

東北地方太平洋沖地震津波を教訓とした海岸保全施設の構造

Structure of Shore Protection Facilities after the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami

垂井保典[†]
(TARUI Yasunori)

若田展正^{††}
(WAKATA Nobumasa)

野中振拳[†]
(NONAKA Nobutaka)

I. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震津波（以下、「今次津波」という）によって、岩手県、宮城県、福島県（以下、「東北 3 県」という）を中心として多くの地域が津波の被害を受けた。被災地では海岸保全施設が大破・流出し、損傷を免れたものについても、浸水を防ぐという施設の目的を果たすことができなかった。二次被害の防止や被災地復興のためにも、これらの復旧を速やかに進めることがきわめて重要であった。

このため、中央防災会議専門調査会や農林水産省と国土交通省が設置した検討委員会では、施設の被害状況、破壊に至るプロセス、復旧する施設が対象とする津波の規模、施設の構造などについて検討が行われ、結果が公表された。

本報では、今次津波を教訓とした海岸保全施設の復旧に当たっての基本的な考え方が示されるまでの検討経緯と宮城県の亘理・山元農地海岸における復旧事例、最大クラスの津波への対応について報告する。

II. 海岸保全施設の被害の概要

1. 災害直後の被害の把握

通常、災害によって施設に被害が生じた場合は、管理者（海岸保全施設については都道府県知事）が直ちに調査を実施し、被災した施設名、箇所数、被害額などを把握の上、国に報告することとされている。この報告の期日については法律などに特段の定めがないが、災害復旧の緊急性に鑑みて可能な限り速やかに行うことが望ましいとして、災害復旧事業事務取扱要綱¹⁾では異常な災害（都道府県の区域内における海岸の被害推定額が 3 億円以上）については、災害発生後 1 週間以内に災害概要報告書を提出することとしている。

しかし、今次津波では被害が広範囲にわたり、報告を行う県の組織自体も大きな被害を受けていることか

ら、速やかな報告が期待できなかった。このため、国では航空写真などから海岸の被害状況を判断し、被害が特に大きかった東北 3 県の被害を「海岸約 300 km のうち約 190 km が全半壊」と公表した²⁾。

2. 海岸保全施設の被害の詳細

海岸保全施設については、二次被害防止のため、被災直後から直ちに浸水防止の仮締切などの応急対策を行う必要があり、被害の詳細を調査する余裕がなかったこと、復旧する施設の高さが決まっていなかったことなどにより、被害状況の把握および復旧計画の策定は後述の新計画堤防高の決定後となった。各県からの報告をもとに海岸保全施設の復旧に関する事業計画および工程表を国がとりまとめ、平成 23 年 11 月 29 日に東日本大震災復興対策本部から「各府省の事業計画と工程表のとりまとめ」として公表した。

公表後、災害査定を行う段階においてさらなる詳細な調査が行われる中で、外見的な被害がないものの、地盤沈下によって施設の機能が十分ではないものなど、公表時までには報告されていない被害が明らかになった。平成 24 年 5 月 18 日に復興庁から「各府省

表-1 東北 3 県農林水産省所管海岸の被害状況

(平成 24 年 3 月 農林水産省調べ)

		岩手県	宮城県	福島県	合計
農地海岸	総地区数	10 地区	103 地区	20 地区	133 地区
	被災地区数	10 地区	97 地区	6 地区	113 地区
	被災延長	3.1 km	27.1 km	2.2 km	32.4 km
	災害査定額	193 億円	338 億円	68 億円	599 億円
漁港海岸	総地区数	60 地区	72 地区	22 地区	154 地区
	被災地区数	55 地区	67 地区	18 地区	140 地区
	被災延長	37.8 km	45.6 km	10.9 km	94.3 km
	災害査定額	1,553 億円	1,206 億円	208 億円	2,967 億円
合 計	総地区数	70 地区	175 地区	42 地区	287 地区
	被災地区数	65 地区	164 地区	24 地区	253 地区
	被災延長	40.9 km	72.7 km	13.1 km	126.7 km
	災害査定額	1,746 億円	1,544 億円	276 億円	3,565 億円

