

沖縄島および琉球弧の新生界層序

兼子尚知¹⁾

1. はじめに

産総研・地質調査総合センターが出版する5万分の1および20万分の1地質図幅は、国土の基盤情報整備の一環として進められている地質情報整備の代表的な成果のひとつである。これら陸域地質の基本情報とならんで、日本列島周辺海域の地質情報の整備も進められている。沖縄周辺海域の地質情報整備を目的とした海洋地質調査が開始されることを機に、当該地域の地質層序を理解する一助として陸域地質情報を提供するため、本稿では琉球弧の新生界層序についてその概要をとりまとめることとする。

2. 琉球弧について

琉球弧を形作る島々のつらなりを琉球列島(南西諸島)と呼び、これは九州から台湾にかけておよそ1,200kmにわたる。行政上、これらの島嶼は、鹿児島県(種子島～与論島)と沖縄県(沖縄島～与那国島)に属する。琉球列島は、南東側(太平洋側)に凸となる弧状をなし、主軸となる列(種子島・屋久島・奄美大島・沖縄島・宮古島・石垣島など)と、その北西側に位置する火山島からなる列(吐噶喇列島)に分けられる。さらに琉球列島は、地形的・地質的にトカラ構造海峡と慶良間海裂(宮古凹地)と呼ばれる構造間隙によって、北琉球(種子島～悪石島)・中琉球(小宝島～慶良間列島)・南琉球(宮古島～与那国島)に分けることができる(木崎編著, 1985)。

琉球列島の南東側には琉球海溝、北西側には沖縄舟状海盆が並列する。琉球海溝において、フィリピン海プレートが、ユーラシアプレートに対して北西方向に沈み込んでいる。琉球列島と琉球海溝は島弧-海溝系をなし、沖縄舟状海盆はその背弧海盆にあたる。

また、琉球列島周辺は、亜熱帯的な特性を有する気候下にあるとともに、黒潮流域にあたるため、水温が高く清澄な海域となっている。琉球弧はこのような気候および地形・地質構造条件のもとにあり、新生代を通じて活発な変動を繰り返し、とくに第四紀においてはサンゴ礁の発達がみられ、この地域に特徴的な新生界層序を形成した。

3. 既存の地質図幅および代表的な地質情報

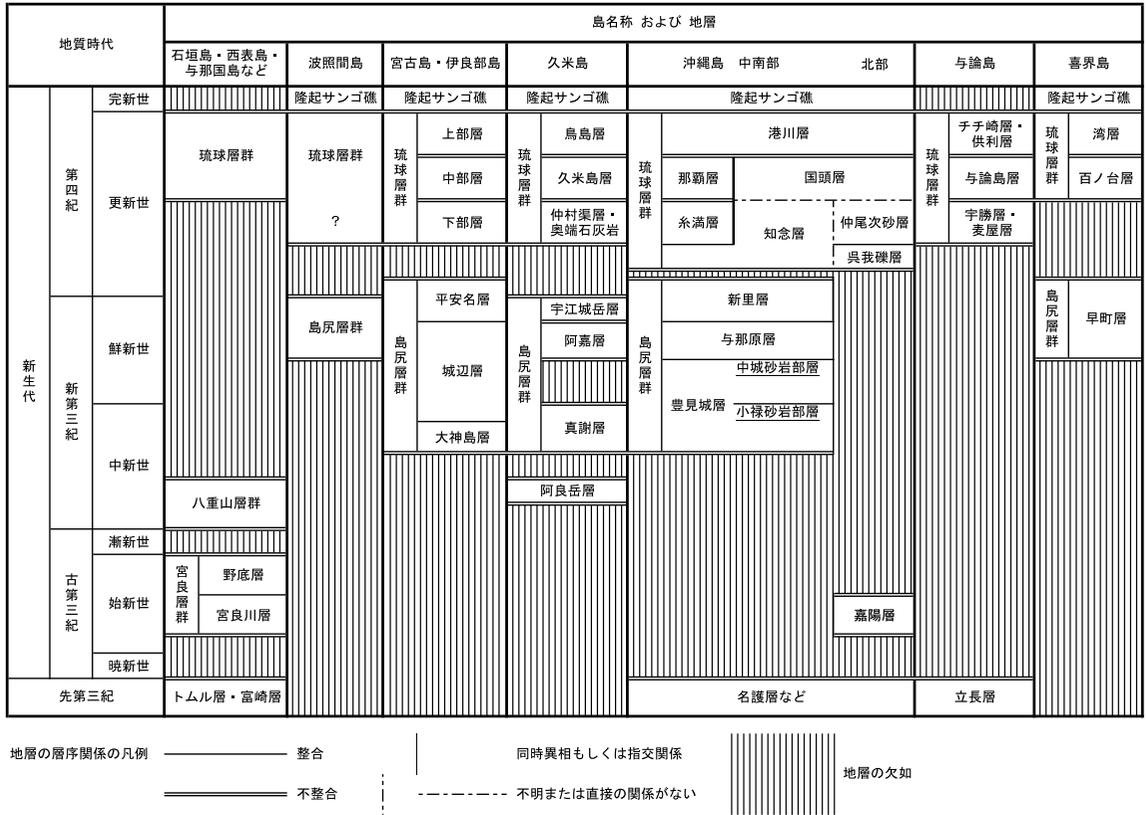
琉球列島に属する島々の既存の地質図幅は、次のとおりである。5万分の1地質図幅:「薩摩硫黄島(小野ほか, 1982)」, 「屋久島西南部(佐藤・長浜, 1979)」, 「湯湾(竹内, 1993)」(奄美大島), 「伊平屋島及び伊是名島(氏家, 2001)」, 「那覇及び沖縄市南部(氏家・兼子, 2006)」(沖縄島), 「糸満及び久高島(兼子・氏家, 2006)」(沖縄島), 「宮古島北部(矢崎・大山, 1979)」, 「宮古島(矢崎・大山, 1980)」, 「伊良部島(矢崎, 1978)」, 「多良間島(矢崎, 1977)」, 「石垣島東北部(金子ほか, 2003)」, 「与那国島(矢崎, 1982)」。20万分の1地質図幅:「開聞岳及び黒島の一部(川辺ほか, 2004)」(種子島の一部など), 「奄美大島(竹内, 1994)」, 「久米島(佐藤・駒澤, 1993)」, 「宮古島(矢崎ほか, 1978)」。

