公共交通機関車両基地の自然災害被災リスク評価と事業継続計画策定に向けた課題抽出

宇野宏司*　　吉間颯大**

An Evaluation of Natural Disaster Damage Risk at Public Transportation Depots and Extraction of Issues for Business Continuity Planning

Kohji UNO*　　Sota YOSHIMA**

ABSTRACT

In this study, we conducted spatial information analysis and questionnaire surveys of major railway operators all over the country, and conducted examples of efforts by each institution, issues and bottle-necks in formulating disaster prevention and mitigation plans, and past disasters. We grasped the failure and success cases of time. It was clarified that the main bottleneck for promoting disaster countermeasures is securing personnel and countermeasure costs.

Keywords : railroad operator, public transport, depot, business continuity plan, qestionnaire survey

1. はじめに

2019 年 10 月の台風 19 号は，東日本一帯に大規模な浸水被害をもたらした．長野市にある北陸新幹線の車両センターでは，停車していた新幹線の 120 両が水没する事態となった（写真 1）．これにより，同線の一部区間が 1 週間程度不通となったほか，運転再開後も車両の浸水被害によって，通常の運行ダイヤが確保できず，間引き運転を余儀なくされる事態が長期にわたり続くこととなった．また，福島県郡山市では福島交通のバス操車場に停車していたおよそ 90 台のバスが水没し，廃車となった(2)．所有するバスの約 6 割が被災したため，市内のほぼ全てにあたるおよそ 70 の路線が運休することとなり，長期にわたり市民生活への影響が広がった．このように公共交通ネットワークの担い手となる車両が同時かつ大量に被災した場合，当該企業の事業継続のみならず，地域の暮らしや経済に与える被害は計り知れないものがある．今後，超高齢社会を迎えるわが国の公共交通の果たす役割はますます大きくなる中，激甚化する自然災害の規模や頻度に応じて公共交通インフラの防災・減災対策のあり方を見直すことが急務であり，災害に対する脆弱性を克服し持続可能な交通ネットワークの形成を目指す必要がある．

写真 1　北陸新幹線の水没現場(1)

車両基地の自然災害に対する既往対策として，東日本旅客鉄道株式会社では， 2019 年 10 月の台風 19 号による浸水被害を受け， 主に同社が保有している新幹線の車両基地を中心に，設備のかさ上げや止水板の設置等のハード対策と予備品の確保や代替設備の活用のソフト対策を行うとしている(3)．また，西日本旅客鉄道株式会社では，上記のハード対策とソフト対策に加

*　都市工学科 教授
**　都市工学科 令和2年度卒業生

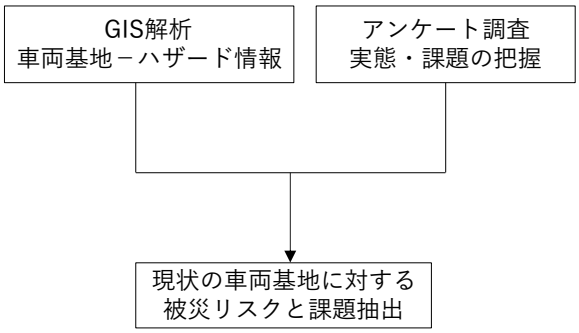

図 1　研究フロー

え，車両を浸水しない他の車両留置施設や駅に避難させる車両避難対策等についても具体的に計画するとしている[4]．一方，鉄道の災害リスク評価の研究としては，降水により発生する土砂災害のリスク評価を利用した防災対策の意思決定[5]や自然災害への対策技術[6]に関するものなどが挙げられる．

これまでの自然災害リスク評価の研究は，鉄道沿線斜面や保線に対するものが多く，車両基地に対する自然災害リスク評価や対策について調べた事例は少ない．このことから本研究では，全国各地の主要な公共交通機関（鉄道）の車両基地を対象に，空間情報解析，アンケート調査を実施し，各機関での取組事例，防災・減災計画の策定上の課題等を把握することとした．

2. 研究方法

研究フローを図 1 に示す．本研究では，全国各地の主要な鉄道事業者が所有する車両基地を対象に，空間情報解析とアンケート調査によって，車両基地の各種自然災害被災リスクや，防災・減災に関する取組事例や課題，関係機関との連携状況等を把握した．以下に空間情報解析とアンケート調査の方法について説明する．

