

荒川流域における自然堤防の治水機能

FUNCTIONS OF NATURAL LEVEES ON FLOOD CONTROL IN THE ARA RIVER BASIN

齊藤 滋¹・大野 宏之²・島田 裕司³・福岡 捷二⁴
Shigeru SAITO, Hiroyuki ONO, Yuji SHIMADA and Shoji FUKUOKA

¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 (〒112-8551東京都文京区春日1-13-27)

²国土交通省 関東地方整備局 荒川上流河川事務所 調査課長 (〒350-1124埼玉県川越市新宿町3-12)

³国土交通省 関東地方整備局 河川管理課建設専門官 (〒330-9724埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

⁴フェロー 工博 Ph.D中央大学研究開発機構教授 (〒112-8551東京都文京区春日1-13-27)

Natural levees are a kind of micro-topographies made by large flood inundations. The extension of inundation waters by flooding is affected by arrangement and scale of natural levees. The objective of this study is to clarify the functions of natural levees on the Ara river alluvial fan and middle reach of the Ara River for the flooding by using topographical classification maps and results of analysis of inundation of 100-year flood. We clarified that natural levees had functions of the base of community developments, and reduction of flood damages. There are possibilities to give flexible flood control measures to flooding areas by natural levees coping effectively with other infrastructure facilities such as roads and railways.

Key Words : *natural levee, flood management, Ara River Basin, topographical classification map, inundation area.*

1. 序論

人口が集中する河川氾濫域では、水害への対策は都市形成において最も優先されるべき事項の一つである。水害対策として、一般に堤防建設や洪水調節施設により河川の流量をコントロールする等が行われている。しかし、今日では多くの河川で堤防沿いに人々が生活しており、堤防の増強には時間がかかるうえ、河川を横断する橋梁などによって堤防を高くすることが難しくなっている。また、新たな洪水調節施設の整備に関しても、多大な費用を要する他、環境への影響、地域住民との合意形成に時間を要するなど課題も多い。

このため、これからの治水計画を検討する上で、既に完成した治水施設および計画されている洪水調節施設などの整備とともに、新たな治水システムを念頭に置いた検討が求められている¹⁾。破堤氾濫が生じた場合、堤内における氾濫水の広がり、浸水深および流速には流域の自然堤防などの微地形が影響する。自然堤防については堆積学や地質学²⁾などの分野で多くの研究が進められているが、自然堤防などの微地形を考慮した治水の在り方についての研究はほとんど行われていない。齊藤・福岡³⁾は写真-1のような自然堤防の発達している荒川扇状



写真-1 熊谷市周辺の自然堤防

地において、自然堤防の治水的な機能について検討し、その利用可能性について言及している。しかし、この研究は荒川扇状地の自然堤防に限定し、その治水機能を検討したため、氾濫域全体の自然堤防の治水機能は検討されていない。本研究はその研究を発展させ、荒川流域全体における自然堤防の特性とその治水機能および活用法についての検討を目的としている。

2. 検討方法

本研究では氾濫による大きな被害が予想される荒川流域

の自然堤防について検討を行った。江戸時代以前の荒川であった元荒川や、利根川が流れていた古利根川付近には、しばしば多くの洪水氾濫に襲われていたと考えられ、写真-2のような自然堤防が図-1のように分布している。流域内で特に自然堤防が発達している埼玉県熊谷市、加須市、越谷市周辺に着目し、治水地形分類図⁹⁾に記されている自然堤防等の位置情報を基に微地形の識別を行い、さらにレーザープロファイラー（LP）データを用いて高低差を調べ、地域毎の自然堤防の形状の違いを調べた。さらに氾濫計算結果と照らし合わせ、自然堤防の治水的な機能の検討を行うとともに、住宅地の位置と浸水域の関係を調べ、自然堤防の二線堤機能を用いた氾濫水対策について検討した。氾濫解析は83.2km地点でピーク時に7345m³/sの流量が生じる1/100の確率規模の洪水において荒川の左岸が破堤した場合を想定し、250mメッシュでの地盤高および主要な道路、鉄道等の連続盛土構造物の標高を考慮し二次元不定流計算を行った。

