

## IDF カーブを利用した洪水頻度解析法に関する研究\*

福島大学共生システム理工学類 龍崎 尚真

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

### 1. はじめに

我が国の治水対策は国土交通省が策定した治水計画（河川整備基本方針）に基づいて進められており、治水計画では洪水防御の基本となる基本高水が定められている。基本高水は主に貯留関数法による流出解析から算出され、基本高水からダム等による洪水調節量を差し引いた計画高水流量が実際に河道に流すことを目標に河川計画が立てられている。この計画高水流量は、ダム、堤防、遊水地等の洪水調節施設を建設する際の理論上の根拠となっており、今日の治水行政の中で最も重要な指標の一つである。しかしながら、基本高水流量を定める過程で貯留関数法による流出計算の過程に不確実性があることや、森林保水力の増加による洪水ピーク流量の逓減を十分に考慮していない（関，2011）ことなどを理由に議論になる場合があり、ダム建設を始めとする河川整備を進める上で問題点の一つとなっている。この問題の一つの解決法として、洪水頻度解析法およびそれに基づく治水計画をできるだけ簡便かつ透明性を確保した上で決定する必要があるのではないだろうか。これまで、洪水頻度解析手法に関する研究は数多くなされており、例としては流量データを用いた岩井(1949)、雨量データを用いた宝ら(2001)がある。近年では、Intensity-Duration-Frequency (IDF) カーブを利用した洪水頻度解析がなされ始めている。IDF カーブの研究は、葛葉(2007)のように、本来雨量の頻度分布を対象としたものである。このIDFカーブは強度、継続時間、頻度と洪水頻度解析に必要な情報をも解析する。田崎ら(2012)はこの特性を利用して、IDFカーブを阿武隈川の6つの観測所に適用し、流量データを用いた洪水頻度解析が可能であることを示しているが、実際に洪水流量の推定までは行っていない。そこで本研究は、実測流量から計画高水流量を推定する手法として、田崎ら(2012)が提案したIntensity-Duration-Frequency (IDF)カーブを利用した洪水頻度解析法を東北地方の複数の水系に適用し、既存の計画高水流量と同じ再現期間の流量を推定し、IDFカーブによる洪水頻度解析法の特徴および可能性を検討した。

### 2. 方法

#### 2.1 対象地点および使用データ

本研究は図-1 に示す東北地方を流れる岩木川、米代川、雄物川、最上川、北上川、阿武隈川の合計6水系を選び、それぞれ五所川原、二ツ井、椿川、下野、登米、福島各流量観測所を対象地点とした。これらの観測所における毎時の流量データを国土交通省所管の水文水質データベースの流量月表より取得した。

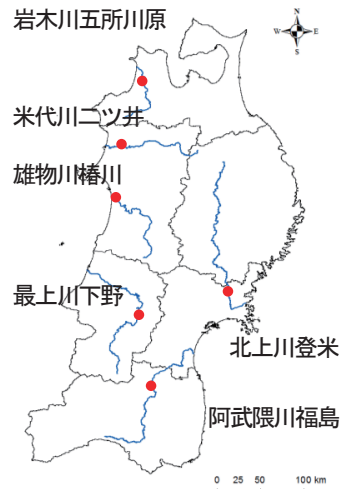


図-1 対象地点の位置

\*Introducing Intensity-Duration-Frequency (IDF) curve as an alternative of current Japanese flood frequency analysis by Shoma Ryuzaki and Yoshiyuki Yokoo

## 2.2 IDF カーブの作成

IDF カーブは、頻度を1年に1回から各観測所のデータ数に応じて36~40年に1回までを対象とし、毎時の流量の強度 (Intensity: I) およびその継続時間 (Duration: D) を算出し、それらをプロットして作成した。また、継続時間が1時間の流量の再現期間と強度に関するグラフを作成した。なお、データが存在しない場合は前後の値の内挿値を利用し、欠測データは0とした。観測されていない年をはさむ場合でもその年をまたいで続けているものとした。なお、観測されていない年は、樺川は2000年、福島は2002年である。

