

# 環太平洋地域における地震・火山噴火とその災害

高橋 学

## 第1章 視点

一般に、ヨーロッパやアメリカで使用されている世界図を観ると、エルサレム付近を中心に描かれていることが多い。また、大西洋を中心に描かれたものも少なくない。これらの地図には、太平洋が地図の右端と左端に分断して描かれており、世界の東の果ては、アリューシャン列島、カムチャッカ半島、千島列島、日本列島、琉球列島などの高い山を越えると茫漠たる広さの太平洋で終わる。また、西は、アラスカ山脈、ロッキー山脈、カリフォルニア半島からアンデス山脈などを経て、こちらも太平洋で終わる。このような地図では、日本列島はまさに「極東」に位置している。日本や大韓民国などの学校教育で使われている世界地図を除き、太平洋を中心として、その周辺に火山帯や地震の頻発地域が取り巻いている「環太平洋」という概念を認識できる地図は、かなりまれな存在といえる。

地球儀を見慣れている人を除き、欧米などでは「環太平洋」という概念はないことが多い。1853年にペリーが黒船で浦賀沖に姿をみせた時、彼らはアフリカやインドを經由して来日したことは意外に知られていない。また、バルチック艦隊が日本海に姿をみせた日露戦争、日本海海戦（1904年）の時も、北欧のバルト海を出発した艦隊の一部は1869年に完成したスエズ運河経由してきたものの、アフリカ喜望峰を經由してきたものもあった。大陸横断鉄道（1869年開通）が北アメリカを貫いて、東海岸から西海岸まで到達し、西海岸に都市が開発されるまで、太平洋航路はさほど重要ではなかったのである。アメリカ横断鉄道を使用せず、太平洋航路を取り北米東海岸のワシントンと日本の間を航海しようとする、1914年にパナマ運河が完成するまでは、南米大陸南端とフェゴ島との間のマガリャネス海峡（マゼラン海峡：1881年に国際航路）か、ホーン岬と南極大陸との間のドレーク海峡を通らざるをえなかった。しかし、これらの海峡は、常に温帯低気圧の通過する場所であり、世界で最も荒れる海域として“shrieking sixties（吼える60°）”呼ばれてきた。大西洋から南米南端付近を通る航路は船乗りたちに恐れられていたのである。

軍艦奉行の木村撰津守喜毅や勝麟太郎を乗せた咸臨丸は、1860年品川を出て、太平洋航路でサンフランシスコに到着したが、ワシントンD.C.を訪れることなく、そこから日本に帰ってきた。まだ、大陸横断鉄道もパナマ運河も開通しておらず、アメリカ大陸を横断するのは大変な時代であったのである。これに対し、1871年に岩倉具視らの使節団は、アメリカ号で太平洋を横断し、完成して間もない大陸横断鉄道を使用してワシントンD.C.を経て、ヨーロッパへ向かった。

さて、世界の中心をエルサレムや大西洋とした地図をみていた場合、大陸漂移説を唱えたアルフレッド ウェゲナーのように南アメリカ東海岸とアフリカ西海岸がつながってみえるという利点があった。他方、太平洋を中心に世界地図を観ると、「環太平洋」造山帯（地震帯）という地域の特徴が観えてくる。地震の観測が比較的正確にできるようになったと考えられる20世紀以降について注目すると、21例のM8.5以上の地震のうち、17例は環太平洋地域に集中している<sup>1)</sup>（表1）。アルプ

表1 1900年以降におけるM8.5以上の地震

マグニチュード	地震名	国名	発生年月日
M9.5	バルデビア地震	チリ	1960年5月22日
M9.2	アラスカ地震	USA	1964年3月27日
M9.1	スマトラ・アンダマン地震	インドネシア	2004年12月26日
M9.0	カムチャッカ地震	ロシア	1952年11月4日
M9.0	東北地方・太平洋沖地震	日本	2011年3月11日
M8.8	エクアドル地震	コロンビア	1906年1月31日
M8.7	マリアナ地震	マリアナ	1914年11月24日
M8.7	アラスカ地震	USA	1938年11月10日
M8.6	カングラ地震	インド	1905年4月4日
M8.6	バヌアツ地震	ニューヘブリデス	1910年6月16日
M8.6	スラウェシ地震	インドネシア	1939年12月21日
M8.6	察隅地震	チベット	1950年8月15日
M8.6	アンドレアノフ地震	USA	1957年3月9日
M8.6	スマトラ沖	インドネシア	2012年4月11日
M8.5	ミンダナオ島地震	フィリピン	1918年8月14日
M8.5	海原地震	寧夏	1920年12月16日
M8.5	アタカマ地震	チリ	1922年11月11日
M8.5	カムチャッカ地震	ロシア	1923年2月3日
M8.5	バンダ地震	インドネシア	1938年2月1日
M8.5	スマトラ地震	インドネシア	2007年9月12日
M8.5	ビオビオ地震	チリ	2010年2月27日

ス・ヒマラヤ造山帯は、環太平洋造山帯とともに、世界の2大造山帯ともいわれているが、その性格は異なっている。環太平洋造山帯が多くの火山を伴っているのに対し、アルプス・ヒマラヤ造山帯には、ヴェスヴィオ山、エトナ山、エルブルス山、アララト山、ダマーヴァンド山といった火山が点在しているものの、活発に活動している火山は少ない。アルプス・ヒマラヤ造山帯では火山よりも褶曲活動が顕著なのである。

ただし、地震の被害である震災のワースト10についてみると、2010年ハイチ地震（死亡者316,000人：M7.3）、インド洋大津波で甚大な犠牲者が出た2004年スマトラ・アンダマン地震（死亡者227,898人以上：M9.1）、1976年グアテマラ地震（死亡者22,870人：M7.5）の3例が環太平洋地域に属しているに過ぎない（表2）。地震の規模は死亡者の数と比例するとは限らない。たとえば、1976年に中国河北省で発生した唐山大震災<sup>たんしゃん</sup>は、地震の規模はM7.8に過ぎなかった。しかし、中華人民共和国の報告では死亡者242,800人とされているが、死亡者65万5千人以上（USGSの推定。）とする推定も存在する。人口密度や建物の耐震性などにより、地震の規模が大きくても震災の規模は小さかったり、その反対に大きくなったりする。建物が耐震基準を満たしているかどうかや、手抜き工事、地震の発生時間などによって被害の様子は大きく異なるのである。

表2 震災ワースト10 (1975～)

死亡者概数	地震名	発生年月日	マグニチュード	国名
316,000人	ハイチ南部地震	2010年1月12日	M7.3	ハイチ
242,800人	唐山地震	1976年7月28日	M7.8	中国
227,898人	スマトラ・アンダマン地震	2004年12月26日	M9.1	インドネシア
86,000人以上	カシミール地震	2005年10月8日	M7.7	パキスタン
69,227人	汶川地震	2008年5月12日	M8.1	中国
43,200人	バム地震	2003年9月25日	M6.8	イラン
35,000人	イラン地震	1990年6月20日	M7.7	イラン
25,000人	スピタク地震	1988年12月7日	M6.8	アルメニア
22,870人	グアテマラ地震	1976年2月4日	M7.5	グアテマラ
20,023人	インド西部地震	2001年1月26日	M8.0	インド

## 第2章 環境変動と時間精度

19世紀末にW.M. デービスは地形輪廻<sup>2)</sup>の考えを提示し、山地の形状から地形の形成順序を整理しようとした。それは地形形成の絶対年代を知り得なかった当時の学問的限界を示していた。1950年代になるとW.F. リビーによって<sup>14</sup>C年代測定法が提案され、テフクロロジーの進展とともに、10<sup>4</sup>年スケールで平野の形成年代が論じられるようになった。この段階では、環境変動と人間活動とのかわりはさほど明瞭でない。1960年代後半になると、資源の輸入や製品の輸出という加工貿易に頼る日本では、臨海工業地帯の開発が進んだ。それを背景に、沖積平野におけるボーリングデータが充実し、空中写真判読による水害地形分類図などの土地条件図の作成も進行した。こうした社会情勢を背景に、氷河性海水準変動の考えが導入され、10<sup>3</sup>年スケールで環境変動が論じることがはじまったのである<sup>3)</sup>。また、1976年になると、これまでローカルネームで呼ばれていた火山灰が、約7300年前に噴出した幸屋火砕流と鬼界アカホヤ火山灰であることが確認された<sup>4)</sup>。そして、種子島、屋久島、薩摩半島さらに大隅半島南部を中心に九州の縄文人は大打撃を受けてほぼ絶滅したことが認定され、縄文時代早期と前期を分ける指標となった。

