

小規模河川の氾濫推定図作成手法の開発と手引きの公表

中村賢人・板垣 修

1. はじめに

令和2年7月豪雨、令和元年東日本台風等のこれまでに経験したことのないような豪雨による河川氾濫が頻発し激甚な被害が続いている。洪水被害の防止・軽減には、河川整備等の着実な推進が重要であるが、治水施設設計規模を上回る洪水生起時には氾濫発生が避けられないことから、氾濫時の被害防止・軽減対策についても合わせて推進していく必要がある。このような被害防止・軽減対策は、流域治水への転換¹⁾の動きの中で一層その重要性が増しているところであるが、その具体的検討においては、想定される浸水域・浸水深等を示したハザード情報図が必要である。同図の1つとして、水防法に基づく洪水予報河川・水位周知河川において作成・提供が義務付けられている洪水浸水想定区域図（想定最大規模洪水時の浸水範囲・浸水深分布等を表示した図）があるが、洪水予報河川等に指定されていない河川（以下「小規模河川」という。なお、小規模河川とは便宜的に用いている呼称であり、洪水時の被害が小規模であることを意味するものではない）では河川管理者等によるハザード情報図の作成事例が少なく、リスク情報空白域となっていることが少なくない。一方、小規模河川の数・延長は膨大であるため、ハザード情報図の作成に必要な河川縦横断形状データの取得などは費用等の面で一般に困難であるのが現状である。

このため、国総研では航空レーザ測量（図-1）データ（以下「LPデータ」という。）を用いた小規模河川のハザード情報図作成手法について研究開発を進めてきており、国土交通省水管理・国土保全局が令和2年1月設置の「中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会」（座長：池内幸司 東京大学大学院教授）での議論を経て「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」（令和2年6月）²⁾（以下「小規模河川手引き」という。）として成果

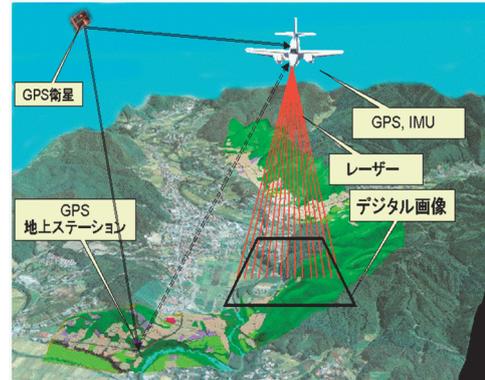


図-1 航空レーザ測量

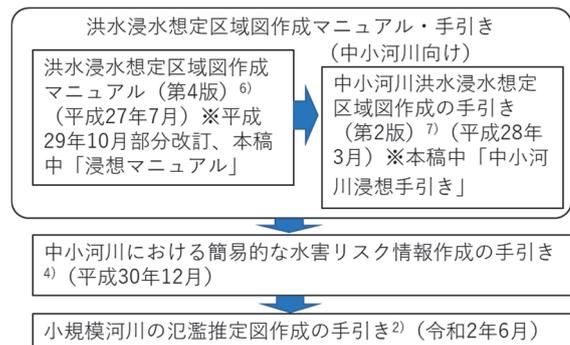


図-2 本稿で登場するマニュアル等の体系

の一部が反映された。本稿で登場する4つのマニュアル等の体系を図-2に示す。

本稿では小規模河川手引きに反映された研究開発内容及び同手引きの概要について紹介する。なお、小規模河川のハザード情報図作成手法の研究開発における主な技術的ポイントを挙げると以下のとおりである。

- (1)河道の縦横断測量データ等がないことを前提として、LPデータ等に基づき効率的に河道・氾濫原モデルを作成しうる手法であること
- (2)対象河川の水位・流量観測データがないことを前提として、必要な降雨・洪水外力を設定しうる手法であること
- (3)過去の洪水痕跡記録等との突合せによる浸水範囲・浸水深計算モデルのキャリブレーション

