

GEWEX ステークホルダーセッション

講演概要・プログラム・要旨集

2024 年 7 月

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所

開催団体名：国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所

テーマ：

積雪寒冷地における気候変動が災害・環境に及ぼす影響の把握と適応策に関する寒地土木研究所の取り組み

概要：

気候変動の影響により、台風、高潮、洪水、渇水等の水災害の激甚化、降雪量の減少や融雪の早期化が懸念されている。また積雪寒冷地では極端な暴風雪・豪雪等の増加による雪氷災害、地球温暖化による海水減少に伴う波浪の増大も懸念される。これらの変化は農業生産や自然環境にも影響を及ぼすことから、適切な予測や評価を行い、行政施策に反映していくことが重要である。本セッションは、積雪寒冷地における気候変動が水災害、雪氷災害、水循環や環境に及ぼす影響の把握と適応策に関する研究所の取り組みや行政との連携について発表、議論する。

プログラム

1．セッションおよび研究所の研究活動について

寒地水圏研究グループ 矢部浩規グループ長

2．研究発表

(1) 世界最大規模の実験水路を活用した越水破堤実験 ～十勝川千代田実験水路～

発表者：寒地河川チーム 島田友典 主任研究員

(2) オホーツク海の海水減少に伴う波浪増大

発表者：寒冷沿岸域チーム 岩崎慎介 主任研究員

(3) 大規模アンサンブル気候予測データによる北海道の吹雪イベントに対する気候変動の影響評価

発表者：雪氷チーム 菅原邦泰 研究員

(4) 日本における航空レーザー測量による積雪分布と地形・植生との関係性

発表者：水環境保全チーム 山田嵩 研究員

(5) 沖合域人工魚礁や漁港周辺の水産環境モニタリング調査技術 ～効果的な水産資源増殖・保全と藻場による脱炭素化社会に向けて～

発表者：寒地水圏研究グループ 矢部浩規グループ長

3．討議及びセッション総括

Stakeholder session of Civil Engineering Research Institute of Cold Region

Theme:

Civil Engineering Research Institute's efforts to understand the impact of climate change on disasters and the environment in snowy and cold regions, and adaptation measures of climate change

Outline:

Due to climate change, there are concerns about the intensification of water-related disasters such as typhoons, storm surges, floods, and droughts, as well as the decrease in snowfall and earlier snowmelt. There are also concerns about snow and ice disasters due to an increase in extreme snow storms and heavy snowfalls in snowy and cold regions, and an increase in waves due to a decrease in sea ice caused by global warming. These changes will affect agricultural production and the natural environment. This session will present and discuss the Institute's efforts and collaboration with administrative agencies on understanding and adapting to the impacts of climate change on water hazards, snow and ice hazards, the water cycle and the environment in snowy and cold regions.

Program

1. Explanation of stakeholder session objectives and outline of CERI

2. Presentation

(1) Overflow Breaking Test Using the World's Largest Experimental Channel, Chiyoda Experimental Channel of the Tokachigawa River

Speaker: SHIMADA Tomonori, Senior Researcher, River Engineering Research Team

(2) Increase in the wave power due to the reduction of sea ice over the Sea of Okhotsk

Speaker: IWASAKI Shinsuke, Senior Researcher, Port and Coast Research Team

(3) Impact assessment of climate change on the blowing-snow events in Hokkaido with a large ensemble meteorological dataset

Speaker: SUGAWARA kuniyasu, Researcher, Snow and Ice Research Team

(4) Relationship between snow cover distribution and topography/vegetation using airborne laser scanning in Japan

Speaker: YAMADA Takashi, Researcher, Watershed Environmental Engineering Research Team

(5) Fisheries environment monitoring and survey technology around artificial fish reefs and fishing ports in offshore areas, ~effective marine resource proliferation and conservation and seaweed beds for a decarbonized society~

Speaker: YABE Hiroki, Director of Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group

