

海岸線と平行な強風によって発生した 高潮に関する研究(2006年10月の温帯低気圧 による北海道東部沿岸の事例)

A CASE STUDY ON STORM SURGE IN THE EAST COAST OF HOKKAIDO, JAPAN,
DRIVEN BY STRONG SHORE-PARALLEL WIND ASSOCIATED WITH
OCTOBER 2006 EXTRATROPICAL CYCLONE

橋本孝治¹・吉野 純²・安田孝志³
Koji HASHIMOTO, Jun YOSHINO and Takashi YASUDA

¹正会員 修(工) (株)アルファ水工コンサルタンツ 技術部 (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

²正会員 博(理) 岐阜大学助教 大学院工学研究科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

³フェロー 工博 岐阜大学教授 大学院工学研究科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)

In this study, the physical mechanism of October 2006 storm surge in the east coast of Hokkaido, Japan, is examined by using a simple theoretical surge model. An approaching extratropical cyclone could generate abnormal high tide levels in Hanasaki even though along-shore (or shore-parallel) wind lasted nearly one day. Comparing to its features against the features of past typical storm surge events in Japan, its mechanism is considered to be different from the well-known type. In order to explain this unusual phenomenon, we introduce an analytical equation model including the Ekman transport term by which wind causes mass transport of 90 degree to the right of the wind not only due to the wind stress but also due to the earth's rotation. The analytical model can predict an increase of about 0.5m in high tide levels during 20 hours, which is consistent with present observations. The results suggest that the strong steady-state shore-parallel wind associated with a synoptic-scale extratropical system enables to generate a huge storm surge, even in coastal areas facing the deep open sea like the east coast of Hokkaido.

Key Words : Storm surge, Extratropical cyclone, Ekman transport

1. はじめに

北海道東部沿岸に大きな被害をもたらした温帯低気圧は、2006年10月5日12時に四国南方で発生し、台風16号から変わった熱帯低気圧からの暖かく湿った空気により急激に発達しながら本州の太平洋側を北東に進んだ。この低気圧によって銚子では94cmの潮位偏差を観測し、既往最高潮位より約50cm高いT.P.+151cmの高潮が発生したのをはじめとして、主に太平洋沿岸の各地で高潮位を観測した。北海道東部沿岸では7日から8日にかけて風が強まり、根室測候所では1939年以来最も強い最大瞬間風速42.2m/sを記録し、釧路および花咲(根室市)の検潮所では80mを越える潮位偏差を観測した。

主な被害は、高潮による海面上昇に伴い波が防波堤を容易に越波し、背後地が浸水したことによるものである。また、漁船が岸壁に打ち上がるなどの被害もあり、釧路・根室管内の水産被害額は40億円を上回り、この地域の高潮としては、これまでに類をみない大きな被害となった。根室市にある落石漁港

では過去30年で同種の被害が全く無かったとの報告があることから、通常起こりえない特異的な現象が発生し、被害の増大を招いたものと考えられる。

この事例における特異な現象の1つとして、今回の高潮は、海岸線に平行に吹く風によって発生しており、これまでの一般的な高潮の発生機構と異なる点が挙げられる。海岸線に平行な風により水位上昇が生じるためには、エクマン輸送による岸向きの水塊輸送が生じる以外には説明は困難であり、地球の自転効果が高潮発生の一因となっている可能性がある。海洋学的スケールでは、海岸線と平行な向きの季節風によってエクマン輸送が発生し、異常潮位を示すことはよく知られているが(例えば、宇野木¹⁾)、台風や温帯低気圧などの移動性の気象擾乱による事例報告は殆どなく、しかも高潮被害にまでつながった事例報告は全く見受けられないことから、今回の高潮事例の特異性・異常性が分かる。

本研究は、この地域における地盤沈下や地球規模の気候変動など、高潮に対する危険度が增大している現状を鑑み、今後の高潮防災対策の一助とするこ

とを目的として、この事例（以降、10月低気圧とよぶ）に伴う北海道東部沿岸の高潮被害を例に、新たな外洋型の高潮発生機構について検討を行った。図-1に、検討に際し使用した主な観測データの観測所位置を示す。

