



港区津波・液状化シミュレーション結果

Tsunami and Liquefaction Simulation Results in Minato City

令和6（2024）年3月

目次

津波シミュレーション結果

1. 津波シミュレーションの概要.....	1
(1) 予測実施の背景	1
(2) 津波シミュレーションの流れ	2
2. 想定地震の選定.....	4
(1) 想定地震の候補	4
(2) 相模トラフの地震のタイプ	7
(3) 相模トラフの地震の津波断層モデルの拡大	9
(4) 南海トラフの地震のケース	10
(5) 各機関による津波シミュレーション	11
(6) 想定地震の選定	16
3. 予測条件.....	17
(1) 地殻変動	18
(2) 液状化による地盤沈下	20
4. シミュレーションモデルの構築.....	22
(1) 地形データ	23
(2) 構造物データ	25
(3) 粗度係数	26
(4) 計算プログラム	27
5. 津波シミュレーションの実施.....	33
(1) 浸水予測区域	34
(2) 津波最大水位	38
(3) 津波到達時間	40
(4) 予測条件の取りまとめとシミュレーション結果	41
(5) 津波シミュレーション結果の見解について	43
6. 津波シミュレーションの結果概要.....	45

液状化シミュレーション結果

1. 液状化シミュレーションの概要.....	49
(1) 予測実施の背景	49
(2) 液状化シミュレーションの流れ	50
2. 想定地震の選定.....	52
(1) 各機関による液状化シミュレーション	52
(2) 想定地震の選定	57
3. 追加ボーリングデータ・土質試験結果の収集.....	58
4. 予測条件.....	59
(1) 地表加速度の設定	60
(2) 物性値の設定	61
(3) 地下水位の設定	67
(4) 液状化判定の対象	68
5. 液状化シミュレーションの実施.....	73
(1) 評価方法	73
(2) 表示方法	76
(3) 地形分類	77
(4) PL 値の予測.....	78
(5) PL 判定と地形分類による総合判定.....	79
(6) 予測条件の取りまとめ	80
(7) 液状化予測結果の見解について	82
6. 液状化シミュレーションの結果概要.....	83

揺れやすさマップ更新

1. 更新の背景と想定地震の選定.....	87
2. 予測条件.....	88

津波シミュレーション結果

1. 津波シミュレーションの概要

(1) 予測実施の背景

港区では、平成 25（2013）年 3 月に、区において津波高が最大となる地震として「元禄関東地震」(M8.2；行谷ほかモデル（平成 23（2011）年）)を選定し、区独自の津波シミュレーション（以下「H25.3 港区想定」という。）を実施しました。

その後、平成 25（2013）年 12 月に、中央防災会議[※]が「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）」（以下「H25.12 中央防災会議想定」という。）を公表し、「元禄関東地震」について震源域を拡大した新たなモデル（M8.2→M8.5）を設定しました。

さらに、令和 4（2022）年 5 月に、東京都が「首都直下地震等による東京の被害想定」（以下「R4.5 東京都想定」という。）を公表し、平成 24（2012）年 4 月に公表した従来の被害想定（以下「H24.4 東京都想定」という。）で選定された「元禄関東地震」ではなく、より規模の小さい「大正関東地震」等が選定されました。

これらの H25.3 港区想定以降の動きや新たな知見を踏まえ、港区にとって最悪の事態をもたらす条件による想定をするため、区独自に新たな津波シミュレーションを実施しました。

※中央防災会議：内閣の重要政策に関する会議の一つとして、内閣総理大臣をはじめとする全閣僚、指定公共機関の代表者及び学識経験者により構成されており、防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等を行っています。

(2) 津波シミュレーションの流れ

津波シミュレーションの流れを以下に示します。

1. 想定地震の選定 (P4~16)

- ・あらゆる可能性を考慮した最大クラスの想定地震として「元禄関東地震」(M8.5 ; H25.12 中央防災会議モデル)、より発生の可能性が高い想定地震として「南海トラフの巨大地震」(M9.1 ; H24.8 中央防災会議モデル)を選定しました。

2. 予測条件 (P17~21)

- ・防潮施設(防潮堤、水門・陸こう)は、前回のH25.3港区想定と同様、すべて健全に機能する場合とすべて損傷により機能しない場合の2パターンを想定しました。
- ・地殻変動は、他機関の想定と同様に考慮することとしました。
- ・液状化による沈下は、「元禄関東地震」は、厳しい条件としてH25.12中央防災会議想定(大正関東地震の値を準用)、平均的な条件としてR4.5東京都想定(大正関東地震の値を準用)の結果を活用しました。また、「南海トラフの巨大地震」は中央防災会議で予測計算されていないため、R4.5東京都想定の結果を活用しました。

3. シミュレーションモデルの構築 (P22~32)

- ・津波シミュレーションを実施するために、地形、構造物データ、土地利用等を整理してシミュレーションモデルを構築しました。
- ・構築したモデルを活用して、南海トラフの巨大地震(M9.1)の予測結果(沿岸の津波高のみ)について、H25.12中央防災会議想定との整合を図ることで、モデルの妥当性を検証しました。

4. 津波シミュレーションの実施 (P33~44)

- ・2つの想定地震について、津波シミュレーションを実施し、5mメッシュ精度での浸水計算を実施しました。その結果、「元禄関東地震」において区内の最大水位はT.P.+3.3m(地殻変動の効果を含み、液状化沈下の効果を含まない)と、前回予測のT.P.+2.4mよりも0.9m高くなっています。このため、前回予測に比べ、浜松町駅北側を中心に浸水区域が拡大しています。

図1 津波シミュレーションの流れ

●津波発生メカニズム

海底で大きな地震が起き、その断層のずれが海底に達したとき、海底が隆起したり沈降したりする地殻変動が生じます。その変動にともない、海水は持ち上げられるか、あるいは引き下げられます。この海水の変動が津波になります。津波は水深の深いところで速く伝わります。海岸に近づいたときは、速度は遅くなりますが、逆に津波の高さは高くなります。

海溝周辺では周期的に大地震が発生すると考えられていますが、東京湾に津波の影響を及ぼす地震の発生が想定される海溝として、相模トラフ、南海トラフ、日本海溝があります。

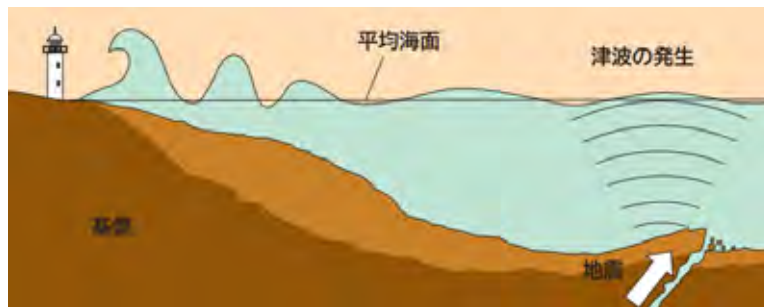


図2 津波発生メカニズム

出典：「地震の発生メカニズムを探る」(文部科学省，平成16(2004)年3月)

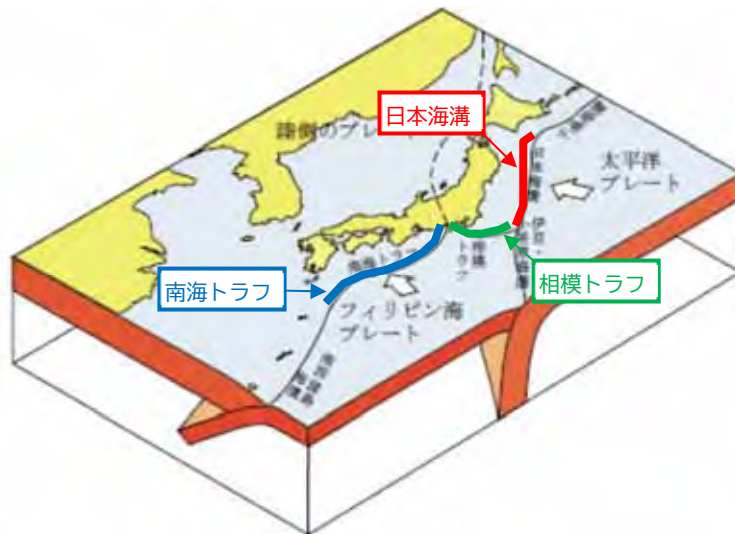


図3 東京湾周辺の海溝

出典：「地震の発生メカニズムを探る」(文部科学省，平成16(2004)年3月)に加筆

2. 想定地震の選定

(1) 想定地震の候補

港区で津波が発生する可能性がある主な想定地震とその特徴は以下の通りです。

表1 想定地震の候補とその特徴

想定地震		特徴
相模トラフ	大正関東地震 (M8.2)	<ul style="list-style-type: none"> ・今後30年以内発生確率：0～6% ・200～400年程度の間隔で発生するとされる。 ・従来想定より震源域を拡大した新たな地震モデルとなるH25.12中央防災会議モデルが示された。 ・H25.12中央防災会議想定では、相模トラフに関しては長期的な防災・減災対策の対象として考慮することが妥当としている。 ・「当面発生する可能性は低いが、百年先頃に発生する可能性が高くなっていると考えられる」として「首都直下地震緊急対策推進基本計画」(H27閣議決定)の対象地震となっている。 ・R4.5東京都想定 of 想定地震。
	元禄関東地震 (M8.5)	<ul style="list-style-type: none"> ・今後30年以内発生確率：0.001%未満 ・過去(1703年)に東京湾で発生したと考えられる津波のなかで最大の地震【史上最大】 ・2000～3000年程度の間隔で発生するとされる。 ・従来想定より震源域を拡大した新たな地震モデルとなるH25.12中央防災会議モデルが示された。 ・H25.12中央防災会議想定では、「暫くのところ地震発生の可能性はほとんどない」とされている。 ・神奈川県、千葉県では、国の新たな知見を取り入れ、最大クラスの津波については、住民の命を守ることを目的として、想定外をなくすという考えのもと、「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津波」として採用。
	相模トラフの巨大地震 (M8.7)	<ul style="list-style-type: none"> ・今後30年以内発生確率：0.001%未満 ・元禄関東地震よりさらに震源域を拡大した新たな想定地震として、H25.12中央防災会議により新たに示された。 ・神奈川県、千葉県では、元禄関東地震(M8.5)と同様に採用。 ・現在では、過去に発生例がなく過大であるとの指摘がある。
南海トラフ	南海トラフの地震 (M8)	<ul style="list-style-type: none"> ・今後30年以内発生確率：70～80% ・90～150年の間隔で発生するとされる。
	南海トラフの巨大地震 (M9.1)	<ul style="list-style-type: none"> ・今後30年以内発生確率：南海トラフの地震(M8)より1桁以上低い ・1000年に一度あるいはそれよりもっと発生頻度が低い。 ・「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」(中央防災会議)で対象。

想定地震		特徴
日本海溝	延宝房総沖地震 (M8.5)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今後 30 年以内発生確率：7%程度 ・ 東北地方太平洋沖地震に誘発される可能性が高いとして、「首都直下地震緊急対策推進基本計画」(H27 閣議決定)の対象地震となっている。 ・ 東京湾ではなく、千葉・茨城県の太平洋側への影響が主である。

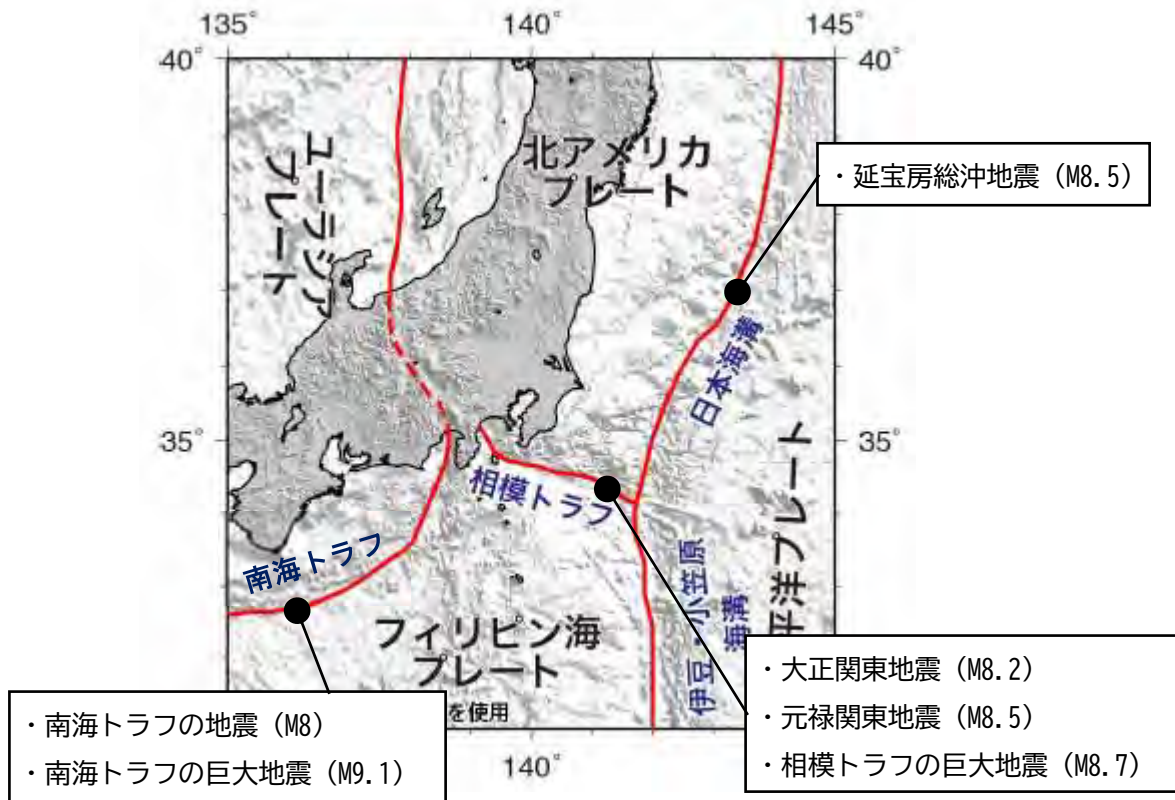


図4 相模トラフ、南海トラフ、日本海溝の位置

出典：「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価（第二版）について」（地震調査研究推進本部，平成26（2014）年4月）に加筆

首都直下で想定される地震と対策



図5 首都直下で想定される地震

出典：「首都直下地震の被害想定対策のポイント」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）

注）H25の資料のため、地震の発生確率が現在と異なります

(2) 相模トラフの地震のタイプ

周期的に大地震が発生すると考えられる海溝（相模トラフ、南海トラフ、日本海溝）の1つである相模トラフの地震は200～400年程度の間隔で発生するとされ、大正12（1923）年に「大正関東地震」、元禄16（1703）年に「元禄関東地震」が発生しています。

このうち、「大正関東地震」は通常規模（神奈川県沖のみ）の相模トラフの地震、「元禄関東地震」は東京湾で発生したと考えられる津波のなかで史上最大の地震で、2000～3000年程度の間隔で発生する大規模な相模トラフの地震（神奈川県沖及び千葉県沖連動）とされています。

※最大クラスの地震として、過去に例がないものの、さらに震源域を拡大した「相模トラフの巨大地震」が中央防災会議（H25.12）により新たに想定されています。

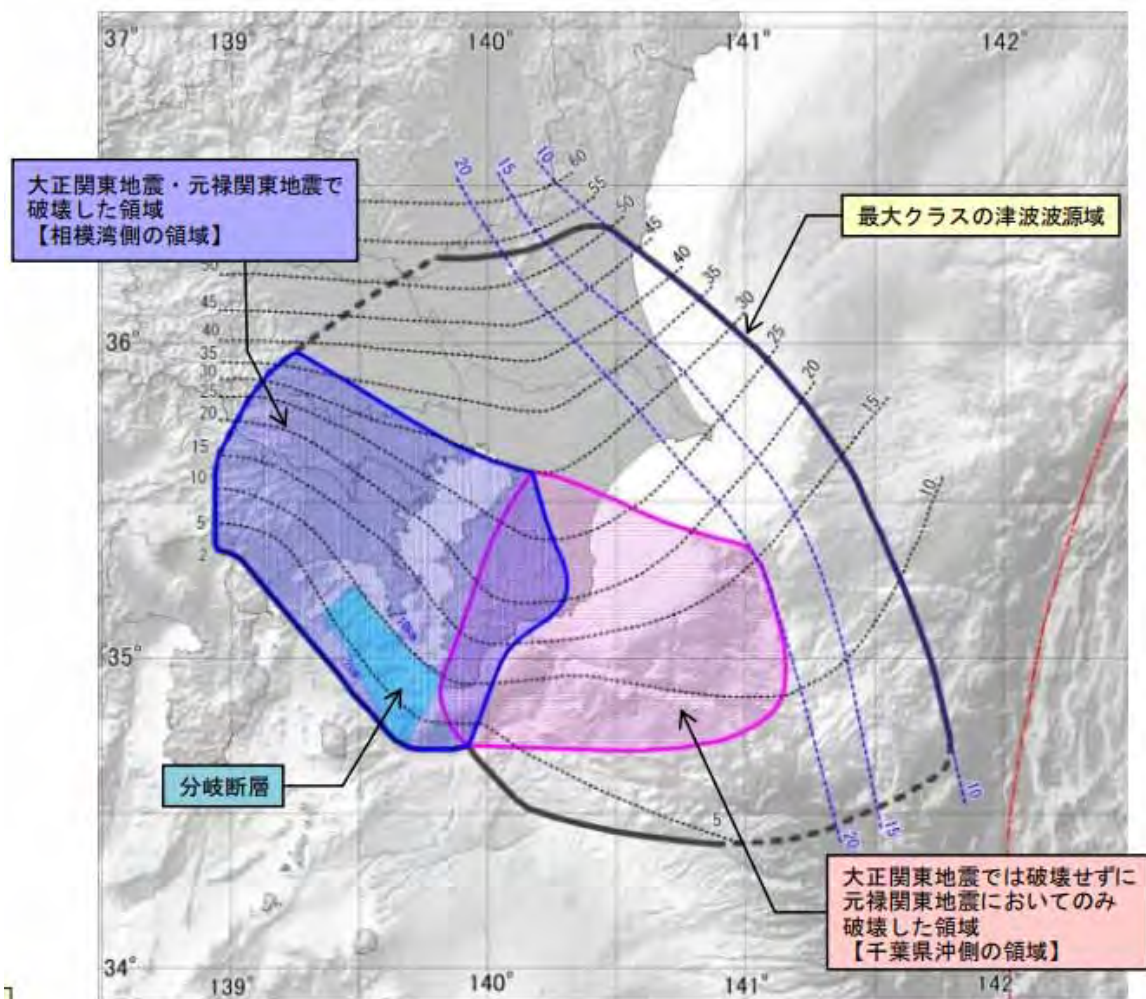


図6 相模トラフの地震のタイプ

出典：「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）

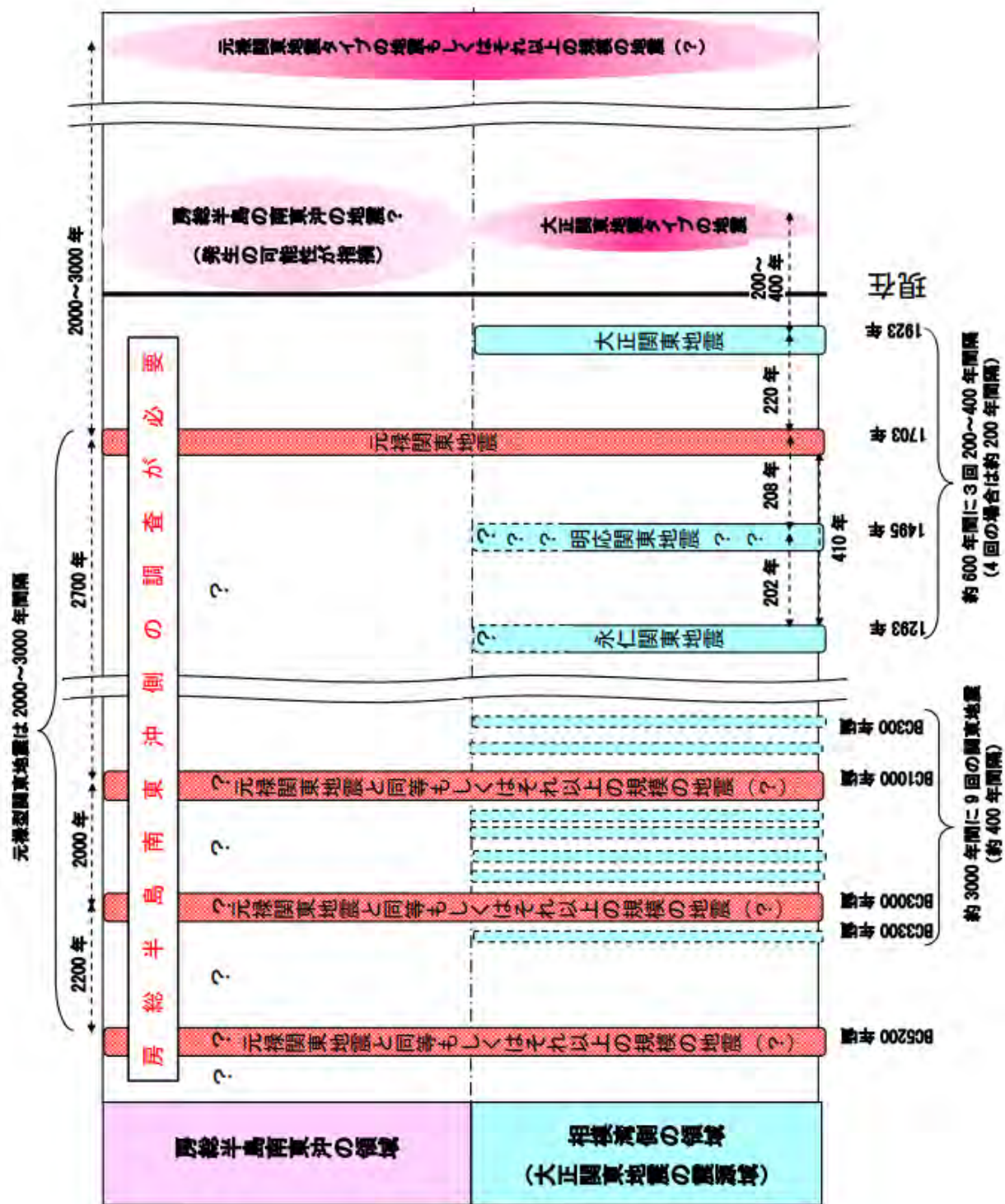


図7 過去の相模トラフの地震

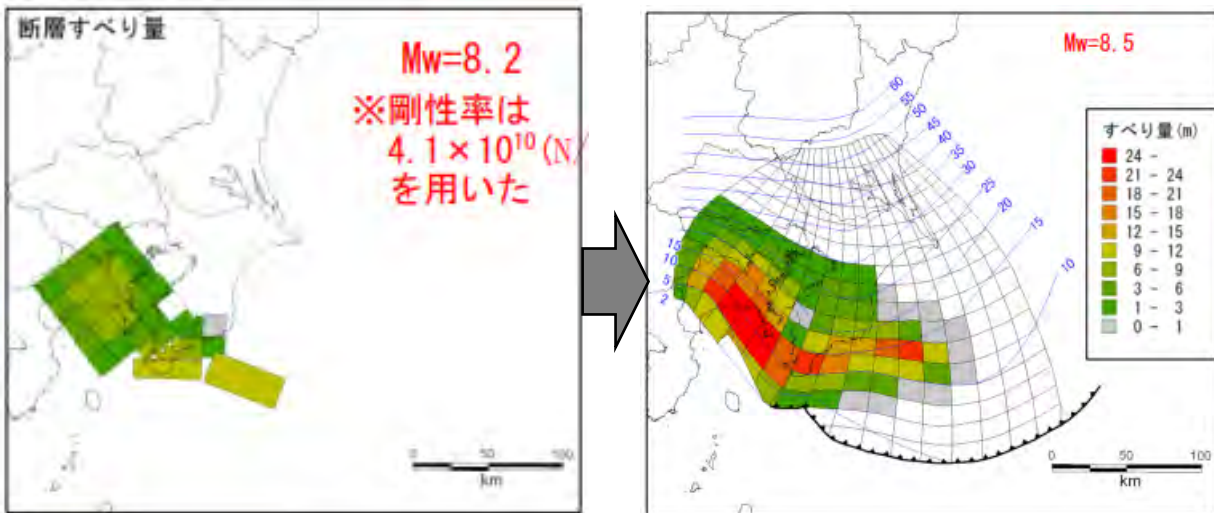
出典：「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津高等に関する報告書図表集」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）

(3) 相模トラフの地震の津波断層モデルの拡大

中央防災会議（H25.12）では、津波シミュレーションに活用する津波断層モデルについて、「元禄関東地震」、「大正関東地震」とともに、震源域を拡大しました。そのため、それぞれマグニチュードが大きく（M8.2→M8.5、M8.0→M8.2）なっています。

この新たな津波断層モデルを活用することで、行谷ほかモデル（H23）を活用した H25.3 港区想定よりも津波高が高くなることを見込まれます。

①元禄関東地震の津波断層モデルの拡大



行谷ほかモデル（H23）

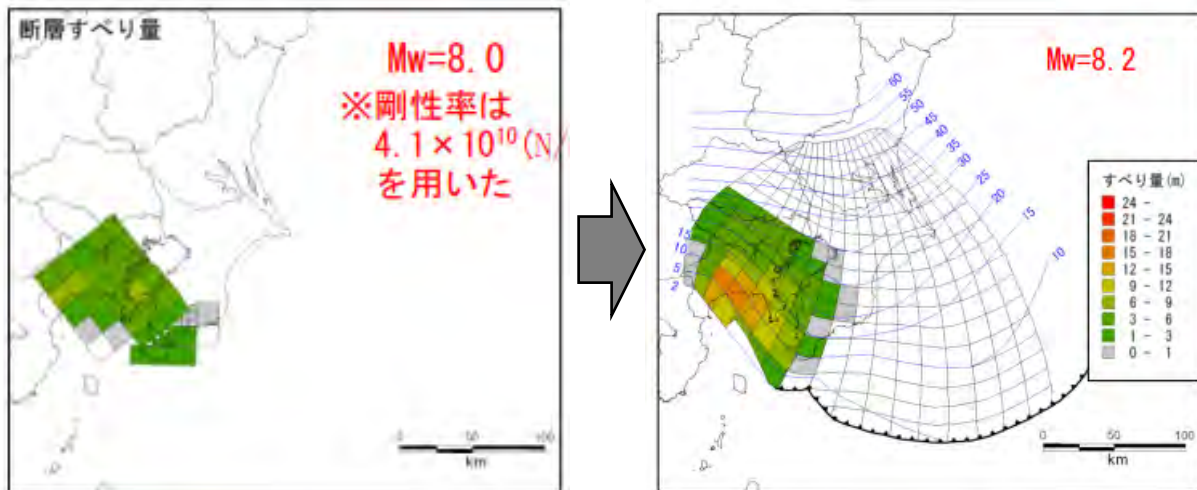
H25.12 中央防災会議モデル

【H25.3 港区想定・H24.4 東京都想定】

図 8 元禄関東地震の津波断層モデルの拡大

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・津高等に関する報告書図表集」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）

②大正関東地震の津波断層モデルの拡大



行谷ほかモデル（H23）

H25.12 中央防災会議モデル

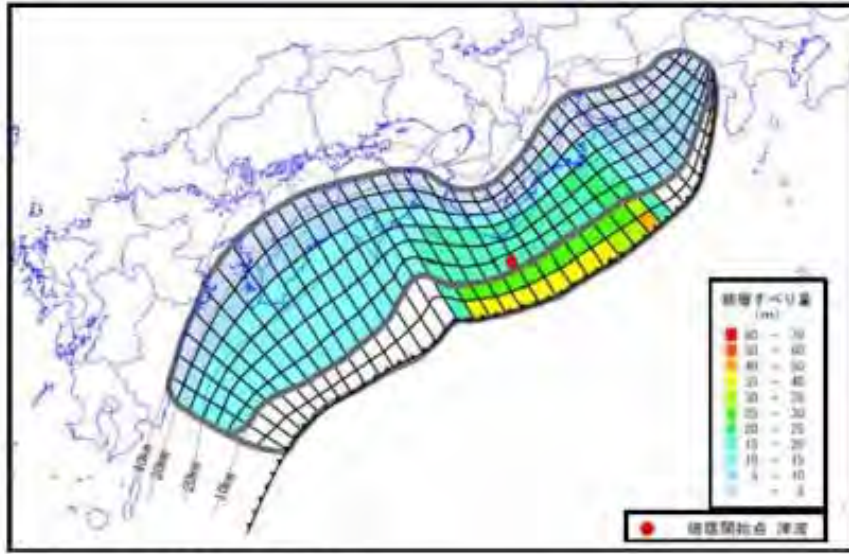
【R4.5 東京都想定】

図 9 大正関東地震の津波断層モデルの拡大

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・津高等に関する報告書図表集」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）

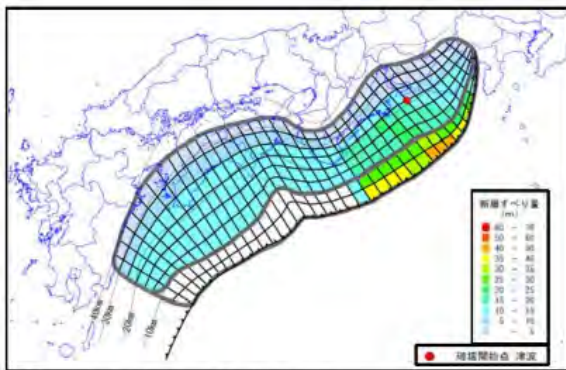
(4) 南海トラフの地震のケース

中央防災会議（H24.8）では、南海トラフの巨大地震の津波断層モデルについて①～⑪の11ケースを想定しています。このうち、ケース②が港区で最大の津波高となっています。

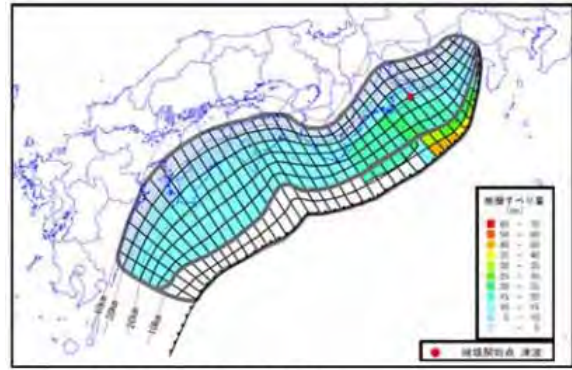


【ケース②「紀伊半島沖」に
「大すべり域＋超大すべり域」を設定】

【参考】 その他の南海トラフの巨大地震のケース



【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】



【ケース⑥「駿河湾～紀伊半島沖」に
「大すべり域＋（超大すべり域、分岐断層）」を設定】

図 10 南海トラフの巨大地震の津波断層モデル

出典：「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」（中央防災会議，平成 24（2012）年 3 月）

(5) 各機関による津波シミュレーション

H25.3 港区想定以降、中央防災会議や東京都等により、東京湾における津波シミュレーションが行われています。それらの想定地震と区内における最大津波高は以下の通りであり、H25.12 中央防災会議想定「元禄関東地震」が津波高 T.P.+3.4m と最も高くなっています。

主な想定地震の浸水深については、次ページ以降に示します。

表 2 各機関による想定地震と区内最大津波高

	想定地震	区内最大津波高 (T.P.)
H24.4 東京都想定	<ul style="list-style-type: none"> ・元禄関東地震 (M8.2) ※行谷ほかモデル ・東京湾北部地震 (M7.3) 	<p style="text-align: right;">2.39~2.47m</p> <p style="text-align: right;">1.35~1.37m</p>
H24.8 中央防災会議想定	<ul style="list-style-type: none"> ・南海トラフの巨大地震 (M9.1) 	2.1m
H25.3 港区想定	<ul style="list-style-type: none"> ・元禄関東地震 (M8.2) ※行谷ほかモデル 	2.47m
H25.12 中央防災会議想定	<ul style="list-style-type: none"> ・元禄関東地震 (M8.5) ・大正関東地震 (M8.2) 	<p style="text-align: right;">3.4m (浸水深は P14 参照)</p> <p style="text-align: right;">1.8m (浸水深は P15 参照)</p>
R4.5 東京都想定	<ul style="list-style-type: none"> ・大正関東地震 (M8.2) ・南海トラフの巨大地震 (M9.1) <p>※「元禄関東地震」の発生確率は今後 30 年以内でほぼ 0%とされているため選定しないとした。</p>	<p style="text-align: right;">2.00m (浸水深は P12 参照)</p> <p style="text-align: right;">2.37m (浸水深は P13 参照)</p>
【参考】 神奈川県想定 (H27.3)	<ul style="list-style-type: none"> ・相模トラフの巨大地震 (M8.7) ・元禄関東地震 (M8.5) ※H25.12 中央防災会議モデル ・慶長地震 (M8.5) 	(県外の予測結果は不明)
【参考】 千葉県想定 (H30.11)	<ul style="list-style-type: none"> ・相模トラフの巨大地震 (M8.7) ・元禄関東地震 (M8.5) ※H25.12 中央防災会議モデル 	(県外の予測結果は不明)

