

水害避難に関わる「リードタイム」の概念と運用に関する研究

環境社会基盤工学分野
都市交通研究室
澤本竜輝
指導教員：佐野可寸志

1. はじめに

1.1 研究背景

近年の異常気象により、日本全国で河川氾濫等の水害が多発している。水害時の避難計画の策定や避難情報の発信において、住民が避難所に移動する時間や避難の準備に要する時間、もしくは、自治体が避難情報を伝達するのにかかる時間を考慮することは極めて重要である。河川管理上や、避難計画策定上これらの時間は「リードタイム」と総称され、所与の時間として事前に設定されることが多い。

「リードタイム」という用語は、避難計画等の行政文書のほか、河川工学、気象学などの防災に関する幅広い分野で用いられる専門用語である。それらの定義は、避難にかかる時間、災害が起こるまでの猶予時間、災害を予測してから災害が発生するまでの時間など、様々な意味で使用され、かつ互いの共有がされていない。

また、避難指示等の避難情報は、このリードタイムを考慮しその分前もって発令されることになっている。国土交通省が定めた危険水位及び氾濫危険水位の設定要領においては、「氾濫危険水位のリードタイムは、氾濫が発生するまでの間に避難勧告（現在は避難指示に統一）の発令、情報伝達及び避難が完了するよう、河川事務所等が流域の自治体と協議して定められる」¹⁾。しかしながら、住民が一般的に避難に要する時間に関する強い根拠はなく、各河川管理者は、このリードタイムと河川の各観測所における水位上昇量（速度）とともに、避難情報の発令頻度が適切な範囲に収まるよう総合的な調整を行いながら、所与の値となるリードタイムを定めているのが一般的である。実際に住民が避難する際にどの程度時間を要するのかは確かめられておらず、検証が必要である。また、リードタイム自体も、一元的なデータベースはなく、どのような特徴を持つ河川でどの程度の時間が設定されているのかは明らかになっていない。

1.1 目的

本研究では、近年使用されるようになった「リードタイム」の使用例について調査を行い、「リードタイム」とはどういったものを明らかにするとともに、用語の多義性がもたらす問題点の考察と適切な用語の使用法の検討を行う。

また、指定河川洪水予報における「リードタイム」の調査を行い、避難計画上、「避難等に要する時間」として設定される「リードタイム」の想定されてい

る時間、具体的な設定方法やその経緯、「リードタイム」に影響を与える要因等を明らかにし、より効果的な避難情報の在り方を検討することを目的とする。

2. 「リードタイム」の多義性に関する検討

2.1 「リードタイム」という用語の調査

(1)リードタイムの元来の意味

「リードタイム」はもともと、1950年代からオペレーションズ・リサーチの分野や物流の現場で使われてきた用語である。日本産業規格(JIS規格)²⁾においては、生産管理用語に位置付けられており(JIS Z 8141:2001.1206), a)「発注してから納入されるまでの時間または調達時間」, b)「素材が準備されてから完成品になるまでの時間」と定義されている。

また、「開発リードタイム」、「発注リードタイム」、「製造リードタイム」など、工程ごとに種類分けして用いられる場合もある。

(2)行政文書で用いられるリードタイム

行政文書などで用いられる「リードタイム」の意味としては、内閣府の指定緊急避難所等への立退き避難に要する時間、国土交通省の避難勧告の発令・情報伝達及び避難に要する時間及び、避難準備情報の発表・情報伝達・避難場所の開設などに要する時間、気象庁の警報・注意報を発表してから対象となる現象が発表基準を超えるまでの時間などがある。

(3)学術論文で用いられるリードタイム

防災に係る学術論文などで用いられる「リードタイム」には、避難にかかる時間、降雨など自然現象の発生から災害が発生するまでの時間、災害の発生が予測できた時点から実際に災害が発生するまでの時間、降雨などの自然現象を予測可能な時間などがある。

2.2 「リードタイム」の分類

災害等に関わる「リードタイム」を分類すると、以下の3パターンに分類できる。

(1)避難等に必要な時間

「避難等に必要な時間」は、避難や避難の準備、情報伝達等に必要の所要時間ももとの「顧客の元へある製品・商品を「納める、引き渡す、届ける」までの全ての所要期間(時間)」の意味に近い使われ方である。避難を行う地域住民や避難所などの準備を行う自治体等に必要の時間によって決まる。

