

# 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～

藤田 和寿<sup>1</sup>

<sup>1</sup>四国地方整備局 高知河川国道事務所 調査課 (〒780-8023 高知県高知市六泉寺96-7)

高知県吾川郡いの町は、想定最大規模洪水による浸水想定区域が中心市街地の全域におよび、さらに、家屋倒壊等氾濫想定区域には役場、医療福祉施設およ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。

いの町では、立地適正化計画の策定にあたり、歴史と文化を生かした利便性・経済性の向上と水害に対する安全性の両立に向けた検討を進めており、家屋倒壊等氾濫想定区域内における居住誘導区域の設定方法について、先行事例のない家屋での対策を含めた避難の考え方について技術的支援を行ったため紹介する。

キーワード 流域治水、居住誘導区域、まちづくり、家屋倒壊等氾濫想定区域、低奥型地形

## 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り、下流域では、本川に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、“仁淀ブルー”とも呼ばれる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てきた。また、JRや路面電車、一般国道に面し、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・経済性を備えたまちである。

いの町内を流れる支川宇治川は勾配が緩いことから、仁淀川水位の影響を受けやすく、さらに本川との合流部よりも支川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。中心市街地は急峻な山地に囲まれた狭い平地にあり、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、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。

国が当面の河川整備を位置づけている仁淀川水系河川整備計画では、戦後最大洪水である1963年（台風第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、河川整備が完了したとしても、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、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。想定最大規模の浸水範囲のうち「洪水により倒壊する恐れのある家屋に住む人、若しくは浸水深が居住階を超えてしまう家屋に住む人」を「命の危険がある人」と設定した場合に、隣接する土佐市の波介川流域においては、「命の危険がある人」約5,000人に対し、当面の河川整備を実施することで55%が減少する結果となったが、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%の減少にとどまる結果となり、その差は歴然となった。

この結果をいの町に情報提供したところ、偶然にも、いの町ではコンパクトシティによるまちづくり（立地適正化計画）を2021年度策定に向けて検討を進めていると

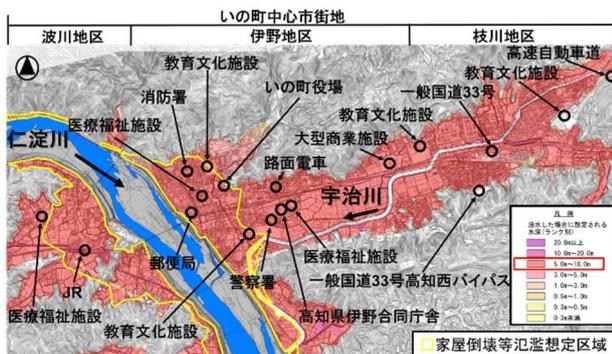


図-1 洪水浸水想定区域図（想定最大規模）

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、2022年度策定へと見送り、より具体的検討を行うこととなった。立地適正化計画においては、人口減少の中にあっても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おり、いの町から水害リスクを踏まえた居住誘導区域の設定手法について助言を求められ、技術的支援を行うこととした。

### 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・激甚化すると予測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、従来型治水に氾濫量軽減の観点を追加した「氾濫を減らす」対策、氾濫することを前提とし水害に「備えて住む」対策、氾濫する前に「安全に逃げる」対策の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本川の流下能力を向上させることで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、事前に想定浸水深よりも高い安全な避難場所の確保をしておくことや、逃げ遅れにならないための情報提供、避難タイミングを知っておくことなどが考えられる。

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、水害リスクを踏まえた居住誘導区域の設定が可能と考えた。

