

# 北海道南西沖地震津波の特徴と今後の問題

首藤伸夫\*・松富英夫\*\*・卯花政孝\*\*\*

## 1. まえがき

1993年7月12日22時17分に北海道南西沖で発生した地震は、津波の打ち上げ高では国内で今世紀最大、人的被害では国内で戦後最大の津波を伴った。津波発生後、著者らは直ちに現地調査を開始（第一次：7月15～23日）すると共に、津波数値計算（断層パラメータはハーバード大学のCMT解の中の東下がり断層に相当するものを使用）を実行した。計算は平均的な津波像を与えるもので、これとの差が本津波を特徴づけることになり、調査の重点域や重点項目を決める手立てとなる。

本研究は、このようにして得た現地調査資料を基に、北海道南西沖地震津波の実態、特徴と今後の検討課題、さらに津波による防災構造物の被災状況や本津波で浮上した津波防災上の問題点を論じるものである。

## 2. 現地調査

調査域は周長約60kmの奥尻島と古平から松前までの延長約310kmの北海道南西岸である。図-1にその調査域を示す。津波の打ち上げ高については青森・秋田・山形沿岸でも調査を行った。他地域のそれは情報の収集を行った。日本海沿岸各地の検潮記録の収集も行った。

主な調査項目は、①打ち上げ高とGPSによるその測点位置、②津波の来襲状況（時刻、初動、形態、方向、波

数、最大波の順位、周期、等）の聞き込み、③諸構造物の被災状況である。津波数値計算の成果は奥尻島影での綿密な調査、北海道南西岸での津波到達時刻の聞き込み精度を上げるべく努力したこと等に反映された。

打ち上げ高の測定は奥尻島で約130地点、北海道南西岸で約70地点（平均間隔4.4km）に及ぶ。奥尻島での測点間隔は場所により粗密があり、青苗、初松前、稲穂地区で密にした。聞き込みは基本的に打ち上げ高の測点で行った。

## 3. 奥尻島及び北海道南西岸の津波

### 3.1 奥尻島

今回の津波全般について言えることであるが、津波発生が夜であったため、1983年日本海中部地震津波のような最発達期の津波の写真やビデオ映像等は得られておらず、目撃証言も得難くて、曖昧な点が多々存在する。

津波は基本的に奥尻島を西から襲った。島の南端に位置する青苗地区は先ず西から襲われ、引き続き東から襲われて壊滅的な被害を受けた。島の北端に位置する稲穂地区は北から襲われて、同じく壊滅的な被害を受けた。

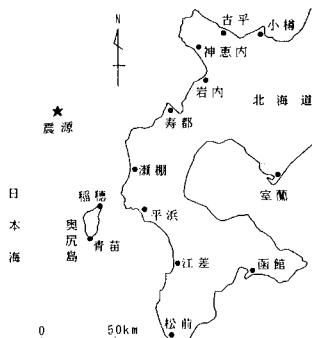


図-1 北海道南西域と震源

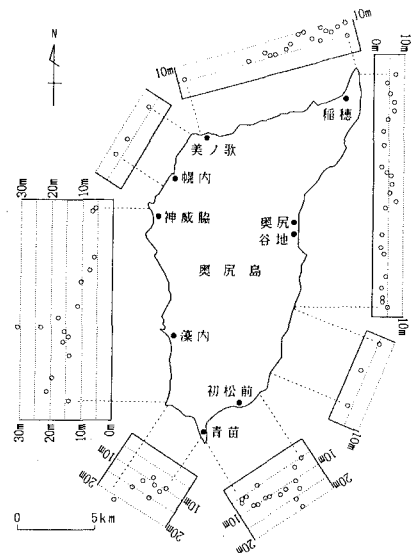


図-2 奥尻島での津波打ち上げ高

\* 正会員 工博 東北大学教授 工学部災害制御研究センター  
 \*\* 正会員 工博 秋田大学助手 鉱山学部土木環境工学科  
 \*\*\* 東北大学教官 工学部災害制御研究センター