避難計画等においては災害発生までに確保すべき時間であるが、猶予の短い災害の場合は確保できない場合がある。また、この避難等にかかる時間が短ければ災害発生までに避難を完了できる可能性が高まるため、基本的には短い方が良いといえる。

(2) 予測能力の指標

「予測能力の指標」は、災害等の現象を何時間前までに予測できたか、降雨などの現象を何時間先まで予測できるかといった意味で用いられる。

「リードタイム」を決める要因に避難等に必要な時間を含めておらず、単純に予測能力によって決まる。より長い方が良いが、同時に予測精度の確保も求められる。

(3) 災害発生までの猶予

「災害発生までの猶予」は、降雨から災害が発生するまでの時間や警報、注意報の発表から基準を超える現象が発生するまでの時間等で、災害等が発生するまでにどの程度の猶予があるかを示し、避難等に必要な時間を確保するための猶予として用いられる。

災害発生までの猶予には災害により決まるものと人為的に設定できるものがある。例として、降雨から災害発生までの時間は、自然現象と災害の特性によって決まるため、事前に設定することはできない。一方、警報・注意報の発表から基準を超える現象が発生するまでの時間をどの程度にするかは気象庁が関係機関や避難者が防災行動に必要な時間を考慮して事前にある程度設定している。また、設定できる猶予は災害の種類や予測能力によって決まり、避難を完了するという目的からは、避難に必要な時間以上の設定が求められる。これらの災害発生までの猶予は基本的には長い方が良いが、情報発信からの猶予を長くした場合の空振りのリスク等は考慮する必要がある。

2.3 避難に関わる情報におけるリードタイム

(1) 緊急安全確保・避難指示・高齢者等避難

内閣府「避難情報に関するガイドライン」³⁾では、「リードタイム」は「指定避難所への立退き避難に要する時間」と定義している。リードタイムを確保可能であれば、災害発生までに立退き避難が完了できるという考え方である。また、同ガイドラインではリードタイムの有無による避難行動の分類を示している。リードタイムの有無による

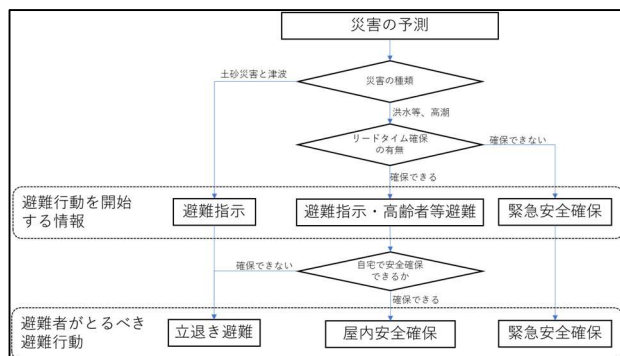


図-2-1 「リードタイム」の有無による避難行動

避難行動、避難情報決定のフローを図-2-1 に示す。

(2) 指定河川洪水予報

指定河川洪水予報のリードタイムは、氾濫危険水位及び避難判断水位の設定に用いられる。国土交通省の水位の設定要領²⁾⁴⁾では、氾濫危険水位のリードタイムは「避難勧告の発令、情報伝達及び避難に要する時間」、避難判断水位のリードタイムは「避難準備情報の発表、情報伝達、避難場所の開設等に要する時間」と定義されている。なお、現在避難勧告は避難指示、避難準備情報は高齢者等避難に統一されている。

(3) 警報・注意報

気象庁予報部⁵⁾は、「リードタイム」を「警報・注意報を発表してから基準を超える現象が発生するまでの時間（防災機関や地域住民への伝達・周知及び防災対策に要する時間を考慮するもの）」と定義している。また、「標準のリードタイム」として、短時間強雨に関する大雨警報・注意報及び洪水警報・注意報では2〜3時間、その他の警報及び注意報では3〜6時間と設定している。

気象庁「気象警報・注意報」⁶⁾では、「猶予時間（リードタイム）」といった表現や、「現象の予想が難しい場合には、リードタイムを確保できない場合もある」とされている。