①大正関東地震（M8.2；R4.5 東京都想定）

津波高は T.P.+2.00m と、H25.3 港区想定よりも 40cm 程度低く、耐震性のある防潮堤は健全、常時閉鎖又は確実に操作可能な水門等は閉鎖状態と想定しているため、市街地では浸水しない想定となっています。（岸壁・海浜の一部では浸水が想定されています。）



図 11 R4.5 東京都想定による大正関東地震（M8.2）の浸水域

精度：10m
 防潮堤：耐震性があれば健全 水門・陸こう：常時閉鎖又は確実に操作可能であれば閉鎖
 地殻変動：区内 6~9cm 程度
 液状化：不明（報告書での記載がないため考慮していない可能性が高い）

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）

背景図の出典：地理院地図（R4）

②南海トラフの巨大地震（M9.1；R4.5 東京都想定）

津波高はT.P.+2.37mと、H25.3 港区想定よりも 10cm 程度低く、市街地では浸水しない想定となっています。（岸壁・海浜の一部では浸水が想定されています。）



図 12 R4.5 東京都想定による南海トラフの巨大地震（M9.1）の浸水域

精度：10m
 防潮堤：耐震性があれば健全 水門・陸こう：常時閉鎖又は確実に操作可能であれば閉鎖
 地殻変動：区内 10~11cm 程度
 液状化：不明（報告書での記載がないため考慮していない可能性が高い）

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）

背景図の出典：地理院地図（R4）

③元禄関東地震 (M8.5 ; H25.12 中央防災会議想定)

津波高は T.P.+3.4m と、H25.3 港区想定よりも 100cm 程度高く、防潮堤は健全、液状化による沈下は考慮しないと想定しているため、H25.3 港区想定よりも浸水範囲は狭いものの、市街地が広く浸水する想定となっています。陸地の最大浸水深は日の出ふ頭で約 1.3m となっています。



図 13 H25.12 中央防災会議想定による元禄関東地震 (M8.5) の浸水域

精度：10m 防潮堤：健全 水門・陸こう：開放
 地殻変動：区内 65~75cm 程度 液状化：考慮しない

データの出典：「首都の 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」(中央防災会議，平成 25 (2013) 年 12 月)

背景図の出典：地理院地図 (R4)

④大正関東地震（M8.2；H25.12 中央防災会議想定）

津波高は T.P.+1.8m と、H25.3 港区想定よりも 60cm 程度低く、同じ地震を想定する R4.5 都想定よりも 20cm 程度低く、防潮堤で防御され、市街地は浸水しない想定となっています。（岸壁・海浜の一部では浸水が想定されています。）



図 14 H25.12 中央防災会議想定による大正関東地震（M8.2）の浸水域

精度：10m 防潮堤：健全 水門・陸こう：開放
 地殻変動：区内 10cm 程度 液状化：考慮しない

データの出典：「首都の 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」（中央防災会議，平成 25（2013）年 12 月）

背景図の出典：地理院地図（R4）

(6) 想定地震の選定

国土交通省の「津波浸水想定の設定の手引き」(平成 24 (2012) 年 2 月) では「津波浸水想定は、科学的知見を踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの津波を対象に設定する。」とされています。

港区においてあらゆる可能性を考慮した最大クラスの想定地震として、R4.5 東京都想定では 30 年発生確率がほぼ 0% として想定の対象から除外されていますが、H25.12 中央防災会議想定の対象となっていることを踏まえ「元禄関東地震」(M8.5 ; H25.12 中央防災会議モデル) を選定しました。なお、同じ東京湾沿岸の神奈川県、千葉県でも H25.12 中央防災会議想定を踏まえ、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津波として「元禄関東地震」(M8.5) を想定しています。

また、参考として、より発生の可能性が高い南海トラフの地震の中で最も規模が大きく、R4.5 東京都想定でも対象としている「南海トラフの巨大地震」(M9.1) も選定しました。

表 3 選定した地震

想定地震	選定理由
「元禄関東地震」(M8.5) ※ <u>最大クラスの想定地震</u>	R4.5 東京都想定では、30 年発生確率がほぼ 0% として想定の対象から除外されていますが、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの想定地震として選定しました。
「南海トラフの巨大地震」(M9.1) ※ <u>より発生の可能性が高い南海トラフの地震の中で最も規模が大きい地震</u>	より発生の可能性が高い南海トラフの地震の中で最も規模が大きい地震として選定しました。

3. 予測条件

想定地震と同様、予測条件（防潮施設、地殻変動、液状化による地盤沈下）は、港区にとって最悪の事態をもたらす条件を選定することが重要です。また、古川への津波の遡上を再現可能とするため、計算精度は5mメッシュ（ただし台場のみ10mメッシュ）としました。

【地殻変動】

地殻変動については東京都や中央防災会議の想定と同様に考慮することとしました。

【液状化による地盤沈下】

液状化による地盤沈下については、「元禄関東地震」は、厳しい条件としてH25.12中央防災会議想定の大正関東地震の値、平均的な条件としてR4.5東京都想定の大正関東地震の値を準用しました。また、「南海トラフの巨大地震」は中央防災会議で沈下量の予測計算がされていないため、R4.5東京都想定値を活用しました。

【防潮施設（防潮堤、水門・陸こう）】

地殻変動や液状化により耐震性を有していても防潮堤や水門・陸こうが機能不全となる可能性があることや、都から防潮堤の耐震性の有無、水門・陸こうの確実な閉鎖可能性の有無に関するデータが得られないため、H25.3港区想定と同様、すべて健全に機能する場合とすべて損傷により機能しない場合の2パターンを想定しました。

表4 予測条件

	今回想定	R4.5 東京都想定	H25.3 港区想定
計算精度	5mメッシュ (台場のみ10mメッシュ)	10mメッシュ	5mメッシュ (台場のみ10mメッシュ)
地殻変動	65～74cm沈下(元禄関東地震) 8cm沈下(南海トラフの巨大地震)	5～9cm沈下(大正関東地震) 10～11cm沈下(南海トラフの巨大地震)	40cm程度沈下(元禄関東地震)
液状化による地盤沈下	・0～20cm沈下(A) ・0～7cm沈下(B) ・0～4cm沈下(C, D)	不明	以下の2パターンを想定 ・発生しない ・一律50cm沈下(東日本大震災での浦安市実績を参考)
防潮堤	以下の2パターンを想定 ・すべて健全に機能(B, D) ・すべて機能しない(A, C)	耐震性あり：健全 耐震性なし：地震と同時に倒壊 (どの施設が耐震性ありか不明)	以下の2パターンを想定 ・すべて健全に機能 ・すべて機能しない
水門 陸こう	以下の2パターンを想定 ・すべて健全に機能(B, D) ・すべて機能しない(A, C)	常時閉鎖又は確実に閉鎖可能な施設：閉鎖 それ以外の施設：開放	以下の2パターンを想定 ・すべて健全に機能 ・すべて機能しない

※H25.12中央防災会議想定では、計算精度：10m、地殻変動：70cm程度沈下（元禄関東地震）、液状化：考慮しない、防潮堤：健全（越流破堤）、水門・陸こう：開放、となっています。

※カッコ内のA～Dは、今回の予測で設定した4種の予測条件を示します。

(A：元禄関東地震（防潮施設が機能しない、厳しい条件）B：元禄関東地震（防潮施設が健全、平均的な条件）
C：南海トラフの巨大地震（防潮施設が機能しない）D：南海トラフの巨大地震（防潮施設が健全）)

(1) 地殻変動

地殻変動については東京都や中央防災会議の想定と同様に考慮することとしました。東京都や中央防災会議が予測する地殻変動量と、今回想定による地殻変動量を以下に示します。

①R4.5 東京都想定による地殻変動量

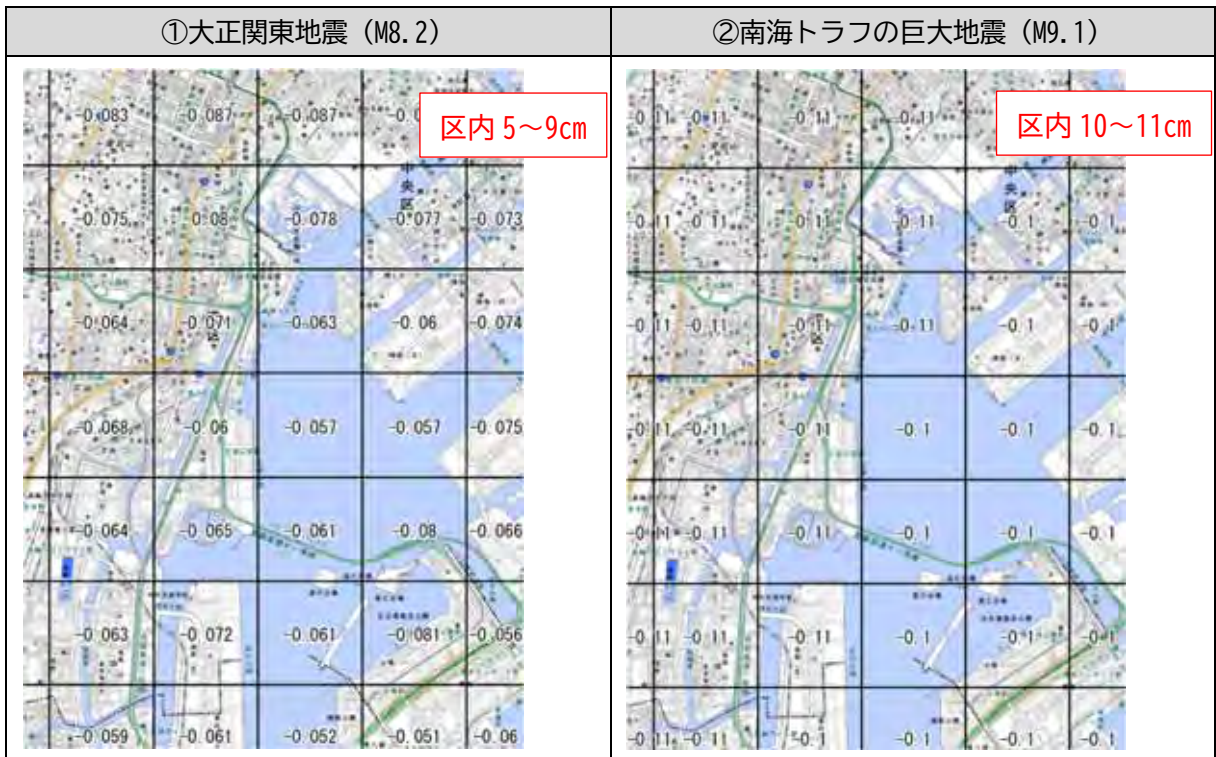


図 15 R4.5 東京都想定による地殻変動量

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和4（2022）年5月）
背景図の出典：地理院地図（R4） ※図中の値の単位：m

②H25.12、H24.8 中央防災会議想定による地殻変動量

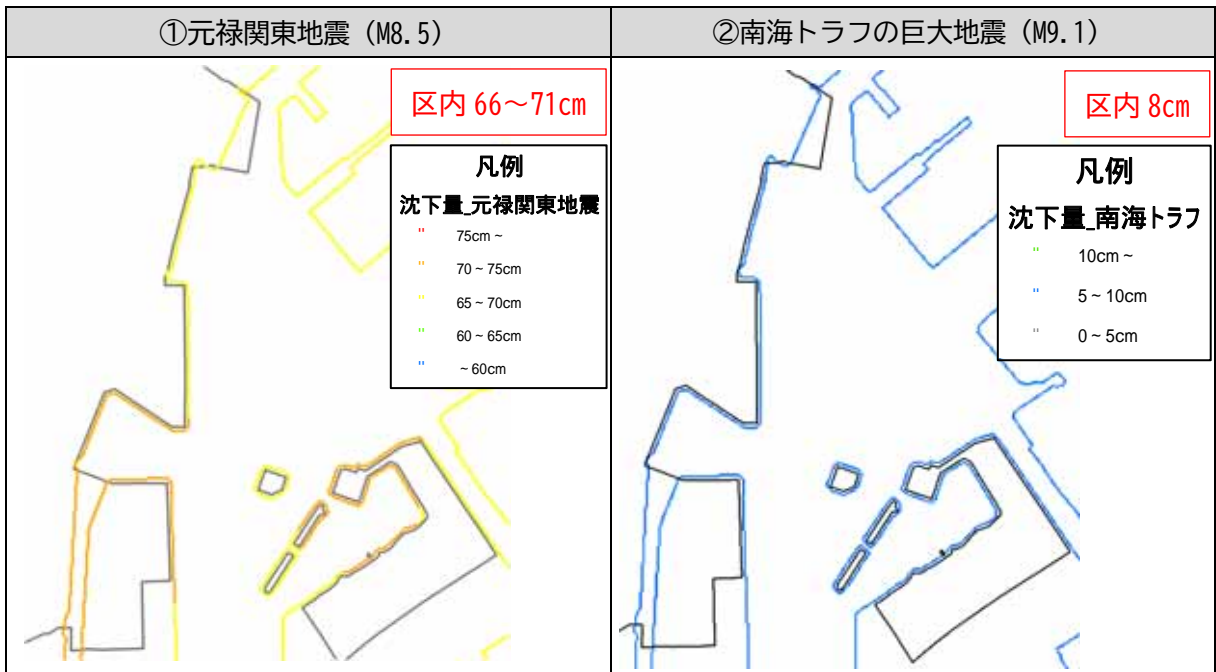


図 16 H25.12 中央防災会議想定等による地殻変動量

データの出典：「首都の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」（中央防災会議，平成25（2013）年12月）
「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）」（中央防災会議，平成24（2012）年8月）

③今回想定による地殻変動量

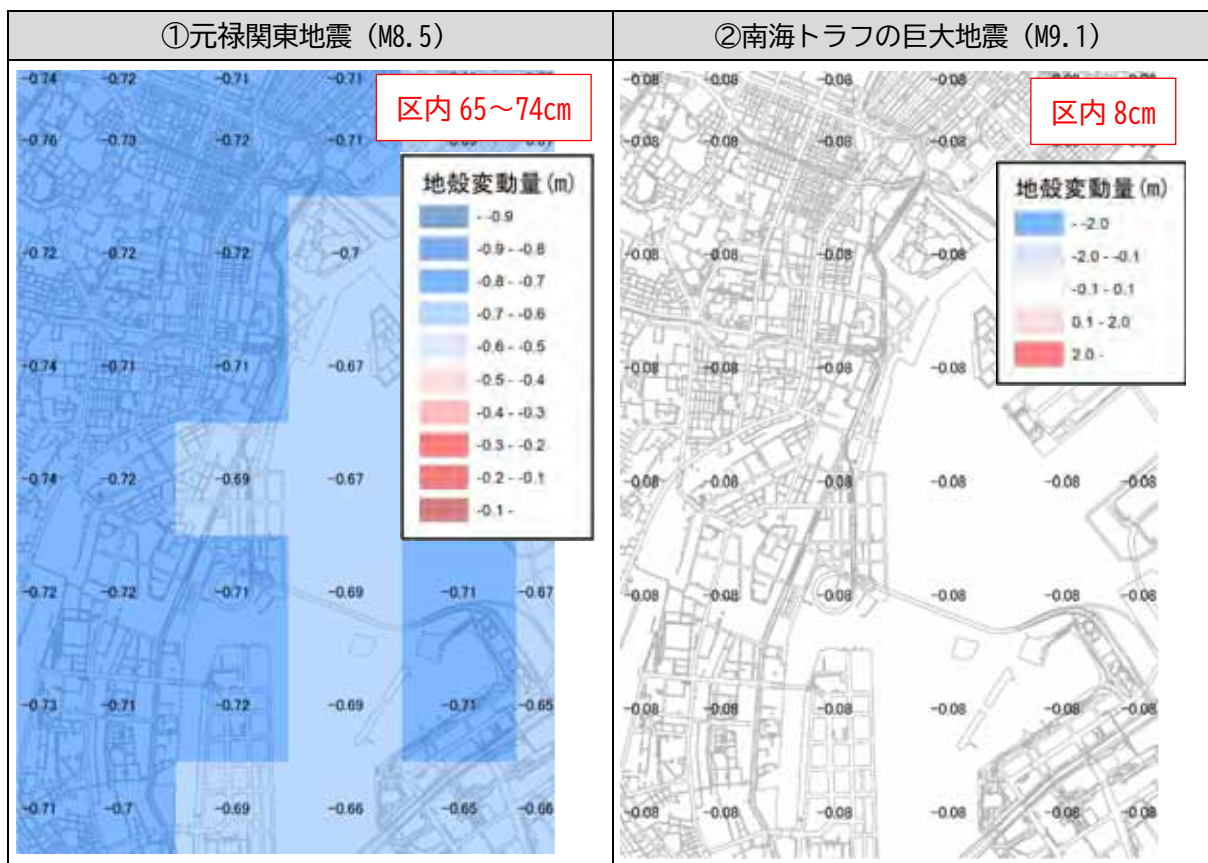


図 17 今回想定による地殻変動量

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(2) 液状化による地盤沈下

液状化による地盤沈下については最悪の事態を想定して考慮することとしました。

今回想定では、「元禄関東地震」は、厳しい条件として H25.12 中央防災会議想定の大正関東地震の値を準用し区内 0~20cm、平均的な条件として R4.5 東京都想定の大正関東地震の値を準用し区内 0~7cm としました。また、「南海トラフの巨大地震」は中央防災会議で沈下量の予測計算がされていないため、R4.5 東京都想定 of 値を活用し区内 0~4cm としました。

H25.12 中央防災会議想定による想定震度（地表地震加速度）の予測では、大正関東地震（M8.2）も元禄関東地震（M8.5）もほぼ同様です。そのため、想定震度（地表地震加速度）を入力値とする液状化沈下量については、元禄関東地震（M8.5）を想定する場合も、大正関東地震（M8.2）の値を準用することで問題ないと考えられます。

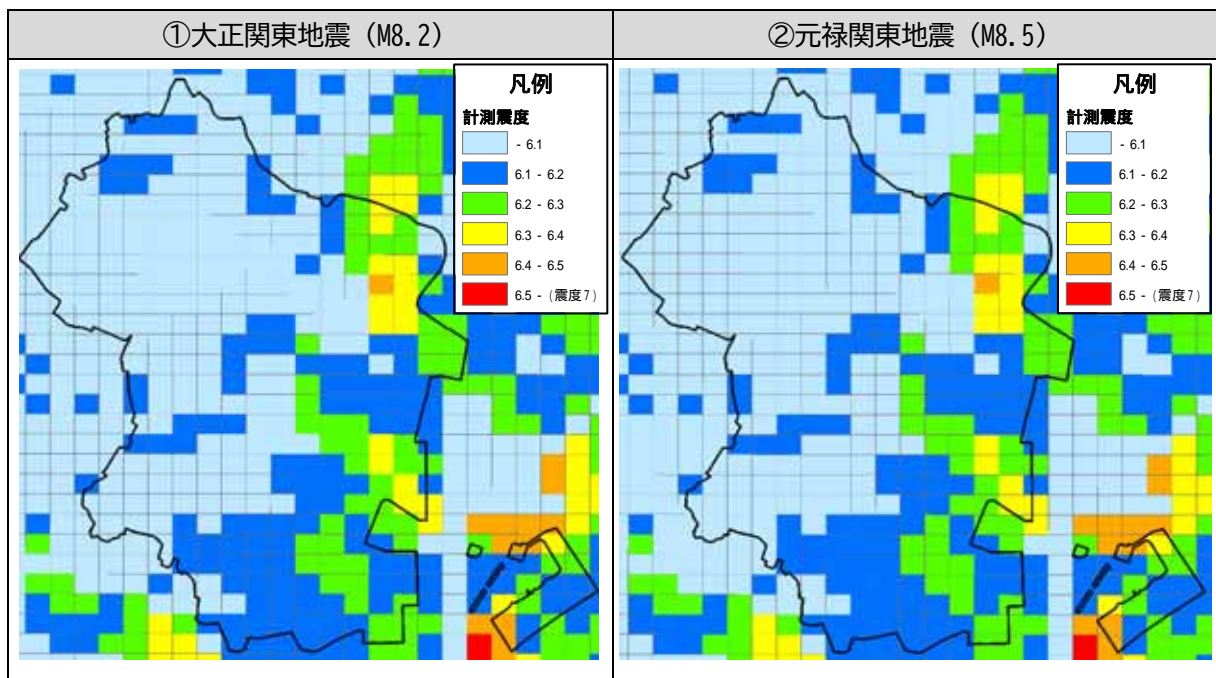


図 18 H25.12 中央防災会議による想定震度

データの出典：「首都の 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」（中央防災会議，平成 25（2013）年 12 月）

表 5 今回想定でのケースごとの液状化沈下量

想定地震	条件	液状化沈下量	出典
元禄関東地震（M8.5）	厳しい条件	0~20cm	H25.12 中央防災会議想定の大正関東地震（M8.2）の値を準用
	平均的な条件	0~7cm	R4.5 東京都想定の大正関東地震（M8.2）の値を準用
南海トラフの巨大地震（M9.1）	（条件区分なし）	0~4cm	R4.5 東京都想定 of 南海トラフの巨大地震（M9.1）の結果を活用

①R4.5 東京都想定による液状化沈下量

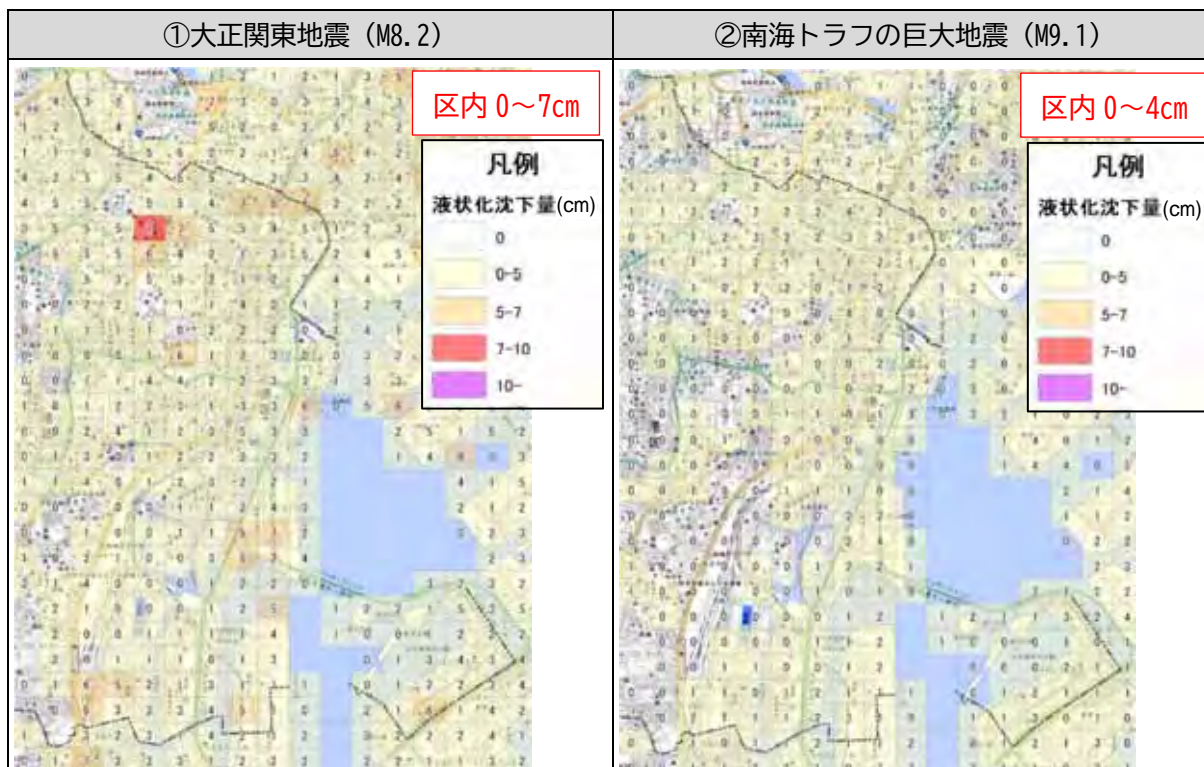


図 19 R4.5 東京都想定による液状化沈下量

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和4（2022）年5月）
 背景図の出典：地理院地図（R4）

②H25.12 中央防災会議想定による液状化沈下量

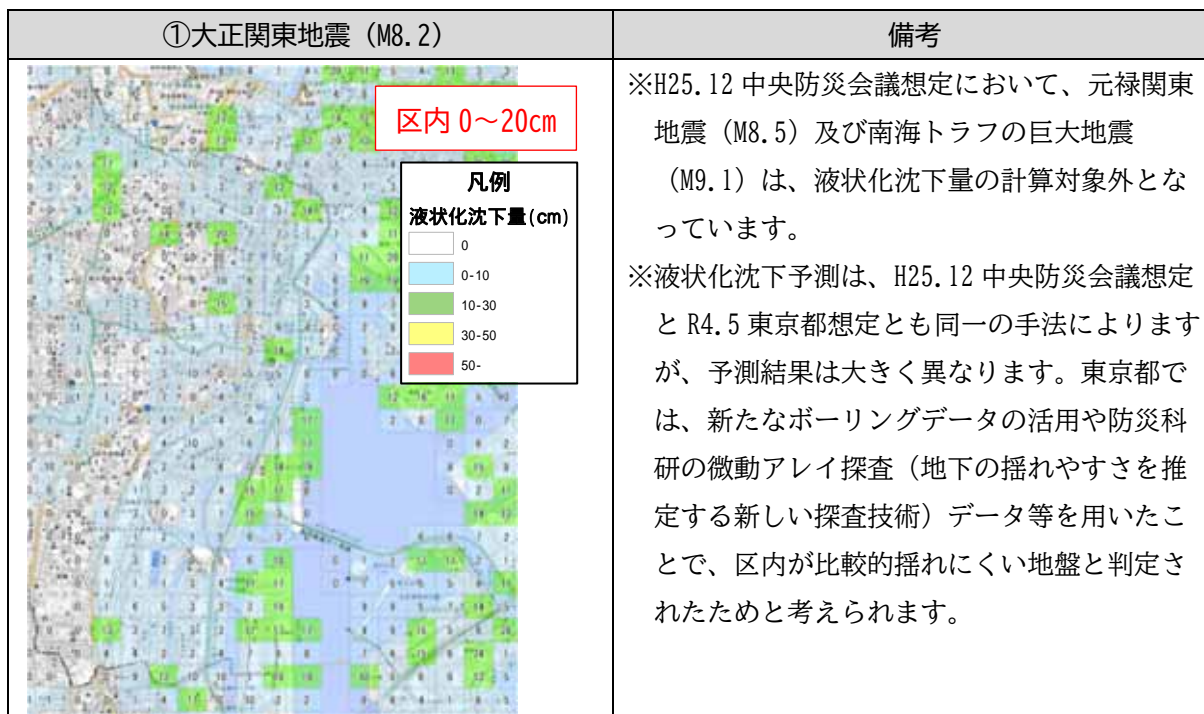


図 20 H25.12 中央防災会議想定による液状化沈下量

データの出典：「首都の 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」（中央防災会議，平成 25（2013）年 12 月）
 背景図の出典：地理院地図（R4）

4. シミュレーションモデルの構築

地形データ（標高・水深等）については、中央防災会議提供データ（H24.8）、及び国土地理院の基盤地図情報（数値標高モデル；H29）を使用しました。

構造物データ（防潮堤、水門・陸こう、河川護岸）については、中央防災会議提供データ（H24.8）、及び「東京港海岸保全事業計画平面図」（東京都，平成24（2012）年）、粗度係数（土地利用）については中央防災会議提供データ（H24.8）を使用しました。

これらのデータによりシミュレーションモデルを構築し、このモデルを活用した南海トラフの巨大地震（M9.1）の予測結果（沿岸の津波高のみ）について、H25.12 中央防災会議想定との整合を図るようモデルを検証・修正することで、モデルの妥当性を確保しました。

表6 モデル構築に活用するデータ

	今回想定	R4.5 東京都想定	H25.3 港区想定
海域 地形	中央防災会議データ (H24.8)	不明	中央防災会議データ (H15)
陸域 地形	基盤地図情報 (数値標高モデル)	基盤地図情報 (数値標高モデル)	基盤地図情報 (数値標高モデル)
防潮堤 水門 陸こう	中央防災会議データ (H24.8) 「東京港海岸保全事業計画 平面図」(H24)	都が保有するデータ (詳細不明)	中央防災会議データ (H15) 「東京港海岸保全事業計画 平面図」(H24)
河川 護岸	「古川河川台帳」 「古川護岸測量委託護岸展 開図」	不明	「古川河川台帳」 「古川護岸測量委託護岸展 開図」
土地利 用	中央防災会議データ (H24.8)	不明	中央防災会議データ (H15) 「細密数値情報(10mメッシ ュ土地利用)」

※最新の中央防災会議データ（H24.8）は、時点更新がされているとともに、地形データについては精度が高くなっています。

(1) 地形データ

地形データ（標高・水深等）については、中央防災会議提供データ（H24.8）、及び国土地理院の基盤地図情報（数値標高モデル；H29）を使用しました。

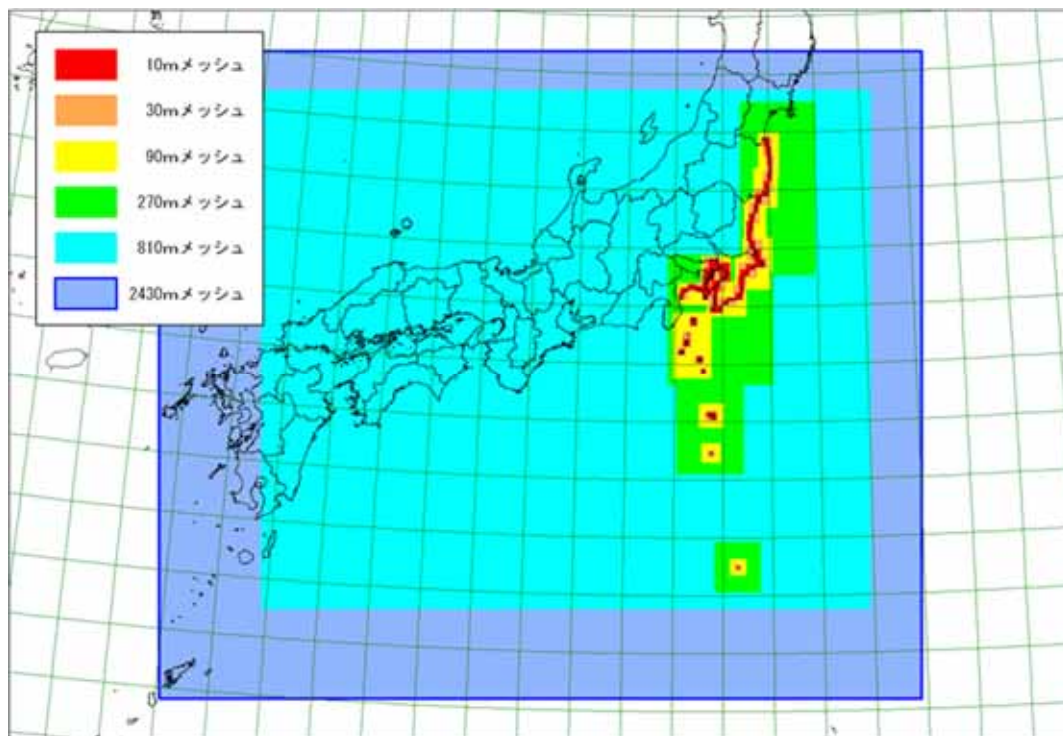
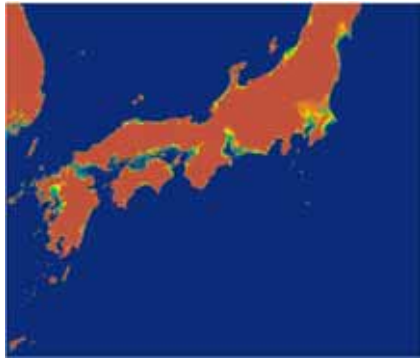


