

J.J. ライン著「バミューダ諸島とそのサンゴ礁ならびにダーウィンの沈降説に対する付言」邦訳

山田 直利¹・矢島 道子²

1. 訳出にあたって

ドイツ人地理学者ヨハネス・ユストス・ライン(1835–1918)は、プロイセン帝国(現ドイツ)ヘッセン大公国のラウンハイム・アム・マインに生まれた。ギーセン大学で言語学・地質学・数学・物理学・化学・動物学・植物学などを学び、フランクフルト・アム・マインの養護院・感化院、エストニアの騎士学校の教師などをやりながら研究を続け、1861年にはロストック大学から論文「エストニアの気候、土壤および植生について」によって学位を取得した。同年にはロンドンのキュー王立植物園および大英博物館で自然科学研究に従事し、同植物園の初代園長であったウィリアム・ジャクソン・フッカー卿(1785–1865)の紹介で、翌年から英領バミューダ諸島総督ハリー・オード卿の息子たちの家庭教師に雇用された(以上, Koch und Conrad, 2006, p. 25–30の「ライン略伝」による)。

バミューダ諸島は北米大陸から1,000 km以上も離れた北大西洋の西部に、孤立して分布する小島の集まり(第1図)であるが、サンゴ礁がそれらを環状に取り囲んでいることで知られている。ラインは、バミューダ諸島滞在期間(1862–1863)の自由な時間を使って、同諸島を隈なく調査し、同諸島およびサンゴ礁の自然地理学的および植物学的研究結果をフランクフルト・アム・マインのゼンケンベルク自然研究協会で発表した(Rein, 1870, 1873)。

Rein(1870)は、バミューダ島および同サンゴ礁の分布図(第2図)を作成するとともに、それらの生成に関する意見を表明し、ダーウィンのサンゴ礁沈降説(Darwin, 1842)に対する批判的議論に向かった(Koch und Conrad, 2006)。しかし、この意見は学会で十分に取り上げられなかつたので、1881年に改めて発表することになった。この間にラインは、プロイセン政府からの依頼による日本の産業と商業に関する調査旅行(1873–1875年)を実施し、その科学的成果が高く評価されて、マールブルグ大学の新設の地理学教授に就任していた。その頃、世界の探検航海(1872–1876)に出発していた英國海洋探査船チャレン

ジャー号は、バミューダ諸島にも寄港し、同島のサンゴ礁の研究ならびに周辺海域のドレッジ調査を行っていた(西村, 1992)。

さて、今回邦訳するのは、ベルリンの第1回ドイツ地理学者会議で発表された論文“Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe, nebst einem Nachtrage gegen die Darwin'sch Senkungstheorie”(Rein, 1881)である。その内容は、改めてバミューダ諸島とそのサンゴ礁の実態を明らかにしながら、特に環礁生成に関するダーウィンの沈降説に対する批判を正面にして、議論するものであった。

ラインは本論文の前段で、バミューダ諸島が下位のサンゴ層と上位の風成層からなり、風成層はシスターによって硬く膠結しており、諸島を取り巻くサンゴ礁の外縁には硬い風成層の名残がいくつかの岩礁として認められるとしている。一方で、同諸島の一部(アイルランド島)には、顕著な風成層が地下16 mで発見され、海水準の変動を示すものと見なされていた。

中段では、サンゴ礁の成因に関する諸説が紹介され、なかでもチャレンジャー号探査の中心メンバーであったジョン・マレイの意見(Murray, 1880), すなわち、「環礁および水中に沈下した堆(Bank)は本来海面下様々な深度に聳える火山であり、それらが海面に向かって高まる結果として、その上に生物起源の堆積物が重なり、そして最終的にはそれらの山頂にサンゴが成長した」という考えを高く評価した。

後段(「付言」という見出しが付けられており、第1回地理学者会議での発表後、著者によって急遽書き加えられたもの)では、デーナとダーウィンによるサンゴ礁沈降説は証拠に基づくものではなく、推論にすぎないことを指摘し、フォン・フリッチュによる各地質時代におけるサンゴ石灰岩の厚さがいずれも100 m以下であるとの意見を援用しながら、海底山地(海底火山あるいは古期岩類からなる深海底の台地: Bank)上の「戴冠」(深海性堆積物の堆積)および海面近くでの造礁性ポリップの活動という過程がバミューダに最もふさわしいとしている。

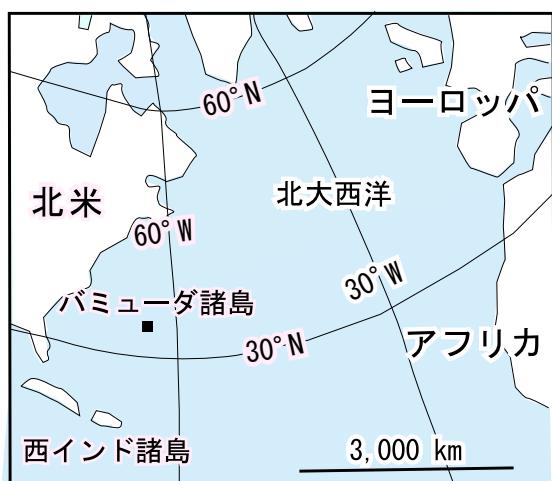
1 地質調査所(現産業技術総合研究所 地質調査総合センター)元所員

2 東京都立大学 理学部 〒192-0397 八王子市南大沢1-1

キーワード: J.J. ライン, バミューダ諸島, 大西洋, サンゴ礁, 環礁, 礁湖, 風成層, ダーウィン, 沈降説, 隆起説

ラインの上記の結論は、断面図あるいは生成モデル図などが全くないために、十分に理解できないところがある。一方、バミューダ諸島に対するダーウィンの説明(Darwin, 1842, p. 204–205)をよく読み返してみると、ダーウィンが一度もバミューダを訪れておらず、ネルソン大尉による覚書の情報のみに依存していること、そして、バミューダ諸島が環礁によく似ているけれども、それが「沈降説」によって説明されるとは書いていないことに気付く。結局、バミューダのサンゴ礁に関してダーウィンは議論をしていないので、ラインのダーウィン批判は一方的な批判に止まってしまった。現在、ダーウィンのサンゴ礁沈降説は広く受け入れられている(例えば、杉村, 2023)が、バミューダサンゴ礁に関する限り、ラインの隆起説は無視できないと思われる。なお、動植物の学名の表記については原文に従つた。

原論文には図が全く載っていないので、新たに、大西洋におけるバミューダ諸島の位置を第1図に、またRein(1870)の図版“Bermuda-Inseln”を簡略化しリライトした「バミューダ諸島およびバミューダサンゴ礁分布図」を第2図に示した。原文には「付言」以外には見出し語がないので、訳文全般にわたって見出し語を付けて、読者の理解を助けた。原文ではページごとの脚注になっている注は、まとめて原注⁽¹⁾～)として本文の終わりに置いた。訳文中の〔〕内には訳者による短い説明を入れ、そのほか別途訳注^(*)を設けて、原注の次に置いた。また、「訳出にあたって」、邦訳、原注および訳注に引用されている文献名を最後にリストアップした。



