

〔論文〕

鬼怒川水害と基本高水 ～治水の「科学」は適正か～

梶原 健 嗣

1) はじめに

2015年9月、鬼怒川沿いに発達した線状降雨帯は、鬼怒川上流・奥日光などで大量の降雨をもたらした。9/8～9/10の3日間雨量は10観測地点で600mmを超え、中でもモッコ平（日光市大字日光字野州原）では、816mmという大きな降雨量¹⁾となった。流域の平均降雨量（3日間雨量、9/8～10）は502mm、観測史上最多の大豪雨となったという²⁾。

こうした豪雨の中で、9月10日午前12時50分頃には、茨城県常総市上三坂地点で鬼怒川左岸³⁾が破堤。破堤幅は、最終的には200mに広がり、江東区の面積に匹敵する40km²が浸水するという大水害になった。利根川水系の破堤⁴⁾は、鬼怒川の東を流れる小貝川が1986年に決壊して以来、実に29年ぶりである。

水害被害の中心地である常総市では、死者2名を含む総計46名の人的被害となった。家屋などの財産的被害も、全壊53、大規模半壊1,458、半壊3,525、床上浸水171、床下浸

水3,055にのぼる被害となった（国土交通省関東地方整備局、『平成27年9月関東・東北豪雨』に係る洪水被害及び復旧状況等について、2015.12.25）。

水害被災地・常総市では、市議会が昨年11月に水害検証特別委員会を設置。今回の水害につき、様々な検証を行ってきた。その中で、国土交通省下館河川事務所の伊藤芳則所長は、「鬼怒川の上流に3日間で500ミリも雨が降った。流下能力を超える雨が降ったことにより、川がはらんした」と説明し、「水害の原因については、想定以上の雨による自然災害との見解を示し」ている（朝日新聞・茨城版2016.3.1）。

想定以上の雨→想定以上の洪水→水害（自然災害→国に責任なし）との見解は、一見分かりやすい。そして、想定以上の雨が想定以上の洪水をもたらすという因果関係は、当然のこととも思える。しかし、ことはそれほど単純ではない。これが本稿のテーマである。

鬼怒川では、治水基準点・石井地点において、計画降雨362mmに対し、8,800m³/sの洪水となる（基本高水流量）という治水計画を1980年に定めた。しかし、今回、計画規模を超える501mmの降雨に見舞われたが、

発生した洪水は約 $6,600\text{m}^3/\text{s}$ （戻し流量⁵⁾にとどまり、これを上流4ダムでカットして $4,600\text{m}^3/\text{s}$ となったのが今回の洪水（石井地点⁶⁾であった。降雨をみると「想定外」、洪水流量を見ると、「想定内」という現象が生じたのである⁷⁾。

両者の乖離は、どう理解すればよいのか。それを考える上でまず検討すべきは、事前の計画値の妥当性である。本稿は、鬼怒川水害における計画値と実績値との乖離を通じて、治水計画の「科学」の適正を検討する手がかりとするものである。

