

キハダ インド洋

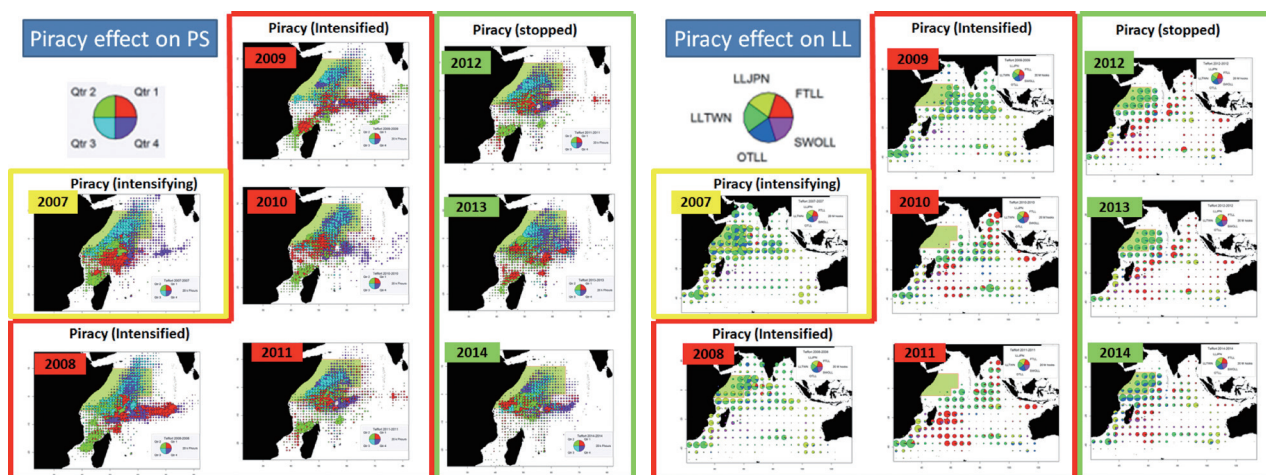
(Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*)



最近の動き

2015 年にインド洋まぐろ類委員会 (IOTC) 熱帯性まぐろ作業部会で実施された資源評価に基づき、同科学委員会において、資源は過剰漁獲、乱獲の状態にあると推定された。また、

これに基づくリスク解析 (Kobe II) の結果、漁獲量を 20% 削減する必要があると勧告した。過剰漁獲の原因は、2012 年以降ソマリア沖の海賊活動がなくなり、それに伴い全漁業の漁獲量が急増したことによる。



(a) EU まき網漁獲努力量分布図 (海賊問題がなかった 2007 年 (黄)、海賊の影響が見られる 2008～2011 年 (赤)、海賊の影響がなくなった 2012～2014 年 (緑))、赤、緑、青、紫はそれぞれ第 1～第 4 四半期を表す

(b) まぐろはえ縄漁場の変化 (海賊問題がなかった 2007 年 (黄)、海賊の影響が見られる 2008～2011 年 (赤)、海賊の影響がなくなった 2012～2014 年 (緑))

図 1. ソマリア沖海賊問題がまぐろ漁場に与える影響

(a) 上図：まき網漁場 (b) 下図：はえ縄漁場図、緑色の影は海賊活動が多いと考えられる場所。

利用・用途

刺身や缶詰原料などが主な利用用途である。

漁業の概要

インド洋キハダの国別・漁法別・FAO 海域別漁獲量 (1950～2014 年) を図 2～4 及び附表 1～3 に示した。インド洋におけるキハダの主漁場は、南緯 10 度以北、モザンビーク海峡付近及びアラビア海である (IOTC 2004) (図 5)。西インド洋でフランス及びスペインのまき網漁業が本格的に開始する前の 1983 年までは、キハダ総漁獲量は最大 9.2 万トンであり、はえ縄による漁獲が 50% 以上であった (図 6)。まき網漁業が本格的に開始した 1984 年から総漁獲量は急

増し、1988 年には 20 万トンを超えた。1993 年にはアラビア海で台湾による大量漁獲があったため 40 万トンに達し、その後 2002 年までは 32 万～37 万トンと比較的高いレベルで推移した。

また、2003～2006 年にかけて、西インド洋熱帯域においてまき網漁業 (主に素群れ操業)、はえ縄漁業及び小規模漁業による大量漁獲があり、2004～2005 年にはアラビア海で台湾のはえ縄漁業による 2 度目の大量漁獲があった。これにより、キハダの総漁獲量は 2003～2006 年に 40 万～50 万トン台へと急増し、2004 年に 53 万トン (最大漁獲量) を記録した。しかし、その後 2007～2011 年には漁獲量が 27 万～33 万トンへと急減した。この漁獲量急減の主な原因は、ソマリア沖海賊の活動範囲が拡大したことによ

り、まき網船・はえ縄船が操業を他の大洋もしくはインド洋の別の海域へ移動したためである。2012 年以降海賊活動がなくなり漁獲量は 40 万～43 万トンと、2011 年(33 万トン)より大きく増加した。この増加は全ての漁法によるものである(図 1)。

最近 5 年間(2010～2014 年)の漁法別漁獲量は、EU(主にスペイン・フランス)によるまき網漁業(西部インド洋)が 36%、台湾、インドネシア、日本によるはえ縄漁業が 16%、流し網漁業(主にイラン、オマーン、スリランカ)が 16%、竿釣り漁業(主にモルディブ)が 5%、そしてその他の漁業(便宜置籍船などによる)が 28% となっている(図 6)。また、総漁獲量の約半分(49%)は、沿岸国・島嶼国における小規模漁業(流し網・竿釣りなど)で漁獲されている。1994 年以来、中近東諸国(イラン、オマーン、イエメン、パキスタン)のまき網及び流し網による漁獲量が増加している(総漁獲量の 18～22% で最近 5 年平均は 20%)(図 7、附表 1)。海域別では、西インド洋(FAO 海域 51)と東インド洋(FAO 海域 57)における平均漁獲量の割合は 75% 及び 25% である(図 4、附表 3)。

2003～2006 年の西部熱帯インド洋域及びアラビア海におけるキハダ大量漁獲の原因としては、次の 4 点が考えられ、それらが複合的に絡みあって発生したとみられる(Nishida et al. 2005、西田ほか 2006)。(a) 強い季節風により特定の海域で湧昇流が強くなり、基礎生産量(クロロフィル量)が急増し、キハダの餌生物(まき網ではシャコ類、はえ縄ではワタリガニ類など)が大量に発生した(図 12)。(b) 湧昇

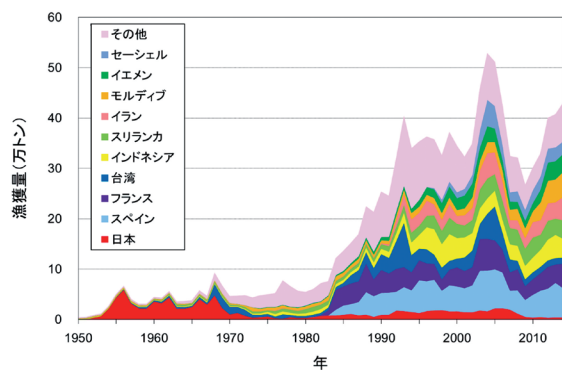


図 2. インド洋キハダの国別漁獲量(1950～2014 年)
(IOTC データベース: 2015 年 9 月)

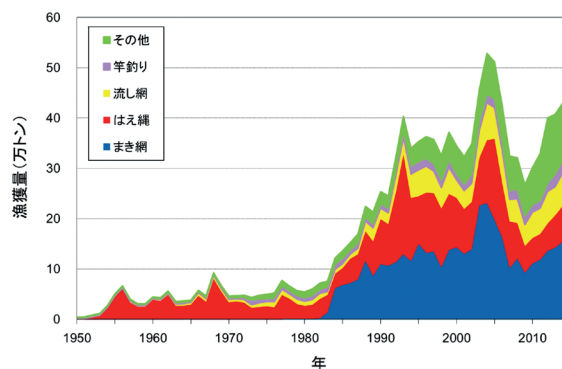


図 3. インド洋キハダの漁法別漁獲量(1950～2014 年)
(IOTC データベース: 2015 年 9 月)

