

## 2002年 Stromboli 火山性津波の現地調査

藤間 功司<sup>1)</sup>・今村 文彦<sup>2)</sup>・箕浦 幸治<sup>3)</sup>・鳴原 良典<sup>2)</sup>・安倍 祥<sup>2)</sup>・前野 深<sup>3)</sup>・  
Alberto Armigliato<sup>4)</sup>・Stefano Tinti<sup>4)</sup>・Gerassimos. A. Papadopoulos<sup>5)</sup>

## 1. はじめに

2002年12月28日頃から2003年1月4日頃にかけて、イタリア・シチリア島沖に位置する Stromboli 島で、活発な火山活動があり、同時に津波が発生したと報告された。Stromboli 島は海岸線の直径が 4 km ほどの常時噴火が観測できることで著名な火山島であり、島内にある イタリア地球物理火山研究所 INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) の観測所で火山活動が常時モニターされていた (図-1 参照)。そのため、2002年12月28日からのイベントに関しても、多くの情報が直ちにインターネットに発信された。そして、その中には津波の情報も含まれていた。

<http://www.ct.ingv.it/Stromboli2002/Main.htm>

<http://www.educeth.ch/stromboli/beso/bes02c-en.html>

津波に関する第 1 報は、12月30日13:45にもたらされた。このときの情報は、「13:25に強い噴火があった。この噴火が、Sciare del Fuoco の斜面にあった溶岩の塊 (または、より広い部分) を崩壊させたようだ。Ficogrande から Scari にかけて小さな津波が観察された。

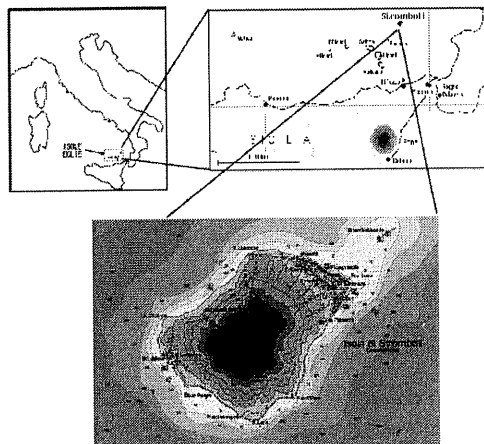


図-1 イタリア南部 Eolie 諸島及び Stromboli 島の位置

Ficogrande では道路の上まで、Scari ではヘリ発着場の上までである。Ginostra でも、港の中の船が流された」というものであった。その後、同日14:55には、「現在、停電中である。多分、海岸付近にある発電所の損傷が原因と思われる。発電所の壁や建物は、最初に津波によって被災したと報告されている」との情報が流されている。実際に島内にいた人々により来襲していた津波の姿が撮影された。写真-2 は、街の中心にある教会から Pta. Lena 付近を連続的に撮影したもので、左側から沿岸に沿って伝搬する津波の姿が見られる。これは1983年日本海中部地震津波の北秋田海岸で確認された津波 (エッジポア) と大変似ている。写真-3 は、発電所の付近での噴煙と来襲する津波である。間一髪で津波から逃げ出すことができた。

なお、Sciare del Fuoco とは、島の北西にある勾配約36度の崖を指す地名である。Sciare del Fuoco の写真を写真-1 に示す。この崖は

<sup>1)</sup> 防衛大学校建設環境工学科

<sup>2)</sup> 東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター

<sup>3)</sup> 東北大学大学院理学研究科地学専攻

<sup>4)</sup> Dept. of Physics, Sector of Geophysics, Univ. of Bologna, Italy

<sup>5)</sup> Inst. Geodynamics, National Observatory of Athens, Greece

繰返し溶岩流が流れ落ちている場所で、英語に直訳すると **Ski of Fire** という意味になる。**Ficogrande** や **Scari** は島の北東部に位置する集落である。島の北東部だけが比較的平坦な土地で、島のほとんどの施設がここに集まっている。**Ginostra** は、島の南西部にある小さな集落で、島の北東部以外にある唯一の集落である。(図-2 参照)

