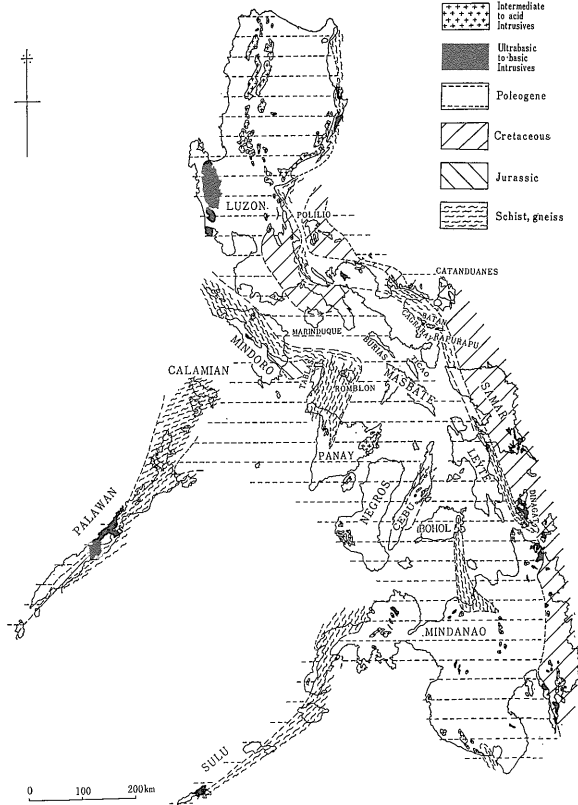


フィリピン群島の地質構造発達史

鈴木 尉元 (地質情報センター)

YASUMOTO SUZUKI



第1図 フィリピン群島における変成帯の分布.

1. まえがき

1984年から1987年度まで ITIT 特別研究“油ガス田地域の新生代層序対比の研究”が実施された。この研究は フィリピン群島の第三系層序・地質構造を明らかにし 日本列島と比較検討することにより フィリピン群島の深部の石油・天然ガス鉱床開発の可能性を検討するものである。

フィリピン群島は 東南アジアのフィリピンからインドネシアに連なる島弧の一角をしめ 北方の台湾をへて日本列島につながる。この日本列島も東北方に千島列島 南西方に琉球列島から台湾に連なる島弧の一角をしめている。島弧は 前縁の海溝をはさんで海洋に面

し 背後に縁海の発達する弧状の島列であり 第四紀火山列と 海溝付近から縁海に向かって深くなる深発地震面の発達で特徴づけられる。

このような現在の構造運動の平行性は歴史的に形成されてきたもので 日本列島とフィリピン群島とのより古い時代からの造構運動の平行性の検討の必要性を示している。

本小論では フィリピン群島の基本的な地質構造を記述し その地史を時代を追って見ていき 日本列島ならびに東アジア諸地域との比較を試みる。

2. 変成岩類の分布

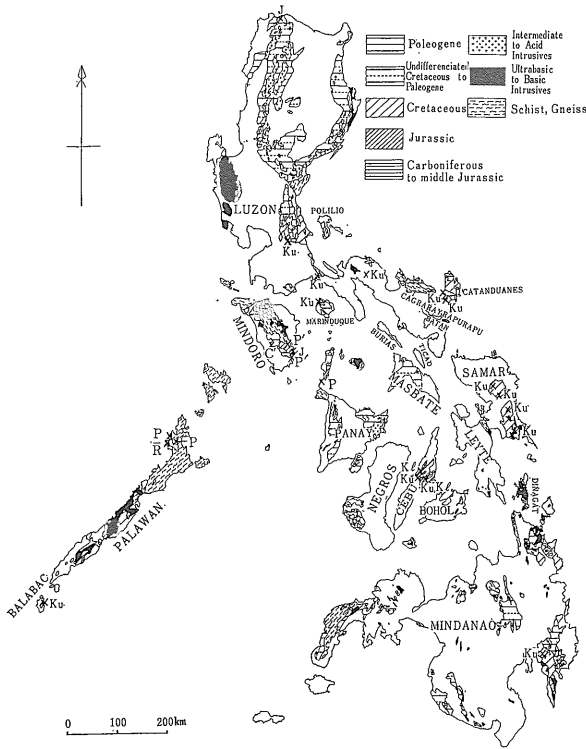
フィリピン群島には 結晶片岩類がいくつかの地域に带状に分布している (第1図)。この結晶片岩類の分布地域のあるものは 日本列島におけると同様に フィリピン群島においても地質構造区境界をなし 造構運動に大きな影響をあたえている。そこでまずこの結晶片岩類の分布について記すことにする。

この結晶片岩類は 一般に細ながい带状地域に分布する。それらは フィリピン群島の一般走向に平行する南北ないし北西-南東方向に分布するものと これにほぼ直交する北東-南西方向に分布するものがある。しかし いずれもフィリピン群島の複雑な島列の延長方向に平行している。

フィリピン群島の一般走向に平行するものうちもっとも顕著なものは ルソン島の東縁にそい さらに南東方のサマル島とレイテ島の境界付近を通り ディナガット島からミンダナオ島のスリガオ半島にいたるものである。なお この地域にそうルソン島東方のポリリョ島やカタンデュアネス島にも結晶片岩類は分布する。

これに次ぐ島弧に平行する結晶片岩類の分布は ミンドロ島からタブラス島を通り パナイ島北西部にいたる地域に見られる。さらにボホール島東部からミンダナオ島中部にいたる地域にも 結晶片岩類は分布する。ルソン島北西部のイロコスやコルディレラ山脈にも結晶片岩類の分布が報告されているが これも同系統のものであろう。

これらに直交する結晶片岩類の分布地域は 一つはパ



第2図 フィリピン群島における古生代・中生代の化石産地。Cは石炭紀 Pはペルム紀 Rは三疊紀 Jはジュラ紀 Klは白亜前期 Kuは白亜紀後期の化石産地を示す。'は礫岩中の礫からの産出であることを示す。

ラワン島にそってのびるもので 北東方のカラミアン諸島にまで分布が確認されている。一般走向は パラワン島では島の長軸にそった北東—南西方向をとるが カラミアン諸島では南北にその方向をかえる。他の一つは スルー諸島からミンダナオ島ザンボアンガを通りセブ島にいたる地域に分布するものである。

なお これらの変成帯は しばしば塩基性岩・超塩基性岩をともなう。以下の記述では ルソン島の東縁からミンダナオ島東縁にいたる結晶片岩類の分布地域を境に それより東方地域を外帯 西方地域を内帯とよぶことにする。

3. 古生界

フィリピン群島において もっとも古い時代を示す化石は ミンドロ島西部の Agbahag 峠の始新統の礫岩からの石炭紀を示す単体さんご Cyathopsid (*Gshelia*? sp.) である(Easton & Melendres, 1964)(第2図)。しかし石炭系として確定された地層や岩石は発見されてい

ない。

フィリピン群島での年代の確定したもっとも古い地層は パラワン島北東部 Bacuit の南 Maumegmeg 湾に分布するペルム系 Malampaya Sound Group で 下位の Bacuit Formation と上位の Minilog Formation に区分されている (Hashimoto & Sato, 1973)。Bacuit Formation は 破碎した砂岩 変質した凝灰岩 石灰質砂岩 砂岩と粘板岩の転倒した互層からなる。Minilog Formation は 再結晶した石灰岩からなる。Bacuit Formationからは コノドント *Gondolella rosenkrantzi* など Minilog Formationからは 紡錘虫 *Neoschwagerina*, *Verbeekina*, *Nankinella*, *Parafusulina* などを産し 中部—上部ペルム系であることを示す。

タブラス島とパナイ島間のカラバオ島の Carabao Limestone からは 紡錘虫 *Neoschwagerina*, *Paraschwagerina* また ミンドロ島の始新世の礫岩 (Agbahag Conglomerate) の石灰岩礫から *Schwagerina*, *Verbeekina* が発見されている (Andal, 1966)。これらの化石はペルム紀を示す。

このように フィリピン群島において古生界の報告されているのはパラワン島ないしその延長地域に限られている。しかし 変成岩の源岩の一部は上部古生界であると考えられているが 古生物学的あるいは放射年代的な証拠はない (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。

