

キハダ 東部太平洋

(Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*)



最近の動き

2015 年の総漁獲量は 25.8 万トン（予備集計）で前年の 105% であった。資源評価は 2016 年に全米熱帯まぐろ類委員会（IATTC）事務局により行われた。MSY は 27.2 万トンと推定され、2015 年の漁獲量より大きい。2016 年当初の産卵資源量は MSY レベルよりやや小さい ($SB_{2016}/SB_{MSY}=0.95$)。2013～2015 年の平均漁獲努力は、ほぼ MSY レベル ($F_{2013-2015}/F_{MSY}=0.98$, $F_{multiplier}=1.02$) と推定された。 SB/SB_{MSY} 、 F/F_{MSY} を暫定目標管理基準値（Interim Target Reference Point）であるので、2016 年当初の本資源は乱獲状態だが、適正なレベルに近く、本資源への近年 3 か年の漁獲努力は、ほぼ適正レベルであったといえる。まき網漁業の拡大が資源悪化の要因であるとの認識の下、IATTC 事務局は、まき網漁業の禁漁期間拡大を勧告した。IATTC は、この勧告を元に議論を行い、2017 年 2 月に開催された第 91 回会合（特別会合）において、2017 年については、（ア）禁漁期間を含め現状維持（まき網漁業：62 日間の全面禁漁。沖合特定区での 1 か月間禁漁。はえ縄漁業：国別メバチ漁獲枠の設定）、（イ）まき網漁業のうち一部の漁法（FAD（集魚装置）を用いた操業及びイルカ巻き操業）に新たに漁獲上限を導入、（ウ）2017 年 5 月に行われる資源評価結果を踏まえ、次回会合で措置の見直しを行う、とする保存管理措置が採択された。また、2016 年の年次会合においては、漁獲管理ルールが採択された。

利用・用途

はえ縄の漁獲物は生鮮（刺身）、まき網の漁獲物は缶詰をはじめとする加工品として主に利用される。

漁業の概要

IATTC が管理する東部太平洋は、南北緯度 50 度未満、西経 150 度以東と南北アメリカ大陸の海岸線に囲まれた海域である（図 1）。1960 年頃までは竿釣りが主要な漁業であったが、その後、まき網に転換された。近年の漁獲は大部分がまき網（95%、2011～2015 年）によるものであり、残りがはえ縄（4%）と竿釣り（1% 未満）である。漁獲量は 1970 年代半ばと 1990 年にピークがみられる（図

2）。1983 年の漁獲量の急激な落ち込みは、海況の変化に起因する漁船数の減少によるもので、中西部太平洋での操業に

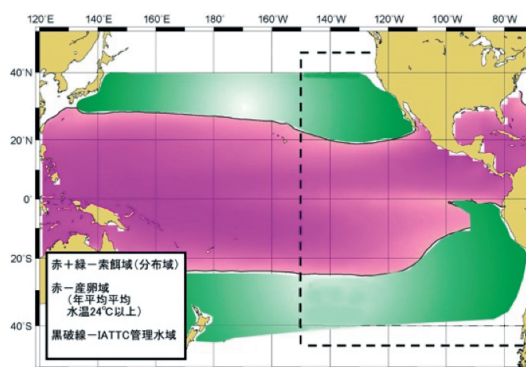


図 1. 太平洋におけるキハダの分布域
赤色と緑色を合わせた海域が索餌域（分布域）、赤色が産卵域（年平均表面水温 24℃以上）

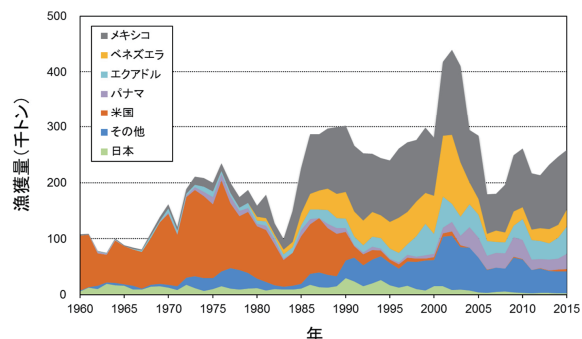
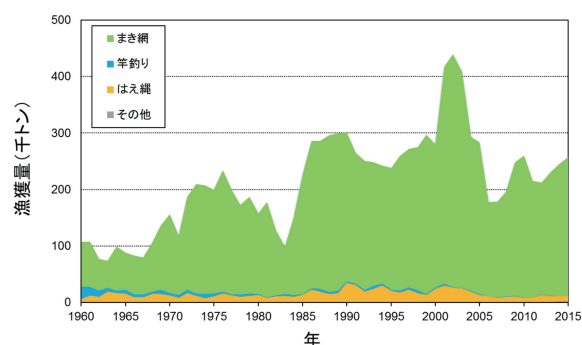


図 2. 東部太平洋におけるキハダの漁法別漁獲量（上図）、国別漁獲量（下図）

切り替える船もあった。1990 年から 1995 年頃の漁獲減少は、イルカの保護運動の影響で、イルカに付キハダ魚群を狙う操業が減少したことによる。2001 ～ 2003 年に漁獲量は 40 万トンを超えたが、好調な加入による資源量増大が要因である。2015 年の漁獲量は 25.8 万トン（予備集計）で前年の 105% であった（IATTC 2016）。

まき網漁業について、当初は米国船が多かったが、1970 年代の終わり頃からメキシコ、ベネズエラ船が増加するとともに米国船が減少し、1990 年代に入ると、エクアドルやバヌアツ船が増加した。伝統的にイルカ付き操業と素群れ操業が行われてきたが、1990 年代に入ると集魚装置（FADs）を使用した操業が発達した。それぞれの操業で、主として漁獲される魚のサイズが異なり、素群れ操業は尾叉長 60 ～ 100 cm、イルカ付き操業は尾叉長 90 ～ 150 cm、FADs 操業は尾叉長 50 cm 程度である。また、主たる操業位置も異なり、素群れ操業は南北アメリカ大陸の沿岸部に多く、イルカ付き操業は北緯側、FADs 操業は南緯側で多くみられる（図 3）。まき網漁獲量のおおよそ 50% をメキシコが占め、エクアドル、ベネズエラ及びパナマの 3 か国で 35% 程度を占める（図 2、付表 1）。我が国のまき網船は 1970 年代初頭に操業していたが、それ以降は出漁していない。まき網による海上でのキハダの平均投棄率（2011 ～ 2015 年）は、総漁獲量の 0.2% と推定された。まき網船の隻数は 1961 年から 2007 年の間に 125 隻から 227 隻に増加し、それに伴い魚船容量は 3.2 万 m³ から 22.5 万 m³ に増加した。2015 年には 243 隻、24.7 万 m³ と過去最高値を記録した。まき網総操業数も 2015 年に過去最高値 33,084 操業を記録した（IATTC 2016）。

