

東日本大震災の復興により津波に備える沿岸陸域の姿から学ぶ ー津波災害から12年を経てー

2023年3月11日

常田賢一

(一社) 地域国土強靱化研究所 顧問 大阪大学 名誉教授

概 要

2011年東北地方太平洋沖地震の後、津波による防潮堤および沿岸域の被災状況を現地調査し、震災発生から10年を経た、2021年3月に陸域における津波被害からの復興状況に関する現地調査を実施した。本文は、被災直後の状況と10年後の復旧・復興の状況を比較することにより、岩手県、宮城県などの被災した沿岸陸域が、将来の津波に立ち向かう姿に変貌していること記すとともに、復興により得られた知見などを、将来の津波防災に活かす取組み、動きを展望している。

目 次

はじめに	1
1. 調査の対象地点と基本的事項	2
2. 多様な防潮堤	4
2.1 直立壁構造	5
2.2 直立壁構造・嵩上げ地盤	8
2.3 直立堤・裏法傾斜構造	9
2.4 傾斜堤：三面張構造	11
2.5 傾斜堤：覆土・植栽構造	16
2.6 傾斜堤：CSG構造	19
3. 多様な多重防御	24
3.1 リアス海岸の多重防御	26
3.2 海岸平野の多重防御	33
3.3 単一防御	41
4. 多様な高所防御	47
4.1 高台移転	47
4.2 嵩上げ地盤・移転	52
4.3 津波避難用嵩上げ地盤・丘・タワー・ビル	55
5. 津波対策における道路の役割	64
5.1 道路の活用の分類	64
5.2 多重防御における活用	65
5.3 構造の複合化での活用	69
6. 東日本大震災の復興調査のまとめ	71
7. 将来の南海トラフ巨大地震の展望	72
7.1 想定される震源断層域、震度、津波高、津波到達時間	72
7.2 南海トラフ巨大地震を考える場合の前提	74
8. 今後の特筆される課題	75
8.1 コンビナート防災の推進：狭域多重防御の実現	75
8.2 レベル2 津波に対する盛土の活用	76
おわりに	84
参考文献	85
付属資料：先人の偉業に学ぶ	87

はじめに

著者は、東北地方太平洋沖地震（以下、東日本大震災と呼ぶ。）が発生した2011年3月11日の2日後の3月13日に、常磐自動車道的那珂インター付近で発生した高速道路盛土のすべり崩壊箇所の調査を実施している。その後、2011年4月30日～5月2日に宮城県の仙台海岸および岩手県の陸前高田市、5月3日に千葉県の旭海岸を訪れ、津波による防潮堤および沿岸域の被災状況を現地調査している。

それ以降、現地の被災状況からの気づきを動機として、津波防災に資する盛土構造に着目し、調査研究に取り組んで来ているが、東日本大震災の発生から10年を経た、2021年3月18～21日に岩手県と宮城県、5月6日に宮城県の陸域における津波被害からの復興状況に関する現地調査を実施している。

その結果、復興の10年間に於いて、防潮堤および沿岸域の社会基盤の復旧・復興は計画的かつ着実に実施されてきており、基本的な復興インフラの骨格は概成しつつあること、今後はその肉付けを図り、地域の防災性の向上、活性化を図ること、さらに、復興の取組みを将来の津波防災に活かすことが必要であることを感じている。

本文は、東日本大震災から12年目を迎えるに当たり、被災直後の状況と10年後の復旧・復興の状況を比較することにより、岩手県、宮城県などの被災した沿岸陸域が、将来の津波に立ち向かう姿に変貌していること記すとともに、復興により得られた知見などを、将来の津波防災に活かす取組み、動きを展望する。なお、本文が対象とするのは、復興事業のうち、防潮堤の整備に加えて、交通インフラ活用の二線堤の整備、土地の嵩上げ、避難場所の整備などの津波ハード対策である。

さて、2021年3月および5月に実施した復興状況の現地調査は、リアス海岸の岩手県（田野畑村）から海岸平野の宮城県（山元町）までの39箇所、加えて、道路による津波防御の事例として資料調査をした千葉県の1箇所の合計40箇所である。なお、調査地の選定では、復興前後の比較を行なうため、東日本大震災による津波（以下、3.11津波と呼ぶ。）の際に現地調査を実施していた箇所を基本とし、その他は、日頃の復興に関する行政機関やマスコミの情報などを参考にして、特徴的と思われる海岸を選定するようにしたが、現地調査の際に、現地状況から臨機に調査地とした箇所もある。

本文は、まず、津波に対して沿岸陸域の最前線にある「防潮堤」について、復興により設計、施工された多様な堤防構造の事例、次に、復興庁の復興の基本指針¹⁾、宮城県の震災復興計画²⁾で復興戦略として提示された「多重防御」および「高台移転（集団移転）」に関する多様な実施事例を紹介する。さらに、将来の南海トラフ巨大地震と東日本大震災を比較し、今後の津波防災の対応策を展望する。

なお、復興の取組みから、地域性に応じた柔軟な対応が取られていることが分かるが、本書の主旨は、復興が進展し、その結果が見える形になっている現在、復興の軌跡を振り返り、復興の事後評価、総括をしておくことである。また、本文は幅広く復興の状況を俯瞰しているが、これらの実施事例には、将来の津波に備えた復興の思い、英知が込められており、それらを学ぶことにより、将来の巨大地震において類似の災害を繰り返さないための備えに資することである。

なお、本文の構成、内容などは、参考文献（後出）のうち、下記の30)、31)、32) および33) をベースとしているが、これらの文献で報告、紹介できなかった調査箇所、内容も追記している。

30) 常田賢一：東日本大震災から10年、復興により津波に備える沿岸陸域の姿（その1）、土木技術資料 No.63-9、2021.9.

31) 常田賢一：東日本大震災から10年、復興により津波に備える沿岸陸域の姿（その2）、土木技術資料 No.63-10、2021.10.

32) 常田賢一：東日本大震災の復興において津波・多重防御を担う道路盛土、第34回日本道路会議、No.4016、2021.11.

33) 常田賢一・秦 吉弥：東日本大震災の津波から学び 粘り強い盛土で減災、理工図書、2016.

1. 調査の対象地点と基本的事項

津波の来襲に対する最前線の構造物は、沖合に設置される防波堤があるが、湾口などに必ず設置されている構造物ではなく、現地調査の箇所も限られることから、本文では、沿岸の陸域にある防潮堤（正式には、海岸堤防または胸壁と言うが、本文では防潮堤と呼ぶ）を対象としている。

40箇所の調査箇所に関する、3.11津波前の堤防高、津波時の痕跡高、復興目標の堤防高設定値は表1の通りである^{8), 12), 15)}。同表の堤防高設定値は、設計津波の水位から求めた必要堤防高と高潮によるその高い方を基にし、環境保全等を総合的に判断して設定されている。同表によれば、堤防高設定値（レベル1津波対応）は、3.11津波の津波高（レベル2津波相当）より低く、被災前の堤防高以上である。

表1 調査地の津波痕跡高、堤防高の諸元^{8), 12), 15)}

	地域海岸名	現地調査場所	被災前の 堤防高	今次の津 波痕跡高	復興時 堤防高 設定値
岩手県	日野畑海岸	① 田野畑村明戸海岸 ② 同 鳥越	14.3	23.0	14.3
	田老海岸	① 宮古市田老漁港 ② 同 田老三王	10.0～13.7	16.3	14.7
	宮古湾	① 宮古市新川町 ② 同 閉伊川河口右岸 ③ 同 宮古港 ④ 同 藤の川	8.0～8.5	11.6	10.4
	大槌湾	大槌町浪板海岸	6.4	15.1	14.5
	両石湾	釜石市両石漁港	6.4～12.0	22.6	12.0
	釜石湾	釜石市釜石港	4.0～6.1	10.1	6.1
	広田湾	① 陸前高田市脇之沢漁港 ② 同 高田松原	4.95～6.5	18.3	12.5
宮城県	唐桑半島東部	① 気仙沼市唐桑町石浜漁港	4.5～6.1	14.4	11.3
	唐桑半島西部②	① 気仙沼市唐桑町西舞根	2.5～3.2	13.8	9.9
	本吉海岸	① 気仙沼市大谷漁港 ② 同 大谷沼尻海岸 ③ 同 大谷海岸	2.5～5.5	18.8	9.8
		④ 同 中島海岸			14.7
	雄勝湾奥部	① 石巻市雄勝漁港 ② 同 下雄勝	4.1～5.9	16.3	9.7
	女川湾	女川町中心部・女川漁港	3.2～5.8	18.0	6.6
	石巻海岸	① 石巻市長浜 ② 同 魚町 ③ 同 雲雀野町 ④ 東松島市大曲浜	4.5～6.2	11.4	7.2
	仙台湾南部海岸①	① 仙台市東部地域 ② 同 荒浜 ③ 同 海浜公園冒険広場 ④ 同 井土浦：CSG堤 ⑤ 同 井土浦：河川堤防 ⑥ 名取市関上・関上浜 ⑦ 岩沼市千年希望の丘 ⑧ 同 下野郷浜 ⑨ 同 寺島	5.2～7.2	12.9	7.2
	仙台湾南部海岸②	① 亘理町鳥の海 ② 同 大畑浜 ③ 同 吉田浜 ④ 山元町笠野・高瀬	6.2～7.2	13.6	7.2
	千葉県：千葉東沿岸海岸 地域海岸⑧：片貝漁港北側～長生村一松付近				
	九十九里有料道路		延宝地震 再現最大 7.1		6.0
(注) 単位：m (T.P.)					

ここで、レベル2津波は、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とされ、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定されている。そのため、防潮堤などの海岸保全施設等は、津波が堤防高を越えた場合に、堤防が壊れるまでの時間を遅らせる、つまり、粘り強いことで、避難時間を稼ぐとともに、浸水面積や浸水深を減らすことに資するとされている。

なお、本文中で記載している表1 以外の数値は、現地調査時などの概数であることに留意されたい。

ここで、本報告に関係する、“津波に関わる用語”、“海岸の分類および名称に関わる用語”、“海岸堤防の種類に関する用語”に関する予備知識および本文での取り扱いを、以下に示す。

【予備知識 1】津波に関わる用語。 *防潮堤の堤防高：T.P.で表記される。

T.P.：東京湾平均海面水位からの高さ＝標高。

地盤高：地盤面からの高さ。 ∴ 防潮堤の T.P. － 地盤の標高＝防潮堤の地盤高

津波高：T.P.による津波の高さ。 浸水高：T.P.による浸水の高さ。

遡上高：T.P.による津波の遡上到達点の標高。 浸水深：地表面上の浸水の深さ＝水深。

【予備知識 2】海岸の分類および名称に関わる用語。 *多種多様であり、必ずしも統一されていない。

宮城県河川・海岸施設等設計マニュアル（案）^{9）}は、砂浜海岸と岩礁海岸に分類。

砂浜海岸：海の波や流れによって生じた砂からなる、砂浜が発達した海岸。

*九十九里海岸や石川県の千里浜、鳥取平野など。

海岸平野：海岸付近に見られる砂浜海岸より比較的大きな地形。

浜堤平野（ひんていへいや）：海成堆積低地、海岸平野の一種であり、海浜の背後に発達した浜堤と、その間に発達した堤間湿地とがみられる海岸沿いの低地。

*石巻平野、仙台平野、九十九里平野など。

三陸海岸：鮫角（八戸市）から万石浦（石巻市）までの総延長 600km 余の海岸。

宮古市を境にして、北部は海岸段丘、南部はリアス式海岸。

海岸段丘：海岸にそって広がる 階段状の地形。

リアス式海岸 → リアス海岸に変更。 沈降海岸。リア、リアスとも言う。

沿岸部：陸側と海側の両域。

沿岸の海域：20 海里（37.04km）。 *1,852m/海里

沿岸の陸域：海浜植物の生息範囲、行政界など。

臨海部：海が見える陸域。

以上を踏まえて、本文では、

(1) 防潮堤は、岩礁海岸と砂浜海岸に区分。

*宮城県河川海岸施設等設計マニュアル（案）^{9）}に準ずる。

(2) 多重防御および高台移転は、基本的に、それぞれ海岸平野およびリアス海岸に対応。

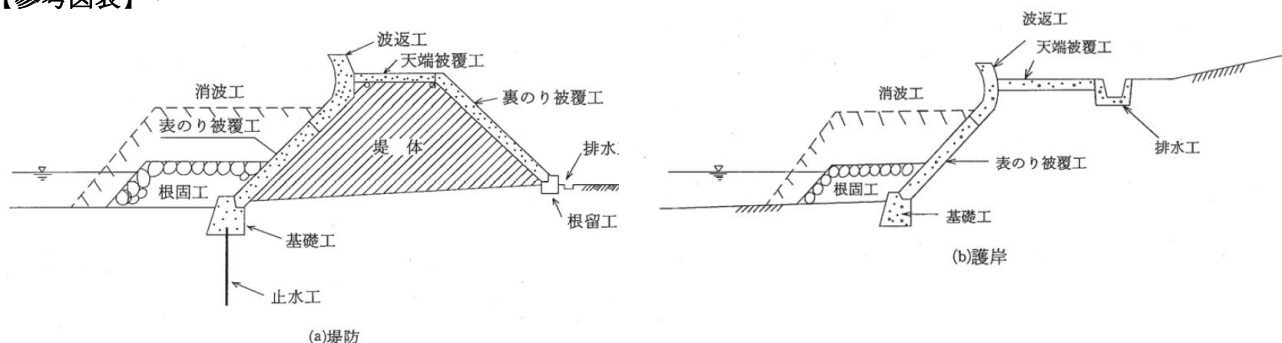
(3) 調査の対象領域は、海岸（主に海側）、沿岸（陸海両側）、臨海部（陸側）ではなく、海岸線付近（離岸堤を含むなど）から高台などまでの概ねの陸域を対象とし、本文の表題に示す「沿岸陸域」を主たる対象領域とする。

【予備知識3】海岸堤防の種類に関する用語。 *宮城県河川海岸施設等設計マニュアル（案）^{9）}による。

次ページの【参考図表】の通り、海岸堤防（防潮堤）の構造は、堤防および護岸に区分。

共通する形式として、傾斜堤、緩傾斜堤、直立堤および混成堤に区分されているが、本文では、主に傾斜堤と直立堤が対象であり、それらを組合せた構造も含んでいる。

【参考図表】⁹⁾



堤防：原地盤を嵩上げて建設

護岸：原地盤の嵩上げを伴わない構造物

堤防および護岸に共通する型式 (法勾配)

傾斜堤	石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式など	1:1以上
緩傾斜堤	コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式など	1:3以上
直立堤	石積式、重力式、扶壁式など	1:1未満
混成堤	上記の組合わせ	—

2. 多様な防潮堤

防潮堤は、津波・高潮などに対する基本的な防潮構造物であるが、調査箇所の防潮堤は、図1のように分類している。同図のとおり、調査箇所の防潮堤の堤防形式は「直立堤」と「傾斜堤」に大別できるが、それらは法勾配で区分され、それぞれ「岩礁海岸」と「砂浜海岸」での整備が基本である⁹⁾。なお、復興に際しての特徴的な構造には、嵩上げ地盤と複合化した直立堤、覆土・植栽した傾斜堤、盛土材を改良した傾斜堤（CSG構造）などがあるが、地域事情を踏まえた構造であり、多様である。なお、防潮堤の付属構造には、防潮扉、直立壁に穿った覗き窓、階段、水門などがある。

また、復興に際して防潮堤に必要とされた性能として、筆者は図2に示す8つを提案している³³⁾。復興の実際では、1) 構造機能、2) 耐久性、3) 津波減勢性は第1義的に考慮されるが、地域性により4) 海陸交流性、5) 景観性・自然性および6) 空間利用性も重視されている。ただし、7) 点検性・補修性、8) 経済性は、今後、留意すべき性能である。なお、図2の性能は、海岸保全施設（堤防）の構造に関する性能に留まらず、復興に際して、地元事情により必要とされ、考慮されるべき全体的な性能である。

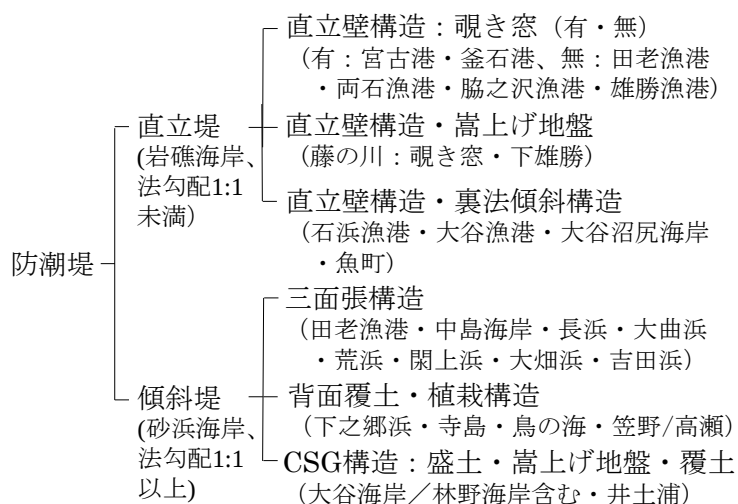


図1 復興における多様な防潮堤の構造

基本性能

- 1)構造機能 : 外力に対する安定性の保有
- 2)耐久性 : 所要の安定性の保持
- 3)津波減勢性: 越流の防止、越流水の影響の低減

復興に際しての所要性能

- 4)海陸交流性
 - 往来性: 防潮扉・オーバーパス
 - 避難性: 同上・階段・高架通路
 - 視認性: 防潮扉・覗き窓
 - 河川通水・津波遮水性: 水門・水路
- 5)景観性・自然性: 覆土／植生・CSG堤・無堤
- 6)空間利用性: 背面地盤嵩上げ・道路兼用

今後、留意すべき性能

- 7)点検性・補修性
- 8)経済性

図2 復興における防潮堤の性能の区分：文献33に加筆

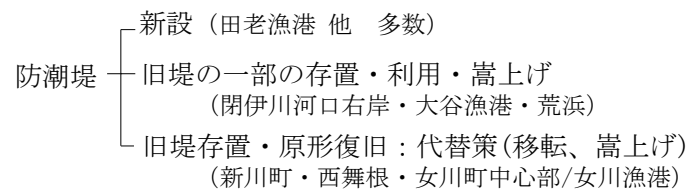


図3 防潮堤の整備の位置づけ

さらに、復興状況によれば、防潮堤の取扱いに関して図3 の分類もできる。つまり、復興により新たに整備する防潮堤だけでなく、旧防潮堤の一部を存置し、活用して新堤を嵩上げしたり、さらには、防潮堤の代替策、旧堤の原形復旧などにより、画一的な防潮堤の整備を避ける場合もある。

以下では、復興による防潮堤の構造に関して、図1 ～図3 の視点から、主な該当事例（図1、図3 に調査地名を略記している。）を示す。

2.1 直立壁構造

写真1 は宮古市新川町の閉伊川左岸の直立壁構造（地盤高約3m）である。3.11津波の際の同海岸の津波痕跡高はT.P.11.6m（表1）であり、漂流した車や船舶が同防潮堤を越流した様子が報道（写真1-1）されたが、防潮堤は破壊せず、写真1-2のように存置されている。残存した理由は、壁背面の基礎が侵食し難い状態（写真1-2右：縁石などで被覆など）であったこと、越流水が滞水してウォータークッション（写真1-1右）となり壁構造の不安定化を免れたことによると思われる³⁴⁾。

なお、復興における同海岸の堤防高設定値はT.P.10.4m（表1）であるが、残存した防潮堤の下流の河口には、写真1-2 のように水門が設けられるとともに、それに連続する左右岸に新たな防潮堤（後述、写真3 など）が建設されている。



写真1-1 津波の来襲時の様子：宮古市HPによる



写真1-2 津波の越流に耐えた直立壁構造：宮古市新川町：左・全景、右・陸側、2021.3

このような直立壁構造は、限られた用地で所要の高さの防潮機能が必要な場合に適している。そのため、復興された他の海岸でも、用地の制約がある箇所では、直立堤が随所で見られる。

事例2.1 (1)：宮古市・田老漁港

津波前に「万里の長城」と呼ばれたT.P.10mの傾斜堤があったが、越流（痕跡高T.P.16.8m）で壊滅的な被害を受けた田老漁港では、X形状の旧堤の山側を残して、海側に新堤（T.P.14.7m）が整備されている。写真2-1 は、田老防潮堤の完成予想図であるが、左側の田代川水門から右側の山地までの海岸は新たな防潮堤（直立堤と傾斜堤、写真2-2 参照）が連続しており、両構造の差異が分かる。なお、海陸の交流のため、防潮堤をオーバーパスするアクセス道が2箇所設けられているが、これは地盤高10mの防潮堤を越える大規模なものであり（写真2-4）、海陸交流性、避難性などの対応として特筆される。

このように、防潮堤では、それを横断すること、つまり、海陸交流性（図2 を参照）の確保が必須である。田老漁港では、写真2-2、写真2-3 のように、傾斜堤の階段（避難性）、直立堤の防潮扉（往来性、避難性、視認性）、水路・水門の開口部（河川通水性）があるが、一般的な対応構造である。

さらに、写真2-5左は旧堤防であり、山側は現存し存置・再利用されるが、海側は決壊し、新堤が再構築されている。つまり、X形状の旧堤はT.P.10mの二重構造であったが、復興により堤防高を高くした新堤（T.P.14.7m）と旧堤（T.P.10m）の二重構造で強化されている。なお、3.11津波による痕跡高は16.3mであるので、3.11津波に相当するレベル2津波は越流するが、粘り強い構造であるとされている。



写真2-1 田老防潮堤完成予想図：現地の説明看板（2021.3.18時点）による



写真2-2 田老漁港付近の防潮堤とオーバーパスの位置



写真2-3 防潮堤に関連する構造：長内川水門、オーバースパス、防潮扉



写真2-4 新堤の陸側：オーバースパスの取り付け盛土など、2021.3

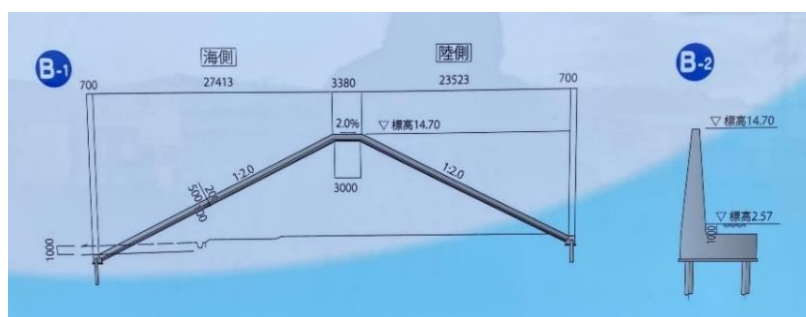


写真2-5 左・旧堤防、右・新堤防の構造諸元：B-1・傾斜堤、B-2・直立堤：現地の看板による

事例2.1 (2)：宮古市・閉伊川河口右岸／宮古港

前述の**写真1**の下流の河口部では、新たな水門とそれに連続する防潮堤（T.P.10.4m）が整備されているが、津波を最前線で抑えるものである。**写真3-1**は閉伊川河口右岸にある新旧の防潮堤であり、新堤（T.P.10.4m）は旧堤より2mほど高いが、旧堤の下部を存置、利用し、嵩上げしている（**図3**参照）。また、新堤の階段の他、新旧いずれにも覗き窓（0.5mほどの正方形型）があり、海陸交流性（避難性、視認性）が配慮されている。

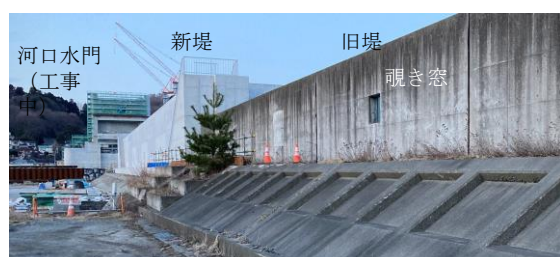


写真3-1 水門と新旧の防潮堤：宮古市閉伊川河口右岸

また、**写真4-1**は宮古港の新たな直立堤であるが、新堤（T.P.10.4m）の天端の地盤高は7.5mほどであり、陸側にある旧堤（**写真4-2**：地盤高2.5m程度）よりも5mほど高い。防潮扉は大規模な壁全面型であり、階段、覗き窓（0.6×1.8mほどの矩形縦型）により、交流性（往来性、避難性、視認性）が確保されている。



写真4-1 新防潮堤：宮古市宮古港



写真4-2 旧防潮堤：宮古市宮古港

事例2.1 (3)：釜石市・港町

3.11津波による釜石港の津波高はT.P.10.1mであるが、当該地区の地域性に基づく設計津波の水位による堤防高設定値はT.P.6.1mであり、写真5-1のように、防潮堤天端の地盤高は4mほどである。壁全面型の防潮扉と矩形縦型の視き窓（0.4×1.0mほど）が設置され、交流性（往来性、視認性）が確保されている。なお、防潮堤の背後にある道路・高架橋に隣接して、嵩上げ盛土（T.P.11m：推定）が整備されており、防潮堤との多重防御になるとともに、港など周辺地から高所避難を兼ねている点が特筆される。



写真5-1 防潮堤と防潮扉：釜石市港町



写真5-2 防潮堤の背後に設置されている盛土：釜石市港町

2.2 直立壁構造・嵩上げ地盤

直立堤であるが、背面の地盤が嵩上げされて、道路などに利用されている事例である。

事例2.2 (1)：宮古市・藤の川

海岸沿いに盛土構造の道路があった場所であり、嵩上げされた新たな防潮堤（T.P.10.4m）の背後で再構築された道路は防潮堤との一体化による空間利用性の事例と言える。道路側の天端の地盤高は2.4mほどであり、写真6-1のように矩形横型の視き窓（0.8×1.2mほど）が多数ある。道路面が高いので、



写真6-1 道路盛土前面の防潮堤：宮古市藤の川、左・全景、右・のぞき窓からの眺望



写真6-2 防潮堤の背面の道路：宮古市藤の川

覗き窓からの視認性がよい。なお、地形条件からは、堤防でなく「護岸」に相当する（予備知識3）。

事例2.2 (2)：石巻市・雄勝漁港～下雄勝

雄勝湾奥部の雄勝漁港の大原川の河口部は、直立堤の防潮堤（T.P.9.7m）と傾斜堤の河川堤防が連続的に整備されている（写真7-1）。連続性は、津波減勢性（図2）の確保から必須である。また、階段と門型の開口構造の防潮扉により、海陸交流性（往来性、避難性、視認性）が確保されている。

さらに、雄勝漁港の防潮堤は高台移転された下雄勝地区に繋がり、さらに写真7-2 のように雄勝湾に沿って連続して整備されているが、リアス海岸の自然の様相は一変し、人工構造物化している。

なお、下雄勝地区の防潮堤の背後の空間を利用した高台移転については、4.1を参照されたい。



写真7-1 防潮堤と河川堤防の連続性：雄勝漁港・大原川河口～雄勝漁港、2021.3



写真7-2 雄勝漁港からの遠望の防潮堤と近景：2021.3

2.3 直立堤・裏法傾斜構造

直立堤であるが、防潮堤の裏法勾配を緩和して傾斜堤の特徴を活かしている複合的構造である。

事例2.3 (1)：気仙沼市・石浜漁港

写真8 は気仙沼市石浜漁港（T.P.11.3m）の防潮堤である。海側は直立堤であり、陸側は傾斜堤であ

るが、道路が併設しており、用地が確保できたためと思われる。写真8左の手前は漁港に繋がる道路であり、防潮扉があるが、防潮堤の表側、裏側には階段が設置されている。

直立堤により津波を効果的に抑え、傾斜堤により陸側からの遮蔽性、閉塞性を緩和し、アクセス性を向上している。



写真8 海側直立堤＋裏法傾斜構造の防潮堤：気仙沼市石浜漁港

事例2.3 (2)：石巻市・雲雀野町

写真9 は石巻市雲雀野町（T.P.7.2m）の防潮堤である。海側は直立堤であり、山側は傾斜堤であり、背後は幹線道路である。表側、裏側のいずれにも階段が設置されており、陸側からの遮蔽性、閉塞性を緩和し、アクセス性を向上している。



写真9 裏法傾斜構造の防潮堤：石巻市雲雀野町

事例2.3 (3)：気仙沼市・大谷沼尻海岸

写真10 は気仙沼市の大谷沼尻海岸の防潮堤（T.P.9.8m）である（位置は、後出の写真11-3 を参照）。農林水産省による復興事業であり、図4 のように、防潮堤は、海側が重力式の直立堤であり、山側は傾斜堤の構造である。事業の目的から、防潮堤の背後は、育成基盤盛土を行い、クロマツによる海岸防災林の整備がなされている。



写真10 直立堤と傾斜堤の複合構造：気仙沼市・大谷沼尻海岸

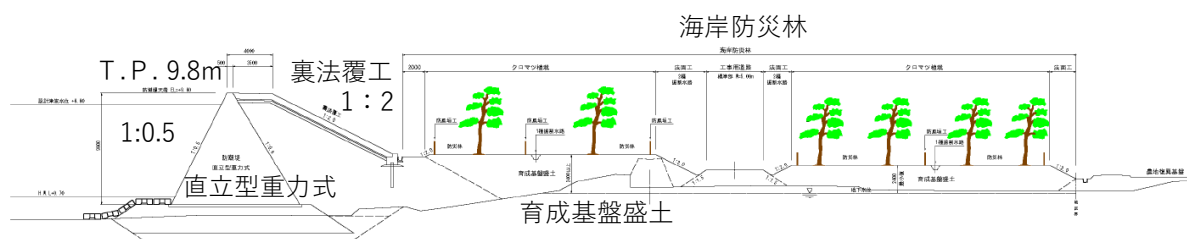


図4 直立堤と傾斜堤の複合構造：気仙沼市・大谷沼尻海岸：文献4 に加筆

事例2.3 (4)：気仙沼市・大谷漁港海岸

写真 11-1 は気仙沼市の大谷漁港付近の防潮堤（T.P.9.8m）である。海側は旧堤防の基礎の上に設けた直立堤で（写真 11-1 中）あり、山側は傾斜堤であり、道路に繋がっている。背後の地形条件からは、堤防でなく、「護岸」とも言える（予備知識3）。ここで、写真 11-1 右は、直立堤の海側に設置された排水口であるが、海側からの浸水を防止する構造になっている。



写真11-1 直立堤と傾斜堤の複合構造：気仙沼市・大谷漁港付近



写真11-2 大谷漁港から沖ノ田海岸および杉ノ下海岸を遠望



写真11-3 大谷海岸～大谷沼尻海岸～大谷漁港海岸～沖ノ田海岸～杉ノ下海岸：Google Earthに加筆

また、写真 11-2 は、大谷漁港海岸の東側に続く、沖ノ田海岸および杉ノ下海岸の遠景であるが、それぞれ直立堤および傾斜堤による防潮堤である。これらの防潮堤の構造の違いは、写真 11-3 から分かるが、海岸線の位置、砂浜の状態などの海岸特性の差異に起因する。

なお、事例2.3 (3) 大谷沼尻海岸、事例2.3 (4) 大谷漁港、写真11-2 の沖ノ田海岸、杉ノ下海岸の位置を写真11-3 に示す。また、同写真の左側にある大谷海岸については、事例2.6 (1)、事例2.6 (2)を参照。

2.4 傾斜堤：三面張構造

本構造は盛土をコンクリートブロックなどで被覆した三面張構造であり、砂浜海岸では一般的な堤防構造である（図1 参照）。2.1 の直立堤と比べて、用地の確保が必要であるが、海陸交流性、景観性に優れるなどの構造的な特徴がある。

事例2.4 (1)：気仙沼市・中島海岸

中島海岸では、写真12-1 の傾斜堤（T.P.14.7m）が整備されているが、天端幅は5mほどあり、他例と

比較しても大規模な構造である。津谷川の河口にあるが、防潮堤と河川堤防との連続性が確保されている。なお、**3.1**で後述するが、河口から1.3kmほど上流には、三陸沿岸道路の高盛土があり、防潮堤との多重防御になっている。

