地震研究所彙報
第42号 (1964) 741-780頁

38. 1964年6月16日新潟地震にともなう津波の調査

地震研究所 相田 勇
梶浦欣二郎
羽鳥徳太郎
桃井高夫

(昭和39年7月14日発表—昭和39年9月30日受理)

緒 言

1964年6月16日 $13^h 01^m 40^s$ 新潟県粟島南西方 (34.4°N, 139.2°E, 深さ 40 km) を震源としてマグニチュード7.7に及ぶ大地震が発生した. この地震によつて, 新潟, 山形両県下は甚大な損害を受けたが, 震源附近では顕著な地殻変動を生じ, 発生した津波が日本海沿岸地方を襲つた.

われわれは地震発生直後, 気象庁発表や, 各新聞情報などによつて, 津波の情況の把握につとめたが, そのほか, 1) 今度の地震の震源と思われる地域とほとんど同じ地域を震源とする 1833年 (天保4年) の地震は, マグニチュードが今回のものより小さい 7.4 であるが津波による被害を佐渡, 出羽, 越後などの海岸に与えていること, 2) 粟島やそれに近い海岸は地殻変動域の中に含まれている筈であり, その附近の調査によつて, 浪源域内若しくはそのごく近傍の津波についての情報が得られるかもしれない, 3) 日本海岸には気象庁や国土地理院関係の検潮所は比較的少ないが, 港湾工事関係の検潮器は相当多数各地に設置されている筈であり, それらの記録の確認をしたい, などの理由で早急に現地調査を行うことがのぞましく6月 17 日に現地に出発した. われわれは2名づつ2班となり, 梶浦, 桃井の班は秋田附近から南下, 粟島を含み新潟市の北方までの地域を分担し, また相田, 羽鳥の班は新潟市から直江津までと佐渡を分担することとした.

調査の方法は 1960 年のチリ津波合同調査の際の方式に準じ, 主としてこれらの地域内各地の津波の高さの測定, 来襲時刻およびその模様などの聞き込み, 並びに検潮記録, 目視観測資料, 津波来襲時の写真などの収集を行つた.

調査結果

津波の高さの測定は, ハンドレベルおよび, 折尺, 巻尺を使用した. 測定の際は, その時刻の海面を基準とするが, これを直江津港の検潮記録によつて, 地震発震時の潮位を基準に換算して, 津波の高さとした. この基準潮位は東京湾中等潮位 (T.P.) 上 +35 cm になつている.

いま調査地域全域についての調査測定地点とその地点の測定, 調査事項をまとめた調査表を Table 1 に示す. 尚測定にあたつて測定対象や, 測定手順などによつて, その精度が異つてくるので, その測定の信頼度を次の3段階にわけて表中に記載した.

Table 1.　津　　波

測定点番号	場所	測定日時 月日	測定日時 時分	測定対象	測定値 (cm)	信頼度	測定時* 潮位 (cm)
	船川						
N−1	土崎	6 18	10 28	護岸	86	A	0
N−2	道川	〃	14 40	砂浜コンセキ	157	B	−7
	海士剝	6 26	11 20	砂浜コンセキ	107	C	
N−3	平沢	6 18	18 50	港内砂浜コンセキ	60	C	−4
N−4	象潟	6 19	08 40	旧港岸壁	120	B	0
N−5	〃	〃	09 00	新港岸壁	150	A	0
	〃	6 26	16 25	砂浜コンセキ	106	C	
N−6	女鹿	6 19	10 15	護岸下の砂浜コンセキ	157	C	2
N−7	酒田	〃	14 20	港の奥の護岸	130	B	−2
	酒田大浜						
	酒田下瀬						
N−8	湯野浜	〃	16 35	砂浜コンセキ	130	C	−10
N−9	加茂	〃	17 40	岩礁浜コンセキ	90	C	−10
	〃	6 24	15 30	船揚げ場コンセキ	185	B	
	〃						
	由良			防波堤天端		B	
	小波渡	6 24	09 53	砂浜コンセキ	190	C	10
	温海海岸	〃	08 50	砂浜コンセキ	210	C	11
N−10	鼠ケ関	6 20	09 30	漁港内部砂浜コンセキ	172	B	13
	〃			護岸		C	
N−11	府屋	6 20	11 40	砂浜コンセキ	314	C	15
N−12	〃	〃	〃	砂浜護岸	419	C	15
	〃	6 23	16 30		607	B	
	府屋間の内			防波堤上の電柱		C	
N−13	勝木	6 20	14 35	岩壁砂	264	C	7
	勝木鉾立岩北	6 23	10 30	砂浜	413	C	
	寝屋			漁港岸壁			
	〃	6 22	15 40	家屋コンセキ	390	A	+5
	脇川郵便局附近	6 22	15 00	岩崖	260	C	+5
	〃	〃	〃	砂浜コンセキ	290	C	+5
	脇川	〃	16 07	家屋コンセキ	314	B	+3
	今川	〃	12 20	砂浜崎の土手	210	B	+14

* 直江津港検潮記録より測定日時における潮位を地震時潮位(T.P.+35 cm)を基準として読取つた値

調　査　表

第1波 到達時刻	第1波 押引	最高波 高さ (cm)	最高波 到達時刻	周期 (min)	測定者	備考
時 分 13 44	+	184	時 分 16 12	55		船川港検潮記録による
14 00	+	65	17 22	20, 40	秋田港工事々務所	測定値は護岸天端高さ　最高波高さは天端基準観測値より算定
		150 ~107 56			丸山**・溝上***	
		120 150 ~106 159 128		40	丸　山・溝　上	護岸直下にごみが集つているため正確な高さ不明
13 10 13 27	+ +	70 120 80 ~185	19 09	25 15~40	丸山・溝上・波江***	大浜検潮所附近，目視観測による 下瀬水位観測所記録による
13 15	+	127 ~100 ~200 ~221 185	15 23	20~50	鼠ケ関港工事々務所 加茂港 加茂港分所 茂　木** 丸山・溝上・波江 丸山・溝上・波江	
6分後		~300 329 434 607 ≧400			茂　木 丸山・溝上・波江 茂　木	護岸にそつて高まつたようである 最高のモクズの線
15~20分後 13 12	+ +	271 413 ~370 395 265			丸山・溝上・波江 茂　木 山　口** 丸山・溝上・波江	岩崖に砂が上つている 漁協での話 T.P.+3.7mの堤防天端を越える
数分後		295 317 224			〃 〃 山　口	

** 地震研究所　　*** 東京大学数物系大学院

測定点番号	場所	測定日時		測定対象	測定値 (cm)	信頼度	測定時* 潮位 (cm)
		月 日	時 分				
	桑川小学校裏	6 22	09 02	家屋キキコミ	360	B	+10
	〃	〃	09 40	〃	360	B	+10
	〃	〃	〃	〃	390	B	+10
	桑川護岸直下			砂浜，舟		C	
N—28	粟島内浦	6 22	19 20	岸壁	130	C	−12
N—20	瀬波	6 21	14 10	砂浜コンセキ	426	B	+ 7
N—21	〃	〃	14 20	砂浜コンセキ	416	C	+ 5
	〃	〃	〃	砂浜コンセキ	382	B	+ 5
N—18	瀬波温泉	6 21	13 00	護岸コンセキ	414	C	+10
N—19	〃	〃	〃	海岸建物の内部	387	C	+10
	〃	〃	〃	海岸建物の内部	393	C	+10
N—14	岩船	6 21	10 55	家屋コンセキ	205	B	+15
N—15	〃	〃	11 00	検潮所コンセキ	270	A	+15
N—16	〃	〃	11 10	川沿い家屋コンセキ	287	A	+15
N—17	〃	〃	12 00	砂浜コンセキ	628	C	+15
N—22	塩谷	6 23	12 30	砂浜コンセキ	384	B	+ 5
N—23	〃	〃	12 40	砂浜コンセキ	471	C	+ 5
	〃	6 25	10 20	砂浜の小屋	~400	B	
N—24	村松浜	6 22	13 20	砂浜コンセキ	175	C	+12
N—25	村松浜	6 22	13 05	砂浜コンセキ	140	C	+12
	松ケ崎						
N—26	新潟寄居浜	6 23	17 50	砂浜コンセキ	187	C	− 5
N—27	〃	〃	18 00	砂浜コンセキ	172	C	− 5
S—26a	新潟中央埠頭	6 22	11 24	アサノセメント倉庫コンセキ	164	A	16
b	〃	〃	11 41	日通倉庫前護岸コンセキ	68	A	15
c	〃	〃	11 55	日通倉庫コンセキ	76	A	15
d	〃	〃	12 28	岸壁コンセキ	163	A	15
	新潟西船見町	6 20	12 10	事務所コンセキ	125	A	13
	新潟帝石橋						
	間瀬	6 21	09 30	護岸キキコミ	110	B	12
S—27	寺泊	6 22	18 14	護岸キキコミ	130	B	− 8
	〃						
S—28	柏崎岬町	6 23	11 39	岸壁コンセキ	108	B	+ 5
S—1	直江津荒川橋	6 18	07 54	岸壁キキコミ	109	B	− 3
	直江津港						
	直江津荒川橋						

第1波 到達時刻	第1波 押引	最高波 高さ (cm)	最高波 到達時刻	周期 (min)	測定者	備考
時 分		370	時 分		丸山・溝上・波江	
		370			丸山	
		400			溝上	
		～300			茂木	
		118				岩壁についた地震前の水位の痕跡を満潮位と推定
		433				
		421				
		387			丸山・溝上・波江	
		424				
		397				
		403			丸山・溝上・波江	
		220				
		285				
15分後	+	302				
		643				
15～20分後	−	389				浜で目撃者あり，はじめ−150程度水がひいた
		476				run-up
		～400			山口	
		187				
		152				
13 19	+	142	14 22	28		阿賀野川松ヶ崎検潮記録による
		182				
		167				
		180				
		83				} 最高波のコンセキではない
		91				
		178				
		138			第1港湾建設局	
	+	92				信濃川帝石橋検潮記録による
		122			山田**	引潮のとき突堤附根出る (水深 1.5 m 位)
		122				
36分後		122	16 00	24	中元組	護岸天端基準観測値を補正する
		113				
		106				
14 00	+	138	15 54	28	直江津港湾事務所	直江津港検潮所記録および水位目視観測による
14 05	+	90	16 05			関川水位観測所記録による

測定点番号	場所	測定日時		測定対象	測定値 (cm)	信頼度	測定時* 潮位 (cm)
佐渡		月 日	時 分				
S—2a	小木町内ノ澗	6 18	13 30	護岸キキコミ	134	B	− 5
b	〃	〃	13 35	桟橋上面	126	B	− 5
S—3	小木町外ノ澗港外	〃	14 55	草枯コンセキ	145	B	− 8
S—4	〃 港内	〃	15 20	岸壁キキコミ	131	B	− 9
	〃	7 2	17 26	岩崖コンセキ	144		
S—5	河原田	6 18	17 50	護岸つけ根キキコミ	74	B	− 5
S—6	沢根	6 19	09 20	桟橋キキコミ	79	B	+ 3
S—7	相川	〃	10 45	砂浜コンセキ	55	B	+ 2
S—8	両津水産協会前	〃	15 15	事務室内コンセキ	312	A	0
S—9	〃 佐渡汽船前	〃	15 29	建物コンセキ	264	A	− 7
S—10	〃 湊 7 — 2	〃	17 20	〃	84	A	− 9
S—11	〃 湊 5 — 142	〃	17 33	〃	286	A	− 9
S—12	〃 湊 4 — 104	〃	17 56	〃	293	B	−10
S—18	〃 漁港奥	6 20	17 34	〃	308	A	+ 2
S—25	〃 港内日通倉庫	6 21	17 03	〃	248	A	− 5
S—19	〃 船場町	6 20	17 58	〃	286	B	+ 3
	両津海上保安署横						
S—13a	水津港内	6 20	09 23	堤防キキコミ	55	B	+13
b	〃 〃	〃	09 26	岸壁 〃	63	B	+13
c	〃 港外	〃	09 45	砂浜コンセキ	56	B	+15
S—14a	大川(水族館)	〃	11 08	堤防キキコミ	158	B	+15
b	〃	〃	11 36	海上露岩キキコミ	144	A	+15
c	〃	〃	11 50	護岸キキコミ	153	B	+15
S—15a	両尾平床	〃	13 16	護岸下砂浜コンセキ	145	B	−15
b	〃 小学校前	〃	13 32	砂浜コンセキ	128	B	−15
S—16a	椎泊	〃	14 09	砂浜コンセキ	188	B	−17
b	〃	〃	14 16	〃	163	B	−17
S—17a	住吉	〃	15 24	護岸堤防キキコミ	280	B	−20
b	両津高校水産科裏	〃	15 54	護岸キキコミ	280	B	−21
S—24	吉住	〃	15 22	護岸丸太キキコミ	175	B	+ 2
S—23a	白瀬	6 21	14 28	防波堤捨石キキコミ	50	C	+ 5
b	〃	〃	14 28	堤防つけ根コンセキ	107	B	+13
S—20a	和木	6 21	09 37	護岸下コンセキ	111	B	+12
b	〃	〃	09 53	護岸下砂浜コンセキ	90	C	+12
c	〃	〃	10 00	電柱キキコミ	100	B	+12
d	〃	〃	10 21	護岸キキコミ	167	C	+12

