パプア・ニューギニア, ヒュオン半島の サンゴ礁段丘の国際共同調査

太田 陽子* 米倉 伸之** 松本 英二***

Notes on the Coral Reef Terraces, Huon Peninsula,
Papua New Guinea
—International Expedition in 1988—

Yoko OTA*, Nobuyuki YONEKURA** and Eiji MATSUMOTO***

I. はじめに

パプア・ニューギニア北東部ヒュオン (Huon) 半島のサンゴ礁段丘は, CHAPPELL (1974), BLOOM *et al.* (1974) など以来, 第四紀中・後期の海面変化を年代目盛りを入れて量的に明らかにしたものとして, 世界的に有名である。上記の研究はその後海面変化の研究に必ず引用され, 特に当時若い研究者であった CHAPPELL の名はこの論文で一躍世界的なものとなった。

隆起量の大きい本地域では, 第四紀中・後期における多数の時期の古海水準面が分離されて段丘として陸上に記録されている。そしてサンゴ礁段丘であるために, それらのすべてから年代測定可能な試料が得られる見込みがあり (従来の調査では, 必ずしも全部の段丘から年代資料は得られていなかった), かつ段丘の保存がきわめて良いという利点をもっている。CHAPPELL は, この世界でも稀にみる好条件をもつ地域においてその後も研究を進めると共に (例えば CHAPPELL and SHACKLETON 1986), 彼の指導でこの地で学位論文を書いたり (例えば AHARON 1980), 準備中の人も少なくない。

このヒュオン半島で1988年7月から8月にかけての国際的な共同調査が行われた。彼らは “ex-

pedition” というが, 現地での生活ぶりを思えば確かに単に調査というよりは, expedition に近いものであった。この調査は, 昨年にカナダで開かれた INQUA (国際第四紀研究連合) の会議の折に, コーネル大学の BLOOM とケンブリッジ大学の SCHACKLTON との間で話が始まり, 会議の間に BLOOM から数人の人に参加希望の有無を打診された。問合せを受けた人々はむろんこの世界的に著名なサンゴ礁地域に新しい科学のメスを入れることに同意した。その後 BLOOM と CHAPPELL との間で調査の具体案が固まり, アメリカ, オーストラリアからそれぞれの国の研究者の現地までの調査旅費, ボーリング経費, 器具や食料の運搬費などの研究費が受けられることになった。両国以外の参加者はそれぞれの国内から研究費を受けることに努力して, 7月始めから8月始めにかけての約1週間, 国際的な調査団がヒュオン半島に入ることになった。参加者はオーストラリア5名 (オーストラリアで研究中の中国人2名を含む), アメリカ合衆国7名, ドイツ1名, イギリス1名, ニュージーランド1名および日本3名である。この他にボーリング及び測量などのために現地のニューギニアから数名が参加した。著者らもこの調査に参加することになり, 7月13日から約3週間野外調査を行った (太田は8月2

* 横浜国立大学教育学部地理学教室 Department of Geography, Yokohama National University

** 東京大学理学部地理学教室 Department of Geography, The University of Tokyo

*** 名古屋大学水圏科学研究所 Water Research Institute, Nagoya University

アミ：サンゴ礁段丘分布地域，破線：カラサ断層の大略の位置，等高線の単位はメートル
第1図 調査地域略図

日まで，米倉は7月30日まで，松本は7月20日～30日まで）。調査の結果得られた沢山の試料は様々な方法で分析され，ウラン系列年代，ESR 年代，アミノ酸による年代， ^{14}C 年代，等の各種の年代値が求められる予定で，これらの結果を検討し，第四紀中期以降の海面変化史を確立するための会議が明年の冬に（多分日本で）予定されている。

調査結果の詳細は今後多くの論文として公けにされるはずであるが，本稿では現地で撮ったいくつかの写真をもとに，ヒュオン半島のサンゴ礁段丘を紹介し，地形の特色と問題を述べることにする。

今回の調査地域の略図を第1図に示す。

II. 更新世段丘

写真3は調査地域北西端に近いシアルム（Sialum）付近の段丘の全景で，サンゴ礁段丘の模式地とされている場所である。ここでは十数段の段丘が見事に連続して発達している。初めてこの段丘を見たときには，すでに文献や写真から知っていたとはいえ，あまりの見事さに言葉もなかった。ここでは最終間氷期の段丘VIIb（高度約220m，以下ローマ数字で示すのは CHAPPELL による段丘群の名称を指す）で，それと完新世段丘（I）との間に少なくとも5段の段丘を数えることができる。VIIb は大規模なラグーンとその外縁の高まりを伴う広い面で（写真1），そこまで登って行くとその上にさらに次々と高位の段丘が続き，結局この付近でのサンゴ礁段丘の上限高度は，約600mに達する。その背後にはカラサ（Kalasa）断層崖を隔てて高度約 2000m の鮮新世の石灰岩からなる小起伏面が連なる。