さらに、翌12月31日には、「昨日は情報が混乱していたので、不要な騒ぎを避けるために津波を‘小さな’と形容したが、時間がたつにつれて、津波がもたらした被害の深刻さが明らかになってきた。もっとも大きな被害は **Ginostra** で起こったが、北東部の集落でも多くの船や建物が被害を受けた。少なくとも3人の観光客が怪我をした(6人という説もある)。他の **Eolie** 諸島やシチリアの **Milazzo** にも津波が到達した」との報告が入った。さらに、「山頂が吹き飛ばような噴火は起きていない。しかし、昨日の午後、地元の火山ガイドが **Sciare del Fuoco** の中腹に大きな地滑り跡を見ている。また、シチリアの **Catania** にある **INGV** の地震計が、13:15と13:22の2回にわたり、非火山性の震動を捕らえている」と、前日の地滑りが津波を発生させたという予想に対し、具体的な証拠を挙げている。

我が国でも、1741年に渡島大島で火山噴火、または噴火に伴う地滑りなどが原因と考えられる津波が発生しており、火山研究者だけでなく、津波研究者もこのイベントに注目していた。上述のように、現地からの報告は非常時の緊迫感の中にも的確な分析がなされた優れたものであったが、現地が住民以外立入禁止になったこともあり、津波の到達時刻、波形、高さといった津波研究者が入手したい情報はなかなか得られなかった。

そこで、2003年3月に立入禁止が解除された直後に、まずイタリアのポローニャ大学の **Tinti** 教授らのチームが現地に入り、観測や情報収集を行った。次いで東北大、防衛大、ポローニャ大などのグループで現地に入り、津波高さなどの測定を行った。本論文ではその調査結果を述べる。

## 2. 調査の概要

調査は以下の日程で行った。

- [3月10日] 東北大(今村, 阿部)グループ、イタリア到着。資料収集。
- [3月13-16日] 東北大(今村, 阿部)グループ、ポローニャ大で **Tinti** 教授らと情報交換および研究打ち合わせ。
- [3月17日] 全メンバーが **Reggio di Calabria** に集合。
- [3月18日] **Eolie** 諸島で最大の島、**Lipari** に到着。港などで聞き込み調査。
- [3月19日] **Stromboli** 着。調査開始。
- [3月21日] **Stromboli** を出発し、**Reggio di Calabria** に到着。
- [3月22-23日] 帰国。

**Lipari** での聞き込み調査では、津波の波数や、引き初動なのか押し初動なのか、といった事柄を中心に調べた。**Stromboli** では、同

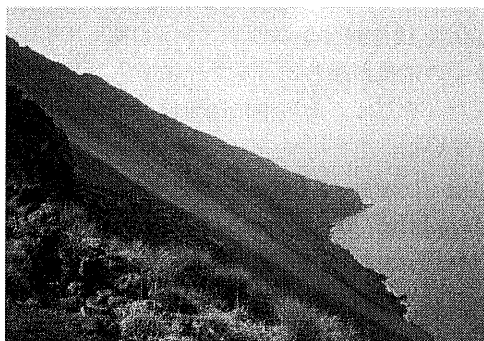


写真-1 **Sciare del Fuoco** (2003年3月21日撮影)