3. 検討結果

(1) 熊谷市周辺の自然堤防

図-2は熊谷市周辺における地形分類図を示している。縦線で示している地域が台地であり、ドットで示している地域が自然堤防である。熊谷市は荒川扇状地の上にあり、河道の変遷が激しく大きな自然堤防が発達しないため、周辺の自然堤防は比高差が0.5mから1m程度と小さく、不連続な自然堤防が点在している。図-3に現在の交通網と地形分類図を重ねたものを示している⁹⁾。熊谷市は宿場町として栄え、古くから交通の要所として発展してきた。道路や鉄道の多くは自然堤防の上を通るか自然堤防を繋ぐようにして作られていることが分かる。この地域において1/100確率規模の洪水氾濫が生じた場合の自然堤防の氾濫水に対する影響を検討したが、自然堤防の比高差が小さく氾濫水に対する機能はあまり見られなかった。このため自然堤防と、自然堤防を基盤として作られた道路や鉄道にも着目し、道路や鉄道の氾濫水に対する影響を検討した。

図-4は破堤から1時間後の浸水深のコンター図と交通網の位置を重ね合わせたものである。灰色が濃い地域ほど予想される浸水深が大きいことを示している。図の中央付近の氾濫水が鉄道によって止められているほか、図の右の氾濫水が道路によって止められている。

図-5は破堤から12時間経過した時点の浸水深を示している。浅い浸水が地域全体に広がっている様子が分かる。この図においても道路や鉄道が氾濫水の広がりを止めている箇所や、道路や鉄道を境に浸水深が変化している箇所が見られる。氾濫水の広がりを止めている道路や鉄道は盛土の比高差が3m以上と大きく二線堤としての機能を持つ。しかし、多くは0.5m程度の盛土であり、これら

