

紹介

南部チベットの地質

飯 泉 滋*

Geology of South Tibet, People's Republic of China

Shigeru IZUMI

はじめに

1982年8月31日から9月4日までの5日間にわたって中国地質学会60周年記念式典と「中・新生代の地質」討論会が勃海に面した観光地、北載河で開かれた。これには外国人65名(うち日本人20名)を含め400余名の研究者が参加した。討論会は初日の全体会のあと4つの分科会に別れ、研究発表および討論がおこなわれた。

討論会后3コースの地質見学旅行が組織され、筆者はそのうちの1つ、南部チベットのYarlung Zangbo縫合帯を中心とした見学旅行に参加した。参加者は外国人17名(うち日本人6名)、案内者をはじめとする中国の地質関係者、医師、通訳、運転手など総勢約50名にのぼった。

チベットの地質については、従来GANSSE(1964; 1974)をはじめ、都城(1979)、佐藤(1979)などによるいくつかの報告・紹介がある。しかし、特に縫合帯の北側を含めた最近の中国の研究者による成果が紹介された例は少ない。本稿では、地質見学旅行案内書(WAN et al, 1982)を中心に、中国滞在中に得られた若干の文献・資料をもとに南部チベットの地質を紹介する。

巡検ルートは第1図に示した。全日程17日間、ジープ13台、トラック1台を連ねた大キャラバンであった。

南部チベットの地質

チベット高原の特徴の1つは、その地殻がきわめて厚いことである。最近多くの地球物理学的データが得られ、その性格が明らかにされてきている。それらによるとチベット高原の地殻の厚さは一般に65 km以上

で、特にチベット北部で厚く70~75 kmに達する。地殻は南へ次第に薄くなり、Dinggye-Gamba(第1図)を結ぶ地域以南ではその傾向が顕著となり、インドのガンジス盆地(厚さ40 km)にむかって薄くなる。またチベットの地殻は"multi-layered texture"を示している。下部地殻には厚さ10~11 kmの低速度層($V_p=5.64$ km/sec)があり、その上面は南へ向って45 kmから29 kmへと浅くなる。上部マントルは $V_p=8.15$ km/secで比較的密度が大きい。

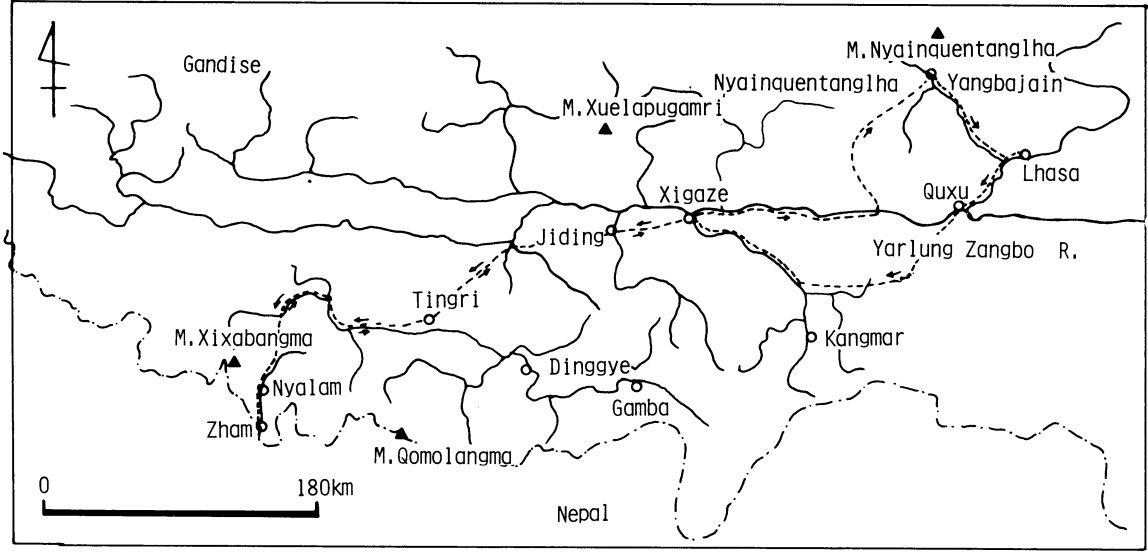
またチベットはブーゲー異常が低いこともその特徴の1つで、特にYarlung Zangbo川北部では-500 mgal以下(最低で-560 mgal)で、中国内で最も低い地域となっている。

