

東太平洋の津波 ー ソロビエフ・ゴの津波カタログからー

首 藤 伸 夫^{*)}

1. はじめに

太平洋に関する津波カタログと云えば、我が国では飯田汲事、米国なら J.F. ランダーの仕事の思い浮かべるのであるが、もっと広範囲なものとして、ロシアのソロビエフとゴのまとめたものがあり、それらは 1984 年に英語に翻訳出版された。

(1) 「太平洋西岸の津波カタログ」(全 447 ページ)。

(2) 「太平洋東岸の津波カタログ」(全 293 ページ)。

これらはカナダで翻訳されたもので、現在では、それぞれ次のサイトから入手できる。

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/69881.pdf>

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/61161.pdf>

この 2 冊に加え、もう一人の研究者 K. S. Kim との 3 人で表した

(3) 「1969 年から 1982 年までの太平洋の津波カタログ」(1988 年英訳: 208 ページ)がある。

これら 3 冊は、太平洋の津波を考える際には欠かすことの出来ないものといえよう。

ただ、1960 年チリ地震津波については、情報が多すぎ、それだけで 1 冊にするのが良いとの理由で、これらには含まれていない。

ソロビエフ・ゴは太平洋以外にも、津波カタログをまとめている。O. N. Solovieva, K. S. Kim, N. A. Shchentnikov を加えた計 5 人による

(4) 地中海の津波, 2000 B.C ~ 2000 A.C (237 ページ)

で 2000 年に Kluwer Academic Publishers から *Advances in Natural and Technological Hazards*

Research, Vol.13 として出版された。

この (4) の冒頭にソロビエフの紹介が詳しくなされている。S. L. Soloviev はロシアでの津波の元老とも云うべき人で、1930 年に生まれ 1994 年になくなった。業績として 5 つがあげられているが、その最初が、上記太平洋津波カタログ (1), (2) をまとめたこととされている。

一方の Ch. N. Go は 2012 年に没したが、そのとき津波研究者間に回ってきた情報によると、1935 年に朝鮮で生まれ、生後まもなく樺太に行き、日本の小学校、朝鮮の中学校、ロシアの高校などののち、モスクウ大学の数学関連の学科を卒業したという。

(1) の西岸の津波カタログに関しては、「西太平洋の、やや特殊な津波」として、津波工学研究報告第 25 号 (2008 年) に掲載したので、この小文では、(2) 東太平洋津波カタログを対象として、話題を拾う。「」付きの文末などに (p.233) などとして居るのは、引用ページを示す。文中に示した地点間距離は Google earth 上で計測した直線距離、緯度経度も Google earth 上で読み取ったもので、精度の点では問題がなくはない事を承知して頂きたい。

2. 他現象との同時生起

津波が常に単独で発生するとは限らない。

「1883 年 5 月 24 日。この日、サモア諸島に強いハリケーンが襲っていた。そして、地震が同時に発生したことを強く示唆している。ただ、ハリケーンが極めて強烈であったので、明確にこれを示すことは出来ない。しかしハリケーンだけではこれだけの全破壊を説明できないというのが共通の意見である。錨で係

^{*)} 東北大学名誉教授

留されていた多くの船舶がたった一つの特別な力で解き放たれたのであった。さらに、大きな津波が 2 波来襲したのである。」(P.10)

地震発生を示す情報は無いのだが、ハリケーンだけとすると説明出来ない大波があったとする。

「1836 年 7 月 (または 6 月) 3 日の深夜。チリ北部のコピハで錨を下ろして居た一隻の船は大波を感じた。波は湾内の岩に激しく打ち付けた。波はだんだんと大きくなり 7 時には数倍にもなり、浜で激しく砕けた。しかし、風は強くはならなかったのである。住民によると、この押し潮は 8 時 30 分頃の地震によるものだという。船上でも、また湾南岸にあり砂嘴でつながっている小さな半島においても、この地震は感じられなかったのだが。

もっとも、他の資料では、アンファガスタとコピハで地震があり、津波が発生したと明確に記述されている。」(p.65)

7 時頃からの波が始まり、だんだんに大きくなった。地震は 8 時半頃というから風波と津波が重複した可能性もある。その風波も、コピハでは風は強くならなかったのであるから、遠地で発生してうねりが到達したものと考えられる。

3. 地震前の津波

「1936 年 7 月 13 日 7 時 15 分、チリのタルタル (南緯 25 度 37 分、西経 70 度 31 分) の北で大地震が発生した。

タルタルでは、地震の 3 時間前から海面変動が起きていた。地震から半時間でこの振動は大きくなり、その 1 時間後最大となった。最大振幅はほぼ 1.5m であった。

津波はアントファガスタ (196km 北) とタルカワノ (1260km 南) で記録された。

潮汐成分を抜いたアントファガスタの記録は図-1 のとおりである。矢印が地震発生時刻をしめす。これから津波の最長周期は 40 分で、発震 3 時間前から記録されている振動の周期と同じである。

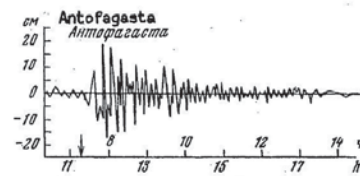


図-1 1936 年 7 月 13 日アンファガスタの水位記録 (p.143)
時間軸の上側の数字は現地時間、下側はグリニッジ標準時間。

タルカワノでは非常に弱い津波が 10 時から 14 時まで観測された。」(p.145)

4. 1868 年アリカ津波の初動分布

1868 年 8 月 13 日 16 時 45 分地震発生。海溝型の地震であった。それによって発生した津波をアリカ津波と云う。アリカでの初動に関しては二つの記録がある。

「アリカでは、地震後、海は満潮位より 2m ないし 5m 上昇し、満潮時汀線より 450m 浸水した。地震を避けて防波堤上に逃げていた 200 人ものがこれで流されてしまった。地震から 20 分後、海は急に汀線から 2km も引いていった。湾は干上がり、船はすべて物凄い早さで外海へと運ばれた。数分後、海は高さ 15 ~ 18m の波となり、船を波濤に載せて岸へ押し寄せてきた。津波は広い範囲に浸水し、船を木くずのように浜の上にはばらまいた。15 分後の第 2 波も第 1 波と同様の強さをして居た。アリカ港は地震後に浅くなったとの報告がある。

