

三陸沿岸における2001年6月ペルー津波

首藤 伸夫*・中丸 憲一**・越村 俊一***

1. はじめに

日本時間で2001年6月24日5時52分頃、南米ペルーで地震があり、これによって津波が発生した。

気象庁は、「日本への津波の影響については、若干の海面変動があるかもしれませんが被害の心配はありません」と発表した。

しかし、岩手県三陸沿岸では、養殖水産業に僅かではあったが被害が生じたし、また被害発生の可能性を考慮して海岸へ近づかないようにと警告したところも現れた。

なぜこのような事態になったのか、現在の津波予報に欠陥はないか、その改善にはどうすればよいのかを考えることとする。

2. ペルー津波の太平洋伝播の様相

図-1は、数値計算より推定した、太平洋

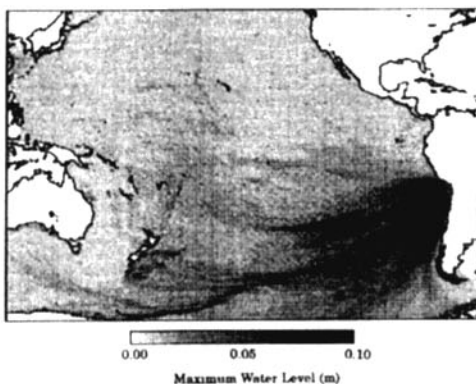


図-1 ペルー津波の太平洋での最高水位分布(m)

*岩手県立大学総合政策学部

**NHK盛岡放送局

***東大地震研学振特別研究員(現在:人と防災未来センター)

全域における津波の最高水位分布である。これから分かる通り、いくつかの分枝はあるにせよ、主エネルギーはニュージーランド方向に向っており、日本へ到達するであろう津波は極めて小さいことが予想される。

3. 日本における当日の概況

3.1 気象庁の発表

気象庁の防災情報装置を通じて、気象庁地震火山部が「震源・震度に関する情報(全国版)」として発表した文面は以下の通りであった。

「地震情報(震源・震度に関する情報)

平成13年6月24日21時40分 気象庁地震火山部発表

きょう24日05時52分ころ地震がありました。震源地は、南米西部(南緯16.1度、西経73.3度)で、震源の深さは約30km、地震の規模(マグニチュード)は7.9と推定されます。震源は、米国地質調査所国立地震情報センター(USGS, NEIC)による。

詳細の震源地はペルーの沿岸付近です。

観測された各地の津波の高さは以下の通りでした。

チリ	アリカ	130cm
チリ	イキケ	90cm
チリ	イースター島	20cm
ペルー	カヤオ	40cm
エクアドル	ガラバゴス諸島 (サンタクルーズ島)	40cm
ハワイ	ヒロ	40cm
ハワイ	カフルイ	40cm

日本への津波の影響については、若干の海面変動があるかも知れませんが被害の心配はありません。」

3.2 日本沿岸での観測値

平成13年6月の地震・火山月報(防災編)によると、日本各地で観測された津波高の暫定値は表-1の通りであった。

この表-1を見ると、最大波の発生時刻が隣接地であってもバラバラで、遠地津波の入力波形の複雑さ、遠地津波に共鳴する地形による時間差が伺われる。

4. 広田湾での津波波形

岩手県陸前高田市を湾奥に有する広田湾は太平洋に面した湾で、湾口幅が4.5km程、湾奥へ行っても幅は殆ど同じで、長さが9kmほどの湾である。湾口近くの後浜、湾奥近くの長部の両地点に潮位計があり、ペルー津波を記録した。ここでの波形は、陸前高田市のホームページで常時リアルタイムで見ることが出来る。

表-1 日本各地でのペルー津波高 [平成13年6月地震・火山月報(防災編)]

検潮所	最大波高さ (cm)	最大波発現時刻*
根室(花咲)	22	8時04分
釧路	18	12時37分
函館	18	26日01時56分
浦河	28	10時16分
下北(むつ関根浜)	17	15時59分
八戸	23	13時13分
宮古	23	12時37分
大船渡	12	11時24分
鮎川	20	16時59分
小名浜	18	8時15分
銚子(銚子漁港)	10	12時53分
布良	12	8時38分
大島(岡田)	7	2時07分
父島	19	7時04分
御前崎	12	9時02分
鳥羽	13	8時58分
尾鷲	13	7時14分
浦神	16	11時15分
潮岬(串本)	18	7時56分
白浜	23	16時43分
室戸岬	9	8時30分
土佐清水	16	15時04分
細島	8	8時30分
油津	13	11時02分
奄美(小湊)	11	7時15分
那覇	7	8時55分
平良	10	10時36分