このような研究の流れの中で、1980年代になると10<sup>2</sup>年～10年スケールの研究が考古学の発掘調査の進展とともに進行し始めた。「環境考古学」<sup>5)</sup>、「地震考古学」<sup>6)</sup>、「火山灰考古学」<sup>7)</sup>、「災害考古学」<sup>8)</sup>、「Geo-archeology」<sup>8)</sup>などの新しい研究分野が成立し始めた。

タイムスケールが精緻になることで、これまであまり手がつけられてこなかった人間の生活と環境変動との関わりが問題とされるようになった。それまで、垂直にサンプリングされ、時代による変化を示していると考えられてきた花粉分析を、安田喜憲は発掘調査で明らかになった同一地表面を対象に分析を行い、方形周溝墓の上ではヨモギ属の花粉が多く、その下ではイネ科花粉が多く検出されることを明らかにした<sup>9)</sup>。同一地表面であっても土地条件が異なれば花粉組成が異なっていたのである。遺跡における環境復原にとっては、コペルニクスの転回であり、斬新なアイデアであった。しかし、このことは環境変動の検討にとっては、両刃の剣であった。すなわち、従来行われてきたようなある場所における垂直的なサンプルの採集は、単なる時間による変化だけを表しているわけではないことを証明してしまったのである。この点で、遺跡の花粉分析における環境変動の限

界がみえてきた。

さて、より精度の高い環境変動の研究には、「より正確な時間の物差し」が必要である。これまで 1) グリーンランドにおけるアイスコアの分析、2) 南米カリアコ海盆における海底ボーリングの分析がまた、ヨーロッパでは氷河の末端で形成される 3) 氷縞粘土が高精度の分析が代表的なものであった。

グリーンランド氷床コアで、Richard B. Alley (2004)<sup>10)</sup> は、過去 11 万年間の気候変動について、温暖化が氷河期発生のきっかけになると述べている。氷床変動と環境変動から、気候モデルによる将来予測に不可欠なデータを提供することが目的とされているが、その精度は 10<sup>3</sup> 年であることや、高緯度地域のデータで人類の生活環境との関係を明らかにする観点が希薄なことなどが弱点と言える。

また、ベネズエラのカリアコ海盆では、深海底の堆積物に縞模様があり年代を数えられるが海洋リザーバー効果により <sup>14</sup>C の値が古い方にずれる難点があって、推定値が数百年の不確かさを生むことが避けられなかった。

さて、約 2 万年前に氷河によって覆われていた北西ヨーロッパでは、気温の上昇とともに融解した氷河の末端に堆積した氷縞粘土によって 10<sup>0</sup> 年スケールの環境変化が明らかにされるようになった。氷河に覆われた土地が露出すると、土壤の貧しい場所に進出する植物相や動物相は極めて貧弱で多様性を欠いていた。また、氷河が縮小して土地が露出する以前の環境変化については論究することが不可能であった。このような場所においては、樹木の年輪年代も氷河が存在している時代以前にまで遡ることはできない。さらに、氷河の存在しない地域では、このスケールでの環境変動の研究は不可能と考えられていた。

ところが、1993 年に福井県水月湖でえられたボーリングサンプルには、縞模様が確認され、この縞模様は安田喜憲によって「年縞」と名づけられた<sup>11)</sup>。最初、継ぎ目で欠損していた地層もボーリングを複数行うことで約 46m の連続したサンプルが得られ、現在から 7 万年前まで高精度で、読み取ることができることが確認された (2006 年、2012 年)<sup>12)</sup>。その分析は、まだ途上であるが、寒冷な時代では寒暖の差が大きく、温暖な時代は比較的気候が安定していることが解った。氷河期の始まりへの変化は徐々にあったが、氷河期が終了し温暖期になるのは極めて短期間、短ければ 1 年で生じるらしい。最後の氷河期から気候は一時的に温暖化 (アレレード期) し、再び寒冷化する。この気候の寒冷化は、ヤンガードリアス (ドライアス) 期と呼ばれ、しばしば西アジアでの農耕の開始と関連づけられる。シリアでは、ライムギ (11050yBP) が発見されている<sup>13)</sup>。

これに対して、文明が遅れていたとみなされてきたアジア、なかでも最も開発が遅いと考えられていた長江中流域で画期的な発見があった。安田喜憲をリーダーとする調査団は、長江中流域の湖南省八十挡遺跡や彭頭山遺跡で確実に稲作が行われていた証拠を発見した。この地域の調査は、古い炭化米が発見された玉蟾岩遺跡などの洞穴遺跡とは異なり平野に立地をしている。彭頭山遺跡出土の炭化米の AMS 年代は、暦年代 8650 ~ 7900 年前、八十挡遺跡から出土した粳穀の AMS 年代は 7800 ~ 7600 年前であった。このことから長江中流域において稲作に立脚した稲作農耕集落の誕生が暦年代 8000 年前までさかのぼることは確実であり、稲作農耕の起源はそれよりもはるか以前の 1 万年以上前頃までさかのぼる可能性がきわめて高いと考えられるようになったのである<sup>14)</sup>。



## 第3章 太平洋地域における環境変動のテレコンバート

さて、あつかえる時間精度が細くなるに従って、環境変動は人間の生活との関係が密接になる。たとえば、10<sup>0</sup>年単位になれば、地震、火山噴火、台風などの現象が捉えられるようになる。すなわち、環境変動が人間にとって災害として認識されるようになるのである。

## 1) ラ・ニーニャ現象とエル・ニーニョ現象

太平洋に目を向けると、ここでは赤道付近を東から西に向けて移動する海流や気流が重要な役割を果たしている。一般に、赤道付近では北上してきた寒流のフンボルト海流（ペルー海流）の影響で冷たかった南米沖の海水温が、太陽の熱で熱せられて西に行くほど温度が高くなる（図1）。そして、フィリピン、インドネシア沖の海域は比熱の熱エネルギーが集積する。ここでは、海水や空気に貯めこまれた熱エネルギーにより猛烈な上昇気流が発生し熱帯低気圧（台風）が形成される。もちろん、同様なことは大西洋やインド洋でも生じるが、海域が広い分、西太平洋における熱エネルギーの蓄積は大きくなる。そして、その暖かく湿った気流は、ヒマラヤ山脈やチベット高原にぶつかって、東南アジアに大量の降水をもたらす。特にラ・ニーニャ（小さな女の子：スペイン語）現象と呼ばれる東風が卓越する時に、その傾向が顕著である<sup>15)</sup>（図2）。2011年には、チャオプラヤ川やメコン川の流域で洪水が発生した。人件費の高騰などにより中国からタイに生産の場所をシフトした日系企業などの工業団地は最大で3m程度浸水し、それが1か月以上続いたのである。河川の堤防も完備されないまま、後背湿地を埋め立てて造成した工業団地では、水害が発生するのは火をみるより明らかであった。また、大規模な工業団地がいくつも造成されたことにより、後背湿地の貯水量が減少し、微高地の砂堆上に位置していた首都のバンコクや旧都のアユタヤでも水害が発生した。この水害は、大雨が続いたということに加えて、土地条件を無視した土地開発にも原因があった。

