

# アルゼンチン中西部の火山

須藤 茂<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

アルゼンチンは、日本から最も遠い国です(第1図)。しかしながら、遠い割には、一般に日本人はアルゼンチンのことを良く知り、親しみを持っているようです。それは、比較的多くの日本人が移住していること、わが国では最近にわかに盛んになったサッカー界においては、かの国は強大国であり、一目置かれていることなどによるものと思われま

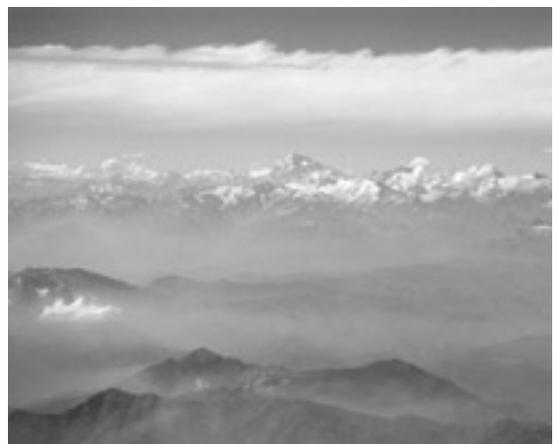
す。では、アルゼンチンの山の名前を挙げてくださいますと聞かれたらどうでしょうか。山岳愛好家であれば、アコンカグアと言うかも知れません。そうです、アンデス

の、いや南北アメリカ大陸を通じての最高峰(6,959 m)がアルゼンチンにあるのです(第2図)。国境に、ではありません。アルゼンチンの中にあるのです。また、この国の南端にあるパタゴニアの山の名を上げる人もいるかもしれません。急峻な岩峰群は写真で見ただけでも魅力的です。

その間にある火山を、今回は紹介しようとしているのですが、多くの読者にとってはあまりなじみのない、というより、実は筆者にも十分な予備知識がなかった山々なのです。登山対象としての魅力の点では、アコンカグアから北のアルゼンチン、チリ、ボリビア国境から、ペルー、エクアドルにかけては、標高が5,000m、6,000m級と高い山々が連なり、写真を見ただけでも、憧れを感じさせるものがあります。それに比べると、ここで紹介する山々は3,000m、4,000m級であり、低いのです。これは知名度の低さにつながっているものと思われま



第1図 位置図。  
地球の反対側に投影した同縮尺の日本地図をあわせて示します。



第2図 チリ側上空から見たアメリカ大陸最高峰アコンカグア(6,959m)。

1) 産総研 評価部

キーワード：アルゼンチン、アンデス、火山災害、地熱、SEGEMAR、コパウェ、カビアウェ、ラニン、ロンキマイ、ピヤリカ

## 2. ない、アンデスの基礎知識

上に書いたように、アンデスの山々の高さは、南緯35度付近を境に、それより北には、5,000m, 6,000m級が多いのに対し、それより南は低いのです。

また、山脈の幅にも違いがあります。南部の低い山脈は、100-200kmの幅しかないのに対し、その北の高山帯は600kmもあるのです。ただし、エクアドル付近では、狭くなります。実際に、筆者がアルゼンチンに入るときに越えたサンチャゴの南の山々は、飛行機だとあっという間に通過してしまったので、拍子抜けしたものでした。

火山研究者にとっては、もうひとつ不思議な謎があります。それは、火山は、アンデスの全体に満遍なく分布しているわけではないということです。これは、世界の火山の分布をまとめた本（たとえば、Simkin and Siebert, 1994など）を見るとわかることなのですが、火山が密集しているのは、北緯5度から南緯2度まで、南緯15度から27度まで、南緯33度から46度までで、それより南は散在している程度です。途中に、長さにして1,400kmおよび700kmほどの火山の空白地帯があるのです。

以上の、山の高さ、山脈の幅、火山の有無については、もちろんそれぞれの現象を説明する論文があり、それらのいくつかは、すでに地質ニュース誌などにも紹介されています（村岡, 1988；松林, 1991）、少し古いですが、よくまとめられた紹介もあります（勝井, 1973）。しかしながら、筆者には、まだ良く理解できていません。なお、アルゼンチンの一般的な地質の知識は、当時の地質調査所に滞在していたアルゼンチンの研究者により、地質ニュース誌に紹介されます（佐藤, 1984）。佐藤さんには、筆者らの滞在中にSEGEMARで開催されたシンポジウムにおいて、日本人の発表時に通訳をしていただきました。地質ニュース誌には、ほかに石原（1981）によるチリ側の紹介もあります。

さて、安山岩の語源になっているほどのアンデスです。本家のアンデサイトを見るだけでも、価値はあります、ということで出かけました。

## 3. 現場への道のり

アルゼンチンの地質鉱山局 (Servicio Geológico



第3図 チリ側上空から見たマイポ火山(5,264m)。

Minero Argentino, 略称SEGEMAR)と、産業技術総合研究所地球科学情報研究部門等との間で、2003年2月に交わされた研究協力に関する覚書に基づき、アルゼンチン側より、アルゼンチンにおける火山活動観測及び火山災害予測について、動向調査とセミナー等を通じた研究協力のための研究者派遣の要請がありました。要請に応えるため、所内で現地調査を含む派遣者の募集があり、手を挙げ、許可されました。先方と日本との間では、すでに衛星画像解析のJICA（当時国際協力事業団、現国際協力機構）のプロジェクトが進行中で、そのための研究者の派遣と同時に行われました。

