

サンゴ礁と石灰岩 (2)

大山 桂 (地質部)

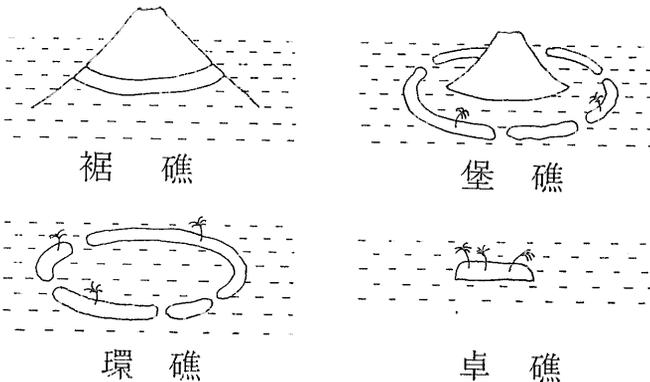
5. サンゴ礁の型

サンゴ礁の類種 サンゴ礁には 裾礁 堡礁 環礁 の三型がよく知られているが この他に 卓礁というものもある(第11図). 裾礁とは 島または陸地の海岸 または海岸のすぐ近くに 発達するサンゴ礁である. 堡礁とは 島または陸地からかなり離れて位置するサンゴ礁で サンゴ礁と海岸との間には 礁湖という 湖水に似た水域を形成するもので オーストラリアの北東部にある巨大な堡礁は 大堡礁 (Great Barrier Reef) といって 特に有名である. 環礁とは 礁湖を囲んだO字形またはC字形の島で 礁湖の中に大きい島がないサンゴ礁の島に対して与えられた名称である. ウェーキ島はその好例で ゆがんだ(宋朝体とでもいいたいような)Cの字に似た形をしている. 卓礁とは 周辺から独立した小島の周辺のサンゴ礁である. サンゴ礁の解説の記事は 海洋に関する参考書に よく見られるが 卓礁を除いて 裾礁 堡礁 環礁の解説をすることが普通である.

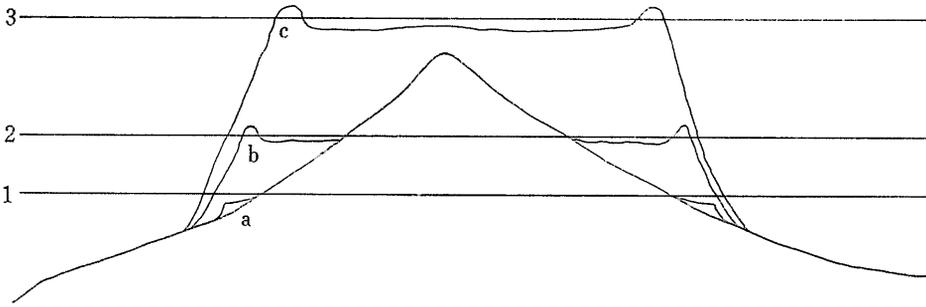
裾礁の周辺に部分的に堡礁ができるサンゴ礁を準堡礁といい 堡礁ほど大きな島はないが環礁の中に小島があるものを 準環礁とよび 卓礁に似て小島が集っているものを準卓礁と称する. 結論としていえることは 典型的なものならば 上に述べた四つ(または七つ)の型に分けられるだろうが 中間的な型があるので 上に述べたタイプに区別することが困難になることもでてくる.

モルヂブ諸島の環礁と準環礁 上に述べた環礁や準環礁とは かなり著しく相異なる 一種の環礁 正確にいえば準環礁がある. インド半島の南端の東側に 紅茶で有名なセイロン島があることは 誰でも知っているが インド半島の西側には大きな島がない. 半島南端の西方から西南かけて にきびのように点々とモルヂブ諸島 (Moldive Islands) がある. このモルヂブ諸島が ほぼ南北方向に 縦に超大型の 準環礁や環礁が 一見一列に近い 配列をしている.