流によりその海域の水溫躍層が浅くキハダが浅い水深に集中した。(c) 情報を入手したはえ縄、まき網船が集中した(過剰な漁獲努力量の発生)。(d) 卓越年級群による加入量が増加した。しかし、最近の研究では、卓越年級群の影響は少ないとしている(藍ほか 2007)。

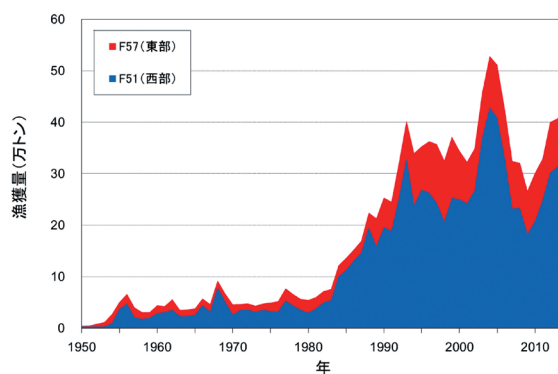


図 4. インド洋キハダの FAO 海域別漁獲量(1950～2014 年)
(IOTC データベース: 2015 年 9 月)
西インド洋(FAO 海域 51)、東インド洋(FAO 海域 57)

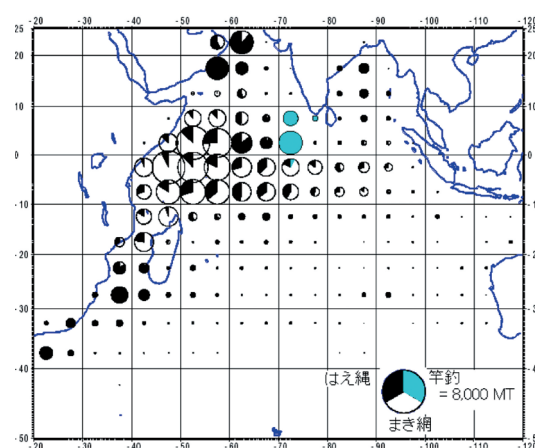


図 5. インド洋キハダの主要漁法による漁獲量の分布(IOTC 2004)
黒: はえ縄、白: まき網、水色: 竿釣り

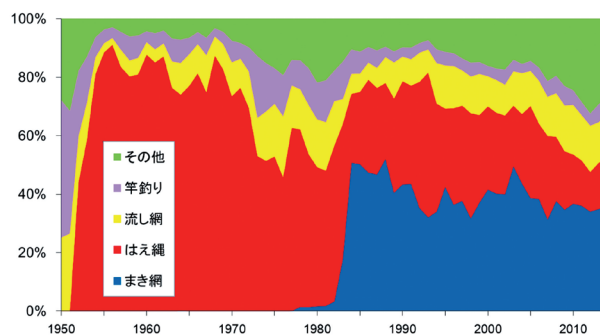


図 6. インド洋キハダの漁法別漁獲重量組成(縦軸は割合、横軸は年)

【はえ縄漁業】

はえ縄漁業の漁獲量は 1950 年から徐々に増加したが、1991 年までは 9 万トン以下であった。1992 年に漁獲量が急増し 14 万トン台となった。1993 年にはアラビア海にお

ける台湾船による大量漁獲で過去最大の 20 万トン記録した。その後は漁獲量が急減し、1994～2003 年には 9 万～13 万トンで推移している。西部熱帯インド洋で大量漁獲のあった 2004～2006 年は 11 万～16 万トンとなり、2005 年には過去 2 番目に高い 16 万トンとなった。しかし、2007 年より急減し 2010 年には 5.1 万トンとなり、1988 年以来 23 年間で最低レベルとなったが、それ以降増加し、2014 年には 7.1 万トンとなった（附表 1）。

1952 年から 1968 年までは、日本のほえ縄漁業によるキハダの漁獲がインド洋全体の過半数を占めていた。その後の韓国、台湾のほえ縄船の台頭、1980 年代後半からのインドネシア及び NEI（Not Elsewhere Included、IUU、不特定漁獲国、漁獲国不明）のほえ縄船の増加、さらに 1984 年から EU のまき網漁業及び 1990 年代から中近東の流し網漁業の台頭により、最近 5 年間の日本の漁獲量はほえ縄・まき

網を含めて総漁獲量のわずか 1.1% にまで落ち込んだ（図 7）。日本のはえ縄船によるキハダの四半期別平均釣獲率（1 操業あたりの漁獲量）分布（1994～2002 年）を図 8 に示した。この分布は、種々の環境要因を取り入れた HSI（Habitat Suitability Index）により推定された（西田ほか 2010）。ほえ縄漁業で漁獲されるキハダの体長範囲は、およそ 80～160 cm である。

【まき網漁業】

まき網の操業形態は大きく 2 つに分けられる。1 つは主に人工浮き漁礁（FADs）についた魚群を対象とする操業で、カツオやメバチ若齢魚と群れをなす 30～80 cm（体長組成のモードは 50～60 cm）の若齢魚及び 80～160 cm（体長組成のモードは 110～120 cm）の大型魚を漁獲する（図 9）。もう 1 つは素群れを対象とする漁法で、自由に遊泳しているキハダ単一群もしくはカツオとの混合群を漁獲し、80～160 cm（モードは 120～130 cm）の大型のキハダを主に漁獲する（図 9）。1999～2003 年における FADs 操業は全操業の 50～60% を占める。

インド洋における日本のまき網漁業は、1957 年からまき網船 1～2 隻が 1980 年代半ばまで主に東インド洋で操業していた。1988 年以降は、主に東インド洋で漁船数が増加し最大時には 11 隻（1991～1994 年）となり、キハダの漁獲量は 1 万トンを超えた。また、1977 年から 2012 年ま

