

中小河川計画の手引き(案)

～洪水防御計画を中心として～

平成11年9月

中小河川計画検討会

まえがき

これまで中小河川の治水計画や河道計画策定に関する基本的な考え方や計画策定に利用する技術について体系的にとりまとめられた技術的な参考書が存在しなかった。このため、中小河川において治水計画や河道計画を策定する際には、河川砂防技術基準（案）等をはじめとする技術基準書に基づいて計画の策定が行われていたが、中小河川においては流量や水位、雨量などといった計画策定に必要不可欠なデータが、個別の河川毎に収集・整理されていないことが多いために、これらの基準書を直接適用することが困難な場合が少なくなかった。

中小河川は、一般的にその計画規模を大きくすることが上下流のバランスや経済的な理由などから困難な場合も多く、計画規模を上回る洪水に見舞われる可能性が高いが、そのような計画を上回る洪水に対する対応までも視野に入れた計画が策定されている例は多くない。また一方、中小河川においては、改修の前後において河道の規模や特性を大きく変化させる可能性が高いことから、河川周辺の土地利用や流域の自然環境等を考慮に入れた計画の策定を行う必要がある。このようなことから、中小河川においては超過洪水の発生や河川周辺の土地利用や自然環境を勘案した流域・氾濫原を捉えた総合的な計画を策定する必要があるが、中小河川の特性を踏まえて、これらのことに言及した技術的な参考書は多くない。また、計画策定に使用するデータの特性と計画の内容のバランスをとる必要があるが、これらのことについて言及した技術的な参考書も多くない。

この様な背景を受けて、中小河川の特性を踏まえた治水計画や河道計画の策定を行う上での基本的な考え方やその計画策定に使用する技術的な手法について体系的にとりまとめ、「中小河川計画の手引き（案）」を策定した。

この「中小河川計画の手引き（案）」は、主に治水計画や河道計画に関する基本的な考え方や技術的な手法について整理を行ったものであり、自然環境に対する配慮や留意事項については基本的な視点のみを記述するにとどめているので、その点に留意して使用していただきたい。また、この「中小河川計画の手引き（案）」は現段階での技術体系（データのストック、計算技術等）を基本としてとりまとめたものであり、今後、データ等の蓄積を行い、発展的に改訂を行っていく必要があるものである。従って、この手引きを参考として新しい技術の導入を積極的に実施していただき、それらの内容をこの「中小河川計画の手引き（案）」に反映させていくこととしているので、この手引きに関する意見や新しい技術の提案等は積極的に行っていただければ幸いである。

最後に、この「中小河川計画の手引き（案）」を策定するに際しては、広い視野から中小河川計画のあり方について最新の知見や意見を集約する必要があったために、学識経験者や建設省、都道府県の河川技術者からなる「中小河川計画検討会」を組織し、検討会における指摘や意見等を参考として、そのとりまとめを行ったが、ここに「中小河川計画検討会」の委員各位及び関係者に深く感謝の意を表する次第である。

（中小河川計画検討会事務局）

（財）国土開発技術研究センター

調査第一部 次 長 田中 茂信
上席主任研究員 湧川 勝己
主任研究員 玉田 浩一

「中小河川計画の手引き」のポイント

本手引きは、中小河川の独自の特性を反映させた計画づくりを行うために必要な考え方や視点を技術参考資料として集約したものであり、特に以下の視点が中小河川計画にとって重要であることを指摘した。

○わかりやすい計画づくり

河川計画を住民の理解を得て策定し、住民との適切な役割分担について合意するためには誰にでもわかりやすく、納得できる合理的な計画づくりが必要である。

○総合的な治水対策の必要性

中小河川は計画規模が低いことが多く、現河道の有する流下能力を超える洪水が生起する可能性が高い。こうした超過洪水の場合に流域や氾濫原で生じる現象を想定した総合的な治水対策を、まちづくりと一体となって検討することが必要である。

○観測データの重要性

客観的、技術的判断に基づいた計画を策定するためには、水理水文に関するデータの収集、整理、蓄積が重要である。特に、流域の小さな中小河川における流出特性を的確に把握するためには、降雨時における降雨や水位などの水理水文データを10分間隔で整理蓄積することが必要である。

また、計画策定後においても水文観測を継続し、設定された流量が妥当なものであるかどうかを検証していくことが必要である。

さらに、安定した河床勾配を設定するためには、河床材料や河床高の経年的な状況把握が必要である。

○不等流計算の必要性

水位の連続性を的確に表現するために、不等流計算を行うことを基本としている。なお、複断面河道や河道内樹木の水位に及ぼす影響について評価を行う場合、必要に応じて準二次元不等流計算を行うこととしている。

○モニタリングの必要性

中小河川は大河川に比べて一般にデータの蓄積が少なく、計画策定時にその河川の特徴が必ずしも十分に把握されていないことがある。このため、日常及び出水時のモニタリングを実施し、計画の妥当性を検証し、計画にフィードバックさせるシステムが必要である。

先に述べたポイントを踏まえ作成した本手引き（案）の概要を目次1.～6.の区分に従い以下に示す。

1. 中小河川計画策定の基本方針

中小河川計画を策定するうえでの基本的な考え方を大河川との比較により、以下の項目に従って整理した。(1.2.2)

- ・安心できるまちづくり、地域づくりの視点
- ・活力あるまちづくり、地域づくりの視点
- ・自然環境に配慮した川づくりの視点

2. 計画規模

中小河川の計画規模は、基本的に降雨量の年超過確率で評価することを明記した。(2.1)

3. 基本高水の検討

(1) 流域基本高水概念の導入

総合的な治水対策の必要性から流域基本高水概念の必要性を明記した。(3.1)

(2) 10分間データの収集整理の必要性

中小河川は降雨から流出に要する時間が短いことから、1時間間隔の降雨や水位などの水文データではその特性を的確に把握することは困難であるため、10分間隔での水文データの収集整理が必要であることを明記した。(3.2)

(3) 流量の自動観測の必要性

降雨から流出までの時間が短い中小河川においては、浮子測法では出動態勢をとる時間的余裕がないため、電波流速計測法と堰測法といった流量の自動計測を行う手法について紹介した。(3.2.2)

(4) 適切な流出計算手法の採用

河川の特性に応じた適切な流出計算手法を選択できるよう、合理式、合成合理式、貯留関数法、準線形貯留型モデル、特性曲線法（等価粗度法）の特色や長所、短所を整理した。(3.3)

4. 計画高水流量

(1) 総合的な治水対策の必要性

現河道の有する能力を超える流量が生じた場合に、流域や氾濫原で生じる現象を想定し、総合的な治水対策の必要性について明記した。(4.2.2)

(2) 本支川計画の整合

本川と支川（上流と下流、水系内）の計画の整合の考え方について整理するとともに、整合性の検討手法についての提案を行った。(4.4)

5. 河道計画

(1) 流域と河道の現況特性の把握項目の整理

河道計画の策定にあたっては現況特性の十分な把握が重要であることを示し、その整理手法を流域特性、河道の水理特性、環境特性といった項目に分けて整理した。また、堤内地のダメージポテンシャルの評価を行うためには、堤内地盤高を考慮し

た流下能力についても把握する必要があることを記載した。(5.3)

(2) 河道計画に用いる水理計算手法

実際の水理現象の再現性が高く、精度良く水位を評価できる不等流計算を用いることを基本とした。(5.5.2)

(3) 適切な粗度係数の設定

粗度係数の設定にあたっては、実績データの量及び質、設定目的、河道特性等を勘案し、洪水痕跡に基づく逆算粗度係数又は合成粗度係数を用いることとした。(5.5.2)

(4) 河川の特성에 応じた河川形状の設定

中小河川の特성에 応じた河川形状設定の考え方や留意点などについて記載した。(5.5.4)

(5) 落差工の設置方法

河床勾配を緩和するためには落差工を設置すればよいといったこれまでの考え方の問題点を指摘し、落差による水面形の変化が河床に及ぼす影響や十分な減水効果を得るために必要な間隔など、落差工を設置する際の留意事項を記載した。(5.5.5)

(6) 余裕高の設定

余裕高を上下流の堤内地の治水安全度のバランスや背後地盤高を勘案して適切に設定する必要があることを示した。(5.5.5)

(7) 橋梁部付近の対策

中小河川では橋梁による流木の捕捉や堰上げに起因する災害が発生しやすいことから、橋梁部付近において留意すべき事項などについてとりまとめた。(5.5.5)

6. 事業実施後の対応

河川計画の策定段階で把握できる情報には限界があることを十分認識し、事業実施後にはモニタリングを行い、今後の河道計画へフィードバックすることが重要であることを明記した。

本手引きでは中小河川計画の基本的な考え方や視点について述べたものであり、具体的な解決方策について明確に示しきれていない部分もある。こうした課題に対しては、今後データの蓄積状況に応じて逐次見直しを行っていく予定である。

(中小河川計画の手引き(案)目次)

1. 中小河川計画策定の基本方針	
1.1 本手引きで扱う範囲	1
1.1.1 本手引きの取り扱いについて	1
1.1.2 中小河川の定義	3
1.2 中小河川計画策定の基本方針	5
1.2.1 中小河川の特徴	5
1.2.2 計画策定の基本方針	9
1.3 中小河川計画策定の手順	15
2. 計画規模	
2.1 計画規模の設定	17
2.2 計画基準点	20
3. 基本高水の検討	
3.1 基本高水	21
3.1.1 中小河川の基本高水	21
3.1.2 基本高水の算定法	22
3.2 水理水文資料、洪水時資料の収集	24
3.2.1 雨量資料の収集	24
3.2.2 水位・流量観測	27
3.3 降雨から流量への変換	31
3.4 計画降雨	35
3.4.1 降雨強度式を用いる方法	35
3.4.2 実績降雨を引き伸ばす方法	37
3.5 確率雨量の設定	47
3.5.1 確率分布モデル採用の考え方	47
3.5.2 確率雨量の設定	51
3.6 流出モデルの作成	55
3.6.1 流域分割と流出系統	55
3.6.2 合理式の流出定数	57
3.6.3 流出モデルの定数	62
3.6.4 流出モデルの定数検証計算	68
3.6.5 流出モデルの検証と許容誤差	72
3.7 基本高水の決定	74
4. 計画高水流量	
4.1 計画高水流量の検討方法	76
4.2 洪水防御方式	78
4.2.1 洪水防御施設	78
4.2.2 総合的な洪水防御計画	78
4.3 計画高水流量の算定	80
4.3.1 洪水調節効果の算定	80
4.3.2 計画高水流量の設定	84
4.4 水系内の計画の整合	85
4.4.1 本支川計画との整合	85
4.4.2 支川流域内における計画の整合	91

5. 河道計画	
5.1 河道計画策定の基本的考え方	95
5.2 河道計画の策定手順	98
5.3 現況特性の把握と課題の整理	103
5.3.1 現況特性の整理	103
5.3.2 現況流下能力の把握	106
5.3.3 現況河道の課題の整理	107
5.4 基本方針の設定	108
5.5 計画河道の設定	109
5.5.1 平面線形の設定	109
5.5.2 河道計画に用いる水位計算	113
5.5.3 計画高水位の設定	127
5.5.4 横断計画	130
5.5.5 縦断計画	138
5.5.6 河床の安定性の検討	144
5.6 計画河道の設定の際に考慮すべきその他の事項	146
5.6.1 管理用通路の取扱い	146
5.6.2 超過洪水対策	147
5.6.3 段階施工計画の考え方	149
6. 事業実施後の対応	150
(水文流出等参考資料)	155
1. 流量資料の整理	157
2. 合理式による検討事例	161
3. 貯留関数による流出計算例	168
4. 準線形貯留型モデルによる流出計算例	174
5. 特性曲線法による流出計算例	177
6. 貯留関数法による基本高水検討例	183
7. 確率降雨強度式	190
(河道計画参考資料)	215
1. 河道水理特性の算定手法	217
2. 具体的計算例 1	223
3. 具体的計算例 2	234
4. フルイ分け試験	237

1. 中小河川計画策定の基本方針

1.1 本手引きで扱う範囲

1.1.1 本手引きの取り扱いについて

本手引きは、中小河川の計画策定に際しての基本的な考え方、技術的配慮事項等について、現時点での知見をもとにとりまとめたものである。

なお、本手引きは河川技術者がデータに基づいた適正な技術的判断により中小河川の計画を策定する際の参考資料となることを目指して作成したものであり、技術基準として取り扱うべきものではない。

また、洪水防御計画を策定する際に配慮すべき事項等を中心に記述しており、環境についての記述は必ずしも十分なものとなっていないため、河川環境に対する配慮事項等については「中小河川における多自然型川づくり」「美しい山河を守る災害復旧基本方針」等の資料を参考とすることが必要である。

(解説)

(1) 本手引きの趣旨

近年、豊かでうるおいのある質の高い生活や良好な環境を求める住民ニーズの増大に伴い、生活環境の向上や地域づくりの観点から河川の持つ多様な自然環境や水辺空間としての機能に着目し、河川環境を適正に保全・再生し、これを享受しようという要請が高まっている。河川は単に治水、利水の機能を持つ施設としてだけでなく、豊かな自然環境を備えた、うるおいのある生活環境の舞台としての役割が期待されてきている。

このような河川環境の整備と保全を求める住民のニーズに的確に応え、また河川の特性と地域の風土・文化等の実情に応じた河川整備を推進するためには、河川管理者のみではなく、地域との連携が不可欠である。

平成9年の河川法改正においては、計画的に河川の整備を実施する区間について、当該河川の整備に関する計画を策定するとともに、その案を作成しようとする場合において必要があると認めるときは、公聴会の開催等関係住民の意見を反映させるために必要な措置を講じなければならないとされている。

中小河川の特性の一つとして、地域住民とのかかわりが密接であることがあげられる。このため、今後の中小河川の河川整備においては、河川のみならず沿川地域の特性、地域の風土・文化等を活かした川づくりが求められる。さらに、計画策定にあたっては、使用するデータや根拠に技術的合理性を有し、計画そのものの策定過程を住民にわかりやすく示していく必要がある。

こうした背景のもと、本手引きは中小河川の洪水防御計画策定に関する基本的な考え方、技術的事項や配慮すべき事項等を中心に、現時点における知見を具体的な計算事例を含め技術的参考書としてとりまとめたものである。

ただし、河川環境面での調査、計画手法や、護岸や床止め等の河川構造物の設計手法についての詳細は、成書、文献、基準等に委ねるものとし、本手引きにおいては具体の設計を行う前段の河川計画の策定手法を中心にとりまとめた。

(2) 本手引きの取り扱い

本手引きは、中小河川計画の策定時における基本的な考え方や手法等について、「建設省河川砂防技術基準(案)」をはじめとする既存の各種技術基準資料の考え方と整合を図りつつ、現時点での知見に基づく技術的な参考書としてとりまとめたものであり、河川技術者が河川計画を策定するにあたっての判断の参考となることを目的としている。

また、本手引きについては、現時点における最新の知見に基づいてとりまとめたものであるが、今後さらに検討すべき課題もあり、これらについては新たな知見の収集に努め、適宜改訂を行うものとする。

なお、本手引きは最低限検討を行うことが望ましい項目を中心に考え方を記載したものであるが、これよりもさらに詳細な検討を行い河川計画を策定する場合や、技術的根拠に基づき適用すべきではないと判断される場合などにおいては、本手引きによらないことができるのは勿論のことである。

※本手引きにおいては、本文で最低限検討を行うことが望ましい項目を中心に考え方を記載し、各項目に対する具体例等を(参考)として斜体文字でとりまとめている。

1.1.2 中小河川の定義

本手引きで言う「中小河川」とは、都道府県及び市町村が管理する一級河川の指定区間、二級河川及び準用河川を総称したものをいう。

また、本手引きでは流域面積が概ね200km²未満の中小河川を想定した記載内容としている。

(解説)

「大河川」と「中小河川」を区別する明確な定義は存在しないが、本手引きにおいては「都道府県及び市町村が管理する一級河川の指定区間、二級河川及び準用河川を総称したもの」を「中小河川」と定義する。

また、中小河川の流域面積についても様々であるが、中小河川の流域面積の8割以上が200km²未満であること、またこれを越える流域面積を持つ中小河川に関しては、その河川の持つ重要度、河川特性から大河川に準じた考え方で計画を策定すべきであると考えられることなどから、本手引きにおいては一般的な中小河川の規模であると考えられる流域面積が概ね200km²未満の河川を想定して記述している。

(参考) 都道府県の管理する河川

① 河川延長及び河川数

中小河川の延長は、全国の総河川延長の約90%にのぼる。

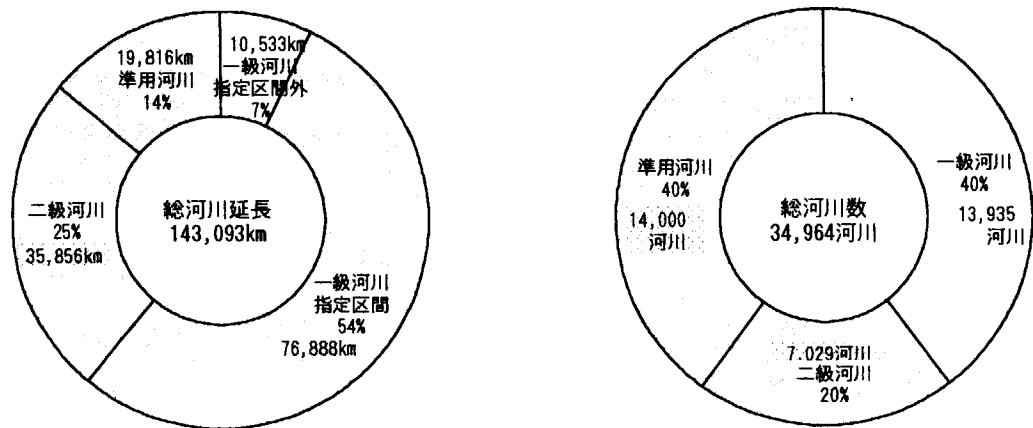


図-1.1.1 法河川指定延長、河川数

(出典：1998河川ハンドブック)

② 流域面積

都道府県が概ね管理主体となる一級水系一次支川及び二級水系（全体計画策定済み河川）の約80%が流域面積200km²未満である。

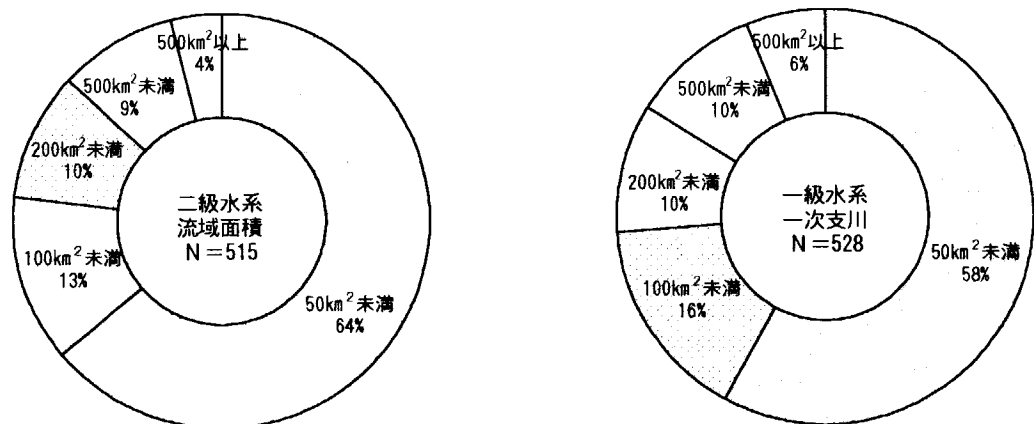


図-1.1.2 全体計画策定河川の流域面積の分布

(平成2年度調査)

1.2 中小河川計画策定の基本方針

1.2.1 中小河川の特徴

中小河川計画策定にあたっては、地域特性を活かした川づくりや環境保全の観点等から、河川特性のみならず、流域の自然条件、社会条件等の特徴を十分把握する必要がある。

(解説)

(1) 中小河川と地域、住民とのかかわり

① 地域と河川とのかかわりの変化

古来より河川は、稲作の普及とともに恵みの水をもたらす重要な役割を果たしてきた。特に中小河川は、機械力の発達していない時代にも、水資源としての利用が比較的容易であり、洪水による危険性も大河川のそれに比べれば局所的なものであったため、土地利用面での配慮や住まい方の工夫により人々は上手に川とつきあってきた。

また、都市域では用水路として姿を変えた河川もあるが、舟運や生活用水として利用されるなど、人々の生活に密接にかかわってきた。

近年、都市化の進展に伴い、都市部の河川は生物の棲まないコンクリートの排水路と化し、フェンスが張り巡らされ近づくことができなくなったり、蓋がされて暗渠化された事例も見受けられる。

さらに、河川整備が進み、水害や土砂災害が減少すればするほど、人々がかつて抱いていた川に対する畏敬や恐怖心が薄れ、地域の人々が受け継いできた水害や土砂災害に対処する貴重な教訓や生活の知恵等が忘れ去られようとしている。

こうした一連の現象が、地域の人々の意識から川の存在を遠ざける要因となっている。

② 地域と河川との関係の再構築

近年、豊かな自然環境を形成し、生活にうるおいを与えるものとして、河川への期待が高まっている。特に中小河川は地域の風土と文化を形成する重要な要素であり、地域の個性を活かした川づくりが求められている。

また、流域単位で地域住民や地方公共団体等が主体となり、河川の水質保全、河川美化といった河川のみならず、森林保全をはじめとした流域を視野に入れた活動が活性化しつつある。こうした川や流域というテーマを共有し、地域における自然、社会、生活をそれぞれの立場から見つめ直し、新たなコミュニケーションを形成し、協調・連携することにより、より良い環境づくりや地域の活性化を図ろうとする活動に対して、河川管理者としても積極的に支援していく姿勢が必要である。

(参考)大河川と中小河川の違い

項目	大河川の特徴	中小河川の特徴
日常的な地域との関わり	<ul style="list-style-type: none"> ○地域を代表するランドマーク的なイメージの存在である。 ○広い範囲の人々に認知されていることが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ○生活圏に密着した存在であり、地域の歴史、文化との関わりが深い。 ○川の存在は地域の人々に限定されることが多い。
景観、イメージ	<ul style="list-style-type: none"> ○広い空間をもち、植生等自然的要素が比較的残っている。 ○築堤構造である場合が多く、景観上、堤防が目立つことが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ○都市では人工河川、地方では田園の小川のイメージがある。 ○河川空間が狭いため、河川景観は周辺の景観と一体的に考える必要がある。 ○景観上、護岸等の法面が目立ちやすい。
利用面、親しみやすさ	<ul style="list-style-type: none"> ○高い堤防に疎外感を感じたり、堤防を横切り、河川に近づくのに苦労する。 ○グラウンドや公園として高水敷が利用されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ○身近に憩い、散策、あるいは水遊びする空間として利用価値が高い。 ○都市内河川を中心に、フェンス、特殊堤により、沿川と遮断されている場合がある。 ○川の流れの音や臭いといった五感に訴えるものが多い。
生態系	<ul style="list-style-type: none"> ○魚介類、水生生物の他、鳥類や陸上生物のすみか、餌場となっており、豊かな生態系を有する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○人為的改変が容易であるため、河川改修により河川周辺の自然環境を分断してしまうなど、生態系に及ぼす影響が大きい。
河道形態	<ul style="list-style-type: none"> ○複断面で築堤河道が多い。 ○水深に比べ川幅が広い。 ○交互砂洲や寄洲が見られ、樹木の繁茂している川が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ○単断面で掘込み河道が多い。 ○比較的流れが単調であり、明確な砂洲が発達しにくい。
流出形態	<ul style="list-style-type: none"> ○強い雨が降ってもすぐには出水とならない。また降雨後、すぐには水は引かない。 ○雨が長期間降らなくとも流水が涸れることはあまりない。 	<ul style="list-style-type: none"> ○強い雨が降ると出水がはやく増水が急激である。また降雨後の引きもはやい。 ○雨が長期間降らないと流水が涸れることがある。
被災形態	<ul style="list-style-type: none"> ○近年では、破堤による氾濫被害は少なく、河道内施設の被害と内水被害が多い。 ○万が一、破堤した場合には被害が広範囲に及び社会的、経済的な影響が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ○計画規模が小さい河川が多いため、計画を上回る洪水が起こりやすく、溢水や破堤災害が多い。 ○橋脚の流木捕捉による閉塞、橋台まわりの洗掘等の構造物に起因する災害が多い。 ○下流河川の背水の影響により被災する場合がある。

(2) 中小河川の治水計画

① 中小河川改修の現状

中小河川はその成り立ちから、都市部では改修を実施する際に用地確保の制約を受けることが多く、また水の利用面を優先させる必要性から洪水に対して十分な河積を有していないことが多い。また、大河川の支川や低平地部では内水による浸水が頻発する地域であるにもかかわらず、市街化の進行に十分対応できていない河川もある。

本来、洪水防御計画の策定にあたっては、洪水を貯留、遊水させるような区域を設定する等、まちづくりと一体となった防災面からの土地利用のあり方について検討する必要がある。しかし、これまでは、計画策定にあたって各関係機関や部局間での連携が十分でなく、洪水をすべて河川で処理しなければならないという問題が発生していることが多い。

一方、河川改修が順調に進行している河川においても、画一的な断面形状で改修が行われ、水際の持つ価値が低下したり、平常時の水量の減少するなど、河川の持つ魅力を損なってしまった川や、計画策定時の思想とは裏腹に維持管理が適切になされず、その機能を十分に発揮していない川も見受けられる。

② 水害・土砂災害の危険性の増大

近年、流域の開発や下水道の整備等により、洪水のピーク流量が増大する傾向にある。また、過去には水害や土砂災害の危険個所として認識されてきたような地域においても、宅地化するようになり、ひとたび洪水が生じた場合の被害は、以前と比べものにならないほど大きくなっている。

中小河川は大河川に比べて計画を上回る規模の洪水が発生する頻度が高く、洪水流下断面（河積）が小さいことから山腹崩壊等の土砂の流入による河積の減少や、流木が橋梁に捕捉される（引っかかる）ことによる橋梁上流部の水位上昇などに起因して溢水災害を被った事例も発生している。

現状では、このような計画を上回る洪水に起因する水害や土砂災害に対する対策が河川計画策定時において十分考慮されているとは言いがたく、範囲は限定されるものの特定の地域に壊滅的な被害を発生させている場合がある。

(3) 中小河川の河川環境

中小河川においては、改修に際して用地買収を伴う大規模な河道の改変を伴うことが多く、改修事業が沿川の地域環境や生態系に及ぼす影響が大きい。

従来の中河川改修では、洪水を効率的に流下させることに重点を置いた対策を行ってきたことが多いため、中小河川においては以下のような環境上の問題も生じている。

① 生物の生息・生育環境の悪化

これまで、治水への社会的要請に緊急かつ効率的に対応するため、洪水を速やかに流下させることに重点を置いた河川改修が進められてきた。その結果、中小河川では用地的な制約から、直線的で画一的な河道断面と急な法勾配のコンクリート護岸による整備を行ってきた河川が多い。また、ダムや堰が設置されて上下流方向の環境の連続性が失われたり、沿川の市街化により河川と流域との自然空間としての連続性が失われた河川もある。

このように、中小河川においては河川改修や流域における開発などが、生物の生息・生育環境に直接影響を及ぼしていることがある。

② 水環境及び水循環の変化

流域における山林の荒廃、宅地化をはじめとする流域の土地利用変化や舗装面積の増加、さらには生活の高度化に伴う水利用・排水形態の変化に伴い、流域の保水、遊水及び浸透機能の低下や、水の循環経路に変化が生じてきている。この結果、湧水の枯渇、平常時における河川の水量の減少、急激な出水などの問題が生じている。また、生活排水や畜産排水等の河川への流入により、河川の水質に悪影響を及ぼしている。

③ 河川整備における認識不足

河川的环境に対する関心の高まりを受け、各所で多自然型川づくりによる河川整備が実施されつつあるが、整備を進めるにあたり河川の特長や地域住民の要望の把握が必ずしも十分でなかったり、施設完成後のモニタリングや維持管理が十分でない等の理由により、必ずしも成功していない事例が見受けられる。このような河川では、工事のやり直しや維持管理費用の増大という形で、かえってコスト高や自然環境への悪影響を招くこととなるので注意が必要である。

ただし、河道形態は流水という自然現象により刻々と変化するものであることを十分に認識し、いったん完成させた施設を壊さないように維持管理するだけでなく、計画時点において予測できない事由により施設の維持が困難な状況になった場合には、状況に応じた再整備が必要な場合もある。

1.2.2 計画策定の基本方針

中小河川計画策定にあたっては、以下に示す川づくりの視点に基づいて、治水のみならず利水、環境面から総合的に検討する。

- 安心できるまちづくり、地域づくりの視点
- 活力あるまちづくり、地域づくりの視点
- 自然環境に配慮した川づくりの視点

(解説)

戦後50年の経済発展を経過し、これからの我が国においては、真の豊かさを人々が実感できる社会が望まれている。21世紀に向けて我が国及び我が国を取り巻く状況の変化に対応しつつ、社会、生活、国土等様々な側面において質の向上を目指す必要がある。

このような社会にふさわしい河川のあり方を考えるにあたって、まず、希薄となった人と水との関わりを流域の視点に立って再認識する必要がある。河川整備にあたっては、「健康で豊かな生活環境と美しい自然環境の調和した安全で個性を育む活力ある社会」の実現を目標として、様々な施策を進めていくことが必要である。

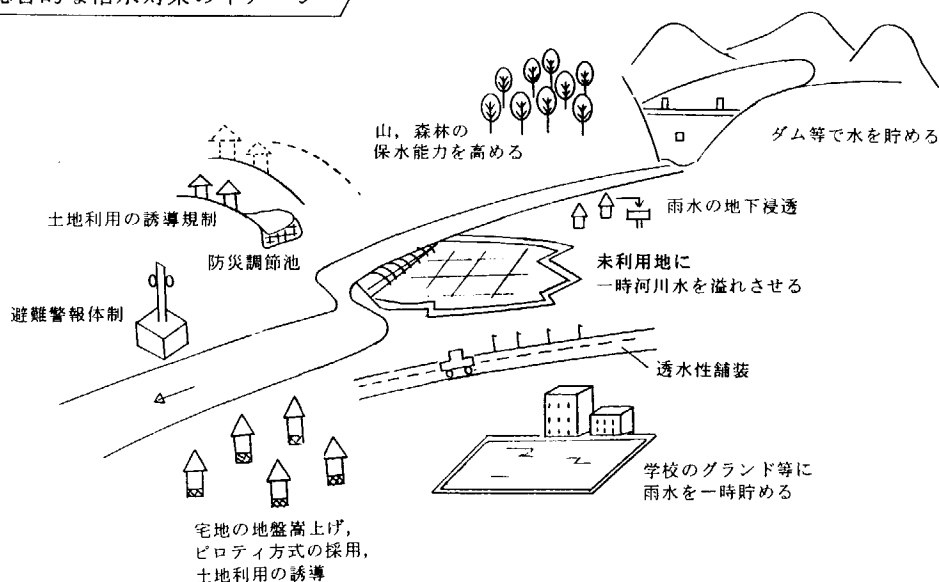
このような観点から中小河川における河川整備の基本方針を以下に示す。

(1) 安心できるまちづくり、地域づくりの視点

① 総合的な治水対策の必要性

中小河川は流域面積が小さく、洪水到達時間が短いことから、計画の対象とする洪水波形は大河川に比較して尖鋭であり、洪水のピーク流量の一部をカットし、貯留するために必要なボリュームは少なく済む。洪水継続時間はせいぜい数時間であり、数年から数十年に1回程度生起する洪水を河道のみで処理することは、十分な用地確保が困難な中小河川においては不経済な計画となることがある。

総合的な治水対策のイメージ



このため、洪水防御計画立案にあたっては、流域と河道との適正な分担を検討し、治水

計画を策定すべきである。このことが、ひいては水系全体の水循環を適正にしていくことにつながるものである。

また、生活の安心感を高めるためには適切な情報提供が必要である。すなわち、浸水予想区域図やハザードマップ等の公表により、危険な箇所や水害時の避難方法を確認できるようにしたり、洪水時の避難警報体制の強化等により被害を最小化することが必要である。

さらに、休耕地や遊休地による遊水効果の発揮や道路、盛土構造等による氾濫流制御、土地利用の規制等、地域の治水計画をまちづくりの計画の中でも検討していくことが重要である。

② 超過洪水時の対応

中小河川は大河川に比べて計画規模が小さいため、計画規模を超過する洪水の生起確率が高い。このため、流下能力を越える出水により堤防から越水した場合、土堤であれば破堤という最悪の事態が生じる恐れがある。破堤による被害を回避するためにはできるだけ掘込み河道とすることが有利ではあるが、過度の掘込みは下流への流量集中を招くことがあるので、有堤区間と掘込河道区間の流下能力の整合を図る等のバランスある計画が必要である。

このようなことから、①で述べた総合的な治水対策の視点が必要であり、洪水による危険を分散させることにより、「洪水が生じても被害は最小にする」考え方が重要である。

また、治水施設のみの対応による限界を認識して、大洪水が発生した場合にも被害を最小限に食い止められるような方策を流域と河川において講じることが重要である。

平成10年の洪水被害の教訓から、超過洪水や土砂・流木等を含む異常出水時について、河積が相対的に小さい中小河川に架かる橋梁等横断工作物に起因する被害の増大の可能性が指摘される。このような横断工作物の設置にあたっては、河川災害の危機管理面から異常時を想定して関係機関との調整を図る制度等の検討を行うことが考えられる。

○ 栃木県 那珂川水系 余笹川（平成10年8月末豪雨）

流木が国道4号余笹橋に堆積、左岸側（写真奥側）を流水が走り、落橋した他、側岸侵食、溢水被害が生じた。



那須町大字寺子西（国道4号）

③ 水系一貫した河川計画と総合的な土砂管理

中小河川の多くは大河川の支川としての形態をとっている。一般に下流部では人口・資産の集積が進んでおり、同一水系内においても相対的に重要度が高い。

支川として上流部に位置する中小河川において無秩序に改修を進めると、下流本川での流量が増大し、その治水安全度が相対的に低下する恐れがあるが、本川と支川では対象とする降雨の継続時間や流出形態が異なるため、計画上の整合性を評価することは難しい。

このため、従来では本川の安全度確保を重視するあまり、支川である中小河川の改修計画の規模を制限してきたことが多い。今後は、水系一貫した河川計画に配慮し、本支川計画あるいは他事業計画と客観的にバランスのとれた計画を立案し、事業を進めていくことが必要である。

一方、わが国の地形は急峻で地質が脆弱であることから、山地の侵食が生じやすく、土砂災害が各地で頻発している。逆に海岸部においては河川からの供給土砂量の減少等により、海岸侵食が増大している。

中小河川は、土砂の発生源である流域の最上流部に近いところに位置するため、ここからの土砂供給は、水系一貫の土砂管理を行うにあたっての支配的な条件となる。

山地から河口へ移動する土砂は、中小河川の河床形状や河床材料に影響を及ぼしており、河川環境への影響も大きい。土砂流出の著しい扇状地河川では、河床は堆積傾向にあり、大規模な土砂流入により河床の上昇や河道閉塞の状況が起こると洪水の危険性が高くなる。一方、砂利採取等により河床が著しく低下すると河川の構造物が相対的に浮き上がる状態になり、構造物の安全性が低下し、補強・改築を検討する必要性が生じてくる。

このようなことから、河川、ダム、砂防ダム等、本川の土砂管理に影響を及ぼす施設については、計画の策定段階において水系一貫した土砂管理の観点から、検討しておく必要がある。

○ 新潟県 折居川（平成10年8月4日集中豪雨）

上流で流木、土砂が流出し、破堤地点付近で土砂が堆積した。このため、河積不足となり、洪水が堤防を越流し、破堤した。



(2) 活力あるまちづくり、地域づくりの視点

① 地域の個性を育む川づくり

近年、住民のニーズの多様化や、物質的なものから精神的なものへの関心が高まりつつある中で、川は多様な生物が共存し、人々がやすらぎが得られる場として、また様々な住民活動を展開するにあたっての共通のフィールドとしやすいことなどから注目を集めている。

こうした背景を受け、地域が川に期待する役割に十分応えることにより、活力ある地域づくりを支援し、風土、文化、歴史を共有する地域の豊かな個性を育む川づくりを目指す必要がある。また、都市域においては、都市の景観や生活にとけ込んだ良好な水辺空間を整備し、生活に身近な自然環境を取り戻す必要がある。

具体的には、地域の伝統行事の保全やふるさとの川として親しまれる川づくり、さらには河川を利用したまちおこし等を支援する等地域のニーズに対応した川づくりを進めることが考えられる。

川辺のモール



コミュニティ道路



城下町のまちなみと調和した水辺整備の例

歴史と文化の町にふさわしい風情のある水辺空間を作り出している

② まちづくりの一環としての川づくり

河川はまちづくりにおける根幹的な社会基盤施設であるにも関わらず、まちづくりとは切り離して考えられてきた場合が多い。河川側だけの思想で整備しても周辺環境との調和なくしては、良好な環境を創出することはできない。したがって、河川は洪水を流下させるだけの器ではなく、まちの一部であるという基本認識のもとに、周辺環境と一体となった川づくりを行い、良好な都市環境の整備を図り、地域住民の要望に応えていくことが重要である。

また、都市部において河川は火災における延焼防止効果や防火用水、さらには緊急時における生活用水としての機能をもっていることから、都市防災といった視点からも川づくりを考える必要がある。



周辺の樹林帯の保全と一体となって整備された河川の事例

③ 流域住民との良好なパートナーシップの構築

まちづくりの一環として川づくりを進めるためには、流域住民の主体的な意見を反映する必要がある。そのためには、河川の動植物の観察や水生生物調査、川の清掃、河川を利用した環境教育の場の設定や災害時の危険性や河川管理に関わる情報の提供等、普段から地域住民と河川との接点を絶えず持つことが重要である。また、河川管理においてはモニタリングが重要であるが、毎日川を見ている住民からの情報は貴重なものであり、たとえば、洪水時の河川の水位や降雨量の観測等についても、住民とデータの共有化をはかることにより、互いに河川に対する意識を深めていくことが必要である。さらに、河川に関する十分なデータや知見の集積、情報の提供に努め、客観的な技術的判断を基に住民との対話の場を持つことが必要である。

