

日本海中部地震における津波と港湾

—現地聞き込み調査に基づいて—

宇井 正和*・丸井 信雄*

要 約

昭和58年日本海中部地震は、その大きさや災害と共に、付随して生じた津波の特異な挙動によって強く印象づけられた。津波の挙動としては、船舶と港湾施設へ甚大な被害を与えた浸入過程および、単調な海岸線をなす砂浜への15mにも及ぶ局所的遡上に大別される。

本報告は、現地での聞き込み調査に基づき、この津波遡上の特異性の解明を試みたものである。砂浜への局所的遡上については、余震域を波源域と仮定した波峰線を作る事により、又津波の港内浸入については、通常用いられる静振（セイシュ）の理論が漁港の大きさから見て不適当と考え、港とそれが構築されている入江との関係から考察した。

1 日本海中部地震の概要と調査目的

昭和58年5月26日、11時59分58秒に秋田県能代沖に発生した地震は、秋田、青森両県を中心に震度5の強震で襲い、各地に大きな被害をもたらした。

気象庁の発表によると、地震の大きさはM7.7、震源は北緯40°21′、東経139°05′の能代沖100kmの海底で深さは14kmであった（気象9月）。

この地震は、海底断層によって生じた、大規模な津波を伴い、震源近傍の能代海岸を中心に多くの犠牲者を出すと共に、北海道および島根県、そして遠く日本海の西側沿岸に至るまで港湾施設や船舶に被害を与えた。気象庁は地震発生14分後に「オオツナミ」警報を発表したが、地盤変動が海岸近くまで及んでいたので警報前に深浦や男鹿には引き波が見られたのを初めとし、各地で津波が観測された。表-1はその検潮記録から津波到

達時刻と津波の高さを求めたものであり、周期は10分から20分、最大波高は能代で194cmを記録している。

又日本海は閉ざされた海域のせいか津波振動は1日以上長時間続き、図-1に示すように、深浦より新潟までは多少とも引き波による第1波が到達しているのに対し、新潟以西の港湾では押し波として記録されている。

表-2は県別の津波による被害状況（気象9月）である。合計欄の括弧内数字は地震によるものを含めた総計を示している。建物については地震による損壊が多いが、死者は津波によるものが圧倒的に多い。船舶の被害は沈没、流失に関してみると北海道が多く、奥尻島の被災がこの大部分である。又近県である山形県や新潟県と比較し島根県の港湾被害が極めて大きいことは注目すべき事であろう。

このように、多数の犠牲者や港湾、船舶の被害の発生は潮位記録以上に大きな津波の襲来を物語

*東京都立大学都市研究センター・工学部

表-1 検潮記録

No	地名	初動時刻	最高潮位 (m)				時刻
			波順	実潮位	波高	偏差	
1	能代	12:25	1	2.08	3.00	1.94	12:31
2	男鹿	12:10	1	0.68	0.66	0.57	12:18
3	船川	12:30					
4	秋田	11:55で故障		0.42	0.61		13:55
5	酒田	12:40	6	0.94	1.41	0.81	15:35
6	岩船	13:10	1	1.13	1.16	0.72	13:16
7	新潟東港	13:10	5	0.80	1.17	0.80	16:07
8	新潟西港	13:10	3	0.64	0.91	0.43	14:30
9	両津港	12:50	2	1.37	1.90	1.20	13:17
10	寺泊港	13:05	5	0.66	1.24	0.58	14:44
11	柏崎港	12:58	5	0.63	1.09	0.51	14:53
12	直江津	12:55	8	0.89	1.32	0.43	16:18
13	新湊	13:10	4	0.31	0.28	0.13	15:10
14	伏木	12:55	1	0.34	0.23	0.16	13:09
15	七尾	13:10	9	0.88	0.5	0.21	15:56
16	輪島	13:15		越波により不明			13:40
17	金沢	13:30	4	0.54	0.58	0.58	16:36
18	福井	13:25	5	0.59	1.04	0.52	14:58
19	敦賀	13:45	3	0.55	0.81	0.51	15:30

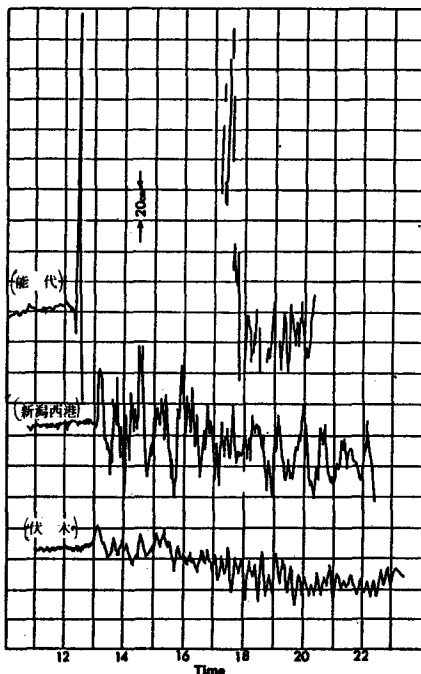


図1 検潮記録

っている。特に秋田より青森に至る漁港では、防波堤や埠頭に乗り上げた船や押し流された家、又単調な砂浜の海岸での高さ15mにも及ぶ遡上高の調査結果から津波の挙動が特異であったことが予想される。さらに近年、チリ津波（死者139人）に次ぐ大きな人的被害の発生は、津波の到達が早かった事や、日本海に津波は生じないという先入観を加味しても、まだ理解しきれない原因が隠されているように思われる。

そのため、今後起るかも知れない津波の対策を考える上にも、津波の特徴を調査し、津波に遭遇した人々の体験談や意見を伺うことは重要であり、秋田県および青森県の海岸と港湾を回り現地調査を行った。

ここでは、その調査に基づき、津波の挙動と人々の行動について整理し、特に局所的な異状潮位となった津波の変形について検討した。又船舶

表一 2 津波による被害（県別）

58年7月31日現在（警察庁調べ）

区分		県別		北海道	青森	秋田	山形	新潟	石川	京都	島根	合計
人	死者	人		4	17	79						100 (104)
	負傷者	人		19	4	41		2	3		5	74 (163)
建物	全壊			9					1			10 (934)
	半壊			12		485			2			499 (2115)
	流失					52						52
	床上浸水			27	61	69			1	3	152	313
	床下浸水			28	160	264			2	10	-279	743 (747)
	一部破損					202						202 (3258)
非住家被害				30		1754				12		1796 (2739)
船舶	沈没			42	21	60	9		12	7	104	255
	流失			180	65	136		8	6		56	451
	破損			289	228	483		24		18	145	1187
	ろかい等による舟									15		15

の悲惨な被害を蒙った港湾の形態についても定性的な考察を試みた。

2 現地調査と考察

現地調査は6月下旬と8月下旬の2回行った。第一回目においても地震発生後約1ヶ月経過しているため、最早津波の痕跡は正しく認められず、主に海岸や港湾で会った人々からの聞き込みによったものである。聞き込みでは被害地域の町役場や漁業協同組合において全体的被害状況を得ると共に、各地の漁師に体験談を尋ねた。

表一3は調査結果を、海岸状況、話題提供者、津波の状況、そして津波による最高潮位の項目に分類整理したものである。“海岸状況”における磯や浜は調査場所が磯地帯なのか砂浜かを区別したもので、括弧内はその海岸の向いている方向を示している。“港”とは防波堤で囲まれ、船着場や埠頭（荷揚場）を備えた場所を意味し、船を引き上げて係留する砂浜と区別している。又括弧内は港の出入口の方向を示し、港そのものの向いている方向ではない。“話題提供者”では職業を記すに留めたが、その人の津波に対する行動を付記