*函館を除き6月25日の時刻である。

6月25日の記録を図-2(後浜漁港), 3(長部漁港)に示す。両図とも, 上図の濃い線が実測値, 細線は推定天文潮であり, この差として得られた津波波形が下図に示されている。

25日零時半頃共に引き潮が現れているが, これが津波の始まりか, あるいは別の原因によるセイシュなのかは判然としないが, 恐ら

く後者である可能性の方が強い。明確に津波と認められるのは, 4時半頃の押し波である。その前に2波の振動が, 存在する。これは湾奥の長部ではかなり明確であるが, 湾口の後浜ではそれほど明確ではない。この振動は。津波であるかもしれない。

25日8時から10時過ぎにかけて, 振動は一旦収束へ向かうかに見えるが, その後また増

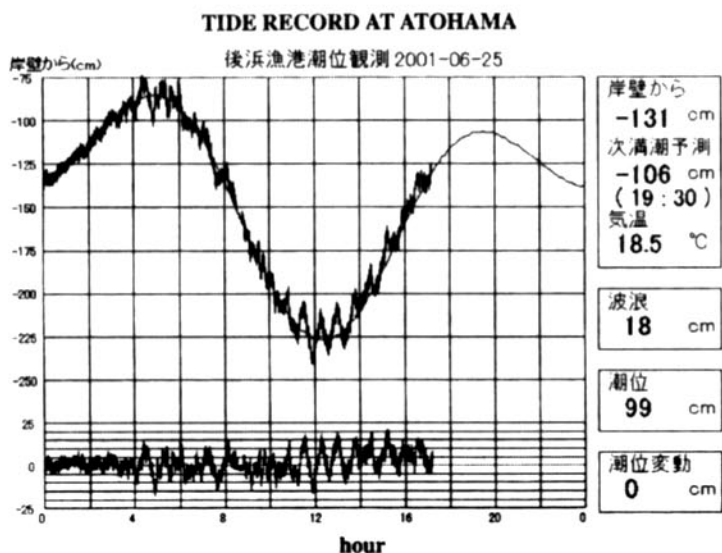


図-2 陸前高田市広田湾湾口近くの後浜漁港でのペルー津波記録

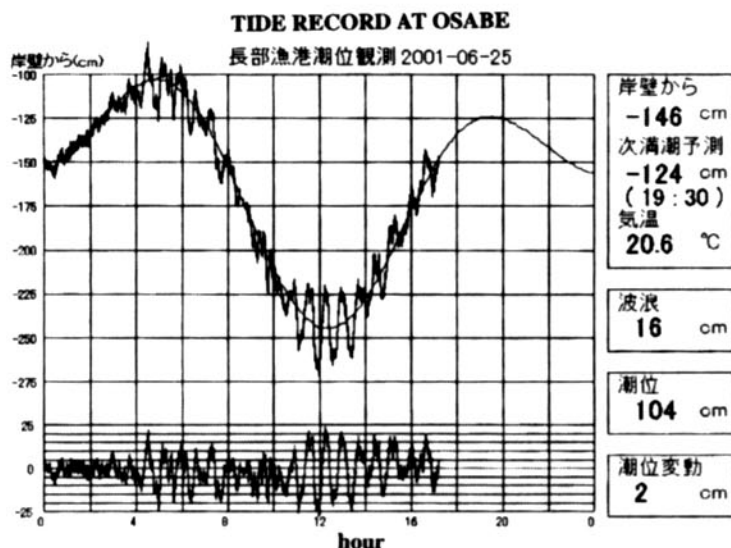


図-3 陸前高田市広田湾湾奥の長部漁港でのペルー津波記録

幅して12時頃最大の振動となり、両振幅で50cmほどになる。振幅（津波の高さ）25cmは、気象庁が津波注意報発令の最小限界としている20cmを超えるものとなった。