写真12-2 は防潮堤の海側の状況であるが、沖合には元来、離岸堤があり、海水浴場として利用されている海岸である。そのため、**写真12-2** の奥には防潮堤の天端に連続して盛土が造成され、駐車場などとして防潮堤と一体化された空間利用がなされている。また、防潮堤の背後は、防災林の整備のため、植林されている。

なお、当海岸の背後にある三陸沿岸自動車道との多重防御については、**事例3.1 (3)** を参照。



写真12-1 防潮堤と河川堤防の連続：気仙沼市中島海岸



写真12-2 防潮堤の海側：気仙沼市中島海岸

事例2.4 (2)：石巻市・長浜

写真13-1、**写真13-2** の傾斜堤（T.P.7.2m）が復興されている。防潮堤の背後の延長約1.2km区間は海岸保安林（幅約130～200m）があり、その背後は住宅地である。後藤ら²⁴⁾によれば、当時の防潮堤（T.P.6.2m）を超えた津波の浸水深は3m程度であるが、当該の保安林による浸水深さと家屋破壊の緩和の効果が報告されている。なお、保安林による津波流の抑制事例は、仙台平野でも確認されている³⁵⁾。

復興により、保安林内には高さ4mほどの遊歩道を兼ねた盛土が新たに造成されているが、防潮堤、保安林、盛土による多重防御と言えるが、多重防御については、**事例3.2 (1)** を参照。



写真13-1 三面張の防潮堤と保安林：石巻市長浜



写真13-2 防潮堤の海側（左）と陸側（右）：石巻市長浜

事例2.4 (3) : 東松島市・大曲浜

背後に航空自衛隊松島基地がある当海岸は、3.11津波前は延長約6kmにわたり、突堤（8基、設置間隔約900m）が整備されており、砂丘と保安林の海岸であった（2010.4 : Google earthから）。なお、防潮堤の有無は未確認である（事例3.2 (2) を参照）。復興により、写真14-1 の傾斜堤（T.P.7.2m）が新たに整備されている。なお、写真14-2 は、海側に砂浜が無いが、大曲浜の東端付近の防潮堤である。

なお、写真14-1 の背後には保安林、北上運河、盛土による多重防御が形成されているが、多重防御については、事例3.2 (2) を参照。



写真14-1 新設された防潮堤から幻の野蒜港方向を望む：東松島市大曲浜



写真14-2 防潮堤の陸側と海側：東松島市大曲浜・東端付近

事例2.4 (4) : 仙台市・荒浜

津波遺構の荒浜小学校がある荒浜地区の住宅地は甚大な津波被害を受けた。3.11津波では、写真15-1 のような防潮堤前面の堆砂により、防潮堤自身の被害が軽微である箇所もあった³⁶⁾。

国土交通省が復興した仙台湾南部海岸（仙台市～山元町）の防潮堤は、図5 の断面が基本とされている²⁾。同海岸で復興された防潮堤はT.P.7.2mであるが、津波前はT.P.5.2m～7.2mであった。

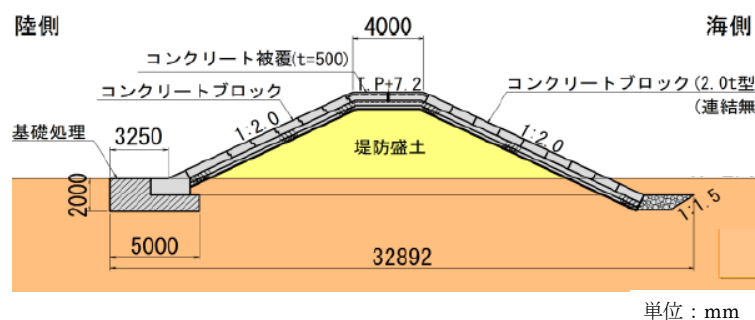


図5 国土交通省の基本的な堤防構造：文献2 の抜粋



写真15-1 津波直後と復興後の防潮堤：仙台市荒浜、左：2011.5、右：2021.3

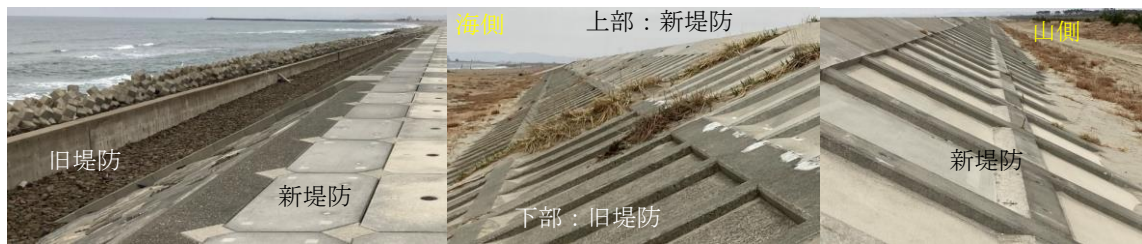


写真15-2 旧堤と新堤：仙台市荒浜、2021.3

なお、復興では、**写真15-2**のように、直立堤を存置し、その背後に2mほど高い新堤を構築したり、旧堤の表法の下部を存置・活用して、上部の1.5m～天端～裏法を新設している（前出、**図3** 参照）。

なお、当該地区は、防潮堤の他、貞山運河、保安林、嵩上げ道路盛土などにより多重防御が図られているが、詳細は、**事例3.2 (3)** を参照。

事例2.4 (5)：亶理町・吉田浜

亶理町の吉田浜は、**写真20-1**（後出）鳥の海の南側に続く海岸であり、津波により**写真16-1**の被害が発生している。同写真左から、防潮堤は波返し構造であるが、決壊箇所が規則的に分布していることが興味深い。この原因は、防潮堤の前面に砂が堆積していた個所は、津波の波力が直接、防潮堤に作用しないために決壊を免れており、他方、決壊箇所は砂の堆積が無かったと推察している。これらの砂の規則的な堆積分布は、日常の波の規則的作用に起因し、津波前から形成されていたと思われる。このような防潮堤の前面の構造や地形による被害の有無や程度は、他所でも見られている³⁷⁾。

また、**写真16-1右**では、越流により防潮堤背後の地盤が侵食されて、大規模な滞水域〔本文では、河川に倣って、落堀（おっぼり、おちぼり）と呼ぶ。〕が発生しているが、背後の中低木が傾倒しているものの、高木の防災林は存置していることが興味深い。この原因は、落堀の形成により、陸側への浸水の勢い（流速）が低減されたためであり、落堀のような水域の存在が津波流の抑制に効くことは、他所でも見られている³⁸⁾。なお、**写真16-2**のように、旧防災林の前面の中低木は新たに植林されている。



写真16-1 防潮堤の決壊と落堀の形成、防砂林の被害：亶理町吉田浜、2011.7



写真16-2 コンクリートブロックの三面張構造の傾斜堤による復興状況：亶理町吉田浜、2021.3

事例2.4 (6)：山元町・笠野～高瀬

写真17-1 は、当該海岸の3.11津波直後（2011.4）の衛星写真（Google Earth）である。同写真からは、突堤、離岸堤がある海岸の防潮堤が壊滅的に破堤し、浸水により背後地が大規模に侵食された状況で

ある。同写真から気づくのは、防潮堤の決壊箇所が離岸堤の設置されていない離岸堤間に対応していることであり、離岸堤で抑止された津波流が離岸堤の空いた箇所に迂回し、集中したと推察している³⁹⁾。

復興により、**写真17-3** の傾斜堤（T.P.7.2m）が完成しているが、堤防の裏法部は延長約400mにわたって覆土され、植栽が施されており、「緑の防潮堤プロジェクト」（2.5 参照）が実施されている。**写真17-1右**とほぼ同じ位置の状況であるが、復興により防潮堤が復元、強化されていることが窺える。なお、**写真17-4** は、現在の防潮堤の海側の状況であるが、離岸堤、決壊された防潮堤の名残がある。



写真17-1 防潮堤の破堤の全景：Google Earthに加筆



写真17-2 防潮堤の破堤：2011.7



写真17-3 復興後の防潮堤：2021.3 *写真17-2右上とほぼ同じ位置



写真17-4 海側からの防潮堤：左・旧防潮堤の名残り、2021.3

事例2.4 (7) : 岩沼市・寺島

写真18-1 は、津波による防潮堤の致命的な決壊の状況である。同写真から分かるように、防潮堤を越流した津波流により、まず、裏法尻の基礎地盤が侵食し、その後、侵食は裏法、天端、表法へと拡大し、決壊に至るプロセスである。なお、**写真18-2** は、**写真18-1** とほぼ同じ位置での復興状況である。



写真18-1 決壊した防潮堤：岩沼市寺島、2011.7



写真18-2 復興された防潮堤：陸側、2021.3

2.5 傾斜堤：覆土・植栽構造

本構造は2.4の傾斜堤の法面に覆土した複合構造であり、覆土の植栽による景観性や空間利用性、さらに覆土の嵩上げによるレベル1を越える津波防潮性などの機能向上を図る防潮堤である。

事例2.5 (1) : 岩沼市・下之郷・寺島

岩沼市下野郷浜では、堤防と一体的に盛土や植生を配置した粘り強い海岸堤防の整備を目的とする「緑の防潮堤プロジェクト」を実施している。同プロジェクトは宮脇 昭氏（横浜国立大学名誉教授）提唱の“潜在自然植生に合致した広葉樹が混成する森で防潮堤を作る”という「いのちを守る森の防潮堤」の考え方が取り入れられ³⁾、図6 のイメージのように、傾斜堤の裏法部に覆土、植栽する構造である。

当該地点では、ブロックによる三面張構造の裏法の空間において、腹付け盛土を行い、植栽（延長100m、4,000本）している（写真19-1）。なお、写真19-2 は防潮堤の天端であるが、天端より50cmほど高く覆土されている。なお、堤防背後では千年希望の丘が整備されているが、防潮堤の緑化は同地域の景観性、修景性の向上に繋がっている。

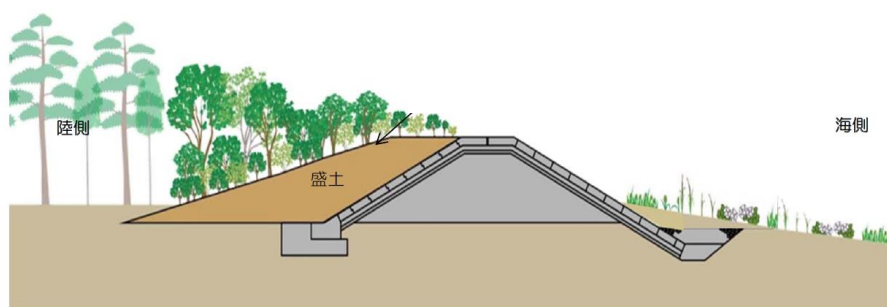


図6 国土交通省の基本的な堤防構造：文献2) の抜粋



写真19-1 緑の防潮堤：左・陸側、右・海側：岩沼市下野郷



写真19-2 天端からの「緑の防潮堤」：岩沼市下之郷

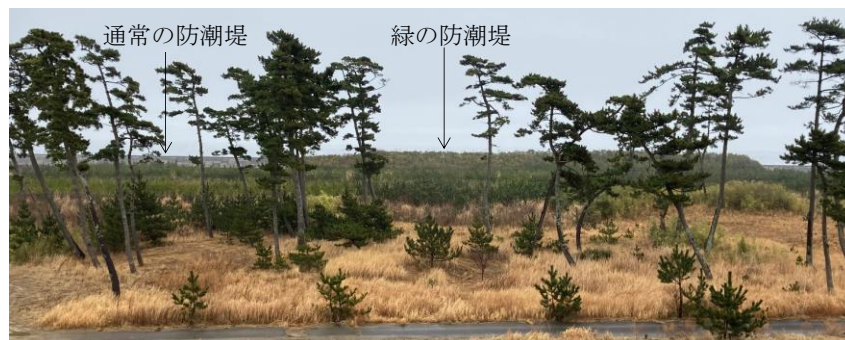


写真19-3 陸側からの通常の防潮堤と「緑の防潮堤」：岩沼市下之郷



写真19-4 「緑の防潮堤」の裏法：陸側、岩沼市寺島

写真19-3 は、陸側から見た「緑の防潮堤」であるが、防潮堤の存在が感じられない自然な風景になっている。なお、同プロジェクトは、岩沼市寺島（整備延長450m、写真19-4）、事例2.4 (6) の山元町・笠野などでも実施されている。

事例2.5 (2)：亘理町・鳥の海

亘理町鳥の海の周囲の津波前（2009.12）、津波直後（2011.3）、復興後（2021.12）の状況の推移は、写真20-1 の通りであるが、特に、阿武隈川河口右岸の海岸から鳥の海の荒浜漁港の間は、家屋の流出などの壊滅的な被害を受けている。なお、漁港の山側（写真の左側）は、1階程度までの浸水に留まっているが、漁港の水部による津波減勢のためと思われる³⁸⁾。なお、復興の目印とした“わたり温泉鳥の海”の建物は、写真20-2左のように浸水深5.0mで1階が浸水したが復旧され、現在に至っている。さらに、波返し構造の防潮堤は、写真20-2右の場合は決壊していないが、写真20-2中のように防潮堤前面が構造改変（テラスの設置）された箇所では決壊しており、防潮堤の前面構造の影響が示唆される⁴⁰⁾。

この地区の防潮堤の復興は、阿武隈川右岸河口から延長約800mの区間において、レベル1津波対応の傾斜堤（T.P.7.2m）がコンクリートブロックの被覆による通常の構造の防潮堤が整備された。さらに、防潮堤の裏法部を津波瓦礫の利用により覆土している点が特筆されるが、盛土により天端高はT.P.10m

に嵩上げされている（写真20-3～写真20-6）。

3.11津波による仙台湾南部海岸の痕跡高は13.6mとされているが、概ね10m程度とも認識されており、当該防潮堤は嵩上げにより3.11津波（レベル2津波）に相当する防潮機能が確保されていると言える。



写真20-1 亘理町鳥の海付近の推移：Google Earthに加筆



写真20-2 わたり温泉鳥の海、津波による決壊した防潮堤：写真中・右／テラスの有無、2011.7



写真20-3 覆土により嵩上げた防潮堤の陸側の様子：2021.3



写真20-4 覆土による嵩上げと防潮堤の相対関係：2021.3



写真20-5 防潮堤の背後における覆土嵩上げ：防潮堤と嵩上げの関係、2016.9



写真20-6 景観に馴染む嵩上げされた防潮堤：陸側の風景、2016.9

本例は、「緑の防潮堤」に類似しているが、覆土により所要の堤防高を越える高さを実現している点
が異なる。このような柔軟な対応は、施工の容易さ、相応の粘り強さの確保など、盛土の特徴、優勢
で有り、比較的容易かつ経済的に実現できることを示す好事例である。

なお、写真20-6 のように、覆土に木本類の植栽はないが、景観的にも違和感はなく、自然性がある。

2.6 傾斜堤：CSG構造

本構造は 2.4 の傾斜堤の適用に際して、盛土材の改良により法面の急勾配化を図り、用地幅を縮小
して傾斜堤の影響を低減するものである。今次の復興に際しても、地域事情からCSG（セメント改良
した砂礫）構造が適用されている。図7 にCSG堤の構造の概念例を示すが、CSGによる堤体を基本とし
て、海側の表のりは勾配が急な保護コンクリートで被覆し、陸側の裏のりは盛土し、さらに覆砂によ
り保護する構造である。法を急こう配にできるため堤防の敷幅が縮小できる、CSG材として発生土な
どを再利用できるなどの利点があるが、他方、堤体の支持のための基礎地盤の改良が必要なことな
どの課題がある。

復興では、海岸利用、自然環境保護などの理由により、防潮堤の設置の影響を軽減、抑制する構造
として、CSG 堤が活用されている。

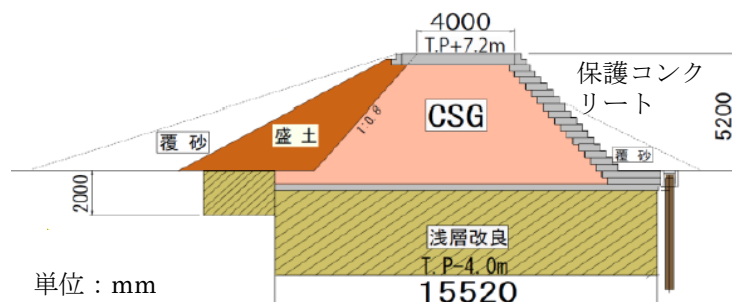


図7 CSG堤の構造の概念例：仙台市井土浦の場合、文献2 に加筆

事例 2.6 (1)：気仙沼市・大谷海岸（その1）

気仙沼市の大谷海岸は、前記の写真 11-3 の左側に位置する海岸である。写真 21-1 に 3.11 津波の前
後の変化を示すが、津波前（2009.11）は防潮堤が無い海岸であり、防災林の前には幅のある砂浜が広
がり、良好な海水浴場であったことが分かる。津波来襲（2011.3）により砂浜は跡形もなく流出し、陸

域の浸水による家屋等の甚大な被害が発生している。その後（2014.4）では、やや砂浜が戻っている個所もあるが、完全には回復しておらず、陸域では道路などの復興が進められている様子が分かる。

さて、当海岸（対象区間 800m）は本来、農林海岸（農林水産省の所管海岸）であり、林野庁は防災林を守るために傾斜堤を予定したが、背後の国道 45 号を存置するため、防潮堤（T.P.9.8m）は海側に迫り出し、海水浴場の砂浜が狭まる計画であった。しかし、地元から海水浴場を守る要望があり、以下の対応が実施されている。なお、*は著者の推察による補足。

- ① 農林海岸を建設海岸に移管する。 *防潮堤の設置に国道が関わり、複数の機関が関与。
- ② 傾斜堤を両法から片法の台形状にする。 *堤防構造の物理的な影響を抑止。
- ③ CSG 方式で表法勾配の 1:3 を 1:1.5 にする。 *安定的な砂浜（幅）の確保。
- ④ 国道 45 号を嵩上げ（6m ほど）し、防潮堤との複合構造にする。 *防潮堤の背後の複合的空間利用。

図 8 は、CSG 堤による防潮堤の断面図と海岸全体の平面図¹⁰⁾である。平成 28 年 7 月 26 日現在の計画図であるが、CSG 堤のイメージを捉えるため参考にしてしている。同図から、整備区間の左側（西側）が通常の傾斜堤、右側（東側）が CSG 堤とされ、それぞれの表のり勾配は 1:3.0 および 1:1.5 であり、CSG 堤の整備区間は堤防の敷幅敷幅が縮小されていることが分かる。なお、沖合には、幅 40m×長さ 140m ほどの人工リーフ、4 基が設置されている。

写真 21-2 および写真 21-3 は、それぞれ 2020.11 および 2022.5 の工事中の状況であるが、「道の駅大谷海岸」は 2021.3 に開業し、防潮堤は 2022.7 に完成（写真 21-4）¹¹⁾している。

以上の通り、CSG 堤により砂浜は養浜せずに確保が可能となり、背後の嵩上げ地盤は、道の駅などの地域交流ゾーンとして整備されたが、本例は、関係者の横断的協力、防潮堤と道路の一体化により、海水浴場が復元され、加えてコミュニティの場への展開が図られた特徴のある事例である。

津波前 2009.11



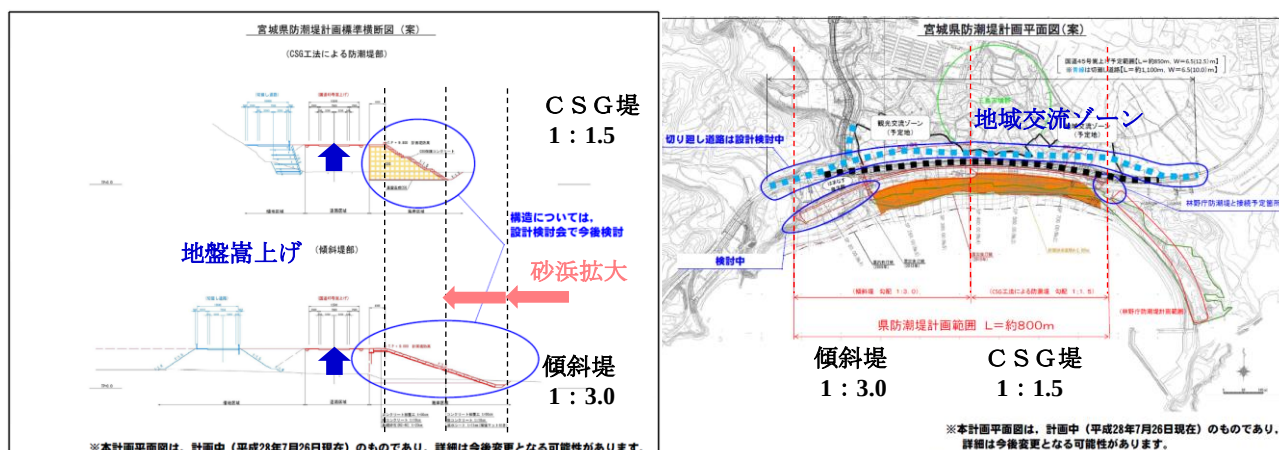
津波直後 2011.3



復興中 2014.4



写真21-1 大谷海岸の津波前後の変遷：Google Earthに加筆



※本計画平面図は、計画中（平成28年7月26日現在）のものであり、詳細は今後変更となる可能性があります。

図8 大谷海岸のCSG堤、地域交流ゾーンの計画：宮城県資料・文献10 による／著者加筆

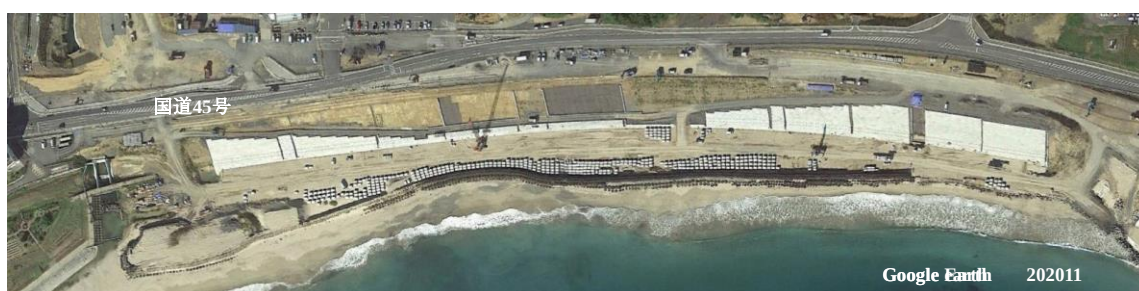


写真21-2 工事中の状況：気仙沼市大谷海岸、Google Earthに加筆、2020.11



写真21-3 工事中の状況：傾斜堤（奥）とCSG堤（手前）：気仙沼市大谷海岸、2021.5



写真21-4 砂浜の復活：宮城県土木部による¹¹⁾

事例2.6 (2)：気仙沼市・大谷海岸（その2）

事例2.6 (1) の大谷海岸の東側に隣接した海岸は、前事例の写真21-1 の右端の状況の通り、津波前は無堤区間であったと思われるが、当該海岸は元々の農林海岸として堤防が整備されている。写真22-1 が防潮堤の全景であるが、CSG堤が採用されている。ただし、その構造は図9 であり、図7 とは横断構造が異なり、CSGをコアとして表法および裏法の両側に覆土が施されている点が特徴である。

また、写真22-2 のように、人為的な植生は草本により施されているが、調査時点（2021.5）では表法だけであった。なお、同海岸は前出の写真21-4 でも望めており、写真の右奥にある堤防の表法の植生の被覆が相応の見栄えになっていることが分かる。

ここで、当該堤防は、一見、天端が舗装された盛土構造（写真22-2中）に見えるが、仮に表法が津波などで侵食されても、内部の保護コンクリートブロックによる防御が期待できると思われる。ただし、押し波による盛土の表法の侵食の有無について、植生が活着した状態では、事例2.6 (3) の井土浦の貞山堀の堤防の被害状況（写真23-2）によれば、発生し難いと推測される。



写真22-1 CSG堤の全景：気仙沼市大谷海岸（その2）、Google Earthに加筆

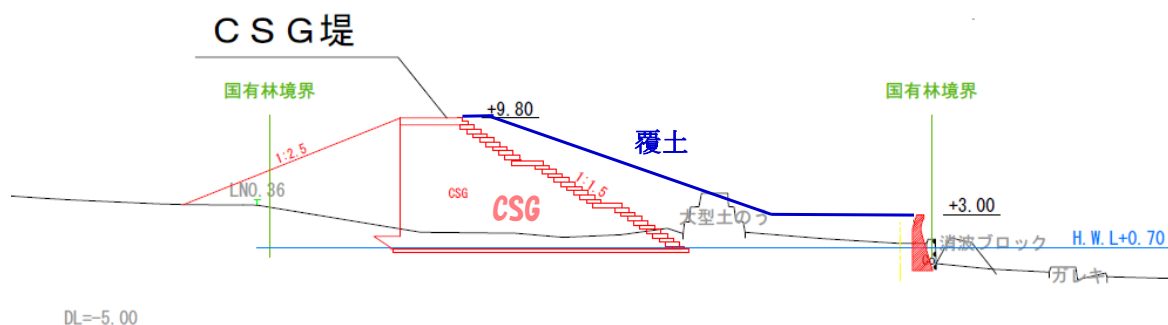


図9 林野庁によるCSG堤の構造：大谷海岸（その2）、文献5 に青字・青線を著者加筆



写真22-2 CSG堤の表法の覆土・植栽、裏法の覆土：2021.5

事例2.6 (3)：仙台市・井土浦

3.11津波前は湿地保護のために無堤区間であったが（写真23-1左上、参照）、復興では井土浦特別保護地区などの生態系への配慮、現地発生材の活用のため、裏法面を盛土し、CSG体の表法を保護コンクリート、裏法側を盛土、覆砂した防潮堤（前出、図7）が新設されている。

写真23-1 は、当該海岸の時刻歴であるが、貞山運河の山側堤防の嵩上げ、付け替えの前（2009.3）、津波来襲の直後（2011.3）、津波の1月後（2011.4）および貞山堀の復旧と防潮堤の新設が終わった時点（2021.12）の変遷である。これらから、元来、貞山運河の両側は湿地であることが分かるが、貞山運河は津波により部分的な欠損の被害を受けたものの、3.11津波の2年前に湿地を囲むように付け替えられていた新設の嵩上げ堤防の被害は皆無であった。

参考までに、写真23-2 は新設堤防の被害状況であるが、押し波による越流（越流深約4m、第1波の越流時間は最長で30分程度）により、表法は無被害、天端の舗装は一部剥離、裏法は表層の侵食止まり、裏法尻・地盤は落堀が形成されるほど侵食したが、破堤には至らず、天端が保持され、致命的な被害には至っていない。これは、短時間の津波の越流に対する盛土の粘り強さを示す好事例である。

この津波越流に対する盛土の耐侵食性は、不飽和状態の盛土における表面水の難浸透性に起因することを明らかにしている⁴¹⁾。

200903 貞山運河・山側堤防嵩上げ付け替え前



20110406 津波の約1か月後



201103 津波の来襲直後



202112 堤防復旧と防潮堤新設の後

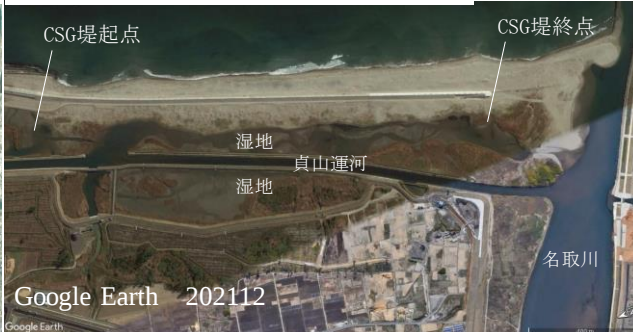


写真23-1 井土浦の海岸の推移：Google Earthに加筆

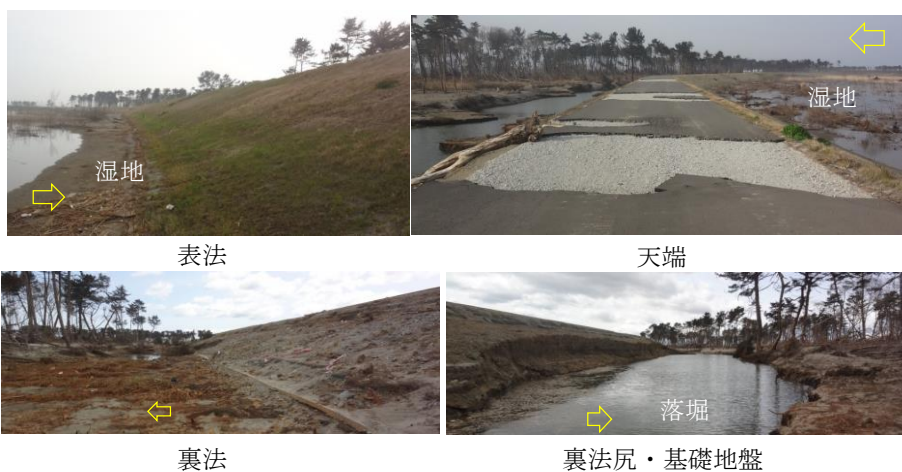


写真23-2 井土浦の新設堤防の被害状況：2011.5



写真23-3 CSG堤の突端部の津波前～工事後の推移：Google Earthに加筆



写真23-4 CSG堤の起点側の状況：2021.3



写真23-5 CSG堤の覆砂と遠望：2021.3



写真23-6 CSG堤とコンクリートブロックによる傾斜堤の比較

さて、復興に当たり、新設されたCSG堤は、延長1,173m（写真23-1右下：起点、終点と呼ぶ）であるが、写真23-3 はCSG堤の終点の突端部に着目して、津波前（2008.9）、津波直後（2011.4）、CSG堤の工事中（2018.4）および完成後（2020.11）の変遷である。無堤箇所であったので、津波前からの湿地は津波により侵食、流出したが、CSG堤の整備に伴って海岸の防潮機能が向上するとともに、突端部から名取川に至る範囲では、日常的、高潮時などの海水の出入りにより湿地が維持されるようになっている。

写真23-4 は、CSG堤の起点側の状況であるが、保護コンクリートブロックはCSG堤にかけて、摺り付く構造になっている。また、写真23-5左は、盛土の上に設けられた“覆砂”であるが、締固めされていない状態であり、覆砂の上を歩くと沈むような緩い状態にある。写真23-5右は、CSG堤の陸側からの遠望であるが、防潮堤の存在を感じさせない風景になっている。さらに、写真23-6 はCSG堤と通常の傾斜堤の比較であるが、両堤防の構造の差異は明確である。

3. 多様な多重防御

復興庁の復興の基本指針¹⁾、宮城県の震災復興計画⁷⁾では、図10（宮城県）のような概念による復興戦略が示された。同図から分かるように、海岸地形により対応が異なり、リアス海岸である三陸地域では「高台移転・職住分離」、平野海岸である仙台湾南部地域では「多重防御」、両地域の間の石巻・松島地域では「高台移転・職住分離、多重防御」を基本としていた。

通常、海域から陸域にかけては、図11 に示すように多様な自然地形、構造物（以下、構造物など）があり、津波の来襲、浸水に対して、それぞれの構造特性に応じた被害を受けるが、他方、防御にもなっている。図11 は、津波による“入力としての遡上高・流速”が、多様な構造物などの防御機能により低減されて、陸域のある地点における出力としての“許容される浸水深・流速”に至るプロセスの概念である⁴²⁾。このような多様な構造物による津波浸水の防御、抑制が「多重防御」の主旨である。

