

霞堤の機能と近年の研究成果のレビュー

大正大学地域構想研究所特命教授、熊本県立大学特別教授 島谷 幸宏

1. はじめに

流域治水の進展に伴い霞堤が注目されている。ここでは、近年の研究により明らかになりつつある霞堤の治水効果、環境効果、水田への影響などをレビューするとともに、霞堤の基本的な機能について整理した結果を報告する。

2. 霞堤とは

霞堤の定義については大熊(1987)の論文が有名である。大熊は「霞堤とは河川堤防の一形態であり、ところどころが切れていて不連続になっているものをいう。」としている。また、扇状地部の霞堤と緩流部の霞堤があり、それぞれ機能が異なるとしている。

霞堤について再定義すると、河川堤防の一部が不連続の堤防であり、氾濫域に対して開口部は下流部に位置しており、扇状地震堤、氾濫原霞堤などがある。堤内地に洪水流が進入する場合にはバックウォーター（背水）によって水が入るため、氾濫流の流速は小さく、堤内地は大きな破壊を受けない。霞堤は現在も各地に存在しているが、開口部が閉じられる傾向にある。

3. 扇状地震堤

扇状地の霞堤の機能を図1に、黒部川の霞堤の状況を図2に示した。扇状地の霞堤は雁行状の重複部が見られる不連続の堤防からなり、その開口部に支流が流入していることが多い。

扇状地震堤には、いくつかの機能がある。

流路の固定：霞堤の下流先端部に水はね水製の機能を持たせ、流路を固定するという機能を有する。山梨の例を見ていると、霞堤下流部は石で強固に全体が覆われている。扇状地河川は川底の材料と川岸の材料が同じ玉石や礫などの粘着性のない材料からできている。そのため、洪水時に、川底の材料が動き出すときに河岸の材料も同時に動き出すと考えられている。そのため、水深を深く保てず、川幅が広く、流路も変わりやすいという河道特徴を持っている。そのため、扇状地河川は、流路を固定することが重要であり、霞堤の第1の機能は流路固定と考えている。

氾濫戻し：扇状地の霞堤は上流側の霞堤と下流側の霞堤の重なり部分が存在し、霞堤が破堤あるい

は溢水した場合は、下流の霞堤の袖部が氾濫水を受け止め本流に戻す氾濫流制御機能を有する。これについては、妹尾・石川(2018)らの黒部川の霞堤の研究がある。

支流の処理：日常的にはこの効果が最も大きいと思われる。堤防が不連続であるため内水排除は容易である。水門や樋門などの構造物も不要で合理的である。また、洪水時には支流から本流への流入を減少させる流量低減効果もある。近年の瀧ら等の研究で明らかになっているが、支流の合流量を抑制する機能は大きいことが分かりつつある。

逆流防止効果：扇状地の霞堤は地形勾配が急で堤防が重なっているため、開口部の高さよりも地盤高が高くなる場所まで霞堤を伸ばしていると、逆流による堤内地への氾濫は見られない。また、洪水時に氾濫流が堤内地に溜まるため、内外水位差が小さくなり破堤氾濫の危険を減少させる。

築堤等により開口部の本堤のみがかさ上げされ、霞堤の袖部の高さがかさ上げされない場合が時々見られるが、洪水の規模が大きい時、霞堤の上流端から低内地に水がこぼれ氾濫することがあるので要注意である。

水害防備林：霞堤は水害防備林とセットになり設置されることが多い。水害防備林は破堤時の流速低減、逆流時の流木やゴミ、土砂の補足などのために開口部および霞堤周辺に設置される。水害防備林は環境上良好なところが多く、万力林、信玄堤のように公園として利用されているところも多い。

