

津波の河川遡上解析手法を活用した防災対策検討の進め方

平成21年3月

(財) 国土技術研究センター

はじめに

近年、中央防災会議などにおいて「東海地震」、「東南海地震」、「南海地震」、「日本海溝地震」、「宮城県沖地震」等によって発生する地震被害が予測・公表され、併せて上記地震に起因する沿岸各地での津波高も予測・公表されている。

これを受けて関係各地では、沿岸での津波防災計画が立案され、可能なものから順次対策の実施が推進されつつあるところである。

従来から、河川においては主に「洪水に対する防災計画」が作成されてきている。また、兵庫県南部地震による深刻な被害の発生に鑑みて、河川構造物における耐震対策が進められてきているが、津波防災計画の作成と対策の実施が進められている河川は少ない。

しかしながら河川構造物に深刻な被害を及ぼす近地海底地震は津波を併発し、これが被災した構造物のある河川区間に遡上して悲惨な被害を引き起こす事例も少なくない。

特に、中央防災会議などで検討されている多くの大規模地震は、いずれも近い将来高い確率で発生する事が確実視されており、人口や資産が集中し我が国の社会・経済活動の枢要な機能が集積している河川下流部における津波防災計画の策定と対策の実施は喫緊の課題となっている。

一方、河川を遡上する津波の危険性については、これまでも指摘されていたが、この現象を解明するための十分な記録や資料が蓄積されていないこともあり、河川における津波の挙動を解析する標準的な手法が確立されていなかった。

そこで、JICE では、この解析手法について調査・検討を行い、平成 19 年 5 月に「津波の河川遡上解析の手引き（案）」としてとりまとめている。

本技術資料は、この「津波の河川遡上解析の手引き（案）」の他、これまでに JICE が実施してきた河川構造物における耐震対策計画検討、河川における津波防災計画検討などの諸業務を通じて得られた知見を再整理し、主として近地地震によって発生し、河川に遡上することが予想される津波に対して被害の防止・軽減を目的とした「河川における津波防災計画立案」の際に参考となる「津波の河川遡上解析手法を活用した防災対策検討の進め方」としてとりまとめたものである。

本技術資料が今後、津波防災計画を立案しようとする全国の河川技術者にとって技術検討上の参考になれば幸いである。

末尾となりましたが、過去に JICE が実施した本資料に関係する諸業務において委員などに就任いただきご指導下さいました諸先生方をはじめ、本資料作成の参考とさせていただいた貴重な資料の提供をいただきました多くの関係者に対し深く謝意を表し御礼申し上げます。

目 次

第1章 津波防災対策とは

- 1-1 津波防災対策の基本的な考え方..... 1-1
- 1-2 津波防災対策の全体像..... 1-2

第2章 津波の特性

- 2-1 津波の河川遡上特性..... 2-1
- 2-2 津波の河川遡上の形態（砕波段波・波状段波）..... 2-2
- 2-3 津波の河川遡上の変化（ソリトン分裂）..... 2-3
- 2-4 近地津波..... 2-4
- 2-5 遠地津波..... 2-6

第3章 津波被害の実例

- 3-1 既往津波による被害状況..... 3-1
- 3-2 日本海中部地震による津波被害..... 3-3
- 3-3 その他の地震における津波被害..... 3-9

第4章 既往の津波防災への取組み事例

- 4-1 津波警報・注意報の種類..... 4-1
- 4-2 津波警報・注意報の発表..... 4-2
- 4-3 津波防災のハード対策..... 4-4
- 4-4 津波防災のソフト対策..... 4-6
- 4-5 誘導標識・看板等の設置..... 4-9
- 4-6 防災訓練の実施..... 4-11
- 4-7 日常的な防災教育の実施..... 4-12

第5章 津波の河川遡上解析手法

- 5-1 適用範囲..... 5-1
- 5-2 対象津波..... 5-2
- 5-3 平面2次元解析手法..... 5-3
- 5-4 基本方程式..... 5-4
- 5-5 解析事項..... 5-6
- 5-6 諸条件の設定..... 5-9
- 5-7 再現計算..... 5-11
- 5-8 予測計算..... 5-12
- 5-9 簡易推定手法..... 5-13

5-10	簡易推定手法の適用範囲.....	5-14
5-11	簡易推定手法により津波高・遡上距離の概略を推定する手順.....	5-15
5-12	ソリトン分裂の影響を考慮しない場合の推定式と推定津波高の求め方..	5-16
5-13	ソリトン分裂の影響を考慮する場合の推定式と推定津波高の求め方....	5-17
参考-1	解析例.....	5-19

第6章 津波の河川遡上を考慮した津波防災計画の取組

6-1	津波の河川遡上に関する防災計画への対応.....	6-1
6-2	津波の河川遡上に関する防災計画の基本方針.....	6-1
6-3	津波の河川遡上による影響・被害と防災上の課題.....	6-2
6-4	津波の河川遡上に対する防災対策.....	6-7
参考-1	津波防災計画における計画津波の考え方.....	6-13
参考-2	津波防災計画策定に伴う留意点.....	6-17
参考-3	津波防災計画における早期に対応すべき具体的な目標と対策.....	6-18
参考-4	津波防災計画における中長期的に対応すべき目標と対策.....	6-21
参考-5	情報提供施設の整備.....	6-23

【参考】	災害対策に関する法律の一覧.....	参考-1
-------------	---------------------------	-------------

第1章 津波防災対策とは

1-1 津波防災対策の基本的な考え方

津波対策は津波による災害を知り、弱いところを知り、それに対してとり得る対策を知って、広範かつ総合的に取り組むことが必要である。しかも、災害に強い社会への移行を目指し、津波対策を、予防から復旧・復興までの連続したプロセスとして捉えて、ハード整備とソフト対策を戦略的に組み合わせることが重要である。

【解説】

事前予防対策としてのハード整備中心の考え方から、事前、事後にわたりハード整備とソフト対策を合わせて展開して被害最小化を目指すという考え方へ転換した対策を、強力に推進することが今後の基本的方向である。

この基本的方向に従い戦略的に対策を講じるため、「人的被害を最小化する」ことを緊急的な対応、「物的被害を含めて被害を最小化する」ことを中長期的な対応と考え、それぞれ目標と具体的な対策を明示していくことが重要となる。

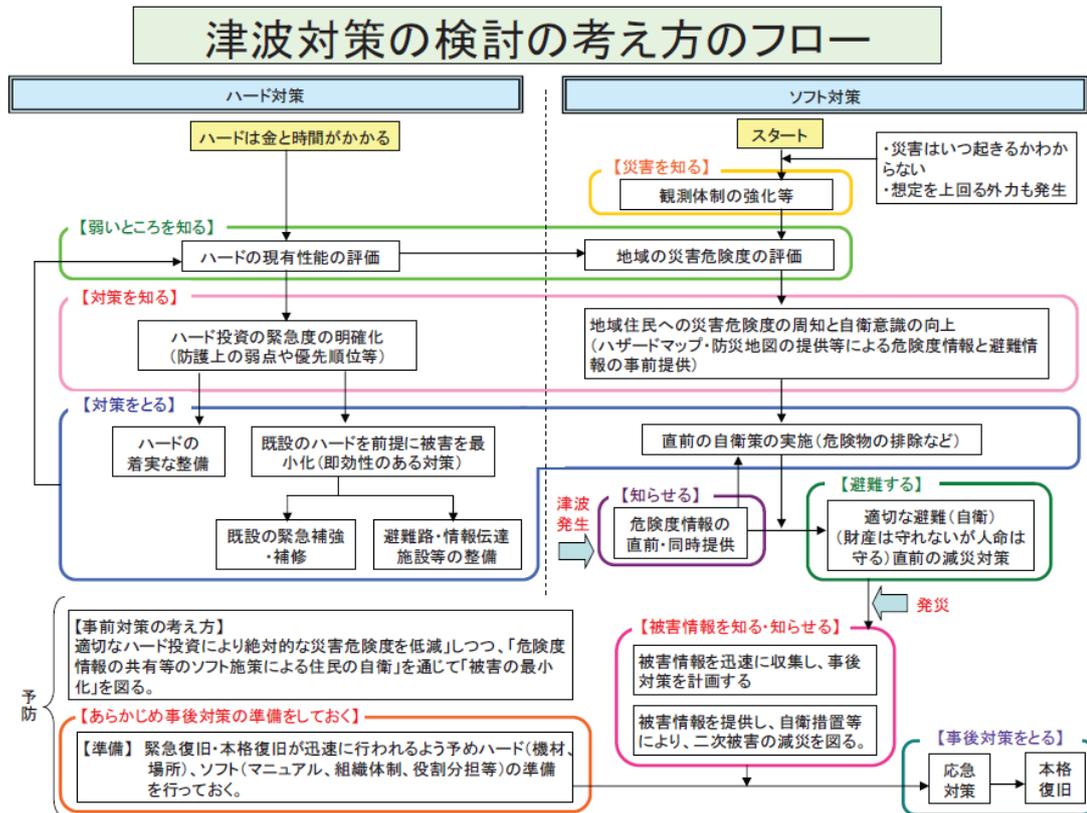


図 1.1 津波対策検討の考え方フロー

※：「津波対策検討委員会」資料抜粋

1-2 津波防災対策の全体像

津波防災対策は地域の危険度や地震調査研究推進本部の提唱する地震発生確率に応じた緊急度等を考慮し対策が進められている。
 一般的には、ハード対策、ソフト対策及び防災まちづくりの3つの柱を基本とした総合的な対策が進められている。

【解説】

ハード・ソフト対策及び防災まちづくりの3つの柱には、表 1.1 に示すような津波防災対策があり、これらを総合的に組み合わせた対策が進められている。

表 1.1 津波防災対策の一覧

大分類	小分類	対策メニュー	
ハード対策 (防災施設)	施設整備	外郭施設の整備・改良 河川管理施設の整備・改良 樹林帯の整備 施設の耐震化 津波望粗施設の点検・評価等 内水排除	
	2次被害発生防止	危険物対策 漂流物防止対策	
	復旧支援	海岸・港湾の地震対策	
ソフト対策 (防災体制)	予防対策	観測体制	津波観測
		情報提供	津波ハザードマップの公表
		避難支援	避難場所・避難路の確保
		地域防災力の強化	防災訓練 防災組織 日常的な防災教育の実施 防災ステーションの活用
		調査研究	津波防災に関わる情報の普及、蓄積及び調査研究
	発災直前対策	情報提供	津波予警報 津波情報の伝達・提供
		避難支援	災害時要援護者
		管理体制	水門・陸閘の操作
	応急対策	災害実態把握	被災後の広域的な情報収集
		避難支援	孤立地区対策
		輸送ネットワーク	被災時の広域的な輸送ネットワークの確保
	復旧対策	経済支援	災害復旧基金、補助金制度 浸水保険制度
防災まちづくり	土地利用	国土利用計画（市町村計画） 緩衝帯（バッファ）の整備 遊水地等の整備	
	2次被害発生防止	堤外地の水産関連施設対策 危険物対策	

津波対策検討委員会（2004）での検討内容に一部追加

第2章 津波の特性

2-1 津波の河川遡上特性

津波は、地震による海底の急激な上下変動等の地形変化が原因で発生し、津波の規模は、地震の規模（マグニチュード）、地震の深さ及び地震の起こり方等により変化する。

【解説】

津波は水深の深いところでは時速数百kmもの速さで伝播し、海岸に近づくにつれ、水深や地形による増幅効果等により何倍もの高さとなる。特に、津波が河川を遡上する場合、更に高くなることが多い。また、第1波よりも後続の波の方が高くなることもある。



写真 2.1

米代川を遡上する津波（その1）

出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 2.2

米代川を遡上する津波（その2）

出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」

（人的被害）

我が国において、津波により大きな被害を生じたものとしては、表2.1の事例がある。このほか国外においても、平成16年12月26日に発生したスマトラ沖大地震及びインド洋津波によって、インド洋沿岸各国で多大な被害が出たことは記憶に新しいところである。

表 2.1 明治以降の津波により大きな被害をもたらした主な地震

発生年	地震（津波）名	死者・行方不明者数
明治 29（1896）年	明治三陸地震津波	約 22,000 [※]
昭和 8（1933）年	昭和三陸地震津波	約 3,000 [※]
昭和 19（1944）年	東南海地震	1,223
昭和 21（1946）年	南海地震	1,443
昭和 35（1960）年	チリ地震津波	142 [※]
昭和 43（1968）年	十勝沖地震	52
昭和 58（1983）年	日本海中部地震	104 [※]
平成 5（1993）年	北海道南西沖地震	230 [※]

※：犠牲者のほとんどが津波によるもの

2-2 津波の河川遡上の形態（碎波段波・波状段波）

一般に、河川を遡上する津波は、陸上部へと氾濫して行く津波に比べて伝搬速度が速く遡上距離が長くなる特徴を有し、河川内を伝搬する過程で津波先端部は大別して「碎波段波」と「波状段波」の2つの形態を呈する。

【解説】

「碎波段波」：津波先端部が碎波しながら段波形状を呈し遡上していく。

「波状段波」：波長の長い津波先端部が短周期の複数の波に分裂（以下、「ソリトン分裂」という）しながら段波形状を呈し遡上していく。

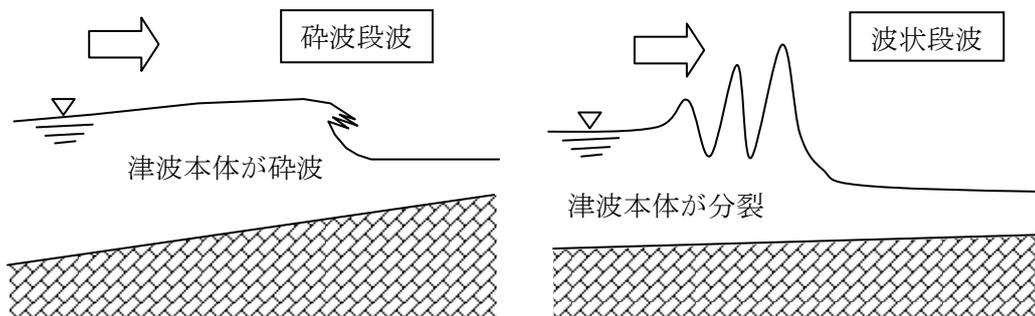


図 2.1 碎波段波と波状段波

一般に碎波段波の形態を呈する津波の挙動は、非線形長波式を基本式とした解析によって表わされる。

一方、波状段波の形態を呈する津波では、河口地点に入射してきた津波高が河川内を遡上して行く過程で、ソリトン分裂（次項参照）を伴ってさらに増高して行く事例もあることが知られている。

従って、波状段波の形態を呈する津波では、解析対象河川の河口に来襲してくる津波特性と河川条件に応じて、ソリトン分裂の影響を考慮した津波の解析が必要となる場合もある。

ソリトン分裂の影響を考慮した津波の挙動は非線形分散長波式を基本式として、詳細な河川地形を取り入れたモデルを用いた細かい計算時間間隔での解析が必要となる。

2-3 津波の河川遡上の変化（ソリトン分裂）

ソリトン分裂とは、津波が水深の浅い海域を伝播するのに伴い、波形や水深等の条件によっては、津波が周期の短い複数の波に分裂し波高が増幅する現象をいう。

【解説】

ソリトン分裂の発生・発達過程の概要を以下に記述し、図 2.2 にソリトン分裂のメカニズムと波形の変形の変形概念図を示す。

- 浅海域における非線形効果により津波は前傾化し、その波形前面で周期の短い成分が全体の中で卓越するようになる。
- 周期の短い成分が卓越すると波形が後方に延びようとする分散効果も発現する。
- 砕波条件に至るまでに十分な時間があると、分散効果と非線形効果の相乗作用により、周期の短い分裂波が発生する。これをソリトン分裂と呼んでいる。
- ソリトン分裂によって生じた分裂波の波長は津波本体に比べて極めて短く、波形の曲率半径が小さいため、鉛直方向の加速度成分が大きくなる。
- 鉛直方向の加速度成分が増加することに伴って、峰は上昇し、谷は下降する。

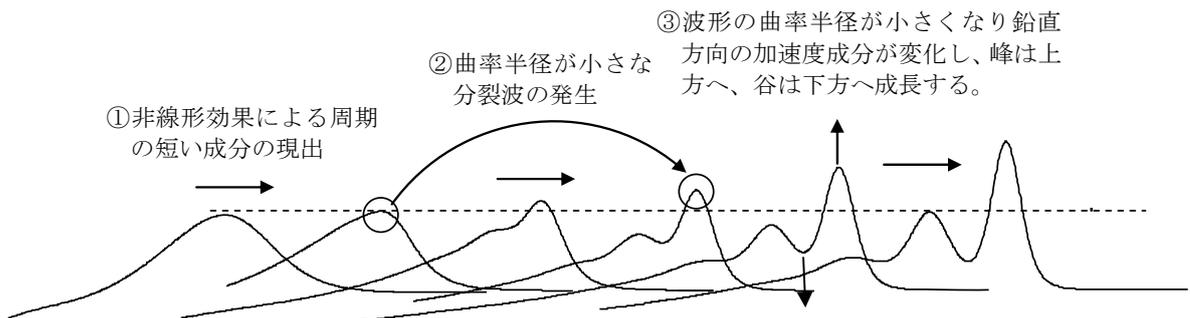


図 2.2 ソリトン分裂のメカニズムと波形の変形の変形概念図



写真 2.3
能代港奥の水路に侵入する津波
出典「昭和 58 年日本海中部地震写真報告集
昭和 59 年 3 月」



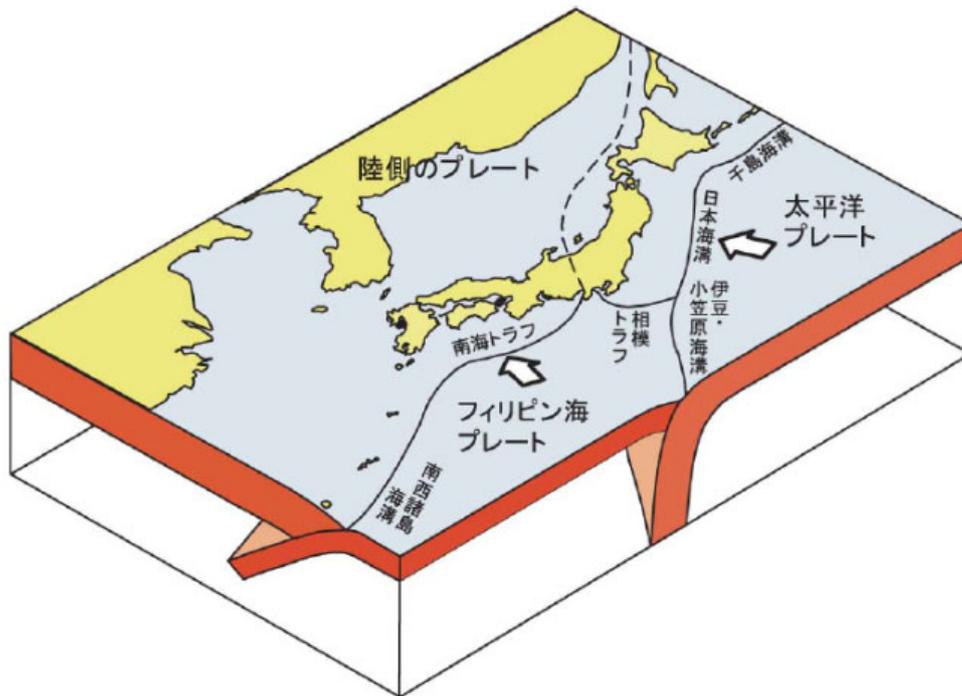
写真 2.4
能代港奥の水路に侵入する津波
出典「昭和 58 年日本海中部地震写真報告集
昭和 59 年 3 月」