第1図 バミューダ諸島の位置図。諸資料より作成した。

2. J.J. ライン著「バミューダ諸島とそのサンゴ礁ならびにダーウィンの沈降説に対する付言」邦訳

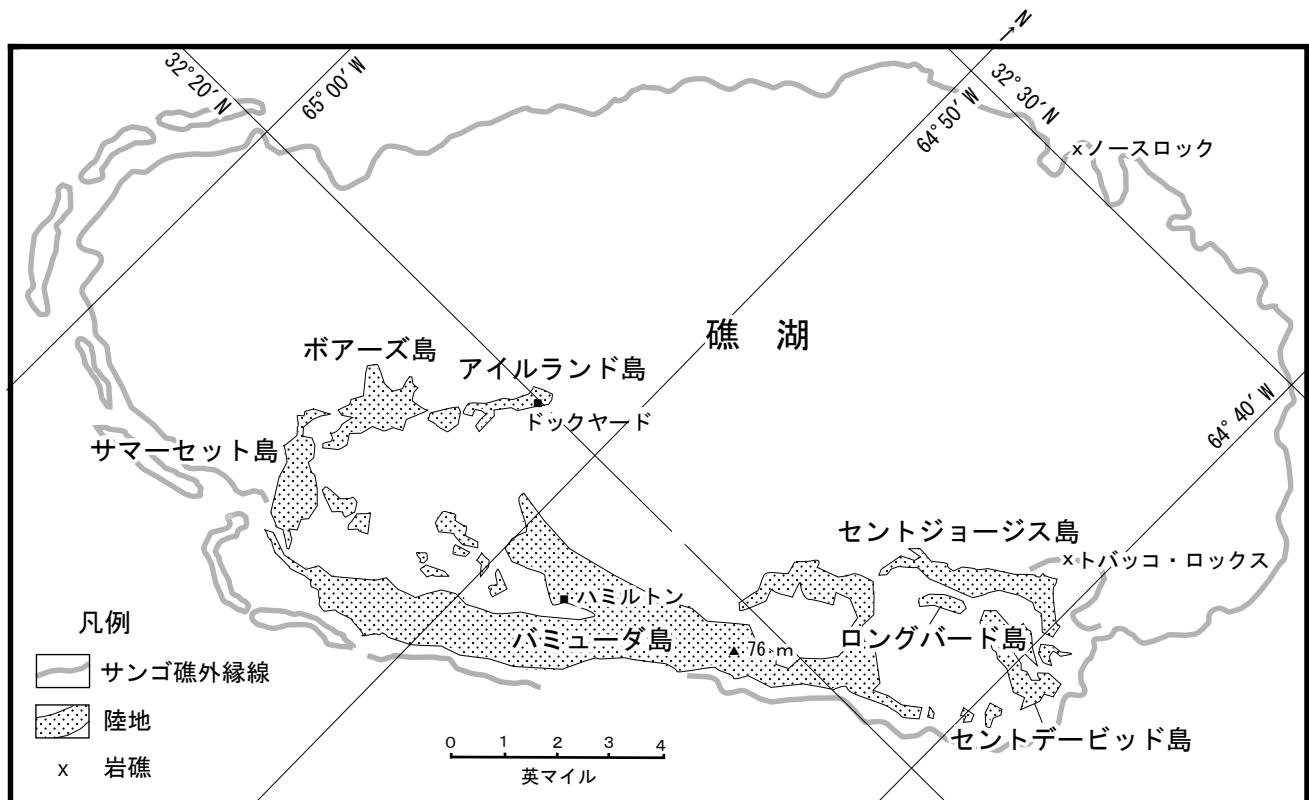
<バミューダ諸島の位置と從来の研究>

カナダ・ノヴァスコシア州ハリファックスと西インド諸島〔ヴァージン諸島〕セントトーマス港を結ぶ線のほぼ中央、北緯32°の緯線と西経65°の経線が交わるところに、バミューダ諸島という小さな島の集まりがある¹⁾(第1図)。この諸島は、最も近い陸地であるハッテラス岬〔アメリカ・ノースカロライナ州〕からでも600海里〔約1,100km〕離れており、絶海の孤島というふわしい。

バミューダ諸島は、北米大西洋沿岸都市ならびに西インド諸島の住民には、昔から良質の野菜、特にジャガイモ、トマトおよびタマネギの産地として主に知られ、またイギリス人には英米艦隊の駐屯地および冬季基地として、また貴重で高価なクズウコンの供給地として知られている。しかし、自然研究者および地理学者にとっては、この諸島は何よりも、熱帯からはるか遠く離れたサンゴ礁であることこれが興味的であった。なぜなら、バミューダ諸島のこのような状態およびその位置の孤立性が、1873年のチャレンジャー号¹⁾の何回もの探検を引き寄せ、その近海の詳細な深海探査へと導いた理由でもあったからである。

ワイヴィル・トムソン卿²⁾の著作『大西洋』[Thomson, 1877]第1巻は、バミューダ諸島についてかなり詳細な報告を載せており、その多くがよく知られていると言えよう。私の意図は、これらに関してさらに詳細に論ずることではなく、この探検の観測が、バミューダ諸島そのものに限定される限りでは、私が以前にそこで試み、1870年および1873年にフランクフルト・アム・マインのゼンケンベルク自然研究協会の年報で公表した研究[Rein, 1870, 1873]と比較すれば誰もがそれを認めるように、新知見をもたらすものではないことを強調したい。

私は、1862年および1863年の2年間のバミューダ諸島滞在期間³⁾中に、この小さな諸島をすべての方向に跋渉し、当地の自然史に精通するための機会を持った。私はその際に、バミューダ礁については、いわゆるダーウィン説[Darwin, 1842]は適切なものではないことを知り、上記の報告においてもこれに対する疑念を短い言葉で述べた。この機会に発表された私の考えは、最近でも多くのドイツの新聞で、ジョン・マレイ⁴⁾によって提出された「サンゴ礁およびサンゴ島の生成に関する新理論」[Murray, 1880のドイツ語訳]として引用されているものと要点において合致するので、私は今回の会議の機会に簡潔に論ずることにした。なぜなら、上記のゼンケンベルク協会の報告が多くの



第2図 バミューダ諸島およびバミューダサンゴ礁分布図。Rein (1870) の図版 “Bermuda-Inseln” を簡略化して示した。礁湖内にはサンゴ礁が広く分布するが、本図ではすべて省略した。

人によく知られているとは私は思っていないからである。

チャレンジャー号では、惜しくも亡くなったフォン・ヴィレモース・ズーム博士⁵が以前神戸港の船上で私に伝えた [Nauheim et al., 2021, p. 180] ように、その他のことも知られていた。しかし、マレイ氏もワイヴィル・トムソン卿も私の報告を読んでいたように思えない。

＜バミューダ諸島およびバミューダ礁の概要＞

バミューダ礁は、長さ 20 海里 [約 37 km]、幅約 10 海里 [約 18.5 km] の、北東 - 南西方向に延びた橢円形を示す [第2図]。バミューダ諸島はバミューダ礁の南側に偏って分布しており、北東 - 南西方向の緩やかな弧を描いている。島々は互いに非常に接近しており、そのため、それらのうち 5 島は道路によって相互に結ばれ、島々を隔てる狭い水路には橋が架けられている。それら 5 島は、セントジョージス島、バミューダ島または主島、サマーセット島、ボアーズ島およびアイルランド島である。これら 5 島のほかに、セントジョージス島の南東に、さらに 2 つの島、すなわちセントデービッド島およびロングバード島があり、住民が住んでいる。これらには多数の小岩礁が加わっている。面積は 1 ドイツ平方マイル [約 57 km²] もなく、14,000 人

の住民のうち半分以上は黒人および有色人である。

＜バミューダ諸島の構成物＞

バハマ諸島や太平洋—そしてインド洋—の多くの島々のように、バミューダ諸島もまた、最低海水位より下位のサンゴ層と上位の風成層から構成されている。前者 [サンゴ層] を支配したポリープ⁶の生命力および後者 [風成層] を形成した水および風の機械的作用は、いずれも今もなお活動している能力である。局地的に死滅した動物または植物の痕跡でさえ、今日まで全く発見されていないが、それらはなお発見が期待される。古い山脈構造あるいは火山生成物の痕跡はどこにも見られない。構成要素はどこでも同様であり、石灰に富む軟らかい砂丘砂から、ハンマーで叩けば鳴り烈しい磯波にも抵抗する非常に硬い岩石まである。海に生息し、石灰質または珪質の骨格を形成するほとんどすべてのものは、諸島の構成要素を提供した。すなわち、魚の遺骸、貝殻片および棘皮動物の殻、もはや個々の起源を知ることのできないサンゴの断片、珪藻および有孔虫の殻、チヨークの軟泥、石灰で被われた藻類、ならびに波によって打ち寄せられ、大抵は識別不可能な物質にまで擦り潰されたその他多くの物質が、ここにひとまず堆積した。

打ち寄せる波がこれらの構成要素を陸上に運び、陸上ではこれらは乾燥し、それから烈しい風によって吹き上げられ、空中高く内陸へ運ばれる。炭酸を含む大気中の水は部分的に石灰を溶かし、それからそれをシンターとして再び沈殿する。シンターは軟らかい物質を次第に硬く結合させ、この点に関して重要な役割を演じる。しかし、生成した岩石は大抵極めて多孔質のままであり、海綿のように雨水を吸い上げ、そしてそれを多数の小さな地下水路を通って急速に再び海へ運ぶ。

このような根拠から、多くのほかのサンゴ島が淡水の水源を全く持たないように、バミューダ人はむしろ屋根によって集められた雨水や貯水池に貯められた雨水で間に合わせているに違いない。人々はこのようなことの受け入れに容易に慣れる。人々が掘削した井戸では、地盤中に浸透した海水の上に淡水層が載り、特に長い間雨が降らない時に、それによって容易に汽水性となる。

すべての丘陵—最高地点は標高 79 m(260 フィート)および 74 m(245 フィート)—の断面は、前述の岩石や砂の鞍状および様々に屈曲した層理を示しており、それからは多数の中心点の周りに多くの物質が集積したと推定されている。このように推定された生成様式に対応して、そこには海生の化石は全く見つけられない。これに対して、ここにバラバラに露出している個々の砂層および巣〔動物の巣穴〕は、軟らかく多孔質の石灰岩層によって被われており、2 種のカタツムリの仲間(*Helix Bermudensis* Pfr.[リンゴマイマイ]と *H. Reiniana* Pfr.)のよく保存された巣で充たされていた。これらはバミューダ諸島に固有で、そのうち前者〔リンゴマイマイ〕は石の下に大量に生きているのが見られた。

