

2003年7月遠賀川流域豪雨災害の調査と 飯塚市を中心とした氾濫解析

FIELD STUDY AND NUMERICAL ANALYSIS ON INUNDATION FLOW IN THE ONGA RIVER BASIN

秋山 壽一郎¹・重枝 未玲²

Juichiro AKIYAMA and Mirei SHIGE-EDA

¹九州工業大学工学部 建設社会工学科 (〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1)

²九州工業大学大学戦略室 (同上)

1. はじめに

2003年7月の九州豪雨災害では、18日～21日にかけて記録的な豪雨となり、死者・行方不明者23名、住家の全半壊104棟、床上浸水3539棟、床下浸水4213棟に及ぶ甚大な被害となった。本研究では、飯塚市と穂波町を中心とした遠賀川流域の現地調査等に基づき、そこでの氾濫プロセスについて考察するとともに、現在計画されている防災対策について検討を加えた。さらに、現在開発中のダイナミック型氾濫解析モデルにより、河道と氾濫原を包括的に取扱った新しい洪水氾濫解析を試みた。

2. 遠賀川流域と災害の概要

(1) 流域の概要

遠賀川は、穂波川などの多くの支川が合流し筑豊平野を流れ響灘に注ぐ、全長61km、流域面積1,026km²の1級河川である。流域面積は九州地方の1級河川では中規模にすぎないが、飯塚市、直方市、中間市、田川市などの都市が位置しており、流域人口は約67万人で筑後川に次いで多い。

(2) 降雨及び出水状況

九州北部では、雨雲が集中的に流れこんだ太宰府市から北九州市小倉南区へかけての帯状の範囲で記録的な豪雨となった。18日00時の降り始めから19日09時までの総雨量は、太宰府市で361mm、小倉南区で306mmを記録した。飯塚市では83mmの観測史上最大の1時間降水量を記録し、総雨量は329mmに達した。遠賀川流域の川島雨量観測

所、内野雨量観測所および採銅所雨量観測所では、18日の降り始めから19日24時までに、総雨量313mm、178mmおよび237mmがそれぞれ記録されている¹⁾。

図-1と図-2は、それぞれ各水位観測所での水位と流量の時間変化を示したものである。秋松橋水位観測所では、19日6時に6.84m(ピーク水位)となり、計画高水位を約0.4m上回った。川島水位観測所では19日6時50分に5.92m(ピーク水位)を記録し、危険水位を0.52m上回った。日の出橋水位観測所では、19日8時20分に8.07m(ピーク水位)を記録し、危険水位を0.37m上回った。また、いずれも平成13年6月の出水時に記録した既往最高水位を遥かに超えた。秋松橋水位観測所では19日2時～3時の間に1.44mから4.21m、川島水位観測所では4時～5時の間に2.99mから4.57mに急激に水位が上昇した。昭和28年と平成13年の出水と比較すると、短時間での水位上昇に今回の出水の特徴がある。

(3) 調査対象区域と浸水被害の概要

今回の出水で特に浸水被害が大きかった飯塚市および穂波町を中心とした氾濫区域を調査対象とした。図-3から明らかなように、遠賀川と穂波川沿いに湛水区域が広がっており、家屋浸水区域の大部分が飯塚市周辺に集中していることがわかる。飯塚市の旧飯塚地区では最大で約1.5mの湛水深となり、歴史ある劇場や中心商店街および周辺一体が大きな被害を受け、床上浸水1,569棟、床下浸水724棟をはじめとして、電気・水道などのライフラインにも被害が生じ、被害総額は約180億円余に及んだ。また、飯塚市に隣接する穂波町でも床上浸水460棟、床下浸水341棟などの被害が生じた。家屋罹災率は、飯塚市で6.93%、穂波町で7.91%となっており、これらの数字が両地域での浸水被害の深刻さを物語っている。

