

北海道における平成の海岸災害について

Coastal Disasters in Hokkaido during the Heisei Era

木村 克俊¹

1. 室蘭工業大学大学院工学研究科

Katsutoshi Kimura¹

1. Graduate School of Engineering, Muroran Institute of Technology

Abstract

Coastal disasters, which were caused by high waves, tsunamis and storm surges in Hokkaido during the 30 years of the Heisei era (1989-2019), were reviewed by previous published papers. Regarding high waves, the damage caused by Typhoon No. 18 in 2004, which occurred once in several decades, and two other cases of damage caused by Typhoon No. 24 in 1994 and Typhoon No. 10 in 2016 were analyzed. Regarding tsunamis, 1993 Hokkaido Nansei-Oki Earthquake, 2003 Tokachi-Oki Earthquake and 2011 Great East Japan Earthquake on Hokkaido were analyzed. As for storm surges, the flood damage that occurred at Nemuro Port in 2014 was analyzed and the effect of seawalls constructed in 2016 was confirmed according to the field data. Based on the reviews, remarks on the countermeasures against coastal disasters in Hokkaido were discussed considering the future climate change.

Key Words: high waves, tsunami, storm surge, breakwater, seawall, coastal disaster, Hokkaido

キーワード：高波、津波、高潮、防波堤、護岸、海岸災害、北海道

1. はじめに

四面を海に囲まれた北海道においては、これまでに台風や冬季風浪により多くの高波災害が発生してきた。太平洋側では十数年に一度の頻度で十勝沖や三陸沖を震源とする地震が発生し、それに伴う津波により多くの人的、物的被害がもたらされてきた。また沿岸近くに震源がある日本海側においては、地震直後に来襲する津波への対応の重要性が認識されている。一方、高潮に関しては、これまで大きな災害をもたらすような台風が北海道に接近することは稀であったが、根室港において冬期に爆弾低気圧による高潮災害が発生したことは記憶に新しい。

本稿においては、平成時代の30年間（1989～2019年）に北海道で発生した海岸災害の中から、高波災害として平成6年（1994年）台風24号、平成16年（2004年）台風18号および平成28年（2016年）台風10号の3例、津波災害として平成5年（1993年）北海道南西沖地震、平成15年（2003年）十勝沖地震および平成23年（2011年）東日本大震災の3例、さらに高潮災害として平成26年（2014年）根室港の事例を取り上げ、既発表論文や講演会等で使用した資料を用いて被害の概要を振り返る。その上で、北海道における海岸防災上の課題について、私見を述べるものである。

2. 高波災害

2-1 平成6年(1994年)台風24号

(1) 台風の概要

台風9424号(図-1)は、南太平洋において9月11日15時に熱帯低気圧として発生し、中心気圧1002hPaで北北西に進み、9月12日3時に台風になり、中心気圧は998hPaとなり、最大瞬間風速18mで北西向きに進路をとった。9月16日9時には中心気圧910hPa、最大瞬間風速55mで北北西に向かい、その後9月20日3時に温帯低気圧になった。

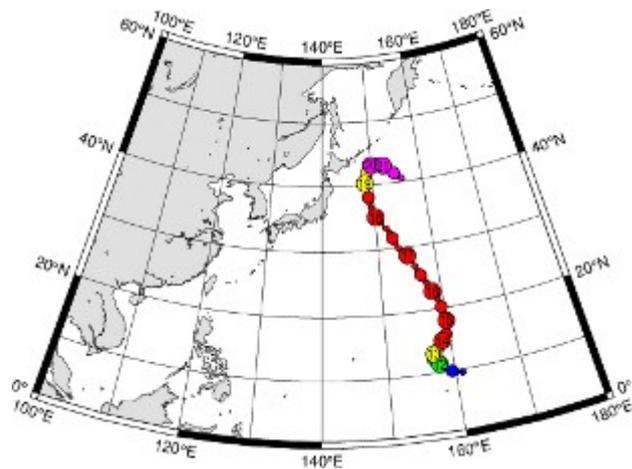


図-1 台風9424号(デジタル台風¹⁾より)