2.4 避難に関わる情報のリードタイムの比較

内閣府が定義する避難指示等のリードタイムは避難者が必要とする時間によって決まる。国土交通省が定義する指定河川洪水予報におけるリードタイムは避難者に必要な時間だけでなく、自治体等が避難情報等を発令する時間や避難所等を準備する時間もリードタイムに含まれている。内閣府及び国土交通省の定義するリードタイムは、対象とする時間や設定する目的に違いはあるが、避難等に必要な所要時間として設定されており、元来のリードタイムの意味に近い使い方がされている。また、これらのリードタイムは自治体や河川管理者が事前に所要時間を算出するものである。

一方、気象庁が定義する警報・注意報のリードタイムは情報発信からの猶予時間として設定されている。防災関係者や避難者が必要な時間としてリードタイムの標準の時間は設定されるが、リードタイムはあくまで情報発信から現象の発生までの時間であり、結果的に算出される時間である。また、確保できるリードタイムの上限は予測能力によって決まる。

2.5 災害等に関する「リードタイム」の問題点

災害や避難に関する情報を発信する気象庁、国土交通省、内閣府が「リードタイム」についてそれぞれ異なった定義を行っており、それらの情報をもとに避難指示等の避難情報を発信する自治体や避難をする地域住民に対して「リードタイム」が何の時間を指しているのか正しく伝わらない可能性がある。

様々な時間を表すうえでの便利な言葉として「リードタイム」が用いられているが、明確な定

義やコンセンサスのない言葉を使うことは読み手に誤った意味で伝わってしまう可能性があるため、用語の意味の統一や別の表現を用いる等、適切な使用方法の検討が必要である。

2.6 リードタイムの適切な使用方法の検討

災害等に関わる「リードタイム」の問題点として、何にかかる時間なのかの定義が曖昧であることがある。よって、「リードタイム」の定義や具体的な開始時点、終了時点を明確化する必要があると考える。

元来の「リードタイム」では、工程ごとにかかる時間を指して「製造リードタイム」や「物流リードタイム」という言葉が用いられている。この例に倣い、災害等に関わる「リードタイム」においても、「〇〇リードタイム」のように名前を付けることを提案する。

リードタイムの名称、定義、開始時点と終了時点を整理したものを表-2-1に示す。

3. 指定河川洪水予報におけるリードタイムの調査

3.1 指定河川洪水予報のリードタイム

行政等が想定する避難時間として、洪水予報指定河川における氾濫危険水位・避難判断水位の「リードタイム」がある。指定河川洪水予報における氾濫危険水位・避難判断水位は避難情報を発信する際の基準となる水位である。これらの水位は堤防天端の高さから「リードタイム」に水位上昇速度をかけた高さを引いた水位である。リードタイムと水位の関係を図-3-1に示す