モルヂブ諸島でも 最大の準環礁はティラズマテイ (Tiladumati) ~ミラズマドゥル (Miladummadulu) 環礁で 南北の二つの準環礁が 不完全に合流したようなもので 東西の幅は40kmにもみだぬが 南北の長さは150kmにもなる大きなものである. モルヂブ諸島の政治の中心はマレ島 (Male Island) で その南に位置する



第12図 モルヂブ諸島のマレ環礁の南部と南環礁 (水路部海図 第3101号より)



第13図
ダーウィンのサンゴ礁の発展
に関する説
1. 裾礁(a)の時の海水面
2. 堡礁(b)の時の海水面
3. 環礁(c)の時の海水面

南マレ環礁 (South Male Atoll) (第12図) はこの地方の準環礁としては小さいほうで 東西が約 20km 南北が 40km 以下である。ここにはサンゴ礁の島々が環状に並んで礁湖を形成し 礁湖の中にも小島がある。環状に礁湖の周縁に並ぶ島々にも 礁湖の中で長径 1km くらいの島々にも 水深10m以浅で池のように出口のない礁湖のある環礁から成る島が多い。南マレ礁湖の中で礁湖のない島々は いわゆる卓礁のようにになっているが 卓礁に似るとはいつても 干潮時やつと露出する砂ばかりの小島で 島というよりは中洲とでもいいたいものもあれば 径20~30m程度の無人島で 木が生えている小島もある。南マレ環礁の周縁を構成する島々の間隔は 1km にみたぬ所が多いが 1km 以上の水道もあるので 外洋からサメなどの遠洋性魚類が進入してることがある。また 南マレ環礁の礁湖は 深い所でもせいぜい水深40mくらいであるが この地方他の環礁(準環礁)には もう少し深い所がある。

以上述べてきたように モルヅブ諸島には 超大型の環礁 準環礁があって 小型のものと区別するとき大環礁 大準環礁とよぶことにする。

6. サンゴ礁の形成と消滅(1)

ダーウィンの説 サンゴ礁の成因については 進化論で有名な チャールズ ダーウィン (Charles Darwin) の説がある。ダーウィンが 進化論をまとめるに当って ビーグル号 (H. M. S. Beagle) の航海の経験で 世界各地で調査研究した結果が 大いに役立ったが サンゴ礁の成因についても その航海で得る所が多かった。当時は現在よりも船がのろかったろうから 海と空ばかりみつめて暇をもてあました日々も少なくなかったろうが 熱帯地方で サンゴ礁のタイプをいろいろ観察しているうちに “サンゴ礁というものは……” と考えるようになったと思われる。

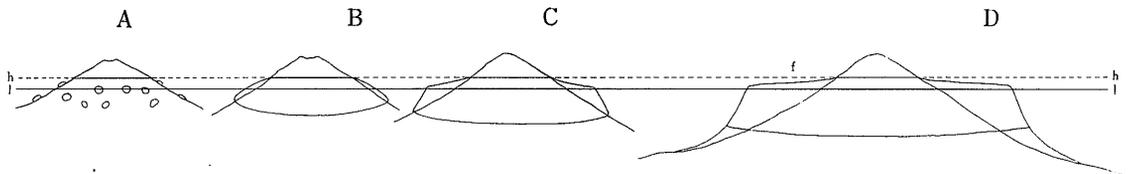
ダーウィンは生物学者ではあっても 地質時代に海面が上昇したり下降したりしたことを知っていた。この

事実と 造礁サンゴが浅海に棲むことを結びつけて まず裾礁ができ 次に堡礁になり それが環礁になるという説を樹立した。

ダーウィンの説によれば 第13図に示したように まず島の周辺に造礁サンゴが棲みついて裾礁に発展し サンゴ礁の形成の第一歩になる。短かい時間をとってみれば 裾礁は外側に外側にと延びるだろうが 長い時間を考え さらに陸地が沈降することを前提とすれば 上に向っても延びることになる。造礁サンゴは 水が澄んだ所によく発達しているから サンゴ礁の外側のあたりで発達がよく 内側は発達がおくれる。つまり 沈降で陸地が下り サンゴ礁は外側で増大するということになれば 礁湖を囲む堡礁ができることは 明々白々であろう。さらに沈降が進み 周囲ばかりにサンゴ礁が増大し 礁湖は生物の遺骸や破片と 島から運ばれる土砂とで埋没して浅くなり 堡礁の中の島は徐々に小さくなって 終にはその島も底質で被われてしまう。このようにして堡礁は環礁になるという考えかたであった。

