

ニューギニア北岸シッサノ・ラグーン沖津波調査結果速報

松本 剛*¹ David R.TAPPIN*² Lawrence ANTON*³ Keith A.W.CROOK*⁴
 Peter HILL*⁵ 岩淵 洋*⁶ 金松 敏也*¹ 倉富 和幸*⁷
 Yves LAFOR*⁸ Wilfred LUS*⁹ 松本 良浩*⁶ 松山 昌史*¹⁰
 Mathew MOIHOI*³ 村上 嘉謙*¹¹ Gary Mc MURTRY*⁴ 中村 衛*⁷
 佐竹 健治*¹² 都司 嘉宣*¹¹ John Patrick WALSH II*¹³ Philip WATTS*¹⁴
 Harry YEH*¹³ 小寺 透*¹⁵ 樋泉 昌之*¹⁵ 斎竹 弘恭*¹⁵
 菅原 敏*¹⁶ 鷺島 克啓*¹⁶

1998年7月17日にニューギニア島北岸シッサノ沖で発生した地震とその直後の津波のメカニズムを解明するため、1999年1月2～12日の間、海洋科学技術センターの深海調査研究船「かいれい」を用い、精密地形調査を中心とする地球物理調査及びピストンコア採取による海底地質調査を実施した。また、1999年2月21～26日にかけて、深海探査機「ドルフィン-3K」及び支援母船「なつしま」により、海底目視観察調査を行った。海底地形調査の結果、土砂の崩落痕や断層などの特徴的な地形がシッサノ沖に存在することを確認するとともに、シッサノに達する2本の海底谷の存在を確認した。目視観察結果では、シッサノ沖に当たる2° 50'S, 142° 15'Eを中心とする半径約8kmの範囲内に、斜面上に東西方向に続く新鮮な地割れ、斜面の崩落、化学合成生物群集が確認された。以上の結果、この範囲内で起こった地殻変動が原因となって津波が発生し、これが海岸に近接する海底谷に沿って極度に増幅したことが、今回の事象の原因であることが明らかとなった。

キーワード：1998年バブアニューギニア津波、地震断層、海底地切り、化学合成生物群集

Precise Topographic and Geological Surveys off Sissano, Northern Papua New Guinea - Preliminary Results

Takeshi MATSUMOTO*¹ David R. TAPPIN*² Lawrence ANTON*³
 Keith A. W. CROOK*⁴ Peter HILL*⁵ Yo IWABUCHI*⁶
 Toshiya KANAMATSU*¹ Kazuyuki KURATOMI*⁷ Yves LAFOY*⁸
 Wilfred LUS*⁹ Yoshihiro MATSUMOTO*⁶ Masashi MATSUYAMA*¹⁰
 Mathew MOIHOI*³ Yoshikane MURAKAMI*¹¹ Gary McMURTRY*⁴
 Mamoru NAKAMURA*⁷ Kenji SATAKE*¹² Yoshinobu TSUJI*¹¹
 John Patrick WALSH II*¹³ Philip WATTS*¹⁴ Harry YEH*¹³
 Tohru KODERA*¹⁵ Masayuki TOIZUMI*¹⁵ Hiroyasu SAITAKE*¹⁵
 Toshikatsu SUGAWARA*¹⁶ Katsunori SAGISHIMA*¹⁶

The Sissano Lagoon, northern coast of Papua New Guinea suffered from a M7.1 earthquake and aftershock events which occurred on July 17, 1998. A large-scale tsunami also occurred just after the earthquakes and more than 2,000 people were killed due to the runup of the tsunami in this area. KR98-13 Cruise by the Research Vessel KAIREI and KR99-02 Cruise by the Research Vessel NATSUSHIMA and ROV DOLPHIN-3K were carried out in January and February, respectively, in 1999 off the north coast of Papua New Guinea. These cruises were focussed on locating possible seismic faults and/or underwater landslides as the source of tsunami. Precise bathymetric survey by use of SEABEAM2112 and other geophysical surveys (bottom reflectivity, sub-bottom profiling, surface ship gravity and geomagnetic surveys) were carried out and 4 piston core samples were collected during the cruise. Topographic mapping off Sissano, in the area of 200km (E-W) and 120km (N-S), was completed after the 9 days' survey.

- * 1 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
- * 2 British Geological Survey
- * 3 Geological Survey of PNG
- * 4 University of Hawaii
- * 5 Australian Geological Survey Organisation

- * 6 Hydrographic Department of Japan
- * 7 University of the Ryukyus
- * 8 Service des Mines et de l'Energie, Nouvelle Calédonie
- * 9 Australian National University
- * 10 Central Research Institution of Electric Power Industry
- * 11 Earthquake Research Institute, University of Tokyo
- * 12 Geological Survey of Japan
- * 13 University of Washington
- * 14 Applied Fluid Engineering
- * 15 Nippon Marine Enterprises, Inc.
- * 16 Marine Works Japan, Inc.

The study area is characterised by enormous amount of fan sediment supply from Sissano Lagoon, deep-sea canyons on the shelf, arc-shaped slump and offshore strike-slip faults. Straight small-scale submarine canyons and valleys are eroding the shelf slope. The meandering canyon is located on the old shelf to the north of Aitape. Topographic features caused by landslides are recognised at numerous sites of the study area. Most of them are old, and the most recent is located 25km north-east off the Sissano Lagoon. A series of fresh en echelon cracks were also observed on the slope of the active area, which suggests that either an earthquake faulting or a large-scale landslide took place recently.

The result of simplified numerical modelling of propagation of tsunami by use of the new bathymetric data shows that the bottom topographic feature is an important factor to amplify the wave and to generate the focussed tsunami runup which occurred in the Sissano Lagoon. The results of modelling also shows that both earthquake faulting and underwater landslide should be taken into account as possible origins of the tsunami.