図 21 計算範囲（日本平面直角座標 第 09 系）

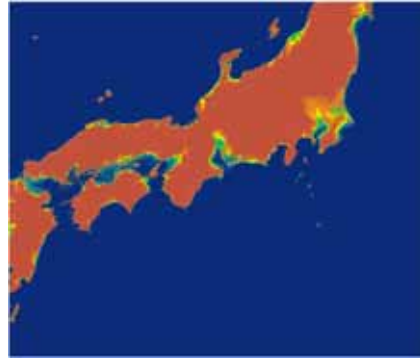
※中央防災会議（南海トラフの巨大地震モデル検討会）公表データ（H24.8）を基に作成

表 7 格子分割諸元

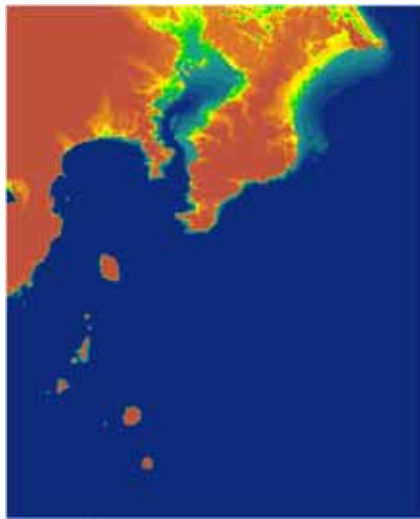
格子 サイ ズ (m)	計算範囲		メッシュ数		データの出典
	東西方向 (km)	南北方向 (km)	東西方向 (個数)	南北方向 (個数)	
2430	1458.0	1239.3	600	510	南海トラフの巨大地震モデル検討会 2430-01
810	1166.4	996.3	1440	1230	南海トラフの巨大地震モデル検討会 0810-01
270	202.5	251.1	750	930	南海トラフの巨大地震モデル検討会 0270-03
90	56.7	86.4	630	960	南海トラフの巨大地震モデル検討会 0090-06
30	31.5	39.6	1050	1320	南海トラフの巨大地震モデル検討会 0030-13
10	20.1	23.4	2010	2340	南海トラフの巨大地震モデル検討会 0010-20
5	3.15	6.50	630	1300	陸域：国土地理院 5mDEM 海域：南海トラフの巨大地震モデル検討会 0010-20



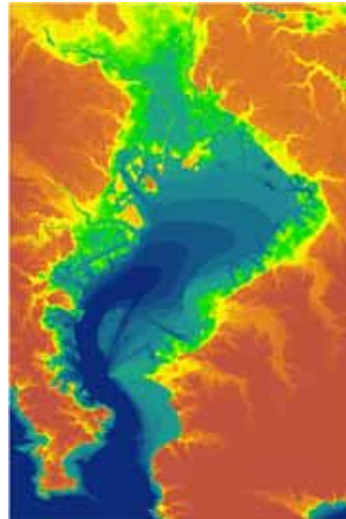
2,430m メッシュ



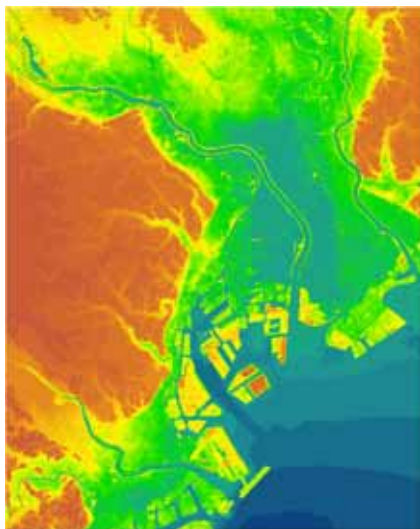
810m メッシュ



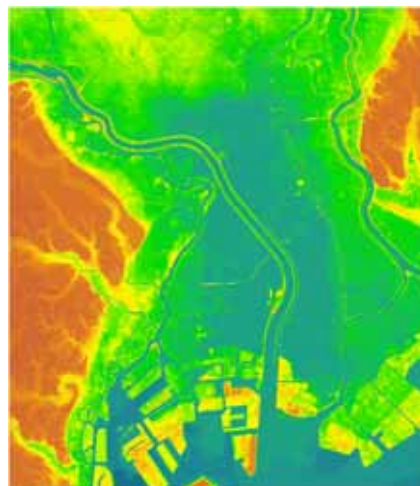
270m メッシュ



90m メッシュ



30m メッシュ



10m メッシュ

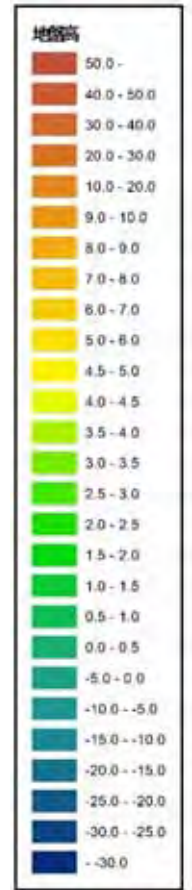


図 22 地形データ

※中央防災会議（南海トラフの巨大地震モデル検討会）公表データ（H24.8）を基に作成

(2) 構造物データ

東京都では、高潮・波浪を想定して、伊勢湾台風級の台風による高潮(A.P.+5.10m≒T.P.+3.97m)を想定して河川、海岸の堤防、護岸等の整備が推進されています。

構造物データ(防潮堤、水門・陸こう、河川護岸)については、中央防災会議提供データ(H24.8)、及び「東京港海岸保全事業計画平面図」(東京都、平成24(2012)年)を使用しました。

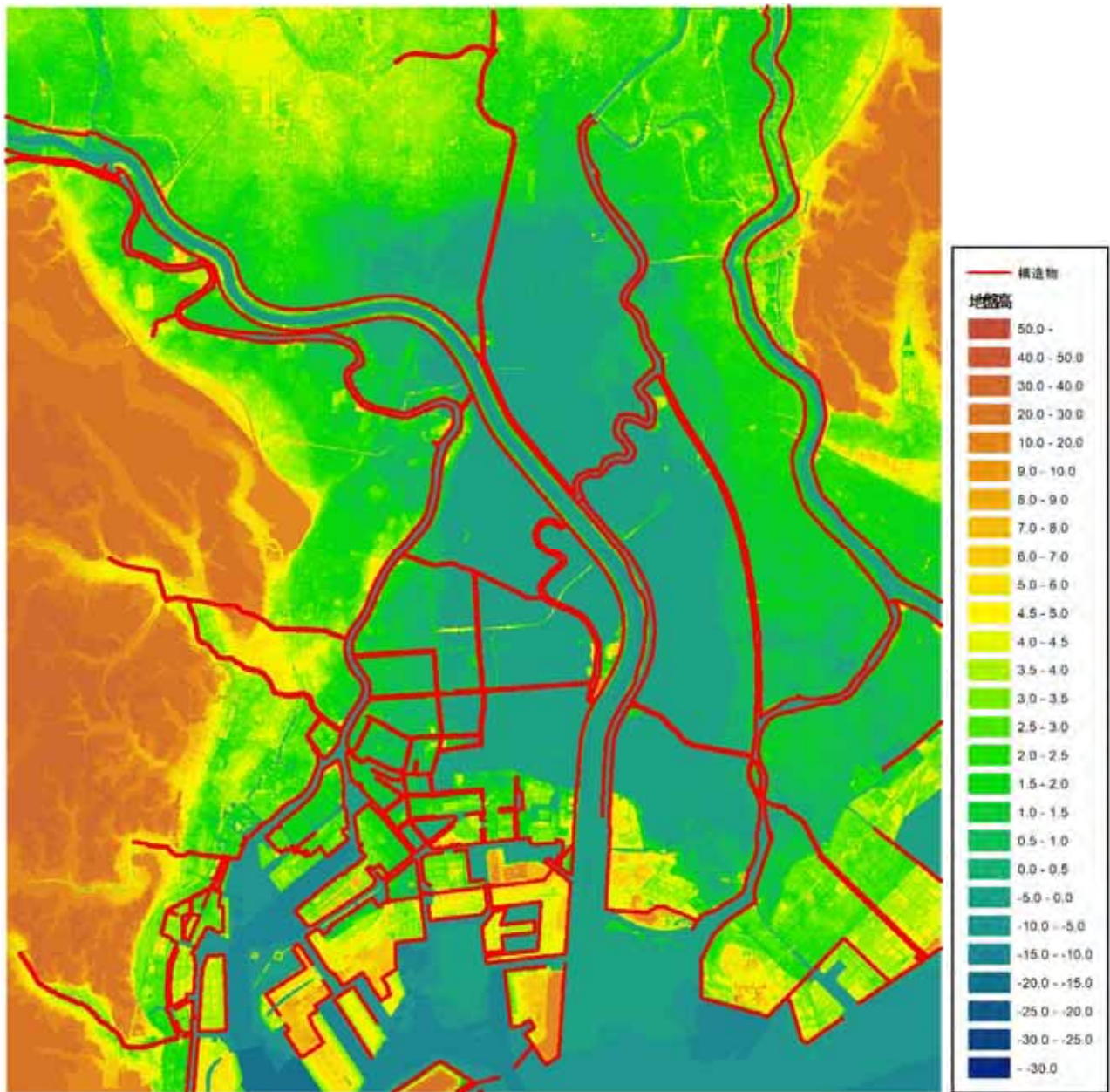


図 23 構造物の分布 (東京湾全体)

※中央防災会議(南海トラフの巨大地震モデル検討会)公表データ(H24.8)を基に作成

(3) 粗度係数

粗度係数（土地利用）については、中央防災会議提供データ（H24.8）を使用しました。

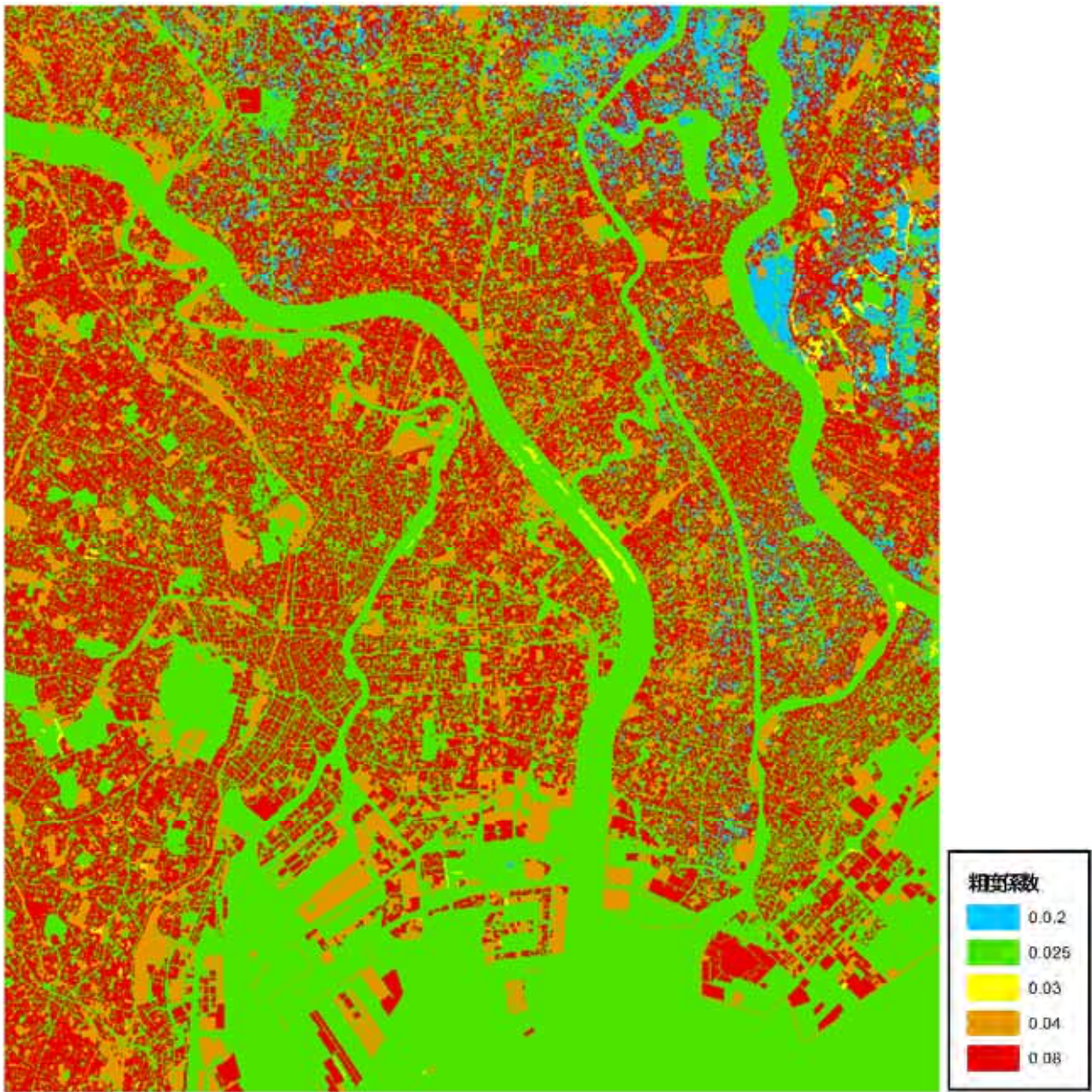


図 24 粗度係数の分布

※中央防災会議（南海トラフの巨大地震モデル検討会）公表データ（H24.8）を基に作成

(4) 計算プログラム

津波予測計算に使用した基礎方程式等は以下のとおりです。

①基礎方程式

津波シミュレーションは、水深の浅い海域では非線形長波理論により計算を行い、深海域では線形長波理論により計算を行います。

以下に非線形及び線形長波理論の基礎方程式を示します。

②非線形長波理論

津波のように波長の長い波の運動は浅水理論によって表されます。浅水理論は、振幅 H と波長 L の比 H/h 、および水深 h と波長の比 h/L がいずれも小さいものとして導かれます。この近似では、圧力は静水圧分布となり、水平流速 (u, v) は鉛直方向に一様な分布となります。海底から水面までを鉛直方向に積分した形で浅水理論を表すと次のようになります。

連続式は、

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

で表され、運動方程式は、

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{f}{D^2} MQ = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{f}{D^2} NQ = 0$$

ここで、 (x, y) は静水面にとった空間座標、 t は時間座標、 η は水位変動、 h は静水深、 D は $D = h + \eta$ で表される水深、 g は重力加速度、 f は運動量損失および底面摩擦の合算係数、 (M, N) はそれぞれ (x, y) 方向の流量フラックス、 $Q = \sqrt{M^2 + N^2}$ です。

③線形長波理論

線形理論は、海岸近くでの津波の挙動を表すのに用いられるものであり、水深の大きい波源域から対象地点沖合まではさらに簡単な式で十分に表現できます。すなわち、P29 に示す長波近似に加えて、波の振幅 H と水深 h の比 H/h が小さい場合、微小振幅波としての取扱が可能となり、浅水理論における非線形項を無視できます。また、海底摩擦についても水深が大きい海域ではそれほど影響しないと考えられます。したがって、波源域から海岸近くまでは次の形の方程式を用います。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

また、運動方程式は、

$$\frac{\partial M}{\partial t} + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0$$

で表されます。

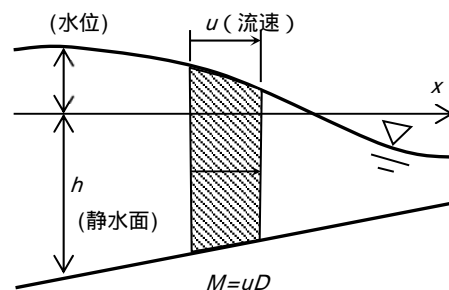


図 25 基礎方程式の記号の説明

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

④初期水位の計算

津波数値計算の初期条件として、地震断層モデルを用いて計算される海底地殻変動の鉛直成分を海面上に与える方法を用います。

⑤初期条件

地球内部に何らかの原因により蓄積された歪みがある限界に達すると、亀裂(断層)が生じ、これに沿って両側の地殻が急激にずれます。この現象が断層運動であり、断層面が食い違う際に地震動が生じます。海底下で断層運動が起こると、海底に鉛直方向の隆起・沈降が生じ、津波の原因となります。

断層運動自体は、微細に見ると非常に複雑な過程を持ちますが、運動全体を巨視的に見ると、簡単なモデルで表すことができます。最も単純なモデルは下図に示すような、長さ L 、幅 W の矩形の断層面が平均的に U (すべり量、あるいは食い違い量という)だけ互いにずれるものです。典型的なものとしては、下図に示すように、水平方向に横ずれ断層(右ずれ・左ずれ)や鉛直方向にずれる縦ずれ断層(正・逆断層)があります。断層の幾何学的特性は、すべり方向 λ 、断層の走向 ϕ 、断層面の傾斜角 δ によって表されます。以上の6個が断層パラメータであり、地震波解析により推定されます。

上記断層パラメータが与えられると、断層の近傍の海底面(地表面)での鉛直変位分布は弾性論を基礎としたMansinha and Smylie(1971年)の方法により計算で求めることができます。下図に断層の動きと地表変位の概念を示します。この鉛直変位を海面の水位として与えて、津波数値計算の初期条件とします。

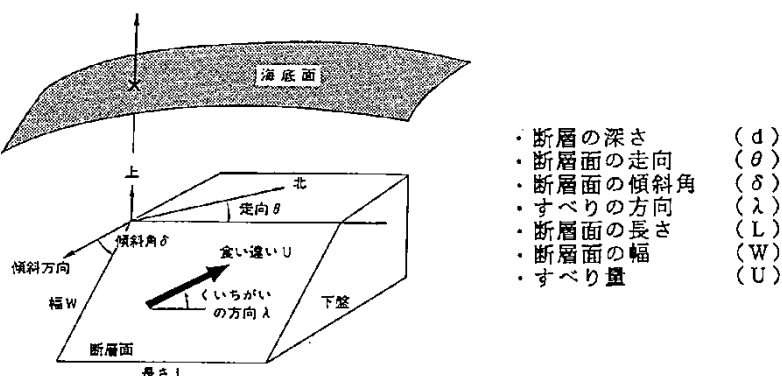


図 26 断層のモデル化と断層パラメータの定義

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

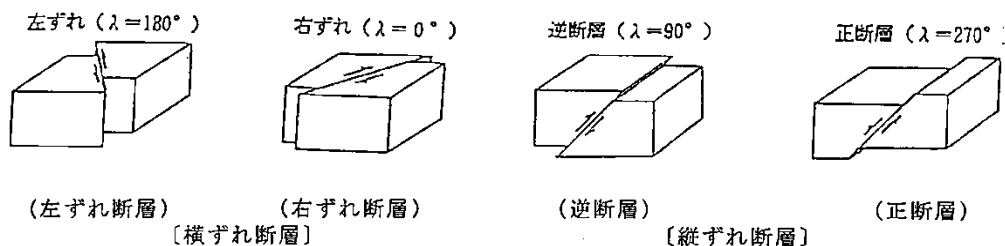


図 27 断層の種類

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

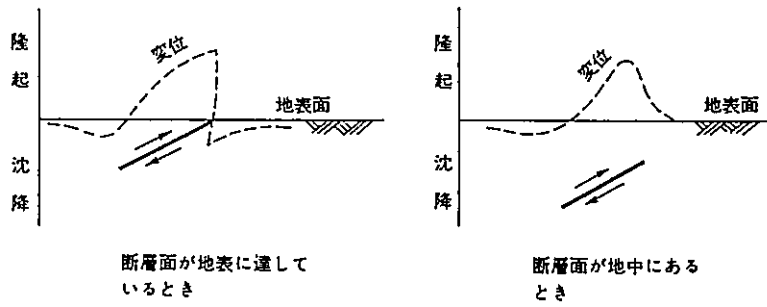


図 28 断層運動と地盤変異の模式図

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

⑥境界条件

i) 沖側境界条件

計算領域の沖側境界から放射する津波については、進行性長波の特性曲線に基づく方法により、津波を自由透過させます。沖側境界条件の設定手法は、次のようにまとめられます。

●入射のみを考慮する強制境界

津波数値計算を、外洋の津波伝播計算と詳細な地形近似が行われる内湾津波計算とに分離して行う場合に、外洋の津波伝播計算の入射波成分を内湾津波計算の沖側境界条件として与え、湾内からの反射波を自由透過するような境界処理を行う必要があります。

沖側境界で波を強制入力する場合、計算領域内からの反射波が沖側境界を自由透過することができなくなるため、強制入力した波形とは異なる別のモードの振動が新たに発生します。この反射波を沖側へ自由透過させ得るためには、特性曲線法を用いて、次のように考えます。

一様水深の海域において、沖側境界から sin 形で表わされる波が入射する場合を仮定し、海域を伝播する波で線形長波に近似できると仮定します。

線形長波の式は、一時伝播の場合に、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \quad (a)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (b)$$

で表わされます。式(a)と(b)を特性量 $\sqrt{\frac{g}{h}} \eta$ を用いて変形すると、

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \sqrt{gh} \frac{\partial}{\partial x} \left(\sqrt{\frac{g}{h}} \eta \right) = 0 \quad (c)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\sqrt{\frac{g}{h}} \eta \right) + \sqrt{gh} \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (d)$$

となります。式(c)と(d)の和及び差をとると、

$$\left\{ \frac{\partial}{\partial t} \pm \sqrt{gh} \frac{\partial}{\partial x} \right\} \left(u \pm \sqrt{\frac{g}{h}} \eta \right) = 0 \quad (e)$$

が求められます。特性曲線法の考え方に基づけば、式(e)の物理的な意味は、

$\frac{dx}{dt} = \pm \sqrt{gh}$ という特性線上で、 $u \pm \sqrt{\frac{g}{h}} \eta$ というリーマン特性量を持つということを表

します。この関係から

$$\frac{dx}{dt} = \pm\sqrt{gh} \quad \text{上で} \quad u \pm \sqrt{\frac{g}{h}}\eta = \text{const.} \quad (f)$$

が導かれます。

今、下図に示すように、 $x = x_0$ を境界点とおき、 x 軸の負の方向に進行する \sin 波が入射するものとします。図から特性量 $u \pm \sqrt{\frac{g}{h}}\eta$ の関係は、正の傾きの特性線に沿って、

$$u_2 + \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_2 = u_1 + \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_1 \quad (g)$$

が成立し、負の傾きの特性線に沿って、

$$u_2 - \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_2 = u_0 - \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_0 \quad (h)$$

となります。負の特性線に沿う特性量は、沖側からの進行波を表すものですから、 u_0 、 η_0 の間では、

$$u_0 = -\sqrt{\frac{g}{h}}\eta_0 \quad (i)$$

が成り立ちます。

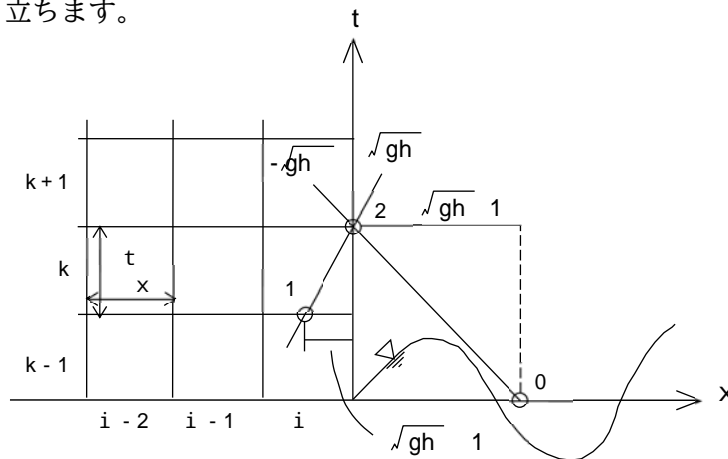


図29 特性曲線法による沖側境界処理の概念図

したがって、この関係 (式(i)) を用いると、式(h)は、

$$u_2 - \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_2 = 2u_0 \quad (j)$$

となります。正の特性線に沿う関係式(g)と、式(j)から η_2 を消去すると、

$$u_2 = u_0 + \frac{1}{2} \left(u_1 + \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_1 \right) \quad (k)$$

が導かれます。ここで、入射波を負の方向に進行する \sin 波として、

$$\eta_0 = a \cdot \sin(k_0(x - x_0))$$

とおくと、(式(c)の k_0 は入射波の波数)、式(i)から、

$$u_0 = -a\sqrt{\frac{g}{h}} \sin(k_0(x - x_0)) = a\sqrt{\frac{g}{h}} \sin(k_0\sqrt{gh} \cdot t) \quad (l)$$

で表されます。式(k)を境界位置における流速 u_2 の式(l)に代入すると、流量 u_2 は、

$$u_2 = -a\sqrt{\frac{g}{h}} \sin(k_0\sqrt{gh}\cdot t) + \frac{l}{2} \left(u_1\sqrt{\frac{g}{h}}\eta_1 \right) \quad (\text{m})$$

となります。式(m)を、津波数値計算で用いる流量M で表現しなおすと、

$$M_{i+1/2,j}^{k+1/2} = -a\sqrt{gh} \sin\left(k_0\sqrt{gh}\cdot\left(k + \frac{l}{2}\right)\Delta t\right) + \frac{l}{2} \left(M_1 + \sqrt{gh}\eta_1 \right) \quad (\text{n})$$

となります。ここで、式(n)の M_1 、 η_1 は、格子内の定義点ではないため、内挿法により、次式のように求められます。

$$M_1 = \frac{l}{\Delta x} \left[\sqrt{gh}\cdot \Delta t M_{i-1/2,j}^{k-1/2} + \left(\Delta x - \sqrt{gh}\cdot \Delta t \right) M_{i+1/2,j}^{k-1/2} \right] \quad (\text{o})$$

$$\eta_1 = \frac{l}{\Delta x} \left[\frac{l}{2} \left(\sqrt{gh}\cdot \Delta t - \frac{\Delta x}{2} \right) + \left(\eta_{i-1,j}^k + \eta_{i-1,j}^{k-1} \right) + \frac{l}{2} \left(\frac{3}{2} \Delta x - \sqrt{gh}\cdot \Delta t \right) + \left(\eta_{i,j}^k + \eta_{i,j}^{k-1} \right) \right] \quad (\text{p})$$

ここまでの説明は1次元伝播の場合であるため、2次元伝播の場合に拡張します。2次元伝播の場合は、特性関係が特性曲面上で成立することになるのが一般的ですが、ここでは1次元伝播の結果を拡張して用いることにします。1次元伝播と大きく異なる点は、波の進行方向に関してです。一般的に波の入射方向は一定であるため、負の特性線の方法は一定の方向となります。しかし、計算領域内からの反射波を表わす正の特性線は入射方向と異なることがあります。そのため、正・負の両方の特性線の方法を考え、1次元伝播と同様の方法で計算すれば処理が可能です。津波計算では、反射波の特性線を $M_{i,j}^{k-1/2}$ 、 $N_{i,j}^{k-1/2}$ の合成方向から決定します。

●自由透過境界

自由透過境界は、計算領域内からの反射波を、境界から自由に透過させる条件です。この場合には、前述した入射波を与える特性曲線法を用いた関係の反射波成分のみを考慮し、境界位置 $x = x_0$ で反射波を自由透過させる方法を考えます。

先に境界条件式において、

$$u_0 = \eta_0 = 0, \quad u_1 + \sqrt{\frac{g}{h}}\eta_1 \quad (\text{q})$$

と考えると、式は簡単になり、

$$u_2 = u_1 \quad \text{または} \quad M_{i+1/2,j}^{k+1/2} = M_1 \quad (\text{r})$$

が境界条件となります。入射波境界の場合と同様に、2次元伝播に関しては、流向から波の伝播方向を計算して、境界条件を与えることが必要となります。

ii) 沿岸境界条件

内陸部への遡上を考慮せず、海面と陸地との境界線を鉛直壁と考えて岸に直角な流量を0とします。また、計算の安定性のため、海面と陸地との境界線より1個海側の格子の水深を、津波高に応じて2.0m~3.0m以上にとり、海底の露出が生じないようにします。

iii) 遡上境界条件

陸上への津波の遡上に関しては、非線形長波理論式を用いる場合のみ考慮します。陸上への遡上を扱う場合には、岩崎・真野(1979年)の方法を用います。これは、下図に示すように波先端部での地形を階段状に考え、陸側格子点の地盤高 h より海側格子点の水位 η が高い場合に、その差を実水深 D として、流量計算を行う方法です。プログラム上は、 $D > 10 - 5m$ を計算最小水深として、この値以上の格子点について計算することとします。

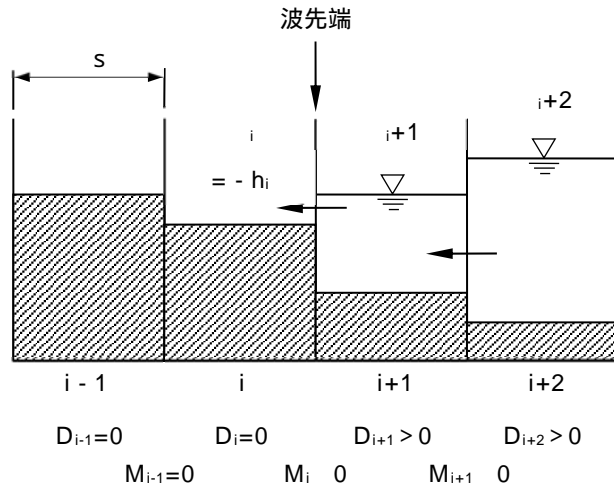


図 30 遡上境界条件の概念図

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

iv) 越流境界条件

計算領域内の防波堤・堤防等において、水位がその天端高を超えた場合には、次の本間公式を用いて単位幅当たりの越流量 Q を計算します。

$$Q = 0.35H_1\sqrt{2gH_1} \quad , \quad H_2 > \frac{2}{3}H_1 \quad (\text{完全越流}) \quad (s)$$

$$Q = 0.91H_1\sqrt{2g(H_1 - H_2)} \quad , \quad H_2 > \frac{2}{3}H_1 \quad (\text{もぐり越流}) \quad (t)$$

ここで、 H_1 、 H_2 は天端高を基準とした堤前後の水深で、 $H_1 > H_2$ です。

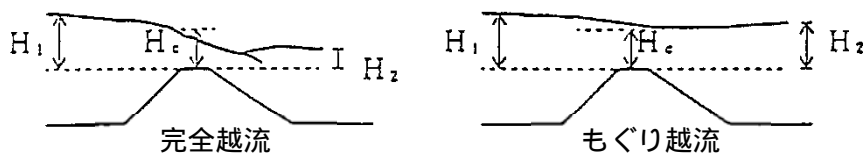


図 31 越流の模式図

出典：「Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法」(東北大学土木工学科資料, 昭和 57(1982)年)

5. 津波シミュレーションの実施

「元禄関東地震」(M8.5)と「南海トラフの巨大地震」(M9.1)の2つの想定地震について、津波シミュレーションを実施し、5mメッシュ精度での浸水計算を実施し、予測結果について、浸水予測区域図として整理するとともに考察・照査を行いました。

表8 計算条件

項目	設定内容
基礎方程式	非線形長波理論式
計算範囲および 計算格子間隔	・震源域を含む広域の計算範囲 2430m-810m-270m-90m-30m-10m-5m (最小空間格子間隔 10m)
計算時間間隔	0.2s (CFL条件を満たすように設定した)
計算時間	6時間 (最大津波高、最大浸水区域、水深が得られる計算時間を設定)
防波堤及び 河川堤防	無
潮位条件	H. W. L. = T. P. +0.925m
地盤変位量	東海, 東南海, 南海地震3連動(中央防災会議想定地震)
マンニングの 粗度係数	【海域】0.025 (s/m ^{1/3}) 【陸域】中央防災会議の公開データと同様の条件を設定。メッシュ別に設定。