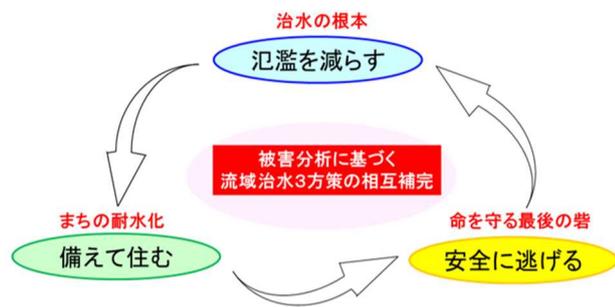


図2 流域治水3方策の相互補完

#### (1) 備えて住む（家屋での対策）

氾濫時の水流でも家屋が壊れず、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「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検討し、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 $F_a$ と終局せん断耐力 $Pu$ が等しくなった場合に生じると考える。

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

滑動は、流体力 $F_c$ と摩擦力 $\mu(W - F_v)$ が等しくなった場合に生じると考える。※ $F_v$ は浮力。

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

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生じると考える。

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

これら倒壊、滑動、転倒の条件について、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、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）」<sup>1)</sup>に示される一般的な2階建て木造住宅の諸元を参考とした。（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
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 <sup>2</sup> ) 29
床面積	(m <sup>2</sup> ) 53
終局せん断耐力	$Pu$ (kN) 45.19
流体の密度	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) 1000
重力加速度	$g$ (m/s <sup>2</sup> ) 9.8
摩擦係数	$\mu$ 0.5
家屋重量	$W$ (kN) 554.028

ここで、終局せん断耐力 ( $Pu$ ) は、基準耐力×単位壁量×床面積より新耐震基準の基準耐力を用い 45.19kN

とした。

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。

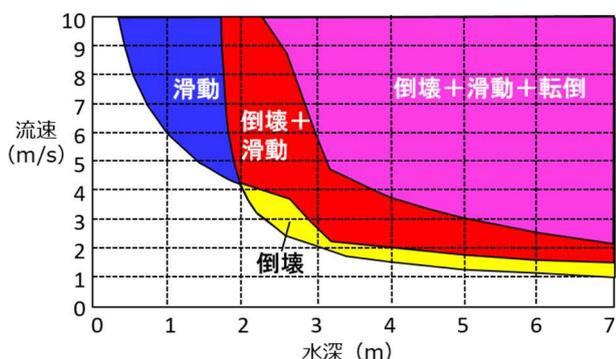


図-3 家屋倒壊等氾濫想定区域（氾濫流）の判定基準

「倒壊」については、流体力が家屋の終局せん断耐力を上回ることで、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た。

「滑動」については、流体力が基礎底面に作用する摩擦力を上回ることで、家屋が押し流されてしまう被害である。このとき、1階が浸水することで空気溜まりが1階天井近くに発生し、さらに氾濫水や雨風の侵入を防ごうとして、2階の窓を締め切った状態にしている場合、浮力によって摩擦力が低減し流体力によって家屋が押し流されてしまう。このため、2階の窓を開放することで摩擦力の低減を抑えることが可能と考えた。

「転倒」については、氾濫水による大きな外力で転倒モーメントが抵抗モーメントを上回ることで、家屋が横倒れになってしまう被害であり、高流速や大水深の領域で発生する現象であるため、「倒壊」や「滑動」に比べ危険度が高いと考えられる。対策方法としては、抵抗力を向上させるための基礎杭等の設置が考えられるが、全面的な建替えが必要となり、費用が高額になるだけでなく既存住宅の補強についてはほぼ不可能に近い。また、個人が実施する対策としても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整理した。

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「備えて住む」対策を行ったうえでの垂直避難が可能と考えた。

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	評価
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	柱を太くする、筋交いを入れる等により構造を強化することで対策可能
	滑動	氾濫水の浸入を防ぐとして2階を密閉してしまうことで浮力が働き流されてしまう
	転倒	基礎杭等を設置するなど、対策費用が高額であり非現実的であるため対策は不可能

