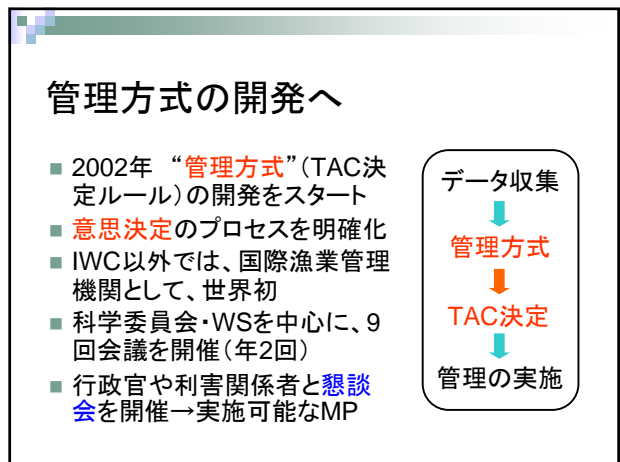
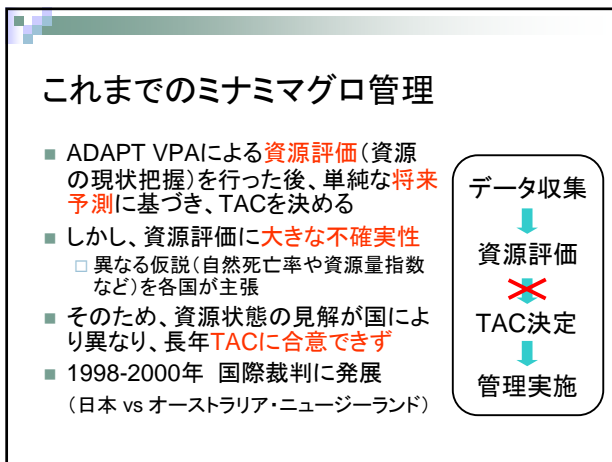
- 1994年発効。現加盟国5カ国。
 - 日本、オーストラリア、ニュージーランド、韓国、台湾
- 全ての事柄は全会一致で決定
- 許容漁獲量(TAC)、国別割当による管理
“Total Allowable Catch”



科学委員会 (諮問機関) 行政官会議 (最高意思決定機関)



- ### ミナマグロ管理の難しい所
- 
- 水産資源管理の高い目標
 - 「持続可能な利用」・「魚をとりながら増やす」
 - 生活史情報の不足
 - どこに、どれだけ、魚がいるのか、よくわからない
 - 自然死亡率、再生産(親子)関係の推定が難しい
 - 漁業データに依存せざるを得ない
 - 科学調査を行うには、膨大な費用
 - 漁業形態の激しい変化
 - “畜養(養殖)”の開始、新たな国の参入
 - 燃油の高騰、魚価の低迷などの社会経済的要因



OMの概要



- ミナミマグロの資源動態を真似た個体群動態モデル。Butterworth et al. (1999)の資源評価モデルがベース。科学委員会が共同で開発。
- 1種系の年齢構成モデル(空間構造なし)
- ベイズ型状態空間モデル(“統合”統計モデル)
 - プロセス誤差…再生産(親子)関係
 - 観測(測定)誤差…CPUE、漁獲物の年齢・体長組成など
- 漁業データと標識再捕データを使用

個体群動態の基本 フォワード型モデル

- 生存・死亡 漁獲死亡 自然死亡

$$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} \times (1 - H_{f,a,t}) \times e^{-M_a}$$



