

3. 地震水害の発生プロセス

3.1 想定される地震被害

想定される地震動の発生に対し、堤防や河川構造物等の水防災施設の被災形態、被災した場合のゼロメートル地帯への想定される浸水現象等を整理・把握する。

【解説】

首都直下地震や相模トラフ沿いの巨大地震等が発生した場合、地震による揺れ、液状化、津波、急傾斜地崩壊、地震火災等により、甚大な建物被害、人的被害及び社会基盤の被災が想定される。

特に東京湾、伊勢湾及び大阪湾のゼロメートル地帯では、その社会的・自然的特性から、地震被害とあわせて地震水害の懸念が高く、外水の浸水により被害の甚大化・長期化、さらに他地域への波及が懸念される。

堤防や水門等の水防災施設で想定される被災形態及びゼロメートル地帯での留意点を表 3-1 に示し、堤防等の地震による被災事例を表 3-2 に示す。

表 3-1 防災施設において想定される被災形態

部位	想定される被災形態	施設の被災による浸水現象等
堤防	・ 沈下 ・ 亀裂	・ 沈下による直接的な外水流入 ・ 横断亀裂からの外水流入 ・ 亀裂や堤内地盤からの漏水
特殊堤	・ 沈下，倒壊，傾倒 ・ 目地部の開き，ずれ	・ 高潮、洪水時の外水流入
護岸	・ 亀裂 ・ ずれ，はらみ出し ・ コンクリートの破壊，損傷	・ 破壊、損傷箇所からの直接的な外水流入 ・ 護岸損傷による漏水 ・ 横断亀裂、ずれ目からの外水流入
背後地	・ 側方変位 ・ 液状化、地割れ	・ 基盤漏水 ・ 液状化、地割れによる水ミチ形成
構造物	・ 門柱の傾倒 ・ ゲートの開閉不能 ・ 樋管の亀裂，継手部の開き，屈曲	・ 機能損傷による直接的な外水流入 ・ 内水制御不能 ・ 亀裂・開き等による漏水
構造物周辺	・ 樋管直上部の抜け上がり，堤防横断亀裂 ・ 樋管周辺部の緩み，空洞化 ・ 取付け護岸の損傷	・ 横断亀裂からの外水流入 ・ 抜け上がり、空洞化等による漏水

表 3-2 地震による堤防の被災事例

堤防の被災事例	
	平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震 淀川左岸高潮堤防の被災状況。
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 弓浜干拓地（本堤）右岸 10k040+680 付近の被災状況。 堤防天端に連続した縦断亀裂や段差が発生した。
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 細井地区右岸 37k380 地点の堤防被災状況。 堤防が最大 40cm 沈下。堤外側へのはらみ出しがみられた。

表 3-3 地震による特殊堤と護岸の被災事例

特殊堤の被災事例	
	平成 12 年（2000 年）鳥取県西部地震 彦名干拓地（本堤）右岸 18k860+20 付近の堤防被災状況。 堤防の天端には計画高水位（HWL）に達する横断亀裂が発生。 特殊堤は堤外側に傾くとともに、目地部が 10～30cm 程度開いた。
護岸の被災事例	
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 霞ヶ浦における護岸の被災状況。 堤体下部の液状化に伴い、護岸のはらみ出しと縦断方向に開口亀裂が発生した。
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 霞ヶ浦における矢板護岸の被災状況。 矢板護岸の押し出しと笠コンの損傷。

表 3-4 地震による背後地と構造物の被災事例

背後地の被災事例	
	平成 23 年（2011 年）東日本大震災 那珂川左岸 5.5k 付近の背後地の液状化による噴砂状況。
構造物の被災事例※	
	昭和 53 年（1978 年）宮城県沖地震 阿久戸排水樋管の被災状況。 門柱基部にコンクリートの剥落や軸方向鉄筋の座屈が生じ、門柱が傾斜し、地震後にゲートを開閉することができなかった。
構造物周辺の被災事例	
	平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震 後志利別川豊岡樋管付近の被災状況。 樋管直上部に横断亀裂が発生した。