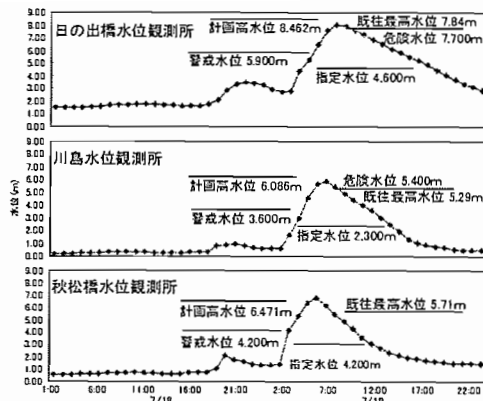


図-1 各観測所での水位の時間変化(出典 国土交通省¹⁾)

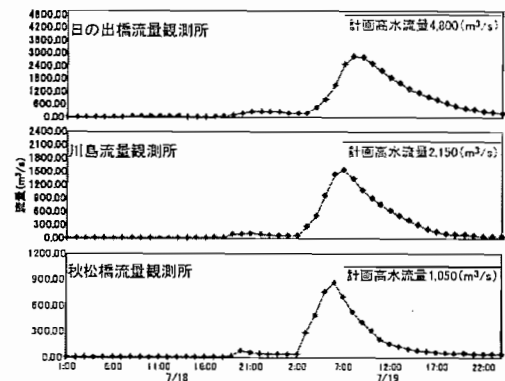


図-2 各観測所での流量の時間変化(出典 国土交通省¹⁾)

3. 氾濫プロセスの考察及び災害対策の検討

(1) 災害対策の概要

「7.19 浸水対策連絡協議会遠賀川部会報告」(以下、部会報告)では、今回と同規模の降雨量を想定し、遠賀川と穂波川の河道掘削が必要であると報告されている。また、「飯塚市防災(浸水)対策基本計画(案)」²⁾(以下、基本計画(案))では、総合的な治水対策が計画されている。なお、基本計画(案)には、遠賀川部会での協議・調査結果並びに飯塚市治水対策基本調査の結果次第では、実施内容に変更が生じる可能性があることが付記されている。

河道掘削区間は遠賀川鯉田堰付近から王塚古墳近くまでの約10kmであり、今回の出水では秋松橋水位観測所で計画高水位を、川島水位観測所で危険水位を超え、外水氾濫の危険性が高かった区間である(図-1)。一方、基本計画(案)では河川改修、排水機場の能力向上、調節池の整備などの対策が計画されている。

(2) 氾濫プロセスの考察と災害対策の検討

調査対象区域には、a~fで示す河川、A~Fで示す排水機場、αとβで示す排水樋門、破線で囲んだ地域には用・排水路網などの氾濫プロセスに影響を及ぼす要素が存在している(図-3)。これより、内住川(ないじゅがわ)(a)、穂波川(ほなみがわ)(b)、明星寺川(みょうじょう

じがわ)(c)、建花寺川(けんげじがわ)(d)、碓川(いかりがわ)(e)の周辺地域、用・排水路網が存在する地域、および市街地で浸水したことがわかる。

図-4は、湛水域と10m格子標高データに基づき作成した地盤高コンター図とを重ね合わせたものである。なお、詳細な部分については1/2,500地図に基づいている。

以下では、痕跡湛水域、地形特性、排水区等の情報に基づき区分された①~⑥の各サブ地域(図-4)での氾濫プロセスを考察するとともに、災害対策について検討を加える。

a) サブ地域①

氾濫プロセス：この地域には、内住川、排水路網および道路1が存在する。痕跡水位は、道路1の標高よりも低くなっていることから、内住川と排水路網が氾濫し、道路1の西側の流域では内住川からの氾濫水は地盤の高低差のために図中の白抜き矢印のように流下し道路1で堰き止められたと考えられる。なお、穂波と内住川の合流部付近の氾濫は確認されている。排水路網からの氾濫水は地盤の高低差と道路1のために図中の白抜き矢印のように流下したと考えられる。