Key words : 1998 Papua New Guinea Tsunami, earthquake fault, underwater landslide, chemosynthetic community

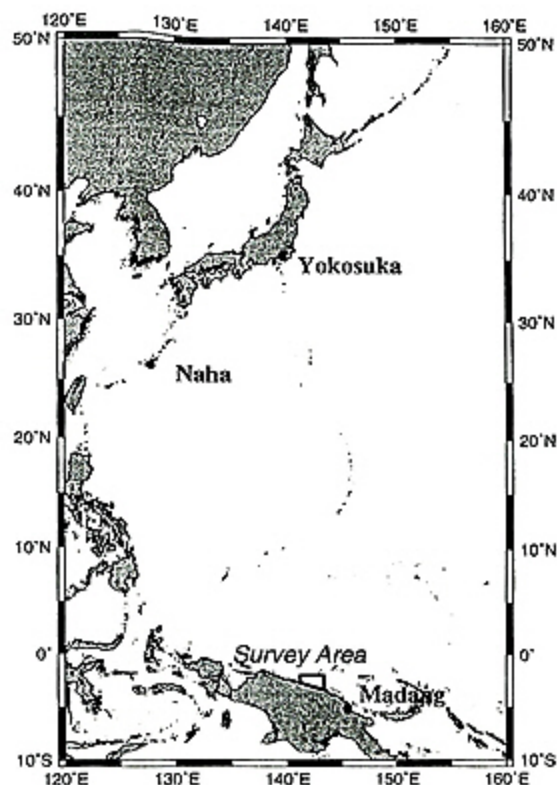


図1 調査海域図

1. はじめに

ニューギニア島北岸シッサノの沖(図1)で1998年7月17日18時49分(=現地時間、日本時間17時49分、UTC 8時49分)にM7.1の地震が発生し、またその直後に大規模な津波が発生した。この津波の被害は甚大であり、正確な被災者数は今なお不明であるが、最終的には2,200人程度と言われている。

本震についての震源位置及びメカニズム解については、東京大学地震研究所、米ハーバード大学、米国地質調査所の3機関により独立に求められた。その位置関係を図2に、またそれらのメカニズム解を図3に示す。震央を見る限りにおいては、南緯2°、東経142°を中心として相当ばらついており、米国地質調査所による解は陸上に求められている。

本件津波発生直後、京都大学防災研究所の河田恵昭教授を団長とする計7名による「突発災害調査班」が構成され、被災約2週間後の7月30日に出発し、現地で約1週間に渡る詳細な津波調査が行われた

(<http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai2/news/PNG.html> 参照)。

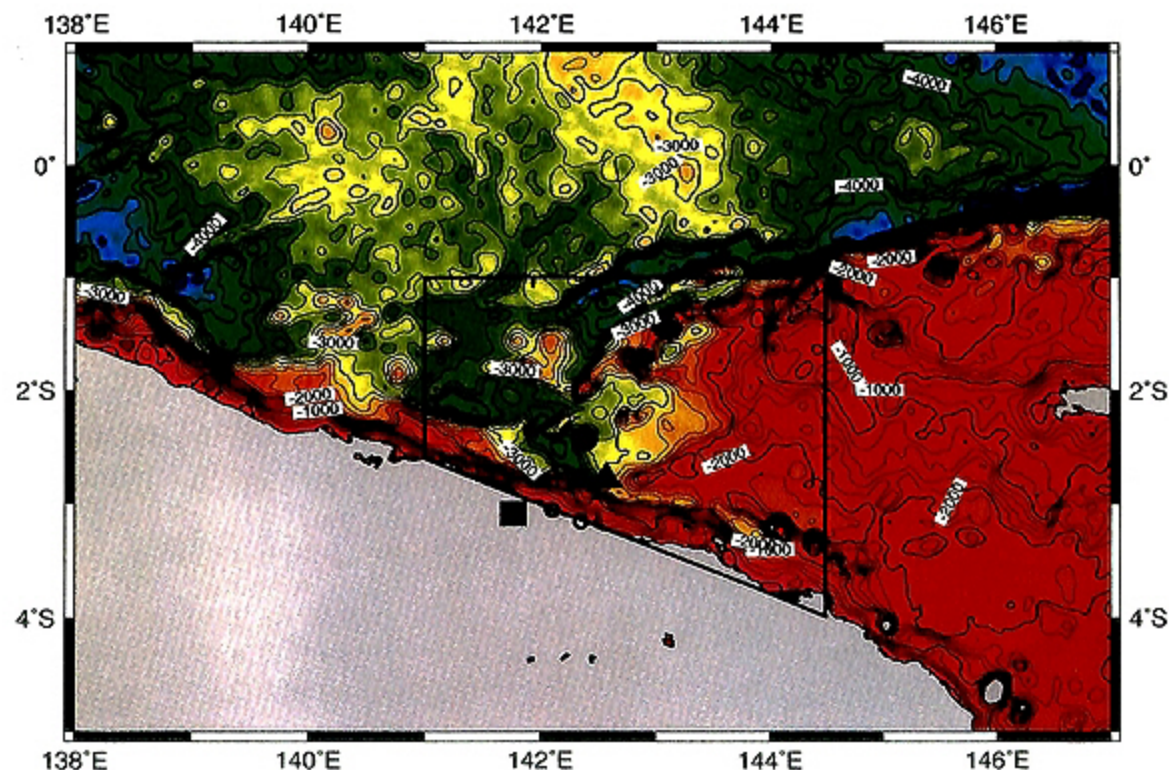


図2 3機関により求められた1998年7月17日シッサノ沖地震震央位置。

- 東京大学地震研究所解: 2.42S, 142.38E, 深さ18.5km
- ▲ハーバード大学解: 2.78S, 142.57E, 深さ15.0km
- 米国地質調査所解: 3.084S, 141.762E, 深さ6km

Here is the solution for the recent
 Natasha Maternovskaya

CENTROID, MOMENT TENSOR SOLUTION
 HARVARD EVENT-FILE NAME C071798A
 DATA USED: GSN
 L.P. BODY WAVES: 25S, 61C, T= 45
 MANTLE WAVES: 23S, 46C, T=135
 CENTROID LOCATION:
 ORIGIN TIME 8:49:35.4 0.1
 LAT 2.785 0.01; LON 142.57E 0.01
 DEP 15.0 FIX; HALF-DURATION 8.0
 MOMENT TENSOR; SCALE 10**26 D-CM
 MRR= 1.97 0.03; MTT=-1.20 0.03
 MFF=-0.76 0.03; MRT=-4.43 0.09
 MRF= 1.62 0.09; MTF= 1.15 0.02
 PRINCIPAL AXES:
 1.(T) VAL= 5.17; PLG=56; AZM=192
 2.(N) -0.03; 8; 293
 3.(P) -5.13; 33; 28
 BEST DOUBLE COUPLE: M0=5.2*10**26
 NP1: STRIKE=147; DIP=14; SLIP= 124
 NP2: 292; 79; 82

