

II - 87

氾濫特性による避難情報提供に関する研究

北海道開発局 開発土木研究所 ○正員 矢部 浩規
 北海道開発局 開発土木研究所 正員 横山 洋
 北海道開発局 開発土木研究所 正員 馬場 仁志

1. はじめに

我が国の治水整備水準は未だ低く、また、計画規模以上の降雨や集中豪雨など予測できない洪水が発生しやすい自然条件や、氾濫原に人口、資産及び社会の中核機能が集中している社会条件を兼ね備えていることから、常に洪水氾濫の危険性が内包している。被害を軽減するための対応策を考えると、発生しうるあらゆる水害が研究・調査対象となるが、特に危機管理の観点から水害の中でも被害が最も大きくなると予想される堤防の破堤や越流を想定することで、対応策が明確になると思われる。近年、氾濫計算方法の技術が進んだことにより既往の洪水氾濫実績とあわせた結果がハザードマップとして公表を可能とした。しかし、これら水害に関する情報が住民に十分認知されているとは言えず、また、たとえ認知されていたとしても内容が不十分な場合があり、国、都道府県及び市町村の行政機関は身近な河川がどの程度の安全度があり、洪水等の規模や治水施設の整備状況に応じてどのように避難すればよいのかについて、さらにきめ細かく情報を提供する事が求められている。一方、急速に進むインターネットなどの情報通信インフラの活用は、災害時の危機管理に重要な役割を果たすようになってきている。このような背景から、本研究では、洪水災害においても情報インフラを活用した迅速な情報提供によって洪水災害を軽減することを目的に、氾濫特性と避難情報提供の関係について着目し、情報提供の効果や適切な氾濫情報の提供について検討を行った。

2. 氾濫シミュレーションによる氾濫形態

対象地域として、北海道内の主要都市であり、

豊平川、忠別川流域にある札幌市街地と旭川市街地を中心に検討する。

2-1. 氾濫モデルの概要

現在までに公表されている洪水氾濫危険区域図¹⁾は、想定された降雨に対する洪水により堤防が破堤した場合の洪水氾濫状況をシミュレーションした結果を表示したものである。豊平川は氾濫ポンドモデル、忠別川は2次元不定流モデルを適用して計算されている。支川による氾濫を考慮していないこと、微地形、建物等の影響を十分考慮していないことなどから、今後精度を高めていく必要があるが、洪水氾濫の状況を概ね表している。

2-2. 豊平川(札幌市)の氾濫特性

対象を札幌市を中心に豊平川左岸の上流から下流の4地点(k.p4、8、14、17 km 付近)で堤防の破堤を想定し、1km メッシュ毎に氾濫計算を実施している。

(1) 氾濫流の拡散状況

氾濫流は、破堤地点から同心円状に広がっていく拡散型である。上流地点で破堤する場合は、札幌中心市街地のある北西方向に拡散し、浸水域も広範囲となる。氾濫流が到達するまでの時間分布を図1、2に示す。中流は扇状地で勾配も急なことから中心市街地までは数時間で達す

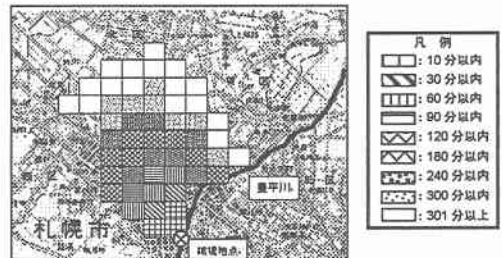


図1. 氾濫流の到達時間分布 k.p17 付近

るが、その後、浸水域の中間までは6～7時間
 かかり、徐々に浸水していく。下流は低平地な
 ため最も遠い浸水域に氾濫流が到達し最大浸水
 深となるまでかなりの時間を要する。下流地点
 での破堤は、氾濫流は最初北側に広がり、その
 後次第に西側に広がっていく傾向にある。

