

津波防災講座

2020.1.17 釜石情報交流センター



岩手県 沿岸広域振興局 土木部

講座の内容

1. 東日本大震災を振り返る
2. 岩手県に過去に来襲した津波
3. 津波のメカニズム
4. 津波防災施設の効果と限界
5. 東日本大震災の教訓を活かした津波防災
6. 津波からの安全な避難
7. まとめ

1

東日本大震災を 振り返る

1. 東日本大震災を振り返る

1-1. 東日本大震災による被害

1-2. 東日本大震災からの復旧

東日本大震災

平成23年3月11日 14時46分18秒
東北地方太平洋沖で発生した**大地震**と、
それに伴う津波により甚大な被害が発生

■地震の規模と揺れ

マグニチュード	9.0
岩手県内の最大震度	6弱

■県内の死者・行方不明者※

死者	4,672名	} 計5,794名
行方不明者	1,122名	
家屋倒壊数(全壊・半壊)	26,077棟	

※死者数、行方不明者数、家屋倒壊数はいずれも平成29年2月28日現在のもの

釜石市

津波痕跡高 10.1m
(釜石湾)



撮影場所：釜石市大渡町

6

大槌町

津波痕跡高 15.1m
(大槌湾)



撮影場所：大槌町小槌地区(マスト付近)

1. 東日本大震災を振り返る

1-1. 東日本大震災による被害

1-2. 東日本大震災からの復旧

東日本大震災からの復旧

- ✓ 復旧を行うにあたっての障害のひとつに、津波で流されたガレキにより、多くの国道・県道が塞がれ使用できなくなりました。
- ✓ **国、岩手県、市町村**（釜石市・大槌町など）や、**警察・消防、自衛隊・海上保安庁、地元建設業者**が協力しあい、対応にあたりました。

震災発生直後

道路けいかい啓開

応急復旧

復旧



大槌町安渡小学校へ向かう道路の啓開作業けいかい

2

岩手県に 過去に来襲した津波

明治以降の三陸大津波

発生年月日	名称	マグニチュード (※1)	最高遡上高	死者・行方不明者
明治29年6月15日	明治三陸地震津波	M=8.5	大船渡市綾里 38.2m	18,158 名
昭和8年3月3日	昭和三陸地震津波	M=8.1	陸前高田市広田 28.9m	2,671 名
昭和35年5月23日 (日本への津波到達は 5月24日)	チリ地震津波	Mw=9.5	宮古市金浜 5.6m	62 名
平成23年3月11日	東日本大震災津波 (東北地方太平洋沖地震津波)	Mw=9.0	大船渡市綾里湾 40.1m(※2)	5,796 名(※3)

※1. Mはマグニチュード、Mwはモーメントマグニチュードを表す。
M8以上の巨大地震はMwで表現される。

※2. 気象庁HP（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果）

※3. 警視庁緊急災害警備本部広報資料（H28. 12. 9）

明治以降の三陸大津波

明治三陸大津波(津波地震)

■ 岩手県の被害

発生日時 明治29年(1896年)6月15日19時32分

岩手県沿岸の震度 2

死者・行方不明者数 18,158名

津波最大遡上高 38.2m(大船渡市綾里)

※県内最大の高さ

体で感じる揺れが小さくても、大きな津波が襲ってくることもある！



画像出典) 左: 産業技術総合研究所(風俗画報臨時増刊, 東陽堂, 1896) https://unit.aist.go.jp/tohoku/newsletter/newsletter06/2005_03_no6/newsletter_05.html
右: 津波デジタルライブラリ(岩手県陸中国 南閉伊郡海嘯記事) <http://tsunami-dl.jp/document/025>

明治以降の三陸大津波

昭和三陸大津波

■ 岩手県の被害

発生日時 昭和8年(1933年)3月3日2時31分

岩手県沿岸の震度 5

死者・行方不明者数 2,671名

津波最大遡上高^{そじょうだか} 28.9m (陸前高田市広田) ※県内最大の高さ



釜石港

画像出典) 左: 「水門・陸閘自動閉鎖システム」岩手県パンフレット(「地震+津波=避難」岩手県パンフレット)

右: 津波デジタルライブラリ(三陸大震災史) <http://tsunami-dl.jp/document/032>

明治以降の三陸大津波

チリ地震津波(遠地津波)

■岩手県の被害

発生日時 昭和35年(1960年)5月23日4時11分(日本時間)
(20時間以上かけ、5月24日には岩手県にも来襲)

マグニチュード 9.5 (近代で世界最大規模、モーメントマグニチュードの値)

死者・行方不明者数 **62名**

津波最大遡上高 そしょうだか 5.6m (宮古市金浜) ※県内最大の高さ



釜石市街

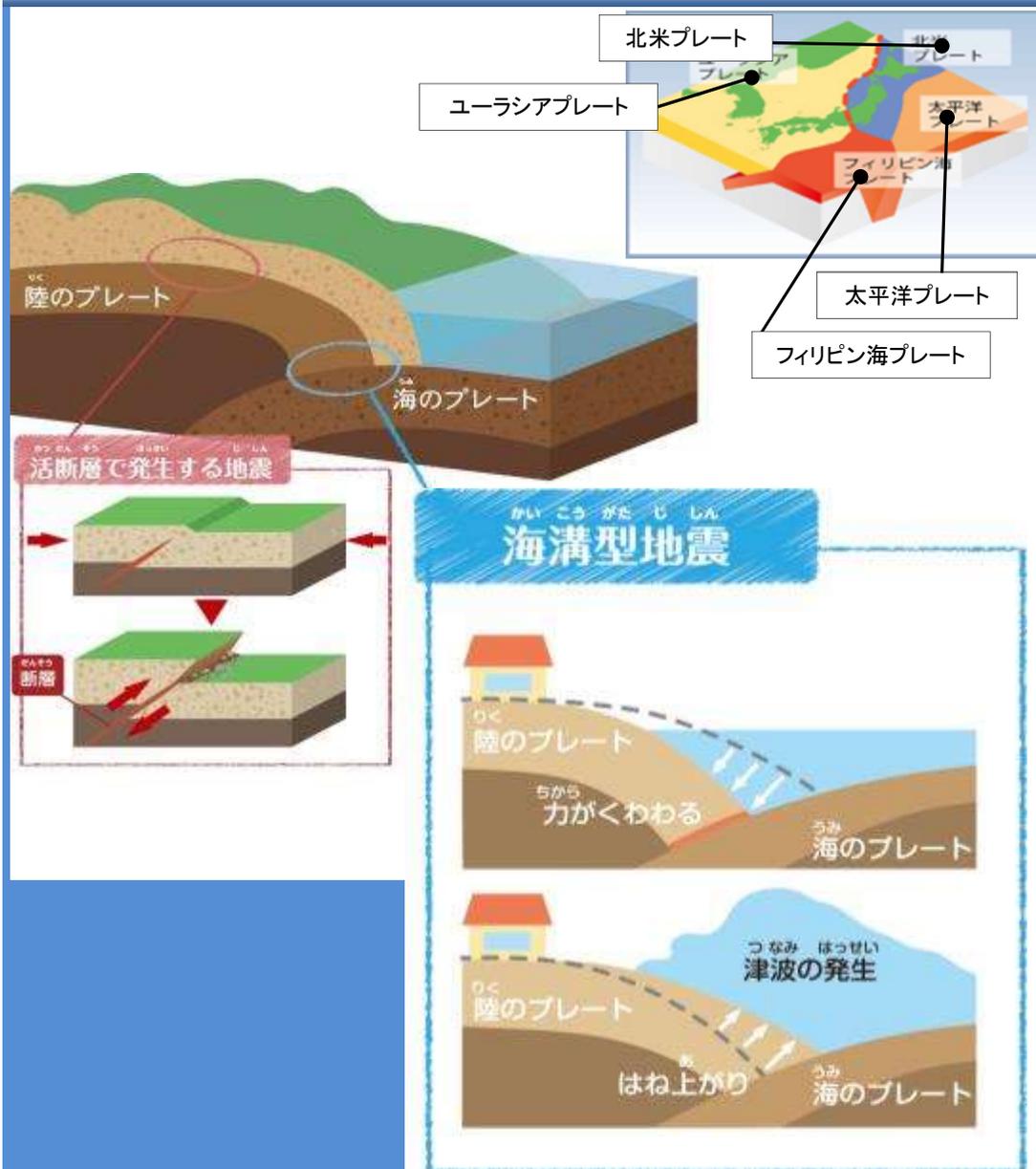
画像出典)左:「水門・陸閘自動閉鎖システム」岩手県パンフレット(「地震+津波=避難」岩手県パンフレット)