第1波		最高波		周期	測定者	備考
到達時刻	押引	高さ (cm)	到達時刻	(min)		
時 分			時 分			
13 40	−	129		10		桟橋に乗り上げた舟をおろすとき桟橋面上約 60 cm 水がきていた
		121				
		137				
14 00	−	122	15 00	30		
		144	14 40～50	満-干8	小木町役場	
120 分後		69				
13 20	−	82		10		
		57	14 00			
		312				
		257				
		75				加茂湖畔，流れ込みの流れの高さ
		277				
		283				
		310				
		243				
		289				
13 28	+	255	14 17	21	両津海上保安署	高さは岸壁に附着した青ゴケを基準に測定
13 40		68		5		
		76				
		71				
25 分後	+	173		20		
		159				
		168				
	+	130				
		113				
30 分後	−	171				
		146				
		260				
		259				
20 分後	+	177				
		55				キキコミの信頼度薄い
		120				
60 分後	−	123		20		
		102				
		112				
		179				

測定点番号	場所	測定日時				測定対象	測定値 (cm)	信頼度	測定時潮位* (cm)
		月	日	時	分				
S—21a	浦川	6	21	11	10	舟小屋柱キキコミ	90	C	+13
b	〃		〃	11	19	防波堤捨石キキコミ	95	C	+13
c	〃		〃	11	45	舟間壁キキコミ	115	B	+15
S—22	黒姫		〃	12	48	砂利浜作業小屋キキコミ	108	B	+12
S—23	多田	8	12	13	35	海上露岩キキコミ	64	B	+ 7
S—24a	赤泊		〃	15	24	護岸キキコミ	125	B	+13
b	〃		〃	15	50	〃	80	C	+15

A：明瞭な痕跡を，近距離の測量で測定したもの

B：痕跡が明確でないが，目撃者の証言によつて信頼できる水位を知り，近距離で測定したもの

C：砂浜のもくづなど痕跡があるが，津波の際に上つたものであるという確認を得られなかつたもの，砂浜などで異常に波がはい上つたと思われるもの，測量が遠距離で誤差が大きいものなど信頼度が低いと思われる測定

また同表中には検潮記録よりの読取値，現地関係者の測定値，地震研究所他部門調査者の測定値なども記載させて頂いたが，調査表にその出所を明確にしてある．

以上の結果を最高津波の高さについて地図上に示すと Fig. 1 のようになる．

この図には複雑になるのを避けて，各地の高さは代表的な値一つを記載するに止めた．したがつてその地点の附近でも，地形その他わずか異つた場所では ±0.5 m 位の相違があるものとして，この分布図をみて頂きたい．また同図中に点線で示したものは，第一波の到達時刻の等時線である．

次に各調査点について少々詳しい記録を以下に記述する．尚各調査地の地図上測定点についてはその信頼度によつて，Aは⊙，Bは●，Cは○で区別した．また他機関によつて測定された値は⊗，検潮記録よりの値は◎の印を附してある．

秋田市

土崎（秋田港）　土崎にある秋田港工事事務所の検潮器（フェース式）は，地震によつて錘をつる線が切断して故障し，15 時半頃多少修理したが，17 日 10 時までは正常な記録をとつていない．工事事務所員は近くの岸壁を利用して水位変化の実測を行つた．現地事務所の話では天端高は T. P. 上 150 cm とのことであつたが，吾々の測定によると直江津の地震時潮位上 86 cm であり，T. P. に換算すると 121 cm となつていた．Fig. 2 は検潮所および実測地点の略図であり，Fig. 50 は実測値を示す．津波の周期は 40 分程度で，20 乃至 30 分ぐらいの振動が重つているようにみえる．津波の最高波 (65 cm) は地震後 4 時間 20 分ぐらいたつてから来襲しており，これは気象庁による津波警報の解除後である．地震および津波による港の被害は僅少である．

第1波		最高波		周期	測定者	備考
到達時刻	押引	高さ (cm)	到達時刻	(min)		
時 分			時 分			
30 分後	+	103		20		
		108				
		130				
13 30		120				
60～90分後		71		15	高 橋**	
		138		>20	〃	
		95			〃	

秋田県由利郡

道川 海岸はほぼ直線状で広い砂浜が砂丘前面に存在し，波打際はやや傾斜が大きくなつている (Fig. 3). 津波打ち上げの上限を示すと思われる痕跡は明瞭に観察される (Fig. 4). 一つの線を境にして上側の砂利は埋つているのに下側の砂利は流れを示すごとく，石の周りが堀られている (Fig. 5 参照). 津波の高さは 150 cm である. この痕跡から水の流れは海岸に直角でなく，海岸 (N—S) に斜め (NE～SW) になつているように思われる. 沖には砂堆が存在するようである.

平沢 Fig. 6 に示す平沢港内の船あげ場の砂地に残つている痕跡からみて，港内の津波の高さは小さい (56 cm). 駅附近では地震による家屋水道などの被害がみられるが，港の被害はなかつた模様である.

象潟 旧港と新港とがあり，前者は NW，後者は S に向つて港口が開いている (Fig. 7 参照). 両港ともに，地震後一時間くらいから津波が何度かおしよせている. 旧港では 120 cm のところ (岸壁) まで波がきており，午後 4～5 時頃最高になり，波が引いた時はほとんど海底近くまで下つている (1 m の水深). 新港では 150 cm (岸壁) のところまできており，引きは 1 m～1.5 m 程度で，最高は 2 時～3 時頃になつている. そして一日中，水面は上下していたという. これらはいずれも，附近で仕事中の漁師の証言によるものである.

山形県飽海郡

女鹿 割合にがけの多い海岸にちよつとした砂浜があり，砂浜の背後が護岸になつていて道路が走つている (Fig. 8 参照). 波によつて打上げられたゴミの類は丁度護岸直下にたまつており，護岸の階段には波のきたらしい跡のないことから判断して，波高の最大のときに護岸直下まで水がきたものと思われる.

酒田市

酒田 酒田港工事々務所の大浜検潮所は地震で井戸が壊れて泥でうずまつた (Fig. 9 参照). 検潮所附近の水位変化については，酒田測候所員の目測がある. これは酒田港工事事務所水位計によるもので，Table 2 のごとき変化をしている.

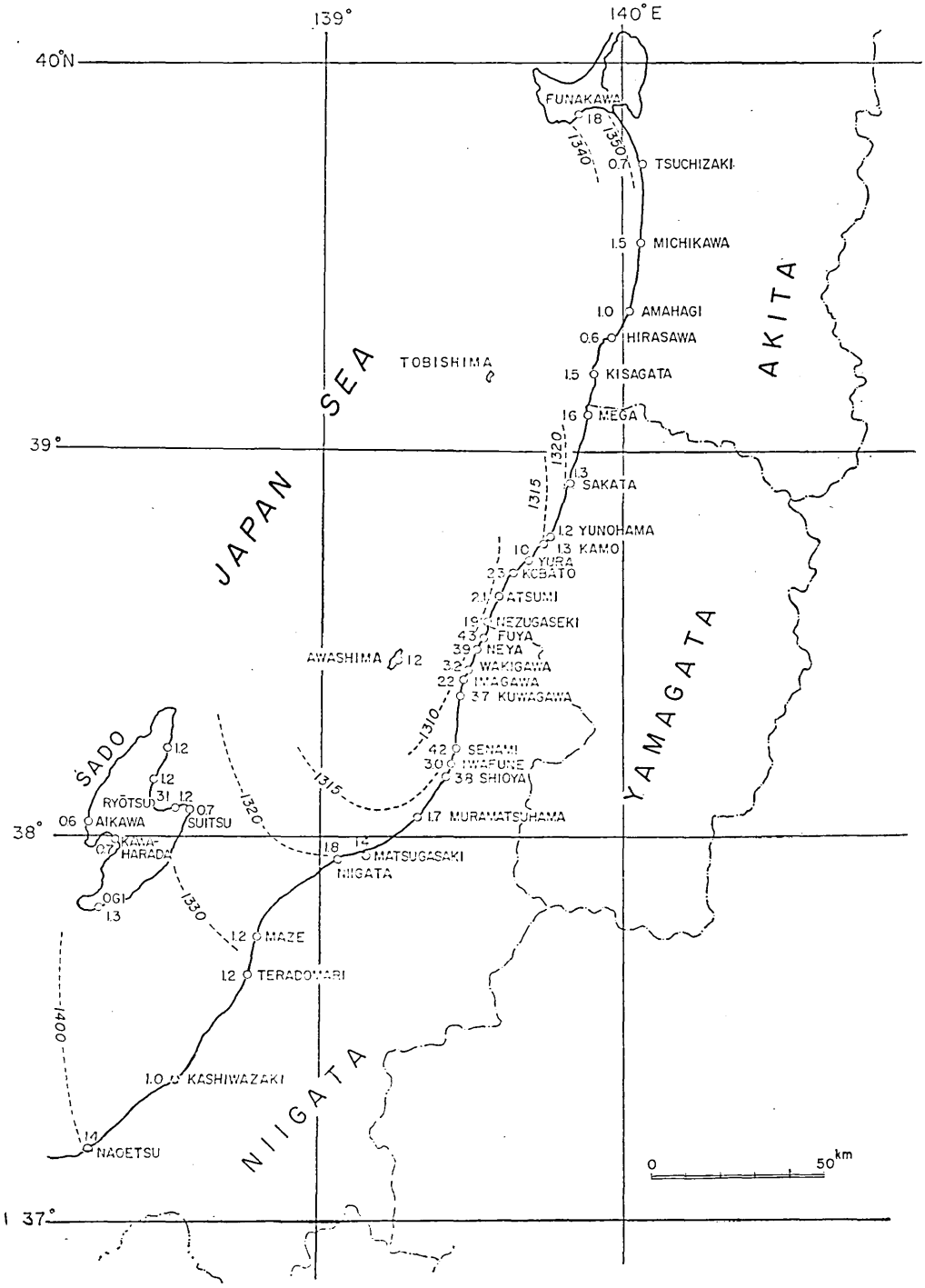


Fig. 1. Distribution of inundation heights above M.S.L. in m and arrival time.

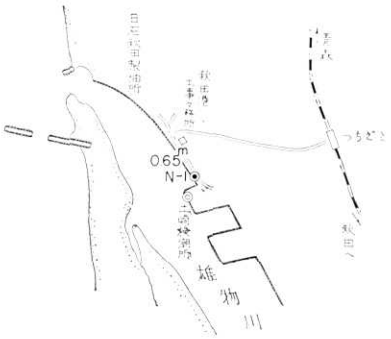


Fig. 2. 土崎 Tsuchizaki

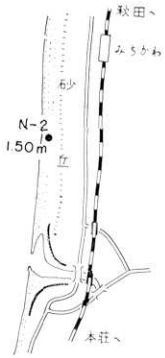


Fig. 3. 道川 Michikawa

Fig. 4. 秋田県道川海岸の津波痕跡（写真右側の一列のくぼ跡）.

Fig. 5. 秋田県道川海岸で津波により前後をえぐられた石.

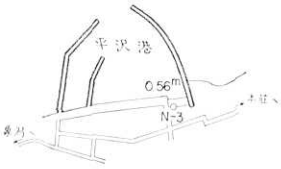


Fig. 6. 平沢 Hirasawa

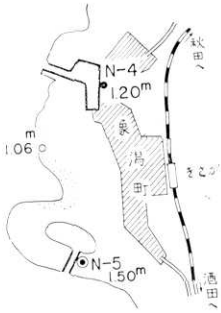


Fig. 7. 象潟 Kisagata

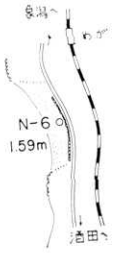


Fig. 8. 女鹿 Mega

Fig. 9.　酒田　Sakata

Table 2.　酒田港の水位昇降

時　刻	高　低	備　　考
時　分		
13　10	高	
〃　32	〃	
14　00	〃	上げ約0.9m
〃　28	〃	引き約　1m
〃　50	〃	
15　00	〃	
〃　07	〃	
16　20	〃	上げ約　1m
〃　50	〃	引き約1.5m
17　02	〃	
16　52	津波警報解除	

検潮所附近の岸壁の高さは直江津水面上 160 cm であつて，津波はこの岸壁上に上つていないので最高波も 160 cm 以内である．海上保安部近くの護岸で，保安部の人の示した位置の水位は 128 cm であり，波は夜半まで何回となく来襲したとのこと．津波のひく時の港内の流速は非常に早く，ごく大ざつぱな測深の結果では，津波によつて水深がかなり変化したらしい．東北地方建設局酒田土木出張所の下瀬水位観測所の記録を Fig. 51 に示す．この記録によると 13 時過ぎに水位が約 20 cm 下り 13 時 40 分頃に水位が上つている．また最高に近い水位に達したのは 14 時 35 分頃から 20 時頃までで，ほぼ平均水面上 60 cm くらいまで上つている．この初めの水位低下の原因は，地震の際にフロートが踊つたためのスリップではないかと思われる．波の周期は 40 分程度とみられるが 15～20 分位の波も重なつている．