2) 治水計画と「科学」

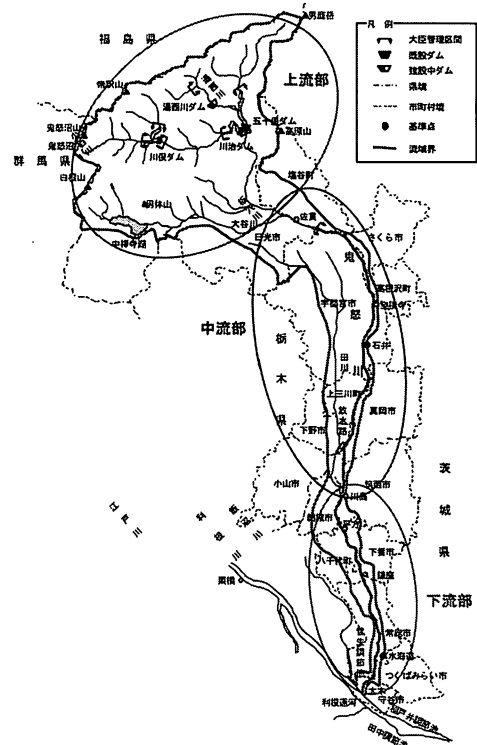
2-1 鬼怒川の治水計画

利根川水系に属する鬼怒川では、1926年、同川が直轄施行区域として指定されたことにより、改修計画が始まる。現行計画は、100年に1度の豪雨・洪水にも、既往最大洪水にも対応できるようにすることを目標として定められている。鬼怒川の場合、既往最大洪水は $5,700\text{m}^3/\text{s}$ （1949、キティ台風）に対し、総合確率法（後述）などで求めた計算流量 $8,800\text{m}^3/\text{s}$ が基準となっており、治水計画の適正に、「計画の科学」の適正が直接係ってくる。

現行の鬼怒川治水計画は、基準点・石井（宇都宮市石井、利根川合流点より 75.13km 上流）地点に $8,800\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が襲来することを想定し、上流ダム群で $3,400\text{m}^3/\text{s}$ カットし、河道で $5,400\text{m}^3/\text{s}$ 流すという計画である。前者の想定洪水規模を基本高水流量、後者の河道流下流量を計画高水流量と呼ぶ。 $8,800$

m^3/s という基本高水流量は、1973年より採用された数値だが、計画高水流量は変遷し、現在は $5,400\text{m}^3/\text{s}$ となっている。

この計画の下で、鬼怒川上流には、五十里（いかり）ダム、川治ダム、川俣ダム、湯西川ダムが完成し、その有効貯水量は総計で約 2.6 億 m^3 、うち約 1.2 億 m^3 が洪水調節容量である。



【図1 鬼怒川流域図】
国土交通省資料より

2-2 総合確率法による算定

鬼怒川の治水計画は、2006年に策定された利根川水系河川整備基本方針によるものが最新の計画である。そこでも、従来の計画値（利根川水系工事実施基本計画、1980）を踏襲し、基本高水流量 $8,800\text{m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量

量 $5,400\text{m}^3/\text{s}$ という計画目標が維持された。その意味で、現行の鬼怒川治水計画で核となっているのは、1980年の利根川水系工事実施基本計画である。

では、この時、どのような手法で、鬼怒川の基本高水流量 $8,800\text{m}^3/\text{s}$ は決められたのか。

基本高水流量を決定する過程では、引き伸ばし計算（後述、図2）により作成した複数のサンプル洪水を流出解析にかけ、複数の洪水ピーク流量を算定し、その中から基本高水流量を決定することが多い。

しかし、鬼怒川ではそうした計算方法はとらず、総合確率法⁸⁾という方法で、基本高水流量を決定している。総合確率法は、椎葉らが指摘するように「その基本的な考え方を記述した原著文献が見当たらない」（椎葉・立川2013、p101）。よって、下記は筆者の理解を示したものである。

総合確率法でも、①治水安全度に相当する超過確率雨量の算定、②引き伸ばし計算によるサンプル降雨の作成（図2参照）、③貯留関数法による、洪水流量の算出という手順を踏む。総合確率法による算定に特徴的なのは③以降で、③を手がかりに、④雨量→洪水流量の関係を複数把握し、⑤雨量と超過確率関係を媒介に、超過確率と洪水流量の関係を把握、⑥これを1:1対応に整理、⑦両者の関係式を把握という段階が加わるのが特徴である。なお、治水安全度というのは、治水目標の計画規模のことで、前述の通り、鬼怒川は100年に1度（これを1/100と表現する）である。

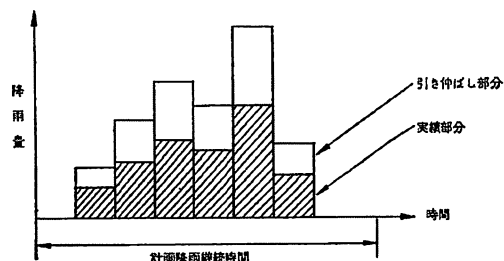
治水計画の算定において、出発点となるのは1/100豪雨の算定である。鬼怒川の場合、治水基準点となる石井地点上流域、3日間の

