

8. 津波による被害を対象とした評価

本章では、津波によって、特別防災区域にある施設が受ける被害について評価を行う。

最初に、東日本大震災における津波による被害の状況をまとめた。

次に、神奈川県が平成 25 年度から 26 年度にかけて実施した地震被害想定調査における津波浸水予測をもとに、施設が被害を受ける可能性について評価を行った。

危険物タンクについては、消防庁が公表しているシミュレーションツールⁱ を用いて、定量的な評価を行った。高圧ガス施設については、東日本大震災の被害事例に基づき、想定される災害を定性的に把握することとした。なお、対象施設のデータは施設のアンケート調査時点（平成 25 年 10 月）のものとしている。

8.1. 東日本大震災における津波による被害の発生状況

8.1.1. 危険物施設の被害状況

消防庁の「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討会」が行った危険物施設の調査の結果ⁱⁱ のうち、都道府県別の被災施設数と主な被害原因を表 8.1.1 に、施設形態別の被害の主な原因と被害の内訳を表 8.1.2 に、それぞれ示す。

被災施設数は、15 都道府県の 3,341 施設あり、そのうち津波による被害を受けた施設は約 55%(=1821/3341)であり、屋外タンク貯蔵所では、火災 1 件、流出 92 件、破損及びその他の被害が多数発生している。ただし、神奈川県では、津波による被害は発生していない。

さらに、同調査の結果では、調査対象とした屋外タンク貯蔵所（224 基）について、浸水深 1 m未満では、タンク本体及び配管ともに被害が発生した事例はなく、浸水深が 1 m以上 3 m未満では、許可容量が小さなタンクにおいて被害が発生した事例はあるが、ほとんどのタンク及び配管では、被害は発生していなかった。

表 8.1.1 都道府県別の被災施設数と主な被害原因

原因等	北海道	青森県	岩手県	宮城県	秋田県	山形県	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	新潟県	計
地震	0	0	85	289	9	6	317	499	40	2	9	92	7	28	26	1409
津波	10	127	429	1048	0	0	153	40	0	0	0	14	0	0	0	1821
判別不明	0	16	7	59	0	0	21	8	0	0	0	0	0	0	0	111
都道府県別計	10	143	521	1396	9	6	491	547	40	2	9	106	7	28	26	3341
被災率(%)	0.3	4.3	15.6	41.8	0.3	0.2	14.7	16.4	1.2	0.1	0.3	3.2	0.2	0.8	0.8	100

ⁱ 「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」（総務省消防庁危険物保安室、平成 24 年 8 月）
<http://www.fdma.go.jp/concern/publication/simulatetool/>

ⁱⁱ 東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書（消防庁危険物保安室・特殊災害室、平成 23 年 12 月）

表 8.1.2 施設形態別の津波による被害の主な原因と被害の内訳ⁱ

施設 形態	調査地域内 の施設数 (件)	被災施設 数 (件)	津波による被災施設の主な原因				
			火災	流出	破損	その他	計
製造所	2,058	80	0	0	3	1	4
屋内貯蔵所	20,761	217	0	1	127	8	136
屋外タンク貯蔵所	26,572	841	1	92	219	86	398
屋内タンク貯蔵所	5,161	21	0	2	17	0	19
地下タンク貯蔵所	52,015	318	0	2	124	41	167
簡易タンク貯蔵所	378	4	0	0	2	2	4
移動タンク貯蔵所	36,037	366	28	0	230	100	358
屋外貯蔵所	4,704	60	0	2	52	3	57
給油取扱所	29,187	823	0	1	281	25	307
販売取扱所	860	6	0	0	3	1	4
移送取扱所	587	44	0	2	14	7	23
一般取扱所	33,557	561	7	4	275	58	344
合 計	211,877	3,341	36	106	1,347	332	1,821

8.1.2. 高圧ガス施設の被害状況

経済産業省では、東北3県（岩手県、宮城県、福島県）の高圧ガス保安法適用事業所のうち、津波による被害があり、かつ、事業所における浸水深を把握できた73事業所（石油コンビナート以外の事業所を含む）について、津波被害に関する追加詳細調査を実施し、浸水深に応じた被害の発生状況を整理している（表 8.1.3）。これによると、浸水深1m未満の津波により「計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防消火設備の破損・不具合」、「動機器・静機器の損傷・不具合」、「配管・弁等の変形・破損・不具合」、「容器置き場等の倒壊・破損、容器の転倒」、「事務所等の倒壊・破損」等が起き、浸水深が1～2mでは、「緊急遮断装置の破損・不具合」、「貯槽等の基礎、脚部等の損傷」、「高圧ガス容器の流出」等の被害も起き、浸水深が2～3mになると、「高圧ガスローリーの流出」の被害も起き、浸水深3m以上では、「貯槽塔の倒壊・転倒」や「高圧ガス設備の流出」が起きている。