サンゴ礁の北側、バミューダ島から約 8 マイル離れた 4 個の孤立岩体は注目に値する。それらは最高海水位より 3 m 高く聳え、ノースロック²⁾と呼ばれている。それらは、バミューダ諸島の比較的硬い岩石と同様に、シンターによって硬く浸透された岩石からなり、明らかにこの地点における、より大きなかつての風成の陸地形成の最後の名残である。そのほかにも、絶えず構築しまた破壊する海が、時の経つうちにバミューダ諸島を根本的に変化させる様々な徵候があるが、バミューダ諸島全体としては以前占めていたよりも面積が縮小したに違いない。

＜バミューダ諸島に見られる海水準変動＞

M. ジョーンズ³⁾が報告したように、1870 年、非常に興味深い発見が、アイルランド島においてなされた [Jones, 1870]。この時、英國製の大きな浮きドックが通常の海面

下 52 フィート[約 16 m]の深さまで岩石を破碎した。42 フィート[約 13 m]の深さでは、厚さ 2 フィート[約 60 cm]の赤色含鉄土壌層に突き当たり、同層にはバミューダ・スギ(*Juniperus Barbudensis* Griseb.)の明らかに識別可能な遺骸が見出された。類似の、しかしそれより薄い赤色含鉄土壌層には、同層に最良のクズウコンが栽培されたのに対応して、すでにかつての発掘の際に到達していたが、それがさらに注目することはなかった。

しかし、この発見は、今日の海水準がかつてより少なくとも 14 m 高いことを証明している。もしバミューダ諸島がこの量だけ隆起したと考えるならば、諸島の全面積は外縁の帶状サンゴ礁の全領域を包含するであろう。深度 52 フィート[約 16 m]までの岩石の性質は、諸島の最高地点の岩石と同様であり、若干ち密で、同じような風成層であり、石灰によって接合され、サンゴを含まない。

＜バミューダ植物の起源＞

バミューダ諸島の植物は、バハマ諸島およびこれに隣接するアメリカ合衆国南部諸州に起源を持つ。いわゆるバミューダ・スギ(*Juniperus Barbudensis* Griseb., *J. Bermudiana* L.)およびいつも一緒に出るランタナ〔原文には“Salbeistrauch”(サルビア灌木)と書かれてあるが〕(*Lantana odorata*)は、バミューダ諸島の発見の時と同じように、今日でもなお丘を被っている。盆地や小谷では、杉の林はもちろん斧や鋤によって伐採されるに違いない。ここでは可憐なスズメバト(*Chamaepelie passerina*)がヨーロッパの雑草の種子を集め、それらは耕作に繋がった。しかし、耕作されていない日当たりのよい土地には硬いメリシバ(*Stenotaphrum Americanum*)が広がり、それに *Lippia nodiflora*〔イワダレソウ〕および *Bryophyllum calycinum*〔セイロンベンケイソウ〕のような様々な後期侵入者が仲間に加わり、一方、春には狭い葉のアイリスである *Sisyrinchium Bermudianum*〔ニワゼキショウ〕の多数の紫色の花が目立っていた。

＜バミューダ諸島の海生生物群＞

私は、ここで貧弱な植物群の構成要素や、またやはり貧弱な陸上動物群の構成要素を取り上げるつもりはなく、むしろ、海とその注目すべき生物に注意を向けてたい。乾燥した大地では動植物の種数が少ないと対照的に、自然は海とその生物の中で、驚くほどの宝庫と多様性を発達させている。それら海の生物は、高い海水温とサンゴ礁をもたらしたメキシコ湾流の分流の完全な影響下にあり、それらはサンゴ礁の周りで生息し、繁栄する。この海生有機体の胚

芽は、バハマ諸島、トートウガス礁〔フロリダ半島先端の礁〕およびフロリダ海岸からの海流と共に到達したのであり、それゆえ、バミューダ諸島の海生植物群および動物群の特徴は西インド諸島北西部のそれと密接な関係がある。

＜サンゴ礁の外縁＞

いつも見られる白く泡立つ波の環は、どこでも、バミューダ諸島を取り巻く楕円形のサンゴ礁の外縁を示している。サンゴ礁は、火山錐の斜面のように、外側に向かって著しい深さまで急斜し、一方、内側ではおだやかな礁湖(Lagune)に連なる。波の活発な動きの中にのみ、十分に成長した造礁ポリープが見られる。それらは、暴風の大波が破碎して堤の内側に向かって投じたものを、ここで短い間に再び築き上げる。サンゴ礁の比較的高い外縁は多くの地点でせいぜい1 ファーデン〔約1.8 m〕の海水によって被われ、実際にそれらは引潮時には若干は海面上に頭を出す。これらサンゴ礁の多数の狭い水路は、経験ある船乗りによる大型船舶の安全な操縦を可能にするには、わずか3 ファーデン〔約5 m〕でも十分に広く、かつ深い。この理由から、サンゴ礁はバミューダ諸島にとって重要な天然の要塞であり、その内側では英國艦隊がいつでも安全に碇泊することができる。

＜サンゴ礁の構成物＞

バミューダ諸島には、〔イシサンゴの仲間である〕*Madrepora*, *Cladocora* および *Astrangia* のような、西インド諸島を含む熱帯の大型サンゴ礁構成物が欠けている。その代わりに、多くの〔サンゴの仲間である〕*Oculina*, 特に *Oculina diffusa*, さらに *Astrea* [マルメキクメイシ属] *radians*, そして *Diploria cerebriformis*, *Sympyllia* [ダイノウサンゴ属] *dipsacea*, *Porites* [ハマサンゴ属] *clavaria* が多量に、そして立派に発達しているのが見られ、例えば、*Diploria* [ノウサンゴ属] *cerebriformis* (いわゆる脳石⁷⁾) は直径2~3 フィート [60~90 cm] の半球状の集団の中に普通に見られる。しかし、重要なことに、それらすべては、今日では腔腸動物と見なされ、バミューダ礁を主として構成する *Millepora* [アナサンゴモドキ属] *alcicornis* および *M. ramosa* [現在は腔腸動物と見なされているが、サンゴ礁でごく普通に認められることから、造礁サンゴに含められている] に対して貧弱である。

しかし、以上述べた種のすべてならびにそのほかの様々な種は、単にサンゴ礁外縁のみでなく、礁湖の中でも見出されており、礁湖ではそれらは、一部は *Porites*, *Diploria* および *Sympyllia* のように孤立的に出現し、一

部は *Millepora* および *Oculina* のように 1~8 ファーデン〔約2~14 m〕の水深に生じている。

これらすべてのうち、*Porites clavaria* は最も抵抗力が強いように見える。この種は浅い海岸の泥質の海底においてもなお生息し、そこでは濁った海水がすべての他の種の存在を不可能にしている。類似の観察は、その他の *Porites* 種のサンゴ海、すなわちフィジー諸島で、デーナによりすでにされている。

＜礁湖の環境＞

さて、サンゴ礁の内側には平均的深さ 5~6 ファーデン〔約9~16 m〕の壮大な礁湖が広がっている。礁湖の水は、通常は、広大な静けさ、異常なほどの透明さ、そして見事な緑色を示す。しかし、ハリケーン(回転する暴風)が礁湖に打ち寄せ、海底のチョークの泥を掘り起こすと、礁湖は煮立った牛乳のように見える。

船舶のマストあるいは近接する丘陵の頂上から礁湖を眺めると、様々な形や大きさの多数の褐色の斑点および帶に気が付くだろう。それらは、澄み切っている空で太陽によって照らされた離れ離れの雲が滑らかな水面に作りだした褐色および紫色の影のように、エメラルド・グリーンの水域から際立っている。礁湖の平滑な鏡面上のこの褐色の影は、より小さなサンゴ礁によって引き起こされたものであり、それは最も低い海水準にまで隆起して表面で死滅し⁴⁾、植物学者や動物学者に興味を持たれた。

それは大きな海底庭園の苗床であり、その上では、*Rhipidigorgia* [現在は *Gorgonia*] *flabellum*, *Plexaura crassa* [現在では *Pseudoplexaura flagellosa*] および *Pterogorgia americana* を伴う *Pl. flexuosa* のような、様々な色の大型灌木サンゴ(*Gorgoniacea*)〔ヤギの仲間〕が灌木を、*Caulerpa* [イワズタ属] のようなオリーブ色、褐色、赤色および可憐な緑色の海藻がシバを作り、そして様々な色の魚類、貝、ウニおよびその他の動物が、彼らの餌取り場、運動する場および隠れ場を〔そこに〕見出す。

＜造礁サンゴの生成条件＞

造礁サンゴ類は経験的に、年間の海の平均的温度が少なくとも 20 °C で、活発な波の打ち寄せが起き、そして海水が透明であるところでのみ存在することができる。この第1および第2の条件は、その存在を本質的に熱帯および約30 ファーデン〔約50 m〕の深さまでの最上部の海の帶に限定している。しかし、第3の条件〔透明度〕は〔造礁サンゴ類の〕河口前および大抵の平らな海岸への移住を不可能にする。なぜなら、ここでは水中の塩分の少なさ、供給され

