

### III 生物学

#### A. 生活史

宝石珊瑚の特徴は寿命が非常に長いこと、生長が遅いこと、死亡率と、新規加入率が比較的低いことである(Grigg, 1976)。その結果、漁獲しない場合、宝石珊瑚の個体群は何年も比較的安定しており、出生・死亡の緩やかな変化があっても総資源量にはあまり影響がない。このような理由から、宝石珊瑚の個体群は乱獲した場合、回復するのに多くの年月を要するので、その漁獲は慎重になされなければならない。宝石珊瑚が漁獲後、資源を回復できるという証拠は地中海の宝石珊瑚漁獲の歴史の中にみることができる。即ち19世紀に地中海の宝石珊瑚漁場では9年毎の輪採を行っていた(Tescione, 1965)。これに対し、日本の漁業者は太平洋の宝石珊瑚漁場が回復するには50年以上かかると主張している(日本人漁業者の私信)。

このなかで述べるピンク珊瑚(Corallium secundum)、ゴールド珊瑚(Gerardia sp.)、バンブー珊瑚(Lepidisis olapa)及びその他の珊瑚は総て浮遊幼生期と定着性の成体期を有している。幼生は固形物に接着し、そこで枝状コロニーを形成する。深海に生息する珊瑚の幼生期の長さについては分っていない。最も経済価値の高い種類であるピンク珊瑚は雌雄が分れており、ハワイでは夏期に産卵が行われる。再生産サイクルは一年毎である(Grigg, 1978)。定着期の宝石珊瑚と他の動植物との間の捕食・被捕食関係その他の生態的事項は殆んど分っていない。これまで行われた数少ない研究によれば、微小動物プランクトンと顆粒状有機物がヤギ目(gorgonians)にとって重要な食物であることが示唆されている(Grigg, 1970)。一方、宝石珊瑚を捕食する生物は知られ

ていない。

花虫綱に関連する多数の共生生物が知られている（ Hyman , 1940 ）。ハワイ諸島のピンク珊瑚，ゴールド珊瑚，バンブー珊瑚の生息地には，それ以外の多くのヤギ目珊瑚，無脊椎動物，魚類も生息していることが知られている。Makapuu 床においては，ゴルゴン目だけでも 37 種類以上が記述されている（ Grigg and Bayer , 1976 ）。黒珊瑚の種類（ウミカラマツ目）は，ハワイ諸島の宝石珊瑚の生息する深さ（ 300 ~ 475 m ）において 10 種類が知られている（ Grigg and Opresko , 1977 ）。これらの黒珊瑚はいずれも商品価値がない。Makapuu 床では殆んどみられないが商品価値があると思われる種類は，エビ類 Heterocarpus ensifer，魚類 Seriola dumerilii ( kahala ) および Etelis carbunculus ( onaga ) である。西太平洋では，宝石珊瑚の生息する水深には，これらに対する害敵生物は知られていない。

ピンク珊瑚には少くとも 2 種類の体外寄生の共生生物が知られている。それはイソギンチャク Palythoa sp. とポリキータ(多毛環虫) Palyneoe sp. である。このイソギンチャクはピンク珊瑚の骨格に着生するが珊瑚の組織や骨格には損傷を与えない。またまれには，同じ珊瑚の群体に， 2 , 3 以上のイソギンチャクが着生することもある。ポリキータは穴の中や，珊瑚の組織や共肉部に作った自分の穴の中に生息する。ポリキータは骨格や生きた組織に全く損傷を与えない。

### III.B. 分布及び資源量並びに生息地

ハワイ群島，サモア，グアム，北部マリアナ共和国，アメリカ領の太平洋諸島における宝石珊瑚の分布は，本報告の II.A に記載されている。ハワイ水域における宝石珊瑚の垂直即ち深度分布を VI 表に示す。

