ボリビア中部 *Colquencha* 地区の *Copacabana* 層群について

前田 四郎* 山際 延夫** 北村 健次***

L. BRANIŠA**** M. URDININEA*****

Geology of the Copacabana Group in the Colquencha Area, Central Bolivia

Shiro MAEDA, Nobuo YAMAGIWA, Tateharu KITAMURA,
Leonardo BRANIŠA and Mario URDININEA

Abstract

The Copacabana group distributed between the two ranges of the Andes Oriental and the Andes Occidental in the central part of Bolivia represents one of the standard stratigraphic sequences of the upper Palaeozoic sediments in Central Andes. In 1973 the writers carried out the geological reconnaissance at the Colquencha area, Altiplano, paying special attention to that group. The Palaeozoic formations in this area consist of Silurian, Devonian, Carboniferous and Permian systems, the last of which is called as the Copacabana group. The group estimated about 300 m in thickness is well exposed at the northeastern foot of mountainland near Colquencha. It lies conformably on the Carboniferous system consisting of the alternation of sandstone and shale. The group is mainly composed of fine-to coarsegrained reddish sandstone, black or dark grey shale and dark or reddish limestone. Its lower part is dominated by massive sandstone, and the upper part by the alternation of sandstone, shale and limestone. The limestone contains such fossils as Brachiopods, Gastropods, Fusulinids, Corals, Crinoids, Bryozoans and so forth with calcareous or siliceous angulated nodules.

The writers found *Pseudoschwarina*, *Schwagerina*, "*Rugosofusulina*" and other fusulinaceans from the upper-most horizon of the group in this area. Judging from these fossil evidences, it is thought that the upper-most horizon of the group assigns to the Lower Permian. The geological structure of the Palaeozoic strata is characterized by a syncline with axis running NNE-SSW and by the faults of NW-SE. The deformation of the Palaeozoic strata might had been completed before the Tertiary sediments were deposited.

* 千葉大学理学部, Faculty of Science, Chiba University

** 大阪教育大学, Osaka Kyoiku University

*** 明星大学理工学部, Faculty of Science and Engineering, Meisei University

**** Universidad Mayor de San Andres

***** Servicio Geologico de Bolivia

I. 緒 言

筆者等は1973年11月、ボリビアの Colquencha 地区の古生界、特に Copacabana 層群を主体に野外調査を行った。調査の目的は Copacabana 層群の層序および地質構造を明らかにし、産出する紡錘虫やサンゴ等の化石の層準を明確にすることであつた。当地区は標高約4300m 前後で、調査活動に相当の困難を感じたが、野外調査の結果、筆者等は数層準に紡錘虫、サンゴ、その他の化石の産出することを明らかにした。これは、これまでボリビア国内では全く知られていなかったことで、今回、はじめて判明したものである。当地区は研究対象としたのは BRANISA により化石が若干採集されており、それら標本の保存が良好であつたことに注目したからである。採集した化石については、目下検討中で、追つて漸次報告したいものと考えている。本文では同地区の Copacabana 層群の地質および採集した化石について判明した一・二の事実を述べる。

本研究にあたり、野外調査に先だち Colquencha の地理的位置や交通関係等の情報の提供、また BRANISA 教授やボリビア地質調査所の RIVERO 氏、その他のボリビアの研究者との連絡について、日東ボリビア鉱山会社々長、橋本 寛氏、同社ボリビア所長白石 博氏、チャカリヤ鉱山所長白石 豊氏や同社黒沼広治、蛇目秀雄両氏等の多大のご尽力を受けた。そのうえ、実地調査に際しては、学術上、貴重なご注意をたまわつた。今回の調査で、化石の収集に予期以上の成果を挙げ得ることが出来たのは、上記皆様のご支援によるものと、ここに厚く感謝の意を表する次第である。

II. 地理的位置および地形

Colquencha は La Paz から南方に直線距離で約50km の位置にある。La Paz から高速道路ぞいに南下し、Vilaque から南西に分れる田舎道を約15km 進むと Colquencha に達する。Colquencha の部落の南方に位置して Calvario (十字架の丘) の塔が山頂に立っているが、古生界はこの Calvario 周辺に広がる。すなわち、それは Calvario のある Cerro asun kollu, その西の Cerro jukuri, Cerro parca に NNW~SSE 方向にのびながら分布する。これらの山地は、Altiplano の平坦面上に基盤の古期岩類が露出するもので、侵食作用によりいずれも従順山形を呈する。Cerro jukuri の高い地点は標高4498m で、Cerro parca では標高4692m を示し、東部アンデス山地にくらべ、非常に低い。Colquencha のある平坦面は、これらの山地に源を発し、雨期にのみ流れる河水によつて運搬された堆積物で埋積され、平坦面の傾斜は10°以下で、かなり緩い。Colquencha 近くの平坦面上にはときには直径20~30cm 大の亜角礫の礫が散在することがあるが、一般には直径数 cm 大の亜角礫が多い。