琉球弧全域の地質情報をとりまとめたものとして、「琉球弧の地質誌(木崎編著, 1985)」が挙げられる。これは各島の地質概要のほか、琉球弧周辺の海底地質、地震活動、地殻変動などについてよくまとめられている。

本稿では、氏家・兼子(2006)と兼子・氏家(2006)をもとに主に沖縄島中南部の新生界層序について述べ、中琉球と南琉球の他の島々に分布する非火山性新生界について、上述の地質図幅及び木崎編著

1) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 琉球列島, 宮良群, 八重山層群, 島尻層群, 琉球層群



第1図 琉球列島の新生界層序の対比図.

(1985)などをもとに簡単に触れる。第1図に、琉球列島の新生界層序の対比をまとめる。

4. 沖縄島の新生界層序

中琉球に属す沖縄島に分布する新生界は、嘉陽層・島尻層群・琉球層群である。完新世の隆起サンゴ礁(離水サンゴ礁)堆積物は、とくに地層名を与えられていないが、相対的海水準変動を考察するうえでは重要となる。そのほかの完新統については省略する。

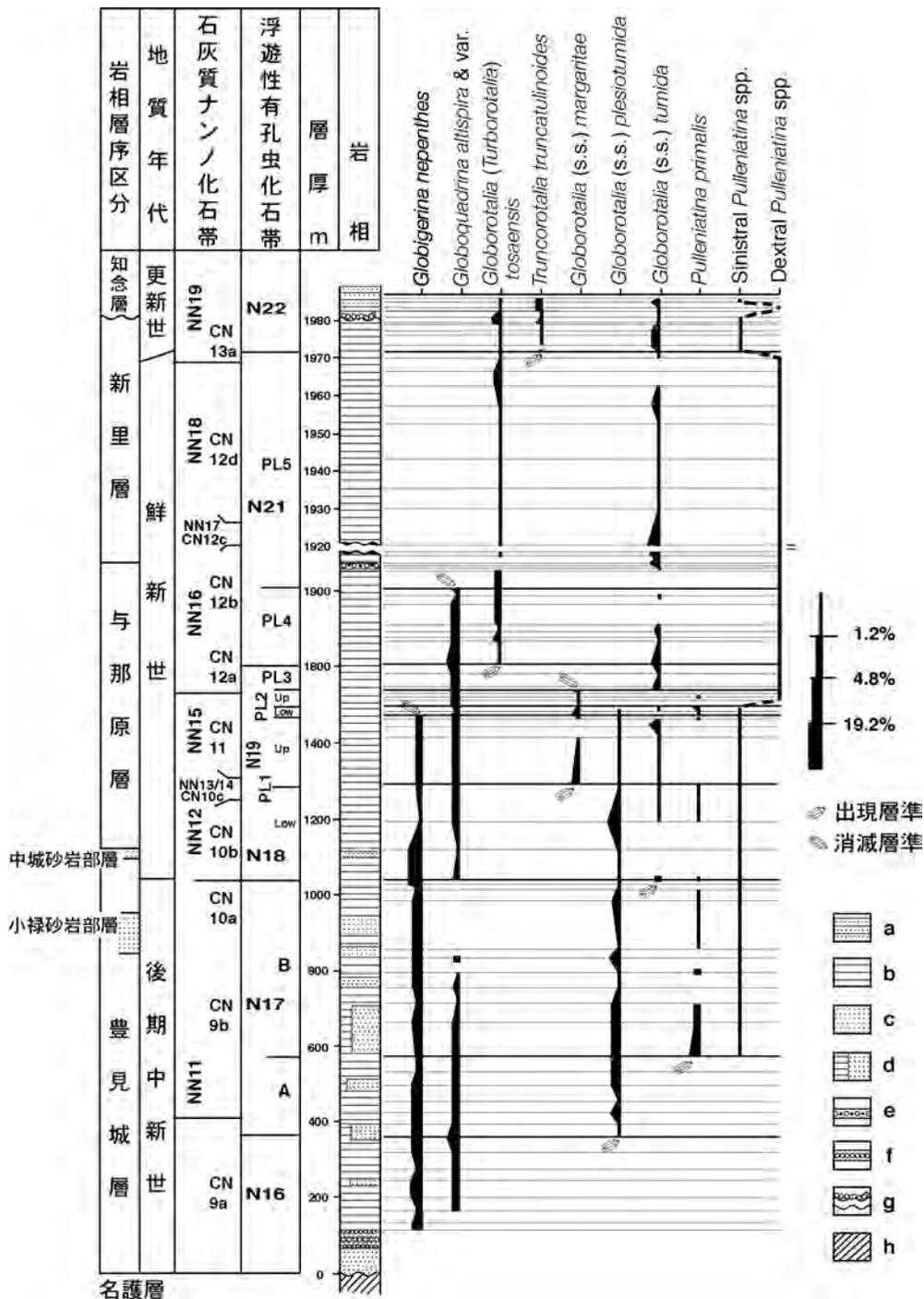
1) 嘉陽層

嘉陽層は主に沖縄島北部に分布し、砂岩を主とする砂岩泥岩互層からなり、泥質千枚岩・砂岩泥岩薄互層を挟むほか、上部には礫岩層や礫質砂岩層がみられる(木崎編著, 1985)。本層は、大型有孔虫 *Nummulites amakusaensis* (いわゆる貨幣石)などを産出