注 1) 福島県警戒区域等の施設は被災地区数、被災延長、災害査定額に含まない。

注 2) 合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある。

[†] 農村振興局防災課

^{††} 関東農政局土地改良技術事務所



海岸保全施設、東日本大震災、津波、災害復旧、設計津波、計画堤防高

の工程表のとりまとめ」として公表した農林水産省所管海岸における東北3県の被害状況は表-1のとおりである。

III. 海岸保全施設の復旧に当たっての議論

1. 中央防災会議専門調査会

地震・津波の発生や被害の状況について早急に分析の上、対策を検討する必要があるとして、4月27日に開催された中央防災会議において「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」（以下、「専門調査会」という）の設置が決定された。専門調査会は4回の議論を踏まえて6月26日に「今後の津波防災対策の基本的な考え方（中間とりまとめ）」を公表し、海岸保全施設の構造の決定に当たっての基本的な考え方となる以下の2点を示した。

(1) **想定津波の考え方** 海岸保全施設の技術上の基準を定める省令（以下、「基準省令」という）では、「設計津波は海岸保全施設の設計を行うため、津波発生時の浸水に関する記録に基づく最大の津波又は地震その他の異常な地象若しくはこれに伴う海象に関する記録に照らして発生するものと予想される最大の津波を考慮し、当該海岸保全施設に到達するおそれが多い津波として、海岸管理者が定める」とされている。また、海岸保全施設の技術上の基準・同解説では、「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の利用状況なども考慮して、適切な設計津波を定める。また、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」と解説している。

中間とりまとめでは、津波の発生頻度はきわめて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす「最大クラスの津波」と、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「頻度の高い津波」に分類し、海岸保全施設の設計に当たっては頻度の高い津波を想定するとしている。また、最大クラスの津波については、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築するとしている。

(2) **粘り強い構造** 海岸保全施設の設計に当たっては頻度の高い津波を想定するとしたが、最大クラスの津波によって施設が完全に破壊・流出すれば、二次災害のおそれや復旧への支障が生じる。このため、設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、整備していくことが必要としている。

2. 海岸における津波対策検討委員会

震災から数週間が経過し、被災地沿岸部では震災直

後の混乱収拾から早期復旧・復興に向けた動きに変わりつつあった4月頃、被災地から国に対して、当面の応急対策や台風期までの対策、本復旧などに関する基本的な考え方を示すよう要請があった。このため、国土交通省（港湾局、水管理・国土保全局）と農林水産省（農村振興局、水産庁）が事務局となり、国・東北3県の担当部局、学識経験者、研究機関を構成員として、被災状況調査、防波堤などの機能の検証と復旧の基本的な考え方を検討する「海岸における津波対策検討委員会」（以下、「検討委員会」という）を開催した。計3回の委員会での議論の概要は以下のとおりである。

(1) **第1回検討委員会（4月28日）** 第1回検討委員会では、今次津波の外力や施設の被災メカニズムなどが議論され、以下の事項を検討することとなった。

- ・海岸保全施設の設計に用いる津波の外力
- ・施設の設計外力を上回る津波への対策
- ・地盤沈下への対策

また、壊滅的な被害を受けた海岸堤防などの災害復旧の基本的な考え方として、以下が示された。

① 緊急防御

- ・出水期までに盛土などにより高潮位までの締切りを実施する。
- ・台風期まで（8月中を目途）に現地発生材などを活用して補強を行う。
- ・被災した堤防延長が膨大であることから、優先度の高い区間より対策を実施する。

② 段階施工（越波対策）

- ・本復旧に先立ち、高潮、波浪による被害から背後地を防護する。
- ・堤防の高さは、近年で被害の大きかった波浪から防御する高さとする。

③ 本復旧

- ・被災地のまちづくり計画との調整を図ったうえで、防護レベルを選定して実施する。

(2) **第2回検討委員会（6月27日）** 第2回委員会は専門調査会の中間取りまとめが公表された翌日に開催された。委員会では専門調査会で示された海岸保全施設の「設計に当たって想定する頻度の高い津波」と「粘り強い構造」を具体化するため、以下の議論が行われた。