た岩屑および波の打ち寄せによって掻き立てられた泥が、それらの命を絶つからである。

サイクロンがサンゴ海、特に浅い礁湖の水を海底までかき混ぜ、そこに堆積していた灰白色のチョークの泥を乳のように濁らせ、そして後に、生きているポリップの上に沈殿させる時には、単に大抵の個体またはばらばらの塊として表れる種類のみでなく、サンゴ礁の全域でも死滅し、そして他の動物、例えば *Nullipora* [かつてはサンゴモの属の1つとして使っていた属] や *Vermetus* [ムカデガイ属の仲間] ならびにポリップ塊の死滅した表面の藻類もまた移住する。けれども、近くにお生きているサンゴ類の活動は、木の瘤が新しい樹皮によって再び被われることがあるように、しばしば、その箇所を被い、蘇生させることを可能にする。私はこの現象をバミューダ諸島において多くの地点で観察することができた。

熱帯の海では非常にしばしば、造礁サンゴの存在に関する3つの上記の基礎条件が成り立ち、そして、その上にサンゴ礁は認められないけれども、1～20 ファーデン [約2～40 m] の深さで硬い基盤が見られる。したがって、造礁サンゴの存在は、今日まで観察および知識に達していないなお多くの要素に依存しているに違いない。

<サンゴ礁の成因に関する諸説>

私は、サンゴ礁の成因に関する旧来の見解のうち、最も注目すべきもののみについて触れておきたい。それは、サンゴ礁の構造を海底の証拠から推定したフォルスター⁸の見解 [Forster, 1778] およびサンゴ諸島・サンゴ礁を海底山地上の「戴冠」(Krönung) として説明し、特に環状に閉じた環礁(Atoll)を海底に沈んだ火口縁上の「花環」(Kranz)と見なしたシャミッソ⁹ [Chamisso et Eysenhardt, 1821] とビーチー¹⁰の見解 [Beechey, 1831] である。

フォルスターの見解は、太平洋におけるドウモント・ドアービル¹¹の探検時のクア¹²とカイマール¹³の正確な観察 [Quoy et Gaimard, 1825] ならびに紅海に生きているサンゴ礁に関する後のエーレンベルク¹⁴の研究 [Ehrenberg, 1834] が、どこでも浅い水深 [のサンゴ礁] しか示さなかつたので、支持することはできなかった。

しかし、シャミッソとビーチーがサンゴ礁の成因に関して行った説明は、周知のように、一見単純、明快なダーウィンの沈降説—この説のために原著者 [ダーウィン] は、ビーグル号世界周航の期間に、特にインド洋の小キーリング諸島およびココス諸島を徹底的に調査して、資料を収集した—によって否定された。

チャレンジャー号探検隊の自然研究者の1人であった

ジョン・マレイ⁵は、正当にも、ダーウィン説が、主として2つの事実、すなわち、造礁サンゴ動物は経験的に20～30 ファーデン [約36～55 m] より深い水深では生きられないという生理学的事実および、大地は常に緩慢な隆起・沈降、簡単にいえば、永年運動の中に置かれているという物理的事実に基づいていると述べている [Murray, 1880]。

南太平洋のサンゴ礁に関する基礎的研究者の1人であり、著名な北アメリカの鉱物学者、地質学者であるデーナ¹⁵は、彼の著作『サンゴとサンゴ諸島』[Dana, 1875] の中でダーウィン説を支持し、それによりダーウィン説の支配を論証することに大きく貢献した。

サンゴ礁およびサンゴ島の生成に関するダーウィン説によれば、何よりもまず裾礁(fringing reef) (裾礁または磯礁) が生じ、その時、造礁サンゴ動物自身は、上述の基礎的条件に従って可能である限り、海岸の周囲の浅瀬に移住する。今や島あるいは大陸の海岸がゆっくりと沈降する程度に、サンゴ礁は上方に向かって成長し(海流に流された側では餌の不足により幅が狭くなる)，そして、サンゴ礁と海岸の間の海の隙間は広く、かつ深くなり、結果としてこの隙間は最後には幅広い航行可能な水路となる。この段階では、サンゴ構築物はダーウィンに従って堡礁(barrier-reef) (堤礁または壁礁) と命名される。この過程、すなわち、島のゆっくりとした沈降および進行するサンゴ構築物成長のさらなる継続に関しては、以前の島が海面下に没し、その場所に、環礁という名前のサンゴ礁に囲まれて礁湖が出現するような状況が最後には生ずる。発達のさらなる経過の中で、上述の海や風の活動によってサンゴ礁の場所は被われ、その上に低いサンゴ諸島が高まることになる。それに引き続く地下の地盤の隆起もまた島を出現させる方向に作用する。

そこまでは大体においてダーウィン説はうまく行っている。それをバミューダ諸島に適用する時、その橿円形のサンゴ礁は環礁のように見える。周辺の海底の調査によれば、環礁は礁湖によって海底の山頂を被っている。山頂は深海海底からほとんどモンブランの高さにまで陥しく聳え、その地質学的状態について我々は多くを知っている。それは、東大西洋の諸島 [カナリア諸島など] の山頂のように火山性であるかもしれない、あるいは大西洋のセントポール岩礁 [中央海嶺上の岩礁群] のように古期の結晶質岩石から構成されているかもしれない。造礁性ポリップが山頂上で生み出した被いがどれくらいの厚さであったのかは、同じように不明である。バミューダ諸島あるいは同礁湖のある地点でサンゴ礁内部を2つの方向に向かってボーリングすれば、期待された情報を得ることができるだろう。

我々はここで、すでに引用したマレイの論説 [Murray, 1880] に戻る。この著者は、C. ゼンパー教授^{*16}がパラオ諸島のサンゴ礁の調査⁶⁾ [Semper, 1863] の際に、観察した現象にダーウィン説を適用するにあたって、いかに大きな困難に陥ったか、そしてチャレンジャー号が訪れたサンゴ礁海域でも類似の困難と疑惑が彼[マレイ]に生じたかを力説した。彼の論説の目的は、第 1 に、造礁性サンゴ類は 30 ~ 40 ファーデン [約 54 ~ 72 m] より深い水深では生きられない—それは一般に真実と思われている—が、大洋の熱帯地方では他の力が働いていて、それによってずっと深い水深からの海底隆起が生じ、サンゴ礁の基礎を作ったであろうこと、第 2 に、地球の表層部は新しい地質時代に多くの変動を経験したことが承認される一方で、しかし、サンゴ礁およびサンゴ諸島のすべての主要特性は、大規模で全般的な沈降に助けを借りなくとも説明できることを示す点にあるだろう。

これに続く、我々にとって興味ある事実が、以下の訳文 [Murray, 1880 のドイツ語訳] の中に記されている。

1) 「環礁は最初に火山性山地の上に載っているのであって、しばしば想定されるように、水中に沈下した大陸の上に載っているのではないということが、すべての根拠から承認される。」

2) 「いかにして、海面下、いわば半英マイル [約 800 m] の海底の山が、造礁サンゴが生息できる海面近くまで十分に構築され得るかをはっきりと理解するためには、熱帯地方の深海動物群および植物群を注意深く観察することが必要である。」

3) 「これらの環礁および水中に沈下した堆 (Bank) が、本来は海面下様々な深度に聳える火山であり、それらが海面向かって高まる結果として、その上にさらに生物起源の堆積物が重なり、そして最終的にはそれらの山頂にサンゴが成長したと見なすことは、極めて自然に即した見解である。」

私はここで、関連する多くの指標が示すように、バミューダ諸島がダーウィンの沈降説では説明できないことを力説せねばならない。そしてさらに、すでに 11 年前、1870 年のゼンケンベルク自然研究協会の年報に発表した「バミューダ諸島の自然地理に関する報告」 [Rein, 1870] という論文から以下の箇所を引用したいと思う。

同年報の 158 ページにはこう書かれている。

「トロール網を用いた海底探査は、フォーブス^{*17}、サー・シュー^{*18}、カーペンター^{*19}、そして特にフォン・プルタレス伯^{*20}によって実施された探査のように、サンゴ礁形成に関して全く新しい視点を生み出した。」

「今日では、人類が到達したすべての水深で活発な動物が生息していること、そして、多数のサンゴ類、貝殻、棘皮動物殻の碎屑物からなる硬い礫岩の厚層が砂やチョークの泥と混ざり、より深い海底から積み上げられていることが、知られている。」