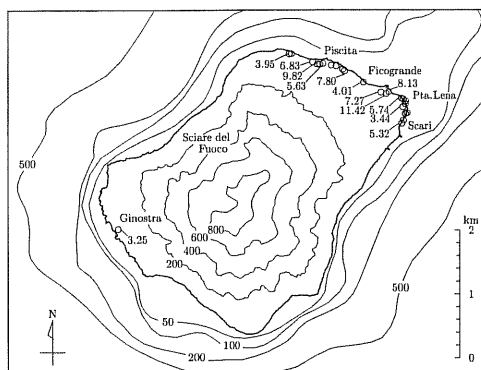


図-2 **Stromboli** の地形図と計測場所

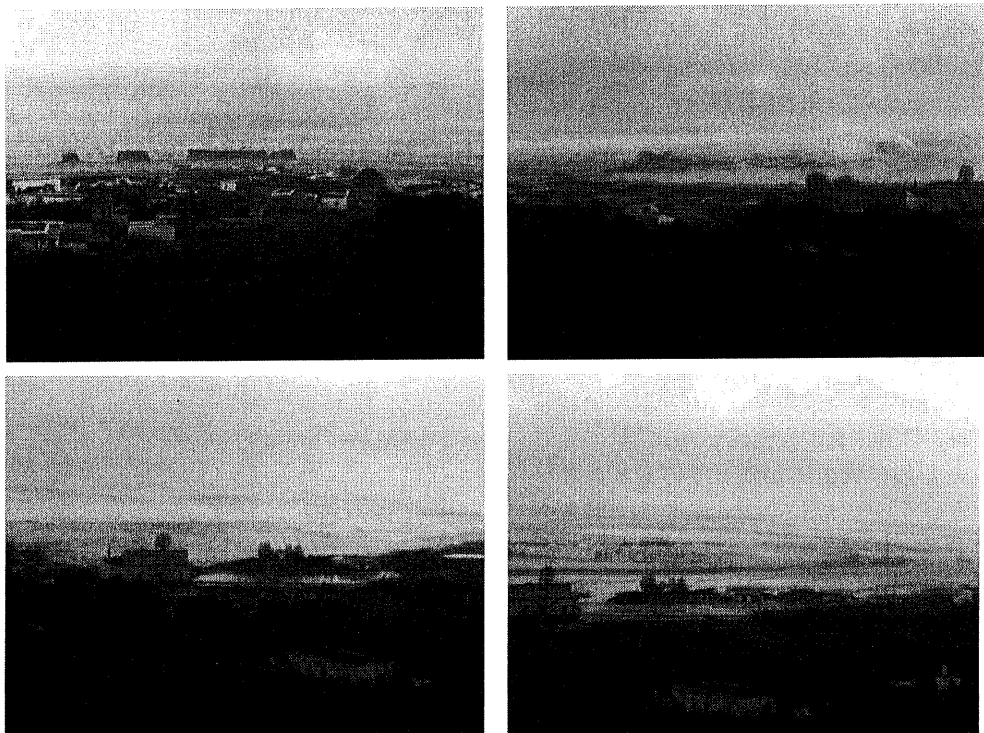


写真-2 PtaLena 付近に来襲する津波

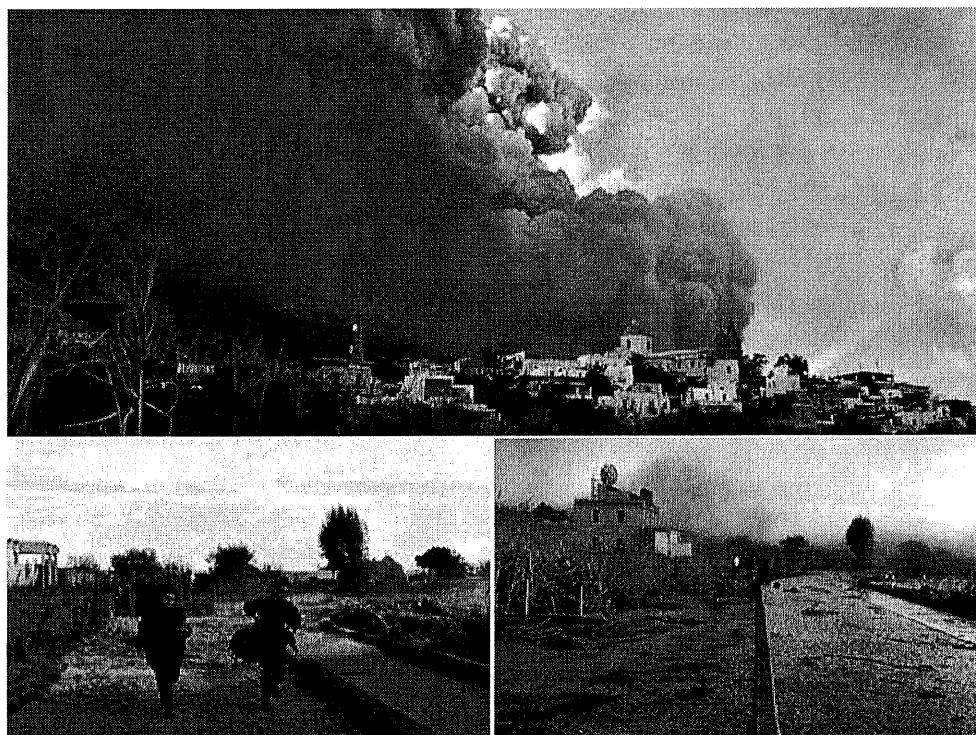


写真-3 発電所付近に来襲する津波

様の聞き取り調査を行うとともに、聞き取り調査や痕跡をもとに津波の到達高さを光波測距器で測定した(図-4参照)。

### 3. 調査結果

#### (1) Stromboli 島

Stromboli 島の聞き取り調査の結果、すべての場所で津波は引きから始まり、2波または3波来襲したことがわかった。周期は5-10分程度だったようである。津波来襲時間に関しては、津波来襲が大規模な火山活動の最中だったため、火山灰が降っているときだった、という証言はあるものの、時刻を特定するのは難しい。さらに、目撃証言を聞いたり、痕跡を確認して、津波の到達点を選び、海面からの高さを測定した。写真-4~7に、測定現場の例を示す。目撃証言によると、写真-4の石垣の上の道路まで津波が到達していた。また、石垣の下には津波によって流されたボートが痕跡として残されていた。