対策の検討：穂波川の河床掘削により流下能力の増加とこれに伴う水位低下が期待されることから、内住川と穂波川との合流部付近と排水路網周辺での内水氾濫対策として有効であると考えられる。

b) サブ地域②

氾濫プロセス：この地域には、穂波川と道路2が存在する。湛水域から穂波川が氾濫したと推察され、氾濫水は地盤の高低差のために図中の白抜き矢印のように流下し、痕跡水位より標高の高い道路2で堰き止められたと考えられる。なお、道路による氾濫流制御効果が認められる。

対策の検討：サブ地域と同様な理由で、そこでの外水・内水氾濫に対して有効であると考えられる。

c) サブ地域③

氾濫プロセス：この地域には、明星寺川と建花寺川、明星寺川と穂波川との合流部に徳前排水機場(A)、また建花寺川と遠賀川との合流部に片島排水機場(B)、飯塚排水樋管(α)および排水路網が存在する。飯塚市の中心市街地は、穂波川と遠賀川の左岸に沿って広がっており、そこでの標高は周辺地域に比べて低くなっている。また、この地域の雨水排除は片島排水機場により行われている。湛水域から明星寺川と建花寺川が氾濫したと考えられる。明星寺川については、穂波川の秋松橋水位観測所と遠賀川の川島水位観測所のいずれの水位も明星寺川の堤防高より大きくなっていることから、明星寺川と穂波川の合流部付近での水位が明星寺川の堤防高を超え、氾濫・湛水したと考えられる。また、明星寺川上流では地形が谷底のようになっており、雨水と氾濫水は合流部に向かって集まったと考えられる。その結果、徳前排水機場の処理能力を超え、氾濫水は