した。“津波の状況”は津波の押し寄せ方、港内への浸入の様子を簡略に記したものだが、津波の挙動を知る上で重要なため後で詳述する。各項目について例を用いて説明を加えよう。全体を通じて防波堤と防潮堤を区別しているが、前者は港の静穏を保つため常に波浪に晒されている堤や突堤を意味し、後者は人家や施設を保護するために海岸線に沿って構築された堤とし常時海面と接しているとは限らない。

2-1 海岸状況

表中第1列目は現地聞き込み調査で廻った地名であり男鹿半島の加茂青砂より青森県の小泊までの海岸と漁港の24地点である。加茂青砂より深浦までは6月に、又鱒ヶ沢より小泊までは8月に調査を行った。

海岸線は磯と浜に分けられるが、まず秋田、青森両県の日本海側海岸について概観してみよう。

秋田県は、東側、北側、南側の県境をそれぞれ奥羽山脈、白神山地と鳥海山系に囲まれ、さらに出羽山地を中央に抱えた山がちの県であるが、南の本庄市を流れる子吉川、秋田市の雄物川そして北部に位置する能代市の米代川に沿って平野がひ

[1]

表-3 調査結果

No	(1) 地名	(2) 海岸状況	(3) 話題提供者	(4) 津波の状況	(5) その他	(6) 最高波高	(7) 測定時刻
1	加茂青砂	磯(南向) 港(東)	漁師 (学童の救助に夢中)	<ul style="list-style-type: none"> 南から港口を塞くように浸入 濁流の形で港奥へ押し寄せた後、防波堤を越える 防潮堤は越えない 		4.6	14:00
2	男鹿水族館	磯(西)				3.5	8:50
3	戸賀公民館	道路	公民館職員 (保育園々児を高台へ避難)	<ul style="list-style-type: none"> 湾口より直進 水位は100m前方の消波ブロック(水面より1.5~2)がかくれる程度 		1.5~2.0	9:00
4	戸賀港	磯(西) 港(東南)	漁港職員 (地震時に船へ避難。安否を気づかい自宅へ向う時に津波襲来)	<ul style="list-style-type: none"> 湾口の北端を曲がりながら浸入 港は濁流が渦まきながら水位を増し防波堤を越える 	日本海では津波はないと信じていた	2.5	10:30
5	相川	磯(北) 港(西)	漁師(数人) (舟を引き波にさらわれぬよう5,6人でもやい綱を持っていた)	<ul style="list-style-type: none"> 防波堤を越え、滝のように浸入 港奥の船は波にふり回われ荷揚場へ衝突損傷 	沖の舟は集団で待避	3.6	11:00
6	浜間口	砂浜 (70~100m沖に消波ブロック)	交通係	<ul style="list-style-type: none"> 沖より直進、遡上波により2~3軒床下浸水 川へ遡上し、奥で汜監直前 		4.2	12:00
7	五里合	砂浜(北) (西と北を防波堤で囲う)	漁協職員 (波の遡上を見て町の中へ逃難)	<ul style="list-style-type: none"> 防波堤を越えた津波は港への道路を遡上し、町の中へ150mも浸入した 	津波が来るとは思わなかった	4.0 (6.0)	12:30
8	釜谷地	浜(北西)	漁師 (自宅を確認してから海岸へ来て津波に会った)	<ul style="list-style-type: none"> 直進してきた津波は、砂丘上へ舟を上げる 		50	15:00

[2]

表-3(続) 調査結果

No	(1) 地名	(2) 海岸状況	(3) 話題提供者	(4) 津波の状況	(5) その他	(6) 最高波高	(7) 測定時刻
9	美野	浜(北西)	漁師 (津波のニュースを聞いて浜へ来た) 漁師 (津波にのまれたが助かった)	・砂丘を越えて耕地へ浸入 ・砂丘上の見張小屋やジープが流される		5.0	15:30
10	釜谷	浜(西)	漁師	・高い砂丘は越えなかったが、低い所より町の中へ浸入		5.0	16:30
11	浅内浜	浜(西)	会社員 (食事中に地震、ビルの屋上より津波を見る)	・2列の砂丘を越え、保安林の中へ浸入	津波が不安で海では仕事したくない	8.0	
12	能代港	港(西)	工事々務所	・港奥へ舟を打ち上げた ・町内への浸水50cm程		3.3	
13	能代海岸	浜(西)	ナシ	・埋立用地の護岸ケーソンが破損 ・奥深くまで保安林の変色がある。 ・砂丘上の草木に痕跡あり。		8.4	
14	峰浜 (塙川)	浜(西)	農業指導センター職員 (津波は見えていない)	・塙川に沿って開いた耕地へ砂丘を越えて浸入 ・500mも遡上、数人をのむ			
	(水沢川)		ナシ	・塙川と水沢川の間に砂丘の高所があり津波による流木が多い ・ブロックが砂浜に散乱		14.0	
15	泊	磯(南西) 港(西)	漁師 (舟を曳上げに港へ) 津波の時崖を上って避難	・第一波は北西、第二波は西 第三波は南西より浸入 ・防波堤を越え港は水面下 ・防潮堤は越えない	漁が少ない 日本海に津波はない	4.5	14:00

[3]

表-3(統) 調査結果

No	(1) 地名	(2) 海岸状況	(3) 話題提供者	(4) 津波の状況	(5) その他	(6) 最高波高	(7) 測定時刻
16	樺	磯(南) 港(南)	漁師 (港で作業中。逃げる途中腰まで波にかかる。)	<ul style="list-style-type: none"> 海岸線のように湾曲した津波が見えた 港口へは防波堤の3倍の高さで押し寄せた 		4.5	15:00
17	岩館	磯(西) 港(南)	漁師 (港口からの津波を見て逃げる)	<ul style="list-style-type: none"> 屏風のように港口へ押し寄せた 港内は濁流で逆巻き埠頭の車を海へ引き込む 水位は漁協建物の一階高さまで 	西側は高い防波堤のため津波は見えない	3.8	16:30
18	チゴキ崎	磯(西)	工場作業員 (恐怖感はない)	<ul style="list-style-type: none"> 直進して来たがそれ程大きくはない 水位はひざ位 	工場は海岸線に沿った道路側	2.8	17:00
19	黒崎	磯(西)	漁師	<ul style="list-style-type: none"> 津波は防潮堤で止められ被害はない 津波は直進 	うにの漁が少い		
20	岩崎	磯(南)	漁師 (津波の危険を感じ舟を護岸から離しに来た)	<ul style="list-style-type: none"> 港外では防潮堤に達せず 川への遡上により家屋床下浸水 港内へは波が流れ込むように浸入したが防波堤を越えず 港の西側の磯を遡上した津波が港内になだれ落ちる 		3.5	18:20
21	横磯	磯(北西) 港(北)	漁師	<ul style="list-style-type: none"> 一直線に防波堤にあたり港内へ滝のように落ち込む 潮位は埠頭上の小屋の屋根にとどき、港は海面下 		4.5	19:00
22	深浦	磯(北西) 港(西)	作業員(クレー船) (船長の機転で避難)	<ul style="list-style-type: none"> 港口より浸入、港南東奥で潮位を上げ埠頭に浸水し、北と西方へ分流する 川の遡上により町の中で氾濫 防波堤は越えない 	検潮記録は60cm	4.5	

