

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.960

March 2017

伊勢湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析

本多和彦・鈴木健之・鈴木 武

Numerical Simulations on Inundation due to Storm Surge for Port Areas in Ise Bay

Kazuhiko HONDA, Takeshi SUZUKI, Takeshi SUZUKI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

伊勢湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析

本多和彦*・鈴木健之**・鈴木 武***

要 旨

人口および資産が他の海域と比較して多く集中している東京湾、伊勢湾および大阪湾といった三大湾は、外洋に面した海域と比較して、閉鎖性が高く、かつ、水深が浅い海域であるため、高潮が発達しやすい傾向を有しており、高潮に伴う浸水の危険性が潜在的に高い地域である。

港湾は、一般的に広い堤外地を有しており、高潮等に伴う浸水の危険性が高い地域となっている。

一方で、気候変動に伴う海面水位上昇の可能性が指摘されているが、その予測結果には、予測モデルや将来シナリオの違いによる差および予測モデルが有する誤差や偏り等が含まれている。

そこで、本検討では、伊勢湾内の港湾およびその周辺地域を対象に、海面水位上昇量の程度別に、想定した伊勢湾台風級の台風によって引き起こされる高潮浸水の解析を実施した。

キーワード：高潮，浸水，想定台風，気候変動，伊勢湾

* 沿岸海洋・防災研究部 主任研究官

** 沿岸海洋・防災研究部 沿岸防災研究室長

*** 沿岸海洋・防災研究部長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail：ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

Numerical Simulations on Inundation due to Storm Surge for Port Areas in Ise Bay

Kazuhiko HONDA*

Takeshi SUZUKI**

Takeshi SUZUKI***

Synopsis

Storm surge in a closed sea area with shallow depth tends to be larger than that in an open sea area. Tokyo Bay, Ise Bay, and Osaka Bay, which have hinterlands with high density of population and property, are more closed and shallower than other sea areas facing onto oceans. Therefore, there is a high risk of inundation due to storm surge in the coasts along these bays.

Ports generally have wider waterside land of seawalls. Inundation risk in ports due to tsunami and storm surge is higher.

Sea level rise due to climate change is predicted with a range, because of the variation among climate-policy socioeconomic reference scenarios, the differences between numerical models, and the prediction error and bias of these models.

Numerical simulations on inundation due to storm surge by scenario typhoons were carried out for ports areas along Ise Bay, assuming some different levels of sea level rise. These results are reported in this paper.

Key words: storm surge, inundation, scenario typhoon, climate change, Ise Bay

* Senior Researcher, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

** Head of Coastal Disaster Prevention Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

*** Director of Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone: +81-46-844-5019 Fax: +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

目 次

1. まえがき	1
2. 解析モデル	1
2.1 台風モデル	1
2.2 流体解析モデル	2
2.3 解析条件	3
3. 台風コースの設定	5
3.1 設定条件	5
3.2 港湾毎の台風コース	5
4. 高潮浸水解析	6
4.1 名古屋港地域	6
4.2 衣浦港地域	9
4.3 三河港地域	9
4.4 四日市港地域	10
4.5 津松阪港地域	12
5. まとめ	13
6. あとがき	14
参考文献	14
記号表	15
付録 A 名古屋港地域の解析結果	16
付録 B 名古屋港地域（河川流量あり）の解析結果	19
付録 C 衣浦港地域の解析結果	22
付録 D 衣浦港地域（河川流量あり）の解析結果	25
付録 E 三河港地域の解析結果	28
付録 F 三河港地域（河川流量あり）の解析結果	31
付録 G 四日市港地域の解析結果	34
付録 H 四日市港地域（河川流量あり）の解析結果	37
付録 I 津松阪港地域の解析結果	40
付録 J 津松阪港地域（河川流量あり）の解析結果	43

1. まえがき

気象庁の台風統計資料によると、1951年から2015年までの日本への台風上陸数の平均値は2.9となっており、台風がほぼ毎年のように上陸するため、日本の沿岸部では、1959年の伊勢湾台風（台風5915号）による被害等、台風に伴う強風によって発達する高潮および高波による多くの被害を経験している。

伊勢湾内の沿岸では、1959年の伊勢湾台風に伴う高潮浸水により、死者・行方不明者がおよそ5,000人（内、名古屋市区および南区では1,800人以上）に上り、また、ゼロメートル地帯が広がっていることから、浸水は40日ほど続いた。この甚大な災害を受けて、当時の運輸省は、名古屋港およびその背後地を高潮から防護するため、名古屋港の港口に8,000mもの延長の高潮防波堤を建設した（Uchida, 2011）。

高潮の発生要因には、海面気圧の変化に伴う吸上げ効果、および、海上風による風応力によって発生する吹寄せ効果の2種類がある。吸上げ効果による高潮は、気圧低下に伴うものであり、その発達の程度は、気圧低下量（気圧深度）が支配的であるため、海域による差異は大きくない。一方、吹寄せ効果による高潮は、閉鎖性が高く、かつ、水深が浅い海域において発達しやすい。

そのため、三大湾（東京湾・伊勢湾・大阪湾）は、外洋に面した海域と比較して、高潮が発達しやすい傾向を有しており、また、人口および資産が他の海域と比較して多く集中しているため、高潮に伴う浸水の危険性が潜在的に高い地域である。

港湾は、一般的にその背後に人口および資産が集中しており、それらを高潮等から防護するためには、防潮壁等の防潮施設を設置する必要がある。しかし、その設置場所によっては、防潮施設は平時における港湾活動に支障を来すことになるため、防潮施設は、港湾内の活動区域と背後地との間に設置されることが多い。そのため、港湾は、広い堤外地を有している場合が多く、高潮等による潮位の上昇に伴う浸水の危険性が高い地域となっている。

一方で、気候変動に伴う海面水位の上昇の可能性が指摘されている。IPCC第5次評価による将来の代表的濃度経路シナリオ別の世界平均の海面水位上昇の予測結果を表-1.1に示す（気象庁, 2015）。将来の海面水位上昇量には、予測モデルや将来シナリオの違いによる差および予測モデルが有する誤差や偏り等が含まれており、可能性が高い予測幅であっても、2081年から2100年において、最低で0.26m、最高で0.82mと、その差は約0.6mとなっ

ている。

以上のことを踏まえ、本検討では、高潮が発達しやすい海域である三大湾のうち、本多ら（2016）による東京湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析に引き続き、伊勢湾内の港湾およびその周辺地域について、高潮浸水の危険性評価に資するため、台風に伴う高潮による浸水解析を実施した。なお、対象地域は、名古屋港、衣浦港、三河港、四日市港および津松阪港の5港湾と、それぞれの周辺地域である。

この浸水解析では気候変動に伴う海面水位上昇も考慮したが、前述のとおり、その予測には様々な誤差等が含まれているため、海面水位上昇量の程度別に浸水解析を行った。

なお、本検討では、将来の気候変動に伴う台風の強化の影響を検討の対象にせず、台風シナリオについては、本多ら（2016）による東京湾を対象とした高潮浸水解析と同様に、伊勢湾台風級（中心気圧940hPa）を採用するとともに、対象の港湾地域毎に種々のコースを設定した。

表-1.1 IPCC 第5次評価による海面水位上昇の予測
（世界平均、単位：m）

シナリオ	2046～2065 年		2081～2100 年	
	平均	可能性が高い 予測幅	平均	可能性が高い 予測幅
RCP2.6	0.24	0.17～0.32	0.40	0.26～0.55
RCP4.5	0.26	0.19～0.33	0.47	0.32～0.63
RCP6.0	0.25	0.18～0.32	0.48	0.33～0.63
RCP8.5	0.30	0.22～0.38	0.63	0.45～0.82

2. 解析モデル

2.1 台風モデル

局地気象モデルは、一定時間毎の気象庁客観解析値（GPV）をデータ同化させ、さらに、台風構造を擬似的に再現するために台風ボーガスを組み込むことで、台風に伴う気圧分布および風速分布の時間変化を、精度良く再現することができる。しかし、局地気象モデルによる解析は、その計算コストが高く、解析に要する時間が非常に長くなる。さらに、データ同化に用いる客観解析値がない場合には、再現時間が長くなるにつれて再現精度が低下する。本検討では、実際の気象現象の再現または数時間先までの気象現象の予測ではないため、データ同化に必要な客観解析値がなく、局地気象モデルを活用することができない。

一方、従来から高潮解析に用いられ実績の多い経験的

台風モデルは、台風の中心気圧、最大風速半径および台風経路を設定することで、台風に伴う気圧場および風速場の時空間変化を評価するモデルである。この経験的台風モデルは、局地気象モデルと比較して計算コストが低く、複数の台風シナリオを対象とした場合には、非常に有利なモデルである。

そこで、本検討では、客観解析値が用意されている過気象現象を対象としたものでなく、かつ、複数の台風シナリオを対象とした高潮浸水解析を実施することから、それに有利な経験的台風モデルを採用することとし、さらに、地形の影響による風速の補正は行わない。

台風の気圧分布は同心円と仮定し、式(2.1)に示すMyersの分布を与える。なお、数式における各記号については、後述の記号表を参照されたい。

$$p(r) = p_c + \Delta p \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right) \quad (2.1)$$

一般的な経験的台風モデルでは、自由大気における傾度風に起因する海上風と台風の移動に起因する海上の場の風をベクトル合成するものである。この他にも、移動座標系における力の釣合いを考慮するモデルや、台風中心近くにおける風速場の3次元構造を考慮したモデルもある。

本検討では、高潮浸水の危険性評価に資するため、台風シナリオについて、複数の経路タイプを設定するとともに、それぞれの経路タイプにおいて平行移動させた複数のコースを設定し、それらの台風シナリオ毎の高潮解析の最大値を包絡したものを結果として示す。そのため、ベクトル合成モデルを用いても、高潮解析の最大値を包絡した結果については、他のモデルと大きな差異が生じるものではない。そこで、本検討ではベクトル合成モデルを採用した。

自由大気における傾度風の風速 U_{gr} は、式(2.2)で表される気圧傾度力、遠心力およびコリオリ力に関する力の釣合いの式(式(2.2))から算出する(式(2.3))。これに低減係数 $C_1=2/3$ を乗じて、傾度風に起因する海上風速 U_1 を求める(式(2.4))。この風向は、等圧線の接線方向のうち台風中心を基準として反時計回りの向きに対して、台風中心に向かって $\alpha=30[\text{deg.}]$ だけ偏向する。

台風の移動に起因する海上の場の風速 U_2 は、式(2.5)から算出する。この風向は、台風の移動方向と同じである。なお、式(2.5)中の低減係数は、 $C_2=2/3$ とした。

$$\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{U_{gr}^2}{r} + f U_{gr} \quad (2.2)$$

$$U_{gr} = -\frac{rf}{2} + \sqrt{\left(\frac{rf}{2}\right)^2 + \frac{\Delta p r_0}{\rho_a r} \exp\left(-\frac{r_0}{r}\right)} \quad (2.3)$$

$$U_1 = C_1 U_{gr} \quad (2.4)$$

$$U_2 = C_2 \frac{U_1(r)}{U_1(r_0)} V_T \quad (2.5)$$

2.2 流体解析モデル

高潮の発生要因には、海面気圧の変化に伴う吸上げ効果、および、海上風による風応力によって発生する吹寄せ効果の2種類がある。これらの定常状態を静的に評価する簡易モデルもあるが、実際には、気圧も風も時間的に変化するものであり、この動的な効果を再現するためには、海水の流体運動を評価しなければならない。

高潮は、水深と比較して波長が非常に大きい現象であることから、海底から海面までの流速分布が一様であると仮定できる。そのため、本検討では、これらの仮定から得られる非線形長波方程式(式(2.6)～(2.10))を用いて、高潮偏差の時間変化を算出する。また、海面応力等については、式(2.11)～(2.14)とした。なお、海面応力の算出に必要な海面抵抗係数 C_D は、本多・光易(1980)による式(2.15)を用いた。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) \\ = fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_0}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_w} \\ + A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) \\ = -fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial p_0}{\partial y} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_w} \\ + A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$M = \int_{-h}^{\eta} u dx \quad (2.9)$$

$$N = \int_{-h}^{\eta} v dy \quad (2.10)$$

$$\tau_{sx} = \rho_a C_D W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (2.11)$$

$$\tau_{sy} = \rho_a C_D W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \quad (2.12)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (2.13)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \quad (2.14)$$

$$C_D = \begin{cases} (1.290 - 0.024W)/10^3 & (W < 8) \\ (0.581 + 0.063W)/10^3 & (W \geq 8) \end{cases} \quad (2.15)$$

2.3 解析条件

本検討における台風シナリオは、伊勢湾台風が伊勢湾の湾奥に接近した際の中心気圧、最大風速半径および移動速度を採用し、それぞれの値は、940hPa、75kmおよび73km/hで一定とした。

河合（2010）は、確率台風モデルを用いて、東京、名古屋、大阪、広島、鹿児島および熊本の沿岸を対象に、最大高潮偏差および最高潮位の再現期間を評価している、それらの評価結果を図-2.1および図-2.2に示す。なお、図-2.2については、原論文の基準面はC.D.L.であるが、ここではT.M.S.L.（T.P.）に変換している。

この評価結果によると、名古屋の沿岸では、再現期間100年の最大高潮偏差および最高潮位は、それぞれ、約3.2mおよびT.M.S.L.+約3.3mとなっている。名古屋港における朔望平均満潮位（H.W.L.）はT.M.S.L.+1.2mであり、同じ再現期間であっても、最高潮位は、H.W.L.に最大高潮偏差を加えたものより1.1m程度小さいものとなっている。

この河合（2010）による評価結果と後述の高潮解析結果とを比較すると、気候変動に伴う海面水位上昇を考慮していない場合、本検討の台風シナリオは、名古屋港において、再現期間が約500年の最高潮位T.M.S.L.+4.8m程度となり、このときの最大高潮偏差の再現期間は約150年である。なお、1959年の伊勢湾台風の際には、名古屋港において最高潮位T.M.S.L.+3.9mおよび最大高潮偏差3.5mであり（Uchida, 2011）、それらの再現期間は、それぞれ約200年および約150年となる。

各港湾地域を対象とした解析における潮位条件は、表-2.1に示す当該港湾におけるH.W.L.に海面水位上昇量を加えた値を設定した。前述の表-1.1のとおり、将来の海面水位上昇量の予測結果には、将来シナリオの違いによる差等を含んでいることから、2081年から2100年における可能性の高い予測幅であっても、0.26m～0.82mと予測結果の範囲が大きい。そこで、本検討では、海面水位上

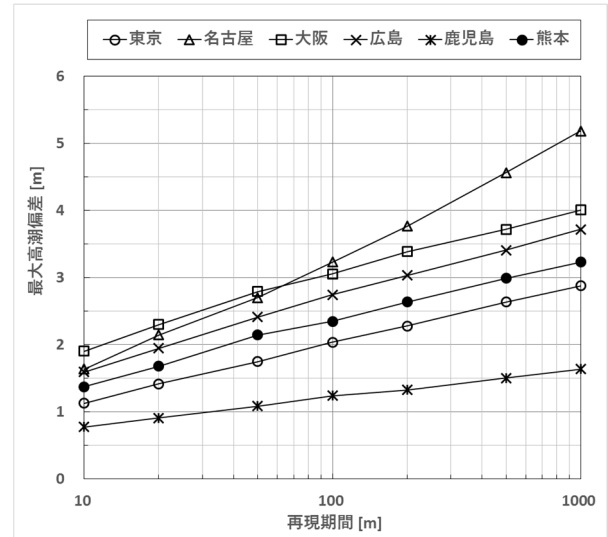


図-2.1 最大高潮偏差の再現期間

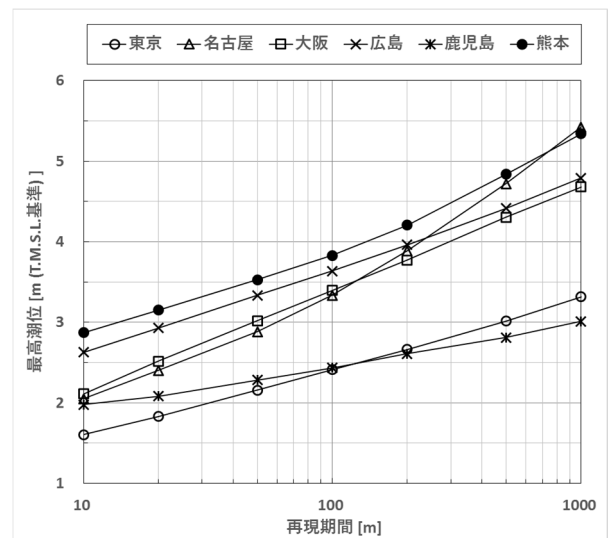


図-2.2 最高潮位の再現期間

表-2.1 対象港湾における朔望平均満潮位

対象港湾	朔望平均満潮位（T.M.S.L.基準）
名古屋港	1.20m
衣浦港	1.03m
三河港	0.97m
四日市港	1.11m
津松阪港	0.94m

昇量を、0.00m、0.20m、0.40m、0.60mおよび0.82mの5段階を設定し、それぞれの値を用いて高潮浸水解析を実施した。

空間解像度については、2種類のケースを実施した。両ケースとも、沖合の広い領域から対象とする海域の狭い領域まで、ネスティングして接続している。

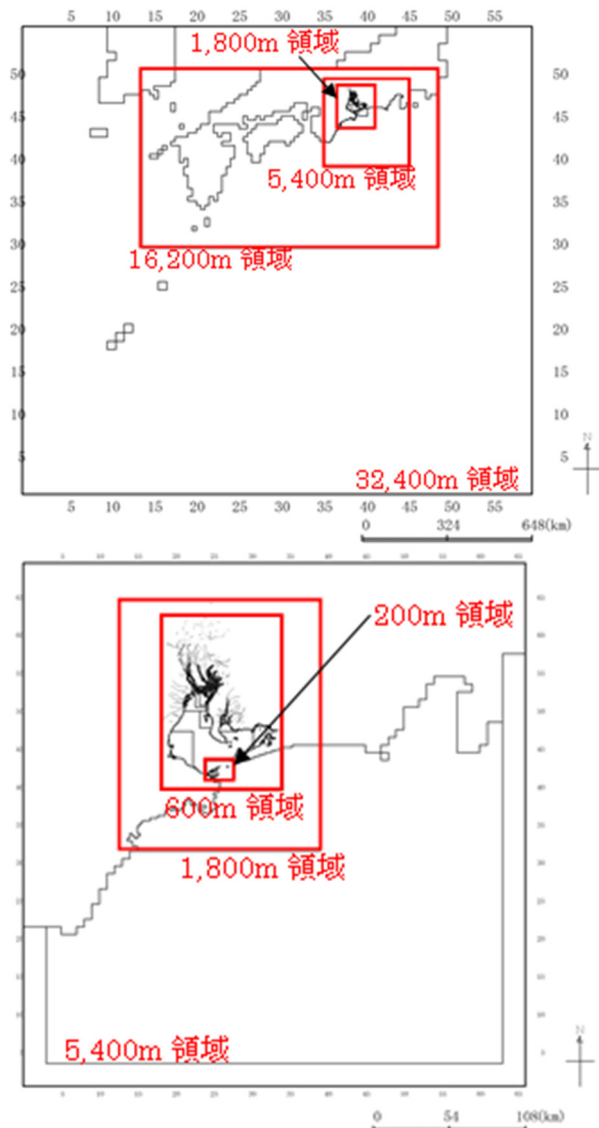


図-2.3 解析領域（台風コース設定用）

1つは、第3章に詳述する港湾地域毎の台風コースを選定するための粗いケースであり、最高解像度（最も詳細な計算格子）は200mである。これについては、図-2.3に示すように各港湾地域で共通の領域設定とした。

もう1つは、第4章に示す港湾地域毎に浸水解析を実施するための詳細なケースであり、最高解像度は25mであり、この領域のみで浸水解析を実施した。なお、浸水解析における領域設定においては、沖合の領域については台風コースの設定における領域設定と同一とした。一例として、名古屋港地域を対象とした高潮浸水解析における領域のレイアウトを図-2.4に示す。各港湾地域における25m解像度の解析対象範囲を図-2.5に示す。名古屋港地域以外の対象港湾地域についても、名古屋港地域の場合と同様に、200m解像度の領域から25m解像度の領域まで、段階的に100mおよび50m解像度の領域を設定した。

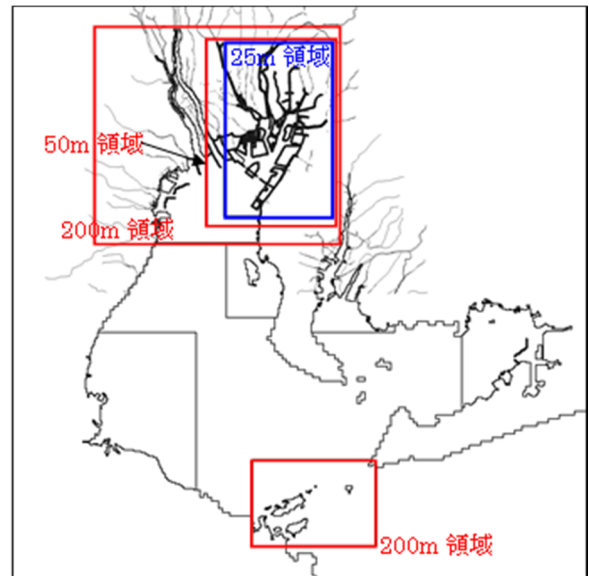


図-2.4 名古屋港を対象とした解析領域（浸水解析用）

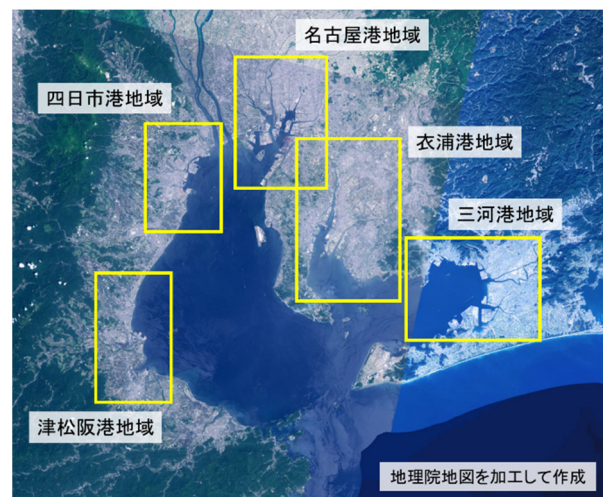


図-2.5 25m 解像度解析対象範囲（浸水解析用）

地形データは、国土地理院による基盤地図情報数値標高モデル（5mメッシュ）、海図、港湾計画図等をもとに作成した。防潮壁、河川堤防等の施設については、解析解像度よりも施設天端幅が小さい場合には、線境界として施設天端高を設定し、施設天端高が解析解像度よりも大きい場合には、地形データとして施設天端高を設定した。なお、平成26年度末時点のデータを用いている。

本検討では、これらの施設は破堤しないものと仮定した。また、一般的に台風来襲までの時間に余裕があることから、水門は閉鎖しているものと仮定した。

台風に伴う海面気圧の低下には限界があるため、吸上げ効果による高潮の発達にも限界がある。一方、海上風によって発生する吹寄せ効果による高潮は、海上風速の

2乗に比例して発達する。そのため、一般的に大きな高潮を発生させる台風は、強風を伴い移動速度が速い台風であり、強い雨を伴うことは稀である。本検討においては、河川流量を与えないケースと、降雨に伴う河川流量を計画高水流量の50%と仮定したケースの2ケースを実施した。また、河川流量を与える河川については、本検討の範囲に含まれる長良川、木曽川、庄内川、矢作川、豊川、内部川、鈴鹿川、雲出川および櫛田川の一級河川とした。

式(2.13)および式(2.14)に含まれるManningの粗度係数については、基本的には、小谷ら(1998)を参考に土地利用に応じて設定した。なお、河川流量を与えた解析において、河川水位の流下方向の水位の空間変化の再現性を確保するため、計画高水流量を与えた解析を予め実施し、試行錯誤的に河川内のManningの粗度係数を変化させ、可能な限り計画高水位の空間変化と整合するManningの粗度係数を用いた。

3. 台風コースの設定

3.1 設定条件

東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会(2015)は、濃尾平野に広がるゼロメートル地帯において、計画や現況施設の整備水準を超える規模の高潮等による浸水が生じた場合の被害を最小化するための危機管理行動計画を策定するため、1934年の室戸台風と同規模の台風による高潮浸水を想定した。この高潮浸水想定条件では、台風コースを伊勢湾の湾奥に位置する濃尾平野において高潮偏差が最大となるケースを採用している。しかし、その台風コースでは、伊勢湾の湾奥以外の沿岸部や三河湾においては最大となるとは限らない。そこで、本検討では、対象港湾地域毎に台風コースを選定する。

