

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

R6年度東北地域災害科学研究集会 発表プログラム 第二会場（202講義室）

12月25日(水) (202講義室)	<b>【第1部】 司会： 佐藤 健 先生</b>			
	<b>第1部</b>	13:00-13:15	仙台市における帰宅困難者の避難行動に関する考察	○佐藤真真（東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻）柴山明寛、佐藤健、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）
		13:15-13:30	応急仮設住宅の立地が子育て世代の人口動態に与える影響～宮城県名取市岡上地区、岩沼市玉浦西地区を事例として～	○服部開斗（東北大学工学部）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）
		13:30-13:45	モバイル空間統計に基づく災害後外部支援者の実効滞在時間の計算方法	○澤村悠里（東北大学大学院）、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）、山口裕通（金沢大学）
		13:45-14:00	降積雪期における歩車混在を考慮した津波避難交通シミュレーション	○堀合紳弥（東北大学災害科学国際研究所）、奥村誠（東北大学災害科学国際研究所）
		14:00-14:15	想定長町-利府断層の地震時における仙台市内の災害拠点病院の医療需給の推定	○久保 公佑（東北大学大学院工学研究科）、佐藤 健（東北大学災害科学国際研究所）
		14:15-14:30	仙台市「杜の都防災力向上マンション認定制度」における申請者とその主体性	○佐藤 健（東北大学災害科学国際研究所）、酒井悠里（東北大学大学院工学研究科）
		14:30-14:45	被災者インタビューの質的分析から考える都市改造型復興～宮城県山元町の事例から～	○岩佐優稀子（東北大学大学院情報科学研究科）
	14:45-15:00	休憩		
	15:00-17:10	公開講演（301講義室）		

12月26日(木) (202講義室)	9:00～9:50	地区総会（202講義室）		
	<b>【第2部】 司会： 大野 晋 先生</b>			
	<b>第2部</b>	10:00-10:15	Phase velocity of Love waves estimated from array records of rotational components of horizontal microtremors	○李偉璽（岩手大学大学院総合科学研究科）、山本英和・齊藤剛（岩手大学理工学部）
		10:15-10:30	直線アレイで観測された微動記録の共通中点相互相関解析による2次元S波速度構造の推定～陸前高田市における適用例～	中川修太、山本英和、齊藤剛、○大向歩（岩手大学理工学部）
		10:30-10:45	機械学習による東北地方の地震の即時スペクトル予測	○大野晋（東北大学）
		10:45-11:00	東北地方中部におけるHi-netの常時微動記録の地震波干渉法解析による地震波速度変化検出の試み	○田村全（岩手大学大学院総合科学研究科）、山本英和・齊藤剛（岩手大学理工学部）
		11:00-11:15	AS-netで観測された地震記録を用いた地下構造推定に関する試み～自己相関関数解析、レシーバ関数解析の利用～	○高橋優樹仁、宮也晋、山本英和、齊藤剛（岩手大学理工学部）、野口科子（地震予知総合研究振興会）
		11:15-11:30	擬似直線アレイを用いた微動探査の観測・解析方法の基礎的検討	○山本 英和、鈴木 理湖、齊藤 剛（岩手大学理工学部）
		11:30-11:45	干渉SARによる岩木山西側斜面の変位と追子森断層	○道家涼介（弘前大学大学院理工学研究科）、黒澤英樹（応用地質株式会社）
	11:45-12:00	モホの深さを可変にした震源決定の試み	○小菅正裕（弘前大学大学院理工学研究科）	
		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）	
	<b>【第3部】 司会： 水田 敏彦 先生</b>			
	<b>第3部</b>	13:30-13:45	東北地方内陸部で発生した小規模地震のローカルマグニチュードの不確実性	○堀井信之介（弘前大学大学院理工学研究科）、前田拓人（弘前大学大学院理工学研究科）、高野智也（防災科学技術研究所）、平野史朗（弘前大学大学院理工学研究科）
		13:45-14:00	2024年能登半島地震による能登北岸の隆起海岸における津波について	○松富英夫（中央大学研究開発機構）、鎌滝孝信（岡山理科大学）
14:00-14:15		制振間柱を用いたRC造共同住宅の応答制御設計に関する検討	○青木直哉、西田哲也（秋田県立大学）	
14:15-14:30		地震時の応答波形を用いた簡易的な木造住宅の固有周期の推定に関する検討	○田口真衣（秋田工業高等専門学校）、寺本尚史（秋田工業高等専門学校）	
14:30-14:45		教育研究用機器の地震リスク評価手法に関する研究	○吉田亘芳（東北大学大学院工学研究科）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）	
14:45-15:00		立地ハザード評価と地震応答特性を踏まえた貴重図書地震リスクとその低減に関する研究～東北大学図書館を事例とした分析と評価～	○嶋田瑠美子（東北大学大学院工学研究科）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）、柴山明寛（東北大学災害科学国際研究所）	
15:00-15:15		1894年庄内地震直後の地域刊行物 - 「山形県震水災概況」を中心に -	○鏡味洋史（北海道大学（名））、水田敏彦（秋田大学地域防災減災総合研究センター）	
15:15-15:30	1964年新潟地震による庄内地方の被害 - 鶴岡市と酒田市で発行された報告書 -	○水田敏彦（秋田大学地域防災減災総合研究センター）、鏡味洋史（北海道大学（名））		

