



Herman Cesar

Lauretta Burke

Lida Pet-Soede 著



サンゴ礁の世界的な衰退による経済への影響

バックグラウンド情報

謝辞

はじめに、WWF の Carel Drijver, Annette Cornelisse、Sian Owen および International Coral Reef Action Network (ICRAN) の Kristian Teleki の支援、激励、文書の推敲に対し御礼申し上げます。また、裏付けとなる計算や本書へ価値ある貢献をしてくださった Pieter van Beukering、Andrew Finlay、「ホットスポット」に関する資料を提供してくださった Ken Kassem (WWF-US)、本書のレイアウトを担当した Gijs Blaisse、Jacqueline de Haan、Marcel Spijkerman、写真を使用させてくださった Maarten van Rouveroy、Andy Bruckner、Ross Jones、Marc Kochzius にも感謝申し上げます。

資金援助

本レポートは、WWF(www.panda.org/coral)および ICRAN (www.icran.org) より資金援助を受けて実施された独自の調査結果をまとめたものです。本レポートの中の見解は、必ずしも資金を提供した団体の意見を反映したものにはなっていません。

略語

- NPV = Net Present Value = 正味現在価値
DFP = Destructive Fishing Practice
= 破壊的な漁業
NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration = 米国海洋大気庁
GDP = Gross Domestic Product
= 国内総生産

◆原本(英文)

問い合わせ先

Herman Cesar(CEEC)
Kastanjelaan 9,
6828GH Arnhem, The Netherlands
Tel: ++31-26-4452175
Fax: ++31-26-3704915
E-mail: herman.cesar@ivm.vu.nl
Web: www.ceec.nl

冊子申し込み先

WWF-Netherlands
Postbus 7, 3700 AA Zeist,
The Netherlands
Tel . ++31-30-6937333
Fax. ++31-30-6911685
E-mail: acornelisse@wwf.nl
Web: www.panda.org/coral

◆日本語版発行元(問合せ・申込み)

WWF ジャパン
〒105-0014
東京都港区芝 3-1-14
日本生命赤羽橋ビル 6F
Tel. 03-3769-1713
Fax. 03-3769-1717
E-mail: communi@wwf.or.jp
Web: www.wwf.or.jp



写真：荒廃したサンゴ礁(K. Ostlund 撮影)

©February 2003 Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC)

出版：Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC)

地図：World Resources Institute、WWF-US、米国海洋大気庁(NOAA)

制作：Inspiration Company, Arnhem

印刷：Veenman Drukkers, Ede

表紙写真：左上(© WWF-Canon / Catherine Holloway)、中央左(©WWF-Canon / Tom Moss)

目次

要旨と結論	4
危険にさらされているサンゴ礁	6
サンゴ礁の現状	6
サンゴ礁の減少の原因	7
生物多様性への影響	8
人間への影響	9
サンゴ礁の減少に関する経済的評価	10
サンゴ礁の潜在的経済価値	10
観光によるオーバーユース	11
破壊的な漁業	14
土壌の流出と陸域からの汚染	16
サンゴの白化と気候変動	18
資料	20
注記	21
附録：ケーススタディ「貧困の罭」	22

要旨と結論

サンゴ礁は、計り知れない価値を持つ生態系である。自然界において非常に重要なだけでなく、人類にとっても非常に高い価値があり、天然資源を食料源や収入源としている何百万という人々の生活を支えている。このレポートでは、観光業、漁業、沿岸の保護など、サンゴ礁が商品やサービスという形で世界経済にもたらす純益が、毎年ほぼ 300 億ドルにも達するとの推定値を示している(表 1)。

しかしながら、サンゴ礁は大きな重圧にさらされている。すでに全体の 27%が完全に消滅し、今のままでいけば今後 30 年間でさらに 30%が失われる危険がある。このような危機的状況の中、サンゴ礁に依存する何百万人もの人々への社会的・経済的な影響も懸念されている。世界の人口のうち 39%以上が海岸から 100km 以内で生活しており、そこに住む人の多くがサンゴ礁に依存している。サンゴ礁は海岸線を守り、サンゴ礁にすむ魚類は、食料にも、収入源にもなっている。魚の資源量が枯渇するにつれて貧困は増大し、食糧安全保障は減少する。そうすると漁業者は、ほんのわずかに残っている獲物を捕まえるために、ますます破壊的な方法に頼らざるを得なくなる。

サンゴ礁が衰退してきた主な原因は、沿岸地域の過度な開発とサンゴ礁資源の過剰利用にある。沿岸部への人口移動により土地開発が急増した結果、マングローブ林や海藻藻場などの重要な沿岸生態系が消滅してしまった。沿岸部にホテル、工場、淡水化プラントなどが無秩序に建設されたことで、沿岸海域において表土の流出と堆積が増大した。そのため、水中の透明度が低下し、世界規模でサンゴ礁の破壊が起きている。処理されていない汚水や農薬(殺虫剤、除草剤、肥料など)の流出が原因で、サンゴ礁域の栄養分が過剰になり、藻類の異常発生や富栄養化が起きている。乱獲や破壊的な漁業が、サンゴ礁にすむ魚類とその生息場所を大幅に縮小させてしまった。加えて、地球規模での気候変動に伴う海面温度の上昇によって、サンゴの白化頻度がいっそう加速している。

サンゴ礁のある国は毎年、そこに惹きつけられてくる数百万人のダイバーから、多大な経済的恩恵を受けている。世界的にみると、観光事業は 96 億ドルの年間純利益と、その何倍もの観光による消費を生むと推定されている(表 1)。サンゴ礁が劣化すると、こうした収益を得ることは難しくなる。サンゴ礁は、観光客の不注意による直接的な破損、観光関連施設の無秩序な建設や無責任な運営など、観光産業の増加に伴って損害を被る場合が多い。大規模な観光事業は、サンゴ礁そのものだけでなく、サンゴ礁が地元の人々に提供する収入をも脅かしている。一方、持続可能な観光業は、サンゴ礁海域の沿岸地域に暮らす人々の収入源となっており、同時に、破壊的な漁業に替わるものとなっている。

表 1：世界のサンゴ礁の年間純利益と正味現在価値(NPV) [単位：10 億ドル]

財/サービス	金額
漁業	5.7
沿岸の保全	9.0
観光業/レクリエーション	9.6
生物多様性の価値	5.5
合計	29.8
NPV(50年,3%)	797.4

出典：著者算出

サンゴ礁域での漁業は、開発途上国の何百万人もの人々に、食物と必要な収入を提供している。サンゴ礁域における漁業で見込まれる利益は、年間 57 億ドルと推定されている。

ところが、人口の増加と、効率的な漁業技術の発達によって生じた漁獲量の増大は、乱獲という結果を招いたため、多くの開発途上国では、サンゴ礁域における漁業で得られる経済的価値は、もはやゼロに近くなっている。サンゴ礁域で魚が減ったため、爆発物やシアン化物を用いるなど、効率的ではあるが非常に損害が大きい手段に頼らざるを得ない状況が起きている。こうした違法な操業の取り締まりはなかなか進んでおらず、結果的に目の前の収入が優先される状態を助長している。しかし結局は、その環境に与える影響は社会にとっても損失となる。

例えば、インドネシアのいくつかのサンゴ礁では、観光事業や沿岸域の保全という側面で高い潜在的価値を持っており、その社会経済的代価は、爆発物を用いる漁業で得られる総個別純利益の4倍に上ると推定されている。爆発物を用いる漁獲への対策を「行わない」ことによる損失は、インドネシアでは過去25年間で38億ドルと概算された。この概算結果から考えても、年間約4億ドルという法律施行のための歳出は妥当ではないだろうか。

陸域からの汚染も、サンゴ礁にとって重大な脅威の一つである。都市部から流出する処理されていない汚水や農業に使われる化学物質が、藻類を大量に繁殖させる原因となっている。現在、世界のサンゴ礁の22%が、こうした陸域からの汚染によって中程度から高程度の危険にさらされている。そのため、沿岸水域への土砂や過度の栄養物の流入を減らす投資は、高額な先行投資であるにもかかわらず、妥当な措置と見なされることが多い。例えば、フロリダのキースで計画されている汚水処理プラントは、投資費用は約6,000～7,000万ドル、操業維持費は年間約400万ドルが必要とされている。しかし、長期的には地元住民が受ける恩恵ははるかに高く、正味現在価値(NPV)に換算すると約7億ドルと推定されている。さらに、水系に起因する疾病が減るなどの副次的な利点もあるなど、汚水処理への投資の有効性は裏付けられている。費用効率を高めるため、沿岸域管理と連動して河川流域の管理も行うことが望ましい。これは、2002年8月、ヨハネスブルグで開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議(ヨハネスブルグ・サミット)で始まったH₂O (from Hilltop to Ocean) パートナーシップの最重要点でもある。

最後に紹介するのが、世界的な気候変動とそれに関連して起こるサンゴの白化現象が、サンゴ礁に与える脅威である。1998年には世界中のサンゴ礁の75%が白化の影響を受け、16%が死滅に至った。先頃の研究では、今後25年から50年の間、白化が毎年起きる可能性があるとの予測も出ている。この研究では、今後50年間の正味現在価値の将来的な損失を3%の割引率で計算している。白化により大量のサンゴが死滅するという「深刻な」シナリオでは、損失は約830億ドルと推定された。白化がそれほど大量死につながらないという「中程度の」シナリオでは、損失は約210億ドルと推定されている。嵐やハリケーンの頻発といった、世界的な気候変動に関連する他の現象も、サンゴ礁に悪影響を及ぼす。先頃の研究では、気候変動は、さまざまな原因の中で特に海面温度の上昇、海面水位の上昇および種の滅亡によって、カリブ海においては1億990万ドルの損失を引き起こすと推定されている。これは、この地域全体のGDPの13.8%に相当する。前述したような様々なサンゴへのストレス要因を減らし、併せて気候変動にあわせた対策を講じることが、気候変動の影響とサンゴの白化を減らすのに役立つ。