「ここで我々が、バミューダ諸島の生成に際して海底山地または海底丘陵(なぜならそれらの高地にはほとんど堆積しないから)を認めることを妨げているものは何か。 [これらの海底山地・丘陵は] セントポール岩礁あるいはカナリア諸島およびカーボベルデ諸島の基盤のように古い地質年代の岩石からなる可能性があり、そしてこれらを硬い基盤としてその上に類似の群体が移住し、さらにその上に、プルタレスがフロリダ礁近くの 90 ~ 300 ファーデン [約 150 ~ 540 m] の水深で発見したものと同じような地層を形成した—この知識は L. アガシーによって正当にも学問に対する最も重要な成果と呼ばれている。 大深度で生きているこれらの動物種は、引き続く活動によって、幾世代もの生存と死滅 [の痕跡] が見出された土台を、それらが海面に近づくまで構築を続けたので、最後にはより大きなサンゴ生成者が現われて、構築を続け、そしてサンゴ礁を生み出した。」

これらの文章には、誰もが容易に認めるように、いわゆるマレイ説の根本思想が含まれている。私が 12 年も前に書き留めたように、深海調査はまず、海面上で生き死にするグロビゲリナの顕微鏡的サイズの石灰質殻の長雨の沈降物から始められた。これらおよびそのほかの石灰質殻がかなりの水深の炭酸水により溶解することは、全く予想されなかった。造礁ポリープの必要食餌量はまだ十分に究明されなかったが、それから、また海流の方向からサンゴ礁の形態および広がりに関して明らかになるすべての結果がさらに引用された。

マレイはこの点に関して、豊富な観察資料に恵まれていて、そしてその一部を十分に利用した。サンゴ礁が海底火山の上に載っているという彼の仮定では、彼はシャミッソーの見解に立ち返り、そして私の意見そのものを再び限られた立場で受け入れている。

これに対して私は、海水の温度・透明度および打ち寄せる波による食餌供給に関する発生ポリープの移住に関する基礎条件、ならびに硬い基盤が与えられたところでは、サンゴ礁はどこでも生成可能であるという考えを堅持したい。今では、この基盤は沈水した海岸あるいは海底地盤の隆起かもしれないし、あるいは海底の火山性、有機物性あるいは他の營力に帰せられるかもしれない。

付 言

私はヴェネチアの地理学者会議の期間に急に本題に立ち帰る新たな動機を見出したが、その時には、ベルリンで開かれた第1回地質学者会議の際に私が用意した講演に関する上記の要約[前項の最後の数行:アンダーライン部分]は、すでに印刷に回されていた。

ジュネヴァのイッセル教授は、ヴェネチアの会議に、永年運動に関する興味深く入念に作成された講演を用意しており、彼はそれを世界地図上で、隆起現象を示す海岸を赤色に、沈降が認められる海岸を青色に表現した。私は、熱帯地方内部の多くの認定された沈降に関しては、彼が他の研究者と同様に、サンゴ礁の起源に関するダーウィン説に従ったこと、そして観察された事実によってそれを行つたのではないと判断し、これに対して私の有効な反論を主張した。この主張は、特にこれに大きな関心を持つドーブレラの出席していた地質学者によって受け入れられたのであった。

私がここでダーウィンの沈降説に反対する根拠を簡潔に説明することは、いま私にとって、私および他の研究者に対する義務であるように思われる。

<デーナの見解>

デーナは、サンゴ礁地帯における海岸の沈降の証拠として、ダーウィンと同様に、何よりも、島とその堡礁の間の幅広く深い水路ならびに礁湖一諸島または環礁の存在を観察した。デーナとダーウィンがここで私の見解に対して犯している大きな誤りは、彼らが1つの可能性または、いわば我々自身の確からしさを、事実のように扱っていること、そして彼らはまず理論を立て、それからこれによって沈降の存在を実証しようとしている。彼らはサンゴ礁沈降の実際の観察から理論へ逆戻りしてしまったのだった。しかし、彼らはこのような直接的証拠をどこへも提出することはできず、逆に、サンゴ海内部の隆起現象に対する証拠は少なからず存在している⁷⁾。堡礁と海岸の間の深い水路ならびに環礁の成因を沈降によって説明するために、彼らは上記の両形式[深い水路と環礁]が多数出現することから逆に、海岸の広範囲の沈降運動および沈降による多くの島々の海中への埋没を推論している。彼らは同様な思考をさらに進めて、種々のサンゴ礁の厚さ、あるいは垂直方向のそれらの厚さの計算へと進む。

デーナは(ダーウィンも)、沈水した斜面の傾斜角は一般に近接する海岸の傾斜角に一致するという見解から出発して、その斜面の角度およびサンゴ礁の海岸からの距離か

らサンゴ礁の厚さを計算した。彼は、8°の傾斜の際に海岸から1マイル離れたサンゴ礁の厚さは740英フィート[約230m]になるべきであることを認め、それゆえ、ガンビア諸島[南太平洋ポリネシア]の外縁礁の厚さを1,750フィート[約530m](ダーウィンは2,000フィート[約610m]も)に、タヒチ島のサンゴ礁の厚さを250フィート[約500m]に、ウポル島[サモア諸島]のサンゴ礁の厚さを260フィート[約80m]に決定した。「ヴィティ[斐ジー諸島の主島]サンゴ礁の多くは、同じ原理に従えば、厚さ2,000フィートより小さくないだろう⁸⁾」[Dana, 1875]。これによつて、海岸の沈降も少なくとも同程度に認められねばならなかつた。

しかし、ノルウェー海岸で検証された隆起に対応して、熱帯の海岸が後氷期にわずか約200mゆっくりと沈下し、沈降運動の初期にはすでに造礁サンゴの移住が始まり、そして、理論の主張者がこれを認めるように、サンゴ礁構築が沈降と同じ速さで保持されたと仮定すれば、サンゴ礁は少なくとも200mの厚さを示さなければならない。

今日では測錘によって堡礁および環礁の外側の地盤のかなり急な低下および急激な移行がかなりの水深まで発見されているが、実際には完新世のサンゴ礁の厚さはまだどこでも測定されていない。それはまた実測値と隔たつた多くの理論上あるいは計算上の厚さに匹敵したであろう。多分最初に試みられてこれを明るみに出した環礁内部の試錐は、私の知る限りでは、これまで海面下16m以深では実施されたことがなく、それゆえに十分なものではなかった。

<地質時代のサンゴ礁の厚さに関するフリッチュの見解>

近世またはより古い地質時代に現代の海平面よりも上に隆起したサンゴ礁の容易に測定できる厚さを、海底サンゴ礁の推定された厚さと比較することは、私にとって重要な思われ、またそれに対する私の知識と観察は十分ではないので、私は、それを1人の地質学者、私の友人であるハレ[大学]のフライヘルン・フォン・フリッチュ教授²¹にお願いすることにした。私はすべての問題において彼から多くの刺激を受けており、彼の興味ある地質学的記述を以下の文章の中で追って行きたいと思う。

デーナは、サンゴおよびサンゴ諸島に関して繰り返し引用された著作の中で、南太平洋の新期の火山活動によって隆起した多くのサンゴ礁を列挙している。それらの厚さの測定も大抵は行われなかつたが、それらはすべての場合に100mよりずっと小さく、多くの場合には6~7mに止まることが知られている。

[以下、フリッチュの意見]

「しかし、ヨーロッパおよびその他の調査地域の有名なサンゴ石灰岩体もまた、全く同様に、サンゴ諸島に対して通常認められる厚さに及ばない。私は、ほとんどすべて太古の群生サンゴからなる地層が大抵は 100 m よりずっと小さい厚さしか持たないことを知っている。

以下の事項が考慮されている：

- 1) しかし、私がプレヴェン〔ブルガリア〕で斜面の非常に目立つテラスに露出しているのを見た中新世のサンゴ堆は、実はわずか 10 m の厚さしかないよう見えた。マデイラ諸島〔ポルトガル領〕のサンヴィンセンテの中新世のサンゴ堆もまた辛うじて 20 m の厚さしかない。この地層の異なった統に属する漸新世のサンゴ石灰岩、例えばヴィッテンツア〔イタリアヴェネト州〕では、最大 20 m の厚さに描かれている。
- 2) アルプス山脈南斜面の始新世のサンゴ石灰岩は、25 m 以下の厚さの堆を作っているであろう。ボルネオの貨幣石灰岩およびスマトラの類似の堆積物の全層厚は 100 m 以下に過ぎず、そして個々の部分(Partie) および層(Lage)あるいは堆(Bank)のみが真のサンゴ石灰岩からなる。
- 3) 造礁物に倣する白亜紀サンゴは様々な地域に累積している。マーストリヒト〔オランダ〕近くの、いわゆるペテルスブルク石灰岩〔原文では Kalkfuffs〕の一部であるファクゼ石灰岩、プロヴァンス〔フランス〕のゴーサウ層およびそれに相当するサンゴ層は、フランツ・トゥラ²² および私によって観察されたもので、真のサンゴ堆は最大 20 m の厚さしかないと記憶している。私はまた、バルカン山脈北斜面のウルゴニアンーアプティアン階〔前期白亜紀〕の「カプロティーネン石灰岩」や、似たような種類の南フランスの地層などを記憶している。
- 4) ジュラ紀のサンゴは、特にマルムでずっと以前から造礁性のものとして知られている。しかし、ナットハイム〔ドイツ〕でも、他のシュヴァーベンおよびスイス地方でも、ロレーヌ〔フランス〕も、ハノーファーも、イギリスのサンゴ石灰岩もまた、より若い地層よりも大きな厚さには達していない。
- 5) 三疊紀石灰岩、特にダッハシュタイン階〔三疊紀後期〕の石灰岩は、時にはサンゴ石灰岩として出現するが、同時にまた、明らかに花虫類遺骸からなるこの地層は、それらの堆の全層厚が 30 m 以下である。
- 6) 石炭紀の石灰岩ならびにデボン紀およびシルル紀の石灰岩は、四放サンゴ類、ファボシテスなどからなる古生代サンゴ石灰岩によく類似している。アイフェルのサンゴ石灰岩、ハルツの石灰岩、ゴットランドの石灰