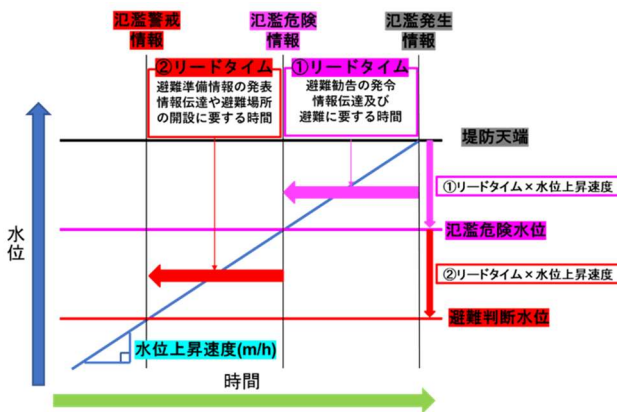


図-3-1 リードタイムと水位の関係

表-2-1 「リードタイム」の適切な使用方法の提案

リードタイムの名称	開始時点	終了時点	定義
避難リードタイム	避難を開始	避難を完了	避難に要する時間
避難情報リードタイム	避難指示の発令	避難を完了	避難情報の発信・情報伝達・避難に要する時間
準備リードタイム	避難準備情報の発令の準備を開始	避難準備情報の発令、情報の伝達、避難場所の開設などを完了	避難準備情報の発信・情報伝達・避難場所の開設などに要する時間
災害予測リードタイム	災害発生を予測	災害の発生	災害の発生を予測できた時刻から、実際に災害が発生した時刻までの時間
現象予測リードタイム	現時点	気象情報等の物理現象を予測可能な時刻	物理現象を予測可能な時間
警報(注意報)リードタイム	警報(注意報)発表	警報(注意報)の発表基準を超過	警報(注意報)の発表から、基準を超える現象が発生するまでの時間
災害リードタイム	降雨などの自然現象の発生	災害の発生	降雨などの自然現象から段階的に起こる災害の猶予時間

氾濫危険水位のリードタイムは、氾濫が発生するまでの間に避難指示の発令、情報伝達及び避難が完了するよう、河川事務所等が流域の自治体と協議して定められる。

また、リードタイムは洪水予報指定河川の観測所ごとに設定されているが、基本的には公開されていない。

3.2 河川管理者へのヒアリング

指定河川洪水予報のリードタイムを調査するにあたり、一級河川を管理するA河川事務所に対し、リードタイムの具体的な設定方法や設定の経緯についてヒアリング調査を行った。調査結果は以下の通りである。

(1)具体的な設定方法や設定の経緯

- ・ リードタイムの具体的な設定方法については、基本的には設定要領に従い、避難情報の発令や避難所の準備、避難等にかかる時間を考慮して決定される。
- ・ 流域の自治体に対して設定要領に示されているリードタイムの要素ごとに何時間程度必要かアンケートを行った。
- ・ 減災対策協議会などで河川事務所から自治体に対して何時間程度ではどうかと提案した記録もある
- ・ 自治体に対して行ったアンケートより、設定要領に定められている要素を合計すると、リードタイムは長くなる傾向が見られた。
- ・ リードタイムを長く設定すると、氾濫危険水位と避難判断水位が低くなり、それらの水位への到達頻度が高くなることから避難指示等の情報の信頼性の低下を招く。

これらの事情から、避難判断水位及び氾濫危険水位のリードタイムは総合的な判断で設定されている。

(2)その他のいただいたご意見

- ・ リードタイムの公表について、要領通りに設定されているものなので答えに窮するものではないが、設定の経緯については「要領通りに設定している」以上の回答は得づらいつと考えられる。

- ・ 氾濫危険水位や避難判断水位が設定されたのは何年も前なため、当時の担当者がいないことや詳細な記録が残っていない可能性がある。
- ・ A 河川事務所が管理する河川の区間は急流な河川のため、リードタイムが比較的短くなっている可能性がある。平地の多い緩やかな河川においては、リードタイムが比較的長く設定できるのではないかと

3.2 全国の河川管理者への調査

(1)調査目的

指定河川洪水予報におけるリードタイムは、「避難等に必要時間として設定されている。しかし、ヒアリングより、リードタイムは避難に必要な時間だけでなく、河川の特長や情報の信頼性確保等、様々な背景から総合的に決定されていることがわかった。

よって、本研究では全国の洪水予報指定河川において氾濫危険水位及び避難判断水位のリードタイムが何時間程度で設定されているか、また、リードタイムに影響を及ぼす要因にはどのようなものがあるかを明らかにすることを目的として調査を行った。

(2)調査概要

全国の国管理の洪水予報指定河川（109 水系、298 河川）を対象とし、各河川を管理する地方整備局および河川事務所等への調査を実施した。

リードタイムが一般に公開されていない情報であることを考慮し、個別の河川名や観測所名については伏せた形式での記述統計及び分析を行うこととした。調査内容を表に示す。

表-3-1 調査概要

項目	調査内容
①リードタイム	・ 観測所ごとの氾濫危険水位 ・ 避難判断水位のリードタイム
②河川特性について	・ 水位上昇速度 ・ 洪水予報の対象区間の河川長（観測所ごと）
③流域特性について	・ 想定最大規模降雨に対応した洪水浸水想定区域を含む市町村名 ・ 想定最大規模降雨に対応した洪水浸水想定区域内の人口
④氾濫危険水位への到達頻度	・ 指定河川洪水予報の対象となった年月日 ・ 過去に氾濫危険水位を超過した年月日、氾濫が発生したか