その本質的な価値を評価するまでもなく、正しく管理しさえすれば、サンゴ礁が食物や収入、その他さまざまな利益を十分にもたらしてくれることは明らかである。潜在純利益は年間300億ドルと推定される。サンゴ礁の衰退が今のまま進めば収益は減少する。コストの増大も勘案すると収益は最大で75%に減る場合も考えられる。これは、特に開発途上国で食料源、収入源としてサンゴ礁に依存している数百万もの人々の生命を脅かす。サンゴ礁環境を上手に管理するには大きなコストがかかるが、今、行動を起こさないと、損失ははるかに大きくなってしまふ。決めるのは私たちだ。

危険にさらされているサンゴ礁

サンゴ礁の現状

サンゴ礁は生産性、そして生物の多様性に富む生態系である。海底のわずか 0.2%を覆うにすぎないサンゴ礁が、すべての海洋生物の 25%の生存を支えていると推定されている〔1〕。ところが、サンゴ礁は世界規模で衰退している。自然による影響と、さらに重大な人間による影響が組み合わさって、今日に至るまでにすでに世界のサンゴ礁の 27%が消滅している〔2〕。今の破壊の速度を放置した場合、今後 30 年間のうちに世界のサンゴ礁の 60%が消失する可能性がある(図 1)。

特に土砂流出、水質汚染、観光による過剰利用、破壊的な漁業、サンゴの白化が、こうしたサンゴ礁の減少傾向の原因となっている(次頁を参照)。例えば図 2 は、エジプトシナイ半島沿岸のシャルム・エル・シェイク周辺にある、観光やダイビングのポイントとして高い価値がみとめられている地域における過去 5 年間の生きたサンゴの被度の減少を示している。観光事業の大規模な拡張が原因で、造礁サンゴの被度は 1997 年の約 40%から 2002 年にはわずか 10%まで落ちている〔3〕。

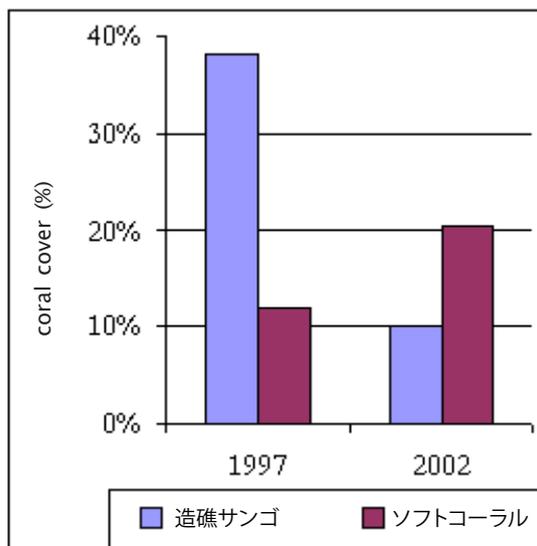


図 2：時間の経過に伴うシナイ半島沿岸(エジプト)における造礁サンゴとソフトコーラルの被度の変移；出典〔3〕

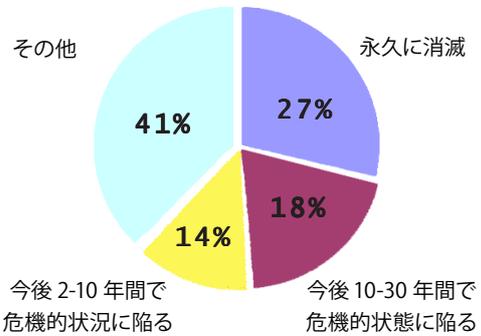


図 1：全世界で脅威にさらされているサンゴ礁の割合〔2〕

各地で起きている人為的影響のほかにも、地球規模での気候変動が世界のサンゴ礁に深刻で長期的な脅威を与えている。平均海面温度は、産業革命前に比べて 0.3 ~ 0.6℃上昇した。海水温度の上昇により、ハリケーンの頻度と規模が増すと予想されている。

ハリケーンと、海水温の上昇による影響が複合的に起きれば、すでに一部の海域で見られるような壊滅的な影響が出かねない。ベリーズでは、ハリケーン・ミッチに由来する降雨が引き起こした流出表土の堆積と 1998 年のサンゴ白化現象により、1997 ~ 98 年に生サンゴ被度が 50%減少する事態が起きた〔3〕。



写真：サンゴ礁の衰退

サンゴ礁の衰退の原因

サンゴ礁の劣化は、サンゴ礁の周辺にある多くのストレスが原因で起こる。本レポートでは、4つの具体的な原因について取り上げる。この章では、4つの原因の生態学的な側面を解説し、経済的な意味については後述する。

観光による過剰利用：観光による過剰利用は、まさに観光産業が依存するサンゴ礁自体に破滅的な影響を及ぼしてきた。大規模な観光開発に関連した影響としては、主に、土地の埋め立て、ごみの投棄や汚水、汚泥による堆積物の増加や生息地の消失が挙げられる。このため、他の原因とともに海水の濁度が増し、サンゴの成育と生存に必要な太陽光が、充分届かなくなった。さらに、フィン、手、膝、ボート、錨がぶつかってサンゴを損壊するなど、配慮を欠いた行動が、サンゴ礁の生態系に直接的な影響を与えている。

破壊的な漁業：破壊的な漁業は、漁獲後の生息環境そのものも、その生息場所を構成する主要な生物も、ともに破壊する。ここには、爆発物やシアン化物による漁、むろ網漁業^(※1)など、よく知られた問題も含まれる。爆発物を使うと岩礁が砕け、広く周辺海域の魚や無脊椎動物が死に、やがてサンゴ礁自体が破壊される。その結果、自給自足している多くの漁師たちの資源基盤も壊滅する。毒物による漁は、魚を殺傷するのではなく麻痺させることだけを意図した濃度のシアン化物を使って捕獲しやすくするものである。サンゴ内部のくぼみや穴にシアン化物が注入されたり、隠れた魚にも届くように枝分かれしたサンゴが折られたりする例は多い。その過程でサンゴはシアン化物による激しいストレスにさらされ、枝サンゴに共生している小さな生き物の多くも薬物が原因で死んでしまう。繰り返しシアン化物を浴びたサンゴは死滅する。

表土の流出および陸からの汚染：産業廃水、家庭廃水、農業廃水や伐採事業などによる陸からの汚染物質の流入も、サンゴには深刻な被害を及ぼす。浚渫によってサンゴの上に表土が堆積すると、サンゴは窒息し、主要なエネルギー源である太陽光を浴びたり、栄養源であるプランクトンを捕獲することができなくなる。破壊的な漁業による強烈なストレスと比べて、サンゴの上に流出表土が堆積する慢性的なストレスは、徐々に健全なサンゴ礁を脅かしていく。サンゴの成育は妨げられ、病気にかかりやすく死亡しやすくなる。富栄養化は植物プランクトンの成長を誘発することから、サンゴ礁生態系のバランスが崩れる原因となる。さらに、海藻が増殖する原因にもなる。海藻は熱帯地方の貧栄養の海に順応してゆるやかに成長するサンゴを抜いて、急速に成長してしまう。

気候変動：気候変動と、特にそれに関連したサンゴの白化現象は、今後サンゴ礁の重大な脅威となる。サンゴの体内(ポリプ内)に共生している藻類は、サンゴが成長・繁殖・摂食に要するエネルギーの95%までを提供していることから、サンゴをはじめとするリーフ内の多くの生き物の生存は、この藻類にかかっていると見える。褐虫藻と呼ばれるこの藻類が、環境変化のストレスを受けてサンゴの外へと放出されると、サンゴは「漂白された」ように白く見える。これを「白化現象」と呼ぶ。ストレスの原因が取り除かれれば褐虫藻が戻ってサンゴは回復するが、これは環境悪化の期間と程度にもよる〔4〕。あまり長くストレスが続くとサンゴが死ぬ可能性が高くなる。1998年のサンゴの白化現象は観測史上最悪の被害となり、しかも世界全体の16%にあたるサンゴ礁が各地で次々と死滅したことから、規模としても最悪の被害をもたらした。この現象は、エルニーニョと関連した長期間の干ばつと、平均を上回る海面温度の上昇が起きた時期と一致している。

生物多様性への影響

サンゴ礁は過去 2 億 4 千年もの間成長し続けており、全部で 100 万種以上の動植物がサンゴ礁生態系に関係していると科学者らは概算している。重要な天然資源であるサンゴ礁は、知られているすべての海洋生物種のほぼ 4 分の 1 (4,000 種以上の魚類、700 種以上のサンゴ、何千種もの植物や動物) に対して生息場所、退避場所および食料を提供している。しかし、さまざまな海洋生物種や沿岸生物種の個体数が 1970 年から 1995 年の間に 30% も減少したことを示す報告もある [5]。

世界のサンゴ礁のほぼ 60% が人間の活動によって「深刻な脅威」にさらされており [6]、中には、同定される前に滅びてしまう可能性が高い種もある。こうした種の中にはガンや HIV、その他の病気を治す生理活性物質が含まれている可能性もある。現在、ガンの新薬に関する研究の半分以上が海洋生物に注目している。カリブのサンゴ礁に生息する海綿から抽出された成分からは HIV 感染者の治療に使われる薬 (AZT) が開発されている。また、知られざる種の絶滅とともに、商業的に重要な種も失われている。そして、これらの種はいずれも、サンゴ礁生態系のバランスを保つためにも不可欠である。

先ごろ行われた調査によるいくつかの重要な結果から、サンゴ礁の窮状が浮き彫りになった^(※2)：

- インドネシアでは、陸地からの汚染の影響を受けているサンゴ礁の多様性は、汚染されていない類似のサンゴ礁と比べて、水深 3m で 30 ~ 50%、水深 10m では 40 ~ 60% 低い [7]。
- 観光客が好んで食べるサンゴ礁にすむ食用魚は、近い将来絶滅の危機に直面すると思われる [8]。例えば、
 - カリブ海のサンゴ礁浅海域の 82% でナッサウハタを観察できなかった