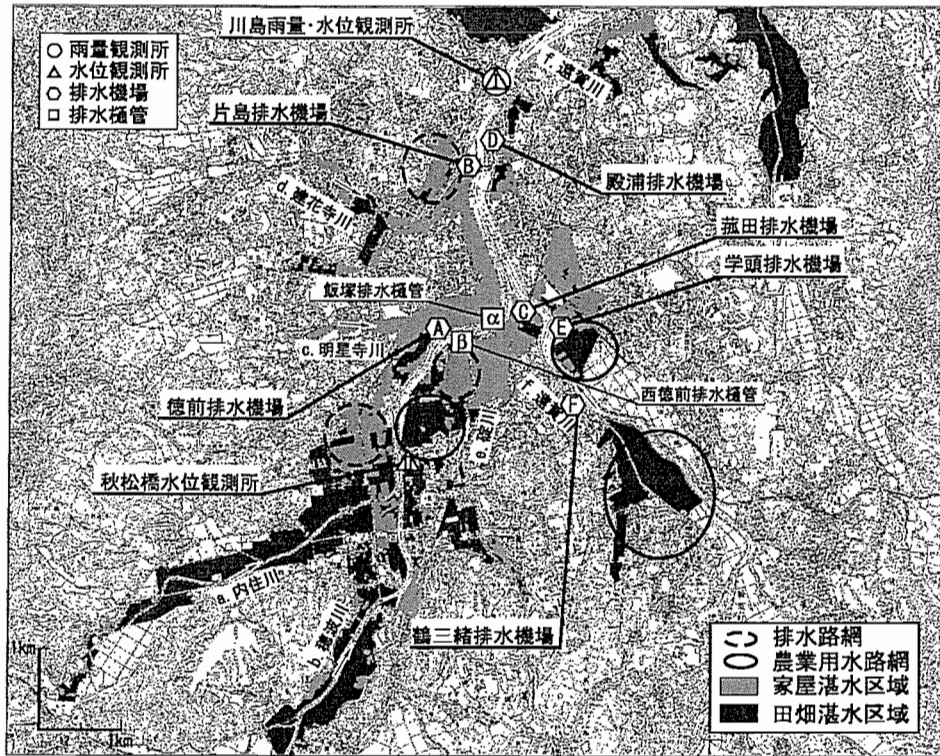


図-3 調査対象領域と湛水域

穂波川との合流点付近から、矢印に示すように標高の低い中心市街地に広がり、さらには片島排水機場に向けて浸水が拡大していったと予想される。その一方で、この地域の雨水排除を担う片島排水機場も処理能力を超え、中心市街地の浸水が拡大していったと考えられる。建花寺川については、蛇行部や遠賀川との合流点周辺で湛水が生じている。蛇行部での氾濫は確認されており、蛇行部ではそこでの水位上昇のため溢水したと考えられる。遠賀川との合流点周辺の湛水は、上述したように明星寺川の氾濫に起因している。

対策の検討：この地域では、明星寺川からの氾濫水が中心市街地に流入し、被害拡大につながったと考えられる。このため、明星寺川周辺では、徳前排水機場への雨水流出抑制を目的とした既存のため池の活用や明星寺川での約1,300mの防水壁の設置による溢水防止対策などの短期事業が重点的に計画されている。遠賀川と建花寺川との合流点周辺においても短期事業が計画されている。特に、中心市街地の雨水排水を行う片島排水機場では、多量の氾濫水が流入したことを踏まえ、不測の事態に備え、排水機場の設備更新が図られている。この他にも、中・長期事業として、明星寺川の改修、明星寺川・建花寺川周辺では、その上流で雨水を貯留し、流出流量を調整する計画が立てられている。このような雨水の貯留による流出制御、河川改修による洪水流下能力の向上、内水排除施設による排水能力の強化により、内水氾濫の軽減が期待される。

d) サブ地域④

氾濫プロセス：この地域には、碓川、熊添川および

用・排水路網が存在する。碓川の堤防高には十分な余裕があることや、地盤高さと痕跡水位から碓川周辺の湛水量はおおよそ右岸側で180,000^m3、左岸側で300,000^m3程度と推定され、碓川の両岸側での湛水量はかなり異なっていることから、碓川が溢水した可能性は小さい。一方、熊添川の氾濫は確認されていることから、熊添川が氾濫し碓川右岸側の地域が湛水したと考えられる。碓川左岸側の地域では、穂波川の水位が計画高水位を超え、西徳前排水樋管(β)が閉鎖されたために、用・排水路網が氾濫し湛水したと考えられる。

対策の検討：熊添川では菰田(こもだ)排水機場(C)に処理能力を超えた流量が流入し氾濫したため、調節池を設け雨水を貯留し、熊添川への排出流量を減少させる短期事業が計画されている。西徳前排水樋管周辺では、樋管の閉鎖のために用・排水路の氾濫が起こったと考えられ、本川の河道掘削によりこれまで以上の排水時間が確保されることから、この地域での浸水被害は軽減されると期待される。また、サイホンを利用して碓川の洪水を熊添川へ流出させる短期事業が計画されている。熊添川の氾濫は確認されているが、碓川が氾濫した可能性は小さいことから、この対策の意図は不明である。

e) サブ地域⑤

氾濫プロセス：この地域には、新川、JR九州の福北ゆたか線および学頭排水機場(E)がある。新川は福北ゆたか線との交差点で暗渠化されており、これがボトルネックとなり、新川が氾濫したと推察される。鉄道の北側で湛水が認められないのは、鉄道盛土によって氾