2.1 GIS による鉄道車両基地の被災リスク評価　節全国の主要な鉄道事業者（140 社 422 車両基地）を対象に，各社のホームページ等から車両基地の所在地をリスト化した．ジオコーデング[7]により，住所から位置情報（緯度・経度・標高）を取得し，その空間分布特性を把握した（図 2）．一方，各種自然災害（洪水浸水・津波浸水・土砂災害）のハザード情報については，国土交通省国土政策局国土情報課が管理している「国土数値情報」で公開されているオープンデータ[8]を用い，これらを GIS に表示した．これに上記の車両基地を重ね，各種ハザードマップと重複する車両基地を抽出した．なお，公開中の国土数値情報「津波浸水想定」図は，現在のところ 25 道府県に限られているため，津波浸水リスクについては，これらの道府県に立地する車両基地のみを対象とした．

2.2 アンケート調査による車両基地の防災減災に対する取り組み状況の把握　上記の鉄道事業者にアンケート用紙を郵送配付し，各種自然災害に関する鉄道事業者の取り組み状況を明らかにした．アンケートの質問項目は，表 1 に示すとおり，車両基地に関する基本情報，被災リスク，各種自然災害に対する取り組み状況，関係機関との連携状況について回答を得た．なお，各質問項目では，あらかじめ設定した選択肢のほかに，自由記述欄を設けた．本アンケート調査の有効回答率は約 48%（67 社/140 社）であった．

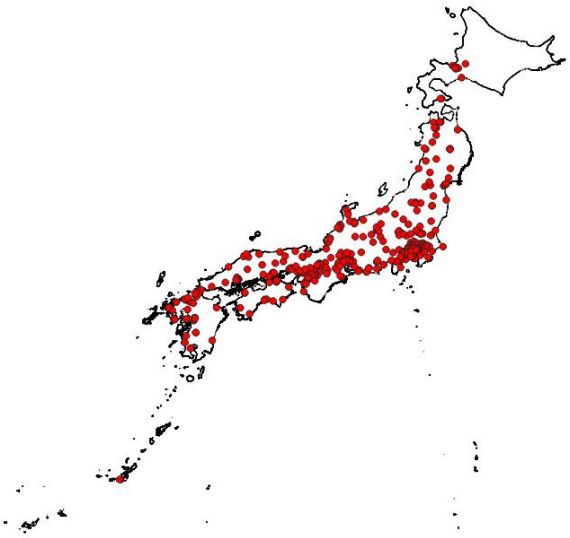

図 2　車両基地の空間分布

表 1　アンケートの質問項目

分類	質問項目
1.車両基地に関する基本情報	(a) 車両基地の保有数
	(b) 車両の保有台数
	(c) 災害対策に関わる従業員の数
	(d) 車両基地の設備や機能
2.車両基地の被災リスク	(a) 懸念している災害
	(b) 被災履歴
	(c) 災害想定
3.浸水害	(a) 浸水対策の必要性
	(b) 浸水に対する対策や対応
	(c) 浸水対策の基準
	(d) 浸水対策の問題点
4.地震・土砂災害・その他	(a) 災害に対する対策や対応
	(b) 過去の対策や対応
	(c) 災害対策の基準
	(d) 災害対策の問題点
5.災害に対する協力関係	(a) 社内連絡や対応のマニュアル化
	(b) 同業他社との連携
	(c) 行政との連携

