

いの町の利便性と安全性を両立したまちづくり ～水害リスクに備えた居住誘導エリアの設定～

高知河川国道事務所 調査課 藤田 和寿
高知河川国道事務所 調査課長 藤坂 昌史
香川河川国道事務所 河川工務係長 村上 睦美

高知県吾川郡いの町は、一級河川仁淀川沿いにおいて、洪水氾濫と復興を繰り返しながら発展してきた。また、低奥型地形であることから、想定最大規模洪水による浸水想定区域がいの町中心部全域におよび、さらに、家屋倒壊等氾濫想定区域には役場、医療福祉施設及び教育文化施設などの主要施設が数多く建ち並ぶなど洪水リスクが極めて高い地区である。

いの町では、「歴史と文化を生かした利便性・経済性の向上」と「水害からの安全性の確保」の両立を図るために立地適正化計画の策定に向けて検討を進めているところであり、国においては、洪水リスクが高い地域における居住誘導の設定方法について考え方を示した。

キーワード 流域治水、家屋倒壊等氾濫想定区域、居住誘導区域

1. 仁淀川流域といの町の特徴

仁淀川は、高知県中央部を流れる一級河川である。仁淀川下流域では、本川及び東西から合流する支川沿いに主要な市街地が形成されている。

いの町は、仁淀川の良質な地下水を利用した土佐和紙などの製紙業が盛んであり、中心市街地は、過去の洪水による氾濫堆積物により形成された微高地（自然堤防）に集落と街道が発達し、JRや路面電車、一般国道に面している。また、県庁所在地である高知市に隣接しているなど自然・歴史・利便性・経済性を備えた町である。

一方で、仁淀川の支川宇治川は勾配が緩いことから、仁淀川本川の水位による影響を受けやすく、さらに本川と支川の合流部よりも支川中・上流部の地盤が低い「低奥型」の地形を有していることから、支川からの氾濫による浸水被害が頻発している地域である。

2. いの町の抱える問題

いの町中心市街地は仁淀川の恩恵を受ける一方で、仁淀川や宇治川の度重なる氾濫による水災害に見舞われながらも、その復興とともに主要施設が構築され、現在の市街地が形成されてきた。中心市街地は狭い平地であり、仁淀川がひとたび氾濫すると、ほぼ全域に大量の氾濫水が流入する。高知河川国道事務所が公表した仁淀川浸水想定区域図（想定最大規模）では、いの町中心市街地が広範囲で浸水することとなっているため、氾濫域の全てを避けるようなまちづくりや高台移転は物理的・地理的にも限界がある。

また、国が当面の河川整備に位置づけている仁淀川河川整備計画では、昭和38年（台風9号）洪水と同規模洪水を安全に流すことを目標としているが、想定最大規模の洪水が発生した場合には仁淀川堤防を越水し、河川整備が完了したとしても、自然堤防上に立地する中心市街地の大半の住居が3階以上まで浸水することとなっている。想定浸水範囲に居住する方のうち「避難することを考慮せず、氾濫流により家屋ごと流出する、若しくは想定浸水深が居住階を超えてしまう建物に住む人」を「命の危険がある人」と設定した場合に、隣接する波介川流域の土佐市においては、「命の危険がある人」の数、約5,000人に対して当面の河川整備を実施した場合55%が減少したが、いの町中心市街地の「命の危険がある人」は約1万人に対して10%程度しか減らない結果となり、その差は歴然であった。

この結果をいの町に情報提供したところ、偶然にも、いの町の中心市街地ではコンパクトシティによるまちづ



図-1 いの町中心市街地区

くり（立地適正化計画）を令和3年度策定に向けて検討を進めているところであったが、この「命の危険がある人」の検討結果を受けて、令和4年度策定へと見送ることとなった。見送った理由は、立地適正化計画の中に、一定エリアにおいて人口密度を維持し、生活サービスやコミュニティが持続的に確保されるよう誘導すべき区域として居住誘導区域の設定が必要となっているが、居住誘導区域に原則として含まないこととすべき区域の中に、土砂災害警戒区域や浸水想定区域などが位置づけられているためである。