2-4 近地津波

近地津波とは、日本の沿岸から600km以内に発生した地震による津波を指す。
 我が国にこれまで被害をもたらした津波のほとんどはプレートの沈み込みに伴う大地震によって発生したものであり、津波の発生域は北海道東方から三陸沖・東海道沖を経て南海道沖にかけての太平洋域、北海道西方沖から新潟沖にかけての日本海域で帯状に分布している。

【解説】

我が国は、海洋プレート（太平洋プレート、フィリピン海プレート）及び陸側のプレートの境界部に位置し、日本周辺で、太平洋プレートが千島海溝、日本海溝及び伊豆・小笠原海溝で陸側のプレートとフィリピン海プレートの下に沈み込み、またフィリピン海プレートが南西諸島海溝、南海トラフとその延長である駿河トラフ及び相模トラフで陸側のプレートの下に沈み込んでいる。



(注) 図中の矢印は、陸側のプレートに対する各プレートの相対運動を示す。
 日本海東縁部（図中の点線）に沿って、プレートの境界があるとする説が出されている。
 資料：地震調査研究推進本部地震調査委員会編
 「日本の地震活動－被害地震からみた地域別の特徴－〈追補版〉」

図 2.3 日本付近のプレート分布図

これまで大きな津波被害を及ぼしてきた地震を大別すると、以下のようになる。

(1) プレーートの境界付近で発生する地震

プレート間で発生する地震と海洋プレート内で発生する地震がある。このタイプの地震は沈み込みに伴うプレートの変形が限界に達し、元に戻ろうとして急激に運動する際に発生し、場所によって異なるが、数百年程度の間隔で繰り返し発生すると言われている。

表 2.2 代表的な地震

地震名	マグニチュード	年月日	死者・行方不明者数
関東大震災	M7.9	1923年(大正12年)9月1日	約105,000
南海地震	M8.0	1946年(昭和21年)12月21日	1,443

(2) 海域の比較的震源が浅い地震

津波を伴うことが多く、近い将来に発生が予想されている東海地震や東南海・南海地震も、このタイプの地震と考えられている。

(3) 海洋プレート内で発生した地震

このタイプの被害地震も多く経験している。

表 2.3 代表的な地震

地震名	マグニチュード	年月日	死者・行方不明者数
昭和三陸地震	M8.1	1933年(昭和8年)3月3日	3,064
北海道南西沖地震	M7.8	1993年(平成5年)7月12日	230
芸予地震	M6.7	2001年(平成13年)3月24日	2

(4) 陸域の浅い地震

プレートの沈み込み等の影響を受けて内陸のプレートが歪むことにより、歪エネルギーが蓄積され、地下の断層の破壊でプレートの歪みが解放されることにより発生するタイプの地震がある。

表 2.4 代表的な地震

地震名	マグニチュード	年月日	死者・行方不明者数
濃尾地震	M8.0	1891年(明治24年)10月28日	7,273
福井地震	M7.1	1948年(昭和23年)6月28日	3,769
兵庫県南部地震	M7.3	1995年(平成7年)1月17日	6,437
鳥取県西部地震	M7.3	2000年(平成12年)10月6日	0
新潟中越地震	M6.8	2004年(平成16年)10月23日	68
福岡県西方沖を震源とする地震	M7.0	2005年(平成17年)3月20日	1
能登半島地震	M6.9	2007年(平成19年)3月25日	1
新潟県中越沖地震	M6.8	2007年(平成19年)7月16日	15
岩手・宮城内陸地震	M7.2(暫定)	2008年(平成20年)6月14日	23

2-5 遠地津波

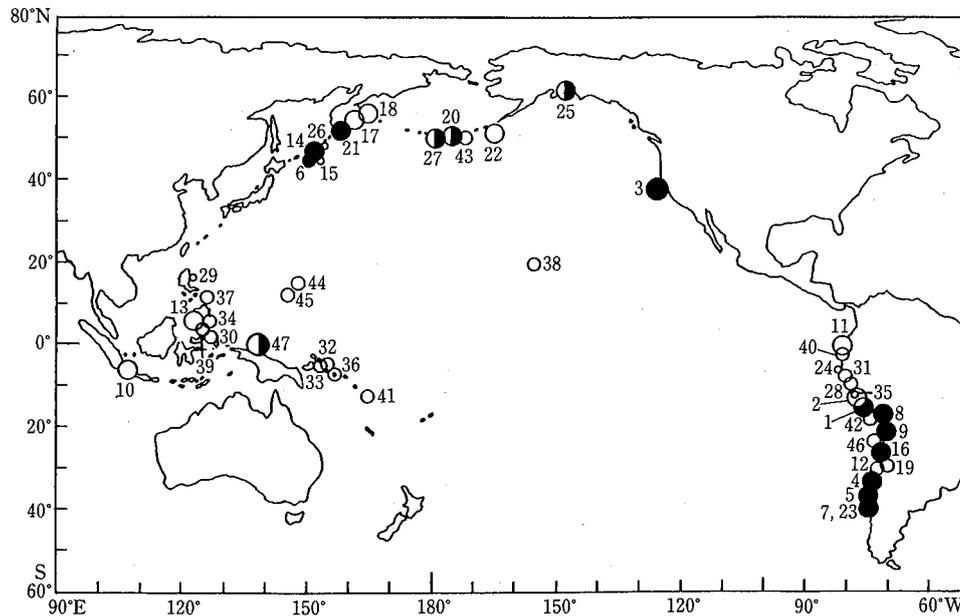
遠地津波とは、震央が本州・四国・九州・北海道の沿岸から約600km以上遠の地震に伴う津波を指しており（気象庁）、南米やアリューシャン・カムチャッカ・千島からの津波が日本沿岸で津波被害を引き起こす可能性が高い。

【解説】

遠地津波被害として、昭和35年のチリ地震津波が挙げられる。南米やアリューシャン・カムチャッカ・千島からの津波が日本沿岸で津波被害を引き起こす可能性が高いとされている。

なお、遠地津波は近地津波に対して下記の特徴を有している。

- ① 地震規模が大きく波源が広いので、長周期の津波となることが多い。
- ② アリューシャン・カムチャッカ・千島からの津波の最高波は日本付近でエッジ波として伝播し、到達時間は初動からかなり遅れることが多い。
- ③ 固有周期の大きい湾で波高が増幅される可能性が高い。
- ④ 津波による水位変動が1日以上続くこともある。
- ⑤ 日本における被害発生確率は近地津波に比べて小さい。



(●は津波の被害、◐はわずかの被害、○は被害がなかったもの)
 渡辺偉夫(1998)：日本被害津波総覧【第2版】、p59より

図 2.4 日本及びその周辺で発生した津波

第3章 津波被害の実例

3-1 既往津波による被害状況

100人以上の死者・行方不明者を出した地震は、100年間で11回発生している。津波被害としては、人的被害（水死や衝突死）と物的被害（河川構造物への直接的被害、漂流物による間接的被害）及び2次的被害（交通機能障害、火事等）が挙げられる。

【解 説】

表3.1に我が国の主な被害地震の一覧を示す。また、表3.1のうち、津波により大きな被害をもたらした地震を表3.2に取りまとめる。近年においては、平成5年北海道南西沖地震及び昭和59年日本海中部地震による津波において、100人以上の死者・行方不明者を出している。

表 3.1 我が国の主な地震被害（明治以降）

災害名	マグニチュード ¹	年 月 日	死者・行方不明者数
濃尾地震	M8.0	1891年(明治24年)10月28日	7,273
明治三陸地震津波	M8 1/4	1896年(明治29年)6月15日	約 22,000
関東大震災	M7.9	1923年(大正12年)9月1日	約 105,000
北丹後地震	M7.3	1927年(昭和2年)3月7日	2,925
昭和三陸地震津波	M8.1	1933年(昭和8年)3月3日	3,064
鳥取地震	M7.2	1943年(昭和18年)9月10日	1,083
東南海地震	M7.9	1944年(昭和19年)12月7日	1,223
三河地震	M6.8	1945年(昭和20年)1月13日	2,306
南海地震	M8.0	1946年(昭和21年)12月21日	1,443
福井地震	M7.1	1948年(昭和23年)6月28日	3,769
十勝沖地震	M8.2	1952年(昭和27年)3月4日	33
チリ地震津波	M9.5	1960年(昭和35年)5月23日	142
新潟地震	M7.5	1964年(昭和39年)6月19日	26
1968年十勝沖地震	M7.9	1968年(昭和43年)5月16日	52
1974年伊豆半島地震	M6.9	1974年(昭和49年)5月9日	30
1978年伊豆大島近海地震	M7.0	1978年(昭和53年)1月14日	25
1978年宮城県沖地震	M7.4	1978年(昭和53年)6月12日	28
昭和58年(1983年)日本海中部地震	M7.7	1983年(昭和58年)5月26日	104
昭和59年(1984年)長野県西部地震	M6.8	1984年(昭和59年)9月14日	29
平成5年(1993年)北海道南西沖地震	M7.8	1993年(平成5年)7月12日	230
平成7年(1995年)兵庫県南部地震	M7.3	1995年(平成7年)1月17日	6,437
平成16年(2004年)新潟中越地震	M6.8	2004年(平成16年)10月23日	68

1. 戦前については死者・行方不明者が1,000人を超える被害地震を、戦後については死者・行方不明者が20人を超える被害地震を掲載した。
2. 関東地震の死者・行方不明者数は、理科年表（2006年版）の改訂に基づき、約142,000人から約105,000人へと変更した。
3. チリ地震津波のマグニチュードはモーメントマグニチュード。
4. 兵庫県南部地震の死者・行方不明者については平成17年12月22日現在の数値。いわゆる関連死を除く地震発生日の地震動に基づく建物倒壊・火災等を直接原因とする死者は、5,521人。

資料：理科年表、消防庁資料、日本被害地震総覧

表 3.2 明治以降の津波により大きな被害をもたらした主な地震

発生年	地震（津波）名	死者・行方不明者数
明治 29（1896）年	明治三陸地震津波	約 22,000 ※
昭和 8（1933）年	昭和三陸地震津波	約 3,000 ※
昭和 19（1944）年	東南海地震	1,223
昭和 21（1946）年	南海地震	1,443
昭和 35（1960）年	チリ地震津波	142 ※
昭和 43（1968）年	十勝沖地震	52
昭和 58（1983）年	日本海中部地震	104 ※
平成 5（1993）年	北海道南西沖地震	230 ※

※：犠牲者のほとんどが津波によるもの

3-2 日本海中部地震による津波被害

昭和58年日本海中部地震津波より、104名の死者・行方不明者の他、堤防・護岸等の河川構造物への直接的な被害及び船舶や丸太等の漂流に伴う間接的な被害が発生した。

【解説】

(1) 河川遡上の実態（津波の遡上・引き波の実態）

1983年の日本海中部地震津波において沿岸部に来襲した津波は、河口から米代川の河道内に流入し、河川を遡上した。地震によって被災した堤防・護岸の被害を津波の河川遡上が助長したことが報告されている。



写真 3.1
米代川を遡上する津波（その1）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.2
米代川を遡上する津波（その2）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.3
米代川を遡上する津波（その3）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.4
米代川を遡上する津波（その4）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」

さらに、1983年の日本海中部地震において特筆すべきは、津波先端部が複数の短周期波に分裂するソリトン分裂によって津波高の増幅が確認され、その現象が写真・ビデオ等に記録されたことである。

ソリトン分裂は、河床勾配の緩やかな河川に津波が伝播すると河床の摩擦によって波の先端部が次第にとがってくる非線形効果と、非線形効果によって新たに生成される短周期波成分の遅れが相互干渉することにより、一つの波峰が多数の短い周期の波に分裂・増高する現象である。

特に、秋田県北部の沿岸の浅海域で発生したソリトン分裂波は重さ4トンの波消ブロックを散乱させる程の流体力が確認された。



写真 3.5

能代港奥の水路に侵入する津波（その1）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.6

能代港奥の水路に侵入する津波
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.7

輪島川を遡上する津波（その1）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」



写真 3.8

輪島川を遡上する津波（その2）
出典「昭和58年日本海中部地震写真報告集
昭和59年3月」

（2）流域（背後地）への浸水状況

日本海中部地震では、能代市において、津波が能代港内を奥部に向かって進入し、港の最奥部から陸上に氾濫して工場・宅地等が浸水した。



写真 3.9

能代工事事務所構内に津波襲来
(水深約 1m)

出典「昭和 58 年 5 月 26 日日本海中部
地震災害記録」



写真 3.10

能代港奥部における浸水域
(日本海中部地震)

出典「港湾と背後地域における間接被害を
含めた津波被害波及過程及びその評価
方法；2006 年 6 月 国土技術政策総合
研究所資料 No. 306」

(3) 人的被害

日本海中部地震による地震と津波による災害は、1道12県に及んだが、とりわけ秋田県北西部と青森県西部の市町村で大きかった。また、津波による被害は大きく、なかでも死者104人のうち、100人は津波によるものである。このうち、港湾護岸工事中が41人、魚釣り中が18人、遠足中の児童が13人の合計71人にのぼった。なお、能代市では15人の死者が確認されたが、このうち14人が米代川に隣接した能代港の工事関係者であった。



写真 3.11

水位が上昇し、冠水した通路、通路にとり残された人

出典「昭和58年5月26日日本海中部地震災害記録」



写真 3.12

津波襲来で腰まで水に浸かり避難する人（旧建設省能代工事事務所正門）

出典「昭和58年5月26日日本海中部地震災害記録」



写真 3.13

青森県十三湖口

岩木川河口から進入した速い津波が遡上してきている（連続写真-1）

出典「日本海中部地震（津波）調査報告書 昭和59年度」



写真 3.14

青森県十三湖口

凄まじい激流となって遡上する津波に逃げ遅れる人がいた。

（連続写真-2）

出典「日本海中部地震（津波）調査報告書 昭和59年度」

(4) 河川構造物への直接的な被害

通常の河川構造物は、一般的に洪水などの流水が上流から下流方向に作用する場合を考慮し、設計されている。こうした構造物が津波にさらされると、設計時には考慮されていない急激に襲いかかる水理力、上向きの水理力、通常と逆方向である津波遡上時の流速や流向、衝突力を受けることとなる。このため日本海中部地震津波の来襲時には、米代川において護岸の破損等の被害が発生した。



写真 3.15
中島堤防被災状況
出典「昭和 58 年 5 月 26 日日本海中部地震
災害記録」



写真 3.16
落合護岸被災状況
出典「昭和 58 年 5 月 26 日日本海中部地震
災害記録」



写真 3.17(a)
米代川
出典「不明」



写真 3.17(b)
米代川落合護岸被災状況
出典「不明」



写真 3.18
米代川右岸約 1.5km 地点での低水護岸の被災



写真 3.19
埧川
(河口付近の浸食された地形)

出典「不明」



写真 3.20
埧川
(河口より遡上した津波による浸食)

出典「不明」

(5) 漂流物による間接的な被害

津波が沿岸域に來襲した場合、地域によっては津波が船舶、木材等の多くの漂流物を巻き込むことが知られている。したがって、津波による被害は、津波自体以外にも、津波が巻き込んだ漂流物の衝突により水際構造物・河川構造物、建物等が破壊される被害が想定される。これらの被害は、日本海中部地震津波時にも次の写真のような事例が確認されている。



写真 3.21

米代川内川に流れ込んだ津波で、船、丸太が流されて中島方向へ押しやられた。護岸まで水位が上がり、濁流が付近の住家や工場へ流れ込んだ。(川反町で)

出典「M7.7 真昼の恐怖 昭和 58 年 7 月」



写真 3.22

二波、三波と繰り返す津波に漂流する漁船。周りには破壊され沈没寸前の漁船、廃材が漂っている。(中島橋付近で)

出典「M7.7 真昼の恐怖 昭和 58 年 7 月」



写真 3.23

米代川

出典「不明」



写真 3.24

米代川に漂流する自動車

出典「不明」



写真 3. 25

出典「不明」



写真 3. 26

打ち寄せる流木（泊川河口 数波目）
出典「秋田県沿岸津波実態調査報告書
昭和 59 年 6 月」



写真 3. 27

津波により転覆した小船（新潟県新潟市信濃
川八千代橋上流・新潟日報社提供）
出典「昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震
調査報告書 昭和 59 年 3 月」



写真 3. 28

川岸の漁船の処理作業
（島根県西郷町中村川・朝日新聞社提供）
出典「昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震
調査報告書 昭和 59 年 3 月」

