

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 990

October 2017

大阪湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析

本多和彦・鮫島和範

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

Kazuhiko HONDA, Kazunori SAMESHIMA

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

大阪湾内の港湾地域を対象とした高潮浸水解析

本多和彦*・鮫島和範**

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、大阪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，大阪湾

* 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

〒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 Osaka Bay

Kazuhiko HONDA*
Kazunori SAMESHIMA**

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 Osaka 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, Osaka Bay

* Senior Researcher, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

** Head of Coastal Disaster Prevention Division, 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 神戸港地域	6
4.2 尼崎西宮芦屋港地域	7
4.3 大阪港地域	8
4.4 堺泉北港地域	10
4.5 阪南港地域	11
5. まとめ	13
6. あとがき	13
参考文献	13
記号表	14
付録 A 神戸港地域の解析結果	15
付録 B 尼崎西宮芦屋港地域の解析結果	18
付録 C 尼崎西宮芦屋港地域（河川流量あり）の解析結果	21
付録 D 大阪港地域の解析結果	24
付録 E 大阪港地域（河川流量あり）の解析結果	27
付録 F 堺泉北港地域の解析結果	30
付録 G 堺泉北港地域（河川流量あり）の解析結果	33
付録 H 阪南港地域の解析結果	36

1. まえがき

気象庁の台風統計資料によると、1951年から2016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、1934年の室戸台風や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。

大阪湾内の沿岸では、1934年の室戸台風、1950年のジェーン台風、1961年の第2室戸台風等、度重なる高潮浸水によって、多くの死者・行方不明者や建物等の被害が発生した。

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、2017）による東京湾内および伊勢湾内の港湾地域を対象とした高

潮浸水解析に引き続き、大阪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、神戸港、尼崎西宮芦屋港、大阪港、堺泉北港および阪南港の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、2017）による東京湾および伊勢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同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、大阪の沿岸では、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3.1mおよびT.M.S.L.+約3.4mとなっている。大阪港における台風期朔望平均満潮位はT.M.S.L.+0.9mであり、同じ再現期間であっても、最高潮位は、台風期朔望平均満潮位に最大高潮偏差を加えたものより0.6m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、大阪港において、再現期間が約700年の最高潮位T.M.S.L.+4.5m程度となり、このときの最大高潮偏差の再現期間は約300年である。なお、1934年の室戸台風、1950年のジェーン台風および1961年の第2室戸台風に伴う高潮による最高潮位は、それぞれ、T.M.S.L.+3.2m、T.M.S.L.+2.5mおよびT.M.S.L.+2.9mであり（宮澤，2008）、それらの再現期間は、それぞれ、約70年、約20年および約40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に示す台風期朔望平均満潮位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

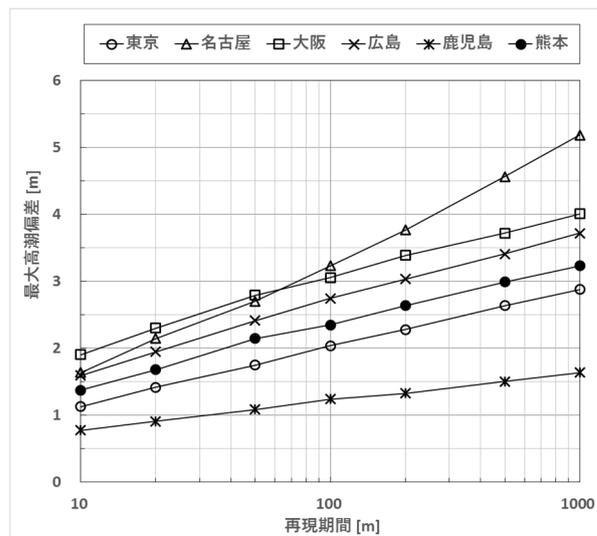


図-2.1 最大高潮偏差の再現期間

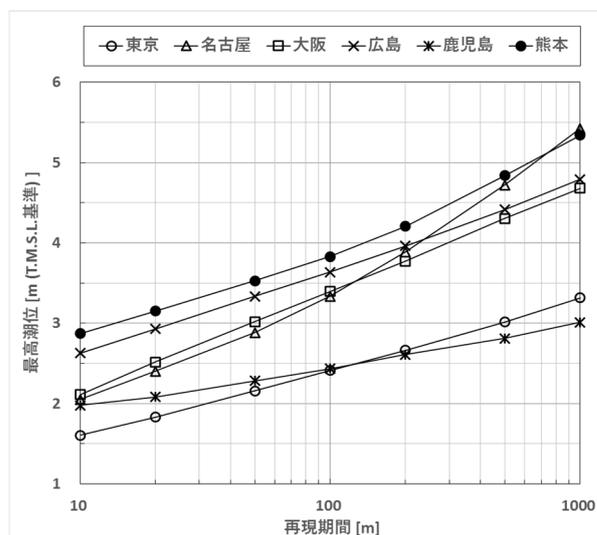


図-2.2 最高潮位の再現期間

表-2.1 解析にて設定した台風期朔望平均満潮位

対象港湾	台風期朔望平均満潮位 (T.M.S.L.基準)
神戸港	0.81m
尼崎西宮芦屋港	0.90m
大阪港	0.90m
堺泉北港	0.90m
阪南港	0.90m

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。

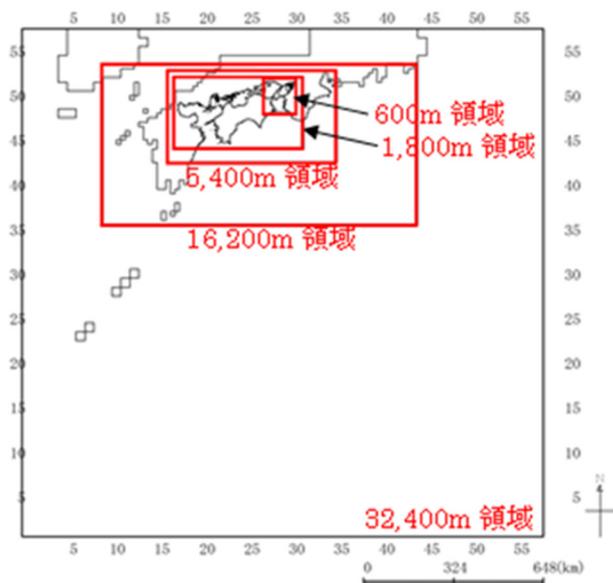


図-2.3 解析領域（台風コース設定用）

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100m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、大阪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。大阪港地域以外の対象港湾地域についても、大阪港地域の場合と同様に、100m解像度の領域から25m解像度の領域まで、段

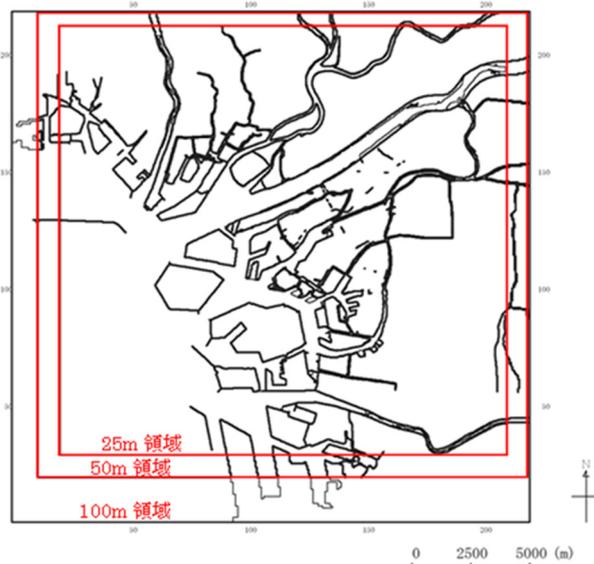


図-2.4 大阪港を対象とした解析領域（浸水解析用）

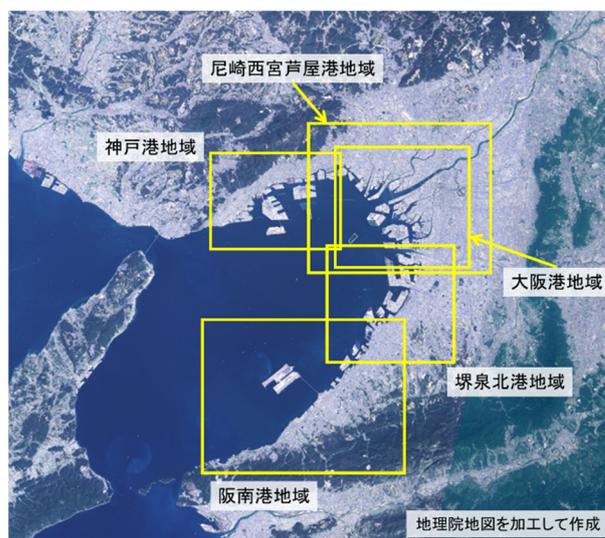
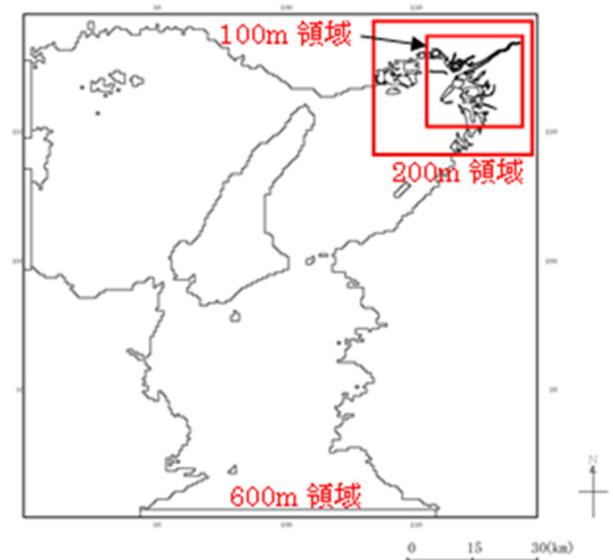


図-2.5 25m 解像度解析対象範囲（浸水解析用）

階的に領域を設定した。

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、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淀川および大和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

大阪湾高潮対策協議会(2010)では、大阪湾沿岸に広がるゼロメートル地帯において、計画規模を超えるような高潮による浸水が生じた場合の人的被害や経済への影響等を最小化するため、大阪湾高潮対策危機管理行動計画ガイドラインを策定した。ガイドライン策定のための検討では、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ている。この高潮浸水想定条件では、台風コースを、室戸台風と同様のコースを東西方向に平行移動させたコースを採用している。しかし、その台風コースでは、大阪湾の湾奥以外の沿岸部において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室戸台風の経路を採用した。次に、播磨灘から海水が流入して高潮が発達しやすい経路として、室戸台風の経路を時計回りに20°回転させた経路も設定した。さらに、大阪湾において紀伊水道から海水が流入して高潮が発達しやすい経路として、反対に室戸台風の経路を反時計回りに20°回転させた経路も設定した。

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。室戸台風の台風経路タイプについては9コース(台風番

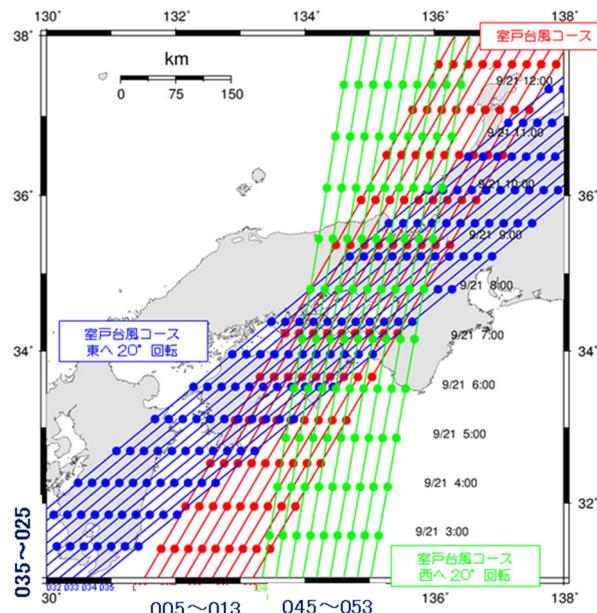


図-3.1 採用した台風コースの候補
(図中の番号は台風コース番号を示す)

表-3.1 抽出した台風コース

対象港湾地域	台風コース
神戸港地域	007, 009, 027, 047 (4 コース)
尼崎西宮芦屋港地域	009, 027 (2 コース)
大阪港地域	027, 028, 029 (3 コース)
堺泉北港地域	028, 029, 030 (3 コース)
阪南港地域	028, 029, 030 (3 コース)

号005~0013), 時計回り20°回転の台風経路タイプについては11コース(台風番号025~035), 反時計回り20°回転の台風経路タイプについては9コース(台風番号045~053)設定した。これらの台風コースを図-3.1に示す。

これら29コースの台風に対して、第2.3節で記した解像度100m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コースとはならず、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2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7コースである。

抽出された台風コースは、大阪湾の東側に位置する大阪港地域、堺泉北港地域および阪南港地域については、室戸台風の経路を時計回りに20°回転させた台風経路のタイプのみとなっている。一方、尼崎西宮芦屋港地域については、室戸台風の経路タイプおよび室戸台風の経路を反時計回りに20°回転させた台風経路タイプが1つずつ抽出された。また、神戸港地域については、全ての台風経路タイプから抽出されている。

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に抽出した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 神戸港地域

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。

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。いずれのケースにおいても、吹寄せ効果による高潮の発達により、大阪湾の湾奥方向である東側に向かって、最高潮位が高くなっている。

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-4.3および図-4.4に示す。

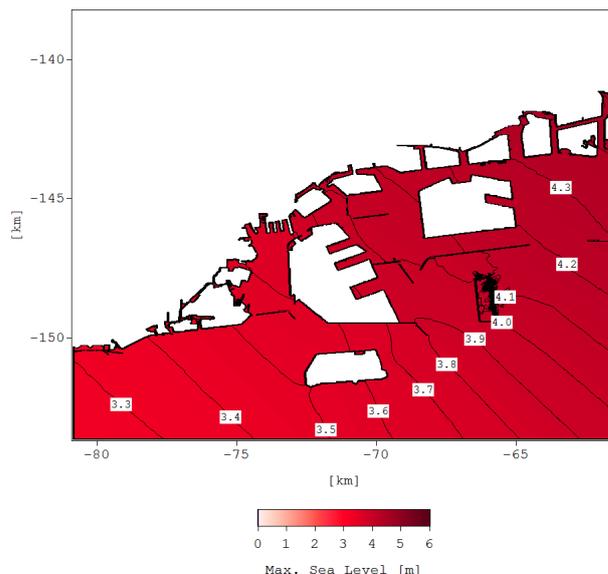


図-4.1 最高潮位（神戸港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

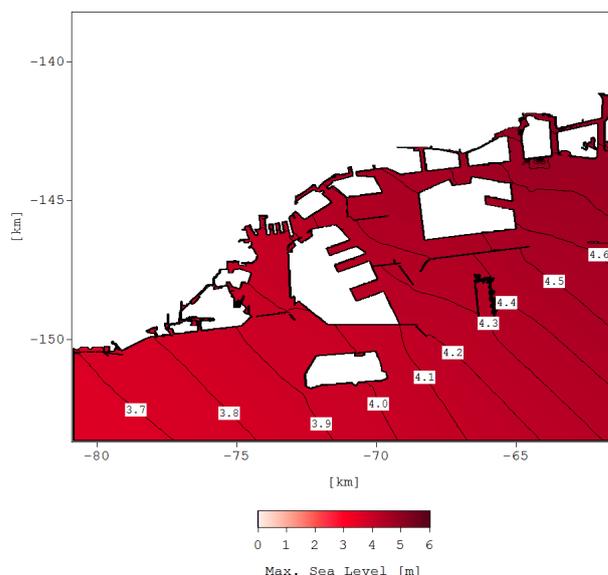


図-4.2 最高潮位（神戸港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mの解析結果のいずれも、港内の沿岸部の広い範囲で浸水が発生しているが、ポートアイランドおよび六甲アイランドでは、他の浸水している地区と比較して、小さい浸水深となっている。海面水位上昇量が0.00mから0.40mに増加した場合であっても、あまり浸水範囲が変化していない。これは、神戸港および周辺地域では、背後に丘陵地が迫っているため、浸水の危険性が高い沿岸部の低平地が狭いためである。