さて、このようなラ・ニーニャ現象が生じている時、太平洋の東端の南米では、アンデス山脈か

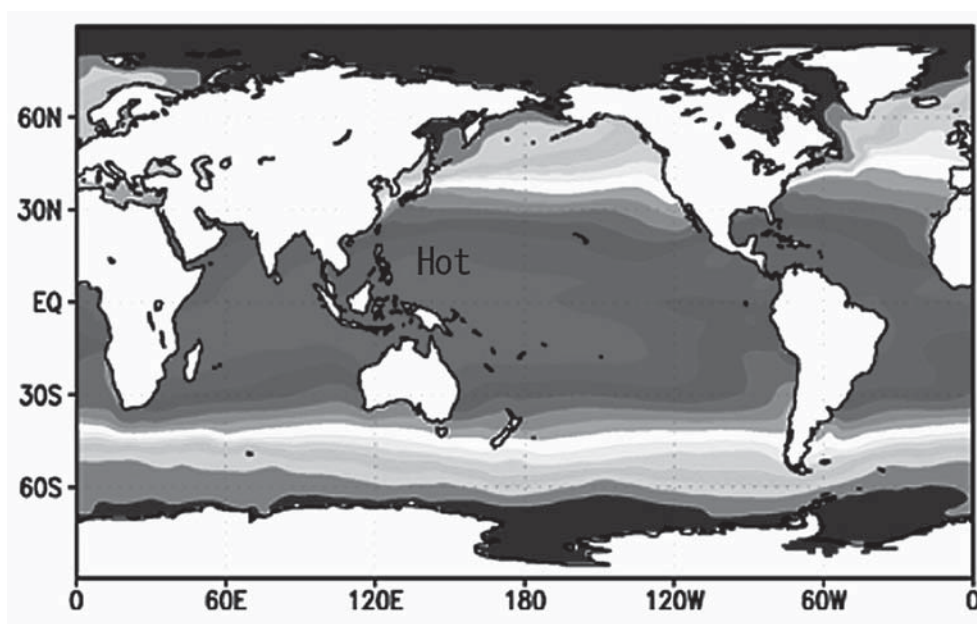


図1 西太平洋における熱エネルギーの集積

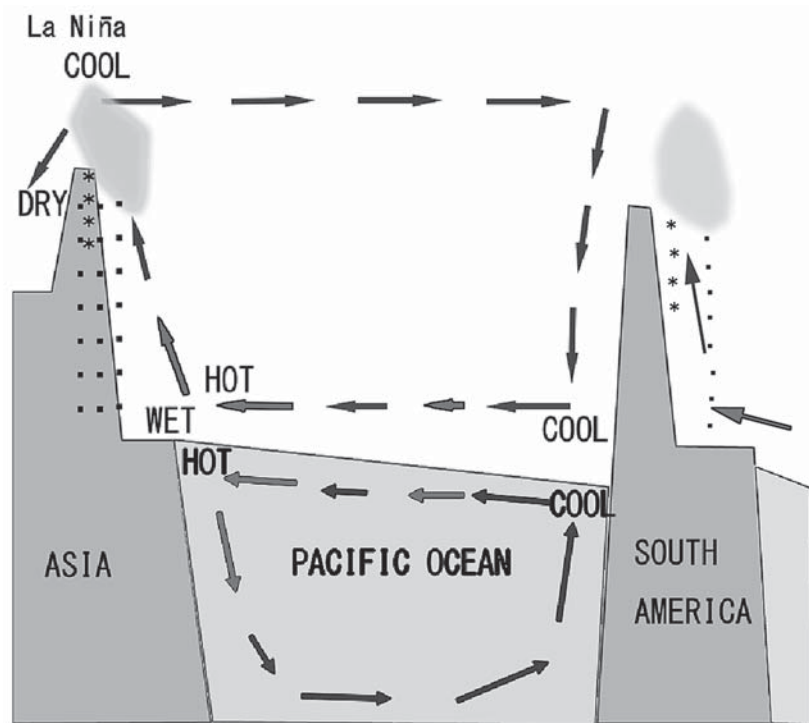


図2 ラ・ニーニャ模式図

ら乾燥した冷たい空気が降下してくるため乾燥が著しく、アタカマ砂漠などが形成されている。チリの北端に近いアントファガスタは、かつてはグアノ起源の硝石、現在は銅鉱石が産出するため砂漠の中に街が形成されているが、街で使用する淡水のほぼ半分は海水をフィルターで濾過して人工的に造られている。街は銅鉱石の採掘や精錬で潤っており、港には銅のインゴットを積載した船が日本に向けて出港の準備をしている。また、この街の裕福さに目をつけて、国の内外から不法占拠者が集まって来ており、土石流扇状地帯の山際にはスクオッターが集住し治安が悪くなっている（図3）。

さて、非常に単純化していえば、南米の赤道付近で西風が卓越し海水温が上り、海底からの湧上水→栄養塩類の上昇→プランクトン増大→カタクチイワシ（アンチョビー）の増加→水鳥の増大→窒素肥料となるグアノの増大というサイクルが、クリスマスの頃に、一時的に断絶し、エル・ニーニョ（小さな男の子＝イエス・キリスト）現象と呼ばれている（図4）。この時、アンデス山脈西側では雨が降る。雨量は少ないが禿山であるため、時間当たり20mm程度でも山麓ではワイコと呼ばれる土石流が発生する。反対に東南アジアでは、降水が少なく焼畑農業の火が制御できなくなり大火事になったりする。

他方、ラ・ニーニャ現象の時などフィリピン、インドネシア沖の海域に蓄積された熱エネルギーは、北に向かう黒潮（日本海流）になり犬吠崎付近まで日本列島の南側に沿って流れる。また、その一部は枝分かれし対馬海流として日本海に流入する。海水は比熱が大きいので冬になっても容易には冷えることはない。他方、比熱の小さな岩石から構成されている大陸は、冬には急速に冷えるため、下降気流が生じ高気圧となる。また、日本列島の太平洋側では相対的に低気圧となり、いわゆる「西高東低」の気圧配置となる。大陸と海水の温度差が大きいほど、日本列島付近は厳しい冬になるのである。さらに、ユーラシア大陸で乾燥して寒冷になり吹き降ろしている下降気流は、日本



図3 アントファガスタのスクオッター集落

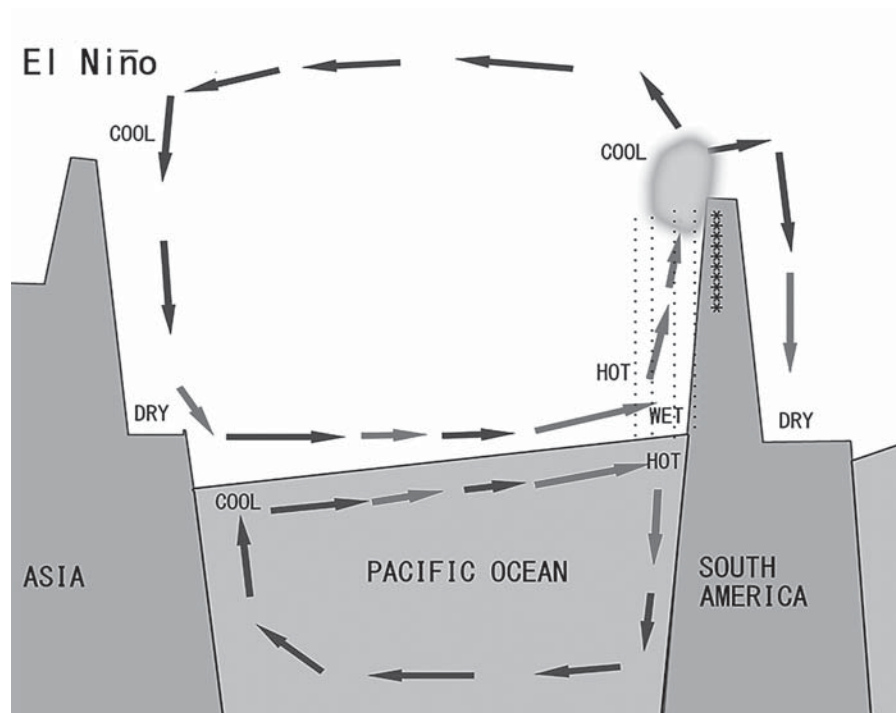


図4 エル・ニーニョ模式図

海を渡るうちに、相対的に暖かい対馬海流から蒸発する大量の水分を含み、日本列島にぶつかって上昇気流となる。そうして雲が形成され、大量の雪が日本海沿岸地域に降ることになる。当初、赤道付近の南米西海岸の局所的な気象現象と考えられていたエル・ニーニョ現象などは、太平洋を渡りヒマラヤ山脈やチベット山脈の南麓の降水量や日本列島の冬の寒さや日本海側の降雪量とも深くかかわっているのである<sup>16)</sup>。2016年は夏の前半にはエル・ニーニョ状態であったため台風の発生が極めて遅かった。また、通常より遙か東の海上で発生した。さらに、夏の途中でラ・ニーニャの状