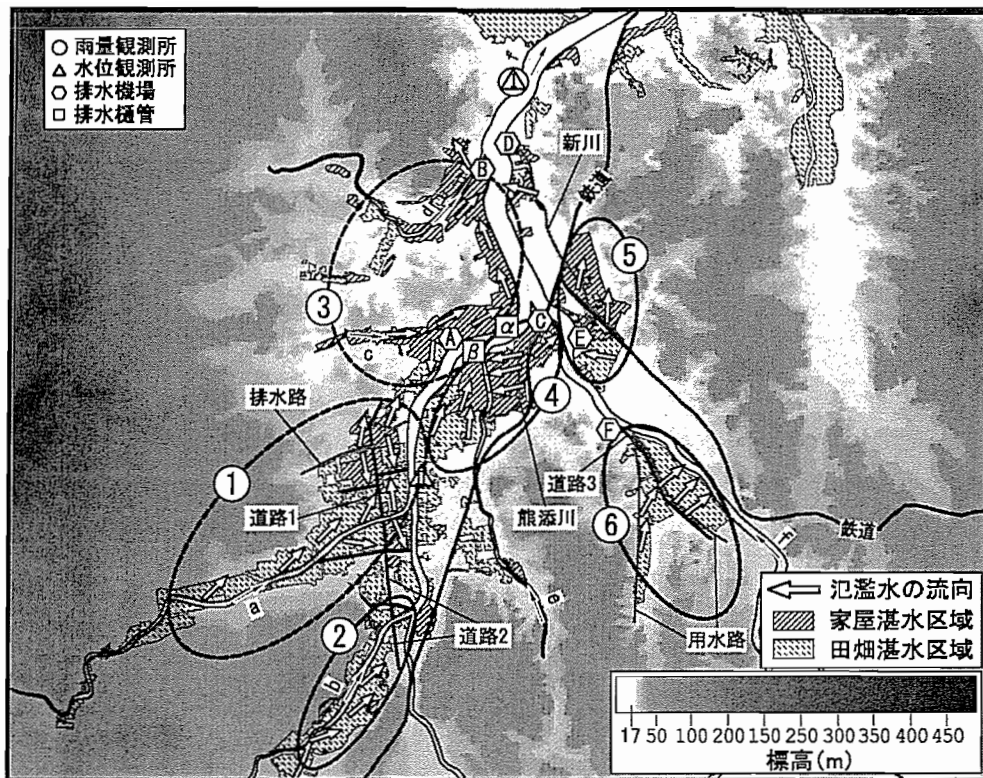


図-4 湛水域と地盤高

氾濫水が地域⑤に止められたためと考えられ、盛土による氾濫流制御効果が認められる。また、学頭排水機場周辺についても、同様に新川からの氾濫水は鉄道盛土により堰き止められたと考えられ、そこでの湛水は農業用水路の氾濫によると推察される。

対策の検討：短期事業として調節池などの整備が計画されている。新川周辺の低地へ流入する氾濫流量や雨水排除を担う学頭排水機場周辺への流入流量が抑制されることから、内水氾濫の軽減が期待される。

f) サブ地域⑥

氾濫プロセス：この地域には、周辺より標高の高い道路3とその両側に用水路がある。痕跡水位が道路3より低いことから、用水路からの氾濫水が図中の白抜き矢印のように流下したと考えられる。

対策の検討：この地域は、浸水域の全てが田畑であり、遊水地的な役割を担っているために対策の検討がなされていないと考えられる。

以上より、部会報告および基本計画(案)は有効な浸水被害軽減対策と考えられるが、具体的な洪水防御計画とするためには、各対策の整合性を十分に勘案した上で雨水分担量を定量的に評価する必要がある。

4. ダイナミック氾濫解析

近年の集中豪雨の激化に伴い、都市域では出水被害を最小化するようなハード・ソフト両面での治水対策がこれから益々重要になると考えられる。このため、本川と

支川の整合性、下水道による雨水排除、堤外地と堤内地との雨水のやりとりなどの諸要因を適正かつダイナミックに評価できるような手法の確立が強く望まれる。そのような観点から、著者はダイナミック型氾濫解析モデルを開発中である。同モデルは著者が開発したSA-FUF-2DFモデル³⁾に氾濫流に固有な諸要素の取扱いを組み込んだもので、河川と市街地を含む都市域での破堤氾濫を含む外水氾濫⁴⁾⁵⁾、内水氾濫さらには外水・内水複合氾濫が解析可能な基本性能を備え、対象領域全体での雨水の動きを評価・検討することができるものである。なお、このような氾濫プロセス⁶⁾やSA-FUF-2DFの河道内流れ⁷⁾の再現性については、室内実験結果を通じ検証されている。下水道網や用・排水路網等の雨水排除システムについては、ここでは単位面積当たりの排水量として連続の式の消滅項に加えることで取扱っている。