3-3 その他の地震における津波被害

【解説】

以下に、その他の地震における津波被害の写真を列挙する。

(1) 津波の河川遡上

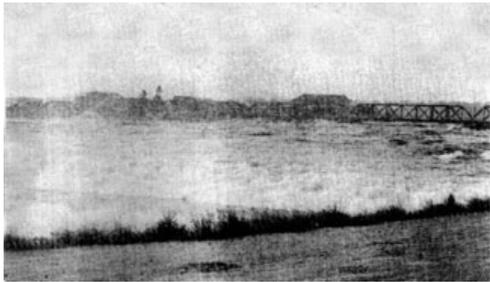


写真 3.29

気仙川姉齒橋上流（右上が姉齒橋）
予期しない距離まで遡上する津波

（1960年チリ地震津波）

出典「沈黙の海～東海新報報道記事～
H12.6.10～7.4」



写真 3.30

気仙川を遡上する津波の先端（気仙川姉齒橋
上流）

（1960年チリ地震津波）

出典「三陸津波誌」



写真 3.31

地震が発生してから14時35分頃に津波警報
が発令され、信濃川に津波が押し寄せてきた
状景。（新潟気象台提供）

（1964年新潟地震）

出典「新潟地震災害資料」



写真 3.32

むつ市早掛沼市民公園で堤防兼市道が長さ約
150mに渡り決壊し、一人が行方不明となる。
国鉄大畑線もご覧の通り（海上自衛隊大湊航
空隊提供）

（1968年十勝沖地震）

出典「青森県大地震 昭和44年3月」

(2) 引き波



写真 3. 33
引き波により新井田川川底が露呈した
(1960年チリ地震津波)
出典「八戸港を中心としたチリ地震津波
資料集覧 昭和36年3月」



写真 3. 34
川の水が引き川底みえた北上川
(1960年チリ地震津波)
出典「チリ地震津波写真展
昭和55年5月24日～30日」

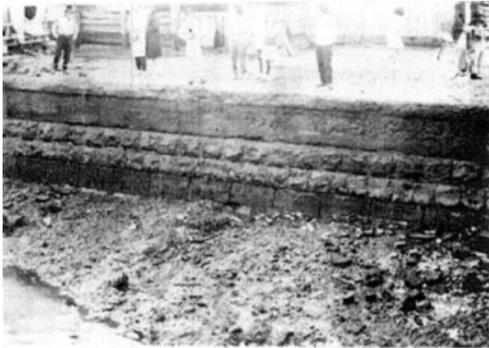


写真 3. 35
秋田県船川港運河橋付近
第一波の最低水位。運河は長靴で渡れる。
(1964年新潟地震)
出典「昭和39年6月16日新潟地震
中長報告書 昭和40年5月」

(3) 流域（背後地）への浸水状況



写真 3.36

濁流に呑み込まれた市街地

どこまでが海でどこまでが川か分からない。本浜橋は決壊、新井田川沿の集落は全滅した。大森地区には2軒の製材所があり、流れ出した木材が被害を一層大きくした。(午前8時15分)

(1960年チリ地震津波)

出典「志津川町チリ地震津波災害30周年記念誌 1990年5月24日」



写真 3.37

午前8時15分 死者41人、負傷者500人、家屋の流出・倒壊965戸、半壊・床上浸水822戸、まさに死の町と化した志津川。大森、本浜、汐見地区では家々が消えた。

(1960年チリ地震津波)

出典「志津川町チリ地震津波災害30周年記念誌 1990年5月24日」



写真 3.38

惨たんたる光景の市街地

右手には志津川組合病院、左手に役場庁舎が見える。病院裏には、おびただしい量の木材や家屋の破片が散乱している。

(1960年チリ地震津波)

出典「志津川町チリ地震津波災害30周年記念誌 1990年5月24日」

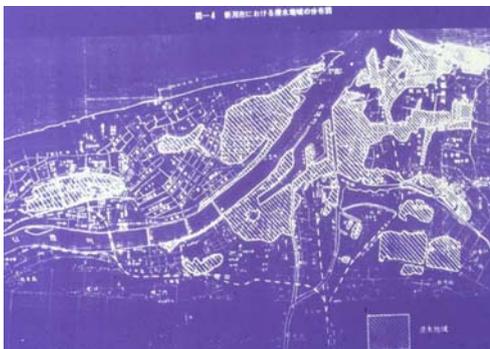


写真 3.39

新潟市内における浸水地域の分布図

(1964年新潟地震)

出典「不明」



写真 3.40

黒煙と炎を吹き上げ、2週間も燃え続けた昭和石油。

(1964年新潟地震) 出典「不明」

(4) 河川構造物への直接的な被害



写真 3. 41
日曹前護岸

(1960年チリ地震津波)
出典「八戸港を中心としたチリ地震津波
資料集覧 昭和36年3月」

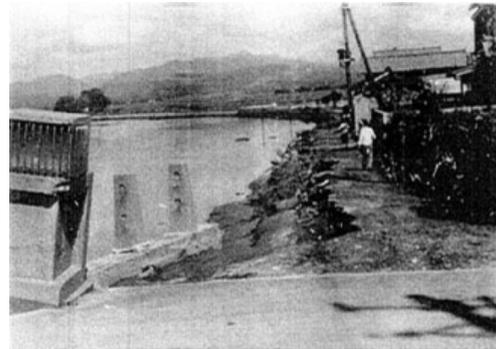


写真 3. 42

新潟県村上市岩船町四日市
明神橋付近の堤防決壊
(1964年新潟地震)
出典「昭和39年6月16日新潟地震
中長報告書 昭和40年5月」



写真 3. 43

平張ブロック張工は原形を留めず、連結ブ
ロック張工も弱い。堤体が滑り出せば抵抗力は
少ない。(天間林村天間館)
(1968年十勝沖地震)
出典「十勝沖地震記録 昭和44年2月」



写真 3. 44

法枠工は途中でポッキリ折れている。これこ
そ地震の振動そのものによる被災である。(下
田村境田)
(1968年十勝沖地震)
出典「十勝沖地震記録 昭和44年2月」



写真 3. 45

床止工である。護床工もろとも沈下した。床止工の陥没により上流河床が低下し、写真右側(左
岸)の護岸の足は破壊した

(1968年十勝沖地震)
出典「十勝沖地震記録 昭和44年2月」

(5) 河川付近の構造物への被害



写真 3.46

石巻市内海橋

北上川右岸近くの船舶で破壊された内海橋(5月24日7時30分)

(1960年チリ地震津波)

出典「チリ地震津波調査報告写真集
昭和36年1月」



写真 3.47

田辺市会津川 (1946年南海地震津波)

出典「不明」



写真 3.48

破損した内海橋

(1960年チリ地震津波)

出典「チリ地震津波写真展
昭和55年5月24日~30日」



写真 3.49

万石橋と漁船の被害状況

(1960年チリ地震津波)

出典「チリ地震津波写真展
昭和55年5月24日~30日」

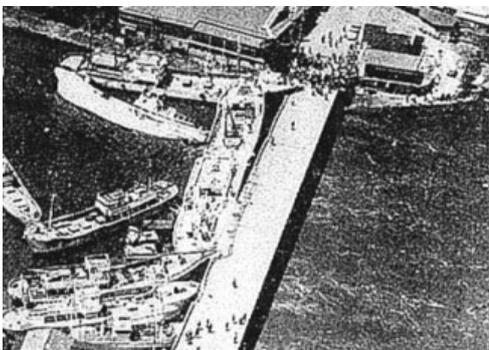


写真 3.50

石巻市内海橋

北上川下流から寄せ上げられた船舶が橋に激突

(1960年チリ地震津波)

出典「チリ地震津波調査報告写真集
昭和36年1月」

(6) 漂流物による間接的な被害（堆積物）



写真 3.51
被害の状況
(1960年チリ地震津波)
出典「チリ地震津波写真展
昭和55年5月24日～30日」



写真 3.52

広村 江上川 (1946年南海地震津波)

出典「不明」



写真 3.53
大船渡災害誌 04
(1960年チリ地震津波)
出典「大船渡災害誌」



写真 3.54

米崎より三日市浦を望む。海面に浮かぶ漂流物。黒い海の恐怖まざまざ。

(1960年チリ地震津波)

出典「沈黙の海～東海新報報道記事～
H12.6.10～7.4」



写真 3.55
万代橋上より下大川前、川端町を望む
(損保算定会提供)
(1964年新潟地震)
出典「新潟地震災害資料」



写真 3.56

早掛沼のアースダム決壊による下流田名部川の氾濫である。一般地方道、尻屋・むつ線・赤坂橋より写す。(むつ市田名部)

(1968年十勝沖地震)

出典「十勝沖地震記録 昭和44年2月」

(7) 復旧・復興



写真 3.57

八幡橋から八幡川上流をのぞむ
(1960年チリ地震津波)
出典「志津川町チリ地震津波災害30周年
記念誌 1990年5月24日」



写真 3.58

八幡川で家財道具を洗う人々。(八幡橋付近)
多くの犠牲者を出し、家を失い、どん底の悲
しみの中から人々は立ち上がり復旧へ歩み始
めた。

(1960年チリ地震津波)
出典「志津川町チリ地震津波災害30周年
記念誌 1990年5月24日」

第4章 既往の津波防災への取組み事例

4-1 津波警報・注意報の種類

津波による災害が予想される場合に、地震が発生してから約3分（一部の地震※については、最速2分以内）を目標に津波警報（大津波、津波）または津波注意報が気象庁より発表される。

【解説】

表 4.1 津波警報・注意報の種類

種類		解説	発表される津波の高さ
津波警報	大津波	高いところで3 m程度以上の津波が予想されますので、厳重に警戒してください。	3 m、4 m、6 m、8 m、10m以上
	津波	高いところで2 m程度の津波が予想されますので、警戒してください。	1 m、2 m
津波注意報		高いところで0.5m程度の津波が予想されますので、注意してください。	0.5m

※：日本近海で発生し、緊急地震速報の技術によって精度の良い震源位置はマグニチュードが迅速に求められる地震。

表 4.2 津波情報の種類

種類	内容
津波到達予想時間・予想される津波の高さに関する情報	各津波予報区の津波の到達予想時刻や予想される津波の高さが発表される。
各地の満潮時刻・津波の到達予想時刻に関する情報	主な地点の満潮時刻・津波の到達予想時刻が発表される。
津波観測に関する情報	実際に津波を観測した場合に、その時刻や高さが発表される。

表 4.3 津波予報

発表される場合	内容
津波が予想されない時	津波の心配なしの旨を地震情報に含めて発表される。
0.2m未満の海面変動が予想された時	高いところでも0.2m未満の海面変動のため被害の心配はなく、特段の防災対応の必要がない旨が発表される。
津波注意報解除後も海面変動が継続する時	津波に伴う海面変動が観測されており、今後も継続する可能性が高いため、海に入っの作業や釣り、海水浴などに際しては十分な留意が必要である旨が発表される。

4-2 津波警報・注意報の発表

日本近海で発生する地震に対して、気象庁は地震計による観測により震源や規模等を推定し、津波の有無を判定して、津波の発生が予想される場合には津波警報等を地震発生後3分程度で発表することとされている。

【解説】

平成18年10月から、緊急地震速報の技術を活用することにより、一部の地震では最速2分以内で津波警報等を発表することが可能となった。

津波警報等は津波の数値シミュレーション技術を利用した予測に基づき、府県単位程度の66の予報区(図4.1)に対して、津波の高さ・到達予想時刻が具体的な数値で発表される。

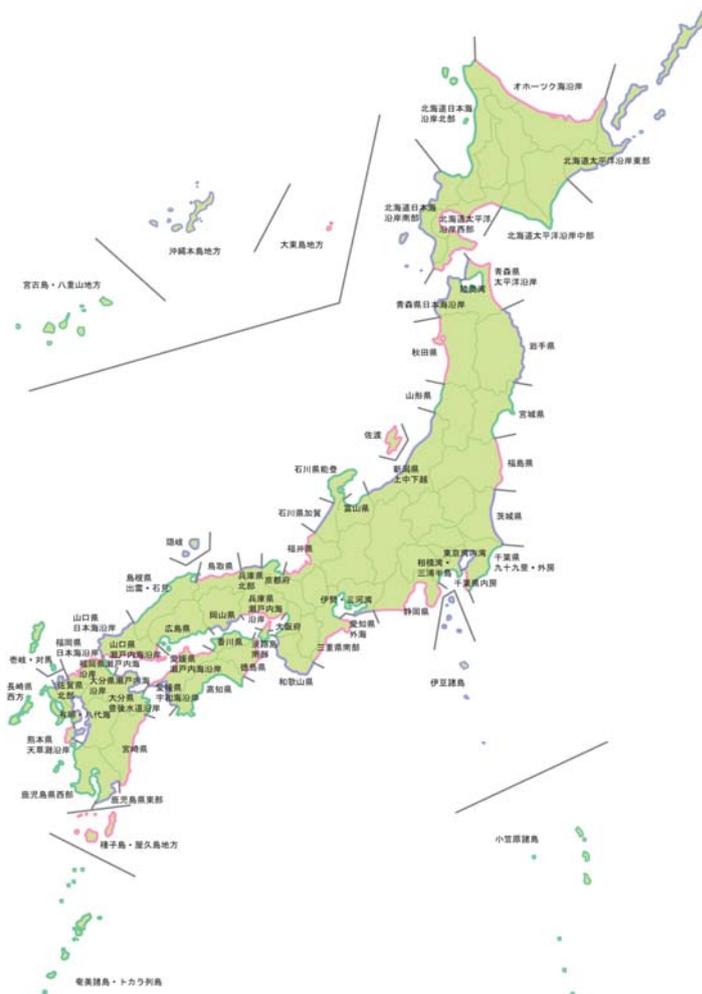
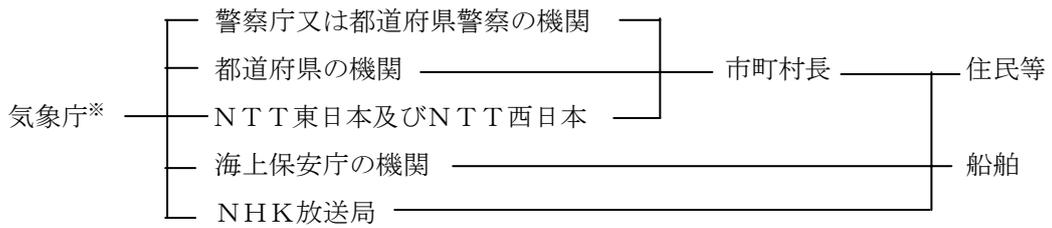


図 4.1 津波予報区

発表された津波警報等は、地上回線や衛星回線を通じてただちに地方气象台、測候所等へ伝えられるとともに、気象情報伝送処理システムや防災情報提供システム、衛星回線などを活用して、ただちに受信端末を設置している防災関係機関や報道機関に提供される。

また、それぞれの機関から住民、船舶などに伝達される。



※：気象庁本庁、札幌、仙台、大阪、福岡の各管区气象台及び沖縄气象台

また、海外で発生した地震により発生した大きな津波が日本沿岸まで伝播し、大きな被害を及ぼすことがあるが、日本から遠く離れた太平洋沿岸で発生した大地震に伴う津波に対しては、気象庁は米国海洋大気庁の太平洋津波警報センターと密接な連携を取りながら、我が国沿岸に対する津波の影響を予測し、津波警報等を発表している。

4-3 津波防災のハード対策

避難通路・避難場所の確保や避難に必要な緊急時の情報伝達設備等の整備が必要である。

【解説】

津波防災における安全確保にはハード対策が不可欠であり、所要の施設整備を継続して行う必要がある。

特に、避難通路・避難場所の確保や避難に必要な緊急時の情報伝達設備等のハード整備は、ソフト対策と併せ、津波防災に大いに寄与するものである。

取り得る個々の対策は相互に関連するため、地域の実状を踏まえ、減災効果の早期発現を目指して関係者間で密接に連携を図り取り組まなければならない。併せて、画一的な現在のハード整備については、地域に合った多様な手法で実施できるようにすべきである。

(1) 避難階段



写真 4.2 特殊堤に避難階段を施工した事例
(宮城県亘理町阿武隈川)



写真 4.3 防波堤に設置されている避難階段
(秋田県能代市)

(2) 陸閘の動力化



写真 4.4 陸閘の動力化



写真 4.5 陸閘の常時閉扉化

(3) 避難表示板



写真 4.6 須崎湾防災情報表示板
(高知県)

(4) 津波避難場所 (津波避難ビル)



写真 4.7 海部町山下地区津波避難場所
(徳島県海部町)



写真 4.8 錦タワー
(三重県紀勢町)

4-4 津波防災のソフト対策

沿川住民等の津波災害に関する知識の普及・啓発を促進するため、津波浸水想定図・津波防災マップ等の整備が必要である。

【解説】

ソフト面の防災対策は、ハード面の防災対策では防ぎきれない津波災害に対する施策である。津波は発生間隔が長いという特性から、住民の津波防災意識が風化しやすいこともあるため、津波災害に関する知識の普及・啓発を促進し、津波災害に対する認識を深めることも必要である。

特に、津波浸水想定図、津波防災マップ、想定津波高の表示等の住民への情報提供は、津波防災に対する知識の普及・啓発に大いに寄与するとともに、自助の防災対策にも役立つ。

(1) 津波浸水想定図



図 4.2 津波浸水想定図 (静岡県沼津市)

(2) 津波防災マップ



写真 4.9 静浦地区防災マップ (静岡県沼津市)



写真 4.10 津波防災マップ (宮城県気仙沼市)

(3) 防災行政無線



写真 4.11 防災行政無線
(岩手県釜石市)



写真 4.12 防災行政無線
(沖縄県うるま市)

(4) 津波避難ビルの指定



写真 4.13 気仙沼合同庁舎を避難ビルに指定した事例
(宮城県気仙沼市)



写真 4.14 気仙沼合同庁舎内の様子
(宮城県気仙沼市)

(5) 普及啓発看板



写真 4.15 (宮城県気仙沼市)



写真 4.16 陸こう常時閉扉の普及・啓発看板
(宮城県気仙沼市)



写真 4.17 明治三陸津波の水位を表示
(岩手県三陸町)



写真 4.18 子リ地震津波時の水位を表示
(岩手県大船渡市)

(6) 避難地図



写真 4.19 避難場所地図
(岩手県宮古市)



写真 4.20 避難場所誘導標識
(宮城県気仙沼市)

4-5 誘導標識・看板等の設置

観光客や釣り人等の土地勘のない津波の認識が低い外来者に対しては、海拔・津波浸水予想地域・具体的な津波来襲時間や高さの表示、避難方向（誘導）や避難場所等を示した案内看板等の設置が有効である。

【解説】

津波による被害を軽減するためには、避難場所へ迅速・的確な誘導を行うことが非常に重要である。

しかし、仕事や観光で行く先々の土地が、津波の危険があるかどうかを察知することは難しい。したがって、津波の危険を伝える標識、いざというときの避難場所の標識等を設置することは、津波防災対策として極めて有効な方法である。

なお、津波の危険地帯や避難場所を示すために総務省消防庁が作成した統一標識（図4.3～4.5）が、国際標準化機構（ISO、本部ジュネーブ）の国際規格として承認されている。



図 4.3 津波注意



図 4.4 津波避難場所



図 4.5 津波避難ビル



図 4.6 標識の設置場所



写真 4.21 避難誘導標識
(ソーラー式)