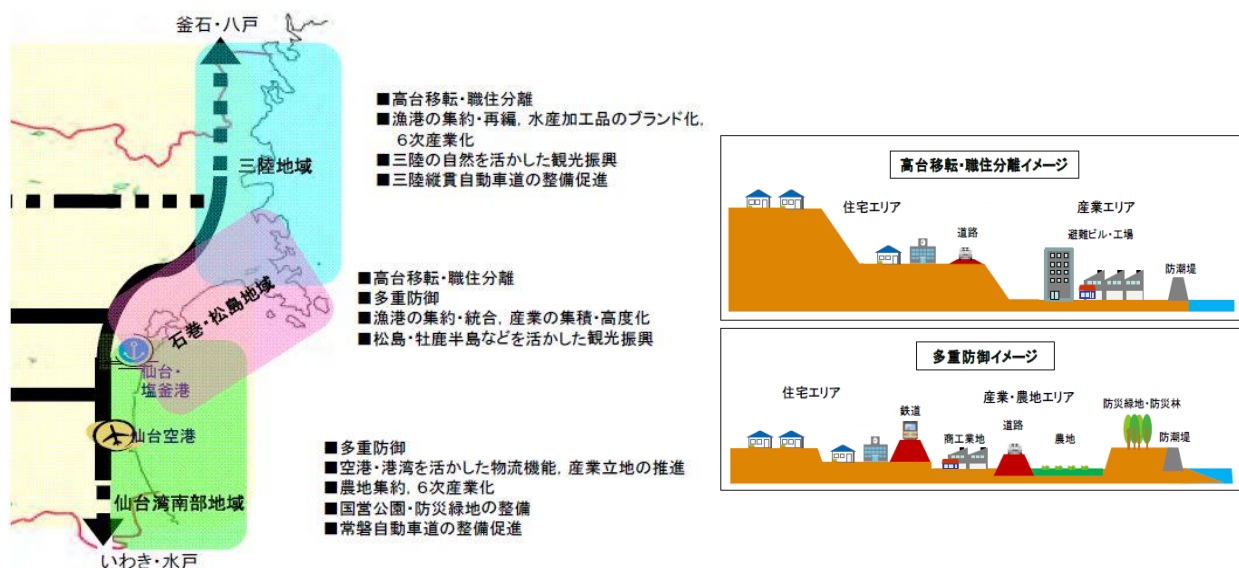


図10 宮城県の沿岸部の復興戦略の概念⁷⁾

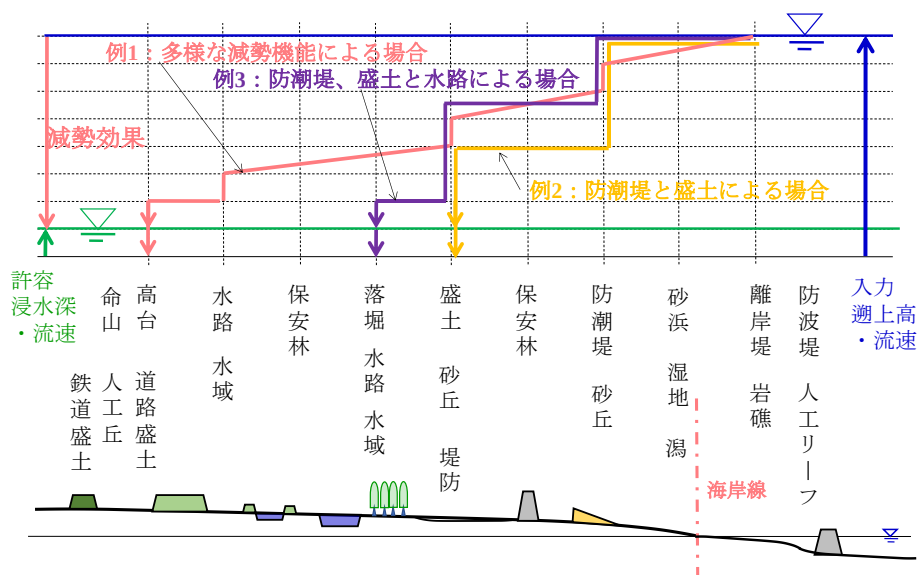


図11 構造物ごとの防御、抑制機能による多重防御の概念⁴²⁾

ここで、図11には、多重防御を担わせる構造物などを組合せた例1、例2および例3を併記しているが、これらの多重防御の実行のためには、どの構造物により、それぞれの程度の防御、抑制の機能を持たせるかを定量的に評価することが必要となる。それにより、構造物間の防御、抑制の機能分担に基づく、「全体最適」（文献62 参照）の視点による多重防御が可能となるが、各構造物の定量的な防御機能の評価は難しいため、復興においても、個別に検討がされるに留まっているのが実情である。また、海岸保全施設、防災林、河川・水路、道路、鉄道など、構造物ごとに担当機関、管理者が縦割りになっており、連携が取り難い実情もある。

さて、多重防御の視点から、現地調査地点は図12により分類する。分類に際して、岩手県の譜代水門、太田名部防潮堤のように、単一構造物による防潮機能が発揮される場合もある、見方を変えたと、単一防御が可能であれば、それに越したことはないことから、本文では複数防御と単一防御に区分した（なお、文献30、31では、単一防御の視点は除外している。）。さらに、多重防御は地形に関係することから、宮古市を境とする三陸海岸の南部であるリアス海岸（女川含む）と石巻平野（大曲浜）、仙台平野の海岸平野に区分した（【予備知識2】）。各分類には、該当する調査地点名を区分してある。

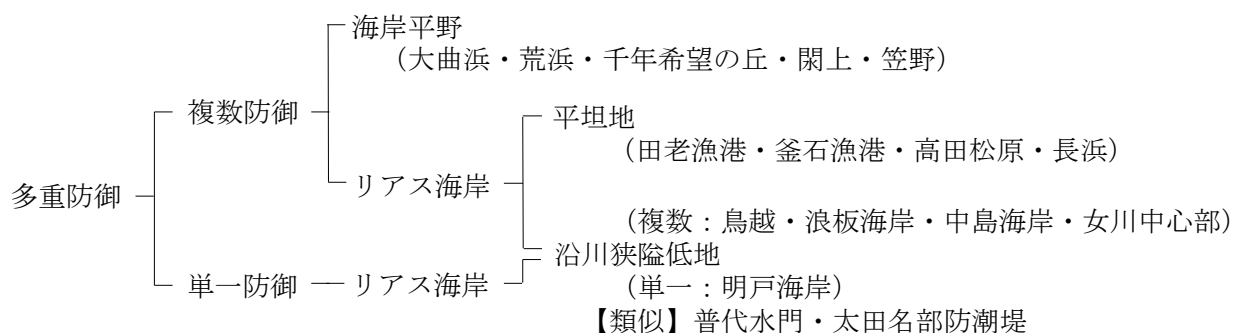


図12 復興による多様な多重防御および調査個所

以下は、リアス海岸および平野海岸の区分ごとの事例を示す。

3.1 リアス海岸の多重防御

リアス海岸でも河川沿いの低平地や相応の広さのある平坦地では、防潮堤と盛土などの複数の防潮構造による多重防御が形成されている。

事例3.1 (1) 大槌町・浪板海岸

岩手県大槌町の浪板海岸では、津波前、防潮堤（T.P.4mほど、背面は地盤嵩上げ）、国道45号の道路盛土（T.P.9mほど）、旧JR山田線の鉄道盛土（T.P.17mほど）が浪板川の低平地を横断して多重防御を形成していた（写真24-1左）が、浪板川の低平地は津波の浸水の被害を受けた（写真24-2）。

3.11津波では、防潮堤の被害は無く、道路盛土は越流深10～11m、鉄道盛土は同2～3mで越流（押し波・引き波）し、浪板川の道路橋は併設の歩道橋、鉄道橋は本橋が流出した。しかし、写真24-3の通り、道路盛土は舗装が残留し、両法面の部分侵食に留まり、また、写真24-4の通り、鉄道盛土のバラストは流出したが海側法面の侵食に留まり、破堤していない。

これらの津波の越流に対する盛土の被害が軽微であることは、仙台市井土浦の河川堤防と同様に、土構造の盛土の粘り強さが示された事例（前出、事例2.6 (3) 参照）である。なお、著者は、津波の越流に対する堤防の粘り強さは、不飽和土の難透水性に起因することを明らかにしている⁴³⁾。

これらの2つの道路盛土と鉄道盛土による津波の浸水深、浸水到達時間の試算では、浪板川の低平地（幅200～300mほど）の遡上到達距離が海岸から700m程度と短い、3.11津波（想定津波高19m）に対して相応の効果が得られている⁴⁴⁾。このため、リアス海岸では、津波が浸水する陸域に奥行きがある場合、多重防御の効果が大きく発現できる。

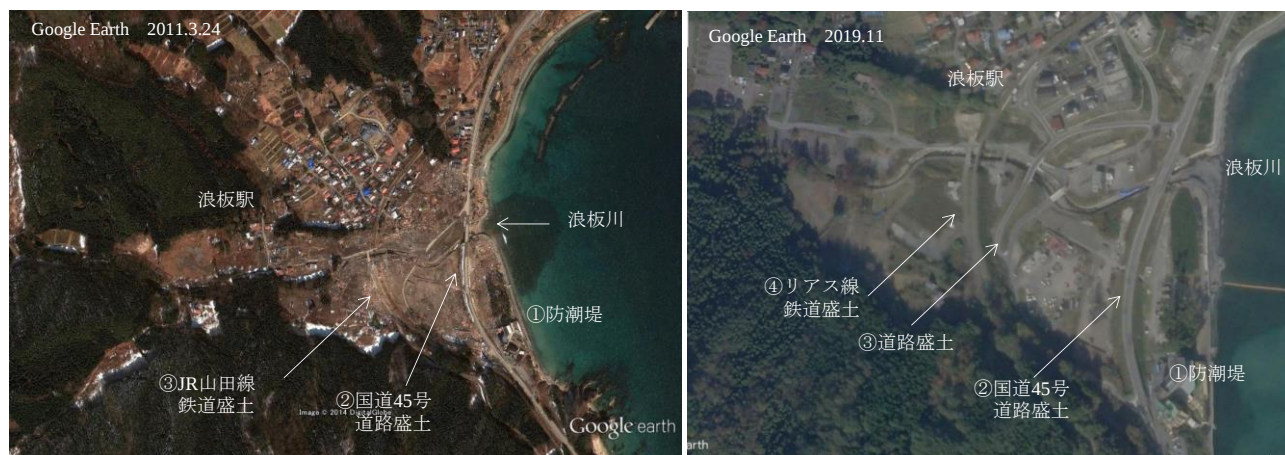


写真24-1 津波直後（2011.3.24）と復興中（2019.11）：大槌町浪板海岸、Google Earthに加筆



写真24-2 津波前後の浪板駅からの様子：浪板地区代表・台野宏氏の提供に加筆



写真24-3 国道45号の盛土の被害状況：国土交通省の提供に加筆



写真24-4 JR山田線の盛土、橋梁の被害状況：浪板地区代表・台野宏氏の提供に加筆



写真24-5 復興済（①、②、④）、工事中（③）と三陸沿岸道路：2021.3



写真24-6 写真24-5の反対側から望む：写真24-2とほぼ同じ向き、2021.3



写真24-7 国道45号道路盛土（海側）と防潮堤：2021.3

写真24-1 は、浪板駅から**写真24-2** とほぼ同じ方向を臨んでいるが、浪板川の低平地にあった住宅の姿はない。

以上、当該地区では、**写真24-1** あるいは**写真24-5** の通り、津波前は3重の防御であったが、復興により④リアス線に変わった鉄道盛土、②国道45号の道路盛土（**写真24-7左**）が復旧されるとともに、③両盛土間に新たな道路盛土（工事中）が整備され、①防潮堤（**写真24-7右**：嵩上げされている）を含めた4重の防御が形成されている。なお、相応の保安林がある場合は、多重防御の一翼を担うこともある。

事例 3.1 (2) 陸前高田市・高田松原

写真 25-1 は、“奇跡の一本松”で知られる高田松原を含めた陸前高田市の市街地の被害状況であるが、当該地区の復興は、写真に示すように、全長 1,856m の海岸線の海～陸方向の第 1 線堤、保安林、第 2 線堤、水部（古川沼、川原川）の再構築が特徴であり、津波に対する 4 重の防御が形成されていると言える¹³⁾。ここで、第 2 線堤の背後の水部は津波前からあった沼池であるが、津波に対してはウォータークッションによる効果により、防潮堤の裏法尻部の侵食、浸水流速の抑制が期待できる。



写真 25-1 高田松原～脇之沢漁港：Google Earth に加筆

写真 25-2 は、津波直後（2011.5）の様子であり、一本松が遺されているが、津波による塩水により枯死したため、金属製のレプリカで復元されて現在に至っている。また、**図 12** は、防潮堤の復興計画断面である。広田湾には人工リーフが整備されているが、防潮堤については、広田湾での 3.11 津波（レベル 2 相当）の津波痕跡高（18.3m）に対して、復旧した第 2 線堤（津波前：T.P.5.5m）の堤防高は、広田湾の設定津波高（T.P.12.5m）であり、第 1 線堤は T.P.3m とされている。ここで、第 2 線堤は両法とも被覆コンクリートブロックであるが、陸側は高田松原復興祈念公園としての景観性から覆土・植栽されている。さらに、2つの線堤の間（幅約 100m）は松原の再生のために、4 万本（被災前は 7 万本）が植林されている。津波前の高田松原の姿になるまでは、数十年の歳月が必要とも言われているが、早期の復元が望まれる。**写真 25-3** は、第 2 線堤の天端からの海側の状況であるが、第 1 線堤、保安林、第 2 線堤の状況が分かる。なお、**写真 25-4** は、高田松原復興祈念公園の園内の風景である。

以上のように、当該海岸では、第 1 線堤、保安林、第 2 線堤が整備され、さらに水部に繋がっているため、4 重の多重防御が構築されていると言えるが、保安林の防潮機能の回復には時間が必要である。

ここで、人工リーフにも防潮機能はあるが、本文では陸域防御としては除いている。なお、当該地区の高台移転については、**事例 4.2(2)**（後出）を参照されたい。



写真 25-2 被災直後の状況：2011.5.2

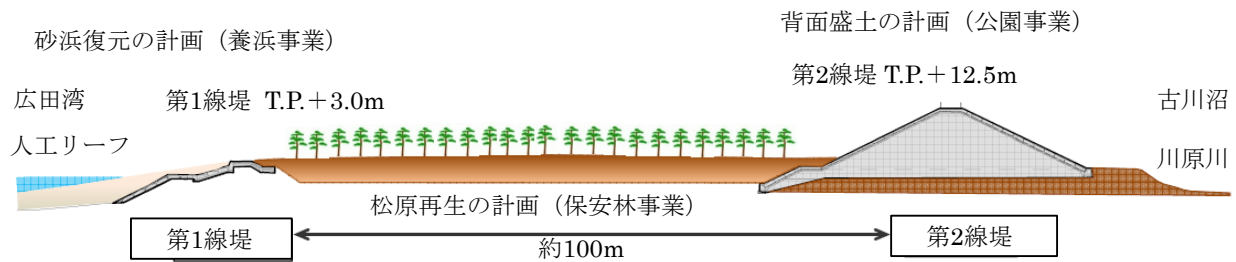


図 12 高田松原の海岸堤防の標準横断図案：文献 13) に加筆



写真25-3 復旧された防潮堤と松原：高田松原、2021.3



写真25-4 風景：左・復興祈念公園から防潮堤、中・防潮堤と遺構、右・防潮堤の背後、2021.3

なお、写真 25-1 の右端（高田松原の東側に隣接）にある陸前高田市の脇之沢漁港では、写真 25-5 のように直立堤（T.P.12.5m）が整備されている。漁港は同防潮堤の海側にあり、防潮扉で往来するようになっているが、防潮堤の背面は地上高 6m ほどのコンクリート面の直立壁が連なっている。



写真25-5 脇之沢漁港の直立堤：左・奥に高田松原を望む、右・陸側、2021.3

事例3.1 (3) 気仙沼市・中島海岸

三陸沿岸道路は津谷川の低平地（幅約850m）を横断するが、**写真26-1**のように、津谷川兩岸などの3つの高盛土（最大高さ25m）により高台間を塞ぐ配置になっている。他方、海岸には防潮堤（T.P.14.7m、前出、**写真12-1** 参照）があり、それに繋がる津谷川の河川堤防は高盛土（海岸線から約1.3km）の上流まで連続的に整備されている。このため、3.11津波相当（T.P.18.8m）でも、津波流は高盛土で遮られ、津谷川の遡上は絞り込まれるので、上流への浸水の影響は抑制される。

本例は、地形を考慮した道路盛土が津波防潮に効果的であることを示唆する。なお、三陸沿岸道路の津谷川兩岸の高盛土は、レベル2地震動に対する性能設計が行われている²⁵⁾。

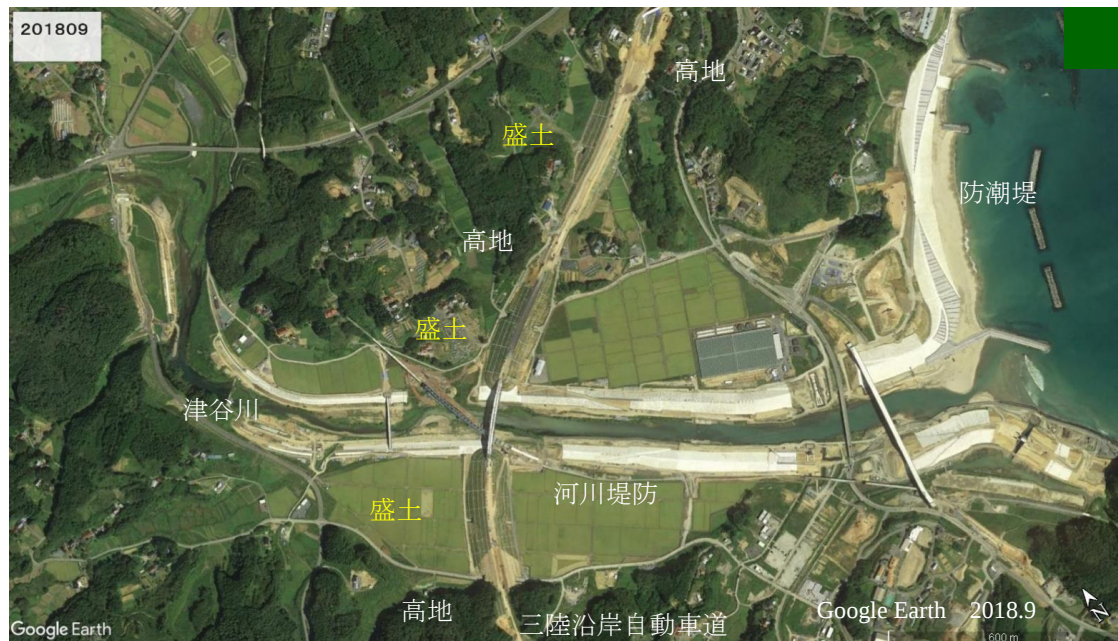


写真 26-1 防潮堤・河川堤防・道路盛土の3重防御：気仙沼市中島海岸・津谷川、Google Earth に加筆



写真 26-2 津谷川を渡河する三陸沿岸自動車道の橋梁の取り付け盛土：2021.3



写真 26-3 中島海岸の防潮堤、河川堤防、三陸沿岸自動車道の全景：2021.3

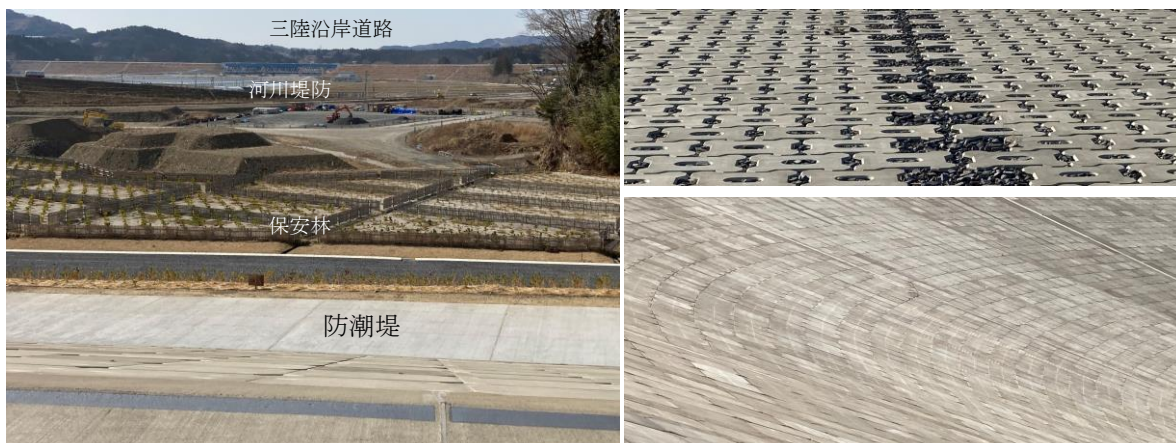


写真 26-4 中島海岸の防潮堤から三陸沿岸自動車道の盛土を望む：右は防潮堤の幾何学模様、2021.3

事例3.1 (4) 女川町中心部／女川漁港

女川町の中心部・女川漁港は、津波により漁港周辺、河川などの低へ地は浸水により甚大な被害が発生しているが、写真27-1 が示す、津波前（2010.6）、津波の直後（2011.3）、復興の途中（2015.6）、復興の進展（2019.5）の推移を経ているが、着実にかつ大きく変貌してきている。

女川町の復興まちづくりでは、海岸護岸は原形復旧に留め、国道398号の嵩上げにより、防潮堤を設けず、海が臨めるレベル1津波対応が特徴である。また、図13 は代表的な断面（文献20）から作成）であるが、次の4つのエリアに地域区分し、高台移転も併用したレベル2津波（3.11津波：T.P.18.0m）も考慮した復興が特徴である²⁰）。＊は著者の補足

Aエリア：レベル2津波に対しても安全なように標高25.0m以上に新たな造成地を計画。

A'エリア：レベル2津波に対して浸水しない高さまで盛土。

Bエリア：防潮堤の計画天端高。

＊余裕高を考慮して盛土。

Cエリア：沈下量相当の盛土（原形復旧）。

＊防潮堤はT.P.1.9mで原形復旧。



写真27-1 女川町中心部・女川漁港の変遷：Google Earthに加筆

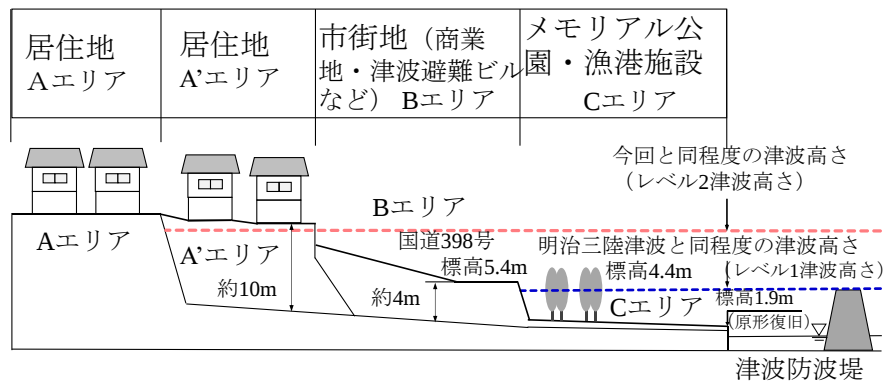


図13 女川町の復興まちづくり計画：女川町、文献20 に加筆



写真 27-2 道路盛土（左・中、2021.5）と緩傾斜堤例との比較

ここで、国道 398 号は T.P.5.4m で嵩上げされた盛土で復興されたが、盛土は擁壁に覆土がされて、法面は緩傾斜構造であるため、写真 27-2 左・中のように防潮機能が想定された道路のイメージはなく、違和感のない、自然の風景を形成している。

なお、防潮堤の設計津波高の設定では“せり上がり”が考慮されているが、当該構造は道路ではあるものの、レベル 1 津波による遡上に注意が必要である。例えば、写真 27-2 右の緩傾斜堤では、3.11 津波により防潮堤の背後地の津波浸水被害が発生している。

以上、本事例は、道路を盛土構造にすることにより、レベル 1 津波に対する防潮機能を代替させているので、「多重防御」の視点から、原形復旧の護岸（T.P.1.9m）と道路盛土による 2 重防御と位置づけると共に、後出の図 26 のように、レベル 1 津波に対する道路盛土による単一防御の扱いもしている。

事例3.1 (5) 田野畑村・鳥越

三陸鉄道リアス線の鳥越駅付近では、山あいの松前川の低平地（幅約 250m）を横断する鉄道盛土にあったが、写真 28-1 左（2011.4）のように低平地全域が浸水被害を受けている。同写真の右は鉄道盛土と鳥越駅の復興中（2019.11）の状況であるが、鉄道盛土（写真 28-2、T.P.13m：著者の推定）は海側と山側の法面がコンクリートブロックで被覆されており、津波に対する防潮機能と耐津波性が考慮されている。なお、鉄道盛土を横断する松前川および横断道路も開口状態にある。



写真28-1 津波による被災と復興中（2021.3現在）の状況：Google Earthに加筆



写真28-2 リアス線と鳥越駅の復興の状況：2021.3.

一方、鉄道盛土の海側では、防潮堤（T.P.14.3m）が工事中（2021.3 時点）であるので、これが完成すると、当該地区は防潮堤と鉄道盛土の2重防御が形成されることになる。なお、防潮堤では松前川に水門が設置され、道路部は防潮扉による遮断構造になっている。

以上、本事例は、防潮堤と鉄道盛土の2重防御と言える。

3.2 海岸平野の多重防御

仙台平野のような海岸平野では、相当規模の延長がある防潮堤、盛土、水路、保安林などによる多重防御が実施しやすく、復興でも仙台平野での事例が多い。

事例3.2 (1)：石巻市・長浜

石巻市内の旧北上川の東側に位置する長浜は、写真 29-3 の通り、津波前（2010.6）、津波直後（2011.3）、復興後（2021.11）のように変遷している。当地区の防潮堤については事例 2.4 (2) を参照することとし、当地区の「多重防御」の特徴は以下の通りである。

津波前は、海側から内陸に向かって、防潮堤、道路、保安林があり、住宅地等に繋がっていた。津波により住宅地で浸水被害が発生したが、保安林により津波が抑制されていた。復興では、保安林内および境界部に、遊歩道の盛土（地盤高 4m ほど、写真 29-1）が新たに整備されている。さらに、遊歩道の盛土は、写真 29-3 下の左側の一般道路（車道、写真 29-2 右、地盤高 4m ほど）に繋がっているが、この連続化により地域としての防潮機能の高度化が図られていると言える。

このように、当地は、津波前の防潮堤（改築）、保安林に加えて、新たに整備された盛土（遊歩道、車道）による3重防御が形成されていると言える。



写真29-1 保安林～盛土（遊歩道）と住宅地：2021.3



写真29-2 防潮堤～保安林～盛土（遊歩道）～盛土（車道）：2021.3



写真29-3 石巻市長浜の変遷：Google Earthに加筆



写真30-1 東松島市大曲浜（一部）の変遷：同左

事例3.2 (2)：東松島市・大曲浜

石巻平野の東松島市の大曲浜は、写真 30-1 の通り、津波前（2010.4）、津波直後（2011.4）、復興後（2021.11）のように変遷している。当地区の防潮堤については事例 2.4 (3) を参照することとし、当地区の「多重防御」の特徴は、以下の通りである。

写真 30-1 上の津波前の状況では、突堤があることは明確であるが、防潮堤は無い自然海岸のように見えるものの、衛星写真からは判別できない。しかし、写真 30-1 中の津波後の砂浜の陸側の端部が明確に仕切られているように見えること、写真 30-2 の現地のブロックの名残りを鑑みると、高さのある防潮堤ではなく、低い直立堤のようなものがあつたと推察される（管理者には未確認）。

当海岸では、海側から内陸に向かって、保安林、北上運河があり、背後の航空自衛隊松島基地などに繋がっており、浸水被害が発生している。復興では、写真 30-3 のように、新たに防潮堤（T.P.7.2m）が整備され、北上運河が改築されるとともに、保安林の再興のための植林、さらに盛土が幾重にも整備されている（写真 30-4 左）。

以上、当地は、新たな防潮堤、保安林、北上運河、盛土による 4 重防御が形成されていると言える。



写真30-2 防潮堤が整備された大曲浜：2021.3



写真30-3 防潮堤、保安林、盛土、北上運河による多重防御：東松島市大曲浜：2021.3

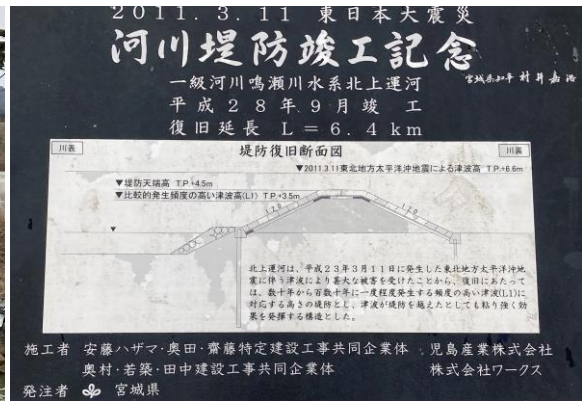
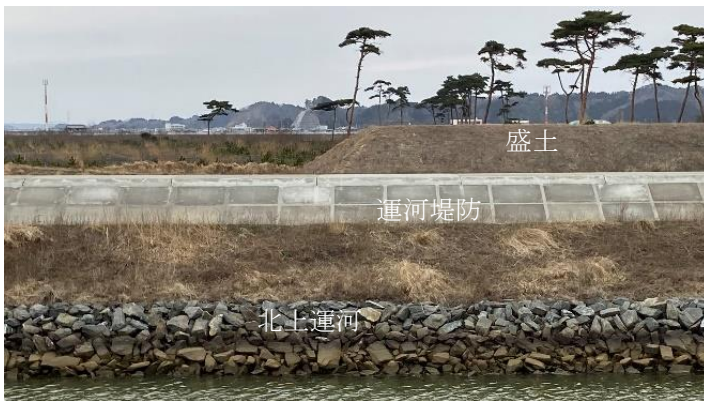


写真30-4 北上運河と背後地および竣工記念碑：2021.3

なお、写真30-4右は、平成28（2016）年9月に竣工した北上運河の河川堤防（管理者：宮城県）の竣工記念の現地パネルであるが、3.11津波の津波高：T.P.6.6m、堤防天端高：T.P.4.5m、比較的发生頻度の高い津波高（L1）：T.P.3.5m と記されている。＊3.11津波による石巻海岸の津波痕跡高は11.4m。

事例3.2 (3) 仙台市・荒浜

仙台市の東部に位置する荒浜は、写真 31-2 の通り、津波前（2010.4）、津波直後（2011.3、2011.4）、復興後（2021.9）のように変遷している。ここで、2011.3 は陸域に浸水が滞水しているが、2011.4 には水が引いている状況である。当地区の防潮堤については事例 2.4 (4) を参照することとし、当地区の「多重防御」の特徴は以下の通りである。

写真31-1は 荒浜の海陸方向の海岸から仙台東部道路までの状況（2019.5）である。同写真に記したように、海岸から、防潮堤（T.P.7.2m：海岸線から約150m）、保安林、貞山堀（同約450m）、保安林、県道10号（地盤高約6m：同約1km）、仙台東部道路（地盤高約6～8m：同約3km）が海岸線にほぼ並行して存在する。



写真31-1 荒浜地区の広域多重防御：Google Earth に加筆



写真31-2 荒浜地区の変遷：Google Earth に加筆



写真31-3 嵩上げ道路盛土：仙台市荒浜、2020.7



写真31-4 浸水した祠の変遷：左2011.5、中・右2020.7

ここで、県道10号の塩釜・亘理線の七北田川～名取川の10kmは、津波前は平坦道路であったが、盛土構造で復興されている⁴⁵⁾。写真31-3 は道路の天端の状況であるが、両法肩は津波の越流を考慮して保護され、特に、山側の法尻はコンクリート（Co）版、側溝により侵食防止が施されている。

写真31-4 は、津波直後の県道10号の脇にあった祠である（写真31-2 の黄色の○の位置）。同写真の左は、津波直後（2011.5.2）であるが、当地の浸水深は約3mであったが、盛土（地盤高約1.5m）上に祀られた祠は流されていない。これは、盛土上にあったことから実質の浸水深が減ぜられたことと、周囲に植えられていた比較的、幹の太い高木である松の木が複数本あったことにより、津波流が抑制されたためである。水深を減じること、保安林も同様であるが、相応の規模に成長した木の存在は、津波流の抑制になることが示唆される事例である。同祠の現況（2021.3）が写真の中・右であるが、塩水