今後の川づくりにおいては、住民と河川管理者が良好な関係を構築し、相互に理解しあって共同で計画策定を行う姿勢が必要である。たとえば、治水面では流出抑制等の土地利用の規制、水環境の保全の面からは流域内での汚濁負荷量の削減等、流域の視点から河川管理者と流域住民の適切な役割分担が不可欠である。

(3) 自然環境に配慮した川づくりの視点

川は人間が安全に暮らしやすいように、人間の都合で作られ変えられてきた場合が多い。特に、中小河川は河川の規模が小さく、容易に改変できることから、人為的な影響を強く受けてきた。

川は本来、多様な生物が生育生息する自然生態系の一部を構成するものであり人間だけのものではない。健全な生態系としての環境が整ってはじめて、自然生態系の一員である人間にとっても真の意味での豊かでうるおいのある暮らしの空間となりうるものである。

自然と調和した良好な暮らしと良好な環境の創出の観点から、以下の視点をもって川づくりを行っていくことが望ましい。

① 生物の多様な生息・生育環境の確保

河川が生物の多様性を保つ上で重要な役割を果たすことを認識し、地域固有の生物の多様な生息・生育環境を確保し、その生態系を長期的に安定させ、河川のもたらす様々なめぐみを活かしていくことが重要である。

1) 多様な河川形状の保全・復元

川づくりにあたっては、洪水を安全に流下させるとともに、生物の多様な生息・生育の場を確保することに努めることが望ましい。このため安易な河道の直線化を避け、川が川自身をつくる作用を最大限に活用し、多様な河川形状を保全・復元することに努めるべきである。

2) 連続した環境条件の確保

河川は上流から下流まで連続であるだけでなく、周辺の支川や水路、水田や樹林地などのネットワークを有している。また、川の周辺部と川の中の陸域、あるいは水域と陸域の間について横断方向の環境条件の連続性、水の循環も生物の生息・生育環境に大きな影響を与えている。川の計画をたてる際には、上下流方向、横断方向の連続した環境条件を確保するとともに、周辺とのネットワークを断ち切らないように努めるべきである。

② 健全な水循環系の確保

人間の諸活動が水循環系に大きな影響を与えていること、水循環系は水だけでなく土砂などの多様な物質が移動する場であることを認識し、地域住民の生命と財産を守り育て、豊かな自然環境を育むことを基本に、人間の諸活動を持続可能とする健全な水循環系の確保に努めるべきである。

1) 普段の水量の確保

水源域における森林の保全を図るとともに、普段の河川として必要かつ十分な水量の確保のため、流域における貯留・浸透、水資源開発及び下水処理水の利用等の方策を積極的に検討していくことが重要である。

2) 清流の復活と水質の保全

河川、湖沼等の水質を改善するためには、流域における発生源対策や負荷の流出抑制対策等が考えられる。中小河川においては、汚濁の著しい河川、湖沼等においてレキ間浄化、浄化用水の導入等の浄化対策が効果的である。また、河川の水量の確保等により自浄機能の向上に努めるとともに、水際の植生を活かすことにより、自然環境の保全と併せた浄化対策を検討していくことも考えられる。

③ 地域住民との連携

河川環境の保全と創造に関する柔軟な取組みを進めるには、地域住民との連携が不可欠である。河川にかかわる種々の施策の実施にあたっては、その内容を理解してもらうだけでなく、責任ある役割分担が重要となってくる。また、川づくりへの積極的参加を促す面から、河川区域内の動植物の状況から河川内の利用さらには流域の広範な情報収集にあたって、住民によるモニター制度やボランティア団体の支援、育成を図ることも考えられる。

1.3 中小河川計画策定の手順

中小河川計画における洪水防御計画策定から事業実施までの手順について以下に示す。

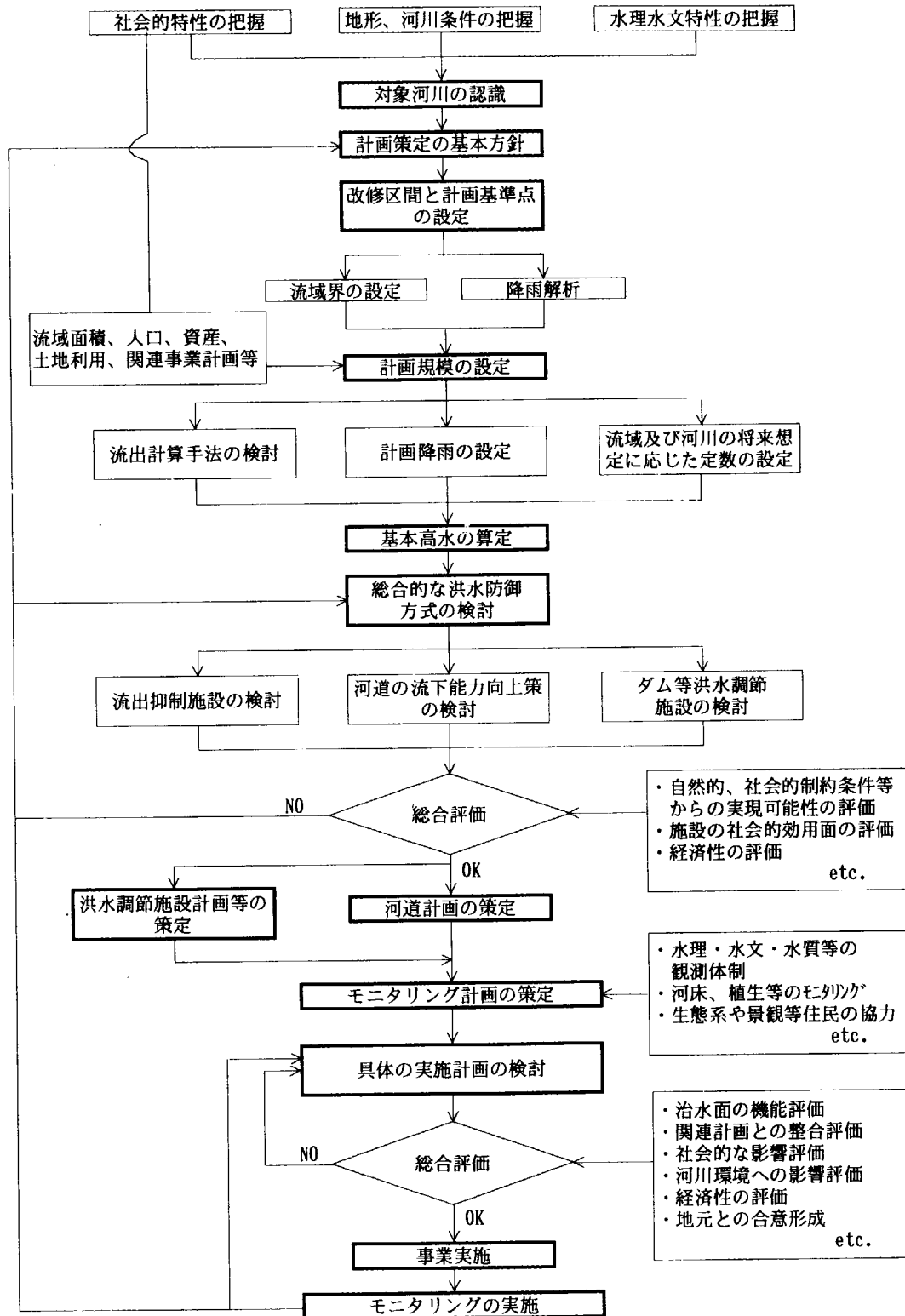


図-1.3.1 中小河川計画策定から事業実施までの流れ

図-1.3.1の手順に従い、中小河川計画を策定及び事業を実施する上で、以下の事項について努力することが重要である。

① わかりやすい計画の作成

河川計画の作成にあたっては、透明性を確保し、事業の必要性を地域住民が理解できるよう、また、住民の意向を河川管理者が適切に判断し計画に反映していくよう努力すべきである。

このためには、客観的データに基づく科学的な計画検討と費用効果分析をはじめとする総合的な評価を行い、計画をわかりやすく提示する方法を工夫するとともに、計画策定のプロセスを明確にすることが必要である。

総合評価にあたっては、各河川における川と人々との関わりの歴史的な経緯や自然的・社会的な特徴を十分に把握した上で代替案を検討し、適切な評価指標を設定し、極力定量的に評価していくことが望ましい。

② 地域、住民との連携

治水のみならず水質保全、河川環境の整備保全にあたっては、河川と流域の総合的な施策の推進が必要であり、河川管理者、住民、関係機関等が各々の役割分担を明確にしていく必要がある。具体的には河川及び防災施設について積極的に都市計画決定を行うものとし、河川管理者と地方公共団体の責任ある役割分担を図ることが必要である。また、環境面においても、流域における水や川に関する流域住民の活動やそれらの河川に果たす役割を認識し、情報の提供や協力体制の充実等を図っていく必要がある。

③ モニタリングの必要性

治水計画策定にあたっては、計画の精度や客観性を確保する上で雨量や流量等の水文データの蓄積が重要である。今後の河川計画においては、自然環境の保全を図る他、河川が本来もつ特性をふまえた維持管理が必要となるが、現状ではすべての事項を予見できないことから、定期的なモニタリングにより事業のチェックを行っていくとともに、計画へのフィードバックを検討していくことが重要である。

なお、水質、動植物を含む自然環境等のモニタリングにあたっては、地域住民との適切な役割分担の中で解決できる事項も多く含まれていると考えられる。

2. 計画規模

2.1 計画規模の設定

中小河川の計画規模は、基本的に降雨量の年超過確率で評価することとし、その設定に当たっては、河川の重要度、既往洪水による被害の実態、経済性、上下流のバランス等を総合的に考慮して定める。

(解説)

河川の計画規模は、一般に水文量の年超過確率で表される。中小河川の場合、雨量資料は水位・流量等に比べ蓄積度合いが高いこと、流域や河道の改変による人為的影響を受けないこと、さらに大河川と比べると降雨の地域的な一様性が高く、雨量と流量の規模の相関が高いこと等の理由から、雨量を計画の外力として扱うのが合理的である。

なお、ここで計画規模とは、河道やダムなどの治水施設の諸元を設定するための指標であり、地形や河川の形態によってダメージポテンシャルが異なることに留意する必要がある。すなわち、図-2.1.1に示すように、計画規模=外力規模が同じであっても築堤河道と掘込河道では洪水被害が異なる。

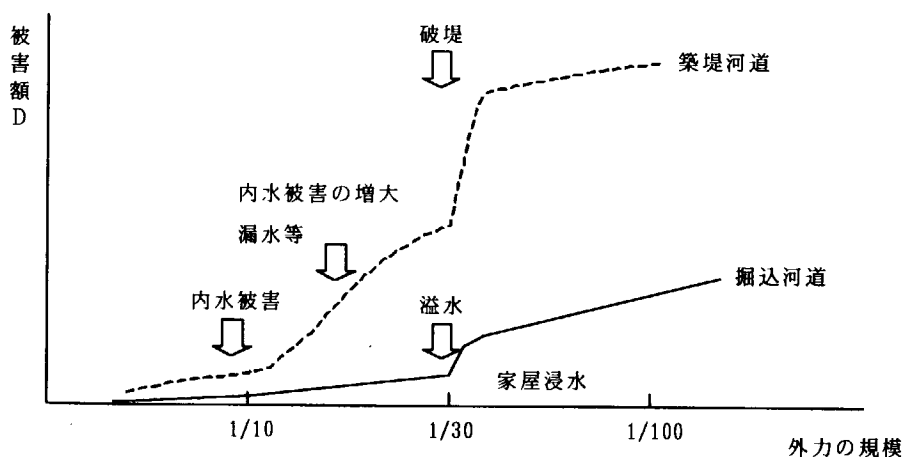


図-2.1.1 築堤河道と掘込河道のダメージポテンシャルの違い

以下に計画規模の設定にあたっての基本方針を示す。

- ① 計画規模の設定に当たっては、河川の大きさ、流域の社会経済的重要性、想定される被害の実態、過去の災害の履歴、経済効果に加え、上下流バランス、流域の将来の姿などに配慮する。
- ② 河川の重要度を評価する流域の指標として、流域面積、流域の都市化状況、氾濫区域の面積、資産、人口、工業出荷額等が考えられるが、このほか水系として一貫した上下

流、本支川でバランスが保たれ、また都道府県内の他河川とのバランスにも配慮して決定するものとする。

さらに計画規模決定にあたっては、1)県庁所在地をはじめとする県内の主要な都市を流れる河川である場合、2)過去に大規模な洪水被害を受けている場合、3)大規模開発が計画されている場合、等流域の状況を総合的に考慮することが必要である。

(参考)計画規模設定方針

計画規模設定にあたっては地域の重要度が大きな指標になるが、公平な安全度確保の観点から、河川形態あるいは地形条件に応じて、その計画規模に差をつけるという考え方がある。

表-2.1.1 河川形態により計画規模を変更した例 (単位：確率年)

地域分類		堀込河道		築堤河道		内水河川	
		基本	当面	基本	当面	基本	当面
都市域	密集	100	50	150	50	100	30
	一般	50	30	100	30	50	30
一般住居区域		30	10	50	30	30	10
田園地帯		10	3	10	5	10	3

すなわち、河川形態ごとに想定される被害規模に応じて、計画規模を設定するという考え方である。

一方、総合的な治水計画の考えから、雨水浸透施設や流域氾濫等の流域における治水対策を考慮する場合には、河川施設だけでなく流域内の洪水防御施設を含めた計画規模を設定することとなる。

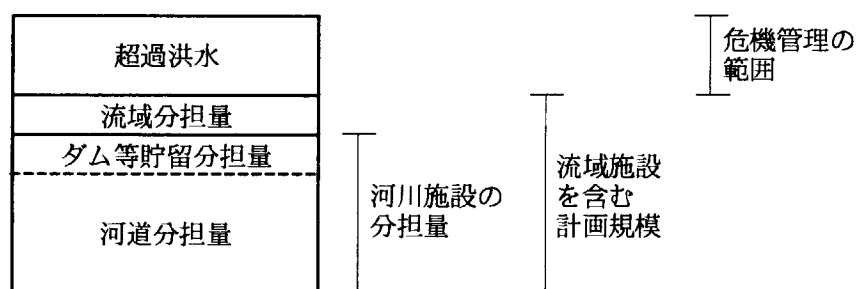


図-2.1.2 洪水防御に対する分担と計画規模等の概念

(参考)計画規模設定にあたっての経済性評価の留意点

治水施設は我が国に居住する人々の安全を確保する根幹的な施設であり、社会資本の内で安全基盤と位置付けられるものであり、国防や治安等に近い性格を有していると言える。このような観点から、治水施設の整備にあたっては、効率性の議論のみからその整備状況に格差を付けることが適当ではなく、全国民に基本的な安全を提供するという公平性の観点及び上下流、左右岸のバランス等を総合的に検討して、計画規模を設定している。

さらに、大規模な災害が発生した場合、再度同様の状況に見舞われても災害とならないよう、再度災害を防止するという観点からの河川施設だけでなく流域対策を含めた治水安全度も求められる。したがって、河川経済調査として一般的に用いられている費用便益分析は、計画規模の設定にあたって、総合的な評価指標の一つとして位置付けられるものであるが、そのみで計画規模が設定されるものでない。また、その分析手法は客観性、透明性が確保される必要があり、現在のところ治水経済調査マニュアル(案)に方法論が示されている。

しかしながら、この費用便益分析結果を計画規模の評価に用いる場合には、現段階では次のような項目については考慮されていないことに留意しておく必要がある。

治水施設の整備による便益としては、水害によって生じる人命被害と直接的または間接的な資産被害を軽減することによって生じる可処分所得の増加(便益)、水害が減少することによる土地の生産性向上に伴う便益、治水安全度の向上に伴う精神的な安心感などがある。

治水施設は、道路などの他の社会資本と異なり、上述したように社会経済活動を支える安全基盤として重要なものであるにもかかわらず、治水施設整備による便益の全てが経済的に計測可能なものばかりではない。たとえば、直接的な被害以外の便益の計測法として、地価上昇を計測するヘドニック法や支払い意思額を住民等に尋ねるCVM等の方法が、「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針(案)」、平成10年6月に示されているが、治水施設の整備に対して定量化するには課題も多い。

一方、治水施設の整備の費用についても不確実性が避けられない。すなわち、通常、河川整備基本方針について検討を行う段階は、施設計画のマスタープランを検討する段階であり、施設整備箇所の詳細な位置を特定することは困難であり、したがって、特定の地質条件等を考慮しない一般的な費用の見積りとならざるを得ない。したがって、治水施設の整備に要する費用の一部しか評価できない可能性がある。

このように、費用対効果分析を行うための基礎的な資料となる治水施設の整備によって得られる便益及びその施設整備に要する費用について、過不足なく計上することは現実的には極めて困難であり、このことを踏まえた上で、費用便益分析結果を評価する必要がある。

2.2 計画基準点

計画基準点は、全般の計画に密接に関係し、計画策定に必要な箇所を選定する。その際、既往の水理、水文資料が十分に得られ、水理水文解析の拠点となる箇所を考慮して設定する。

(解説)

計画基準点は、河口部に近い市街地等の洪水防御対象区域の上流、計画の基準となる水位標のある地点や支川、ダム等の洪水調節施設が設けられている地点が適している。

なお、一級河川等の支川計画を対象とする場合は、本川の背水の影響のない最下流端において計画基準点を設定する。また、あらかじめ環境基準点が設定されていれば、これを考慮して設定することも考えられる。

さらに水系一貫とした計画策定に際しては、水系の計画基準点の他に計画上の主要地点を設定するのが望ましい。

① 計画基準点

水系で最重要となる洪水防御地域の計画規模（外力となる確率水文量）を定める地点である。計画基準点は水系毎に1箇所とし、氾濫区域における人口及び資産の分布、地形特性や氾濫形態等を踏まえて、その水系において最も重要な市街地等の洪水防御対象区域の直上流若しくはその近傍に設定する。また、水位、流量等の資料が十分に得られる地点を選定するものとする。

② 主要地点

計画流量配分を作成する上で必要な地点であり、主要な支川の下流端、支川合流あるいは分流に伴い流量配分計画が変化する地点である。

なお、ダム地点については、本川計画上は主要地点と同等の扱いとなるが、施設計画にあたっては、計画基準点と同等に扱うこととなる。

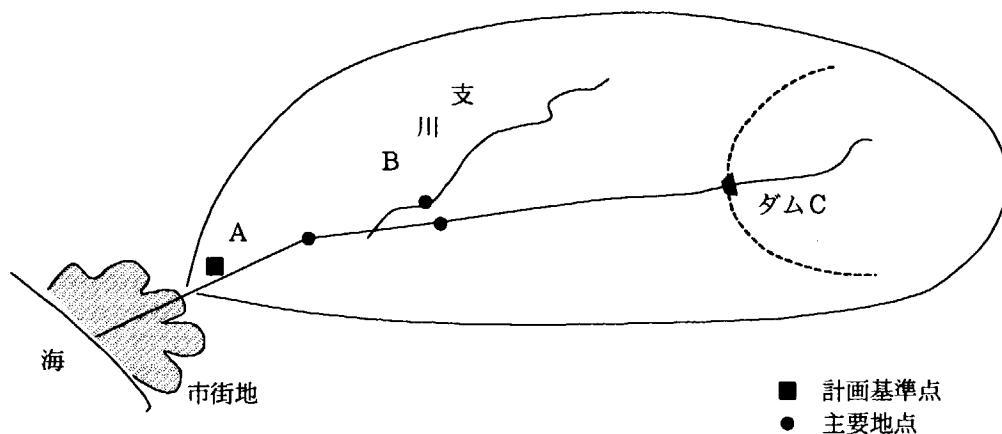


図-2.2.1 基準点及び主要地点の設定

3. 基本高水の検討

3.1 基本高水

3.1.1 中小河川の基本高水

計画の基準となる地点において基本高水を設定し、この基本高水に対して所要の洪水防御効果が確保されるように、計画を立案する。なお、計画を立案する際には、対象河川の水理・水文特性、流域の土地利用特性等を勘案した総合的な洪水防御計画を策定することを基本とする。

(解説)

河川の洪水による災害を防止または軽減するため、洪水防御計画において、施設計画の対象となる洪水のハイドログラフを基本高水と呼んでいる。

基本高水が設定されれば、ダム等洪水調節施設が無ければ基本高水のピーク流量がそのまま計画高水流量として設定され、洪水調節施設があれば種々の基本高水パターンに対して施設規模を定め、定まった調節効果をもとに計画高水流量を設定する。

中小河川は流域面積が小さく、洪水波形がシャープであることから、貯留施設や浸透施設により洪水のピーク流量を低減させる手法が効果的であることが多い。したがって、流出抑制施設や洪水調節施設を積極的に検討し、河道への負担を軽減することが、河川環境面からも重要である。このため、中小河川では、計画を立案する際には原則として総合的な洪水防御方式を検討する必要がある。

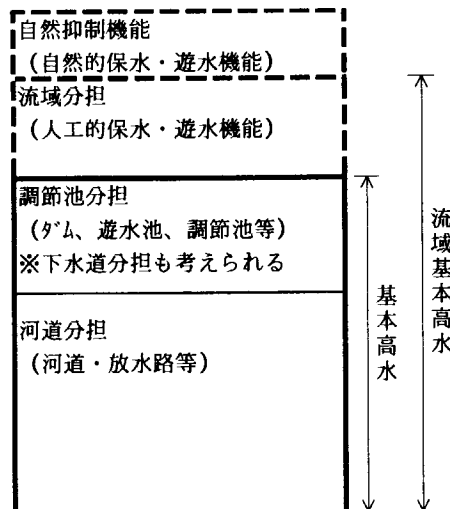
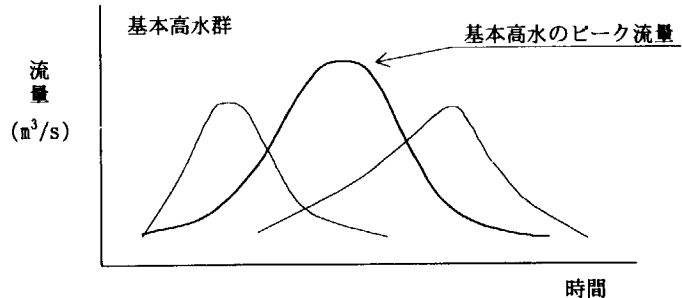


図-3.1.1 流域基本高水概念

そこで流域において積極的に浸透や貯留施設を確保し、その効果を洪水防御計画に反映させる場合、まず流域基本高水を設定し、浸透や貯留施設の効果を流出モデルを用いて算出し、それを流域分担量とし、流域基本高水から流域分担量を差し引いて、河川施設で対応すべき基本高水を設定することとなる。

流域基本高水及び流域と河川施設への雨水処理分担の考え方については、「都市河川計画の手引き」((財)国土開発技術研究センター編集)を参照されたい。また、流域内における貯留施設の洪水調節効果については、4. 計画高水流量 の項で述べる。

3.1.2 基本高水の算定法

中小河川の基本高水は、計画降雨すなわち計画降雨継続時間内における計画規模に対応する降雨量を定め、これを流出モデルにより流量に換算することにより求める方法を標準とする。

(解説)

基本高水を設定するに際しては、当該河川における水理・水文資料などの基礎資料の収集・整理状況、地形特性、降雨特性、流出特性等を踏まえて、種々の方法を適用し、総合的に検討するのが望ましい。

基本高水の設定手法としては、計画規模に対応する計画に用いる降雨量と降雨量の時空間分布(以下、計画降雨という)を定め、流出計算を介して基本高水を定める方法(以下、雨量確率手法という)及び過去の洪水のピーク流量の年最大値資料を標本として確率統計解析を実施して基本高水を求める方法(以下、流量確率手法という)などがある。

一般に、中小河川では流量観測所が無かったり、あっても流量観測の統計期間が短いことが多く、雨量確率手法の適用が困難であることが少なくない。また、流域の大部分が低平地である河川においては降雨量そのものが洪水被害に最も影響するため、降雨量を計画諸量として扱うことが妥当と考えられる。

この際、計画降雨については、流域の規模、降雨特性さらには計画対象施設の種類等に依りて選定する考え方をとるものとする。これは、比較的降雨の空間的な分布が一様と見なされるような規模の流域と降雨の空間分布を無視しえないような規模の流域、さらにはハイドログラフの要、不要に依りて計画降雨の作成方法を選定することが望ましいからである。

中小河川における基本高水の検討フローを図-3.1.2 に示す。フローに示すとおり、計画降雨から流量に変換する流出計算法の選択により、基本高水の検討方法、またその検討過程における計画降雨の設定方法も異なる。

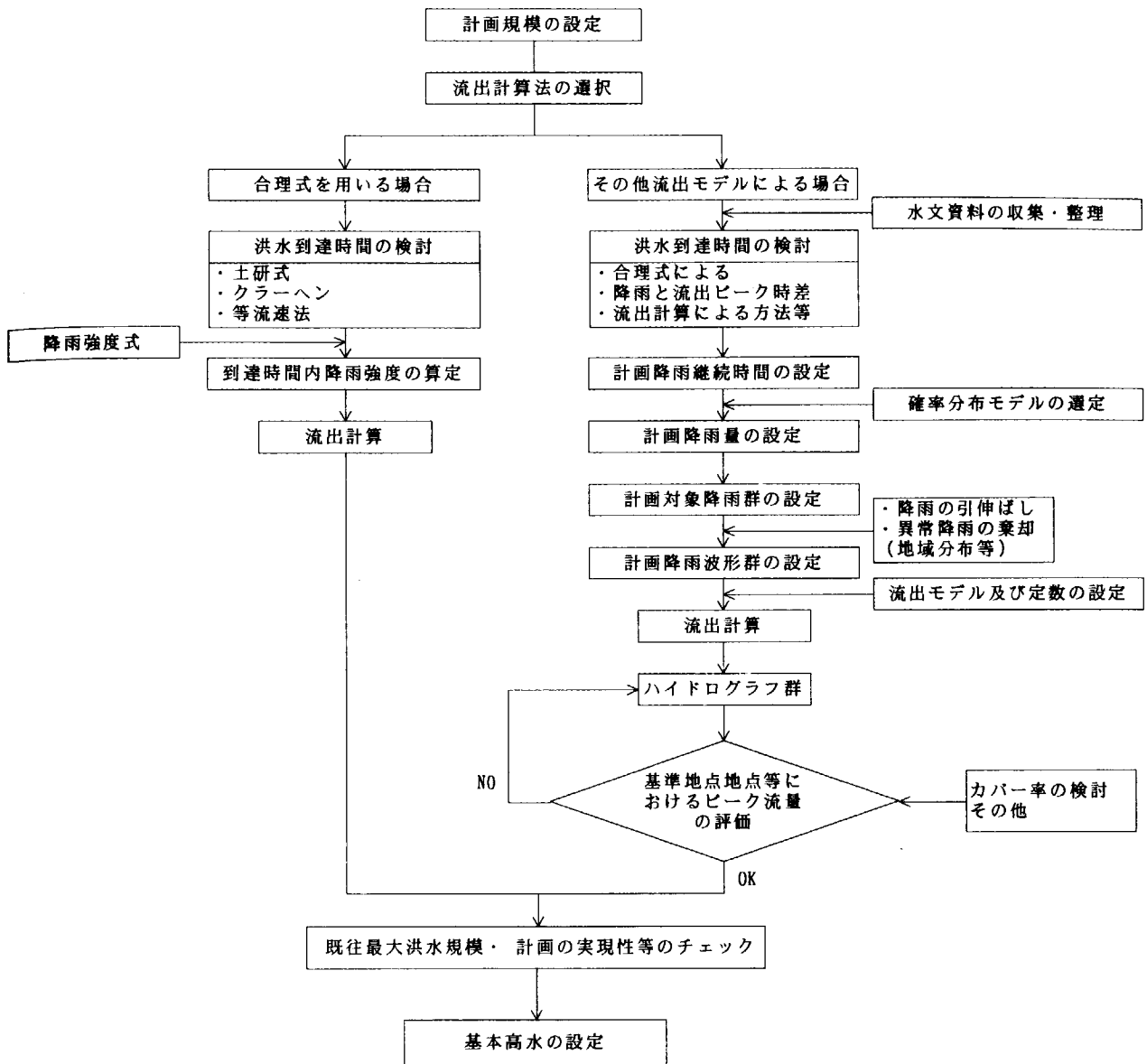


図-3.1.2 基本高水検討フロー

3.2 水文水理資料、洪水時資料の収集

3.2.1 雨量資料の収集

雨量観測は一般に気象庁、建設省、都道府県等で実施されており、これらのデータを有効に活用して流域の降雨特性の把握を行う。

(解説)

計画降雨は降雨量、降雨量の時間分布及び地域分布の3要素で表現される。このため、流域内及び近傍の雨量観測所データを有効に活用して、流域の降雨量、降雨の時空間分布等の降雨特性を把握する必要がある。

気象庁では気象台、測候所において雨量観測を行っている他、アメダス観測所が全国のおおむね17km四方に1ヶ所程度設置されている。一方、建設省では一級水系の流域内に50km²に1ヶ所程度を目安に雨量観測所が設置されている。

一般に気象庁のアメダス観測所データは、昭和50年頃から整備されている。建設省においては、おおむね昭和30年代から自記雨量計が設置され、時間雨量観測が実施されている。

これらの観測所では、以下のデータの入手が可能である。

気象台、測候所	日雨量、時間雨量、10分間雨量
アメダス観測所	日雨量、時間雨量
建設省	普通観測・・・日雨量 自記あるいはテレメータ観測・・・時間雨量

中小河川では流域面積が小さいため、当該流域内に雨量観測所が存在しない場合がある。このような場合、近傍の雨量観測所の資料を使用することとなるが、地形的要因を考慮の上、周辺の複数の観測所を選定する必要がある。流域内及び近傍に雨量観測所が存在しない、もしくは流域内の降雨特性を把握するのに観測所が不足すると判断される場合は、新たに雨量観測所を設置する必要がある。その判断基準としては観測所の1ヶ所当りの支配面積が50km²以下であることを目安とする。

また、中小河川の流域規模が50~100km²未満と小さい場合、雨量観測間隔が1時間では降雨・流出特性を正しく把握できないことがある。また、降雨強度式の作成、検証にあたって、任意の継続時間の実績降雨量は1時間単位の雨量資料からは知ることができず、たとえば1時間雨量では60分最大雨量を把握することができない等の問題があること等から、10分間隔程度で観測・整理できる施設とする必要がある。

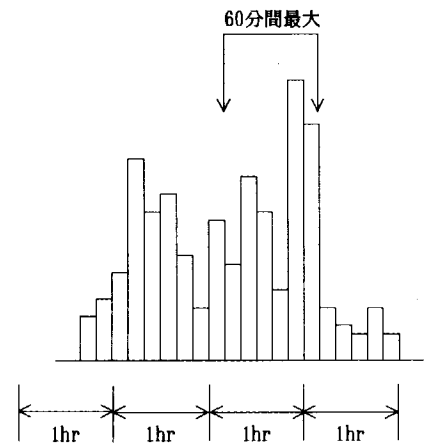


図-3.2.1 10分間雨量の観測の必要性

観測所の設置場所、機器等については、河川砂防技術基準(案)調査編pp.8~11を参照のこと。

(参考)10分間隔による観測事例

図-3.2.2は10分間隔により観測された流量ハイドログラフの事例である。これらの洪水において、1時間間隔での観測が行われたと仮定した場合のハイドログラフを同時に示す。

事例その1では、ピーク流量 $147.8\text{m}^3/\text{s}$ が7:40に生じた後、8:00においても $118.7\text{m}^3/\text{s}$ を記録しており、1時間間隔の観測でもピーク流量はほぼ捕らえられている。

一方、事例その2においては、ピーク流量は14:30に $99.7\text{m}^3/\text{s}$ となっているが、30分後の15:00には $46.7\text{m}^3/\text{s}$ まで減衰している。このため、1時間間隔による観測では、観測の間に流出ピークが生起し、流出ピークの現象を把握することができない可能性がある。

以上のように、中小河川において、1時間間隔では降雨・流出特性が把握できない場合には、10分間隔での観測を行う必要がある。

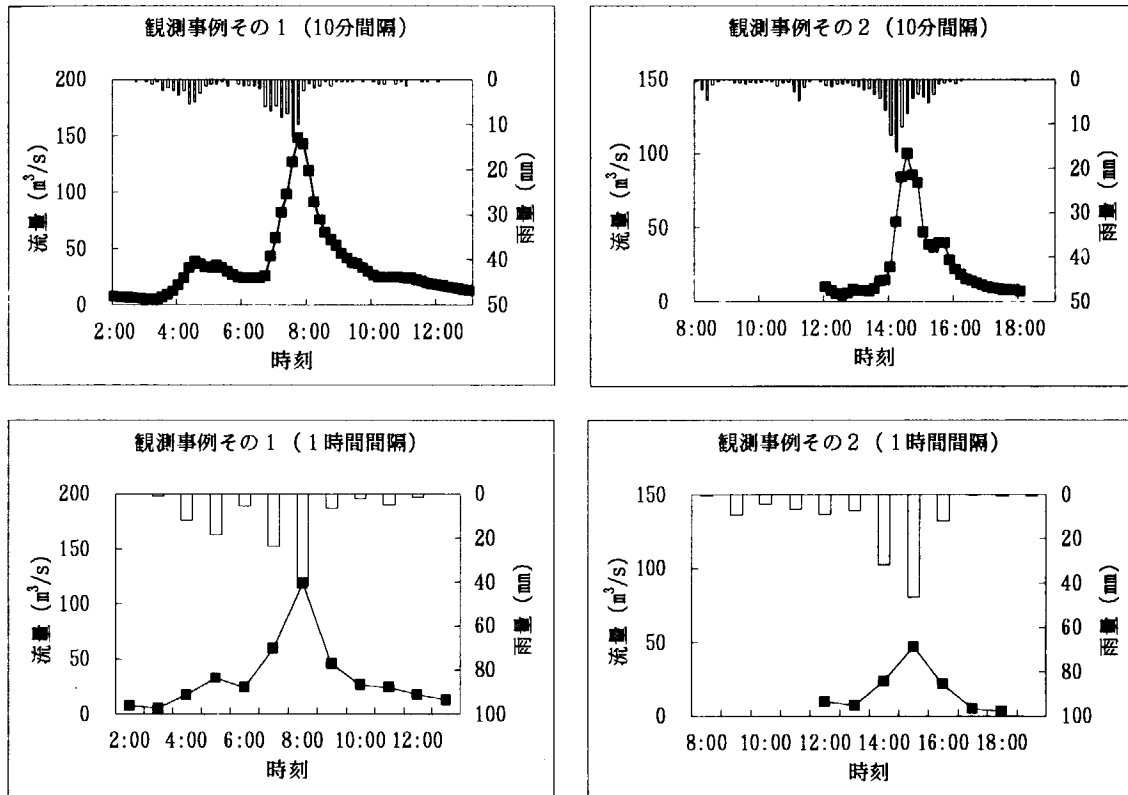


図-3.2.2 10分間隔による観測事例

(参考)雨量観測所の配置密度

① 河川砂防技術基準(案)における雨量観測所の配置の考え方

「降雨観測所の配置は、調査対象区域を概ね均一の降水状況を示す地域に区分して、その地域ごとに1観測所を配置するものとする。ただし、概ね均一の降水状況を示す地域に区分することが困難であるときには、調査対象区域を50km²ごとの地域に区分して各地域ごとに1観測所を設置するものとする。」(河川砂防技術基準(案)調査編第1章)

② 雨量観測所数と妥当配置密度

橋本らが米国気象庁の中心極限定理に基づいて許容危険率のもとで、許容誤差の範囲内で面積雨量を推定するために必要な観測所数を求めた論文(1974)によると、相対誤差を仮に10%を許容範囲とすれば以下のような観測所数があれば妥当といえるとしている。

ただしこれは、流域分割された領域に一カ所の観測所があれば妥当ということであり、単に当該流域にこれだけの数の観測所があればよいというものではない。

本川流域面積	妥当観測所数	妥当配置密度
100km ²	6	約20km ²
200km ²	8	25km ²
300km ²	10	30km ²
500km ²	12	40km ²
1,000km ²	20	50km ²
2,000km ²	25	80km ²
3,000km ²	30	100km ²
5,000km ²	40	125km ²
10,000km ²	55	180km ²

③ 雲の大きさからの観測所密度

一つの雨域の大きさはその積乱雲システムにより、メソ α スケール(200~2,000km)、メソ β スケール(20~200km)、メソ γ スケール(2~20km)の積乱雲まで3種類の階層構造がある。一般に著名な豪雨災害をもたらしたのは、メソ α からメソ β にかけてのスケールである。文献等による集中豪雨のタイプ、事例と集中豪雨発生時の日本付近の気象状況から、積乱雲または積乱雲群の発達タイプによって以下に示すようなA型豪雨とB型豪雨に分類することができる。

A型豪雨：強雨域スケール100km程度、強雨継続時間7~10時間程度

B型豪雨：強雨域スケール5~10km程度、降雨継続時間3~4時間程度

A型豪雨の代表例として、1982年7月長崎豪雨及び1983年7月山陰豪雨があげられ、B型豪雨の代表例として1983年9月名古屋市の集中豪雨、1994年9月伊丹市の集中豪雨があげられる。

支川計画においては、A型豪雨のみならず強雨スケールとして5~10km程度のB型豪雨までを対象とすべきであり、WMO(世界気象機構)の示す25km²/箇所よりも密に降雨を把握する必要があるが、現実的、経済的に考えて支川計画のみのために観測所を追加することは考えられず、既存の観測結果を適切に処理して計画降雨を設定することが妥当と考えられる。

3.2.2 水位・流量観測

中小河川においては適切な場所に水位計を設置し水位を計測するとともに、適切な場所で流量を観測する。

(解説)

① 水位観測

洪水流量の推定にあたっては、水位観測が不可欠である。水位観測値があれば流量観測値が無くとも不等流計算等によるH～Q関係を作成することにより、流量の推定が可能となる。また、水位は水防上の重要な情報となるため、極端に流域面積が小さい山地河川、小河川等を除き、原則として水位計を設置する方針とする。

