

II - 68

日本海沿岸における防災のための想定津波

株式会社アルファ水工コンサルタント 正会員 見上敏文
 〃 〃 〃 正会員 氏井健一
 〃 〃 〃 正会員 吉野真史
 〃 〃 〃 〃 鎌田昌弘

1. はじめに

近年、日本列島周辺では連続的な大地震の発生により甚大な被害を被っている。地震や津波等の低発生確率激甚災害は時間および空間的に予測が非常に困難であることがその特徴であり、津波を対象とした沿岸防災施設の計画においても既往最大値が計画外力として従来から用いられてきた。しかしながら、津波の沿岸水位分布は波源域との相対的な位置によって大きく異なる事が知られており、北海道南西沖地震津波の際にはこの手法で沿岸防災施設整備を行った地域でも大きな津波の被害にあった。この経験から、将来の津波を予測した沿岸防災施設の必要性が改めて認識され、今後はこれを考慮した防災施設計画が行われるものと思われる。本研究ではこのような状況を踏まえ、北海道の日本海側沿岸を対象として、今後発生が予想される地震を想定し、数値シミュレーションにより沿岸津波高の推定を行った。

2. 日本海における既往地震

プレートテクトニクス理論によれば、日本列島は図-1に示すように4枚のプレート上に位置すると考えられている。すなわち、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートおよびユーラシアプレートの各々のプレートが日本周辺で接している。北海道付近の日本海沿岸で津波を伴って発生した地震は表-1に示す8つの地震が記録・観測されており、図-1に丸印で示すように、津波マグニチュード $m=2$ 以上の大津波を伴った地震は大部分がプレート境界付近に集中している。北海道の日本海沿岸では1940年積丹半島沖地震($M7.5$)、1993年北海道南西沖地震($M7.8$)がこれにあたり、津波防災を検討する上ではこのようなプレート境界型地震を想定する必要がある。



図-1 日本周辺のプレート境界

表-1 既往地震津波 (北海道日本海沿岸)

発生年	発生地域	地震名	M	m
1741	渡島半島西方沖	—	6.9	3
1792	積丹半島沖	—	7.1	2
1940	積丹半島沖	—	7.5	2
1947	北海道西方沖	—	6.7	1
1971	樺太西方沖	—	6.9	0
1983	秋田・青森沖	日本海中部地震	7.7	3
1983	青森西方沖	日本海中部地震最大余震	7.1	0
1993	北海道南西沖	北海道南西沖地震	7.8	3

Estimated Tsunami for Disaster Prevention in Japan Sea Coast.
 by Toshifumi MIKAMI, Kenichi UJII, Masahiro KAMADA and Masafumi YOSHINO.

3. 想定地震の発生域

プレート境界型地震はプレート同士の相対運動により徐々に地殻内に応力が蓄積され、弱面において破壊が起ることによって発生し、一度応力が解放された箇所では次の地震が発生するまでに相当な時間を要するものと考えられている。このため、一度大きな地震が発生した箇所では暫くの期間大地震が発生する可能性は低い。

このことから、近い将来に地震が発生する可能性のある箇所としては、近年、地震が発生していない箇所、すなわち地震空白域を想定する必要がある。

図-2 は日本海のプレート境界上で発生した地震として1940年積丹半島沖地震および1993年北海道南西沖地震の2つの地震で推定されている断層モデル^{1) 2)}をプロットしたものである。同図から、地震の空白域としては、北海道南西沖地震と積丹半島沖地震の間(後志沖)と、積丹半島沖地震の北側(天塩沖)の2箇所が考えられる。この内、天塩沖については、近年地震が発生していないことと、サハリンの西方沖で1971年にM6.9の地震が発生していることを考えると大地震が起る可能性は高いものと推察される。