(2) 白老港の防波堤被害

太平洋に面した白老港では、図-2に示す防波堤(島)の消波ブロック被覆堤の延長140.8m区間で滑動被害が発生した。最も被害の大きかったケーソンNo.7はおよそ14m滑動してマウンドから転落している。当該ケーソンの前面では消波ブロックを据え付け中であったため、不連続消波部となり衝撃波力が発生したと考えられる。上久保ら³⁾は大型平面水槽において、現地の防波堤の平面配置を再現した滑動実験を行って、当該ケーソンに波力増大が生ずるメカニズムを明らかにした。

一方、堤頭部のNo.1と不連続消波部のNo.7を除くすべてのケーソンにおいて、1m程度の滑動が生じている。これらのケーソンは完成断面であったことから、No.7のような不連続消波による波力増大は生じていない。

被災当時の苫小牧港ナウファス測点では、周期 $T=15.8$ s、波高 $H_{1/3}=4.66$ mのうねり性波浪が観測されていた。当該施設は周期 $T=12.0$ s、波高 $H_{1/3}=8.48$ mに対して滑動安全率が1.2で設計されていたにも関わらずこのような滑動が生じたことになる。

現行の設計法では消波ブロック被覆堤の波力低減効果に及ぼす周期の影響は考慮されていない。今後、波高増大とともに周期が長くなる影響についても合わせて検討する必要がある。

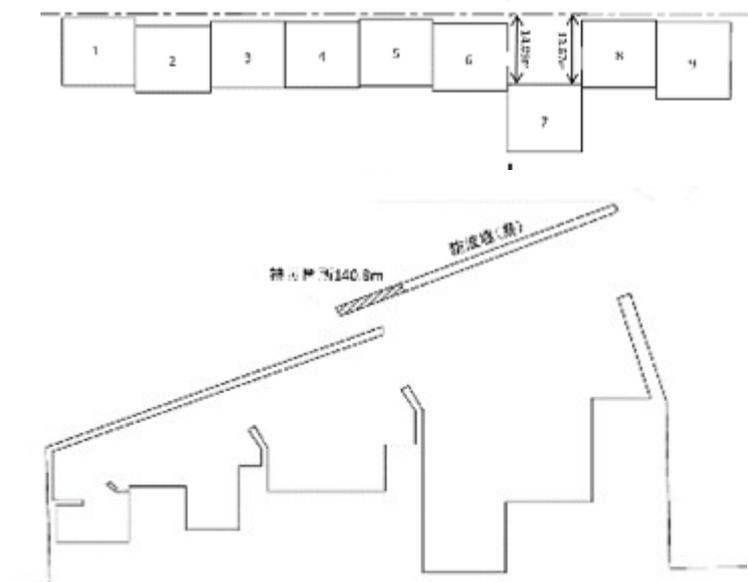


図-2 白老港の防波堤被害(浅井ら²⁾より)

2-2 平成 16 年（2004 年）台風 18 号

(1) 台風の概要

台風 0418 号（図-3）は、8 月 19 日 21 時にマーシャル諸島近海で発生し、23 日にサイパン島の西において大型で猛烈な勢力となった。27 日以降、日本の南海上をゆっくりと北西に進み、29 日夜には九州の南海上で進路を北向きに変え、30 日 10 時、鹿児島県串木野市付近に大型で強い勢力で上陸した。17 時に山口県防府市付近に再上陸した後、強い勢力のまま日本海を北上し、31 日に津軽海峡を通過して、12 時に北海道函館市付近に上陸し、15 時に北海道東部で温帯低気圧となった。この台風の進路は昭和 29 年（1954 年）洞爺丸台風と良く似ている。