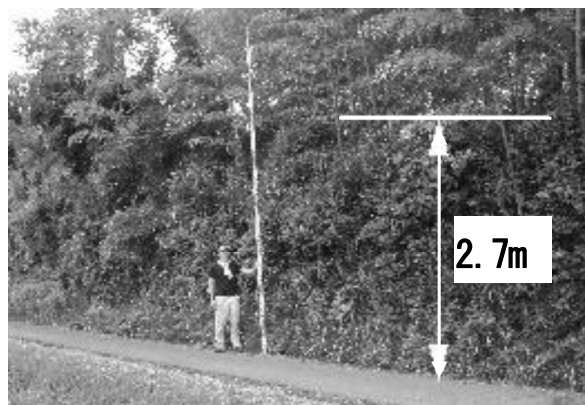


写真-2 加須市周辺の自然堤防

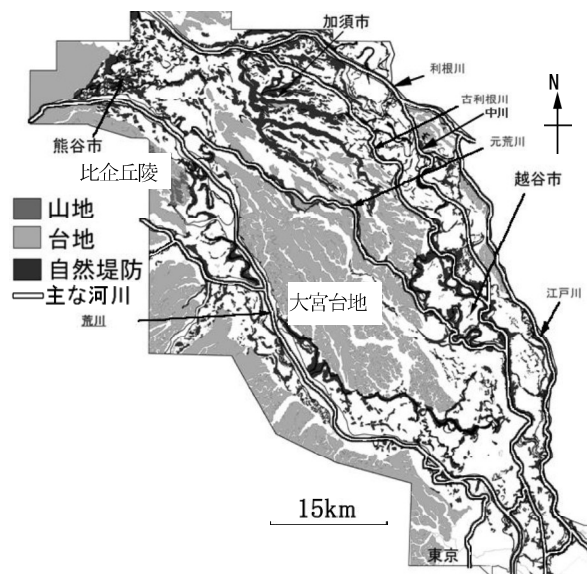


図-1 荒川氾濫域の地形

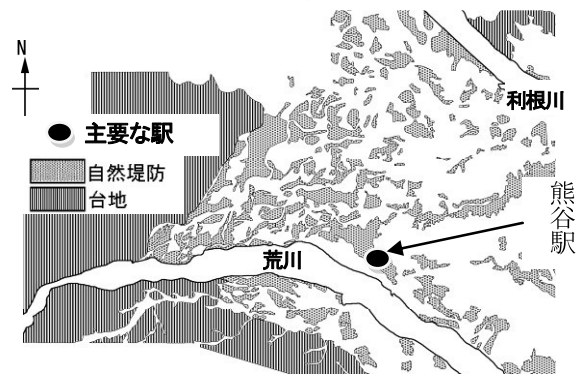


図-2 熊谷市周辺の地形

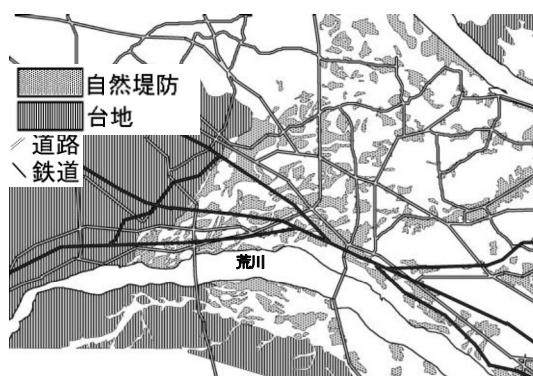


図-3 熊谷市周辺の交通網

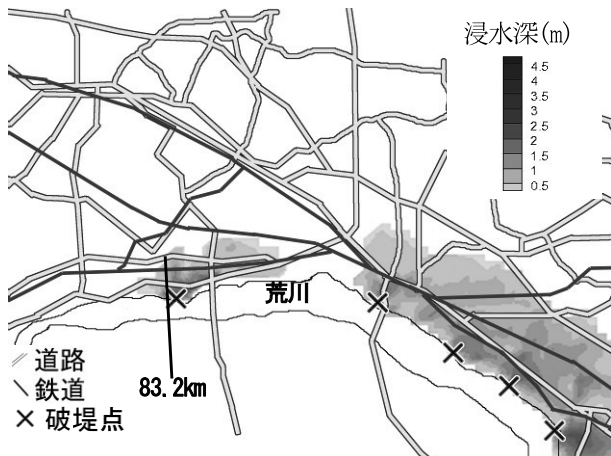


図-4 破堤から1時間後の浸水深

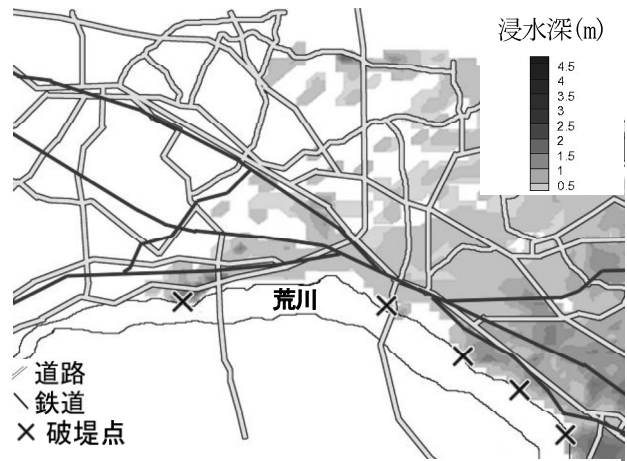


図-5 破堤から12時間後の浸水深

は氾濫水の進行速度を遅くする機能を持つと考えられる。

この地域は自然堤防上に古くから住宅地が形成されているほか、埼玉県の市町村の中で麦や野菜などの耕作面積が最も大きい⁶⁾。これらの作物は冠水による被害が大きく、浅い氾濫水の拡大の抑制が求められるため、二線堤として自然堤防と道路や鉄道盛土を活用して治水機能を高めることが可能か、住宅地や耕作地の浸水被害軽減にどの程度有効であるか等今後の検討課題である。また、本検討の氾濫解析ではメッシュ長を250mとしているため、面積の小さい自然堤防は考慮されていない可能性がある。自然堤防の治水機能を詳しく検討するには、より精密な氾濫解析が重要である。

(2) 加須市周辺の自然堤防

荒川扇状地を出て下流に行くと、加須市周辺地域に自然堤防が多く発達している。図-6に示すように、この地域は扇状地より勾配が緩やかであるため氾濫水に伴う土砂の堆積により自然堤防の比高差は1mから3m程度と、熊谷市周辺と比較して大きな自然堤防が発達している。図-7に加須市周辺の自然堤防の分布を示す。台地と自然堤防が複雑に存在している様子が分かる。加須市周辺は台地の間隔が西から東へ広くなるため、自然堤防は東方に放射状を呈している。現在の利根川は図内上部を流れており、荒川は左下部を流れているが、以前は氾濫し複雑な流路をなして流れていたためと考えられる。

熊谷市周辺から流れてきた氾濫水は破堤からおよそ3時間後に加須市周辺に到達し、浸水深は6時間後に最大となる。図-8は破堤から6時間後の浸水深を示している。熊谷市周辺では氾濫水は自然堤防の影響は小さかったが、加須市周辺では自然堤防の比高差が浸水深と比較して大きいいため、自然堤防上の地域は浸水していない。また、自然堤防上だけではなく、自然堤防に囲まれた地域なども浸水の被害が小さいことが分かった。図-9は破堤から1日後の浸水深を示している。図-8と比較すると、図内の左側の浸水深が減少しているとともに、右方向へ広がっている。このことから、氾濫水が自然堤防