岩および我々がモロッコのアルディセチューゲルで発見した石灰岩は、どれも厚さ 20 m に達しない。もちろん時には、薄い中間層によって分けられた多くの堆が重なり合っているのが見られる。しかし、その時でもサンゴ石灰岩コンプレックスは厚さ 100 m 以下に止まる。

デーナは現に、石灰岩体(および時々産出するドロマイド)の大部分が、造礁作用の際に無化石岩に成り得ることを示した。しかし、長距離を運ばれる時にサンゴの破片が完全には保存されず、例えは他の岩石が近くに存在する時に、サンゴおよび貝殻などの物質の円磨された破片からなる細粒礫岩(あるいは全く細粒の砂も)生ずるに違いないことを特に考慮するならば、サンゴ石灰岩はサンゴ礁のかつての厚さの拠り所として見なし得るであろう。

サンゴの樹幹のかけらが、サンゴ堆の化石に大抵見出されるすべての遠隔的性質を失うことなしに、海岸からわずか 1 km 離れたところへ運ばれ得ることを認める時には、我々はすでに許される最大限を超てしまっている。しかし、サンゴ石灰岩がそのようなものとして、かつてのサンゴ礁—その中で周囲の石灰岩と結合することが可能であった—からすべての側に 1 km も広がれば、サンゴ石灰岩の厚さは常におよそかつてのサンゴ礁の厚さに対応しているに違いない。いくらか広がったサンゴ礁での仮の計算の試みによれば、それは古いサンゴ礁の高さの 0.6 ~ 0.8 倍になる。

多くのサンゴ石灰岩堆は相互に重なり合っているので、これらは多分 1 つのサンゴ礁に属している可能性があるが、それに対する地質学的・古生物学的根拠は、通常、ブルガリアの下部白亜系石灰岩の場合などのように、必ずしもその可能性に有利ではなく、むしろサンゴ礁の繰り返された再生に有利である。

デーナもまた、現在のサンゴ礁の大きな厚さが推定されている根拠がいかに薄弱であるかを、サンゴ礁の基盤を構成する島々の傾斜による計算から、確かに示したが、このことは今もなお強調されなければならない。それゆえ、古い基盤山地が今なお海底の山頂を作っていることは、特に、多くの山頂を持つガンビア諸島〔南太平洋ポリネシア〕で非常に確からしいものになっている。

太平洋地域における沈降について私は、通常示されるような厚いサンゴ構成層はないと信じている。そして、南チロルのドロマイド礁も私は同様に考えているが、この造礁性サンゴについてはこれまで詳しく知られていない。このドロマイドが三疊紀に(多くは別々に)に生じたことはまさに以下に示されている」(フォン・フリッキュ)。

<私の見解>

海岸と外縁礁の間の浅海域では、支配的な流れは、陸上を流れる淡水に類似した方式で、海底の地盤に浸食的に作用することはできないのだろうか？この方式では、海岸とそれに隣接するサンゴ礁の間のあれこれの深い水路は、存在しないだろうか？さらに、非常に起伏に富む地勢の島の場合、それらの海岸の斜面が同じように海面下に続くことが認められるだろうか、あるいはここでもまた海底の起伏が、そのまま残されている時、深い鞍部や褶曲を示すことが、かえって本当らしくないだろうか？そのように問い合わせる時、結局多くの裾礁と海岸の間の深さ 15～40 ファーデン [約 27～72 m] の水路の現象を、沈降説のみが説明できるということは、かなり奇異なことなのか？

沈降説の正当性に関する最初でかつ非常に注目すべき疑問は、ゼンパーが表明した [Semper, 1863, 1869]。彼は、パラオ諸島を研究した際に、この諸島の北部に、小区域ではあるが、最近の隆起現象および様々な種類のサンゴ礁を見たが、それらの現象は、彼の見解によれば、ダーウィン説によって説明することは不可能である⁹⁾。

造礁性サンゴの毎年の成長に関する今日までの局地的でかなり矛盾した観察からは、それは種類と所在に従って非常に様々であり、多くのイシサンゴおよび *Oculina* の場合、非常に好適な環境下では、例えば垂直方向に年 3.5 インチ [約 8.9 cm] の値を持つことのみが結論されているにすぎない。デーナは「これに関しても不確定性がいかに大きいか」、「しかし、サンゴ礁がその高さあるいは広がりを極めてゆっくりと増大させていくことは明らかである。」と言っている。それから彼は、厚さ 5 フィート [約 1.5 m] のサンゴ礁の生成には、1,000 年間、毎年 1/6 フィート [約 5 cm] の増大が必要だろうと計算している。

これ以後、近年造られたサンゴ礁の年代に関する確実な結論は、これが海に生息していた絶滅種を伴う様々な地層の化石サンゴ礁の際にはほとんど不可能であるように、決して引き出すことはできないので、その物理的性質は我々にそれほど未知なのか？それゆえ、サンゴ礁の成長に関する地質学的時間評価が、年に 1/6 フィート [約 5 cm] または 1/1 フィート [約 30 cm] という非常に疑わしい結果を与えるに違いないことは明らかである。

ダーウィンは、火口縁上の環礁の生成があり得るし、そして多分存在することを否定していない。同様に彼は、個々に存在する堆の上に成長するサンゴ礁には、環礁に似た生成が辛うじて認められるとしている。

「それゆえ、深海中に水没した、切り立った側面および平らな表面を持つ堆の数ファーデンの厚さのサンゴが成長

する時には、環礁とは区別できないサンゴ礁が生成するかもしれない。」

「しかし、この見解によれば、それぞれの個々の場合に基盤が平らな堆からなることが認められねばならない。なぜなら、それらが山体のように円錐状に形成されたら、我々はなにゆえサンゴが中央部および最高部から成長しないで、側方から成長しなければならないのかという証拠を見出すことができない」(Darwin, 1842, p. 89)。

土台が造礁サンゴの移住に適している水深の直線状の堆であり、一側面が他の側面より強い大洋の波の打ち寄せがあると仮定すれば、どう見てもこの側面へのサンゴ動物の移住の可能性が、他の側面に向かうより、そしてそこに多分礁が孤立して存在するより、高い程度に与えられるだろう。これに対して、堆の方向の支配的波が両側からの波および餌を同様な仕方で供給するならば、サンゴ礁はあらゆる方向に発達し、そして同時に両側のサンゴ礁の風上側への結合が起こるだろう。決定的因素は一般に餌の供給である。この、ほぼ馬蹄形から輪状に閉じた礁湖までの形成については、さらなる進展はないだろう。

ダーウィン自身は、卵型および円形の環礁を単に線状のサンゴ礁の変形と見なしている。彼はさらに、貿易風にさらされる環礁グループでは、礁湖の中の船舶水路はほとんどいつも風下側か、あるいは貿易風にさらされていない側にあること、あるいはこれら水路はここでは全く見られないことを強調している。この事実は上記の説明と調和しているように見える。

それでもかかわらず、ダーウィンは彼の沈降説に固執したが、それはなぜかというと、彼自身は、多数の海底の山および堆が存在し、それから多くの環礁の起源を導き出すことができるとは考えなかったからである。

しかし、マレイが強調するように、チャレンジャー号およびタスカローラ号²³による海底の新しい系統的な探査—我々はまたこれらと同等のガツェーレ²⁴の業績も忘れてはならない—は、海面下 2,500～3,000 ファーデン [約 4,500～4,800 m] から数百ファーデンの深さにまで聳える多くの海底の高地を明らかにした。それらの高地が、マレイの言うようにすべて火山性でなければならないことは私には自明ではないが、ここではそれらの地質学的性質をさらに考察することはない。

私にとってより重要なのは、それらがグロビゲリナ軟泥および翼足類軟泥に被われること、ならびに「浅い水深で急速に死滅した珪藻殻および石灰殻がその上に堆積している事実である。このような堆積物が、造礁性サンゴの基盤として役立つほど十分に高く海面に現われるよりずっと前

に、それらは堆を造り、その上に多くの種類の有孔虫、海綿、腔腸動物、深海性サンゴ、環形動物、ウミトサカ類〔八放サンゴ〕、軟体動物、コケムシ類、棘皮動物などが成長する。そのように海底の山は次第に発達して、その上には最終的に造礁性サンゴの脚が根着き、そして環礁を造ることができる」〔Murray, 1880〕。