まず、台風経路のタイプを設定する。台風経路については、種々のタイプが想定されるが、ここでは、まず、台風経路タイプの1つとして、過去に甚大な高潮災害をもたらした伊勢湾台風の経路を採用した。次に、狭義の伊勢湾において高潮が発達しやすい経路として、狭義の伊勢湾の長軸方向に沿った台風経路(伊勢湾台風の経路を反時計回りに22.5°回転させた経路)も設定した。さらに、三河湾において高潮が発達する台風0423号の台風経路のタイプを設定した。

次に、これら3つの台風経路タイプについて、経度方向に0.2度の間隔で平行移動させた台風コースを設定する。伊勢湾台風の台風経路タイプについては11コース(台風番号001~0011)、伊勢湾台風22.5°回転の台風経路タイプについては12コース(台風番号041~052)、台風0423号

の台風経路タイプについては11コース(台風番号021~031)を設定した。これらの台風コースを図-3.1に示す。

これら34コースの台風に対して、第2.3節で記した解像度200mまでの領域設定を用いて、高潮解析を実施し、対象港湾地域毎に高潮偏差が大きいコースを抽出する。なお、この台風コースの抽出については、各港湾地域で1コースとは限らず、同程度に大きい高潮偏差を生じさせるコースがある場合には複数コースを抽出する。

3.2 港湾毎の台風コース

前節において記述した方法により高潮解析を実施し、その結果を用いて、対象港湾地域毎に大きい高潮偏差を生じさせる台風コースを抽出した。

抽出した台風コースを表-3.1に示す。対象港湾地域によって、抽出した台風コースは1コースから3コースであり、対象港湾地域による重複を除けば、全5コースである。

三河港地域の1コースを除いて、抽出された台風コースは、伊勢湾台風の経路を反時計回りに22.5°回転させ

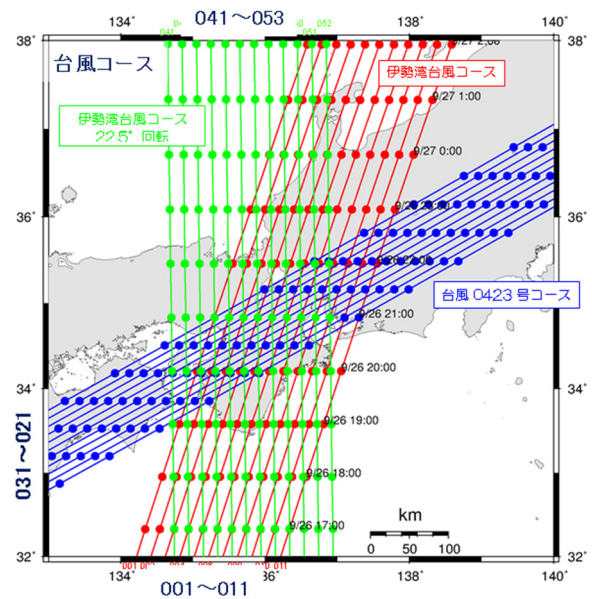


図-3.1 採用した台風コースの候補
(図中の番号は台風コース番号を示す)

表-3.1 抽出した台風コース

対象港湾地域	台風コース
名古屋港地域	048 (1 コース)
衣浦港地域	048, 049, 050 (3 コース)
三河港地域	007, 049, 050 (3 ケース)
四日市港地域	047, 048 (2 ケース)
津松阪港地域	047, 048 (2 ケース)

た台風経路のタイプとなっている。

これらの対象港湾地域毎に抽出した台風コースに対して、第2.3節で記した対象港湾地域を解像度25mで再現した領域設定を用いて、高潮浸水解析を実施する。

4. 高潮浸水解析

本章では、第2章に記した高潮浸水解析モデルおよび解析条件を用いて、第3章に記した対象港湾毎の台風コースによる高潮浸水の解析結果を示す。

本章および付録に示す最高潮位分布および最大浸水深分布の解析結果については、対象港湾地域毎および抽出した台風コース毎に示したのではなく、対象港湾地域毎に抽出した台風コース全ての解析結果を包絡したもの（最大値）の分布である。

また、本章における最高潮位分布および最大浸水深分布の解析結果は、河川流量を与えない場合の気候変動に伴う海面水位上昇量が0.00mおよび0.40mの2ケースのみとし、これら以外を含めて全ケースの結果は付録に記載している。

本章および付録に示す最高潮位の解析結果は、全てT.M.S.L. (T.P.)を基準とした値である。また、本章で示す海面水位上昇量と浸水面積の関係図中の”Envelop”の標記は、抽出した全ての台風コースによる浸水を包絡した最大範囲の面積を示したものである。

4.1 名古屋港地域

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最高潮位を、それぞれ、図-4.1および図-4.2に示す。

現在の状況下を示す海面水位上昇量0.00mの解析結果では、名古屋港の奥部における最高潮位は約4.8mであり、また、この中には朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.M.S.L.+1.2mを含んでいることから、最大高潮偏差は約3.6mである。これらの値は、第2.3節において示した図-2.1および図-2.2から、最高潮位では500年程度の再現期間であり、最大高潮偏差では150年程度の再現期間である。

同様に、海面水位上昇量0.40mの解析結果では、名古屋港の奥部での最高潮位は約5.0mであり、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量の増分0.4mに対して最高潮位の増分は0.2mと小さくなっている。一方、名古屋港の港口については、海面水位上昇量の増分と最高潮位の増分は、ほぼ等しくなっている。このことから、名古屋港の港内については、海面水位上昇に伴う水深変化の高潮偏差に対する影響が比較的大きいことが分かる。

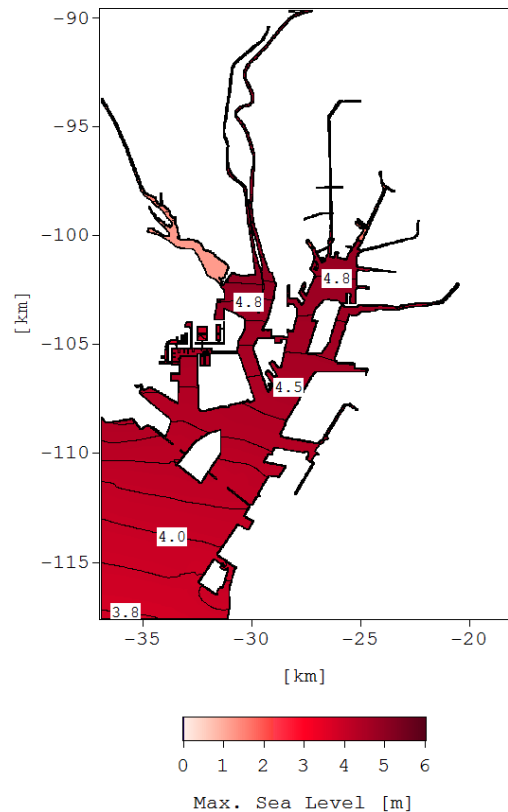


図-4.1 最高潮位（名古屋港地域）
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

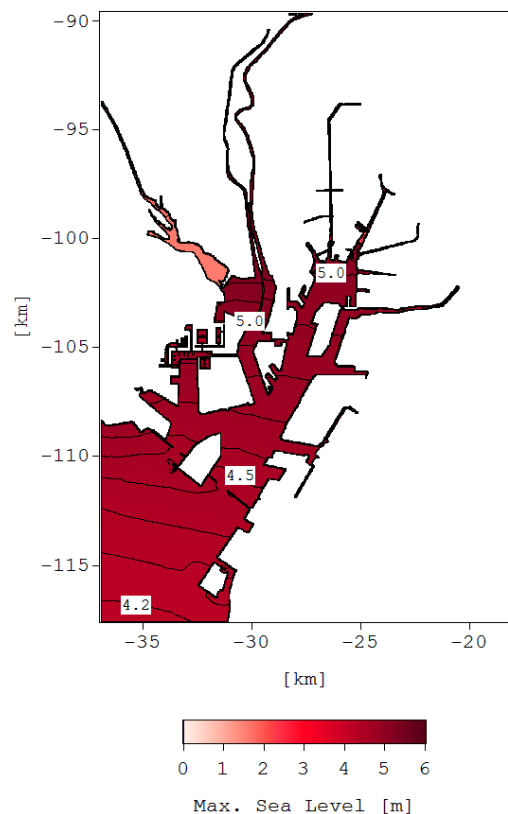


図-4.2 最高潮位（名古屋港地域）
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

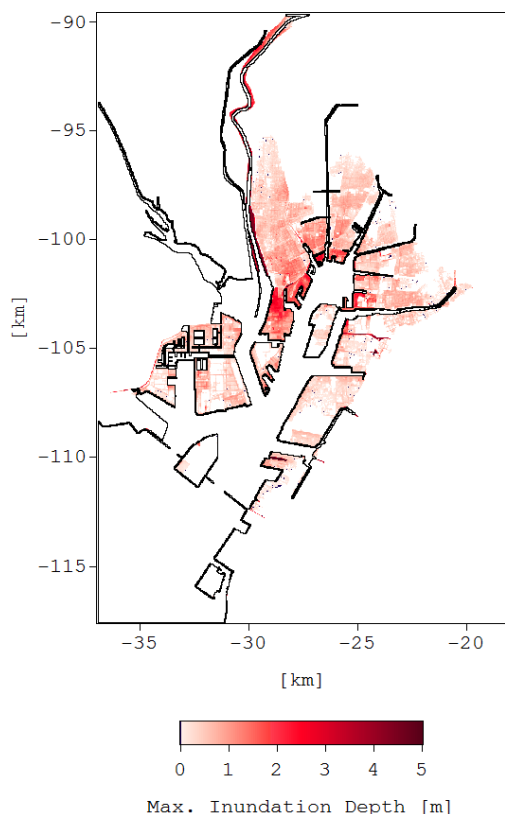


図-4.3 最大浸水深（名古屋港地域）
（海面水位上昇量 0.00m，河川流量なし）

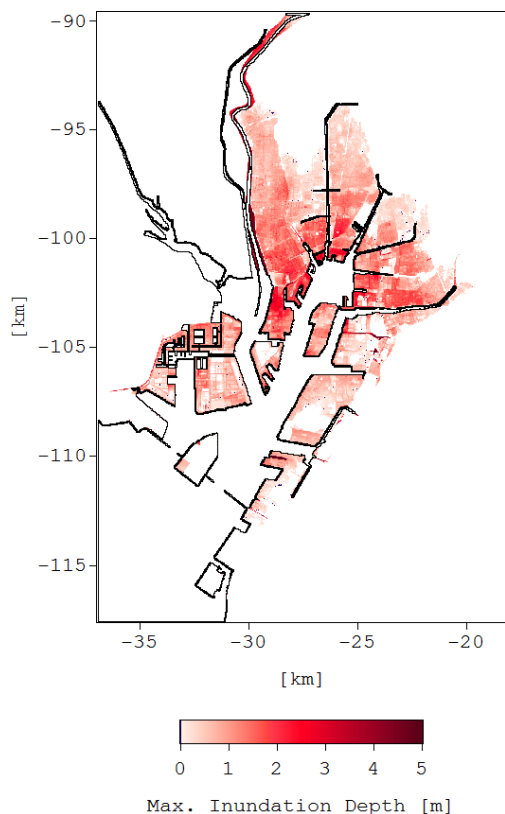


図-4.4 最大浸水深（名古屋港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最大浸水深を，それぞれ，図-4.3および図-4.4に示す。

海面水位上昇量0.00mの解析結果では，名古屋港の港口から中央部については，浸水は堤外地に限定されているが，奥部については，最高潮位が防護施設の天端高を超えているため，その背後のゼロメートル地帯まで浸水が広がっている。一方，海面水位上昇量0.40mのケースでは，名古屋港の港口から中央部については，同様に堤外地に限定されているが，奥部については，さらに浸水範囲が広がるとともに，浸水深も大きくなっている。

河川流量を考慮していない場合および河川流量を考慮した場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を，それぞれ，図-4.5および図-4.6に示す。

いずれのケースにおいても，海面水位上昇量に応じて浸水面積は増加しており，概して浸水面積の増加率は線形的である。これは，名古屋港およびその周辺地域では低平地が広がっていることが要因であることが考えられる。

本検討で仮定した計画高水流量の50%の河川流量を考慮したケースでは，考慮していないケースと比較して，浸水面積は50km²程度増加している。

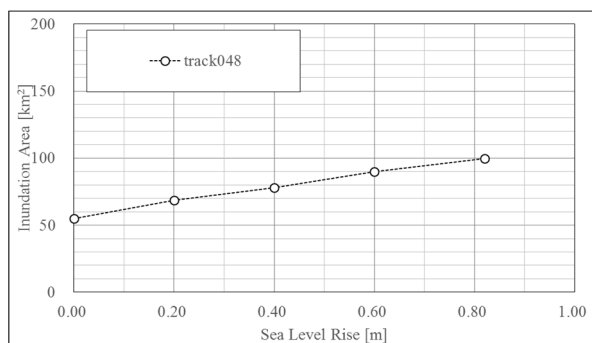


図-4.5 海面水位上昇量と浸水面積
（名古屋港地域）（河川流量なし）

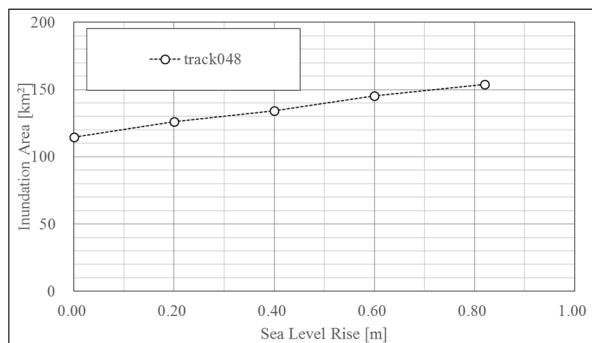


図-4.6 海面水位上昇量と浸水面積
（名古屋港地域）（河川流量あり）

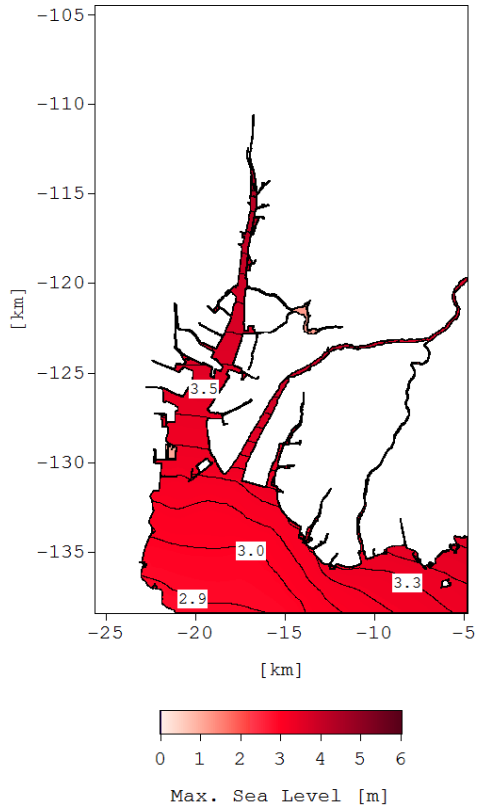


図-4.7 最高潮位 (衣浦港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

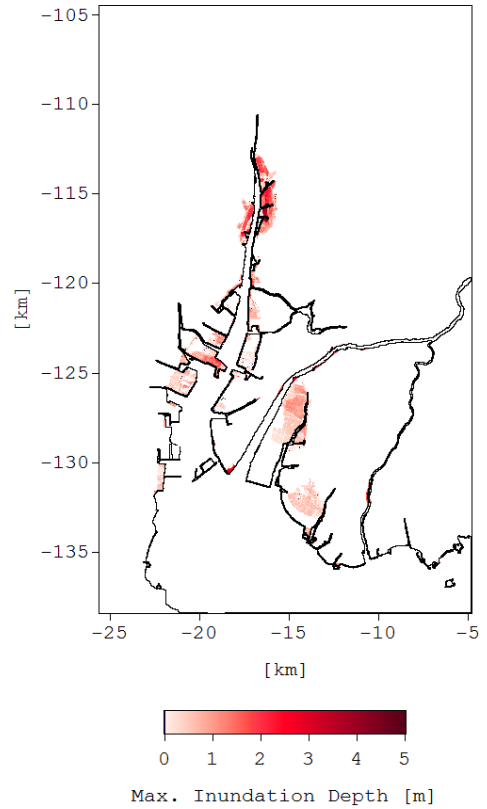


図-4.9 最大浸水深 (衣浦港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

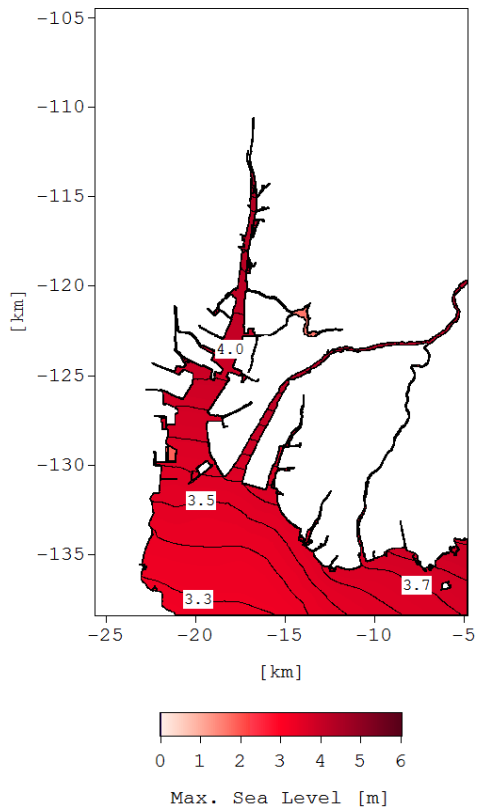


図-4.8 最高潮位 (衣浦港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

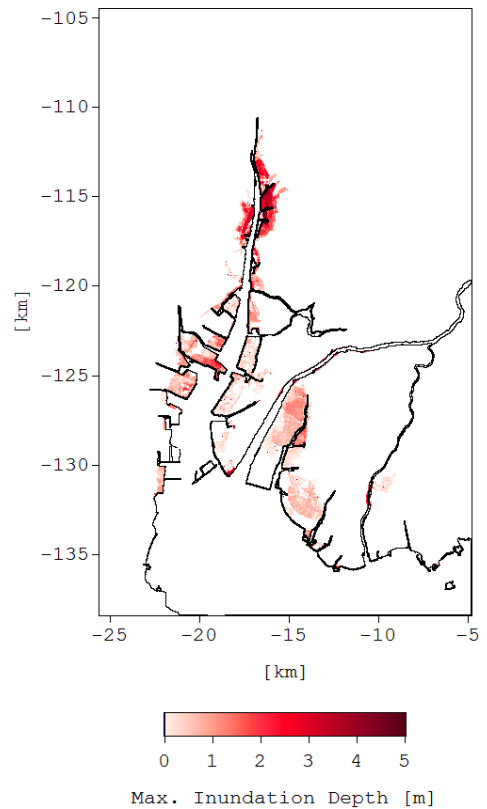


図-4.10 最大浸水深 (衣浦港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

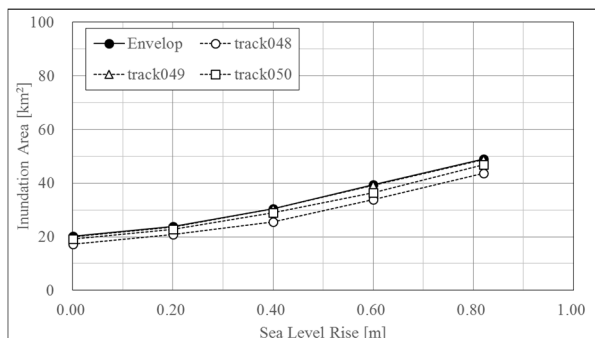


図-4.11 海面水位上昇量と浸水面積
(衣浦港地域) (河川流量なし)

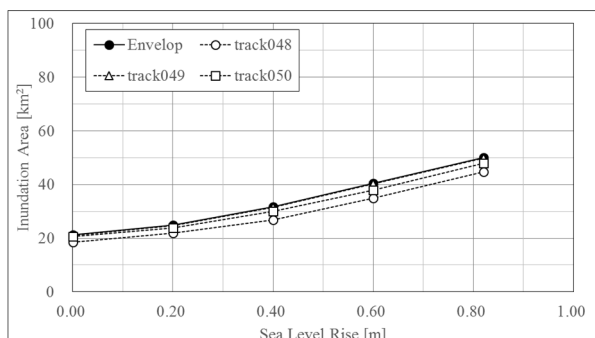


図-4.12 海面水位上昇量と浸水面積
(衣浦港地域) (河川流量あり)

4.2 衣浦港地域

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最高潮位を、それぞれ、図-4.7および図-4.8に示す。

名古屋港地域での結果とは異なり、海面水位上昇量0.40mの解析結果は、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分0.40mだけ高くなっている。このことから、高潮偏差については、海面水位上昇量に伴う水深の変化の影響が小さいことが分かる。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最大浸水深を、それぞれ、図-4.9および図-4.10に示す。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mの解析結果のいずれも、港内の沿岸部および河口部の水際線の広い範囲で浸水が発生している。

河川流量を考慮していない場合および河川流量を考慮した場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、それぞれ、図-4.11および図-4.12に示す。

いずれのケースにおいても、海面水位上昇量に応じて浸水面積は増加しており、概して浸水面積の増加率は線形的である。

本検討で仮定した計画高水流量の50%の河川流量を考慮したケースでは、考慮していないケースと比較して、大きな差異は認められない。

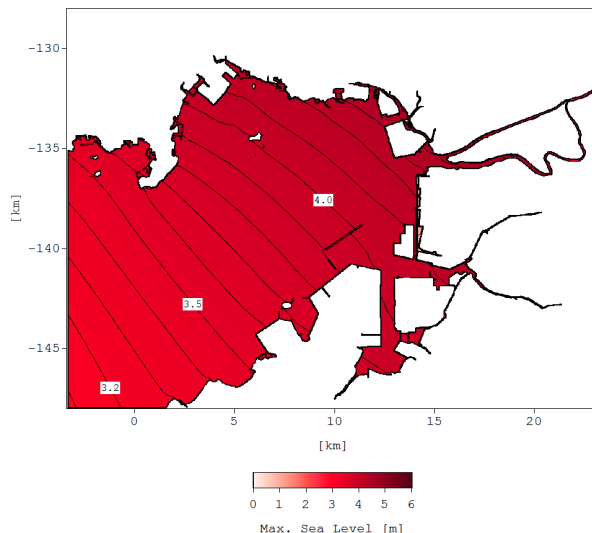


図-4.13 最高潮位 (三河港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

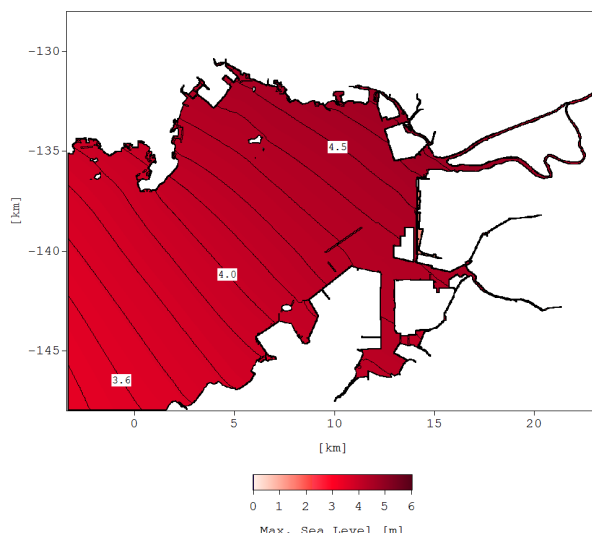


図-4.14 最高潮位 (三河港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

4.3 三河港地域

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最高潮位を、それぞれ、図-4.13および図-4.14に示す。

海面水位上昇量0.40mの解析結果は、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量の増分0.4mに対して最高潮位の増分は0.3m程度と小さくなっている。このことから、海面水位上昇に伴う水深変化の高潮偏差に対する影響が認められる。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最大浸水深を、それぞれ、図-4.15および図-4.16に示す。