不測の事態を避けようという同行派遣者の強い意志により、地球の反対側への旅は、非米国系航空会社による、米国非経由ルートが選ばれました。そのために、昼間、チリのサンチャゴからアンデスを越える飛行機に乗ることができました。アコンカグア（だと思っただけですが）も見えました（第2図）。チリ側上空から、富士山型の火山（後で地図を見てマイポ火山とわかりました）が見えたのですが、飛行機はなんとこの山の真上を飛び、残念ながら近景は見えませんでした（第3図）。結局、サンホセなどの6,000m級の火山の姿を拝むことができました（第4図）。反対側の窓からは、衛星画像解析モデル地域としてふさわしいであろうカラフルな岩体が見えました。アンデスを越えると、あとは、大平原の上を飛ぶことになります。

SEGEMARは、アルゼンチンの首都ブエノスアイレスの中心付近にあり（第5図）、その中にJICAの派遣職員とSEGEMARの若手を中心とした衛星画像解析の研究者たちの部屋が確保されています。筆者の現



第4図 南方上空から見たサンホセ火山(5,856m)。山頂部は氷河に覆われていますが、火山地形が認められます。



第5図 ブエノスアイレスの地質鉱山局(SEGEMAR)屋上から見た市街。水平線はラプラタです。

地調査の段取りは、主にJICA派遣職員の賀来 学氏によって行われました。

アルゼンチンには多くの火山がありますが、その中から、火山災害研究のモデル火山としての妥当性、現地調査のしやすさ等から、コパウエ(Copahue)火山が選定されました。コパウエかコパエか、いずれにしても聞いたことのあるような名前でした。出発前に手元の古い資料をかき回したところ、出てきました。昔、アルゼンチンの研究者Abel H. Pesce氏が、当時の、わが地質調査所を訪れたときに、研究対象としていた火山でした。そこには地熱の兆候地があり、JICAの地熱開発調査が行われたところでもあります(藤田ほか、1996)。Pesce氏の研究室は、なんとSEGEMARのJICAの衛星画像解析プロジェクトチームの部屋と同じフロアにありました。

現地滞在中にPesce氏の研究室を訪れましたが、忙しいようで、頻繁に外出していてなかなか会えませんでした。そんなときに隣の研究室から、「ハイ、コンニチハ」と話しかけられました。地熱の研修で日本を訪れたことのある若手研究者でした。結局、コパウエ地域には、火山の研究者、地熱の研究者、そしてさらに地質図幅の研究者と、SEGEMAR内の3グループが関与していることが今回の調査が終わるころにわかりました。お互いの連携ですか。それは、まあ。

#### 4. コパウエ地域概要

ブエノスアイレスから西南西に1,000km、飛行機で1

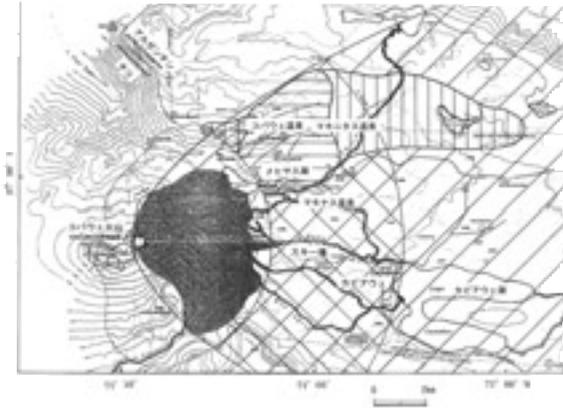
時間半でネウケン州の州都ネウケンに着きます。そこから西北西に290km、サパラ経由で車で5時間ほどでコパウエの中心部カビアウエに到着です。

州の地質調査所の建物がサパラにあり、ここで地質図などの資料の提供を受けました。ここには地質屋が4人いるとのことでした。

ネウケンからサパラにかけては、石油・天然ガスを生産する大平原であり(須藤、2004b)、そこから次第に高原地帯に入ります。ただし、先に述べたように、国境であるアンデス山脈は、この辺ではさほど急峻ではありません。標高は低いところでは2,000m程度しかありません。より南のほうでは、太平洋と大西洋の分水嶺が1,000m程度にまで低くなるところもあります。

その国境地帯の高原のアルゼンチン側の一角に、ぼっこりと凹地があります。北、東及び南の壁は明瞭ですが、西にはコパウエ火山などがあり、落ち込みの地形は不明です。概略東西約19km、南北約16km、壁の高さは東縁で約600mあります(口絵写真3)。形は、円形というよりは多角形のように見えます。Pesce氏によれば、これはカルデラです。しかしながら、その詳しい話を聞く機会は得られませんでした。カルデラ形成に関わる噴出物はあるのかどうか、構造はどうなっているのかなど、教えてもらいたいことはあったのですが。