4 調査結果

全国の河川におけるリードタイムの調査を行った結果、全国の 522 の観測所中、403 か所の観測所における回答を得られ、回収率は 77.2%であった。また、地方整備局単位で集計して頂いた地域も多く、ほとんどの河川でリードタイムと水位上昇速度、河川長のみの回答であった。なお、調査結果は 2024 年 9 月時点の値であり、リードタイム

や水位上昇速度は自治体と河川事務所の協議により今後変更される可能性がある。

4.1 各水位のリードタイムとその分布

氾濫危険水位、避難判断水位、二つの水位の合計のリードタイムの記述統計を表-4-1 に示す。

氾濫危険水位のリードタイムは平均値が 98.7 分、中央値が 100 分となった。最大値は 390 分、最小値は 15 分と大きな差がみられた。

避難判断水位のリードタイムは平均で 70.9 分、中央値が 60 分、最小値は 15 分、最大値が 185 分となった。避難判断水位のリードタイムは氾濫危険水位のリードタイムよりも比較的短く設定されていた。

氾濫危険水位と避難判断水位の合計のリードタイムは平均値、中央値ともに 170 分前後となった。

表-4-1 リードタイムの記述統計

水位	氾濫危険水位	避難判断水位	合計
最大値	390	185	510
最小値	15	15	35
平均値	98.7	70.9	169.3
中央値	100	60	170
最頻値	120	60	120

また、氾濫危険水位、避難判断水位のリードタイムは基本的に分単位で設定されているが、30 分、60 分、90 分、120 分のように切りの良い時間で設定されているものが多い。氾濫危険水位、避難判断水位のリードタイムの時間ごとの観測所数を図-4-1、図-4-2 にそれぞれ示す。

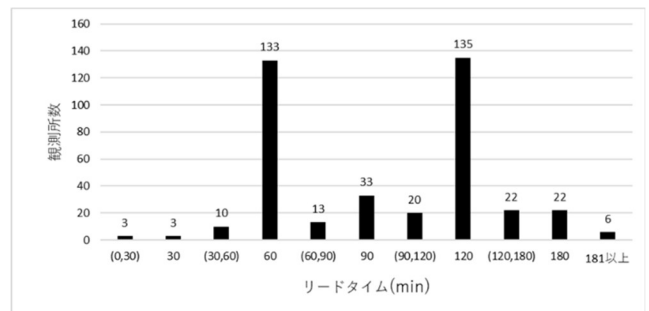


図-4-1 氾濫危険水位のリードタイムごとの観測所数

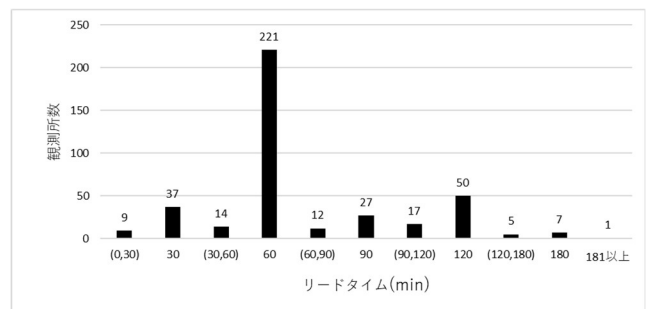


図-4-2 避難判断水位のリードタイムごとの観測所数

4.2 リードタイムと水位上昇速度の関係

氾濫危険水位、避難判断水位のリードタイムを30分ごとに区切って水位上昇速度の平均値等を比較したものを表-4-2、表-4-3に、箱ひげ図を図-4-3、図-4-4にそれぞれ示す。

水位上昇速度の中央値、平均値を比較すると、氾濫危険水位、避難判断水位ともに、リードタイムが短い観測所は水位上昇速度が速い。

4.3 河川長・流域面積

調査結果より、観測所が受け持つ河川長とリードタイムの関係を調査したが、有意な相関は見られなかった。

また、洪水流達時間を算出する際に用いられる流域面積についても水文水質データベースの観測所詳細諸元よりデータを入手してリードタイムとの関係を調査したが、こちらも有意な相関は見られなかった。