すでに以前に述べられたように、バミューダ諸島の大きな礁湖の中の多数の小さなサンゴ礁は、厚い外縁礁と同じ種類から構成されている。これと類似のことをデーナは南太平洋の様々な環礁の内部で認めた。しかし、小さな礁湖の存在と成長が、何よりも大きな外縁礁中の開かれた水路による食餌輸送に依存していることは、疑いを容れない。後者〔水路〕が多数存在すればするほど、それによって公海の食餌輸送水は自由に礁湖の中に入り込み、造礁性ポリップはここで容易に成長する。これに対して、この水路が塞がれるところでは、高潮が碎屑物と泥を礁湖のサンゴ礁の上に投げるところと同様に、死がやって来る。

それゆえデーナは、ホンデン島(仏領ポリネシア、パウモツ)の礁湖でただ1つ生きている種類のサンゴを発見し、そして、海との接合が不完全であったため、すべての他の種類が消滅しただろうと述べた。しかし、閉ざされた礁湖でもまた、食餌輸送および清澄な水のほかに、温度と塩分の著しい変化がポリップ群体の生死を決することが可能である。

サンゴ礁の形態は、特に基盤の状態および食餌輸送の海流に依存している。環礁は、縁辺群体がより多く優先される結果として、より小さなサンゴ礁に覆われた表面から徐々に発達するが、これがすなわち弧状の山稜(火口縁あるいはその他の種類)を造礁者の移住のために提供する時には、それもまた地盤の形から直接に生ずるのである。

私は結論として、以下の文章において、前記の議論の主要点をもう一度総括したい。

- 1) サンゴ礁地域内部の著しい沈降の仮定は、推定に基づくものであり、正確な観察によって支えられていない。それに基づいて計算された新期サンゴ礁の大きな厚さは虚妄であり、なんら実際の測定によって検証されていない。
- 2) サンゴ礁のすべての形態の産状および狭い地域内での最近の隆起現象は、ゼンパーがバラオ諸島北クループに関して示し、南太平洋のその他の地域でも十分に確かめられたように、ダーウィンの沈降説では説明できない。
- 3) いかなる地層にも、新期海底サンゴ礁に対して沈降説の信奉者によって認められ、計算されるような、おお

まかな厚さのサンゴ礁は存在しない。それゆえに、後者〔新期海底サンゴ礁〕の厚さは、第三紀およびそれより古い地質時代のサンゴ礁の厚さをおそらく超えることなく、これらと同様に 100 m よりずっと少ない値に留まるだろうと結論される。

- 4) [サンゴ礁の] 出現と特徴は、著しい沈降を承認することなしに説明される。なぜなら、同じものを海底山地の「戴冠」〔海底山地の埋積〕と見なすことは、より単純で自然だからである。これは個々の場合には絶えず埋積される島々であるかもしれないが、その多くは火山活動によって、あるいは他の方式によって、聳え立っているのであり、そしてその山頂は最後には動物・植物の遺骸の構築によって海面近くまで到達し、そこではそれから、造礁性ポリップが仕事を始めたということが、より本当らしい。
- 5) [サンゴ] 礁、特に環礁の形は、まず第1に、基盤の形および食餌輸送の種類に依存する。この2つの基本要素の導入は、島々の沈降〔という考え方〕を導入するよりも、単純であり、自然である。
- 6) 今日までサンゴ礁で観察された成長現象は、サンゴ礁の成長期間の算出のための地質学的時間標準として役立つものではない。

原注

- ① バミューダ諸島の地理的位置は、サンゴ礁を加えると、より正確に、北緯 $32^{\circ} 13' 30''$ ~ $32^{\circ} 30' 40''$ 、西經 $64^{\circ} 37' 25''$ ~ $65^{\circ} 2' 20''$ となる。バミューダの公式名称は、より正確にはBermudasであるが、発見者のスペイン人によれば、Juan Bermudezである。
- ② フランスの海図ではこの地点は「小バミューダ」と記されている。
- ③ Matthew Jones (1870) : The visitor's guide to Bermuda. London, Reeves & Turner.
- ④ 生きているサンゴ礁は、非常に凹凸のある表面およびすべての方向に向いた孔と空洞を示す。サンゴが死滅すると、表面の凹凸はその上に堆積した岩屑によってさらに平滑化され、空洞と管は充填される。浸透する水から沈殿した石灰質センターは、初めは軟らかかった物質と固着したポリップ塊を接合させて、硬い岩石へとさらに変化させる。
- ⑤ "The structure and origin of Coral Reefs and Islands" (エジンバラ王立協会においてジョン・マレイ氏によって発表された論文の要旨) . Nature, 12巻, August, 1880.
- ⑥ Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 13巻, 553ページ [558-570ページの誤り] に掲載されたゼンパー博士の旅行記。
- ⑦ ここで誤解を避けるために、ダーウィンが沈降現象の極めて不確かな観察の理由として、非常に多くの確認された隆起現象を挙げているものを、私が完全に認めるということを、明確に指摘したい。私はまた、サンゴ海では海面変動が他の場と同様に生ずるが、沈降説が示し要求する規模および効果ほどには生じないと、信じている。
- ⑧ Dana: Corals and Coral-Islands. 127p., London, 1875.
- ⑨ Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 13巻, 563-569ページおよびSemperの"Die Philippinen und ihre Bewohner", 100-108ページ, Würzburg, 1869を見よ。

訳注

- *¹ 英国海軍のコルヴェット艦チャレンジャーVI号による1872～1876年の世界一周海洋探検。測深、生物と底質の採集、採水を行い、海洋の物理学・化学・地質学、特に動物学に貢献した(佐藤, 1996)。バミューダ諸島へは1873年4月4日に到着、21日まで滞在し、サンゴ、シダ類、ヒモムシなどを観察した。バミューダ諸島には同年5月31日～6月13日にも再訪した(西村, 1992)。
- *² Wyville Thomson(1830–1882)。スコットランドの自然史研究者、海洋動物学者。特にウミユリの研究で有名。チャレンジャー号探検の団長を務め、同探検の全般的報告(Thomson, 1877)を出版した(西村, 1992)。
- *³ ラインは1862–1863年にバミューダ諸島[英領]総督のハリー・オード卿(1819–1895)の息子の家庭教師としてバミューダ諸島の首都ハミルトンに滞在し、この間の自由な時間を使って同諸島の自然地理および植物を研究した。
- *⁴ John Murray(1841–1941)。スコットランドの海洋学者、海洋生物学者。近代海洋学の開拓者の一人。チャレンジャー号探検の中心的な博物学者として活躍した。トムソンの死後、50巻もの探検リポートを完成させた(西村, 1992)。
- *⁵ von Willemoes-Suhm(1848–1875)。ドイツ人ナチュラリスト。チャレンジャー号探検に加わったが、航海中に病死した(西村, 1992)。日本に寄港した時、神戸でライン博士を訪問している(Nauheim et al., 2021, p. 180)。
- *⁶ ポリプは、刺胞動物に見られる形態の基本形の一つで、固着生活をする個体型。体は円筒形(新村編, 1998)。
- *⁷ brainstone. 人間の脳のような外形を持つサンゴの集合体(俗語)。
- *⁸ Johann Georg Adam Forster(1754–1794)。ポーランド生まれ、プロイセンの博物学者、民俗学者、旅行家。ジェイムス・クックの二度目の太平洋航海(1772–1775年)に参加。著作『世界一周旅行』(Forster, 1778)により近代の科学的旅行文学の創立者とされる。(https://ja.wikipedia.org/wiki/ゲオルク・フォルスター 閲覧日: 2025年3月29日)
- *⁹ Adelbert von Chamisso(1781–1838)。フランス生まれのドイツ人。植物学者としてロシアの探検船リューリクに乗り込み、世界一周をした。(https://ja.wikipedia.org/wiki/アーデルベルト・フォン・シャミッソ 閲覧日: 2023年12月4日)
- *¹⁰ Frederick William Beechey(1796–1856)。イギリスの海軍将校、地理学者。1825–1828年のイギリスの太平洋—ベーリング海峡の探検航海に船長として参加し、旅行記(Beechey, 1831)を残した。(https://ja.wikipedia.org/wiki/フレデリック・ヴィリアム・ビーチー 閲覧日: 2024年12月22日)
- *¹¹ Jules Dumont d'Urville(1790–1842)。フランス人探検家、海軍士官。植物学者・地図製作者として南・西太平洋、オーストラリア、ニュージーランド、南極を探検した。(https://ja.wikipedia.org/wiki/ジュール・デュモン・デュルヴィル 閲覧日: 2024年10月18日)
- *¹² Jean René Constant Quoy(1790–1869)。フランス人、フランス海軍の軍医、動物学者。ウラニー号太平洋探検航海(1817–1820年)およびアストロラーベ号探検航海に博物学者として参加した。(https://ja.wikipedia.org/wiki/ジャン・ルネ・コンスタン・クア 閲覧日: 2024年2月24日)
- *¹³ Quaymardの名は見つからない。サンゴのポリプに関しては、Quoy et Gaimard(1825)の研究があり、ラインは引用の際に“Gaimard”を“Quaymard”と書き間違えた可能性がある。
- *¹⁴ Christian Gottfried Ehrenberg(1795–1876)。プロイセンの医師、動物学者、植物学者。ベルリンのフンボルト大学教授。微古生物学・微植物学の開拓者。紅海のサンゴ礁を生理学的、分類学的に研究した。(https://ja.wikipedia.org/wiki/クリスチヤン・ゴットフリー・エーレンベルク 閲覧日: 2024年2月24日)
- *¹⁵ James Dwight Dana(1813–1895)。アメリカ人地質学者、鉱物学者、ナチュラリスト。エール大学卒業後、海軍教官としてヨーロッパ各地を巡り、またWikes探検隊に加わって太平洋を周航。のちエール大学教授。結晶面記号法を考案、地向斜・地背斜の述語・概念を普及させた(今井, 1996)。