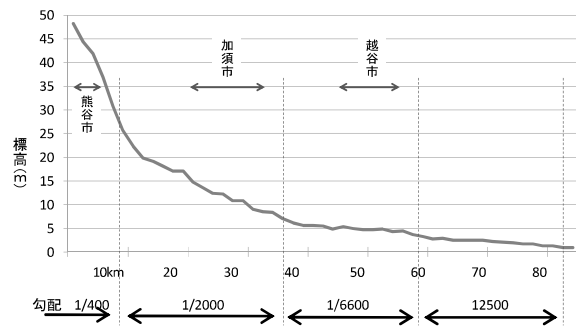


図-6 荒川氾濫域の縦断勾配

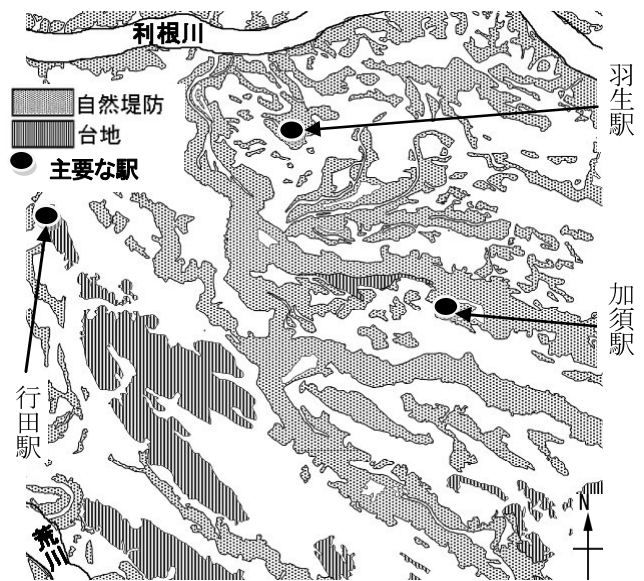


図-7 加須市周辺の自然堤防の分布

の間を下流方向へ流下している様子が分かる。自然堤防は氾濫水を止めるだけではなく、下流へ誘導する機能を持っていることが分かった。

図-10は図-9に破線で示すA地点からB地点までの自然堤防の縦断的な比高差を示している。比高差は自然堤防における最高地点の標高から、周囲の低地の標高の差をとったものである。この図から、自然堤防がかなりの凹凸を持ち、比高差が大きく変化している様子が分かる。グラフ上部の黒の横線は、1/100規模の氾濫において浸水が予想される区間を示している。自然堤防におい