- インド太平洋のサンゴ礁海域の 95% でサラサハタを観察できなかった
- インド太平洋のサンゴ礁海域の 89% でカムリブダイを観察できなかった
- インド太平洋のサンゴ礁海域の 88% でメガネモチノウオ (ナポレオンフィッシュ) を観察できなかった
- イセエビやホラガイなどの重要かつ高価なシーフードもまた絶滅の危機に瀕している。81% のサンゴ礁でウツボが見られず、インド太平洋では調査を行ったサンゴ礁海域の 48% で体長 30cm 以上のハタはまったく見られなかった。 [8]。一部のハタ類については、乱獲と、繁殖可能年齢に達する前に捕獲することが要因だろう。
- また、1997 年から 2001 年にかけて、サンゴ礁の健全性と多様性を測る指標種として広く認知されているチョウチョウウオの平均個体数が世界的に減少した (図 3) [8]。これは乱獲と破壊的な漁業、さらにサンゴ礁の健康状態が悪化傾向にあることを示している可能性もある。

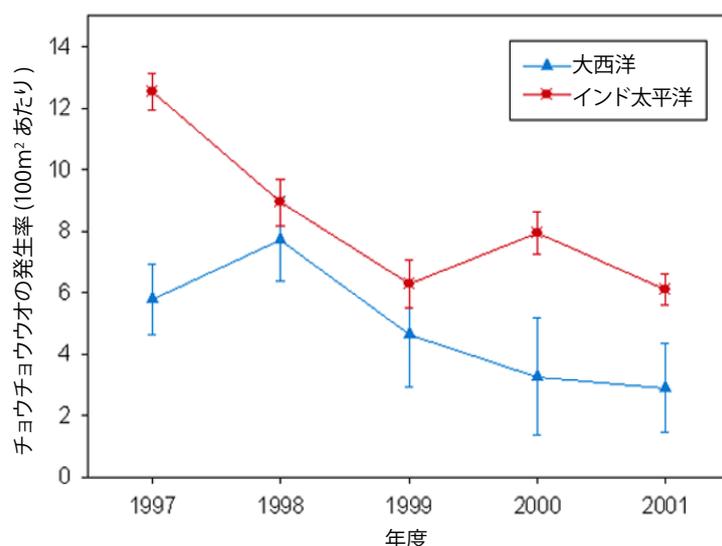


図 3：インド太平洋および大西洋のサンゴ礁における 100m² 当たりのチョウチョウウオの平均発生数(1997年 -2001年)。出典[8]

人間への影響

2002年の「持続可能な開発に関する世界首脳会議(ヨハネスブルグ・サミット)」では、サンゴ礁に依存して生活している数百万人の人々の貧困を緩和することの重要性が強調された。世界の全人口のほぼ5分の2が海洋から100km以内で生活しており[9]、そのほとんどが開発途上国にいる。人口が増加するに従い、沿岸域のコミュニティは新鮮な魚獲資源にますます依存するようになる。サンゴ礁に関連した漁業はこのような背景と深い関わりがある(「貧困の罠」に関する附録も参照)。

高レベルの漁獲圧と、生息地を破壊するような漁法が重なると漁獲量は減り、資源量も再生が確保できないほどに減少する。表2は魚の資源量について、10年前からの減少を実感するインドネシアの漁師の割合と減少の理由を示したものである。

表2：現在の一日の漁獲資源について、10年前と比べて減ったと考えるインドネシア人漁師の割合および、その変化の理由【海洋保護区と保護されていない調査地の違いに注目】

調査地	回答者数	捕獲量の減少	減少の理由	
			乱獲	生息地の破壊
デラワン	259	74%	55%	8%
スベアモンデ(a)	225	73%	71%	16%
ブナケン海洋保護区	216	56%	データなし	データなし
リウン海洋保護区	160	42%	34%	2%

二番目の例は、ザンジバルで約23,000人の漁師が生業と

出典[10]；スベアモンデデータ(a)は[11]より

しているサンゴ礁に依存した小規模伝統漁業で、これは地域社会が消費するタンパク質の60%以上をまかなっている[12]。岩礁がゴロゴロしている東アフリカの海岸沿岸域で漁獲圧の高い漁業がこのまま続けば、約10万人の専業漁師および数十万人の兼業漁師の約半数が生計の手段を失う危険性がある[13]。

サンゴ礁海域での乱獲と沿岸の生息地の破壊は、しばしば貧困の長期化と、増大を招くことになる。サンゴ礁域の漁業は参入に制限が少ないため、漁獲努力量が増大しやすく、その結果、特に漁場として重要ではない場所で、漁獲量の減少を引き起こす。漁獲量が減っていく悪循環に陥ると、本人以外にもほかの家族が日々の食糧確保に参加せざるを得なくなり、引き潮のときにタコやナマコを捕獲する

など、サンゴ礁から少しずつ獲物を集めるケースが多くなる。それに伴ってサンゴ礁の踏みつけが起り、取り返しのつかないストレスを与えることになる。さらに、クジラやオニイトマキエイ(マンタ)などの(時には絶滅の危機に瀕した)海洋生物の(偶発的な)捕獲は、持続可能ではないまでも喜ばれ、漁師の収入の足しになったり単に家族が必要とするタンパク源となったりする。図4はブナケン国立公園内の16の村で調査した、女性の漁業への関与を示したもので、家族全体が国立公園のサンゴ礁に依存していることがわかる[14]。

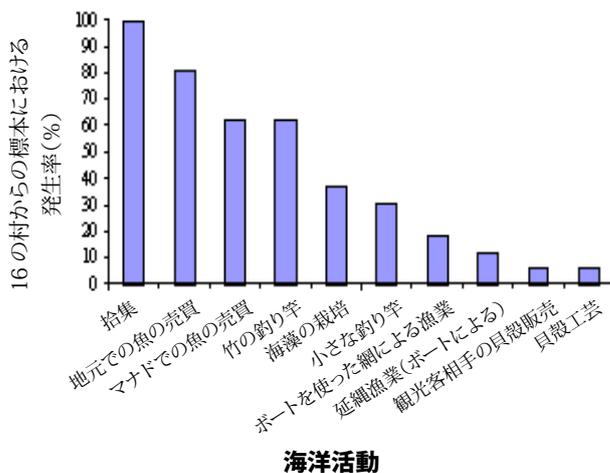


図4：インドネシア・ブナケン国立公園における女性による海洋活動のまとめ；(出典[14])

サンゴ礁の減少に対する経済的評価

サンゴ礁の潜在的経済価値

サンゴ礁には途方もない価値があるという事実に、政策決定者や意思決定者の理解はなかなか及ばないようだ。健全なサンゴ礁が観光業、漁業、沿岸の保護、生態学的多様性という観点から経済にもたらす資本価値について、意思決定者がもっと目を向ければ、より協調的で連携した管理が実現できるであろう。サンゴ礁が公の意思決定の場で正しく考慮され、地域レベルでも地球レベルにおいても、その管理と保護に資金が有効に使われるようにするには、経済的評価は役に立つ。さらに、経済的評価があれば、サンゴ礁が人間の活動(例：船舶の座礁、重油の流出)によって損傷を受けた場合、経済に与える金銭的な損失を評価することができる。以下に、サンゴ礁の経済価値に関する最近の見積もりを示す。

サンゴ礁はさまざまな物資やサービスを提供し、これが社会に経済的な利益を生む。こうした経済的恩恵は当然のことと見なされがちであるが、もしこうした物資やサービスが奪われたり破壊されたりすれば、私たちは多大なコストを払って、別の手段でこうした恩恵の埋め合わせをすることを余儀なくされる。表3は、新しい試算^(※3)に基づき、サンゴ礁が適切に管理されて損傷を免れた場合に得られる年間約300億ドルという世界の潜在的純利益を表わしている。それに対応する全世界のサンゴ礁の資産価値は、3%の割引率、期間50年で計算すると、約8,000億ドルになる。

漁業がもたらす潜在的純利益は年間57億ドルと推定される。にもかかわらず、乱獲と破壊的な漁業のために、開発途上国のほとんどの場所では、サンゴ礁における漁業利益はほぼゼロである。つまり漁師は何の利益も得られず、ただ生きていくためだけに魚を獲っている状態なのだ。サンゴ礁の美しさは世界中から何百万人もの観光客を惹きつける。彼らはこうした自然の宝庫でダイビングやシュノーケリングを楽しむためにやってくる。サンゴ礁観光は急成長しており、96億ドルの潜在的年間純利益をもたらすと推定されている。また、サンゴ礁は、打ちつける外洋の波から沿岸域を守る緩衝帯として天然の防波堤の役割を果たしている。このサンゴ礁の防波堤機能は、年間90億ドルの価値に相当すると推定される。最後に、サンゴ礁の生物多様性は高い研究価値と保全価値があり、さらに利用されない価値と合わせて年間55億ドルと推定される。このように数量化される価値に加えて、サンゴ礁には、人間の病気治療の研究において、医学、薬学の面で多大な関心が寄せられている。これらを概算すれば、サンゴ礁が経済的にどれほどの価値を持ち得るかを示す新しいデータが示され、サンゴ礁が失われた場合、社会にどのような費用が生じるかが明らかになるだろう。

表3：地域ごとのサンゴ礁の潜在的年間純利益と正味現在価値(NPV)(単位 \$100万)
[計算の根拠については注記3を参照]

	東南アジア	カリブ海 (米国を除く)	インド洋	太平洋 (米国を除く)	日本	米国	オーストラリア	世界
サンゴ礁面積(km ²)	89,000	19,000	54,000	67,000	3,000	3,000	49,000	284,000
漁業	2,281	391	969	1,060	89	70	858	5,718
沿岸の保護	5,047	720	1,595	579	268	172	629	9,009
観光業/レクリエーション	4,872	663	1,408	269	779	483	1,147	9,621
生物学的価値	458	79	199	172	529	401	3,645	5,483
合計	12,658	1,853	4,171	2,079	1,665	1,126	6,278	29,830
NPV(3%で)	338,348	49,527	111,484	55,584	44,500	30,097	167,819	797,359

観光による過剰利用

観光業は、1億9,900万人が従事し、2002年の世界GDPに3兆5千億ドル(10%)の貢献をした世界最大の産業である〔15〕。観光業は83%の国々において外貨収入源のトップ5に入っている。また現在もっとも急成長を遂げている産業でもあり、2000年には年間4.6%の成長をみせた〔16〕。サンゴ礁関連の観光事業はさらに急増しており、ダイビング関連の観光事業は年間20%の割合で成長している〔17〕。例えばカリブ海は、世界に1千万人いるといわれるダイバーの約57%を惹きつけ、2005年にはダイビングが年間約120億ドルの利益を生むと推定されている〔18〕。図5はダイビング拠点の広がり、GDPに占める観光業の割合を示したものである。