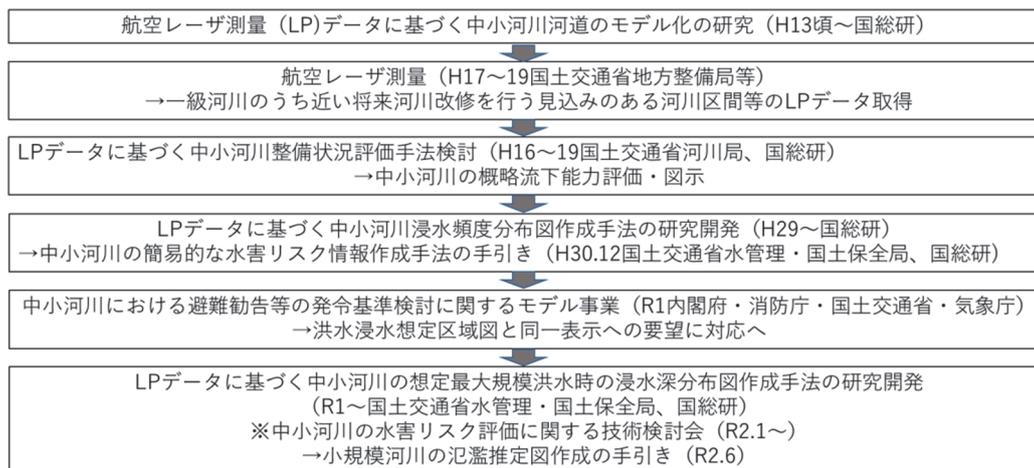


図-3 中小河川のリスク情報図作成手法の研究開発経緯

(モデルパラメタの調整)を行えないことを前提とした浸水範囲・浸水深の算定手法であること

2. これまでの研究開発経緯

これまでの研究開発経緯を図-3に示す。

膨大な延長の中小河川の縦横断測量を実施することの費用面等の困難さを踏まえ、現地測量を行わずに河川の縦横断形状を把握する手法の研究開発として、平成13年頃から川本ら³⁾はLPデータを用いた中小河川の河道モデル作成手法の研究を行った。

中小河川における水害頻発を背景として、平成16～19年度にLPデータに基づく中小河川整備状況の評価手法検討(以下「LPプロジェクト」という。)が国土交通省水管理・国土保全局と連携し国総研にて実施された。LPプロジェクトでは国土交通省の各地方整備局等が取得した中小河川のLPデータに基づき河道横断面を推定し(図-4)、必要最低限の精度での河道の流下能力評価を行い、500m単位の河川区間の流下能力を3段階(10年確率降雨未対応、10～30年確率降雨対応、30年以上の確率降雨対応)で色分け表示した(図-5)。

さらに、度重なる洪水被害の発生と、ハザード情報図が提供されていない小規模河川周辺における激甚な水害の多発を受け、小規模河川における水害リスク情報空白域の解消に向けた水害リスク情報図作成手法の研究を平成29年度より国総研が実施し、LPデータに基づき複数規模洪水における浸水範囲を重ね合わせ、中小河川周辺の相対的な浸水しやすさを表示する手法(図-6参照)を開発し、平成30年12月に「中小河川における簡

易的な水害リスク情報作成の手引き」⁴⁾(以下「中小河川簡易手引き」という。)として提示した。本手法は、想定最大規模洪水時の浸水範囲・浸水深分布等を示す大河川等の洪水浸水想定区域図とは異なり、複数規模の洪水ごとの浸水範囲を表示し、高頻度洪水を含め相対的に浸水しやすい場所を示すことができる一方、浸水深分布等は表示されない。

翌令和元年度に、内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省・気象庁による「中小河川における避難勧告等の発令基準検討に関するモデル事業」が茨城県常陸太田市と福岡県東峰村にて行われ、中小河川簡易手引きに基づくハザード情報図を国総研が試作・提供したところ、地元自治体等から洪水浸水想定区域図と異なる表示では分かりにくい、想定最大規模洪水時の浸水深分布の表示としてほしいとの意見が出された。