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-4.5に示す。

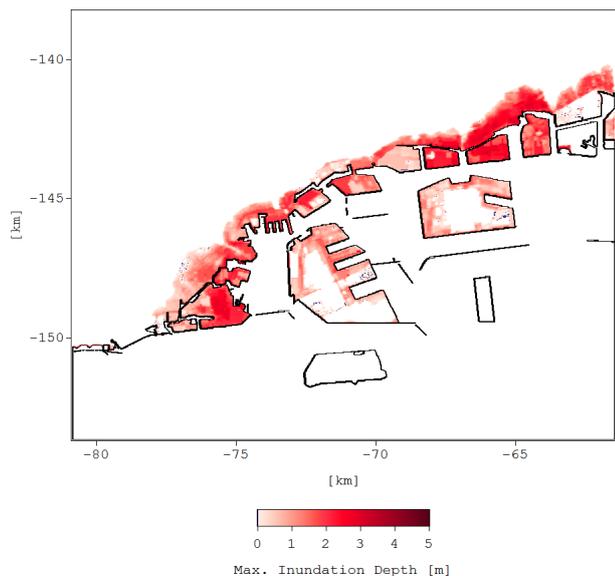


図-4.3 最大浸水深 (神戸港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

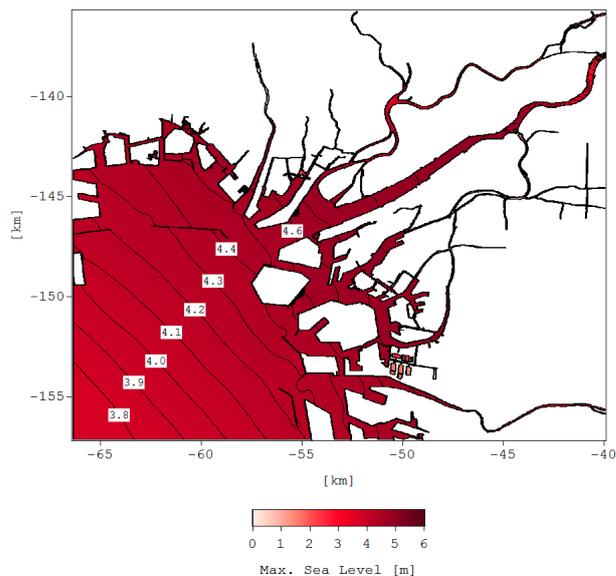


図-4.6 最高潮位 (尼崎西宮芦屋港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

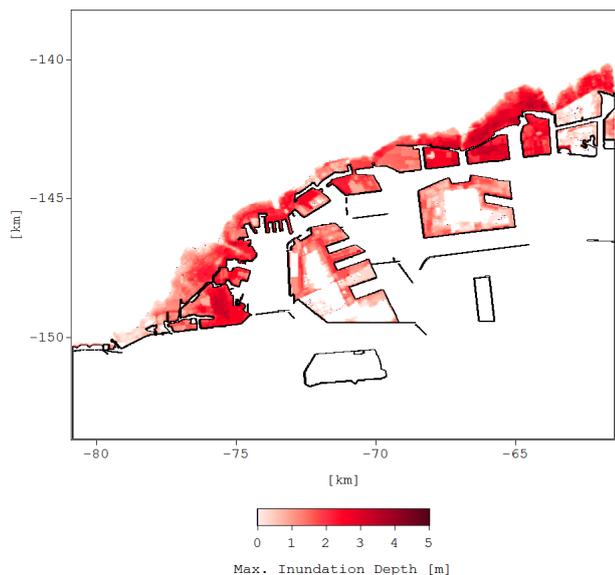


図-4.4 最大浸水深 (神戸港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

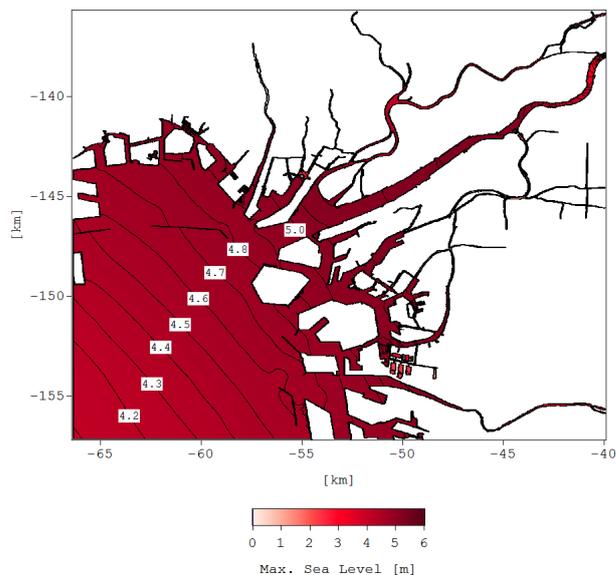


図-4.7 最高潮位 (尼崎西宮芦屋港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

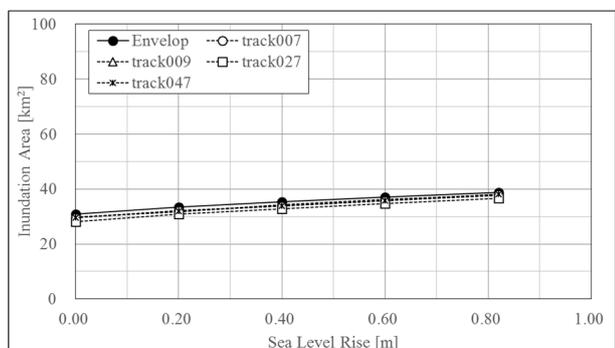


図-4.5 海面水位上昇量と浸水面積
(神戸港地域) (河川流量なし)

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。しかし、この浸水面積の増加率は、後述する他の港湾地域と比較して非常に小さい。これは、先に述べたように、神戸港およびその周辺地域では、背後に丘陵地が迫っているためである。

4.2 尼崎西宮芦屋港地域

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-4.6および図-4.7に示す。

神戸港地域と同様に、海面水位上昇量0.40mの解析結

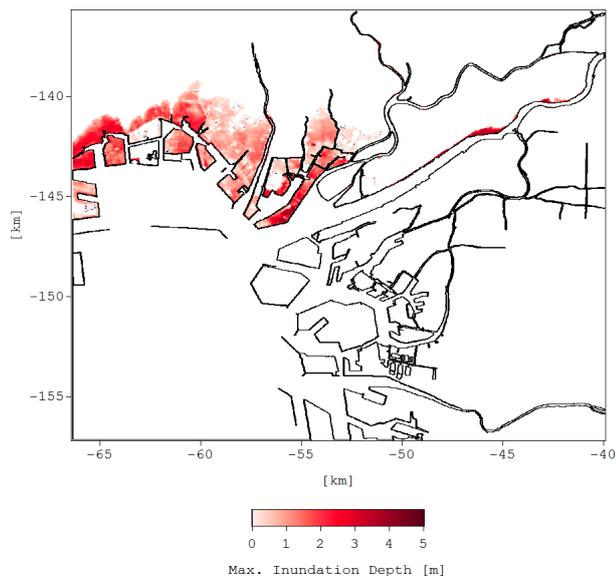


図-4.8 最大浸水深 (尼崎西宮芦屋港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

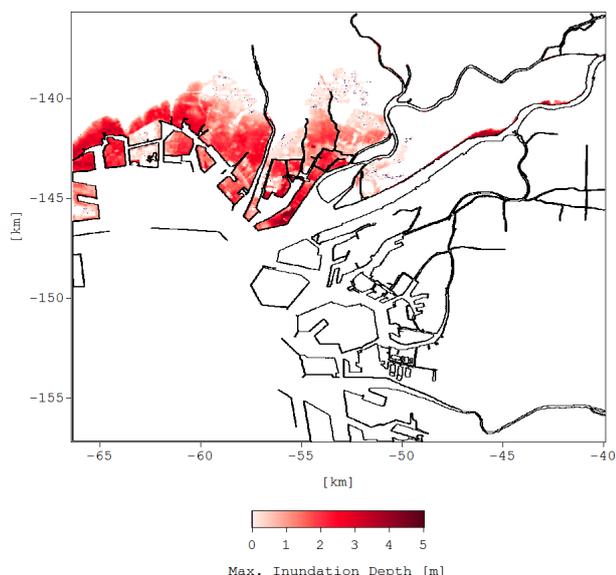


図-4.9 最大浸水深 (尼崎西宮芦屋港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

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。いずれのケースにおいても、吹寄せ効果による高潮の発達により、大阪湾の湾奥方向である東側に向かって、最高潮位が高くなっている。

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-4.8および図-4.9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

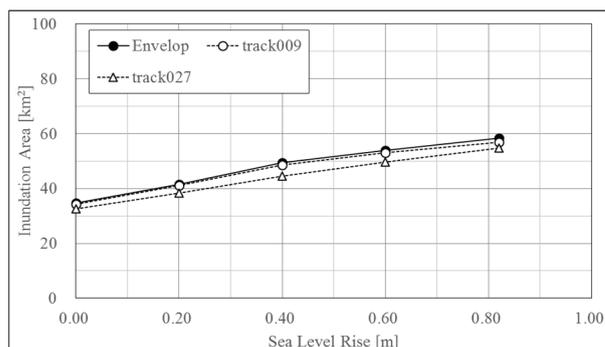


図-4.10 海面水位上昇量と浸水面積
(尼崎西宮芦屋港地域) (河川流量なし)

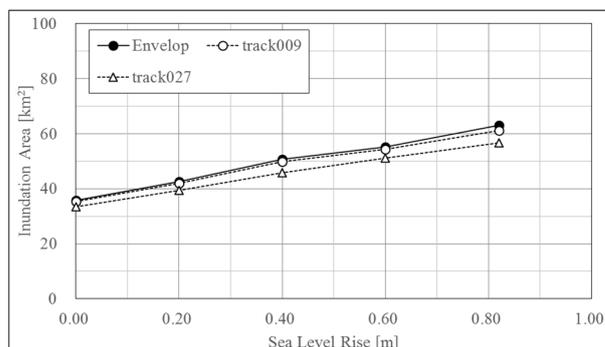


図-4.11 海面水位上昇量と浸水面積
(尼崎西宮芦屋港地域) (河川流量あり)

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-4.10および図-4.11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。この浸水面積の増加率は、神戸港地域と比較して大きい。これは、神戸港およびその周辺地域では、背後に丘陵地が迫っているのに対し、尼崎西宮芦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。

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。これは、河川流量によって河川内での水位は上昇するが、尼崎西宮芦屋港の周辺地域における河川堤防の天端高が比較的高く、河川堤防での越流が生じなかったためである。

4.3 大阪港地域

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-4.12および図-4.13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、大阪港の奥部における最高潮位は約4.5mであり、また、この中には台風期期望平均満潮位T.M.S.L.+0.9mを

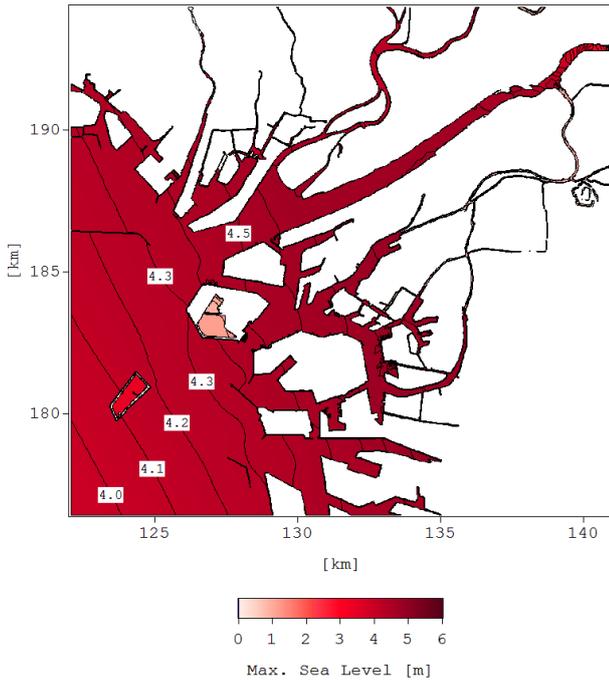


図-4.12 最高潮位 (大阪港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

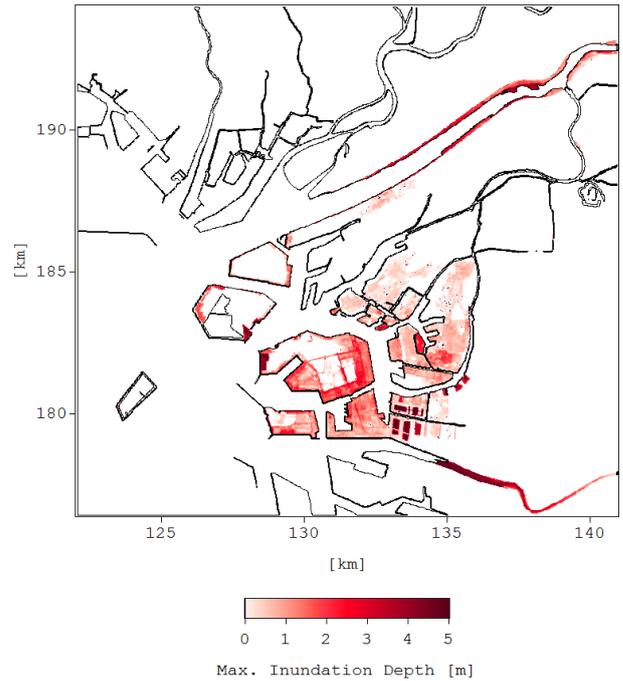


図-4.14 最大浸水深 (大阪港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

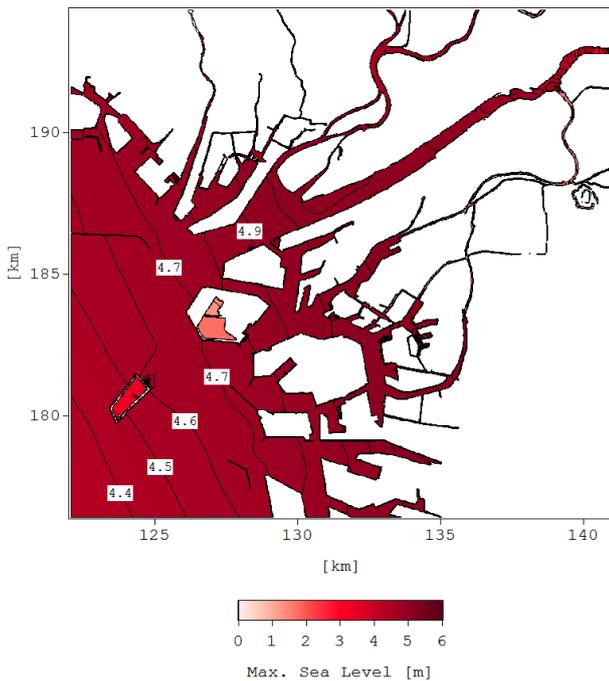


図-4.13 最高潮位 (大阪港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

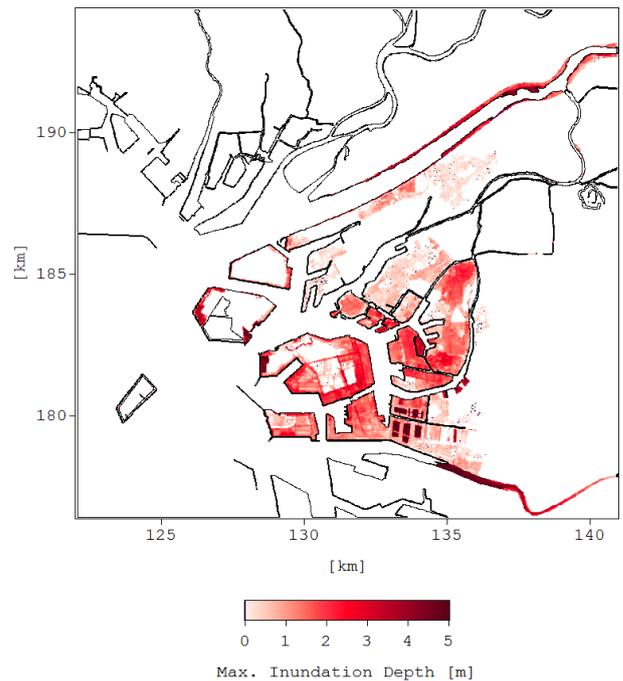


図-4.15 最大浸水深 (大阪港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

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700年程度の再現期間であり、最大高潮偏差では300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、大阪港

の奥部での最高潮位は約4.9m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。

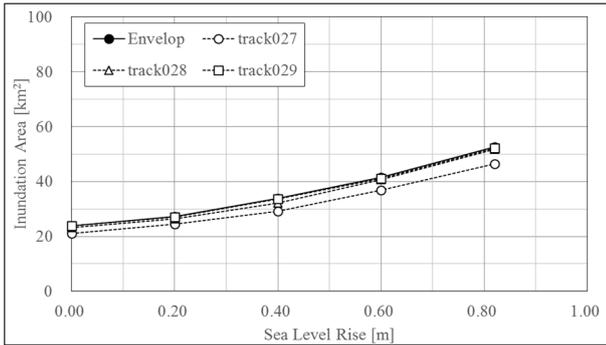


図-4.16 海面水位上昇量と浸水面積
(大阪港地域) (河川流量なし)

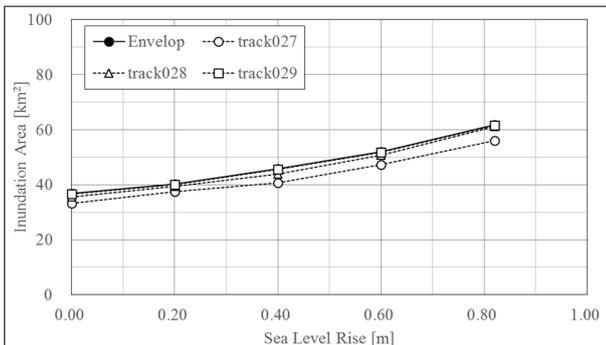


図-4.17 海面水位上昇量と浸水面積
(大阪港地域) (河川流量あり)

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-4.14および図-4.15に示す。

海面水位上昇量0.00mの解析結果では、大阪港の沿岸部については、浸水は堤外地に留まらず、堤内地にも広がっている。また、河川部については、最高潮位が河川堤防の一部の天端高を超えているため、限定的ではあるが、浸水が認められる。一方、海面水位上昇量0.40mのケースでは、背後地域にゼロメートル地帯が広がっていることから、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-4.16および図-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。

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。

4.4 堺泉北港地域

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。

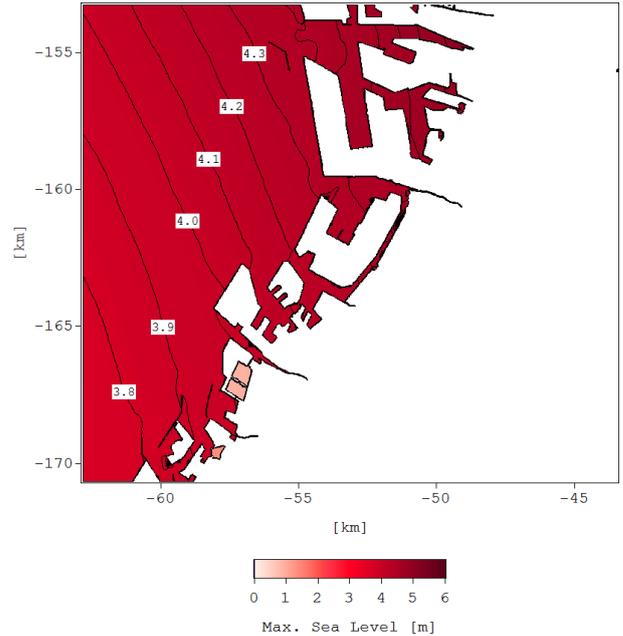


図-4.18 最高潮位 (堺泉北港地域)
(海面水位上昇量0.00m, 河川流量なし)

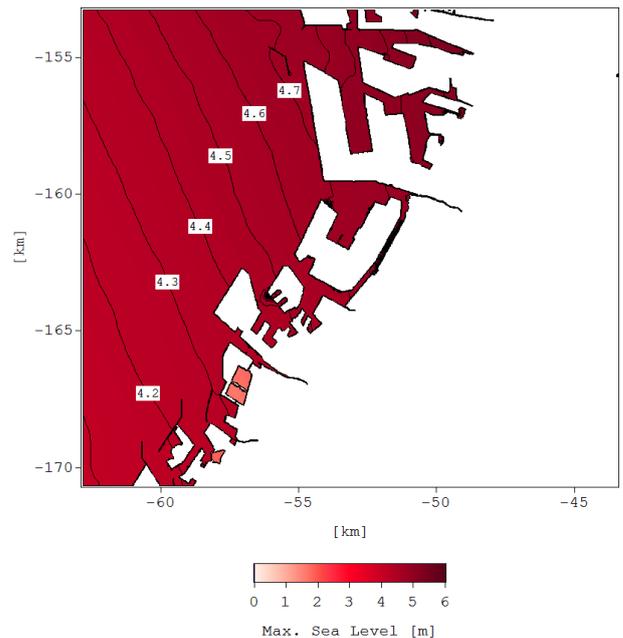


図-4.19 最高潮位 (堺泉北港地域)
(海面水位上昇量0.40m, 河川流量なし)