ⁱ 東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書（消防庁危険物保安室・特殊災害室，平成23年12月）

表 8.1.3 事業所の浸水深と津波による被害ⁱ

浸水深	津波の被害を受けた事業所数	津波による被害の状況（複数回答あり）										
		貯槽塔の倒壊・転倒	緊急遮断装置の破損・不具合	計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防火設備の破損・不具合	動機器、静機器の損傷・不具合	配管・弁等の変形・破損・不具合	貯蔵等の基礎、脚部等の損傷	容器置場等の倒壊・破損、容器の転倒	事務所等の倒壊・破損	流出の状況		
										高圧ガス設備の流出	高圧ガスローリーの流出	高圧ガス容器の流出
5m以上	20	4	5	11	8	12	12	9	13	7	1	13
		20%	25%	55%	40%	60%	60%	45%	65%	35%	5%	65%
3m以上 5m未満	20	1	12	17	12	17	5	10	13	1	2	9
		5%	60%	85%	60%	85%	25%	50%	65%	5%	10%	45%
2m以上 3m未満	13	0	4	7	6	5	3	3	7	0	5	5
		0%	31%	54%	46%	38%	23%	23%	54%	0%	38%	38%
1m以上 2m未満	16	0	2	6	5	6	1	3	3	0	0	4
		0%	13%	38%	31%	38%	6%	19%	19%	0%	0%	25%
1m未満	4	0	0	2	1	1	0	2	3	0	0	0
		0%	0%	50%	25%	25%	0%	50%	75%	0%	0%	0%
合計	73	5	23	43	32	41	21	27	39	8	8	31

※パーセンテージは、津波高さ毎の事業所数における被害の割合

ⁱ 「東日本大震災を踏まえた高圧ガス施設等の地震・津波対策について」（平成 24 年 4 月 総合資源エネルギー調査会 高圧ガス及び火薬類保安分科会 高圧ガス部会）

8.2. 前提となる地震の想定

(1) 地震被害想定調査における地震の想定

津波による被害の評価にあたっては、はじめに前提となる津波浸水深を想定する必要がある。

5.1. に記載のとおり、県では、国等から示された新たな知見を踏まえ、平成 25 年度から 26 年度にかけて地震被害想定調査を実施しており、同調査では、表 8.2.1 に示す 11 地震について津波の予測を行っている。

表 8.2.1 想定地震ⁱ

想定地震名	モーメント マグニチュード (M _w)	断層モデル	
都心南部直下地震	7.3	内閣府 (2013)	
三浦半島断層群の地震	7.0	内閣府 (2013)	
神奈川県西部地震	6.7	神奈川県 (2011)	
東海地震	8.0	内閣府 (2012) のモデルから新たに設定	
南海トラフ巨大地震 (ケース⑧)	9.1	内閣府 (2012)	
大正型関東地震	8.2	内閣府 (2013)	
(参 考 地 震)	元禄型関東地震	8.5	内閣府 (2013)
	相模トラフ沿いの最大クラスの地震 (西側モデル、中央モデル)	8.7	内閣府 (2013)
	慶長型地震	8.5	神奈川県 (2011)
	明応型地震	8.4	神奈川県 (2011)
	元禄型関東地震と国府津－松田断層 帯の連動地震	8.3	神奈川県 (2014)

ⁱ 神奈川県地震被害想定調査報告書 (平成 27 年 3 月, 神奈川県地震被害想定調査委員会) より作成

(2) 防災アセスメント調査における地震の想定

防災アセスメント調査においては、(1)で選定された地震のうち本県の特別防災区域において最大の影響をおよぼすおそれのある地震（参考地震を除く）として、以下に示す地震について評価を行った。

なお、地震被害想定調査における参考地震のうち、特別防災区域の各地区において最大の影響をおよぼすおそれのある相模トラフ沿いの最大クラスの地震についても参考までに予測を行った。なお、中央モデルと西側モデルで地区毎に影響が大きい方を対象とし、京浜臨海地区及び根岸臨海地区については中央モデル、久里浜地区については西側モデルとした。

○京浜臨海地区

南海トラフ巨大地震、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル）

○根岸臨海地区

南海トラフ巨大地震、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル）

○久里浜地区

大正型関東地震、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（西側モデル）

南海トラフ巨大地震及び大正型関東地震、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（西側モデル及び中央モデル）における津波浸水予測図を図8.2.1～図8.2.2に示す。