3. Discussion and Session Summary

世界最大規模の実験水路を活用した越水破堤実験
～十勝川千代田実験水路～

(国研)土木研究所 寒地土木研究所
寒地土木研究所 寒地河川チーム 島田友典

河川整備が進んでいる今日でも日本各地で破堤による被害が多発している。例えば 2019 年台風 19 号による洪水では国内で 142 箇所もの河川堤防が破堤し(このうち 122 箇所の破堤要因は越水によるものと推定), 河川からの氾濫により甚大な被害をもたらした。さらに今後, 気候変動の影響により洪水被害が頻発化・激甚化することが懸念されている。破堤による被害は甚大であるが, 越水破堤のプロセスは良く分かっておらず, 河川堤防の破堤機構の解明は, 被害軽減技術の確立に向けて重要な課題である。

このような中, 国土交通省北海道開発局では, 北海道にある十勝川において, 治水安全度を向上させることを目的とした千代田新水路が計画され, 2007 年より運用を開始している。千代田実験水路はこの千代田新水路の一部を活用することで, 擬似洪水(通水可能最大流量 $170 \text{ m}^3/\text{sec}$)を発生させることができる世界最大規模の水理実験施設である。

北海道開発局と寒地土木研究所はこの千代田実験水路を活用し, 越水破堤のプロセス解明のため越水破堤実験を行った。この実験により越水から 4 つの段階(Step1:越水による堤体侵食→Step2:破堤口拡幅開始段階→Step3:破堤口拡幅加速段階→Step4:破堤口拡幅減速段階)を経て破堤が進行することを明らかにした。

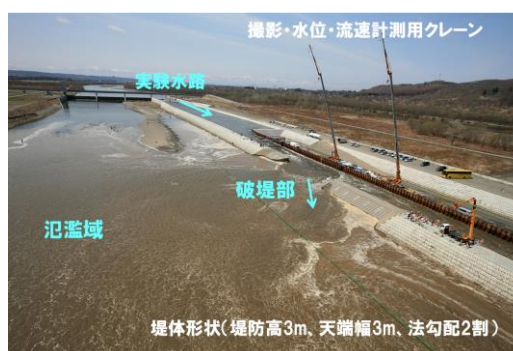


図-1 十勝川千代田実験水路

図-2 越水破堤実験の様子

Experiment on a Levee Breach from Overtopping at the World's Largest Experimental Channel, the Chiyoda Experimental Channel on the Tokachi River

SHIMADA Tomonori, River Engineering Research Team, Civil Engineering Research Institute for Cold Region

Even today, with progress in river improvement, damage caused by levee breaches still occurs frequently in many parts of Japan. For example, in the floods caused by Typhoon Hagibis (Typhoon No. 19) in 2019, 142 river levee breaches occurred in Japan (122 of them attributed to overtopping), causing extensive damage due to inundation. There are concerns that floods with severe damage will become more frequent due to climate change. Even though the damage caused by levee breaches is devastating, the process of such breaches initiated by overtopping is not well understood and elucidating the mechanism of levee breaches is important for establishing damage mitigation techniques.

Under these circumstances, the Hokkaido Regional Development Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) planned the Chiyoda New Channel to improve flood control safety on the Tokachi River in Hokkaido and began operating the new channel in 2007. The Chiyoda Experimental Channel, which is part of the Chiyoda New Channel, is the world's largest hydraulic experiment facility. It can generate a simulated flood with a maximum discharge of 170 m³/sec.

The Hokkaido Regional Development Bureau and the Civil Engineering Research Institute for Cold Region conducted experiments on levee breaches initiated by overtopping at the Chiyoda Experimental Channel to elucidate the process of such breaches. The experiment revealed that it proceeds through four stages: (1) the start of levee erosion due to overtopping, (2) the start of widening of a narrow erosion trench across the levee body, (3) the acceleration of the widening of the breach, and (4) the deceleration of the widening of the breach.