Pesce氏が、旧地質調査所滞在中に行った講演会での資料によれば、カルデラは、東西約21km、南北約17kmで、全体として丸みを帯びており、花びら状



第6図 コパウエ火山のハザードマップ。

Bermudez and Delpino (1995)の一部を引用。降下火山灰、水蒸気爆発による噴出物、ラハールなどの予測分布範囲が図示されています。

に細かな出入りがあります。このカルデラの西端を中心とする直径約10kmのほぼ円形のもうひとつのカルデラがあり、その中心に現在のコパウエ火山が位置しています。氏が示した断面図によれば、大きいほうのカルデラは鍋状で、鮮新世以降の厚さ約3kmの堆積物で埋められています。カルデラの落ち込み量は約1km程度です。

別な文献によれば (Smithsonian Institution, ホームページ)、二重のカルデラのうち、外側のものは更新世にできた20×15kmのEl Agrioカルデラで、その北西縁に、0.6-0.4Maにできた6.5×8.5kmのTrapa-Trapaカルデラがあるとのこと。後者の中に、コパウエ火山があります。

この地域を含む適当な地質図があるかどうか、事前に調べようとしたのですが、アルゼンチン全国を统一的にカバーする25万分の1の地質図は、まだ空白で刊行されていませんでした。

サパラの州の地質調査所でもらった50万分の1の地質及び鉱物資源図は、州とSEGEMARによって発行されたもののようでした (Delpino and Deza, 1995)。それによれば、コパウエ地域には、丸みを帯びた東西約20km、南北約14kmのカルデラがあるとされています。ただし、カルデラの内側も外側も鮮新世から更新世の火山岩が分布していることになっており、構造などは不明です。

SEGEMARで、筆者が講演をした後に、地質研究者から質問があり、少し話をする機会を得ることがで



第7図 東方のカビアウエ湖畔から見たコパウエ火山。

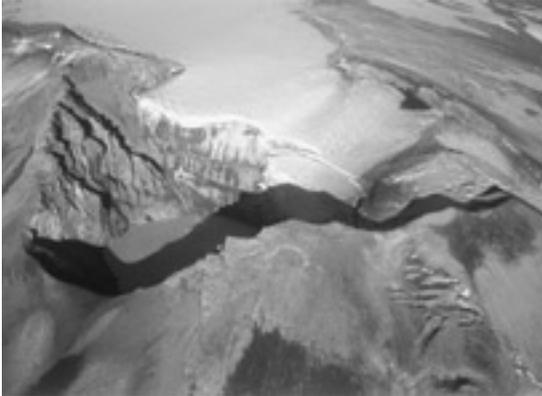
きました。結局、該当する25万分の1の地質図は作成中であることがわかりました。チラッと見せてもらった原図によれば、上記の凹みは北、東及び南が直線的な断層で区切られています。凹みの内側には鮮新世の玄武岩及び安山岩からなるHualcupen層及び鮮新世-更新世の玄武岩、安山岩及び玄武岩碎屑岩からなるCopahué層が分布しています。構造はよく読み取れませんでした。

以下の記載に適当な地形図が見つかりませんでしたので、Bermudez and Delpino (1995)のコパウエ火山のハザードマップの一部を引用しておきます (第6図)。

## 5. コパウエ (Copahué) 火山

山頂火口にいたる直前は、胸突き八丁、2000年噴火により登山道も消えてしまったために、登るときはヒイコラ苦しんだのですが、遠くから眺めるとがっかりするくらい緩やかな山体をしています (第7図)。これは、山体を作っている溶岩流が流動的であったせいかもしれませんし、溶岩の占める割合が多いせいかもしれません。アンデスのほかの富士山型の火山と比べると、その地形は際立って穏やかなのです。したがって、この山の安山岩は、ほんまもののアンデス石とは言えないかもしれません。

山頂部は東西に長く (口絵写真2)、2000年噴火の火口、Laguna del volcan (口絵写真1及び第8図)は、その東端にあります (別な文献には、El AgrioまたはDel Agrioと記されていました)。海拔約2,800mです。最高点 (2,997mまたは2,980mまたは2,977mまたは



第8図 東方上空から見たコパウェ火山のLaguna del volcan火口。  
直訳すると火口湖，固有名詞ではないのかもしれませんが，2000年にも噴火をしたこの火口湖には氷河が迫っています。



第10図 コパウェ温泉の足湯。



第9図 南方上空から見たコパウェ火山山頂部。  
いくつかの火口地形が見えます。遠方左手はVelluda山(3,385m)，右手はアンツコ火山，

2,965mまたは2,953m)は，逆に西端にあり(第9図)，そこに至るには氷河の上を歩かなければなりません。アイゼンが必要で，山頂征服が目的でもありませんでしたので，筆者が訪れたときは，2000年噴出物を採って帰りました。寒かったですし。