Silgado のカタログによると、高さ 12m の第 1 波は 17 時 37 分に発生。引きは 18 時 17 分に始まり、岸より 90m 引いた。18 時 30 分に第 2 波。18 時 56 分に引いた。」(pp.77-78)

この二つの記述によると、アリカではまず水位が上昇し、地震から 20 分後に水が引いたと記述されている。またアリカ南方 200km

のイキケでも水位が上昇した。それ以外は皆、表-1に示すとおり引きで始まっている。

この2カ所の水位上昇を引き起こした運動の正体は何なのであろうか。



図-2 アリカ津波初期水位変化が記述されている地点

5. 遠地からの反射波

(1)「1931年2月13日(13:27) ニューゼーランド北島西側ホーク湾の南端のネーピアで強い地震があり、微弱な繰り返しが続いた。

地震から28時間後に、オーストラリア・シドニーのデニソン砦の潮位計に津波らしい振動が記録された。波高は10cmほどで35分間続いた。論文の著者(Hart, 1931)によると、これは南アメリカからの反射波である。」

(p.31)

(2)「1931年2月19日 ホーク湾で激しい地震があり、北島南端ウエリントン Wellington の潮位計で津波が正午に記録された。その反射波が約30時間後にまたこの潮位計に記録された。」(p.31)

(3) もっと大規模な反射が1960年チリ地震津波時に観測された。タルカワノより北にバルパライソ、コキンボ、カルデラ、アント

表-1 アリカ津波の初動分布 (pp.77-82)

場所	Arica からの距離 緯度・経度	記述
Callao カヤオ	1,013km 北西 南緯 12度 5分 西経 77度 9分)	21時に海が港から離れ、22時30分(?)大波となって押し寄せてきた。しかし、サン・ロゼンゾ島で砕けたので、4mほどの浸水に止まった。
Canete カニエテ	896km 北西 南緯 12度 57分 西経 77度 31分	21時に水が引いた。22時30分頃、町は完全に浸水した。
Pisco ピスコ	810km 北西 南緯 13度 43分 西経 76度 13分	22時に350m引き、物凄い勢いで戻ってきた。その途上のものをすべて破壊した。特に、石造の防波堤は完全になくなった。
Chincha Is.	Pisco の前面	住民は21時45分に引き始めたのを察知。22時には岸から60mとなり、次いで大波が押し寄せた。住民多数死亡。
Ilo イロ	150km 北西 南緯 17度 49分 西経 71度 21分	地震で残ったものも津波で破滅。 2隻の船がまず着底し、次いで岸に投げ上げられた。 死者二人。
Arica アリカ	南緯 18度 28分 西経 70度 19分	16時45分地震発生。地震後、海が満潮位より2~5m上がり、満潮位より450mほど侵入した。地震から20分後、急に海は汀線より2km引いた。

Iquique イキケ	198km 南。 南緯 20 度 13 分 西経 70 度 9 分	地震直後、海面は通常の水面より 1 ~ 1.5m 急上昇。そして急に速度を早めながら水は引き、水深 7m もの海底があらわれた。水が引いているのに 12m の高さの波が南東から襲来。前方へ巻き落ちながら 14 ノットの早さで襲来した。
Mejillones メヒヨネス	522km 南 南緯 23 度 6 分 西経 70 度 26 分	19 時 19 分に海が 200m 引き、約 30 分後に押してきて 6m 上がった。
Carrizal Bajo カリザル・バホ	579km, 南 南緯 23 度 39 分 西経 70 度 24 分	地震直後、海はうねりはじめ泡だった波が現れた。20 時頃、7 隻の船は着底していた。防波堤は最初は完全に干上がった。それから 50 回以上大波に覆われた。
Caldera カルデラ	989km 南 南緯 27 度 11 分 西経 70 度 48 分	20 時 30 分(または 20 時 45 分)海が泡立ち始め、潮がゆっくりと引いた。満ち潮・引き潮が続いた。22 時 30 分に潮は 180m 引いた。防波堤後方のリーフが干上がった。数分後大波が駆け込んできた。
Coquimbo コキンボ	1,293 km 南 南緯 29 度 30 分 西経 71 度 23 分	20 時頃、大きな引き潮。次いで異常な満ち潮。14 日の 2 時 30 分に最大高の 7.5m となった。
Tome トメ	2,012km 南 南緯 36 度 41 分 西経 72 度 57 分	21 時 30 分 (または 21 時 45 分)、潮が既往最低水位線より 200m ~ 250m 引いた。驚いた住民は高台へ走った。22 時頃、潮は上がり始めた。
Talcahuano タルカワノ	2,078km 南 南緯 36 度 44 分 西経 73 度 7 分	20 時 5 分、潮が汀線より 80 ~ 120m 引いた。20 時 30 分には徐々に満ち始め、た。21 時には既往最低水位線より 200m 引いた。

ファガスタ、そしてペルー国境に近いアリカまで潮位記録が得られた(文献1)。これらから到達時間、振幅、波形、異常潮位の継続時間などを正確に知ることが出来る。タルカワノの北 430km に位置するチリ中部のバルパライソより北では、最大波は 5 月 22 日地震当日ではなく、5 月 24 日に生じたのである。一つの説明として、同じ地域または少しばかり南の場所でおきた新しい地震の影響とするものであるが、他の説明としては、アジア沿岸での反射波が重なりあったからだとされる。

バルパライソから 1600km 北、最北のアリカでの潮位記録を図-3 にしめす。上図 No.2 の 22 日 19 時頃に津波が始まり、下図 No.4 の 24 日 20 時頃に大きな波が見られる。これについての議論であろう。それにしても、23 日にも大きな振動が継続していることが中図 No.3 に見られる。陸棚上の振動か余震によ

るものなのかは判らない。

6. 日本の潮位計が記録した最初の遠地津波

日本では、明治 23 年以来英国製の潮位計を参謀本部陸地測量部が設置しており、1896 年当時は全国で 10 カ所の検潮所があった。このうちの 3 カ所で明治地震津波を記録し、これが津波原因特定の決め手となった。

明治三陸大津波では、沿岸での最大震度は 2 と小さかったため、その発生原因として、1. 潮流の衝突、2. 海底の陥落、3. 海床の噴火作用隆起、4. 地滑り(田老村沖合)、5. 火山破裂、6. 急斜海底の地滑り、7. 陸に遠き海底の大隆起又は地滑り、8. 陸地に近い場所に原因、等が考えられたが、巨智部忠承は一番ありそうだとし、4 番目の田老村沖合