2. 北海道東部沿岸の海域特性

(1) 高潮リスクの変化

近年、地球温暖化に伴う海水面の上昇や顕著な気象災害が世界中で発生するなどの気象の変化が懸念されている。IPCC 第三次評価報告書によると、①台風などの熱帯低気圧の最大風速と平均降水量や最大降水量が増大する可能性が高い地域がある、②地球の平均海面水位は、1990年から2100年までに0.09~0.88m上昇すると予測される、などと言った報告がなされている²⁾。また、平成19年4月には、IPCC 第四次評価報告書第二作業部会報告書の政策決定者向け要約が承認され、この中で、2080年代には、人口が密集しているアジアなどを中心に、海面上昇に伴う洪水リスクに直面するとの予測が述べられている。このように、北海道東部沿岸に限らず、世界的に高潮リスクの増加が懸念される状況にある。

一方、北海道東部沿岸について見ると、これまでに根室沖や釧路沖、十勝沖で大規模な地震が発生しており、地震に伴う地殻変動によって地盤沈下が顕著となっている³⁾。図-2は高潮災害を増大させる基準点からの海面上昇量の時系列である。同図より、過去40年の間で約50cmもの地盤沈下が生じたことが確認できる。近年では、1993年1月15日の釧路沖地震によって約20cmの地盤沈下が生じている。このように、北海道東部沿岸においては、地盤沈下に伴って長期的に高潮リスクが増加している。なお、国土院が実施した2002年の水準点の見直しにより、当該海域では-30~-40cm程度の標高の改訂がなされている。

以上のように北海道東部沿岸は、地球温暖化に伴う気象的要素と地震に伴う地殻変動的要素の二重の面で高潮リスクが増大している海域であると言える。

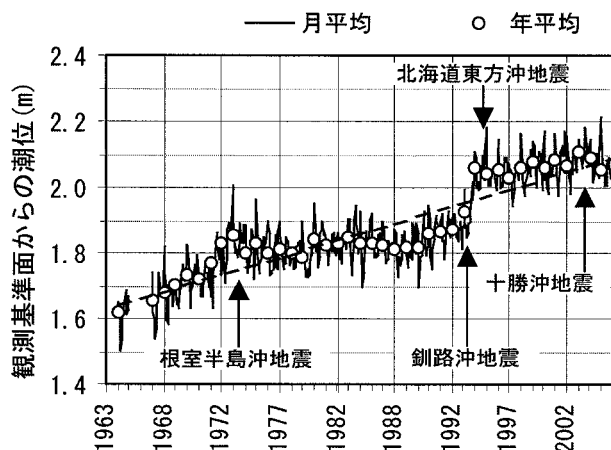


図-2 花咲の月平均潮位の推移

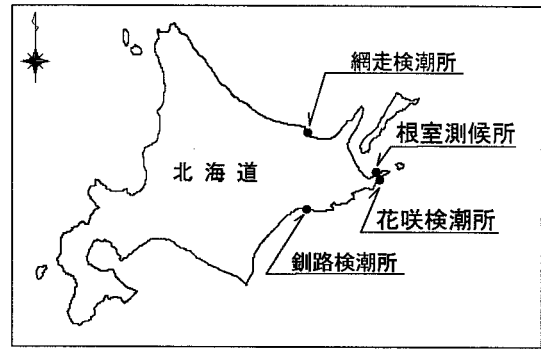


図-1 観測所の位置

(2) 潮位偏差の発生特性

ここで、2002年から2006年までの5ヶ年間にわたる花咲検潮所および根室測候所の毎正時観測データより、この地域における高潮位偏差の発生時における気象特性について考察する。

図-3は、潮位偏差が30cm以上となったときの(a)気圧低下量、(b)風速、(c)風向との関係を示す。気圧低下量は、海面気圧-1013(hPa)として算定した。また、風速は、高度補正を行っていない観測値であり、風向は、海岸線に直角で海から吹く方向を基点として時計回りに風向 α ($^{\circ}$)を与え、 $\sin\alpha$ として取りまとめた。なお、潮位偏差が30cm以上となる出現頻度は、全データに対して0.5%程度である。