① 海岸における設計津波の考え方

設計津波の水位の設定方法について、専門調査会の提言を受け、最大クラスの津波ではなく、頻度の高い津波を海岸保全施設の設計に用いる水位とし、これを「設計津波」と表現することとされた。設計

津波は海岸管理者である県が地域海岸ごとに決定するが、津波の来襲する方向により、地域海岸の適切な区切り方が変わることが考えられるため、臨機応変の対応が必要との指摘があった。

② 海岸堤防・護岸の復旧工法の検討

専門調査会の提言で「設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、整備していくことが必要」とされたため、被災地における施設を対象として、来襲した津波の高さと施設の被災状況、構造などの比較分析が行われた。施設の被災プロセスについて、押し波による裏法尻の洗掘からの被災、押し波による天端・裏法肩からの被災、引き波による表法尻の洗掘からの被災などが例示された。

(3) 第3回検討委員会(11月15日) 第3回委員会では、これまでの議論を踏まえて「平成23年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」のとりまとめに向けた議論が行われ、翌16日に公表された。この中では、設計津波の水位の設定方法、海岸堤防などの粘り強い構造、耐震対策に関する留意事項が盛り込まれた。また、海岸保全施設の粘り強い構造については、引き続き検討が必要との考えを示している。

海岸堤防と比較して形をとどめたものが多い水門、樋門・樋管などの施設についての検討も行われた。被災状況が判明しているものについて分析を行ったところ、門柱などの躯体、扉体と比較して開閉装置や電気設備などの被災率が高い傾向があることが示された。水門と海岸堤防が連続するものについて、堤体は流出したが水門の躯体のみが残った例もあり、今後の検討に当たっての参考になるとの指摘があった。

IV. 新計画堤防高

1. 設計津波の水位の設定方法(通知)

国土交通省と農林水産省では第2回検討委員会の議論を踏まえ、都道府県に対して海岸堤防の設計で想定する津波高さの設定基準となる「設計津波の水位の設定方法等について」(以下、「設計水位基準」という)を平成23年7月8日に通知した。この通知では、海岸保全施設の整備に必要な「設計津波」の水位設定の考え方を以下のように示している。

(1) 設計津波の設定単位 設計津波は地域海岸(沿岸域を湾の形状や山付けなどの自然条件などから勘案して、一連のまとまりのある海岸線に分割したもの、図-1)ごとに設定することを基本とする。

(2) 「設計津波の水位」の設定方法

① 過去に発生した津波の実績津波高さの整理

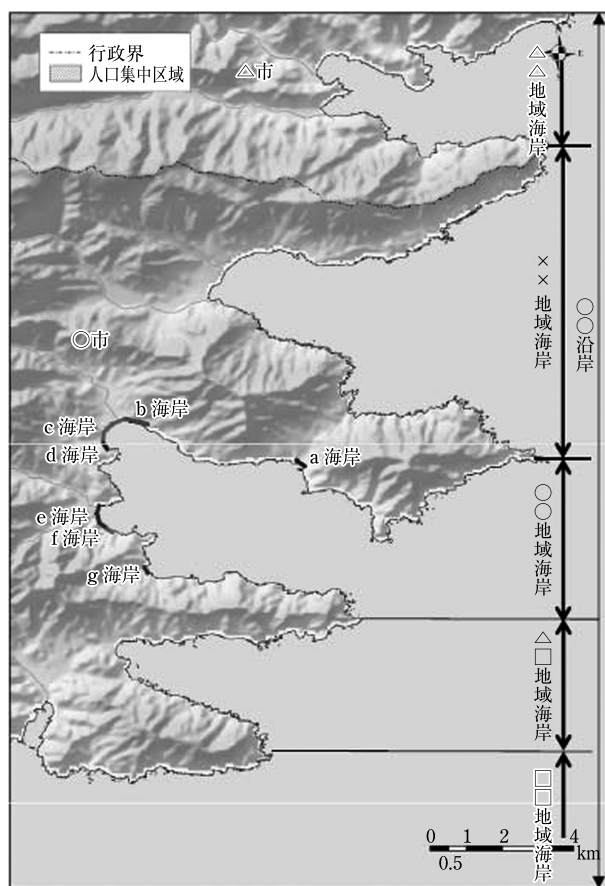


図-1 地域海岸 (設計水位基準より抜粋)