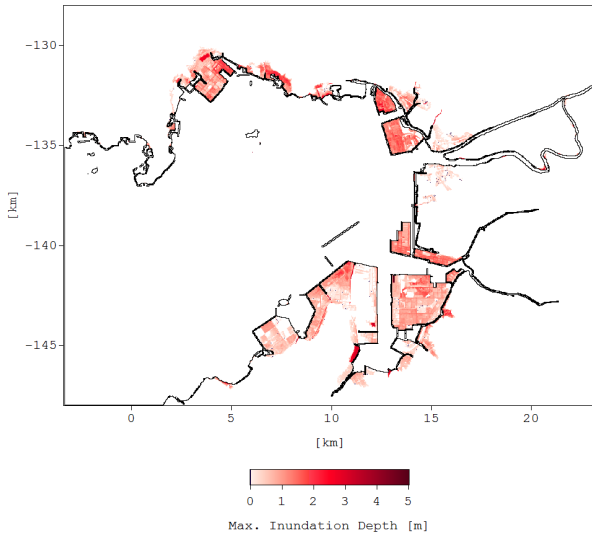


図-4.15 最大浸水深（三河港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

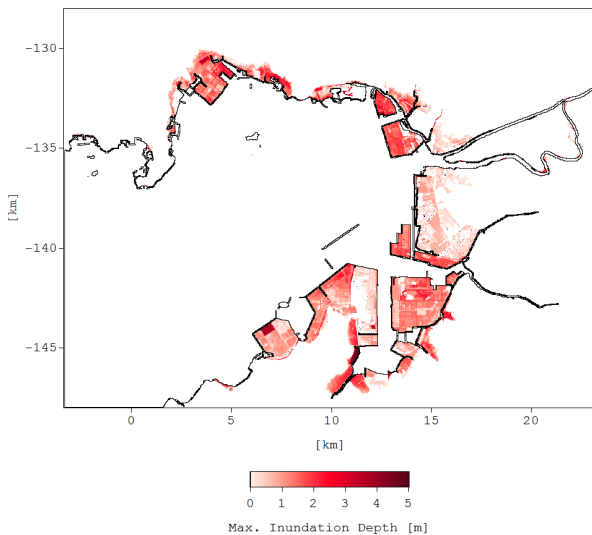


図-4.16 最大浸水深（三河港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

海面水位上昇量0.00mの解析結果では、ほぼ堤外地に浸水範囲は限定されている。一方、海面水位上昇量0.40mケースでは、堤内地への浸水が広がっていることが確認できる。

河川流量を考慮していない場合および河川流量を考慮した場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、それぞれ、図-4.17および図-4.18に示す。

海面水位上昇量に応じて浸水面積は増加しており、概して浸水面積の増加率は線形的である。

本検討で仮定した計画高水流量の50%の河川流量を考慮したケースでは、考慮していないケースと比較して、浸水面積は10km²程度増加している。

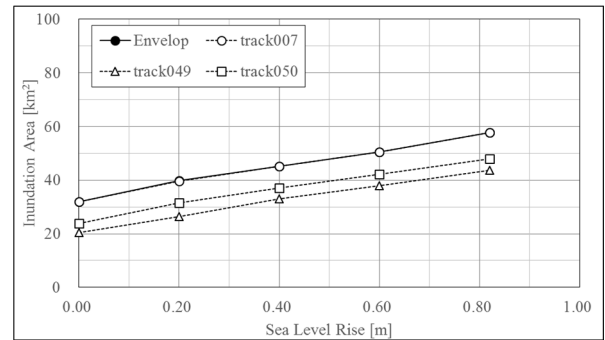


図-4.17 海面水位上昇量と浸水面積
（三河港地域）（河川流量なし）

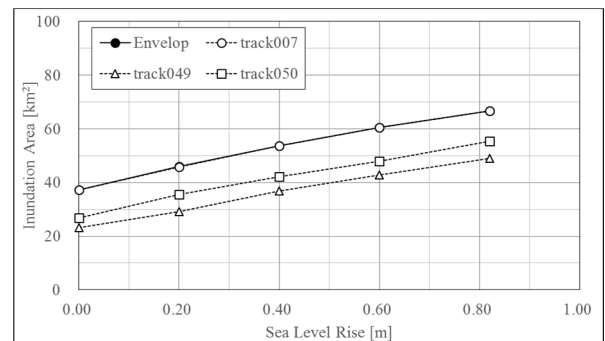


図-4.18 海面水位上昇量と浸水面積
（三河港地域）（河川流量あり）

4.4 四日市港地域

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最高潮位を、それぞれ、図-4.19および図-4.20に示す。

海面水位上昇量0.40mの解析結果は、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分0.40mだけ高くなっている。このことから、高潮偏差については、海面水位上昇量に伴う水深の変化の影響が小さいことが分かる。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最大浸水深を、それぞれ、図-4.21および図-4.22に示す。

海面水位上昇量0.40mケースでは、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、堤内地への浸水が広がっていることが確認できる。

河川流量を考慮していない場合および河川流量を考慮した場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、それぞれ、図-4.23および図-4.24に示す。

海面水位上昇量に応じて浸水面積は増加しており、概して浸水面積の増加率は線形的である。

本検討で仮定した計画高水流量の50%の河川流量を考慮したケースでは、考慮していないケースと比較して、浸水面積は20km²程度増加している。

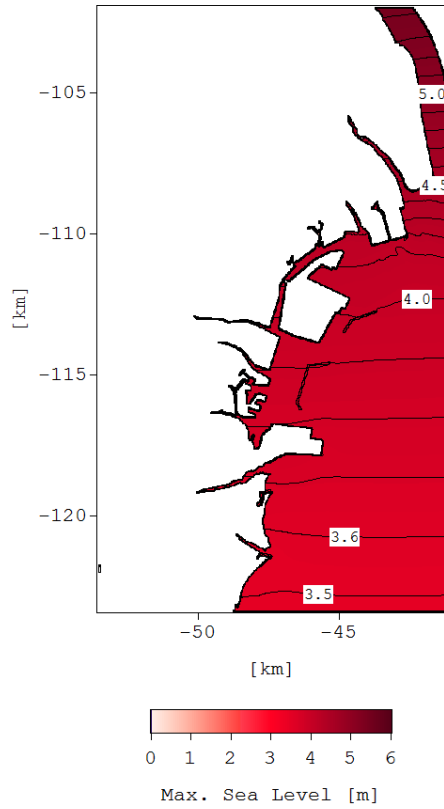


図-4.19 最高潮位（四日市港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

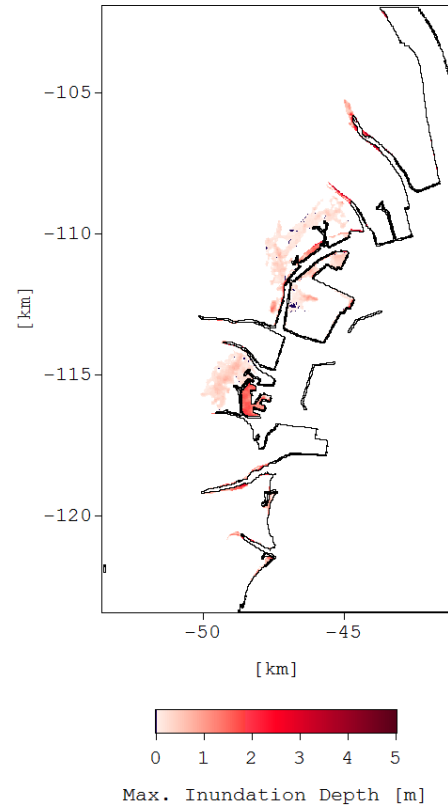


図-4.21 最大浸水深（四日市港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

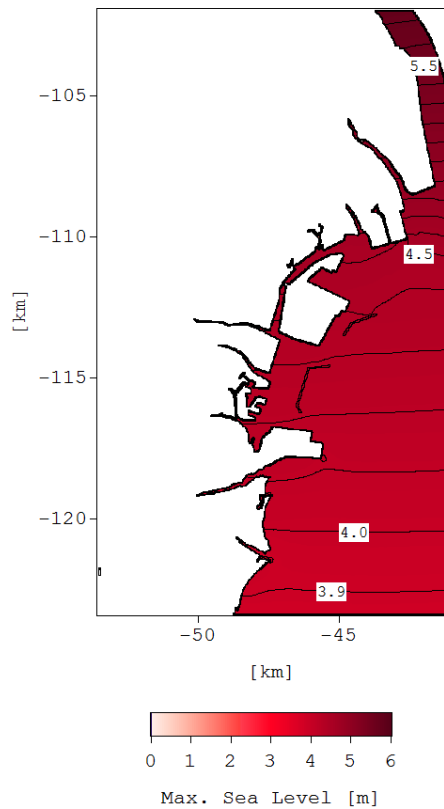


図-4.20 最高潮位（四日市港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

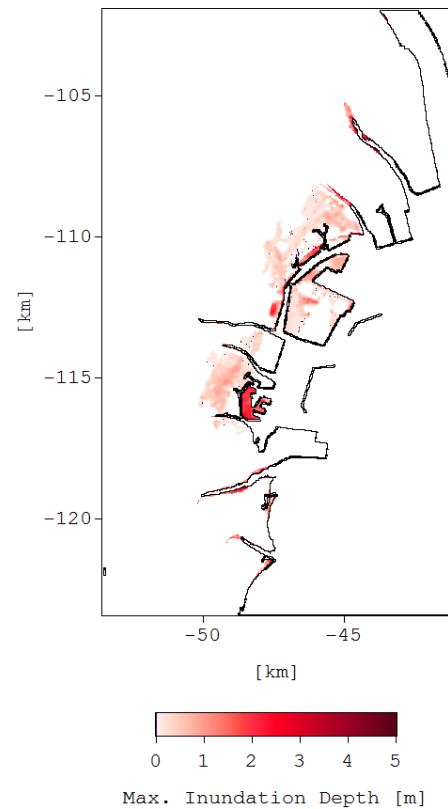


図-4.22 最大浸水深（四日市港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

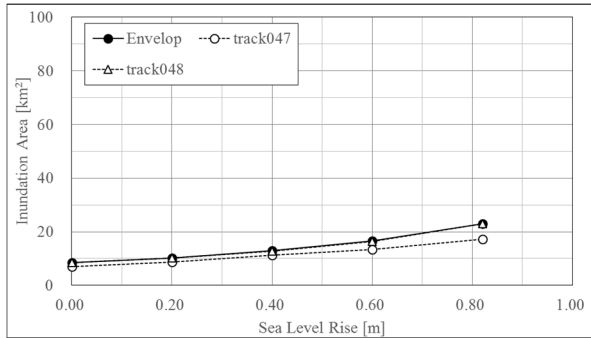


図-4.23 海面水位上昇量と浸水面積
(四日市港地域) (河川流量なし)

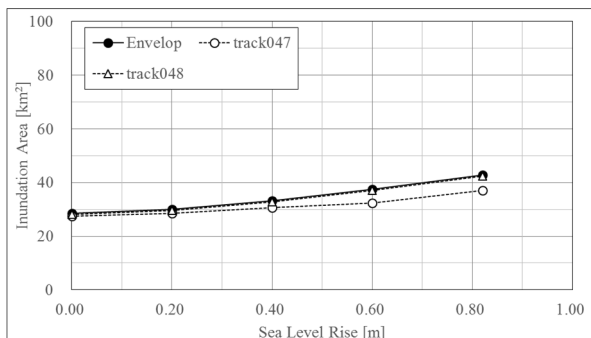


図-4.24 海面水位上昇量と浸水面積
(四日市港地域) (河川流量あり)

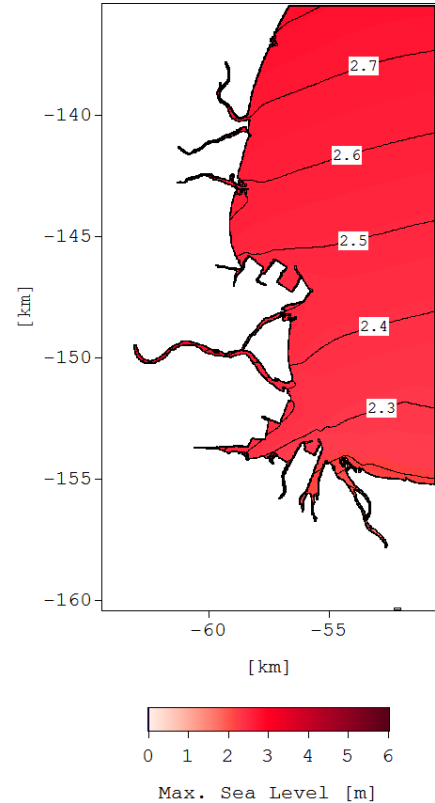


図-4.25 最高潮位 (津松阪港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

4.5 津松阪港地域

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最高潮位を、それぞれ、図-4.25および図-4.26に示す。

海面水位上昇量0.40mの解析結果は、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分0.40mだけ高くなっている。このことから、高潮偏差については、海面水位上昇量に伴う水深の変化の影響が小さいことが分かる。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける最大浸水深を、それぞれ、図-4.27および図-4.28に示す。

いずれのケースにおいても、浸水は非常に限られた範囲となっている。

河川流量を考慮していない場合および河川流量を考慮した場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、それぞれ、図-4.29および図-4.30に示す。

いずれのケースにおいても、海面水位上昇量に応じて浸水面積は増加しており、概して浸水面積の増加率は線形的である。

本検討で仮定した計画高水流量の50%の河川流量を考慮したケースは、考慮していないケースと比較して、浸水面積に大きな差異は生じていない。

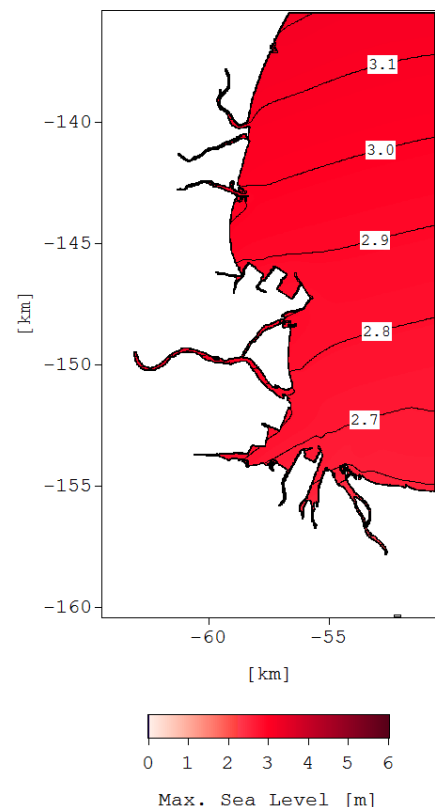


図-4.26 最高潮位 (津松阪港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

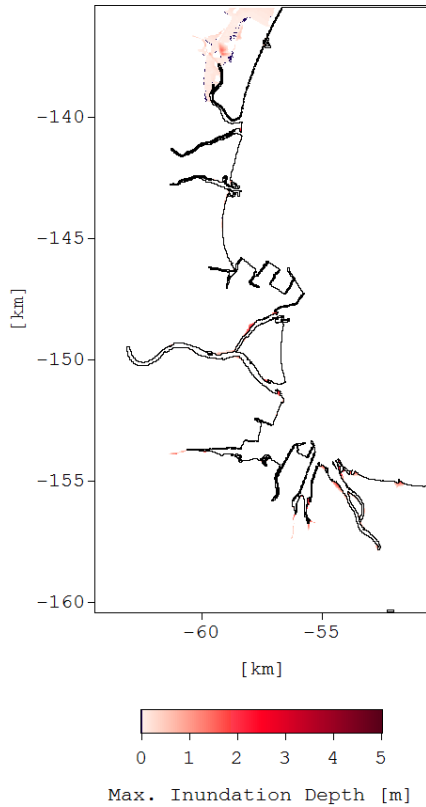


図-4.27 最大浸水深（津松阪港地域）
（海面水位上昇量 0.00m，河川流量なし）

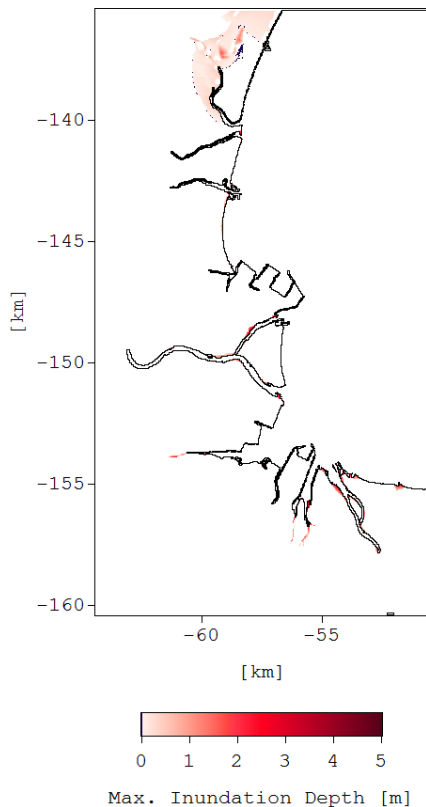


図-4.28 最大浸水深（津松阪港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

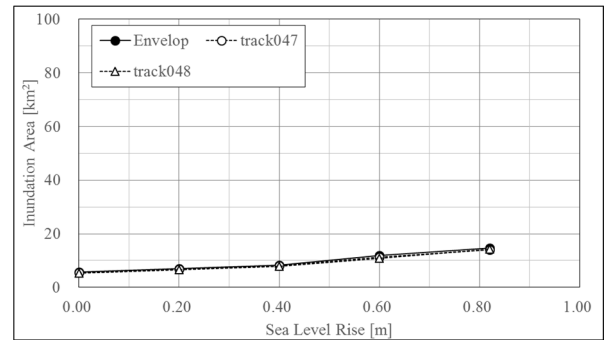


図-4.29 海面水位上昇量と浸水面積
（津松阪港地域）（河川流量なし）

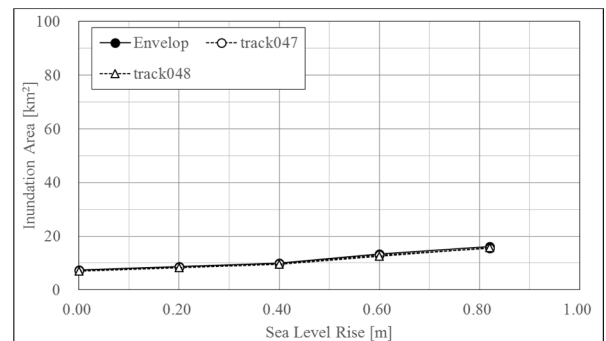


図-4.30 海面水位上昇量と浸水面積
（津松阪港地域）（河川流量あり）

5. まとめ

本検討では、高潮が発達しやすい海域である三大湾のうち、本多ら（2016）による東京湾を対象とした検討に引き続き、伊勢湾を対象に、広い堤外地を有する港湾およびその周辺地域について、台風に伴う高潮による浸水解析を実施した。

対象地域は、名古屋港、衣浦港、三河港、四日市港および津松阪港の5港湾と、それぞれの周辺地域とした。

この浸水解析では気候変動に伴う海面水位上昇を考慮したが、その予測には幅があるため、海面水位上昇量の程度別に浸水解析を行った。

台風シナリオについては、本多ら（2016）による検討と同様に伊勢湾台風級を採用するとともに、対象の港湾地域毎に種々のコースを設定した。

河合（2010）による検討結果を参考に算定すると、この台風シナリオは、名古屋港において、最高潮位で500年程度の再現期間となり、最大高潮偏差で150年程度の再現期間となるものである。

海面水位上昇量別の高潮解析の結果によると、衣浦港、四日市港および津松阪港における沿岸部の最高潮位については、ほぼ海面水位上昇量に応じて増加しており、

海面水位上昇に伴う水深変化による高潮偏差への影響は大きくない。一方、名古屋港および三河港については、海面水位上昇に伴う水深が増加すると、高潮偏差は減少する傾向を示した。

本検討の対象港湾およびその周辺地域については、海面水位上昇量が増加すると浸水面積は線形的に増加する。これは、対象地域には低平地が広がっていることが1つの要因である。海面水位上昇量に応じた浸水面積の増加率は、名古屋港地域および衣浦港地域では他の港湾地域と比較して大きい。

本検討の対象範囲内の一級河川において計画高水流量の50%の河川流量を与えたケースでは、河川流量を与えていないケースと比較して、名古屋港地域および四日市港地域における浸水面積は大きく増加するが、衣浦港地域および津松阪港地域においては、河川流量の有無による浸水面積について、大きな差異は認められない。なお、大きな高潮を発生させる台風は一般的に台風であることや、高潮と洪水のピークが重なる確率を考慮すると、計画高水流量の50%の河川流量を与えたケースにおける最高潮位の解析結果については、その再現期間は500年を大きく上回ると考えられる。

海面水位上昇量0.0mのケースでは、名古屋港の奥部において、最高潮位が防護施設の天端高を超え、背後のゼロメートル地帯まで浸水が広がっている。一方、名古屋港地域以外においては、一部の堤内地において浸水が認められるが、浸水範囲は堤外地に限定されている。

6. あとがき

将来の気候変動によって海面水位は急激に上昇するわけではないため、海面水位上昇量に応じて防潮施設等の天端高を上げることで、防護効果を維持できることが期待できる。ただし、本検討では、将来の気候変動に伴う台風の強大化の影響を検討の対象にしていないため、台風の強大化による高潮偏差の増加の危険性には注意が必要である。

一般的に、高潮に伴う越流による浸水と比較して、越波による浸水量は大きくないため、本検討では、台風に伴う強風による高潮に焦点を絞って浸水解析を実施し、越波による浸水を検討の対象としていない。しかし、たとえば、台風9918号での周防灘沿岸における越波による被害や八代海沿岸における越流および越波による被害（河合ら、2000）のように、防護施設の近傍に着目する場合には、高波に伴う越波を考慮する必要がある。

実際に高潮対策等を検討する際には、これらのことに

留意するとともに、防潮施設等の諸条件について詳細に確認し、それらを踏まえて高潮浸水解析を実施する必要がある。

(2017年2月14日受付)

参考文献

- 愛知県建設部港湾課（2013）：各港湾の潮位，
<http://www.pref.aichi.jp/soshiki/kowan/0000007885.html>。
 大阪市港湾局（2015）：港湾工事共通仕様書 A52 添付資料（港湾工事標準図表），
<http://www.city.osaka.lg.jp/port/page/0000087715.html>。
 河合弘泰・平石哲也・丸山晴広・田中良男（2000）：台風9918号による高潮の現地調査と追算，港湾空港技術研究所資料，No.971，43p。
 河合弘泰（2010）：高潮数値計算技術の高精度化と気候変動に備えた防災への適用，港湾空港技術研究所資料，No.1210，97p。
 気象庁（2015）：IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 気象庁訳，
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>。
 気象庁：過去の台風資料，
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/index.html>，2016年1月7日時点。
 気象庁 RSMC Tokyo-Typhoon Center（2016）：Best Track Data，
<http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-cg/trackarchives.html>。
 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫（1998）：GISを利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，第45巻，pp.356-360。
 東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会（2015）：危機管理行動計画（第三版），204p。
http://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/tokai_nederland/pdf/kikikanri1_01.pdf。
 東京都港湾局（2016）：平成28年東京港24時間潮位表，
<http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/yakuwari/choui/>。
 広島県港湾振興事務所（2013）：広島港の自然条件・気象の状況，
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/kouwan/outline-a02.html>。
 本多和彦・鈴木健之・鈴木 武（2016）：東京湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析，国土技術政策総合研究所資料，No.934，55p。

本多忠夫・光易 恒 (1980) : 水面に及ぼす風の作用に関する実験的研究, 第 27 回海岸工学講演会論文集, pp.90-93.

Uchida, Y., Ohnishi, H., Jindo, A., Shirasaki, M., Satou, M., Honda, K., Kitou, T., Nishio, K., Sugimoto, T., Yoshimura, H. and Yamada, A. (2011): The Storm Surge Protection Breakwater in the Port of Nagoya, *Proc. 6th Int. Conf. Coastal Structures*, ASCE, pp.1471-1477.