裾礁の発達 ダーウィンの沈降説を批判するに当たり まず裾礁がどうしてできるか そして 裾礁ができてから どのようにして発達してゆくかという観点から出発する。

まず 問題を簡単にするため熱帯地方の外洋に 新しく小島ができたことを想定するが 生物に有害な岩石や鉱物 または強酸・強アルカリ たとえば青酸化合物ほど有毒でないにしても 孔雀石のように有害な物質は 川または雨後一時的に生ずる小川にも 直接海中に注入する雨水にも 供給されなかったという前提で 論議を進めることにする。明神礁が水面に露出したときのように 新しく生じた島には 周囲を岩盤で囲まれることが多いから 浮游期のプランクトンの中で 底棲期に移行する底棲動物が棲みつくことになる。そこで岩礁の生物が少しづつ棲みつくようになり その中には固着生物もふくまれることになる。サンゴ類も カキ類 ウ



第14図 裾 礁 の 発 達 (概念図)
 A. まず新しい島にサンゴが散在する B. サンゴが島を取り巻いてサンゴ礁(裾礁)を形成する C. サンゴ礁が外側に向
 て発達して礁原ができる D. 礁原が広くなり 少しでも沈降すれば礁縁(サンゴ礁の周辺)が上に延びて礁湖になる
 f. 礁原 h. 高潮線 l. 低潮線

ミギク類 ヒレインコ類 ヘビガイ類 カンザシゴカイ類 フジツボ類 コケムシ類などに混って あちらに一つ こちらに一つと 散見するようになって 岩の表面は 生物で被われるようになる。このような状態は伊豆大島や 八丈島の海岸に見られる景観に近いものではあるが 伊豆諸島ではサンゴ礁があまり発達しないから 造礁サンゴが他の生物に混ってみられ これと大同小異の状態が継続し 生物が死んだり 新たに附着したりの繰り返しが続く。これをサンゴ礁の形成という見地に立ってみれば 足踏み状態とでもいえるような状態が継続しているということになる。

しかし熱帯地方では 群体サンゴが群体を大きくしてゆく方向に進行する。たとえ サンゴがふえれば サンゴの害敵がふえ カキが増加すればカキを食う生物も増し 他の生物でも同様に害敵も増加して 自然のバランスが成立してゆくが サンゴは他の多くの動物に比べて下等であるだけに 増殖も容易で オニトデの大量発生のようなことがない限り 増加が減少を上回るもので その結果サンゴ礁は大きくなってゆく。そして 最初には散見していた程度の造礁サンゴが しいだいに群体を大きくして 年月を経るうちに ほとんど島全体を取り巻いてしまうようになる。造礁サンゴが散見するうちは とても裾礁といえる状態ではないが 島を取り巻くようになれば 裾礁とよんでもおかしくな

なる(第14図)。

次に裾礁の発達について検討する。サンゴ虫は 先回述べたように 空気中に露出している時には 休止の状態であるから 潮が引いた時(干出時)に 水中に没している所のほうが 潮汐に関係なく活動が可能である。つまり 水面下に位置するサンゴ虫は 潮が引いて露出する所(潮間帯)よりも 発育がよくなる機会に恵まれている。同じように 潮間帯の上部は 潮間帯の下部より 干出時間が長いから 下部のほうが上部よりサンゴ虫の発育に適しているといえる。