態となったため、台風が多く発生することになり、秋の後半にはいつもより早い時期から積雪がみられるようになった。

さて、年縞研究の代表的な地域は、三方五湖の水月湖 (IntCal (International Calibration) 13 に採用)、NGRIP (グリーンランド)、スブランコ湖 (カナダ)、カリアコ海盆 (ベネズエラ)、アイフェル地方 (ドイツ)、マラトト湖 (ニュージーランド) などである<sup>17)</sup>。このうち水月湖をはじめ5地点が北半球に位置し、南半球に位置するのはニュージーランド北島のハミルトンの南に位置するマラトト湖だけである。年縞研究の最前提である年縞が春夏堆積層と秋冬堆積層の1セットが1年に堆積するのであれば、北半球と南半球ではセットの単位が半年分ずれることになると考えられる。管見による限り、年縞を用いた半年分ずれやエル・ニーニョ現象、ラ・ニーニャ現象に関する問題については、まだ報告をされていないが、いずれ問題になろう。

## 2) 環太平洋地域の地震と火山活動

信頼できる地震に関する観測データが得られるようになったのは、ほぼ20世紀に入ってからである。20世紀以降におけるM8.5以上の地震は21回を数える。そして、そのうち17回は環太平洋地域で発生している。また、2011年3月11日に発生して、現在も進行中である東北地方・太平洋沖地震 (東日本大震災) を除き、海溝型地震のすべてで地震後数年以内、震源付近で火山が噴火している。

東北地方・太平洋沖地震以降、日本、特に太平洋側の地域では、大きな地震があれば、津波の発生を前提に、安全な高台に避難するということが常識化している。たしかにそのこと自体は誤りではないが、環太平洋の対岸や陸から離れた海底で発生した地震でも津波は生じる。たとえば、1960年5月22日に観測史上最大規模 (M9.5) のバルデビア地震 (チリ) が発生したが、当時のバルデビア周辺の写真をみると意外に住宅は倒壊していない。しかし、地震の15分後には、約18mの津波がチリ沿岸部を襲った。そして、津波は、平均時速750km～900kmで太平洋地域を伝播し、約15時間後にはハワイ諸島を襲った。ハワイ島のヒロでは10.5mの高さの津波を観測し61名が死亡した。そして、発生から約22時間後にこの津波は、日本にも到達し、三陸海岸やむつ市などで高さ6mを越え、岩手県大船渡市で53名、宮城県志津川町 (現南三陸町) では41名、北海道浜中町霧多布地区では11名など合計141人が死亡した。この津波は、日本では三陸チリ津波と名づけられている<sup>18)</sup> (図5)。環太平洋地域のようなところでは、直接に地震の揺れを感じることもなくとも津波が発生するのである。

ハワイのオアフ島には、ハワイとアラスカで165人の犠牲者が出たアリューシャン地震 (M9.1: 1957年) を受けて、アメリカ海洋大気庁 (NOAA) のもとに太平洋津波警報センター (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC) が設立されて、津波情報の監視や提供に努めていた。しかし、三陸チリ津波の時は、日本の気象庁などとの意思の疎通がうまくいかず被害の軽減に顕著な役割を果たせなかった。

2011年3月11日に発生した東北地方・太平洋沖地震の津波は、やはり太平洋を横切り22時間後には南米のペルーに達している。チリ北端のアリカでは、津波の高さが0.91mになったものの幸い人的被害までは出なかった。また、2010年2月27日にチリのコンセプション沖で発生したマウレ地震 (Mw8.8) の時にも津波は太平洋を渡ったが、大きな被害をもたらすほどのものではなかった。

1896 (明治29) 年6月15日に発生した明治三陸地震 (M8.2: 死亡者22,000人) は、東北地方太平洋



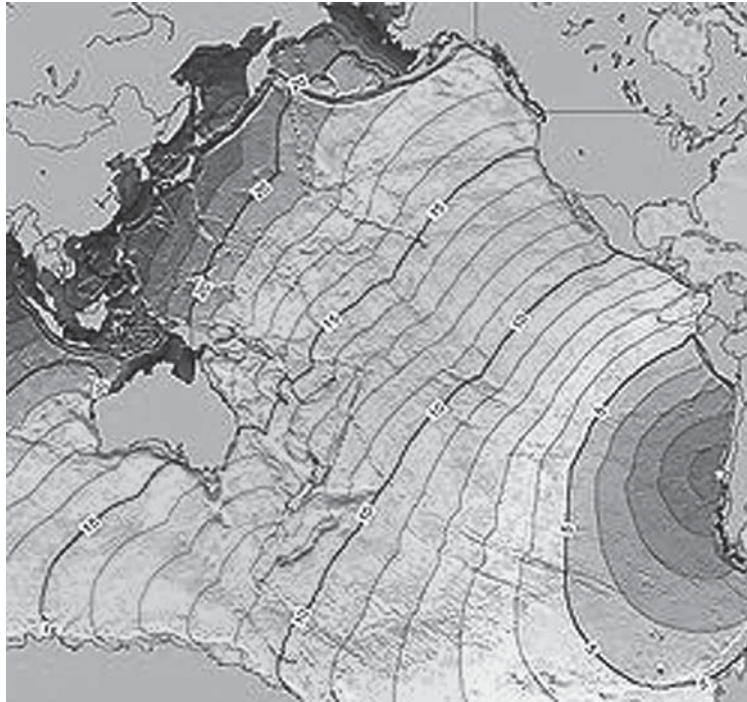


図5 1960年三陸チリ津波の伝播

沖地震同様の海溝型地震であり、津波が生じた。そして明治三陸地震の結果、北米プレートと太平洋プレートのアスペリティ（固着域）が減少し、太平洋プレートの移動速度が上昇したため太平洋プレートの中で正断層が起きアウターライズ型地震が発生し、ここでも津波となった。1933年（昭和8年）3月3日の昭和三陸地震（M8.1：死亡者3,064人）がこれにあたる。明治三陸地震の海溝型に始まり、昭和三陸地震のアウターライズ型地震までは37年の時差があることに注意する必要がある。被災地に住む人たちはもとより、行政、マスコミなどは、一日も早い復興を求める。しかしながら、東北地方・太平洋沖地震は、地震発生メカニズムからみると、現在もまだ進行中であるといえる。2004年12月26日に発生しインド洋大津波（約34m）を起こしたスマトラ・アンダマン地震（M9.3：死亡者約225,000人以上）ではインドネシアのみならず、インド洋沿岸のインド、スリランカ、タイ、マレーシア、モルディブ、マダガスカル、ソマリアなど東南アジア全域に加え、東アフリカ等でも被害が発生した。この時も、津波に関する国際的な情報システムがインド洋では確立しておらず被害が拡大した。また、アウターライズ型地震が発生したのは2012年4月11日であり、8年の月日を要している。

#### 第4章 バルデビアの地形環境と被災記憶の風化

チリは周知のように南北に非常に細長く伸びた国で、海岸の西側の東太平洋海嶺で形成されたナスカプレートが海岸から沖合160kmのペルー・チリ海溝で南米プレートの下に潜り込んでいる。また、南端3分の1は南極プレートが南米プレートの下に潜り込む。南米大陸北部では、大西洋からの湿潤で温暖な東風がアンデス山脈東側の地域に多くの降水量をもたらし、アンデス山脈の西側では著しく乾燥しアタカマ砂漠が形成されている。チリの現在の首都サンチアゴは、乾燥地域の南端