2000年噴火の前にも1990年代だけでも3回の噴火記録があります。アルゼンチンでは，最も活発な火山のひとつです。

山の中腹を歩いていると，時々北側の岩石が明るく感じられることがあります。山腹の溶岩の露頭の一部が光り輝いているのです(口絵写真4)。氷河で削られた痕です。この輝きを見ただけで，この溶岩が氷河の年代よりも古いことがわかります。実にうらやま

しい年代決定法です。

もう一つ氷河の存在を示す露頭として，枕状溶岩に似た構造があります(口絵写真5)。枕の表面は急冷したガラスです。確信はもてませんが，まあそんなものかなと思います。

カルデラと言われている地形の底の部分には，玄武岩溶岩が広く分布し(口絵写真6)，いたるところで滝ができています。溶岩には柱状節理がよく発達しており，きれいな滝には観光客も訪れるものと思われます。筆者訪問時には，いませんでしたが。

## 6. コパウェの地熱地帯

カルデラではないかと言われている凹みの中心よりやや北西より，コパウェ火山の北東麓に地熱兆候地があります。長径1km弱のくぼ地にあるコパウェ温泉とその西隣にあるくぼ地(口絵写真7)，東隣にあるマキナス温泉，その南東約2kmにあるマキナス温泉などが主要な兆候地であり，マキナス温泉の西，コパウェ温泉の南に位置するメヒサス湖畔で地熱井が掘削されました。

コパウェ温泉には街が形成されており，療養施設などがあります。足湯(第10図)もあれば泥湯(口絵写真8)もあり，観光地としてもにぎわっています。マキナス温泉は無人で，噴気見物用の歩道などが整備されています。マキナス温泉には，いくつかの施設がありますが，そうにぎやかではなく，温泉客が温泉池の柵で仕切られた一角で入浴を楽しんでいます(第11図)。すぐそばからは噴気が立ち上っており，日本ならば安全のための規制が行われてしまい，とても温



第11図 マキナス温泉の噴気地と温泉池の入浴者。



第13図 マキナスの軍隊の駐留地での料理風景。



第12図 マキナス温泉の草原の中の温泉池。  
写真撮影直前まで、親子が入浴していました。



第14図 メヒサス湖畔の地熱井からの噴気(左下)とコパウェ火山山頂火口からの噴気(右上)。

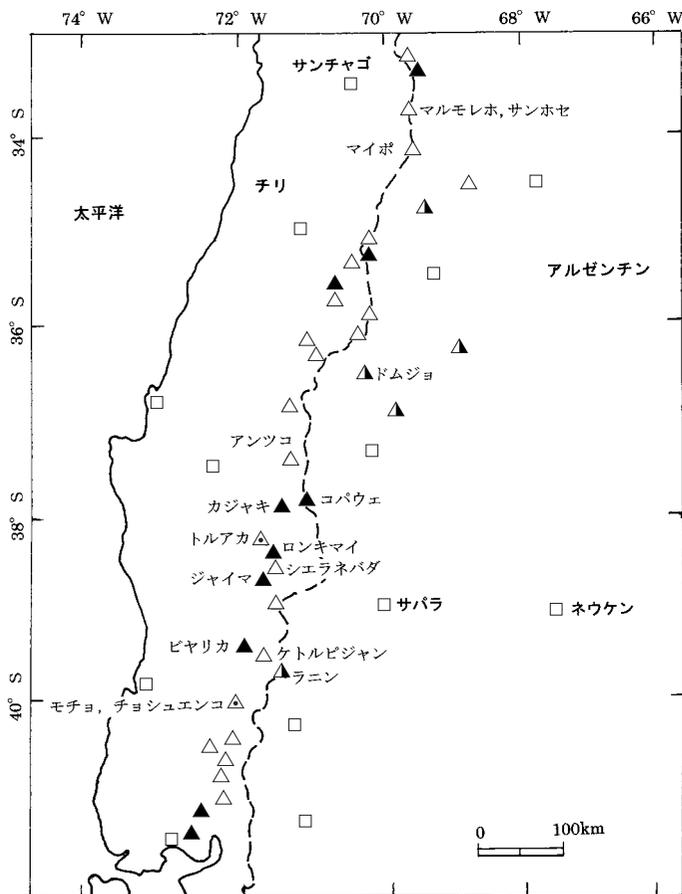
泉を楽しむという状態ではないと思います。草地の中の池も温泉で(第12図)、人それぞれに楽しんでいるようです。日本の秘湯ファンならば、泣いて喜びそうな風情です。ここには軍隊のキャンプ地もあり、タダの風呂の恩恵を受けています。余計な話ですが、兵隊が羊の開きを焼いていたので(第13図)、その薪はどこから採ってくるのかと尋ねたところ、何十kmも先にある森だとのことでした。この辺は酸性が強く、植生はあまり発達していません。唯一、酸性に強いアラウカリアの木が力強く象徴的に立っています(口絵写真6)。凹みの南東部にある横Uの字型のカビアウエ湖の別名Lago Agrioとは、酸っぱい湖のことであり、ここから流れ出る川はRio Agrioです。