南部チベット地域(本稿では南限をヒマラヤ山脈、北限をGandise-Nyainqentanglha山脈とする)は、地質学的に4つの構造帯(あるいは構造区)に区分される。それらは南から北へ、High Himalayan structural zone, Tethyan Himalaya structural zone, Yarlung Zangbo suture zone, およびNorthern Tibetan structural zoneと呼ばれている。前2者はGANSSE(1964)によるHigher Himalaya およびTibetan Himalaya にほぼ対応している。上記の区分に従って南部チベットの地質を概観する。第2図に中国科学院地質研究所青蔵隊構造組(1980)による地質図を簡略化した地質略図を示した。

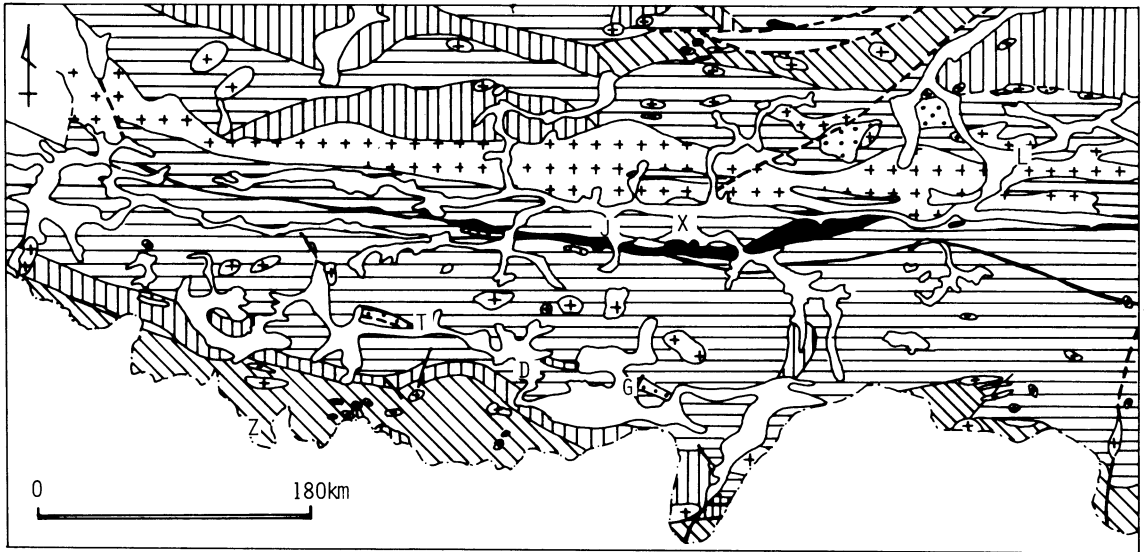
1. High Himalaya structural zone

ヒマラヤの主陵にそって、ほぼ東西方向に伸びて分布する地帯で、角閃岩相の片岩、片麻岩、ミグマタイト等の変成岩類によって構成されている。下部層は片岩と片麻岩が、上部層はミグマタイトが主体をなす。原岩は主に泥岩および砂岩であるが、石灰岩や少量の塩基性火山岩類も含まれる。全層厚は10,000 mにおよぶ。Nyalam-Zham(第1図)間では、黒雲母片麻

* 島根大学理学部地質学教室, Dept. of Geology, Shimane University, Matsue 690, Japan.