このため、LPデータに基づく想定最大規模洪水時の浸水深分布図(図-7)を国総研にて試作し提供した。以下に、この図の作成方法について述べる。中小河川簡易手引きでは水位計算上の川幅にて壁立て一次元不等流計算を行い、算定水位から浸水範囲を描出していた。ここで、川幅とはLPデータに基づき作成した横断面から概ね推定した、有堤区間では堤防天端間の幅、無堤区間では河道満杯流量時流下幅である。壁立て計算とは、河岸・堤防高さを上回る水位の洪水時においても河道から水があふれ出ないと仮定し簡略化した水位計算手法であり、水位計算上河岸・堤防位置に壁があるものとするところからこのように呼ぶ。

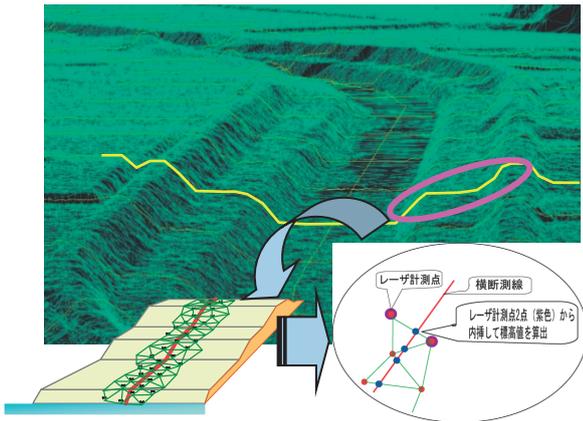


図-4 LPデータに基づく河道横断面の作成

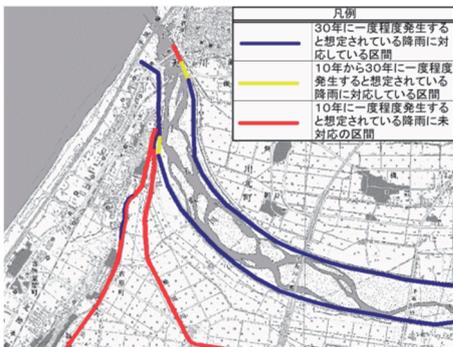


図-5 LPプロジェクトによる流下能力評価図

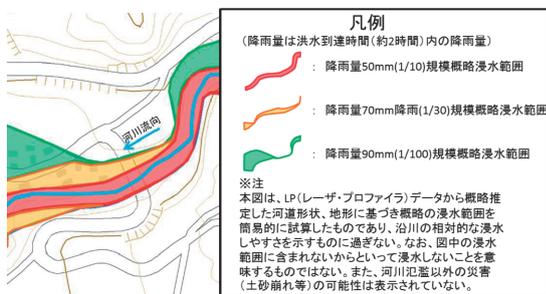


図-6 複数規模洪水の浸水範囲重ね合わせ図⁴⁾

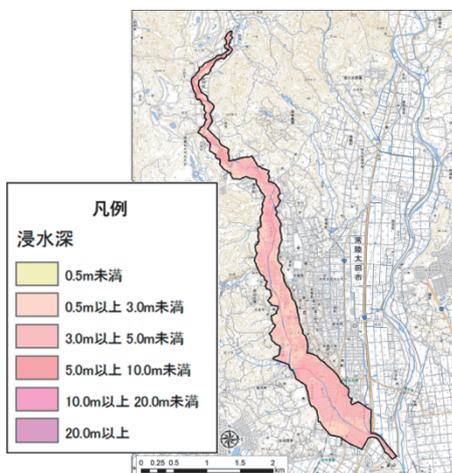


図-7 LPデータに基づく浸水深分布図試作例(想定最大規模)

想定最大規模洪水流量に本手法を適用すると極めて高い計算水位となる場合が見いだされたため、想定最大規模洪水時には河道と谷底平野を一体として洪水が流下するであろうことを踏まえ、河道と谷底平野を一体として一次元(準二次元)不等流計算することとした。

浸水深分布を得るには水位の平面分布を算定する必要があるため、河道の横断面位置(200m間隔)及び横断面間に25m間隔等で設定した内挿節点ごとの計算水位を想定浸水範囲の境界に与え、自然近傍法により河道内・浸水域の水位分布を算定した。ここで、自然近傍法とは、ポロノイ図(点群間の領域を各点からの距離に基づき区分した図)の面積割合による水位算定手法である。浸水深は計算水位から国土地理院5mDEM(基盤地図情報数値標高モデル)の標高値を差し引くことにより算定した。