## 2.3 計画規模の洪水流量の推定

再現期間と強度の関係を対数近似で外挿し、計画規模の洪水流量の推定を行った。なお、洪水流量の推定の際は、短い継続時間の洪水でも洪水流量が計画高水流量を越えた時点で、堤防の決壊やダムからの流出増大の危険性があるので、継続時間が1時間のときの再現期間と強度の関係から近似式を算出した。

## 3. 結果

### 3.1 IDF カーブ

図2~5は、それぞれ岩木川五所川原、米代川二ツ井、最上川下野、北上川登米におけるIDFカーブである。これらのIDFカーブを比較すると、二ツ井および登米において既往洪水の規模が大きいことがわかる。一方で、五所川原および下野における既往洪水の規模は小さいことがわかる。また、登米では他の観測所に比べて強度が高い状態が長時間にわたって継続する特徴がある。

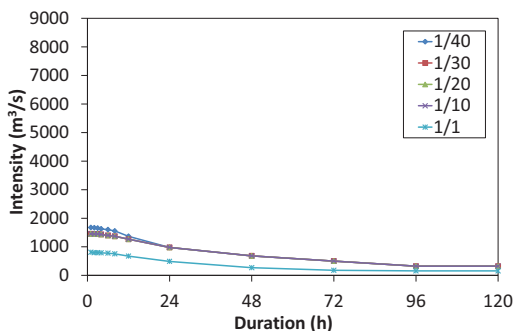


図2 岩木川五所川原におけるIDFカーブ

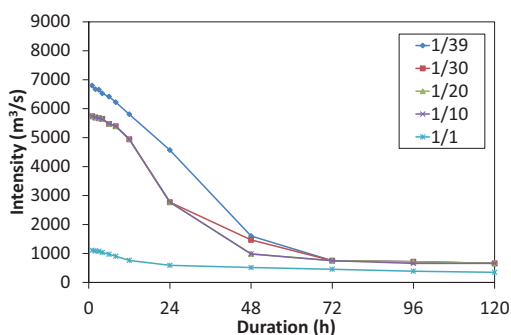


図3 米代川二ツ井におけるIDFカーブ

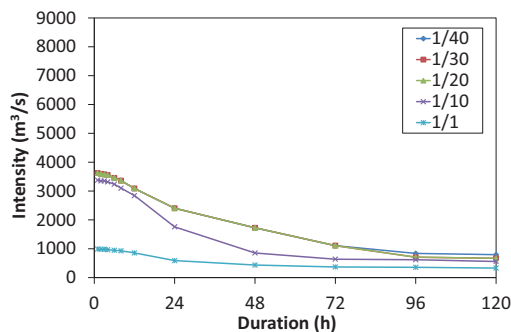


図4 最上川下野におけるIDFカーブ

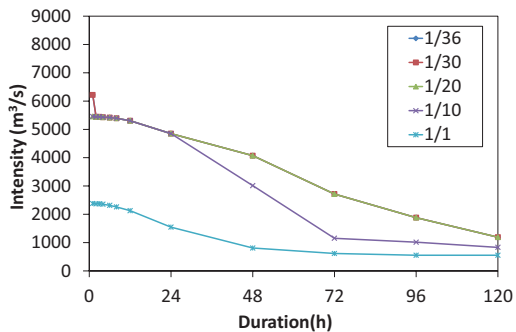


図5 北上川登米におけるIDFカーブ

### 3.2 再現期間と強度の関係

図-6, 7 は, それぞれ米代川二ツ井, 最上川下野における再現期間と強度の関係を表したグラフであり, 対数関数で表現した両者の関係式を外挿することで計画規模である 40 年程度の観測データから 100 年に 1 回の洪水流量を推定したものである. なお, 対数関数による近似式を用いて流量を推定した理由は, 再現期間の増加に従って, 流量の増加が頭打ちになると仮定したためである. 観測所ごとに結果を比較したところ, 観測所によって再現期間に対する強度の増加率が大きく異なることがわかった. 二ツ井では増加率が大きく, 下野では小さい結果となった. なお, グラフの横軸の最大値である 100 は, 各観測所の計画規模を表しており, その点における近似曲線上の強度が求める洪水流量の推定値である.