痕跡高調査や歴史記録・文献などを活用する。

② シミュレーションによる津波高さの算出

歴史記録や文献などでは十分なデータが得られない場合は、シミュレーションを実施してデータを補完する。なお、中央防災会議などにおいて想定地震の規模や対象範囲の見直しなどが行われる場合は、適宜見直す。

③ 設計津波の対象津波群の設定

地域海岸ごとに横軸に津波発生年、縦軸に津波高さのグラフを作成し、一定の頻度(数十年から百数十年に一度程度)で発生すると予想される津波の集合を選定する(図-2)。

④ 「設計津波の水位」の設定

対象津波群の津波を対象に、隣接する海岸管理者で調整を図ったうえで、設計津波の水位を海岸管理者が設定する。なお、堤防等の天端高は、設計津波の水位を前提としつつ、環境保全、周辺景観との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用などを総合的に考慮して適切に設定する。

(3) 堤防等の天端高 堤防等の天端高は上記の設計津波の水位を前提として、基準省令第3条によって、海岸管理者が定めるとされている(表-2)。

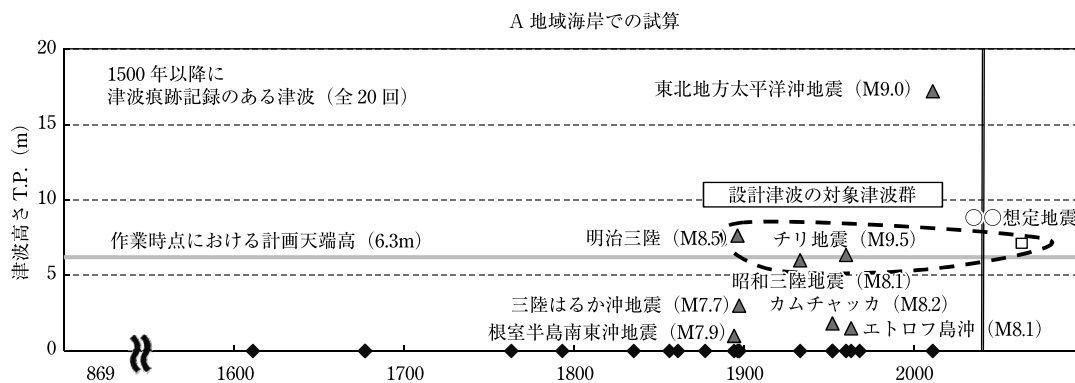


図-2 津波の集合体の選定例 (設計水位基準より抜粋)

表-2 海岸保全施設の技術上の基準を定める省令

第三条 (堤防及び護岸)
3 堤防等の天端高は、次の各号のいずれかに掲げる値に当該堤防等の背後地の状況等を考慮して必要と認められる値を加えた値以上とするものとする。
一 設計高潮位に設計波の打ち上げ高を加えた値
二 設計高潮位の時の設計波により越波する海水の量を十分に減少させるために必要な値
三 設計津波の水位

2. 岩手、宮城、福島の新計画堤防高

通知に基づき、東北3県では沿岸域を地域海岸に分割し、それぞれについて津波痕跡高や津波浸水シミュレーションによる津波高の想定を行い、設計津波の対象津波群の設定を行い、新たな計画堤防高を決定した。図-3 にその概要を示す。