III. 地 質 概 観

Colquencha 地区の山地を構成するのは古生界のみで、すなわち、シルリア系、デボン系、石炭系および二疊系である。

ボリビアにおけるシルリア系は岩相がオルドビス系およびデボン系の岩相に似ており、化石が乏しいため、Altiplano におけるシルリア系は年代や層位関係がまだ十分に確定されてはいない。Colquencha 地区の岩相は黒色頁岩、粘板岩、砂岩からなる。黒色頁岩は風化により多角形状の破片となりやすい。

デボン系はボリビアでは概して広く分布し、化石に富んでいる。本系は Altiplano, Cordillera oriental, Subandes 等の地域に知られている。本地区の本系は、La Paz 北方の Altiplano に散在的に露出するものと同様に、Altiplano 地域中に分布するものの一つで、高原上に数100m の高地をなしている。岩相は quartzite, 砂岩、頁岩を主体とし、ことに quartzite ないし石英質砂岩がまさっていることが特徴である。Colquencha から距離的に近く、当地の東南方に位置する Belen ではデボン系が非常に良く露出し、化石も三葉虫や腕足類等を多産する。Belen では初期デボン系は下位から 1) *Scaphiocoela* 帯, 2) *Receptaculites* 帯, 3) *Platyceras* 帯, 4) *Francovichia* 帯の4帯に区分され、*Francovichia* 帯の下

第1図 Colquenchá の地理的位置

に condoriquiña quartzite が存在する。Belen 地区の condoriquiña quartzite は厚さが200m 内外で、侵食に堪えて、突出し、特異な地形をつくっているが、当地区の quartzite は Belen 地区の condoriquiña quartzite ほど厚く発達してはいない。当地区の quartzite や石英質砂岩が生層位学的に condoriquiña quartzite に相当するかどうかは、今後、当地区のデボン系について化石と層序とを正確に研究してみないと断言できない。La Paz 北西方で、Guaqui との間にデボン系の小露出があるが、ここでは化石が乏しい。当地区のデボン系も化石が乏しいが、岩相上、La Paz 西方のデボン系とは酷似する。当地区の quartzite は堅硬質で、部分的に淡褐色を呈することがある。

石炭系は砂岩、頁岩、凝灰質岩からなり、当地区の本系はあまり厚く発達していない。砂岩は粗粒であることが多く、ときに偽層が発達する。本系は凝灰質岩が挟在することで、上・下位の諸系統からは区別される。この岩相はときには赤褐色ないし緑色をおび、これらの凝灰質岩は砂岩や頁岩中に挟まれる。本系は頁岩や凝灰質岩が比較的に多いので、本系の分布する部分は地形が緩く、ときにくぼんだ地形を呈することがある。当地区の本系からは化石が発見できなかったが、本系の発達する他の地区からは植物化石の産出が知られる。このようなことから Altiplano の本系は非海成層であろうと考えられる。

二疊系は海成層で、Altiplano では Copacabana 層群として一括される。本層群は一般に石灰岩、砂岩、頁岩の互層からなり、特に石灰岩と他の岩相との頻互層、またはやや厚い石灰岩層を含むことが特徴である。当地区では下位の石炭系との関係は明瞭でないが、一露頭での観察では、あるいは整合であるようにもみられる。すなわち Calvalio の南の露頭では、下位の石炭系中の凝灰質岩が上部層準でなくなり、そしてこれに接続する比較的厚く（厚さ約1～2m）、塊状の粗粒砂岩の出現をもつて、両系の境界と見なされる。この粗粒の塊状砂岩の部層より上位には石灰岩の頻互層が発達し、この石灰岩中に化石が含まれる。したがって岩相や化石の産出状態等から、粗粒の塊状砂岩の部層以降の堆積環境と、その下位の堆積環境との間に相当な変化があったものと推定される。今回の野外調査では、地域もごく限られているので、両系の境界について整合関係であるか、あるいは不整合関係であるかの結論を出すにはなお充分でないと考えられる。