本検討の他の対象港湾地域と同様に、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。いずれのケースにおいても、吹寄せ効果による高潮の発達により、大阪湾の湾奥方向である北東側に向かって、最高潮位が

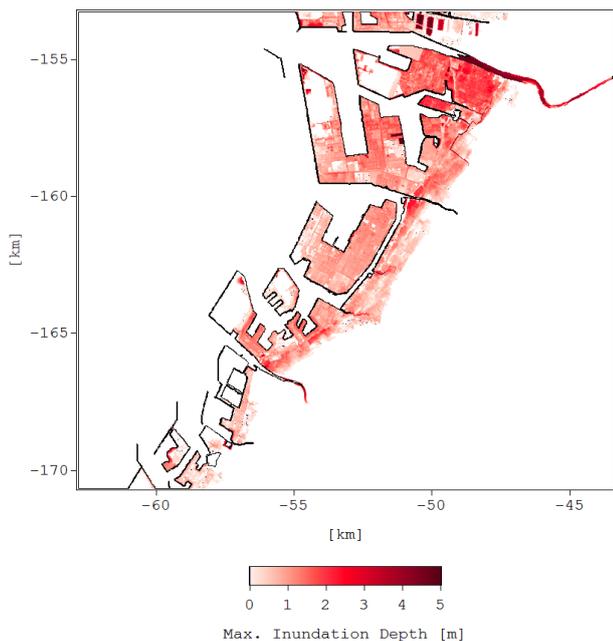


図-4.20 最大浸水深 (堺泉北港地域)
(海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし)

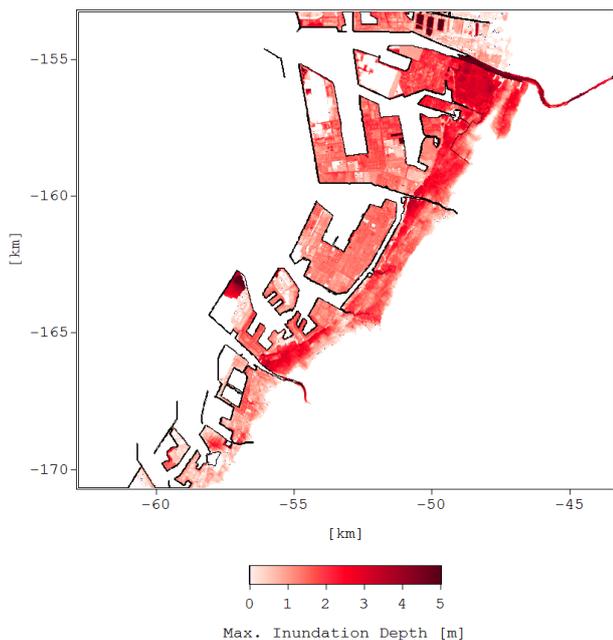


図-4.21 最大浸水深 (堺泉北港地域)
(海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし)

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。

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り、浸水深も増加し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

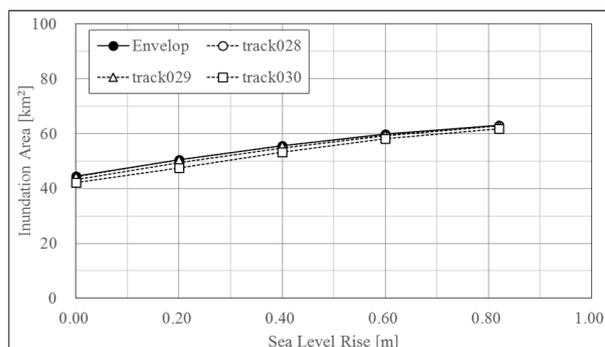


図-4.22 海面水位上昇量と浸水面積
(堺泉北港地域) (河川流量なし)

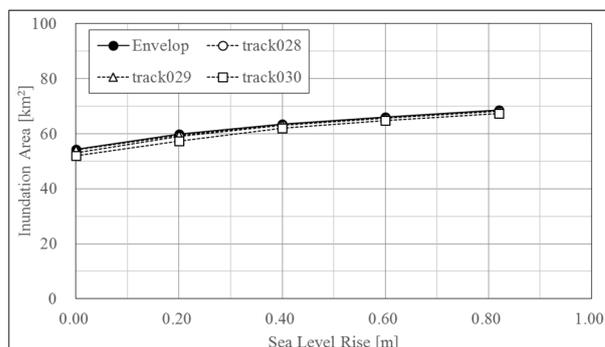


図-4.23 海面水位上昇量と浸水面積
(堺泉北港地域) (河川流量あり)

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-4.22および図-4.23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程度増加しているが、その増分は海面水位上昇量の増加に応じて若干減少している。これは、河川沿いの低平地の面積が限定的であるためである。

4.5 阪南港地域

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-4.24および図-4.25に示す。

本検討の他の対象港湾地域と同様に、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。いずれのケースにおいても、吹寄せ効果による高潮の発達により、大阪湾の湾奥方向である北東側に向かって、最高潮位が高くなっている。

海面水位上昇量0.00mおよび0.40mのケースにおける

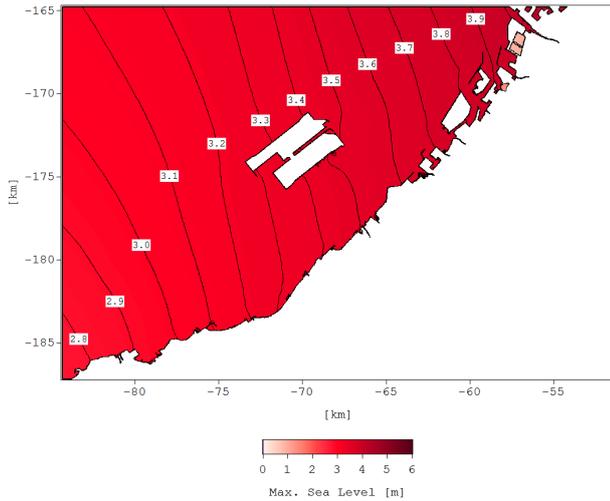


図-4.24 最高潮位（阪南港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

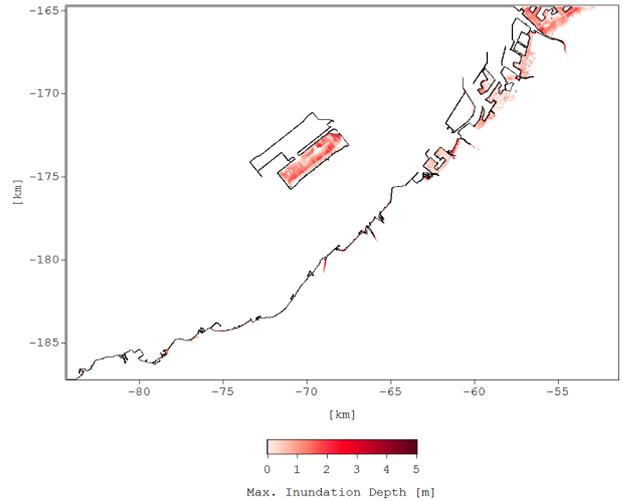


図-4.26 最大浸水深（阪南港地域）
（海面水位上昇量 0.00m, 河川流量なし）

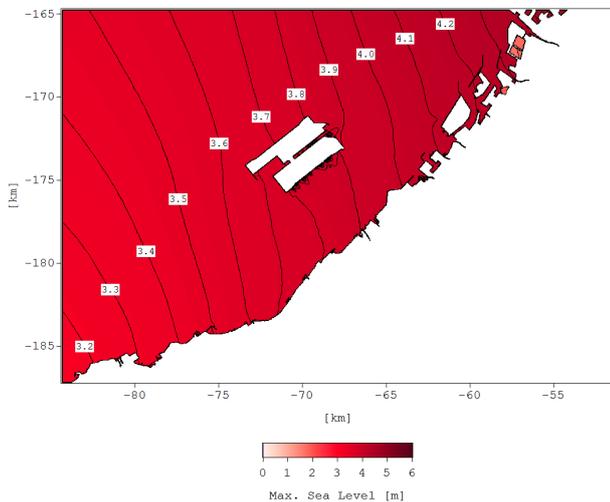


図-4.25 最高潮位（阪南港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

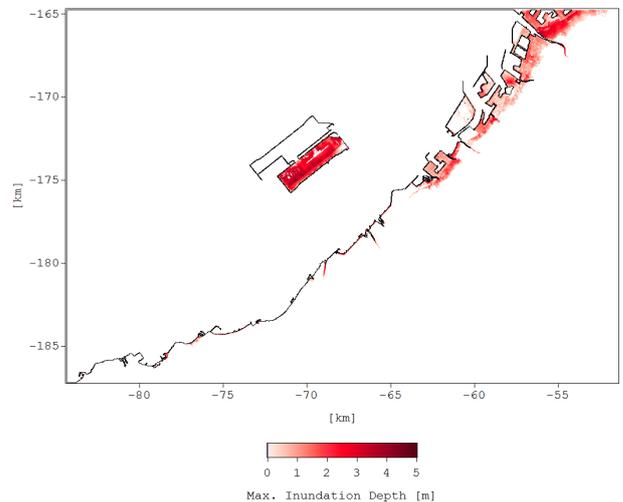


図-4.27 最大浸水深（阪南港地域）
（海面水位上昇量 0.40m, 河川流量なし）

最大浸水深を、それぞれ、図-4.26および図-4.27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の海面水位上昇量と浸水面積の関係を図-4.28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。

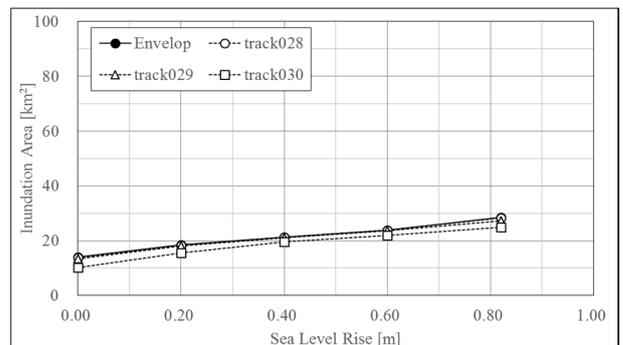


図-4.28 海面水位上昇量と浸水面積
（阪南港地域）（河川流量なし）

5. まとめ

本検討では、高潮が発達しやすい海域である三大湾のうち、本多ら（2016, 2017）による東京湾および伊勢湾を対象とした検討に引き続き、大阪湾を対象に、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、神戸港、尼崎西宮芦屋港、大阪港、堺泉北港および阪南港の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, 2017）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、大阪港において、最高潮位で700年程度の再現期間となり、最大高潮偏差で300年程度の再現期間となるものである。

本多（2017）による検討によると、名古屋港および三河港では、海面水位上昇に伴って水深が増加すると、高潮偏差は減少する傾向をした。一方、本検討の全ての対象港湾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最高潮位は増加しており、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。

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。海面水位上昇量に応じた浸水面積の増加率は、神戸港地域では他の港湾地域と比較して小さい。これは、神戸港地域以外の対象地域には低平地が広がっているが、神戸港地域では、その背後に丘陵地が迫っていることが要因である。

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、尼崎西宮芦屋港地域では、河川堤防からの越流が限定的であることから、大阪港地域および堺泉北港地域と比較して、河川流量の有無による浸水面積に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風台風であることや、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700年を大きく上回ると考えられる。

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。

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8月31日受付）

参考文献

- 大阪湾高潮対策協議会（2010）：大阪湾高潮対策危機管理行動計画ガイドライン，107p.
- 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 気象庁記，
<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>，2017年8月24日時点。
- 気象庁：過去の台風資料，
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/index.html>，2017年8月24日時点。
- 気象庁 RSMC Tokyo-Typhoon Center（2016）：Best Track Data，
<http://www.jma.go.jp/jma/eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/trackarchives.html>，2017年8月24日時点。
- 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.

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.

本多和彦・鈴木健之・鈴木 武 (2017): 伊勢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.960, 45p.

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.

宮澤清治 (2008): 台風・気象災害全史, 日外アソシエーツ, 477p.