(2) 函館港島防波堤の滑動被害

函館港では島防波堤が延長 407.2m にわたって、図-4 に示すようにケーソン全 27 函のうち 25 函が被災し、22 函が港内側、3 函が港外側に転落した。当該施設は周期 $T=11.3$ s、波高 $H_{1/3}=3.10$ m に対して設計されていたが、来襲波は周期 $T=9.6$ s、波高 $H_{1/3}=5.35$ m であったため大きな被害となった。函館港のように内湾に位置する比較的水深の大きな港湾では、波高増大が波力増大に結びつきやすいことに留意する必要がある。

(3) 神恵内村大森大橋の落橋被害

積丹半島西岸に位置する神恵内村の大森大橋では、写真-1 に示すようにコンクリート製の橋桁が高波により落橋した。本間ら⁵⁾は水理模型実験を行って、急勾配海底条件下のリーフ上で、崖からの反射波が入射波と橋梁の直下で重合し、橋桁に揚圧力が作用したことを明らかにした。

神恵内村赤石地区では海岸家屋の高波被害が発生した。坂井ら⁶⁾は水理模型実験により現地の越波を再現し、海岸堤防からの距離と家屋被災状況の関係について定量的な分析を行っている。

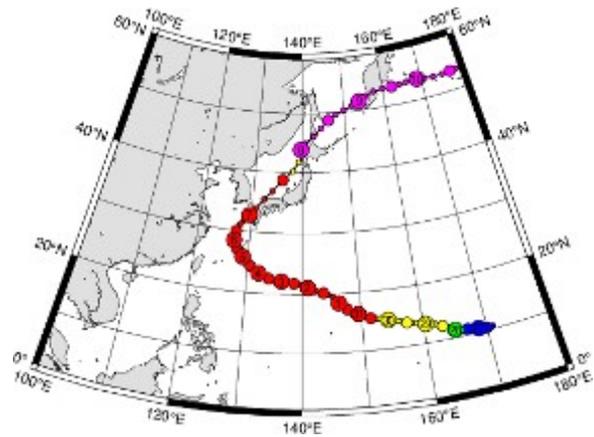


図-3 台風 0418 号（デジタル台風¹⁾より）

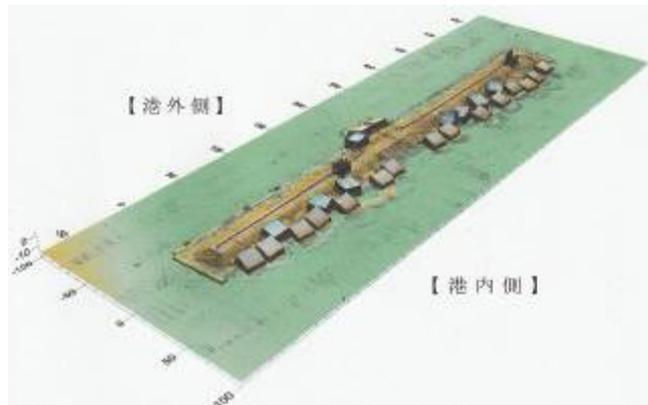


図-4 函館港島防波堤の倒壊状況（須永ら⁴⁾より）



写真-1 大森大橋の落橋状況（本間ら⁵⁾より）

2-3 平成 28 年 (2016 年) 台風 10 号

(1) 台風の概要

台風 1610 号 (図-5) は、8 月 21 日に四国の南海上で発生し、26 日には発達しながら北上した。30 日朝には関東地方に接近、30 日 17 時、暴風域を伴ったまま岩手県大船渡市付近に上陸し、速度を上げながら東北地方を通過して日本海に抜けるという特異な進路をたどった。

(2) 追直漁港における越波被害

追直漁港人工島は平成 25 年 (2013 年) 5 月に供用を開始し、おもにホタテガイ養殖漁業が行なわれている。人工島は 2 階建て構造で、1 階には衛生管理施設として -3.0m 岸壁や荷さばき所があり、2 階は漁具補修等の作業に利用されている。平成 28 年 (2016 年) 8 月 31 日の台風 10 号により、防波護岸で写真-2 のような越波が生じ、護岸の天端を越えた海水により人工島 1 階の施設が被害を受けた。