IV. Copacabana 層群

本層群の模式地は Titicaca 湖にのぞむ Copacabana 地区にあるが、Altiplano における本層群の厚さは約1000m (SCHLATTER and NEDERLOF, 1966) といわれる。当地区の Copacabana 層群は後述のように向斜構造をなし、本層群の上部は侵食により欠除しているので、厚さは200～300m である。岩相は石灰岩、砂岩、頁岩の互層からなる。石灰岩は東翼では一部暗灰色をなすところもあるが、一般に暗褐色となっている。西翼の石灰岩は下部では暗灰色ないし淡灰色をなすが、中部から上部ではほとんど褐色を呈し、その間に一部淡灰色の石灰岩が存在する。石灰岩は各層準とも緻密で、堅硬質であつて、ハンマーでくたくすることはなかなか容易ではない。両翼の上部層準の石灰岩中には不規則の形態を示す siliceous nodule を含むことがある。砂岩は中粒から粗粒のものが多く、それらは石灰岩にくらべはるかにもろく、特に風化した部分では軟弱となっている。一部砂岩の色調が緑色をおびることは興味深い。砂岩は当地では下部から中部層準にかけて多く発達する。頁岩は上部層準にやや多く、石灰岩の間に挟まれる。一部は細粒砂岩に移化し、黒雲母の小片を含む。

第2図 Colquencha 地区の地質 (ボリビア地質調査所: 1973に一部修正)

- 1: シルリア系 2: デボン系 3: 石炭系 4: 二畳系 (Copacabana 層群) 5: 第三系
6: 第四系 7: 断層 8: 背斜軸・向斜軸 9: 主要化石産地

化石については西翼の下部層準の石灰岩中に腕足類やその他の化石を多産することが判明した。特に化石の多く含まれる部分は、数10cm から約1m の幅をもつて層状となつて連続する。それら化石は侵食を受けて石灰岩の表面に浮き出ている場合がしばしばみられる。また、西翼の上部数層準の石灰岩には紡錘虫、サンゴ、腕足類、巻貝、その他の化石を含む (Fig. 3)。特に上部層準で厚さ約22m と約5m の二つの石灰岩からはサンゴを多産する。それらは一定層準に産出するので、層を追跡しながら採集することが

第3図 Copacabana 層群（西翼）の柱状図

断層も第三系を切つているので、第三紀に活動したことを示すが、おそらく古い断層の復活したものであろう。

NNW~SSE 方向の主要断層に対して NEE~SWW 方向の小断層が発達する。この NEE~SWW

容易である。全般的にみて、化石は一定層準にそつて追跡できる場合と、そうでない場合とがある。後者は緑色砂岩や頁岩に含まれる化石で、それらはところによつて産出状況に変化がみられる。たとえば、東翼の一部の緑色砂岩と頁岩との互層中の産状がそれで、ここではサンゴや腕足類の単体がよく産出する。

V. 地質構造

当地区の古生界の分布は NNW~SSE 方向に配列する。規模の大きい断層は NNW~SSE 方向に走るもので、Colquencha の南方に位置するシルリア系とデボン系との境界の断層やデボン系を切り、デボンと石炭系との境界を示す断層等がそれである。NNW~SSE 方向の断層は当地区の第三系を切つてはいるが、これは基盤岩に存在する古い断層が復活したものであろうと推定する。Colquencha の西方では石炭系および Copacabana 層群が NW~SE 系断層でずれている。すなわち、当断層を境に相対的に北側が西方へ大きくずれている。この

第4図 Colquencha 地区の Copacabana 層群の露頭

1: 西翼 (C: 石炭紀, P: Copacabana 層群)

2: 向斜軸部 (E: 東翼, W: 西翼, AL: Altiplano, P: Copacabana 層群)

方向の小断層は Copacabana 層群を構成する石灰岩層を切つている。これは石灰岩層を走向にそつて追跡すると、石灰岩層が明瞭に雁行状にずれているので、その特性を知ることができる。NEE-SWW 方向の断層面にそつて処々に石灰岩の角礫や断層粘土を伴う破砕帯がみられる。