アルゼンチンでは、1970年代半ばから地熱資源調査が推進され、1987-1992年には、コパウェ地域でJICAによる調査が実施されました。調査の詳細は藤

田ほか(1996)に記されています。

コパウェ地域では、1974年以降、自国及びイタリアの企業によって地質調査、地化学調査、重力探査、電気探査、熱流量調査が実施され、最深1,414mの坑井も掘削され、噴気試験も実施されました。さらにJICAにより、調査井掘削、噴気試験、総合解析が行われました。この間、1988年には、メヒサス湖畔の坑井を使用した試験発電が、南米大陸初の地熱発電として実施されました(第14図)。

藤田ほか(1996)によれば、コパウェ地域を含む凹みは噴出によってできたカルデラではないとのこと。重力調査では、凹みの内側は最大15mgal程度の低重力異常域になっており、その中の地熱兆候地では、逆に5mgal程度の重力基盤の小さな高まりが認められます。結局、この地熱地域では、蒸気卓越型の貯留層があり、3万kW程度の発電が見込まれると



- ▲ 活火山
- ▲ 活動可能性を有する火山
- △ その他の第四紀火山
- △ 原図には記載のない火山
- 都市

第15図 アルゼンチン中西部の火山の位置図。  
Bermudez and Delpino (1995) の挿図を引用。トルアカ火山  
とモチョ、チョシュエンコ火山を付け加えました。

結論されました。

期待された発電所はできていません。そのことを筆者が泊まっていたホテルの経営者に尋ねたところ、困ったような顔をして、この問題はアルゼンチン側が悪い、日本もあれだけしてくれたのに、と言っていました。こちらは別に問い詰めるつもりはなかったのですが、先方は日本人ならこの地熱の計画のいきさつはよく知っ

ているものと勝手に解釈したのかもしれませんが。

## 7. 見えた火山など

アルゼンチンには、29の活火山があります。そのうちチリとの国境には14火山あり、チリ内にはさらに68火山あります(ボリビアとの国境も含む)(Simkin and Siebert, 1994)。それらのすべての紹介は別な文献に譲るとして、ここでは、筆者が遠くからでも見た火山などを紹介します。位置図としてBermudez and Delpino (1995)の挿図のひとつの火山分布図を示します(第15図)。Simkin and Siebert (1994)などに示されている分布図のほうが一般にはなじみがあるかもしれませんが、ここでは、見る機会も少ないでしょうから、アルゼンチンでの火山の分類がなされた図を示します。なお、本文中の山名の読み方については、正確性に欠ける部分があることをご容赦ください。

### サンホセ (San Jose)

サンホセ火山(5,856m)(第4図)は、サンチャゴ南東方の、チリ・アルゼンチン国境に位置しています。マルモレホ(Marmolejo)火山(6,109m)などからなる火山群の南端に位置する成層火山で、山頂部には多くの火口や火砕丘があります。19世紀と20世紀にはマグマ水蒸気噴火の記録があり、最新の噴火は1960年です。

### マイポ (Maipo)

マイポ火山(5,264m)(第3図)は、サンチャゴ東方の、チリ・アルゼンチン国境に位置しています。大規模火砕流を噴出してできたカルデラ(15×20km)を一部覆うようにしてできた成層火山です。玄武岩質安山岩からなり、カルデラ底からの比高は1,900mあります。氷河を覆う火山灰も認められており、有史の活



第16図 東方上空から見たカジャキ火山。



第17図 北東方上空から見たトルアカ火山。

動もあります。最新の活動は1908年です。

### ドムジョ (Domuyo)

ドムジョ火山(4,709m) (写真はありません)は、アルゼンチン内の、カルデラ内に発達した複合成層火山で、完新世にも活動をしたと考えられていますが、有史の噴火記録はありません。

筆者がコパウェ火山調査のため現地滞在中に、宿の人が新聞を見せてくれました。そこにはドムジョ火山の活動についての記事が載っていました。そこへも調査に行くかと問いかけてきました。ちょっと遠すぎます。約150km離れています。マグマの噴出活動ではないらしいので、見合わせることにしました。



第18図 東方上空から見たロンキマイ火山。

### アンツコ (Antuco)

アンツコ火山(2,979m) (口絵写真9)は、鮮新世から続く活動によってできた火山群の東縁にある成層火山です。この火山群では、大規模な山体崩壊が起きています。アンツコ火山も、崩壊カルデラ内に発達した玄武岩及び安山岩からなる火山で、比高は約1,000mあります。18世紀と19世紀には爆発的噴火の記録があり、最新の噴火は1869年です。

### カジャキ (Callaqui)

カジャキ火山(3,164m) (第16図)は、チリ内の成層火山です。玄武岩質安山岩からなり、北東-南西に伸びた、緩やかな山体をしています。火口、小火山体、最長14kmにわたる溶岩流などの地形が明瞭に残されています。噴気活動は活発で、時折赤熱現象や水蒸気噴火が認められています。最新の水蒸気噴火は