こうした被害は設計対象よりも周期の長いうねり性波浪がスリット式護岸に來襲したことが要因と考えられた。このため開発土木研究所において水理模型実験を行い、被災時の越波状況を再現するとともに、対策について検証した。こうした結果に基づいて、写真-3 に示す波返工が設置された。

(3) JR 日高線における越波被害

台風 10 号によるうねり性波浪は JR 日高線の海岸鉄道にも影響を及ぼした。その詳細は平野ら⁸⁾によって報告されている。その後も写真-4 に示すような線路被害が各所で発生し、令和 3 年 (2021 年) 4 月に鵜川から様似まで約 116km の線区が廃止となった。

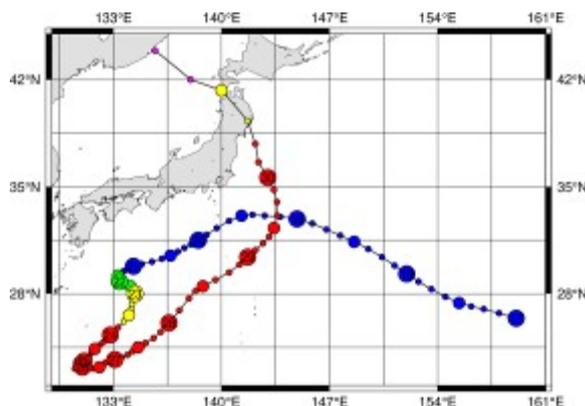


図-5 台風 1610 号 (デジタル台風¹⁾ より)



写真-2 人工島護岸の越波状況 (沖野ら⁷⁾ より)



写真-3 波返工の設置状況
(提供：国土交通省北海道開発局)



写真-4 JR 日高線の線路被害

3. 津波災害

3-1 平成5年（1993年）北海道南西沖地震

1993年（平成5年）7月12日22時17分、奥尻島北方沖の日本海海底で内陸地殻内地震が発生した。マグニチュードは7.8で、日本海側で発生した地震としては近代以降最大規模であり、震央に近い奥尻島の揺れは震度6（烈震）であったと推定された。奥尻島を中心に火災、土砂崩れ、津波により死者202人、行方不明者28人の大きな被害を出した。

北海道内の港湾・漁港においては、地震および津波による被害は71港で発生し、被害総額は179億円に達している。津波によっては、奥尻島の奥尻港、青苗漁港、神威脇漁港および北海道側の瀬棚港などにおいて、防波堤や護岸が大きな被害を受けた。

写真-5 に示す奥尻港では、津波により北防波堤においてケーソンの滑動被害が発生した。木村ら⁹⁾ は各部の滑動量を調査し、津波波力の算定式を用いて、来襲した津波波高を求めた。

東外防波堤と東防波堤の開口部分（幅35m）は、津波来襲時に著しい狭窄部となり、図-6のように両端の堤頭ケーソンが1函ずつ倒壊する大きな被災となった。開口部では長さ約50mにわたって洗掘が生じている。被災後に多少埋め戻し等が生じた可能性があるが、設計時の地盤高から3~4mの深さまで洗掘されている。また洗掘の影響が、転倒した東外防波堤堤頭部の基部まで達している。

奥尻島の中で最も人的被害が大きかった青苗地区では、住宅の高台への移転が行われた。さらに青苗漁港には写真-6 に示す人工地盤が建設された。この施設では、漁港内のどこにいても2分以内に安全な場所に避難ができるよう配慮が施されている。



写真-5 奥尻港の防波堤被害
(提供：国土交通省北海道開発局)