12月26日(木) (102講義室)	<b>ポスター発表 12:45-13:30</b>		
	<b>ポスター-1</b>	令和6年7月下旬に発生した山形県北部豪雨災害について	○本山 功（山形大学理学部）、三辻和弥（山形大学工学部）、熊谷 誠、村山良之（山形大学地域教育文化学部）、橋本智雄、佐藤正成（中央開発株式会社）、岩田尚能、加々島慎一（山形大学理学部）、石垣和恵（山形大学地域教育文化学部）、八木浩司（深田地質研究所）
	<b>ポスター-2</b>	気象庁五所川原市栄町観測点の地下構造推定	○片岡俊一（弘前大学）
	<b>ポスター-3</b>	宮城県内の平地林の東日本大震災後の状況と課題	○横山仁、上田啓瑚、秋田寛己（防災科研）、佐藤健（東北大学災害科学国際研究所）
	<b>ポスター-4</b>	水素燃料電池車による避難所への電力供給の検討	○柴山明寛（東北大学災害科学国際研究所）
	<b>ポスター-5</b>	令和6年能登半島地震における高岡市伏木地区の液状化被害と地盤特性	○三浦篤史（山形大学）、三辻和弥（山形大学）、小國惇浩（山形大学）
	<b>ポスター-6</b>	令和6年7月山形県豪雨における建物・構造物の被害について	○三辻和弥（山形大学）、三浦篤史（山形大学）、小國惇浩（山形大学）、本山 功（山形大学理学部）

<ポスター会場：102 講義室>

ポスター発表 紹介

6 題 (12 : 45 ~ 13 : 30)

令和元年 12 月 26 日 (木)

## 令和6年7月下旬に発生した山形県北部豪雨災害について\*

山形大学理学部 本山 功  
山形大学工学部 三辻 和弥  
山形大学地域教育文化学部 熊谷 誠  
山形大学地域教育文化学部 村山 良之  
中央開発株式会社 橋本 智雄  
中央開発株式会社 佐藤 正成  
山形大学理学部 岩田 尚能  
山形大学理学部 加々島 慎一  
山形大学地域教育文化学部 石垣 和恵  
深田地質研究所 八木 浩司

### 1. 豪雨災害の概要

令和6年7月25日午前から7月26日未明にかけて、活発化した梅雨前線の活動により山形県北部から秋田県にかけて大雨となった。山形県では庄内地域から最上地域にかけて東西に線状降水帯がかかり、洪水、斜面崩壊、土石流等により家屋の浸水・全半壊、農地冠水・土砂流入、道路・鉄道損傷など総額1000億円を超える甚大な被害が生じた。降雨は7月25日の午前5～10時頃から強まり、13時5分に酒田市と遊佐町に大雨特別警報が発令された。山形県において線状降水帯が発生したのは令和4年8月の山形県置賜地域以来2度目のことである。降雨は7月25日18時頃に一度弱まり20時10分に大雨警報に切り替わったが、その後再び強まり、23時40分に酒田市・新庄市・舟形町・鮭川村・戸沢村・庄内町に大雨特別警報が発令された。酒田市では3時間半後に再び大雨特別警報が発令されたわけだが、1日のうちに同じ自治体に2度大雨特別警報が発令されたのは全国初であった。酒田市東部から新庄市にかけての地域では300mmを超える24時間総雨量が記録された。被災地域が広域だったため、山形大学災害環境科学研究ユニットではメンバーで地域を分けて現地調査を行い変状や被災状況を把握した。今回の大雨による農地・住宅地の浸水は内水氾濫だけでなく、主要河川・中規模本川の越水・決壊によるものも多く外水氾濫が多地点で生じた。

### 2. 庄内地域

庄内地域では酒田市・遊佐町の一部において調査を行った。とくに酒田市東部の出羽山地に源を発して西流する荒瀬川の流域にける被害が顕著であり、谷底低地の想定最大規模の洪水浸水想定区域を上回る面積が本川・支川からの氾濫によって浸水し、水田・家屋が壊滅的な被害を被った。国道344号線および荒瀬川と北隣の日向川との間を結ぶ地方道や林道の洗掘・侵食

---

\*Heavy rainfall disaster in late July, 2024 in the northern part of Yamagata Prefecture by Isao Motoyama, Kazuya Mitsuji, Makoto Kumagai, Yoshiyuki Murayama, Tomoo Hashimoto, Masanari Sato, Naoyoshi Iwata, Shin-ichi Kagashima, Kazue Ishigaki, and Hiroshi Yagi

等の損傷も著しかった。斜面災害も多数発生し、とくに酒田市北青沢小屋渕地区では集落全体が小屋渕川から流下した土石流に覆われた。この土石流は小屋渕川上流の標高 250～320 m の数箇所が発生した表層崩壊に起因するとみられる。そのうち最も大きな崩壊箇所は中新統青沢層の泥岩と凝灰岩の分布域に当たる。荒瀬川流域における斜面崩壊のほとんどは表層崩壊であり、第四系からなる丘陵の急斜面と河岸の急斜面、および中新統分布域では無立林地・幼齢林の斜面に多く認められた。定量的な評価は行っていないが、壮齢林との間に違いがあるかもしれない。地質的には鮮新統・更新統の固結度の低い砂岩・シルト岩や鳥海火山噴出物、および中新統の風化した玄武岩質岩・泥岩・凝灰岩が一因をなすとみられる。北青沢地区から真室川町高坂にかけての国道 344 号線は約 3 ヶ月間災害通行止となったが、その区間の災害は主に道路の谷側の路肩崩壊と山側の法面崩壊によるものであった。

荒瀬川および日向川下流の平野部では外水氾濫による洪水被害も生じ、酒田市観音寺地区は荒瀬川右岸からの越水により市街地が浸水し、酒田市穂積地区では日向川左岸からの越水、酒田市大淵地区では京田川からの越水によって農地・住宅地が浸水した。

### 3. 最上地域

最上川中流の戸沢村蔵岡地区は内水氾濫によって浸水する水害常襲地として知られるが、今回は最上川からの越水、外水氾濫によって集落全体が浸水した。真室川町・鮭川村を流れる鮭川の中～下流や新庄市を流れる升形川・新田川といった中小河川で越水・決壊が生じた。これらの河川は河床が浅く、場所によっては天井川をなしており、増水時に氾濫しやすい地形的条件だったことが被害を大きくしたと考えられる。その中でも新庄市本合海地区では、水田地帯を横断する道路を走行していた 3 台の車と救助に向かったパトカー 1 台が新田川の氾濫によって流され、2 名が犠牲となった。この発災地の上流 3 km の範囲で新田川の 2 箇所と支流の 1 箇所が決壊し、谷底平野に広がる水田へ流出した濁流が原因と考えられる。街路樹や電信柱に残された痕跡水位により、そこでは約 300 m に渡って道路が冠水し、最大浸水深は約 80～85 cm だったと推定された。