右:津波デジタルライブラリ(チリ地震津波調査報告書 海岸地形とチリ地震津波) <http://tsunami-dl.jp/document/062>

3

津波のメカニズム

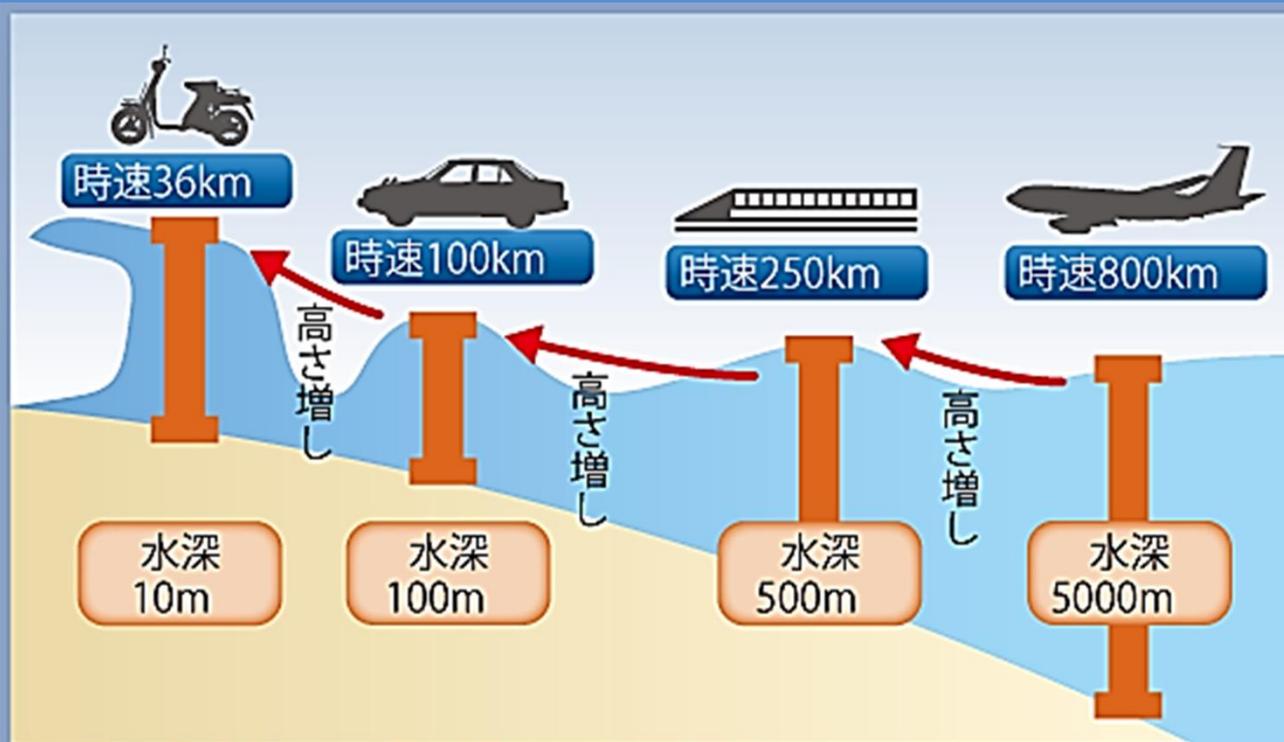
津波発生のおくみ ①発生



- 地震は、内陸部で発生する『**内陸地震**』と、日本列島周辺の4枚のプレートの境界に存在する断層がずれることで発生する『**海溝型地震**』があります。
- 津波が発生するのは、『**海溝型地震**』です。断層運動により**海底が隆起もしくは沈降**します。これに伴い**海面も変動**し、大きな波『**津波**』が発生します。
- 体に感じられない地震やマグニチュードの**小さな地震**であっても、**津波が発生**することがあります(「津波地震」といいます)。

津波発生のおくみ ②速さ

- 津波の速度は海が深いほど速く、沖合部ではジェット機並みのスピードとなることがあります。
- 沿岸部ではバイク並みのスピード(時速36km程度)で津波は襲ってきます。後ろからの波が前の波に追いつくことにより、津波は重なり合い、より津波の高さが高くなることがあります(「浅水効果」といいます)。⇒最初の波(第1波)よりも第2波、第3波の方が高い波になることもある。



※津波の速度

津波の伝わり方は、次の式で表すことができる
(波の伝播の基礎式)