第1図 巡検ルート。ルートは破線で示す。



第2図 南部チベットの地質略図

中国科学院地質研究所青蔵隊構造組(1980)を簡略化。第1図と同地域、同スケール。
 1. 第四系, 2. 第三系, 3. 中生界(一部に新生界を含む), 4. 古生界(一部に先カンブリア系を含む), 5. 先カンブリア界, 6. 花崗岩類(主に中生代および新生代), 7. 超塩基性岩および塩基性岩類, 8. 断層。
 L: Lhasa, X: xigaze, J: Jiding, T: Tingri, D: Dinggye, G: Gamba, Z: Zham

岩、眼球片麻岩等を主体とし、一部黒雲母グラニュライトも分布する。一般に東西方向の走向を示し、著しい褶曲、スラストが発達する。全体として複雑な複向斜・複背斜構造を示すが、南から北へより上位の層準が分布する。

Rb-Sr 法および U-Pb 法による絶対年代は 640~660 Ma を示す。しかし K-Ar 法では 10~20 Ma という全く異なる年代を示している。これは、先カンブリア代とヒマラヤ期の少なくとも 2 回の変成作用があったものと解釈されている。

この変成岩類は、主に千枚岩、石英片岩、大理石、黒雲母-石英片岩等から構成される全層厚約 1,000 m の低変成度の変成岩類によって非整合におおわれている。この変成岩類は、カンブリア~オルドビス紀のものとして推定されている。

2. Tethyan Himalaya structural zone

本帯は南限を High Himalaya structural belt, 北限を Yarlung Zangbo オフィオライト帯とする地域で、Dinggye-Gamba (第 1 図) を結ぶ地域を堺として、南・北 2 つのサブゾーンに区分される。

南帯はカンブリア-オルドビス紀から始新世までの連続した浅海性堆積物によって構成されている。弱変成を受けたカンブリア-オルドビス系を除いて、他は変成作用を受けておらず、多くの層準から化石を産する。石炭系および二畳系には、漂礫岩 (glaciomarine diamictite) を含む Gondwana 相の堆積物を含み、*stepanoviella* 動物群、*Glossopteris* 植物群を形成している。

地層の構造は、開いた向斜や背斜を示す場合もあるが、北傾斜の単斜構造を示すこともあり、南から北へ層準は上位となる。走向方向のスラストが顕著に発達する。南北性および走向方向の正断層が発達し、それに沿って主にヒマラヤ期の花崗岩類が貫入している。

一方北帯も古生界から始新統までが分布するが、最も古い地層はオルドビス系である。古生層の多くは、石炭系と二畳系で、岩相上南帯のものとよく類似している。しかし中生界以降の地層は南帯のものとは全く異なっている。三畳系は下部層がうすい炭酸塩岩をはさむ泥質岩から、中~上部層は中性~酸性火山岩類・放散虫を含む珪質岩の薄層を多く含む層厚 2,000 m 以上のフリッシュ性堆積物から構成されている。またジュラ系および白亜系は、火山岩類や珪質岩をはさむ泥質および砂質の堆積物からなり、強い一特にオフ

ィオライト帯付近では一変形を受けている。

3. Yarlung Zangbo suture zone

Yarlung Zangbo suture zone はほぼ Yarlung Zangbo 川に沿って幅 10~50 km で西北西-東南東方向に伸び、その西方延長はイングス suture zone に、東方延長はビルマ、タイのオフィオライト帯につながる。その延長は中国国内だけで 1,700 km に達する。suture zone の北側は次項の島弧前縁盆地での堆積物とみられる上部白亜系以降のフリッシュ帯、また南側は前項の中生層のフリッシュ帯である。suture zone を構成する岩石は、塩基性火山岩類、超塩基性岩類、放散虫を含む珪質岩などのオフィオライトが主体をなすが、強い変形を受けた後期白亜紀のメラングジュも含まれる。

4. Northern Tibetan structural zone

本帯には先カンブリア紀から始新世までの地層が分布する。北縁の Nyainqentanglha 山塊は片岩や片麻岩等さまざまな変成岩類によって構成されている。この変成岩類はジルコンの U-Pb 年代が 1,770 Ma を示すこと、その西部に分布するオルドビス系がほとんど変成していないこと等から判断して先カンブリア系であるとみなされている。古生層は地域によっては連続した層序を示すが、Lhasa 付近では上部古生界のみが分布する。オルドビス系から二畳系までは浅海性の石灰岩および砕せつ岩類がその主体をなす。岩相は Tethyan Himalaya structural zone のものと類似する。上部古生層は主に礫を包有する粘板岩からなり、Gondwana 相を示す *stepanoviella* 動物群や *Lytolasma* 動物群を形成している。しかし下部二畳系の上部には暖かい環境を示す *Iranophyllum-Wentzelella* や *Neoschwagerina* 等が含まれており、Tethyan Himalaya structural zone のものとは異なっている。上部二畳系と下部三畳系は主に石灰岩と珪質の粘板岩から、上部三畳系は石灰岩、火山砕せつ岩、中性~酸性の火山岩類からなる。またジュラ系は粘板岩をはさむ石灰岩からなる。白亜系は下部層が主に石灰岩をはさむ砕せつ岩から構成され、それらは後期白亜紀の中性~酸性の火山岩類によって不整合におおわれている。

