

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.934

September 2016

東京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 Tokyo 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

東京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、東京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，東京湾

* 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 Tokyo Bay

Kazuhiko HONDA*

Takeshi SUZUKI**

Takeshi SUZUKI***

Synopsis

Storm surge in closed sea area with shallow depth tends to be larger than that in open sea area. Tokyo Bay, Ise Bay, and Osaka Bay, which have their 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 Tokyo 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, Tokyo 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	2
2.1 台風モデル	2
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	7
4.1 東京港地域	7
4.1 千葉港地域北部	9
4.2 千葉港地域南部	10
4.3 木更津港地域	11
4.4 川崎港地域	12
4.5 横浜港地域	14
4.6 横須賀港地域	16
5. まとめ	18
6. あとがき	18
参考文献	18
記号表	19
付録 A 東京港地域の解析結果	20
付録 B 東京港地域（河川流量あり）の解析結果	23
付録 C 千葉港地域北部の解析結果	26
付録 D 千葉港地域北部（河川流量あり）の解析結果	29
付録 E 千葉港地域南部の解析結果	32
付録 F 木更津港地域の解析結果	34
付録 G 川崎港地域の解析結果	37
付録 H 川崎港地域（河川流量あり）の解析結果	40
付録 I 横浜港地域の解析結果	43
付録 J 横浜港地域（河川流量あり）の解析結果	48
付録 K 横須賀港地域の解析結果	53

1. まえがき

気象庁の台風統計資料によると、各年の台風発生数および日本への台風上陸数は、それぞれ図-1.1および図-1.2に示すとおりであり、それらの1951年から2015年までの平均値は、それぞれ26.2および2.9となっている。

このように、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。

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、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、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おり、IPCC第5次評価報告書（気象庁訳、2015）によると、2081年から2100年の世界平均の海面水位上昇は、最も大きいシナリオの場合、可能性が高い予測幅は0.45～0.82mである。

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。これらから分かるように、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

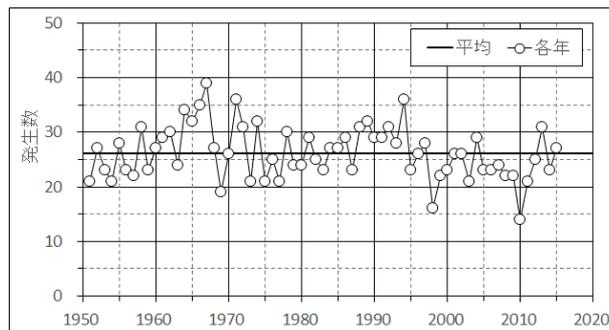


図-1.1 台風発生数

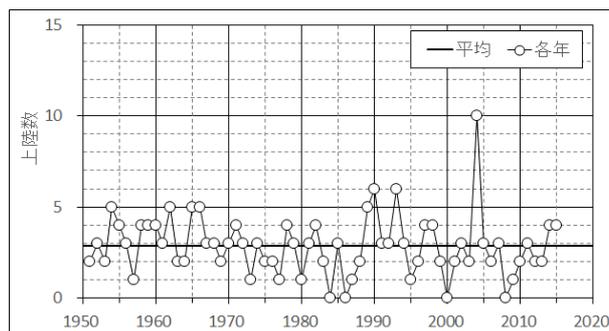


図-1.2 台風上陸数（日本）

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	0.24	0.17～0.32
RCP4.5	0.26	0.19～0.33	0.26	0.19～0.33
RCP6.0	0.25	0.18～0.32	0.25	0.18～0.32
RCP8.5	0.30	0.22～0.38	0.30	0.22～0.38

い海域である東京湾を対象に、その沿岸の広い堤外地を有する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、東京港、千葉港、木更津港、川崎港、横浜港および横須賀港の6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。

また、台風シナリオについては、東京湾における最高潮位の再現確率を踏まえ、500年程度の再現期間となる伊勢湾台風級（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。

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、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とともに、その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去の気象現象や数時間先の気象現象を対象としたものでなく、かつ、1つの台風シナリオではなく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ため、経験的台風モデルを採用することとした。

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を中心を基準として反時計回りの向きに対して、台風を中心に向かって $\alpha=30[\text{deg.}]$ 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，東京の沿岸では，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2.0mおよび約2.5mとなっている。東京における朔望平均満潮位（H.W.L.）はT.M.S.L.+0.97m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0.5m程度小さいものとなっている。

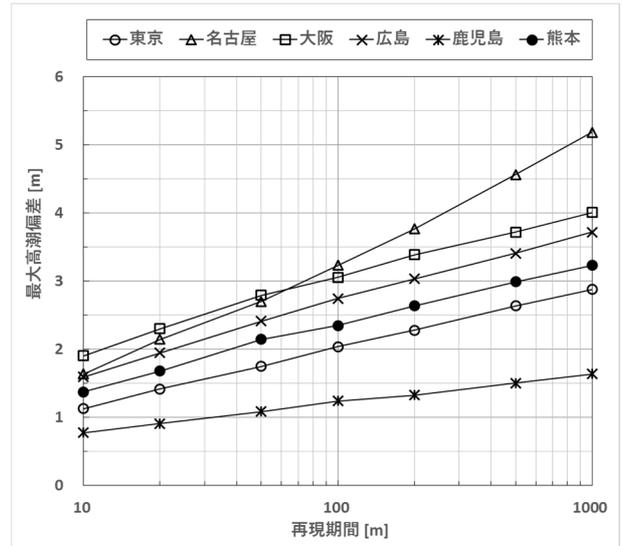


図-2.1 最大高潮偏差の再現期間

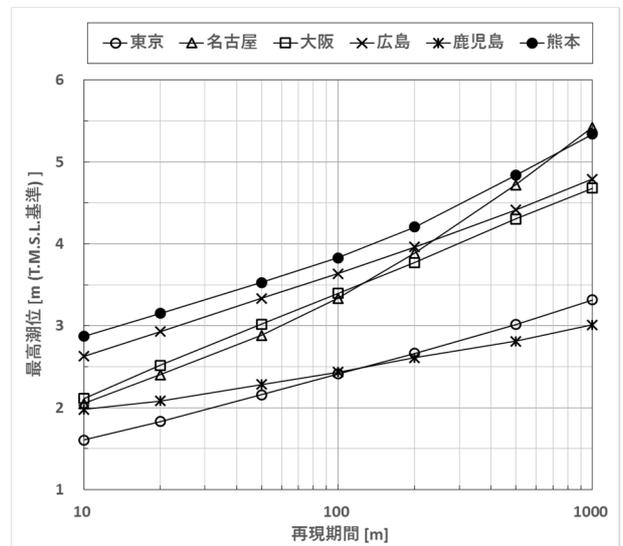


図-2.2 最高潮位の再現期間

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)
東京港	0.97m
千葉港	0.97m
木更津港	0.97m
川崎港	0.90m
横浜港	0.90m
横須賀港	0.87m

この河合（2010）による評価結果と先立って実施した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，東京において，再現期間が約500年の最高潮位T.M.S.L.

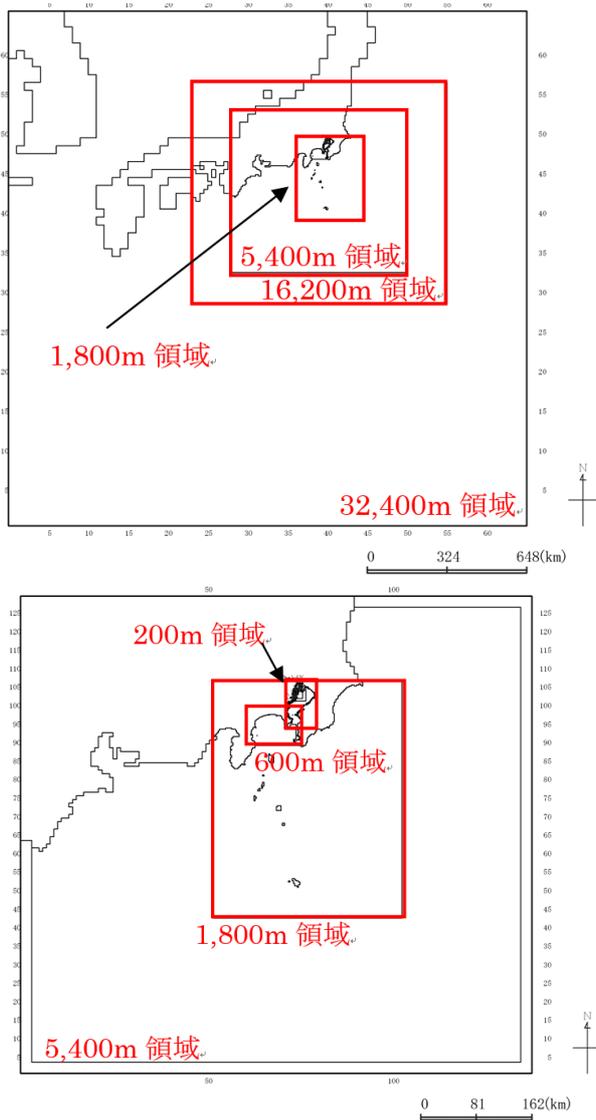


図-2.3 解析領域（台風コース設定用）

+3.0m程度となる。なお、このときの最大高潮偏差の再現期間は約100年である。

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。

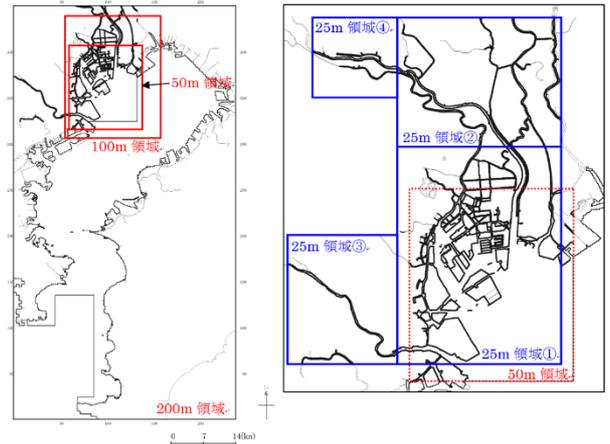


図-2.4 東京港を対象とした解析領域（浸水解析用）

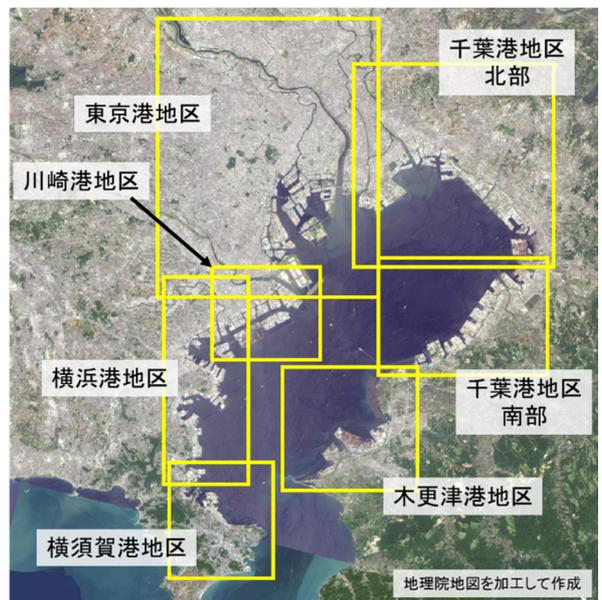


図-2.5 25m 解像度解析対象範囲（浸水解析用）

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、最小解像度は200mである。これについては、各港湾地域で共通の領域設定とした。このときの領域のレイアウトを図-2.3に示す。

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、最小解像度は25mである。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。東京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。東京港地域以外の対象港湾地域についても、東京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。なお、千葉港地域については、解析コストを軽減するた

め、北部および南部の2つに分割した。

本解析において用いた地形データは、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、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。

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荒川、隅田川、江戸川、旧江戸川、多摩川および鶴見川の一級河川のみとした。なお、当該河川が含まれる対象地域は、東京港地域、千葉港地域北部、川崎港地域および横浜港地域である。

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

国土交通省港湾局（2009）は、東京湾の大規模高潮浸水想定を実施している。この結果は、中央防災会議の大規模水害対策に関する専門調査会の報告書に採用された想定結果である。

この国土交通省港湾局による高潮浸水想定の場合には、台風コースを東京湾の湾奥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、東京湾の湾奥以外の沿岸部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、前述の

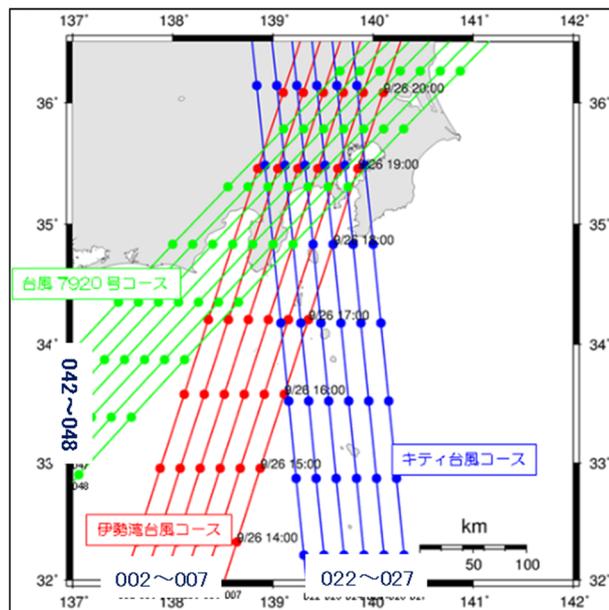


図-3.1 採用した台風コースの候補
(図中の番号は台風コース番号を示す)

国土交通省港湾局による検討に倣い、伊勢湾台風、キティ台風および台風7920号の3つの台風経路のタイプを設定した。これらは、東京湾に対して大きい高潮を生じさせる台風経路のタイプとなっている。

次に、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6コース（台風番号002～007）、キティ台風の台風経路タイプについても6コース（台風番号022～027）、伊勢湾台風の台風経路タイプについては7コース（台風番号042～048）を設定した。これらの台風コースの候補を図-3.1に示す。

これら19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、同様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4コースであり、対象港湾地域による重複を除けば、全8コースである。抽出した台風コースが最も多い地域は千葉港地域北部、最も少ない地域は横浜港地域である。

東京湾の湾奥の西側に位置する東京港地域では、伊勢湾台風タイプおよびキティ台風タイプのコースが抽出され、湾奥東側に位置する千葉港地域では、伊勢湾台風タイプおよび台風7920号タイプが抽出された。

一方、東京湾の中央部の西側に位置する川崎港地域および横浜港地域では、伊勢湾台風タイプのみが抽出された。

さらに、東京湾の湾口に位置する木更津港地域および横須賀港地域では、伊勢湾台風タイプおよび台風7920号タイプが抽出された。参考までに、抽出した台風コースによる東京湾内の高潮偏差の解析結果を図-3.2に示す。

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。

表-3.1 抽出した台風コース

対象港湾地域	台風コース
東京港地域	004, 005, 024 (3 コース)
千葉港地域北部	003, 004, 005, 044 (4 コース)
千葉港地域南部	043, 044 (2 ケース)
木更津港地域	004, 005, 043 (3 ケース)
川崎港地域	003, 004 (2 ケース)
横浜港地域	005 (1 ケース)
横須賀港地域	005, 047 (2 ケース)

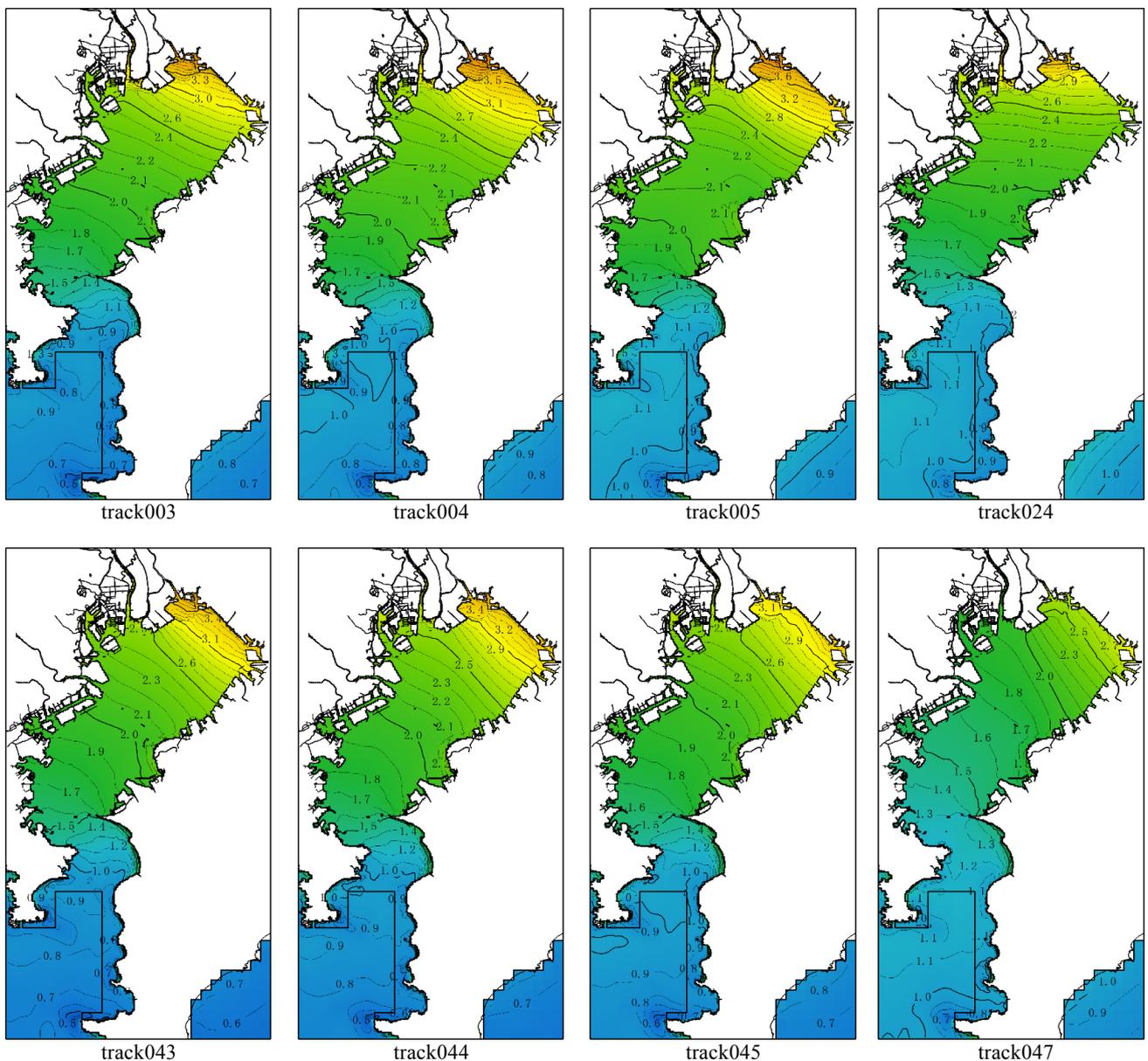


図-3.2 抽出した台風コースによる高潮偏差

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、対象港湾地域毎に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。

なお、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。

4.1 東京港地域

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、東京港地域における最高潮位は約3.2mであり、また、この中には朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.M.S.L.+0.97mを含んでいることから、最大高潮偏差は約2.2m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100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、最高潮位は約3.6mであり、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。このことから、最高潮位については、海面水位上昇に伴う水深変化の影響が大きくないことが分かる。また、河川によっては風による水位上昇が見られる場合がある。

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-4.3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、浸水範囲は、旧江戸川および多摩川の河口における堤外地の標高の低いところに、ほぼ限定されている。一方、海面水位上昇量0.40mのケースでは、堤内地への流入による浸水が確認される。

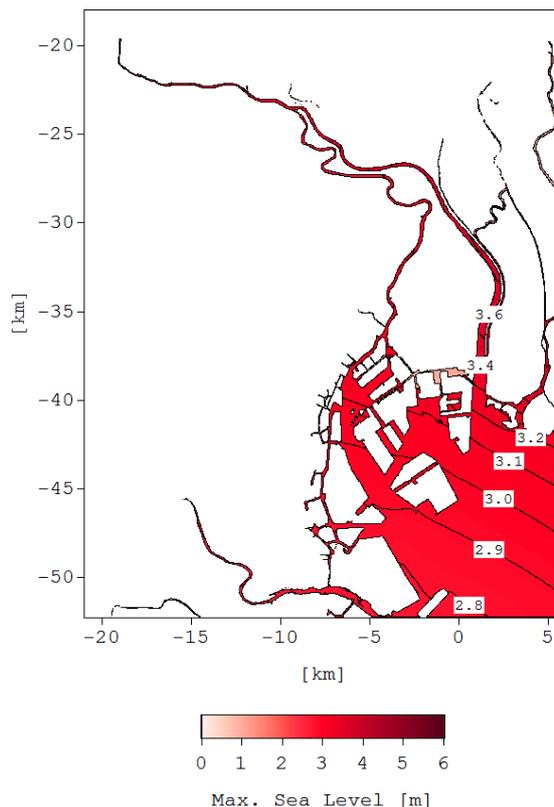


図-4.1 最高潮位 (東京港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

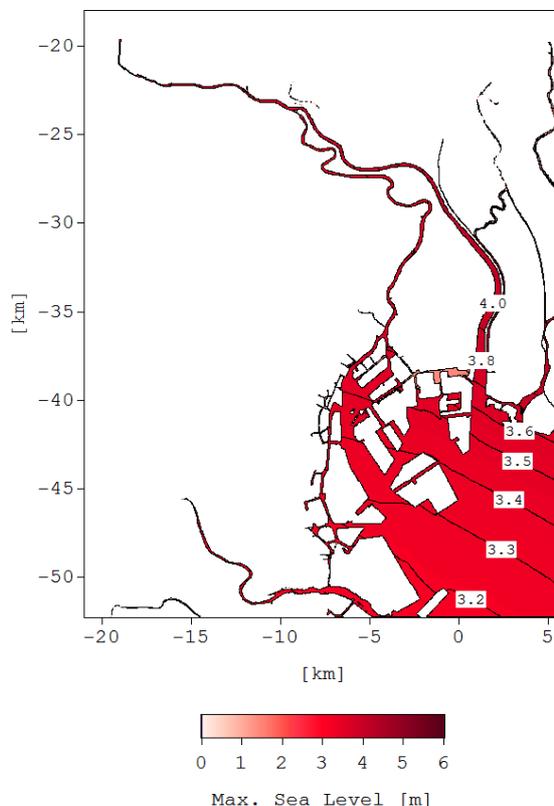


図-4.2 最高潮位 (東京港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

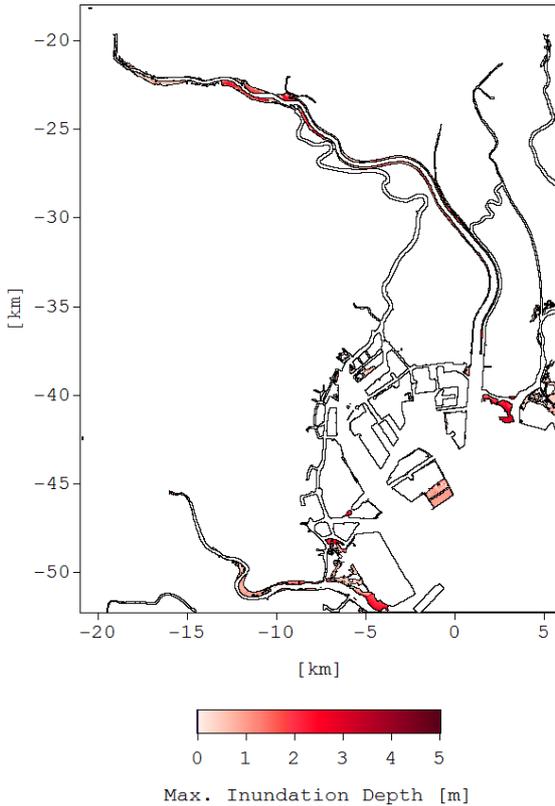


図-4.3 最大浸水深（東京港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

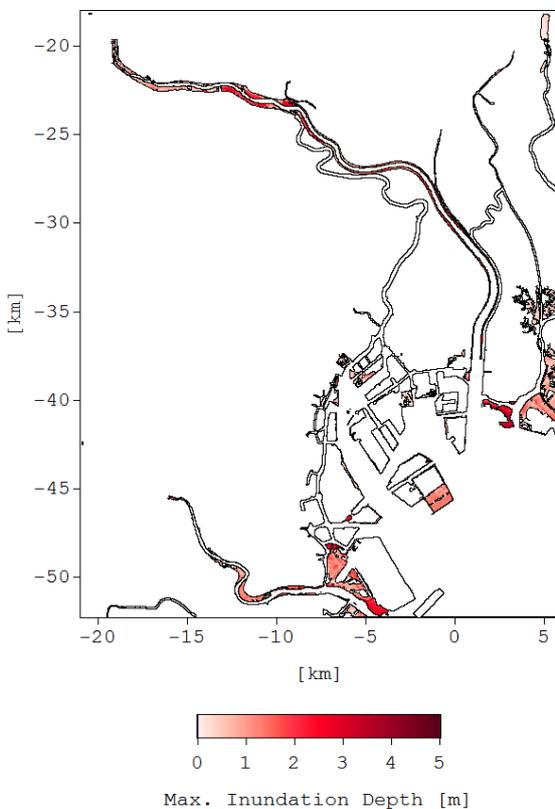


図-4.4 最大浸水深（東京港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

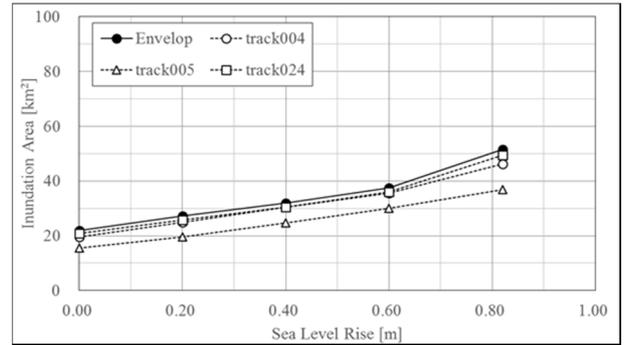


図-4.5 海面水位上昇量と浸水面積
（東京港地域）（河川流量なし）

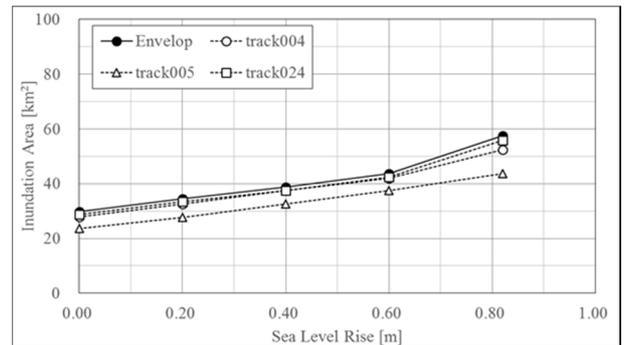


図-4.6 海面水位上昇量と浸水面積
（東京港地域）（河川流量あり）

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。なお、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を示したものである。

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、海面水位上昇量0.82mでの増加率は若干大きいですが、概して浸水面積の増加率は線形的である。これは、東京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10km²程度増加している。

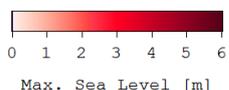
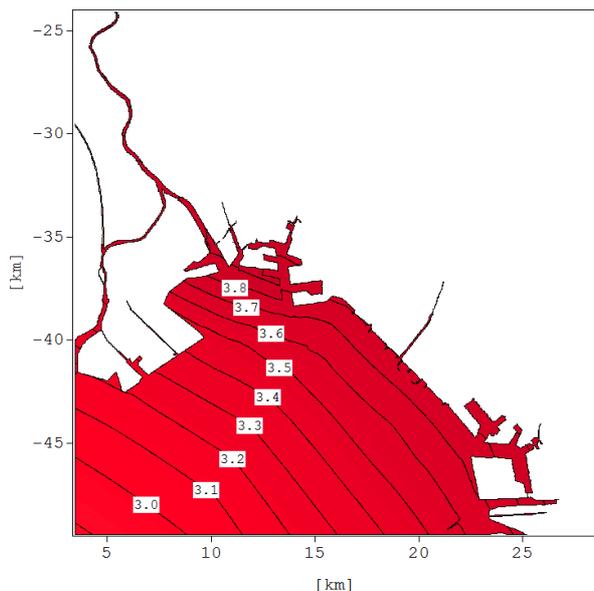


図-4.7 最高潮位（千葉港地域北部）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

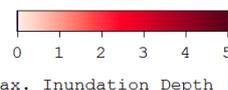
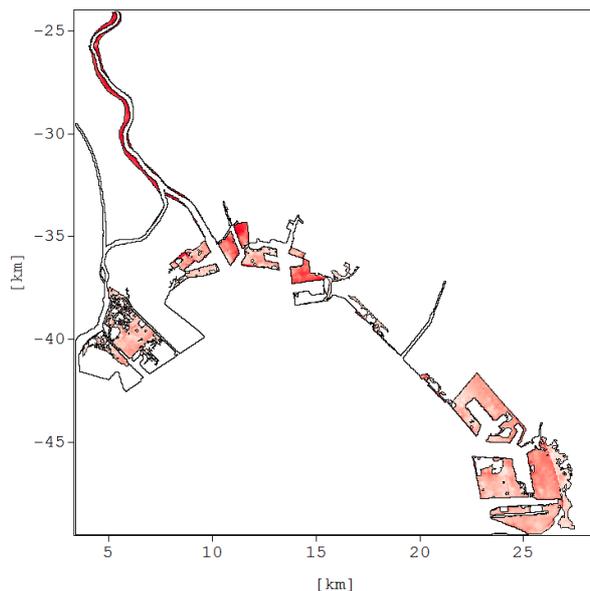