流域平均雨量という形で、1/100豪雨を算定する。1980年当時は、大正13(1924)年～昭和41(1966)年の降雨統計から、1/100豪雨を 362mm と推定した。ということは、1967～1979年の13年間のデータを捨象して1980年計画は立てられているわけで、何故、このようなデータ処理方法とするのか不明である。

治水計画で問題となるのは、洪水流量であるから、これではまだ「問題の入り口」に過ぎない。真の問題はこの豪雨に対応する洪水流量であるが、同じ降雨量でも、時間的・地域的分布が違えば、洪水流量は変動することの考慮が必要である。

鬼怒川同様、総合確率法を採用する利根川本川の場合、計画対象となる1/200豪雨は、3日間平均雨量 319mm ⁹⁾であるが、これに近い降雨は、カスリーン台風時の1947年(318mm)しかない（というより、頻繁に同規模の豪雨が記録されていたら、むしろおかしい）。そこで、時間的・地域的分布の多様性の考慮とデータの制約を克服するために、 100mm 以上の降雨を集め、これを 319mm 豪雨に加工するという作業を行っている。

【計画降雨よりも、実績降雨の継続時間の方が短い場合】



『河川砂防技術基準(案)』1976、p15より

【図2 引き伸ばし計算・イメージ図】

例えば200 mm 豪雨ならば、これを1.59倍 (319/200) する。こうした加工方法は「引き伸ばし計算」(図2) と呼ばれ、利根川に限らず、全国の河川を対象に行われている推計方法である。このように、引き伸ばし計算で作られた319mm 豪雨は、利根川本川の場合31個あり、この31豪雨を用いて、③以降の作業に進んでいく。

以上は利根川本川の場合であるが、鬼怒川の場合、やはり引き伸ばし計算により、362 mm 豪雨を作成していながら、利根川のように、100 mm という基準を設けていない。むかしのことで、基準値は不明だという(筆者聞き取り)。

引き伸ばし計算においては、始点を1936年に変更し、1936～66年の30年間の豪雨を用いて、58個の362 mm 豪雨を作成したという。もっとも、同期間の100 mm 超豪雨は61個(「鬼怒川の流出計算モデルについて」)であるから、実際には、100 mm に近い数字が基準として機能したとは言える。

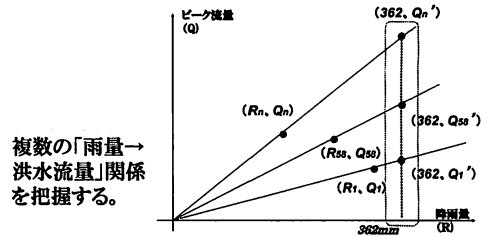
第3過程は、この58個の362 mm 豪雨から、対応する洪水流量を算定する作業である。この雨量→流量変換の過程が流出解析と呼ばれる作業で、わが国では「貯留関数法」という方式がメジャーである。こうして、58パターンにおける「雨量→洪水流量」の関係式を把握するのである(図3参照)。なお、把握する流量は、洪水のピーク流量である。