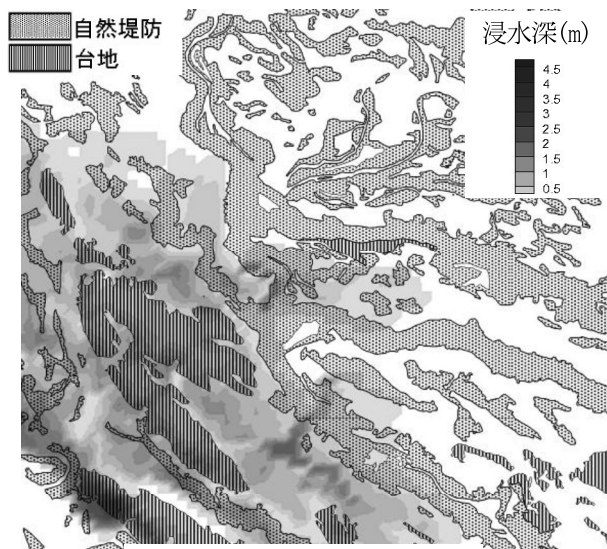


図-8 破堤から6時間後の浸水深

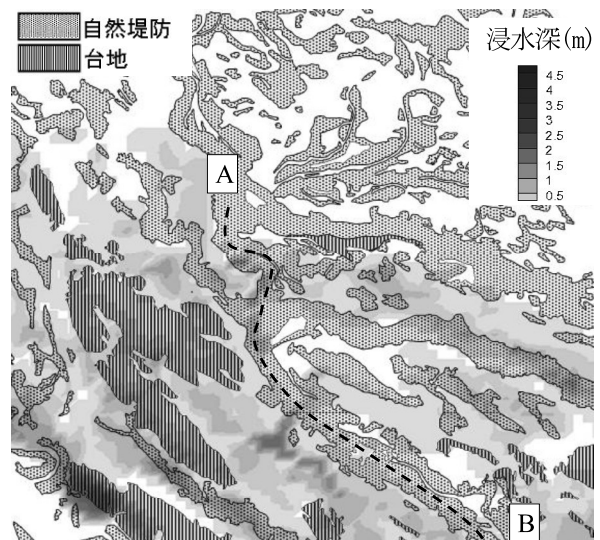


図-9 破堤から1日後の浸水深

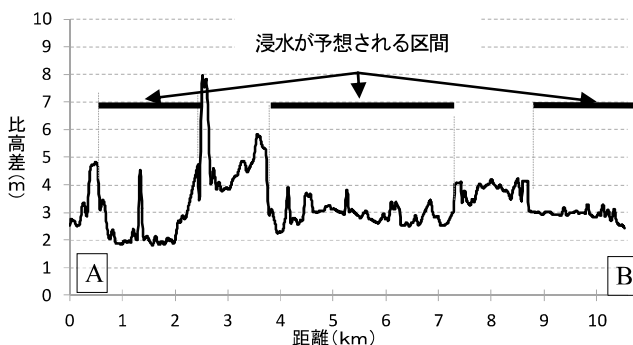


図-10 A地点からB地点の自然堤防の縦断的な比高差

て周囲に対する比高差が小さい箇所では浸水するが、浸水している区間と浸水していない区間の比高差は、小さなもので1mほどである。熊谷市の事例のように道路や鉄道盛土に二線堤的な機能を持たせることにより、被害軽減に役立つ可能性がある。

加須市は埼玉県の市町村で最も水田の作付面積が大きく、今回浸水が予想される地域の多くが水田として利用されていた。水田は他の農作物と比較して冠水による被害が小さいため、氾濫水の貯留の影響が小さいと期待される。一方、市街地や工場などの施設が集まる地域は浸水を防ぐ必要があるため、土地利用を考慮した自然堤防の活用方法が議論されなければならない。

盛土によって自然堤防のある地域の治水機能を高めることが、他の地域の浸水被害を増大させることが考えられる。図-11に住宅地の位置と自然堤防の位置関係を示す。住宅地が自然堤防を中心に形成されていることが分かる。A地点からB地点の自然堤防を道路や鉄道盛土によって強化した場合、氾濫水による加須駅周辺の被害の軽減が期待されるが、それに伴い行田駅周辺の被害が増大する恐れがある。自然堤防をどのように活用し二線堤的な機能を持たせるか、上流や下流に位置する地域に対する影響を十分検討しなければならない。