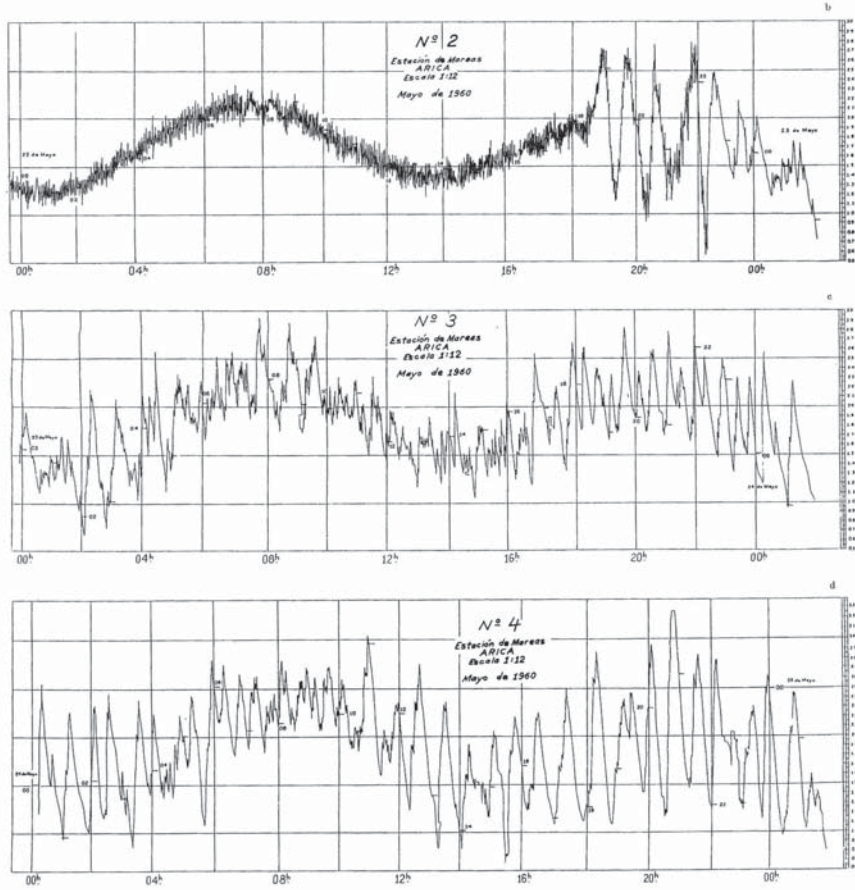


図-3 1960年チリ地震津波。ア리카での潮位記録 文献(1)

の「東面急斜の海床に発動せる地滑り」とした。(文献2)。その他にも、伊木常誠の海底火山説もあったが、今村明恒は、津波記録から周期15分と読み取り、この津波周期は発生域の水平広がりを反映するものであるから、地滑りや火山活動の規模とは大いに異なる現象でなくてはならないとし、「三陸津浪ハ断層ヲ成セル地層ノ上下変動ニ依テ起サレタリ」と結論したのであった。(図-4、文献3)。

これが、1896年のことで、こうした日本の検潮所が遠地津波を記録したのは、1906年バルパライソ地震津波である。(図-5)

「1906年8月16日20時40分。チリ中央でバルパライソ近郊を震源とする極めて強い地震があった。サンチャゴ気象台台長による

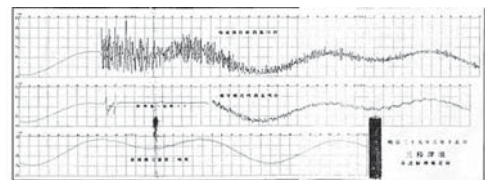


図-4 1896年明治三陸大津波の潮位記録(文献3)

と、地震は前震もなく急に大きな揺れで始まった。揺れは徐々に増幅し強い揺れは1分半続いた。他の報告によると、震源域では地震は4～5分続いた。

地震はタクナ(バルパライソの1,670 km北。ペルー)、ブエノスアイレス(1,230 km東)、

チロエ島 (1,130 km 南), ファン・フェルナンデス諸島 (沖合 900 km 西) でも感じられた。

日本での最大波高は和歌山県串本で記録された。潮位記録では、津波は現地時間 9 時 27 分に 2cm の山から始まった。最初の 40 分に小さな 2 回の振動があり、続いて平均 21 分の振動が 8 回起こった。その高さは次第に増加し、第 7 のピークは高さ 44 cm であった。続く 4.5 時間に高さは 10 cm に下がり、次いで 16.5 cm へと増えた。

大森によれば、検潮所記録での津波到着は神奈川県三崎で現地時間 17 日 8 時 23 分、宮城県鮎川 9 時 30 分、函館 10 時 2 分、そして神奈川県油壺ではかすかに認められるのであった。最後の 3 地点での最大ピークは、それぞれ 20 cm, 30 cm, 8 cm であった。」(pp.128-130)

7. 海底火山活動による津波

海底火山の噴火で発生した地震や津波と思われる 3 例を、ソロビエフ・ゴは次のように示している。それらの時、海上に竜巻や水柱が見られたとする。

(1) 最初のもは 1835 年 2 月 20 日 11 時 30 分頃に発生した地震と関連があるとされる。「チリ中部のコンセプション (南緯 36 度 57 分, 西経 73 度 15 分) 近くで大地震が発生し、大津波も生じた。

これに関して古い文献(Sapper, 1927 など)は、津波の最中にコンセプションから 770 km 離れたファン・フェルナンデス島 (南緯 33 度 50 分, 西経 80 度 51 分) で海上の竜巻が見られたとする。Bruggen (1943) は、これは海底火山の噴火だろうとし、さらに津波の主因だと考えて居る。」(pp.64-65)

(2) 「1877 年 6 月 15 日 (?), ピサグア (南緯 19 度 43 分, 西経 70 度 11 分。アリカの南 126km, イキケの北 77km 程の場所) の岸から遠くない場所で、巨大な水柱が上がり激しい渦が生じた。同じ時、147km 南のパベヨン・ド・ピカや、675 km 南のチャニャラルでは、音響を伴った揺れが長く続いたという。」(p.118)