この基礎作業を経て、第2段階に移行する。雨量→洪水流量の視点で検討していた第1段階から、第2段階では、「洪水流量→雨量→超過確率」の視点での検討に移る。

降雨パターンごとに、雨量と洪水流量の関係を求めたので、その組み合わせも58パターン

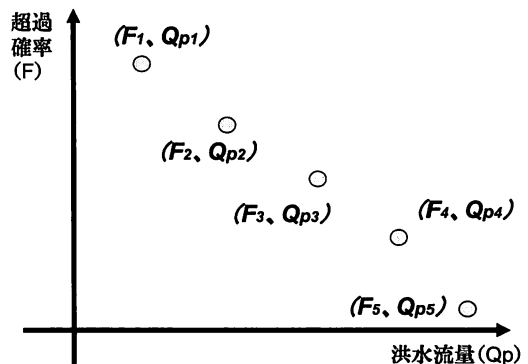
phase1
雨量→洪水流量の視点での検討

引き伸ばし計算により作成したサンプル洪水を貯留関数法を用いて、洪水流量を計算。



【図3 総合確率法の基本的イメージ①】

ある。ここで、雨量とその超過確率の関係は1:1対応の関係に把握できているので、その雨量・超過確率を媒介にすれば、任意の洪水ピーク流量において、対応する超過確率を求めることができる。もっとも、それだけでは、任意のピーク流量Qに対する超過確率Pは58通りのものが表示され、このままでは、縦軸に超過確率、横軸に洪水ピーク流量をとった座標軸の上に、両者をマッピング(図4)することができない。ということは、最終的に、超過確率とピーク流量の形の関数式に整理することも出来ない。従って、任意の洪水ピーク流量に対する超過確率が58通り存在するのを、1対1関係に纏め上げる作業が必要である。



【図4 総合確率法の基本的イメージ②】

では、どのようにして、両者の関係を1:1対応の関係にまとめるか。この時、総合確率法では、超過確率の平均を相加平均として求める。そうすることで、任意の洪水ピーク流量とその超過確率の関係を1:1対応の関係に纏め上げることができる。そして暫定値として把握した両者の関係をもとに、両者の関係性を求めることができる。そうすれば、今度は求めるべき、 $F=1/100$ に対する洪水流量が求められるという理屈である。

こうして、鬼怒川の1/100洪水として、 $8,800\text{ m}^3/\text{s}$ という数値が弾き出されるのであるが、この総合確率法については、

- 1) 引き伸ばし計算の妥当性¹⁰⁾
 - 2) 貯留関数法での流出解析の正確性
 - 3) 「確率の相加平均」をとることの妥当性
- につき、科学的合理性が担保されなければ、その数値を信頼できないと思うが、その担保は明らかではないと考える。この点は、3で後述する。

2-3 $8,800\text{ m}^3/\text{s}$ は変わらず

こうして決まった、鬼怒川の基本高水流量 $8,800\text{ m}^3/\text{s}$ は、2006年策定の河川整備基本方針でも変わらなかった。その検討手順は下記の通りである。

河川整備基本方針の段階では、新たに統計処理を行い、1/100豪雨を出し、それを貯留関数法を用いて1/100流量に変換するという経路でのデータ処理をしていない。行ったのは、1936～2002年の年間最大流量を用いて流量確率法により1/100流量を求めただけである。なお、流量確率法とは、毎年の最大洪水を統計処理して、超過確率流量を求める方法をいう。その結果、1/100流量は7,000～

$9,500\text{ m}^3/\text{s}$ となり、規定の $8,800\text{ m}^3/\text{s}$ は、その範囲内であるから、基本高水の変更は行わないというのが、現行計画である。

情報公開請求により、実際の数値を求めてみたところ、気象庁ホームページに従い¹¹⁾、 $SLSC(99\%) \leq 0.04$ で切ると、確かに $6,982 \sim 9,411\text{ m}^3/\text{s}$ (平均 $8,258$)となる。

河川整備基本方針での掲載資料には、年間最大流量のみならず、年間最大雨量も記載されており、これに従えば1/100豪雨は容易に計算可能である。実際、常総市などのハザードマップは、同期間を用いた統計処理1/100= 402 mm を前提に試算をしており、国は新しい統計数値を得ていたが、なぜだか、基本高水流量の決定という、治水計画上最も重要な場面に、これを生かしていない。

3) 分析

1) 雨量確率と流量確率の乖離

治水計画策定のためのマニュアル、『河川砂防技術基準』は、計画規模の決定に際し、下記のような解説を載せている。

……計画降雨の規模は、計画降雨の降雨量について平均して何年に1度の割合でその値を超過するかということを示している。それゆえ、これはその降雨に起因する洪水のピーク流量とは必ずしも一致しない。

しかし、洪水防御計画においては、基本高水のピーク流量の年超過確率が重要な意味を持つので、年超過確率において両者の間に著しい差異が生ずる恐れがある場合には、これらの関係を明確にし、他の手法に