また サンゴ虫は 昼間活動して夜間休止する種類と逆に 夜間働いて昼間休息する種類とがある。したがって 昼間活動するサンゴ虫が 潮が引いた時に休止していれば 干出時でも水面下にいるサンゴ虫よりも 環境条件が悪いことになる。

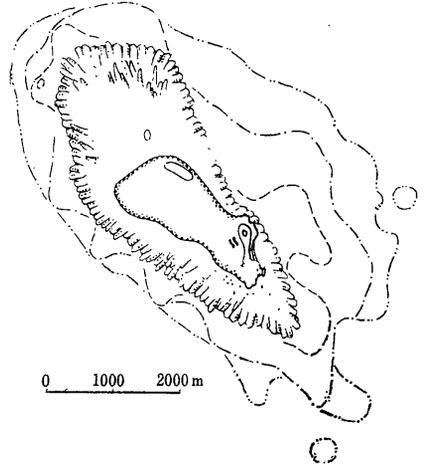
しかしながら いくら水中のほうが環境がよいといっても 海の表面の近くのほうが 深い所よりも 共生藻類を宿して酸素同化作用をさせることに適していることは 前回(No. 276)述べた。したがって 干出時に水面すれすれの所から 水深数mの所までが 造礁サンゴの生育に適し 上昇や沈降のない状態ならば この部分が低潮線と共に沖に向かって延長し 潮間帯が広がってゆくことになる。満潮時の海岸線は 岩礁で囲まれた島で雨や風で土砂が供給されなければ 潮間帯に底質が破壊されて生ずる砂 あるいは生物の遺骸 またはその破片により 砂浜が発達するようになる(第15図)。しかし岩やサンゴ礁の海岸に砂浜が発達して高潮線が沖に向かって拡大するよりも 造礁サンゴが繁殖して低潮線を沖に向かって延長するほうが速いから 少しは高潮線が沖にずれても 潮間帯が広がることに変わりがない。潮間帯が広くなれば 平坦に近い地形面ができる。この地形面を礁原という。礁原が発達する所では 1km も 2km も沖に向かって延びている。礁原はよく発達する所と あまり発達しない所とがあるが 沖縄県の水納島(宮古列島多良間島の北にある小島)に 北ないし西北に向かって広がる礁原が注目されたので図示した(第16図)。



第15図 礁原 礁縁(波の立っている所)が海岸の砂浜(左側)から 遠い裾礁

以上は問題を簡単にするため 熱帯地方の外洋に岩礁から成る小島が生まれて サンゴ礁の島になるまでの経過を述べた。

岩礁から成る島でなく 鹿児島湾内の燃島のように砂層から成る島が生まれたらという問題もあるが 外洋ならば荒れたとき侵蝕が進むであろうから 安定した島にはなりそうもない。しかしフィリピン群島やインドネシア地方にみられる一種の内海で あまり荒れないことを前提にすれば 必ずしも裾礁ができないとは考えられない。サンゴ虫に限らず 固着生物の幼生が 細礫以下の底質の表面に附着すれば 底質が移動するときに破壊されたり 運ばれたり 埋没したりしないとは限らない。しかし 小石の表面または小石より大きい生物の遺骸 たとえば貝殻の上に附着して 好ましくない所には運ばれもせず 埋没することもなければ 附着したサンゴ虫が群体を大きくすることは可能である (第17図)。もちろん 砂の上に大きな石があつてこれにサンゴ虫が附着できれば 全然問題がない。新しい島ができて小石がないときでも 砂にもぐる貝類のような石灰質の生物が棲みついで やがて遺骸となり その遺骸の中で適当な大きさに達したものが小石の役目をして附着生物に附着場所を提供することならば ごく自然である。以上のように 砂底であっても サンゴ虫が棲みつくチャンスがないわけではない。サンゴ虫その他石灰質の骨格のある固着生物が遺骸になれば その上にまた新しく別の固着生物が棲みつき 大きい“礫”になってゆく。しかも 小石にしても 生物の遺骸にしても 一コしかないわけではないから あちらに一つ こちらに一つとなつて このような状態が島をとり巻くぐらい