計画堤防高の決定は、岩手県ではすべての地域海岸において津波が高潮より高く、津波で決められている。宮城県では石巻海岸、仙台湾南部海岸においては高潮で、それ以外は津波で決められている。福島県では富岡海岸、桧葉海岸、広野海岸においては津波で、それ以外では高潮で決められている。なお、高潮で高さが決められている海岸で堤防高が高くなるのは、津波による洗掘や地盤沈下などにより海底地形が変化し、打上げ高が高くなっていることなどが原因となっている。

V. 仙台湾南部海岸における海岸堤防の構造

1. 震災復旧代行法の制定

大震災では被災した公共施設の復旧を行う主体である県や市町村自体が大きな被害を受け、早期復旧に支障が生じることが懸念されたことから、大震災関連法案として東日本大震災による被害を受けた公共土木施設の災害復旧事業等に係る工事の国等による代行に関する法律 (以下、「震災復旧代行法」という) が4月22日に閣議決定され、4月29日に成立・施行された。

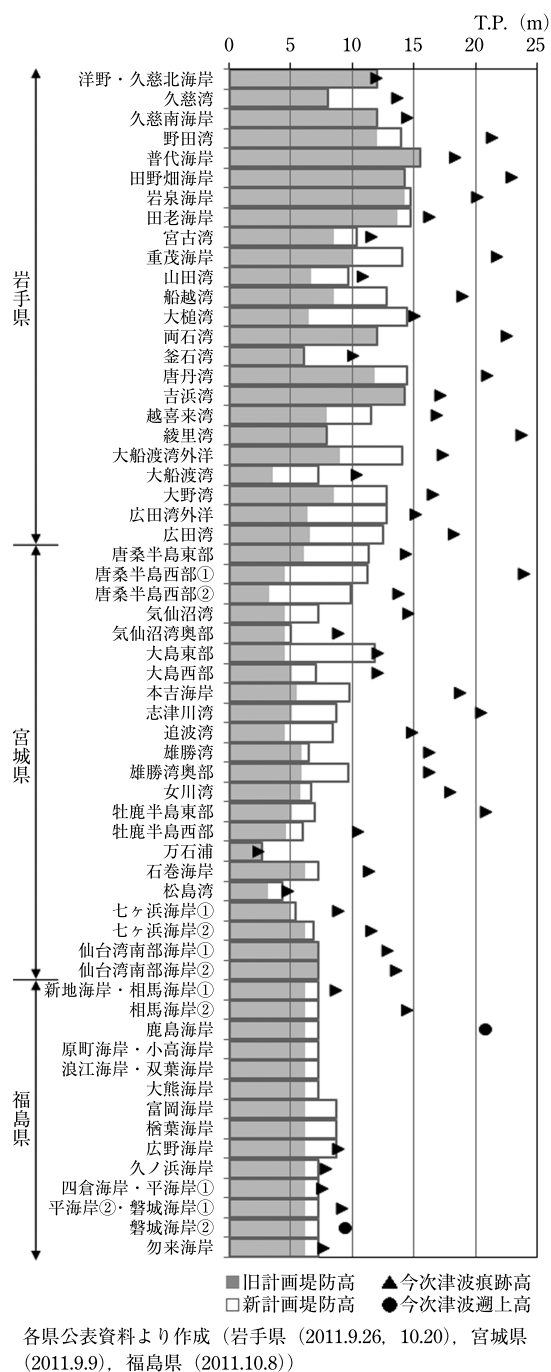


図-3 各地域海岸の堤防高と今次津波高

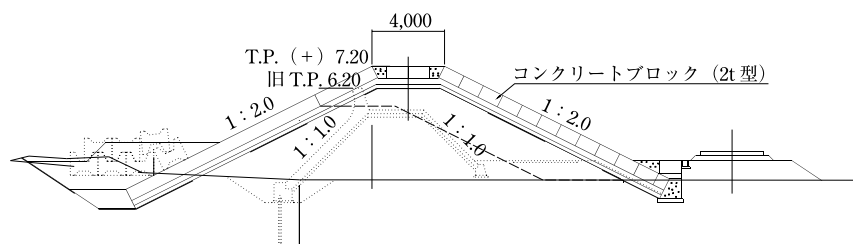


図-4 新旧の堤体断面

2. 代行の要請

東北3県の中でも、特に広域にわたって津波の被害を受けた宮城県から、仙台港から福島県との県境までの海岸と漁港の復旧を国で実施するよう要請があり、農林水産省では亘理町、山元町の農地海岸（約10 km）と荒浜漁港海岸、磯浜漁港海岸、石巻漁港、気仙沼漁港の復旧を代行することとなった。