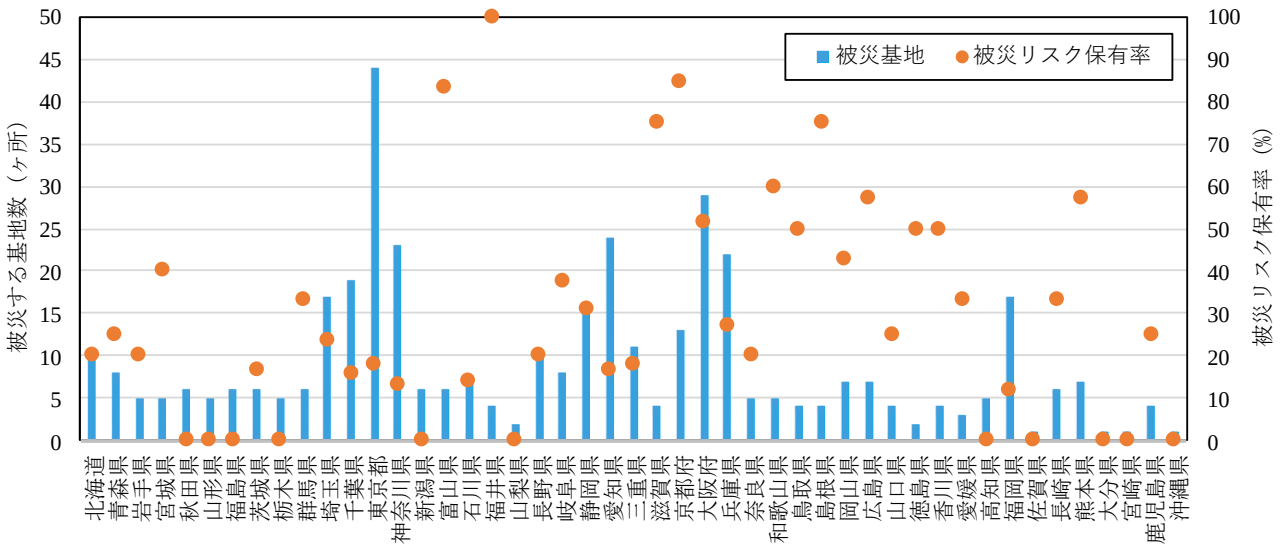

図 3　都道府県別の洪水浸水リスク

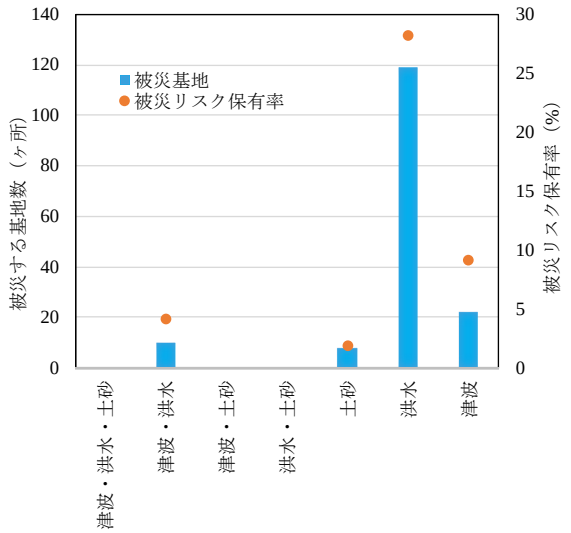

図 4　各種自然災害の被災リスク保有率

3. 結果と考察

3.1 GIS による鉄道車両基地の被災リスク評価　図 3 に都道府県別の洪水浸水に対する被災リスクの保有率を示す．都道府県あたりの平均被災リスク保有率は 29.2%であった．福井県では，全ての車両基地が洪水浸水想定区域内に存在していていた．なお，一つの鉄道事業者で複数の車両基地が被災リスクを有するのは全国で 10 社あった．

図 4 に各種自然災害の被災リスク保有率を示す．本図より，洪水浸水は，津波や土砂災害よりも高い被災リスク保有率となっており，解析対象全体の 1/4 の車両基地が洪水浸水のリスクを抱えていることがわかった．複合災害のリスクがあるのは「洪水」と「津波」の組み合わせで，全体の 3%の基地にその可能性があることがわかった．ハザードマップ上では，土砂災害と浸水害（津波・洪水）の複合災害の可能性は見られなかった．このような傾向は，広大な敷地を要する車両基地の立地特性と深く関係しているものと考えられる．