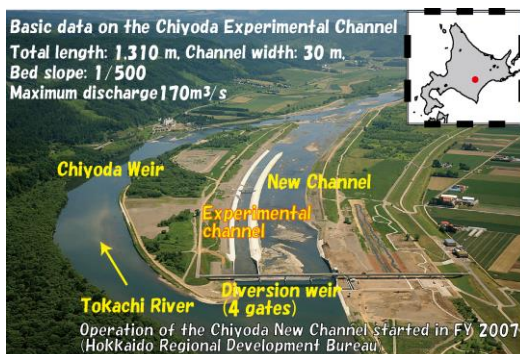


Figure 1. The Chiyoda Experimental Channel on the Tokachi River



Figure 2. Experiment on a levee breach from overtopping

オホーツク海の海氷減少に伴う波浪増大

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所

寒地水圏研究グループ 寒冷沿岸域チーム 岩崎慎介

北海道北部に隣接するオホーツク海は、海氷の減少に伴い、波浪増大が懸念されている。しかし、この海域の波浪に着目した研究は非常に少なく、その長期的な変化については未解明のままであった。そこで、3つの再解析と1つの衛星プロダクトによって強制された波浪モデル(WAVEWATCH III)に基づき、オホーツク海における波パワー(P_w)の長期的な傾向を、40年間(1980年代から)のシミュレーションによって調べた。3つの波浪モデルのシミュレーションは、オリジナル(1時間毎または日毎)の再解析データまたは衛星海氷データを用いて行った。さらに、海上風と海氷に起因する長期的な P_w トレンドの応答を定量化するために、気候学的な海氷データを用いて3つの波浪モデルシミュレーションを行い、合計6つのモデルシミュレーションを行った。その結果、オホーツク海における冬季(12-2月)の P_w は10年あたり約12~15%で増加していることがわかった。また、 P_w 増加には、海氷の減少と海上風の増加が影響していること、さらに、その海上風の増加も、海氷の減少に起因していることを明らかにした。この結果は、海氷減少が冬季における P_w 増加の主要因であることを提示している。

Increase in the wave power due to the reduction of sea ice over the Sea of Okhotsk

Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute

Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group

Port and Coast Research Team

Shinsuke Iwasaki

In the Sea of Okhotsk (SO) adjacent to northern Hokkaido, there is concern about the increase of waves due to the decrease of sea ice. However, very few studies have focused on waves in this area, and their long-term changes remain unresolved. Therefore, the long-term trends of wave power (Pw) in the SO were investigated using the 40-year (from the 1980s) simulations and based on the wave model (WAVEWATCH III) enforced by three reanalyses and one satellite product. Three wave model simulations were conducted using the original (hourly or daily) reanalysis or satellite sea ice data. In addition, to quantify the responses of the long-term Pw trends due to surface winds and sea ice, three wave model simulations were performed with climatological sea ice data, for a total of six model simulations. The results show that winter (December – February) Pw in the SO has been increasing at a rate of about 12–15% per decade. The results also indicate that the increased Pw is influenced by the strengthened surface winds and reduced sea ice, and that the strengthened surface winds is also caused by the reduced sea ice. These results suggest that the reduction of sea ice is the main cause of the positive Pw trend during winter.