以下では、飯塚市を中心とした氾濫域に同モデルを適用し、氾濫プロセスについて検討を加える。解析対象領域をこのように定めた理由は、ダイナミック型氾濫解析に必要な不可欠なデータがこの地域に限られていたためである。

(1) 氾濫解析の対象領域と解析用データ

氾濫解析の対象領域は、飯塚市街地および遠賀川・穂波川・建花寺川・碓川・明星寺川の5河川を含むように選定した。遠賀川と穂波川については、水位あるいは流量の時系列がわかっている川島水位観測所から鶴三緒(つるみお)排水機場の区間と遠賀川との合流点から秋

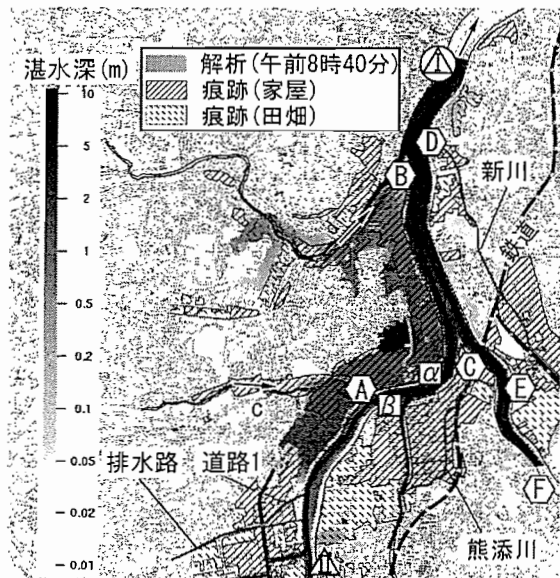


図5 6:00 AMでの解析浸水域(上), 8:40 AMでの浸水域と痕跡浸水域との比較(下)

松橋水位流量観測所までの区間を、明星寺川については直轄区間を、その他の支川については合流点から氾濫原の境界までの区間をそれぞれ対象領域とした。

解析用データは次のように作成した。河道・道路・堤防など氾濫原要素の線形は、1/2,500の平面地図から座標を抽出した。次に、計算領域の境界と氾濫原要素の線形に沿って、40~50m間隔でメッシュ間隔を与え、メッシュジェネレータにより非構造格子を形成した。さらに、各メッシュに対して地盤高と河床高を与え、地盤高コンター図を作成した。氾濫原の地盤高は10m格子の数値標高データに基づいている。遠賀川、穂波川および明星寺川の河道および堤防周辺については、河道の横断面図から堤防高と河床高を読み取り、流下方向にそれらを線形補間して作成した。碓川と建花寺川の河道については、河床高に関するデータが入手できなかったため、周辺地域

