

電力中央研究所 正員 筒井純一
 東京大学 正員 磯部雅彦

1. まえがき

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書によれば、現在のままCO₂が増え続けるという条件で気候モデルを用いたシミュレーションを行った結果、来世紀には10年当たり0.3±0.1°Cの気温上昇が起これと推定されている。モデルの不確実性や気候システムの複雑さのため、本当に温暖化が起これかどうかは意見の分かれる所であるが、現在様々な研究機関において気候モデルの改良が続けられており、今後の精度の高い予測が期待されている。一方、温暖化した場合の台風の発生頻度や強度については、理論的な最大強度は温度の上昇と共に強くなると予測した研究例もあるが、現在の解像度の粗い気候モデルでは台風のシミュレーションは困難であり、発生頻度や強度の変調については解明されていないと言える。

このように温暖化およびそれに伴う海面上昇や台風の巨大化といった気候変動予測については不確実性が大きいのであるが、それらが現実にとこった場合の災害規模は現在と比べてはるかに大きく、沿岸域の潜在的危険性は確実に増加していると考えられる。そこで本研究では、東京湾を対象に、現在の気象条件、および台風が巨大化した場合の条件で数値計算による高潮の予測を行い、巨大台風による高潮増大を定量的に評価し、さらに、高潮低減対策として湾口防潮堤の設置を提案して、その有効性を数値計算結果から確認する。

2. 高潮の数値解析手法

解析手法は筒井・磯部¹⁾に従っており、ここでは概要のみ示す。

高潮の支配方程式には浅水方程式を用いており、運動方程式および連続式はそれぞれ次のようである。

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} = -\frac{\partial(q_x^2/d)}{\partial x} - \frac{\partial(q_x q_y/d)}{\partial y} + f q_y - g d \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{d}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_x^s - \tau_x^b) + \nu_h \left(\frac{\partial^2 q_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q_x}{\partial y^2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} = -\frac{\partial(q_x q_y/d)}{\partial x} - \frac{\partial(q_y^2/d)}{\partial y} - f q_x - g d \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{d}{\rho} \frac{\partial p_a}{\partial y} + \frac{1}{\rho} (\tau_y^s - \tau_y^b) + \nu_h \left(\frac{\partial^2 q_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q_y}{\partial y^2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_y}{\partial y} \dots\dots\dots (3)$$

ここで q は線流量、 d は水深、 η は静水面からの水位上昇量、 p_a は大気圧、 ρ は海水密度、 g は重力加速度、 f はコリオリ係数、 τ^s および τ^b はそれぞれ海面および海底でのせん断応力、 ν は水平混合係数、 t は時間であり、水平座標 x および y が添字で用いられた場合はそれぞれ x 成分および y 成分であることを表す。

主要な外力である海面せん断応力については、モデル化した台風内風速場より海面抵抗係数を用いて計算する。風速場は、台風内の気圧に同心円状の分布を仮定し、それに対応する気圧傾度力による風と、台風の進行に伴う風とを加え合わせたものとする。台風の強度は中心気圧に反映させる。ここでは、台風の水平的な大きさは一定とし、風速のみが中心気圧の低下に伴って強くなる。境界条件は、海側境界では気圧降下による水位上昇分を強制水位として与え、陸側境界および防潮堤では法線方向の流速のみを0とする。計算開始時には台風は十分遠方にあり、防潮堤がある場合はその水門は解放されていると考え、初期の気圧分布に応じた水位上昇を与えておく。

3. 計算結果および考察

台風強度として伊勢湾台風クラスの中心気圧 940hPa（最大風速 34m/s）、および巨大台風を想定した 910hPa（最大風速 40m/s）の2ケース、防潮堤条件として、防潮堤なし、川崎・木更津間防潮堤、および観音崎・富津岬間防潮堤の3ケースを設定し、それぞれの条件で得られた高潮水位の分布を図1(a)～(f)に示