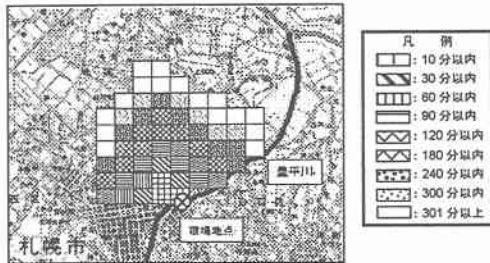


図2. 氾濫流の到達時間分布 k.p 14 付近

(2) 最大浸水深、最大流速

最大浸水深は、各破堤地点近傍で 2.0m以上
 になり、主に氾濫流の主流に沿って大きい傾向
 にある。主流方向は、上流での破堤では中心市
 街地がある北方向、下流では北及び西方向に進
 む。また、下流でのケースは浸水深が低平地で
 あるため大きくなる傾向にある。図3に上流ケ
 ースでの最大浸水深分布を示す。

最大流速はほとんどが 0.5 m/s 以下でさほど
 速くない。しかし、破堤地点近傍、氾濫流の主
 流を中心に 0.5～1.0m/s 程度になる箇所がある。

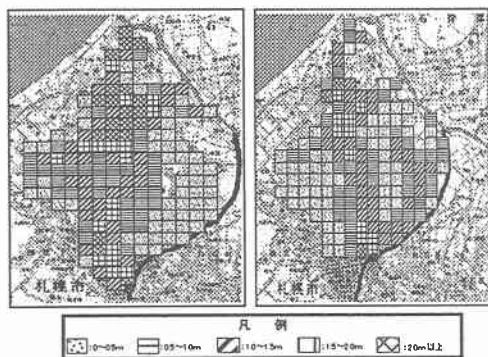


図3. 最大浸水深分布 k.p 17(左)14(右)付近

2-3. 忠別川（旭川市）の氾濫特性

対象を旭川市を中心に忠別川右岸の上流から
 下流の7地点（k.p2、6、9、12、15、20、22km
 付近）で堤防の破堤を想定し、250mメッシュ

毎に氾濫計算を実施している。

(1) 氾濫流の拡散状況

氾濫域は忠別川の他、石狩川、牛朱別川が合
 流し、地盤勾配も急なため流下型である。いず
 れも、忠別川沿いを旭川中心市街地へ向かって
 流下していき、上流での破堤になるほど水田地
 域を通過して東側に拡大していく傾向にある。
 氾濫流が中心部まで到達するのは数時間程度で
 あり、上流域のケースでも6時間程度で達する。
 図4に2ケースの到達時間分布を示す。

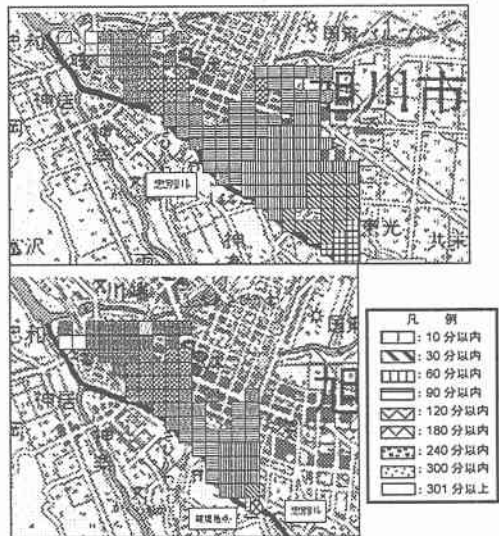


図4. 氾濫到達時間分布 k.p 9(上)、6(下)付近

(2) 最大浸水深、最大流速

最大浸水深は、破堤地点近傍及び浸水域末端
 付近で 1.0～2.0m となっているが、それ以外
 ではほとんどの区域において 0.5m 以下と小さ
 くなっている。最大流速は破堤地点近傍では

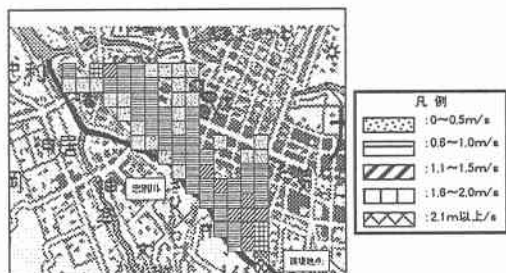


図5. 最大流速分布 k.p 6 付近

2.0m/s、氾濫流の主流方向で 1.0m/s を越えており速い。上流域での破堤ケースでは東側に向かう氾濫流の流速が若干卓越している。図5に最大流速の分布を示している。