図-4.9 最大浸水深（千葉港地域北部）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

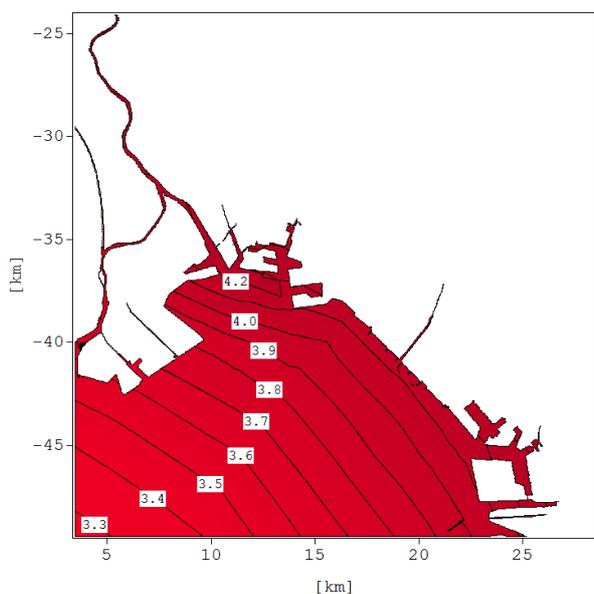


図-4.8 最高潮位（千葉港地域北部）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

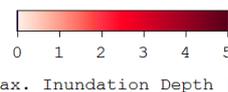
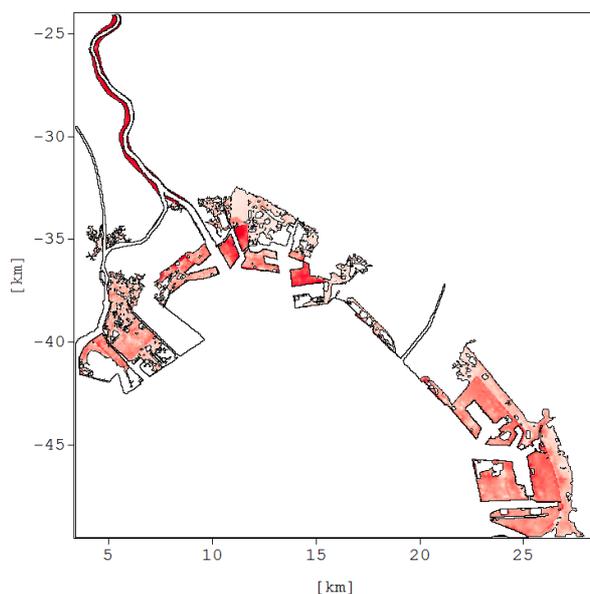


図-4.10 最大浸水深（千葉港地域北部）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

4.1 千葉港地域北部

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。

東京港地域での結果と同様に、海面水位上昇量0.40m

の解析結果では、最高潮位は約4.2mであり、海面水位上昇量0.00mのケースの約3.8mと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける

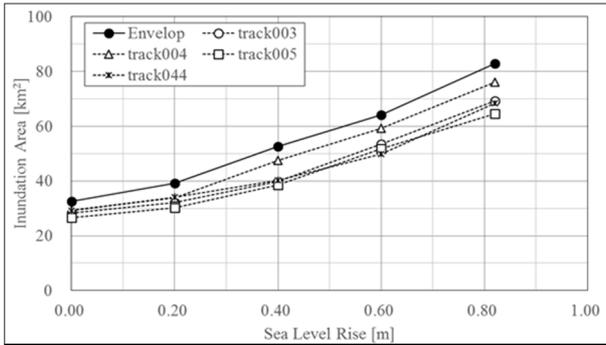


図-4.11 海面水位上昇量と浸水面積
(千葉港地域北部) (河川流量なし)

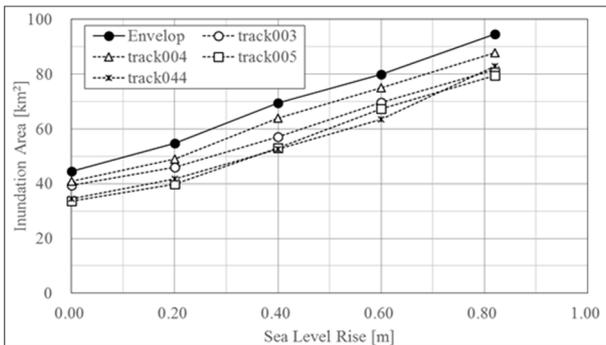


図-4.12 海面水位上昇量と浸水面積
(千葉港地域北部) (河川流量あり)

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の解析結果では、南側の一部の地区において堤内地への浸水が認められるが、浸水範囲は堤外地の範囲に限定されている。一方、海面水位上昇量0.40mの解析結果では、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-4.11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。

本検討の対象港湾地域の中では、この千葉港地域北部での浸水面積は、最も大きいものとなっている。

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15km²程度増加している。

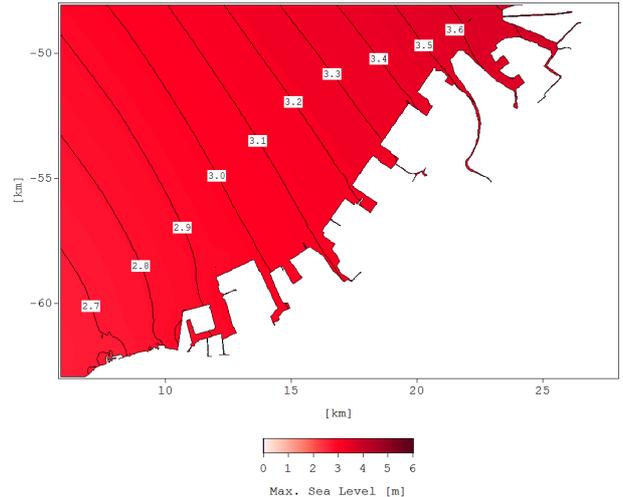


図-4.13 最高潮位 (千葉港地域南部)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

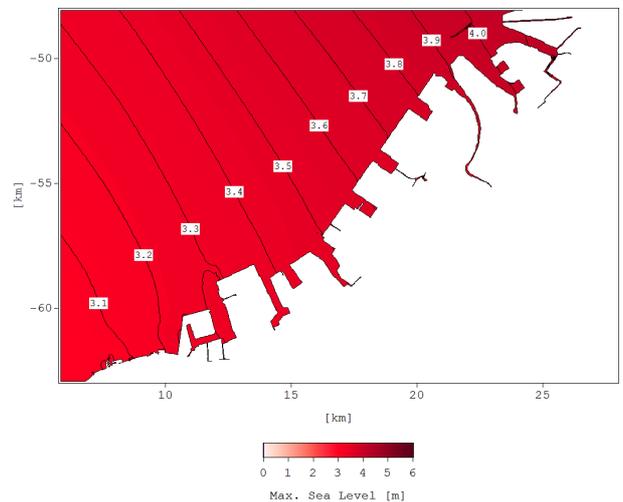


図-4.14 最高潮位 (千葉港地域南部)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

4.2 千葉港地域南部

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の解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

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。千葉港地域南部では、港湾の西側から東側に向かって最高潮位が増加している。そのため、東側において浸水範囲が広がる傾向が確認できる。また、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。

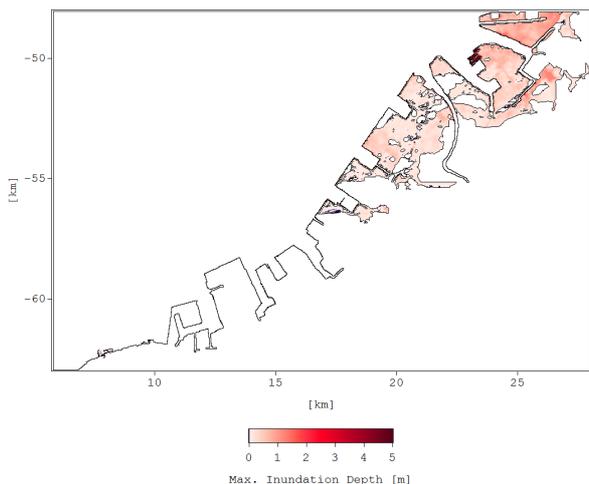


図-4.15 最大浸水深（千葉港地域南部）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

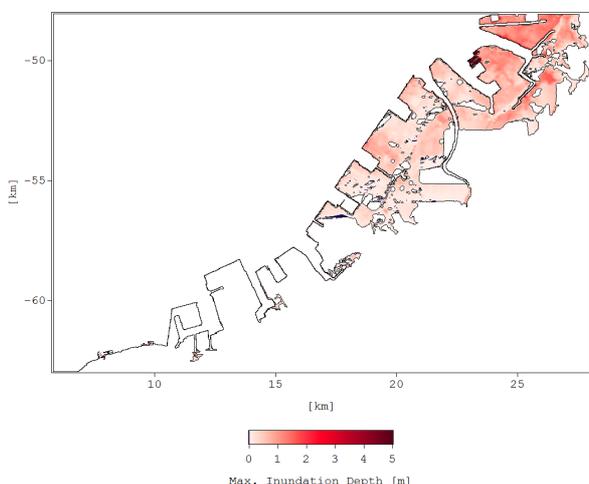


図-4.16 最大浸水深（千葉港地域南部）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

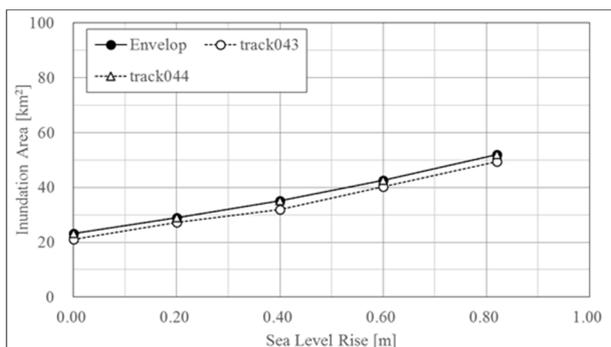


図-4.17 海面水位上昇量と浸水面積
（千葉港地域南部）（河川流量なし）

河川流量を考慮していない場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、図-4.17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。

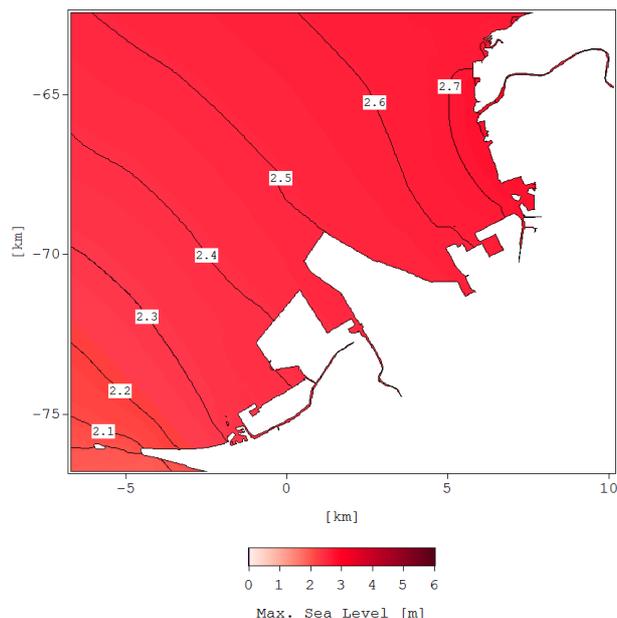


図-4.18 最高潮位（木更津港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

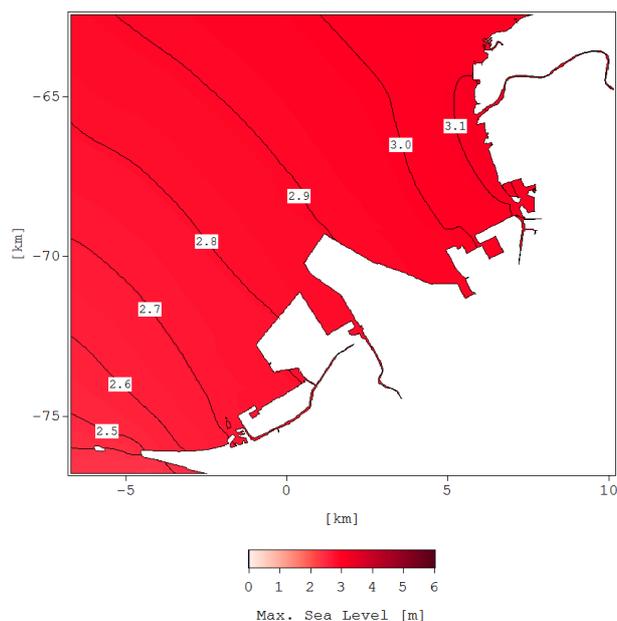


図-4.19 最高潮位（木更津港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

4.3 木更津港地域

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-4.18および図-4.19に示す。海面水位上昇量0.40mの解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

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-4.20および図-4.21に示す。木更津港地域では、港湾の西側から東側に向かって最高

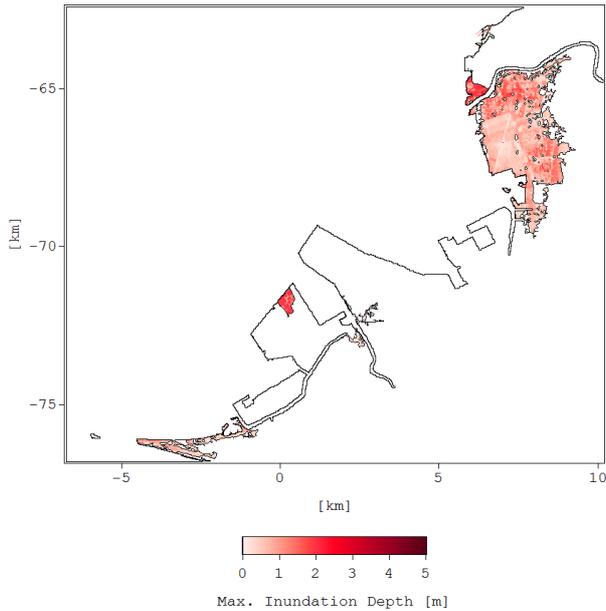


図-4.20 最大浸水深（木更津港地域）
（海面水位上昇量 0.00m，河川流量なし）

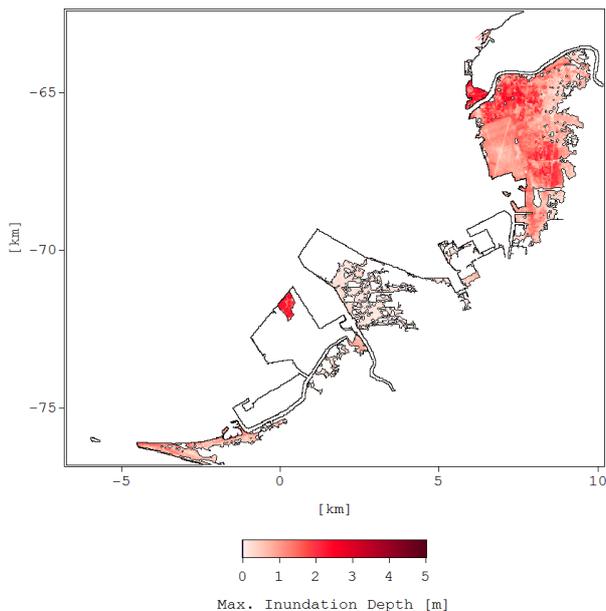


図-4.21 最大浸水深（木更津港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

潮位が増加している。そのため、東側において浸水範囲が広がる傾向が確認できる。また、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の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、図-4.22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。

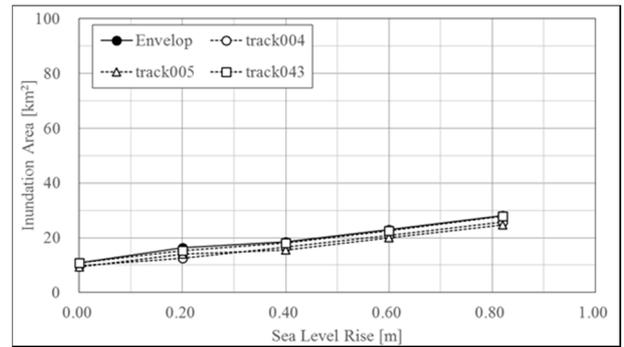


図-4.22 海面水位上昇量と浸水面積
（木更津港地域）（河川流量なし）

4.4 川崎港地域

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-4.23および図-4.24に示す。

海面水位上昇量0.40mの解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

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-4.25および図-4.26に示す。

海面水位上昇量0.00mの解析結果では、一部の背後地への浸水が認められるが、浸水範囲は沿岸部の埋立地の範囲に限定されている。一方、海面水位上昇量0.40mの解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、背後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-4.27および図-4.28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。

本検討の対象港湾地域の中では、この川崎港地域が河川流量による影響が最も大きいものとなっている。

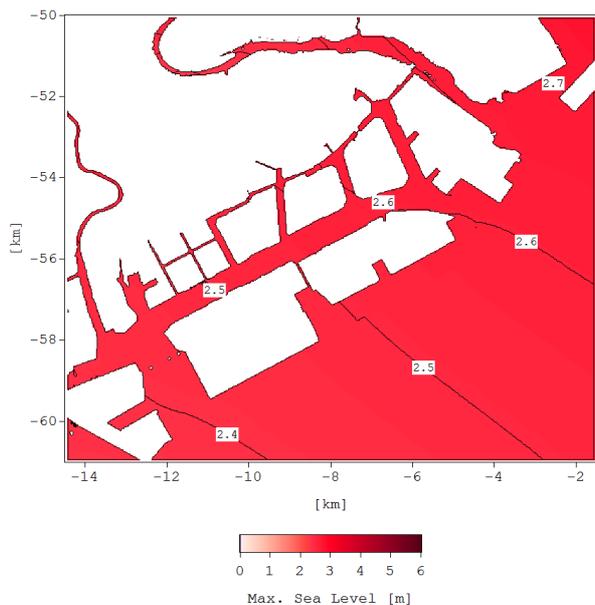


図-4.23 最高潮位 (川崎港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

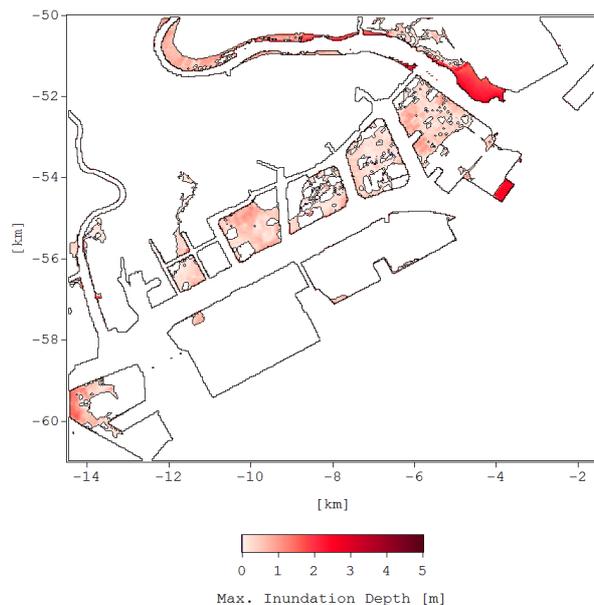


図-4.25 最大浸水深 (川崎港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

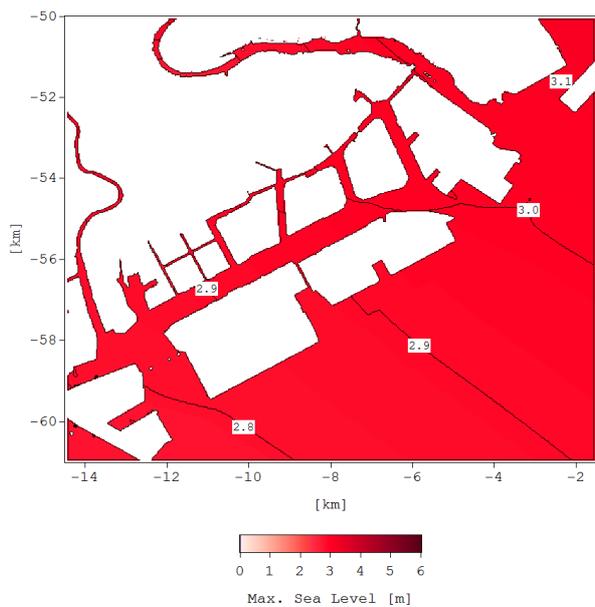


図-4.24 最高潮位 (川崎港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

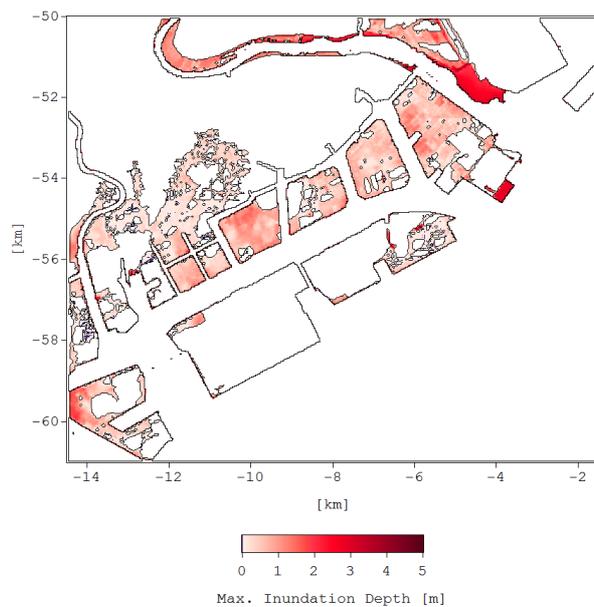


図-4.26 最大浸水深 (川崎港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

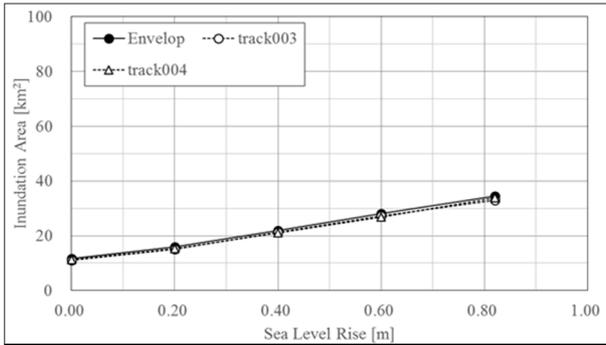


図-4.27 海面水位上昇量と浸水面積
(川崎港地域) (河川流量なし)

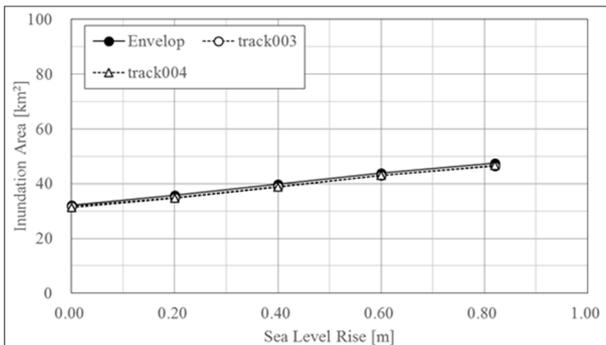


図-4.28 海面水位上昇量と浸水面積
(川崎港地域) (河川流量あり)

4.5 横浜港地域

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-4.29および図-4.30に示す。

海面水位上昇量0.40mの解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

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-4.31および図-4.32に示す。

横浜港地域では、港湾の南側から北側に向かって最高潮位が増加している。そのため、北側において浸水範囲が広がる傾向が確認できる。また、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、背後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-4.33および図-4.34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、海面水位上昇量0.20mまでの増加率は比較的小さいが、概して浸水面積の増加率は線形的である。

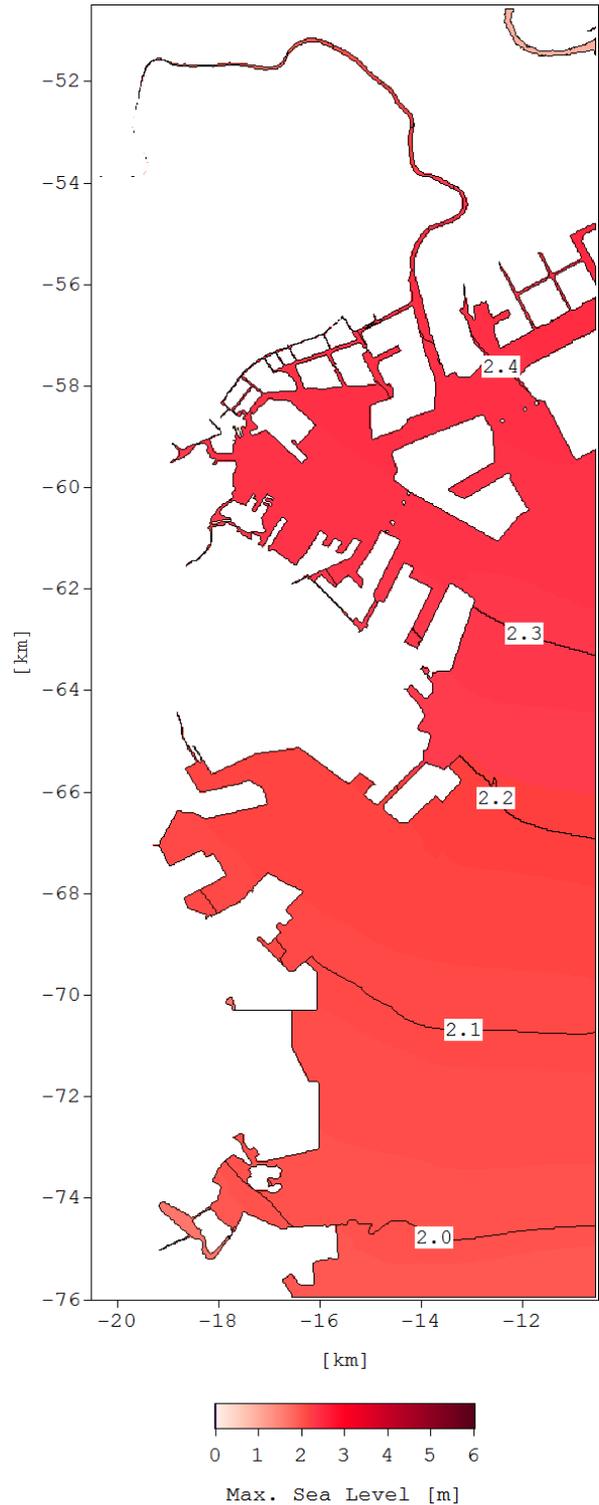


図-4.29 最高潮位 (横浜港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

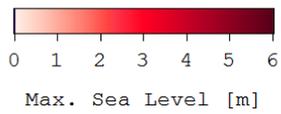
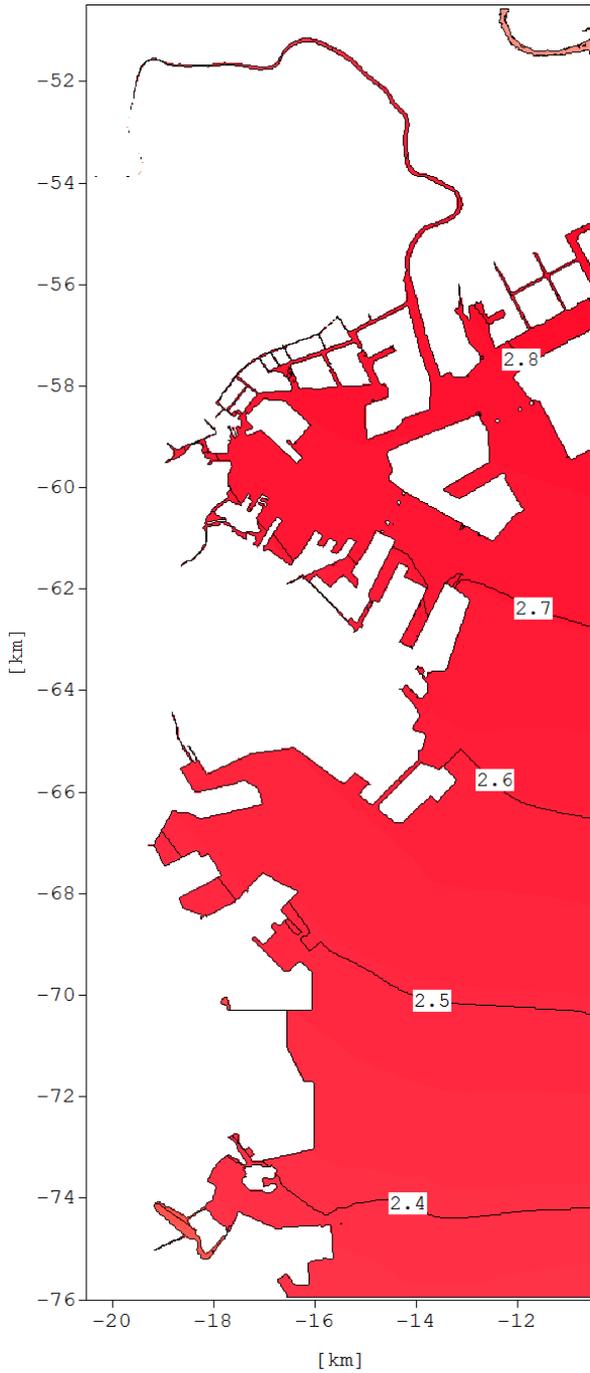


図-4.30 最高潮位（横浜港地域）
 (海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

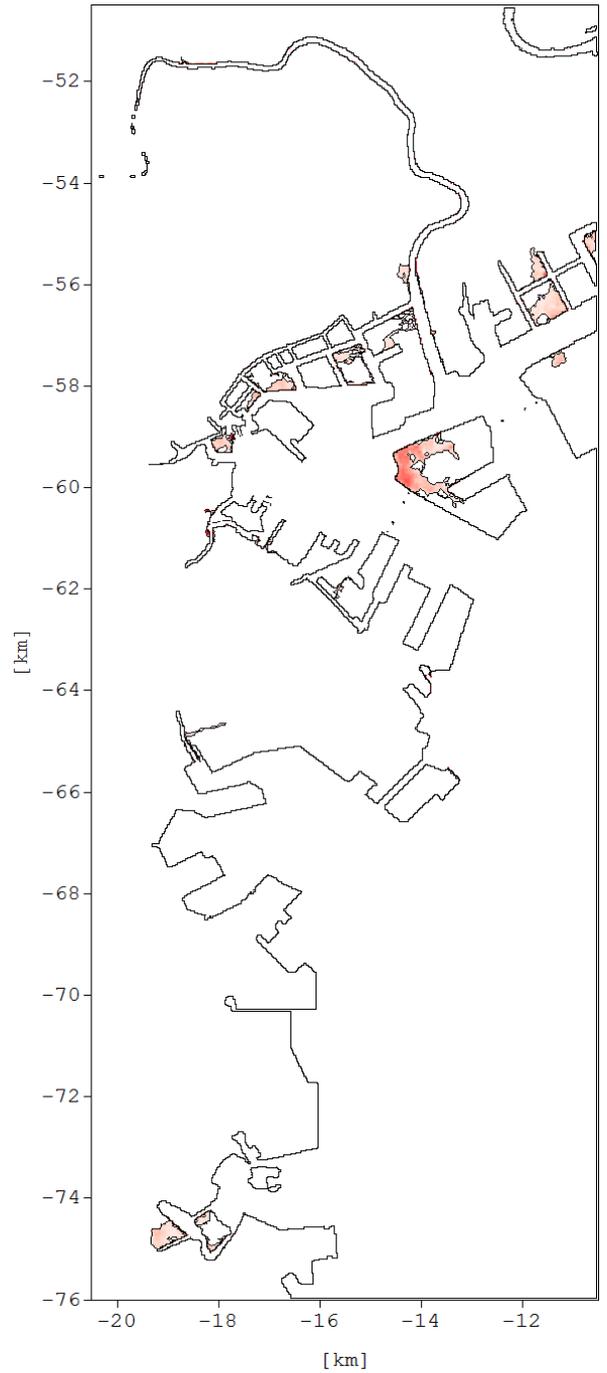


図-4.31 最大浸水深（横浜港地域）
 (海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)