同図(a)を見ると、気圧低下量の最大値は約30hPaである。しかし、潮位偏差のピークは気圧低下量が20~25hPa付近に広く現れており、両者は必ずしも

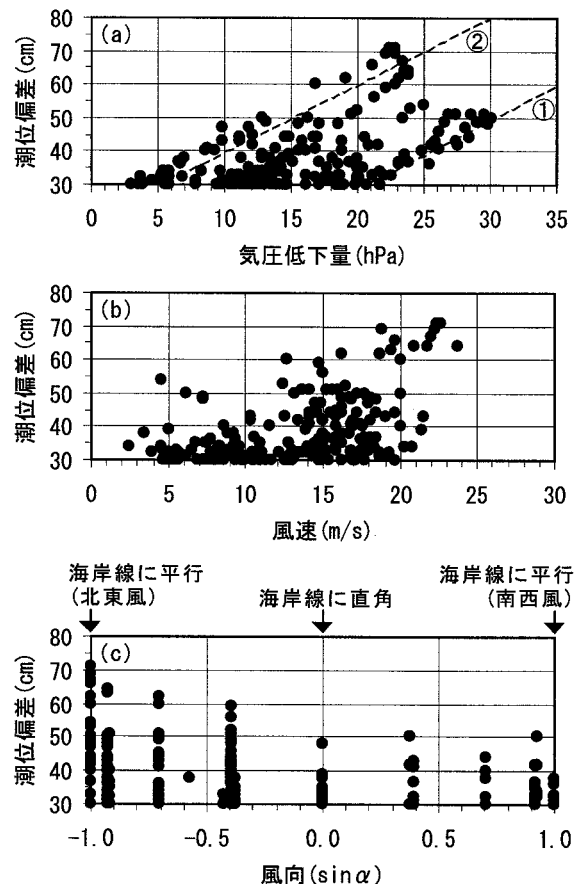


図-3 潮位偏差と気象要素の関係

単純な線形の関係にはない。図中に示す①と②の直線付近に分布が集中しており、おおよそ2つのパターンに大別できることが確認できる。①の直線は、台風や温帯低気圧といった気象擾乱の中心が北海道東部沿岸に比較的近く、気圧による吸い上げが卓越しているケースであり、逆に②の直線は、気象擾乱の中心から距離があるものの、風による吹き寄せの方が卓越しているケースであると考えられる。

同図(b)を見ると、風速の増大に伴い潮位偏差が単調に増加する傾向が確認できる。このことから、当該海域では、潮位偏差に及ぼす気象要素として気圧よりも風の影響が大きいことがうかがえる。

また、同図(c)を見ると、潮位偏差の増加をもたらす風向は、海岸線に直角な方向というよりはむしろ、海岸線に平行な方向で北東寄りの風であることが分かる。一般的に高潮時には、海岸線に直角な方向に吹く風により海水が吹き寄せられ水位の上昇が生じるものと考えられるが、当該海域では、これとは別の機構によって水位上昇が発生しているものと推察される。なお、北東寄りの風は、海岸線を右手に進む吹送流を発生させる向きであることから、コリオリ力の作用によるエクマン輸送に起因した岸方への水塊輸送が生じている可能性が考えられる。

次に、表-1は、花咲検潮所の他に、同検潮所に近く、かつ同一の気象擾乱の影響を受けると考えられる釧路および網走検潮所を加えた3検潮所における潮位偏差と高潮外力との相関分析の結果を示す。分析対象としたデータは、いずれも2002年から2006年までの毎正時値であり、釧路検潮データには釧路測候所の気象データを、網走検潮データには網走測候所の気象データを用いた。また、高潮外力としては、気圧低下量(DATA1)、海岸線に直角成分の風せん断力(DATA2; 岸に向かう方向を正)および海岸線に平行成分の風せん断力(DATA3; 海岸線を右手に吹く方向を正)の3要素とした。

これらの結果より、全データを対象とした場合には、全ての地点においてDATA1で相関が高く、常時の潮位偏差は気圧低下量が支配的であることが分かる。一方、偏差30cm以上のデータに限ると、DATA1の相関が低下し、DATA2およびDATA3の相関が高くなり、擾乱時には風の影響が増加することが分かる。また、釧路では花咲同様に海岸線に平行な風で潮位偏差が高くなる傾向を、逆に網走では