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 神戸港地域の解析結果

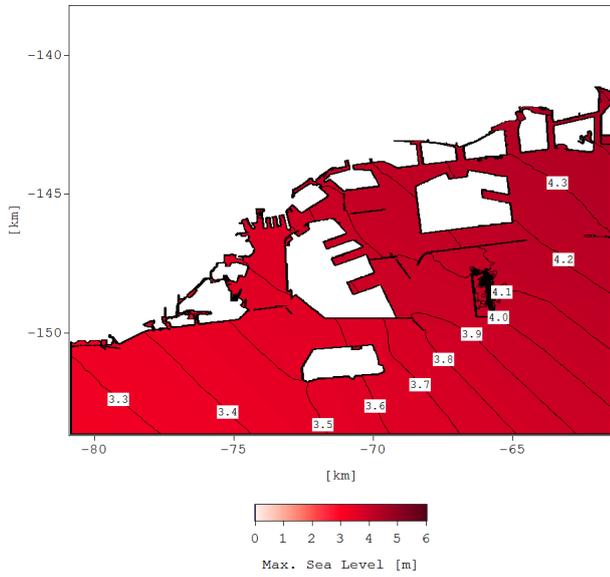


図-A.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

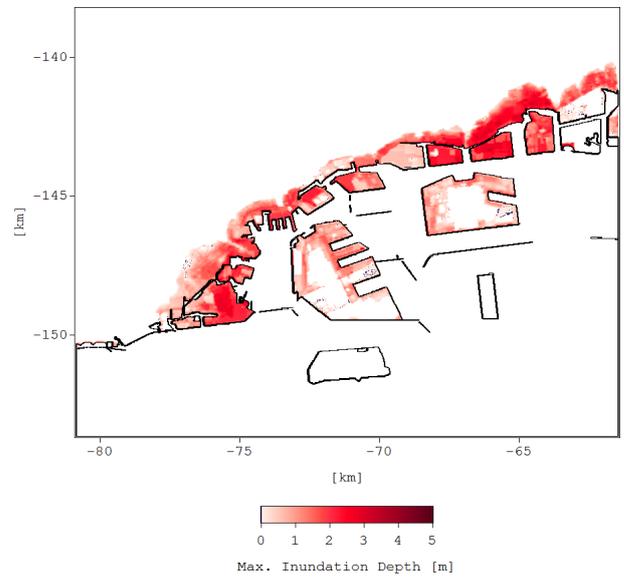


図-A.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

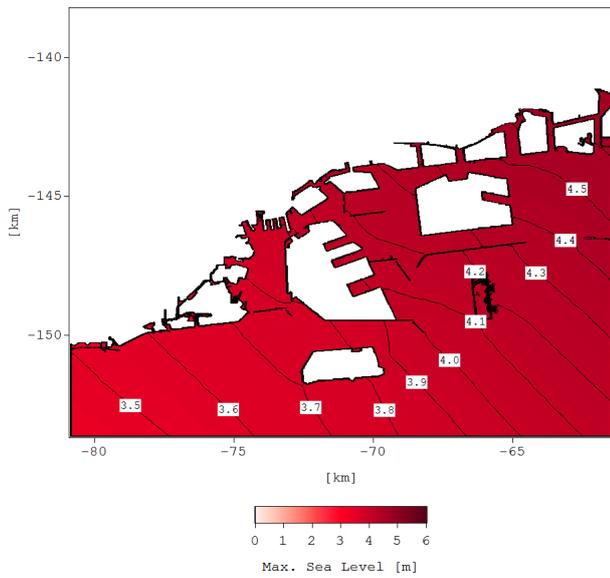


図-A.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

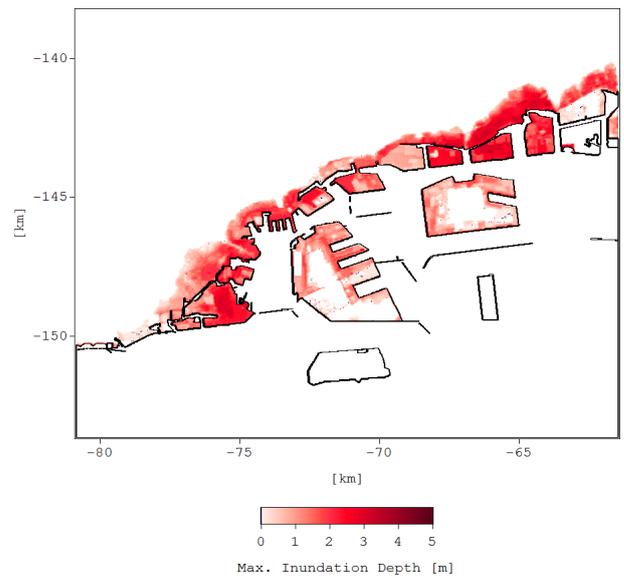


図-A.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

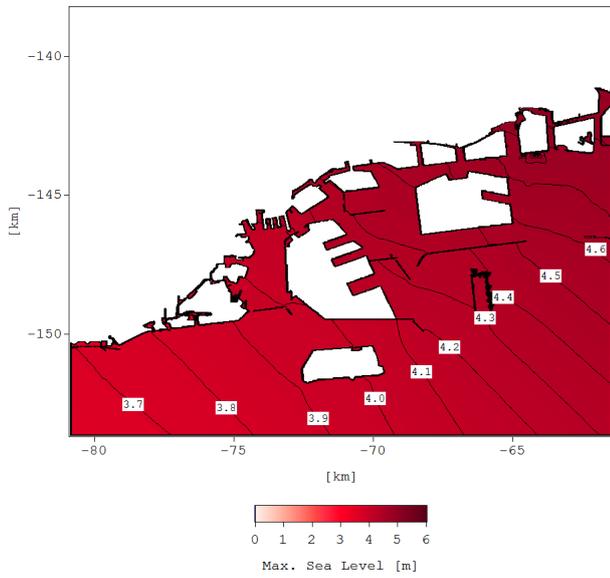


図-A.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

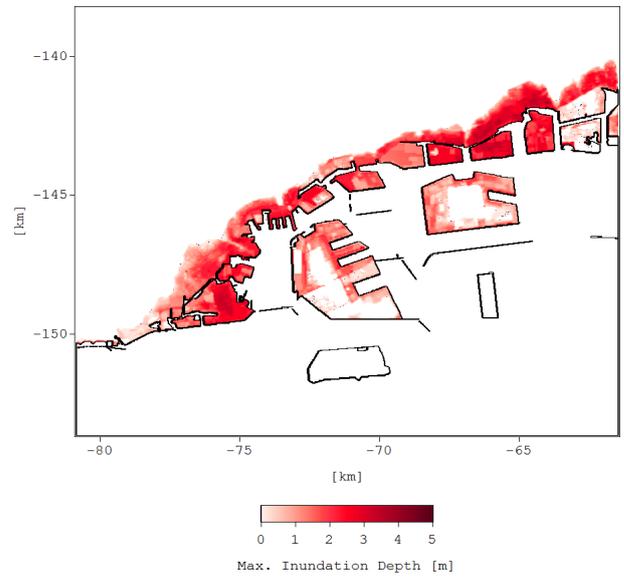


図-A.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

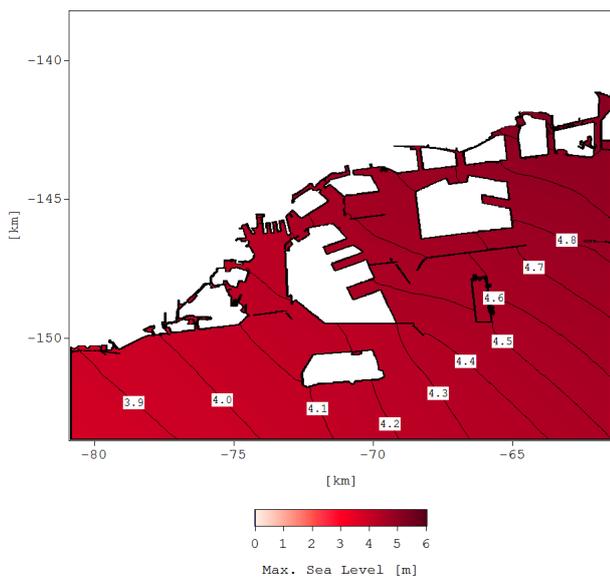


図-A.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

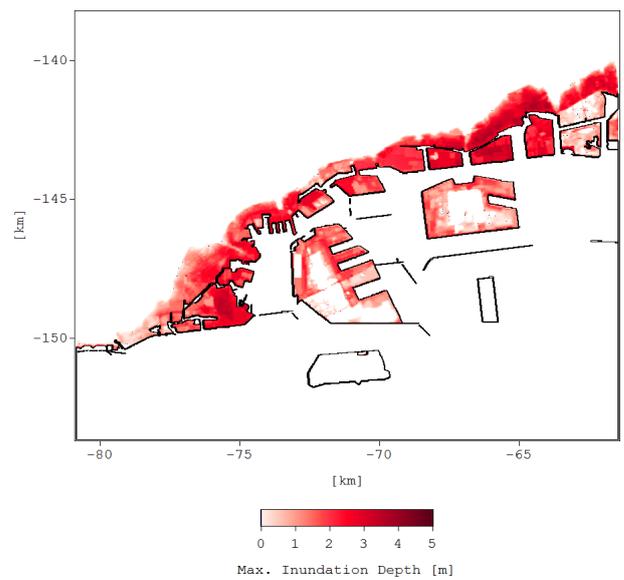


図-A.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

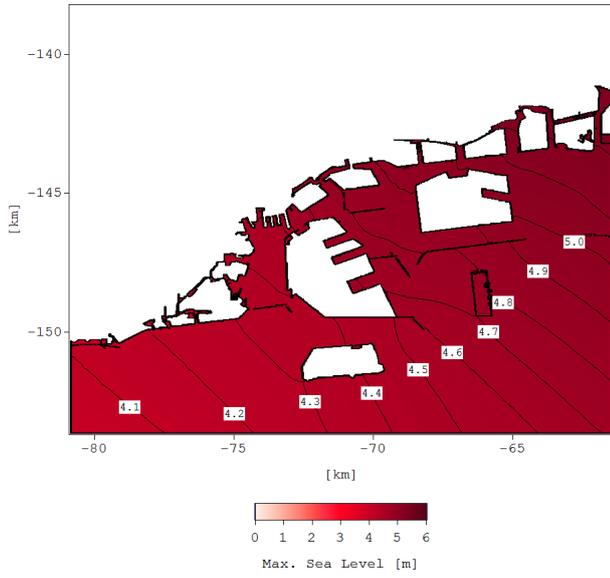


図-A.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

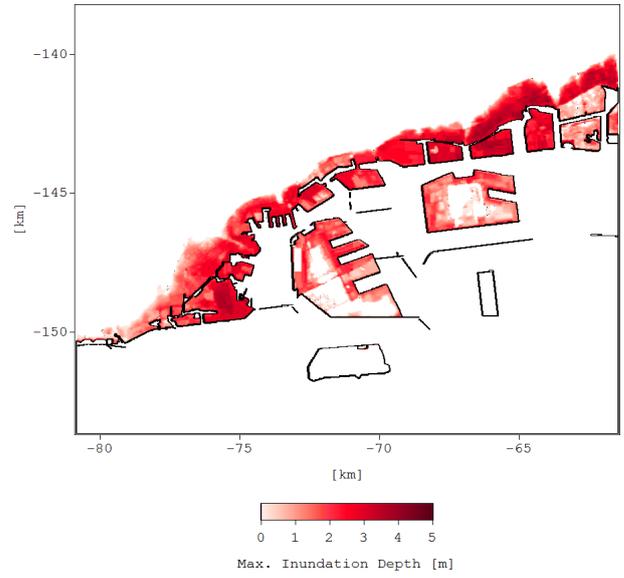


図-A.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録B 尼崎西宮芦屋港地域の解析結果

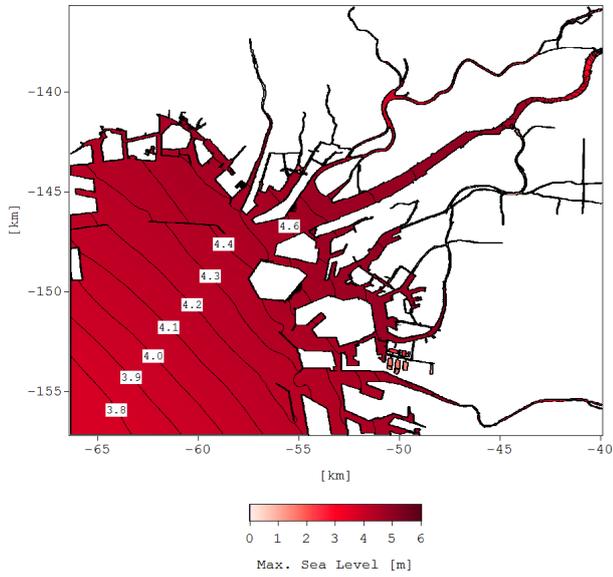


図-B.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

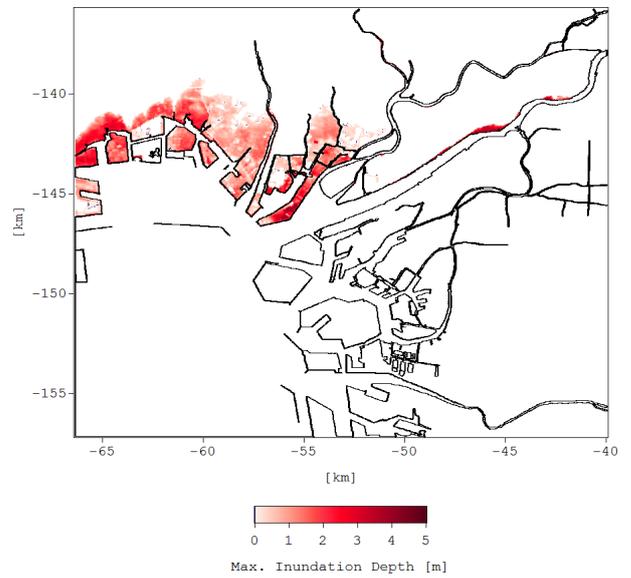


図-B.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

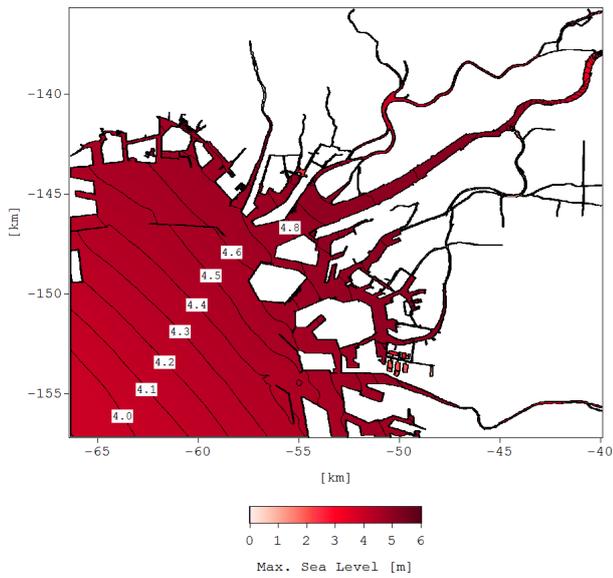


図-B.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

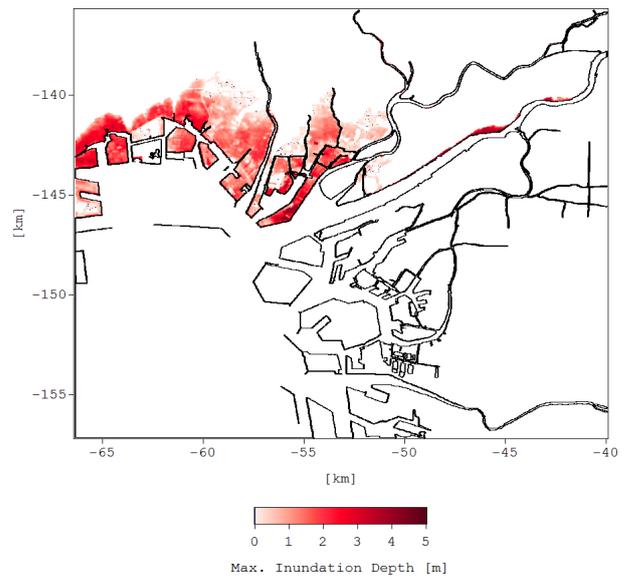


図-B.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

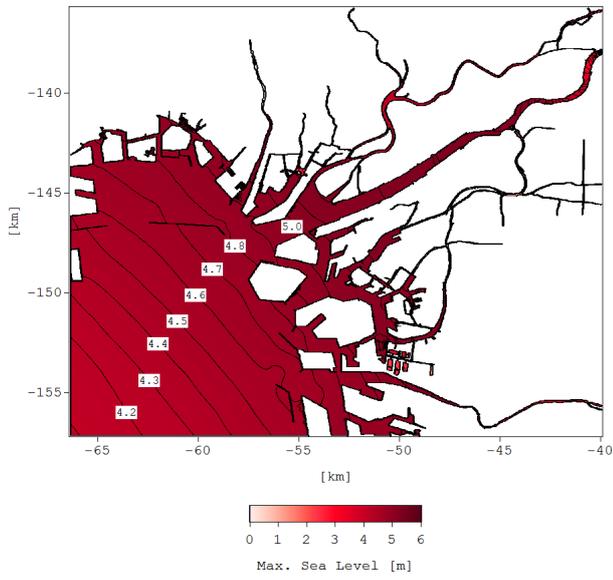


図-B.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

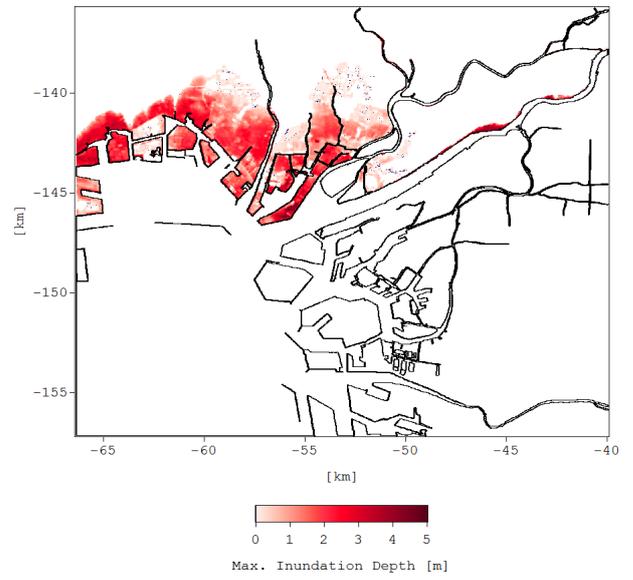


図-B.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

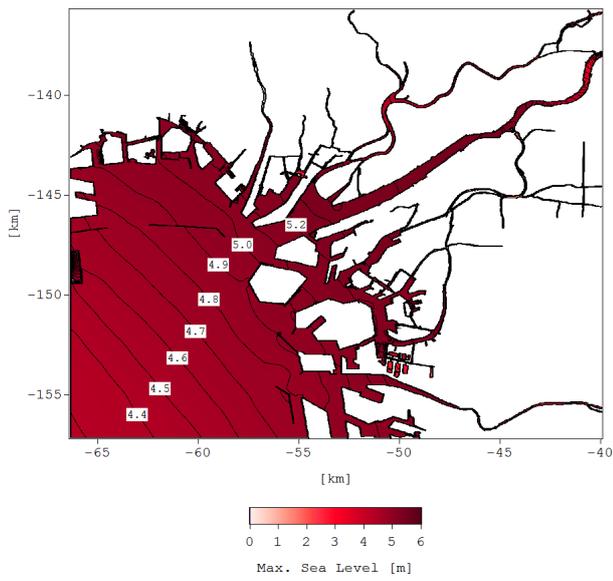


図-B.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

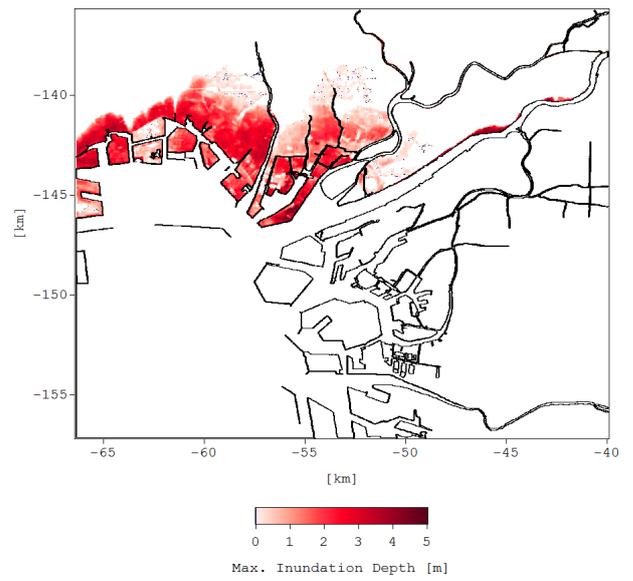


図-B.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

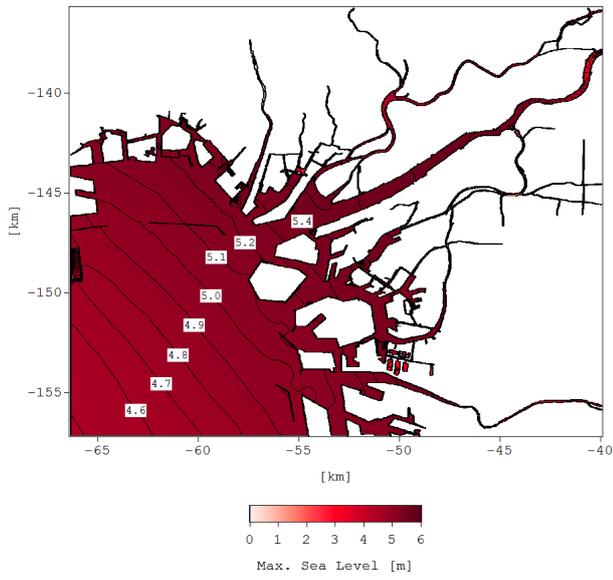


図-B.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

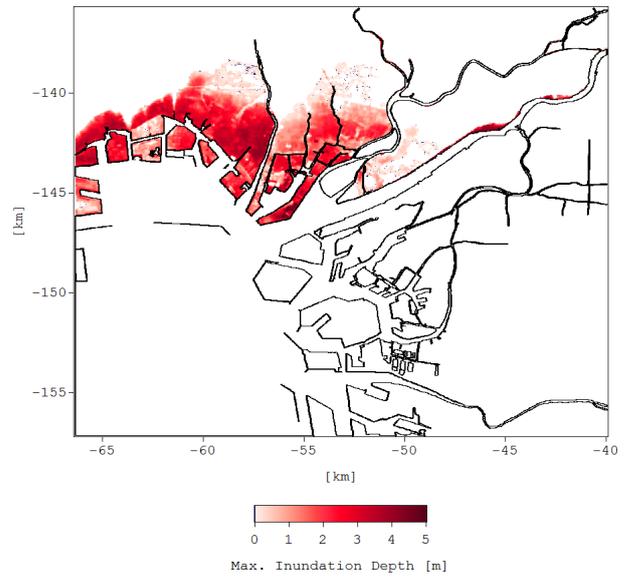


図-B.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録C 尼崎西宮芦屋港地域（河川流量あり）の解析結果