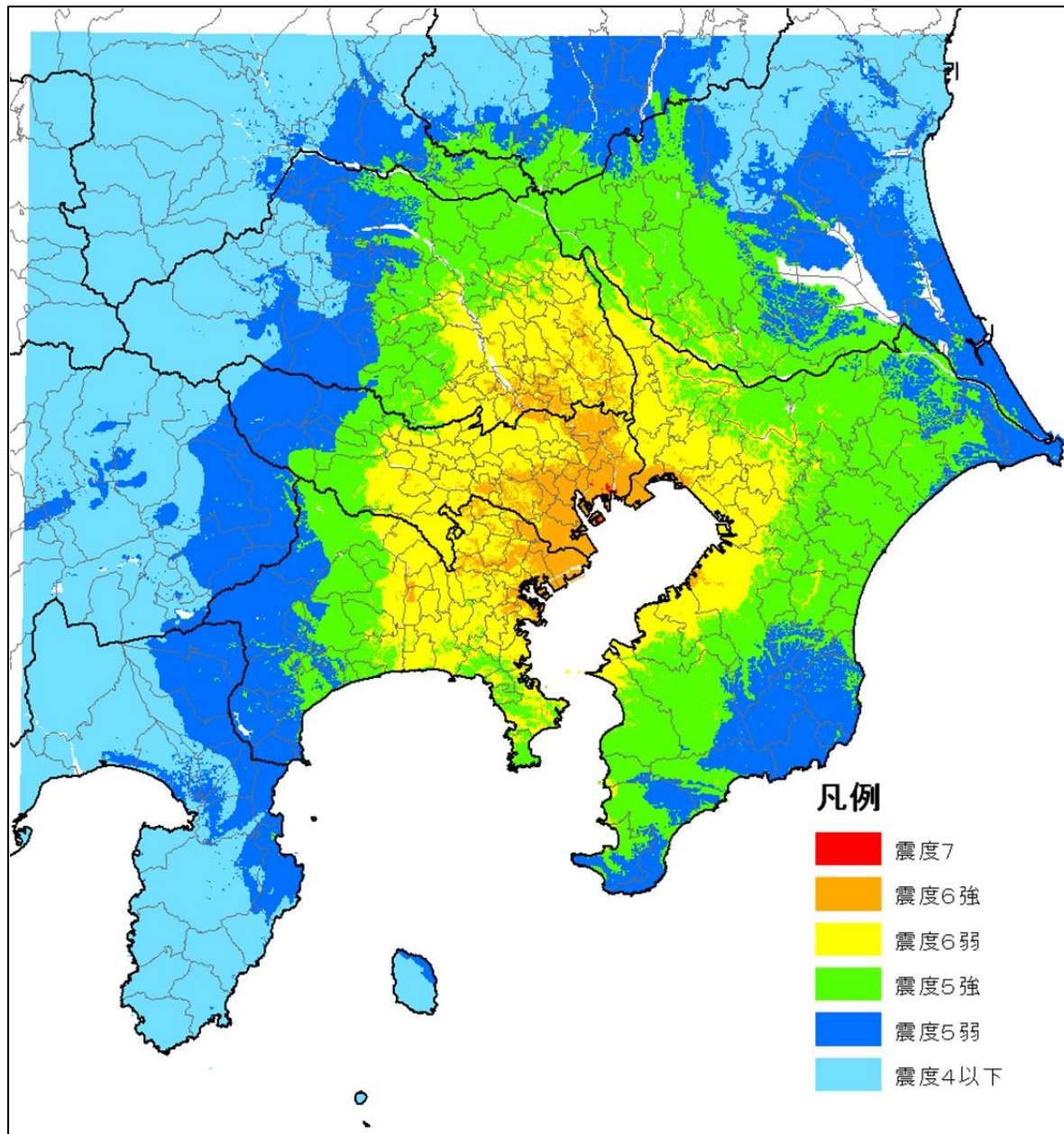
出展：※「土木技術資料 53-9(2011)」p.32

公表されている首都直下地震時における震度分布、液状化・沈下量予測結果を以下に示す。

【震度分布予測結果】

首都直下地震で想定される震度は、図 3-1 のとおりである。

ゼロメートル地帯においては、震度 6 強～震度 7 となることが予測されている。



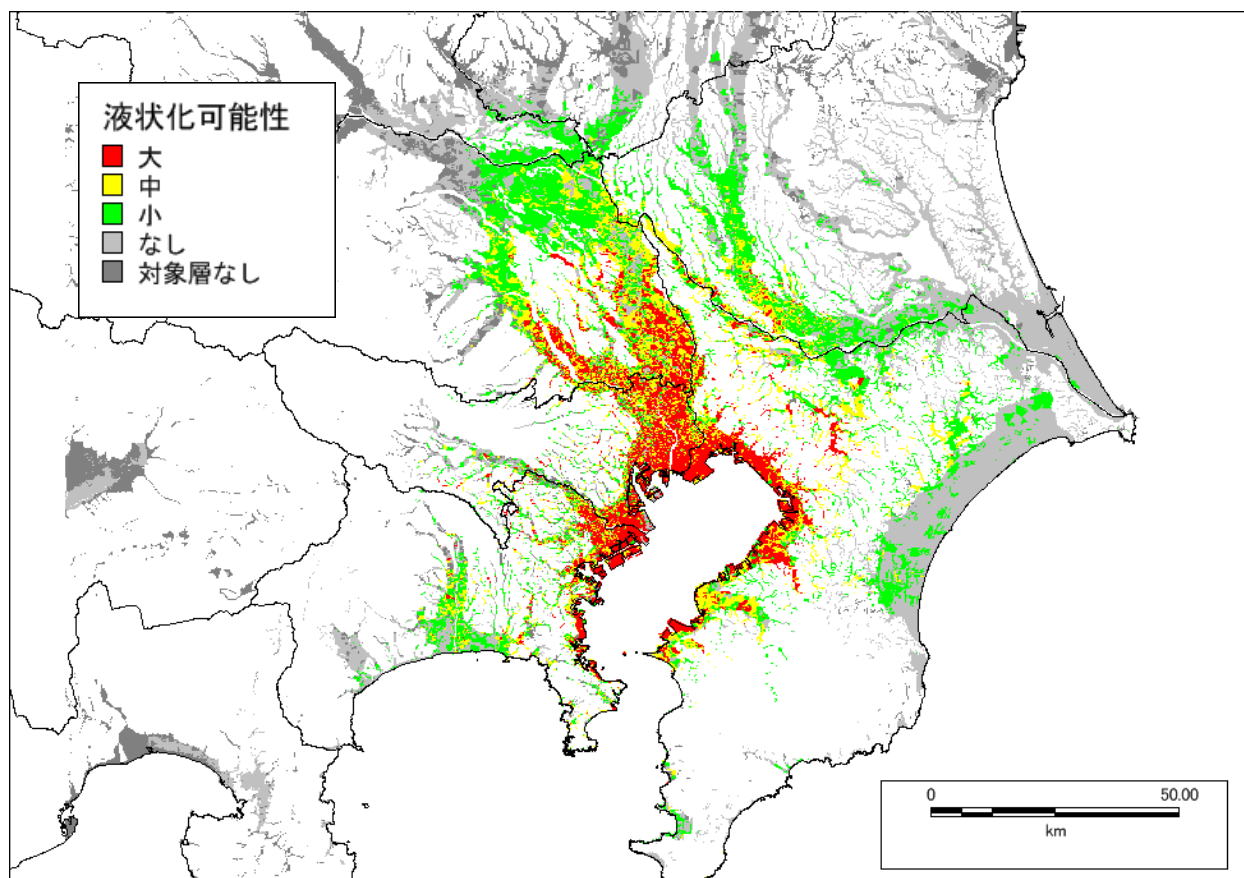
出典：「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）～人的・物的被害（定量的な被害）～【別添資料 1】」

平成 25 年 12 月、中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ、p. 1

図 3-1 震度分布予測結果（都心南部直下地震）

【液状化予測結果】

液状化による建物等の全壊被害は約 22,000 棟と推定されている。特に東京湾及び荒川等の河川沿いでの液状化の可能性が高く、水防災施設についても甚大な被害が発生すると思われる。