よって計画の規模を定めることを検討する必要がある。

では、鬼怒川治水計画の場合はどうであろうか。鬼怒川では、100年に1度の洪水を計画規模に決め、(1980年当時) 想定降雨362mmに対し、8,800m³/sの洪水が来ることを想定していた。

しかし、実際の降雨は501mmと、当初想定を遥かに超える豪雨となりながら、洪水規模は、遥かに小さい6,600m³/sに過ぎなかった。雨量・洪水流量をそれぞれ確率評価すると、1/110豪雨=501mm¹²⁾ に対し、1/45洪水=6,600m³/s¹³⁾ が生じたという。この意味で、「想定以上の雨による自然災害との見解を示し、想定以上の雨が想定以上の洪水を引き起こし、水害に至った」という伊藤芳則・下館河川事務所長の説明は誤りである。

確かに、『河川砂防技術基準』が指摘するように、「その降雨に起因する洪水のピーク流量とは必ずしも一致しない」。しかし、今回のように、豪雨の規模は1/110、洪水流量の規模は1/45という差異は、無視できない「著しい差異」といえないか。

まして、鬼怒川の場合、基本高水流量の算定では、雨量と超過確率の関係は1:1対応の関係に把握できていることを媒介に、任意の洪水ピーク流量において、対応する超過確率を求めることができ、そうした関係を通じて、「平均確率と超過確率流量の関係式」を求めている。そうであれば、他の場合にもまして、雨量・流量間での超過確率の差異に、敏感でなければならぬのではないか。

基準解説が言う「著しい差異」は、雨量・流量間でどれほどの乖離が生じた場合か判然

とはしないが、今回のケースは、「著しい差異」として、原因を考察すべき場合だと、本稿では考える。

端的に疑問点を言えば、1980年当時の想定、362mm豪雨が8,800m³/sの洪水を発生させるという想定は、おかしな推計ではなかったのか、というものである。より具体的に言えば、ア) 1/100豪雨=362mmという推計は過少評価ではなかったか、イ) 他方で1/100洪水=8,800m³/sという推計は過大評価ではなかったか。それは結局のところ、ウ) 問題点は、両者を繋ぐ総合確率法という計算手法にあるのではないか、というのが本稿の問題意識である。

2) 1/100豪雨の適正

鬼怒川の場合、1/100豪雨の算定値が、362mm(1980) → 402mm(2006) → 495mm(2015)と激しく変わった。統計処理であるから、データ対象期間が変われば数字が変わりうるのは当然だとしても、かなり大きな数字の変化である。

常総水害後、国は様々なデータを公開しているが、その中の1つ「鬼怒川の流出計算モデルについて」(国交省関東地方整備局、2015.12)では、1925～2015年までの90年間で記録された100mm超豪雨を掲載している(p314)。1980年時の推定対象期間は1924～1966年なので、データの始点において1年のずれがあるが、概要は知ることが出来る。これによると、1925～66年の間でも、既に300mm超豪雨が8回、200mm超豪雨でも13回あった。最高値は、1959年の385mmである。

しかし、1980年時に国は1/100豪雨を362mmとしている。40年間のデータを用いて、

1/100豪雨を外挿するのに、その数値が期間内最高値を下回るという推計になっているのである。この時の推定では、1/200豪雨は377mmとなっているから、期間内最高値は、1/200豪雨をも超えているという推計になっている。1/100豪雨=362mmという推計は過少評価ではなかったのかと考えるのは、そのためである。

ついでに言えば、同推計では1/10豪雨を301mm、1/20豪雨322mm、1/50豪雨346mmとしており、「上がり幅」が非常に緩い推計となっている。300mm超豪雨が8回、200mm超豪雨でも13回が記録されている以上、それぞれの超過確率雨量が高くなるのは当然であるが、なぜ、これほど「緩やかなカーブ」¹⁴⁾ になっているのか不明である。

本稿の疑問点は、1980年の推計のように、1925～1966年のデータを用いて計算したとしても、1/100豪雨の推計は362mmよりも、もっと大きな数値になったのではないかというものである。