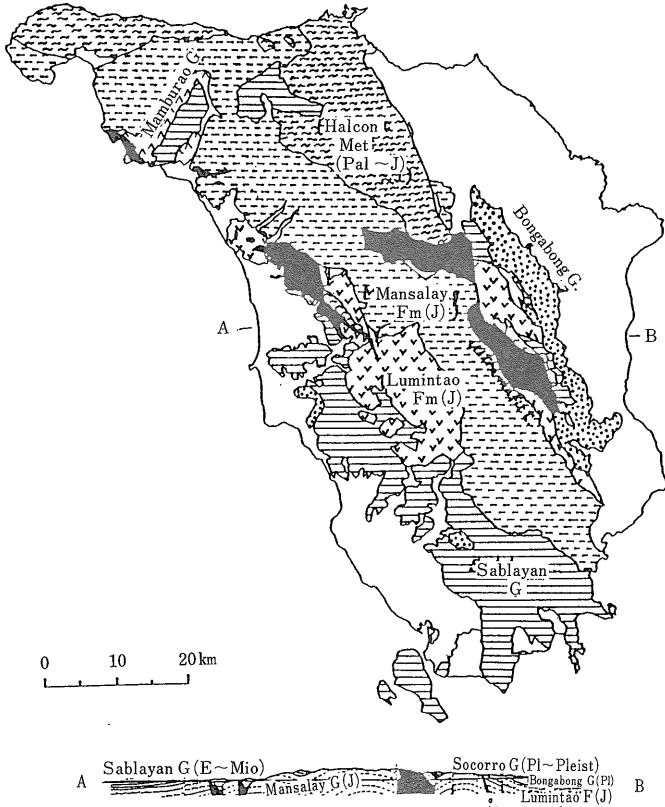
フィリピン群島の古生界は その分布が断片的で しかも分布箇所も少ないことから その構造的性格はよく分からないが パラワン島の古生界は その上に重なる三疊系とともに 南北の褶曲軸をもってこまかく褶曲している (Hashimoto and Sato, 1973)。以上の断片的資料から 古生代後期には海が広がり 堆積物が厚く堆積する地向斜が形成されたものと思われる。その環境は岩相から判断すると つぎの中生代の後期よりも静穏であったと考えられる。

4. 中生界

分布と岩相

フィリピン群島の中生界は 下位の三疊系はパラワン島 ジュラ系はパラワン島とルソン島北部から報告されているにすぎない(第2図)。しかし白亜系になるとその分布箇所は ひろく各地から報告されている。しかし大部分は上部白亜系であり 下部白亜系はセブ島のみ知られている。

パラワン島には 中部三疊系の Liminangcong Formation 上部三疊系—下部ジュラ系の Limestone, Shale and Sandstone Formation が分布する。Liminangcong



第3図 ミンドロ島の地質図と断面図 (JICA・MMAJ, 1984による)。

Formation は 地入り堆積層 粘板岩や凝灰岩などをはさむチャートからなり (Hashimoto & Sato, 1973) コノドント, *Prioniodella prioniodellides*, *Neohindeodella uniforma*, *Ozarkodinatoritilis*, Limestone, Shale and Sandstone Formation からは有孔虫 *Involutina*, *Triasina*, *Endothyra*, *Ammobaculites*, 珪藻 *Thaumatoporella parvovesiculifera* を産する。

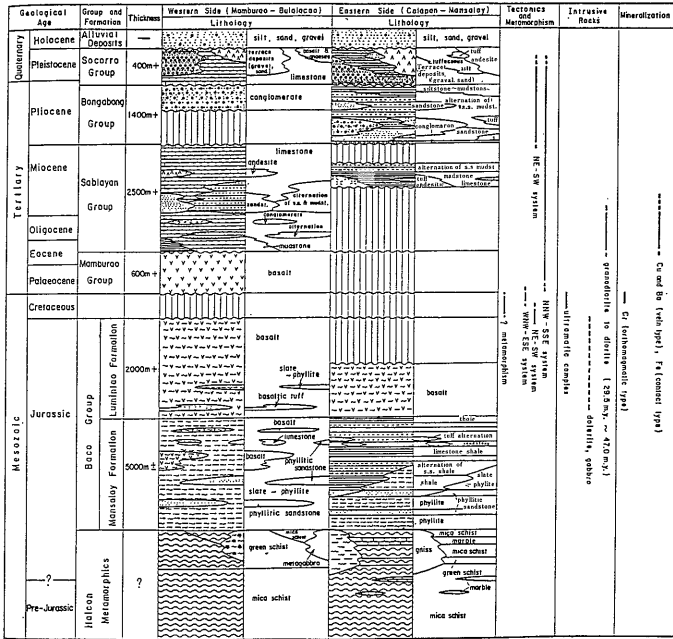
ジュラ系としては ルソン島北部のイロコス州に分布する Baruyen Formation, ミンドロ島の Mansalay Formation などが知られている。Baruyen Formation は主としてチャートからなりラジオラリア *Cenosphaera* や *Dictyomitra* などが報告されている。Mansalay Formation は 主として砂岩・頁岩からなり 礫岩・凝灰岩をはさむ地層で 層厚は 3,000m に達する (Sato, 1975)。同層からは アンモナイト *Enaspidoceras*, *Taramelliceras*, *Parawedekindia*, *Perisphinctes*, *Campylites*, *Hecticoceras* (Sato, 1975) 二枚貝 *Inoceramus* sp., *Myophorella orientalis* (Hayami, 1963) などを産しジュラ紀中期—後期の地層であることを示す。

JICA・MMAJ (1984) は Mansalay Formation を Baco Group とよび 上位の Lumintao Formation と

下位の Mansalay Formation に区分した(第3, 4 図)。Lumintao Formation は ほとんど玄武岩溶岩からなり局部的に塩基性凝灰岩 泥質岩・砂質岩をはさむ地層で 層厚は 2,000m 以上に達する。Mansalay Formation は 主として泥質岩と砂質岩からなり 局部的に塩基性溶岩をはさむ地層で 層厚は5,000m以上に達する。これらの下位に 雲母片岩・緑色片岩・片麻岩・変はんれい岩・大理石よりなる Halcon Metamorphics が分布する。JICA・MMAJ (1984) は Baco Group は Halcon Metamorphics に整合漸移することを示し Baco Group はジュラ系 Halcon Metamorphics の源岩の年代はジュラ紀ないしそれ以前と考えた。

なお 以上は化石を産し 年代の確定している地層であるが 化石を産しないけれども 三疊系・ジュラ系ないしそれ以前の地層と考えられている地層が広く分布する (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。それらのあるものは 結晶片岩になっている。パラワン島の Barton Metamorphics, ロンブロン島の Romblon Metamorphics, ポリリョ諸島の Misisi Schist などである。

白亜紀の化石は 内帯ではルソン島・セブ島 パラワン島南西方のバラバック島 外帯ではカタンデュアネス



第4図
 ミンドロ島の地質柱状図 (JICA・MMAJ, 1984
 による)。

島・サマール島などから発見されている。このうち下部白亜系はセブ島にのみ知られ 他はすべて上部白亜系である。

セブ島の白亜系は Tunlob Schist の上に不整合(?)に重なる Cansu Formation と Pandan Formation かなる。下部の Cansu Formation は 主として玄武岩・安山岩溶岩と砕屑岩からなり 石灰岩をはさむ地層である。Orbulina を産し 下部白亜系であることを示す。Pandan Formation は 主として礫岩・砂岩・頁岩からなり 玄武岩・石灰岩・石炭をはさむ地層である。本層からは Grobotruncana を産し 上部白亜系であることがわかる (Hashimoto et al., 1975)。

ルソン島中部リサル州の Kinabuan Formation は 主として頁岩と中一粗粒砂岩からなり 凝灰質岩・珪質岩・石灰岩をはさむ地層である。本層からは Grobotruncana を産し上部白亜系であることを示す (Reyes & Ordonez, 1970)。

バラバック島の Espina Formation は 主として頁岩と石灰岩からなり チャートを挟む地層である。本層からは Gumbelina と Discocyclus を産し 上部白亜系ないし始新統であることを示す。