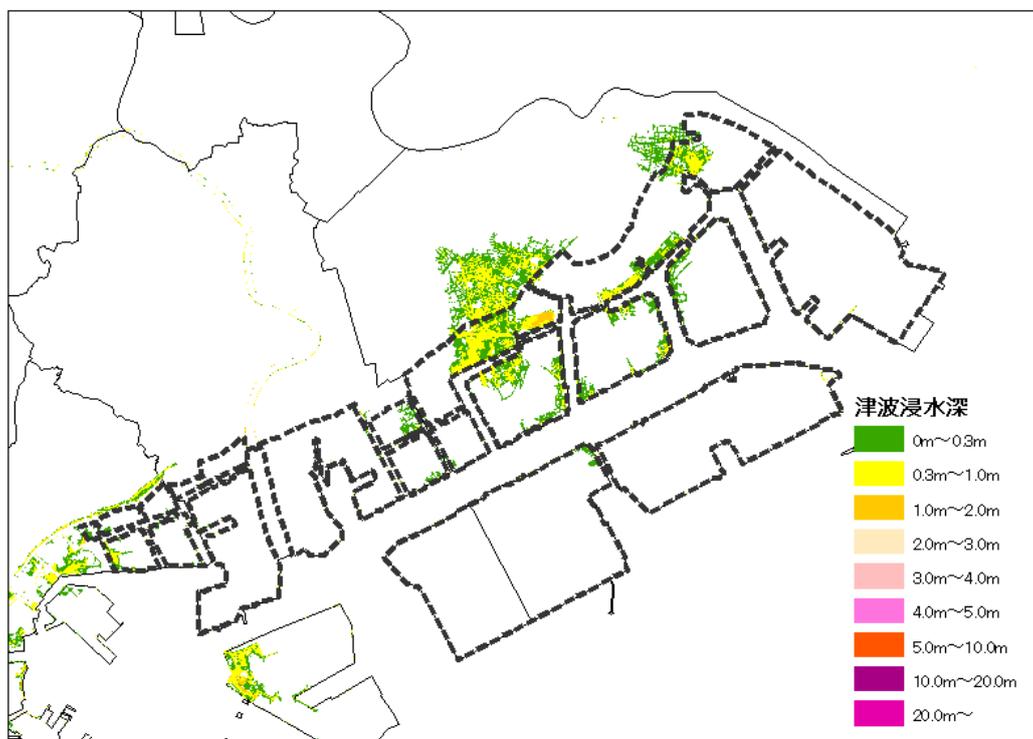


図 8. 2. 1 (1) 南海トラフ巨大地震における津波浸水予測図
(京浜臨海地区)

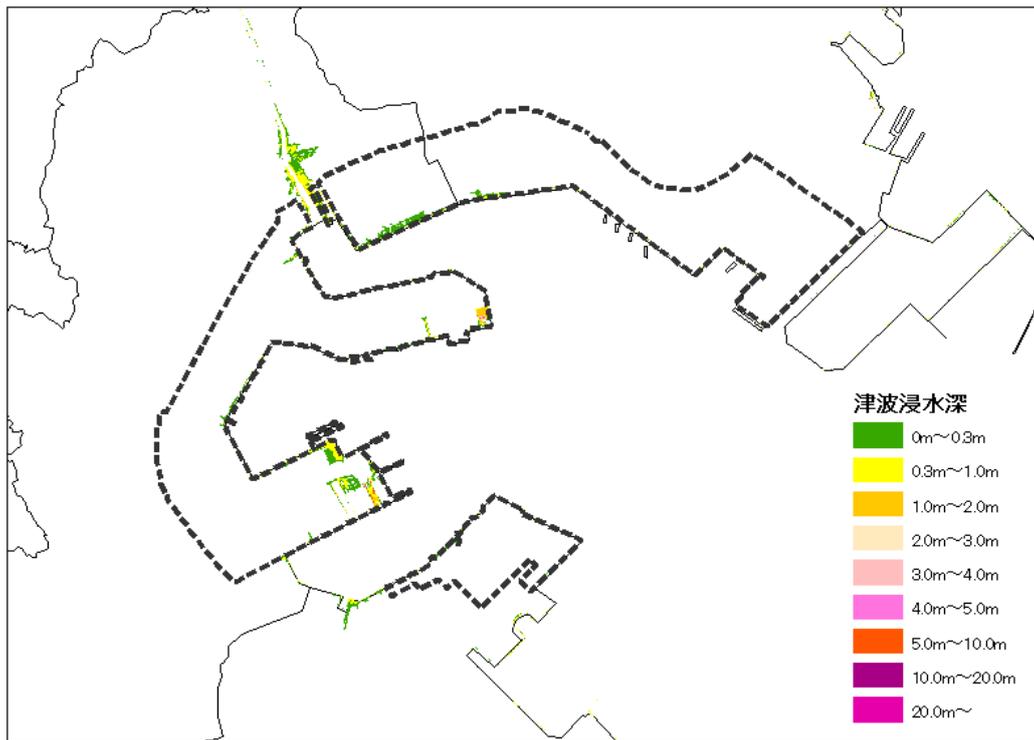


図 8. 2. 1 (2) 南海トラフ巨大地震における津波浸水予測図
(根岸臨海地区)