3. 歩行困難性の評価と把握

破堤後どのような氾濫状況となると住民が道路等を利用しての避難が不可能になるかどうかを、歩行が困難となる浸水深及び流速により以下に従い設定する。この評価方法を豊平川、忠別川に適用し、氾濫特性による違いを把握する。

3-1. 歩行困難性評価方法

(1) 歩行困難となる水深

成人の場合、歩行で避難可能な水深は概ね 50cm であるとの報告²⁾があるが、避難対象者は、老人及び幼児等も考慮する必要がある。また、既往検討資料³⁾で避難所の使用不可となる水深を 30cm と設定している例があり、本検討においては 30cm 以上となると歩行が困難になると設定した。

(2) 歩行困難となる流速

水中歩行実験等⁴⁾などによれば子供、女性では流速 0.5m/s の時、水深が 40cm 程度以上で歩行が困難になり、10 歳の子供では水深 30cm で 0.8m/s の時に歩行困難となる結果が示されている。以上のように歩行困難となる流速は水深によって変化するが、前述の(1)で水深を 30cm 以上と設定したので、流速は 0.8 m/s 以上で歩行困難になると考えた。

3-2. 豊平川、忠別川の歩行困難性

上記の考え方で、破堤直後から歩行困難となるまでの時間を各破堤ケースごとに算定する。

(1) 豊平川

図6に上流破堤ケースを示すが、破堤地点に近い場所は 10 分以内で歩行不可能となる。歩行不可能となるのは浸水深が 30cm を越える場合がほとんどであり、上流でのケースは数時間で市街地が歩行困難となり、徐々に拡大していく。浸水域の水深が高いので、歩行困難な区域は広がる傾向にある。

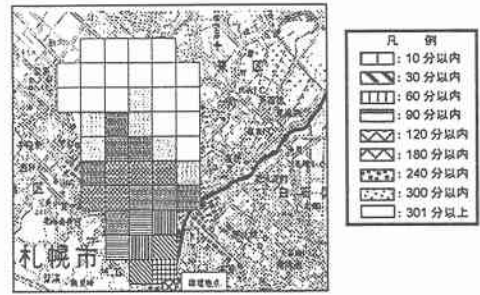


図6. 歩行困難になる時間分布 k.p17 付近

(2) 忠別川

流速が速く、0.8 m/s 以上となり、ほとんどの場合で歩行困難となる要因になっている。図7に1例を示すが、氾濫流の主流方向に歩行困難となる区域が広がる傾向にある。また、歩行困難区域は浸水域全体の半分程度であり、全域には広がらない結果となっている。

以上をまとめると、両河川とも基本的に氾濫流の到達時間分布と同様の傾向を示しているが、豊平川は浸水深、忠別川は流速の要因で歩行困難となる比率が高い。

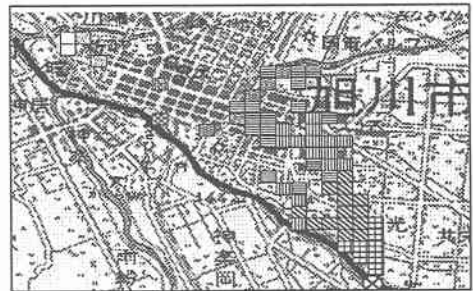


図7. 歩行困難になる時間分布 k.p9 付近

4. 避難可能性の評価

洪水災害時等における住民の避難行動は、洪水や氾濫等の情報を認知、判断して行動を開始するといったプロセスで行われる。安全でかつ円滑な避難行動を可能とするには、適切な洪水予警報の発令、避難勧告・指示などの災害情報に関する伝達方法及び内容及び時期と、安全な避