(3) 越谷市周辺の自然堤防

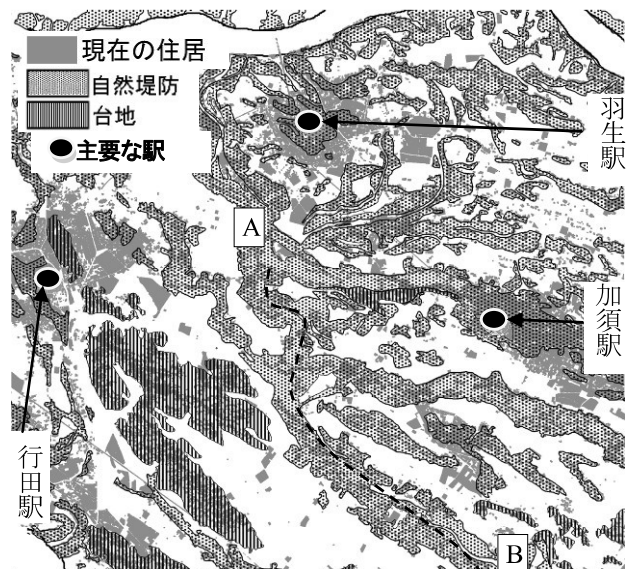


図-11 加須市周辺の自然堤防の分布

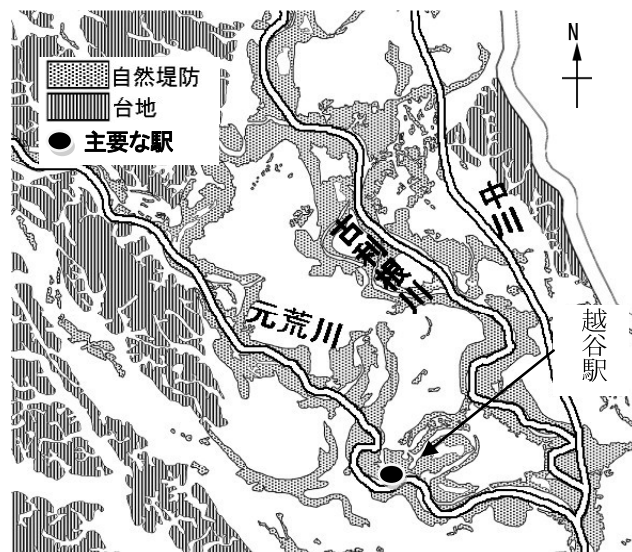


図-12 越谷市周辺の自然堤防の分布

加須市のさらに下流に位置する越谷市周辺では、加須市と同規模の高さ数mの自然堤防が発達している。図-

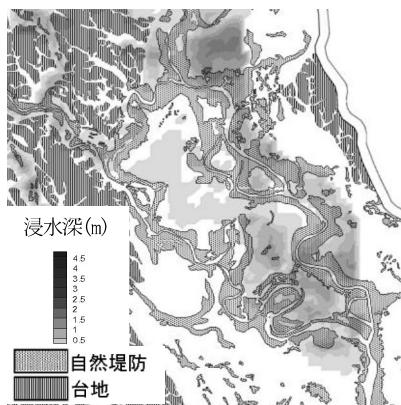


図-13 破堤から4日後の浸水深

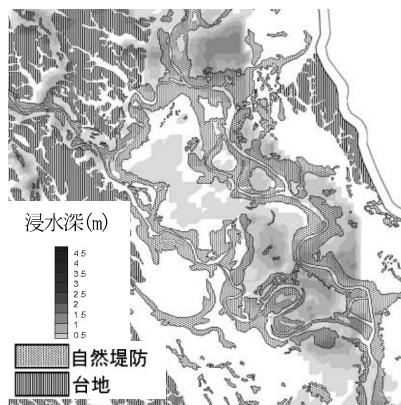


図-14 破堤から7日後の浸水深

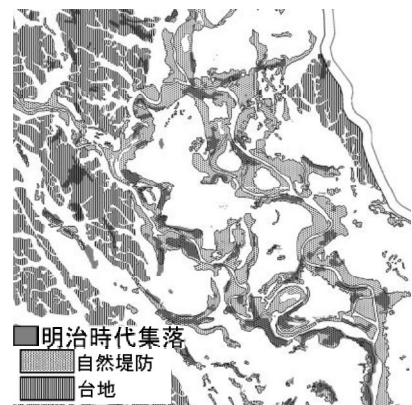


図-15 明治時代の住居の位置

12にこの地域の自然堤防や台地の分布を示している。この地域は台地の間隔が比較的狭く、河川が合流しやすくなっている。図-1に示すように北から中川と古利根川、西から元荒川が流れてきており、越谷市付近において中川に合流している。そのためそれぞれの河川氾濫において発達したと考えられる自然堤防が下流に向かって閉じる形をしている。

熊谷市と加須市を流れてきた氾濫水は、およそ3日後に越谷市周辺へと到達する。図-13は破堤から4日後の浸水深と地形を重ね合わせたものである。北からの氾濫水が流下するに従って一点に集まる様子がわかる。特に自然堤防によってふさがれている地域では他の地域と比べて浸水深が大きくなっている。図-14は破堤から7日後の浸水深を示している。河川が合流する地域や、自然堤防によって氾濫水の流下が妨げられている地域では浸水深が依然として大きいことから、これらの地域では長期間にわたる浸水が予想される。自然堤防には氾濫水の広がりや抑制し、氾濫水を下流へ誘導する機能の他に、河川の合流部では氾濫水を一つの地域に収束させ、浸水被害の増大をもたらす構造を持っていることが分かった。

図-15は明治時代に作成された迅速図に示されている住居や集落の位置と地形分類図を重ねたものである⁷⁾。図で塗りつぶした部分が集落の位置を示している。93%の住居が自然堤防もしくは台地の上にあることから、氾濫水による浸水被害は比較的小さなものであったと考えられる。