による枯死のためか、松の木は伐採されており、新たに植栽された松の若木が成長している。

以上、平野海岸の当地区は、防潮堤、貞山堀、保安林（貞山堀の両岸）、県道10号盛土および仙台東部道路の5重の線状構造物群により多重防御が形成されていると言える。

事例3.2 (4) 岩沼市・千年希望の丘

仙台市の南に隣接する岩沼市の東部の海岸（二ノ倉地区）では、写真 32-1 の通り、津波前（2003.4）、津波直後（2011.3）、復興後（2021.9）のように変遷している。当地区の防潮堤については事例 2.5 (1) を参照することとし、当地区の「多重防御」の特徴は以下の通りである。

復興に当たり、岩沼市は約 10km の海岸と貞山堀の間を「千年希望の丘」として、「相野釜公園」、「藤曽根公園」、「二野倉公園」、「長谷釜公園」、「蒲崎公園」、「新浜公園」の 6 つの公園を整備している²³⁾。これらの公園は 15 基の丘と園路で構成される施設群であるが、丘は避難場所として、丘と丘を繋ぐ園路は津波の抑制と避難路と位置付けられている。なお、丘と園路については、「高所防御」の事例 4.3 (2) を参照されたい。

さらに、岩沼市は「千年希望の丘」を多重防御の一要素と位置付けて、防潮堤（海岸線から約50m）、千年希望の丘（同300～700m）、貞山堀（同300～900m）、玉浦希望ライン（嵩上げ道路：同1.2km）の4つの施設による多重防御を謳っている²³⁾。ここで、玉浦希望ラインは新たに整備した盛土構造の道

津波前 2003.4

* 玉浦希望ラインは無い

津波直後 2011.3

復興後 2021.9

* 玉浦希望ラインが新設
防潮堤、貞山堀が強化
丘・園路の整備

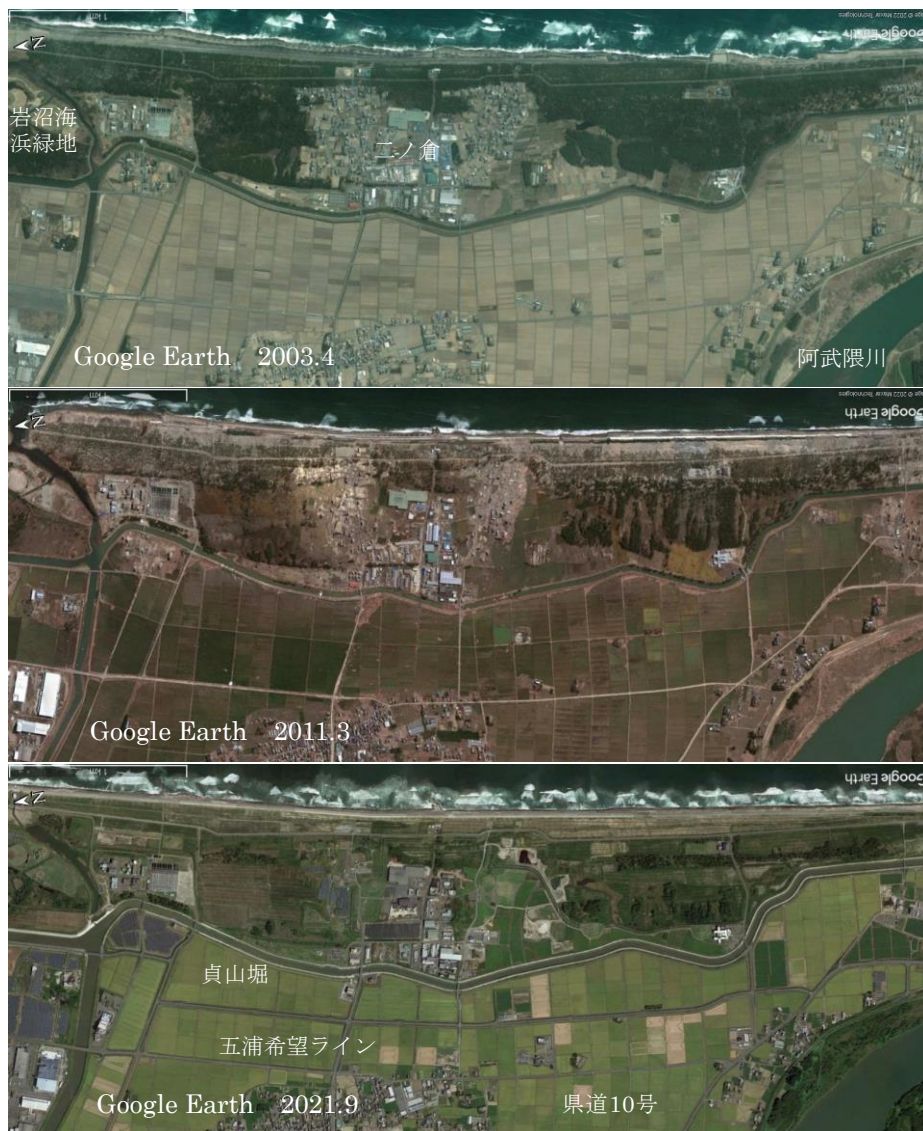


写真32-1 二ノ倉地区の変遷：Google Earthに加筆



写真32-2 千年希望の丘地区の多重防御：上・防潮堤～園路、中・丘、下・道路盛り土・貞山堀

路であり、写真32-1下では貞山堀と県道10号（平坦道路）の間にあることが分かる。なお、防潮堤と貞山堀の間に保安林がある場合、その津波減勢効果も考慮すると5重防御になるとも言える。

写真32-2上・中・下は、それぞれ、防潮堤～保安林（新たに植樹）～園路、丘、丘・園路～道路盛り土～貞山堀の例示である。

事例3.2 (5) 名取市・閑上～仙台空港付近

岩沼市と阿武隈川を挟んで南側に位置する名取市の閑上地区から、南に隣接する仙台空港の間の地区の「多重防御」の特徴は、以下の通りである。



写真33-1 名取市閑上～仙台空港の復興：Google Earthに加筆



市道・関上南北線：写真33-1の左・写真①、右・写真②の付近、2021.3



市道・広浦北釜線：写真33-1の左・写真③、中・右・写真④

写真33-2 道路盛土による第二次防御ライン

写真 33-1 は、復興途中（2019.5）の状況であるが、関上地区～仙台空港付近までは、①防潮堤～②保安林～③広浦・③貞山堀（海岸線から約 1km）～④道路盛土（第二次防御ライン：市道関上南北線・同広浦北釜線、同 1.5~1.8km）により 4 重の防御が形成されている。さらに、西側（写真の上）方向には、⑤仙台東部道路があるので、これを含めると 5 重防御とも言える。

事例3.2 (6) 山元町・笠野～高瀬

宮城県山元町は仙台平野の南部に位置し、海岸～平野部～山地部から構成されるが、3.11津波により、図14左のとおり、平野部はほぼ全域が浸水し、防潮堤、鉄道の常磐線などのインフラが被害を受けた。

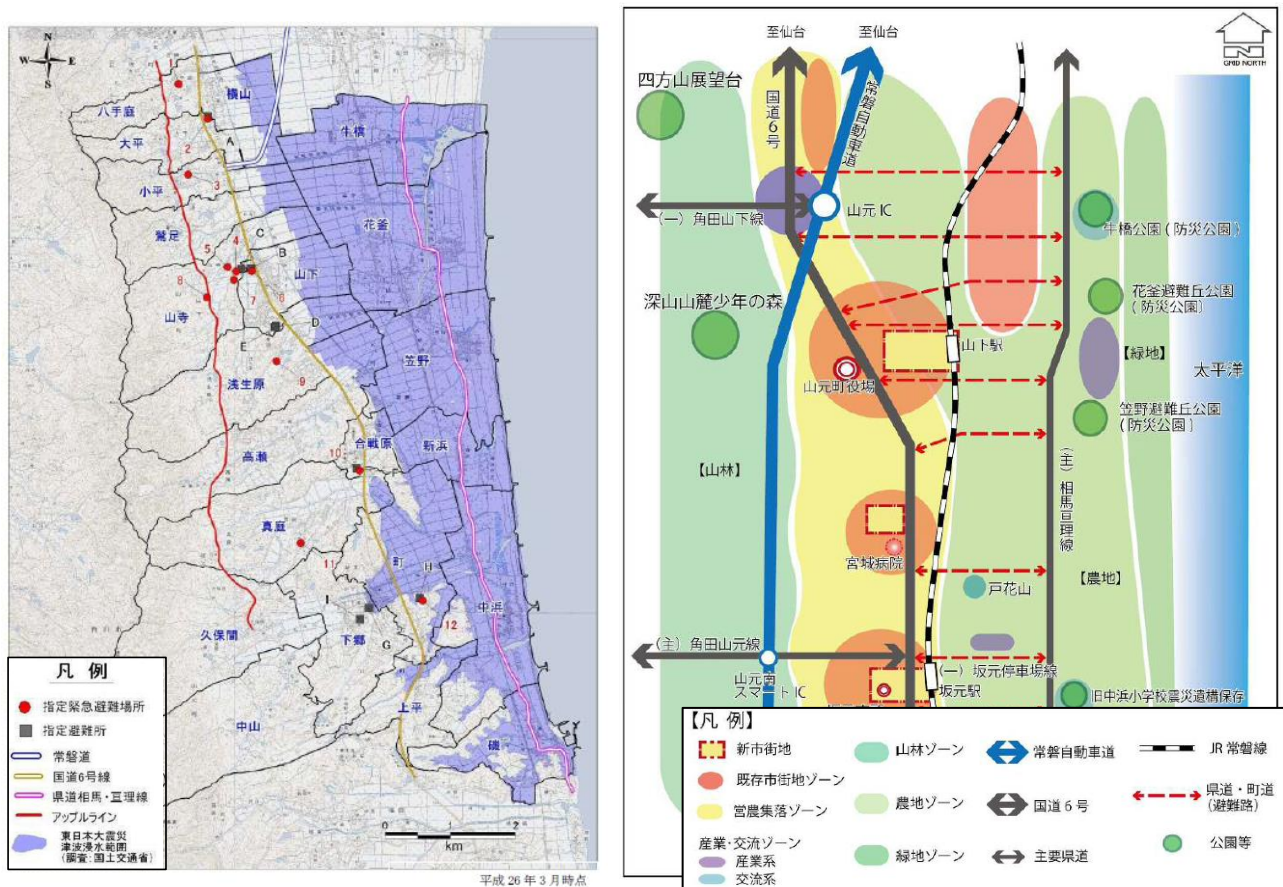


図14 山元町の多重防御化⁵⁹⁾：左・3.11津波浸水状況、右・将来都市構想図／抜粋（後出、図27参照）

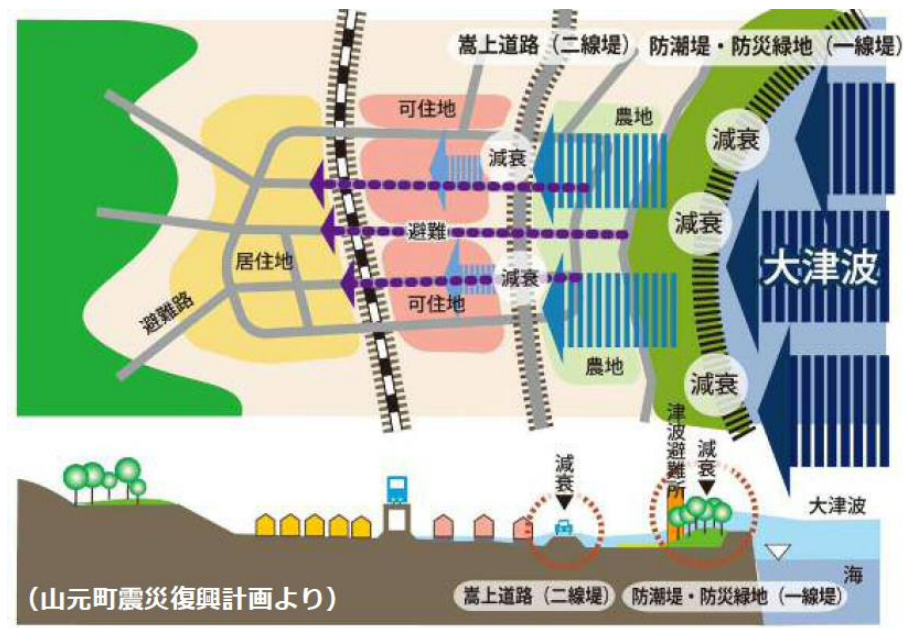


図15 山元町の都市計画マスタープランにおける全体構想⁵⁹⁾



写真34-1 山元町の笠野地区付近の変遷：Google Earthに加筆

図14右は同町が平成30(2018)年3月に策定した都市計画マスタープランで描かれている、将来の都市構造図であるが、常磐線は山側にルート変更し、高架構造とすると共に、鉄道線跡地は盛土構造の道路、(主)相馬亘理線として復興されている。また、沿岸部は防潮堤が復興され、その背後は防災緑地として、防災林、防災公園、避難丘が整備されている。

図15は全体構想の概念であるが、(主)相馬亘理線の道路盛土は、防潮堤・防災緑地の一線堤に対する二線堤として位置づけられている。



写真34-2 (主) 相馬亘理線の道路盛土、緑の防潮堤：2021.5

なお、写真 34-1 は笠野地区の変遷であるが、常磐線の線路跡地が道路盛土に変わっている。また、写真 34-2 は、西側の山地部から道路盛土と防潮堤の遠望である。

3.3 単一防御

津波に対する防御について、2 つ以上の構造物による複数防御でなく、単一の構造物などにより防御できれば、それが最良とも言える。本節では、道路盛土や鉄道盛土を防潮構造にしたり、道路盛土に防潮機能を持たせて海岸護岸は原型復旧するなど、単一防御の事例を取り上げて、その特徴などを考察する。

事例 3.3 (1) 田野畑村・明戸海岸

岩手県田野畑村の明戸海岸沿いの低平地（幅約 300m）では、写真 35-1 左（2011.4）のように、津波により防潮堤が決壊した。復興に伴い、低平地を迂回するように横断していた県道 44 号は、直線でバイパスさせるルートに変更（写真 35-1 右）されたが、防潮堤は復興されていない。

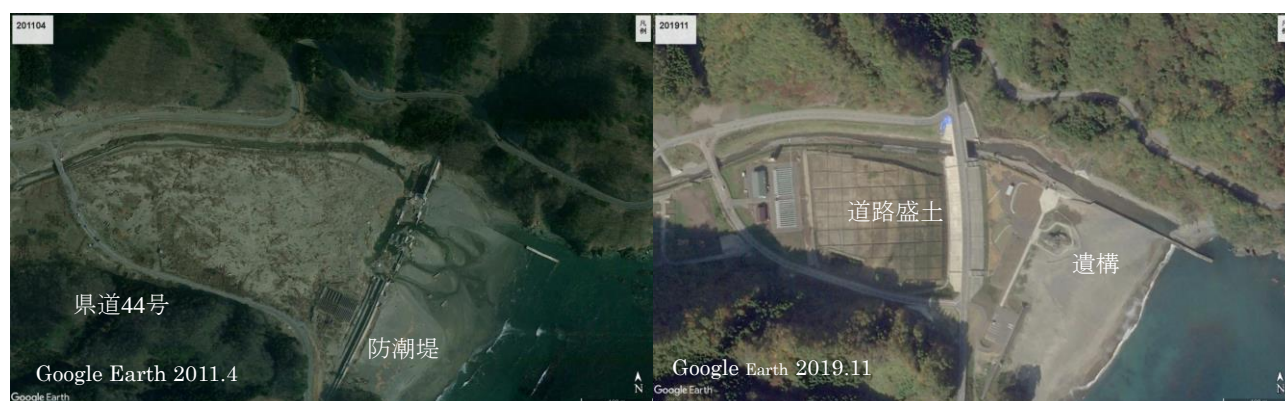


写真35-1 防潮堤を代替する道路盛土：明戸海岸、Google Earthに加筆

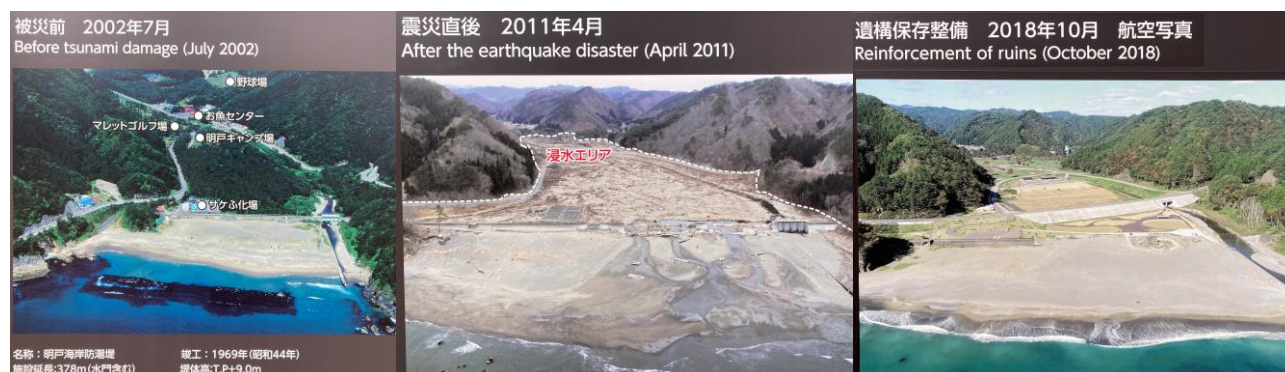


写真35-2 被災前、震災直後、遺構保存整備の変遷：明戸海岸、現地看板による、2021.3



写真35-3 海側からの復興の状況：明戸海岸、2021.3



写真35-4 新設道路盛土、旧防潮堤、震災遺構：明戸海岸、2021.3



写真35-5 道路盛土の山側（左）、海側（右）：明戸海岸、2021.3

写真 35-2 は、現地の看板の写真であるが、被災前（2002.7）の防潮堤の背後は、キャンプ場など、北三陸屈指のスポーツ＆レジャーエリアとされていた。防潮堤は、延長 378m、堤体高 T.P.9.0m で、1969 年に竣工しているが、津波までに 42 年が経過していたことになる。なお、同写真では、海域に人工リーフか、岩礁らしいものが見える。そして、津波直後（2011.4）では、防潮堤のほぼ右半分が決壊し、左側の防潮堤、水門は存置している。海岸地形にもよると思われるが、人工リーフ、岩礁らしいものがない区間（写真右側）の防潮堤が決壊しているようにも見える。

ここで、人工リーフ、岩礁、湿地のように、ある面的な広がりがある地形が津波抑制になり得る可能性は、津波直後の現地被害調査からも推定している⁴⁶⁾。

写真35-3 は、海側から見た明戸海岸の復興状況であるが、ルート変更されて新たに設置された道路は、盛土構造により低平地を横断し、その海側にあった防潮堤は、一部が震災遺構として保存されている。また、写真35-4左は同地区を南側からの状況であるが、津波により存置した防潮堤はそのままの状態である。また、決壊した防潮堤の一部は、同写真右のように、震災遺構として保存されている。

さらに、道路盛土の構造（写真35-5 参照）は、天端高は復興に当たっての防潮堤の堤防高設定値 T.P.14.3とされ、旧防潮堤（T.P.9m：現地看板による）よりも5.4m 高い。また、盛土の表法および裏法はコンクリートブロックにより被覆された構造とされ、耐津波性を考慮した構造である。

なお、道路盛土の河川横断部はボックス構造（写真35-6(1)）であるので、津波に対しては開口部になるため、津波時には河川での遡上、浸水が危惧される。ここで、防潮堤の場合、河川や水路の横断部は、写真35-6(2)、(3) のように、海側を壁構造として常時の通水を妨げない最低限の開口とし、津波時は山側で扉により遮断する構造にしている（写真35-6(3) には、海側と山側を示す。）。なお、写真35-6 (4) は普代水門であるが、防潮堤に付帯する水門と同様な構造になっている。



(1) 明戸海岸・道路盛土：2021.3



(2) 田老漁港：2021.3



(3) 平井賀水門：2021.3



(4) 普代水門⁵⁷⁾

写真35-6 防潮堤の河川・水路の横断部の構造：2021.3

ここで、明戸海岸の津波前あるいは津波直後の状況（写真35-2）によれば、水門は壁状構造になっているので、防潮機能を持たせた当該道路盛土でも、防潮堤と同様な措置が必要かもしれない。

以上、当地区では防潮堤を再興しないで、防潮構造にした道路盛土が防潮堤を兼ねている。言い換えると、防潮機能を期待した道路盛土だけによる単一防御である。当地区は低平地の幅が限られているために、このような対応が可能とも言えるが、地形的な要衝を押さえれば、所要の高さや構造により、多重防御でなくとも、単一防御でも津波の防止、抑制の可能性を示唆する事例である。

【参考：普代水門、太田名部防潮堤】

単一防御の既往事例として、岩手県普代村の普代水門と太田名部防潮堤（写真 36.1）⁵⁷⁾を例示する。

昭和8年の津波を経験した和村幸得元村長は、明治29年の津波で記録された15.2m から、高さ15.5m の普代水門と太田名部防潮堤の整備に尽力したとされている。

写真36.1 は、普代水門と太田名部防潮堤の津波前（2010.6）と津波直後（2011.4）の比較であるが、写真36-2 の通り、普代水門は、普代川の兩岸に山付きして横断する堰であり、太田名部防潮堤は、狭隘な谷地形の入口を遮断した防潮堤である。

3.11津波（痕跡高 T.P.18.4m）により、普代水門（1984年完成、延長205m、T.P.15.5m）は高さ20m の津波による浸水を最低限に食い止め、村内の人的被害を死者0、行方不明者1に抑え、「奇跡の水門」と呼ばれて注目されている。また、太田名部防潮堤（1967年完成、同155m、T.P.15.5m）は越流していない。



写真36-1 太田名部防潮堤（右）と普代水門（左）⁵⁷⁾

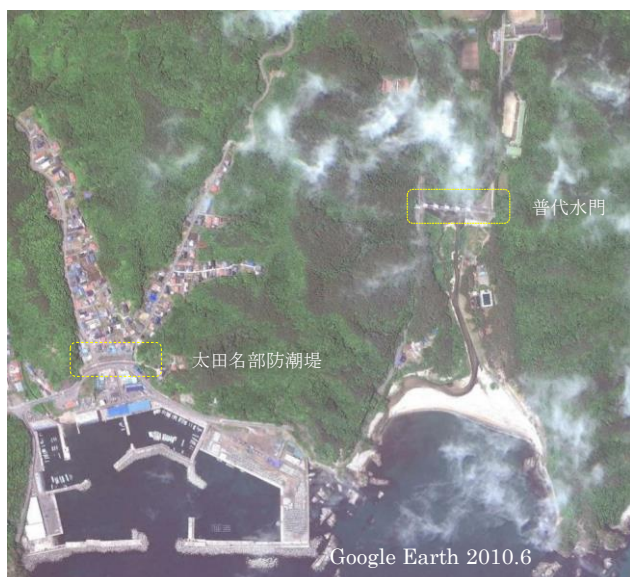


写真36-2 普代水門と太田名部防潮堤の津波前後：普代村、Google Earthに加筆

このように、普代水門は、昭和47年着工から12ヵ年を経て昭和59（1984）年に完成したが、27年後の3.11津波により、効果が実証された。また、太田名部防潮堤は、昭和37年着工から6ヵ年を経て昭和42（1967）年に完成したが、44年後の3.11津波で実証されたことになる。

以上の通り、普代水門と太田名部防潮堤は、単一の構造物による単一防御の有効性を示唆している。

事例 3.3(2) 千葉県・九十九里有料道路

3.11津波による浸水被害は、遠く千葉県の九十九里浜の旭市などでも発生したが、千葉県は数十年から百数十年に一度の頻度で来襲が想定される津波高さを設定し、津波浸水想定図の作成・公表、九十九里沿岸の海岸津波対策事業などを実施している¹⁴⁾。

九十九里有料道路は、千葉県道路公社が管理、運営し、千葉県長生郡一宮町から山武郡九十九里町の17.2kmを結ぶ有料道路であるが、図16¹⁴⁾の通り、海岸線に近接する一部の区間について、海岸堤防と道路の兼用工作物として嵩上げをして、道路盛土に津波防潮機能を持たせた点が特徴である。

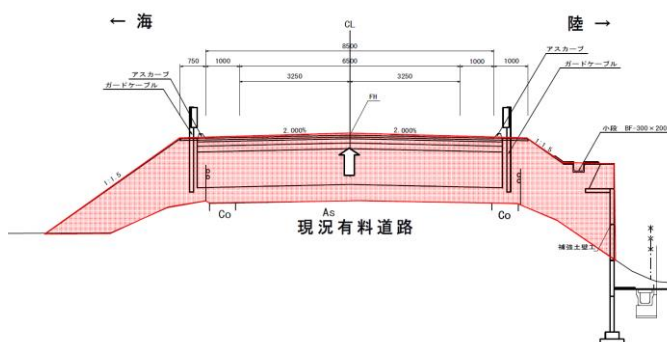


図17 有料道路嵩上げ断面図¹⁴⁾

図16 海岸津波対策事業位置図¹⁴⁾

九十九里浜の約 60km について、津波対策延長は 41km であり、そのうち、海岸堤防を 27km、保安林の砂丘を 14km としているが、九十九里有料道路 17.2km のうち 8.9km 区間を嵩上げしている。なお、嵩上げされる道路の高さは、海岸保全施設等の高さの目安である T.P.6.0m とし、そのため、既存道路は約 2m 嵩上げされた。

当該嵩上げ事業は、砂浜に新たな築堤を行うことなく、既存の道路盛土を活用した、視点を変えた対策の取り組みであり、津波防潮の機能のほか、環境面（生態系の保護）、利用面（海水浴場の確保）、防護面（海岸線からの離隔距離を確保）の観点から総合的に検討されている。

図 17 は道路の横断面図¹⁴⁾であるが、現況道路を盛土で嵩上げをしており、嵩上げに伴う用地幅の制約のため、山側は補強土壁により安定化を図っている。なお、海側の法面は 1 : 1.5 の法勾配であり、海陸の往来のために、横断ボックスが設置されている。ここで、津波時の横断ボックスからの浸水が課題となるが、写真 37-1 は Google Earth からの横断部の状況（2021.9）である。同写真から分かるように、横断ボックスの海側には出入口を囲うブロック張の盛土があり、浸水を防止する配慮がされている。なお、道路の嵩上げ前は、海陸の往来は難しかったと思われるが、嵩上げにより交流性も向上したと言える。

写真37-2 は、Google Earthによる嵩上げ後の九十九里有料道路の状況の事例であるが、砂浜に沿った道路盛土は背後の住宅地などの津波防潮になっていることが分かる。

さて、前述の通り、九十九里浜の津波対策のうち、保安林の砂丘については、写真 37-3 が参考になる。同写真によれば、保安林の海側に新たに盛土を造成し、往来のための階段、道路が整備されていることが伺える。



写真37-1 嵩上げ道路の海陸の横断構造：Google Earthに加筆

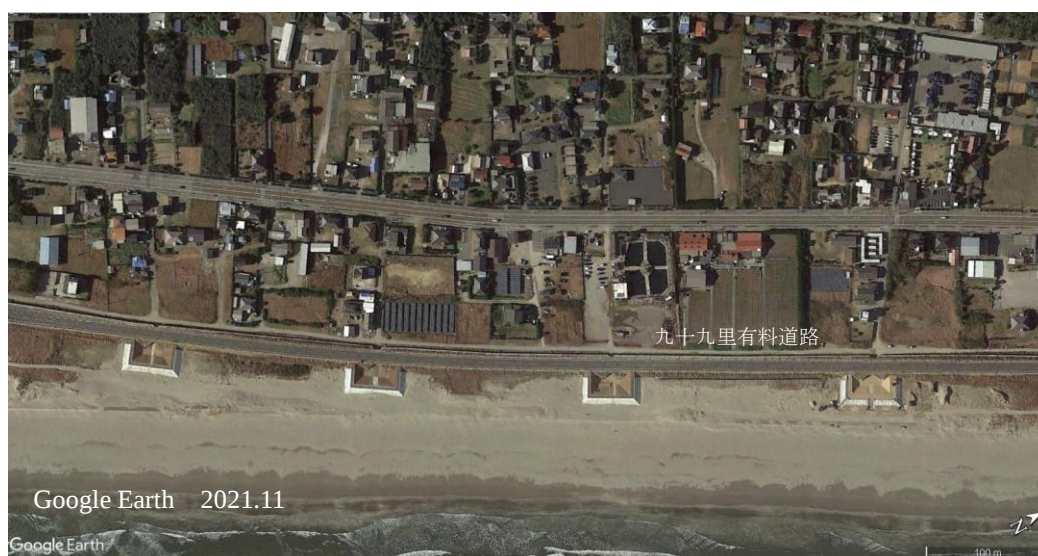


写真37-2 九十九里有料道路：Google Earthに加筆



写真37-3 保安林の砂丘による津波対策：上・施工直後、下・横断道路など、Google Earthに加筆

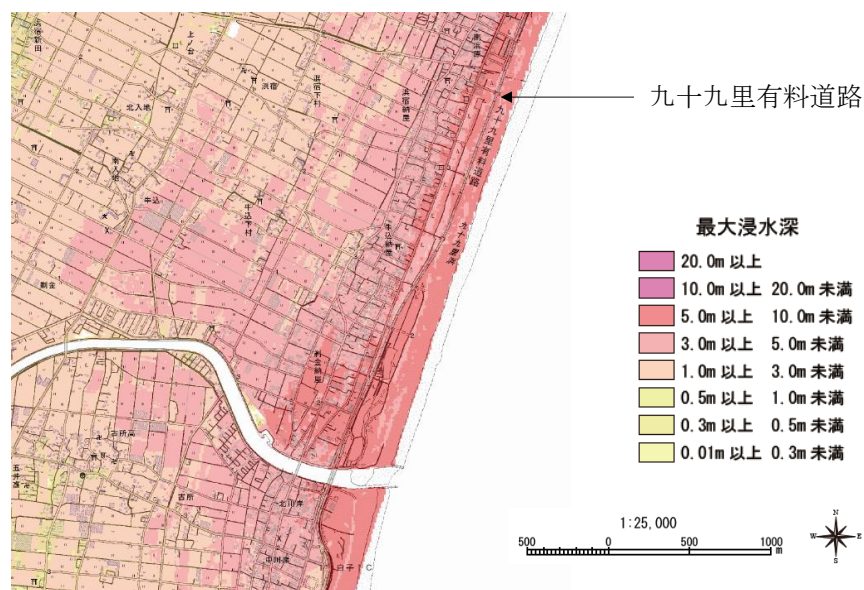


図18 千葉県津波浸水想定図：大網白里市・白子町・東金市・茂原市¹⁶⁾、図面番号42／57、一部抜粋

なお、図18は、九十九里有料道路に関わる津波浸水想定図の一例（図面番号42：大網白里市・白子町・東金市・茂原市¹⁶⁾）の一部の抜粋であるが、同想定図には嵩上げされた道路の津波浸水抑制の効果は反映されていないようである。

以上、紙上調査の範囲であるが、当該事例は、平野海岸において津波防潮のために、既存道路を活用した単一防御の事例として整理している。

4. 多様な高所防御

集団移転などのための高台移転について、現地調査から図19のように分類できる。復興に際しての「高台移転」は、主としてリアス海岸で想定されていたが、復興の実際では、海岸平野でも居住、避難のためのタワーなどの高所の整備がなされ、対象範囲が広い。そのため、本文では「高所防御」と呼ぶ³¹⁾。