98/07/17 08:49:15.33
 NEW GUINEA, PAPUA NEW GUINEA
 Epicenter: -3.084 141.762
 mb 6.0 MS 7.0
 MOMENT TENSOR SOLUTION
 Depth 6 No. of sta: 27
 Moment Tensor; Scale 10**19 Nm
 Mrr= 0.31 Mtt= 0.02
 Mff=-0.32 Mrt=-3.74
 Mrf= 2.10 Mtf= 0.33
 Principal axes:
 T Val= 4.30 Plg=47 Azm=205
 N 0.04 4 300
 P -4.34 43 33
 Best Double Couple: M0=4.3*10**19
 Mw=7.1
 NP1: Strike=182 Dip= 5 Slip= 152
 NP2: 299 88 86

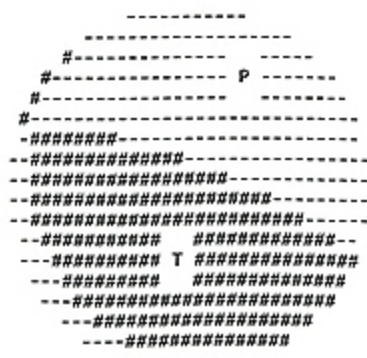


図3(a) ハーバード大学によるメカニズム解

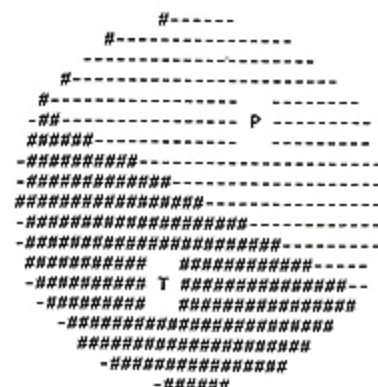


図3(b) 米国地質調査所によるメカニズム解

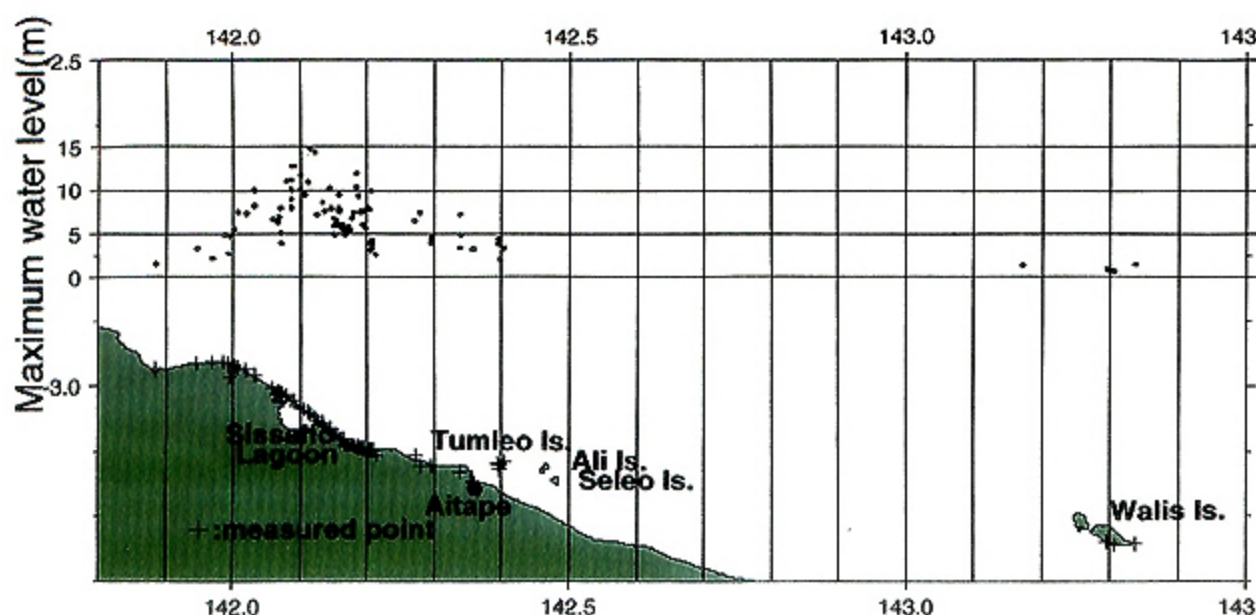


図4 「突発災害調査班」による被災域陸上調査の結果求められたシッサノ潟周辺での津波最大波高分布
 (http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai2/news/PNG.html より)

図4はその結果の一部であり、シッサノ潟周辺での津波の高さ分布の計測結果を示す。図4の下半分には津波高の計測地点が示され、また上半分にはその地点での測定値が示されている。例えば、シッサノ潟での平均津波高は約10mであり、局所的には15mを超えるところも見られる。一方、平均津波高が5mを超える範囲は海岸沿い約35kmに限られている。この地震自体に関する解析結果によると、マグニチュードは7.1であり、標準的な地震運動を仮定すると、断層面積は50km×25km程度、断層沿いの滑り量は2m程度となる。この断層運動から推定される津波の波高は沿岸でもせいぜい2m程度であり、また沿岸で津波が観測される範囲は数十kmに及ぶはずであるため、図4に示す様な津波波高分布を説明するためには、その原因を地震断層以外に求めなければならない。このように、地震の規模の割に被害を受けた地域が狭い範囲に限定されていることから地震に誘発された海底地すりの可能性が検討されていた。シッサノ潟の西側にはアーノルド川が存在し、雨期には大量の土砂が放出されている。この点を考えると、本震の強い揺れが原因となって海底の柔らかい堆積物が沖合の深い処へと滑り落ちる、所謂海底地すりが発生した可能性は高いと考えられる。海底地すりが発生すると、それに連動して海面の低下が起こり、津波発生の原因となる。しかしその場合でも、海岸での最大波高を説明するためには相当量の土砂の崩壊を仮定しなければならず、果たして現実には大量の土砂の崩壊が一時に起こるのか否か、疑問視され