このような点から、この地域は中生代以前には Gondwana 大陸の一部をなしていたが、中生代以降それとは別の地史をたどったものと考えられている。

Yarlung Zangbo suture zone 周辺の地質

Yarlung Zangbo suture zone 周辺の地域は、その形成過程とも関連させ、その両側の地域も含めほぼ東西に伸びる5つの地帯に区分されている。それらは北から南へ、(1)Gandise-Nyainqentanglha volcano-magmatic arc, (2) Molasse of epicontinental mountain chain, (3) Flysch wedge of forearc basin, (4) Yarlung Zangbo thrust ophiolite belt, (5) Flysch melange belt of subduction zone, と呼ばれている。このうち(4)および(5)が suture zone を構成する。

1. Gandise-Nyainqentanglha volcano-magmatic arc

中性～酸性の侵入岩類と火山岩類が密接に伴って分布する地域で、Gandise-Nyainqentanglha 山脈にそって幅約 100 km で東西に 1,000 km 以上の延長をもつ (第 2 図)。

本地域の侵入岩類は次のような性質をもっている (JIN, 1981)。本地域は北側の両雲母片麻状花崗岩を主体とするゾーンと南側の底盤の分布するゾーンとに区分される。前者は両雲母花崗岩、黒雲母花崗岩、アルカリ長石花崗岩等が主体をなし、後者は斑れい岩、閃緑岩、花崗閃緑岩、花崗岩が主体をなす。北側のものは 40～20 Ma、南側のものは 130～20 Ma (多くは 90～40 Ma) の絶対年代を示す。

白亜紀～始新世の花崗岩類は南から北へ活動時期が若くなり、それに応じて SiO_2 含量、 $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ 比が高くなる。Sr 同位体比初生値は、0.7047～0.7057 の低い値を示す。構成鉱物 (磁鉄鉱を含む) や化学組成の検討から、I タイプの花崗岩に属する。また始新世～鮮新世の侵入岩類は、白雲母、ザクロ石、珪線石等を含む場合が多く、化学組成も $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比が低いこと、ノルム・コランダムを算出することが多い等の特徴をもっている。Sr 同位体比初生値は 0.7186～0.7490 の高い値を示している。従ってこの時期の花崗岩類は S タイプの性格をもつ。

前述の High Himalayan structural zone や Tethyan Himalaya structural zone に産する侵入岩類は花崗岩が主で、50～10 Ma の絶対年代を示すものが多い。従って始新世～鮮新世の侵入岩類の分布域はさきわめて広い。

一方火山岩類はジュラ紀後期～白亜紀前期のもの、白亜紀後期～第三紀のものに区分されている。前者は安山岩～デイサイト質火砕岩が主体をなすが、安山

岩、デイサイト、ケラトファイア等も含まれる。これらはカルクアルカリ岩系に属する。後者は中性～酸性の火砕岩および溶岩が主体で、下部白亜系以下の地層を不整合におおう。絶対年代は 90～40 Ma を示す。やはりカルクアルカリ岩系に属し、広域的にみると西から東へむかって SiO_2 が増加し、南から北へ $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ 比が増加する傾向がある。

2. Molasse of epicontinental mountain chain

Gandise 山脈の前面に形成された古第三紀のモラッセ帯で、主に礫岩、砂岩、頁岩から構成され、うすい石炭層、火山岩類および石灰岩レンズ等もはさむ。地層は変成も変形も受けておらず、北縁で Gandise-Nyainqentanglha volcano-magmatic arc と断層あるいは不整合関係を示す。砕せつ物は、花崗岩、変成岩、火山岩、石灰岩、および砂岩等の礫およびその分解物で、北側の Gandise 山脈から由来したものと考えられる。