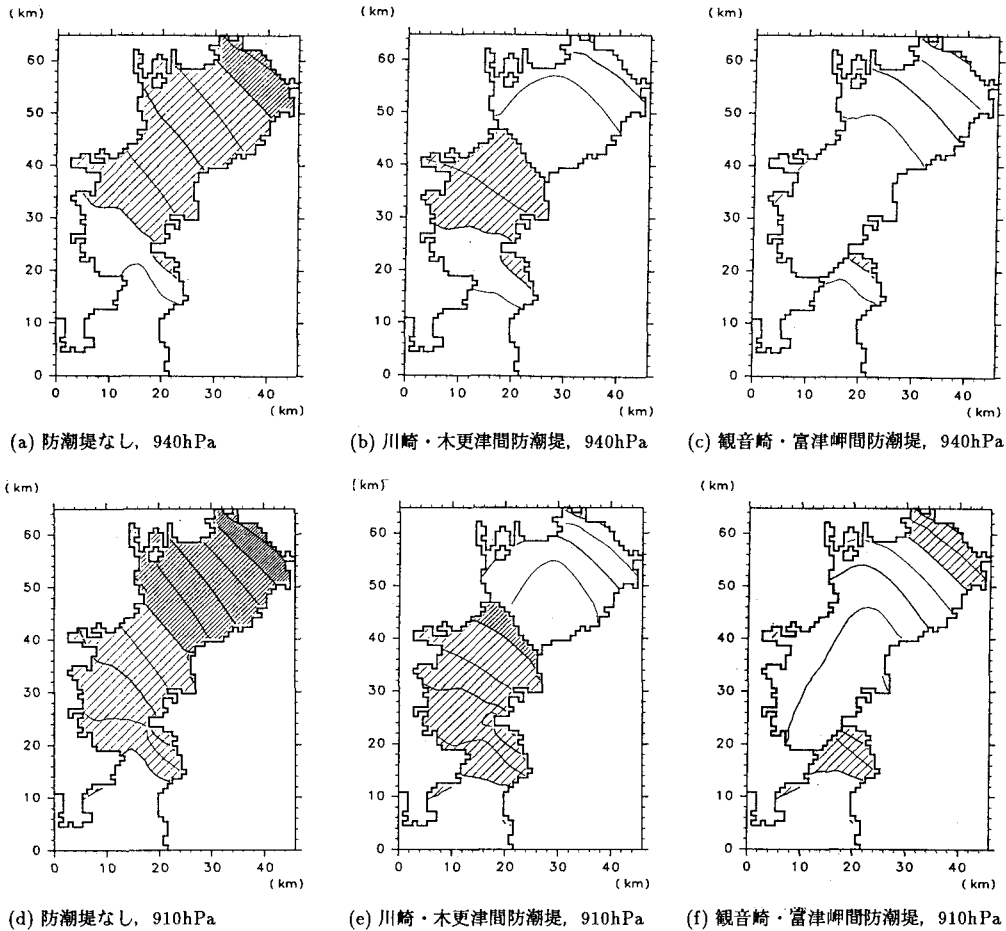


図1 高潮水位の分布. 等値線間隔は25cm, トーンがはられている領域はその密度の小さい方から順に, それぞれ水位が1~2m, 2~3m, 3m以上であることを示す.

す. なお, 台風の移動経路については, 風速分布および地形を勘案し, 危険側として湾の長軸に沿って進行する経路とし, 台風の無限遠方での気圧は1010hPaとしている.

防潮堤がない場合, 湾奥にいくほど高水位が生じ, 940hPa, 910hPaの中心気圧に対して, 湾奥でそれぞれ2.25m, 3.25mの水位が現れている. 川崎・木更津間に防潮堤を設けた場合は, 防潮堤の外側は防潮堤がない場合と変わらものの, 内側の水位は著しく低減されている. これに対して観音崎・富津岬間の防潮堤では, 東京湾全体にわたって水位低減効果が認められており, 巨大台風に対しても, ほぼ全域で1.5m以下の水位上昇に押えられている.

高潮の主要な成因である風による海水の吹き寄せに伴う水位上昇量は風速の2乗に比例し, 今回用いた台風内の風の場のモデルでは, 風速は中心気圧降下量の平方根にほぼ比例するので, 結局, 高潮水位は中心気圧降下量に比例することになり, 計算結果もこれを反映したものとなっている. また, 防潮堤による高潮低減効果は当然ながら防潮堤の位置によって特性が変わり, 東京湾については湾口に設けるのが効果的であることが確認された.

参考文献

- 1) 筒井純一・磯部雅彦: 地球温暖化後の東京湾における高潮の予測, 日本沿岸域会議論文集, No.4, pp.9-19, 1992.