- 漁獲死亡 年齢別選択率(時間的にも変化) 年平均漁獲死亡

$$H_{f,a,t} = s_{f,a,t} \times \bar{H}_{f,t}$$

- 再生産(親子)関係: Beverton-Holt式

$$N_{1,t} = \frac{\alpha S_t}{\beta + S_t} \times \epsilon_t$$

尤度の構成要素

誤差の確率分布と分散を特定し、モデルを観測データへフィットさせる

- 漁業別漁獲量 … 誤差なし
- 日本延縄CPUE … 対数正規分布

$$I_t = q_t \times (N_t)^p$$
- 漁業別年齢・体長組成 … 多項分布

$$C_{f,a,t} = s_{f,a,t} \times \bar{H}_{f,t} \times N_{a,t}$$
- 標識再捕数 … ポアソン分布

$$r_{f,a,t} = s_{f,a,t} \times \bar{H}_{f,t} \times T_{a,t}$$
- 選択率の変化へのペナルティ



パラメータのベイズ推定



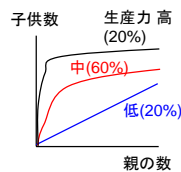
- 推定パラメータ
 - 選択率、初期資源量、加入量
 - 再生産関係(steeptness)、自然死亡率
- 当初は事前分布を適切に設定した上で、MCMC法でパラメータの事後分布を求め、不確実性を評価する予定だった
- ところが、モデルが複雑すぎたためか、なかなかうまく収束しないという問題が発生

パラメータ(仮説)の不確実性の評価

- 重要なパラメータや仮説を選択(7要因)
 - 再生産(親子)関係、自然死亡率、CPUE標準化手法、CPUE-資源量関係など
- パラメータ値を固定した上で(シナリオ)、推定値を求める。複数のシナリオの結果を重み付け、統合する。
 - エキスパートジャッジ(“投票”)
 - データの当てはまり具合(尤度)

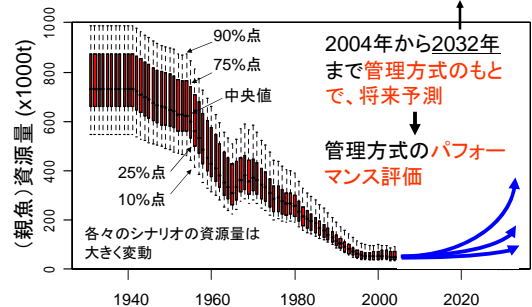
例) 再生産(中)&自然死亡(M=0.1) = 0.6 × 0.29
再生産(中)&自然死亡(M=0.2) = 0.6 × 0.71

- 720通りのシナリオを各重みに従い、2000個サンプリングし、1つに統合 = ベースケースシナリオ(OM)




ベースケースOMにおける過去の推定資源量

「予測に責任が持てる期間」として関係者全員で決めた



様々な不確実性



- パラメータの不確実性
- データの不確実性
- 将来予測の不確実性 (例) 加入量の変動
- モデルの不確実性


今回の開発作業で考慮ベースケースに含まれなかった重要な要因
→ 頑健性テストの実施
・加入の予想外の減少
・環境収容力の変化など

別の枠組(メタルール)で対応

■ 「想定内」と「想定外」を明確に区別
→ 関係者全員が把握する必要

管理方式(MP)の開発

2-2. MPの作成



仮想データ


- ① CPUE(魚の釣れやすさ)
- ② 前年の漁獲量
- ③ 漁獲物の年齢組成

OM → MP (候補)

仮想TAC 値は1つ

- 将来予測の不確実性
 - 加入量の変動(プロセス誤差)
 - CPUE・年齢組成の観測誤差
- 暗黙の仮定
 - 国別の漁獲割合は変えない
- 各国が独自に開発、コンテスト

“うまい管理”とは？



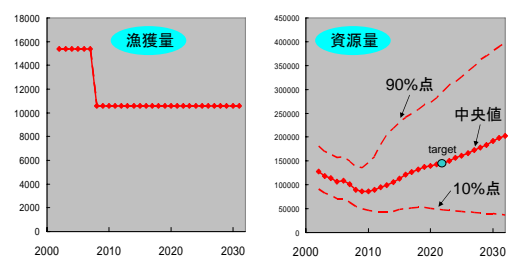
- ① 漁獲量の最大化 “たくさんとりたい”
 - 5年間(10,20,28年間)の平均漁獲量など
- ② 漁獲量の安定性 “増えたり、減ったりは困る”
 - 年変動(AAV)、最大漁獲減少幅、最低CPUEなど
- ③ 資源の安全性 “絶滅なんて、もつてのほか”
 - 最小資源量、現状の10%点以下になる確率、など

3年間 TAC固定

- ①と③はトレードオフの関係
→ どう判断するかは関係者全員で議論
- CCSBT自体の管理目標は現在見直し中
- 管理方式の比較のため、資源回復の目標値を仮設定
 - $(2022\text{年の資源量}) / (2004\text{年の資源量}) = 1.1$ (中央値、0.9,1.3のオプションも)