$$v = \sqrt{gH}$$

g : 重力加速度

H : 水深

津波発生のおくみ ③力

- 津波は力が強いので、膝の高さ(約30cm)で立っていられなくなる。



津波実験(津波の力) 動画 約20秒

18

4

津波防災施設の 効果と限界

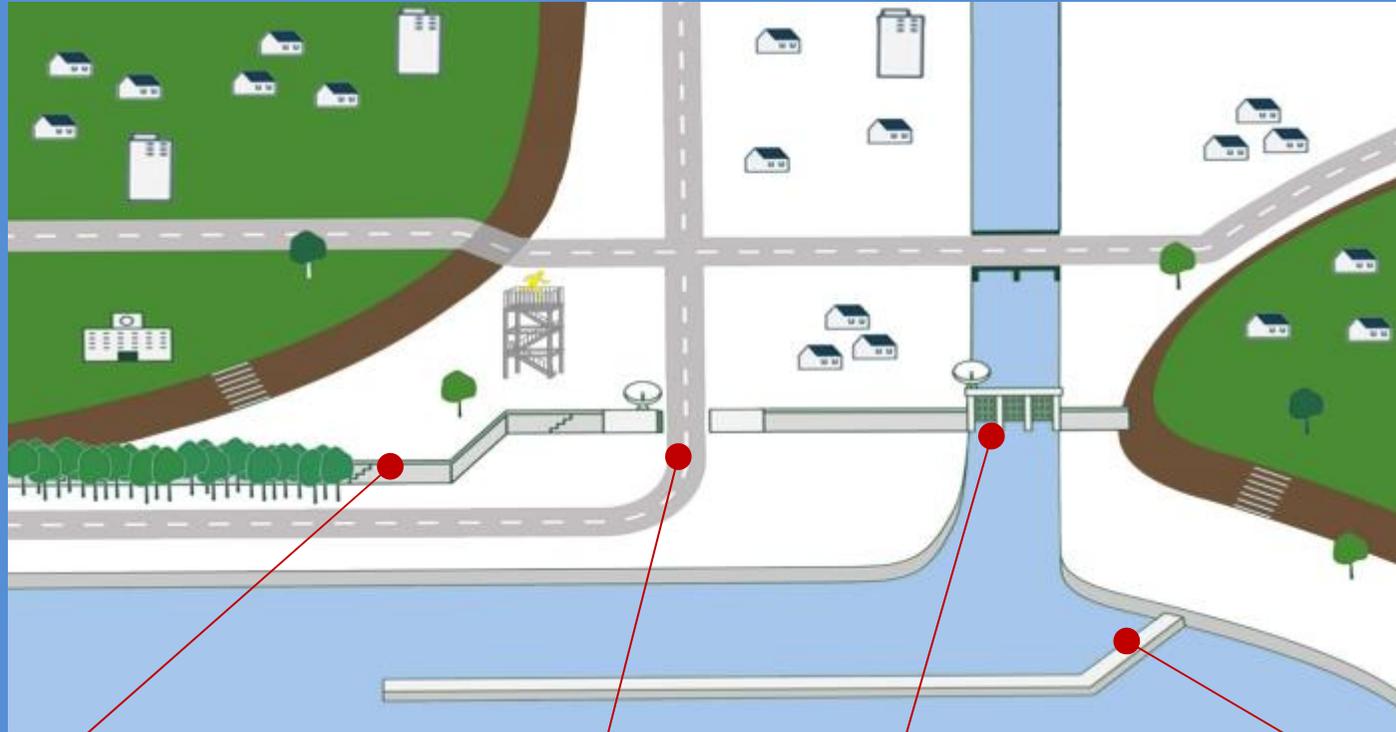
4. 津波防災施設 の効果と限界

4-1. 施設の種類

4-2. 施設の効果と限界

津波防災施設の種類

ハード対策とは、津波防災施設で津波を防御すること



防潮堤



りっこう
陸閘



水門



防波堤



津波防災施設の種類

防潮堤

▽須賀地区防潮堤(直立堤)