3. 小規模河川の氾濫推定図作成の手引き

令和元年10月の令和元年東日本台風では、71の決壊河川のうち4つが国の直轄管理河川、67は県管理河川、これら67のうち洪水予報河川又は水位周知河川に指定されていたのは24のみであり、残りの43は指定されていない小規模河川であった⁵⁾。

この様な小規模河川における水害多発を踏まえ、小規模河川の沿川地域のリスク情報として、浸水が想定される範囲の設定手法や、水害リスクの評価手法の技術的な検討を行い、それらを取りまとめた手引きを作成することを目的に中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会(1.参照)が設置され、小規模河川手引きが6月に公表された。小規模河川手引きは、中小河川簡易手引きの手法を想定最大規模洪水時の浸水範囲・浸水深分布の算定手法に発展させるとともに、小規模河川に係る流下型、貯留型それぞれの氾濫形態における計算のための仮定や条件設定の考え方をとりまとめたものであり以下に概要を紹介する。

3.1 目的

小規模河川を対象として、水防法では、過去の浸水実績等の情報を周知することが求められているが、その周知する内容に、想定最大規模降雨による氾濫推定図を加えることにより、全国の水害リスク情報未提供区域を速やかに解消することを

目的としている。このため、既存の地形データの最大限の活用や河道満杯流量を大きく超える想定最大規模の洪水時に応じた氾濫解析の条件・手法を導入することによって、合理的かつ効率的に氾濫推定図を作成する手法（図-8から図-10参照）を提示している。なお、個々の小規模河川の特性を勘案し、他の独自の手法を用いることを妨げるものではない。

3.2 河道の縦横断形状

LPデータ等に基づき河道の縦横断形状を推定することを想定している。水位計算に用いる横断測線間隔としては断面急変箇所等を除き原則として100m間隔として良いとしているが、当該間隔の妥当性については引き続き検証が必要である。

3.3 河道の粗度係数

現況の河道状況に関するデータを入手し、それに応じて設定することを基本とするが、膨大な延長の小規模河川を念頭に、河道計画等において用いられている妥当な値とすることができる。個別河川の現地調査を行わずに、河道の概略のセグメント分類等により粗度係数を設定しうるものとしている。

3.4 降雨設定手法

降雨は「想定しうる最大規模の降雨に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示」（平成27年国土交通省告示第869号）に基づく想定最大規模の降雨量及び降雨波形を用いるものとする。なお、隣接地域で公表済みのハザード情報図との整合の観点から、総合的判断により上記降雨量を上回る降雨量を設定することができるものとした。

3.5 洪水流量算定手法

河川計画検討等に用いられている流出計算法によることを基本とするが、小規模河川では合理式等により算定する場合が多いと想定している。

3.6 氾濫解析手法の選定

対象河川区間を流下型氾濫、貯留型氾濫、拡散型氾濫の3つの氾濫形態に分類する。

上記分類は、本来河川・地形特性に基づき行われるべきであるが、膨大な数・延長の小規模河川を対象とすることから、LPデータ等に基づき機械的に分類することが有用な場合が考えられる。流下型氾濫は、LPデータに基づく氾濫解析手法の効率化の検討が比較的進んでいることから、流下型氾濫形態の河川区間をLPデータ等に基づき

効率的に抽出する手法を確立することは氾濫解析に要する時間・費用の低減に有効と考えられる。これまでの研究成果を踏まえ、当該分類手法の1つとして壁立て一次元不等流計算水位を氾濫原に延伸し地表面と交わる点を抽出し、同点から河心線（通常時の河川の流心を上下流方向に概略結んだ線）までの距離が壁立て計算上の川幅の何倍であるかで流下型氾濫とそれ以外とに分類する手法を参考までに新たに示している（図-9）。