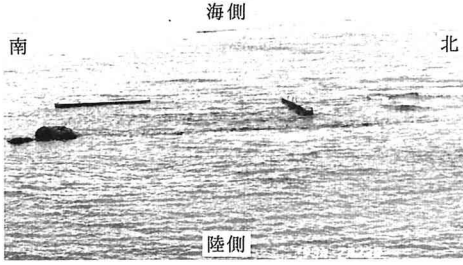


写真-1 奥尻島千畳浜での地盤沈下

稲穂地区での来襲方向から、島の東西両岸にエッジ波が形成されたと推量される。

奥尻島での津波打ち上げ高の分布を図-2に示す。高さの基準はTPで、以下の同種の図も同じである。最大打ち上げ高は、非常に局所的だが、藻内の少し北での31.7mである。これは本津波の最大打ち上げ高でもある。本津波は、打ち上げ高において、1933年三陸地震津波、1960年チリ地震津波、1964年アラスカ地震津波、1992年インドネシア・フローレス島沖地震津波に匹敵する今世紀最大級の津波である。島影に位置するにもかかわらず、初松前で打ち上げ高は20m近くに達した。10m以上の打ち上げ高が測定された海岸線の延長は、奥尻島の西岸と南岸だけで13km程度に及ぶ。

奥尻島に津波が捕捉された。これが同島での高い打ち上げ高の一因かもしれない(6章参照)。もしかすると、藻内西方沖約15kmで発生した海底地滑が高い打ち上げ高に関与しているかもしれない。地震発生後、津波は藻内地区に4分、青苗地区に4~5分で到達した。また、奥尻島では地盤沈下が生じた。その証拠を写真-1に示す。千畳浜でのもので、海中に建物の基礎が見える。

### 3.2 北海道南西岸

北海道南西岸での津波打ち上げ高の分布を図-3に示す。本海岸での打ち上げ高は、非常に局所的な所を除いて10m以下で、地震規模(M=7.8)に見合った津波規模と言える。打ち上げ高が5m以上の区間は、寿都から平浜辺りまでの延長約100kmに及ぶ。平浜以南から極端に打ち上げ高が小さくなる。奥尻島青苗岬南の浅瀬、奥尻海脚のレンズ効果のためであろう。

証言によれば(表-1参照)、津波は地震発生後4~5分で北海道南西岸の瀬棚町や大成町に到達した。この辺りの津波は引きから始まり、第1波か2波が最大であったようである。引きからの始まりは南に位置する江差港の検潮記録と一致する。しかし、北に位置する岩内での検潮記録は押しから始まっており、初動が異なる。

本海岸の南端のやや東側に位置する松前郡吉岡では、津波は押しから始まり、最大津波高(推算潮位から波頂までの高さの最大)は0.82mで、7波目に観測されてお

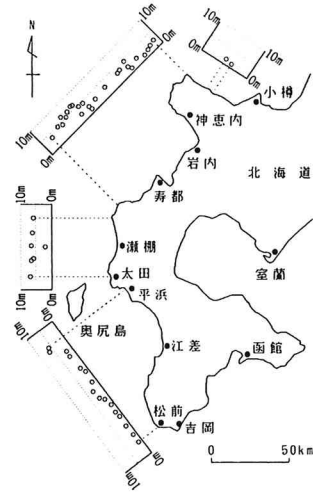


図-3 北海道南西岸での津波打ち上げ高

り、周期は約8分であった。この津波の様子は瀬棚や大成辺りのものとはかなり異なる。少なくとも、江差と吉岡の間に初動の変化点が存在することになる。

## 4. 東北地方日本海沿岸の津波

### 4.1 青森県

青森県沿岸での津波打ち上げ高の分布を図-4に示す。本海岸での打ち上げ高は日本海側で大きく、小泊村と市浦村で1.5mに達した。津軽海峡に面した所では、大間町での1.0mが最大である。陸奥湾内では0.5m以下で、太平洋側では津波はほとんど観測されなかった。