調査を行なった新庄市・鮭川村・真室川町・戸沢村・大蔵村・舟形町・最上町では随所で斜面崩壊が認められ、宅地・農地・道路・鉄道等に顕著な被害が生じた。これら斜面崩壊の多くは、新庄盆地の地質を特徴付ける鮮新統・更新統の固結度の低い砂岩・シルト岩・火砕岩の分布域で生じており、軟弱な地質が素因をなしている。



新庄市本合海地区の新田川の氾濫による被災状況（2024年8月2日撮影）。流された3台の車が写っている。

# 気象庁五所川原市栄町観測点の地下構造推定\*

弘前大学 片岡俊一

## 1. はじめに

我々は、2011年東北地方太平洋沖地震の際の津軽平野内の地震動記録を分析し、近接した地点であっても同じ周期帯域の振幅が大きく異なることを示したり。卓越していた周期は、J-SHISの地下構造からもとめたSH波の増幅帯域と対応するものの、両者の周期が一致する訳ではない。地震動の特性を把握するには、地震観測点直下の地下構造を理解する必要がある。そこで、津軽平野内の地震観測点のうち、少なくない地震動記録が公開されている気象庁五所川原市栄町観測点を取り上げ、その地点の地下構造を推定した。

## 2. 地下構造推定方針

J-SHISの深部構造は全国にわたって定義されていることから、これを基本とすることとした。Kawase et al. が提案した拡散波動場理論<sup>2)</sup>を適用し、地震動記録を収集して、S波部分の水平動と上下動のスペクトル比を求め、このスペクトル比を説明できる地下構造をJ-SHISの層厚を変化させることで推定した。さらに、J-SHISの地下構造は地表付近では地震波速度が実際よりも速いので、浅層部分については微動アレー探査で地下構造を推定した。

## 3. 推定結果と考察

推定した地下構造のうち、S波速度、P波速度の分布をJ-SHISモデルと比較して図1に示す。地震動の水平動上下動比と推定した地下構造から算定した  $\sqrt{\alpha/\beta}\{TF_{horizontal}/TF_{vertical}\}$  の値を図2に示す。ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$  は地震基盤のP波速度、S波速度であり、 $TF_{horizontal}$ 、 $TF_{vertical}$  は地震基盤から鉛直入射するS波、P波の地表における増幅倍率である。

さらに、辺長約10.4mの正三角形アレーで観測した鉛直方向の微動から空間相関法により求めた位相速度と推定した地下構造から算出したRayleigh波の位相速度との比較を図3に示す。さらに、推定した地下構造に鉛直下方から入射するSH波による増幅特性を図4に示す。0.5Hz~1Hzの間のピークは速度の遅い表層の影響であることが窺われる。

## 4. まとめ

津軽平野の地下構造を把握する第一歩として、気象庁五所川原市栄町観測点における地震動および微動アレー探査結果から平行成層モデルとして、直下の地下構造を推定した。同様の試みを周辺の地震観測点で行い、本報告の妥当性を確認したいと思っている。

## 参考文献

- 1) 小田島智弘, 片岡俊一: 2011年東北地方太平洋地震の際の津軽平野における長周期地震動の振幅分布, 東北地域災害科学, 60, 25-29, 2024.
- 2) Kawase, H., F.J. Sánchez-Sesma, and S. Matsushima: The Optimal Use of Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios of Earthquake Motions for Velocity Inversions Based on Diffuse Field Theory for Plane Waves, Bull. Seismo.Soc.Am.,101,2001-2014, 2011.

---

\* Estimation of sub-soil structure at JMA Goshogawara Sakaemachi station by Shunichi Kataoka

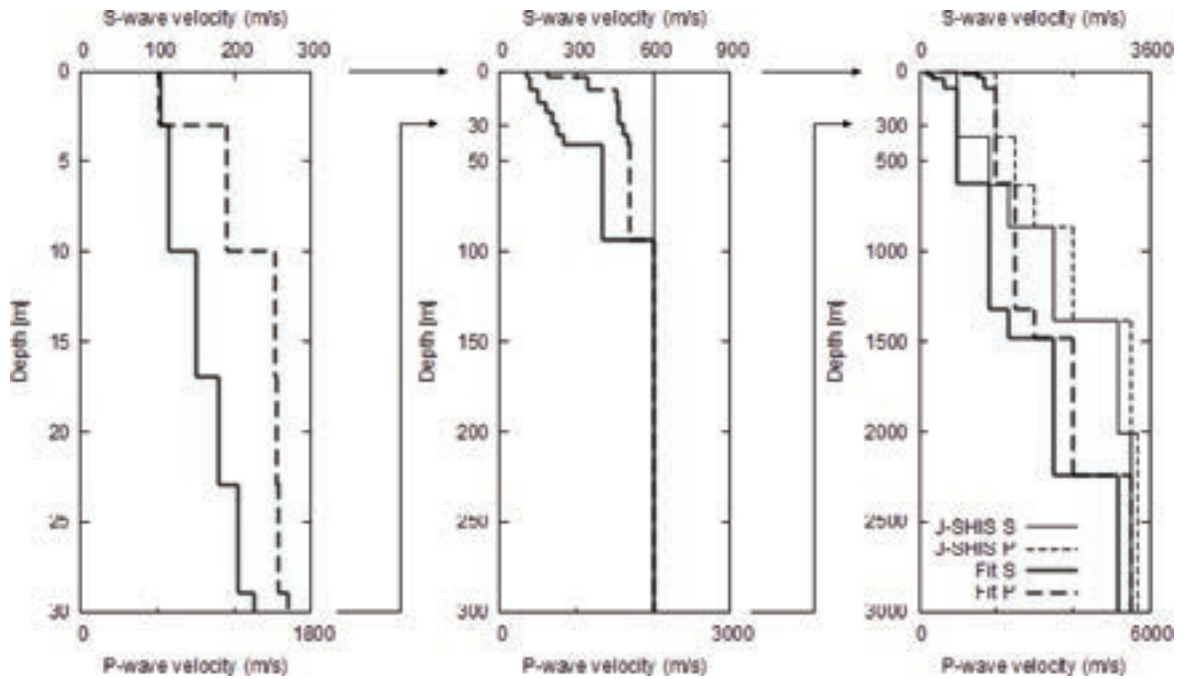


図 1 推定した地下構造と J-SHIS の深部地下構造モデル. 左側の表層には J-SHIS モデルは示していない.