大規模アンサンブル気候予測データによる北海道の吹雪イベントに対する気候変動の影響評価

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所
雪氷チーム 菅原 邦泰

吹雪は道路交通と水文学の両面で重要な役割を果たしている。吹雪によって運転手の視界は妨げられ、道路には吹きだまりが形成される。山岳地帯では、吹雪は積雪表層の削剥や再堆積により、積雪を再配分させることで複雑な水循環を引き起こすだけでなく、雪崩発生の原因にもなる。温暖化の進行に伴い、冬期を通じた降雪量には減少傾向がこれまでに指摘されている。一方で、吹雪は雪粒子が風によって空中を舞う現象であるため、吹雪の強さを評価するためには降雪量だけでなく風速も考慮する必要がある。したがって、現在気候と将来気候における吹雪強度の定量的な比較は行われていない。本研究では、大規模アンサンブルメンバを有する力学的ダウンスケールを施された気候予測データベースである d4PDF を用いて、気候変動が吹雪強度に及ぼす影響を、極端現象を含む広い確率スペクトルにわたって評価した。北海道内の数地点に焦点を当て、風速、気温、降雪量から 1 時間当たりの吹雪量 ($\text{kg m}^{-1} \text{h}^{-1}$) を推定した。バイアス補正を施した d4PDF の現在気候再現実験では、観測値に基づく吹雪量の確率分布を再現することができた。現在気候において、吹雪量が $300 \text{ kg m}^{-1} \text{h}^{-1}$ を超えるような、激しい吹雪イベントの発生確率は地域的な差異を示し、日本海側沿岸と太平洋沿岸の地点では一冬に一回以上発生した一方で、オホーツク海沿岸と内陸の地点では、より低い頻度で発生した。d4PDF の全球 2 度昇温将来気候実験では、激しい吹雪の発生確率が低下したことが示された。また、月別の最大吹雪量はどの地点でも減少する可能性が示されたが、地域的および季節的に大きな差異が確認された。厳冬期 (12 月 ~ 翌年 2 月) の激しい吹雪イベントの発生確率、月最大時間吹雪量、およびその地吹雪成分は、太平洋沿岸の地点で最も顕著に減少した。この地点では、厳冬期における平均積雪期間が他の地点よりも短かった。このような時間吹雪量の減少は、積雪期間の短縮と気温が 0°C 以上となる頻度が増加することに大きく関係すると示唆される。

Title: Impact assessment of climate change on the blowing-snow events in Hokkaido with a large ensemble meteorological dataset

Authors: Kuniyasu Sugawara^{1, 2*}, Masaru Inatsu³, and Yusuke Harada¹

¹Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute, Sapporo, Japan

²Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan

³Faculty of Science and Centre for Natural Hazards Research, Hokkaido University, Sapporo, Japan

*e-mail: sugawara-k@ceri.go.jp

Abstract:

Blowing snow plays an important role in transportation and hydrology. It inhibits drivers' visibility and often causes snowdrifts on roads. Blowing snow in mountainous regions causes extreme distributions of snow cover by redistributing the snowpack, resulting not only in a complicated hydrological cycle but also in avalanche releases. A reduction in snowfall throughout the season has been shown with global warming. However, the intensity of blowing snow has not been compared between the current and future climates, because blowing snow is a phenomenon of wind-borne snow particles. In other words, in assessing the blowing-snow intensity, not only snowfall but also wind speed must be considered. This study evaluated the impact of climate change on the intensity of blowing-snow events across a wide probability spectrum including extreme events, by using d4PDF, a dynamically downscaled meteorological dataset with a large number of ensembles. At the sites in Hokkaido, the northernmost island of Japan, the hourly snow transport rate (STR; $\text{kg m}^{-1} \text{h}^{-1}$) was estimated from wind speed, temperature, and snowfall. The bias-corrected historical experiment of d4PDF was found to be able to reproduce the STR distribution based on the observation data. The occurrence probability of severe blowing-snow events (STR exceeding $300 \text{ kg m}^{-1} \text{h}^{-1}$) was found to exhibit spatiality. Such events were predicted to occur much more than once per winter at the sites on the northwestern coast and the Pacific coast, but were predicted to occur much less frequently at the site on the Okhotsk coast and the inland site than at the other sites. The +2-K future climate experiment using d4PDF data predicted that severe blowing-snow events would become rarer. Moreover, the monthly maximum STR exhibited a decrease, yet it showed significant spatial differences and seasonal variations. The occurrence probability of severe blowing-snow events, the monthly maximum STR, and the drifting term of it in the STR formula from December to February were the most significantly reduced at the site along the Pacific coast. The mean snow cover duration (SCD) from December to February at this site was shorter than at any other site. This predicted decrease in STR is thought to be due to the shortening of the SCD and would be substantially related to the critical temperature at the melting point.