ハワイ群島においては、宝石珊瑚の資源量はハワイ諸島の北西端がより高いと思われる。そこには、広大な生息可能地が水深 400 m 附近の海山や堆に存在する。例えば、ミルウォーキー堆とキンメイ海山（ミッドウェイ島北西 400 ~ 500 マイル）を合わせた面積は 300 km<sup>2</sup> 以上である。これに対して、オアフ沖（Makapuu 床）の主要漁場の面積は、3.6 km<sup>2</sup> と推定されている。Makapuu 床は、実際には約 4.5 km<sup>2</sup> を占めている（第 5 図）。しかし、潜水艇（Submersible star II）の観察によると、この面積の 20% は、不毛の場所、およびレンズ状の薄い砂の堆積を含んでいる。従って、密度は 4.5 km<sup>2</sup> の 80% 即ち 3.6 km<sup>2</sup> と考えられている。

第 VI 表 ハワイにおける各種宝石珊瑚の垂直分布

通称名	学名	水深 (m)
黒珊瑚	<u>Antipathes dichotoma</u>	30 - 100 <sup>a</sup>
"	<u>Antipathes grandis</u>	40 - 100 <sup>a</sup>
ピンク珊瑚	<u>Corallium secundum</u>	350 - 475 <sup>b</sup>
ゴールド珊瑚	<u>Gerardia sp.</u>	300 - 400 <sup>b</sup>
バンブー珊瑚	<u>Lapidisis olapa</u>	330 - 475 <sup>b</sup>

a 潜水艇による観察による。

b 潜水艇による観察および遠隔操縦テレビカメラにより収集した資料による。

1969年のミルウォーキー堆の日本のCollallium 属珊瑚漁獲量は、111,300 kg (30,133貫)と報告されている(小沢、私信)。これは、Makapuu床のCollallium 属珊瑚の1966年から1976年の年間採取量 438 kg ~ 2,209 kg (117貫 ~ 589貫)に対応する。もし、両地域の最大漁獲量を 1 km<sup>2</sup> 単位で表わせば(ミルウォーキー: 376 kg (100貫) / km<sup>2</sup>, Makapuu: 611 kg (163貫) / km<sup>2</sup>) Makapuu が実際には高い生産を持っている。しかし、漁獲努力量を比較したデータがないので、これらの数字の比較は困難である。しかしながら、ミルウォーキー堆の生息面積及び生産量は絶対量において、ハワイ群島東南端の島の沖よりもはるかに大きい。

標高の高い島々においては、宝石珊瑚の床は島の海峡や、ハワイ島の Ke - ahole 岬のような岬の沖合にみられるだけである。宝石珊瑚は固い底層にだけ生息している。そのような層は、深海においては底層流がしばしば強い(25 cm / 秒, 0.5 ノット以上)所にだけ常に見出される。

ハワイ諸島において正確に調査された床はオアフのMakapuu沖だけである。1971年に、商品価値のある珊瑚の密度が、床の未開発区域において測定され、ピンク珊瑚のサイズ別度数分布が測定された(Grigg, 1976)。Makapuu床におけるピンク珊瑚の平均密度は 0.022 コロニー(群体) / m<sup>2</sup> である。これを床全体 (3,600,000 m<sup>2</sup>) にあてはめてみると、現存量は 79,200 コロニーとなる。また現存量の 95 % 信頼限界は 47,200 ~ 111,700 コロニーである。さらにコロニーの現存量を、生物量 ( $\Sigma N_i W_i$ ) に換算すれば、Makapuu床における C. secundum (ピンク珊瑚) に対して 43,500 kg (11,600 贯) の

推定値が得られる。

Makapuu床におけるゴールド珊瑚 (Gerardia sp.) の密度とバンブー珊瑚 (Lepidisis olapa) の密度の推定値はそれぞれ 0.003 コロニー /  $m^2$  と 0.01 コロニー /  $m^2$  である (Grigg, 1974)。しかしながらこれら両種の分布パターンは、ピンク珊瑚よりも非常にまばらなパッチ状分布をしていて、生息面積はピンク珊瑚の約半分、即ち  $1.8 km^2$  にすぎない。ゴールド珊瑚とバンブー珊瑚に対する、漁獲が行われないときの現存量の推定値は、ピンク珊瑚に対応させると、それぞれ 5,400 と 18,000 コロニーである。