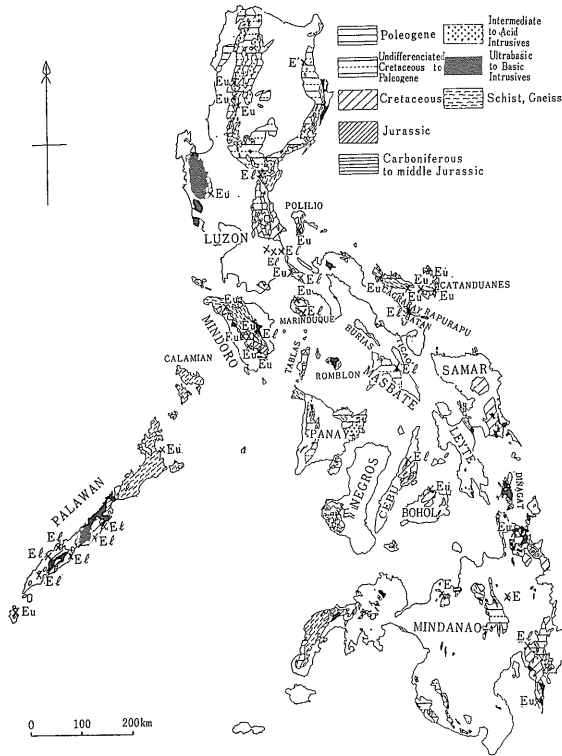
カタンデュアネス島の Bagnabogna Limestone から Grobotruncana, Orbulina (?) の産出が知られている。前者は上部白亜系 後者は下部一最下部白亜系を示す。この層の下には主として玄武岩溶岩からなり チャートや火山砕屑岩を挟む Yop Formation, その下

に不整合に Tunlob Schist に対比される結晶片岩・砂岩・泥岩からなり 礫岩をはさむ Catanduanes Formation が来る。Yop Formation は白亜系 Gatanduanes Formation はジュラ系と考えられている。なお 結晶片岩と砂岩・泥岩等の非変成の地層・岩石は別の地層に区分し それらの層次的・構造的な関係を明らかにすべきであると考ええる。

サマール島の Balo River Series は 主として変成した礫岩・砂岩・頁岩からなり 石灰岩・チャートを挟む地層である。本層からは後期白亜紀 Campanian-Maastrichtian を示す Globotruncana lapparenti, G. lapparenti bulloides, G. stuarti, Heterohelix globulosa, Santonian を示す G. concavata, G. renzi, G. arca, Rugoglobigerina spp. 等の産出が知られている。

なお パラワン島の Chert-Spilitic Formation 中の石灰岩から Gumbelina の産出が報告されたが 同層によく似た石灰岩から Gumbelina とともに Nummulites, Discocyclus, Heterostegina も産出し Gumbelina は再堆積したものと考えられた (Hashimoto et al., 1975)。

その他 白亜系と考えられる地層は各地に分布するが化石の証拠はあげられていない。なお パラワン島北方沖合で坑井が掘削され それらのあるものは中生界にまで達している (Saldivar-Sali et al., 1981)。この地域では 細粒砕屑岩からなる始新世の Pre-Nido Tertiary の下に 不整合に石灰岩あるいは細粒砕屑岩からなる Pre-Nido Mesozoic が分布し 上部ジュラ系ないし下部



第5図 フィリピン群島における古第三紀の化石産地。E1は始新世前期 Euは始新世後期 'は 礫岩中の礫からの産出であることを示す。

白亜系とされている。

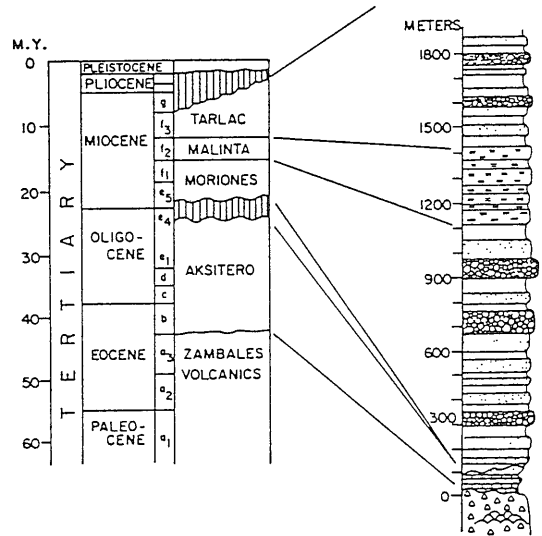
特徴

以上に記述したように フィリピン群島のジュラ系・白亜系は 砂岩・礫岩・頁岩などの陸源性砕屑岩を主とし これらにチャートや石灰岩をはさみ 玄武岩・安山岩などの溶岩や火山砕屑岩も多い。 なお 三畳系が古生界的な性格をもつのか ジュラ系・白亜系に近い性格をもつのかは不明である。

ジュラ紀後期と白亜紀後期には パラワン島では花こう岩質岩 Kapoas granite, Quartz diorite の活動がおこなわれた。

これらジュラ系・白亜系の地質構造は 一般に傾斜はそれ程急でなく 褶曲や断層もそれ程いちじるしいものではないようである。 すなわち ルソン島北部ではゆるい盆状構造(第9図) ミンドロ島ではゆるい褶曲構造を呈している(第3図)。 セブ島では 両翼の急な背斜構造が見られるが 側方に急に傾斜はゆるくなる。

ミンドロ島において ジュラ系が結晶片岩に漸移し結晶片岩の源岩はジュラ系ないしそれ以前のものと考えられる。 白亜系は変成作用を受けていないことから変成作用は ジュラ紀末に行われたと考えられる。



第6図 ルソン島北部サンバレス山地東部の地質柱状図 (Schweller et al., 1983)。

5. 古第三系

分布と岩相

フィリピン群島においては 古生界・中生界と確定された地層や岩石が限られて地域にしか知られていないのに対して 古第三系は 北はルソン島から南はミンダナオ島にいたる各地に分布が知られるようになる(第5図)。 それらを 以下に内帯・外帯に分けて記述する。

内帯

パラワン島の古第三系は 中部から南部に分布する Panas Formation, Pandian Formation, 北部に分布する Pabellion Limestone, Siltstone-Sandstone-Shale と Pillow Lava である。 Panas Formation は 主として砂岩・頁岩からなり石灰岩をはさむ地層で *Discocyclus*, *Globorotalia velascoensis*, *Globigerina gravelli* を産し 暁新世一前期始新世とされている。 Pandian Formation は 砂岩を主とし頁岩をはさむ地層で 基底に礫岩を有する。 中一後期中新世とされるが 漸新世と考える人もある (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。 Pavellion Limestone は *Nummulites*, *Fasciolites*, *Discocyclus*, *Pellatispira* を含み 始新世後期とされる。 Siltstone-Sandstone-Shale と Pillow Lava は 化石の証拠はないが 漸新世とされている。

ルソン島北部のイロコスには Bangui Formation が分布する。 同層は 砂岩・礫岩・頁岩からなり 始新世後期の地層とされている。

ルソン島西部のサンバレス山脈には 石灰岩を主とし 碎屑岩やチャートをはさむ Aksitero Formation が分布する(第6図)。同層の下部から *Hantkennina alabamensis*, *Globorotalia cerroazulensis*, *Globorotalia centralis*, *Discoaster borbadiensis*, 上部から *Globorotalia oligo-caenica*, *Globigerina opimanana*, *Globigerina ciper-ensis anqustumbilicata* を産し 始新世後期ないし漸新世前期を示す。

ミンドロ島では Agbahag Conglomerate, Caguray Formation, Butong Formation が古第三系とされている。Agbahag Conglomerate は 石灰岩・砂岩・泥岩・千枚岩・チャート・結晶片岩・塩基性岩の礫からなる。この中の石灰岩礫から 石炭紀の紡錘虫の化石が発見されたことはさきにも述べた。前期始新世の地層と考えられている。Butong Formation は 石灰岩を主としシルト岩・砂岩・礫岩・集塊岩をはさむ地層である。*Lepidocyclus*(E) *dilatata* を産し 漸新世とされる。

バナイ島西部のアンティケ山地には Antique Ophiolite が分布する。このオフィオライトは 超塩基性岩はんれい岩 閃緑岩キユムレイト 玄武岩溶岩 チャート 頁岩 石灰岩からなり 漸新世後期のものと考えられている。

バナイ島中央平野南西縁には Singit Formation が分布する。本層は 砂岩・頁岩・石灰岩からなり 下部に玄武岩をはさむ地層である。*Globigerina concinna ciperensis*, *Globigerina selli*, *Globigerina tripartita*, *Globigerina prasaepis* を産し 漸新世後期の地層であることを示す。

ネグロス島では Basak Formation, Isio Limestone, Escalante Formation が 白亜紀—古第三紀の地層とされている。Basak Formation は 玄武岩 同質凝灰岩に砂岩・頁岩をはさむ地層で 白亜紀—暁新世とされている。Isio Limestone は 有孔虫群集組成から始新世とされている。Escalante Formation は 主として泥岩と砂岩からなり石灰岩をはさむ下部層と 石灰岩からなる上部層からなる。本層からは *Eulepidina*, *Spiroclipeus* を産し 後期漸新世を示す。