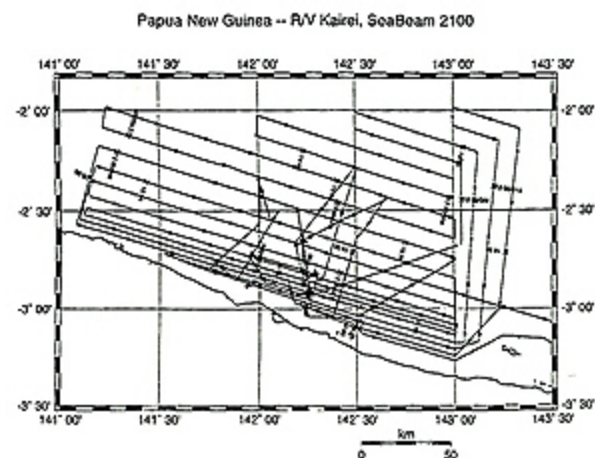


図5 「かいいり」調査SOS-1航海における調査測線。▲はピストンコア採取点を示す

ていた。また、沿岸での津波波高の増幅が如何にして生じるかについては、海面の変動過程と併せて海底地形の関与などの要因についても考慮しなければならないことが、併せて指摘されていた。

海洋科学技術センターは、SOPACからの要請を受けて、SOPACとの共同研究により本津波域の調査を行うこととなった。今回地震・津波の起こった海域では過去に精密地形調査等の系統的な調査研究はほとんど行われていなかったため、本研究においては、まず第一次調査と