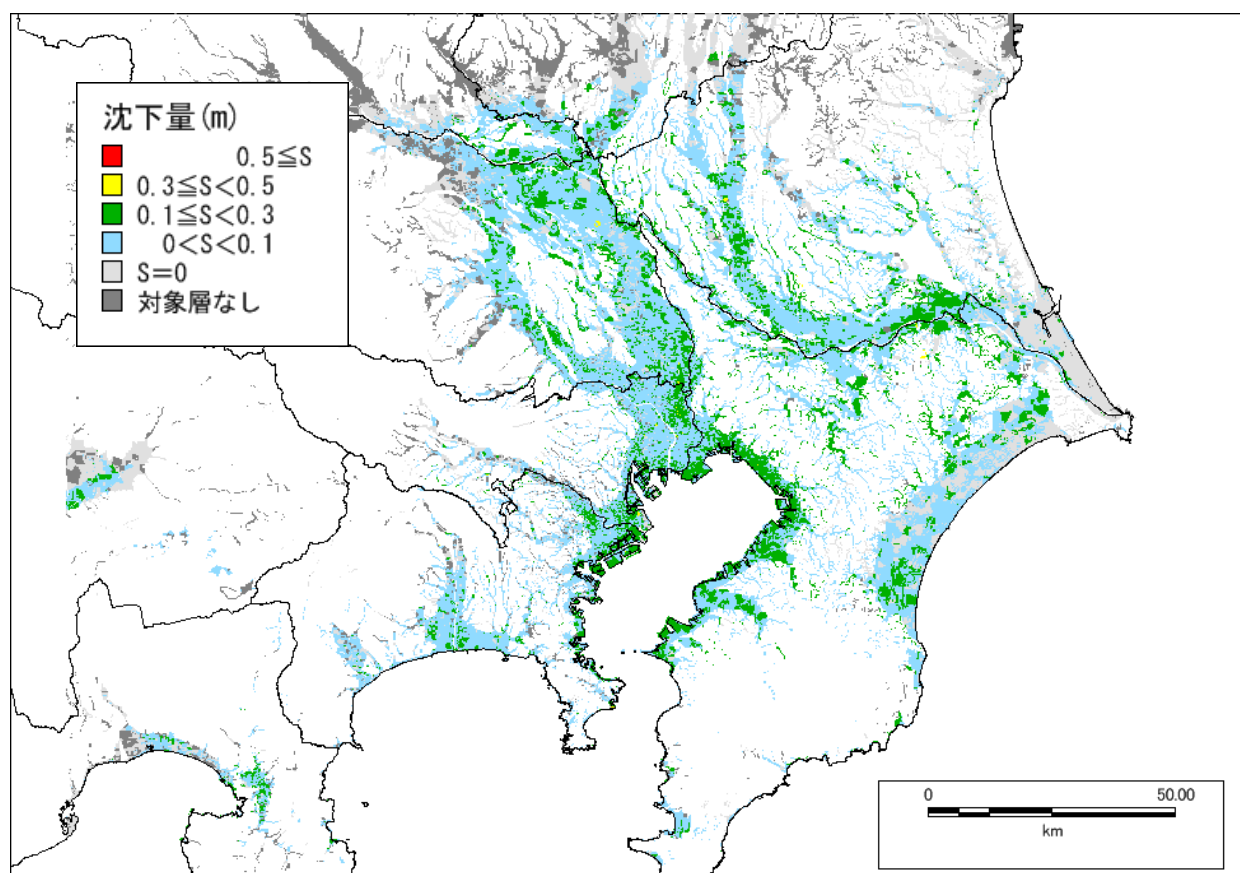


出典：「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 図表集」平成25年12月、首都直下地震モデル検討会、p.133

図 3-2 液状化予測結果(都心南部直下地震)

【沈下量予測結果】

液状化の可能性が高い箇所付近で地盤沈下が発生すると予測されている。東京湾沿岸では10cm から 30cm の沈下が想定されており、高潮堤等では傾倒や目地部の開き、ずれが生じると思われる。



出典：「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 図表集」平成25年12月，首都直下地震モデル検討会，p.133

図 3-3 沈下量予測結果（都心南部直下地震）

3.2 地震水害の発生タイプの分類と有効な水防技術の選定

地震発生から浸水・湛水に至るプロセスは、地震後の堤防や河川構造物の被災状況、洪水・高潮・津波の外力の規模によって異なる。ゼロメートル地帯の地震水害の発生プロセスを分類した上で、各プロセスに応じて有効な水防技術を選定する。

【解説】

地震により堤防が被災し浸水被害が発生するプロセスとしては、地震直後に堤防決壊し、浸水・湛水するケースと、地震により損傷や沈下した箇所がその後の事象により堤防決壊にまで至り、浸水・湛水するケースが考えられる。さらに、前者のケースでは外力として地震動と地震後の津波の 2 タイプがある。また、後者のケースでは損傷した箇所からの浸透破堤と洪水・高潮による越水破堤の 2 タイプがある。