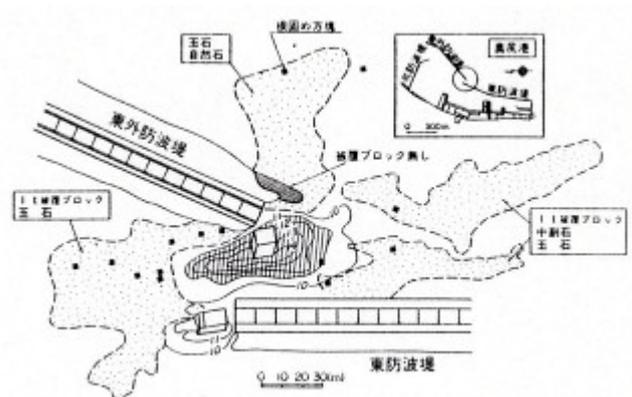


図-6 防波堤開口部の洗掘被害（木村ら⁹⁾より）

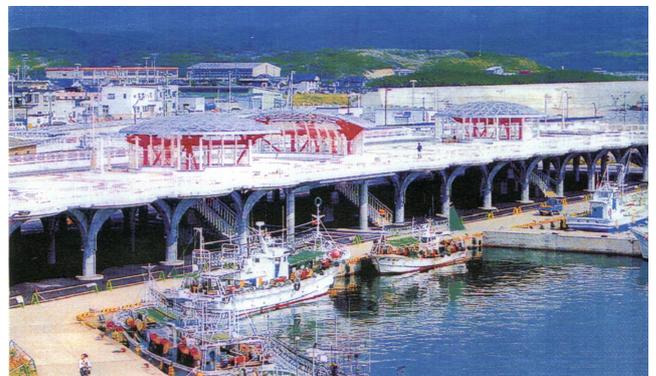


写真-6 青苗漁港の人工地盤
(提供：国土交通省北海道開発局)

3-2 平成 15 年（2003 年）十勝沖地震

平成 15 年（2003 年）9 月 26 日 4 時 50 分に、十勝沖を震源とするマグニチュード 8.0 の地震が発生した。この地震により釧路地方から十勝地方、日高地方にかけて、最大震度 6 弱を観測し、北海道を中心に負傷者 849 人、住宅の全壊 116 棟、半壊 368 棟、一部破損 1,580 棟、床下浸水 9 棟の被害があった。北海道から東北地方の太平洋沿岸に津波が襲来し、広尾町の十勝港検潮所で観測された津波の高さは 255cm に達し、十勝川では津波が川を 10km 以上も遡る現象も発生した。



写真-7 国道 336 号荒磯海岸での越波状況
(提供：国土交通省北海道開発局)

この地震の発生後に北海道東部において地盤変動が生じた。山下ら¹⁰⁾は電子基準点の変化を分析し、広尾町で 23cm の地盤沈下が発生したことを明らかにした。さらに震源に近い地点においては、さらに沈下量が大きくなることを示唆している。

この地震の直後から、国道 336 号えりも町荒磯海岸では写真-7 示すような越波が発生し通行止めの頻度が増加した。武田ら¹¹⁾によると、地震前の 2002 年 4 月～2003 年 3 月では通行止めが 7 回、175 時間であったが、地震後の 2003 年 4 月～2004 年 3 月には通行止めが 23 回、579 時間となった。高波による通行止めは、海象条件以外に利用上の理由で実施されることが多いけれども、地盤沈下が影響していることは否定できない。将来の気候変動によって北海道の周辺海域においては 40～80cm の海面上昇が想定されているが、こうした影響が海岸道路における越波増大につながる可能性があることに留意する必要がある。

3-3 平成 23 年（2011 年）東日本大震災

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日 14 時 46 分、三陸沖の宮城県牡鹿半島の東南東 130km 付近で、深さ約 24km を震源とするマグニチュード 9.0 の大地震が発生し、死者は 12 都道県で 1 万 5900 人、行方不明者は 6 県で 2520 人だった。北海道沿岸部では、えりも町庶野で 3.5m の津波が観測された。また函館市では男性 1 人が死亡し、600 棟以上の建物が浸水の被害を受けた。



写真-8 津波により打ち上げられた氷塊
(提供：国土交通省北海道開発局)

国土交通省北海道開発局では地震発生の翌日の 3 月 12 日に防災ヘリによる調査が行われ、根室半島沖においては写真-8 に示すような津波による流氷の打ち上げが確認されている。こうした津波による流氷の打ち上げは、昭和 27 年（1952 年）十勝沖地震津波で発生し、浜中町で大きな被害をもたらしたことから、十分な備えが必要である。