飛島　酒田海上保安部での話しによると飛島では地震後 30 cm 程度の津波があつたのみで，その後の水位は平常通りとのことである．

鶴岡市

湯野浜　温泉街の前面に護岸があり，それから砂浜がひろがり，やや傾斜が大きくなつて波打際となつた海岸で，平坦な砂浜の中央部近くに津波によると思われる浮遊物の痕跡がある (120 cm) (Fig. 10 参照)．

加茂　加茂の街はずれに水族館があり，そのさきの岩山の上に灯台がある (Fig. 10 参照)．このあたりは岩礁地帯であるが津波によると思われる浮遊物の線は道路からやや下つた所にみられる (80 cm)．測定地点 N—9 は海に南面し

Fig. 10.　湯野浜・加茂 Yunohama・Kamo

Fig. 11.　加茂における目視観測の実況（鼠ケ関・加茂港工事事務所加茂港分所撮影）

ているが，岩山の北側でも浮遊物の集つている線の高さはそれほど変つていない．また丸山・溝上・波江氏らの調査によると加茂港東側の船揚場の痕跡で 1.85 m という結果がでている．

更に山形県鼠ケ関，加茂港工事々務所，加茂港分所において，同所前の量水標による目視観測が行われ，その観測記録を茂木氏より提供された．その観測結果を図示すると Fig. 52 のようになり，津波来襲直前からの正確な値が得られている．Fig. 11 はその観測中の実況であり，6月 16 日 13 時 45 分潮位 +80 cm となつている．

山形県西田川郡

鼠ケ関　港の岸壁は一部地震によつて破壊されているが津波による被害はない．袋のようになつた港で (Fig. 12) 奥部は砂浜になつていて，護岸がある．

津波の痕跡は砂浜上にみられ (185 cm) るだけである．ここの検潮器は地震の際に時計がとまり，5～6時間後に再開するまで記録がとれていない．また港の北方の護岸附近では約 3 m の防波堤をやつと越す程度の津波があつたとのことである．

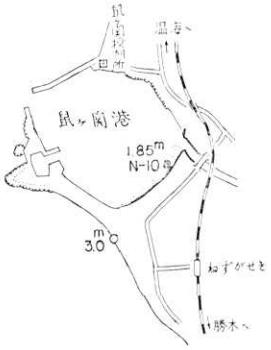


Fig. 12.　鼠ケ関
Nezugaseki

新潟県岩船郡

府屋　海岸は広い砂浜で後面の砂丘につながつて急に傾斜が大きくなつている．(Fig. 13)．ここでも津波の痕跡は，判定に苦しむほど何条にもなつており，最高のものは，砂丘上面の砂止めのさくの近くにあるが (6 m)，果してこれが津波によるものかどうか不明である．海岸の一部に護岸があ

り，地震のためにそれに割れ目ができて水の流れ出した跡がみられる．護岸後面には泥の線が明瞭にみられるので，津波がそこまで浸入していたとすれば，その水面は 434 cm となる．最も明瞭な浮遊物の線は 329 cm である．津波によつて砂利採取中のトラックが水につかり，人夫は水中を泳いで逃げ帰つたとのことである．

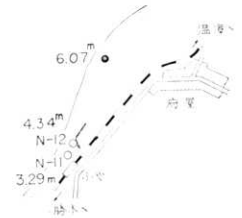


Fig. 13.　府屋　Fuya

勝木　駅の前面に水田があり，護岸が築かれて，その向うに小川が流れ，南側は砂浜，北側は岩壁になつた地形で (Fig. 14 参照)，駅員の話によると地震後 10 内至 20 分ぐらいで波が来襲し，護岸を越えて水田に水が入つたとのこと．川の北側の岸壁には波で運ばれたと思われる砂がたまり，その最高位置が 271 cm であつた．水田で冠水した部分がそれほど広いようにみえないことからみて，護岸上の最高水位は約 50 cm 以内であつたのではないかと思われる．

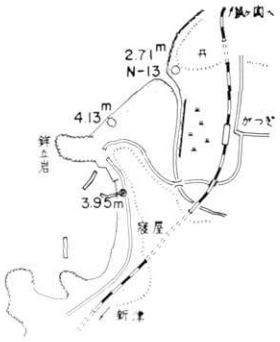


Fig. 14.　勝木　Gatsugi

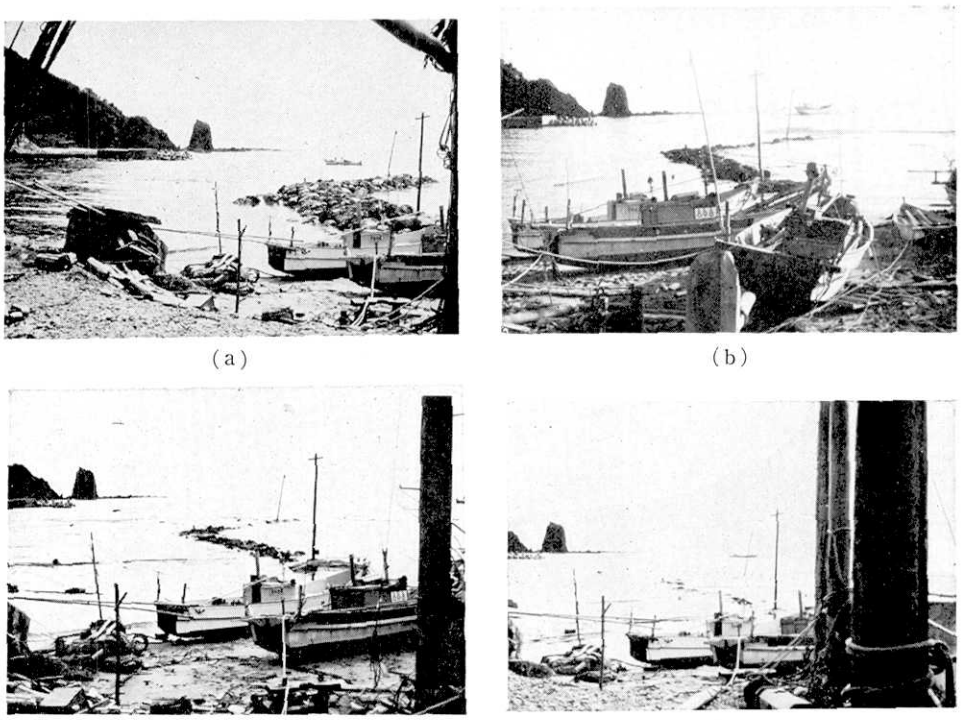
寝屋　山口氏の資料にもとずくと，最高波は 3.9 m 位で防波堤を越えかかつた位であつた．津波来襲時刻は 13 時 12 分頃，押し波はモクモクとやつてきた．津波来襲時本間建設において第 1～2 波の押し引きを撮影した．Fig. 15 a～d はその中の一部を示すもので，護岸附近の潮位変化を如実に表した貴重な写真である．

脇川—桑川　丸山・溝上・波江氏らの脇川での調査によると，津波は海岸線より 150 cm 位引いて，3 回程度認められた．初めは少し押してきて，地震後 5 分位で引いた．第一波に比べ第二波は 30 cm 位低い．また今川での山口氏の調査では，津波の高さは約 2.2 m で打上げ物を対象として測定が行われた．津波来襲時刻は地震後約数分である．この区間の津波の高さを図上に示すと Fig. 16 のようになり，これより北の勝木，府屋附近や，これより南の瀬波附近より概して高さが低くなつているのが特徴的であり，津波来襲時刻も最も早い区域である．

粟島　粟島東海岸内浦では地震後やや水位が上り，しばらくして急に水位が引いてまたもとの水位にもどつた．その後また水が引いたが今度は引いたままでもとの高さまではもどらなかつたとのこと．西海岸釜谷では地震後水位が下り，もとの水位のやや下まで一度もどり，次に引いてからは，その附近を中心として振動したが，もとの水位までは達しなかつたとのこと．粟島の地盤は約 150 cm 程度上昇したので，津波の最高水位としては 150 cm 程度とみてよいであろう．粟島周辺の数ケ所の定置網のうち，島の南端近くから南方へはり出した定置網だけが津波によつて流されたとのことである．

村 上 市

岩船，瀬波　岩船港にある村上土木出張所岩船港分室の検潮器（リシャール）は地震後



(a) (b)

(c) (d)

Fig. 15. 寝屋漁港内の津波の状況
a, b, c, d の順序に津波第2波が次第に高まつて行く.
d は第2波最高潮位時, 1.70 m. (本間建設撮影)

数時間故障しているがその記録を Fig. 53 に示す. この検潮所の建物にのこつた痕跡の最高は 285 cm で (Fig. 17 N—15), 地震後最初の波によるものである. その後2, 3時間でやや波がおさまり, 17 時頃にまた大きな波がきた. 港内にあつた船舶は最初の波と共に地震後 15 分くらいの間に港の奥ににつながる川筋に流れ込み橋にひつかかつてたおれた. この状況を写真でみると Fig. 18 のようである. また港の中央部附近では, 津波が陸上に浸入し, 岩船港分室に明瞭な痕跡がみられるが, この高さは 230 cm にすぎない. 岩船から北側には砂丘があり, その前面が砂浜となつているが, 波の痕跡は砂丘の草地にかかるところにみられ, 高さは 643 cm に及んでいる. この痕跡は明瞭で, かなり続いており, 波の打上げの高さとして誤りはないと思われる. 岩船から約 1 km 北で瀬波温泉のやや南側では砂浜の後面に護岸があり, 砂丘のくずれるのを防いでいるが, このあたりでは波がやつとこの護岸の天端まで上つたらしく, 波高は 424 cm であつた. これから北にかけて砂丘での測定値は 4 m をやや越す程度を示している. この日の砂丘海岸での観測では, 海が荒れていたために, 水面の決定が不正確であり, 荒波のはい上りを考えて測定波高に 20～30 cm 程度を加える必要があるかもしれない.

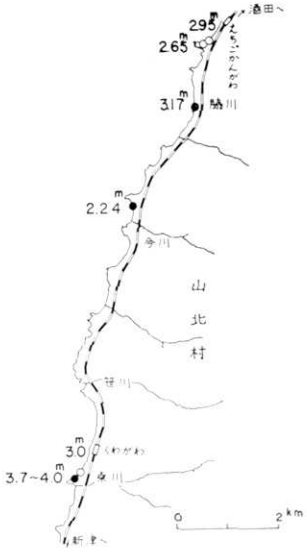


Fig. 16.　脇川-桑川 Wakigawa-Kuwagawa

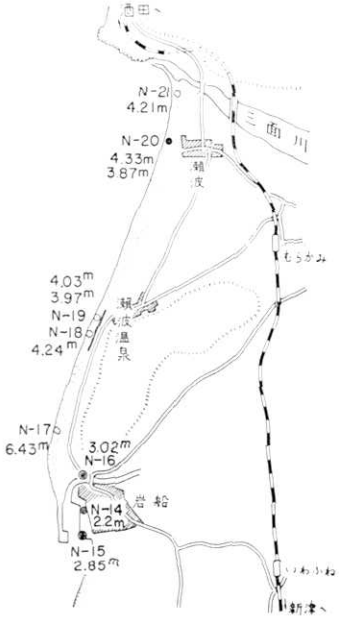


Fig. 17.　瀬波, 岩船 Senami, Iwafune

Fig. 18.　岩船港, 橋桁に引かかつた漁船 (村上市役所撮影)

塩谷　砂丘を背にした砂丘海岸であり (Fig. 19), N—22 で地震直後に浜にいた人の話では15～20分のうちに水がひき，沖合にある砂堆 (水深 1.5 m 程度) が見えるようになつて，その後水面が除々に上つてきた．この時，普通のうねりや風波とちがつて，あらゆる方向から小さな波がうちよせてくだけながら段々と水面が上り，砂丘を上昇し，砂丘の低くなつたところを越して後ろに流れ込んだ(ここでは後面に第2の大きな砂丘がある)．波は1回だけ大きかつたとのことである．ここから約数百米北方の砂丘が一段になつているところで浮遊物のたまつている線は，高さ 379 cm で，わずかな地形の相違で津波の打ち上げの高さがかなり異なつている．

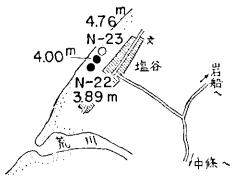


Fig. 19.　塩谷　Shioya

新潟県北蒲原郡

村松浜　村松浜海岸は NE—SW にのびる海岸線をもち，比較的平坦な砂浜のうしろ側は高さ 7～8 m 位，幅 30～40 m の砂丘を持つている (Fig. 20)．津波はこの砂丘の下端まで達し，明瞭な痕跡を残している．この痕跡をもとにして実測をおこない，一点では 152 cm，その点より南へ 1 km 程離れた地点で 187 cm を得た．そしてこの村松浜で特に注目すべきことは，前記のごとく砂浜は平坦であるにもかかわらず，ほぼ海岸線にそい，ENE に向う津波の流れの痕跡を砂丘の上に残していることである．併しこの流跡が津波の上げによるものか，下げによるものかは少し判定しがたい．