これらを整理すると、地震水害の発生プロセスは、表 3-5 および次の 4 タイプに分類できる。

■タイプ 1

地震動により直後に堤防が破壊され浸水被害が発生する。

■タイプ 2

地震動では堤防は完全には破壊されないが、その後の津波により堤防が破壊され浸水被害が発生する。

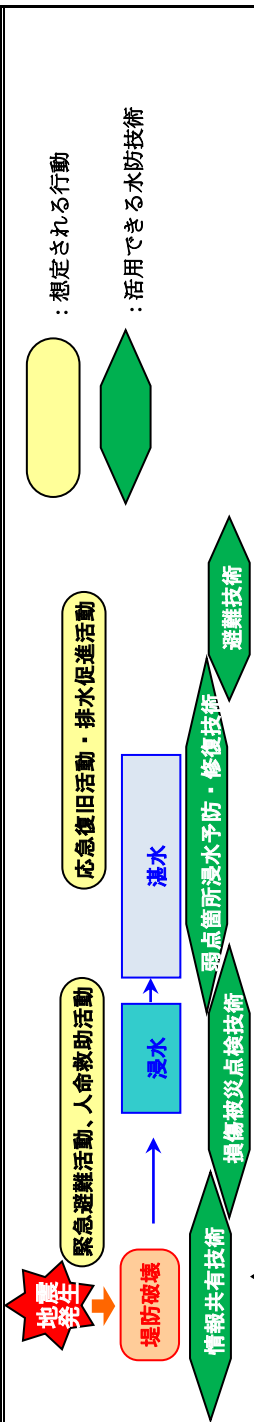
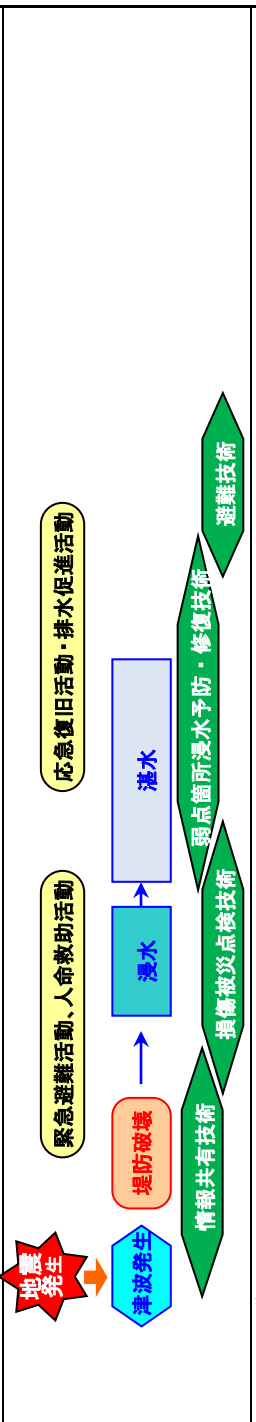
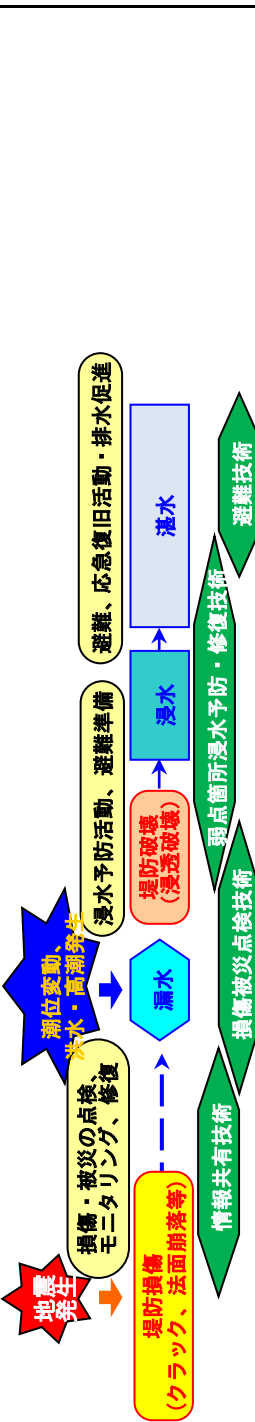
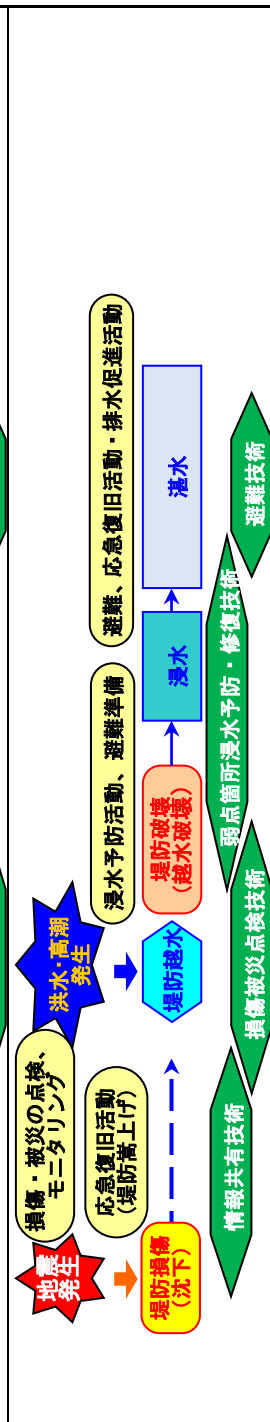
■タイプ 3