5. 宮古湾奥での津波への対処

宮古消防署の記録によると、以下の通りである。25日の詳細な対応については表-2に

表-2 2001年6月25日の宮古消防署を中心とした動き（宮古消防署提供）

時刻	情報の内容	対応措置および結果など
11時04分	津軽石の長沢行男氏より連絡。「朝から赤前の海岸に潮干狩りに来ているが、20~30cmぐらいの潮位の変動が何度かみられる。」	
11時10分	宮古測候所より連絡。「10~20cmの潮位変動あり。」	
11時15分		宮古漁協へ、潮位変動の件連絡。潮干狩りの人に注意を促すため宮古漁協の線機にて津軽石漁協へ伝達。
11時18分 ~11時30分		潮位変動が宮古測候所で観測された旨、地域課、山田町、岩泉町、田老町、田野畑村、重茂漁協、総務課へ次々と連絡。
11時50分	宮古測候所より連絡。11時29分に22cmの潮位変動を確認。」	
11時50分		普通2号車赤前方面の海面監視に出動
11時50分		海面変動による注意の喚起について防災行政無線広報実施。
12時13分	11時07分に赤前海岸に到着した2号車より連絡。海岸で多数の住民が潮干狩りをしている。」	
12時20分	2号車よりの連絡。海岸付近の方からの情報によると午前中の方が潮位の変動が見られたとのことである。なお、今が一番の干潮であり、潮干狩りはあと2時間は行われる。」	
12時22分	2号車よりの連絡。多少潮位が上がっているのが見受けられる。なお、都警察署で避難の広報を実施している。」	
12時29分	2号車よりの連絡。潮干狩りの人たちが避難を始めている。	
12時36分	2号車より連絡。潮位の変動が見られる。海面が上がってきた。なお、宮古漁協の防災行政無線により潮干狩りを中止し、避難するよう広報を実施している。」	
12時41分	2号車より連絡。赤前堀内方面にも注意を呼びかける。」	
12時48分	2号車より連絡。津軽石川河口を監視中。川の水位が上昇している。」	
12時53分	2号車より連絡。海岸付近の者は全て避難した。これより帰着する。」	
13時36分	宮古測候所より連絡。「10cmぐらいの潮位の変化あり。」	

示す。

宮古消防署は24日21時45分、岩手県総合防災室から地震情報を防災無線で入手し、すぐさま防災無線で各所属へ伝達している。この内容は3.1に述べた気象庁発表の内容そのままであったと思われる。

所が、次の日(6月25日)の11時04分、湾奥赤前の1住民より、消防署へ電話連絡が入った。その内容は、「朝から赤前の海岸に潮干狩りに来ているが、20-30センチくらいの潮位の変動が何度か見られる」というものであった。

11時10分、宮古測候所より「10-20cmの潮位変動がある」との連絡に引き続き、「11時29分に22cmの潮位変動を確認」とき知らせが入る。

各所へこの旨の連絡を行うと同時に海面監視のため車両を派遣し、また防災行政無線を通じて沿岸地区に注意を喚起した。

12時22分、宮古警察署で避難の広報を行っていることが記録されている。

12時29分、潮干狩りの人々は避難を開始した。もし避難勧告が無ければ、潮干狩りは後2時間くらいは行われたと推定されている。

12時頃が最低の干潮であったからである。

12時36分、宮古漁協の防災行政無線が潮干狩りを中止し、避難をするよう呼びかけた。

12時53分、海岸付近の人は全部避難を終了した。

その後も、湾口近くの嶽が埼にある宮古測候所では、揺れが観測された。

25日13時36分、「10cm位の潮位変動」、26日8時36分「少しではあるが、潮位の変動が見られる」、26日16時10分「潮位の変動は以前よりはおさまっているが、多少の動きがある。」、27日8時「前日と同様に潮位の変動はおさまっているが、多少の動きがある。」と、報じられた。

6. 山田湾での津波と被害

6.1 山田湾内の津波



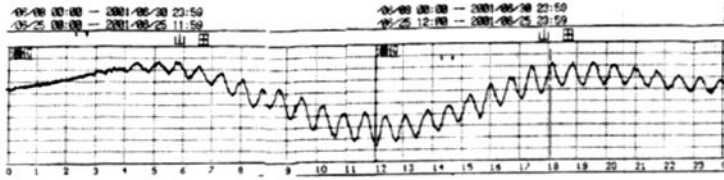
図-4 山田湾内の各地点。丸印の大沢、山田、織笠、大浦には潮位計がある。明神崎西側の甚九郎漁場では延縄に被害が発生した。