以上により、本研究ではこの2つの空白域において発生が予想される地震を、想定後志沖地震、想定天塩沖地震として設定し、以後の検討を行った。

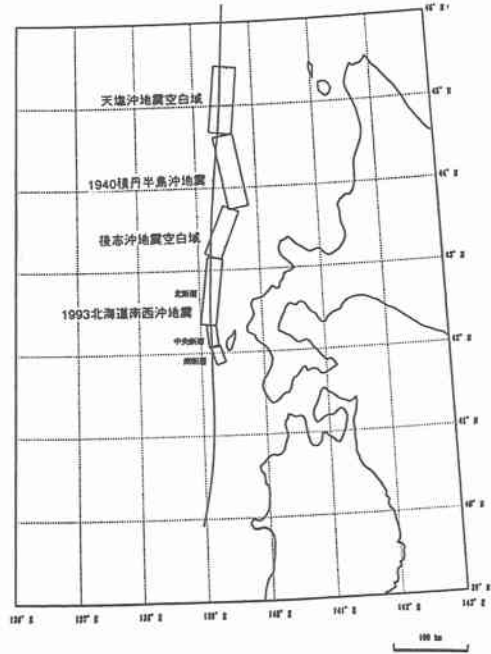


図-2 既往地震および地震空白域

4. 震源断層モデル

後志沖、天塩沖の地震空白域における震源断層モデルは、震源断層パラメータの相似則によって設定を行った。地震の震源断層モデルは、図-3に示す断層長さ L 、断層幅 W 、傾斜角 δ 、すべり角 λ 、すべり量 U および走向角 ϕ の6つの物理量と断層面上縁の深さ d で定義されるが、これらの震源断層パラメータの内、断層長さ、断層幅およびすべり量と、地震マグニチュード M および地震モーメント M_0 との間には相似性があり、プレート境界によって特性が異なる³⁾。

図-4は、想定した地震空白域が含まれる日本海東縁部のプレート境界について、過去に発生した地震で推定されている震源断層モデルから、各パラメータの関係を調べた結果である。

この日本海東縁部における震源断層モデル相似則を用いて、後志沖、天塩沖の2つの地震空白域における想定地震の震源断層モデルの設定を行った。

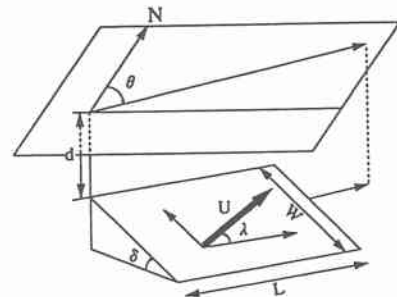
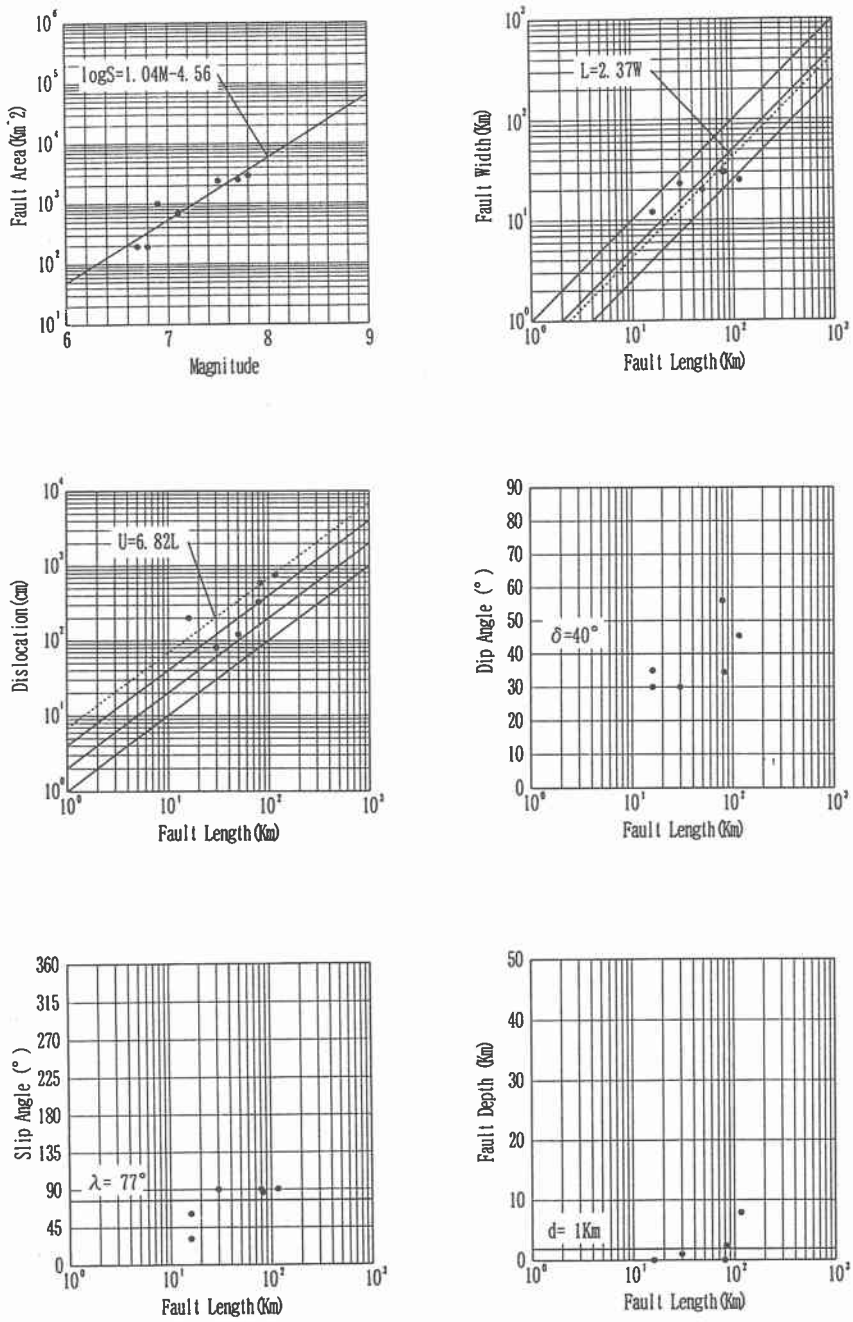