地震動によりクラック、法面崩落や護岸損壊等の損傷が生じ、その後の潮位変動や洪水により浸透破壊し浸水被害が発生する。また、特殊堤ではずれの発生した箇所やクラック等から浸水被害が発生する。

■タイプ 4

地震動により堤防天端が沈下し、その後発生した洪水や高潮により越水破壊して浸水被害が発生する。

表 3-5 地震水害の発生タイプ別の水害の発生プロセス及び活用できる水防技術例

地震水害の発生タイプ	地震水害の発生プロセス
タイプ1 地震動により直後に堤防が破壊され浸水被害が発生する	
タイプ2 地震動では堤防は完全に破壊されないが、その後の津波により堤防が破壊され浸水被害が発生する	
タイプ3 地震動によりクラック、法面崩落や護岸損壊等の損傷が生じ、その後の潮位変動や洪水により浸透破壊し浸水被害が発生する。また、特殊堤ではずれの発生した箇所やクラック等から浸水被害が発生する。	
タイプ4 地震動により堤防天端が沈下し、その後発生した洪水や高潮により越水破壊して浸水被害が発生する。	
活用できる水防技術の具体例 ※項目番号は本マニュアルの目次に対応	5.1 情報共有技術 5.2 損傷被災点検技術 5.3 弱点箇所浸水予防・修復技術 5.4 避難技術 

3.3 地震後の洪水・高潮・津波による浸水予測

地震水害の危険性が高い箇所の抽出や、地震水害の水防技術検討の基礎資料とするために、地震後の洪水・高潮・津波による浸水予測を整理する。

【解説】

地震後の浸水予測は、浸水状況（浸水深、浸水範囲、浸水到達時間等）の時間変化や最大の状態を図化したものである。この浸水状況は、堤防や水門等の水防災施設の被災形態（亀裂、ずれ、ゲート開閉不能、堤防決壊等）と、地震後に生起する洪水・高潮・津波の想定規模の組合せにより、様相が大きく変わり、その減災対策として適用する水防技術も異なることに留意する必要がある。

浸水状況と地震水害の水防技術（第5章）の関係を整理すると、表 3-6 のとおりである。

被災形態①では、亀裂やずれの箇所から漏水し、排水路や道路を通じて低地が浸水することが予測される。この場合は早期止水や浸水予防することで減災につながることから、早期に損傷箇所や被災箇所を発見する点検技術・情報提供技術、漏水の早期止水のための修復技術、漏水の早期排水のための浸水予防技術が重要となる。

被災形態②と③では、ゲート閉鎖不能となった水門、沈下した堤防、堤防決壊箇所から外水が大量に勢いよく侵入し、広範囲が浸水することが予測される。この場合は浸水予防よりも避難が優先され、浸水被害等の広域的な情報を早期に把握する情報提供技術、サバイバル避難を含めた自主的避難を支援する避難技術が重要となる。

表 3-6 浸水状況と水防技術の関係

被災形態	浸水状況（洪水・高潮・津波）	水防技術（第5章）	備考
①堤防亀裂、パラペットずれ、樋管亀裂等	・ 亀裂やずれの箇所から漏水 ・ 少量だが漏れ続けると低地が浸水（漏水をとめないと堤防決壊につながる）	・ 損傷、被災の点検技術 ・ 弱点箇所の浸水予防、修復技術 ・ 情報提供技術	・ 弱点箇所の抽出方法は第3章を参照
②ゲートの開閉不能	・ ゲート閉鎖不能となった水門から外水が侵入し、低地内水路を通じて広範囲が浸水	・ 避難技術 ・ 情報提供技術	・ 国や都道府県が浸水シミュレーション※による浸水予測を公表している場合がある。
③堤防沈下、堤防決壊等	・ 沈下した堤防や堤防決壊箇所から外水が大量に勢いよく侵入し、広範囲が浸水		