記号表

A_h	水平渦動粘性係数
C_D	海面抵抗係数
D	全水深 ($= h + \eta$)
f	コリオリの係数
g	重力加速度
h	水深
M	x 方向の流量フラックス
N	y 方向の流量フラックス
n	Manning の粗度係数
$p(r)$	気圧
p_0	海面での大気圧
p_c	台風の中心気圧
p_∞	無限遠での気圧
Δp	気圧深度 ($p_\infty - p_c$)
r	台風の中心からの距離
r_0	Myers の気圧分布における強風半径 (気圧傾度が最大となる半径)
t	時間
Δt	時間間隔
u	x 方向の流速成分
U_1	傾度風に起因する海上風速
U_2	台風の移動に起因する海上風速
U_{gr}	自由大気における風速 (台風の移動の効果を除く)
v	y 方向の流速成分
V_T	台風の移動速度
W	海上風速
W_x	x 方向の海上風速成分
W_y	y 方向の海上風速成分
x	水平方向にとった座標系
y	水平方向にとった座標系
z	鉛直方向にとった座標系
α	海上風の偏向角
η	潮位偏差
ρ_a	大気の密度
ρ_w	海水の密度
τ_{bx}	x 方向の底面せん断応力成分
τ_{by}	y 方向の底面せん断応力成分
τ_{sx}	x 方向の海面せん断応力成分
τ_{sy}	y 方向の海面せん断応力成分

付録A 名古屋港地域の解析結果

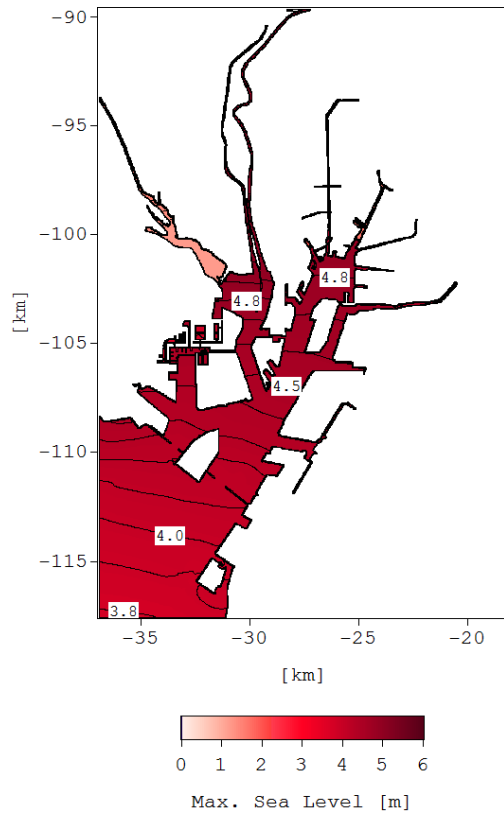


図-A.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

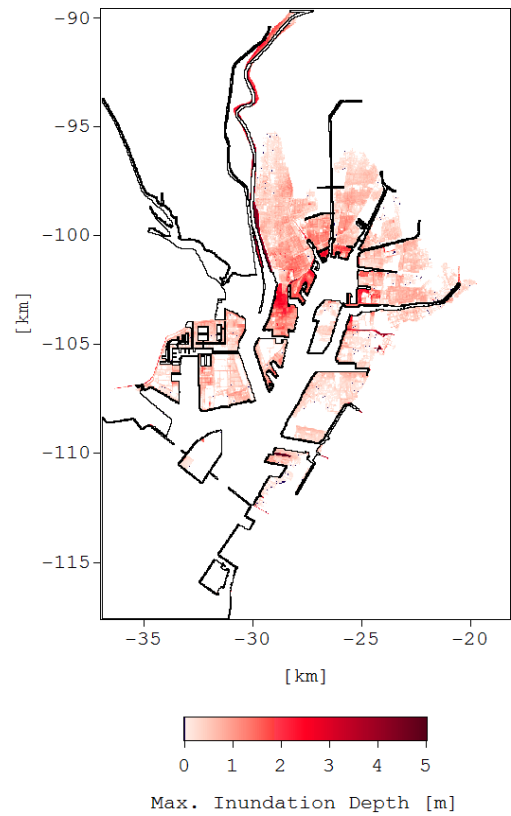


図-A.3 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)

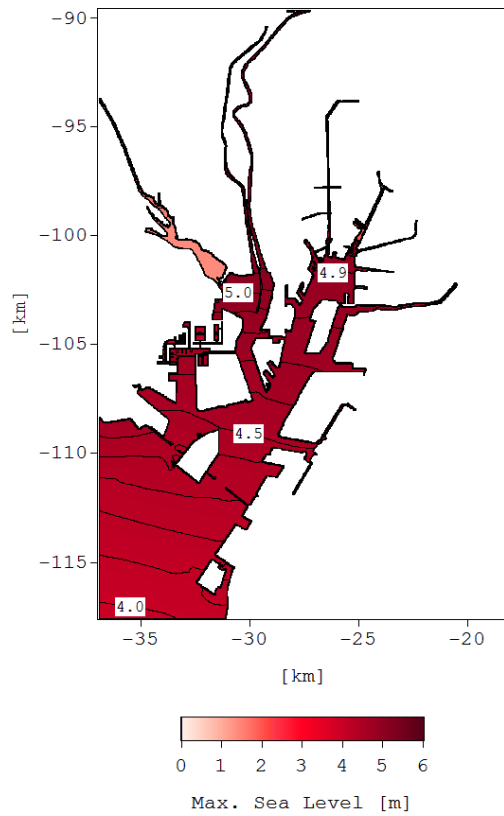


図-A.2 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

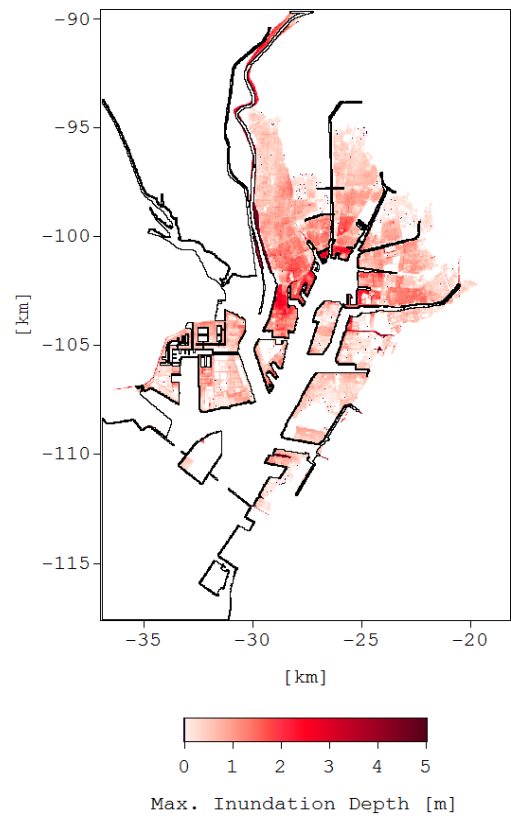


図-A.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

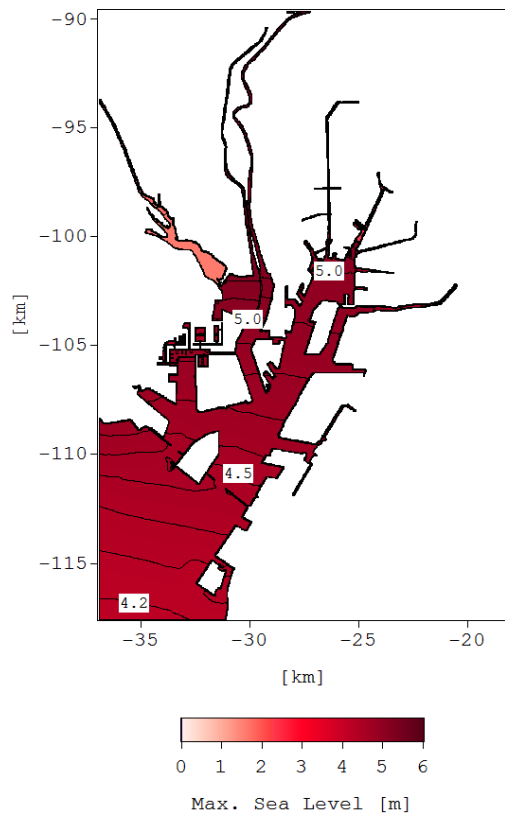


図-A. 5 最高潮位 (海面上昇量 : 0. 40m)

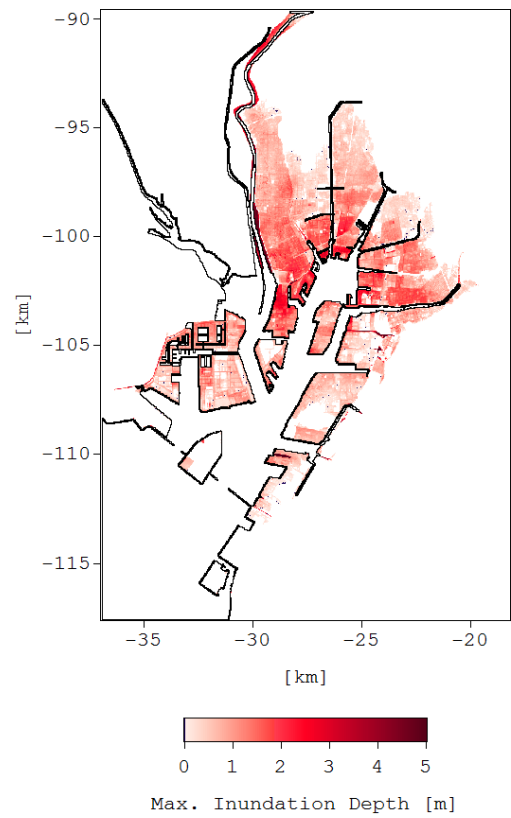


図-A. 7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0. 40m)

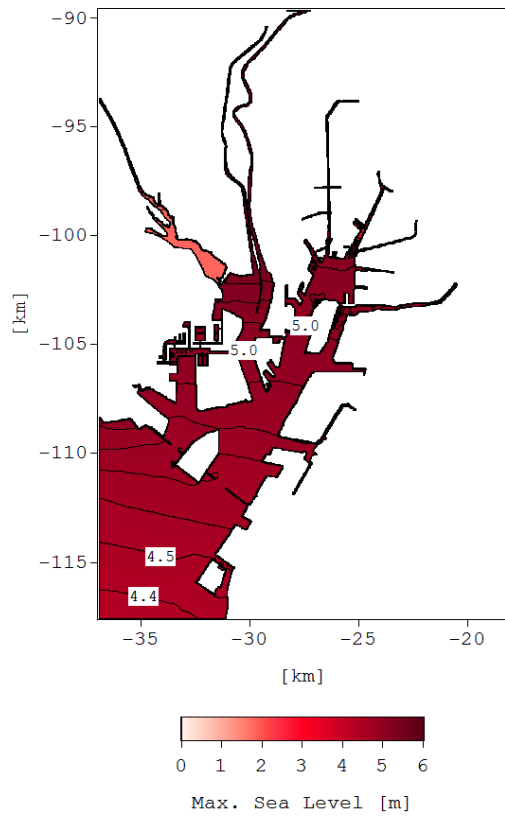


図-A. 6 最高潮位 (海面上昇量 : 0. 60m)

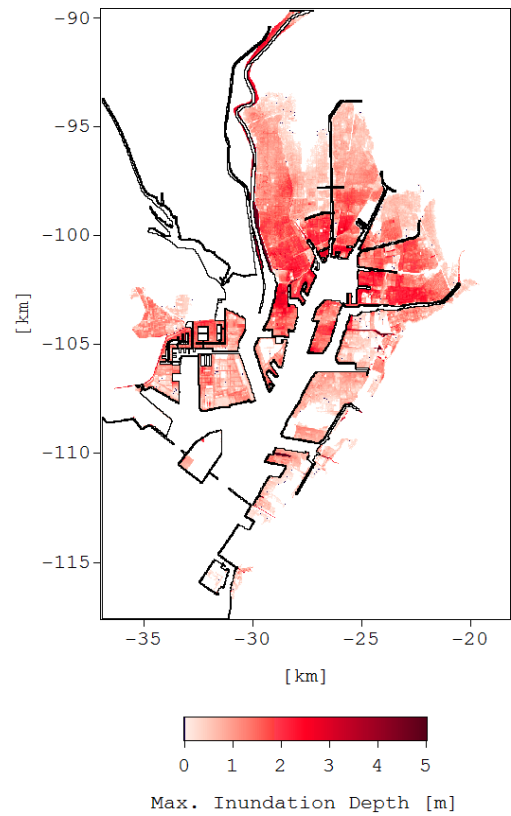


図-A. 8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0. 60m)