水位計には連続時間で観測できる自記水位計とピークのみをとらえる最高水位計がある。貯留施設や内水等を考慮する場合は、自記水位計を設置する必要がある。なお、河川規模が50～100km²未満と小さい場合、1時間間隔では流出のピーク値を把握するのが困難であるため、10分間隔程度の記録をとる必要がある。

一方、洪水のピーク流量のみを対象とする小規模の河川にあつては、自記水位計の設置が困難な場合でも最高水位計を設置し、洪水痕跡をとるようにするのが望ましい。

水位計の種類、設置方法等については、河川砂防技術基準(案)調査編pp.23～30を参照のこと。

(参考)洪水痕跡水位の計測

洪水痕跡は、河川のピーク流量の推定あるいは他の水理量を推定するための貴重な情報である。

洪水痕跡は、洪水中の泥の付着により判断する方法、ゴミの付着により判断する方法、草本類の倒伏により判断する方法等がある。

ここでは、洪水痕跡水位の計測に関して重要なポイントを以下に示す。

① ピーク水位発生後なるべく早く測定する。

泥による痕跡については時間の経過とともに消えること、ゴミについても雨などにより流される等があるため、痕跡水位はピーク水位発生後なるべく早い時期に測定する必要がある。具体的には、洪水減水期において、痕跡のところに杭打後、ペンキマーク等を施すのが有効である。

② 水準点の標高について確認しておく。

通常、痕跡水位を計測するには、河川距離標位置がとられるが、平素より距離標位置を明確に、かつ水準点としての精度を確認しておくことが必要である。

③ 周辺の痕跡状況を十分観察する。

一般に痕跡水位の計測法としては、泥の付着によるもの、ゴミの付着によるものが考えられ、ゴミによる場合はその自重により落下することが考えられるので、なるべく洪水に含まれる泥の付着によるものが望ましい。

ゴミによる場合は、測定位置の痕跡が周辺と比べて低くなっていないか、樹木に引っかかったゴミの場合は、樹木のタワミ等により異常な高さとなっていないか等を縦断的によく観察することが必要である。

④ 縦断的に極力密に左右岸で痕跡を採取する。

痕跡水位は局所的な水面の変化により、異常な値を示す点があること、左右岸でも湾曲や砂洲による水位上昇、河岸の状況等により水位差を生ずることから、極力密な観測が望ましい。

痕跡水位の測定法の詳細については、河川砂防技術基準案調査編pp.147を参照されたい。また、痕跡水位を用いたピーク流量の推定法については、巻末参考資料を参照されたい。



写真－1 橋脚に残された泥の付着による観測例



写真－2 ゴミの付着による観測例

② 流量観測

中小河川においては、多くの河川で流量観測は実施されていないのが現状である。これは管理する河川があまりに多く、さらに流域面積が小さいことから、流出ピークに間に合わないことが多いためである。

流出モデルを用いて流出計算を行って基本高水を検討する河川にあつては、原則として流量観測が必要である。特に、洪水調節施設等を計画するにあたってはピーク流量値のみならずハイドログラフが必要となり、計画に用いる流出モデルの妥当性が問題となるので、流量観測を実施しておく必要がある。

(参考)簡易な流量計測法

一般の河川の場合、浮子測法が用いられる。浮子測法の詳細については、「建設省水文研究会：水文観測」を参照されたい。

中小河川のように洪水到達時間が短い場合、浮子測法で出動体制をとるのが困難であるため、自動観測できる方法が望まれる。

中小河川の流量観測を自動で行う方法として、以下があげられる。

○電波流速計測法

○堰測法

電波流速計は橋梁等に設置して表面流速を計測するもので、表面流速と断面平均流速の更正が必要であるが、有望な方法と考えられる。

詳しくは「山口他、電波流速計による洪水流量観測」土木学会論文集No.497 を参照されたい。

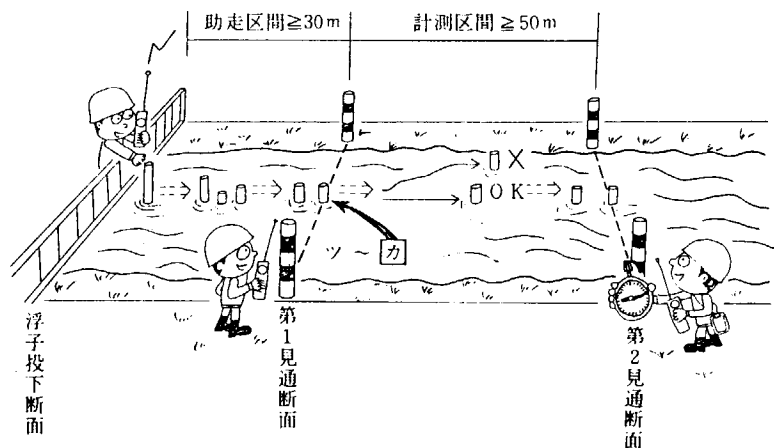


図-3.2.3 浮子による流量観測

出典：建設省水文研究会，水文観測

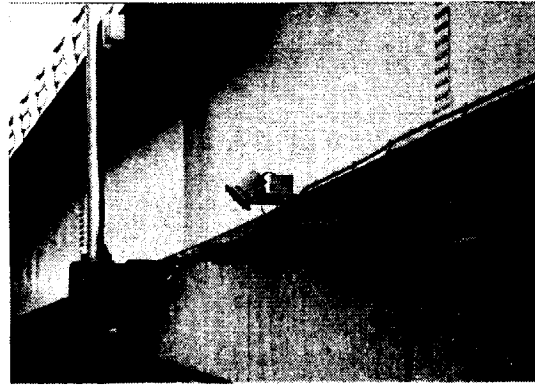


図-3.2.4 電波流速計の設置例

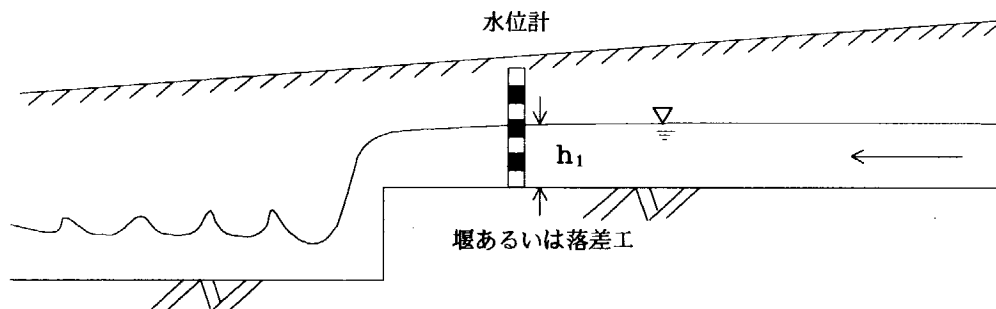
出典：山口他 電波流速計による洪水流量観測，土木学会論文集No.497

堰測法は堰、落差工等を利用して、越流水深から流量を推算するものであり、あらかじめ越流係数を適切に設定しておくことにより、相当の精度で流量計測が可能である。洪水のピークのみをとらえるだけであるなら、水位計は最高水位計でも良い。

堰測法の観測所位置については、次のような場所を選定することが肝要である。

- 一様な断面形状の水路が一定の長さ続くところ。あるいは、人工水路を築造できるところ。
- 完全越流できるような適当な落差を確保でき、急勾配すぎないところ。
- 堰による上流側の水位上昇があっても、堰上流区間での浸水や堤防漏水等の問題を生じないところ。
- 潮汐、他河川との合流、水門等の背水の影響によって堰が潜り状態になる可能性のないところ。

その他、施設設置や越流係数設定法等について、詳しくは「建設省水文研究会：水文観測」を参照されたい。



$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gh_1}$$

- C : 越流係数で模型実験もしくは現地にて決定
- h_1 : 上流側越流水深
- A : 流水断面積で $A \doteq Bh_1$ ，Bは河川幅
- g : 重力加速度

図-3.2.5 堰測法による流量観測例

3.3 降雨から流量への変換

降雨から流量への変換にあたっては、流域の規模および流量観測資料の有無や計画対象施設の種類、内水河川の扱い等の計画条件、将来の土地利用の変化や河道改修による流出特性の変化等を考慮して適切な流出計算手法を採用する。

(1) 中小河川の流出計算手法の選択方針

① 流域の規模

流域の空間スケール(ほぼ同じ雨量が降っていると思われる面積)よりも河川の流域面積が小さい場合には、合理式を用いて簡易にピーク流量を算出してもそれほど大きな問題は生じない。その目安となる河川の流域面積は河川砂防技術基準では、流域面積が 200km^2 以下とされているが、レーダ雨量計をもとに調査した結果¹⁾等の文献を基に、降雨時間・地域分布の一様性が保たれる流域の規模を整理すると 50km^2 程度未満となる。

流域規模がこの規模より大きい河川において合理式を適用する場合には、既往洪水における降雨量の時空間分布や流出係数等の検証を行っておく必要がある。

② 洪水調節施設の有無および内水河川の扱い

洪水調節施設を検討する場合や内水処理計画を検討する場合には、ハイドログラフが必要となる。ハイドログラフの作成方法としては、貯留関数法、準線形貯留型モデルもしくは特性曲線法等の流量観測値による検証可能な流出計算手法によるのが妥当と考えられる。流量観測値が得られない河川においても、内水河川では湛水位資料からの検証も可能であり、各流出計算手法の標準的な定数を設定することにより適用可能である。

また、合理式の適用が可能な流域規模では、合成合理式を採用することもできる。

③ 将来の流出特性の変化

将来の土地利用変化等による流出特性の変化については、中小河川ではその影響が大きいため、流出計算に反映させる必要がある。合理式を適用する場合には、基本的に流出係数を将来的に想定される土地利用をもとに設定することとし、洪水到達時間の変化に対しても対応可能であることが望まれる。この場合、確率降雨強度式の適用にあたって、到達時間内降雨強度が変化することとなる。

一方、合理式以外の流出計算手法による場合には、流域定数の設定において地目別の土地利用変化を考慮するモデルが用意されており、流出特性の変化を表現することが可能である。また、河道の物理特性を河道モデルとして流出計算モデルに組込むことにより、河道改修による流出変化を考慮することも可能である。

(2) 流出計算手法の特色

中小河川の流出計算手法として、一般に以下の方法が用いられている。

- 1) 合理式法
- 2) 合成合理式
- 3) 貯留関数法
- 4) 準線形貯留型モデル
- 5) 特性曲線法(等価粗度法)

なお、この他に低平地の流出解析において、内水氾濫を考慮した氾濫流出モデル（氾濫不定流モデル）がある。この場合も通常は流域流出については上記流出計算手法が用いられ、河道追跡を行う水理モデルを付加したものであるから、ここでは詳細にはふれない。

① 合理式

合理式は、高水計画上ピーク流量のみを設定すれば良い場合に最も簡便な方法である。また土地利用の変化は流出係数により表現することが可能である。合理式の適用河川は、基本的に流量観測値がなく上流に洪水調節施設が存在しない河川とし、流域面積50km²未満程度が目安となる。

② 合成合理式

合成合理式は、基本的に洪水到達時間(tc)毎のハイトグラフを作成し、tc毎の合理式によるピーク流量を連ねてハイドログラフを作成するものである。

合成合理式の適用河川は、合理式の適用が可能な河川でハイドログラフの算出が必要な場合に用いることができる。なお、合成合理式の考え方には、通常の合理式と同様に流量検討地点の上流を単流域として扱う方法と、流出モデルのように流域分割を行い河道の遅れ時間を考慮して合成ハイドログラフを算定する方法がある。

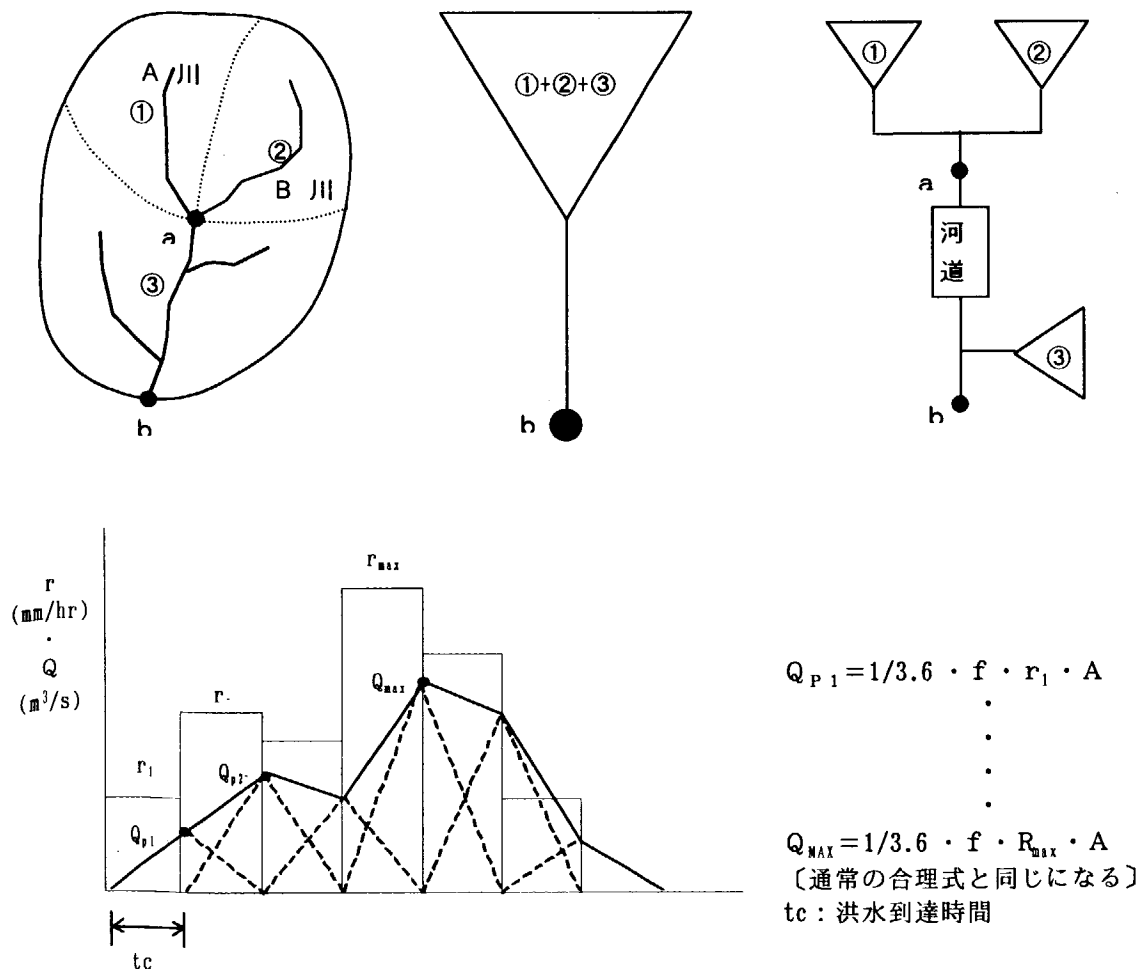


図-3.3.1 合成合理式の計算方法

③ 貯留関数法

貯留関数法は、流域の貯留現象が顕著であり、山地流域が卓越するような河川において全国的にも広く適用されている。貯留関数を使用する場合には、定数の同定を行うための流量観測が実施されていることが前提となる。定数の初期設定にあたっては、利根川式等の経験式を用いる方法が提案されているが、リザーブ定数や等価粗度を用いた方法等を用いた場合、土地利用変化による流出特性の変化を表現することが可能である。

④ 準線形貯留型モデル

準線形貯留型モデルは、土地利用の地目毎の計算結果を合成する方法であるため、将来的に流域内の開発が予想され、大幅な土地利用の変化があり、かつ、流域内に雨水貯留・浸透といった流域対策等を検討する河川で多く用いられている。この計算手法では土地利用別に標準的な定数を用いることで、高水流量の検討を行うことができるが、実測流量による定数の検証を行うことが望ましい。適切に流域分割がなされれば、モデルや定数設定上の巧拙による差異が少ないが、山地部のように貯留効果の高い流域では、低減部の流出波形がシャープすぎて再現性に劣る場合がある。

⑤ 特性曲線法（等価粗度法）

特性曲線法は、準線形貯留型モデル同様、将来的に流域内の開発が予想され、土地利用の変化があるような場合に適用例が多い。この計算手法でも土地利用別に標準的な定数を用いることで流量の検討を行うことができるが、実測流量による定数の検証を行うことが望ましい。ただし、本方法は他の方法に比べ、流域分割の大きさや斜面長の取り方等の巧拙により、流出計算の精度が変動し易い。

以上の流出計算手法の適用の参考として、表-3.3.1に中小河川に採用する際の各手法の特色、長所、短所を整理した。

表-3.3.1 中小河川に適用される流出計算手法の比較

手 法		適用と特色	長 所	短 所
線形モデル	合理式	合理式の特徴は流域の最遠点から考慮地点まで雨水が流下集中した時に最大流量が生ずると考え、その時間を洪水到達時間と呼んでいる。中小河川でよく用いられている。	ピーク流量算出が最も簡便であり、適用例が多い。	ハイドログラフを求めることができないので、ダム等の貯留施設の計画には用いることができない。また、実測値との検証についても困難である。流域面積が大きくなると適用が困難である。
	合成合理式	合理式のピーク流量を重ねて結合したものであり、ハイドログラフが作成できる。	簡易にハイドログラフが作成できる。	ハイドログラフの項以外、同上。
非線形モデル	貯留関数法	貯留高と流出高との間に比較的簡易な式で非線形性を表現した手法で、日本のほとんどの一級河川で使用されている。10 km ² ～数100 km ² 程度の流域で適用（単流域として）されている。 土地利用の変化を考慮した方法も提案されている。	一級河川での適用例が多く、特に山地が多く割合を占める流域での適合度が良い。 定数検証は主に K, T1 の修正で済み、比較的容易である。また、流域分割、流出系統作成の巧拙があまり問題にならない方法である。	実用的であるが、定数について水理学的裏付けが弱い。小出水の際の定数を用いた場合、大出水の再現性に問題がある。一般に平地や都市域での適合度に劣る。
	準線形貯留型モデル	合理式の到達時間内降雨強度の考え方を取り入れ、非線形性を表現した各地目毎の指数単位図である。降雨流出の非線形性が扱え、流域の開発等の地目変更に伴う流出変化が扱えることから、開発が著しい流域で適用例が多くなっている。	地目毎の流出計算結果を合成しており、地目の改変や地目毎の貯留、浸透対策等の効果を扱うことが可能である。流域治水を扱う河川に適用性が高い。流域分割や流出系統の作成のしかたの巧拙は特性曲線法ほど精度に影響しない。	計画論的に有効なモデルであるが反面実績の再現性に難点がある場合がある。地目別定数 C についての総合化の程度に問題を残す。 山地部のように貯留効果が大きいところでは、特に低減部再現性に難点がある。
	特性曲線法 (等価粗度法)	流域を幾つかの矩形斜面と流路が組み合わされたものと見なし、雨水流を水理学的に追跡した計算手法である。	流域の性状を等価粗度で表すところが特徴的で、流域開発の変化を反映させることができる。比較的表面流が卓越する都市域について適合度が高い。	定数の構成要素が多く、かつそれぞれの要素を比較的高い精度で求める必要があり、手間がかかる。流域分割や流出系統作成のしかたの巧拙により精度が問題となる。

3.4 計画降雨

計画降雨は流域の規模、降雨特性、計画対象施設の種類、さらには雨量資料の存在状況等を勘案して、適切に作成する。

基本高水を設定する方法としては、洪水の成因となる降雨を計画外力として、所定の計画規模に対応する計画降雨を定め、この計画降雨から流量に変換する方法を基本とする。

計画降雨は、降雨量、降雨量の時間分布及び地域分布の3要素で表されるが、その作成にあたっては流域の規模や降雨特性といった自然条件、洪水調節施設計画の有無といった検討目的を十分把握し、さらに雨量資料の存在状況等も勘案する必要がある。

計画降雨の作成方法としては、3要素について統計的もしくは気象学的な関係を明らかにして定める方法も考えられるが、現時点においては、それらの関係について検討するための十分なデータの蓄積等がないことから、以下のような方法によることとする。

3要素をすべて考慮する必要がある場合には、各要素間の関係を考慮せず、総降雨量を定めた後、過去に生じたいくつかの降雨パターンをそのまま引伸ばして計画降雨を作成するものとする。この場合の計画降雨量は、流域の規模や降雨特性等を勘案して、計画対象とする降雨継続時間を設定し、この期間内の雨量を統計処理して定めることとする。

中小河川の規模及び降雨特性の面から、上記3要素のうち地域分布について無視しうる河川もある。この場合には、上と同様に計画降雨量を定め、過去に生じた降雨パターンを引伸ばす方法と、降雨量と降雨継続時間の関係を定めた降雨強度式から任意の波形（モデル降雨波形）を作成する方法がある。

さらに、計画策定上ハイドログラフを必要とせず、流出量のピークのみを対象とする場合には、計画降雨は3要素のうち降雨量のみとなる。ただし、この場合においても流出に寄与する降雨継続時間として洪水到達時間内の雨量を統計的に定める必要があり、一般には確率降雨強度式が用いられる。

以上の計画降雨の作成法を大別すると、一般には降雨強度式を用いる方法と実績降雨を引伸ばす方法の2通りがある。降雨強度式を用いる方法では降雨の継続時間を設定する必要があり、この時間を計画降雨継続時間と定義する。一方、実績降雨を引伸ばす方法では、検討に用いる降雨継続時間は実績値を用い、計画降雨継続時間は引伸ばしを行う継続時間のことである。いずれの方法でも計画降雨継続時間内の雨量（あるいは降雨強度）が計画降雨量となる。

ここでは、計画降雨の設定法について示す。

3.4.1 降雨強度式を用いる方法

流域の規模等から降雨量の地域分布を無視しえると判断される場合は、降雨強度式を用いて計画降雨を作成する。

(1) 確率降雨強度式

降雨強度式は、基本的に流域面積が 50km^2 未満程度の合理式を用いる河川に適用されることが多い。ただし、前述のように降雨量の時空間分布の検証を行い、降雨量の地域分布

が無視しえる河川に適用することも可能である。

この場合、計画降雨の3要素のうち、降雨量（洪水到達時間内降雨強度）のみを考慮することとなる。なお、降雨強度式を適用するにあたり洪水到達時間をあらかじめ設定しておく必要がある。

中小河川の洪水到達時間内の短時間降雨強度式は、各都道府県で作成されたものを用いることとする。ただし、対象河川流域が短時間降雨強度式の作成に用いられた観測所と離れていたり、降雨特性が明らかに異なると考えられる場合には、近傍の気象庁アメダス観測所による確率短時間降雨強度式を用いることができる。

(2) モデルハイトグラフ

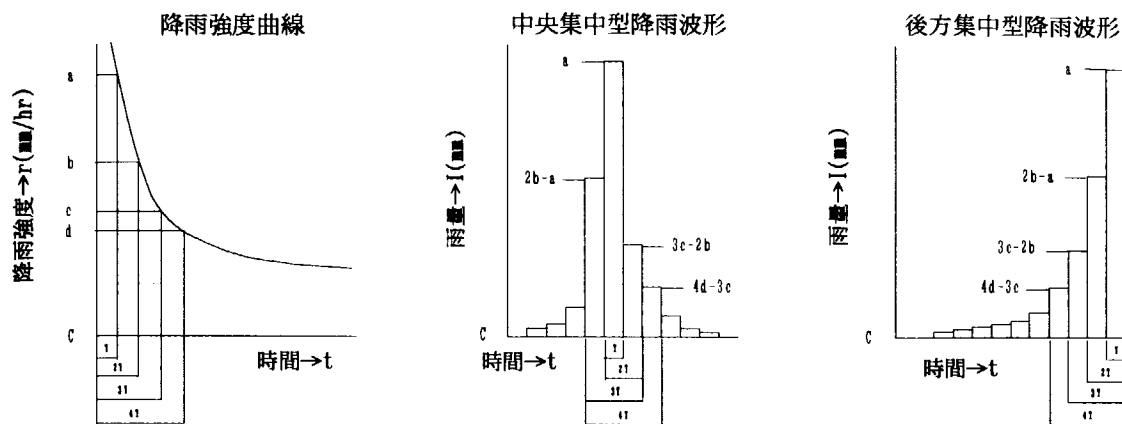
洪水調節施設の検討を行う等、ハイドログラフが必要となる場合、降雨強度式からモデルハイトグラフを作成することができる。この場合、計画降雨の3要素のうち降雨量と時間分布とを考慮することとなり、特に降雨の地域分布を考慮する必要がないと考えられる河川で採用することができる。

モデルハイトグラフを作成するにあたっては、計算時間間隔と洪水到達時間の関係及び計画降雨継続時間を設定する必要がある。また、降雨波形として中央集中型と後方集中型が考えられる。これらは以下のように設定する。

○洪水到達時間と計算時間間隔：モデルハイトグラフは基本的には洪水到達時間を時間単位として作成する。この場合、洪水到達時間は合理式の設定法を用いる（後述(3.6)）。ただし、一般の流出計算手法に適用するにあたっては不便であるため、流出計算の計算時間間隔（通常1時間）より洪水到達時間が大きい場合は、計算時間間隔毎の降雨強度を基にハイトグラフを作成するのが一般的である。洪水到達時間が1時間未満の場合は、流出計算の時間間隔も洪水到達時間の時間間隔とする必要がある。

○計画降雨継続時間：合理式を適用する規模の河川においては、洪水到達時間内の雨量が重要となるが、ハイドログラフの算定を行う場合には、あまり短い継続時間では降雨の損失の影響や洪水調節施設の検討に問題となる恐れがある。このため、既往の主要な洪水の継続時間を調べ、特に規模の大きい著名洪水の実績値をもとに設定する必要がある。

○降雨波形：実際の降雨波形を参考に、中央集中型もしくは後方集中型の波形を採用する。一般に、洪水調節施設の容量を設定する場合には、後方集中型を採用するのが安全側になる。また、モデルハイトグラフで計算された流出波形に対し、既往最大の実績洪水ハイドログラフもしくは実績降雨波形で計算された流出波形を比較し、設定したモデルハイトグラフによる流出計算結果が、そのピーク値やボリューム等の点で実績降雨に比べ過少となるなどといった計画上の問題がないことを確認しておく必要がある。



ここに T : 洪水到達時間もしくは計算時間間隔で、計算時間間隔 ≤ 洪水到達時間であり、計算時間間隔 ≤ 1 時間である。

図-3.4.1 降雨強度式からのモデル降雨波形の作成方法

3.4.2 実績降雨を引き伸ばす方法

実績降雨引伸ばしにより計画降雨を設定する場合には、引伸ばし対象となる計画降雨継続時間について検討を行い、時間分布や地域分布が異常なものとならないよう、十分検討する。

(1) 水理水文資料の収集・整理

水理水文資料の収集、整理方法について以下に基本的事項を示す。

① 雨量資料の収集・整理

基本的に、計画の基本量として時間単位の確率降雨量を求めるため、毎年あるいは必要に応じて非毎年の確率処理が可能となる時間雨量資料を収集する。なお、流域規模が50～100km²未満と小さい場合には、時間雨量では降雨・流出特性を正しく把握できないため、10分単位の雨量資料の収集を行うものとする。

1) 対象観測所及び資料整理期間の設定

流域内及び近傍に位置する雨量観測所の整備状況を調査し、その観測所位置図及び整備状況表（観測所の位置、観測開始年次、自記、普通観測の別等）を作成する（表-3.4.1参照）。

降雨資料収集・整理の対象観測所は、観測期間が極端に短いものを除き、このうち長期にわたって継続的に観測記録が存在する観測所を優先して選定する。

資料収集期間は時間雨量資料を対象とすることから、基本的に時間雨量の観測開始から資料の存在する期間とし、極力最近のデータまで収集対象とする。

2) 収集降雨(群)の選定

基準地点上流域の代表観測所において、既往の著名な洪水を生起した降雨を含み、流域内観測所のいずれかで日雨量○○mmあるいは日雨量の大きい年上位3降雨等を収集降雨(群)として選定する。

なお、日雨量〇〇mmの基準については、基準地点で洪水を生じた日雨量として、後述する主要な洪水ピーク流量の整理結果あるいは近隣河川の整理例から設定する。

選定された収集降雨(群)について、対象観測所の日雨量資料、時間雨量資料、必要であれば10分雨量資料を収集する。

表-3.4.1 〇〇県 〇〇川水系 雨量観測所諸元表

No.	観測所名	種別	河川名	所轄	所在地(住所等)	位置			観測開始年月日	備考
						北緯	東経	標高		
1	〇〇	普通自記	□□川	気象庁	〇〇県〇〇市〇〇町〇-〇	〇°〇′	〇°□′	〇〇	S. 1. 1. 1	自記切替え 位置変更 アメダス
					〇〇県〇〇市〇〇町〇-〇	〇°〇′	〇°□′	〇〇	S.30. 1. 1	
					〇〇県〇〇市〇〇町〇-〇	〇°□′	□°△′	▽▽	S.45. 1. 1	
					〇〇県〇〇市〇〇町〇-〇	〇°〇′	〇°〇′	××	S.51. 1. 1	
2	△△	自記	□□川	県	〇〇県〇〇市△△町△-△	□°□′	〇°〇′	××	S.32. 1. 1	
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

表-3.4.2 雨量観測所整備状況一覧表

No.	観測所名	S1	S2	S3	.....	S29	S30	S31	S32	S33	.....	H1	H2	.....	備考
1	〇〇	○	△	○	.....	○	▲	●	●		.....	●	▲	.....
2	△△				.....				▲	▲	.....	●	●	.....
3	××				.....		○	○	○	○	.....	●	●	.....
4	□□				.....		●	●	●	●	.....	●	●	.....

注) ○ 日雨量資料あり
 △ 日雨量資料一部欠測あり
 ● 時間雨量資料あり
 ▲ 時間雨量資料一部欠測あり

② 検討対象洪水の選定

過去の主要洪水をもとに、流出量の大きいもの、総雨量あるいは短時間雨量が大きく計画決定に寄与すると考えられる洪水(10個程度)を対象として、以下のような洪水時資料を収集・整理する。

- 雨量資料 (①で収集済)
- 流量資料 (ピーク値とハイドログラフ、検証計算への利用も考慮する)
- 既設ダム等の流入、放流量データ
- 氾濫に関する資料
- 降雨の原因

表-3.4.3 検討対象洪水の諸元表

生起年月日	総雨量(mm)	最大n時間雨量(mm)			〇〇地点		浸水面積(ha)	降雨原因
		1時間	3時間	6時間	最高水位(m)	ピーク流量(m³/s)		
S47. 7. 9	〇〇〇	○△	○×	○×△	△.〇〇	〇〇△	〇〇.〇	梅雨前線
S50. 8.10	△△△	△×	△〇	△〇×	×.×〇	△△×	×.〇	台風×号
S51. 9. 9	×××	×〇	×△	×△〇	□.□×	〇××	-	秋雨前線
H 7. 5.18	□□□	□△	□×	□×△	〇.△△	×△△	〇△.□	低気圧

③ 流域平均雨量

流域の上下流や支川流域等において降雨の特性に地域差がある場合、必要に応じ基準点の他に主要地点やダム計画地点等で流域を分割し、各地点上流における流域平均雨量をテーゼン法、メッシュ法、等雨量線法等により算定する。なお流域平均雨量の算定に際し、観測所雨量に欠測がある場合には、精度のバラツキを生起させる原因となるので原則として補完は行わず欠測観測所を除く観測所のデータを用いて流域平均雨量を算定する。

時間雨量については、古い期間では観測所が少なく、時間雨量観測所資料のみにより流域平均雨量を算定した場合、一雨雨量の地域分布の精度が問題となる。よって日雨量と時間雨量の算定において、テーゼン分割が異なる場合には、時間雨量の9時～9時合計による日雨量と流域平均の日雨量が一致しないので、日雨量の流域平均雨量に合致するように時間雨量を補正して用いる。

(一連降雨のそれぞれ1日ごとに補正する)

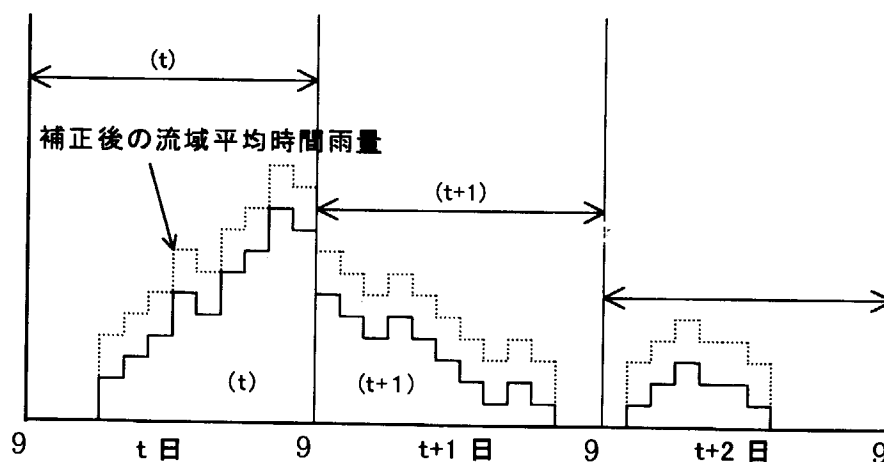


図-3.4.2 時間雨量の補正方法

$$\text{補正係数} = \frac{\text{日雨量}}{\text{時間雨量9時から9時の合計}} = \frac{R_{ave}}{\sum_{t=9}^9 r_{ave(t)}}$$

$$\text{補正後時間雨量} = \text{流域平均時間雨量} \times \text{補正係数}$$

流域平均雨量の算定は、計画降雨の継続時間及びピーク流量を支配する洪水到達時間等について行い、その年最大雨量を整理し、確率雨量の算定に用いる標本値とする。

流域の規模が小さく（流域面積が50km²程度以下の河川）降雨の地域分布が一様と見做し得る場合は、点雨量記録をもって代表することができる。

(2) 計画降雨継続時間の考え方

計画降雨継続時間は、計画降雨量を設定する継続時間であり、計画降雨を実績降雨を引伸ばして作成する場合には引伸ばし対象の降雨継続時間となる。

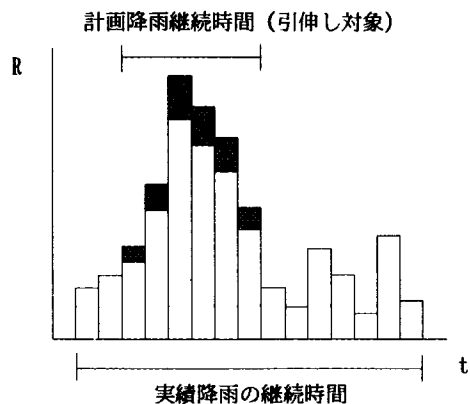


図-3.4.3 計画降雨継続時間

近年では、時間降雨資料が整理されていることから、時間降雨データを用いて計画降雨継続時間の検討を行うこととするが、前述したように流域規模が50~100km²未満の河川では、10分単位の雨量資料を用いて検討を行う必要がある。

一般に大河川の場合、洪水到達時間が10時間以上、ときには1日以上を要し、大洪水が生起するような降雨の継続時間は1~2日、ときには数日に及ぶことがある。このような河川では実降雨の継続時間をおおむね包絡するような時間を計画降雨継続時間としている。

一方、洪水到達時間が数時間程度の中小河川の場合、大河川のように実降雨の継続時間を包絡するような計画降雨継続時間を設定した場合、以下のような問題が生じる。

- 計画降雨量とピーク流量の相関関係が低くなることが予想され、計画外力としての降雨量の意味が不明確なものとなる。
- 継続時間の短い降雨では、時間的に異常な引伸ばしとなることが多い。

このため、中小河川計画においては図-3.4.4に示す実績降雨の引伸ばし方法のうち、各河川の規模、洪水調節施設の有無等の特性を十分に考慮し、適切な引伸ばし方法を選択する必要がある。

I型引伸ばし	II型引伸ばし	III型引伸ばし
<p>計画継続時間内雨量を計画規模の確率雨量の値になるよう一定率で引伸ばす</p>	<p>洪水到達時間内の雨量のみを計画確率年に相当する雨量の値に引伸ばす</p>	<p>計画継続時間内雨量と洪水到達時間内雨量を計画確率年に相当する雨量の値に引伸ばす</p>

図-3.4.4 実績降雨の引伸ばし方法

(参考) 実績降雨の引伸ばし方法の特色

- ① I型引伸ばしは、一般に大河川に用いられる方法であり、従来、水文資料の蓄積状況から計画降雨継続時間を日単位で設定せざるを得ないこともあって、本方法が標準的に採用されてきた経緯がある。一般に大河川では雨域の移動による地域的な降雨波形のズレやダム計画の容量設定の点から、I型による引伸ばしが用いやすい。I型では引伸ばし後の短時間雨量が過大になったり、降雨量とピーク流量の関係について非線形性が増すため、計画規模（雨量の生起確率）と流量の生起確率が対応しづらくなる可能性がある。
- ② II型引伸ばしは、洪水到達時間の雨量のみ計画降雨量とする方法であり、合理式の考え方に近く、中小河川に適用しやすい。この場合、降雨量とピーク流量との相関が高くなるので、計画規模と流量の生起確率が対応しやすくなる。ただし、流域面積が大きい、あるいは降雨の地域分布に偏りがあるような場合には、引伸ばし対象となる時間帯が場所によっては不適切になる恐れがある。また、引伸ばし対象となる時間帯の前期降雨の違いにより損失雨量の影響が異なってくるため、波形の選定に注意が必要である。

ダム等洪水調節施設の計画を行う場合には、あまりに継続時間の短い降雨のみを対象とするとダム容量設定に問題が生じるため、ピークのみならずボリュームの観点から対象降雨を選定する必要がある。
- ③ III型引伸ばしは、I型、II型の欠点を補うものであるが、大流域においては雨域の移動による影響を受け、流域内において時間分布が異なることが予想され、地域的な降雨波形に不都合が生じることがある。III型降雨の適用にあたっては、洪水到達時間内とそれ以外の時間内の引伸ばし雨量について、分割流域によっては洪水到達時間以外の降雨強度が大きくなる等の不都合が生じていないか、ハイトグラフを描いて確認しておく必要がある。