することから、中部始新統と考えられる(氏家, 1996a)。本層は著しい褶曲変形を受けており、その地質学的帰属については、中江(2007)に詳述されている。

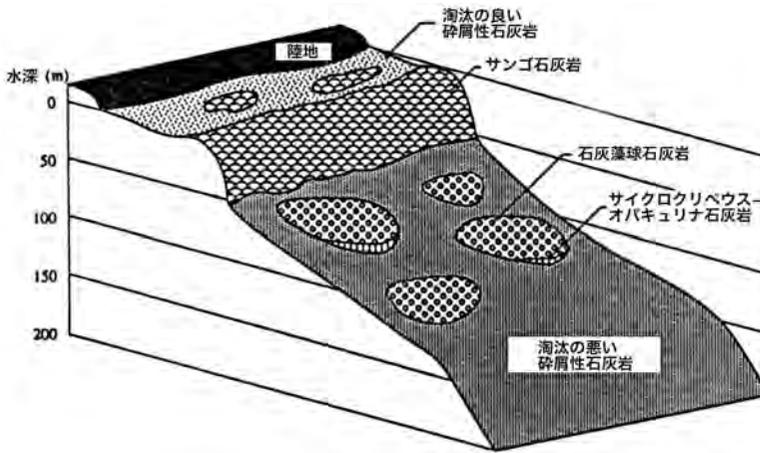
2) 島尻層群

島尻層群は沖縄島中南部に分布し、凝灰岩や細粒砂岩を挟有する主にシルト岩からなる地層群であり、この地域においては下位より豊見城層(小禄砂岩部層・中城砂岩部層を含む)・与那原層・新里層で構成される。島尻層群は、全体として東北東-西南西の走向を示し、南南東に数度~20度傾斜する。本層群の層厚は全体で約2,000mで、そのうち約700mが地表に露出する。新里層の最上部はやや浅海化するものの、島尻層群の堆積環境は、半深海であったと推定される。氏家(1988)をはじめ、Ujié(1994)、氏家・兼子(2006)及び兼子・氏家(2006)は、浮遊性有孔虫化石帯区分を行って、これに基づく地質図を示し、島尻層群の層序と構造を明らかにした。その化石帯は、



第2図 島尻層群の浮遊性有孔虫層序要約。

氏家・兼子 (2006) より引用。浮遊性有孔虫層序はUjiié(1985)に基づく。6 taxaの出現層準, 3 taxaの消失層準, *Pulleniatina* groupの殻の巻き方の変化によって, 11の化石帯に区分できる。岩相区分は, a: 石灰質ノジュールを伴う砂岩, b: 一部砂質部分を含むシルト岩, c: 砂岩, d: シルト岩, e: 礫質砂岩, f: 礫岩, g: 白色凝灰岩, h: 名護層相当の黒色粘板岩。石灰質ナンノ化石区分 (Tanaka and Ujiié, 1984)とも調和している。知念層基底底部を境にして層厚を変えてある。



第3図
琉球層群の石灰岩の岩相と堆積場の関係。
琉球層群の石灰岩の各岩相が、サンゴ礁複合体のどの場所で形成されるかを示す模式図(井龍ほか, 1992を改変)。

Blow (1969) のN18-N22, Berggren (1973) の鮮新世細分(PL1, PL2, PL3, PL4, PL5/6)に基づくものである。PL1とPL2はそれぞれ、さらに上下に2分される(第2図)。本層群は、走向にほぼ直交する正断層群によって、多くのブロックに分断されている。氏家(1988)によれば、その水平最大変位量は1,000m以上に達する。

豊見城層(層厚約1,300m)は、青灰色シルト岩が優勢の部分と褐色砂岩が優勢の部分とが互層する。ボーリング資料によって、下部が礫質で基盤の名護層(白垂系?)を不整合で覆うことが確認されている。小緑砂岩部層(層厚約60m)は、豊見城層上部の地表露出部のうち、雲母片に富む淘汰の良い褐色細粒砂岩の部分であり、シルト岩や凝灰岩の薄層を挟む。中城砂岩部層(層厚0.5m~40m)は、豊見城層の最上部を占め、細~中粒砂岩で、その基底は粗粒砂岩から礫質砂岩よりなる部分である。本層は、N16よりN18に対比される。とくに地表露出部分はN17からPL1 lowerに対比され、これは後期中新世の後期から前期鮮新世の初期にあたる。

与那原層(層厚約800m)は、極めて均質な青灰色~帯緑灰色のシルト岩よりなり、多数の白色凝灰岩層の薄層や細粒砂岩層を挟むもので、豊見城層中城砂岩部層の上位に整合で累重する。本層は、PL1 lowerからPL4に対比され、これは前期鮮新世の初期から後期鮮新世の初期にあたる。