(1) 浸水予測区域

津波シミュレーションの結果、A~Dの4つのケースについて浸水予測区域を示します。なお、浸水予測区域は区内のみの表示とします。

A 元禄関東地震（防潮施設機能不全、液状化による沈下あり（厳しい条件；0~20cm）、満潮位）

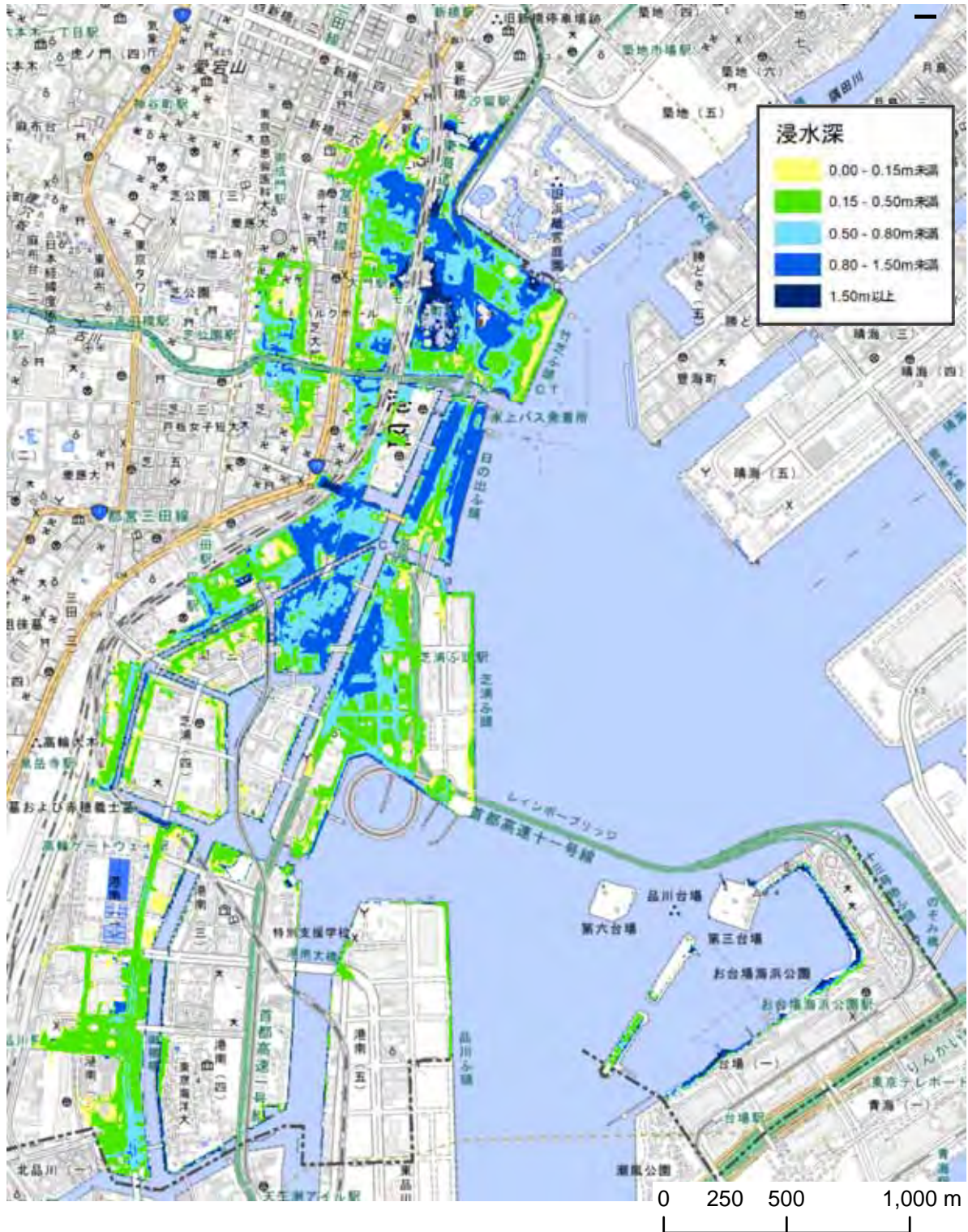


図 32 津波浸水予測図①（防潮施設機能不全 液状化あり（厳しい条件））

背景図の出典：地理院地図（R4）

B 元禄関東地震（防潮施設機能健全、液状化による沈下あり（平均的な条件；0～7cm）、満潮位）



図 33 津波浸水予測図②（防潮施設機能健全 液状化あり（平均的な条件））

背景図の出典：地理院地図（R4）

C 南海トラフの巨大地震（防潮施設機能不全、液状化による沈下あり（0～4cm）、満潮位）



図 34 津波浸水予測図③（防潮施設機能不全 液状化あり（平均的な条件））

背景図の出自：地理院地図（R4）

D 南海トラフの巨大地震（防潮施設機能健全、液状化による沈下あり（0～4cm）、満潮位）



図 35 津波浸水予測図④（防潮施設機能健全 液状化あり（平均的な条件））

背景図の出典：地理院地図（R4）

(2) 津波最大水位

H25.3 港区想定では、地殻変動の影響を含む津波水位は T.P. +2.4m (津波水位 T.P. +2.0m + 地殻変動 (沈下) 0.4m) でしたが、今回想定では、津波による水位上昇、地殻変動による沈下ともに影響が大きくなり、水位が 0.9m 高くなっています。

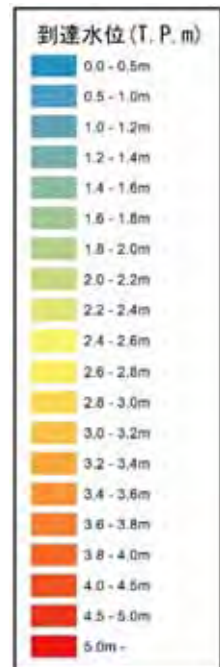
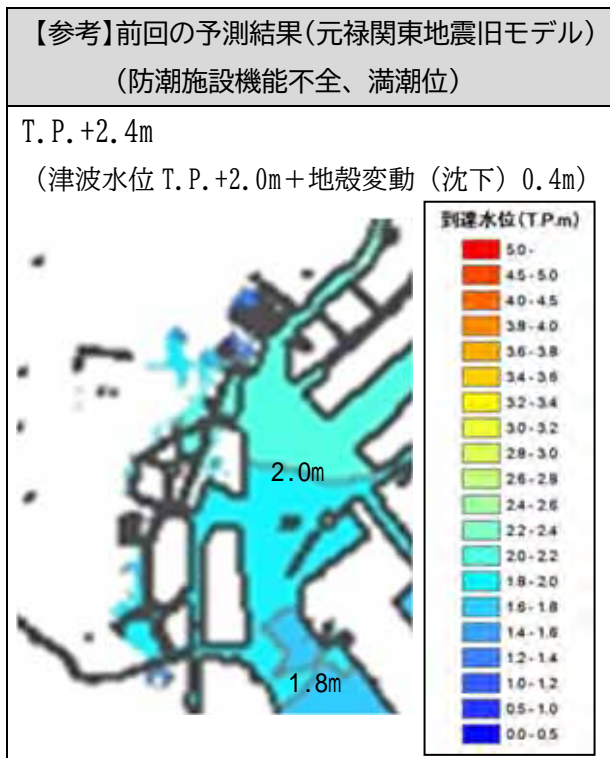
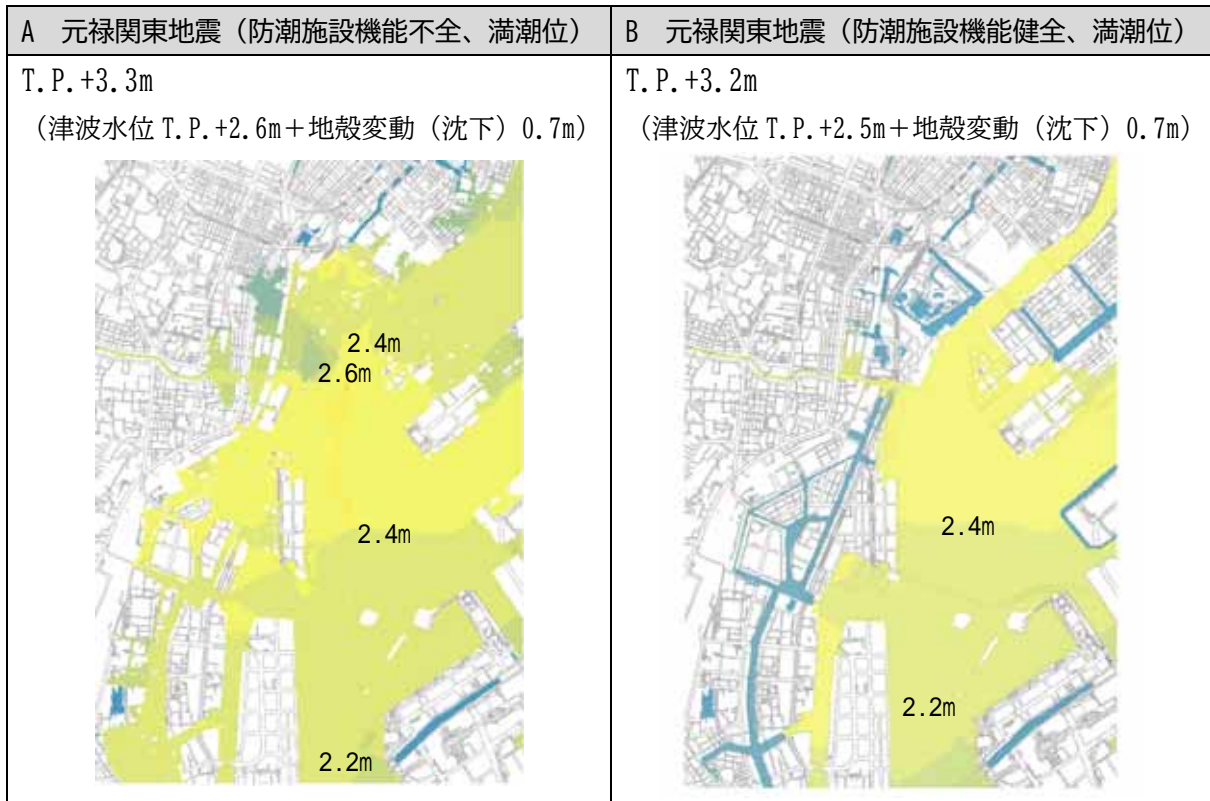


図 36 各ケースの最大水位 (A B)

※津波最大水位は、液状化による沈下を考慮していません。

背景図の出典：基盤地図情報 (国土地理院)

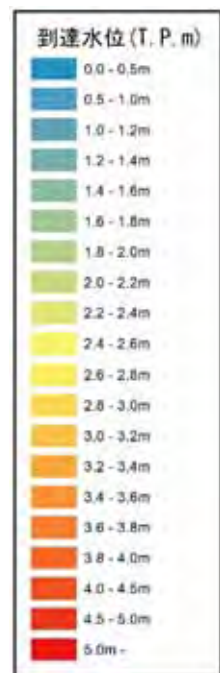
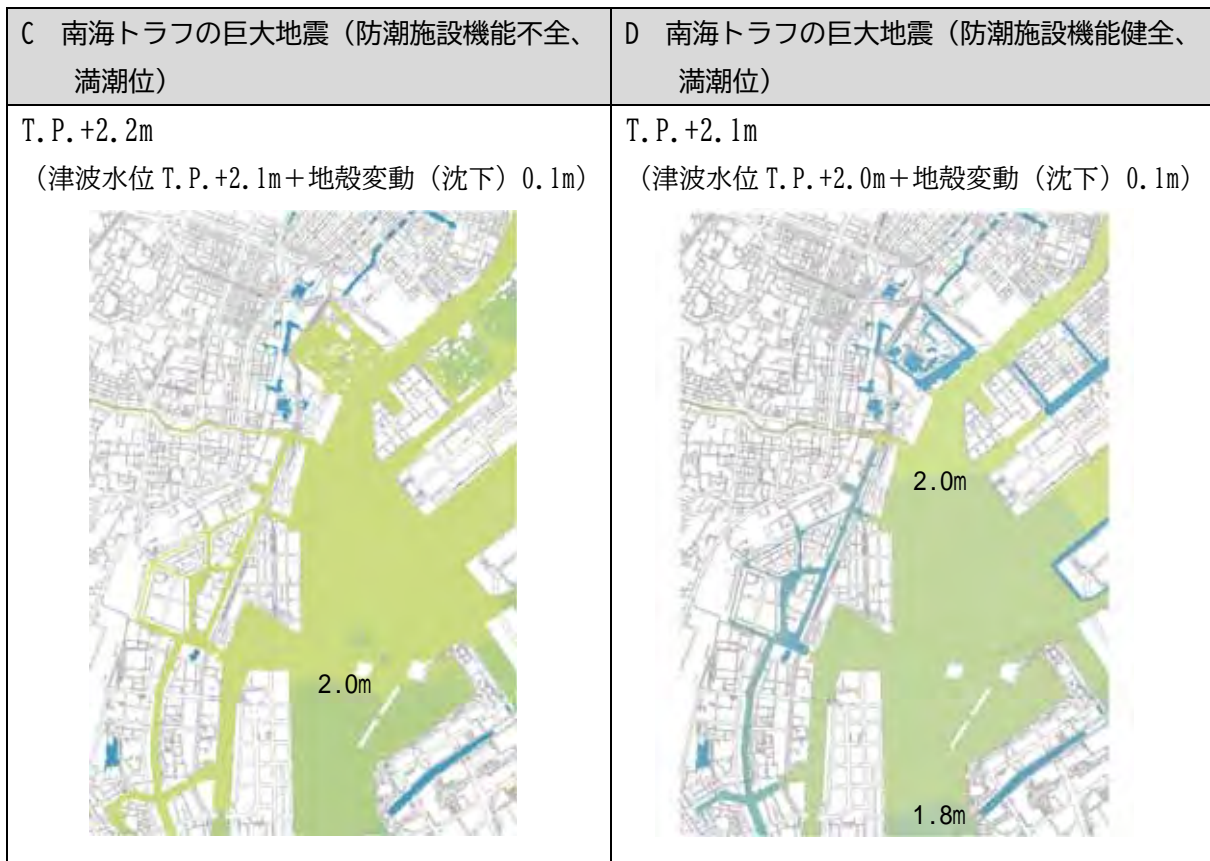


図 37 各ケースの最大水位 (CD)

※津波最大水位は、液状化による沈下を考慮していません。

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(3) 津波到達時間

陸域での浸水の開始時間は以下の通りです。なお、H25.3 港区想定では、陸域への浸水開始は最短 70 分後と想定されています。

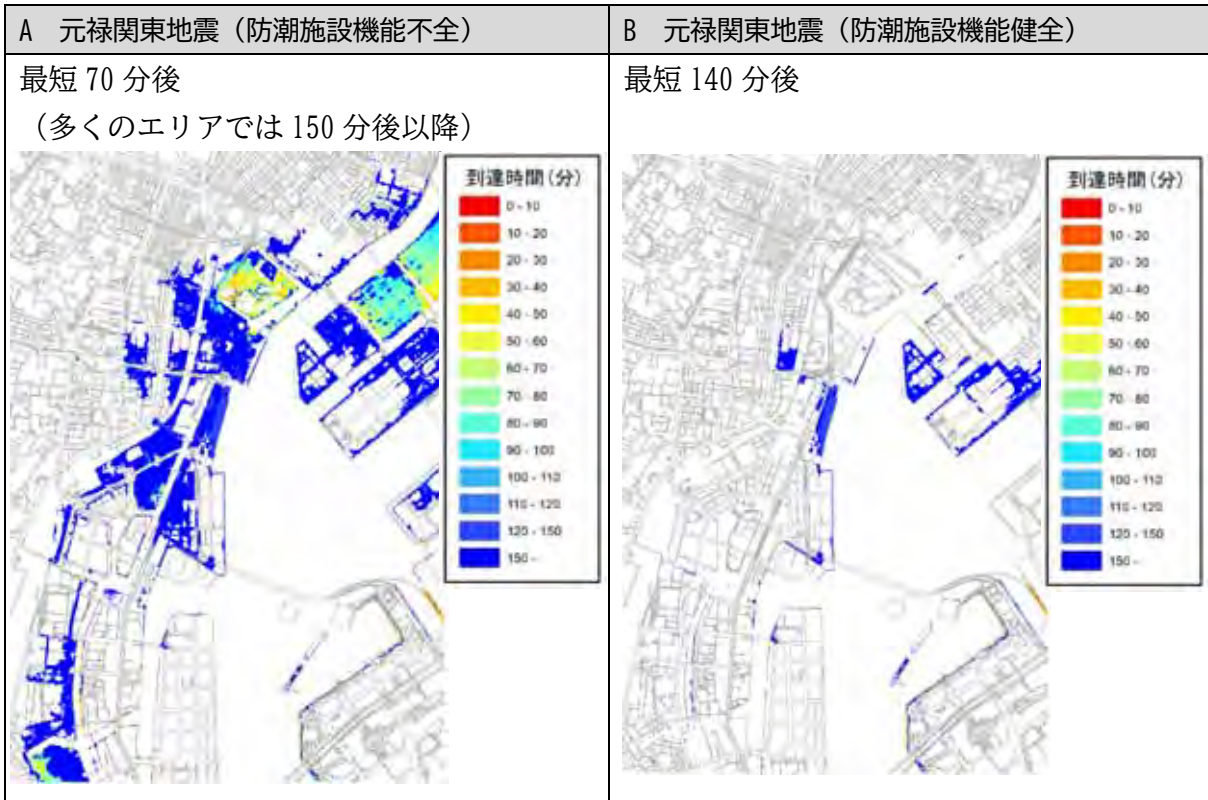


図 38 各ケースの津波到達時間（A B）

南海トラフの巨大地震については、陸域での浸水がほとんど見込まれないため、海岸付近において影響がある津波水位 20cm の到達時間を示します。

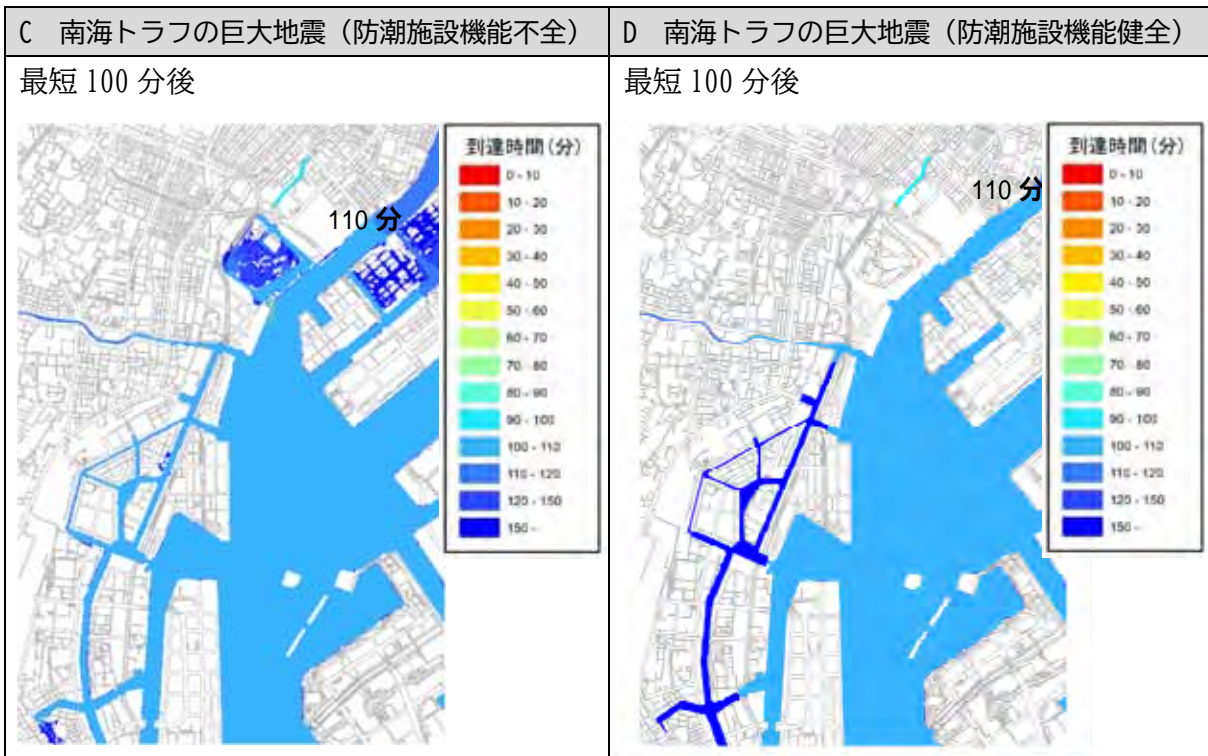


図 39 各ケースの津波到達時間（C D）

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(4) 予測条件の取りまとめとシミュレーション結果

予測条件の取りまとめとシミュレーション結果の概要は以下の通りです。

表9 予測条件の取りまとめとシミュレーション結果

	今回想定				【参考】 R4.5 東京都想定		【参考】 H25.12 中央防災 会議想定	【参考】 H25.3 港区想定	
	ケース A※1	ケース B※1	ケース C	ケース D					
想定地震	元禄関東地震 (M8.5) 図①		南海トラフの巨大地震 (M9.1) 図②		大正関東地震 (M8.2) 図③	南海トラフの巨大地震 (M9.1) 図②	元禄関東地震 (M8.5) 図①他	元禄関東地震 (M8.2) 図④	
予測条件	計算精度	5m メッシュ 台場のみ 10m メッシュ				10m メッシュ		10m メッシュ	5m メッシュ 台場のみ 10m メッシュ
	地殻変動	65~74cm 沈下		8cm 沈下		5~9cm 沈下	10~11cm 沈下	70cm 程度沈下	40cm 程度沈下
	液状化による地盤沈下	0~20cm 沈下 ※2	0~7cm 沈下 ※3	0~4cm 沈下 R4.5 東京都想定から引用		不明		考慮しない	・発生しない ・区内一律 50cm 沈下
	防潮堤	すべて機能しない	すべて健全に機能	すべて機能しない	すべて健全に機能	耐震性あり：健全 耐震性なし：地震と同時に倒壊		健全	・すべて健全に機能 ・すべて機能しない
	水門 陸こう	すべて機能しない	すべて健全に機能	すべて機能しない	すべて健全に機能	常時閉鎖又は確実に閉鎖 可能な施設：閉鎖 それ以外の施設：開放		開放	・すべて健全に機能 ・すべて機能しない
結果	津波最大水位(T.P.)※4	3.3m	3.2m	2.2m	2.1m	2.00m	2.37m	3.4m	2.4m

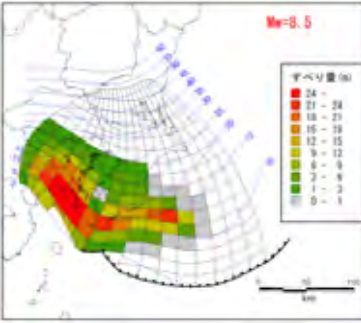
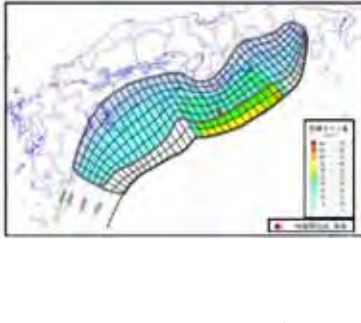
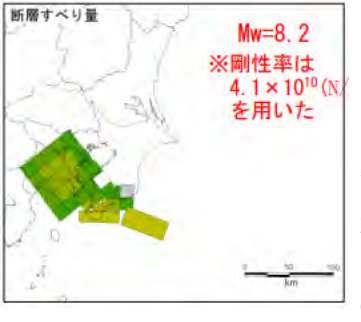
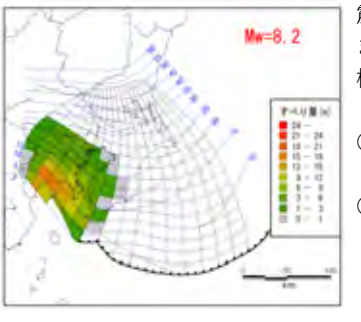
※1 ケース A、B については、今回更新する港区津波ハザードマップに掲載

※2 ケース A の液状化による地盤沈下の値は、H25.12 中央防災会議想定の大正関東地震 (M8.2) の結果を準用

※3 ケース B の液状化による地盤沈下の値は、R4.5 東京都想定の大正関東地震 (M8.2) の結果を準用

※4 津波最大水位 (T. P.) は地殻変動の影響を考慮し、液状化による地盤沈下を考慮していません

表10 想定地震の位置と特徴

図① 元禄関東地震 (M8.5)	図② 南海トラフの巨大地震 (M9.1)
 <p>過去に東京湾で発生したと考えられる津波のなかで最大の地震だが、今後30年以内発生確率はほぼ0%。 図④元禄関東地震 (M8.2) と比べて震源域が拡大し、すべり量 (地震の大きさ) も大きい (M8.2→M8.5)。 また、震源域に港区直下が含まれ、地殻変動が大規模となっている。</p> <p>○震源から港区境までの水平距離：約50km ○震源の深さ：約10km</p>	 <p>南海トラフの地震 (今後30年以内発生確率：70~80%) のうち巨大なもの。震源域が港区から100km以上離れているため、地殻変動による影響は少なく、津波水位も低くなっている。</p> <p>○震源から港区境までの水平距離：約450km ○震源の深さ：約10km</p>
図③ 大正関東地震 (M8.2)	図④ 元禄関東地震 (M8.2)
 <p>断層すべり量 Mw=8.2 ※剛性率は 4.1×10^{10} (N) を用いた</p> <p>図①元禄関東地震 (M8.5) と同じ相模トラフの地震だが、発生間隔は200~400年程度と短く、今後30年以内発生確率は0~6% 「首都直下地震緊急対策推進基本計画」(H27閣議決定)の対象地震。 震源域に港区直下が含まれておらず、地殻変動が小規模となっている。</p> <p>○震源から港区境までの水平距離：約50km ○震源の深さ：約10km</p>	 <p>Mw=8.2</p> <p>震源域に港区直下が含まれ、地殻変動が大規模となっている。</p> <p>○震源から港区境までの水平距離：約50km ○震源の深さ：約10km</p>

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クラスの地震等に関する図表集〜」(中央防災会議、平成25(2013)年12月)

「南海トラフ巨大地震の被害想定について(第二次報告)」(中央防災会議、平成24(2012)年8月)

津波シミュレーションの想定地震選定経緯の概要は以下の通りです。

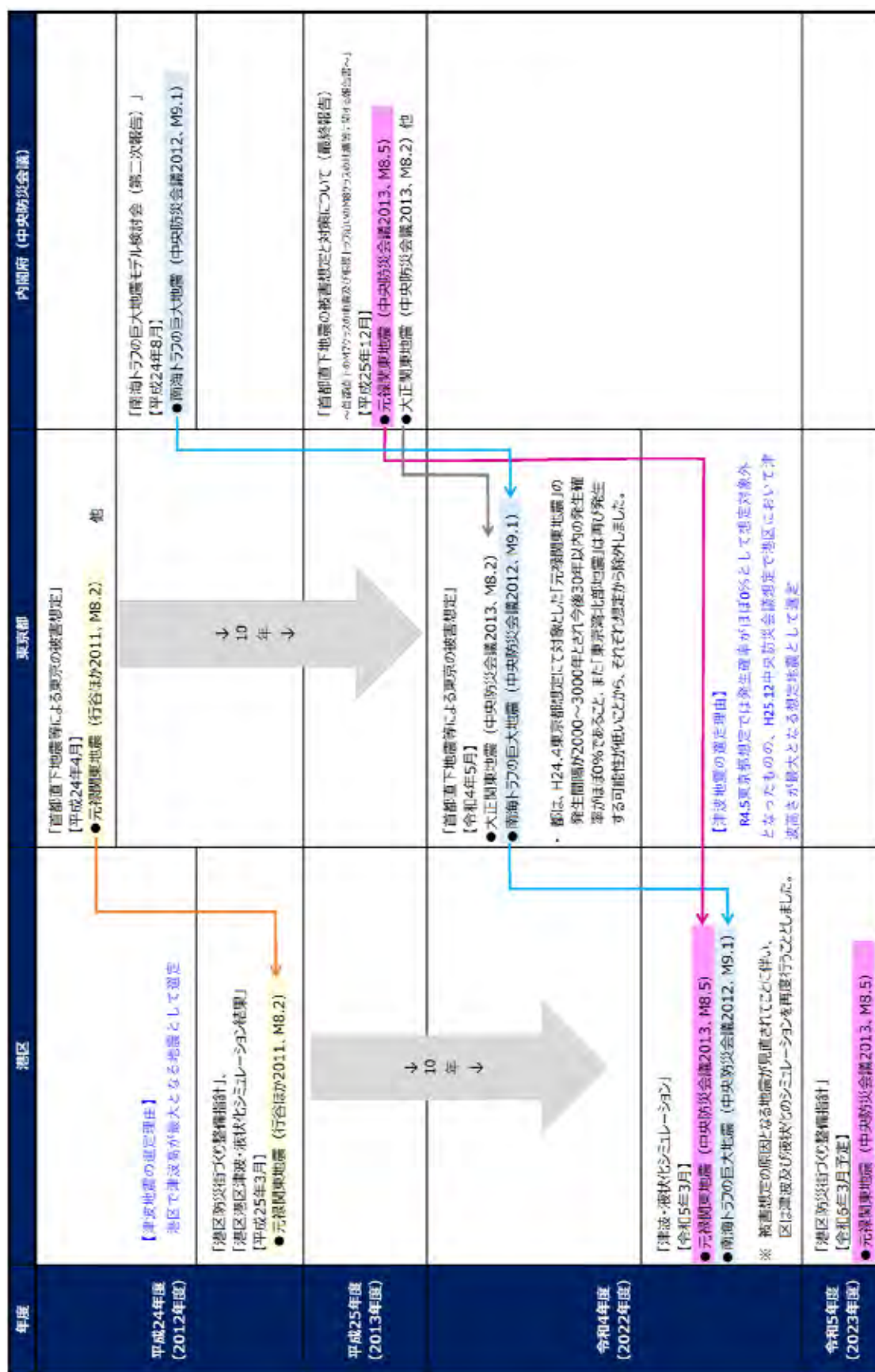


図 40 津波シミュレーションの変遷

(5) 津波シミュレーション結果の見解について

前回の予測と同様の「元禄関東地震」を想定しているものの、中央防災会議（H25.12）が公表した、より大きな断層モデル（前回：M8.2、今回：M8.5）を基に予測したことで、地殻変動（沈下）が大きく、津波水位が高くなり、その結果として区内の浸水範囲が広がっています。

また、H25.3 港区想定では東日本大震災による浦安市での実績を基に、一律 50cm 沈下を想定しましたが、今回は、R4.5 東京都想定、H25.12 中央防災会議想定において、250m メッシュの液化沈下量が予測されていることから、これらの結果を活用しました。

この予測結果を踏まえ、浸水予想範囲内に住まわれている方や活動されている方は、津波の陸地への浸水が始まると考えられる地震発生から約 70 分後（実際には想定より早く津波が到達する場合があります。）までには高台や中高層建築物への迅速な避難が必要となります。また、多くのエリアでは地震発生から約 150 分後以降にも浸水することから、避難を継続することが必要です。

6. 津波シミュレーションの結果概要

①予測実施の背景

港区では、平成 25（2013）年 3 月に、区において津波高が最大となる地震として「元禄関東地震」（M8.2；行谷ほかモデル（平成 23（2011）年））を選定し、区独自の津波シミュレーションを実施しました。

その後、平成 25（2013）年 12 月に、中央防災会議が「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）」を公表し、「元禄関東地震」について震源域を拡大した新たなモデル（M8.2→M8.5）を設定しました。

さらに、令和 4（2022）年 5 月に、東京都が「首都直下地震等による東京の被害想定」を公表し、平成 24（2012）年 4 月に公表した従来の被害想定で選定された「元禄関東地震」ではなく、より規模の小さい「大正関東地震」等が選定されました。

これらの H25.3 港区想定以降の動きや新たな知見を踏まえ、港区にとって最悪の事態をもたらす条件による想定をするため、区独自に新たな津波シミュレーションを実施しました。

②想定地震の選定

今回想定では、次の 2 つの地震を選定しました。

表 11 想定地震

想定地震	選定理由
「元禄関東地震」（M8.5） ※最大クラスの想定地震	<ul style="list-style-type: none"> 国土交通省の「津波浸水想定の設定の手引き」（H24.2）において「津波浸水想定は、科学的知見を踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの津波を対象に設定する。」としている。 R4.5 東京都想定では、30 年発生確率がほぼ 0%として想定の対象から除外されているが、H25.12 中央防災会議想定が想定の対象としていることを踏まえ、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの想定地震として選定 <p><参考></p> <ul style="list-style-type: none"> 同じく東京湾沿岸の神奈川県、千葉県も H25.12 中央防災会議想定を踏まえ、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津波として元禄関東地震を選定 R4.5 東京都想定では、大正関東地震を選定（元禄関東地震の今後 30 年以内の発生確率がほぼ 0%として、想定を大正関東地震に変更）
「南海トラフの巨大地震」（M9.1） ※より発生の可能性が高い南海トラフの地震の中で最も規模が大きい地震	<ul style="list-style-type: none"> R4.5 東京都想定で想定の対象としていることを踏まえ、より発生の可能性が高い南海トラフの地震の中で最も規模が大きい地震として選定 <p><参考></p> <ul style="list-style-type: none"> R4.5 東京都想定でも選定