はえ縄漁業について、我が国漁船は 1952 年のマッカーサーライン撤廃以降、急速に漁場を拡大し、1960 年には中央アメリカ沿岸に達した（Suzuki *et al.* 1978）。その後も南北両半球の温帯域に操業域を広げ、1960 年代に地理的に最も広く操業が行われた。当初は缶詰等の加工品原料としてキハダとビンナガを漁獲していたが、1970 年代半ばには、刺身需要の増加と冷凍設備の改善によってメバチへと主たる対象魚種を変更した。2000 年以降、南北アメリカ沿岸域への出漁が減少し、現在は、赤道を挟んだ南北 15 度の範囲が主な漁場となっている（図 3）。日本の漁獲量は 1986 ～ 1995 年にかけて 2.0 万トン程度であったが、2002 年以降は 1 万トンを切り、2015 年は 2,182 トン（予備集計）であった。台湾船は 1960 年代から出漁しているがビンナガを主対象としており、近年のキハダの漁獲は年 1,000 トン前後である。韓国船は 1970 年代半ばから操業があり、2005 年以降は年 1,000 トン未満である。中国船は 2015 年に 2,642 トンを記録し、予備集計であるが、日本の漁獲量を超え、東部太平洋で最もキハダを漁獲する、はえ縄漁業国となった。エクアドルのはえ縄漁獲量も多く、年 2,000 トン前後を漁獲している。はえ縄船の漁獲サイズは、主として尾叉長 100 cm 以上である。

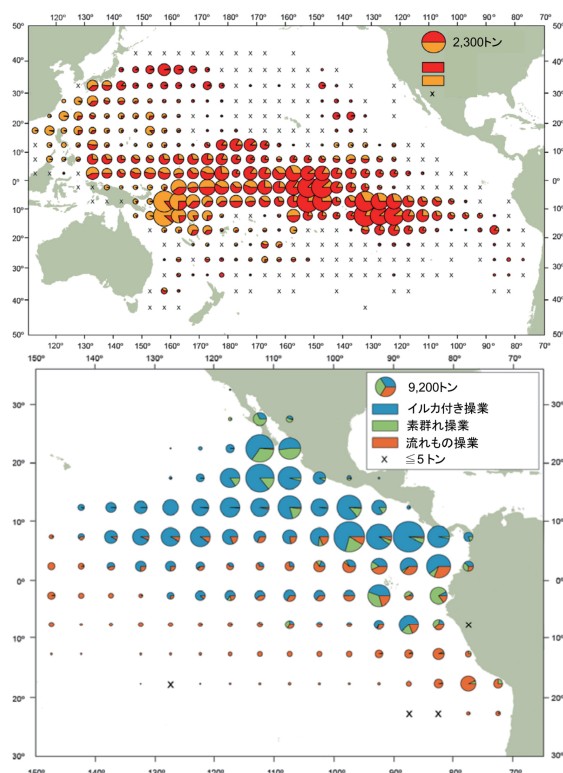


図 3. 太平洋における 2010 ～ 2014 年の漁場図（上：はえ縄、下：まき網）

上図：赤色がメバチ、橙色がキハダ。凡例の丸は 2,300 トン。

下図：キハダの漁獲。青色がイルカ付き操業、緑色が素群れ操業、橙色が流れもの操業。凡例の丸は 9,200 トン。

生物学的特性

キハダは、三大洋の熱帯域から温帯域にかけて広く分布する。若齢で小型のキハダは、似たような大きさのカツオやメバチと群れを作ることがあり、これらはもっぱら表層に分布する。成長するにつれて、キハダ単独の群れとなり、より水深の深い層にも分布するようになる。産卵は水温 24℃以上の水域で周年行われると考えて良いが、季節性もみられ、メキシコ南部から中央アメリカの沖合域において、少なくとも年に 2 回、産卵期があり、さらに沖合域では、1 年のうち少なくとも 7 か月間は産卵期であったとの報告がある（Knudsen 1977）。また、南緯側の熱帯域では主として 1 月から 6 月が産卵期であるとの報告がある（Shingu *et al.* 1974）。また、親魚の成熟状態と仔稚魚の出現場所にも海域による違いがみられる（Suzuki *et al.* 1978）。このような産卵期の違いは、東部太平洋内に複数の系群が存在する可能性を示唆する。放流点と再捕点のみが分かるタイプの標識による放流調査は、1950 年代より数多くの結果が報告され（例えば Fink and Bayliff 1970）、少数の長距離移動した例を除いて、多くの個体が、ある一定の範囲（数百キロ以内）で再捕され、東部太平洋と中西部太平洋間の移動例は少ないことが知られている（Suzuki *et al.* 1978、Wild 1994）。近年、熱帯域の北緯側で、移動経路が分かるタイプの標識による放流調査が行われたところ（Schaefer *et al.* 2014）、やはり多くの個体が放流点の近くに留まり、長距離の移動個体は

少ない傾向がみてとれた。これらは系群の存在を補強する証拠となり得る。また、近年、太平洋の各海域で得られたキハダの間に遺伝学的な差異が検出されている (Aguila *et al.* 2015, Grewe *et al.* 2015)。一方で、はえ縄やまき網の漁獲状況をみると、東部太平洋内では明瞭な漁獲の切れ目がないことがわかる (IATTC 2016)。このように系群あるいはもっと狭い範囲の個体群の存在についての異なる見解があるものの、2016 年の資源評価の場合も含めて、東部太平洋のキハダの資源評価では、東部太平洋で 1 つの系群と見なし、中西部太平洋と西経 150 度で分離している。1 回当たりの産卵数 (Batch fecundity) は体長 120 cm で約 233 万粒とされ、1 度の産卵期に複数回産卵できるとされており (Schaefer 1998)、そのことは、蓄養のキハダでも確認されている (Niwa *et al.* 2003)。本種の寿命は、年齢査定の結果や成長が早いこと、漁獲物にあらわれる最大体長は 170 cm 程度 (5 歳) であることから、メバチより短く 7 ～ 10 年であろうと考えられている。本種の仔魚期の餌生物はカイアシ類、枝角類が主体である (Uotani *et al.* 1981)。稚魚の胃内容物には魚類が多く、次いで頭足類が出現し、カイアシ類はほとんどみられない (辻 1998)。成魚の胃内容物に関する知見は比較的豊富で (Matthews *et al.* 1977)、魚類を主に甲殻類、頭足類など幅広い生物を摂餌し、明確な嗜好性はないと思われる。仔魚期、稚魚期には多くの捕食者がいると思われるが情報は少ない。さらに遊泳力が付いた後は大型のかじき類、さめ類、歯鯨類等に外敵は限られてくるものと思われる。生物学的最小形は 50 cm 以下であるが、雌の 50% は 92 cm で成熟し、123.9 cm の雌 (39 kg、満 2 歳の終わりから 3 歳) では 90% が成熟している (Schaefer 1998)。