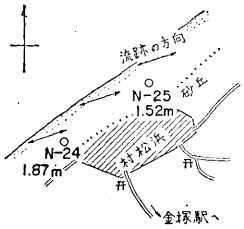


Fig. 20.　村松浜
Muramatsu-hama

新 潟 市

新潟　6 月 22 日佐渡汽船の定期船が両津を発ち，新潟港南埠頭に接岸したときの新潟港口附近の状況は，まだ昭和石油の重油タンクは火災で黒煙天をつき，港口附近は重油が流れ，赤灯台のある西防波堤は健在であつたが，導流堤は各所で沈下し，先端の灯標は傾斜していた．中央埠頭の岸壁は各所で破損していたが，主としてこの附近の潮位を測定した．岸壁先端の重油痕跡 (S—26 d) と同附近倉庫の痕跡 (S—26 c) とを比較すると，倉庫側は岸壁痕跡より潮位が約 1 m 低い，その外岸壁に沿い極めて明瞭な重油痕跡

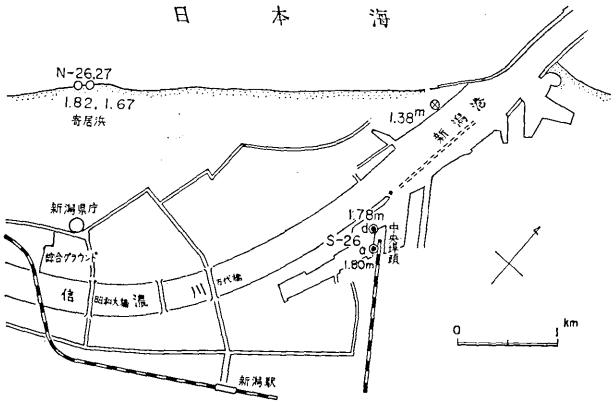


Fig. 21.　新　潟　Niigata

(S—26 b) があるが，この痕跡は津波の最高の高さではなく，重油が大量に流出した直後の波の高さを示すものと思われる．

Fig. 21 に前記測点と市街の略図を示すが，測定はまた寄居浜でも行つた (N—26, 27). 高さは直接外海に面す寄居浜と，信濃川に入つた中央埠頭附近とほとんど同じ値となつている．

また第1港湾建設局では西船見町の同局工事々務所附近で重油の痕跡によつて津波の高さの測定をされた．これによると5層に分れた痕跡が認められ，その最高は測定時水面から 125 cm であつた．また新潟港検潮器は地震のため破損したが，阿賀野川松ケ崎検潮所の記録と，信濃川帝石橋水位観測所の記録が得られている (Fig. 54～55). 松ケ崎の記録によれば到達時刻は13時19分であり，押しで始つている．最高波は地震時潮位より 142 cm である．

新潟県三島郡

寺泊　最高潮位は Fig. 22 に示す寺泊港略図中 S—27 の測定点附近の岸壁天端 (T. P. 1.5 m) より約 10 cm 下まで達したが，岸壁面上には溢れなかつた．同港工事中の中元組では，この天端面を基準として，Fig. 23 に示す写真のように，津波による潮位の時間変化を観測された．この観測結果を図に示すと文末 Fig. 56 のようになる．また Fig. 22 中のP点で撮影された写真を Fig. 24 に示す．これによると防波堤で囲まれた港内の潮位は非常に高くなつているが，防波堤外の潮位はそれより稍低く，津波が港内に出入するとき位相の遅れを生ずることをあらわしている．

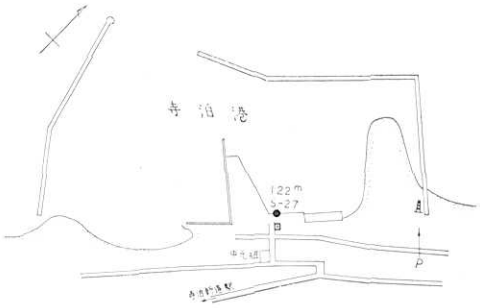


Fig. 22.　寺泊　Teradomari

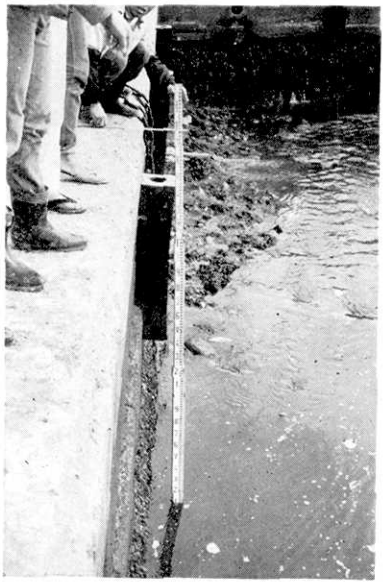


Fig. 23.　寺泊港津波目視観測

Fig. 57 に示す寺泊港検潮記録によれば，津波は押しで始まり，到達時間は記録速度が遅いため精度を欠くが，約 36 分位と思われる．しかしこの検潮器は導水管がつまつているようで，振幅は明らかでない．

柏崎市

柏崎　柏崎港改修工事，植木組現場詰所の観測によれば岸壁天端面 T. P. 上 1.3 m を基準として，最高潮位は 1.5 m (津波は岸壁上 20 cm に達し繋船杭の頭は出る)，最低潮位 −1.0 m で全振

Fig. 24. 寺泊港内に潮が満ちた状況

幅 2.5 m, 津波当時ここの潮位は +40 cm 位で (直江津の検潮記録によれば T. P. 上 35 cm) $14^h 30^m$ 頃引きを感じ, 第2回目の $15^h 40^m$ 頃が最も潮が引き, 浜は 50 m 程干上つて子供達が魚を拾つたという. 同所責任者久我光営氏の談話によると津波の周期は 30～40 分とのことである.

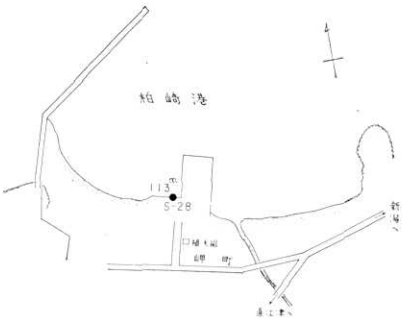


Fig. 25. 柏崎 Kashiwazaki

直江津市

直江津 直江津港湾事務所長出来島赳氏の談話によると, 津波は港内に穏やかに寄せ, 同所にて撮影の西埠頭における潮位は Fig. 27 に示すように岸壁天端面下 T. P. 上 2.40 m に達しなかつた. 同図は最高潮位より, やや下つたときの撮影である. また佐渡汽船の接岸々壁 T. P. 上 1.30 m のところは潮が溢れた.

Fig. 58 は同事務所管理の港内の検潮記録を示す. 記録によれば津波は $14^h 00^m$ 押しで始まり第1波の片

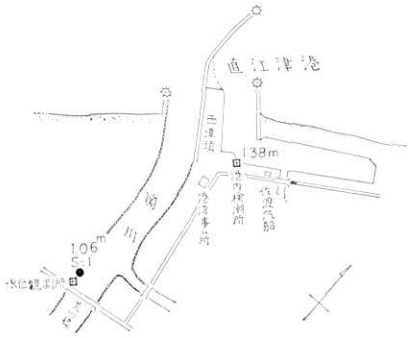


Fig. 26. 直江津 Naoetsu

Fig. 27. 直江津西埠頭, 最高潮位直前の写真 (直江津港事務所撮影)

振幅 35 cm，周期 25 分，第 5 波が最大で，片振幅 135 cm である．この検潮所は引き潮のとき井戸が干上つたので，港湾事務所にて，検潮所脇で Fig. 59 に示す潮位観測を行つた．Fig. 60 は港湾事務所管理の関川，荒川橋脇にある週巻検潮儀の記録を示す．

新潟県佐渡郡

小木町内ノ澗　漁協前で(Fig. 28 S—2 a 点) 藤村吾一氏の談話によると，$13^h 40^m$ 頃潮が引き始め第 3 波が最大で，漁協前護岸まで潮がさし，桟橋にいた人のひざ上まで上り，漁船が桟橋上に浮上つた．また小型遊覧船が引き潮のとき一時座礁し，乗客が下船できなかつた．引き潮のときカレーの子をひろう人があつた．来襲状況は穏かに潮がさし周期 10 分位という．

小木町外ノ澗　町役場の談話によつて，佐渡汽船桟橋附根附近で第 1 波約 42 cm，第 2 波約

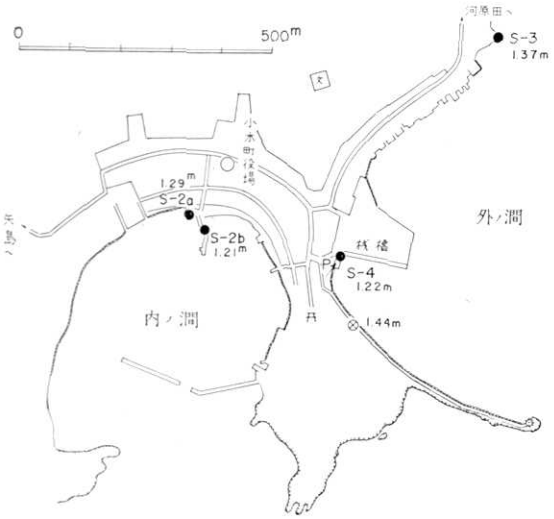


Fig. 28.　小木　Ogi

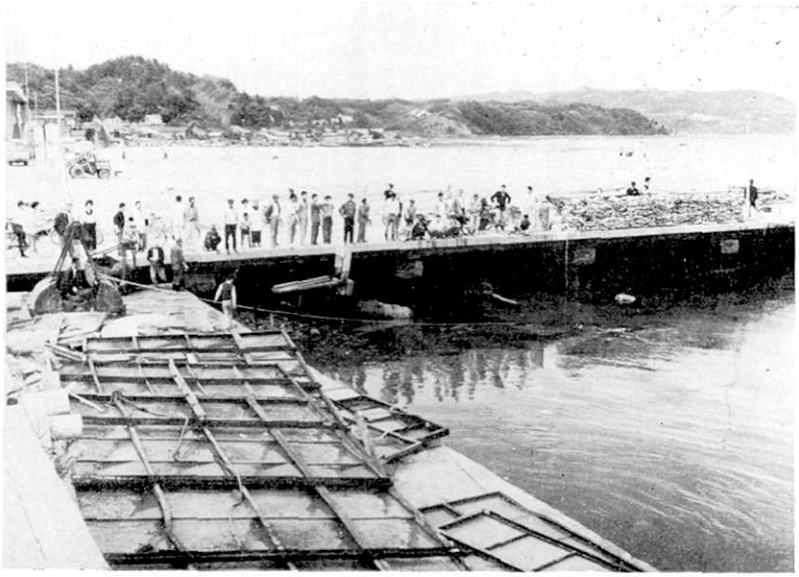
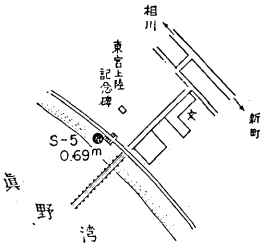


Fig. 29.　小木・外ノ澗桟橋，最低潮位（小木町役場撮影）

82 cm，第3波約 131 cm を測定した．津波は潮汐の干満のようにゆるやかに上下し，第1波は 14^h 頃，最高の第3波は $14^h 40^m$〜50^m であつた．Fig. 29 に示す写真はこの地点 (Fig. 28 中 P 点) での津波来襲の際最も潮の引いた状態を示すもので，小木町役場撮影のものである．また役場で別に岩崖についた津波浸水高を測定され約 144 cm と報告されている．地盤変動については小木港沖合の小島が隆起したという情報もあるが，今まで櫓で舟をこいで通つた場所で，櫓が海底につかえるようになつたということである．水路部標石は約 20 cm 隆起を示しているという情報も受けとつたが，これは標石埋設当時以来の変動と思われるので，今回の地震による変動量は明確にすることができなかつた．この地域は且つて享和2年 (1801 年) の地震に伴つて非常に大きい隆起を示した所であつて，役場である家の過去張を見たが，“享和2年 11 月 15 日当時佐州大地震のため童子某変死す”という記載があり，被害を伴う大地震であつたことが知られた．

また今回の津波が極めてゆるやかなものであつたことを示す挿話として，市振の浜 (外ノ澗北隣) で引潮のとき子供達がアブラメ (アイナメ) をとつたということである．

河原田　津波は砂浜にはい上り，護岸附根に達した程度，当時桟橋附近で荷役中の本間市蔵氏の談話によれば，津波は震後2時間で感じ，浜は 50 m 程干上り，5〜6回目が最大であつた．地震により護岸背面下部で砂丘が約 5 cm 沈下していた．またこの附近の東宮記念碑 (高さ 3 m，底面 63.5 cm 角，花崗岩) が時計式に 18 mm 程回転していた．測定点附近を Fig. 30 に示す．



Fg. 30. 河原田
Kawaharada

沢根　元小学校教頭金子敏弥氏の談話によると，警報発令 ($13^h 20^m$) 少し前に，最初約1間位引いて，静かに押寄せてきた．8〜9回目が最大で 10 分位の間隔，10 回まで見ていた (17^h 頃まで)，津波来襲中，荷役中の発動機船が桟橋の一部を破損する．海藻の動きで，潮は海岸に沿つて流れるのを見た．浜は 20 m 位引き，子供達は魚を獲る．はさみ虫が列をなして逃げるのを見た．地盤変動はみられなかつたとのこと．漁をしていた人の話では地震時，舟のたたかれるのを感じたそうである．

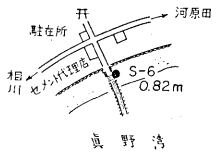


Fig. 31. 沢　根
Sawane

相川　相川海岸は T. P. 上 5.4 m の護岸に囲まれ，その下がせまい砂浜と磯になつている．津波はその砂浜にわずか上つて，藻くづの痕跡を残している (Fig. 32).