検潮記録によると、津波は竜飛に12日22時44分頃に到達し、押しから始まった。押しからの始まりは松前郡吉岡と同じである。最大津波高は、検潮井戸の設置位置や応答特性が強く原因しているのか、0.10m程度と非常に小さかった。

深浦でも津波は押しから始まり、12日22時43分頃に到達した。最大津波高は1波目に観測され、0.25mであ

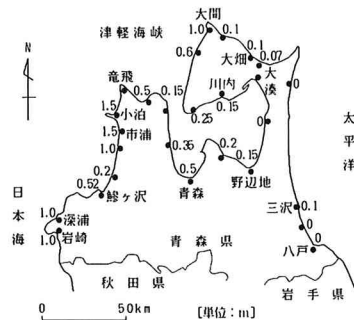


図-4 青森県沿岸での津波打ち上げ高

った。第1波と4波の2度にわたって最大津波波高0.48 mが観測された。この頃の津波周期は10分強であった。

大湊港は陸奥湾内の北東部に位置する。検潮記録から本港への津波到達時刻を判読することは難しい。ここの津波は周期30~40分の共振を呈し、最大津波波高は0.57 mに達した。波高は勿論これより小さいが、いつもこの程度の周期の湾水振動が励起されている所ようである。

4.2 秋田県

秋田県沿岸での津波打ち上げ高の分布を図-5に示す。本海岸での打ち上げ高は全般的に2 m以下で、日本海中部地震津波で打ち上げ高が大きかった峰浜村でやや大きく、3 m強であった。最大打ち上げ高が測定された地点は峰浜村の水沢川左岸で、TP 3.47 mであった。

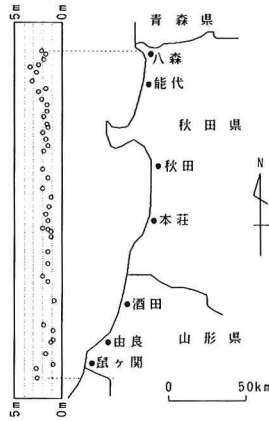


図-5 秋田・山形両県沿岸での津波打ち上げ高

検潮記録によると、津波は能代港に12日23時丁度頃に到達し、押しから始まった。最大津波波高は翌日の午前1時12分頃に観測され、0.72 mであった。津波は13日の午前7時頃まで第1波と同じ0.55 m程度の津波高を有し、その後14日の午前7時頃まで続いた。初期の頃の津波波形は大きく乱れていたもので、周期を決め難いが、14日頃の周期は30分程度であった。

秋田港でも津波は押しから始まり、12日23時18分頃に到達した。最大津波波高は13日午前0時35分頃に観測され、0.35 mであった。この頃の津波周期は約20分であった。13日午前0時35分頃と午前11時頃の2度にわたって最大津波波高0.63 mが観測された。

4.3 山形県

山形県沿岸での打ち上げ高の分布を、秋田県に続けて図-5に示す。本海岸での打ち上げ高も全般的に2 m以下で、新潟県との県境でやや大きく、3 m弱であった。

検潮記録によると、津波は酒田港に12日23時23分頃に到達し、押しから始まった。最大津波波高は9波目辺りの13日午前4時18分頃に観測され、0.58 mであった。周期は約33分ということになる。

新潟県北部の岩船での津波も押しから始まり、第1波が最大で、津波波高は0.70 mであった。津波波高も1波目が最大で1.36 m、周期は17分強であった。新潟県境での打ち上げ高が大きかったことが検潮記録からも伺える。

5. 防災構造物の被災状況

本津波における防災構造物の被災状況で特筆点を挙げれば、次のようである。

①青苗5区の西側防潮堤(天端高4.5 m)は、推定で4 mを超える越流水深の津波に襲われたが、裏側の落差が1 m程度で、裏側に被覆工が施されていたため、裏側が掘れず倒れなかった。