こうした遠くの地震と水柱に関係があったかは判らないが、ソロビエフ・ゴはそれとなく関連をにおわせたのであろう。

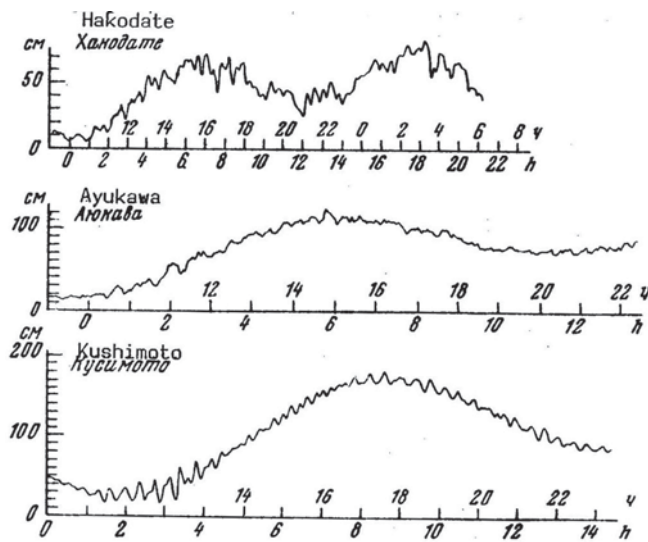


図-5 1906年バルパライソ地震津波の日本沿岸での潮位記録 (p.129)

(3)「1880年8月15日8時48分、サンチャゴ北で大地震が発生した。サンチャゴ北約200kmのイヤペル（海より約40kmの内陸）では、ゴロゴロとうなる音が北に聞こえ、10秒後に強烈になり、そして爆発音となって地面が1分間ほど激しく揺れた。この揺れの内、2回ほどは特に強かった。公共の建物や家々では炉が破裂し、石切場はほぼ完全に破壊された。600もの家族が家と生活手段を失った。ただ、休日だったので、すべての人が町に出て居り、犠牲者は2名に止まった。地面が波打つのが見られた。

イヤペルよりさらに約190km北の海岸の町コキンボでは、激しくゆれた。海に大きな水柱群が立ち上がり、その結果一艘の船の錨綱が切られた。リマリ川河口水深1.8kmの水中ケーブルが破断された。」(p.120)

8. 海嶺・海膨が導波管

1868年8月13日16時45分、ペルーとの国境に近いチリ最北部のアリカで発生した津波は全太平洋沿岸に影響し、少なくとも2,3日は継続した。これは4. で触れたように、アリカ津波と呼ばれている。

西へ向かったアリカ津波はニュージーランドにも到達する。

「ニュージーランド南島東岸では0.5mから5mと場所によりばらついたものとなった。最大となったのは、東岸中程のバンクス半島

リトルトンで、3時～4時の間に水が4ノットの速度で引き始め、11時頃まで振幅4～5mと大きかった。その後には大きくはないが、3日間も続き、止んだのは19日であった。

ここでアリカ津波が大きくなった原因として、南島から約840km東方に位置するチャタム諸島(南緯43度53分,西経176度31分)に延びるチャタム海膨の存在がある。」(写真-1) (pp.83-84)

ソロビエフ・ゴは、この海膨が導波管として働き、さらにバンクス半島のリアス式峡谷で津波が大きくなったと説明している。

9. 赤道越え

かつて太平洋全体を対象として1960年チリ地震津波を計算したことがある。このとき、コリオリ力の効果により、山を先頭に進むチリ津波ではコリオリ力の効果で主峰付近では全体的に水位が低下し、その後方では水位が増加することが認められた。(文献4)

後にこれを動画にして観察すると、赤道までは山を先頭として進んだチリ津波が赤道を越えると谷を先頭に進むことが判った。赤道を越えるときにコリオリ力の向きが変わる事が影響するのではと考えられる。

こうした変化を1837年11月7日のバルディビア地震津波で見てみよう。

「1837年11月7日8時5分、チリのバル

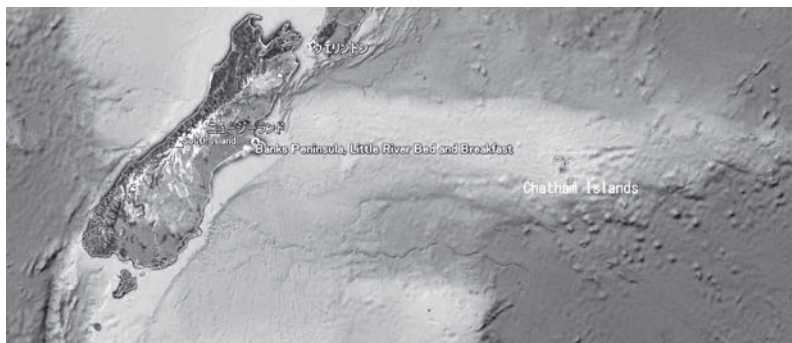


写真-1 図中バンクス半島より東に延びるやや白い部分がチャタム海膨(Google earthより作図)

ディビア(南緯 39 度 50 分, 西経 73 度 14 分)・カストロ(南緯 42 度 33 分, 西経 73 度 48 分)・アングド(南緯 41 度 56 分, 西経 73 度 52 分)で強い地震があった。バルディビアでは、市の創立以来最強の地震であった。10 分間続き、立って折れないほどのもので、町は完全に破壊されたが、死者はなかった。弱い振動は一日中感じられた。

バルディビアでは、まず海が引き、次いで押し寄せてきて、かなりの高さにまで上がった。」(p.66)

この記述からチリ沿岸に向かう東向きの津波は引きで始まり、沖へ向かうものは押しで始まったと推定される。

南半球で、バルディビアより西へ約 6050 km 離れたマンガレバ島(南緯 23 度 7 分, 西経 134 度 57 分)では、

「それまでに観測された満潮位よりかなり高く迄海面が上昇した。一部に珊瑚が付いた大きな玄武岩塊が、平均海面上 2 m 汀線より 30 - 40 m の地点に打ち上げられた。この島の約 3 km 西のタラ・バイ島では、12 時と 13 時の間に海面が急上昇した。この動きは短時間で、3 分もすると下がりはじめ、既往最低水位になると上昇し 4 時間続いた。そして何回も強い押しと引きが繰り返された。」(p.66)

おなじく南半球の米国領サモアのバゴバゴ(南緯 14 度 17 分, 西経 170 度 41 分)はバルディビアより西へ 9,630 km, マンガレバ島からは 3,900 km 離れている。