そこで、いの町からの要請により、立地適正化計画における居住誘導区域の設定手法について高知河川国道事務所から技術的支援を行った。

3. 宇治川流域における流域治水対策

仁淀川水系の「流域治水」では、気候変動等の影響により、今後さらに水害が頻発化・激甚化すると予想されていることから、施設能力を超える洪水が発生することを前提に「何としても住民の生命を守る」を目標に掲げ、「氾濫を減らす」「備えて住む」「安全に逃げる」の3方策について検討を進めている。例えば、「氾濫を減らす」対策としては、河道掘削などにより浸水深の軽減に繋がり、「備えて住む」対策は、少なくとも浸水深以上の階層に居室を設けることで、屋内に留まった場合でも被害リスクを下げられる可能性がある。また、「安全に逃げる」対策は、想定される浸水深が大きすぎる区域や氾濫流により家屋が倒壊する区域には「居住地として誘導しない」など被害を回避する方策も考えられる。

宇治川流域においても、この流域治水3方策をバランスよく組み合わせることで、いの町中心市街地の治水安全度を向上させることが可能と考えた。

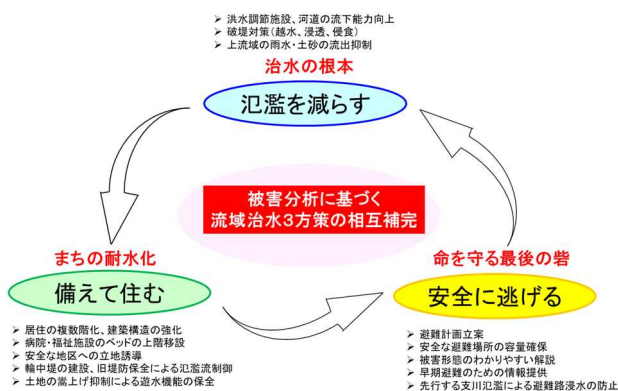


図-2流域治水の3方策の対策の相互補完

(1) 安全に逃げる（避難の確実性を考慮）

確実な避難を前提とした居住誘導区域の検討となることを念頭に、次の条件で分析を行った。

a) 分析条件

- ① 避難人数は、避難場所の収容可能人数の範囲内であること
- ② 徒歩移動が困難な浸水深（30cm）になるまでに避難場所に避難可能であること
- ③ 避難所自体が安全であること（浸水深以上の避難階があり、土砂災害危険区域でない）
- ④ 避難開始時間は、本川氾濫危険水位の到達と支川氾濫危険水位の到達のうち、いずれか早いタイミングとすること
- ⑤ 氾濫範囲や浸水深は時間変化を考慮すること
- ⑥ 徒歩避難速度は、内閣府による洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する定量的な算出方法と江東5区における具体的な検討値 0.15m/s で設定
- ⑦ 避難所の構造が RC・SRC 構造である場合は家屋倒壊等氾濫想定区域内であっても避難所として設定できる（土砂災害警戒区域に含まれる場合は使用不可）

b) 避難場所の把握（検討過程で判明した地域の協力）

より具体的な避難の実態把握のため、避難場所の諸元をいの町に確認すると、いの町から地元の自主防災組織へ喫緊の課題である緊急避難場所が不足する問題を相談していたことが判明した。このため、自主防災組織を含めたヒアリングを行った結果、昨年度からこの問題を解決しようと、自主防災組織では公共施設や民間ビルの所有者らに対して緊急避難場所として活用するための交渉を行っていることが判明した。その結果、いの町中心市街地の「命の危険がある人」約1万人の約半数にあたる約4,800人の緊急避難が可能であることが判明した。今後、緊急避難場所への接続道路の確認、実効性、課題の検討や協定を結ぶ等課題はあるが、このうち、上記の分析条件を満たすものについては緊急避難場所として活用できるものとして分析を行った。

c) 分析結果

家屋倒壊等氾濫想定区域の内外に係わらず、「命の危険がある人」が多く、最寄りの避難所や緊急避難場所が収容者数以上となり、近隣の避難所を活用することも検討したが、避難所と緊急避難所が不足していることから「命の危険がある人」が多数残存することが確認された。また、内水で避難ルートが限定されるなどの課題も確認された。