4. 高潮災害

4-1 平成 26 年（2014 年）根室港の高潮災害

平成 26 年（2014 年）12 月 16 日から 17 日にかけて、爆弾低気圧が北海道東部を襲い、根室海峡の沿岸部において高潮が発生した。この低気圧の中心気圧は 16 日 21 時から 17 日 9 時の 12 時間で 36hpa 低下し、図-7 の天気図に示すように等圧線は同心円に近くなった。

低気圧が根室半島付近を通過する時間帯が満潮時と重なったことから、潮位は最高で T.P.+1.80m まで上昇した。根室の市街地には写真-9 に示すように海水が流入し、床上浸水 134 件、床下浸水 27 件の高潮被害が発生した。根室市内における被害金額は 20 億円となった。また熊谷ら¹²⁾によって、標津町伊茶仁海岸において、海岸堤防の一部が倒壊する被害が報告されている。

4-2 高潮対策施設の整備

根室港弥生地区においては、平成 28 年（2016 年）に災害対策等緊急事業推進費を用いた防潮堤工事が行われ、写真-10 に示すようなゲート式防潮壁（延長 430m）が整備された。

平成 31 年（2019 年）1 月 24 日に根室半島に低気圧が接近し、16 時頃、岸壁の天端高 T.P. +1.00m を越える T.P.+1.25m の高潮が発生した。現地においては、同日 15 時に港湾管理者によってすべてのゲートが閉鎖され、岸壁内の浸水は生じなかった。

5. まとめ

平成時代の 30 年間（1989～2019 年）に北海道で発生した高波、津波および高潮の特徴的な被災事例についてレビューを行った。その結果、以下に示す事項が今後の課題として浮かび上がった。

- (1) 平成 16 年（2004 年）台風 18 号は数十年に一度クラスの大型台風であった。将来の気候変動によって、こうした台風の大型化や頻発化に備える必要がある。この台風で

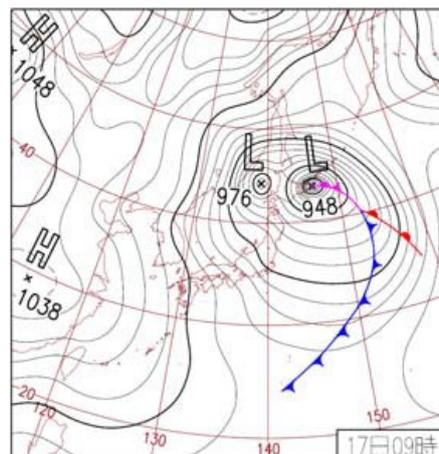


図-7 高潮発生時の気圧配置



写真 9 高潮による浸水状況（熊谷ら¹²⁾より）



写真 10 高潮対策施設の整備状況
(提供：国土交通省北海道開発局)

被災した函館港は、内湾に位置する比較的水深の大きな港湾であった。このような水深条件では、波高増大が波力増大に結びつきやすいことに留意が必要である。またこの台風による大森大橋の被災は、海底勾配が急な箇所が発生したものである。日本海に面した海岸においては、こうした地形条件に注意する必要がある。また有人離島である利尻島、礼文島、天売島、焼尻島、奥尻島と、避難港を有する無人離島である渡島大島と渡島小島には、こうした急勾配地形が多く存在することから、防波堤の設計においては特に注意が必要である。