写真 4.22 避難誘導標識



写真 4.23 ソーラー式



写真 4.24 避難誘導路



写真 4.25 避難誘導路

4-6 防災訓練の実施

地域の実情に応じて訓練内容や体制を検討した上、沿川自治体、関係機関と協働して、定期的に津波防災訓練を実施するとともに、訓練結果を検証し、課題の抽出・解決を図り、次の訓練につなげることが大切である。

【解説】

(参加者)

沿川住民はもとより、観光客、釣客、河川利用者等の外来者、許可工作物占用者、工事関係者等の幅広い参加を促すとともに、災害時要援護者（災害弱者）や観光客等の避難誘導等の実践的な訓練が可能となるように参加者を検討する。

(訓練の内容)

津波被害が発生する地震を想定し、震源、津波の高さ、津波到達予想時間、津波の継続時間等を設定し、想定津波の発生から終息までの時間経過に沿った訓練内容を設定する。

また、実施時期についても、平日・休日別、時間帯別、天候別等、より厳しい状況を想定し、各々の状況に応じて円滑な避難が可能となるように避難体制等を確立する必要がある。

訓練の第一の目標は実際に避難を行い、避難ルートを確認し、情報機器類や津波防災（河川管理）施設の操作方法を習熟すること等があるが、想定されたとおりの避難対策が実施可能か否かを検証することも必要である。

訓練結果を検証し、課題の抽出、整理、解決を図り、次の訓練につなげることが大切である。



写真 4.26 宮城県南三陸町



写真 4.27 三重県旧紀勢町

4-7 日常的な防災教育の実施

沿川住民等の津波防災意識の普及・啓発を促進するために、日常的な防災教育を実施する。

【解 説】

災害から身を守るためには、災害の教訓に学び、各種災害の性格とその危険性を知り、災害時にとるべき行動を知識として身につけ、平時における備えを万全とするよう防災に関する教育・啓発活動が重要である。

例えば、沿川住民、学校、要援護者関連施設（老人ホーム、保育所等）及び事業所を対象とした津波災害に関する出前講座（地元説明会）や、小・中学校を対象とした地震・津波のメカニズムや過去の津波体験等の防災に関する教育などを実施し、日常的な防災教育として津波防災意識の普及・啓発を図ることも効果的である。



写真 4.28 徳島県由岐町



写真 4.29 宮城県南三陸町

第5章 津波の河川遡上解析手法

5-1 適用範囲

津波の河川遡上解析手法は、河川構造物の耐震性能の照査において考慮する外水位としての津波の挙動を解析する場合に適用する。

本技術資料においては、この解析手法を活用し、津波の河川遡上を考慮した防災対策の検討を行う。

【解説】

河川構造物の耐震性能の照査に当たっては、「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」（平成19年3月）（以下「耐震性能照査指針（案）」という。）において、「河口部付近では、平常時の最高水位として朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮するものとし、また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には津波高についても考慮するものとする。」と規定されており、一般に波浪の影響より津波高が高い場合に津波高を考慮する必要がある。

なお、本解析手法の検討にあたっては、可能な限り最新の知見を取り入れているが、現時点では津波の挙動に関し十分に解明されていない事項があることも事実である。このため、得られた予測計算の結果よりも大きな津波が発生する可能性があることに留意しなければならない。

なお、本技術資料では、津波の河川遡上解析手法から得られる「津波高」、「最大流速」、「河川遡上距離」、「到達時間」等の諸元を活用し、「第6章 津波の河川遡上を考慮した防災対策の策定」において、河川を遡上する津波による河川管理施設等への影響や被害予測、防災対策等の検討を行う。

5-2 対象津波

本解析は、日本近海の大規模な地震によって発生する津波を対象として行うものとする。

【解 説】

津波は、日本近海で発生した地震により日本沿岸に津波が来襲する近地津波と、昭和35年チリ地震津波のように遠地で発生した地震により日本沿岸に津波が来襲する遠地津波に大別されるが、「耐震性能照査指針（案）」においては、地震動によって河川構造物が被災した後に河川に津波が来襲することを想定していることから、図5-1に示すようなプレート境界付近、日本海東縁部及び海域活断層等の大規模な地震に伴って発生する近地津波を対象として解析を行うこととした。

なお、津波諸元は、中央防災会議、地方自治体等において、大規模な近地津波に関する研究等が進められているところであり、これらの研究等の結果を用いるとよい。

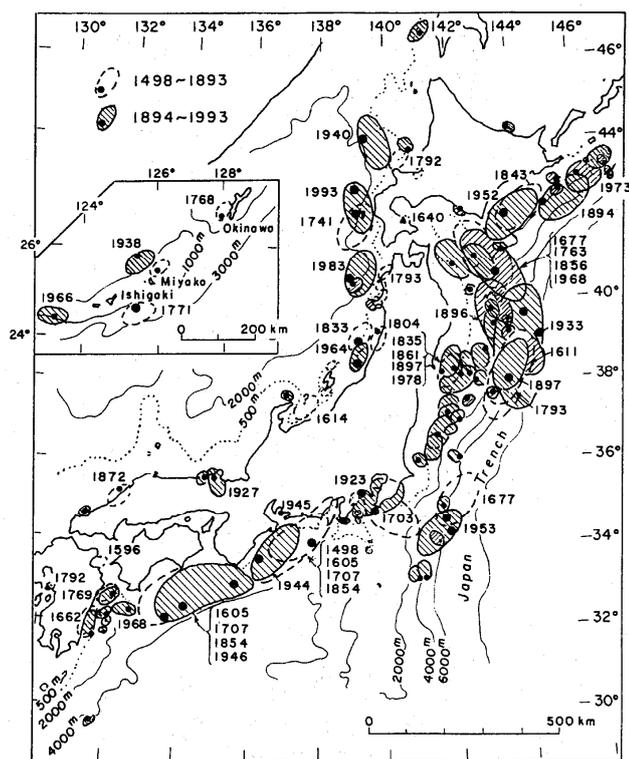


図5-1 1498年～1993年に日本近海で発生した津波の波源域分布（羽鳥（1994））

5-3 平面2次元解析手法

解析に当たっては、原則として平面2次元解析を用いるものとする。

【解説】

解析に当たっては、原則として平面2次元解析を用いるものとする。

一部の自治体においては、津波防災計画の検討に当たって、(3)示す手法に準ずるような平面2次元解析によって津波の挙動を解析している事例があり、こうしたものについては、それらの結果を用いてもよい。

ただし、津波高、遡上距離の概略を推定する場合には、河口周辺に特異な地形がないことや河川形状が複雑でないこと等の適用条件を考慮の上、簡易推定手法によることができる。

なお、簡易推定手法における詳細については、「5-9簡易推定手法」を参照のこと。

5-4 基本方程式

解析に当たっては、原則として非線形長波理論に基づく方程式を用いるものとする。
 ただし、ソリトン分裂の影響を考慮する場合は、非線形分散長波理論に基づく方程式を用いてもよい。

【解 説】

本技術資料においては、原則として、津波の非線形性を考慮した非線形長波理論に基づく方程式を基本方程式として用いることとした。

また、河口において概ね以下の2つの条件を満たす場合には、ソリトン分裂の影響を考慮し、非線形分散長波理論に基づく方程式を基本方程式として用いてもよい。

- ①遠浅の場所が続く区間を津波が河川遡上する場合
- ②津波高と水深の比が0.83程度よりも小さい場所

<非線形長波理論式>

本技術資料において基本方程式として用いる非線形長波理論式を式(5.1)～(5.3)に示す。

・連続の式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

・運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに、

- η : 水位(m)
- M, N : x 及び y 方向の流量フラックス (又は線流量、 $m^3/s/m$)
- h : 初期状態の水深(m)
- D : 全水深(m)
- G : 重力加速度(=9.8 m/s^2)
- n : マニングの粗度係数($m^{-1/3}s$)

<非線形分散長波理論式>

ソリトン分裂の影響を考慮した非線形分散長波理論式を式 (5.4) ~ (5.6) に示す。

・連続の式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

・運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \\ = \frac{D^2}{3} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial x \partial y} \right) + \nu \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad \text{----- (5.5)}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \\ = \frac{D^2}{3} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \nu \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad \text{----- (5.6)}$$

ここに、

- η : 水位 (m)
- M, N : x 及び y 方向の流量フラックス (又は線流量、 $m^3/s/m$)
- h : 初期状態の水深 (m)
- D : 全水深 (m)
- g : 重力加速度 ($=9.8m/s^2$)
- n : マニングの粗度係数 ($m^{-1/3}s$)
- ν : 渦動粘性係数 (m^2/s)

5-5 解析事項

- 解析に当たっては、次の事項を適切に実施するものとする。
- (1) 解析対象範囲の設定
 - (2) 資料の収集・整理
 - (3) 格子間隔の設定
 - (4) 地形データの作成
 - (5) 構造物データの作成
 - (6) 境界条件の設定
 - (7) 津波諸元の設定
 - (8) 諸条件の設定
 - (9) 再現計算
 - (10) 予測計算

【解説】

解析は、図 5.2 により行うものとする。

再現計算は、一般に図 5.3 に示す手順で実施するものとする。

予測計算は、一般に図 5.4 に示す手順で実施するものとする。

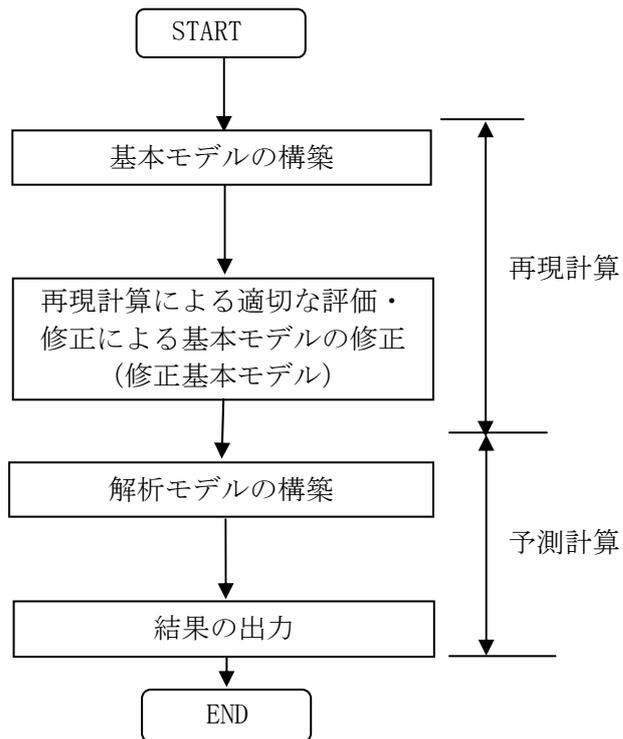


図 5.2 河川における津波の解析手順

なお、各項目における解析事項については、「津波の河川遡上解析の手引き（案）」（平成 19 年 5 月：（財）国土技術研究センター）を参照のこと。

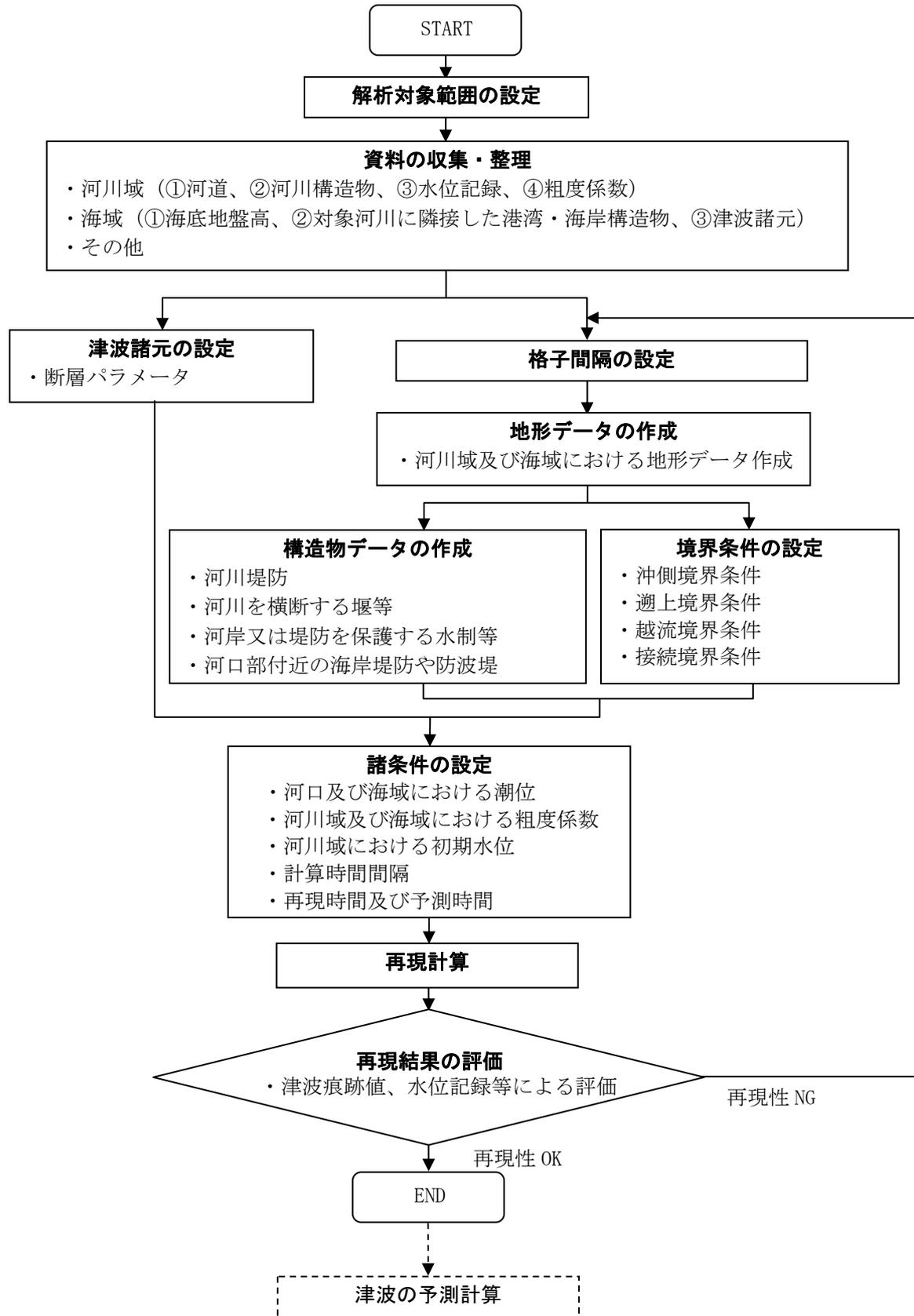


図 5.3 再現計算の手順

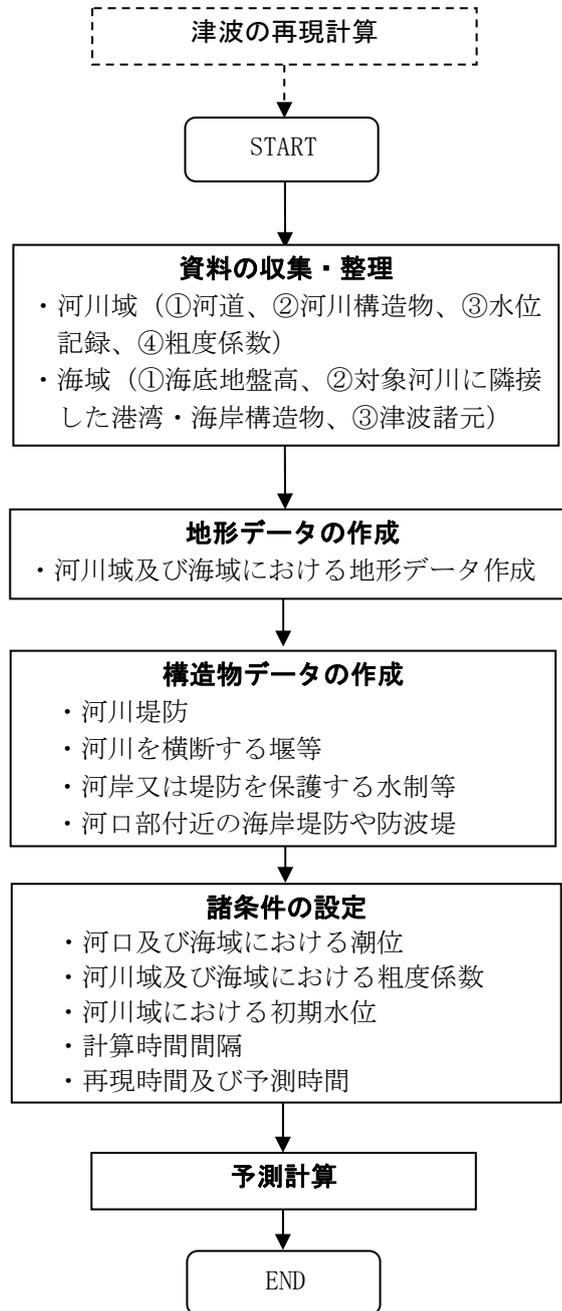


図 5.4 予測計算の手順

5-6 諸条件の設定

解析に当たっては、次の諸条件を適切に設定するものとする。

- (1) 河口及び海域における潮位
- (2) 河川域及び海域における粗度係数
- (3) 河川域における初期水位
- (4) 計算時間間隔
- (5) 再現時間及び予測時間

【解 説】

(1) 河口及び海域における潮位

解析に用いる河口及び海域における潮位は、次のとおりとする。

- ①再現計算 : 津波来襲時の潮位
- ②予測計算 : 朔望平均満潮位

再現計算に用いる河口及び海域における潮位は、津波来襲時の潮位とする。

予測計算に用いる河口及び海域における潮位は、①「耐震性能照査指針(案)」において、平常時の最高水位として、河口付近では、朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮するものとしていること、②中央防災会議等で沿岸の津波高を算出する際に設定されている潮位が朔望平均満潮位であること等を考慮して朔望平均満潮位とする。

(2) 河川域及び海域における粗度係数

河川域の粗度係数は、原則として、以下に示すように、再現計算及び予測計算において適切な粗度係数を用いることとする。また、海域の粗度係数は $n=0.025$ としてもよい。

- ①再現計算 : 再現時点の粗度係数を設定するものとする。
- ②予測計算 : 予測しようとする条件を反映した粗度係数を設定するものとする。

(3) 河川域における初期水位

河川域における初期水位は、河口における潮位を出発水位として、不等流計算によって得られた水位を設定するものとする。

- ①再現計算 : 津波が来襲した時点の河川流量により算出した河川水位とする。
- ②予測計算 : 平水流量 (185 日/365 日) により算出した河川水位とする。