このように、居住場所から最寄り以外の避難所や緊急避難場所へ移動しなければならない人がいるため、事前に誰がどこ避難所を活用するのかを整理し、適切な避難タイミングと推奨される避難路を把握して避難を促すことで、「命の危険がある人」を大きく減らすことは可能である。

現時点では避難所や緊急避難場所が不足している大きな課題が残る近傍で安全に避難することができない居住誘導区域は除く必要があるが、安全に逃げる事が確認できれば居住誘導区域の設定は可能と考えられる。

(2) 備えて住む（家屋での対策）

家屋が氾濫時の水流に耐えることが可能で、かつ想定浸水深以上に避難スペースを確保することができるのであれば洪水時に屋内にとどまること、すなわち「備えて住む」対策は可能と考えられる。このため、想定最大規模の洪水が発生した場合、どのような家屋被害が発生するのかを想定し、対策方法を考察した。

家屋倒壊等氾濫想定区域において発生する被害は大きく「河岸侵食」と「氾濫流」に分けることができる。

このうち、「河岸侵食」については、発生すると家屋の基礎を支える地盤が流出し、侵食範囲にある家屋は、家屋本体の構造によらず、倒壊・流出が生じる可能性が極めて高いことから、家屋での対策は不可能と判断し、居住誘導区域の設定も不可能として整理した。

氾濫流による被害は、流速と水深の関係より「倒壊」、「滑動」、「転倒」に分類される。

それぞれの安定性評価方法を式 (1) ~ (3) に示す。

倒壊は、流体力 F_a と終局せん断力 P_u が等しくなった場合に倒壊すると考える。

$$\text{倒壊 } F_a = \frac{1}{2} \rho C_D B (h - z) U^2 \quad (1)$$

滑動は、流体力 F_c と摩擦力 $\mu(W - F_v)$ と等しくなったとき、滑動すると考える。

$$\text{滑動 } F_c = \frac{1}{2} \rho C_D B h U^2 \quad (2)$$

転倒は、転倒モーメントが基礎重量を含んだ自重による抵抗モーメントを上回った場合に転倒すると考える。

$$\text{転倒 } M_c = \frac{1}{2} \rho C_D B h U^2 \times \frac{h}{2} \quad (3)$$

前述の倒壊等条件について、具体的にどの程度の浸水深及び流速の値となるかを把握するため、家屋の重量 W 、家屋幅 B 、終局せん断力 P_u 等を設定し代入した。「氾濫流」による家屋被害については、全ての家屋諸元を把握するには膨大な時間を要することから、一般的に多いと考えられる木造2階建て住宅が氾濫流の挙動で破壊される条件とした。（表-1）

表-1 試算に使用するモデル家屋の諸元一覧（木造2階建て）

| 種別 | 数量 | 摘要 |
|-------------|-----------------------------|----------------|
| 家屋幅 | B (m) | 7.28 |
| 抗力係数 | C_D | 2.128 |
| 2階床高の1/2の高さ | z (m) | 1.65 |
| 基準耐力 | (kN/m) | 1.96 |
| 単位壁量 | (cm/m ²) | 29 |
| 床面積 | (m ²) | 53 |
| 終局せん断耐力 | P_U (kN) | 45.19 |
| 流体の密度 | ρ (kg/m ³) | 1000 |
| 重力加速度 | g (m/s ²) | 9.8 |
| 摩擦係数 | μ | 0.5 |
| 家屋重量 | W (kN) | 554.028 木造2階建て |

