

令和 6 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：令和 6 年 12 月 25 日(水) ・ 26 日(木)

会場：山形大学農学部 3 号館

<第1会場>

山形大学農学部 3号館 201 講義室

第1部 12月25日(水) 13:00~14:45

(司会: 岡田 里奈 先生)

第2部 12月26日(木) 10:00~12:00

(司会: 門廻 充侍 先生)

第3部 12月26日(木) 13:30~15:15

(司会: 奥村 誠 先生)

R6年度東北地域災害科学研究集会 発表プログラム 第一会場 (201講義室)

12月25日(水) (201講義室)	【第1部】 司会： 岡田 里奈 先生			
	第1部	13:00-13:15	十和田石製ジオポリマー作製における硬化剤濃度と物性の関係検討	○加賀谷 史、齋藤 憲寿、南田 悠、齋藤 菜月(いずれも秋田大学大学院理工学研究科)
		13:15-13:30	137Cs年代測定法による年縞計測の評価:男鹿半島一ノ目潟を例に	○阿保純平・永田篤規・田副博文・梶田展人・梅田浩司(弘前大学)・安藤卓人(秋田大学)
		13:30-13:45	角閃石族の化学組成に基づく大山最下部テフラ hpm1 と hpm2 の対比	○森悠人(弘前大学理工学部)、梅田浩司(弘前大学理工学部)
		13:45-14:00	ホタテ廃貝殻を用いた八郎湖のリン酸イオンの除去実験	○齋藤菜月、齋藤憲寿、加賀谷史、南田悠(秋田大学大学院理工学研究科)
		14:00-14:15	2024年能登半島地震に伴う津波堆積物の堆積学的特徴	○茂木勤吾、岡田里奈、梅田浩司(弘前大学理工学部)
		14:15-14:30	津軽平野の上位沖積面堆積物に認められる洪水堆積物について	○堂元礼比古、梅田浩司(弘前大学理工学部)
		14:30-14:45	山形県および秋田県沿岸から報告されているイベント堆積物の成因	○角田海斗、和田凌汰、鎌滝孝信、藤木利之(岡山理科大学理学部)、植松暁彦(山形県埋蔵文化財センター)、相原淳一(元東北歴史博物館)、齋藤龍真(株式会社ALISys)、駒木野智寛(北海道大学医学研究院)
	14:45-15:00	休憩		
15:00-17:10	公開講演 (301講義室)			
12月26日(木) (201講義室)	9:00~9:50	地区総会(202講義室)		
	【第2部】 司会： 門廻 充侍 先生			
	第2部	10:00-10:15	雨量推計手法と浸水範囲推計手法の検討ー令和元年度東日本台風を対象としてー	○田村諒(東北大学大学院工学研究科)、佐藤栄治(宇都宮大学地域デザイン科学部)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
		10:15-10:30	令和6年7月豪雨における酒田市大沢地区での住民避難行動	○熊谷誠(山形大学地域教育文化学部)
		10:30-10:45	馬場目川における河床変動に関する検討	○山田晃平(秋田大学理工学部)、齋藤 憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
		10:45-11:00	2023年秋田豪雨における秋田市駅東地区の被害について	○齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、及川洋(秋田大学名誉教授)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
		11:00-11:15	2018年西日本豪雨の被災地域における地名と災害リスクとの関連性	○城田芽美、鎌滝孝信(岡山理科大学大学院理工学研究科)
		11:15-11:30	大雨災害における消防救出記録の再分類手法の提案	○門廻充侍(秋田大学新学部設置準備担当)、永田尚三(関西大学社会安全学部)
		11:30-11:45	2024年7月の梅雨前線豪雨による人的被害発生場所の特徴	○牛山素行(静岡大学防災総合センター)、本間基寛(日本気象協会)、向井利明(気象庁)
		11:45-12:00	パラメトリック型保険による津波リスク低減の定量化および最適化手法の提案	○三木優志(東北大学 工学部 建築・社会環境工学科)、Suppasri Anawat、Cheng An Chi、Constance Ting Chua、今村文彦(東北大学災害科学国際研究所)、岩崎智哉、篠塚友吾、小川剛史(スイス・リー・インターナショナル・エスイー日本支店)
	12:00-12:45	昼食		
	12:45-13:30	ポスター発表 (ポスター掲示会場：102講義室)		
	【第3部】 司会： 奥村 誠 先生			
	第3部	13:30-13:45	富山での自動車を利用した津波避難方式の構築に向けて-東北地方の事例を参考に-	○沼澤蓮音(富山県立大学大学院工学研究科)、呉修一(富山県立大学工学部)
		13:45-14:00	津波避難安全性評価のためのメッシュベース最適化モデル	○佐藤千仁(東北大学大学院工学研究科)、堀合紳弥、奥村誠(東北大学災害科学国際研究所)
14:00-14:15		米代川の河口部における塩水遡上について	○山崎諒(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
14:15-14:30		砂浜で発電する波力発電装置の開発における波よけの影響	○大河内純一、齋藤憲寿、高橋圭太、秋永加奈、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
14:30-14:45		等圧効果を利用した通気工法外壁の風荷重低減の試み	○植松 康(東北大学未来科学技術共同研究センター)、細川 敬士郎(NTT都市開発㈱)	
14:45-15:00		着床式洋上風力発電施設とコンテナの衝突に関する検討	○池ヶ谷翼(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)	
15:00-15:15		円弧型独立上屋の構造骨組用風力係数に関する検討	丁 威(秋田工業高等専門学校)、○藤沢優輝(秋田工業高等専門学校)、植松 康(東北大学)	

<第1会場 201 講義室>

— 第1部 (7題) —

司会：岡田 里奈 先生

12月25日(水) 13:00~14:45

十和田石製ジオポリマー作製における硬化剤濃度と物性の関係検討*

秋田大学大学院 理工学研究科 加賀谷 史, 齋藤 憲寿, 南田 悠, 齋藤 菜月

1. 研究背景・目的

十和田石は、秋田県大館市比内町で年間約 3000 トンが採掘される緑色凝灰岩の商品名であり、 Fe^{2+} に由来する青緑色と、保温性、保湿性、脱臭性等を備えた石材として重宝されている¹⁾。しかし、石材に適した部位は採掘量の約 3 割に過ぎず、残りは粉末や粗粒に加工されて農業資材等に用いられている。この端材は石材部位よりも Fe^{2+} を多く含み、より青緑色が濃い。

近年発展が目覚ましいコンクリート製造法として、ジオポリマーがある。ジオポリマーは、アルカリシリカ溶液と金属イオンによる縮合重合反応を用いて製造する方法であり、これにより製造したコンクリートは、製造時の CO_2 発生量が一般的なポルトランドセメントを原料とするその約 2 割と非常に少なく²⁾、かつ耐腐食性や耐風化性に優れる等の利点を持つ。

本研究では、十和田石粉末を資材に用いたジオポリマーの試作において、投入する硬化剤濃度と作製試料の外観、圧縮強度、密度の関係の比較検討を行った。

2. 実験

2-1. ジオポリマー試料の作製

(1)十和田石粉末(Fig.1 は外観, Fig.2 は篩分け試験により求めた粒度分布)を資材とし、0.10-4.0 M の硬化剤(K_2SiO_3 及び KOH を同一モル濃度で含む水溶液)を調製した。

(2)作製した骨材と硬化剤を一定割合で混合し、円柱状の型($\phi=30$ mm)に詰め、気泡を除去しつつ充填した。

(3)型に詰めた試料をラップで密閉し、 $40^\circ C$ で 24 時間養生した。養生後は型から外し、 $40^\circ C$ で材齢 28 日まで乾燥させた。

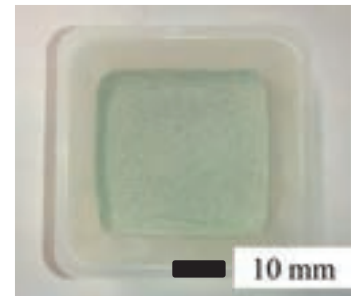


Fig.1 十和田石粉末

2-2. 圧縮強度測定及び寸法密度の算出

材齢 28 日の試料をダイヤモンドソー及び紙やすりを用いて寸法比約 1 : 1 : 2 の角柱型に切削、研磨し、万能試験機による圧縮強度試験を行った。また、切削後の試料寸法の実測値及び重量から嵩密度を算出した。

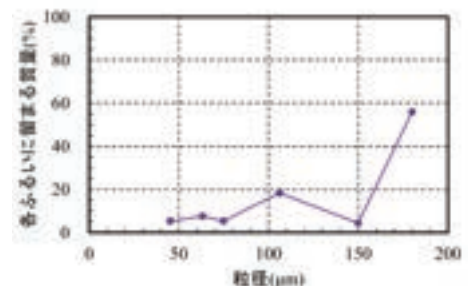


Fig.2 資材の粒度分布

3. 結果と考察

Fig.3 に作製したジオポリマー試料の外観を示す。硬化剤濃度が 0.10-1.0 M の試料については、十和田石の青緑色は粉末時からほぼ変化が見られなかった一方で、2.5 M 及び

*Research about relation of physical properties which towada green tuff's geopolymers and concentration of hardening accelerator by Fumito KAGAYA, Noritoshi SAITO, Yu MINAMIDA and Natsuki SAITO

4.0 M の試料については、青緑色が強く呈色した外観となり、また 4.0 M 試料の側面には過剰な硬化剤由来と考えられる白色固体の析出が観察された。

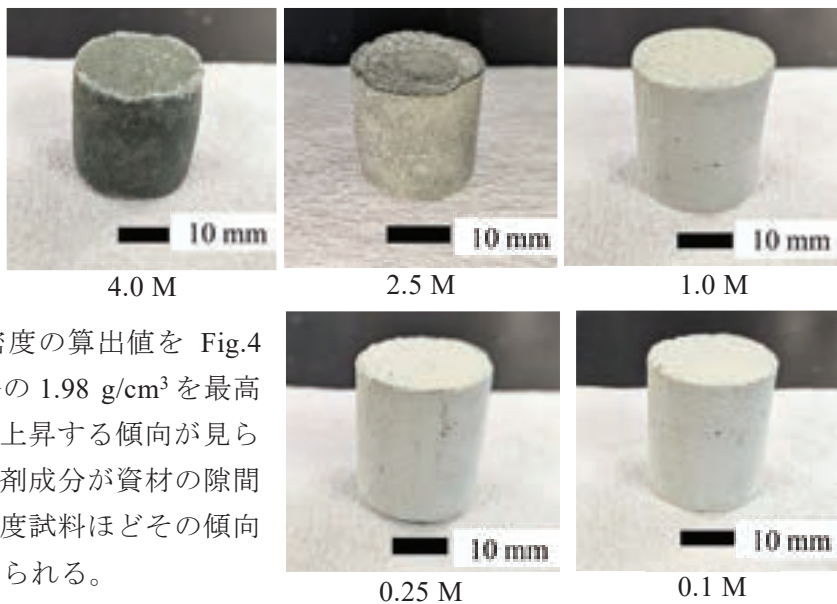


Fig.3 作製試料の外観

材齢 28 日における各試料の圧縮強度試験結果及び嵩密度の算出値を Fig.4 に示す。嵩密度は 4.0 M 試料の 1.98 g/cm³ を最高値として、硬化剤濃度と共に上昇する傾向が見られた。これは SiO₃²⁻等の硬化剤成分が資材の隙間へ入り込んでおり、かつ高濃度試料ほどその傾向が強く密度が上昇したと考えられる。

硬化剤濃度 0.10 M 及び 0.25 M の試料の圧縮強度は、いずれも 0.30 MPa 前後を示し、1.0 M 以上の試料と比較して大きく劣る結果となった。これらの試料は指による摩擦でも容易に摩耗する程であり、ジオポリマーによる硬化が不十分であったことが示唆されている。一方で最も高い圧縮強度を示した試料は 1.0 M の 2.67 MPa であり、高濃度の硬化剤を用いることが圧縮強度の上昇に寄与するとは限らないことが示唆された。理由として高濃度試料において資材の隙間に入り込んだ SiO₃²⁻等が過剰であり、ジオポリマーの形成が物理的に阻害された可能性が考えられる。



Fig.4 試料の圧縮強度と嵩密度

4. 結言

十和田石の粉末を資材に、アルカリシリカ溶液を硬化剤としてジオポリマーを試作し、硬化剤濃度と試料の外観、圧縮強度との関係を比較検討した。その結果、硬化剤濃度が高い程青緑色を強く呈色すること、圧縮強度は 1.0 M 硬化剤を用いた試料において最大値を示した。

謝辞

本研究は、公益財団法人鉄鋼環境基金並びに JSPS 科研費 JP24H02570 の助成を受けた。

参考文献

- 1) 中野産業株式会社カタログ:https://towadaishi.jp/assets/doc/towadaishi_catalog_202112.pdf
- 2) 相原直樹, 辻村太郎, 上原元樹, 土屋広志: 鉄道用材料の LCA による環境評価, 鉄道総研報告 Vol.23, pp.5-10(2009.6)

^{137}Cs 年代測定法による年縞計測の評価:男鹿半島一ノ目潟を例に

○阿保純平・永田篤規・田副博文・梶田展人・梅田浩司(弘前大学)・安藤卓人(秋田大学)

1. はじめに

秋田県男鹿半島に位置する一ノ目潟は、マグマ-水蒸気爆発によって形成された爆裂火口（マール）に形成された直径約 600 m・最大水深約 45 m の淡水湖であり、その湖底堆積物にはラミナが確認されている。このラミナは、静穏かつ無酸素湖底環境において、沈降粒子の季節変動によって形成された年縞であると考えられている(山田ほか, 2014)。また年縞には、イベント堆積物として地震や大雨・洪水イベントに起因するタービダイトやホモジナイト, MTD(Mass transport deposit)が挟在する場合がある(永田ほか, 2024)。これらの過去に発生した自然災害を復元する可能性があるイベント堆積物は年縞が正確であれば年代決定することができる。本研究では一ノ目潟の湖底堆積物に含まれるイベント堆積物の正確な年代決定に必要である年縞の正確性を評価するため、 ^{137}Cs の放射能の測定をしたのでその結果を報告する。

2. 手法

2.1. 調査地点および調査方法

湖底の中心にあたる Ab2 (N39°57'17.3",E139°44'20.8")と、Ab2 から南方の Ab2S (N39°57'13.5", E139°44'20.5")にて、内径 4 cm のグラビティコアサンプラーを湖底に打ち込むことでコア試料を取得した。

取得したコア試料を半割し、層相観察、年縞カウント、写真撮影を行った。その後コア試料のイベント堆積物層以外を 1.5 cm ずつ(Ab2 の 0.0 cm~8.0 cm についてのみ 2.0 cm ずつ)分割し 60 °C 24 時間乾燥した後微粉碎した。各試料約 1.5 g を測定容器に封入しガンマ線計測を実施した。

2.2. ^{137}Cs 年代測定法

1950 年代から 1980 年代までの期間アメリカ、ソ連、中国、フランスなどが大気圏内核実験を行ったことにより、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr およびプルトニウムなどの放射性核種が地球規模に拡散し、放射性降下物(フォールアウト)として地球表面に降下した。気象庁気象研究所の報告によると 1963 年 5 月に降水、落下塵中の ^{137}Cs のピークを観測した。 ^{137}Cs 年代測定法では ^{137}Cs のピーク時を 1963~1964 年として時間の目盛をつけている。

3. 結果

Ab2 と Ab2S の柱状図と ^{137}Cs の放射能測定結果を示す(Fig. 1)。Ab2 は精密画像による年縞計測を行うことができたが、Ab2S は年縞が鮮明でなく正確な年縞計測は難しかった。

* Evaluation of varve by ^{137}Cs dating: An example of Ichinome Lagoon on the Oga Peninsula by Junpei Abo

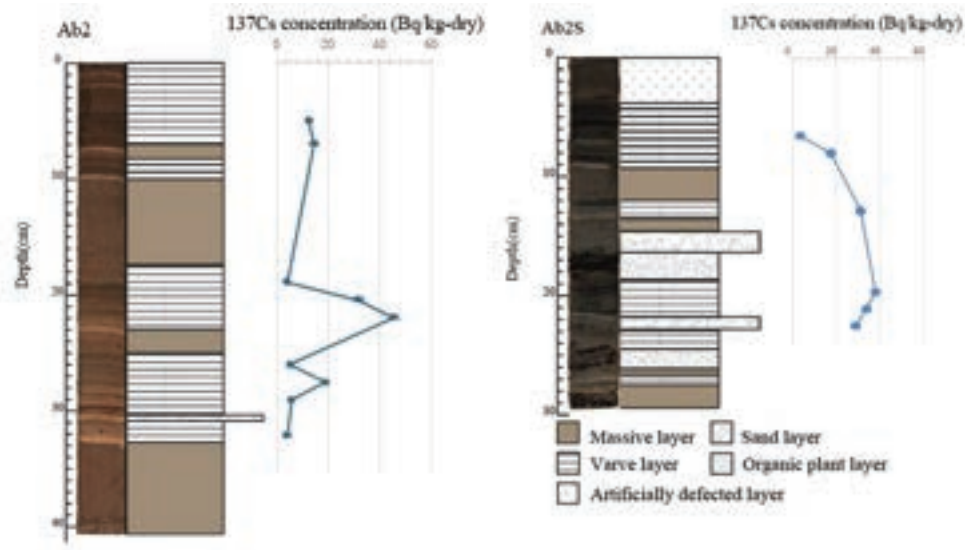


Fig. 1 Ab2 と Ab2S のコア画像と柱状図， ^{137}Cs 放射能濃度。半減期補正日はそれぞれ 2024/6/21，2024/7/20。

4. 考察

Ab2 では ^{137}Cs のピークは 21.0～22.5 cm の層準で検出され、年縞計測による年代推定結果（1964～1975 年）とおおよそ整合的であった。直下の 22.5～24.5 cm のイベント層は、1964 年の新潟地震または男鹿半島沖地震に由来すると考えられる。年縞が不鮮明であった Ab2S については明瞭な ^{137}Cs のピークは見られなかった。Ab2S の採取地点は南方に存在する導水路に近いことや、やや水深が浅く湖底に酸素が届きやすい条件であることから、擾乱を受けやすい条件であることが原因であると推察される。