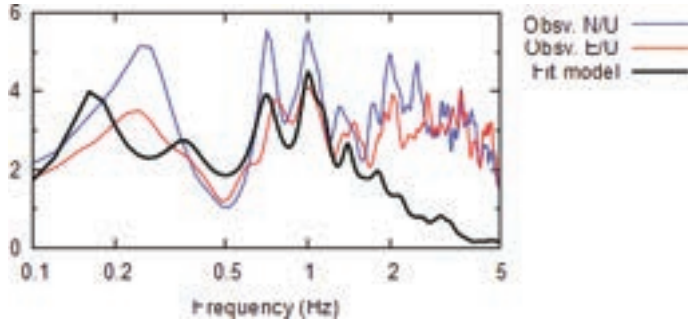


図 2 地震動 S 波部分の水平上下動比と推定した地下構造から求めた水平上下動比

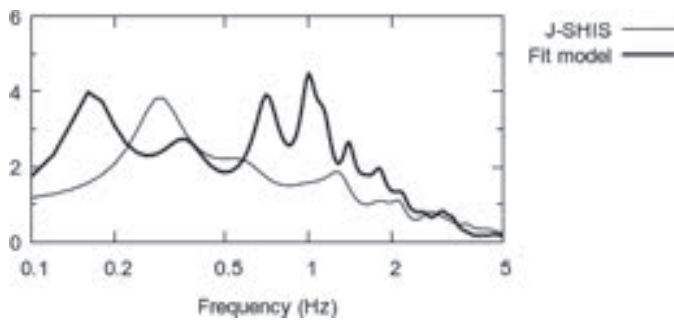


図 3 鉛直下方から入射する SH 波の増幅倍率

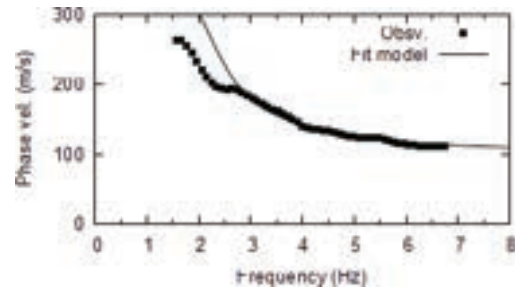


図 4 観測位相速度と推定した地下構造による Rayleigh 波の位相速度

# 宮城県内の平地林の東日本大震災後の状況と課題

○横山 仁・上田 啓瑚・秋田 寛己 (防災科学技術研究所)  
佐藤 健 (東北大学 災害科学国際研究所)

## 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による巨大津波が仙台平野を襲い、仙台湾等の海岸林も壊滅的な被害を受けた。一方、宮城県内の居久根 (いぐね) をはじめとした屋敷林 (平地林) も、倒木等甚大な被害を受けたが、これらは海岸林と同様に津波エネルギーの減衰や漂流物等の捕捉といった家屋に対する津波被害の軽減効果があったことが知られている<sup>1)</sup>。また、平時においては、冬季季節風の防風や気候緩和の働きがあることも報告されている<sup>2)</sup>。今後、さらなる津波の発生だけでなく、気候変動による気象災害の多発化、激甚化が懸念されるなか、平地林も海岸林や山地の森林等と同様に防災機能を発揮する点で重要なグリーンインフラであると考えられることから<sup>3)</sup>、引き続き、健全な生育が期待される。

ここでは、現地調査等によって調べた宮城県内の平地林の東日本大震災後の状況と課題について述べる。

## 2. 調査対象の平地林

宮城県内の代表的な平地林と考えられる屋敷林の居久根を調査の対象とした。居久根は奥羽山脈から吹き降ろす北西季節風に対する防風とともにさまざまな役割があるとされ、仙台平野の水田地帯において緑の島のように見える特有の景観を形成している。震災後、小金澤・海川 (2012)<sup>1)</sup>や氏家ら (2013)<sup>4)</sup>が精力的な調査を行った宮城県内の居久根のうち 11 カ所 (浸水域: 6 カ所, 非浸水域: 5 カ所) について、2018 年 2 月、2019 年 11 月、2024 年 11 月に現地調査を行うとともに (時期毎に調査カ所は異なる)、Google マップストリートビュー (以下、GS) の履歴機能により、居久根の生育状況の時系列変化を確認し調査結果を補完した。

## 3. 震災後の居久根の状況

### (1) 浸水域の居久根

浸水域の居久根は、全カ所において樹木の枯損が確認され、2 カ所は完全に消失し、うち 1 カ所が防風ネットに置き換わっていた。また、残りの 4 カ所はほぼ竹林化していた。竹林化した岩沼市押分の居久根 (西面長約 70m, 北面長約 100m の L 字型) は海岸から約 1.7km にあり、氏家ら (2013) によって調べられた居久根の一つで、震災後約 6 か月目に詳細な調査が行われている。通常、居久根は北西側に樹木が配置されることが多いが、この居久根は西・北・東面に樹木が配置されたコの字型の形状をなしている。氏家ら (2013) によれば、樹木総数 537 本のうちスギが最も多く全体の 63% で、ヒノキ等其他の高木針葉樹と合わせると全体の 74% を占めていた。ただし、調査時点ですでに、塩害によるものとみられる被害が確認されており、スギやヒノキをはじめとした高木の針葉樹の被害が特に顕著であったことを報告している。GS の 2011 年 8 月撮影の画像からも、スギ等の高木針葉樹がまだ残っているものの、赤褐色に変色している状況が確認できた。2019 年 11 月の現地調査の際には、ヒノキとみられる樹木を北西面に数本確認したが、高木層をなしていた針葉樹はほぼなくなっており、平屋住宅の軒高付近の高さ (樹高約 6~7m) まで伸びたタケが優先する林となっていた (図 1)。2024 年 11 月には、タケがより繁茂し、高さも住宅の屋根付近 (約 8m) まで達していた。一方、一般に塩害に強いとされる常緑広葉樹のツバキは、2024 年時点においても残存していた。