※国土交通省及び都道府県では浸水想定区域図を電子地図上に表示するシステム「国土交通省 地点別浸水シミュレーション検索システム（浸水ナビ） <http://suiboumap.gsi.go.jp/>」を公開している。

【浸水予測シミュレーション結果（参考）】

次頁以降に浸水予測シミュレーション結果を参考として示した。浸水想定区域図を作成する際の標準的な氾濫解析手法（二次元不定流）を用いてシミュレーションしたものである。

図 3-4 は地震発生後に水門が開状態となり高潮が発生した想定であり、あけぼの水門等から浸水しはじめ3時間足らずで江東区の殆どが浸水する結果となっている。図 3-5 は地震発生後に基本方針規模の洪水で荒川右岸 10k 右岸が破堤した想定であり、氾濫水が3日間にわたり拡大し墨田区と江東区の広範囲が浸水する結果となっている。

【地震発生後に水門が開状態となり、高潮が発生した場合の浸水予測シミュレーション】

- 対象範囲 荒川、隅田川に囲まれた江東低地地域
- 解析手法 平面二次元不定流解析
 - ※125m メッシュ地盤高
 - ※低地内水路はパラペット護岸を連続盛土化
 - ※下水道、地下鉄、地下街等はモデル化していない
- 外力 高潮 ； 伊勢湾台風規模
- 地震による影響 「地震」により、水門が開状態のまま閉鎖不能となり、あけぼの水門や辰巳水門等から浸水

被害特性	▶ 浸水面積:20.7km ² 浸水区域内人口:約36万人
重要施設被害状況	▶ 自治体庁舎:江東区役所 鉄道路線・駅:7路線13駅

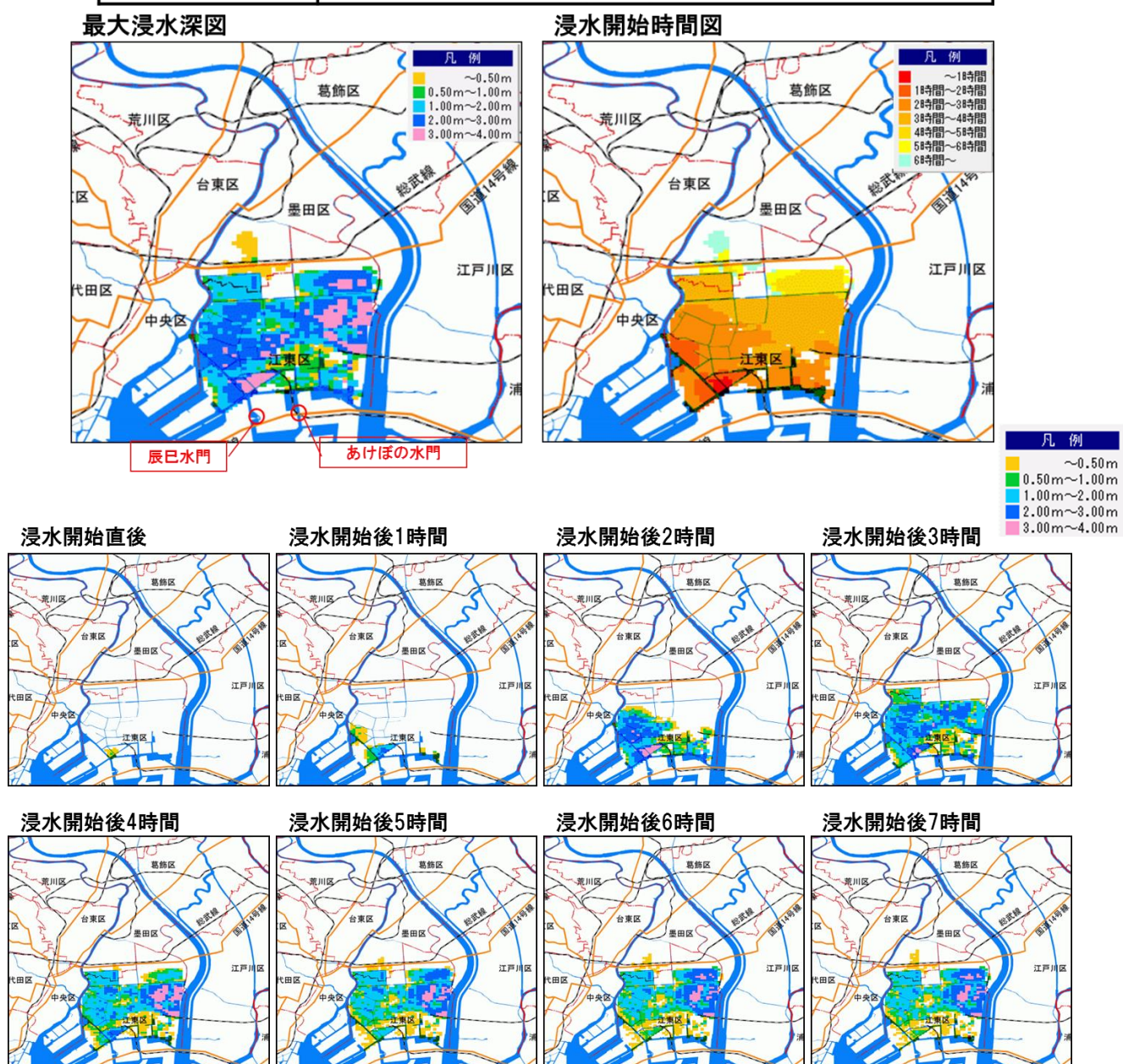
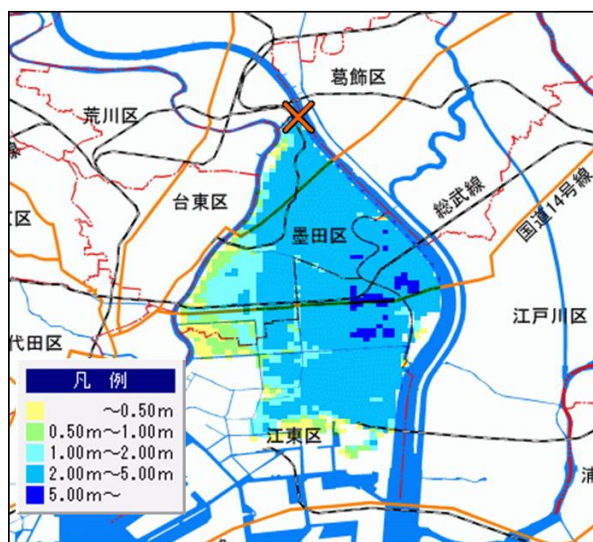