セブ島では 北部と中部の Baye Formation, Lutak Hill Limestone, Cebu Formation, 南部の Argao Group が古第三系とされている。Baye Formation は化石に富む石灰岩からなり *Nummulites* を産し 始新世の地層であることを示す。Lutak Hill Limestone は 同じく石灰岩からなり *Nummulites fichteli*, *Lepidocyclus*(E) *dilatata*, *Lepidocyclus*(N) *isolepidionoides*, *Nummulites intermedius* を産し 漸新世の地層である

ことを示す。Cebu Formation は 下部の挟炭層と上部の *Orbitoid* 石灰岩からなる。石灰岩からは *Lepidocyclus*(E) *gibbosa*, *L*(E) *monstrosa*, *L*(E) *formosa* 等を産する。Corby *et. al.* (1951) は中新世前期の地層としたが Balce は漸新世後期の地層とした (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。

セブ島南部の Argao Group は 下位から Calagasan, Butong, Linut-od の各層に区分される。Calagasan Formation は 礫岩・砂岩・頁岩を主とし 石灰岩と石灰岩を挟む地層 Butong Formation は石灰岩からなりともに漸新世後期の地層とされる。

ボホール島には *Camerina* を含む Calape Limestone が分布し 始新統とされる。

ミンダナオ島中部のミサミスオリエンタル・ブキドノン・ラナオ地域には 千枚岩・硬砂岩・変礫岩・圧砕岩・変火山岩・変輝緑岩からなる Himalayan Formation が分布し 始新統とされている。

ミンダナオ島南部のコタバト盆地には 石灰岩・礫岩・砂岩からなる Maganog Formation が分布し 産出化石から後期漸新世—前期中新世とされている。

外 帯

ルソン島北東部のセラマドレ山脈には北部に Lubingan, Coronel, Dingalan の各層が南部には Maybangan, Binangonan の各層が分布する。Lubingan Formation は 緑色片岩と変堆積岩からなる。変堆積岩類は千枚岩・砂岩・大理石からなる。*Nummulites* が発見され (Hashimoto *et al.*, 1978) 下部始新統であることが明らかになった。Coronel Formation は チャートや硬砂岩をとともなるオフィオライト様岩からなり 始新世後期の地層と考えられる。Dingalan Formation は 硬砂岩やチャートからなり 漸新世後期の地層と考えられる。

セラマドレ山脈南部に分布する Maybangan Formation は 硬砂岩・頁岩・石灰岩からなる。この石灰岩からは *Miscellanea*, *Ranikothalia*, *Fabiania*, *Fasciolites*, *Asterocyclus* を産し 暁新世—始新世の地層であることを示す。Binangonan Formation は 石灰岩・シルト岩からなり *Lepidocyclus*(E) *dickersoni*, *Globigerina qortanii*, *Globigerina tripartita tripartita* を産し 漸新世後期の地層であることを示す。

バリリョ島には Babacolan Formation, Burdeos Formation が分布する。Babacolan Formation は 頁岩・砂岩・石灰岩からなる。*Pellatisbira*, *Dicocyclus* を産し 始新世後期の地層である。Burdeos Formation は 頁岩・砂岩・礫岩・石灰岩・石灰岩からなる。*Spiroclipeus*, *Lepidocyclus*, *Heterostegina*

を産し 漸新世後期—中新世前期の地層であることを示す。

ルソン島南東部のカマリネスノルテ・ケソンには 暁新世—始新世の Universal Formation が分布する。本層は礫岩・砂岩・頁岩からなる下部層と 石灰岩・泥灰岩・頁岩からなる上部層からなる。本層には石灰層がはさまれる。

ルソン島南東部のカラモアン半島には Garchitorena Formation, Guijaro Formation が分布する。前者は火山砕屑岩を挟む砂岩・チャート・頁岩・石灰岩・玄武岩溶岩からなる。産出化石から暁新世とされる。後者は礫岩・砂岩・石灰岩・頁岩・石灰岩からなる。産出大型有孔虫化石から 始新世前期の地層とされる。

カグラライ・パターン・ラブラブ・サンミゲル島には Sula Formation, Coal Harbor Limestone が分布する。Sula Formation は 石灰岩と挟炭層からなり 産出する *Nummulites*, *Discocyclina*, *Fasciolites* から始新世前期の地層とされる。Coal Harbor Limestone は *Spiroclypeus* にとみ *Eulepidina-Miogyopsina-Flosculinella* 群集を含むことから 漸新世後期から中新世前期の地層とされる。

カタンドゥアネス島には Payo Formation が分布する。本層は 下部から基底礫岩・頁岩・サブグレイワッケからなる Cabugao Subgraywacke, Hitoma-Payo Coal Measures, Sipi Limestone からなる。Sipi Limestone からは大型有孔虫 *Pellatispira* を産し 始新世後期を示している。

ルソン島南東端のピコール半島南部には Pantao Limestone が分布し 産出化石から始新統とされている。

サマール島には Daram Formation が分布する。同層は 火砕質砂岩・礫岩・砂岩・頁岩・石灰岩に安山岩・玄武岩をとまなう。石灰岩からは大型有孔虫 *Leupidocyclina* (*Eurepidina*) を産し 漸新世後期を示す。

特徴

フィリピン群島の古第三系は 砂岩・頁岩・礫岩などの陸源性砕屑岩を主とし 石灰岩・チャートをはさむ地層からなる。外帯各地やセブ島周辺地域では 石灰層が発達する。ルソン島のサンパレス山脈やパナイ島のアンティケ山地にはオフィオライトの活動が またパラワン島 ネグロス島 ミンドロ島 パナイ島 ミンダナオ島中部 ルソン島北東部のシェレマドレ山脈・カラモアン半島 サマール島などでは 玄武岩や安山岩の活動がおこなわれた。

古第三紀には深成岩類の活動も活発で 各地にその活動が知られている。内帯では ルソン島北西部サンパレス山地の暁新・始新世の輝緑岩 (Balog-Balog Diorite)

はんれい岩 カラバリオ山地の始新世後期—漸新世前期の花こう岩類 (Dupax Batholith, Palali Batholith) ロンブロン諸島の始新世後期の石英閃緑岩 (Quartz Diorite) パナイ島東部の暁新世後期の閃緑岩 (Sara Diorite) マスバテ島の始新世の石英閃緑岩 (Aroroy Quartz Diorite) ボホール島の暁新世の閃緑岩 (Talibon Diorte) などがあげられる。

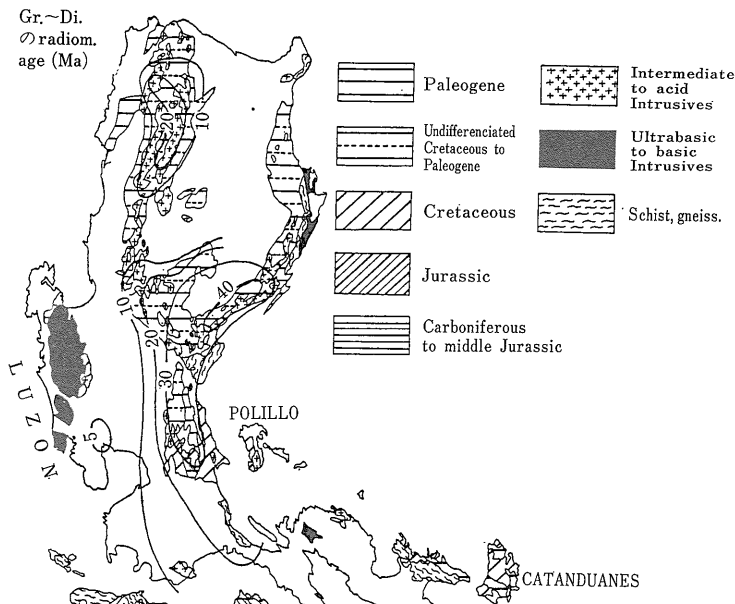
外帯では ルソン島シェラマドレ山脈北部の始新世前期の花こう岩類 (Coastal Batholith) 同山脈南部の漸新世前期の閃緑岩 (Antipolo Diorite) ポリリョ島の始新世前期の閃緑岩 (Polillo Diorite) ルソン島南東部カマリネスノルテ・ケソンの 漸新世前期の花こう閃緑岩類 (Paracale Diorite) カラモアン半島の 漸新世前期の閃緑岩 (Tambang Point Diorite) ピコール半島南部の 漸新世前期の閃緑岩 (Panganiran Diorite) サマール島の 始新世—漸新世の閃緑岩 (Diorite) などがあげられる。