図 1. タケが繁茂する浸水域の居久根  
(岩沼市, 2019 年 11 月撮影)

\* Growth status and challenges of lowland forests in Miyagi prefecture after the Great East Japan Earthquake by Hitoshi Yokoyama



## (2) 非浸水域の居久根

浸水しなかった地域の居久根ではいずれも大きな変化はみられなかった。浸水を免れた名取市高柳の仙台東部道路の西側に位置する居久根（西面長約50m、北面長約30mのL字型、海岸から約3.8km）は、震災直後の調査は行われていないが、2018年2月の調査時点時において、スギ、ヒノキ等の針葉樹を高木層とする一般によくみられる居久根となっていることを確認した。所有者へのヒアリングによっても、近隣の水田までは浸水したものの、塩害等津波の影響と思われる枯損はないとのことで、2024年11月の調査時においても、高さや本数を含め変化は特に認められなかった。また、仙台市若林区にあり、市の保存樹林にも指定されている居久根（西面長約100m、北面長約75m、東面長約90mのコの字型、海岸から約5.0km）も浸水はしておらず、2018年の調査時との変化は、2024年においてもみられなかった（図2）。



図2.非浸水域の居久根  
(仙台市, 2024年11月撮影)

## 4. 課題

浸水域の居久根は、塩害によりスギやヒノキ等高木の針葉樹が枯損し、多くがタケに置き換わっている状況が確認された。タケはもともと居久根の構成種の一つでもあるが、放棄竹林が全国的に問題とされている昨今、今後の状況は注視していく必要がある。一方、非浸水域の居久根では、2024年においても枯損等は確認できなかったが、所有者からは高木化に伴う倒木の危険性や落葉落枝の問題、過密化による防犯面や不法投棄の懸念等維持管理に関する課題が多く聞かれた。高木化や過密化は、居久根が受ける風圧上昇による倒木等の危険性が高まる点においても決して好ましい状況ではなく、枝打ちや間引き等の管理作業が不可欠である。また防風の面では、20~30%程度の隙間があるほうが効果的とされるとともに、その効果範囲は風下側に群落高さの20~30倍の距離まで及ぶとされることから<sup>9)</sup>、効果は所有者の住宅のみならず広範囲に及ぶと考えられ、地域的な安全面からも居久根の健全な生育は重要である。しかし、近年、所有者や管理者の高齢化等により、居久根の維持管理は体力的・経済的に大きな負担となっており、民間ボランティアだけでなく、国や自治体によるさまざまな公的支援の拡充が望まれる。また、かつての木材や堆肥の供給源といった役割についても改めて見直すとともに、残存する居久根の新たな利活用法や失われた居久根の再生（例えば、住宅個々ではなく地域としての再生）に関しても具体的な検討を進める必要があると思われる。

## 5. まとめ

東日本大震災から13年が経過するなか、宮城県内の平地林として居久根の生育状況を文献や現地調査等により調べた結果、津波の浸水域にあった居久根は、塩害によりスギやヒノキ等の高木の針葉樹が枯損し、竹林化や伐採されている状況が確認された。一方、浸水しなかった居久根では、2024年においても目立った枯損等は確認できなかったものの、居久根の維持管理に関するさまざまな課題があることがわかった。今回の調査により概略的な状況が把握できたことから、今後、居久根をはじめとした平地林等の身近な緑地のグリーンインフラとしての機能評価や維持管理について、より詳細な調査を進める予定である。

### <参考文献>

- 1)小金澤孝昭・海川航太, 仙台平野の海岸林・屋敷林(いぐね)の災害調整サービス機能, 宮城教育大学紀要, 47, pp1-9, 2012
- 2)菊地立, 屋敷林をもつ農家における冬季の気温と風速の日変化特性, 季刊地理学 51 (4), pp306-315, 1999
- 3)横山仁・鈴木真一・飯塚聡・内山庄一郎・岩波越・村上暁信, グリーンインフラとしての平地林による防災機能—災害現場で確認された農業気象災害軽減事例—, 防災科学技術研究所研究報告, 88, pp33-44, 2023
- 4)氏家深志・馬場弘樹・大澤啓志・石川幹子, 仙台平野における居久根の塩害被害と防災機能に関する研究, 都市計画論文集, 48 (1), pp100-109, 2013
- 5)真木太一, 風害と防風施設, 文永堂出版, p301, 1987

# 水素燃料電池車による避難所への電力供給の検討\*

東北大学災害科学国際研究所 柴山明寛

## 1. はじめに

大規模な自然災害においては、住家や店舗等の被災を免れることは難しく、生活することが困難を極める。さらに、建物被災を免れたとしても、電気やガス、上下水道、通信網などのライフラインの途絶の影響により、社会生活が著しく低下するとともに、医療などでは生命維持が困難を極め、応急対応や復旧・復興の遅延に繋がる。近年の大規模災害において長期間の大規模な停電が発生した事例として2011年東日本大震災や2018年北海道胆振東部地震と言える。東日本大震災では、東北電力管内において、約486万戸の停電が発生し、発災から3日目で80%の停電が解消、8日目で94%の停電が解消、同年6月18日に停電復旧が可能な箇所のすべてが復旧し、3ヵ月間に及ぶ停電が発生した<sup>1)</sup>。胆振東部地震では、発災当日に北海道全戸の約295万戸が約1日間の停電が発生し、3日後には厚真町の一部を除いて停電が解消された<sup>2)</sup>。2024年能登半島地震では、1ヶ月程度で90%の停電が解消、すべての停電が復旧するのに2ヶ月半もかかった。電力は、社会生活に欠かせないものであり、避難生活の安定や社会全体の復旧・復興などを迅速化することが可能である。さらに、安定的に電力供給ができることで、夏場や冬場など過酷な環境下でも避難生活等の環境を整えることができ、災害関連死を減少させることにも繋がる。自然災害の影響による停電が発生しても社会機能や社会生活が低下しないように、BCP対策として企業や避難施設等は、非常用発電設備（非常用発電機や太陽光発電、蓄電池等）の導入を進めている。しかしながら、設備投資に多額の費用がかかる問題がある。