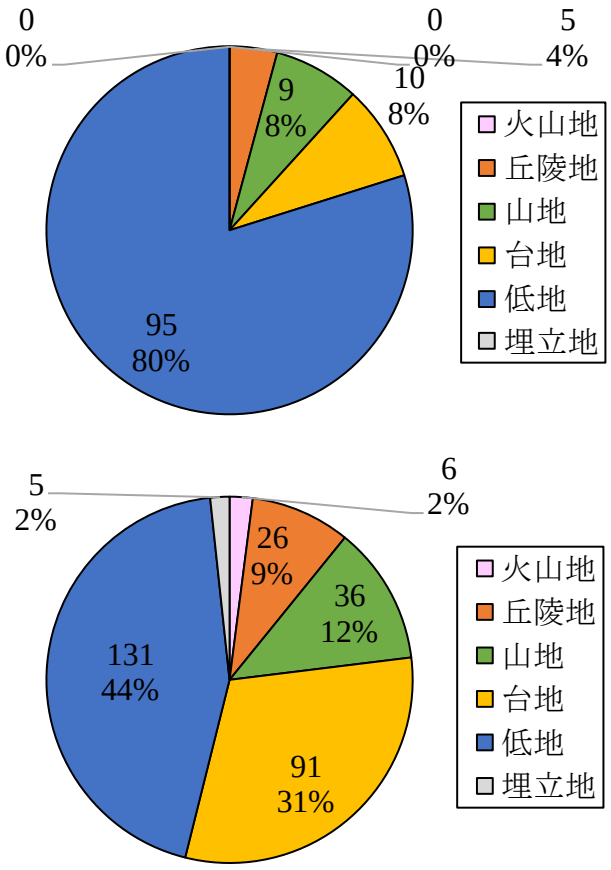

図 5　地形大区分の内訳
（上段：浸水域，下段：非浸水域）

図 5 に地形区分の内訳比較を示す．各セグメント上の数

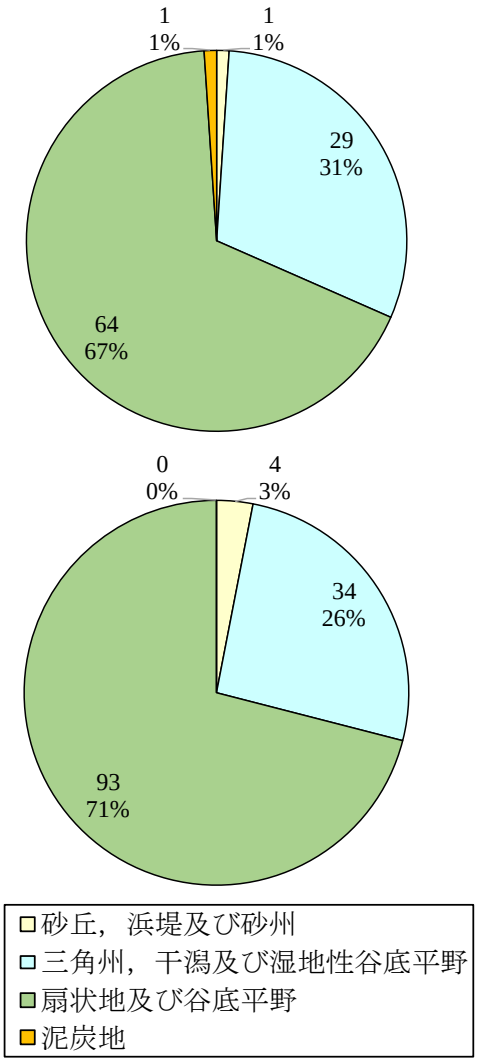

図 6　地形大区分（低地）の内訳
（上段：浸水域，下段：非浸水域）

値は上段が回答数，下段が全体に対するパーセンテージを示している(以下の円グラフにおいても同様とする)．浸水域・非浸水域ともに「低地」が占める割合が最も多く，広大な敷地の確保が必要なゆえに平地を中心に展開されてきた鉄道事業の特性が示唆される結果となった．特に浸水域では，「低地」が 8 割を超える結果となっていた．一方，非浸水域の方は，「台地」や「丘陵地」にある車両基地の割合が浸水域に比べて高くなっていた．

図 6 に地形大区分(低地)の内訳を示す．浸水域と非浸水域での差はほとんど見られなかった．いずれも多くの車両基地が「扇状地及び谷底平野」に立地している．このような立地条件での浸水対策としては，基地の移転，周辺の浸水対策事業(行政の協力が必要)，車両避難計画の策定等が有効である．