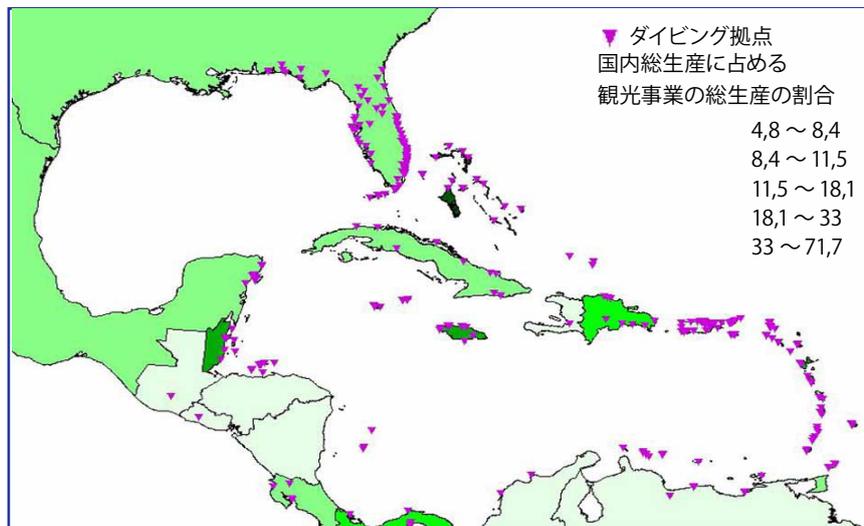


図5：カリブ海におけるダイビング拠点と、GDPに占める観光事業財政の割合
出典：予備データは〔15〕および UNEP-WCMC ダイブセンターに基づく、
WRI(未出版)による Reefs at Risk in the Caribbean project より

しかし、沿岸域での観光業はさまざまな場所で一長一短となっている。カリブ海では、大規模な観光業が急速に発展しているが、殺到する観光客に対応するために沿岸開発に膨大な投資がなされており、さらにホテル、マリナー、港、店舗、スポーツ施設などに対する需要が増え続けている。これらの急速な開発は、観光業が依存しているサンゴ礁に重大な影響を与えており、カリブ海のサンゴ礁の32%が、沿岸開発によって脅威にさらされていると推定される〔6〕。観光客相手のリゾートを含む沿岸域での開発に伴って排出される汚水が、カリブ海における汚染の最大の要因となっている。発生する汚水の80～90%が、適切な処理を施されないまま沿岸水域に排出されている〔19〕。さらに、多くの地域でボートや錨による損傷だけでなく、ダイビングやシュノーケリングを楽しむ観光客の相当数がフィンや手で触れるなどの不注意な行動によってサンゴ礁に直接的な損害を与えている。

さらに例をあげると、カリブ海北部に位置するケイマン諸島では1993年に、一般の観光事業で約2億8千万ドルを創出している。このうち8,400万ドルは、ダイビングそのものとダイビングに関する諸活動で消費されている〔17〕。37万5,000回近くのダイビングが記録され、一部のダイビングサイトでは1年間で1万5,000回にも達成している。グランドケイマン観光局は、ダイビングサイトでは、年間4,500から5,000回であれば、サンゴ礁に深刻な損害を与えずにダイビングに対応できると考えている〔17〕。

先頃グランドケイマンで実施された生態調査〔20〕から、ダイビングに利用されていないか、または利用度が低い地点に比べて、利用度が高い地点は、全体的に生きたサンゴの被覆率がかなり低く、完全に死滅したサンゴとサンゴの破片がより多く見られることが明らかとなった〔20〕。以上の結果からも現在のダイビングによる負荷は持続可能なものではなく、ケイマン諸島のすべてのサンゴ礁が、今深刻な危機に瀕していると言える。

オランダ・アンティル諸島のボネール島の経済にとっても、ダイビングは重要である。この島でのダイビング回数は、1991年度の年間合計約20,000回から、2001年度には約26,000回に増加した。1990年代初頭には、ボネールにおけるダイバーの影響が分析された〔21〕。この研究から、一つのダイビングサイトにつき、年間4,000～6,000回を超えると、ダイバーの影響がすぐに顕著になることがわかった。有効な管理のおかげで、現在はまだこの限度内に十分に収まっている。これによって、ボネールは世界で最高のダイビングサイトの一つを維持することができている。

エジプトのハルガダで先頃行われた研究では、年間ダイビング数とサンゴへのダメージの割合との相関関係を推定している〔22〕。結果(図6)はダイビングが盛んな調査地におけるサンゴへの影響を示している(参照ボックス2)。



写真：サンゴを踏みつける観光客(Marc Kochzius 撮影)

許容量についての考え方は、固定的なものではなく、幅があり〔23〕、ダイバーへの教育や事前の解説、一般的には観光開発の実施、とりわけ建設による悪影響などの諸要因に左右されることが多い。

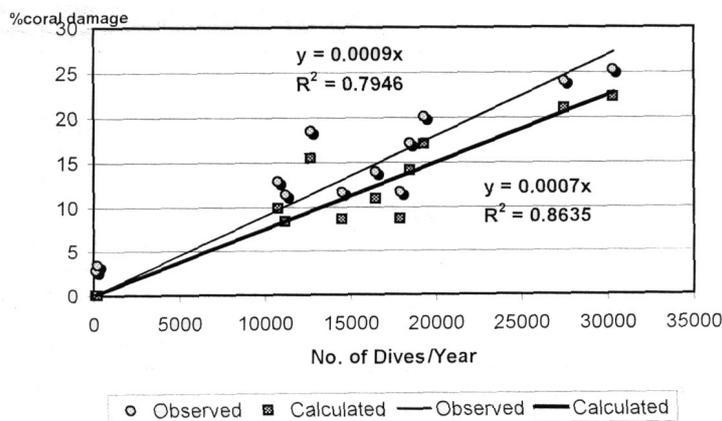


図6：エジプト・ハルガダ周辺における年間のダイビング回数と被害を受けたサンゴの割合の観測値および推定値の間の相関〔22〕。

観光業は、年間960億ドルと推定される多大な恩恵を、サンゴ礁を持つ国々にもたらしていることは明らかである。しかし、観光事業からの収入は、多くの場合、大規模な観光開発の結果として起こるサンゴ礁の衰退によって脅かされている。政策立案者も民間も、長期間にわたって健全なサンゴ礁を維持できるような高い価値を持った持続可能な観光事業を開発することが求められている。

ボックス1：エジプトのダイビング観光、目指す方向は？

エジプトは、紅海沿岸とアカバ湾の熱帯の海に 1,800km の海岸線と 3,800km² のサンゴ礁を擁している [1]。エジプトにおける生サンゴ被度は比較的高く、礁斜面では 2～62%、礁壁では 12～85% とさまざまである [2]。ヨーロッパからの何百万人もの観光客にとって極めて近い場所にあることから、エジプトのサンゴ礁は、同国の経済にとって特に重要である。年間約 250 万人もの旅行者がエジプトの熱帯沿岸域を訪れ、そのうちの 23% はダイビングを目的とし、さらに 33% がシュノーケリングをおこなっている [25]。

近年、人間によるさまざまな影響、具体的には直接的な接触(フィンで蹴る、踏みつけるなど)、土地開発や人工海岸の建設、ホテルの汚水などによって、多くの場所でサンゴの被度が 30% も減少している [2]。同国のサンゴ礁の約 61% が、人間による影響によって深刻な危機に瀕していると推定される [6]。先頃の研究から、ダイバーの数が許容量を大幅に超えている地域では、サンゴの被度が時間の経過と共に減少していること [22]、一つのダイビングサイトにつき年間 1 万人程度という上限を守れば、深刻な衰退を食い止められる可能性があることが判っている。しかし、ハルガダのもっとも人気のあるダイビングサイトのいくつかでは、現在一年間で優に 10 万人を超すダイバーを受け入れている。そのような地域での生きたサンゴの割合は、ハルガダ周辺のダイビングが行われていない管理されたサイトでは 69～75% であるのに対して、29～34% の範囲内である (図 7) [22]。

US-AID の資金提供で実施されたエジプトにおけるダイビング観光事業の経済的価値に関する研究の予備的な報告では、ダイビングによる良い影響と悪い影響について取り上げている [25]。「いままで通り」のシナリオと「持続可能性に向かう」シナリオの 2 つについて、50 年間という時間枠で述べている。

1980 年代に観光業が発展したハルガダでは、観光客の活動による影響は、すでにサンゴ礁の価値を大幅に下落させてしまった。「いままで通り」のシナリオでは、サンゴ礁が今のレベルで過剰利用され続けることから、年間純利益は時間の経過と共に減少していく。「持続可能性を目指したシナリオでは、ダイバーの数が許容レベルまで減り、純利益は最初に下落するものの、後に安定する (図 7)。観光業が始まってまだ 2、3 年のマルサ・アラムでは、現在は人間の影響による脅威は小さく、両方のシナリオとも、むこう 10～15 年間は時間の経過と共に純利益が増加する。しかし、これは大きく異なる 2 通りの方法で達成される。「持続可能性を目指したケースでは、観光客の数は安定し、観光客一人当りの付加価値は高くなるのに対して、「いままで通り」のシナリオでは、時間の経過と共に観光客の数は増加し、観光客一人当りの価値は減少する。2020 年を過ぎると、対策の違いが見え始める。「持続可能性を目指したケースでの純利益は時間の経過と共に増え続けるが、「いままで通り」のケースは、ダイビングによる利益が徐々に減っていく (図 7)。