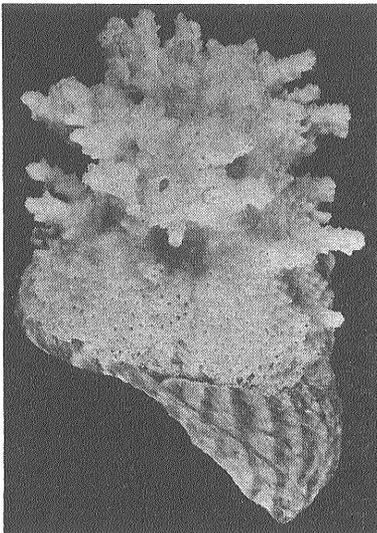


第16図 水納島 (水路部海図 第1205号より)
--- 5m線 --- 10m線
..... 20m線

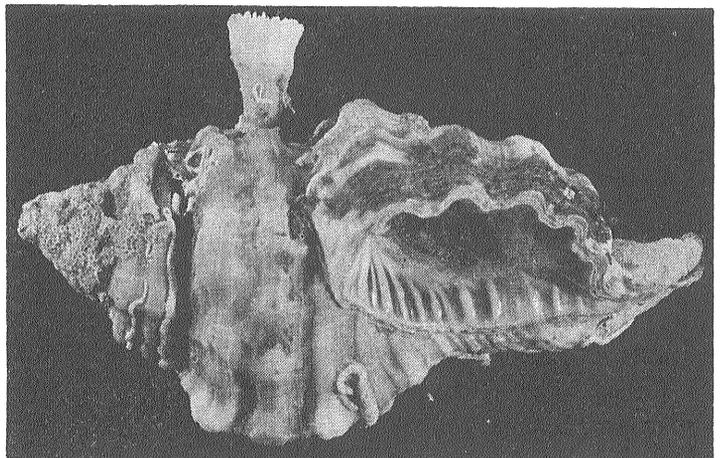
にまで発達すれば 裾礁が生まれることになる。

各地のサンゴ礁の礁原の陸地の側には砂底が発達し 砂底の外側の砂の上に巨礫がある所とない所とがあり さらにその外側にサンゴ礁がみられることが少なくないが 岩盤の上に堆積した砂であるか もともと砂底であったかを 検討したいがその機会がない。

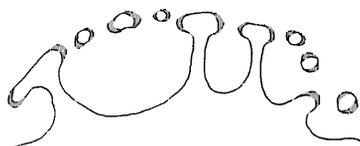
次に大きい島 あるいは大陸の沿岸で 陸地が沈降するなど 新しい海岸ができたと考えてみよう。この場合 大きい川か小さい川かは その土地の条件で相異なるが 河川が注入することが普通である。川幅数mの河川が注入する所では 潮が引いたときでも 河川の延長 つまりみお (澤) が残るから サンゴ礁はみおを敬遠したような感じの発達をする。その結果が 細長い



第17図 生きたベニシリダカに着いたミドリインの類



第18図 カコボラに着いた单体サンゴ



第19図
準堡礁の造礁サンゴが発達しやすい所（湾口部の太く塗ってある海岸）

入江になるか 楔状の湾になるかは その場所の条件しだいだが 一万トン級の船舶が航行できる湾を生ずる例もある。つまり 岩礁から成る小さい島ならば 島のほとんども取り巻いてしまうサンゴ礁が 大きい陸地になると あちらこちらで途切れることが少なくない点で相異なる。

有毒物質を流し出す小島でも 大きい島と同様に 入江ができる。有毒物質や強酸や強アルカリが河川から流れ出せば 濃度に応じて 体を縮めて休止すればよい程度か 毒に当って群体の一部または全部が死滅するかどちらかで サンゴ虫の発育の妨害になることになる。このサンゴ虫が発達しない部分が 小島のある部分に限られていれば そこには湾を生じ 運の悪い幼生が死んだサンゴ虫の骨格の上に着いても 有毒物質のためひどいめに合うことになり そこでサンゴ礁が繁栄できない。潮が満ちてゆくときには 外洋の水が陸地に向けて流れるから 新しいサンゴ虫の幼生が 揚げ潮に乗って陸地近くに運ばれて そのような機会ができてくる。