また、家屋重量については一般的な家屋構造に対する重量として、表-2のとおり設定した。

表-2 設定家屋重量一覧表

| 構造 | 自重+載荷荷重 | 比率 |
|--------|----------------------|-----|
| 木造2階建て | 600kg/m ² | 1.0 |

終局せん断力 (P_u) は、基準耐力、単位壁量、床面積より新耐震基準に準拠して45.19kNとして算出した。

これらから導き出された結果を、家屋倒壊等氾濫想定区域内における氾濫流の判定基準として図-3のとおり整理した。

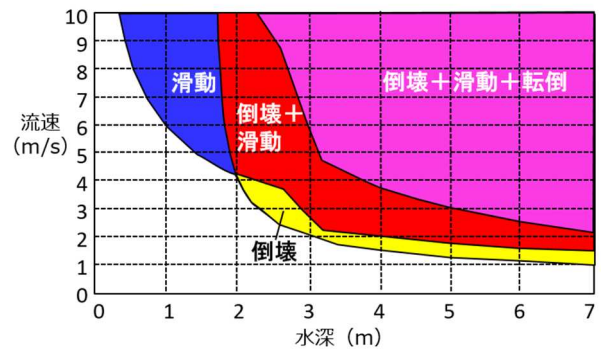


図-3 家屋倒壊等氾濫想定区域（氾濫流）の判定基準

氾濫流による「倒壊」については、流体力が家屋のせん断耐力を上回ること、柱や壁が壊れるなどの被害であるため、柱の補強や筋交いを入れる等により構造を強化する対策が可能であり、比較的安価かつ既存住宅への対応についても可能と考えられる。

「滑動」については、氾濫水の侵入を防ごうとして浸水階を密閉してしまうことで浮力が働き摩擦力が低減することで家屋が流されてしまう被害である。洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）によれば、「洪水による荷重時の水平耐力算定用の抗力は、2階の床位置に集中して働くものとする。この場合に働く外力は、1階の階高の1/2の高さより上部に作用する。」とあるため、浸水する階の窓を開放し、水を取り入れて浮力への抵抗力を上げることで対策が可能と考えられる。

「転倒」については、氾濫水による大きな外力で家屋が横倒れになってしまう被害であり、宇治川は、すり鉢状の氾濫原を有していることから、仁淀川が破堤した際には高流速の洪水が押し寄せた後、大水深での浸水が生じることとなり、「倒壊」や「滑動」に比べ危険度が高いと考えられる。このため、対策方法としては基礎杭等の設置が必要となるなど、全面的な建替えが必要となり、高額になるだけでなく既存住宅の補強についてもほぼ不可能であり、現実的な対策案ではない。よって、河岸侵食と同様に家屋での対策は不可能であると考えた。

以上より、家屋倒壊等氾濫想定区域であっても、「倒

壊」、「滑動」に対しては、浸水深以上の避難階が確保可能であれば、家屋補強等の対策を行ったうえでの垂直避難が可能と考えられる。

これらは、家屋の補強などの対策を前提にしたものではあるが、建築基準法を改正した1981年から約40年をかけて、住宅の耐震化を87%（2018推計値）まで向上してきた実績を考慮すると、まち全体の耐水化も、数十年かければ実現が可能であると考えられる。


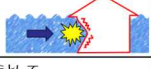
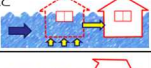

| 被害分類 | 被害の概要 | 対策 |
|------|--|-------------------------------|
| 河岸侵食 | 川沿いの地盤とともに流される  | 家屋での対策は不可能 |
| 氾濫流 | 倒壊 水流で柱や壁が壊れる  | 柱を太くする、筋交いを入れる等により構造を強化する |
| | 滑動 氾濫水の浸入を防ごうとして2階を密閉してしまうことで浮力が働いて動き流されてしまう  | 浸水階を開放できるように屋根裏等に避難できるようにしておく |
| | 転倒 水流で横倒しになる  | 基礎杭等を設置する →対策費用が多く非現実的 |