相川土木出張所では，海岸の岩の上にスタッフを立てて津波来襲中の潮位を観測された．この観測値を直江津港検潮記録の M. S. L. を基準に換算して図にしたものを Fig. 61 に示す．なお同所の人達の話を綜合すると，最大波は 14^h 頃で

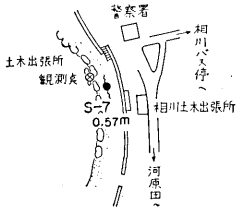


Fig. 32. 相　川
Aikawa

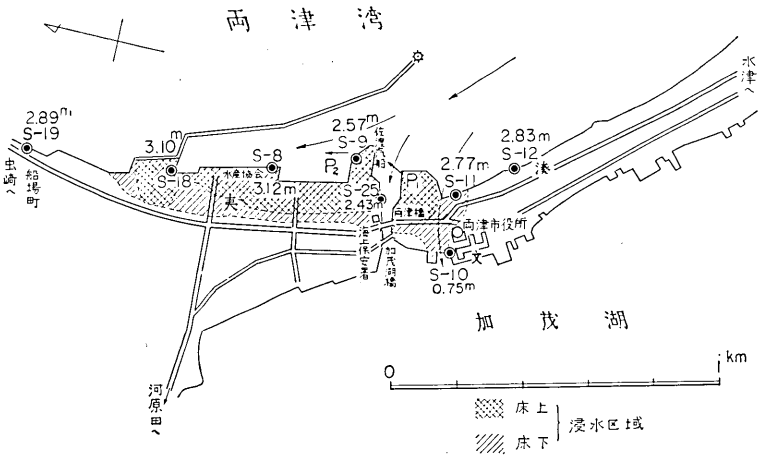


Fig. 33.　両　津　Ryōtsu

前記の観測を開始する前であり，観測最大値より更に 20 cm 位高かつたという．また来襲状況は穏やかで，地盤変動も認められないとのことである．

両津　両津港附近の津波の高さを，地図上に示すと Fig. 33 に示すようになる．津波は特に防波堤で囲まれた漁港の内部で高くなり，3 mを越えた．このためこの附近は床上浸水家屋を出している．図中斜線を引いた部分は床下浸水，また二重の斜線を引いた部分は床上浸水家屋を出した地域を示している．しかしこの部分の両側に隣接する地域，湊，船場町方面では 2.8 m 程度の高さとなつている．また佐渡汽船桟橋附近から，加茂湖への水路入口あたり，S—9, S—25 では 2.5 m 程度の高さとなり，湊方面や漁港内のいづれよりも低い値を示している．加茂湖に通ずる水路の流速は非常に大きく，そのためこの水路にかかつている 2 つの橋，両津橋と加茂湖橋にはさまれた部分で，両岸とも護岸が崩壊し，太さ 30 cm 程もある松が 5 本押し流された．また水路の南側地域では，市役所前附近は比較的土地が低く，両津湾側から津波が陸上を流れ，加茂湖内に流れ込んだ．S—10 はこの流れが加茂湖に流れ込んだ地点での高さである．市役所の談話によると，加茂湖は 30 分位の周期で揺れ，潮が 5 回出入して，湖畔の一部に溢れた所があつたという．

漁港内での来襲状況については，水産協会小池春蔵氏の談話によると，来襲は 13 時 30 分頃で，第 3 波が最も大きく 14 時 30 分頃であつた．港内に 5～6 ノット位の流速で渦を巻き，突堤（天端面 T. P. 上 3.5 m）は 2 尺位頭を出す位の潮位となつた．引き潮のときはこの突堤や岸壁周辺の附根が露出した．漁船の大部分は港外に脱出したが，木の葉のようにほんろうされた．また市場につんであつた 15,000 箱の魚の箱が流れ出したが，半分位はもとの所へもどり，住吉町，あるいは加茂湖へ流れていつたものも多い．

両津海上保安署では来襲の状況を更によく観察されている．Table 3 に示すものは同署附近で観測された津波の来襲状況の時間的変化であつて，最高波の高さも測定された．こ

Table 3.　両津港の水位昇降（両津海上保安署による）

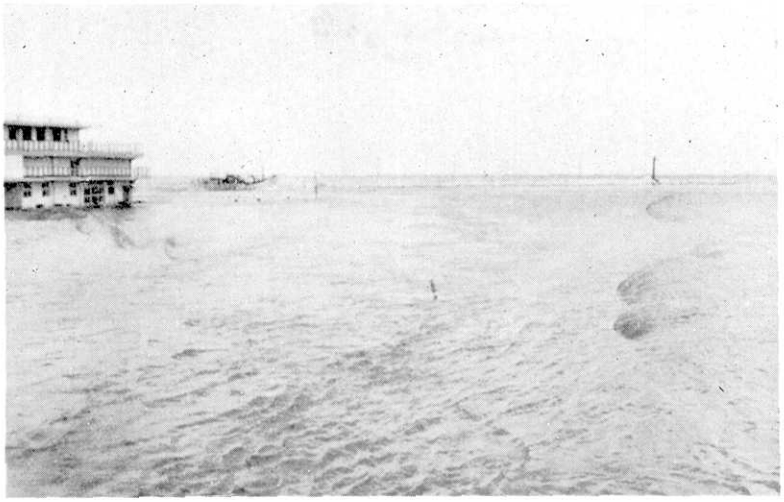
時　刻		満潮最高時		時　刻		満潮最高時	
h m		h m		h m			
1 13 28	こみ始め	13 33	最高潮位 2.55m 引き3.00m	10 16 39	こみ始め		
13 39	引き始め			16 44	引き始め		
2 13 45	こみ始め	13 56		11 16 54	こみ始め		
14 00	引き始め			17 04	引き始め		
3 14 08	こみ始み	14 17		12 17 15	こみ始め		
14 22	引き始め			17 23	引き始め		
4 14 30	こみ始め	14 38		13 17 34	こみ始め		
14 43	引き始め			17 50	引き始め		
5 14 49	こみ始め	14 57		14 18 03	こみ始め		
15 01	引き始め			18 15	引き始め		
6 15 08	こみ始め	15 13		15 18 23	こみ始め		
15 19	引き始め			18 33	引き始め		
7 15 34	こみ始め	15 39		16 18 39	こみ始め		
15 44	引き始め			18 56	引き始め		
8 15 54	こみ始め	16 00		17 19 03	こみ始め		
16 00 05?	引き始め			19 12	引き始め		
9 16 13	こみ始め			18 19 20	こみ始め		
16 24	引き始め			19 38	引き始め		
				19 19 50	こみ始め		

れによると津波は $13^h 28^m$ に押しで始まつたことが明瞭である．また最高波は第3波で，$14^h 17^m$ 潮位 2.55 m であつた．また同署では当時の写真を撮影されたがその一部を Fig. 34～35 に示す．Fig. 34 (a), (b) に示す2枚の写真は Fig. 33 の地図上 P_1 で示す位置，方向の写真であつてそれぞれ第1回目の満潮，第2回目の引潮を示す．Fig. 34 (b) に黒々と現われている桟橋は，Fig. 34 (a) では完全に水中に没して左端の佐渡汽船ビルが波に洗われている．また Fig. 35 は P_2 の位置方向で撮影した漁港内の第 1 回目の引潮時の状況である．港内には逃げ遅れ座礁した漁船が見えるが，これらは次の満潮で浮上り，脱出した．

また相川土木出張所においても，$16^h 30^m$ 頃より漁港内で，護岸天端 T. P. ＋1.2 m を基準として潮位観測を行われた．Fig. 62 はこの観測値を図に示したものである．

天保の津波（1833 年）についての古老からのいいつたえについて，市長橋本氏らの話によると，長江まで石上り，船ケ崎に舟が打上げたといわれる．長江は加茂湖を越えて海岸線より 2.5 km 程奥であり，また船ケ崎は船場町より奥，約 1 km 程の所であつて，当時の津波が非常に大きなものであつたことがうかがわれる．また津波来襲のときは湊地区の人は椎崎に，夷地区の人は白山に避難するようにということもいわれていて，両津湾と加茂湖にはさまれた細長い低地に住む人々が，古い津波の体験から，それぞれ南北に二手

に別れて，最寄りの高地に避難するようにと，いい伝えてきているものと思われる．



(a)　第1回目の満潮

(b)　第2回目の引潮

Fig. 34.　両津港桟橋（両津海上保安署撮影）

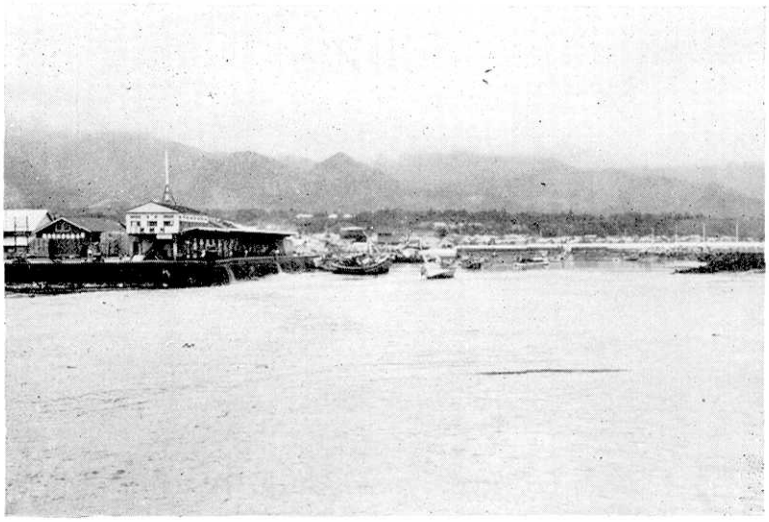


Fig. 35.　両津漁港内第1回目の引潮（両津海上保安署撮影）

水津　両津湾外に位置し，港内岸壁の潮位と港外痕跡からの測定値から，佐渡において最低の潮位を示した所である．

佐渡汽船水津代理店輪島岩蔵氏の談話によると，$13^h 40^m$ 頃岸壁で荷役中津波を感じた．周期は5分位で池の水が上下する如く，1m 程潮位が下り，普段みられない瀬が顔を出したという．2回目の波が最大で，地震後，地盤変動は認められない由．

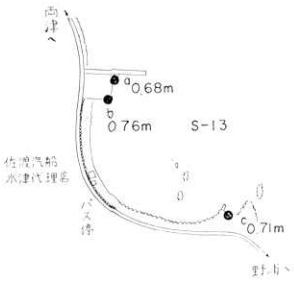


Fig. 36.　水津　Suitsu

大川　津島神社裏に，岩礁をコンクリート壁で囲んだ自然水族館がある．ここの管理人小保輝氏の証言で潮位を測定する．同氏の談話によると津波は地震後 25 分頃，押しで始まり，周期 20 分，第3回目の引きが最大で，神社にかけられた橋の附近は川のように流れたが，その流れの方向は上げ波下げ波にかかわらず一定であつた．その他の地点では穏やかにさし，水族館内の魚は逃げなかつたそうである．

神社脇の岩に最高潮位面 (S—14 b) をノミできざんだ人があり，また神社に通ずる護岸に溢れた潮位 (S—14 c) など測定すると，ほぼ同一の潮位を示し，可成信頼度のある測定と思われるが，この潮位を湾外の水津の値と比較すると 90 cm 程高い潮位となり，一つの岬をへだて湾外と湾内の潮位の相異が顕著である．

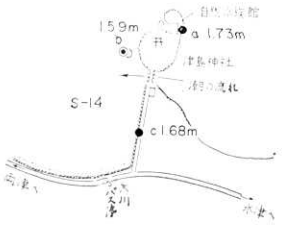


Fig. 37.　大川　Ōgawa

大川はかつて，両津港が完備しない頃，京阪神，北海道

方面からの帆船が出入航し繁栄した所で，天保津波のいい伝えで，地震の際“雉があわしたか”と問い，雉が鳴かなかつたときは津波を警戒せよといわれている．また天保津波のとき，部落のある便所に引き潮でとり残された魚が泳いでいたとか，神社附近の通称棒杭まで潮が引いたとかいわれている．この附近の多くの岩にロープを結ぶための穴があり，前記の港として栄えた頃使用されたものである．