[4] 表-3(続) 調査結果

No	(1) 地名	(2) 海岸状況	(3) 話題提供者	(4) 津波の状況	(5) その他	(6) 最高波高	(7) 測定時刻
23	鱒ヶ沢	磯(北) 港(東)	役所職員	<ul style="list-style-type: none"> ・港口より浸入 ・潮位は埠頭上の自動車の車輪まで ・前日に港外で行方不明な人を捜索するため舟は港外へ出払い被害少 		1.5	12:35
24	小泊	磯(北) 港(北東)	漁師 (海で作業中網を切って助かる舟の上でも地震がわかった)	<ul style="list-style-type: none"> ・港により浸入 ・埠頭上の倉庫等流される 		2.5	

らけ、海岸線はほとんど砂浜となっている。たゞ、米代川と雄物川のはき出す堆積物によって海岸と結ばれた“曾っての島”男鹿半島(平凡社)と青森県境に近い八森以北が磯である。青森県津軽半島中央部は白神山地からの岩木川が走り津軽平野を抱え、十三湖に注ぐ。半島西側は七里長浜と呼ばれる砂浜が長く続き、その背後に高さ5m~6mの砂丘が連なっており、十三湖までさしたる漁港はない。小泊港は津軽山地が日本海へ突き出した磯に築かれている。図-7の中に、海岸線に沿って……で示したのが浜で~~~~が磯である。

港は、秋田港および能代港のような河口に築かれた重要港は例外として、磯地帯の小さな入江や海岸の凹凸を利用し、冬季の波浪を防ぐために外側を防波堤で囲った漁港が多い。入江には暗礁が多く、港自体小規模のため10ton以下の船が主流を成している。

浜間口より峰浜までは砂浜の海岸であり、幅100m程の砂浜の後に高さ4~5mの砂丘が発達し、かなり広い保安林が続いている。然も人口の少ない部落が点在する過疎地帯であり、漁業も農業

との兼業が一般的で1ton前後の個人所有の舟を砂浜へ曳き上げて保管している。磯に近い浜では、消波用ブロックを海中に積重ね海岸の安定を計っているが、その他の地域では自然海岸のまま使用し特別な工事はなされていない。たゞ五里合は砂浜ではあるが、西側と北側に防波堤を設置し、棧橋を海へ突き出して荷の上げ下ろしの便を計っている。将来は防波堤を延長し完全な漁港を目指していると思われる。

2-2 話題提供者

聞き込み調査における話題提供者の選択は、状況を把握する上で重要な要素である。同じ津波の現象にしても見る場所によって異なるであろうし、又安全な所に居た人と津波に追われて逃げた人とはその感じ方も異なるであろう。そこには必然的に個人的主観が強調される。しかし地震発生後一ヶ月も経つと各個人の印象はマスコミ等の情報も手伝い平滑化される傾向が見られる。

津波高を問われた数人の漁師が即座に同じ値を答えるのも一例であり、よく言われる“日本海に

津波はない”との言葉もそれが個人的意識の中にあつたというよりは、テレビや新聞報道によって励起され、“津波の事は念頭に無かつた”という事と入れ代つたものとも思える。このように時間経過によって平滑化された印象は客観性を得る代りに、現象の特徴を見る上で妨げになる嫌いも生ずる。しかしこの調査では、出来る限り津波を体験した人々の話題を中心に整理した。又行動形態は、その人の置かれている状況に依存し、他の人にとって一般的規範となるものではないが、緊急時での対処の仕方として参考になる事が多いであろう。

全体的に見て、(1)グループの責任者と(2)漁業関係者の行動に興味を引かれる。(1)の例として戸賀公民館と鱈ヶ沢が上げられる。戸賀公民館は隣接して保育園があり、職員等は地震の直後に津波の危険を察し、バスに乗せて園児を高台へ避難させている。後者では、写生に来ていた弘前第四中学校400人余の生徒が、ニュースを聞いていた観光バス運転士の連絡により早目に高台へ避難した(出羽新報社、9月)。この他にも多くの例があると思われるが、責任者の機転により被害を未然に防いだ適切な措置といえよう。(2)は、相川港や泊港の漁師に代表されるように、自分の船を守るため危険が迫るまで頑張ることである。

この人々は海をよく知っている漁師だったため、難に巻き込まれずに済んだのであるが、津波に気づいていながら逃げ遅れた釣人達の例もあり(アサヒグラフ：7月、他)、早目の避難が望まれる所以である。

2-3 津波の状況

ここでは、津波による潮位を決定する客観的指標と、海岸や港内への津波浸入の状況を列記している。海岸に近づく津波の写真や(秋田魁：7月)、町を襲う大津波の記録写真(三好、1980)を見ても、屏風のように切り立って突進して来る様子が印象的である。

一般に津波は、深い海では数十cmの振幅を持ち、周期の長い(数十分のオーダー)、ゆったりとしたうねりである。そのため沖にいる船では水面の

変動を感じない程といわれる。しかし海岸へ近づき、水深が浅くなったり、扇形の湾へ入ると波高は次第に盛り上り、ついには前面が切り立って碎波しながら突進して来る。普通の波との違いは、津波は波長が長い(数百kmに及ぶ)ため、盛り上がった波の直後に次の波が見えるのではなく、遠く沖の方まで一様に水位が高くなっている事である。

そして、この波の海岸での挙動は、場所によって異なり、砂浜へ打ち寄せると磯地帯の漁港内へ浸入するのとでは大きな違いがある。両者の特徴を検討してみよう。

(1) 漁港内への津波

目撃者の多くは、港の防波堤へその3倍もの波高でぶつかった津波が、港内では濁流が渦を巻いて流れるようだと語っている。特別な港でない限り、屏風のように切り立った形では浸入しないが、持続時間が長い為、入口の狭い港でも十分満水にし得る時間を有している。

漁港への津波浸入について例を上げて説明する。

1. 防波堤を越える津波

泊港は、峰浜から続いた砂浜が終り、磯に入った所にある、岩礁、暗礁の多い西側に面した漁港である。1~2 tonの小舟が多く、港内の舟揚場へ引き上げて保管する。防潮堤は高さ5mで港内の道路に沿い、防波堤は3mの高さで南側と西側の一部に建設されている(図-2)。漁師の話によると、第1波は北西から押寄せ、西側の防波堤に衝突すると同時にそれを乗り越えて港内に浸入した。水位は防潮堤は越えなかったが通路を通り抜け、家屋や倉庫を破壊した。この時、港は水面下に没し、一面海原と化した。ここでの津波は進入方向が次々と変化し、第2波は西方から、そして第3波は南西から押寄せ、その後は入り乱れて方向は見分けられなかった。この方向変化については、佐々木等(1983)により沢目地区でも確認されている。

引き波にさらわれた舟は港を離れてさまよい、又津波の後に続く幾条もの碎波を必死に潜り抜ける漁船の姿は勇壮にさえ見えたという。

2. 防波堤を越えない津波

深浦港(図-3)は半円形の北向きの湾を防波堤で囲んだ比較的大きな漁港である。港口は西を向いているため、今回の津波に対しては浸入し易い形状ともいえる。北西から港口を通して浸入した津波は港内南東奥で水位を高めた後二波に分かれ、一方は北側の町舎の方へ、他方は西側へ向かい埠頭上を荒し回った。検潮記録では65cmに過ぎない津波高が、港奥では4.5mにも高まり港奥の方から逆流する結果となっている。又防潮堤で護られている町も、港内に注ぐ川を遡上した津波が氾濫し床下浸水を起こしている。

(2) 砂浜への遡上

砂浜への遡上は、白波をたてて立上がった津波が益々高さを増しながら一直線に這い上がってきたと想像される。この津波エネルギーは極めて大きく、入沢地区では海岸に設置された消波用ブロック(2.5ton)が120mも移動したり、5m以上も高く持ち上げられた(土木学会誌：7月)。砂浜には高さ3mから10mもの砂丘と、それに続く保安林があるため、遡上した津波はそれらで止められたり、弱められて保安林や人家の方へ浸入している。図-4は峰浜地区での津波進入分布を示したものである。今回の調査では、砂浜への遡上