に位置している。これに対し、南米大陸南部では、太平洋からの冷涼で湿潤な西風が吹き、アンデス山脈西側で高降水量をもたらせる。このため、テムコから南部向かうにしたがって、湖の面積が徐々に大きくなり、プエルトモントでは海が侵入している（図6）。

バルデビアは、チリの首都サンチアゴからおよそ南に800km、テムコとプエルモントの間に位置し、海岸から川を約50km遡ったところにある。ちょうど、バルデビア付近は河川の干潮限界であり、港町として日本へのチップの積出港となっている。また、気候は比較的冷涼で、夏季のハイシーズンには避暑地として多くの観光客が訪れる（図7）。バルデビアは、大局的にみると、アンデス山脈とそれに並行してのびる海岸山地に挟まれた盆地である。海岸に面するコラルやニエブラ地域には、第三紀中新世頃の高成砂岩からなる山地や2段の高成段丘面がある。バルデビアでは、ナスカプレートがペルー・チリ海溝で南米プレートの下に潜り込んでおり、南米プレートが跳ねるといふ海溝型地震がしばしば発生してきた。スペイン人の植民以降だけでも1575年、1737年、1837年、1960年（バルデビア地震）、2010年（マウレ地震）、2014年（イキケ地震）に巨大地震が記録されている。また、ネイティブアメリカンのマプチェ族も津波を想像させる海神の伝承を有している。

1960年5月22日15時11分14秒（現地時間）にバルデビア沖を震源として発生した地震は、観測史上最も大きいM9.5を記録し、地震による死亡者は1,743人に達した。バルデビア付近では、津波は海岸近くのコラル地区で約10m～18mを超え低位高成段丘面まで達したが、中位高成段丘面や山地はかろうじて被害を免れた。

さて、図8はバルデビア市街地付近の地形分類図である。この地域は第三紀中新世（約2000万年前）の高成砂岩を中心とした砂岩から構成された低山地が基盤を形成している。そして、おそらくリス・ウルム間氷期に堆積したと考えられる中位高成段丘面（約12万年前）。低位河成段丘面（約3万

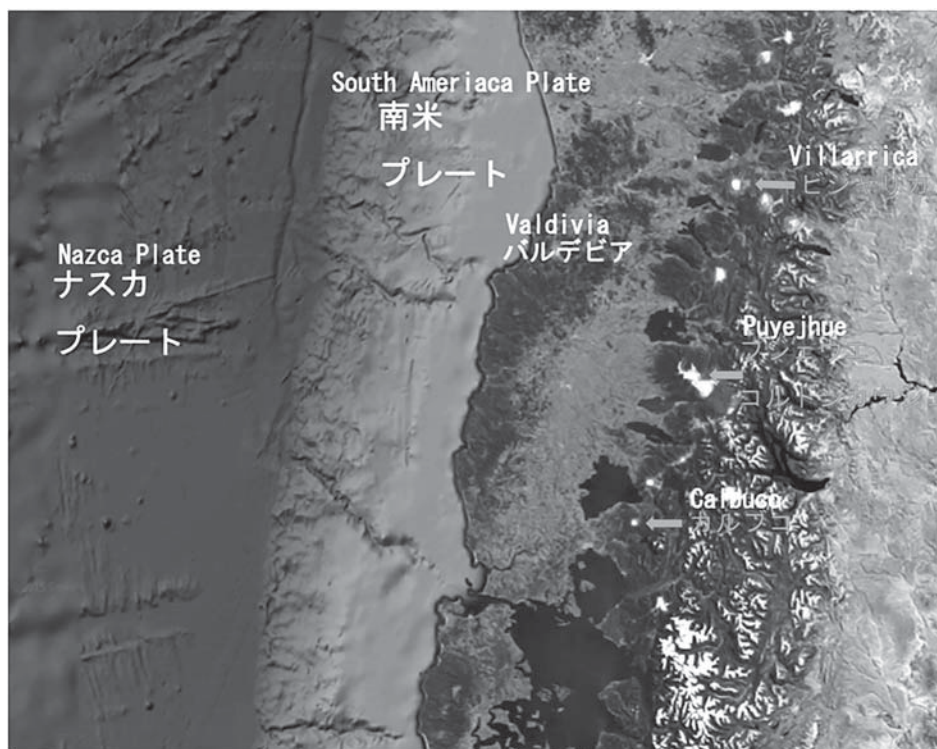


図6 チリ・バルデビア付近の地形





図7 バルデビア空撮



図8 バルデビア地形分類図

年前)、開析谷（約2万年前）、自然堤防（約500年前以降）、後背湿地（約500年前以降）から構成されている。

ここで注目されるのは、この地域への入植した時期や民族によって、開発対象とした地域が異なることである（図9）。15世紀末以降の「小氷期」に、まずスペイン系住民が低位海成段丘面上に居住を開始した。城壁で街を囲み、交通の要所、要所に砦を築いた（図10）。そして、牧草地や畠の開発や生活用の木材や薪に使用するために中位海成段丘面の森林を破壊した。この地域では、太平洋から強い西風が吹くために牧草地や畠の周辺には防風林を残さざるを得なかった可能性が高い。ただし、現在、みられる防風林は外来のユーカリそしてシラカバが多く、後の時代に植林したものが多くと考えられる。この森林破壊によって、土壌侵食や土石流による谷埋めが進行したり、自然堤防が形成されたりした。

ここで形成された自然堤防（大規模自然堤防）上へ、続いてオランダ人系住民が入植した。オランダ人系住民は、母国のアムステルダムやロッテルダムなどの低湿地への街づくりの経験から、自然堤防上に長さ8m程度の木杭を大量に打ち込み、この杭の上に住居を建築した。この自然堤防に打ち込む杭を得るためにも森林が破壊されていった。街の中心からバルデビア川に沿って河口に近いコラルへ向かう歴史的な街道は、自然堤防上に位置して延びている。この自然堤防上には、海運会社などの堅牢な建物が立地しており、建物には建築年代が書かれている（図11）。それをみると、1960年の地震以前に建築されたものであることがわかる。オランダ系住民が移民してきたのは「小氷期」の頃にあたる。

人為的補強もあって自然堤防が形成されると相対的にウルム氷期最盛期に形成された開析谷や開析谷起源の後背湿地がより低湿な場所として埋積が進行した。バルデビア付近は、森林破壊による洪水はもとより何度も巨大地震が生じた。そして、津波被害も受けたに違いない。現時点で、残存しているオランダ系住民の活躍の痕跡をたどると、貿易と皮革産業に従事していた比較的裕福な

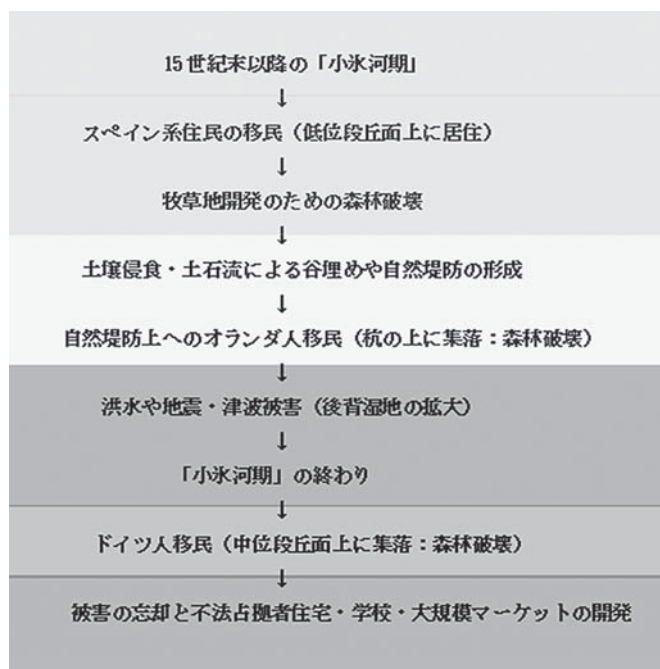


図9 バルデビアの入植プロセス



図10 スペイン人入植時の砦



人々がいたことが建物から推察できる。

さて、スペイン、オランダに遅れてドイツ系住民の移民が顕著になった。彼ら中位海成段丘面上に比較的敷地面積の広い大きな家屋を建築し、新興勢力としてビール会社や木材会社などを経営している。バルデビアで最も裕福な人たちである<sup>19)</sup>。ドイツ系住民がやってきた時、すでに「小氷期」は終わりを告げており、彼らは環境難民としてではなく、この地にやってきた。