不等流計算に用いる流量

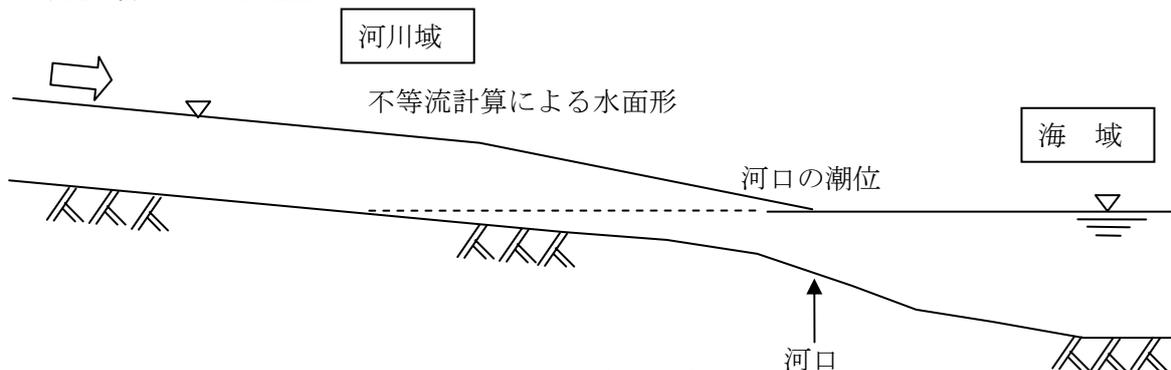


図 5.5 河川域及び河口の初期水位

(4) 計算時間間隔

解析における計算1ステップあたりの計算時間間隔 (Δt) は、格子間隔に対して、計算が安定となる条件 (Courant-Friedrichs-Lewy condition、いわゆる C.F.L. 条件) を満たすように適切に設定するものとする。解析は、異なる格子間隔の領域を接続して、全領域で同一の計算時間間隔で計算を行うため、各領域で C.F.L. 条件を満足する計算時間間隔を求め、最小の時間間隔を全領域における計算1ステップあたりの時間間隔とする。

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} > \sqrt{2gh_{\max}} \quad , \quad \Delta t < \frac{\Delta s}{\sqrt{2gh_{\max}}}$$

ここに、 Δs は各計算領域の格子間隔 (m)、 h_{\max} は各計算領域における最大水深 (m)
 例えば、10m 格子間隔で最大水深が 200m の場合、0.1 秒 ($\cong 10/\sqrt{2 \times 9.8 \times 200}$) よりも短い時間間隔で計算する必要がある。

(5) 再現時間及び予測時間

解析の再現時間及び予測時間は、津波の特性、地形条件等を考慮して適切に設定するものとする。津波は第一波で最大津波高が発生するとは限らず、初期水位分布や対象地点及び周辺の地形等によって、最大津波高が発生する時刻は変わる場合がある。

例えば、湾内の固有振動が励起される場合や、対岸からの第一波の反射波と後続の津波が重なり合うような場合には、数波目以降に最大津波高を生じることもあり、これらを捉えることのできる十分な再現時間及び予測時間を設定するものとする。

5-7 再現計算

再現計算は、津波が来襲した時点の計算条件をもとに構築した基本モデルを用いて適切に実施するものとする。

また、再現計算の結果と津波痕跡値及び水位記録とを比較すること等により基本モデルの検証及び評価を行い、必要に応じて基本モデルを修正して修正基本モデルを作成するものとする。

【解説】

再現計算は、対象とする過去の実績津波が来襲した時点における地形条件や初期条件等を適切に設定した基本モデルを用いて行うものとする。また、再現計算においては、河川域及び海域における潮位、水位記録、津波痕跡値等をもとに基本モデルの検証と評価を行い、必要に応じて基本モデルの修正を行うものとする。

再現した津波は、相田（1978）によって提案された津波痕跡高と計算値の対数幾何平均K値（式(3.7)）及び対数幾何標準偏差κ値（式(5.8)）の算出により定量的に評価を行うものとする。これは、対象河川における基本モデルが過去の実績津波の挙動を適切に再現できることを確認することで基本モデルの妥当性を評価するものである。

再現計算において計算値と痕跡値に差異がある場合は、地形データや初期条件等を確認し、必要に応じて修正を行うものとする。地形データや初期条件等の修正によっても計算値と痕跡値に差異がある場合は、波源における初期水位分布に補正係数（増幅係数）を乗じることによって修正を行うものとする。

$$\log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \left(\frac{R_i}{\eta_i} \right) \quad \text{----- (5.7)}$$

$$\log \kappa = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ \log \left(\frac{R_i}{\eta_i} \right)^2 - \{\log K\}^2 \right\} \right]^{1/2} \quad \text{----- (5.8)}$$

ここで、 R_i は痕跡高、 η_i は計算水位、 N は比較地点数を意味する。

式(5.8)において、 K 値の値が1に近いほど痕跡値と計算値が一致することを意味する。すなわち、 K 値が1より大きい場合は、「痕跡値>計算値」であり、 K 値が1よりも小さい場合は「痕跡値<計算値」であることを意味する。また、 κ 値は、痕跡値と計算値のバラツキ具合を示す指標値である。既往文献によれば、 K 値が0.8から1.2程度、 κ 値が1.6以下となる場合が適当とされている。

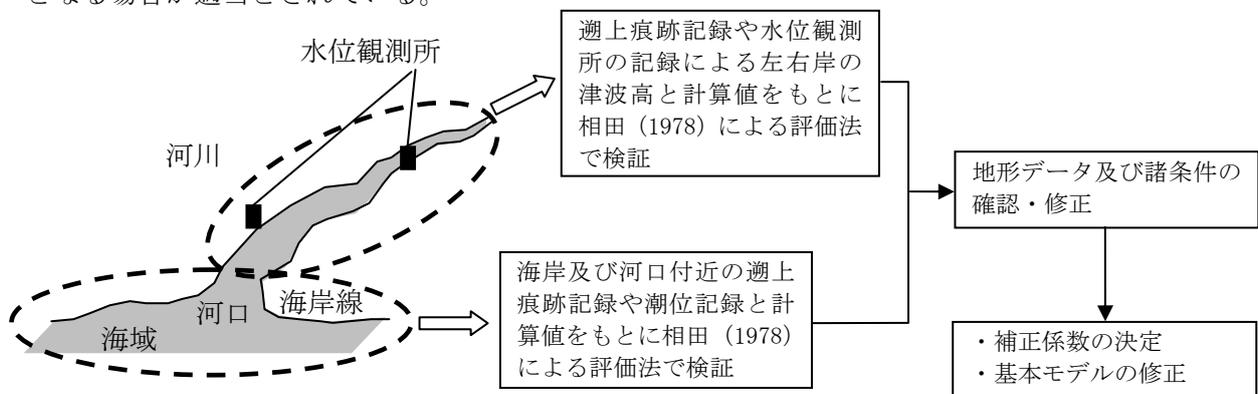


図 3.6 基本モデルの評価・修正の概要

5-8 予測計算

予測計算は、基本モデル又は修正基本モデルに予測しようとする条件を反映した解析モデルを用いて適切に実施するものとする。

【解説】

津波の予測計算は、再現計算によって妥当性が評価された修正基本モデルに、予測しようとする地形条件、水理条件、初期条件等を適切に設定した解析モデルを用いて行うものとする。

5-9 簡易推定手法

簡易推定手法は、河口水深 (h_0)、河床勾配 (i) 及び河口における津波高 (H_0) を与条件として、河川を遡上する最高津波高、遡上距離の概略値を推定するものである。

【解 説】

国土交通省河川局においては、平成19年3月に「河川構造物の耐震性能照査指針(案)同解説」(以下、「照査指針」という)を定めた。

この照査指針では、「河川構造物の耐震性能の照査において考慮する外水位は、原則として平常時の最高水位とするものとする。」とされている。

ここで、河口部付近にある河川構造物の耐震性能照査には「平常時の最高水位として朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮するものとし、また、地震の発生に伴い津波の遡上が予想される場合には津波高についても考慮するものとする。」とされている。

さらに「津波高の解析に当たっては、原則として非線形長波理論に基づく方程式を用いて平面2次元解析によるものとする。」(以下、「標準的手法」という)とされている。

しかしながら、国内の多くの中小河川においては、詳細な河川地形データ等を整備し、これを用いたモデルを作成し、標準的手法による津波の計算を行うことは困難であり、こうした河川においては、「簡易手法の適用条件を考慮の上、河川内の概略の津波高を算出し、耐震性能照査の資料とすることができる。」とされている。

5-10 簡易推定手法の適用範囲

簡易推定手法は、津波の遡上分が想定される河川の条件によって適用できない場合がある。また、ソリトン分裂の影響の考慮の有無により2つの方法がある。

【解 説】

簡易推定手法は、津波の遡上が想定される範囲の河川条件が、概ね次の場合に適用できる。

- (1) 河口周辺区域に津波の挙動に影響を及ぼす特異な地形や施設がない河川（リアス式海岸や防波堤等がないこと）
- (2) 河道が海岸線に対してほぼ直角となっている河川
- (3) 河道がほぼ直線である河川
- (4) 河道の横断形状が単断面の河川
- (5) 河道幅がほぼ一定の河川
- (6) 河床勾配がほぼ一定の河川
- (7) 河口部が砂州により埋塞していない河川

ソリトン分裂の影響

簡易推定手法は、原則として「ソリトン分裂の影響を考慮しない場合の推定式と推定津波高の求め方」によるものとする。

ただし、河口において概ね以下の2つの条件を満たす場合には、ソリトン分裂の影響を考慮してもよく、この場合には「ソリトン分裂の影響を考慮する場合の推定式と推定津波高の求め方」によってもよい。

- (1) 遠浅の場所が続く区間を津波が河川遡上する場合
- (2) 津波高(H_0)と水深(h_0)の比が0.83程度よりも小さい場所

5-1-1 簡易推定手法により津波高・遡上距離の概略を推定する手順

簡易推定手法により河川を遡上する津波高、遡上距離の概略を推定する手順は、図 5.7 に示すとおりとする。

【解 説】

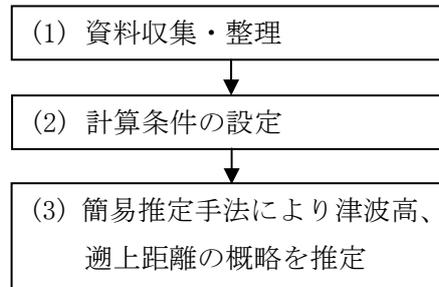


図 5.7 簡易推定手法により津波高・遡上距離の概略を推定する手順

(1) 資料収集・整理

表 5.1 に示す資料を収集・整理する。

表 5.1 収集・整理する資料

領 域	資料の詳細
河川域	河川縦横断図
海 域	河口における予想津波高に関する資料

(2) 計算条件の設定

河口水深 (h_0)、河床勾配 (i) 及び河口における津波高 (H_0) をもとに河川における津波の遡上距離と津波高の概略を推定するため、収集・整理した資料をもとに計算条件を以下のとおり設定するものとする。

①河口水深 (h_0)

河口における朔望平均満潮位から平均河床までの水深

②河床勾配 (i)

河口付近における平均河床勾配

③河口における津波高 (H_0)

中央防災会議や地方自治体の既往研究等から得られる、河口付近における予想津波高ただし、河川の流れは全区間で等流と仮定して、河口での朔望平均満潮位から上流に向けて河床と平行に河川水位を設定するものとする。

5-12 ソリトン分裂の影響を考慮しない場合の推定式と推定津波高の求め方

ソリトン分裂の影響を考慮しない場合の河川内における最高津波高 ($H_{\max-s}$) 及び津波高が河口における最大津波高の2割の高さとなるまで減衰する地点の河口からの距離 (l_s) は、式 (5.9) 及び (5.10) によって推定するものとする。

【解 説】

(1) 河川内における最高津波高 ($H_{\max-s}$) の推定式

$$H_{\max-s} = H_0 \quad \text{-----} \quad (5.9)$$

(2) 津波高が河口における津波高の2割の高さとなるまで減衰した地点の河口からの距離 (l_s) の推定式

$$l_s = 1.2 \times l_0 \times (H_0 / h_0)^{-1/3} \quad \text{-----} \quad (5.10)$$

ここに、

h_0 : 河口水深 (m)

H_0 : 河口における津波高 (m)

$H_{\max-s}$: 河川内における最高津波高 (m)

l_0 : 河口における河床から $h_0 + H_0$ の高さの点 P1 から上流に向け水平な直線を引き、河川水位との交点に至るまでの距離 (m)

l_s : 津波高が河口における津波高の2割の高さとなるまで減衰した地点の河口からの距離 (m)

i : 河床勾配 (例: 1/5、000 など)

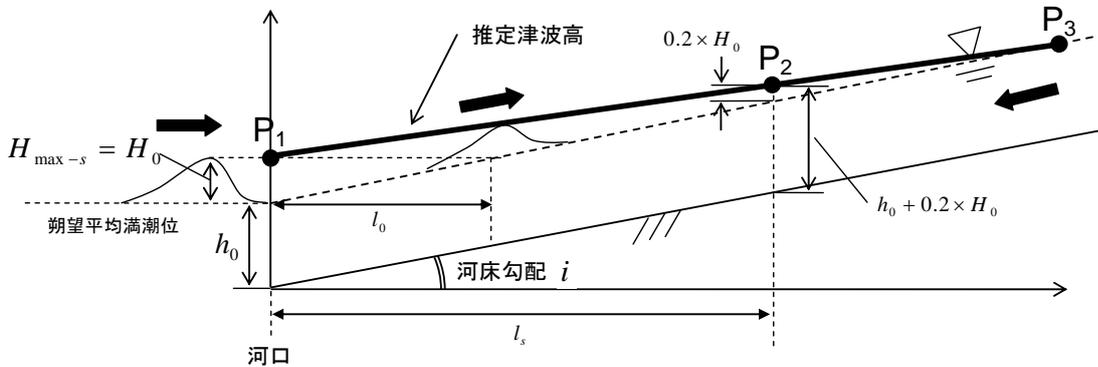


図 3.8 ソリトン分裂の影響を考慮しない場合の推定式より求められる推定津波高の概念図

(3) 推定津波高の求め方

推定津波高は、推定式によって得られた値を用いて、以下の手順で求めるものとする。

- 1) 式 (5.10) により (l_s) を求める。
- 2) l_s 地点における河床から $h_0 + 0.2 \times H_0$ の高さの点を P_2 とする。
- 3) P_1 から P_2 までを直線で結び、その延長線と河川水位が交わる点を P_3 とする。
- 4) $P_1 - P_2 - P_3$ の各点を直線で結んだ線を推定津波高とする。

5-13 ソリトン分裂の影響を考慮する場合の推定式と推定津波高の求め方

ソリトン分裂の影響を考慮する場合の河川内における最高津波高 ($H_{\max-d}$) 及び津波高が河口における最大津波高の2割の高さとなるまで減衰した地点の河口からの距離 (l_d) は式 (5.11) 及び (5.12) によって推定するものとする。

【解 説】

(1) 河川内における最高津波高 ($H_{\max-d}$) の推定式

$$H_{\max-d} = 1.1 \times H_0 \times (H_0/h_0)^{100i-1/2} \text{----- (5.11)}$$

(2) 津波高が河口における津波高の2割の高さとなるまで減衰した地点の河口からの距離 (l_d) の推定式

$$l_d = 1.5 \times l_0 \times (H_0/h_0)^{-1/3} \text{----- (5.12)}$$

ここに、

- h_0 : 河口水深 (m)
- H_0 : 河口における津波高 (m)
- $H_{\max-d}$: 河川内における最高津波高 (m)
- l_0 : 河口における河床から $h_0 + H_0$ の高さの点から上流に向け水平な直線を引き、河川水位との交点に至るまでの距離 (m)
- l_d : 津波高が河口における津波高の2割の高さとなるまで減衰した地点の河口からの距離 (m)
- i : 河床勾配 (例: 1/5、000 など)

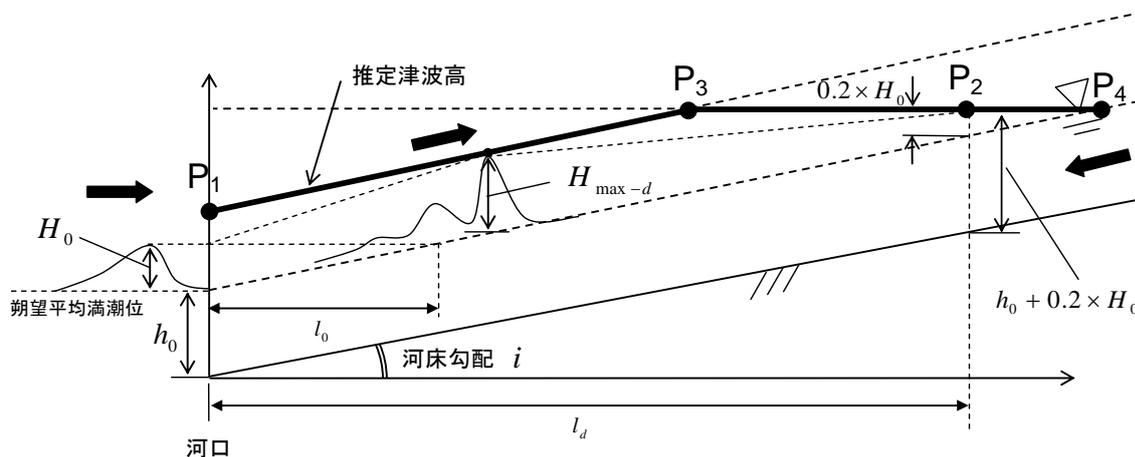


図 5.9 ソリトン分裂の影響を考慮する場合の推定式より求められる推定津波高の概念図

(3) 推定津波高の求め方

推定津波高は、推定式によって得られた値を用いて、以下の手順で求めるものとする。

- 1) 式(5.11)により求めた ($H_{\max-d}$) を用いて、河口における河床から $h_0 + H_{\max-d}$ の高さの点を P1 とする。
- 2) 式(5.12)により (l_d) を求める。
- 3) l_d 地点における河床から $h_0 + 0.2 \times H_0$ の高さの点を P2 とする。
- 4) P1 から上流へ向け河床と平行な直線を引き、次に P2 から下流に向け水平な直線を引き、その交点を P3 とする。
- 5) P3 から上流に向け水平な直線を引き、河川水位と交わる点を P4 とする。
- 6) P1-P3-P2-P4 の各点を直線で結んだ線を推定津波高とする。