Makapuu床におけるゴールド珊瑚とバンブー珊瑚集団におけるコロニー（群体）の平均重量に関するデータは欠けているが、およその推定値はゴールド珊瑚  $2.2 kg$ 、バンブー珊瑚  $0.6 kg$  である。平均重量に密度をかけると、ゴールド珊瑚の現存量のおよその推定値は約  $11,880 kg$  ( $3,168$  貫)、バンブー珊瑚のそれは約  $10,800 kg$  ( $2,880$  貫) となる。

### III.C. 成長率及び死亡係数

ピンク珊瑚の枝の切片の年輪を解析することによって、群体の高さは少くとも 30 年まで毎年  $0.9 cm$  高くなることが分った (Grigg, 1976)。高さと時間の回帰式は次のとおりである。

$$H = \alpha + \beta T$$

ただし、

$$H = \text{高さ} (cm)$$

$$T = \text{時間} (\text{年})$$

$$\alpha = 2.63$$

$$\beta = 0.89$$

※

重さと高さの同じような関係は次の式で与えられる。

$$W = aH^b$$

ただし、

$W$  = 重さ ( $\gamma$ ) ……水揚重量

$$a = 0.8$$

$$b = 2.27$$

Makapuu で発見された最大のピンク珊瑚のコロニーは稀に  $60\text{ cm}$  を超える。また、ゴールド珊瑚は  $250\text{ cm}$  の高さに達し、一方、バンブー珊瑚は約  $300\text{ cm}$  に成長する。

ピンク珊瑚の自然死亡係数は、先ず、処女資源のサイズ別度数分布を年令別度数分布に変換し、次に、順次年令の多いクラスにおける減少率から計算した (Grigg, 1976)。Makapuu 床におけるピンク珊瑚の年間自然死亡係数の最良推定値は  $0.066$  であることが明らかになった。これは漁獲が行われなければ年間生残率が約  $93\%$  であることに相当する。ゴールド珊瑚とバンブー珊瑚の死亡係数は、これらの成長率と年令構成が不明であるため、得られない。

### III.D. 再生産及び新規加入

ピンク珊瑚は約  $12\text{ cm}$  (13才) で成熟する。しかし、このデータはあまり正確ではない (Grigg, 1976)。再生産は1年1回で産卵は6月から7月の間に行われる。

ピンク珊瑚の親資源と新規加入の関係は不明である。しかしながら、ピンク珊瑚が長く生存すること、資源が多くの年令群から構成されることから、新規加入に年毎の多少の動きがあったとしても、現存資源

---

※ 水揚重量は、約24時間空气中で乾燥したもの。

は比較的安定しているはずである。未開発Makapuu 資源の安定状態における新規加入の推定は、処女資源(79,200コロニー)と年間自然死亡係数の最良推定値(0.066)を乗じて得られる。これによつてMakapuu床への年間新規加入の推定値は5,277コロニーとなる。

### III.E. 新規加入当たりの生物量

年級群生産モデル(コホルト・プロダクション・モデル)を使ひ、新規加入当たりの、年令毎の生物量を、漁獲が無い場合について計算した(Wetherall and Yong, 1977)。このモデルでは、年級群(同一年に発生した群)は、成長による重量増が自然死亡による減少量に追い越される年令に達するまでは、重量を増してゆく。この年令が、漁獲をしない場合、年級群が最大の生物量に達する“限界年令”である。この限界年令、Tを計算する式は次のとおりである。

$$T = (b/M - \alpha/\beta)$$

ただし、

b=重さと高さの関係における指數係数(P. 27)

M=年間自然死亡係数

$\alpha$ =高さの式における生長直線の切片(P. 26)

$\beta$ =高さの式における生長直線の傾き(P. 26)