もっとも土地開発が遅れたのが、開析谷と後背湿地である。バルデビア川に沿って自然堤防が形成されたことで、いっそう低湿になった開析谷や後背湿地の一部はバリオバッフォと呼ばれ牧草地や荒蕪地になっている(図12)。さらに、1960年の地震の際に地盤沈下して河川と一体化してしまったところもある。また、地震直後に撮影された写真をみると、自然堤防上の住居は不同沈下によって、地層の液状化や側方流動で道路がひび割れだらけになったりした。しかし、元の形状を残さないほどひどく破壊された住宅は記録されていない。後背湿地に建設されたばかりの大きな靴工場が倒壊した(図13)。また、後背湿地に建設された学校は、壊れることなく地盤沈下した。もともと非常に天井の高い建物であったこともあり、この学校は改修され現在も学校として利用されている。ただし、建物の中をみると、地震以前に出入り口であったところが、1m近く沈降して残存している。手前の凹みが地震以前の出入り口であり、人物の向こうに現在のドアがある(図14)。倒壊した靴工場や地盤沈下した学校の近くのチリヤシの根元には、少なくとも2回にわたり地表面から抜け上がっている(図15)。本来の地表面は4m以上高いところに位置していたことは間違いない。チリヤシ自体はバルデビア付近では、珍しい植物ではないが、千年以上の寿命があり25m以上の高さに達する。バルデビアの街にあるチリヤシをみて歩くと、開析谷や後背湿地で特に軟弱な地層が厚い場所では、規模は様々であるが根元の抜け上がりが観察できる。なかでも安田喜憲の発見したチリヤシは、バルデビア付近における古地震の記録を残している可能性が高い。

さて、現在、バルデビアでは開析谷の生態系を守ろうとするNPOの活動をしている人々がいる。



図11 建築年代を示した自然堤防上の建物



図 12 バルデビア南方のバリオバッフォ



図 13 1960年バルデビア地震で倒壊した靴工場

その一方で、後背湿地や開析谷に建物を建てようとする人たちもいる。スーパーマーケット、学校、消防署などのほか一般住宅もある。スーパーマーケットや学校は広い土地が必要であるための選択である。一般住宅は、基本的に専門の建築業者が住宅を建てるのではなくほとんどが手作りである。今、住宅を建設中の人に聞くと、建築期間は約2年間、土地代はただで、建築材料費は日本円に換算しておよそ80万円だという。典型的なスクオッターの住宅である（図16）。

地震から53年たった2013年にバルデビアで、この地震の体験者に聞き取り調査をおこなった<sup>20)</sup>。地震や津波の記憶がある程度明瞭であったのは、ほぼ80歳以上の高齢者であった。ただし、記憶の





図 14 1960年バルデビア地震で地盤沈下した学校



図 15 地震で抜け上がったチリヤシ



図 16 開析谷の中のスクオッター集落

ほとんどは個人として体験したことで、地震や津波の全体像を知る人はいなかった。1960年当時、一般家庭にテレビはなく、首都サンチアゴやコンセプションなどの大都市も被災したためラジオなどの情報発信も受信も欠如していたらしい。そして、60歳以下の年齢階層の人々では、地震や津波に関してほとんど記憶がなかった。このことは1995年に日本で発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）でも同様で、被災体験を語り継ごうとする一部NPOなどの熱心な活動にも拘わらず、約20年経つと被災体験は消滅していく運命にあることを示唆している。2011年の東北地方・太平洋沖地震でも、1960年の三陸チリ津波の経験は忘れ去られていることが多かった。2016年11月30日に

は、移動速度が3～4倍に速くなっている太平洋プレートに巻き込まれている北米プレートが福島県沖でちぎれて正断層となり、M7.4の地震が発生した。仙台港では1.4mに達する津波が発生した。しかし、これは、住民に津波の記憶が生きている時であり、避難行動が比較的うまくいき、死亡者を出さずに済んだ。

バルデビアでも、1960年に地震があり、大きな被害があったことは話としては知っているものの、それと開析谷や後背湿地に極めて安価に建てようとしているスクオッター住宅との間に、密接な関係があると知られていない。

チリでは、消防はボランティアによるもので市役所は関与していない。その代りアメリカ合衆国連邦緊急事態管理庁災害庁（FEMA）に似た組織で災害庁（ONEMI）が存在する。そこでは1960年の地震災害の写真や資料などの収集を行っている。その写真をみても原型をとどめないほど破壊した住居はなく、地盤沈下のためか津波のために水没した住宅が多く残されていた（図17）。現在のよう開析谷や後背湿地には1960年頃は牧草地で住宅は立っていなかった。

2011年3月11日の東北地方・太平洋沖地震の時や、1944年の東南海地震でも地震の揺れにより倒壊した住宅は最も地盤の悪いところでも5～10%であった。海溝型地震の場合の被害では意外に家屋の倒壊が低いことが注目される。これに対し、1891年の濃尾地震では、家屋倒壊率は80～100%に達していた。海溝型地震では津波による被害が極めて大きく、海に面した地域で約1%のところが多く、最悪の地域で9%にのぼる。ちなみに兵庫県南部地震では、津波はなく、人口の約0.5%が死亡した。海溝型地震と内陸直下型地震では明らかに地震被害の内容に差がある。



図17 1960年バルデビア地震で水没した住居



## 第5章 環太平洋地域の地震と火山噴火との関係

## 1) 地震後の火山噴火

1960年のバルデビア地震では、5月21日 Mw8.2、22日 Mw7.9が本震の前に起きていた。また、地震の2日後にはプジェウエ＝コルドンカウジェ山、49日後にはペテロア山、54日後にはトゥブンガティト山、そして7か月後にはカルブコ山が爆発した。この地域は、太平洋からの西風が卓越するため、火山噴出物の多くは国境を越えてアルゼンチンに重大な被害をもたらせた（図18）。

2010年2月27日3時34分には、チリ中部のコンセプション（マウレ州）沖で M8.8の地震が発生し死亡者521人、日本にも約22時間後に津波が到達したが、規模が小さく被災者はでなかった。そして、1年3ヶ月後にプジェウエ＝コルドンカウジェ山が、1年6ヶ月ペテロア山が噴火しアルゼンチンを中心に被害がでた（図18、図19）。2014年になると3月3日にビジャリカ山、4月22日にカルブコ山が大爆発し、噴煙は12000mを超えて成層圏に到達した。

そして、この次はチリ北部で地震が起きるといわれ、小規模な地震が続く中、2014年4月2日にペルーとの国境に近い海溝で M8.2のイキケ地震が発生した。人口密度が極めて少なく死亡者は6人であった。また地震規模が小さかったためか今のところ火山の噴火は起きていない。

1950年以降における、チリ以外の環太平洋地域の巨大地震と火山爆発との関係を見ると、1952年11月4日カムチャッカ地震（M9.0）1日後にカルビンスキー山、8日後にタオ・ルシル山、31日後マールイセミヤチック山、1年9か月後サリチェフ山、2年11か月後ベスイミアニ山が噴火した。1957年3月9日アリュウシャン地震（M9.1）では、2日後ヴィゼヴェドフ山、1年5か月後にオクモク山が爆発した。1964年3月28日のアラスカ地震（M9.2）では、64日後にトライデント山、1年