図4 家屋倒壊等氾濫想定区域の被害分類別の対策

## (2) 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 避難所・緊急避難場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）
- ② 避難所等の構造が 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等として設定できる（土砂災害警戒区域に含まれる場合は使用不可）
- ③ 避難人数は、避難所等の収容可能人数の範囲内であること
- ④ 避難経路は氾濫範囲や浸水深を考慮すること
- ⑤ 徒歩避難速度は、「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」<sup>2)</sup>でも用いられた Fruin（フルーイン）式を活用し、いの町中心市街地では広い範囲で浸水継続時間が72時間未満であるため、大きめの荷物（リュックサックやキャリーケース等）を持つての避難が想定されることから5%の速度低下を考慮することも参考とし、さらに、いの町中心市街地の人口密度を考慮して導き出した0.32m/sで設定
- ⑥ 徒歩移動が困難な浸水深（30cm）になるまでに避難所等に避難可能であること

### b) 避難場所の把握（検討過程で判明した地域の協力）

検討における避難所等の実態把握のため、避難所等の諸元をいの町に確認すると、町から地域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おり、自主防災組織の活動結果も反映して欲しいとのことであった。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、前年度からこの問題を解決しようと、自主防災組織では町所有以外の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1万人のうち約半数にあたる4,800人ほどの緊急避難が可能であるとのことであった。今後、緊急避難場所への接続道路の確認、避難に関する課題の検討や対策を踏まえたうえで協定を結ぶ等の課題はあるが、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

前述の分析条件で検討を行った結果、いの町中心市街地では想定浸水深が大きいため、使用できない避難所等の存在や、使用できる避難階が限定されるなど「命の危険がある人」が多数残ることが確認された。また、避難所等の収容可能人数が不足することにより、最寄りの避難所等ではなく少し離れた避難所等に避難する必要や、本川氾濫に先行して支川や内水氾濫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等へ避難しなければならない人がいるため、混乱や集中を避けることを目的に、事前に誰がどの避難所等を活用するかを整理し、適切な避難指示のタイミングと推奨される避難路を把握して避難を促す必要があることが分かった。

現時点で避難所等が不足している、安全に避難することができない地区を居住誘導区域にすることは望ましくない。将来においては避難所等の確保などにより、安全に逃げることを確認できれば居住誘導区域の設定は可能と考えられる。

### (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。いの町中心市街地のような地理的条件であっても河川整備を推進することで避難時間を稼ぐことや浸水深を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。倒壊、滑動については「備えて住む」対策として、家屋補強により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」対策として、避難所・緊急避難場所の収容人数や避難時間を踏まえた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。「安全に逃げる」対策は家屋倒壊等氾濫想定区域外での浸水想定区域においても、同様の考え方である。しかし、これらを確実なものとしていくためには具体的な実行性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るのではなく、詳細な条件設定に基づいて確実に実現できる範囲を把握していなければならない。このため、これらの実現・実行に向けて、高知河川国道事務所からは改正都市再生特別措置法（2020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、考えられる課題やその対応方法を詳細に記載することを提案している。

## 5. おわりに

今回の検討過程で、これまで水害に悩まされてきた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方策のうちの1つ「安全に逃げる」対策が自主防災組織を中心に大きく動き始めていたことが分かり、高知河川国道事務所との打合せをきっかけにさらに大きく前進した。まさに流域治水の概念である「あらゆる関係者が協働して水災害対策を行う」を実現するための協力体制や意識が向上された瞬間と感じた。

「備えて住む」（家屋での対策）については、家屋補強により対策が可能としても、一軒あたり数百万円の費用が必要となる。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、いの町の地形的条件下においては、現在、仁淀川で実施している河川整備では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たな氾濫を減らす考え方も必要である。例えば、越水に対して「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」ための避難時間がさらに確保できるほか、氾濫量自体も減らせることができ、家屋倒壊等氾濫想定区域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、2014年に発生した台風第12号を契機に、一部の地区において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ソフト対策も行われている。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、すなわち水害と共存するためのまちづくりが必要と考えられる。

流域治水の取り組み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3方策の充実により、あらゆる関係者の協働による、いの町の利便性と安全性を両立した新しいまちづくりの実現を目指して技術的支援を行っていく。

### 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）。
- 2) 内閣府：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。