図-3 震源断層パラメータ



図一 4 震源断層パラメータの関係 (日本海東縁部プレート境界)

ここで、後志沖の地震空白域は長さが約70Kmであることからこれを断層長とし、その他のパラメータを相似則によって設定した。一方、天塩沖の地震空白域は空白域の大きさが200Km以上もあり、これを断層長とすると地震規模が極めて大きなものとなるため、想定地震規模の設定を行った。地震地体構造論⁴⁾では、地震の起こり方の共通している地域では地体構造にも共通の特徴があるとの前提から日本周辺を地震の起こり方（規模、頻度、深さ、震源モデルなど）に共通性のある地域（地体区分）に分割し、地体区分毎の最大地震規模（ M ）の提案が行われている。この提案では、日本海東縁部は地体区分Fに含まれ、最大地震規模は北海道南西沖地震で与えられる $M7.8$ となる。これより、天塩沖の地震空白域については地震規模を最大地震規模の $M7.8$ として各震源断層パラメータを設定した。表-2は、本研究で設定した2つの想定地震の震源断層パラメータである。

表-2 想定地震震源断層パラメータ

地震名	M	d (Km)	δ ($^{\circ}$)	λ ($^{\circ}$)	L (Km)	W (Km)	U (cm)
想定後志沖地震	7.6	1	40	77	70	30	410
想定天塩沖地震	7.8	1	40	77	90	40	600

5. 想定地震による沿岸津波高

後志沖、天塩沖の2つの想定地震について、数値シミュレーションにより沿岸津波高の推定を行った。用いた数値モデルは、非線形長波理論（浅水理論）に基づく2次元モデルとし、陸上遡上に関しては考慮していない。なお、計算格子間隔は外洋域を1,800m、沿岸域を600m格子で近似して領域結合を行っている。

図-6は各想定地震の津波初期水位分布、図-7は、日本海沿岸における最大津波水位をグラフ化したものである。また、主要地域における津波到達時刻および推定される最大津波高は表-3に示すとおりである。

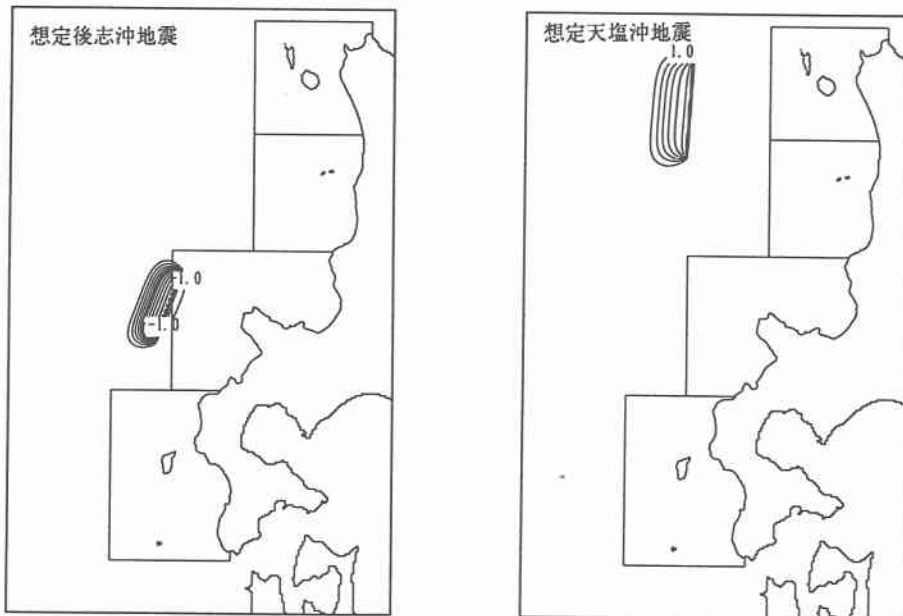
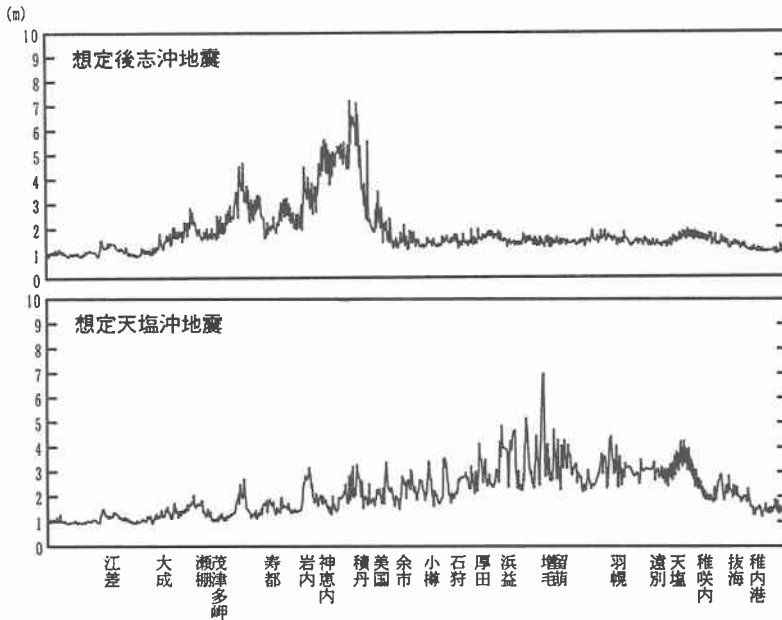