両尾　津波は平床部落で護岸附根近くまで溢れた程度で，砂浜に海藻などの打上げられた痕跡を認める程度である．

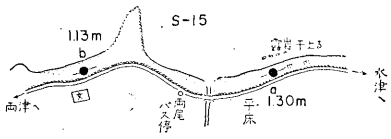


Fig. 38.　両尾　Moroo

宇治久雄氏の談話によると，地震後 10 分で潮がさしてきた．波を立てず平にさし，周期5分位で段々と間隔が永くなるという．第2波位感じたとき，ラジオで津波警報を聞いた．砂浜の舟小屋に入れてあつた舟が浮上るのを見て持主に知らせてロープで引留めたりしたそうである．第3波が最大で引潮は平常時より 70 m 位潮が引いたとのこと．

椎泊　定置網の小屋近くの家で，伊藤久雄氏夫人の談話によれば，地震後 30 分で潮の引くのに気附き，2～3回目が最大と思われた．津波は静かに押寄せ定置網には被害がなかつた．また地盤変動はないという．

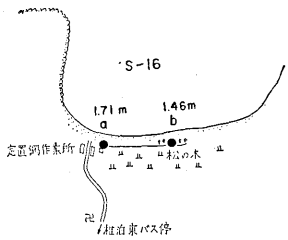


Fig. 39.　椎泊 Shiidomari

住吉　両津港から住吉に至る地域において，港口附近の湊地域の一部は，護岸を乗越え床下浸水があつたが，住吉では水位が護岸天端面下 10 cm に達した程度で，護岸上に溢れた所がなく，住吉バス停附近および水産高校附近での聞き込みによる潮位は，ほぼ同一の数値を示した．

吉住　この附近は護岸の中間程度の潮位を示し浸水家屋はない．

山本貞太郎氏の談話によると，地震後 20 分で押始め，周期 20 分，2回目が最大，静かに潮がさし，5～6回続いた．浜梅津沖の定置網が潮のさし引きで1ケ所に集り被害があつた．またその附近が潮目のように見えたそうである．

白瀬　目撃者の証言によつて引き潮の際の突堤の捨石の現れた所を測定してみると，平

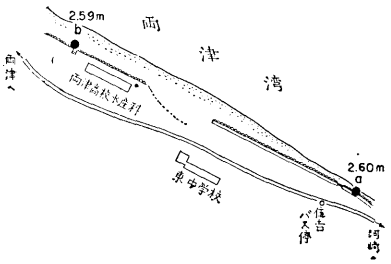


Fig. 40.　住吉　Sumiyoshi

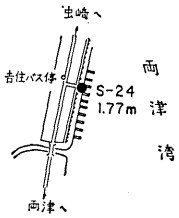


Fig. 41.　吉住　Yoshizumi

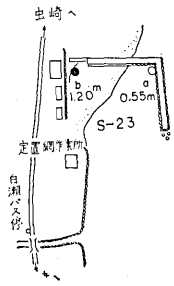


Fig. 42.　白瀬　Shirose

常時の潮位より 1 m 位引いた模様で，全振幅は 2 m 程度と思われる．

定置網作業場附近の砂浜に，ワラなどの痕跡が認められた．

和木　海岸道路護岸の中間位まで潮位が上り，一部道路面の低い所は，道路に海水が溢れた．附近の人の談話によると，津波は地震後 1 時間で引き始め，最大は護岸より 40 m 引き，上げ潮は静かにさしてきた．周期 20 分，地震で時計が止つたが，棚のものは落ちなかつたそうである．

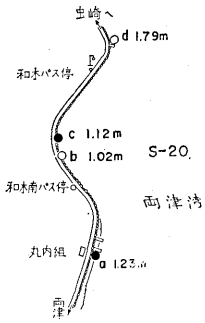


Fig. 43. 和木 Waki

浦川　潮位は海岸道路護岸の附根附近に達した程度で，漁民の話によると，津波は地震後 30 分で静かに押寄せ，第 3 波が最大潮位となり，また 1 m 以上引いたとのこと．引き潮のとき魚を取る．突堤先端で潮は渦を巻いたという．

郵便局附近の樋口悌一郎氏の談話で補足すると，津波は地震後 30 分（警報前）で押寄せ，岩の目測から 1.5 m 潮位が下り，浜は 35 m 引いたそうである．これらの証言から，この附近の津波は押で始り，地震後 30 分で到達した模様である．

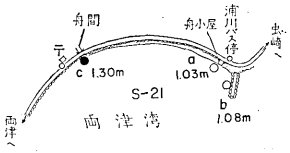


Fig. 44. 浦川 Urakawa

天保津波のいい伝えでは，海岸から 100 m 程離れた田に，さざえが上つたそうである．

黒姫　定置網作業所の船揚場にはい上つた潮位を目撃者の証言によつて測定した．(Fig. 45) 津波は $13^h 30^m$ 頃来たとのことで，定置網の作業員の話によると，地震後船を出して Fig. 45 に示す定置網の位置へ作業に出たが，津波によつて網が流されるのを感じた．その方向は最初 1 の方向で次に 2 の方向に変わつたという．尚この位置では常時の潮流もこの方向であり，この向きによつて作業を行うか否かを決めている由である．

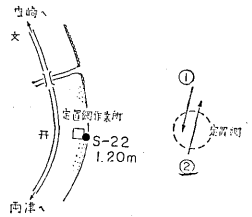


Fig. 45. 黒 姫 Kurohime

多田　高橋教授の調査によれば，支所の打木一氏談話から津波は震後 $1\sim1^h 30^m$ に来襲し，3 波目が最大，周期 15 分，最大干満差 1 m で，地盤変動は認められないという．

赤泊　高橋教授の調査によれば，郵便局の金子弥市氏の談話から津波は引き潮で始まり，2 波目が最大で，第 1 波と 2 波との間隔は 20 分以上という．

佐渡の被害

佐渡全域の地震および津波による被害を Table 4 に示す．地震による被害は概して少く，両津における津波による浸水家屋が顕著なものであつた．

考　察

粟島，佐渡を含む秋田，直江津間の調査結果をとりまとめると，津波は概して穏やかに来襲した模様である．浪源附近の検潮儀は地震により破損したものが多かつたが，津波来襲時に港工事々務所などの機関によつて各所で，潮位目視観測が行われ，検潮記録の欠け

Table 4.　佐渡被害状況調（両津市役所および県佐渡分室調査）
昭和 39 年 6 月 17 日現在

	両津	相川	佐和田	金井	新穂	畑野	真野	小木	赤泊
住家 全壊	1	3	3		1				
住家 半壊		3	8						
住家 小破		4	45		2	1	1		
非住家全壊				1					
土砂くづれ	3	4							
きれつ	17	4	5		3				
負傷	2		3						
護岸の一部欠壊	2						1		
床上浸水	239								
床下浸水	88							20	
田畑冠水	100ha							400ha	

た所を補うために，非常に貴重な資料を提供している．

津波の周期については，検潮記録によると船川で 55 分，土崎で 20～40 分，酒田下瀬で 15～40 分，松ケ崎で 28 分，直江津で 28 分であつた．その他精度の高い目視観測による値として加茂で 20～50 分，寺泊で 24 分が得られている．

聞き込み調査では，明確な周期を聞き出すことが困難であつた．概して 20 分位の周期と 40～50 分位の周期のものが重畳しているようで，これは主として陸棚の海水振動が現れているものとみられ，浪源からやや離れたところでおそくなつて最高波の現れたこととあいまつて，今回の津波では陸棚振動が重要な役割を演じたことを暗示する．また粟島や飛島のように陸棚の端に近いところで津波が小さかつたことも陸棚振動の節に近いことを考えれば説明がつく．

一方，浪源からやや離れた船川の検潮記録や，加茂，両津などの目視観測記録には最初に津波の山が約 20 分離れて 2 つ現れている．これは陸棚振動ではなく，海底の地盤変動および波の伝播機構そのものに関係しているのではないかと思われる．

地殻変動は浪源上に位置すると思われる粟島（内浦）において約 1.5 m の隆起を生じており，これは浪源域の垂直変動量をきめる上で，従来のように浪源域が全部海底である場合に比して非常に正確な値を与えるものと思われる．また粟島の対岸にあたる鼠ケ関，岩船間では，他班の調査によると最高 30～40 cm におよぶ沈下があつたらしい．また新潟港附近は，堤防，護岸の沈下に伴い一部冠水区域を生じた．次に項目別に考察する．

浪源域

浪源域を推定するため各地点から波の伝播速度を $\sqrt{gh}$ として作図した津波の逆伝播図を Fig. 46 に示す．各地の到達時間は検潮記録から直江津 58 分，松ケ崎 17 分，酒田（下瀬）25 分，船川 42 分，潮位目視観測から両津 26 分，土崎 48 分，加茂 15 分で，以上は時間の精度が高いものであるが（特に検潮記録において，地震動が記録されたこと

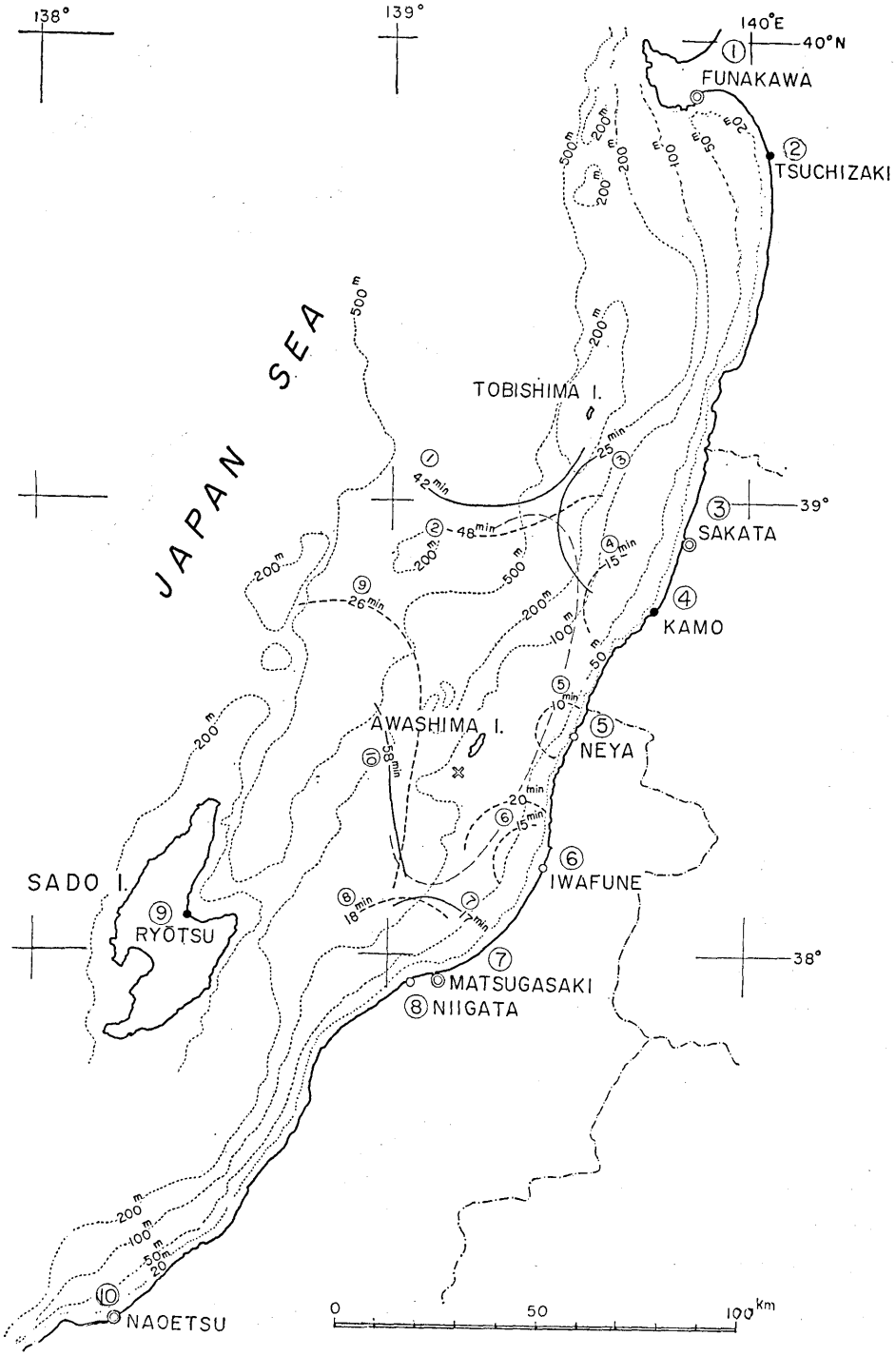


Fig. 46. Generating area of the tsunami by inverse refraction diagram.