3. Flysch wedge of forearc basin

suture zone の北縁とオフィオライトの間に、幅 10～30 km で分布するフリッシュ帯で、後期白亜紀～始新世の層厚 6,000 m におよぶ海成堆積物からなる。スラストを伴う褶曲が発達し、全体として複向斜構造を示す。Jiding (第 1 図) 付近でみられる向斜構造を第 3 図に示す。

主に粘板岩、頁岩・砂岩互層、礫岩等によって構成されるが、泥灰岩、石灰岩等もはさまれ、次のような特徴をもっている。(1)地層は北から南へむかってより深海性の岩相を示し、全体としては縁海あるいは開いた海盆での堆積環境を示す。(2)地層は主に厚いフリッシュ性のグレイワッカー頁岩からなり、タービダイトの特徴やスランピングが認められる。(3)南縁部ではオフィオライトと断層関係を示すことが多いが、間に両者



第 3 図 白亜紀フリッシュ層にみられる向斜構造。Jiding 付近。

の混合層が分布する場合もある。北縁では古第三紀のモラッセや火成岩類に対しスラストで接する。(4)含まれる化石群集は北側の縁辺海の古地理区を示している。

このような特徴は、この地層が海溝で形成されたメランジュではなく、前弧盆地での堆積物であることを示している。このフリッシュ層と南側のオフィオライトとの間には、放散虫を含む珪質岩を主体とする層厚 2,000 m もの海成層が分布する場合がある。この海成層の上にはオフィオライト起源の砂岩・礫岩、グレイワッケが分布する。放散虫はほとんどジュラ期後期ないし白亜紀初期のもので、フリッシュ層とは全く異なる時代を示している。

4. Yarlung Zangbo thrust ed ophiolite belt

このオフィオライト帯の北側は後期白亜紀のフリッシュ、第三紀のモラッセ、Gandise volcanic arc の火成岩類が、南側はメランジュを含む三疊系、上部ジュラ系および下部白亜系（フリッシュ）が分布する。これらはオフィオライトと断層で接触する場合と間に複雑な“tectonic mixture”をはさんで接する場合とがある。オフィオライトは Xigaze 南方に分布するものが代表的なもので、幅 10~20 km で東西に約 300 km にわたって伸びる。

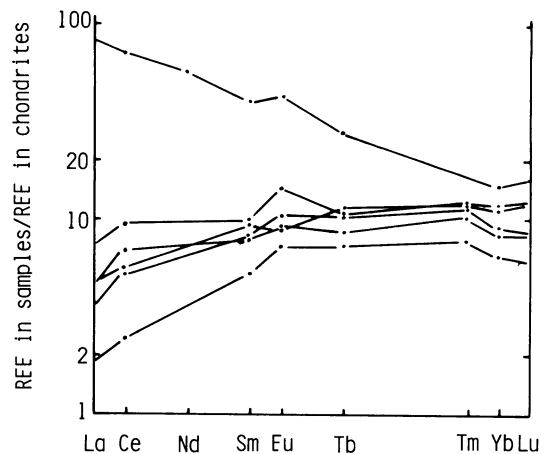
下部から上部へ超塩基性岩類、キウムレート、岩床・岩脈、溶岩、深海性堆積物等が連続して重なる。その典型的な断面のみられる Xigaze 南方の例を次に示す。

超塩基性岩類は、蛇紋岩化したハルツバージャイト、透輝石ハルツバージャイト、レルゾライトおよび少量のダナイトからなる。これらは幅 2~8 km (最大、14 km) で分布し、その上部に斑れい岩、輝緑岩、ロジン岩等を多く含む傾向がある。透輝石ハルツバージャイトやレルゾライトは最上部から 1~2 km 付近のところに分布する傾向がある。最下部付近には蛇紋岩のフラグメントからなるマトリックス中に斑れい岩、ザクロ石角閃石岩、輝緑岩、ロジン岩等の岩塊を含むメランジュが存在することがある。

キウムレートは量的に少なく、断片的に超塩基性岩類の北側に産する。厚さは一般に 1,000 m 以下で、下部はダナイト、ペリドタイト等の超塩基性岩類から、中部は層状のかんらん石斑れい岩類から、また上部は層状を示さない塊状な斑れい岩から構成される。上部の斑れい岩中にはトロニウム岩や石英閃緑岩が伴われる場合がある。キウムレートは下部の超塩基性岩類とは明瞭な境界を示す。