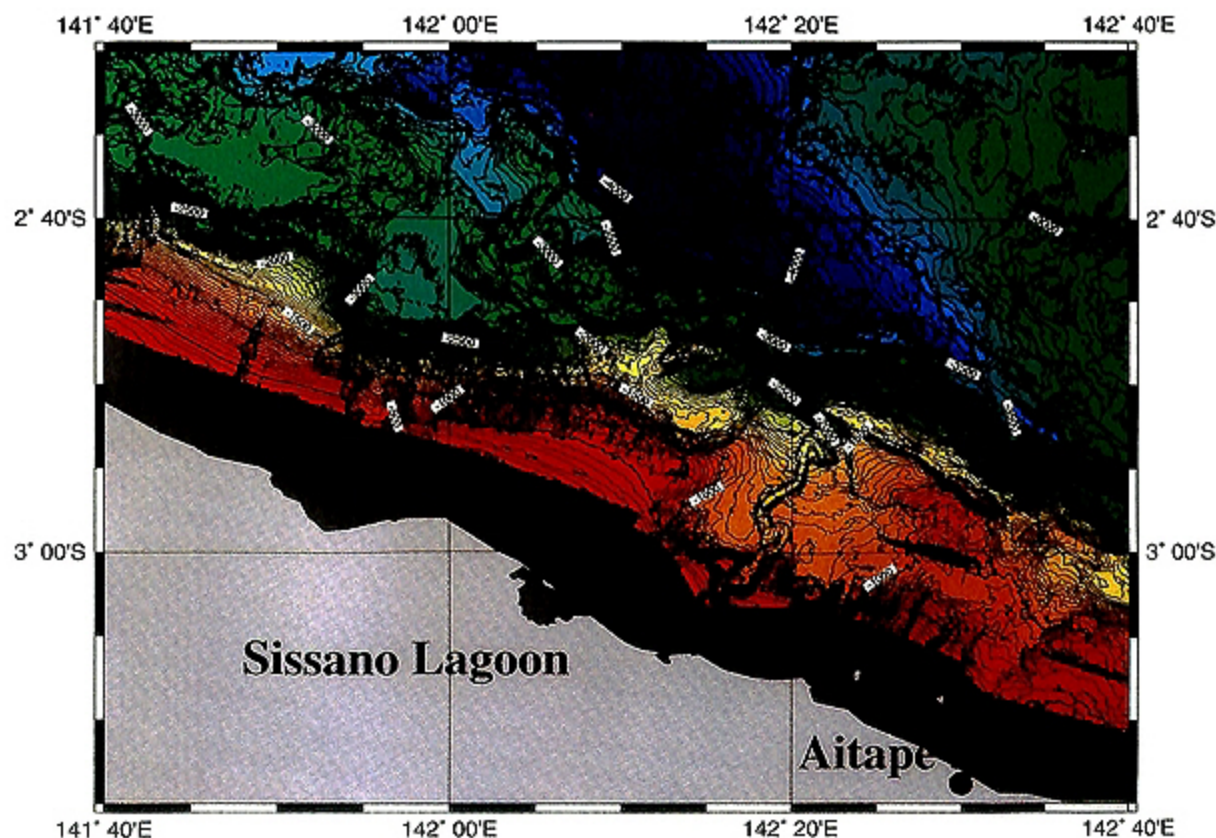


図6 「かいいり」調査SOS-1航海によって得られた海底地形

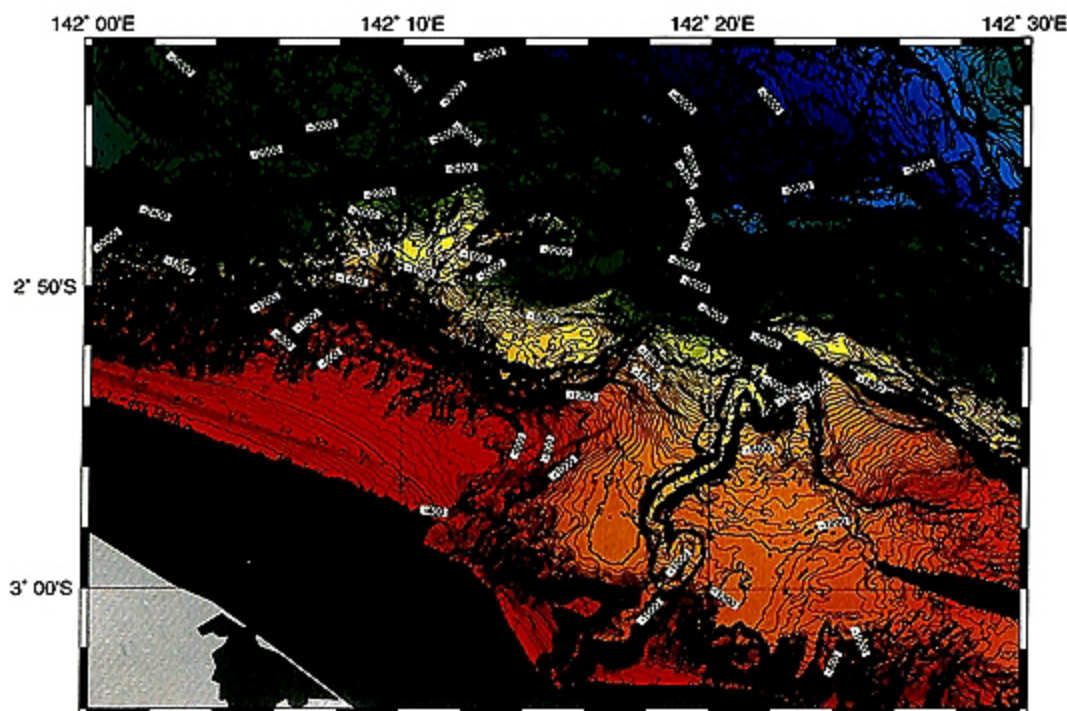


図7 「かいいい」調査SOS-1航海によって得られた海底地形のうち、シッサノ・ラグーン沖の部分拡大したもの

して、「かいいい」を派遣し、シービー型音響測深装置を用いた精密海底地形調査を中心とした地球物理調査を行った。調査行動中は、地形と併せて、重力・地磁気探について、その実態を解明することとした。また、その結果をもとに、第二次調査として、深海探査機「ドルフィン3K」及び支援母船「なつしま」を派遣し、海底精密目視調査を行った。「ドルフィン3K」調査では、主として、海底地質調査、海底変動状況の確認、試料採取を行った。さらに、それらの結果をもとに数値シミュレーションを用いて今回の断層運動あるいは海底地割りの発生地点の推定を試みた。

2. 「かいいい」調査「SOS-1 Cruise」

2.1 調査概要

今回のシッサノ・ラグーン沖地形調査の範囲は、最終的には、東経141度10分付近から143度20分付近まで、南緯2度以南の水深200m以深の区間となった。島に近いところでは、海岸線から約5km沖のところまで接近した。

調査海域での測線を図5に示す。測線の向きは海岸線にほぼ平行な西北西・東南東方向とした。測線間隔は、測深記録の探査幅を考慮してその都度決め直すこととした。航走中はSEABEAM2112装置による精密海底地形・海底反射強度測定、船上重力計による重力連続観測、磁力計による地球磁場観測を常時行った。但し、調査海域では潮目に流木や木片が溜まっていることが多いため、安全を考慮してプロトン磁力計による測定（センサーを300m後方に曳航して測定）は日出～日没間のみ行っ

た。また、計11本の測線についてサブボトムプロファイラ（SEABEAM装置のサブボトムプロファイラ機能）による海底下層堆積構造を求め、その結果をもとに、計4箇所（図5の▲印）で10mピストンコアによる堆積物採取を行った。

調査日程は下記の通りである。

- 1/2 研究者乗船、11時マダン出港、調査海域に向かう
- 1/3 シッサノ沖調査海域着、航走地球物理観測（地形・重力・地磁気調査）開始
- 1/4 航走地球物理観測続行
- 1/5 航走地球物理観測続行
- 1/6 航走地球物理観測続行
- 1/7 サブボトムプロファイラ調査（SEABEAM2112装置のサブボトムプロファイラ機能使用）
- 1/8 ピストンコアによる堆積物採取(PC-1, PC-2)、夜間航走地球物理観測続行
- 1/9 ピストンコアによる堆積物採取(PC-3, PC-4)、夜間航走地球物理観測続行
- 1/10 航走地球物理観測続行
- 1/11 シッサノ沖調査終了、調査海域発
- 1/12 9時マダン入港、研究者下船

2.2 地形調査結果

結果として得られた調査海域全域の海底地形を図6に、またその中で、シッサノ・ラグーン沖に当たる部分を拡大したものを図7に、それぞれ示す。

●津波の被害の最も大きかったシッサノ・ラグーンのある142° 05'E付近の沖には、幅30kmにも達する様な扇状地堆積物の浅瀬が20～30kmも沖に延びている。ここでは土砂が陸上から海に向かって活発に面的に供給されていることが推定される。この土砂の高まりは、沖合10km辺りまでは表面が滑らかであるのに、そこから沖では急に斜面に直交方向の細かい縞が幾重にも見られることが明らかとなった。表面の浸食が盛んになって堆積物が滑り落ちているのはその縞の現れるところから先と見られる。その辺りで勾配が急になっていることも関係がある。そしてその浅瀬の東端で等深線が鋭角に折れ曲がって陸上に迫っており、海底の深まりがシッサノ・ラグーンの方を向いている様な印象がある。

●シッサノ・ラグーンの東側には幅1km程の海底谷があり、これは激しく蛇行している。この蛇行河川は海岸にまで達していると見られる。

●このほか、もっと小さいスケールの地形を見ても、島棚斜面上に海底谷が無数にある様子で、島棚が浸蝕を受けていると同時に、大小様々な規模の海底地切りが頻繁に起こっていることをうかがわせる。

●シッサノ・ラグーン沖の西側に当たる2° 40'S, 141° 40'~55'E付近、2° 45'S, 141° 55'E ~ 142° E付近、東側に当たる2° 50'S, 142° 10'~15'E付近、3° S, 142° 15'~20'E付近に、それぞれ、基盤が円形に、しかも陸側に向かって凸をなす様にえぐれた地形が見られた。それらの円弧の直径は15~20km程度である。それぞれ、沖に向かって土砂が流出してたまった様な痕が地形図から読み取ることが出来る。今回の確認された上記4箇所の「円弧滑り」痕のうち、シッサノ・ラグーンのある142° 05'E付近の扇状地を境に、西側2個は古そうであり、東側2個は新しそうに見える。

●また、南緯2度47分付近を東西に走る断層崖も見られ、これは地形の形態から判断すると、左横ずれ断層となっている。

●東から2番目の「円弧滑り」の中には水平規模約10kmの地形の高まりがある。この高まりの原因として、火山起源であることも検討したが、地磁気測定の結果、磁気異常がないことを考慮すると、火山性のものとは考えられず、「円弧滑り」の結果生じた下面側の高まりとも考えられる。