5. 参考文献

- 1) 山田和芳・五反田克也・篠塚良嗣・斎藤めぐみ・藤木利之・瀬戸浩二・原口強・奥野充・米延仁志・安田喜憲 (2014), 年縞編年学の進歩. 月刊地球, 号外 No. 63, 25-30.
- 2) 永田篤規, 梶田展人, 安藤卓人, 箕輪昌紘, 梅田浩司 (2024), 男鹿半島一ノ目潟の年縞堆積物に挟まれるイベント堆積層の対比.
- 3) 気象庁気象研究所(2007), Artificial Radionuclides in the Environment 2007 Geochemical Research Department, Meteorological Research Institute, JAPAN ISSN 1348-9739. https://www.mri-jma.go.jp/Dep/ap/ap4lab/recent/ge_report/2007Artifi_Radio_report/Chapter5.htm

角閃石族の化学組成に基づく大山最下部テフラ hpm1 と hpm2 の対比

弘前大学理工学部 森悠人・梅田浩司

1. はじめに

大規模な噴火により短時間で広域に堆積するテフラは、火山から離れた地域において同時間面を示す指標として有用である。特に火山ガラスの化学組成を有力な指標として、テフラの同定や対比を行う。しかしながら、比較的古い時代のテフラは粘土化が進んでいることが多い。そのため粘土化した粒子であっても新鮮な状態で残っていることが多い角閃石の化学組成を指標としてテフラの同定や対比も行われている（例えば、渡辺ほか，2022）。

中国地方鳥取県に位置する大山火山は約 100 万年前に活動を開始し、約 2 万年前の噴火を最後にその活動を停止している。そのため、いわゆる活火山とは認識されていない。しかしながら、近畿地方には第四紀に広域テフラを伴うような給源がないため、この地域の地層の編年には大山起源のテフラの識別が極めて重要であった。大山火山起源のテフラについては下位から大山最下部、下部、中部および上部火山灰に区分されている（山陰第四紀研究グループ，1969）。このうち、大山最下部火山灰に属する hpm1, hpm2（岡田ほか，1990）は大山火山の東方に広く分布している（岡田・石賀，2000）。著者らは大山の最下部及び上部テフラの鉱物モード組成や重鉱物の主成分元素組成の分析を進めている。本発表では、主に hpm1, hpm2 の識別方法について報告する。

2. 調査地域及び調査方法

調査地点は鳥取県倉吉市般若の露頭（35°23'46.87"N, 133°41'50.27"E）である。露頭において層相観察と記載およびテフラ試料の採取を行った。採取した試料は超音波洗浄機で洗浄後に 132~263 μm に篩い分けし、研磨薄片を作成した。偏光顕微鏡により斑晶鉱物の記載を行った後、試料に含まれる角閃石族を、電子プローブマイクロアナライザ（EPMA）を用いて、主成分 9 元素（Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na 及び K, ただし Fe は 2 価とする）について定量を行った。EPMA は日本電子製の JXA-8230(波長分散型・4 チャンネル)を用い、測定条件は加速電圧 15kV, 照射電流 $6.0 \times 10^{-9}\text{A}$, ビーム径 10 μm とした。主成分組成の計算は ZAF 法により各酸化鉱物の wt% を求めた後、酸素数 O=23 に対する各原子数を計算した。

3. 結果

hpm1 と hpm2 の鉱物モード組成を表-1 に示す。両テフラには火山ガラスは認められなかった。hpm1 は hpm2 に比べて普通角閃石が多く、不透明鉱物が少ない傾向が認められる。顕微鏡観察による識別での重要なポイントとして、hpm1 にはカミングトン閃石が、hpm2 には石英が含まれることがあげられる。

hpm1, hpm2 の代表的な普通角閃石およびカミングトン閃石の化学組成については、Mg#値

*Identification of hpm1 hpm2 Tephra in the lowermost member of Daisen Tephra Using Major Element Compositions of Amphibole Phenocryst by Yuto Mori, Koji Umeda

($Mg / (Mg + Fe) \times 100$) を横軸に、各原子数を縦軸にとったグラフにプロットした (図-1)。hpm1 の普通角閃石の Mg# は 61~70 で、Si は 6.9~7.1, Ti は 0.08~0.16, Al は 1.1~1.6, Mn は 0.03~0.07, Ca は 1.6~1.7, Na+K は 0.33~0.51 である。また、Mg# が増加するにつれて、Si は増加、Al, Na+K は減少する傾向が認められる。カミングトン閃石の Mg# は 69~70 で、Si は 7.8~7.9, Ti は 0.02~0.05, Al は 0.19~0.32, Mn は 0.07~0.09, Ca は 0.22~0.33, Na+K は 0.07~0.13 である。hpm2 の普通角閃石の Mg# は 62~68 で、Si は 6.7~7.1, Ti は 0.09~0.15, Al は 1.2~1.7, Mn は 0.04~0.07, Ca は 1.6~1.8, Na+K は 0.40~0.56 である。また、Mg# が増加するにつれて、Si は増加、Al, Na+K は減少する傾向が認められる。

4. 参考文献

岡田ほか (1990) 鳥取大学教育学部研究報告, 39, 143-160.

岡田・石賀 (2000) 日本地質学会第 107 年学術大会見学旅行案内書, 81-90.

山陰第四紀研究グループ (1969) 地団研専報, 15, 354-376.

渡辺ほか (2022) 応用地質, 63, 228-236.

表-1 hpm1 と hpm2 の鉱物モード組成

Name	Glass(%)	Mineralassemblagesandmodes(%)										
		Pl	Kfs	Qtz	Hb	Cum	Opx	Cpx	Bi	Ol	Mt	Il
hpm1 pumice	0	66	-	-	24	4	1	-	-	-	2	3
hpm2 pumice	0	59	-	11	12	1	1	-	-	-	13	4

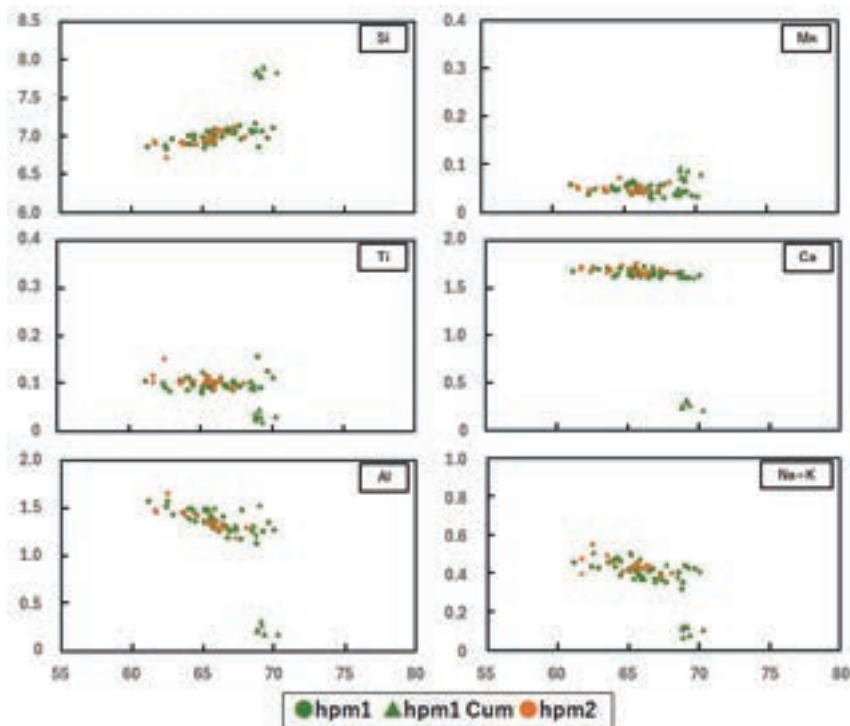


図-1 hpm1, hpm2 の普通角閃石およびカミングトン閃石の化学組成

ホタテ廃貝殻を用いた八郎湖のリン酸イオンの除去実験*

秋田大学大学院 理工学研究科 齋藤 菜月, 齋藤 憲寿, 加賀谷 史, 南田 悠

1. 研究背景・目的

八郎湖は、秋田市の北方約 20 km に位置し、八郎潟の干拓によって残存した淡水湖である。その湖水は、干拓事業により船越水道に設置された防潮水門で日本海と遮断して淡水化され、大潟村をはじめとする隣接市町の農業用水として利用されている。しかし、干拓事業完了後、徐々に湖の富栄養化が進行してきた結果、アオコの異常発生(図 1) などの水質汚濁の問題が顕在化している^[1]。

さらに、八郎潟干拓地南部(方上地区)では高濃度のリン酸を含む地下水が湧出^[2]しており、複数の排水路を経て八郎湖へ流出している。地下水のリン負荷量は八郎湖全体の約 27%に相当^[3]しており、八郎湖の富栄養化を抑制するためには地下水に含まれるリンの除去が課題である。そこで、著者らは八郎湖および八郎潟干拓地の水質調査や室内実験によるリンの除去を実施した。

本研究では、北海道では年間約 11 万トンが廃棄されるにも関わらず、再利用率は 50%に留まり新規の有効利用が課題として挙げられているホタテ貝殻粉末に着目して PO_4^{3-} の除去実験を行った。

2. 実験

2-1 実験材料

リン吸着剤として、ホタテ養殖から排出される未焼成貝殻(未焼成, 主成分: CaCO_3) および、焼成済貝殻(焼成済, 主成分: $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 粉末を使用した。さらに、ハンドリング性向上のため、各粉末と高炉スラグを 1:1 で混合し、水を加えて粒状にした造粒物をリン吸着剤として使用した。高炉スラグについては、製鉄所にて大量に廃棄されており、その有効利用を期待して造粒物の材料とした。また、高炉スラグ単体での実験も行った。

2-2 実験方法

2009 年に干拓地の南部から採取された地下水の全リン濃度は 3.2 - 17.0 mg/L であり、このリンが全て PO_4^{3-} の形態で存在すると仮定した場合 9.6 - 51.0 mg/L となるため、本研究で用いる模擬水の PO_4^{3-} 初期濃度を 25.0 mg/L とした。また、八郎湖のリン湧出水の pH は、7.9 - 9.0 の弱ア



図 1 アオコが発生した八郎湖 (2024 年 8 月撮影)

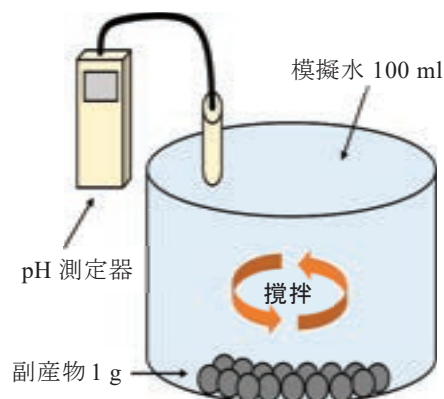


図 2 リン酸除去実験の概要

* Experiment to remove phosphate ions from Lake Hachiro using waste scallop shells by Natsuki SAITO, Noritoshi SAITO, Fumito KAGAYA and Yu MINAMIDA

ルカリ性を示すため、模擬水の pH を 7.8 に調整して実験を行った。図 2 にリン酸除去実験の概要を示す。模擬水 100 mL に副産物 1 g を添加し、マグネチックスターラーを用いて 100 rpm の攪拌速度で室温にて 24 時間攪拌した。実験後は pH メーターを用いて pH を、多項目水質計を用いて PO_4^{3-} および Ca^{2+} をそれぞれ測定した。そして PO_4^{3-} 除去率を算出して評価した。

3. 結果と考察

表 1 に各材料をリン酸模擬水 (PO_4^{3-} : 25.0 mg/L , pH7.8) へ浸漬後の処理水の PO_4^{3-} 除去率, pH および Ca^{2+} 濃度を示した。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を主原料とする焼成済サンプルにおいては、粉末および造粒物ともに除去率が 100% と高い値を示した。 CaCO_3 を主原料とする未焼成サンプルでは、粉末では除去率が 19.2% であったが、高い除去率を示す高炉スラグと混合して作製した造粒物においては、除去率が 86.4% まで上昇した。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の 25°C での水への溶解度は 1,700 mg/L であるのに対して、 CaCO_3 の溶解度は 13 mg/L であり、焼成済サンプルは水への溶解度が高いため、未焼成サンプルよりも Ca^{2+} が模擬水中に溶出しやすく、溶出した Ca^{2+} が PO_4^{3-} と結合して模擬水中の PO_4^{3-} 濃度が下がったと考えられる。

また、焼成済粉末および造粒物において、模擬水への浸漬から 1 日後に、模擬水表面に薄い膜が張っていた。焼成済造粒物の実験において、この表面の析出物を EDS 分析した結果、造粒物本体よりも 3 倍リンの割合が高く、溶液中のリンは模擬水表層に析出することが示唆された。さらに、浸漬後の造粒物をイオン交換水で数回洗浄した後に EDS 分析をしたところ、リンは検出されなかった。このことから、造粒物表層に付着したリンは 100 rpm で攪拌している際に剥離し、それが模擬水表層に析出したと考えられる。

表 1 模擬水への浸漬から 1 日後の結果

	未焼成 粉末	未焼成 造粒物	焼成済 粉末	焼成済 造粒物	高炉スラグ
リン除去率(%)	19.2	86.4	100	100	95.2
pH	8.49	9.98	12.43	12.33	9.31
Ca^{2+} (mg/L)	74	0.0	616	414	58

4. 結言

ホタテ貝殻由来の材料をリン酸模擬水へ浸漬した際に、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を主原料とする焼成済サンプルは高いリン除去率を示し、 CaCO_3 を主原料とする未焼成サンプルは高炉スラグと混合することで高いリン除去率を示した。また、焼成済サンプルにおいては、水中のリンは模擬水表層に析出することが示唆された。

参考文献

- [1] 秋田県：八郎湖に係る湖沼水質保全計画（第 3 期），pp.1-18，2020.
- [2] 川原谷浩，石山大三，世良耕一郎：秋田県八郎潟干拓地に湧出する高濃度リン湧出水の地球化学的特徴，NMCC 共同利用研究成果報文集 17，pp.89-95，2010.
- [3] 片野登：八郎潟残存湖に流入するリン負荷量に占める湧出水由来のリン負荷量の割合について，日本土壤肥料学会誌，Vol.70，No.2，pp.177-184，1999.

2024年能登半島地震に伴う津波堆積物の堆積学的特徴

弘前大学理工学部 茂木 勁吾・岡田里奈・梅田浩司

1. はじめに

2024年1月1日に石川県能登地方の深さ16kmを震源とする、M7.6の地震が発生した。この地震に伴う津波が北海道から九州まで観測された。特に、能登半島北部では津波による甚大な被害が報告されており、現地調査では津波によって形成した津波堆積物が広く分布していることを確認した。

過去の津波堆積物を調査する際に、洪水や台風等他のイベントの堆積物との区別が困難であることが多い。しかし、本研究のように現世で発生した津波の堆積物においては、津波イベントによる堆積が明白であるため、津波堆積物の解釈や認定に活用し得る特徴を調べることが出来る。

また今回の地震に伴う津波では、陸上に加え河道内にも津波堆積物が堆積した。河道内における津波堆積物は、河川の流れによって浸食されてしまうため、保存される可能性が低い。そのため、河道内の津波堆積物について堆積構造や特徴を明らかにすることは研究の発展に重要な課題となってくる。また、津波の遡上は陸域に比べて水域のほうが数倍伝播しやすいことが報告されている(Nanayama et al., 2006; 太田ほか, 2017)。陸域と水域において堆積物の分布、構造、組成に違いがあることが考えられるため、本研究では、それらを明らかにするために、能登半島北東部布浦地域の運動公園野球場（陸域）および九里川尻川（水域）の砂州にて現地調査を行った。今回の発表では、陸域と水域それぞれで観察された津波堆積物について報告する。

2. 調査地域及び調査方法

調査地域は石川県能登町布浦地域である。当該地域には内浦総合運動公園があり、その南側を九里川尻川が流れている。現地調査はこの運動公園の野球場および九里川尻川の砂洲にて行った。野球場の標高は約1.5mで、海岸線から約100m付近に位置している。スコップを用いて、約25m間隔で5地点のピット、九里川尻川では河口から750-860m、950-1200mの砂洲でジオスライサーを用いて17地点掘削し、層相観察および試料採取を行った。

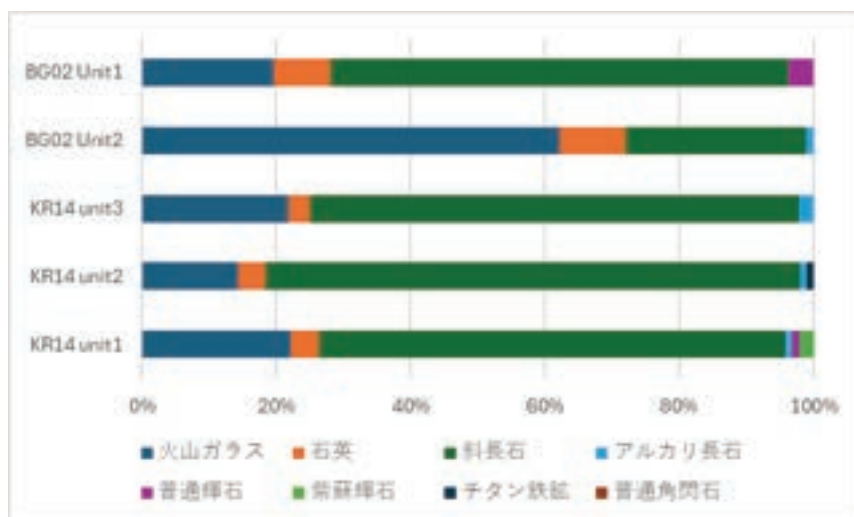
室内実験では、津波堆積物に加え、供給源の推測のために周辺地域で採取した海浜砂、河床砂、河口砂の粒度分析およびEPMA分析を実施し、堆積構造と堆積物の組成について調べた。

3. 結果

陸域と水域の堆積構造について違いがみられた。陸域は2つのユニットからなり、下位に中粒-粗粒砂で構成された砂層(Unit1)、上位にシルト層(Unit2)が堆積していた。Unit1は厚さ3.0-5.0cm、Unit2は0.3-1.0cmであり、津波堆積物の厚さは3.3cm-5.5cmであった。粒度分析では、Unit1の粒径は約 2ϕ で、淘汰がよく、Unit2の粒径は4-5 ϕ で淘汰が悪いという結果が得られた。また、全体的に上方細粒化傾向が見られた。鉱物組成は、主に火山ガラスと斜長石で構成されており、石英と輝石が数%含まれていた。一方、水域は3つのユニットからなり、下位からUnit1-3に分類した。

*Sedimentary characteristics of tsunami deposits associated with the 2024 Noto Peninsula earthquake by Keigo Motegi, Rina Okada, Koji Umeda