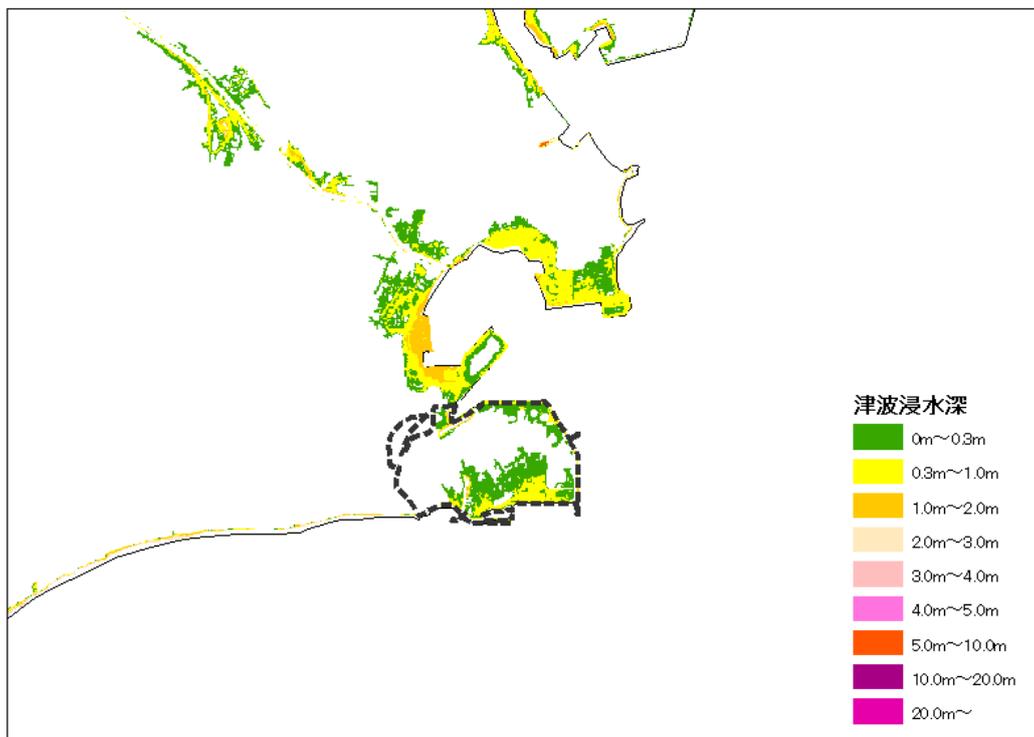


図 8. 2. 1 (3) 大正型関東地震における津波浸水予測図
(久里浜地区)

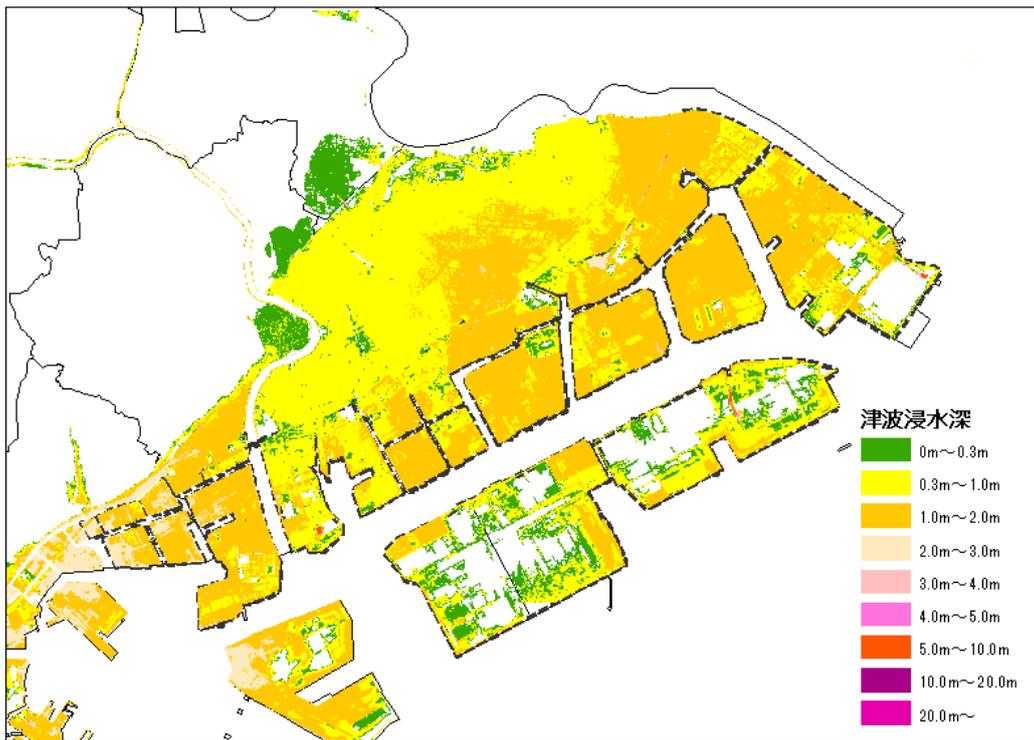


図 8.2.2(1) 【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル）
における津波浸水予測図（京浜臨海地区）

