

豪雨災害における視覚的避難支援策に関する研究

衣浦東部広域連合消防局（愛知県） 小池 裕介
小田切 拓也

1 はじめに

(1) 現状

近年、日本国内では、集中豪雨や台風の頻度及び強度が増加傾向にあり、河川氾濫や内水氾濫による水害が深刻化している。気象庁の統計によれば、1時間降水量50mm以上の「非常に激しい雨」はここ30年間で約1.3倍、1時間降水量80mm以上の「猛烈な雨」も同期間に約1.7倍に増加している。将来的な気候予測においても、今後、全国的に1時間降水量50mm以上の雨が増加することが予想されており、水害リスクの増大は喫緊の課題である¹⁾。

急激な大雨は河川氾濫や内水氾濫による被害をもたらす。近年では、令和5年の梅雨前線²⁾や台風第6号³⁾・第7号⁴⁾・第13号⁵⁾の影響により、全国各地で甚大な水害が発生し、多数の死傷者が報告された。特に、豪雨時における外出が大きなリスクとなっていることが指摘されている。例えば、「令和元年台風第19号」の犠牲者の約6割が屋外で被災しており、豪雨時の外出リスクが十分に認識されていない現状が浮き彫りになっている⁶⁾。

氾濫した水は濁っていることが多く、膝程度の水深でも歩行するのが困難であるだけでなく、危険を伴うことが指摘されている⁷⁾。「平成30年7月豪雨」を踏まえた中央防災会議の報告⁸⁾では、屋外で被災した68人のうち11人が避難中に被災しており、避難行動自体に伴うリスクも存在していることが明らかである。しかしながら、豪雨時の避難行動においては、避難所への移動など、やむを得ず屋外での行動が必要となる状況も存在する。以上から、大雨時の住民の適切な避難行動を促進するための意識の向上とそれを支援する具体的な対策が求められている。

(2) 問題点

浸水時の避難行動において、住民が安全に移動するためには、リアルタイムの情報提供システムに加え、現場で直感的に浸水状況を確認できる手段が不可欠である。特に、浸水箇所や危険箇所を明示する標識は、避難者が視覚的に安全なルートを判断する上で重要な役割を果たす。浸水環境下では、道路や歩道の状態が通常時とは大きく異なり、水深や流れの速さを視覚的に判断することが困難であり、避難行動の遅延や躊躇を招く要因となる。

高齢者や障がい者等、情報端末の操作に不慣れな住民にとっては、スマートフォンやデジタルデバイスを使ったリアルタイム情報へのアクセスが困難な場合も想定される。物理的な標識は、これらの情報弱者層を含むすべての人に対し、普遍的かつ直接的な情報伝達手段として有効である。

さらに、平時から浸水想定箇所に標識を設置し、その存在を周知することは、地域住民の防災意識の向上にも寄与し、災害発生時の迅速な避難行動を促進する効果も期待できる。

こうした背景から、水害時に地域住民の適切な避難行動を促進するための意識向上と具体的な対策が急務であり、避難ルート上の浸水状況や危険箇所を知らせる標識の設置は、水害時における避難行動の安全性を向上させるための基盤的対策として重要であると考えられる。

2 研究の目的

内閣府（防災担当）は「避難情報に関するガイドライン」（令和3年5月）で、洪水浸水想定区域や雨水出水浸水想定区域以外であっても、災害リスクが存在する地域住民に対して、「立退き避難」や「屋内安全確保」といった適切な避難行動を促している⁹⁾。

しかし、避難勧告及び指示の発令を待たず、住民が自主的に避難判断を行う必要性が高まっている状況において、急激な浸水進行時には指定緊急避難場所への安全な立退き避難が困難となる場合も想定される。

このことを踏まえ、自治体は住民に対し具体的な行動例を示すとともに住民自らが状況を判断し、自主的に避難できるような支援体制の構築が求めら

れる。

したがって、今後自治体は浸水リスクを住民が迅速かつ直感的に把握できる仕組みを整備するとともに、個々の判断力を補う防災教育や情報提供を強化し、住民の避難行動を支援しなければならない。