このようにして津波到達高を測定した場所と、代表的な点での到達高を図-2に示す。計測された津波到達高はGinostraで約3m、島の北東部で4-11mで、特にPiscitaやFicograndeで大きな高さが計測された。引き波の大きさに関しては、Ficograndeでブイの場所(水深15m)まで引いたという証言が得られている。

また、Ficogrande付近では、まず島を時計回りの方向にエッジボア状の津波が伝播し、次に反対方向から津波が来襲したらしい。実際、Pta.Lenaではフェンスが海から陸側に、つまり北側から南側に向かって倒れていたが(写真-8)、Scariにある発電所付近を境に、反対に北向きに向かって倒されており(写真-9)、上述の目撃談と符合している。さらに、津波により沖合から陸上に移動し残された岩(写真-10)や、家内に入った津波により、天井が押し上げられ、壁にヒビが入った様子(写真-11)がわかる。

なお、津波は発電所の建物の床面程度までしか達しておらず、当初の、津波が発電所に

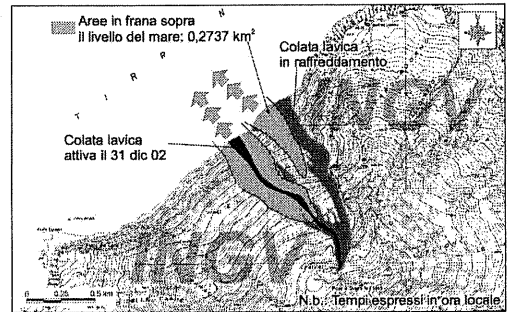


図-3 Sciare del Fuoco で流れ出した火砕流の面積

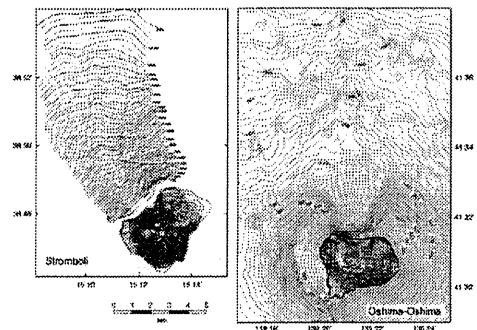


図-4 Stromboliの島と渡島大島(北海道)