③予測条件・結果

H25.3 港区想定と同様、最悪の事態を考慮し、防潮堤、水門・陸こうがすべて損傷により機能しない場合、液状化による地盤沈下についても想定しました。その結果、津波最大水位は最大 T.P.+3.3m（ケース A）となりました。

表 12 予測条件と結果一覧

	今回想定				【参考】R4.5 東京都想定		【参考】H25.12 中央防災会議想定	【参考】H25.3 港区想定	
	ケース A※1	ケース B※1	ケース C	ケース D					
想定地震	元禄関東地震（M8.5） ^{図①}		南海トラフの巨大地震（M9.1） ^{図②}		大正関東地震（M8.2） ^{図③}		元禄関東地震（M8.5） ^{図①他}	元禄関東地震（M8.2） ^{図④}	
予測条件	計算精度 5m メッシュ 台場のみ 10m メッシュ				10m メッシュ		10m メッシュ	5m メッシュ 台場のみ 10m メッシュ	
	地殻変動 65～74cm 沈下		8cm 沈下		5～9cm 沈下	10～11cm 沈下	70cm 程度沈下	40cm 程度沈下	
	液状化による地盤沈下 0～20cm 沈下 ※2		0～7cm 沈下 ※3		0～4cm 沈下 R4.5 都想定から引用		不明	・発生しない ・区内一律 50cm 沈下	
	防潮堤 すべて機能しない		すべて健全に機能		すべて機能しない	すべて健全に機能	耐震性あり：健全 耐震性なし：地震と同時に倒壊	健全 ・すべて健全に機能 ・すべて機能しない	
	水門 陸こう すべて機能しない		すべて健全に機能		すべて機能しない	すべて健全に機能	常時閉鎖又は確実に閉鎖可能な施設：閉鎖 それ以外の施設：開放	開放 ・すべて健全に機能 ・すべて機能しない	
結果	津波最大水位(T.P.)※4	3.3m	3.2m	2.2m	2.1m	2.00m	2.37m	3.4m	2.4m

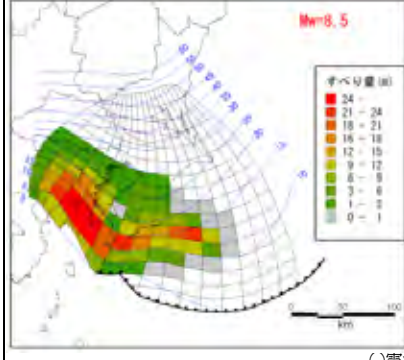
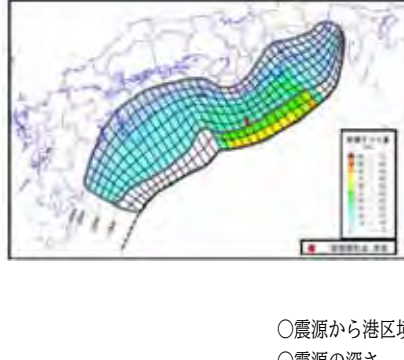
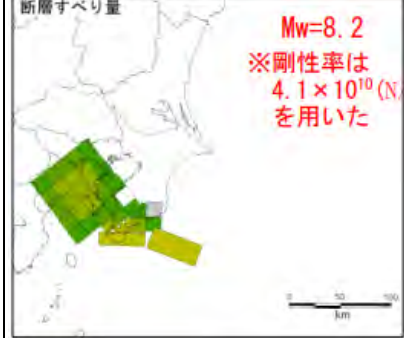
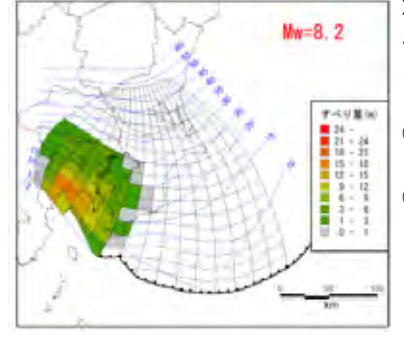
※1 ケース A、B については、今回更新する港区津波ハザードマップに掲載

※2 ケース A の液状化による地盤沈下の値は、H25.12 中央防災会議想定の大正関東地震（M8.2）の結果を準用

※3 ケース B の液状化による地盤沈下の値は、R4.5 東京都想定の大正関東地震（M8.2）の結果を準用

※4 津波最大水位（T.P.）は地殻変動の影響を考慮し、液状化による地盤沈下を考慮していません

表 13 想定地震の位置と特徴

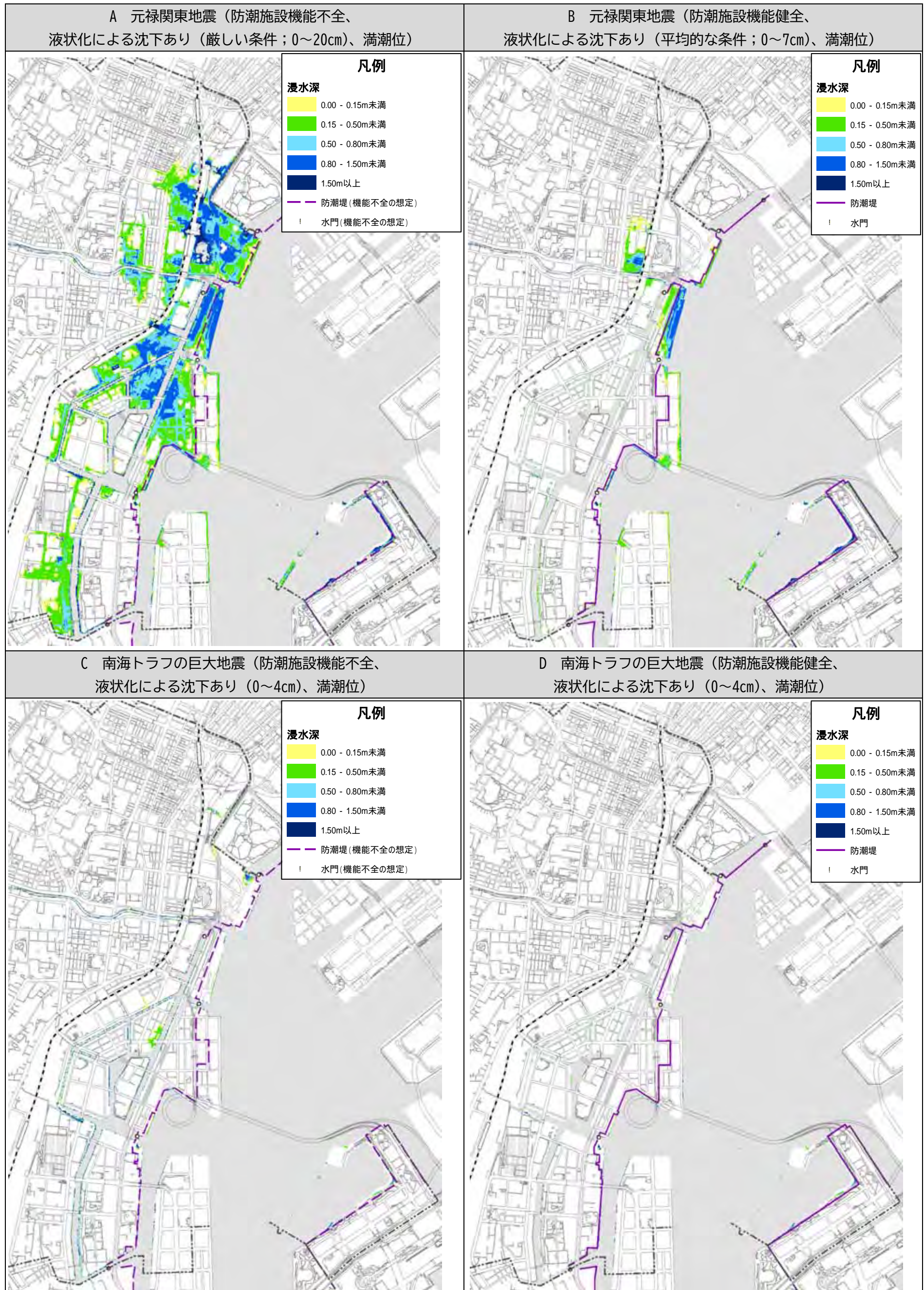
図① 元禄関東地震（M8.5）	図② 南海トラフの巨大地震（M9.1）
 <p>過去に東京湾で発生したと考えられる津波のなかで最大の地震だが、今後 30 年以内発生確率はほぼ 0%。 図④元禄関東地震（M8.2）と比べて震源域が拡大し、すべり量（地震の大きさ）も大きい（M8.2→M8.5）。 また、震源域に港区直下が含まれ、地殻変動が大規模となっている。 ○震源から港区境までの水平距離：約 50km ○震源の深さ：約 10km</p>	 <p>南海トラフの地震（今後 30 年以内発生確率：70～80%）のうち巨大なもの。震源域が港区から 100km 以上離れているため、地殻変動による影響は少なく、津波水位も低くなっている。 ○震源から港区境までの水平距離：約 450km ○震源の深さ：約 10km</p>
図③ 大正関東地震（M8.2）	図④ 元禄関東地震（M8.2）
 <p>断層すべり量 Mw=8.2 ※剛性率は $4.1 \times 10^{10} (N)$ を用いた</p> <p>図①元禄関東地震（M8.5）と同じ相模トラフの地震だが、発生間隔は 200～400 年程度と短く、今後 30 年以内発生確率は 0～6% 「首都直下地震緊急対策推進基本計画」（H27 閣議決定）の対象地震。 震源域に港区直下が含まれておらず、地殻変動が小規模となっている。 ○震源から港区境までの水平距離：約 50km ○震源の深さ：約 10km</p>	 <p>震源域に港区直下が含まれ、地殻変動が大規模となっている。 ○震源から港区境までの水平距離：約 50km ○震源の深さ：約 10km</p>

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 クラスの地震等に関する図表集～」（中央防災会議、平成 25（2013）年 12 月）
「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）」（中央防災会議、平成 24（2012）年 8 月）

④各ケースの浸水予測区域

津波シミュレーションの結果、A～Dの4つのケースについて浸水予測区域を示します。なお、浸水予測区域は区内のみの表示とします。

表 14 各ケースの津波浸水予測図



背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

液状化シミュレーション結果

1. 液状化シミュレーションの概要

(1) 予測実施の背景

港区では、平成 25（2013）年 3 月に、「東京湾北部地震」（M7.3）を対象に、区独自の液状化予測（以下「H25.3 港区想定」という。）を実施しました。

その後、H25.12 中央防災会議想定において、「東京湾北部地震」（M7.3）が大正関東地震の断層すべりにより既に応力が解放された領域にあると推定されるとして想定の対象外とし、首都直下地震として新たに「都心南部直下地震」（M7.3）等が選定されました。

なお、H25.12 中央防災会議想定による「都心南部直下地震」（M7.3）と「東京湾北部地震」（M7.3）の震度分布図を比較すると、港区においては「都心南部直下地震」（M7.3）の震度が大きい結果となっています。また、「元禄関東地震」（M8.5）の震度分布図と比較しても、港区は破壊の中心である震源から 50km 以上離れているため、震度は「都心南部直下地震」（M7.3）の方が大きい結果となっています。

さらに、R4.5 東京都想定でも、H25.12 中央防災会議想定を踏まえ「東京湾北部地震」は想定から除外し、新たに「都心南部直下地震」（M7.3）等を選定しました。

一方、H25.12 中央防災会議想定や R4.5 東京都想定において公表された液状化危険度（PL 値）のメッシュサイズは 250m であり、H25.3 港区想定 の 50m メッシュよりも精度が低くなっています。

こうした H25.3 港区想定以降の動きや新たな知見を踏まえ、港区で最も液状化の危険が大きい地震をあらためて選定し、より詳細な 50m メッシュの精度で液状化の可能性を評価するため、区独自に新たな液状化シミュレーションを実施しました。

(2) 液状化シミュレーションの流れ

液状化シミュレーションの流れを以下に示します。

1 想定地震の選定 (P52~57)

想定地震は、R4.5 東京都想定を踏まえ、港区にとって最も影響が大きい地震である「都心南部直下地震」(M7.3)を選定しました。



2. 追加ボーリングデータ・土質試験結果の収集 (P58)

H25.3 港区想定以降、新たに調査され公開されている区内のボーリングデータを新規に収集しました。



3. 予測条件 (P59~72)

予測手法は、R4.5 東京都想定と同様に最新の道路橋示方書 (H29.11) に準拠し、物性値、地下水位については、区の特性を踏まえるため H25.3 港区想定を基本としつつ、追加ボーリングデータ・土質試験結果を踏まえて設定しました。



4. 液状化シミュレーションの実施 (P73~82)

液状化シミュレーションを実施し、50m メッシュ精度での危険度評価を実施しました。なお、表示方法は PL 値のみでなく、前回と同様に PL 値と地形分類の判定による総合評価としました。

●液状化発生のメカニズム

液状化とは、地震によって地盤が一時的に液体のようになってしまう現象で、地盤の上の建物を傾かせたり沈ませたりします。

一定のバランスを保っている地下水で飽和した状態にある砂層が（①の状態）、強い地震によって揺すられると、砂と砂のすき間にある水に圧力がかかり、砂粒子同士のかみ合いがはずれます。かみ合わせがはずれてしまった砂粒子は水の中に浮いた状態となります（②の状態）。液体状になった砂粒子は、地震による圧力がかかっているため、地盤のわずかな割れ目などから地表にあふれ出します。地震後は、地盤への圧力が減少し、砂粒子の沈降と再配列が起こります（③の状態）。このように地盤があたかも液体のようになる現象を「液状化現象」と呼んでいます。

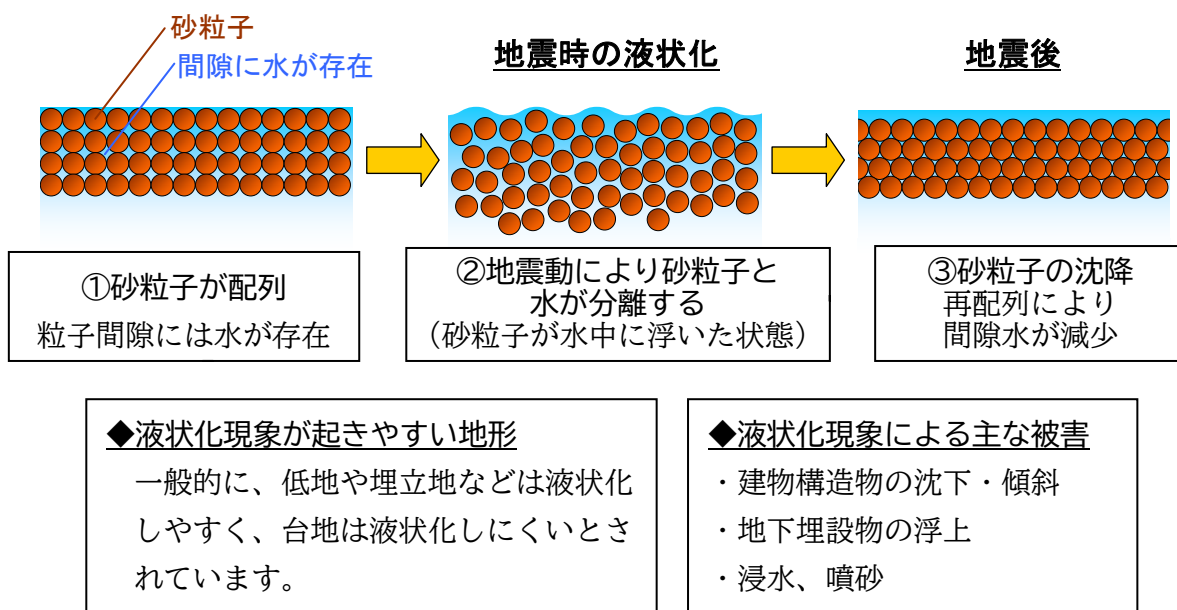


図 41 液状化発生のメカニズムと概要

※科学技術振興機構 HP を基に作成

2. 想定地震の選定

(1) 各機関による液状化シミュレーション

H25.3 港区想定以降、中央防災会議や東京都等により、液状化シミュレーションが行われています。それらの想定地震と精度、評価方法は以下の通りです。

主なシミュレーション結果については、次ページ以降に示します。

表 15 各機関による想定地震と精度・評価方法

	想定地震	精度・評価方法
H24.4 東京都想定	<ul style="list-style-type: none"> ・東京湾北部地震 (M7.3) 等 ※東京湾北部地震 (M7.3) は、どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、被害が最も大きい地震 (中央防災会議 (H17)) 	250mメッシュ (PL 値)
H25.3 港区想定	<ul style="list-style-type: none"> ・東京湾北部地震 (M7.3) ※H24.4 東京都想定 of 想定地震のうち、区内で最も影響が大きい 	50mメッシュ (総合評価) ※区が保有する約 8,600 本のボーリングデータを活用
H25.12 中央防災会議想定	<ul style="list-style-type: none"> ・都心南部直下地震 (M7.3) 等 ※都心南部直下地震 (M7.3) は、どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震 	250mメッシュ (PL 値)
「東京の液状化予測図」 (東京都土木技術支援・人材育成センター、R4.3)	<ul style="list-style-type: none"> ・特定の地震を想定せず一律震度 6 弱 (大正関東地震レベル) の地震動を付与 	250mメッシュ (総合評価)
R4.5 東京都想定	<ul style="list-style-type: none"> ・都心南部直下地震 (M7.3) 等 	250mメッシュ (PL 値) ※区が保有する約 8,600 本のボーリングデータを反映 ※揺れを補正するため新たに微動アレイ観測データを活用

①R4.5 東京都想定

都が想定した首都直下地震のなかでは、「都心南部直下地震」(M7.3) が最も液状化危険度が高くなっています。

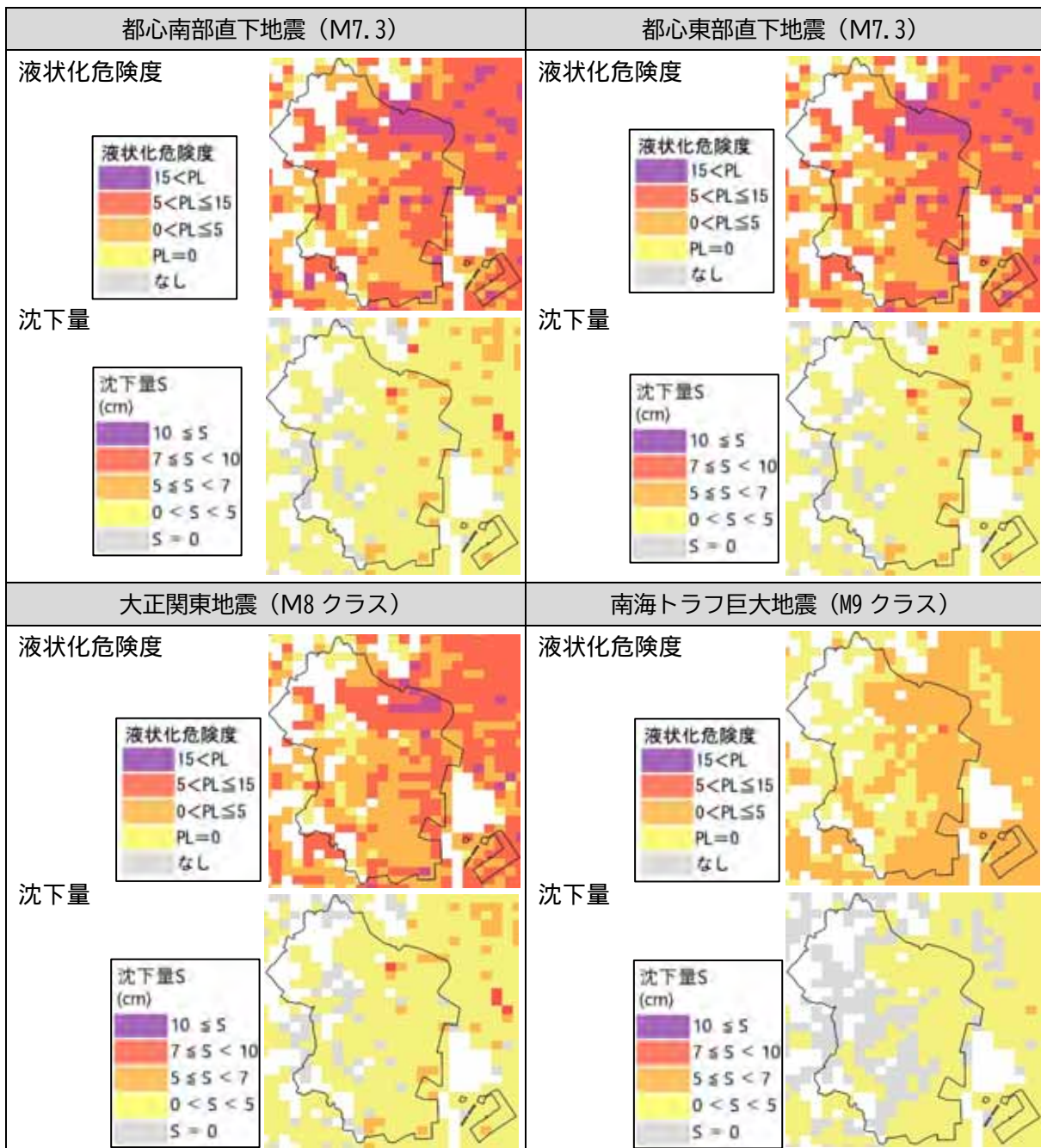


図 42 R4.5 東京都想定による液状化危険度と沈下量

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」(東京都, 令和4(2022)年5月)

一般的に液状化危険度が高いといわれる PL 値 15 以上（概ね液状化面積率 20%以上）は「都心南部直下地震」でも新橋周辺のみとなっています。また、今回の想定で新たに沈下量を算出していますが、最大でも 5~10cm 程度となっています。

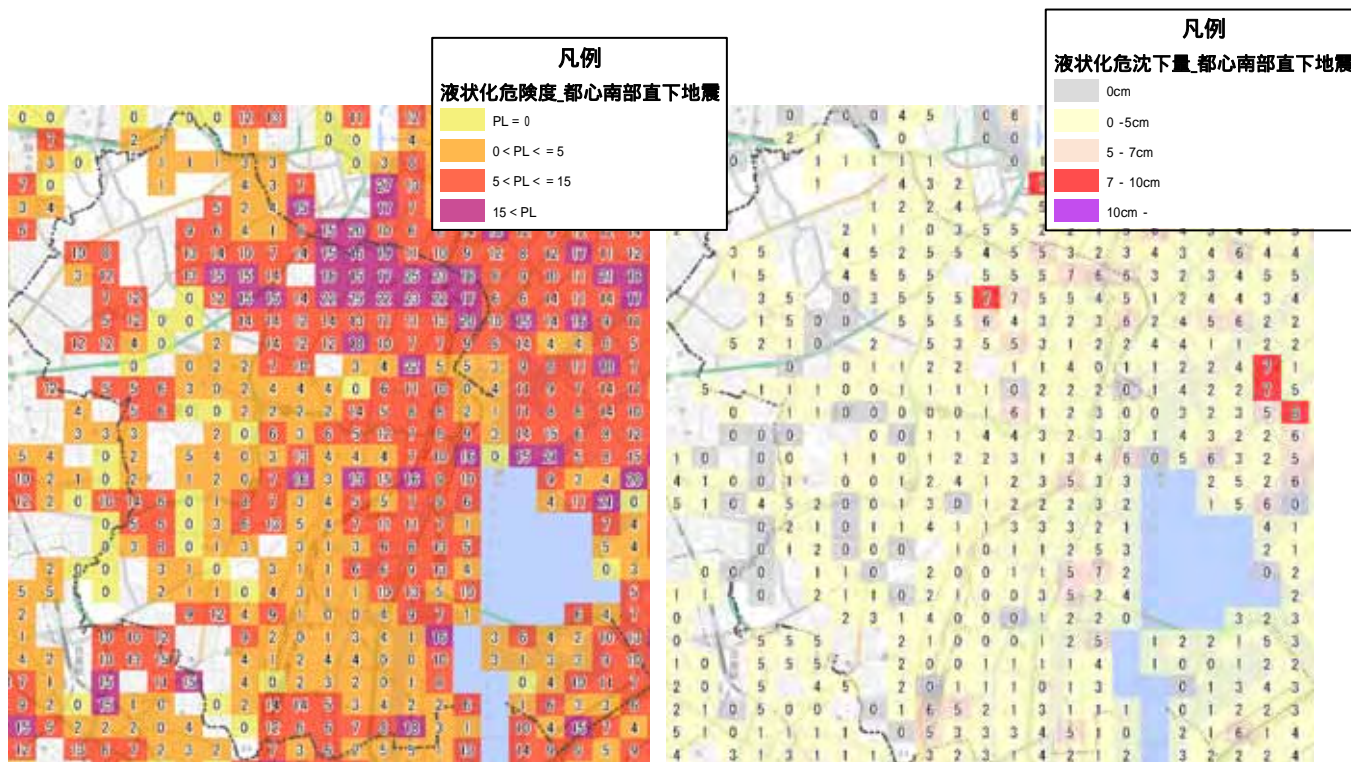


図 43 液状化危険度（都心南部直下地震）

※数値は各メッシュの PL 値

図 44 液状化沈下量（都心南部直下地震）

※数値は各メッシュの沈下量（cm）

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）

背景図の出典：地理院地図（R4）

表 16 PL 値による液状化危険度判定区分

	PL=0	0<PL≤5	5<PL≤15	PL>15
PL 値による液状化危険度判定	液状化危険度は極めて低い。液状化に関する詳細な調査は不要	液状化危険度は低い。特に重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要	液状化危険度がやや高い。重要な構造物に対してはより詳細な調査が必要。液状化対策が一般には必要	液状化危険度が高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

※特に 5 cm 以上の沈下が発生した場合などは、住宅の傾斜に伴う出入りの困難や、電柱の沈下や傾倒による架線の切断、停電や断水、ガス停止が発生するなど、継続的な居住や日常生活が困難となります。

出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）

②H25.12 中央防災会議想定等

H25.12 中央防災会議想定「都心南部直下地震」では、区の沿岸部の多くが液状化可能性「大」(PL 値 15 以上に相当)、沈下量は最大 20cm となっています。

H25.12 中央防災会議想定と同じ地震を想定しているにも関わらず、R4.5 東京都想定では、区の沿岸部の多くが PL 値 15 未満、沈下量は最大 5cm 程度と低くなっています。この理由として、R4.5 東京都想定では地盤モデルに新たに微動アレイ観測データを活用し、モデルの精度が向上したことが考えられます。

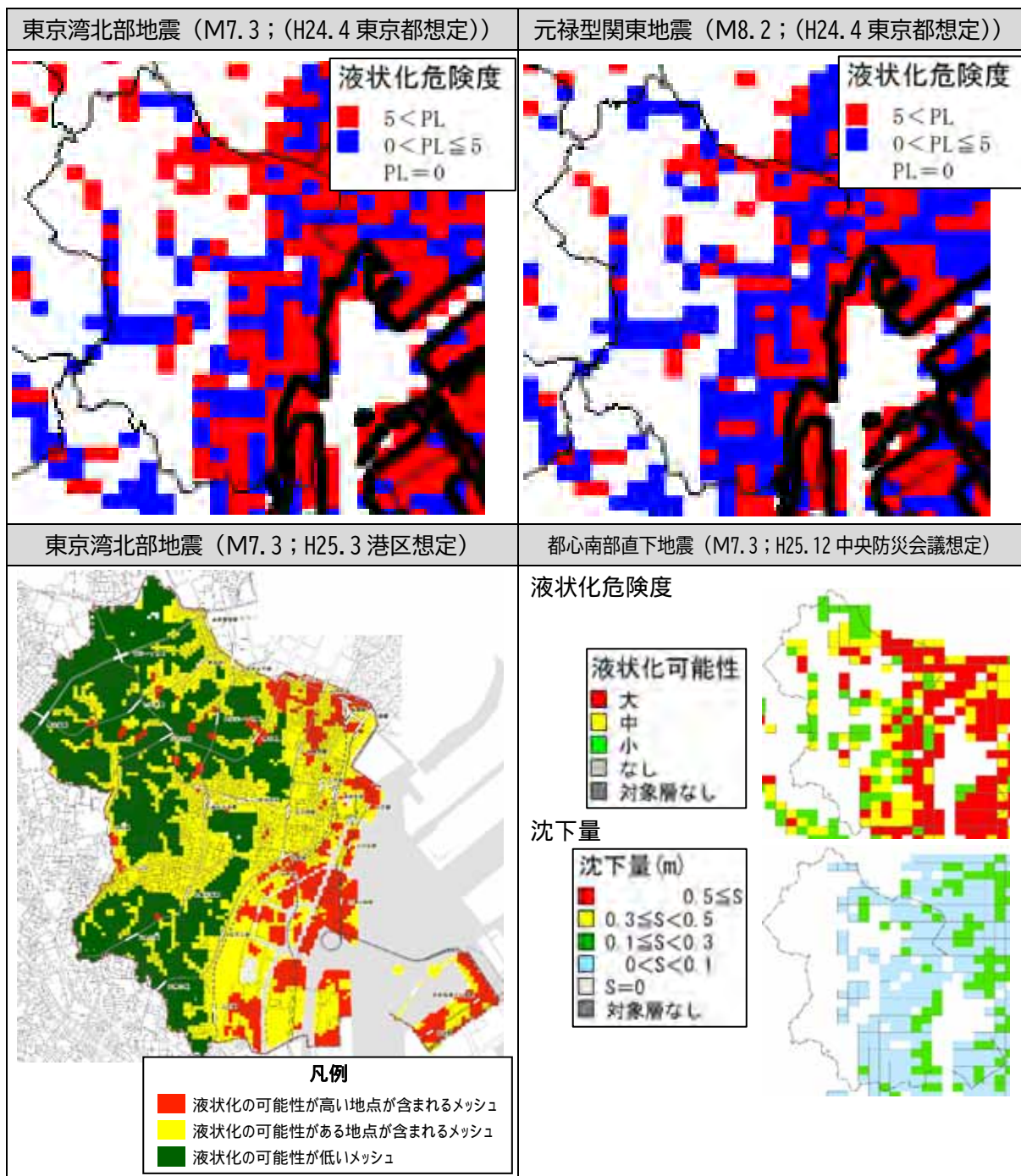


図 45 液状化危険度と沈下量

出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」(東京都，平成 24 (2012) 年 4 月)
 「首都の 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」
 (中央防災会議，平成 25 (2013) 年 12 月) を基に作成

③東京の液状化予測図

東京都では、地震被害想定とは別に「東京の液状化予測図」を公開しています（最新版は令和3（2021）年度改訂）。「東京の液状化予測図」では、PL 値（地盤データから算出される液状化のしやすさを表す値）だけではなく、液状化履歴、地形等を総合的に評価して、液状化の可能性を判定しています（区独自シミュレーションと同様の総合評価）。また、公開可能なボーリングデータ（柱状図）及びその地点の PL 値も公開しています。