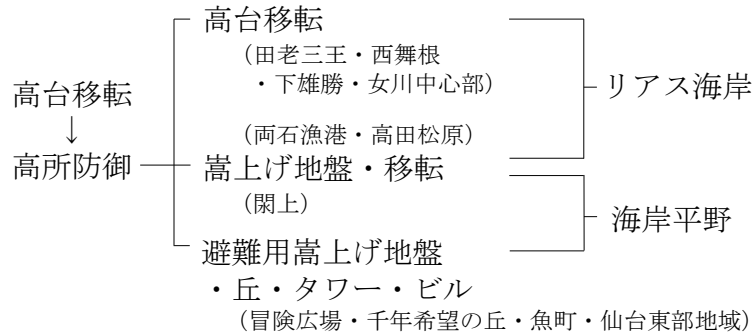


図19 復興において高台移転から高所防御へ

4.1 高台移転

平地に限られたリアス海岸では、新たに山地を造成した、レベル2津波でも安全な高台移転の復興が数多い。いわゆる、土地利用の変更である。

事例4.1 (1) 宮古市・田老三王

宮古市田老地区は、写真36-1左のように、津波前は高さ（T.P.10m）の第1線堤、第2線堤、第3線堤の防潮堤が整備されていたが、3.11津波により同写真右のような甚大な浸水被害を受けた。同写真の記載によれば、第2線堤、第3線堤は破堤し、さらに第1線堤を超えて市街地が浸水、たろう観光ホテルでは4Fまで浸水（T.P.16m）、田老地区で犠牲になった方は181名である。

復興では、写真38-1右の通り、第一線堤（T.P.14.7m）と第二線堤（T.P.10m、旧堤防存置）の2重の防御によることとし、山側は嵩上げて住宅系用地（普通）とし、海側は災害危険区域としている。さらに、田老三王地区を新たに造成し、住宅などの高台移転を図っている。

写真38-2 は、田老地区の土地利用計画図（現地の看板による）であるが、元々の低地部は商業系用地、産業系用地、嵩上げた山側の住宅系用地（普通）などとして、新たに整備した高台（三王団地：標高40～60mほど）は住宅系用地（普通、集合）、公共施設用地などは利用計画されている。



写真38-1 震災前、震災後と復興計画：「現在地」に設置された看板による、2021.3

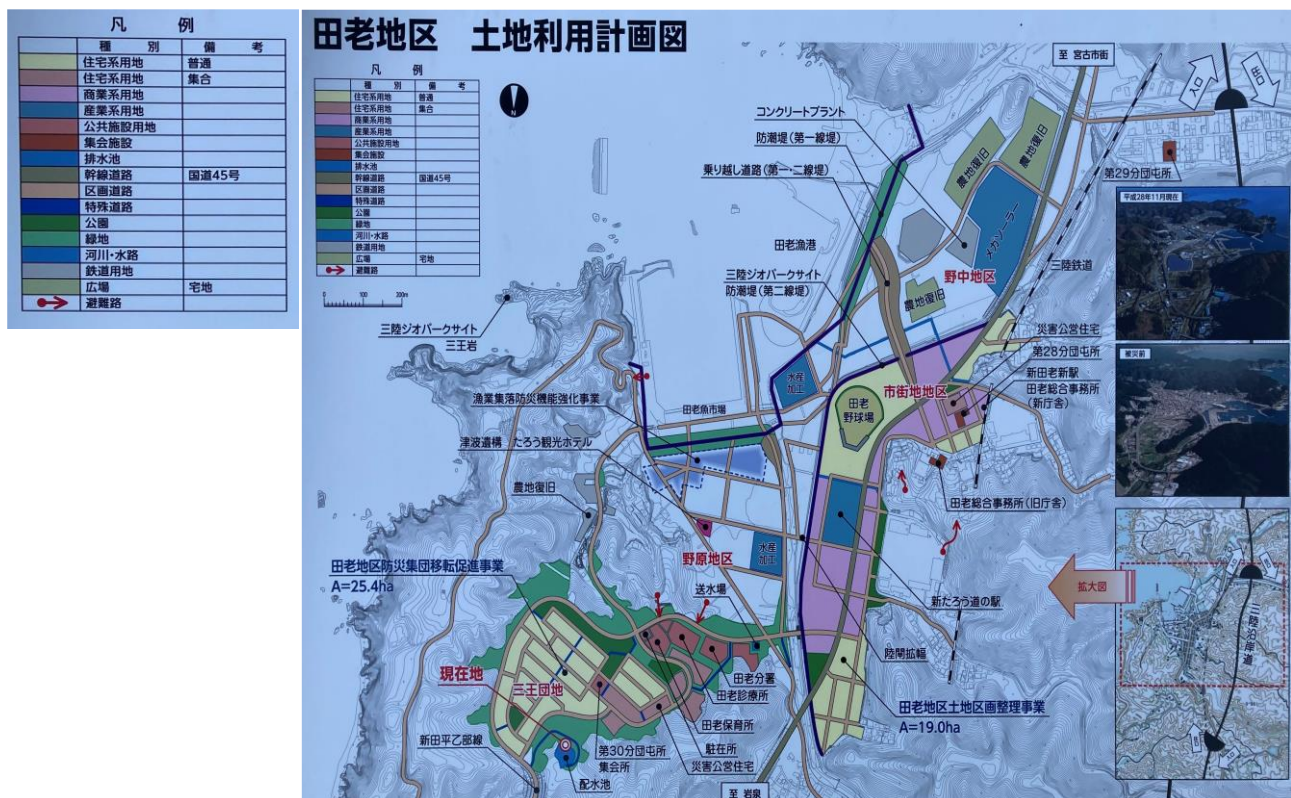


写真38-2 田老地区の土地利用計画図：図中左下の“現在地”に設置された看板による、2021.3



写真38-3 山地造成による高台移転：宮古市田老三王団地、2021.3



写真38-4 震災遺構・たろう観光ホテルと防潮堤を望む：田老三王団地から、2021.3

写真38-3 および写真38-4 は、山王団地の高台にある展望台（写真38-2 の現在地）からの田老地区の様子である。

事例4.1 (2) 気仙沼市・西舞根

気仙沼市西舞根・舞根2区は舞根湾奥（低平地幅150mほど）の集落である。復興では、住民の総意により山地を造成した高台（護岸から約300m以遠、標高40mほど）に移転した（写真39-1）。しかし、生態環境の保全、防潮堤で守るものが無いため、防潮堤（T.P.9.9m）は不要とされ、護岸の原形復旧に留まる（写真39-2）。また、写真39-3左のように、西舞根川では左岸護岸の一部撤去、右岸側の生態配慮の護岸改修により、河川～海～湿地の水循環を図った湿地が保全された²⁶⁾。



写真39-1 防潮堤を原形復旧して高台移転：気仙沼市舞根、Google Earthに加筆



写真39-2 護岸、高台を臨む：気仙沼市西舞根、2021.3



写真39-3 西舞根川、湿地、護岸、舞根湾の状況：2021.3

以上、当地区の復興は、高台・集団移転により、海岸は護岸の原形復旧に留め、自然保護などを実現した特筆できる事例である。

事例4.1 (3) 女川町・中心部

女川町の中心部の復興における「多重防御」の特徴は本文の事例3.1(4)で紹介したが、「高台移転」の特徴は、以下の通りである。

図20 は、女川町中心部の土地利用構想図であるが、概ね、女川港の周囲は港湾・漁港エリア、工業エリア、観光交流エリアとされ、それらの背後は商業・業務エリア、公共公益施設エリア、更に住宅エリアが続いている。幹線道路として、国道398号が女川港に沿っており、石巻方向（図の左方向）に繋がっている。ここで、鉄道は、女川駅を終点として市街地の中心にある。

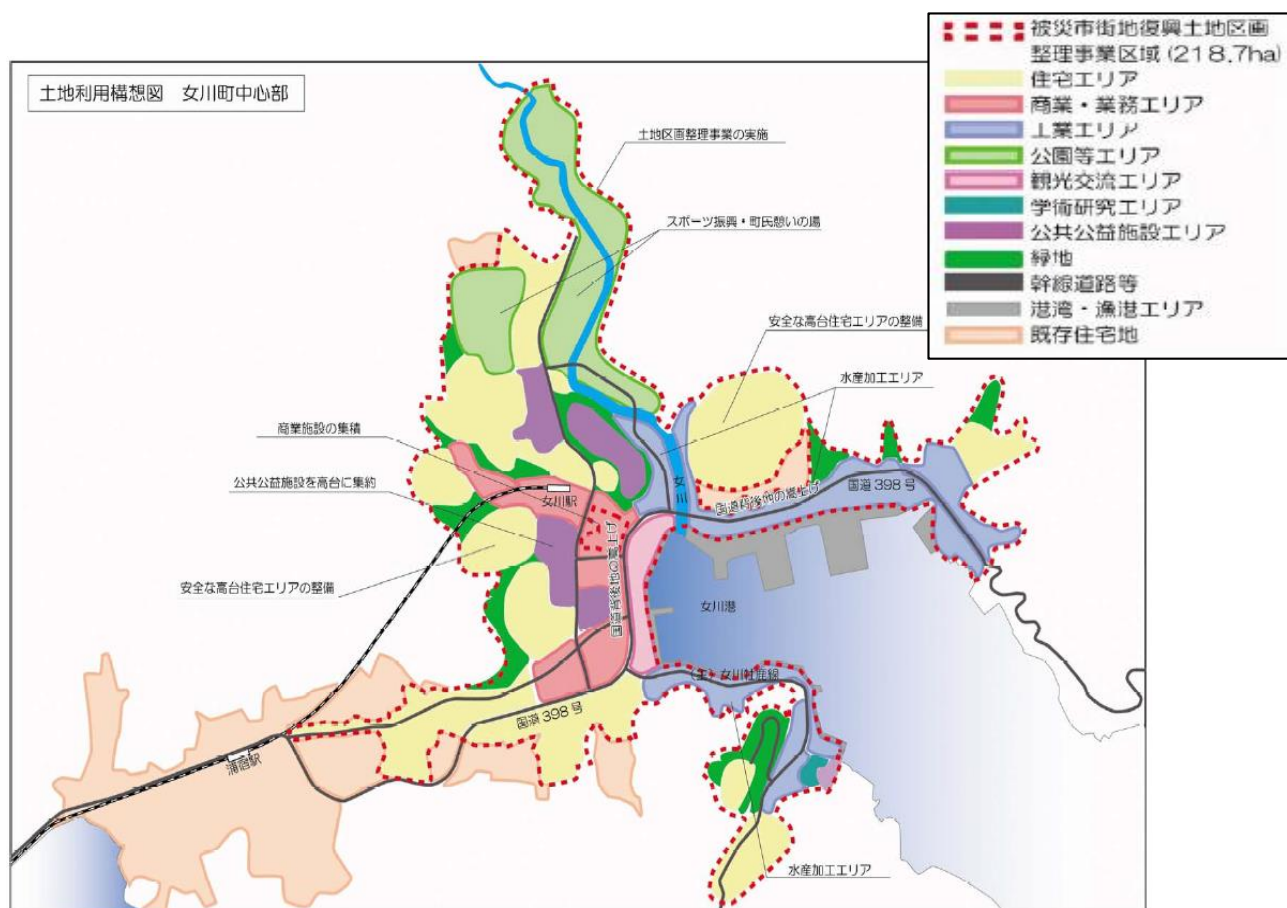


図20 土地利用構想図・女川町中心部：文献21) の凡例を拡大



写真40-1 国道398号とA～Cゾーン：2021.5

女川町の復興まちづくりでは、本文の図13（前出）で示したように、対象地域をA、A'、B、Cの4つのエリアに区分し、AおよびA'は高台移転のエリアに設定され、レベル2津波（3.11津波：T.P.18.0m）でも浸水しない地域として整備されている。写真40-1 は女川湾からの中心部の遠望であるが、図20の平面図では分からないが、AおよびA'エリアが高台であることが分かる。

また、写真40-2 は国道398号と女川駅間の商業・業務エリアに整備された商業施設であるが、Bゾーンにあり、レベル1津波は浸水しないが、レベル2津波は浸水を想定している。写真40-2 のように、海岸部は護岸の原形復旧であるので、視界を遮る防潮堤はないため、良好な観光交流エリアとなっている。なお、写真40-2 の通り、漁港の沖合には、防波堤がある。



写真40-2 シーパルピアと女川漁港を望む：2021.5

以上、女川町は道路盛土の嵩上げにより防潮機能を持たせることにより、高い防潮堤を設けないことでまちづくりを実現した点が特筆できる。

事例4.1 (4) 宮古市・雄勝町下雄勝

宮古市の雄勝町下雄勝地区は、**写真41-1**のように、津波前（2010.6）、津波直後（2011.4）、復興途中（2016.8）、復興後（2021.11）のように変遷している。3.11津波の痕跡高はT.P.16.3mとされているが、津波により、雄勝湾の沿岸、湾奥の雄勝漁港に流入する天原川の沿川の低地は浸水被害を受けている。

当地区の復興では、本文の**事例2.2 (2)**の通り、海岸沿いに直立堤（T.P.9.7m）が整備されているが、雄勝漁港の東隣にある下雄勝地区では、**写真41-2**の通り、用地の制約から防潮堤の背後を盛土して嵩上げ地盤とし、さらに隣接して高台を整備し、高台移転地としている点が特徴である。

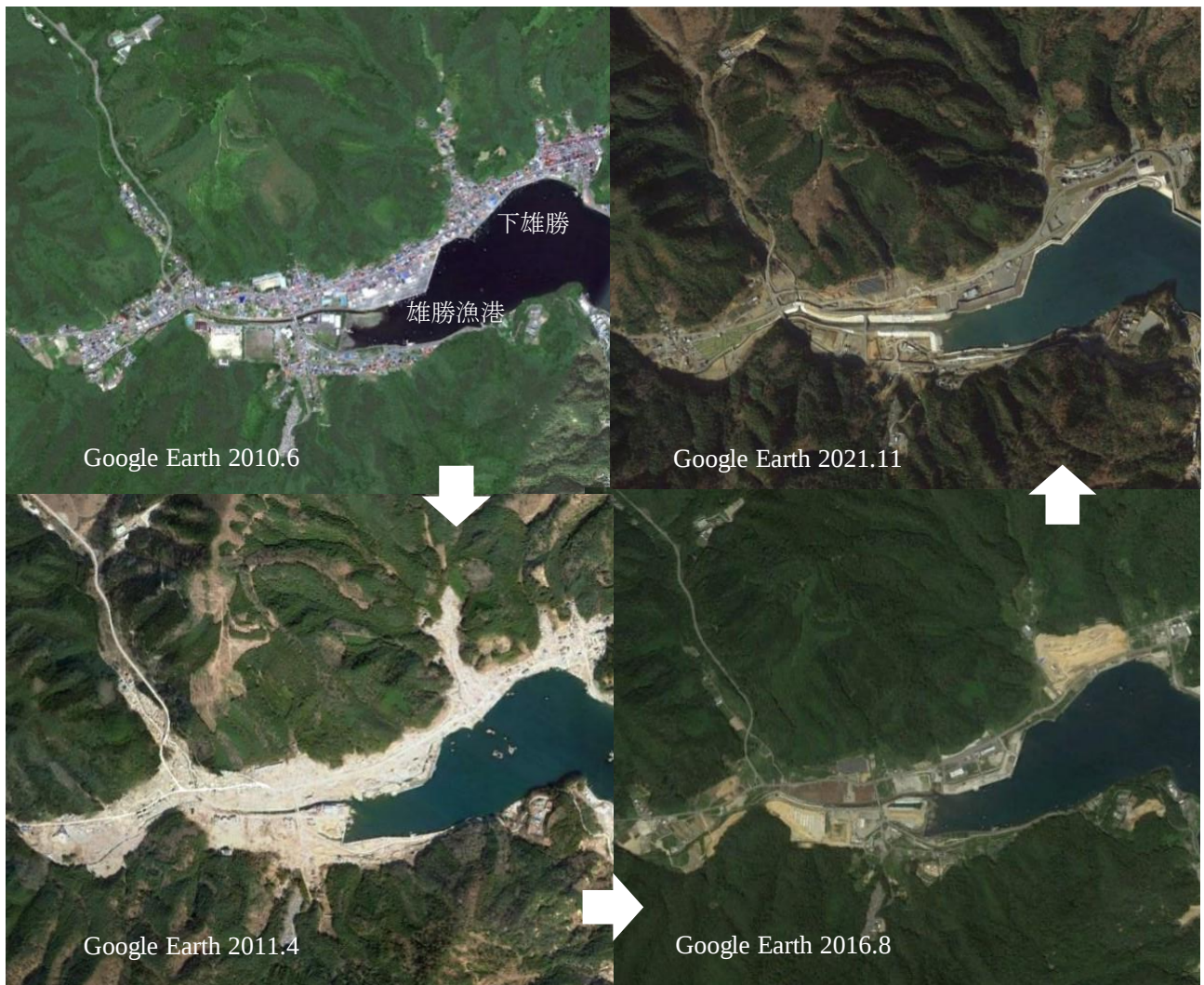


写真41-1 雄勝漁港、下雄勝地区の変遷：Google Earthに加筆



写真41-2 防潮堤、嵩上げ地盤、高台：宮古市雄勝町下雄勝、2021.3

ここで、嵩上げ地盤（T.P.10m程度）は、道の駅“硯上の里おがつ”として、雄勝硯伝統産業会館、おがつ海産物直売所、雄勝観光物産交流館が整備された商業・観光エリアとして利用し、高台は2段（T.P.20～25mほど）になっており、住宅の他、河北消防署雄勝出張所、石巻市雄勝総合支所、雄勝郵便局があり、住宅・公共用地として利用している。

以上、下雄勝地区の防潮堤（直立堤）は、背後を嵩上げ地盤としているが、防潮堤の空間利用の一形態と考えることができる。

4.2 嵩上げ地盤・移転

山地造成による高台移転の他に、平坦部の地盤を嵩上げして移転高台とすることが、海岸平野に限らず、リアス海岸でも実施されているが、以下に、それらの事例を示す。

事例4.2 (1) 釜石市・両石漁港

釜石市市街地から国道45号を鵜住居地区に向かう途中にある両石漁港は、写真42-2 の通り、津波前（2010.6）、津波直後（2011.4）、復興後（2021.11）のように変遷している。津波により防潮堤が決壊して、居住地であった背後の谷状の低平地（幅100mほど）は浸水被害を受けている。



写真42-1 防潮堤、嵩上げ居住地、国道45号：上・全景、下・海側から、2021.3



写真42-2 両石漁港の推移：Google Earthに加筆



写真42-3 嵩上げ盛土、防潮堤の状況：2021.3

本地区の復興では、写真42-1、写真42-3 のように、漁港の背後は防潮堤（直立堤：T.P.12.0m）が整備されているが、防潮堤から150mほど以遠は嵩上げ盛土により高台として造成（T.P.20mほど：推定）し、住宅地になっている。なお、国道45号は、高台の嵩上げに合わせて盛土化されているので、今次規模の津波（T.P.22.6m）に対しても、浸水は抑制され、さらなる高所への避難が容易である。

事例4.2 (2) 陸前高田市・市街地

陸前高田市の主要部の高田・今泉地区では、図22 の復興計画図に基づいて復興されている。同図から、広田湾の沿岸部は、本文の事例3.1 (2) の通り、第1線堤、保安林、第2線堤の整備が行なわれ、防潮堤と国道45号の間は、高田松原津波復興祈念公園（約130ha、計画では高田松原・防災メモリアル公園）として、東日本大震災津波伝承館、道の駅“高田松原”、国営追悼・祈念公園などが整備されたゾーンとされ、国道45号の北側の低地エリアは産業用地とされている。

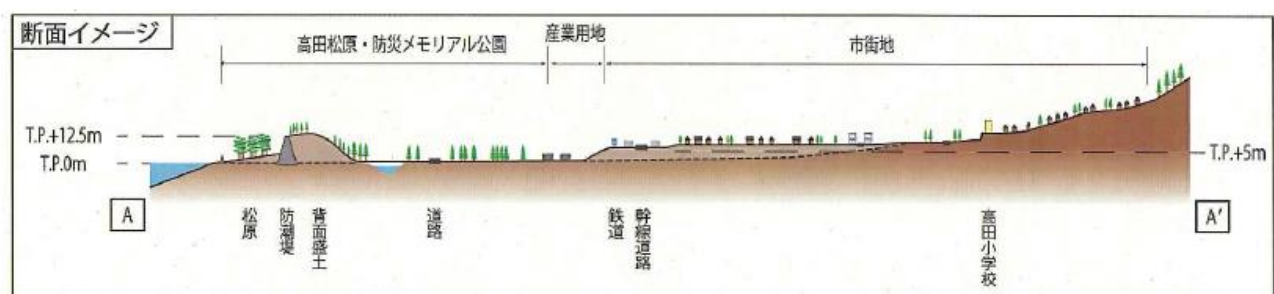


図21 陸前高田市の復興計画図：図22のA-A断面イメージ¹³⁾

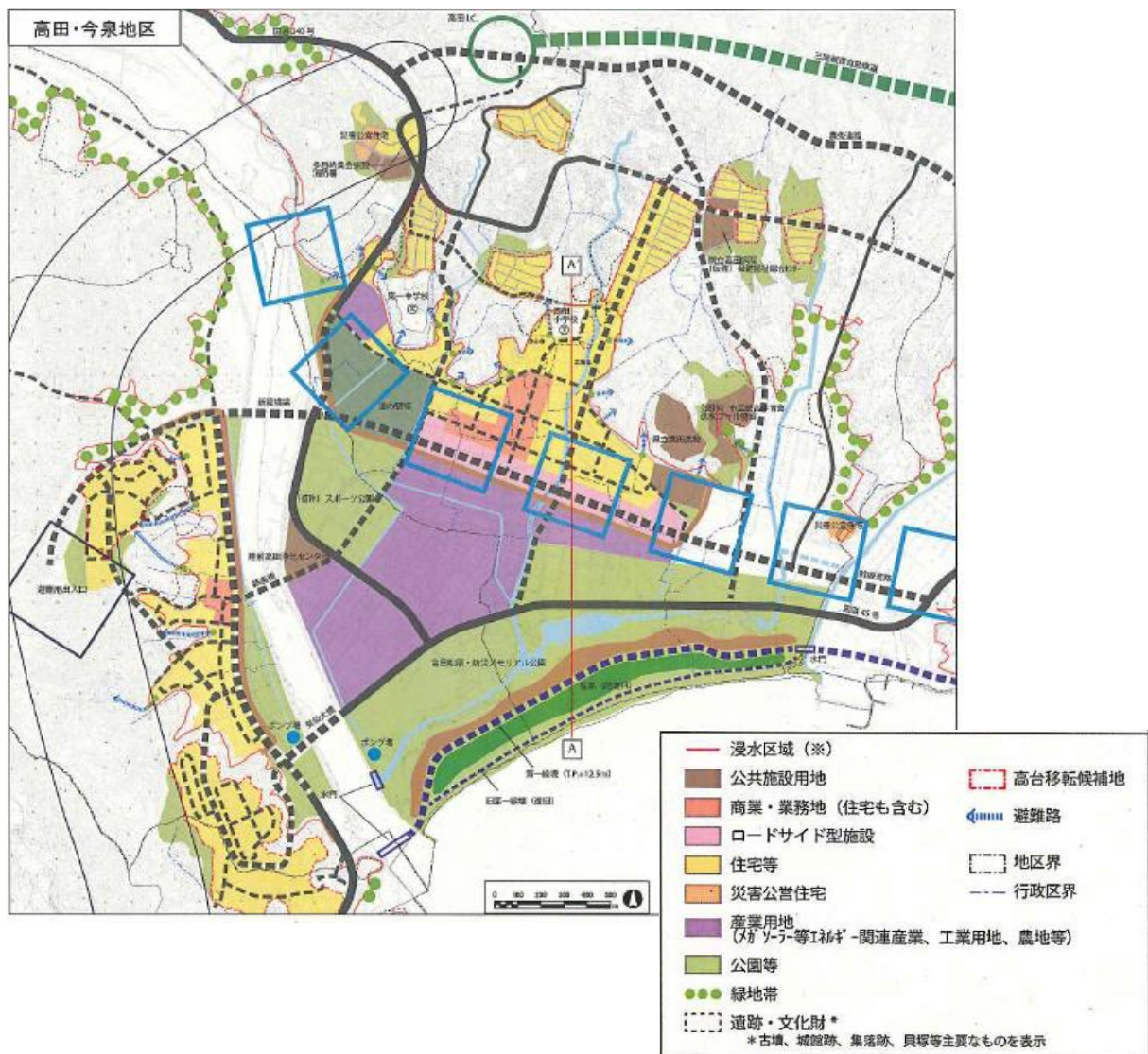


図22 陸前高田市（高田・今泉地区）の復興計画図：凡例は原図を拡大して加筆¹³⁾

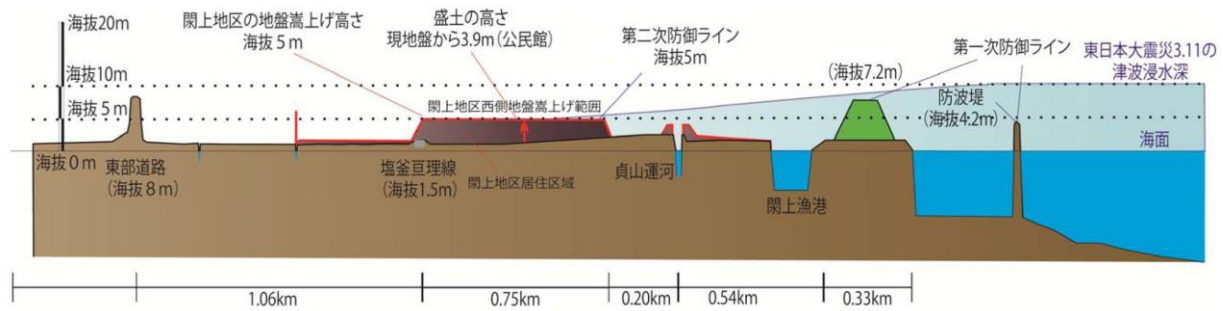


写真43 今泉地区の高台からの展望：2021.3

さらに、図21¹³⁾のように、山側は平坦地の地盤を嵩上げ（T.P.5m以上）して、鉄道、幹線道路、ロードサイド型施設、災害公営住宅、住宅などにより市街地を整備している（写真43）。なお、気仙川の西側は、復興用の土砂採取跡地が高台として整備され、住宅地になっている。

事例4.2 (3) 名取市・閑上地区

名取市閑上地区では、津波浸水を避けるために、地盤を嵩上げた盛土（約 32ha）を移転地としている。図 23⁵⁰⁾ は、地盤の嵩上げと津波防御ラインの説明図であるが、想定する津波規模は、3.11 津波の津波浸水深の 10m であり、防波堤（T.P.4.2m）と堤防堤（T.P.7.2m）を越流した浸水の盛土位置（海



地盤の嵩上げと津波防御ライン

図23 平野部の地盤の嵩上げによる高台：名取市関上⁵⁸⁾



写真45 嵩上げ地盤と道路盛土の一体性：名取市関上、2021.3

岸から約 1～2km) での浸水高を T.P.5m としており、現地盤 (T.P.1.1m) から地盤を 3.9m 嵩上げしている。つまり、関上地区の地盤の嵩上げにより整備する高台は、レベル 2 津波相当の 3.11 津波を考慮している点が特徴である。

写真 45 は津波の抑止に関わる、防潮堤、貞山堀の状況と嵩上げ地盤の状況である。なお、写真 45 左上の名取市サイクルスポーツセンターは、津波により浸水被害を受けていたが、3.11 津波から 9 年半後の 2020 年 10 月にオープンしている。

なお、前出の写真 33-2 および写真 45 右下のように、嵩上げの住宅地は新設された道路盛土と同一レベルで繋がっているが、個々の対策の連続化により、津波減勢性、避難性の性能は向上する。

4.3 津波避難用嵩上げ地盤・丘・タワー・ビル

津波浸水からの避難には、高い場所を造ればよいが、復興では地盤の嵩上げによる盛土、丘、津波避難用のタワーやビルが整備されている。

事例4.3 (1) 仙台市・冒険広場

仙台市の海浜公園冒険広場は、津波前に整備されていた嵩上げ盛土であるが、写真46-1 のように、津波前 (2010.4)、津波直後 (2011.3)、復興後 (2021.9) の変遷している。同盛土は、東西 (写真の上下方向) に島状 (延長約400m、幅約50～100m) に造成されており、頂上の展望台はT.P.15mである。

津波 (浸水深10m程度) でも上部は浸水せず、付近の住民の避難場所になった。写真46-2 は盛土周辺の保安林の流出状況であるが、津波流を受けた盛土の海側の前面および側面の侵食は表層に留まり、致命的な被害にはなっていない⁴⁷⁾。これは、盛土が津波流に対して侵食し難い、言い換えれば、粘り強

いことを示唆している。

復興により、盛土周囲の保安林は植林により再現（写真46-2右下）されており、冒険広場の盛土は写真46-3のように、津波時は平坦構造であったが、盛土構造で復興された県道10号（前出、写真31-3 参照）と同レベルで繋がっている。このように、異なる管理者による冒険広場の盛土（仙台市）と道路盛土（宮城県）の一体的整備により、避難性などの防災性が向上できる。



津波前 2010.4

津波直後 2011.3

復興後 2021.9

写真46-1 冒険広場の周辺の推移：Google Earthに加筆



写真46-2 冒険広場の盛土などの被害：左上・左下・右上2011.5、右下2020.7



津波直後2011.5

復興後 2020.7

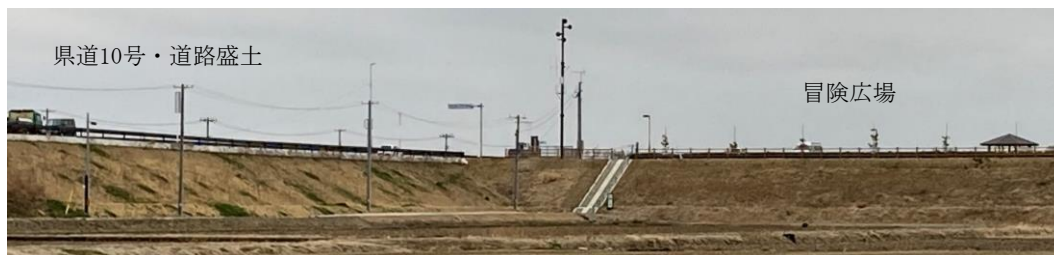


写真46-3 冒険広場の盛土と嵩上げ道路盛り土の一体性、2020.7



写真46-4 冒険広場の海側の先端部の状況：左上・津波直後2011.5、左下・右2020.7

写真46-4左上は、冒険広場の海側の先端部の侵食状況であり、盛土内部が露出しているが、ゴミの処分用の人工盛土であったと推察される。なお、写真46-4左下は同じ場所の現在（2020.7）の状況である。盛土の一部には、写真46-4右の「冒険広場のいのちの森」があるが、設置された看板には“「いのちを守る森づくり」を世界に呼びかける植物生態学者、宮脇昭・横浜国立大学名誉教授の指導を受け、仙台市の協力のもと、2011年7月31日特定非営利活動法人・冒険あそび場-せんだい・みやぎネットワークが植樹祭を主催。毎日新聞社の全国植樹キャンペーンと連携し、毎日新聞社と公益社団法人・国土緑化推進機構の各助成を受け、市内外の参加者約300人が心を込めて植えました。”と記されている。

事例4.3 (2) 岩沼市・千年希望の丘

岩沼市の約10kmの海岸と貞山堀の間は、東日本大震災の津波により人が住めなくなった土地を活用し、沿岸の約10kmにわたる「千年希望の丘」を整備し、大津波の痕跡や被災者の想いを後世に伝え、さらに遺構の保存による震災の記憶や教訓を国内外に発信するメモリアル公園と防災教育の場として活用している²³⁾。

千年希望の丘は、図24の通り、「相野釜公園」、「藤曾根公園」、「二野倉公園」、「長谷釜公園」、「蒲崎公園」、「新浜公園」の6つの公園と15基の丘と園路で構成される施設群である。これらの丘は避難場所として、丘と丘を繋ぐ園路は津波の抑制と避難路が目的とされる。

また、図25は丘と園路の構造図であり、丘の盛土などには震災ガレキが用いられているが、岩沼市の震災ガレキのうち、約90%の57万4000トンが再生利用されていると言う。例えば、第1号丘は高さ8mの円錐形で、天端は100m²の広場である。園路は高さ3mであるが、2020年までに約35万本が植樹されている。