難施設や避難ルートなどの整備も指摘されているところである。その際、洪水氾濫特性や氾濫源の地域特性を考慮して進めることが必要である。

そこで、本研究では避難可能性の評価を行うにあたり、各破堤ケースごとに破堤してから時間経過によりどのくらいの住民が避難不可能となるか、前述の歩行困難性評価を利用して時系列に検討する。次にこの結果を踏まえ、避難勧告が出されたことを想定した場合の避難不可能人口を把握する。避難勧告が住民へ伝わるまでの伝達時間は、伝達手段の違いにより設定した。このモデルにより、住民の避難開始時刻の変化によって避難不可能となる人口がどのように変化するかを把握することができる。さらに、避難経路、場所を設定し避難完了までの評価についても一部試みている。

4-1. 避難不可能人口の把握

対象区域は各破堤ケースごとに破堤後8時間以内に避難が不可能となる範囲とする。すなわち、前項で整理した歩行困難となるメッシュ(浸水深が0.3m以上、または流速が0.8 m/s以上)人口を対象に集計した。平成7年国勢調査のデータによっている。

(1) 豊平川

豊平川における各破堤地点ごとに破堤後の経過時間により避難不可能となる人口の整理を行うと図8、9になる。札幌市中心市街地が氾濫の対象範囲となる上流での破堤ケースの場合に避難不可能と予想される人口が多い。また、札幌市中央区の昼間人口が夜間人口(常住人口)の2倍強⁵⁾となっており、氾濫の発生する時刻によって危険性が増すことがわかる。全体の

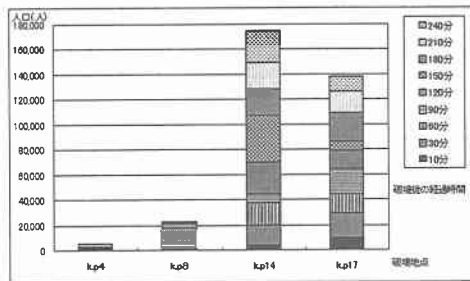


図8. 豊平川避難不可能人口(夜間)

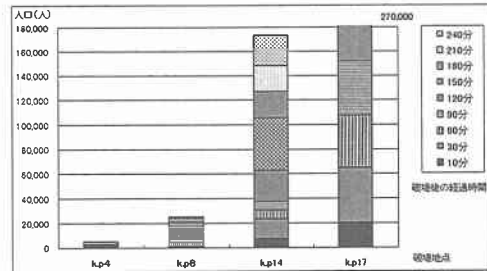


図9. 豊平川避難不可能人口(昼間)

避難人口はもとより、破堤後の経過時間が早い段階での避難不可能人口が増大している。また、破堤ケースにより夜間、昼間のどちらも避難不可能人口が異なることもわかる。

(2) 忠別川

忠別川における同様の検討結果が図10である。上流での破堤ケースは下流に比べ歩行困難となる区域が広範囲であるにもかかわらず人口密度が低いため、避難不可能人口は小さい傾向にある。また、豊平川の場合と同様に破堤ケースにより避難不可能人口が異なっている。

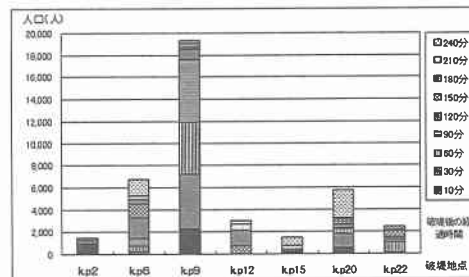


図10. 忠別川避難不可能人口

4.2. 避難行動開始可能性による評価

ここでは、各破堤ケースごとに氾濫流が到達し、歩行困難となる浸水深または流速となって避難が不可能となる時刻までに、住民が避難勧告に関する情報を得て、避難行動を開始することができれば避難可能とする。避難勧告を受けてから実際に行動を起こすまでにかかる時間は人間の属性や意識、洪水状況や周辺状況などによって変化するが、洪水時の既往アンケート調査結果⁶⁾などから30分と設定した。

避難勧告の情報の伝わり方については、伝達時間の特性や情報インフラの効果を把握するた

め、表1に従い情報伝達手段及び情報伝達速度を想定⁶⁾した。また、情報発信基地局は市役所及び区役所とし、豊平川で8箇所、忠別川で4箇所設定し、基地局を中心に同心円状に伝わっていくものとした。なお、情報内容の量や質は各伝達手段により実際には異なるが、ここでは住民には同様に伝わるものと仮定している。