「14 時 20 分に最大大潮満潮位上 60 cm の高さに急に海面が上がり、14 時 30 分には既往最低水位以下に下がった。14 時 45 分には第 1 波と同程度に上がり、14 時 40 分にはまた大潮干潮位に下がった。次の 2 分間に急激に 90 cm 上昇した。水面は同じく急に下がり、14 時 52 分には干潮位以下となった。14 時 55 分、もう一度、第 3 波と同じ高さになった。」(p.67)

北半球で、バルディビアから 10,570 km 離

れたヒロ(北緯 19 度 42 分, 西経 155 度 5 分)では、次のようであった。

「19 時頃 (18 時 30 分という説もある)、水が通常の干潮位よりかなり下まで下がった。数分後、満潮位より 6 m も高い巨大な波が、競争馬のような早さで押し寄せてきた。水の動きは渦のようで、山崩れのような大音響を伴っていた。岸近くの低地は瞬時に水浸しとなった。水は特に川沿いで高くなった。……浸水は 15 分続いた。そして水は干潮位以下に引き、ちょっとしてから又押し寄せてきた。ただ今度は前よりは力が無かった。」(p.68)

マウイ島カフルイ(南緯 20 度 53 分, 西経 156 度 28 分)では潮が浜から 36 m 引いた。マウアイでは潮が 36 m ほど引いた。人々はその間に魚を捕りに急いだ。すると海は険しい壁の形をとって岸に押し寄せ、人々を飲み込み、浜辺に押し上がり、240 m 内陸の 26 軒の草小屋からなる村すべてを飲み込んだ。」(p.68)

南半球では押し波で始まり、北半球では引き波で始まった事は明らかである。

10. 南極での津波

(1) 南極に到達した津波

1868 年 8 月 13 日発生のアリカ津波は南極にも達した。

「フリゲート艦ナレイダは 8 月 15 日タヒチからケープ・ホーンの中途に居たが、安定した気圧状況にもかかわらず、恐ろしい程の波を経験した。

8 月 27 日から 9 月 10 日の間、南緯 51 度から南で、氷山に遭遇した。最初はわずかであったが次々と増えて行った。一つは水面上 100 m もあった。切断面がはっきりとし、尖った形状は、それらがごく最近出来たことを物語って居た。通常は、氷山は 10 月から 1 月の間に、もっと高緯度の地域で発生するのにも関わらず。」(pp.90-91)

こうした事は南極での津波が氷塊を断ち割

る位強かった事を物語って居る。

(2) 南極で発生した津波

南極半島の約 100 km 沖にこれと並ぶサウス・シェトランド諸島がある。その南西部に位置するデセプション島の平面形は C 型で、直径約 10 km の湾を囲んでいる。デセプション島は温泉も湧き出る島で、活火山もある。

「1967 年 12 月 4 日 18 時 40 分、テレフォン湾（南緯 62 度 56 分、西経 60 度 40 分）で変化が生じた。このとき、崖下の小湾ベンジュラム・コープ内の水は煮えたぎり、かき回された。水面に周期 2～3 分、振幅 0.5～1 m の波が発生した。」(p.161)

この時の活動の効果は現在に残っている。Antarctic Treaty, visitor site guide によると、



図-6 デセプション島地図
Antarctic Treaty, visitor site guide より。

「地形 テレフォン湾の最東端では、緩やかな傾斜の海岸が広く浅い谷へと続き、谷を進むと、眼下にいくつもの名もない噴火口が広がる崖の上に出る。噴火口の深さは一番深いもので 45 m に達するが、今も堆積物や氷が徐々に噴火口を埋めている。谷の東側と西側にそびえる火山灰の崖は古い噴火口の名残であり、1967 年の噴火で谷そのものが広がり、形が変わったものである。噴火時の熱の影響が今なお上陸地区の海岸に残り、岩肌が部分的にオレンジ色に変色している。……テレフォン湾は、第 4 南極特別管理地区デセプション島の一部である。」(図-6)

11. 原因不明の大津波ー 1936 年リツヤ湾大津波

「1936 年 10 月 27 日。リツヤ湾で大波があった。湾内で 4 人が目撃した。2 人は Cenotaph 島西岸の小屋の中で目撃し、あとの 2 人はこの小屋より 2 km 西のフィッシュ湖に近いリツヤ湾北岸の沖合に錨がかりして居た小舟 Main の上で体験した。

船上にいた漁師によると、日の出 2 時間前の 6 時 20 分頃、鈍くゴロゴロと鳴る音が続いた。湾奥向こうの山々からのようであった。暗いため何が起きているのか判らなかつた。地面の微動は無かつた。満ち潮の時刻であった。このうなり音が続いた 6 時 50 分頃、大波の第 1 波が、湾の最狭部に現れた。それは水の壁で、岸から岸まで伸びており、高さ 30 m はあつたであろう。これを見つけてすぐ、漁師は錨を揚げ Cenotaph Island へ向かつた。10 分後に波が到達したが、漁師達は島から 400 m 離れ水深 20 m の所に居た。波到達前には、水位の低下等は起こらなかつた。

第 1 波で船は通常的水位より約 15m 持ち上げられた。島影以外の北や南では、波はそれより 15m は高かつただろう。この波が通り過ぎるとすぐ水面は通常水位以下に下がった。Cenotaph Island 沖の水深 14.5 m に泊まっていたボートは着底した。この第 1 波に続い

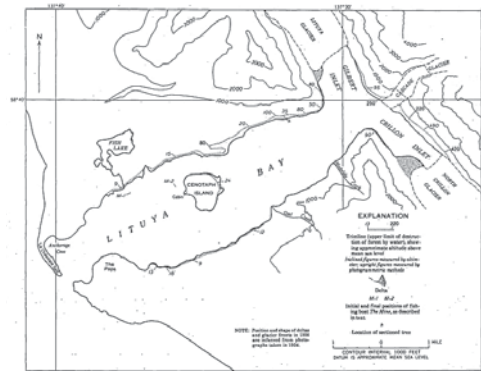


図-7 1936 年リツヤ湾津波
点線は森林破壊の上限線。M-1, M-2 は小舟 Main の最初の位置と最後の位置 (文献 5)

て、第 2 波、第 3 波がほぼ 2 分の間隔で来た。後の波ほど大きかった。その波とも、その後で水位が通常の水面上に下がった。第 3 波が通り過ぎた後半時間程小さい波群が観測された。すべての波は湾の出口に向かっていった。そして、流木や氷片が船の周りに現れた。水の揺れ戻しは無かった。