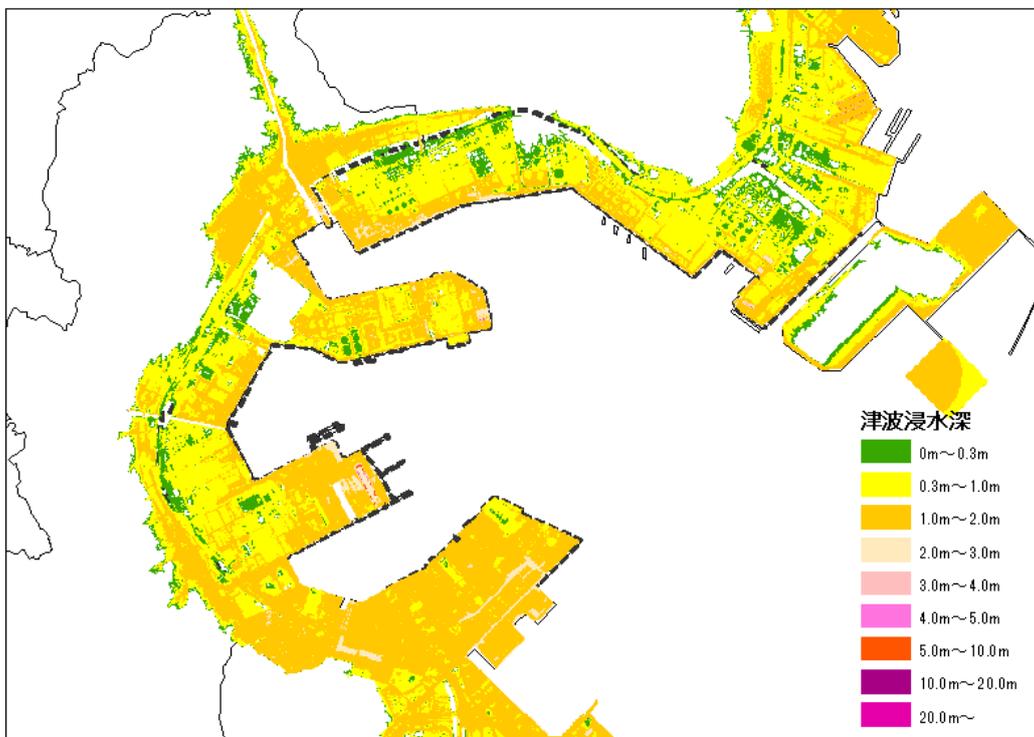


図 8.2.2(2) 【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル）
における津波浸水予測図（根岸臨海地区）

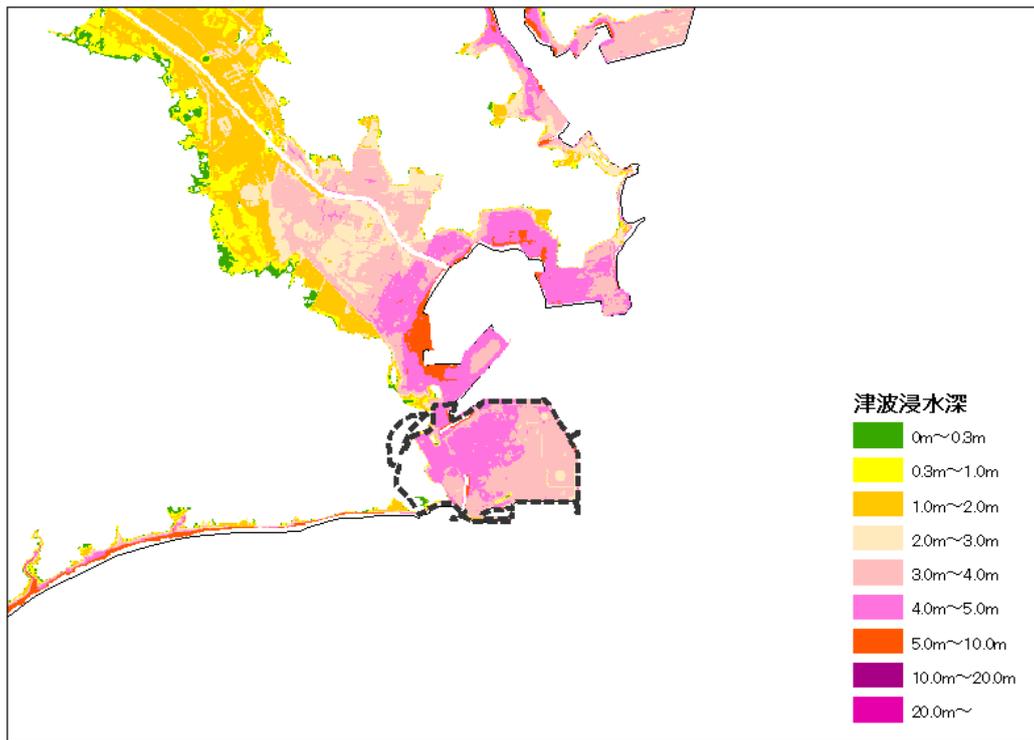


図 8. 2. 2(3) 【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（西側モデル）
 における津波浸水予測図（久里浜地区）