なお、特定の地震を想定せず、一律震度6弱の地震動を付与しています。

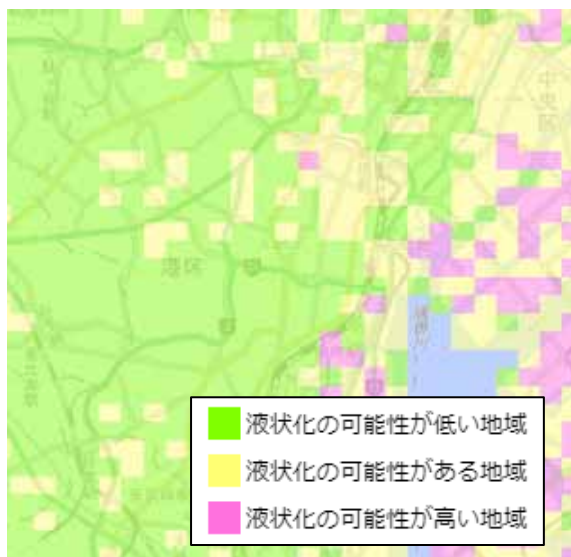


図 46 液状化危険度（総合評価）

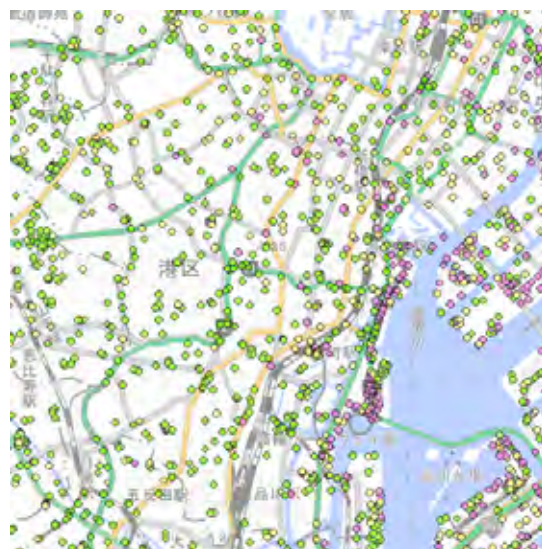


図 47 ボーリングデータ地点ごとの PL 値

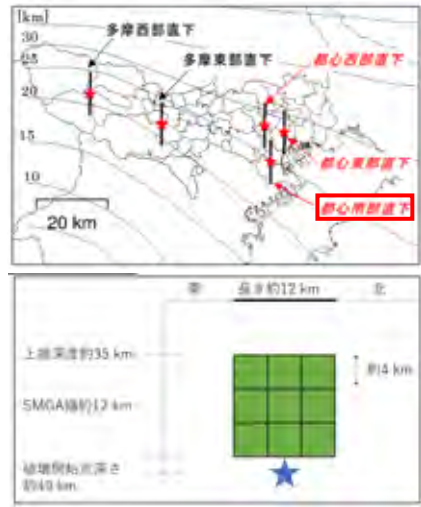
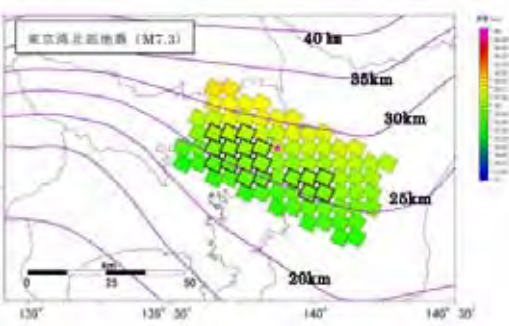
出典：「東京の液状化予測図」（東京都，令和3（2021）年度改訂）

(2) 想定地震の選定

H25.3 港区想定以降の動きや新たな知見を踏まえ、R4.5 東京都想定において、「どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震」であり、港区にとって最も影響が大きい（想定震度が大きく、液状化危険度が高い）「都心南部直下地震」（M7.3）を選定しました。

なお、H25.12 中央防災会議想定による「都心南部直下地震」（M7.3）は、「東京湾北部地震」（M7.3）や「元禄関東地震」（M8.5）の震度分布図を比較すると、港区においては最も震度が大きい結果となっています。

表 17 想定地震の位置と特徴

図① 都心南部直下地震 (M7.3)	図② 東京湾北部地震 (M7.3)
 <p>震源が港区に近く、H25.12 中央防災会議想定、R4.5 東京都想定で想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離：約 5km ○震源の深さ：35～50km 	 <p>震源が港区に近く、H24.4 東京都想定が想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離：約 10km ○震源の深さ：20～35km

出典：「首都直下地震等による東京の被害想定」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）
「首都直下地震等による東京の被害想定」（東京都，平成 24（2012）年 4 月）

表 18 選定した地震

想定地震	選定理由
「都心南部直下地震」（M7.3）	H25.12 中央防災会議想定、R4.5 東京都想定において、「どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震」であり、港区にとって最も影響が大きい（想定震度が大きく、液状化危険度が高い）地震として選定しました。

3. 追加ボーリングデータ・土質試験結果の収集

H25.3 港区想定で活用した 8,601 本のボーリングデータに加え、H25.3 港区想定以降新たに調査され公開されているボーリングデータ 66 本を新規に追加しました。

表19 ボーリングデータ

出典	本数	備考
「港区地盤情報システム」 「公共施設、民間施設、建築 確認申請の柱状図データ」 「東京都港湾局保有データ」	8,601 本	H25.3 港区想定に活用 ・港区地盤情報システム：7,542 本 ・公共施設、民間施設、建築確認申請の柱状図データ：500 本 ・東京都港湾局保有：559 本
「東京の地盤」 (東京都土木技術支援・人材 育成センター)	63 本	
「KuniJiban」(土木研究所)	3 本	
合計	8,667 本	

収集したボーリングデータの平面分布状況は次のとおりです。

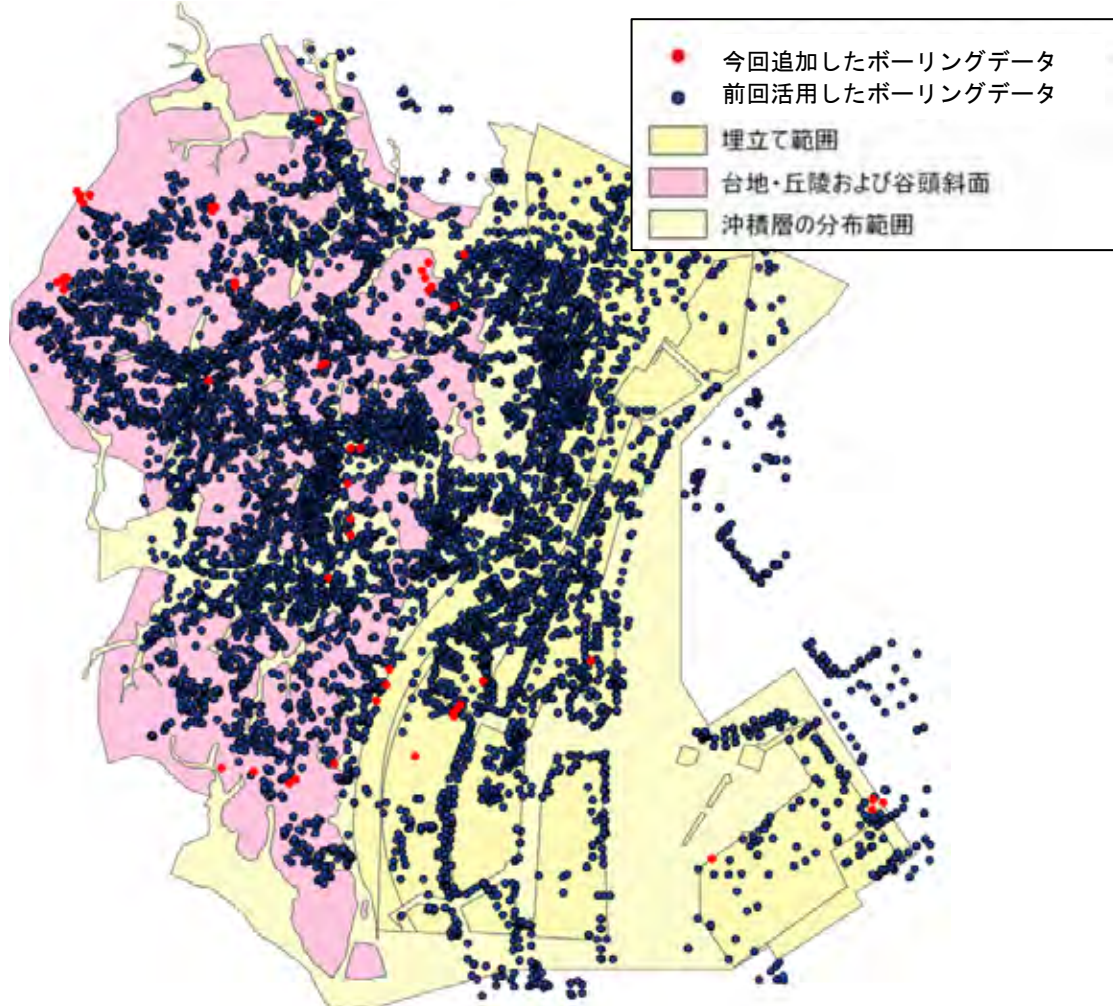


図 48 ボーリングデータの分布

4. 予測条件

予測手法は、R4.5 東京都想定と同様に、最新の道路橋示方書（H29.11）に準拠しました。物性値、地下水位については、区の特性を踏まえるため、また R4.5 東京都想定での液状化予測に係る地盤モデルデータを入手できないため、H25.3 港区想定を基本としつつ、追加ボーリングデータ・土質試験結果を踏まえて設定しました。

R4.5 東京都想定では、微動アレイ探査の活用等により、区内の地盤が従来想定よりも揺れにくいとされています。今回想定は、液状化判定の入力値である「地表加速度」に R4.5 東京都想定 of 予測結果を採用することで、微動アレイ探査等の最新の知見に基づく成果を踏まえたものとなっています。

表 20 予測条件

	今回想定	R4.5 東京都想定	H25.3 港区想定
計算精度	50m メッシュ	250m メッシュ	50m メッシュ
予測手法	FL法・PL法 道路橋示方書（H29.11）に準拠した手法	FL法・PL法 道路橋示方書（H29.11）に準拠した手法 また、中央防災会議（H25.12）の方法により沈下量も予測	FL法・PL法 道路橋示方書（H18）に準拠した手法
ボーリングデータ	区内約 8,667 本	区の想定と同程度と考えられる	区内約 8,601 本
地表加速度	R4.5 東京都想定による（50m メッシュ）	R4.5 東京都想定による（50m メッシュ）	区独自算出（50m メッシュ） ・H24.4 東京都想定 of 地表加速度データが 250m メッシュであったため
物性値（粒径、重さ等）	H25.3 港区想定設定による	不明	区内で実施された土質試験結果を基に整理
地下水位	H25.3 港区想定設定による	23 区・多摩地区 of ボーリングデータの地下水位と標高との関係式を作成	区内 of ボーリングデータから地下水面等高線を作成
評価	PL 値と地形分類等による総合評価	PL 値	PL 値と地形分類等による総合評価

※FL 法・PL 法：液状化対象層ごとに地震による地表加速度から液状化の可能性を評価する手法

※道路橋示方書の改定（H18→H29）により、物性値の評価方法が変更されています。

道路橋示方書（H29）の変更箇所 <動的せん断強度比 R>

$$R_L \text{ (繰返し三軸強度比)} = 0.0882\sqrt{(0.85N_a + 2.1)}/1.7 \quad (N_a < 14)$$

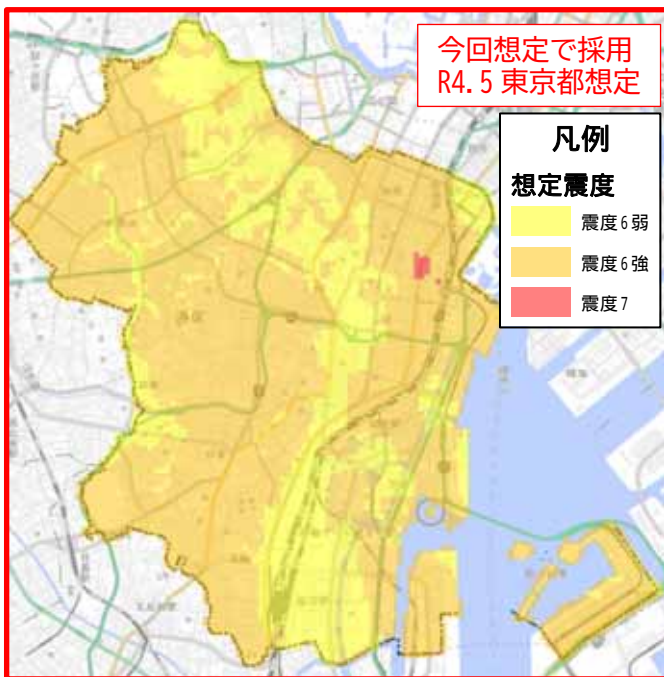
$$N_a \text{ (粒度の影響を考慮した補正 N 値)} = C_{FC}(N_1 + 2.47) - 2.47 \quad (D_{50} < 2\text{mm})$$

$$C_{FC} \text{ (細粒分含有率による N 値の補正係数)} = (FC + 20)/30 \quad (10\% \leq FC < 40\%)$$

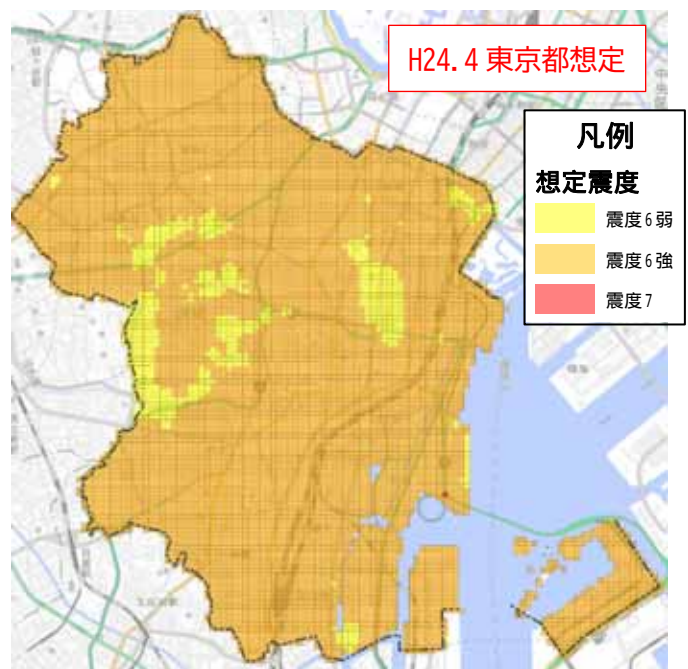
$$= (FC - 16)/12 \quad (40\% \leq FC)$$

(1) 地表加速度の設定

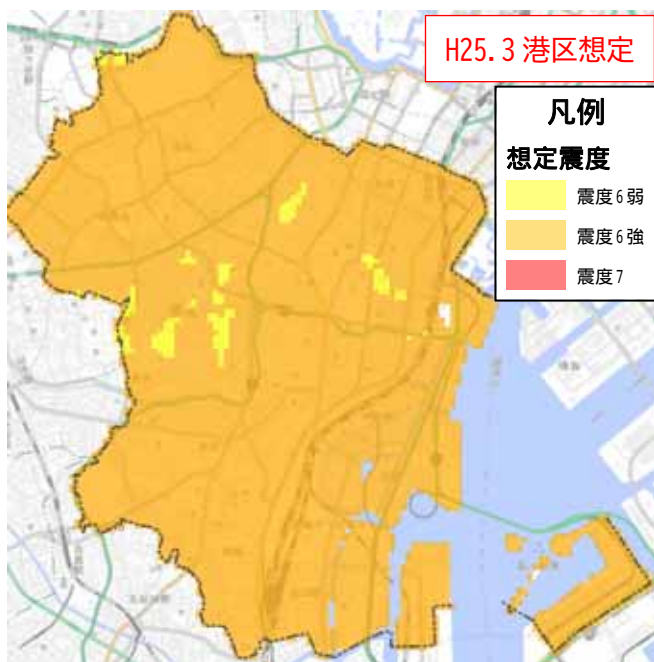
地表加速度は都の新たな想定データ（50m メッシュ）を活用しました。R4.5 東京都想定では、H24.4 東京都想定より想定震度が小さくなっています。



R4.5 東京都想定（都心南部直下地震）



H24.4 東京都想定（東京湾北部地震）



H25.3 港区想定（東京湾北部地震）

図 49 各想定における地表加速度（揺れやすさ）

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，平成 24（2012）年 4 月）

「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）

背景図の出典：地理院地図（R4）

(2) 物性値の設定

液状化判定にあたっては、土層（粘土層、砂層、礫層等）ごとに物性値（土の大きさ、土の密度等）を設定する必要があります。

今回想定では、前回の想定と同様に、区の地域特性を反映した物性値を設定するため、「東京低地の液状化予測」（東京都土木技術センター，昭和 62（1987）年 1 月）を基本に、区内で 199 箇所実施されている土質試験結果を用いました。

今回、平成 25（2013）年以降に実施された区内の土質試験結果 34 箇所分を、前回の物性値と比較した結果、前回と同等と判断できたので物性値を変更しないこととしました。以下に、土質ごとの比較結果を示します。

なお、R4.5 東京都想定では、物性値は、23 区・多摩地区のボーリングデータをもとに設定したとなっておりますが、詳細は不明です。

表 21 前回想定での物性値

土質分類	地下水下の単位堆積重量 t2	地下水面上の単位堆積重量 t1	平均粒径 D ₅₀			細粒分含有率 Fc			塑性指数 Ip			
	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(mm)			(%)			台地	沖積低地	埋立地	
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地			江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-		-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-		-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.013	0.014	0.01	94.0	84.0	88.3	57	50	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	85.4	75.4	75.6	60	56	>15	<15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.5	33.6	29.9	-	-		-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.21	23.9	15.0	20.5	-	-		-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-		-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-		-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-		-

赤字：土質試験結果からの採用値

地形要素および埋立時期を考慮して整理した結果、砂質シルトにおいて、江戸時代以前の埋立地とそれ以後の埋立地で塑性指数に明瞭な差異が認められました。その他の物性値については、埋立時期によりバラツキはあるものの、明瞭な差は認められません。

なお、土質試験結果がない、あるいは試験数が著しく少ない土質（5 試料未満）については、既往検討値（港区既往液状化マップ採用値）にて補完しています。

液状化現象は、埋立地や沖積低地等締まりの緩い砂地盤で生じやすいとされています。港区内の港湾部は、江戸時代から現在にかけて浚渫された埋立地が分布し、旧河川および谷地形沿いには沖積層が分布しています。埋立地や沖積層は、洪積層に比べ堆積後の続成作用の影響が少なく、締まりが緩いと想定され、物性値にも差異が認められる可能性が考えられます。このため、物性値は、主に洪積層からなる台地、沖積層からなる沖積低地、および埋立地に区分し、整理を行いました。また、特に埋立地等に分布する細粒土における塑性指数では、埋立後の経過年月により差異が生じることが考えられることから、埋立年代毎に整理を行いました。

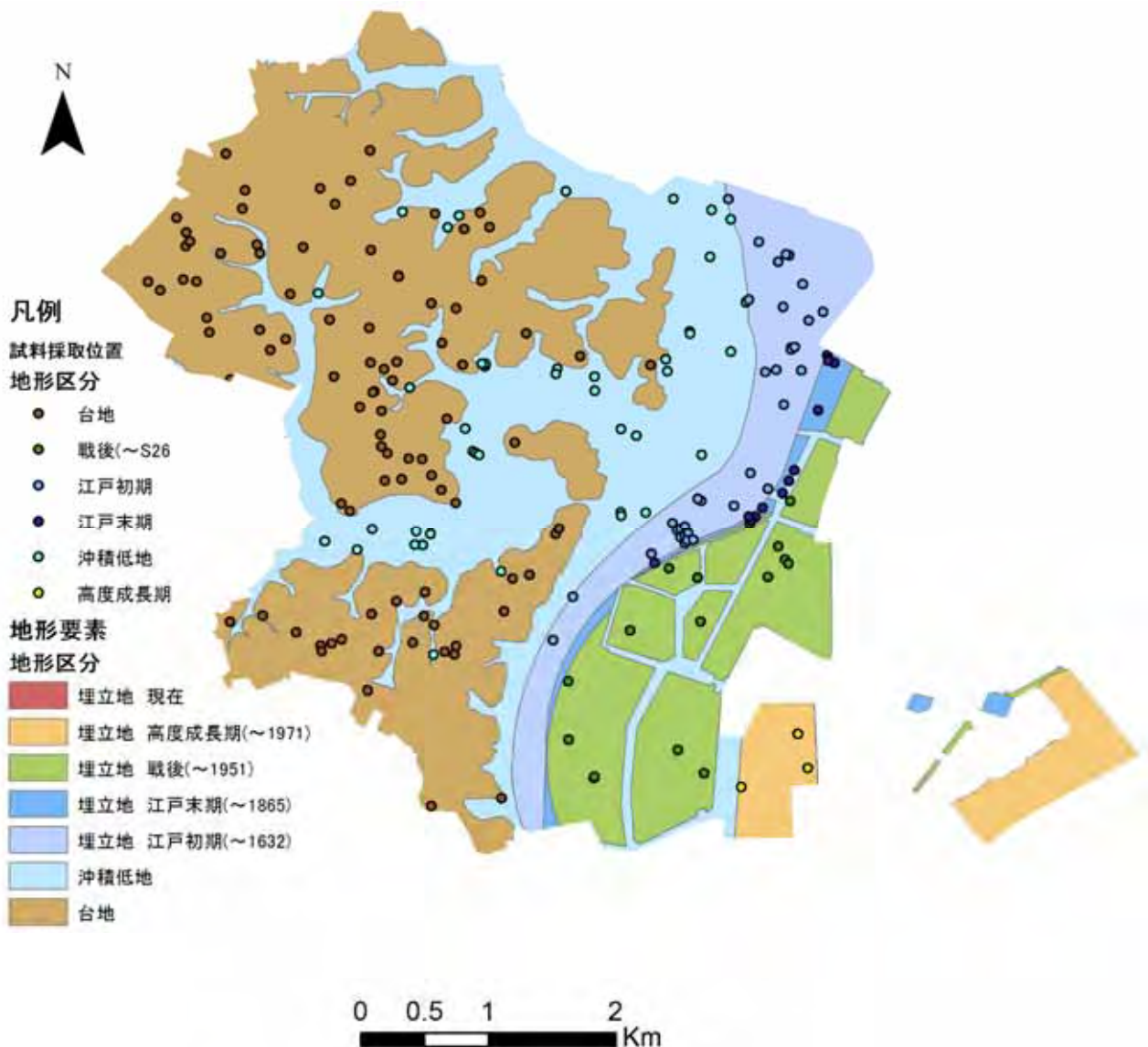


図50 土質試験採取位置の地形要素

※国土交通省HP「東京港の変遷」を基に作成

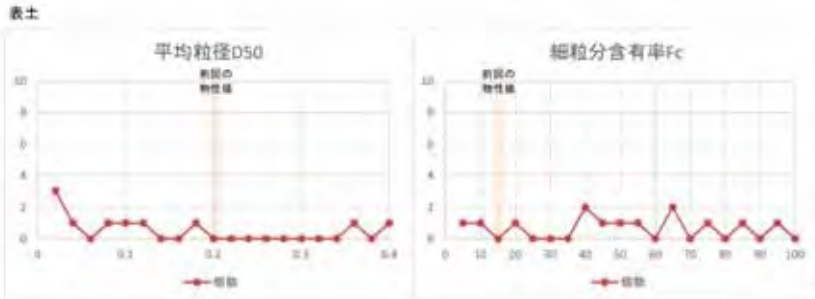
表22 土質試験試料一覧

	台地	沖積低地	埋立地				計	備考		
			江戸初期 (～1632年)	江戸末期 (～1865年)	戦後 (～1951年)	高度経済成長期 (～1971年)			現在	
ボーリング孔数	93	46	24	12	20	4	0	199	位置不明孔は含まない	
試料	207	101	128	74	49	8	0	567		
			60							
			259							

■今回設定した物性値

今回新たに追加した土質試験の整理結果を土質ごとにグラフで示します。

①表土



土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 $\gamma t2$ (kN/m ³)	地下水面上の 単位堆積重量 $\gamma t1$ (kN/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)			細粒分含有率 F _c (%)			塑性指数 I _p			
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	
											江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.015	0.015	0.01	94.0	94.0	88.3	57	24	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	86.4	86.4	75.6	60	26	45	45
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.3	23.3	29.9	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.24	23.3	15.0	20.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-	-	-

※土質試験結果からの採用値

図51 表土の土質試験整理結果

②粘土・シルト



土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 $\gamma t2$ (kN/m ³)	地下水面上の 単位堆積重量 $\gamma t1$ (kN/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)			細粒含有率 F _c (%)			塑性指数 I _p			
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	
											江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.013	0.014	0.01	94.0	84.0	88.3	57	50	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	85.4	75.4	75.6	60	66	45	45
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.5	33.6	29.9	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.21	23.9	15.0	20.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-	-	-

※*: 土質試験結果からの採用値

図52 粘土・シルトの土質試験整理結果

③砂質シルト



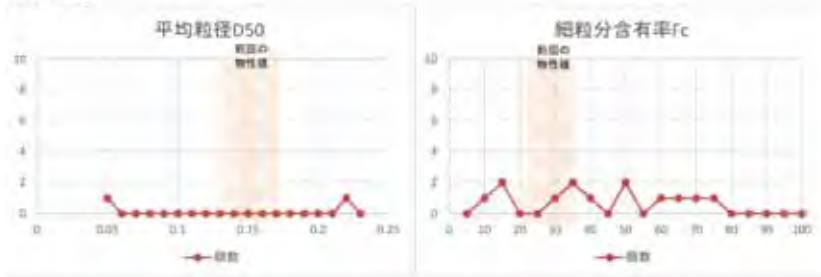
土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 $\gamma t2$ (kN/m ³)	地下水面上の 単位堆積重量 $\gamma t1$ (kN/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)			細粒含有率 F _c (%)			塑性指数 I _p			
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	
											江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.013	0.014	0.01	94.0	84.0	88.3	57	50	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	85.4	75.4	75.6	60	66	45	45
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.5	33.6	29.9	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.21	23.9	15.0	20.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-	-	-

※*: 土質試験結果からの採用値

図53 砂質シルトの土質試験整理結果

④シルト質細砂

シルト質細砂



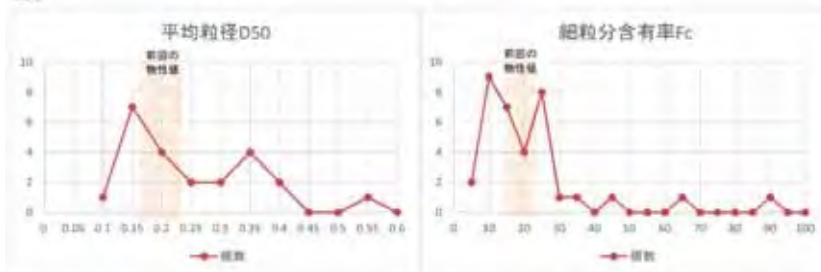
土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 γ_{t2}	地下水面上の 単位堆積重量 γ_{t1}	平均粒径 D_{50}			細粒分含有率 F_c			塑性指数 I_p			
			(mm)			(%)			台地	沖積低地	埋立地	
	(kN/m ³)	(kN/m ³)	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地			江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.013	0.014	0.01	94.0	88.0	88.0	57	50	29	29
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	95.4	75.4	75.4	60	30	15	15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.0	33.0	29.0	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.37	0.20	0.21	23.9	15.0	20.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	2.4	11.4	-	-	-	-

※表：土質試験結果からの採用値

図54 シルト質細砂の土質試験整理結果

⑤細砂

細砂



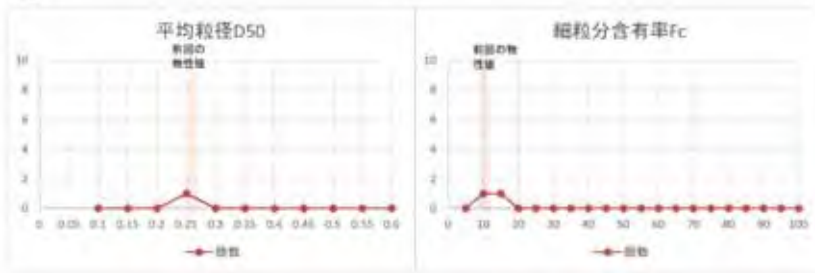
土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 γ_{t2}	地下水面上の 単位堆積重量 γ_{t1}	平均粒径 D_{50}			細粒分含有率 F_c			塑性指数 I_p			
			(mm)			(%)			台地	沖積低地	埋立地	
	(kN/m ³)	(kN/m ³)	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地			江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.013	0.014	0.01	94.0	88.0	88.0	57	50	29	29
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.03	95.4	75.4	75.4	60	30	15	15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	23.0	33.0	29.0	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.37	0.20	0.21	23.9	15.0	20.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	2.4	11.4	-	-	-	-

※表：土質試験結果からの採用値

図55 細砂の土質試験整理結果

⑥中砂

中砂



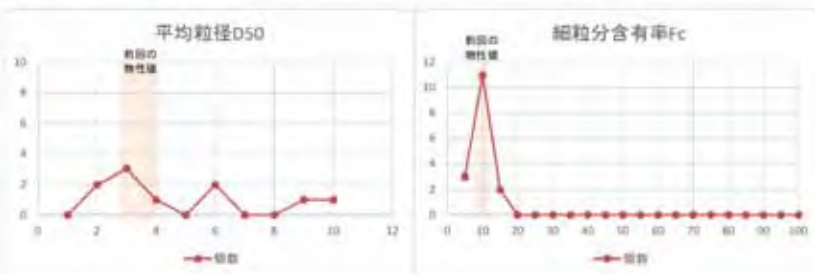
土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 γ _{t2} (kN/m ³)	地下水面上の 単位堆積重量 γ _{t1} (kN/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)			細粒分含有率 F _c (%)			塑性指数 I _p			
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	
											江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.015	0.015	0.01	98.0	84.0	89.2	57	50	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.018	0.04	0.05	98.4	78.4	75.6	60	50	15	15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.15	0.15	0.17	33.5	33.6	29.8	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.23	23.9	15.0	29.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-	-	-

※(2) 土質試験結果からの採用値

図56 中砂の土質試験整理結果

⑦砂礫

砂礫



土質分類	地下水面下の 単位堆積重量 γ _{t2} (kN/m ³)	地下水面上の 単位堆積重量 γ _{t1} (kN/m ³)	平均粒径 D ₅₀ (mm)			細粒分含有率 F _c (%)			塑性指数 I _p			
			台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	台地	沖積低地	埋立地	
											江戸時代以前	江戸時代以後
表土	19.0	17.0	0.20	0.20	0.20	15.0	15.0	15.0	-	-	-	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	0.015	0.015	95.0	95.0	95.0	-	-	-	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.015	0.01	0.01	94.0	81.0	89.2	57	50	33	33
砂質シルト	17.5	15.5	0.019	0.04	0.05	98.4	78.4	75.6	60	50	15	15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.13	0.13	0.17	33.5	33.6	29.8	-	-	-	-
細砂	19.0	17.0	0.17	0.20	0.23	23.9	15.0	29.5	-	-	-	-
中砂	19.5	17.5	0.28	0.28	0.28	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	0.40	0.40	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-
砂礫	21.0	19.0	3.0	3.0	4.2	10.0	7.4	11.4	-	-	-	-

※(2) 土質試験結果からの採用値

図57 砂礫の土質試験整理結果

(3) 地下水位の設定

収集したボーリングデータから作成した地下水面等高線と 5mメッシュ標高データから作成した各ボーリング地点の坑口標高をもとにボーリング地点の地下水位を設定しました。地下水面等高線の作成にあたり、収集したデータから GIS 上で等高線を作成した後、技術者による補正を行っています。以下に補正前後の地下水面等高線を示します。

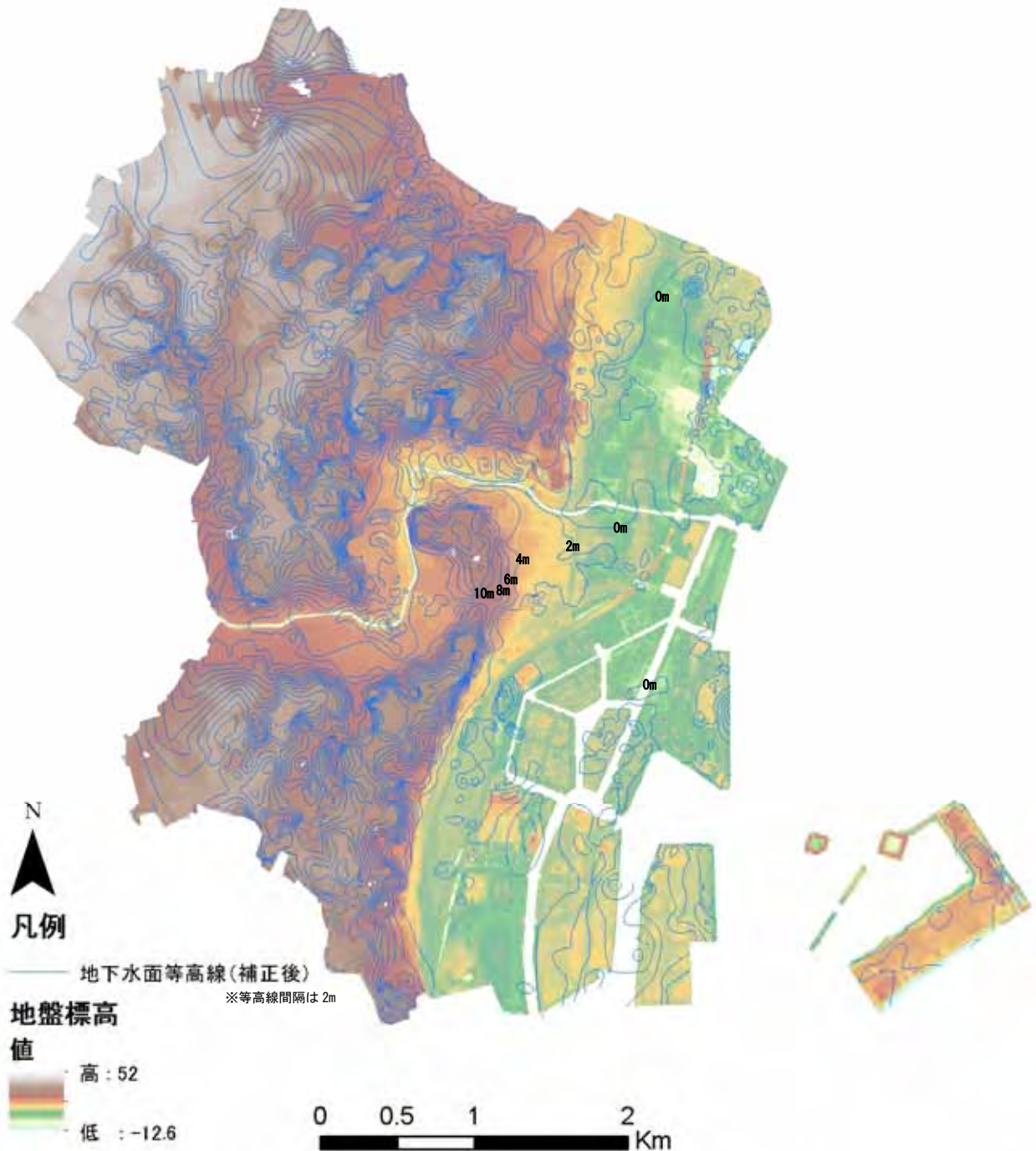


図 58 地下水面等高線 (補正後)