より津波到達時刻の精度良し),次に聞き込み調査から信頼度のあるもので寝屋 10 分，岩船 15～20 分，新潟 18 分を到達時間に採用した．各点よりの等時線は2分毎に作図しその結果を示す．

浪源域は新潟県北部から山形県の海岸に沿つた可成り細長い約 90 km に及ぶ領域である．これは 1961 年の日向灘津波の浪源域よりやや大きいようである．本震々央は，この浪源域の中央からやや南寄に位置し，粟島は完全に浪源域内に存在する．

第1波の押引

津波第1波の到達時間と共に，その波が押しであるか引きであるかをしらべて見ると，直江津，松ケ崎，下瀬，船川の各検潮記録はいずれも最初潮位が上り始めており，押しであることがわかる．また両津，土崎，加茂など精度の高い潮位目視観測の記録からも全部押しで始つていることがわかる．その他各地の調査において，引きで始つたという有力な証言はなく，大部分の証言は押しで始つたというものであつた．引きで始つたという少数の証言も，信頼性が薄いものである．したがつて今回の津波については男鹿半島南部から佐渡を含めて直江津附近まで全部押しで始つたといつてよいであろう．以上の地域は前項で推定された浪源の周囲の中，東側半分から，南側では西側へも廻り込んだ部分を見込む地域を包含しており，この地域で全部押しの観測があつたということは，少くとも，この範囲の浪源周辺部では最初に地盤の上昇運動があつたことを示している．

一方水路部においては，全く幸いにも地震前に浪源附近海域の水深測量を実施中であつたため，地震直後に再び改測を行われて，地震前後の海底の地形変動の状況を明らかにされた[1]．この結果によれば粟島附近を中心として南西から北東に細長い地域に最大約 6 m の隆起地域が認められた．この隆起地域は前述の逆伝播図より推定した浪源と思われる地域と極めてよく一致し，第1波がすべて押しで始つたという事実を説明するにまことに好都合である．

津波の高さ

津波は佐渡の両津で約 3 m，300 戸程度の浸水家屋を生じ，岩船では護岸を越し，港および川に沿つた家屋の一部に浸水した．その他では新潟の冠水を除くと調査地域内各地の津波の状況は砂浜に上つたか，護岸に溢れたか，あるいはその附根に達した程度である．

次に各地の波高を船越―新潟，および新潟―直江津を結ぶ線上に図示すると，Fig. 47 に示すごとくなる．浪源の南半分に近接する府屋，塩谷間で約 4 m であるが，この間において砂浜への馳け上りのため 6 m にも達した所がある．また脇川から桑川の間で津波の高さが周囲よりもやや小さくなつているようにみえる．これは浪源域の地盤変動の特徴と何等かの関係を持つているのではないかと思われる．

秋田，由良間および新潟，直江津間は 1～2 m の高さを示し，海岸線は平坦で波高分布は大局的にみると単純であるが，海底および海岸地形に対応して，等深線が海岸に近づいたところに波高が小さいようにみえる．

---

1) 昭和 39 年 7 月 14 日第 422 回地震研究所談話会報告．

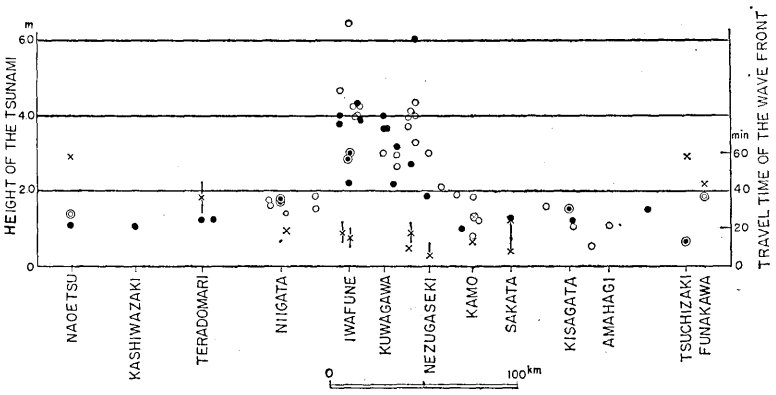


Fig. 47. Profile of the height from Funakoshi and Niigata to Naoetsu and travel time.

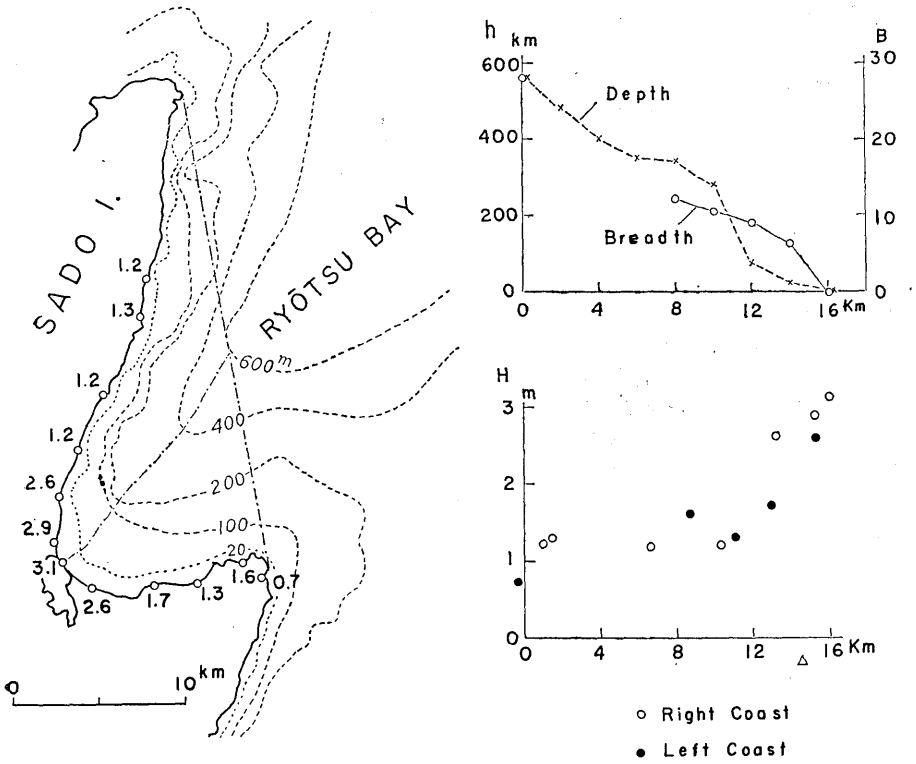


Fig. 48. Distribution of the inundation height at Ryōtsu Bay.

なお Fig. 47 の×印は津波の到達時間を示す.

佐渡の津波

佐渡の過去の津波は宝歴 12 年 (1762) および天保4年 (1833) にあつたが，天保津波について両津湾に面した地域で，古老からのいい伝えが残つていて，今回の津波より規模の大きかつたことがうかがわれた．中川[2] は佐渡の歴史津波から同地方の津波伝播について検討した結果を報告している.

今回の津波では前述のごとく両津に浸水家屋の被害を生じ，島における津波の特徴的な事柄は次のようである.

1.　浪源方向に面した佐渡の両津湾（本田・寺田らの計算によるとセイシュ周期20分）で，湾口附近に比べて湾奥で約3倍の波高を示している (Fig. 48). これはしばしば近地津波でみられる波高の増幅現象として，三角形湾における湾奥でのエネルギーの集中によるものと思われる.

2.　両津港内で加茂湖への水路入口附近は波高が低くなつている．Fig. 33 に示す波高の分布によれば，水路入口の S—25 附近は湊町方面 S—11～12 より 0.3 m 位低く，漁港内 S—8 より 0.6 m 位低くなつていて，明らかに加茂湖へ津波が流入するためにエネルギーを吸収されたものと思われる．またこの水路はせまい部分で幅 20 m から 30 m，長さ約 100 m であるが，その間で波高は急激に減少して，加茂湖内では数 10 cm，あるいはそれ以下となつている.

3.　佐渡東南の岬，姫崎の北側の大川と，南側の水津で，波高が2倍の相違があることは顕著である．これは姫崎東南岸附近の海の深さは岸近くまでかなり深く，浪源の方向に平行な海岸線であるので，津波は海岸線に沿つて進行したため水津，多田においては，かなり低い値を示したものと思われる.

4.　河原田，相川など佐渡北西側海岸では浪源の反対側で佐渡ケ島の蔭の効果が現われて低い波高を示している.

---

2) 中川孝一「佐渡地方における津波伝播と波高」験震時報 18 (1953), 37.