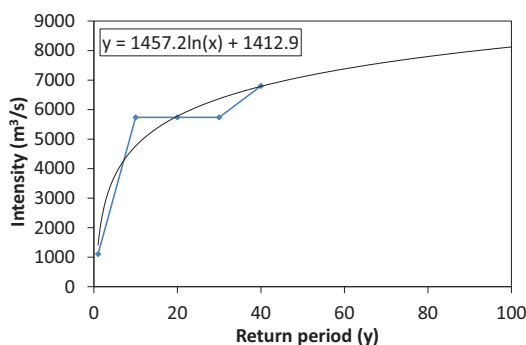


図-6 再現期間と強度の関係 (米代川二ツ井)

図中の  $x$  は再現期間,  $y$  は強度である.

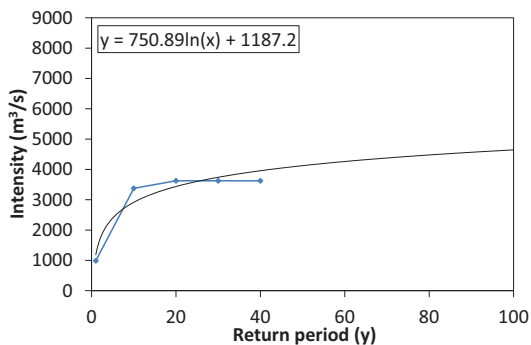


図-7 再現期間と強度の関係 (最上川下野)

図中の  $x$  は再現期間,  $y$  は強度である.

### 3.3 計画高水流量の変遷

図-8, 9 は, それぞれ米代川二ツ井, 最上川下野における計画高水流量の変遷を示したグラフである. 使用した流量データの期間において, 二ツ井および下野では計画高水流量が改定されており, 各図の実線に現在の計画高水流量, 点線にそれ以前の計画高水流量を示した. 二ツ井では, 1954 年の改定後, 1973 年に改定されており, 実測流量が計画高水流量を超えていることから, 改定が適切であったことがわかる. 一方, 下野では, 1963 年の改定後, 1974 年に改定されているが, 実測流量は  $3500\text{m}^3/\text{s}$  程度で推移しているため, 改定が過大であった可能性がある.

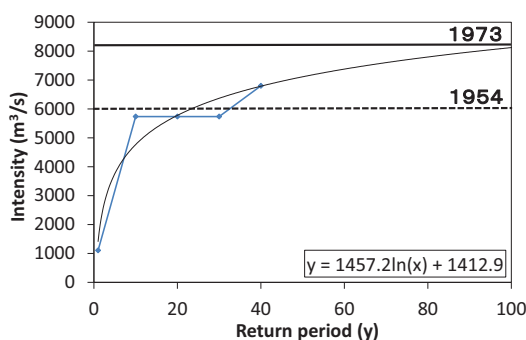


図-8 計画高水流量の変遷 (米代川二ツ井)

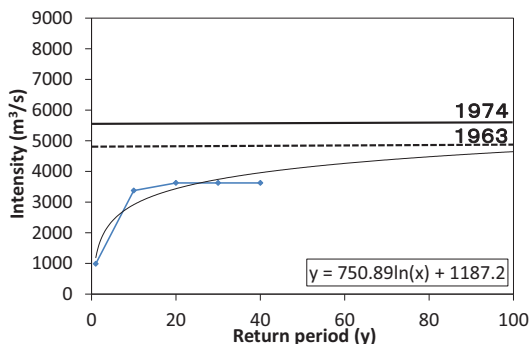


図-9 計画高水流量の変遷 (最上川下野)

### 3.4 計画規模の推定流量

表-1 に対数近似式で求めた各観測所の計画規模における洪水流量の推定結果を示す。表-1 に示す通り、全ての観測所において既存の計画高水流量が推定値を上回る結果となった。特に、椿川においては既存の計画高水流量  $8700\text{m}^3/\text{s}$  に対し、推定流量はその半分以下である  $4308\text{m}^3/\text{s}$  となり、五所川原においても既存の計画高水流量  $3800\text{m}^3/\text{s}$  に対し、推定流量はその半分以下である  $1823\text{m}^3/\text{s}$  となった。このことから、IDF カーブを利用して計画規模の洪水流量を推定した場合、観測所によって既存の計画高水流量を大幅に下回る箇所があることがわかった。