津波を完全に目撃した人には会っていない。砂浜では、津波に巻き込まれるか、砂丘を越えて避難せねばならず最後まで目撃した人も少いであろう。前者については、美野海岸近くで操業していた夫婦が津波に気づき急いで逃げたが、浜に着いた直後に追いつかれ、150mも押し流された。その間海の底をもがき歩いている感じで、触れてつかまった砂丘上の木で助ったという。後者では、夢中で逃げたため最大津波の遡上については明らかではないが、その後の津波からの推測で、海全体が持ち上がるように押し寄せたため小屋や自動車までも押し流す威力を有している。砂丘が低く平坦な場所では陸地奥深くまで浸入し、農作業していた人が犠牲になった峰浜海岸が代表的である。

以上のように港内と砂浜での津波の動きは異なる。即ち、砂浜では砕けながら押し寄せた津波が勢い余って、砂丘を越えて陸地深くまで遡上するのに対し、港内では、港口までは屏風のような津波もそこで勢いを減少させ、濁流が流れ込むような形をとる。そのため港内潮位は港外のそれより低くなり、その意味で防波堤はそれ自身の役目を果たしたともいえよう。

2-4 津波による潮位

津波による港内潮位や海岸への遡上高は、前記のように漁師や港湾関係者への聞き込み調査によ

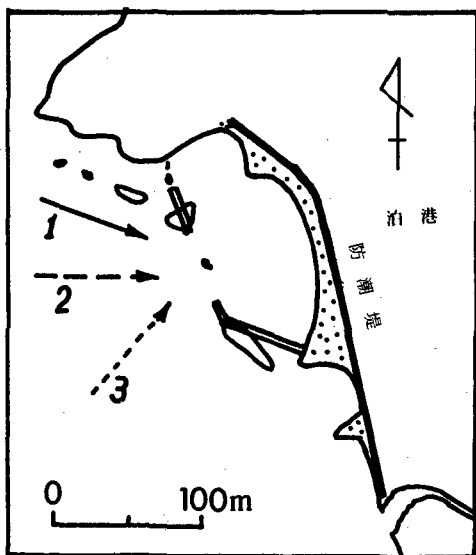


図2 泊 港

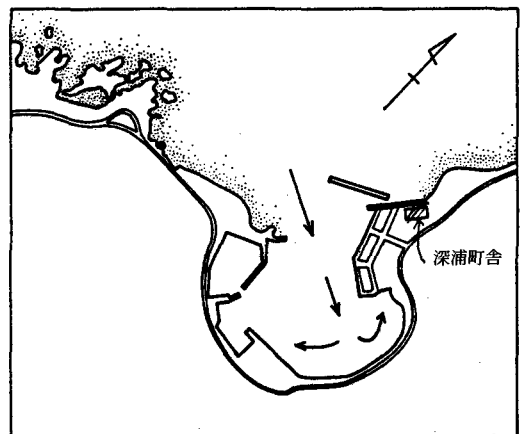


図3 深 浦 港

るものだが、港内では建物や堤防の高さを規準として水面から測定できるのに対し、磯や浜の海岸では指標となるものが無いため話題提供者の言に従ったものもある。

さらに2-3でも述べたように、港内と浜への津波の遡上の仕方は異り、港内の方が低い潮位を示す。図-5に運輸省、農水省の調査(乗富1983)による港内外の津波痕跡高を引用した。これは津波に対する防波堤の効果とも読みとれるが、“港外”を港近傍の磯と解釈すると、逆に津波の這い上がりが極めて高くなる事を示すものとなる。青森県岩崎港での津波の遡上は両者の違いを如実に物語っている。岩崎漁港は、海岸線より約100m南の弁天島を継ぎ、防波堤で囲った港で、図-6のように西側には磯の海岸が続いている。防波堤の高さは水面上4m程あり、港口より浸入した津波はこれを越えなかった。しかし西側から押し寄せた津波は磯を遡上し、勢い余り、港西側の防波堤を乗り越えて滝のように落ち込み、係留されていた小舟を転覆させている。この事は、海岸への津波は障害物が無ければ港内の津波と比べかなり高くまで遡上する事を示している。

そのため両者を画一的に比較するのは問題ではあるが、港内と浜とを区別せず、単に津波による最高潮位として図化したのが図-7である。潮位は平均海面からの高さとして表わしてある。

図より、男鹿と深浦間の潮位は山型の分布をなし、最も高い潮位は能代、峰浜間(東京新聞:7月)で見られる。能代での潮位が低くなっているが、これは米代川河口に沿った能代港最奥での値であり、新潟地震の際にも川を遡上する津波の高

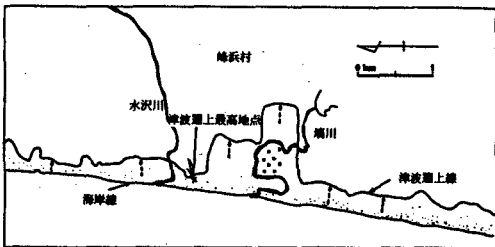


図4 津波遡上分布(峰浜)

さは小さかったとの報告(土木学会, 昭和39年)がある。

3 海底地形による津波の集積効果

三陸地方のリヤス式海岸の湾と異り、なだらかに湾曲してはいるものの、単調な砂浜の海岸に何故このような高い津波が押し寄せたのか疑問の多い所である。いくつかの報告でも論じられているが、原因として(1)海底地形による集積効果、(2)波源域の遠近による、もの等(東京新聞:6月)が考えられる。

1930年、ロングビーチの港が突然大きな波に襲われ被害をうけた。しかし隣町の港では何の変化もなく、又港外に出ていた賭博船もその大波には気付かなかったという。M.P. オブライエンによる研究の結果、この波は南半球で生じたうねりがロングビーチの沖にある海底丘により屈折し、ちょうどその港へ集中するようなレンズ効果をうけた為だと解明された(バスカム, 1970)。1960年5月のチリ沖地震による津波が日本沿岸に強く押し寄せたのは、ハワイ諸島近傍の海域によって、

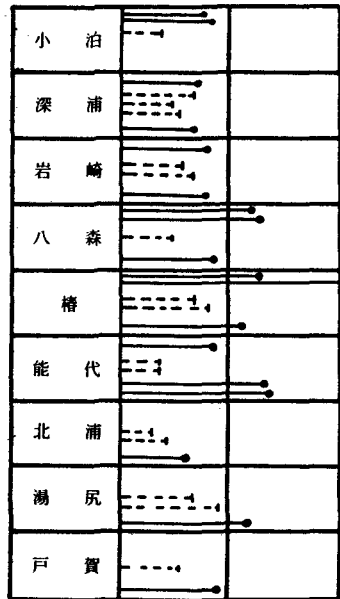


図5 漁港内外の痕跡高

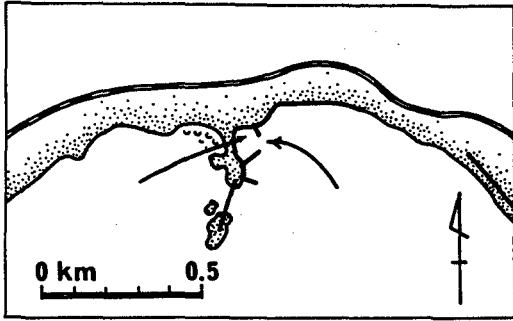


図6 岩崎漁港

日本へ集められるような作用をうけた為ともいわれている。(三好, 1979)