3.2 アンケート調査による車両基地の防災減災に対する取り組み状況の把握　図 7 に車両基地の既往の被災履歴の有無を示す．約半数の車両基地が過去に何らかの自然災害に見舞われていたことがわかる．

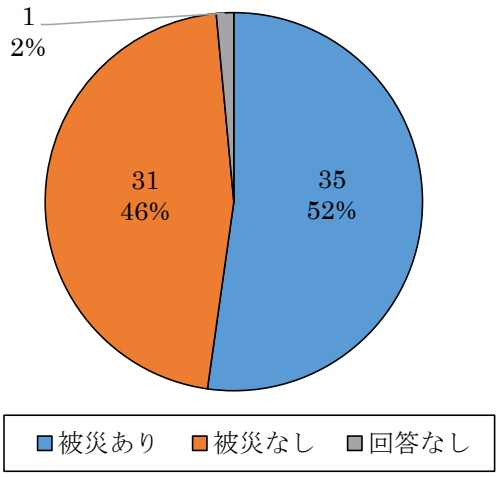

図 7　車両基地の被災履歴

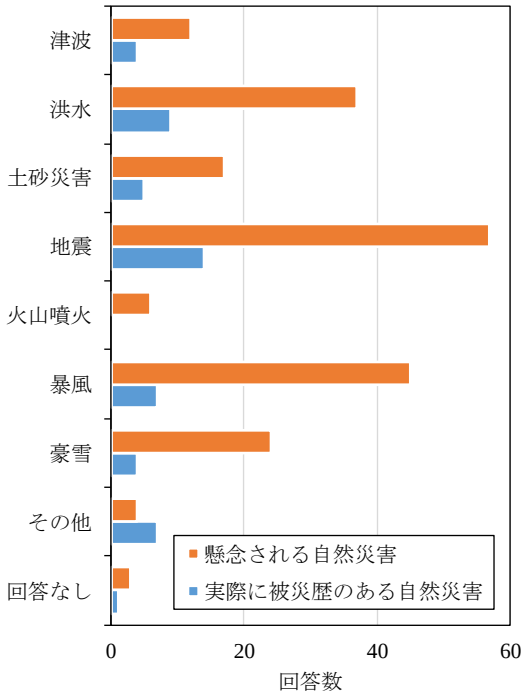

図 8　懸念される自然災害と実際に被災歴のある

図 8 は各車両基地が懸念する自然災害と実際に被災したことのある自然災害の集計結果を示したものである．いずれも複数回答の集計結果となっている．本図から，懸念される自然災害，実際に被災歴のある自然災害とも，最も多いのは「地震」であった．それに次ぐのは，懸念される自然災害で「暴風」，実際に被災歴のある自然災害で「洪水」となっていた．「暴風」や「洪水」を「風水害」として一括りに捉えれば，車両基地の防災・減災を考える上で優先的に対象とすべき代表的な自然災害は，地震と風水害の二つといえる．今回のアンケート調査では，一般的に自然災害の中で一番発生頻度の高いとされる土砂災害については，地震や