取水地点の固定：霞堤により水衝部が固定されるため、山梨県の笛吹川の万力林のように、霞堤を使って取水が行われる場合がある。

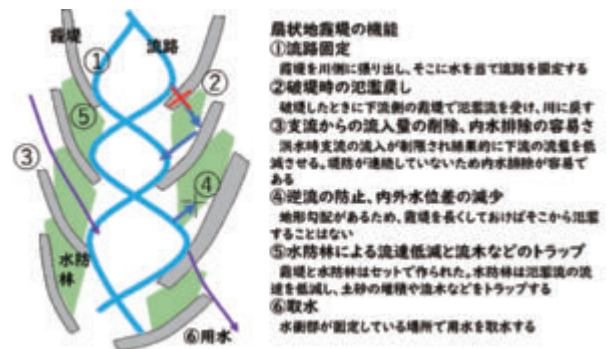


図1 扇状地震堤

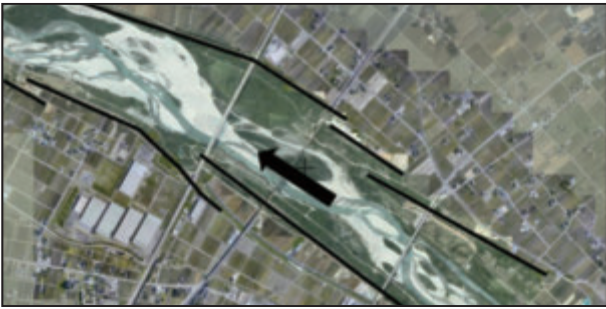


図2 黒部川の霞堤、雁行状に設置されている、国土地理院地図空中写真に加筆

4. 氾濫原霞堤

氾濫原霞堤は扇状地震堤よりも下流に位置し、扇状地震堤と同様、開口部は下流端に位置し、逆流によりゆっくりと堤内地に氾濫させるが、その氾濫の範囲は地形勾配が緩いため、氾濫流を遮る堤防や段丘、自然堤防がなければ相当にさかのぼる。開口部は湿地的な環境となるが、堤内地の利用は水田が基本である。堤防の重複によるメリット（逆流の防止、氾濫戻し）が期待できないため、堤防の重複部は基本的に有しておらず不連続の堤防になっている。開口部は支流合流点、山付部などに設けられ、ゴミなどの侵入を防止する水害防備林が開口部にセットで配置されることが基本と考えられる。

下流への洪水量の低減効果は、霞堤の背後地の地形条件によって決まり、氾濫域が広い場合には本流の洪水低減効果は大きくなるが、狭い場合は効果は限定的であり、地先での農地の肥沃化排水能力の向上が主な目的となる。ただし、支流からの合流量を低減させることができるため、本流の流量の貯留効果と支流の合流量の低減効果の両者が下流への低減効果となる。

下流からの氾濫流により洪水時には水田に水が貯留され内外水位差が小さくなるため、たとえ上流からオーバーフローしたとしても破堤を抑えられる。上流の氾濫流が流入する場所には水害防備林が設置される事例が見られるが、上流からの氾濫流の流速低減効果などによる破堤氾濫防止、水田への流木、ゴミなどの流入抑制機能を持つ。平成になって新設された、五ヶ瀬川水系の北川の霞堤は破堤氾濫を抑止することを大きな目的とするとされていた。

下流から水を導水するため、氾濫域の流速は遅く、沃土を堆積させるため氾濫原開発が目的で霞堤が設置されたところも多いと考えている。例えば、佐賀県の塩田川では、宝暦13年(1763年)に塩田郷の庄屋、前田伸右衛門により鳥の羽重ねとよばれる一連の霞堤が設けられた(図4)。鳥の羽重ねは、上流からの氾濫により農地がしばしば被害を受けるため、交互に下流端を解放した堤防を設け鳥の羽重ねのような霞堤を設け、上流からの農地への氾濫を

防ぎ、下流からゆっくり氾濫流を導き、肥沃な農地に変えたとされている。上流からの氾濫の抑止、下流からの肥沃な土砂の流入を目的としたもので、地先のために作られた施設で、下流への洪水流量の低減は特に意識されていない。日本各地で見られる、農地の霞堤は下流の流量低減を主目的としたものではなく、鳥の羽重ねのように、農地開発として地先の利益のために導入されたものが多いのではないかと考えている。