海岸線に直角な風で潮位偏差が高くなる傾向を示している。

以上より、花咲や釧路などの北海道東部沿岸では海岸線に平行な風によって潮位偏差が増加しやすい傾向があり、一般的な高潮発生機構と異なっていると言える。また、気象擾乱の中心が沿岸部に接近もしくは直撃するケースよりも、ある程度離れたケースで潮位偏差が増大する可能性があることから、高潮防災上、これまでとは別の視点の警戒が必要になると言える。

3. 10月低気圧の事例

(1) 温帯低気圧の概況

温帯低気圧は、2006年10月5日12時に四国南方で発生し、日本列島南岸を北東へ進んだ。図-4は、気象庁発表の地上天気図である。10月7日9時には、低気圧の中心は鹿島沖にあり、中心気圧は972hPaである。1日後の8日9時には、低気圧の中心は北海道東部沿岸沖に移動し、中心気圧は968hPaとなる。なお、中心気圧の最低値は、7日21時および8日3時の964hPaである。低気圧の水平スケールは非常に大きく、北海道東部沿岸では24時間以上にわたり等圧線の込んだ低気圧の影響下にあったことが分かる。また、北海道東部沿岸は、本州南岸などの他海域とは異なり、長時間同一方向からの強い風が卓越する状況下にあったことがうかがえる。

この低気圧による花咲検潮所の最高潮位は、8日

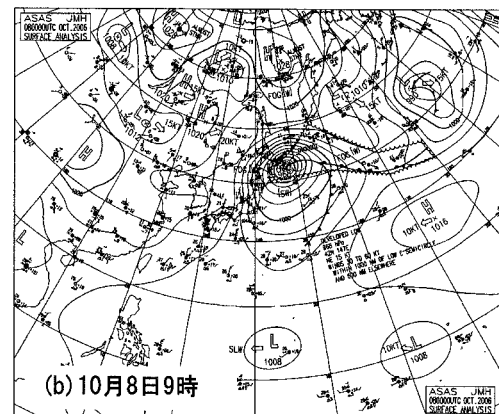
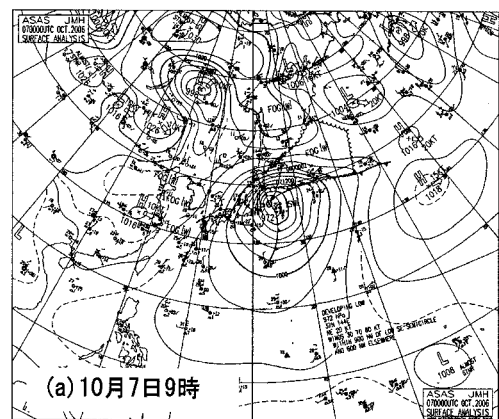


図-4 気象庁天気図, (a)10月7日9時, (b)10月8日9時

表-1 潮位偏差と高潮外力の相関係数

		DATA1	DATA2	DATA3
		気圧低下量	海岸線に直角	海岸線に平行
釧路	全データ	0.88	0.07	0.05
	30cm以上	0.55	0.37	0.42
花咲	全データ	0.88	0.10	0.11
	30cm以上	0.54	0.32	0.55
網走	全データ	0.86	0.04	0.02
	30cm以上	0.25	0.84	0.57

3時58分に記録された既往最高潮位と同値のT.P.+134cmであった。ただし、前述した水準点の改訂を踏まえると、既往最高潮位より30~40cm程度高い高潮が発生していたものと推察される。

(2) 花咲における高潮発生状況および特異性

表-2は、10月低気圧によってもたらされた高潮の発生状況を示し、潮位偏差が大きかった上位5地点について整理したものである。表中の最高潮位発生時付近の主たる海上風向は、NCEP 全球大気客観解析値 Final Analyses に基づいている。図-5にその一例として、花咲検潮所で最高潮位を記録した時刻に最も近い10月8日3時の海上風の風速ベクトルを示す。表-2より10月低気圧時の最高潮位について見ると、銚子および能登で既往最高潮位偏差を更新するとともに、釧路および花咲で既往最高潮位偏差と同値、網走で若干低いもののほぼ同値である。つまり、10月低気圧は、広範囲にわたって高潮を発生させる異常な気象擾乱であったと考えられる。

また、銚子、能登および網走では、海岸線に直角な海上風が卓越している。しかし、釧路および花咲では、海岸線に平行な海上風が卓越しており、両者の高潮発生機構が異なるものと推測される。当該海域では他海域と異なる特異な現象により潮位が上昇したものと考えられる。

次に、図-6は、10月低気圧時における花咲検潮所の潮位偏差と根室測候所の気圧低下量および風速・風向の時系列を示す。同図より7日12時から8日6時の変化について見ると、気圧低下量が直線的

に増加し、これに対応して潮位偏差も直線的に時間に比例して増加していることが分かる。また、風速は20m/s程度でほぼ一定で、風向も海岸線に平行な北東方向が卓越しており、当該海域では長時間継続的に一定な風が作用していたことが分かる。

これより、風速・風向がほぼ一定の条件下で気圧低下量以上に潮位偏差が増加したことを踏まえ、花咲における高潮発生機構を推察すると、①海岸線を右手とする海上風が20時間以上継続的に作用し、②これに伴い定常的な吹送流の場が形成され、③定常状態が長時間継続したことでコリオリ力が卓越し、④このため、エクマン輸送に起因した岸方向への水塊輸送が発生し、潮位偏差の増大をもたらしたものと考察できる。また、風向が大きく変化する8日12時以降、潮位偏差は緩やかに減少しており、風向変化に伴う定常状態の破綻を意味しているものと考えられる。

以上より、北海道東部沿岸で発生した10月低気圧の高潮は、海岸線に平行な風が長時間継続したことによるものであり、従来の高潮発生機構とは異なる特異な現象と考えられる。

4. 海洋学的スケールでの風による潮位上昇量

ここでは、10月低気圧による高潮の発生機構として、「エクマン輸送」に伴う潮位上昇が原因の1つとして説明可能であるか否かについて、宇野木¹⁾を参考に理論的な考察を行う。

表-2 10月低気圧による高潮の発生状況(潮位偏差上位5地点)

地点	10月低気圧					既往最高潮位	
	最大潮位偏差		最高潮位		最高潮位発生時付近の主たる海上風向	潮位	起時
	偏差	起時	潮位	起時			
銚子	94cm	10/6 23:07	T.P.+151cm	10/7 03:29	NE方向(海岸線に直角)	T.P.+108cm	1991/10/13 17:25
釧路	92cm	10/8 06:49	T.P.+122cm	10/8 15:17	NE方向(海岸線に平行)	T.P.+122cm	1994/02/22 10:40
能登	89cm	10/8 21:45	T.P.+122cm	10/8 21:45	N方向(海岸線に直角)	T.P.+118cm	2003/12/20 15:02
花咲	86cm	10/8 03:58	T.P.+134cm	10/8 03:58	NE方向(海岸線に平行)	T.P.+134cm	1994/02/22 11:00
網走	86cm	10/8 08:30	T.P.+114cm	10/8 14:27	NE方向(海岸線に直角)	T.P.+119cm	1981/12/14 15:55

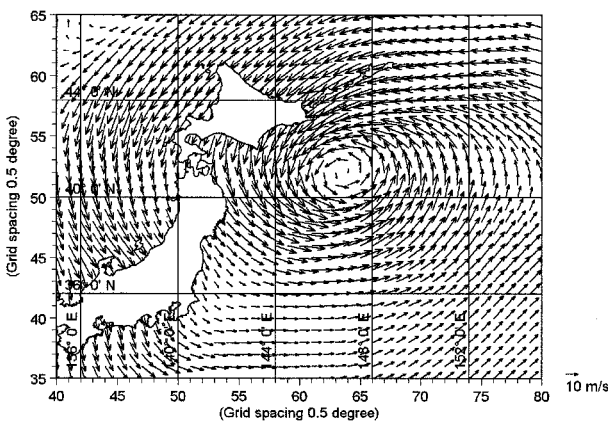


図-5 10月8日3時の海上風の風速ベクトル(NCEP全球大気客観解析値Final Analysesより)

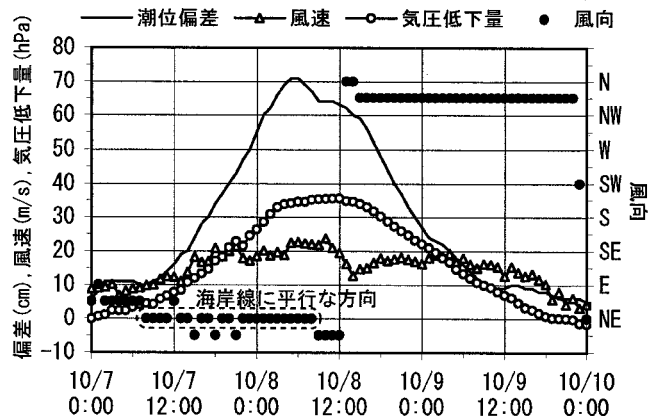


図-6 花咲の10月低気圧時の状況(毎正時値)

(1) 10月低気圧の時空間スケール

まず、10月低気圧の時空間スケールを評価し、エクマン輸送が卓越できるか否かについて検討する。

コリオリ力を無視できない空間スケールを評価するためには、コリオリ力と重力の作用が均衡して地衡流バランスが成立するときの代表的な空間スケールである次のロスビーの変形半径 λ_R ,

$$\lambda_R = \sqrt{gh}/f \quad (1)$$

が重要となる。ここで、 g は重力加速度、 h は水深、 f はコリオリの係数である。

また、風が吹き始めてから定常に近い状態になるのに要する時間の目安として、次の慣性周期 T_i ,

$$T_i = 2\pi/f \quad (2)$$

が重要なパラメータとなる。

表-3 は、花咲検潮所の緯度 $\phi = 43.28^\circ$ における諸量を式(1)および式(2)より算定し、10月低気圧の時空間スケールと比較し示す。10月低気圧の空間スケールは、花咲検潮所より北東で一樣な北東風が形成されている範囲として図-5より読み取り、時間スケールは、北東風が吹き始める7日8時から潮位偏差がピークとなる8日4時の間として設定した。

これより、10月低気圧の時空間スケールはロスビーの変形半径ならびに慣性周期を上回るスケールであったことが分かる。よって、10月低気圧時には定常な吹送流が形成され、コリオリ力が卓越しやすい状況であったものと推察される。

表-3 10月低気圧の時空間スケール

	空間スケール	時間スケール
算定値	990 km	17.5 hr
10月低気圧	1000 km	21.0 hr

(2) 簡易的な高潮算定モデル

a) 基礎方程式

ここでは、宇野木¹⁾に基づき、直線状の海岸を持ち一様な水深の海を考える。 y 軸を海岸線に沿って、 x 軸を沖方向、 z 軸を水深方向に取り、基礎方程式系として次の運動方程式と連続方程式を考える。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + K_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + K_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (5)$$

ここで、 η は海面の変位、 K_z は渦動粘性係数である。また、境界条件は次式となる。

$$(\tau_x, \tau_y) = [\rho K_z \partial \bar{v} / \partial z]_{z=0}, (\tau_{bx}, \tau_{by}) = [\rho K_z \partial \bar{v} / \partial z]_{z=-h} \quad (6)$$

ここで、 (τ_x, τ_y) は海面に働く風の応力、 (τ_{bx}, τ_{by}) は海底に働く海水の応力、 ρ は海水の密度である。

そして、静止している海で、時刻 $t=0$ に一定の強さの風が吹き出した場合を考え、海岸線に平行な方

向の運動は一樣と仮定する。また、取扱いを簡単にするため海底摩擦を無視し、式(3)と式(4)から v を消去し、式(5)から u を消去すると、

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + f^2 \eta = C^2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}, \quad C = \sqrt{gh} \quad (7)$$

となり、潮位変動に関する式が求まる。

b) 海岸線に直角に風が吹く場合

海岸線に直角に風が吹き始める場合を考えると、風の応力は、 $[\tau_x = 0]_{x < 0}, [\tau_x = \text{const.}]_{x > 0}, [\tau_y = 0]_{-\infty < x < \infty}$ となり、海岸線 $x=0$ での条件は以下ようになる。

$$\left[\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\tau_x}{\rho gh}, u = v = 0 \right]_{x=0} \quad (8)$$

式(8)の境界条件を満たす式(7)の漸近解は、ラプラス変換によって求まり、さらに、時間が十分に経過した場合 ($ft \gg 1$)、次のように与えられる。

$$\eta = -\frac{\tau_x}{\rho f C} \left\{ e^{-x/\lambda_R} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\sin(ft - \pi/4)}{\sqrt{ft}} \right\} \quad (9)$$

この漸近解は2つの項からなり、第1項は定常な風による吹き寄せ(潮位上昇)で、第2項は時間とともに減衰する慣性振動である。

c) 海岸線に平行に風が吹く場合

次に、海岸線に平行な風が吹き始める場合を考える。風の応力は、 $[\tau_y = 0]_{x < 0}, [\tau_y = \text{const.}]_{x > 0}, [\tau_x = 0]_{-\infty < x < \infty}$ となる。 η に関する基礎方程式は式(7)と同じであるため、 $\tau_x = 0$ および $[u]_{x=0} = 0$ を考慮すると、海岸線 $x=0$ での条件は以下ようになる。

$$\left[\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\tau_y}{\rho gh} ft, v = \frac{\tau_y}{\rho h} t \right]_{x=0} \quad (10)$$

式(10)の境界条件の下での漸近解は、次のように与えられる。

$$\eta = -\frac{\tau_y}{\rho f C} \left\{ f t e^{-x/\lambda_R} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\cos(ft - \pi/4)}{\sqrt{ft}} \right\} \quad (11)$$

ここで、式(11)を式(9)と比較すると、右辺第2項は同じ慣性振動を表している。しかし、第1項の風による潮位上昇は、直角風の場合には一定であるものの、平行風の場合には時間 t に比例して増加することが大きな相違点である。

(3) 10月低気圧の検証

a) 簡易モデルによる潮位偏差の算定

ここでは、宇野木¹⁾により導出された式(11)を用いて10月低気圧時の外力条件の下での、エクマン輸送に起因する潮位上昇について検証する。

まず、風のせん断応力 τ_y は、表-3に示す時間スケール21時間における平均風速 $U = 16.1 \text{ m/s}$ を用い、 $\tau_y = \gamma_s^2 \rho_a U^2$ より求めた。ここで、 γ_s^2 は抵抗係数で 2.4×10^{-3} とし、 ρ_a は空気の密度である。

また、水深 h は、図-7に示すように、日本海溝に

つながる深みが存在するため、外洋の広いスケールでの検討を行う必要性を踏まえて $h=1000\text{m}$ とした。

図-8 は、上記条件における算出結果であり、継続時間 t に伴う潮位上昇量 η の変化を示している。なお、仮にこの海岸に直角な風が吹いた場合の吹き寄せ量（潮位上昇量）も参考までに示した。10月低気圧時の風による潮位上昇量を算出すると、継続時間20時間程度で50cmを上回ることが示された。また、これに気圧低下による吸い上げ量40cmを加えると当時の最大潮位偏差である86cmとほぼ一致することが確認された。このことは、第3章で推察した新たな外洋型の高潮発生機構を裏付ける結果であると言える。また、海岸線に直角な風の吹き寄せの効果は10cm程度であるのに対し、海岸線に平行な風による潮位上昇効果は継続時間に比例して上昇している。水深1000mの外洋に面した沿岸域であっても有意な水位上昇が発生するという点は非常に興味深い。

b) 平行風と直角風の効果

前節までに、海岸線に平行な風による高潮発生機構について検討を行ってきた。ここでは、平行風と直角風の効果の違いについて検討し、本事例と一般的な高潮発生機構との相違について考察を深める。

まず、慣性振動が生じず、定常になった場合を考える。このとき $\partial/\partial t=0$, $\partial/\partial y=0$ である。また、深さ方向の平均流速を \bar{u} , \bar{v} とすれば、 $\bar{u}=0$ である。これらの条件下で式(3)および式(4)を z で積分し、鉛直平均をとれば、次式を得る（宇野木¹⁾より）。

$$-f\bar{v} = g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{(\tau_x - \tau_{bx})}{\rho h}, \quad \tau_y - \tau_{by} = 0 \quad (12)$$

いま $\bar{u}=0$ なることを考慮して、海底摩擦を $\tau_{bx}=0$, $\tau_{by} = \rho C_f \bar{v}^2$ とし式(12)に代入し、吹送距離を l とし $[\eta=0]_{x=l}$ とすれば、以下の式が求まる。なお、 C_f は海底摩擦係数である。

$$\eta = - \left\{ \frac{\tau_x}{\rho g h} \pm \frac{f}{g} \sqrt{\frac{|\tau_y|}{\rho C_f}} \right\} (l-x) \quad (13)$$

右辺第1項は海岸線に直角な風の効果を示し、第2項は海岸線に平行な風の効果を示している。ここで、平行風と直角風の水位上量に対する効果を比較するために、式(13)の右辺第2項と第1項の絶対値の比をとる。風の強さは同じとして $\tau_x = \tau_y = \tau_s$ とすると、(平行風の効果/直角風の効果) = r は、

$$r = f h \sqrt{\rho / (C_f \tau_s)} \quad (14)$$

となる。この式からは、水深が浅く低緯度であれば直角風の効果が大きく、水深が深く高緯度であれば平行風の効果が大きくなることが理解できる。つまり、10月低気圧の事例では、水深の大きな外洋に面した北海道東部沿岸において、海岸線に平行な風に伴うエクマン輸送が卓越しやすい状況にあったと考えられる。逆に、一般的な高潮の発生は、閉鎖性の海域で水深が比較的浅く、しかも台風等の接近によ

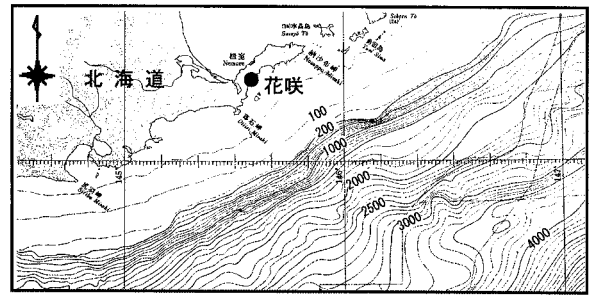


図-7 北海道東部沿岸の海底地形

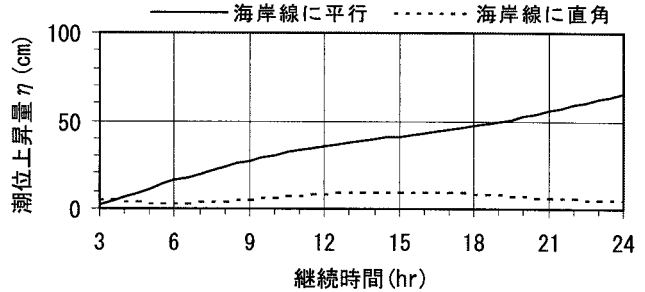


図-8 簡易モデルによる算定結果

り風向・風速の急変（非定常成分）が生じるため、コリオリ力は無視できるようになり、海岸線に直角な風による吹き寄せ効果が卓越するものと言える。

5. 結 語

本研究では、10月低気圧を対象として、海岸線に平行な風によって発生する新たな外洋型の高潮発生機構について検討した。この結果、エクマン輸送を考慮した海洋学的スケールでの潮位上昇量を簡易的なモデルで算定すると、当時の潮位偏差を概ね再現できることが理解された。これより、海岸線に平行な風が長時間吹くことによって定常な吹送流が形成され、エクマン輸送に起因した岸方向への水塊輸送によって、今回の高潮が発生したことを示した。また、海域の水深が深いほど平行な風による潮位上昇効果が大きくなる特徴を有するなど、一般的な高潮とは異なる現象であることを説明するとともに、新たな外洋型の高潮発生機構について提言した。

このことは、北海道東部沿岸において海岸線に平行な風で潮位偏差が増加する特性を有していること、地盤低下に伴い高潮リスクが増大していることなどを考えると、今後、高潮防災対策としてハードやソフト対策を検討するにあたっての、新たな視点や留意点を示すものとなる。

謝辞：潮位データならびに気象データは、気象庁公表のデータである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 宇野木早苗：沿岸の海洋物理学，東海大学出版会，1993。
- 2) 気象庁：異常気象レポート2005，2005。
- 3) 国土地理院：北海道地方の地殻変動，地震予知連絡学会報，第76巻，pp.55-82，2006。