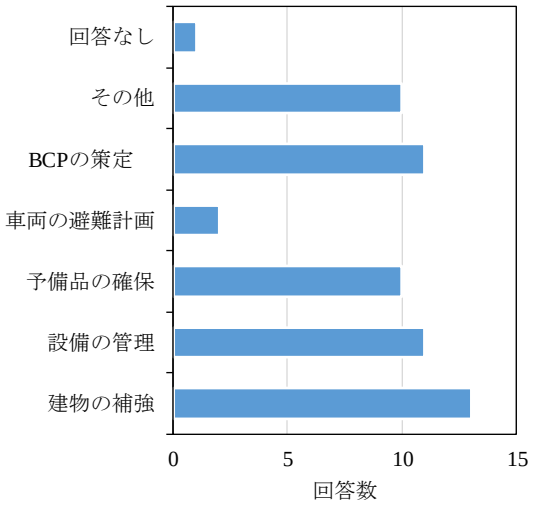

図 9　浸水害対策（複数回答）

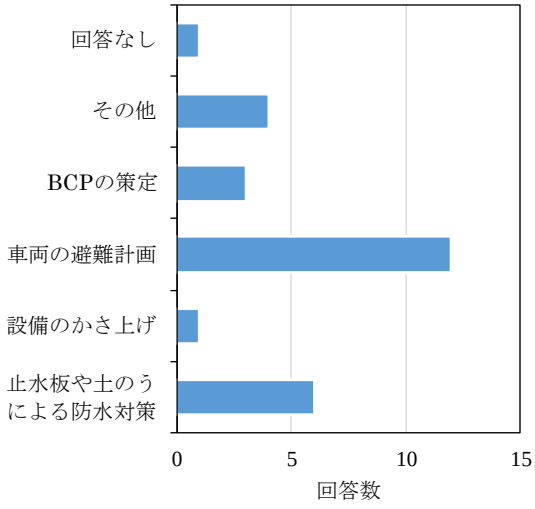

図 10　地震・土砂災害・その他の自然災害対策（複数回答）

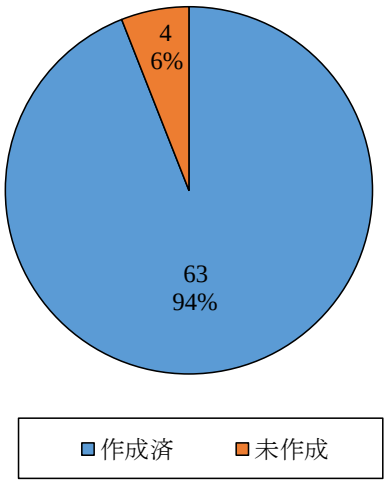

図 11　社内災害対応マニュアルの作成状況

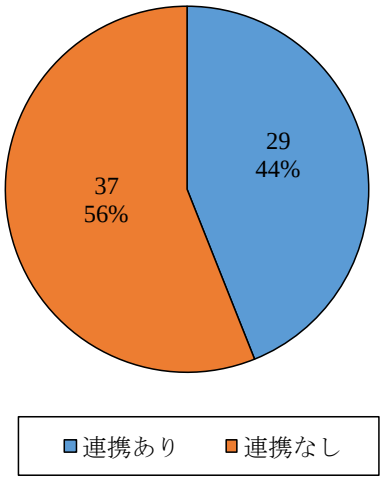

図 12　同業他社との連携状況

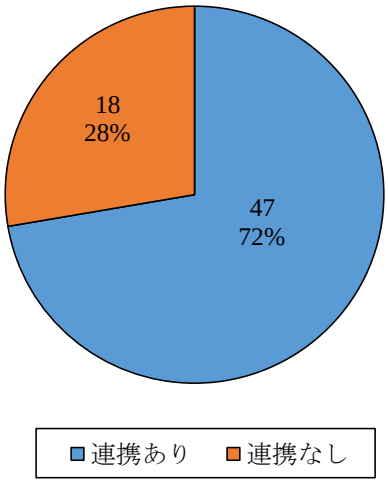

図 13　行政との連携状況

風水害に比べて回答数が少なかった．その理由としては，前節の空間情報解析の結果からも明らかなように，鉄道車両基地の多くが広大な低地に立地している場合が多いためであると考えられる．なお，火山災害については，懸念されるところについては数か所あるが，これによって実際に被災した車両基地は，今回のアンケート調査の回答では皆無であった．

図 9 に浸水害対策の具体的事例を示す．最も多いのは「車両の避難計画」であった．一方，地震や土砂災害，風害の対策については，図 10 に示すとおり「建物の補強」「BCP の策定」「設備の管理」「予備品の確保」などに注力がなされている．　浸水害に対する BCP 策定は，地震や土砂災害，その他の自然災害のそれに対して，あまり進んでいない．

図 11 に社内災害対策マニュアルの作成状況を示す．9 割を超える鉄道事業者が災害対応マニュアルを作成し，自社で運用していることがわかった．マニュアルの内容としては，BCP，タイムライン，連絡・通報体制のほか，人命救助や乗客の避難誘導などが挙げられた．

図 12 に同業他社との連携状況を示す．これが出来ているところは，全体の 4 割程度にとどまった．連携がなされているところは，相互乗り入れ等を実施している場合が多い傾向が見られた．

図 13 に行政との連携状況を示す．一方，行政との連携は，7 割程度にものぼった．その内容としては，連絡体制の構築，情報提供を掲げるところが多いが，災害時の避難所に関する協定を結んでいるところもあった．