②ちょっとした海岸構造物の隅角部、海岸線の凹部や斜路部で防災構造物やその背後の家屋等の被害が目立った。例えば、北海道本島の島牧村栄磯地区、瀬棚町三本杉地区、大成町平浜地区や奥尻島海栗前地区等である。

③コンクリート構造物の被災原因に打ち継ぎ目の処置、打設や配合の不良が目立った。写真-2は稲穂での打設不良の例である。

④青苗漁港の北防波堤の一部が、漂流物の衝突によるとしか考えられないような壊れ方をした。その状況を写真-3に示す。破壊部は堤頂部で、施工不良等の問題のない部分であった。

⑤奥尻港の北防波堤で工事途中のケーソンが被災した。基部に近い程、被害が大きかった。その状況を写真-4に示す。この被災は津波特性の一面を物語るものである。風波の場合、砕波後の波の波高は水深に規定され、波力は基部に近づく程小さ



写真-2 打設不良の例



写真-3 青苗漁港北防波堤の一部折損

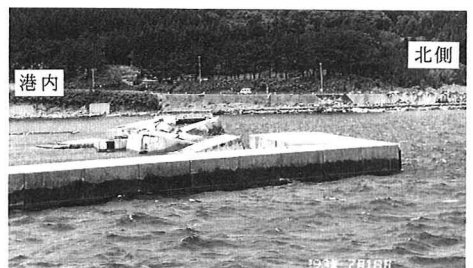


写真-4 奥尻港北防波堤の被災状況

くなる。しかし、津波の場合は、エッジ波の形成や集中効果により、波高は基部に近づく程大きくなり得て、波力も大きくなり得る。ここでの津波打ち上げ高は北防波堤のすぐ北で7.6m、港内で4mであった。

## 6. 本津波の特徴と今後の検討課題

### 6.1 早い来襲

地震発生後、数分で津波が来襲した。その時間は、我々の調査、UJNRの調査及び検潮記録によると、表-1のようであった。夜であったから詳細な時刻には曖昧な点が残るが、奥尻島の西岸と南岸、北海道本島の大成町と瀬棚町の周辺できわめて来襲が早かったことが判る。

断層の位置や傾斜方向等は、こうした早い来襲を説明できるものでなくてはならない。小さな第1波が先行したという目撃談を北海道本島側で得た。場合によっては、主断層運動以外も津波を発生させたかもしれない。波源と初期波形の精緻化が今後の課題である。

### 6.2 島に捕捉された津波

主に屈折効果により、津波は影にあたる奥尻島東岸に回り込み、エッジ波を形成した。このことは図-2の波打った打ち上げ高分布からも伺える。ただし、岸近くの水

深分布を再検討する必要がある。

例えば、奥尻港では、津波は北側から来襲し、北防波堤の陸岸近くで工事途中のケーソンを飛ばした。青苗では、先ず西からの津波で青苗5区が壊滅した。それから10~15分経った頃、今度は東からの津波に1区から4区が襲われた。この東からの津波は、到達時間から推して、稲穂から回ってきたものと思われる。

以上の事象の説明には、エッジ波としての津波を理解する必要がある。

### 6.3 31.7mに達した最大打ち上げ高

この大きな打ち上げ高は藻内の少し北の海岸で生じた。そこは延長250m程度のポケットビーチで、その南北端は沖の小島や露出岩とつながる岩礁系の浅瀬で区切られている。磯海浜、海岸道路、そしてすぐ海崖となっており、その南よりの崖に入口幅50m程度の二股の谷が刻まれている。北側の谷は、南側に比べて、奥行き浅く幅広い。その様子を写真-5に示す。谷の入口を含む崖上の打ち上げ高は23m前後、北側の谷奥で25.3m、南側の谷奥で31.7mとなった。