現状、道路の冠水が発生しやすいアンダーパスには、車両運転者向けに浸水深の目安が表示されている事例が存在するが、歩行者避難を支援するための浸水深表示は、整備されていない。この背景には、電柱や交通標識等の公共インフラの管理者が分かれており、浸水深表示のような新たな標識を設置することに関して一貫した対策が実施しづらいという課題が存在する。

そこで、本研究では、消防機関が管理する既存のインフラである消火栓ポールに着目し、その有効活用を検討した。消火栓ポールは全国の市街地に一定間隔で消火栓の近辺に設置されており、住民にとって身近な存在である。消火栓ポールを活用することで、新たな設置場所の確保や設置工事を行うことなく低コストかつ迅速に浸水深表示を整備できる。

本研究の目的は、消火栓ポールを活用した新たな浸水深表示テープを開発し、その視認性及び住民の避難行動に与える影響を検証することである。

3 浸水深表示テープの制作

前述の課題を踏まえ、住民自らが安全で迅速な避難行動をするために、当消防局は名古屋大学減災連携研究センター（特任教授 田代 喬）及びヨネ株式会社と共同で、夜間や豪雨等で視界が悪い場合であっても浸水深を容易に確認できる「浸水深表示テープ」を開発した。（写真1）

開発にあたっては次に挙げる5点に留意した。

(1) 視認性の確保

歩行危険水位を決めるため、国土交通省の「令和5年水害ハザードマップ作成の手引き」を参考にし、氾濫水の流れが緩やかな場合における大人の限界条件から50cm⁷⁾で設定した。

また、文字や数字が高齢者や色覚に障害のある方にも見えやすくするために色の明度差、組み合わせを配慮した（JIS Z 9103 安全色及び安全標識 安全色：黄7.5Y 8/12→対比色：黒N1.5、安全色：

緑5G 5.5/10→対比色：白N9.3 黒N1.5)¹⁰⁾。

(2) 設置場所への適合性

消火栓ポールの円柱形状に合わせ、かつ歩道において左右両方向からの視認性を確保するため、消火栓ポールの円周長を計算し、水平方向270度の範囲で表示内容が視認できるようテープの横幅や文字と数字の配置を工夫した。(写真2、図1)

(3) 多言語対応と情報提供

在日外国人や海外旅行者にも配慮するために日本語以外に英語表記を加え、市町村の避難場所情報をQRコードで表示した。(写真3)

(4) 低コスト・耐久性

低コストで生産するよう配慮した。具体的には、市販品のカプセルプリズム型高輝度再帰反射シート(白)に出力機でプリント、ラミネート加工した。これにより、軽量、安価で、屋外耐候性・耐水性があり、長期使用可能で衝突安全性も確保出来る。また、コンクリート面への貼付けも可能とした。

(5) ユニバーサルデザイン

ユニバーサルデザインを採用し、誰でも広く理解できるデザインにした。「日本産業規格『災害種別避難誘導標識システム』JIS Z 9098¹¹⁾に従い、内水氾濫(災害種別一般図記号JIS Z 8210-6.5.1 色：黒N1.5)(避難場所図記号JIS Z 8210-6.1.4 色：緑5G5.5/10)のピクトグラムを使用、図記号の色も準用した。文字の書体及び大きさについては「国土交通省総合政策局バリアフリー政策課の公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン バリアフリー整備ガイドライン(旅客施設編)」¹²⁾を参考に角ゴシック太文字、10mの距離から視認できる和文文字高40mm以上で作成した。(写真4)