新里層(層厚約60m)は、青灰色シルト岩を主体とし、凝灰岩や細粒砂岩薄層を多数挟有するもので、

その基底は最大径20cm程度の軽石を含む最大層厚5mに達する軽石凝灰岩からなる。この軽石凝灰岩の下限をもって、本層は下位の与那原層に整合で重なる。本層は、その大部分がPL5/6に、最上部はN22に対比され、これは後期鮮新世から前期更新世にあたる。

3) 琉球層群

琉球層群は、琉球列島に分布し、サンゴ礁複合体に特徴的な生砕物からなる多孔質な石灰岩層と、層序学的にそれと密接に関連する陸源性砕屑物を含む層の集合体である。琉球層群は沖縄島内に広く分布し、沖縄島中南部においては下位より知念層及び糸満層・那覇層及び国頭層・港川層で構成される(氏家・兼子, 2006; 兼子・氏家, 2006)。本層群は、ほぼ水平か数度程度の傾斜を有する。とくに沖縄島南部では、最も広い分布を示す那覇層の石灰岩が、10~20mの落差をもつ多数の正断層によって南に緩く傾動したブロック状となり、台地状の地形を形成することが多い。糸満層・那覇層・港川層は、サンゴ礁由来の生砕物からなる石灰岩であり、それに含まれる化石に基づく岩相区分は、堆積深度の推定に有効である(Nakamori, 1986; 井龍ほか, 1992; Nakamori et al., 1995; Iryu et al., 1998; 兼子・氏家, 2006; 第3図)。

知念層(層厚5~18m)は、沖縄島中南部に分布する。これは、灰色ないし青灰色のやや粗粒なシルト岩から砂質シルト岩を経て砂岩にいたる下部と、成層

した青灰色(風化色は褐灰色ないし黄灰色)の石灰質砂岩の上部からなる地層で、島尻層群を不整合で覆う。Tanaka and Ujiie (1984), Ujiie (1985)は、石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫化石の生層序を検討し、本層の下部はBlow (1969)のN22帯にあたるとした。兼子・伊藤(2006)は、本層上部の石灰質砂岩から産する化石の石灰質骨格の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ を求め、ストロンチウム同位体比年代が1.16Maであると報告した。これらの結果から、本層は前期更新世に形成されたものと考えられる。氏家・兼子(2006)は、本層基底部のシルト岩は、半深海性環境で堆積したと推定した。また、平塚・松田(1997, 1998)は、本層の堆積環境を島棚深部とした。

糸満層(層厚1.7~10m)は、沖縄島南部に分布する。これは、全体に赤色を帯びる石灰岩の地層で、淘汰の悪い碎屑性石灰岩を主体として一部にサンゴ石灰岩が認められる。本層は、島尻層群を不整合で覆い、知念層上部とは同時異層である可能性がある。兼子・伊藤(1996, 2006)は、本層から産する化石の石灰質骨格のストロンチウム同位体比年代が約1.48Maから1.23Ma(平均約1.3Ma)にあることを示した。この結果から、本層は前期更新世に形成されたものと考えられる。本層の大部分は、礁斜面下部から礁前縁にかけての水深50~200mで堆積したと考えられるが、一部ではサンゴ石灰岩がみられることから、礁斜面上部もしくは水深数十mで形成された部分もあることが推定される。

那覇層(層厚平均20m, 最大100m超)は、主に沖縄島中南部に分布し、北部にも認められる。これは、サンゴ石灰岩・石灰藻球石灰岩・淘汰の悪い碎屑性石灰岩・サイクロクリペウス・オパキユリナ石灰岩からなる。本層は、島尻層群及び糸満層を不整合で覆い、知念層とは整合もしくは一部が不整合である可能性がある。本層の年代については、木崎ほか(1984)はサンゴ化石のウラン系列年代によって0.3Maより古いものがあることを報告し、Nakamori (1986)は0.46Maから0.27Maの石灰質ナノ化石の生層序帯に含まれるとし、兼子・伊藤(1996, 2006)はストロンチウム同位体比年代が約0.68~0.18Ma(平均0.4Ma)であるとした。これらから、本層は中期更新世に形成されたものと考えられる。本層は、含まれる化石構成によって、サンゴ礁の礁嶺あるいは礁斜面上部から、水深200m程度の礁前縁に堆積したと推定される。

国頭層(層厚10~50m)は、いわゆる“^{くにがみれきそう}国頭礫層”(半澤, 1925)と呼ばれているもので、沖縄島南部には分布せず、中部から北部にかけて分布する。これは、淡灰色ないし黄褐色または赤褐色を帯び、礫岩を主体として砂岩・シルト岩を挟む未固結な非石灰質碎屑物からなる地層で、先新第三系を不整合に覆い、那覇層とは同時異層で両層は指交関係にあると考えられる(島尻層群・知念層・糸満層とは直接の層序関係が認められない)。本層からは時代を決定する直接の証拠は得られていないが、那覇層と同時代と考えられる。本層は、その岩相および分布から、河川あるいは海岸近くにおける陸水環境の影響下の堆積物であると考えられる(Nakamori *et al.*, 1995)。

港川層(層厚15~20m)は、主に沖縄島中南部に分布する。これは、サンゴ石灰岩・淘汰の良い碎屑性石灰岩からなり、島尻層群及び那覇層を不整合で覆う(知念層・糸満層・国頭層との直接の層序関係はない)。本層が形成する地形面は堆積原面を示すと考えられ、その分布高度から低位段丘に対比されており(木庭, 1980)、これは後期更新世に形成されたものと考えられる。本層は、水深数m程度の礁池で堆積したと推定される。