複数の氾濫形態が混在する河川区間については、複数の氾濫形態の氾濫解析を一括して実施出来る氾濫解析手法（例 二次元不定流計算）により解析することを原則とする。ここで、小規模河川手引きで示す氾濫解析手法及び既存氾濫解析手法の比較が小規模河川手引きの表5-1と表5-2に示されているので参考に出来る。

堤防満杯流量が小さく想定最大規模の洪水時に堤防天端水位を一連の区間に渡って大きく超える河川区間においては、堤防の破堤を考慮しなくて良いとしているが、破堤を考慮する手法に比べて著しく過小評価とならない条件を定量的に示すことについては今後の課題である。



図-8 小規模河川の氾濫推定図作成・活用手順²⁾を一部修正

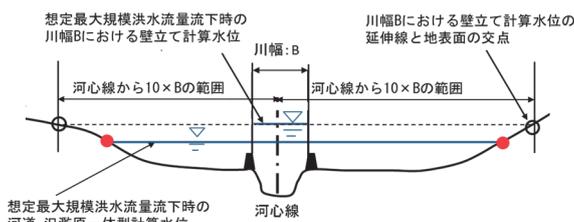


図-9 流下型氾濫域の浸水位算定手法概念図（壁立て計算水位の氾濫原への延伸線の地表面との交点から河心線までの距離が川幅Bの10倍以内の場合に流下型と分類した場合の概念図を合わせて示す）²⁾

3.7 無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析

図-10に無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析の実施手順を示す。同手順が適用可能なのは、前述のとおり破堤を考慮しなくて良いと判断される場合である。なお、拡散型氾濫については、引き続き研究開発を進めている。

3.7.1 流下型氾濫解析

図-9に流下型氾濫の浸水位算定手法概念図を示す。これまでの研究成果を踏まえ、壁立て一次元不等流計算水位を氾濫原に延伸した線と地表面との交点を両端点とする横断面形状をモデル化し、河道・氾濫原一体の一次元不等流として洪水水位を算定する一連の手法を新たに提示している。