4 浸水深表示テープの効果検証

(1) 人工降雨実験

ア 方法

開発した浸水深表示テープの視認性を客観的に評価するため、京都大

学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの雨水流出実験装置を用いて、物理測光及び視感測光における検証実験を実施した。(写真5、6) 物理測光実験では、浸水深表示テープを木板に貼付したものを測定対象とし、照度計を用いて測定位置の照度を測定した。光源には市販の投光器(LEDライトまたはスマートフォンのライト)を使用し、輝度計で反射光を測定して輝度値を数値化した。(写真7、8) 視認性評価の高さは「国土交通省総合政策局バリアフリー政策課の公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン バリアフリー整備ガイドライン(旅客施設編)」から、立位者と車椅子利用者の視点の中間値である1.35mとし、測定距離は3・5・10mで各距離における視認性を評価した。降雨強度は気象庁の観測記録1位¹³⁾に基づき、豪雨を想定した150mm/時と、それに準ずる50mm/時、100mm/時とし、豪雨条件下の明所・逆光(木板位置の照度200lx)、各降雨条件下の暗所(施設内照度0.1lx、LEDライトまたはスマートフォンのライト照射)の環境下で測定を行った。(写真9) また、視感測光実験では、物理測光実験と同様の条件下で、被験者6名(30代から50代、視力及び矯正視力1.2~1.5)に対し、消火栓ポールに貼った浸水深表示テープの「歩行危険水位」「50cm」の文字及び数字が、各雨量条件において3・5・10m地点の距離から視認可能かを評価した。(写真10)

イ 結果と考察

物理測光実験の結果を表1に示す。まず、降雨量によりさまざまな水幕が発生したため、測定距離に応じて照度は変化した。そして、測定距離が伸びるにつれ、投光器からの照射光が水幕によって散乱・減衰し、輝度値が低下する傾向が認められた。明所・逆光(150mm/時)においては、3m地点で101cd/m²、10m地点で76cd/m²の輝度値が計測された。続いて、暗所LEDライトは同条件で、3m地点で11060cd/m²、10m地点で3137cd/m²と高い輝度値を維持した。輝度には明確な法規制は存在しないが、JIS Z 9125屋内照明基準¹⁴⁾によると、設計室や製図室での平均壁面輝度として30cd/m²が推奨されており、本研究で開発した浸水深表示テープは、同基準を上

回る視認性を確保していることが示された。これにより、暗所や悪天候のような厳しい環境下においても、遠距離からの視認性が確保できることが確認された。(写真11)

一方、スマートフォンのライト(150mm/時)では、3m地点で40.2cd/m²、10m地点で20.7cd/m²の輝度値が計測された。JIS Z 9125屋内照明基準で、集会室の平均壁面輝度として20cd/m²が推奨されており、スマートフォンのライトでも、同等以上の視認性を確保されていることが示唆された。これらの結果から、スマートフォンのライト程度の光源であっても、10m地点から十分に浸水状況を視認することは可能である。(写真12)

視感測光実験の結果では、全ての条件下で被験者6名が文字と数値を視認することができ、輝度が高すぎることに起因するグレア(眩しさ)は発生しなかった(写真13)。また、仮にグレアが発生した場合でも、避難者がライトの照射角度を調整することで、減光・遮光し、グレアを軽減できると考えられる。

(2) 展示アンケート調査

ア 方法

開発した浸水深表示テープの社会実装に向けた受容性を評価するために、刈谷消防署(刈谷市寿町)及び高浜消防署(高浜市稗田町)と名古屋大学減災館(名古屋市千種区)で、それぞれ令和6年12月2日から12月27日、令和7年1月8日から2月28日の期間に、ポスターと浸水深表示テープを貼付した消火栓ポールの模型を展示し、消防職員及び一般市民を対象に無記名のアンケート調査を行った。はじめに回答者の年齢を聞いたうえで、浸水時の避難行動に対する不安を感じるかどうか、浸水時の安全な避難のために必要な対策を聞いた後、浸水深表示テープに対する印象を確認した。(図2)には、アンケート調査に用いた調査票を示す。