参考－1 解析例

下図は、想定津波の予想遡上範囲に相当する検討対象区間において、各種の河川管理施設等の位置関係をグラフとして整理した一例である。

計算津波高においては、津波の河川遡上解析手を用い算出した。

河川内における計算津波水位と施設敷高の関係から、箇所によっては津波が河川管理施設から逆流することも考えられ、堤内側で浸水する恐れもある。

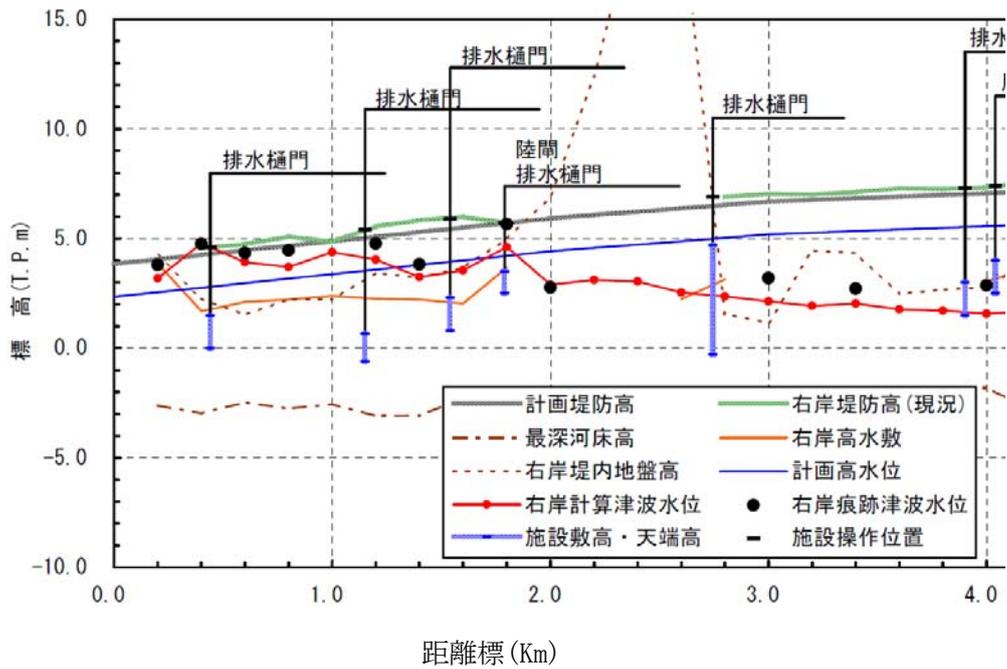


図 - 水門、樋門・樋管、陸閘等の敷高と津波水位との関係

第6章 津波の河川遡上を考慮した防災対策の策定

6-1 津波の河川遡上に関する防災計画への対応

津波の河川遡上を考慮した防災対策については、既往の防災計画や新たに作成される防災計画において、追加・補完する事項として扱う。

【解説】

津波の河川遡上による影響については、「第3章 津波被害の実例」でも示しているが、

- ・ 河川管理施設等構造物への被害
- ・ 河川管理施設の操作に伴う被害
- ・ 漂流物による橋梁など許可工作物への被害および二次災害
- ・ 河川を利用する一般市民への被害等が想定される。

このような影響は、場合によっては甚大な被害に繋がる恐れもあるため、被害の防止・軽減に向け、十分な対策を実施しなければならない。

津波の河川遡上に関する防災計画については、既往の防災計画や新たに作成される防災計画に追加・補完することで、総合的な津波防災対策として取り組むことが必要である。



6-2 津波の河川遡上に関する防災計画の基本方針

津波の河川遡上に関する防災計画は、河川管理者がとるべき災害予防、災害対応及び災害復旧の基本的事項を定めるものであり、河川管理者はこれに基づき具体的な防災対策の推進に努めるものとする。

【解説】

河川管理者は、災害発生時の被害を最小化することを基本方針として、ソフト対策・ハード整備が一体となった減災体制の確立を図るものとする。

この計画における防災対策は、災害予防、災害対応及び災害復旧の一連の体系の中で実施されていくものであり、それぞれの段階における体制の整備に加え、①災害予防にあっては災害を未然に防止・軽減を図ること、②災害対応にあっては、災害発生後の被害の拡大防止を図るための迅速かつ適切な対応をとること、③災害復旧にあっては被災河川管理施設等の迅速かつ適切な災害復旧を推進することを基本方針とする。

なお、河川管理者は、災害予防、災害応急対策、災害復旧のそれぞれの計画において、沿川自治体等と緊密な協力体制を確立し、最善の対策をとることにより被害の軽減につなげるものとする。

この計画は、作成された後に災害発生時の条件として季節別、平日・休日別、時間帯別、天候別等、より厳しい状況を想定した実務訓練を繰り返し実施し、訓練の実態を通じた評価を行い、必要に応じてこれを修正していくことが肝要である。

6-3 津波の河川遡上による影響・被害と防災上の課題

津波の河川遡上による被害予測を基に、河川管理施設等構造物への影響や河川管理施設の操作、河川を利用する一般市民の避難等について、防災上の課題を整理する。

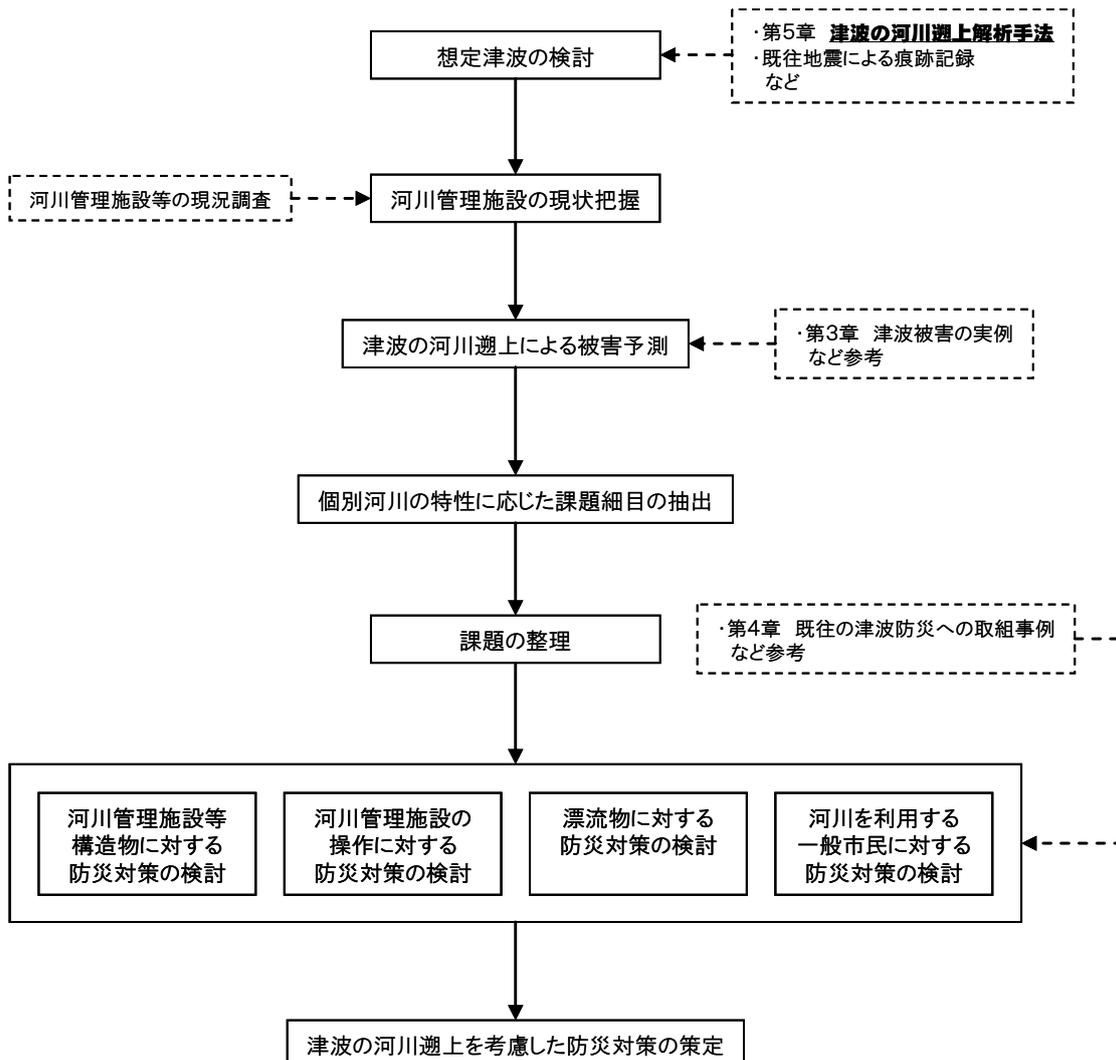
【解 説】

(1) 津波の河川遡上による影響・被害の把握

津波の河川遡上の影響・被害については、既往地震による痕跡記録や「第5章 津波の河川遡上解析手法」から得られる数値を総合的に勘案し、河川を遡上する津波の「津波高」、「最大流速」、「河川遡上距離」、「到達時間」等の諸元を整理するとともに、「第3章 津波被害の実例」等、他地域の津波被害も参考に、被害予測を行う。

これら被害予測を基に、河川管理施設等構造物への影響、河川管理施設の操作、河川を利用する一般市民の避難等について、想定津波発生の季節別・時間帯別に課題の整理を行い津波の河川遡上を考慮した防災対策の策定に反映させる。

以下に検討フローを示す。



(2) 河川管理施設等構造物への影響と課題

通常の河川構造物は、洪水等の流水が上流から下流方向に作用する場合を考慮し、設計されている。しかしながら、通常と逆方向となる津波の河川遡上時の流速や流向、衝撃力については施設的设计外力として想定していないため、津波の河川遡上により、護岸のめくれや堤防の浸食等の被害が発生する可能性もある。

津波の河川遡上における河川管理施設等構造物への被害については、河川を遡上する津波の「津波高」、「最大流速」、「遡上距離」に大きく影響されるため、「津波の河川遡上解析手法」を用い、これら諸元を把握することが重要である。

津波の河川遡上を考慮した防災対策に向けては、これら諸元と河川管理施設等の構造、位置関係等から河川管理施設等構造物への影響や課題を整理しなければならない。

【具体例】

津波被害の実例

通常の河川構造物は、一般的に洪水などの流水が上流から下流方向にゆっくり増大しながら作用する場合を考慮し、設計されている。

上記構造物が津波にさらされると、設計時の流向と逆方向に瞬時に増大する段波の高速流による水理力が働く。場合によっては、鉛直上向き方向の水理力も働き、大きな外力が加わる。日本海中部地震津波の来襲時には、米代川において護岸の破損等の被害が発生した。



天端保護工の被災
出典「不明」



落合護岸被災状況
出典「昭和58年5月26日日本海中部地震災害記録」



埴川
河口より遡上した津波による浸食
出典「不明」

河川の現状例

- 河口から3.0km付近までは、護岸前面の津波流速が最大で5.0~6.0m/s程度になる箇所がある。
- 法面が張芝の堤防区間の耐流速性については2.0m/s以下である。
- 0.8km付近ある連節ブロックの耐流速性は7.0m/s以下であり、水中揚力を考慮した水中質量は約150kgである。



右岸0.4km付近の堤防の状況



右岸1.4km付近の連節ブロック護岸

津波遡上時の課題例

- 津波により堤体の浸食被害が発生する恐れがある。
- 護岸の被害が発生する可能性がある。
 - ・護岸（特に連節ブロック）全面のめくれ等の被害
 - ・護岸天端保護工のめくれ等の被害
 - ・護岸下流側の小口止め工及び端末保護工からの浸食破損被害
 - ・接続鉄筋などの劣化した箇所からの破損被害
 - ・地震で亀裂が発生した箇所からの被害

(3) 河川管理施設の操作への影響と課題

水門・閘門、樋門・樋管等の施設では、その敷高によっては河川を遡上する津波が施設から逆流し、越水などの浸水被害をもたらすことも考えられる。このような場合、河川を遡上する津波の逆流を防止するために施設を閉扉する操作が必要とされるが、津波到達時間までに操作が間に合わない等の問題も生じる。

津波の河川遡上における河川管理施設の操作については、河川を遡上する津波の「津波高」、「遡上距離」、「到達時間」に大きく影響されるため、「津波の河川遡上解析手法」を用い、これら諸元を把握することが重要である。

津波の河川遡上を考慮した防災対策に向けては、これら諸元と河川管理施設等の構造、位置関係等から河川管理施設の操作への影響や課題を整理しなければならない。

【具体例】

津波被害の実例

被害のほとんどは、河口から10kmの間に集中し、地震によるもの、津波によるもの、両者の相乗作用によるものがみられ、堤防、護岸、横断工作物の附属施設の被害があり、堤防クラック等は51箇所へのぼった。道路被害については、県道、市道等の隆起及び陥没等より車が進入できず、危険箇所バリケード等の緊急復旧にあたった。(能代市の災害記録より)



中島堤防被災状況



青葉町における道路の被災状況

河川の現状例

- 河口から約10kmの津波遡上区間においては、33の水門、樋門等の河川管理施設が点在しており、その内15施設については、フラップゲート又は施設敷高が想定津波高より高いため施設操作には問題がないが、他の18施設については、想定津波高より施設敷高が低い。
- 身支度、移動に時間を要し、津波到達時間までに閉扉できない施設がある。
- 道路・通路等が地震で被災して移動に時間を要し、操作に間に合わない可能性もある。
- 施設に到達できても氷結等が発生している時期には、津波到達時間内に操作を完了することが出来ない施設がある。



右岸 0.4k の排水樋門



左岸 3.0k 付近の排水樋門の背後地



閘門の氷結の状況

津波遡上時の課題例

- 排水樋門における検討では、想定津波による背後水路の水位が堤内地側の最低地盤高を上回ることはないが、仮に周期の長い津波が来襲した場合には、樋門からの流入により背後地が浸水する可能性がある。
- 想定津波高より施設敷高が低い18施設については、津波来襲時には河川水の逆流を防止するため施設を閉扉操作する必要があることから、施設の背後地盤等の地形状況を把握し、背後地の浸水の可能性について、施設毎に詳細に検討しておく必要がある。

(4) 漂流物による影響と課題

地域によっては、津波が船舶や木材等の漂流物を巻き込みながら河川を遡上する場合もあり、これら漂流物が河川構造物に衝突し、被災する可能性もある。また、漂流物が橋梁に衝突することで落橋や橋桁の損傷、支承のずれ、外れといった被害をもたらし、橋梁を利用する自動車や鉄道への二次的被害を引き起こすことも考えられる。

津波の河川遡上における漂流物がもたらす被害については、河川を遡上する津波の「津波高」、「最大流速」、「遡上距離」、「到達時間」に大きく影響されるため、「津波の河川遡上解析手法」を用い、これら諸元を把握することが重要である。

津波の河川遡上を考慮した防災対策に向けては、これら諸元と河川構造物や許可工作物等の構造、位置関係等から漂流物がもたらす影響や課題を整理しなければならない。

【具体例】

津波被害の実例

津波が沿岸域に襲った場合、地域によっては津波が船舶、木材等の多くの漂流物を巻き込みながら遡上することが確認されている。

このことから津波が巻き込んだ漂流物の衝突によって橋梁などの許可工作物等が被害を被ることが想定される。



河川に流れ込んだ津波で、船、丸太が流された。

河川の現状例

- 左岸の閘門背後の河川や右岸 1.8km 付近の陸閘下流は、船舶の停泊地として利用されている。また、以前には、多くの貯木された木材や船舶が漂流し、押し寄せた経緯もある。
- 4 t 船舶が漂流した場合、約 120 t の衝突力が発生する。
- 下流部にかかる橋梁は、クリアランスに余裕があるものの、上記のように津波により木材や船舶の漂流が発生し、これらがクリアランスの比較的小さい橋梁などに衝突し、桁部の損傷、落橋、支承部のズレなどを引き起こす可能性がある。
- 橋梁が上記のような損傷を被った直後に列車が走行すれば、予期できない二次災害の発生が否定できないところである。また、同様な二次災害の発生は道路橋においても皆無であると言えない。



鉄道橋



右岸 1.8k 付近の係留船舶



川沿の木材置場

津波遡上時の課題

- 4 t 船舶が衝突した場合には、鉄道橋の主構部材の安全性には問題はないものと想定されるが、落橋やずれは否定できない。
- 運行中の鉄道列車に対し、渡河しようとする橋梁に津波による二次災害の危険性が発生していることを認知させる対策がない。(橋梁の損傷による二次災害)
- 道路走行中の車両に対し、渡河しようとする橋梁に津波による二次災害の危険性が発生していることを認知させる対策がない。(橋梁の損傷による二次災害)
- 河口付近に停泊、または河口付近を通航中の船舶が津波情報を的確に把握できない。
- 許可工作物設置者等を対象とした河川の津波防災訓練ができていない。
- 許可工作物に対する津波、及び漂流物の衝突から波及すると考えられる二次災害を想定した被害軽減策がなされていない。

(5) 河川を利用する一般市民への影響と課題

河川区域は、平常時から様々な目的で不特定多数の方に利用されている。その利用者の多くは、津波は海岸域から陸上に遡上するものとして認識しており、津波が河川を遡上することや、その津波による危険性について理解している利用者は非常に少ない。

津波が河川を遡上する状況下においては、河川利用者の誤った認識や避難情報の発信の遅れなどから人的な被害が発生する恐れもある。

津波の河川遡上における河川を利用する一般市民への影響については、河川を遡上する津波の「津波高」、「遡上距離」、「到達時間」に大きく影響されるため、「津波の河川遡上解析手法」を用い、これら諸元を把握することが重要である。