写真47-1は、整備された丘の事例であるが、それぞれ第1号丘、第2号丘、第3号丘および第14号丘である。第1号丘から第3号丘は、本文の事例3.2 (4)の地区の多重防御の一翼を担っている。また、第14号丘の海側には、緑の防潮堤が望める。

ここで、第4号丘と第6号丘は、津波前から設置されていた盛土であるが、それらの復興状況は以下の通りである。

写真47-2は、3.11津波後（2011.7）の岩沼海浜緑地の展望用高台の盛土であるが、地盤高が約9.8m、天端は10mの円形であった。法面の浸水・侵食の痕跡から浸水深は6.8mと推定したので、津波により上部の3m程は浸水を免れていたことになる。なお、法面勾配は下部が1:4、上部が1:2ほどで、低木、草本に被覆された法面の侵食は非常に少なく、盛土の損傷は僅かであった⁴⁸⁾。この展望台は、千年希望の丘の第4号丘として復元されている。

第1号丘～第11号丘

第4号丘、第6号丘は
復元され、それら以外
は新設。

第12号丘～第14号丘

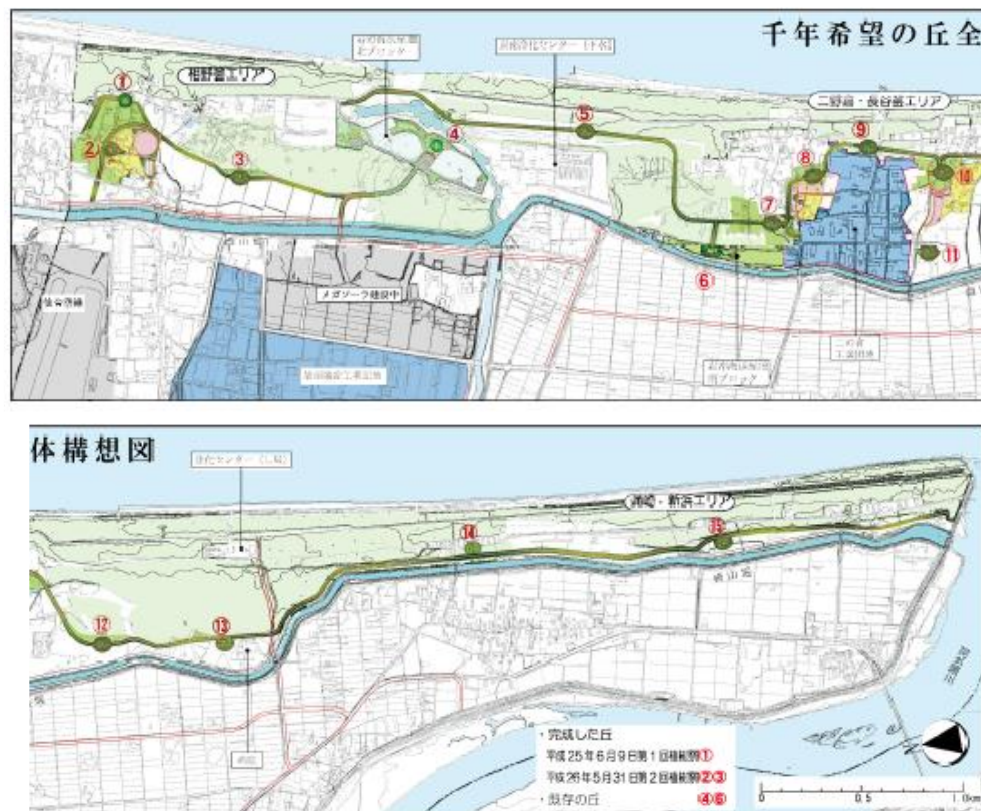
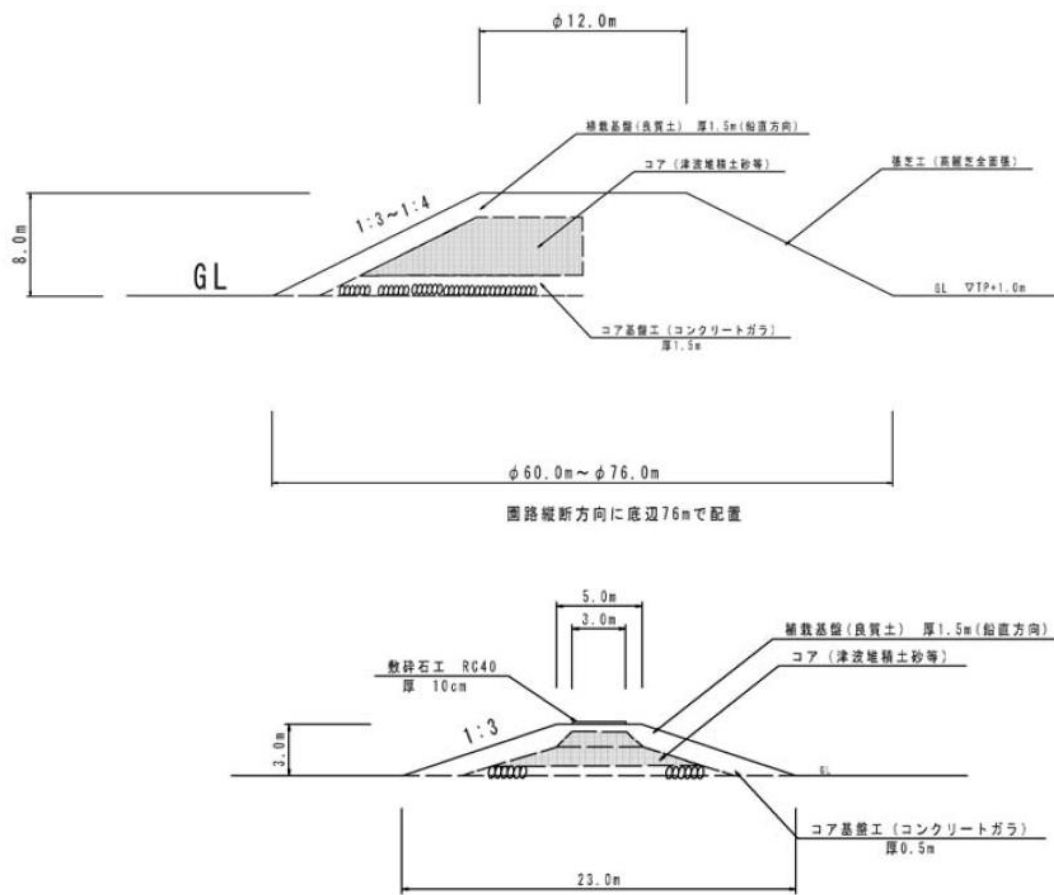


図 24 千年希望の丘全体構想図：千年希望の丘交流センターのリーフレット²³⁾から2分割して引用



(1) 丘の断面図

(2) 園路の断面図

図25 第1号丘の構造図：岩沼市HP、更新日2018.9.6

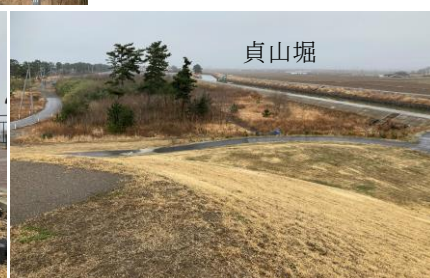
第1号丘



第2号丘



第3号丘



第14号丘

緑の防潮堤を望む

丘の天端：T.P.11m

貞山堀を望む

写真47-1 千年希望の丘／第1号～3号、14号丘：岩沼市下野郷浜、2021.3



写真47-2 第4号丘として復元された高台盛土の津波による被災状況：2011.7

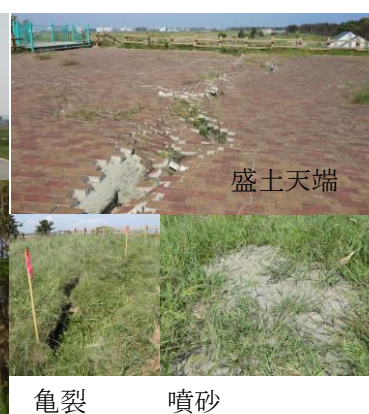


写真47-3 津波後の高台盛土の損傷（亀裂、噴砂）と管理事務所：2011.9、第6号丘として復元

また、写真 47-3 は、岩沼市二ノ倉地区の貞山堀の海側に沿って整備されていた高台盛土である。同写真の左下のよう、盛土は写真右の低地からの2段構造であり、1段目は地盤高 2.6m、2段目の高台盛土は地盤高 6.9m であった。従って、高台盛土は低地から 9.5m の高さがあり、底面は 60m×280m ほど、天端は 20m×30m ほどの規模であった。この高台盛土から 30m ほど離れた場所にあった管理事務所



写真47-4 第6号丘として復元された高台盛土：玉浦希望ラインから望む、2021.3

は1段目の盛土上にあったが、津波による浸水痕から浸水深は1.3mであり、低地からの浸水の高さは3.9mほどと推測していた。なお、写真47-3右のように、高台盛土の天端は地震動により亀裂が発生し、法面には液状化による噴砂痕が見られた。これは、津波前の地震動による構造物の損傷、変形にも注意が必要であることを示唆していた⁴⁹⁾。この高台盛土は、写真47-4の第6号丘として復興されており、貞山堀の護岸も再整備されているが、管理事務所は補修されているようである。

以上、「千年希望の丘」のように、平坦地の盛土による丘の設置例は仙台平野で多く見られるが、津波に対して粘り強く、避難場所として有効である。ただし、これらの丘は一時的な避難には有効であるが、周囲の耐水状態が長引いたりする場合には制約があると思われる。

なお、これらの丘は、古くから静岡県にある「命山」⁵⁰⁾に通じるものであり、現代版の命山と言える。

事例4.3 (3) 名取市・閑上地区・日和山富士

名取市の閑上地区は海岸平野の平坦地であるが、閑上漁港から100mほどの場所（前出、写真33-1 参照）に、写真48-1の日和山あるいは日和山富士と呼ばれる小高い築山があり、閑上湊神社と富主姫神社が祀られている。津波により社殿が流出したが、築山の標高はT.P.6.3m（現地での概算値は、6.55mとしていた）であるが、津波の浸水により天端から2.1m浸かったことから当地の津波高はT.P.8.4mとなり、築山は津波高よりも低かったために津波が被った。これは、当たり前のことであるが、盛土などは想定される津波高よりも高くすることが必要である。写真48-2は、津波直後の閑上漁港付近の状況である。



写真48-1 日和山富士の変遷：左・陸側、中・海側2011.7、右・海側2020.7



写真48-2 津波後の海側からの閑上地区、2011.7~9



写真48-3 現在の日和山富士：左・全景、中・御社、右・築山からの嵩上げ盛土、2020.7

復興により、写真48-1右のように、新たに御社が建立されているが、築山の高さは変わらない。当地区は、名取市震災メモリアル公園として整備されているが、日和山は公園の北側エリアにある。写真48-3は、現在（2020.7）の状況であるが、写真右のように嵩上げ盛土により復興された住宅地が望める。

事例4.3 (4) 山元町・笠野避難丘公園

写真49-1は、山元町の笠野避難丘公園に新設された避難高台である。天端はT.P.9.0mであり、標識の標高が1.3mであるので、高台の地盤高は7.7mになる。また、写真49-2は、避難高台の周囲、海岸方向の風景であるが、海岸から500mほどの位置にあり、写真19-4（前出）の緑の防潮堤（T.P.7.2m）が望める。なお、写真49-3は、避難丘を含めた沿岸部の状況（2021.9）である。

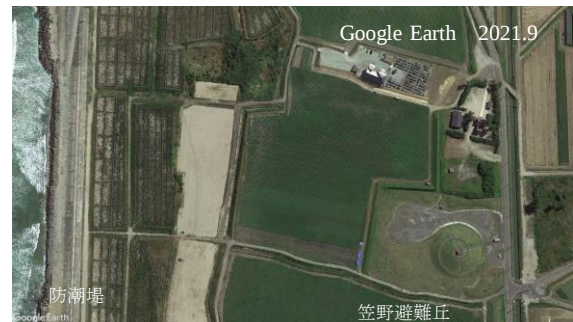


写真49-1 笠野避難丘：2021.3、右・Google Earthに加筆



写真49-2 避難丘の状況：2021.3

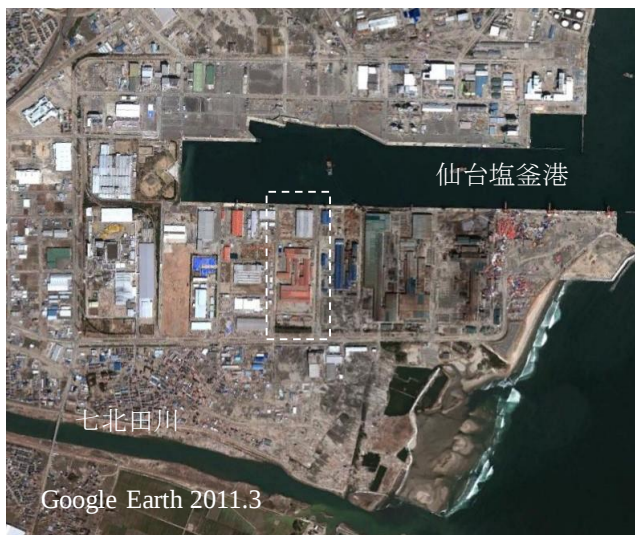


写真49-3 沿岸部の状況：Google Earthに加筆

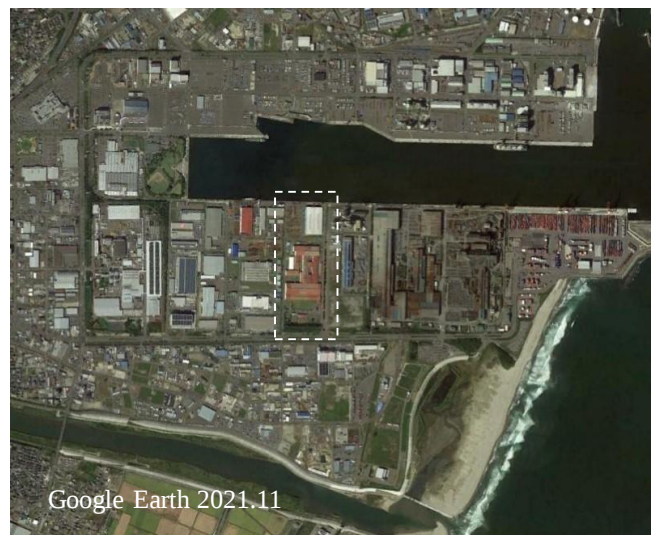
事例4.3 (5) 仙台港・築山

写真50-1 は、仙台塩釜港と七北田川に挟まれた民間の事業用の敷地（日鐵住金建材（株）製造所）を点線で記してあるが、同枠の下端にある帯状のゾーンは津波前から築山である。当地区の浸水深は3mであり、津波直後（2011.3）の通り、敷地内の建物は流出を免れている。復興後（2021.11）では、七北田川の堤防、海岸の防潮堤などの復興状況が分かる。

築山の標高はT.P.10m、地盤高は5m、天端幅は5m、延長は150mであるが、浸水深は3mであったため、当地区の津波高は8mとなる。しかし、築山の頂部の2mが浸水しなかったため、津波時は140名の従業員、住民の避難場所となり、一夜を明かしたとのことである（日鐵住金建材（株）による）。



津波直後 2011.3



復興後 2021.11

写真50-1 築山がある工場などの敷地：Google Earthに加筆



写真50-2 築山の変遷：Google Earthに加筆



写真50-3 築山の現況（2015頃）：左・表側、右・敷地内から

写真50-2 は、築山とその周囲の変遷であるが、津波直後（2011.3）は津波の周囲は浸水被害を受けているが、築山は立木が流されることもなく、確固と存在している。写真50-3 は現在（2015頃）の築山であるが、工場用地のバッファゾーン、グリーンベルトを兼ねた構造として存在感がある。

事例4.3 (6) 津波避難タワー・ビル

例えば、仙台市は仙台東部道路の海側の東部地域において、徒歩避難のための13箇所の津波避難施設（タワー型6箇所：全収容人員1,325人、ビル型5箇所：同1,450人、津波避難屋外階段2箇所）を整備している¹⁹⁾。**写真51-1左・中**は、それぞれ仙台市東部地区の津波避難ビル、津波避難タワーの例であるが、いずれも3階相当（高さ6m程度以上、T.P.では更に高い）に居室が設けられている。また、**写真51-1右**は、石巻市の沿岸部の津波避難タワーの例であるが、こちらも3階建てで相当になっている。

なお、**写真51-2** は、港湾や漁港の事業地と後背地の境界部分である。1.5m ほどの高さの可動式開閉扉がある防潮堤があるが、背後に見える高架通路が特筆できる。これによれば、津波に対して、港湾・漁港域からも浸水の危険性を回避した安全かつ迅速な避難が可能となる。



写真51-1 津波避難ビル(左)と津波避難タワー(中・右) : 左・中／仙台市東部地域、右／石巻市魚町

写真51-2 港灣・漁港からの避難用高架通路：石巻市魚町、2021.3



写真51-3 洪水対策の避難橋の例：ハンブルク市ハーフェンシティ地区²⁷⁾

程度) に対して2階相当の高さの橋を巡らして避難などの移動を支援しようとする。

同事例に倣い、津波の場合に応用すると、洪水よりも浸水深が深く、避難高台までの距離も長く、大規模な構造物になることが想定されるが、構造を橋梁でなく盛土にするとか、接続する避難先を高台でなく避難ビルにするとか、様々な創意工夫が考えられる。

以上、津波の避難のための人工的な施設であるビル・タワーは、盛土と同様に、現代版の“命山”であり、その整備、活用が有効である。

5. 津波対策における道路の役割

2章から4章で復興の取り組みの事例を紹介したが、特に、多重防御、高所防御において、道路盛土との係わりが深いことが指摘できる。つまり、道路路盛土は津波対策の有効な構造として位置付けることができるので、その意義を理解して、活用することが望ましい。

そのため、本章では、多様な道路盛土の活用事例を抽出し、道路盛土の意義を喚起する。

なお、同様な主旨で、参考文献32として公表しており、以下はそれをベースとして再編している。

5.1 道路の活用方法の分類

津波対策における道路の活用方法を分類すると、図26のように、多重防御と構造の複合化を挙げることができる。つまり、多重防御では防潮堤、鉄道盛土、水路などとの組み合わせによる複数防御における道路があり、他方、道路単一による防御も可能である。他方、構造の複合化では、嵩上げされた盛土、背後が嵩上げされた防潮堤との一体化による防災機能などの向上に資する道路がある。

図26には上記の分類ごとに該当する14事例を併記したが、以下では、それらの意義を要約するが、詳細は、それぞれに記載した前述の各事例を参照されたい。なお、⑨の女川町の中心部では原形復旧された防潮堤があるが、道路の盛土化が主要な役割を果たすので、該当事例としている。

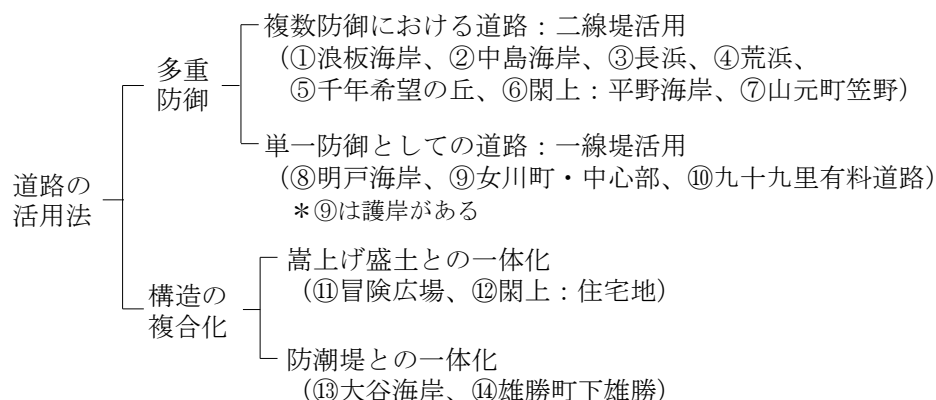


図26 道路の活用方法の分類と該当事例

5.2 多重防御における活用

道路が多重防御で活用された事例として、以下の9事例を取り上げる。

【事例①】岩手県大槌町の浪板海岸に注ぐ浪板川の低平地では、3.11津波前に国道45号の道路盛土は3重防御を担っており、津波によっても破堤せず、粘り強さを発揮したこと、復興では鉄道盛土と国道45号の盛土の間に新たに道路盛土を新設し、4重防御を形成し、多重防御が強化されていることが特徴である。**事例3.1(1)** 参照。

リアス線・盛土
域内道路・盛土
国道45号・盛土
防潮堤
* 三陸沿岸道路

写真52 浪板海岸：大槌町



【事例②】宮城県気仙沼市の津谷川の低平地では、防潮堤、防潮堤と連続した河川堤防により津波防潮が図られているが、三陸沿岸道路の高盛土は、特に意図されていないと思われるが、結果的に多重防御の一翼を担っている点が特徴である。**事例3.1(3)** 参照。

三陸沿岸道路・盛土
河川堤防
防潮堤

写真53 中島海岸：気仙沼市



【事例③】宮城県石巻市長浜では、防潮堤の背後の保安林の中に、盛土構造の歩道を新たに整備して3重の防御を図り、多重防御の強化を図っていることが特徴である。**事例3.2(1)** 参照。

嵩上げ道路・盛土
遊歩道・盛土
保安林
防潮堤



写真54 長浜：石巻市

【事例④】宮城県仙台市荒浜の県道10号の塩釜・亘理線の七北田川～名取川間の10kmは、防潮堤、保安林、貞山堀、県道10号盛土、仙台東部道路（海岸から3km程度）により5重の多重防御が形成されているが、多重防御の強化のために、津波前は平坦道路であった県道10号を盛土（高さ約6m）で復興していることが特徴である。事例3.2(3) 参照。

仙台東部道路
・盛土／高架橋
県道10号・盛土
保安林
貞山堀
防潮堤

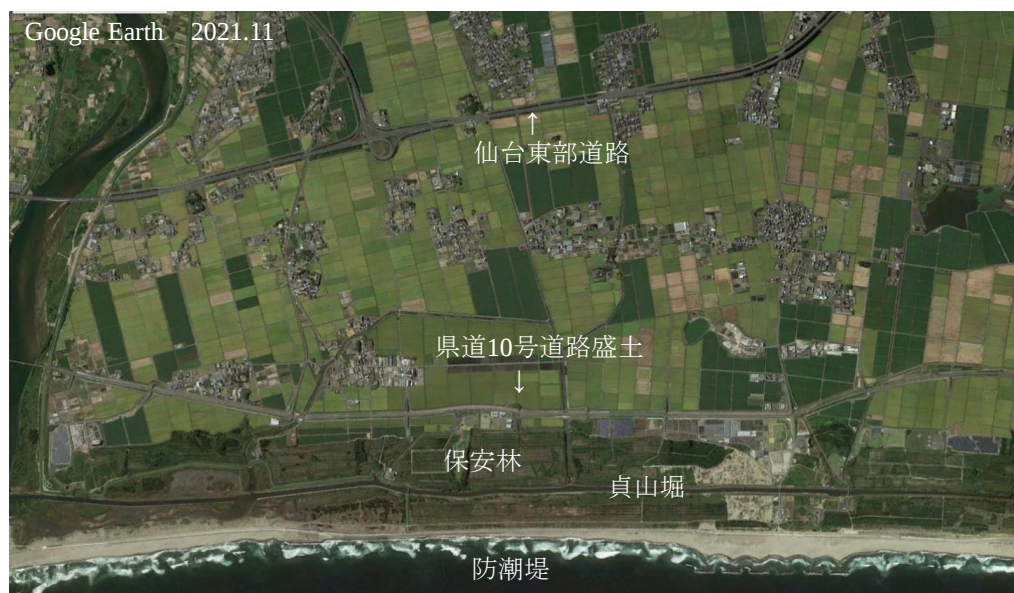


写真55 荒浜
：仙台市

【事例⑤】宮城県岩沼市は千年希望の丘を津波多重防御地区と位置付け、防潮堤、保安林、千年希望の丘、貞山堀、玉浦希望ライン（新設道路盛土：海岸線から約1.2km）により5重防御を形成しているが、多重防御の強化のために、玉浦希望ラインの道路盛土の新設が特徴である。

事例3.2(4)、4.3(2) 参照。

貞山堀
(市) 相野釜蒲崎線・盛土
＊玉浦希望ライン
千年希望の丘／園路・盛土
保安林
防潮堤



写真56 岩沼海岸：岩沼市
【岩沼海浜緑地付近】

(市) 相野釜蒲崎線・盛土
 ＊玉浦希望ライン
 貞山堀
 千年希望の丘／園路・盛土
 保安林
 防潮堤



写真57 岩沼海岸：岩沼市
 【二ノ倉地区付近】

【事例⑥】宮城県名取市関上地区～仙台空港付近までは、防潮堤、保安林、広浦・貞山堀、第二次防御ライン（新設道路盛土：市道関上南北線および同広浦北釜線、海岸線から約1.5～1.8km）による4重防御（さらに、仙台東部道路を入れると5重）が形成されているが、多重防御の強化のために、第二次防衛ラインの道路盛土の新設が特徴である。事例3.2(5) 参照。

(市) 関上南北線・盛土
 広浦北釜線・盛土
 貞山堀・広浦
 保安林
 防潮堤

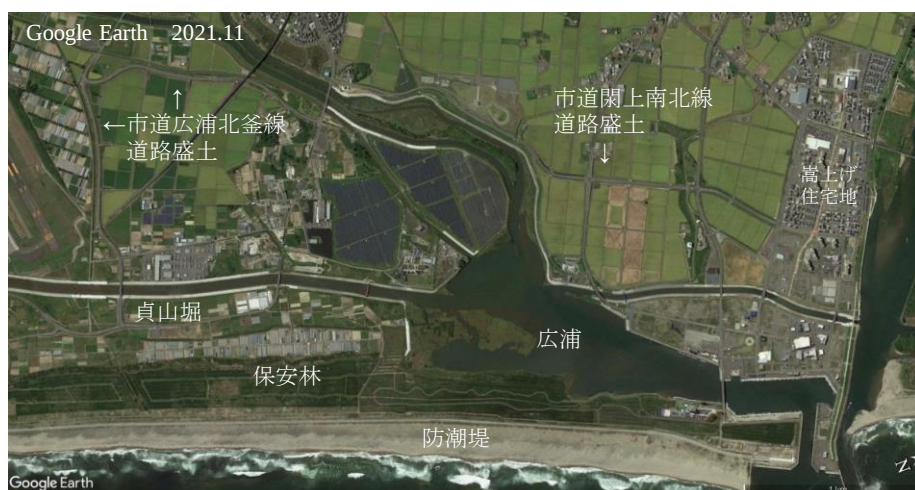


写真58 関上：名取市

【事例⑦】宮城県山元町では、山側にルート変更されたJR常磐線の線路跡地は、（主）相馬亘理線の道路として整備されているが、盛土構造とされており、一線堤の防潮堤に対する二線堤としての津波防潮が期待されている。事例3.2(6) 参照。



写真59 笠野～高瀬：山元町

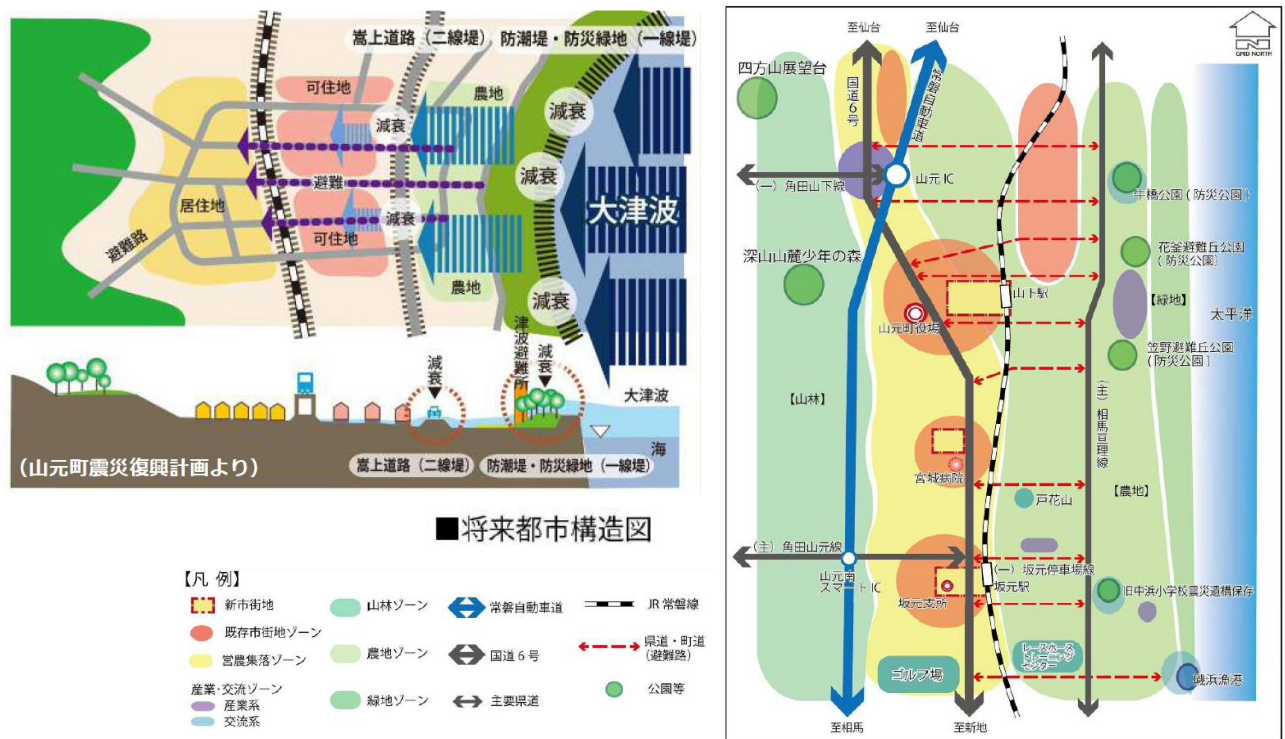


図27 山元町震災復興計画⁵⁹⁾：再掲、図14、図15（前出）

なお、図27 は、山元町の震災復興計画および将来の都市構造図⁶⁰⁾であるが、平野部は多重防御が形成されているが、嵩上げ道路が二線堤として位置づけられて、防御の要を担っている。

【事例⑧】岩手県田野畑村の明戸海岸沿いの低平地（幅300m程度）では、決壊した防潮堤は復興せずに、県道44号をショートカットした新たな道路を防潮構造の盛土として、兼用工作物として防潮堤の機能を代替させていることが特徴である。また、道路盛土による単一防御が図られていると言える。事例3.3(1)参照。

県道44号・盛土
(防潮堤)



写真60 明戸海岸：田野畑村

【事例⑨】宮城県女川町の中心部～女川漁港は、高台移転を含めたレベル2津波対応で復興されているが、レベル1津波の対応としては、防潮堤は原形復旧（T.P.1.9m）にとどめて、国道398号の道路を嵩上げ（T.P.5.4m）することにより、道路盛土をレベル1津波の対応構造として活用している点が特筆できる。その結果、復興によるまちづくりにおいて、例えば、女川漁港に直立堤の高い

防潮堤を設けなくて済むことになり、人・ものの交流が可能な開放的な空間の創出が可能になったと言える。ここで、女川漁港の沖合には防波堤があり、設定津波高が抑制できている地域的なプラス要因であると思われる。なお、道路盛土は、道路構造物として整備されているが、レベル1津波の津波防潮の機能が考慮されているため、本文では、道路の単一防御として扱っている。

事例3.1(4)、4.1(3)参照。

国道398号・盛土
護岸

(防波堤)

写真61 女川漁港：女川町



【事例⑩】千葉県九十九里有料道路（全長17.2km）では、沿岸部の延長8.9kmにおいて、既存の道路盛土を2m嵩上げ（T.P.6m）しているが、兼用工作物である既存の道路盛土に防潮機能を代替させた津波対策が特徴である。当該道路は、レベル1津波に対する防御構造であることから、本文では、道路による単一防御として扱っている。事例3.3(2)参照。