図 14 に災害対策の問題点に関する内訳を示す．本図は，防災対策上のボトルネックとなる事項に関する自由記述を取りまとめたもので，「人材確保」「予算確保」

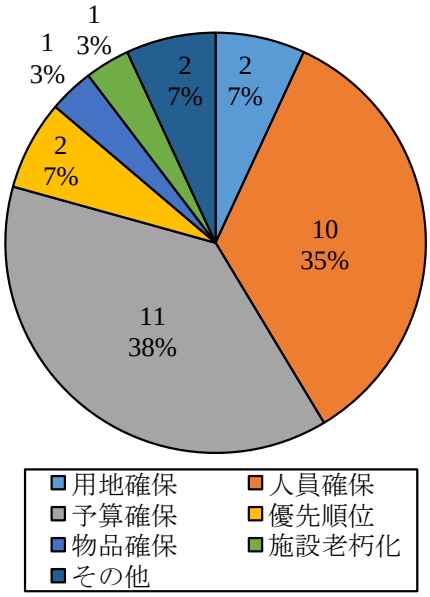

図 14　災害対策の問題点

などの声(自由記述)が多く寄せられる結果となった．これらを確保するためには，各種自然災害の発生予測精度の向上が不可欠である．

4. まとめ

本研究では，全国各地の主要な鉄道事業者を対象に，空間情報解析とアンケート調査によって，各機関での取組事例，防災・減災計画の策定上の課題やボトルネックとなる事項，過去の災害時の失敗・成功事例等を把握した．主要な結論を以下に示す．

空間情報解析の結果，全国 140 社 422 車両基地のうち，約 4 分の 1 が浸水想定区域内に位置していることがわかった．また，アンケート調査の結果からは，約半数の車両基地が過去に何らかの自然災害に見舞われていたことがわかった．多いのは地震で，次いで浸水害であった．さらに，約 6 割の車両基地で浸水対策がとれていないことが明らかにされた．そのボトルネックとなる主な事項は人員と対策費用の確保の 2 点であった．多くの車両基地で独自の対応マニュアルを策定しているが，同業他社や行政との連携はまだ途上の段階にある．

車両基地の防災・減災対策は，各鉄道事業者の資産を守る上で必要不可欠なものであるが，予算的な制約もあり，本線や保線での取り組みに比べて遅れている．また，予見しづらいものへの先行投資は思うように進んでいないのが現状である．投資効果を高めるためには，ハザード情報の予測精度の向上も不可欠である．

謝辞

本研究の一部は 2020 年度大林財団研究助成の支援を受けて進められました．ここに謝意を表します．また，アンケート調査にご協力いただきました鉄道事業者の皆様に感謝申し上げます．

参考文献

(1) 朝日新聞社：北陸新幹線が２５日に全線再開　１０編成シートまで浸水，https://www.asahi.com/articles/photo/AS20191013001654.html (最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)

(2) 日本経済新聞社：福島交通のバス操車場、すり鉢地形で急に浸水　台風 19 号，https://www.nikkei.com/article/DGXMZO51390710V21C19A0L01000/ (最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)

(3) 東日本旅客鉄道株式会社：鉄道施設等の浸水対策について（記者発表資料）https://www.jreast.co.jp/press/2020/20200527_ho01.pdf (最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)

(4) 西日本旅客鉄道株式会社：鉄道施設の浸水対策（記者発表資料）https://www.westjr.co.jp/press/article/items/200826_00_taisaku.pdf　(最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)

(5) 布川修，杉山友康，森泰樹，畑明仁：鉄道沿線斜面の降水時リスク評価に基づく防災対策の意思決定方法，土木学会論文集 C（地圏工学），Vol.67, No. 1, pp.160-173, 2011.

(6) 太田岳洋：鉄道の減災への計測技術の活用，精密工学会誌，Vol. 80, No.11, pp.990-994, 2011.

(7) 埼玉大学教育学部人文地理学谷健二研究室：地名・施設名からジオコーディング・地図化，https://ktgis.net/gcode/geocoding.html　(最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)

(8) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/　(最終閲覧日：2021 年 12 月 1 日)