津波の河川遡上を考慮した防災対策に向けては、これら諸元を考慮し、迅速かつ適確に避難ができるよう課題や問題点を整理しなければならない。

【具体例】

津波被害の実例

日本海中部地震津波による能代市の死者は15人確認されたが、このうち14人が米代川に隣接した能代港の工事関係者であった。

この津波では、中島開門操作室への階段を駆け上がり一命を取りとめた事例や、中島開門付近の電柱にしがみついで一命を取りとめた事例が確認されている。

なお、左岸4.0km付近の河川公園付近では、高水敷高と、ほぼ同高のTP+2.0mの津波痕跡が記録されている。



冠水した通路、通路にとり残された人

河川の現状例

- 左右岸ともに河口～2.0km付近までは、想定される津波高が高く、堤防に近づくことも危険である。また、同区間においては、平常時から多くの周辺住民等が釣りのスポットとして盛んに利用している状況があり、津波による釣り人の人的被害も想定されるところである。特に、車の乗り入れが可能な左岸河口部の堤防上を利用している釣り人には、危険な条件が重なる恐れがある。
- 万一、堤防天端が地震によって無数の亀裂を伴う被害を受けると、車を利用した避難が不可能となる可能性がある。加えて、この場所からの避難は距離が長く津波来襲までに徒歩によって迅速に避難を終えることは相当に困難であると考えられる。
- 左岸4.0km付近の高水敷は、平常時から散歩やジョギングスポットとして、沿川住民に利用されている。そのため、このような河川利用者に対して、避難情報の発信が遅れた場合には、人的な被害が発生する恐れもある。



左岸河口～0.6km付近の釣り人



左岸河口～0.6km付近の釣り人の車



左岸4.0km付近の河川公園の状況

津波遡上時の課題

- 一般の河川管理施設（堤防護岸、水開門の操作室）には津波時に河川利用者の避難を支援することを考慮した機能が備わっていない。
- 河川に近づく一般市民等が、当該区域は津波の危険性がある場所であることを認識していない。（土地勘のない来訪者も多い）
- 津波発生時に河川利用者が津波の危険性を知らせる警報・情報等の手段がない。
- 津波発生時に河川利用者の避難を支援できる誘導等の手段がない。
- 河川公園などに立ち入る河川利用者の中に要援護者がいる場合の避難を支援する対策がない。
- 河川利用者が避難する場合の実態に即した訓練ができていない。
- 詳細な対策施設の詳細は、別途被害体験者の立会を得るなどして、現地状況との整合をとり、実施計画を定めることが望ましい。

6-4 津波の河川遡上に対する防災対策

河川管理者は、河川を遡上する津波による被害を最小限にとどめるため、河川管理施設等構造物について安全性を照査して所要の安全性を確保する対策を計画的に推進するとともに、河川管理施設等の操作規則を定め、平時から河川管理施設の点検を行い、沿川住民及び河川利用者の安全確保等に係る方策を実施するものとする。

【解説】

(1) 河川管理施設等構造物に対する防災対策

河川管理者は、対象区間内に存在する河川管理施設等について、津波の河川遡上に対する安全性を照査し、所要の安全性を確保する具体的な計画、対策を定める必要がある。

安全性を確保するための対策が必要とされた施設については、背後地の土地利用状況や緊急性、重要性及び経済性の観点から総合的に勘案して、早期及び中長期に対応すべき内容を分類し、計画に基づいた整備を推進しなければならない。

また、平時から河川管理施設等について定期的に通路の状況、施設の目視等による点検を実施し、災害の発生に備えるものとする。

【具体例】

<p>堤防の安定性検討</p> <p>「美しき山河を守る基本方針 平成18年6月」に示された評価基準を基に土堤（張芝）の箇所における堤防の安定性を評価。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○土堤（張芝）部分では、想定津波における設計流速に対して、十分な安定性が確保されていない。 ○越流水による堤外地のり尻の洗掘 ○通常時で安定性が確認されたとしても、堤防の破壊については何らかの対策について検討する必要がある。 	 <p>0.4kmより上流側を望む</p>
<p>護岸の安定性検討</p> <p>護岸の力学的設計法により護岸のブロックの安定性を評価。</p> <p>計算条件については、「(財)国土技術研究センター：護岸の力学的設計法 平成10年12月」の考え方に基づく。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○既設のコンクリートブロック護岸では、想定津波における設計流速に対して、十分な安定性が確保されていない。 ○コンクリート張り護岸では、表面にクラックが発生したり、内部に空洞化が存在する場合には安定性が著しく低下する。 ○想定津波が来襲する前には、大規模地震が発生することとなるため、河道内のコンクリート張り護岸においても、地震動によるクラックが発生することが予想される。 ○通常時で安定性が確認されたとしても、護岸の破壊については何らかの対策について検討する必要がある。 	 <p>1.0kmより上流側を望む</p>
<p>対策工の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ○堤防対策 <ul style="list-style-type: none"> ・桜づつみ等による応急土砂備蓄 ・堤防の三面張り ○護岸対策 <ul style="list-style-type: none"> ・天端保護工に対する止め杭打設 ・下流部側の小口止め工の強化 ・巻き込み部の末端処理工の強化 ・矢板等（基礎工の補強） ・根固め工の増設 ○その他考慮しておくべき対策 <ul style="list-style-type: none"> ・耐震対策 ・監視、維持、補修（空洞化のチェック等） 	

(2) 河川管理施設の操作に対する防災対策

河川管理者は、津波における河川管理施設の操作員体制やゲートの開度、遠隔操作・自動化等の施設改善対策について検討を行い、津波の河川遡上に対する河川管理施設等の操作に関する規則を作成し、円滑な運用に努めなければならない。

【具体例】

<p>浸水の可能性検討</p> <p>簡易計算により樋門からの流入による背後の浸水の可能性について検討した。</p> <p>想定津波遡上区間内には、閉扉しなければならない施設が 18 施設点在しており、各施設について、堤内側の水路の状況及び土地利用の状況を調査し、必要に応じて水利検討を行い、操作規則を定めなければならない。</p> <p>○操作時間 ある河川では、想定津波来襲時に施設敷高を想定津波水位が上回り、施設操作を実施しなければならない箇所が合計 18 箇所あり、操作が間に合わない可能性が考えられる。</p> <p>○施設背後の水路内の流量 施設背後の水路は、平常時の水位として検討した。しかしながら、洪水直後に津波が来襲する可能性はゼロではない。したがって、施設背後の水路の状況によっては、施設から流入した津波により、背後地が浸水する可能性も考えられる。</p> <p>○想定津波を超える場合の施設操作 想定外力の来襲津波に対して、施設の安全性について検討してきたが、想定津波を超える津波が発生する可能性も否定できない。すなわち、現在の想定津波よりも周期が長ければ、背後地の浸水を考慮した対応が考えられる。</p>	<pre> graph TD A[津波警報発令] --> B[津波遡上区間内で操作が必要とされる施設 33施設] B --> C{施設敷高 > 想定津波高} C -- YES --> D[操作を必要としない施設 12施設] C -- NO --> E{フラップゲートが設置されている} E -- YES --> F[操作を必要としない施設 3施設] E -- NO --> G[閉扉しなければいけない施設 18施設] </pre>
<p>対策工の検討例</p> <ul style="list-style-type: none"> ○河川管理施設等の点検・操作 ○河川管理施設等の操作規則の作成 ○「樋門ゲート検討ガイドライン」に準じた整備の促進 ○津波防災機能に関する施設のデータベースの構築 ○操作員を対象とした季節、時間帯、天候などが悪条件となった場合の津波を想定した防災訓練の実施 	

(3) 漂流物に対する防災対策

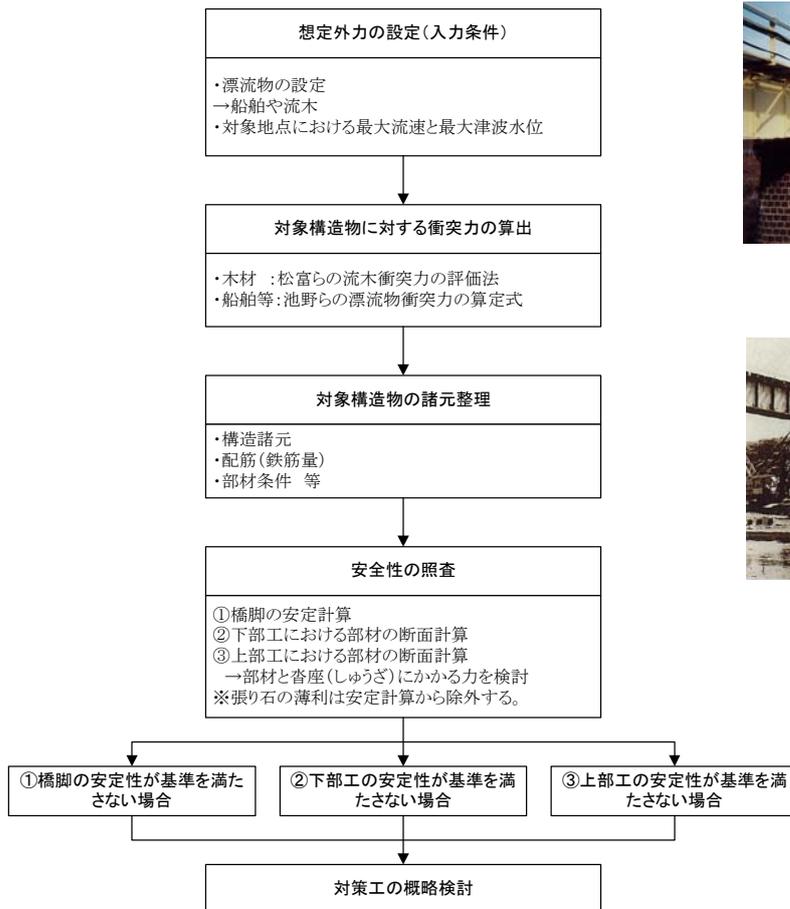
橋梁等の許可工作物等への漂流物衝突などによる被害については、構造物への直接的な被害の他、その構造物の利用者に対する二次災害の危険性も非常に高い。船舶や木材等の漂流・衝突による構造物への直接的な被害抑制策を検討するとともに、災害発生直後における二次災害の危険性について、河川管理者から河川占有者（道路や鉄道等）に十分な情報提供を行うことも重要である。

また、河川管理者は河川占有者に対し、既存の許可工作物について必要に応じ津波の河川遡上に対する安全性を確保するよう調整を図ることも必要である。さらに、津波が発生した場合における既存の河川占用及び許可工作物の被害状況について、迅速かつ的確な報告がなされるよう指導しなければならない。

【具体例】

構造物の安定性検討例

代表的な許可工作物として道橋を対象に、漂流物（船舶・流木）が衝突した場合における構造物の安定性を検討した。



線鉄道橋



日本海中部地震時
鉄道橋の被災状況

安全性の照査例

設計資料が橋梁台帳及び概略側面図・写真のみのため、概略復元設計を行い、主構断面を想定して、照査する。

既存資料 → 復元設計 → 主構断面想定 → 船舶衝突時の照査

全体構造系としては安全であると判断できる。ただし、あくまでも想定した条件であるため、下記の点について留意する必要がある。

- ① 復元設計の荷重が想定であるため、設計荷重が今回想定したものより小さい場合は危険側となる。
- ② 照査部材は全体系であるため、詳細な検討を要する場合は部材を構成する板厚等を調査し、詳細な安全性の照査を行う必要がある。

対策の検討例

- 漂流物対策の推進
 - ・木材等の漂流抑制対策
 - ・船舶等の漂流抑制対策
- 橋梁の津波被害抑制策
 - ・落橋防止装置の設置
 - ・橋桁のずれ止め防止装置の設置
- 船舶、木材等の漂流・衝突による被害抑制対策
- 発災時の鉄道の的確な運転取扱マニュアルの作成
- 迅速確実な情報提供
- 渡河する列車・車両を対象とした津波防災訓練

(4) 河川を利用する一般市民に対する防災対策

河川を利用する一般市民に対する防災対策については、次の施策実施者別に検討する必要がある。

○ 河川管理者が実施する対策

一般の河川利用者に対して、津波の危険性を十分認識してもらうため、河川を遡上する津波の津波高や遡上距離、到達時間等から浸水エリア、浸水深に関する情報を提供する必要があります。

さらに、津波発生時に避難警報や誘導情報等を提供できるシステムの構築を図り、河川利用者の避難を支援することも必要である。

また、河川管理施設へ、避難階段や階段護岸等の避難を支援するための機能を添加、又は改善・改良することも有効である。

【具体例】

対策の検討例

河川管理者が実施する対策

- 河川利用者の緊急避難を支援するための水門・樋門への避難階段設置、階段護岸、堤防の裏盛土等による河川管理施設改善・改良
- 防災知識の普及・啓発
- 浸水エリア、浸水深に関する表示
- サイレン、スピーカー、警報灯等の設置
- 避難誘導路の表示
- 河川区域内への出入り口に光ケーブル等を利用したIC検知器等の設置
- 河道内における工事用重機機械の仮設はん路、土留締切からはしご等の津波対策を考慮した施工計画書の作成



避難階段例
阿武隈川（宮城県）

○ 沿川自治体を実施し河川管理者が支援できる対策

沿川自治体の地域防災計画に津波の河川遡上に対する対策を位置付けるなど、沿川住民に津波の危険性を十分認識してもらう対策が必要である。また、河川管理者の支援の基、河川を遡上する津波の津波高、遡上距離、到達時間等から津波の河川遡上を考慮した津波ハザードマップを作成し、予想浸水域や浸水深等を示す対策も必要である。

津波発生時における避難支援として、避難警報や誘導情報の提供システムを構築することも重要であり、河川管理者からのリアルタイムな情報提供も必要とされる。

沿川自治体や関係機関と協働して津波防災訓練を実施するとともに、訓練結果の検証や課題の抽出、解決を図ることも防災対策として効果的である。

【具体例】

対策の検討

河川管理者が支援する対策

- 津波ハザードマップの作成の支援
- 浸水エリア、浸水深に関する表示などに関する情報の支援
- 自治体の防災対策室へ動画像によるリアルタイムの情報提供
- 沿川自治体と河川管理者が協働で実施する津波防災訓練
- 津波発生時の危険性についての情報を提供し、自治体が当該河川敷を地域防災計画から削除し、別の場所を指定するように助言



防災訓練例
宮城県南三陸町

○ 住民が実施する対策

津波による人的被害を最小化するためには、個人の避難行動が重要であり、沿川住民や河川利用者等は、地震が発生すれば高いところへ避難しなければならないということを、「自助」及び「共助」をもって対処しなければならない。

この「自助」及び「共助」を支援する立場として、行政は、津波に関する基礎知識を普及させ、そして津波情報を迅速かつ的確に提供するとともに、避難通路・避難場所の確保や津波防護機能を有する施設による津波危険度の軽減といった避難環境を整え、そして救助・救難を行うという観点から、対策を総合的に講じるべきである。

【具体例】

対策の検討
<p>住民が実施する対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ○沿川自治体、河川管理者と協働で、季節別、時間帯別などの条件を変えた津波防災訓練の実施 ○津波の到達時間を想定しリアルタイムで避難訓練を実施 など

参考－1 津波防災計画における計画津波の考え方

一般的な津波防災対策の考え方は、一定の外力レベル（施設設計上の防護目標）までは津波による被害を抑止する必要がある、基本的にハード面の防災対策により対処する部分である。

しかしながら、施設設計上の防護目標を超える部分については、経済性・事業実施上の現実性等も考慮して、全てをハード面の対策で対応することは困難であり、ソフト面での対応で補完することが必要と考えられている。

【解説】

上述の考え方は、津波防災対策の計画立案に関連する技術基準・指針・ガイドライン等でも以下のように規定している。

ハード面の防災対策に関わる指針等では想定すべき津波として過去に発生した最大または今後発生すると考えられる最大とするものの、整備に必要な費用や事業の効果などを総合的に勘案し決定することとしている。

一方、ソフト面の防災対策に関わる指針等では、基本的に想定し得る最大規模の津波を検討し、常に安全側の発想から設定することが望まれている。

以下に主要な技術基準類におけるハード、及びソフト対策についての基本的な考え方が記述された部分について整理した。

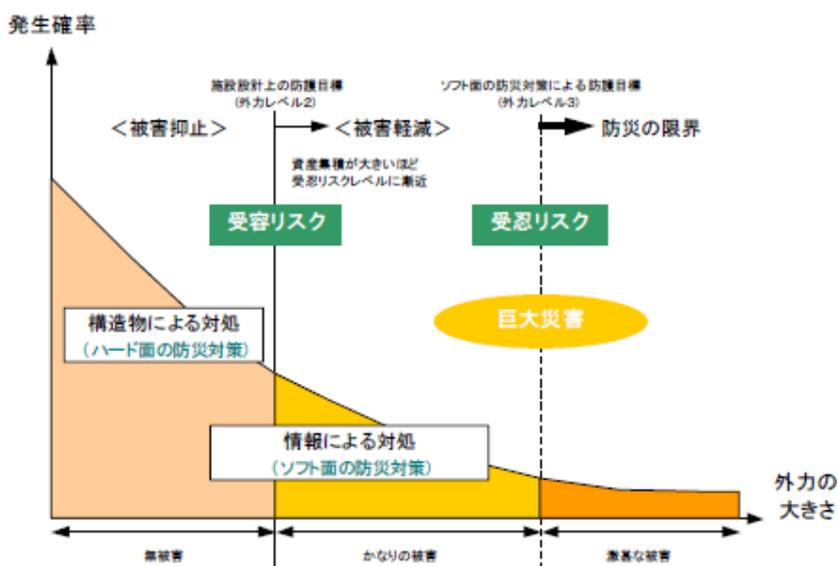


図 6.1 津波防災対策の考え方(例)

出典 「内閣府(防災担当)・農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局：津波・高潮ハザードマップマニュアル,平成 16 年 4 月」

(1) 河川砂防技術基準¹

上記基準[計画編]による海岸計画での計画津波の考え方は以下のとおりである。

- ・ 一般には既往の津波を検討し、事業の効果等を勘案して計画津波とする。
- ・ 計画津波として過去に生じた最大の津波を対象として、その場合の津波の遡上高を計画とする場合もある。
- ・ 計画対象地域が重要度の高い地域である場合には、既往の津波災害だけでなく起こりうる津波災害(想定津波)も視野に入れ、地震規模と震源を仮定して数値シミュレーションによって遡上高を推算した結果も参考にした上で検討することが望ましい。
- ・ 信頼すべき資料がない場合や、海岸構造物等の設置により海岸地形や施設配置が変化した場合にも同様とする。
- ・ 津波は頻度の低い現象であるので、高潮対策の対象とする外力を同時に考慮する必要はないと考える。

出典「河川砂防技術基準同解説 計画編」

(2) 津波・高潮対策における水門・陸閘等管理システムガイドライン²

上記ガイドラインでは計画津波に関する留意事項として以下の項目を取り上げている。

- ・ 水門・陸閘等管理システムの整備の前提となる外部要因（津波高さ、津波到達時間等）を想定するためには、想定災害に基づき算出された被害想定が必要である。
- ・ 被害想定は、地域防災計画策定時や、津波・高潮ハザードマップの作成時などに実施されている場合は、これらと以下の項目について整合を図る必要がある。
 - 想定地震、津波
 - 想定津波高さ、想定津波到達時間
 - 浸水予測区域
 - 季節、時刻、天候 等