図4-家屋倒壊等氾濫想定区域の被害分類別の対策

(3) 氾濫を減らす（河川整備による浸水深の軽減）

「氾濫を減らす」対策については、治水の根本である洪水時の水位を下げる河川整備が最も有効である。いの町の中心市街地のような地理的条件であっても河川整備を実施することで避難時間を稼ぐことや浸水深を少しでも軽減することが可能であるため、引き続き、仁淀川の河川整備を進めていく必要がある。

4. まとめ

家屋倒壊等氾濫想定区域内で居住誘導区域を設定する場合、河岸侵食区域と家屋が転倒する区域は居住誘導区域から除くこと。「備えて住む」ための観点として家屋補強を前提とした家屋の安全性を確保したうえで垂直避難が可能であること、若しくは「安全に逃げる」ための観点として避難所・緊急避難場所に安全に行くことが可能な避難の確実性のいずれかを向上することで居住誘導区域に設定することは可能と考えられた。また、家屋倒壊等氾濫想定区域外での浸水想定区域である場合においても、安全に逃げるための観点として「避難の確実性」を向上することが可能であれば居住誘導区域として設定することは可能と考えられた。このことより、水害リスクを受け入れたうえでの条件付きであれば、居住誘導区域の設定は可能と考える。しかし、これらを実現していくためには具体的な実行が備わっていなければならない。闇雲に居住誘導区域を拡大することだけを考えても、詳細な条件設定に基づいて確実に実現できるラインを把握していなければならない。今後、これらの実現・実行に向けて、当事務所からは改正都市再生特別措置法（令和2年9月施行）により新たに位置づけられている防災指針

において、地区ごとの命の守り方を前提条件とすることを詳細に記載することを提案している。

今回、仁淀川において検討する過程でいの町中心市街地の住民にとって流域治水は念願であったことが分かった。流域治水の3方策のうち1つ「安全に逃げる」が自主防災組織のおかげで大きく動き始めていたことが分かり、当事務所との打合せをきっかけに大きく前進した。まさに流域治水の概念である「あらゆる主体が治水に参画する」を実現するための協力体制や意識が向上された瞬間だと感じた。

「備えて住む」（家屋での対策）については、家屋補強による対策を行う場合、当然費用が発生し、少なくとも数百万円は必要となる。今後、詳細な調査を実施しなければいけないが、対策を進めるには住宅の耐震化に補助金制度があるように、住宅の耐水化にも補助金制度が必要と考える。

「氾濫を減らす」対策については、いの町中心市街地においては、現在、仁淀川で実施している河川整備では地形的条件から想定最大規模の洪水に対して、「命の危険がある人」の被害軽減効果が大きく見込めないということが分かった。今後、河川整備を加速化するとともに新しい氾濫を減らす方法も必要と考えられる。例えば、越水・浸透・侵食に対して「堤防の粘り強い化」等で破堤までの時間を少しでも引き延ばすことができれば、「安全に逃げる」ための避難時間が確保できるほか、氾濫量自体も減らせることができれば家屋倒壊等の範囲を狭めることができ、「命の危険がある人」をより少なくすることが可能になるものと考えられる。

いの町では、これまでの浸水被害に対してハード整備に頼ってきたが、平成26年度の台風12号被害を契機にソフト対策として、一部の地区で建築床高指導条例を制定し、居室を浸水深より高くするよう町長が助言する取り組みも行われている。しかし、想定最大規模洪水では広範囲にわたり住居の3階以上で浸水する想定となり、本来は命の危険がある場所でのまちづくりは推奨されるべきではないが、いの町の現状を尊重して技術的支援を行ったものである。今後においては、水害があっても命をなくさない住み方や逃げ方への対応、つまり水害からのぐまちづくりが必要と考えられる。

流域治水はまだ始まったばかりであるが、今後においても「流域治水の推進方針」の実効性を高めるとともに、いの町の利便性と安全性を両立した流域治水による新しいまちづくりの実現を目指してさらに議論を進めていく必要がある。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）平成27年7月