津波から陸地を守る堤防

津波防災施設の種類

りっこう
陸閘



りっこう
▽須賀地区陸閘

普段は道路として開放し、津波時には扉を閉鎖

津波防災施設の種類

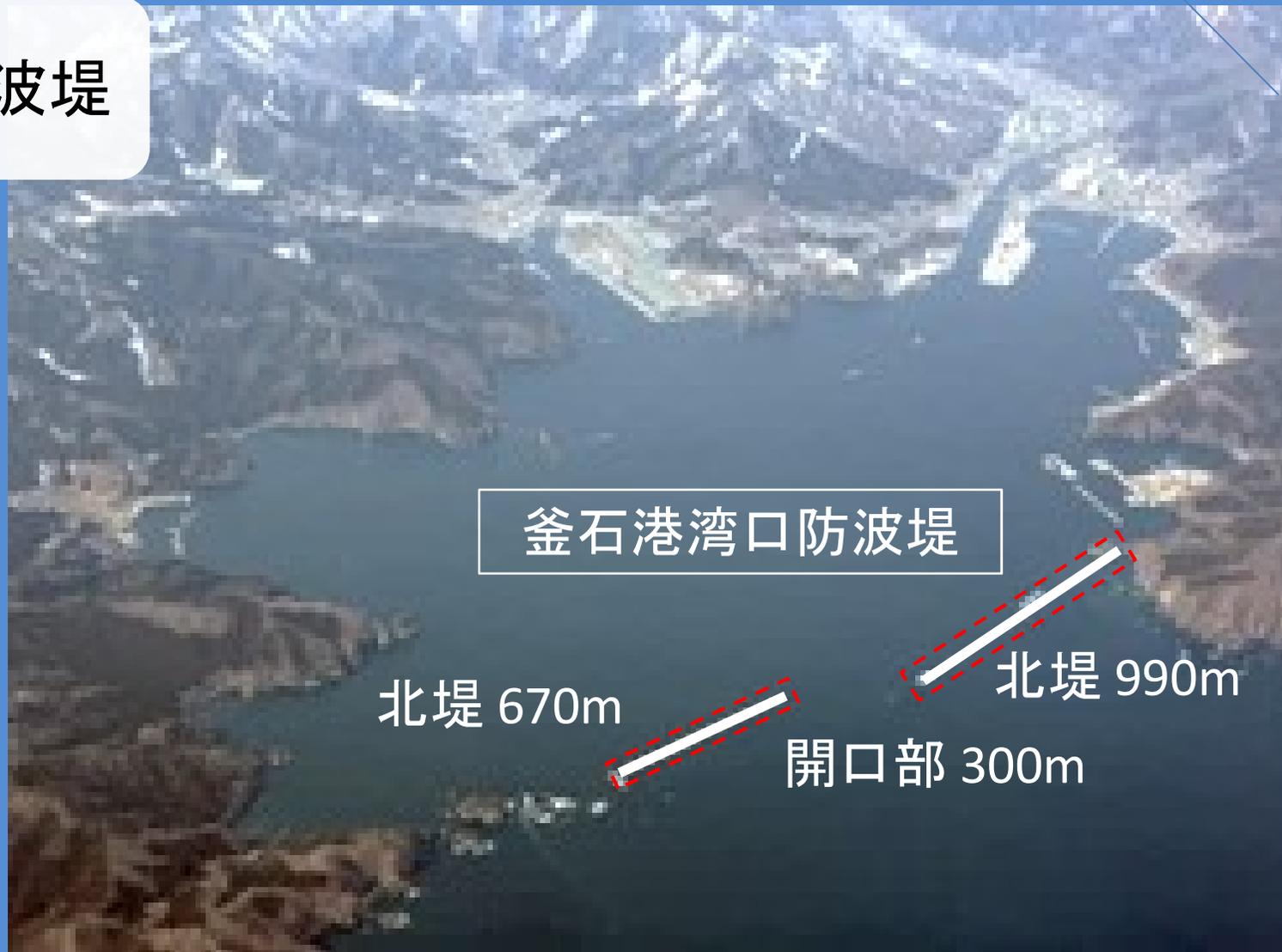
水門



津波が川に沿って浸入するのを防御

津波防災施設の種類

防波堤



波から港を守る堤防（※津波にも効果を発揮）

4. 津波防災施設 の効果と限界

4-1. 施設の種類

4-2. 施設の効果と限界

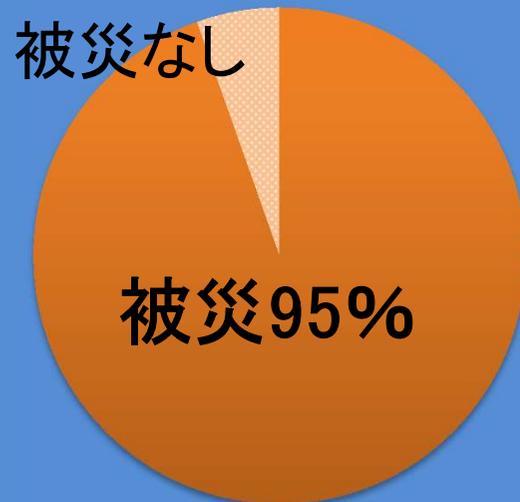
津波防災施設の被災

東日本大震災では、多くの津波防災施設が被災した

防潮堤



倒壊など



水門



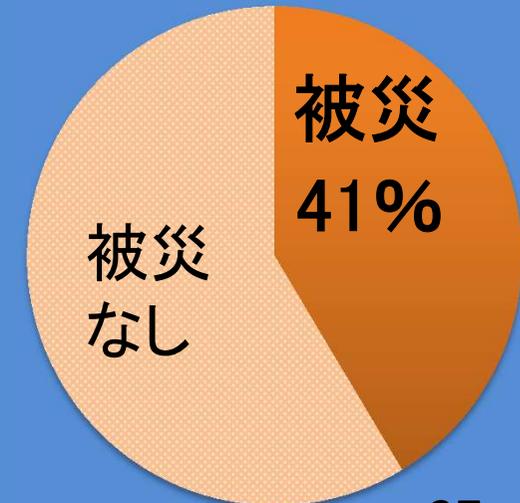
うわや
上屋流出など



陸閘 (りっこう)



もんぴ
門扉損傷など



津波防災施設の効果と限界 ① 普代村の例1

普代村 太田名部地区海岸 防潮堤



防潮堤より陸側の市街地は、津波の被害を受けなかった

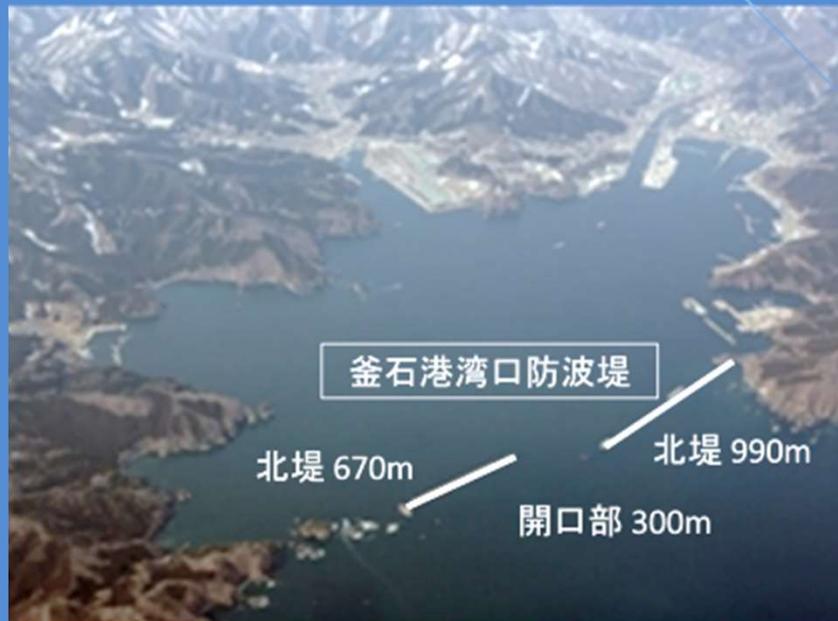
津波防災施設の効果と限界 ②釜石市の例1



津波が防潮堤を越え、被害を受けた

津波防災施設の効果と限界 ③釜石市の例2

釜石港湾口防波堤の被災とその効果



効果

- ・津波が湾内に侵入する時間を遅らせた(避難時間を稼いだ)
- ・津波高さ、遡上高を低減させた(被害範囲を小さくした)