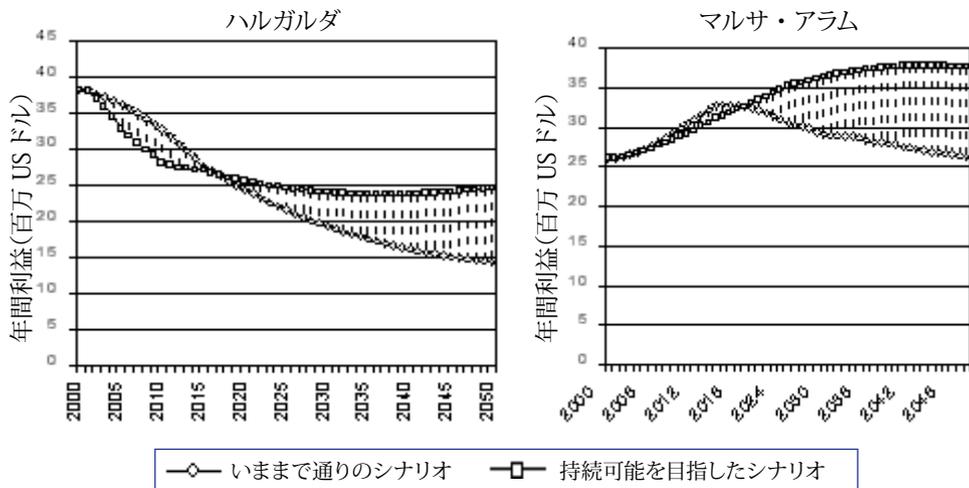


図 7：ハルガダおよびマルサ・アラムにおける年間利益の変移(出典[25])

破壊的な漁業

破壊的な漁業には、爆発物やシアン化物による漁、むろ網漁業^(※1)など、よく知られた問題が含まれている。破壊的な漁業は結果として、漁場の環境やサンゴ礁群落などに直接被害を与える [26]。爆発物を用いた漁獲は、カリブ海、東アフリカおよび東南アジアで行われている。シアン化物を使った漁や、むろ網漁業は、アジアと太平洋の一部にほぼ限定されている。図 8 はスラウェシ(インドネシア)、フィリピン諸島およびベトナムの主要部分で、危機が高いことを示している [27]。



写真：インドネシアにおける爆発物を用いた漁獲 (Lida Pet-Soede 撮影)

現在は、経済構造が破壊的な漁業を推進する形になっているが、それほど遠くない将来、サンゴ礁の破壊によって、沿岸の共同体と社会全体に、広く社会経済的な影響が出てくるであろう。インドネシアでの推定によれば、爆発物を用いた漁獲の社会的コストは、漁師の利益の 4 倍にもなり、20 年間爆発物による漁獲を続けた場合の純損失は、観光業と沿岸保全において高い潜在的価値を持つ地域にあるサンゴ礁では、1km²当たり 30 万ドル以上、また、潜在的価値が低い地域でも 3 万 3,900 ドルにもなる [28]。数量化できる主なコストとしては、沿岸の保全機能の喪失、観光事業および非破壊的な漁業がもたらす利益の喪失が挙げられる。こうした数値に基づき、過去 25 年間に爆発物を用いた漁獲によって失われたインドネシアの利益は 38 億ドル

と推定できる [29]。爆弾は当初、第二次世界大戦の兵器から作られていたが、今では非常に低コスト (1~2 ドル) な化学肥料が使われている。爆発物を用いた漁獲による収入は、従来の漁業の最高収入に匹敵する。インドネシアで行われている爆発物を用いた漁獲には、小規模、中規模、大規模という 3 タイプがある。個人世帯レベルでの 3 タイプの割合を見ると、より規模が大きい漁獲が好まれていることがわかる。(表 4)。

シアン化物による漁業は、その時々で利用しやすい資源を日和見的にねらい、ハタや捕まえにくいキンチャクダイの仲間を追ってサンゴ礁を渡り歩くダイバーの列に加わるような若い世代の漁師の間で人気がある。シアン化物による漁業は、観賞魚 [ボックス 2] にも、生きた食用魚にも使われている。食用魚にシアン化物を使う漁業は香港、台湾および中国本土 [30] などから始まった。これらの地域には、特にある種のハタ (特にスジアラ属 *Plectropomus* spp.) とサラサハタ (*Cromileptes altivelis*) やメガネモチノウオ (俗にナポレオンフィッシュ; *Cheilinus undulates*) ならば一人前 100 ドル以上払う顧客が存在するからである。高値がつくので、インドネシアの業者や仲買人は、技術的に優れたダイバーを雇い、比較的先進的な方法を使うこともできる。しかし、同じシアン化物を使った操業でも、単発の船外機つきカヌーと、数隻のデインギーを備え、20 人の乗組員を乗せた大規模な母船とでは規模が異なる。利益と収入は従来の漁業のどれよりも高い(表 4)。

表 4：インドネシアにおける破壊的な漁業の乗組員および船の所有者の平均月収(\$)の中間点予測 (出典 [29])

破壊活動	小規模	中規模	大規模
爆発物を用いた漁獲 ('97)			
- 乗組員	55	146	179
- 所有者	55	393	1100
シアン化物による漁獲			
* 食用魚 ('97)			
- 乗組員	100	252	400
- 所有者	100	413	35000
* 観賞魚 ('02)			
- 乗組員	120	253	114

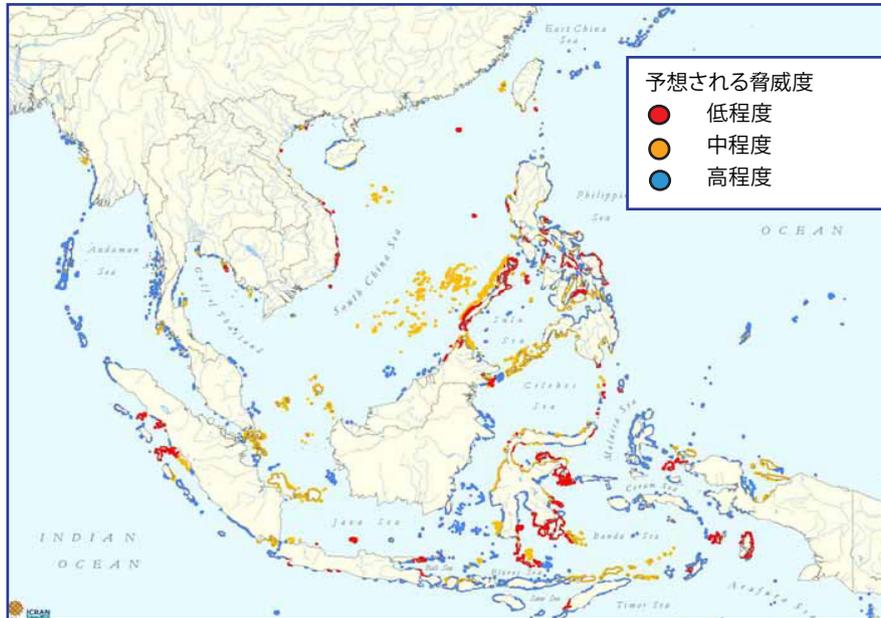


図 8：東南アジアにおける破壊的漁業の実体(爆発物およびシアン化物による漁業)[27]

個人経営の漁師は、彼らのさまざまな行動が自らの収入基盤を支える資源を枯渇させようとしているにもかかわらず、破壊的な操業に固執しているように見える。広大な海洋の管理は後方支援が重要であり、特に執行機関の賃金が低くて不正行為が起りやすい国々においては深刻な課題である。それでも予測される損失を考えれば、破壊的な操業を禁止して貧困と資源の劣化という悪循環を逆転させるために、法執行に対する努力を強化することは正当化されるはずである。

ボックス 2：観賞魚の取引

世界における海洋観賞魚の取引は、約 1000 種の魚、2000 種のサンゴ、ライブロックやハマグリ、環形動物、ウミエラなどサンゴ礁に棲む無脊椎動物が対象となっている。インドネシアは主要な輸出国で、その重要性は高まっているが、一方で同国の野生生物の国際取引によって引き起こされる悪影響が懸念されている。インドネシアは EU に対する海洋観賞魚の主要な供給国であり、1997 年には 217.1 トン(44%)を提供した。量的には 1996 年(132.5 トン)に比べて 60% 増、1991 年に比べて 150% 増となっている [32]。1996 年にインドネシアの海洋観賞魚をもっとも多く輸入した EU 加盟国はオランダ、英国、フランスおよびドイツであった [32]。インドネシアの他の漁業と比べて、観賞魚の取引は小規模ながら実入りがいい部門である。残念ながら破壊的な捕獲法が使われており、粗雑な取り扱いにより輸送中の魚の死亡も多い。これに対して Marine Aquarium Council(MAC)は、持続可能な手段で捕獲して輸送された魚をコレクターが選べる認証システムを確立することで、取引を変革するという対策を打ち出した。

土壌の流出と陸域由来の汚染

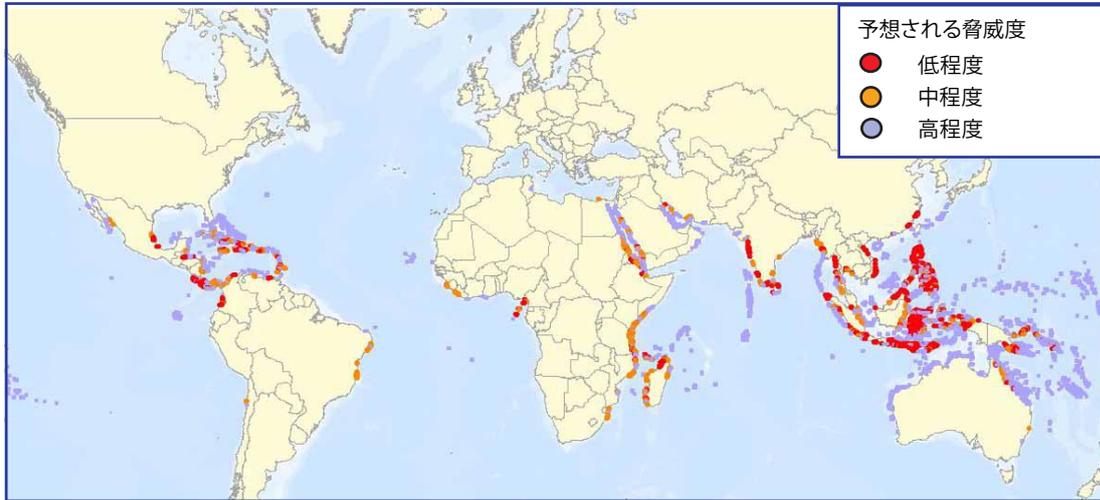


図9：内陸から流入した堆積の影響[6]