このように 古第三紀には砂岩・礫岩などの粗粒砕屑岩がかなり生産され 火山活動も活発におこなわれている。また 深成岩類の活動も活発である。この点古第三紀には 白亜紀と共通した性格の運動がおこなわれていることがわかる。

ルソン島中部から北部にかけて分布する火成岩類については 多くの放射年代の測定がおこなわれている (Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。それらのうち花こう岩ないし閃緑岩などの花こう岩類の年代を検討すると 東部では30-35Maの年代を示すものが多いのに対して 西部では10Maないしそれ以下の若い年代を示すものが多く 東部から西部に向かって若い年代を示す傾向が認められる (第7図)。

6. 新第三系・第四系

フィリピン群島の新第三系・第四系は 主として7つの堆積盆地に厚く堆積している (第8図)。それらは 北からカガヤン谷・ルソン中央谷・南東ルソン・ビサヤ海・イロイロ・ダバオ—アグサン・コタバトの各堆積盆地である。そこに中新統・鮮新統・更新統が一連の地層を形成して堆積している (Bureau of Mines, 1976)。これらの下に しばしば基盤岩類として扱われる火山岩類が分布する (Corby *et al.*, 1951; Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。近年 これらの火山岩類は 日本列島のグリーンタフと同様に 上記の中新統の下に整合一連あるいは大きな間隙なしに重なることが各地で確認されるようになってきている (JICA・MMAJ, 1975; Bureau of Mines and Geosciences, 1982)。以下に 各堆積盆地の概要を記す。



第7図 ルソン島中・北部の花こう岩質岩石の放射年代値の分布。

カガヤン谷盆地

ルソン島北部に発達する南北にのびる堆積盆地で 漸新世から完新世の地層でうめたてられている。

基盤

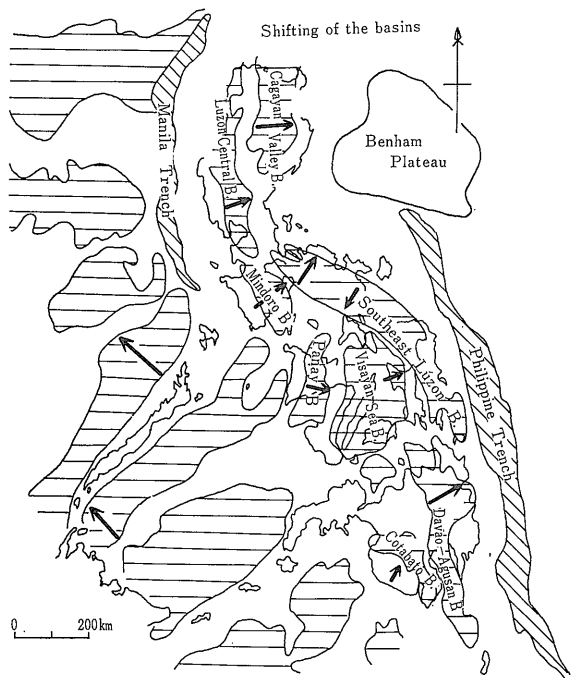
漸新統の Dumata Formation は 塩基性溶岩・集塊岩・凝灰角礫岩・凝灰質砂岩泥岩からなっている。カガヤン谷盆地南方のカラバリオ地方では 安山岩質—玄武岩質火山岩・火山碎屑岩 砂岩・頁岩・石灰岩からなる Calaballo Group が分布する。本層上部からは 始新世を示す化石を産し 白亜系—始新統とされる(第9図)。

被覆層

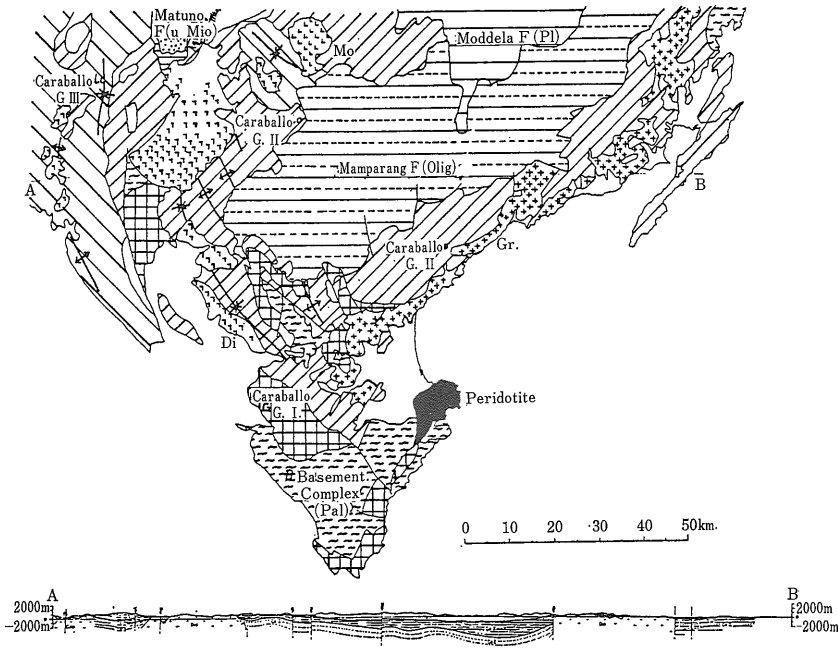
中新統最下部層の Ibulao Formation は 塊状のバイオーム石灰岩からなる。下一中部中新統のLubuagan Formation は 砂岩と頁岩・シルト岩からなる。中部中新統の Callao Formation がこの上に重なるが 同層は基本的には礁成岩体であるが 盆地中央に向かって石灰質碎屑岩に移化する。上部中新—鮮新統のCabagan Formation は 主として頁岩からなり 石灰質砂岩・シルト岩・礫岩をはさむ地層である。鮮新—更新統の Ilagan Formation は 下部の海成頁岩・砂岩層 上部の海成砂岩・陸成シルト岩・礫岩からなる。上部更新—完新統の Awiden Meda Formation は 砂・シルト・礫・火砕堆積物からなる。

カガヤン谷盆地は、一つの盆地構造を示すが 西半部には一般に南北にのびるゆるい短軸褶曲が また北部には東北東—西南西方向の褶曲が発達している。

ルソン中央谷盆地



第8図 フィリピン群島の新第三系・第四系の堆積盆地の分布と堆積中心の移動傾向。



第9図
ルソン島北部のカラバオ山地
の地質図と断面図 (JICA・
MMAJ, 1975による)。

基盤

ルソン中央谷盆地西方のサンバレス山脈では 始新統の玄武岩・輝緑岩・はんれい岩からなる Zambales volcanics が分布し Ophiolite とされている (第6図) (Schweller et al., 1983). この上に 上部始新統-漸新統の主として陸源性砕屑岩を主とする地層が重なる。

被覆層

本盆地については 北東部 東-南東部・西部の順で記述する。

北東部の新第三系の最下位層は 中期中新世 前期の Benguet Limestone である。この上に中期中新世後期の Bued Canyon Formation が重なる。同層は 礫岩・硬砂岩・砂質頁岩からなる地層である。これに重なる後期中新世の Amlang Formation は 凝灰質砂岩と砂質頁岩の互層からなる。鮮新世の Aringay Formation は 海成と非海成の砂岩・シルト岩・頁岩からなる。鮮新一更新世の Bacnotan Limestone あるいは Mirador Limestone がこれに重なる。

東部の新第三系は 前-中期中新世の Angat Formation にはじまる。同層は 基底の砕屑岩 その上に重なるバイオハーム石灰岩からなり *Lepidocyclina*, *Austrotrillina howchini* を産する地層である。この上に中期中新世の Madlum Formation が重なる。同層は 砂岩・砂質頁岩からなる下部層 集塊岩・凝灰岩・硬砂岩・安山岩溶岩からなる中部層 礫性石灰岩からなる上

部層からなる。 *Globorotalia fohsi fohsi* を産する。後期中新世の Makapilapil Formation は主として凝灰質砂岩と頁岩からなり 礫岩をはさむ地層からなる。南方に Lambak Shale に側方変化する。同層からは *Globigerinoides*, *Orbulina universa* を産する。鮮新一更新世の Tartaro Formation は 粘土岩とシルト岩からなる。同層からは *Placuna placenta* を産する。この上に重なる更新世の Guadalupe Formation は 下位の海成と陸成の凝灰質シルト岩と上位の凝灰岩からなる。同層からは植物化石 *Euphorbiaceae* を産する。南東部では 更新世の Laguna Formation が Madlum Formation に重なって発達する。同層は 凝灰岩・集塊岩・溶岩からなる地層である。