九十九里有料道路
・盛土

写真62 九十九里有料道路



5.3 構造の複合化による活用

道路が複合構造化により活用された事例として、以下の4事例を取り上げる。

【事例⑪】仙台市若林区の人工盛土である冒険広場は、津波の浸水による侵食被害は軽微であった。冒険広場に隣接する県道10号：（主）塩釜亘理線は、復興により津波前の平坦道路から盛土構造と変更されたが、冒険広場の盛土と道路盛土は、盛土高が連続化されているため、津波の浸水抑制性に加えて、避難性が向上している相乗効果が特徴である。事例4.3(1) 参照。

（主）塩釜亘理線・盛土

* 県道10号

海浜公園冒険広場・盛土

写真63 冒険広場：仙台市若林区



【事例⑫】名取市閑上地区では、住宅地が地盤の嵩上げ盛土に高台移転されたが、嵩上げ盛土と津波に対する第二次防衛ラインとして新たに整備された（市）閑上南北線の道路盛土は、盛土高が連続化されており、津波の浸水抑制性や避難性が向上していることが特徴である。

事例 4.2(3) 参照。

閑上地区嵩上げ盛土

（市）閑上南北線
・盛土



写真64 閑上：名取市

【事例⑬】気仙沼市大谷海岸は、海水浴場のための砂浜を保全した防潮堤（CSG堤）の整備に合わせて背後地の嵩上げを行い、国道45号および道の駅などの交流ゾーンを整備していることが特徴である。

事例2.6(1)参照。

道の駅・盛土

国道45号・盛土
防潮堤・CSG堤

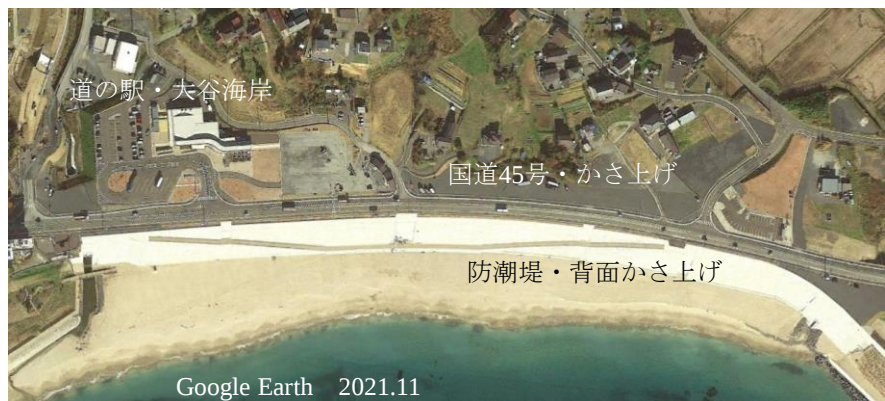


写真65 大谷海岸：気仙沼市

【事例⑭】石巻市下雄勝地区では、直立構造の防潮堤の整備において、背後地盤を嵩上げして、道路の整備とともに商業・観光エリアとするとともに、さらに隣接して高台を造成して、住宅・公共用地としているが、道路を含めた複合構造的な整備と多目的利用が特徴である。

事例4.1(4) 参照。

県道238号旧道
・嵩上げ盛土

防潮堤：直立堤
・背面盛土



写真66 下雄勝地区：石巻市

6. 東日本大震災の復興調査のまとめ

岩手県および宮城県の限られた範囲での現地調査ではあるが、3.11津波後10年が経過した被災地において、復興事業のうち、防潮堤の整備に加えて、交通インフラ活用の二線堤の整備、土地の嵩上げ、避難場所の整備など、津波ハード対策による復興の姿を捉えることができた。

本調査から、津波ハード対策の視点は表2のように整理できるが、復興に際して想定された視点は、復興の進捗に伴い、地域性に基づいた柔軟かつ多様な視点が加わり展開したことが分かる。

表2の復興の特徴、課題は、以下の通りである。

- 1) 海岸堤防／防潮堤は、津波越流時にも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造とすることを基本としているが、地域性により、傾斜堤に留まらず、直立堤、さらに盛土・覆土あるいは盛土材を改良した複合構造化など多様化し、防潮堤の性能は、海陸交流性、景観性、空間利用性が考慮され、対応が図られている。さらに、防潮堤を新設しない高台移転、まちづくりも選択されている。今後は、防潮堤の維持管理が課題である。
- 2) 復興の方針とされた「多重防御」は、当初通りに、平野部の数多くの地区でレベル2津波に対して計画的に実施されている。他方、復興では、海岸平野に留まらず、リアス海岸の低平地や狭隘な沢などにおいても、地域性に応じて、多重防御が図られている。
- 3) 復興の方針とされた「高台移転」は、リアス海岸での安全な居住地確保のために、広く進められている。他方、海岸平野やリアス海岸の低平地でも、嵩上げ地盤、避難用タワー・ビルなど、多様な高所の整備が図られている。これらは、高台移転とは別の高所の構築であり、「高所防御」と言える。なお、平野部の嵩上げ地盤と道路盛土の連続化は、多重防御や避難の水準向上に有効である。
- 4) 防潮堤構造の多様化、多重防御の盛土、地盤の嵩上げなど、津波対策の多様化には盛土構造が深く関与しており、復興においても広く活用されている。これは、土構造が柔軟かつ津波に対して粘り強いためであり、その活用が有効であることを示唆している⁵⁾。

表2 復興における津波防災の視点の変化、展開

復興当初の視点		復興推進における柔軟・多様な視点
(1) 海岸堤防 ・傾斜堤・直立堤 ・性能：構造機能・耐久性 ・津波減勢性 ・堤防高：レベル1津波対応 ・レベル2津波対応 - 粘り強い防潮堤	➡	(1) 海岸堤防 ・傾斜堤の覆土・植栽 - 盛土材改良：瓦礫利用 ・性能：海陸交流性・景観性 ・空間利用性も考慮 ・堤防高：レベル1津波対応 - 時に3.11津波想定
(2) 多重防御 ・海岸平野が主対象 ・レベル2津波対応	➡	(2) 多重防御 ・リアス海岸／低平地も対象 - 道路・鉄道盛土の防潮構造 ・レベル2津波対応
(3) 高台移転 ・リアス海岸で山地造成 ・目的：職住分離 ・居住の安全性 ・レベル2津波対応	➡	(3) 高所防御 ・リアス海岸の谷部の嵩上げ ・平野部の嵩上げ地盤・丘 - 嵩上げ地盤・盛土の連続化 ・津波避難タワー・ビル ・目的：避難も付加 ・レベル2津波対応

7. 将来の南海トラフ巨大地震の展望

7.1 想定されている震源断層域、震度、津波高、津波到達時間

南海トラフの巨大地震について、内閣府に昨年2011年8月に設置された「南海トラフの巨大地震モデル検討会」（座長：阿部勝征東京大学名誉教授、以下「モデル検討会」という。）は、科学的知見に基づき、南海トラフの巨大地震対策を検討する際に想定すべき最大クラスの地震・津波の検討を進め、2011年12月に中間とりまとめを公表したが、従来とは異なる震源域および津波波源域を示している。そして、2012年3月31日に第一次報告として、震度分布・津波高（50mメッシュ）の推計結果がとりまとめられた。さらに、2012年8月には「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編 -津波断層モデルと津波高・浸水域等について-」を公表しているが、10mメッシュによる津波高及び浸水域等の推計結果がとりまとめられたものである。なお、「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」が公表されており、最悪で死者32万人、津波被害23万人（早期避難率高ければ12万人）が示されている。

図28～図31は、平成24年8月29日発表の報道発表資料のうち、「資料1-1 南海トラフの巨大地震による津波高・震度分布等」からの抜粋である。

図28：南海トラフ巨大地震の想定震源断層域／中央防災会議（2003）の強震断層域、津波断層域（黄色の領域）に対して、強震断層域（太い黒線の領域）、津波断層域（ピンクの領域）が拡大され、追加されている。

図29：南海トラフの巨大地震の震度の最大値の分布／強震波形計算4ケースと経験的手法による震度分布に基づいて推定している。

図30：南海トラフの巨大地震による津波高/大すべり域と超大すべり域の設定方法により、基本的な検討の5ケースとその他派生的な検討の6ケースについて、津波高を推定している。
本図は基本的な検討ケース①の場合の例示。

図31：海岸への津波の到達時間／基本的な検討の5ケースとその他派生的な検討の6ケースについて、津波高1m、3m、5m、10mごとの津波の到達時間を推定している。
本図は、津波高1m、5mの場合の例示。

以上は、内閣府：防災情報ページおよび記者発表資料1-1から、適宜、抜粋。

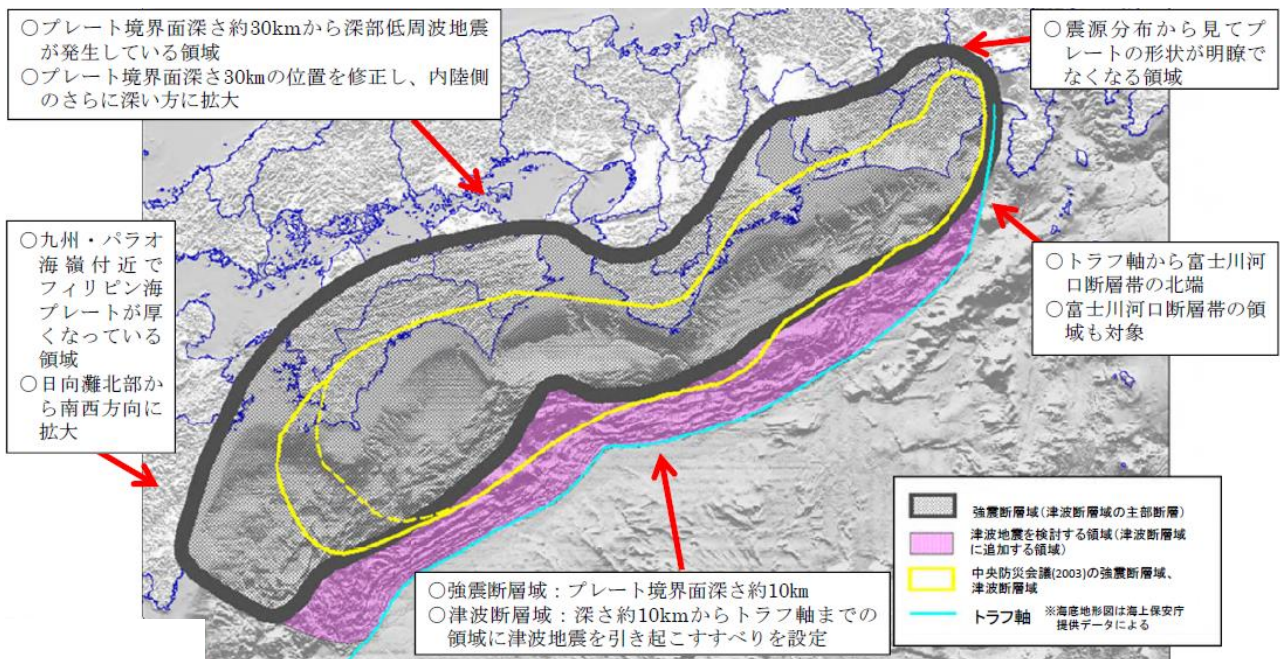


図28 南海トラフ巨大地震の想定震源断層域

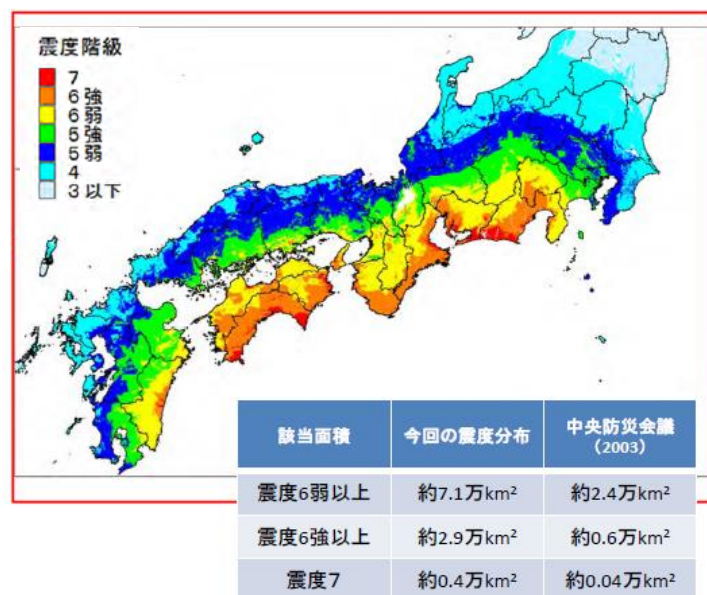
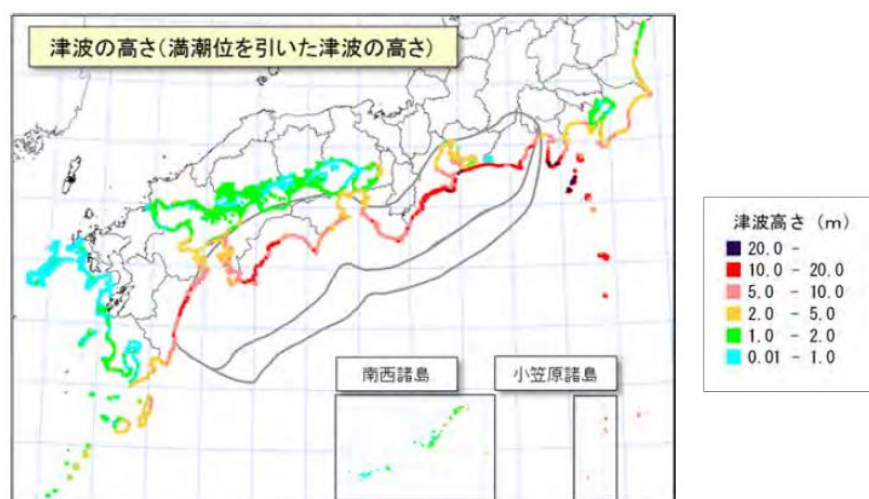
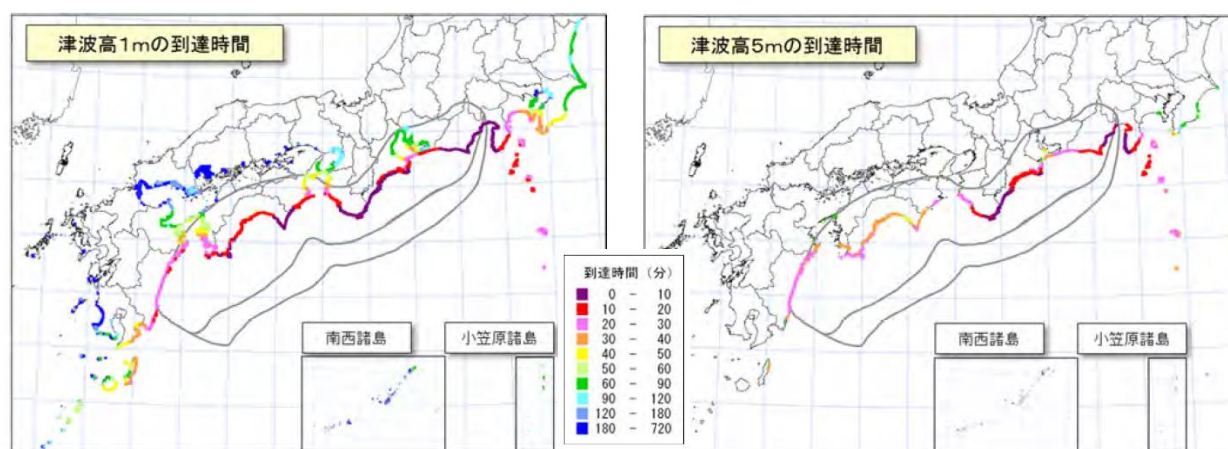


図29 南海トラフの巨大地震の震度の最大値の分布：強震波形4ケースと経験的手法



【ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に
「大すべり域+超大すべり」域を設定】

図30 南海トラフの巨大地震による津波高：基本的な検討ケース①の場合



【ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に
「大すべり域+超大すべり」域を設定】

図31 海岸への津波の到達時間（左・津波高1m、右・5m）：検討ケース①の場合、加筆

7.2 南海トラフ巨大地震を考える場合の前提

将来、危惧されている南海トラフ巨大地震に対する対応策を考えるに際しては、東日本大震災との類似点と異なる点を明確にしておくことが必要である⁵²⁾。

1) 類似点と異なる点

主な両地震の類似点は、以下の3点が考えられる。

- (1) M9クラスの地震であり、地震動が大規模であり、かつ地震の影響範囲が広範囲に渡ること。
- (2) 津波に関係する沿岸部の地形は、三陸海岸および仙台平野などと同様に、リアス式海岸（高知・徳島・和歌山・三重の各県など）と平野海岸（静岡・大阪・愛知の各府県など）であること。
- (3) リアス海岸では、道路、鉄道の基幹インフラが沿岸部にあること。

一方、南海トラフ巨大地震に固有であり、異なる点としては、以下の3点が考えられる。

- (1) 震源域が陸域に近いあるいは直上にあるため、発生する地震動が大きい、津波高が大きい、その襲来時間が短いことが特徴である。例えば、東日本大震災では、三陸沿岸部および仙台平野における津波の第1波の最短の到達時間は、それぞれ本震発生後30分程度および1時間程度であったが、南海トラフ巨大地震では、和歌山県などでは5～10分とされている。
- (2) 東日本大震災では、仙台市が地方中核都市として規模が大きいものの、その都市部は海岸から離れているため、津波による大規模な被害は免れたが、南海トラフ巨大地震に関わる大阪市、神戸市、名古屋市などの大都市は沿岸部に位置している。そのため、地震動、津波の影響を受ける人口が格段に多いこと、地下街、地下鉄、中高層ビルなどの都市施設が発達していること、軟弱地盤・ゼロメートル地帯にあること、土地利用が限られることなど、東北地方太平洋沖地震と異なる環境にある。
- (3) 南海トラフ巨大地震では、沿岸部に都市化域が多いことから、関係する諸施設が大規模、多種で多数あり、特に、埋立地、石油コンビナートの立地が多く、航行する船舶も多いなど、甚大な被害の発生に繋がる要因が多種多様である。

2) 類似点と異なる点を踏まえた対応

類似点に対する対応は、東日本大震災の教訓を活かすことであるが、以下の3点が挙げられる。

- (1) 地震動が大規模であり、地震の影響範囲が広範囲に渡ることに対しては、東北地方太平洋沖地震でも実効があった広域的な支援体制が挙げられ、九州、四国、近畿、中部さらには中国、関東にわたる広域での被害発生が危惧される南海トラフ巨大地震でも、広域防災・広域支援の体制が有効であり、その準備が必要である。
- (2) 東日本大震災の復興戦略では、レベル2津波に対して、多重防御と高台移転の基本概念が出されたが、類似の地形条件がある南海トラフ巨大地震の場合も、同様な視点による取り組みが必要である。
- (3) 東日本大震災では、道路のくしの歯作戦、日本海側の鉄道網、海路など、交通インフラの広域のかつネットワーク機能により、迅速かつ効果的な支援が行われたが、類似の環境下にある南海トラフ巨大地震の場合も、紀伊半島部のくしの歯作戦など、同様な視点による取り組みが必要である。

さらに、南海トラフ巨大地震に固有で異なる点に対する対応は、東日本大震災では経験していない未知への対応になるが、特に、近畿圏、中京圏を想定した場合、以下の3点が考えられる。

- (1) 大きい地震動に対しては、諸施設の耐震化、軟弱地盤での液状化対策が必要であり、短時間の津波襲来に対しては、GPS波浪計などの整備に加えて、避難の困難性を補う物理的な津波減勢（浸

水深の低減、到達時間の遅延など）のためのハード対策として、避難ビル、避難路などだけでなく、レベル2津波も可能な限り抑制する防潮構造の充実が必要である。

- (2) 沿岸部の大都市域に固有な環境に対しては、地下部の浸水対策、交通インフラの緊急時運用法、避難ビルとしての既存建物の活用、液状化対策の強化、既存防潮堤の強化などが必要である。
- (3) 沿岸域の多様な環境に対しては、コンビナートの敷地内の多重防御、漂流物の抑止、火災の発生・延焼の防止・抑止、船舶の管理・運用法などが必要である。

8. 今後の特筆される課題

東日本大震災の被害に対する復興の事例から取り組みの姿勢が分かったが、本文では、今後の課題として、以下の2つを特記する。

8.1 コンビナート防災の推進：狭域多重防御の実現

東日本大震災でも石油タンクの流出と火災の発生は見られたが、将来の南海トラフ巨大地震が危惧されている中部地方から西日本に至る地域では、沿岸部にコンビナートが多く立地しており、津波による被災、影響が大きいことが懸念される。

そのため、石油、ガスなどのコンビナートは、**写真67-1** の例示のように、津波の襲来に対して陸域の最前線に位置しており、その意味では、それらの耐津波性、さらに背後地への流出物の影響などの抑制・防止が必要とされる。

ここで、**写真67-2** は、コンビナートの敷地の状況例であるが、敷地内には、タンク施設の他、植樹空地、防油堤、構内道路など、比較的空地があると思われる。このような敷地の状況を鑑みると、**図32** のように、複数の盛土を活用した防御が考えられる。この防御は、本文の **3章**での戦略的な「多重防御」に似ているが、それが数kmの範囲にわたる規模であるのに対して、コンビナートの敷地の規模は数百mの規模である。

したがって、本文では、「多重防御」を2つに区分し、復興の戦略で謳われた多重防御を「広域多重防御」と呼び、コンビナートにおける多重防御を「狭域多重防御」と呼ぶ⁵³⁾。



写真67-1 沿岸陸域の最前線にあるコンビナート例：Google Earthに加筆



写真67-2 コンビナートの敷地の状況例

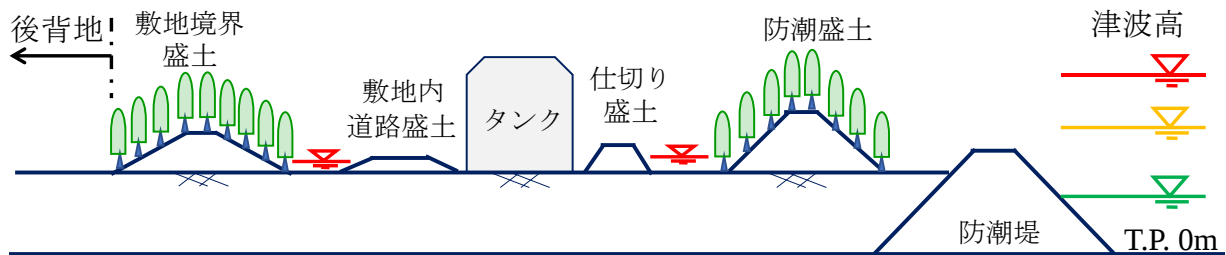


図32 狭域多重防御の概念例⁵⁴⁾

図32 に示すように、コンビナートの敷地は盛土・植栽帯で囲い、津波の浸水を抑制するとともに、敷地外への漂流物の流出を抑制する。さらに、敷地内では、防油堤による流出抑制と構内道路の嵩上げにより、浸水時の避難・復旧のための道路の確保を図る。

このような「狭域多重防御」により敷地内はもとより、背後地への影響、被害の抑制が可能となると思われる。

8.2 レベル2津波に対する盛土の活用

東日本大震災の復興に際しての防潮堤の整備の基本姿勢は、レベル1津波は越流させず、レベル2津波は越流するも、防潮堤は粘り強さを発揮させるとされている。東日本大震災においても、越流に対する盛土の粘り強さが発揮されており、その事例を以下に示す。

写真68-1 は、津波の第1波が来襲している名取市閑上地区であるが、砂浜にある人工盛土（写真の緑色のシートの位置：著者、閑上港の浚渫土の仮置きと想定）が津波の浸水を抑制していることが分かる、また、写真68-2 は同人工盛土の近景（2011.4時点）であるが、人工盛土は高さ5.6m、天端幅24 m、長さ150 m ほどの規模であり、越流痕による越流深は0.5m ほどである。写真からは、表法は無被害であり、越流水が流下する裏法は侵食しているが表層の一部であり、破堤はしていないことが分かる。

また、写真69 は仙台市井土浦の貞山堀の河川堤防であり、堤防高3.9m ほどであるが、津波の第1波が越流深3.85m で30分ほど越流している。写真からは、表法の侵食は皆無、天端はアスファルトの舗装が部分的に剥離した程度、裏法は表層のみ（30cm ほど）の侵食であり、裏法尻は越流水により侵食し、落堀が形成されているが、河川堤防は破堤していない。



写真68-1 閑上に来襲している津波の第1波：海上保安庁撮影に加筆

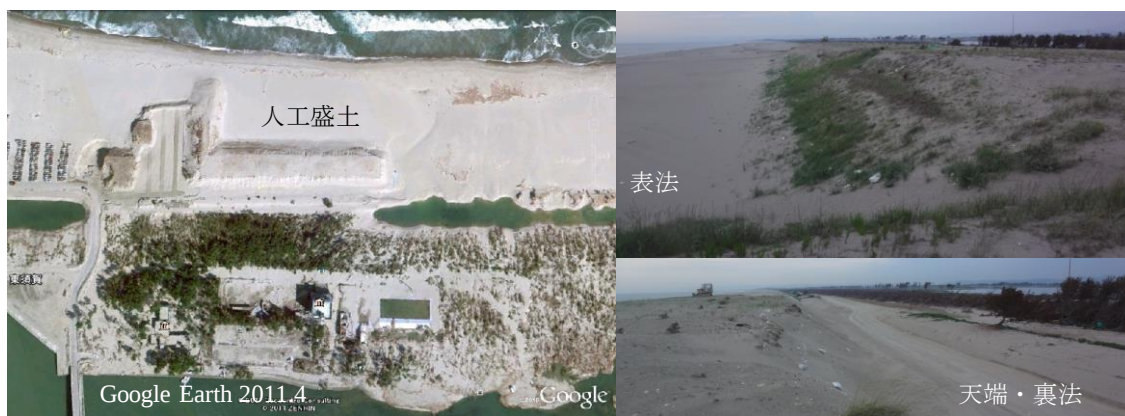


写真68-2 人工盛土の近景：左・Google Earthに加筆、右・2011.7



写真69 津波が越流した井土浦の河川堤防：上左・表法、上右・天端、下・裏法～裏法先、2011.5

写真70 は、大槌町浪板地区の道路盛土と鉄道盛土であり、いずれも津波の第1波による押し波と引き波が越流している。越流深と越流時間は、道路盛土では10m 程度で最大12～15分程度、鉄道盛土では2m 程度で7～10分程度と推定している。

越流により、道路盛土は、表法および裏法は表層が侵食しているが、アスファルト舗装の天端は軽微な被害に留まっており、決壊はしていない。また、鉄道盛土は、天端の軌道部（レール、枕木、バラスト）が流出し、60～70cm 程度の侵食はあるものの、決壊はしていない⁶¹⁾。



写真70 津波が越流した浪板地区の道路盛土、鉄道盛土：上・道路盛土、下・鉄道盛土、右 2014.6
*2011の津波直後の写真は、浪板地区代表：台野 宏氏及び東北地方整備局の提供による

以上の3事例によれば、盛土は津波の越流に対して破堤し難く、天端がアスファルト舗装などにより被覆されている場合は、さらに粘り強さが発揮されることを示唆している。

さて、本文での復興事例の通り、3.11津波相当のレベル2津波に対しても被害が発生しない対策が取られている場合もある。従って、今後の津波対策においても、可能な範囲ではあるが、レベル2津波による被害の抑制を想定した対策も考えることがあると思われる。その場合、本文の復興事例からも分かるが、盛土の活用により、その実現性が高まることが示唆される。

ここで、一般的に、レベル1津波、レベル2津波が意識されるのは、防潮堤の計画、整備においてであり、他の構造物が関わる多重防御においては、レベル2津波への対応の意識は明確ではない状況にあると思われる。言い換えると、多重防御では、防潮堤だけの個別評価に留まらず、他の構造物などの津波防潮性、浸水抑制性を踏まえた全体評価になるため、多重防御の条件によっては、レベル2津波に対する多重防御の背後地における被害の抑制、防止が可能になると言える。

その意味では、復興で実施されている多重防御では、無意識のうちにレベル2津波対応になっている可能性がある。しかし、現状のところ、多重防御に関わる各構造物の津波浸水の抑制効果は定量的に評価されていない、評価しようとはしていないため、全体評価行われていない状況にあると思われる。そのため、多重防御の定量的な評価方法の具体化が課題である。

さて、比較的扱い易いと思われる、防潮堤と盛土の2つの構造物による多重防御を考える場合、盛土の位置付け、活用方法は、**図33** に示す以下の3方法が考えられる。各方法の主旨とそれぞれの該当事例は、下記の通りである。なお、**図33** の活用法2は、文献55の活用法1および活用法3に追記している。

【活用法1】防潮堤の二線堤としての活用。

例えば、**図26**（前出）の事例①～⑦の多重防御を担う道路が該当する。

【活用法2】防潮堤を覆土・嵩上げ（本文では、覆堤と呼ぶ。）して一体化した活用。

例えば、**事例2.5 (2)** の亘理町・鳥の海（後出、**写真72** 参照）。

【活用法3】防潮堤を設けず、盛土を本堤、一線堤として活用。

例えば、**図26**（前出）の事例⑧～⑪の単一防御を担う道路あるいは**図34** の【静岡モデル】

（後出）の盛土が該当する。なお、本文では、CSG堤でCSGをコアとして両法を覆土した、

図38 の一条堤（後出）、**事例2.6 (2)**の**図9**（前出）も活用法3に相当するとする。

なお、【活用法1】および【活用法2】は、盛土による防潮堤の高さの補完が意図されている。

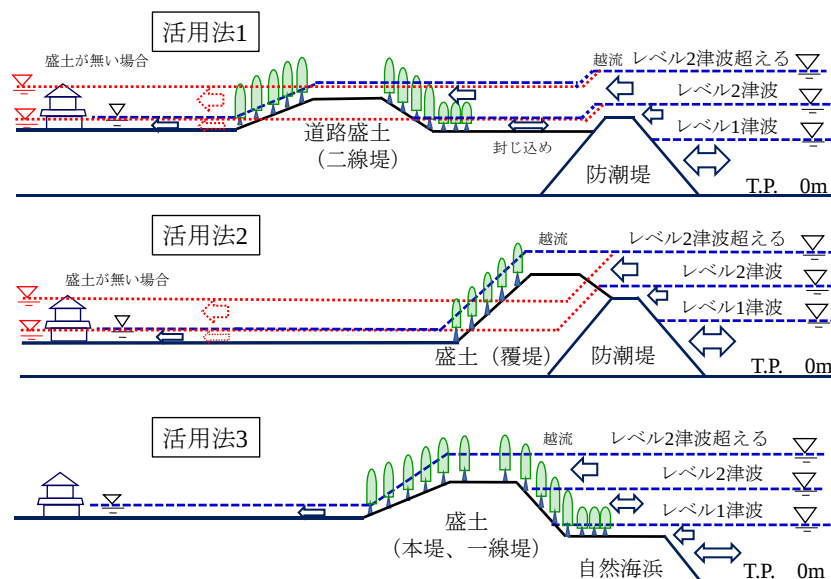


図33 盛土によるレベル2津波の津波対策の3構造の概念例：文献55 に【活用法2】を追加

【活用法1】の事例

本文の3章での多重防御において、防潮堤の他に、道路が防御に関係する場合は、全て該当するので、改めては示さないが、防潮堤に対する盛土の距離は数十mから数kmにわたり、相当離れている場合が多く、二線堤のイメージからは遠いかもしれない。

防潮堤に近接した事例として写真71-1がある⁵⁶⁾。同事例は、千葉県旭海岸沿いの防潮堤であるが、防潮堤の背後に自転車道（幅3.5m程）が整備され、さらに盛土（高さ2m程、幅8.5m程、天端幅2m程）、のが併設されている。この盛土の背後は保安林であり、保安林を潮風などから防護する目的と思われる。この場所は、3.11津波では、津波高がT.P.4.5m（推定）、盛土背後の水深は0.5～1.0m（推定）であったが、仮に盛土が無い場合はさらに1.5～2mほど水深が増加したと思われる。