陸域由来の汚染と堆積物は、サンゴ礁にとって重大な脅威を与える。流出した表土は、サンゴの上に堆積してサンゴを窒息させ、陸地から流れ込む栄養素やその他の汚染物質は、藻類や病原体にとって好ましい状態を作り出す。堆積物や汚染は沿岸近くの活動からくるものもあれば、遠い内陸で発生し、河川によって海岸まで運ばれてきたものもある。開拓と農業もこの脅威に加担している。世界資源研究所(WRI; World Resources Institute)は、1998年におこなった研究の中で、世界のサンゴ礁の22%が、内陸から流入した汚染物質や堆積物によって、中程度から高程度の脅威にさらされており[6]、大きな経済的影響を引き起こすこともあるとしている(図9)。

土壌の流出と陸地からの汚染の経済的評価は、ほとんど不可能である。複数の汚染源の存在や地域特性、季節的な分散、さまざまな経済的影響(水系

に起因する疾病、低い漁業生産性、快適性の低下など)などが評価を難しくしているからである。但し、伐木搬出は例外である。伐木搬出という特定の活動が流出を引き起こす場合、その影響は1つか2つの深刻なものに限られる。表5では、フィリピンのパラワン島(エルニド)における伐木搬出と漁業および観光業との関連を例として示す[32]。

伐木搬出について、2つのケースが示されている。つまり、(1)伐木搬出を禁止する場合と、(2)伐木搬出を継続する場合である。1987～1996年について、2つの場合それぞれについて、各部門の総収益が概算されている。結果は一目瞭然であり、(1)禁止の場合では伐木搬出による収入はゼロであるにもかかわらず、漁業と観光業が継続的に大きな収益を生んでいるため、(1)禁止の場合での総収益が、(2)継続の場合の総収益の2倍以上になっている。

表5：観光業、漁業および伐木搬出：2つのシナリオの下での10年間の合計総収益(単位：\$1,000)：伐木搬出を禁止する(オプション1)&伐木搬出を続ける(オプション2)。出典[32]。

総収益	(1) 伐木搬出禁止	(2) 伐木搬出続行	(1)-(2)
観光業	47,415	8,178	39,237
漁業	28,070	12,844	15,226
伐木搬出	0	12,844	-12,844
合計	75,485	33,906	41,579

ボックス 3：フロリダ・キーズにおける汚水処理プラントの費用便益分析[33]

フロリダ・キーズには広大なサンゴ礁があり、ウォータースポーツの愛好家たちに人気の高い観光地となっている。地理的に孤立している関係上、淡水の確保と汚水処理は常に管理上の課題とされてきた。キーズにおける排水汚染は、沿岸水域の富栄養化と、地域の海洋生物群の衰退を引き起こしている。汚水処理プラントがあれば、この観光地に流れ込む汚水を減らすことができるが、約 6,000 ～ 7,000 万ドルの投資費用と、年間約 400 万ドルの運転費用が必要となる。しかし、長期的には観光客の快適さの向上という点での利益ははるかに大きく、正味現在価値 (NPV) で約 7 億ドルと推定される。したがって、生態学的に見ても汚染の影響を受けやすいキーズにおいては、汚水処理プラントの導入は経済的にも完全に妥当といえる。

それに対して、伐木搬出を継続した場合は、5 年後には伐採も、観光業と漁業部門の大部分も枯渇してしまうため、利益は減少していく。(2) 継続の場合、計上された伐木搬出の収入は、観光業と漁業の収入減によって、あっさり相殺されてしまう。この研究は、ある特定の伐木搬出ライセンスから撤退するよう地方政府を説得する上で役立った[32]。

さまざまな研究が、土壌の流出と汚染を削減することのメリットを示している。開発途上国では、経済的な発展を達成するという難問に直面している政策立案者に対して、廃棄物処理や土壌の流出量削減に投資する利点を納得させることはなかなか容易ではない。汚水処理のコストは確かに高いが、こうした費用は、より大きい経済的利益によって補填することができる(ボックス 3)。



写真：堆積(Ross Jones 撮影)

WSSD「持続可能な開発に関する世界首脳会議」において、陸域における活動から海洋を守るための H2O (from Hilltop to Ocean) パートナーシップが始まった。河川流域と沿岸域の管理を結びつけることで、サンゴ礁への流出表土の堆積といった外的な悪影響を削減することができる。ハワイには ahapu'ua という、一つの部族が丘の上からサンゴ礁とその先まで続く分水界全体を管理する伝統的な制度があるが、このパートナーシップは、この概念をより制度化した現代版 ahapu'ua と言える。これによって、陸域の活動で生じたサンゴ礁への影響を考慮する保証を得ることができるようになる。

サンゴの白化と気候変動

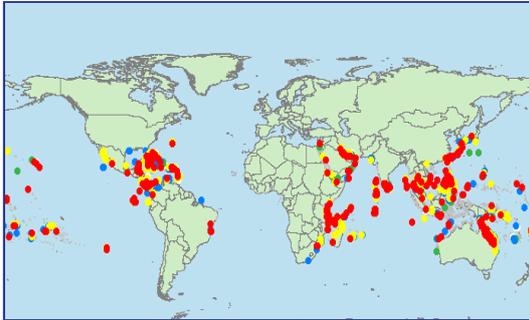
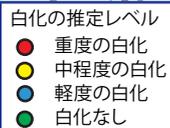


図 10：毎年記録される
重大な白化エリア(出典[35])



世界的なサンゴの白化現象と、その結果として生じるサンゴの死は、社会経済に深刻な影響を及ぼしかねない。1998年に起きた大規模白化現象に関する研究によれば、インド洋における損失は、正味現在価値に換算して7～82億ドルと推定される[34]。各地での白化現象の原因が、エルニーニョに関連した海面温度の変化にあることを示唆する証拠もある[34](図10)。科学的な確実性でこれらを結ぶことはむずかしいが、それでも将来的な海面温度の変化によって、時間の経過と共に起こり得る損失を推定することは重要である。

先頃の「ホットスポット(高温域)の発生頻度」に関する研究では、白化現象との関連は薄いことが示された。図11は、1985～2000年の16年間におけるホットスポットの累積数を示したものである。データは、最高気温の5日平均^(※4)に基づいている。

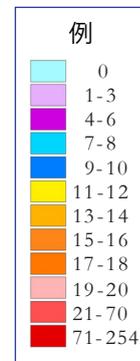
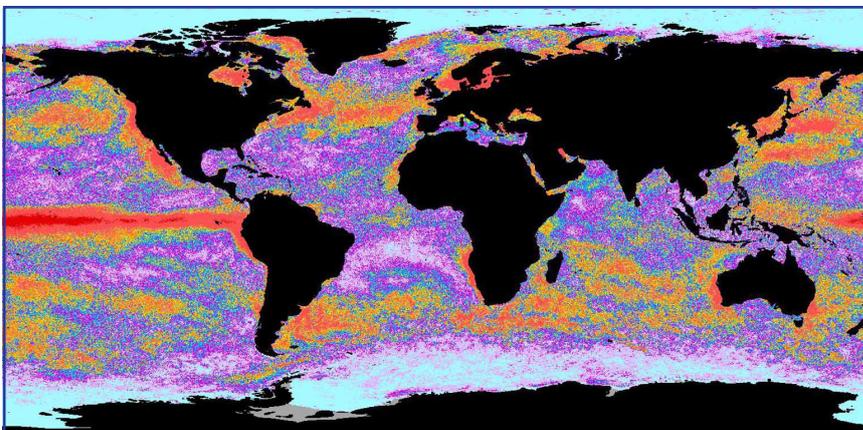


図 11：16年間におけるホットスポットの累積数(1985-2000年)(Ken Kassem, WWF-US を通じて入手した NOAA データ)

グリッドセルの中の温度が、そのセルの平均最高気温を摂氏1度上回るとホットスポットが記録される。地図を見るとホットスポットがさまざまな地域に広く現れていることが分かる。ホットスポットの頻度とサンゴの白化の発生頻度とに相関関係が見られないことに着目したい(図10)。頻繁に高温にならない海域でもサンゴの白化は起こり、頻繁に高温になる海域よりもサンゴの白化耐性が弱い場合もある。

大規模なサンゴの死滅が生態系に与える影響については、生物物理学的にも生態学的にもほとんど知られていない[37]。そのため、大規模な白化現象と、それに関連するサンゴの死滅が社会経済に及ぼす影響を推定することはいっそう困難である。こうした前提を踏まえて、最近試算された観光業、漁業および生物多様性への影響に関する地域別、生態系機能別の見積もりを示す。

現在の予測では、気候変動の結果として白化の頻度が高くなると考えられ、今後25～50年間の間に白化が毎年発生するようになると予想される[38]。上述した不確定要素を前提として、こうした予測に基づいた経済的コストを推定するために、シナリオ分析が用いられている。「中程度」の白化のシナリオでは、サンゴは白化するが死滅は限定的で、漁業、観光業および生物多様性の価値は時間の経過と共に徐々に現レベルの90%にまで減少すると考えられる。

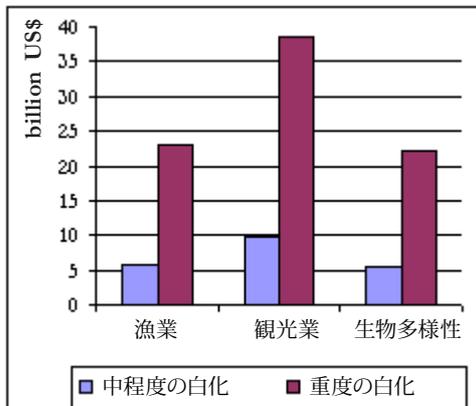


図 12: 重度の白化による地域別の損失額
(単位: 10 億ドル)