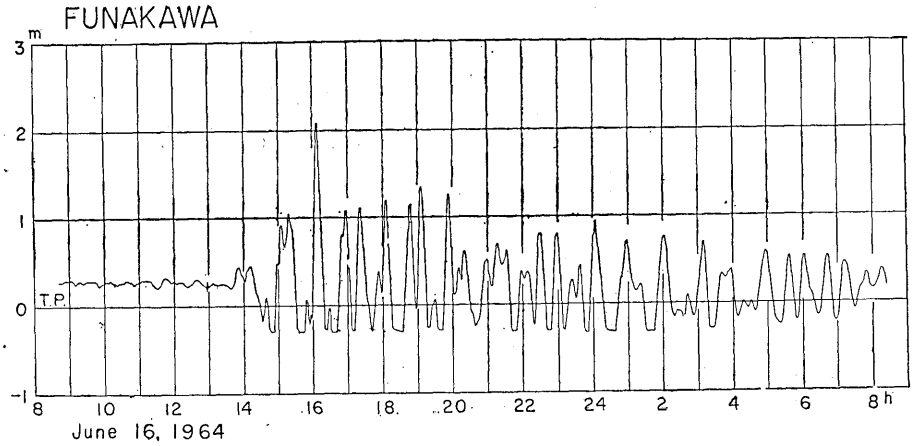


Fig. 49. 船川港検潮記録

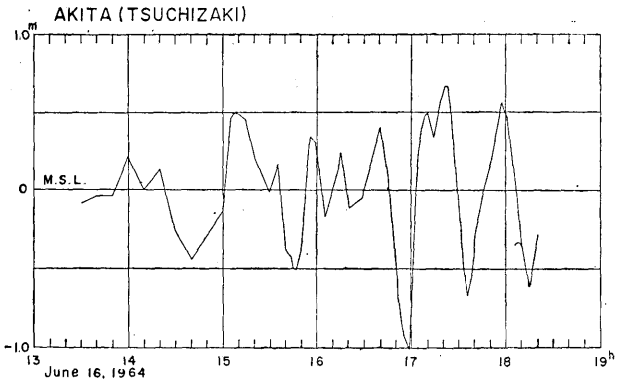


Fig. 50. 土崎目視観測記録

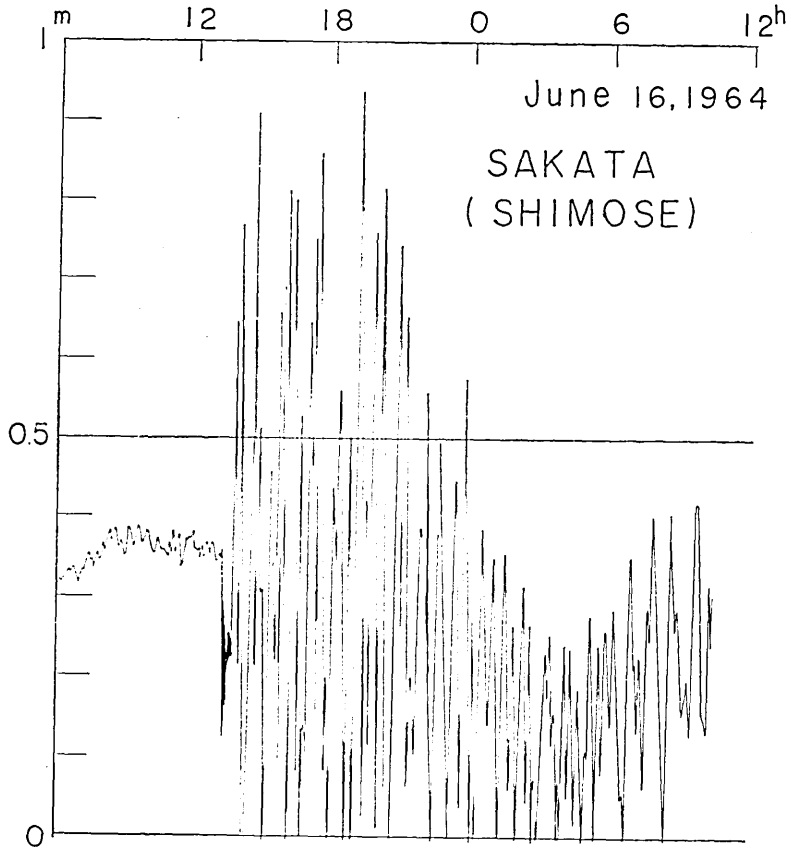


Fig. 51. 下瀬水位記録

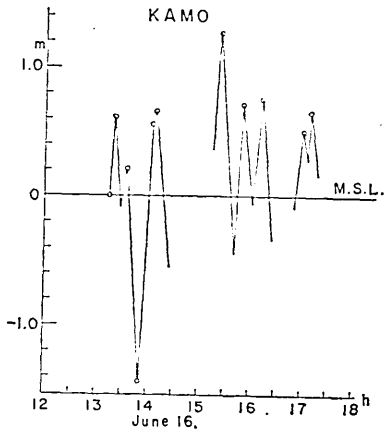


Fig. 52. 加茂目視観測記録

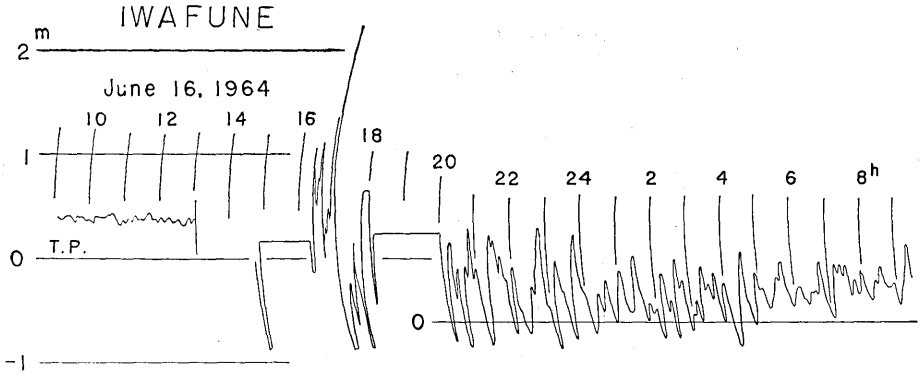


Fig. 53. 岩船港検潮記録

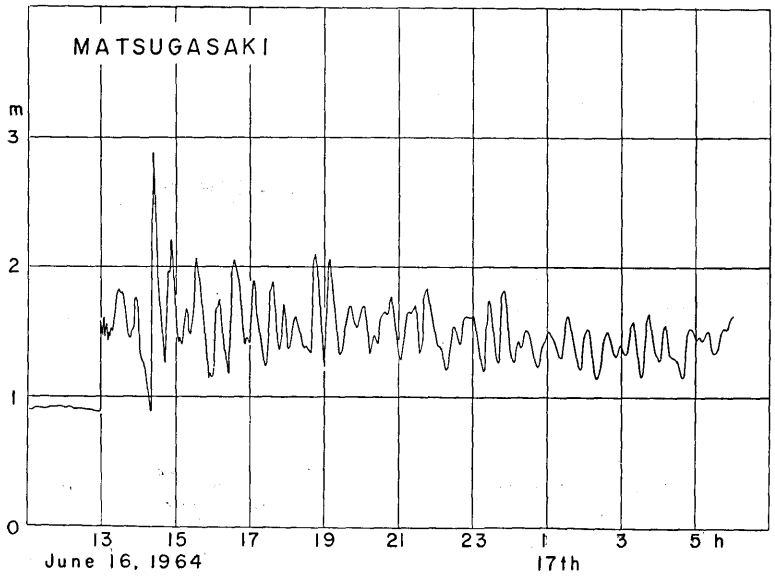


Fig. 54. 松ケ崎検潮記録

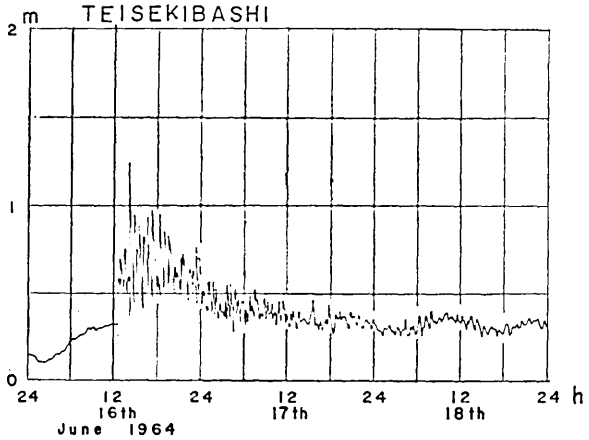


Fig. 55. 帝石橋水位記録

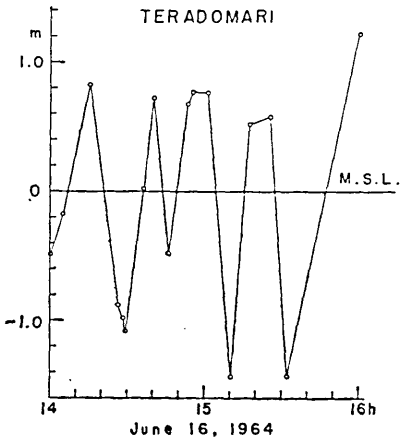


Fig. 56. 寺泊目視観測記録

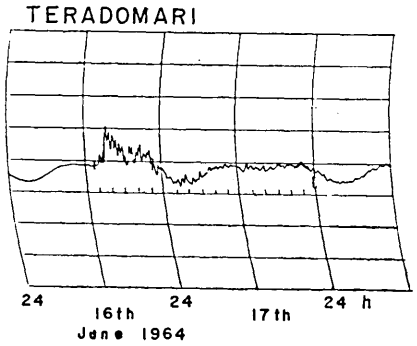


Fig. 57. 寺泊港検潮記録

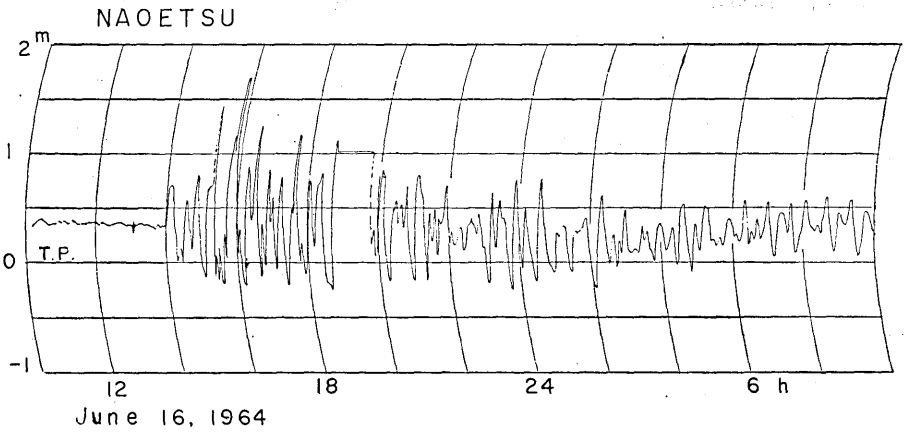


Fig. 58. 直江津港検潮記録

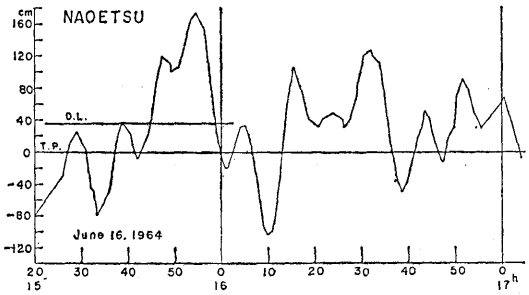


Fig. 59. 直江津港目視観測記録

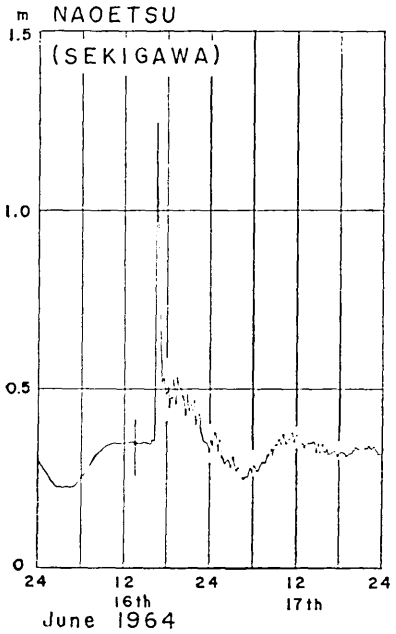


Fig. 60.　関川水位記録

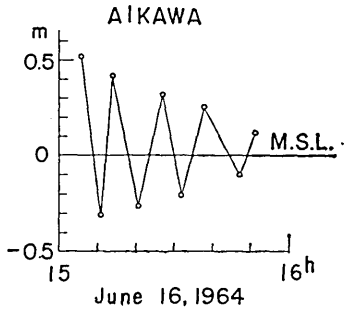


Fig. 61.　相川目視観測記録

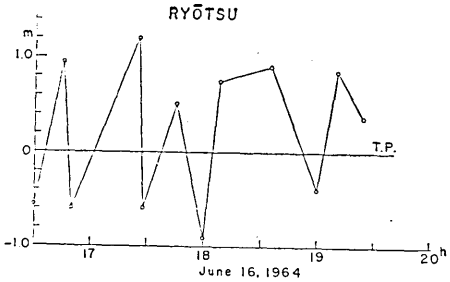


Fig. 62.　両津目視観測記録

結　語

今回の津波は新潟北部海岸に近接した浅海域（水深 100 m 以下）に発生し，且つ海岸線の形状が極めて平坦であるので，津波の周期には陸棚の海水振動周期が顕著にあらわれているようであり，また津波の高さは湾形による影響が小さく，波高分布はこれまでに日本太平洋沿岸地域の津波の際にみられるように複雑ではない．すなわち津波の高さは浪源近傍は高く，浪源より離れるにしたがい，ゆるやかに減少する．しかし浪源からの距離による波高減少はきわめてゆるやかで，沿岸を伝わる波の存在を暗示する．逆伝播図から求めた浪源域の形状はかなり波高分布に対応するように思われる．

その他，佐渡の調査から津波の高さは湾の形，湾の向き，海底地形などと津波の伝播方向とによつて著しく影響を受けることが明らかになつた．今後更に遠隔地の検潮記録，地殻変動，余震分布などの資料を総合的に検討し，津波の発生機構，浪源域，方向性および伝播などの諸問題につき考察を進め，発生頻度の少ない日本海の津波の特性などを明らかにしたい．

終りに臨み，今回の調査に際し潮位観測，来襲状況の写真などの多数の資料を提供賜り，かつ多大の援助を与えて下さつた県市町村役場，その他関係機関の方々，並に調査地域の一般の方々のご協力に対し厚く感謝の意を表します．またこの報告に明示した津波の高さ

の測定値を提供された各位をはじめ，本調査の計画に当り懇切なご教示を与えられた高橋龍太郎教授に対し厚くお礼を申述べます.

38. A Tsunami Accompanying the Niigata Earthquake of June 16, 1964.

By Isamu AIDA, Kinjiro KAJIURA, Tokutaro HATORI and Takao MOMOI,
Earthquake Research Institute.

A tsunami accompanying the Niigata Earthquake of June 16, 1964 is described on the basis of mareograms collected in the vicinity of the source area and a field survey, carried out immediately after the earthquake by the members of the Earthquake Research Institute, along the coast of the Japan Sea from Akita to Naoetsu.

The generating area of the tsunami, estimated by means of an inverse travel chart of the wave front based on the arrival time of the initial motion of the tsunami to the coastal station, is located in the sea on the continental shelf, extending about 90 km in an elongated shape roughly parallel to the coast line from the northern part of Niigata Prefecture to Yamagata Prefecture. The epicenter of the earthquake is to the south-west of the center and Awa-shima which is up-lifted about 1.5 m is near the center of the tsunami source.

According to mareograms and also reliable observations by eyewitnesses, the tsunami arrived with a rise of the sea level in most places along the coast from Akita to Naoetsu including Sado Island, suggesting the initial upward crustal deformation in the source area.

The distribution of the inundation height is fairy simple. An average height of about 4 m is found between Fuya and Shioya, along the coast facing Awa-shima. To the north of Fuya and to the south-west of Shioya, the height decreases sharply and stays at about 2 to 1 m in the surveyed area. According to eyewitnesses, the highest was the first wave arriving ten to twenty minutes after the occurrence of the earthquake between Fuya and Iwafune, but the third or later one which arrived several hours after was the highest outside of the region.

Two "periods" of 20 minutes and 40 to 50 minutes seem to have been recognized and they are rather close to the natural period of the shelf oscillation of water.

Judging from the evidence collected so far, the main part of the submarine crustal deformation appears to have taken place offshore of the coast from Fuya to Shioya, namely in the southern half of the source area estimated from the tsunami arrival time, and the shelf oscillation of water including edge wave modes played an important role in the propagation characteristics of the tsunami energy.

The detailed study of the distribution of inundation heights along the coast reveals minor irregularities, such as the unusual run-up height of about 6 m on sandy beaches near Fuya and Iwafune, and the relatively low inundation heights near some river mouths. Furthermore, there are some indications that height distribution might be correlated with the bottom topography of the sea and also with the pattern of the crustal deformation of the tsunami source. It may be noted that a considerably high velocity of water was observed in many harbors and channels, resulting in the scoring of the bed.

At Awa-shima and Tobi-shima located near the edge of the shelf, the height of the tsunami was relatively small.

At Ryōtsu Bay (a triangular bay with a natural period of oscillation of about 20 minutes)

in Sado Island, the wave height increased from about 1 m at the mouth to about 3 m at the head, showing the amplifying effect of a triangular bay to a tsunami height. The third wave was a maximum of about 3 m at Ryōtsu, located at the head of the bay, and a part of the city was inundated but some of the wave energy was absorbed in a lake called Kamo-ko just behind the city, so that the inundation height in the neighborhood of a channel connecting the sea to the lake was somewhat lower than in the surrounding area. Inside the lake itself, the elevation of the water level was only about thirty or forty centimeters.

In the shadow side of Sado Island to the tsunami source, the height of the tsunami was less than 1 m. At Sado Island, at least, the tsunami of the Niigata Earthquake was smaller than that recorded in 1833, although the magnitude of the present earthquake is estimated as being larger.