図18 噴火によるチリーアルゼンチンを結ぶ道路の被害



図 19 噴火による飛行機の被害

10ヶ月後にリダウト山が噴火した。2004年12月26日スマトラ・アンダマン地震(M9.3)では79日後にタンクバン普拉フ山、105日後にタラン山、1年2ヶ月後にメラピ山、1年5ヶ月後にバレン山、2年9ヶ月後にケルート山、2年10ヶ月後にアナク・クラカタウ山が爆発している。

## 2) 日本列島周辺の地震と火山活動

2011年3月11日以前、太平洋プレートは東から西に年間ほぼ10cmの割合で北米プレートの下にもぐりこみ、フィリピン海プレートは年間約4cmの速度でユーラシアプレートの下にもぐりこんでいた。また、太平洋プレートはフィリピン海プレートの下に、さらにフィリピン海プレートはユーラシアプレートの下にもぐりこんでいた。東京(首都圏)は三枚の重なる上に位置している。

東北地方太平洋沖地震が発生すると、北米プレート東端が跳ねあがったため、太平洋プレートが北米プレートなどの下に沈み込む時のアスペリティ(固着域)が小さくなり、太平洋プレートの沈み込み速度が年間30~40cmに加速した。太平洋プレートはフィリピン海プレートの下にも潜り込んでおり、その圧力の影響で、西之島新島が噴火した。

プレートの動きと断層活動と火山の活動については、およそ4ステージに模式化できる(図20)。ステージ1:下盤プレート(太平洋プレート、フィリピン海プレート)のもぐりこみにより圧力を受けて上盤プレート(北米プレート、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート)に逆断層が生じる。2008年岩手・宮城内陸地震は東北地方・太平洋沖地震のステージ1にあたる。1995年の兵庫県南部地震などは、次に発生する南海トラフ地震のステージ1である。

ステージ2:プレートのもぐりこみでマグマだまりが圧縮されて火山が爆発する。口永良部島、桜島、霧島新燃岳、阿蘇山、木曾御嶽山の噴火などはこれにあたる。南海トラフ地震のステージ2である。東北地方・太平洋沖地震では、この段階の顕著な火山活動は存在しなかった。

ステージ3a:2008年岩手・宮城内陸地震にみられるように上盤プレートが下盤プレートの圧縮の限

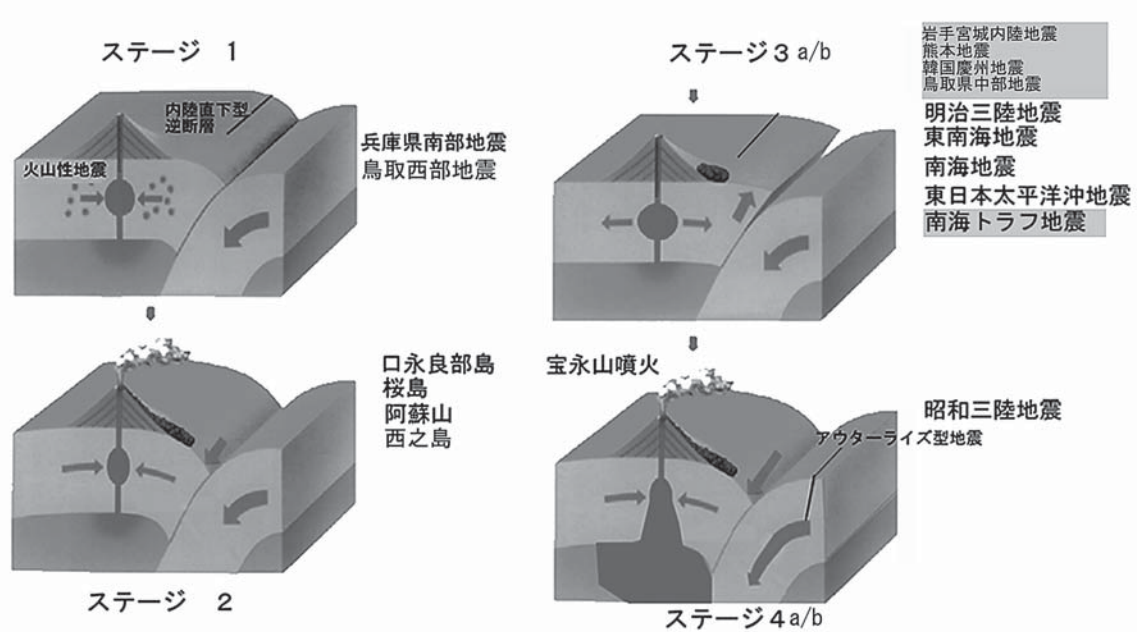


図 20 プレートと地震・噴火モデル

界に達して内陸直下型地震を起こす。1943年の鳥取地震、2016年熊本地震、韓国慶州地震、鳥取中部地震などがこれにあたりと考えられる。

ステージ 3b: プレート（海溝・トラフ型）地震の発生。1944年東南海地震、1946年南海地震、2011年東北地方・太平洋地震、近く起こる南海トラフ地震は、これにあたる。

ステージ 4a: 下盤プレート（太平洋プレート、フィリピン海プレート）が急速にもぐりこみ、マグマが形成され火山が噴火する。世界で生じた M8.5 以上の地震で火山活動が顕著になっていないのは東北地方・太平洋地震だけである。十勝岳、摩周湖・屈斜路湖・雄阿寒・雌阿寒付近、八甲田山、十和田湖、蔵王、日光白根山、草津白根山、白頭山（中国・北朝鮮国境）などの火山活動が活発化している。

ステージ 4b: 上盤プレートの摩擦が減り、移動速度を上げた下盤プレート（太平洋プレート、フィリピン海プレート）の動きについていけない部分で正断層が発生し（アウターライズ型地震）、津波が生じる。明治三陸地震（1896）のアウターライズ型地震として昭和三陸地震（1933）年が生じたと考えられている。2004年スマトラ・アンダマン地震のアウターライズ型地震は2012年に発生した。現在、東北地方はこの段階。このことを考えると、東北地方・太平洋沖地震はまだ終わっていない。

## 第6章 まとめ

環太平洋地域を一つの視野に入れることで、内陸直下地震、火山噴火、トラフ型地震、火山の巨大噴火が一連のメカニズムのなかで理解することができる。2008年の岩手・宮城内陸地震からはじまり、東北地方・太平洋沖地震（東日本大震災）は、現在、ステージ4段階にありアウターライズ型地震が発生し津波が起きるまで継続中である。この点、ステージ3の巨大地震で終わると考えるの



は拙速だといえる。また、東日本を中心に火山活動が活発化するの間違いはない。2016年秋には十和田山、八甲田山などが常時観測体制に入った。

また、1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）から始まった南海トラフ地震は、現在、第1ステージの内陸直下型地震とステージ2の火山爆発が同時進行中である。たとえば、口永良部島、桜島、霧島新燃岳、九重山、阿蘇山などの火山活動の活発化は、フィリピン海プレートの動きが大きく関与しており、ステージ3の南海トラフ地震まで続くか、阿蘇山など自体が巨大爆発を起こし、マグマだまりの圧力がなくなるまで続く可能性が高い。

現在、日本列島は東北地方・太平洋沖地震のステージ3とステージ4との間である。また南海トラフ地震のステージ2と3あたり、地震、火山噴火の活動期に入っており、西日本ではステージ3aの内陸直下型地震（熊本地震、韓国慶州地震、鳥取中部地震など）が発生している。また、九州、中国を中心にステージ2の火山活動が活発化すると考えられる。すでに、口永良部島や桜島近辺、阿蘇山で噴火がみとめられた。