1980年に起こり、少量の火山灰が噴出しました。

### トルアカ (Tolguaca)

トルアカ火山(2,806m) (第17図)は、チリ内の成層火山です。玄武岩質安山岩からなり、有史の活動は噴気活動のみで、詳細な噴火活動についてはわかっていません。山頂火口列は北西-南東方向に並んでいます。ほかに、北東-南西方向に並ぶより新しい火口列もあります。

### ロンキマイ (Lonquimay)

ロンキマイ火山(2,865m) (第18図)は、チリ内にある小型の成層火山です。山頂部は平坦で、氷河に覆われています。主として安山岩からなり、一部玄武岩やデイサイトを伴います。北東-南西方向の割れ目が顕著で、特に北東の割れ目からは、1887-1890年、



第19図 東方上空から見たジャイマ火山。



第21図 北東方上空から見たモチョ火山(右)とチョシュエンコ火山(左)。



第20図 南東方上空から見たビヤリカ火山(左)とケトルピジャン火山(右)。

1988-1990年には10kmもの長さの溶岩流が噴出しました。

### ジャイマ(Llaima)

ジャイマ火山(3,125m)(第19図)は、チリ最大級の成層火山であり、その体積は400立方kmとされています。わが富士山(500立方km)(駒澤, 2003)より少し小さいだけです。また、チリ国内ではもっとも活発な火山の一つであり、山頂火口のほかに南東にも火口があります。玄武岩及び安山岩からなります。約13,200年前にできた径8kmのカルデラ内に溶岩流、40以上ものスコリア丘が堆積し、7,200年前から現在の成層火山体ができました。時々溶岩の噴出を伴う中程度の爆発的噴火が17世紀から頻繁に観測され、2003年4月にも噴火がありました。

### ビヤリカ(Villarrica)

ビヤリカもしくはビジャリカ火山(2,847m)(第20図)は、チリで最も活発な火山の1つです。径6kmのカルデラの中に、約3,500年前に径2kmのカルデラができ、その上に、玄武岩質安山岩からなる成層火山ができました。山腹には30以上のスコリア火山体と割れ目火口があります。プリニー式噴火、20kmにも達する火砕流、最大18kmにも達する溶岩流などを山頂と山腹の火口から噴出しています。有史の噴火は1558年から記録されており、時々溶岩を出す比較的穏やかな活動が繰り返されています。山頂部の40平方kmは氷河に覆われており、ふもとの町がラハールに襲われたこともあります。

### ケトルピジャン(Quetrupillan)

ケトルピジャン火山(2,360m)(第20図)は、チリ内の成層火山です。7km×10kmのカルデラの中に来た火山で、径3.5kmのカルデラがあります。山頂は氷河に覆われています。北西隣のビヤリカ火山、南東隣のラニン火山に比べると、より珪長質な溶岩もあります。最新の噴火は1872年とされています。

### モチョーチョシュエンコ(Mocho-Choshuenco)

モチョ(2,422m)、チョシュエンコ火山(2,415m)(第21図)は、チリ内の2つの成層火山です。径4kmのカルデラの上にあります。チョシュエンコ火山は、カルデラの北西端に、氷河期の後期にできた火山であり、モチョ火山は氷河期より後にカルデラ内にでき、有史の活動記録もあります。北東-南西方向の山腹に火口が並んでいます。最新の噴火は1864年と1937年にありました。



第22図 北方上空から見たラニン火山。

## ラニン (Lanin)

ラニン火山(3,747mまたは3,776m)(表紙及び第22図)は、チリ、アルゼンチン国境にある大型成層火山です。孤立峰であり、山頂は氷河に覆われており、堂々とした山体を誇っています。基盤からの高さは2,500mあります。20世紀初めに活動したと新聞に報道されたこともありますが、それは誤報ということで、有史の噴火記録はないことになっています。

## 8. 火山災害予測

2003年4月に、チリのジャイマ火山(第19図)の噴火により、火山灰がアルゼンチンにも降ってきました。火山の約300km東方にあるアルゼンチンのネウケンの町近くにも降灰があり、空港が閉鎖されました。

2005年5月には、チリのラスカル(Lascar)火山(第15図よりも北に位置します)が噴火し、火山灰は南東方向約1,000kmまで達しました。これは、首都ブエノスアイレスまでの距離の約4分の3に相当します(Smithsonian National Museum of Natural History, 2005)(筆者の計測では、1,000kmが正しいとすると約3分の2)。

いずれの場合も災害の詳細は不明ですが、アルゼ

ンチンの火山災害で最もありそうなのは火山灰によるものであると考えられます。火山灰のついた牧草を食べた家畜が病気になってしまうこと、これがいかにもありそうなケースです。火山灰災害の事例は須藤(2004a)にまとめてあります。筆者がSEGEMAR滞在中に行った講演でも、火山灰災害については、日本とは同じ程度の緯度に位置しているので、共通の研究課題がある旨を伝えました。西の隣国チリの火山が噴火したときにも、降下火山灰の災害が発生する確率が高いのは、偏西風の影響を強く受けるアルゼンチン側なのです。