サンゴが大量に死滅する「重度の」白化のシナリオでは、これらの値は現在価値の 50%にまで下落すると考えられる。表 3 に示す計算に基づいて算出すると、50 年間という時間軸で 3%の割引率を勘案した白化による損失額の合計は、正味現在価値で 840 億ドル以上と見積られている。中程度の白化の場合、この数字は 200 億ドルになる。「重度の」白化のケースでは観光業への損失がもっとも大きく約 400 億ドル、次いで漁業 (230 億ドル) と生物多様性 (220 億ドル) となっている (図 12)。表 6 に地域別の値が示してあり、白化による損失はオーストラリア (284 億ドル) と東南アジア (383 億ドル) で大きいことがわかる。

気候変動によって、サンゴ礁とその経済的価値に悪影響をもたらすものは、白化だけではない。カリブ海の海面温度が変わることで、同地域のハリケーンの影響が約 40%増加すると予測されている [39]。ハリケーンは国レベル、地域レベルで広範囲にサンゴ礁を破壊する可能性がある。1997 年から 1998 年にかけて、バリーズでは生きたサンゴの被度が 50%も減少したが、これは主にハリケーン「ミッチ」 と 1998 年のサンゴ白化現象が原因とされている [3]。こうした出来事やその後の影響は、単純に社会全体の経済費用に加算される。総じてカリブ海では、気候変動は海面温度の上昇、海面水位の上昇、種の絶滅などで 10 億 990 万ドルの損失を引き起こすと予測される。これは総 GDP の 13.8%にも相当する [40]。

問題は、化石燃料を燃やすことで発生する CO2 排出量を減らす努力を、世界全体で促進することに加えて、サンゴの白化現象に対処するためにどのような短期的手段があるかということである。

表 6: 重度の白化現象の費用の地域別割当
(単位: 10 億ドル)

	重度の白化
オーストラリア	28.4
東南アジア(日本を除く)	38.3
カリブ海(米国を除く)	5.7
インド洋(紅海を含む)	13.0
太平洋(ハワイを除く)	7.6
米国(海外領土を除く)	4.8
日本	7.0
合計	104.8

注: 50 年間という時間軸で 3%の割引率を勘案して純現在価値(NPV)で算出

「重度の」白化シナリオが予測する事態を回避して、「中程度の」白化予測のレベルに留めることは可能かもしれない。例えば、すべての利害関係者が協調して努力し、カリブ海および太平洋における国際的な出資機関の活動がもっと本格化すれば、サンゴ礁にかかる全体的なストレスを減らし、海面温度の変化によるサンゴへの影響を削減できるかもしれない。こうした努力が世界の他の地域にも広げられ、地球規模の気候変動への対策が推進されるために、協調的な努力が求められている。

引用文献

- [1] Spalding, M.D., Ravilious, C., Green, E.P. (2001) World Atlas of Coral Reefs. Prepared by the UNEP-World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA
- [2] Wilkinson, C. (2000) Status of Coral Reefs of the World 2000, Australian Institute of Marine Science (AIMS), Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), Townsville, Australia
- [3] Wilkinson, C. (2002) Status of Coral Reefs of the World 2002, Australian Institute of Marine Science (AIMS), Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), Townsville, Australia
- [4] Hoegh Guldberg, O. (1999) Climate Change, Coral Bleaching and the Future of the World's Coral Reefs, Report for Greenpeace, Australia
- [5] Groombridge, B., Jenkins M.D. (2000) Global Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century, The World Conservation Press, Cambridge, UK
- [6] Bryant, D., Burke, L., McManus, J., Spalding, M. (1998) Reefs at Risk – A Map Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs, WRI/ICLARM/WCMC/UNEP
- [7] Edinger E.N., Jompa J., Limmon G.V., Widjatmoko W., Risk M.J. (1998) Reef Degradation and Coral Biodiversity in Indonesia: Effects of Land-Based Pollution, Destructive Fishing Practices and Changes over Time, Marine Pollution Bulletin 36:617-630
- [8] Hodgson, G., J. Liebeler (2002) The Global Coral Reef Crisis: Trends and Solutions 1997-2001, Reef Check, University California Los Angeles (UCLA), Los Angeles, USA
- [9] Burke, L., Kura, Y., Kassem, K., Revenga, C., Spalding, M., McAllister, D. (2001) Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems, WRI, Washington, DC
- [10] WWF- Indonesia Wallacea Fisheries Program Document, unpublished 2002.
- [11] Pet-Soede, C., 2000. Options for co-management of an Indonesian coastal fishery. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University
- [12] Jiddawi N.S. (1997) The reef dependent fisheries of Zanzibar. In Johnstone R.W, Francis, J. Muhando, C.A. (eds.) Proceedings of the National Conference on Coral Reefs, Zanzibar, 2-4th Dec. 1997:22-35
- [13] Moffat, D., Ngoile, M.N., Linden, O., Francis J. (1998) The Reality of the Stomach at Coastal Management at the Local Level in Eastern Africa, *Ambio* 26:590-598
- [14] Gallop, K. (2001) The impact of the Bunaken National Park management plan on women's access to and utilization of marine resources, North Sulawesi, Indonesia. MSc Thesis. WWF Wallacea Fisheries Program.
- [15] World Travel and Tourism Council (2002), End of Year Update, TSA Research Summary and Highlights (also: www.wttc.org)
- [16] World Tourism Organisation (1998) <http://www.world-tourism.org>
- [17] Madigan Pratt & Associates (1995) Diving in the Cayman Islands: Economic Impact & Requirements for Maintaining Its Premier Status, Prepared for the Cayman Islands Department of Tourism. Cited in Caribbean Environment Programme and United Nations Environment Programme, 1997, Coastal Tourism in the Wider Caribbean – Impacts and Best Management Practices, Technical Report No.38.
- [18] Caribbean Latin American Action. (1998) Caribbean Basin Profile, Caribbean Pro Publishing Ltd. Grand Cayman Island
- [19] Simmons & Associates (1994) The Impact of Tourism on the Marine Environment of the Caribbean, Prepared for the Caribbean Tourism Organisation, cited in Caribbean Environment Programme and United Nations Environment Programme, 1997, Coastal Tourism in the Wider Caribbean – Impacts and Best Management Practices, Technical Report No. 38
- [20] Tratalos, J.A., Austin T.J. (2001) Impacts of recreational SCUBA diving on Coral Communities of the Caribbean Island of Grand Cayman, *Biological Conservation* 102:67-75
- [21] Dixon, J.F., Scura, L.F., Van't Hof, T. (1993) Meeting Ecological and Economic Goals: Marine Parks in the Caribbean, *Ambio* 22:117-125
- [22] Abou Zaid. M. (2002) Impact of Diving Activities on the Coral Reefs along the Red Sea Coast of Hurghada, mimeo Marine Biology and Fish Science Section, Zoology Department, Al-Azhar University, Cairo
- [23] Hawkins, J.P., Roberts, C.M. (1997) Estimating the Carrying Capacity of Coral Reefs for Recreational Scuba Diving, In: Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. 2:1923-26
- [24] Medio, D., Ormond, R. F. G., Pearson, M. (1997) Effects of briefings on rates of damage to corals by scuba divers. *Biological Conservation* 79: 91-95
- [25] Cesar, H. (2003) Economic valuation of the coral reefs of Egypt. Report prepared for the MVE-unit of EEPP, funded by USAID. Preliminary version, January 2003 (mimeo)
- [26] Erdmann, M., Pet-Soede, L, N. Cabanban, A. (2002). Destructive Fishing Practices in: Best, B.A., Pomeroy, R.S. and Balboa, C.M. (Eds.), Implications for Coral Reef Management and Policy – Relevant Findings from the 9 th international Coral Reef Symposium, pag 78-81, US-AID/WRI/CI/ISRS
- [27] Burke, L., Selig, E., Spalding, M. (2002) Reefs at Risk in Southeast Asia, World Resources Institute, Washington DC

- [28] Pet-Soede, L., Cesar, H., Pet, J. (1999) An Economic Analysis of Blast Fishing on Indonesian Coral Reefs, *Environmental Conservation* 26: 83-93
- [29] Pet-Soede, L., Cesar, H., Pet, J. (2000). *Blasting Away: The Economics of Blast Fishing on Indonesian Coral Reefs*, in Cesar H. (ed.) *Collected Essays on the Economics of Coral Reefs*, CORDIO, Kalmar University, Kalmar, Sweden
- [30] Johannes, R.E., Riepen, M. (1995) *Environmental, Economic and Social Implications of the Live Reef Fish Trade in the Asia and the Western Pacific*, The Nature Conservancy, Jakarta.
- [31] Raymakers, C. (1998) Unpublished fact sheet TRAFFIC and WWF-Netherlands, Zeist.
- [32] Hodgson, G. Dixon, J.A. (1988) *Logging Versus Fisheries and Tourism in Palawan: an Environmental and Economic Analysis*. East-West Environment and Policy Institute. Occasional Paper No. 7
- [33] Wiley P. (1999) *Cost Benefit Analysis for Wastewater Treatment Plant in Florida Keys*. unpublished, NOAA, Silver Spring (MD), USA
- [34] Wilkinson, C. Linden, O., Cesar, H., Hodgson, G. Rubens, J. Strong, A.E. (1999) *Ecological and Socioeconomic Impacts of 1998 Coral Mortality in the Indian Ocean: An ENSO Impact and a Warning of Future Change?* *AMBIO* 26: 188-196
- [35] Reefbase (2003) Bleaching Map, www.reefbase.org/reefgis/mapper.asp
- [36] Kassem, K. (2003) *Hotspot Frequency Images* (mimeo), WWF-US, Washington D.C.
- [37] Hoegh-Guldberg, O., Hoegh-Guldberg, H., Stout, D.K., Cesar, H., Timmerman, A. (2000) *Pacific in Peril. Biological, Economic and Social Impacts of Climate Change on Pacific Coral Reefs*, Greenpeace Australia
- [38] Hoegh-Guldberg, O. (1999) *Climate Change, Coral Bleaching and the Future of the World's Coral Reefs*, Greenpeace Australia.
- [39] Gray, W.M., Landsea, C.W., Mielke P., Berry, K. (1993) *Predicting Atlantic basin seasonal tropical cyclone activity by 1 August*, *Weather Forecasting* 8:73-86
- [40] Tol, R.S.J. (1997) *A Decision-Analytic Treatise of the Enhanced Greenhouse Effect*. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, the Netherlands.
- [41] Cesar, H., van Beukering, P., Pintz, S., Dierking, J. (2002) *Economic Valuation of the Coral Reefs of Hawaii*, Hawaii Coral Reefs Initiative, University of Hawaii, Hawaii, US.