Unit1は厚さ2-12cm, Unit2は10-23cm, Unit3は1-51cmであり, これらから構成される津波堆積物の厚さは12-55cmで, 陸域の約4-10倍であった。旧鉄道橋を境界に河口側ではUnit1および2が厚く堆積, 内陸側でUnit1, 2の厚さは減少し, Unit3が厚く堆積していた。また, Unit3とUnit2の境界では明瞭な侵食面がみられた。粒度分析の結果から, Unit1の粒径は1-4φ, Unit2の粒径は約0.5φ, Unit3の粒径は1.5-2φであった。Unit1, 2は淘汰が悪く中礫が含まれている。鉱物組成は3層で類似しており, 斜長石が最も多く, 火山ガラスと石英が数%見られた。



図：鉱物組成分析結果(BG02:野球場 地点2, KR14:九里川尻川 地点14)

4. 考察

Masuda et al. (2024) では, 津波は少なくとも2回発生していると報告していることから, 調査地にも津波が2回遡上していたと仮定する。水域のUnit3と2で見られた侵食面を踏まえると, 1度目の遡上でUnit1, 2が堆積し, 2度目の遡上でUnit3がそれらを侵食したと考えられる。また, 陸域のUnit1は水域のUnit3と同様の鉱物で構成されているため, 第二波によって形成されたと考えられる。第二波は陸域を遡上した後, 野球場という閉鎖空間において戻り流が発生しなかった。そのためUnit2のシルト質層はこの遡上流の滞りによって形成され, 水域においてシルト質層が見られなかったのは, 戻り流の発生や, 停滞時間がなかったこと, さらにその後の河川の流れによって保存されなかった為であると考えられる。

参考文献

- 1) Futoshi Nanayama and Kiyoyuki Shigeno., 2006. Inflow and outflow facies from the 1993 tsunami in southwest Hokkaido. *Science Geology*, 187, 139-158.
- 2) 後藤和久, 菅原大助. 津波堆積学の進展. *地質学雑誌*. 2021年4月, 第127巻, 第4号, p.199-214.
- 3) Hidetoshi Masuda, Daisuke Sugawara, An-Chi Cheng, Anawat Suppasri, Yoshinori Shigihara, Shuichi Kure and Fumihiko Imamura., 2024. Modeling the 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami: implications for tsunami sources in the eastern margin of the Japan Sea. *Geoscience Letters*, 11.
- 4) 太田勝一, 嵯峨山積, 乾哲也, 保柳康一. 北海道厚真川を遡上した2011年東北沖地震津波による堆積物の形成過程および津波波形との対応. *地質学雑誌*. 第123巻, 第7号, p.551-566.
- 5) <https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto.html>
- 6) https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_2024/saigaiji_202403.pdf

津軽平野の上位沖積面堆積物に認められる洪水堆積物について

弘前大学理工学部 堂元礼比古・梅田浩司

1. はじめに

津軽平野は北西方向以外を山で囲まれた沖積低地であり、岩木川・平川・浅瀬石川が流れ込んでいる。津軽平野は北部より扇状地、氾濫原、デルタを形成し最下流部において潟湖である十三湖が位置する。本研究調査地域を含めた扇状地下流側に広がる自然堤防帯では上位沖積面と下位沖積面に区分される。上位沖積面には段丘崖上に自然堤防、下位沖積面は現氾濫原であり、現河道に沿って分布している。本研究のコアは上位沖積面上のものであり、上位沖積面の堆積物はシルト・砂の互層から下位に粘土が連続するという特徴を持っている（海津，1976）。

本研究の調査地域は青森県弘前市三世寺付近であり、岩木川と平川の合流地点で上位沖積面の後背湿地に位置している。下位沖積面は岩木川による上位沖積面の下刻により形成された。また、下位沖積面は埋没樹や泥炭の放射性炭素年代測定から形成されたのは2240年前以降とされている。一方、平野北部の上位沖積面の粘土層は十三湖層中部シルト層と対比されることから（小貫ほか，1963）、粘土層の形成は縄文海進最高頂期以後に形成されたと考えられる。このことから、調査地域である上位沖積面は約6000~2500年前ごろに形成されたと考えられる。本研究では、上位沖積面堆積物の堆積構造、粒度分析、火山ガラスの主成分元素組成から、イベント堆積物の同定を行った。

2. 調査方法

調査地域である水田の標高18.2 m地点において、深さ3.12 mのコアを掘削し、現地において層相観察を実施した。色合い、粒径、固結度から3-1から3-11の11層準に区分した。この11層準より試料の採取を行い、この試料について室内試験を行った。粒度分析は試料を2 mm以下に篩分けし、レーザ回折式粒度分布測定装置（島津製作所SALD-3000J）を用いた。得られた測定結果から、平均粒径値、中央値、淘汰度、歪度を算出した。火山ガラスの主成分元素組成については、電子プローブマイクロアナライザ（EPMA：日本電子JXA8230）を用いて主成分9元素（Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na 及び K ただし Fe は2価とする）について定量分析を行った。試料はエポキシ樹脂を用いてスライドガラス上の包埋し、#3000カーボンランダムで研磨した後、1 μmのダイヤモンドペーストで鏡面研磨した薄片を作成した。測定条件は加速電圧15kV、照射電流 6.0×10^{-9} A、ビーム径10 μmとした。

3. 結果および考察

コアの層相観察から、この地域では泥炭層やシルト層の中に砂サイズのいくつかのイベント層が認められ、最下部からI層(3-1)、II層(3-2)、III層(3-3~3-7)、IV層(3-8~3-11)の4つ

*Flood deposits in the upper alluvial deposits of the Tsugaru Plain by Akihiko Domoto, Koji Umeda

の層準として識別した。特に、Ⅰ層とⅡ層、Ⅱ層とⅢ層の間には、10 cm 以上の厚さの泥炭が発達することから、この間にはある程度の時間間隙が存在したと考えられる。Ⅰ層(3-1)、Ⅱ層(3-2)、Ⅲ層の 3-6~3-7、Ⅳ層の 3-9~3-11 は、粗粒砂~中粒砂サイズで比較的淘汰の良い砂層であることから、細粒の碎屑粒子が静かに堆積する湿地環境に、強い水流を伴った突発的なイベントによって砂質の碎屑粒子が流入し、その影響下で堆積したイベント堆積物と解釈できる。また、Ⅲ層 (3-5~3-6) およびⅣ層 (3-8~3-9) はシルト~極細粒砂サイズから中粒砂サイズへ上方粗粒化する傾向が認められるが、これは河川の氾濫堆積物に特徴的な堆積構造と考えられる(増田・伊勢屋 1985)。また、イベント層に含まれる火山ガラスの化学組成は、尾開山凝灰岩(約 4.0 Ma)、大滝沢凝灰岩(約 2.5 Ma)、虹貝凝灰岩(約 2.5 Ma)、青荷凝灰岩(約 1.5 Ma)、鶴ヶ坂凝灰岩(約 0.76 Ma)といった津軽平野に広く分布するテフラを主体とするが(山田ほか, 2021)、一部、 K_2O 量が低い(1.5~2.0 wt.%) 十和田起源のテフラが認められることから、これらのテフラが混合・再堆積したものと考えられる。なお、火山ガラスの化学組成がバイモーダルで高い FeO 量とアルカリ含有量を特徴とする白頭山・苫小牧テフラ(B-Tm)が含まれないことから、上位沖積面の形成以降の洪水イベントの影響は小さかったと解釈できる。

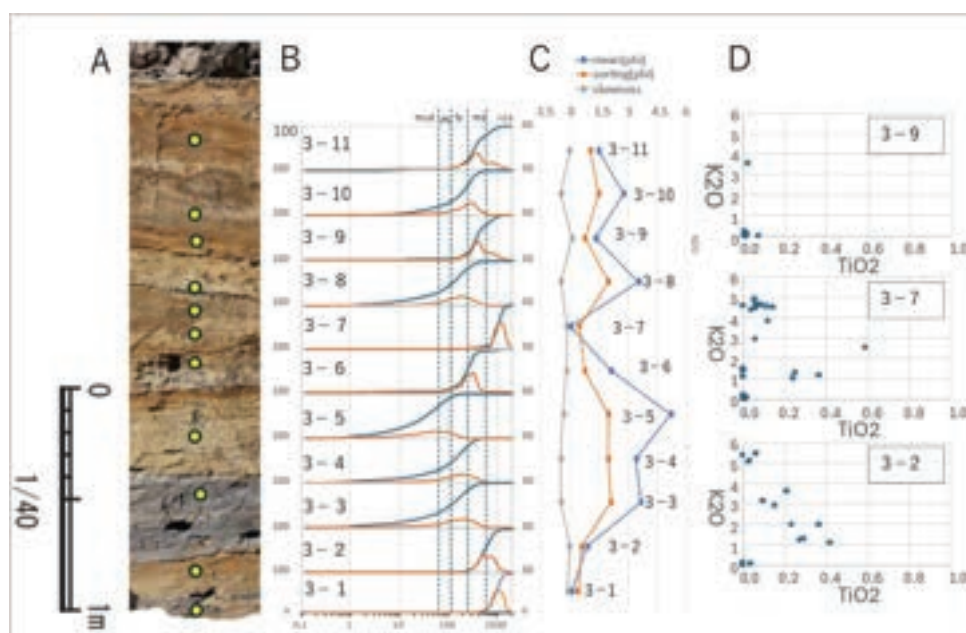


図. コア3における粒度分析結果とEPMA分析結果

4. 参考文献

山田ほか(2021): 津軽地方の鮮新世~前期更新世の記載岩石学的特徴について—火山ガラスの主成分化学組成—, 青森地学, 66, p. 2-6; 海津(1974): 岩木川河床より出土した埋没林とその形成環境について, 第四紀研究, 13(4) p. 216-219; 海津(1976): 津軽平野の沖積世における地形発達史, 地理学評論, 49-11 p. 714-735; 増田・伊勢屋(1985): “逆グレーディング構造”: 自然堤防における氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造, 堆積学研究会報, 22-23, p. 108-116; 小貫ほか(1963): 青森県津軽十三湖地域の沖積層, 東北大地古邦報, 58, 1-36

山形県および秋田県沿岸から報告されているイベント堆積物の成因

角田海斗・和田凌汰・鎌滝孝信・藤木利之（岡山理科大学理学部）
植松暁彦（山形県埋蔵文化財センター）・相原淳一（元東北歴史博物館）
齋藤龍真（株式会社 ALISys）・駒木野智寛（北海道大学医学研究院）

日本海東縁に面した沿岸地域における津波防災・減災施策を進めるためには、この地域で発生した古津波の詳細を明らかにし、将来発生する可能性がある津波の規模を想定する必要がある。しかしながら、東北地方の日本海沿岸における古地震・古津波に関するデータの蓄積は不足している状況といえる。そのような少ないデータの中で、山形県酒田市飛島と秋田県男鹿半島の沿岸部では礫質のイベント堆積物が報告されており、年代測定データから9世紀および10世紀頃に大きな津波の影響を受けて形成された可能性が示唆された（平川，2013；川上ほか，2014など）。さらに、秋田県の沿岸低地における調査から、8世紀から9世紀頃と13世紀から14世紀頃に秋田県中部から南部にかけて津波堆積物を残すような津波があった可能性も指摘されている（鎌滝ほか，2015，2017）。このように秋田県沿岸部や日本海にある離島では、いくつかの津波堆積物の可能性があるイベント堆積物の存在が確認されているが、そのイベント堆積物が津波堆積物かどうかは一部を除いてまだ解明されていない。また秋田沖には、近年大きな津波を伴うような海域を震源とする大規模な地震が知られていない地震空白域が存在するとされ（大竹，2002など）、そのような地域で大きな地震が発生すると、それに伴い発生した津波が秋田県男鹿半島や山形県飛島に津波堆積物を残す可能性がある。そこで、本研究では秋田県男鹿半島南岸および山形県飛島西岸から報告されている礫質イベント堆積物の成因を明らかにするため、イベント堆積物中の礫のインブリケーションを調べた。

男鹿半島南部館山崎西岸では4地点計75、飛島北西岸では8地点計141の礫のインブリケーションを測定した。それぞれの地域で測定されたインブリケーションには特定の傾向がみられ、それから推定されるイベント堆積物を形成した水流の方向は、男鹿半島では西方向から東方向へと向かう流れ、一方、飛島では南西方向から北東方向への流れと推定される。この結果からどちらのイベント堆積物も海側から陸側へと向かう強い水流による影響下で形成されたと考えられる。本講演では、それらイベント堆積物の形成要因および年代について議論したい。

謝辞：本研究には科学研究費（基盤研究（C）、課題番号：20K05042、代表：鎌滝孝信、基盤研究（C）、課題番号：24K04366、代表：駒木野智寛）を使用した。

引用文献：平川，2013，地震予知連絡会報，90，537-541；鎌滝ほか，2015，第四紀研究，54，129-138；鎌滝ほか，2017，土木学会論文集 B2（海岸工学），73,2,I_445-I_450；川上ほか，2017，地質学雑誌，123,10,857-877；大竹，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，175-185；宇佐美ほか，2013，日本被害地震総覧 599-2012。

* A study on the origin of event deposits in the coastal areas of Yamagata and Akita Prefectures, the eastern margin of Japan Sea by Mikuto Sumida, Ryota Wada, Takanobu Kamataki, Toshiyuki Fujiki, Akihiko Uematsu, Jyun-ichi Aihara, Ryuma Saito, and Tomohiro Komagino

<第1会場 201 講義室>

— 第2部 (8題) —

司会： 門廻 充侍 先生

12月26日(木) 10:00~12:00

雨量推計手法と浸水範囲推計手法の検討

—令和元年度東日本台風を対象として—

東北大学 工学研究科 ○田村 諒
宇都宮大学 地域デザイン科学部 佐藤 栄治
東北大学 災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

日本は地震をはじめとした多様な自然災害の起こる国である。近年、地震や台風、大雨などによる家屋の倒壊・浸水といった被害が大きくなっている。特に水害では、被害の大きな台風や線状降水帯が発生している。こういった自然災害への対策を講じるにあたり、自然災害の危険性を定量的に量ることは重要であると考えられる。そこで本研究では、大雨による内水氾濫の危険性を定量的に量る方法を検討することを目的とする。

2. 研究方法

観測所雨量データをもとに雨量推計を実施し、雨量推計の正確性を評価する。推計した雨量を用いて、内水氾濫による浸水域を推計する。

2.1.分析対象

雨量推計における対象期間は、実際に台風による被害があり、仙台管区気象台の公開している期間降水量分布図に合わせた10月11日15:00～13日9:00であり、内水氾濫については雨量推計の対象期間の中で特に雨の強かった10月12日23:00～0:00とする。宮城県全域の雨量推計を実施し、内水氾濫については仙台市、多賀城市、利府町の一部を対象とした。

2.2.分析方法

宮城県土木部河川課ホームページにて公開されている観測所雨量データ、観測所位置データ、国土地理院の公開している数値標高モデルをもとに地理情報システム (GIS)、Excel 等を用いて以下の解析を行った。

1) 宮城県全域の雨量推計

宮城県、岩手県、福島県の全162の観測所雨量データをもとに逆距離加重法 (IDW)、クリギング、スプラインの3種類の雨量推計を行い、推計手法の違いによる正確性を検証した。

2) 内水氾濫による浸水域の推計

対象範囲内の数値標高モデルを用いて、流行ラスターの作成を行う。流行ラスターをもとに累積流量ラスターを作成する。1) より、適切な雨量推計手法を用いて、内水氾濫の対象期間中の雨量での雨量推計を行う。累積流量ラスターと雨量推計結果を統合し、浸水域の推計を行う。

3. 宮城県全域の雨量推計

宮城県、岩手県、福島県の観測所雨量データをもとに3種の方法で宮城県全域の雨量推計を

*Study of rainfall estimation method and inundation area estimation method -Targeting Typhoons Hagibis- by Ryo Tamura, Eiji Sato and Takeshi Sato

行った。仙台管区気象台の公開している期間降水量分布図と雨量推計結果を比較し、分布図とどれだけ合致しているかで正確性を判断した。

3.1. スプライン

スプラインによる雨量推計では、観測所の記録した雨量に対して、観測所間の地点が過剰に多く推計されていることが判明した。そのため雨量推計には適していないと判断した（図1）。

3.2. クリギング

クリギングによる雨量推計では、観測所の記録した雨量に対して、観測所周辺の雨量が少なく推計されていることが判明した。そのため雨量推計には適していないと判断した（図2）。

3.3. 逆距離加重法

逆距離加重法による雨量推計では、観測所の記録した雨量を周囲の推計にも反映されており、過剰に大きい、小さいといった地点が少なかったことから、本研究で用いた3種の雨量推計手法の中では適切であると判断した（図3）。



図1 スプラインによる雨量推計

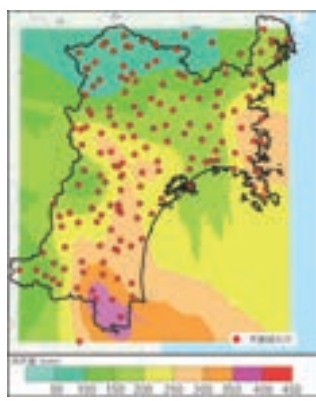


図2 クリギングによる雨量推計

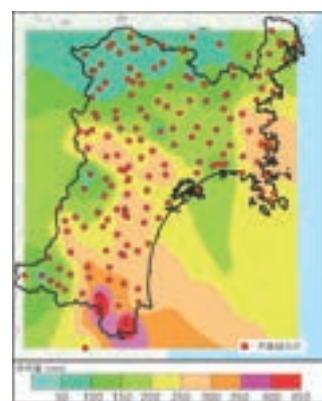


図3 逆距離加重法による雨量推計

4. 内水氾濫の浸水域の推計

数値標高モデルと3より逆距離加重法を用いた雨量推計結果から内水氾濫による浸水域の推計を行った（図4）。河川が付近にある地点は河川に向かうように浸水域が推計されていることが分かる。このことから概ね適切であると考えられる。場所によっては広範囲にわたって浸水域が推計されている。