火山の近くでは、もちろんほかの各種の災害が予想されます。コパウエ火山について、既に作成された火山災害予測図では、火山灰、泥流などについて図示されています(第6図)。

火山災害に関して、日本とアルゼンチンとで決定的に違うのは、人口密度です。カビアウエにある役場で人口を教えてもらいました。コパウエ温泉に約100人、カビアウエに300-400人とのことでした。この地域は、例外的に観光客が入り込みます。その数は温泉客が年間計15,000人、7-9月のスキー客が約10,000人です。日本で苦勞している防災担当者からは、夢のような話かもしれません。ただし、雪の問題はあります。現地滞在中に、軍隊のキャンプ地で、2000年噴火時のビデオを見せてもらいました。コパウエの温泉には、積雪期でも住人がおり、道路が雪に深く覆われているために孤立状態になりました。軍隊は雪上車で救援に駆けつけました。そして孤立していた住民からの要望で渡した支援物資、それはタバコでした。他のものはおむね蓄えがあったのです。ふざけるなっ、タバコかよ、と筆者は思ってしまったのです。

火山関係の国際会議では、中南米の各国はよく熱心に参加しています。災害が多いからです。その中では、アルゼンチンは、控えめです。多分、相対的に災害が少ないからでしょう。国土の大きさは日本の7.5倍、人口は日本の3.5分の1です。災害軽減にかかる費用の見積もり方などについては、それなりの対処の仕方があるのは当然です。

## 9. 今後の研究協力の展望

地質鉱山局(SEGEMAR)訪問時の話し合いなどの結果、アルゼンチンの火山災害軽減のための火山観

測と災害予測評価について、以下の課題があることが確認されました。

### 1) ターゲット火山の選定について

アルゼンチンには、チリとの国境を含めて29の活火山があり、その何倍かの第四紀火山があると推定されます。有史に10回以上の噴火記録のある火山は、チリ側に8火山、チリとアルゼンチンの国境に1火山あります。それらを含めて、活動ポテンシャルの高い、すなわち危険度の大きい火山を選定することは初期の研究として極めて重要です。ただし国土の広さや交通の利便等を考慮すると、その作業は効率的に行う必要があります。世界の過去1万年間程度の火山活動の概要は、既にSmithsonian等の他の機関によって取りまとめられているので、それらのデータベースを利用することによって、短期間で選定作業を行うことを提案します。今回モデル火山として選定したコパウェ火山は、2000年に噴火したことからもわかるように、活動度の高い火山ですが、火山地形が他の周辺の火山と大きく異なっていることから、特異例を取り上げてしまう可能性もあるので、再検討を要するかもしれません。

### 2) 観測項目について

噴火予知のための火山観測の項目としては、地震、変動、熱、電気・磁気、ガス等の化学、などがあります。これまでの世界各地の火山噴火の経験からは、地震と変動の観測が極めて有効であり、その他の項目は、有効であることもありますが、そうでないこともあることがわかっています。

これまで、地質調査所及び産業技術総合研究所では、火山についての地震観測は短期間の臨時的な作業のみを行ってきた傾向があり、長期にわたる継続的な観測の経験は十分ではありません。それに対して、変動の観測は時間的にもまた、場数をこなす点でもそれなりに実行されてきました。したがってここでは、山体変動観測を推薦します。

山体変動観測には、光波測距、GPS、傾斜計等の方法があります。これまで地質調査所及び産業技術総合研究所が実施し、成果を上げてきた項目は、光波測距とGPS観測ですので、ここでもそれを推薦します。

光波測距とGPS観測の方法としては、それぞれ連続観測と繰り返し観測があり、さらに、データ転送によるリアルタイム観測とそうでない方法とがあります。

したがって、それににかかる費用は様々です。オーダーとして、手法により、130万円から820万円、観測点数を増やすことによる予算の増加の仕方も、光波測距の反射鏡点の場合の3万円から、GPSのデータ転送型連続観測装置の139万円まで様々です。

### 3) 災害予測のターゲットについて

アルゼンチンでは、火山は国土の西端、すなわち人口密度の低いアンデス地域にあります。今回モデル火山として調査したコパウェ火山の場合も、溶岩流、小規模な火砕流、泥流などの影響の及ぶ範囲内の人口は、数百人のオーダーであり、スキーシーズンにはさらに数百人多くなる程度です。火山から半径10km以内に140万人が住むといわれるわが国とは、対策の立て方が違うのは当然です。コパウェでは、方向の異なる2本の避難ルートがあり、積雪期を除けば、緊急時に避難できる可能性は大きいです。

火山から離れている場合でも甚大な被害が発生する可能性があるのは、降下火山灰です。わが国では、降下火山灰による被害の発生予測とリスクマネジメントに関する研究が実施されていますが、その結果は、わが国とほとんど同じ緯度にあり、風向きが同じであるアルゼンチンに、そのまま適用できる可能性が大きいです。