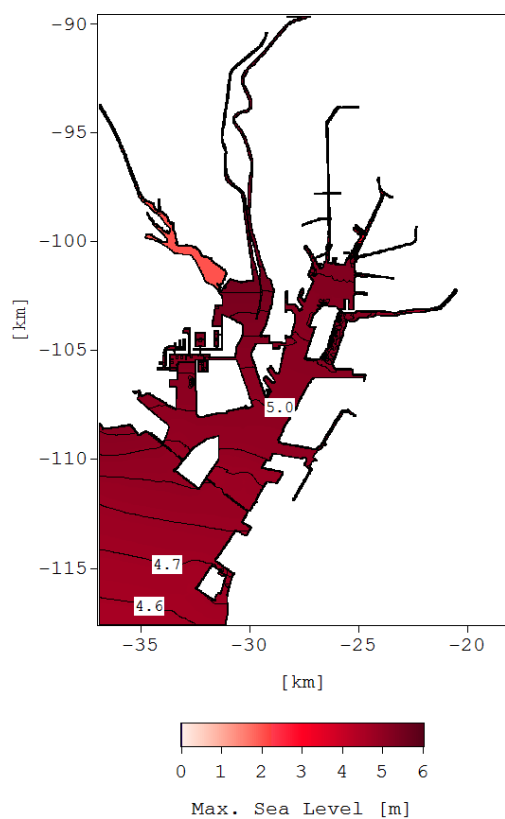


図-A.9 最高潮位（海面上昇量：0.82m）

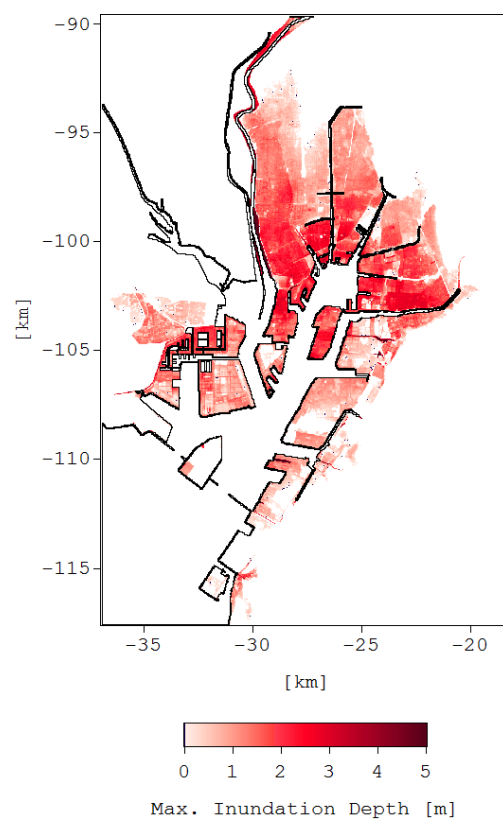


図-A.10 最大浸水深（海面上昇量：0.82m）

付録B 名古屋港地域（河川流量あり）の解析結果

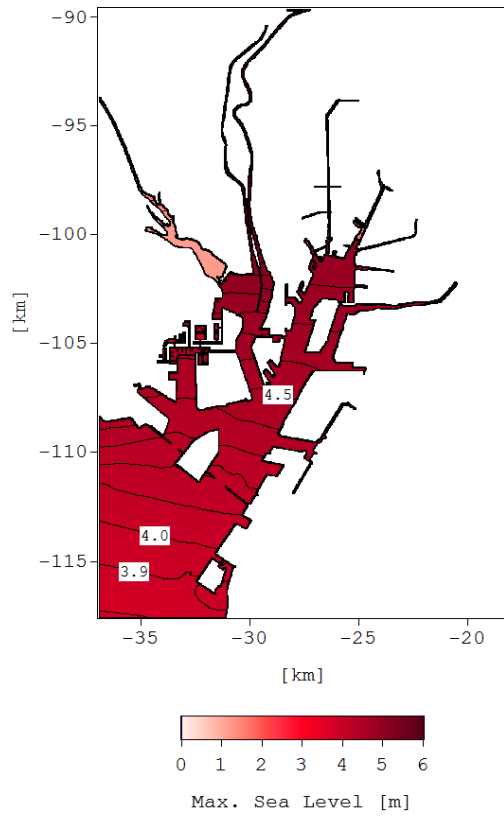


図-B.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

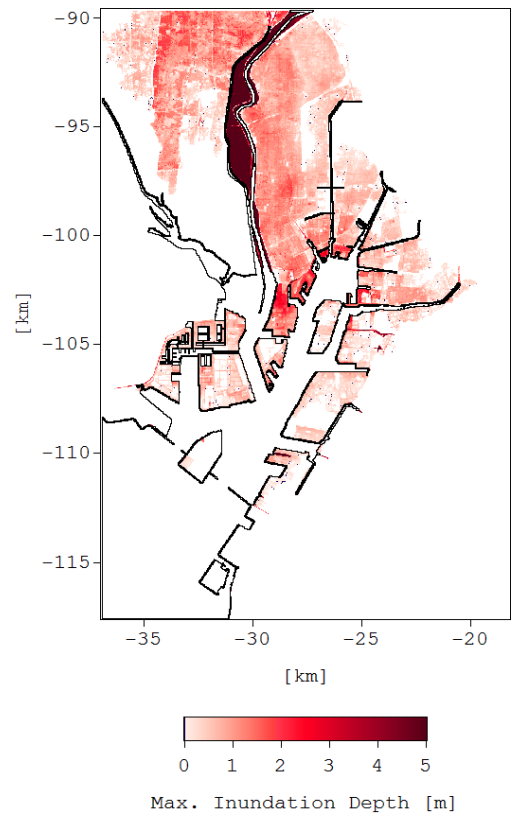


図-B.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

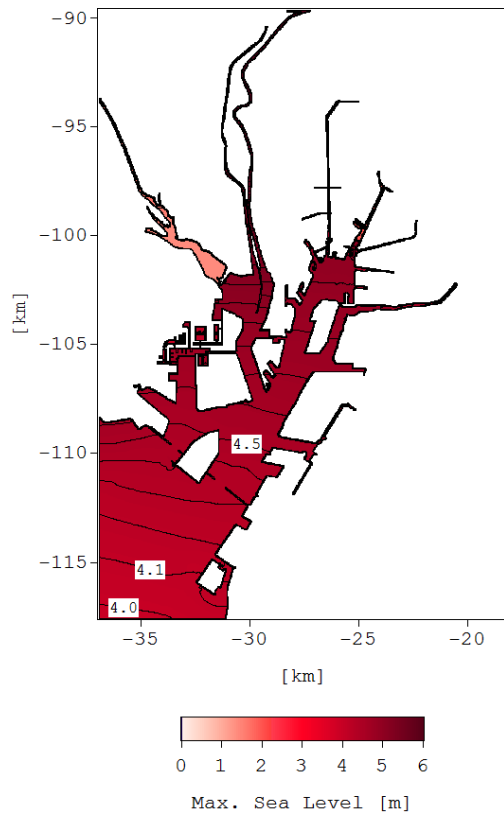


図-B.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

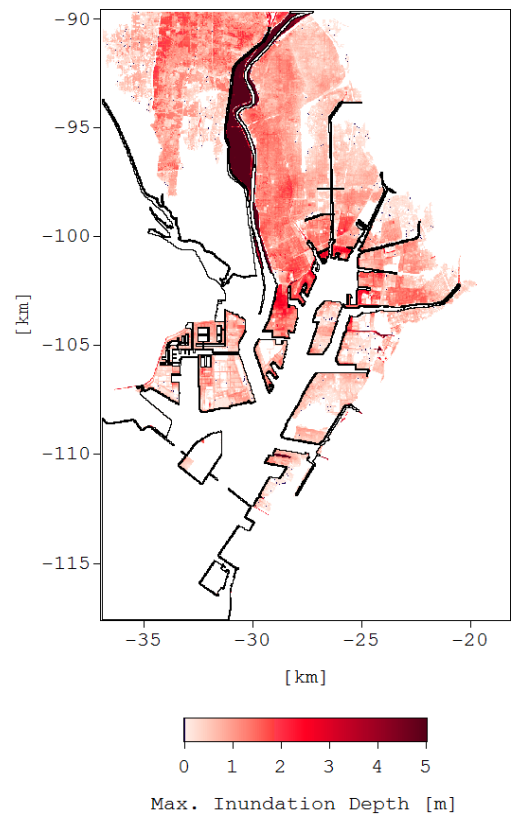


図-B.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

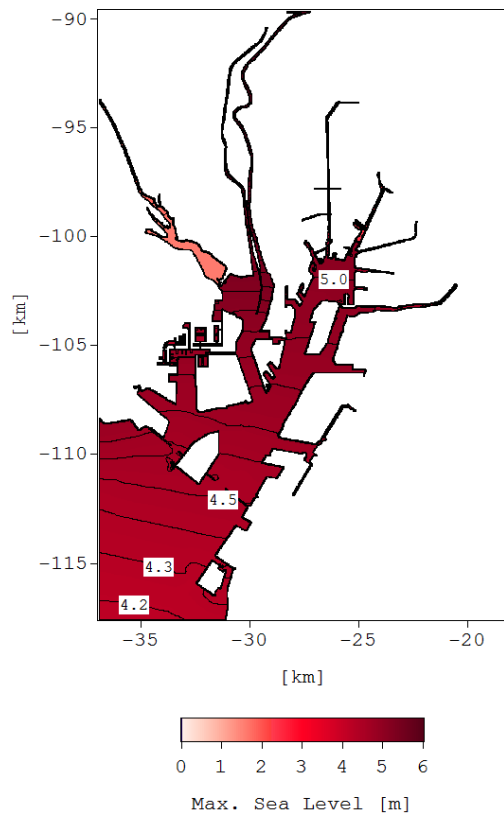


図-B.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

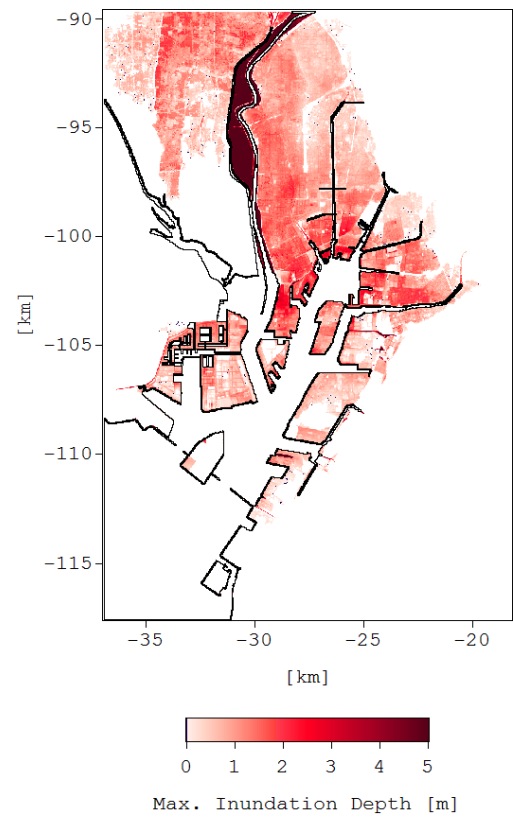


図-B.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

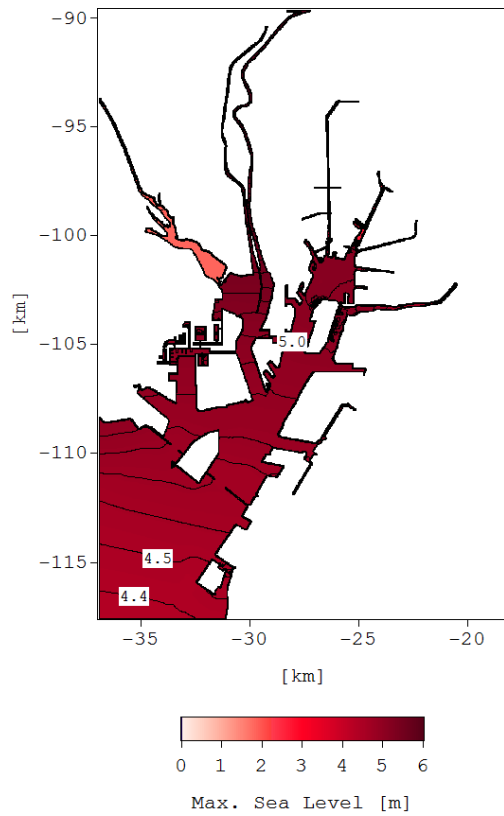


図-B.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

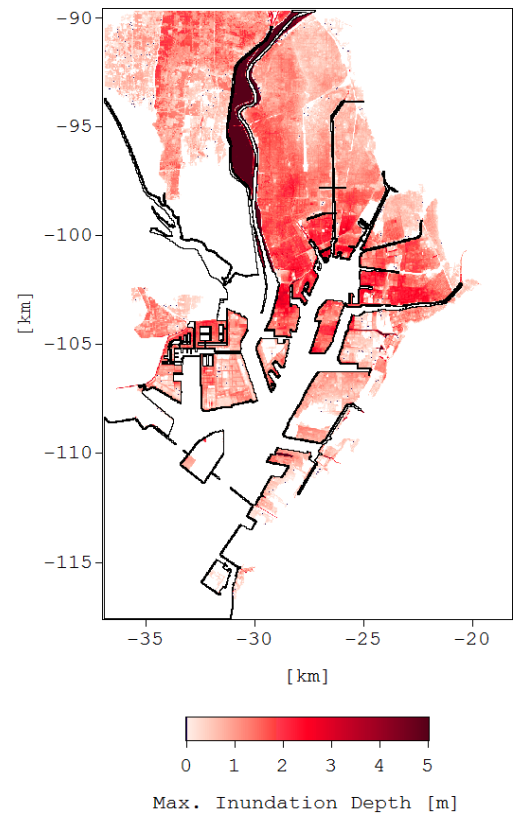


図-B.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

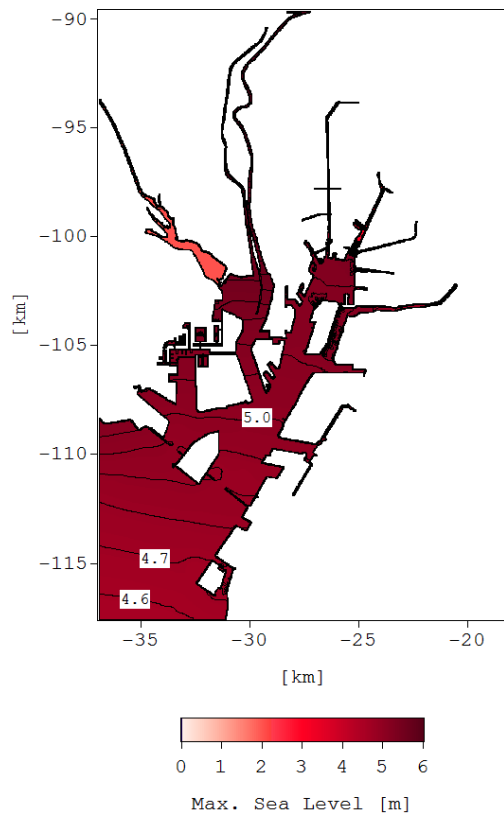


図-B.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

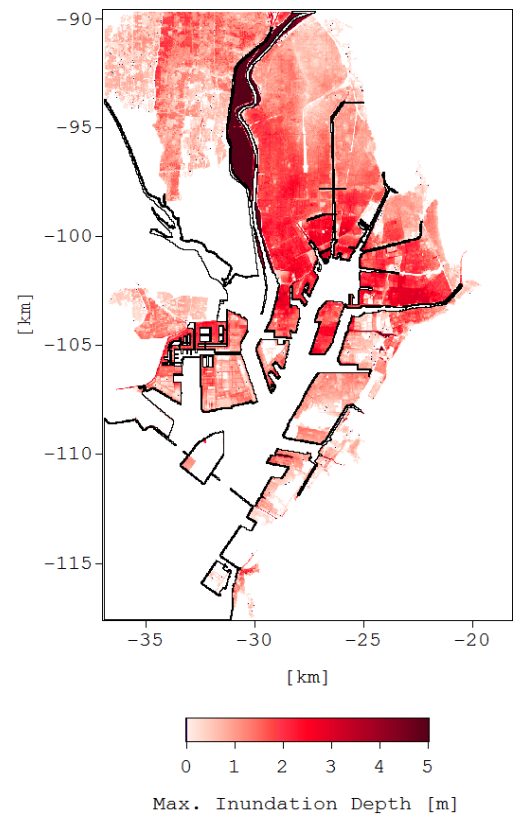


図-B.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録C 衣浦港地域の解析結果

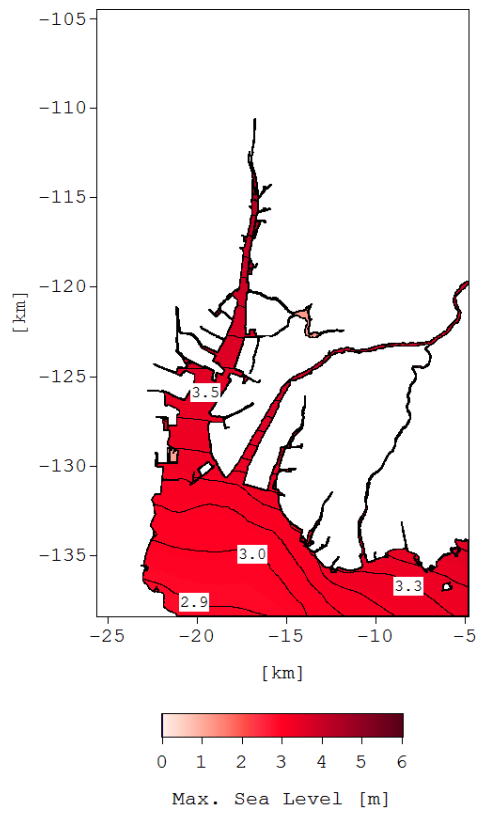


図-C.1 最高潮位 (海面上昇量：0.00m)

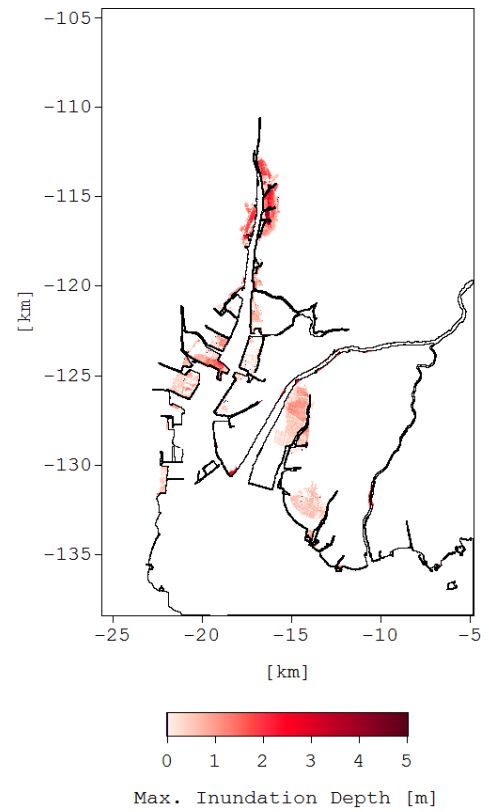


図-C.3 最大浸水深 (海面上昇量：0.00m)

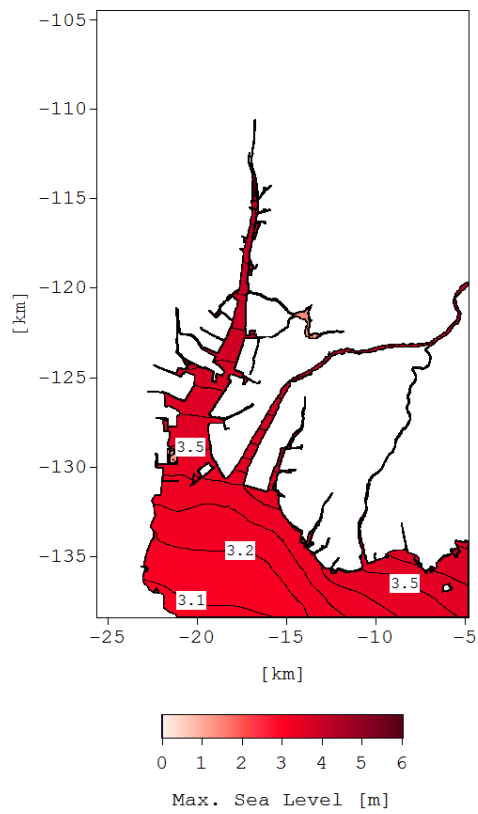


図-C.2 最高潮位 (海面上昇量：0.20m)

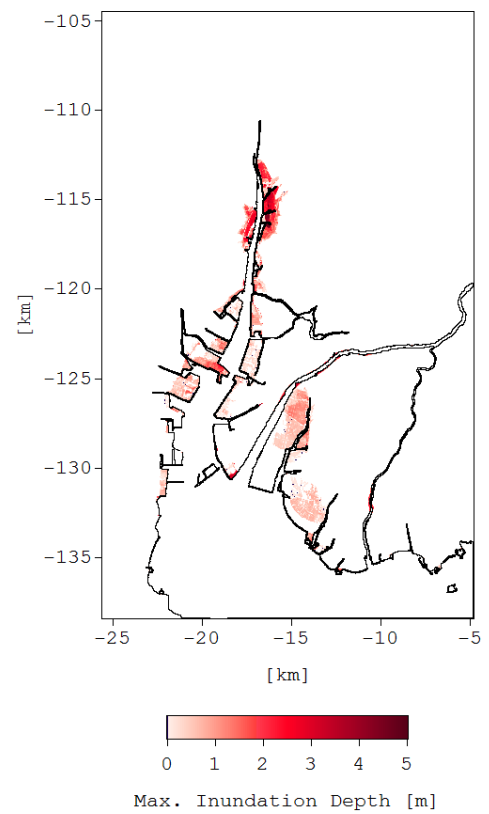


図-C.4 最大浸水深 (海面上昇量：0.20m)