図-4.32 最大浸水深（横浜港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

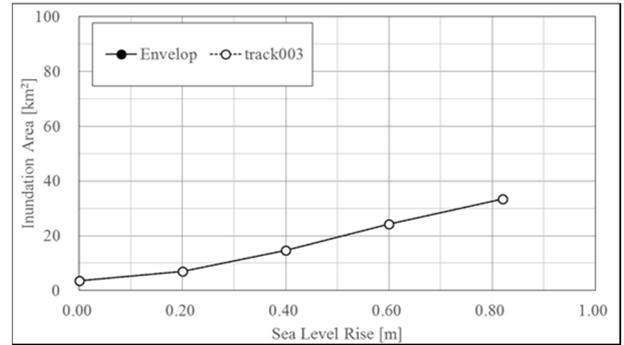


図-4.33 海面水位上昇量と浸水面積
（横浜港地域）（河川流量なし）

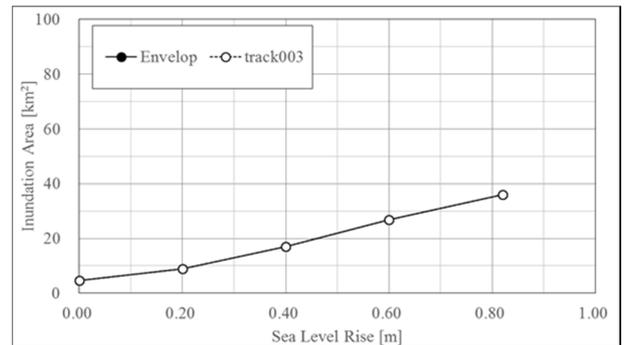


図-4.34 海面水位上昇量と浸水面積
（横浜港地域）（河川流量あり）

4.6 横須賀港地域

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-4.35および図-4.36に示す。

横須賀港地域は、東京湾の湾口に位置しているため、他の港湾地域と比較して最高潮位が低くなっている。

海面水位上昇量0.40mの解析結果では、海面水位上昇量0.00mのケースと比較して、海面水位上昇量分だけ高くなっている。

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-4.37および図-4.38に示す。

横須賀港地域は、他の港湾と比較して最高潮位が低くなっており、また、過去の越波による被災を踏まえて護岸を整備している。そのため、いずれのケースにおいても、浸水が認められるのは、北側の一部に限定されている。

河川流量を考慮していない場合の海面水位上昇量と浸水面積の関係を、図-4.39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、海面水位上昇量0.82mでの増加率は若干大きいですが、概して浸水面積の増加率は線形的である。

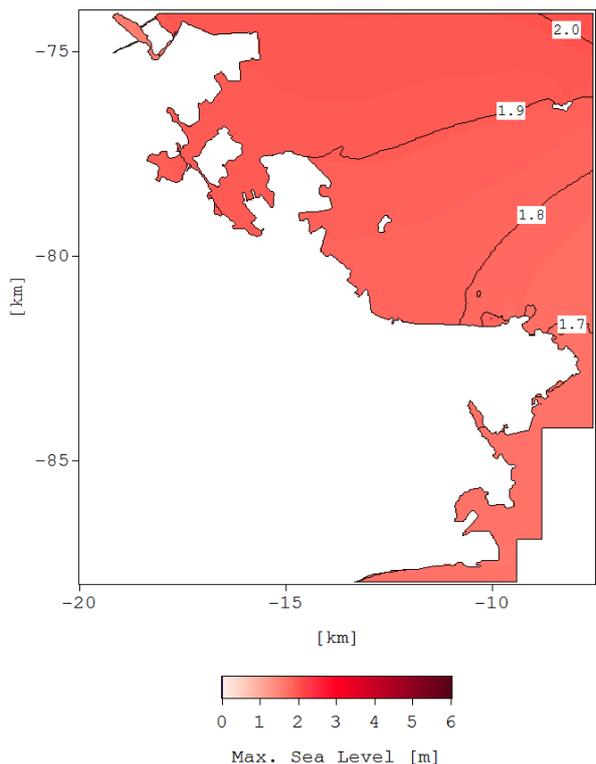


図-4.35 最高潮位（横須賀港地域）
（海面水位上昇量 0.00m，河川流量なし）

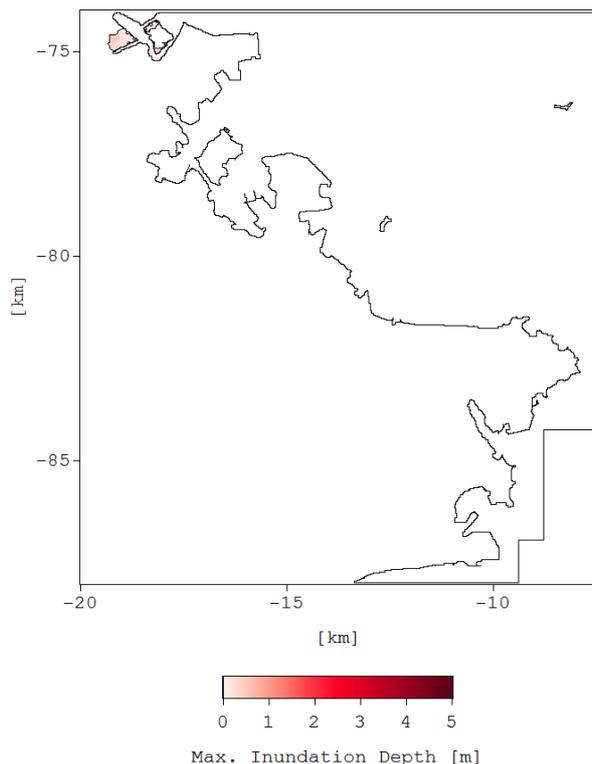


図-4.37 最大浸水深（横須賀港地域）
（海面水位上昇量 0.00m，河川流量なし）

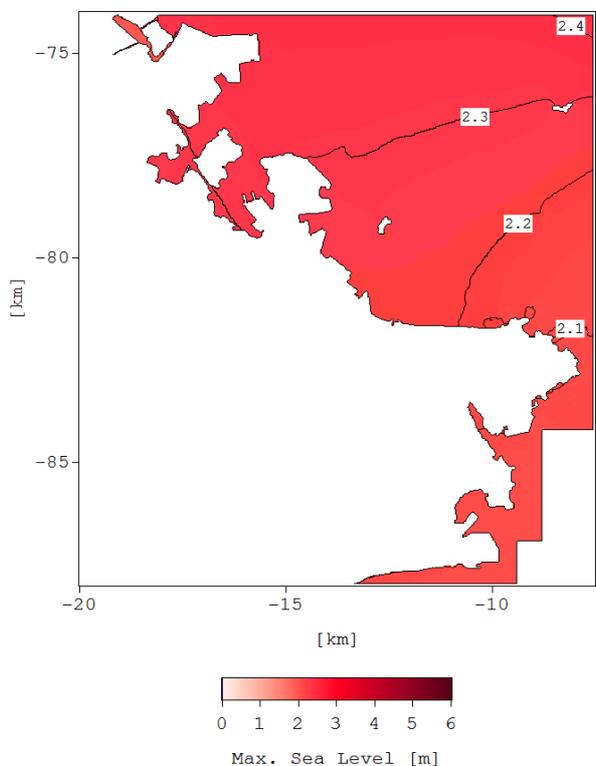


図-4.36 最高潮位（横須賀港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

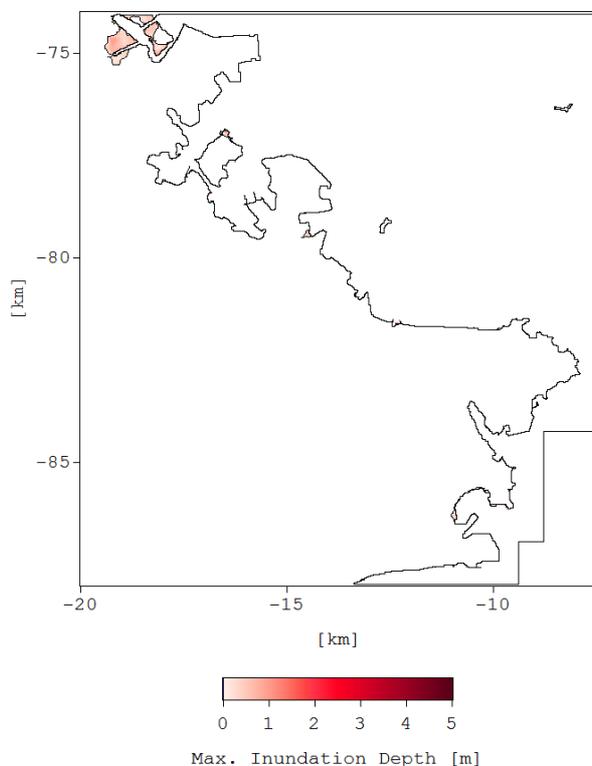


図-4.38 最大浸水深（横須賀港地域）
（海面水位上昇量 0.40m，河川流量なし）

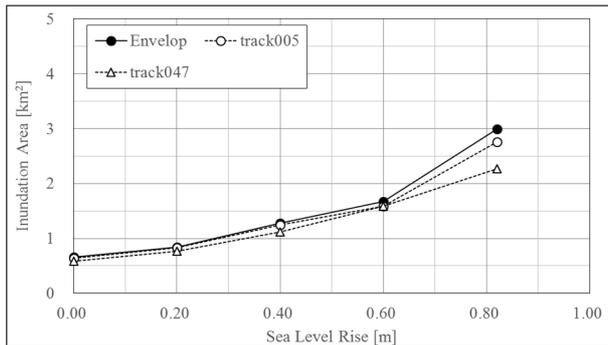


図-4.39 海面水位上昇量と浸水面積
(横須賀港地域) (河川流量なし)

5. まとめ

本検討では、高潮が発達しやすい海域である東京湾を対象に、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、東京港、千葉港、木更津港、川崎港、横浜港および横須賀港の6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、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、東京港地域において、最高潮位で500年程度の再現期間となり、最大高潮偏差で100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、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、海面水位上昇による高潮偏差への影響は大きくない。

本検討の対象港湾およびその周辺地域については、海面水位上昇量に応じて浸水面積が増加しており、その増加率は概して線形的である。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。

6. あとがき

本検討における海面水位上昇量0.0mのケースでは、一部の堤内地において浸水が認められたが、概して浸水範囲は堤外地に限定されていた。また、沿岸部の最高潮位は、ほぼ海面水位上昇量に応じて増加している。そのため、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ので、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かったため、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。

本検討では、解析対象の港湾地域が異なると、同一河川であっても河川流量を与える地点や河川の再現区間が異なるため、河川周辺の浸水状況が異なることに注意が必要である。

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。

(2016年8月31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>
 1.
- 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-eg/trackarchives.html>

国土交通省港湾局 (2009) : 東京湾の大規模高潮浸水想定
の公表について,

http://www.mlit.go.jp/report/press/port07_hh_000017.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.

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	台風を中心気圧
p_∞	無限遠での気圧
Δp	気圧深度 ($p_\infty - p_c$)
r	台風を中心からの距離
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	大気密度
ρ_w	海水密度
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 東京港地域の解析結果

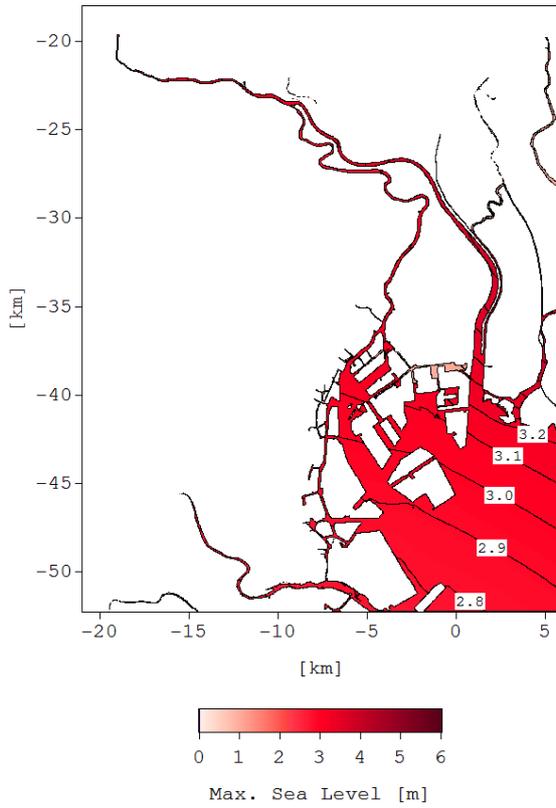


図-A.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

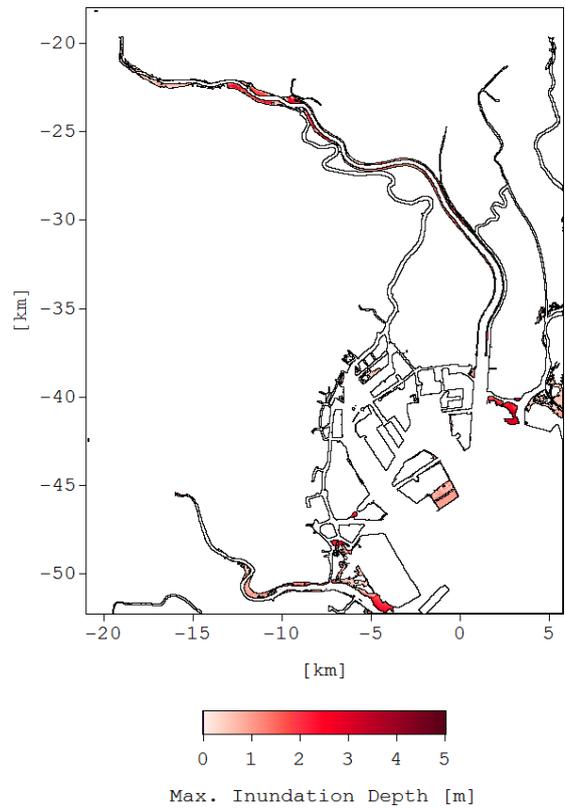


図-A.3 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)