小屋に居た漁師達は、7 時頃、数百の飛行機が低空を飛んでいるような物音で目を覚まされた。一つの波が小屋に近づいていた。高い場所に逃げ、3 つの波が高さを増しながら島を通り越すのを見た。早さは 20 ノットくらいであった。最高の波高は 45 ~ 75 m であった。

1937 年から 1953 年にかけて湾の測地的、地理学的、地質学的調査が行われ、湾に沿っての水の高さが決められた。水の至った区域では樹木は裂かれ、根こそぎになり、土壌は所々浸食された。

当時の報道では、流出した樹木は湾の南側 90 km の太平洋沿岸に数日間漂っていた。目撃者によると、根こそぎにされた樹木は根、樹枝、そして樹皮も傷も付かずに打ち上げられて残って居た。最高の水位上昇は Crillon Bay の北東の岸で 147 m と決められた。既往最高潮位以上の全浸水面積は 3 km² であった。湾口では樹木は倒されなかったが、水は岸から 1 km まで浸水し、漁師達は蟹や貝を拾ったのであった。

この波が Crillon Bay の湾奥で生じたことは間違いないが、その原因については不明である。大規模な地滑りや海底地滑り、北 Crillon 氷河先端での氷山分離、あるいはその急激な滑り、氷でせき止められた湖の破壊などがあげられたが、いずれも退けられた。」
(図 -7) (pp.222-223)

どんな津波であったか、その原因として何が考えられ、どういう根拠でそれらが否定さ

れたのかを Miller (文献 5) によってみる事としよう。

まず、津波の駆け上がり高であるが、樹木倒伏限界線などを航空写真や 1953 年の現地踏査などによって、リツヤ湾内での津波高は図 -7 のように決められた。Crillon 入江の北東岸で高く、200 ft 以上の 4 地点が示されている。最高の高さは Crillon Inlet の北東壁で 150 m であった。少なくとも 1 波は、この辺りで発生したと推定される。この津波の証拠の多くは、1953 年の津波で消されてしまっている。

発生を考える際に重要な因子は、「極めて多雨量の時期であった」ということであろう。近くの 3 地点では 10 月の月雨量が 42% も上回っていたし、10 月 27 日前の 6 日間雨量は平常を 111% 上回っていた。Allen は、北 Crillon 氷河地域の氷による塞き止め湖が氷ダム破壊で急流出したからだとする。北アラスカではしばしば発生し、良く知られた現象であるので 1936 年リツヤ湾津波の原因として頷けないでもない。しかし、ミラーは、これを否定する。「北 Crillon 氷河は多くの亀裂を持ち、500 ft/mile の勾配で移動している氷河である。その流域を航空写真から図化し、地上での観測などと合わせてみると、大量の水がためられるような地形では無い。」

北 Crillon 氷河の南東には南 Crillon 氷河がつながっている。そこの Crillon 湖からの排出が 1936 年津波を起こしたとも云われた。しかし、北 Crillon 氷河のリツヤ湾への出口の閾高と南 Crillon 氷河の Crillon 湖への出口閾高とが、この湖面高とほぼ同じであることから否定された。

氷塞止湖の仮定は、波が見られる前のうなる音響を説明するものではあるが、以上のように否定された。

1954 年には、Fairweather 断層の変位も可能性の一つであるが、リツヤ湾で地震が感じられていないこと、及びリツヤ湾近くを震源とする地震がシトカなどの地震計で記録されて居ないこととで、完全に否定された。

3 人の目撃者の云う吠えるような物音、そ

れが湾奥の方から聞こえ、波に先立っていたということから、岩壁地滑りや雪崩が疑われる。これらが在ったとすると、北 Crillon Inlet の南西壁から落ち、その対岸の北東壁に大きく打ち上げたものでなくてはならない。1929 年と 1948 年の写真を比べると、一本一本の木々、小さな割れ目などの詳細が両岩壁で変わらず、この仮説も否定された。小さな地滑りがこの写真比較であちこちに認められたが、大きな打ち上げが記録された北 Crillon 氷河の北東壁との位置関係から否定された。

海底地滑りも考えられるが、底面勾配が 28 度でしかないため地滑りを起こすか疑問である。また 3 つの波が続き、最後のものが最大であったことを説明出来ない。

最高の痕跡は、潮汐の影響を受ける北 Crillon 氷河先端近くにあり、そこから 3,500 ft 以内に生じている。3 つの可能性が考えられた。(a) 氷河先端海上部の冰山生成、(b) 氷河先端海中部の冰山生成とその急激な上昇、(c) 極めて急激な冰山先端の前進運動、である。Cenotaph Island に現れた 3 つの波は、これらの現象が 3 回続いたか、あるいは湾奥付近で反射、屈折などがあったとすれば説明出来る。波が来る前のうなりは冰山生成に当たったものであるが、最初の波が現れる前、30 分間も冰山生成が継続したとは思えない。

1936 年時点で、北 Crillon 氷河の先端部は、長さ 2,700 ft、海面上 200 ~ 300 ft の鉛直崖となっていた。もし、海底まで氷が続いて居たとすると最大で 290 ft の高さであった。

(a) に対する水理実験の結果から、発生する波はせいぜい欠落する前の高さ程度であること、氷山の欠落生成は結構頻繁に発生するのに 1936 年以外には大波が記録されて居ないこと、などから (a) は考えにくいとされた。

(b) については、1948 年の航空写真ではあるが、北 Crillon 氷河前面にあるデルタ地形が乱されていないこと、氷河の海側先端が小さくとも大波を起こすことは出来ないこと、等から否定された。(c) は地震で動いた他の

湾での実績から、また激しく動いたとすれば表面に出来るであろう亀裂が見られないことから否定された。

よそで発生した津波が侵入してリツヤ湾内で増幅した可能性、海底火山活動による津波発生、等も議論にはあげられたが、結局、1936 年リツヤ湾大津波の原因は、未だに未解決のようである。

12. 最高打ち上げ高の 1958 年リツヤ湾大津波

1958 年 7 月 9 日 22 時 16 分、アラスカで大地震があった。北米では 1906 年カリフォルニア地震以来の強大な地震であった。震央はスキヤグウェーのクロス サウンド北岸辺りである。(註：ソロヴィエフ・ゴは Palm Bay 近くの Cross Strait として居るが、Palma Bay 近くの Cross sound の誤りである)。震央から 80 km 弱北西のリツヤ湾内で、津波が 516 m の高さにまで這い上がった。(図-8)。