ピンク珊瑚についての計算結果は、限界年令、 $T = 31.4$  年となる。

対応する新規加入当たりの最大生物量、MBPRは次の式で与えられる。

MBPR

$$= e - (b - \alpha M) / \beta a (\beta^b)^b / [M]$$

ただし、

e=2.71828(自然対数の底)

$a$  = 重さと高さの関係における係数 (P. 27)

ピンク珊瑚の新規加入当たりの最大生物量は、年級群が 31.4 年のときに達成され、最大生産量 M Y P R = 237% である。これは第 11 図における一番上の曲線の頂点として示される。また、第 11 図の他の曲線は、一定の率 ( $F > 0$ ) で漁獲が行われ、漁獲開始年令制限を設けない場合の、新規加入当たりの生物量と年令の関係を示している。最小漁獲年令を 25 年とした場合の、対応する新規加入当たりの生物量曲線は第 12 図に示されている。

### III.F. 新規加入当たりの生産量

同じ年に発生した新規加入群のすべてを直ちに取り除くような採取方法が行われる場合には、新規加入当たりの生産量は、漁獲を行った年の新規加入当たりの生物量と同じになる。従って、新規加入当たりの最大生産量は、ピンク珊瑚の場合、限界年令である 31.4 年に生存するもの全てを採取することによって達成される。そしてこの場合、新規加入当たり最大生産量 (M Y P R) は 237% である。実際には、これは新規加入群が 31.4 年になったときに、漁獲による死亡率を無限大にする必要がある。しかしこれは実行不可能であるから、新規加入当たり 237% は、実際漁獲を行う場合の理論的上限である。

新規加入当たりの生産量に関する更に実際的な数字は、特定の漁獲制限年令以上のものを一定の率で採取する漁獲を考えることによって得られる。その結果を第 13 図に示す。この結果、漁獲年令制限を設定した場合の、新規加入当たりの最大生産量が容易に解る。例えば、30 年を採取制限年令とすれば、新規加入当たりの最大生産量は上限の 237% に殆んど等しくなるのに対し、漁獲制限年令がない場合は新規加入当たり

の最大生産量はわずかに 1198 である。そこで、非選択漁具（曳網）が使用された場合の、新規加入当たり最高生産量は、選択漁具を用いることによって可能となる理論的新規加入当たり最大生産量の、半分しか期待できない。

### III.G. 持続生産量 (SY) と最大持続生産量 (MSY)

上述の解析は、同一年に生まれた群に対する生物学上の生産を最も効率的に利用することを考慮した生物学的管理の方法を反映している。新規加入が一定である限り、即ちそれが資源の大きさに無関係である限り、新規加入当たりの生産を最大にする漁業政策は、全生産量をもまた持続的に最大にすることになる。即ちそれはまた最大持続生産量をもたらすことになる。しかしながら、多くの漁業において、新規加入の量は集団における再生産を行う個体の豊度に強く影響されるであろう。そしてその豊度については、最低漁獲年令および漁獲による死亡率（漁獲率）を定めるといった漁業政策によって一部分は決定される。

ピンク珊瑚の資源量と再生産の関係についての特定の情報はないけれども資源量と再生産の関係を種々仮定して、それによってどのように最良の漁業政策が変わるかということをみるのは重要である。もし新規加入が一定でなくて、産卵する資源の減少に伴い減少するとすれば、最大持続生産量 (MSY) もそれにつれて減少する。資源量と再生産の関係を仮定したいいくつかの曲線を第 14 図に図示する。対角線（曲線 1）は、新規加入が産卵する資源の直接関数として比例的に減少していることを示している。対角線の上側にある曲線も、新規加入が産卵する資源の関数として減少していることを示しているが、減少の割合は 1 より次第に少なくなっている。即ち、産卵する資源 (S) が最初の資源水準 (SM

A X ) の 50 % の場合、新規加入 ( R ) は最大の水準 ( R M A X ) の 60 % ( 曲線 2 ), 70 % ( 曲線 3 ), 80 % ( 曲線 4 ) 或いは 90 % ( 曲線 5 ) の何れかである。曲線 6 は、新規加入量一定の場合のモデルを示している。