西部に発達する第三系は 始新-漸新世の Aksitero Formation に始まる。同層は 砕屑性石灰岩からなる。その上に重なる前-中期中新世の Moriones Formation は 砂岩・頁岩・礫岩からなる。同層からは *Globoquadrina rohri*, *Globorotalia fohsi* を産する。後期中新世の Malinta Formation は 凝灰質砂岩・頁岩・凝灰岩からなる地層である。同層からは *Globorotalia fohsi lobata* を産する。同層は 頁岩・砂岩からなる後期中新世の Tarlac Formation に覆われる。この上に 海成-陸成の凝灰岩と礫からなる鮮新一更新統が重なる。

ルソン中央谷盆地は 南北ないし北北西-南南東にの
地質ニュース 413号

びる盆地で一つの盆状構造を形成している。褶曲構造はルソン島北西部の沿岸地域と西部のタルラック地域に短軸褶曲が発達するほかはほとんど発達していない。

南東ルソン盆地

この盆地はルソン島南東部にそって北西—南東方向にながくのびて分布する。この中でとくにポンドック半島とビコール半島がよく研究されているのでこれらの地域を中心に層序を記述する。

基盤

ポンドック半島には始新統と考えられる安山岩・玄武岩を主とし砂岩・礫岩をはさむ Unisan Volcanics が分布する。同半島西方のマリンズケ島には始新統と考えられる主として碎屑岩と石灰岩からなり最上部に火山岩をのせている Taluntunan-Tumicob Formation やはり碎屑岩と火山岩からなる漸新統 San Antonio Formation が分布する。

被覆層

ポンドック半島の第三系基底は前—中中新世の Vigo Formation で主として砂岩と頁岩からなり石灰岩層をはさむ地層である。同層からは *Praeorbulina glomerata curva*, *Lepidocyclina (Eurepidina)*, *Spiroclypeus*, *Orbulina*, *Globorotalia mayeri*, *Globorotalia fohsi fohsi* を産する。その上に重なる後期中中新世の Canguinsa Formation は主として粘土質砂岩と頁岩からなり石灰質砂岩をはさむ地層である。本層からは *Globorotalia tosaensis*, *Sphaeroidinella dehiscentis*, *Pulleniatina obliquiculata* を産する。後期中中新世の Pitogo Conglomerate がこの上に重なる。この礫岩は碎屑性の石灰岩をはさんでいる。この上に重なる鮮新世の Hondagua Formation はほとんどシルト岩からなっている。この上に頁岩と砂岩からなる鮮新世の Vinas Formation が重なる。本層からは *Elphidium*, *Ammonia*, *Pseudorotalia* を産する。更新統はさんご石灰岩からなる Malumbang Limestone である。

ビコール半島の第三系は中新世の碎屑岩と炭酸塩岩からなる Bicol Formation にはじまる。この上に炭酸塩岩・シルト岩・砂岩からなる後期中中新世の Albay Group が重なる。鮮新—更新世の Ligao Formation とその異相である Sorsogon と Nabua Formations は石灰岩・砂岩・泥灰岩と火砕岩からなる。これらの上に鮮新—更新世の泥灰岩・凝灰岩・玄武岩溶岩が重なる。

この南東ルソン盆地の第三系・第四系は北西—南東方向の褶曲によって特徴づけられる。褶曲はかなり

急な翼をもっている。

ビサヤ海盆地

この盆地はネグロス・マスバテ・セブ・レイテ島西部・パナイ島北東部・ボホール島北部・カモテ島等を含むが大部分が海域にある。

基盤

ネグロス島では主として石灰岩からなる上部始新統の Isio Limestone が年代の確定したもっとも古い地層であるがこの下に主として玄武岩と同質集塊岩からなり砂岩・頁岩をはさむ白亜系—暁新統とされる Basak Formation が分布する。

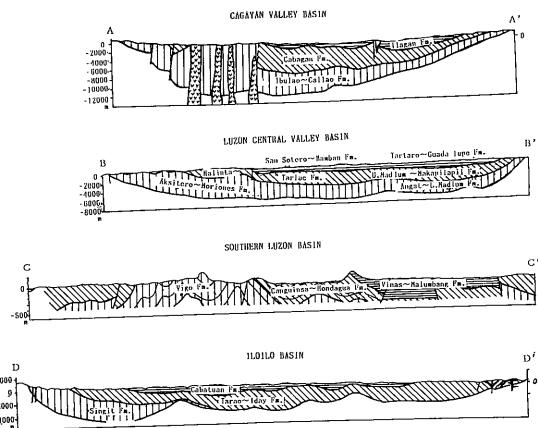
マスバテ島にはシルト岩に砂岩をはさむ上部漸新統ないし下部中新統の Masbate Formation が年代の明らかにもっとも古い地層であるがこの下に先第三系とされる粘板岩と硬砂岩・変火山岩・変堆積岩からなる Kaal Formation が分布する。

レイテ島では礫岩・砂岩・頁岩・石灰岩からなり石炭をはさむ上部漸新統の Taog Formation が年代の確定しているもっとも古い地層であるがその下に安山岩からなる Tacloban Volcanics が来て白亜系とされている。

ボホール島では *Camerina* を含む始新統の Calape Limestone Orbitoid を含む下部中新統の Wahig Formation が分布するがこれらの上にデーサイト・安山岩・玄武岩の溶岩・火山碎屑岩からなる Ubay Volcanics が分布し白亜系・暁新統とされている。

被覆層

この盆地の第三系は前期中中新世の Malubog Formation にはじまる。同層は主として泥岩・頁岩からなりときに礫岩・石灰岩・石炭をはさむ地層である。同層からは *Miogypsina*, *Lepidocyclina*, *Cycloclypeus*, *Spiroclypeus* を産する。この上に中期中中新世の Toledo Formation が重なる。同層は基底の礫質石灰岩その上の石灰岩・凝灰質頁岩・砂岩からなる。同層からは *Orbulina universa*, *Globorotalia mayeri*, *Sphaeroidinella seminulina* を産する。中期中中新世後期—後期中中新世の Maingit Formation がこれに重なる。本層は下部の石灰岩中部の礫岩上部の主として砂岩・頁岩からなり石炭層・石灰岩をはさむ地層からなる。その上に石灰岩からなる Barilli Limestone, 泥灰岩からなる Bolok Formation が重なる。これらは後期中中新世—前期鮮新世の地層とされている。この上に基底石灰岩・砂岩・頁岩層・凝灰質碎屑岩と凝灰岩からなる Hubay Formation が重なる。同層は鮮新—更新統とされる。鮮新—更新世の Carcar Limestone が広く発達する。



第10図 フィリピン群島のいくつかの新第三系・第四系堆積盆地の地質断面図 (Bureau of Mines and Geosciences 1982による)。

この盆地は 北北東—南南西にのびる盆地で セブ島を中心とする複背斜を境に 西部と東部の盆状複向斜に分けられる。軸のながい北北東—南南西にのびる背斜構造が発達している。

イロイロ盆地

基盤

上部漸新—中新統の Singit Formation の下に 硬砂岩を主とし チャート・頁岩・礫岩をはさみ 火山岩をともなう Sibila Formation が分布し 白亜系—暁新統とされている。

被覆層

盆地の西側で基盤に接するもっとも古い地層は 後期漸新世—中新世の Singit Formation で 砂岩・頁岩と礫性石灰岩からなる地層である。玄武岩溶岩をはさむ。同層からは *Lepidocyclus*, *Miogyopsis*, *Globorotalia foysi foysi* を産する。この上に後期中新世—前期鮮新世の Taroa Formation が重なる。本層はシルト岩と泥岩からなり 砂岩・礫岩をはさむ地層である。つぎに礫岩・砂岩・泥岩からなる Iday Formation が重なる。礫岩は主として火山岩、時に石灰岩・閃緑岩からなる。本層からは *Sphaeroidinella dehiscons*, *Pulleniatina obliquiloculata* を産する。この上に泥岩からなる Uliyan Formation が重なる。本層は 北東部では基底に石灰岩をはさみ 西部では火山岩礫岩をはさむ。本層からは *Sphaeroidinella dehiscons*, *Clobigerina eggeri*, *Globorotalia acostaensis humerosa*, *G. tumida* を産する。Iday と Uliyan For-

mations は ともに鮮新統である。この上に鮮新—更新世の Cabatuan Formation が重なる。本層は 下部の泥岩と上部の砂岩からなる。本層からは *Pseudorotalia scuroeteriana*, *Elphidium*, *Ammonia*, *Nonion* を産する。