*¹⁶ Carl Gottfried Semper(1832–1893)。ドイツ人民族学者、動物生態学者。ハノーファー工業大学に勤務。1858年～1865年にフィリピンおよびパラオ諸島を調査旅行し、太平洋の民族の消滅した文化慣習を解明、出版した(Semper, 1863, 1869)。ドイツにおけるダーウィニズムの初期信奉者。(https://en.wikipedia.org/wiki/Carl_Semper 閲覧日: 2025年11月10日)

*¹⁷ Edward Forbes(1815–1854)。イギリス人博物学者。北大西洋のヒトデ類の研究や地中海のドレッジ調査から、水深550 m以深では生物が存在しない帯があることを主張したが、その後彼の無生物帶は否定された。39歳の若さで生涯を閉じた(西村, 1992)。

*¹⁸ Georg Ossian Sars(1937–1927)。ノルウェーの海洋生物学者。チャレンジャー号探検に参加し、甲殻類の研究を分担した(西村, 1992)。

*¹⁹ William Benjamin Carpenter(1813–1885)。イギリスの近代生理学の創始者の一人。ロンドン大学などで生理学、法医学、博物学などを講じ、大西洋・地中海の有孔虫の研究でも功績を挙げた。チャレンジャー号探検の計画では中心的な役割を果たした(西村, 1992)。

*²⁰ ラインはここ少し後に“von Graf Pourtales”(ドイツ人貴族・外交官: 1853–1928)の名を挙げているが、これは“Luis François de Pourtalès”(1824–1880)の間違いであろう。L. F. de プールタレスはスイス生まれのアメリカ人博物学者で、アメリカ沿岸測量部において海洋探査、特に深海のドレッジ調査を行い、多くのサンゴ生物種を研究した。『深海サンゴ』などの著書がある。アガシーの弟子の一人。(https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_François_de_Pourtalès 閲覧日: 2025年4月4日)

*²¹ Karl Wilhelm Georg Freiherrn von Fritsch(1838–1906)。ドイツのハレ大学の鉱物学・地質学教授。ラインのモロッコおよびカナリア諸島の研究旅行に同行した。ラインの親しい友人の一人(Koch und Conrad, 2006, p. 28; 楠根, 2021)。

*²² Franz Toula(1845–1920)。オーストリアの地質学者、鉱物学者、古生物学者。ウィーンの工科大学教授。1870年代、バルカン半島の地質を研究し、多くの著作を著した。(https://en.wikipedia.org/wiki/Franz_Toula 閲覧日: 2023年11月22日)

*²³ 米国の測量船。1874–1876年に千島海溝のタスカローラ海淵(深度8,514 m)を発見した。

*²⁴ プロイセン王国海軍のアルコナ級フリゲート艦SMS Gazelleのこと。ガゼルとも呼ばれる。1862–1884年間、主に海外任務に就き、1870年代には民族学、動物学、海洋学的調査も行った。(https://en.wikipedia.org/wiki/SMS_Gazelle 閲覧日: 2025年3月21日)

謝辞: 東京大学大学院新領域創成科学研究科の須貝俊彦氏からはRein(1881)の原論文のコピーを、またポツダム・ヘルムホルツ研究所のアンドレアス・キュッパース氏からはRein(1870)の原論文のコピーを、それぞれ頂いた。東北大学変動海洋エコシステム高等研究所の井龍康文氏からは、ライン論文(Rein, 1881)に頻出する専門用語の邦訳について貴重なご助言を頂いた。上記の各位に心からお礼申し上げる。

文献

Beechey, F. W. (1831) *Narrative of a Voyage to the Pacific and Beering's Strait, to co-operate with the polar expeditions: Performed in His Majesty's Ship Blossom, under the command of Captain F. W. Beechey, R. N. in the years 1825, 26, 27, 28.* Henry Coburn and

- Richard Bentley, 493p.
- Chamisso, A. et Eysenhardt, K. W. (1821) *De animalibus quibusdam e classe vermium Linneana, in circumnavigatione Terrae, auspicante Comite N. Romanoff, duce Ottone di Kotzebue, annis 1815–1818 peracta, observatis Fasciculus Secundus, reliquos vermes continens. Nova Acta Physico-Medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosorum*, 10, 343–373, Pl. 24–33.
- Dana, J. D. (1875) *Corals and Coral Islands*. London, 127p.
- Darwin, C. (1842) *Structure and Distribution of Coral Reefs*. Smith, Elder & Co., London, 227p.
- Ehrenberg, C. G. (1834) Beiträge zur physiologischen Kenntniss der Corallenthiere im allgemeinen, und besonders des rothen Meeres, nebst einem Versuche zur physiologischen Systematik derselben. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 1, 225–380.
- Forster, J. R. (1778) *Observations Made during a Voyage Round the World, on Physical Geography, Natural History, and Ethic Philosophy*. G. Robinson, 649p.
- 今井 功(1996) デーナ. 新版地学事典, 平凡社, 東京, 876.
- Jones, M. (1870) *The visitor's guide to Bermuda*. Reeves & Turner, London, 156p.
- Koch, M. und Conrad, S. (2006) Johannes Justus Rein. Briefe eines deutschen Geographen aus Japan, 1873–1875. *Monographie aus dem Deutschen Institut für Japanstudien*, IUDICUM Verlag GmbH, München, 423p.
- 楠根重和(2021) ヨハネス・ユストス・ラインの『日本日記』とは. 第39回ライン祭, ライン博士顕彰会, 364–382.
- Murray, J. (1880) On the structure and origin of coral reefs and islands. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 10, 505–518.
- Nauheim, T., Kusune, S. und Schenk, W. (2021) *Japan 1873–1875: Die Tagebücher des Bonner Geographieprofessors Johannes Justus Rein. Band 2*,
- E. Ferger Verlag, Bergisch Gladbach, 265p.
- 新村 出編(1998) 広辞苑第5版. 岩波書店, 東京, 2988p.
- 西村三郎(1992) チャレンジャー号探検 近代海洋学の幕開け. 中公新書 1101, 中央公論新社, 東京, 264p.
- Quoy, M. M. et Gaimard, J. P. (1825) Mémoire sur l'accroissement des Polypes lithophytes considérément géologiquement. *Annales des Sciences Naturelles*, 6, 273–290.
- Rein, J. J. (1870) Beiträge zur physikalischen Geographie der Bermuda-Inseln. *Senkenbergischen Naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt am Main, Jahresbericht*, 1870, 140–158.
- Rein, J. J. (1873) Über die Vegetationsverhältnisse der Bermuda-Inseln. *Senkenbergische Naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt am Main, Jahresbericht*, 1873, 131–153.
- Rein, J. J. (1881) Die Bermuda-Inseln und ihre Korallenriffe, nebst einem Nachtrage gegen die Darwin'sche Senkengstheorie. *Verhandlungen des 1. Deutschen Geographentages*, Berlin, 29–46.
- 佐藤任弘(1996) チャレンジャー探検. 地学団体研究会編, 新版地学事典, 平凡社, 東京, 825.
- Semper, C. (1863) Reisebericht. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 13, 558–570.
- Semper, C. (1869) *Die Philippinen und ihre Bewohner*. Würzburg, 100–108.
- 杉村 新(2023) 大地の動きをさぐる. 岩波現代文庫, 社会 340, 岩波書店, 東京, 295p.
- Thomson, C. W. (1877) *The voyage of the 'Challenger'. The Atlantic. A preliminary account of the general result of the exploring voyage of H. M. S. 'Challenger' during the year 1873 and the early part of the year 1876. 2 vols*, Macmillan, London, 391p.

YAMADA Naotoshi and YAJIMA Michiko (2025) Japanese translation of "Die Bermudas-Inseln und ihre Korallenriffe, nebst einem Nachtrage gegen die Darwin'sche Senkungstheorie" (Rein, 1881).

(受付: 2025年5月7日)