山田湾内の関連箇所を図-4に示す。ここには、北岸の大沢、湾奥の山田と織笠、南岸の大浦の4地点に波高計が設置されている。波形記録を山田、大沢について示したのが、図-5、6である。共に、津波は4時から始まり、4時20分頃に第一の山が現れている。両地点の波形にはほとんど位相差がない。最低の水位が12時に発生し、そのとき最大の波高が現れたのも共通している。ただし、最大の波高は山田で約70cmであったのに比べ、大沢はやや小さく約60cmの程度である。

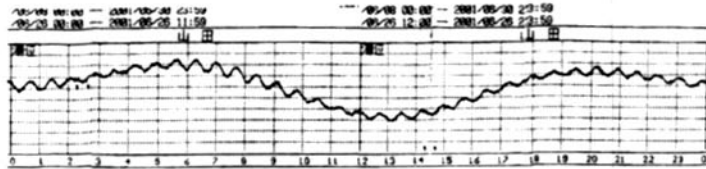
山田湾内の記録に共通してみられるのは、まず、揺れ始めから徐々に振幅が増加していくことである。これは次第々々に共振が発達していったことを裏付けている。第二に、振動はいわゆるビートをしながら長時間継続し、26日夜になって、やっと収まっている。この間、65時間ほど経過していることとなる。

こうした共振の発達に伴い、湾へ外海水が

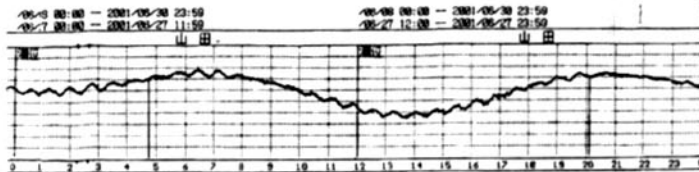
山田湾 山田



6月25日



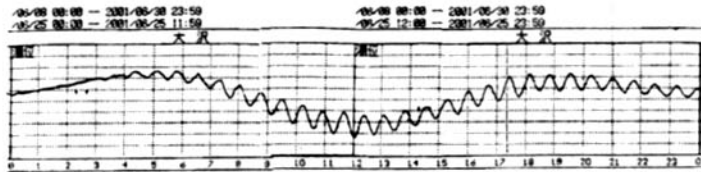
6月26日



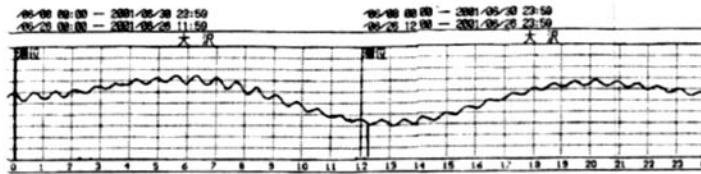
6月27日

図-5 山田湾内山田での津波記録。縦軸は1目盛25cm, 横軸は1目盛1時間。

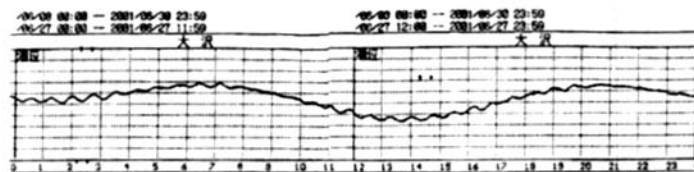
山田湾 大沢



6月25日



6月26日



6月27日

図-6 山田湾内大沢での津波記録。縦軸は1目盛25cm, 横軸は1目盛1時間。

流入・流出する。湾口は水位変動は小さい振動の節となるが、水平方向流速は大きくなる。特に、山田湾は北から龍神岬が張り出して流路を狭めているので、このことも流速を早めるように作用する。また、流入する場合には岬によって流線が剥離し、影の部分では渦が発生しやすい。このとき、陸近くでは流入時でも沖向きの流行となるに違いない。