3. 亘理・山元農地海岸の被災状況

(1) 堤防・護岸 鳥の海地区の護岸は約9割が外部損傷を免れたが、地盤沈下（21 cm：国土地理院調査）により、全線が従前の効用を喪失した。

吉田砂浜地区および須賀地区は、全線にわたり堤防が流失もしくは損傷した。一部損壊した堤防においても内部盛土が流出したため、復旧に当たっては被覆コンクリートを撤去した上で再盛土が必要となった。

(2) 水門・樋門 鳥の海地区の鏡川水門は上屋が損壊し、潮止めゲートが損傷した。また、ほかの樋門4カ所を含め、地盤沈下によりゲートが従前の効用を喪失した。吉田砂浜地区海岸の牛橋水門は上屋、巻上げ機が損傷し、地盤も沈下した。

4. 復旧工法

(1) 堤防・護岸 堤防・護岸高は、海岸管理者である宮城県が国の通知に基づき、吉田砂浜地区および須賀地区についてはT.P. 7.2 m、内海である鳥の海地区についてはT.P. 3.6 mと決定した。

堤防の構造は、宮城県、隣接する海岸の復旧を代行する国土交通省・水産庁と調整し、統一することとなった。堤防の形式については、今次津波の経験を踏まえ、粘り強い構造とする観点から傾斜型（法勾配1:2）とし、陸側の法尻には洗掘防止工を設けることとした。被災前の堤防に設置されていた波返工は、設計水位を超える津波の波圧の作用による陸側への倒壊、引き波の波圧の作用による海側への倒壊が想定され、これに対して配筋による補強も考えられたが、県の意向も踏まえ、天端まで盛土構造とした。図-4に新旧の堤体断面を示す。

(2) 水門・樋門 鏡川水門は地盤沈下および新たな設計水位を考慮すると設計基準を満たさないことか

ら、撤去・新設することとした。牛橋水門は地盤沈下によるゲートにかかる設計水圧の増加に対応するため、巻上げ機を交換することとした。設計水位が1 m高くなったことにより、ゲート高さが不足する分については、ゲート操作台（水門頂版部分）とゲート上部の空間をカーテンウォールで閉塞することで対応することとした。

VI. 最大クラスの津波への対応

専門調査会において「住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する」とされた最大クラスの津波については、「津波防災地域づくりに関する法律（平成23年12月27日施行）」により、以下の対応を行い、ハード・ソフトの施策を組み合わせた「多重防御」による津波防災地域づくりを推進することとなった。

1. 津波浸水想定の設定

都道府県知事は、最大クラスの津波を想定して、その津波があった場合に想定される浸水の区域および水深を設定し、公表する。この場合、悪条件下において浸水が生じることを前提とするため、設定潮位は朔望平均満潮位を設定するとともに、海岸堤防、河川堤防などは津波が越流した場合には破壊されることを想定することなどの設定を基本とするとしている。

2. 津波災害警戒区域および津波災害特別警戒区域の指定

都道府県知事は、警戒避難態勢を特に整備すべき土地の区域を津波災害警戒区域として指定することができ、このうち、津波災害から住民の生命および身体を保護するために一定の開発行為および建築を制限すべき土地の区域を津波災害特別警戒区域として指定することができるとしている。

VII. おわりに

表-3に海岸に関する東北地方太平洋沖地震・津波発生後のできごとを時系列で示す。東北地方太平洋沖地震・津波発生直後から、災害復旧に関する法制度・事業制度の整備、復旧の考え方の検討と公表、復旧・復興予算の確保など、常時では想像しがたいほどのさ