イ 結果と考察

調査の結果、刈谷消防署及び高浜消防署では60名、名古屋大学減災館では49名からの回答が得られ、浸水深表示テープに対する評価は概

ね肯定的なものであった。各設問に対する具体的な応答について以下に示す。

まず、「浸水時、避難所へ歩行して避難する際に不安を感じますか」という設問に対して、不安を感じている人は83%と非常に高い割合であった。この結果は、多くの住民が浸水環境下での避難に対して、強い不安を抱いていることを示している（図3）。「浸水時、安全に避難するために、どのような改善を求めますか」という設問に対しては、「浸水状況や安全な避難ルートをリアルタイムで提供する情報システム」が36%と最も高い割合を示した。国土交通省では、令和3年度から管理施設等への浸水センサを設置し、スマートフォンやデジタルデバイスでの浸水状況の把握に向けた実証実験に取り組んでいる¹⁵⁾。こうした行政対応は、本調査から推察された住民の意識と一致しているものと考えられる。一方、「避難ルート上の浸水状況や危険箇所を知らせる標識の設置」を求める割合は32%に達しており、物理的な標識による視覚的な情報提供が、多くの住民の安心感を向上させるものと考えられる（図4）。以上より、先に示したデジタル情報とともに、浸水深表示テープのようなアナログ情報の提供が求められており、これらの組合せが浸水時の安全な避難に有効である可能性が示唆された。

「歩行危険水位など」の文字や「ピクトグラム」の大きさについては70%（図5）、デザインについては81%（図6）、情報量についても、大多数の回答者が適量であると回答した（図7）。また、浸水深表示テープを日常的に目にすることで、84%の回答者が被災時の避難行動に良い影響があると考えており、その効果への期待が示唆された（図8）。水害時、浸水深表示テープにより安全に避難ができそうですか」という設問に対しては、73%が肯定的に評価しており、実際の避難誘導における有用性が示唆された（図9）。また、改善点や要望については、72%の回答者が特になしと回答しており、開発品の完成度の高さがうかがわれた（図10）。さらに、浸水深表示テープの全国普及を希望する回答者が81%を占めており、多くの人々がその効果と必要性を認識していることが明らかになった（図11）。

5 まとめ

日本では近年、局所的な短時間豪雨により、瞬間的に浸水することで被害が広範囲にわたることが懸念されている。その中で、多くの住民が浸水環境下での避難に不安を抱いているのは明らかである。特に、大雨時の避難では浸水の深さを視認できないことが安全性の大きな障害となっており、この課題を解消するための対策が求められている。

浸水深表示テープの開発は、これらの課題を解決する革新的な試みである。このテープは、豪雨時の避難に際して避難経路の浸水状況が確認できるようにするため、明度差を活用した色彩設計及び再帰反射材の採用により、夜間や悪天候時でも高い視認性を確保するために設計した。また、既存の消火栓ポールを活用することで、新たな設置場所の確保や設置工事を行うことなく低コストかつ迅速な導入が可能である。さらに、英語表記の採用やユニバーサルデザインの採用により、在日外国人や旅行者を含む幅広い利用者層に対応している点も特筆すべきである。

日中、夜間の豪雨を想定した実証実験の結果、物理測光及び視感測光の両面から、十分な視認性が確認され、一般的な雨量条件下での有効性が実証された。また、消防職員及び一般市民を対象としたアンケート調査の結果からも、デザインや情報量、避難行動の有効性について肯定的な評価が得られ、社会実装への期待が示された。このことから、浸水深表示テープは防災対策として、避難行動を迅速かつ安全に行うための重要な手段になる。本開発品の普及が進むことで、大雨時の避難におけるリスク軽減が期待されるだけでなく、平時からの防災意識の向上にも寄与する可能性が高い。特に、視覚的に情報を提供する物理的な標識は、高齢者等の要配慮者を含む多様な避難者にとって重要な情報源となり、情報弱者対策としても有効である。

今後は、本研究で得られた知見を踏まえ、浸水深表示テープの実用化に向けた耐久試験、設置方法の検討、ならびに効果検証を段階的に進めていく予定である。あわせて、国土交通省が進める、スマートフォン等のデジタルデバイスを用いた浸水状況の把握に関する実証実験との連携を視野に入れ、視覚的避難支援とデジタル技術の融合による包括的な避難支援体制の構築を図る。さらに、自治体や関係機関との連携を通じて、本開発品の普及・啓発