沖縄島北部には、先新第三系を不整合に覆う^{こが}呉我礫層とそれを整合に覆う^{れきそう}仲尾次砂層が分布する。仲尾次砂層は、岩相が知念層上部の石灰質砂岩と類似しており、石灰質ナノ化石層序により下部更新統と考えられている。呉我礫層は時代決定の証拠が欠くが、知念層に対比される仲尾次砂層に整合で覆われることから、ここでは仲尾次砂層とともに便宜的に琉球層群構成層としておく。

4) 完新統(隆起サンゴ礁)

^{やえせらそうごしちやん}八重瀬町具志頭の海岸には、隆起サンゴ礁が認められる。旧汀線高度は2~3mで、6,000~4,000yr B. P.の ^{14}C 年代が得られている(木庭, 1983)。

5. 中琉球と南琉球の新生界

南琉球の石垣島・^{いりおもてしま}西表島・与那国島などには、沖縄島を含む中琉球ではみられない、中部~上部始新統の^{みやらそうぐん}宮良層群と、下部~中部中新統の^{やえやまそうぐん}八重山層群が分布する。これら以外の中琉球と南琉球の新生界は、沖縄島に分布する新生界にはほぼ対比される。

1) 宮良層群

石垣島に分布する宮良層群は、下位の礫岩・砂岩・シルト岩及び石灰岩からなる宮良川層と、上位の凝灰岩・凝灰角礫岩・安山岩溶岩・流紋岩溶岩からなる野底層によって構成され(青木, 1932; 金子ほか, 2003), 下位のトムル層を不整合で覆う。本層群は極浅海相を示し、非変成で、断層によりブロック化し傾動している(木崎編著, 1985)。

宮良川層は石灰藻・有孔虫・サンゴ・軟体動物・コケムシ動物・棘皮動物などの化石を豊富に産し、中森ほか(1998)は、石灰質ナノ化石より本層の堆積年代を中期～後期始新世(46～34Ma)とした。宮良川層は、西表島に小規模な分布が認められているほか、岩相上これと対比可能なコーキ石灰岩と呼ばれる地層が小浜島に分布する(木崎編著, 1985)。

野底層は、宮良川層を整合で覆うが一部は指交関係にあり、産出化石が宮良川層と共通しており、始新世のグリーンタフと考えられている。本層は西表島にも分布が認められ、小浜島にはこれに対比される細崎層が分布する(木崎編著, 1985)。

2) 八重山層群

八重山層群は、西表島(西表層)・鳩間島・仲ノ神島・小浜島(ビルマ崎層)・与那国島(西崎層)・久部良岳層・比川層・新川鼻層; 矢崎, 1982)に分布し、これに対比される地層が魚釣島(魚釣島層)や台湾にも認められ、宮古島周辺および波照間島東方の海底下にも分布する(相場・関谷, 1979)。本層群は浅海・内湾相を示し、非変成で、断層によりブロック化しわずかに傾動している。

西表島の西表層(層厚約700m)は、下位の野底層を不整合で覆い、最下部に基底礫岩があり、その上位は礫岩・砂岩・砂岩シルト岩互層が主体で、上部に石炭・炭質シルト岩がみられる。与那国島の本層群は、砂岩・砂岩頁岩互層が主体で、石炭や礫岩を挟む。本山ほか(2001)によれば、八重山層群からはN6-N8帯を示す浮遊性有孔虫化石や、CN3-CN4帯を示す石灰質ナノ化石、あるいはわずかながら放射虫化石の産出も知られており、これらによって本層群の年代は前期～中期中新世と考えられている。

3) 島尻層群

島尻層群は、喜界島から沖縄島中南部(既述)、宮

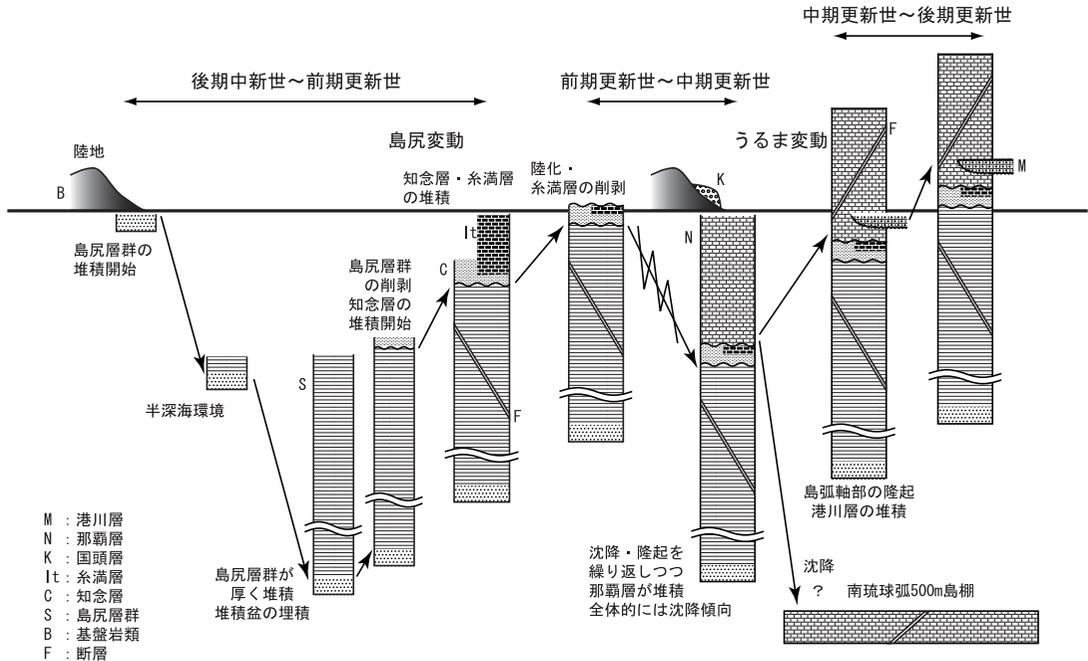
古島およびその周辺諸島、波照間島などに分布する。それぞれの島・地域における固有の地層から構成されているが、個々の地層名の記述は省略する。また、琉球列島の東側から北西方の沖縄舟状海盆及び中国大陸陸棚縁辺部にかけて、本層群に相当する地層が海底下にも分布するとされる(木崎編著, 1985)。宮古島南東沖海底下では、古第三系～中部中新統と本層群との間に、傾斜不整合が認められている(相場・関谷, 1979)。