- (2) 平成 6 年（1994 年）台風 24 号による白老港の防波堤被害や平成 28 年（2016 年）台風 10 号による追直漁港人工島の越波被害のように、周期の長いうねり性の波浪が要因となる被災が増加する傾向が認められる。今後は波力や越波に及ぼす周期の影響に関して、調査研究を進める必要がある。
- (3) 平成 15 年（2003 年）十勝沖地震では、えりも海岸で発生した地盤沈下が海岸道路での越波増大をもたらした可能性が高い。このことは将来の気候変動によって生じる海面上昇が、海岸に沿った道路、鉄道および居住地の高波災害の増加につながる可能性を示唆するものであり、危険度に応じた十分な備えが必要である。
- (4) 平成 23 年（2011 年）東日本大震災の後、1000 年に一度の津波をレベル 2 としてソフト重視、100 年に一度の津波をレベル 1 としてハード重視とする防災、減災対策が示された。海岸堤防等の設計に用いられるレベル 1 の津波については、北海道においては、太平洋、日本海、オホーツク海の各海域で、設計対象となる津波の特性が異なることに留意が必要である。
- (5) 平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震では、震源地に近い日本海沿岸に、地震後数分で津波が到達した。こうした厳しい条件にも対応可能な防災体制を構築するとともに、北海道では厳冬期における津波への備えも重要である。
- (6) 平成 26 年（2014 年）根室港の高潮災害は、冬期の爆弾低気圧によってもたらされた。これまで高潮は台風によってもたらされることが多かったが、今後は爆弾低気圧によっても発生する高潮にも警戒する必要がある。

本稿は 2024 年 3 月 5 日に北海道大学で開催された令和 5 年度北海道地区自然災害科学資料センター特別講演会での講演内容を文章化したものである。この講演の機会を設けて頂いた同センターの関係各位と、講演会にご参加頂いた皆様に、心より御礼申し上げます。

参考文献

- (1) デジタル台風, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>
- (2) 浅井茂樹, 宮田正史: 被災防波堤集覧 (その 5), 国土技術総合研究所資料, No.717, 2013, pp.39-41.
- (3) 上久保勝美, 木村克俊, 藤池貴史, 明田定満, 竹田英章, 遠藤強: 消波ブロック被覆堤の施工時における直立部の滑動特性, 海洋開発論文集 Vol.14, 1998, pp.339~344.
- (4) 須永純史, 渡部壮史, 千葉不二夫: 平成 16 年台風 18 号による函館港島防波堤の災害復旧工事について, 平成 17 年度北海道開発局技術研究発表会, 2006, 安-16.
- (5) 本間大輔, 窪内篤, 山本泰司, 畑山朗, 木村克俊: 台風 0418 号による大森大橋の被災メカニズムと応急復旧対策について, 海洋開発論文集 Vol.21, 2005, pp.927-932.

- (6) 坂井洋平, 山本泰司, 木村克俊, 古川諭, 名越隆雄: 護岸背後に位置する家屋の越波による被災特性について, 海洋開発論文集 Vol.22, 2006, pp.277-282.
- (7) 沖野里緒, 佐藤朱美, 新田康二: 追直漁港人工島防波護岸の嵩上げ施工について, 平成 29 年度北海道開発局技術研究発表会, 2018.
- (8) 平野夕焼, 木村克俊, 越智聖志, 高橋幹夫, 浜口正志: 海岸鉄道の高波による運行障害事例とその対策に関する検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.69, No.2, 2013, pp.688-693.
- (9) 木村克俊, 山本泰司, 笹島隆彦, 鶴谷広一, 中川康之: 1993 年北海道南西沖地震津波による奥尻港防波堤の被災原因について, 海岸工学論文集, 第 41 巻, 1994, pp.1191~1195.
- (10) 山下俊彦, 前原向一: 北海道東部地域の地盤変動特性と沿岸域への影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.68, No.2, 2012, pp.611-615.
- (11) 武田大樹, 山内章, 柴田修: 一般国道 336 号(黄金道路)における越波による交通障害の発生状況について, 平成 17 年度北海道開発局技術研究発表会, 2005, 安-30.
- (12) 熊谷兼太郎, 関克己, 藤木峻, 富田孝史, 鶴田修己, 酒井和彦, 山本泰司, 柿崎永己: 平成 26 年 12 月 17 日低気圧による根室港及び周辺地域の高潮被害, 国土技術総合研究所資料, No.854, 2015, 1994, 54p.