このように、波は、特に波長の長い津波等は、海底の谷や丘によって、その進行方向を変え、広がったり集められたりする。そのため、風等で造られる荒波は波長が短いために岬等で妨げられ、その裏側へは伝わって行きにくい、長波になると海底の影響を受け岬をとり囲むように廻り込み“岬は津波を呼び込む”(三好, 1979)ともいわれる結果になる。

日本海中部地震の津波は、局所的な大津波や港湾での被害から見て、非常に複雑だとされている。しかしその原因の1つとして、(1)の海底地形の影響を取り上げるのは誰も認める所であろう。ここでは局所の大津波の原因を検討するために、海底地形による集積効果を考え、津波の伝達過程を追跡してみたい。

津波の伝達を調べる方法として“波峰線”を描く方法がある。これは1点から発した波が、その水深に依存しながら同心円状(例えば波紋のように)に広がるのを利用し、津波の波源域の各点から発する波の到達距離を結び合わせていくものであり(Barber, 1973)、光学でいうホイヘンスの原理を基としている。このためには十分正確な水深を記した等深図が必要である。

3-1 等深図

図-8は、海上保安庁水路部による海図をもとに、秋田より津軽半島までの等深図を描いたものである。図によると、男鹿半島と鱈作崎近傍を除

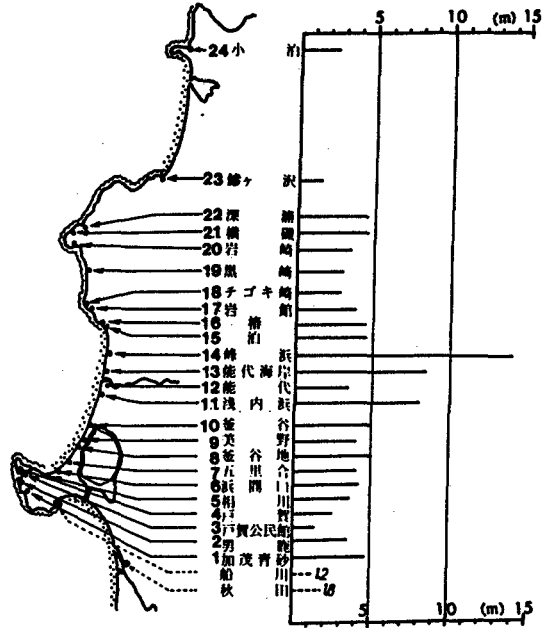


図7 津波の遡上高

いた海域では等深線がまばらで、ゆるやかな海底勾配である事を示している。特に能代沖では海岸より30km沖まで100m以下の水深が広がる。その沖には、水平距離10kmに対して約800m深くなる急傾斜の崖があり、そして再び平坦な海底へと続く階段状を呈している。しかし鱈作崎と久六島の間では等深線が複雑となり、深さ200mから1000mの谷が久六島を包み込むように入り込んでいる。又北の方では、松前半島と大島の間には深さ1500m程の狭い谷が入り込み、奥尻島へと向っている。ここでは、特に能代沖を取り上げ、海底地形によって津波がどのように進むかを調べる。

3-2 波源域

津波は、それを放射する波源域の大きさや方向によって、海岸での影響が大きく異なる(三好, 1979)。この事は今回の津波の伝播を考える上で、津波が“どこで”、“どの方向”に放射されたのかを明確にするのを要求している。

一般に津波の波源域は各海岸での津波到達時刻から逆算して求めている。しかしこの方法は来襲の方向を設定しない事に欠陥があり潮位記録も少

ないため、極めて大雑把で概略的になりがちである。

それ故、ここでは波源域として余震域を用いた。余震域全体の地盤が変動して津波を引き起したものでどうかは明らかではなく、余震域が波源域であるとの保証もない。ただ余震域にその可能性を仮定したものである。

図-9は、地震発生から7月31日までの約2ヶ月間における地震源の分布図である。図によると、余震は139°の経線上に分布し、海岸に向かって凸形で、東西70km、南北160kmの広さにわたっている。波源域は図中太い実線で示しており、全体に、南北に長い長円形であるが、特に能代沖合では海岸線に平行に向い合って津波を放射した形をとっている。

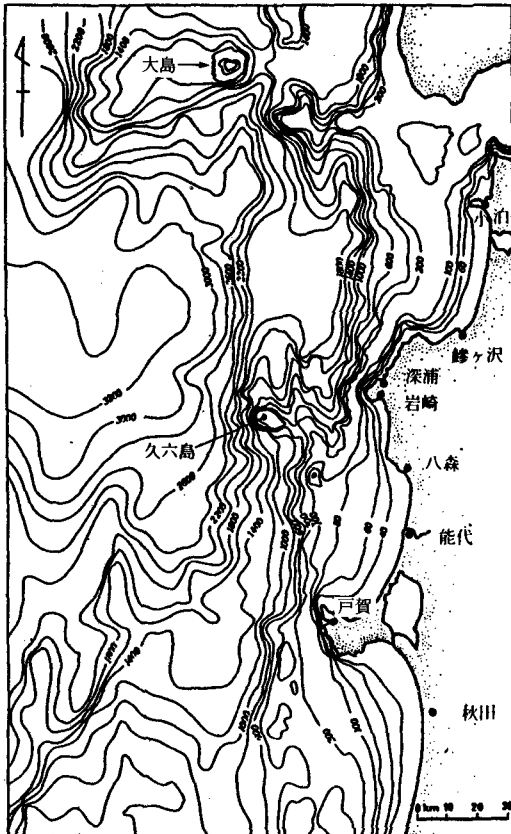


図8 等深図

3-3 波峰線と波向線

津波は、その波長が水深と比べて非常に長い、いわゆる長波になるので、進む波の速さをCとすればCは、重力加速度をg、水深をhとして次式で表わされる。

$$C = \sqrt{gh}$$

波源域の線を初期の波峰線と考え、その線上の各点から上式に従う到達距離を求め包絡線で結ぶと、それが次の波峰線となり、順次続ける事により波峰線群が構成される。この作図法を適用する上で、等深線が複雑すぎても追従できないため、図-8中の複雑に入り込んでいる所は滑らかな曲線で書き直している。波向線は、波源域線上を5km毎の間隔で、スタートさせた。

図-10は波峰線と波向線を示したものである。図中左端の太い実線は波源域であり、右側へ続く実線は1分毎の波峰線である。又波峰線に直交する破線は波向線であり、波の進行方向を示すと共に間隔の変化により、そこに含まれる波のエネルギー密度を推測する事ができる。波峰線は水深が浅くなり過ぎると、波が高まり砕波へと変化し、長波の性質を失っていくためホイヘンスの作図法は適用できなくなるが、ここでは多少無理をして水深20mの海岸まで進めてある。

3-4 考察

図-10の波峰線は、波源域等の仮定を踏まえて構成されたものだが、これらの仮定が正しいか否かは、各地への津波の到達時間を比較して検討できるであろう。

津波の実測は各検潮場での記録によるが、男鹿半島より深浦間で入手できたのは深浦、能代および男鹿水族館の3個所であった。深浦では12時07分引き波が到達し、寄せ波は12時14分頃である。又能代港では12時27分に引き波が、32分には寄せ波が到達している。これらに対し作図による到達時間は、深浦で12時8分頃、能代では、遠浅の関係上明確ではないが、12時25~26分頃到達する可能性を示している。男鹿検潮場では12時14分頃引き波を記録しているが、図上では、12時9~10分