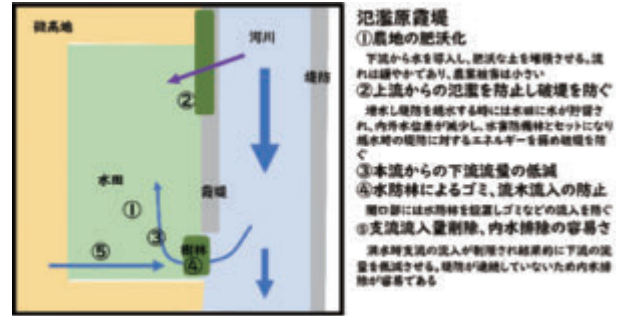


図3 自然堤防地帯で見られる霞堤の機能

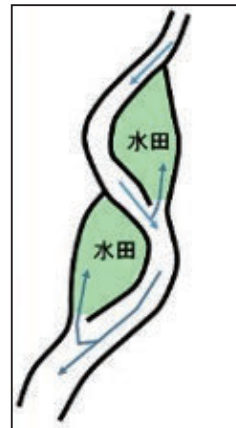


図4 鳥の羽重ね

氾濫原霞堤として代表的なものは愛知県豊川、九州の松浦川の一連の霞堤、緑川響塘(くつわども、響:馬の口に含ませ、手綱を付ける道具、塘:堤防のこと)、佐賀県塩田川の鳥羽重ね、平成になって増設されたものとしては宮崎県の北川などがある。大熊は緩流の霞堤は多くないとしているが、西日本には多数見られる。

5. 近年の研究例

5.1 筑後川支流城原川の霞堤、無堤、野越

筑後川の右支川城原川(流域面積64.4km²)には、霞堤(4か所)、無堤(2か所)、野越(堤防の一部が低くなった越流堤、9か所)などの伝統工法が残されており、中島・大串・日野(2013)らが数値計算により効果検証を行っている。地形的には扇状地に位置する。これらの施設は、圃場整備などによって受堤を欠き、遊水地が存在しなくなっているとしている。

本川は1次元流れ解析で氾濫流は2次元流れ解析により2010年7月豪雨を対象にそれらを引き延ばしたシミュレーションを行っている。支川からの流入は考慮されていない。実豪雨では、越流は一部でしか発生せず、本川基準点に対する水位低下量はわずかであるが、1.5倍まで流量波形を引き延ばした場合には、連続堤の場合と比較し、38cm水位が低下し、大きな治水効果を発揮している。その時の堤内

地での氾濫流の流速は0.3m/s程度以下と低流速である。城原川には霞堤のほか野越も存在しており、大変興味深い結果を示している。

5.2 黒部川の扇状地震堤

黒部川は日本を代表する扇状地河川で多くの霞堤が見られることで著名である。妹尾・石川(2020)は三角形非格子浅水流モデルにおいて堤防越流を本関式で示した赤穂らのモデルを用い、1969年8月波形の流量規模を変えた洪水を用い数値計算を実施している。

この研究では、霞堤の重複部(筆者らは控堤とよんでいる)による氾濫戻し機能を数値計算していることが特徴で、氾濫戻しにより下流氾濫域の被害が軽減し、それは控堤の長さに関係する場合があることに言及している。霞堤による氾濫流制御に言及した優れた論文である。

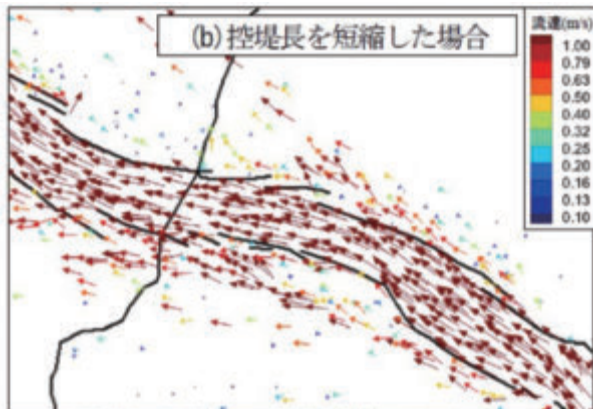


図5 妹尾・石川(2020)に示された氾濫戻しの状況

5.3 福井県の北川、滋賀県の安曇川の霞堤

瀧ら(2021)は、福井県の北川(霞堤11か所)、滋賀県の安曇川(霞堤5か所)を対象に扇状地河川である北川(ただし下流の一部の霞堤は自然堤防地帯に位置する)、安曇川の霞堤群について、①河川水位の低減効果、②パイピング緩和効果(内外水位差)、③貯留効果、④氾濫流・内水排除効果、⑤氾濫域限定効果、⑥氾濫流速抑制効果の6つに分類して支流の流入量を考慮し、2013年台風18号の降雨波形を引き延ばした対象降雨を用い数値計算を行っている。