図-16に越谷市、熊谷市、加須市の三地域の人口動態を示す⁸⁾。人口増加が停滞している熊谷市や加須市と比較して、越谷市の人口は増加している。理由として東京への移動時間が1時間以内と容易である等が挙げられる。この人口増加のため、越谷市周辺では現在でも継続的に開発が進められている。図-17は1984年に撮影された航空写真を基に作成した住宅地の位置を示している。自然堤防の多くが住宅地として利用されているほか、自然堤防上でない地域にも住居が多数存在している様子が分かる。当時は既に住居として利用できる自然堤防が飽和状態であったため、開発が自然堤防から周囲の低地に進出したと考えられる。図-18に1984年時点で建築されてい

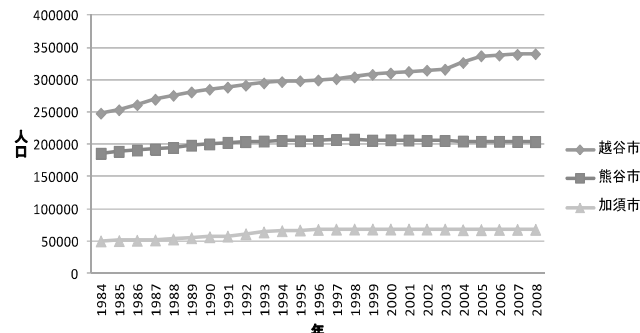


図-16 越谷市・熊谷市・加須市の人口動態

た住居と現在の住居位置の比較を示す⁹⁾。よりオレンジ色の部分が1984年以降建築された住居の位置を示している。近年において新規の住宅地は低地に多く作られる傾向があることが分かった。低地は大きな浸水深が予想されるため注意が必要である。このような地域において、予想される被害を把握し、水害に強い住宅構造にするなど自然堤防の氾濫水に対する影響を考慮した土地利用と住宅の在り方を検討することが重要である。

(4) 氾濫域全体における考察

図-19は荒川氾濫域全体における1/100確率規模の洪水氾濫における浸水深を示している。浸水深は、全ての時間の最高浸水深を包絡したものである。全体的に自然堤防が氾濫水の進行を妨げる壁として治水的な機能を発揮しているが、越谷市の事例のように自然堤防によって被害が大きくなる地域も見られる。今後の課題として、それぞれの地域の自然堤防の治水的な機能とともに、下流の地域に対してどのような影響を与えているか検討する必要がある。氾濫域全体の安全性の向上に繋がるよう自然堤防の効果的な活用方法を流域スケールと地域スケールの両面から研究していくことが求められる。