イロイロ盆地は 盆状構造をもち 褶曲構造はあまり発達していない。

ヒタバト盆地

この盆地は ミンダナオ島南部に北西—南東方向にのびて発達する。

この盆地の最下部層は 後期漸新世—前期中新世の Maganoy Formation である。本層は石灰岩・礫岩・礫質砂岩からなる。この上に前期中新世の主として砂岩・礫岩からなり 頁岩を挟む Nakal Formation が重なる。本層は 中南部や北部では 基底部が石灰岩に移化する。この上に中期中新世の Patut Formation が重なる。本層は 主

として礫岩・頁岩からなり 泥岩をはさむ地層である。南中部では 泥岩・石灰岩に移化する。後期中新世の Dingayen Formation は 北部では主として泥岩からなるが 南部では砂岩が礫岩質になり 泥岩中にしばしば挟まれる。この上に後期中新世—前期鮮新世の Nicaan Formation が重なる。本層は 主として砂岩・シルト岩・礫岩・集塊岩からなり泥灰岩・石灰岩をはさむ下部層と 時に礫岩質になる砂岩と泥岩からなる上部層ならなる。鮮新世の Marbel Formation は 石灰岩に泥灰岩・泥岩・砂岩・礫岩をはさむ地層である。この上に砂岩・シルト岩・礫岩からなる鮮新—更新世の Kilada Formation が重なる。本層は河成ないし湖沼成堆積物である。

ヒタバト盆地には 北西—南東方向にのびるゆるい褶曲構造が発達している。

アグサン・ダバオ盆地

この盆地は ミンダナオ島東部に南北にのびて分布する。

この盆地の新第三系は 始新世の西部の Umayan Limestone, 東部の Baggao Limestone の上に不整合に重なる前期—中期中新世の Saugan Formation, Wawa Formation にはじまる。それらは 砂岩・頁岩・礫岩・石灰岩からなり 石炭をはさむ地層である。この上に後期中新世—鮮新世の Adgaoan Formation が重なる。本層は 碎屑性石灰岩 その上に頁岩・砂岩の互層からなる地層である。この上に Carmen Formation, Nasipit Formation, Diwata Limestone が重なる。



第11図 ミンドロ島の先第三系基盤をはさんだ両側の第三系の分布様式 (JICA・MMAJ, 1984による)。

る。
堆積の中心の移動様式

以上に各堆積盆地の新第三系・第四系の層序を記述したが これらの堆積盆地は一般に非対称で 下位層の発達するところと上位層の発達する所は 系統的にずれる傾向がある (第10図)。

カガン谷盆地では 前期—中期中新世の Ibulao Formation, Lubuagan Formation は西部にあつく発達するが 東方に急激にうすくなるのに対して、鮮新—更新世の Ilagan Formation は 中央ないし東部にのみ発達し とくに東部にあつい。貫入岩の発達も西部に著しい。

ルソン中央谷盆地では 始新世—漸新世の Aksitero Formation は西部にあつく発達し 東方に次第にうすくなるのに対して 更新世の Guadalupe Formation は 中央部ないし東部にのみ発達し とくに東部にあつい。

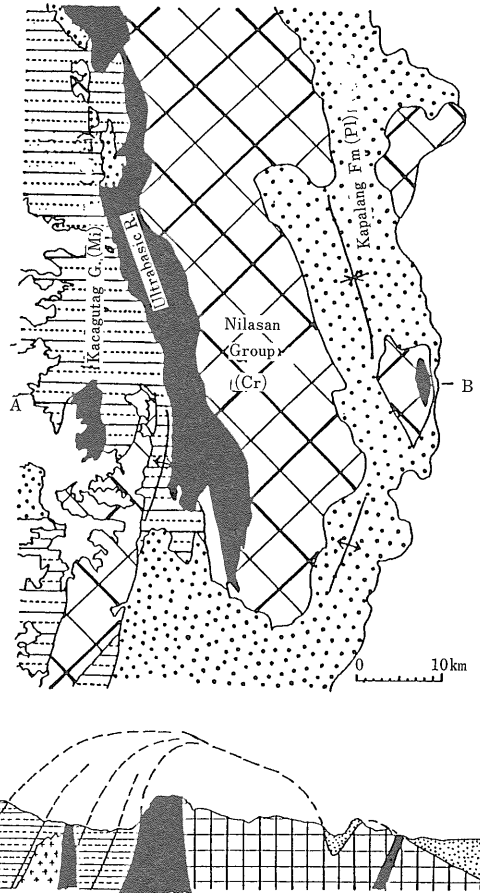
ルソン島南東部のビコール半島では 北東部に下部中新統の Bicol Formation が分布し 南西部に鮮新・更新統の Ligao Formation が分布している。

パナイ島のイロイロ盆地では 漸新世—中新世の Singit Formation は西部にあつく発達し 更新世の Cabatuan Formation は中央部のみ発達する。

ビサヤ海盆地は セブ島をはさんで東部と西部の盆地に分けられる。西部のパナイ島からセブ島にいたる盆地では 上部漸新統—下部中新統の Argao Group は西部にあつく 鮮新・更新統の Hubay Group は パンタヤン島以東にあつく セブ島にぶつかるように分布している。東部のレイテ島の盆地では 島の西部に上部漸新—下部中新統の Argao Group があつく 鮮新・更新統の Hubay Group は中・東部にあつく しかも基盤に不整合に重なる。

以上は一つの堆積盆地に連続して堆積した場合の堆積の中心の移動様式であるが 基盤の隆起帯をはさんで堆積の中心が移動していく型のものがある。

一つはミンドロ島に見られるもので 同島の中央部に北北西—南南東方向にジュラ系の Baco Group やジュラ系ないしそれより下位の Halcon Metamorphics が分布するが その南西側に漸新世—中新世の Sablayan Group 北東側に鮮新世の Bongabong Group が分布し



第12図 ミンダナオ島アグサンデルスール地域の第三系の基盤をはさんだ両側の第三系の分布様式 (JICA・MMAJ 1974による)。

堆積場の北東方への移動を示している (第11図)。

他の一つは ミンダナオ島東部のアグサン・ダバオ盆地西部に見られるもので ほぼ南北にのびる白亜系とされている Nilasan Group や超塩基性岩体をはさんで西部に暁新世—中新世中期の Kalagutay Group が分布し 東部に鮮新・更新世の Baganga Group が分布し ここでも 西から東への堆積の場の移動を示している (第12図)。

近年は海域の弾性波探査資料がえられるようになってきているが それらにも明瞭な堆積の中心の移動の様式

が認められる。

パラワン島北西方の南シナ海南縁海域では 新第三系が地溝状地域にあつく発達するが 下位層は南東方に発達し 上位層はより北西方に発達する傾向があるようにみえる。

パラワン・スル海盆地の Bancauan subbasin では 上部中新統の南東方から北西方への明瞭な堆積の中心の移動が認められる。

以上のように フィリピン群島の新第三系・第四系の堆積盆地は 一般に島弧の一般走向に直交して西から東あるいは南西から北東に堆積の中心が移動する傾向をもっている。ただし ルソン島南東部のピコール半島では このような一般傾向とは反対に 北東から南西への傾向を示す。

褶曲は 地層の堆積過程から段階的に形成されていく (Kodama *et al.*, 1985; 鈴木・小玉 1987)。フィリピン群島の堆積盆地において 一般に東部よりも西部により多くの またより急な褶曲が発達する傾向があるが これは 西部により古い地層が発達し それらが より多くの造構過程を経験したことによるものと考えられる。

造構運動の性格

フィリピン群島の新第三紀・第四紀の造構運動は 造盆地運動であり 褶曲運動・断層運動はあまりはげしくない。変成作用もおこなわれた証拠はない。

新第三紀においても 各地において深成岩類のかなりな活動があった。ルソン島北西部のイコロスでは 閃緑岩 (Pasaleng Diorite) の活動は中新世中期とされる。ルソン中央盆地の東側では 閃緑岩の活動は中新世前期とされている。パナイ島のアンティキ山地では 閃緑岩 (Dakol Diorite) の活動は 中新世後期とされている。マリンズケ島の閃緑岩の活動は中新世中期とされている。レイテ島では 閃緑岩の活動は中新世中期とされている。ミンダナオ島サンボアングでは閃緑岩 (Vitali Diorite) の活動は 中新世中期—後期とされている。同島中部のミサミスオリエンタル・ブキドノン・ラナオ・ダバオ低地地域では 石英閃緑岩の活動は中新世中期とされている。同島東部のダグマ山地では 石英閃緑岩の活動は中新世前期とされている。