このように、31.7mはきわめて狭い所の局地的な現象によるものであって、本津波の代表値とは言えないものである。本津波に対応する真の打ち上げ高は23~24mと考えられる。

本津波の再現を計る数値計算では、通常の間格子間隔(最小でも30m程度)を採用する限り、31.7mは比較の対象から外するのが妥当である。もし、この打ち上げ高の再現を試みるとするならば、この谷の地点では5m以下の間格子を使用しなくてはなるまい。

また、現在までに実施した数値計算の結果を参照すると、藻内周辺のやや沖合には、その場所の最高水位が第1波ではなく、それよりも15分程度遅く発生する地点が存在する。これはやはりエッジ波としての津波によるものであり、初期波形との関連において、どの時点で31.7mが発生したのかを詳細に検討することは今後の課題の一つである。

藻内西方沖約15kmでかなりの規模の海底地滑りが発生した。これが本地域の高い打ち上げ高に関与してい

表-1 地震発生後の津波来襲時間

北海道南西岸		
場所	目撃又は水没時計	備考
積丹岬(積丹町)	20分	第1波最大。引き波から。
神威岬(積丹町)	5-6分	同上。
沼前岬(積丹町)	25-35分	同上。
川白岬(神恵内村)	10分	
珊内(神恵内村)	10分	
竜神岬(神恵内村)	5-10分	
岩内(岩内町)	15分	
岩内潮位計		押しから、22:37。
江ノ島(島牧村)	5分	
須築(瀬棚町)	3分前後	第1波最大。第2波やや小。
白岩(瀬棚町)	5分以内	同上。北西方向から、引き波から。
瀬棚(瀬棚町)	5分	
太櫓(瀬棚町)	5分以内	第1波は北西から、引きから。第2波又は第3波が最大。
太田(大成町)	5分後*	
宮野(大成町)	5分	最大の第2波は22:27または22:28。
平浜(大成町)	5分後	第2波最大。引きから、西方から。
江差		引きから。第2波は最大ではない。
江差潮位計		引きから、22:28。
石崎(上ノ国町)		大島の方から、引き無し。
小砂子(上ノ国町)		第2波最大。引きから。
奥尻島西岸		
場所	目撃又は水没時計	備考
ホヤ石川水力発電所	22:23*	
藻内	22:21	
奥尻島南端		
場所	目撃又は水没時計	備考
青苗5区	4-5分	西から。
青苗1-4区	22:37, 22:38*	東から。
初松前	22:22	

\*の資料はUJNR調査団による。

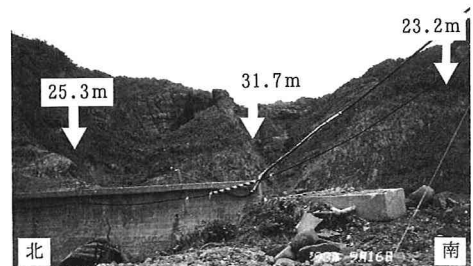


写真-5 藻内の少し北での谷

るかもしれない、海底地滑りの影響の検討も今後の課題の一つである。

#### 6.4 初松前で大きな打ち上げ高

島の東南に位置する初松前で打ち上げ高が20m近くに達したことは、きわめて特殊な事態といわねばならない。その成因として、次のようなことが考えられる。

①奥尻海脚周辺の浅瀬による屈折集中。

②島の南北端を回り込んだ津波の会合。

③江差前面域にある余震域から発生した津波と②との重複。

第一の原因であるとする、詳細に表現された海底地形を使って、断層走向を子細に検討する必要がある。今のところ、本原因の可能性が一番高い。

第二の原因であるとする、島周りに捕捉されるエッジ波としての津波への理解を深めなくてはならない。

第三の原因を検討するには、江差沖にあってやや孤立したかに見える余震域での津波発生機構を知らねばならない。

#### 6.5 遠くの津波

日本海のほぼ真ん中に大和堆と呼ばれる海底の高まりがある。また、大和堆と日本列島の間に隠岐諸島に向かう深部がある。これ等は凸レンズや谷の働きをし、津波を集中させる。本津波と日本海中部地震津波の波源は、これ等に対してほぼ同じ位置関係にある。その結果、遠くでは本津波も日本海中部地震津波と同じ所、例えば韓国東海岸、隠岐諸島や輪島等に集中することになった。