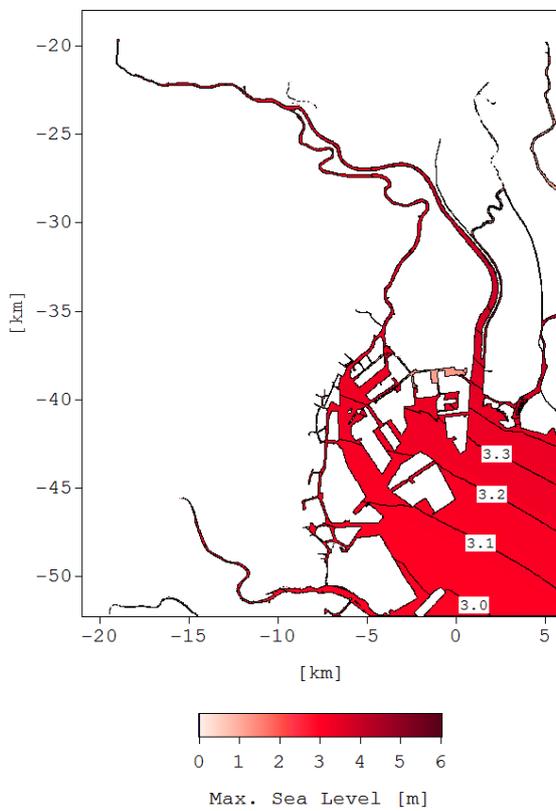


図-A.2 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

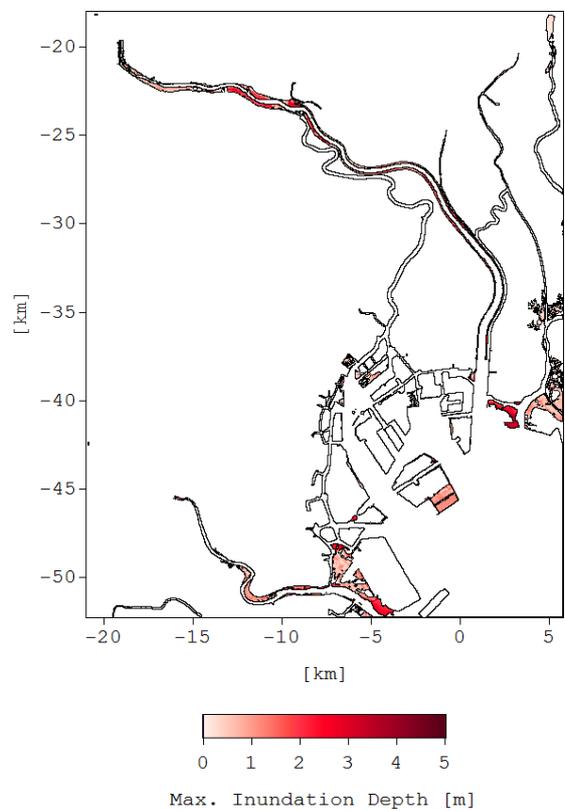


図-A.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

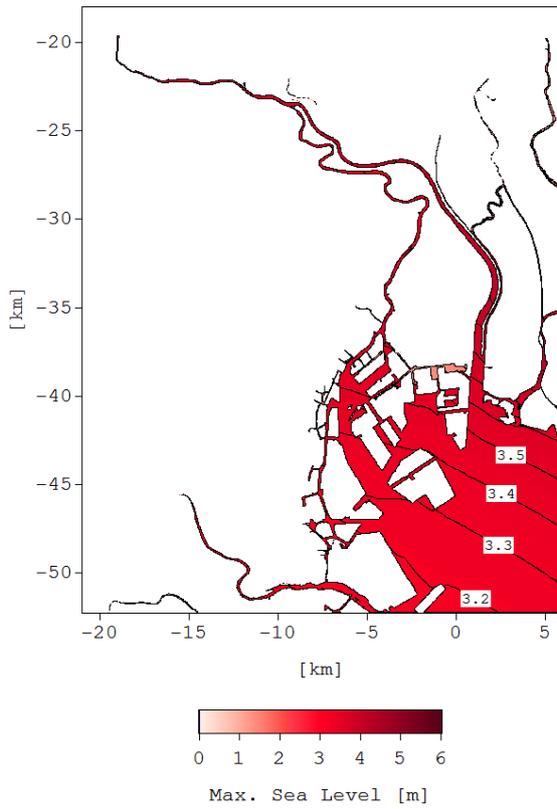


図-A.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

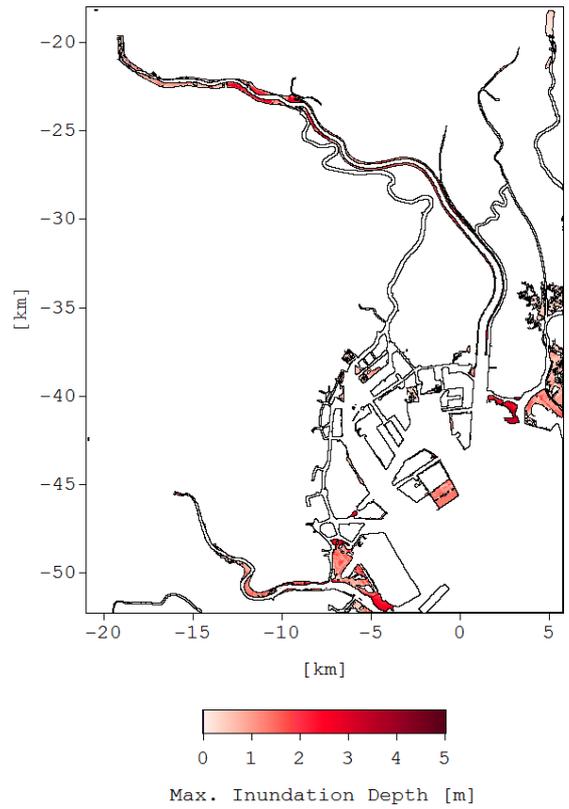


図-A.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

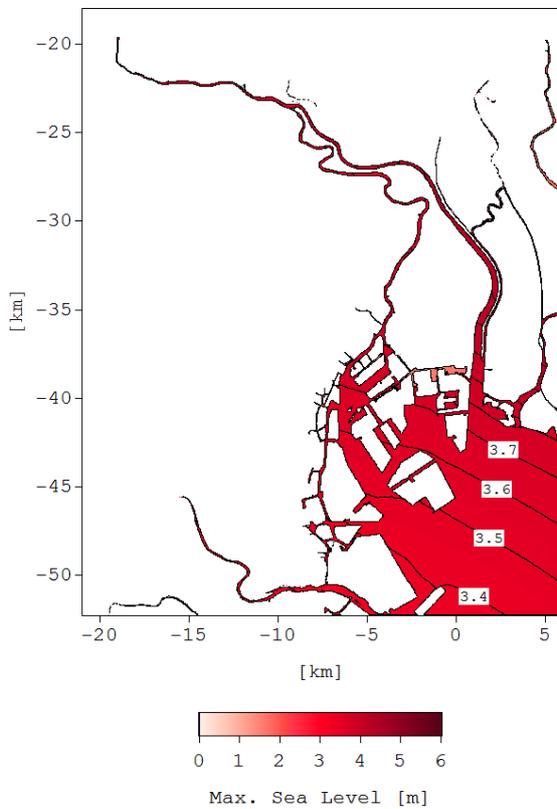


図-A.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

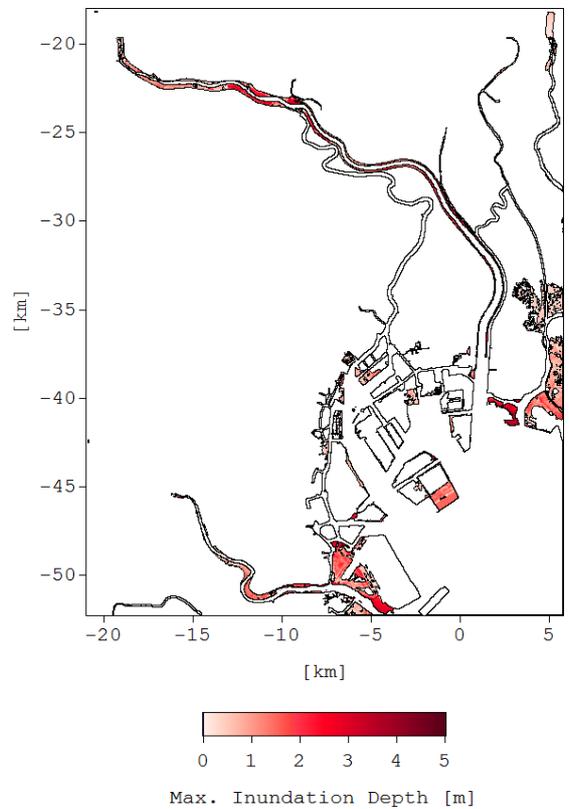


図-A.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

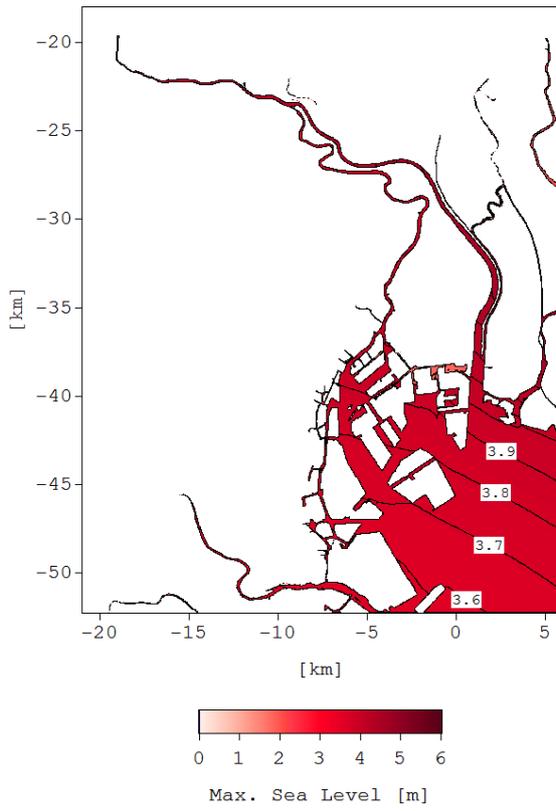


図-A.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

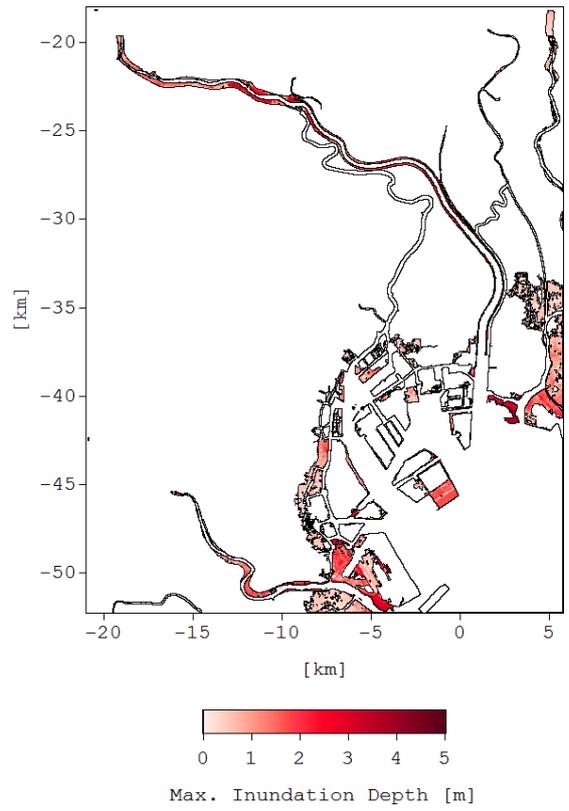


図-A.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録B 東京港地域（河川流量あり）の解析結果

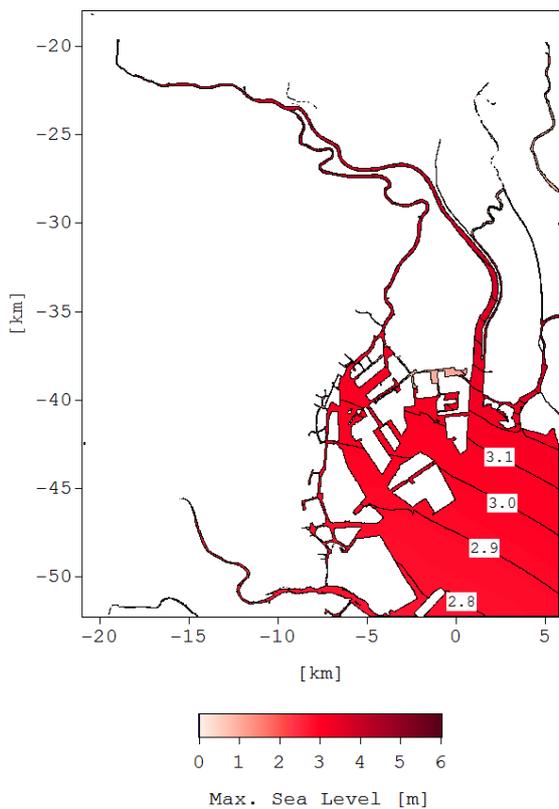


図-B.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

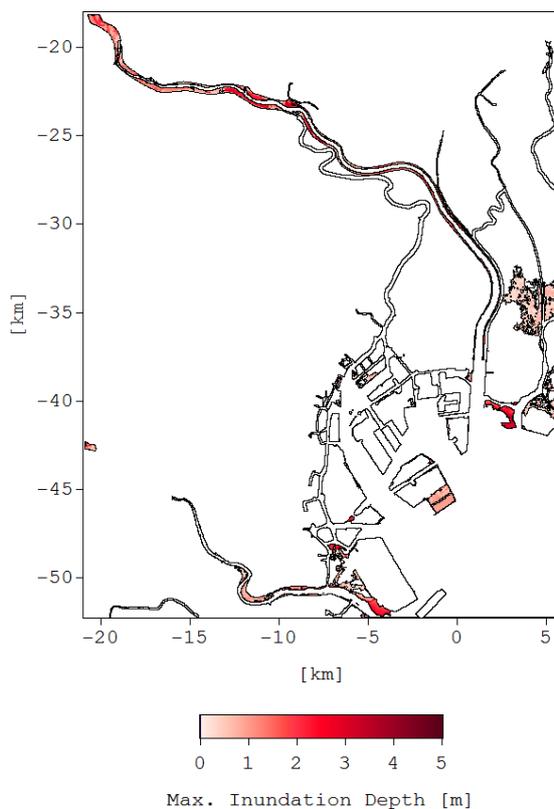


図-B.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

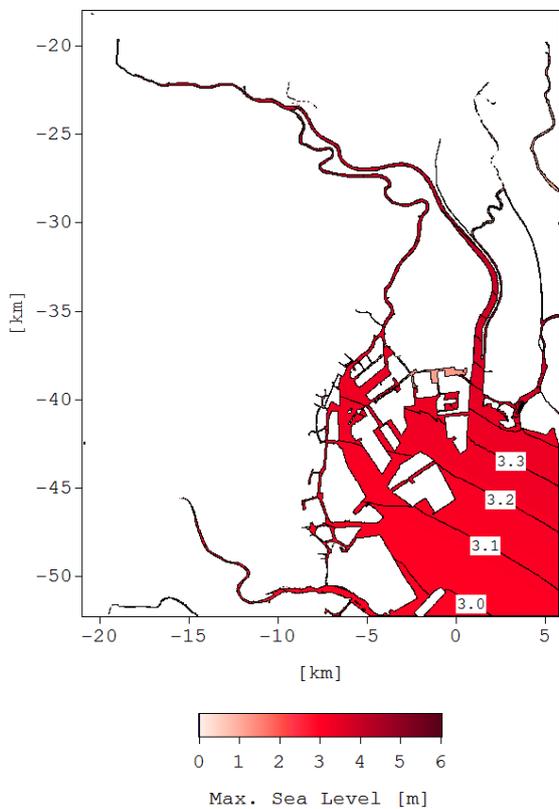


図-B.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

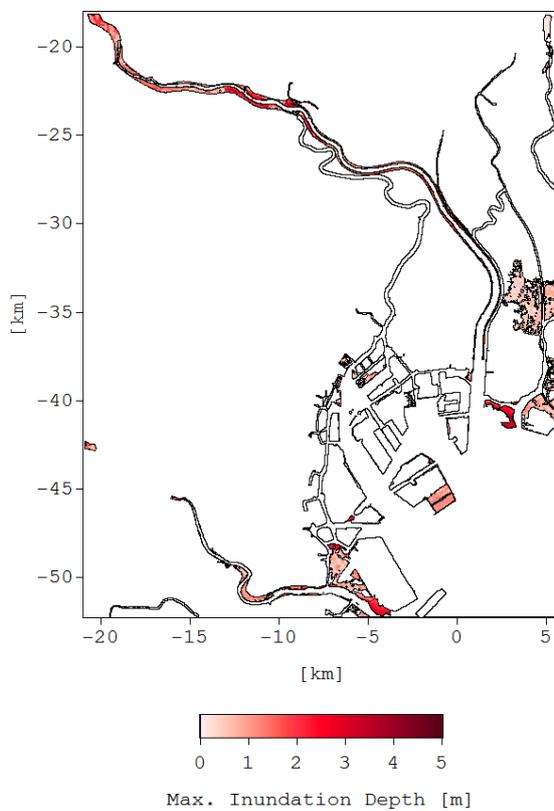


図-B.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

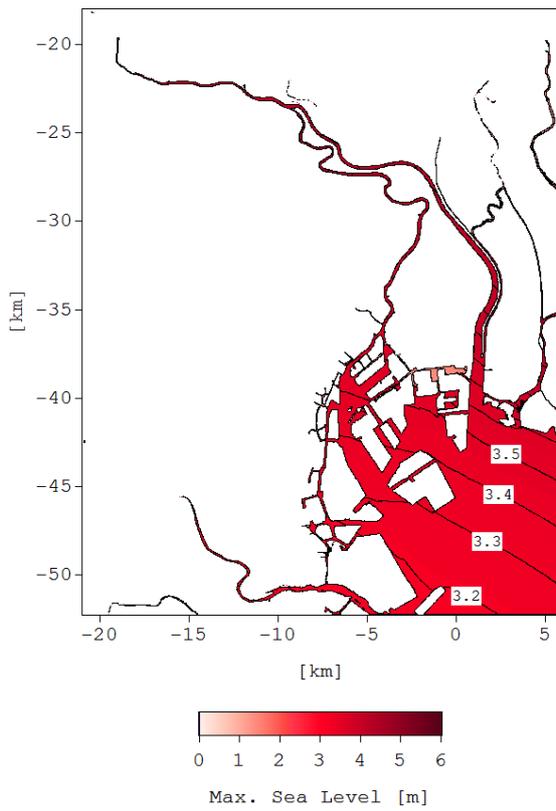


図-B.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

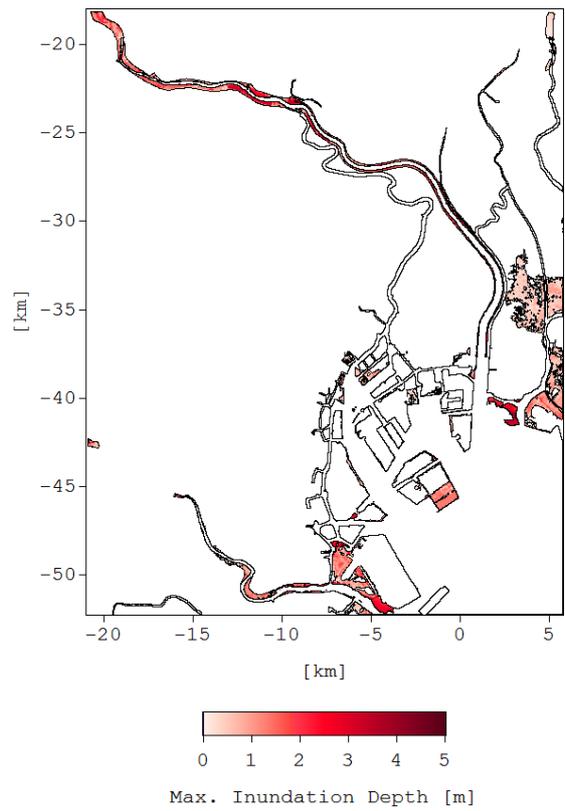


図-B.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

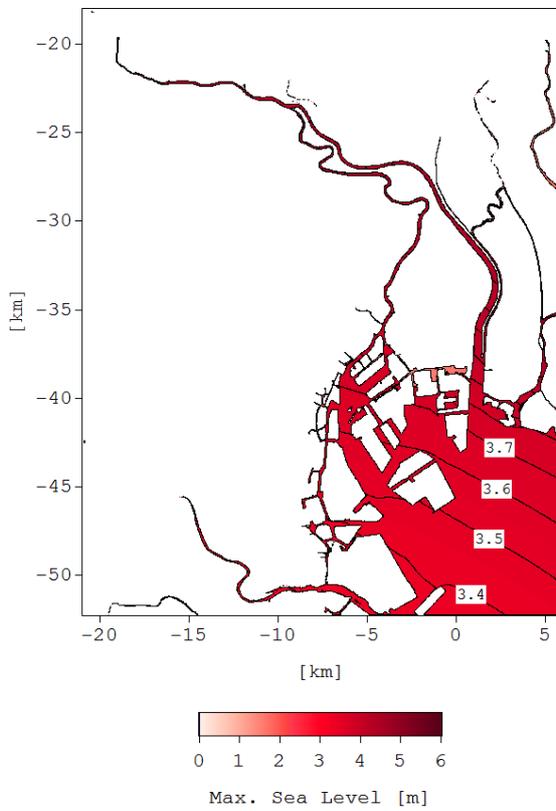


図-B.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

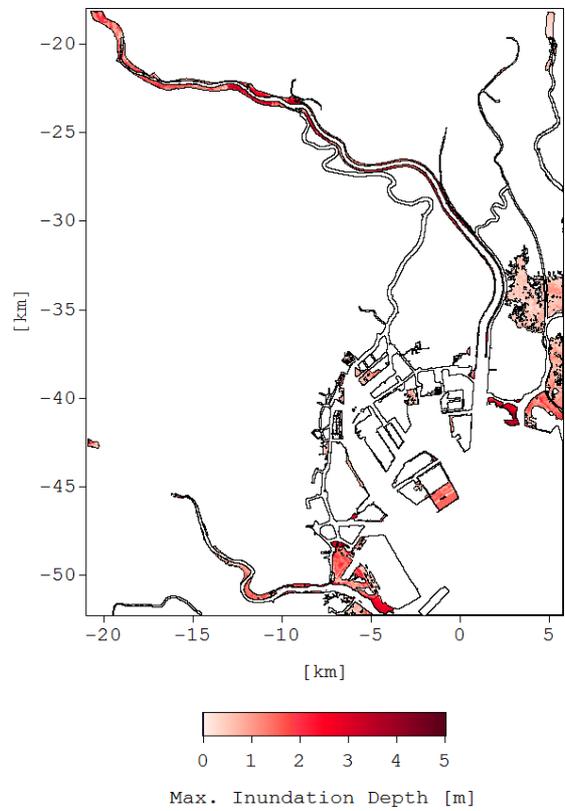


図-B.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

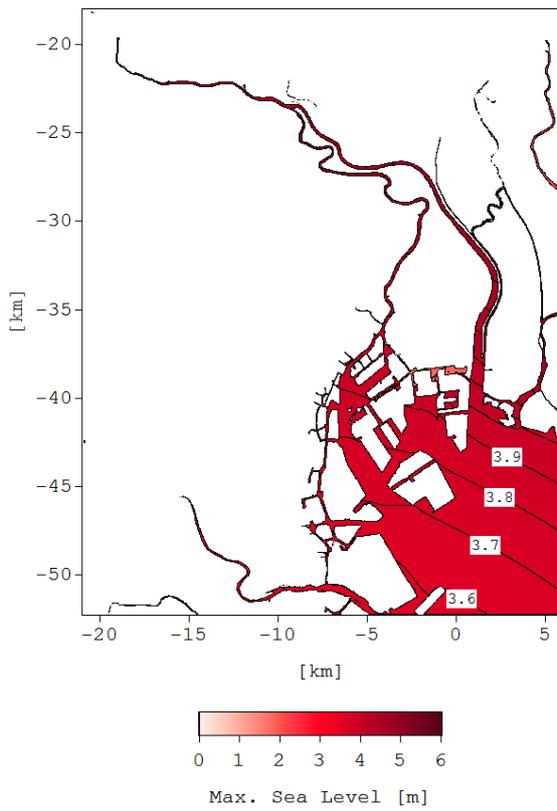


図-B.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

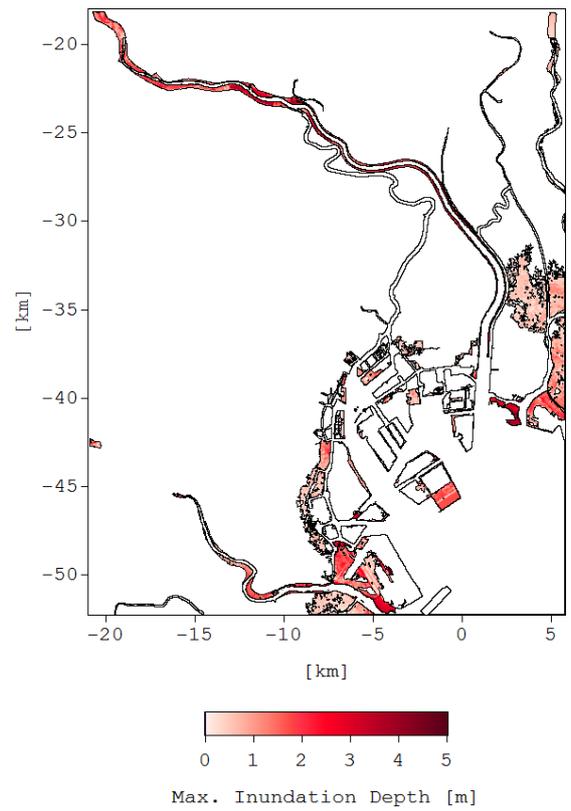


図-B.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録C 千葉港地域北部の解析結果

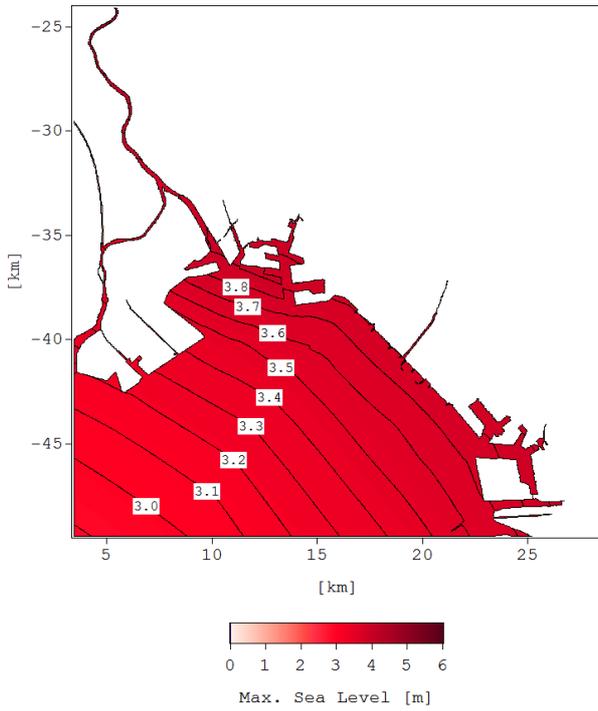


図-C.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

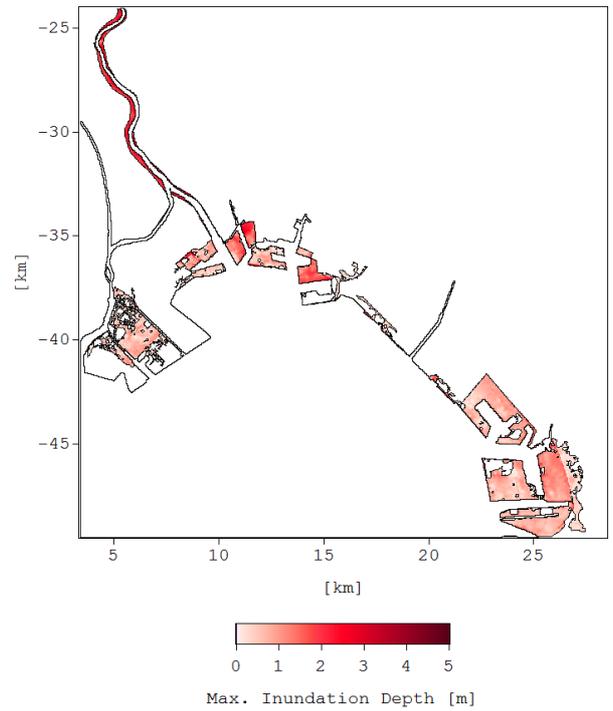


図-C.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

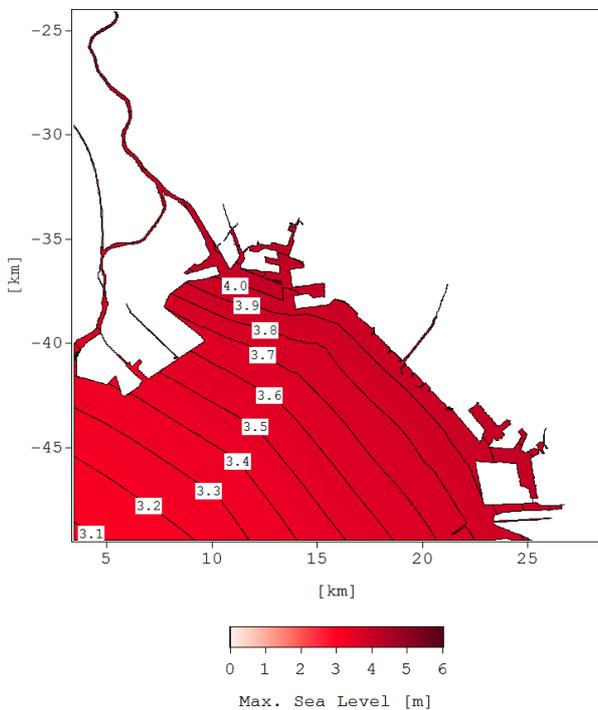


図-C.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

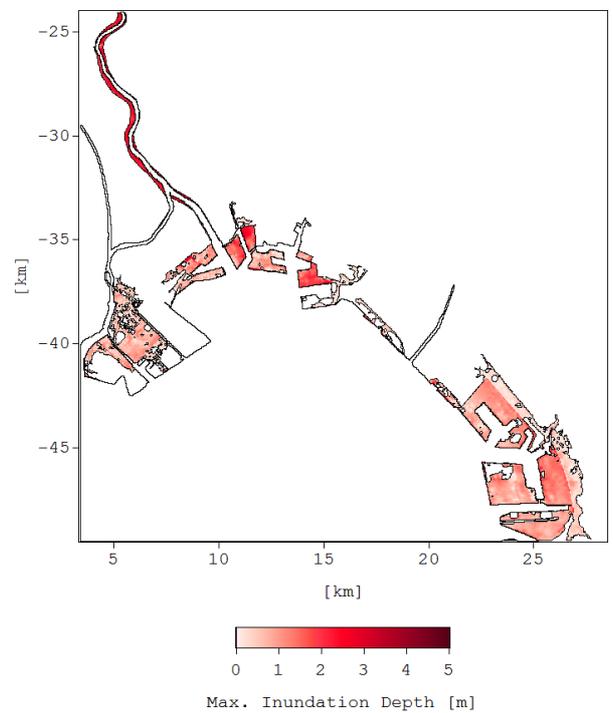


図-C.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

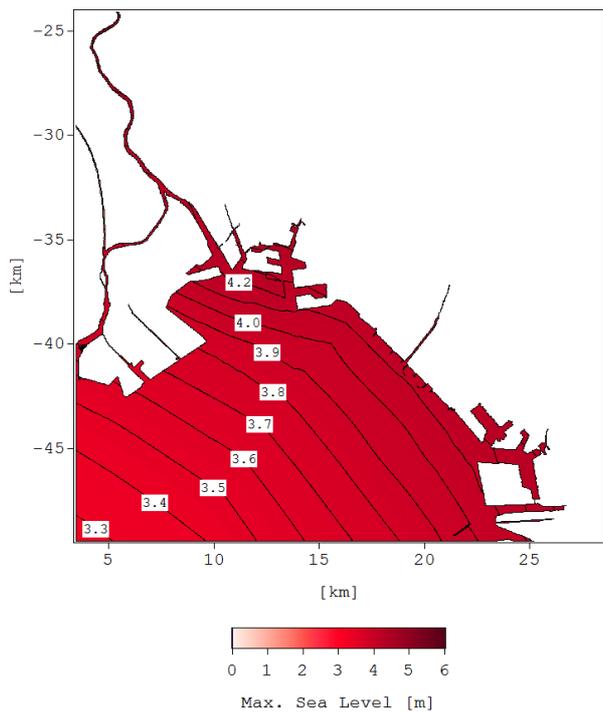


図-C.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

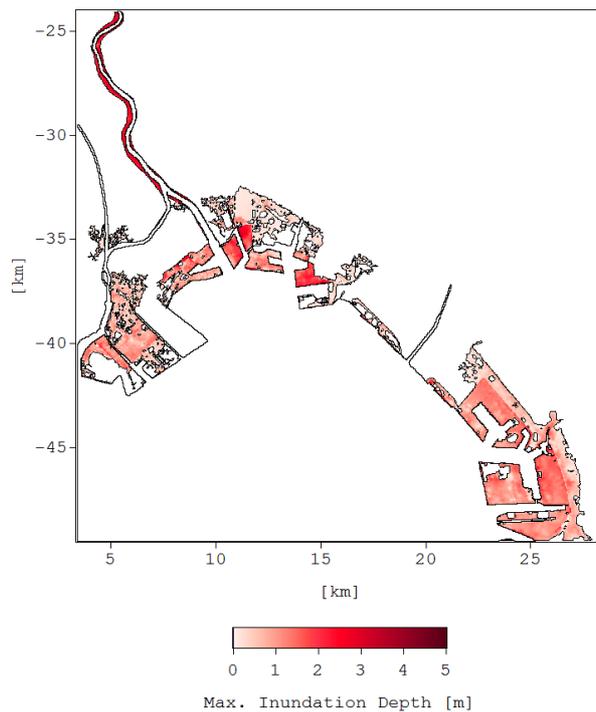


図-C.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

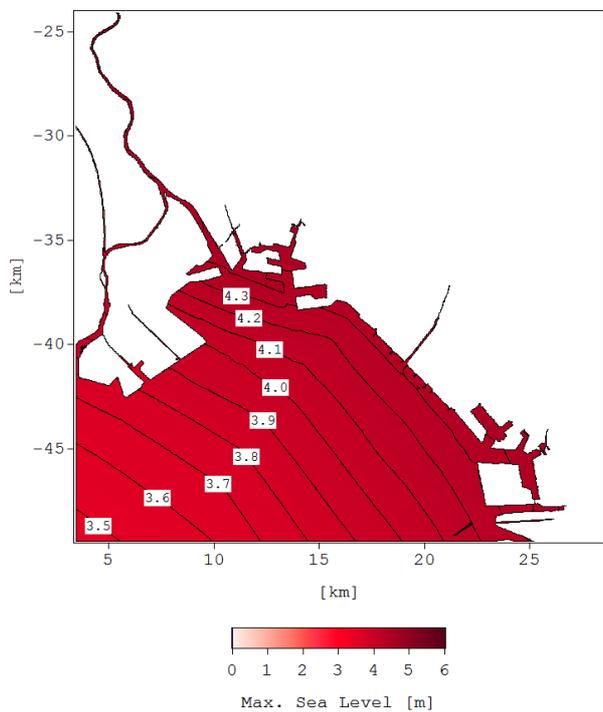


図-C.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