(参考) ダム等計画のある場合の計画降雨継続時間

ダム等の洪水調節施設の容量決定に際しては、従来より基準点及びダムサイトで、計画降雨継続時間を24時間程度として、I型の引伸ばし法により計画降雨を定めていることが多い。

ダム計画等を検討する場合で、II型引伸ばしにより計画降雨を作成する際には、計画対象降雨群に総雨量の大きい実績降雨波形を含めておき、必要な容量が確保されるよう配慮しておくものとする。ただし、降雨特性を勘案して必要あれば、実績著名洪水の降雨継続時間をおおむね包絡する時間単位を計画降雨継続時間として、I型もしくはIII型引伸ばしにより計画降雨を定め、洪水調節容量を決定することも考えられる。

(3) 洪水到達時間の検討

合理式の仮定によれば、洪水到達時間の降雨強度から流出ピーク流量を求めることができるように、洪水到達時間は流出ピークに大きく影響を及ぼす要素である。そこで、雨量ハイトグラフと流量ハイドログラフが適切に整理されている場合には、合理式の仮定により、降雨ピークと流出ピークとの時差 t_g の2倍を洪水到達時間とする。また、十分な流量データが得られていない場合には、洪水到達時間は後述する合理式の洪水到達時間の算定法によることとする。

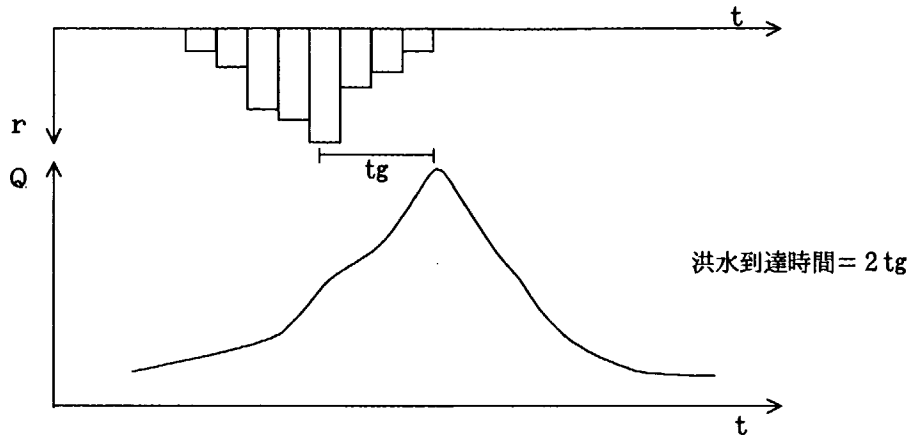


図-3.4.5 降雨と流出ピーク時差

ただし、降雨ピークと流出ピークの実績を用いる場合には、単純にピーク時差をとれば、ピーク流量に関与しない降雨をとってくる可能性があることと、洪水ごとに降雨強度が異なるため、洪水到達時間が大きくばらつくことが多い。したがって、洪水到達時間については、図-3.4.6に示す例及び以下の方法によって確認しておくことが望ましい。洪水到達時間を設定するものとする。

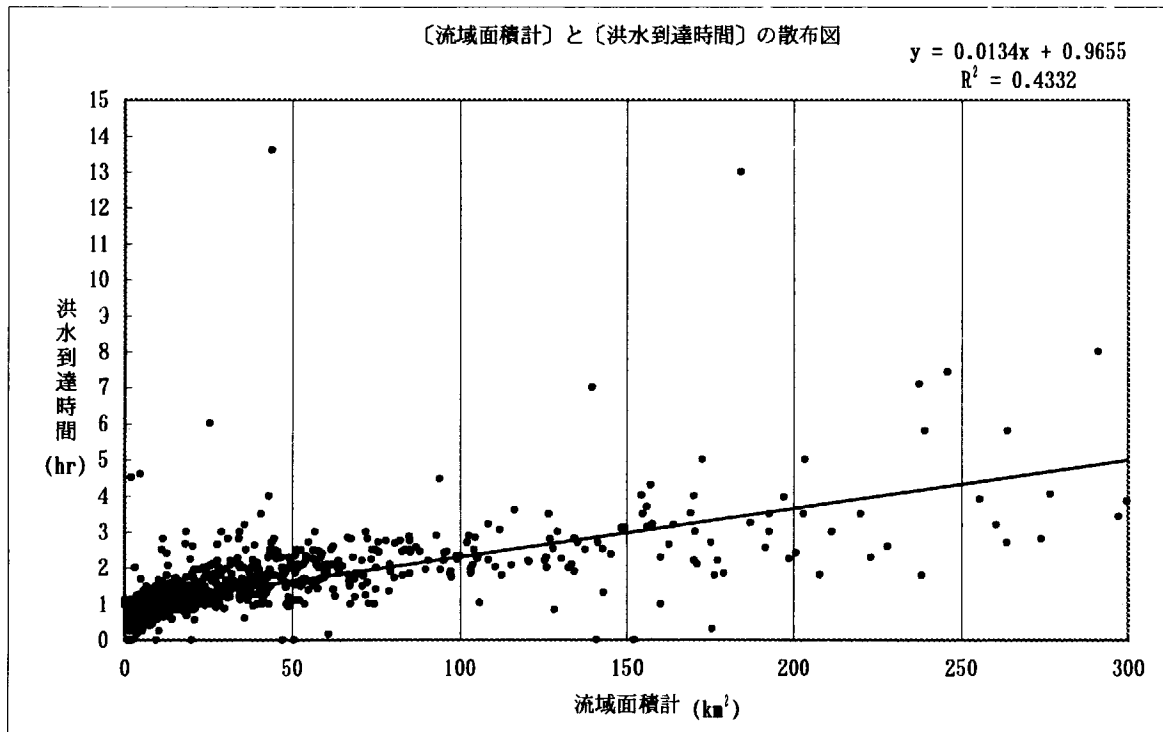


図-3.4.6(1) 流域面積と洪水到達時間の関係

データ：平成2年度に収集した全体計画策定済み河川の集計
(流域面積 300km²未満の河川、洪水到達時間はクラーヘン式による)

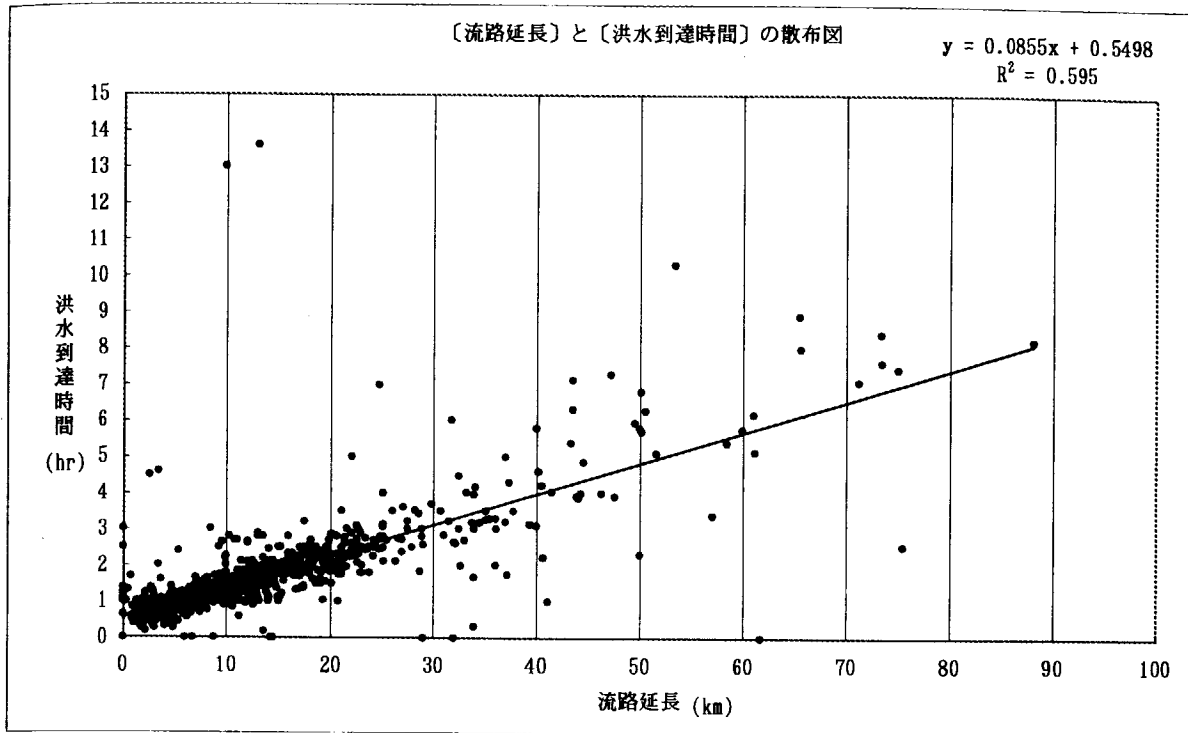


図-3.4.6(2) 流路延長と洪水到達時間の関係

データ：平成2年度に収集した全体計画策定済み河川の集計
(流路延長 100km未満の河川、洪水到達時間はクラーヘン式による)

① 重心法による降雨と流出ピーク時差

ハイトグラフは時間毎の変動が大きいため、単純なピーク雨量の発生時刻ではなく、ハイトグラフの重心から流出ピークまでの時差を流出の遅れ時間 t_g として、これの2倍を洪水到達時間とする。

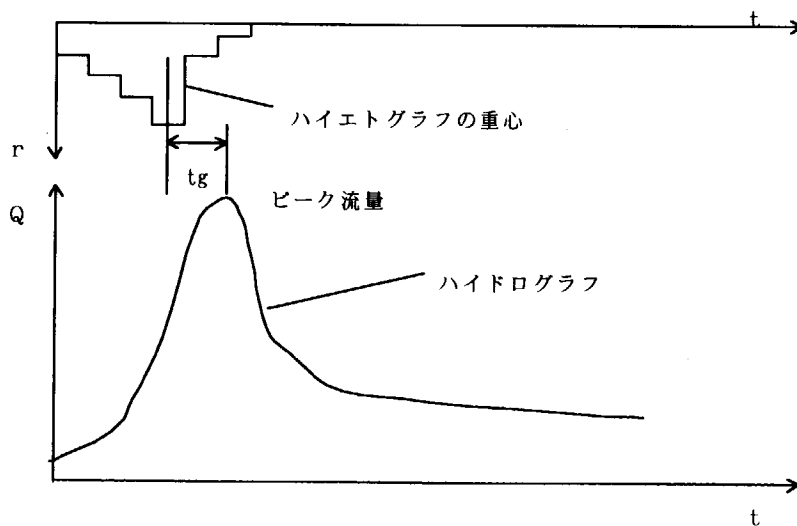
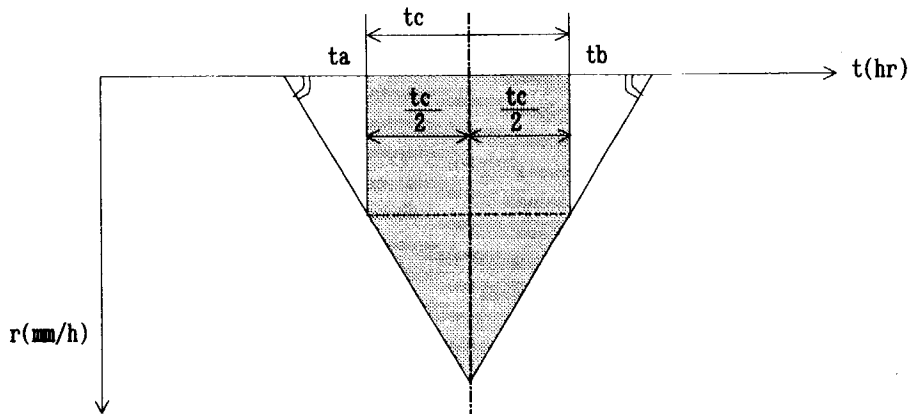


図-3.4.7 重心法による降雨と流出ピーク時差

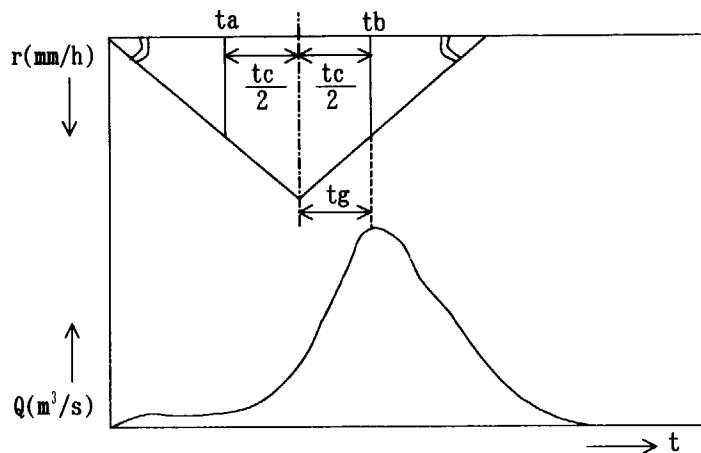
(参考)ハイエトグラフとハイドログラフによる洪水到達時間の推定

合理式の仮定に基づき、一般のハイエトグラフとハイドログラフから洪水到達時間を求める際には、以下のようにハイエトグラフを模式化して考えている。

今、到達時間 t_c がわかっている流域に二等辺三角形型の降雨があった場合を考える。



このとき、 t_c 内の平均雨量強度が最大となるのは、幾何学的に上図の $t_a \sim t_b$ 間となり、ハッチの部分となる。したがって、合理式の仮定によればピーク流量は t_c 時に生起することになり、 $t_c = 2t_g$ の関係が成り立つ。



② モデル降雨波形による検討

モデル降雨波形（矩形降雨）により洪水到達時間を検討できる。すなわち、矩形降雨をインプットとして（損失=0）、流出モデルにより流出計算を行うと、流出波形はピーク流量まで立ち上がった後一定流量となり、降雨終了後に低減する。このとき洪水到達時間は流出の立ち上がりまでの時間となる。

モデル降雨波形での洪水到達時間の検討を行う場合には、あらかじめ実測値により検証されている流出計算モデルを用いて、想定される洪水到達時間内降雨量と同等以上のモデル降雨量を与える必要がある。

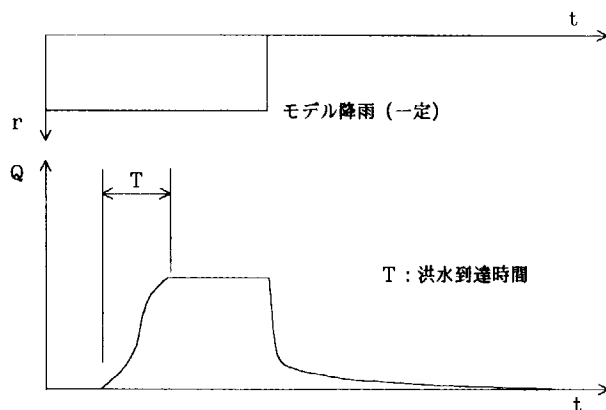


図-3.4.8 モデル降雨波形によるハイドログラフ

(4) 計画降雨の降雨量

わが国における時間雨量の観測記録は昭和30年代の後半から昭和40年代の前半に整備が進み、現在ではおおむね30年以上の時間雨量データが入手でき、統計解析手法を用いた内挿、外挿による流量算定が可能である。

また、10分単位の雨量については、統計処理可能な期間の資料を入手するのが困難な場合が多い。この場合には確率降雨強度式を用いることになる。

計画降雨量は、計画基準点の他、ダム計画地点等の主要地点での計画降雨継続時間内流域平均雨量を求め、これに基づき確率雨量を算定する。

確率雨量の検討方法については、3.5に詳述する。

(5) 計画降雨波形の検討

① 計画降雨波形の考え方

計画降雨の降雨量が算定された後には、計画降雨の時間分布、地域分布を定めることが必要であるが、降雨の時間分布と地域分布については、ある仮定の下で想定せざるを得ない状況にあり、実績降雨の時間分布と地域分布を用いるしかないのが現状である。したがって、実績降雨波形を計画降雨波形として採用するには、確率水文量への引伸ばしにおいて異常な降雨になっていないか十分にチェックする必要がある。

② 降雨の引伸ばし方法

基本高水検討対象ハイドログラフは、計画降雨継続時間における実績降雨量を確率水文量まで引伸ばして作成する。なお、実績降雨の計画降雨継続時間内雨量が計画降雨量を上回っている場合については、降雨の引縮めは行わず実績降雨そのままを用いる。

実績降雨の引伸ばし方法は前述(図-3.4.4)したように、河川特性に応じた引伸ばし手法を採用することとする。I型の場合は、計画降雨継続時間内雨量を一定率で引伸ばす。II型の場合は一連の降雨の中から洪水到達時間内降雨量が最大となる時間帯の降雨を計画規模まで引伸ばす。III型の場合は、まずII型と同様一連の降雨の中から洪水到達時間内降雨量が最大となる時間帯の降雨を計画規模まで引伸ばし、その後、洪水到達時間以外の計画降雨継続時間内雨量を一定率で引伸ばす。なお、計画降雨継続時間前後の降雨については実績を採用する。

③ 計画降雨波形の妥当性の確認

引伸ばした降雨波形が異常なものになっていないか、以下の方法でチェックを行う。

1) 時間分布

計画降雨継続時間が比較的長時間になる場合、引伸ばしにより短時間雨量値が過大な値をとることがある。

2) 地域偏差

降雨の地域偏差が大きい降雨では、計画基準点上流域で一律に引伸ばすと地域によっては過大な雨量となることがある。このため、流域内降雨の地域偏差について検討し、他の降雨と比較して異常なものについては計画対象から除外する。

地域偏差の検討法として流域を代表的な主要地点、支川等の代表流域に分割し、計画降雨継続時間内雨量について、その分布率を比較する方法が考えられる。

図-3.4.9には、三角座標を用いて整理した例を示す。

標本にバラツキがない場合、標本集団の中心点を探求すれば地域偏差が求められる。

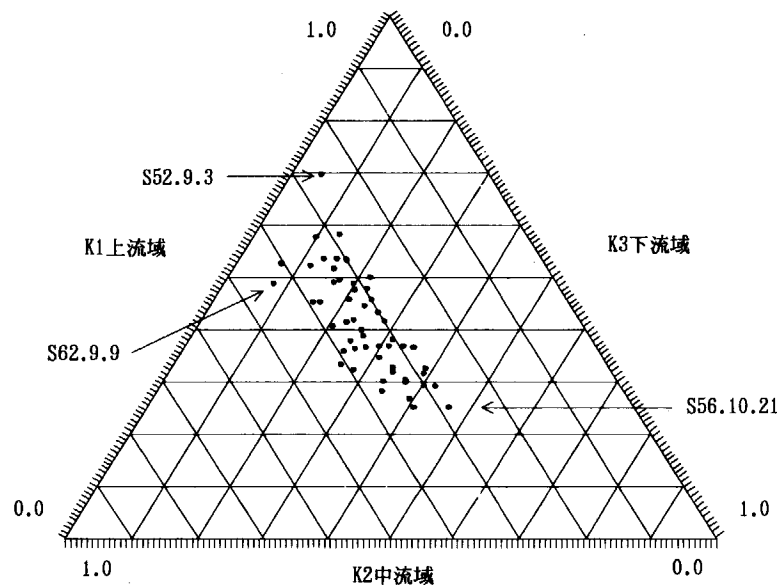


図-3.4.9 水系全体の地域分布率図（三地域に分割した事例）

1～3流域は次のように考える。例えば、

1：上流域 2：中流域 3：下流域

$$K_i = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + R_3}$$

ここに、 K_i ： i 流域の地域分布率 R_i ： i 流域の総雨量

3.5 確率雨量の設定

3.5.1 確率分布モデル採用の考え方

(1) 我が国で用いる確率分布

洪水防御の観点から治水事業の必要性を説明するためには、これまでに経験してきた大洪水やそれらを超える規模の洪水がどれくらいの頻度で発生するのか、そして、それが住民の生活や社会経済活動にどの程度影響するのかを合理的に説明する必要がある。大雨や洪水などの自然現象が一定の条件を満たす場合、確率論的手法を用いれば求めようとする再現期間に応じた自然現象の規模を合理的に推定することができる。

従来、治水計画においては、計画の安全度を外力の生起頻度に等しくとって進めてきた。外力は、具体的には、流域の日雨量、2日雨量のすべての値を対象とするのではなくそれらの年間の最大値がどのような生起頻度を有するのかを問題としている。このように一定期間に生じる事象の最大値や最小値は極値とよばれる。極値の発生頻度は、極値理論にしたがって導かれた極値分布で表現できる。極値分布は、標本がランダムに抽出されていれば、高い精度で確率水文量を推定することが可能である。

極値理論によると、事象の規模と生起頻度（確率）との関係は第I種極値分布、第II種極値分布、第III種極値分布の3つのパターンに分類される。

第I種極値分布はGumbelが1940年から1950年にかけて年最大洪水流量などの分布に用いて良好な適合性を示したのでグンベル分布とも呼ばれている。グンベル分布では、確率変数の変域は $(-\infty, \infty)$ であるが、工学的には0以上の値を下限値とするような場合も多い。このような場合に対応する分布として第II種極値分布がある。また、最大極値が有限の上限値をとる分布として第III種極値分布がある。これらは一般化極値分布(GEV; Generalized Extreme Value)に統合される。

なお、一般化極値分布は1975年にNatural Environment Research Councilによってイギリスの河川における日流量の年最大値分布に推奨されて以来、イギリスでは水文頻度解析における重要な役割を担っている。

また、既往最大雨量を大きく超過する豪雨が生じた場合、その雨が発生する以前の標本から推定された確率分布形を用いて評価すると、数千年という大きな確率になる場合がある。平方根指数型最大値分布は、このような問題を解消するために、年最大降雨量の発生頻度を表す確率分布として、理論的に誘導された。

一方、水文統計の分野では、最大洪水流量や日雨量の年最大値の対数変換をした変数が正規分布で表現できることから、対数正規分布が慣習的に用いられてきた。特に我が国では、岩井法や石原・高瀬の方法のような独自の母数推定法が考案され、実務において使用されてきた。これは、計算機が発達普及する以前は、数表が整備されている正規分布が利用しやすかったことによるものと思われ、特に理論的背景を有しているものではない。

1967年に米国の連邦水資源審議会は、数種の確率分布形について、確率水文量の持つ偏り等に関する検討を行い、最も優れている分布形として、地域解析によるひずみ係数の補正を行った対数ピアソンIII型分布を推奨している。このことから、米国においては、対数ピアソンIII型分布が標準手法として適用されている。

対数正規分布や対数ピアソンIII型分布は極値理論を背景とするものではないが、極値資

料によく適合する場合があることから、従来用いられてきたものと考えられる。実際、年最大日雨量や年最大洪水ピーク流量の標本に対する対数正規分布や対数ピアソンⅢ型分布の適合度は、グンベル分布や一般化極値分布と比べて有意な差はない場合がある。このため、工学的にはこれらの分布を用いた場合に問題が生じなかったと考えられる。

一方、年最大値極値資料による統計解析では、多雨年の第2位以下の洪水資料が選定されず、確率水文量を危険側に推定する可能性がある。このことから、ある閾値以上の資料を対象とする部分的水文資料による解析を行う場合がある。

ある閾値を超える洪水事象がポアソン過程であるとき、部分的水文資料の確率分布と年最大資料の確率分布との間には一定の関係がある。部分的水文資料の確率分布を指数分布と仮定した場合、年最大資料の確率分布はGumbel分布にしたがう。同様に、部分的水文資料の確率分布が一般化パレート分布にしたがうとき、年最大資料の確率分布は一般化極値分布にしたがう。

このようなポアソン-パレートモデルは物理的に合理的なモデルである。年最大値から推定された一般化極値分布の形状母数 κ は、一般化パレート分布と互換的に利用できる(Stedinger et al., 1993)。

治水計画で取り扱う資料の観測期間は高々数十年であり、再現期間100年程度の確率水文量を推定することは、データの外挿問題となる。したがって、採用する確率分布形の選定にあたっては、適合度のみの観点からではなく、水文統計学的にも、最も妥当であると考えられる確率分布を優先的に採用する方が望ましい。

以上のことをふまえ、確率分布モデルの適合度評価にあたっては、各種の分布を検討するものの、極値理論に基づくグンベル分布、GEV分布および平方根指数型最大値分布を優先的に取り扱う。グンベル分布、GEV分布および平方根指数型最大値分布の中に適合度の基準を満足するものがない場合は、対数正規分布および対数ピアソンⅢ型分布も評価することとする。

さらに、年最大資料を用いた統計解析結果では、いずれの確率分布についても適合度および安定性が同程度とみなされ、選定すべき確率分布が決定できない場合においては、部分的水文資料(非毎年資料)を用いた統計解析も行い、両方の検討結果を踏まえて最も妥当と考えられる確率分布を決定するものとする。

(2) 確率分布の選定基準

確率分布の選定基準としては、従来から確率紙上での標本と理論曲線との適合度を目視により判断していた。このとき、特に既往最大資料もしくは超過確率の小さい部分の適合度を重視してきた。しかし、目視による判断では、個人による判断基準の差異が生じ、客観的とは言えない。また、既往最大値付近の適合度は、治水計画の基礎となる確率水文量の推定を行う上で重要ではあるものの、その他の標本との適合度が悪い場合には、推定された確率分布が母集団の確率分布を表していないことになる。このことから、推定された確率分布と標本全体との適合度も重要な観点である。

標本との適合度を客観的に数値で表現する指標として、宝(1989)はSLSCを提案しているが、高水検討においてもこの指標を用いるものとする。SLSCによる適合度基準は、0.04を一つの基準として用いるものとする。

さらに、ある標本から推定されたいくつかの確率分布について、SLSCにより適合度評価を行い、同程度の値を示す確率分布が複数個ある場合には、適合度のみでは、採用する確率分布形を決定することはできない。このような場合には別の評価基準が必要となる。

標本が蓄積されるとともに、確率分布形の推定精度も向上するはずである。しかし、既往最大値を超過するような洪水が発生した場合に、そのデータを標本に含めると、超過確率の小さい部分において確率分布形を変動させる要因となる。

治水計画においては、標本の蓄積年数以上の再現期間を持つ確率水文量を推定するため、異なる標本に対しても確率水文量が大きく変動しない確率分布形、すなわち安定性の高い確率分布形を採用する方が実用上は望ましい。

確率分布形の安定性を評価する指標として、jackknife法およびbootstrap法が提案されている。

jackknife法およびbootstrap法はともに、現在得られている限られた標本から、いくつもの標本を人為的に作成し、それらの標本を基に推定した確率分布形から求められる確率水文量の安定性を評価する方法である。

jackknife法は、 N 個の標本から i 番目のデータを除いた $N-1$ 個の標本を N 組作成する方法である。一方、bootstrap法は次のようにして標本を作成する。 N 個の標本から繰り返しを許して N 個のデータを取り出す。これをbootstrap標本という。bootstrap標本に対して確率水文量を推定する。この操作を多数回(B 回)繰り返す。宝(1989)によれば、 B の値としては、100個程度の標本に対して、 $B=1000$ 程度必要であるとしている。

bootstrap法では、bootstrap標本の選定に際して乱数の発生が必要となり、一つの標本に対しても1000回程度以上の計算が必要となる。bootstrap法は、標本の選定方法が複雑であり、かつ計算量が膨大になる。一方、jackknife法では、標本は一意的に定まり、計算量も比較的少ない。高水検討においては、複数の地点について、複数の確率分布により水文統計解析を行う必要があることを考えると、高水検討においては、jackknife法による安定性評価の方が実用的である。

以上のことから、確率分布形の選定方法は、適合度の判定基準でスクリーニングされた分布に対して、リサンプリング(jackknife法)による安定性の評価を行い、適用すべき確率分布モデルを決定するものとする。

(3) 確率水文量の推定に適用する統計量

選定された確率分布形から確率水文量を推定する場合、標本の全数を用いて推定した確率水文量もしくはjackknife推定値を採用する方法が考えられる。

我々が得ることのできる標本は、ある母集団の中から抽出されたものであり、母集団の一部にすぎない。このような限られた標本から推定された確率水文量は、母集団の確率水文量とは異なる。この差異は、水文統計学では偏り(bias)と呼ばれる。

一方、jackknife推定値は、このような偏りを統計的に補正しているため、標本の全数から推定した確率水文量よりも精度が高いと考えられる。

このことより、計画に用いる確率水文量としては、jackknife推定値を採用するものとする。

以上の考え方をフローとして図-3.5.1に示す。

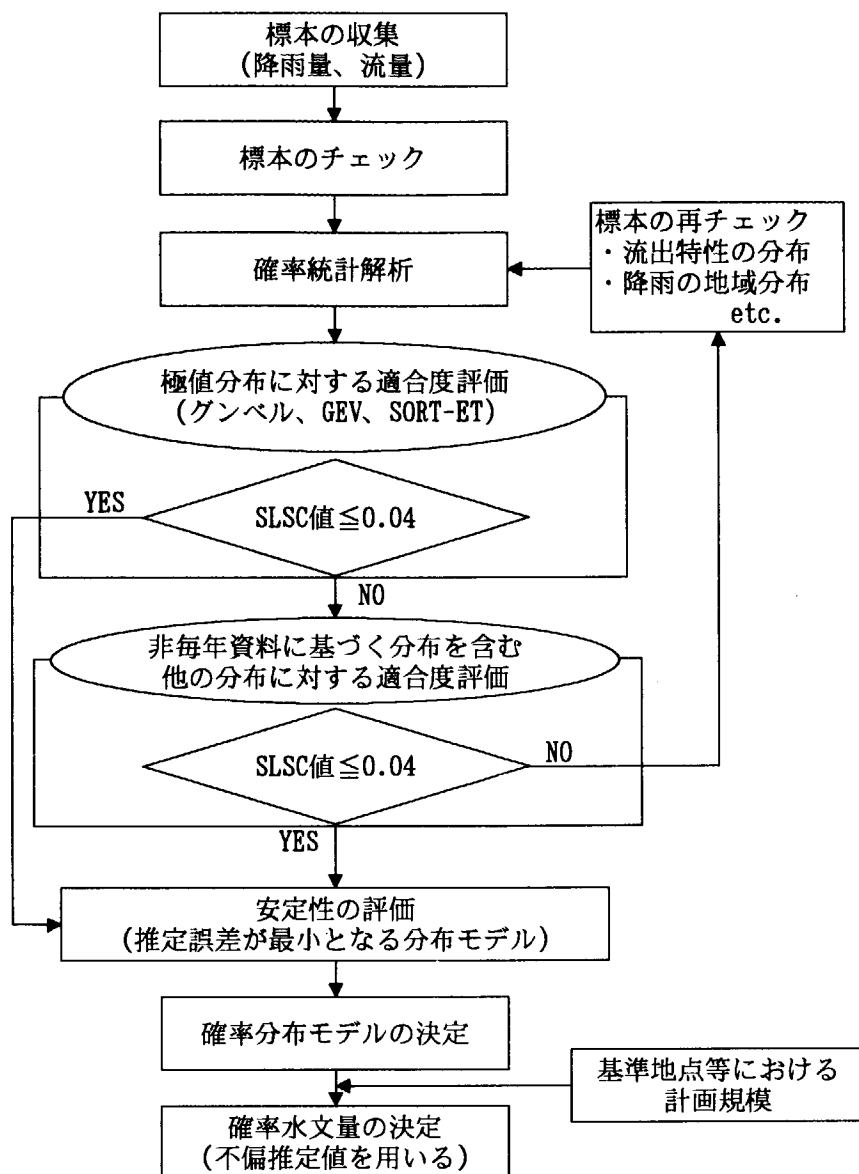


図-3.5.1 確率水文量設定の考え方のフロー

(参考) 確率分布形の選定

確率分布形の第一次候補であるGumbel分布、GEV分布、SQR-ET分布のうち、Gumbel分布およびSQR-ET分布は2母数であるため確率分布の安定性が高く、jackknife推定誤差がGEVと比較して小さくなる。

また、これまでの検討事例を見ると、Gumbel分布はSLSCによる適合度基準を満たし、SQR-ET分布よりも適合度が高い場合が多い。

このため、検討フローにしたがって確率分布形の選定を行うと、Gumbel分布が採用される可能性が高い。

一方、Gumbel分布は2母数であり、理論的なひずみ係数は常に一定値($\gamma=1.1396$)である。Gumbel分布の理論ひずみ係数よりも標本のひずみ係数が大きい場合を考えると、超過確率

の小さい部分において、Gumbel分布は標本に対して、確率紙上で左側に推定線を引く。GEV分布等の他の確率分布では、ひずみ係数を標本により変化させるため、標本に沿った形状となる(図-3.5.2参照)。

このことは、Gumbel分布が他の分布と比較して、jackknife推定値(確率水文量)を小さく推定することとなり、これにより計画の基本量となる確率水文量を定めることは、計画上危険側となる。

したがって、Gumbel分布により決定された確率水文量が、他の確率分布形と比較して著しく小さい値を示す場合には、他の分布形を選択する必要もある。

3.5.2 確率雨量の設定

統計解析においては、必要とする確率水文量のみではなく、推定母数のチェックを行い、水文学的、物理的に妥当な値となっていることを確認する必要がある。

対数正規分布の母数推定法の一つである岩井法においては、対数変換する際の下限值bは、i番目およびn+i-1番目順序統計量を用いてbiを求めた後、標本数の約1/10個のbiの平均値として推定している。

なお、検討例では、岩井法の母数推定法の特長により、jackknifeの計算段階におけるbの推定値によっては、計算不能になったり、確率水文量とjackknife推定値が著しく異なる事例が見られた。このことから、岩井法の計算において、確率水文量とjackknife推定値が著しく異なる場合には、これを採用しないものとする。

また、引き伸ばしの対象とする確率水文量を決定する際には、年最大値資料で選定された確率分布と非毎年資料で選定された確率分布のSLSCを比較し、採用手法を決定するものとするが、以下のような点に留意する必要がある。

適合度の基準を示すSLSCは、非超過確率0.99および0.01に対応する標準変量 $s_{0.99}$, $s_{0.01}$ を用いて以下の式で算定されている。

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|s_{0.99} - s_{0.01}|} \quad \xi^2 = \frac{1}{N} \sum (s_i - s_i^*)^2 \dots\dots\dots (3.5.1)$$

- $s_{0.99}$, $s_{0.01}$: それぞれ非超過確率0.99および0.01に対する標準変量
- N : 標本の大きさ
- s_i : 順序統計量を推定母数で変換した標準変量
- s_i^* : プロットングポジションに対応した理論クオンタイルを推定母数によって変換した標準変量

SLSCを求める標準変量の差 $s_{0.99} - s_{0.01}$ は、年最大資料と非毎年資料では異なる。参考事例に示す図-3.5.2及び図-3.5.3に示した検討結果では、

- 毎年資料 $s_{0.99} = 296\text{mm}$, $s_{0.01} = 40\text{mm}$, $\Delta s_M = s_{0.99} - s_{0.01} = 256\text{mm}$
- 非毎年資料 $s_{0.99} = 296\text{mm}$, $s_{0.01} = 54\text{mm}$, $\Delta s_P = s_{0.99} - s_{0.01} = 242\text{mm}$

となっており、非毎年資料により算定したSLSC値は毎年資料により算定した値よりも小さ

な値で標準化している。したがって、比較検討の対象とする非毎年値のSLSCは表-3.5.2から、次のようにすべきである。

$$SLSC(\text{非毎年}) \times \Delta s_p / \Delta s_M = 0.0296(\text{指数分布}) \times 242/256 = 0.0280$$

(参考)適合度判定に用いるプロット位置

プロット位置の多くは式(3.5.2)の形に表され、式中の α に対して0~0.5までの値が提案されている。これまでに提案されたプロット位置公式を表-3.5.1に示す。

プロット位置は確率分布モデル毎に最適なものが存在するが、適合度の検定に際して、分布毎に公式を変更するのは面倒である。

検討例によれば、概ねプロット位置による差よりも統計解析手法の差によるものの方が大きなことが分かり、プロット位置の統一を図って、統計解析手法の差を見ることが適当であると思われる。したがって、種々の公式の中から、すべての確率分布形に適用可能な折衷案として提案されたカナン公式($\alpha=0.4$)を採用して求めたSLSCの値により当てはめる分布関数の評価を行う方針とする。

$$P_i = \frac{i - \alpha}{N + 1 - 2\alpha}, \quad \alpha = 0.4, \dots \dots \dots (3.5.2)$$

ここに、 P_i : 非超過確率、 N : 標本の大きさである。

表-3.5.1 各種プロット位置*

名称	式	α	T_i	摘要
ワイブル	$\frac{i}{n+1}$	0	$n+1$	すべての分布について不偏超過確率
中央値	$\frac{i-0.3175}{n+0.365}$	0.3175	$1.47n+0.5$	すべての分布について中央値超過確率
APL	$\frac{i-0.35}{n}$	~0.35	$1.54n$	PWMとともに使用
Blom	$\frac{i-3/8}{n+1/4}$	0.375	$1.60n+0.4$	不偏正規分位数
Cunnane	$\frac{i-0.40}{n+0.2}$	0.40	$1.67n+0.3$	近似分位数に不偏
Gringorten	$\frac{i-0.44}{n+0.12}$	0.44	$1.79n+0.2$	グンベル分布に最適
Hazen	$\frac{i-0.5}{n}$	0.50	$2n$	従来の方法

*ここに、 α は式(3.5.2)におけるプロット位置パラメーター、 T_i は標本数 n の中での最大観測値に各プロット位置を割り当てるための回帰年数である。

表-3.5.2 K川水系 A地点 確率計算結果 (計画降雨継続時間内雨量) (単位:mm)