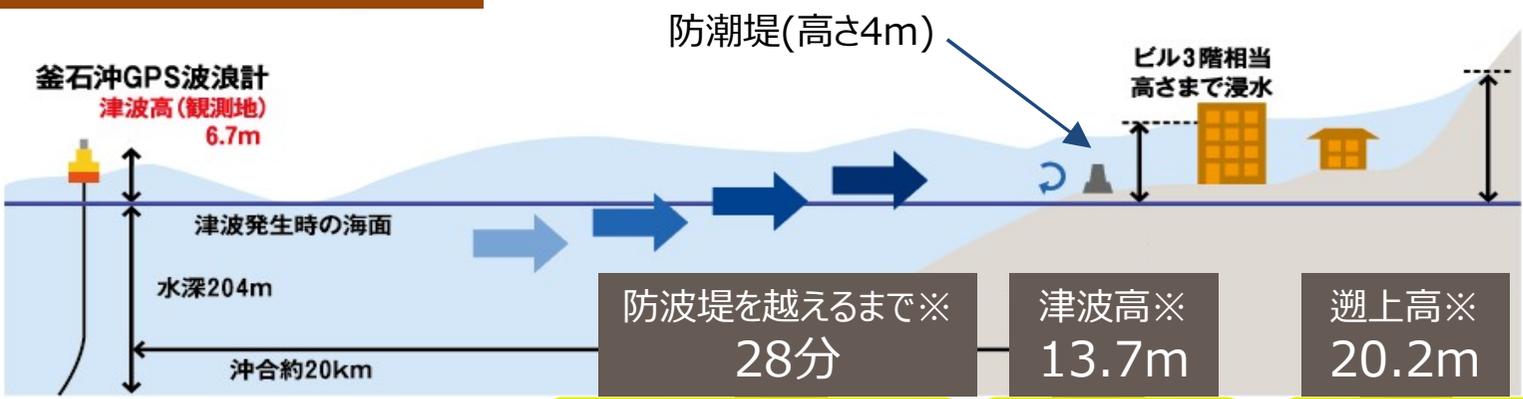
限界

- ・防波堤が破壊されることがある
- ・津波の被害を0(ゼロ)にできるわけではない

津波防災施設の効果と限界 ③釜石市の例2

防波堤の無し/ありを計算で比較

防波堤がない場合

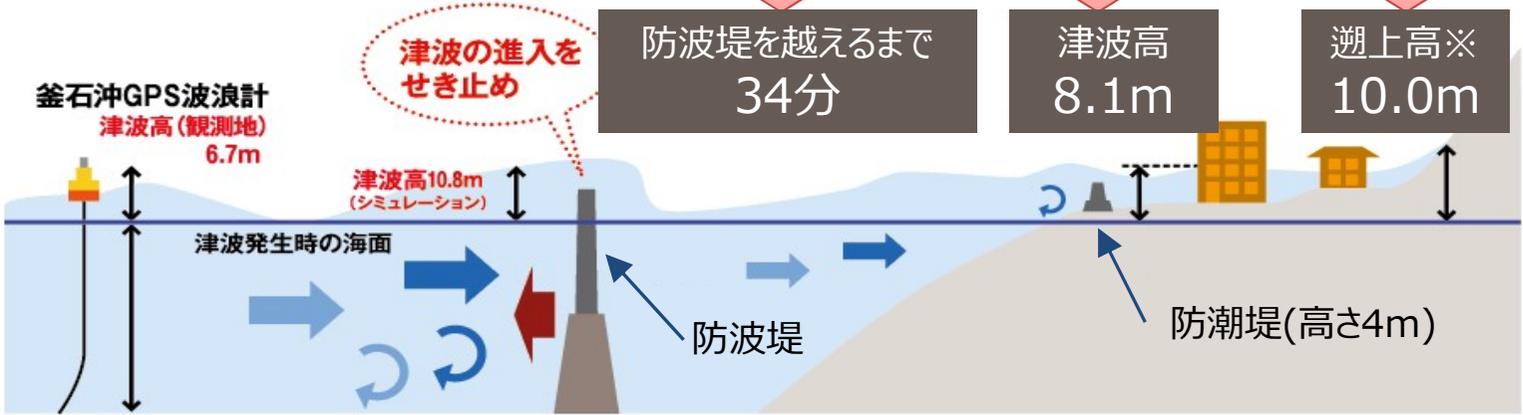


防波堤を越える時間
6分遅延

津波高
4割低減

遡上高
5割低減

防波堤がある場合



釜石市湾口防波堤の効果により、防波堤を越える時間を6分遅延、津波高を4割低減、遡上高を5割低減した

※の数値は、シミュレーションで算出

5

東日本大震災の 教訓を活かした 津波防災施設の整備

5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

- ①施設の「粘り強い構造物化」
- ②水門・陸閘(りっこう)の「自動化・遠隔操作化」

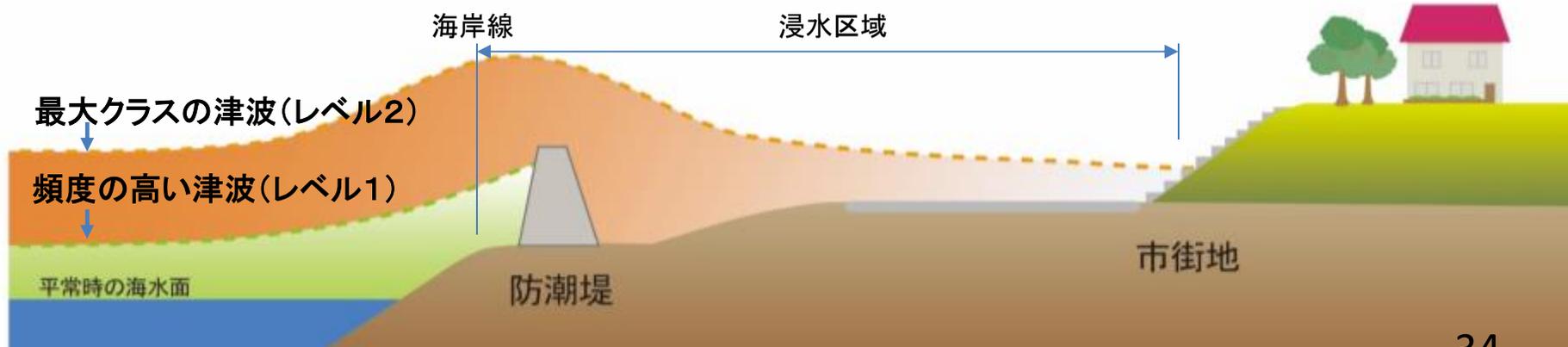
5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

(ハード・ソフト対策の融合)

津波の大きさと、対策の考え方

津波の例	津波の大きさ(津波のレベル)	対策の目標
東日本大震災	最大クラスの津波 (レベル2津波) 発生頻度は極めて低いものの、 発生すれば甚大な被害をもたらす最大 クラスの津波	減災 <ul style="list-style-type: none"> ・人命を守る ・経済的損失を軽減する ・大きな二次災害を 引き起こさない ・早期復旧を可能にする
昭和三陸津波 明治三陸津波 チリ津波	頻度の高い津波 (レベル1津波) 最大クラスの津波に比べて発生 頻度は高く、津波高は低いものの 大きな被害をもたらす津波	防災 <ul style="list-style-type: none"> ・人命を守る ・財産を守る ・経済活動を守る



5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

- ①施設の「粘り強い構造物化」
- ②水門・陸閘(りっこう)の「自動化・遠隔操作化」

5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

(ハード・ソフト対策の融合)

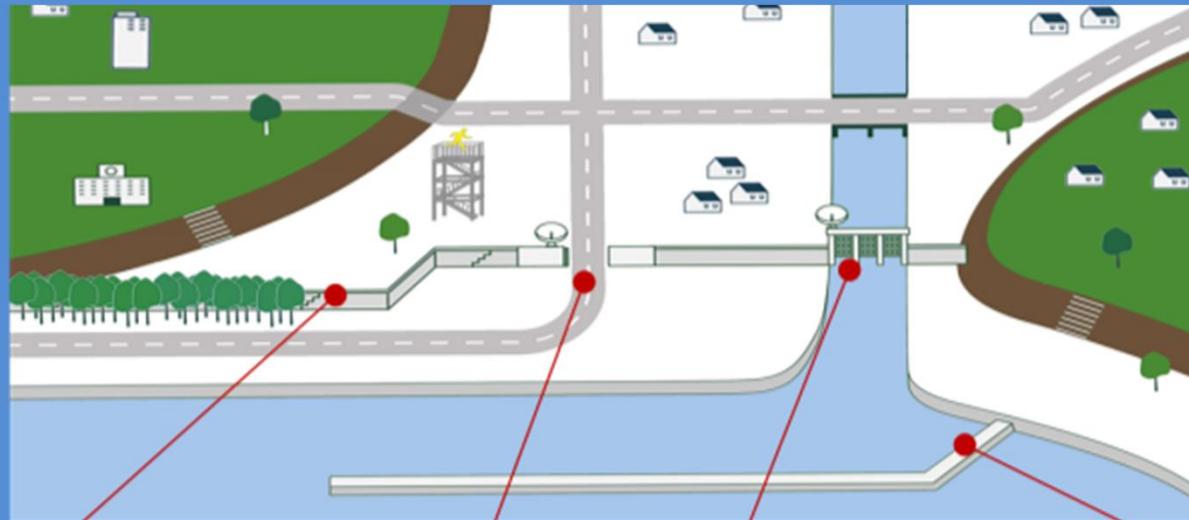
ハード対策とは

ハード対策とは、津波防災施設で津波を防御すること

⇒岩手県では、震災の教訓を活かして施設整備を行っています

①防潮堤等の施設の「粘り強い構造物化」

②水門・^{りっこう}陸閘の「自動化・遠隔操作化」



防潮堤



りっこう
陸閘



水門



防波堤

5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

①施設の「粘り強い構造物化」

②水門・陸閘(りっこう)の「自動化・遠隔操作化」

5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

(ハード・ソフト対策の融合)

防潮堤を越える津波：釜石市

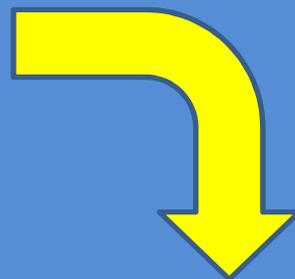


施設倒壊のメカニズム

被災前



防潮堤を越えた波によって
堤防が倒壊した



そのメカニズムは？

野田村野田地区



被災後

施設倒壊のメカニズム

津波痕跡高 16.9m(大船渡市:越喜来湾)