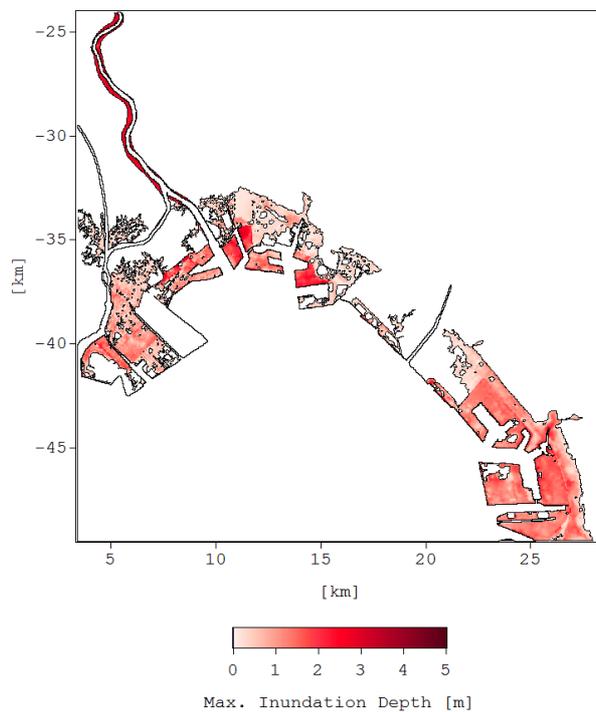


図-C.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

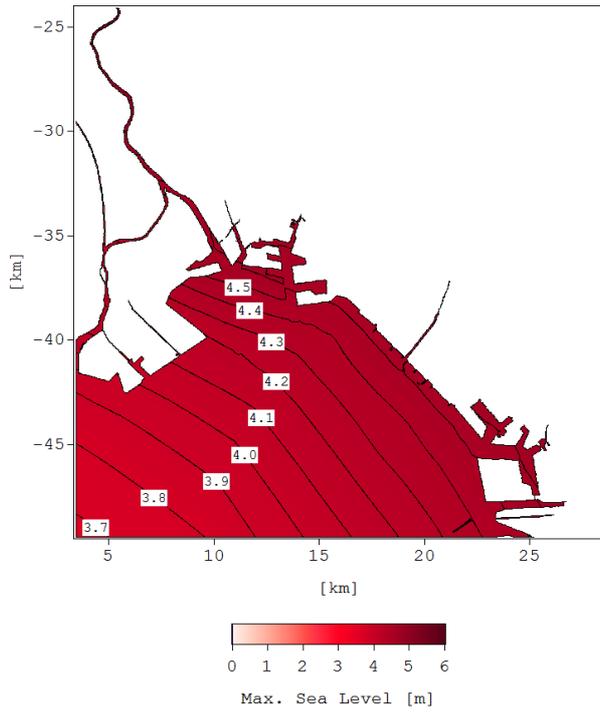


図-C.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

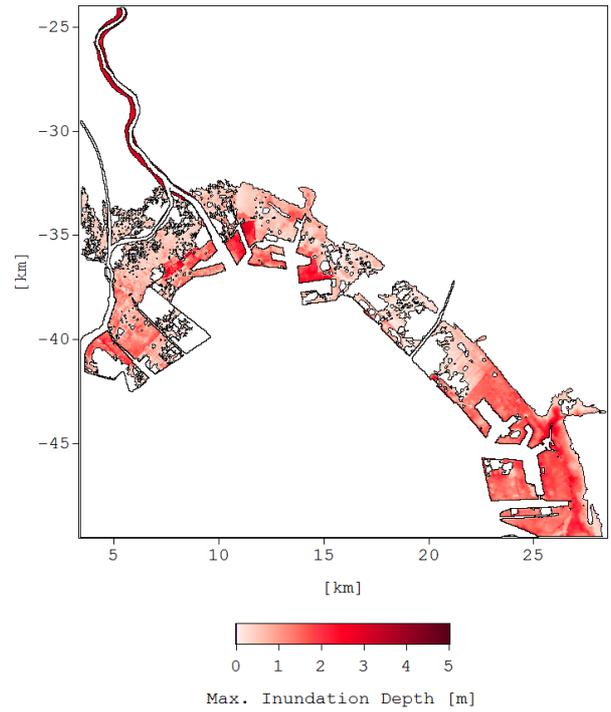


図-C.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録D 千葉港地域北部（河川流量あり）の解析結果

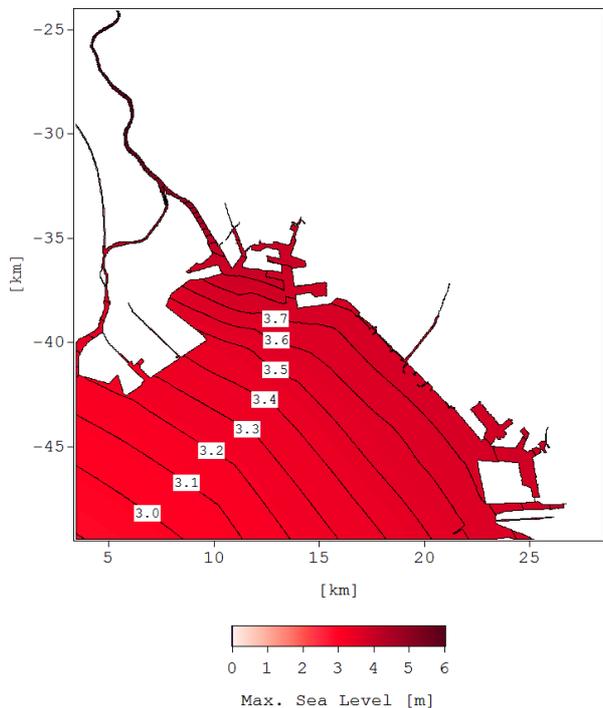


図-D.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

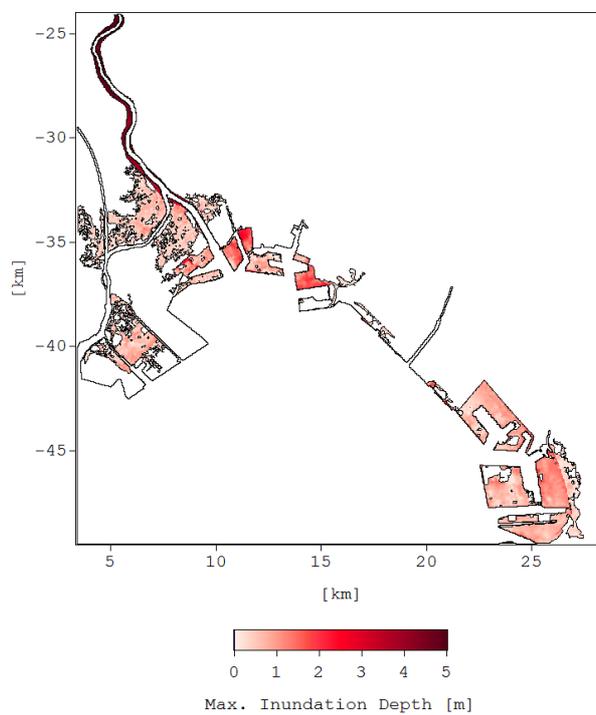


図-D.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

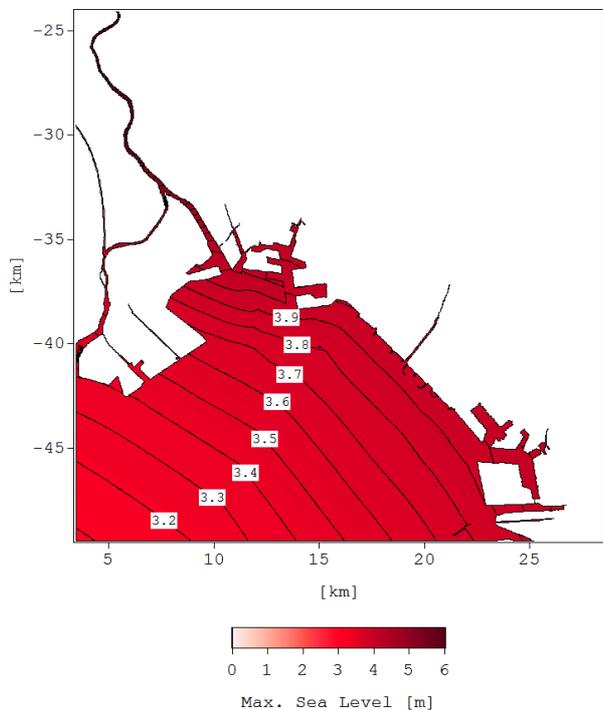


図-D.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

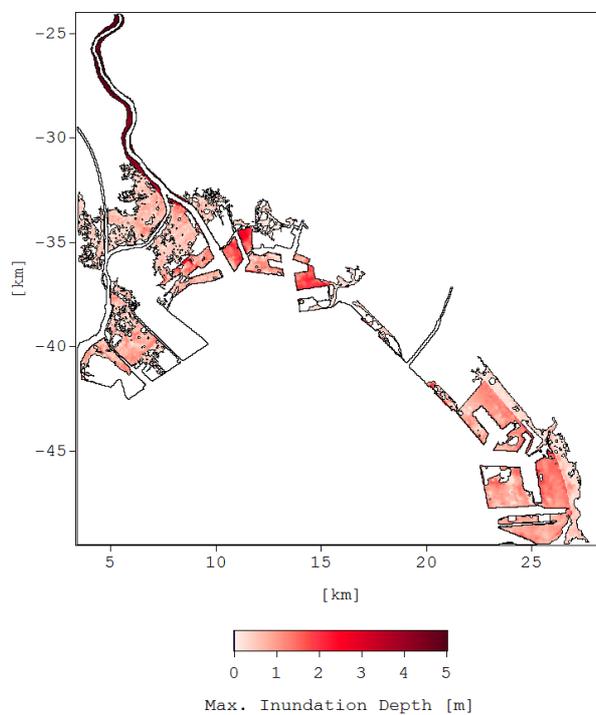


図-D.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

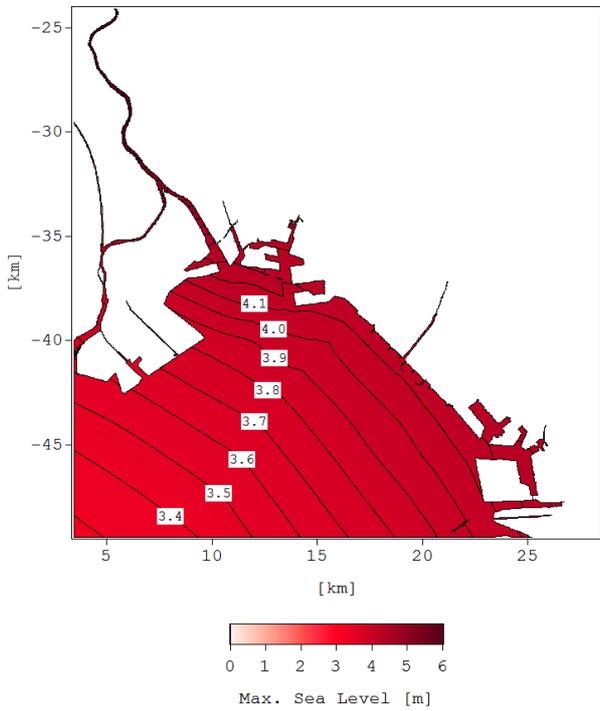


図-D.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

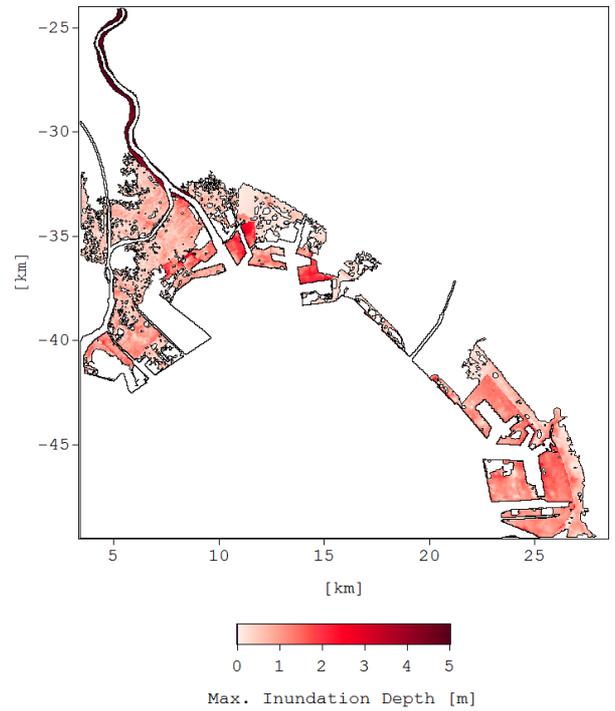


図-D.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

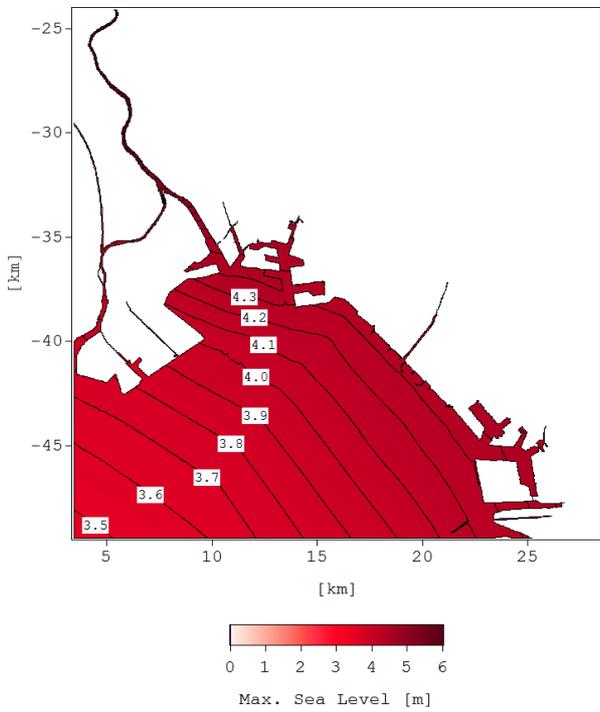


図-D.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

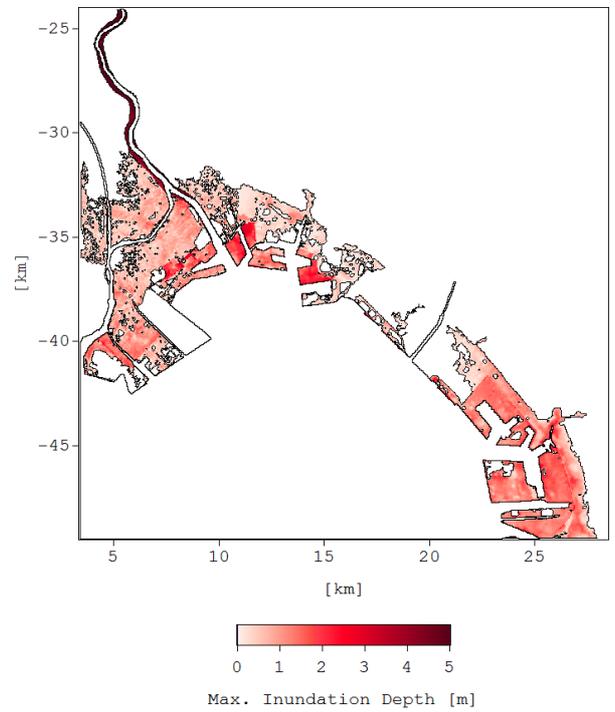


図-D.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

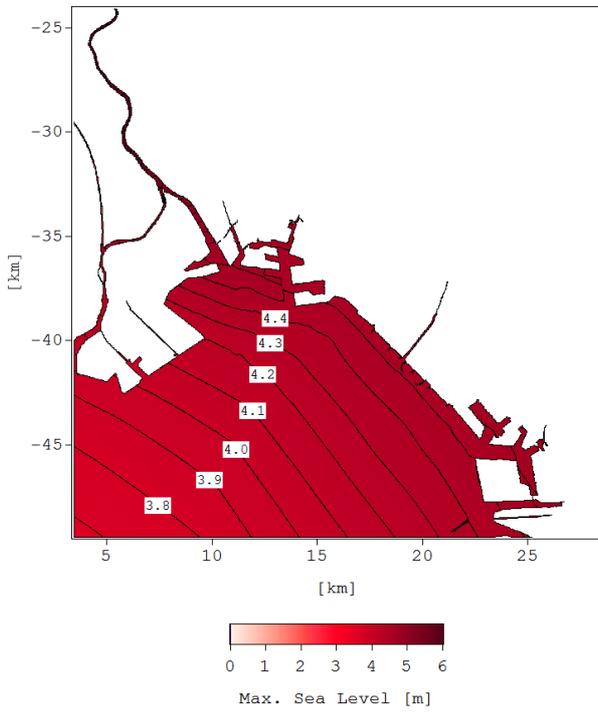


図-D.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

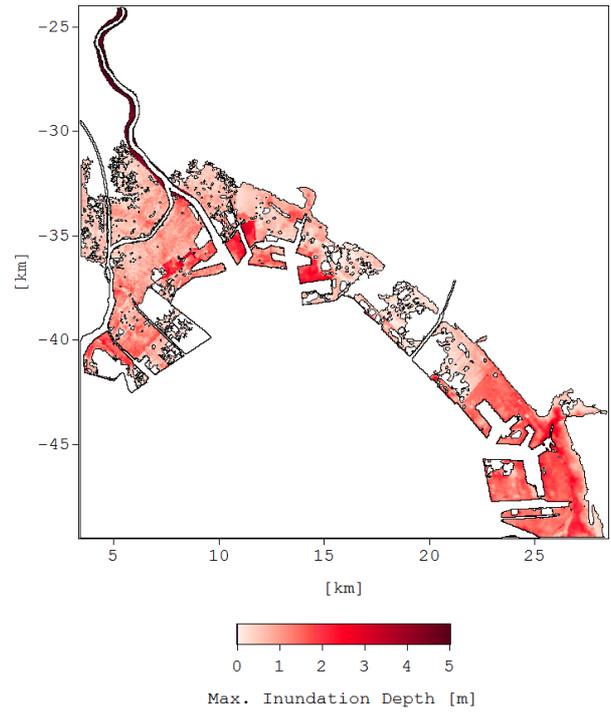


図-D.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録E 千葉港地域南部の解析結果

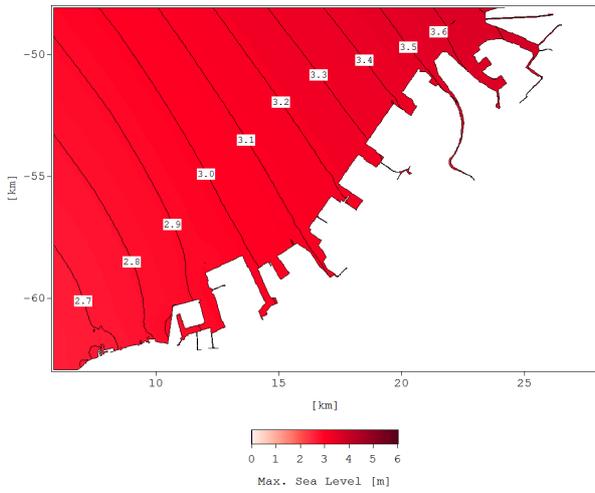


図-E.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

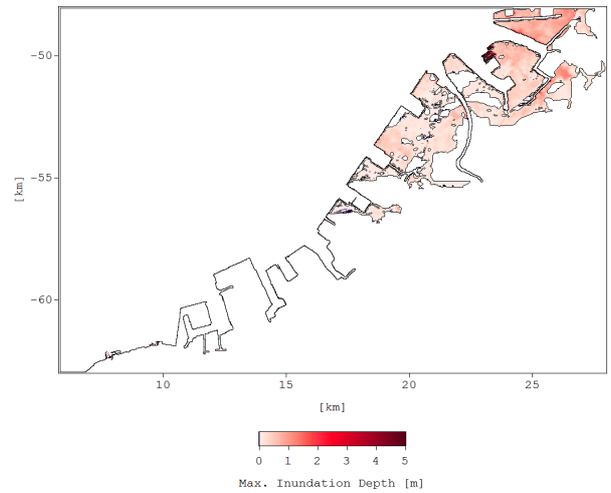


図-E.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

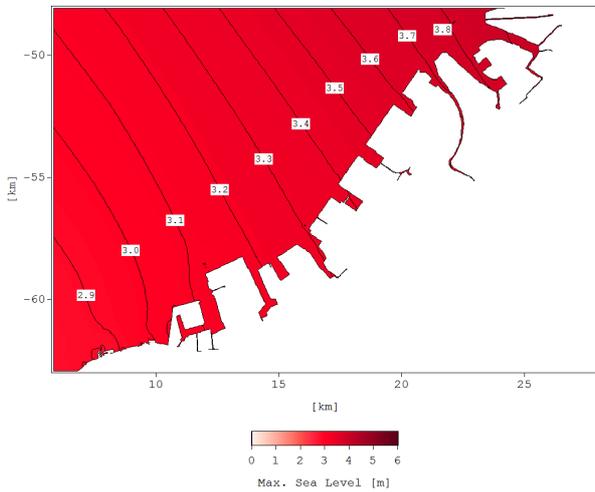


図-E.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

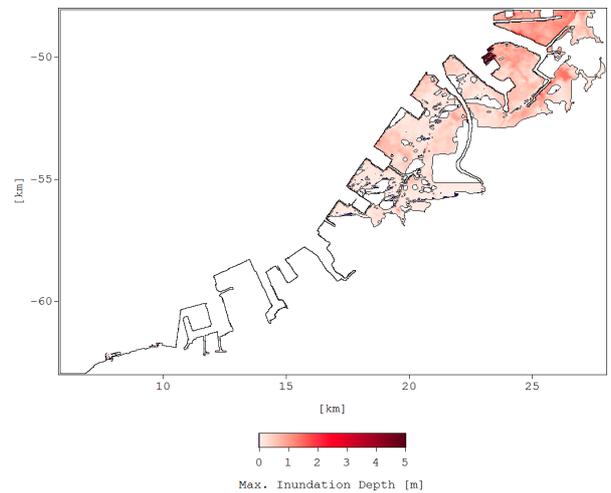


図-E.5 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

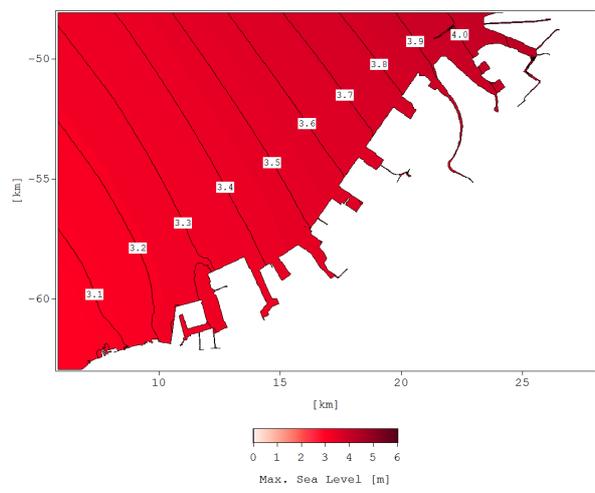


図-E.3 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

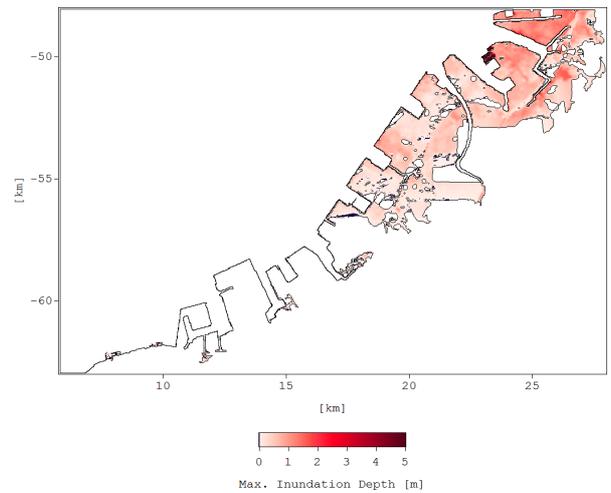


図-E.6 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

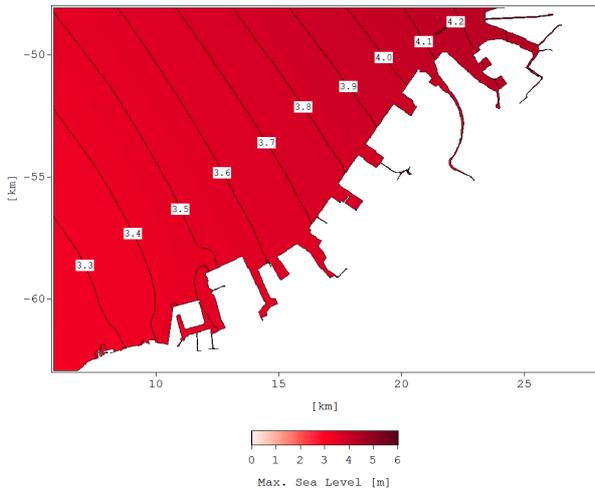


図-E.7 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

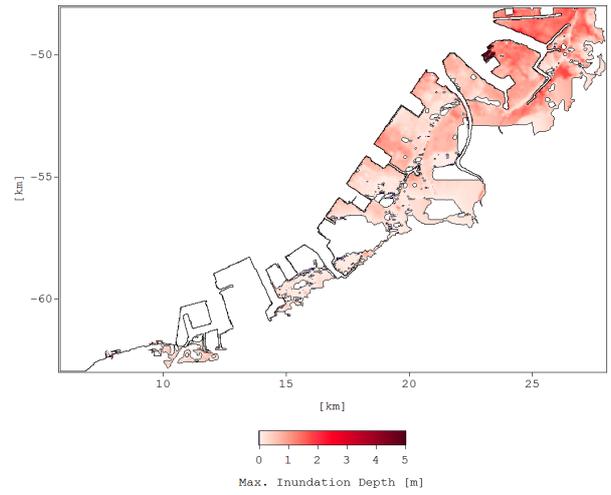


図-E.9 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

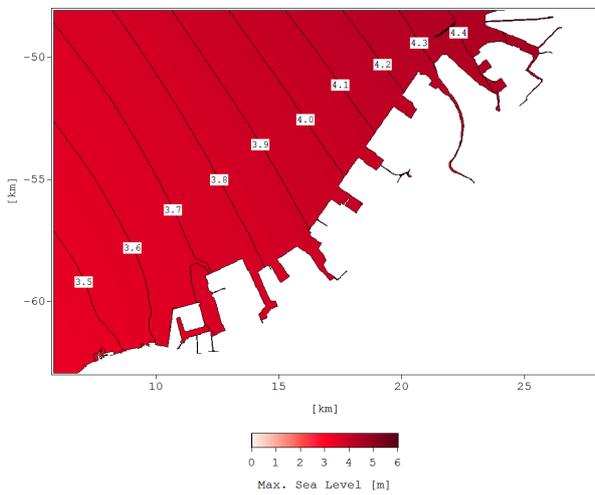


図-E.8 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

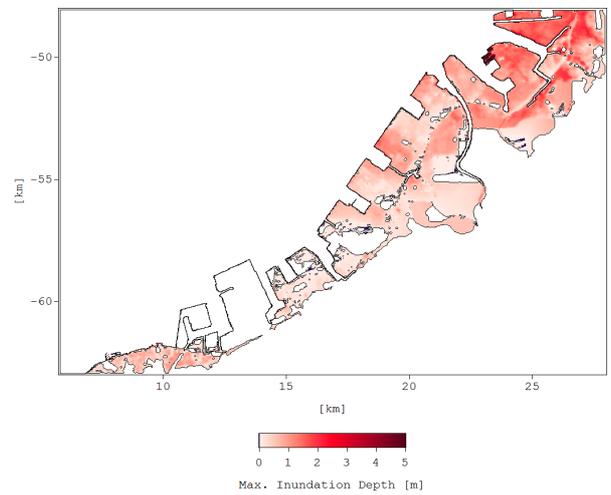


図-E.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録F 木更津港地域の解析結果

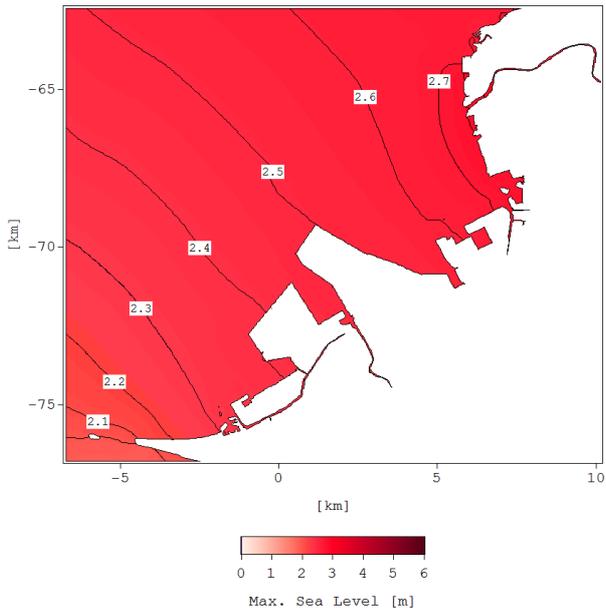


図-F.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

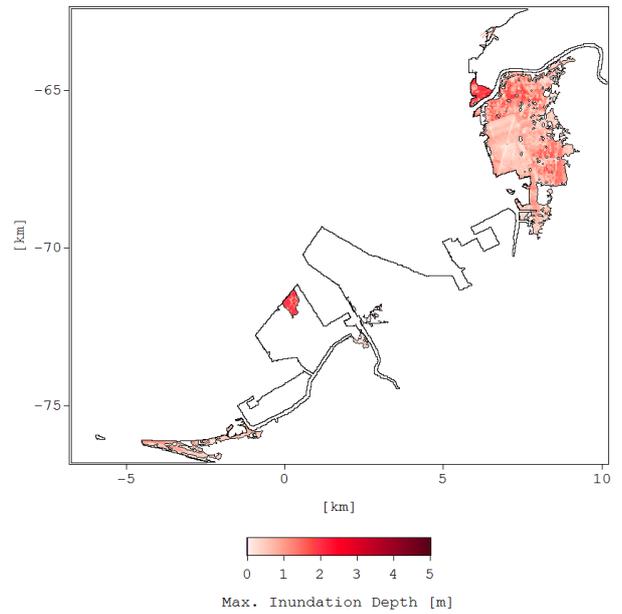


図-F.3 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)