一般に、日本ではプレートの動きと火山活動、地震、津波の関連性について述べられることは少ない。しかも地震のメカニズムを研究する地球物理学や火山活動そのものを研究する人たちはいるが、災害のメカニズムを研究する人材は極めて少ない。2011年の東北地方・太平洋地震時に津波被害を受けたところは、特定の「土地の履歴」の場所であった（高橋2014）。この次に発生するであろう琉球列島地震+南海トラフ地震+富士山噴火などの前段階に現在すでに入っている。この時生じる可能性の高い津波では、沿岸地域の人口1%と見込んでも約47万人になる。これと比較すると、東北地方・太平洋沖地震の津波被害が大きなものではなかったことになる。日本は、今、人口に対する食糧自給率はエネルギー換算で3~4割に過ぎない。それにもかかわらず日本人が飽食でいられるのは、極論すれば、自動車売って、そのお金で食糧を買っているからである。地震、火山噴火、津波などで通信、流通、産業が崩壊すれば、私たちは食糧すら手に入らなくなる。日本を困惑させるのに軍隊や火器はいらない。食糧が最大の武器になると考えられる。

## 注

- 1) 国立天文台編 2012.『理科年表』丸善出版
- 2) Davis, W.M. 守田 優・水山高幸訳 1969.『地形の説明的記載』大明堂
- 3) 井関弘太郎 1972.『三角州』朝倉書店
- 4) 町田 洋・新井房夫 1976. 広域に分布する火山灰. 科学 46: 339-347
- 5) 安田喜憲 1980.『環境考古学事始』日本放送協会
- 6) 寒川 旭 1992.『地震考古学』中央公論社
- 7) 新井房夫編 1993.『火山灰考古学』古今書院
- 8) 高橋 学 2003.『平野の環境考古学』古今書院
- 9) 安田喜憲 1977. 倭国乱期の自然環境. 考古学研究 92: 83-100
- 10) Richard B. Alley (山崎淳訳) (2004)『氷に刻まれた地球 11万年の記憶』、239頁、ソニーマガジンズ
- 11) 安田喜憲 2013.『環境考古学への道』ミネルバ書房
- 12) 中川毅 2015.『時を刻む湖』岩波科学ライブラリー
- 13) 安田喜憲 2013.『稲作漁撈文明』雄山閣
- 14) 安田喜憲 2014.『1万年前』イーストプレス
- 15) 山元龍三郎 1989.『異常気象』集英社
- 16) 同上 15)
- 17) 同上 12)



- 18) 同上 1)
- 19) Francisco Jooris Jacmart., 2008 "*Vaidivia, reflection of a city of rivaes*" Registro de Propiedad Intelectual pp.72  
Carlos F. Rojas H. "*VALDIVIA 1960*" PP.166 Univ. Austral de Chile  
Crawford, O.G.S., 1924 "*Air Survey and Archaeology*" O.S. Proffessional Papers, New Series no.7  
Dominique Verhasseit Puppink ed., 2014 "*Chile*" Kactus pp.95  
Denis Chevally., 2014 "The Spirit of the Southern Wind" The STARAIT of Magellan pp.111
- 20) JICA CHILE、LEAF (NPO 法人こども環境活動支援協会)、バルデビア市共催聞き取り調査

(本学文学部教授)

## Earthquakes, Volcanic Eruptions and Their Ensuing Disasters in the Pan-Pacific Zone

by  
Manabu Takahashi

It is difficult to conceive of a pan-Pacific zone from world maps centered on Jerusalem or the Atlantic, which are used in Europe and the United States. In America, the Pacific became an ocean worth crossing once cities such as Los Angeles started to develop on the West Coast, due to the completion of the trans-continental railway, and once the Panama Canal was opened. Not only Perry, well known for his kurofune (black ships), but also Russia's Baltic Fleet had arrived in Japan via India.

The pan-Pacific zone is a region that has endured frequent diastrophism and volcanic activity, such as earthquakes, tsunami and volcanic eruptions. The Pacific Ocean is surrounded by the pan-Pacific orogenic belt and is the largest ocean on the planet. El nino and La nina occur alternatingly in the east and west waters of this huge ocean. When the Valdivia earthquake, the largest ever recorded (at mag. 9.5), struck Chile in 1960, a tsunami crossed the Pacific and struck Japan in approximately 22 hours, killing 140 people. People living in Japan are aware that tsunamis occur when large earthquakes strike; but tsunamis can occur even when earthquakes strike in South America on the other side of the Pacific, reaching speeds of 750 to 900km/h.

From the late fifteenth century onwards, people from countries such as Spain, Holland, Germany and others repeatedly emigrated in waves to Chile; they formed the nation, some of them intermarrying with the indigenous Native Americans.

On the Pacific seabed, crustal plates that are formed in the east Pacific oceanic ridge move from east to west and vice versa. For this reason, frequent orogenic and volcanic activity is observed in regions facing the Pacific. Chile has suffered from such activity even since 1960, for example, the Maule earthquake (at mag. 8.8, also known as the Bio Bio earthquake) that struck Concepción in central Chile in 2010, and the large-scale volcanic eruptions of Puyethue-Cordón Caulle, Peteroa, Villarrica and Calbuco that occurred six months to four years after the Maule earthquake.

In the north-east region of the Japanese archipelago, earthquakes and volcanic eruptions occur mainly on the borders of the North American plate due to the Pacific plate that moves from east to west being compressed. In the south-west region of the Japanese archipelago, earthquakes and volcanic eruptions occur due to the Eurasian plate being compressed by the Philippine Sea plate. The Philippine Sea plate has a small area and is characterized by not moving actively and being compressed on its eastside by the Pacific plate. The conditions of earthquakes and volcanic activity in the north-east region of the Japanese archipelago have hitherto been considered mainly in relation to the impact of the North American plate and the Pacific plate, which sinks beneath the North American plate. On the other hand, the conditions of earthquakes and volcanic activity in the south-west region of the Japanese archipelago have been considered with regards to the relationship between the Eurasian plate and the Philippine Sea plate, which sinks beneath the Eurasian plate. However, the Pacific plate has sunk beneath the Philippine Sea plate and is affecting seismic and volcanic activity in places such as Izu, Ogasawara, the Marianas and Guam. When considering the area around Tokyo, it is necessary to take into account the relationship between three plates, namely the North American plate, the Philippine Sea

plate and the Pacific plate, where the Philippine Sea plate sinks beneath the North American plate, and the Pacific plate sinks beneath the Philippine Sea plate. This complex inter-plate relationship which is unique in the world must be considered when discussing a so-called metropolitan epicentral earthquake.

The above is shown in a simple model in fig. 20. Stage 1: a reverse fault occurs in the upper plate due to pressure from the plate sinking beneath it. Stage 2: magma from the magma pool of the upper plate erupts due to pressure from the plate sinking beneath it. Stage 3a: a reverse fault occurs in the upper plate. Stage 3b: a subduction-zone earthquake occurs due to jolting of the upper plate. Stage 4a: a large-scale volcanic eruption occurs due to an increase in the speed of the sinking plate, the melting of the plate and the subsequent formation of huge amounts of magma therefrom. Stage 4b: the friction of the upper plate decreases, and the speed of the sinking plate increases. A normal fault is formed due to parts of the plate that build up speed and parts that cannot keep up being severed; this leads to a second occurrence of an earthquake and tsunami (outer rise earthquakes). For reference, the Meiji Sanriku earthquake (1896) corresponds to Stage 3b, while the Showa Sanriku earthquake (1933) corresponds to Stage 4b.

In other words, the south-west region of Japan is currently in Stage 2 and Stage 3a. The Tottori earthquake (1943), which corresponds to Stage 3a, preceded the Showa Nankai earthquake (1946). The Iwate/Miyagi inland earthquake (2008) preceded the Tohoku/Pacific Coast earthquake (2011), which correspond to Stage 3a and 3b respectively. Therefore, the next Nankai Trough earthquake will most likely strike by around 2020. Also, it is possible that the north-east region of Japan will experience large-scale earthquakes and tsunamis due to huge volcanic eruptions and outer rise earthquakes. After the Stage 3b Sumatra earthquake (2004), which caused the Indian Ocean tsunami, a Stage 4b outer rise earthquake occurred in 2012. In other words, the Tohoku/Pacific Coast earthquake is currently in between Stage 3a and Stage 4a, and it is highly likely that a large-scale volcanic eruption or outer rise earthquake will occur. Thus, it must not be forgotten that the Tohoku/Pacific Coast earthquake has not ended, but is still active.