日本における航空レーザー測量による積雪分布と地形・植生との関係性

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所
水環境保全チーム 山田嵩

山岳域における積雪は水資源として世界的に重要であり、積雪分布の正確な把握は水資源管理等において重要となる。それは山地が国土の 70% 以上を占める日本も例外ではない。山岳域での積雪分布の計測手法には複数あるが、中でも航空レーザー測量であれば広範囲かつ高精度な計測が可能である。山岳域の積雪分布を計測するために、航空レーザー測量を行った事例が特に欧米にて多数報告されているが、日本での計測事例は少ない。

そこで本研究では、地形・植生特性による積雪分布への影響を明らかにするため、北日本の植生分布が対照的な 2 つの地域において、航空レーザー測量による積雪分布と地形・植生特性との関係を調べた。1 つ目の定山溪ダム流域の標高は概ね 380m ~ 1302m の範囲で、大半が (82%) 森林で覆われており、2 つ目の忠別ダム流域の標高は概ね 366m ~ 2290 m の範囲で、流域の 40% が非森林域である。なお、忠別ダム流域での計測範囲は流域中の約 20km² であり、標高は 1065 m から 2290 m、非森林域は 78% である。積雪分布の解析は森林域と非森林域に区別して行い、地形特性は標高、地上開度、傾斜角及び斜面方位とした。

航空レーザー測量による積雪深は、どちらの地域も地上での観測値と概ね一致しており、十分な精度があると考えられた。忠別ダム流域の積雪分布は森林域と非森林域で大きく異なっていた。具体的には森林域では空間変動性が小さく、非森林域では空間変動性が大きくなる結果となった。さらに、積雪深と地形特性との関係では、回帰分析の結果から森林域においては地上開度及び標高の寄与度が大きく、非森林域では地上開度及び斜面方位の寄与度が大きかった。

これらの結果から、流域の積雪分布は森林域の分布や地形特性に依存することが示された。積雪相当水量の推定においても森林域と非森林域と区別した上で寄与度の大きい地形特性を考慮する必要があることが考えられる。

Takashi Yamada

Watershed Environmental Engineering Research Team

Civil Engineering Research Institute for Cold Region

Snow cover in mountainous areas has an important role as a water resource, and an accurate understanding of snow cover distribution is significant for water resource management. Japan is no exception, as more than 70% of its land area is mountainous. There are several methods for measuring snow cover distribution in mountainous areas such as airborne laser which can measure large areas with high accuracy.

In this study, we investigated the relationship between snow cover distribution observed by aerial laser survey and characteristics of topography and vegetation in two areas where vegetation distribution is totally different in northern Japan to clarify the influence of topographic and vegetation characteristics on snow cover distribution.

One of target areas is Jozankei Dam watershed, ranges in elevation from about 380 m to 1302 m and is mostly covered by forest (82 %). Another area is Chubetsu Dam watershed, ranges in elevation from about 366 m to 2290 m and 40% of the watershed is non-forested. The measurement area in Chubetsu Dam watershed covers about 20 km² of the watershed, with elevations ranging from 1065 m to 2290 m, and 78% of the watershed is non-forested. The vegetation characteristics focused on in this study were forested or non-forested areas. Topographic characteristics were focused on elevation, overground, openness, slope angle, and slope orientation.

Airborne laser snow depth measurements were generally consistent with ground observations in both areas and were considered to be sufficiently accurate. The distribution of snow cover in the Chubetsu Dam watershed differed significantly between forested and non-forested areas. Specifically, spatial variability was smaller in the forested area and larger in the non-forested area. In addition, the regression analysis results for the relationship between snow depth and topographic characteristics showed that the contribution of overground openness and elevation was large in the forested area, while the contribution of overground openness and slope direction was large in the non-forested area.