を推進することで、水害に強い体制を整えた、安全かつ安心な社会の実現に寄与することを目指す。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁 大雨や猛暑日など（極端事象）のこれまでの変化
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- 2) 内閣府 令和5年 令和5年梅雨前線による大雨に係る被害状況等について
https://www.bousai.go.jp/updates/r5_06ooame/pdf/r5_06ooame_06.pdf
- 3) 内閣府 令和5年 令和5年台風第6号による被害状況等について
https://www.bousai.go.jp/updates/r5typhoon6/pdf/r5typhoon6_03.pdf
- 4) 内閣府 令和5年 令和5年台風第7号による被害状況等について
https://www.bousai.go.jp/updates/r5typhoon7/pdf/r5typhoon7_02.pdf
- 5) 内閣府 令和5年 令和5年台風第13号による被害状況等について
https://www.bousai.go.jp/updates/r5typhoon13/pdf/r5typhoon13_02.pdf
- 6) 静岡大学防災総合センター 牛山素行 2019年12月30日版 2019台風19号等による人的被害についての調査(10/25大雨を含む速報2019年12月30日版)
<https://disaster-i.cocolog-nifty.com/blog/files/20191230report.pdf>
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課水防企画室 令和5年5月 水害ハザードマップ作成の手引き
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/hazardmap/pdf/suigai_hazardmap_tebiki_202305.pdf P77-78
- 8) 中央防災会議 防災対策実行会議 平成30年7月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ 平成30年12月 平成30年7月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について（報告）
https://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/honbun.pdf P17
- 9) 内閣府（防災担当） 令和4年9月更新 避難情報に関するガイドライン
https://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/ P15-16
- 10) 日本産業規格 2018 JIS Z 9103 安全色及び安全標識
- 11) 日本産業規格 2016 JIS Z 9098 災害種別避難誘導標識システム
- 12) 国土交通省総合政策局バリアフリー政策課 令和6年3月 公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン バリアフリー整備ガイドライン 旅客施設編
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/content/001734087.pdf> P98 P113
- 13) 気象庁 歴代全国ランキング

https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/rankall.php?prec_no=&block_no=&year=&month=&day=&view=

¹⁴⁾ 日本産業規格 2023 JIS Z 9125 屋内照明基準

¹⁵⁾ 国土交通省 令和3年9月10日 河川内の観測(水位等)に加え、流域の観測(浸水状況)に取組を拡大～ワンコイン浸水センサ実証実験準備会合への参加者を公募します～

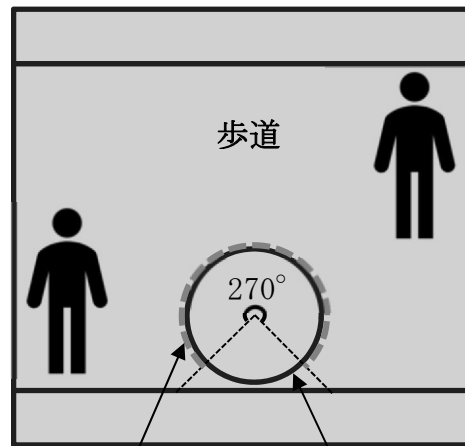
https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001088.html



(写真1) 開発品



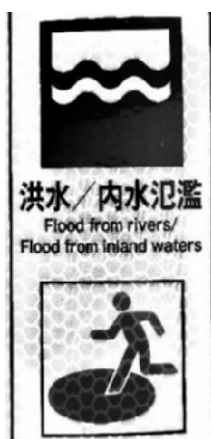
(写真2) 左右からの視認



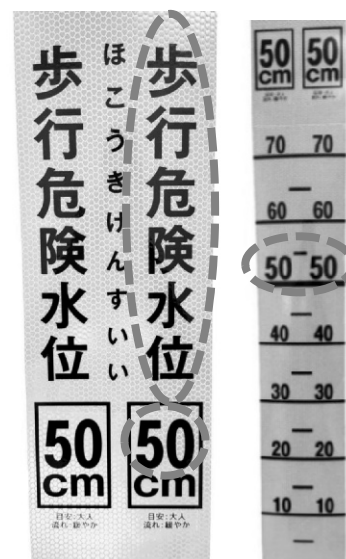
浸水深表示テープ 消火栓ポール

(図1) 消火栓ポール

断面図



(写真3) 英語表記・QRコード
ピクトグラム



(写真4) 赤丸部文字



(写真5) 京都大学防災研究所
実験施設



(写真6) 雨水流出実験装置



(写真7) 物理測光実験
(木板に貼った開発品)