(4) 液状化判定の対象

道路橋示方書（平成 29（2017）年 11 月）およびボーリングデータの整理結果から、以下の条件に当てはまる土質について液状化判定の対象としました。

<p>(1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層</p> <p>沖積層の砂質土層で以下の 3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)によって液状化の判定を行わなければならない。</p> <p>1) 地下水位が現地盤面から10m 以内にあり、かつ、現地盤面から 20m 以内の深さに存在する飽和土層</p> <p>2) 細粒分含有率 FC が 35% 以下の土層、又は、FC が 35% を超えても塑性指数 I_p が 15 以下の土層</p> <p>3) 平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が 1 mm 以下である土層</p> <p style="text-align: right;">道路橋示方書 V 耐震設計編 (H29) による</p>
--

液状化判定に使用する物性値について、地形区分（台地、低地、埋立地）による物性値の違いを検討した結果、平均粒径、細留分含有率は地形区分による差はほとんどない結果であったことから、平均粒径および細粒分含有率は、土質試験の平均値および既往文献の値を考慮して下表のように設定しました。

ただし、砂質シルトについては埋立ての年代が新しいところで塑性指数が 15 以下となる地点があることから、戦後以降の埋立地については液状化判定の対象としました。

表23 物性値

土質分類	地下水下の単位堆積重量 t_2	地下水面上の単位堆積重量 t_1	平均粒径 D_{50}	10%粒径 D_{10}	細粒分含有率 F_c	塑性指数 I_p
	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(mm)	(mm)	(%)	
表土	19.0	17.0	0.20	-	15	-
腐植土	15.0	13.0	0.015	-	95	-
粘土・シルト	16.0	14.0	0.027	0.004	87	51
砂質シルト	17.5	15.5	0.099	0.010	68	<15
シルト質細砂	18.0	16.0	0.170	0.013	34	-
細砂	19.0	17.0	0.211	0.012	23	1
中砂	19.5	17.5	0.28	-	10	-
粗砂	20.0	18.0	0.40	-	10	-
砂礫	21.0	19.0	3.00	-	10	-

赤字：土質試験結果平均値

【参考】東京港の地盤

港区を含む東京港の地盤は、下位から前期更新世の上総層群、中期更新世の江戸川層と東京層、後期更新世の埋没段丘堆積物、後期更新世～完新世の沖積層から構成されています。

このうち、沖積層は埋立層の下位に存在する最も新しい時代に形成された地層であり、約2万年前に堆積した七号地層と1.1万年前頃から堆積した有楽町層の二層に大別されます。七号地層の堆積する最終氷期の頃には、古東京谷（現在の利根川、荒川、多摩川の前身が合流していた）とよばれる深い河谷が海へ注いでいたと考えられており、この谷を埋積する七号地層はきれいに礫層を伴い、主に河成から汽水成の砂層・泥層の互層から構成されています。有楽町層は下部の粘性土層と、上部の砂泥層・砂層からなります。

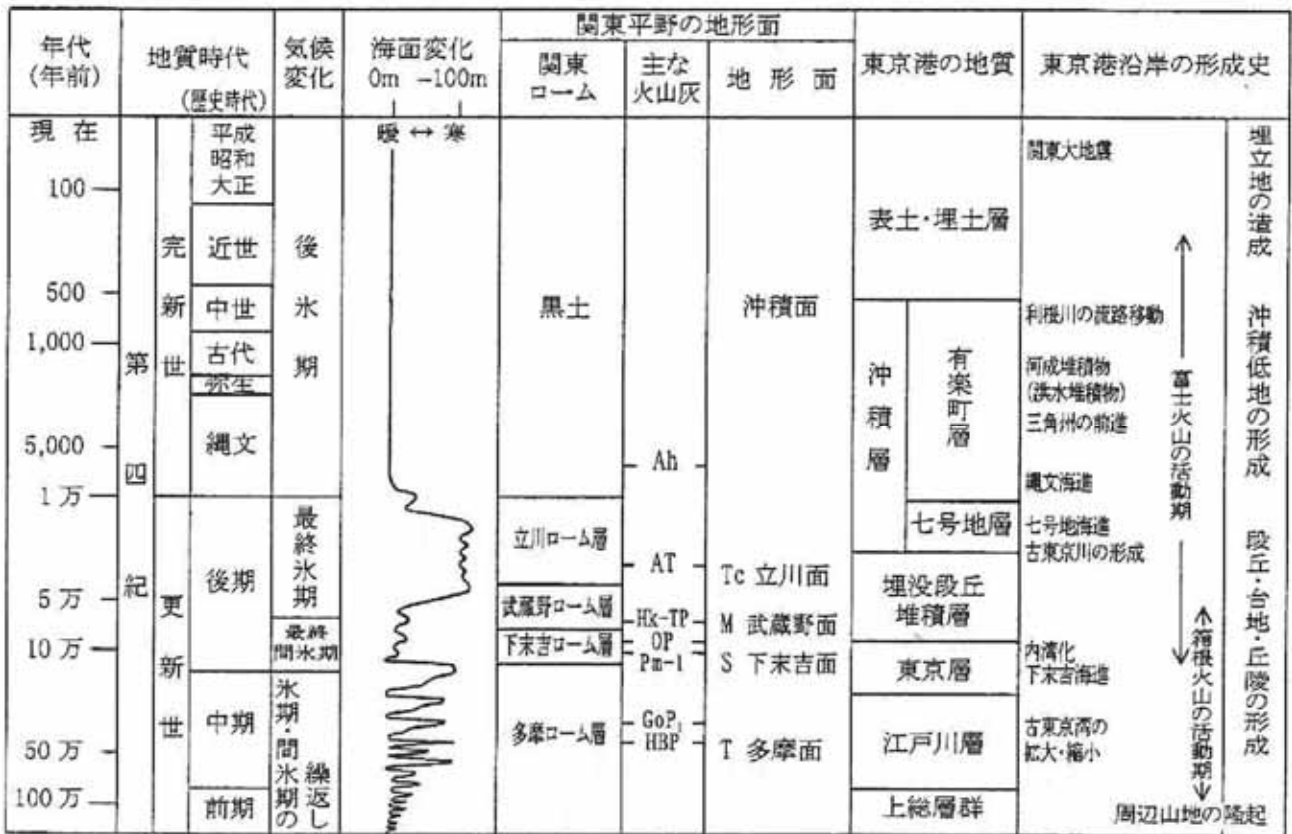


図 59 東京港の地盤

出典：「新版 東京港地盤図」（東京都港湾局，平成 13（2001）年 6 月）

東京港周辺の埋没地形の分布は以下のとおりです。

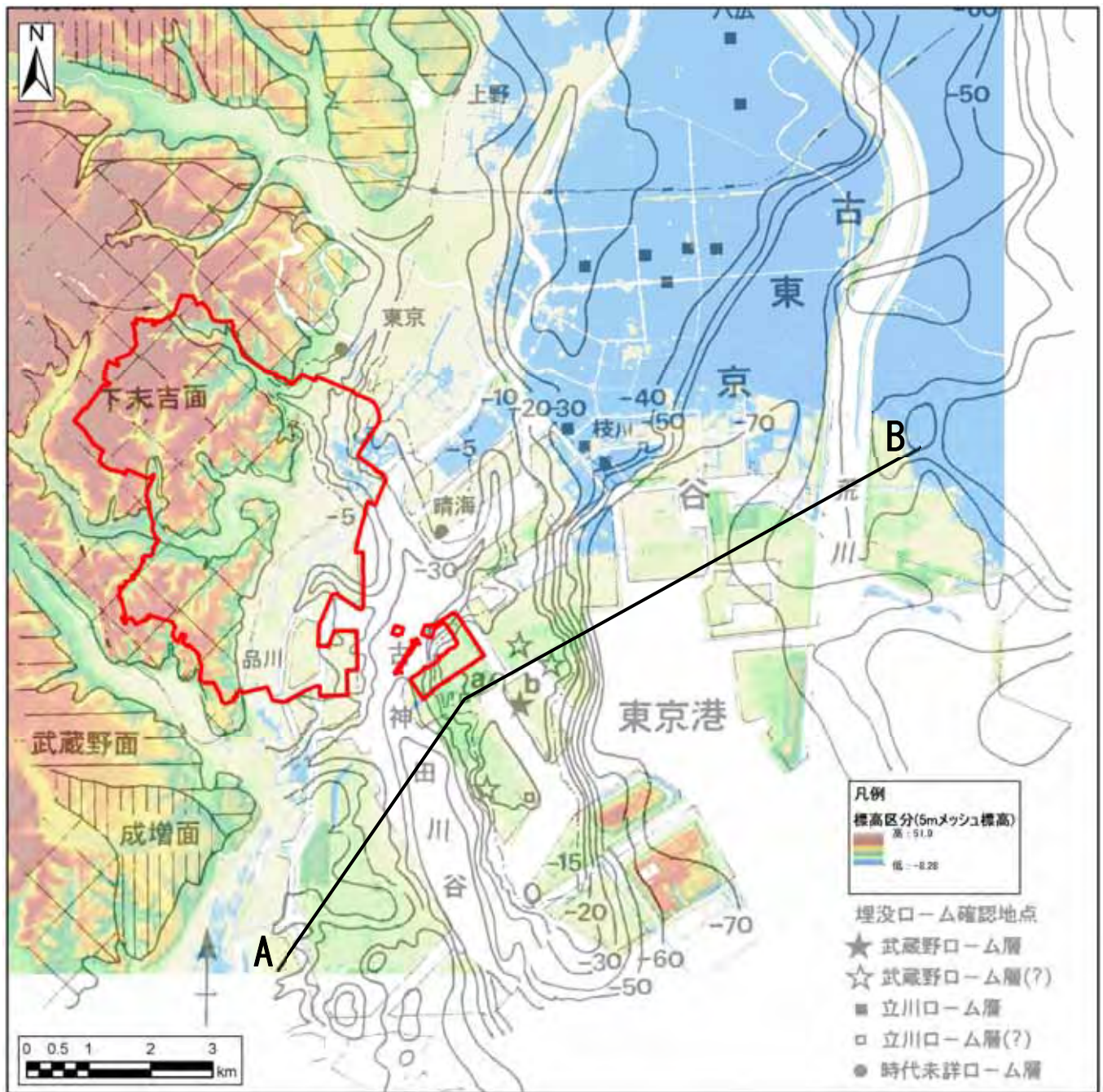
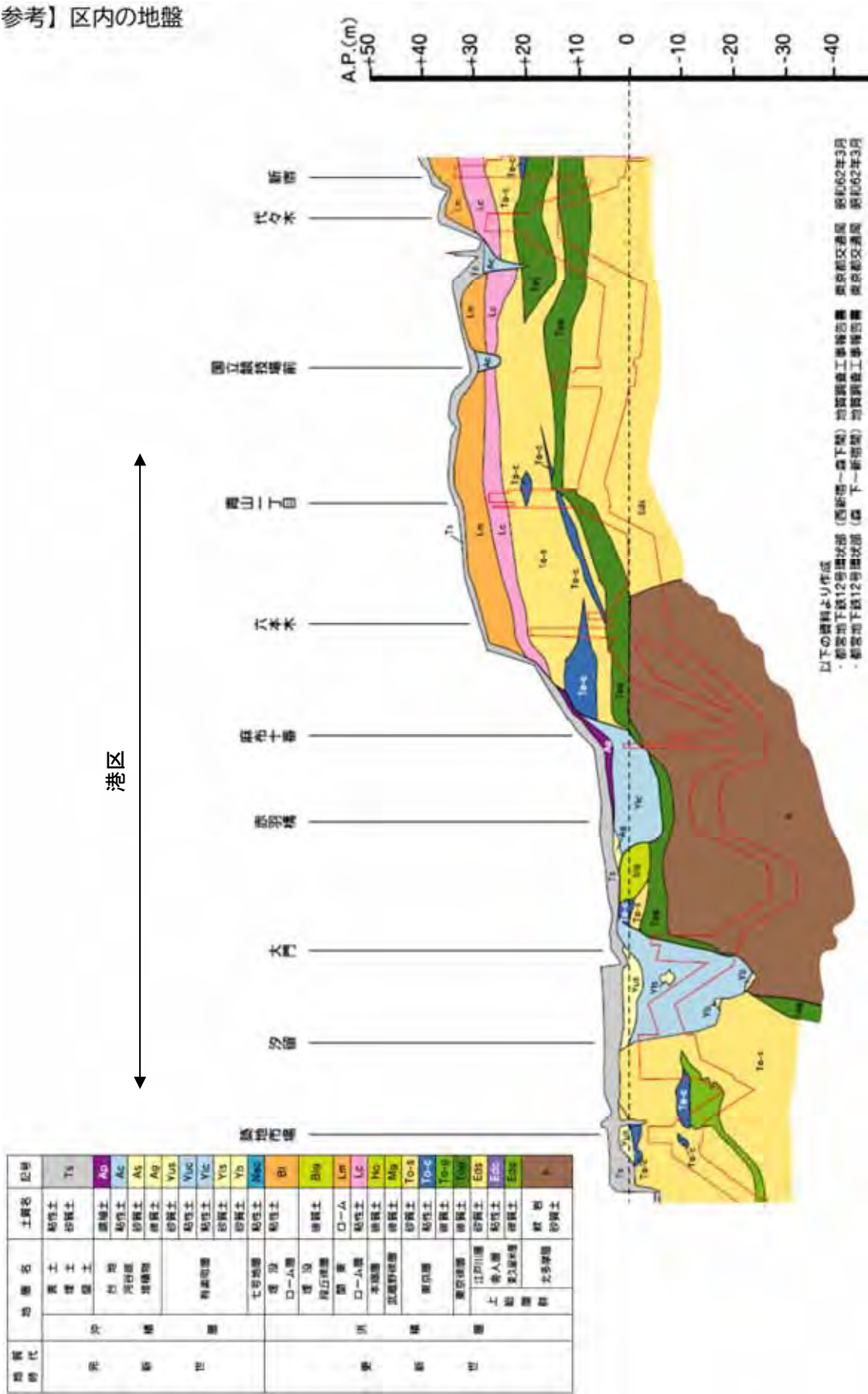


図 60 現地盤標高と古東京谷に代表される埋没地形の分布

出典：「東京港の地下地質」（東京港地下地質研究会，平成 12（2000）年 3 月）を基に作成
 現地盤標高の出典：「基盤地図情報 数値標高モデル 5m メッシュ」（国土地理院，平成 29（2017）年）

【参考】区内の地盤



以下の資料より作成
 ・都営地下鉄12号線改築部(西新橋一橋下駅) 地質調査工事報告書 昭和62年3月
 ・都営地下鉄12号線改築部(橋下一新橋駅) 地質調査工事報告書 昭和62年3月

図 61 区内の地質縦断図

出典：「技術ノート No. 34」(東京都地質調査業協会, 平成 14 (2002) 年 3月)

【参考】旧地形の状況

区内の低地部や谷筋では小河川が存在し、台地上にも上水が通っていました。また、赤坂一丁目、赤坂二丁目では、かつて溜池があり、江戸期以降埋立てが進められました。



図 62 港区の地形と旧河道

出典：「港区みどりの実態調査（第10次）」（港区，令和4（2022）年3月）

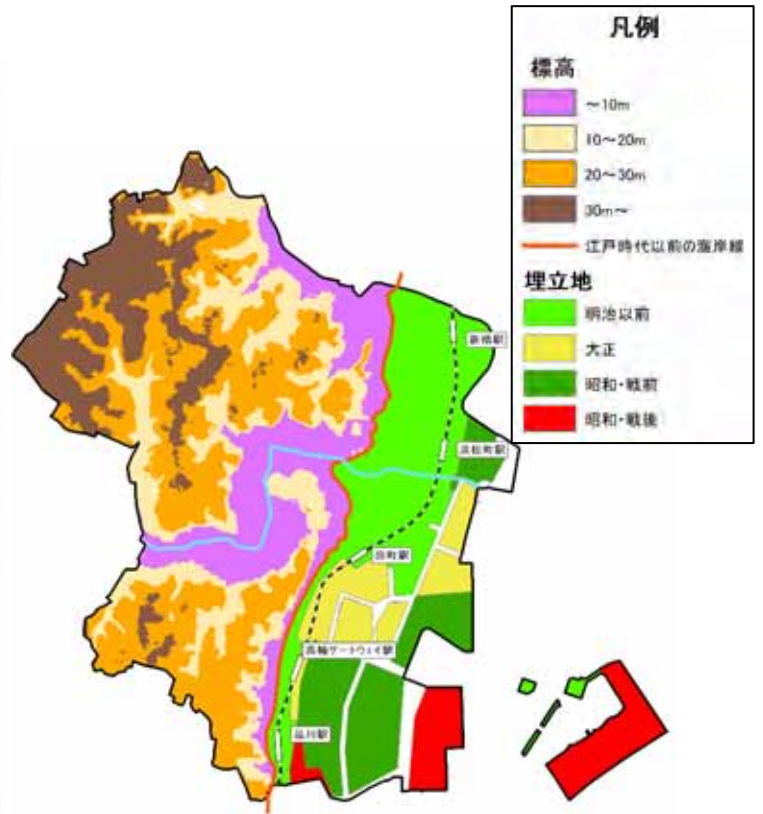


図 63 埋立地の造成時期

出典：港区 HP「土地のようすをしらべよう」を基に作成

5. 液状化シミュレーションの実施

(1) 評価方法

液状化シミュレーションを実施し、50m メッシュの精度での危険度評価を実施しました。なお、結果の表示方法は、区内は台地と低地の境界がはっきりしていること、ボーリングデータの実施時期、粗密にばらつきがあることから、ボーリングデータからのみ計算される PL 値ではなく、前回同様、地形等も考慮した総合評価としました。

総合評価の概要		PL値による液状化の可能性			
		1 液状化の 可能性大 $P_L > 15$	2 液状化の 可能性あり $5 < P_L \leq 15$	3 液状化の 可能性なし $0 < P_L \leq 5$	4 PL値による 判定なし
地形分類の判定による液状化の可能性	1 液状化の 可能性 非常に 大きい	1			
	2 液状化の 可能性 大きい		2		
	3 液状化の 可能性 小さい			3	
	4 液状化の 可能性 なし				

組み合わせ後のランク値 1:液状化の可能性が高い
2:液状化の可能性がある
3:液状化の可能性が低い

①PL 値 (各ボーリングデータ)

②地形分類

※「自治体担当者のための防災地理情報利活用マニュアル(案)」(国土地理院, 平成 19 (2007) 年 3 月) による

↓

①PL 値と②地形分類による液状化判定の組み合わせにより総合的な液状化危険度を判定 (過去の液状化履歴も考慮)

表24 評価方法ごとの利点

評価方法	利点
PL 値	・道路橋示方書に準拠した FL・PL 法により算出される PL 値は、ボーリングデータのある地点の液状化のしやすさを定量的に表す。
総合評価	・ボーリングデータがない (少ない) エリアの評価が可能。 ※R4.5 東京都想定では、メッシュ内にボーリングデータがない場合、周辺メッシュ内のボーリングデータから補完していると思われる。 ・調査時期、ボーリング技術者の技能等による柱状図の誤差から、PL 値の誤差も大きくなる。このため、地形による判定結果を重ね合わせ、判定が一致している箇所は確度が高いと判断可能。また、PL 値と地形分類のどちらかが液状化の可能性がある場合は「可能性あり」と判定可能。

表 25 PL 値による液状化危険度判定区分【再掲】

	PL=0	$0 < P_L \leq 5$	$5 < P_L \leq 15$	PL>15
PL値による液状化危険度判定	液状化危険度は極めて低い。液状化に関する詳細な調査は不要	液状化危険度は低い。特に重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要	液状化危険度がやや高い。重要な構造物に対してはより詳細な調査が必要。液状化対策が一般には必要	液状化危険度が高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避

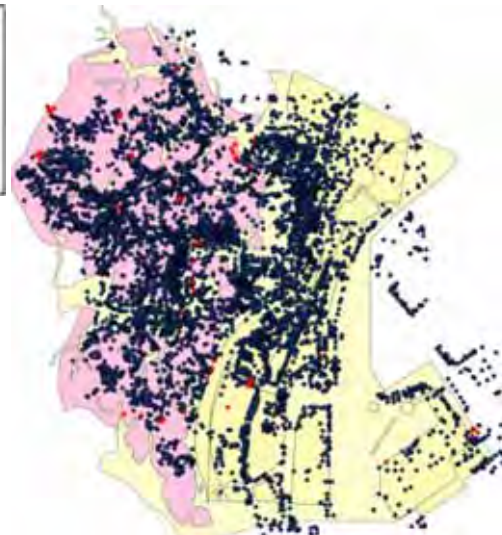
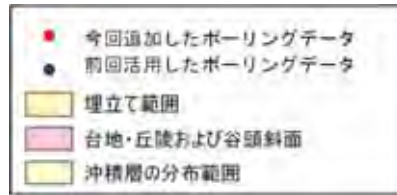
出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」(東京都, 令和 4 (2022) 年 5 月)

表26 液状化危険度の評価基準

評価	数値地図 25000 (土地条件図)		評価	数値地図 25000 (土地条件図)		
液状化の可能性なし	斜面	斜面(山地)	液状化の可能性は小さい	凹地・浅い谷	凹地・浅い谷	
		山地・斜面		台地・段丘	低位面	
		山地斜面等	低地の微高地	扇状地	砂丘	
	火山地形	火砕丘	液状化の可能性は大きい	低地の微高地	緩傾伏地	自然堤防
		溶岩円頂丘			砂(礫)堆・州	天井川沿いの微高地
		火口			天井川・天井川沿いの微高地	天井川の微高地
		溶岩流地形			自然堤防・砂州・砂地	谷底平野・氾濫平野
	変形地	崖	液状化の可能性は非常に大きい	低地の一般面	海岸平野・三角州	扇状地
		壁岩			扇状地	扇状地
		崩壊地			谷底平野・三角州	扇状地
		変しや地・露岩			扇状地	扇状地
		地すべり(崩壊部)			扇状地	扇状地
		地すべり(堆積部)			扇状地	扇状地
	台地・段丘	地すべり地	液状化の可能性は非常に大きい	人工地形	扇状地	扇状地
		高位面			扇状地	扇状地
		上位面			扇状地	扇状地
		中位面			扇状地	扇状地
		下位面			扇状地	扇状地
		中位面・下位面			扇状地	扇状地
		台地・段丘			扇状地	扇状地
		対比困難な段丘			扇状地	扇状地
		洪積台地			扇状地	扇状地
		岩石台地			扇状地	扇状地
溶岩台地		扇状地			扇状地	
山麓堆積地形	有地・段丘状の地形	評価範囲外	相水地形	扇状地	扇状地	
	麓斜面			扇状地	扇状地	
	土石流堆積			扇状地	扇状地	
	土石流段丘			扇状地	扇状地	
	扇状地積地			扇状地	扇状地	
	山麓堆積地			扇状地	扇状地	
人工地形	扇状地・麓斜面・土石流地	評価範囲外	人工地形	扇状地	扇状地	
	平坦化地			扇状地	扇状地	
	農耕平坦化地			扇状地	扇状地	
	樹土地			扇状地	扇状地	
	切土斜面			扇状地	扇状地	
	盛土斜面			扇状地	扇状地	
評価範囲外	評価範囲外	評価範囲外	水田	扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
				扇状地	扇状地	
扇状地	扇状地					

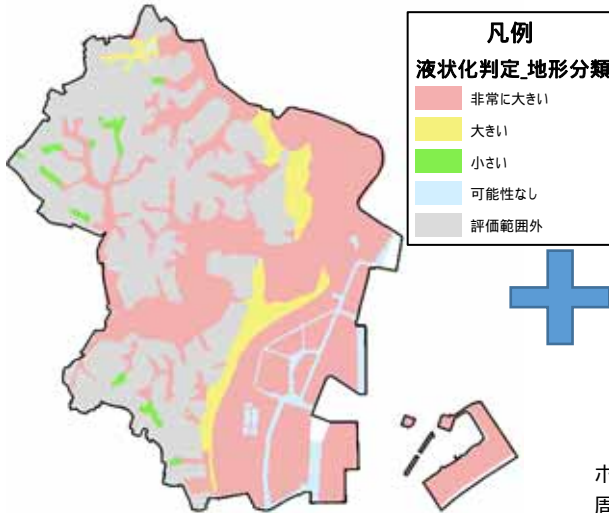
※ 砂丘の切土地、砂丘上の凹地・浅い谷は液状化の可能性は大きい。

出典：「自治体担当者のための防災地理情報利活用マニュアル(案)」(国土地理院，平成19(2007)年3月)

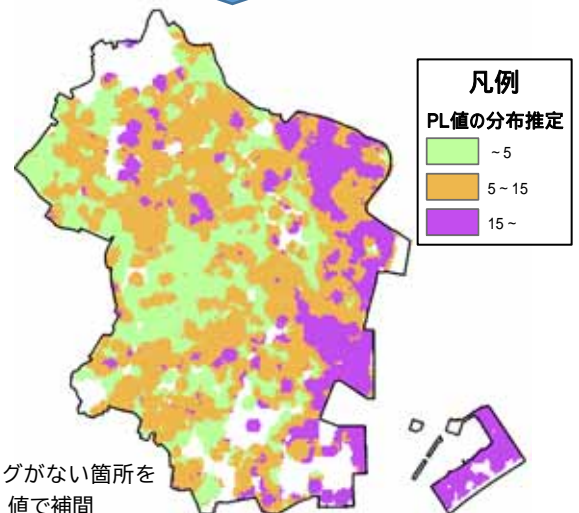


ボーリング孔ごとの PL 値

地表加速度（都（R4））、地下水位
地質ごとの物性値（粒径、重さなど）



地形分類による液状化の可能性



PL 値の空間的分布の推計

+

ボーリングがない箇所を
周辺の PL 値で補間



		PL 値による液状化の可能性			
		1 液状化の 可能性大 $P_L > 15$	2 液状化の 可能性あり $5 < P_L \leq 15$	3 液状化の 可能性なし $0 < P_L \leq 5$	4 PL 値による 判定なし
地形 分類 の 判定 による 液状化 の 可能性	1 液状化の 可能性 非常に 大きい	1			
	2 液状化の 可能性 大きい		2		
	3 液状化の 可能性 小さい			3	
	4 液状化の 可能性 なし				

組み合わせ後のランク値 1: 液状化の可能性が高い
2: 液状化の可能性がある
3: 液状化の可能性が低い

PL 値と地形分類による総合判定

図 64 総合評価のイメージ

(2) 表示方法

表示方法については、現行の液状化マップと同様、メッシュ表示としました。

ただし、前々回の港区液状化マップ（H9）では、液状化危険度が異なる低地と台地の境界を示すため、領域表示としています。

表27 表示方法ごとの利点

表示方法	利点
メッシュ表示	・メッシュの中心の危険度や最大値を示すことで、客観的に液状化危険度を示すことが可能。
領域表示	・台地と低地の境界など、地形に合わせることができる。 (ただし、「液状化可能性が低い」領域の中に局所的に PL 値が高い地点が現れることがあり、表現の工夫が必要となる。)