8.3. 津波による被害予測

8.3.1. 浸水の可能性がある施設

8.2. に示した津波浸水予測に基づき、浸水の可能性がある施設を抽出した結果を表 8.3.1 に示す。なお、容量 500kl 未満の危険物タンクは毒性タンクのみ対象である。

京浜臨海地区における施設の浸水深は最大で 1.05m（南海トラフ巨大地震）であり、根岸臨海地区においては浸水する施設はない（南海トラフ巨大地震）。久里浜地区では施設の浸水深は最大で 0.54m（大正型関東地震）であった。

参考地震の結果については、表 8.3.2 に示す。

【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震については、施設の浸水深は京浜臨海地区では最大で 2.22m、根岸臨海地区では最大で 1.95m、久里浜地区では最大で 4.48m であった。

表 8.3.1(1) 津波により浸水する可能性がある施設数（京浜臨海地区）
（南海トラフ巨大地震）

〔基〕

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
最大値(m)	0.25	0.28	1.05		0.17	1.05	0.49	1.05
3m以上								
2～3m								
1.2～2m								
0.8～1.2m			2			1		1
0.5～0.8m								4
0.5m未満	5	32	62		6		16	18
浸水しない	116	482	236	6	257	28	211	320
合計	121	514	300	6	263	29	227	343

表 8.3.1(2) 津波により浸水する可能性がある施設数（根岸臨海地区）
（南海トラフ巨大地震）

〔基〕

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
3m以上								
2～3m								
1.2～2m								
0.8～1.2m								
0.5～0.8m								
0.5m未満								
浸水しない	92	94	34		39		54	27
合 計	92	94	34		39		54	27

表 8.3.1(3) 津波により浸水する可能性がある施設数（久里浜地区）
（大正型関東地震）

〔基〕

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
最大値(m)	0.17				0.54		0.28	
3m以上								
2～3m								
1.2～2m								
0.8～1.2m								
0.5～0.8m					1			
0.5m未満	2				1		7	
浸水しない	9	2			1		9	
合 計	11	2			3		16	

表 8.3.2(1) 津波により浸水する可能性がある施設数（京浜臨海地区）

【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル） [基]

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
最大値(m)	1.92	2.00	2.08	1.43	2.15	1.76	2.22	2.12
3m以上								
2～3m		2	8		1		1	3
1.2～2m	61	315	244	5	127	12	100	221
0.8～1.2m	8	39	25		38	12	57	66
0.5～0.8m	7	26	4	1	11	2	17	18
0.5m未満		17	14		7	1	12	17
浸水しない	45	115	5		79	2	40	18
合 計	121	514	300	6	263	29	227	343

表 8.3.2(2) 津波により浸水する可能性がある施設数（根岸臨海地区）

【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（中央モデル） [基]

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
最大値(m)	1.95	1.55	1.42		1.08		1.29	1.56
3m以上								
2～3m								
1.2～2m	5	6	5				3	3
0.8～1.2m	7	7	8		11		14	12
0.5～0.8m	13	14	9		5		18	5
0.5m未満	20	31	6		6		9	5
浸水しない	47	36	6		17		10	2
合 計	92	94	34		39		54	27

表 8.3.2(3) 津波により浸水する可能性がある施設数（久里浜地区）

【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震（西側モデル） [基]

浸水深	危険物タンク（可燃性及び毒性）				高圧 ガス タンク	毒性 液体 タンク	プラ ント	陸上 入出荷 施設
	容量 10,000kl 以上	容量 10,000kl ～1,000kl	容量 1,000kl ～500kl	容量 500kl 未満				
最大値(m)	4.30				3.66		4.48	
3m以上	7				2		13	
2～3m	1							
1.2～2m								
0.8～1.2m								
0.5～0.8m								
0.5m未満								
浸水しない	3	2			1		3	
合 計	11	2			3		16	