（Sialum）付近の段丘の全景で，サンゴ礁段丘の模式地とされている場所である。ここでは十数段の段丘が見事に連続して発達している。初めてこの段丘を見たときには，すでに文献や写真から知っていたとはいえ，あまりの見事さに言葉もなかった。ここでは最終間氷期の段丘VIIb（高度約220m，以下ローマ数字で示すのは CHAPPELL による段丘群の名称を指す）で，それと完新世段丘（I）との間に少なくとも5段の段丘を数えることができる。VIIb は大規模なラグーンとその外縁の高まりを伴う広い面で（写真1），そこまで登って行くとその上にさらに次々と高位の段丘が続き，結局この付近でのサンゴ礁段丘の上限高度は，約600mに達する。その背後にはカラサ（Kalasa）断層崖を隔てて高度約 2000m の鮮新世の石灰岩からなる小起伏面が連なる。

今まで著者らは世界の様々な地域で段丘を見ているが、これほど見事な段丘を見たことがない。言うまでもなく、日本の海岸にも段丘は多く、かつ隆起速度の大きい所もある。例えば室戸岬の最終間氷期の室戸岬面（南関東の下末吉面（S面）相当面）は高度約200mで、シアルムのそれに近い。しかし、いわゆるS面と完新世段丘の間ではごく狭い段丘が2～3段あるに過ぎない。また喜界島ではS面の高度は220mに近く、その下には約10, 8, 6, 4万年前のサンゴ礁段丘がある（KONISHI *et al.* 1974）が、断層による複雑な変形のために段丘の連続性、対比にはまだ問題が残っている。これらと比べて本地域の段丘は本当にきれいな階段状地形として連続して分布している。このうち既述のようにVIIbは大規模な堡礁状の高まりとその内側のラグーンをもち、またIXも同様な地形で、これらが形態的にも大規模な海進に伴って形成されたことは確かである。3週間あまり毎日見続けていても、これらの見事な段丘群の印象は薄れない。

シアルムでは最低位の段丘（I）上を本地域で唯一の自動車の通れる道が走っている。そのすぐ上にII（28,000年前）があるが、IとIIとの比高が隆起速度の大きい南東ほど大きく、シアルムに向かって次第に小さくなり、ついにはII面がI面下に埋没してしまうのも、教科書を見るようにはっきりしている。

シアルム付近ではVIIbの年代を確定し、従来確かではなかった酸素同位体比による stage 5eに当たる面を同定すること、および全ての段丘群の年代決定をするために各段丘から再結晶していない年代測定可能な試料を採ること、を目標にして各国の研究者が連日壁面にはりついた。重いハンマーとタガネで次々にサンゴをわり、アラゴナイトのみからなるサンゴを炎天下の草いきれのなかで求めるのは容易なことではなかったと思うが、どの研究者も毎日張り切ってサンプリングにでかけて行った。

テントにもどると、CHAPPELL がその日の成果の報告を聞いて整理していたが、幸いにもどの面からも相当量の試料が得られた。V面から3個、IV面から6個などと、それぞれの研究者が誇らし

写真6 フォーティフィケーション ポイント
付近のサンゴ礁段丘と活断層
（IVという文字から右下に走る崖）

げに採取した試料の数を申告するが、CHAPPELLも、まるで魚釣りの人が自分の釣り上げた魚の大きさと数を競いあっているようだと言い、皆で大笑いしたものだ。

このような努力は、比較的アプローチが容易なシアルムの他に、その南東のカンザルア（Kanzalua, 写真3）、さらに南東の最大の隆起量をもつフォーティフィケーション ポイント（Fortification Point）でも続けられた。サンゴ礁段丘がきれいに連続すると言っても、間にいくつかの活断層（例えば写真6）があつて連続性が断たれていること、かつ従来は年代資料がおもにシアルムから得られていることもあつて、これらの2断面の全ての面から年代測定試料を採ることは、今回の調査の主な目的の一つであり、後半には研究者の数は減ったが皆よくがんばった。リーダーであるBLOOMも連日重いサンプルを持って帰った。

段丘がいくら立派に連続すると言っても、上記のようにいくつかの不連続がある。CHAPPELLは年代を言うのには大変慎重で、段丘名を聞かれても、必ず年代資料はないかと断わりつつある時は推定を述べ、ある時にはまだ対比できないと言っている。確かに南東ほど隆起速度が増すにつれて段丘の数も多くなり、それぞれの段丘を表現するのに今までのローマ数字とアルファベットでは足りなくなり、時には+1, +2等で表現することもあつた。