もちろん、理論的にはN年の統計サンプルから、 $(1/N + \alpha, \alpha > 1)$ 年確率降雨量を求める時に、その数値が必ず外挿になるとは限らない。内挿になる場合も、ないとはいえないだろう。しかし、違和感を覚える推定である。

そこで簡易推計になるが、無料頒布されている水文統計ユーティリティ¹⁵⁾ (一般財団法人・国土技術研究センター、JICE) を用いて、確率雨量を求めてみた。1926～1966年(ただし1932年欠測)の雨量統計では、SLSC(99%) ≤ 0.04 を満たすのは、LogP3法、Iwai法の2つで、ともに0.04である。両者のJackknife推定値の平均をとれば、

1/100豪雨は468mmとなる。この推計値は、「300mm超豪雨が8回、最高値は1959年の385mm」という統計との間で、整合性はとれている。また、今次豪雨を加えて新しく求めた1/100豪雨=495mmとも近い。

上記の試算は、あくまで1つの試算値にすぎない。しかし1980年当時でも、1/100豪雨は362mmよりも大きな数値として算出できたはずであるし、そう推計する方が合理的だったはずである。

3) 引き伸ばし率

疑問点②は、疑問点③と連動する。というより、前述した総合確率法での計算過程の問題点に起因する結果といえる。

第1に問題にしたいのは、計算条件の適正である。総合確率法は、任意の雨量に対する洪水ピーク流量を算出する1つの方法であるから、雨量データという代入データの適正が、計算結果(=洪水ピーク流量)に当然影響してくる。その点で、問題にしなければならないのは、引き伸ばし計算の妥当性である。

引き伸ばし計算とは、もともと「豪雨の時間的・空間的多様性の考慮と、使用可能データ」の折り合いをつけるための計算である。引き伸ばし率にメルクマールをおかず、たくさんのサンプルを作成すれば、時間的・空間的多様性は広く確保される。しかし、それではデータの加工度が大きくなってしまい、自然現象としての現実性に、疑問のあるケースも紛れ込んで来うる。その意味で、問われているのは、①十分なサンプルを集めることと②サンプル作成過程における、データ加工もたらす不確実性の考慮のバランスをどう取るか、である。

利根川の場合、元々319mm (1/200豪雨) に対応する豪雨は1豪雨 (1947) しかなく、引き伸ばし計算をするしかないという事情がある。しかし、鬼怒川の場合、300mm豪雨だけでも8回もある。200mm豪雨も含めれば、21個ある。この辺りで引き伸ばし計算のメルクマールをおいても、サンプル数は及第点が与えられる数が得られたとはいえないか。

それなのに、鬼怒川の場合には、「メルクマールを設けない」という形で、対象降雨を58個にまで拡大した。それは、十分なサンプル数を得ることが可能なのに、必要以上にサンプル数を増やして、計算結果の誤謬/推計誤差を増幅させるリスクを不用意に抱え込むものではなかったのか、そうした疑問が残る。

4) 総合確率法的方法的妥当性

そしてもう1つ、総合確率法の方法論的妥当性に疑問がある。

利根川本川の場合、1/200豪雨を319mmと算定し、引き伸ばし計算でこれを31個作り、31パターン of 319mm豪雨を作り出した。この時、31豪雨に対応する洪水ピーク流量は貯留関数法で計算されるが、その算術平均値は17,971m³/sとなる。貯留関数法の算出数値は、実績洪水と幾分か誤差があり、若干大きめの数値になることも多い。

その点はさておくとしても、こうして計算された17,971m³/sを1/200流量と考えることに、一応の合理性はあると考える。しかし実際には、この方法を取らず後半4過程を行い、1/200流量は21,200m³/sという推計になった。両者には、随分と大きな差がある。

前述のように、総合確率法では、「④雨量→洪水流量の関係を複数把握し、⑤雨量=超過確率関係を媒介に、超過確率=洪水流量の関係を把握、⑥これを1:1対応に整理、⑦両者の関係式を把握」という段階が更に加わっていた。そして、この過程で鍵となるのは、超過確率を相加平均で算出していることである。