出典「津波・高潮対策における水門・陸閘等管理システムガイドライン」

¹ 国土交通省河川砂防技術基準・同解説 平成17年11月；国土交通省河川局監修・社団法人日本河川協会。

² 津波・高潮対策における水門・陸閘等管理システムガイドライン 平成18年3月；農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局。

(3) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説¹

上記基準による計画津波の考え方は以下のとおりである。

- ・ 海岸保全施設の設計に用いる津波は、過去に発生した最大の津波、または今後発生すると考えられる最大の津波を踏まえて海岸管理者が決める。
- ・ 海岸保全施設の整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす影響、海岸保全施設背後の土地利用状況なども考慮して、適切な設計津波を定めるものとする。
- ・ 海岸保全施設だけで津波の被害を防ぐことが困難な場合には、ソフト対策と連携した対策を講じる必要がある。
- ・ 過去に発生した津波を設計津波として用いる場合、少なくとも痕跡高や波源域などの基礎データがはっきりしていなければならない。そのため、過去100年間程度の期間に起こった津波が対象とされることが多い。

出典「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」

(4) 海岸施設設計便覧²

上記便覧による計画津波の考え方は以下のとおりである。

- ・ 津波対策施設の計画条件としては、津波高・周期および天文潮位を設定する。計画津波高および周期は、対象海岸における既往最大津波またはそれを上回る津波(想定津波)を用いることが基本である。
- ・ 経済性、利便性等を考慮して最大津波に満たない既往津波を計画津波とする場合もある。
- ・ 天文潮位は平均潮位とするが、背後域の重要度に応じては、塑望平均満潮位を用いることも検討する必要がある。
- ・ 津波対策施設の計画条件は、施設のみで完全防護することは困難である点を踏まえ、地域防災計画、防災体制等と組み合わせた防災対策に配慮しながら適切なものを選択する。
- ・ 隣接海岸において統一性を有するように配慮する。

出典「海岸施設設計便覧」

¹ 海岸保全施設の技術上の基準・同解説 平成16年6月；海岸保全施設技術研究会。

² 海岸施設設計便覧 2000年版 平成12年11月；土木学会

(5) 津波・高潮ハザードマップマニュアル¹

上記マニュアルによる計画津波の考え方は以下のとおりである。

- ・ 津波、高潮ハザードマップ作成における外力条件は、最悪の条件設定(外力レベル3)を基本とし、作成目的及び作成対象地区の特性に応じ合理的な外力レベルを検討・設定する。
- ・ 複数地域にまたがる災害を対象とする場合、隣接市町村における条件設定との整合性に留意する必要がある。
- ・ 例えば、津波検討の場合、外力レベル1：養殖施設等に影響する津波(地上に影響しない)、外力レベル2：設計外力(既往最大津波)、外力レベル3：想定最大津波(想定地震規模、最悪震源位置)が挙げられる。
- ・ 地震の発生によって、隆起・沈降といった地盤変位が生じる場合、最大津波高を生じる地震と最大浸水深を生じる地震とは異なる可能性がある。従って、津波高のみではなく浸水深(津波水位－変位後の地盤高)によっても評価を行う必要がある。
- ・ 既往地震及び想定地震の取扱いは以下のとおりとする。
 - 既往地震：津波高や浸水状況に関して信頼できるデータが残されているものを対象とする。
 - 想定地震：既往の研究により得られている地震断層モデルを対象とする。想定地震の設定例としては、中央防災会議による想定東海地震、想定東南海・南海地震や海岸4省庁が想定している地震断層モデルがある。

出典「津波・高潮ハザードマップマニュアル」

(6) 地域防災計画における津波対策強化の手引²

上記手引による計画津波の考え方は以下のとおりである。

- ・ 過去に当該沿岸地域で発生し、痕跡高などの津波情報を比較的精度良く、しかも数多く得られている津波の中から、既往最大の津波を選定し・それを対象とすることを基本とする。
- ・ ただし、近年の地震観測研究結果等により津波を伴う地震の発生の可能性が指摘されているような沿岸地域については、別途現在の知見により想定し得る最大規模の地震津波を検討し、既往最大津波との比較検討を行った上で、常に安全側の発想から沿岸津波水位のより大きい方を対象津波として設定するものとする。
- ・ この時、必ずしも想定し得る最大規模の地震が最大規模の津波を引き起こすとは限らないことから、地震の規模、震源の深さとその位置、指向性、断層のずれ等を総合的に評価した上で対象津波の設定を行う必要がある。
- ・ また、時間的な制約による影響を受けやすい人や船舶の避難対策の検討などにおいては、沿岸津波水位の大きさだけでなく、沿岸津波到達時間についても十分考慮し、対象津波を設定する必要がある。

出典「地域防災計画における津波対策強化の手引」

¹ 津波・高潮ハザードマップマニュアル 平成16年4月；内閣府(防災担当)・農林水産省農村振興局・農林水産省水産庁・国土交通省河川局・国土交通省港湾局。

² 地域防災計画における津波対策強化の手引 平成10年3月；国土庁・農林水産省構造改善局・農林水産省水産庁・運輸省・気象庁・建設省・消防庁。

参考－2 津波防災計画策定に伴う留意点

津波防災計画の策定にあたっては、前触れもなく突然に発生する地震の直後から準備時間もなく緊急的な体制での対応が求められる防災事務を想定しておく必要がある。

【解 説】

- ① 計画策定にあたっては、レベル2地震動に対する河川構造物の耐震性能照査を行う必要がある。
- ② 計画策定の基本として設定した想定津波は、現時点で最新の情報を取り入れて検討しているものの、推定規模、推定精度等には限界があることから、予測結果よりも大きな津波が発生する可能性があることに留意する必要がある。
- ③ 想定津波は、季節、気象状況等の条件を問わず、あらゆる条件下で発生のある現象に対する防災対応を定めて柔軟に対処していくことが求められることに留意する必要がある。
- ④ 津波災害は、洪水のように発生頻度が高い災害とは異なり、稀にしか発生しない現象を対象とするものであり、津波体験者も少なく防災担当者のみで実態に即した実効性のある計画を策定することは難しい。このため、学識経験者、津波体験者及び自治体の防災担当者等を交えた懇談会等の内容等を反映するとともに、季節別、平日・休日別、時間帯別、天候別など、より厳しい状況を想定した実務訓練を繰り返し実施し、訓練の実態を通じた評価を行って逐次内容の充実・更新を行うことが必要である。
- ⑤ 洪水等の対策と異なる以下の状況下で適切な対応が求められることにも留意する必要がある。
 - 1 沿岸や河川沿いの広域に一度に発生する自然現象への対応が必要であること。
 - 2 予報や準備のための時間が極めて限られていること。
 - 3 被害の種類・形態も想定した内容と相当程度に異なりがあること。
 - 4 訓練・評価等を通じて諸対策の内容を修正していく必要があること。
 - 5 平時から自主的防災の基本を広く働きかけていく必要があること。

参考－3 津波防災計画における早期に対応すべき具体的な目標と対策

減災対策としてまず行うべきことは、緊急的に必要な対策を講じて、「人的被害を最小化する」ことである。

【解 説】

津波による人的被害を最小化するためには、河川沿いの地域の人及び河川利用者等は、地震が発生すれば高いところへ避難しなければならないということが、「自助」及び「共助」をもって対処する事項であり住民の責務であると認識するよう、啓発を行うべきである。

この「自助」及び「共助」を支援する立場として、行政は、津波に関する基礎知識を普及させ、そして津波情報を迅速かつ的確に提供するとともに、避難通路・避難場所の確保や津波防護機能を有する施設による津波危険度の軽減といった避難環境を整え、そして救助・救難を行うという観点から、対策を総合的に講じるべきである。

この場合、情報受信側である住民の理解度レベルと津波防護機能を有する施設の機能発現レベルが決定的な意味合いを持つことを認識しておかなければならない。

(1) 警報・情報提供

1) 津波予報の充実

- ・ ナウキャスト地震計による地震観測網を充実するとともに、緊急地震速報の技術を活用し、津波予報発表を迅速化。
- ・ 津波予報等を市町村に直接伝達できる仕組みを構築。
- ・ 津波の高さ、破壊力の表現方法等に関する知識を普及・啓発。

2) 津波情報の的確な伝達、提供

- ・ 津波浸水想定区域図において浸水深、津波到達時間、流速、破壊力等の情報を、混乱が生じないようにわかりやすい内容として提供。
- ・ 即時浸水地域予想情報の提供システムを、モデル地区において構築。
- ・ 河川利用者等の外来者、道路利用者、運行中の列車、船舶等については、携帯電話等といった情報通信機器、情報提供施設の活用等、多様な手段を用いて情報を提供。
- ・ 災害時要援護者が利用する施設への津波関係情報の伝達方法を確立。
- ・ 円滑な避難を促すためメディア等と災害情報のあり方について日頃から意見交換するとともに、情報伝達方法やその提供内容等を検討。

3) 津波観測の充実

- ・ 沖合いを含む、より多くの地点における津波即時観測データを充実し、関係機関等で共有するとともに公表。

(2) 予防対策

1) 避難対策の充実

- ・重要沿岸域のすべての市町村で津波ハザードマップが策定できるよう、津波浸水想定区域図を作成、公表。
- ・重要沿岸域において、災害時要援護者にも配慮した避難場所・避難路を確保し、避難困難地の解消を支援。
- ・津波避難ビルについては、必要な要件や既存建築物の改修方法等を取りまとめ、普及を促進。
- ・津波の危険性を統一された図記号によって継続的に周知。
- ・海岸、港湾の利用者等が円滑に避難できるよう、対策を強化。
- ・走行中の車両、運行中の列車、船舶が避難しやすい環境を整備。

2) 津波防護機能を有する施設の整備

- ・海岸保全区域台帳の調製・公表、津波防護機能を有する施設の耐震調査等の点検・性能評価及び海岸保全基本計画の見直しを重要沿岸域で概成。
- ・重要沿岸域のうち地域中枢機能集積地区において、開口部の水門等の自動化・遠隔操作化等を概成するとともに、堤防等の耐震化、嵩上げの整備を促進。地域に合った整備手法を確立。
- ・重要沿岸域の港湾において、防波堤の嵩上げ等を推進。

3) 海岸付近に存在する施設の津波対策の促進

- ・海岸付近に施設を有する施設管理者は、想定津波高に対する安全性を点検し、連携を図りながら対策を実施。
- ・港湾における総合的な津波対策計画を行政（港湾管理者、地方整備局、海上保安部署、地方運輸局等）及び民間関係者で策定し、対策を実施。
- ・原油、LNG等の有害危険物（HNS）を満載したタンカー、臨海施設が津波被害を受けた場合の防除体制の確立。貨物や小型船舶等の流出防止策、船舶の対策を推進。
- ・旅客船舶における津波来襲時の安全を確保するよう、旅客航路事業者を指導。

4) 土地利用・住まい方の減災化

- ・津波に強い街づくりのため、沿岸部における面的開発等には減災対策を盛り込むこと等を事業者に対して推奨。
- ・公共施設について、立地場所、建築方式や使用方法に関し、減災化の考え方を取り入れることを促進。
- ・街づくり計画や地域づくり計画に反映するため、災害に強い地域のあり方について検討。

(3) 発災後対策

1) 広域的な被災情報の収集

- ・ 発災時に迅速に対応する調査体制を構築。
- ・ 国と地方公共団体の間の被災情報収集体制を強化。
- ・ ヘリコプター等の一層の活用による情報収集能力を向上。
- ・ 人工衛星を活用した情報収集システムを構築。
- ・ 被災地における民間による情報収集協力体制の確立を支援。

2) 被災時の広域的な輸送ネットワークの確保

- ・ 救援活動や物資輸送を行う上で重要な役割を果たす緊急輸送道路確保のため、道路橋の耐震補強や高規格幹線道路等道路ネットワークの整備等を推進。
- ・ 被災を受けた道路について、障害物の除去や応急復旧等、迅速な啓開を実施。
- ・ 港湾施設の利用可否情報を一元的に管理しユーザーへ提供するシステムを構築。
- ・ 重要沿岸域の港湾における耐震強化岸壁等の整備を促進。レーザー測深技術等を活用した探知システムを充実し、これと連携した航路等における障害物の緊急撤去体制を確立。

3) 孤立地区対策等の促進

- ・ 重要沿岸域の必要な地区において、津波・高潮防災ステーション、河川防災ステーション、道の駅、臨海部防災拠点等、防災拠点となり得る施設を機能拡充するとともに整備促進。防災活動支援情報を整備し関係機関で共有。
- ・ 各行政機関の広域連携オペレーションを確立。
- ・ 臨時ヘリポートを選定しその情報を共有。
- ・ NGO等の協力を得るシステムを構築。
- ・ ヘリコプターの救助、救難、救援能力を向上。

4) 復旧・復興対策の強化

- ・ 瓦礫処理等に資する災害対策用機械の技術開発及び支援体制の強化等を推進。
- ・ 災害に強い地域への復興を支援する施策を充実。
- ・ 海上における漂流者の収容・搬送等の迅速な対応を強化。

(4) 津波防災技術・知識の蓄積と普及

津波防災技術・知識の蓄積

- ・ 防災意識の風化を防止し認識を高めるため、学校での防災教育推進、防災に関する地域リーダー育成等の支援を図るほか、津波防災総合訓練を毎年実施。
- ・ 重要沿岸域の港湾における陸域・海域の津波の挙動を予測する図を整備。
- ・ 陸上・海底地形の情報が一体となった三次元データベースを構築。
- ・ 精密地形データ等を重要沿岸域において整備。
- ・ 津波防災情報に関する情報共有の仕組みを構築。

参考－4 津波防災計画における中長期的に対応すべき目標と対策

減災対策の目標は、「物的被害を含めて被害を最小化する」ことである。

【解説】

国土条件が厳しいわが国においては、地域の中核機能や、経済・社会の中核機能が集積している地域における防護レベルを着実に向上していくとともに、万が一、想定を超える津波に見まわられても壊滅的被害とならないよう、まちづくりや建築等の機会を逃さずさまざまな対策を講じていかなければならない。

加えて、津波災害のリスクの高い場所における居住等の生活領域を減少させ、リスクの低い場所へ誘導していくことも重要である。

一方、わが国は、人口減少期を迎え、20～30年後、人口が暫減するとともに、その構成も大幅に変化するほか、地球温暖化に伴う海面上昇が予測されている。こうした世界でも類を見ない人口動態や自然条件の変動に対して、科学技術的な知識や知見を集積活用しつつ、対策を講じていくことが必要である。

この考えのもと、人口動態や自然条件の変動を考慮しつつ、「物的被害を含めて津波による被害を最小化する」ことを目標に、概ね20年程度の間に講ずべき中長期的な以下の対策が必要である。

(1) 緊急対策を踏まえた中長期的津波対策**1) 警報・情報提供**

- ・津波地震に対する地震規模等の推定方法の開発等を行い津波予測の一層高精度化。
- ・地形や土地利用変化の影響を反映した津波シミュレーションの再計算を実施。
- ・即時浸水地域予測情報の提供システムを確立、高精度化。

2) 予防対策

- ・避難場所・避難路等を整備し避難困難地解消を支援。
- ・重要沿岸域を中心に、海岸保全施設等の必要な耐震化、堤防及び防波堤等の整備、開口部の水門等の自動化・遠隔操作化等を推進。
- ・海岸付近に施設を有する施設管理者は必要な対策を措置。
- ・防災に配慮した国土利用計画（市町村計画）策定を促進。

3) 発災後対策

- ・港内における沈没船等の障害物の緊急撤去システムを全国で構築。
- ・必要な地区において、防災拠点となり得る施設を整備。
- ・瓦礫処理等に資する災害対策用機械の技術及び支援体制等を確立。

4) 津波防災技術・知識の蓄積と普及

- ・設計外力を超える規模の津波に対する各種施設の機能維持手法と設計技術を確立。
- ・得られた知見や調査研究成果を行政や社会へ普及促進。

(2) 人口動態を踏まえた対策

- ・ 増加する災害時要援護者への支援対策を充実。
- ・ 生活領域を津波災害リスクの低い場所へ移動させる土地利用誘導政策を充実。

(3) 地球温暖化による海面上昇に対する対策

- ・ 海面上昇に備えた津波防護対策の保全のあり方を検討。
- ・ 自然災害の外力増加に対しても強靱である国土構造、経済社会への誘導政策を検討。

参考－5 情報提供施設の整備

情報を沿川住民等に迅速・的確に伝達できるように、防災行政無線（特に戸別受信機）等の伝達手段の整備を進めるとともに、住民等が理解しやすい広報案文を作成しておく。また、障害者、乳児及び老人等の自力避難が困難な災害弱者（在宅・関連施設）等を地域防災計画に規定し、確実に情報を伝達できる体制を整備していく（戸別受信機や地域防災無線の整備等）必要がある。

【解説】

市町村が津波に係る防災情報を住民等に迅速かつ的確に伝達できるように、防災行政無線（特に戸別受信機）等の伝達手段の整備を進める。戸別受信機の整備にあたっては、停電時にも機能するようバッテリーの維持等について住民等を十分に指導していく必要がある。

広報の際は、正確性に加えて、内容に具体性を持たせる等、目の前に危険が迫ってくるまで、その危険を認めようとしない人々の心理傾向を抑制する要素が求められる。

また、情報の伝達を受けた人々はテレビやラジオの視聴、市役所等への問合せ等、他の情報源から裏付けとなる情報を得ようとするのが一般的であり、サイレン、コミュニティFM放送局及びCATV等他の手段と組み合わせるなどして住民の情報入手ルートを多様化することも効果的である。

なお、テレビ・ラジオを通じての伝達も効果的であることから、地元放送機関との間で津波予警報の伝達に関する協議をあらかじめ行い、より具体的な情報伝達を行える体制を整備することも期待される。

津波による人的被害を軽減するためには「避難」が極めて重要であるが、障害者、乳児及び老人等の自力避難が困難な災害弱者（在宅・関連施設）等は、「避難」にあたって様々な障害に直面する。従って、災害の危険がある場合は、より迅速に防災情報を伝達し、警戒及び早めの避難を促すことが求められる。そこで、市町村が津波災害に係る防災情報を入手した場合の伝達ルートとして、災害弱者（在宅・関連施設）等を地域防災計画に規定し、より確実に情報を伝達できる体制を整備していく（戸別受信機、聴覚障害者については一斉FAXや携帯端末等を用いた伝達体制の整備等）。