①越波^{えっぱ}・・・防潮堤を越えた津波



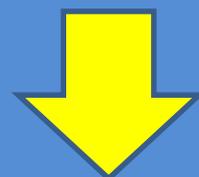
②洗掘^{せんくつ}・・・防潮堤の陸側が掘られる

③倒壊

「粘り強い構造」の防潮堤

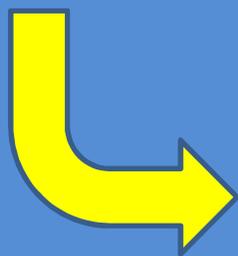
■ 東日本大震災でみられた事例

防潮堤を越えた津波により 防潮堤裏側が洗掘^{せんくつ}され、
堤防が倒壊した事例が多く発生



■ 教訓を踏まえた工夫^{せんくつ}

津波が堤防を越えても洗掘で堤防が壊れるのを防ぐ



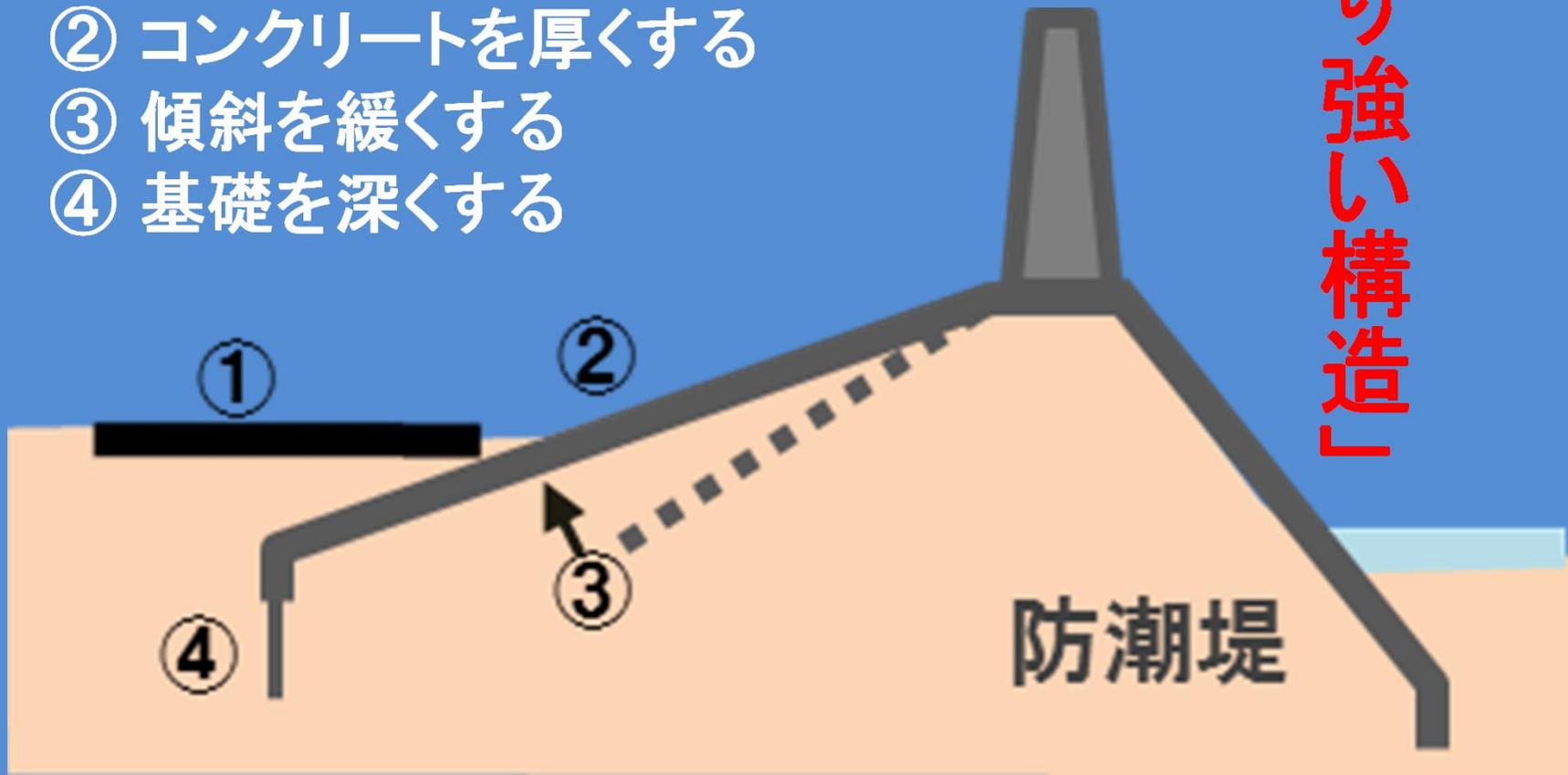
「粘り強い構造」に

壊れにくい、壊れるまでに避難時間を稼ぐ

「粘り強い構造」の防潮堤

防潮堤の陸側の対策を強化する

- ① 舗装する
- ② コンクリートを厚くする
- ③ 傾斜を緩くする
- ④ 基礎を深くする



壊れにくい、または壊れるまでに避難時間を稼ぐ

5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

①施設の「粘り強い構造物化」

②水門・陸閘(りゅう)の「自動化・遠隔操作化」

5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

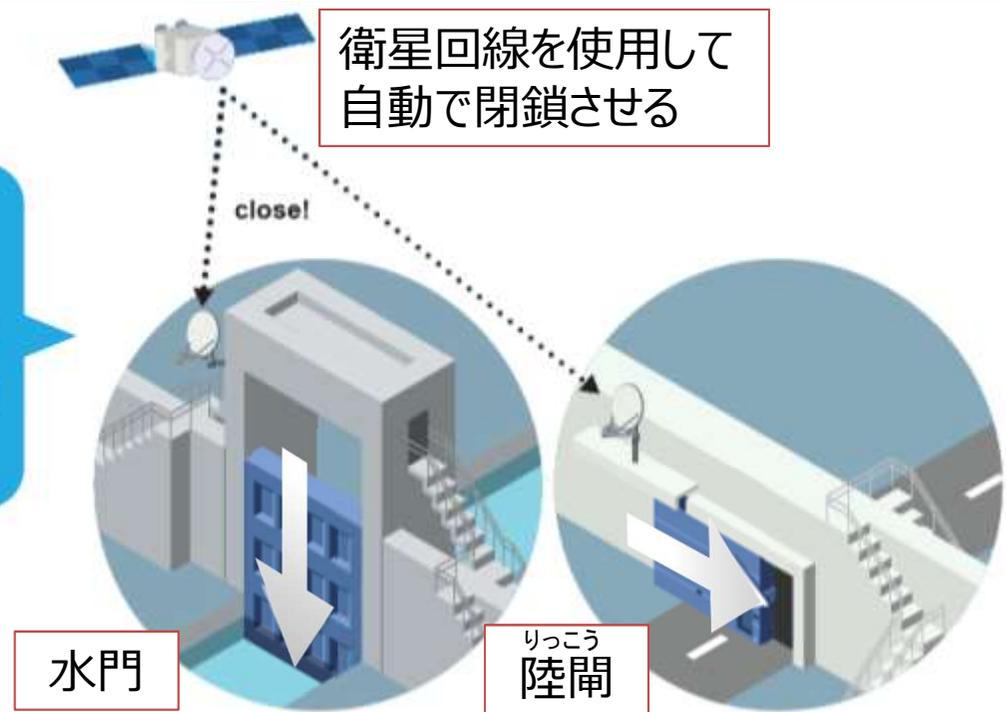
(ハード・ソフト対策の融合)