項目	年最大										非毎年													
	対数正規分布		ゲハル分布		GEV分布		SQRT-ET分布		LP3分布		指数分布		指数分布		ゲハル分布		GEV分布		GP分布					
	積率法	岩井法	L積率法	L積率法	L積率法	最尤法	積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法	積率法	L積率法			
標本数	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41		
最大値	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	
確率 規 模	1/2	112	112	113	112	110	112	110	112	112	110	112	110	112	104	117	103	117	102	115	115	115	115	
	1/5	161	161	162	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	159	160	154	160	151	157	157	157	157	
	1/10	195	195	194	194	200	194	194	200	194	200	194	200	194	200	193	187	193	188	190	190	190	190	
	1/30	248	247	243	245	265	245	245	265	245	265	245	265	245	265	245	238	245	249	250	250	250	250	
	1/50	272	271	265	269	298	269	269	298	269	298	269	298	269	295	269	261	269	279	280	280	280	280	
	1/80	296	294	285	292	329	292	292	329	292	329	292	329	292	323	291	282	282	309	309	309	309	309	309
	1/100	307	304	295	302	345	302	302	345	302	345	302	345	302	336	302	292	292	324	324	324	324	324	324
	1/150	327	324	312	322	373	322	322	373	322	373	322	373	322	360	321	311	311	351	351	351	351	351	351
	1/200	342	339	324	336	394	336	336	394	336	394	336	394	336	378	335	324	324	371	371	371	371	371	371
	1/300	363	359	342	356	425	356	356	425	356	425	356	425	356	402	354	342	342	400	400	400	400	400	400
1/500	390	385	364	381	464	381	381	464	381	464	381	464	381	432	378	365	365	439	439	439	439	439	439	
S L S C	0.0222	0.0221	0.0254	0.0262	0.0323	0.0262	0.0262	0.0323	0.0262	0.0218	0.0462	0.0218	0.0462	0.0296	0.1109	0.0782	0.0782	0.0399	0.0399	0.0399	0.0399	0.0399	0.0399	
相関係数	0.9963	0.9963	0.9953	0.9959	0.9965	0.9959	0.9959	0.9965	0.9959	0.9961	0.9662	0.9961	0.9662	0.9970	0.9913	0.9944	0.9944	0.9960	0.9960	0.9960	0.9960	0.9960	0.9960	
推定値	306	309	295	301	350	301	301	350	298	336	305	295	305	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	
推定誤差	35.4	35.7	26.4	33.1	38.7	33.1	33.1	38.7	34.4	31.3	28.8	30.9	28.8	44.7	44.7	44.7	44.7	44.9	44.9	44.9	44.9	44.9	44.9	
採用手法			○																					
採用値			295																					

注1) 推定値, 推定誤差はjackknife法による。

注2) 採用手法、採用値は1/100を示している。

GEV分布 : 一般化極値分布

SQRT-ET分布 : 平方根指数型最大値分布

LP3分布 : 対数正規型III型分布

K-river

R24HR (ANNUAL MAXIMA)

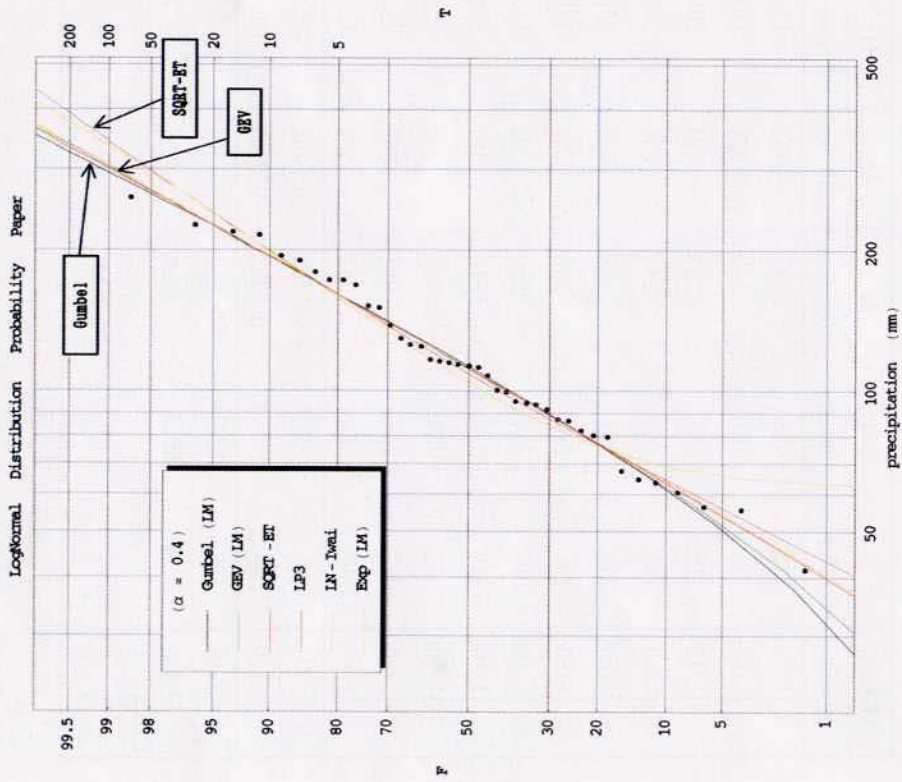


図-3.5.2 毎年値による計算結果

K-river

R24HR (PDS)

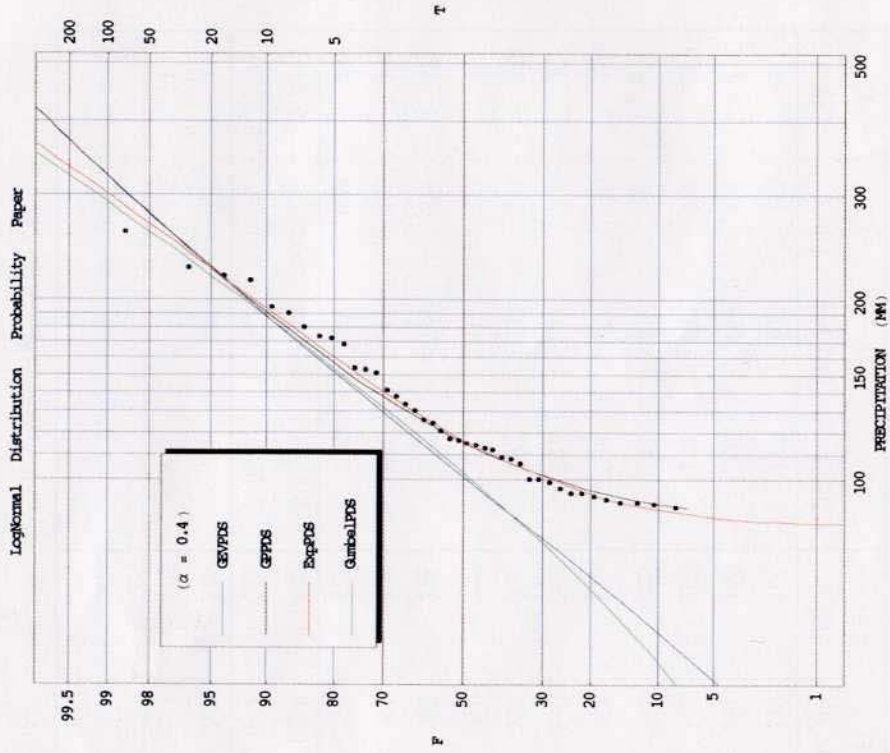


図-3.5.3 非毎年値による計算結果

3.6 流出モデルの作成

3.6.1 流域分割と流出系統

合理式以外の流出計算手法を採用する場合、一般には流域を適切な規模で分割し、河道による流出の遅れや低減効果を適切に表現する河道モデルと組合せて流出モデルを構築する。

(解説)

(1) 流域分割

流域分割については、治水計画上重要な地点となる計画基準点、洪水調節施設計画地点等の主要地点の他、支川合流点及び内水となる間接流域等の流量配分計画上必要となる主要地点で流域分割を行う。

流域を分割する単位流域の大きさは、流出計算の単位時間とも関係するのであまり小さくしないよう注意しなければならない。

貯留関数の場合、一般に単位流域の面積は $10\text{km}^2\sim 100\text{km}^2$ 程度であれば十分な精度が得られるとされている。特性曲線法(等価粗度法)や準線形モデルではこれより小さい流域に分割されることが多い。中小河川では流域面積が一般に小さくなり、支川合流点等に配慮した分割では数 km^2 となることもやむを得ない場合がある。

流域面積が $50\sim 100\text{km}^2$ 程度以下となると1時間単位の計算では適切でなくなることがあるので、流出計算の単位時間を分割流域の規模により十分な精度が得られるような10分単位等の適切な値の計算単位時間を設定する必要がある。

流出計算の単位時間は、分割流域における洪水到達時間の最小値程度が目安となる。

(2) 河道の分割

河道の扱いについては、河道貯留による洪水の低減現象を評価する必要がある区間と流出の遅れのみとして扱うことが妥当である区間に区分するのが一般的である。

河道の追跡計算は、一般的には貯留関数法や kinematic wave 法が用いられるが、低平地河川で内水地区を有する河川の洪水追跡や、河道による低減効果をより正確に表現するには不定流計算手法を用いることも考えられる。

河道分割にあたっては、計算の単位時間との関係で、河道の追跡計算が不安定とならないよう、河道長や河道区間距離等を適切に設定する。

(3) 内水地区の配慮

河川の下流部の築堤区間や盆地等においては、洪水時の河道水位の上昇により、自然流下ができなくなり排水ポンプにより排水される流域がある。流出系統図作成にあたってこのような間接流域については流域面積から除外し、適切な排水施設を前提として排出量を算定し、基本高水に加味することが考えられる。

この排出量は、具体の内水排除の計画が無い場合には、当該区域の開発状況の想定、他の類似区域の排水計画等を参考として適切に設定することとなる。

例えば、比流量で都市区域 $5\text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 、一般区域 $2\text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 程度として与えるのも1方

法である。

また、対象流域の中で内水区域の流域面積が卓越するような河川では、別途、内水解析モデルを用いて計画策定を行う必要がある。

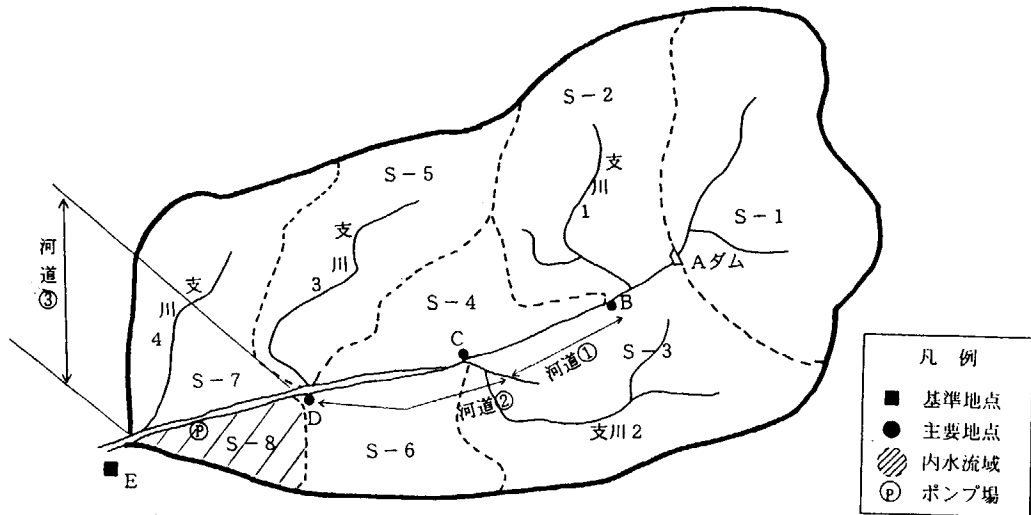


図-3.6.1 流域分割の例

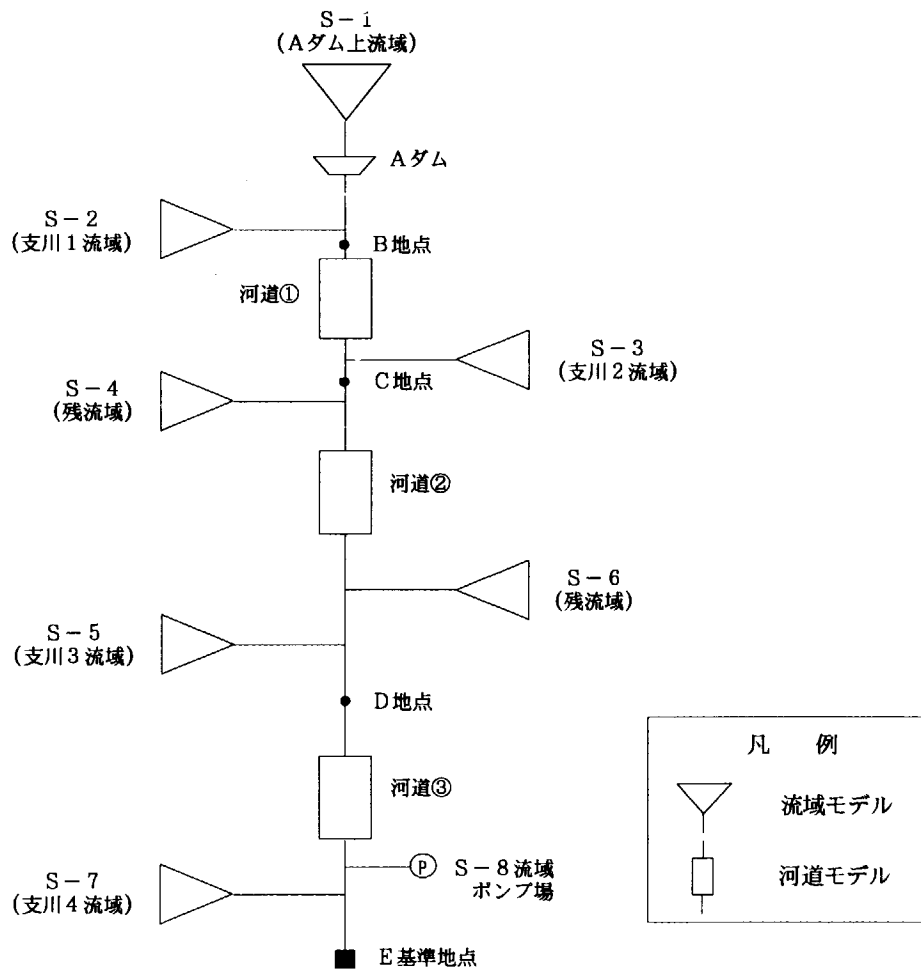


図-3.6.2 流出系統図 (貯留関数法の例)

3.6.2 合理式の流出定数

合理式の洪水到達時間、流出係数については、流域及び河道の特性を踏まえて適切な値を採用するものとする。

(1) 洪水到達時間

一般に中小河川において適用し易い方法としては、クラークヘン(Kraven)式、等流流速法¹⁾、土研式²⁾が挙げられる。

このうち、クラークヘン式についてはその根拠が不明であるが、従来より慣用的に用いられている。

等流流速法はクラークヘン式の変形であり、洪水伝播速度を等流流速とするものである。

土研式は都市域と自然流域を対象に式が示されており、土地利用の変化に伴う洪水到達時間の変化を考慮でき、根拠が明らかであるため適用しやすいが適用事例は少ない。

① クラークヘン式による洪水到達時間

クラークヘン式では、一般に雨水が流域から河道に至る流入時間と河道内の流下時間の和で示される。

1) 流入時間

雨水が流域から河道に流入するまでの時間については、以下の値を標準として用いることとする。³⁾

- ・山地流域 : 2 km² 30分
- ・特に急傾斜面区域 : 2 km² 20分
- ・下水道整備区域 : 2 km² 30分

基本的には、当該河川の流域から流入域 2 km² を先取りし、上記の値を用いて流入時間を設定するとともに、流入域を除いた流域の河道延長を用いて河道流下時間を算定する。(流入時間の最大値は上記値となる。)

ただし、流入域 2 km² を除いた流域面積が極端に小さくなる場合には、地形図上で河道を示す青線の上流端の上流域を流入域とし、その流入時間を次のような方法で算定するとともに、青線の上流端から下流を河道として河道流下時間を算定する手法も用いられている。

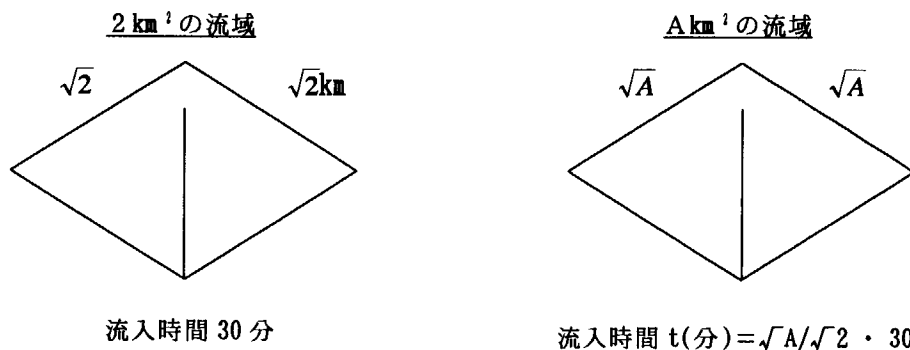


図-3.6.3 2 km²未滿の流入域の場合の流入時間算出方法

(参考)

この他にルチーハ(Rziha)式、角屋式他種々の推定式が提案されている。

ルチーハ式は、わが国の河川に適用すると洪水到達時間が過大に算定される傾向にあると報告されている³⁾。

角屋式⁴⁾はその式中に到達時間内降雨強度を有し、未知数を含むこととなるのでトライアルの計算となり扱いが繁雑となる。

これらについて詳細には各文献を参照されたい。

2) 河道流下時間

河道流下時間 T (hr)

$$T = \frac{1}{3,600} L / W$$

ここに、L：河道上流端（流域から流入域 2 km²を除いた流域の最遠点、又は1/25,000地形図で示されている水色の部分の最上流）から流量検討地点までの流路の距離 (m)

W：洪水伝播速度 (m/s)

であり、クラークヘン式は洪水伝播速度として以下を与えている。

表-3.6.1 流路長Lと洪水伝播速度Wの関係

I	1/100以上	1/100~1/200	1/200以下
W	3.5m/s	3.0m/s	2.1m/s

ここに、I：河道上流端と懸案地点の標高差H(m)を流路長(L)で割ったもの

一般に河川は上流へいくほど勾配が急であることから、河道の縦断勾配の変化が大きい場合には、図-3.6.4に示すように適切な箇所に勾配変化点を設定し、区間毎に流路長、勾配を設定して、河道の流下時間を合算して求める。

〔∵ A～Cの平均勾配とすると、勾配が全区間1/100以上となり流速を過大に見積る恐れがある〕

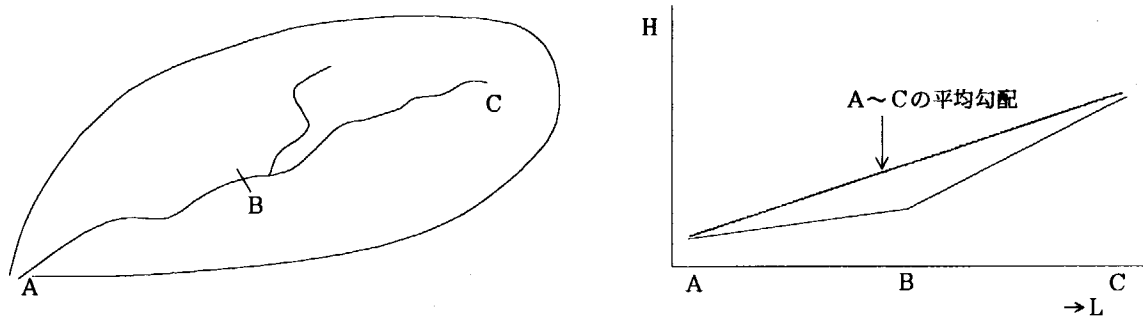


図-3.6.4 クラークヘン式の勾配区分

② 等流流速法による洪水到達時間

等流流速法はクラーク式と同様に洪水到達時間を流入時間と河道流下時間の和で与える方法である。流入時間はクラーク式の場合と同じ値が用いられる。河道流下時間はクラーク式の洪水伝播速度 W を以下の Manning 式で求めるものである。

$$W = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

ここに、 n : 河道の粗度係数

R : 河道代表断面の径深

I : 河道上流端と流量検討地点の標高差 H (m) を流路長 (L) で割ったもの

なお、河道を一様の勾配で表現することが適切でない場合は、クラーク式と同様に途中で勾配変化点を設定して、各区間毎に流下時間を算出する。

③ 土研式による洪水到達時間

土研式は、土木研究所が全国の流出試験地等の水文データより、到達時間 T (hr)、流路延長 L (m)、流域勾配 S の関係について整理し、導いたものである。

$$\text{都市流域} \quad T = 2.40 \times 10^{-1} (L / \sqrt{S})^{0.7}$$

$$\text{自然流域} \quad T = 1.67 \times 10^{-3} (L / \sqrt{S})^{0.7}$$

ここに、 L : 流域最遠点(流域界)から流量検討地点までの主流路の距離 (m)

S : 流域最遠点(流域界)から流量検討地点の標高差を流路長 (L) で割ったもの

ただし、土研式の適用範囲は、都市流域で流域面積 $A < 10 \text{ km}^2$ 、 $S > \frac{1}{300}$ 、自然流域で

は $A < 50 \text{ km}^2$ 、 $S > \frac{1}{300}$ である。

なお、都市流域と自然流域が混在する場合は、100%を全て都市流域、全て自然流域として求めた場合の洪水到達時間を面積加重平均より算定する。

$$T = \frac{A_T \times T_T + A_S \times T_S}{A_T + A_S}$$

ここに、 A_T : 都市流域面積

A_S : 自然流域面積

T_T : 100%都市流域とした場合の到達時間

T_S : 100%自然流域とした場合の到達時間

(参考)クラーク式と土研式

土研式は流出試験地等の水文資料より、計画上の安全側を見込んで、洪水遅れ時間実測値の下限値を採用し、それを2倍して洪水到達時間としている。吉野らによれば平均的には洪水到達時間は、クラーク式 $>$ 土研式とされる⁶⁾が、勾配のとり方や流入時間の考え方等、本文で示した方法と異なることが考えられる。現実の計算例ではおおむねクラーク式による洪水到達時間は、土研式によるものよりも小さ目を与えることが多い。

これらの式を使うにあたり、どちらが大きい流量を与えるかという点ではなく、流域の

土地利用の変化をどのように予測し、河川計画を策定すべきかについて考える必要がある。すなわち、両者の特徴は以下のように示される。

- クラーヘン式では、洪水到達時間に流域の土地利用の変化を表現することができない。土地利用変化は流出係数で表現するのみであるから、例えば原野からビルの密集した市街地に変化したとしても、流出係数は高々0.7から0.9に変化するだけで、計画高水流量は約3割しか増加しない。
→土地利用の動向は不明であるが、余裕をもって河川計画を策定したいときに適している。
- 土研式は、流域の土地利用の変化を洪水到達時間と流出係数の2つのパラメータで表現することができるので、流域の特性を評価しやすい。
→将来の土地利用変化をある程度予測することができ、流域の特性を表現した合理的な河川計画を策定したいときに適している。

(2) 流出係数 f

改訂新版「建設省河川砂防技術基準（案）」計画編pp.19に記載されている以下の値を標準値とし、土地利用ごとの流出係数を用いて、当該河川の土地利用面積で加重平均し、流域平均の流出係数を設定する。

表-3.6.2 合理式の流出係数

密集市街地	0.9
一般市街地	0.8
畑、原野	0.6
水田	0.7
山地	0.7

他にも改訂新版「建設省河川砂防技術基準（案）」調査編pp.87～88にも示されているので、参考とする。

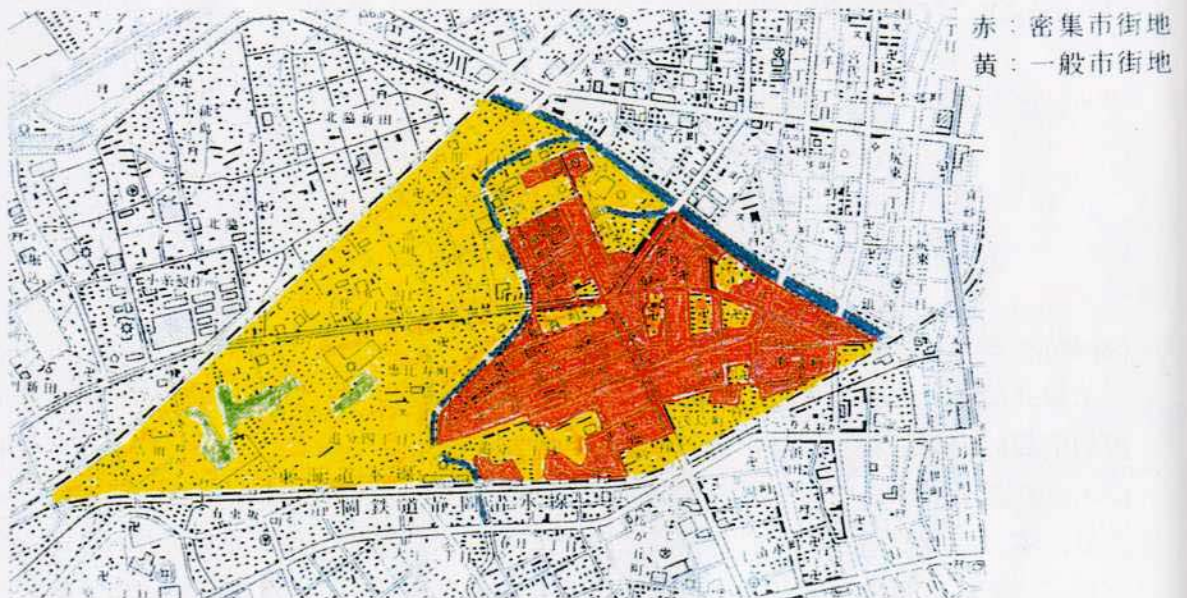


図-3.6.5 土地利用区分 (1/25,000)

(参考) 合理式の流出係数

合理式の流出係数は、総降雨量と総流出高の比である洪水の総流出率とは異なり、ピーク流量に寄与する到達時間内の降雨の流出率を示すものである。

一般に降雨流出過程においては、すべての降雨が洪水流出に寄与するのではなく、降雨初期には森林による降雨の遮断や葉面からの蒸発散、土壤中への浸透等によって流出に寄与する降雨(有効降雨)は比較的少ない。降雨が継続するにつれ、全降雨に占める有効降雨が増加し、流域が飽和した状態ではほとんどすべての降雨が流出に寄与するようになる。

以上のことを、総降雨量と総損失量の関係で示したものが図-3.6.6である。ある飽和点(図では山地でA点、市街地でB点)に達するまでは、雨量の増加とともに損失量も増加するが、飽和点に達した段階で損失量は一定に近くなり、すべての降雨が流出に寄与することとなる。

実際の洪水時には流域の湿潤状態や降雨量あるいは降雨強度により図-3.6.6の関係は変化する。また、地目による損失量が異なることから、流出係数は地目別に設定されている。

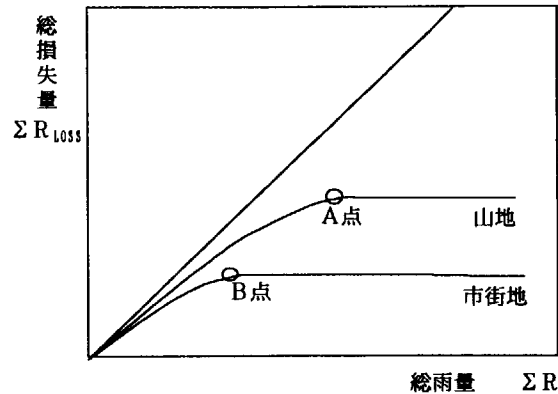


図-3.6.6 総降雨量～総損失量の関係

合理式における流出係数は、現実の降雨～流出機構が総降雨量や降雨強度により変化するにもかかわらず、洪水ピーク時には流域が飽和に近い状態にあることを前提としている。

従って、他の流出計算手法では前期降雨も含めてその外力となる降雨の計画規模を定めているのに対し、合理式では流域がある程度湿潤した状態で計画規模の降雨が生じた場合の流出量を算出しているため、他の流出計算手法に比べて大きめの流量が算出されることになる。流域が合理式自体の前提となる飽和状態に達していない場合には計画規模の降雨が生じたとしても、合理式で算出された流量は生起しない。

これらのことから表-3.6.2に示した流出係数は、合理式自体の仮定に基づく種々の誤差を含んだ計画に用いる定数として扱うことが重要である。

なお、全国流出試験地の資料を参考に吉野⁶⁾らが調べた結果によると、表-3.6.2に示したピーク流出係数 f_p は、洪水の総流出率 F に対し $f_p = (1.0 \sim 1.4)F$ の関係が得られている。

3.6.3 流出モデルの定数

流出モデルの定数は、基本的には実測流量の検証計算により定めることとするが、実測流量記録が十分に得られない場合は、流出計算手法ごとの標準的な定数設定法を用いる。

(解説)

流出モデルの定数には流出計算手法ごとに流域と河道の定数、有効雨量に関する定数がある。

流域、有効雨量の定数については、以下に示す方法を実測流量により検証する場合には一次近似値として使用し、実測値がない場合には標準値として用いる。

河道については、貯留関数法では河道の貯留関数法を用い、特性曲線法ではKinematic wave法を用いるのが一般的である。準線形貯留型モデルでは貯留関数を用いた例が多いようである。これら各手法の河道定数については、基本的には河道断面データ等を用いて水理的に定めることとする。氾濫のある場合には、氾濫現象を水理的にモデル化して定数を設定するものとする。なお、氾濫の有無を問わず、他に不定流計算により追跡する方法もある。

(1)貯留関数法

① 流域定数

土地利用変化を考慮できるリザーブ定数を用いた方法、等価粗度を用いた方法を標準とする。なお、等価粗度を用いた方法ではリザーブ定数を用いた方法よりも、土地利用区分を詳細に考慮することが可能であるが、流域を数 km^2 単位まで細分しないと流出量が過小になる場合があるので留意する必要がある。

1) リザーブ定数を用いた場合の流域定数 K 、 P は、次式に示すとおりである（リザーブ定数による方法）。

$$K = 43.4 \cdot C \cdot I^{-1/3} \cdot L^{1/3}$$

$$P = 0.333(1/3)$$

ここに、 C ：流域粗度（自然流域 $C=0.12$ 、都市流域 $C=0.012$ ）

I ：流域最遠点（流域界）から流量算出地点（支川流域の場合は本川合流点）の標高差を流路長（ L ）で割ったもの

L ：流域最遠点（流域界）から流量算出地点（支川流域の場合は本川合流点）までの主流路の距離（ km ）

2) 等価粗度を用いた場合の流域定数 K 、 P は、次式に示すとおりである（等価粗度を用いた方法）。

$$K = 735 \left(\frac{NL}{I^{1/2}} \right)^{0.6}$$

$$P = 0.6$$

ここに、 L ：流域斜面延長（ km ）

I ：流域斜面の平均勾配

N ：等価粗度係数（ $\text{m}^{-1/3} \text{S}$ ）（表-3.6.6の値）

また、貯留関数法では、遅滞時間 Tl という概念を用いて、流域の貯留量 S と流出量 q の関係を一価の関数に置き変えているが、この Tl の設定法として全国山地河川の資料を用いた以下のような経験式が示されている（山地河川の経験式による方法）。

$$\begin{cases} Tl = 0.0470L - 0.56 & (L > 11.9 \text{ km}) \\ Tl = 0.0 & (L \leq 11.9 \text{ km}) \end{cases}$$

ここに、 Tl : 流域の遅滞時間(hr)

L : 流域最遠点(流域界)から懸案地点までの距離(km)

ただし、中小河川の分割流域では、上記式では $Tl=0.0$ となることが多いことから、以下のようにManningの式を用いたkinematic wave理論による洪水流の伝播速度 w を用いて計算することも考えられる（洪水伝播速度の式による方法）。

$$Tl = \frac{L}{w}$$

$$w = \frac{5}{3}v, \quad v = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

ここに、 v は平均流速(m/s)、 R は径深、 i は流域最遠点(流域界)から懸案地点の標高差を流路長(L)で割ったもの、 n はManningの粗度係数である。

② 河道定数

河道の貯留効果を表現する場合、河道の貯留関数法を用いる。河道の貯留量は基本的には不等流計算により、貯留量 S ($\text{m}^3 \cdot \text{hr}$) と流出量 Q (m^3/s) の関係を図-3.6.7のように両対数紙上にプロットし、最小二乗法により貯留関数式 $S = K Q^P$ の定数 K 、 P を設定する。

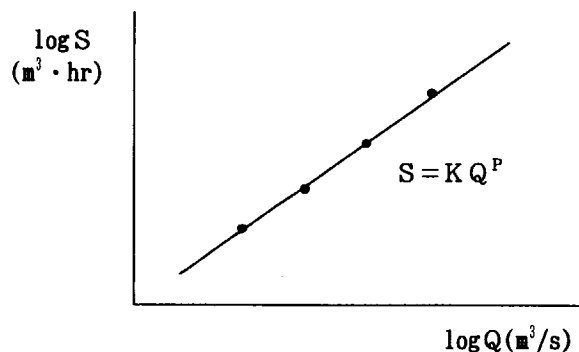


図-3.6.7 貯留関数法の河道定数の設定

河道の遅れ時間 Tl については、以下の経験式が提案されている（河道 Tl の経験式）。

$$Tl = 736 \times 10^{-4} \times L \times I^{-1/2} (\text{hr})$$

ここに、 L : 河道延長、 I : 河道平均勾配

なお、河道断面が詳細に得られない場合には、河道諸元を簡略化して扱う以下のような経験式が提案されている（利根川の経験式）。

$$K' = 0.185 \cdot L \cdot B^{0.4} \cdot (I^{-1})^{0.3} \cdot n^{0.6}$$

$$K = 167 \cdot K'$$

$$P = 0.6$$

$$Tl = 0.00165 \cdot L \cdot I^{-0.6}$$

- ここに、L：河道延長(km)
 B：河道平均幅(m)
 I：河道勾配
 n：粗度係数

③ 有効降雨

一般に貯留関数法の有効降雨は、一次流出率(f_1)と飽和雨量(R_{ss})を用いて表現される。基本高水算定にあたっての有効降雨は、定数検証における R_{ss} の検証値をもとに設定することが基本であるが、定数の初期設定においては、表-3.6.3に示す値を目安として面積加重平均により算定する手法が多く用いられている。

表-3.6.3 一次流出率(f_1)～飽和雨量(R_{ss})

	自然流域	都市流域
f_1	0.5	
R_{ss} (mm)	100	50

(2) 準線形貯留型モデル

① 流域定数

当該手法では次式で示される洪水到達時間 t_c の式中のCの値を設定する。

$$t_c = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

ここに、 r_e ：有効降雨強度 (mm/hr)

C：土地利用に応じた定数

A：流域面積 (km²)

この時、土地利用ごとに表-3.6.4に示す標準的なC値を用いる。

表-3.6.4 土地利用形態別のC値の標準値

土地利用区分	土地利用形態	C
水田		1,000
山林		290
畑	丘陵、放牧地、公園、ゴルフ場、畑地	210
市街地	1° 区画割、道路整備ができるが、相当裸地面積が残る。排水路整備済み。	240
	2° 道路整備がかなり進む、下水道整備不十分	200
	3° 舗装されるべき面積の50%以上が舗装され、下水路整備もほぼ十分。	110
	4° 舗装されるべき面積の舗装完了、下水道整備完了	50

* 橋本他 土地利用を評価する流出モデル，土木技術資料，1977による

② 河道定数

準線形貯留型モデルでは、一般には貯留関数法の河道モデルが使われるが、後述のkinematic wave法によることもある。

③ 有効降雨

有効降雨モデルは、対象流域に同一の降雨があってもその損失雨量は各種異なることを前提にし、土地利用状況ごとに表-3.6.5に示す値を用いて設定する。

表-3.6.5 $f_l \sim R_{sa} \sim f_{sa}$ の標準値

土地利用		f_l	R_{sa}	f_{sa}
水田		0.0	50.0	1.0
畑地		0.15	300.0	0.6
山林		0.25	150.0	1.0
市街地	1°	0.6	55.0	1.0
	2°	0.7	55.0	1.0
	3°	0.8	55.0	1.0
	4°	0.9	55.0	1.0

* 橋本他 土地利用を評価する流出モデル, 土木技術資料, 1977 による

(3) 特性曲線法

① 流域定数

当該手法に用いる斜面定数 K_s, P_s は次式で示される (流域斜面定数の式)。

$$K_s = \left(\frac{N}{\sqrt{I}} \right)^{P_s}$$

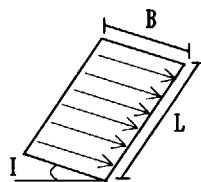
$$P_s = 0.6$$

ここに、 K_s, P_s : 斜面の定数 (添字 s は斜面を示す)

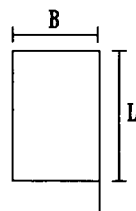
N : 斜面の粗度係数

I : 斜面平均勾配(斜面の平均高低差を斜面幅 B で割ったもの)

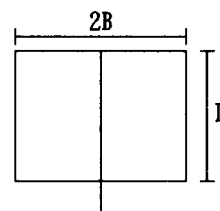
B : 流域を矩形にモデル化した場合の斜面幅(m)



斜面の模式図



片側斜面の場合
流域面積 $A = B \cdot L$



両側斜面の場合
流域面積 $A = 2B \cdot L$

この時、土地利用ごとに表-3.6.6に示す標準的な等価粗度係数 N 値を用いる。

表-3.6.6 等価粗度係数 (N)

土地利用形態		標準値
水面		0.0
水田		2.0
山林		0.7
丘陵・放牧地・公園・ゴルフ場・畑地		0.3
市街地		0.03
市街地 程度	1° 区間割道路整備ができるが相当緑地面積が残る。排水路整備済	0.1
	2° 道路舗装がかなり進む。下水路整備不十分	0.05
	3° 舗装されるべき面積の50%以上が舗装され、下水路整備もほぼ十分	0.01
	4° 舗装されるべき面積の舗装、下水路整備完了	0.005