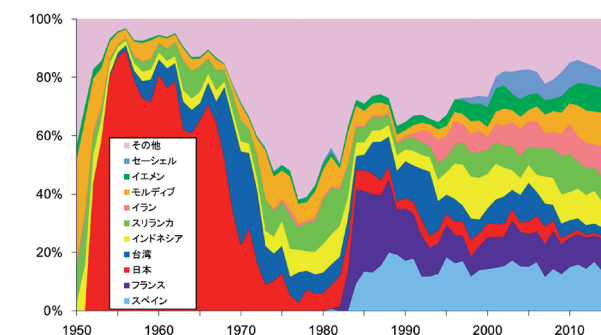


図 7. インド洋キハダの国別漁獲重量組成（縦軸は割合、横軸は年）

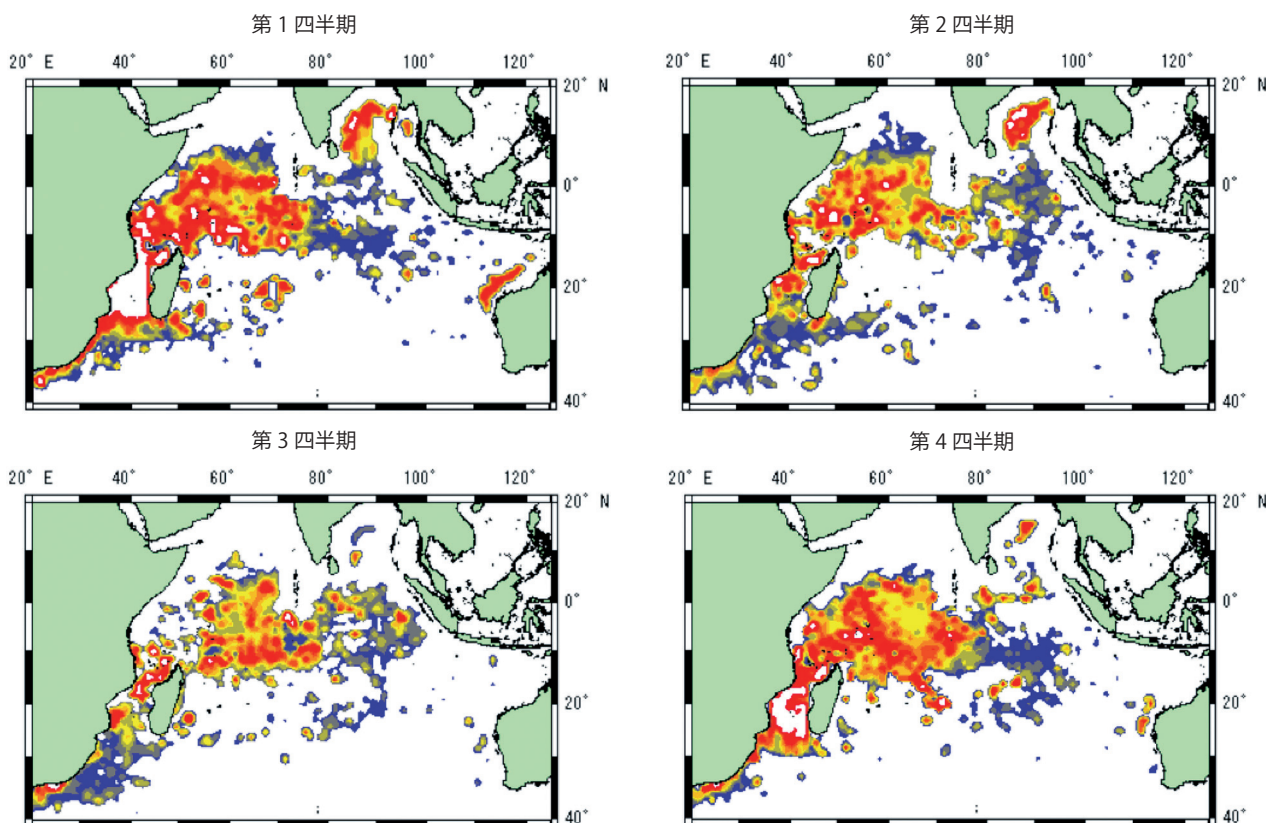


図 8. 日本のインド洋まぐろはえ縄漁業におけるキハダの四半期別平均漁況（1994～2002 年）（西田ほか 2010）

【HSI: Habitat Suitability Index による推定】

で、水産総合研究センター開発調査センター（旧：海洋水産資源開発センター）の調査船「（新・旧）日本丸」が、2013 年以降は同センター調査船第一大慶丸が主にインド洋東部で試験操業を行っている。1994 年以降まき網漁船数は徐々に減少し、最近 5 年間（2010～2014 年）では日本丸もしくは第一大慶丸の試験操業 1 隻のみで、キハダの漁獲量は 95～481 トンである。

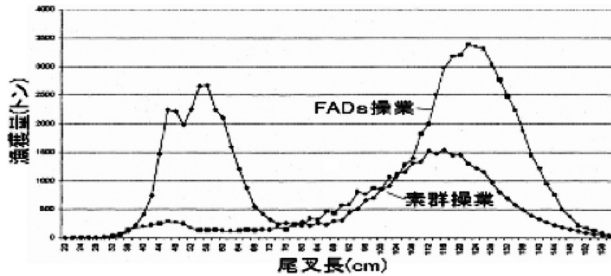
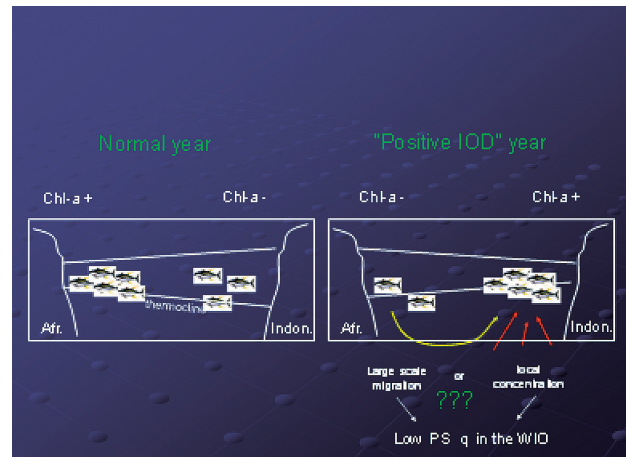


図 9. インド洋西部 EU まき網漁業における FADs 操業と素群操業で漁獲されるキハダの体長分布（1982～2001 年）
（Fonteneau *et al.* 2002 を一部改変）

【気候変動がキハダ及びカツオ漁況へ与える影響】

インド洋において、気候・海洋変動を引き起こすものの一つにダイポール現象（Marsac and Nishida 2007）がある。ダイポール現象がない平年の場合（図 10 左）、西インド洋では、ソマリア沖湧昇流により水温躍層が東部に比べ深く、クロロフィル量も多くなり、キハダのよい漁場が形成され、まき網、はえ縄ともによい漁況となる（図 11）。カツオ（まき網）の場合も同様で、平年では西インド洋が東インド洋に比べ漁況がよい。しかし、正のダイポール現象が発生すると、インドネシアのスマトラ沖で東風が強まり、インド洋東部の表層付近にある暖かい海水が西に運ばれ、それを補うように下層から表層にクロロフィルなどの基礎生産量の高い冷たい海水が上昇し、東部で海水温が低くなる。そのため、キハダは生息環境のよい東部へ移動するので、まき網（キハダ）の漁況は東部で良く西部で悪くなる（図 10 右）。また、カツオ（まき網）の場合には、東部で冷水が卓越するので漁況は極めて悪くなる。一般に気候変動（ダイポール現象及びエルニーニョ・ラニーニャ現象）は、漁具の深さを調整できるのはえ縄（キハダ・メバチ）には影響が少ないが、まき網の場合にはその影響が顕著である（図 11）が、インド洋では、過去 120 年間にダイポール現象とエルニーニョ現象が同時に出現したり、一方のみが独立して出現したりして、両者は不規則に発生しており、その因果関係は未詳であるとしている（Marsac and Nishida 2007）。最近の研究では、エルニーニョ・ラニーニャ現象は、20 か月前に発生したインド洋ダイポールモード現象（負・正）にそれぞれ関係していることを示唆している（Izumo *et al.* 2010）。



ダイポール現象		無い場合：平年（＊）		正	
海域		西部 インド洋	東部 インド洋	西部 インド洋	東部 インド洋
海況	水温躍層深度	深い	浅い	浅い	深い
	クロロフィル量	多い	少ない	少ない	多い
漁況	キハダ（まき網）	平年並み。平年の場合、一般にキハダ（はえ縄・まき網）およびカツオ（まき網）ともに西部のほうが漁況がよい。		悪い	よい
	キハダ（はえ縄）			悪い	よい
	カツオ（まき網）			よくなる	極めて悪くなる

（＊）負ダイポール現象の場合には、平年における海況及び漁況がより顕著になる。

図 10. ダイポール現象がない平年の場合（左）と正のダイポール現象（右）における水温躍層水深・クロロフィル量（+ 増加、- 減少）の状態とキハダ分布変動の関係。下表は、ダイポール現象と漁海況（カツオも含む）の関係のまとめ（Marsac and Nishida 2007 改変）。

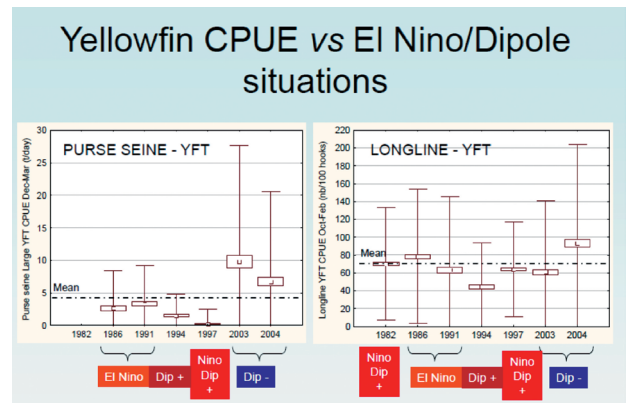


図 11. 気候変動（正負ダイポール現象・エルニーニョ現象）が、西インド洋のまぐろのはえ縄・まき網漁業のキハダ漁況に与える影響（Marsac and Nishida 2007）まき網漁業（左）、はえ縄（右）。

生物学的特性

【分布】

キハダはインド洋の熱帯及び亜熱帯域に広範に分布するが、はえ縄漁獲データからは、西インド洋において南緯 40 度付近にまで分布している（図 13）。通常は大きな魚群を形成しており、30～50 cm の若齢魚はカツオや若齢のメバチとの混合群を形成し、熱帯域の表層に分布が限られているのに対し、90 cm 以上の個体はより広い海域の表層から水温躍層付近にまで分布する。50～80 cm の個体は公海域におけるまき網やはえ縄で漁獲されることは稀であり、その生態は明らかになっていない。しかし、この体長幅（50～80 cm）の個体がアラビア海の小規模漁業で多く漁獲されることが知

られていることから (Ariz *et al.* 2002)、アラビア海が中型個体の索餌域ではないかと推測され、標識放流やオマーンなどでの体長測定により本種の回遊経路が解明されつつある。

キハダの分布水深に関して、インド洋では直接的な観察例が海洋水産資源開発センター (1985 ~ 1988 年)、Mohri and Nishida (2002)、Xu *et al.* (2006) ほかにより報告されており、表層及び水温躍層付近に多く分布し、また溶存酸素濃度 2.0 ml/L がその分布の限界となっていると推定されている (Marsac 2002、Romana and Nishida 2001)。



図 12. 西部熱帯インド洋においてキハダ大量漁獲があった 2003 ~ 2006 年に、大量発生した 2 種の餌生物
(上：シャコ類と下：ワタリガニ類の一種で、それぞれまき網・はえ縄で漁獲されたキハダの胃内容物に多く見られた)

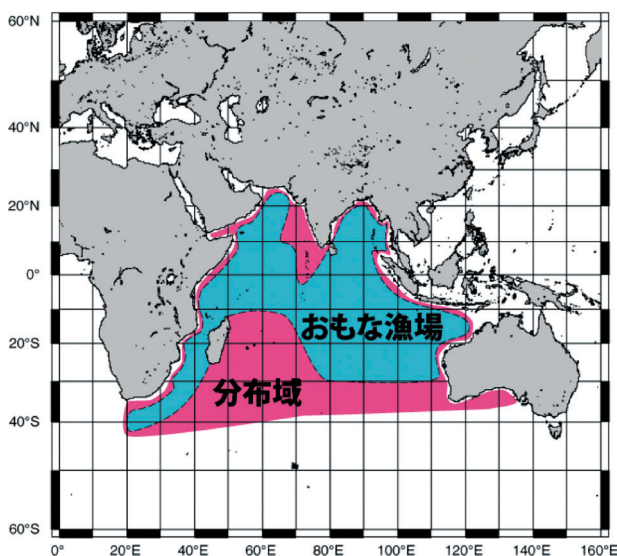


図 13. インド洋キハダの主要な分布域

【系群構造】

インド洋における本種の系群構造は明らかではない。はえ縄漁業情報の解析によると、本種はインド洋の東西で CPUE 時系列変動 (日本・韓国・台湾)、成魚 CPUE 時系列変動 (日本)、体長データの変動係数 (日本) において統計的に有意な差があるが (Morita and Kato 1970、Nishida 1992)、DNA 解析では別系群の存在を示す証拠は得られていない (Nishida *et al.* 2001)。資源評価を行う際には、単一系群として扱われている。

【産卵】

キハダの産卵は 12 ~ 1 月に赤道域 (赤道 ~ 南緯 10 度) で行われるが、主な産卵海域は東経 75 度以西であるとされている (IOTC 2014)。50 % 成熟体長は 100 cm (3 歳) と推定されており (IOTC 2014)、当歳魚はまき網による流れ物操業で 7 月に漁獲され始める。キハダでは大型の個体で雄の比率が高くなることが知られているが、インド洋では 140 cm 以上でその傾向が認められる (IOTC 2014)。

【食性】

食性に関し、本種の胃中には魚類や甲殻類、頭足類等幅広い生物が見られ、それほど選択性はないようである。仔稚魚時代には、魚類に限らず多くの捕食者がいるものと思われるが、あまり情報は得られていない。遊泳力が付いた後も、まぐろ類を含む魚食性の大型浮魚類による被食があるが、50 cm 以上に成長すれば、外敵は大型のかじき類、さめ類、歯鯨類等に限られるものと思われる。1990 年代後半を境にまき網で漁獲されるキハダなど表層まぐろ類・小型浮魚類の食性が魚類からシャコの一種の *Natosquilla investigatoris* (図 12 左) へと大きく変化した (Poiter *et al.* 2007)。これは、西部熱帯インド洋海域で 2003 ~ 2006 年にキハダ大量漁獲があった時に大量に発生し、まき網で漁獲されたキハダの胃中に多く発見された。一方、はえ縄で漁獲されるまぐろ類の成魚の胃中にも同様な傾向が見られるが、その程度は低い。はえ縄で漁獲されたキハダの胃内容物には、ワタリガニの一種である *Charybdis edwardsi* (図 12 右) がむしろ多くみられた (Nishida *et al.* 2005、西田ほか 2006)。日本のはえ縄漁師の話では、ワタリガニが大量発生して漁具、漁船にまで付着したほどであったという。同じ漁場でも、まき網、はえ縄で漁獲されるキハダの餌生物の種類は異なっており、それぞれの餌生物の遊泳水深が異なるためと考えられる。まき網では、素群れと FADs (LOG) 操業で漁獲されたキハダの胃内容物は異なり、後者は空胃の状態が多い。これはキハダが FADs を離れてから索餌行動するので FADs 周りでは索餌しないためと見られる。

【成長・寿命】

成長に関して、2008 年の IOTC 第 10 回熱帯まぐろ作業部会で標識再捕データから推定された成長式の拡張モデルを基にした成長曲線が新たに推定され (Fonteneau 2008)、同年及び 2012 年、2015 年の資源評価に使用された (図 14)。

また、2012 年の第 14 回熱帯まぐろ作業部会では、耳石日輪及び標識データに基づく新たな成長式も報告された (Eveson *et al.* 2012)。本種の寿命は正確にはわかっていないが、年齢査定の結果や成長が早いことから、メバチより短い 7～10 年であろうと考えられている。

【体重－体長関係】

IOTC の熱帯まぐろ作業部会では、表 1 にある漁具別銘柄別体長体重関係 (IOTC 2007) が資源評価などに用いられている。本関係と上記成長式により、体長・年齢別漁獲量が推

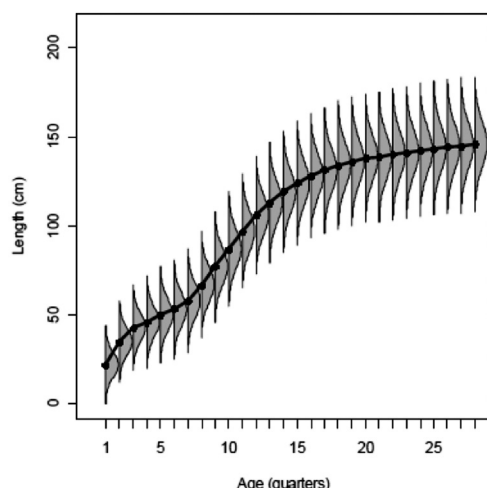


図 14. 第 14 回及び第 17 回熱帯まぐろ作業部会 (2012、2015 年) に資源評価で使用された成長曲線 (Fonteneau 2008)

定され年齢 (体長) 別資源評価の基礎情報として用いられている。

【自然死亡率 (M)】

インド洋における本種成魚 (2 歳以上) の自然死亡係数 (M) に関し、西田 (1991) は Heincke (1913) の方法により 0.725 と推定した。年齢別の M について、2015 年の第 17 回熱帯まぐろ作業部会では標識データにより推定されたもの及び WCPFC、IATTC で使用されたものの中間の値が用いられた (図 15)。

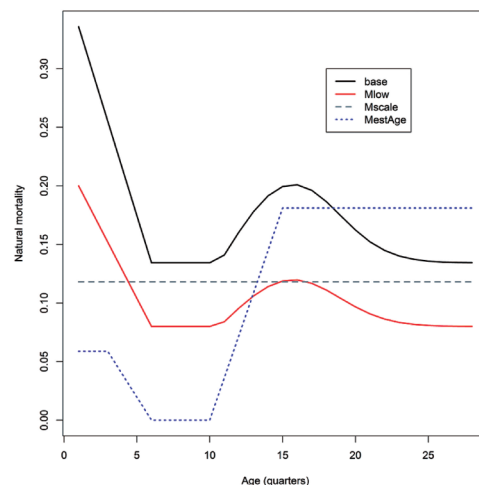


図 15. 第 17 回熱帯まぐろ作業部会 (2015 年) に資源評価で使用された年齢別自然死亡率 (M) (黒実線) (X 軸は四半期スケール) (Langley 2015)

Base は資源評価ベースモデル用、Mlow は SS3 感度解析に用いられた低い値

表 1. 最新 (2015 年) の資源評価で使用された体長－体重関係

Gear Type/s	From type measurement – To type measurement	Equation	Parameters	Sample size	Length
Purse seine Pole and Line Gillnet	<64cm Fork length – Round Weight(kg) ^A >=64 cm Fork length – Round Weight(kg) ^A	RND=a*L ^b RND=a*L ^b	a= 0.0000531300 b= 2.75366 a= 0.0000158490 b= 3.04600	n/a	n/a
Longline Line Other Gears	Fork length(cm) – Gilled and gutted weight(kg) ^B Gilled and gutted weight(kg) - Round Weight(kg) ^C	GGT=a*L ^b RND=GGT*1.13	a= 0.0000159207 b= 3.0415414023	15,133	Min:72 Max:177

A: Montaudoin *et al.* (1990)

B: Multilateral catch monitoring Benoa (2002-04) (IOTC database)

C: ICCAT (1990) ICCAT. Field Manual (Appendix 4: Population parameters for key ICCAT species. Product Conversion Factors)

資源状態

2015 年の IOTC 第 17 回熱帯まぐろ作業部会では、SS3 (統合モデル) (Langley 2015)、BBPM (ベイズ型プロダクションモデル) (Guan *et al.* 2015) 及び SCAA (統計的年齢別漁獲量尾数モデル) (Nishida and Kitakado 2015) を用いて資源評価が行われ、SS3 の結果が管理勧告に、それ以外は参考情報 (Supporting evidence) として用いられた。SS3 では、時間単位は四半期、漁業 (fleet) は 25 種類 (はえ縄、まき網付き物操業、まき網素群れ操業及びその他の沿岸漁業をそ

れぞれ細分化) として資源評価が行われた。資源量指数として日本のはえ縄の標準化 CPUE (四半期・エリア別) が使用された (図 16)。

資源評価 (SS3) では、はえ縄選択曲線をフラットトップ型、自然死亡率は前回 (2012 年) 資源評価時のものと WCPFC・IATTC で用いられているものの中間とし、標識混合期間 (標識魚が非標識魚と混合する期間) を 3 四半期、steepness を 0.8 とした。その結果、資源量は増減を伴う減少傾向で、最近年は減少している。MSY は 42.1 万トン (80% 信頼区間: 40.4～43.9 万トン、前回 34.4 万トン)、 F_{2014}/F_{MSY} は 1.34

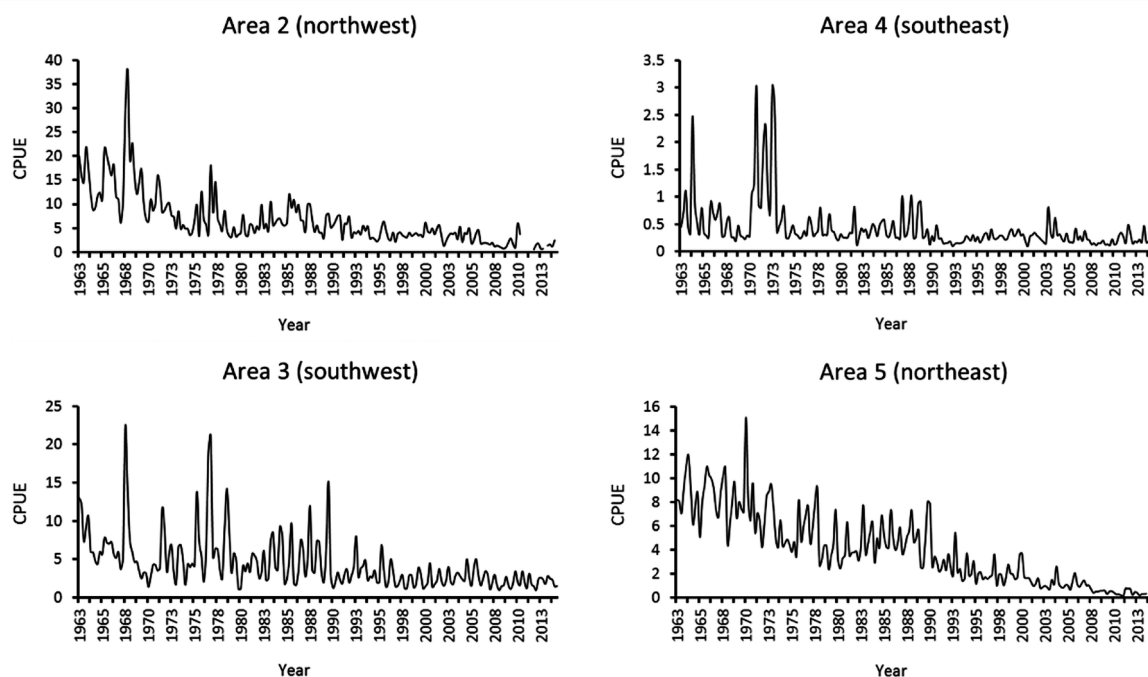


図 16. SS3 に使用された 4 海域における四半期別標準化 CPUE（日本のはえ縄）

(1.02 ~ 1.67、前回は 0.69)、 SSB_{2014}/SSB_{MSY} は 0.66 (0.59 ~ 0.74、前回は 1.24) と推定された。なお、BBPM 及び SCAA による結果は SS3 によるものと比較的類似していた(いずれも乱獲及び過剰漁獲)が、BBPM はより悲観的で SCAA はやや楽観的であった。

現状の資源(2014 年)は乱獲及び過剰漁獲にある(図 17)。漁獲量は、近年ソマリア沖の海賊の影響の減少により急増傾向にあり、最近年は 2000 年代半ばのピーク時に次ぐレベルである。現状(2014 年)の漁獲量を継続すると、3 年後及び 10 年後にそれぞれ $SSB < SSB_{MSY}$ (乱獲状態)、 $F > F_{MSY}$ (過剰漁獲)になる確率はともに 100%かそれに近いと予測された(表 2)。

管理方策

キハダ資源に関し、2015 年の IOTC 第 18 回科学委員会は、SS3 により実施された資源評価及びリスク解析(Kobe II)の結果から漁獲量を 20% 削減する必要があると勧告し、さらには HCR (Harvest control rules) や管理基準値による管理も必要とされた(IOTC 2015)。

なお、現在 IOTC では熱帯まぐろ(メバチ、キハダ)を漁獲対象とする漁船の隻数を 2006 年水準に制限している。また、FAD 数を 1 隻あたり 550 基までに制限している。

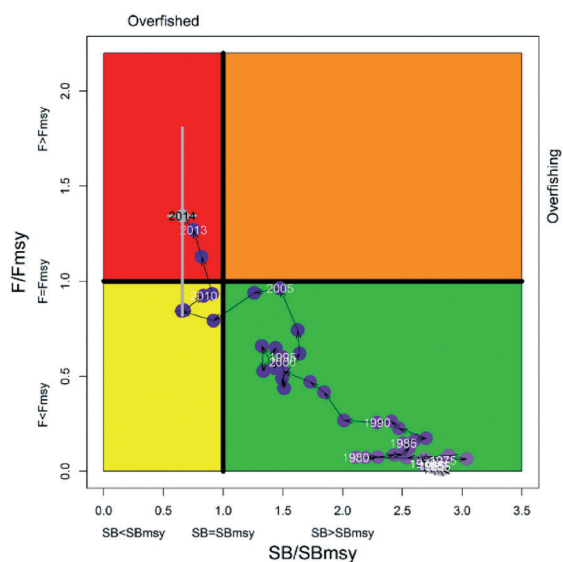


図 17. SS3 による資源評価結果(神戸プロット)(IOTC 2015)

表 2. F と産卵親魚資源量(SSB)に関するリスク解析結果(Kobe II)
(2014 年の漁獲量を増減させた場合 3・10 年後に F・SB の各 MSY レベルを維持できなくなる確率(%), SS3 解析に基づく)

管理基準及び将来予測年	2014年漁獲量の相対値及び管理基準を割り込む確率				
	60%	80%	100%	120%	140%
	(256,464t)	(341,952t)	(427,440t)	(512,928t)	(598,416t)
$SSB_{2017} < SSB_{MSY}$	69	91	99	100	100
$F_{2017} > F_{MSY}$	2	60	100	100	100
$SSB_{2024} < SSB_{MSY}$	4	50	100	100	100
$F_{2024} > F_{MSY}$	0	49	100	100	100

執筆者

かつお・まぐろユニット

かつおサブユニット

国際水産資源研究所 かつお・まぐろ資源部

かつおグループ

松本 隆之

国際水産資源研究所 業務推進課

西田 勤

参考文献

- Ariz, J., P. Pallares, A. Delgado, A. Fonteneau and J.C. Santana. 2002. Analysis of the catches by weight category of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) undertaken by the purse seine fleets in the Indian Ocean from 1991 to 2000. IOTC-WPTT-02-25 13pp. <http://www.iotc.org/files/proceedings/2002/wppt/IOTC-2002-WPTT-25.pdf>
- Eveson, P., Million, J., Sardenne, F., Le Croizier, G. 2012. Updated growth estimates for skipjack, yellowfin and bigeye tuna in the Indian ocean using the most recent tag-recapture and otolith data. IOTC-2012-WPTT14-23 Rev_1. 57pp.
- Fonteneau, A., R.M. Bargain, V. Nordstrom and P. Pallares. 2002. Atlas of Indian Ocean purse seine fisheries 1982-2001 with a special emphasis for yellowfin tuna taken on FAD and free schools. IOTC-WPTT-02-16. 28pp. <http://www.iotc.org/files/proceedings/2002/wppt/IOTC-2002-WPTT-16.pdf>
- Fonteneau, A. 2008. A working proposal for a Yellowfin growth curve to be used during the 2008 yellowfin stock assessment. IOTC-2008-WPTT-4.
- Guan, W., Zhu, J., Xu, L., Wang, X. and Gao, C. 2015. Preliminary stock assessment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean by using Bayesian biomass production model. IOTC-2015-WPTT17-27. 11pp.
- Heincke, F. 1913. Investigation on the plaice, General report. 1. The plaice fishery and protective regulations. Part I. Rapp.P.-V.Reun. - CIEM, 17A, 153pp.
- ICCAT. 1990 Field Manual (updated). 184pp.
- IOTC. 2004 Report of the 7th Scientific Committee, December, 2004, 91pp.
- IOTC. 2007 Estimation of Catch-at-Size, Catch-at-Age and Total Catch per Area (IOTC-2007-WPTT-09).36pp.
- IOTC. 2012. Report of the Fourteenth Session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, 88pp.
- IOTC. 2013. Report of the Fifteenth Session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, IOTC-2013-WPTT15-R[E]. 93pp. <http://www.iotc.org/files/proceedings/2013/wppt/IOTC-2013-WPTT15-R%5BE%5D.pdf> (2013 年 12 月 24 日)
- IOTC.2014. Report of the Seventeenth Session of the IOTC Scientific Committee, December, 2014, 357pp. http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2014/12/IOTC-2014-SC17-RE_-_FINAL_DO_NOT_MODIFY.zip (2014 年 12 月 26 日)
- IOTC.2015. Report of the 18th Session of the IOTC Scientific Committee, December, 2015, 175pp. http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2015/12/IOTC-2015-SC18-RE_-_FINAL_DO_NOT_MODIFY.pdf (2015 年 12 月 4 日)
- Izumo, T., Vialard, J., Lengaigne, M. Montegut, C., Behera, S., Luo, J.-J., Cravatte, S., Masson, S. and Yamagata, T. 2010. Influence of the state of the Indian Ocean Dipole on the following year's El Niño. Nature Geoscience 3, 168-172.
- 海洋水産資源開発センター. 1985-1988. まぐろはえなわ新漁場企業化 (開発) 調査報告書 (6 分冊)
- 藍 (Lan) 國璋・西田 勤・李明安・張 水楷・毛利 雅彦・張 懿. 2007. アラビア海のまぐろはえ縄漁業におけるキハダの漁況と海況との関係. 2007 年度水産海洋学会要旨集. p.3.
- Langley, A. 2015. Stock assessment of yellowfin tuna in the Indian Ocean using Stock Synthesis. IOTC-2015-WPTT17-30. 81pp. <http://www.iotc.org/files/proceedings/2012/wppt/IOTC-2012-WPTT14-38.pdf>
- Marsac, F. 2002. Changes in depth of yellowfin tuna habitat in the Indian Ocean: An historical perspective 1955-2001. IOTC-WPTT-02-33. 8 pp. <http://www.iotc.org/files/proceedings/2002/wppt/IOTC-2002-WPTT-33.pdf>
- Marsac, F. and Nishida, T. 2007. Compared responses of purse seine and longline tuna fisheries to climatic anomalies in the Indian Ocean, 1980-2005. 1st CLIOTOP Symposium, La Paz, Mexico, 3-7 December 2007
- Mohri, M. and T. Nishida. 2002. Consideration on horizontal and vertical distribution of adult yellowfin tuna in the Indian Ocean based on the Japanese tuna longline fisheries. La Mer, 40: 29-39.
- Montaudoin, X.D., Hallier, J. P. and Hassani, S. 1990. Length-weight relationships for yellowfin tuna, (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from western Indian Ocean (IPTP TWS/90/48) (Collective Volume of Working Document, Vol.4). 34-46.
- Morita, Y. and T. Koto. 1970. Some consideration on the population structure of yellowfin tuna in the India Ocean based on the longline fishery data. Bull. Far Seas. Fish. Res. Lab., 4: 125-140.
- 西田 勤. 1991. インド洋のキハダ資源に関する系群構造・動態の研究. 東京大学 (博士論文). 121pp.
- Nishida, T. 1992. Consideration of stock-structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on fishery data. Fish. Ocean., 1: 143-152.
- Nishida, T., S. Chow, S. Ikame and S. Kurihara. 2001. RFP analysis on single copy nuclear gene loci in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) to examine the genetic differentiation

between the western and eastern samples from the Indian Ocean. IOTC-WPTT-01-16. 5pp.

<http://www.iotc.org/files/proceedings/2001/wptt/IOTC-2001-WPTT-16.pdf> (2005 年 11 月 14 日)

Nishida, T. and Kitakado, T. 2015. Stock assessment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean by SCAA (Statistical-Catch-At-Age) (1950-2014). IOTC-2015-WPTT17-28 Rev_1. 24pp.

Nishida, T., Matsuura, H., Shiba, Y., Tanaka, M., Mohri, M., and Chang, S-K. 2005. Did ecological anomalies cause 1993 and 2003-2004 high catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean? and - review of other possible causes (strong recruitments, high catchabilities and excess fishing efforts). IOTC 7th Working Party for Tropical Tuna (IOTC-2005-WPTT-27). 25pp.

西田 勤・松浦 浩・柴友紀子・田中 美弥子・毛利 雅彦・張水楷. 2006. 西インド洋キハダ大量漁獲 (1993 & 2003-04) の原因と資源管理について. 2007 年度水産海洋学会要旨集. p.19.

西田 勤・伊藤 喜代志・毛利 雅彦・三浦 望・Francis, M. 2010. エコシステムアプローチによる持続的まぐろはえ縄漁業：インド洋における事例研究. 2010 年度水産海洋学会要旨集. p.73

Potier, M., Marsac, F., Cherel, Y., Lucas, V. Richard Sabatié, R., Maury, O., and Ménard, F. 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. Fisheries Research 83. 60-72

Romena, N. and T. Nishida. 2001. Factors affecting distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and its reproductive ecology in the Indian Ocean based on Japanese tuna longline fisheries and survey information. Brussels Free University, 94pp.

Xu, L-X. L-M. Song and J.Q. Wang 2006. Catch rate comparison between the circle hooks and the ring hooks in the tropical high seas of the Indian Ocean based on the observer data. IOTC-2006-WPTT-12.

キハダ (インド洋) の資源の現況 (要約表) (*)

資 源 水 準	低 位
資 源 動 向	減 少
世 界 の 漁 獲 量 (最 近 5 年 間)	30 万～43 万トン 平均：37 万トン (2010～2014 年)
日 本 の 漁 獲 量 (最 近 5 年 間)	0.4 万～0.5 万トン 平均：0.4 万トン (2010～2014 年)
管 理 目 標	MSY：42.1 万トン (80% 信頼区間：40.4 万～43.9 万トン)
資 源 の 状 態	SSB ₂₀₁₄ /SSB _{MSY} =0.66 (80% 信頼区間：0.58～0.74) F ₂₀₁₀ /F _{MSY} =1.34 (80% 信頼区間：1.02～1.67) 資源状況は減少傾向にあり、漁獲 圧・資源量共に MSY レベルを割 り込んでいる。
管 理 措 置	できるだけ早く国別 TAC を設定 する。オブザーバープログラム (2010 年 7 月より)、漁獲努力量 (漁船数) 規制、公海における大 規模流し網漁業の禁止。共通漁業 管理措置についてはインド洋メバ チを参照。
管理機関・関係機関	IOTC
最新の資源評価年	2015 年
次回の資源評価年	2017 年もしくは 2018 年

(*) 2014 年までのデータを使用した資源評価の結果に基づく

附表 1. インド洋キハダの国別漁獲重量 (1950～2014 年) (トン) (IOTC データベース：2015 年 9 月)

年	スペイン	フランス	日本	台湾	インドネシア	スリランカ	イラン	モルディブ	イエメン	セーシェル	その他	総計
1950	***	***	***	***	130	524	90	1,500	220	***	1,845	4,309
1951	***	***	***	***	750	783	90	1,500	220	***	1,410	4,753
1952	***	***	3,683	***	815	609	90	1,500	275	***	1,437	8,409
1953	***	***	6,757	***	828	437	90	1,500	275	***	1,648	11,535
1954	***	***	21,666	210	1,022	409	90	1,500	275	***	1,813	26,985
1955	***	***	44,163	690	1,022	380	90	2,000	275	***	2,086	50,706
1956	***	***	59,485	1,091	1,084	502	84	2,000	220	***	2,015	66,480
1957	***	***	31,864	1,254	1,035	945	84	1,931	220	***	2,853	40,186
1958	***	***	22,644	1,827	1,034	1,025	84	1,931	220	***	2,292	31,057
1959	***	***	22,182	2,383	1,035	1,106	84	1,931	275	***	1,964	30,961
1960	***	***	36,055	2,244	1,022	1,437	84	966	220	***	2,361	44,388
1961	***	***	32,730	2,881	1,096	1,769	84	1,449	220	***	2,586	42,813
1962	***	***	44,191	3,472	1,357	2,663	84	1,449	220	***	2,650	56,085
1963	***	***	21,981	3,406	1,383	3,559	84	1,449	220	***	3,319	35,401
1964	***	***	22,163	2,863	1,409	3,444	72	1,449	220	***	4,686	36,305
1965	***	***	24,926	2,183	1,485	3,328	77	966	247	***	4,862	38,075
1966	***	***	40,762	4,373	1,719	2,959	78	1,449	247	***	5,963	57,549
1967	***	***	30,163	3,384	1,747	3,254	84	1,642	275	***	6,125	46,675
1968	***	***	48,326	22,670	1,745	3,686	103	1,642	275	***	13,991	92,437
1969	***	***	23,114	21,111	1,809	4,119	89	1,738	275	***	14,959	67,214
1970	***	***	10,340	14,884	1,584	3,237	81	2,534	226	100	13,097	46,083
1971	***	***	13,370	11,943	1,536	2,354	84	1,560	255	100	15,614	46,816
1972	***	***	7,884	11,841	1,914	3,890	82	2,691	283	100	19,263	47,948
1973	***	***	3,934	5,707	2,273	4,727	80	7,170	311	100	19,131	43,432
1974	***	***	4,949	4,397	2,773	4,147	366	5,344	736	150	24,781	47,642
1975	***	***	6,420	4,637	4,259	3,286	365	4,900	866	100	24,697	49,530
1976	***	***	2,779	3,355	4,950	5,993	1,276	5,717	980	50	27,131	52,232
1977	***	***	2,134	8,079	6,011	5,775	1,076	5,326	1,039	80	47,724	77,244
1978	***	***	4,835	4,245	4,391	6,472	373	4,276	1,131	100	40,088	65,911
1979	***	***	3,398	3,704	4,353	5,863	755	5,128	1,046	128	32,223	56,598
1980	***	***	3,358	3,806	5,358	8,310	604	5,082	1,151	357	26,496	54,522
1981	363	188	4,949	4,101	6,203	9,631	227	6,251	924	949	26,405	60,191
1982	55	1,081	7,400	4,715	7,561	9,022	506	4,814	830	518	35,215	71,717
1983	***	10,400	7,991	5,580	5,535	8,389	478	7,981	1,553	157	27,722	75,787
1984	11,453	39,269	8,145	5,813	5,674	6,498	491	8,486	2,414	131	33,498	121,871
1985	18,420	37,706	9,540	7,322	5,838	7,104	489	7,136	3,163	177	39,388	136,281
1986	20,017	40,947	10,864	16,217	6,145	7,141	643	6,353	3,951	10	39,935	152,221
1987	26,258	41,012	8,570	22,375	6,858	7,508	935	7,595	4,682	8	43,564	169,365
1988	44,928	56,765	9,645	22,765	9,068	7,808	1,011	6,218	5,462	3	60,644	224,317
1989	41,070	33,547	5,475	22,426	11,303	8,450	980	5,776	6,271	***	78,023	213,320
1990	43,711	45,351	9,309	31,659	10,406	9,460	2,280	5,140	6,989	15	89,227	253,548
1991	44,023	38,135	9,450	30,740	12,343	11,277	3,238	7,227	7,857	372	80,735	245,397
1992	37,836	45,282	17,715	56,006	15,560	13,347	13,951	8,309	8,604	225	105,298	322,135
1993	47,802	39,539	16,676	88,343	20,049	15,489	20,646	9,605	7,665	***	137,435	403,249
1994	43,149	35,819	15,057	34,078	24,964	19,681	26,356	12,621	8,413	8	119,803	339,949
1995	65,143	39,635	12,778	23,112	27,118	18,436	25,907	12,031	13,217	5	115,855	353,237
1996	59,431	35,577	16,727	27,850	43,759	22,757	30,234	11,811	15,004	67	99,787	363,006
1997	60,986	31,227	18,216	18,374	50,631	27,302	22,024	12,489	17,212	2,879	96,052	357,393
1998	38,588	22,382	18,753	23,416	46,660	26,833	21,534	13,566	19,268	7,452	87,102	325,555
1999	51,919	30,799	16,166	17,686	53,121	32,945	27,085	13,261	21,419	9,951	97,420	371,771
2000	49,512	37,694	16,431	17,367	40,994	28,217	15,743	11,625	23,415	11,888	91,765	344,651
2001	47,734	34,127	14,543	26,926	39,797	23,857	20,153	13,656	25,462	13,405	63,350	323,010
2002	53,532	35,815	14,378	33,183	34,639	26,048	24,045	20,610	27,436	17,143	62,084	348,913
2003	78,968	63,101	17,810	29,720	30,842	37,678	37,722	18,833	25,560	34,734	81,962	456,929
2004	80,820	63,174	16,361	49,793	30,387	39,628	50,720	21,404	31,515	52,846	91,960	528,608
2005	77,546	57,198	22,386	67,608	31,405	32,826	43,185	20,513	26,511	44,821	87,596	511,596
2006	71,076	45,383	22,616	34,677	24,787	38,915	39,521	21,772	19,317	31,040	76,522	425,624
2007	37,849	36,455	19,555	25,708	29,835	32,570	15,845	20,663	15,897	18,352	71,649	324,377
2008	46,161	42,185	11,656	16,572	29,909	32,139	18,729	22,609	13,711	21,345	66,139	321,156
2009	33,607	27,379	5,435	13,472	26,735	34,587	20,757	19,611	14,840	21,901	48,525	266,848
2010	45,298	30,831	3,820	13,800	29,289	39,949	30,876	21,068	15,947	26,002	44,774	301,655
2011	52,350	34,454	4,893	12,782	33,550	30,215	28,799	34,941	24,960	26,494	45,746	329,184
2012	57,925	43,152	3,562	12,989	41,221	37,520	34,965	44,261	35,919	28,406	60,401	400,322
2013	68,664	36,512	4,253	12,754	45,901	32,231	32,403	45,859	35,862	27,543	65,650	407,633
2014	58,229	48,354	4,077	12,285	37,427	37,029	46,216	49,209	35,881	25,065	76,555	430,327

*** 操業なし

附表 2. インド洋キハダの漁法別漁獲重量 (1950～2014 年) (トン) (IOTC データベース：2015 年 9 月)

年	まき網	はえ縄	流し網	竿釣り	その他	総計
1950	***	0	1,085	2,029	1,194	4,309
1951	***	0	1,262	1,999	1,492	4,753
1952	***	3,683	1,329	1,896	1,501	8,409
1953	***	6,757	1,477	1,812	1,488	11,535
1954	***	21,876	1,565	1,853	1,691	26,985
1955	***	44,853	1,600	2,402	1,851	50,706
1956	***	60,576	1,527	2,505	1,872	66,480
1957	***	33,552	2,365	2,474	1,795	40,186
1958	***	24,942	1,708	2,546	1,861	31,057
1959	***	25,073	1,743	2,387	1,758	30,961
1960	***	38,958	1,896	1,665	1,868	44,388
1961	***	36,422	1,925	2,364	2,102	42,813
1962	***	48,885	2,500	2,479	2,221	56,085
1963	5	27,020	3,211	2,778	2,387	35,401
1964	22	26,868	3,937	2,900	2,579	36,305
1965	12	29,332	4,117	2,178	2,436	38,075
1966	***	46,841	5,732	2,383	2,593	57,549
1967	***	34,974	5,909	2,799	2,993	46,675
1968	***	80,823	6,020	2,678	2,916	92,437
1969	***	55,539	5,841	2,846	2,988	67,214
1970	0	33,878	5,344	3,425	3,436	46,083
1971	1	35,766	4,664	2,538	3,847	46,816
1972	2	33,324	5,952	4,018	4,652	47,948
1973	1	23,039	5,680	9,176	5,536	43,432
1974	2	24,483	8,062	7,899	7,197	47,642
1975	***	26,205	8,926	6,042	8,357	49,530
1976	***	23,936	10,889	7,363	10,044	52,232
1977	34	48,432	11,186	6,801	10,791	77,244
1978	944	40,063	9,032	6,557	9,315	65,911
1979	800	29,570	9,529	7,156	9,542	56,598
1980	896	25,947	8,919	6,891	11,869	54,522
1981	1,084	27,850	9,997	8,618	12,642	60,191
1982	2,354	38,251	10,936	7,484	12,692	71,717
1983	13,627	34,962	6,411	9,736	11,051	75,787
1984	61,890	28,727	8,371	10,168	12,715	121,871
1985	68,473	33,684	8,572	10,284	15,268	136,281
1986	72,195	48,300	8,938	8,194	14,594	152,221
1987	79,148	50,150	11,618	10,195	18,254	169,365
1988	116,865	58,208	19,869	8,120	21,255	224,317
1989	86,429	68,715	26,310	8,162	23,703	213,320
1990	109,919	89,472	21,421	8,180	24,557	253,548
1991	106,785	82,581	22,088	9,932	24,011	245,397
1992	113,532	139,178	32,119	10,735	26,572	322,135
1993	129,385	199,853	31,787	12,934	29,290	403,249
1994	115,714	125,573	47,199	16,064	35,400	339,949
1995	150,345	94,427	52,103	16,437	39,925	353,237
1996	132,220	119,821	52,390	16,044	42,531	363,006
1997	134,774	116,486	43,039	14,770	48,322	357,393
1998	103,396	116,978	40,953	15,514	48,714	325,555
1999	137,936	111,485	52,302	15,218	54,830	371,771
2000	143,278	98,084	35,657	12,264	55,367	344,651
2001	129,829	89,385	36,200	12,822	54,773	323,010
2002	139,647	93,844	36,770	18,310	60,342	348,913
2003	226,514	94,641	53,790	18,124	63,860	456,929
2004	231,132	125,120	74,262	16,774	81,320	528,608
2005	197,856	161,196	61,379	17,694	73,472	511,596
2006	163,229	109,559	62,577	19,274	70,985	425,624
2007	101,829	92,590	43,511	17,437	69,011	324,377
2008	120,945	70,657	47,872	19,304	62,377	321,156
2009	92,570	53,264	41,908	17,747	61,360	266,848
2010	110,835	50,789	51,120	15,282	73,629	301,655
2011	118,628	50,941	50,965	15,098	93,552	329,184
2012	136,231	54,326	63,459	16,887	129,419	400,322
2013	142,493	64,441	56,569	25,323	118,808	407,633
2014	154,538	71,427	65,783	24,875	113,703	430,327

*** 操業なし

附表 3. インド洋キハダの海域別漁獲重量 (1950 ～ 2014 年) (トン) (IOTC データベース：2015 年 9 月)
西インド洋 (FAO 海域 51)、東インド洋 (FAO 海域 57)

年	F51 (西部)	F57 (東部)	総計
1950	3,493	815	4,309
1951	3,171	1,583	4,753
1952	3,258	5,151	8,409
1953	3,464	8,071	11,535
1954	9,289	17,696	26,985
1955	37,233	13,472	50,706
1956	47,755	18,725	66,480
1957	21,106	19,079	40,186
1958	17,779	13,278	31,057
1959	20,092	10,869	30,961
1960	29,056	15,332	44,388
1961	31,129	11,684	42,813
1962	35,380	20,705	56,085
1963	23,424	11,977	35,401
1964	23,540	12,765	36,305
1965	26,138	11,937	38,075
1966	44,674	12,875	57,549
1967	32,117	14,558	46,675
1968	78,902	13,535	92,437
1969	51,703	15,511	67,214
1970	26,215	19,868	46,083
1971	35,162	11,654	46,816
1972	36,238	11,709	47,948
1973	31,518	11,914	43,432
1974	35,642	12,001	47,642
1975	33,240	16,290	49,530
1976	32,272	19,960	52,232
1977	53,929	23,315	77,244
1978	43,813	22,098	65,911
1979	35,554	21,045	56,598
1980	30,054	24,467	54,522
1981	38,231	21,961	60,191
1982	49,832	21,885	71,717
1983	54,692	21,095	75,787
1984	100,644	21,226	121,871
1985	113,051	23,231	136,281
1986	130,592	21,630	152,221
1987	146,288	23,077	169,365
1988	196,056	28,261	224,317
1989	159,250	54,070	213,320
1990	196,284	57,264	253,548
1991	188,762	56,636	245,397
1992	253,911	68,224	322,135
1993	330,406	72,842	403,249
1994	239,507	100,442	339,949
1995	269,131	84,106	353,237
1996	262,725	100,281	363,006
1997	243,233	114,160	357,393
1998	207,319	118,235	325,555
1999	253,153	118,618	371,771
2000	250,565	94,086	344,651
2001	242,268	80,742	323,010
2002	266,924	81,989	348,913
2003	369,028	87,901	456,929
2004	428,901	99,707	528,608
2005	408,925	102,671	511,596
2006	330,093	95,531	425,624
2007	232,516	91,861	324,377
2008	233,086	88,070	321,156
2009	182,918	83,930	266,848
2010	208,096	93,560	301,655
2011	248,786	80,398	329,184
2012	302,052	98,269	400,322
2013	314,115	93,518	407,633
2014	340,699	89,628	430,327