今回採集された年代測定試料は全てBLOOMと

写真7 テワイ川右岸の露頭
海側に傾く前置層と、段丘面群に対応するほぼ水平な頂置層に注意。

CHAPPELL により表にまとめられ、同一試料を二分してそれぞれを両国に持ち帰ることになった。そして必要な処置をした後、それぞれ同一試料からの小さいサンプルが各年代測定者に分けられることになっている。同一試料から異なる方法による年代がどのようにでるか楽しみである。

III. 三角州堆積物と海面変化

ヒュオン半島の大きい河川の流域には三角州堆積物が発達している。三角州の内部構造はカンザルア南東のテワイ (Tewai) 川に沿う谷壁で明瞭に観察される (写真7)。ここではすでに CHAPPELL (1974) が記載しているように、約15°の傾斜をもつ厚い堆積物がある。これは三角州の前置層に当り、典型的な onlapping 構造を示している。それに対して前置層の上にそれと斜交してほぼ水平に重なる薄い堆積物があり、これが頂置層に当る。頂置層は次々と階段状に現れ、前置層と反対に典型的な offlapping 構造を示し、若い時期のものなど海側の低位置に現れて、隆起を続ける地域とそこで繰り返された海面変化との関係を見事に記録している。CHAPPELL によると頂置層の厚さの大小が海面変化量と関係している。このような三角州の構造から推定される海面変化史は、もちろんサンゴ礁段丘からみた海面変化史と対応している。

なおテワイ川の河口では完新世の三角州が数段に段化され、完新世における隆起の歴史の一端を

写真8 細分される完新世海成段丘の例
(Loc. 3 付近)

示している。また河口付近には淘汰の悪い泥流状の堆積物があり、おそらく地震に伴う崩壊によるものと解釈されている。

IV. 完新世段丘—その細分と意義

この地域はプレート境界に近く、隆起速度が大きいこと、また最近も地震活動が活発であること、などから地震隆起の存在が推定できる。CHAPPELL and POLACH (1976) の研究でもクワンブ (Kwambu) の南の完新世段丘の高度は12 m と高い値を示し、完新世段丘が細分化されていることが期待できる。しかし公表された論文ではまだ完新世段丘の細分は明らかにされていなかった。そこで、著者らは今まで日本各地や、ニュージーランドなどで行った完新世段丘と地震隆起との関係の研究を基礎として、完新世段丘を地震隆起の観点から検討することを主なテーマとして調査をすることにした。

7月14日に初めて現地の完新世段丘を見た時に少なくとも4段に段化できることがわかり、次の日の調査でもさらに多くの段丘が見つかり、我々の予想は裏切られなかった。そこで、まずベースキャンプに比較的近いシアルム〜カンザルア間で完新世面上の小崖の分布に基づく段丘の区分、それらの地形、構成層の観察、高度測定など詳しい調査を行った。その後さらに南東部のフビゴン (Hubegong) でも調査を行った。これらの細分された段丘の例を写真5, 8に示す。大部分の場所では完新世段丘は5〜6段に細分され、これらを下

第2図 完新世海成段丘の断面例 (Loc. 1 の南方)

位から順に便宜上 Y1~Y6と名付けた。その模式断面を第2図に示す。なお所によってはそれらのうちのどれかを、とくにY3を欠くことがある。

Y1は現海面上約1.5mの高度をもつ。外縁には石灰藻が付着してやや高くアルガルリッジをなしている。その内側にはいくつかのプールがあり、その中には現生のサンゴが生育している。Y1面の内縁には顕著なノッチが伴うが、外縁はかなりの勾配を以て海面まで下り、その前面に狭いスパーク状の平坦面がつく。しかしその平坦面の内縁にはノッチは見られない。このY1面は明らかに平均海面上にあるが、波のしぶきの影響を常時受けており、高潮位や嵐の時には水面下に没する。Y1面が離水したものか、それとも現在形成されつつあるものかについては、最も問題となるところであるが、著者らはこれを現成のものと考えている。その理由は、後述するように細分された各面の高度はシアルムから南東に向かって高くなっているのに、Y1の高度にはほとんど変化がないこと、Y1の前面にノッチがないこと、等である。もし地震で仮に2m隆起したとすると、Y1と前面のスパークとの二つの地形がともに離水するに違いない。しかし次の安定期の間におそらく前面のスパークの部分は侵食され、現在のY1の外縁の崖の下にその後の海面を記録するノッチが形成されるであろう。Y1のプール中にみられる現生のサンゴはその離水時に死滅して、それが結局離水の年代を示すことになる。もしこの考えが正しいならば、現在残っているY2以上の面は当時の高潮位海面を示すものとみるべきだろう。