輝度計 照度計 LEDライト



(写真8) 測定機器

消火栓ポール（視感測光実験）



投光器及び輝度計 木板（物理測光実験）



（写真 9） 暗所測定

（写真 10） 視感測光実験

（消火栓ポールに貼った開発品）

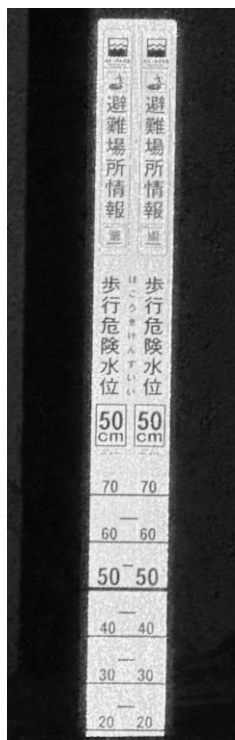
（表 1） 明所・暗所、降雨強度、測定距離による浸水深表示テープの輝度値の変化

	明所・逆光 視測記録 (150 mm/時)	暗所 大雨警報 (50 mm/時)		暗所 記録的短時間大雨情報 (100 mm/時)		暗所 視測記録 (150 mm/時)	
		LEDライト	スマートフォン ライト	LEDライト	スマートフォン ライト	LEDライト	スマートフォン ライト
3 m	101 cd/m ² (測定位置95 lx)	15070 cd/m ²	54.1 cd/m ²	13400 cd/m ²	46.1 cd/m ²	11060 cd/m ²	40.2 cd/m ²
5 m	84 cd/m ² (測定位置93 lx)	13170 cd/m ²	34.3 cd/m ²	11028 cd/m ²	28 cd/m ²	10063 cd/m ²	22.3 cd/m ²
10 m	76 cd/m ² (測定位置56 lx)	5896 cd/m ²	32 cd/m ²	4145 cd/m ²	23 cd/m ²	3137 cd/m ²	20.7 cd/m ²

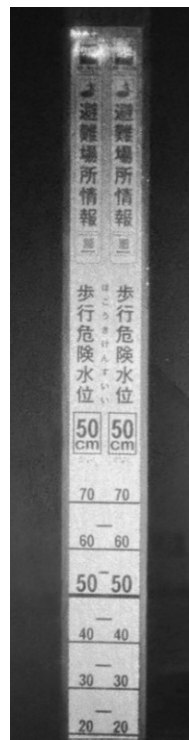
3m 地点



10m 地点



3m 地点



10m 地点



(写真11) 暗所 150mm/時
LEDライト (物理測光)

(写真12) 暗所 150mm/時
スマートフォンライト (物理測光)

10m 地点



(写真13) 暗所 150mm/時
LEDライト (視感測光)

『浸水深テープ』アンケート調査

調査期間 令和7年1月8日～令和7年2月28日

1. ご自身についてお伺いします。

年齢 □～10代 □20代 □30代 □40代 □50代 □60代 □70代以上

2. 浸水時、避難所へ歩行して避難する際に不安を感じますか？

□大変そう思う □そう思う □どちらでもない □あまりそう思わない □そう思わない
(⇒□大変そう思う □そう思うと回答した場合に問3記載願います。)

3. 浸水時の避難経路において不安を感じる点を選んでください。(複数回答可)

□浸水した道路の深さが分からない
□浸水時、水中に隠れた障害物(マンホールなど)が多い
□水流が速く流される危険性がある
□浸水箇所を歩行中に足元が見えない □その他

4. 浸水時、安全に避難するために、どのような改善を求めますか？(複数回答可)

□避難ルート上の浸水状況や危険箇所を知らせる標識の設置
□浸水状況や安全な避難ルートをリアルタイムで提供する情報システム
□バリアフリーで安全な避難ルートの整備
□避難ルートを事前に確認するための訓練 □その他 □特になし

5. 「歩行危険水位など」の文字や「ピクトグラム」のマークの大きさは見やすいですか？ 11. これから浸水深テープが全国に普及していくことを希望しますか？

□大変そう思う □そう思う □どちらでもない □あまりそう思わない □そう思わない
(自由記述: _____)