8.3.2. 危険物タンクの被害

津波による被害におけるタンクの被害形態は、浮き上がり、滑動、転倒、内外水圧差による側板座屈、傾斜による底板抜け出し、傾斜による側板座屈などが考えられる。また、タンク本体には被害がなくてもタンク付属配管が津波により破損することも考えられる。東日本大震災の際の石油タンクの津波被害事例をもとに、図 8.3.1 に示す津波浸水深とタンク付属配管の被害率の関係を示した被害率曲線が示されており、これによると、浸水深が 4 m になると被害率が約 80% に急増するが、2 m のときは約 30% にとどまっていることがわかる。「8.3.1. 浸水のおそれがある施設」のとおり、京浜臨海地区、根岸臨海地区及び久里浜地区においては、いずれの施設も浸水深は概ね 1 m 以下であり、タンク付属配管の被害が発生する可能性は小さいと考えられる。また、地震による流出後の津波による被害形態については、陸上や海上での流出や火災の拡大の可能性についても考えられる。

なお、参考地震については、京浜臨海地区及び根岸臨海地区では施設の浸水深は最大で 2 m 前後であり、被害率は約 30% となるが、久里浜地区では最大で約 4 m であるので、被害率は約 80% となる。

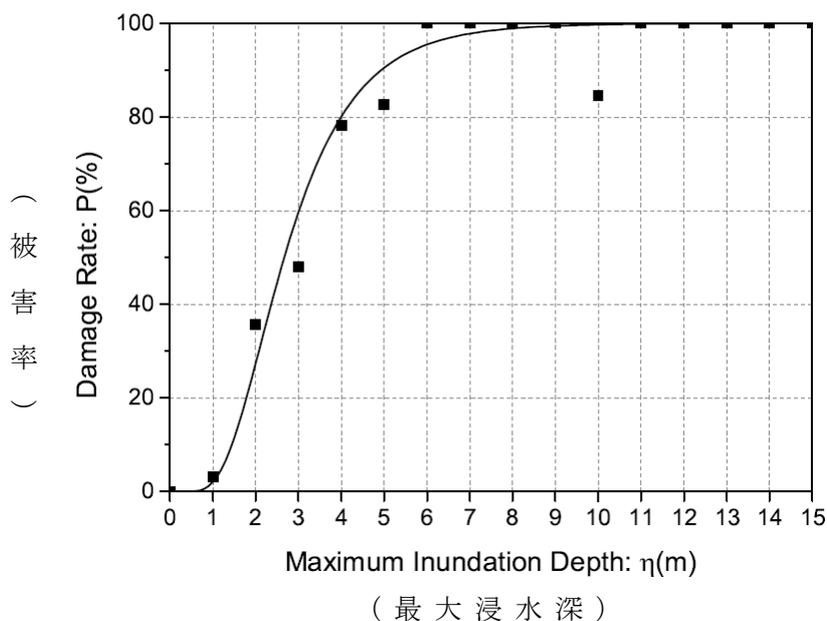


図 8.3.1 2011 年東北地方太平洋沖地震の際の石油タンク付属配管
津波被害率 (■) と被害率曲線 (実線) ⁱ

「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」ⁱⁱ では、屋外貯蔵タンクの浮き上がり及び滑動を被害対象としているため、これらについて定量的な影響把握を行うこととした。なお、浮き上がり及び滑動の安全率の算定式は、参考資料 5 に示すとおりである。

ⁱ 畑山 健・西 晴樹：2011 年東北地方太平洋沖地震の際の津波による石油タンクの被害 (その 2)

ⁱⁱ 「屋外貯蔵タンクの津波被害シミュレーションツール」(総務省消防庁危険物保安室, 平成 24 年 8 月)
(<http://www.fdma.go.jp/concern/publication/simulatetool/>)

ここで、タンクの貯蔵率については平均貯蔵率としたが、平均貯蔵率が設定されていない場合には、浮き上がり又は滑動安全率=1のチャート（図 8.3.2 参照）を基に浮き上がり又は滑動の可能性の判定を行った。津波被害の検討にあたっては、津波浸水深からタンク基礎部分の高さを差し引いた値により評価する必要がある。そこで、判定の対象とした約 1,200 基のタンクのうち約 200 基分のタンクのデータを用い、タンクの規模別に基礎部分の標準的な高さを設定し、津波浸水深からこれを減じることとした（参考資料 9 参照）。

南海トラフ巨大地震及び大正型関東地震について、シミュレーションツールを用いた浮き上がり及び滑動の判定を行った結果、いずれの地区においても浮き上がり及び滑動の可能性のあるタンクはなかった。

なお、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震について、シミュレーションツールを用いた浮き上がり及び滑動の判定を行った結果、上記と同様に、いずれの地区においても浮き上がり及び滑動の可能性のあるタンクはなかった。