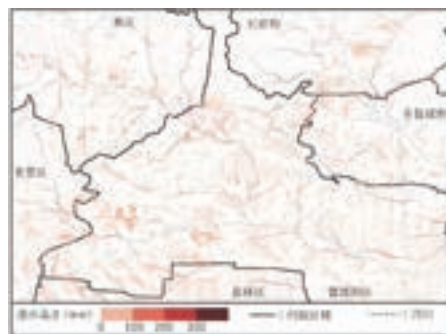


図4 浸水域の推計

5. まとめと今後の展望

宮城県全域の雨量推計では、本研究で用いた3種の中では逆距離加重法が正確に雨量推計を行うことができた。しかし、いずれの雨量推計も観測所の緯度、経度と雨量のみで推計を行っている。そのため観測所の標高も考慮し、雨量推計を行うことで精度をより高めることができると考える。浸水域の推計では、川に向かって浸水域が推計されていたことから適切であると判断した。しかし、浸水域の推計では標高のみを用いて解析を行い、建物配置、土地利用などは無視している。今後の研究では建物なども考慮することが必要である。

令和6年7月豪雨における酒田市大沢地区での住民避難行動*

山形大学地域教育文化学部 熊谷 誠

1. はじめに

令和6年7月25日、山形県では二度の大雨特別警報が発表され、庄内、最上の各地で河川の氾濫や土砂災害による被害が生じた。中でも新庄市新田川沿いと酒田市荒瀬川沿いでは合わせて3名が遭難し命を落とす大きな被害が生じた。このうち酒田市荒瀬川沿いの大沢地区では25日の日降水量が345mmとなっており、時間雨量が50mmに迫る時間帯もあり避難行動も難しい状況であったと考えられる。本稿では今後予定している大沢地区全体の避難行動調査に先立ち行ったプレ調査の結果と、そこから考えられた今回の豪雨災害の特徴を紹介する。

2. 本研究の目的

大沢地区において住民の証言や当時の写真などをもとに豪雨時の様子や氾濫、土砂災害の発生状況、避難行動の実態を明らかにするとともに今回の豪雨と避難行動の特徴、危険性についても検討する。

3. 調査の方法・概要

地区の復旧復興において中心的役割を担う住民2組(3名)に対してインタビュー調査を行った。質問は、居住・勤務する地区の被災状況、防災気象情報・避難情報の認知、避難行動の経緯、遭難未遂など危険事例について尋ね時系列・図上での整理を行った。

表-1 調査の概要

対象地区	山添	君畑・大平沢
年齢	50代	30代
性別	男	男・女(夫婦)
職業	農業	自営業
調査時期	令和6年10月	令和6年10, 11月

4. 結果

今回、プレ調査の対象とした住民は大沢地区内に点在する集落のうち「山添」と「大平沢・君畑」にそれぞれ居住・勤務しており、インタビュー結果から明らかになったこれら2カ所の状況は以下の通り。

(1) 山添周辺における状況

被災状況：白玉橋の流木被害と水位上昇、荒瀬川沿いの土手(2カ所)・農地の崩壊、

土手崩壊による屋敷地・農地・道路の浸水、自宅の浸水、倒壊被害

避難情報等の認識：避難情報・避難所設置の記憶は曖昧、電話は使用可能

避難行動：自宅周辺の国道上にて水位が低下(15時過ぎ)するまで待機、その後八幡市街地

* Evacuation of residents in the Osawa district of Sakata City during the heavy rains of July 2024 by Makoto Kumagai

へ移動

危険事例：隣接地区から漂流してきた高齢者運転の軽自動車を救助

(2) 大平沢・君畑における状況

被災状況：川沿いの農地の浸水，君畑橋の落橋，大平沢一君畑間の道路崩壊・土砂被害

避難情報等の認識：防災行政無線は鳴らなかった，携帯端末のアラートは鳴ったが詳細に注意を払わず，電柱・携帯基地局の被害により停電・電話が不通に

避難行動：自宅含む集落部は無事だったが，翌 26 日午前大平沢の橋を渡って八幡市街地へ

危険事例：26 日朝，大平沢の事務所から君畑の自宅に戻る途中に土砂堆積箇所のぬかるみに首まで浸かり，脱出困難に

5. 考察

インタビューでは，発災前のまとまった降雨の繰り返しにより住民の洪水・土砂災害に対する警戒感の鈍化や避難情報に対する注意の低下がうかがえたほか，災害発生状況に関して過去の経験と比べる発言もみられた。

7 月は発災までの間に数度の大雨があり，合計 4 回の防災気象情報の発表・解除があった。そのため，住民からも 7 月は携帯端末のアラートが繰り返し鳴っており，25 日 8：29 に発表された【警戒レベル 4】避難指示についてのアラートが鳴ってもその重要性の認識はなかったとの発言があった。また，当日は防災行政無線の放送が聞こえなかったことも重なり，重要な避難情報が十分に地域に伝わっていなかった可能性が示唆された。

また，過去の豪雨経験と比較する発言があり，「たいていの雨はこれまで山に吸収されていた。」という内容であったため，今回の豪雨に次いで日降水量第 2 位（296.0 mm）だった 2018 年 8 月 5 日のケースと比較してみた。すると，2018 年の豪雨は直前 1 ヶ月および直近 10 日間の降水量がそれぞれ 86.5 mm と 0 mm であり，今回の豪雨前日までの雨量 387.5 mm，直近 10 日間の 190.5 mm と比べても大きな開きがあった。つまり，今回の豪雨はすでに流域での保水能力に負荷がかかった状態で発生した点で 2018 年の豪雨とは異なっていた。

表-2 豪雨前の気象警報等の発表状況

①7/8～7/10
大雨注意報
大雨警報（土砂災害）
②7/10～7/11
大雨注意報・洪水注意報
③7/18～7/18
大雨注意報・洪水注意報
大雨警報（浸水害）
④7/24～
洪水注意報・大雨注意報
大雨警報（土砂災害・浸水害）
洪水警報

6. 今後の取組み

現在，大沢地区では復興に向けた動きとして，住民による豪雨災害の振り返りや記録保存等の取組みが活発化しており，筆者はその取組みを支援しながら大沢地区のすべての集落における被災状況や避難行動の検証を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 酒田市：7月25日からの大雨による状況について（第二十二報）
- 2) 気象庁：過去の気象データ

馬場目川における河床変動に関する検討*

秋田大学工学部
秋田大学大学院理工学研究科
秋田大学大学院理工学研究科

山田晃平
齋藤憲寿
渡辺一也

1. はじめに

近年、日本では全国的に集中豪雨による洪水被害が多発している状況である。秋田県でも大雨による洪水被害が多発している。洪水による被害を減らすために河床変動の特性を把握し、管理していくことは重要である。本研究では秋田県にある馬場目川を対象とし横断測量を用いて河床変動について検討した。

2. 研究対象および測量方法

馬場目川は秋田県南秋田郡五城目町馬場目岳(標高 1,037 m)に発し、流域面積が 910.5 km²、幹川流路延長 47.5 km の秋田県内最大の 2 級河川である。馬場目川の概要図と測量実施位置を **図 1** に示した。測量は上流側からそれぞれ側線 1, 側線 2, 側線 3 とし 2010 年と 2022 年から 2022 年はトータルステーションを用いた光波測量, 2023 年, 2024 年は RTK 測量を行った。

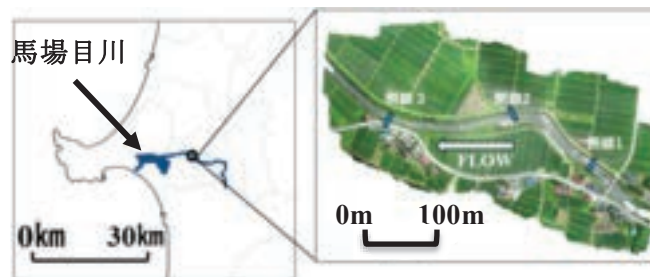


図 1 対象領域

3. 水位変化

図 2 は久保観測所で観測された水位データを基に作成した馬場目川の水位の変化を表したグラフである。また赤い線が引かれた箇所は 2017 年から 2022 年まで光波測量を行い 2023 年と 2024 年に RTK 測量を行った日である。馬場目川の氾濫危険水位は 3.40 m でありこの水位を超えている年が多くあることが分かる。



図 2 水位の変動 (久保観測所)

* Study on River bed change from topographical Survey in Babame River by Kohei YAMADA, Noritosi SAITO and Kazuya WATANABE

4. 断面図

図3～図5は2010年～2024年の横断面図である。側線1に関して、2023年に比べ2024年は全体的に堆積していることが分かる。特に左岸側が1m～2m堆積していることが分かる。次に側線2だが昨年の河床変動により盛り上がった箇所に積み重なるように堆積していることが分かる。側線3に関しては左岸が2mほど侵食しており2017年から2022年と同様な形になった。

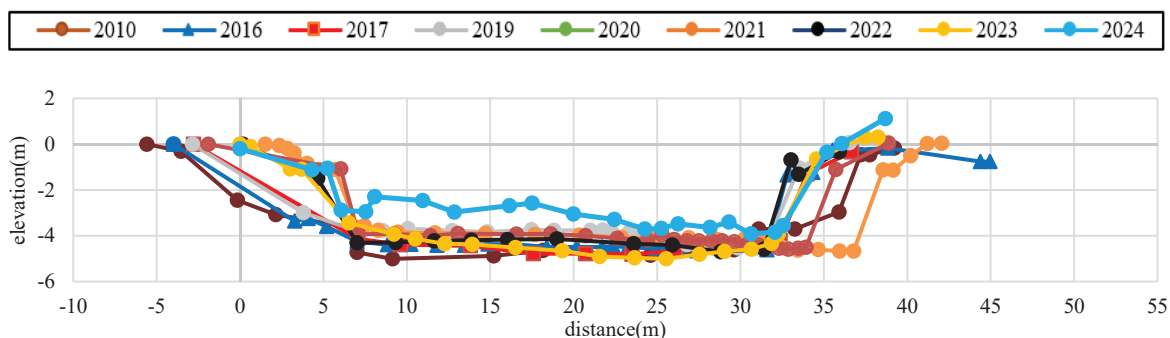


図3 側線1断面図

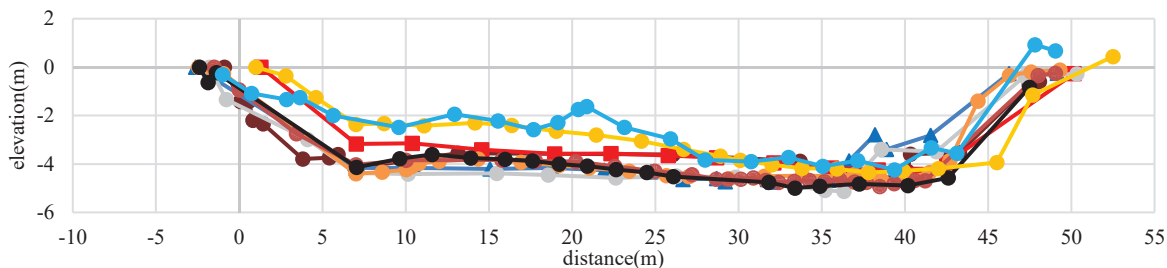


図4 側線2断面図

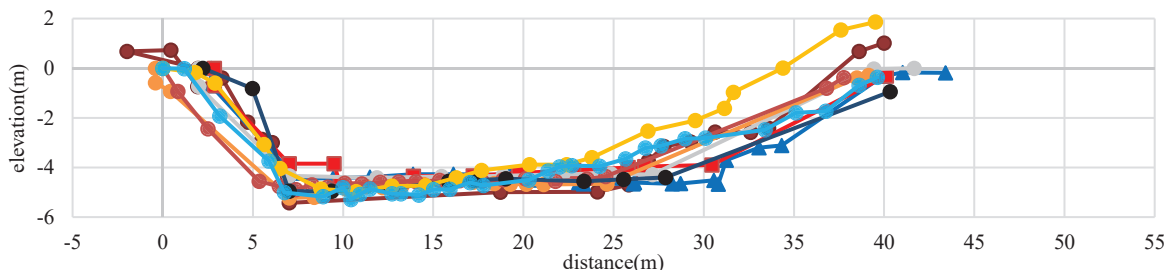


図5 側線3の断面図

5. おわりに

本研究で馬場目川における河床変動に関して検討した。2023年から2024年の断面図の変化は側線1では2023年と比較すると左岸が1m～2m弱堆積しており側線2では昨年の大雨で堆積した箇所に更に堆積するような形で堆積していた。側線3では2023年よりも右岸が2mほど侵食しており2022年以前の例年と同様な形になった。

参考文献

- 1) 秋田県建設部河川砂防課：秋田県河川砂防情報システム, <<https://kasen.pref.akita.lg.jp/pc/>> (2024年10月30日閲覧)
- 2) 秋葉海志, 自見寿孝, 齋藤憲寿, 渡辺一也：令和5年7月豪雨時の馬場目川における洪水について, 令和5年度東北地域災害科学研究集会講演予稿集, pp.26-27, 2023.

2023 年秋田豪雨における秋田市駅東地区の被害について*

秋田大学 齋藤憲寿・及川洋・渡辺一也

1. はじめに

秋田県では 2023 年 7 月 14 日~16 日の記録的な停滞前線性豪雨により、各地で内水氾濫や外水氾濫が発生した。被害額は農林水産関連で 138 億円、土木関連で 233 億に達し、住宅の浸水被害は約 7,000 棟であった。

特に浸水被害の 8 割が秋田市に集中しており、松富ら¹⁾は中心市街地の状況について調査した。そこで本報告は氾濫した太平洋が流れる駅東地区を対象にした調査の一部である。

2. 調査範囲、雨量および水位データ

図 1 に秋田市北部の地図を示す。太平洋は雄物川水系支流の一級河川で延長 26.3 km、流域面積 148.1 km³ である。調査は秋田駅の東側にある駅東地区の南北約 3 km、東西約 2 km であり、太平洋の下流部に位置している。この地区は昭和 50 年以降急速に宅地化が進み、沿川には人口・資産ならびに交通の拠点などが集中している。

図 2 に秋田市内の雨量データを示す。仁別観測所は秋田市北東部にある大平山（標高 1,170 m）の中腹、秋田観測所は市街地の西部に位置している。それぞれ 7/14 の午後から雨を観測しており、7/15 の昼頃にピークを迎えていた。そして 24 時間総雨量は仁別観測所で 331 mm、秋田観測所で 189 mm に達した。

図 3 に太平洋の水位データを示す。牛島観測所は調査範囲の南西に位置しており、7/15 の昼前には氾濫危険水位（375 cm）を超えた。そのため複数の箇所で氾濫が発生し、水田や住宅等への浸水が拡大した。そして深夜に 504 cm まで達したが、徐々に低下して 7/16 の昼



図 1 調査範囲（秋田県秋田市）

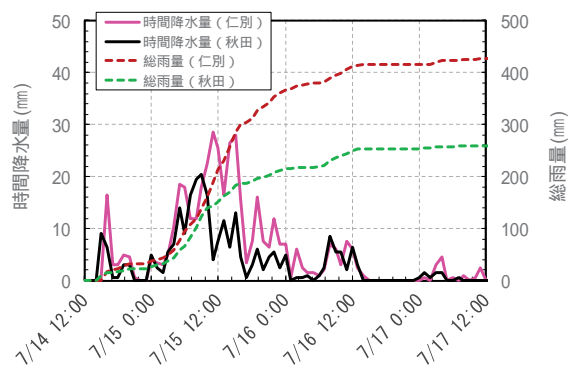


図 2 仁別観測所および秋田観測所の雨量データ

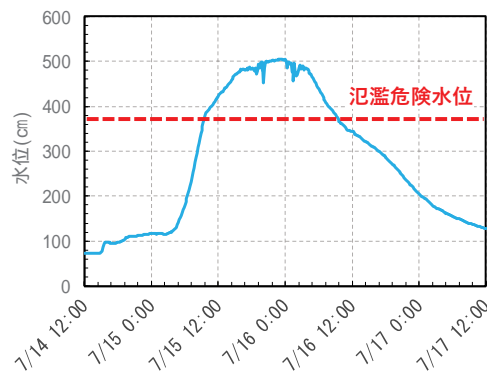


図 3 太平洋（牛島観測所）の水位データ

*Damage at Ekito district of Akita city in the 2023 Akita torrential rainfall by Noritoshi SAITO, Hiroshi OIKAWA and Kazuya WATANABE

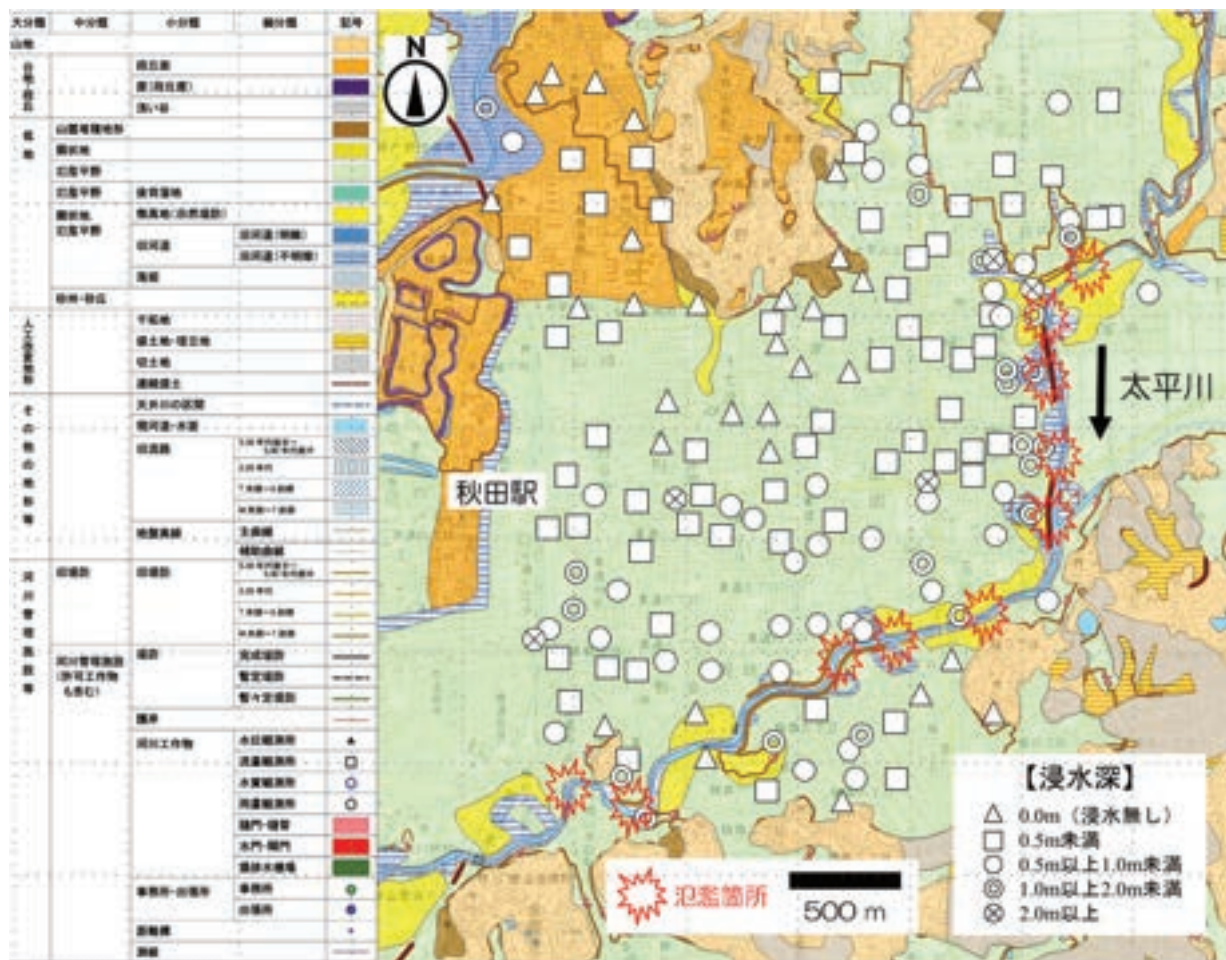


図4 秋田市駅東地区における最大浸水深（国土地理院：地形治水分類図にプロット）

前には氾濫危険水位を下回った。

3. 調査結果

浸水深の調査方法は現地調査や地域住民へのヒアリング、SNS（YouTube、Instagram、X等）の画像解析を実施した。図4に地形治水分類図へプロットした最大浸水深の分布を示す。駅東地区は北、東および南の三方を山に囲まれ、南西方向に向かって標高が低くなる。そして豪雨によって計10ヶ所の外水氾濫が発生しており、内水氾濫との複合的な洪水により地区の東および南側を流れる太平洋川の右岸沿いを中心に広範囲で浸水が確認された。さらに地区の東側は旧流路が多く、河川改修が実施された箇所は周辺よりも標高が低く窪地となっているため、外水氾濫の影響が大きく浸水深1.0m以上の被害が局所的に集中していた。

4. まとめ

本研究は2023年7月秋田豪雨における秋田市駅東地区の被害状況を把握するため、浸水深調査を実施した。その結果、計10ヶ所に及ぶ外水氾濫と内水氾濫の複合的な洪水により、地区の東および南側を流れる太平洋川の右岸沿いを中心に広範囲で浸水が確認された。

参考文献

- 1) 松富英夫, 鎌滝孝信, 今野文字: 2023年秋田豪雨による秋田市中心市街地の氾濫について, 東北地域災害科学研究, Vol.60, pp.67-70, 2024.