言うまでもなく、相加平均≧相乗平均であるから、相加平均で超過確率の平均をとれば、相乗平均の超過確率よりも大きな数値となる。つまり、相加平均で示した場合、任意の洪水流量に対して、相加平均よりも大きな頻度で発生することになる。逆に言えば、任意の超過確率に対応する洪水流量も大きな数値になる。

実際に、相加平均で算出することと、相乗平均で算出することの定量的な差¹⁶⁾はわからない。しかし、④~⑦という計算過程を挟んだがため、(1)引き伸ばし計算の計算誤差、(2)流出解析=貯留関数法の計算誤差というリスクに加え、(3)相加平均で超過確率の平均を示すことによる計算誤差と、計算誤差をより拡大させるリスクを抱え込んでしまっている可能性は否定できない。

4) おわりに

鬼怒川水害のあと、伊藤芳則・下館河川事務所長は、想定以上の雨による自然災害との見解を示し、想定以上の雨が想定以上の洪水を引き起こし、水害に至ったという見解を示した。しかし、問題はそれほど単純ではない。

362mmの豪雨が8,800m³/sの洪水を引き

起こすという当初の推定（1980）からすれば、豪雨は想定外（502mm、1/110）でありながら、洪水は想定内（6,600m³/s、1/45）であったのが、今回の鬼怒川水害である。そして、豪雨1/100→洪水1/45という両者の超過確率の違いは、本稿では無視できない著しい差異にあたるのではないかと考えた。

そこで問題になるのは、「362mmの豪雨が8,800m³/sの洪水を引き起こす」という、当初の計算過程の合理性である。この時、当時使用していた雨量統計（1924～1966）からしても、1/100豪雨が362mmは過少推計だったのではないかと指摘した。今次の豪雨を踏まえて、鬼怒川の1/100雨量は495mmと整理されたが、当時のデータでも、468mmと近い数値は出せる。そして、この数値こそ、「300mm超豪雨が8回、最高値は1959年の385mm」という事実と矛盾しない。

治水計画では最終的に、洪水ピーク流量が問題であり、統計整理で求めた雨量に対応する洪水流量を求める作業が続く。しかし、この過程には、より大きな計算の不確実性／計算誤差が伴う。

出発点となる引き伸ばし計算では、鬼怒川の場合、200mm以上の豪雨が1925～66年の間で21個得られるのだから、58個にまでサンプルを増やして、算入データに不確実性を内包させる必要がどれほどあったのか、不明である。

また、総合確率法の処理過程において、超過確率を相加平均で代表させているから、任意の洪水流量に対応する超過確率は、大きなものになってしまう恐れもある。

総じて、計算サンプルが内包しかねない計算誤差と、相加平均による確率平均によって、

任意の超過確率に対する洪水流量は大きくなりうる可能性を秘めている。

この点については、計算過程の中核にある流出解析を再現計算できないため、定量的な評価は出来ない。鬼怒川において、貯留関数法で、当時どういうモデルを組んだか、その情報開示がないため、再現計算できないためである。そのため、「総合確率法を用いる場合、任意の超過確率に対する洪水流量は大きくなりうる可能性を秘めている」という評価に、本稿では留める。

国の当初の計算に従えば、降雨は「想定外」、洪水流量は「想定内」というのが、今回の鬼怒川水害である。そして、『河川砂防技術基準』では、両者に著しい差異がある場合には、その検証を求めている。本稿では、ア) 1/100豪雨＝362mmという推計は、過少評価ではなかったか、イ) 他方で1/100洪水＝8,800m³/sという推計は過大評価ではなかったか。ウ) 問題点は、両者を繋ぐ総合確率法という計算手法にあるのではないかと、という問題提起をした。

本稿の研究は、あくまで問題提起である。結論としては、今次水害の雨量／流量の確率評価の乖離につき、その原因を考察することは、『河川砂防技術基準』の趣旨に沿うものであり、治水計画の検討作業の中で、不可欠の重要な出発点ではなからうか。