* 橋本他 土地利用を評価する流出モデル, 土木技術資料, 1977 による

② 河道定数

特性曲線法では、河道追跡法としてkinematic wave法が用いられる。

Kinematic wave法では、流路断面積 A と径深 R の関係を(1)式のように仮定し、河道定数は(2)式のように表される (kinematic wave法の式)。

$$A = K' (AR^{2/3})^p \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} K_r &= K' (n/\sqrt{i})^p \\ P_r &= P' \end{aligned} \right\} (2)$$

ここに、 K_r 、 P_r : 河道の定数、 n : 河道の粗度係数、 i : 河道の平均勾配

この k' 、 p' の算定は次のように行う。河道断面について A 、 R の値を算出しておき、図-3.6.7に示す両対数グラフ上に A 、 $AR^{2/3}$ 値をプロットし、これらを通る直線を引く。直線の両対数グラフ上の $AR^{2/3} = 1$ に対する A の読み = k' 、直線の普通目盛で読んだ勾配 = p' となる。

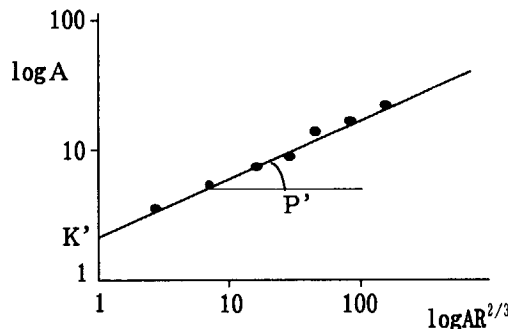


図-3.6.8 Kinematic wave法の河道定数の設定

一般には、kinematic wave法の式を簡略化した以下の式が用いられることが多い (簡略式)。

$$K_r = b^{0.4} (n/\sqrt{i})^p$$

$$P_r = p' = 0.6$$

ここに、 K_r 、 P_r : 河道の定数 (添字 r は河道を示す)

n : 河道の粗度係数

i : 河道の平均勾配 (斜面幅 B を考慮した河道上流端から流量算出地点の標高差を河道長 L で割ったもの)

L : 流域と河道をモデル化した場合の河道長であり、一般に流域面積 A と斜面幅 B を考慮して、適切に河道長を設定する。

b : 川幅 (m)

③ 有効降雨

有効降雨モデルは、累加雨量 (R) ~ 総損失雨量 (R_l) 曲線を用いて土地利用状況ごとに

表4.8に示す値より設定する。

$R \sim R_L$ の関係は次式で示される。

$$R_L = R - \alpha R^\beta \quad R \leq R_{\max}$$

$$R_L = R_L \max \quad R > R_{\max}$$

ここに、 R : 累加雨量

R_L : 累加損失雨量

R_{\max} : 飽和雨量

$R_{L \max}$: 累加損失雨量の最大値

α, β : 定数

表-3.6.7 地目別 $R \sim R_L$ の標準値

地目	α	β	R_{\max}	$R_{L \max}$
山地	3.6×10^{-4}	2.5	100mm	64mm
水田	1.86×10^{-2}	1.70	110mm	55mm
市街地	1.76×10^{-1}	1.32	100mm	23mm

3.6.4 流出モデルの定数検証計算

流出モデルの定数検証計算にあたっては、降雨資料及び水位・流量資料を十分吟味するとともに、氾濫の有無を調査し、検証データを整備する。

(解説)

流出モデルの検証計算は、一般には比較的規模の大きい複数の洪水を対象に流出計算を行い、実測の流量ハイドログラフとの比較、検証、修正を繰り返すことにより、モデル定数を設定するものである。

したがって、流出モデルの検証にあたっては、まず実測流量資料を吟味し確定させたのち、モデル定数の検証を行うこととなる。

基本的には、モデル定数には有効雨量のパラメータ、流域の流出定数、河道の定数があるが、これらの検証計算における考え方について述べる。

(1) 実測流量資料の整理

① 流量資料の整理

中小河川においては流量資料が存在しないことが多いが、水位が観測されていれば不等流計算等により当該地点の流量を推定することが可能である。

不等流計算による流量の推定は以下のように行う。

- 1) 水位観測所近傍断面を含む河川断面を、観測所水位に影響を及ぼさないと考えられる数km下流の区間より整理する。
- 2) 河床の状況、植生の状況等から判断される粗度係数（詳しくは5. 河道計画参照）を用いて、数種の流量規模で不等流計算を行う。
- 3) 2)の結果より、最小二乗法等により $H \sim Q$ 関係を整理し、任意の水位に対する流量値を設定する。

なお、痕跡水位のみが得られている場合は、不等流計算により一連の区間で計算水位が同程度となる流量値をトライアルにより求めることとする。

② $H \sim Q$ 式の検証

一般に洪水時の流量観測方法として浮子を用いる場合、一連の洪水期間中連続して流量観測されていない。これに対し水位は連続して得られていることから、 $H \sim Q$ 式を用いて流量に変換している。 $H \sim Q$ 式については、中小河川の場合年度毎に作成されていないので、その適用にあたっては注意が必要であり、必要に応じて見直すことが望ましい。

$H \sim Q$ 式の見直し方法等については(巻末資料)流量資料の整理を参照されたい。

(2) 有効雨量

有効雨量については、実測流量資料が十分に得られているならば総雨量と総流出高の関係を分析し、有効雨量パラメータに反映させることが可能であるが、十分に実測流量値が得られていない場合は、標準設定値をもとにトライアルで求める。

(3) 流出モデルの各種定数の変化による流出波形の変化について

各流出計算法において、これまでの経験等から定数の変化による流出波形の変化傾向が

把握されている。これについては、(参考)各種定数の変化による流出波形の変化を参照されたい。

(4) 河道定数

河道定数については基本的に河道の物理特性を用いて設定したものであり、河道定数は設定値を修正しない方針とする。ただし、貯留関数法モデルの場合、遅れ時間 T_l については実測値と適合するよう修正を行うものとする。

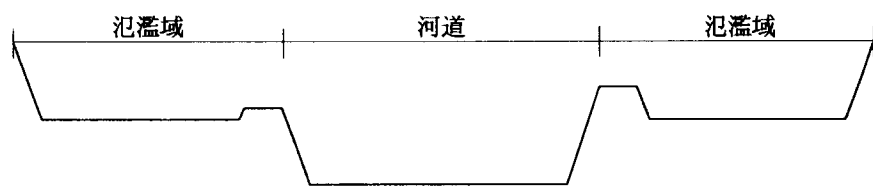
(5) 氾濫を考慮した洪水追跡法

中小河川において、計画策定あるいは計画変更となる出水時には氾濫を伴うことが多い。このような場合、検証しても実測値との乖離が生じることがしばしばある。このため、氾濫を考慮した検証計算が必要となる。

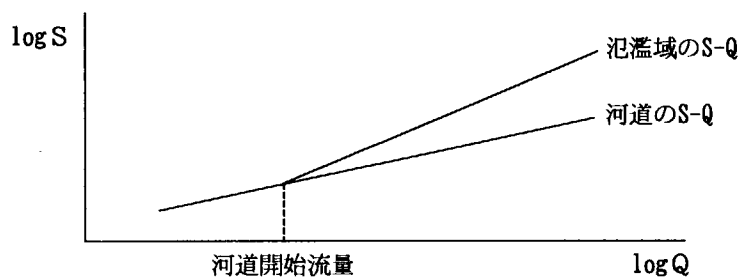
氾濫現象は地形条件、築堤状況等により異なるが、ここでは洪水流出計算に組み込むことを考慮して、以下の2手法を示す。

① 河道と氾濫域を一体として追跡する方法

堤防が無い、もしくは低くて河道と氾濫域が一体となって流下するような氾濫形態では、貯留関数法をもとに以下に示す2段階のS-Q関係を用いて追跡する。



河道と氾濫域の扱い



2段S-Q関係の概念

図-3.6.9 河道による氾濫現象の考慮の方法

② 支川からの内水氾濫等を考慮する方法

築堤河道で支川からの流入が困難となり、内水氾濫を生じているような場合には、流域流出量の扱いにおいて、本川水位を考慮した内水計算モデルを組み込むことが考えられる。

すなわち、通常は流域流出量をそのまま河道に加えることとしているが、下図のように氾濫域相当の容量をもつ貯水池を想定し、当該支川あるいは樋門等を通じて貯水池水位と河道水位の関係により、河道への流出量を計算するモデルを付加するものである。

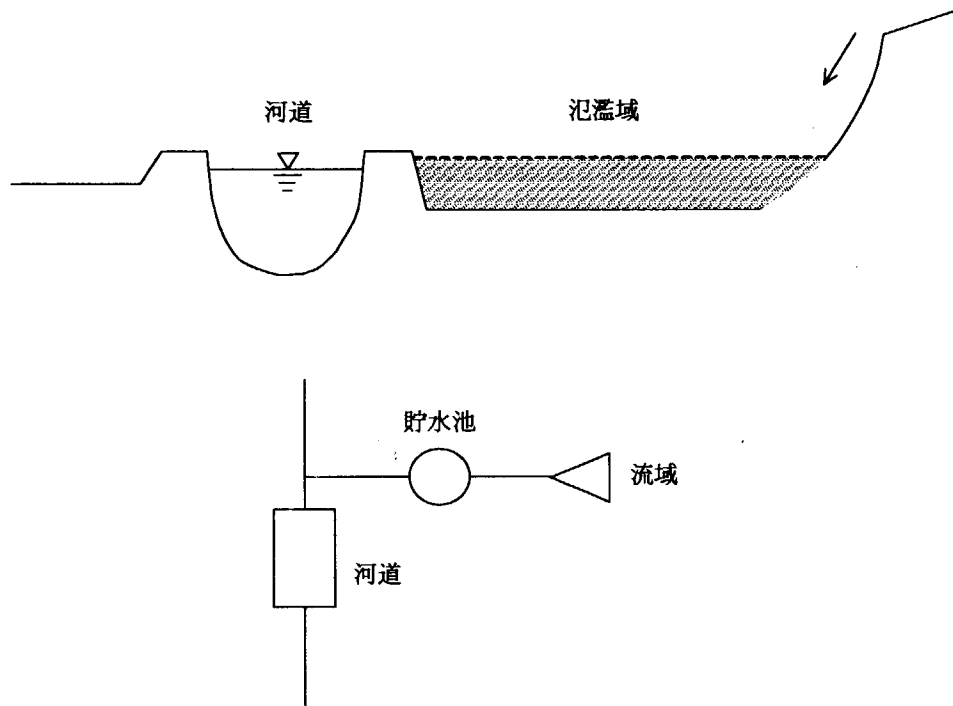


図-3.6.10 支川からの内水氾濫等を考慮した方法

(参考)各種定数の変化による流出波形の変化について

ここでは、貯留関数法を例にして、各種定数の性質を示す。

1) K を変化させた場合

K の値を大きくすると、流域の貯留が大きくなり流域の増水期の流出が抑制され、波形はなだらかになる。逆に K の値を小さくすると、初期の貯留が小さく、かつ流出流波形は先鋭となり、ピーク流量生起時刻が相対的に早くなる。

2) P を変化させた場合

K の変化と同様で P が大きいと流域の貯留効果が大きくなり、波形がおしつぶされ、逆に小さいと波形が先鋭化し、ピーク流量生起時刻が相対的に早くなり、 K と同様、波形を実測値に一致させる際有効である。

3) $T1$ を変化させた場合

$T1$ を大きくすれば、流出波形が全体に正の時間軸方向に平行移動し、また $T1$ を小さくすれば負の時間軸方向に流出波形が移動する。

4) $f1$ を変化させた場合

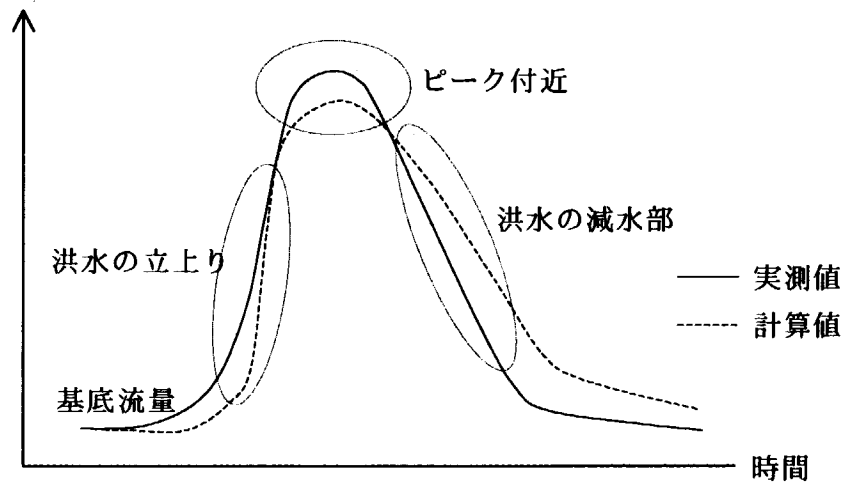
$f1$ を大きくするとハイドログラフの立ち上がり部の生起が早くなり、 $f1$ が小さいと遅くなるため、立ち上がり部を実測値に一致させるのに有効である。

5) R_{ss} を変化させた場合

R_{ss} の増加により流出量は全体的に小さくなり、逆に R_{ss} が減少すると流出量が全体的に大きくなる。

参考 各定数の性質一覧表

定数	定数の変化	ピーク流量	波形	ピーク生起時刻	特徴
K	大	小さくなる	なだらかとなる	遅くなる	波形の全体的な形状一致に適する。
	小	大きくなる	尖鋭となる	早くなる	
P	大	小さくなる	なだらかとなる	遅くなる	波形の全体的な形状一致に適する。
	小	大きくなる	尖鋭となる	早くなる	
T1	大	変化なし	変化なし	遅くなる	ピーク生起時刻の一致に適する。
	小	変化なし	変化なし	早くなる	
f_1	大	やや小さくなる	やや小さくなる	やや遅くなる	ハイドロの立上り部を一致させるのに適する。
	小	やや大きくなる	やや大きくなる	やや早くなる	
R_{ss}	大	やや小さくなる	やや小さくなる	やや遅くなる	流域の湿潤状態の差異を表現するのに適する。
	小	やや大きくなる	やや大きくなる	やや早くなる	



参考 定数修正の着重点

3.6.5 流出モデルの検証と許容誤差

流出モデルには実測値を用いて決定すべき幾つかの定数が含まれている。そのため対象とした流域で、降雨流出の資料に応じただけの定数の組合せが可能となる。このうちで最適な定数の組合せを持つモデルを決定するのであるが、そのためには、そのモデルによる推定値が実測値と合うか合わないかが判定の基準となる。

推定値と実測値のピーク値の一致に重点を置くか、流出曲線の全体的な一致を重視するかで評価が異なってくる。堤防等の建設などの場合には洪水の最大流出量が問題となるので、波形よりもむしろ流量の最大値をよく推定することが要求される。一方、大洪水を貯め込めるような大貯水池を持っている場合は流出総量がよく合うことのほうが重要である。

このようなことから流出モデルの適合性を一般的に評価する基準は定めにくいだが、通常は計算ハイドログラフと実測ハイドログラフを目視によって比較するという方法が採られている。ただし、この方法では計算者の主観的判断が要求されるため、流出計算に相当経験を有するという問題が残る。

客観的な判断基準の一種として誤差の平方の和を最小にする方式が提案されている。その一つとして、

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Q_o(i) - Q_c(i))^2}{Q_{op}} \dots\dots\dots (1)$$

ここで

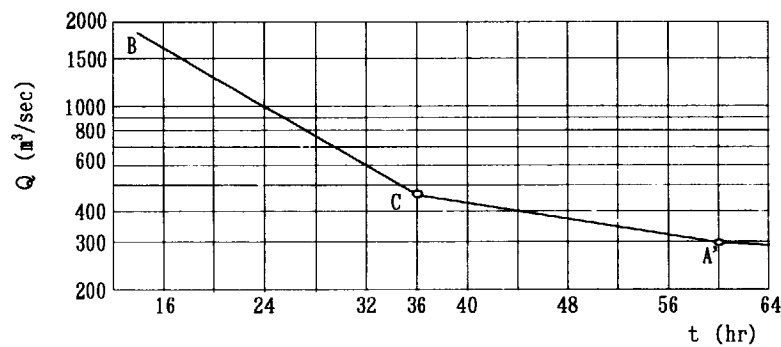
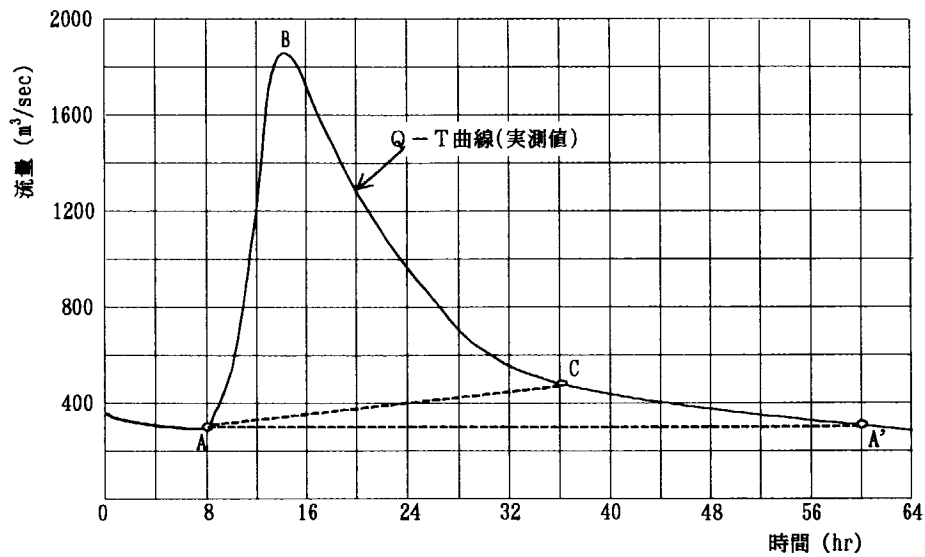
- E : 誤差
- $Q_o(i)$: i 時の実測流出量
- $Q_c(i)$: i 時の計算流出量
- Q_{op} : 実測の最大流出量
- n : 計算時間数

をある値以下（通常は0.03以下）にするようなモデルを用いる方法がある。この式ではnが少ないうちはピーク付近の誤差が大きく評価されるが、多くなると誤差の中に占めるピーク付近の誤差の比重が小さくなる。

ただし、上記方法では、ピーク流量の誤差が相当あっても $E < 0.03$ となることあり、以下の式¹⁾による評価方法が望ましい。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_o(i) - Q_c(i)}{Q_o(i)} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

(2)式で評価する場合、ハイドログラフのどの部分を対象とするかにより評価値が変化する。例えば、以下のようにハイドログラフの表面流出と地下水流出を分離するため、勾配急変点法のC点までの流量を対象とすることが考えられる。(図3.6.11参照)



上図でA点は洪水立上り点、B点は洪水ピークである。一般にハイドログラフの表面流出と地下水流出の分離法として、A点と低減部の流量を対数で表現した場合（下図）の折れ点となるC点を結んだA-Cで分離する方法を勾配急変点法と言う。（簡単にA～A'を結んだ方法を水平分離法と言うが、現実のハイドログラフではA'点は明確にとれないことが多い。）

図-3.6.11 勾配急変点法によるハイドログラフの折れ点

3.7 基本高水の決定

基本高水は3.4節で定めた計画降雨に適切な洪水流出モデルを用いて流量に変換し、既往洪水及び計画対象施設の性質等を総合的に考慮して決定する。

(解説)

基本高水は、計画外力を雨量で定めた場合、計画降雨群による流出計算の結果をもとに定めることになるが、既往最大洪水の規模や河道改修の可能性、河道改修以外の洪水防御施設の調節効果や実現性等の計画対象施設の性質等を総合的に考慮し慎重に検討することが肝要である。

(1) 流出条件の設定

計画降雨による基本高水のハイドログラフの計算は以下の条件で行う。

① 計画定数の設定

流域流出計算における流域定数については、近年の大きな洪水において検証された定数を用いるものとするが、将来、流域の市街化が進行すると予想されている河川では、その市街化を考慮した定数を用いるものとする。また、河道定数については、改修を想定した河道の定数を用いる。

なお、氾濫が生じないとの条件で計算を行うものとし、降雨ごとの有効雨量及び洪水初期の基底流量(Q_0)について、それぞれ次のように設定する。

② 有効雨量

有効雨量については、既往洪水の流出特性と計画降雨との関係を十分に考慮して決定する。

図-3.7.1に示すように流域が飽和状態になるまで、流出率は小さく飽和雨量と計画降雨との関係によっては、洪水ハイドログラフのピーク流量に大きく影響することから、その設定方法が重要となる。特に計画降雨が小さい地域の河川では、その傾向が顕著に現れ、逆に計画降雨が大きい河川では、飽和雨量の設定によるピーク流量への影響は僅かであり、ピーク流量は飽和後流出率（貯留関数法では $f_{ss}=1.0$ を採用）によって決まってくるものと考えられる。

したがって、計画論として流域の飽和状態をどのように想定しておくかが問題となるが、一義的に決定することが困難である。そこで、有効雨量については総雨量から定数検証洪水の損失雨量（もしくは検証計算で最適と判断される飽和雨量）の平均値を差し引いた値等、種々検討の上実態に即した値を算定し、計画検討に用いるものとする。また、検証ができないあるいは十分に検討することが困難な河川においては、近隣他河川あるいは当該河川の本川（一級河川）で設定されている値を採用している場合が多い。

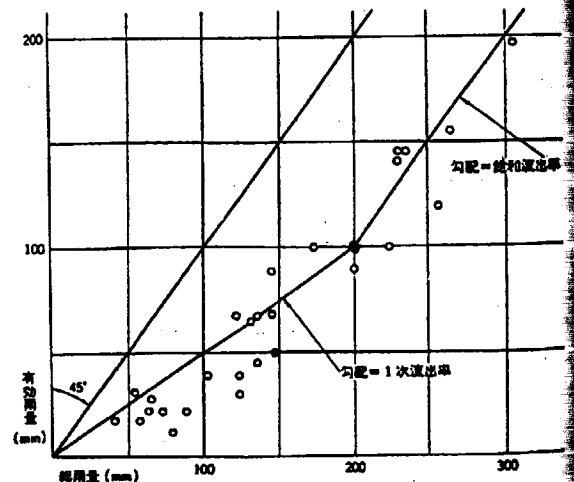


図 4.19. 総雨量と有効雨量の関係

図-3.7.1 総雨量と有効雨量の関係

③ 基底流量

基底流量についても洪水によって異なるので、実測ハイドログラフを用いて検討対象洪水ごとに一連の降雨の影響が生じていない洪水初期流量を設定し、基準地点の基底流量を小流域へ面積比により配分する。この基底流量は洪水期間中一定値(水平分離法)として扱うものとする。

なお、実測ハイドログラフが無い場合には、洪水前日の日平均流量あるいは $1 \text{ m}^3/\text{s}/100 \text{ km}^2$ 程度を基底流量として設定している場合が多い。また、洪水初期流量が既得水利流量の取水やダム等による洪水調節による影響が著しく、計画上無視できない場合については、これらの影響を考慮して設定する必要がある。

④ 洪水調節施設の扱い

ここでは、洪水調節施設のない状態での洪水量を求めるため、既設のダムや遊水地等の洪水調節施設はすべて無いものとする。この場合、直轄補助等の区別は設けず、洪水調節機能を有する施設はすべて無いものとする。なお、発電ダム等の利水ダムについては、当該ダムにおける操作規程にしたがって、洪水時の操作が行われるものとする。

(2) 基本高水の算定

① 合理式による場合

流出計算を合理式による場合は、基本高水=合理式により算出されるピーク流量となる。

② 計画降雨をモデルハイトグラフとする場合

計画降雨をモデルハイトとする場合は、計算されたハイドログラフが基本高水となる。この場合、実績の降雨波形による流出計算結果を用いてピーク流量及び流出ボリューム等、計画値が過小になっていないか確認していくことが必要である。

③ 計画降雨を実績降雨の引伸ばしによる場合

計画降雨は降雨量、降雨量の時間分布及び地域分布の3要素で表され、相互に関係を有するため、一般には計画降雨量の確率のみを計画規模に設定した場合、計算された流量値が異常なものを含む可能性があるため、カバー率という概念を導入せざるを得ない。基本的には、この場合は引伸ばした降雨の時間分布と地域分布の発生確率が解らないため、計画降雨群の流出計算結果より平均的なピーク流量値以上を基本高水とすることが妥当と考えられることから、異常出水の棄却を行ったうえで、カバー率は50% (中央値) 以上を採用することが考えられる。

(3) 基本高水決定の考え方

計画降雨を用いて得られた基本高水のピーク流量については、既往最大洪水のピーク流量や既往最大降雨量、さらには可能最大降雨等を総合的に勘案して設定する必要がある。

計画降雨を実績引伸ばしにより設定した場合、基本高水決定にあたっては、前述のカバー率を目安にする他、モデルハイトグラフあるいは合理式により確認することも考えられる。いずれの方法で検討した場合でも、周辺河川と比較した比流量図により比較することが必要である。

4. 計画高水流量

4.1 計画高水流量の検討方法

計画高水流量決定にあたっては、総合的な洪水防御計画を基本として、基本高水の流域、河道の分担計画を検討し、各施設の配分流量を合理的に設定するものとする。

(解説)

(1) 計画高水流量の考え方

計画高水流量は、ダムや河道等洪水防御施設の計画諸元を設定する基本量であり、その決定にあたっては、流域住民を含む関係者に理解されるプロセスを経ることが重要である。

洪水防御方法の決定に際しては、総合的な洪水防御を念頭に流域での流出抑制の可能性について積極的に検討を行った上で、河道を含む各洪水防御施設の設置について検討を行う。施設配置計画にあたっては、様々な代替案の検討を行った上で、妥当と考えられる複数の案に対し、自然的、社会的、技術的制約条件等からの実現可能性や施設の社会的効用さらに経済性等から総合的な評価を行い、客観的な判断に基づき決定することが必要である。

(2) 計画高水流量の設定方法

基本高水のハイドログラフに基づき、第2章 図-2.1.1に示すとおり、まず流域での流出抑制施設等による流域分担量の検討を行い、残りの河川施設の分担量に対して、河道及び貯留施設の検討を行う。河道分担量については、基本的に周辺地域の社会的制約のもとで、景観や生態系などといった河川環境を保全・復元するための河道断面を数種設定するとともに、ダム等による洪水調節施設等の検討を行うなど、妥当と考えられる複数の案を提示し、学識経験者や住民の意見等を聴取しつつ客観的な行政判断により設定する必要がある。

具体的には、次の手順により計画高水流量を設定する。

- 1) 流域流出抑制効果の検討
- 2) 現況流下能力の把握
- 3) 河道分担量の一次設定（現河道及び河川環境を重視した河道改修の程度から設定する）
- 4) 洪水防御方式案の設定（河道、放水路、ダム、遊水地などの組合せ）
- 5) 洪水調節効果の検討
- 6) 洪水調節施設の規模と河道分担量の関係の把握
- 7) 事業費及び維持管理費の算定
- 8) 総合評価（種々の制約下での実現性、施設の社会的効用、経済性）
- 9) 計画高水流量の設定

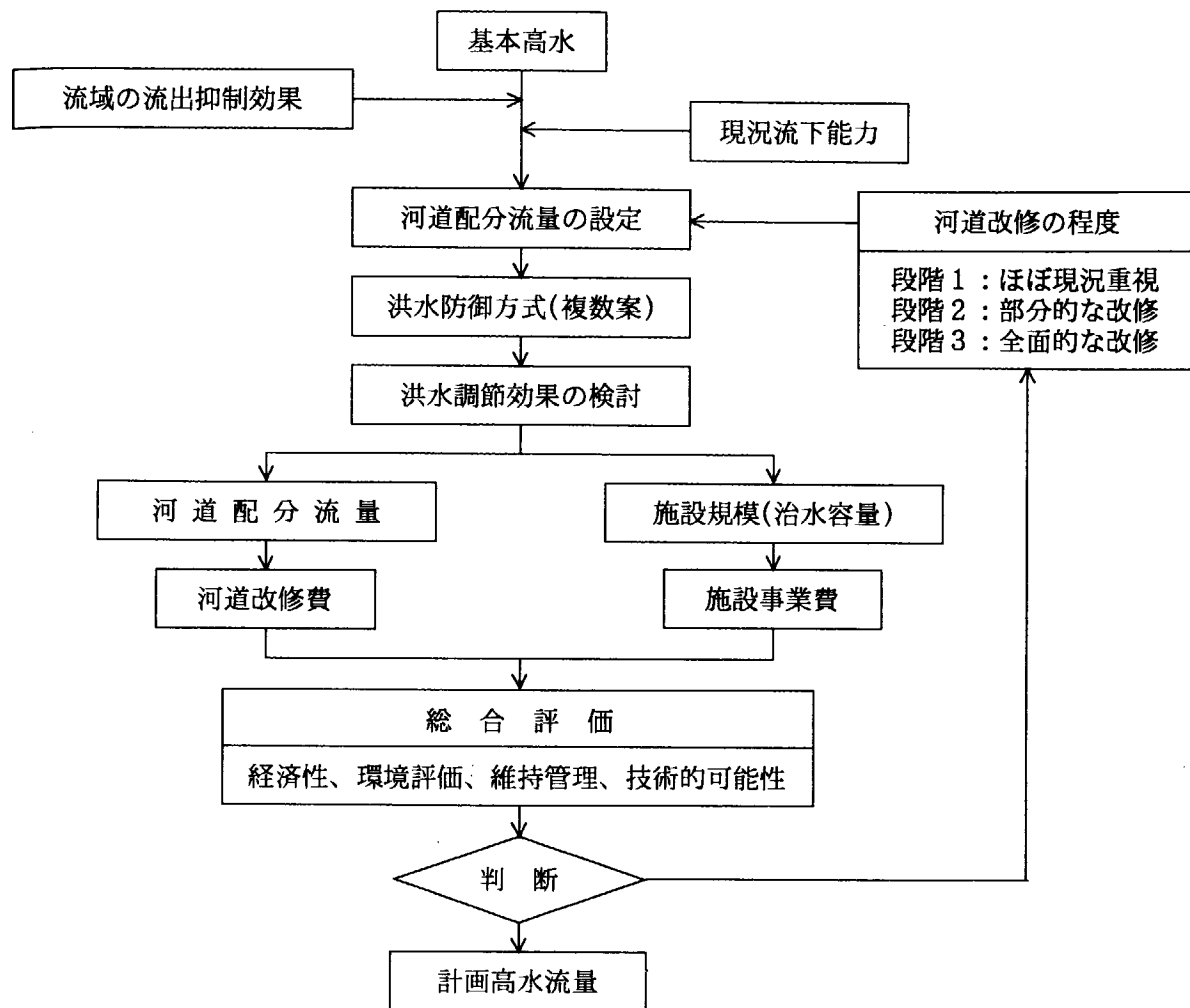


図-4.1.1 計画高水流量の検討フロー

洪水調節施設による洪水調節計算結果より、基準点における河道配分の目標流量に合う調節方式を定めるが、洪水調節施設で目標流量までの効果が期待できない場合（ダム規模が大きくできない場合、遊水地で用地、湛水深の関係で容量が確保できないなど）や、河道拡幅などにより保全すべき環境が守れない場合には、河道配分流量の見直しを含め、洪水調節施設の実現可能性の観点や経済性等を含めて総合的な評価を行い、計画高水流量を決定する。場合によっては、基本高水（計画規模）の見直しや、流域一体で総合的な治水対策を行うなどの対策が必要となる。

なお、経済性の評価については、対象とする計画規模における費用最小の観点からの評価とするが、これには、事業費（用地・補償費等を含む）のみではなく、例えば、河道拡幅による河道内及び沿川環境への影響やダム建設等に伴う自然環境への影響といった間接的な影響を見込んだトータルコストとして検討することが望ましい。

4.2 洪水防御方式

中小河川は洪水流出波形がシャープであることから、ダム・遊水地等の洪水調節によるピーク流量の低減が洪水防御上、効果的である。このため、流域での流出抑制施設の他、河道改修だけで所定の洪水防御を満足できないあるいは自然的社会的制約に課題が多いと判断される場合には、河道以外の洪水防御方式についても考慮しておく必要がある。ここでは、一般論としての洪水防御方式の概要を整理しておく。

4.2.1 洪水防御施設

河川の洪水氾濫による災害を防除する方式としては、河道改修や放水路等の設置による洪水疎通能力の拡大、ダムや遊水地（調節池）による洪水調節等がある。

(1) 河道

河道改修の方法には、拡幅・掘削等の河道断面の拡大の他にも、土地利用等の制約によって、放水路、地下河川等種々の方法があり、流域の状況・経済性等を勘案して最適な計画を策定するものとする。河道改修方式は現河川がもつ治水機能を拡大していく方式であるから、洪水防御方式の中のもっとも基本といえる。

(2) ダム

洪水調節ダム方式は、山地部にダムを建設するものであり、適地が限定されること、また事業による影響が大きいので、検討に当たっては河川及び流域の特質を検討し、他の洪水防御施設と十分な経済比較を実施してから採用する必要がある。

(3) 遊水地

遊水地方式は、河川の中流部に遊水地を設置して下流部の洪水を低減させるとともに、上流部の流出量の増大による治水上の影響を吸収することができるので、上、中流部から改修を先行させたいときにはきわめて有効である。しかしながら、広大な土地を確保しなければならないので、地役権設定等の用地費が大きくなること、土地利用上適地は限定されることなどの問題がある。このため、遊水地を公園など都市施設と兼用する多目的利用の方式について検討することが望ましい。

(4) 流出抑制施設

流出抑制施設には、雨水を貯留する貯留型施設と雨水を土中に浸透させる浸透型施設がある。確実性から従来、貯留型施設が多く採用されているが、流域の土壌条件によっては浸透型施設の効用も期待できる。浸透施設は、定量的な効果を評価しづらいものの、洪水時のみならず地下水及び河川水の還元等水循環に寄与する割合も大きいことから、貯留型施設と併用を図ることにより、その冠水頻度の減少、排水時間の短縮等の効果をあげることができる。

4.2.2 総合的な洪水防御計画

一般的には、4.2.1に示した種々の洪水防御施設を組合わせて計画規模に相当する基本

高水を各施設に配分して計画高水流量が設定される。しかしながら、中小河川は一般に計画規模がそれほど大きくないため、大河川と比較して計画の施設規模を上回る洪水が発生する可能性が高い。このため、以下の事項に留意して総合的な洪水防御計画を立案することが望ましい。

- 浸水実績や洪水に対する危険性、さらには流域の流出特性等について情報開示を行い、関係自治体や流域住民との連携を図る。
- 適切な土地利用の誘導、規制により、山林等の保水機能の保全を図るとともに、計画を上回る洪水時の農耕地や未利用地等の流域での貯留効果の保全を図る。
- 河道改修にあたっては極力計画高水位を高くせず、堤内地盤高程度として破堤被害の危険性を減らす。
- 計画を上回る洪水時の状況を考慮して、氾濫水の制御を考慮して河畔林及び二線堤の保全を図る。また、関連計画との調整により、橋梁等横断工作物の設置や道路等盛土の実施にあたっては、極力異常事態を想定した配慮を要請していくことも重要である。

4.3 計画高水流量の算定

4.3.1 洪水調節効果の算定

設定した洪水防御施設ごとに、基本高水算定手法と同一の流出モデルを用いて、その調節効果を算定する。

(解説)

(1) ダムによる洪水調節

当該河川に洪水調節用のダムがある場合には、ダム計画で定められている洪水調節ルールに基づき洪水調節効果を見込むものとする。

ダムの洪水調節ルールには、一定量放流方式、一定率一定量放流方式及び自然調節方式などがある。一般に中小河川のダムでは出水時間が短いことから、ゲート操作の伴わない自然調節方式を採用している場合が多い。この自然調節方式によるダムの効果を算定するためには、貯水位～容量曲線（ $H \sim V$ 関係）と貯水位～放流量特性（ $H \sim Q$ 関係）を必要とする。

(2) 遊水地及び調節池による洪水調節

遊水地方式により洪水防御を計画する場合には、河道遊水地とするか、調節池とするかを検討する。河道遊水地は、湛水池が河道と完全に分離されておらず、河道の自然貯留機能を利用したり、または横堤などを設けて流水を滞流させる型式をいう。一方、調節池は、越流堤または水門を設け、湛水池と河道とを完全に分離し、常時空にしておいた湛水池に洪水の一部を流入させて貯留させる型式をいう。

一般に中小河川においては、河川の規模から河道遊水地は考えにくいことから、ここでは調節池による形式についてその調節効果の算定方法を示す。

<調節池型式による洪水調節>

調節池型式の洪水調節計算は、流出計算モデルで算定する方法と不等流または不定流計算を用いた水理計算モデルにより算定する方法がある。前者は、調節池の効果やその調節容量を概略的に求める場合に用いられ、一般にはダムの一定量放流と同じ考え方により計算される。この場合の調節開始流量は、河道の流下能力や洪水の発生頻度及び調節池の利用方針等を考慮して設定する。

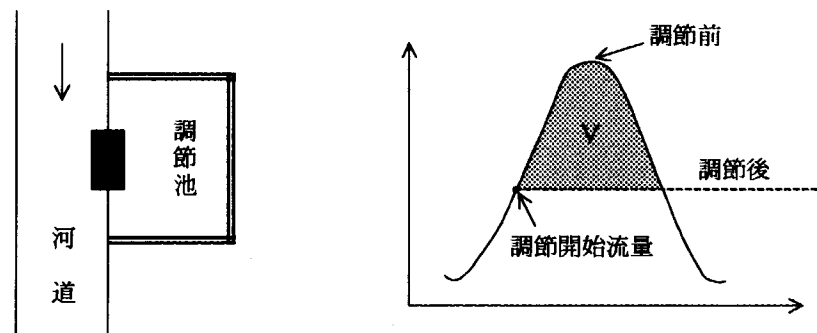


図-4.3.1 調節池による洪水調節計算の考え方

一方、水理計算モデルによる方法は、河道断面、越流堤の高さと幅及び調節池内の湛水位～貯留量曲線（H～V曲線）を用いて、越流堤区間で横越流公式等による水理計算により、調節池の調節効果が算定される。この方法は、調節池の具体的な諸元を必要とするが、調節池の効果を把握する段階においては、越流堤の高さを設定しておき、越流堤の幅を仮定して調節計算を行い、基準点の調節後流量との関係性を把握し、河道配分の目標流量に一致するような越流堤幅を求めることが考えられる。