2018年西日本豪雨の被災地域における地名と災害リスクとの関連性*

岡山理科大学大学院理工学研究科 城田芽美・鎌滝孝信

1. はじめに

令和元年版防災白書（内閣府，2020）によると、2018年梅雨の末期、7月5日から8日にかけて南下した梅雨前線が西日本で停滞し、線状降水帯を形成した。その影響により、広い範囲で豪雨が発生し土砂崩れや大規模な水害が発生した。広島県では、様々な地域で同時多発的な土石流が発生した。岡山県では、高梁川支流の小田川が、本流との合流地点にて「バックウォーター現象」が発生し堤防が決壊、大規模な浸水被害が発生した。

地名と自然災害リスクとの関係性については、様々な検討がなされてきた。広島県では2016年に発生した広島土砂災害において、「蛇落地悪谷」のような過去に隠された災害地名に注目が集まった。地名とは「たんに土地を区別するための符号ではなく、その土地の立地環境や、地名発生時の歴史を反映したものであり、地誌である」（木全，1991）と言われるように、地名は先人の残したものでその土地の特徴が由来となる事が多い。そのようなことから、日本では災害リスクを考える上で、地名について決して無視できるものではないと考えることができる。花岡（2015）は、岩手県と宮城県において小地域地名の語尾を用いて、地名と災害リスクとの関係について検討している。ここでは現在用いられている地名を用いた検討の有効性と地名研究における課題について述べられた。宇野（2020）は、全国各地にみられる津波災害地名地点を対象に、空間情報解析等で津波被災リスクについて検討している。これについて地域差は出たものの有効性を示し、開発等による地名の改変に警鐘をならしている。

本研究では、住民が地名の成り立ちからそこで発生しうる災害について考えるきっかけになるような防災教育教材を作成するための基礎データを整備することを目的とし、その土地で発生してきた災害と地名との関連性について検討する。

2. 調査地域および調査方法

調査地域は、平成30年西日本豪雨の被災地域から広島県と岡山県を抽出した。広島県は平成26年広島土砂災害が発生していることも考慮し、広島市安佐北区・安佐南区および広島県東部をなされる瀬野川流域を調査地域とした。岡山県については、倉敷市真備町で甚大な被害がでていることから、高梁川とその支流である小田川の合流地点を中心に高梁川と小田川沿いに調査を進めた。

調査方法はまず、広島県では現在用いられている地名を、岡山県では国土地理院の発行する旧版地図の中で閲覧可能な最も古い地図から過去の地名を読み取り別々に検討した。地名の成り立ちに関する性質を考慮し、地名の語尾を抽出した。ここで、現在の地名に含まれる〇丁目等の数字は除き、また空間的位置を示す東西南北についても除外した。次に、地名と地名語尾

*Relationships between place names and natural disaster risk in areas affected by the 2018 Western Japan torrential rainfall by Megumi Shirota and Takanobu Kamataki

において、各地名辞典から意味や由来等を調べ、土砂災害や水害を示唆する意味を含んでいるかを評価した。さらに、ハザードマップから地名範囲における災害の危険性についても評価した。最後に、自然災害を示唆する地名語尾の評価とハザードマップでの評価を合わせ、地名と災害リスクについて評価した。

3. 結果

広島県の調査範囲において、開発が行われた団地等を含んだ地域、すなわち地名が改変されている地域では、ハザードマップに示された土砂災害の危険性と地名との対応がみられないケースが多いが、瀬野川流域においては上流部から下流部にかけて流域ごとに対応の差がみられる。瀬野川と支流との合流部や山間部地形の中流部における対応率が最も高くなり、現在用いられている地名語尾が災害の危険性を含み、将来における被災の可能性を示すと考えられる。

岡山県においては、旧版地図の最も古いものから地名を抽出することで、改変を受ける前の地名が残っている、すなわち地形由来の地名が残っている可能性が高いと考え、旧版地図「箭田・総社（大正14年修正測図）」から地名を抽出した。地名の語尾においては、災害を示唆する意味をもつものは、46%になった。ハザードマップでは、土砂災害と洪水浸水被害を示したものをを用いて評価を行うと、被害を受ける可能性のある地名は過半数を超えた。対応率に関しては、2018年の西日本豪雨の被害を受けた地域であることを考慮すると、地名語尾またはハザードマップのどちらかでしか危険性が示されていない地名が多くみられたことから対応率は低いといえる。

4. まとめ

広島県では、団地等の開発における地名の改変等で、地名とハザードマップの土砂災害想定地域との対応率が低くなったケースもみられたが、全体的には防災教材や地域の防災活動に地名を用いていくことができる可能性をみいだすことができたと考える。

岡山県では、今回の調査範囲が広島県に比べ狭いことや、実際に被害を受けた地域であること、複数の地名辞典やハザードマップを用いたことから対応率の向上が予想されたが、結果として対応率は広島県と同様もしくは低くなった。旧版地図「箭田」の範囲では、地名語尾の評価のみ、ハザードマップでの評価のみのどちらかで災害の危険性が評価された地名が全体の2分の1で、同様の評価であった広島県の地名と比較すると岡山県の方が高い割合になる。

今後の課題として、調査方法の改善、教育現場での容易な活用方法の検討などが考えられる。なかでも、岡山県内や他の自治体での調査地域を拡大することでデータ量を増やし、精度の向上を図ることが最重要課題であると考えられる。

参考文献

花岡和聖, 2015, 歴史都市防災論文集 Vol.9, 57-64; 木全敬蔵, 1991, 地名データベース試案, 1-12; 内閣府, 2020, 令和元年版防災白書, 2-12; 宇野宏司, 2020, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.76, No.2, I_1255-I_1260.

大雨災害における消防救出記録の再分類手法の提案

秋田大学 新学部設置準備担当 門廻 充侍
関西大学 社会安全学部 永田 尚三

1. 研究背景および目的

2023年7月14日以降に発生した記録的大雨により、秋田市では大規模な冠水が発生し、人的被害（重傷：2名，軽傷：4名），住家被害（6,109棟）が生じ，避難者は最大2,416名であった¹⁾。著者らは，消防による救助実態が分かれば，本災害が地域に与えた被害/影響の解明に繋がると考えた。そこで門廻・永田（2024）では，秋田市消防本部提供の活動記録を分析し，救助の傾向や特徴的な事例が示された。一方で，救助パターンを体系化する上で，データ形式を再分類する課題が示された。そこで本研究では，消防から提供された救出記録を対象に，研究への利活用を目的としたデータ形式の再分類手法を検討する。

2. 再分類が必要な項目 / 課題

本研究では，秋田市消防本部より提供された活動記録を参考とした。同記録の項目一覧（11項目）を表1に示す。分類が必要なのは，被害状況等および活動状況等（11項目中2項目）である。同項目には，活動場所の浸水情報に加えて，救助者の属性情報など，重要な情報が記載されている。しかし，複数の情報が同項目に集約されているため，分析する上では再分類が必要だと判断した。なお，記述の詳細さは，現場対応の各隊員に一任されている。

3. 再分類手順 / 改善策

本研究では，上述の2項目の記載内容から，4項目へ再分類した（表2）。まず，浸水状況を「家屋浸水，周囲冠水，車内冠水，詳細不明」から選択する。例えば，「災害種別：浸水被害，被害状況等：人命救助」と記載されていた場合，詳細不明を選択する。次に，家屋浸水の場合，家屋浸水程度を「床上浸水，床下浸水，浸水程度不明」から選択する。例えば，「雨により浸水した家屋に取り残されていた」と記載されていた場合，浸水程度不明を選択する。次に，救助場所タイプを「屋外，屋内，車内，詳細不明」から選択する。最後に，要配慮者の記載を「あり，なし」から選択する。

4. まとめ

本研究では，消防から提供された救出記録を対象としたデータ形式の再分類手法を検討した。その結果，浸水状況，家屋浸水程度，救助場所タイプ，要配慮者の記載の4項目に再分類する手法を提案した。今後，本提案手法を実際の救助記録に適応し，救助者の傾向，救助パターンの体系化を実践する。

* Classification method of firefighting rescue records in heavy rain disaster by Shuji Seto and Shozo Nagata

謝辞

本研究の一部は災害レジリエンス共創研究プロジェクトにより助成を受けた。最後に、秋田市消防本部の多大な協力に対し、ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 秋田市：令和5年7月豪雨災害対応 検証報告，令和5年7月豪雨災害対応検証委員会，2024
- 2) 門廻・永田：大雨災害時の救助に着目した消防活動記録の分析:令和5年7月以降の記録的大雨における秋田市の事例，第43回日本自然災害学会学術講演会，2024

表1：提供された活動記録のフォーマット（11項目）

項目名	説明	記述例
番号	各記録に割り振られた番号	-
月日	活動の月日	-
活動時間	自（活動開始），至（活動終了）	-
住所又は所在地	活動場所の住所が記載	-
被害状況等	主に現場の浸水状況等が記載	人命救助。床上浸水。車両浸水。被害なし。足の不自由な女性の搬送。など
活動状況等	活動内容が記載。救助者の属性情報も一部記載あり。	60代男性ボートによる救出。要救助者2名救出。など
出動隊	担当した出動隊名が記載	-
出動隊数	対応した出動隊数が記載	-
出動人員	対応した隊員数が記載	-
救助人員	救助された人数が記載	-
災害種別	災害種別が記載	浸水被害。土砂被害。その他。

表2：防災・減災の研究利用を目的としたフォーマット（14項目）

項目名	記載方法	参照元
番号	参照元を転記	番号
月日	参照元を転記	月日
活動時間 自	参照元を転記	活動時間（自）
活動時間 至	参照元を転記	活動時間（至）
住所	参照元を転記	住所又は所在地
被害種別※	「浸水，土砂，その他」から選択	災害種別
浸水状況※	「家屋浸水，周囲冠水，不明」から選択	被害状況等，活動状況等
家屋浸水程度※	「床上浸水，床下浸水，不明」から選択	被害状況等，活動状況等
救助場所タイプ※	「屋外，屋内，車内，不明」から選択	被害状況等，活動状況等
救助人数	参照元を転記	救助人員
要配慮者の記載※	「あり，なし」から選択	被害状況等，活動状況等
出動隊	参照元を転記	出動隊
出動隊数	参照元を転記	出動隊数
出動人数	参照元を転記	出動人員

※ 本研究により再分類された項目

2024年7月の梅雨前線豪雨による人的被害発生場所の特徴*

静岡大学防災総合センター 牛山素行

日本気象協会 本間基寛

気象庁 向井利明

1. はじめに

筆者は1999年以降に日本で発生した風水害を対象に、人的被害(死者・行方不明者)の発生状況についての調査を続けてきた(牛山ら、2021など)。近年は、整備が進む防災気象情報や災害リスク情報(ハザードマップ等)の有効性を検討する観点から、人的被害が発生した場所の地形的特徴や、発生時に発表されていた防災気象情報の関係に注目し調査を続けている。本報では、2024年7月25～26日の山形県・秋田県での大雨に関する調査結果を報告する。

2. 調査手法

筆者の一連の研究で対象とする人的被害は、総務省消防庁が「災害情報」としてとりまとめている資料に示されている死者(直接死者)・行方不明者である。人的被害発生状況や被災場所は、報道の記事や画像・動画、ゼンリン住宅地図、Googleストリートビュー、災害前後の空中写真など一般的に入手可能な情報と、筆者の現地での観察をもとに推定している。本事例に関する現地調査は、2024年8月1～2日、10月3日に行った。

本報で検討対象とした防災気象情報は、被災時間帯における被災場所近隣の気象庁AMeDAS観測所の降水量、発表されていた警報等(大雨警報、洪水警報、土砂災害警戒情報、大雨特別警報)、洪水キキクルおよび土砂キキクルの危険度、顕著な大雨に関する気象情報、記録的短時間大雨情報とした。検討対象の災害リスク情報は、国土交通省「重ねるハザードマップ」で参照できる洪水浸水想定区域、土砂災害警戒区域、地形分類とした。

3. 結果

(1)大雨および被害の概要

2024年7月24～27日にかけて、梅雨前線の活動により秋田県、山形県を中心に大雨となり、7月25日には山形県に顕著な大雨に関する気象情報、大雨特別警報が発表された(仙台管区気象台、2024)。この大雨により死者5人(山形県3人、秋田県2人)、住家の全壊・半壊・床上浸水674棟などの被害が生じた(総務省消防庁、2024)。なお、関連死者、行方不明者は報告されていない。

(2)秋田県由利本荘市東由利蔵

7月24日21時過ぎ頃、当時秋田県由利本荘市内にいたとみられる同県大仙市内在住の40代男性が、「道路が冠水しているため迂回して帰る」と家族に伝えた後行方不明となり、同29日に由利本荘市東由利蔵の石沢川付近で車と遺体が発見されたと報じられている。被災時の目撃情報は無いが、現地踏査したところでは発見場所付近から石沢川に沿って800m程度上流付近

* Characteristics of human casualty locations due to heavy rainfall disaster caused by Baiu front in July 2024 by Motoyuki Ushiyama

で、河道からの越流により道路上を洪水流が流れた痕跡が認められ、この付近で流された可能性があると考えられた。被災の原因外力は「洪水」と判断した。

(3)秋田県湯沢市上院内

7月25日8:45頃、秋田県湯沢市上院内の工事現場から、川に流されそうになっていた建設機材の片付けに当たっていた60代男性が土砂崩れに巻き込まれたと消防に通報があり、捜索が続けられたところ、8月15日に同県大仙市の雄物川で発見されたと報じられている。河川脇の斜面が崩壊したもので、原因外力は「土砂」と分類した。

(4)山形県酒田市北青沢

7月25日10時頃、山形県酒田市北青沢で、自宅から徒歩で避難先に向かっていた80代女性が洪水に流され行方不明となり、同31日に2kmほど下流の河川付近で発見されたと報じられている。現地調査したところ、被災箇所付近は1m程度の土砂の堆積が見られたが、報道からは被災時には土石流等というよりは洪水となっていた状況とみられることや、被災箇所付近の小溪流沿いの勾配は3度程度であることから、原因外力は「洪水」と分類した。

(5)山形県新庄市本合海

7月25日23:43頃、救助要請を受けて出動した山形県警のパトカーが要請のあった現場付近で洪水流に流され、パトカーから外に出たとみられる2人の20代警察官が、28日までに現場付近および現場の下流側で発見された。現地調査したところ、被災箇所付近は道路を横断する方向に洪水流の痕跡があり、深いところで道路面から1m程度の浸水が見られた。原因外力は「洪水」と分類した

4. おわりに

被災時間帯に被災場所付近に発表されていた防災気象情報と、被災場所付近の災害リスク情報を整理すると表1となる。洪水キキクルまたは土砂キキクルはいずれも「警戒」(警戒レベル3相当)以上で、4箇所中3箇所は「危険」(警戒レベル4相当)だった。キキクルの危険度については大きな「見逃し」は生じていなかったと言ってよいだろう。原因外力「洪水」の3箇所はいずれも洪水浸水想定区域の範囲外だったが、地形的にはいずれも低地(谷底平野等)で、地形的には洪水が生じうる場所だった。いずれも山間部の中小河川付近での山地河川洪水による被災とみられ、約2ヶ月後の2024年9月の能登地方の大雨でも同様な被害が複数見られた。こうした場所での洪水の危険性についての注意喚起が重要と思われる。

表1 被災場所付近に発表されていた防災気象情報と災害リスク情報

発災日	被災場所	人数	原因外力	極値更新	キキクル	警報等	顕著雨	記録雨	土砂災害警戒区域	浸水想定区域	地形分類
7/24	秋田県由利本荘市東由利蔵	1	洪水	○	警戒(3)	警報(3)	×	×	—	範囲外	低地
7/25	秋田県湯沢市上院内	1	土砂	×	危険(4)	土砂警(4)	×	×	範囲外	—	—
7/25	山形県酒田市北青沢	1	洪水	×	危険(4)	警報(3)	×	○	—	範囲外	低地
7/25	山形県新庄市本合海	2	洪水	○	危険(4)	特警(5)	○	×	—	範囲外	低地