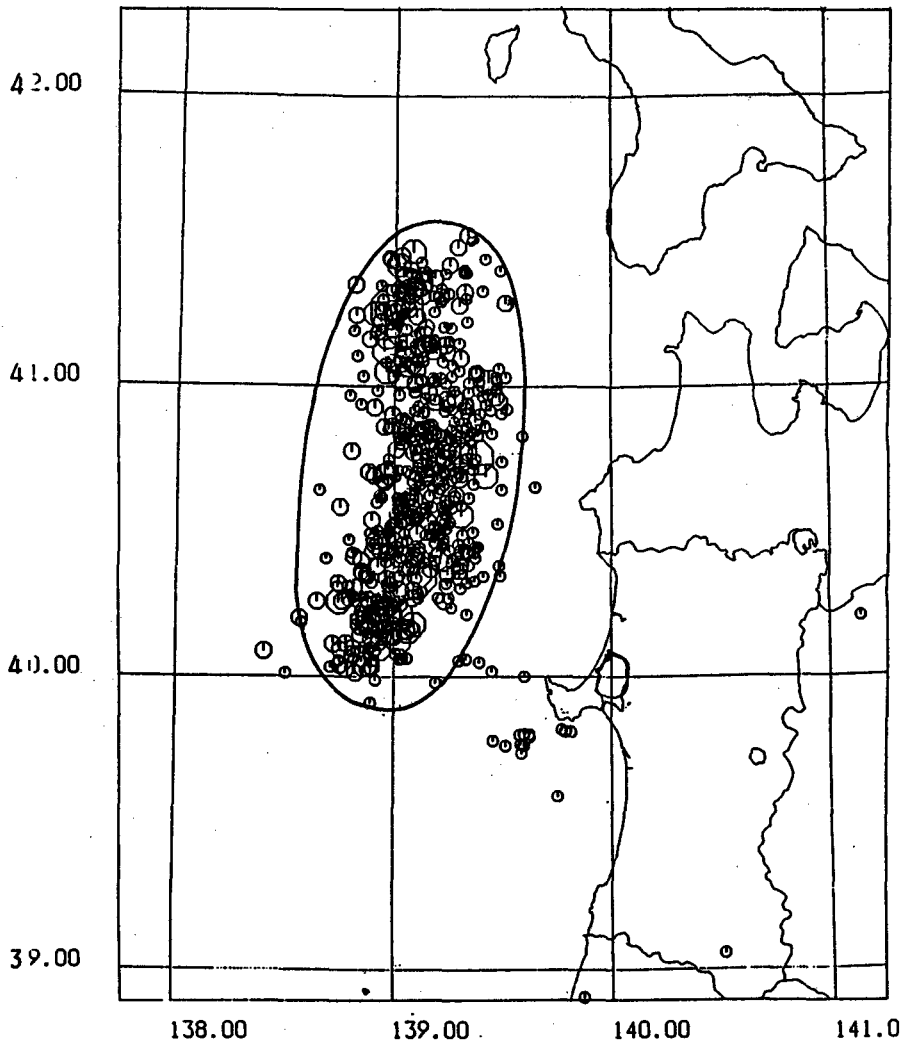


図9 余震域と波源域（気象庁による）

頃到達している。しかし、これらの比較から見て作図上の仮定による波峰線が、極めて正しい津波の進行状況を表わし、十分信頼できる事が証明される。

以上の波峰線の結果を踏まえて、波向線を検討してみよう。

波向線は前述のように波源域上から、5 km間隔で出発している。波向線には南から番号を付けてある。男鹿半島と青森県鱸作岬のような、台地が海へ張り出している所では、波向線は包み込むように廻り込み“岬が津波を呼び込む”という現象

を証明している。

久六島近くのNo. 11からNo. 17の波向線については、久六島をはさむNo. 15とNo. 16の波向線が浅い水深のために曲げられ、約3分後に重ってしまう。さらに5分後と6分後にはNo. 14とNo. 17の波向線がこれらの波向線と合流し、方向を変えて南東へ向う。又No. 12, 13の波向線も途中の浅瀬のために接近しつつ、約17分後には重ってしまう。結局No. 11からNo. 17までの波向線は海底の影響を受けて、ほとんど一体の形で峰浜海岸へ押し寄せている事がわかる。波向線にはさまれる波のエネルギー