Colquench 地区の Copacabana 層群を主体とする古生界の地質構造上の他の一つの顕著な特徴は、向斜構造を呈することである。軸は NNW~SSW 方向に走り、軸部にそつて小溪谷の東・西両側に高さや形がよく似た対称的な山地をつくる。この向斜構造の北方への延長は Altiplano の平原でおおわれて不明となる。しかし、南方への延長は古生界の露出する部分に出現する。NEE~SWW 方向の断層群はこの向斜構造を切つている。すなわち、西翼部では向斜構造をなす石灰岩層が NEE~SWW 方向の断層で切られ、上述のように雁行状にずれているのがみられる。NNW~SSW 系の断層、向斜構造、NEE~SWW 系の断層が Altiplano の新期堆積層中に発達してはいないことを考えると、当地区の古生界に発達する地質構造のこれらの特徴は、Altiplano の新期堆積物の形成以前の生成であるといわなければならない。Altiplano の堆積物は白亜紀末ないし古第三紀以降、洪積世にかけて形成されたものである。したがつて、当地区の古生界に発達する地質構造は大局的には白亜紀末ないし、古第三紀以前に形成されたものと考えられる。また Cordillera oriental の地質構造、たとえば Titicaca 湖東部の Puerto Acosta 地区の地質構造をみると、中部白亜紀の Huancané 砂岩（厚さ約164~192m: RIVAS, 1968）および Moho 層群（厚さ約322~452m: RIVAS, 1968, 本層の厚い部分は約800m: SCHLATTER and NEDERLOF, 1966）は著しく変形し、そこに褶曲や断層が、それ以前の古期岩類に発達する地質構造と調和してみられる。これらのことからボリビア Andes の主要な変形は白亜紀末ないし、古第三紀以前に形成されたものであらうと判断される。

VI. 化石についての一・二の考察

当地区の Copacabana 層群に含まれる化石は、二枚貝、巻貝、腕足類、紡錘虫、サンゴ、海藻類等である。サンゴ類としては *Lophohyllidium* や “*Cannia*” や等が含まれる。化石の多産するところは、Colquench から約5km 南西にあたる Copacabana 層群の西翼部である。化石は数層準に顕著で、紡錘虫は上部層準に多く含まれる。当地区の最上部層準の石灰岩は堅い褐色の石灰岩で、紡錘虫が密集して産出する。最上部層準から産出する紡錘虫は *Pseudoschwagerina* sp., *Schwagerina* spp., “*Rugosofusulina*” sp. 等である。この中で、比較的が多産するのは *Schwagerina* である。一方、本層準から約15m 下位の石灰岩の層準に *Triticites* をかなり多く産出する。この層準は、*Triticites* spp. の産出状況から NEWELL, CHRONIC および ROBERTS (1953) の指摘する *Triticites* 帯に相当するようにおもわれる。

最上部層準からの *Pseudoschwagerina* sp. は、個体数がやや少ないが、DUMBAR and NEWELL (1946) が報告したボリビアの Carpacayma および Apillapampa とからの *Pseudoschwagerina d'orbigny* や *P. kozlowskii* とは、ともに外形と内部の巻き方が明瞭に異なっている。また、NEWELL, CHRONIC および ROBERTS (1953) が報告した Wolfcampian 下部からの *Pseudoschwagerina broggii* および同中部からの *P. vilcanotensis* のいずれとも内部の巻き方、septal fluting 等の点で異なっている。

Colquench 産の *Pseudoschwagerina* sp. は *P. uddeni* とは異なるが、これにやや近い。*Schwagerina* は個体数がかなり多い。そのうち1種は *Schwagerina oxia* と同種とみなされる。本種は外形が fusiform で、spirotheca はやや厚い。“*Rugosofusulina*” は ROBERTS (1953) がペルーから報告した *Rugosofusulina incaica* に近い。

今回調査した範囲内での Colquench 地区の最上部層準には *Parafusulina* が全く含まれていなかった。しかし、*Pseudoschwagerina*, “*Rugosofusulina*” *Schwagerina* 等が存在する。これら種属からみて調査地の最上部層準は NEWELL, CHRONIC および ROBERTS (1953) が指摘した *Pseudoschwagerina uddeni* 帯にほぼ相当するようである。すなわち、*Parafusulina* 帯の下位で、*Triticites* 帯の上

位にあたり、北アメリカの Wolfcampian の上部にほぼ相当するようにおもわれる。Colquencha 地区における調査地質の Copacabana 層群の最上部層準が Wolfcampian の上部にほぼ該当するようであることは興味深くおもわれる。調査した範囲は Colquencha 地区でも限られているので、本層群の上部層準が侵食に堪えて残っているかも知れないと推定される当地区の南方の山地へと、調査範囲もさらに拡大し、再検討を行うならば、Wolfcampian より上位の、すなわち中部二疊紀の下部の Leonardian 相当層が、ペルーの Ampáy, Huanta や Caya Caya に明らかにされていることと同様に、ボリビアにおいても今後発見されるかも知れないとおもわれる。今後に残された重要課題の一つである。