また、写真71-2は沿岸部の津波前（2009.10）、津波直後（2011.3）、復興途中（2015.10）、最近（2020.12）の変遷の例である。これらから、津波が浸水した盛土背後で新たに植林が行われていること、最近の防潮堤の前の砂浜は堆積が進んでいること（例：写真71-1上）などが読み取れる。なお、この堆積については、防潮堤の機能の低下に関わる³⁷⁾。

以上、この盛土は、本来は保安林の防護が目的であったが、津波に対する二線堤としての浸水抑制の効果も期待できることを示唆している。



写真71-1 防潮堤に対する二線堤としての盛土：千葉県旭海岸、2011.5



写真71-2 盛土、保安林、砂浜の変遷：千葉県旭海岸、Google Earthに加筆

【活用法2】の事例

宮城県亘理町の鳥の海における津波対策は、**写真72**のように、レベル1津波で越流しない防潮堤（T.P.7.2m）が整備されているが、盛土により覆堤構造とされ、3.11津波相当の高さ（T.P.10m）に嵩上げされているが、覆堤化によるレベル2津波対応と言える。**写真20-3～20-6**参照。

また、【静岡モデル】（後出）の一例である、磐田市の**図40**の防潮堤の形態のうち、**図40中・右**の構造が、【活用法2】に相当している。

以上の通り、所要の防潮堤に対する盛土による覆堤化のためには、相応の用地が必要になるが、土砂の積み上げであるため施工は比較的容易であり、土堤としての景観性、耐久性、維持管理の面でも優位性が高いと言える。



写真72 防潮堤に対する覆堤としての盛土：亘理町鳥の海、2020.7

【活用法3】の事例

道路盛土を防潮堤の本堤の代替、一線堤として用いる活用法3については、以下の3事例を示す。

【明戸海岸・道路盛土】

岩手県田野畑村の明戸海岸における復興では、**写真73**のように、新たに設けた道路盛土を海岸堤防の兼用工作物として、防潮堤の機能を代替させているが、一線堤と言える。**写真60**参照。



写真73 防潮堤の本堤としての道路盛土：明戸海岸、2021.3

【九十九里有料道路・道路盛土】

千葉県の九十九里有料道路は、**写真74**のように、3.11津波後の津波対策として、海岸に近接し、平行する既存の道路盛土を2m嵩上げし、所要の防潮堤の高さ（T.P.6m）とすることで対応しているが、防潮堤の機能を代替する構造として既存道路を活用するものであり、道路を兼用工作物とした防潮堤としている。**写真62**参照。



写真74 防潮堤の本堤としての道路盛土：千葉県九十九里有料道路、Google Earthに加筆

【静岡モデル】による盛土の活用

静岡県は、震源域に近く、津波の到達が早い沿岸部に人口・資産が集中しているが、その特性を踏まえて、レベル1を超える津波に対しても施設による被害の最小化を図るため、既存の防災林等の嵩上げ・補強などによる「静岡モデル」（図34 参照）の整備を推進し、安全度の向上を図っている¹⁷⁾。

静岡モデルでは、地域の実情に合った整備手法の検討の必要性から、津波被害が想定される沿岸21市町において検討会を設置し、津波防災に対する考え方や施設整備を行うための手法（事業主体、財源など）の検討を行い、条件が整ったところから整備に着手しているとされている。そして、現在（2022.3）は、沿岸21市町の内の8市町（湖西市、浜松市、磐田市、袋井市、掛川市、御前崎市、吉田町、焼津市）において整備を実施しているとされている。

静岡モデルの実施市として、浜松市では、沿岸域の約17.5km（図35）の防潮堤整備のため、平成24年6月に一条工務店グループ、静岡県、浜松市は「三者基本合意」を結び、一条工務店グループは300億円の寄付、県は防潮堤の整備、浜松市は整備に必要な土砂の確保と住民等への説明を行うこととし、同年9月に着工されている。当該の遠州灘西でのレベル1津波の堤防高は T.P.8.0m であるが、静岡モデルにより、南海トラフ巨大地震によるレベル2津波相当の防潮堤の高さは、T.P.13～15m を基本として設定されている。この防潮堤の整備により、宅地の浸水面積は約8割低減し、さらに、「木造家屋が倒壊する目安とされている浸水深2m 以上」となる宅地面積を約98%低減することが見込まれる（図37）¹⁸⁾。

ここで、防潮堤は、海岸防災林内に配置し、嵩上げすることを基本（図36）として、基本構造は中央部に CSG（Cemented Sand and Gravel）を台形状に配置し、その周辺を盛土する構造（図38）としているが、寄付者に因んで“一条堤”とも呼ばれている。同構造の採用により、想定する地震や津波の外力に対する安定性の確保、環境・景観面に配慮した海岸防災林の再生を可能とするとしている。

なお、一条堤の CSG 堤について、発生土の再利用には意義があるが、津波の越流水の浸透の難易性によれば、波力に対抗の意味は無いと推察される。

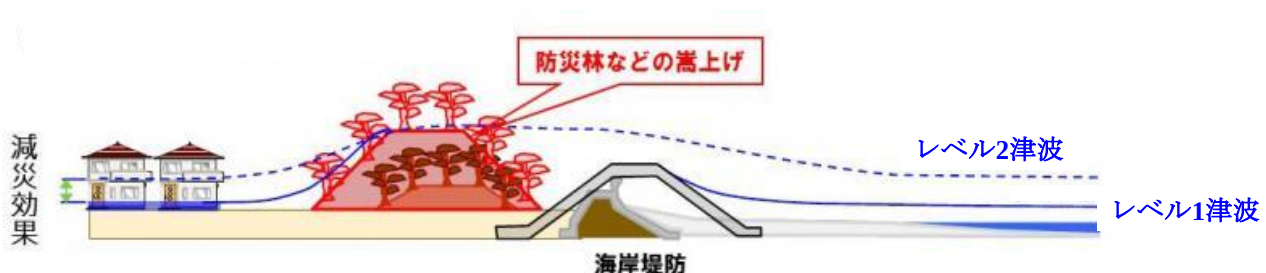


図34 静岡モデルの施設整備（例）イメージ図：文献17 に加筆



図35 浜松市のレベル1およびレベル2の想定津波高⁶⁰⁾

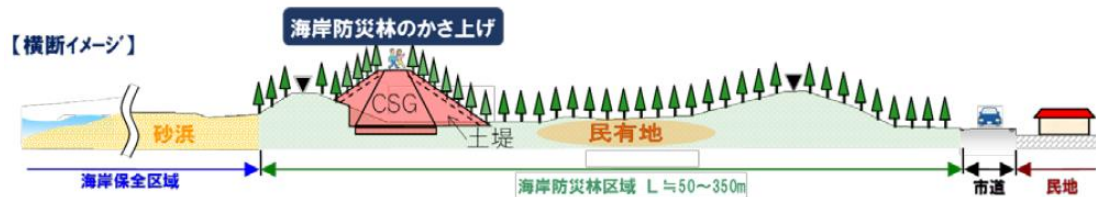


図36 一条堤で構成される海岸の横断面¹⁸⁾

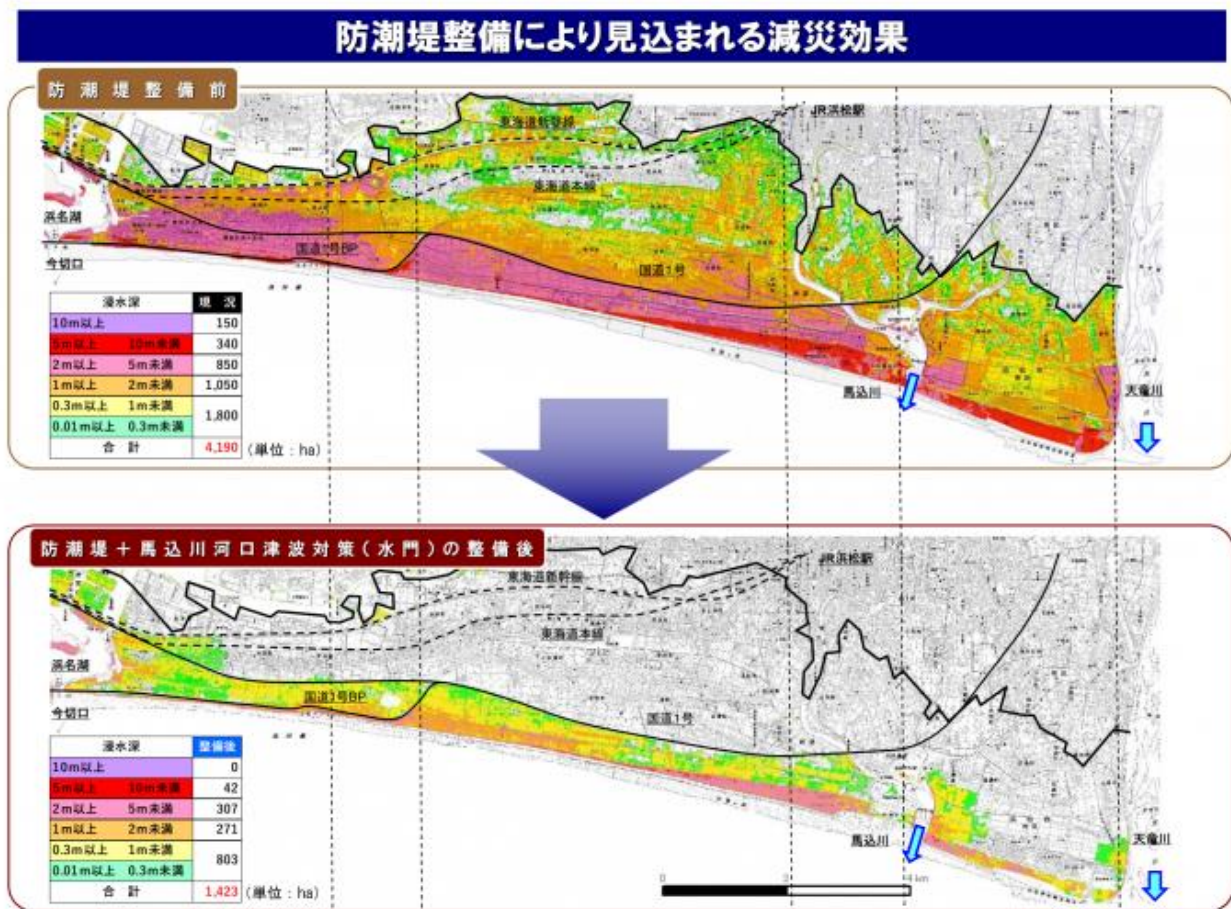


図37 浜松市的一条堤により見込まれる減災効果¹⁸⁾

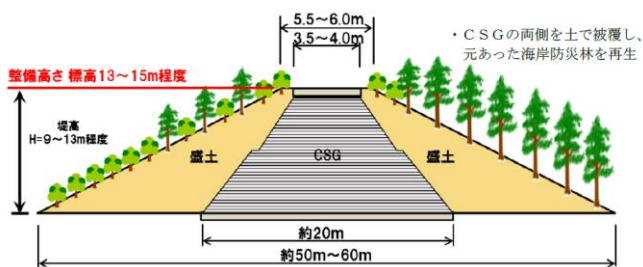


図38 浜松市における一条堤：左・CSG堤の構造、右・植栽の2年経過後¹⁸⁾



図39 盛土の防潮構造が整備された沿岸陸域のイメージ図：文献18 に加筆



写真75 一条堤の変遷例：左上・整備前、右上・整備中、下・整備後、Google Earthに加筆

また、図39 は盛土の防潮堤を整備した海岸のイメージ図であり、図38右 の写真は植栽後、約2年経過した防潮堤の状況である。写真75 は、浜松市の海岸について、一条堤の整備前（2008.1）、整備中（2014.3）、整備後（2021.9）の変遷例であるが、一条堤は既存の防災林の敷地内に整備されていることが分かる。

さらに、静岡モデルの実施市の磐田市では、浜松市と同様に、盛土による津波防潮に取り組ん

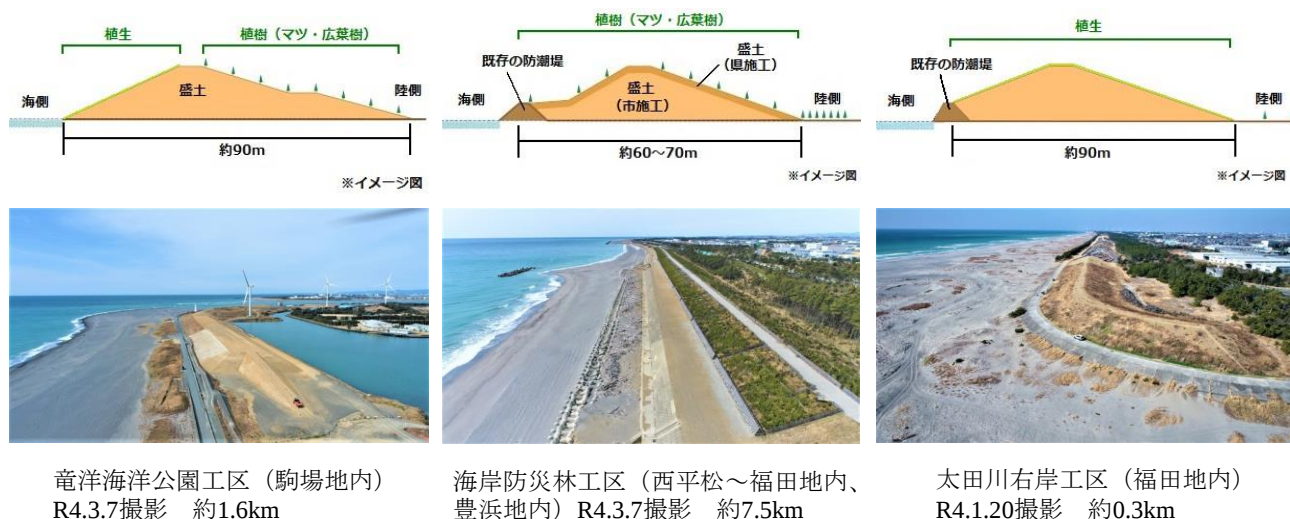


図40 磐田市における多様な構造の防潮堤²²⁾

でいるが、当該の遠州灘中でのレベル1津波の堤防高はT.P.6.0mであるが、静岡モデルにより、南海トラフ巨大地震によるレベル2津波相当の防潮堤の高さは、T.P.14mを基本として設定されている。図40の通り、盛土を基本とした多様な構造が採用されている²²⁾。ここで、図40左が盛土を本堤とする【活用法3】に相当するが、既存の防潮堤が無い場合である。他方、既存の防潮堤を活用する場合は、図40中・右のように、防潮堤の覆堤として盛土する【活用法2】に相当する。

以上のように、【静岡モデル】は、【活用法2】あるいは【活用法3】により、盛土を活用して津波防潮を図るものであり、盛土の多様性が発揮されることから、レベル1津波に留まらず、レベル2津波にも対応しようとする姿勢である。

なお、参考資料（p.87、88）に示す「広村堤防」は、約170年前の江戸時代に築造された盛土による防潮堤であるが、静岡モデルの「一条堤」は、“平成の広村堤防”とも言える。

おわりに

本文は、2011年3月11日の14：46に発生した東北地方太平洋沖地震について、津波被害状況の現地調査の結果と被災後、10年を経た2021年3月に実施した復興状況の現地調査に基づき、両者を比較、検証することにより、将来の津波に備える姿として新たな沿岸陸域の風景になった復興インフラに込められた英知、思いを読み取り、取りまとめたものである。

本文により示唆されるのは、『津波防災の基本は、全体的な方向性を明確にし、その認識を共有し、保持し続けると共に、個々の対策などの取組みの具体化では、画一的、他律的ではなく、地域事情、地域特性を踏まえて、柔軟かつ自律的に臨むことである。』と言える。

そのため、近年、その意義が強く謳われている、未曾有の災害に対する「防災・減災、国土強靱化」の取組みにおいても、地域の主体性、自主性に基づく「地域国土強靱化」により、「地域最適」による「全体最適」（文献62 参照）を図ることが必要かつ有効である。

最後に、既に、将来、危惧されている南海トラフ巨大地震などに対する取組みは進められているが、東北地方太平洋沖地震による被害と復興の経験、教訓が、将来の東北地方での巨大地震、南海トラフ巨大地震などに対する津波防災に活かされることを祈っている。

参考文献

- 1) 東日本大震災復興対策本部：東日本大震災からの復興の基本方針、平成23年7月29日。
- 2) 国土交通省仙台河川国道事務所：仙台湾南部海岸堤防復旧の取り組み、深沼地区海岸（井土浦地区）堤防復旧概要、2017。
- 3) 国土交通省仙台河川国道事務所：「緑の防潮堤」岩沼海岸植樹式 実施状況、平成25年6月。
- 4) 東北森林管理局宮城北部森林管理署・気仙沼地方振興事務所：治山施設災害復旧に係る地元説明会 大谷（沼尻）海岸、平成27年12月10日。
- 5) 林野庁宮城北部森林管理署：大谷（三島）海岸防潮堤復旧計画（案）について、平成28年7月26日・30日。
- 6) 宮城県：宮城県震災復興計画 第1次案、平成23年6月3日。
- 7) 宮城県：宮城県震災復興計画～宮城・東北・日本の絆 再生からさらなる発展へ～、平成23年10月。
- 8) 宮城県：宮城県沿岸部における海岸堤防高さの設定について、宮城県沿岸域現地連絡調整会議、資料-2、平成23年9月9日。
- 9) 宮城県土木部：宮城県河川海岸施設等設計マニュアル（案）【津波・高潮対策編】平成26年11月。
- 10) 宮城県気仙沼土木事務所：大谷海岸防潮堤について、H28.7.30。
- 11) 宮城県土木部：令和3年度震災復興フォーラム特設サイト>復旧・復興ギャラリー>大谷地区海岸防潮堤整備工事。
- 12) 岩手県：岩手県沿岸における海岸堤防高さの設定について（第2回）、平成23年10月20日。
- 13) 岩手県：水管理・国土保全局海岸災害復旧事業、高田地区海岸災害復旧事業概要、更新日：平成31年2月20日。
- 14) 千葉県：九十九里沿岸の海岸津波対策、更新日：令和2（2020）年11月25日。
- 15) 千葉県：千葉県東沿岸海岸保全基本計画、令和3年3月。
- 16) 千葉県：千葉県津波浸水想定図 図面番号42 大網白里市・白子町・東金市・茂原市 平成30年11月。
- 17) 静岡県 HP：静岡モデルの推進、更新日：令和元年6月28日。
- 18) 静岡県：浜松市沿岸域防潮堤 竣工記念誌 2.浜松市沿岸域防潮堤の全体概要、2021.3.11
- 19) 仙台市：津波避難施設の整備について、更新日：2020年3月23日。
- 20) 女川町：女川町復興まちづくり説明会（町中心部）、資料、平成24年7月。
- 21) 女川町・宮城県：復興整備計画（第36回変更）、令和3年6月17日。
- 22) 磐田市 HP：海岸堤防（防潮堤）整備事業更新日 2022年3月25日。
- 23) 千年希望の丘交流センター：千年希望の丘、sennen-kibouno-oka.com
- 24) 後藤 浩・有馬勇人・石野和男・竹澤三雄・玉井信之：東北地方太平洋沖地震津波における海岸保安林の効果および被災に関する現地調査、土木学会論文集B2（海岸工学）、Vol.68、No.2、I_1366-I_1370、2012。
- 25) 佐藤 忍：道路盛土における大規模地震時の評価手法と対策について、第32回日本道路会議、No.4004、平成29年10月。
- 26) 横山勝英：舞根湾の震災復興調査から開く世界、2019年度 地球環境『自然学』講座 第16回、認定NPO法人・シニア自然大学校、2019.12.14。
- 27) （一社）日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）：国土造りプロジェクト構想 2(2)【鎌倉の交通改善プロジェクト】、JAPIC 国土・未来プロジェクト研究会シンポジウム、（4）コントロールされた洪水 ハンブルク「ハーフェンシティ」、2022.3.9。
- 28) 気象庁 HP：稲むらの火、<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/inamura/p7.html>、閲覧2022.4.15
- 29) 和歌山県広川町：広川町津波ハザードマップ、閲覧2022.4.15。
- 30) 常田賢一：東日本大震災から10年、復興により津波に備える沿岸陸域の姿（その1）、土木技術資料 No.63-9、2021.9。

- 31) 常田賢一：東日本大震災から10年、復興により津波に備える沿岸陸域の姿（その2）、土木技術資料 No.63-10、2021.10.
- 32) 常田賢一：東日本大震災の復興において津波・多重防御を担う道路盛土、第34回日本道路会議、No.4016、3021.11.
- 33) 常田賢一・秦 吉弥：東日本大震災の津波から学び 粘り強い盛土で減災、理工図書、p.101、2016.
*防潮対策・防潮堤の評価の8項目
- 34) 文献33) p.166. *垂直なコンクリート壁の防潮堤：宮古市
- 35) 文献33) p.36. *保安林の津波抑制効果：仙台市、旭市
- 36) 文献33) p.24. *緩傾斜構造の防潮堤：旭市
- 37) 文献33) p.25. *防潮堤の前面地形の変化と影響
- 38) 文献33) p.46. *水域の津波減勢：運河・漁港・落堀
- 39) 文献33) p.75. *離岸堤による津波流の減勢・回り込み・集中
- 40) 文献33) p.27. *波返し構造の防潮堤の前面の構造改変による被害：鳥の海
- 41) 文献33) p.154. *不飽和土の難浸透性による盛土の難侵食性
- 42) 文献33) p.197. *多重防御に関わる海陸方向の多様な構造物
- 43) 文献33) p.151. *津波越流に対する盛土の難侵食性
- 44) 文献33) p.202. *多重防御による津波の到達遅延・浸水面積の低減の効果：浪板
- 45) 文献33) p.232. *盛土化による防潮機能の向上：仙台市県道10号
- 46) 文献33) p.48. *人工リーフ、岩礁などによる津波減勢
- 47) 文献33) p.43. *人工盛土の津波流による浸食は軽微：仙台市・冒険広場
- 48) 文献33) p.227. *人工盛土の津波流による浸食は軽微：岩沼市・岩沼海浜緑地
- 49) 文献33) p.228. *津波前の地盤の液状化、盛土の変状：岩沼海浜緑地
- 50) 文献33) p.238. *命山
- 51) 文献33) p.247. *盛土の多様性、多目的利用
- 52) 文献33) p.250. *東日本大震災と南海トラフ巨大地震との類似点と異なる点
- 53) 文献33) p.195. *盛土による多重防御
- 54) 文献33) p.206. *狭域多重防御
- 55) 文献33) p.198. *盛土の活用法1および活用法3
- 56) 文献33) p.220. *二線堤の盛土
- 57) 津波伝承ネットワーク協議会：津波伝承施設、岩手第2-006号／普代水門、岩手第2-005号／太田名部防潮堤、 www.thr.mlit.go.jp/sinsaidensyou/
- 58) 名取市：閑上地区復興まちづくり全体説明会配布資料、30pp、2013年8月.
- 59) 山元町：山元町都市計画マスタープラン参考資料、平成30年2月.
- 60) 浜松市HP：浜松市沿岸域 防潮堤整備事業 ～オール浜松でやらまいか！～、閲覧日：20220425.
- 61) 嶋川順平・常田賢一：津波に対する盛土の多重防御の事例と効果の検証、平成27年度近畿地方整備局研究発表会、地域づくりコミュニケーション部門、No.14、2015.
- 62) 常田賢一：防災・減災、国土強靱化のための性能評価の最適化の実務－個別最適から全体最適に展開一、（一社）地域国土強靱化研究所、2023.3

参考資料：先人の知恵に学ぶ 和歌山県広川町の広村堤防

和歌山県広川町には、1854年安政南海地震後に浜口梧陵が私財を投じて築造した「広村堤防」が現存している。**図1左**の断面図では、堤防高（T.P.）3.5mの防浪石堤の背後に、堤防高（T.P.）5mの防浪土堤が描かれているが、後者が現存する堤防になる。**図1右**の写真が現在の堤防であるが、法枠で補強されている。**写真1**は漁港から望んだ広村堤防であるが、松林の背後にたたずむ堤防が見える。また、**写真2**は海側から山側までの堤防の状況（2012）であるが、手入れされ、整然としている。

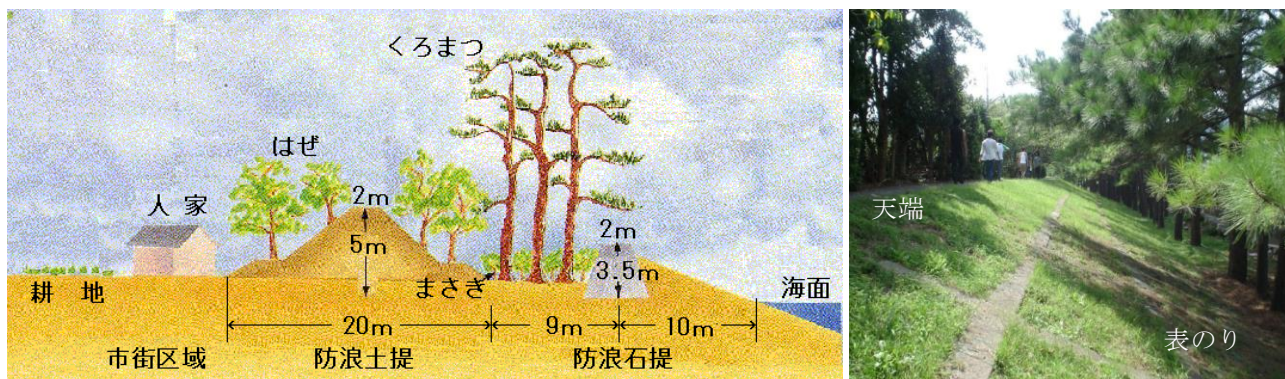


図1 広村堤防の断面図（左）と海側からの盛土の現状（右）：左図、気象庁HPによる

出典（上の左図）1) 気象庁 HP: 稲村の火、地震・津波のビデオ、パンフレットによる。

*平成15（2003）年3月に和歌山県で開催された「西太平洋地震・津波防災シンポジウム」の際に作成されたパンフレットに掲載された図であり、制作監修は津村建四朗氏（和歌山県広川町出身、元気象庁地震火山部長）。



写真1 海側から望む広村堤防：2012.11



① 海側取り付け部

② 擁壁（図1石堤）前面

③ 擁壁背後

④ 土堤（図1）・海側法面



⑤ 土堤・天端

⑥ 土堤・山側法面

⑦ 土堤・山側法先

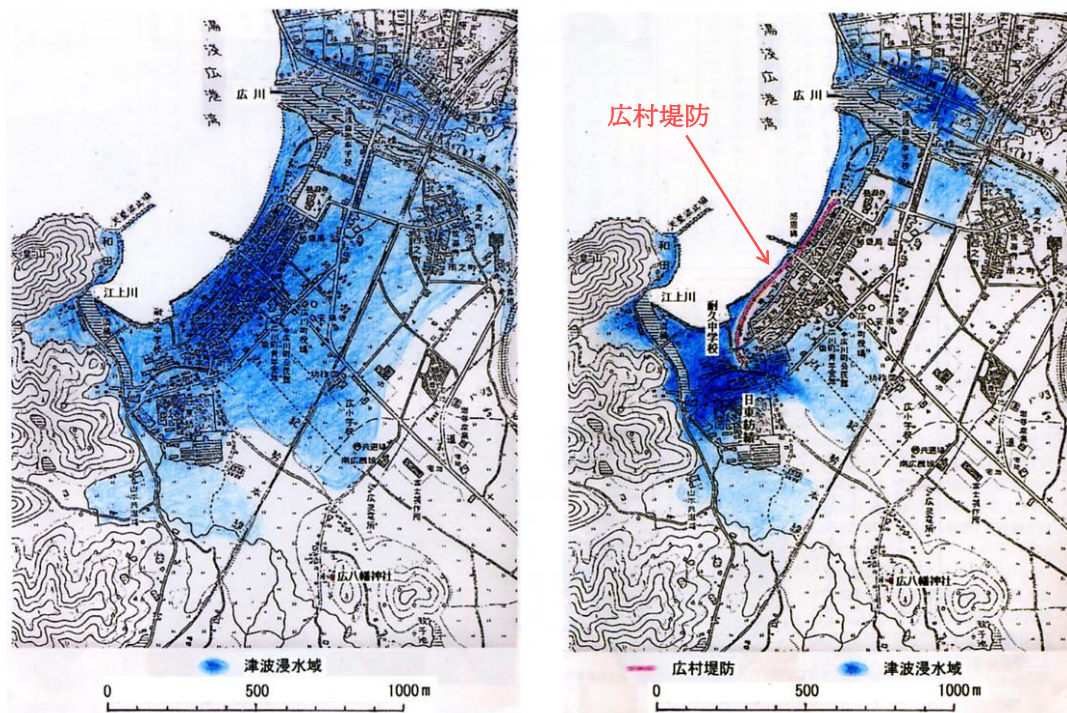
⑧ 防潮扉

写真2 広村堤防の現状：2012.11

現存する堤防は、堤防高 T.P.5m, 盛土高3～3.5m 程度であり、延長は700m とされているが、図2²⁸⁾は、堤防の建設の93年後に発生した1945年昭和南海地震では、同堤防が津波（津波高4m）の浸水を抑制し、堤防の効果が発現されていることを示している。

このように、広村堤防は、津波防災における約170年前の先進的な事例であるとともに、津波防災に対する先見性、熱意、実践の必要性を示している。

なお、広川町では、図3 の通り、南海トラフ巨大地震（M9.1）による津波のハザードマップを公表²⁹⁾しているが、地震発生後37分で津波（浸水深30cm）が到達し、その後の18分（地震発生後55分）で、最大浸水深5～10m でほぼ全域が浸水する危険性が示されており、注意を喚起している。



両図とも羽鳥ほか（1983）の調査結果を参考に、昭和40年代の地図に概略の範囲を描いたものである。

地図は、津波来襲時のものでも、現在のものでもないことに注意。（津村,2003）＊原文のまま。赤字・矢印は著者加筆

図2 広村堤防による浸水抑制例²⁸⁾：左・安政南海地震1854年、右・昭和南海地震1946年

広川町津波ハザードマップ 南海トラフの巨大地震（M9.1）

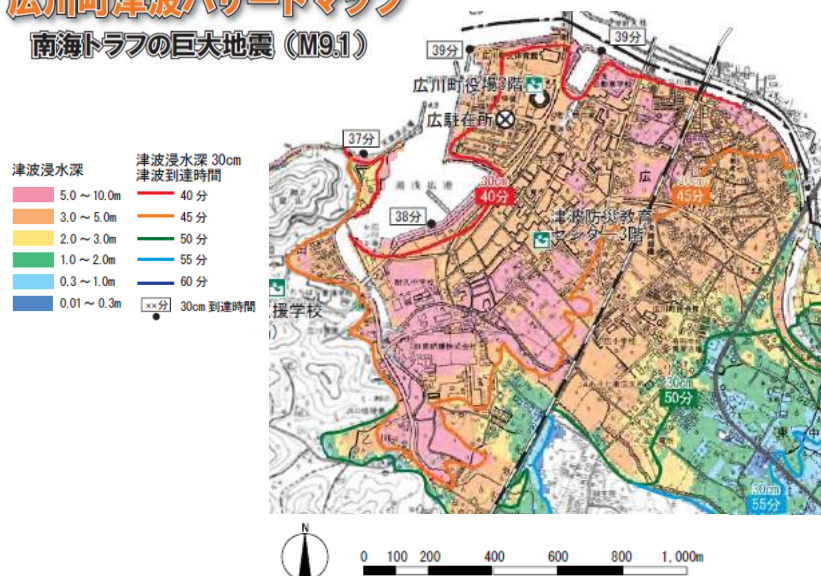


図3 広川町の津波ハザードマップ：南海トラフ巨大地震（M9.1）²⁹⁾