These results indicate that the distribution of snow cover in a watershed depends on the distribution of forested areas and topographic characteristics. It may be necessary to distinguish between forested and non-forested areas and to consider topographic features that contribute significantly to the estimation of snow equivalent water.

沖合域人工魚礁や漁港周辺の水産環境モニタリング調査技術
～効果的な水産資源増殖・保全と藻場による脱炭素化社会に向けて～

(国研)土木研究所 寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ長 矢部 浩規

我が国の水産資源の回復や生産力向上を促進するため、100m 以上の大水深の沖合域において人工魚礁を設置するなど大規模な漁場整備が期待されており、その事業効果の定量的な把握が求められている。

人工魚礁による魚類の餌料環境の改善効果を明らかにするには、浮遊生態系では水質環境と流動環境を、底生生態系では海底の底質環境を把握する必要がある。特に、採泥地点を詳細に設定するため、船上から採泥器を垂らす方法ではなく、水中映像を見ながら操作できる遠隔操作型無人潜水機 ROV に採泥器を取り付けた改良型機器を開発している。

そして、蜆集効果や増肉効果把握のため、高性能魚探ブイと漁獲調査、環境 DNA 解析を並行して行うことで、従来の魚群探知機では魚影として捉えるのみで困難であった人工魚礁周辺での魚類の個体数、体長を計測可能とし、魚種推定の可能性を開くことが出来た。

また、漁港空間を有効活用して水産資源の生産力を向上することが期待されており、魚介類の産卵や稚仔魚育成などの基盤となる藻場を造成・回復する技術の開発に取り組んでいる。藻場は地球温暖化緩和策として CO₂ を吸収するブルーカーボン機能、海水温の上昇に伴う赤潮発生抑制に効果がある殺藻細菌を提供することからも注目されている。

藻場の増大と様々な機能を把握するためには、生育、繁茂状況を詳細に把握するモニタリング技術が不可欠であり、UAV を用いて簡便で精度の良い効率的な調査技術を開発した。

Environmental monitoring techniques for offshore artificial fish reefs and fishing ports : Effective enhancement and conservation of marine resources, and building a decarbonizing society through macroalgal beds

Hiroki YABE

Director of Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group, CERI

To promote the recovery of Japan's fishery resources and increase productivity, the development of offshore artificial reefs (OARs) is expected. However, the deep installation depth of 100m or more of an OAR is often a barrier to assessing its performance efficiently.

It is necessary to understand the water quality environment and flow environment for planktonic ecosystems, as well as the seafloor substrate environment for benthic ecosystems to clarify the effect of OARs by improving a feeding environment and providing suitable habitats for target aquatic organisms. Especially, we have established a sampling method using a grab sampler mounted on an ROV (remotely operated vehicle), which enables collecting sediments near an OAR in deep water with visual confirmation of the exact location.

We have developed a method for measuring the density, size, and species composition of fish gathering around an OAR by the combined use of a high-resolution echo sounder and environment DNA analysis. These methods will contribute to a precise and efficient assessment of the OAR effect on a feeding environment and the properties of fish assemblages around it.

In addition, it is expected to improve the productivity of fishery resources by effectively utilizing the fishing port space, and we are working on the development of technology to create and restore macroalgal beds. These beds not only support productivity in coastal waters but also play a crucial role in moderating global warming that absorbs CO₂ and preventing harmful algal blooms, a recent area of focus.

The data we collect on the area, distribution, and species composition of the macroalgal beds are essential for assessing their enhancement and various functions. For this reason, we have developed an accurate and efficient monitoring method using a UAV (unmanned aerial vehicle), which will likely be one of the potential alternatives for future algal assessment.