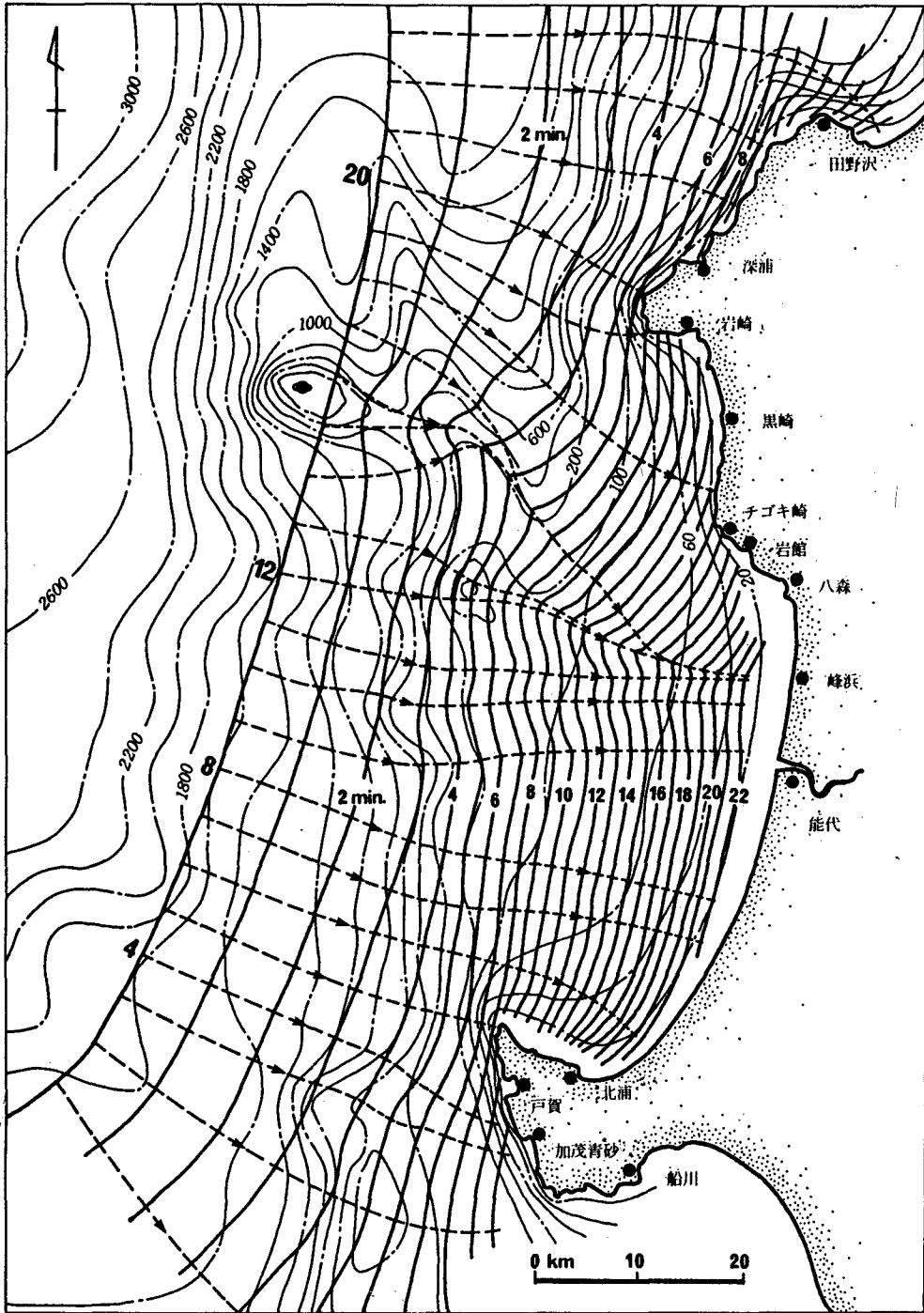


図10 深峰線と波向線

ギーが保存されると考えれば、峰浜海岸へは波源域での30km分のエネルギーが押し寄せた事になる。

しかし、波向線が重った場合に、波のエネルギーがどのように変化するのは、この作図法では確定できない。

一般に2本の波向線が交わった場合には一本とはならず交叉して通過する可能性もあり、その時は完全なエネルギーの集中はおこないだらう。泊港で見られた、いろいろの方向からの津波も、これら交叉した波が次々と到達したものと見ることが出来る。概括的に見ても、峰浜海岸へ浸入した津波は、久六島やその他の浅瀬によって集積作用をうけ極めて大きな波高に成長したと解釈できる。そして峰浜海岸へ打ち上がった遡上高15mにも及ぶ津波の原因が、海底地形によって定性的に説明されたといえよう。ただ米代川河口近くへ押し寄せた津波は波向線から見て約3倍も広がり、エネルギー上からもかなり拡散しているものと想像されるが、河口南側の火力発電所用埋立地の大型ケーソンを破壊し、多くの作業員が犠牲となっている。この津波の特徴については、図-10の結果だけでは説明できず shoaling 効果等の研究が待たれる。

4 港湾被害と入江との関係

津波遡上高における局的大津波については、海底地形から定性的に説明できることがわかったが、新聞やテレビ等で報道された港湾の被害について、入江との関係から考察してみる。

図-10の波向線からも解かるように、磯地帯ではほとんど拡散する傾向にあり、津波エネルギーの集中はなく、放射時より弱まった津波が押し寄せている。港湾は前にも述べたように、男鹿半島や八森以北の磯地帯の入江を利用し、主に、冬季の激浪を防ぐために西側あるいは北側に防波堤を築き、船舶の出入のため南向きあるいは東向きに港口を備えている。津波の浸入状況を再度振り返ってみよう。

図-11は男鹿半島の加茂青砂の漁港である。この漁港は南向きの半円状の入江であり、東側は南

へとのびる高い崖に続いている。港は防波堤で南側をふさぎ東向きに港口を設けてある。津波は東側の崖の方から海が盛り上がるように北上し、港口をふさぐ形で浸入した後、水位が防波堤を越えたという。この浸入の状況から推測すると、西から来た津波はカンカネ洞近くの崖にあたり、水位を増して港内へ押し寄せたと考えられる。

図-12は岩館港である。この漁港は、岬を介して背中合わせに本港と分港があり、分港の方は例外的に北向きの港口を有している。本港では盛り上がった波が港口に衝突するように押し入ったが、分港では西側の防波堤を乗り越えた波と港口からの波が合流して港奥の袋小路に押し入り、遡上波は民家をも洗い流した。

小泊港図-13は十三湖の北に位置し、西につき出た半島の北側の付根にある。湾口が比較的大きい北西向きの湾の西端に作られた港で港口は北東を向いている。しかし、この港口から浸入した津波の高さは、波源域から離れているにもかかわらず、又近隣での遡上高と比べても異状に高い2.5mを記録し、港内の船に被害を与え、埠頭上の建物も押し流し、破壊している。

以上三例は、秋田県および青森県の日本海側漁港の代表的な形態を表わしている。各々形態は異ってはいるが共通点は、入江全体か一部を利用しており港口が入江の中心に向っている事である。この形態は冬季の激浪に対しては完全な防波効果を果していても津波に対しては如何であろうか。入江に向って来た津波は拡散するのではなく、集積されて水位を上昇させ、防波堤で囲まれた袋小路の港中へ押し入らざるを得ない状態になると想像されるのである。

通常、港内の水面振動は津波による静振（セイシュ）を考える場合が多い（土木学会、昭和39）。しかし、この考えを小さな漁港へ通用するのは困難ともいわれている。表-4は新潟地震で生じた津波の高さ（土木学会、昭和39）と今回の津波を比較したものである。男鹿半島の船川では今回の津波よりかなり高い潮位を記録し、これをセイシュとして説明する事もあるが、海岸形状から見ても、北上した津波が八郎潟船越水道近傍の湾曲部

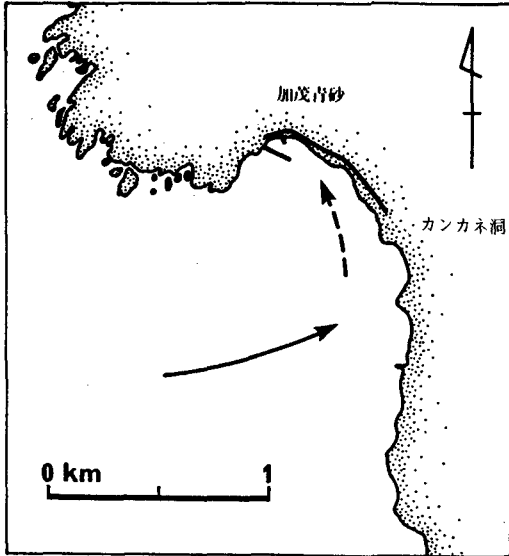


図11 加茂青砂

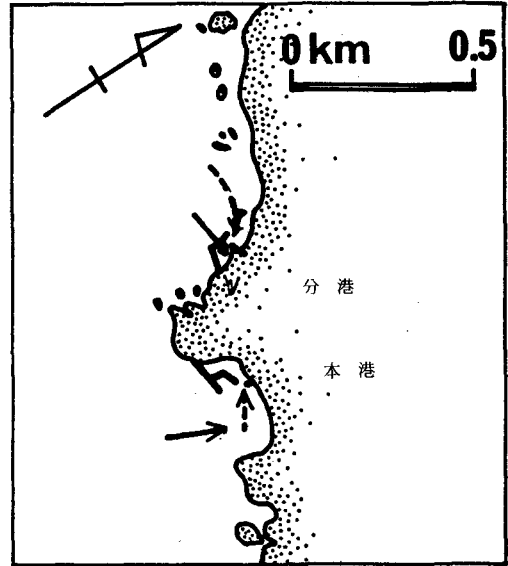


図12 岩館港

で集積され、鏡で反射するように船川港に浸入したと考えた方が自然と思われる。

図-5の評価として、港内の津波潮位が低かったというより、逆に、入江の潮位が高められたとも推測できる。ちなみに岩館港北部に位置する比較的平坦な海岸線(チゴキ岬)での潮位は岩館港よりかなり低かったのである(図-7)。

港を作るのに入江を利用するのは当然であるし、又滅多に起らない津波に競々としているわけにはいかない。しかし一度生じたら大災害になる事を考え、防波堤、突堤の設置方法や港口の設け方に注意し、被害を最小におさえる工夫が必要であろう。

5 人的被害について

表-2が示すように、津波による犠牲者は地震によるものと比較して圧倒的に多い。津波に吞まれても好運に助った人もいるが、一般に救出する術が無いというのがこれら水害による被害の特徴ともいえる。