この地震は Fairweather 断層が右ずれ運動したことにより起こったもので、ずれ幅は 6 m にも達していた。

あちこちで氷河が崩れ落ちたり、氷塞止湖や地滑りでの塞止湖が後に崩れて大波を起こしたりした。

もっとも大規模なものはリツヤ湾内で発生した。リツヤ湾は T 型をした湾で長さ 11 km、幅 3 km、最大水深 200 m である。湾口には砂州があり、浜はほぼ平坦で、当時密な海岸林があった。(図-9 参照)。

湾奥は Fairweather Canyon の一部をなしている。ここはフィヨルドのような、650 ~ 2800 m の険しい崖が有り、水深は最大である。北西からリツヤ氷河がギルバート湾へ落ちこみ、南東から Crillon 氷河が Crillon 湾へ落ち込んでいる。通常時の潮差は 2 m、最大の潮位振幅は 4.2 m である。この湾の特徴は、入り口で 12 ノットにも達する激しい潮流である。

地震時、引き潮が始まっていたが湾内の水位は平均潮位上 0.3 m であった。



図-8 北東アラスカ地図。山脈，断層線，リツヤ湾などを示す。(文献5)

「地震で，約3億 m^3 の岩石が北東岸よりギルバート湾へ滑り込んだ。これで湾から排除された水は対岸に駆け上がり，途方もない高さに達した。水の動きが早く，浸水した地域では全ての木々が根こそぎにされ，木肌は剥かれ樹枝もはぎ取られた。さらに，この大規模な地滑りで波が発生し，ギルバート湾から全リツヤ湾の湾口へと150～200 km/hrの速度で進んで行った。これは重力波の波速である。こうしてリツヤ湾の岸边は荒廃してしまった。(図-10)。

ウルリッヒと7歳の息子は，7月9日の20時，小艇「エドリ」号でリツヤ湾に入り，湾に入って直ぐの南岸の入り江で水深9mの所に碇泊した。夕刻，大型ボートが大きく揺すられたので，目が覚めデッキに出た。ボートは激しく揺られ，突き上げられた。湾奥で山腹に崩壊が起き，雪崩が下っていた。地震から2.5分後に湾奥から耳をつんざく音が湾奥から聞こえた。とすぐ，氷河先端が走ってくるような大波がギルバート湾から近づいてきた。波が湾奥とCenotaph Islandの間にあるときは，波は岸から他の岸まで伸びた高さ30mほどの水の懸崖に似ていた。島の北端で二つに分かれ，南端で又閉じた。最初に見えた

ときから2.5～3分で波はボートに近づいて来た。先端は極めて切り立っており，15～20mの高さがあった。波が来るまで，地震では船は揺すぶられたが，水面は下がりもせず，攪乱も観察されなかった。

ボートは持ち上げられ，錨鎖はゆったりとさせておいたのにもかかわらず，切れてしまった。ボートは前へと運ばれ，砂州を越える所であったが，逆向きの流れで湾の中程に押し戻された。波峰は7.5～15mくらいの幅があり，その背後の水面傾斜は前面に比べてかなり緩やかであった。巨大な大波が通り過ぎると，水面はほぼ通常の水位に戻ったが，大きな渦や揺れ波が一方の岸から他方へとわき起こった。高さ6mの先の尖った波があらゆる方向に伝わるのが見られた。こうした荒れは25～30分で収まった。

直後の飛行および陸上の調査から，森林が流失した最高の高さは地滑り対岸のギルバート湾西岸で520mであった。荒廃域最大幅はフィッシュ湖の近くで高さ32mまでの360m。森林が流失した総面積は14 km^2 ，総浸水面積は17 km^2 。浸水域の表土は少なくとも厚さ0.3mは削られ流失した。つまり3百万 m^3 が失われたことになる。沿岸のすべての

貝類群落は破壊された。

地滑りを大まかに推定すると、断面は三角形で両辺が 900 m, 700 m 長さがあり、最大厚さは 60 m, 重心位置は 600 m の高さにある。この位置エネルギーの 2% がリツヤ湾口を通過した波のエネルギーに変わった。」(pp.225-230)。

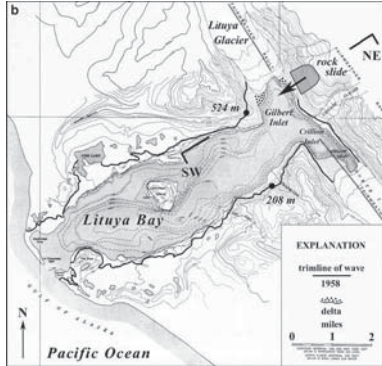


図-9 1958年リツヤ湾浸水域図(文献6)

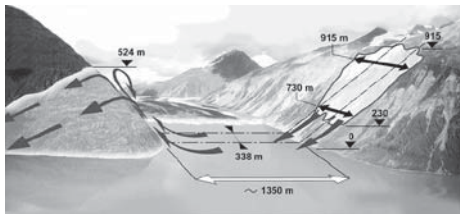


図-10 1958年リツヤ湾大津波を起こした地すべりと津波這い上がり(文献6)



写真-2 リツヤ湾(Google earth より)

写真2は Google earth から得たものである。樹林帯とその後に成長した樹林帯とがくっきりとした線によって分けられている。

13. 住民行動

(1) 引き波を見に行く人々

「1604年11月23日または24日、ペルーとチリ北部で地震があった。Pisco (Limaの約300 km南)で、水がかなり引いた。住民はこの普通ではない状況を見に岸へと走った。『だが、すぐ海が膨れあがり、逆巻き、泡だっているのを認めた。波は吹き、お互いに混ざり合い、水の山のようになって、岸へと急速に押し寄せてきた。この巨大な波から逃れうるとは思えなかった。』しかし、海水が堤防に届いたとき、主力は左右に分かれたので、町は部分的には助かった。波高は3.5 mほどで、かなりの陸地が浸水された。」(p.41)

死者が出たとは記されていない。海底地形の影響で、津波が左右に分かれて直撃しなかったであろう。

「1837年11月7日8時5分。チリのバルディビア、カストロ、アングド(サン・カルロス)で大地震があった。バルディビアにとっては、開市以来最大のもので、町は完全に破壊された。ただ、誰一人死ななかったが。