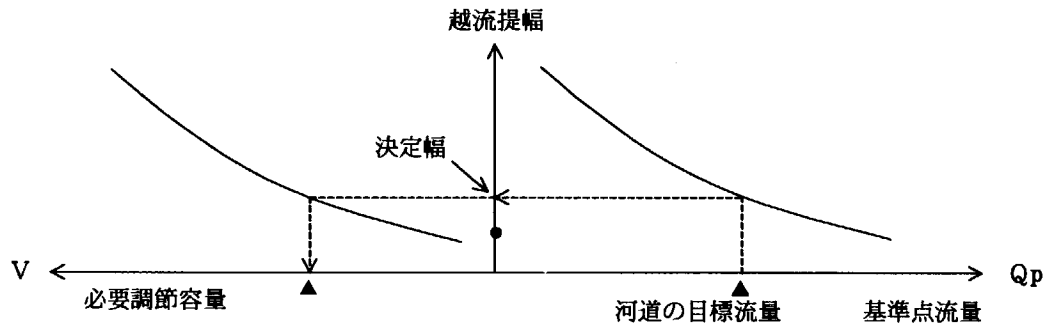


図-4.3.2 調節池諸元の決定方法

(3) 放水路による洪水調節

放水路の場合は、その洪水調節自体にハイドログラフを必要としないが、放水路の計画位置によっては、合流時差によって放水路への配分流量そのまま、下流基準点への効果量とならないので流出計算モデルの中へ放水路への分派計算を組み込み、調節効果を算定する必要がある。

放水路への分派方式は、一般には、固定堰等による自然分派方式が採用されるが、ゲート操作による人為的制御方式も考えられる。

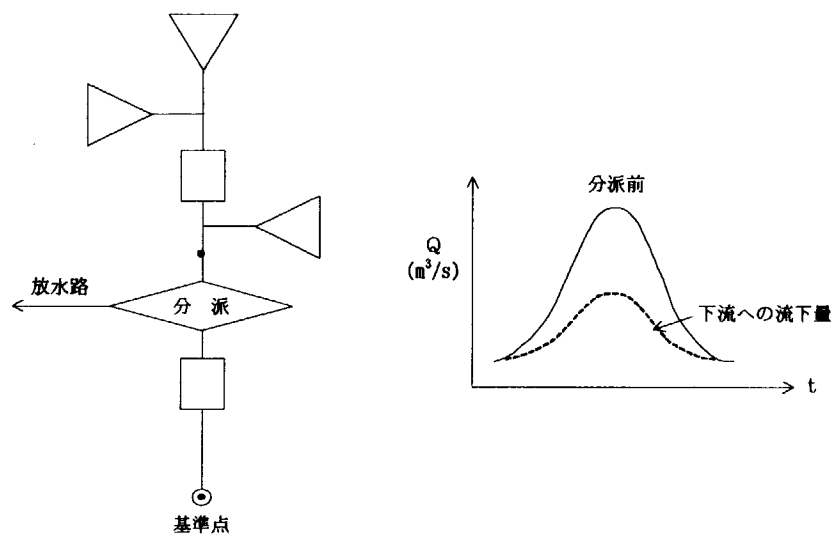


図-4.3.3 放水路による流量配分

(4) 流出抑制施設

流出抑制施設は、防災調節池、流域貯留施設等の様々な施設からなるが、大きくは雨水を貯留する貯留型施設と雨水を土中に浸透させる浸透型施設からなる。

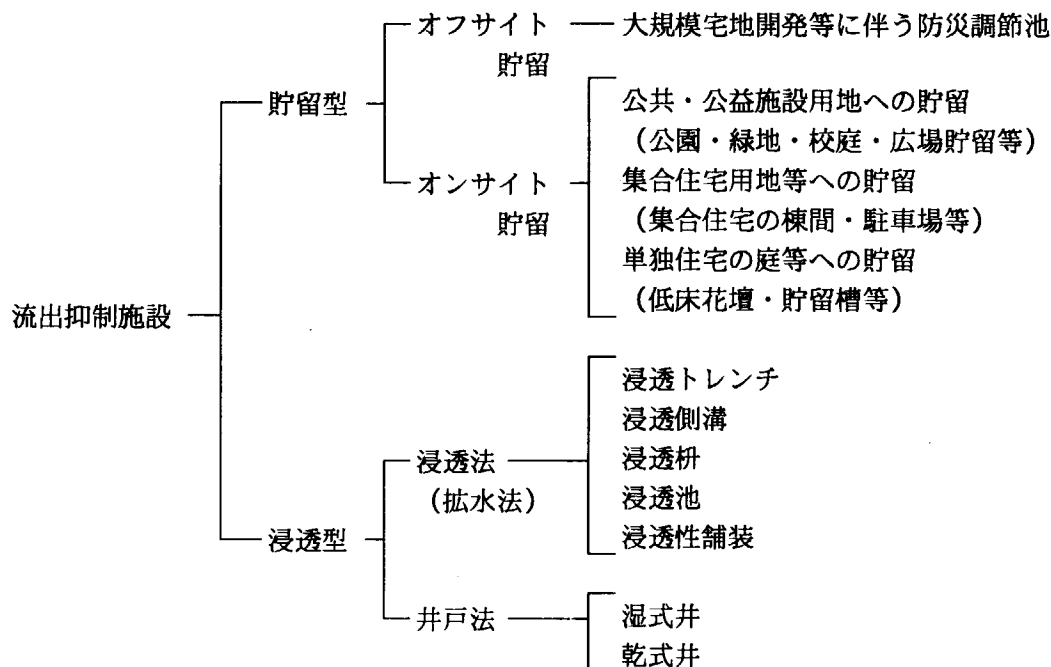


図-4.3.4 流出抑制施設の種類

流出抑制施設の効果については、大規模な防災調節池を除き個々の施設の評価ではなく、マクロな集合体（流域分担量）として次のように算定する。

① 防災調節池

集水面積が流域全体の1割を越えるような施設の場合は、個別に流域分割を行い、ダムの場合と同様にオリフィスによる洪水調節を流出モデルに組み込み、その効果を算定する。

② 流域貯留施設

規模の小さい防災調節池や流域貯留施設については、流域分割の中でこれらの施設を総合して効果を算定する。すなわち、各施設の集水面積、有効貯水量及び河道の流下能力を考慮した計画放流量に基づき、各施設を合成した一つのモデル流域を作成し、その流出量に対して計画放流量を与えて洪水調節効果を算定する。なお、計算貯留量が有効貯水量を越えた場合には、その時点で調節効果はなくなり、流入＝放流と想定する。

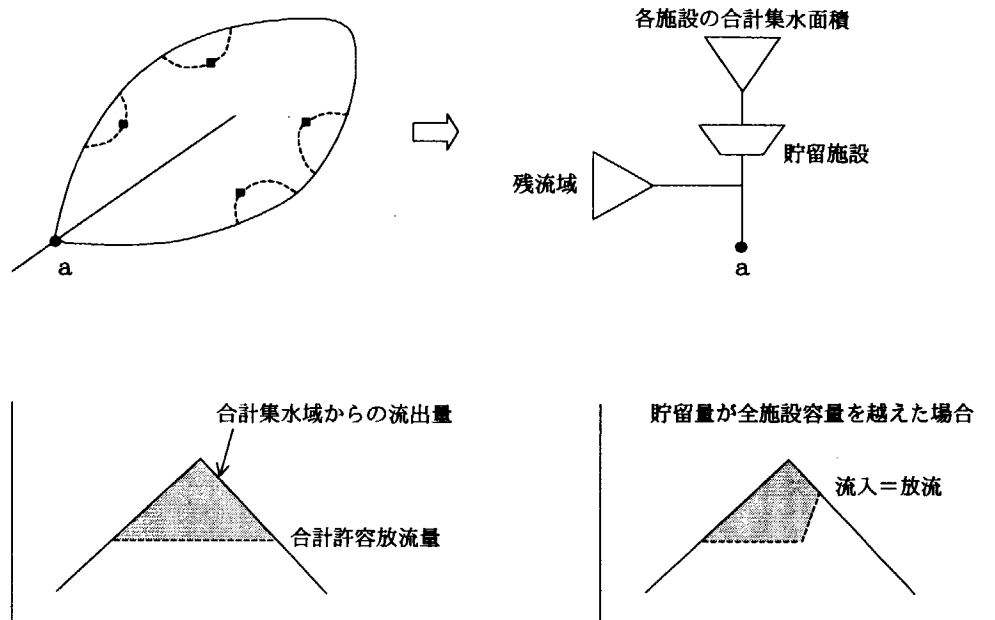


図-4.3.5 流域貯留施設を対象とした流出計算方法

③ 浸透施設

浸透型施設による対策の評価についても、貯留型施設と同様に考えられるが、この場合には、降雨量から浸透能に相当する部分だけ減じて得られた有効雨量を対象に流出計算を行う手法が一般的である。

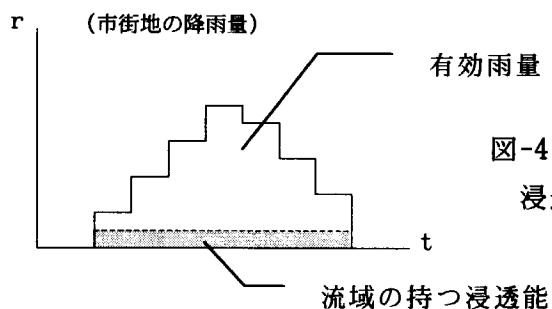


図-4.3.6 浸透施設を対象とした流出計算方法

4.3.2 計画高水流量の設定

(1) 流量配分

基準点の計画高水流量に基づき、河道計画上必要とする主要地点の計画流量配分を設定する。主要地点としては、支川合流点、洪水調節施設の計画地点等とし、河道計画区間の計画高水流量を明示する。

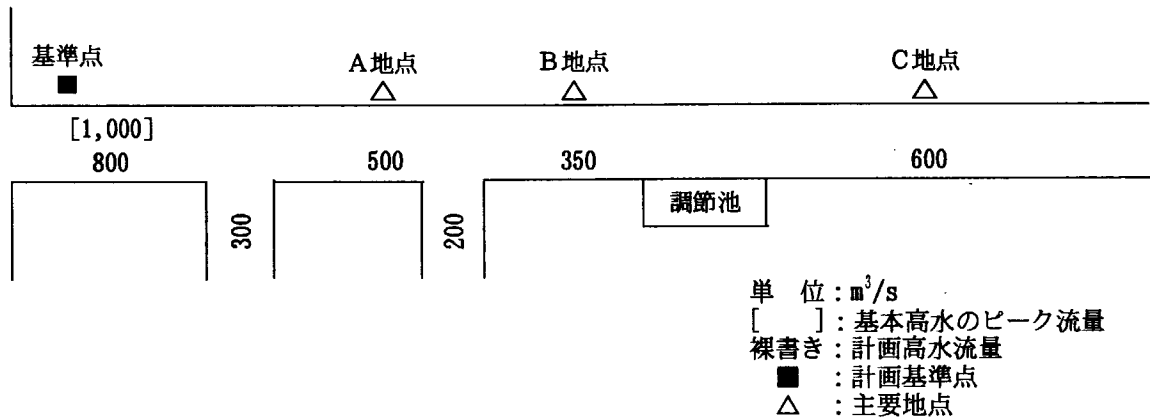


図-4.3.7 計画流量配分図 (イメージ)

(2) 計画流量の表示方法

一般に、計画流量の規模に応じて数字を丸めて表示されるが、その丸め方については下表を参考に、適宜判断する。

なお、洪水防御方式として流域貯留対策等、基本高水ピーク流量に比べ、施設の調節量が相対的に小さい場合、数字を丸めることが不適切な場合もあるので、個別に判断する必要がある。

流量 (m ³ /s)	最小単位 (m ³ /s)
100未満	5
100以上～ 500未満	10
500以上～ 1,000未満	50
1,000以上	100

4.4 水系内の計画の整合

4.4.1 本支川計画の整合

支川の計画高水流量を設定する場合には、本川計画との整合を図る必要がある。

(解説)

支川の改修計画を策定しようとする場合、本川の計画高水流量が先に定められている場合が多いので、本川計画との整合について検討する必要がある。一般に本川と支川では、計画の対象とする降雨の時空間分布や流出計算手法が異なることも多いため、計画規模の整合のみをもって計画の整合性を評価することは難しい。また、本川流域に対し比較的規模の小さい支川では、降雨から流出までの時差が本川のそれとは極端に異なったり、流出量が小さいなどの理由により、支川流量が本川流量にほとんど影響を及ぼさないことも考えられる。

これまででは、本川と支川との計画の整合の意味及びそれを評価する方法が明確でなかったことから、本川計画で対象とする降雨が生起した際の通過流量や、支川の属する流域での通過流量を比流量で支川に分配するなどの手法により、支川の流量を小さく押さえてきた場合が多い。つまり、各支川で最大流量が同時に発生しても本川基準点は計画水位以下となるように、本川にとって安全側に支川の流量を設定してきた。

ここでは、本川と支川（あるいは上流と下流、以下同じ）といった水系内における計画の「整合」の基本的な考え方について整理するとともに、水系内の計画の整合について検討する一手法を提案するものである。ただし、この手法についてはあくまでも現段階における一つの考え方であり、今後議論を深めていくことが必要である。

(1) 整合についての基本的考え方

水系内の本川と支川の整合について検討する場合、次の2つの「整合」に留意する必要がある。

① 計画論としての整合

一般的に本川と支川では、背後地の重要度が異なる。特に大河川の下流部は人口、資産が集中し、築堤河川である場合が多いため、洪水被害のポテンシャルが上流部に比べて非常に大きなものとなる。したがって、河川の大きさ、背後地の重要度、河道形態、過去の災害の履歴等を考慮し、適切な治水安全度を設定しなければならない。また、河道は上下流、本支川において連続しているものであるから、超過洪水による被害が水系内で適当に分散し、過度に特定の地域に集中することのないよう配慮する必要がある。

ここで治水安全度といった場合、「河川の計画的な整備を行っていく際の計画外力となる洪水の規模」という考え方と、「実際の洪水に対する背後地の安全性そのものの規模」という考え方がある。このうち、後者の考え方に基づいた場合、超過洪水に対応できるよう、越水あるいは浸透に対する堤防の質的強化を図る、あるいは本川と支川とで余裕高の設定の考え方に差をつけるなど、構造物やソフト対策により本支川計画の整合を図ることになる。

② 物理現象（流出現象）としての整合

本川と支川の流出量としての整合を同じ流出計算モデル上で検討しようとした場合、自然現象である降雨及び流出現象を物理現象として適切にモデル化する必要がある。このためには、本川と支川の降雨の時空間分布を定量的に評価して、適切に流出計算モデルに反映させる必要がある。

このような降雨の時空間分布、本支川の流出特性等を定量的に評価することが可能であれば、本支川の流量計画上の整合を図ることができる。

上記の両面の観点から本川と支川の整合を図ることが望ましいが、全てを同時に満たすことは一般に困難であるため、支川については、ナショナルミニマムの観点から治水安全度もしくは支川の氾濫特性等に応じた治水安全度を確保することを前提として、本川と流量計画上の整合を図ることを基本とする。

(2) 本川計画上考慮すべき支川の規模

比較的規模の大きい支川については、本川流出モデル作成時においてあらかじめ対象支川の流域分割を行い、支川で設定された流量が本川計画と整合が図られたものであるかを、本川流出モデル上で検討できるようにしておく必要がある。

この「規模」の考え方については、本川流域面積、流域の形態等によっても異なるが、以下の理由から $50\text{km}^2\sim 100\text{km}^2$ もしくは本川流域面積の5%程度が目安となると考えられる。

- 流域面積が $50\sim 100\text{km}^2$ 程度以下の支川については、降雨と流出のピーク時差が1時間未満となることも多く、10分単位の降雨や流量データを用いた検討を実施する必要があるが、本川モデル上で時間単位のデータに基づいて計算を行っても支川の流出特性を適正に評価することができない。
- 本川の流域面積が $1,000\text{km}^2$ 未満である場合については、 $50\sim 100\text{km}^2$ の支川は比較的大きな影響を及ぼすことが想定されるため、雨量観測所が密に設置されているという前提で、流域面積の5%程度を流域分割の目安とし、支川の流出特性を評価できるようなモデルとデータをもって本支川の整合について検討する必要がある。

また、小流域の支川については、本川基準点に寄与する流量が小さく、本支川でそれぞれ対象とする降雨が同時に生起する可能性が低いことから、本川計画と計画規模の整合を図った支川の治水安全度を設定し、当該支川にとって適切な流出解析手法を採用することにより、支川単独で計画を策定することができると考えられる。

(3) 流量計画上の整合について

基本高水の設定手法としては、計画規模に対応する計画降雨を定め、流出計算を介して基本高水を定める方法（以下、雨量確率手法という）及びピーク流量の年最大値資料を標本として確率統計解析を実施し、過去の洪水のハイドログラフから基本高水を求める方法（以下、流量確率手法という）などがある。

雨量確率手法を用いて流量計画を検討する場合、本川と支川とでは計画降雨量、流出ピークに寄与する降雨継続時間等、降雨の時空間分布が異なるため、一般に本川と支川の整合を評価することは難しい。すなわち、水系基準地点における基本高水の各地点通過流量と各地点で単独に検討された高水流量との間については、本川、支川の降雨の時空間分布や流出特性が異なるため、直接比較しても見かけ上の整合を議論するにすぎないことが多い。

降雨の時空間分布を評価する手法としては、DAD解析（降雨の時空間分布を評価した降雨解析）があるが、降雨や流出といった自然現象について今だ解明されていない課題も多く、算出される流量などの数値については一定の仮定に基づき算出されたものであり、取り扱いには注意を要する。

これに対して流量確率手法を用いて流量を算定する場合には、算定される流量は既に降雨の時空間分布及び流出特性を内包しているため、水系内の各基準地点における流量の生起確率の整合を図ることにより、本川と支川の整合を図ることが可能となる。

このため、本川計画との整合を考慮した支川計画の検討にあたっては、基本的に支川基準地点において流量確率を検討することが必要である。ただし、内水河川やピーク流量を統計的に把握できない河川など、流量確率手法により計画を検討するのが妥当でない支川については、別途扱いを検討する必要がある。

なお、内水河川については、本川計画上はポンプ排水量を考慮して、比流量で一定量を付加して扱う方法が一般的であるが、対象とすべき降雨が異なることが想定されるため、内水河川計画においては、本川計画とは独立して高水計画を検討すれば良いと考えられる。ただし、この場合でも本川水位が計画高水位を上回る恐れのある場合、ポンプの調整運転を行うなどの本川の安全性に配慮した操作が必要である。

(参考) DAD解析

面積平均雨量強度(depth)はその地域の面積(area)と降雨の継続時間(duration)に関連したものであり、降雨の観測値を処理してこれらの関係を明らかにする手法を頭文字をとってDAD解析 (Depth-Area-Duration analysis) という。

大雨は広い地域にわたって同時に降ることは少ないので、同一期間についていえば、着目する地域が広くなるほど面積平均雨量強度 (depth) の値は小さくなる。

Horton は大雨の雨量を分析し、地点雨量の最大値が P_0 であるとき、面積 A についての面積平均雨量強度 P は次の式で表されることを見出した。

$$P = P_0 e^{-KA}$$

ここに、 k 、 n は係数であり、雨によって異なる。24時間降水量についてHortonが計算した例では、 $k=0.1$ 、 $n=0.2$ 程度であった。

Fletcherは面積が A で、降雨の継続時間が D であるとき、面積平均雨量強度 P は次の式で表されることを知った。

$$P = \sqrt{D} \left(a + \frac{b}{\sqrt{A+c}} \right)$$

ここに、 a 、 b 、 c は定数であり、用いる単位や着目した地域の地理的位置によって異なる。

また、降雨の継続時間 D (duration)とその継続時間内の平均雨量強度 r (depth) の関係を設定する手法を DD 解析と呼び、いわゆる降雨強度式はこの解析により作成される。

(4) 妥当性を検討する視点

以上のような考え方に基づいて支川の計画高水流量が推定されるが、流量確率手法を適用した場合には、その推定値にある程度の幅を有していること、雨量確率手法の場合には、支川計画と本川計画との関係が不明であること等の課題がある。このため、推定された支川の計画高水流量に対し、本川流出モデルを用いて本川基準地点等の計画高水流量との整合性についてのチェック等を行い、妥当性を確認することにより、支川の計画高水流量を決定する必要がある。

整合性をチェックする手法としては、以下のような手法が考えられる。

① 通過流量によるチェック

一般に支川基準地点に比べ本川水系基準地点の重要度が高いことから、本川の基本高水群の流出計算結果等を用いて、以下のようなチェックを行う。

右図でA地点（本川水系基準地点）対象洪水のB地点（支川基準地点）通過流量（ $Q_B(A)$ ）とB地点の計画高水流量（ Q_B ）を比較することにより、支川の計画高水流量が本川計画上支障ないものかどうかをチェックする。

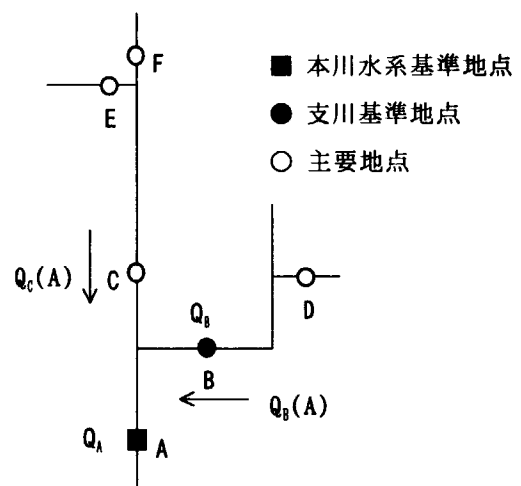


図-4.4.1 水系模式図

② 計画降雨量によるチェック

支川B地点における計画高水流量決定洪水の計画降雨の引伸し率 α を用いて、本川A地点の当該洪水の降雨の引伸し（ α をA地点の計画降雨継続時間雨量に乗じる）を行う。この結果、

① A地点引伸し後降雨量が計画降雨量よりも過大となる場合、

そのような洪水は本川計画上考慮する必要がないことから、B地点の計画高水流量はそのままの値を設定する。

② A地点引伸し後降雨量が計画降雨量と同等もしくは以下の場合、

A地点上流域に対してB地点の引伸し率を乗じて流出計算を実施し、A地点流量が計画高水流量以下であれば、B地点の計画高水流量はそのままの値を設定する。

A地点流量が計画高水流量を越える場合は、B地点の計画高水流量を再検討する。

③ 既往最大洪水によるチェック

支川における既往最大洪水が発生した時の実績降雨を本川流域に適用して流出計算を行い、本川A地点における計算流量が本川の基本高水流量を上回るようであれば、支川流量は本川に悪影響を及ぼしていると考えなければならない。逆に、本川A地点における計算流量が本川の基本高水流量以下になる場合においても、④に示す方法により支川流量チェックを行う必要がある。

④ 比流量によるチェック

上記の手法により設定された支川流量に対し、他支川及び県内河川で比流量に著しい差異がないかをチェックしておく必要がある。

また、(参考)に示すような角屋の比流量曲線を用いて、本川基準点における流量との整合についてチェックする方法も考えられる。

(参考)比流量曲線による支川計画高水流量のチェック

角屋らは、合理式とkinematic wave法に基づく到達時間式、Horton型D A_r関係式(降雨の強度と面積との関係式)及びSherman型D D関係式(降雨の強度と継続時間との関係:雨量強度曲線)より、洪水比流量包絡曲線の関数形を導き、実測資料による検証により次

$$q = KA^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45})$$

式を提案した。

ここに、 q :最大洪水比流量 ($m^3/s/km^2$)、 A :流域面積 (km^2)、 K :地域係数

同時に地域係数 K を次のように与えている。北海道:15、東北・山陰・瀬戸内:26、北陸:28、福島県阿賀野川流域・長野県:20、関東。中部・近畿:32、瀬戸内特別域(淡路島・小豆島周辺と広島県の一部):40、紀伊南部・四国・九州:49

角屋の式において、定数 K の値については地域毎に示されており、この値を用いて導かれる比流量曲線をここでは最大比流量曲線と呼ぶこととする。しかし、このままでは対象とする地域の比流量のおおよその最大値を得るにすぎない。このため、具体的に支川の計画比流量を本川計画との関係から評価するためには、定数 K の値を本川基準点における基本高水のピーク流量に対する比流量と流域面積から設定する必要がある。

例えば、図-4.4.2に示す△印が本川基準地点における流域面積と比流量を示しているが、ここを通るように定数 K の値を設定した比流量曲線を計画比流量曲線と呼んでいる(本川でダムなどの貯留施設がある場合においても、支川の流量はダムなしの状態で考えることが妥当である)。

当該支川で算出された比流量が、この計画比流量曲線より下に位置していることを確認すれば、水系内における降雨のDAD関係を満たしており、本支川計画の整合が図られていると考えられる。また、本川が改修途上である場合についても、同様の手法で本川の整

備水準に応じた計画比流量曲線を描くことにより支川流量のチェックが可能である。ただし、この曲線は水文統計上の平均的な値を示しているに過ぎないため、この曲線のみによって支川の流量を設定することは適当ではなく、あくまでも別途設定された支川流量のチェックに用いることが望ましい。

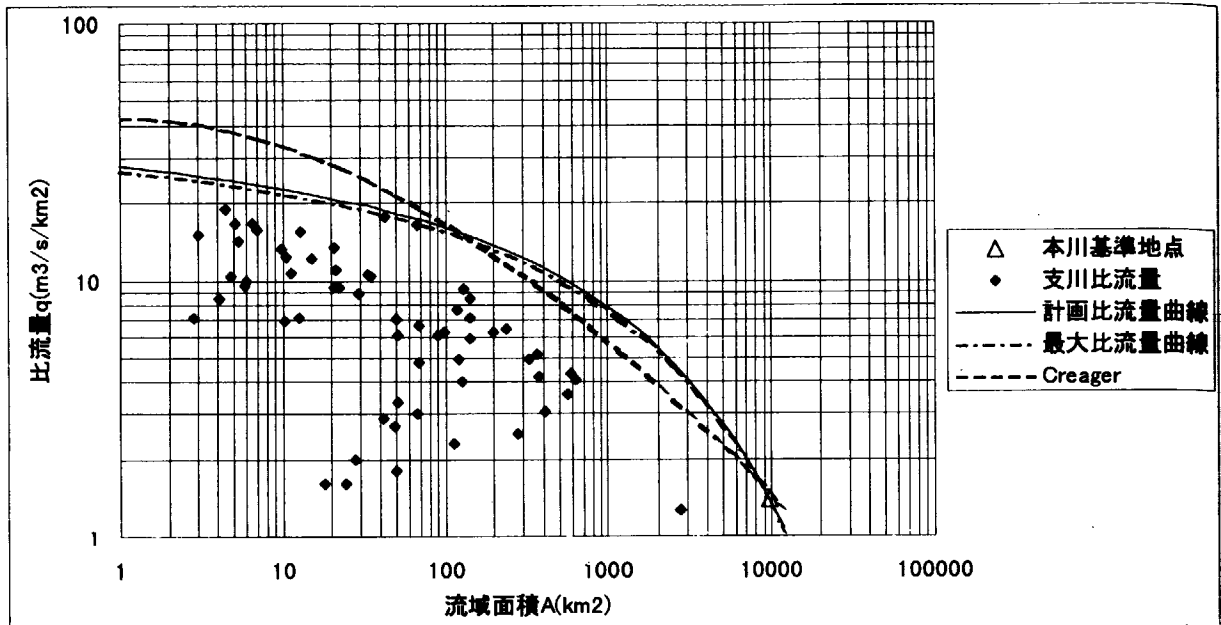


図-4.4.2 比流量曲線図 (本川基本高水ピーク流量)

4.4.2 支川流域内における計画の整合

中小河川計画区間内における計画高水流量配分は、本支川あるいは上下流間で計画上のバランスを考慮して設定する。

(解説)

直轄河川の一次支川流域内での本支川、上下流および二級水系の本支川、上下流などといった中小河川計画区間内においても、計画の整合について検討する必要がある。すなわち、図-4.4.3において支川の流量をB地点単独で定める場合と、Aの通過流量あるいは比流量等をもとに定める場合が考えられる。

計画論上は、個別の支川単独で計画を立案した場合には、本川の安全度を相対的に低下させることも想定されるため、単に流量計画の整合だけでなく、計画のバランス面からの配慮が必要である。すなわち、中小河川では、計画を上回る洪水が生起する

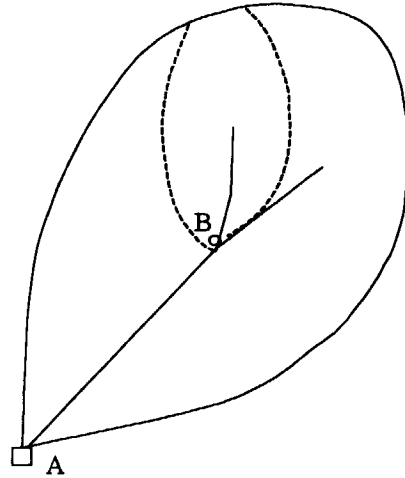


図-4.4.3 中小河川における本支川流域

可能性が高いことに留意して有堤、掘込等の築堤状況や、背後地の状況等を勘案して治水安全度を設定すべきであり、計画上のバランスを図る必要がある。

(参考) 合理式による整合性のチェック方法

支川流域内における支川間の流量計画の整合をチェックする方法として、流域内の降雨の空間分布を無視（一様の雨が降る）して、合理式の確率降雨強度式を適用する方法が考えられる。

降雨強度式は、降雨のDD関係（降雨の継続時間と平均雨量強度との関係）から確率処理により設定されたものであるため、降雨が流域内で一様という仮定のもとでは、面積が異なっても計画規模と降雨強度について確率論的に整合が図られる。

このため、洪水到達時間を本支川間において適切に設定すれば、降雨強度式を用いた合理式により算出されるピーク流量は、本支川で整合性を有していると考えられる。

具体的には、図-4.4.3において、A地点とB地点において計画規模の整合性を保てば、両者ともに合理式を用いて計画高水流量を決定した場合、流量計画上の整合性は保たれると考えられる。ただし、対象区域内の重要度や築堤形態等の面からバランスを考慮しておく必要がある。

仮にA地点について、別途計画降雨を定め、貯留関数法等の流出モデルを介して計画が決定されている場合には、以下のように考える。

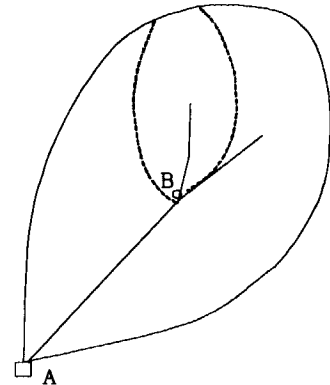
ダム等の貯留施設がない場合には、A地点の洪水到達時間を設定し、計画高水流量と同値となる到達時間内降雨量を逆算する。この逆算された到達時間内降雨量より確率を求め、これを合理式に基づくA地点の計画規模とする。支川B地点では、この計画規模と整合を

図った確率規模により合理式を用いて計画を定めれば良いと考えられる。

本川上流にダム等貯留施設がある場合には、A地点の基本高水のピーク流量を対象に上と同様の検討を行えば良い。

(適用例)

直轄河川の支川(右図A地点)の計画高水流量が定められている場合について、その二次支川(B地点)の計画高水流量を設定する。



- (1) 支川計画が合理式により定められている場合
A、B地点の計画諸元は以下のとおりである。

	流域面積 A	流出係数 f	洪水到達時間	備考
地点 A	55km ²	0.75	120分	洪水到達時間はクラークン式による
地点 B	15km ²	0.75	54分	

また、降雨強度式はアメダスデータを用いて作成された以下のFair式を採用する。

$$r_t^T = \frac{bT^m}{(t+a)^n}$$

ここに、 r_t^T : T年確率 t 時間雨量強度 (mm/hr) で、 $a=2.35$ 、 $b=65.6$ 、 $m=0.20$ 、 $n=0.76$ とする。

① A地点計画高水流量

計画規模を1/30とし、貯留施設は考えないものとする。
計画高水流量は合理式により以下のように定められる。
確率降雨強度はFair式により42.4mm/hrである。

$$Q_A = \frac{1}{3.6} f \cdot A \cdot r = \frac{1}{3.6} \times 0.75 \times 55 \times 42.4 \doteq 490 \text{ m}^3 / \text{s}$$

② B地点計画高水流量

計画規模はA地点と同じく1/30として検討する。

○ 合理式により定める場合

確率降雨強度はFair式により52.9mm/hrである。

$$Q_B = \frac{1}{3.6} \times 0.75 \times 15 \times 52.9 \doteq 170 \text{ m}^3 / \text{s}$$

○ A地点通過流量(比流量)により定める場合

$$Q_B = 15 / 55 \times 490 \doteq 140 \text{ m}^3 / \text{s}$$

上記いずれを採用するかは、A、B地点の重要度のバランス、築堤形態等を勘案して決定することとなる。

(2) 支川計画が本川計画の流出モデル等により定められている場合

A地点の計画高水流量が貯留関数法で $400\text{m}^3/\text{s}$ と設定されているとする。

① 合理式によるA地点の計画規模の評価

合理式によりA地点洪水到達時間雨量は、以下となる。

$$r = \frac{3.6Q}{f \cdot A} = \frac{3.6 \times 400}{0.75 \times 55} = 34.9\text{mm/hr}$$

この降雨強度に相当する計画規模（確率年）を前述の Fair 式をもとに算定する。

$$T = \sqrt[m]{\frac{(t+a)^n}{b}} \cdot r = 114\text{年}$$

② B地点計画高水流量

本川計画と整合を図り、合理式により設定する。

確率降雨強度は確率規模を11.4年として、Fair式により 43.6mm/hr となる。

$$Q_B = \frac{1}{3.6} \times 0.75 \times 15 \times 43.6 \doteq 140\text{m}^3/\text{s}$$

因みにA地点の比流量で定めた場合は、 $110\text{m}^3/\text{s}$ となる。

(参考)アメダスデータを用いた確率降雨強度式*

検討手順は以下のようである。

まず、全国アメダス観測点の時間雨量データを用いて全アメダス観測点における各年(1976~1995年)の年最大 t 時間雨量($t=1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72$)を求め、この年最大 t 時間雨量データ20年分に対して岩井法を適用し、それぞれの t 時間雨量に対応する対数正規分布の確率密度関数を求める。次に、この確率密度関数を用いて再現年を T 年($T=2, 5, 10, 15, 20, 30, 50$)、降雨継続時間を t 時間としたときの確率 t 時間雨量(mm/ t 時)を求め、それぞれを確率降雨強度 I (mm/ t 時)に変換する。こうして7通りの T 、8通りの t に対して計56通りの確率降雨強度を求め、これを元に確率降雨強度式を同定する。

確率降雨強度式としては、スタンフォード大学Fair教授によって提案され、Fair式として知られている式(1)を用いた。

$$I = \frac{b}{(t+a)^n} \cdot T^m \quad (1)$$

ここで、 I は降雨強度、 T は再現年、 t は降雨継続時間、 a, b, m, n は係数である。式(1)は、もともと下水道計画におけるピーク流量の推定を目的としたものであり、 t の単位を分に取り、5~6時間程度までの適用を前提としたものであるが、今回は t を時間単位とし、72時間までのデータをもとに曲線式のあてはめを試みた。

式(1)のパラメータ同定においては a を0.05刻みで変化させ、それぞれの a に対して最小二乗法により b, m, n の最適値を求め、各 a, b, m, n の組のうち、56個の元データとの相関係数が最大となるものを採用することとした。

参考資料に全国の各アメダス観測所の確率降雨強度式を示す。

*) アメダスを用いた確率降雨量分布図の作成, 鈴木俊朗, 寺川 陽, 土木技術資料38-12, 1996

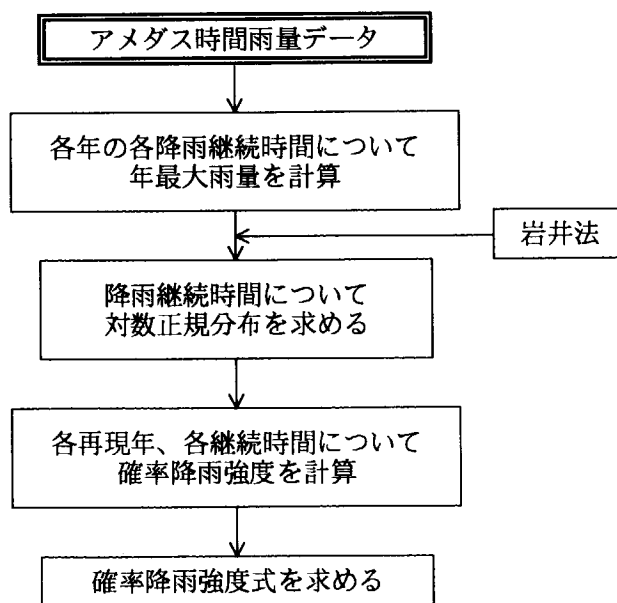


図-4.4.4 確率降雨強度式の作成

5. 河道計画

5.1 河道計画策定の基本的考え方

河道計画の策定にあたっては、当該河川及び流域の特性等を十分に把握し、的確に計画に反映させる。

(解説)

河道計画は唯一無二のものではなく、幾つかの選択肢が存在している。それらの選択肢の中でどの案を採用するかは、当該河川の有している課題、周辺の自然社会環境、沿川住民と河川の係わりなどにより大きく異なるものである。

中小河川は、地域と密接に関連している場合が多いため、どのような経緯を経て計画の絞り込みを行ったのかを明確にしておくことが重要となる。その際、河川管理者は以下の事項に留意し、計画の立案を行うことが肝要である。