このように 新第三紀における深成岩の活動は 主として中新世前期—中期に 内帯各地で活発におこなわれた。それらは閃緑岩や石英閃緑岩である。同時期に外帯においても同種の深成岩の活動がおこなわれている。

フィリピン群島では一般に 古第三紀には玄武岩・安山岩の活動が活発におこなわれ この上に新第三系の碎屑岩を主とする地層が重なり堆積盆地を形成する。こ

の間 後背地では上記のような深成岩の活動がおこなわれるわけである。この堆積盆地も 更新世においては粗粒な堆積岩によって特徴づけられるようになり その後半には干上がってしまう。なお この時期に ビサヤ海とその周辺地域では石灰岩がひろく堆積する。

7. 地質構造発達史の特徴

前節までに フィリピン群島の地質を時代を追って検討してきた。この結果から フィリピン群島の地質構造発達史は古生代後期—ジュラ紀 白亜紀—古第三紀 新第三紀ないしそれ以後に区分するのが適当であると考えられる。

上部古生界ないしジュラ系は 主として陸源性碎屑岩や石灰岩・チャートから構成されている。広域変成作用が ジュラ紀末におこなわれた。白亜系—古第三系は 主として 陸源性碎屑岩 玄武岩・安山岩からなり石灰岩とチャートをはさむ地層からなっている。陸源性碎屑岩には砂岩・礫岩などの粗粒なものが目立つ。地質構造は ゆるい盆状構造 あるいはゆるい褶曲構造を呈する。この時期には 深成岩の活動もいちじるしい。なお ジュラ系は白亜系と共通して面も持つようである。

新第三系・第四系は 一つの堆積輪廻を形成して 各地の堆積盆地に堆積体をつくって分布している。初期には 後背地での深成岩の活動もおこなわれた。堆積盆地は 時代とともにその堆積の中心を東方ないし北東方に移動させていった。褶曲は この過程で形成されたものと考えられる。なお 堆積の中心の移動方向は日本列島ではフィリピン群島と逆の傾向を示す (小玉・矢野 1985)。

上記のような上部中生界—古第三系の岩相・火成活動は 日本列島ないしアジア大陸東部と共通したもので この時期に フィリピン群島がこれらの地域と共通した造構条件下にあったことを示している。

ミンドロ島において ジュラ系が結晶片岩に漸移し 結晶片岩の源岩がジュラ系ないしそれ以前の地層とされている点は 日本列島の三波川帯や三群帯の結晶片岩の源岩の年代が ジュラ紀ないしそれ以前である点と共通し興味深い。おそらく フィリピン群島各地にひろく分布する結晶片岩類の大部分は 日本列島と同様に ジュラ系ないし上部古生界を源岩とするものであろう。

フィリピン群島の火山活動は 新第三紀にもかかわらず活発であるけれども 古第三紀の方が活発であった。深成岩の活動も 古第三紀により活発であったようである。この点からすると フィリピン群島は 琉球弧南

部・小笠原弧や本州の西南日本弧に近い性格をもっている。本州の西南日本弧では白亜紀から古第三紀にかけて火成活動の活動領域が次第に内側に縮小していく傾向が指摘されているがフィリピン群島においてもルソン島中・北部では中・酸性深成岩類の活動が内側に若くなっていく傾向があり両者の平行性が注目される。なおフィリピン群島の火成岩は日本列島などよりも塩基性である。

フィリピン群島の外帯は後期白亜紀以後古第三紀新第三紀に一連の堆積運動をおこなっていること古第三系に炭層をはさむこと地質構造もそれほど激しく乱されていない点で日本列島では本州東北部の北上山地や阿武隈山地の太平洋沿岸地域に似た地質構造発達過程をたどっているように思われる。ただし古第三紀には各地で花こう閃緑岩や閃緑岩の活動がおこなわれている点は東北日本と異なっている。

新第三系・第四系は盆状堆積盆地に堆積している。一般に褶曲や断層はいちじるしくない。この点で Hashimoto (1981) が漸新統以上の地層の堆積場を“地窪状”とした点は適切な見方と考える。なお古第三系ないしジュラ系も上位層とそれ程大きな構造的なちがいが見られないことからジュラ系—古第三系も地窪状の堆積盆地に堆積した可能性が大きい。すなわち岩相的に東アジアの中生界—古第三系に似ているだけでなく堆積場も同様であったろうと考える。

謝辞

筑波大学佐藤正教授 地質部寺岡易司氏 燃料資源部 藤井敬三氏・名取博夫氏・小玉喜三郎氏にはフィリピン群島の地質と地質構造発達史についていろいろ議論をしていただいた。久保紀子氏には原稿作成をお手伝いいただいた。以上の方々に厚くお礼申しあげる。

文 献

- Andal, P. P. (1966) A report on the discovery of Fusulinids. *Phil. Geol.*, 20, 14-22.
- Bureau of Mines (1976) A review of oil exploration and stratigraphy of sedimentary basins of the Philippines. ECAFE, CCOP Techn. Bull., 10, 55-99.
- Bureau of Mines and Geosciences, Ministry of Natural Resources (1982) Geology and mineral resources of the Philippines. vol. 1, 406p.
- Corby, G. W., *et al.* (1951) Geology and oil possibilities of the Philippines. Republic of the Philippines, Dep. Agric. Nat. Resour., Tech. Bull., no. 21, 1-536.
- Easton, W. H. and Melendres M. M. (1959) The first Paleozoic fossils from Mindoro, Philippine archipelago. *Nat. Appl. Sci. Bull.*, no. 19, 229-232.
- Hashimoto, W. (1981) Geologic development of the Philippines. *Geol. Paleontol. Southeast Asia*, 22, 83-170.
- Hashimoto, W., Alcantara, P. M., Aoki, N., Balce, G. R. and David, P. P. (1978) Nummulites from the Lubingan Crystalline Schist of Bongabon, Nueva Ecija and their significance on the geologic development of the Philippines. *Proc. Jap. Acad.*, 54, 1-4.
- Hashimoto, W., Ariate, E. Z., Aoki, N., Balce, G. R., Ishibashi, T., Kitamura, N., Matsumoto, T., Tamura, M. and Yanagida, J. (1975) Cretaceous Systems of Southeast Asia. *Geol. Paleontol. Southeast Asia*, 15, 219-280.
- Hashimoto, W. and Sato, T. (1973) Geologic structures of north Palawan and its bearing on the geological history of the Philippines. *Geol. Paleontol. Southeast Asia*, 13, 145-161.
- Hayami, I. (1968) Some Jurassic bivalves from Mindoro. *Geol. Paleontol. Southeast Asia*, 5, 173-185.
- Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan (1974) Report on geological survey of eastern Mindanao. 58p.
- Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan (1975) Report on geological survey of northeastern Luzon. 112p. +A32.
- Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Association of Japan (1984) Report on the geological survey of Mindoro island. 36 +A22.
- Kodama, K., Long, X. and Suzuki, Y. (1985) Structural analysis of deep-seated volcanic rock reservoirs by tectonic simulation. ESCAP, CCOP Techn. Bull., 17, 61-79.
- 小玉喜三郎・矢野孝雄 (1985) 新生代地質構造の研究. 地質学論集, no. 25, 157-182.
- Reyes, M. V. and Ordenez, E. P. (1970) Philippine Cretaceous smaller foraminifera. *Jour. Geol. Soc. Phil.*, 24, 1-67.
- Saldivar-Sali, A., Oesterle, H. G. and Brownlee, D. N. (1981) Geology of offshore northwest Palawan, Philippines. *Oil & Gas Jour.*, Nov., 30, 119-128.
- Sato, T. (1975) Marine Jurassic formations and faunas of Southeast Asia. *Geol. Paleontol. Southeast Asia*, 15, 151-189.
- Schweller, W. J., Karig, D. E. and Bachman, S. B. (1983) Original setting and emplacement history of the Zambales Ophiolite, Luzon, Philippines, from stratigraphic evidence. The tectonic and geologic evolution of Southeast Asian seas and islands, Pt 2, ed. by D. E. Hayes, 124-138. Geophysical Monograph 27, Am. Geophys. Union.
- 鈴木尉元・小玉喜三郎 (1987) 褶曲モデルの構成. 月刊地球, 9, 329-337.