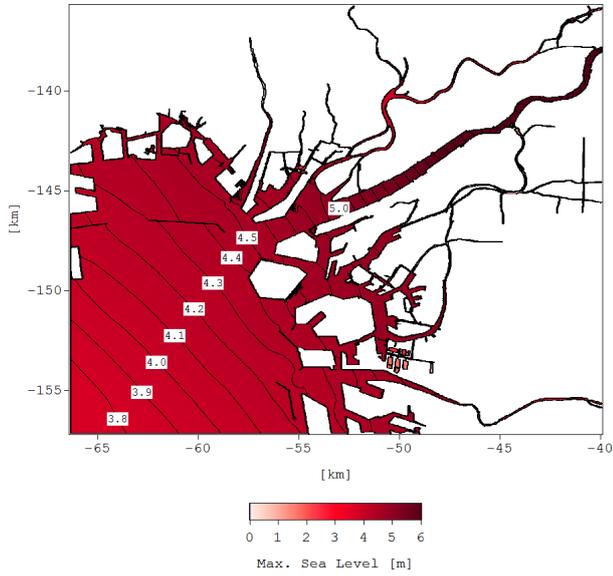


図-C.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

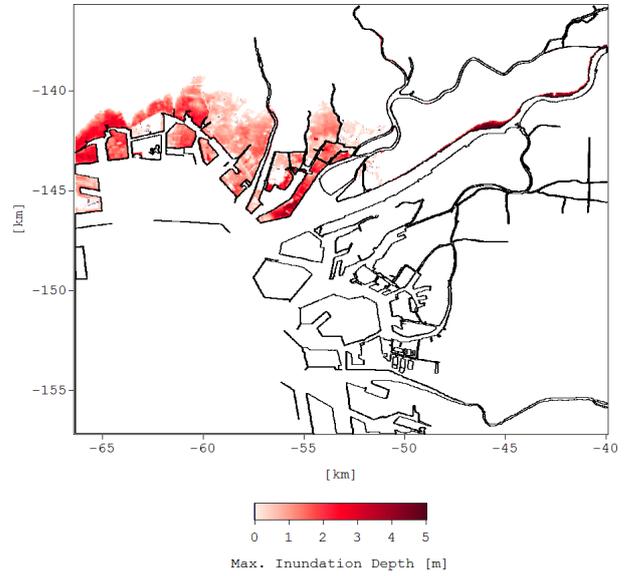


図-C.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

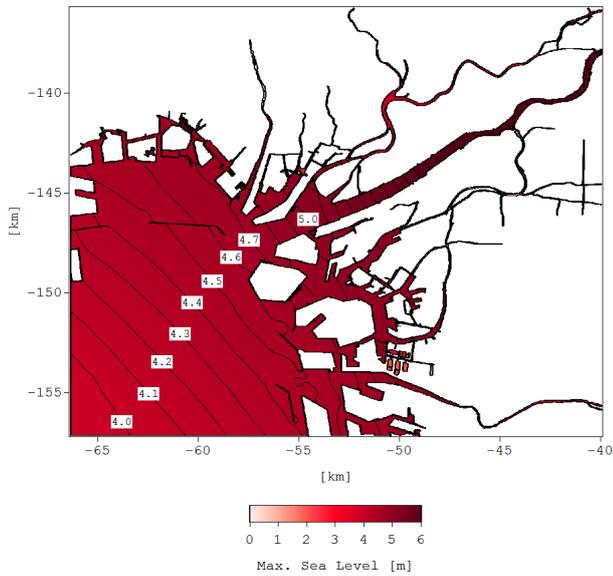


図-C.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

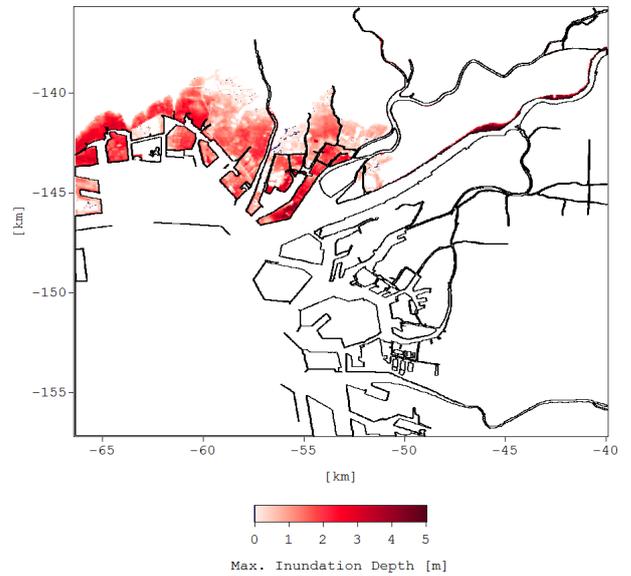


図-C.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

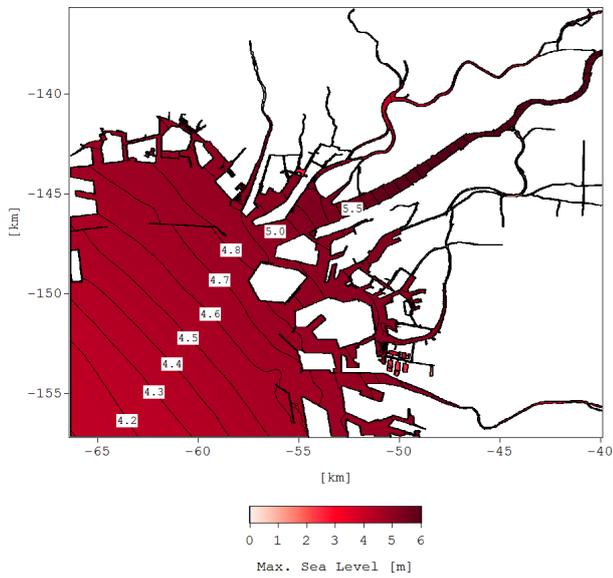


図-C.5 最高潮位 (海面上昇量 : 0.40m)

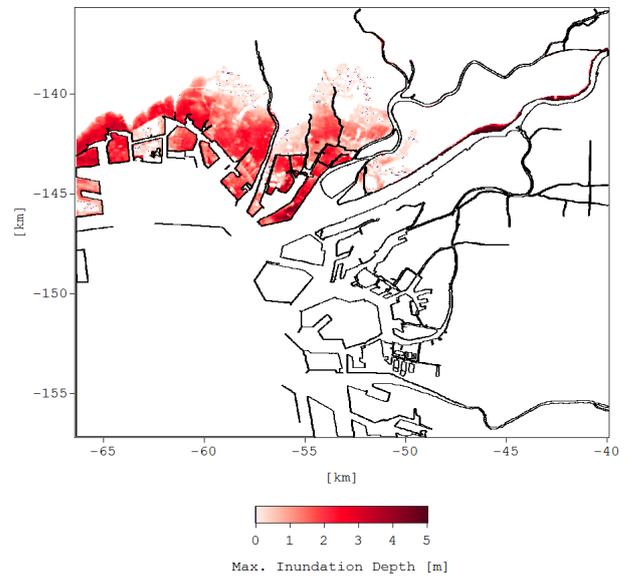


図-C.7 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.40m)

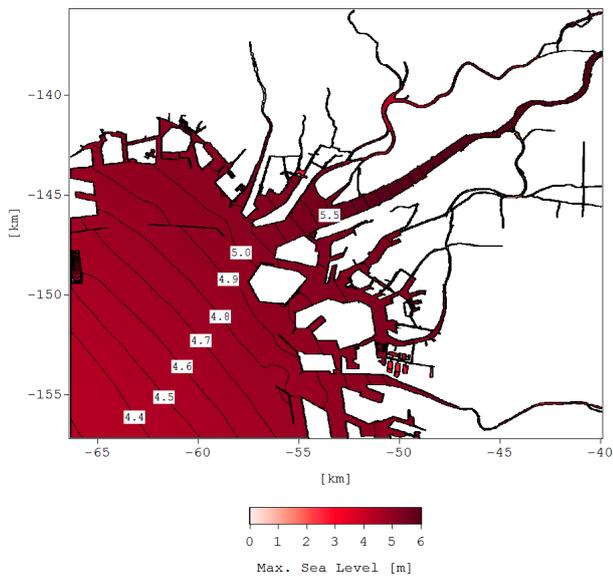


図-C.6 最高潮位 (海面上昇量 : 0.60m)

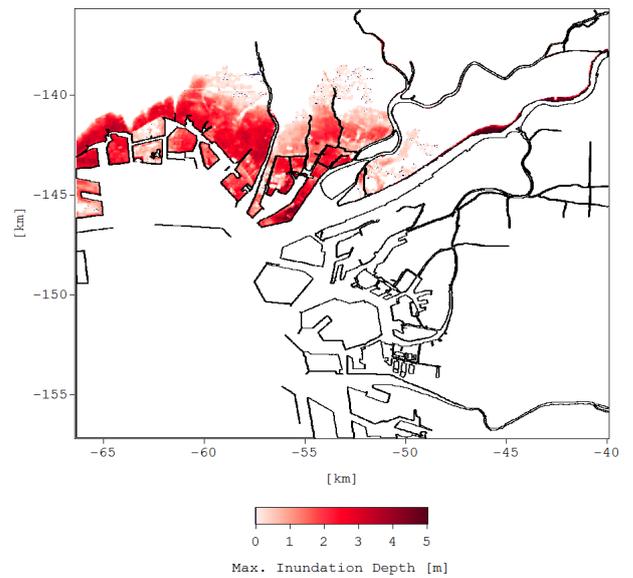


図-C.8 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.60m)

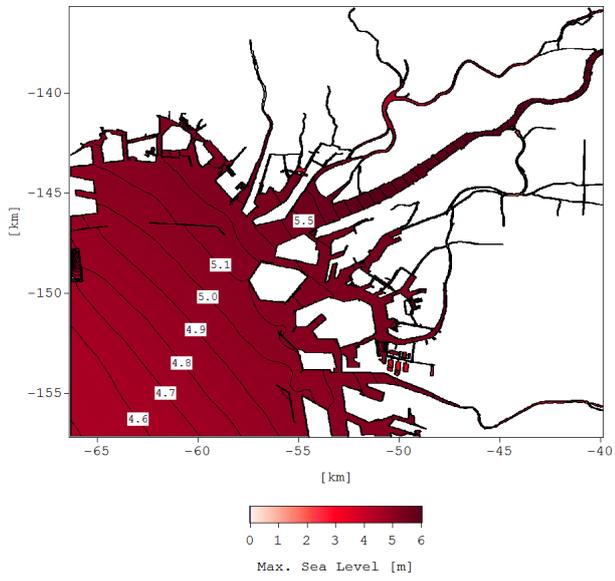


図-C. 9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

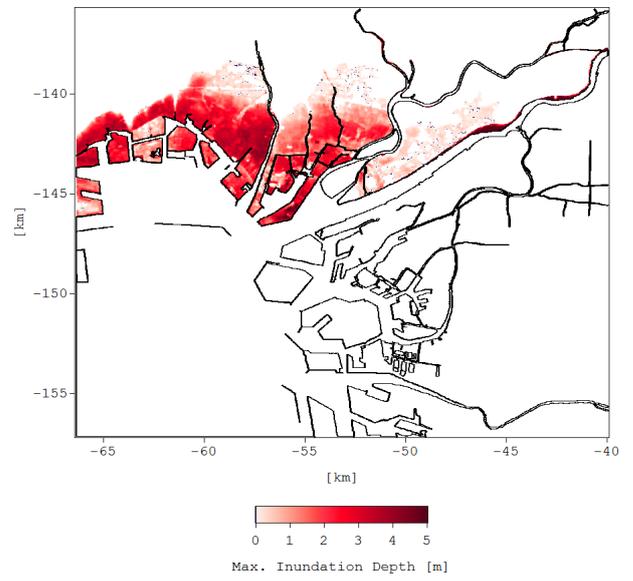


図-C. 10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録D 大阪港地域の解析結果

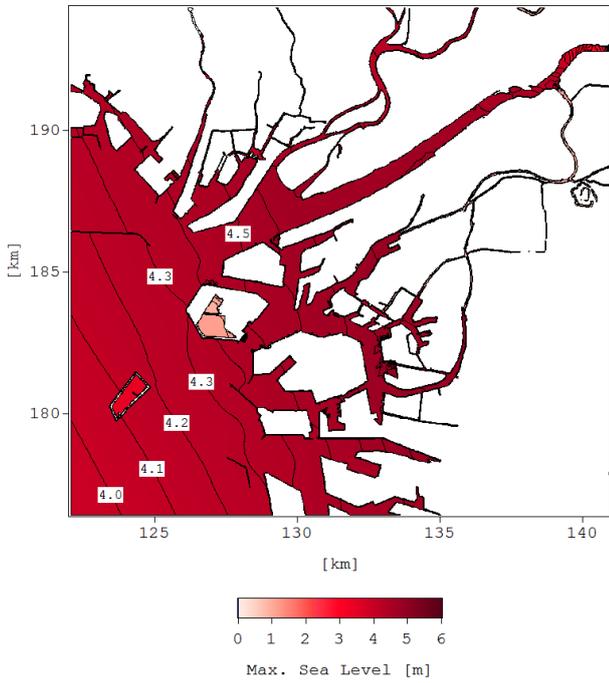


図-D.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

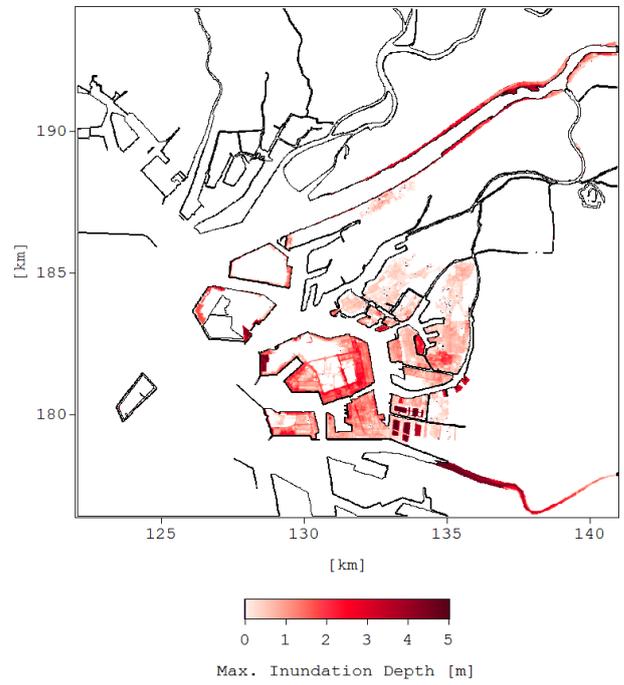


図-D.3 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)