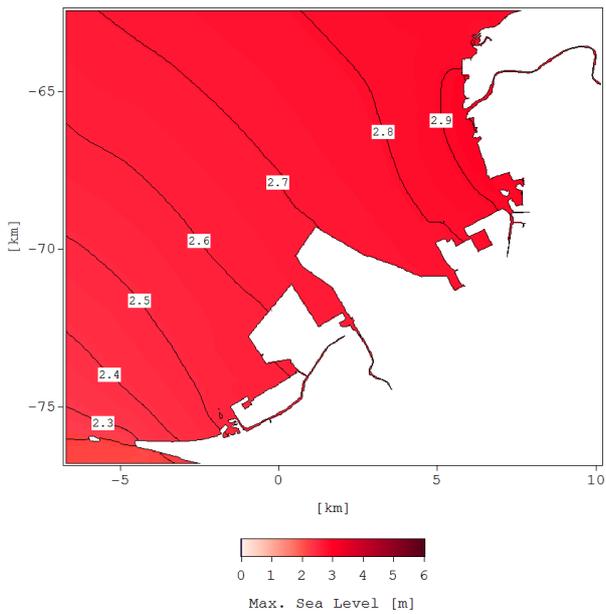


図-F.2 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

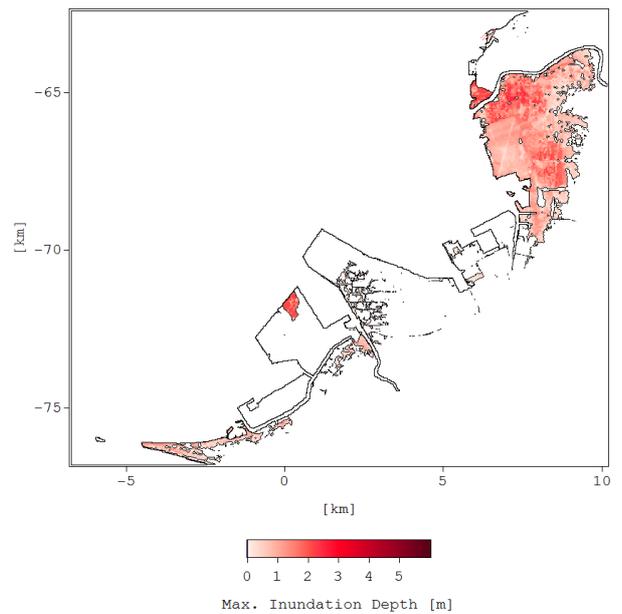


図-F.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

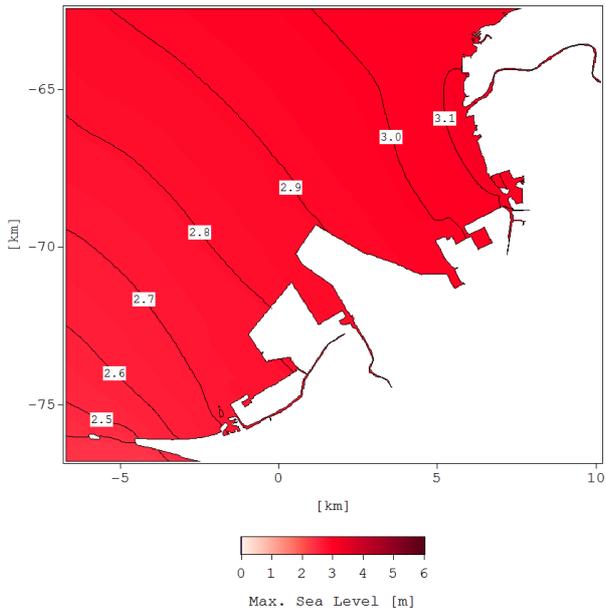


図-F.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

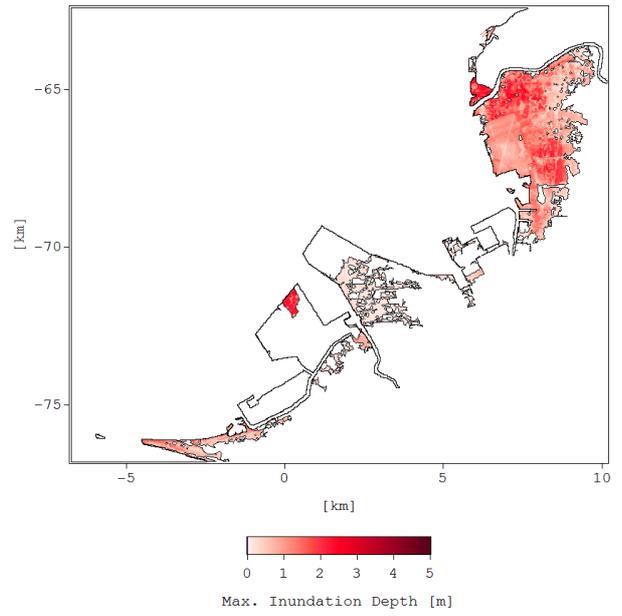


図-F.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

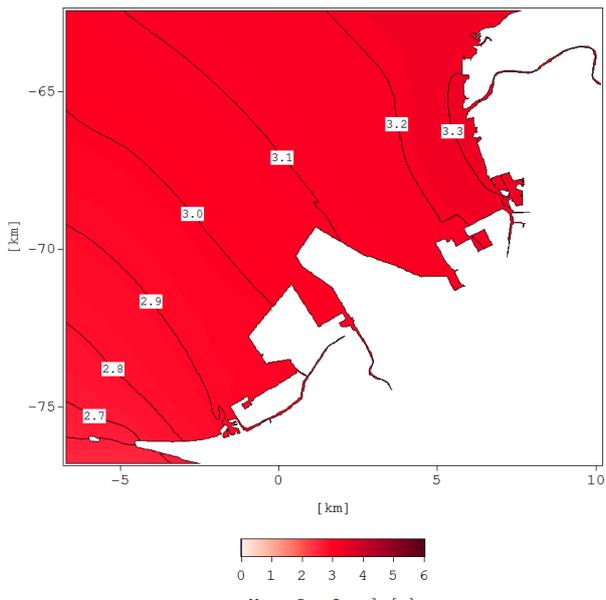


図-F.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

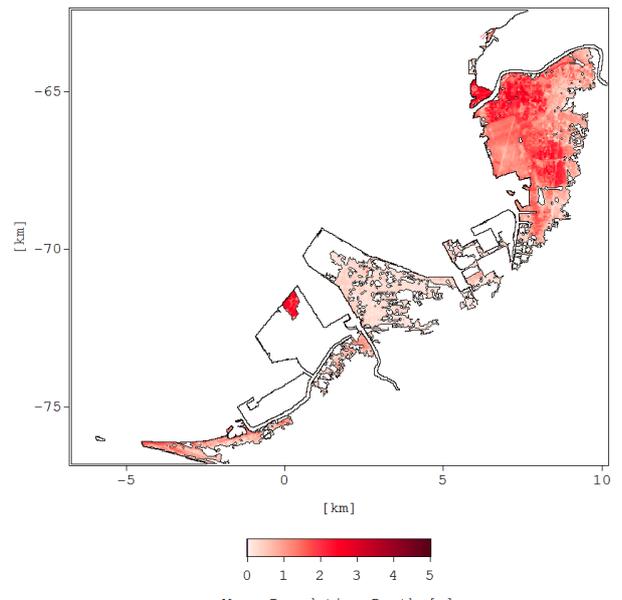


図-F.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

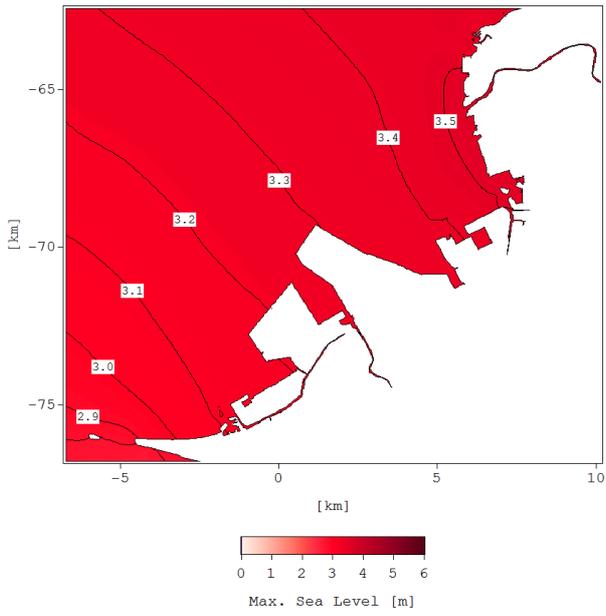


図-F.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

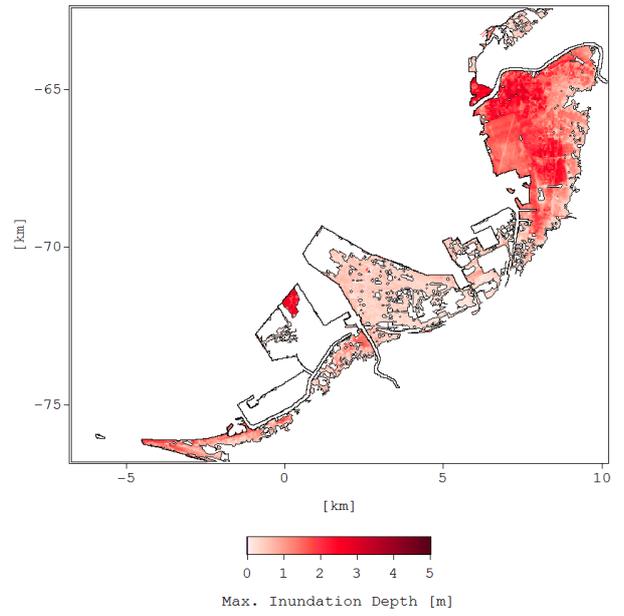


図-F.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録G 川崎港地域の解析結果

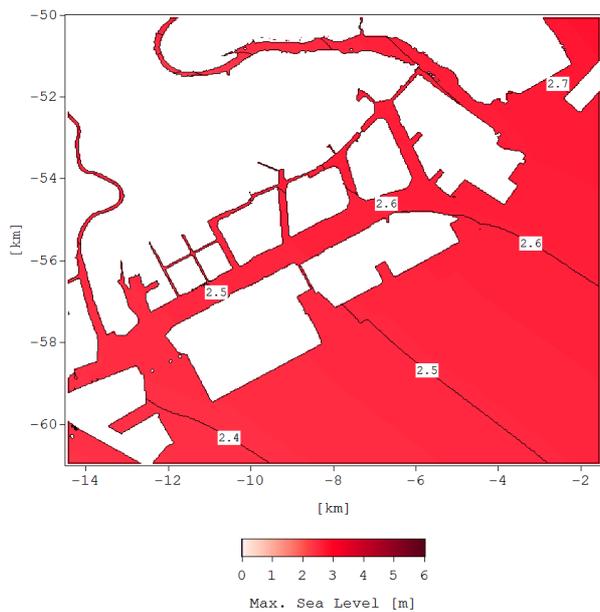


図-G.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

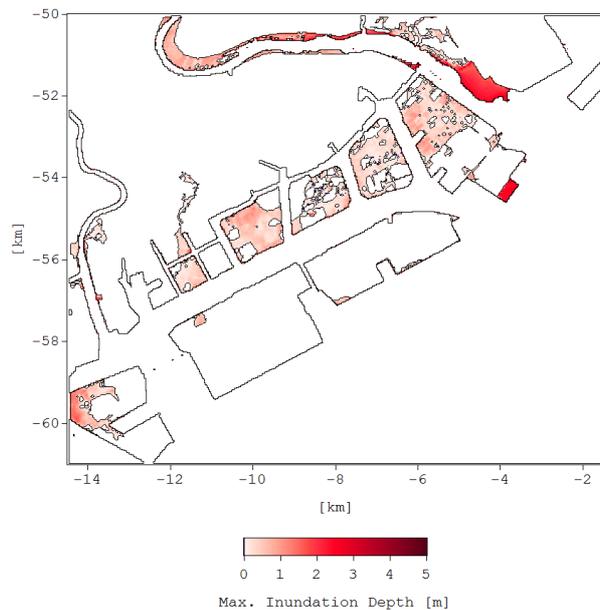


図-G.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

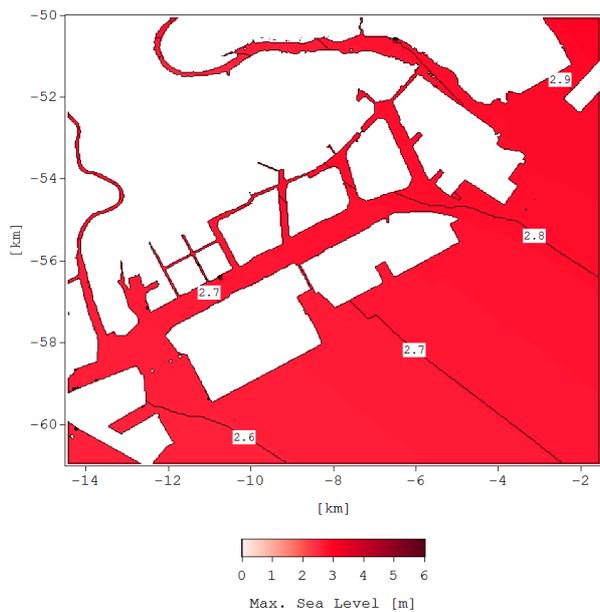


図-G.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

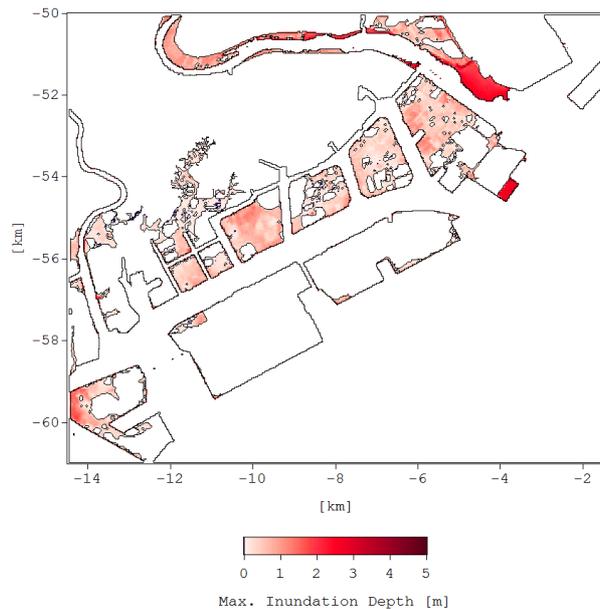


図-G.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

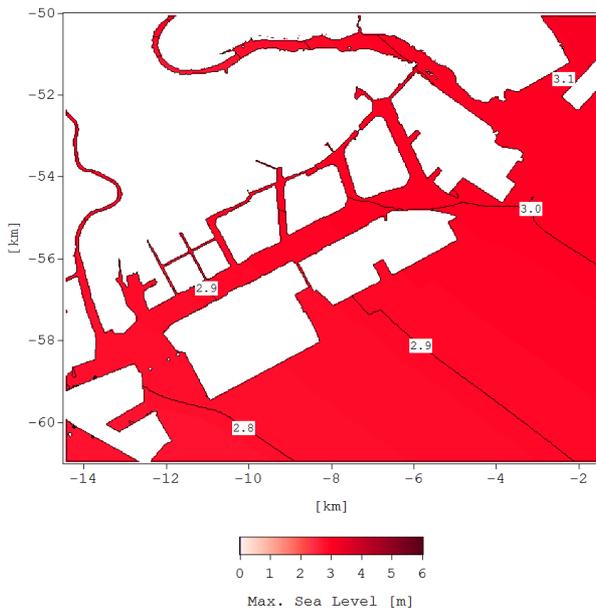


図-G.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

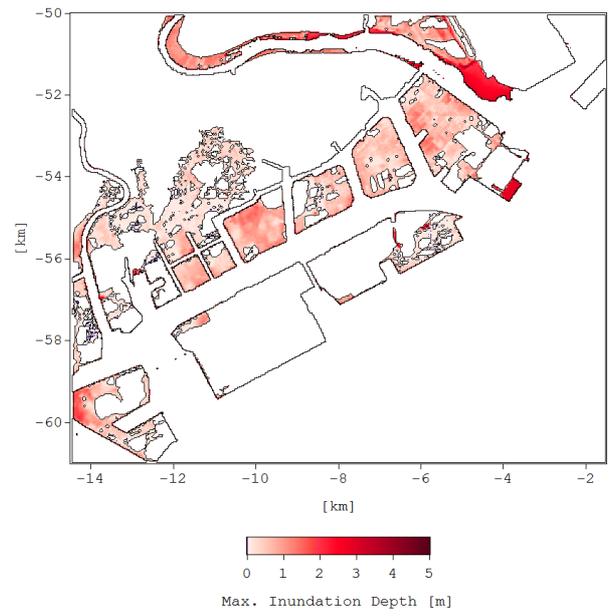


図-G.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

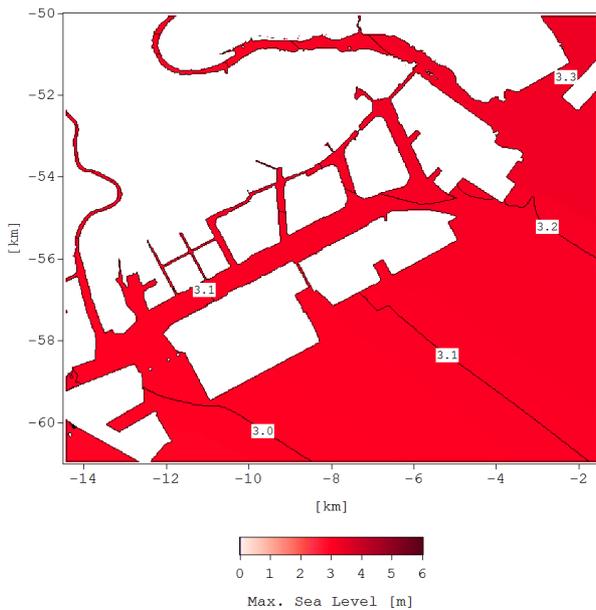


図-G.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

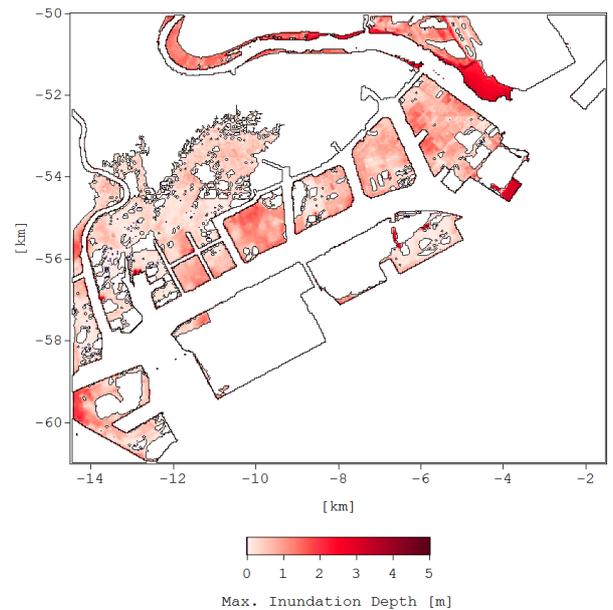


図-G.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

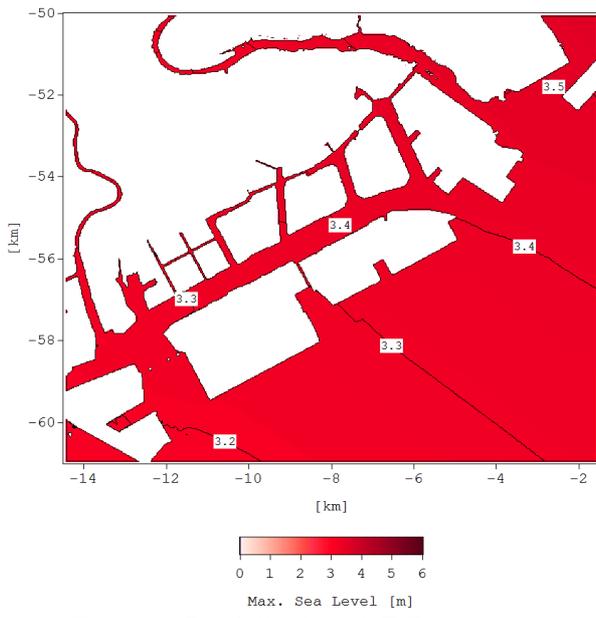


図-G.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

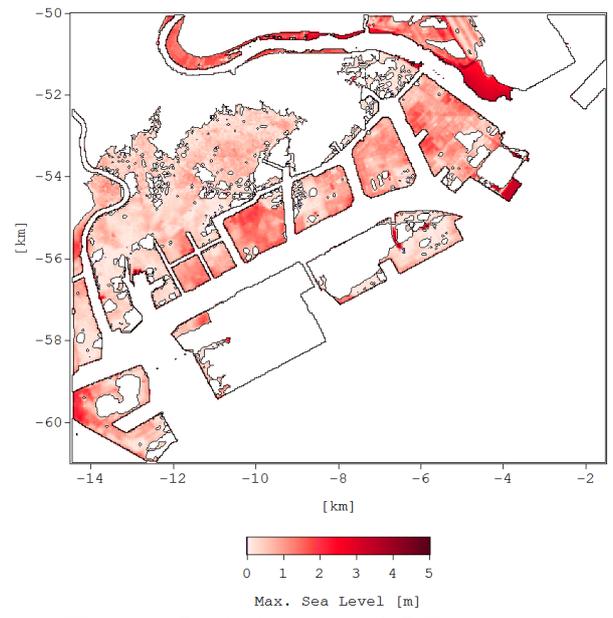


図-G.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録H 川崎港地域（河川流量あり）の解析結果

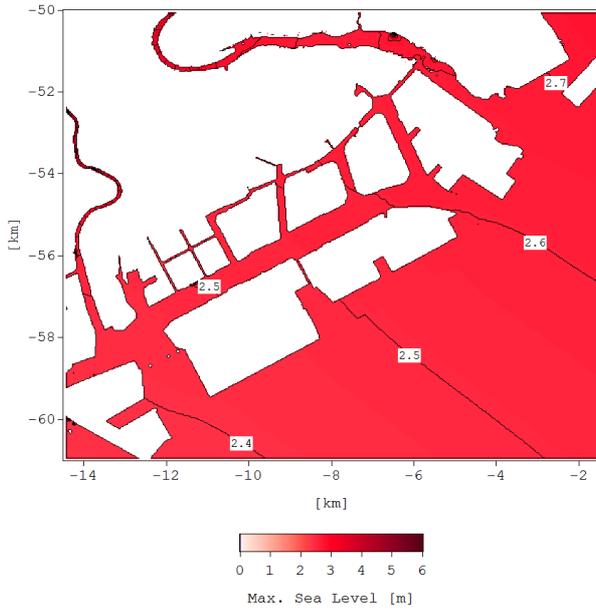


図-H.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

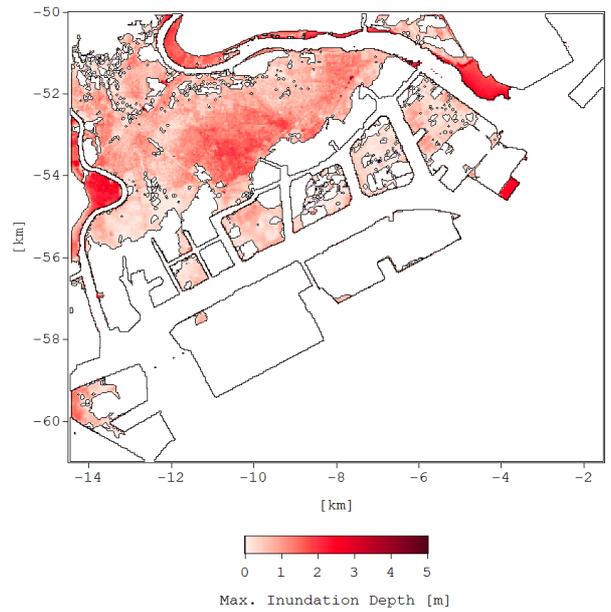


図-H.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

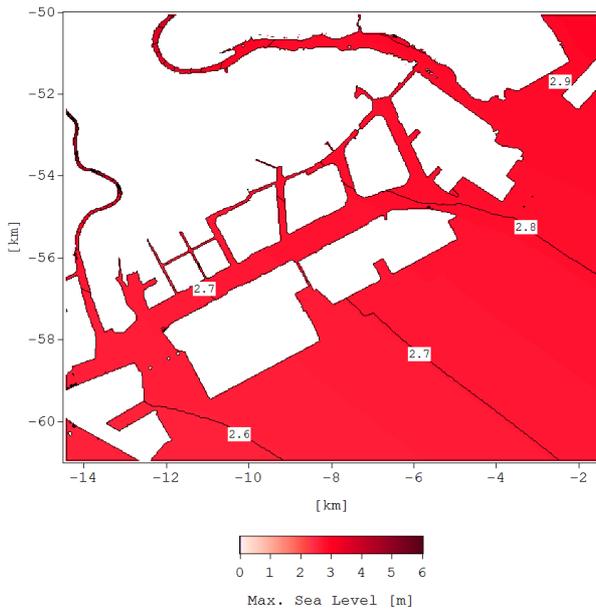


図-H.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

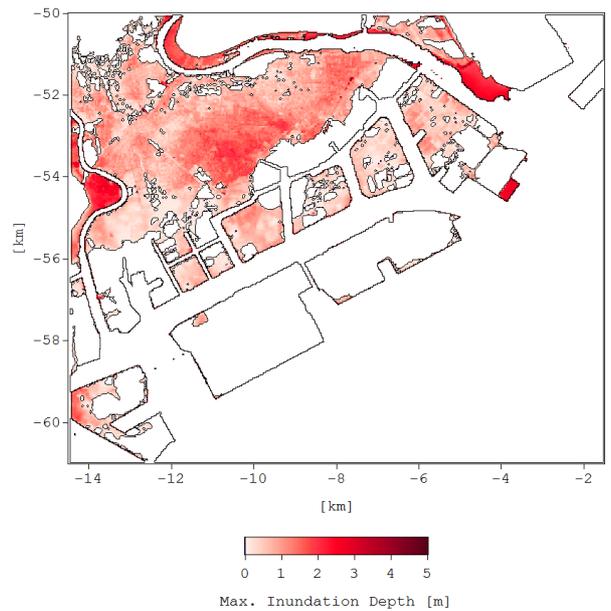


図-H.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

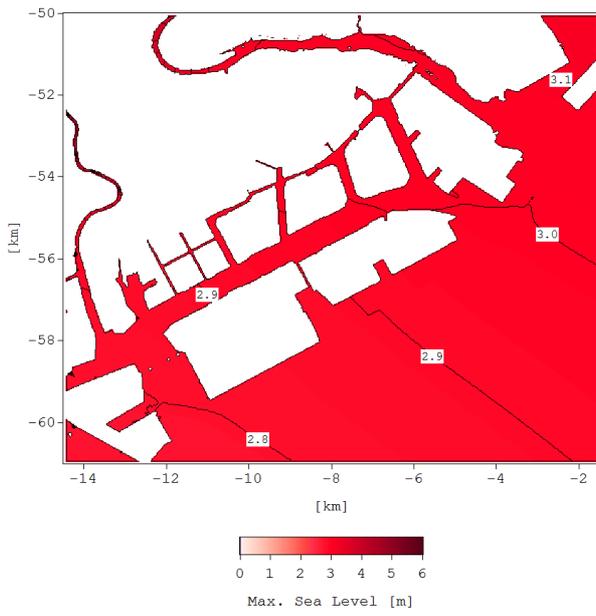


図-H.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

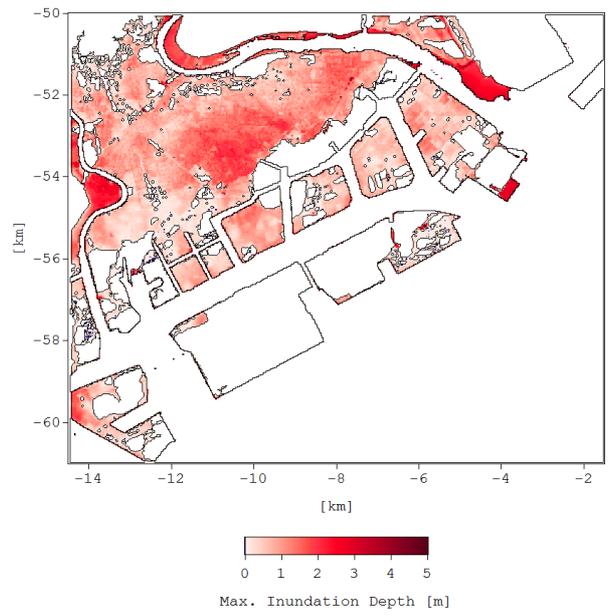


図-H.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

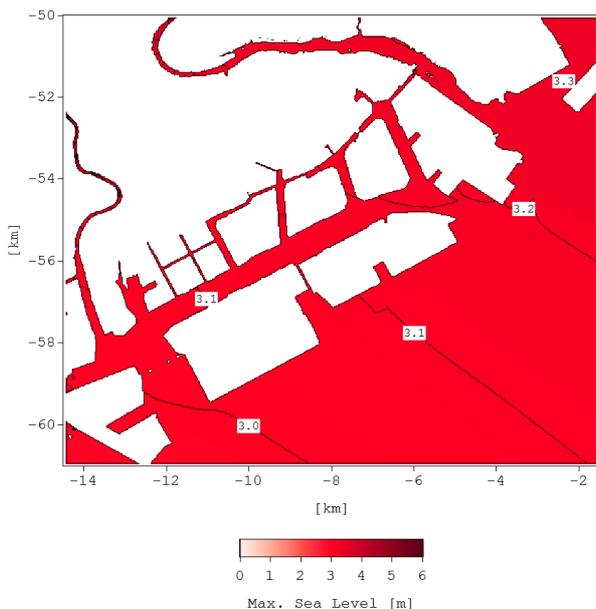


図-H.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

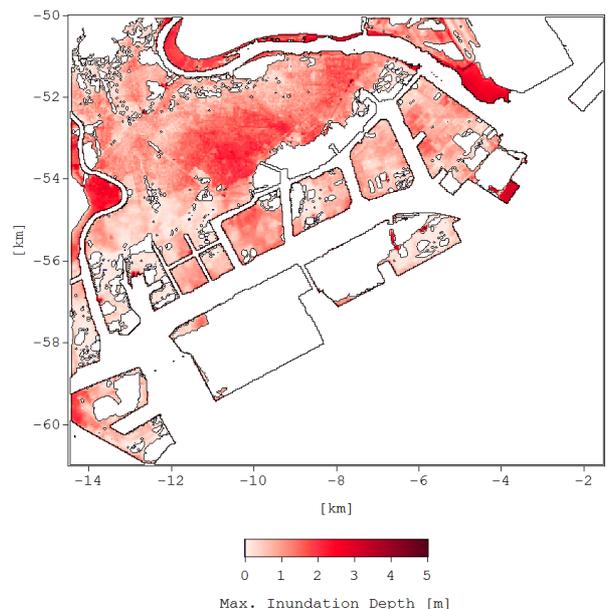


図-H.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

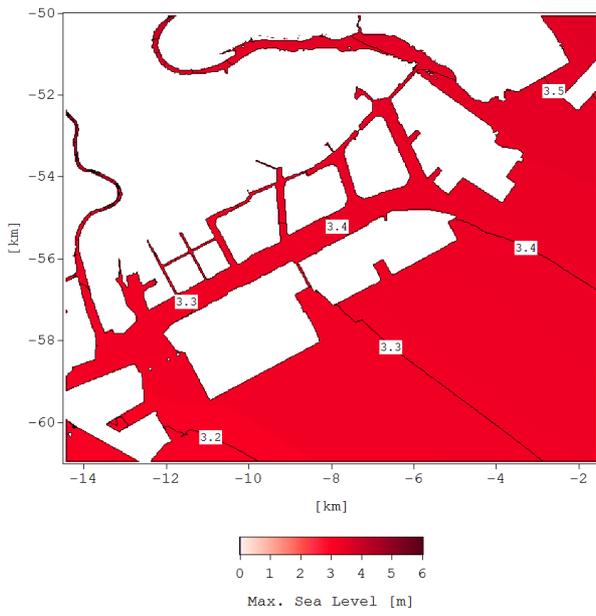


図-H.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

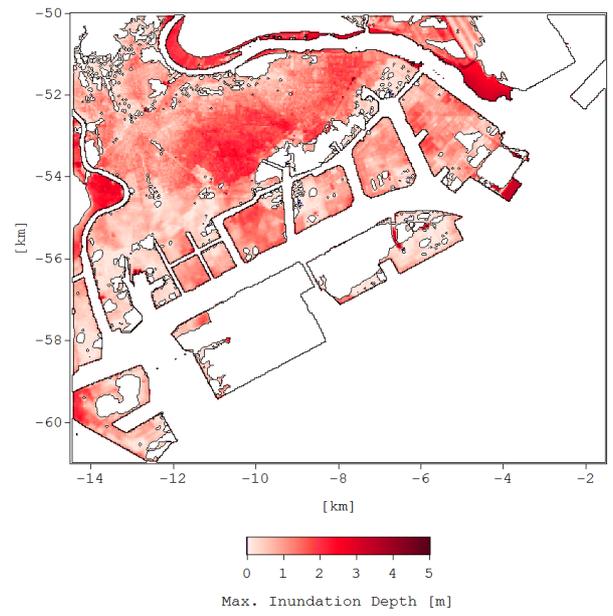


図-H.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録I 横浜港地域の解析結果

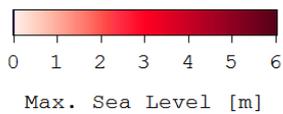
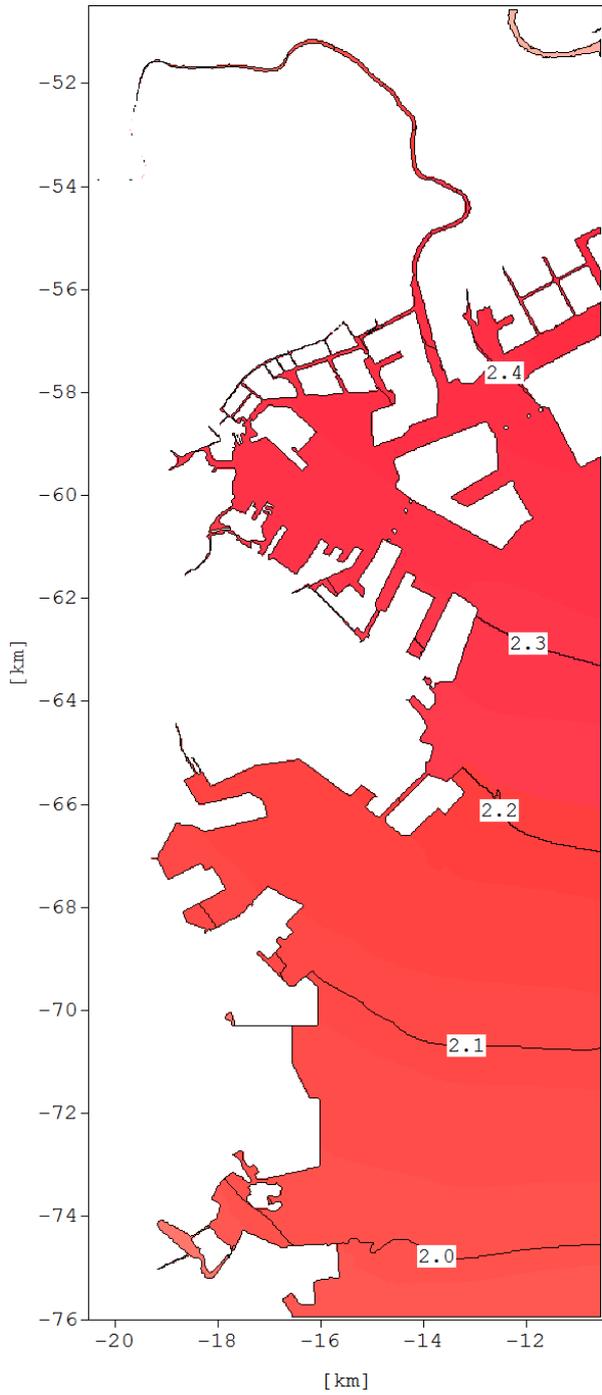


図-I.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

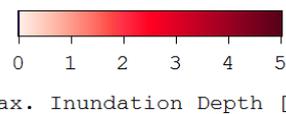
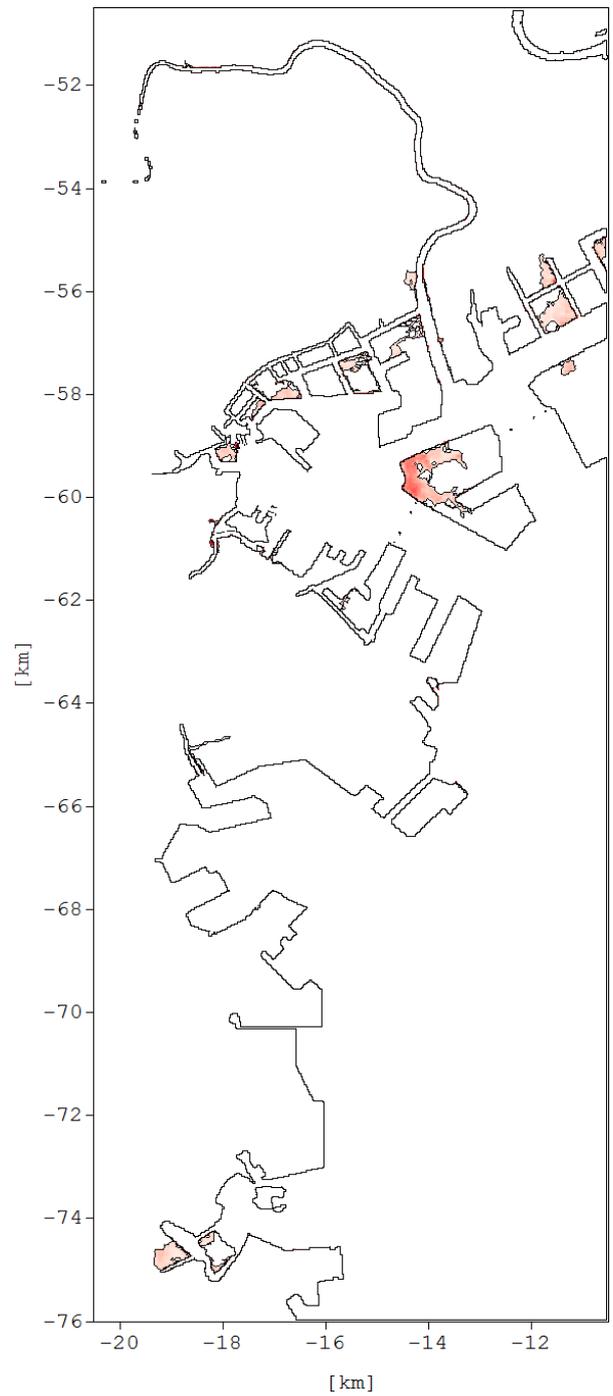


図-I.2 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)



図-I.3 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)