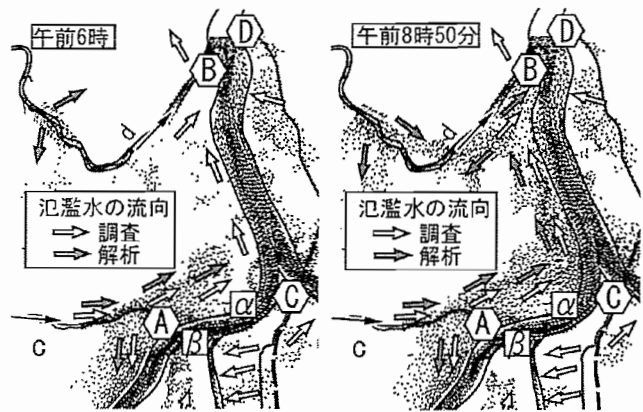


図6 飯塚市街地周辺における氾濫水の挙動

の地盤高から一定高さ掘り下げ、1/2,500の平面地図に基づき、河道線形に沿って一定高さの堤防を作成した。用・排水路網や規模が極めて小さい新川と熊添川については、河道に関する情報などに関して不明点が多いこともあり考慮していない。鉄道盛土については、地盤高で解像できるものについてのみ考慮している。粗度係数については、飯塚市基本図(1/2,500)の地図記号に基づき氾濫原の土地利用形態を分類し、河道(0.035)、田畑(0.025)、山林(0.06)、宅地(0.04)をそれぞれ与えた。降雨と雨水排除システムについては、川島雨量観測所の時間降雨量から求めた各排水区の流出流量 Q_r を排水区の面積で除した単位面積あたりの流出流量 q_r 、および各排水区の排水先となる幹線下水道の計画流量または排水機場の計画排水量 Q_d を排水区の面積で除した単位面積あたりの排水量 q_d をそれぞれ求め、その排水量を各計算メッシュに与えることで考慮した。ただし、雨水幹線の計画流量が不明な箇所では $Q_d=0$ とした。なお、用・排水路網については排水量が不明であったために考慮していない。

河道の境界条件としては、穂波川上流端では秋松橋水位観測所での流量ハイドログラフ(図-2)を、遠賀川上流端については鶴三緒排水機場での水位の時間変化を、下流端については川島水位観測所の水位の時間変化(図-1)を与えた。支川(明星寺川、建花寺川、碓川)については、解析に必要な資料が得られなかったため、計画高水流量および川島雨量観測所の降雨データを用い、単位図法で仮想的なハイドログラフを作成し与えた。

(2) 結果と考察

図-5は、本解析より得られた浸水プロセスを示したものである。これより、地盤高の低い殿浦排水機場(D)、飯塚排水樋管(α)、西徳前排水樋管(β)、建花寺川と遠賀川との合流部付近および鉄道の東側と新川の北側に囲まれた地域で、雨水排水システムで排除できなかった余水のために湛水が生じる様子や、明星寺川の氾濫水により徳前排水機場から飯塚排水樋管さらには片島排水機場に向けて浸水域が拡大していく様子などがわかる。本解析結果は、明星寺川からの氾濫水が午前5時40分頃に東町商店

や嘉穂劇場に到達したことや、堤防高が右岸側に比べ低くなった左岸側より明星寺川の溢水が始まり、次に右岸側からも溢水が生じ、その後明星寺川の水位の低下とともに右岸側から溢水が治まったことなどを示唆している。一方、建花寺川では蛇行部での水位上昇により溢水し、浸水域が、地盤高の高低差のため、左岸側では河道沿いに、右岸側では痕跡湛水域と同様な方向に広がっていくことがわかる。

痕跡調査によれば、サブ領域③での痕跡湛水深は0.25～1.55mの範囲であり、飯塚排水樋管(α)と徳前排水機場(A)との間に位置するK点での湛水深は午前7時10分の時点で約1.0mであったことが確認されているが、解析結果もほぼこれと同程度であった。一方、サブ領域④の碓川周辺の地域での痕跡湛水深は、碓川左岸側の地域では0.2～0.8m、右岸側の地域では0.1m～0.6m程度であったが、解析ではいずれも0.2m程度であった。また、サブ領域⑤では0.3m～1.0mであったが、解析では0.2m程度であった。このようにサブ領域④と⑤で解析結果が小さくなった理由は、先述したように用・排水路網と新川・熊添川が考慮されていないためである。図-5には、痕跡調査と解析より得られた湛水区域も示してある。サブ地域③では、解析結果は痕跡調査から得られた湛水区域と全体的にほぼ一致している。ただし、明星寺川周辺や建花寺川の蛇行部周辺での再現性は必ずしも十分ではない。これは地盤高データが十分な解像度を有していないために生じたものであり、本モデルの再現性に起因したものである。