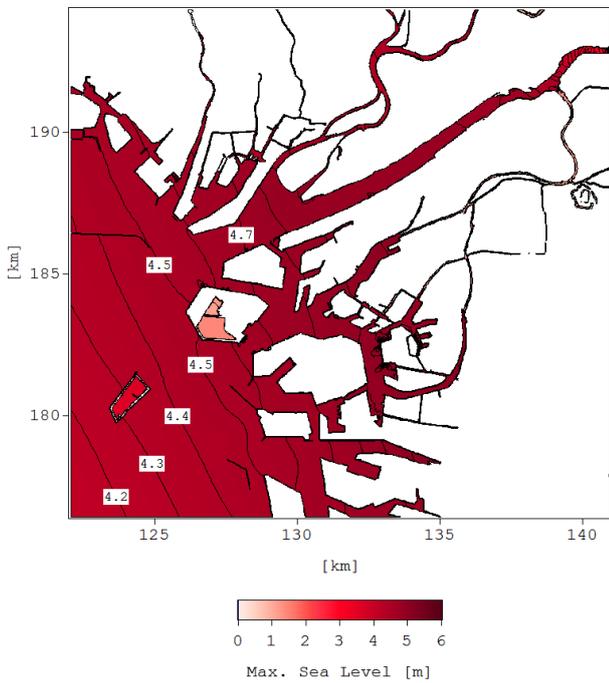


図-D.2 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

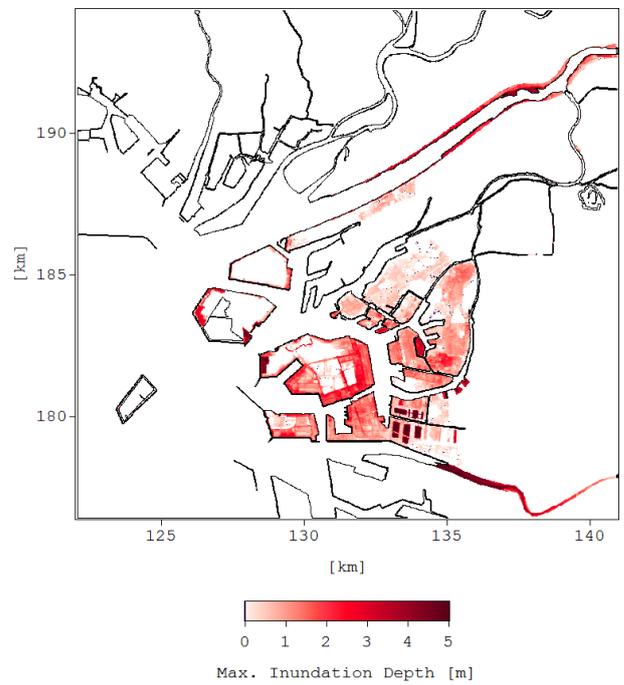


図-D.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

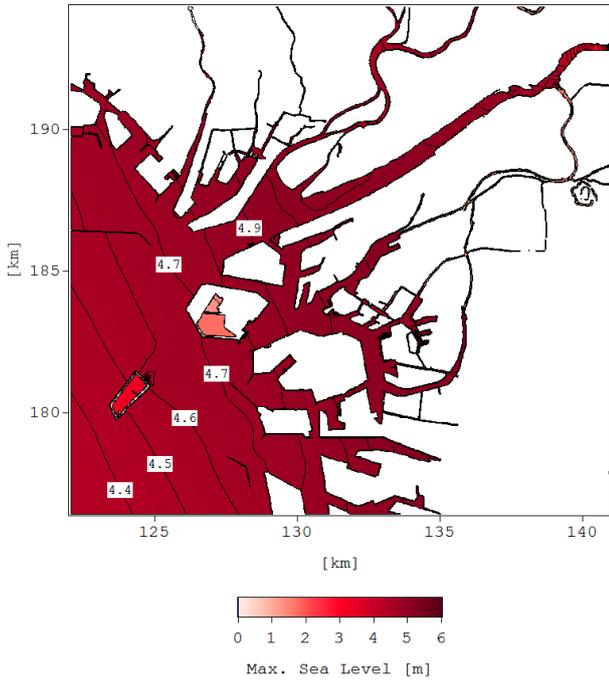


図-D.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

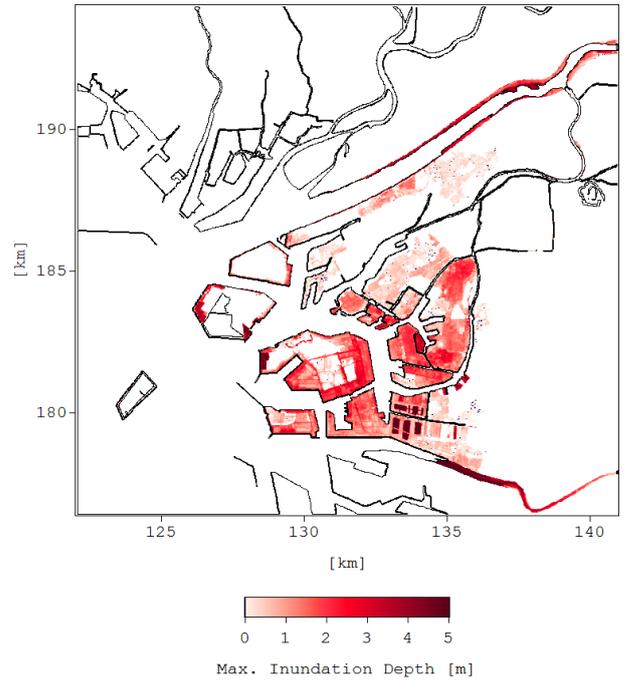


図-D.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

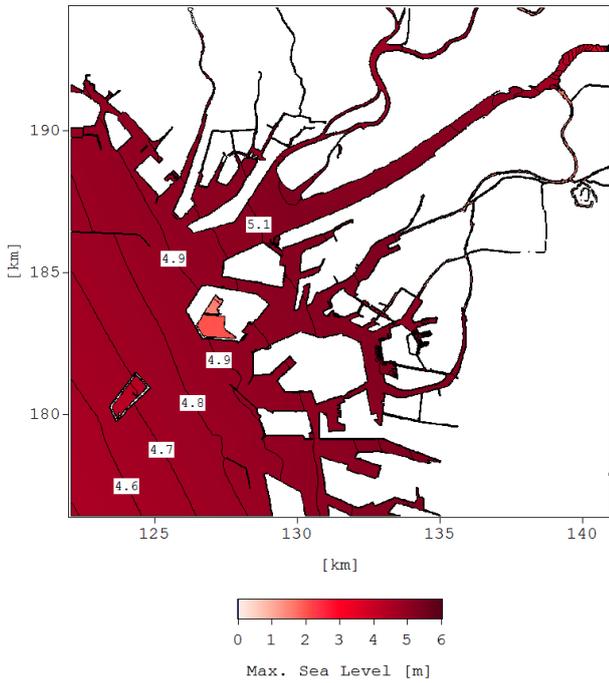


図-D.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

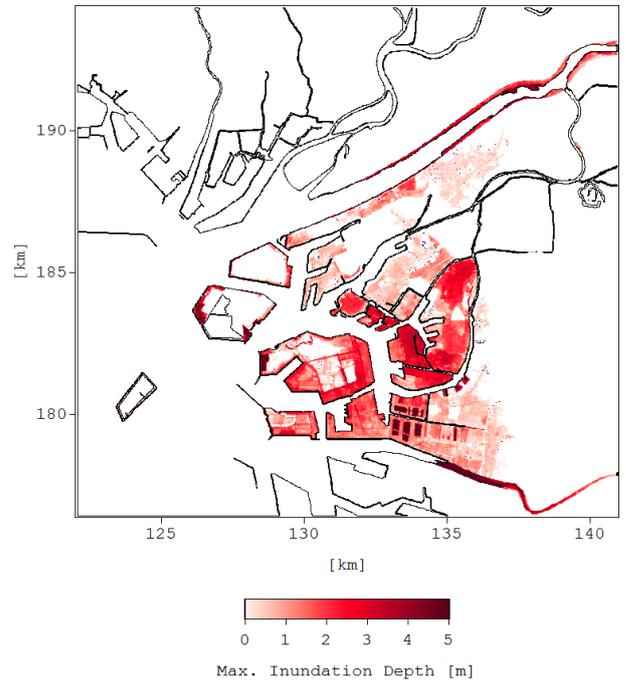


図-D.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

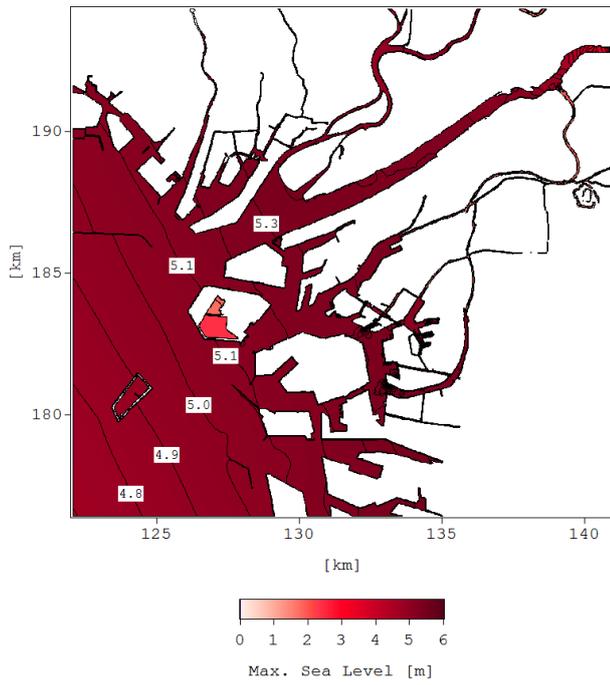


図-D.9 最高潮位 (海面上昇量: 0.82m)

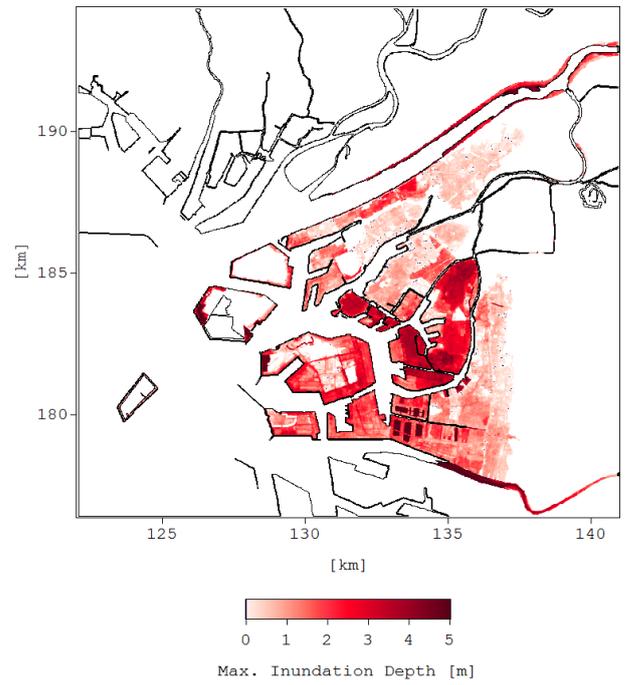


図-D.10 最大浸水深 (海面上昇量: 0.82m)

付録E 大阪港地域（河川流量あり）の解析結果

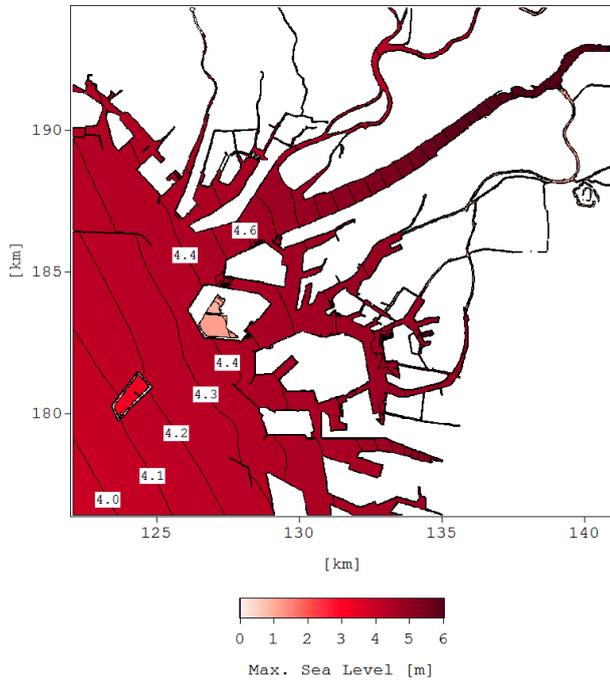


図-E.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

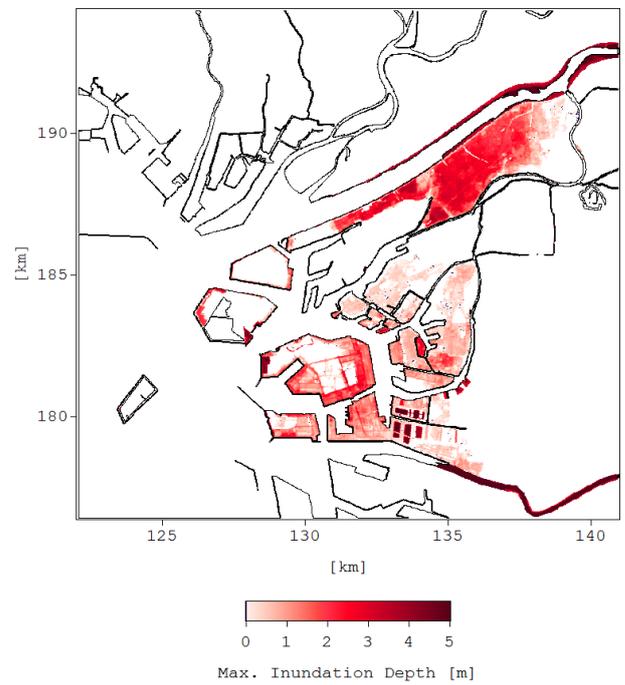


図-E.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

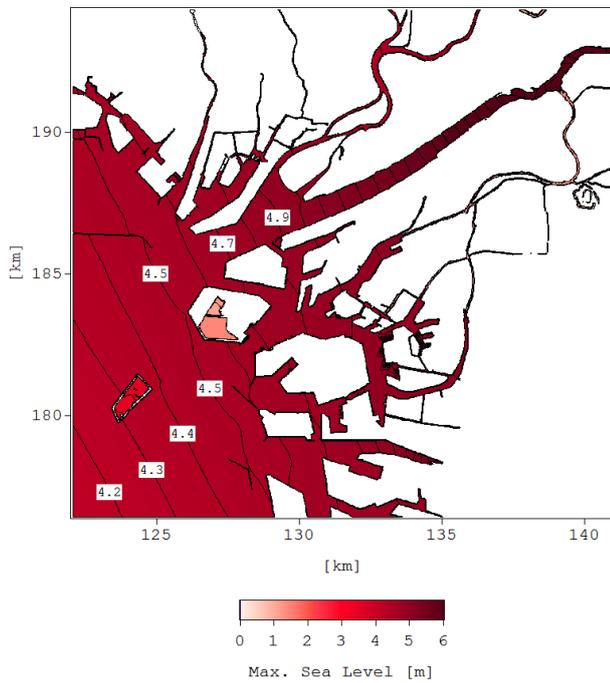


図-E.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

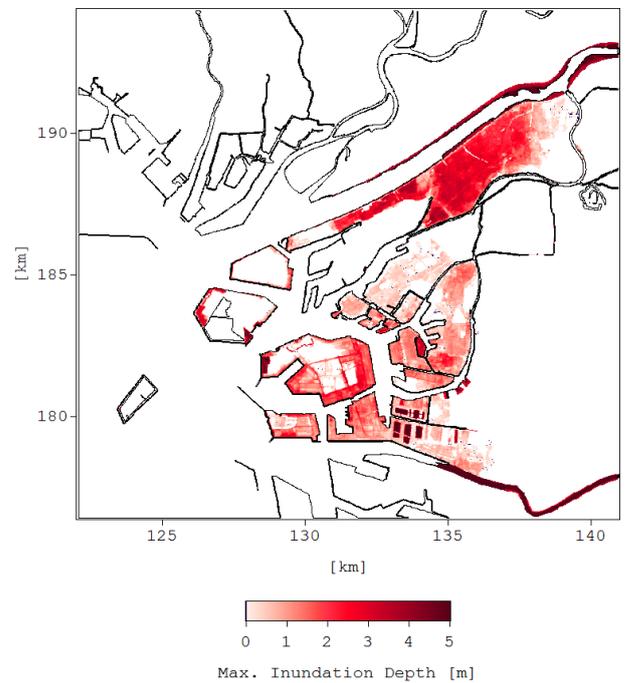


図-E.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

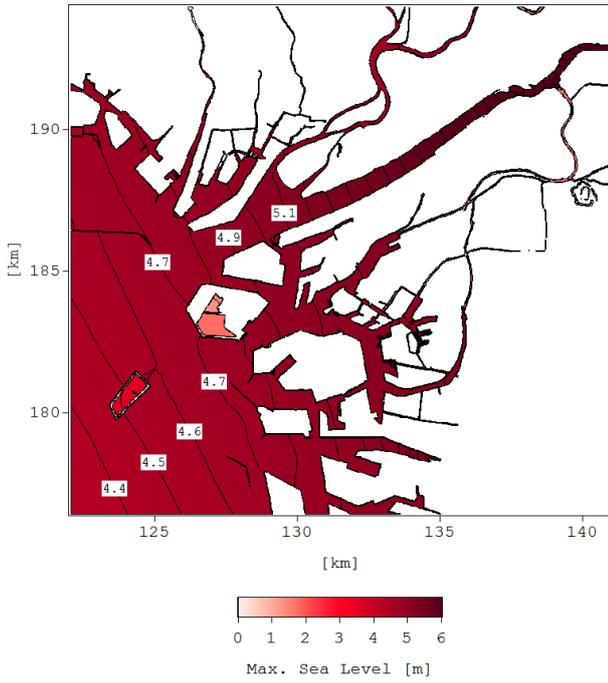


図-E.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

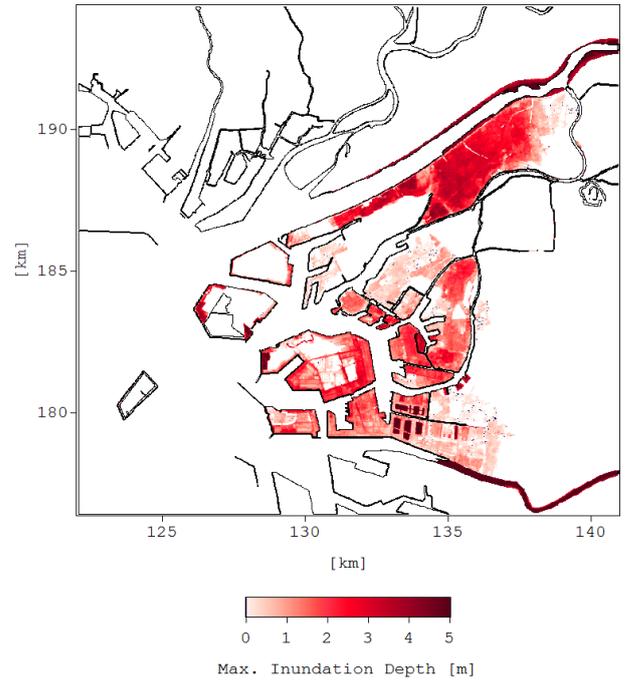


図-E.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

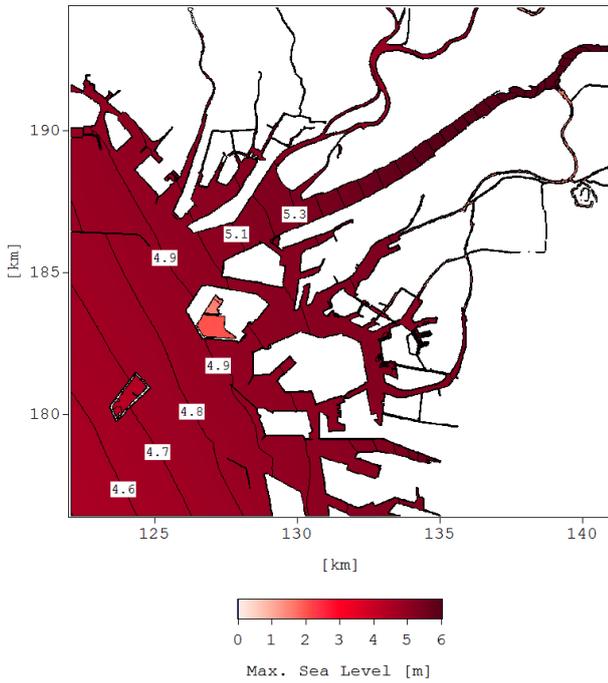


図-E.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

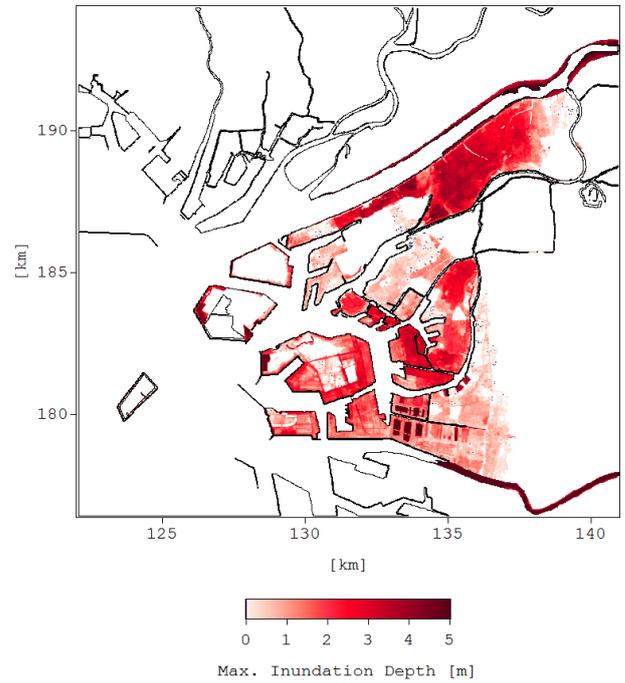


図-E.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

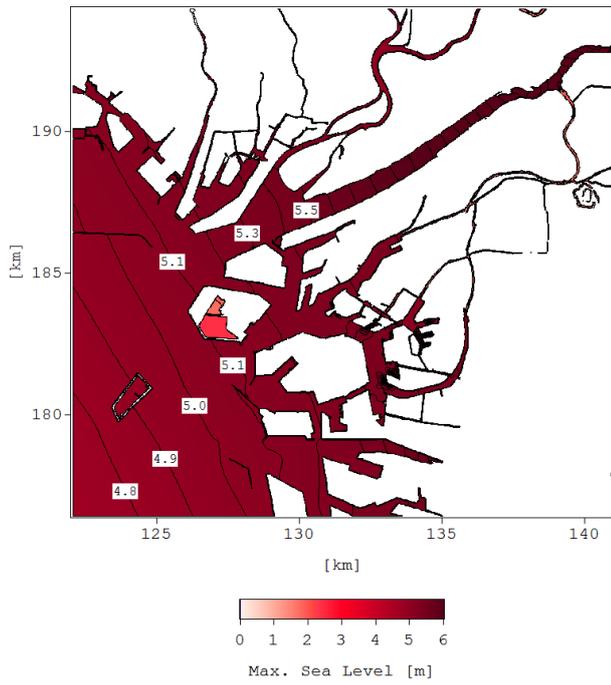


図-E. 9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

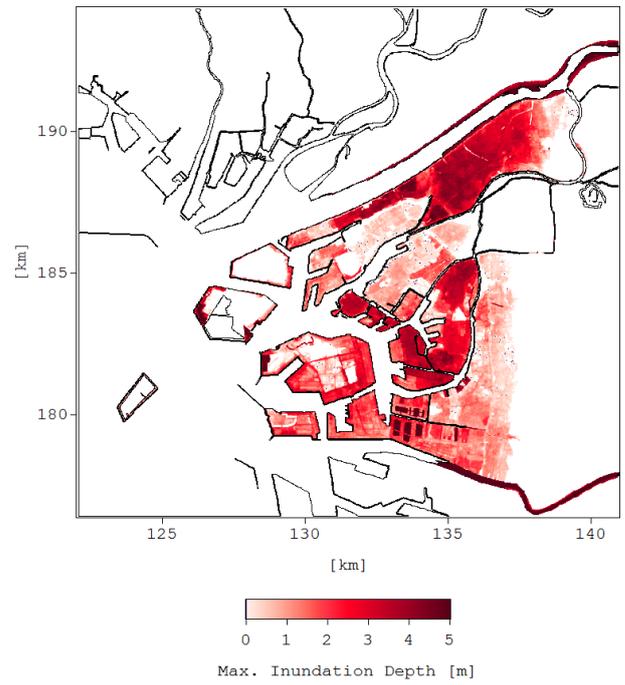


図-E. 10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録F 堺泉北港地域の解析結果

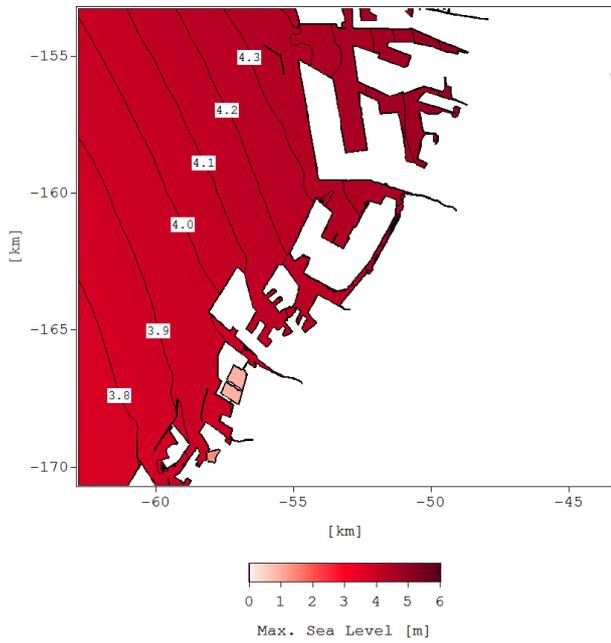


図-F.1 最高潮位 (海面上昇量: 0.00m)