引用文献

仙台管区气象台：東北地方災害時気象資料 梅雨前線による大雨(令和6年7月24日～27日)、https://www.jma-net.go.jp/sendai/data/saigai/siryoku/20240724-27_zensen.pdf、2024(2024年11月18日参照)
 総務省消防庁：令和6年7月25日からの大雨による被害及び消防機関等の対応状況(第2報)、<https://www.fdma.go.jp/disaster/info/items/20240725oame22.pdf>、2024(2024年11月18日参照)
 牛山素行・本間基寛・横幕早季・杉村晃一:2019年台風19号による人的被害の特徴、自然災害科学、Vol.40、No.1、pp.81-102、2021

パラメトリック型保険による津波リスク低減の定量化 および最適化手法の提案

東北大学 工学部 建築・社会環境工学科
東北大学 災害科学国際研究所
東北大学 災害科学国際研究所
東北大学 災害科学国際研究所
スイス・リー・インターナショナル・エスイー日本支店
スイス・リー・インターナショナル・エスイー日本支店
スイス・リー・インターナショナル・エスイー日本支店
東北大学 災害科学国際研究所

三木 優志
Suppasri Anawat
Cheng An Chi
Constance Ting Chua
岩崎 智哉
篠塚 友吾
小川 剛史
今村 文彦

1. はじめに

自然災害に対するリスクヘッジの手法の一つに、パラメトリック型保険が存在する。これは、実際の損害額そのものを計測する代わりに、自然災害のハザードの大きさを指標として支払いが行われる仕組みであり、例えば津波の場合であれば、験潮所における津波高さに応じて支払い額が決まる仕組みとなる。パラメトリック型保険には多くの長所がある一方で、実損害額とパラメトリック型保険の支払額との差分が大きいという課題がある。そこで本研究では、この差分をベースリスクと定義して、これを低減することを目的とし、津波リスクを対象とした場合の評価手法の検討を、仙台港区を対象に行う。

2. 研究手法

2.1 確率論的津波リスク評価

(1) 地震断層モデルの設定

地震調査研究推進本部(2019)で評価されている日本海溝の地震の中で Mw8 以上の地震が発生すると評価されている地震を対象地震とし、合計で 225 個の特性化波源断層モデルを作成した。

(2) 津波数値計算

設定した特性化波源断層モデルから津波数値計算により、仙台港区での津波浸水深と験潮場での津波高さを得た。数値計算モデルは TUNAMI-N2 を用いた。

(3) Vulnerability 関数の算出

浸水深と実損害額の関係である vulnerability 関数を、Chua ら(2021)の被害関数と多田(2014)の建物の部位別価値構成比を用いて算出した。本研究では実損害額を新築費用に占める復旧費用の割合とする。

(4) リスクカーブの算出

リスクカーブを算出するために津波数値計算で得られた浸水深から津波数値計算の各種の不確実性を考慮し、真の値の確率分布を求めた。得られた浸水深の確率分布を、vulnerability 関数を用いて実損害額の確率分布へと変換した。ベースリスクの確率分布は、実損害額の確率分布と津波高さから得られる支払い額の確率分布から、確率変数の差の分布を算出することにより得ることができる。225 個の津波数値計算結果から実損害額とベースリスクの確率分布をそれぞれ求め、各地震の発生確率を用いてリスクカーブを算出した。

*An approach toward reducing basis risk in tsunami parametric scheme by Yushi Miki

2.2 保険金支払い条件の最適化

(1) 最適化のためのリスク指標

算出したリスクカーブからリスク指標として $TVaR_{0.999}$ (1000年に1回の損失を超える損失の期待値)を用いる。

(2) 最適化の条件

従来の実損填補型保険と同様のリスクヘッジを実現した場合の、パラメトリック型保険によるベースリスクを最小化することを目的とし、ベイズ最適化により津波高さに応じた支払い額を決定した。

3. 結果・考察

仙台港区の643件の構造物について、 $TVaR_{0.999}$ の平均は新築費用の64.9%であった。従来の実損填補型保険(免責10%、支払限度50%)に加入した場合、 $TVaR_{0.999}$ の平均新築費用の18.9%まで減少する。これは支払われる保険金により被保険者が負担する復旧費が減少したためである。各構造物について、これと同様の $TVaR_{0.999}$ の低減を、パラメトリック型保険で行った場合のベースリスクの期待値を最小化するように、支払いを開始する津波高さおよび支払い額を決定した。最適化前の支払いの条件は、支払いを開始する津波高さを3mに固定し、目標となる $TVaR_{0.999}$ の低減を実現する支払い額を構造物ごとに算出した。最適化を行った後、仙台港区のすべての構造物でベースリスクの期待値が低減し、減少率の平均は60.9%であった(図1)。また、支払いの指標を津波高さから堤内の浸水深に変更した場合、ベースリスクはより大きく低減した。

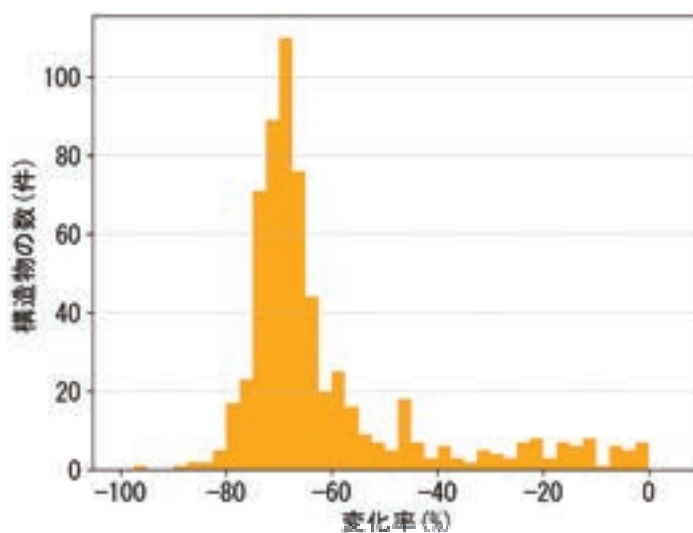


図1：最適化によるベースリスクの変化率の分布

4. おわりに

本研究では、パラメトリック型保険によるベースリスクの定量化および支払い条件の最適化手法を提案した。仙台港区への適用では、津波高さを用いた場合、最適化によってベースリスクの期待値は平均60.9%減少した。本研究では構造物の物理的被害を対象にリスク評価を行ったが、今後は事業の停止などの間接的な被害も考慮してリスク評価を行う予定である。

謝辞

本研究は、スイス・リー・インターナショナル・エスイー日本支店の支援を受けて実施された。ここに記して、感謝の意を示す。

参考文献

- (1) 地震調査研究推進本部(2019)：日本海溝沿いの地震活動の長期評価
- (2) Chua ら(2021)：Tsunami damage to ports: cataloguing damage to create fragility functions from the 2011 Tohoku event, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 1887–1908.
- (3) 多田(2014)：水害被害推計手法の高度化に関する研究

<第1会場 201 講義室>

— 第3部 (7題) —

司会： 奥村 誠 先生

12月26日(木) 13:30~15:15

富山での自動車を利用した津波避難方式の構築に向けて

-東北地方の事例を参考に-*

富山県立大学大学院 工学研究科 環境・社会基盤工学専攻 沼澤 蓮音
富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 呉 修一

1. はじめに

本研究は、2024年能登半島地震に伴い発生した津波に関して、富山県沿岸部で実施した避難状況に関するアンケート調査の結果から富山県での避難の課題を明らかにし、東北地方で策定された避難マニュアルを参考に富山県の特徴に合わせた避難マニュアルの提案を目的とする。

2. 調査の内容

本研究では、富山県沿岸部に居住する住民を対象に、災害発生時の避難状況を把握するための紙アンケート調査を実施した。この調査では、住民の避難行動や避難時間、避難方法に加え、ハザードマップや避難所に対する理解度についても明らかにすることを目的としている。富山県における今回の避難行動に関する主な課題として、車避難による渋滞の発生や、避難時間が短すぎる点が挙げられる。そのため、本アンケートでは車の使用状況、避難時間や場所、避難を中断した理由などについて質問している。詳しい質問項目に関しては、おつて研究室HP（富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科 防災水工学研究室）に掲載予定であるため、そちらを参照されたい。

アンケート調査は2024年6月下旬から8月上旬にかけて津波災害に対する意識調査に関するアンケート調査票を実施し、富山県西部の氷見市から、高岡市、射水市、富山市、滑川市、魚津市、黒部市、入善町、朝日町の沿岸部から約300メートル以内の居住地区を対象に、計4,000通をポスティングした。対象とした沿岸部9市町には400通ずつ配布したが、沿岸部が広い氷見市などではそれ以上の配布を行った。対象地域の特徴として、70代以上の高齢者の居住率が高いことが挙げられる。

3. アンケート調査の結果

紙アンケート調査の結果のまとめと一部集計結果を図1に示す。アンケート結果より、沿岸部住民の8割以上の方々が地震発生直後に避難されていた。また、避難の際に車を利用した人々は7~9割にのぼることが明らかとなった。このように高い避難率を示すことが明らかとなったが、車を利用した人々が極めて大きいことが課題として明確となった。その他にも指定避難所以外の避難先や避難継続時間など、今次津波における富山沿岸部での避難状況に関して多くの知見を得ることができたので、本研究集会の発表時に報告したいと考えている。

* Development of a Tsunami Evacuation System Using Vehicles in Toyama based on Precedent Projects in Tohoku Region by Hasune Numazawa and Shuichi Kure

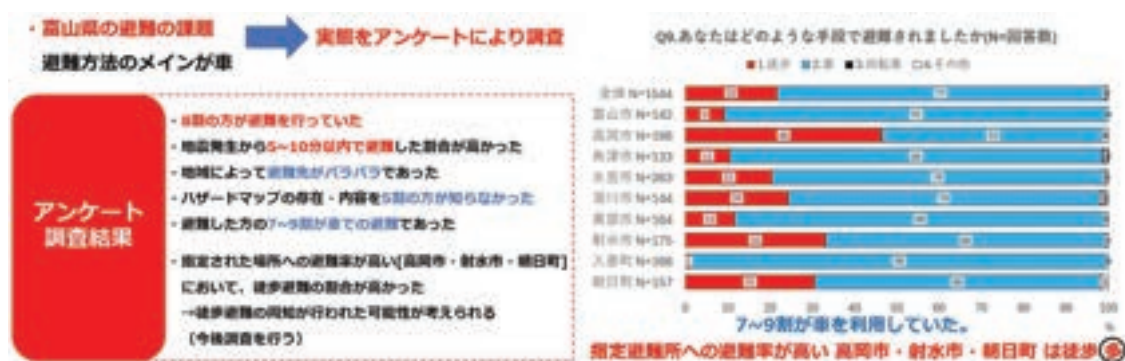


図 1. 紙アンケート調査結果の一部 (左：アンケート調査結果のまとめ、右：避難手段)

4. 自動車避難計画の策定に向けて：東北地方の避難マニュアルを参考に

本来は避難時に地震により道路が通行不可となる可能性を踏まえ、原則徒歩避難を徹底したい。しかし、アンケート調査の結果より車避難の割合が高いことが明らかとなり、高齢者が多い地域のため徒歩避難が困難である住民も存在することから、自動車を利用した避難方法を検討していく必要がある。特に、いわき市で策定された津波災害時における自動車による避難ガイドラインのような東北地方における既存の避難マニュアルを参考に、富山県の特性に適した避難計画を構築していく方針である。

5. 終わりに

次の地震・津波でも死者を絶対に出さないような対応を行っていくことが必要であり、そのためには富山県の特性に合わせた車避難のマニュアルの考慮が重要であると考えられる。本研究では今回の津波における避難状況から車避難が現実的な選択肢であることを示し、具体的な策定方法について検討を行った。この成果を本研究集会で報告し、議論を深めることで、今後予定されている避難マニュアルの計画立案や社会実装に反映させることを目指している。加えて地区防災への落とし込みに向けた活動なども多く実施される予定であるため、本研究集会において議論・ご教授いただきたいと考えている。

謝辞

紙アンケート調査において富山県の住民の皆様には多くのご協力を頂いた。なお、本研究はR6年度国土技術研究センター助成事業「流域治水とコンパクトシティの融合を通じた適散適集グリーン社会への展開とその治水安全度評価」およびJSPS 科研費 JP24K01135 より実施した。末尾ながらここに記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 藤下龍澄ら (2024) 令和6年能登半島地震による富山沿岸部の津波調査報告, 富山県立大学紀要, 34, 印刷中
- 2) いわき市防災会議 (2017) 津波災害時における自動車による避難ガイドライン, <https://www.city.iwaki.lg.jp/www/contents/1504048791026/simple/gaidorain.pdf>

津波避難安全性評価のためのメッシュベース最適化モデル

東北大学大学院工学研究科 佐藤 千仁
東北大学災害科学国際研究所 堀合 紳弥
東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

1. はじめに

地域のあらゆる総合計画において、現在の居住人口と合わせ、将来的な人口変動を見据えた施策が検討される。例えば、少子高齢化により人口構造や居住分布は変化していくと考えられ、生活圏や居住環境を対応させていく必要がある。その一方、近年激甚化する自然災害に対応していく中で、防潮堤や砂防ダムのような構造物の整備だけでは、地域の安全性が維持できるとは限らない。そのため、居住人口の変化に合わせた安全性の高い地域づくりが求められる。例えば、後発地震注意情報による事前避難や、イベント実施時の来場制限による一時的な人口誘導を行うなど、被災リスクの高いエリアの人口分布を変化させる施策も有効と考えられる。本稿では、地域の人口分布の津波に対する安全性を評価するための、徒歩と自動車を併用し津波遭遇リスクを最小化するメッシュベース数理最適化モデルを提案する。

2. メッシュベースの津波避難安全性評価モデルの提案

津波に対する避難では、これまで、歩行困難者を除いて徒歩避難が基本とされてきたが、2011 東日本大震災や、その後の 2016 年福島県沖地震では、多くの地域で自動車避難による混雑や渋滞が生じ、避難方法の課題が浮き彫りとなった。その後、新たな津波浸水想定が公表され、徒歩で安全な場所に到達できないなど、やむを得ない場合に限り自動車避難を認める自治体が出てきた¹⁾²⁾。沿岸付近に居住する住民の安全を確保するためには、ある程度の車両使用を認める必要があり、人口分布と車両使用の双方を考慮し避難の安全性を評価する必要がある。

本モデルは、人口分布に主眼をおくため、ネットワーク形状に依らず設定可能で、人口集計単位として汎用性の高い地域メッシュを地域の単位として考える。メッシュは、歩行者および車両が避難を行う道路メッシュ、車両のピックアップ行動により歩行者が同乗する際に乗降を行う道路外メッシュ、浸水想定域外の指定避難場所および安全地帯を表すリスクゼロメッシュの 3 メッシュで構成する。また、自動車の運転者、自動車への同乗者、歩行者の 3 モードを考える。浸水想定域内滞在者の内、自力歩行が困難で車への同乗を要する住民や、歩行者の暴露リスクを抑えるための車両によるピックアップ行動を考慮し、自動車の乗降車を表現する。

海岸線からの距離が短く、地震発生から時間が経過するほど大きくなる津波遭遇リスク値を設定する。浸水想定域外の避難場所と高台はリスクを 0 とおき、各時点・場所での滞在者数を乗じた遭遇リスク値を最適化計算により最小化する。最適化の制約条件には、メッシュの保存則、歩行者と運転者の存在量が互いのメッシュ流入を制約する形の道路内メッシュの収容制約、

*Mesh-based optimal model for safety evaluation of Tsunami evacuation by Kazuto Sato, Shin-ya Horiai and Makoto Okumura

メッシュ間のフロー制約，出発前準備時間制約，歩行者の通行時間制約，道路外での自動車乗降制約，運転可能者率および徒歩困難者率制約，初期条件を設定した。各変数は非負の連続変数であり目的関数，制約式が全て一次式のため，本モデルは線形計画モデルとして一般的な数理計画ソルバーで求解可能である。

3. 宮城県亘理町による計算例

2. で提案したモデルの動作を，宮城県亘理町における計算で確認する。浸水想定域内の 21,733 人を避難対象とする。車の定員を 4 人，運転可能者率を 10%，初期に乗車可能な避難者を計 40% に設定し，運転者が残された 60%の歩行者を同乗させるために沿岸方向へ移動することを確認する。

最適解での方向別移動量の推移(図 1)において，赤実線は内陸への移動量，赤点線は沿岸への移動量である。歩行者は内陸への移動量が大きい一方，運転者は初期($t < 20$)で沿岸への移動量も大きくなっている。同乗者の乗降車量の推移(図 2)において，赤の点線は時点別の乗車量であり，3つのタイミングで乗車が生じていることが読み取れる。以上から，歩行者は安全な場所に速やかに移動すること，運転者は沿岸部の避難者を乗せるために空車で沿岸方面へ向かっていることが確認できる。これにより，地域全体への津波遭遇リスクを低減させる本モデルの最適解として，妥当な解が計算されていることが確認できる。

4. おわりに

本稿では，地域をメッシュ単位で分割し，地域全体の津波遭遇リスクを最小化することで人口分布の安全性を評価するモデルを提案した。また，宮城県亘理町でモデルの動作を確認した。

発表時までには，様々な人口分布への評価や条件変更を加え，地域の人口分布や年齢構成，活動を踏まえた安全性の評価を含め，安全性向上に必要な施策の議論に必要な計算を拡充したい。

5. 参考文献

- 1) 青森県三沢市：三沢市津波避難計画，三沢市ホームページ，
<https://www.city.misawa.lg.jp/index.cfm/11,56008,49,217>, 2022-05
- 2) 八戸港港湾機能継続協議会：八戸港津波避難誘導計画，青森県庁ホームページ，
<https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kendo/kowan/>, 2024-07