図-6は、飯塚市街地周辺地域での河道流れと氾濫水の流速ベクトルを示したものである。図中の黒塗り矢印と白抜き矢印はそれぞれ解析と調査から得られた氾濫水の挙動を示している。なお、白抜き矢印に対応する黒塗り矢印が示されていない箇所は、氾濫水に動きが認められなかった箇所である。これからも、サブ地域③では明星寺川からの氾濫水が飯塚排水樋管(α)から片島排水機場(B)に向かって広がったことが確認できる。

以上のように、解析データの解像度や解析資料の不足のために、解析結果には調査結果とやや異なる傾向も見受けられるが、最も重要なサブ領域③での氾濫プロセスは十分に捉えられており、本ダイナミック型氾濫解析モデルが本川-支川-氾濫原での複雑な雨水のやり取りや、河川から雨水が溢れ氾濫原を広がるプロセスなどについて全体的な雨水の動きをダイナミックな時系列として捉える能力を有していることがわかる。本モデルに排水・用水路網、規模の小さな支川等の取り扱いを組込むことで、①特定の地域への被害の集中を避けるための本川と支川との整合性の検討、②河道改修等による外水位の変化や内水流出量の変化の評価および内水処理計画の検討、③市街地構造等を踏まえたソフト面での流域対策を対策するための基礎資料の提供など、都市域での流域対策に関係する様々な検討や評価が可能になると考えられる。

5. おわりに

本研究では、まず、①飯塚市を中心とした遠賀川流域の災害調査に基づき、そこでの内水氾濫プロセスについて考察を加えた。次に、②氾濫プロセスの考察に基づき、7.19浸水対策連絡協議会遠賀川部会で提案されている河道掘削ならびに飯塚市防災(浸水)対策基本計画(案)の浸水被害低減対策の効果について検討を加えた。その結果、定性的には外水・内水氾濫による被害軽減効果が期待できるとの結論が得られた。ただし、具体的な洪水防御計画とするためには、各対策の雨水分担量を定量的に評価する必要がある。最後に、③飯塚市を中心とした氾濫域に現在開発中のダイナミック型氾濫解析を適用し、氾濫プロセスの再現を試みた。その結果、支川から溢水した氾濫水が氾濫原を広がるダイナミックなプロセスなどを十分に再現できることが示された。今後は、排水・用水路網、規模の小さな支川なども取扱えるダイナミック型氾濫解析モデルへと発展させる予定である。

謝辞：本研究の実施にあたり、国土交通省遠賀川河川事務所、飯塚市および(株)日鉄鋼コンサルタントより資料の提供を受けた。特に、飯塚市総務部 福田良人氏と関連各課の方々には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 九州地方整備局 遠賀川河川事務所:遠賀川集中豪雨災害 平成15年7月18日～19日出水(梅雨前線), http://www.qsr.mlit.go.jp/onga/13_gouu/index.html, 2002.
- 2) 飯塚市 : 総務課ホームページ, http://e-www.city.iizuka.fukuoka.jp/~shomu/bousai_kihonkeiku.html, 2004.
- 3) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 浦勝:非構造格子を用いた有限体積法に基づく1次および2次精度平面2次元洪水流数値モデル, 土木学会論文集, No.705/II-59, pp.31-43, 2002.
- 4) 重枝未玲, 秋山壽一郎:数値シミュレーションに基づく堤防に沿った樹林帯の治水機能の検討, 土木学会論文集, No.740/II-64, pp.19-30, 2003.
- 5) Shige-eda, M. and Akiyama, J.: Numerical and experimental study on two-dimensional flood flows with and without structures, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, pp.817-821, Vol.129, No.10, 2003.
- 6) 重枝未玲, 秋山壽一郎:市街地構造を考慮した氾濫解析モデルの総合的な検証, 水工学論文集, 第48巻, pp.577-582, 2004.
- 7) 秋山壽一郎ら:急流河川再生事業の検討(第D章), 平成15年度九州工業大学地域貢献特別支援事業報告書, 文部科学省, pp.D1-D111, 2004.

(2004. 5. 19 受付)