表-1 各観測所の洪水流量の推定値一覧

水系	観測所	計画高水流量 (a $\text{m}^3/\text{s}$ )	推定値 (b $\text{m}^3/\text{s}$ )	a に対する b の割合 (%)
岩木川	五所川原	3,800	1,823	48
米代川	二ツ井	8,200	8,123	99
雄物川	椿川	8,700	4,308	50
最上川	下野	5,600	4,645	83
北上川	登米	8,700	7,888	91
阿武隈川	福島	5,800	5,138	89

図-10, 11 に観測所ごとの計画高水流量と推定値の差をそれぞれ流量、および、計画高水流量に対する推定値の割合で示す。図-10 から、既存の計画高水流量と推定値の差について実際のスケールで比較できるが、椿川においては他の観測所に比べ、圧倒的に大きな  $4000\text{m}^3/\text{s}$  以上の差を示している。また、図-11 より五所川原および椿川では既存の計画高水流量に対して推定値の割合が 50%以下となった。一方で、二ツ井においては割合が 99%を示し、既存の計画高水流量が計画規模の治水対策を行う指標として妥当な数値であることがわかった。以上より、五所川原および椿川において、計画高水流量を算出する際に基となる基本高水流量の既定値が過大である可能性があるといえる。

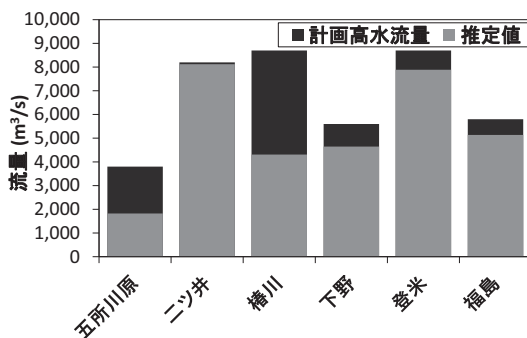


図-10 計画高水流量と推定値の差 (流量)

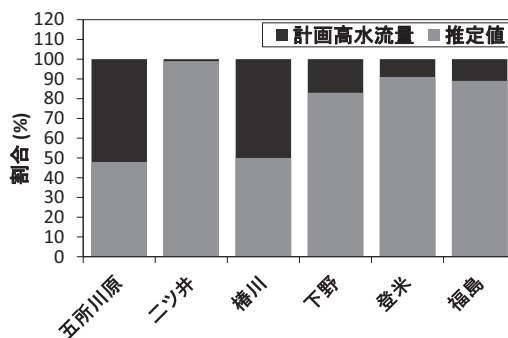


図-11 計画高水流量と推定値の差 (割合)

## 4. 考察

### 4.1 本研究の意義

本研究では、IDFカーブを利用した洪水頻度解析法の特長および可能性を検討した。IDFカーブを利用する方法の特長としては、パラメータの正確性を説明することが困難な、貯留関数法を用いたモデルによる、不確実性を伴う流出計算がないため、より現実に即した推定を行うことができる点にある。さらに、議論の対象となる森林保水力の増加についても、ある程度考慮している方法であるといえる。また、単純な方法であり、一般に公開されているデータによって、推定結果を導出できる点に特徴がある。本研究が行った方法では、河床掘削等の河川改修や、ダムを始めとする流量調整施設の建設、土地利用や地形の変化等、流域の変遷による流量の変動を考慮しておらず、流量データをそのまま統計解析に用いている点において、データの取り扱い方に問題がある。しかし、従来の貯留関数法による流出計算を用いた洪水頻度解析法に代わる新たな解析方法としてIDFカーブを利用することにより、モデルに依存せず流量の実測値のみで計画規模の推定流量を算出することが可能であることを示したことが本研究の意義である。また、既存の基本高水流量を実測値から裏づけし、値の妥当性を検討する手法として応用できると考えている。上野(2002)が「基本高水の決定方法に問題があり、決定された諸河川の基本高水が絶対的なものでなく、一般に過大な基本高水が採用されていることは多くの識者が認めるようになった。」と述べているように、過大な基本高水の問題は、実際多くの水系で起きている可能性がある。この問題に対して、IDFカーブによる洪水頻度解析手法を用いることで、過大な基本高水流量が設定されている箇所を洗い出すこと、さらに基本高水流量が過大であった箇所において、再計算の必要性を説く根拠として示すことで既定値を見直すきっかけとすることができると著者は考えている。