表-3 東北地方太平洋沖地震・津波以後の海岸に関する検討推移など

年	月	日	内 容
23	3	11	平成 23 年東北地方太平洋沖地震が発生 岩手県、宮城県、福島県を中心に北海道から千葉県に津波が来襲
23	4	27	中央防災会議が東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会（以下、「専門調査会」という）を設置
23	4	28	第 1 回海岸における津波対策検討委員会（以下、「検討委員会」という）開催
23	4	29	東日本大震災による被害を受けた公共土木施設の災害復旧事業等に係る工事の国等による代行に関する法律（以下、「震災復旧代行法」という）施行
23	5	2	平成 23 年度 1 次補正予算成立
23	5	27	震災復旧代行法に基づき宮城県が農林水産省へ特定災害復旧海岸工事（亘理・山元農地海岸）の施行を要請
23	6	22	特定災害復旧海岸工事（亘理・山元農地海岸）施行公告
23	6	26	専門調査会が「今後の津波防災対策の基本的な考え方について（中間とりまとめ）」、「中間とりまとめに伴う提言」を公表
23	6	27	第 2 回検討委員会開催
23	7	8	「設計津波の水位の設定方法等について（農林水産省・国土交通省）」を通知
23	8	26	東日本大震災復興対策本部が「各府省の事業計画と工程表のとりまとめ」を公表
23	9	9	宮城県が新計画堤防高を公表
23	9	26	岩手県が新計画堤防高を公表（第 1 回）
23	9	28	専門調査会が「報告」を公表
23	10	8	福島県が新計画堤防高を公表
23	10	20	岩手県が新計画堤防高を公表（第 2 回）
23	11	15	第 3 回検討委員会開催
23	11	16	検討委員会が「平成 23 年度東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」を公表
23	11	21	平成 23 年度 3 次補正予算成立
23	11	29	東日本大震災復興対策本部が「各府省の事業計画と工程表のとりまとめ（改訂版）」、「公共インフラに係る復興施策（市長村版）」を公表
23	11	30	第 15 回 海岸シンポジウム「東北地方太平洋沖地震津波の記録と教訓」を開催
23	12	15	「海岸堤防等の粘り強い構造及び耐震対策について（農林水産省・国土交通省）」を通知
23	12	24	平成 24 年度予算政府案閣議決定
23	12	26	災害査定（農地海岸）終了
23	12	27	津波防災地域づくりに関する法律施行
24	4	5	平成 24 年度予算成立
24	5	18	復興庁が「各府省の工程表のとりまとめ」を公表

さまざまな取組みが短期間に行われている。これらが有機的に機能して、一日も早く被災地が復興することが期待される。

一方、東北地方太平洋沖地震・津波では、津波による浸水から海岸を防護する水門などの操作に従事する方々が被害に遭われたと報告されている³⁾。農林水産省、国土交通省の調査（平成 22 年 3 月）では、幅 2 m 以上、高さ 1 m 以上の水門などは全国に 6,668 施設あり、このうち自動化・遠隔操作化されている施設は 742 施設で約 11% であった。今後とも自動化・遠隔操作化を促進するとともに、操作に従事する方々の避難が適切に行われるよう取り組む必要がある。

引用文献

- 1) 農林水産省農村振興局：海岸及び地すべり防止施設災害復旧事業事務取扱要綱
- 2) 東日本大震災復興対策本部：各府省の事業計画と工程表のとりまとめ（2011.8.26）
- 3) 総務省消防庁：東日本大震災を踏まえた大規模災害時における消防団活動のあり方等に関する検討会（2011.11.25）
〔2012.4.17.受稿〕

垂井 保典（正会員）



略 歴
1997年 農林水産省入省
2010年 農村振興局防災課
現在に至る

若田 展正



1986年 農林水産省入省
2009年 農村振興局防災課
2012年 関東農政局土地改良技術事務所
現在に至る

野中 振挙（正会員）



1996年 農林水産省入省
2008年 新潟市農林水産部
2011年 農村振興局防災課
現在に至る