下流の基準点に対する水位低減効果は、1/400の確率降雨に対して、北川0.32m、安曇川0.34mと両河川とも大きな水位低減効果を示している。外力が大きくなるほど水位低減量は大きいとしており、超過洪水時にも効果を発揮することが報告されている。これまで扇状地震堤では貯留による下流に対する効果は大きくないと思われていたが、支流からの流入量を抑制することおよび群による貯留効果により本流に対して大きな洪水量低減効果を発揮することを明らかにしている。

また内水排除時間について、霞堤遊水地が0.3m

以上の浸水時の浸水時間が、連続堤防を設置し樋門とした場合に比べて、北川では約20時間、安曇川では約30時間も短縮されており、内水排除機能は極めて大きい結果となっている。

以上のように、扇状地震堤の治水効果を定量的に明らかにした価値の高い研究であり一読を薦めたい。

5.4 松浦川の氾濫原霞堤

佐賀県の松浦川は上流部まで勾配が緩く、多くの氾濫原霞堤が存在する河川である。

寺村ら(2020)の研究によると、松浦川流域には一連の霞堤が存在し、霞堤群による氾濫域は240ha、貯水能力は280万 m^3 と推定されており、大きな貯水能力を有している。寺村らは、松浦川の大川野の霞堤を対象に、2019年8月27日の1時間100mmを超える豪雨を対象とした現地観測およびシミュレーション(支流を含めない)を行っている。

大川野霞堤(図6)は河岸段丘(E)と霞堤(B)と輪中堤(C)により囲まれた面積16haの水田に位置する。霞堤開口部(A)は城野川との合流部かつ山付部に位置している。

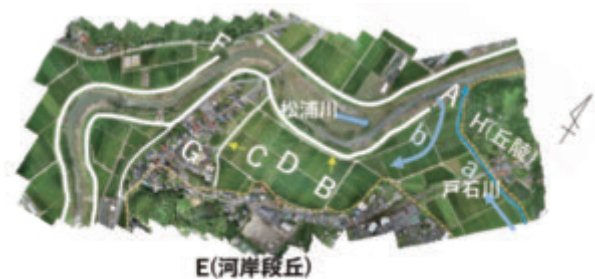


図6 松浦川大川野の霞堤(A)

浸水実績およびシミュレーションの結果、大川野の地点で、本流の推定流量約1100 m^3/s のうち、ピークカット量は5.3 m^3/s 、湛水深から最大で約48万 m^3 の洪水の貯留を行い、約10分のピーク到達時間の遅延が見られるなど、量的には大きくないが一定の治水効果が見られた。シミュレーション上、城野川(流域面積4.7 km^2)からの流入は考慮されていないが、実際には城野川からの本流への流入も抑制しており、ピーク時の城野川流域の時間雨量は5~10mm/h程度と推定されるため、さらに4~10 m^3/s 程度の効果があったものと思われる。

シミュレーションによると氾濫時の水田の流速は極めて遅く、流入部付近と道路の越流下流部で0.5 m/s を超えるものの殆どの水田で流速0.3 m/s 以下になっている。

また、水田では湛水しても稲の倒屈は発生せず、短時間で泥などもほとんどつかないため、甚大な被害にはつながらない。地元へのヒアリングも行っており、氾濫の結果むしろ土が肥沃になるため利点もある、稲が水に浸かるとイモチ病などが発生しやす

くなるため注意が必要になること、ゴミの流入があるため撤去が必要になるなど手間も増えるため農家にとって気持ちのいいことではないという話も聞かれた。以前は、洪水の流入時に水田に侵入してくるコイなどを捕獲していた話もあり、特に農家にとって、氾濫原霞堤のシステムは下流の治水のためでなく、自身の所有する農地の洪水被害の低減と洪水による恵みの授与を目的とした水管理システムであることが示唆されたとしている。

以上のように氾濫原霞堤も治水効果を有すること、大川野の場合稲への被害は発生していないことなど貴重な知見が得られている。

5.5 五ヶ瀬川水系北川の例

五ヶ瀬川の1次支川の北川は流域面積573.5km²の1級河川で、1997年9月の台風により大きな被害を受けてその災害復旧事業において霞堤が構築されたことで著名である。