●調査の最終段階には、アイタベ沖よりも東に相当する142.5°~143° E沖の海岸に近い範囲の地形調査を行った。この海域にも何本もの小規模な海底谷が走っており、陸上から土砂が供給されつつ浸蝕を受けている様子である。

2. 3 ビストンコアによる堆積物採取

本海域でのビストンコア採取は、今回海底地切りを起こした可能性のある処で試料を取り、表層に乱泥流があるか否かを確認するとともに、その場所での過去の乱泥流の可能性を確認するために行うものである。位置、水深及び回収状況を表1に示す。また採取試料の記載結果を図8に示す。明らかな表層の乱泥流の痕は確認されな

表1 ビストンコア採取地点の位置、水深及び回収状況

List of KR98-13 Piston Cores

Site	Latitude (°)	Longitude (°)	Water Depth (m)	Recovered (cm)
PC-1	2.38.9890 S	142.13.5186 E	4161	802.5
PC-2	2.54.7098 S	142.15.3413 E	913	827
PC-3	2.49.1080 S	142.16.9336 E	2282	718.5
PC-4	2.43.3438 S	141.57.7814 E	3252	841

Lithology of cores recovered in the North shore of PNG

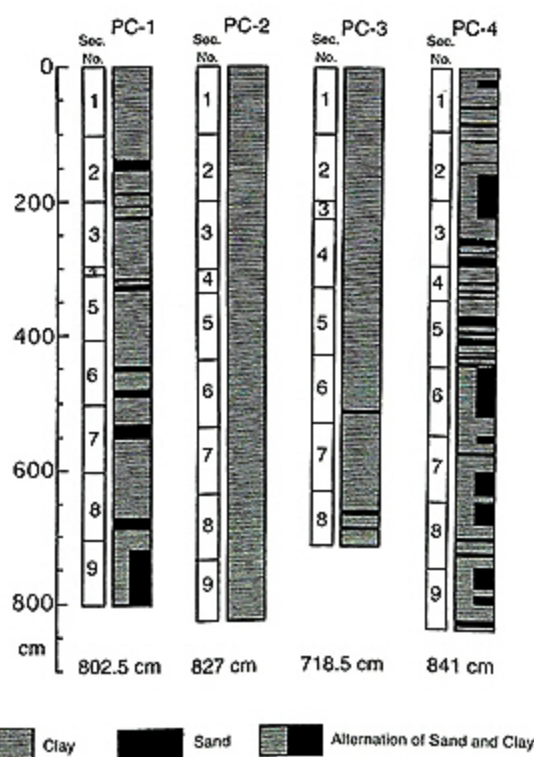


図8 ビストンコアによる採取試料の記載結果

かったが、PC-1及びPC-4には頻りに砂層が現れている。厚さ3~4 cm程のその砂層のうち、下方から上方に向かうにつれて粒が次第に小さくなる様子も観察された。しかもこれらが層序として相対対応していないことから、広域的な海進・海退に起因するものではなく、過去に乱泥流が局地的に繰り返し発生したことを示唆している。

3. 「ドルフィン-3 K」調査潜航「SOS-2 Cruise」

3. 1 調査概要

先の「かいれい」による海底地形調査結果をもとに、シッサノ・ラグーン沖20~40 km付近に見られる、海底地切りにより起きたと思われる新鮮な崩落箇所、或いは断層運動により起きたと思われる断層崖のうち、最も勾配が急であり、新鮮な滑り面の露出している箇所などを、

割り出し、平成11年2月21日から26日にかけて、深海探査機「ドルフィン-3K」及び支援母船「なつしま」による海底精密調査を行った。ここでは主として、海底地質調査、海底変動状況の確認、及び底質試料採取を行い、今回の断層運動あるいは海底地割りが実際にどの場所で起こったかなど、海底変動の具体的な地点を特定することを目指した。

調査日程（現地調査海域のみ）は、以下の通りである。

平成11年2月19日（金） マダン出港・回航

20日（土） 回航・調査海域着・事前調査

21日（日） 「ドルフィン3K」第398潜航

22日（月） 「ドルフィン3K」第399潜航

23日（火） 「ドルフィン3K」第340潜航

24日（水） 「ドルフィン3K」第401潜航

25日（木） 「ドルフィン3K」第402潜航

26日（金） 「ドルフィン3K」第403潜航

27日（土） フリーフォール・回航

28日（日） 回航

3月 1日（月） マダン着

3. 2 「ドルフィン3K」による目視観察結果

○第398潜航

シッサノ・ラグーンの沖約20kmのところの円形に縁取られた北落ちの地盛り地形の調査。潜航コースは水深1600mから1000mまでの、北から南に向かって急崖を登るコースとした。最初の着底点付近は柔らかい堆積物に覆われ、深海生物やその生物の這い痕が多く見られた。しかし水深1530m辺りの斜面上にやや崩れた痕らしいものが見られた。更に斜面を登ったところ、東西方向に延々と続く、幅2m程の大規模な地割れが見られた。地割れの淵は相当鋭く、割れた面には水平な地層も見られ、中に柔らかい堆積物がたまっていることから、相当新しそうである。更に登って行くと、水深1500m辺りにも、より大規模な地割れ群が現れ、またそのすぐ上には、明らかに上から落ちて来た泥の塊が溜っていた。

○第399潜航

シッサノ・ラグーンの沖約30kmのところにある東西方向に走る北落ちの断層性の急崖の調査。この急崖は長さが40km以上もあると見られ、マグニチュード7級の地震に相当する（但し、昨年の地震津波の際に動いたか否かは不明）。潜航コースは北から南に向かい、水深は2700mから2000mまで。最初の着底点は泥に覆われ、勾配は緩やかであったが、水深2650m辺りに達すると、部分的に礫や泥の塊などが頻りに現れ、水深2540mに達すると、小礫が急斜面に沿って並んでいる様子が見られた。更に上方の水深2475m辺りには海底が大きく崩れた痕や深さ5m以上もある地割れ、ブロック状になった岩肌の露出があり（写真1）、このような顕著な変動痕は水深2390m迄続いた。この辺りの斜面の勾配は45度である。但し、全体的に見て、海底に溜まった礫が薄く泥を被っているなど、断層運動としては若干古そうな印象がある。