2016 年の資源評価では、自然死亡係数は、体長別の雌雄比に合致するように、四半期齢別、雌雄別に設定された。0 歳で四半期あたり 0.7、その後、雌雄は同様に 2 歳で 0.2 まで減少する。雄はその後、0.2 で一定で、雌は再び次第に高くなる (IATTC 1999, Maunder and Aires-da-Silva 2012, Minte-Vera *et al.* 2016)。成長式は、耳石日輪を用いて Richard の成長式で表した結果 (表 1; Wild 1986) を資源評価モデルの初期値として与えて、資源評価モデル内で成長式が再推定された。ただし、2016 年の資源評価では再推定せずに、2009 年の資源評価時で推定された成長パラメータが用いられた (Maunder and Aires-da-Silva 2009)。

自然死亡係数 (四半期齢)
雌 : 0.70, 0.60, 0.50, 0.44, 0.38, 0.32, 0.26, 0.20, 0.20, 0.21, 0.26, 0.32, 0.38, 0.42, 0.44, 0.46, 0.46, 0.47, 0.47, 0.47, 0.47 (以降 0.48)
雄 : 0.70, 0.60, 0.50, 0.44, 0.38, 0.32, 0.26 (以降 0.20)
成長式
Wild (1986) : $L_t = 185.7 \times \{1 - (\exp(-0.761 \times (t - 1.853))) / 1.917\}^{1.917}$
(L_t : ある年齢 t での尾叉長 (cm)、 t : 年齢)
体長体重関係式
Wild (1986) : $W = 1.387 \times 10^{-5} \times L^{3.086}$
(L : 尾叉長 (cm)、 W : 体重 (kg)、 t : 年齢)

自然死亡係数 (四半期齢)
雌 : 0.70, 0.60, 0.50, 0.44, 0.38, 0.32, 0.26, 0.20, 0.20, 0.21, 0.26, 0.32, 0.38, 0.42, 0.44, 0.46, 0.46, 0.47, 0.47, 0.47, 0.47 (以降 0.48)
雄 : 0.70, 0.60, 0.50, 0.44, 0.38, 0.32, 0.26 (以降 0.20)
成長式
Wild (1986) : $L_t = 185.7 \times \{1 - (\exp(-0.761 \times (t - 1.853))) / 1.917\}^{1.917}$
(L_t : ある年齢 t での尾叉長 (cm)、 t : 年齢)
体長体重関係式
Wild (1986) : $W = 1.387 \times 10^{-5} \times L^{3.086}$
(L : 尾叉長 (cm)、 W : 体重 (kg)、 t : 年齢)

表 1. 東部太平洋におけるキハダの年齢ごとの尾叉長 (cm) と体重 (kg) の関係 (Wild 1996) 年齢ごとの尾叉長 (cm) と体重 (kg) の関係 (Wild 1996)

年齢	尾叉長 (cm)	体重 (kg)
0	20.7	0.16
1	49.3	2.32
2	89.1	14.46
3	127.3	43.36
4	154.2	78.44
5	169.9	105.74
6	178.0	122.22
7	182.1	130.95
8	184.0	135.27
9	184.9	137.35
10	185.3	138.33

資源状態

最新の資源評価は IATTC 事務局により 2016 年に行われた。資源評価モデルは Stock Synthesis (SS) が用いられた (Minte-Vera *et al.* 2016)。資源量指数として、まき網の素群れ操業とイルカ付き操業のノミナル CPUE、北緯 15 度以南のはえ縄漁業の標準化 CPUE が用いられた (Maunder and Watters 2001, Hoyle and Maunder 2006)。

MSY は 27.2 万トンと推定され、2015 年の漁獲量より大きい。2016 年当初の産卵資源量は MSY レベルよりやや小さい ($SB_{2016}/SB_{MSY}=0.95$)。2013 ～ 2015 年の平均漁獲努力は、ほぼ MSY レベル ($F_{2013-2015}/F_{MSY}=0.98$ 、 $F_{multiplier}=1.02$) と推定された (図 4)。 SB/SB_{MSY} 、 F/F_{MSY} は暫定目標管理基準値 (Interim Target Reference Point) であるので、2016 年当初の本資源は乱獲状態だが、適正なレベルに近く、本資源への近年 3 か年の漁獲努力は、ほぼ適正レベルであったといえる。ただし、この結果には不確実性 (親子関係・親魚の自然死亡係数・最高齢の体長で変化する) があるので、場合によっては、漁獲努力が過剰と判断される。また、Spawning Biomass ratio (漁業がないと仮定した状態の産卵

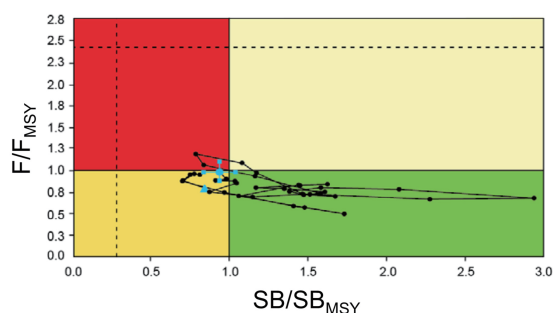


図4. 東部太平洋におけるキハダの F/F_{MSY} と SB/SB_{MSY} の推移（水色丸は現状、バーは 95%信頼区間）
破線は暫定限界管理基準値を示す。横軸の破線は、親子関係を想定（ステープネス 0.75）し、かつ漁業がないと仮定したときの産卵資源量の加入量の 50% を得るための産卵資源量で $0.28 \times SB_{MSY}$ に相当する。縦軸の破線は、そのときの漁業の強さで $2.42 \times F_{MSY}$ に相当する

資源量を 1.0 としたときの、実際の産卵資源量の割合）は近年、減少傾向にあり、2016 年当初は MSY レベルをわずかに下回り、0.27（図 5）とされた。なお、暫定限界管理基準値（Interim Limit Reference Point）は、 $0.28 \times SB_{MSY}$ 、 $2.42 \times F_{MSY}$ に該当する（図 4）。加入量は、レベルが異なる 3 つのレジーム（1975～1983 年の低い加入、1984～2002 年の高い加入、2003～2014 年の中間的加入）に区分され、2015 年の加入量は平均より大きく、近年では高いレベルにあるが、推定値の不確実性は大きい（図 6）。漁獲係数は、1～10 四半期齢（0.25～2.5 歳）が最も低く、次いで 21 四半期齢（5.25 歳）以上、11～20 四半期齢（2.75～5 歳）と続き、2003 年から 2006 年にかけて漁獲係数が高く推移し、一旦減少に転じたが、近年増加傾向にある（図 7）。各漁業の親魚資源量に与える影響は、まき網のイルカ付き及び素群れ操業が最も大きなインパクトを示し、まき網の流れもの操業（FADs 操業含む）がそれに続く。近年では、流れもの操業のインパクトは素群れ操業のインパクトよりもわずかに大きくなっている（図 8）。将来予測（2013～2015 年の平均的な漁獲の強さ、過去平均の加入量を仮定）を行うと、2026 年まで Spawning Biomass ratio は、不確実性が大きいものの、ほぼ MSY レベルになるとされた（図 5）。