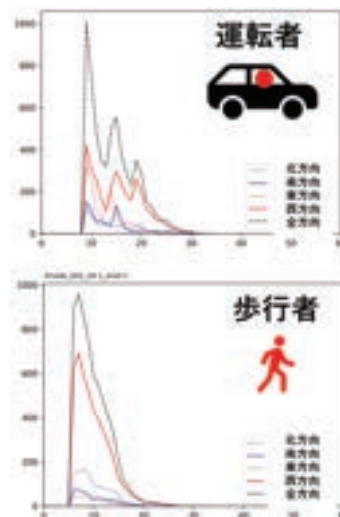


図 1 運転者と歩行者の移動量の時間推移

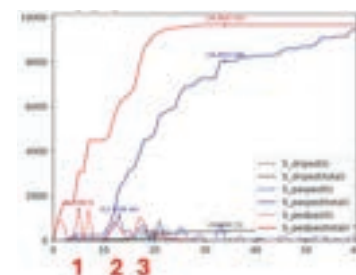


図 2 乗降車量の時間推移

米代川の河口部における塩水遡上について*

秋田大学理工学部 山崎 諒

秋田大学大学院理工学研究科 齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

河口では淡水に海水が混じる塩水遡上が発生する。塩水遡上による影響としては農業用水や工業用水、飲料水に被害をもたらすことが挙げられる。神田ら¹⁾は雄物川河口を対象に現地観測および数値計算を用いて塩水遡上と外力の関係を明らかにした。しかし、米代川河口を対象とした塩水遡上に関する3次元の数値計算を用いた研究はあまり行われていない。

そこで本研究では秋田県の一級河川である米代川河口を研究対象とし、数値計算により塩分遡上と外力の関係を検討した。

2. 研究対象

本研究の対象である米代川は秋田県北部の能代市を流れる一級河川であり、流域面積は4100 km²、流路延長は133 kmである。また、河口部は右岸側から砂州が形成されており、気象条件や外力等により河口幅が変化する。図1に米代川河口部を示す。



図1 米代川河口写真(秋田県能代市)google map より

3. 数値計算

数値計算で用いたソフトウェアはiRIC(International River Interface Cooperative)のNays3dvである。Nays3dvとは自由水面を持つ3次元流れ場とその中の密度変化を伴う計算が可能なソルバーであり、図2に実際に計算を行う際の概略図を示す。

表1に計算条件を示す。下流端周期 $T=5.8$ s および流量 $Q=100$ m³/s を固定し、河口幅 B と下流端波高 H を変化させて計算を行った。なお、本研究では初期配置として河口から35 psu の塩水が300 m遡上した状態から計算を開始しており、異なる河口幅と波高に伴う遡上距離の影響を検討した。

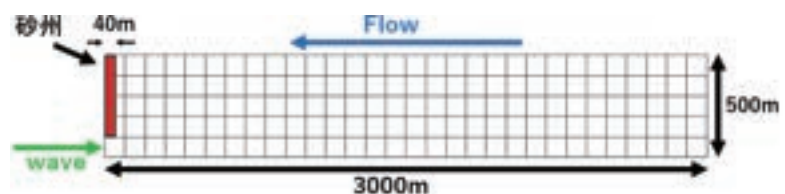


図2 計算時の概略図

*Study on Saline Water Run-up at Yonezawa River Mouth using Numerical Simulation by Ryo YAMAZAKI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

4. 計算結果

図3に波高と遡上距離の関係を示す。波高が3m以下の場合は河口幅が広いほど遡上距離が短く、波高が5mの場合は河口幅が広いほど遡上距離は長い傾向であった。

一方、河口幅が広いほど波高による遡上距離の変化が大きくなっており、河口幅40mでは波高による遡上距離の変化が約100mに対し、河口幅100mでは波高による遡上距離の変化は約450mとなった。この結果の理由としては、河口幅が広くなるほど波高による影響を受けやすくなり、塩水遡上距離の変化が広がったのではないかと考察する。加えて結果から共通して分かることは波高が4mの時に塩水遡上距離が短くなっていたことが挙げられる。

図4、図5に塩分の最大遡上距離の様子を示す。3m以下の場合は左岸側のみ塩水が遡上しているのに対し、4m以降は左岸側だけでなく右岸側(砂州側)にも塩水が遡上している。本研究では片側からのみの流入を想定したため波高が3mの場合よりも4mの方が短くなってしまったと考察する。

5. おわりに

本研究では、米代川河口域において3次元の数値計算を行い、塩分遡上と外力の関係を検討した。計算結果からすべての河口幅で波高が4mの時に遡上距離が短くなった。波高が3m以下の場合は左岸側のみ遡上し、波高が4m以降は左岸側(砂州側)にも塩水の遡上が広がった。この結果を踏まえ、塩水の遡上距離だけでなく塩水の遡上面積を算出していきたい。それに加え、塩水遡上時のベクトル図を見ることで左岸側(砂州側)に塩水が遡上した要因を検討する。今後は流量による遡上距離や遡上面積も検討していきたい。

参考文献

- 1) 神田智洋, 谷口隼也, 齋藤憲寿, 渡辺一也: 雄物川河口における塩水遡上に関する検討, 東北地域災害科学研究, Vol.58, pp.75-80, 2022.
- 2) 堀井優介, 渡辺一也: 米代川河口地形砂州変化変動に対する流量・波浪の影響評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.75, pp.193-198, 2019.

表1 計算条件

名称	パラメータ
流路長	3000 m
川幅	500 m
水深	2.7 m
主流路部勾配	1/5000
計算格子	20 m×20 m×1.35 m
計算時間	3600 s
流量	100 m ³ /s
初期配置濃度	35 psu
初期濃度分布	300 m×500 m×2.7 m
下流端波高	0.66,1,2,3,4,5 m
下流端周期	5.8 s
河口幅	40,60,80,100 m

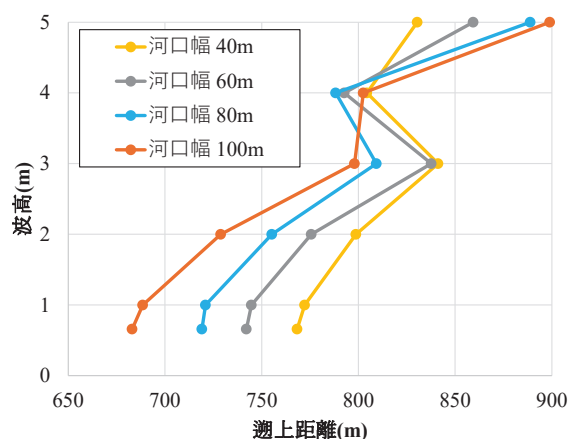


図3 計算結果



図4 塩分遡上の様子(B=60m, H=0.66m)

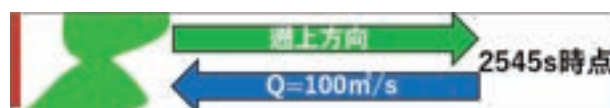


図5 塩分遡上の様子(B=60m, H=4m)

砂浜で発電する波力発電装置の開発における波よけの影響*

秋田大学大学院理工学研究科 大河内純一・齋藤憲寿・高橋圭太・秋永加奈・渡辺一也

1. はじめに

2024年1月に発生した能登半島地震などの災害が発生した場合、外部からのライフラインが絶たれ孤立することが懸念される。長期の避難生活の場合、沿岸域では波エネルギーの活用による発電が適しており、波力発電により照明やスマートフォン、ラジオ等が稼働する程度の発電量を賄うことができれば避難生活の向上に寄与する。

本研究は砂浜（波打ち際）で発電する波力発電装置の開発を目指し、波よけのサイズや配置が及ぼす影響を評価した。

2. 実験方法

図1に発電装置の概要を示す。発電装置の主な構成はモーター（ミツバ製ハブダイナモ、定格出力：2.85 V, 0.58 W）、パドルおよび波よけである。波高が変化しながら汀線へ来襲する波に対し、モーターの回転をスムーズにするため4パターンの波よけを設置して実験を行った。

表1に波よけのパターンを示す。

図2に室内実験の概要を示す。全長11.0 m、幅0.3 m、高さ0.5 mの矩形水路を使用し、海側には5.0 mの貯水槽、陸側の砂浜には1/26の勾配を設置した。そして容量式水位計および発電装置を設置した。実験手順は、貯水槽に水を貯め、ゲートを急開することにより波を発生させた。なお、波よけのパターンおよび最大波高（113.3, 147.3, 185.9 mm）を変えた計12パタ

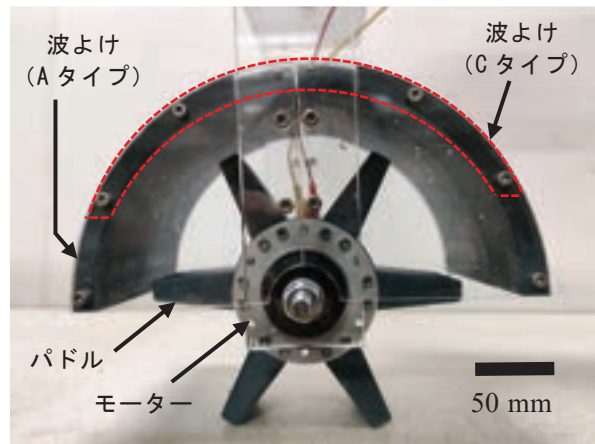


図1 発電装置

表1 波よけのパターン

Aタイプ	幅200 mm, 高さ100 mm
Bタイプ	幅100 mm, 高さ100 mm(Aタイプの片側)
Cタイプ	幅180 mm, 高さ60 mm
Dタイプ	なし

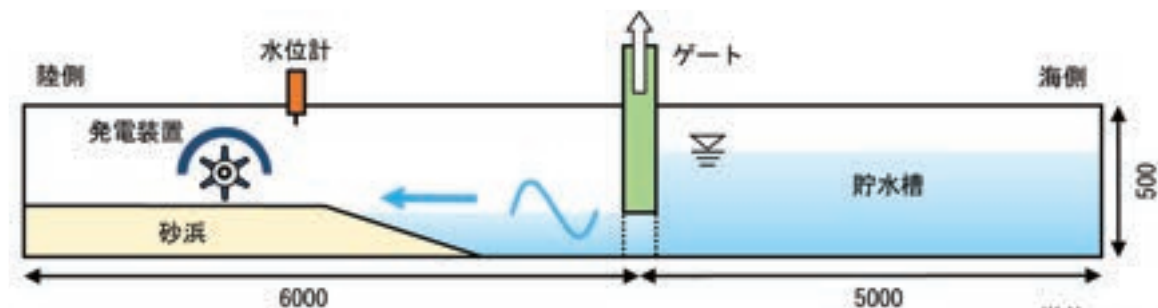


図2 室内実験の概要

* Influence of wave protection on the development of a wave power generator that generates electricity on a sandy beach by Junichi OKOUCHI, Noritoshi SAITO, Keita TAKAHASHI, Kana AKINAGA, and Kazuya Watanabe.

ーンを実施し、0.01 s 間隔でモーターの電力および波高を計測した。

3. 実験結果

図 3 に電力および波高の経時変化を示す。3 つのグラフでは、共通して波が発電装置に衝突すると電力が急激に増加し、時間の経過とともに電力は徐々に低下する。最大波高：113.3 mm のグラフでは、4.0～7.9 s において C タイプ、D タイプの電力が増加していた。これは、波がモーター回転軸の下部側に向かうことでモーターの回転を助長していたと考えられる。最大波高：147.3 mm のグラフでは波高の増加に伴い電力は増加していたが、3.4 s 以降における D タイプの電力は 0 W であった。これは、波がモーター回転軸よりも高い位置にあったパドルと衝突し、モーターの回転を阻害していたと考えられる。最大波高：185.9 mm のグラフでは、波よけの種類によらず 3 つのグラフの中で最も電力の増加は著しいが、2.8～5.7 s において波よけ A タイプよりも B タイプの電力が小さくなった。これは波よけ片側の上部を通過した波が発電装置後部のパドルと接触し、モーターの回転を阻害していたと考えられる。

図 4 に最大波高と発電量の関係を示す。発電量を比較すると、波高：185.9 mm の A タイプは D タイプの 2.6 倍、波高：143.7 mm では 2.3 倍となった。一方で波高：113.3 mm になると 0.6 倍へ減少したため、波よけの高さの調整が必要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では波力発電装置の開発に向け、4 パターンの波よけの効果を検討した。その結果、波よけを両側に設置することで安定した電力が得られることが明らかとなったが、低い波に対応するため波よけの高さの調整が必要であることが示唆された。

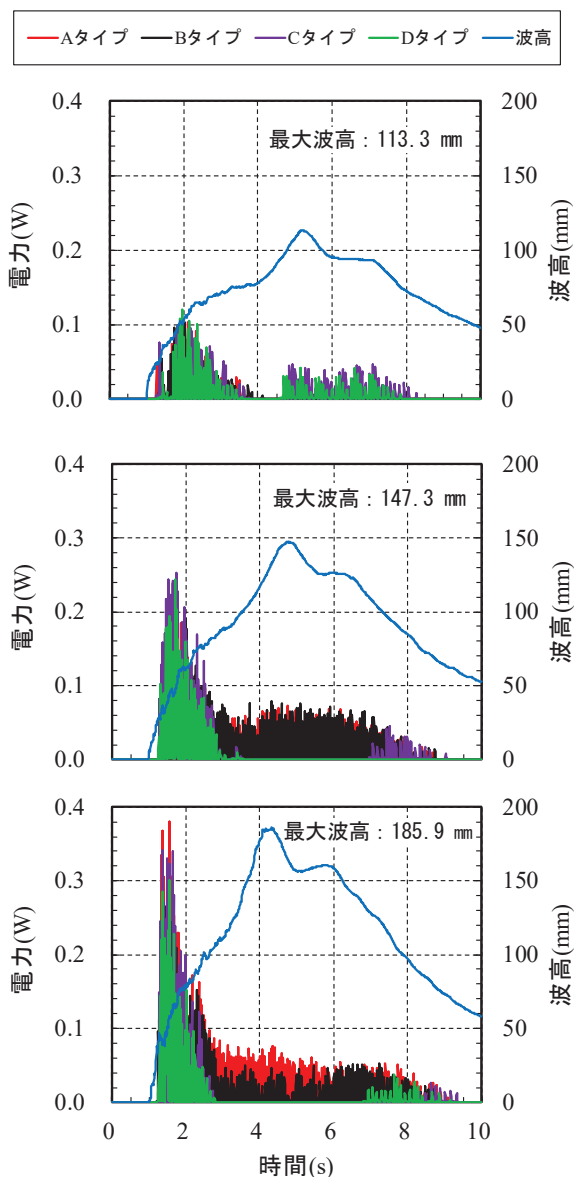


図 3 電力および波高の経時変化

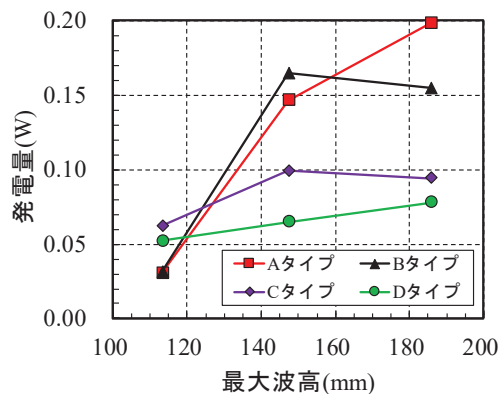


図 4 最大波高と発電量の関係

等圧効果を利用した通気工法外壁の風荷重低減の試み*

東北大学未来科学技術共同研究センター 植松 康

NTT 都市開発㈱ 細川 敬士郎

1. はじめに

近年、住宅の外壁には金属系や窯業系サイディングがよく用いられ、通気工法(図 1)が普及している。この工法は、外壁の裏側に通気層を設け、湿気を外気に放出することで壁体内の結露を防止するものである。サイディングの設計では、表面と裏面に建設省告示等に規定された外圧と内圧が作用するとして風荷重を算定する場合が多い。しかし、通気層の上下端には開口があり外部あるいは軒裏に通じているため、通気層内の圧力(「層内圧」と呼ぶ)は建設省告示等に規定された内圧とは大きく異なる。

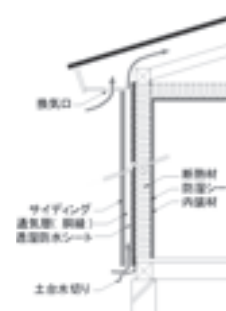


図1 通気工法外壁の例

サイディングに作用する風力は外圧と層内圧の差で与えられ、外圧は縮尺模型を用いた風洞実験で求めることができるが、層内圧を風洞実験で求めることはできない。そこで、渡部・植松¹⁾は、金属サイディングを対象として、風洞実験による壁面外圧データと非定常ベルヌーイ式を用いたシミュレーションにより層内圧を推定し、通気工法外壁におけるサイディングの設計用風荷重評価方法を提案した。いま、サイディング間に開口を設けると「等圧効果」によってサイディングに作用する風荷重の低減が期待される。そこで、本論文では、サイディングの風荷重に及ぼす意図的開口の効果について渡部・植松¹⁾と同様の手法を用いて検討する。

2. 対象建物

本研究では平面形 10m×10m、軒高 6m、4 寸勾配(約 22°)、軒の出 0.6m の切妻屋根を有する住宅を対象とする(図 2)。外壁は金属サイディング(厚さ 15mm、幅約 400mm)の横張りとし、サイ

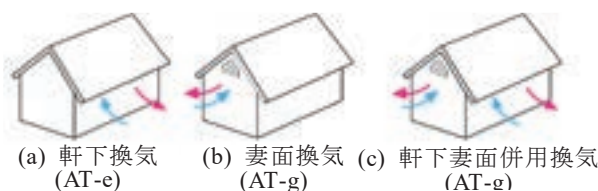


図2 小屋裏換気方法(軒裏開放)

ディングを支持する縦胴縁(幅 45mm、厚さ 18mm)の中心間距離は 455mm とする。下端(地上高さ 500mm)の開口幅は 10mm、上端の開口幅は屋外開放(EX と表示)の場合 10mm、小屋裏開放の場合 18mm とする。意図的開口は雨仕舞を考慮し、図 3 のような形状とする。これらの開口の流量係数は、実大モデルと実変動風荷重装置²⁾

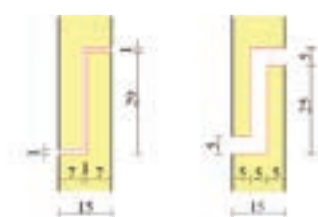


図3 意図的開口形状(単位

を用いた実験に基づき、開口幅 1mm および 5mm に対してそれぞれ (a) Gap 1mm (b) Gap 5mm 0.315 および 0.366 と推定された。小屋裏開放の場合、図 2 に示す (a)軒下換気(屋外開放; AT-e と表記)、(b)妻面換気(小屋裏開放; AT-g と表記)、(c)軒下妻面併用換気(AT-eg と表記)の 3 種類を想定する。以下の検討における意図的開口は、開口幅 1mm の場合にはサイディング 1 枚おきに、開口幅 5mm の場合には約 2m 間隔に設置するものとする。

* An attempt to reduce wind loads on ventilated exterior wall systems using pressure equalization
by Yasushi Uematsu and Keijiro Hosokawa