6. 「歩行危険水位など」の文字や「ピクトグラム」のマークのデザインは理解しやすいですか？

□大変そう思う □そう思う □どちらでもない □あまりそう思わない □そう思わない
(自由記述: _____)

7. 浸水深テープに記載されている情報の量はいかがですか？

□多い □適量 □少ない
(自由記述: _____)

8. 日常的に道路などで浸水深テープを見かけるようになると、水災時の行動に変化はあると思いますか？

□大変そう思う □そう思う □どちらでもない □あまりそう思わない □そう思わない
(自由記述: _____)

9. 水災時、浸水深テープにより、安全に避難ができていますか？(旅行先等含む)

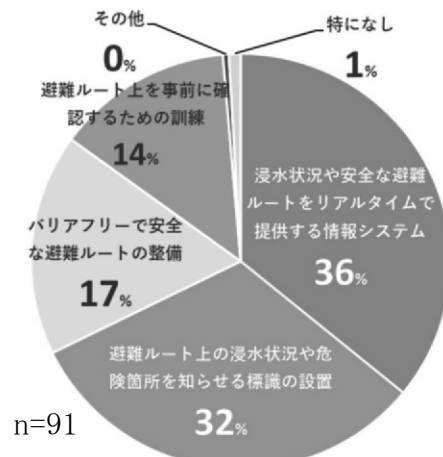
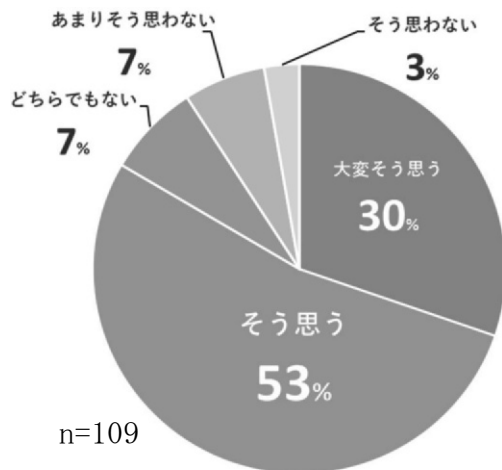
□大変そう思う □そう思う □どちらでもない □あまりそう思わない □そう思わない
(自由記述: _____)

10. 浸水深テープの改善点や要望はありますか？

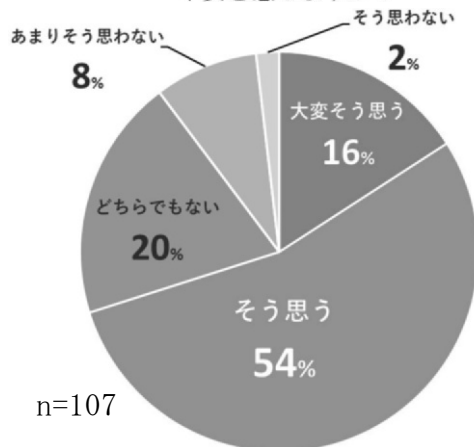
□ない □ある
(自由記述: _____)