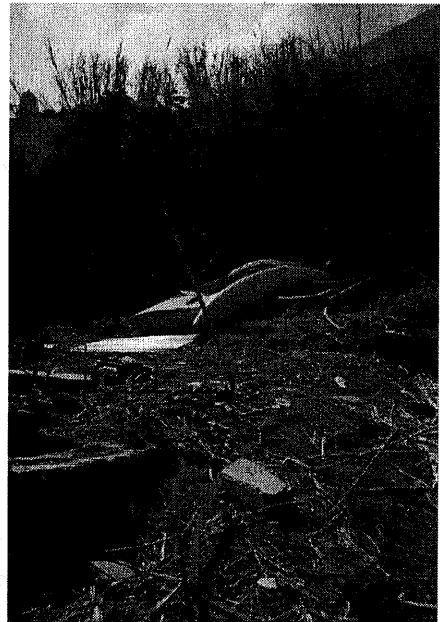


写真-4 痕跡の例(Piscita, 2003年3月19日撮影)

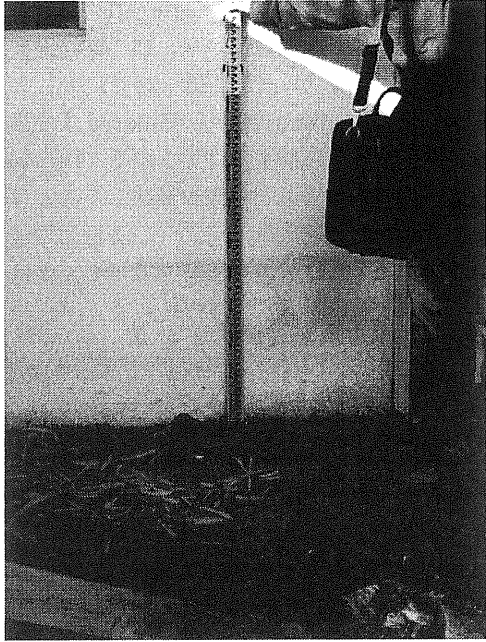


写真-5 壁に残された痕跡の例 (Pta Lena, 2003年3月19日撮影)

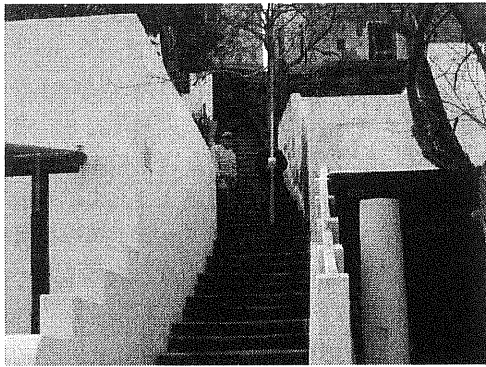


写真-6 証言により得られた津波の遡上高さ (Ficogrande, 2003年3月19日撮影)



写真-7 津波に倒されたフェンス (Pta. Lena, 2003年3月20日撮影)