水門・陸閘^{りっこう}操作の自動閉鎖システム

- 水門・陸閘^{りっこう}自動閉鎖システムは、津波時に現地で人が操作することなく、災害に強い専用の衛星回線を使用し、安全かつ迅速・確実に水門・陸閘^{りっこう}を閉鎖するためのシステム
- 津波が来る前に、水門・陸閘^{りっこう}の閉鎖が完了できる

ゲートが自動的に閉鎖！

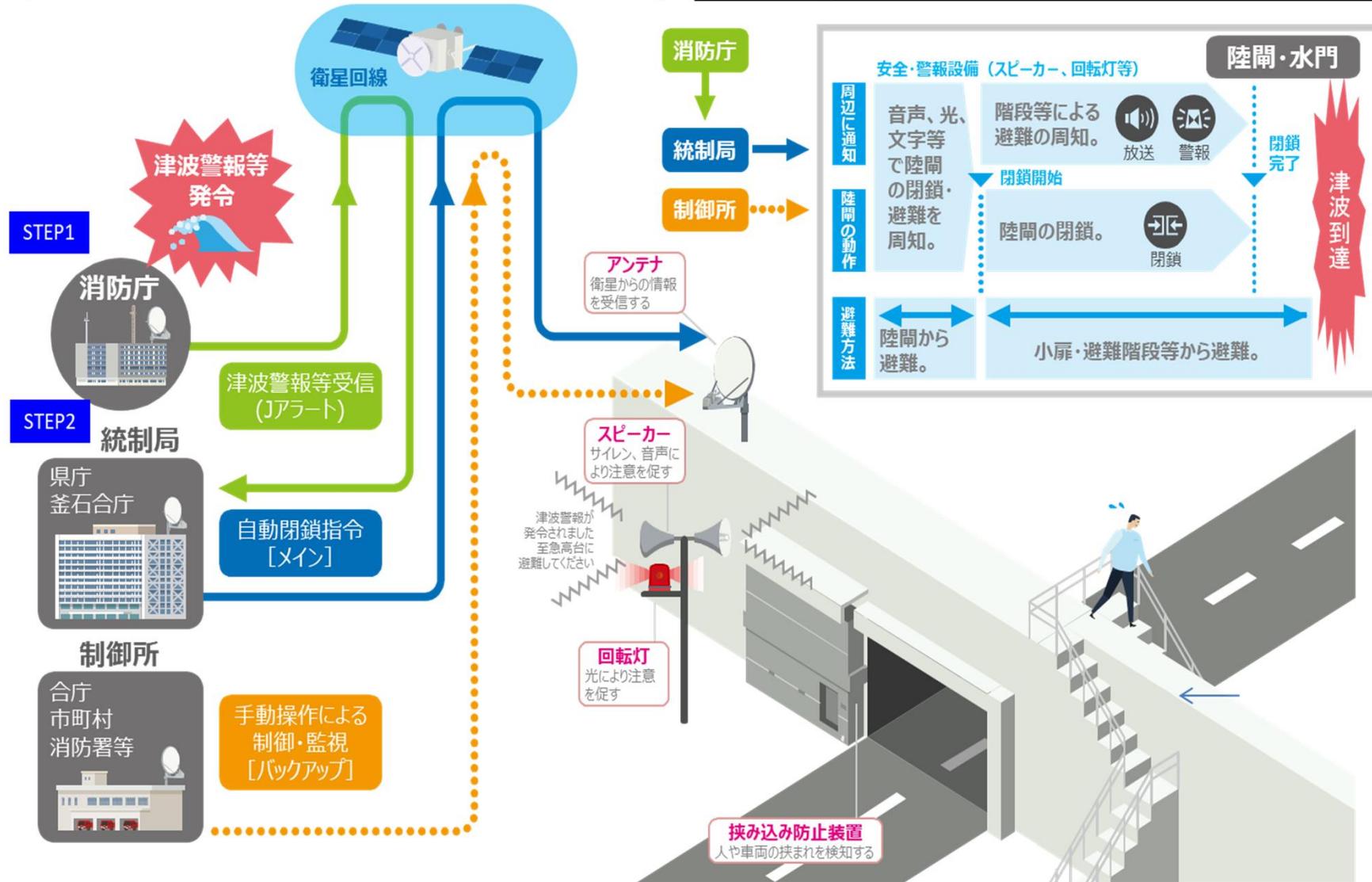
閉鎖指令を受信すると、操作員が現地に行かなくても、水門・陸閘^{りっこう}のゲートが自動的に閉まります。



岩手県における津波対策施設(水門・陸閘遠隔化)の整備状況

国が発令する津波注意報等(J-アラート)の受信を契機に、県内の各水門や陸閘(約220基)に閉鎖の一斉命令を送信し、門扉の閉鎖や閉鎖にかかる安全警報等が自動で開始。

ポイント1	人の手を介さずに自動で閉鎖されるため、冬季や夜間等においても確実な閉鎖が可能。
ポイント2	閉鎖開始前に、スピーカー、回転灯等により閉鎖の周知を行ったうえで閉鎖が開始。
ポイント3	閉鎖後も小扉、避難階段等から避難可能。