3.7.2 貯留型氾濫解析

対象河川区間の横断面ごとの流下能力の最小値

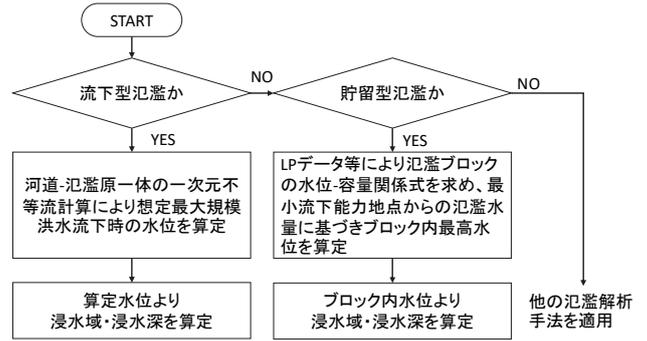


図-10 無破堤・一次元不等流計算による氾濫解析手順²⁾

を一次元不等流計算に基づき算定し、同流下能力を上回る洪水流量が全て貯留型氾濫域に流入すると仮定し浸水位及び浸水範囲を算定する一連の手法を新たに提示している。

表-1 既存マニュアル・手引きとの比較

	浸想マニュアル ⁶⁾	中小河川浸想手引き ⁷⁾	中小河川簡易手引き ⁴⁾⁸⁾	小規模河川手引き ²⁾
氾濫形態	流下型、貯留型、拡散型の3つ	流下型と貯留型の2つ	流下型のみ	流下型と貯留型の2つ
破堤考慮	あり	あり（流下型氾濫では破堤箇所を特定せず）	なし	なし
不定流計算要否	要	要（簡易な方法として上流区間での堤防天端高流量を上限としてハイドログラフをピークカットし求める手法を合わせて提示）	不要	不要
流下型氾濫解析手法	河道内一次元不定流計算と氾濫原の二次元不定流計算（水位・流量関係式を求める際に一次元不等流計算）	左右岸別に堤防のない状態を想定し一次元不等流計算	水位計算上の川幅(2.参照)での壁立て一次元不等流計算	河道・氾濫原一体の一次元不等流計算
下流端出発水位	計画高潮位や河道計画検討に用いている	河口や合流点等の下流端の特徴に応じ、洪水時の流下能力を適切に評価できるように設定（本川の計画高水位、計画高潮位等）	等流水深等	等流水深に基づく支川下流端水位と合流先河川の最高水位とを比較し高い方
洪水流量算定手法	河川整備基本方針(基本高水)を検討する際に用いた複数の降雨波形や最近の主要な洪水の降雨波形等を想定最大規模の降雨量（「想定しうる最大規模の降雨に係る国土交通大臣が定める基準を定める告示」（平成27年国土交通省告示第869号）に基づく）に等しくなるように引き伸ばしを行い、被害が最大となると考えられる降雨波形を選定し洪水流量を算定することが基本。		基本高水の検討を行っていない河川を念頭に、効率性を重視し中央集中型降雨波形等を想定最大規模の降雨量（左記大臣告示）まで引き伸ばし、(合成)合理式等により洪水流量（の時間変化）を算定（カッコ内は貯留型氾濫形態のみ）する。ただし流域面積が小さく洪水到達時間が短い河川において上記降雨量が実績最大の降雨量を下回る場合には、上記降雨量を上回る降雨量を設定することができる。	

3.8 浸水深の算定と表示

浸水位から地盤高（5mDEM）を差し引くことにより浸水深を算定する。表示する浸水深ランク区分と表示色は洪水浸水想定区域図と同じである。

3.9 その他氾濫推定図に明示する事項

洪水浸水想定区域図とは異なる氾濫解析手法（例 破堤を考慮していない）による図である点を明示することが重要である。

4. 既存マニュアル・手引きとの比較

図-2に示した4つのマニュアル等相互の主な違いについて表-1に示す。同表に示すとおり、小規模河川手引きの氾濫解析手法は浸想マニュアルや中小河川浸想手引きの氾濫解析手法に比べて精度が劣る場合が考えられるため、同程度の精度を備えるハザード情報図であると誤解されることを避けるために名称を「氾濫推定図」として区別している。

5. おわりに

小規模河川の水害リスク情報の社会での共有を通じた水害被害の防止・軽減対策の研究開発は、図-3に示すようにLPデータに基づく河道の形状・流下能力の把握に始まり、氾濫発生時に想定される浸水範囲表示図の作成手法へと進展し、先般小規模河川手引きが発出されたところである。これは、治水対策全般における近年の変遷である治水施設整備による氾濫防止対策重視から、治水施設整備は引き続き進めるものの気候変動影響の顕在化等を背景として、施設設計規模を超過する洪水の発生を前提とした水防災意識社会の再構築、流域治水への転換と軌を一にするものと考えられる。

膨大な数・延長の小規模河川の水害リスク情報空白域の早期解消を通じて流域治水の推進に貢献すべく氾濫推定図作成手法の研究開発を進めてきたが、残された技術的課題は少なくない。国総研では、小規模河川手引きの適用事例の蓄積・分析を通して、技術課題を解決するための研究を続けていく予定である。

謝 辞

中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会 座長・委員各位、本検討に必要なデータ提供や調査にご協力いただいた都道府県の方々に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会：気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について ～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～、2020
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室、国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：小規模河川の氾濫推定図作成の手引き、pp.6、7、10、11、13、15～25、34、48、2020
- 3) 川本一喜、館健一郎、武富一秀、金木誠：レーザースキャナーデータを用いた中小河川河道モデルの作成手法に関する研究、河川技術論文集、第8巻、pp.533～538、2002
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室、国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：中小河川における簡易的な水害リスク情報作成の手引き、p.6、2018
- 5) 国土交通省水管理・国土保全局：中小河川の水害リスク評価に関する技術検討会、第1回、資料2、p.9、2020
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室、国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版）、p.11、2015（2017部分改訂）
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き（第2版）、p.15、2016
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部水害研究室：治水安全度評価システム（標準版）取扱説明書（Ver.2.0）、p.54、2018

中村賢人



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
害研究室 研究官
NAKAMURA Kento

板垣 修



国土交通省国土技術政策
総合研究所河川研究部水
害研究室長
ITAGAKI Osamu