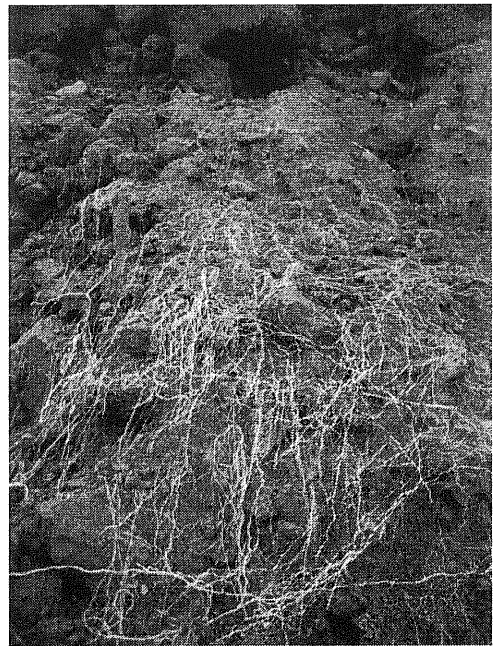


写真-8 津波により削られた岩肌 (P.Labronco, 2003年3月20日撮影)

損傷を与えたという情報は疑わしい。また Ginostra でもっとも被害が大きかったという情報も疑わしい。

## (2) Stromboli 以外の島

Lipari 島は Stromboli から約40km離れた島である。Lipari での聞き込み調査では、フェリー乗り場で30分間に5-6回の海面の上下動(3波という意味かもしれない)があったことが分かった。浸水はしていないということなので、岸壁の高さから推測して、津波高さ

は70-80cm程度だったと思われる。フェリー乗り場以外の地区でも、Porto Pignataro, Canneto, Acquacaldaなどで津波が観察されている。Cannetoでは大きな渦が見られたそうである。Lipariでの聞き込みでは、波数や初動の方向など、場所によって証言に相違があったが、波数は3波程度という証言が多かった。また津波来襲時刻は13:30程度(もっと早かったと言う話もある)だったようである。



写真-9 津波に倒されたフェンス (Scari, 2003年3月20日撮影)

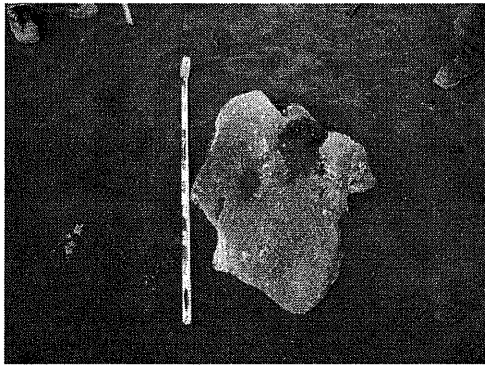


写真-10 津波によって砂浜に移動した岩 (Scari, 2003年3月20日撮影)



写真-11 屋内に侵入した津波によって天井が持ち上げられた跡 (Ficogrande, 2003年3月19日撮影)

我々は時間の関係で調査できなかったが、Stromboliに最も近く距離約20kmのPanarea島や、約40kmのSalina島でも津波が観測されている。2003年7月の国際津波シンポジ

ウムでのTinti教授の発表<sup>3</sup>によると、Panareaの検潮記録から、13:20に津波が到達している(ピークは13:24で1.2m)と断定できる。StromboliからPanareaまで津波は5分程度で伝播するはずなので、13:15の第1回目の地滑りで津波が発生したことはかなり確かだと言える。(ただし、2回目の地滑りがどのように津波に影響を及ぼしたかはよく分からない。)

#### 4. おわりに

上述のように、Stromboli津波は、13:15の地滑り、または13:15と13:22の2回の地滑りで発生したものと考えられる。INGVは、1回目の地滑り量を $5 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、2回目を $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ と評価している。ただし、地滑り面が海底にまで及んでいること、12月30日以降の火山活動により、地表の地滑り跡が1月4日までに埋めつくされてしまったことから、正確な地滑り量を評価することは難しいだろう。

今回のStromboliの津波は渡島大島の津波と共通点が多く、わが国の防災対策上も、津波の発生・伝播を再現できるようにする必要がある。そのためには、海底までおよぶ地滑りによる津波発生モデルやエッジポアを再現するモデルの開発が必要である。さらに、入り組んだ路地や階段を考慮に入れることが可能な数値モデルの開発も望まれる。

#### 参 考 文 献

- 今村文彦, 松本智裕: 1741年渡島大島火山津波の痕跡調査, 津波工学研究報告, 第15号, pp.85-105, 1998.
- Tinti, S., et al.: Post-Event Survey of the Disastrous Tsunami of 30 December 2002 Hitting Stromboli Island, Italy, IUGG2003 Abstract, JSS07a/09P/D-013, 2003.