Y2以上の面は調査地域を通じてかなりよく連続する。Y3面は分布が断面的であるが、それでも追跡は可能である。Y2, Y4はいずれもよく連

写真9 Y2面上の新しいサンゴ (Loc. 1 付近)

続する面で、これらY2以上の面の内縁には必ず顕著なノッチを伴っている。Y5とY6とは区別しにくいこともあるが、Y6は後氷期海進の高頂期を示す厚いサンゴ石灰岩 (例えば写真4) からなる堆積性の面で、堡礁状の高まりとその内側のラグーン状の低平な地形を伴う広い面である。フィンシュハーフェン (Finschhafen) からシアルムに至る唯一の道路はおもにこのY6面上を通っている。

しかし大きな河川の河口付近では、比較的礫質の堆積物が多いために海岸侵食が進み、Y5~Y6面が直接海食崖に切られていたり、または堆積物の供給が多いために、浜堤列や、海進性の礁性石灰岩上に海浜堆積物が見られることもあり、環境に応じて地形と堆積物の様相は異なる。

調査したほとんどの海岸で細分化される完新世離水サンゴ礁段丘が見つかったことは、地震性の隆起の存在を確からしいものとしている。そこで各面から面の離水期を示すであろう若いサンゴ (例えば写真9, 各面の基盤に当たる厚い海進性のサンゴ石灰岩上にはりついているもの、Y1上のプールに現生のサンゴが見られる状態に対応する) を採取することに努めた。今回の調査で合計約60個の試料が得られ、現在 ^{14}C 年代を測定中である。

なお現地に入ってからCHAPPELLのところでもKELLYという若い研究者が、ヒュオン半島の完新世の地史をテーマとして博士論文を作成中であることを知った。彼のテーマの一つが地震隆起の可能性の検討ということなので、今後彼と連絡をとりつつ共同の論文をまとめたいと考えている。

彼の結果によると、Y2は2300～2400年前の年代を示すという。完新世の海進高頂期以降、時代を異にする5回の海面が記録されていることは、少なくとも1000年に1回程度の巨大地震を想定させるものである。

ちなみに各段丘の比高は、1.5～3m程度となる。またこれらの段丘の高度はシアルムから南東に向かって増し、Y2では1.5～2m、Y3では3～5.5m、Y4で6～13m、Y5で8～19m、さらにY6では14～22mとなり、南東に向かって傾き上げる傾向が累積されていることが分かる。そしてこのような傾向は、上位の段丘群と同様であって、第四紀の中ないし後期以降同じ様式の傾動が累積していると見なされる。隆起様式、傾動に関する詳しい議論は年代測定値が出てから改めて検討、考察したい。なお、クワンブでは海岸付近 (Loc. 1) で地下約50mに達するボーリングが行われた。コアはCHAPPELLにより詳しくスケッチと記載がされているが、層相の変化からかなり急激な水深の変化が繰り返されたようで、陸上での段丘の細分とどの様に関係するものか、今後の考察が必要である。

謝 辞

本調査に参加の機会を与えてくれた、A. L. BLOOM および J. CHAPPELL 両教授に深く感謝する。また太田への旅費の一部は福武学術文化振興財団により、米倉、松本への旅費は文部省海外学術研究の費用による。

最後にこの研究で3週間にわたって寝食を共にし、様々な議論を交わした上記の2名をはじめとする共同研究者の方々に厚く感謝し

たい。原稿の清書、製図は高橋しのぶさんをお願いした。

文 献

- AHARON, P. (1980) : Stable isotope geochemistry of a late Quaternary coral reef sequence, New Guinea: Application of a high resolution data to palaeoclimatology. A. N. U., Canberra, 259pp.
- BLOOM, A. L., BROECKER, W. S., CHAPPELL, J. M. A., MATTHEMS, R. K. and MESOLELLA, K. J. (1974) : Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: New $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dates from the Huon Peninsula, New Guinea. *Quat. Res.*, **4**, 185-205.
- CHAPPELL, J. (1974) : Geology of coral reef terraces, Huon Peninsula, New Guinea: A study of Quaternary tectonic movements and sea-level changes. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **85**, 553-570.
- and POLACH, H. A. (1976) : Holocene sea-level change and coral-reef growth at Huon Peninsula, Papua New Guinea. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **87**, 235-240.
- and SHACKLETON, N. J. (1986) : Oxygen isotope and sea level. *Nature*, **324**, 137-140.
- KONISHI, K., OMURA, A. and NAKAMICHI, O. (1974) : Radiometric coral ages and sea level records from the late Quaternary reef complexes of the Ryukyu Islands. *Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium*, 595-613.
- (1988年12月13日受付, 1989年1月20日受理)