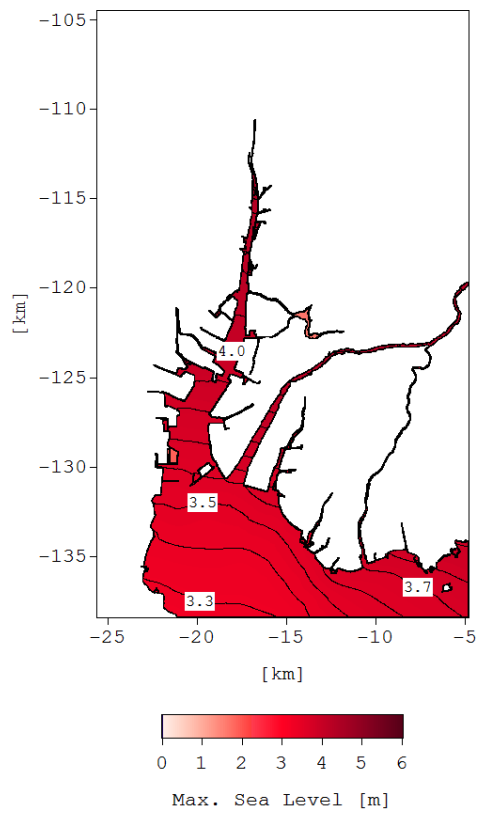


図-C.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

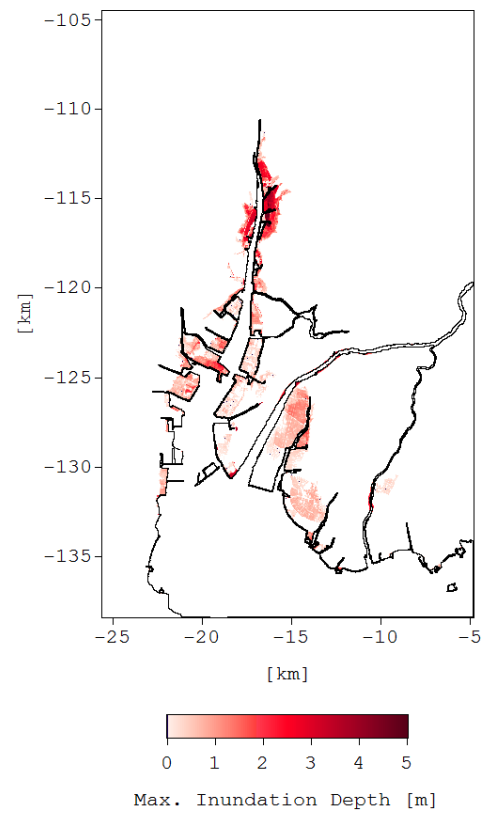


図-C.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

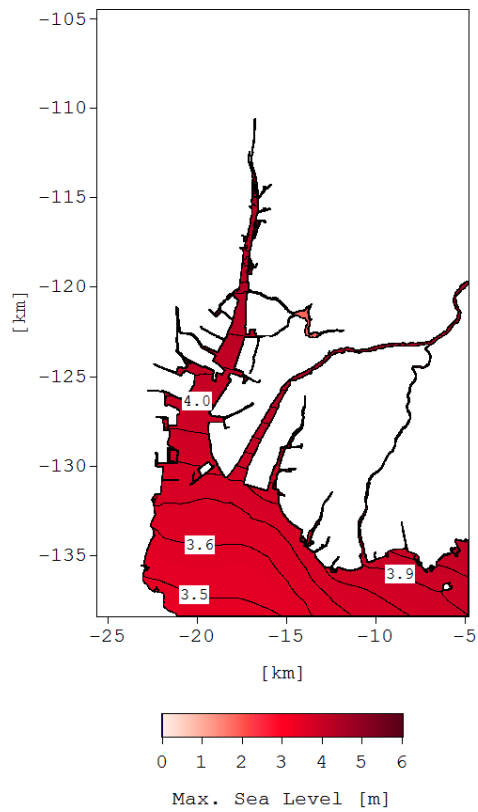


図-C.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

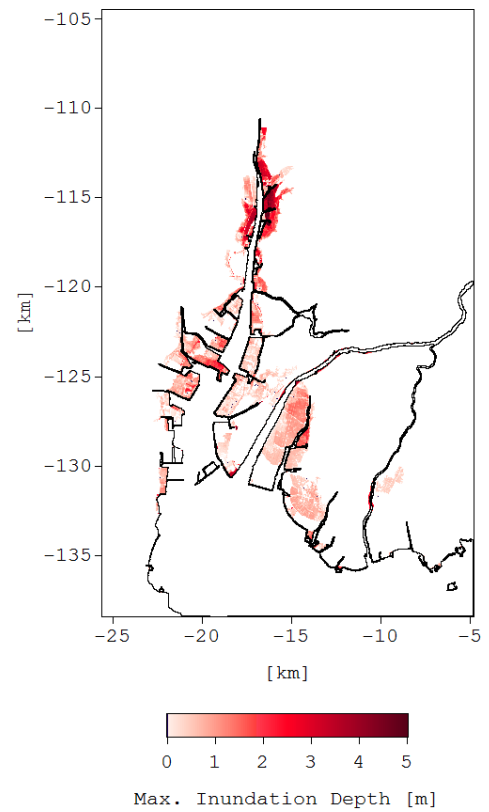


図-C.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

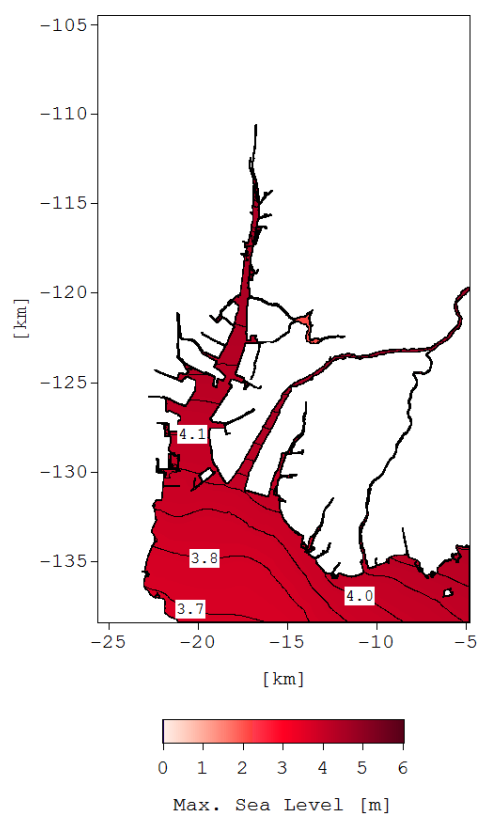


図-C.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

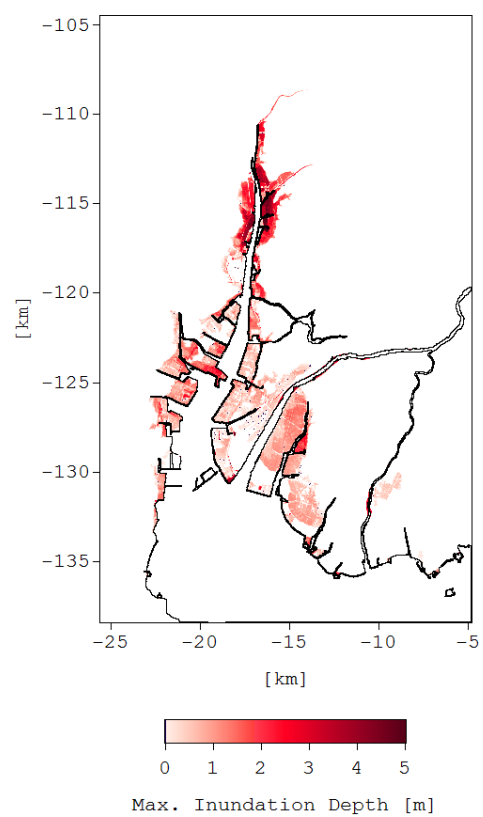


図-C.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録D 衣浦港地域（河川流量あり）の解析結果

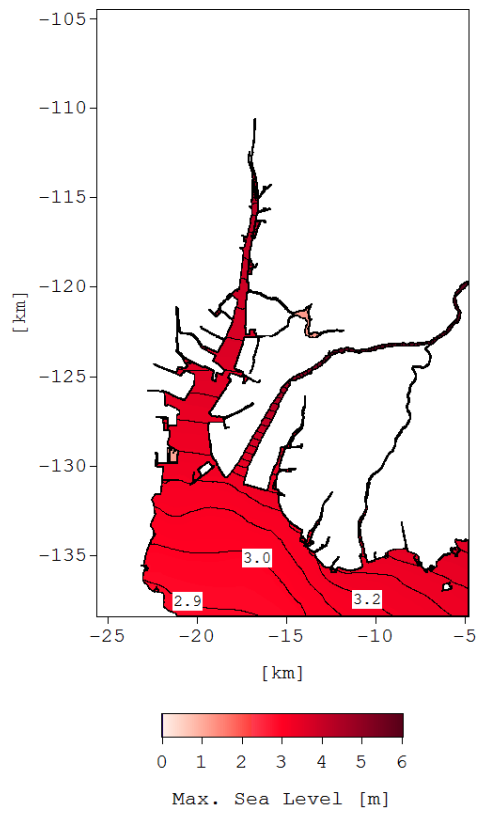


図-D.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

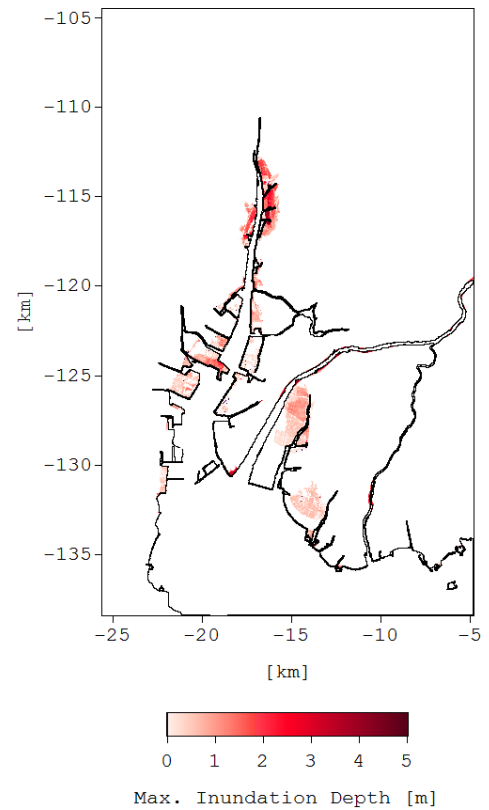


図-D.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

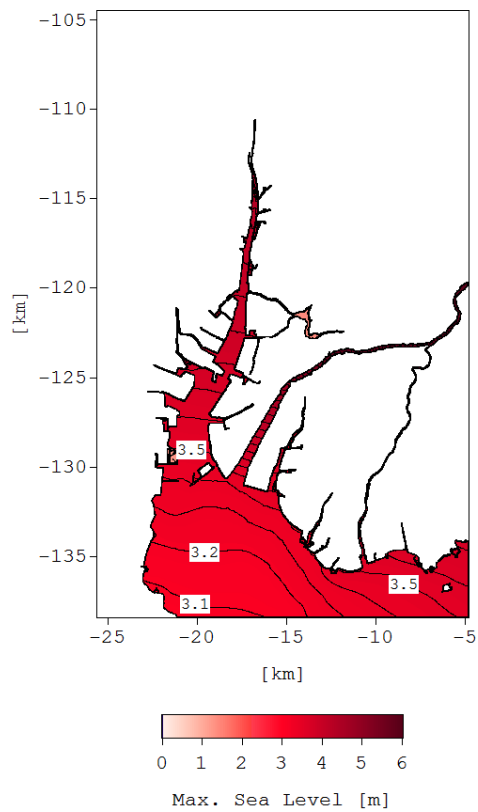


図-D.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

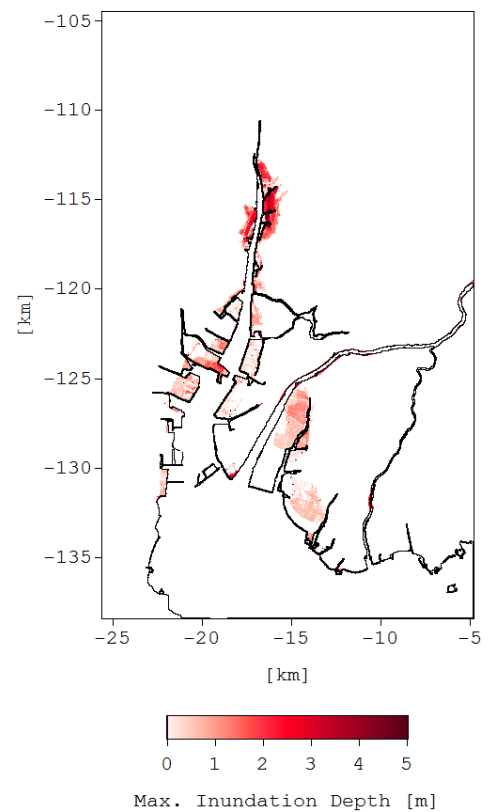


図-D.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

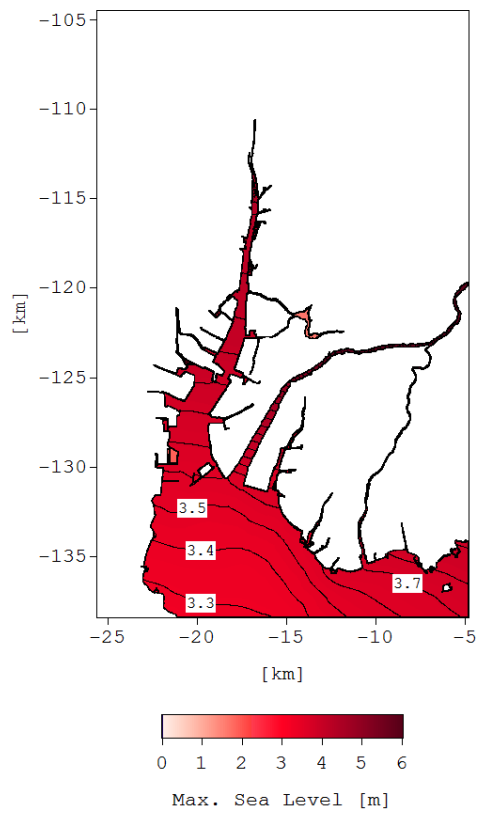


図-D.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

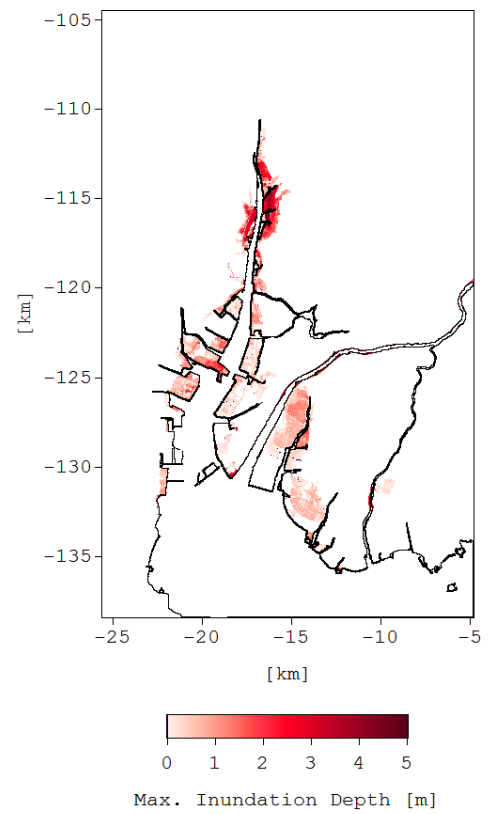


図-D.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

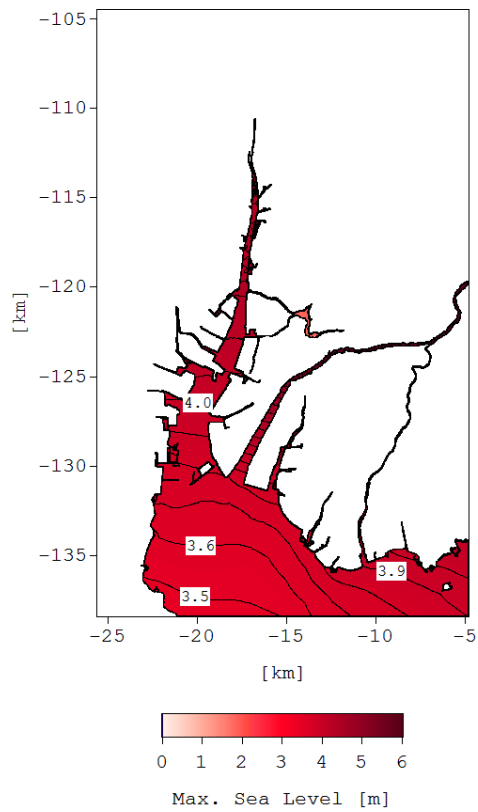


図-D.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

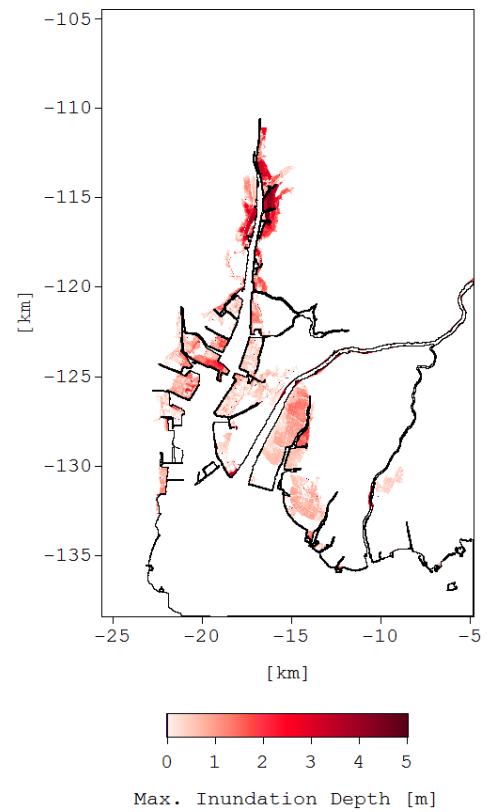


図-D.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

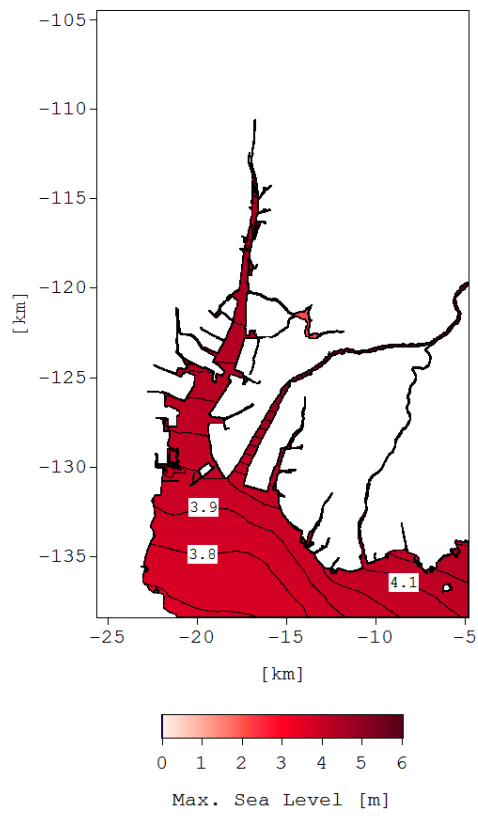


図-D.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

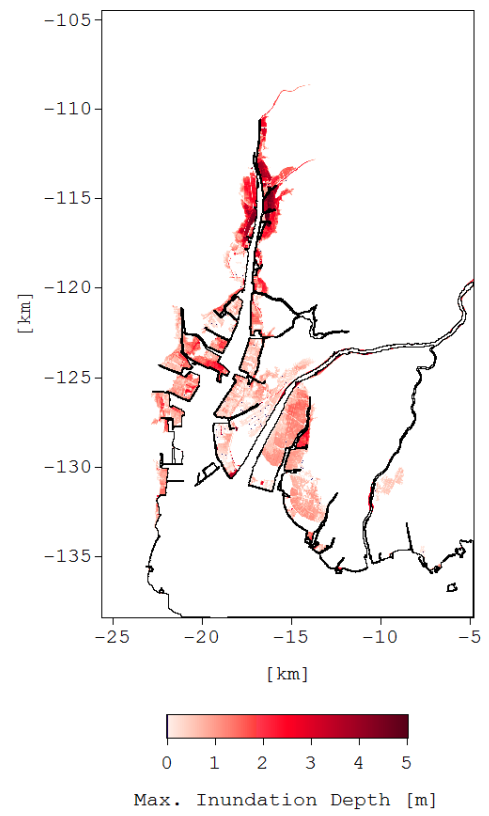


図-D.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録E 三河港地域の解析結果

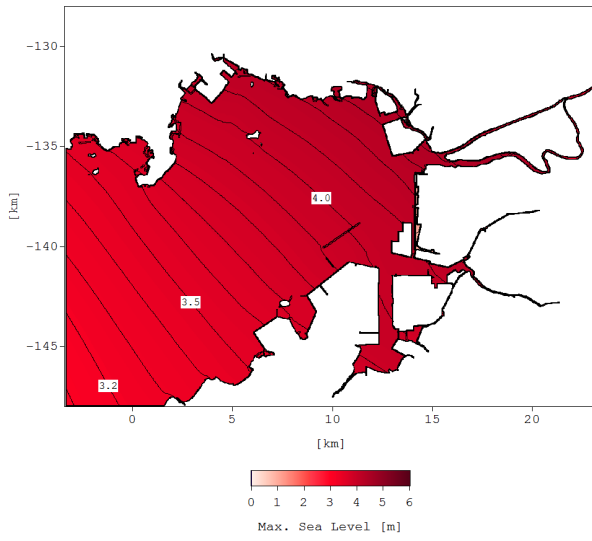


図-E.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

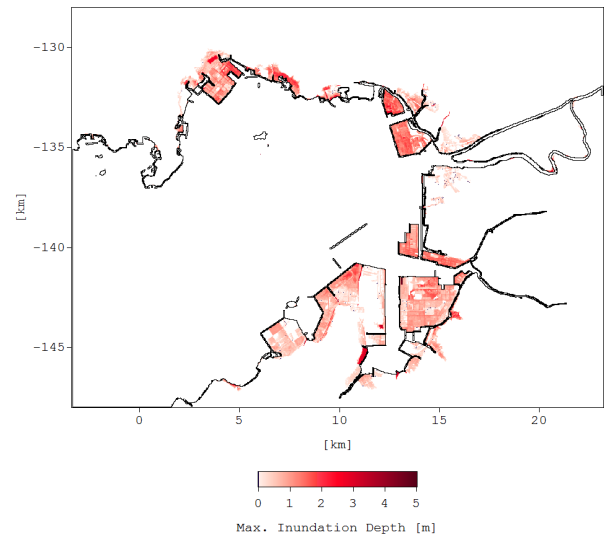


図-E.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

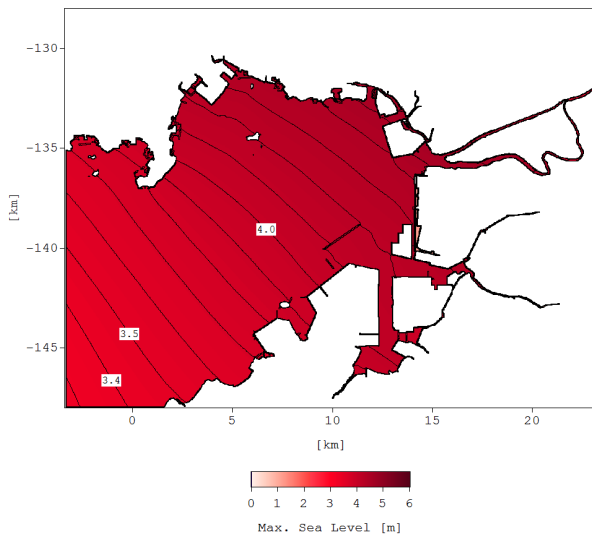


図-E.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

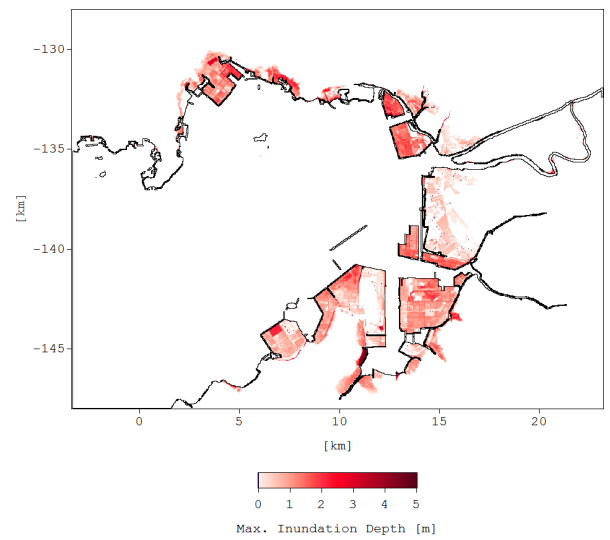


図-E.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

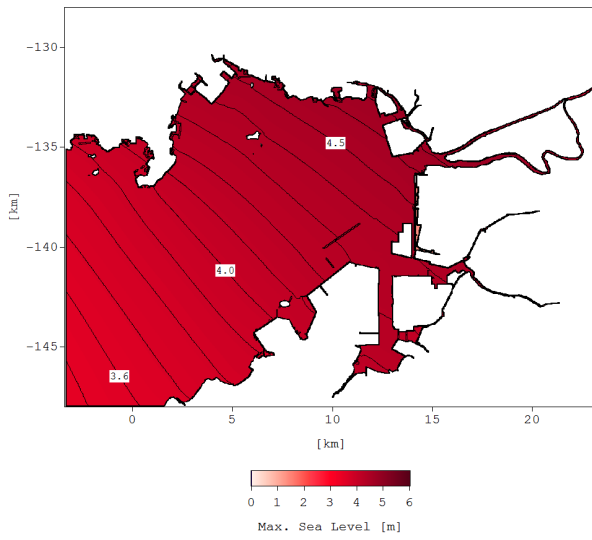


図-E.5 最高潮位（海面上昇量：0.40m）

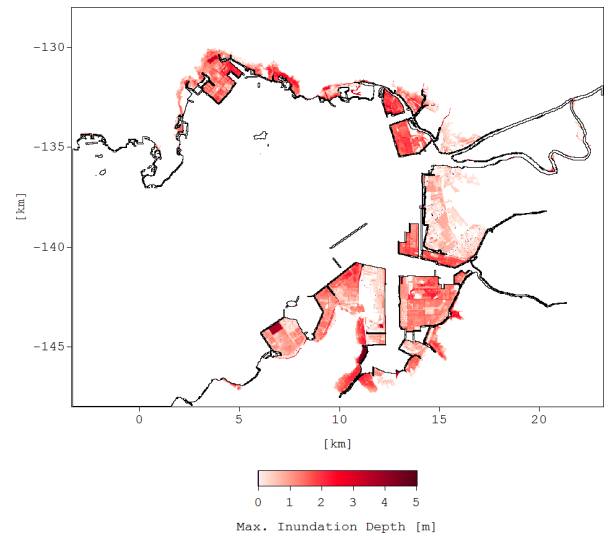


図-E.7 最大浸水深（海面上昇量：0.40m）

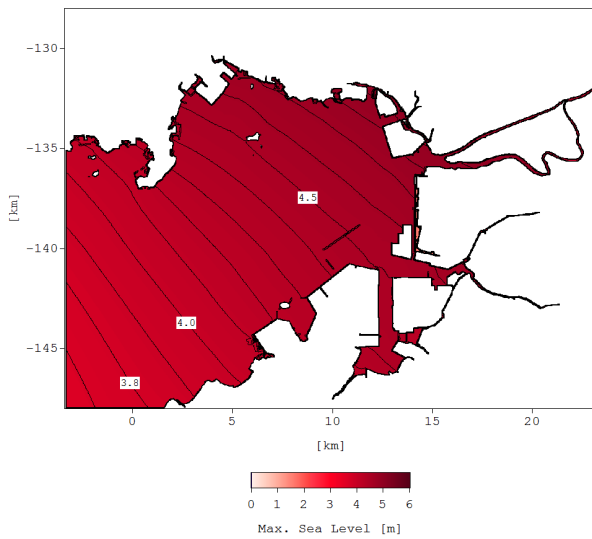


図-E.6 最高潮位（海面上昇量：0.60m）

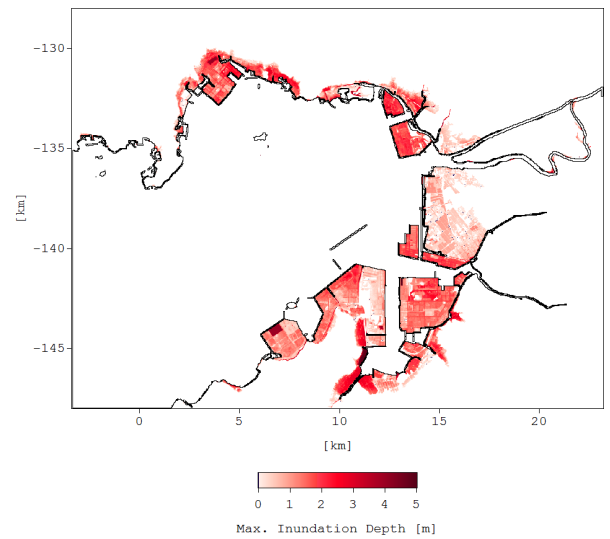


図-E.8 最大浸水深（海面上昇量：0.60m）

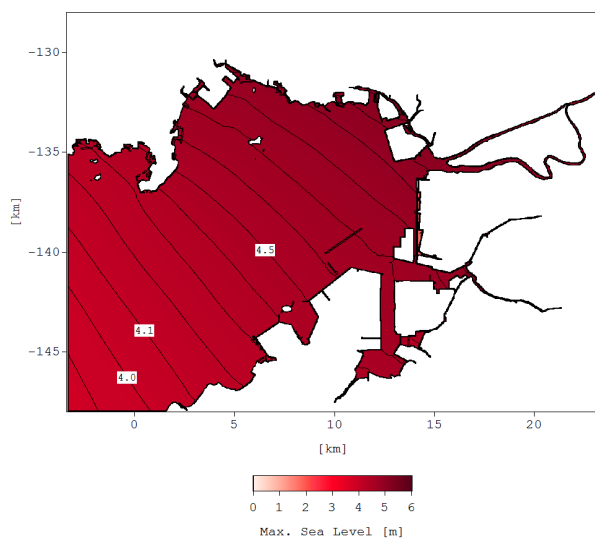


図-E.9 最高潮位（海面上昇量：0.82m）

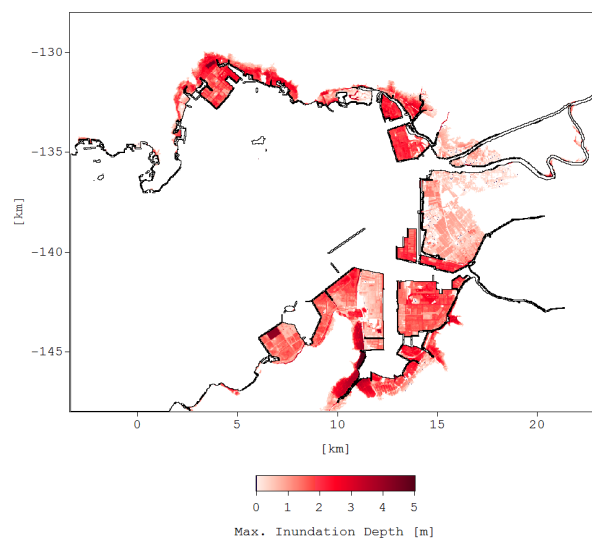


図-E.10 最大浸水深（海面上昇量：0.82m）

付録F 三河港地域（河川流量あり）の解析結果

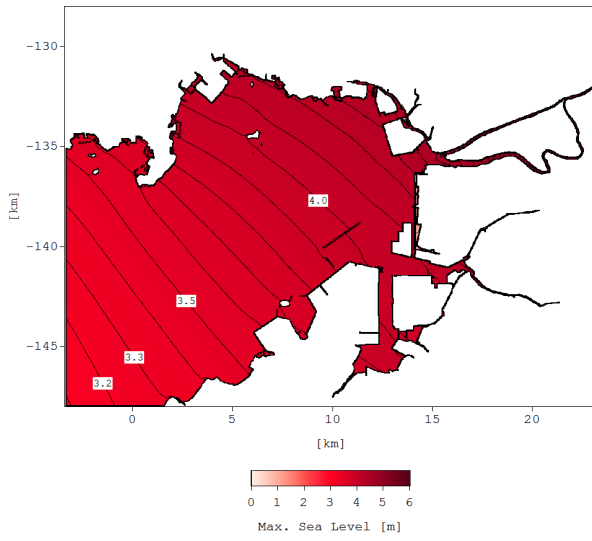


図-F.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

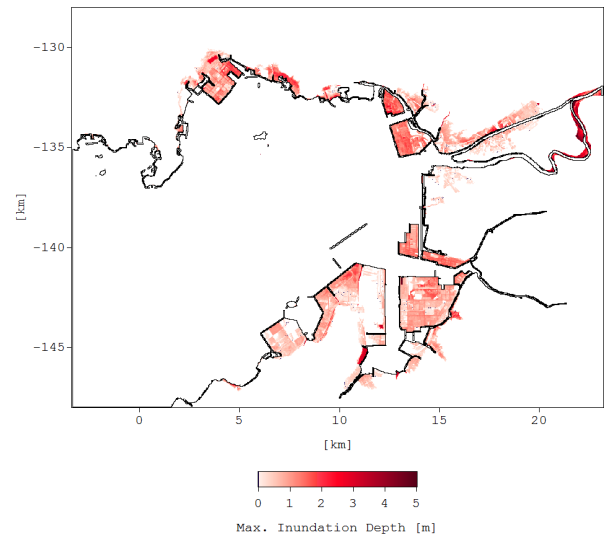


図-F.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

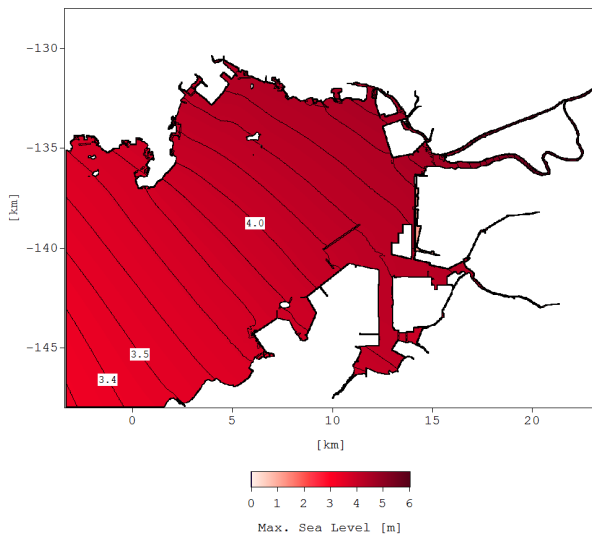


図-F.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

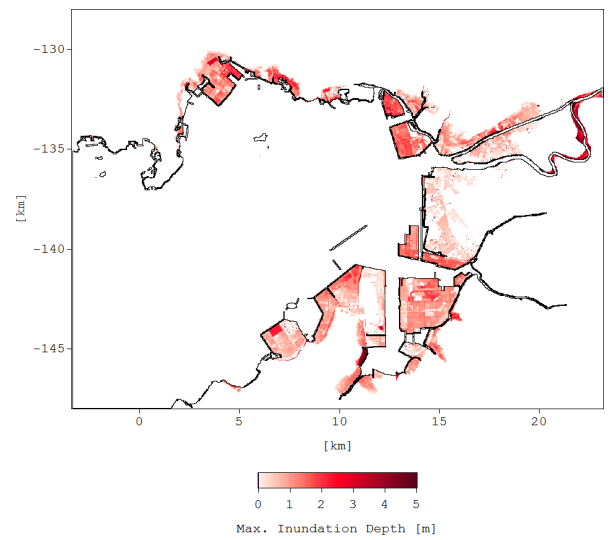


図-F.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

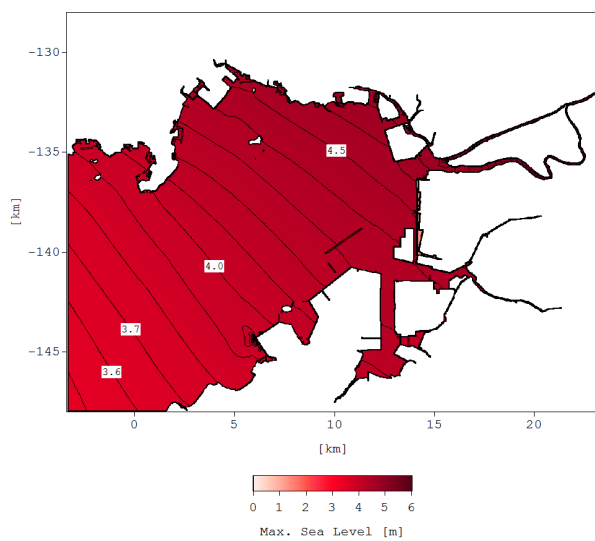


図-F.5 最高潮位（海面上昇量：0.40m）

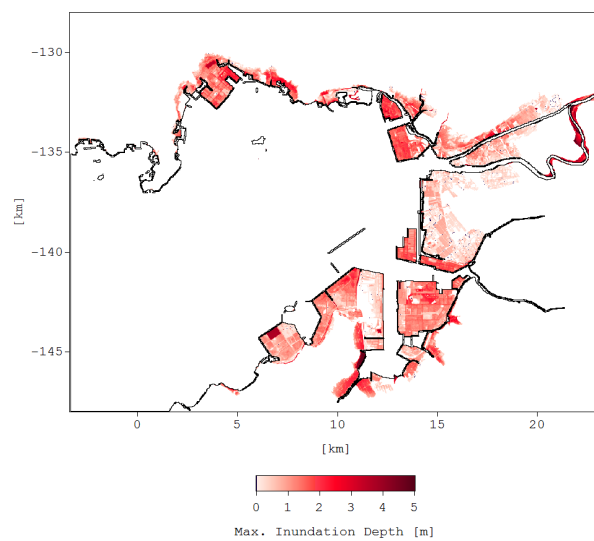


図-F.7 最大浸水深（海面上昇量：0.40m）

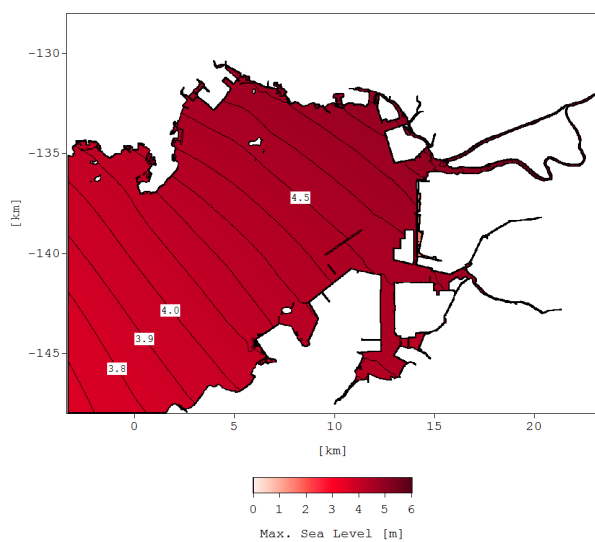


図-F.6 最高潮位（海面上昇量：0.60m）

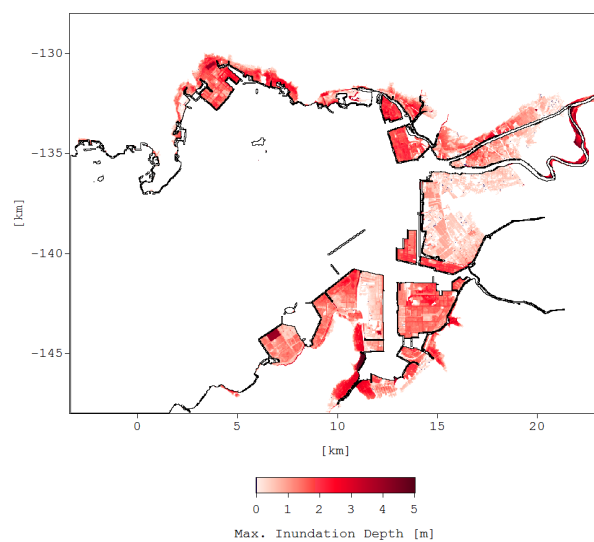


図-F.8 最大浸水深（海面上昇量：0.60m）

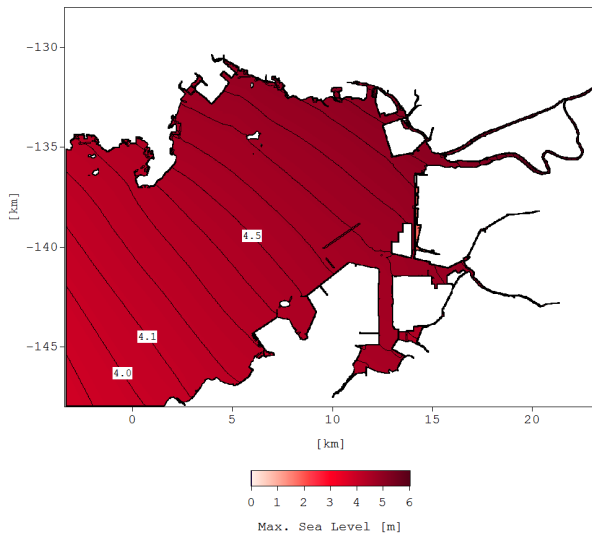


図-F.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

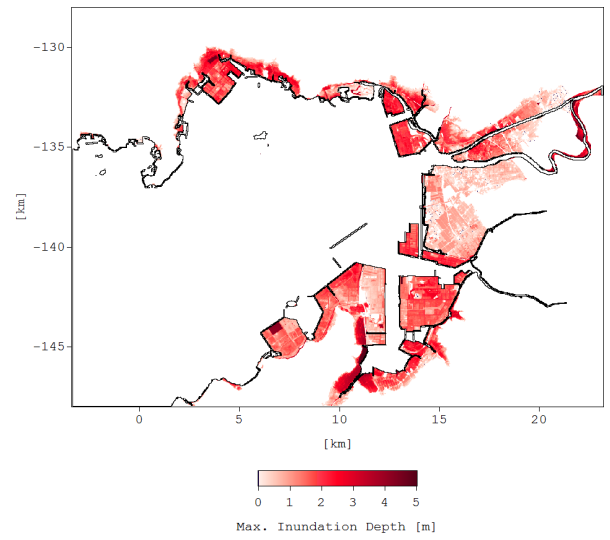


図-F.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録G 四日市港地域の解析結果

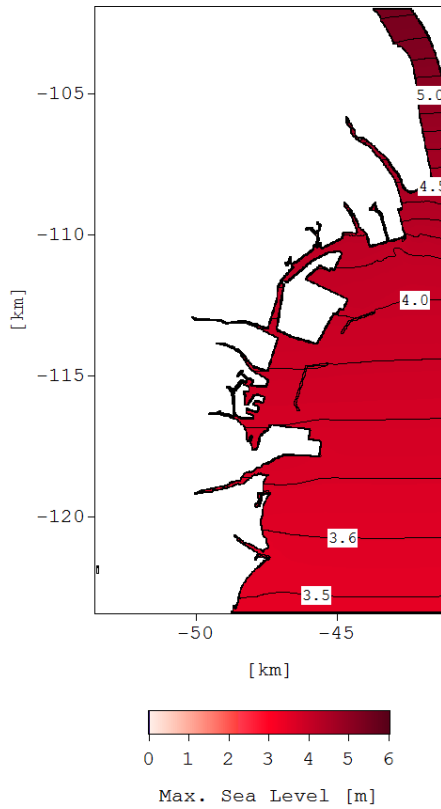


図-G.1 最高潮位 (海面上昇量：0.00m)