ダメそうなMP “漁獲量一定”方式

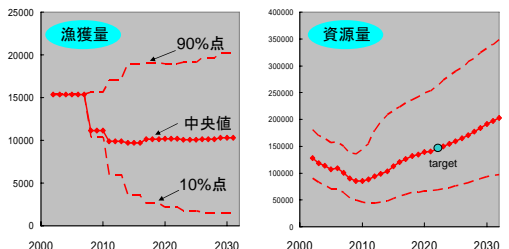
10,600トン



- 資源の減少が止まらない場合もある
- 資源状態が良くても、TACが増えない

管理方式 “HK5” (“Hiroyuki Kurota ver.5”)

- 順応的管理を意図した比較的シンプルなルール
- 「CPUEの10年間のトレンド(a)」と「加入量指標(b)」からそれぞれTACを求め、その小さい方の値を採用

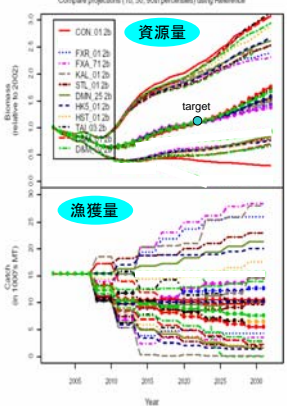
$$TAC_{y+1} = \min(a, b) \times TAC_y$$


2-3. MPの評価・比較

2004年3月

管理方式の“比較”

- 2年間に30以上の管理方式が開発される
 - CPUE直接利用
 - 資源評価モデル利用
- 資源量の平均的な変化は同じ
- 平均漁獲量にはほとんど差がなかった
- 漁獲量の変化と資源量のばらつきに違い



H: high, M: medium, L: low

管理方式の“選択”

■ 各指標に基づく“成績表”を作成

- 初期のTACの削減幅
- 資源が減少するリスク
- 漁獲量の変動
- 頑健性テストの結果 (極端な加入減の場合)

■ 4つのグループに分類

- 各グループで最良のものを選ぶ

指標	MP	FXR	FXA	KAL	STL	DMN	HKS	HSI	TAI	DSM	DSM
	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	02
early TAC reductions	L	H	H	H	M	M	M	L	LM	L	L
longer term TAC levels	H	H	H	H	M	M	M	L	L	L	L
risk of low SSB (10% SSB and 10% fish)	L	L	L	LM	LM	LM	LM	HM	H	H	H
increase in TAC at end of period	H	H	H	H	M	M	M	L	L	L	L
Range of TAC variation	?	H	H	H	MH	M	M	LM	L	L	L
Range of biomass variation	?	L	L	L	M	M	MH	MH	H	H	MH
post 2022 median biomass	H	L	L	M	M	M	M	H	H	H	H
probability of low TAC	L	L	M	L	H	M	M	M	M	M	M
AAV and max Tac change	L	H	H	H	M	M	M	L	L	H	L
TAC change reversals (Adata)	L	M	M	H	M	M	LM	L	H	LM	L
Mval_AT2Low1_AT2	H	H	H	H	M	M	M	M	L	L	L
No AC	H	M	M	M	H	MH	H	MH	L	M	L
Low_Rac	H	M	H	M	M	ML	H	L	L	L	L
Steepness (high effect on TAC)	H	H	H	H	M	M	M	ML	L	L	ML
Steepness (low effect on biomass)	H	M	H	H	H	M	M	M	L	L	L

2004年3月

4つの最終候補

■ 資源の安全性と漁獲の安定性にトレードオフ

■ “HK5”は高評価を受ける

	資源の安全性	漁獲量の安定性	長期的な漁獲量
理想	高	高	高
FXR	高	低	高
D&M	低	高	低
HK5	高/中	高	中
TAI	低	低	低

2-4. 最終案の選択とその後

2004年3月～2005年9月

その後、色々ありまして...