キハダの $F_{multiplier}$ は上述のとおり 1.02、メバチの $F_{multiplier}$ は 1.05 とされた（Aires-da-Silva 2016）が、まき網の魚船容量（潜在的な努力量を示すと考えられている）は、2013～2015 年の平均と比べて、2016 年 4 月 17 日の時点で 11.2% 増加していたことを考慮するとキハダ、メバチの近年の漁獲努力は過剰（ $F_{multiplier}$ は $0.92 (=1.02/1.112)$ 、 $0.94 (=1.05/1.112)$ ）とみなされた。このため、現行のまき網の禁漁日数（62 日間）は、資源管理方策としては不十分であり、次式により 87 日の禁漁日数が必要と算出された。なお、まき網漁業はキハダ資源により影響が大きいので、キハダの $F_{multiplier}$ が本試算に用いられた。

禁漁日数 = $365 - F_{multiplier} \times (365 - \text{現状の禁漁日数}) / (\text{昨年末の魚船容量} / \text{最近 3 年の平均魚船容量})$

新禁漁日数 = $365 - 1.02 \times (365 - 63) / (1.112 / 1) = 87$

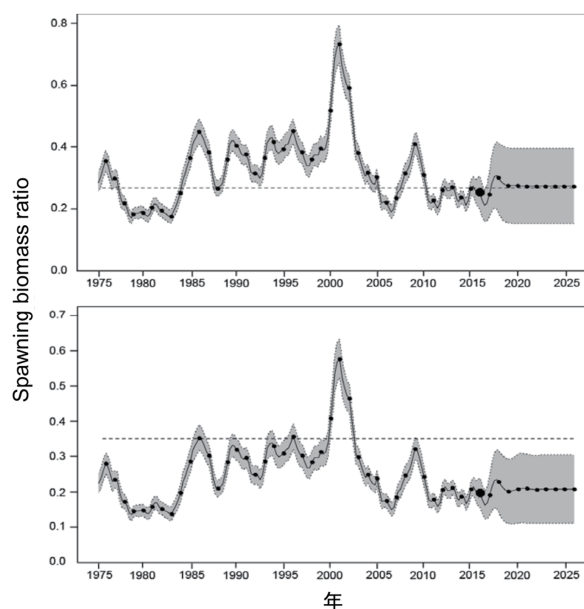


図5. 東部太平洋におけるキハダの Spawning Biomass ratio の推移
上図は東部太平洋におけるキハダの Spawning Biomass ratio の推移
上図はベースケース。下図は親子関係がある場合。破線は MSY を達成できる SBR で上図は 0.27、下図は 0.35。大きな黒丸が現状。2017 年以降は予測値。灰色は 95% 信頼限界。Spawning Biomass ratio は漁業がないと仮定した状態の産卵資源量を 1.0 としたときの、実際の産卵資源量の割合。

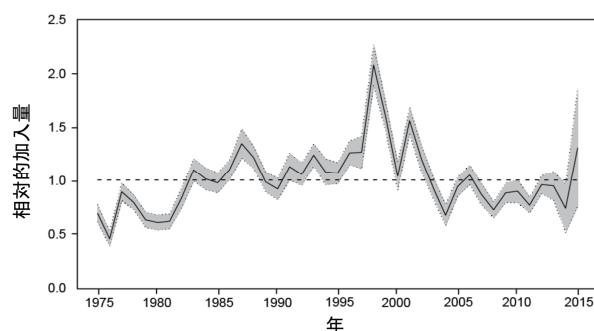


図6. 東部太平洋におけるキハダの加入量
1975 年以降の平均加入量を 1 とした相対値）の推移（破線は 95% 信頼限界）

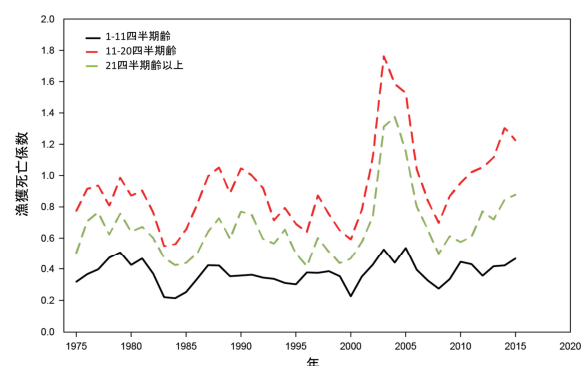


図7. 東部太平洋におけるキハダの漁獲係数の推移
青：1～10 四半期齢、赤：11～20 四半期齢、緑：21 四半期齢以上

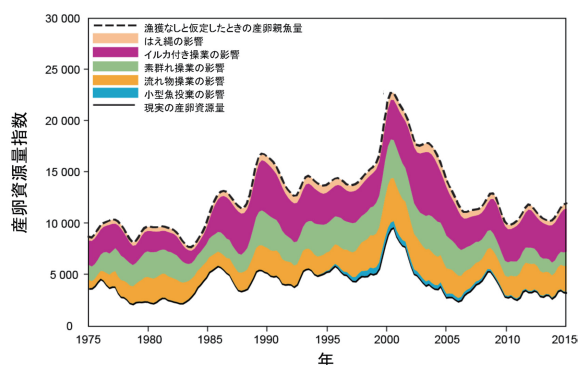


図 8. 東部太平洋におけるキハダの資源量と各漁業のインパクトの推移

黒実線が実際の資源量、黒破線は漁業がないと仮定したときの資源量。桃色、赤色、緑色、黄色、水色はそれぞれはえ縄、イルカ付き操業、素群れ操業、FADs 操業、小型魚投棄の影響を示す。

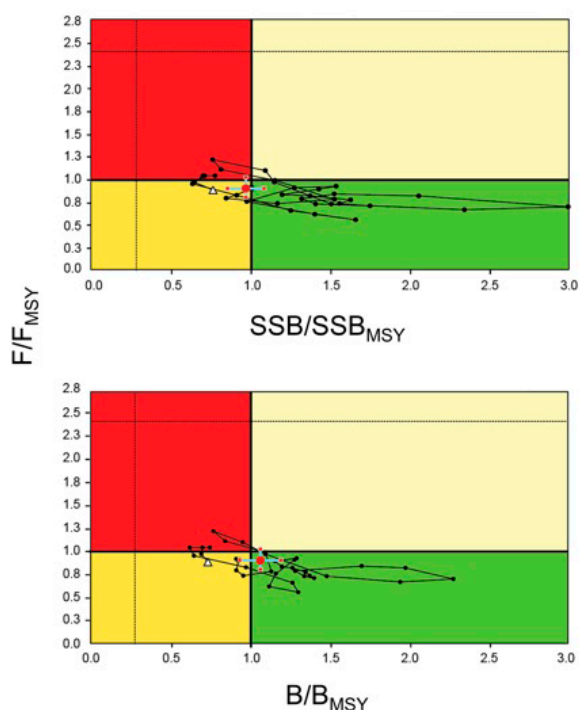


図 9. 東部太平洋におけるキハダの F/F_{MSY} と SSB/SSB_{MSY} (上図)、 B/B_{MSY} (下図) の推移 (赤丸は現状)