岩床・岩脈は、輝緑岩、斑れい岩、マイメサイト等で、その多いゾーンは幅数 100 m (最大 1 km) で超塩基性岩類の北側に東西に伸びて分布する。

溶岩は玄武岩（バリオライト、スピライトを含む）で、塊状溶岩と枕状溶岩とがある。少量ながら放散虫珪質岩をレンズ状にはさむ火山礫凝灰岩も分布する。溶岩は主成分、微量成分等の性質が海嶺性ソレアイトに類似する。塩基性岩類の希土類元素のパターン (DENG et al, 1981) を第 4 図に示す。



第 4 図 塩基性岩類の希土類元素のパターン (DENG et al, 1981)

深海性堆積物は主に紫色~灰緑色の放散虫珪質岩からなるが千枚岩、珪質頁岩、泥灰岩等も含まれる。放散虫珪質岩の産状を第 5 図に示す。やはり超塩基性岩類の北側に、幅数 100 m~数 km にわたって分布し、直接それをおおう場合もある。

オフィオライトの模式柱状図を第 6 図に示す。このオフィオライトは上記のような性質からみて、現在の海洋地殻・マントル、また Cyprus, Oman, Troodes 等のオフィオライトときわめて類似している。しかし、キウムレートが少なく、あっても小規模であること、水平の岩床群が顕著に発達すること、地殻にあたる部分がせいぜい 2~3 km でうすいこと等他地域のオフィオライトや現在の海洋地殻と比較して若干異なった特徴を示している。

5. flysch melange belt of the subduction zone

オフィオライト帯の南側に断片的に分布するメランジュ帯で、その南縁は中生代のフリッシュ帯である。

典型的な部分では幅 10~50 km, 延長 700 km におよぶ、マトリックスは、頁岩、砂岩、マーライト等でそれに数 m~数 km 大の岩塊(二疊紀前期~白亜紀を示す)が含まれる。これらの岩塊を含む地層には三疊紀から



第5図 放散虫チャートの産状。Xigaze 南方。

白亜紀までの化石が豊富に含まれる。このようなことからメランジュが形成されたのは白亜紀後期であると推定される。前期二疊紀の石灰岩塊(第7図)からは *Sinophyllum* sp. や *stenoscisma* sp. 等を産する。



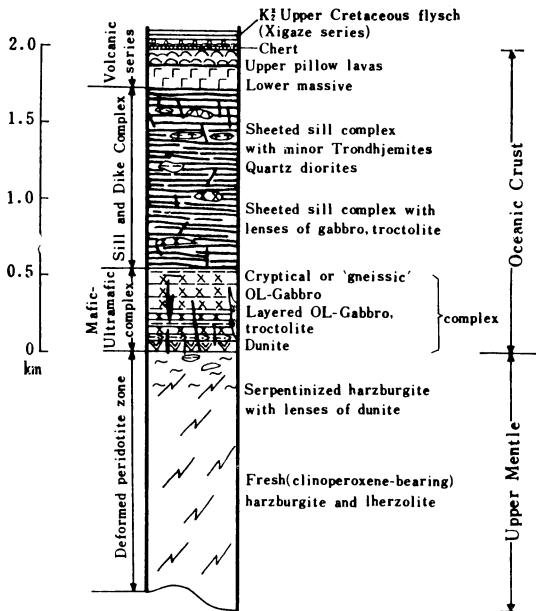
第7図 メランジュ。マトリックスは主に三疊系、岩塊は、二疊紀の石灰岩。Jiding 西方 40 km 付近。

なお *suture zone* 周辺には2つのタイプの変成岩類が存在する。1つは *Gandise-Nyainqentanglha volcano-magmatic arc* にそって分布するもので、接触変成岩類や高温低圧型の広域変成岩類である。もう1つは *suture zone* 内の超塩基性岩や塩基性岩類にみられ、それらは、ローソン石(?)—パンペリー石—ジェード輝石—バロイサイト—スティルブノメレン—曹長石—アラゴナイト—白雲母—石英等の鉱物組合せによって代表される低温高圧型のものである。