久米島には、浅海成砂質～泥質岩を主体とする真謝層・阿嘉層と火山岩類を主体とする宇江城岳層が分布し、島尻層群を構成する。中村ほか(1999)は、真謝層の年代を後期中新世としている。宮古島に分布する島尻層群を構成する地層のうち、最下位の大神島層は、N17(後期中新世)に対比される。この地層の下部(大神島砂岩)は、極浅海～内湾もしくは河口近くの堆積相を示す(矢崎・大山, 1979)。沖縄島の豊見城層下部は、ボーリング資料によって礫質あるいは粗粒であることが知られている。これらの事実は、島尻層群の堆積開始間もない頃の環境が浅海域であり、その後半深海環境へと変化していくことを表している。

4) 琉球層群

琉球層群の明瞭な分布の北限は宝島にあり、台湾に至るまで、宝島以南のほとんどの島に分布が確認される。それぞれの島・地域における固有の地層から構成されているが、個々の地層名の記述は省略する。サンゴ礁に由来する生砕物からなる石灰岩を主体とし、非石灰質砕屑物(礫岩・砂岩)を伴うことがあり、島ごとの層序学的な特徴がみられる。

琉球層群を構成する最古期の石灰岩相の地層として、沖縄島では糸満層が認められるが、他の島においてこれに対比される地層が知られている。佐渡ほか(1992)および本田ほか(1994)は、伊良部島で得られたボーリングコア試料の石灰質ナノ化石分析により、琉球層群下部層が1.36～1.10Maに堆積を開始したと報告した。この下部層は、岩相および層序学的に糸満層と共通点を持つ。このほか、糸満層に対比され得る地層は、久米島の仲村渠層(江原ほか, 2001)、与論島の宇勝層・麦屋層(小田原・井龍, 1999)などが知られている。ただし、これらの地層の堆積年代は不明である。



第4図 琉球弧の上部新生界の堆積・構造運動概念図。

主に沖縄島における、島尻層群から琉球層群にかけての堆積の過程と変動の概念図。時間軸(横軸)・層厚及び標高/水深(縦軸)のスケールはなく、不定。

一方、琉球層群を構成する地層のうち、堆積年代の新しいものは、喜界島や波照間島に分布する。喜界島では約4.1万年(大村ほか, 2000), 波照間島では約6.9万年(Omura, 1984)という値が報告されている。

5) 完新統(隆起サンゴ礁)

隆起サンゴ礁は、北琉球の馬毛島以南に認められる。Koba *et al.* (1982)は、琉球列島全域の完新世海水準高度分布図を示した。サンゴ化石の年代とその分布高度から、平均的な隆起速度が求められる。例えば喜界島では、1~2m/1,000年(平均的な値として約1.5mm/年)とされる(木崎編, 1985)。

6) その他の新生界

粟国島では、火砕岩を主とする粟国層群(下部鮮新統)の筆ん崎層のシルト質凝灰岩から貝化石が発見されている。西表島の祖納礫岩層は、琉球層群に不整合に覆われるが、時代決定に有効な化石は見つからない。

6. 琉球弧における後期新生代変動

氏家・兼子(2006)は、琉球弧の構造発達史・地史と古地理について、古地理図やブロックダイアグラムを用いて説明した。本稿では、主に沖縄島における、島尻層群から琉球層群にかけての堆積の過程と変動の概念図を示す(第4図)。

琉球弧における後期新生代(第四紀)の大きな変動として、(1)琉球層群の主要部(那覇層など)には変位を与えずに、主に島尻層群に変位を与えた構造運動(島尻変動: 氏家, 1980; 木崎編著, 1985), (2)琉球層群の主要部に変位を与えた構造運動(うるま変動: 沖縄第四紀調査団, 1976; 木崎編著, 1985)が挙げられる。島尻変動は、島尻層群最上部(新里層)の堆積後(約170万年前)から、琉球層群の主要部の堆積前に起こったものと考えられる。うるま変動は、おそらく琉球層群の堆積の後半に始まり、琉球層群の主要部がブロック化することとなった。これらの変動による地殻の隆起あるいは沈降速度は、完新世サンゴ礁の隆起速度に匹敵する可能性がある。

7. 陸域と海域の地質情報の相互補完

本稿は、沖縄周辺海域の層序を理解するための基礎的な情報を提供する目的で、琉球弧における陸域の新生界層序の概要を述べたものである。逆に、陸域に現れていない地層があるため、海域の地質情報を得なければ解明できない事象がある。陸域地質を理解するために、海域の地質調査プロジェクトに期待するテーマを挙げる。

1) 沖縄舟状海盆の形成と拡大時期

島尻層群の堆積後、サンゴ礁が発達する条件が揃う背景に、沖縄舟状海盆の形成と拡大が大きな役割を果たしていると考えられている。海盆内の堆積物が得られれば、島尻変動の時代からサンゴ礁(琉球層群)発達期までの記録を読み取ることができる可能性がある。