そこで本研究では、可搬性やメンテナンス性、平常時でも使用している水素燃料電池車に着目し、水素燃料電池車による避難所への電力供給について検討する。

## 2. 水素燃料電池車の災害時の活用について

水素燃料電池車は、2023年時点で国内における保有台数として7,000台以上、また、水素ステーションも2024年7月時点で152箇所となっている。内閣府による水素基本戦略では、2030年度目標として水素燃料電池車を80万台、水素ステーションを1,000箇所と目標を立てている<sup>3)</sup>。今後、水素燃料電池車は、カーボンニュートラル社会に向けて普及していくと考えられ、普及とともに災害時での活用が進んでいくと考えられる。水素燃料電池車は、水素を燃料として発電し、自動車の走行に必要な電力として使用される。発電された電力は、車外でも使用することが可能である。現在市販化されている水素燃料電池自動車には、車内にコンセントが装備されており、通常の家用的コンセントと同様に電化製品等に電力供給することができる。車内コンセントは、水素燃料電池車だけの特有の装備ではなく、ガソリン自動車やハイブリット自動車、プラグインハイブリット自動車（以下、PHV）、電気自動車（以下、EV）なども装備されている。車内コンセントの電力としては、AC100Vで数百Wから1,500W程度が使用でき、車種によって電力やコンセント数が異なる。災害時の利用を想定した場合、1,500W程度でも炊飯

---

\* Study of supplying electricity to evacuation centers using hydrogen fuel cell vehicles by Akihiro Shibayama

器や電気ポットなどの電力を多く使用するものでも利用することができる。また、スマートフォン1台で10W～60W程度の消費電力であることから、1,500W程度のコンセントで約25台のスマートフォンへの給電を行うことができる。車内コンセントの利用で日常生活まではいかないものの、ある程度の電力を賄うことができると考える。車内コンセント以外でも水素燃料電池車やPHV、EVでは、外部給電器（V2L：Vehicle to Load）を用いることで最大で6,000～9,000Wまで電力供給することができる。例えば、水素燃料電池車のMIRAIでは、供給可能電力が約60kWhであり、最大の9,000Wで電力供給をした場合、最大6.6時間であり、6,000Wでは10時間の電力供給が可能である。ただし、この計算は、あくまで理論値である。実際には、水素燃料電池車から外部給電器を用いて直流から交流に変換が行われるが、その際の電力変換ロスが発生し、実際の供給可能な電力量は減る。そのため、供給可能電力量がそのままの電力量で使用することができないことを考える必要がある。さらに、給水素をするための水素ステーションまでの往復の距離も計算しなくてはならない。

### 3. 水素燃料電池車による避難所への電力供給の検討について

令和5年10月1日時点での日本全国の指定避難所数は73,513箇所、福祉避難所数は26,116箇所となっており、合計で99,629箇所の避難所が存在する。2030年目標である水素燃料電池車の80万台を基準に考えた場合、単純計算として一つの指定避難所に8台の水素燃料電池車を配備することができる。しかし、あくまですべての水素燃料電池車が協力していただけた場合である。その他の違う視点で考えた場合、基礎自治体は1,718市町村があり、公用車だけで10万箇所の指定避難所に水素燃料電池車を配置する場合、一つの自治体で平均として約58台が必要となる。福祉避難所の約2.6万箇所を配置する場合では、一つの自治体で平均として約15台が必要となる。このことからわかる通り、自治体での水素燃料電池車の公用車配備のみでは、避難所の電力供給をまかなうことは難しいことがわかる。ただし、南海トラフ地震や日本海溝・千島海溝地震などの大規模な地震災害以外では、被災地域が限定されることから応急対策職員派遣制度（対口支援等）で水素燃料電池車を派遣することで台数を減らすことができると考える。上記は、あくまで水素燃料電池車での対応を考えた場合であり、実際には、避難所等にある非常用発電設備や電気自動車（EV）による給電などを考慮すれば、水素燃料電池車の配備はさらに少なく済む可能性はある。

### 4. まとめ

本報告では、水素燃料電池車による避難所への電力供給の検討を行った。今後は、様々な実証実験を行い、その他の使用方法についても検証する予定である。

#### 参考文献

- 1) 内閣府，東日本大震災関連情報，<https://www.bousai.go.jp/2011daishinsai/index.html>，（参照：2024.10.1）
- 2) 内閣府，平成30年北海道胆振東部地震に係る被害状況等について，[https://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin\\_hokkaido/index.html](https://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin_hokkaido/index.html)，（参照：2024.10.1）
- 3) 内閣府：再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議，水素基本戦略，令和5年6月6日，[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/suiso\\_seisaku/pdf/20230606\\_2.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_2.pdf)（参照：2024.10.1）

# 令和6年能登半島地震における高岡市伏木地区の液状化被害と地盤特性

山形大学, 三浦篤史 三辻和弥 小國惇浩

## 1. はじめに

著者らは令和6年能登半島地震において、液状化被害が見られた富山県高岡市伏木地区および吉久地区での被害調査を行い、いくつか報告してきた<sup>1)</sup>。本報では、2024年9月にあらためて観測点数を追加した単点での常時微動観測による地盤卓越振動数の評価のほか、常時微動水平アレー観測により表層地盤のS波速度構造を推定した結果について報告する。