図-6 想定地震津波の初期水位分布



図一七 想定地震の沿岸最大津波水位分布

表一三 推定される主要地域の津波規模

地区名	想定後志沖地震			想定天塩沖地震		
	第1波 到達時刻	最大津波水位		第1波 到達時刻	最大津波水位	
		発生時刻	津波高(T.P.)		発生時刻	津波高(T.P.)
稚内港	88分後	175分後	0.6m	60分後	63分後	0.8m
天塩	74分後	77分後	0.8m	67分後	69分後	2.8m
仙法志	60分後	100分後	1.8m	36分後	38分後	3.2m
遠別	70分後	125分後	0.7m	69分後	72分後	2.3m
羽幌	64分後	67分後	1.0m	67分後	97分後	3.5m
留萌	49分後	51分後	1.0m	56分後	97分後	3.7m
増毛	44分後	155分後	1.0m	51分後	97分後	3.3m
浜益	40分後	42分後	0.9m	49分後	97分後	3.3m
厚田	53分後	55分後	0.9m	64分後	113分後	2.9m
石狩	55分後	154分後	1.1m	67分後	120分後	1.6m
小樽	43分後	126分後	0.8m	55分後	167分後	2.3m
余市	32分後	59分後	1.2m	45分後	167分後	2.2m
美国	22分後	36分後	2.9m	35分後	149分後	1.7m
積丹	19分後	20分後	5.4m	33分後	56分後	2.1m
神恵内	17分後	19分後	4.9m	34分後	38分後	1.1m
岩内	20分後	44分後	3.9m	38分後	64分後	2.3m
寿都	21分後	60分後	1.3m	40分後	132分後	1.1m
瀬棚	12分後	26分後	1.0m	30分後	55分後	1.2m
大成	21分後	127分後	0.9m	39分後	167分後	0.7m
江差	27分後	114分後	0.7m	46分後	69分後	0.6m
青苗	17分後	160分後	0.7m	35分後	116分後	0.7m

この結果では、想定後志沖地震では積丹半島先端から岩内までの間、想定天塩沖地震では羽幌から浜益付近で高い津波高が算出されている。そして、これらの値は岩内よりも北側の地域では1993年北海道南西沖地震の際の津波高を上回る値である。また、仙法志（利尻島）では両方の想定地震で高い津波高が算出されており、特に想定後志沖地震では波源域から遠いにも関わらず、北海道側である天塩の倍以上の値となっている。これは、島地形による津波エネルギーの捕捉（トラッピング）によるものと推察され、利尻・礼文、天売・焼尻では著しく津波高が増幅される可能性が高く、特に注意が必要と思われる。

6. おわりに

本研究では北海道の日本海沿岸を対象に、地震空白域において想定される地震モデルの検討および、それらの地震に関する沿岸津波高の推定を行った。今後は各沿岸での津波危険度の検討を目的に、局所的な津波の変形を考慮できるように、より詳細な津波数値シミュレーションを行うとともに、沿岸防災施設の整備状況との比較による浸水危険個所の推定を行う予定である。

なお、本研究では、津波数値シミュレーションにあたって、海岸線データは国土地理院国土数値情報を、水深データは海上保安庁水路部水深統合データを利用した。

参考文献

- 1) 佐藤良輔編著：日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, 390p, 1989
- 2) 高橋智幸他：津波を説明するための北海道南西沖地震断層モデル, 第41回海岸工学論文集, pp251-255, 1994
- 3) 見上敏文・後藤智明：日本周辺における津波初期波形の統計的性質, 第42回海岸工学論文集, pp366-370, 1995
- 4) 萩原尊禮編：日本列島の地震（地震工学と地震地体構造）, 鹿島出版会, pp209, 1991