【謝辞】

本論文の作成に当たっては、佐藤裕和さん、嶋津暉之さんに教示を受けました。記して、感謝申し上げます。

【参考文献】

- 拙著 [2014] 『戦後河川行政とダム開発～利根川水系における治水・利水の構造転換』 ミネルヴァ書房
- 青山俊樹 [1981] 「利根川水系工事实施基本計画の改定」『河川』 1981.4
- 沖大幹 [2016] 『水の未来』 岩波新書、岩波書店
- 河川法研究会編著 [2006] 『改訂版・逐条解説 河川法解説』 大成出版社
- 椎葉充晴・立川康人 [2013] 「総合確率法の数学的解釈」『土木学会論文集（水工学）』 Vol.69-2
- 堀智晴ほか [2008] 「氾濫原における安全度評価と減災対策を組み込んだ総合的治水対策システムの最適設計－基礎概念と方法論－」『土木学会論文集B』 Vol.64-1

【参考資料】

- 気象庁ホームページ「確率降水量の推定方法」
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/cal_qt.html
- 国土交通省関東地方整備局、「『平成27年9月関東・東北豪雨』に係る 洪水被害及び復旧状況等について」、2015.12.25
- 同「鬼怒川の流出計算モデルについて」
http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000638061.pdf
- 水文水質データベース（国土交通省）
<http://www1.river.go.jp/>
- 1) 水文水質データベース（国土交通省、<http://www1.river.go.jp/>）より筆者集計。
 - 2) これまでの最高値は、2001年に記録した402 mmである（「鬼怒川の流出計算モデルについて」 p314）。
 - 3) 下流に向かって左側が左岸、右側が右岸である。
 - 4) 利根川・江戸川本川では、1949年のキティ台風時に破堤して以来、破堤被害は生じていない。
 - 5) ダム調節前の洪水流量。今回の洪水では、正確には6,632 m³/sだという（「鬼怒川の流出計算モデルについて」 p322）。
 - 6) 破堤地点・上三坂に近い北海道では更に300 m³/s減って4,300 m³/sとなったが、河道では4,000 m³/s分しか流しきれず、300 m³/s分が溢

れた。

- 7) この点、沖大幹氏は常総市の氾濫を「数百年に一度と推計される豪雨に伴う典型的な超過洪水」（沖2016、p181）と評価しているが、1) 降雨規模は1/110程度であるし、2) 洪水規模は、計画高水流量以下の6,600 m³/sであって、その評価には疑問が残る。
- 8) 総合確率法は、利根川をはじめ、久慈川・那珂川、多摩川で採用されているが、それほどメジャーな方法ではない。また、現在では基本高水流量の算定計算として用いられていない。しかし、椎葉・立川2013は「降雨の時空間的分布がピーク流量に影響することを理論的に組み込んだ手法であり、レーダー雨量データの集積と分析によって、総降雨量と降雨分布の依存性を考慮した洪水ピーク流量の設定手法に発展する可能性がある」と高く評価している。
- 9) この時の統計標本期間は1901～1974年だったが、その後、国土交通省は標本期間を1926～2007年に修正し、1/200豪雨は336 mmという新しい数値を発表した。
- 10) この点は、堀ほか2008も指摘するように、「引き伸ばしにどの程度の科学的根拠があるか」といった問題が指摘され続けてきた」といえる（堀ほか2008、p2）。
- 11) 気象庁ホームページ「確率降水量の推定方法」
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/cal_qt.html
- 12) 最新の確率評価では、1/100 = 495 mmだという（「鬼怒川の流出計算モデルについて」 p17）。
- 13) 今後の鬼怒川整備は、この6,600 m³/s洪水に対応する治水計画として進められていくことになる（鬼怒川河川整備計画）。
- 14) 実際、同推計が示されている「基本高水等に関する検討」で上げられている、他の河川（利根川、渡良瀬川、小貝川）と比べても、「特異な緩さ」となっている。
- 15) <https://www.jice.or.jp/tech/software/rivers/hydrology/programdl>
- 16) 前述の17,971 m³/sと21,200 m³/sの差は、超過確率の相加平均／相乗平均の差ではなく、①～③で計算を終えた場合と、①～⑦で計算を終えた場合の差異である。念のため、付言する。