表1. 伝達手段と伝達速度

伝達手段	伝達速度 (m/分)
ロコミ	10
広報車等	85
サイレン	300
インターネット、テレビ、ラジオ	瞬時

したがって、

【歩行困難となる時刻】 < 【避難行動開始時刻】

(=提供開始時刻+情報伝達時間+情報伝達から避難行動開始までの所要時間 (0.5hr))
 ならば避難不可能となる。

(1) 破堤直後に情報提供する場合

上記の考え方に従い、避難不可能人口については4-1.で検討した(情報提供を実施せず、避難行動をしない場合)破堤地点ごとの避難不可能人口の基本データと重ね合わせることで、情報の提供時刻、避難開始時刻による避難可能性の評価が可能となる。

ここでは、破堤とほぼ同時刻に情報伝達を開始する場合の検討を行った。避難不可能となる人口を、各破堤ケース、各情報伝達手段ごとに把握している。(図11, 12)ロコミを除くと、伝達手段の違いによる差異がみられないケースがあるが、これは、破堤直後、瞬時に避難勧告情報が伝達されたとしても破堤地点付近を中心

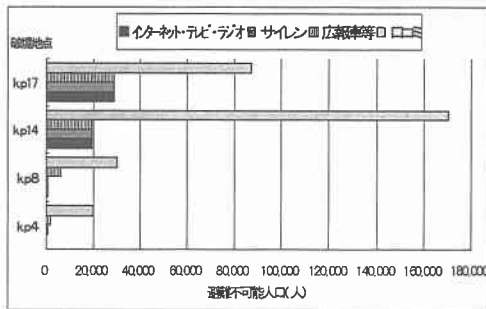


図11. 情報伝達手段ごとの避難不可能人口(豊平川)

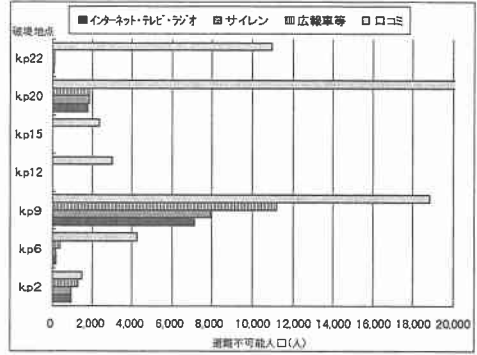


図12. 情報伝達手段ごとの避難不可能人口(忠別川)

に避難不可能となる時刻が早すぎて間に合わないためである。

(2) 破堤前30分に情報提供する場合

情報伝達から避難行動開始まで所要時間が30分であることから、破堤前30分に情報提供を実施し、インターネットなどの活用などで瞬時に情報を伝達する事が可能であるならば、このような場合、どの破堤のケースでも避難不可能となる人口は0になる。他の伝達手段による場合も情報提供開始時刻が早まったため、図13、

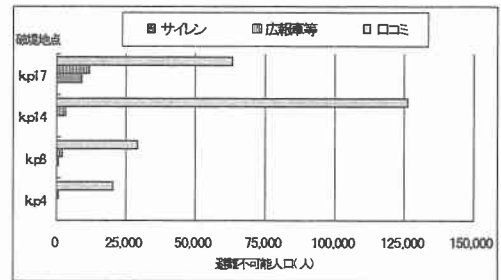


図13. 避難不可能人口(破堤30分前:豊平川)

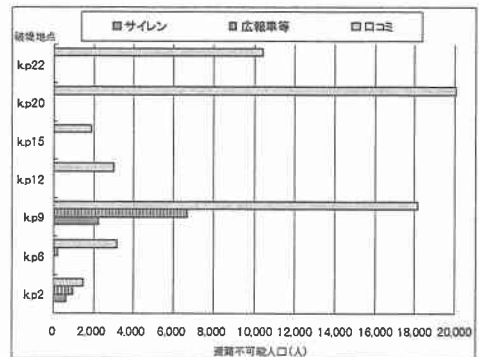


図14. 避難不可能人口(破堤30分前:忠別川)