- 漁業データの更新をしたところ、OMの推定値がうまく求まらなくなる
- 2000、2001年級の加入が大幅に減少したことが明らかになる (想定外の出来事)
 - OMの修正
 - MP導入前のTAC大幅削減を科学委員会が勧告
 - TAC大幅削減と相性のいいMPを選択

2005年9月科学委員会

最終選考 → バタワース・森方式に決定

ケープタウン大学

バタワース・森方式

- 過去のCPUEと漁獲量から、現在の資源量と理想的な資源量(B_{MSY})を、簡単なモデル(プロダクションモデル)により推定する
- 「現実」と「理想」を近づけるようにTACを変化

$$TAC_{y+1} = \left(w TAC_y + \alpha (1-w) \cdot MSY_y \cdot \left(\frac{\hat{B}_y}{\hat{B}_{MSY,y}} \right) \cdot g(\hat{r}_y) \cdot h(CPUE_y^w) \right) \cdot f(LL_y)$$

↑ 翌年TAC ↑ 今年TAC ↑ MSY ↑ 現在の資源量とB_{MSY}との比 ↑ 加入量による調整

科学委員会による

管理目標の具体案の提示

- バタワース・森方式を使って、「2022年に資源量が現状以上である確率を90%」にする
- 「MPが出すTACを人間が勝手に変えてはいけぬ」とやんわりと警告

管理方式実施後のレビュー



定期レビュー
(毎年または3年毎)
魚も漁業も想定通り
動いているか？

YES

管理方式の
実施継続

NO

“メタルール”
の発動

想定外の出来事への
対応手順を明記
“想定外の事が起こることを想定”

最終案の採択と第2幕の始まり

- 2005年10月行政官会議にて、「バタワース・森方式」の採用を決定

めでたし、めでたし (Fin) 🎉

- 日本・オーストラリアによる過剰漁獲疑惑の発覚
→ 独立委員会による調査



MPはどうなったのか？

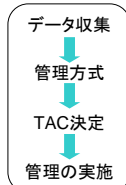


- 過去の漁獲量、CPUEに大きな不確実性が発生
- 2007年、日本の漁獲枠が半減、かつオリンピック方式からIQ制へと移行
 - 将来CPUEの性質が変わる可能性
- バタワース・森方式を適用できない
→ 開発作業は振出し
- 2009年までに資源評価をやり直し
→ OMの大幅修正
 - 日本のデータに依存しすぎない評価に変更予定
- その後、本格的なMPを再開

3. まとめ

管理方式開発の利点

- 不確実性に対して頑健なTACの算出
 - 意外と頑健性は高いのかも？
- 意思決定の透明化・迅速化
- 管理システム全体の整備が進む
 - 一貫した管理の実施
 - 関係者間の意思疎通、合意形成が進む
- 論点の明確化
 - 「結果」ではなく、「方法・過程」で議論
 - 生物学的、資源学的理解も進む



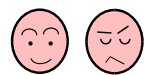
苦労・今後の課題

“みなみまぐろニュースレター”



- OM作りは結構難しい
 - 「滅多に起こらないこと」は、よく起こる
 - 突然の加入減・過剰漁獲・CPUEの上昇・・・
 - いつ終わるの？ → ある程度の試行錯誤は必要
- 不確実性を十分に捉えられるか？
 - 現実的に検討可能な範囲は限られる
 - 「何を想定したか」を明確化 + モニタリング + メタルール
- 専門家以外の関係者への管理方式の説明
 - 目的、利点、限界などを理解してもらう必要性
- 厳しい時間的制約、経験の不足
 - 経験の蓄積、継承、共有が重要

まとめ



- 資源管理を行う上で、OM&MPの開発を通して得られるものは多い
 - 他のマグロでも検討が始まっている
 - 問題の性質や資源の特性、データの利用可能性などによって、OM&MPの使い方は異なる
 - リスク管理の意味合い
- 思考実験の場としてのOMの利用
 - 資源管理上、重要な要因の客観的な抽出
 - 適切な調査デザインなどの検討

みなまぐる保存委員会 科学委員会



会議レポート
(SAG/SC/MPWS)などは
CCSBTのwebページで公開
<http://www.ccsbt.org/>



◎韓国



◎ニュージーランド

質問等は私、黒田啓行まで
kurota@afrc.go.jp
<http://homepage3.nifty.com/kurota/>