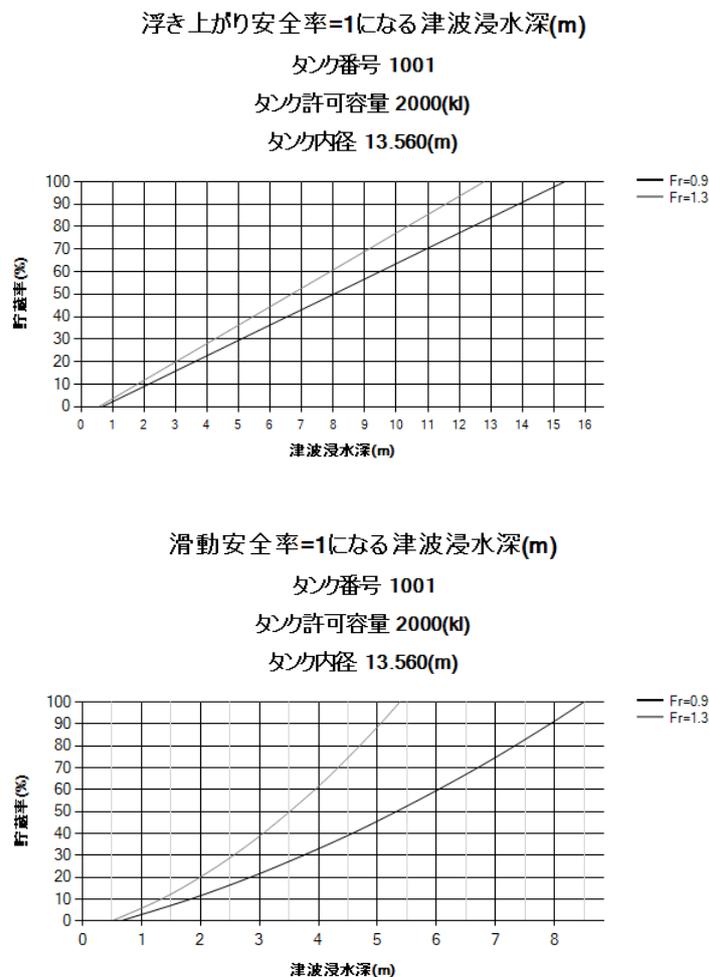


図 8.3.2 津波被害シミュレーション結果の一例
 (上図：浮き上がり安全率, 下図：滑動安全率)

8.3.3. 地震・津波によるタンクからの油流出後の災害

津波によりタンク内容物が大量に流出した場合、流出油に着火して大規模な火災となったり、海水とともに防油堤や流出油等防止堤を超えて広範囲に拡大することも懸念される。

また、地震により石油タンクで流出や火災が発生した場合には、その後の津波により陸上あるいは海上で被害が拡大する可能性も考えられる。

8.3.4. 高圧ガス施設の被害

高圧ガス施設における南海トラフ巨大地震又は大正型関東地震による最大浸水深は、京浜臨海地区で0.17m、久里浜地区で0.54mであり、いずれも高圧ガス施設の流出はないものと予想される。根岸臨海地区については高圧ガス施設の浸水はない。ただし、表 8.1.3 より、浸水深1 m未満においては、計装設備、ガス漏洩検知警報設備、防消火設備の破損・不具合、動機器・静機器の損傷・不具合、配管・弁等の変形・破損・不具合、容器置き場等の倒壊・破損、容器の転倒、事務所等の倒壊・破損等の被害の可能性がある。したがって、京浜臨海地区及び久里浜地区では、設備の流出等の大きな被害はないと考えられるが、これら設備の破損・不具合等の被害が考えられるほか、それによる二次災害が発生する可能性も考えられる。また、浮遊物により、施設が破損する被害を受ける可能性はある。

【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震については、高圧ガス施設における最大浸水深は、京浜臨海地区で2.15m、根岸臨海地区で1.08m、久里浜地区で3.66mであり、高圧ガス設備の流出は3 m程度から発生すると考えられる（表 8.1.3 参照）ことから、久里浜地区については、流出の可能性が考えられる。

高圧ガス施設が波力、浮力及び漂流物により受ける影響の評価については、現在その評価方法等について検討が行われているⁱ。

8.3.5. その他施設（禁水性物質）の被害

消防法の第三類に区分されるもののうち、禁水性物質ⁱⁱのものは、津波により海水と反応して被害を拡大させる可能性が考えられる。

禁水性物質を扱う施設として、プラントが浮島地区に2箇所ⁱⁱⁱ存在しているが、南海トラフ巨大地震における津波による浸水はない。

なお、【参考地震】相模トラフ沿いの最大クラスの地震については、同じく2箇所で、浸水深は1.09m以下であった。

ⁱ 高圧ガス設備の津波による影響の評価方法の検討について（経済産業省商務流通保安グループ高圧ガス保安室, 平成26年3月10日）

ⁱⁱ 液体であって、水と接触して発火し、若しくは可燃性ガスを発生する危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであること。

ⁱⁱⁱ 京浜臨海地区にあるプラント（エチルアルミニウムジクロライド, 第3類第2種）及び（有機過酸化物, 第5類）である。