写真1

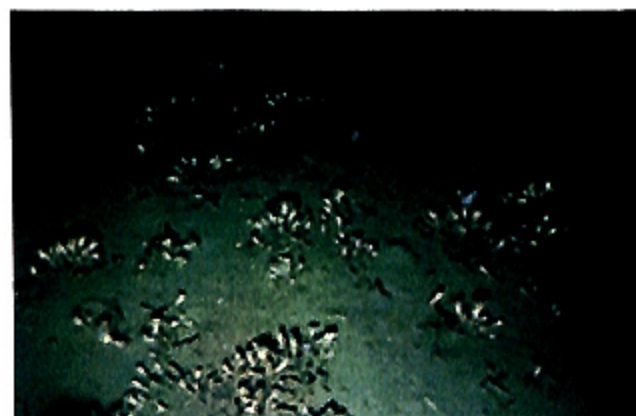


写真2



写真3

○第400潜航

シッサノ・ラグーンの北東沖約20kmのところを調べた。先の「かいらい」による地形調査の結果、ここには直径2000m程の環礁が約500m弱程沈降した痕があることが判明し、最近の大規模変動痕を調べる目的で調査を開始した。この沈んだ環礁の東北東約3kmの、水深1000mのところからこれに接近。斜面を上昇する途中、白い二枚貝の死貝やチューブワーム群が見られ（写真2）、更に環礁に接近すると、環礁の東側の縁に当たる部分に二

枚貝がびっしりと詰まった生物群集が見られた（写真3）。貝類のうち、黒色の立っているものはシンカイヒバリガイの生貝であり、白色の散乱しているものはシロウリガイ、若しくはハナシガイ科の二枚貝の死貝であった。生きたチューブワームも2匹採取した。これらは明らかに冷湧水性の化学合成生物群集である。その後、珊瑚礁痕の山の頂上を越えて反対側の下り斜面に達したが、珊瑚礁が鋭く割れていたり、陥没があるなど（写真4）、環礁が沈んでいく過程で相当変形を受けたことが推定される。

○第401潜航

第398潜航の調査地点の沖約10kmのところにある東北東-西南西方向に約5km延びる海丘の南側の急崖の調査。頂上、麓の水深はそれぞれ約1450m、2240m。最初の着底地点は、平坦で柔らかい堆積物が積もり、生物活動が盛んであった。水深2200m辺りから、上から落ちてきたと思われる岩が見られるようになり、更に斜面を登ると、水深2160m辺りから先に斜面に直交方向のうねりが現れ、場所によってはそのうねりの窪んだところに小石がたまっていた（写真5）。その窪みの一つを追って斜面を登って行くと、水深2100mの辺りで途切れており、そこでは鋭い縁取りのある崩落となっていた（写真6）。

崩落の起こった時代は新しそうである。この地点から等深線に沿って西に進むと、海底が数十cm滑った痕、斜面崩壊痕などが現れた。この辺りがこの斜面上で最も勾配の急な処に相当するので、この海丘斜面の水深2100mから上、1800m辺りまでの部分が一斉に崩落した可能性がある。斜面を横に進んで行った途中には、バクテリアマットらしきものや、シロウリガイの死貝群集が斜面の上から下に向かって列をなしている様子や、チューブワームも見られた。ところが、その後頂上を目指して登ると、水深1600mから上は全く変動地形が見られなかった。この海丘については、斜面の中腹だけが断層或いは崩落とかの変動が起きていると見られる。

○第402潜航

第398潜航で地回り地形上で見られた地割れが果たして西方にどれ程続いているか、また、その深さ方向の分布はどのようなものであるかを調べる目的で、潜航を行った。まずは第398潜航の地点から西方に向かって地割れを追った（写真7）。この地割れは西北西-東南東方向を向いており、割れたところが非常に鋭い淵になっていて、中に土砂がたまっていることなど、形成された時代は極めて新しい。ところが、この地割れは延々と続くのではなく、100～200mぐらい続くと消え、その消えた



写真4



写真6



写真5



写真7



写真8



写真9

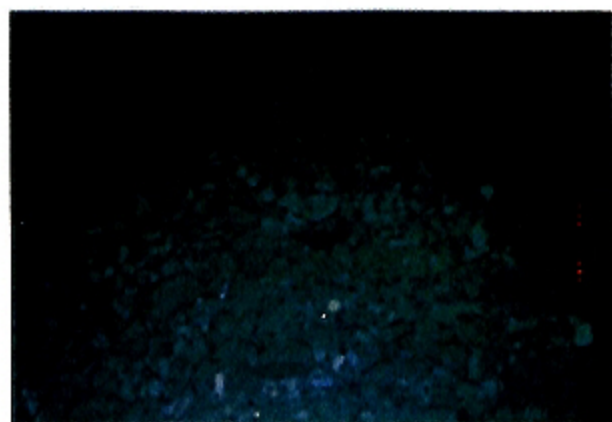


写真10

辺りからまた別の地割れが始まり、また100～200mぐらいで消えるという雁行配列をしている(写真8)。これはこの辺り一帯に働く剪断応力による。このような地割れは、断層性であるとも、また、海底地り面の上部に発生するものとも考えられる。北落ちの斜面の西の端の方にある緩勾配の斜面上にも幾つもの地割れ痕があったが、これらは、泥に埋もれているなど、相当古そうである(写真9)。その緩斜面の上に当たる急斜面の麓には上方で崩れて落ちて来たと思われる角礫があり(写真10)、さらにそのすぐ上では崖の基盤が露出していて、しかもそれが崩れている様子が見られた。

○第403潜航

シッサノ・ラグーンの北方約30kmのところの東西方向に約40km続く断層性の急崖はところどころ途切れていて、第401潜航で調査した海丘のところもその一つである。そこで、この山の北東側の、水深2660mのところから南西方向に向かって近付き、断層の連続性を確認するための潜航を行った。海底はところどころにうねりがあるものの、全体は厚く泥を被っていて、東西方向に割れた様子などの明らかな変動は見られない。小さい落差や崩壊痕なども見られ、また水深2200m付近で薄く泥を被った基盤岩の露出もあったが、全体として時代は古そうである。「東西方向に延びる長さ40kmの断層」という仮説は完全に棄却された。小さい落差や崩壊痕なども見られ、また水深2200m付近で薄く泥を被った基盤岩の露出もあったが、全体として時代は古そうである。「東西方向に延びる長さ40kmの断層」と云う仮説は完全に棄却された。