バルディビアではまず海が引き、次いで押し寄せてきた。ここは南緯38度48分50秒、西経73度14分45秒の位置にある。

この津波はハワイにも影響した。カフルイ島のマウイでは潮が36 mほど引いた。人々はそこに魚を捕りに急いだ。すると海は急に高くなり、険しい壁の形をとって岸に押し寄せ、人々を飲み込み、浜辺に押し上がり、240 m内陸の26軒の草小屋からなる村すべてを飲み込んでしまった。」(pp.66-69)

(2) 引き波を見ての避難

「1730年7月8日(04:45)バルパライ

ソ地震。サンチャゴでは大地震が 1 時と 2 時の間に発生した。12 時から 13 時の間にほぼ同程度の地震が発生した。

この 2 番目の大地震で発生した津波は沿岸 1,000 km 以上に大きな被害を与えた。

コンセプションでは、まず潮が大きく引き、ついで急速に押して来た。三度あり、2 回目 が最大であった。街の 2/3 が総督やビショップの邸、市役所、教会なども瓦礫となった。しかし、住民は 2, 3 人の犠牲で止まった。と云うのも、海が引くのを見て高台へ逃げたからである。そこから、町の破壊を見る破目になった。コンセプションが設立されてから 3 度目の破壊経験であった。」(pp.45-47)

「1868 年 8 月 13 日 16 時 45 分。大地震と大津波が南ペルーの沿岸で発生した。この津波はアリカ津波と呼ばれている。(p.74-76)

アリカから南へ 570 km の所にあるトメでは 21 時 30 分 (または 21 時 45 分) 頃、海が既往最低潮位線より 200 - 250 m 程引いていった。驚いた住民達は高台に逃れた。22 時頃、海は押し始め、浜に溢れ、通常の満潮位より 2.5 m 高くなった。倉庫は浸水され税関は破壊された。ボートや帆船はなすすべも

なく岸に打ち上げられた。3 時まで、強い振動が続いた。くりかえされた。」(pp.81-82)

このときも、引き潮を見て高台へと避難している。

(3) 自然への恐れと好奇心

1960 年チリ地震津波がニュージーランドを襲ったとき、住民の行動は二つに分かれた。地震の前触れのない引き潮で座礁した船を見に海岸に近づいたヨーロッパ系の住民は遭難し、不自然な現象であるからと浜に近寄らなかった先住民系の住民は無事であった。(原田憲一氏 私信 文献 7)

ハワイでは津波警報が出されたのにもかかわらず、ヒロ市では死者 61 名となった。ハワイ科学アカデミーが、災害地に住んでいた 327 名に面接調査を実施した。その要点が広野卓蔵 (1961) によって紹介されている (文献 8)。対象者のうち 14 人が津波見物に出かけていた。

1952 年、1957 年と比較的小さかった津波の経験が、浜に人を引きつけたらしい。好奇心の強い人々が津波を見に出かけた。写真-3 はハワイ島ヒロの Suisan Fish Market に夜遅く集り津波を待つ人達である。(文献 9)。

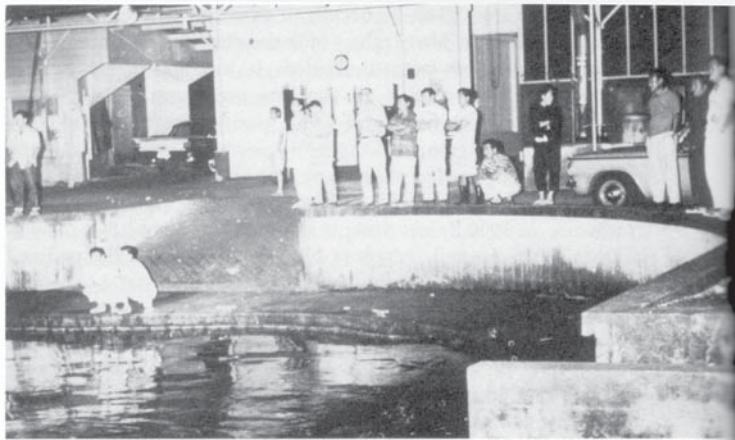


Figure 5.1 Curious Hilo residents await the first waves of the 1960 Chilean tsunami.

写真-3 津波予報を聞いて港に集まった人々 (文献 9)

14. おわりに

東太平洋の津波とはいいながら、1960年チリ地震津波については、はじめにも述べたように、ソロビエフ・ゴはこの津波カタログでは省略しているから、詳細については別の機会にゆずらざるを得ない。

1936年リツヤ湾大津波の発生原因については、今後知ることは出来ないであろう。

赤道を越えることで作用方向の変わるコリオリ力の効果を、数値計算ではなく理論的に考察する必要がある。地球物理学の課題はいくつも残されている。

謝辞 1960年チリ地震津波のチリ沿岸での潮位記録入手に関しては、東京大学佐藤慎司教授に大変御尽力頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げる。

引用文献

- (1) Sievers, H.A, et al.: The seismic sea wave of 22 May 1960 along the Chilean coast, B. Seismological Soc. A., Vol.53, No.6, pp.1125-1190, 1963.
- (2) 巨智部忠承：三陸地方地震津浪に付き地質学上の考説，風俗画報臨時増刊第百十九号海嘯被害録中編，pp.1～7，明治29年。
- (3) 今村明恒：三陸津浪取調，震災予防調査会報告第29号，明治32年。
- (4) 今村文彦，首藤伸夫，後藤智明：遠地津波の数値計算に関する研究，その2 太平洋を伝播する津波の挙動，地震第2輯，第43巻，pp.389-402，1990。
- (5) Miller, Don J. Giant Waves in Lituya Bay Alaska, Geological Survey Professional Paper 354-C, 85p. United States Government Printing Office, 1960.
- (6) Fritz, H.M., F. Mohammed and J. Yoo: Lituya bay landslide impact generated Mega-Tsunami 50th anniversary, Pure and Applied Geophysics, Vol.166, pp.153-175, 2009.
- (7) 災害多発地帯の「災害文化」に関する研究，平成4年度科学研究費補助金（重点領域研究（I））研究成果報告書，p.1，1993。
- (8) 調査：気象庁地震課 広野卓蔵 6.2 ハワイの津波について，昭和35年4月24日チリ地震津波調査報告，気象庁技術報告，第8号 pp.243-246，気象庁，1961。
- (9) Dudley, W.C. and M. Lee: Tsunami!, A Kolowalu Book, University of Hawaii Press, p.68, 1988.