また 先回も述べたように サンゴ礁は 熱帯地方では 沿岸水が発達する所にも見られるが サンゴ礁を構成する種類は少なく サンゴ礁の発達にあまり適した環境とはいえないので 今回は省いておく。いずれにせよ どんなタイプの沿岸水であるかによって 幾つかのタイプに分かれるようだが 後の章の熱帯地方の海岸の解説で少しは論及することにする。

以上は裾礁の発達について述べてきた。裾礁が島の周囲に広がってゆけば よく発達する所と あまり発達しない所とができてくる。そうなれば 裾礁が島を取り巻くとはいえず 必ずしも海岸線と平行して発達するわけではなくなる。富士山のような正円錐形に近い島よりも 島の斜面がでこぼこになることが少なくないから 高くなった所があれば 水中の暗礁にも 水面上に顔を出した岩礁にも 島または陸地の周囲にサンゴ礁ができるように 小さいながらもサンゴ礁ができてくる。陸地または島のサンゴ礁が 外に向かって延びてゆけば 沖にある小さいサンゴ礁と結びつくことも考えられる。

つまり沖に向かって半島のように突き出すことになる。そうなれば 地形いかんによっては 小さいながら沿岸水が発達しやすくなり 半島の先端に当る部分が 岸近くよりサンゴ礁の発達がよくなり 準堡礁に近づいてゆくことになる。

堡礁の発達 準堡礁に沈降が進めば 堡礁になりそうであることは 容易にうなづけることである。ダーウィンが考えていたように 簡単に沈降したかどうかについては後で述べるように 別の考えかたもできるかと思われる。

もしも 準堡礁ができれば 湾ができるか 小さい内海（海峡で囲まれた水域）が生まれるかの どちらかで 沿岸水が発達しやすくなる。造礁サンゴは 清澄な海水を好むから 沿岸水が発達する所よりは 外洋水が卓越する所に適している。そうなれば 沿岸水が発達する湾の奥や 内海にはサンゴ虫の餌になるプランクトンが多いがそれでもサンゴの種類が減って 特殊な種類だけになることが普通である。

ところが 準堡礁の礁湖または 他の所でも 沿岸水が発達しやすい所と外洋との境界の近くでは 外洋の清澄な水にも洗われながら 沿岸水が発達した所から潮が引くときには餌になるプランクトンが供給される。外洋よりも沿岸水がよく発達する所のほうが 栄養塩類が拡散しにくいから この塩類を同化する 植物プランクトンがふえやすい。このプランクトンが 動物プランクトンを増加させて サンゴ虫の餌になるから サンゴ礁が大きくなるために好ましい条件になる。そうなれば 半島のように突き出た所でも 内側と外側との境になる飛石のような小島または暗礁でも 潮汐により外洋水と沿岸水と両方の影響のある所のほうが 湾の奥や内海の奥よりも 造礁サンゴが拡大しやすくなる。造礁サンゴが増大すれば 準堡礁が堡礁にまで発展することは 時間の問題といえそうである。

環礁の発達 堡礁から環礁への道は 沈降を考えないと容易ではない。

堡礁に限らず サンゴ礁がある地方でも 他の地方でも 植物 特に植物プランクトンが 植物を食う動物（植食動物）に食われ その植食動物が 広義の肉食動物に食われ さらにその肉食動物も害敵の餌になる関係があるが 石灰質の部分がある生物は 石灰質の遺骸を底質の一部分に残してゆく。サンゴ礁が繁栄する地方では 特にそこに棲む生物の大部分の生活が活発であって 毎日のように 新しい遺骸が増大してゆく。その結果 モルヂブ諸島のような超大型の環礁は別として