図 14 からわかるように、破堤直後に提供する場合に比べ人口は減少する。しかし、豊平川での上流破堤のケース、忠別川では中、下流でのケースにおいて、以前としてかなり避難できない人々が存在することがわかる。

4-3. 氾濫特性と避難情報提供について

豊平川における氾濫特性と避難情報提供について整理すると次のようになる。

- ・上流での破堤の場合、中心市街地への影響が大きいことから、迅速かつ確実な情報提供及びそれを可能にする情報提供基盤の整備が望まれる。また、浸水区域も広いので広範囲に情報提供することが必要となる。

- ・下流で破堤した場合は、市街地からはずれる方向（北側）に浸水していくので特定の地域（人が住んでいる地域）への情報提供手法の確立でダメージは抑えられると予想される。

- ・豊平川の場合、浸水している時間が長いので、災害復旧や排水状況などの情報も含めて継続した情報提供も必要となる。

忠別川について整理すると次のようになる。

- ・旭川市中心部まで比較的離れている中流～上流の破堤の場合でも、氾濫流の流速が速く、短時間で達するので迅速な情報提供が必要である。
- ・上流域は人口密度が低く散在しているため、情報の伝達が広報車、サイレンなどでは難しい。距離を克服できるインターネットなど新たな情報インフラによる伝達手段により数十人から数千人の規模ではあるが効果が把握できた。

4-4. 避難完了までの評価について

上記の検討は、避難行動を開始することができれば避難可能との想定であるため、避難行動開始から安全な避難区域までに到達可能かどうか、避難所の収容能力及び避難ルート安全性の評価はしていない。そこで、破堤後、最も早く歩行困難となるメッシュを選定し、この対象メッシュの住民が各破堤ケースで氾濫区域外に安全に避難するためには少なくとも何時間前に情報提供を行わなければならないか検討中である。

5. 事前情報の提供実験

住民が避難勧告を受けてから避難行動を迅速に開始するためには、住民の水害に対する意識を常に把握するとともに、洪水が起こる前に情報を提供する事が一層重要となる。そこで、洪水氾濫危険区域図など洪水氾濫情報をインターネットによって提供する実験を行っている。（<http://s-pulse.ceri.go.jp/kasen/index.htm>、12月現在で20件程度のアクセスがあった。）

また、過去の浸水経験や避難経験の有無などと今回の事前情報の提供の結果、避難行動にどのような影響を及ぼすか把握するためにアンケート調査を実施中である。特に河川氾濫の頻度の減少とそれに伴う水害経験の減少、社会構造の変化による地域コミュニケーションの希薄など自主的な防災機能が低下している地域にとって、信頼性が高く誰もが認知可能な事前の情報提供は、重要な位置を占めることが予想される。

6. おわりに

洪水氾濫災害は都市化や集中豪雨などで瞬時に起きる場合もあるが、一般的に地震災害に比べ時間的余裕がある。そのため住民への情報提供の方法等により被害を少なくする可能性は十分にある。本研究により、避難情報の提供内容、時期、範囲などを氾濫特性や地域特性と関連づけながら適切に提供することで被害を制御する可能性が高まる事を明確化した。同時に、中心市街地や人口散在地域への情報提供などの問題点についても若干言及できたのではないかと思われる。今後、避難特性についての十分な調査を実施するとともに、避難行動や洪水氾濫状況に関する不確定な要素も考慮しながら、いかに情報提供していくか検討する予定である。

参考文献

- 1) 石狩川下流、上流洪水氾濫危険区域図～石狩川開発建設部、旭川開発建設部
- 2) 関川水害時避難行動分析～土木研究所、平成10年2月
- 3) 総合的な水防災システムの検討(2)～筑後川を事例として一、土木研究所、平成4年3月
- 4) 避難時の水中歩行に関する実験～水工学論文集、平成6年2月、須賀登三他
- 5) 地域経済総覧'99～週聞東洋経済
- 6) 洪水災害時における地域避難システムの設計と評価(Ⅲ)～水利科学1983、西原巧