### 4.2 本研究の課題

本研究の課題点としては、流域の変遷による流量への影響以外に洪水時の自然流況の復元および流量データの不足への対応が挙げられる。洪水時の流量データは、溢れた流量がダムや遊水地等に貯留されるので、洪水時に河道に流れるはずだった流量が含まれていない。宝(1998)が述べるように、本研究のような流量の確率評価を行う際、貯水池や遊水地における人為的な洪水流の貯留やあるいは破堤・越流などによる氾濫によって洪水流量の低減がある場合には、自然流況の復元作業が必要である。次に流量データの不足への対応である。洪水頻度解析法には雨量解析手法と流量解析手法があり、雨量データに比べて流量データが少ないことから、雨量解析手法が採用されてきた経緯がある。実際、一級河川においても観測所によって、流量データが不足しているのが現状であり、これは中小河川においても然りである。本研究で扱った水系のデータ数は、多くて40年分であったが、今後、流量データの蓄積数の増加に応じて対数近似式の精度が向上し、外挿による流量推定の信頼度が向上していくと考えられる。また、推定時にデータの再現期間を細かく取ること(10年刻みを5年刻みにするなど)も有効と予想される。

## 5. 結論

本研究は、田崎ら(2012)が提案したIDFカーブによる洪水頻度解析法を東北の6水系の各観測所に利用し、IDFカーブによる洪水頻度解析法の特長および可能性を検討した。本研究から得られた結果を以下に記す。

- ① 東北の一級水系の観測流量を用いて、洪水に関するIDFカーブを作成した。
- ② 各観測所の計画規模の洪水流量を推定した。
- ③ 五所川原および椿川において、既存の基本高水流量が過大である可能性がある。

なお、各水系の上下流における、計画高水流量が算出されている別の観測所においてもIDFカーブを作成し、

各水系の上下流における洪水の特徴を調べることに、ならびに、土地利用の変化やダムを始めとする洪水調節施設の建設等、流域の変遷が流量に与える影響を調べることを今後の課題とする。

## 謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費 S-8-1(4)、JICA/JST 地球規模課題対応国際科学技術協力授業「気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築(IMPAC-T)」、科学研究費補助金(若手研究 B、21760381 および 24760388)、東京大学統括プロジェクト機構「水の知(サントリー) 統括寄付講座との共同研究の成果の一部である。また、本研究は国土交通省の水文水質データベースを活用した。ここに謝意を示す。

## 参考文献

- 岩井重久 (1949), 確率洪水推定法とその本邦河川への適用, 統計数理研究, 第2巻 (3), pp. 21-36.
- 葛葉泰久 (2007), 九州中東部での IDF カーブの作成と 2005 年台風 14 号による豪雨の統計的評価, 自然災害科学, Vol25, No.4, pp. 525-540.
- 関良基 (2011), 意見書「日本学術会議が明らかにした事実を反映すれば国交省の新モデルでもカスリーン台風の再来計算流量は 16,663m<sup>3</sup>/秒となる。」  
([http://www.yamba.sakura.ne.jp/shiryo/tokyo\\_k/tokyo\\_k\\_g\\_iken\\_seki\\_110930.pdf](http://www.yamba.sakura.ne.jp/shiryo/tokyo_k/tokyo_k_g_iken_seki_110930.pdf), アクセス日:2012/11/28)
- 宝馨 (1998), 水文頻度解析の進歩と将来展望, *J.Japan Soc.Hydrol.& Water Resour.* Vol.11,No.7,pp.740-756.
- 宝馨・端野典平・中尾忠彦 (2001), DAD 解析におけるレーダー雨量と非線形最適化手法の適用, 土木学会論文集, No.691/11-57, 1-11.
- 田崎将聖・菅野理恵・横尾善之 (2012), IDF カーブを用いた阿武隈川の洪水頻度解析, 東北地域災害研究, 第48巻, pp. 173-178.
- 上野鉄男 (2002), 治水事業をめぐる諸問題とこれからの治水の課題と展望, 京都大学防災研究所年報, 第45号, B.