注記

- ※1) むろ網とは、底に網を仕掛けた後に、棒や硬い道具で岩礁をたたきながら海底の地形に沿って歩き(または泳ぎ)サンゴ礁にすむ魚を隠れ場所から追い出し、網の中に追い込む漁法である。漁師によって踏みつけられたり棒で打たれたりしてサンゴ礁が破壊されるため、この手法は持続可能とはいえない。
- ※2) リーフチェック研究の調査地の選定は、無作為抽出ではないため、その結果はある特定の傾向を証明するものというより、むしろ指標と見なすべきである。
- ※3) 潜在的価値は、最近ハワイにおいて行われた経済的評価の研究に基づいており[41]、これらの数値はオーストラリア、米国および日本について適用した。その他の国々については *Reefs at Risk Report for South East Asia* に記載された数値を使用した [27]。どちらの文献でも評価数値は幅がある沿岸域開発と乱開発については、*Reefs at Risk* からのデータを用いて平均値を算出した。乱獲の程度が大きい地域については漁業価値は低いとし、乱獲の程度が低～中程度の地域については漁業価値は高いとして計算を行った。また、生物多様性の価値の算出にも同様のデータを用いた。沿岸の保護と観光事業に関しては、高レベルから中レベルの沿岸域開発からのデータを範囲の上限として用い、低レベルの沿岸域開発からのデータを範囲の下限とした。高レベルの沿岸域開発が、観光業と沿岸保全の高い価値につながった太平洋のエリアのみは例外とした。
- ※4) 9km AVHRR Pathfinder データベースより。
- ※5) 平均支出に関する我々の概算には、ボートや用具の減価償却費、燃料および乗組員の食費(複数日の航海)といった操業費用、および平均捕獲量の推定を含む。最大捕獲量は大きく異なり、大量のときは我々が推定した平均純収入の数倍になることもある。さらに、我々の概算は漁師による概算と異なる場合がある。漁師による概算には、ボート、エンジン、用具などの減価償却費が含まれず、単に総収入に関連させている場合が多いからである。
- ※6) 複数日の航海

附録：ケーススタディ「貧困の罟」

貧困の罟とは、貧困、資源の衰退、さらなる窮乏化という悪循環である。貧困は生物多様性の損失や持続可能でない資源利用を引き起こす重大な根本原因であるため、貧困の救済と持続性は複雑な関係にある。加えて、非持続的な資源利用は、天然資源の基盤自体がなくなったときにも、貧困を引き起こす。この根強い貧困の例を、インドネシアのソロール・アロール地方にあるラマケラという集落に見ることが出来る。この地方は、栄養塩を豊富に含む潮流と湧昇流のおかげで、クジラやマンタ（オニイトマキエイ）、ウミガメ、カジキ類、マグロ類、マンボウ、その他の外洋性魚種など大型海洋生物がすむ生物多様性に富んだ海域となっている。しかし、海洋資源が集中しながらも海洋保護区がないことから、増大する近代漁業による圧力に対して、全く無防備な状態になっている。こうした圧力は、人口過密で乱獲が進んだインドネシア西部からの参入が多い。爆発物やシアン化物による漁獲などの破壊的な漁業は日常的に行われており、ラマケラのような窮乏した集落では、周辺にいるマンタ個体群を代わりに獲りはじめている。

このソロール・アロール地方で見られる経済的概況はインドネシア東部の他地域と似たような状況であり、地方の経済生産では農業とサービス部門が卓越していることを念頭に置くべきである。先頃の経済危機の際に島々は同時にひどい渇水の打撃も受け、若い世代の土地離れがますます加速した。すでにかかなりの数の地域住民がマレーシアのプランテーションや建設現場の作業員や国内労働者として出稼ぎに行っている。小規模な海藻養殖業や、誘魚装置とボートとエンジンの提供といった政府からのわずかな支援プロジェクトはあるものの、ほとんどの漁業は小規模で、近場の資源を対象としている。地元住民は市場への参入の難しさを訴え、教育レベルも低い。

すべての沿岸共同体が専業の漁師であるわけではなく、多くは農業で収入を補っている。農業は生存のためでもあるが、ナッツ、とうもろこし、コブラ（訳注：ヤシの実の中身を乾燥させたもの）などを売ることで、わずかながら現金を得ている。地元の漁業を支えるインフラは不十分で（冷凍施設がないな

ど）、遠方の市場への参入も限られている。そこでほとんどの魚は地元で売らなければならない。ルンバタという大きな島では、80%の道路が未舗装か、地滑りによって状態が悪くなっている。島へのアクセスは、フローレスの東端にあるララントウカからの小型フェリーだけだ。その結果、地域外で売られる製品はナマコ、フカヒレ、マンタの皮、肉、エラなど、圧倒的に少ない。



写真：乾燥したマンタの皮が売られている
(Lida Pet-Soede 撮影)

漁業で得られる平均収入は、操業の規模と漁獲の総収入によって決まる（表7）。漁獲高は、大きさの種類によって決まる魚の値段を元にして計算されるが、魚価は地元の需要を反映し概して低い。漁師は、近海でのマグロの漁獲が減ったことを、沖合いで効率的に操業している大規模な延縄漁業のせいだと考えている。サンゴ礁にすむ魚も、爆弾やシアン化物を使った外部や地元の漁師らによるサンゴ礁の破壊が原因で、5年前と比べて減ってきたと言われている。

ソロール島にあるラマケラでは、以前は捕鯨が行なわれていたが、漁師はモーターボートを購入し、水中銃を使って徐々にマンタを捕るようになった。過去5年間でこの村の漁業は近代化された。従来の捕鯨船は2、3年前にすべて売り払われ、もっと小さな15馬力の船外機つきのボートに買い替えられた（貧困緩和プログラムを通じて補助金を受けたものもある）。この時点で捕鯨業者はマンタのモリ突きに切り替えた。これはマンタの皮のバイヤーからもたらされた利益が新しい流れを促進したに違いない。マンタの皮は皮革としてジャカルタに売られ、エラの一部は、伝統的な薬として香港で売られている。

表7：アロール・ソロール地方の漁業の推定平均収益(\$)[\$1=Rp 10,000]。
乗組員1人当りの純月収で分類^(※a)；季節により異なる^{(※5)(※b)}；利益配分 50/50

装備の種類	平均捕獲量 ／回	回／月	総収入 ／ボート	純収入 ／人	対象種	規模
巾着網漁	300kg	20	1000	55	アジ、イカ	中規模 ^(※b)
釣り竿	3.5kg	25	35-100	65	サンゴ礁に棲む魚	小規模 1名
わな	25kg	25	100	90	サンゴ礁に棲む魚	小規模 1名
モリ	マンタ 1 頭	15	120	95	マンタ	中規模 6名
トローリング	5kg	25	120	100	マグロ	小規模 1名
延縄	乾燥ヒレ 1kg	3 ^(※6)	1200	110	サメ	中規模 4名 ^(※b)
トローリング	10	25	360-480	120	マグロ	中規模 3名
モリ+	5kg の魚+	25	120-230	120	サンゴ礁に棲む魚+	小規模 1名
シュノーケル	1kg のナマコ				ナマコ	

フカヒレなども含む軟膏などを輸出する事業も考えられている。伝統的な釣り竿を使っていた漁師は、サンゴ礁での漁獲量が減っていくのを目の当たりにし、その経済的な事情からマンタ漁に参入せざるを得なくなってしまった。

漁師は今、belelang と呼んでいるマンタ (*Manta birostris*)、bou と呼ばれるタイワンイトマキエイ (*Mobula tarapacana*)、moku と呼ばれるイトマキエイ属 (*Mobula sp.*) の3種に注目している。かつてはほとんどのマンタは集落内で消費されていたが、今では大部分が換金されるようになった。大きなマンタ 1 頭から採れる乾燥エラ板は 35 ~ 140 ドル、乾燥した皮は 1kg あたり 6 ドルになる。かつては集落で消費されていた肉でさえ、今では周辺地域で販売されるようになった。20 束ほどの乾燥肉が 3.5 ~ 4 ドルで売られている。皮とエラ板の新しい市場は、漁獲努力の増大がもたらした結果である。新しいボートのおかげで漁場への移動時間は 4 日から 1 日へと大幅に短縮され、かつては 6 ヶ月かけて行っていたのと同じ出漁回数を 1 ヶ月で行うことができるようになった。また、全体で 18 隻だったボートは 30 隻以上に増え、わずか 5 年間で地元の漁業圧力が大きく増加した。

1 シーズン(5 ~ 10 月)当たりのマンタの総漁獲量は、1 シーズン平均 25 ~ 50 頭と推定されるボート一艘あたりの漁獲量を含め、集落では 1 週間当たり平均で 60 ~ 90 頭と推定される。シーズン 6 ヶ月間の総漁獲量は 1,500 頭(1050 ~ 2400 個体の間)と推定され、それまで通常 1 シーズン当たり 200 ~ 300 頭だった従来のレベルと比べてかなり増えている。たとえ今現在では乱獲の影響がまだ顕著でないとしても、今のペースで捕り続けられる可能性は極めて低い。サメの数は漁業圧力に影響を受けやすいと言われているが、サメと近縁のマンタは、さらに大きな危機に直面している。マンタは通常、一度に 1 頭ずつしか子どもを産まない。妊娠期間は 9 ヶ月と言われており、メスが毎年出産するかどうかはわかっていない。また、寿命は長く、まだ確認はされていないが、出生からわずか 4 ~ 5 年で性的に成熟するらしい。増殖率が低く、寿命の長い種の商業的捕獲は、今までに何度も絶滅という結果を招いている。マンタだけが例外と考える理由は何もない。

The institutional affiliations of the contributing authors and reviewer are:



amsterdam