4. 津波伝播シミュレーションによる推定

以上の結果は、津波伝播シミュレーションによって確かめられる必要がある。そこで、「ドルフィン3K」調査航海に於ては、乗船中に得られる海底の状況に関する新情報をもとに、また、「かいいい」により得られた新しい地形データを利用して、津波伝播シミュレーションを行い、波源の特定化を行うことに努めた。

図9はその一例であり、2°48'S, 142°14'Eの高まりの

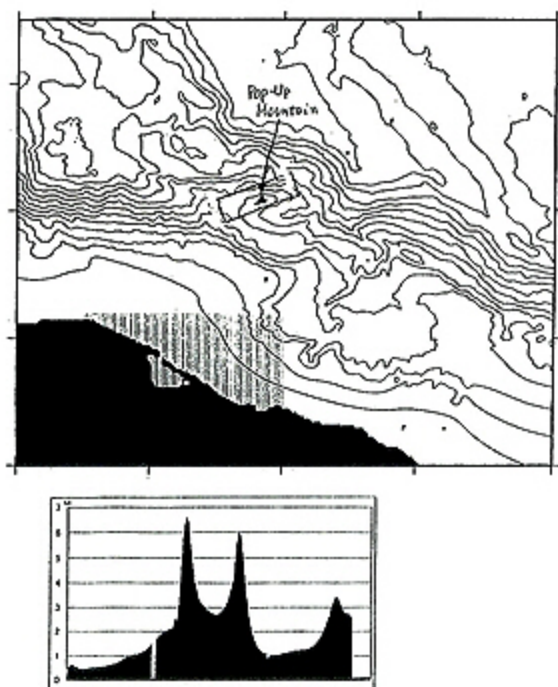


図9 本調査結果をもとにした津波伝播シミュレーションの一例。図に示す場所に長さ15km、幅10km、滑り量2m、傾斜角75°、走向70°の断層を仮定し、海岸での最大波高を求めた

南側斜面に中心があるとした断層によって海岸で期待される最大波高分布を示す。ここで用いた断層パラメータは、長さ15km、幅10km、滑り量2m、傾斜角75°、走向70°とした。結果として、最大波高のパターンは観測値と一致する。絶対値については一致してはいないが、線型近似を行う場合は断層の変位量を調整することによって観測値を再現することが可能である。但し、同じ場所で同程度の海底地切りが発生した場合でも海岸で同様の最大波高が期待されることから、このシミュレーション結果は、必ずしも断層起源であることを結論付けるものではない。重要な点は、シッサノ沖の最大波高のピークが海底谷に対応していることであり、海底谷による津波の増幅の効果が著しく大であり、その結果、特定地域に集中して被害が生じたことである。このことは、「かいいい」調査による新しい地形データを用いることにより、初めて示された結果である。

5. まとめ

結論として、マグニチュード7の本震による断層運動がもとで津波が起きた可能性は小さく、津波の原因は今回見られた幾つかの小規模な断層、或いは海底地切り、或いはそれらが複合して発生したことが原因であり、しかもその場所は、今回調査を行った2° 50'S, 142° 15'Eを中心とした半径約8kmの範囲内で起こった地殻変動が津波の発生の原因であることが明らかとなった(図10)。これは、上記範囲内に非常に新しい地割れや地すべりの痕などが見られたこと、この範囲内で地殻変動が起こったと仮定して津波伝播のシミュレーションを行った結果、陸上で計算上最大波高が現れる位置と実際に陸上で最大波高が現れた位置がほぼ一致したことから推定される結論である。

(原稿受理: 1999年8月17日)

- Fissures
- Landslide
- △ Mussels and clams

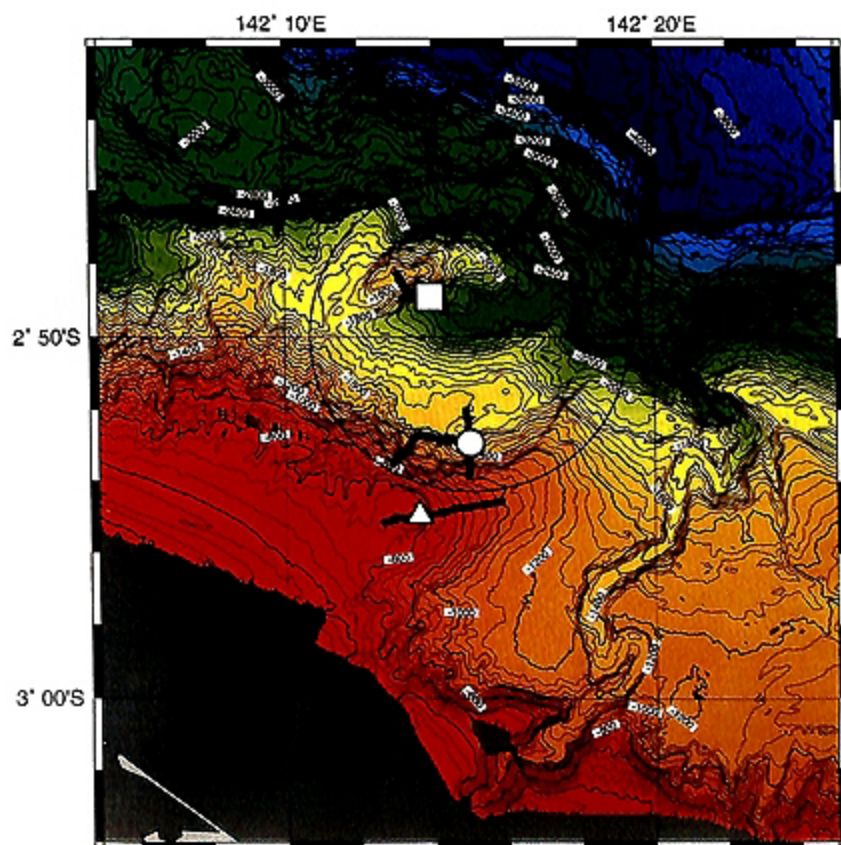


図10 「ドルフィン3K」調査航跡及び海底で確認された諸現象。図の円内で発生した地殻変動が津波の発生原因であることが明らかとなった