6.2 山田湾内での被害

山田湾内では岸に沿って養殖漁場が張り付いている。北岸の浜川目前面の甚九郎漁場は約30人の漁業者が、各々2本の延縄によって牡蠣の養殖を行っている。延縄1本は長さ100mで、ほぼ南北の方向に伸展されている。東隣および西隣の延縄との間隔は18mである。延縄には牡蠣をつけた紐が多数吊されている。延縄の固定のためには、前端後端および中程の3カ所に、左右に振り分けた重りが海底に置かれて碇の役割を果たしている。碇一つは1個30kgの袋詰め重し約30個から成り立っている。

各延縄は東（湾口）から西（湾奥）へと、漁業者ごとに番号がつけられている。最初の漁業者の分だけは南側の1本だけで1番と名付けられているが、次からは2番が南側（海側）3番が北側（陸側）、そして次の漁業者のものが海側の4番、陸側の5番というように、各漁業者当たり2本一組で設置されている。このように奇数番の延縄が陸側、偶数番の延縄が海側である。最も西側の延縄は海側が64番、陸側が65番である。

この延縄牡蠣漁場のほぼ中程の36番、37番の延縄所有者である佐々木功吉氏の談によると、次の通りであった。

「25日の朝はウニの解禁の日であった。ウニの日は朝が早い。5、60隻で明神崎の海側の漁場に出たが、潮が速くて漁にならず、戻っていった。功吉氏も6時頃には戻って行った。この時、もう延縄の浮きははずれていたらしい。

夕方4時頃点検に行った人が異常を発見した。

37番は沖側ロープが切れていた。53番も切

れていたが切断箇所は不明。

35番から7番は陸側が、20mから30m位、東へ動かされていた。

夕刻6時に牡蠣組合の緊急会議が開かれ、修復の相談が行われた。

26日の朝7時半に集合し、共同で修復作業を開始した。移動していた延縄はロープを切って、2隻で引いて戻した。作業中も潮の流れがすぐ変わった。戻し作業がうまくゆかず、直線に戻らずV字状に曲がったままになったモノもあった。」

以上の口述から、明神崎の西側（湾内側）では、陸に沿って海へ向かう流れが強かったことが伺われる。

養殖筏の被害例としては、チリ津波による英虞湾内の被害が量的に評価されており、被害発生の下限流速は1m/sと推定されている。今回の例は、筏より流水抵抗が小さいと思われる延縄であるから、此处で発生した流速は1m/sを越えていたに相違ない。

7. 平成11年4月以降の新津波予報（文献1）

7.1 新津波予報の変更点

気象審議会第19号答申（平成6年10月6日）「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」に基づき、気象庁は津波の量的予報により津波予報の改善を図った。その結果、平成11年4月以降新しい予報手法が運用されることとなってきている。

要点の第一は、津波予報区が大幅に見直されたことである。それまでは数県にまたがった広い範囲を1予報区としていたが、ほぼ各県単位の予報区に細分した。もっとも地形によっては、同一都道府県であっても予報区を分割することもあり、逆に複数の都道府県をまとめて一つの予報区とすることもある。

第二は、津波予報規準の見直しである。予報区分は従来通り津波警報は大津波と津波、注意報は津波注意となっている。

津波警報として、大津波は（高い所で3m以上）、津波は（高い所で3m未満～1m）と

表向きは従来と変わらないが、それぞれの中味をいまま少し詳細に分割した。すなわち、大津波で発表される津波の高さは、[3m], [4m], [6m], [8m], [10m以上]の5種類であり、津波では[1m], [2m]の2種類である。

変わったのは津波注意報である。津波注意報として[0.5m]と出されるが、この意味は(高い所で1m未満~20cm)であり、20cm以下の津波に対しては予報は出されない。

第三に、予報・情報の発表内容および発表のタイミングについて、様々な観点から周到な配慮をしたことである。

7.2 数値計算技術としての新津波予報の問題点

この予報は、10万例近い数値計算の結果から津波高を量的に行うものであるが、推定誤差をどう処理して判断するかが第一の問題点である。数値計算手法に付属する誤差は現在の水準以下に押さえる努力をしても、初期値の推定誤差、および地形データの詳細さに起因する誤差は残ってしまう。更には、1予報区に対する平均的な津波高を各地点での値にどの結び付けて行くかという、使用上の問題もある。

このうち、初期値推定誤差すなわち断層モデルの違いによる津波高の違いは、1.3~2.0倍に及ぶ可能性のあること、過去の例に照らしてみると地形データの詳細さに起因する誤差として、予測値が観測値の0.4~2.0倍になることもあることが確かめられている。