霞堤の経緯について、杉尾(2017)がまとめている。北川の霞堤は昭和40年代半ばに、当時の中井平一郎村長の指示で村づくりのために水害対策の検討を全国山村振興調査会に依頼し、高橋裕教授がその報告書で、「北川流域は平地が乏しいため、河幅を大きくすれば、農耕地が狭くなるので問題。堤防築堤は霞堤方式によらざるを得ない」と報告し、当時の北川村村議会で採択され、宮崎県に要望し、昭和50年代の半ばに県により施工されたものである。1997年の台風後の激特事業においてもこの霞堤が採択されている。

渡辺、杉尾らの研究によると、北川の6個の霞堤群で、本川流量を連続堤にした場合と比べ300m³/s低減するとしており、そのうち特に家田・川坂の霞堤は氾濫域が1kmを超え、1つで220m³/sと非常に大きな低減効果を有している。

また、山下らは、霞堤の有無による支流の魚類相、安定同位体比などの研究を実施しており、家田・川坂の霞堤に流入する支流のみにタイリクバラタナゴ、メダカ、ドジョウなどが確認され氾濫原生態系が維持されていることが確認されている。

激特事業の河道掘削や宅地嵩上などの事業効果により家屋の浸水被害が大幅に低減しているが、その後、地元から霞堤下流部の締め切りが要望された。そこで宮崎県は平成20年から流域防災会議を開催し、平成29年の11回流域防災会議において霞堤の設置経緯や効果について説明し地元の了承が得られた。同年6月の北川大水害20周年記念シンポジウムが開催され、霞堤が北川町の安全な社会の構築に必要であること、開口部締め切りによる破堤危険度の増大を認識していなかった、宮崎県河川課の押し付けで霞堤が整備されたと誤解していた、下流

域のための治水対策ではないことを理解し、霞堤締切の要望を取り下げる、霞堤内地の冠水による農作物の収穫増を認識していたなどの意見が出され、地域の合意が図られた。

宮崎県、杉尾名誉教授などの尽力により霞堤に関わる合意形成がなされたことは、今日的な意義が極めて高く、流域治水の推進には地道な合意形成が必要であることが認識される。

6. おわりに

流域治水のメニューとして霞堤があげられているが、これまで土木史的な研究は行われていたものの、定量的な研究は十分ではなく概念的な議論に終始していた。しかし、近年、数値計算技術の進展もあり、個別の霞堤を対象とした意欲的で優れた研究が行われるようになり、霞堤の定量的な効果がかなり明らかとなってきた。特に、流量低減機能、氾濫流制御機能(氾濫戻し含む)、内水排除機能、内外水位差の低下機能などの治水効果は相当程度あり、群として機能すること、支流の影響を考慮することの重要性が示されつつある。また氾濫原環境を維持する機能を持つことや、農地への影響がそれほど大きくないことも相当程度明らかになってきている。また宮崎県や杉尾名誉教授らが北川で行った霞堤が設置された地域での合意形成の取り組みは、今後の流域治水を進める際の方向性を示す素晴らしい取り組みである。これらの研究を行ってこられた皆様に敬意と謝意を表明します。

参考文献

- 1) 大熊孝. 霞堤の機能と語源に関する考察. 日本土木史研究発表会論文集, 1987, 7.0: 259-266.
- 2) 中島大斗; 大申浩一郎; 日野剛徳. 城原川野越・霞堤の効果検証のための洪水氾濫数値シミュレーション. 土木学会論文集 B1 (水工学), 2013, 69.4: I_1537-I_1542.
- 3) 妹尾泰史; 石川忠晴. 数値シミュレーションによる江戸時代後期の黒部川扇状地震堤システムの洪水調節機能の評価. 土木学会論文集 B1 (水工学), 2018, 74.4: I_1411-I_1416.
- 4) 瀧健太郎, 中村亮太, 原田守啓, & 田中耕司. 霞堤の治水機能の評価方法および流域治水計画における位置付けに関する一考察. 河川技術論文集, 2021, 27: 557-562.
- 5) 寺村淳; 北村圭太; 島谷幸宏. 松浦川大川野地区における霞堤の機能評価. 土木学会論文集 B1 (水工学), 2020, 76.2: I_445-I_450.
- 6) 河川生態学術研究会五ヶ瀬川水系研究グループ. 五ヶ瀬川水系の総合研究, 2013: 4-41-4-46.
- 7) 杉尾哲. 北川の霞堤をめぐる地域の合意形成について. 2017年, 2017, 12.