## 2. 高岡市伏木地区の液状化被害

図1には調査範囲（青丸）を示しているが、本報では高岡市伏木地区（中央青丸）の検討に絞って報告する。図2は国交省で公開されている液状化しやすさレベルであるが、図1と比較すると伏木地区で液状化した範囲は危険度2と評価されているところが多く、一部危険度3や4を含む評価となっている。図3のように伏木地区では至る所で噴砂や建物、電柱の沈下・傾斜が見られ、特に範囲北西側で応急危険度判定が「危険（赤）」や「注意（黄）」と判定された建物が多く見られた。



図1 被害調査範囲

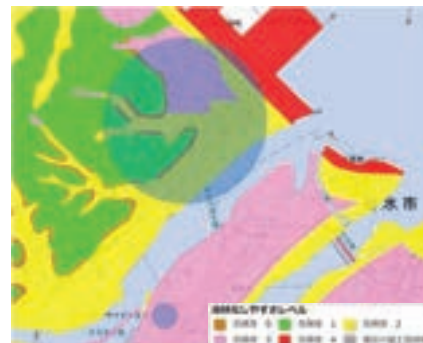


図2 液状化しやすさレベルの分布



図3 液状化被害の様子

## 3. 常時微動観測

図4には伏木地区の液状化範囲と実施した常時微動観測点の分布を示す。黄色△は2024年2月および3月に実施した単点での常時微動観測点（#1-#5），橙色△は2024年9月に追加した観測点（#6-01-#7-01）を表している。緑の星印はJMA観測点を表し、図中の青い網掛けで囲った部分は液状化したと考えられる範囲を示している。また、あわせて傾斜が顕著であった電柱の位置を青丸でプロットしている。図5に#1-#5, #6-01-#7-01で得られたH/Vスペクトル比を示す。

周囲に噴砂が見られ、液状化した地点と考えられる#1, #4, #5では表層地盤の卓越振動数が1.0-2.0Hzに見られ、比較的表層が軟弱な性質であることが示唆される一方、周囲に液状化被害が見られなかった#2と#3では4.0-5.0Hzの成分が卓越しており、比較的硬質な地盤特性であることが推定される。周辺で噴砂や住宅の沈下・傾斜が確認された#6-01~08では、#6-01,03, SNM

において1.0～2.0Hzに卓越振動数と思われるH/Vスペクトル比のピークが見られる。#6-04や#6-07では3.0Hz～5.0Hz付近にピークが見られ、やや高振動数側に評価される形となった。JMA観測点である#7-01の結果からは明瞭なピークが見られず、地形区分より「台地・段丘」に位置しているため、比較的堅固な地盤であり軟弱な表層はほとんど存在していないと考えられる。

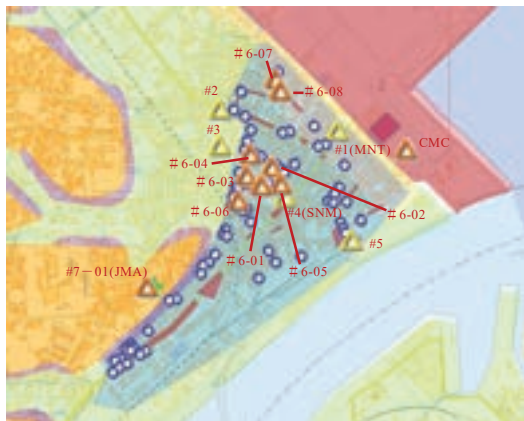


図4 調査した範囲と常時微動観測点

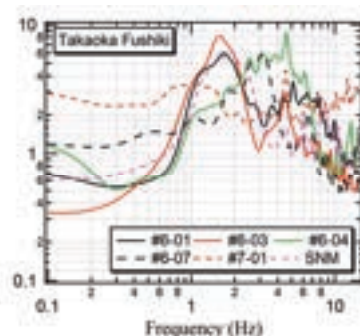
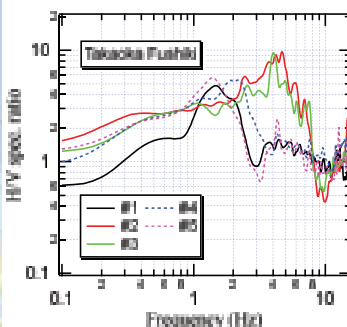


図5 常時微動観測点のH/Vスペクトル比

#### 4. 水平アレー観測によるS波速度構造の推定

図4のMNT、CMC、SNMの3箇所においては常時微動水平アレー観測を実施し、表層地盤のS波速度構造の推定を行った。推定した位相速度は、長郁夫博士らが公開しているBIDO2.0を用いて空間自己相関法により求めた。図6にSNMにおける推定したS波速度構造を示す。SNMにおいて、GL-6m程度までは $V_s=200\text{m/s}$ で評価され、GL-6～14m程度までは $V_s=150\sim 180\text{m/s}$ と、表層より $V_s$ の値が下がる層を示す結果となった。また、推定したS波速度構造の妥当性を検証するため、各地点で求めたH/Vスペクトル比の結果とS波速度構造を用いて次元重複反射理論により求めた表層地盤の増幅特性がどの程度一致するか確認している。卓越振動数で比較すると、H/Vスペクトル比の結果と次元重複反射理論の結果は概ね一致し、3か所で推定したS波速度構造は妥当であると考えられる。

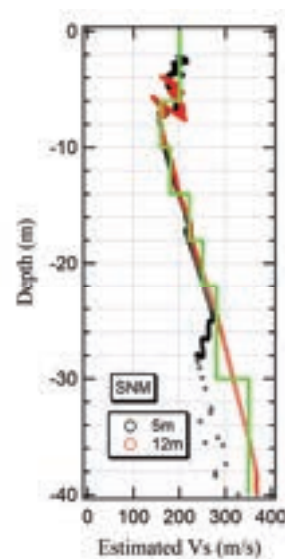


図6 推定したS波速度構造

#### 5. まとめ

富山県高岡市伏木地区の液状化被害および常時微動観測によって推定した表層の地盤特性について報告した。液状化地域における卓越振動数は1.0～2.0Hzと評価できた一方で、ピークがやや高振動数側に評価された地点もいくつかあった。水平アレー観測により推定したS波速度構造と推定結果を用いて求めた表層地盤の増幅特性は、単点でのH/Vスペクトル比を概ね説明できるものとなった。