これらは現在の数値計算技術の限界を示すものであり、これを考慮に入れて安全側に立った津波予報を行う必要があると認識した上での新津波予報となっている。

7.3 変化した注意報の問題点

湾内の海水は津波以外の原因によっても容易に振動することがある。これは湾の副振動と呼ばれ、その引き金は低気圧の通過や外海からの刺激など様々である。宮古、岡田、布良、内浦などの副振動を調べた所、例えば布

良では最大値が15cmとなる副振動は10日に1日の割合で発生しており、日常的な現象といえる振動である。その程度の振動では被害発生が見られないこともあり、これと同程度以下の津波を注意報として予報する必要はないと判断した。

その結果、20cm以下の場合、津波注意報も出さないこととしたのである。文献1によると、ここの判断は次の通り行われた。

「現在の規準では、数cmの津波であっても津波注意報の対象となっているが、発災のおそれがない微弱な津波については、注意報の対象外とすることが適当である。この場合、どの程度の規模の津波であれば発災のおそれがないと判断できるかが問題となるが、これを検討するため、津波の高さと流速の関係、養殖筏の被害、副振動の大きさの分布の3つの調査を実施した(資料3)。

これらの調査結果を考慮すると、一般的には20cm未満の津波であれば、被害が発生することは考えにくい。このため津波注意報の下限は20cmとすることが適当であると考えられる。ただし海水浴については、20cmではやや過大でなるという指摘もあることから、海水浴シーズンについては規準の弾力的運用も考慮する必要がある。」

また、「津波注意報の下限以下の津波が観測される地域が存在する場合は、津波注意報が発表されていない地域は、津波が観測されても災害のおそれがない旨を、安心情報として通知するため「弱い海面変動」の情報を発表する(ここでいう)「海面変動」とはもちろん津波によるものであるが、「津波」という語は災害と結びつくイメージがつよいので、あえて海面変動という語を用いている)」こととしている。

8. おわりに

この津波によって明らかになった問題点と解決方法をまとめると次の通りである。

(1) 「日本への津波の影響については、若干の海面変動があるかも知れませんが被害の

心配はありません」との予報であったにもかかわらず、被害につながりかねない、あるいは小さな被害となった事態が発生した。

(2) 比較的長い湾の奥近くで20cm以上となった。新津波予報は日本近海で発生する津波を対象とする数値計算を基として作られている。近地津波より長い周期成分が卓越する遠地津波への湾の共振特性は考慮されていないことが、こうした現象を見逃す遠因である。遠地津波に対する予報は、単に伝播途上の津波の高さだけでは判断できない。

(3) 山田湾は入口付近で幅が狭くなる湾形である。この入口付近で流れが集中したため、かなり速い流速が発生したと推定され、養殖延縄に被害が生じた。

(4) 新津波予報のように詳細に予報区を分けたとしても、各県程度の分割であり、その平均値としての津波高であるから、一区内でもかなりの地域差がある。このため、津波予報の津波高と各地先での津波高とを結び付けるものがなければ、地先毎の詳細な予報とはならないことの明確な例となった。

(5) 特殊な地形の所では、津波高としてはそれほどではなくとも、流れが強く被害につながることもありうる。津波高だけの判断に

は限界のある事が示された。

(6) 新津波予報を実現する際、海水浴については7. に述べたように配慮されているが、潮干狩りのように海辺に人が近寄ってくる場合は考えられていなかった。また、海水浴や潮干狩りではなくとも、潜水夫や海女など水中作業中の人への配慮が必要になる。

(7) 山田湾内や長部などの波形から見られる通り、一旦終息に向ったと思われても、また振動が大きくなることがある。遠地津波の場合、伝播経路の異なる津波の来襲によってこうした事が発生し易い。これは表-1で、最大津波高発生時刻に極めて大きなバラツキがあることとも対応しているし、浦河のような外海に面した所でも28cmに達したこととも関連があると思われる。遠地津波と地球規模の大地形との関わりを思わせる現象である。このような問題は、数値計算を津波発生と同時に開始することで改良でき、予報解除の時間を決める事に使用できる。

引用文献

1. 量的津波予報検討会、量的津波予報検討会検討結果報告、71頁、平成10年2月。