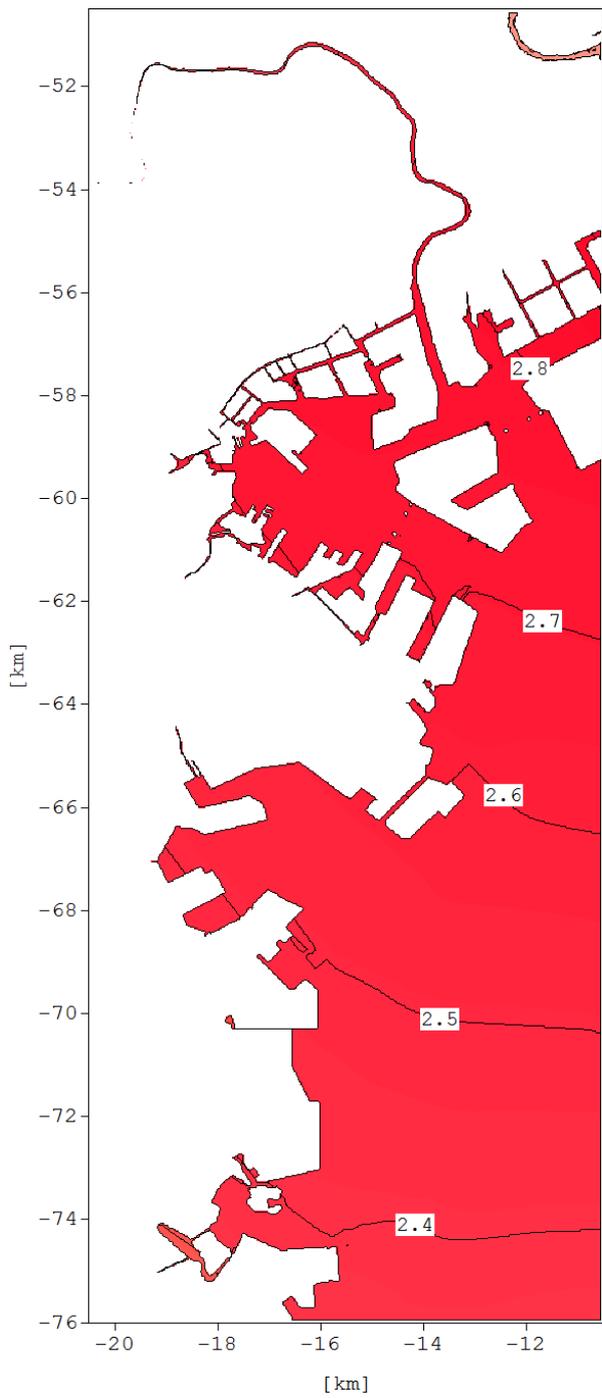


図-I.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

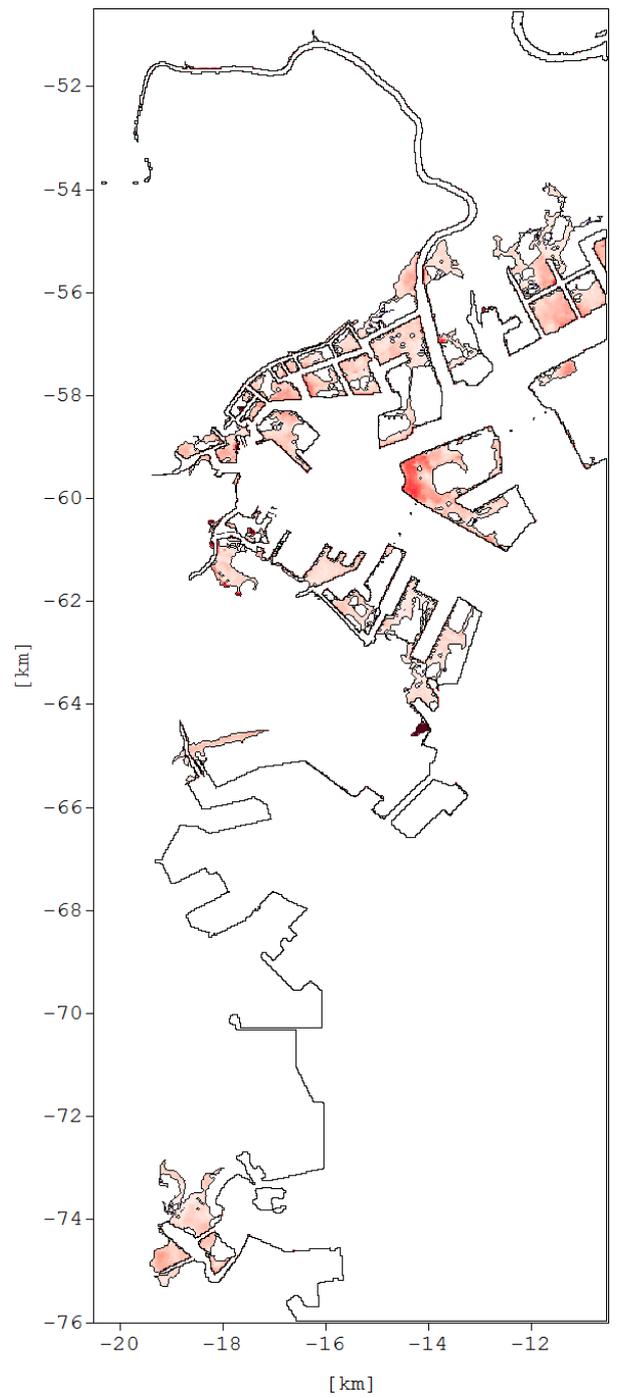


図-I.6 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

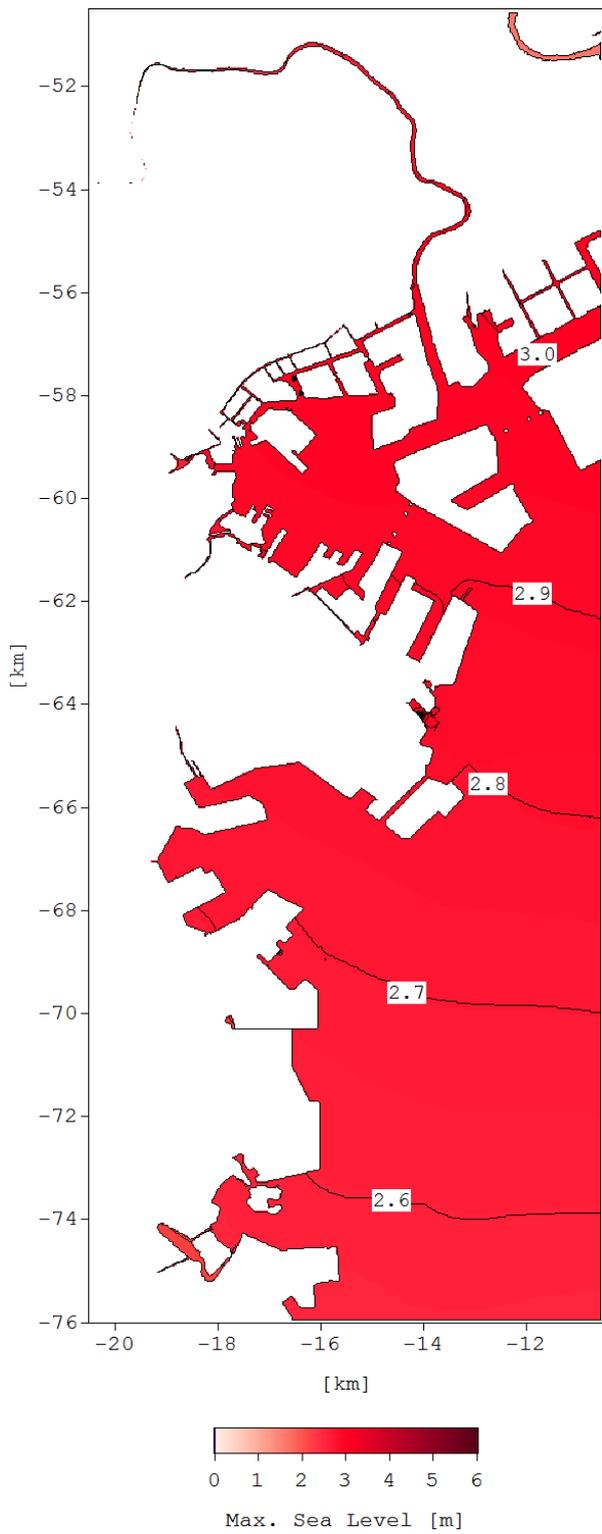


図-I.7 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

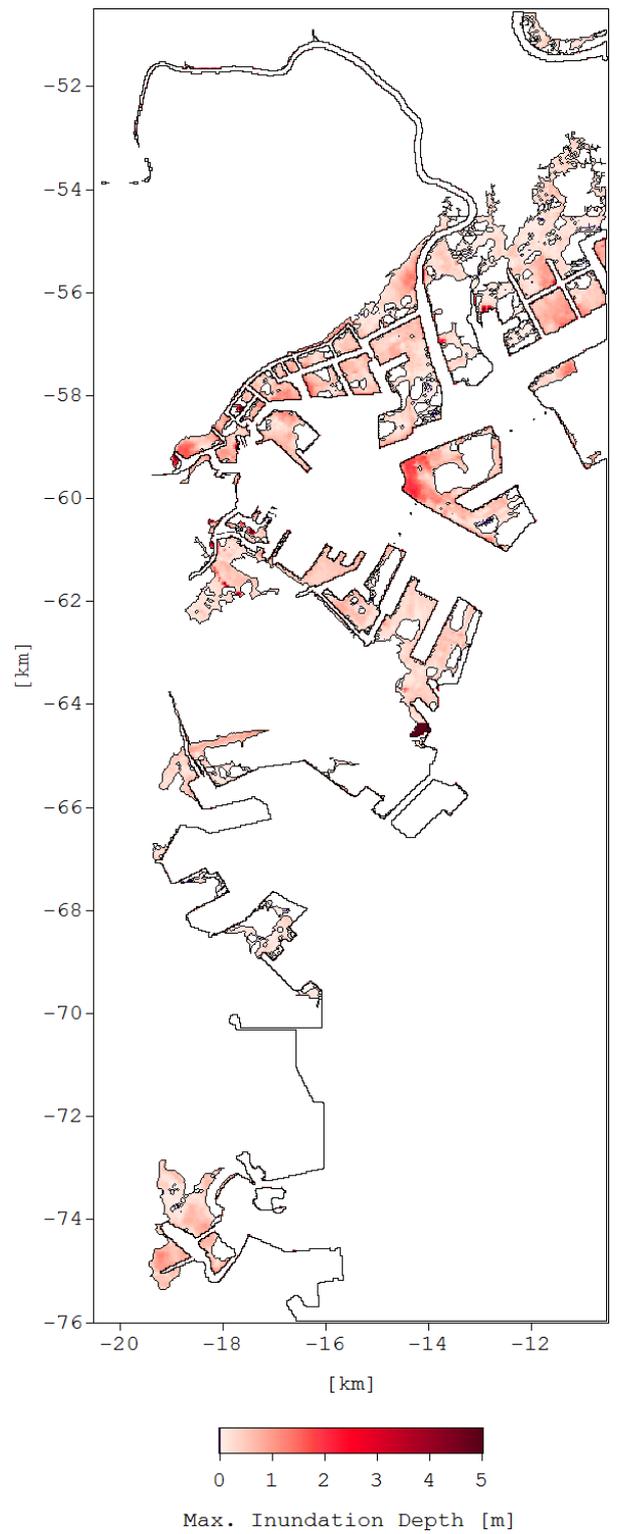


図-I.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

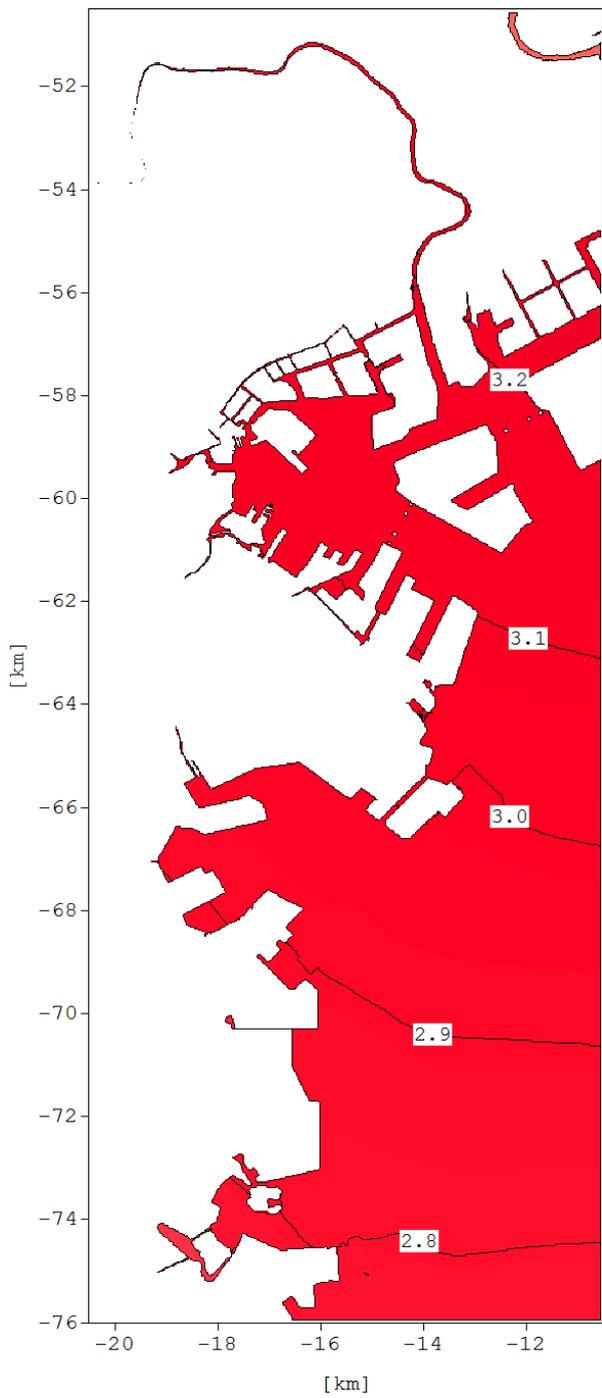


図-I.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

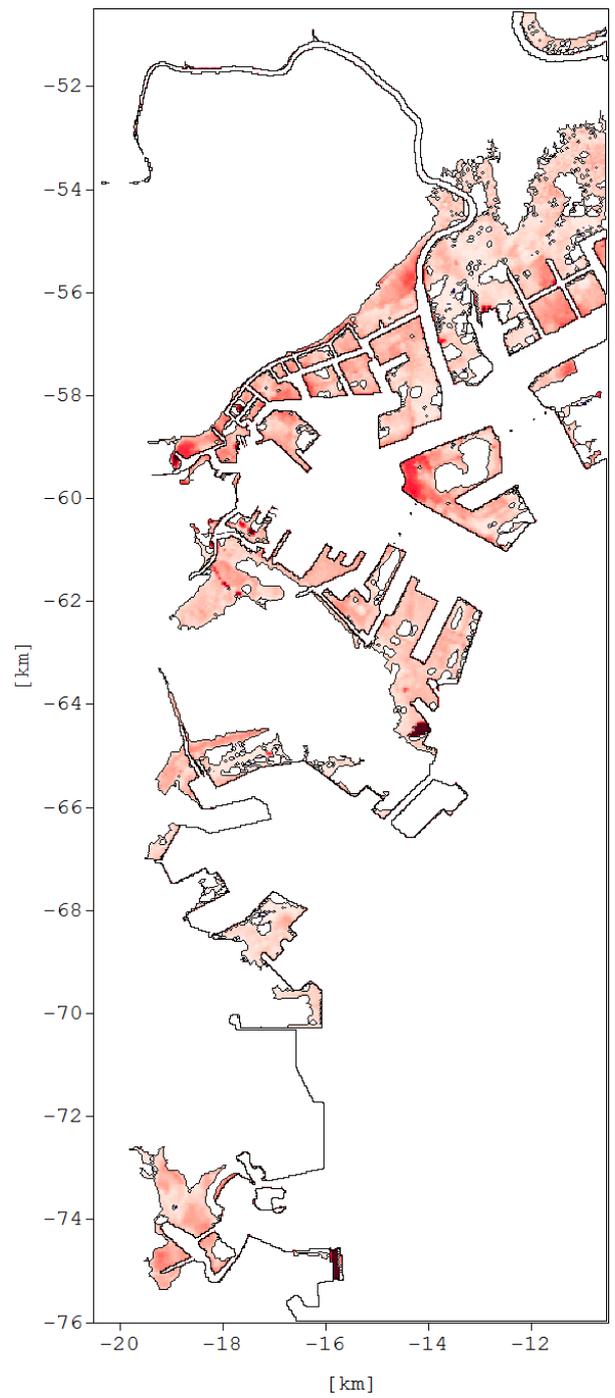


図-I.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録J 横浜港地域（河川流量あり）の解析結果

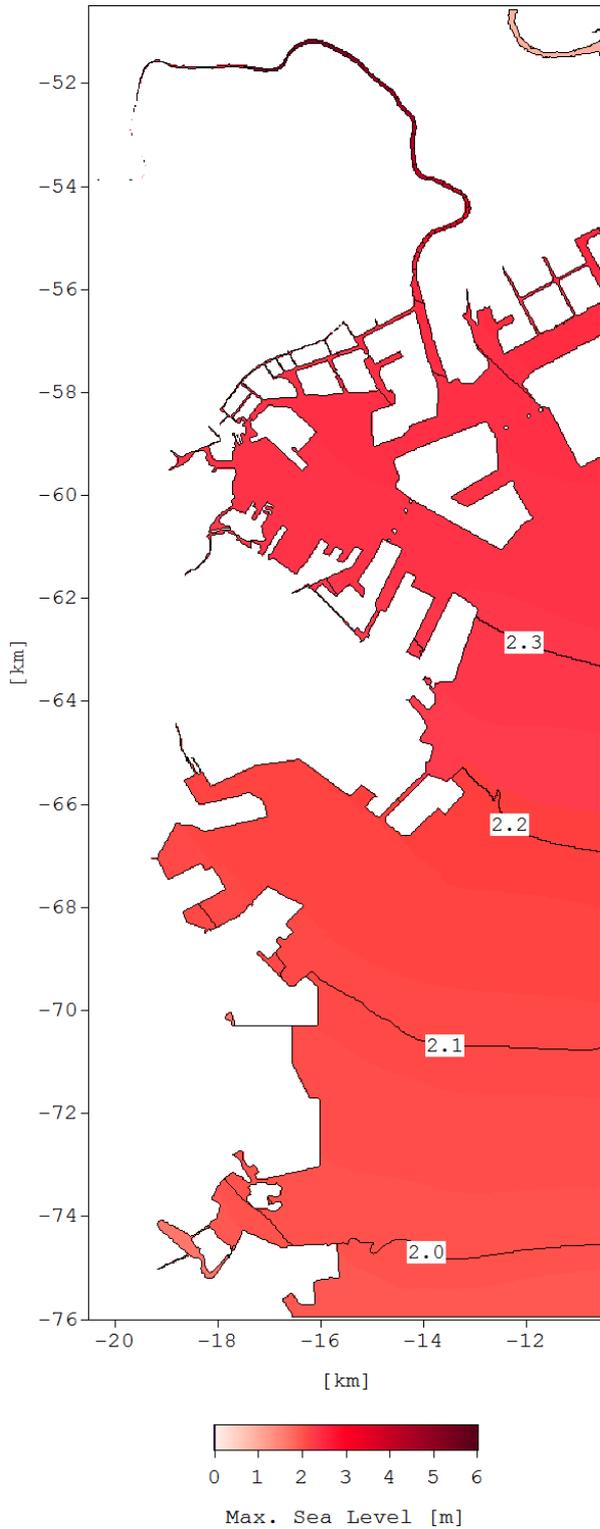


図-J.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

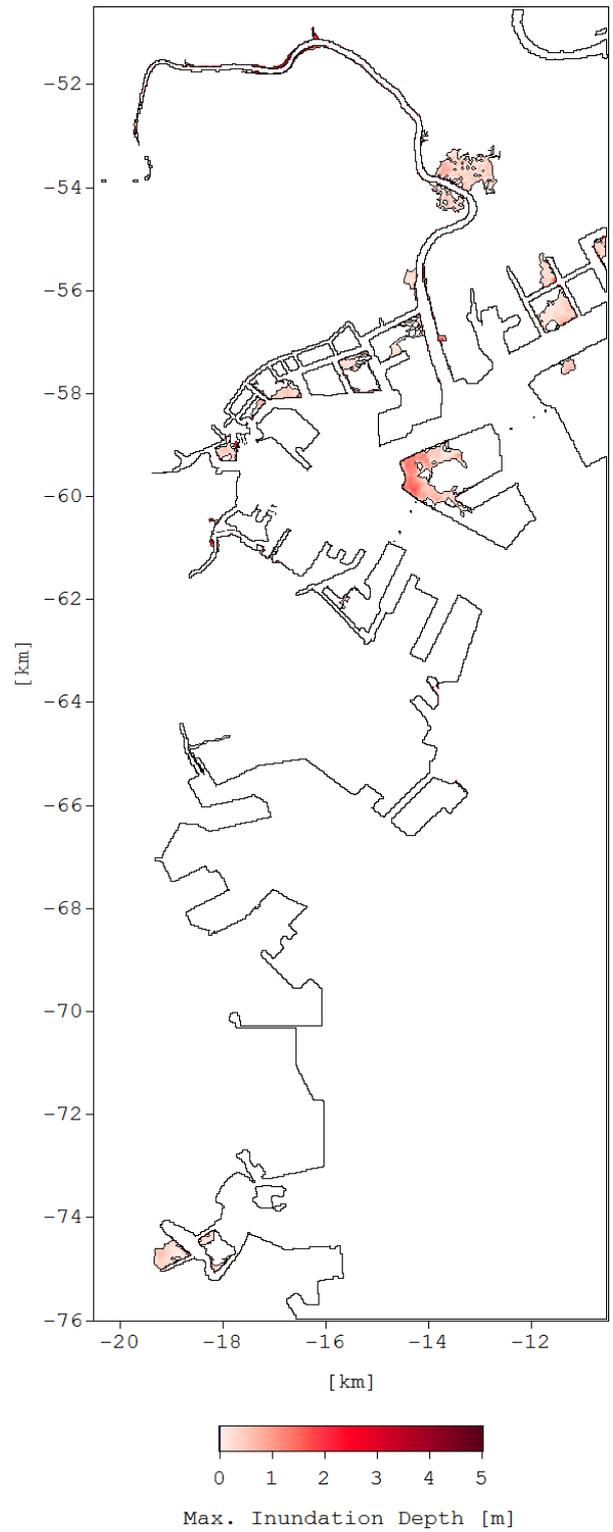


図-J.2 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

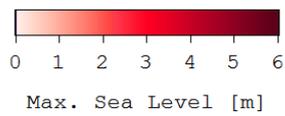
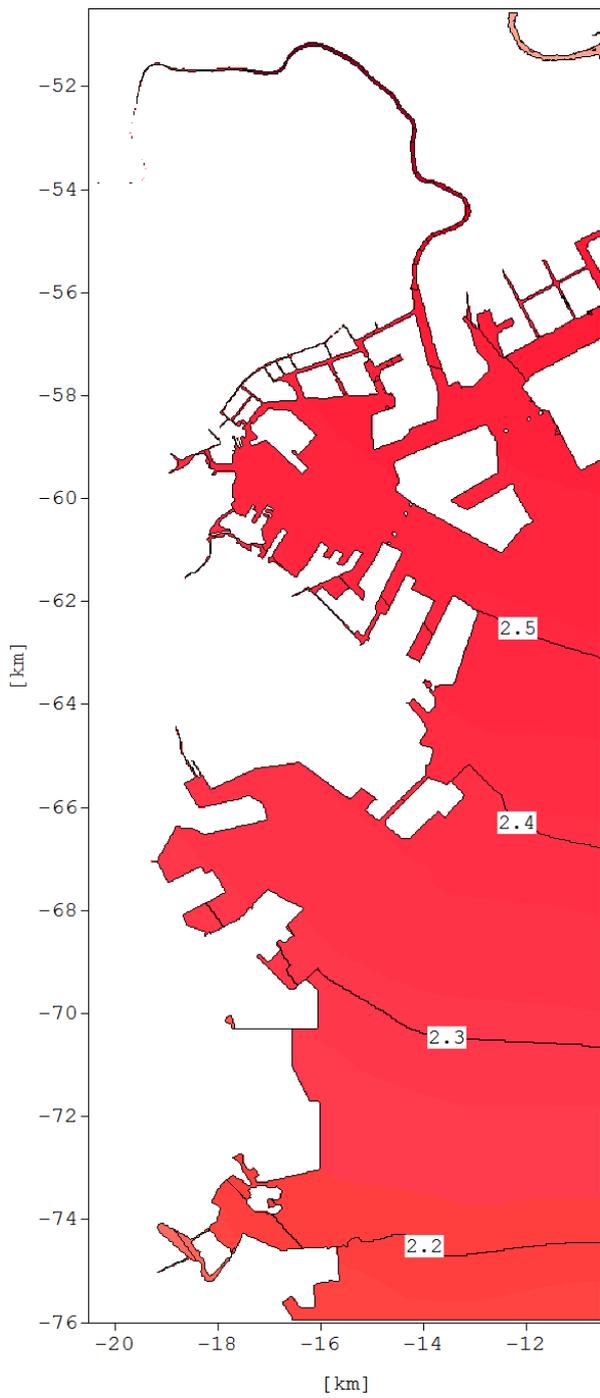


図-J.3 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

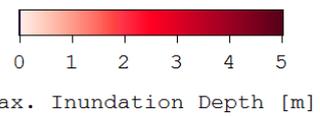
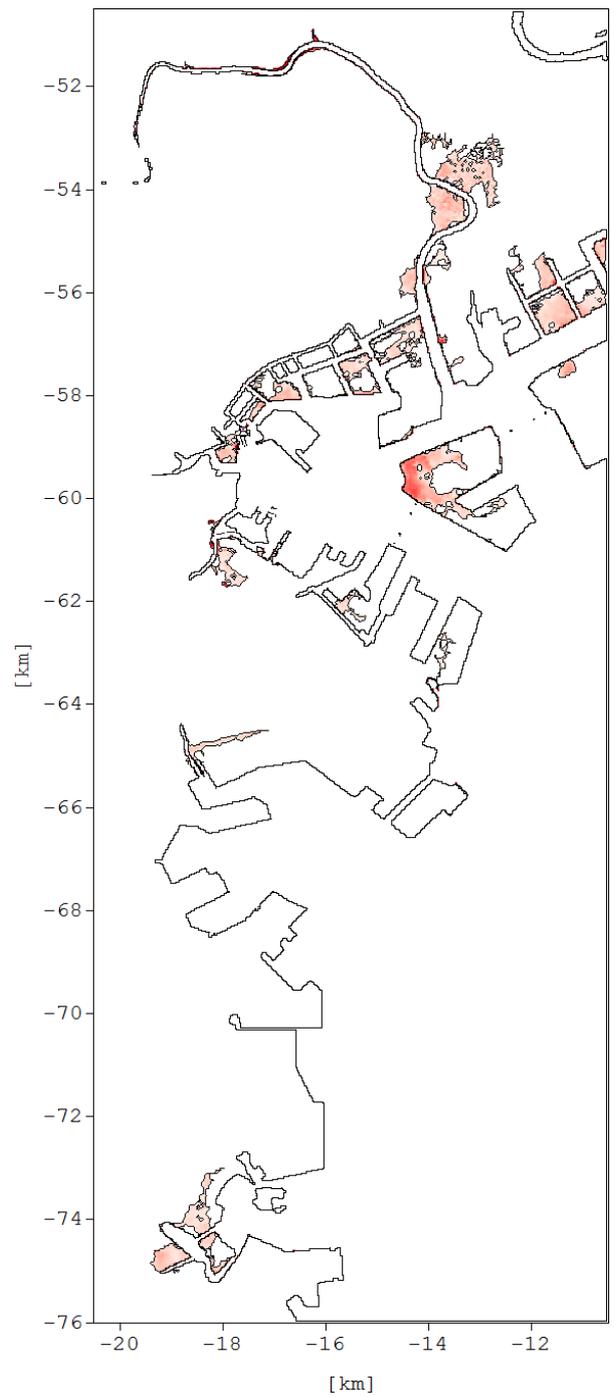