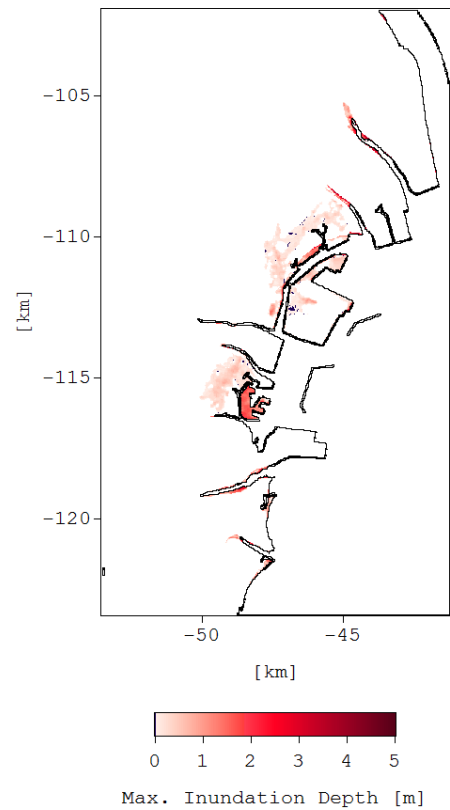


図-G.3 最大浸水深 (海面上昇量：0.00m)

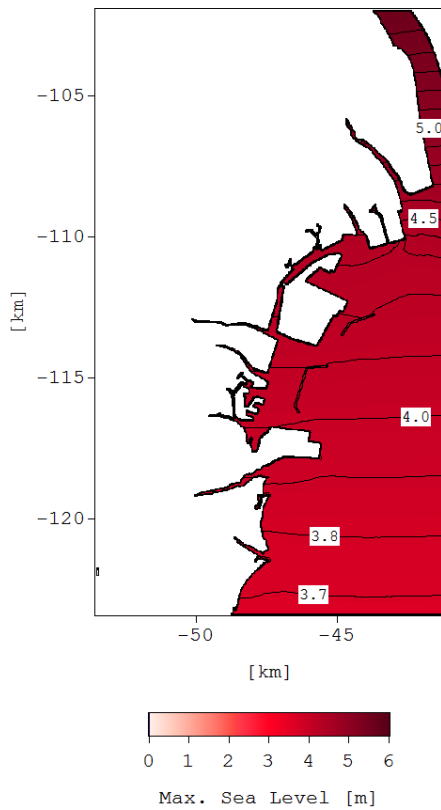


図-G.2 最高潮位 (海面上昇量：0.20m)

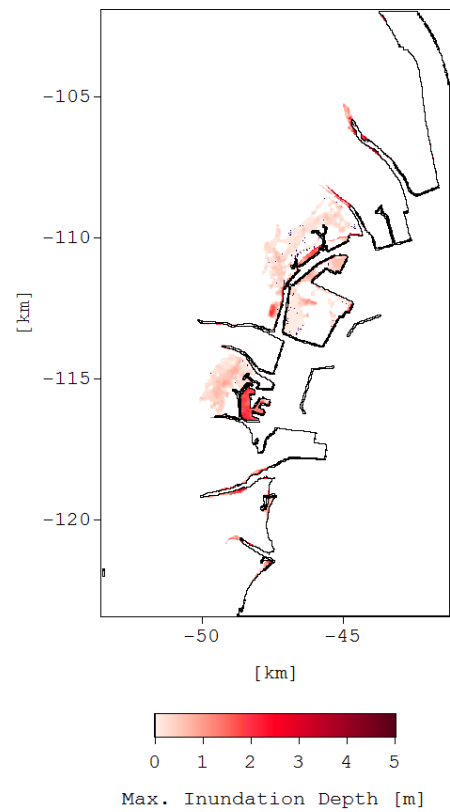


図-G.4 最大浸水深 (海面上昇量：0.20m)

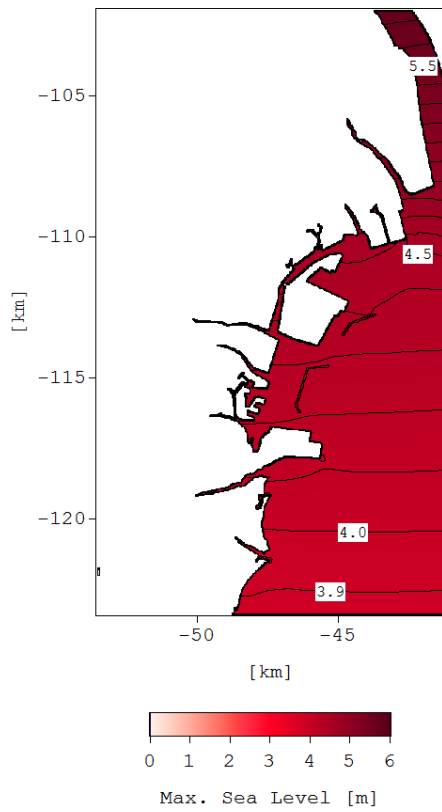


図-G.5 最高潮位 (海面上昇量：0.40m)

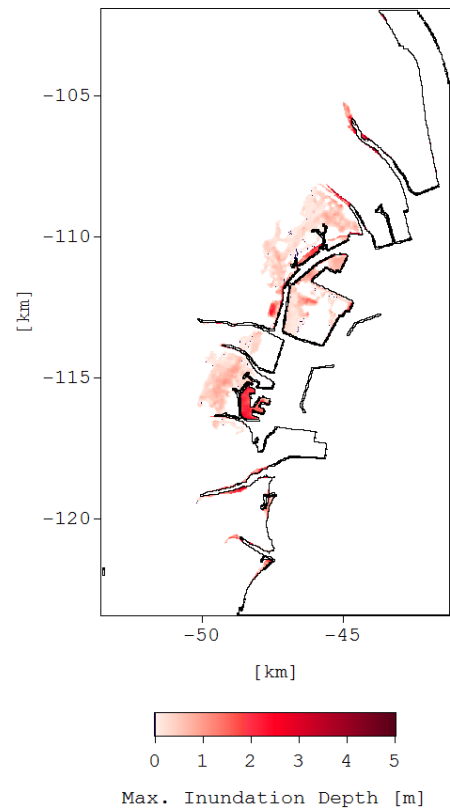


図-G.7 最大浸水深 (海面上昇量：0.40m)

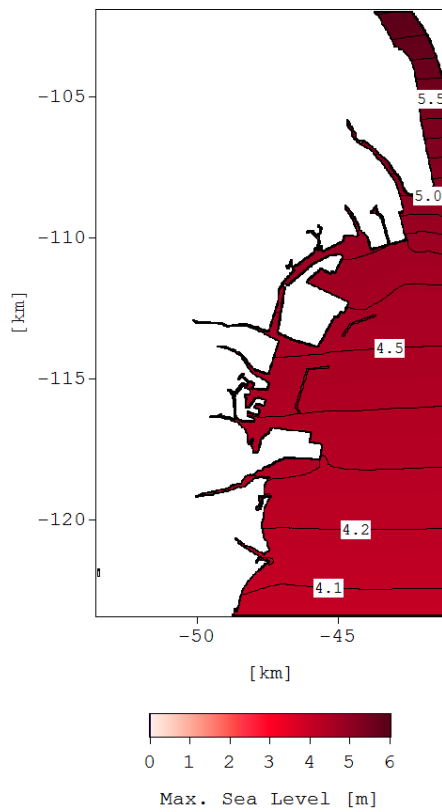


図-G.6 最高潮位 (海面上昇量：0.60m)

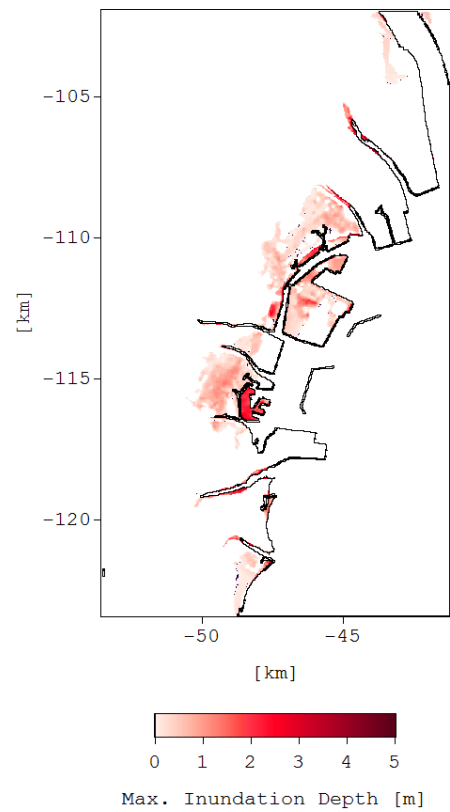


図-G.8 最大浸水深 (海面上昇量：0.60m)

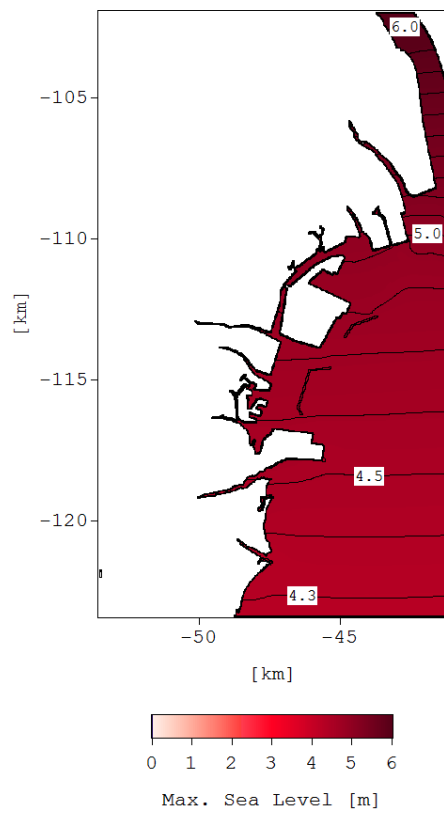


図-G.9 最高潮位（海面上昇量：0.82m）

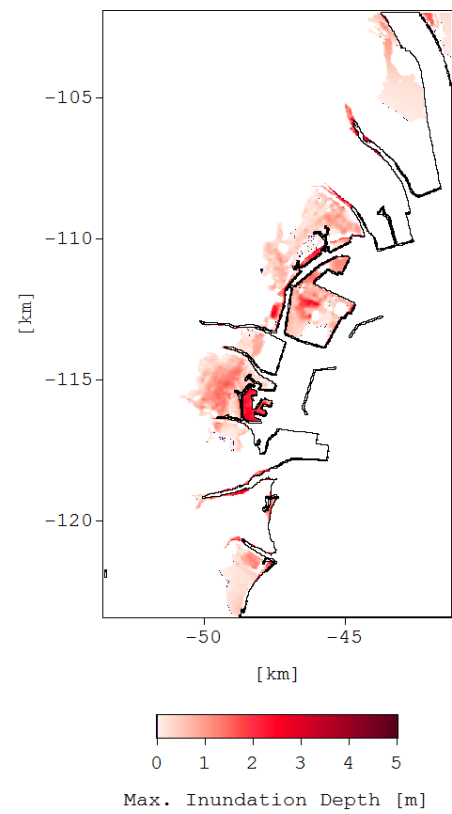


図-G.10 最大浸水深（海面上昇量：0.82m）

付録H 四日市港地域（河川流量あり）の解析結果

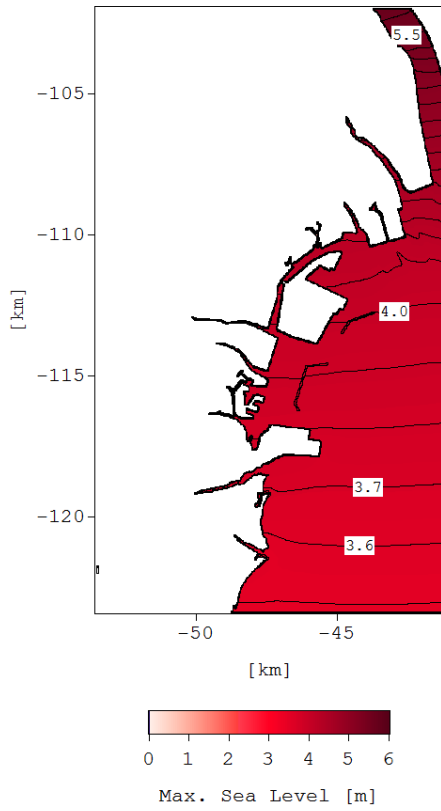


図-H.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

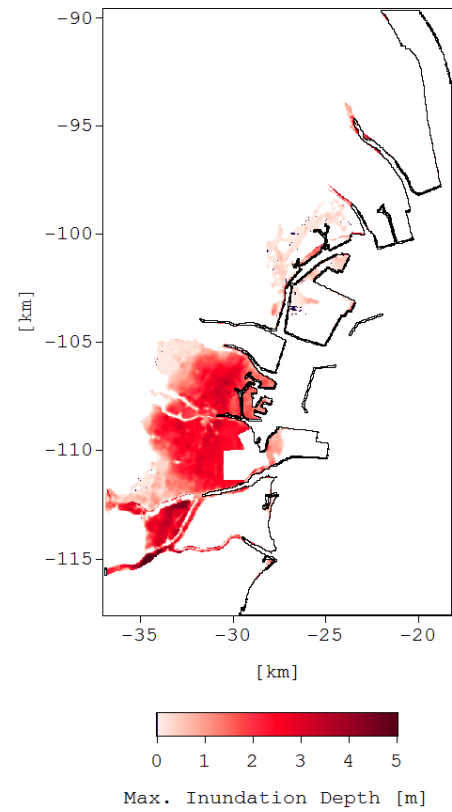


図-H.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

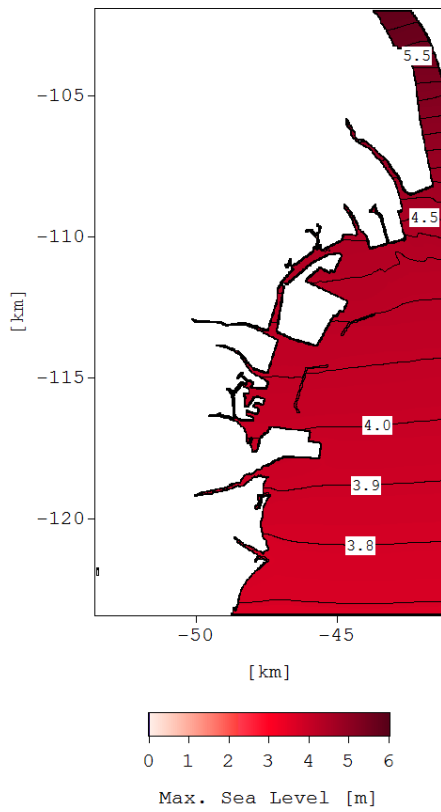


図-H.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

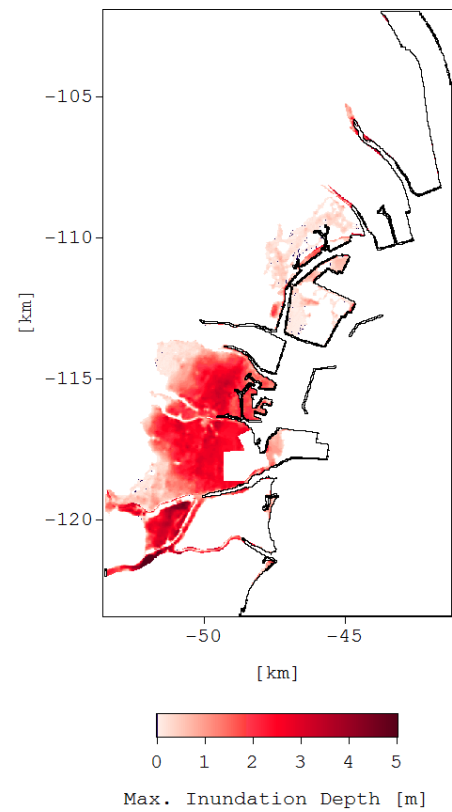


図-H.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

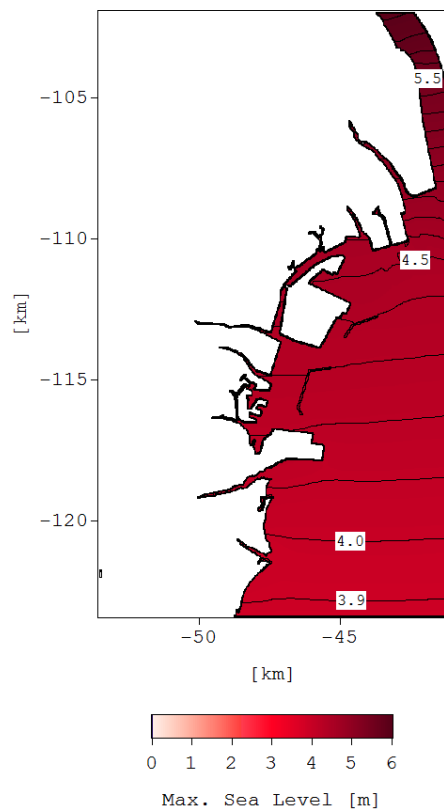


図-H.5 最高潮位 (海面上昇量：0.40m)

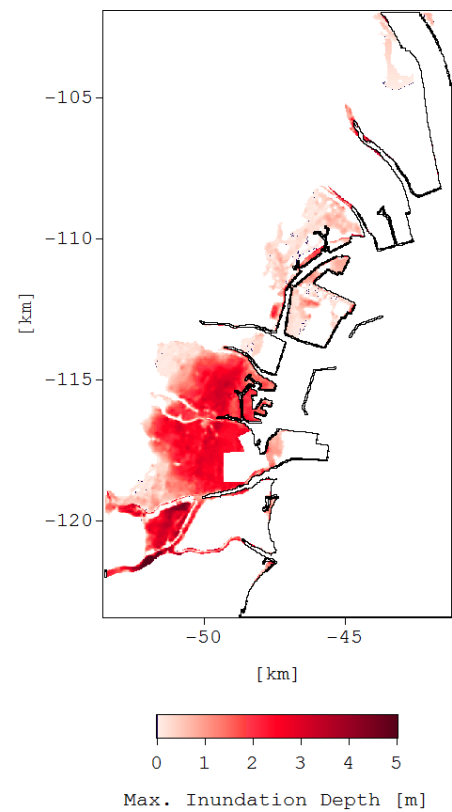


図-H.7 最大浸水深 (海面上昇量：0.40m)

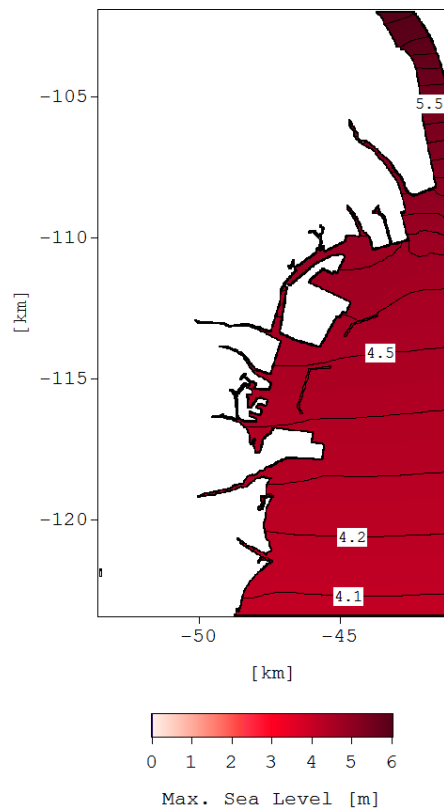


図-H.6 最高潮位 (海面上昇量：0.60m)

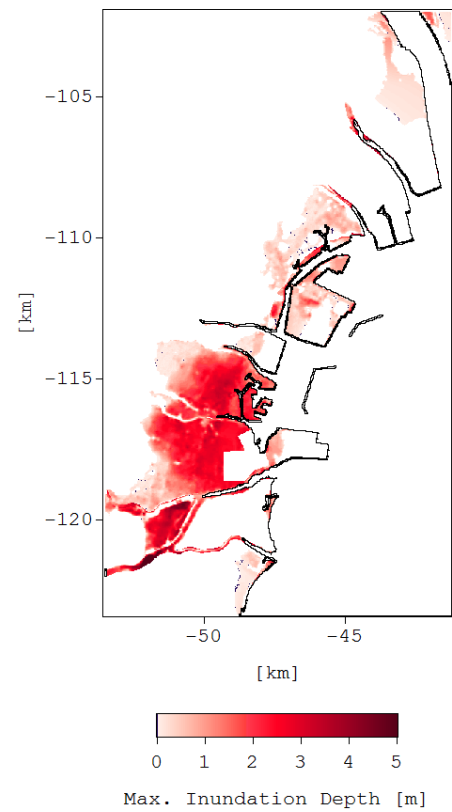


図-H.8 最大浸水深 (海面上昇量：0.60m)