パオラ諸島や ウエーキ島程度の大きさの島々では 礁湖が浅いことが普通である。礁湖は サンゴ礁が防壁となって 礁湖の中の底質を 外洋に運び出すことが少ない上 サンゴ礁の周辺にも 礁湖の中でも 石灰質から成る底質が造られている。サンゴ礁の周辺で生じた生物の遺骸やその破片は 外洋で波が立ったとき 礁湖と外洋とが結ばれている所では 礁湖に入ってくることもあり あるいは サンゴ礁の外側の底質になってゆくこともある。また ウエーキ島のように ほとんど砂浜で囲まれている島で サンゴ礁の周辺で形成した底質のあるものは 砂浜に打ちあげられ 小さいものならば さらに風でも運ばれることになる。この場合でも 礁湖の中に入るか サンゴ礁周辺に戻るか あるいは もっと深くにまで運ばれるかは 風の強さと方向によるものである。

いずれにせよ 生物の遺骸が 多いか少ないかの相異はあっても 礁湖を埋めてゆく底質になってゆくことに変わりはない。

堡礁の礁湖の中には 樹状サンゴが林のようにになっている所もあるが 満潮になっても水没しない海岸から潮間帯上部にかけては 砂浜が発達していることが少なくない。その砂も 生物の遺骸や破片から生じたものが主体になる。そして その砂が生成する量は サンゴ礁が物質代謝の旺盛な所だけに 千年くらいの単位をとって考えてみれば 石灰質の物質の生成は莫大なものといえる。少なくとも 小さい島をとりまいて生じた堡礁を考えると 底質で埋没して環礁になる可能性を否定できないようである。

卓礁の発達 卓礁の発達も 海面の上昇を考えずに 議論が進みにくい。まず 環礁を比較してみれば 礁

湖の出口があるC字形であろうと 礁湖が海から遮断されたO字形のタイプであろうと 堡礁と同じように サンゴ帯が外側にあつて大潮でやつと露出するくらいの位置を占め その陸側に礁原があり 礁原で砂底から砂浜に漸移する。そして 礁原の比較的サンゴ帯に近い以前の造礁サンゴなどが石灰岩になっている所 あるいはこれに類するあたりは 海が荒れると波が立つ所で 波砕帯といわれている。もしも海面が上昇して 波砕帯より内側にまで容易に波が立つならば 砂浜が安定していた状態から 侵蝕されやすい状態に変化してゆく。

環礁の中には O字形またはC字形であつた島に海進が進んで 水面下にO字形またはC字形のサンゴ帯ないし波砕帯があつて 水面上には環礁の高かつた部分だけが露出している例がある(第20図)。サンゴ帯が上に向つて延びれば ふたたび 環礁になるだろうが 海面の上昇が造礁サンゴの繁殖より速ければ あるいは波砕帯が低潮時でも水没して 残った陸地の周辺の他は 波が荒らすぎて 造礁サンゴが上に向つてあまり延びなければ 環礁の高い部分だけが残されて 準卓礁になってしまう。

外界から礁湖に通じたばかりの時は 礁湖の中に生じたプランクトンが造礁サンゴの餌になるが 海進が進めば 礁湖に沿岸水が一時的には発達しても 外洋水に駆逐されてしまうことになる。またしばらくして 沿岸水がまた一時的に発達しても 荒れた時に また 外洋水に占領されて 沿岸水がふたたび発達するまでに時間がかかる。このようにして 残った造礁サンゴは 餌になるプランクトンの供給が減少する。結局 プランクトンを養う礁湖が失われて 外洋からのプランクトンに限られてしまう。そして 堡礁が環礁になる場合とは反対に 餌が少なくなる環境になってしまう。この際 サンゴ虫の発育と 環礁の沈降との関係でふたたび環礁が生ずることもあろうし 準卓礁から卓礁に向うこともありそうである。そして さらに沈降が進行すれば 卓礁も水面下に没して サンゴ礁は完全に消え去ることになる。



第20図
ミクロネシアのパキン
準卓礁 (白井 1976)