(3) 地形分類

「自治体担当者のための防災地理情報利活用マニュアル(案)」(国土地理院, 平成19(2007)年3月)による地形による液状化判定結果は以下の通りです。

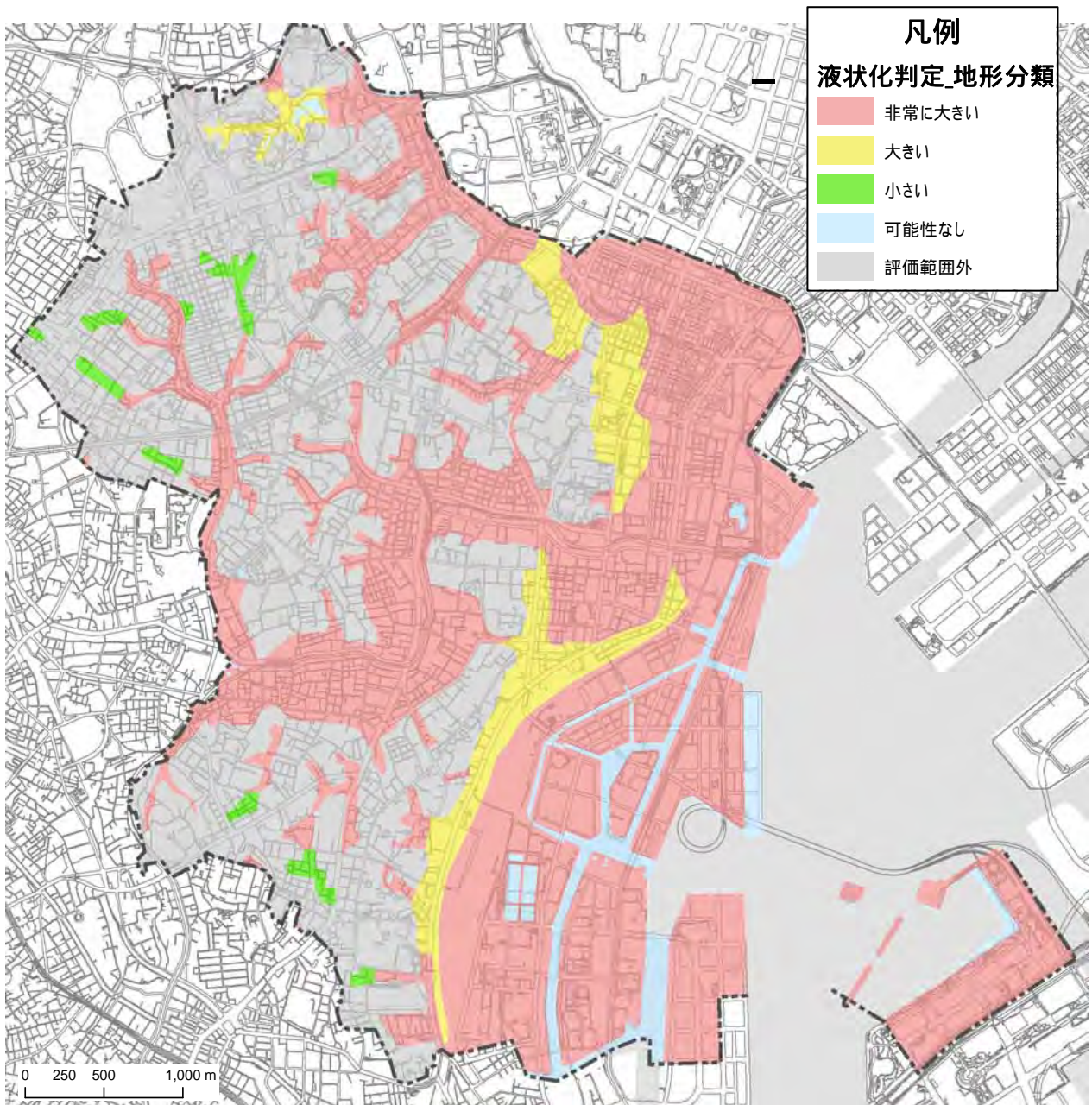


図 65 地形分類による液状化の可能性

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(4) PL 値の予測

「都心南部直下地震」(M7.3)を想定して、各ボーリング地点のPL 値を計測するとともに、その空間的な広がりを推計しました。

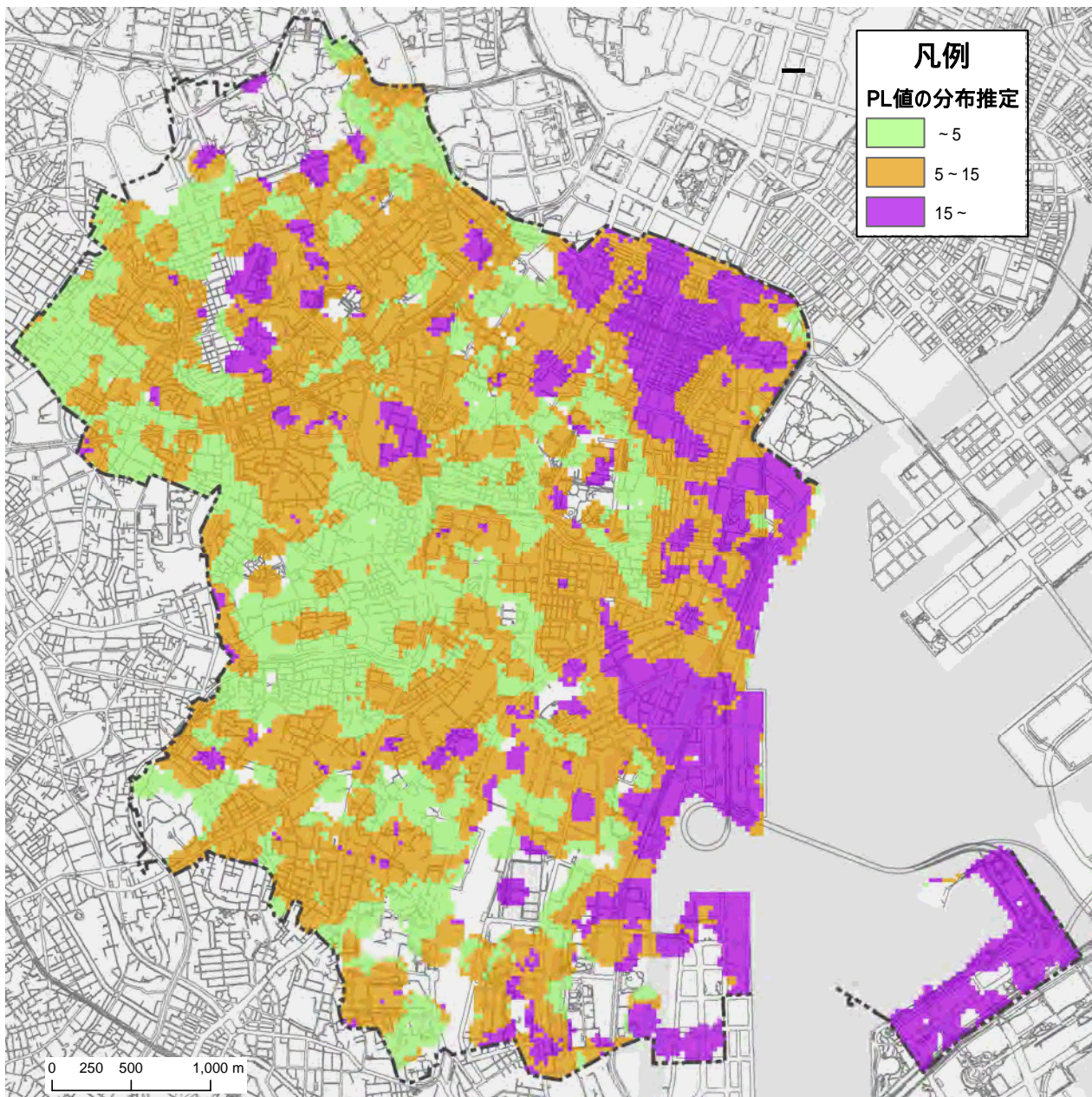


図 66 PL 値の空間的分布の推計

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(5) PL 判定と地形分類による総合判定

ボーリング地点のPL値から得た液状化危険度と地形分類による判定結果を重ね合わせ、危険度を判定した結果は以下の通りです。

(PL値による判定と地形分類による判定が一致している箇所については、液状化判定の確度が高く、2つの判定で危険性が高いと判定される地点のみ可能性が高いと判断しました。また、PL値による判定と地形分類による判定のどちらかが液状化の可能性がある場合は「可能性あり」と判定しました。ボーリングデータの密度が低い地域については、PL値による判断ができないため、PL値による判定は可能性なしと判定し、危険度判定の確度に差をつけることとしました。)

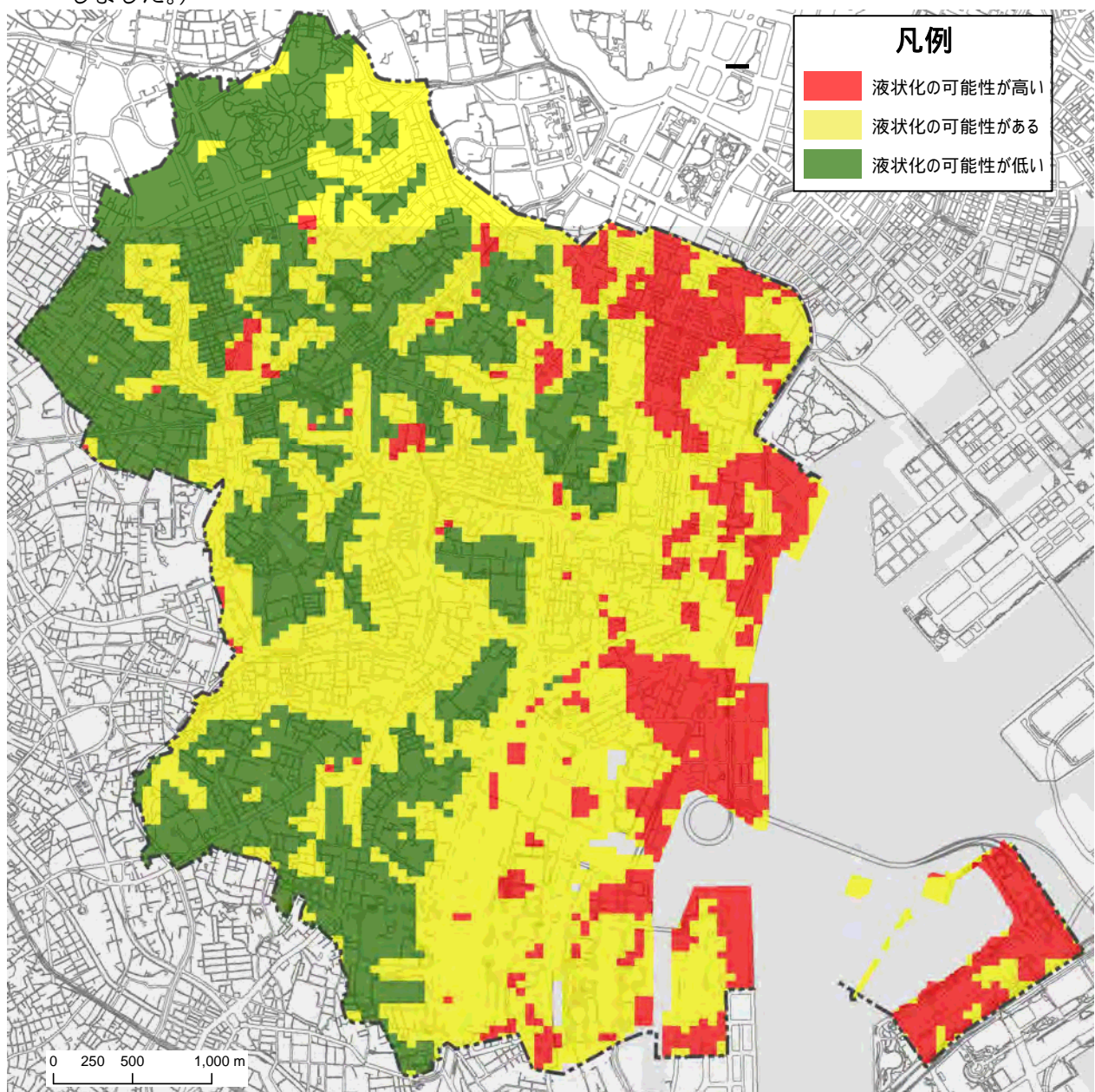


図 67 PL 判定と地形分類による総合判定の結果

背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

(6) 予測条件の取りまとめ

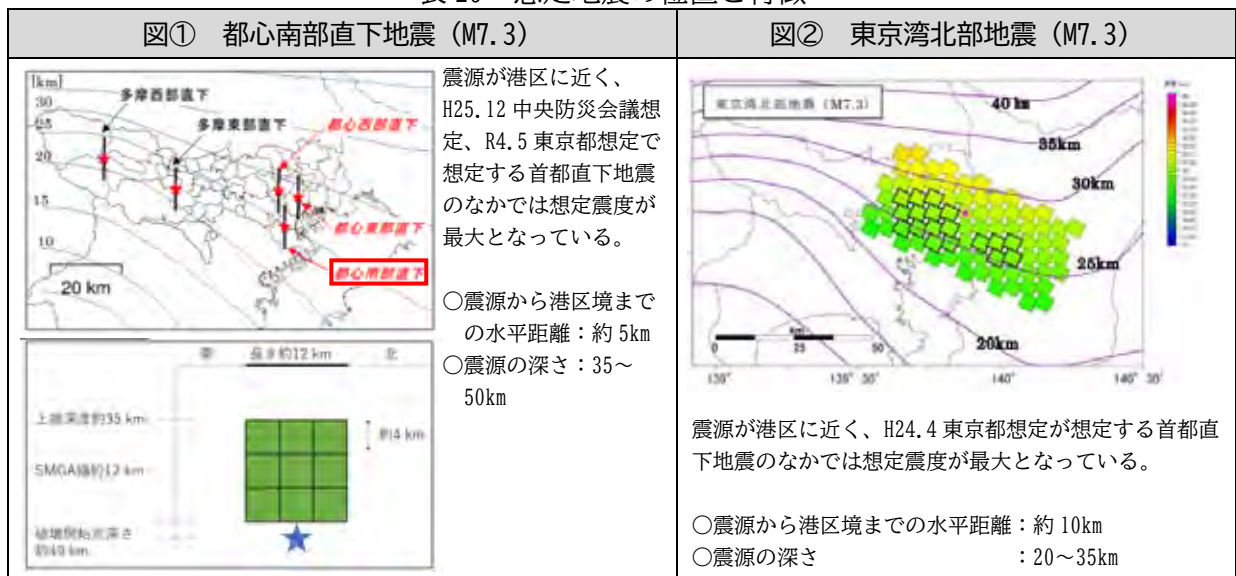
予測条件の取りまとめは以下の通りです。

表 28 予測条件の取りまとめとシミュレーション結果

	今回想定	R4.5 東京都想定	H25.12 中央防災会議想定	H25.3 港区想定
想定地震	都心南部直下地震 (M7.3) 図①	都心南部直下地震 (M7.3) 図①等	都心南部直下地震 (M7.3) 図①等	東京湾北部地震 (M7.3) 図②
計算精度	50m メッシュ	250m メッシュ	250m メッシュ	50m メッシュ
予測手法	FL法・PL法* (道路橋示方書 (平成 29 年) に準拠した手法)	FL法・PL法* (道路橋示方書 (平成 29 年) に準拠した手法) H25 中防想定の方法により沈下量も予測	FL法・PL法* (道路橋示方書 (平成 24 年) に準拠した手法) 沈下量も予測	FL法・PL法* (道路橋示方書 (平成 18 年) に準拠した手法)
ボーリングデータ	区内約 8,667 本	区の想定と同程度と考えられる	不明	区内 8,601 本
地表加速度	R4.5 東京都想定による (50m メッシュ)	R4.5 東京都想定による (50m メッシュ)	H25.12 中央防災会議想定による (250m メッシュ)	区独自算出 (50m メッシュ) H24.4 東京都想定地表加速度データが 250m メッシュであったため
物性値 (粒径、重さ等)	H25.3 港区想定設定による追加ボーリングデータ・土質試験結果を反映	不明	不明	区内で実施された土質試験結果を基に整理
地下水水位	H25.3 港区想定設定による追加ボーリングデータを反映	23 区・多摩地区のボーリングデータの地下水水位と標高との関係式を作成	不明	区内のボーリングデータから地下水水面等高線を作成
評価	PL 値と地形分類等による総合評価	PL 値のみ	PL 値のみ	PL 値と地形分類等による総合評価

※FL法・PL法：液状化対象層ごとに地震による地表加速度から液状化の可能性を評価する手法

表 29 想定地震の位置と特徴



出典：「首都直下地震等による東京の被害想定」(東京都, 令和 4 (2022) 年 5 月)
「首都直下地震等による東京の被害想定」(東京都, 平成 24 (2012) 年 4 月)

液状化シミュレーションの想定地震選定経緯の概要は以下の通りです。

年度	港区	東京都	内閣府（中央防災会議）
平成24年度 (2012年度)	<p>【液状化地震の選定理由】 港区で震度が最大となり液状化の危険度が最も高い地震として選定</p> <p>「港区防災街づくり整備指針」 「港区港区津波・液状化シミュレーション結果」 【平成25年3月】 ●東京湾北部地震（文部科学省2012, M7.3）</p>	<p>「首都直下地震等による東京の被害想定」 【平成24年4月】 ●東京湾北部地震（文部科学省2012, M7.3） 他</p>	<p>「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）」 【平成24年8月】 ●南海トラフの巨大地震（中央防災会議2012, M9.0）</p> <p>※同じ南海トラフの巨大地震ですが、津波と液状化は別個モデルが買収のため、マグニチュードに差異があります。</p>
平成25年度 (2013年度)	<p>「津波・液状化シミュレーション」 【令和5年3月】 ●都心南部直下地震（中央防災会議2013, M7.3）</p> <p>※ 被害想定となる地震が見直されてことに伴い、区は津波及び液状化のシミュレーションを再度行うこととしました。</p>	<p>「首都直下地震等による東京の被害想定」 【令和4年5月】 ●都心南部直下地震（中央防災会議2013, M7.3） 等</p> <p>・都は、H24.4東京都選定にて対象とした「東京湾北部地震」は再び発生する可能性が低いことから、それぞれ想定から除外しました。</p>	<p>「首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）」 ～首都直下M7.3の地震及び南海トラフM9.0の地震等に起因する地震等～ 【平成25年12月】 ●都心南部直下地震（中央防災会議2013, M7.3） 他</p>
令和4年度 (2022年度)	<p>「港区防災街づくり整備指針」 【令和6年3月予定】 ●都心南部直下地震（中央防災会議2013, M7.3）</p>	<p>【液状化地震の選定理由】 R4.5東京都選定で「東京湾北部地震」は再び発生する可能性は低いとして想定から除外されたことから、都が新たに想定する地震のうち「どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震」であり、港区の想定震度が大きく、液状化危険度が高い「都心南部直下地震」を選定</p>	

図 68 液状化シミュレーションの変遷

(7) 液状化予測結果の見解について

微動アレイ探査等により地盤モデルの精度が向上した結果、区内では従来の想定よりも揺れにくいとされた場所が多く、そのため、従来の判定と比べ、全般的に液状化危険度が低い傾向となっています。特に、想定地震を「東京湾北部地震」(M7.3) から「都心南部直下地震」(M7.3) に変更した結果、震源から遠くなる芝浦港南地区での液状化可能性が低くなっています。一方、局所的に揺れやすいとされた新橋周辺では液状化可能性が高くなっています。

なお、液状化危険度が低くなっている理由として、「道路橋示方書」(日本道路協会, 平成 29 (2017) 年 11 月) において液状化判定方法が変更されたことにより PL 値が低くなる傾向にあることも考えられます。

液状化が発生した場合、埋立地については表層付近の浅い地盤での液状化による建物の沈下や傾斜といった被害が想定されます。その他の低地部等では、ほとんどが地中での液状化であり、地表面で液状化の被害が発生する可能性は低く、杭基礎などへの被害の可能性が考えられます。

6. 液状化シミュレーションの結果概要

①予測実施の背景

港区では、平成 25（2013）年 3 月に、「東京湾北部地震」（M7.3）を対象に、区独自の液状化予測を実施しました。

その後、H25.12 中央防災会議想定において、「東京湾北部地震」（M7.3）が大正関東地震の断層すべりにより既に応力が解放された領域にあると推定されるとして想定の対象外とし、首都直下地震として新たに「都心南部直下地震」（M7.3）等が選定されました。

なお、H25.12 中央防災会議想定による「都心南部直下地震」（M7.3）と「東京湾北部地震」（M7.3）の震度分布図を比較すると、港区においては「都心南部直下地震」（M7.3）の震度が大きい結果となっています。また、「元禄関東地震」（M8.5）の震度分布図と比較しても、港区は破壊の中心である震源から 50km 以上離れているため、震度は「都心南部直下地震」（M7.3）の方が大きい結果となっています。

さらに、R4.5 東京都想定でも、H25.12 中央防災会議想定を踏まえ「東京湾北部地震」は想定から除外し、新たに「都心南部直下地震」（M7.3）等を選定しました。

一方、H25.12 中央防災会議想定や R4.5 東京都想定において公表された液状化危険度（PL 値）のメッシュサイズは 250m であり、H25.3 港区想定 50m メッシュよりも精度が低くなっています。

こうした H25.3 港区想定以降の動きや新たな知見を踏まえ、港区で最も液状化の危険が大きい地震をあらためて選定し、より詳細な 50m メッシュの精度で液状化の可能性を評価するため、区独自に新たな液状化シミュレーションを実施しました。

②想定地震の選定

今回想定では、次の地震を選定しました。

表 30 想定地震

想定地震	選定理由
「都心南部直下地震」（M7.3）	H25.12 中央防災会議想定、R4.5 東京都想定において、「どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震」であり、港区にとって最も影響が大きい（想定震度が大きく、液状化危険度が高い）地震として選定 <参考> ・R4.5 東京都想定では、首都直下地震対策を検討していく上で中心となる地震と位置付けている。

③予測条件

予測手法は、R4.5 東京都想定と同様に最新の道路橋示方書（H29）に準拠し、物性値、地下水位については、区の特性を踏まえるため、H25.3 港区想定を基本としつつ、追加ボーリングデータ・土質試験結果を踏まえて設定しました。

表 31 予測条件一覧

	今回想定	R4.5 東京都想定	H25.12 中央防災会議想定	H25.3 港区想定
想定地震	都心南部直下地震（M7.3）	都心南部直下地震（M7.3）	都心南部直下地震（M7.3）	東京湾北部地震（M7.3）
計算精度	50m メッシュ	250m メッシュ	250m メッシュ	50m メッシュ
予測手法	FL 法・PL 法* （道路橋示方書（平成 29 年）に準拠した手法）	FL 法・PL 法* （道路橋示方書（平成 29 年）に準拠した手法） H25 中防想定の方法により沈下量も予測	FL 法・PL 法* （道路橋示方書（平成 24 年）に準拠した手法） 沈下量も予測	FL 法・PL 法* （道路橋示方書（平成 18 年）に準拠した手法）
ボーリングデータ	区内約 8,667 本	区の想定と同程度と考えられる	不明	区内 8,601 本
地表加速度	R4.5 東京都想定による（50m メッシュ）	R4.5 東京都想定による（50m メッシュ）	H25.12 中央防災会議想定による（250m メッシュ）	区独自算出（50m メッシュ） H24.4 東京都想定地表加速度データが 250m メッシュであったため
物性値（粒径、重さ等）	H25.3 港区想定設定による追加ボーリングデータ・土質試験結果を反映	不明	不明	区内で実施された土質試験結果を基に整理
地下水位	H25.3 港区想定設定による追加ボーリングデータを反映	23 区・多摩地区のボーリングデータの地下水位と標高との関係式を作成	不明	区内のボーリングデータから地下水面等高線を作成
評価	PL 値と地形分類等による総合評価	PL 値のみ	PL 値のみ	PL 値と地形分類等による総合評価

FL 法・PL 法：液状化対象層ごとに地震による地表加速度から液状化の可能性を評価する手法

表 32 想定地震の位置と特徴

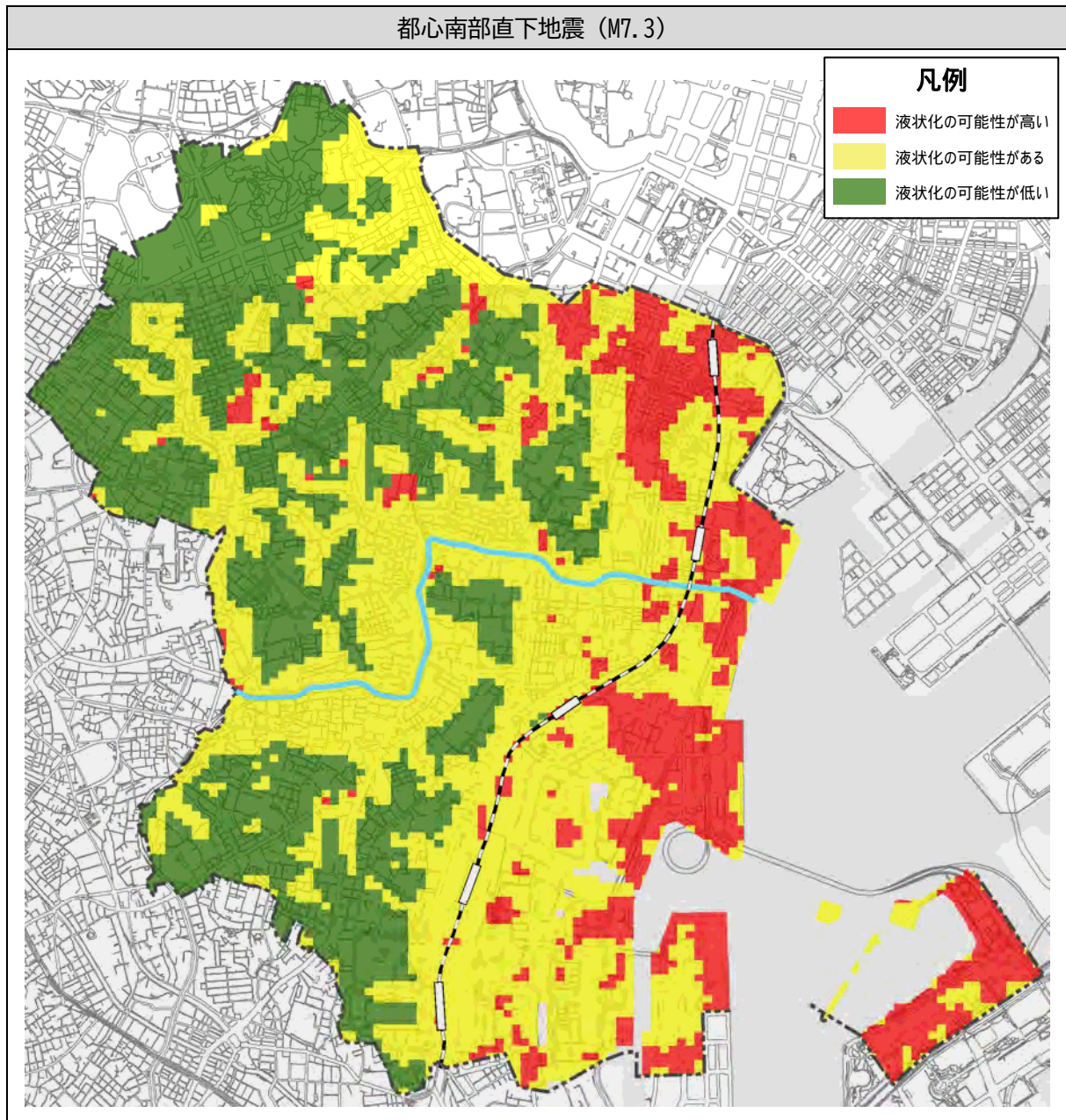
図① 都心南部直下地震（M7.3）	図② 東京湾北部地震（M7.3）
<p>震源が港区に近く、H25.12 中央防災会議想定、R4.5 東京都想定で想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離：約 5km ○震源の深さ：35~50km 	<p>震源が港区に近く、H24.4 東京都想定が想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離：約 10km ○震源の深さ：20~35km

出典：「首都直下地震等による東京の被害想定」（東京都，令和 4（2022）年 5 月）
 「首都直下地震等による東京の被害想定」（東京都，平成 24（2012）年 4 月）

④予測結果

液状化シミュレーションによる予測結果は以下の通りです。

表 33 液状化シミュレーションによる予測結果



背景図の出典：基盤地図情報（国土地理院）

揺れやすさマップ更新

1. 更新の背景と想定地震の選定

現行の港区揺れやすさマップにおいて想定されている「東京湾北部地震」(M7.3)は、R4.5 東京都想定では「大正関東地震の震源域付近であるため、再び発生する可能性は低い」として想定から除外されています。

そのため、現行の「東京湾北部地震」(M7.3)を想定し続けることは困難であると考えられ、R4.5 東京都想定において、「どこでも発生する可能性がある首都直下地震のうち、都心への影響が最も大きい地震」であり、港区にとって最も影響が大きい(想定震度が大きい)「都心南部直下地震」(M7.3)を選定します。

R4.5 東京都想定では、計算メッシュサイズがH24.4 東京都想定 of 250m から 50m に変更されたことで、H25.3 港区想定と同程度の精度を確保しています。このため、揺れやすさについては区独自のシミュレーションを実施せず、東京都の計算結果を活用することとしました。

なお、震度の表示については、現行マップ同様 0.1 単位としました。

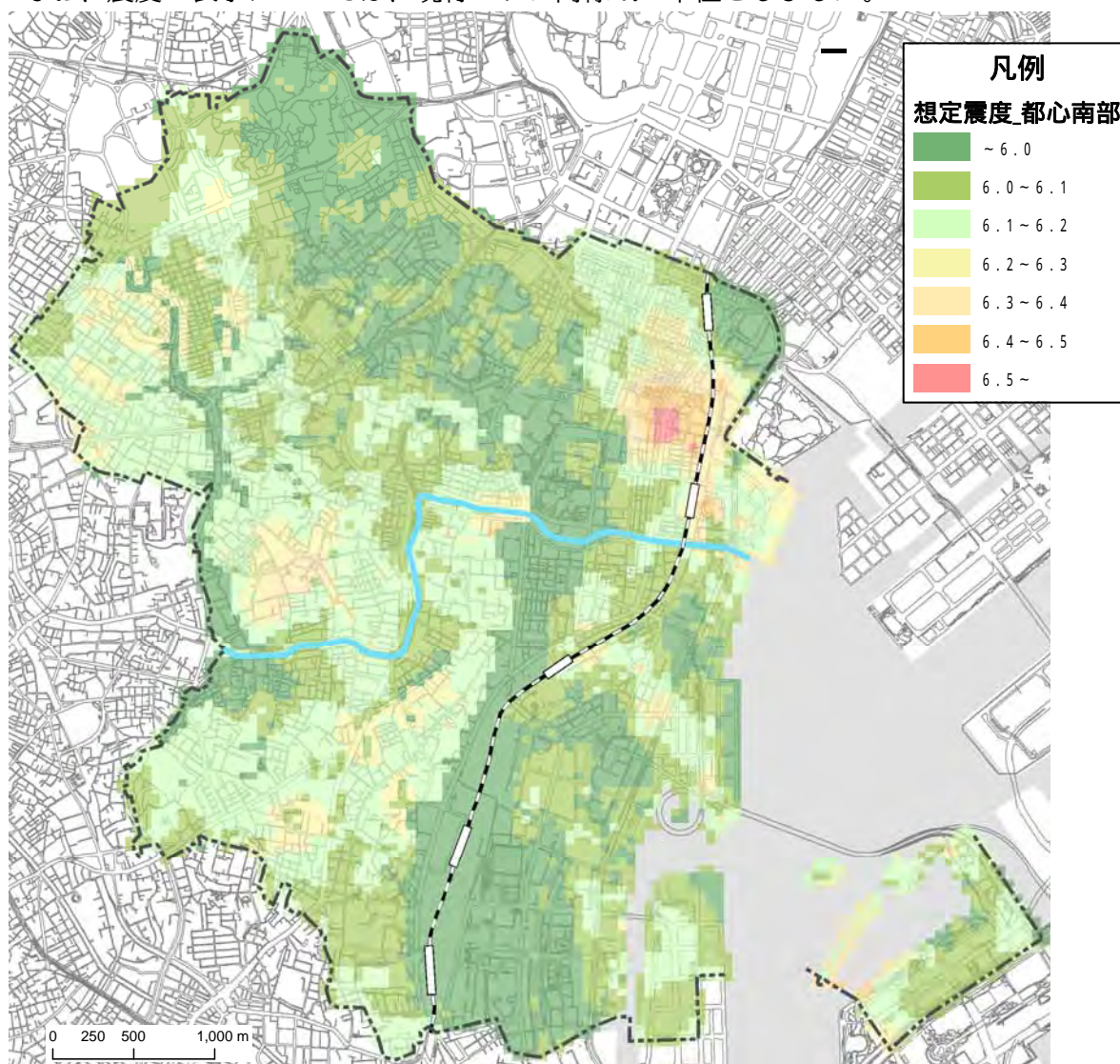


図 69 都の新たな想定による揺れやすさ

データの出典：「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」(東京都, 令和 4 (2022) 年 5 月)
背景図の出典：基盤地図情報 (国土地理院)

2. 予測条件

R4.5 東京都想定等における予測条件は以下の通りです。

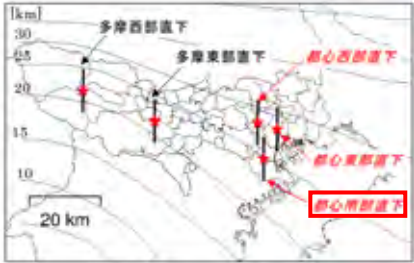

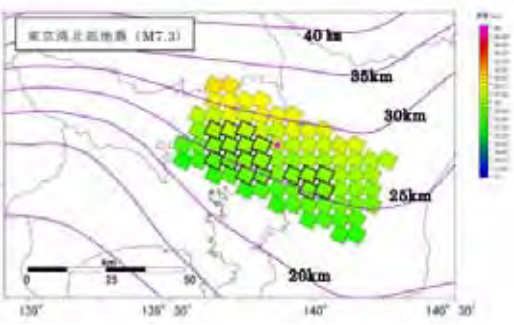
表 34 予測条件

	R4.5 都想定	H25.12 中央防災会議想定	H25.3 港区想定
想定地震	都心南部直下地震 (M7.3) 等図①	都心南部直下地震 (M7.3) 等	東京湾北部地震 (M7.3) 図②
計算精度	50m メッシュ	250m メッシュ	50m メッシュ
予測手法	ハイブリッド合成法※1	ハイブリッド合成法※1	応答解析 (等価線形化法: FDEL) ※2

※1 ハイブリッド合成法 : 地震動の長周期成分を理論的手法で計算し、短周期成分を半経験的手法で計算して重ね合わせる手法

※2 応答解析 (等価線形化法: FDEL): ポーリングデータを使用して地盤中での地震動の増幅を計算し、地表面の地震の揺れの大きさを算出する手法

表 35 想定地震の位置と特徴

図① 都心南部直下地震 (M7.3)	図② 東京湾北部地震 (M7.3)
 <p>震源が港区に近く、H25.12 中央防災会議想定、R4.5 東京都想定で想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離: 約 5km ○震源の深さ: 35~50km 	 <p>震源が港区に近く、H24.4 東京都想定が想定する首都直下地震のなかでは想定震度が最大となっている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○震源から港区境までの水平距離: 約 10km ○震源の深さ: 20~35km

出典: 「首都直下地震等による東京の被害想定」(東京都, 令和 4 (2022) 年 5 月)
「首都直下地震等による東京の被害想定」(東京都, 平成 24 (2012) 年 4 月)

区の木



ハナミズキ

区の花



アジサイ



バラ



港区のマークは、昭和24年7月30日に制定しました。
旧芝・麻布・赤坂の3区を一丸とし、その象徴として港区
の頭文字である「み」を力強く、図案化したものです。

刊行物発行番号 2023240 - 5011

港区津波・液状化シミュレーション結果
令和6（2024）年3月発行

編集・発行：港区街づくり支援部都市計画課
東京都港区芝公園一丁目5番25号
電話：03-3578-2111（代表）
<https://www.city.minato.tokyo.jp>