図 3-4 高潮発生時の浸水予測シミュレーション結果

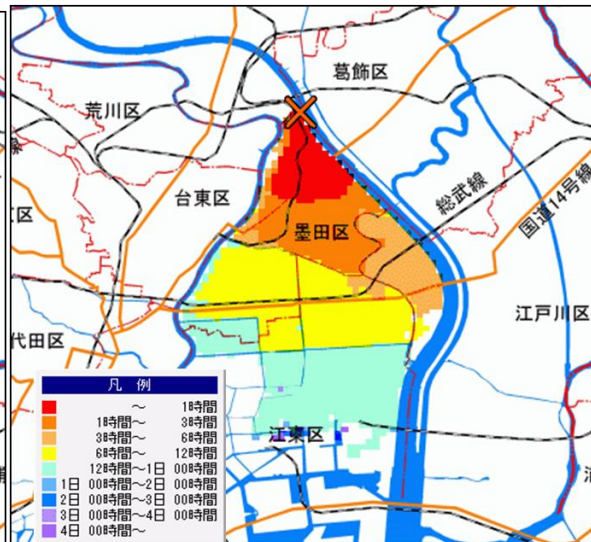
【地震発生後に、基本方針規模の洪水が発生した場合の浸水予測シミュレーション】

- 対象範囲 荒川、隅田川に囲まれた江東低地地域
- 解析手法 平面二次元不定流解析（※125m メッシュ地盤高）
- 外水侵入 1/200 確率規模の洪水
- 河道条件 現況河道
- 排水機場 浸水するまでは運転
- 破堤地点 荒川 10.0k 右岸

最大浸水深図



浸水開始時間図



×：破堤地点

浸水開始後1時間



浸水開始後2時間



浸水開始後3時間



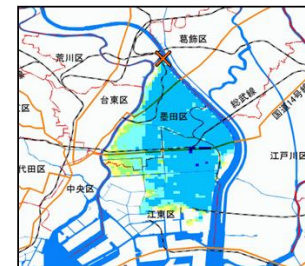
浸水開始後6時間



浸水開始後12時間



浸水開始後24時間



浸水開始後48時間



浸水開始後72時間



図 3-5 洪水発生時の浸水予測シミュレーション結果