#### 参考文献

- 1) 三辻和弥 小國惇浩 三浦篤史, 日本地震工学会 2024 (投稿中)

# 令和 6 年 7 月山形県豪雨における建物・構造物の被害について

山形大学工学部 三辻 和弥

山形大学工学部 三浦 篤史

山形大学工学部 小國 惇浩

山形大学理学部 本山 功

## 1. はじめに

令和 6 年 7 月下旬，山形県庄内地方や最上地方および秋田県南部を中心に線状降水帯が発生するなど数日間に渡って断続的に激しい豪雨に見舞われ，中山間部での斜面崩壊，河川の氾濫や河岸崩壊，家屋の損壊などの被害が見られた。ここでは，令和 6 年 8 月に行った山形県酒田市，鮭川村，戸沢村での被害調査をもとに主に建物・構造物被害の状況について報告する。

## 2. 令和 6 年 7 月山形県豪雨

山形県庄内地方や最上地方では，令和 6 年 7 月 24 日から 26 日にかけて豪雨となり，25 日には線状降水帯が発生している。気象庁の報告によると，7 月 24 日 0 時から 27 日 24 時にかけての山形県内の総降水量は，最も多かった真室川町で 457.0mm，後述する被害の大きかった酒田市大沢で 407.5mm となっており，また 24 時間降水量の期間最大値も最も大きかった新庄市で 389mm，酒田市大沢で 357.5mm と短期間に多くの降雨があったことがわかる。降雨量を 7 月 24 日から 27 日にかけての時系列で見ると，新庄市では 24 日 9 時ごろから多くなり正午ごろをピークとして夕方にかけて一旦，小康状態となるが，19 時を過ぎたあたりから 21～22 時ごろをピークとし 26 日にかけて再び雨量が増大している。同様な傾向は酒田市大沢や最上町瀬見などほかの多くの地区でも見られている。

## 3. 建物・構造物の被害

著者らは令和 6 年 8 月 4, 7, 15 日の計 3 回，山形県鮭川村（4 日），戸沢村（4, 15 日），酒田市（7, 15 日）について建物や橋などの構造物を中心に被害調査を行った。

鮭川村では村内を南北に流れる鮭川が大きく蛇行する南部の川口地区で写真 1, 2 に示すような住宅の被害が見られた。住宅の背面，東側の斜面から崩落してきた土砂が住宅 1 棟と土蔵 1 棟を押し出し，建物が倒壊に至っている。村内にはいたるところで斜面崩壊が見られ，村の中心部では内水氾濫の痕跡も見られた。

戸沢村では村役場のある古口地区のほか，蔵岡地区でも外水氾濫による浸水被害が見られた。蔵岡地区はこれまでも繰り返し水害を受けてきた地区であり，2020 年 7 月の水害後には輪中提や排水ポンプが整備されている。ただし，2020 年 7 月の水害は内水氾濫によるところが大きかったのに対して，今回の水害は最上川と鮭川との合流点付近からの外水氾濫による影響が大

---

\*Damage of houses and civil structures due to heavy rainfall in Shonai and Mogami, Yamagata Prefecture on July 2024 by Kazuya Mitsuji, Atsushi Miura, Atsuhiko Oguni, and Isao Motoyama.

きいと考えられる点が異なっている。また、この付近では部分的に最上川の堤防が損壊しており、河川狭窄部のほか、鮭川と最上川との合流点での渦流の発生による影響が考えられる。



写真1 鮭川村の斜面崩壊と住宅被害



写真2 鮭川村の住宅被害（拡大）

酒田市では荒瀬川流域に沿って斜面崩壊，河川の氾濫，河岸の浸食や崩壊，落橋，住宅の損壊など大きな被害が数多く見られた。大沢地区を中心に麓地区から北青沢地区までの直線距離で約9kmの範囲に渡って建物や橋などの構造物被害を中心に調査を行った。著者らが調査した8月上旬では流木が樹皮を剥がれた状態で至る所に散乱していたほか，側溝のボックスカルバートも流されており，土砂で表面を厚く埋め尽くされた田畑も多数見られた。写真3に示すように橋脚に絡まった流木が水流を妨げ，複数の橋では落橋が見られた。また，写真4のように河岸の浸食や崩壊も至る所で発生していた。

住宅の被害も数多く見られ，大坪地区では浸水や土砂の流入による被害のほか，河川の氾濫により護岸が大きく抉られ，護岸背後の複数の住宅が損壊する被害も見られている。また，盛土した敷地に建てられた2階建て住宅では敷地地盤が沈下して下屋部分が傾斜した被害や，住宅基礎下の地盤が流出し，基礎が大きく損壊して上部構造が傾斜した被害も見られた。

酒田市北青沢地区では小屋淵川上流から流出した大量の土砂が集落を埋め尽くし，写真5のような状態となった。この地区は急傾斜地崩壊危険区域に指定されているが，流出した土砂が小屋淵川を埋めてしまい，流路が斜面沿いの擁壁に沿って複数の方向に変化していた。また，多くの住宅では1階高さの半ば付近までが土砂により埋没してしまっていた。ただし，細い柱で支持された壁の少ない納屋など一部の建物を除いて，倒壊や傾斜した建物は見当たらず，人が生活する家屋の骨組については構造的な被害は見られなかった。下流側ほど粒径の小さな土が堆積している様子であったが，土砂の流入する速度の影響などが考えられる。



写真3 橋の崩落



写真4 河岸浸食・崩壊



写真5 土砂で埋まる住宅