2) 「南琉球弧500m島棚」の形成時期

氏家(1980, 1996a, 1996b)は、「南琉球弧500m島棚」の平坦面を礁性石灰岩が形成すると推定したが、それを確認するとともに石灰岩が堆積した年代を求める。うるま変動において、琉球層群の石灰岩がブロック化し、沈降あるいは隆起するものに分かれた。うるま変動の全容を把握し、その上下運動の速度を見積もるには、当時の主要な堆積面だったと思われるこの島棚の形成時期の特定が重要となる。

3) 最終氷期のサンゴ礁分布

更新統のなかで“最後の”石灰岩は、喜界島に分布する約4万年前のものである。完新世サンゴ礁のなかでもっとも古い年代値は、喜界島から報告された約9.9千年であるとみられる(太田ほか, 2000)。この間、最終氷期をまたいでサンゴ礁の趨勢は不明であった。Sasaki *et al.* (2006)は、最終氷期の年代を示す現地性造礁サンゴ化石を伊良部島沖の海底から報告した。今後、同時代のサンゴ礁がどこまで分布していたか、解明されることが望まれる。

8. おわりに

本稿を執筆する機会を与えてくださった荒井晃作氏、草稿を校閲し貴重なご意見をくださった中江

訓氏(ともに産総研 地質情報研究部門)に、お礼申し上げます。沖縄島中南部の地質図幅(「那覇及び沖縄市南部」と「糸満及び久高島」)の共著者であり、その完成を待たずに亡くなられた故 氏家 宏先生には、現地調査などにおいて、いつも有益なご指導を賜りました。ここに感謝と哀悼の意を表します。

文 献

- 相場淳一・関谷英一(1979): 南西諸島周辺海域の堆積盆地の分布と性格. 石油技術協会誌, vol.44, no.5, p.97-108.
- 青木麻二郎(1932): 琉球弧島特に宮古, 石垣両島の地質, 地形に就いて. 日本学術協会報告, vol.7, p.339-346.
- Berggren, W.A. (1973): The Pliocene time-scale: calibration of planktonic foraminiferal and calcareous nannoplankton zones. *Nature*, vol.243, p.391-397.
- Blow, W. H. (1969): Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronniman, P. and Renz, H. H., eds., *Proc. 1st Internat. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva*, 1967, vol.1, E. J. Brill, Leiden, p.199-242.
- 江原由樹・井龍康文・中森 亨・小田原 啓(2001): 沖縄県久米島の琉球層群. *Galaxea* (日本サンゴ礁学会誌), vol.3, p.13-24.
- 半澤正四郎(1925): 沖縄島及び小笠原島の含有孔虫岩に就きて. *地質雑*, vol.32, p.461-484.
- 平塚美友紀・松田博貴(1997): 沖縄本島平安座島下部更新統知念層の堆積相と堆積環境. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, p.326.
- 平塚美友紀・松田博貴(1998): 沖縄本島下部更新統知念層の堆積相に基づく堆積環境の復元. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨, p.63.
- 本田信幸・辻 喜弘・松田博貴・五月女順一(1994): 琉球列島伊良部島の第四系石灰岩の堆積相と海水準変化. 石油技術協会誌, vol. 59, p.86-98.
- 井龍康文・中森 亨・山田 努(1992): 琉球層群における層序区分単位. 堆積学研究会報, no.36, p.57-66.
- Iryu, Y., Nakamori, T. and Yamada, T. (1998): Pleistocene reef complex deposits in the Central Ryukyus, southwestern Japan. In Camoin, G. and Davies, P. J., eds., *Reefs and Carbonate Platforms in the Pacific and Indian Oceans. Spec. Publ. Int. Sed. Ass.*, no.25, Blackwell Sci., Oxford, 197-213.
- 金子慶之・川野良信・兼子尚知(2003): 石垣島東北部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 72p.
- 兼子尚知・伊藤 孝(1996): 沖縄本島南部における琉球層群基底層. 第四紀露頭集, 日本第四紀学会, p.320.
- 兼子尚知・伊藤 孝(2006): 沖縄島南部, 琉球層群基底の糸満層(新称)とその年代. 地調研報, vol.57, nos.5/6, p.159-168.
- 兼子尚知・氏家 宏(2006): 糸満及び久高島地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 47p.
- 川辺禎久・阪口圭一・斎藤 眞・駒澤正夫・山崎俊嗣(2004): 20万分の1地質図幅「開聞岳及び黒島の一部」, 産総研地質調査総合センター.
- 木崎甲子郎編著(1985): 琉球弧の地質誌. 沖縄タイムス社, 那覇市, 278p.
- 木崎甲子郎・古川博恭・平良初男・大出 茂(1984): 琉球石灰岩の