4.4 考察

(1)「避難等に要する時間」としてのリードタイムは何時間か

氾濫危険水位のリードタイムは1~2時間で設定されている観測所がほとんどであった。氾濫危険水位は避難指示を発令する基準となる水位であり、指定河川洪水予報において、避難指示の発令から避難が完了するまでにかかる時間は1~2時間と想定されていると考える。また、避難判断水位のリードタイムは、1時間と設定されている観測所が最も多く、避難判断水位と氾濫危険水位のリードタイムの合計は平均170分であった。避難判断水位は、高齢者等避難の発令基準となる水位であり、指定河川洪水予報において、高齢者等の要支援者が避難に要する時間は約2~3時間程度で想定されていると考える。

表-4-2 氾濫危険水位のリードタイムと水位上昇速度の関係

リードタイム(min)	(0,30]	(30,60]	(60,90]	(90,120]	(120,180]	(180,∞]
観測所数(個)	6	144	46	155	44	6
平均(m/h)	0.85	0.58	0.48	0.31	0.29	0.20
標準偏差(m/h)	0.54	0.36	0.25	0.22	0.13	0.06
最大値(m/h)	1.82	2.22	1.14	1.37	0.56	0.3
最小値(m/h)	0.56	0.1	0.13	0.02	0.09	0.15
中央値(m/h)	0.62	0.5	0.42	0.26	0.25	0.18

表-4-3 避難判断水位のリードタイムと水位上昇速度の関係

リードタイム(min)	(0,30]	(30,60]	(60,90]	(90,120]	(120,180]	(180,∞]
観測所数(個)	47	235	39	67	12	1
平均(m/h)	0.96	0.42	0.31	0.31	0.32	0.30
標準偏差(m/h)	0.53	0.24	0.16	0.20	0.26	—
最大値(m/h)	2.34	1.03	0.81	1.05	1	—
最小値(m/h)	0.27	0.04	0.09	0.02	0.13	—
中央値(m/h)	0.82	0.38	0.225	0.28	0.21	—

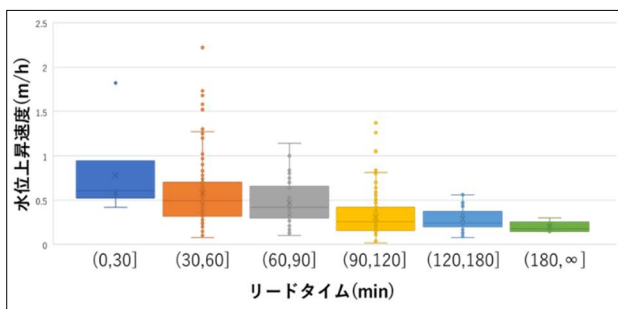


図-4-3 氾濫危険水位のリードタイムと水位上昇速度の関係

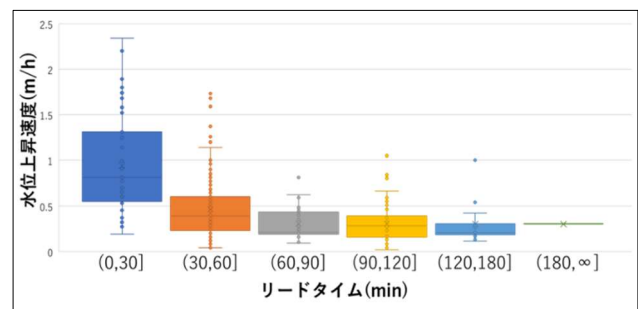


図-4-4 避難判断水位のリードタイムと水位上昇速度の関係

(2)リードタイムに影響を与える要因について

河川管理者への調査や追加検討の結果、リードタイムは水位上昇速度の影響を受けていることがわかった。また、河川長や流域面積の影響はほとんど受けていなかった。

氾濫危険水位、避難判断水位は、リードタイムと水位上昇速度をかけて堤防天端高から引いた高さである。リードタイムを長く設定しようとした場合、水位上昇速度の大きい河川ほど水位を低く設定する必要がある。しかし、水位を低くしすぎた場合、避難判断水位や氾濫危険水位への到達頻度が高くなり、避難指示等の情報の信頼性を低下させる。よって、水位上昇速度の速い河川ではリードタイムが短く設定されていると考える。