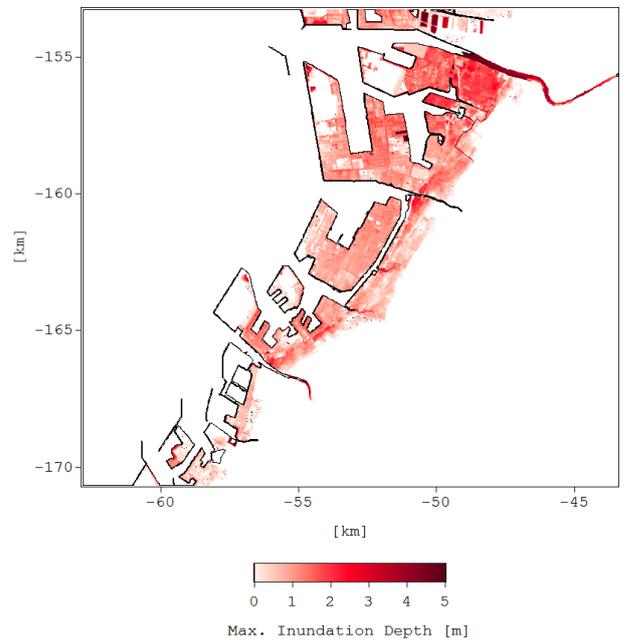


図-F.3 最大浸水深 (海面上昇量: 0.00m)

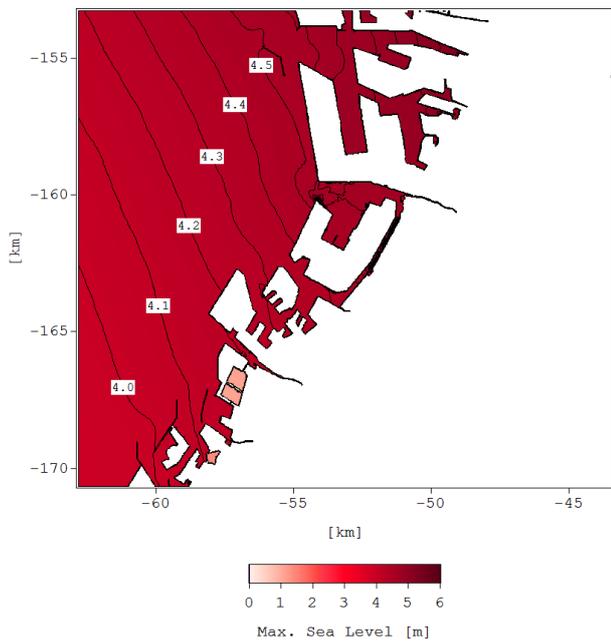


図-F.2 最高潮位 (海面上昇量: 0.20m)

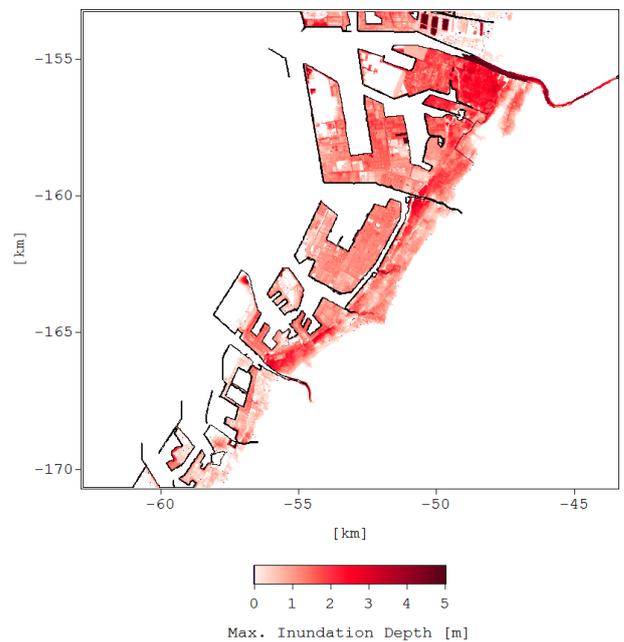


図-F.4 最大浸水深 (海面上昇量: 0.20m)