表-1 調査により測定された津波高さ

No.	Location (GPS)		Time	Marks	Measured height (m)	Measured distance from the shore (m)	Reliability (A/B/C/D)	Name of location at Stromboli
19.Mar.03								
1	38°48.761′	15°13.365′	11:49	fresh shell	3.95	18.04	A	Spiaggi Longa
2	38°48.761′	15°13.365′	12:00	pulled down grass	9.15	23.89	B	Spiaggi Longa
5	38°48.759′	15°13.342′	12:21	pulled down grass	9.52	23.76	B	Spiaggi Longa
6	38°48.759′	15°13.342′	12:24		7.9	22.93	B	Spiaggi Longa
8	38°48.686′	15°13.598′	12:46	moved boat	6.83	57.31	A	Spiaggi Longa
11	38°48.668′	15°13.645′	12:55	witness	6.54	63.71	A	Piscita
13	38°48.668′	15°13.645′	13:00	witness	9.82	75.29	A	Piscita
14	38°48.673′	15°13.700′	13:16	sand on the teras	8.12	48.85	A	Piscita
16	38°48.665′	15°13.667′	13:27	damaged window	5.63	50.77	A	Piscita
18	38°47.213′	15°11.494′	15:54	witness	3.25	23	A	Ginostra
20.Mar.03								
21	38°48.658′	15°13.795′	9:30	pulled down grass	8.15	51.87	B	Spiaggia Castriota
23	38°48.651′	15°13.849′	9:50	witness	6.3	33.19	C	Grotta di Eolo
25	38°48.622′	15°13.918′	10:05	witness	4.09	41.21	C	Spiaggia Caterola
27	38°48.607′	15°13.936′	10:19	witness	7.8	52.11	A	scalo del balordi
30	38°48.507′	15°14.144′	10:50	sand in house	3.17	27.06	A	scalo del balordi
31	38°48.507′	15°14.144′	10:52	witness	4.01	32.44	A	
36	38°48.418′	15°14.327′	11:32	damaged house	7.27	72.85	A	Ficogrande
39	38°48.406′	15°14.385′	12:15	debris	10.46		A	Ficogrande
41	38°48.406′	15°14.385′	12:18	debris	9		A	Ficogrande
45	38°48.406′	15°14.385′	12:31	debris and witness	11.42		A	Ficogrande
46	38°48.424′	15°14.414′	12:35	debris	8.13	64.28	A	Ficogrande
48	38°48.358′	15°14.573′	13:04	pulled down grass	5.11	41.4	A	Punta Lena
50	38°48.367′	15°14.557′	13:18	pulled down grass	5.74	18.67	A	Punta Lena
52	38°48.342′	15°14.598′	13:27	pulled down grass	3.46	48.45	B	Punta Lena
54	38°48.314′	15°14.595′	15:37	witness	3.08	86.49	A	Scari
56	38°48.289′	15°14.570′	15:50	witness	3.44	120.24	A	Scari
60	38°48.235′	15°14.614′	16:08	sand on wall	3.02	58.75	B	Scari
65	38°48.230′	15°14.598′	16:21	destroyed wall	4.8	54.87	B	Scari
67	38°48.172′	15°14.576′	16:30	witness	4.27	121.37	B	Scari
71	38°48.143′	15°14.560′	16:48	witness	5.32	91.72	A	Scari