(3)リードタイムが異なることで生じる問題

氾濫危険水位、避難判断水位のリードタイムの長さは観測所によって大きく異なっている。一方、氾濫危険水位到達時に発令される情報は「避難指示」である。そのため、ある河川では「避難指示」発令後すぐに氾濫が発生する一方、別の河川では数時間の余裕があるなど、避難指示が出された際の実際の危険度が、河川によって大きく異なってしまう。

特にリードタイムの短い河川では、避難指示のタイミングで避難を開始しても氾濫が発生するまでに避難が完了できない可能性がある。そのため、事前の危険性周知や氾濫が発生する時刻を避難情報に加える等、実際の危険度に対応した避難情報の在り方を検討する必要がある。

(4)指定河川洪水予報におけるリードタイムの根本的課題

リードタイムが短く設定される根本的な要因として、指定河川洪水予報におけるリードタイムの設定において、定義と実態の乖離が発生していることがある。定義上、リードタイムとは、「避難勧告の発令、情報伝達及び避難に要する時間」とされている。これは避難者や自治体にとって必要な時間によって決まり、本来河川管理者の事情とは無関係に算出されるはずである。

一方、実際にリードタイムを設定する際には、避難等に要する時間だけでなく、情報の信頼性や河川の特性等も考慮しなければならない。情報の信頼性確保や河川の特性等により、設定できるリードタイムには限界が発生する。この「設定できる猶予の限界」が「避難等に要する時間」よりも長ければ、「避難等に要する時間」そのものをリードタイムとして設定できる。しかし、「設定できる猶予の限界」が「避難等に要する時間」よりも短い場合、「避難等に要する時間」ではなく「設定できる猶予の限界」の方がリードタイムとなってしまう。

つまり、指定河川洪水予報におけるリードタイムは、定義上は「避難等に要する時間」であるが、実態としては「現実的に設定可能な災害発生

までの猶予」をリードタイムと呼んでいる場合がある。

以上より、指定河川洪水予報の氾濫危険水位・避難判断水位の設定において、リードタイムという表現は適切でない場合がある。

5. まとめと今後の課題

5.1 まとめ

本研究では、「避難等にかかる時間」として設定される「リードタイム」という用語について調査を行い、「リードタイム」の多義性がもたらす問題を明らかにするとともに、適切な使用法の提案を行った。

また、指定河川洪水予報における氾濫危険水位、避難判断水位のリードタイムを調査し、氾濫危険水位のリードタイムが多くの観測所で1~2時間程度で設定されていること、水位上昇速度の速い河川ではリードタイムが短くなることなどを明らかにした。特に、リードタイムが短く設定されている河川においては、リードタイムが定義である「避難等に要する時間」ではなく、「現実的に設定可能な災害発生までの猶予」として設定されていることが明らかとなった。

5.2 今後の課題

本研究では、避難指示等の避難情報を発令する基準となる指定河川洪水予報について調査することで、「避難等に要する時間」が何時間程度で想定されているかを明らかにした。しかし、実際に避難者が避難に必要とする時間が何時間程度かを検証した研究は少ない。現在設定されている「リードタイム」の時間内で、避難者の避難が完了可能なかの検証が必要である。

またリードタイムが非常に短く避難等に要する時間が確保できていない河川においては、設定されている「リードタイム」を住民に周知することや、避難情報を発信する際、氾濫が発生するまでの猶予を告知する等、「現実的に設定可能な災害発生までの猶予」以内に「避難等に要する時間」を抑えるような避難情報の検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：危険水位及び氾濫危険水位の設定要領
- 2) 日本産業標準調査会：日本産業規格(JIS Z 8141:2001)、(参照 2025年1月)
- 3) 内閣府：避難情報に関するガイドライン(令和4年9月更新)、2021
- 4) 国土交通省：洪水予報指定河川における避難判断水位の設定要領
- 5) 気象庁予報部：気象庁が行う気象警報発表作業の流れと利用上の留意点、第4回予報業務許可事業者講習会資料、2011

- 6) 気象庁：気象警報・注意報
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/bosai/warning.html>, (参照：2024年12月)