### 4) 多国間(他の欧米諸国)及び;または多機関の協力関係について

アンデス山脈は、日本列島と同じくプレート沈み込みによる火山生成地帯にあります。日本の火山に多い安山岩の語源にもなっているアンデスは、火山生成上の共通点のほか、乾燥地域であるために火山地形がよく保存されていることなどもあり、世界各国の火山研究者の調査研究の対象にもなっています。地理的な遠さと交通の便がそれをさまたげる要因ではありません。現段階でも、米国及びヨーロッパ各国から研究協力の引き合いはあるようです。

アルゼンチンにおいては、火山の研究は、地球科学の主要な部分を占めてはいません。したがってアルゼンチンの研究者が主たる取りまとめ役となって、多国間の研究協力関係を築き上げていくことは容易ではありません。国際機関の協力をおおぐことは可能性の一つとして考えられます。また、アルゼンチンの一部の火山や地熱の研究者は、既にわが国で研修もしくは共同研究を行った実績があります。

共同調査・研究の対象国を日本に限り、かつ多機

関との協力関係を結ぶ可能性としては、例えば地震観測システム設置を気象庁に依頼するなどの案が考えられます。既に気象庁はフィリピンとの同様な研究を実施しています。

### 5) 隣国(チリ)との協力関係について

南アンデスの多くの火山は隣国のチリ側にあり、一部の火山が国境に、また一部の火山がアルゼンチン側にあります。前にも述べたように、チリ側の火山が噴火した場合にも、風向きの関係で、火山灰被害はアルゼンチン側に多く発生することになります。したがって火山噴火に関する情報はできるだけ両国が共有する必要が既に指摘されています。両国の国境にまたがる火山の調査研究に関しては、協力関係を結ぶことは比較的容易であるとのことですので、例えば国境付近の火山の観測地点の設定に際しては、一部がチリ側に入ることも考慮できます。

## 10. 終わりに

7章の火山の記載に際しては、米国Smithsonian InstitutionのGlobal Volcanism Network (<http://www.volcano.si.edu/>)を参照しました。世界中のどこの火山でも、とにかく何かデータがないかどうか調べるときに、頼りにしてしまうのは、このような米国のデータです。火山学大国日本の1研究者としては残念ですが、今回も利用させていただきました。

今回の現地調査後のアルゼンチンとの火山に関する共同研究の進め方については、できるだけ安上がりな山体変動観測装置などについてSEGEMARに提案しました。わが国側の具体的な予算措置について、めどがたっていないため、進展していないことをこの場を借りて関係者にお詫びいたします。

先に、本誌に小さな町ウインクル(Huincul)の世界最大級の恐竜の博物館について紹介しましたが(須藤, 2004b)、この小さな博物館はかなり大きくなりまし

た。世界最大の恐竜を収納する建物が増築されたそうです。同館のRodolfo所長からは、また見に来いとメールを頂きましたが、そう簡単には行けないのがアルゼンチンなのです。

簡単には行けないアルゼンチンの現地調査を可能にいただいたSEGEMAR、現地のJICA派遣職員、ネウケン州地質調査所及び産総研地質調査総合センターの関係各位に感謝いたします。

### 文 献

- Bermudez, A. y Delpino, D. (1995): Mapa de los peligros potenciales en el area del volcan Copahue - sector Argentino. Provincia del Neuquen, Republica Argentina.
- Delpino, D. y Deza, M. (1995): Mapa Geologico y de Recursos Minerales de la provincial del Neuquen, Republica Argentina. Secretaria de Minería, Direccion Nacional del Servicio Geologico y Ministerio de Produccion y Turismo, Direccion Provincial de Minería del Neuquen, Servicio Geologico Neuquino.
- 藤田武俊・阿部 信・山田 守・中西繁隆・戸高法文(1996): アルゼンチン共和国コパウエ地域の地熱開発調査。地熱, 33, 39-55.
- 石原舜三(1981): チリ、火成活動の国。地質ニュース, 326, 6-20.
- 勝井義雄(1973): アンデス山脈と火山。世界の変動帯, 189-196, 岩波書店。
- 駒澤正夫(2003): 重力測定による富士山の重量と内部構造。地質ニュース, 590, 44-48.
- 松林 修(1991): アルゼンチンの地熱についての序論。地熱, 28, 222-230.
- 村岡洋文(1988): 中央アンデスの高原を行く。国際シンポジウム「アンデスの火山活動」に参加して。地質ニュース, 406, 14-26.
- 佐藤 アナ マリア(1984): アルゼンチンの地質機関と地質鉱床概説。地質ニュース, 357, 36-46.
- Simkin, T. and Siebert, L. (1994): Volcanoes of the world. Geoscience Press, Inc., Tucson, USA., 349p.
- Smithsonian National Museum of Natural History (2005): Bulletin of the global volcanism network, vol.30, no.4, 2-3.
- 須藤 茂(2004a): 降下火山灰災害-新聞報道資料から得られる情報。地質ニュース, 604, 41-65.
- 須藤 茂(2004b): 小さな町の大きな恐竜, アルゼンチン, ウィンクルの博物館。地質ニュース, 605, 61-64.

SUTO Shigeru (2005): Volcanoes on the middle western Argentine.

<受付: 2005年9月5日>