5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

①施設の「粘り強い構造物化」

②水門・陸閘(りゅう)の「自動化・遠隔操作化」

5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

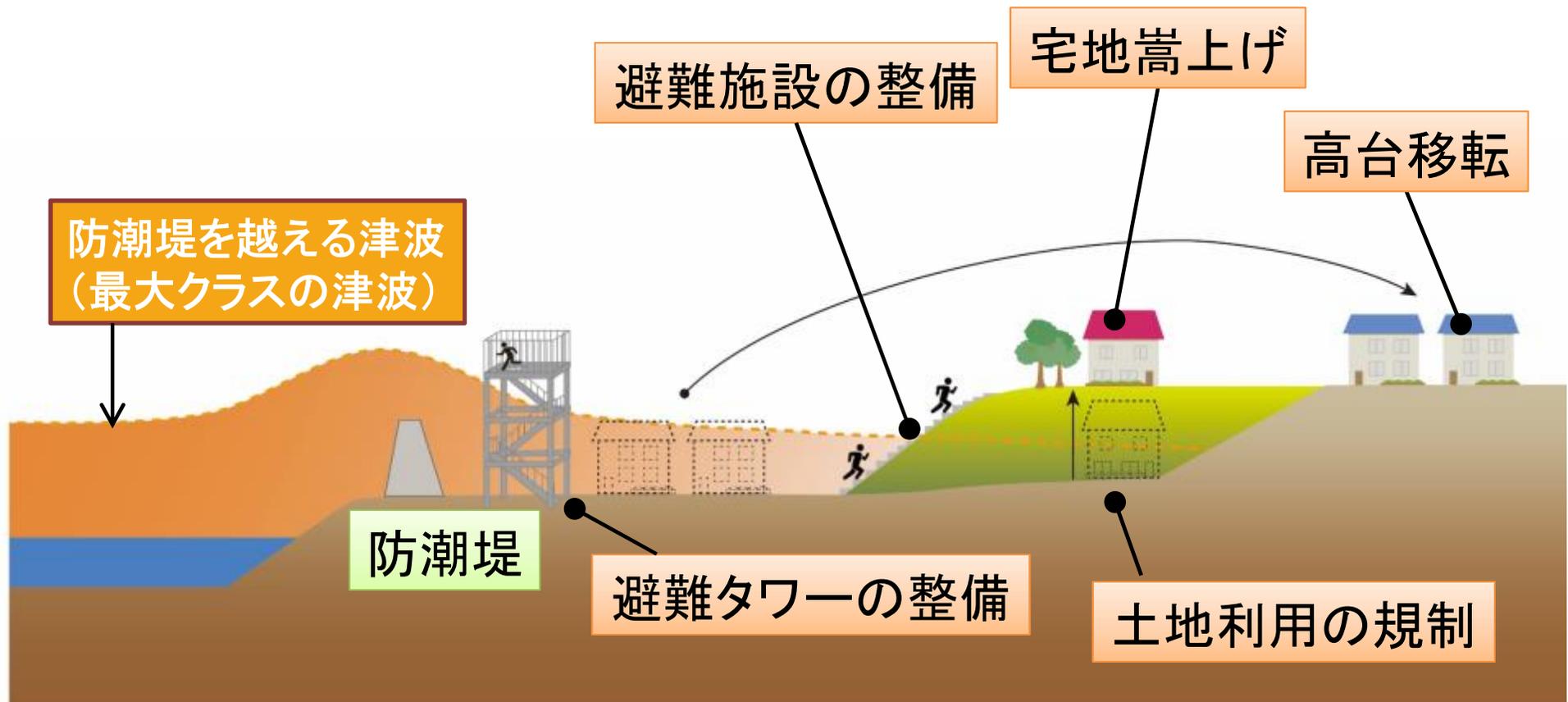
(ハード・ソフト対策の融合)

ソフト対策とは

ソフト対策

=

「ハード対策ではないもの」全般
(防災教育やハザードマップもソフト対策)



5.東日本大震災の教訓を活かした津波防災施設の整備

5-1. 津波の大きさと、対策の考え方

5-2. ハード対策とは？

①施設の「粘り強い構造物化」

②水門・陸閘(りっこう)の「自動化・遠隔操作化」

5-3. ソフト対策とは？

5-4. 多重防災型まちづくり

(ハード・ソフト対策の融合)

多重防災型まちづくり（ハード+ソフト対策）

ハード対策

+

ソフト対策

=

減災
(多重防災)

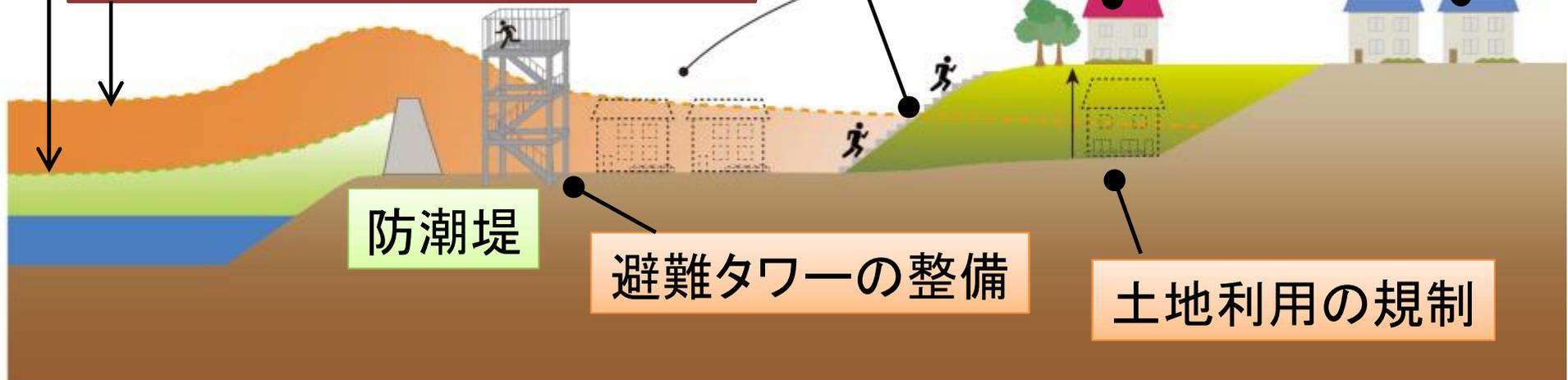
頻度の高い津波
⇒防潮堤(ハード)で防御

最大クラスの津波
⇒多重防御(ハード+ソフト)で減災

避難施設の整備

宅地嵩上げ

高台移転



6

津波からの 安全な避難

地震が起きたら

発生する津波が、**津波防災施設を越える津波**
(施設の限界を超える津波)かもしれない



津波の発生が予想される時には、ただちに津波の届かない **高い所へ率先して避難** することが重要



釜石市鶉住居地区
では、**中学生が率先**
して、**より高い所、よ**
り高い所 へと **避難**
を続け、津波から身
を守ることができた

普段から津波の避難場所を確認

大槌町
桜木町裏山避難路



釜石市
釜石小学校避難路



避難の看板は街のいたるところにある

迅速な災害対応に向けての備え

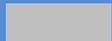
タイムライン

災害時(災害発生前や災害発生が想定される場合を含む)における、企業、個人の防災行動計画を時系列で整理したものをいう。

災害対応におけるタイムラインの位置づけ

	災害時の対応	
	災害発生前	災害発生後
進行型災害 (台風、津波等)	タイムライン	従来からの対応
突発型災害 (地震等)		

 : タイムラインで対応

 : 従来からの対応

●タイムラインを作成しておくメリット

- 一人ひとりが先を見越した行動ができ、組織内のリーダーは不測の事態の対応に専念できる。
- 責任が明確化される上に、防災行動の抜け・漏れ・落ちの防止が図れる。

7

まとめ

1. 東日本大震災を振り返る

- 各地で津波防災施設を越える津波が来襲し、**大きな被害が発生**

2. 岩手県に過去に来襲した津波

- **明治三陸大津波**
- **昭和三陸大津波**
- **チリ地震津波**

3. 津波のメカニズム

- 『海溝型地震』により、津波は発生する
- 津波の速度は海が深いほど速く、後から来る波が前の波に追いつくことで津波が重なり合い、より大きな津波になることがある
- 小さな津波でも大きな力がある

4. 津波防災施設の効果と限界

- 津波防災施設の種類（防潮堤、水門、^{りっこう}陸閘、防波堤など）
- ハード対策には効果と限界がある

5. 東日本大震災の教訓を活かした津波防災

- 頻度の高い津波 : **ハード対策**
 - ①粘り強い構造りっこう
 - ②水門・陸閘操作の自動化・遠隔操作化
などの技術を取り入れた津波防災施設の整備
- 最大クラスの津波 : **ハード + ソフト対策**
住民避難を前提とした多重防御により
人命を守る
= 多重防災型まちづくり

6. 津波からの安全な避難

- 安全な高い所に率先して避難
- タイムラインを策定し、災害発生時の行動を明確にしておく

おわり



岩手県 沿岸広域振興局 土木部