6. 結論

本研究では荒川の1/100確率規模の洪水流の氾濫に対

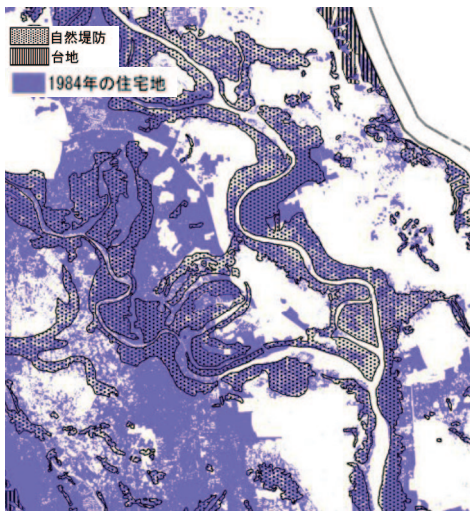


図-17 1984年時点の住宅地

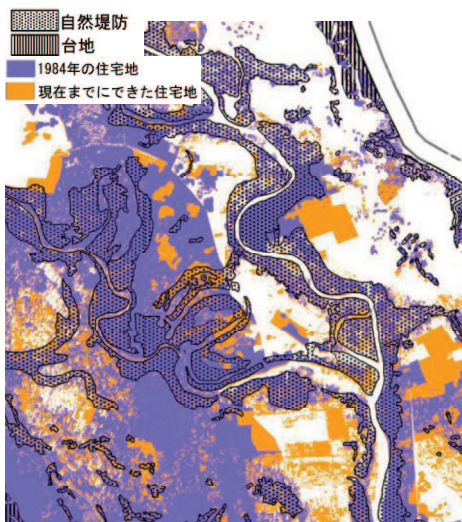


図-18 1984年からの住宅地の変化

する、荒川扇状地と元荒川流域における自然堤防の治水的機能を検討するため、熊谷市、加須市、越谷市の3地点について、それぞれの地域の自然堤防の特徴と治水機能の違いについて検討を行った。以下に主要な結論を示す。(1)熊谷市周辺の自然堤防は扇状地上に分布しており比高差が小さいため、自然堤防自体の治水的な機能は小さい。しかし、道路や鉄道が自然堤防を繋ぐように盛土を用いて作られており、自然堤防は道路や鉄道盛土と一体的に治水的な機能を果たしている。(2)加須市周辺では熊谷市の自然堤防より比高差の大きい自然堤防が発達しており、自然堤防自体が氾濫水の広がりを抑制し、下流へ誘導する機能を有している。また、自然堤防の比高差によっては氾濫水が自然堤防を乗り越えてしまうため、道路や鉄道盛土を利用することによって自然堤防の機能を高めることができると考えられる。(3)越谷市周辺では複数の河川が合流するため下流方向に自然堤防が閉じる形をしており、合流点において氾濫水が集中しやすくなっている。また、大きな浸水深が予想される地域にお

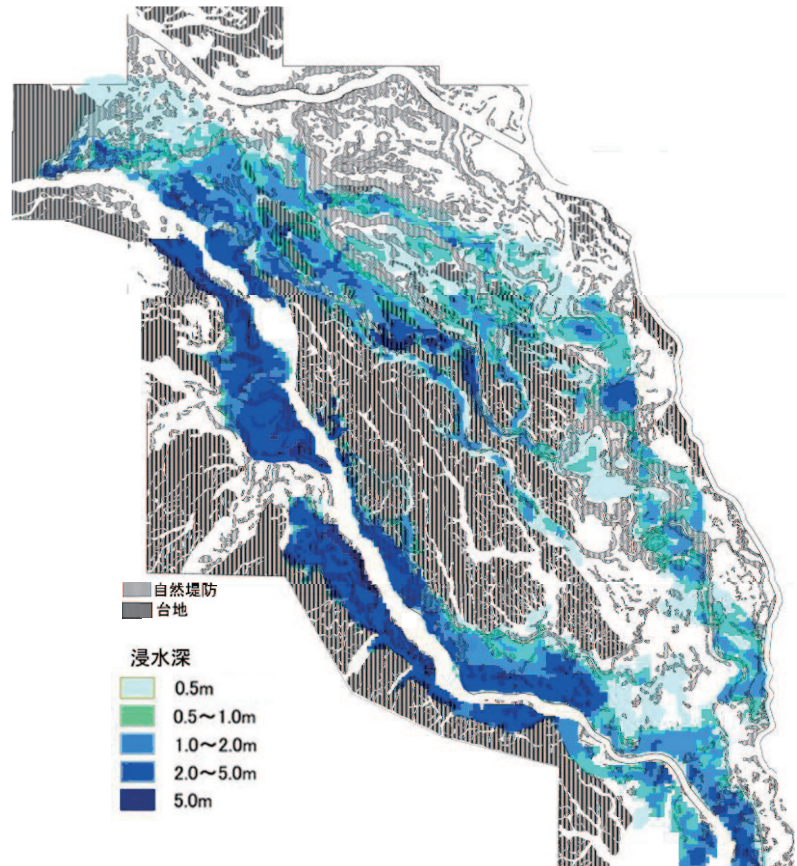


図-19 1/100確率洪水の氾濫における荒川氾濫域全体の浸水深

いても宅地の開発がすすめられているため、氾濫に対する地域特性と土地利用についての検討が重要である。

参考文献

- 1) 河川審議会計画部会：流域での対応を含む効果的な治水の在り方 中間答申，国土交通省，2000.
- 2) 籠瀬良明：自然堤防-河岸平野の事例研究-，古今書院，1975.
- 3) 齊藤滋・福岡捷二：荒川扇状地における集落の展開と自然堤防の役割に関する研究，水工学論文集，第55巻，pp673-678，2011.
- 4) 国土地理院：治水地形分類図の閲覧，<http://www.gsi.go.jp/geowww/themap/1cmfc/index.html> (参照2012/4/5)
- 5) 国土地理院：地図閲覧サービス（ウォッチーズ），<http://watchizu.gsi.go.jp/> (参照：2012/4/5)
- 6) 関東農政局：埼玉県農産物統計，2007.
- 7) 農業環境技術研究所：歴史的農業環境閲覧システム，<http://habs.dc.affrc.go.jp/index.html> (参照：2012/4/5)
- 8) 埼玉県：埼玉県人口動態，昭和59年～平成21年.
- 9) 国土地理院：国土変遷アーカイブ，<http://archive.gsi.go.jp/airphoto/> (参照:2012/4/5)

(2012. 4. 5受付)