アンケートは以上です、ご協力ありがとうございました。

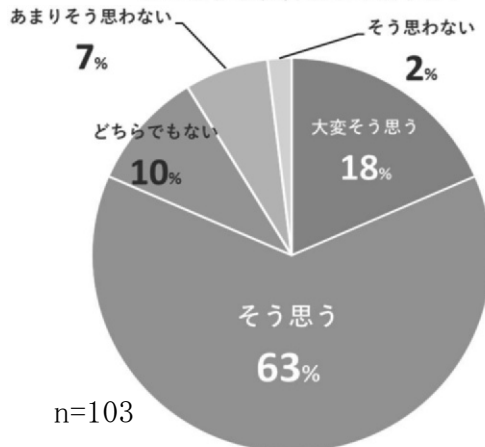
(図2) アンケート調査票



(図3) 浸水時、避難所へ歩行して避難する際に、不安を感じますか？

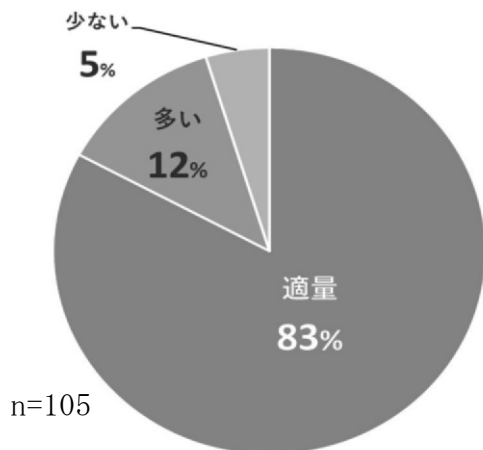


(図4) 浸水時、安全に避難するために、どのような改善を求めますか？

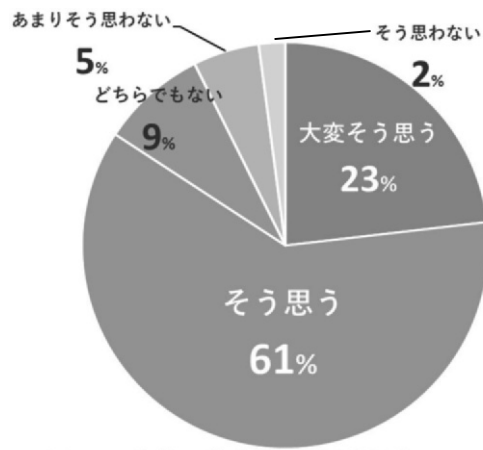


(図5) 「歩行危険水位など」の文字や「ピクトグラム」のマークの大きさは見やすいですか？

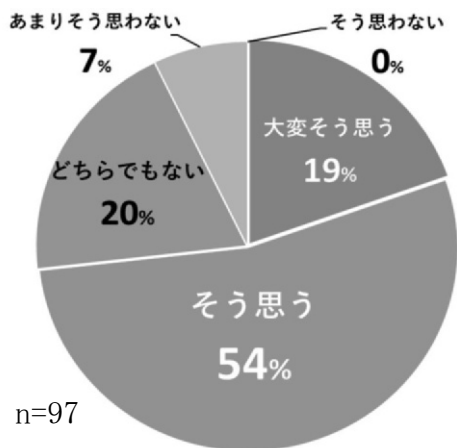
(図6) 「歩行危険水位など」の文字や「ピクトグラム」のマークのデザインは理解しやすいですか？



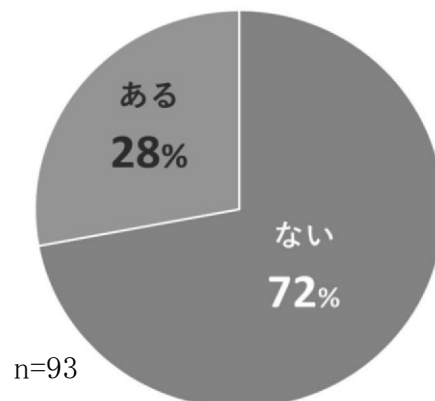
(図7) 浸水深表示テープに記載されている情報の量はいかがですか？



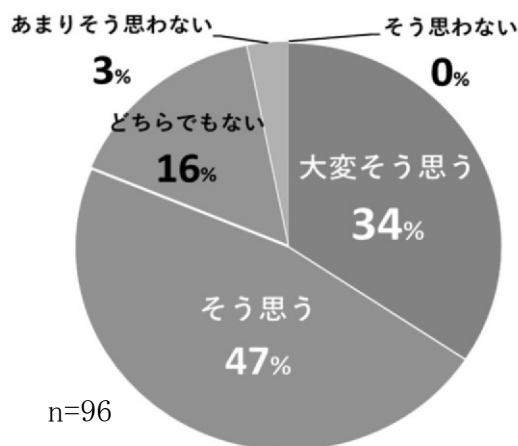
(図8) 日常的に道路などで浸水深表示テープを見かけるようになると、水害時の行動に変化はあると思いますか？



(図9) 水害時、浸水深表示テープにより、安全に避難ができそうですか？



(図10) 浸水深表示テープの改善点や要望はありますか？



(図11) これから浸水深表示テープが全国に普及していくことを希望しますか？