海を生活の場とする人々は、潮流や波の性質を知りつくし、出来る限り危険な状態に巻き込まれ

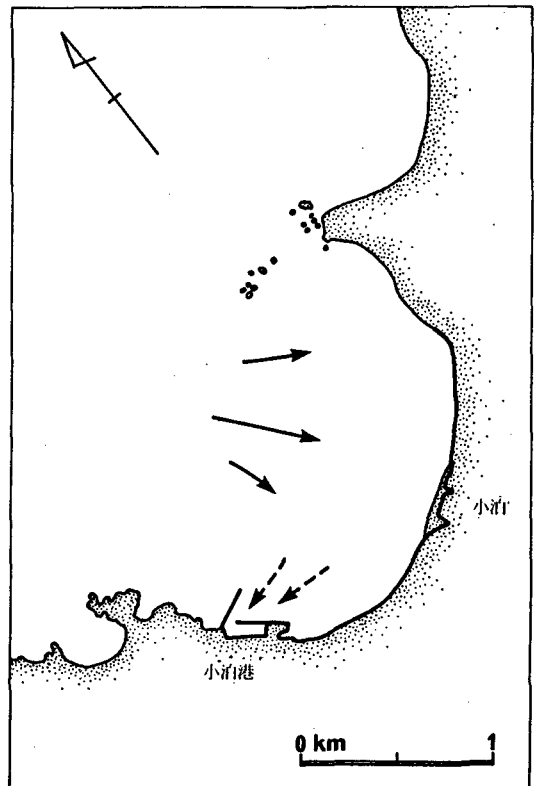


図13 小泊港

ないよう無意識に判断する。通信装置を持った舟は陸からの連絡をうけて沖へ避難すると共に集団を作って待機したり（北浦）、操業中の小舟が津波を感じ網を切って自由度を確保したり、又出来る限り岸へは近づかないよう努力するという。砕波する波をどの位のスピードで乗り切るべきかは、彼らは本能的に判断できるのであろう（出羽新報社、9月）。潮の流れから津波を予感し、作業員を陸上に避難させた船長（深浦）もいた。

しかし、海や海岸にいる人が全て海を知っている訳ではない。港湾工事の作業員、レクリエーションで来ている人、あるいは通りがかりの人等異なった目的の人が多くは必ずである。それは致し方無いにしろ、“津波が来るから逃げろ”と怒鳴っても、悠然としていて津波に呑まれた釣客等はあまりに無謀といえるが、また合図が誤解されたのかも知れない。

表一5は犠牲者を職業別に分けたものであるが、漁業関係者が全体の12%で極めて少い事がわかる。逃げ場の無い防波堤上の作業員や防潮堤外の学童達の他に、早目に避難し易たであろう人もいたのではないかと残念である。人口密度の少い秋田、青森県の5月末でこれ程多くの犠牲者を出したのである。もし関東や中部地方の観光シーズン中での津波を考えると、その被害の大きさは想像を絶するものがある。

地震や津波に関しては古くから言い伝えや教訓が伝わり、信用できないものや矛盾しているものも多い。秋田地方では“地震が来たら海へ逃げろ”（秋田魁新聞、6月）との言伝えがあり実際そのように行動した人もいた。しかし、安政元年（1854年）の安政南海地震の時舟へ避難していた

多くの人が津波にのまれ、“舟にて川中に居べからず、津波の出るおそる所なり”との御触れも出た（宇佐美、1978）という。所によって異なる教訓も生ずる。いずれにせよ、常日頃自分で教訓を身につけると共に、行政的にもそれらの注意を喚起させる努力が必要であろう。

6 まとめ

日本海中部地震における津波の特性を調べるために聞き込み調査を行った。その調査結果をもとに、

- (1) 津波来襲時の人間の行動および港内と砂浜への浸入状況とそれらの性質の違い等について整理した。
- (2) 局的大津波をもたらす原因として海底地形を取り上げ、余震域を波源域と仮定して作図した波峰線から津波到達時間を立証すると共に、波向線の集合から峰浜地区への大津波を説明する事ができた。
- (3) 漁港内の船舶に大きな被害をもたらした原因を、港とそれが構築されている入江との関係について考察し、入江が津波を寄せ集め、水位を高めた為との考えに至った。

“日本海に津波はない”とする人々にとって今回の津波は、不測の急襲であったかも知れない。地震に対する予知や津波警報がもっと早く出ていたらとの声も聞かれないではない。防災体制をより強化し、人的被害を皆無にするよう努力が必要である。しかし、地震予知が確立されていない現在、津波等から身を守るのは自分自身である事を自覚し、確実な情報を得るまで、安全を期すよう努め

表一4 新潟地震における津波との比較

地名	新潟地震の津波	今回の津波
秋田	1.2	1.8
八郎潟船越水道	1.81	1
船川	2.22	1.2
戸賀漁港	1.0	2.5
能代(川1.4K)	0.59	3.3
岩崎弁天島	0.83	3.5

表一5 職業別被害者数

被害者職業	人数
港湾作業員	40
釣人	25
遠足観光	16
漁師(浜)	7
農作業中	6
漁師(海)	5
その他	1

なければならない。

謝 辞

今回の調査にあたり、秋田県庁をはじめ町村役場、漁業協同組合および海岸での漁師の方々には、突然の訪問にもかかわらず懇切なお話を、又戸賀漁協の原口支所長および五里合漁協の飯島氏には貴重なフィルムまでお貸し頂き、御好意に感謝致します。さらに本校教養部の石川甲子男教授と運輸省第三建設局の矢島道夫氏には検潮記録の手配を、大林組技研の菊池敏男氏には多くの記録写真を送付して頂いた。図面作成は吉野節子さんの御尽力によるものであり、新井邦夫氏（本研究センター所属）には現地調査および報告書作成にあたり終始御支援と御意見を賜わった。以上の方々に記して謝意を表します。

また、末筆ながら、本稿を、1984年3月に定年退官される中野尊正教授に献呈いたします。

文 献 一 覧

宇佐美龍夫

- 1978 「大地震」 そしえて文庫
 佐々木 康, 川島一彦, 宇多高明
 1983 「日本海中部地震調査速報」
 土木資料25-7 PP497-502

首藤伸夫

- 1983 「日本海中部地震」による被害状況（第一報）
 土木学会誌7月 PP64~65

乗富一雄

- 1983 「1983年日本海中部地震による災害調査速報」
 第20回自然災害科学シンポジウム講演論文集

気象庁地震課（小宮, 斉藤）

- 1983 「昭和58年日本海中部地震」気象27. 9

三好 寿

- 1980 「津波とその対策」 イルカブックス
 バスカム, W. 吉田耕造訳

- 1970 「海岸の科学」 河出書房新社

Barber, N.F.

- 1974 「水の波」 共立出版

新潟地震震害調査報告 昭和39年 土木学会 P553

秋田大学, 鉱山学部土木工学科

昭和58年日本海中部地震被害調査速報

アサヒグラフ 6-15 緊急増刊詳報 朝日新聞社

秋田沖大地震 秋田魁新報社

日本海中部地震（M7.7 真昼の恐怖） 北羽新報社

ON THE TSUNAMI DUE TO NIHONKAI-CHUBU EARTHQUAKE

Masakazu Ui* and Nobuo Marui*

*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
Comprehensive Urban Studies, No.20, 1983, pp. 133-151.

The NIHONKAI-CHUBU EARTHQUAKE that occurred on May 26, 1983 was noted to have left great damage due to peculiar behaviours of TSUNAMI following the earthquake. The behaviours can be classified into two types. The one is intrusions of waves into harbors which did great damage to many fishing boats and harbor facilities, and the other is the local great run-up them more than 14m in height on simple beaches.

This paper attempted to elucidate the characteristics of the intrusions and run-up of the TSUNAMI according to investigations out by questionnaires given to persons at the harbors and beaches in AKITA and AOMORI prefectures. A refraction diagram is offered to explain the local run-up records on the beaches assuming the aftershock area as wave generate area, and the wave intrusions into harbors are examined with relation to inlets (small bay) where the harbors were constructed.