Wetherall Yong が計算した持続生産量と最低漁獲年令の組合せを第 15 図に示す ( 1977 ) 。外側の境界 ( 曲線 6 ) は、新規加入量が一定の場合、1 年毎の安定新規加入を 5,000 コロニーと仮定した場合の持続生産量と最低漁獲年令の組合せを示している。この新規加入が一定の場合の M S Y ( 最大持続生産量 ) は

$$\begin{aligned} M S Y &= M Y P R \text{ ( 新規加入当たり最大生産量 ) } \times R \text{ ( 新規加入 ) } \\ &= 2379 / \text{新規加入個体} \times 5,000 \text{ 新規加入個体 / 年 } \\ &= 1,185 kg / \text{年} \end{aligned}$$

だし、これは最低漁獲年令約 30 年、漁獲による死亡率 ( 漁獲率 ) が非常に高いことを仮定している。もし、選択的漁獲が不可能であれば、最大持続生産量は 600 kg / 年以下になる。

その他の曲線 ( 5, 4, 3 および 2 ) は、その他の、資源量・新規加入量モデルに対応して種々の漁獲政策 ( 年間の持続生産量と最低漁獲年令との組合せ ) をとった場合の生産上限を示している。資源量・新規加入量線が急になるにつれて ( 即ち、ある産卵する資源量に対する新規加入量が順次低くなるにつれて ) ある持続生産量を維持するための最低漁獲年令制限は高くなる。さらに、新規加入量が一定でない場合には、 M S Y は 1,185 kg / 年より非常に小さい。つまり、この解析によって、資源量と新規加入量との関係が実際に解明されてない場合にとられるべき種々の漁業管理政策の範囲が示されている。

新規加入量が一定の場合の M S Y を解析によらず次式を使って計算すれば、

$$\begin{aligned} M S Y &= A \cdot D \cdot M \cdot e^{(-b - \frac{aM}{B})} \cdot \alpha \left( \frac{Bb}{M} \right)^b \\ &= R \cdot M Y P R \end{aligned}$$

ここで、

A = Makapuu 床の面積

D = 開発前の Makapuu 床におけるピンク珊瑚コロニーの平均密度

M = 自然死亡係数

$$R = A \times D \times M$$

MS Y の推定に対する、概算ではあるが簡便なやり方は Gulland の近似法であるある（1970）。即ち、

$$M S Y = 0.4 M B_0^*$$

ここで、

$$B_0 = A \times D \times W = \text{未開発資源の総生物量}$$

$$W = \text{未開発資源の 1 コロニーの平均重量}$$

Makapuu 床におけるピンク珊瑚の場合は、

$$\begin{aligned} M S Y &= 0.4 \times 0.066 \times 43,500 \\ &= 1148 kg/\text{年} \end{aligned}$$

Gulland の方法は、資源の動態の詳細があまり分っていないゴールド珊瑚とバンブー珊瑚の場合に特に有用である。未開発生物量 ( $B_0$ ) の推定値を用い、不明な数値の代りにピンク珊瑚の自然死亡係数 ( $M=0.066$ ) を代用して、ゴールド珊瑚とバンブー珊瑚の M S Y の概略の推定値を計算すると、313 kg/年および285 kg/年となった。M S Y の総ての推定値は第VII表にまとめられている。他の珊瑚の M S Y は現在のところ

推定できない。

第VII表 Makapuu床における宝石珊瑚のMSYの推定値

種類	通称名	MSY*	低く丸めた 数 字	計算方法
<u>Corallium secundum</u>	ピンク珊瑚	1,185kg/年	1,000kg/年	群生産モデル
" "	"	1,148kg/年	1,000kg/年	Gulland
<u>Gerardia sp.</u>	ゴールド珊瑚	313kg/年	300kg/年	Gulland
<u>Lepidisis olapa</u>	バンブー珊瑚	285kg/年	250kg/年	Gulland

\* 水揚乾燥重量