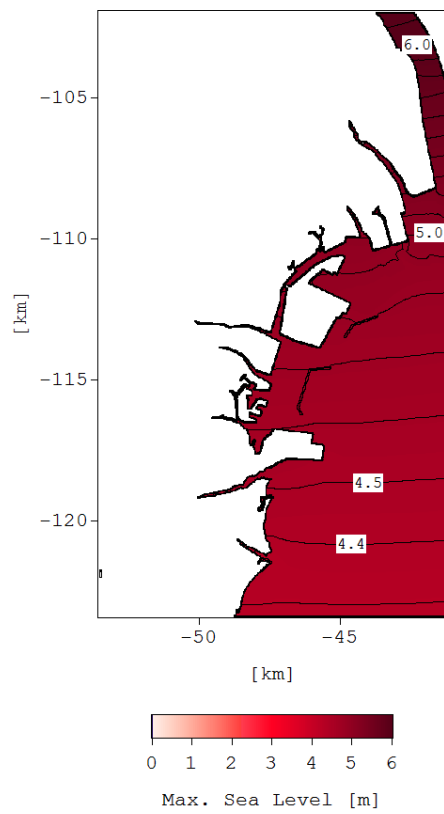


図-H. 9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

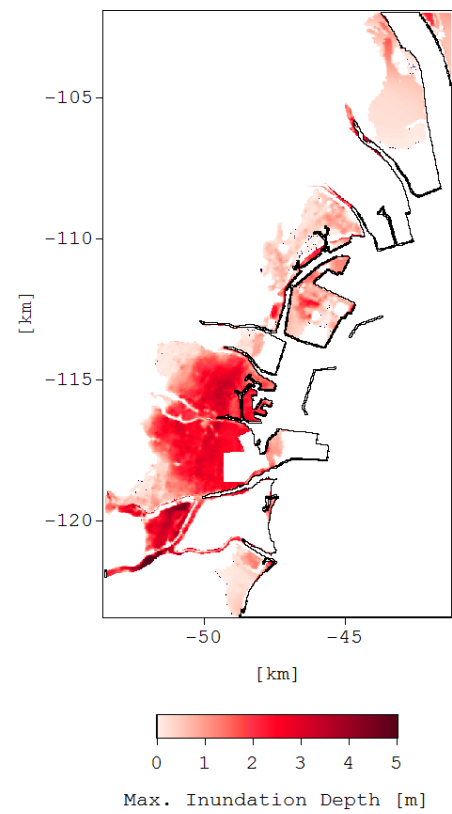


図-H. 10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録I 津松阪港地域の解析結果

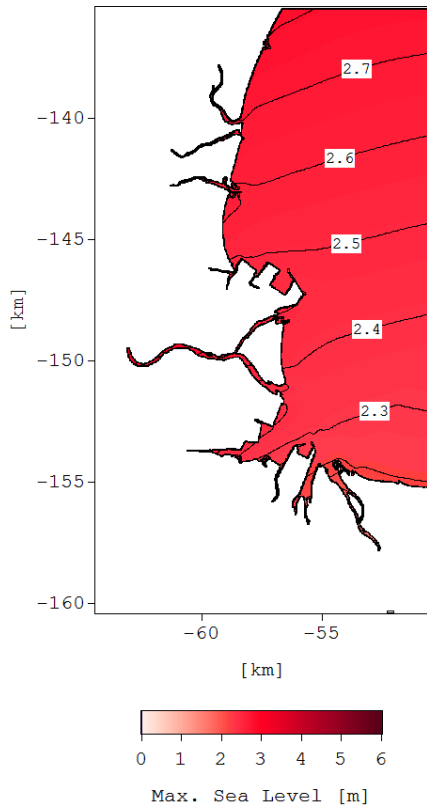


図-I.1 最高潮位 (海面上昇量：0.00m)

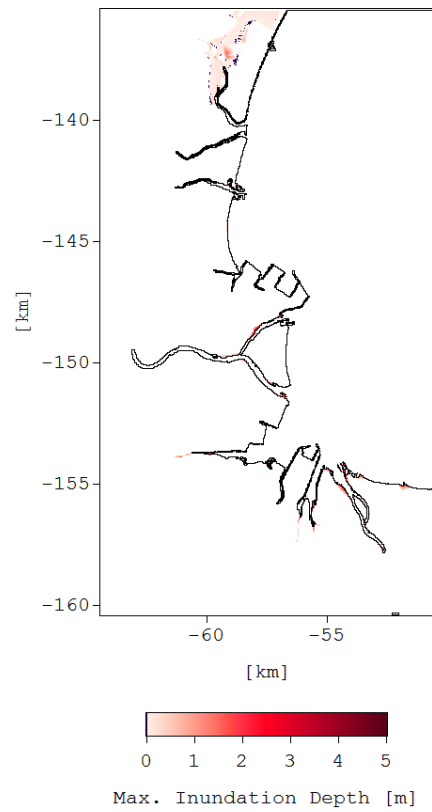


図-I.3 最大浸水深 (海面上昇量：0.00m)

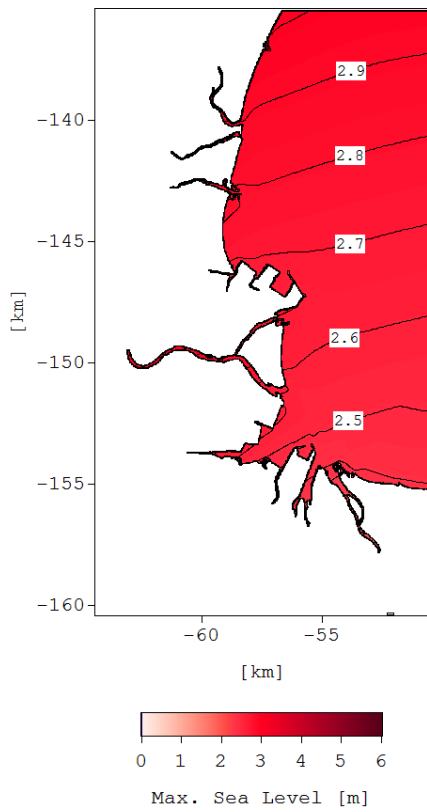


図-I.2 最高潮位 (海面上昇量：0.20m)

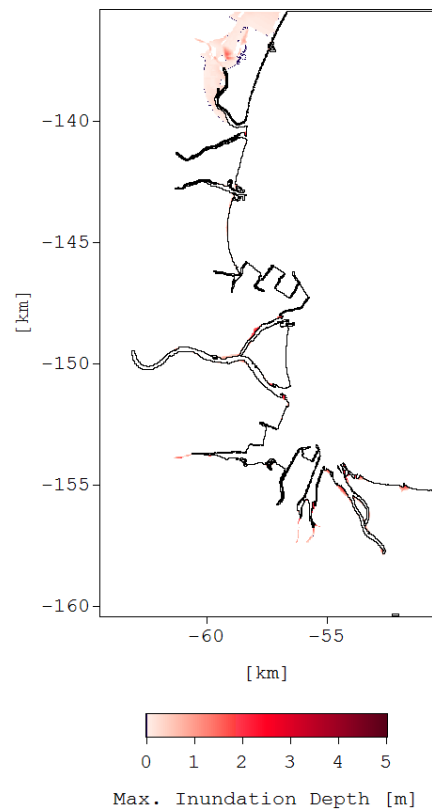


図-I.4 最大浸水深 (海面上昇量：0.20m)

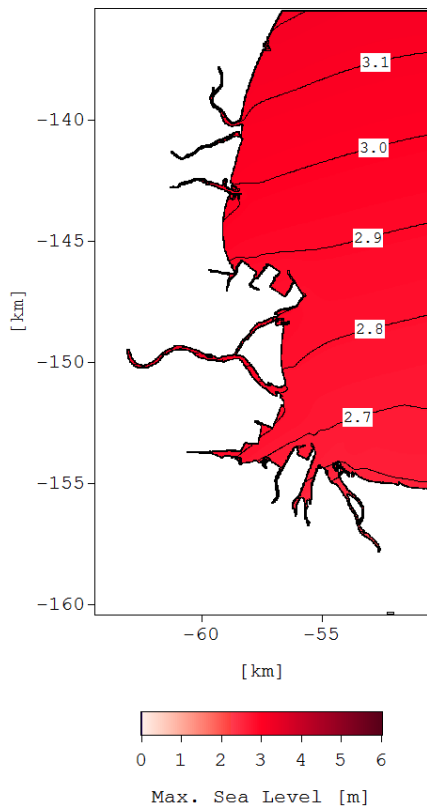


図-1.5 最高潮位（海面上昇量：0.40m）

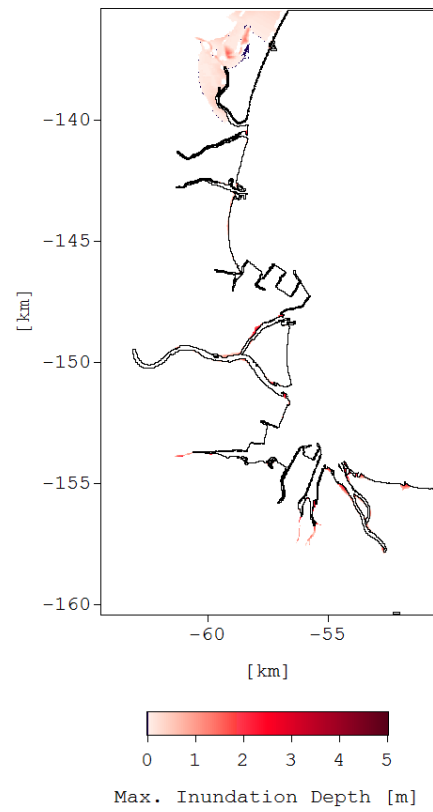


図-1.7 最大浸水深（海面上昇量：0.40m）

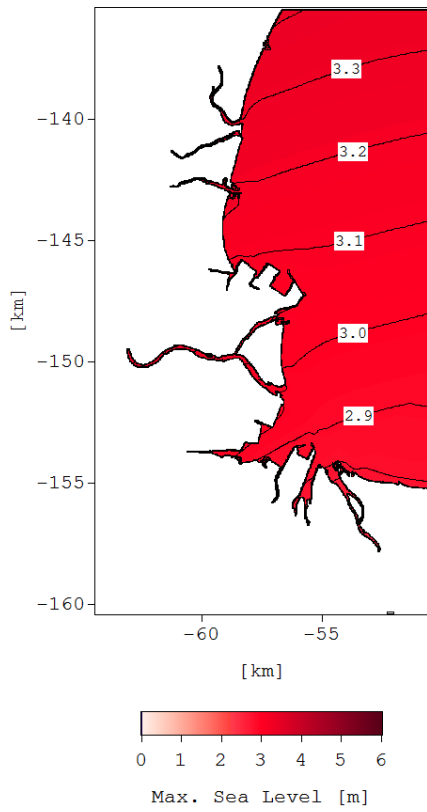


図-1.6 最高潮位（海面上昇量：0.60m）

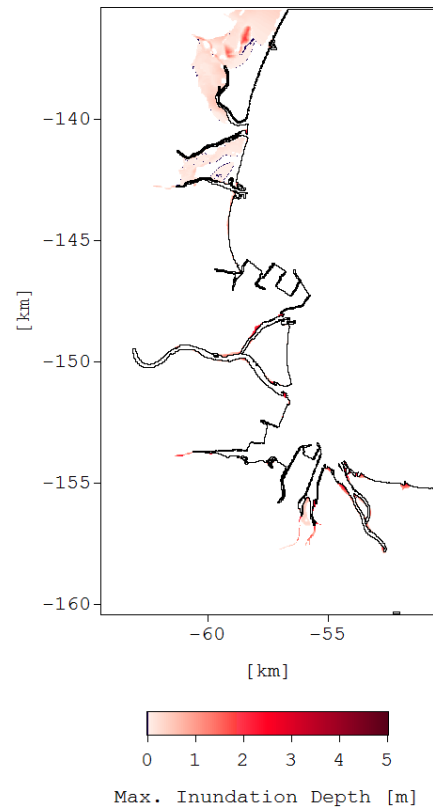


図-1.8 最大浸水深（海面上昇量：0.60m）

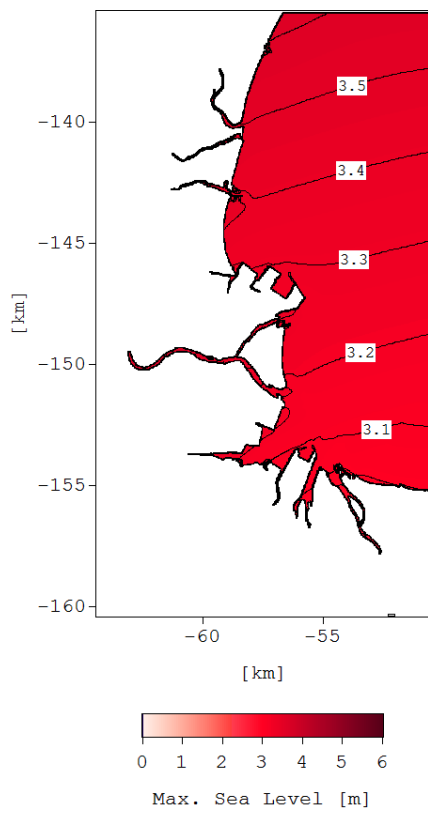


図-1.9 最高潮位（海面上昇量：0.82m）

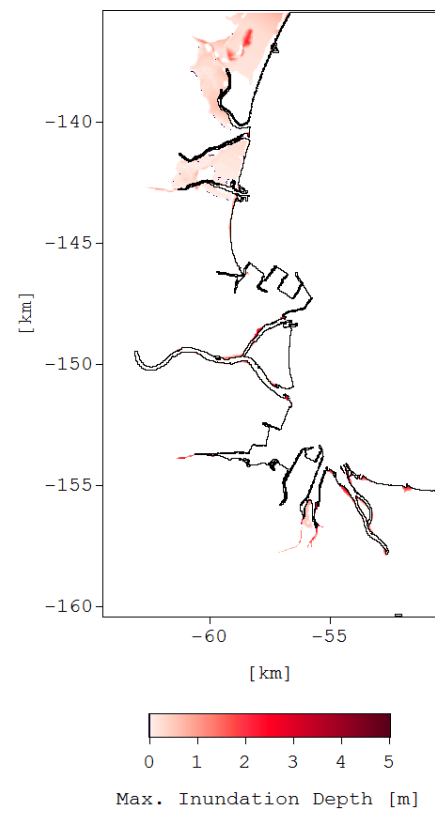


図-1.10 最大浸水深（海面上昇量：0.82m）

付録J 津松阪港地域（河川流量あり）の解析結果

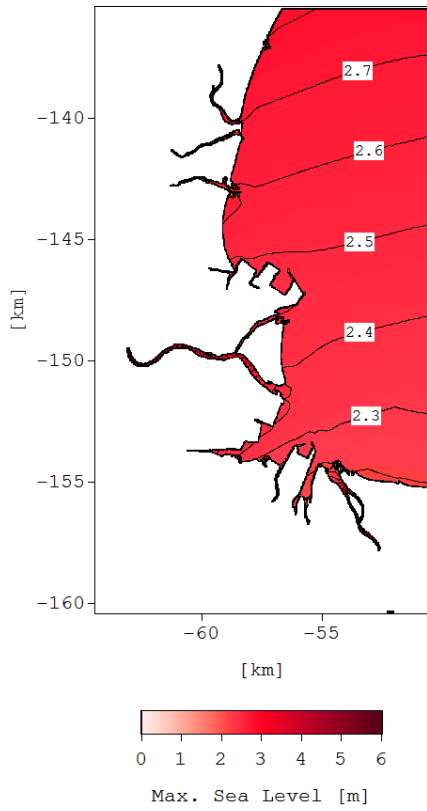


図-J.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

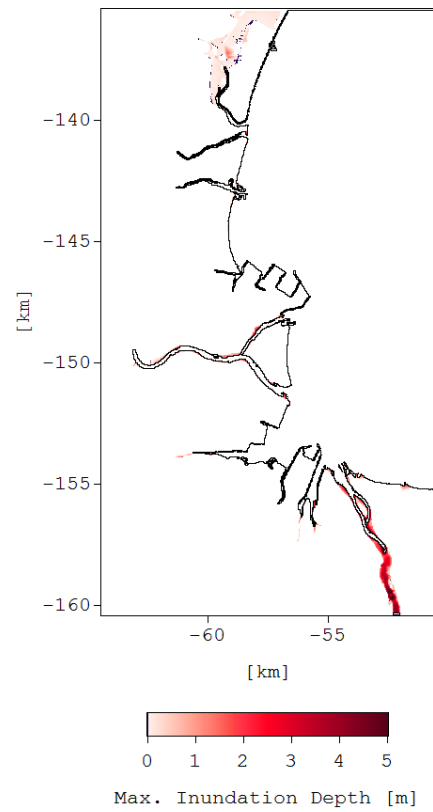


図-J.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

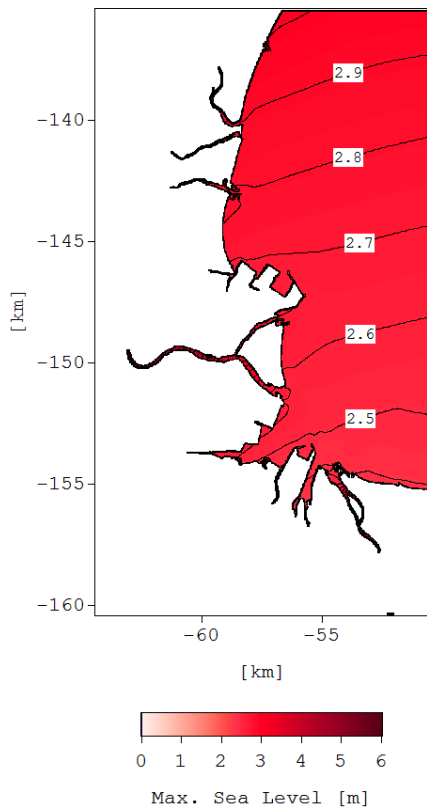


図-J.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

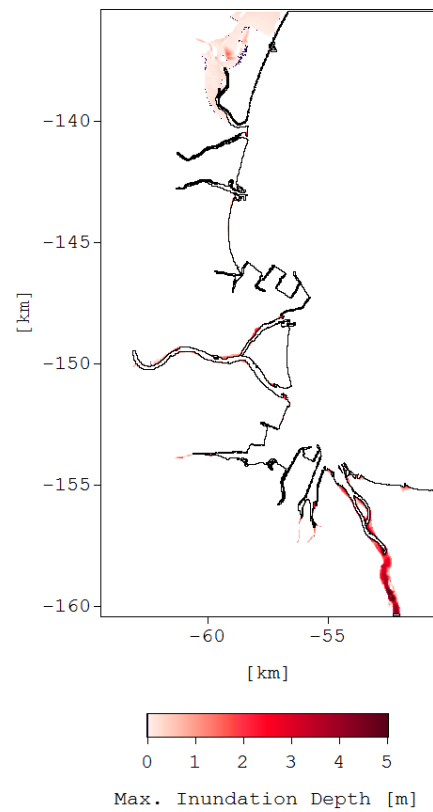


図-J.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

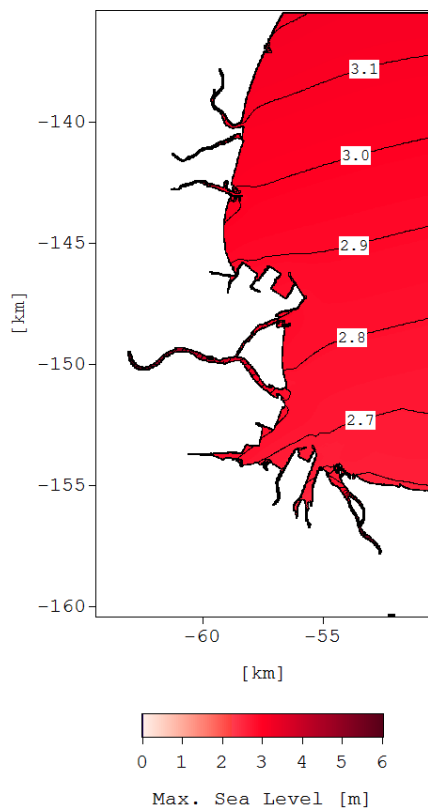


図-J.5 最高潮位 (海面上昇量：0.40m)

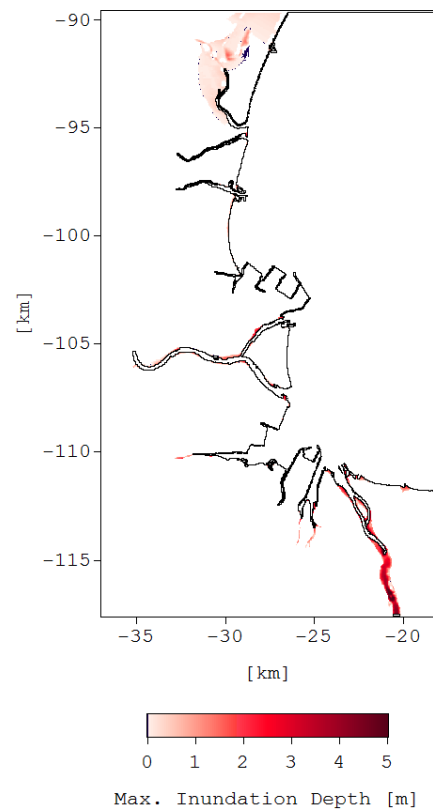


図-J.7 最大浸水深 (海面上昇量：0.40m)

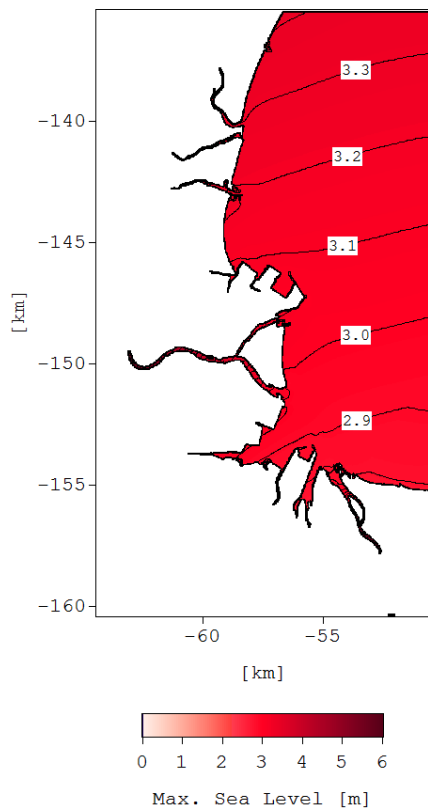


図-J.6 最高潮位 (海面上昇量：0.60m)

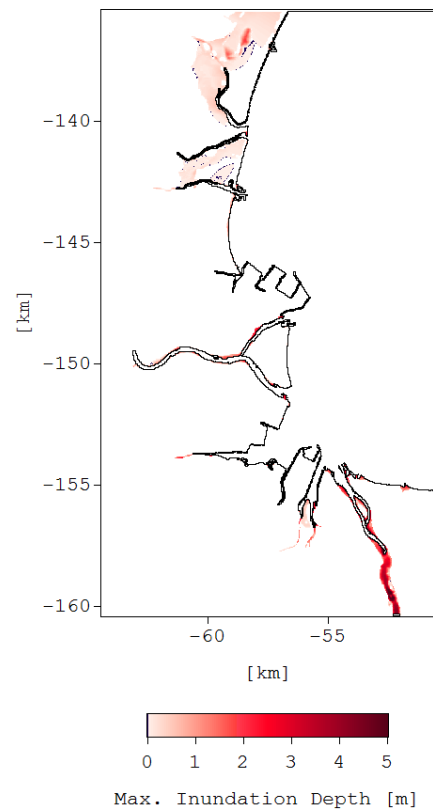


図-J.8 最大浸水深 (海面上昇量：0.60m)

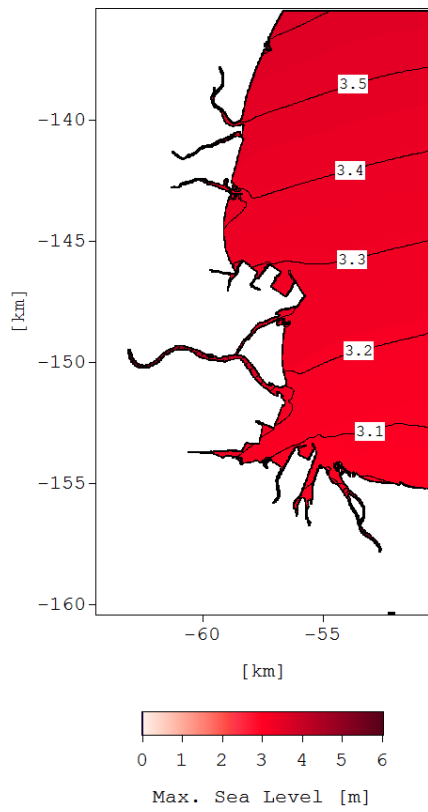


図-J. 9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

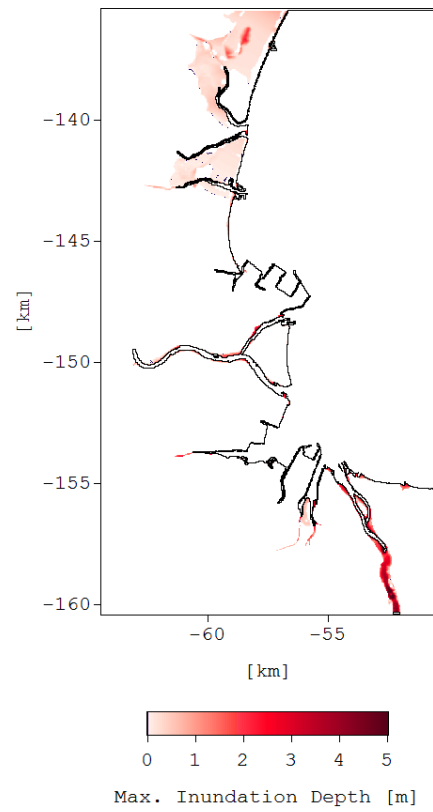


図-J. 10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 960

March 2017

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp