

2014年根室高潮災害報告

渡部靖憲・猿渡亜由未
北海道大学大学院工学研究院

平成 28 年 1 月 27 日

概要

2014年12月16日から18日にかけて、発達した温帯低気圧（爆弾低気圧）の通過に伴い、北海道は暴風雪、高波を伴う大荒れの気象下に置かれた。この爆弾低気圧の勢力は台風レベルまで発達し、この影響で12月17日未明から海水位が上昇した根室市で高潮が観測された。この高潮による浸水は、根室港、根室市街地及び河口域に広がり、建物、漁業施設、自動車等に有意な物的被害を与えた。本報告は、災害の直後に行った高潮浸水の現地観測結果に加え、気象、海象の分析を経て、2014年根室高潮イベントの災害メカニズムを明らかにするものである。

1 はじめに

日本では過去に幾度も台風に誘発された高潮が発生している [9, 15]。1959年、台風 Vera（伊勢湾台風）による高潮は、伊勢湾海岸付近に高さ約 4 m に及ぶ広域な浸水を発生させ、国内最悪となる高潮による人的被害を記録している [2]。また近年では、1999 Bart と 2004 Chaba による高潮が海岸浸水被害を与えている [6, 11]。通常、南洋から北上し日本へ到達する台風は衰えながら北東へ進路を変えるため、北海道は台風の経路から外れることが多いため [5]、過去に有意な高潮による被災をうけたことはなく、またそれ故、高潮対策は取られていなかった。

2014年12月16日、四国沖にあった温帯性低気圧は典型的な冬型の気圧配置によって急速に発達させられながら、太平洋上を北東に移動し、12月17日北海道の根室半島に到達した時までの1日間で、その中心気圧は1006hPa から 946hPa までの急速な低下を記録した (図 3 参照)。根室半島中央に位置する根室市では、市街地（海岸町、弥生町、緑町）の浸水被害が観測され、港湾区域、水産施設、漁船、住宅、自動車など約 20 億円の物的被害が生じた。

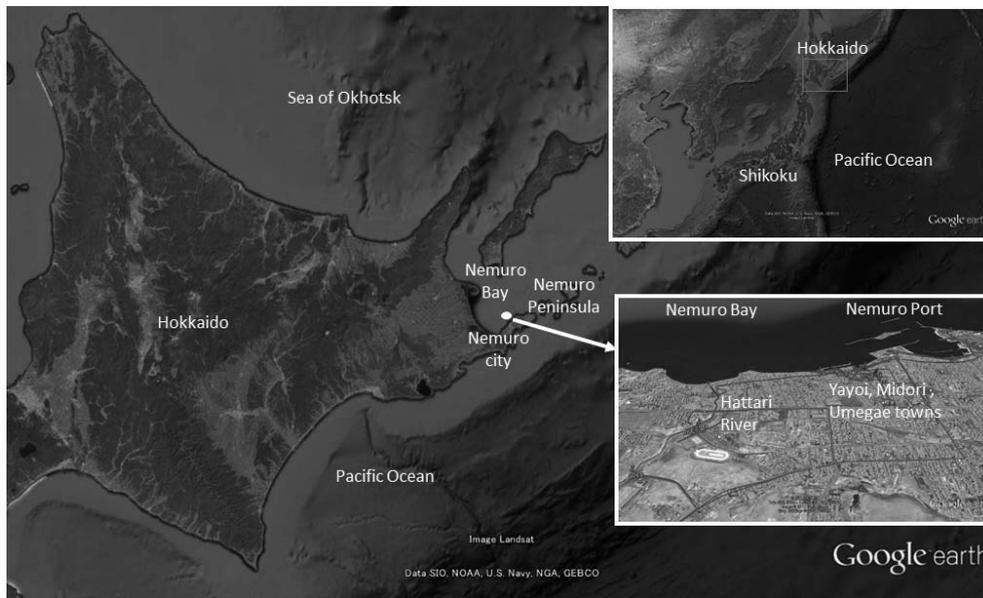


図 1: 2014 年根室高潮の被災地.

北西太平洋に面する北東アジアの海岸では、過去に冬季の高潮は殆ど観測されていない一方、北海や北東大西洋に面するヨーロッパの海岸における冬季高潮災害は多く報告されている [13, 1, 17]. Langenberg [14] は、北海沿岸での冬季に発達する低気圧による有意な海水位上昇の発生頻度の増加の特徴を報告し、これが地球温暖化によって促進される気候変動との関係を指摘している。地球温暖化が熱帯性低気圧によって影響を受ける地域の高緯度化が促進されている事実は [12], 季節とは無関係に発達する極端気象現象の頻度の将来的な変化を示唆するものである。実際、冬季北太平洋上の発達した温帯低気圧の数は、年 0.21 の割合で増加し、また誘発される風速、波浪の波高もまた増加傾向を記録している [7]. Iwao et al. [10] は、西太平洋、特に日本近海域で急速に発達する冬季温帯性低気圧の発生の増加傾向を報告している。本稿で報告する高潮イベントを誘発した冬季ストームは、これら指摘されている気候変動によって影響された発生率の増加傾向と関係している可能性がある。

過去の日本における高潮の殆どは台風通過による異常潮位に起因するものであった一方、台風は通常豪雨を伴うため、異常潮位に加え、降水及び河川氾濫が追加の外力として浸水被害を拡大する特徴がある。例えば、ミシシッピ川への高潮の遡上と豪雨による氾濫による類似の浸水機構は、2005 年ハリケーン Katrina による災害においても観測されている [3]. 一方、降水を殆ど伴わない温帯性低気圧が引き起こした 2014 年根室高潮は、浸水が気象潮と天文潮のみによって引き起こされ、内水、河川氾濫の影響

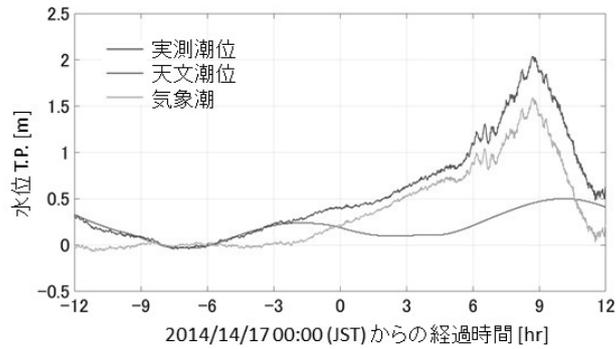


図 2: Nowphas 根室港験潮記録.

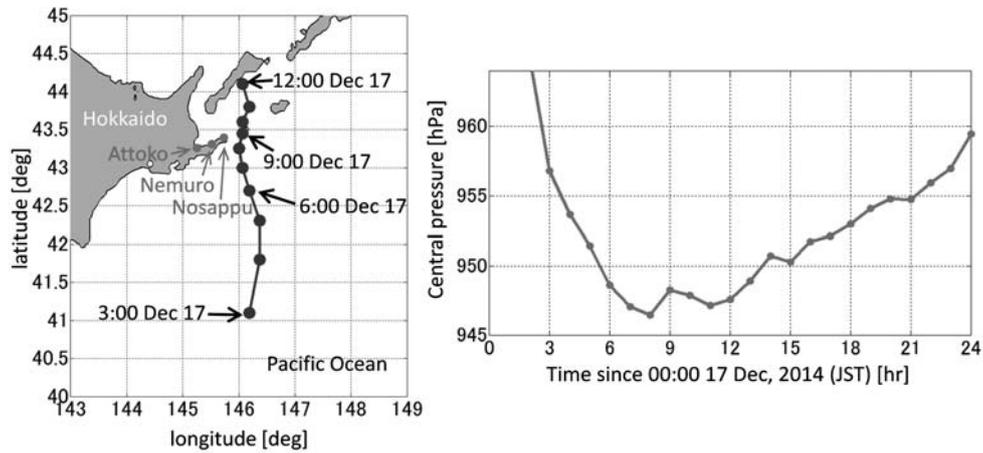


図 3: 気象庁メソスケール予報計算による爆弾低気圧の軌道 (左) と中心気圧 (右). AMeDAS 根室観測所の位置が示されている.

がないという、これまでの台風による高潮とは異なる特徴を与える結果となった。Saruwatari et al. [16] は、2014 年根室高潮災害の現地調査、気象分析を行い、既にその特徴を報告している。本稿は、Saruwatari et al. [16] に従い、2014 年根室高潮災害の概要を提示するものである。

2 気象学的特徴

本章では、潮位並びに気象条件の観点から 2014 根室高潮災害の発生機構について議論する。

根室港の験潮記録によると (図 2)、12 月 17 日未明から徐々に増加した潮位は、同日 6:00 に港の岸壁レベル (113 cm) を超え、7:00 には急速な水

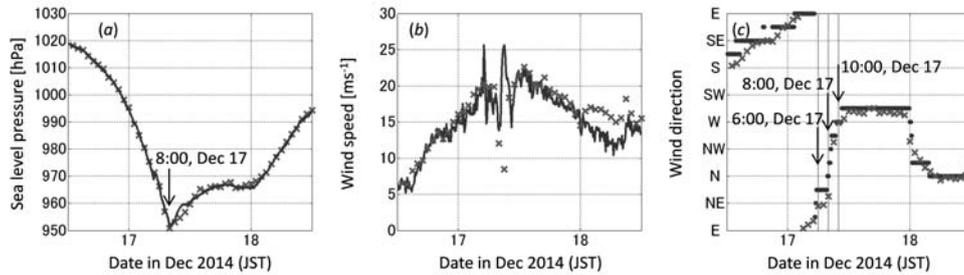


図 4: AMeDAS 根室観測所における計算結果 (緑) と AMeDAS 観測データ (青) の比較 ; 海面位置における気圧 (a), 風速 (b), 風向 (c).

位上昇が観測されている。最大潮位 $H_m = 204$ cm は 8:40 頃に発生し、この時の天文潮位は $H_t = 41$ cm であった。これらの差である最大気象潮位は、 $H_w = 163$ cm と見積もられる。この気象潮の主因となる被災地周辺の気圧、風速分布の変化を気象庁メソスケールモデルによる予報計算結果 [8] を使って分析する。

図 3 は、高潮を引き起こした爆弾低気圧の中心位置の軌道 (左)、中心気圧の予報計算値 (右) を表している。2014 年 12 月 17 日の早朝 (午前 3:00 – 8:00)、低気圧は根室沖へ向って移動しながら太平洋上で著しく発達することがわかる。6:00 から 13:00 に至るまで 950hPa を下回る中心気圧が継続し、爆弾低気圧が被災地に最接近する 8:00 に最低中心気圧 946.5hPa を記録した。これより静的大気圧の低下に伴う海水面の吸上げが最大約 65 cm 程度であったことが見積もられる。気象庁メソスケールモデル予報計算と AMeDAS 観測データの両者は、根室 AMeDAS 観測所の位置において、8:00 に約 952hPa の最低気圧を示してる。

図 5 は、風速分布並びに気圧の等高線を表している。6:00 に根室湾上に東よりの風が卓越する一方、7:00 には北東へ、さらに急速な海面上昇が現れる 8:00 には北よりへと風向が変わる (図 4)。この期間において、根室半島沖の広域で 20 ms^{-1} を超える北よりの強風は、根室半島の根室湾岸へ向かう吹送流を駆動する。この根室湾で南へと流れる吹送流は根室半島で遮られるため、半島北側の海岸では流入する質量フラックスによって海水面が上昇する。驗潮記録によると、吹送流の遮断に起因する水位上昇は、 $H_c = H_w - H_s = 98$ cm と大凡見積もることができる (図 2)。ここで H_s は、気圧の低下に起因する吸上げ効果による水位上昇である。風向が北西から西向きへと変わる 9:00 から 10:00 にかけて、滞留した水塊が東向きのフラックスとして流出するため、根室半島北岸の水位は急速に低下する。

根室市では、6:00 から 9:00 にかけて 1.5mm 以下の時間降水量が観測さ

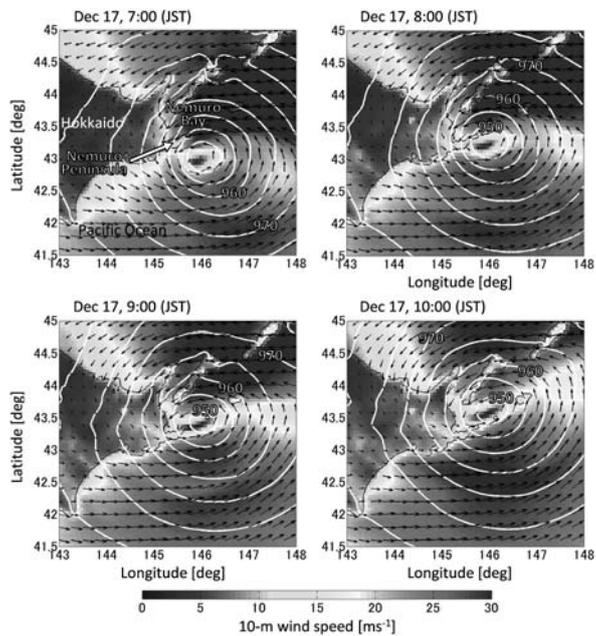


図 5: 気圧と海上 10m 風速ベクトル分布.

れている一方、高潮イベントを通して河川の氾濫は発生しなかった。過去に発生した台風による高潮では豪雨及びそれに伴う洪水が発生するものが殆どであり、海面上昇や高波など海洋性の因子だけでなく内水の氾濫が複合的に関係する複雑な災害分析が必要となる。本観測データは、降水に伴う影響を排除し、海洋性因子のみにフォーカスした高潮モデルを検証する上で有用と考える。

なお、爆弾低気圧は、冬型の気圧配置の下傾圧性に伴って、駆動、強化されるものであり、低緯度での海面からの熱供給によって発達し北上するに従って勢力が低下する台風とは気象学的特徴は全く異なる。即ち、北東アジアにおいて、爆弾低気圧は、台風よりも高い高潮リスクを与えるものとする。

3 浸水調査

2014年根室高潮は、根室市街地の標高の低い地域及び河口域に浸水被害を与えた。本章では被災直後に行った浸水調査結果を提示し、その特徴を概説する。



図 6: 被災後の根室市街地の様子 ; (a, b) 浸水した住宅や店舗, (c) 打ち上げられ輸送された瓦礫や漁船, (d) 崩壊した物置 (写真を撮影した場所は図 9 に記載する).

3.1 観測方法

現地観測にあたって、2014 年根室高潮調査チーム（渡部靖憲，猿渡亜由未，Adriano Coutinho de Lima，新川理，以上北海道大学所属；加藤雅也，釧路工業高等専門学校所属）が被災直後に組織され、根室市市街、根室港、市街地の西に位置するハッタリ川河口周辺を対象に 2014 年 12 月 19 日から 21 日に渡り浸水域のレベル測量を行った。観測時には被災地を浸水した海水は完全に引いていたが、高潮の遡上によって輸送された多数の瓦礫が手つかずで残存し（図 6 及び 図 7）、建造物の痕跡線（ウォーターマーク）も確認することができた（図 6 a）。遡上限界に沿って残されている瓦礫の位置を GPS で計測し（図 7 a 及び b）、浸水高はウォーターマークの高さを、遡上高は瓦礫位置の標高をレベル測量によって計測した。計測時刻における潮位を基準として観測値の補正を行った。

3.2 観測結果

表 1 は、根室市街、根室港の観測点における浸水・遡上高を表す。観測点並びに対応する遡上限界を表 2 にまとめる。市街地、港湾区域の低地



図 7: 高潮の遡上で輸送された瓦礫 (地点 4 (a) 図 8 参照), 越波によって打ち上げられた瓦礫 (地点 8 (b) 図 9 参照), ハッターリ川を通して高潮遡上によって輸送された瓦礫やブイ (c), 浸水下で浮力によって引き抜かれた河岸の木製ベンチ (d) (図 10 参照).

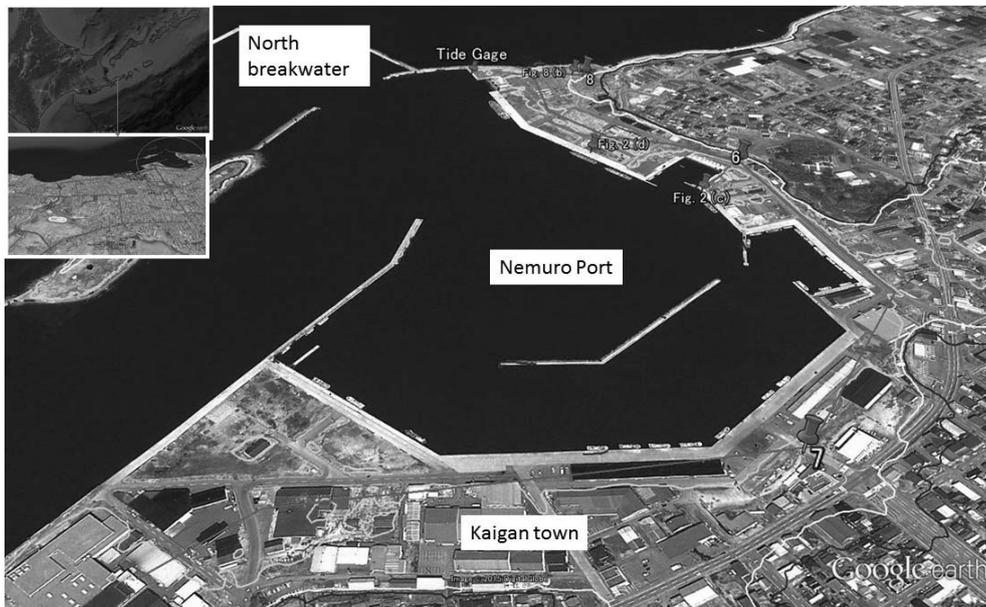


図 8: 根室港における遡上限界線 (赤) と観測地点. 地点 6 - 8 の浸水深は表 1 に記述する. 写真が撮影された場所と験潮所の場所を記載する.

表 1: 遡上高と浸水高 (TP)

観測地域	観測点 ^{*1}	緯度 (北緯)	経度 (東経)	タイプ	浸水・遡上高 (m)	気象潮位 (m) ^{*2}
弥生町	1	43°19'54.599"	145°34'26.843"	浸水	1.86	1.42
弥生町	2	43°19'56.250"	145°34'29.622"	浸水	1.80	1.36
弥生町	3	43°19'58.501"	145°34'40.084"	浸水	2.14	1.69
弥生町	4	43°19'57.014"	145°34'43.558"	遡上	1.96	1.52
弥生町	5	43°20'3.160"	145°34'39.896"	遡上	2.29	1.84
根室港	6	43°20'37.515"	145°35'10.262"	遡上	2.08	1.64
根室港	7	43°20'20.252"	145°35'7.577"	遡上	2.24	1.80
根室港	8	43°20'47.224"	145°35'1.795"	越波	3.55	3.10

*1 地点番号は 図 8 と 図 9 の番号に対応する。

*2 局地気象潮位は、(浸水高) - (最大水位が発生した時刻の天文潮位) で見積もられる。

表 2: 遡上限界

観測地域	Site ^{*1}	緯度 (北緯)	経度 (東経)
弥生町	4	43°19'57.014"	145°34'43.558"
弥生町	9	43°19'57.295"	145°34'48.472"
弥生町	10	43°19'59.322"	145°34'47.496"
弥生町	11	43°20'1.036"	145°34'45.552"
弥生町	12	43°20'1.115"	145°34'40.418"
弥生町	13	43°19'55.794"	145°34'39.929"
弥生町	14	43°19'55.085"	145°34'37.515"
弥生町	15	43°19'55.225"	145°34'34.846"
弥生町	16	43°19'56.010"	145°34'31.728"
根室港	6	43°20'37.515"	145°35'10.262"
根室港	7	43°20'20.252"	145°35'7.577"
根室港	8	43°20'47.224"	145°35'1.795"
ハッタリ川	17	43°19'30.371"	145°34'5.394"
ハッタリ川	18	43°19'18.689"	145°34'14.696"
ハッタリ川	19	43°19'20.136"	145°34'13.343"
ハッタリ川	20	43°19'4.458"	145°34'14.164"

*1 地点番号は 図 8, 図 9, 図 10 の番号に対応する。

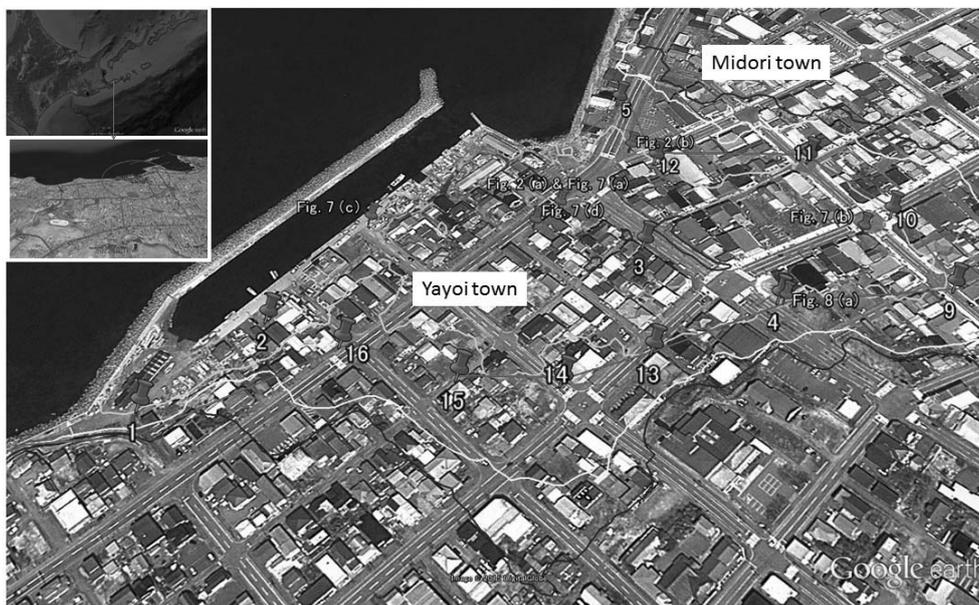


図 9: 根室市街地における遡上限界線 (赤) と観測地点. 地点 1 - 5 の浸水深は表 1 に記述する. 写真が撮影された場所を記載する.

に位置する約 15 ha に渡って平均 2.2 m の浸水 (この内, 気象潮成分は 1.8 m (T.P.), 図 8) が確認された. 一方, 根室港の観測地点 8 の海岸堤防背後において T.P. 3.55 m の位置に明確な瓦礫の残存を確認している (図 8 及び 図 7 b). この地点の浸水は, 他の観測地点で観測された最大浸水高より 1 m 以上高い標高に位置しており (表 1 の地点 6 及び 7 参照), 天文潮, 吸上げ, 吹送流の遮断による水位上昇に加え, 高波の堤防からの越波による海水流入が発生していたものと考えられる. なお, 他の観測点では越波による浸水は観測されなかった. 港湾に建設されている複数の防波堤が北よりの高波の被災地への伝達を防ぎ, 越波による追加の浸水並びにそれによる被害を阻止したものと考ええる.

図 9 は, 顕著な浸水被害が発生した根室市街 (弥生町, 緑町) の遡上限界の分布を表している. 高潮氾濫は街路を通じて広がり, 床上水深, 漁船, 漁具への被害, 下水道の閉塞など物的被害を引き起こした (図 6). 相対的に標高の低い約 7 ha の市街地に 1.8-2.1 m の浸水が観測された. なお, 根室港, 根室市街地の浸水及び遡上高の観測値は根室港の驗潮記録による最大潮位 ($H_m = 204$ cm) と矛盾はなく, 局地的な変動 ± 20 cm 程度をもって遡上したものと考ええる.

高潮氾濫は市街地の西側海岸に位置する岬町, 西浜町を流れるハツタリ川河口, 下流域においても観測された (図 7 c 及び d). 高潮イベント時の時間降水量 (降雪) は 1.5 mm 以下であり, 河川氾濫は発生しなかった.



図 10: ハッターリ川にそった遡上を確認した場所 (赤) と観測地点. 浸水域を丸で囲んでいる. 瓦礫が確認された場所を表 2 に記述する. 写真が撮影された場所を記載する.

高潮は河口から約 1 km に渡って河川内を遡上し, 浸水氾濫を引き起こした痕跡を確認した (図 10). 台風, ハリケーン等熱帯性低気圧は通常豪雨と河川氾濫を伴うため [3, 4], 氾濫の原因, 高潮の河川遡上を特定することが困難となる. しかしながら, これは潜在的に海岸から離れた地域において浸水を引き起こし, 氾濫リスクを増大させるため, 将来の高潮イベントに対する警報, 避難対策において考慮すべきファクターと考える.

4 まとめ

2014 年根室高潮災害の現地観測, 気象分析結果を報告した. 根室港で観測された最大潮位に対し, 気象潮成分の外力ファクターは, 大気圧の低下に伴う吸上げ水位上昇成分 $H_s = 65$ cm, 吹送流の根室半島による遮断に伴う成分 $H_c = 98$ cm, そして天文潮位 $H_t = 41$ cm と見積もられる. 根室市内の標高の低い市街地, 港湾周辺のトータル 22 ha に渡る浸水域が観測された. 根室港, 市街地において計測された浸水高, 遡上高の特徴は根室港験潮所で観測された最大水位と矛盾なく説明できる. 市内を流れるハッターリ川への高潮の遡上, 河口並びに下流部における氾濫, 浸水が観測された. 爆弾低気圧を対象とした, 減災対策, 高潮災害モデルの改良, 災

害シナリオの検討が必要である。

参考文献

- [1] Bertin, X., Bruneau, N., Breilh, J-F, Fortunato, A.B. and Karpytchev, M. [2012] “Importance of Wave Age and Resonance in Storm Surges: The Case Xynthia, Bay of Biscay”, *Ocean Modelling*, **42**, 16–30.
- [2] Bessho K., Nakazawa T., Kamahori H., Shindo E., Hara M., Kunii M., Kohno N. [2010], Re-analysis/prediction of typhoon Vera (1954): REVERA, *29th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology*, 16C.1.
- [3] Dietrich, J.C., Bunya, S., Westerink, J.J., Ebersole, B.A., Smith, J.M., Atkinson, J.H., Jensen, R., Resio, D.T., Luettich, R.A., Dawson, C., Cardone, V.J., Cox. A.T., Powell, M.D., Westerink, H.J. and Roberts, H.J. [2010] “A High-Resolution Coupled Riverine Flow, Tide, Wind, Wind Wave, and Storm Surge Model for Southern Louisiana and Mississippi. Part II: Synoptic Description and Analysis of Hurricanes Katrina and Rita”, *Monthly Weather Rev.*, **138**, 378–404.
- [4] Fritz, H.M., Blount, C., Thwin, S., Thu, M.K. and Chan, N. [2010] “Cyclone Nargis Storm Surge Flooding in Myanmar’s Ayeyarwady River Delta”, *Indian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change*, 295–303.
- [5] Elsner, J. B., and Liu K.[2003], “Examining the ENSO-typhoon hypothesis”, *Climate Research*, 25, 43 – 54.
- [6] Fujii, T., Maeda, J., Ishida, N. and Hayashi, T. [2002] “An analysis of a pressure pattern in severe Typhoon Bart hitting the Japanese Islands in 1999 and a comparison of the gradient wind with the observed surface wind”, *J. Wind Eng. Ind. Aerod.*, **90**, 1555–1568.
- [7] Graham, N.E. and Diaz, H.F. [2001] “Evidence for Intensification of North Pacific Winter Cyclones since 1948”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **82**, 1869–1893.
- [8] Hara, T., Aranami, K., Nagasawa, R., Narita, M., Segawa, T., Miura, D., Honda Y., Nakayama, H. and Takenouchi, K. [2007] “Up-

grade of the operational JMA nonhydrostatic mesoscale model”.
CAS/JSC WGNE Res. Act. Atmos. Ocea. Model., **37**, 5.11–5.12.

- [9] Isozaki, I. [1970] “An Investigation on the Variations of Sea Level due to Meteorological Disturbances on the Coast of the Japanese Islands (VII) — Storm Surges on the Coast of West Japan Facing the Pacific and the East China Sea —”, *Pap. Met. Geophys.*, **21** (4), 421–448.
- [10] Iwao, K., Inatsu, M. and Kimoto, M. [2012] “Recent changes in explosively developing extratropical cyclones over the winter Northwestern Pacific”. *J. Climate*, **25**, 7282–7296.
- [11] Kohno, N., Kamakura, K., Minematsu, H. and Ueno, D. [2009] “Case Study of the Storm Surges in the Seto Inland Sea Caused by Typhoon Chaba”, *Marine Geodesy*, **32** 151–165.
- [12] Kossin, J.P., Emanuel, K.A. and Vecchi, G.A. [2001] “The poleward migration of the location of tropical cyclone maximum intensity”, *Nature*, **509**, 349–352.
- [13] Lamb, H. and Frydendahl, K. [1991] “Historic Storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe”, *Cambridge University Press*.
- [14] Langenberg, H., Pfizenmayer, A., von Storch, H. and Sündermann, J. [1999] “Storm-related sea level variations along the North Sea coast: natural variability and anthropogenic change”, *Cont. Shelf Res.*, **19**, 821–842.
- [15] Makino, M. [1992] “On a Risk Analysis of Storm Surges”, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* **44**, 2523–2534.
- [16] Saruwatari, A., Lima, A.C., Koto, M., Niikawa O. and Watanabe, Y. [2015] “Report on the 2014 Nemuro Storm Surge Flood”, *Coastal Engineering Journal*, **57**(3), 1550014.
- [17] Sibley, A., Cox, D. and Titley, H. [2015] “Coastal Flooding in England and Wales from Atlantic and North Sea Storms During the 2013/2014 Winter”, *Weather*, **70**(2), 62–70.