- 年代測定。琉球大学理学部紀要, no.37, p.29-41.
- 木庭元晴(1980): 琉球層群と海岸段丘。第四紀研究, vol.18, p.189-208.
- 木庭元晴(1983): 琉球列島, 完新世後期の相対的海水準変動と地殻変動。地球, vol.5, p.722-732.
- Koba, M., Nakata, T. and Takahashi, T. (1982): Late Holocene eustatic sea-level changes deduced from geomorphological features and their ^{14}C dates in the Ryukyu Islands, Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol.39, nos.3/4, p.231-260.
- 本山 功・田中仁氏・山里直哉・兼子尚知・伊藤 孝(2001): 沖縄県沖繩島, 久米島, 西表島, 与那国島の新第三系放射虫化石の研究。大阪微化石研究会誌, 特別号, no.12, p.337-342.
- 中江 訓(2007): 琉球列島先新第三系基盤岩類の層序区分と西南日本との対比。地質ニュース, no.633, p.11-21.
- Nakamori, T. (1986): Community structures of recent and Pleistocene hermatypic corals in the Ryukyu Islands, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, vol.56, no.2, p.71-133.
- Nakamori, T., Iryu, Y. and Yamada, T. (1995): Development of coral reefs of the Ryukyu Islands (southwest Japan, East China Sea) during Pleistocene sea-level change. *Sediment. Geol.*, vol.99, nos.3-4, p.215-231.
- 中森 亨・河野慎児・井龍康文(1998): 琉球弧における始新世火成活動と炭酸塩岩の堆積。日本地質学会第105年学術大会講演要旨, p.61.
- 中村羊大・亀尾浩司・浅原良浩・小澤智生(1999): 琉球列島久米島に分布する新第三系島層群の層序と地質年代。地質雑, vol.105, p.757-770.
- 小田原 啓・井龍康文(1999): 鹿児島県と論島の第四系サンゴ礁堆積物(琉球層群)。地質雑, vol.105, p.273-288.
- 沖縄第四紀調査団(1976): 沖縄および宮古群島の第四系-とくに“琉球石灰岩”の層序について。地球科学, vol.30, no.3, p.145-162.
- Omura, A. (1984): Uranium-series age of the Riukiu Limestone on Hateruma Island, Southwestern Ryukyus. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no.135, p.415-426.
- 大村明雄・佐々木圭一・寺尾大介・村上和男(2000): 喜界島の更新世堆積物とそのウラン系列年代について。第四紀研究, vol.39, no.1, p.55-68.
- 小野晃司・曾屋竜典・細野武男(1982): 薩摩硫黄島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 80p.
- 太田陽子・佐々木圭一・大村明雄・野沢香代(2000): 喜界島東岸, 志戸桶付近の完新世サンゴ礁段丘の形成と離水過程-ボーリング資料に基づく再検討。第四紀研究, vol.39, no.1, p.81-95.
- 佐渡耕一郎・亀尾浩司・小西健二・結城智也・辻 喜弘(1992): 琉球石灰岩の堆積年代についての新知見-沖縄県伊良部島のボーリングコア試料の石灰質ナンノ化石分析より。地学雑, vol.101, p.127-132.
- Sasaki, K., Omura, A., Miwa, T., Tsuji, Y., Matsuda, H., Nakamori, T., Iryu, Y., Yamada, T., Sato, Y. and Nakagawa, H. (2006): $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ^{14}C dating of a lowstand coral reef beneath the insular shelf off Irabu Island, Ryukyus, southwestern Japan. *Island Arc*, vol.15, p.455-467.
- 佐藤善男・駒澤正夫(1993): 20万分の1地質図幅「久米島」, 地質調査所。
- 佐藤裕生・長浜春夫(1979): 屋久島西南部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 47p.
- 竹内 誠(1993): 湯湾地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 69p.
- 竹内 誠(1994): 20万分の1地質図幅「奄美大島」, 地質調査所。
- Tanaka, Y. and Ujiie, H. (1984): A standard late Cenozoic micro-biostratigraphy in southern Okinawa-jima, Japan. Part 1. Calcareous nannoplankton zones and their correlation to the planktonic foraminiferal zones. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo, Ser. C*, vol.10, no.4, p.141-168.
- 氏家 宏(1980): 南琉球弧「500m島棚」の第四紀地史上の意義。第四紀研究, vol.18, no.4, p.209-219.
- Ujiie, H. (1985): A standard late Cenozoic micro-biostratigraphy in southern Okinawa-jima, Japan. Part 2. Details on occurrence of planktonic foraminifera with some taxonomic annotations. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. C*, vol.11, no.3, p.103-136.
- 氏家 宏(1988): 沖縄本島中・南部の地質図(浮遊性有孔虫化石帯に基づく)。国建, 那覇市。
- Ujiie, H. (1994): Early Pleistocene birth of the Okinawa Trough and Ryukyu Island Arc at the northwestern margin of the Pacific: evidence from the Late Cenozoic planktonic foraminiferal zonation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, vol.108, p.457-474.
- 氏家 宏(1996a): 第3章 琉球弧基盤の生い立ち 琉球列島の地史 I. 中村和郎・氏家 宏・池原貞雄・田川日出夫・堀 信行(編): 日本の自然地域編8 南の島々, 岩波書店, 東京. p.93-110.
- 氏家 宏(1996b): 第4章 変動する島弧と周辺海域の環境 琉球列島の地史 II. 中村和郎・氏家 宏・池原貞雄・田川日出夫・堀 信行(編): 日本の自然地域編8 南の島々, 岩波書店, 東京. p.112-126.
- 氏家 宏(2001): 伊平屋島及び伊是名島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 25p.
- 氏家 宏・兼子尚知(2006): 那覇及び沖縄市南部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 48p.
- 矢崎清貫(1977): 多良間島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 28p.
- 矢崎清貫(1978): 伊良部島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 27p.
- 矢崎清貫(1982): 与那国島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 57p.
- 矢崎清貫・須田芳朗・小川健三(1978): 20万分の1地質図幅「宮古島」, 地質調査所。
- 矢崎清貫・大山 桂(1979): 宮古島北部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 46p.
- 矢崎清貫・大山 桂(1980): 宮古島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 83p.

KANEKO Naotomo (2007): Cenozoic stratigraphy in the Okinawa Island and Ryukyu Arc.

< 受付: 2007年2月28日 >