構造発達史

南部チベットの地質構造発達史については概略次のような説明がなされている。

古生代末ごろ、ユーラシア大陸と Gondwana 大陸の間には古テチス海が広がっていた。二疊紀末~三疊紀にかけて Gondwana 大陸の北縁の大陸地殻が一部はなれ、間に縁海盆が形成された。その縁海はジュラ紀から白亜紀初期にかけ拡大を続け、広い海盆を形成するに至った。従って古テチス海は分離された陸塊(*Nyainqentanglha* 陸塊)を間にはさんで、北部チベットテチス海と南部チベットテチス海とにわかれた。南部チベットテチス海は海洋性地殻をもつに至り、*Nyainqentanglha* 陸塊は北上を続けた。その結果北部チベットテチス海はせばめられていった。*Nyainqentanglha* 陸塊の南縁ではサブダクションが生じ火成活動がおこ



第6図 オフィオライトの模式柱状図 (Wan et al, 1982)

った。その結果そこには初期の段階の島弧が形成された。その島弧は中～後期白亜紀には成熟し、island range や epicontinental mountain chain が形成された。前弧盆地も徐々に形成され、そこにフリッシュが堆積した。その後インド大陸塊の北上に伴い、南部チベットテチス海はせばめられていった。激しいサブダクションによっておしかぶせ褶曲や変形がおこり、サブダクション帯の近くではメランジュやスランピングを伴う地層が形成された。またサブダクションに伴い、Gandise-Nyainquentanglha 陸塊の南縁では激しい火成活動がつづき、epicontinental volcanic arc が形成された。始新世にインド陸塊が衝突し、同時に南チベットテチス海は消滅した。衝突後次第に隆起し、epicontinental mountain chain が形成され、モラッセが堆積した。

あとがき

以上南部チベットの地質を巡検案内書を中心にして紹介した。巡検案内書については本文中でその都度引用しなかったことをお断わりしておく。筆者の力不足から、十分に紹介しきれない部分も多いように思われる。最近、北部チベットで新たにオフィオライト帯が発見されたようで、ユーラシア大陸塊の形成にはかなり複雑な過程があったものと考えられる。

チベット地質巡検で親切な案内をいただき、かつあらゆる面でお世話いただいた中国の地質関係者にお礼申し上げると同時に、期間中多くのご討論をいただいた巡検参加者、特に日本から参加した内藤源太郎、高橋清、長谷川善和、大槻憲四郎、猪俣道也の各氏には多くのご教示を得た。記して感謝する次第である。ま

た本稿をまとめるにあたり多くの点でご教示をいただいた島根大学理学部地質学教室の方々に感謝する。

参考文献

- 中国科学院地質研究所青蔵隊構造組, 1980: 西藏地質図, 1:300万。
- DENG, W., YANG, R., HUANG, Z., JIANG, Y., GUO, Y., LUO, S., ZHAO, Z. and FENG, X., 1981: Trace element geochemistry of the ophiolite complex in Xigaze district, Xizang. *Petrological Research*, 1, 28-43 (中国語, 英文アブストラクト付)。
- GANSSER, A., 1964: *Geology of the Himalayas*. Wiley-Interscience, New York.
- GANSSER, A., 1974: Himalaya, Mesozoic-Cenozoic Orogenic belts. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 4, 267-278.
- JIN, C., 1981: Granitoids in the middle of Himalaya and Gangdise Mountains, Xizang. *Petrological Research*, 1, 81-95. (中国語, 英文アブストラクト付)。
- 都城秋穂, 1979: チベットとヒマラヤの造山。地球科学 16-世界の地質, 346-353, 岩波書店。
- 佐藤信次, 1979: 中国 I - 中国の地史。地球科学 16-世界の地質, 301-326, 岩波書店。
- WAN, Z., LI, G., CAO, Y., GU, Q., ZHOU, X., ZHANG, S., WU, Q., and YUAN, X., 1982: Tectonics of Yarlung Zangbo suture zone Xizang (Tibet)—Guide to geological excursion. 49 p., Geol. Bureau of Xizang, China and Geol. Soc. Xizang, China.