図-J.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

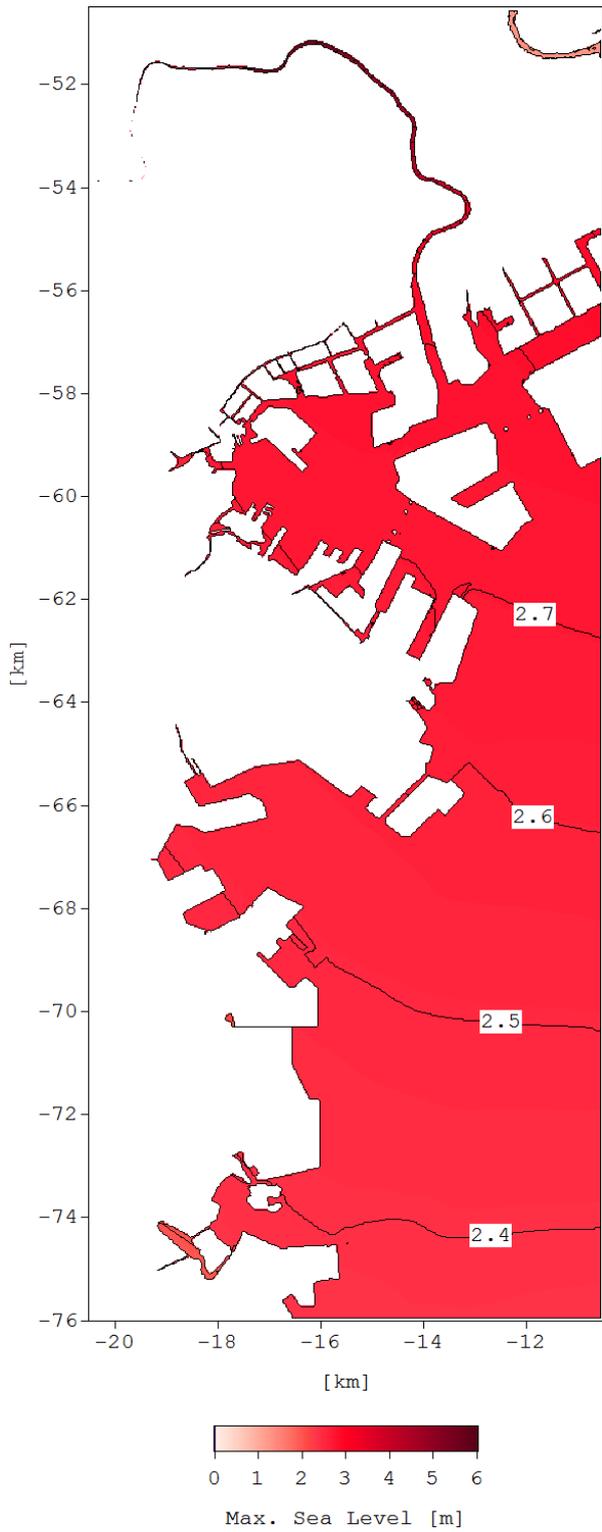


図-J.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

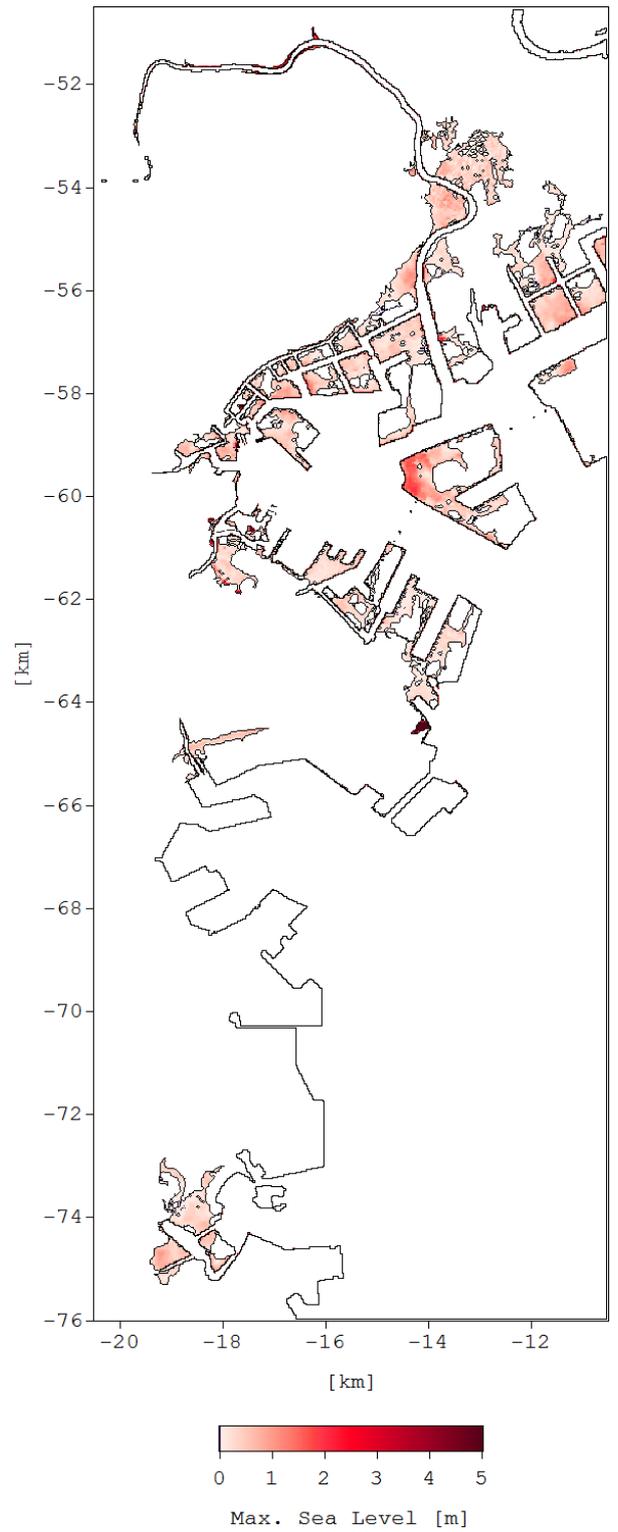


図-J.6 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

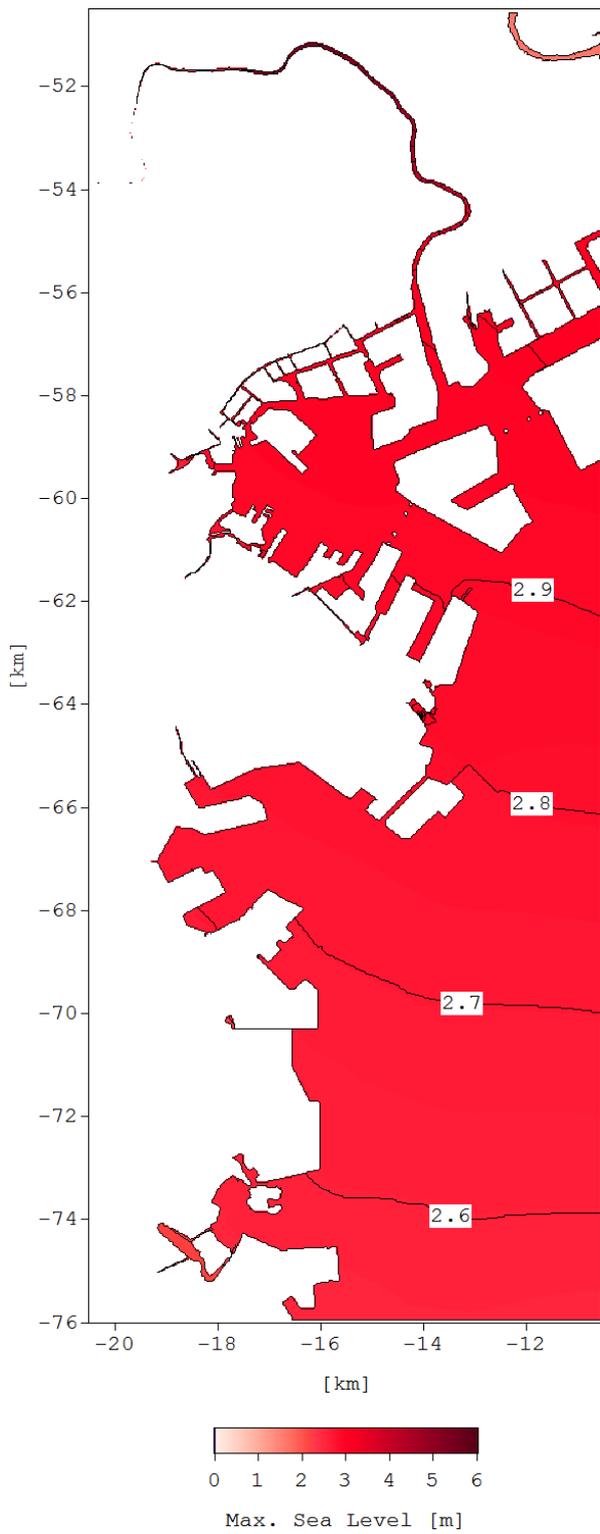


図-J.7 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

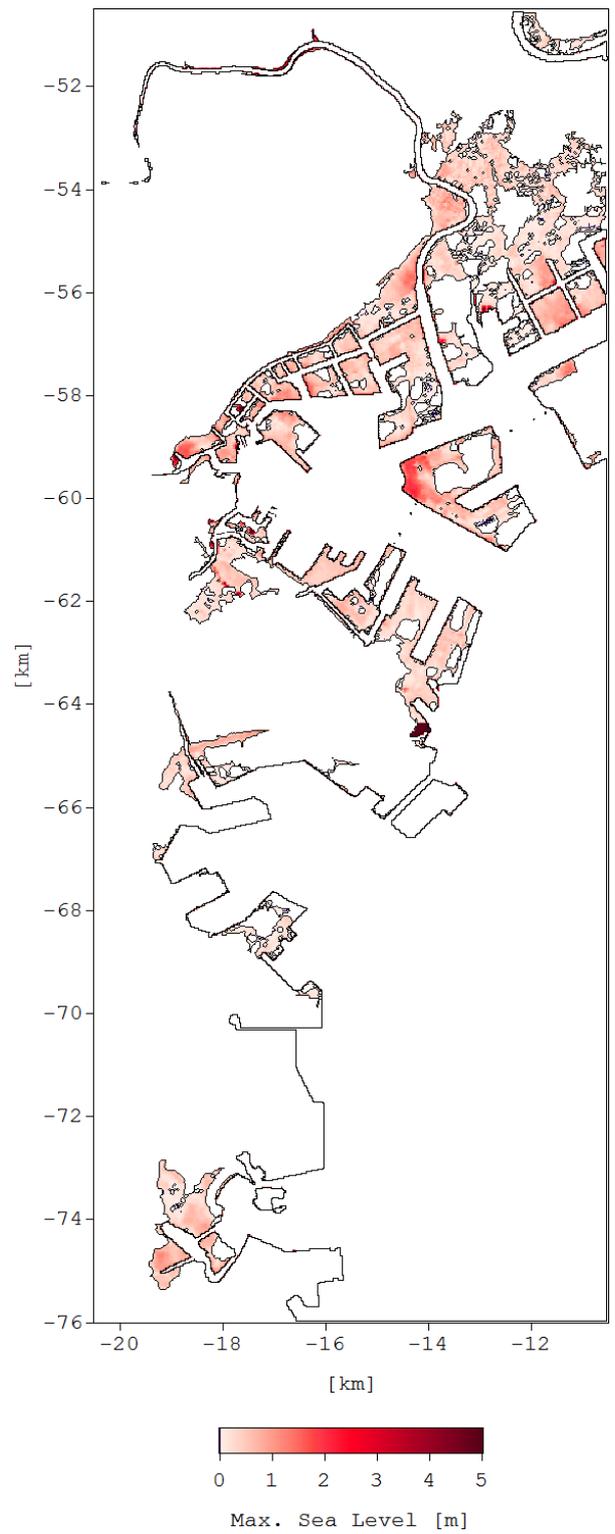


図-J.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

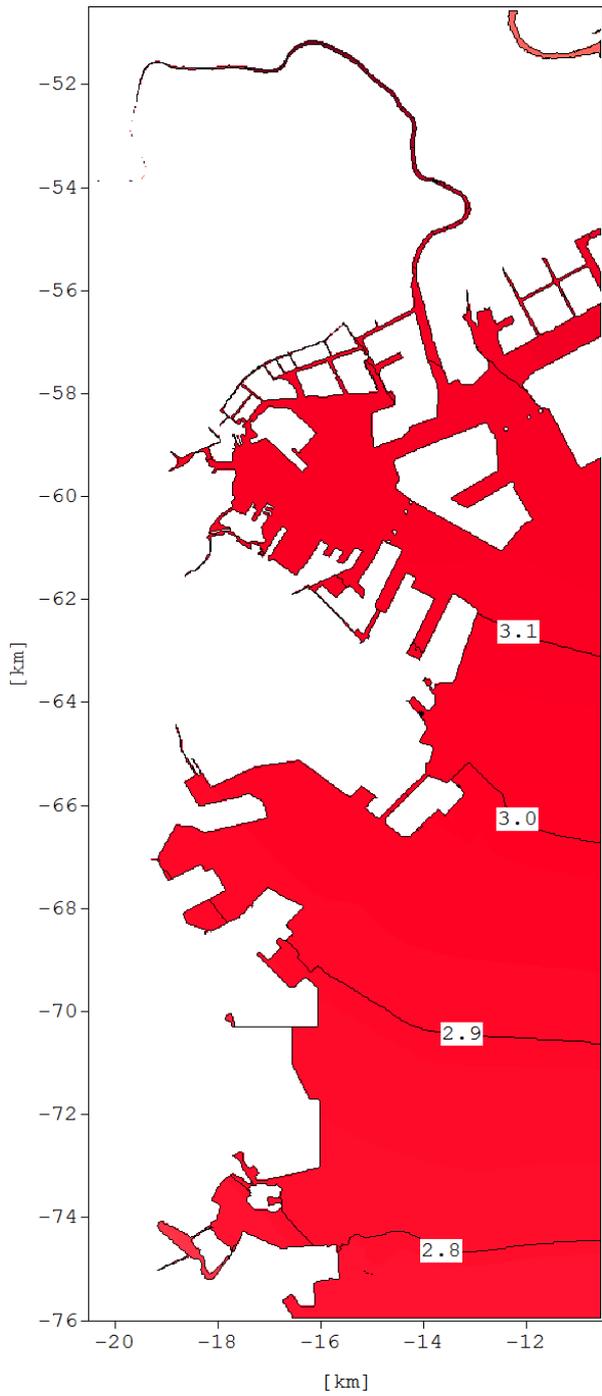


図-J.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

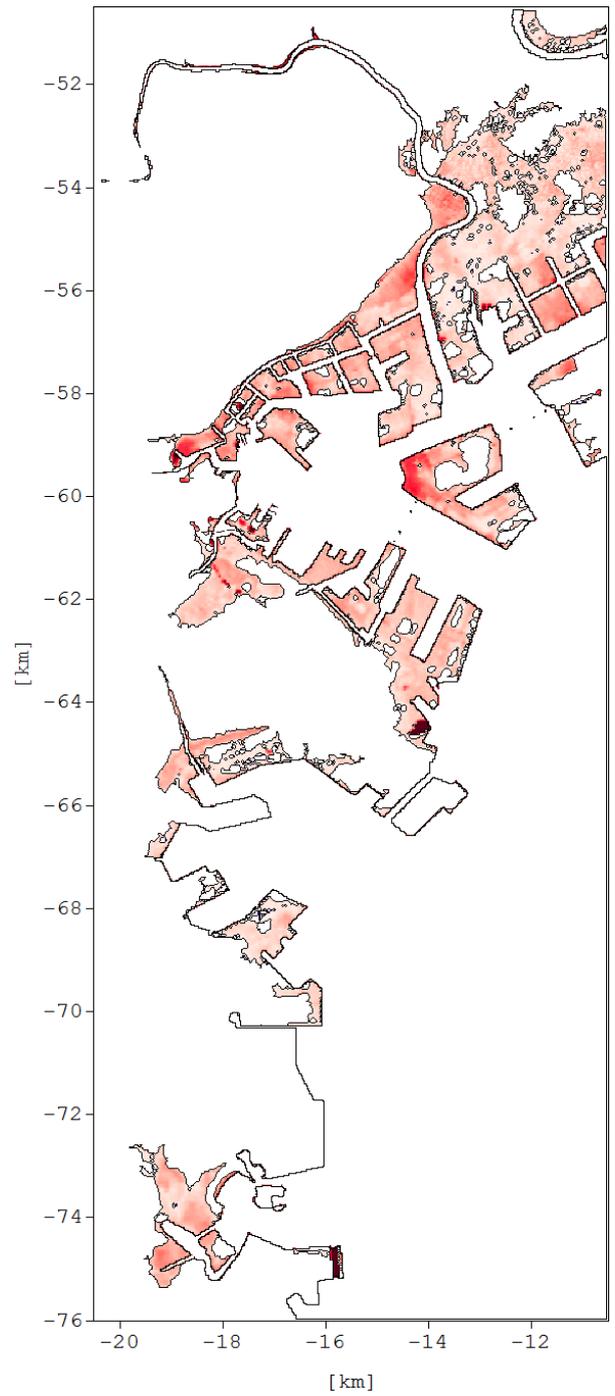


図-J.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録K 横須賀港地域の解析結果

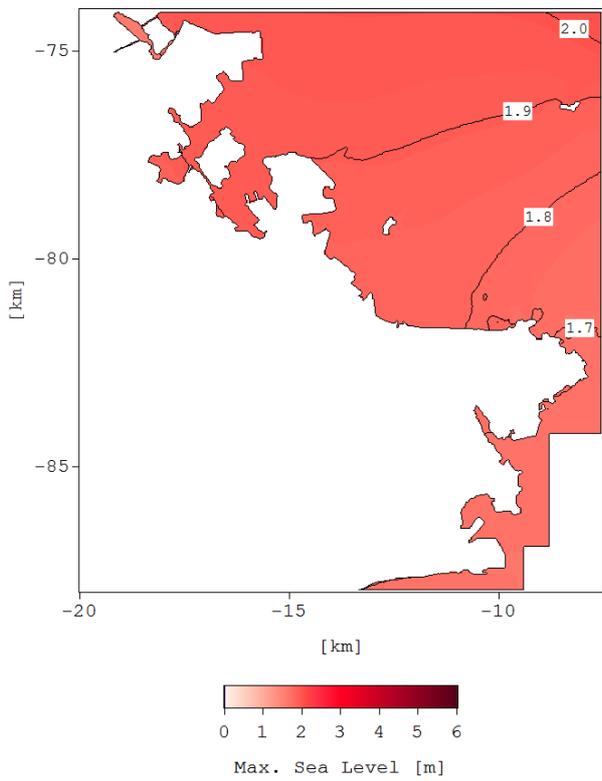


図-K.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

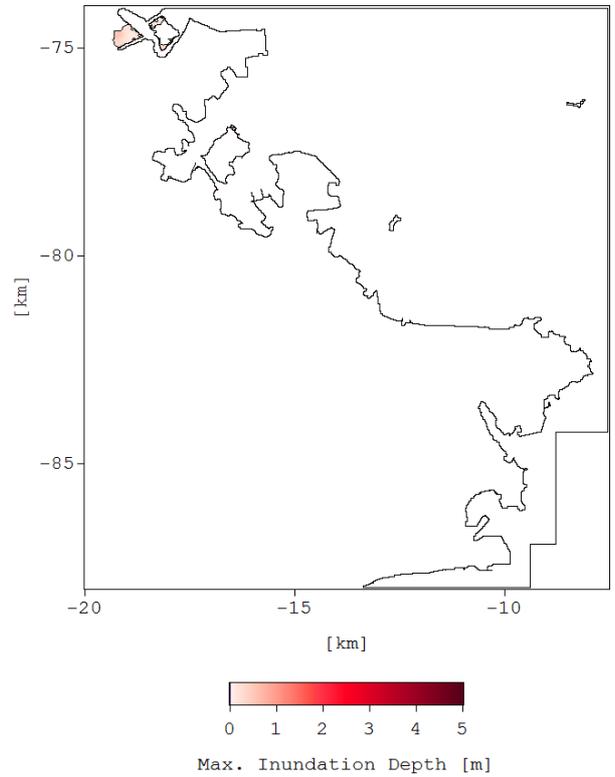


図-K.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

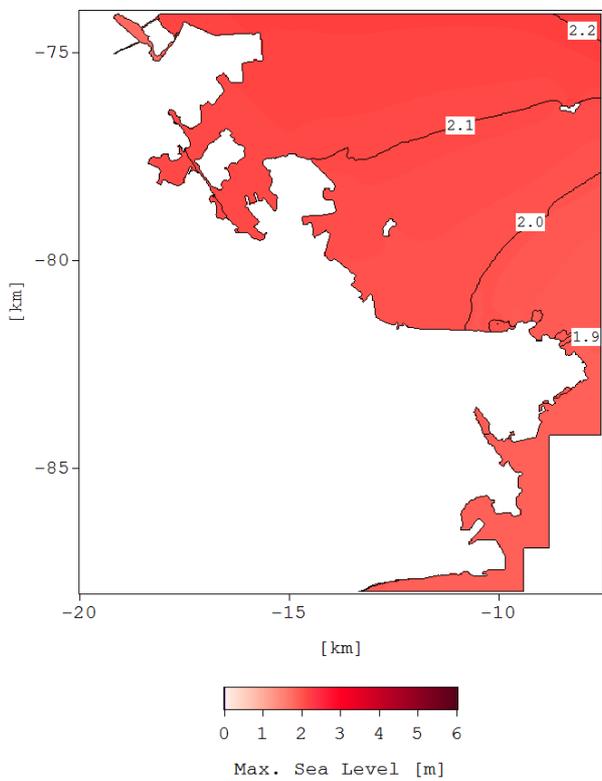


図-K.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

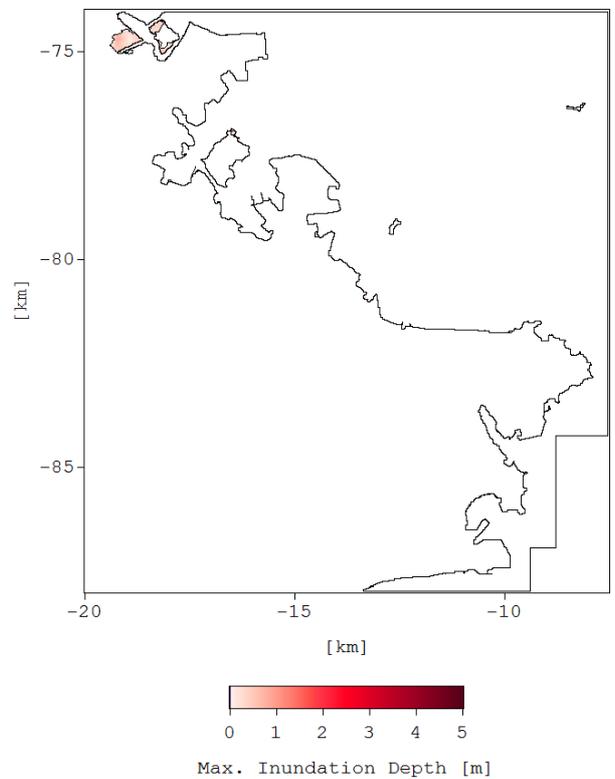


図-K.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

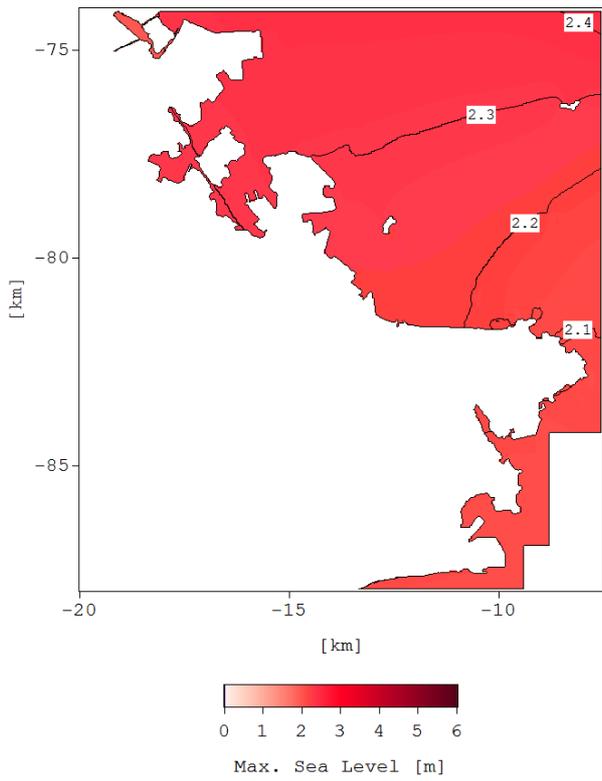


図-K.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

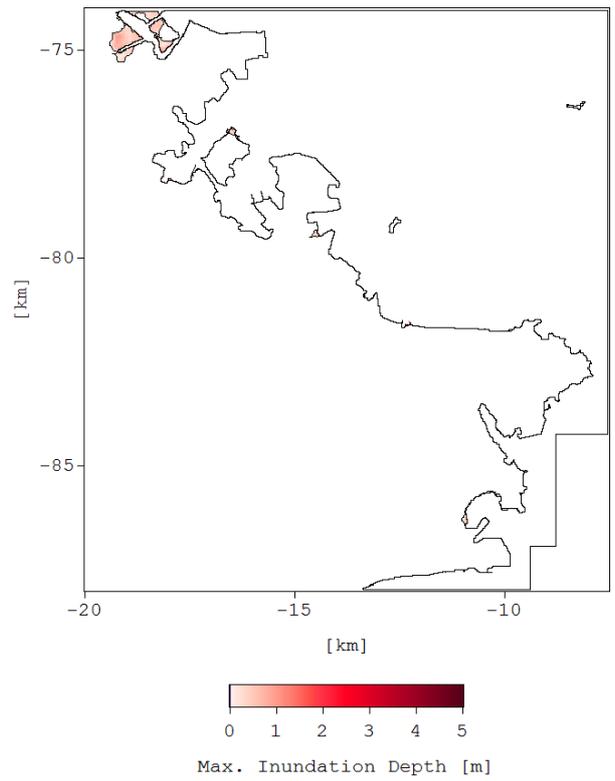


図-K.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

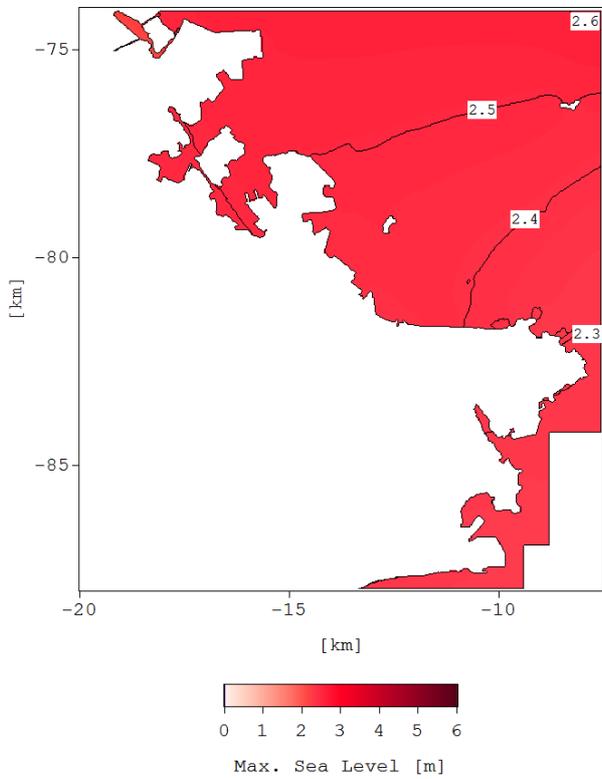


図-K.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

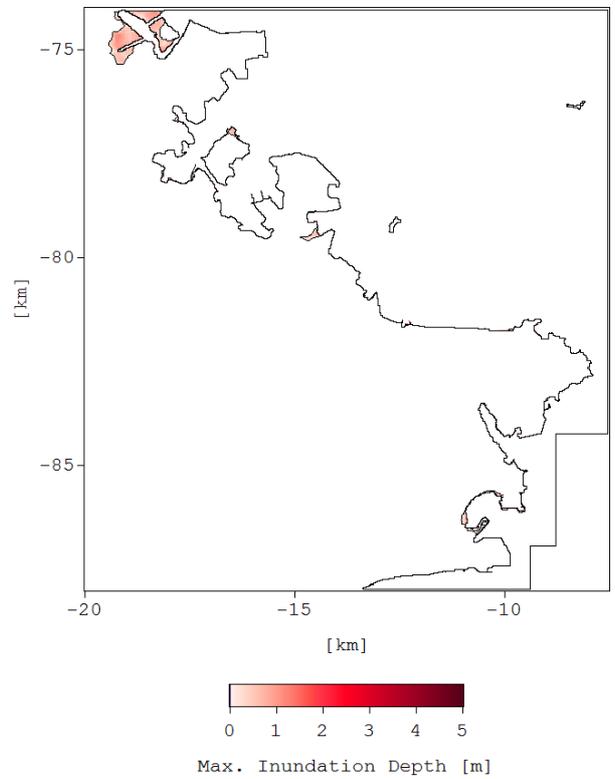


図-K.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

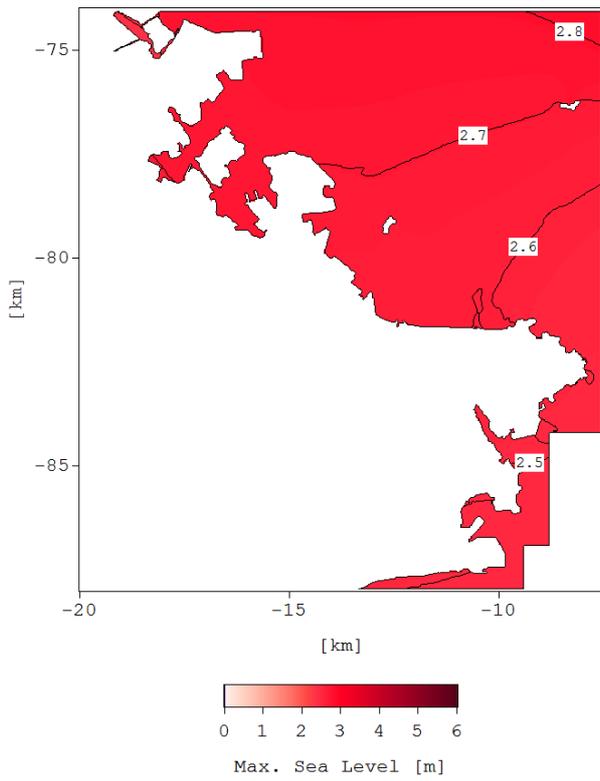


図-K.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

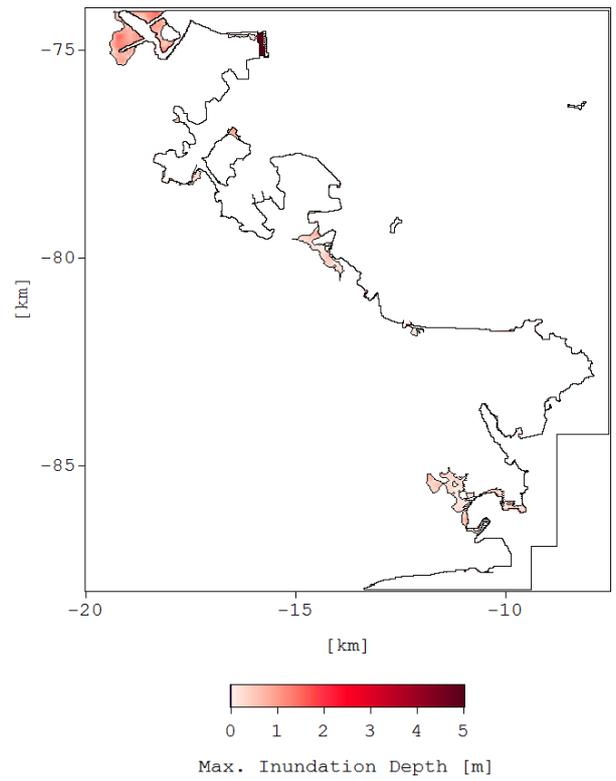


図-K.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 934 September 2016

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