管理方策

IATTC 事務局からの勧告に基づき、2017 年以降の保存管理措置を決定するための議論が行われ、2017 年 2 月に開催された第 91 回会合（特別会合）において、2017 年については、(ア) 禁漁期間を含め現状維持（まき網漁業：62 日間の全面禁漁。沖合特定区での 1 か月間禁漁。はえ縄漁業：国別メバチ漁獲枠の設定（我が国漁獲枠は 32,372 トン））、(イ) まき網漁業のうち一部の漁法に新たに漁獲上限を導入（FAD を用いた操業：97,711 トン、イルカ巻き操業：162,182 トン（いずれも 2013-2015 年平均漁獲量））、素群れ操業には漁獲上限なし）、(ウ) 2017 年 5 月に行われる資源評価結果を踏まえ、7 月の次回会合（メキシコ）で措置の見直しを行う、とする保存管理措置が採択された。

最近、熱帯まぐろ類の資源管理は、資源評価に基づいた伝統的な手法から、漁獲管理ルール（HCR；Harvest Control Rules）と管理基準値（RP；Reference Points）を設定することで資源量の変動に応じて予め決めておいた管理措置を発動するルールとし、更にこれが管理目標（Management Objectives あるいは Management Goal）に合致しているかを MSE（Management Strategy Evaluation）で検証する枠組へと発展しようとしている（Maunder and Deriso 2016、Maunder *et al.* 2016）。この背景には、資源評価には大きな不確実性がついてまわるということが広く認識されてきたためである。たとえば、図 5 に示したように、親子関係の仮定の違いにより、資源評価結果は大きく異なる。また、資源評価結果が前回と大きく変わり、議論の余地が大きくなった場合に、管理方策が恣意的に変更されてしまわないようにする必要も認識され始めている。2016 年の年次会合では、以下を内容とする漁獲管理ルールが合意された。漁獲管理ルールを含めた IATTC における検討状況を表 2 に示す。IATTC も含む、近年のまぐろ類の地域漁業管理機関における MSE の進捗状況については Nakatsuka（2017）が詳しい。

- ①最も厳しい管理を必要とする魚種については、まき網漁業に対する措置を複数年固定できるようにし、漁獲死亡率を、最大持続生産量（MSY）を達成する水準以上としないよう維持する。
- ②漁獲死亡係数が限界管理基準値（親子関係を想定し、加入が初期資源加入量の 50% に減少する状態における産卵親魚量を維持する漁獲死亡率）を超過する確率が 10% 以上となる場合、50% の確率で MSY を達成する水準以下となるまで削減し、かつ限界管理基準値を超過する確率を 10% 以下とする措置を可能な限り早期に実施する。
- ③産卵親魚量が限界管理基準値（親子関係を想定し、加入が初期資源加入量の 50% に減少する状態における産卵親魚量）を下回る確率が 10% 以上となる場合、50% 以上の確率で目標水準（MSY を達成する水準の産卵親魚量）まで回復させ、かつ限界管理基準値を下回る確率を 10% 以下とする措置を 2 世代以内 5 年以内のうちより長い期間中に実施する。
- ④まき網漁業以外の漁業に関する追加規制を事務局職員が勧告する際には、対象資源に与える相対的な影響も踏まえ、まき網漁業で採択された措置と可能な限り一貫性を持たせる。

執筆者

かつお・まぐろユニット
熱帯まぐろサブユニット
国際水産資源研究所 かつお・まぐろ資源部
まぐろ漁業資源グループ
佐藤 圭介

参考文献

Aguila RD, Perez SKL, Catacutan BJN, Lopez GV, Barut NC, Santos MD (2015) Distinct yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) stocks detected in western and Central Pacific

- Ocean (WCPO) using DNA microsatellites. PLoS ONE 10(9): e0138292. doi:10.1371/journal.pone.0138292. <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0138292&type=printable> (2016 年 12 月)
- Aires-da-Silva, A. and Maunder, M.N. 2012. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2010 and outlook for the future. DOCUMENT SAC-07-05a. 108 pp. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR12/SAR-12-YFTENG.pdf> (2016 年 12 月)
- Aires-da-Silva, A. and Maunder, M.N. 2016. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2015 and outlook for the future. 53 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2016/SAC7/PDFfiles/SAC-07-05a-BET-assessment-2015.pdf> (2016 年 12 月)
- Fink, B.D. and Bayliff, W.H. 1970. Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean as determined by tagging experiments, 1952-1964. Bull. I-ATTC, 15(1):1-227. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.15-No.1.pdf> (2016 年 12 月)
- Grewe, P.M., Feutry, P., Hill, P.L., Gunasekera, R.M., Schaefer, K.M., Itano, D.G., Fuller, D.W., Foster, S.D. and Davies C.R. 2015. Scientific Reports 5, Article number: 16916. doi:10.1038/srep16916. <http://www.nature.com/articles/srep16916> (2016 年 12 月)
- Hoyle, S.D. and Maunder, M.N. 2006. Standardization of yellowfin and bigeye CPUE data from Japanese longliners, 1975-2004. IATTC SAR-7-07. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/SAR-7-07-LL-CPUE-standardization.pdf> (2016 年 12 月)
- IATTC. 1999. Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission. 1997. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/AnnualReports/IATTC-Annual-Report-1997.pdf> (2016 年 12 月)
- IATTC. 2016. The fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean in 2014. Document SAC-07-03a. 50 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2016/SAC7/PDFfiles/SAC-07-03a-Fishery-in-the-EPO-2015.pdf> (2016 年 12 月)
- Knudsen, P.F. 1977. Spawning of yellowfin tuna and the discrimination of subpopulations. Bull. I-ATTC, 17(2): 117-169. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.17-No.2.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N. and Aires-da-Silva, A. 2009. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2007 and outlook for the future. Document SAC-07-05b. 92 pp. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR9/SAR9-YFT-ENG.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N. and Aires-da-Silva, A. 2012. A review and evaluation of natural mortality for the assessment and management of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. 41 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2012/Oct/PDFs/YFT-Meeting/YFT-01-07-Review-of-natural-mortality-for-EPO-YFT.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N. 2014. Management strategy evaluation (MSE) implementation in stock synthesis: Application to Pacific bluefin tuna. IATTC Stock Assessment Report 15: 100-117. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR15/7-Management-Strategy-Evaluation.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N., Zhu, J. and Aires-da-Silva, A. 2015. Preliminary management strategy evaluation to evaluate the IATTC interim reference points and proposed harvest control rule. Document SAC-06-10b. 12 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2015/6SAC/PDFs/SAC-06-10b-Preliminary-MSE.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N., Mente-Vera, C.V., Aires-da-Silva, A. and Valero, J.L. 2016. Current and future research on management strategy evaluation (MSE) for tunas and related species in the eastern Pacific Ocean. Document SAC-07-07h. 5 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2016/SAC7/PDFfiles/SAC-07-07h-Research-on-MSE.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N. and Deriso, R.B. 2016. Application of harvest control rules for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Document SAC-07-07g. 6 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2016/SAC7/PDFfiles/SAC-07-07g-Reference-points-and-harvest-control-rule.pdf> (2016 年 12 月)
- Maunder, M.N. and Watters, G.M. 2001. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep. 1: 5-86. https://www.iattc.org/PDFFiles2/StockAssessmentReports/SAR1/SAR1_yellowfin_ENG.pdf (2016 年 12 月)
- Matthews, F.D., Damkaer, D., Knapp, L. and Collette, B. 1977. Food of western North Atlantic tunas (*Thunnus*) and lancetfishes (*Alepisaurus*). NOAA Tech. Rep. NMFS, 706: 1-19.
- Mente-Vera, C.V., Aires-da-Silva, A. and Maunder, M.N. 2016. Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2015 and outlook for the future. Document SAC-07-05b. 40 pp. <https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2016/SAC7/PDFfiles/SAC-07-05b-YFT-assessment-2015.pdf> (2016 年 12 月)
- Nakatsuka, S. 2017. Management strategy evaluation in regional fisheries management organizations — How to promote robust fisheries management in international settings. Fish. Res. 187: 127-138.
- Niwa, Y., Nakazawa, A., Margulies, D., Scholey, V.P., Wexler, J.B and Chow, S. 2003. Genetic monitoring for spawning

- ecology of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) using mitochondrial DNA variation. *Aquaculture*, 218: 387-395.
- Schaefer, K. M. 1991. Geographic variation on morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna *Thunnus albacares* from the Pacific Ocean. *Fish Bull.*, 89(2): 289-297. <http://fishbull.noaa.gov/892/schaefer.pdf> (2016 年 12 月)
- Schaefer, K. M. 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Bull. IATTC*, 21(5): 205-272. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/IATTC-Bulletin-Vol-21-No-5.pdf> (2016 年 12 月)
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W. and Aldana, G. 2014. Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in waters surrounding the Revillagigedo Islands Archipelago Biosphere Reserve, Mexico. *Fish. Oceanogr.* 23(1):65-82.
- Schaefer, K.M., Fuller, D., Hampton, J. Caillot, S., Leroy, B. and Itano, D. 2015. Movements, dispersion, and mixing of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) tagged and released in the equatorial Central Pacific Ocean, with conventional and archival tags. *Fish. Res.* 161:336-335. <https://www.iattc.org/Misc/IATTC-FADs-WG-Bibliography-PDFs/Schaefer-et-al-2015.pdf> (2016 年 12 月)
- Shingu, C., Tomlinson, P.K. and Petersen C.K. 1974. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *Bull. I-ATTC*, 16(2): 65-230. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.16-No.2.pdf> (2016 年 12 月)
- Suzuki, Z., Tomlinson, P. K. and Honma, M. 1978. Population structure of Pacific yellowfin tuna. *Bull. IATTC*, 17(5): 277-441. <https://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.17-No.5.pdf> (2016 年 12 月)
- 辻 祥子. 1998. 表中層トロールで採集したカツオ・マグロ型稚魚 3. 胃内容物の検討. 平成 10 年度日本水産学会春季大会 発表要旨集. 39 p.
- Uotani, I., Matsuzaki, K., Makino, Y., Noda, K., Inamura, O. and Horikawa, M. 1981. Food habits of larvae of tunas and their related species in the area northwest of Australia. *Bull. Japan. Soc. Scientist Fish.* 47(9): 1165-1172.
- Wild, A. 1986. Growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Bull. IATTC*, 18(6): 421-482. <http://www.iattc.org/PDFFiles2/Bulletins/Bulletin-Vol.18-No.6.pdf> (2016 年 12 月)
- Wild, A. 1994. Review of the biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. In Shomura, R. S., Majkowski, J. and Langi, S. (eds.), *Interactions of Pacific tuna fisheries. Volume 2. Papers on biology and fisheries.* FAO Fisheries Technical Paper 336 (2). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 52-107 pp.

キハダ（東部太平洋）の資源の現況（要約表）

資 源 水 準	中 位
資 源 動 向	横ばい
世 界 の 漁 獲 量 (最 近 5 年 間)	21.3 万～25.8 万トン 最近 (2015) 年 : 25.8 万トン 平均 : 23.3 万トン (2011～2015 年)
我 が 国 の 漁 獲 量 (最 近 5 年 間)	0.2 万～0.3 万トン 最近 (2015) 年 : 0.3 万トン 平均 : 0.3 万トン (2011～2015 年)
管 理 目 標	検討中
資 源 の 状 態	$SB_{2016}/SB_{MSY}=0.95$ $F_{2013-2015}/F_{MSY}=0.98$
管 理 措 置	<ul style="list-style-type: none"> ・まき網漁業: 62 日間の全面禁漁。沖合特定区での 1 か月間禁漁。漁獲上限設定 (FAD 操業、イルカ巻き操業)。 ・はえ縄漁業: 国別メバチ漁獲枠の設定 (我が国漁獲枠は 32,372 トン: キハダの漁獲量にも影響をもたらすと考えられる) ・漁獲管理ルールを導入
管理機関・関係機関	IATTC
最新の資源評価年	2016 年
次回の資源評価年	2017 年

表 2 IATTC における漁獲管理方策、管理基準値に関する検討状況 (Maunder *et al.* 2016、Maunder and Deriso 2016)

要素		IATTC での定義		備考
管理目標 (Management Objectives)		未定		<ul style="list-style-type: none"> ・ IATTC 条約には、次の文言が記載されている。(第二条) The Commission shall perform the following functions and duties: 1. Make investigations concerning the abundance, biology, biometry, and ecology of yellowfin (<i>Neothunnus</i>) and skipjack (<i>Katsuwonus</i>) tuna in the waters of the eastern Pacific Ocean fished by the nationals of the High Contracting Parties, and the kinds of fishes commonly used as bait in the tuna fisheries, especially the anchovetta, and of other kinds of fish taken by tuna fishing vessels; and the effects of natural factors and human activities on the abundance of the populations of fishes supporting all these fisheries. 2. Collect and analyze information relating to current and past conditions and trends of the populations of fishes covered by this Convention. 3. Study and appraise information concerning methods and procedures for maintaining and increasing the populations of fishes covered by this Convention. 4. Conduct such fishing and other activities, on the high seas and in waters which are under the jurisdiction of the High Contracting Parties, as may be necessary to attain the end referred to in sub-paragraphs 1, 2, and 3 of this Article. 5. Recommend from time to time, on the basis of scientific investigations, proposals for joint action by the High Contracting Parties designed to keep the populations of fishes covered by this Convention at those levels of abundance which will permit the maximum sustained catch. 6. Collect statistics and all kinds of reports concerning catches and the operations of fishing boats, and other information concerning the fishing for fishes covered by this Convention, from vessels or persons engaged in these fisheries. 7. Publish or otherwise disseminate reports relative to the results of its findings and such other reports as fall within the scope of this Convention, as well as scientific, statistical, and other data relating to the fisheries maintained by the nationals of the High Contracting Parties for the fishes covered by this Convention.
管理基準 (Reference Points)	目標管理基準値 (Target Reference Point)	漁業	F_{MSY}	・ 2014 年 7 月の第 87 回 IATTC 会合で暫定 LRP として決定
		資源	SB_{MSY}	
	限界管理基準値 (Limit Reference Point)	漁業	親子関係を想定 (スティーブネス 0.75) したときの SB_0 の加入量の 50% を得るための漁獲の強さ。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2014 年 7 月の第 87 回 IATTC 会合で暫定 LRP として決定。 ・ 限界管理基準値を設定する目的は、資源量が回復不能あるいは回復がきわめて遅い状態にまで減少するのを防ぐことにある。一般的には、「加入乱獲を避ける (加入が実質的に影響をうける程度にまで親魚資源量が減少しないようにする)」ように設定することになるだろう。 ・ IATTC の暫定 LRP が実際に目的 (加入乱獲を防ぐ) に合致しているのかどうか検証されていない。簡単に検証できないのは、親魚が減少したことにより、親魚あたりの加入数が減少することを確かめる必要があるが、これは容易に確認出来ないことと認識されている。
		資源	親子関係を想定 (スティーブネス 0.75) したときの SB_0 の加入量の 50% を得るための産卵資源量。	

表 2. 続き

要素	IATTC での定義		備考
漁獲管理方策 (Harvest Control Rules)	<p>①最も厳しい管理を必要とする魚種については、まき網漁業に対する措置を複数年固定できるようにし、漁獲死亡率を、最大持続生産量 (MSY) を達成する水準以上としないよう維持する。</p> <p>②漁獲死亡係数が限界管理基準値 (親子関係を想定し、加入が初期資源加入量の 50% に減少する状態における産卵親魚量を維持する漁獲死亡率) を超過する確率が 10% 以上となる場合、50% の確率で MSY を達成する水準以下となるまで削減し、かつ限界管理基準値を超過する確率を 10% 以下とする措置を可能な限り早期に実施する。</p> <p>③産卵親魚量が限界管理基準値 (親子関係を想定し、加入が初期資源加入量の 50% に減少する状態における産卵親魚量) を下回る確率が 10% 以上となる場合、50% 以上の確率で目標水準 (MSY を達成する水準の産卵親魚量) まで回復させ、かつ限界管理基準値を下回る確率を 10% 以下とする措置を 2 世代以内 5 年以内のうちより長い期間中に実施する。</p> <p>④まき網漁業以外の漁業に関する追加規制を事務局職員が勧告する際には、対象資源に与える相対的な影響も踏まえ、まき網漁業で採択された措置と可能な限り一貫性を持たせる。</p>		・ 2016 年の 6 月の第 90 回 IATTC 会合 (年次会合) で決定。
MSE (Management Strategy Evaluation)	オペレーティングモデル (Operating Model)	Stock Synthesis がベースだが、漁業構造などは簡易にしている。フートストラップ機能により、各設定の不確実性を考慮した、将来の資源状況を示すデータ生成の機能がある。	・ 一般的に HCR が、管理目標 (Management Objectives または Management Goal) に合致しているかどうか、よく検証される必要がある。MSE はこのような検証に用いられ、たとえば、ある HCR を採用した場合に、資源が LRP を下回る確率が低く抑えられるかを検証する機能がある。 ・ IATTC のメバチについて、HCR (「 F_{MSY} での漁獲」) が管理目標 (「資源量を MSY レベルに維持する」) に合致するかを、暫定 LRP を基準として、MSE によって予備的に検証されている。 F_{MSY} で漁獲を行えば、LRP を下回る確率は 10% 以下であることが分かった (Maunder 2014, Maunder <i>et al.</i> 2015)。 ・ MSE は、それぞれの HCR をいろいろな設定のもとで評価するシミュレーションテストである。テストに必要な要素は、①オペレーティングモデル (OM) によるデータ生成と収集、②資源評価、③HCR 及び④評価する基準 (performance criteria: 平均漁獲量、資源の減少レベルなど) である。コンピュータ上になるべく現実の資源動態に近い OM が開発される。OM は本質的に資源評価モデルである。現実の資源管理に適用する場合は、OM 開発、資源評価モデル開発だけでなく、政治的、経済的、社会的な要素を十分に考慮した評価基準や HCR を作り上げることが必要となるため、時間のかかる作業となる。
	資源評価モデル	Stock Synthesis	

付表 1. 東部太平洋におけるキハダの年別国別漁獲量 (単位: トン)

国名/年	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
ベリーズ																				
英領バミューダ諸島																				
カナダ																		1,087	1,040	1,302
チリ										222	65		365	374		72	490	176	220	7
中国																				
コロンビア										234	114		86	70	40	173	120	140	79	108
コスタリカ																				
英領ケイマン諸島																				
エクアドル										459	503	663	781	842	850	615	1,156	2,567	3,746	2,684
スペイン																				
グアテマラ																				
ホンジュラス																				
日本					209	427	967	5,854	4,927	3,437	5,934	12,500	10,211	18,973	16,968	15,614	9,066	8,892	14,400	15,045
韓国																				
メキシコ										1,629	2,311	1,489	1,190	1,234	1,648	1,320	2,045	1,877	4,000	6,202
ニカラグア																				
オランダ																				
パナマ											5		2,061	1,428	827					
ペルー										2,703	1,502		4,732	2,282	3,177	1,469				
仏領ポリネシア																				
セネガル																				
エルサルバドル																				
台湾															6	6	31	393	586	284
米国										52,914	97,534	93,114	57,909	49,185	75,912	68,098	64,957	65,277	83,953	110,031
ベネズエラ																				
バズアツ																				
その他	101,974	84,376	88,577	63,523	63,519	63,897	80,298	73,946	67,336			960	906	319	592	898	6,022	364	1,052	2,392
合計	101,974	84,376	88,577	63,523	63,728	64,324	81,265	79,800	72,263	61,598	107,968	108,726	78,241	74,707	100,020	88,265	83,887	80,773	109,076	138,055

付表 1. 続き

国名/年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
ベリーズ																				
英領バミューダ諸島						1,596	2,635	3,399	2,195	1,601										
カナダ	4,230	3,126	6,382	6,581	7,757	3,482	3,551	4,296	2,275	262										
チリ									648	2	0	0	97	11	50	5	5	2	27	12
中国																				
コロンビア		155			150		66	10	19	0				30	63	0				
コスタリカ			1,561	1,371					4,154	3,588	1,941	2,632	122		2,702	2,785				
英領ケイマン諸島												3,111	3,947							
エクアドル	6,842	6,596	3,109	4,735	9,399	10,292	4,784	5,905	6,506	9,162	5,816	7,571	5,544	7,705	10,596	8,883	16,654	15,091	24,504	17,650
スペイン		695	3,449	5,916	6,231	5,250	6,338	5,118				6,651	934							
グアテマラ																				
ホンジュラス																				
日本	12,273	7,931	17,311	11,413	6,914	10,299	15,036	11,222	9,187	10,909	11,549	7,090	9,826	9,404	9,134	10,633	17,770	13,484	12,481	15,335
韓国						150	420	835	850	423	1,892	753	1,054	1,382	1,155	2,505	4,850	5,048	1,893	1,162
メキシコ	7,065	5,836	8,427	13,862	15,572	15,480	13,443	17,412	18,311	23,106	19,902	41,613	19,527	19,477	55,043	81,103	105,791	99,761	107,382	119,719
ニカラグア																				
オランダ				2,708		1,791			5,253	8,650	6,311									
パナマ	2,873	1,577	2,800	4,951	7,401	13,016	12,670	12,888	9,184	7,338	4,784	7,202	8,487	2,444		10,887	9,073		7,406	10,606
ペルー	224	954	426	1,604	1,852	2,719	2,051	3,221	2,387	1,217	443			943					1,430	1,724
仏領ポリネシア																				
セネガル							3,452													
エルサルバドル																				
台湾	370	645	846	284	276	191	176	298	151	141	36	156	81	60	56	58	120	107	54	526
米国	126,847	91,346	143,248	154,178	146,205	131,565	162,333	115,813	96,252	108,723	92,986	92,855	72,998	47,634	58,930	84,847	89,170	97,397	83,495	75,191
ベネズエラ											6,450	6,269	4,057	7,840	9,268	20,696	28,479	34,237	38,257	42,944
バズアツ																				
その他	414	1,797	717	2,752	6,477	4,033	7,423	18,949	16,608	12,002	6,752	2,607	830	2,767	2,468	3,537	14,159	21,037	19,499	14,567
合計	161,138	120,658	188,276	210,491	208,234	199,864	234,378	199,366	173,980	187,124	158,862	178,510	127,534	99,680	149,465	225,939	286,071	286,164	296,428	299,436

付表 1. 続き

国名／年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ベリーズ												1,833	1,447	353	190	164	105	42	43	11
英領バミューダ諸島																				
カナダ																				
チリ	2	40	14	82	118	43	32	57	78	41	77	66	15	73	86	110	79	76	74	47
中国												942	1,457	2,739	798	682	246	224	469	629
コロンビア		36	825	4,897	7,560	8,830	9,919	9,402	15,592	13,267	6,138	12,950	17,574	9,770						
コスタリカ		232	391	200	481	542	183	715	1,124	1,057	1,084	1,133	1,563	1,418	1,701	1,791	1,402	1,204	1,248	1,003
英領ケイマン諸島																				
エクアドル	16,951	15,730	12,431	18,471	18,678	17,376	17,409	18,714	37,148	56,191	35,997	55,347	32,512	34,419	40,886	40,596	26,049	20,037	20,213	20,356
スペイン									5,449	8,322	10,318	18,448	16,990	12,281	13,622	11,947	8,409	2,631	3,023	7,864
グアテマラ											10								0	
ホンジュラス															3,244	4,924	2,944			
日本	29,255	23,721	15,296	20,339	25,983	17,042	12,631	16,218	10,048	7,186	15,265	14,808	8,513	9,125	7,338	3,966	2,968	4,582	5,383	4,268
韓国	4,844	5,688	2,865	3,257	3,069	2,748	3,491	4,753	3,624	3,030	5,134	5,230	3,626	4,911	2,997	532	928	353	83	780
メキシコ	118,364	117,011	120,283	104,081	101,403	109,685	122,825	124,516	109,736	116,291	104,233	134,032	153,819	173,640	93,356	112,720	70,135	65,993	85,279	100,505
ニカラグア															43	4,856	4,239	3,965	4,404	6,713
オランダ																				
パナマ	6,391	1,731	3,380	5,671	3,259	1,714	3,084	4,807	3,330	5,782	6,155	10,284	16,626	16,591	36,365	35,175	24,685	26,024	26,993	35,228
ペルー				1,320	750	806	766					13	195	806	291	1,166	595	865	308	42
仏領ポリネシア			57	39	214	198	253	307	388	206	1,052	846	278	462	767	530	971	814	651	941
セネガル																				
エルサルバドル																				
台湾	534	1,319	306	155	236	28	37	131	113	186	742	3,928	7,412	3,477	8,006	6,470				
米国	51,286	19,805	19,460	16,925	10,216	6,323	8,269	6,837	5,500	3,537	4,911	6,139	7,727	3,874	342	583	371	103	246	1,998
ベネズエラ	47,490	45,345	44,336	43,522	41,500	47,804	62,846	57,881	61,425	55,443	67,672	108,974	123,264	96,914	39,094	28,684	13,286	20,097	17,692	25,298
バズアツ	22,208	29,687	27,406	24,936	25,729	22,220	10,549	20,701	17,342	16,476	8,252	10,742	7,792	10,033	7,542	51	164	152	175	244
その他	4,197	5,625	5,419	7,591	4,350	4,005	8,322	7,020	5,012	11,076	12,037	13,617	32,266	31,149	29,182	35,353	26,352	19,735	32,507	30,101
合計	301,522	265,970	252,514	251,486	243,546	239,364	260,616	272,059	275,909	280,657	417,981	439,319	410,068	293,845	283,733	283,732	178,982	180,414	196,632	249,151

付表 1. 続き

国名／年	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ベリーズ	35	48	42	33	4	5
英領バミューダ諸島						
カナダ						17
チリ	30	2	50	4	8	
中国	459	1,807	2,591	1,874	2,120	2,642
コロンビア	20,493	18,643	20,924	16,476	17,203	17,636
コスタリカ	3		1,482	1,424	1,072	1,415
英領ケイマン諸島						
エクアドル	36,701	34,776	32,066	29,600	37,640	49,039
スペイン	2,844	1,096	1,080	517	779	31
グアテマラ						
ホンジュラス						
日本	3,639	2,373	3,600	3,117	2,633	2,182
韓国	737	754	631	928	704	957
メキシコ	104,976	99,818	93,693	114,710	120,987	106,522
ニカラグア	9,422	7,781	7,541	8,261	8,119	6,788
オランダ						
パナマ	34,538	18,607	16,451	19,260	19,483	26,491
ペルー	317	418	251	368	988	1,553
仏領ポリネシア	708	734	1,016	836	1,040	1,633
セネガル						
エルサルバドル						
台湾	872	647	749	572	896	1,310
米国	330	380	747	478	3,053	4,527
ベネズエラ	21,244	18,712	23,408	24,896	23,040	30,266
バズアツ	268	150	154	101	323	530
その他	23,221	9,559	6,381	8,140	5,935	4,815
合計	260,837	216,305	212,857	231,595	246,027	258,359