VII. 結 言

BRANISA がサンゴ等を採集したことのある Colquencha 地区の二疊紀海成相の Copacabana 層群の野外観察と、採集した資料の一部を検討し、明らかとなつた事実を挙げてむすびとする。

1) Colquencha 地区の Copacabana 層群の数地点で、従来ボリビアの研究者にも知られていなかった化石の新産地を明らかにした。すなわち、化石は向斜構造をなす西翼側の山地に多産する。

2) 調査地の Copacabana 層群の中・上部相当層の層序は Fig. 3 図に示すようになる。

3) 調査した範囲内での上部層準の石灰岩には *Pseudoschwagerina* sp., “*Rugosofulina*” sp., *Schwagerina* spp. が含まれる、これら紡錘虫によつて、上部層準は NEWELL, CHRONIC および ROBERTS (1953) が指摘した北アメリカの Wolfcampian の上部にほぼ相当するようにおもわれる。地質時代の正確なことについては、紡錘虫等の詳細な研究結果を待つことにする。

4) NNW—SSE 系の断層群や向斜構造や、NEE—SWW 系の断層群が発達するが、向斜構造の形成後に NEE—SWW 系の断層群が生じた。そしてこれらの構造の形成は白亜紀末ないし古第三紀堆積前と考えられる。すなわち、それらは Altiplano の堆積物の形成以前といえよう。

主要参考文献

- AHLFELD, F. (1956) : “Boliva” in an explanation of the geological map of South America, *Geol. Soc. America*, Mem. 65, 167-186.
 — (1972) : Geologia de Boliva, Cochabamba, La Paz, pp. 1-190.
 — (1973) : Geografia fisica de Bolivia (Segunda Edicion), Cochabamba, La Paz, p. 1-248.
 — and BRANISA, L. (1960) : Geologia de Bolivia, *Inst. Boliviano del Petroleo*. La Paz, p. 1-245.
 BERRY, W. (1933) : Fusulina from Peru and Bolivia, *Pan-Am. Geologist*, 59, 269-272, pl. 22.
 BRANISA, L. (1965) : Los fosiles guias de Bolivia, 1. Paleozoico, *Servicio Geologico de Bolivia*, 6, p. 1-282, pls. 1-80.
 DUNBAR, C. O. and NEWELL, N. D. (1946) : Marine early Permian of the Central Andes and its fusuline faunas, *Amer. Jour. Sci.*, 244, 377-402, 457-491, pls. 1-12.
 JAWORSKI, E. (1922) : Die marine Trias in Südamerika, *Beitr. z. Geol. u. Pal. v. Südamerika*, 26, N. J. f. Min. etc., BB. 47, 93-200, t. 4-6.
 LJUNGGREN, P. and MEYER, H. C. (1964) : The copper mineralization in the Corocor Basin in Bolivia, *Eco. Geol.*, 59, 110-125.
 MAEDA, S., YAMAGIWA, N. and BRANISA, L. (1973) : Some Late Palaeozoic corals from Bolivia, *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, 16(1), 93-98, pls. 1-2.
 NEWELL, N. D. (1946) : Geological investigation around lake Titicaca, *Ame. Jour. Sci.*, 244, 357-366.
 —, CHRONIC, B. J. and ROBERTS, T. G. (1953) : Upper Paleozoic of Peru, *Geol. Soc. America*, Mem. 58, p. 1-276, pls. 1-44.
 RIVAS, S. (1968) : Geologia de la Region Norte del Lago Titicaca, *Servicio Geologico de Bolivia, Geobol*, 2, 1-88.
 SCHLATTER L. E. and NEDERLOF, M. H. (1966) : Bosquejo de la Geologia y Paleogeografia

de Boliva, *Ibid.*, 8, 1-49.

THOMPSON, M. L. (1943) : Permian fusulinid from Peru, *Joru. Paleont.*, 17, 203-205, pl. 33.

前田四郎・山際延夫・速水 格・田附治夫・北村健治(1974) : 南米中部アンデス山地に分布する Copacabana 層群について. 地学研究, 7-12, 129-136.

(1975年9月8日受理)