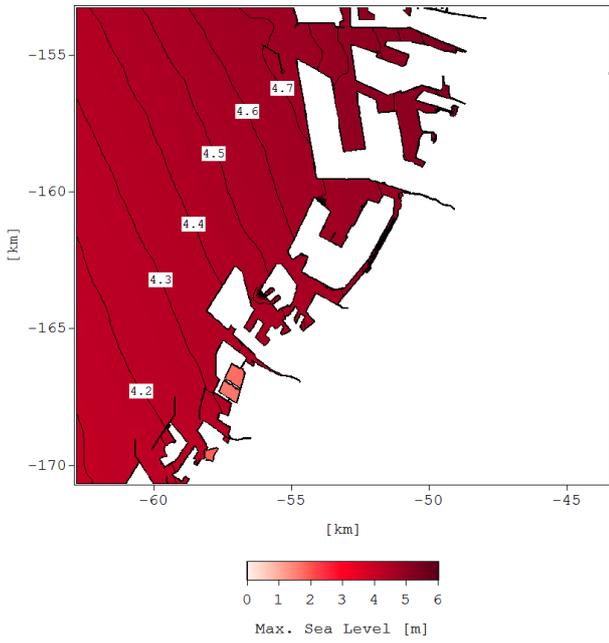


図-F.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

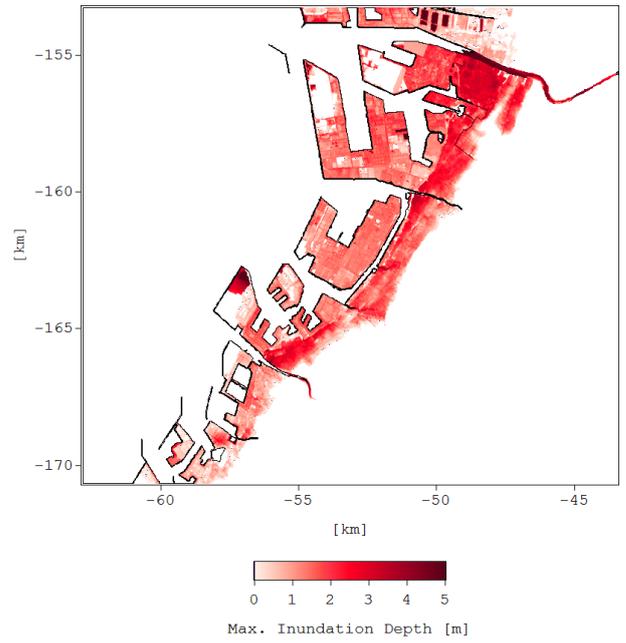


図-F.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

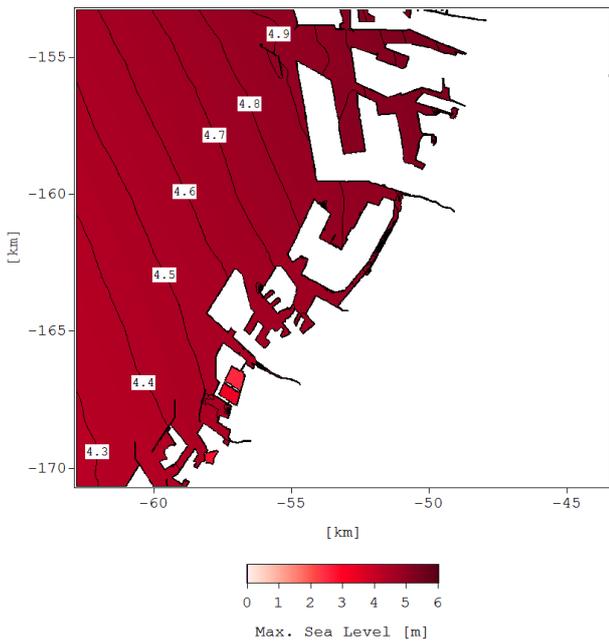


図-F.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

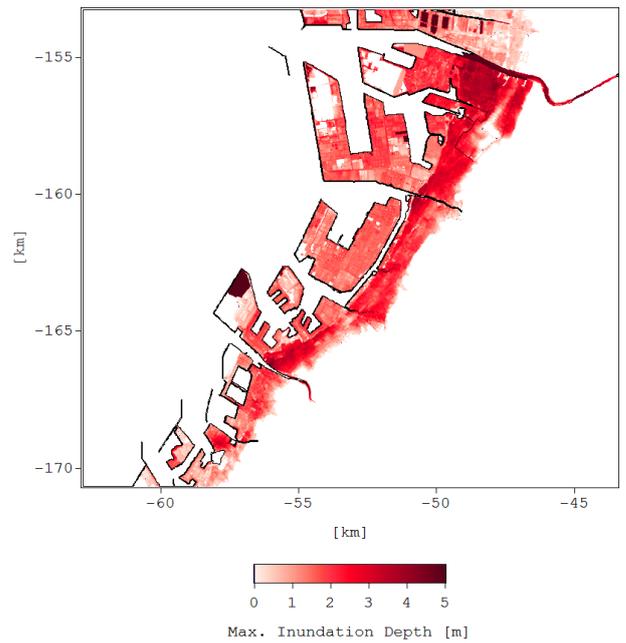


図-F.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

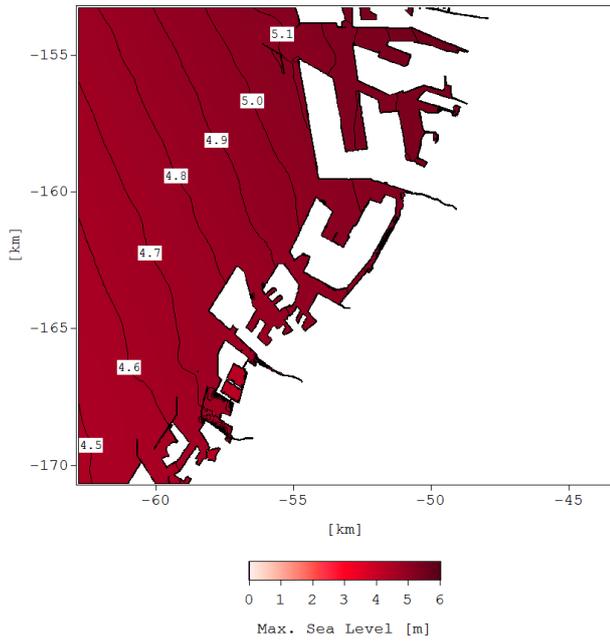


図-F.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

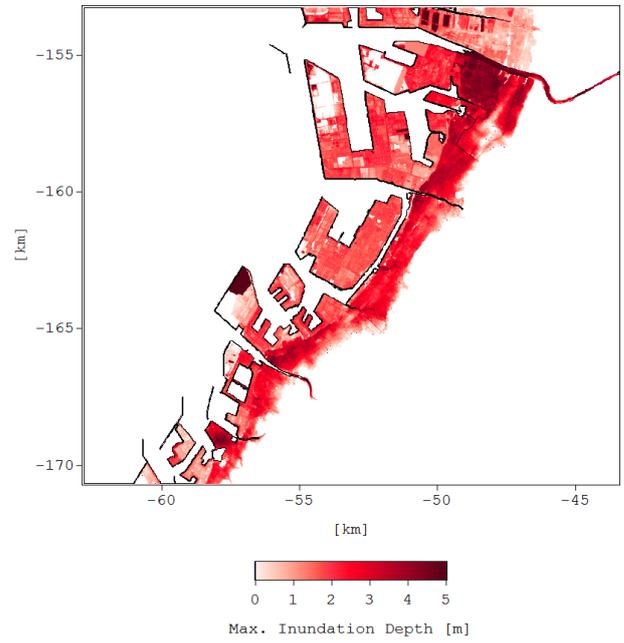


図-F.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録G 堺泉北港地域（河川流量あり）の解析結果

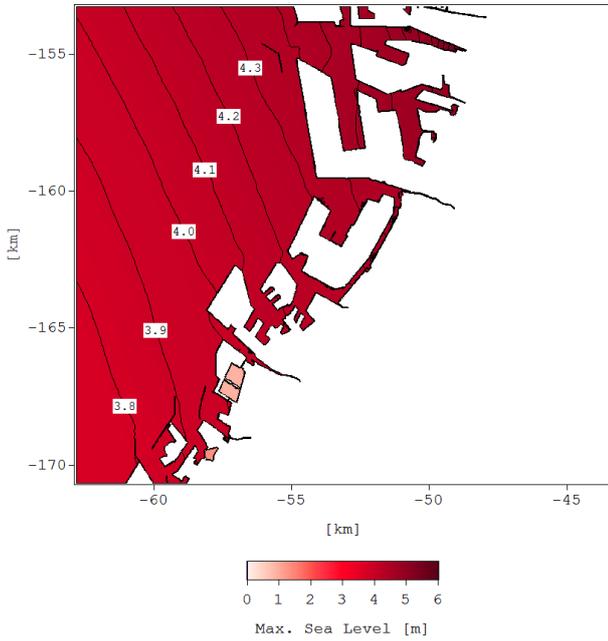


図-G.1 最高潮位（海面上昇量：0.00m）

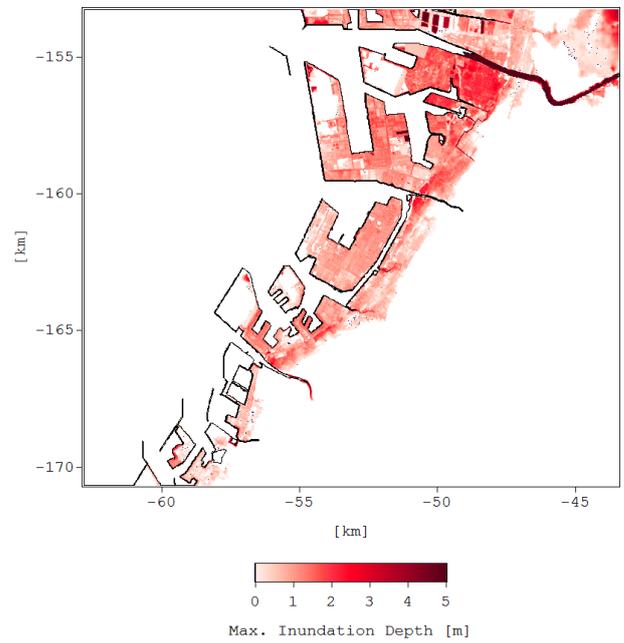


図-G.3 最大浸水深（海面上昇量：0.00m）

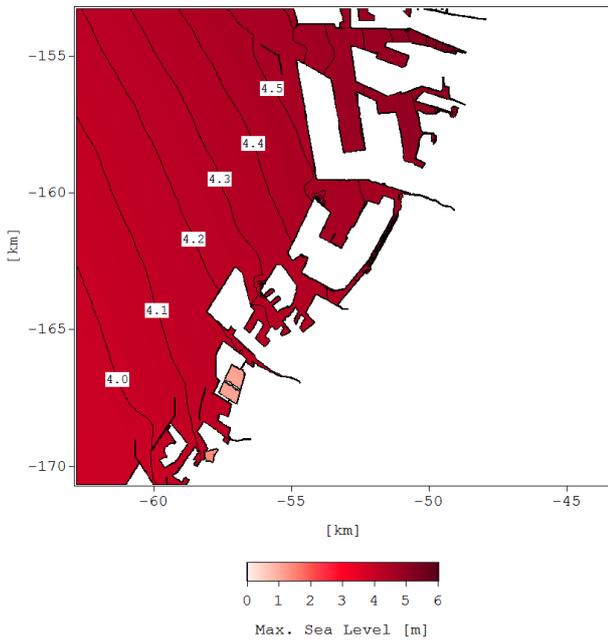


図-G.2 最高潮位（海面上昇量：0.20m）

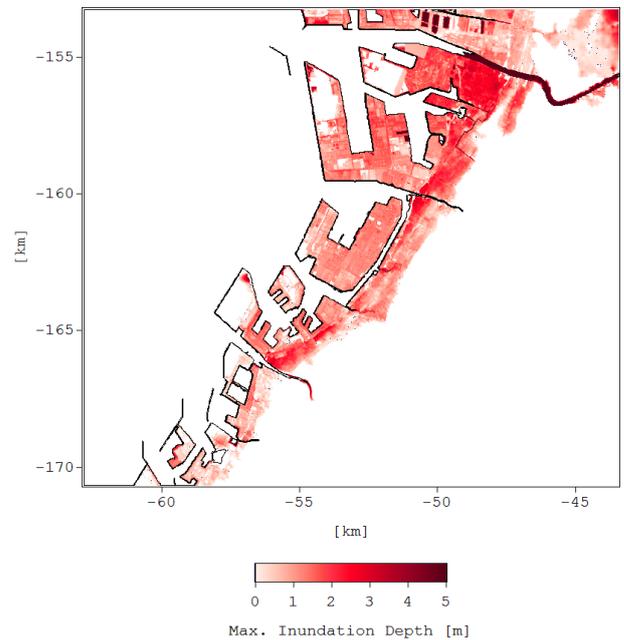


図-G.4 最大浸水深（海面上昇量：0.20m）

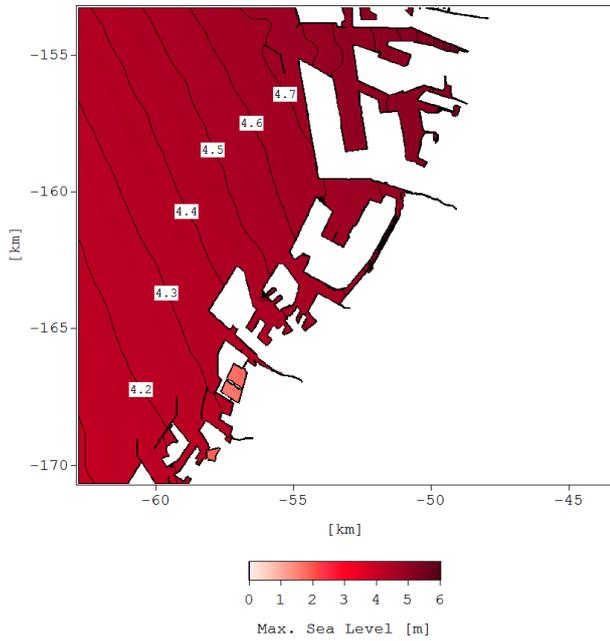


図-G.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

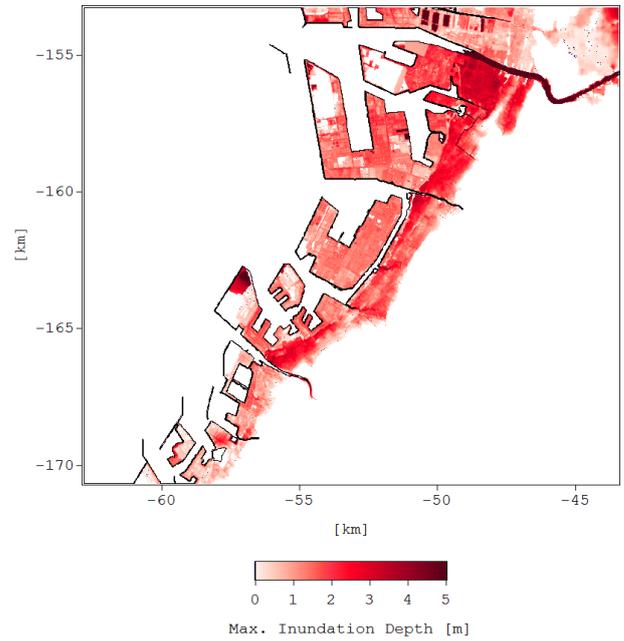


図-G.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

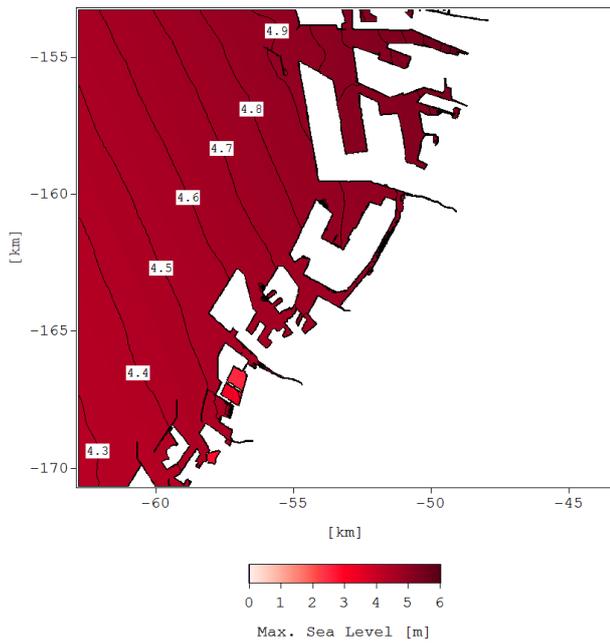


図-G.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

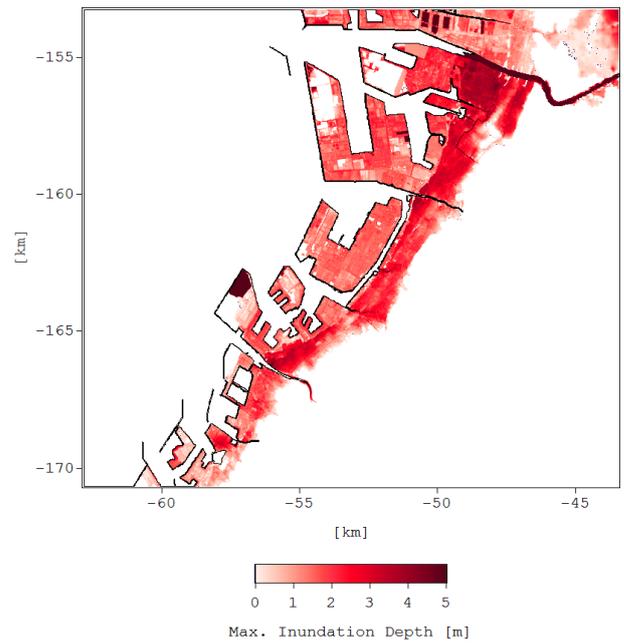


図-G.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

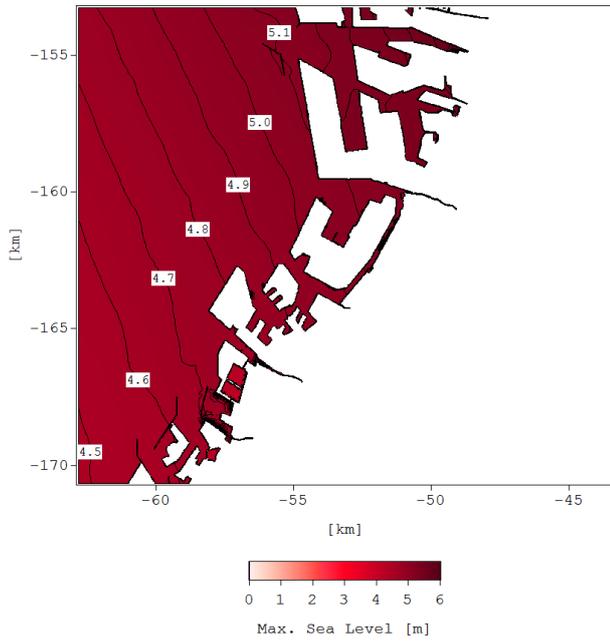


図-G.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

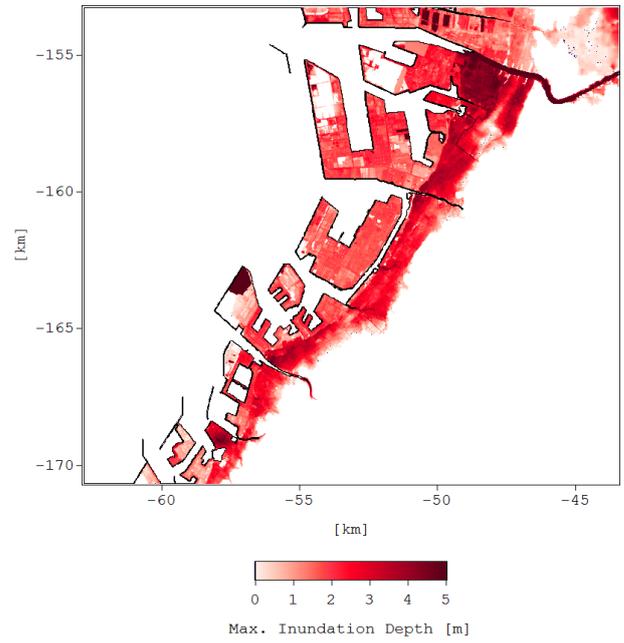


図-G.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

付録H 阪南港地域の解析結果

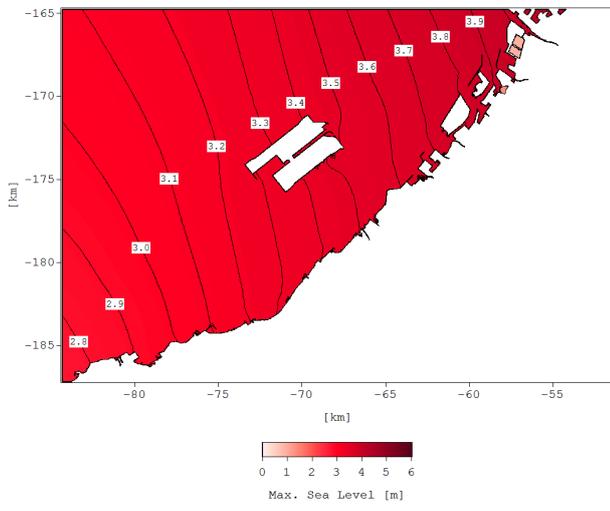


図-H.1 最高潮位 (海面上昇量 : 0.00m)

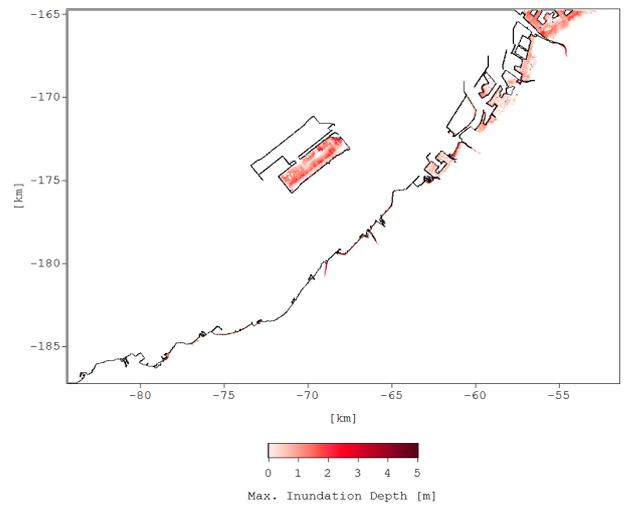


図-H.3 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.00m)

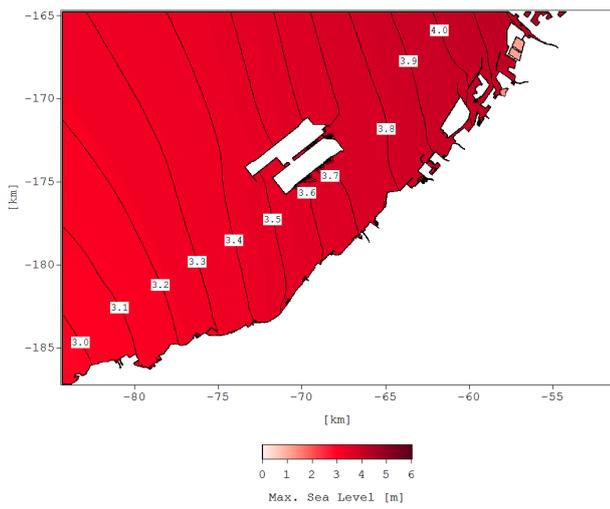


図-H.2 最高潮位 (海面上昇量 : 0.20m)

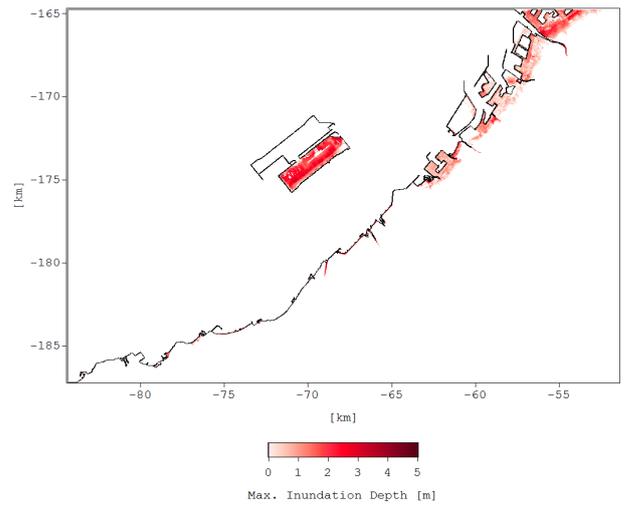


図-H.4 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.20m)

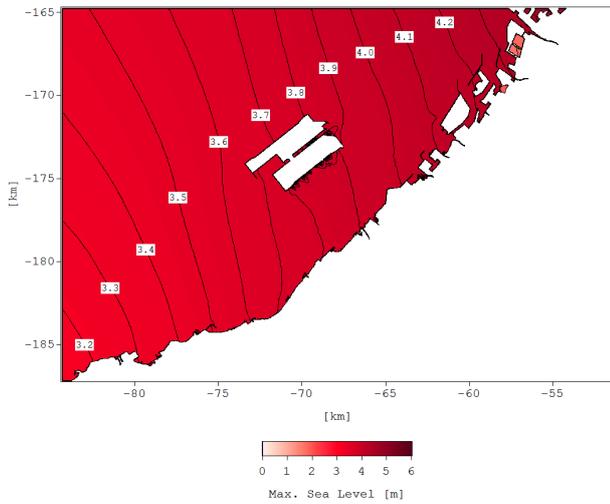


図-H.5 最高潮位 (海面上昇量: 0.40m)

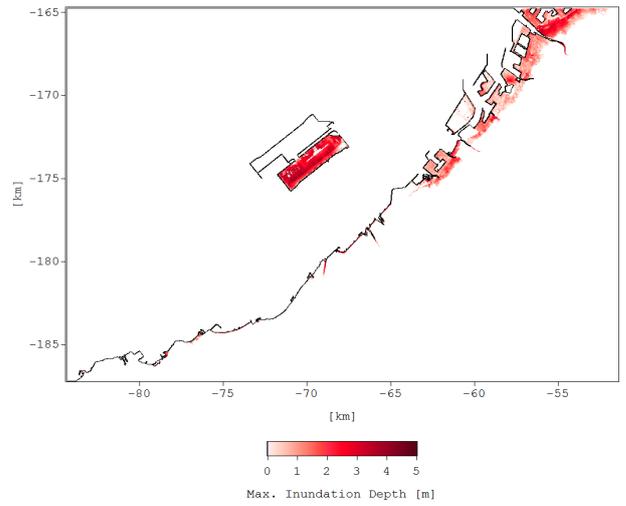


図-H.7 最大浸水深 (海面上昇量: 0.40m)

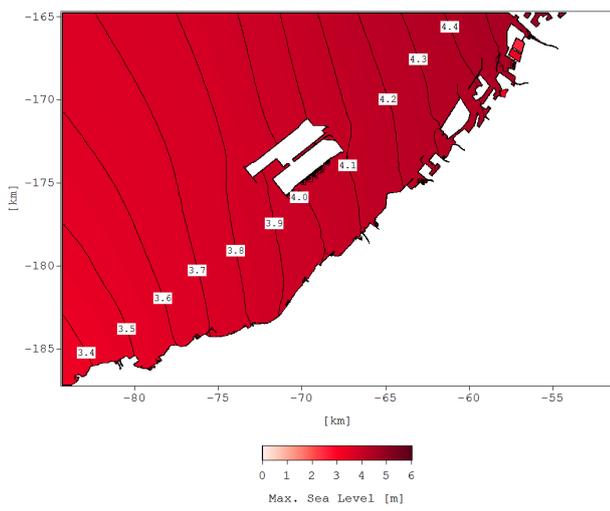


図-H.6 最高潮位 (海面上昇量: 0.60m)

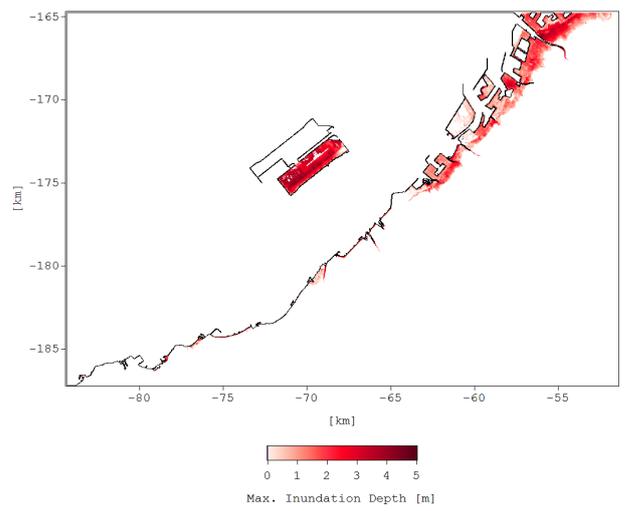


図-H.8 最大浸水深 (海面上昇量: 0.60m)

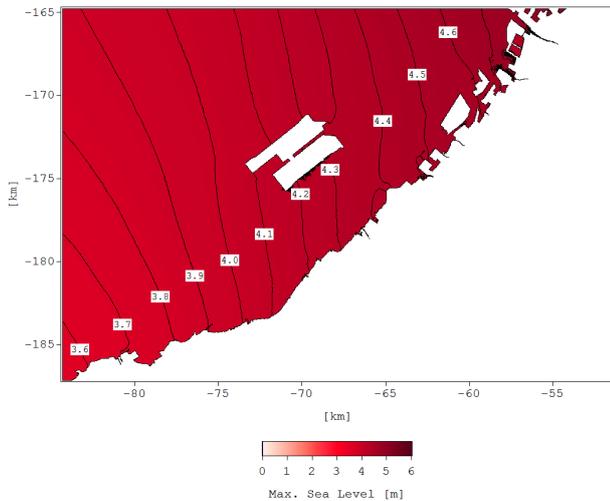


図-H.9 最高潮位 (海面上昇量 : 0.82m)

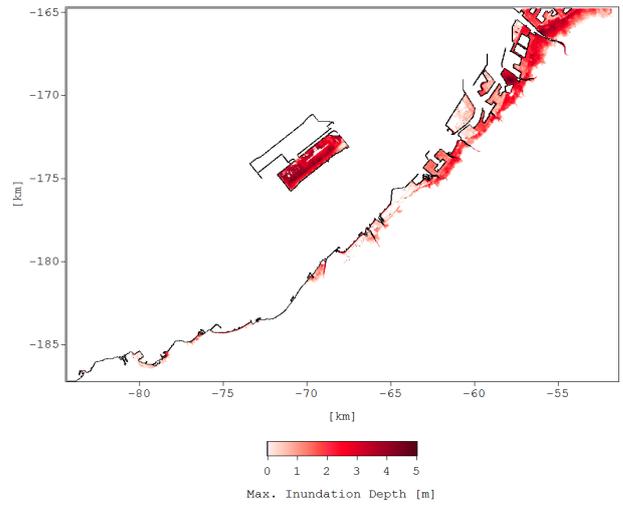


図-H.10 最大浸水深 (海面上昇量 : 0.82m)

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 990 October 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