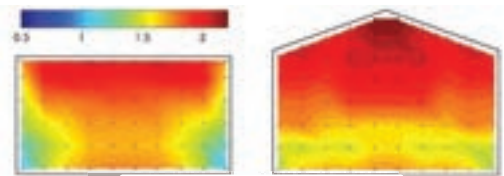
3. 風洞実験による壁面風圧の測定

層内圧シミュレーションに用いる壁面外圧は図4に示す模型を用い、地表面粗度区分Ⅲに相当する境界層乱流中で測定した。模型には圧力測定孔が妻面に72点、桁行面に60点、ほぼ均等に配置されている。屋根平均高さにおける平均風速 U_H を9m/sとし、圧力測定孔に作用する風圧をサンプリング周波数800Hzで全点同時計測した。1回の測定時間は18.5s(実スケールでは10分)であり、データのばらつきを考慮し10回連続して測定した。風向は妻面に正対する方向を 0° とし、 90° まで 10° ピッチで変化させた。測定された風圧は屋根平均高さでの平均速度圧 q_H で基準化され、風圧係数 C_p として表される。図5は全風向中の最大・最小ピーク外圧係数分布を示す。最大ピーク外圧係数は $\theta \approx 0^\circ$ のとき妻面中央の上層部に、最小ピーク外圧係数は $\theta \approx 20^\circ$ のとき側面の風上端下層部に発生する。

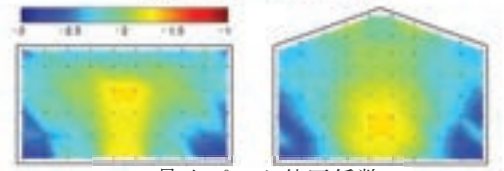


(a) 桁行面測定用 (b) 妻面測定用

図4 風洞実験模型(縮尺率 1/100)



(a) 最大ピーク外圧係数



(b) 最小ピーク外圧係数

図5 全風向中最大・最小ピーク外圧係数

4. 層内圧のシミュレーション方法(概要)

サイディング裏側の空間は縦胴縁で区切られている。胴縁位置での水平方向の流れはないものとし、下端開放部から上端開放部までの幅410mm、厚さ18mmのサイディング裏側空間内の流れを考える。この空間をいくつかの仮想空間(「仮想室」と呼ぶ)に分け、各仮想室に流出入する流れ(隙間流れ)とサイディング裏側のキャビティ流れに非定常ベルヌーイ式を適用する。さらに仮想室内の空気に対して質量保存則を適用すると全仮想室の層内圧係数に関する連立方程式が得られる。上下開口部、サイディング勘合部、意図的開口部における外圧係数を風洞実験結果に基づき境界条件として与え連立方程式を解けば全仮想室の層内圧係数が得られる。

5. シミュレーション結果と考察

サイディングには外圧と層内圧の差で与えられる風力が作用し、標準的な工法ではサイディングを引き剥がす方向に作用する負のピーク風力係数 \check{C}_f が設計上重要になる。一方、通常的设计では考慮されていないが、石膏ボード等の内装部材には層内圧が作用するため、内装部材では最大ピーク層内圧係数 \hat{C}_{pl} が設計上重要になる。外圧係数の最大・最小ピーク値を \hat{C}_{pe} 、 \check{C}_{pe} と表し、 $\check{C}_f/\check{C}_{pe}$ および $\hat{C}_{pl}/\hat{C}_{pe}$ の全サイディング・全風向中の最大値を図6に示す。これより意図的開口によってサイディングに作用する風荷重が大きく低減することが分る。また内装部材に作用する風力も外圧に比べてかなり小さくなっている。

参考文献

1. 渡部慶, 植松康: 通気工法を用いた外壁システムの風荷重評価に関する研究, 日本風工学会論文集, 44(2), 2019.
2. ガヴァンスキ江梨ほか: 実変動風荷重装置の性能評価, 日本建築学会技術報告集, 21(49), 2015.



(a) サイディング



(b) 内装部材

図6 $\check{C}_f/\check{C}_{pe}$ と $\hat{C}_{pl}/\hat{C}_{pe}$

着床式洋上風力発電施設とコンテナの衝突に関する検討*

秋田大学理工学部 池ヶ谷翼

秋田大学大学院理工学研究科 齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

秋田港には現在洋上風力発電施設や陸上風力発電施設などのエネルギー資源、コンテナや木材などの産業資源が多く存在していて秋田港に津波が襲来した場合どのような被害となるのか検討していく必要がある。

既往研究として高橋ら¹⁾は構造物にロードセルを用い津波によって左右する荷重を計測していた。しかし、縮尺を合わせたのみでフルード数で合わせた模型実験は行われていなかった。本研究ではフルード数で合わせた洋上風力発電施設とコンテナの衝突の模型実験を行う。

2. 模型縮尺の選定

フルードで相似を行うために、実験で使用する水槽の水位と流速の数値を求める前実験を行う。前実験は水位を測る超音波水位計、流速を測るプロペラ流速計を用いて1点法で測定をする。貯水深は25 cm, 30 cm, 35 cmの3パターンであり、浸水深はどれも0 cmであり、それぞれ3回測定する。実験装置の概略は図1に示す。実験水路は幅0.30 m, 高さ0.50 m, 全長11.0 mであり、海側5.0 m, 陸側6.0 m, 斜面勾配1/26の鋼製矩形水路を使用した。

水位と流速のデータは図2と図3に示す。これらの実験から測定した最高水位と同時間の流速を計算してフルード数を求める。

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

水槽内のフルード数は1.10~1.20であった。このフルード数を用いて水槽の水位と北海道南西沖地震の水位のデータ²⁾を相似させ、縮尺1/25で洋上風力発電施設とコンテナの製造を行う。

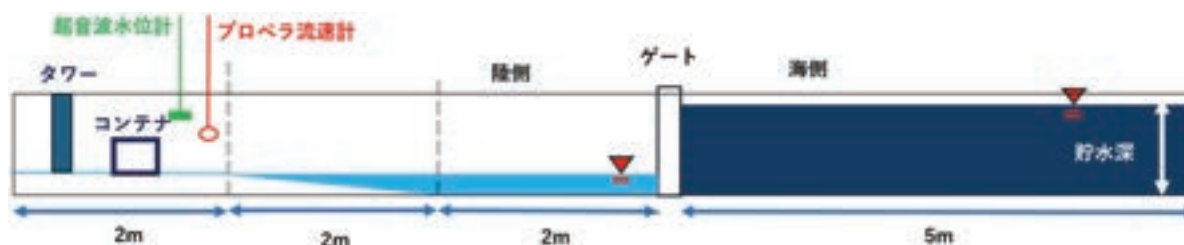


図1 実験装置の概略図

*Study on Impact of wind turbine and container by Tsunami by Tsubasa IKEGAYA, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

3. 模型の作製および加速度センサ

洋上風力発電施設模型は直径 12 cm, 長さ 50 cm の塩ビパイプを利用し, コンテナ模型は長さ 37.5 cm, 幅 9.4 cm, 高さ 9.5 cm の大きさを 3D プリントで作成した。重量は 1,185 g にし, 喫水は 4.35 cm である。衝突時の力を求めるためコンテナの中に加速度センサを入れている。加速度センサの写真を図 4 に示す。加速度・角速度・地磁気の 9 軸センサで姿勢や挙動など模型の状態がわかる。このセンサを用いて加速度だけではなく姿勢や挙動も観ることができる。

加速度センサが 0°, 21°, 68°傾けた時のセンサの角度とあらかじめ角度を測っていた実際のものに加速度センサを置き比較実験を行った。そのデータを図 5 に示す。黒の点線が実際の 21°, 68°である。21°, 68°ともにほぼ水平で変化はすくない。しかし 21°よりも 68°のほうが比較したときに差が大きく, またセンサのノイズも 68°のほうが大きい。

4. 終わりに

衝突実験を行う際に必要な模型, または模型の作成に必要な水槽内の相似, 衝突時の力を測定するためのセンサを示せた。

今後はコンテナ模型と着床式洋上風力模型の衝突力の実験について考えていきたい。コンテナの重量, 衝突物の種類など条件を変えて, 調査していく必要がある。また今回は加速度センサを利用したが画像解析などの違う測定方法も行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 高橋 陸・齋藤憲寿・渡辺一也: ロードセルを用いた津波漂流物の衝突に関する検討, 東北地域災害科学研究, 第 59 巻, pp.31-36, 2023.
- 2) 松富英夫・首藤伸夫: 津波の浸水深, 流速と家屋被害, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp.246-250, 1994.

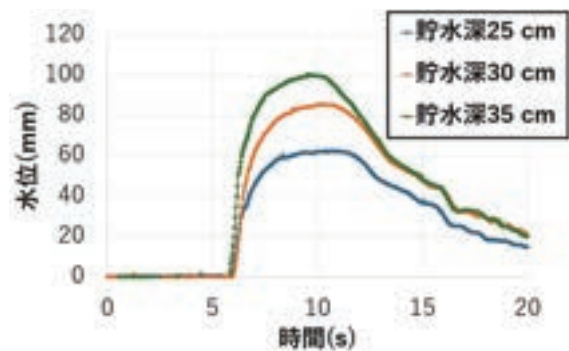


図 2 水位の推移

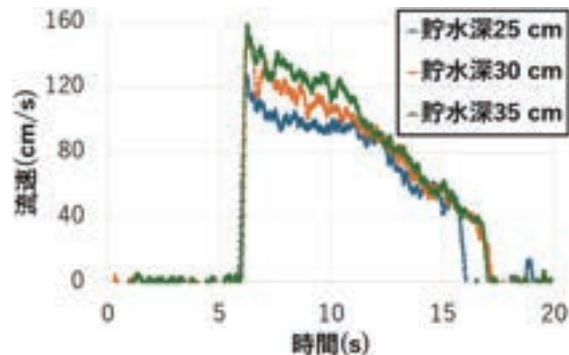


図 3 流速の推移

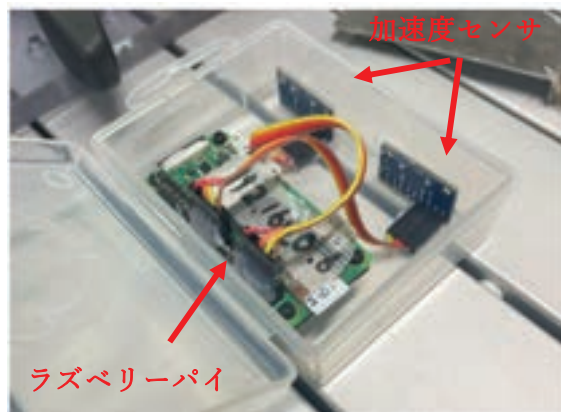


図 4 加速度センサ

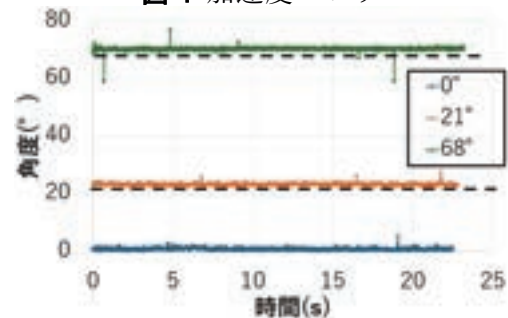


図 5 加速度センサの実験

円弧型独立上屋の構造骨組用風力係数に関する検討*

秋田工業高等専門学校 丁 威
秋田工業高等専門学校 藤沢 優輝
東北大学 植松 康

1. 研究の背景・目的

円弧型独立上屋はスポーツ施設や公園の休憩所など、公共空間で広く利用されている。一般に壁がなく軽量であるため風荷重が設計上重要となることが多い。しかし、建設省告示や日本建築学会「建築物荷重指針」¹⁾には設計用風力係数は示されていない。そこで、本研究目的は円弧型独立上屋を対象とし、風洞実験の結果に基づき、LRC(Load Response Correlation)法を用い、最大荷重効果に対応する等価静的風力係数を求め、構造骨組用風力係数を提案することである。

2. 対象建築物と風洞実験概要

本研究では、スパン $B=15\text{m}$ 、桁行長さ $W=15\text{m}$ の円弧型の独立上屋を想定する(図1参照)。ライズ・スパン比は $f/B=0.2$ である。構造骨組は、図2のように柱・梁フレームで支えられ、梁間方向ラーメン構造で、柱脚は固定と仮定する。骨組部材は通常の許容応力度設計を行って決定した。その結果、柱は角形鋼管: $300\times 300\times 30\times 12$ 、梁はH型鋼: $H300\times 200\times 8\times 12$ となった(いずれもSN400)。

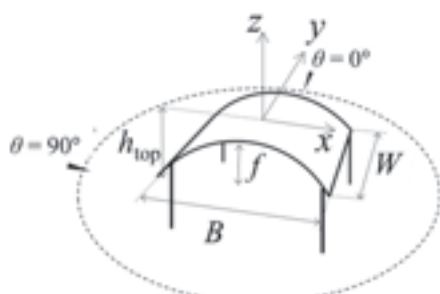


図1 対象建築物と風向

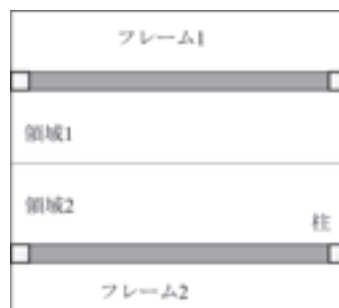


図2 フレームの荷重負担領域

今回の風洞実験は、東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻所有のエッフェ型境界層風洞(写真1)を用いて行った。実験模型の幾何学的縮尺率を $\lambda_L=1/100$ と設定する。風圧測定用の模型は3Dプリンタで作製した。スパン B および桁行長さ W はいずれも 150mm である。屋根のライズ・スパン比 $f/B=0.2$ である。屋根の平均高さ H は 80mm 、厚さ t は 4mm である。屋根全体を5ライ



写真1 風洞実験の様子

* Discussion of wind force coefficients for the main wind force resisting system of a vaulted free roof by Wei Ding, Yuuki Fujisawa, Yasushi Uematsu

ンに沿って圧力測定孔が上下面にそれぞれ 5 点ずつ設けられている(全部 50 点)。風圧のサンプリング周波数は 500Hz とし、全点同時測定される。1 回の測定時間は 19.1s (フルスケール換算で 600s) であり、同一条件下で 6 回測定する。風向は図 1 に示すように定義し、 0° から 90° の範囲(@ 10°)で変化させ、更に 45° を加える。

屋根面には上面と下面の風圧の差が風力として作用する。この風力を屋根平均高さ H での速度圧 $q_H (= 1/2 \rho U_H^2)$ で基準化し、風力係数 $C_f (= C_{pt} - C_{pb}$, C_{pt} および C_{pb} は屋根上下面の風圧係数) で表す。風力係数の符号は下向きが正となる。

3. 等価静的風力係数

本研究では、風荷重評価に Kasperski²⁾が提案した LRC 法を用いる。この LRC 法では、構造物の剛性が比較的高く変動風力による共振効果を見捨てる場合、着目する荷重効果と風力との相関を考慮し、最大荷重効果を再現できる等価静的風力係数 C_{f_LRC} が次式で与えられる。

$$C_{f_LRC} = \bar{C}_f + g_r \cdot C'_f \cdot \rho_{rf} \quad (1)$$

ここに、 \bar{C}_f = 平均風力係数、 C'_f = 風力係数の標準偏差、 g_r = 荷重効果のピークファクター、 ρ_{rf} = 風力と荷重効果の相関係数。

本研究では、屋根の 1/2 領域に作用する風力をそれぞれのフレームが負担すると仮定し、構造解析(二次元フレーム解析)を行う。このような構造では、風上柱脚曲げモーメント $M(t)$ と風下柱の軸力(引張) $N(t)$ が構造設計上クリティカルとなる。そこで、ここでは荷重効果として $M(t)$ および $N(t)$ に着目する。各風向角に対して測定された各測定点での風力係数の時刻歴 $C_{fj}(t)$ を用いて、 $M(t)$ 、 $N(t)$ の時刻歴を計算した結果、 $M(t)$ および $N(t)$ の最大ピーク値 (M_{max} , および N_{max}) はいずれも風向 $\theta = 60^\circ$ の場合に発生した。したがって、以下この風向に着目する。

最大荷重効果を与える風向 $\theta = 60^\circ$ に対し、LRC 法による等価静的風力係数分布 (C_{f_LRC}) のほか、条件付きサンプリングに基づく最大荷重効果をもたらす瞬間の風力係数分布 (C_{f_cond})、更に平均風力係数 C_{f_mean} とガスト影響係数 G_f の積(ガスト影響係数法)で与えられる風力係数分布 (C_{f_gust}) を求めた。以上の方法による結果を図 3 に示す。これによれば、いずれの荷重効果に対しても、 C_{f_LRC} と C_{f_cond} の分布は概ね一致している。

謝辞

本研究の一部は(財)能村膜構造技術振興財団の令和 6 年度助成金によるものである。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，2015
- 2) M. Kasperski, Extreme wind load distributions for linear and non-linear design, Engineering Structures, Vol.14, No.1, pp. 27-34, 1992.

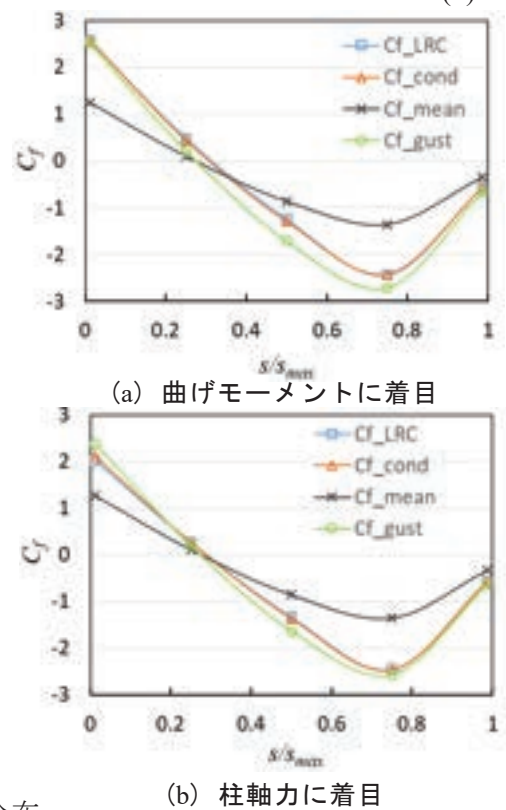


図 3 等価静的風力係数分布