### 7. 津波防災上の問題点

本津波で浮上した防災上の問題として、次のようなことが挙げられる。

①津波予報の間に合わない地域が存在

地震発生後5分経って札幌管区气象台が津波予報を発令し、その2分後にNHK札幌放送局が放送を行った。この所要時間は日本海中部地震でのそれに比べて格段に短い。しかし、6章で触れたように、実際の津波は早い所で4~5分で来襲しており、現システムでは津波予報の間に合わない地域が存在した。

②津波予報が悪く作用することがある

大津波警報は、「予想される津波の高さは高い所で約3m以上に達する見込み…」であり、その情報を入手したが、その位の津波ならと侮って船の保守に行ったり、そのまま留まったりして遭難した事例があった。

③過去の津波経験が悪く作用することがある

青苗地区は日本海中部地震津波で4.5mの打ち上げ高と一人の死者を経験した。この生半可な経験が、この時無被害だった人を油断させ、遭難させた事例があった。

④越流水深が大きいと、防潮堤は無効果

青苗5区には天端高4.5mの防潮堤が存在したが、それを推定で4mは超える津波に対しては全く無効果で、80軒を上回る家屋群の全てが破壊された。

⑤漂流物とその事後処理

本津波では漂流物が目立った。このうち、港に流れ込んだ自動車の除去には手間がかかり、今後の大きな問題となった。その除去に際し、持ち主の確認、被害程度についての持ち主と保険会社の合意、除去についての持ち主の承諾等が必要だったため、こうした手順をスムーズに行うための法的整備が急がれる。

⑥火災

出火原因は特定されていないが、津波も関係した火事が発生した。津波が関与した火災は今に始まったことではない。我国でも、1933年三陸大津波時の釜石や1964年新潟地震津波時の新潟で経験している。

⑦防災訓練の在り方

奥尻島の二地域と対岸の三地域に専用回線一本の孤立防止用無線が整備されていたが、孤立箇所が複数となったため利用できなかった。こうした弱点が事前に発見できるように、防災訓練の在り方が見直されねばならない。

### 8. むすび

本研究で得られた主な結論は次の通りである。

①実際の津波は地震発生後4~5分で北海道南西岸に到達した。主断層運動以外にも津波を発生させた可能性がある。

②最大打ち上げ高は奥尻島藻内少し北での31.7mであるが、非常に局所的で、実質的には23~24mと考えられる。

③本津波の再現計算において、津波初期波形が満たすべきことは、奥尻島の地盤沈下、奥尻島及び北海道南西岸への到達時刻、初松前で大きな打ち上げ高、奥尻島及び北海道本島での打ち上げ高分布、藻内の少し北での23~24mの実質的な打ち上げ高である。

④打ち上げ高が10m以上の海岸線の延長は奥尻島南西岸だけで約13km、5m以上は北海道南西岸だけで約100kmに及んだ。

⑤本津波における防災構造物の被災状況を論じた。

⑥本津波の検討課題と新たな津波防災上の問題点を明らかにした。

謝辞：本調査を実施するに当たり、電力中央研究所の松山昌史氏、INA新土木研究所の山木滋氏、東北大学の高橋智幸氏、東北大学と秋田大学の学生諸氏、八戸工業大学の佐々木幹夫氏よりご協力を頂いた。本研究の一部は文部省科学研究費(代表：北海道大学 石山祐二教授)により行われた。また、本論文の公表に当たり、小川記念基金の補助を受けた。記して感謝の意を表す。