(1) 治水安全度の確保

① 流下能力の確保

河道計画では、第一義的に計画高水流量を計画高水位以下の水位で安全に流下させる河積を確保することが重要であり、沿川及び現河道の有する自然環境や土地利用状況等を勘案しつつ、河道断面の設定を行う必要がある。

② 超過洪水時の安全性確保

中小河川の計画規模は、概ね 1/10~1/50 程度のものが多く、超過洪水の生起する確率が大河川に比べて高いにも関わらず、超過洪水に対する配慮がほとんどなされていないのが現状である。このため、超過洪水が発生した場合に、流域や氾濫原において生じる現象を想定し、必要に応じて氾濫原を考慮に入れた対策や、氾濫流の戻り水を処理する施設計画等、総合的な治水対策に関して検討することが重要である。

(2) 自然環境、沿川環境との調和

① 自然環境との調和

これまでの河道計画は、治水に重点をおき、できるだけ早く、かつ経済的に洪水を流下させる機能を重視して河川を捉えてきた観がある。そのため、定規断面に見られるような画一的な河道形状で河道の改修を行い、沿川住民の意見や河川環境に配慮したものとは言い難いものもあった。

中小河川は、流域住民にとって親しみやすい身近な自然空間であり、河川環境への関心の高まりから、自然豊かな水際や河岸を保全・再生することが望まれている。

今後策定する河道計画においては、沿川住民が安心して暮らしていくために治水安全度の確保を図ると同時に、次世代に引き継ぐための河川環境を保全・整備し、川と沿川の風景とが調和した美しい景観、川らしさなどを保っていくことが必要である。

② 沿川地域との調和

河川は生活、歴史、文化など地域社会と密接な繋がりをもった存在であり、川と沿川に住む人々とのより良い関係を今後も維持・増進させ、改修等により河川と沿川地域との結びつきを分断することのないようにしなければならない。そのためには、地域に密着した

「川らしさ」の保全・創造を念頭において、住民との対話により地域に愛される川づくりを行う必要がある。

③ 沿川地域の計画との整合

中小河川の計画は、周辺のまちづくりなどと密接に関係しているものが多い。このため、沿川の他事業の進捗を考慮した効率的な計画を策定し、事業の推進を図ることが重要である。

特に、河川沿いに存在する道路事業との関係は、潤いある水辺空間の保全・創造、管理用通路等の問題から重要になることが多く、十分に留意する必要がある。また、沿川に公園や土地区画整理事業等の面的整備が計画されている場合は、特に計画の整合を図ることが重要である。

なお、民間の宅地開発等が予定されている場合には、その影響について把握し、流出抑制施設の設置を指導するなど、必要な措置がとられるように十分に調整する必要がある。

(3) 維持・管理に配慮した計画

① 河道特性の尊重

維持管理が容易な河道計画を策定するためには、河道の水理特性を十分に把握し、安定的な河道となるように河道断面の設定を行う必要がある。安定的な河道とは、今後計画する河道が大きな変動を伴わず、流下能力を確保するための維持管理が容易となる河道を意味している。このような安定性に配慮することが、経済的にも効率的な河道を形成することに結びつくことになる。

また、川にはそれぞれの個性があるため、その川の特徴を考慮した河道計画を策定することが、自然に配慮した川づくりにもつながることとなる。

② 流域全体で見た土砂管理

近年、上流の砂防ダム等による流出土砂抑制や砂利採取により、河床低下が問題となっている河川が見受けられる。これは、上流からの土砂供給が少なくなったことや人為的な掘削のため、かつての河床の安定バランスが崩れたことを示している。河床低下により、河積が増加し流下能力は大きくなるが、現在設置されている河川構造物の安全性が維持できなくなったり、河口部では海岸線が後退するなど自然環境上の問題も発生している。

したがって、河道を流水が流下する水路としてのみ見るのではなく、土砂等の物質が循環する経路としても捉え、適正な物質循環が図れるように留意することが必要である。なお、こうした捉え方をした場合には、水系一貫した総合的な土砂への対応について検討を行うことが不可欠となる。

③ 住民との役割分担

河川に対する沿川住民のニーズは多様化し、河川管理の内容も必然的に多岐に渡ることになる。このためには、河川管理者としての限界を認識し、沿川住民との役割分担を示し、地域住民と協働して川づくりを推進していく必要がある。

(4) わかりやすい計画

① モニタリング

自然現象を反映した計画を策定するための知見や技術は過去と比べて格段に向上しているものの、自然現象には不確定要素が多々あり、その適用技術には限界があることも事実である。

このような認識のもと、河道計画においては維持管理とモニタリングを行い、これを計画にフィードバックするシステムが重要となる。

② 合意形成

河川管理者と住民の共働により良好な河川環境の維持・増進を図っていくためには、計画内容に対する住民の十分な理解が前提となる。このためには、客観的評価が可能な河道計画を策定し、わかりやすく住民に計画を説明し、また住民の意志を計画に反映させる等行政側の努力が必要である。

(5) 総合的計画

河川は、自然を享受できる空間であるとともに、自然の脅威を感じさせる空間でもある。

平常時には清流が流れる自然豊かな河川であり、出水時には洪水を安全に流下させることのできる河川が望まれている。この二つは一見矛盾した存在のようにも思われるが、視点を拡げ流域の水循環という観点で捉えれば、必ずしも実現不可能なものではない。

河道計画の策定にあたっては、総合的・広域的な観点から河川及び流域の問題点・課題を整理し、必要な対策が実施できるよう心掛ける必要がある。

5.2 河道計画の策定手順

現況の河道特性、改修の実現性、治水、利水、環境等の河川機能の確保、持続可能な維持管理など総合的な視点から河道計画の妥当性について評価し、調和のとれた河道計画を策定する。

なお、改修後においても定期的にモニタリングを行い、必要に応じて河道計画にフィードバックする必要がある。

(解説)

本手引きで取り扱う河道計画は、治水一辺倒の画一的なものではなく、当該河川の有している特性を十分に把握した上で、治水、利水、環境の観点から個々の河川特性に応じ維持管理を見据えた河道計画を策定しようとするものである。

検討の手順としては、まず現況河道の流下能力、河川環境特性、及び河道特性について十分な検討を行い、河道計画策定上の現況河道の課題を整理し、その課題を解決する方針について検討を行う必要がある。

既に計画が策定されている河川とされていない河川とでは検討フローが異なるが、計画が策定されていない河川では、現況の課題や要請を踏まえ、計画高水流量に応じた概略の計画河道の検討を行う。計画が既に策定されている河川においては、当該河川の有する課題や要請から、既往計画を実現することが困難な場合には、計画の抜本の見直しを行うものとする。

次に当該河川の有する課題や要請を受けて、治水・利水・環境機能のバランスのとれた河道計画を策定するための基本方針を設定する。この基本方針に沿って、河道形状を検討し、様々な視点から妥当性を検証し、計画全体が均整のとれた計画となるまで、修正を繰り返した上で、最終的な河道計画が決定されることとなる。

河道計画策定後は、これに基づいた河道改修を実施することとなるが、改修途中では改修河道の応答性を見ながら、モニタリングを徹底し、支障が生じた場合には再度河道計画にフィードバックする必要がある。

本手引きでは、次に示すフローの各項目別に、基本的な考え方や技術的知見等を記載している。ただし、環境に関しては、各河川、地域に応じて幅が大きいいため、特筆すべき留意点のみを記述している。

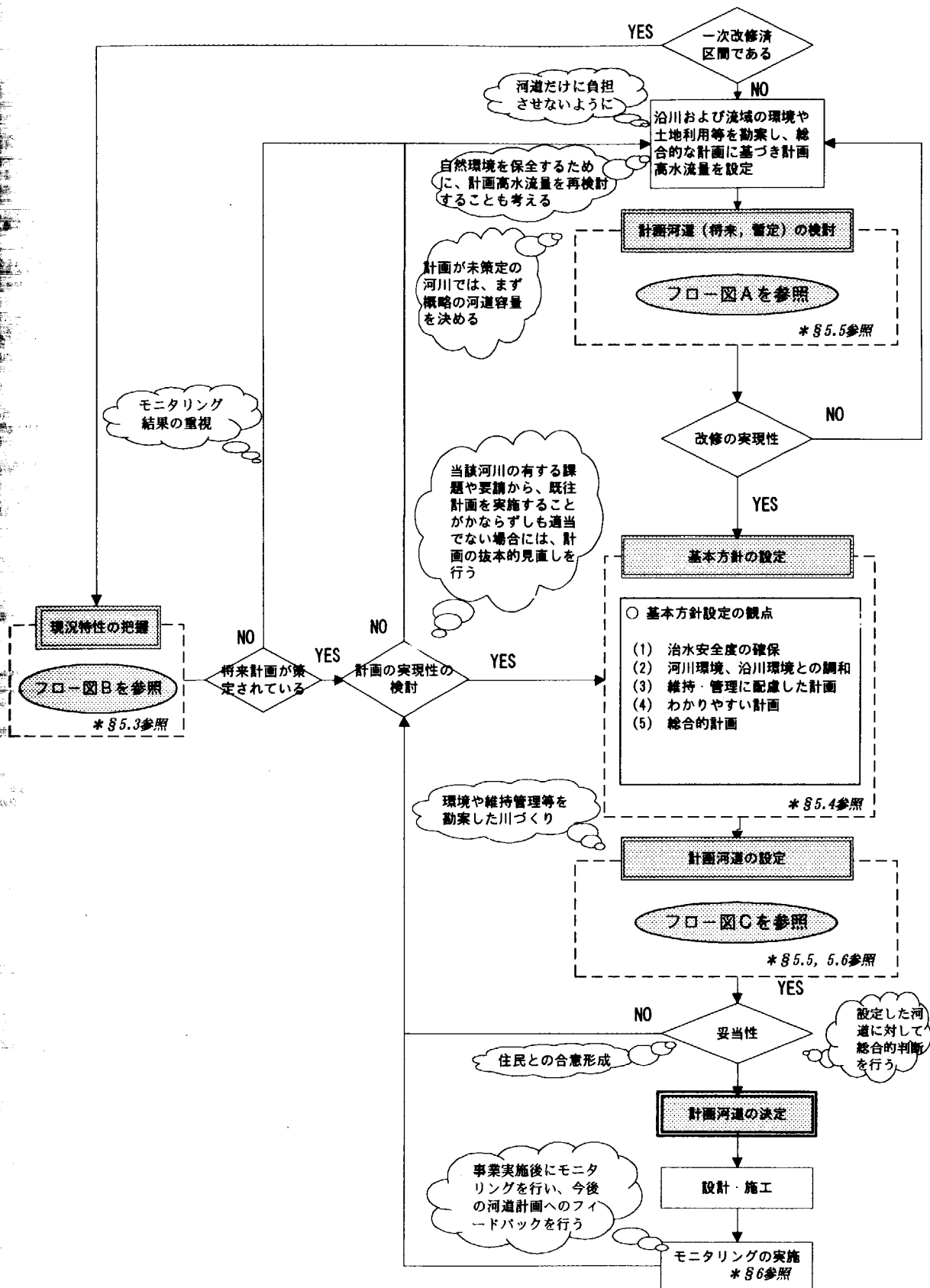
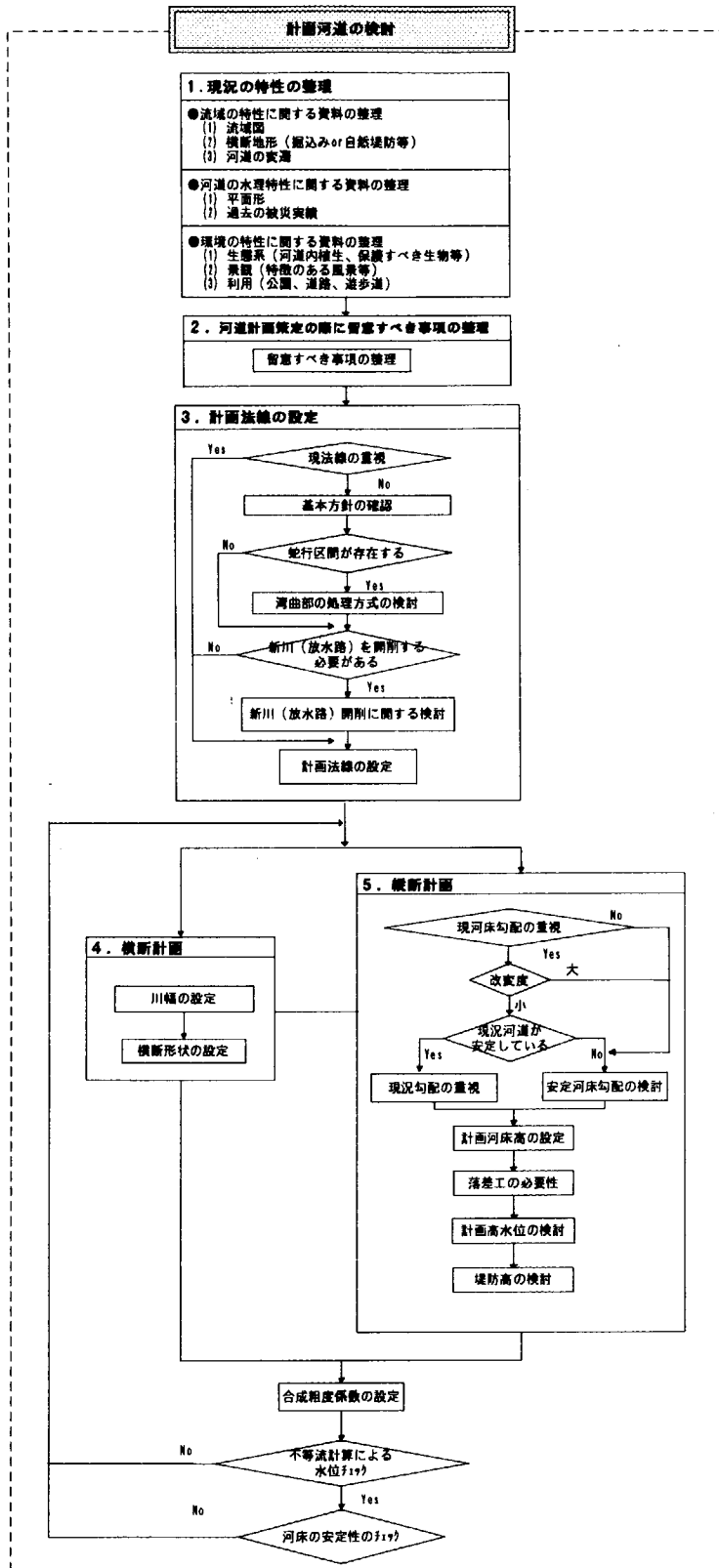


図-5.2.1 河道計画の策定手順



※河道の水理特性と環境特性の整理を行い、河道計画を策定するうえでの基礎資料とする。

※水辺の国勢調査等の環境調査に関する文献により守るべき環境について把握し、環境に配慮した川づくりを行ううえでの基礎資料とする。

※現況の特性把握により、守るべき自然環境を保全すべき場合には、洪水防衛計画との整合について考慮しつつ計画高水流量の再検討を行う。

※現況の特性整理結果や、流域住民の要望等から河道計画を策定するうえでの留意事項を整理する。

法線の設定にあたっては以下の点に留意する

- ① ゆるやかな法線形とする
- ② 固定点を決め、地形を生かす
- ③ 沿川に計画されている関連事業と整合を図る
- ④ 守るべきもの (建物、自然環境、生物等) を抽出し、総合的に勘案し、決定する

河川内の環境のみならず、沿川の土地利用状況にも配慮し、横断形状を設定する。

一様な幅にしない
一様な形状にしない

前で設定した法線が現法線を重視しない場合 (ショートカットや放水路)、安定河床勾配の検討を行う必要がある。

現河道が安定している場合は、現況河床勾配を尊重した河床勾配を設定する。現況河床が安定しているかの判断をする際には、河床変動の経年的な変化について調査を行う必要がある。

河床高を設定する際には $v_0 = 0.45 \sqrt{H}$ (調、堰などの横断構造物) や、合流点の本川河床高に留意する。

安定河床勾配を設定することにより河床高の連続性が維持できない場合は落差工の設置を考慮する。堤内地盤高との関係を考慮して計画高水位堤防高の検討を行う。

計画高水位に構造上の余裕高を加えたものが堤防高となる。掘込み河道の場合、上下流のバランスを考え、余裕高をとるために緊張することのないように留意する。

設定した横断形状に対応した相度係数を設定する。

掃流力による河床の安定性の確認 (掃流力<限界掃流力 v_c の比較等による)。河床の安定性を確保できない区間が短い場合は帯工等による河床の固定も考える。

フロー図A

(1) 縦・横断・平面形
 <横断面>
 (整理内容)
 現況の河床横断や横断構造物の位置を整理する。
 (目的)
 計画河床勾配の設定、コントロールポイントの把握、河床の安定を把握するために必要。
 <横断面>
 (整理内容)
 堤内地と川との高さ関係が把握できる程度の幅を整理する。
 (目的)
 平均河床高、局所的な洗掘、河道と堤内地との関係を把握するために必要。
 <平面図>
 (整理内容)
 河道とその周辺の土地利用がわかる平面図を作成する。
 (目的)
 全川的な河道の状況(法線形)を把握するため必要
 (2) 河床材料
 (整理内容)
 河床材料調査の結果を粒径加積曲線図等に整理する。
 (目的)
 河床の安定性の指標となる掃流力の算定、及び河床部の粗度係数の設定の際に必要となる。
 (3) 破壊、越水崩壊箇所
 (整理内容)
 被災箇所や被災原因、また横断構造物や護岸の形状や根入れの深さ等を整理する。
 (目的)
 河道のわづら箇所(流下能力が不足)や、湾曲等の外力による被災原因を把握するために必要。

※流下能力縦断面図を作成し、全川的な流下能力のバラツキを把握する。流下能力の評価水位は、計画高水位を基本とするが、当該河川の有堤区域と無堤区域の判別がつくように、堤内地の地盤高相当の水位についても流下能力を算定する。

・合成粗度による設定方法
 河床部と法面の各々の粗度を合成し、全断面粗度係数を設定する。

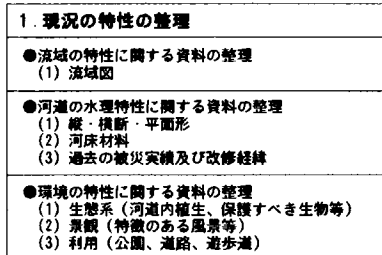
・逆算による粗度係数の検証
 合成粗度を観測データ(流速、水位)と横断面図から検証する。観測時の水位が、計画高水位に満たない場合には、簡単な手法で粗度係数を補正する。

※現況河道の流下能力、河川横断構造物や護岸等の状況を考慮した河道の安定性を整理する。

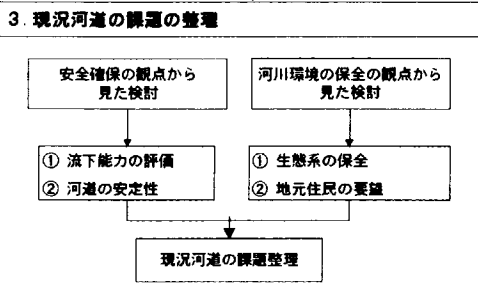
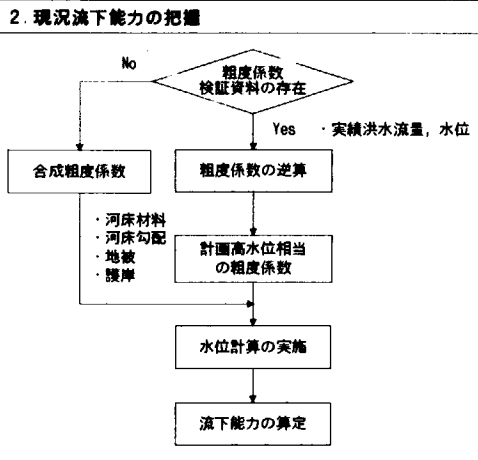
① 流下能力の評価
 現況の流下能力を、治水安全度の指標として整理するとともに、流下能力不足となる要因を整理する。

② 河道の安定性
 測量成果より経年的な河床高の変化を把握する。その際、堰上流の堆積区間、床固めなどによる河床安定効果、本川合流部の河床変化についても把握する。継続的な測量成果が無い場合は、橋脚や護岸などの基礎の露出状況や住民に対するヒアリング等により河床の状況について把握する。また、河床変動の大きな要因である砂防ダム等の影響についても把握する。

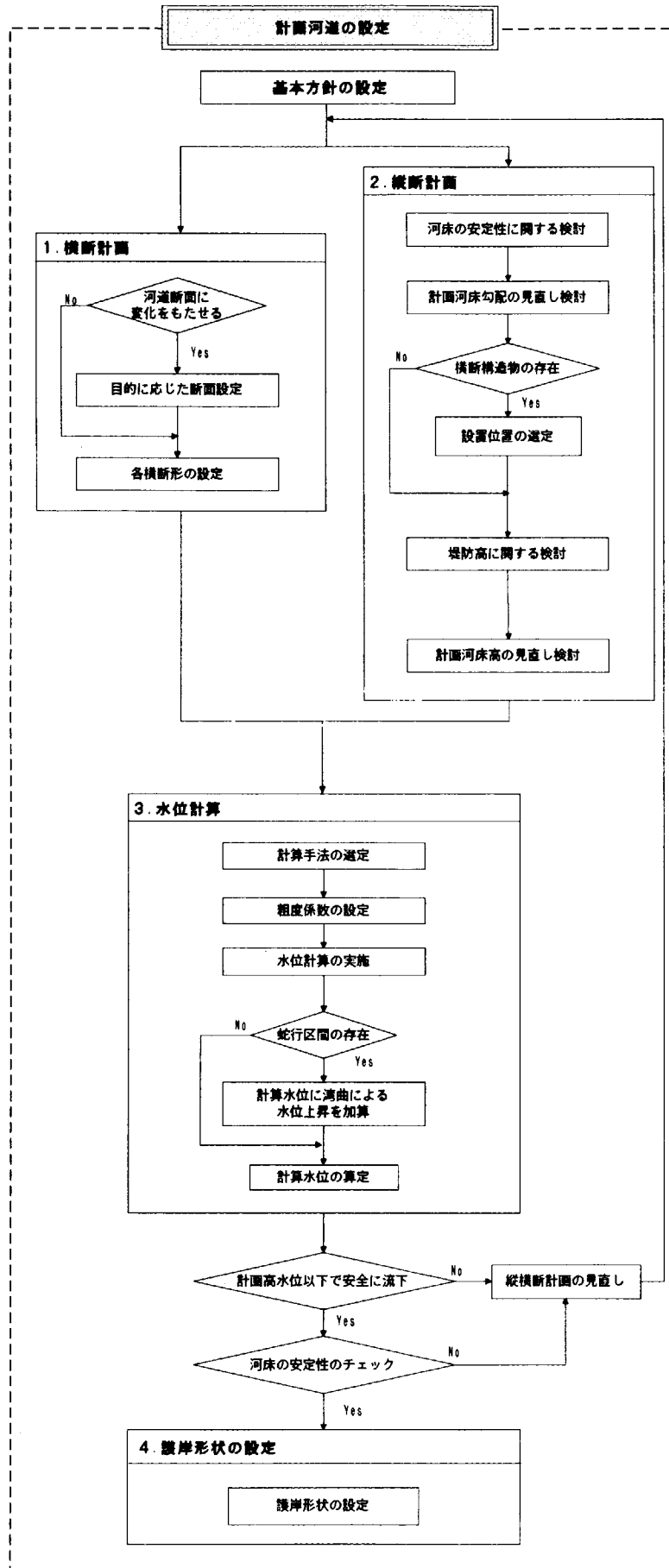
現況特性の把握



(1) 流域図
 (整理内容)
 流域全体の土地利用や洪水調節施設、砂防施設、開発動向を整理する。
 (目的)
 流域全体から見た河道の位置づけの明確化と関連事業との整合を図る。



フロー図 B



- ・部分的に川幅を広げる、断面形状を変化させる
- ・生態系への配慮
- ・湾曲部の護岸形状
- ・管理用通路の確保
- ・堤内地の土地利用状況
- ・河川の利用

・超過洪水を勘案した施設配置計画

・超過洪水が発生した時の災害ポテンシャルや内水被害を勘案して適切に堤防高を設定する。

・出発水位、断面形状の変化、横断構造物（橋や落差工）等による水位変化の影響を把握するために不等流計算によるチェック。

・計画断面と将来の維持管理状況を勘案した粗度係数の設定

・出発水位、構脚による水位上昇等を必要に応じて考慮

・不等流計算結果に基づき、必要に応じて計画高水位の見直しを行う。計画高水位を再設定する際は、不等流計算により算定した各地点の水位を包絡するよう、直線近似で設定する。特に落差工を設置しようとする際には、不等流計算によるエネルギー勾配を用いて河床の安定性についてチェックする。

・超過洪水を勘案した護岸形状の設定

フロー図 C

5.3 現況特性の把握と課題の整理

現況河道の特性を把握し、河道内で生じる自然現象を反映した河道計画を策定するため、対象河川固有の特性、解決すべき課題及び河道計画策定に際して考慮すべき制約条件などを整理する。

(解説)

現況特性を把握することは、河道計画を策定する際の川づくりの視点、河道の安定性の判断、粗度係数などの水理的条件の設定を行うために最も基本となる事項であり、この調査・検討の精度が、河道計画に大きく影響を及ぼすため十分な精査が必要となる。

適切な河道計画の策定を行うためには、河川全体の特徴に配慮したうえで河道計画策定上の課題を抽出し、把握することが重要である。

5.3.1 現況特性の整理

目標とする治水安全度（流下能力）を有し、用水取水などの水利用、自然生態系などの河川環境を損なわず、維持管理の容易なバランスのとれた河道計画を策定するため、流域特性と河道の水理特性及び自然環境特性の大きく3項目に分けて現況河道の特性を整理する。

(解説)

流域特性と河道の水理特性及び環境特性項目に関し、表-5.3.1 に示す細目毎に河川固有の特性を踏まえ、住民説明の資料も意識して分かりやすく整理する。

表-5.3.1 現状の特性の整理項目

項目	細目	目的	整理内容
(1)流域の特性に関する資料の整理	1)流域図	流域全体から見た河道の位置づけの明確化と、関連事業との整合を図る。	流域全体の土地利用や開発動向、洪水調節施設、砂防施設の配置を整理する。
	2)横断地形	河道と堤内地の高さ関係を把握する。	掘込み河道の区間と堤防の区間を平面図等を用いて整理する。
(2)河道の水理特性に関する資料整理	1)縦断形	河床の安定性の把握、河床勾配変化地点の把握、計画河床の勾配を設定する。	現況の河床縦断や横断構造物（橋、落差工、用排水施設等）の位置を整理する。
	2)横断図	平均河床高、局所的な洗掘、河道と堤内地との関係を把握する。	堤内地の状況が分かる程度の範囲を整理する。
	3)平面図	全川的な河道の状況（法線形）や流域の状態を把握する。	河道とその周辺の土地利用がわかる平面図を作成する。
	4)水位・流量データ	粗度係数の検証を行う。	観測結果を表や図を用いて整理する。
	5)河床材料	河床の安定の指標となる掃流力の算定、及び河床部の粗度係数を設定する（水理特性諸量の算定方法に関しては巻末資料を参考）。	河床材料調査の結果を粒径加積曲線図等に整理する。
	6)過去の被災実績及び改修経緯	河道のネック箇所や湾曲等の外力による被災原因を把握する。また、河床変動による河川管理施設等の安定性を評価する。	被災箇所や被災原因、また横断構造物や護岸の形状や根入れの深さ等、河川管理施設の状態を整理する。
(3)環境特性に関する資料の整理	1)生態系	生態系に配慮した川づくりを行う。	生態系調査（水辺の国勢調査）等の環境調査に関する文献や住民のヒアリング等により、河道内の植生や保護すべき生物等を整理する。
	2)景観	景観に配慮した川づくりを行う。	特徴のある風景の場所及びビューポイントを住民のヒアリング等により平面図に整理する。また、河川の景観に大きな影響を与える平常時の流水状態の把握も行う。
	3)利用	河川利用者の要望に配慮した川づくりを行う。	沿川の公園や遊歩道等住民に親しまれている箇所や住民が不満を感じている箇所、また、住民の要望を平面図に整理する。

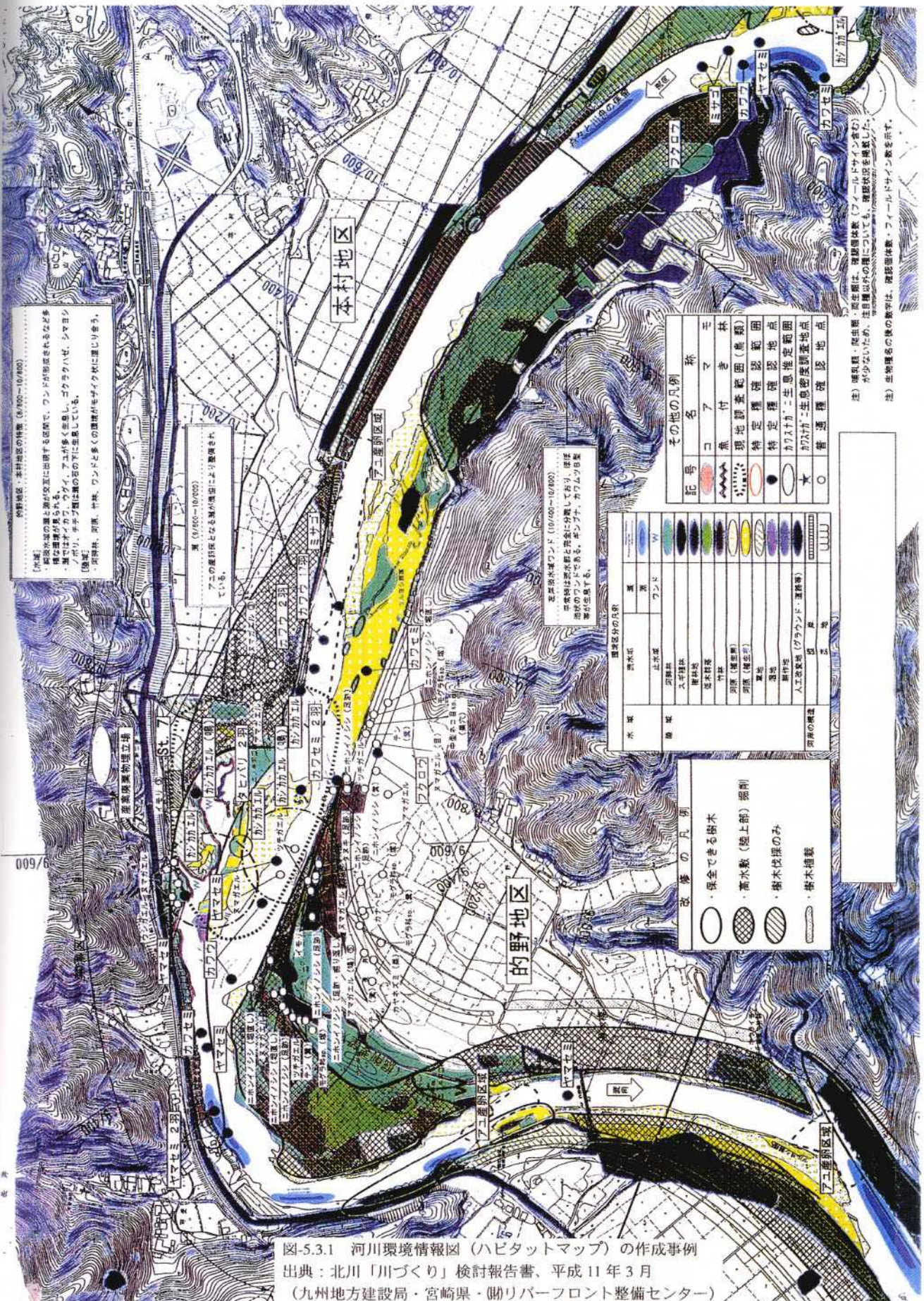


図-5.3.1 河川環境情報図(ハビタットマップ)の作成事例
 出典: 北川「川づくり」検討報告書、平成11年3月
 (九州地方建設局・宮崎県・開りバーフロント整備センター)

5.3.2 現況流下能力の把握

現況河道の治水上の課題・問題点を明らかにするため、現況河道の流下能力を把握する。

(解説)

すでに段階的に河川整備・河道改修が実施されている河川において、新たに河道計画を策定する場合、先ず現況河道が有する課題・問題点を整理し、明確にする必要がある。そのため、現況の河道が有する流下能力を算定し、全川的な治水安全度を把握することにより、河道のネック箇所（流下能力の不足区間）を抽出する。

現況河道の流下能力の算定は、原則として不等流計算を用いる（5.5.2.1 水理計算手法及び 5.5.2.3 粗度係数の設定参照）。流下能力の評価水位は、現況の堤防高から余裕高を引いたものを基本とする。ただし、現況堤防高が計画堤防高より高い場合は、計画高水位を評価水位とする。また、参考として有堤区間においては、超過洪水の際の危険箇所を把握するため、堤内地盤高相当の水位についても流下能力を算定することとする。流下能力算出後、河道のネック箇所や全川的な治水安全度バランスを把握するために、図-5.3.1 に示すような流下能力図を作成する。

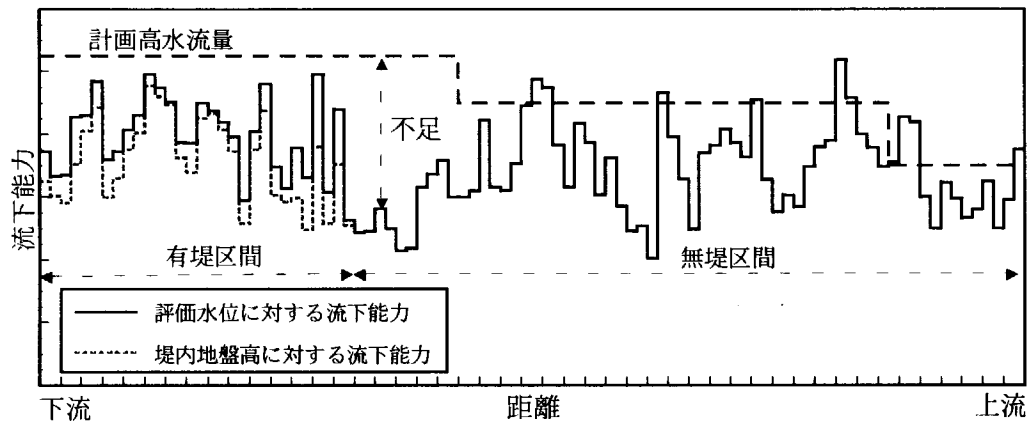


図-5.3.2 流下能力図

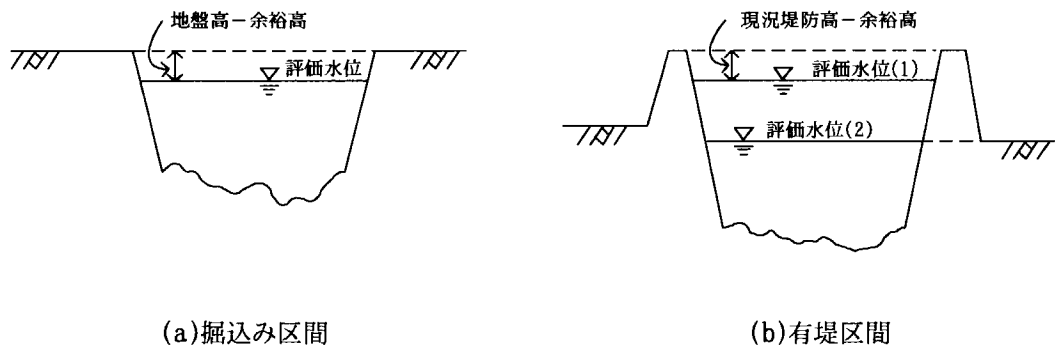


図-5.3.2 流下能力の評価水位

5.3.3 現況河道の課題の整理

河道改修により解決すべき現況河道の課題を整理し、河道改修上の制約条件、考慮事項を把握する。

(解説)

現況特性の調査結果を基に、“安全の確保”、“沿川環境との調和”、“維持管理”の観点から河道改修にあたっての制約条件、考慮事項を整理する。

(1) “安全の確保”の観点からの課題の整理

計画高水流量を安全に流下し得ない箇所に対し、周辺の土地利用等を勘案して、改修の際の課題、制約条件及び考慮事項を整理する。

(2) “河川環境の保全”の観点からの課題の整理

河川環境の保全の観点は、現況の良い所、保全すべき所を明確にすることにある。

① 生態系の保全

河川には様々な生物が生息・生育し、多様な環境が形成されている。これらの生態系の生息・生育の場を確保するための課題を整理するとともに、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。

② 景観

川は、その位置する地形や地質などの周辺の自然環境や農村、都市といった社会環境の違いによって、様々な顔を有しており、これら川の原風景をできるだけ残すための課題を整理するとともに、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。

なお、既改修により原風景がなくなってしまった河川では、新たな景観を創造するための課題を整理する。

③ 利用

人間が河川を利用するという点にも配慮する必要がある。そのため、住民の要望等を勘案し課題を整理するとともに、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。

(3) “維持管理”の観点からの課題の整理

将来にわたって安定的な河道を維持するための課題を整理するとともに、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。

河道の安定性を把握する手法としては、測量成果を基に経年的な河床高の変動傾向（縦断的）と滞筋の位置（横断的）を調査するとよい。継続的な測量成果がない場合は、橋脚や護岸などの基礎の露出状況や住民に対するヒアリング等により河床の変動状況について低下傾向なのか堆積傾向なのか等を把握する。対象河川が安定的でない場合は、不安定となっている原因を検討し、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。現在の河道が安定的である場合は、安定を保っている要因を検討し、改修の際の制約条件、考慮事項を整理する。なお、対象河川が支川の場合は、本川の河床変動傾向に影響されるので、合流点付近の本川の河床変化にも留意する必要がある。

また、計画施設として新たに河川構造物を設置する場合は、既設河川構造物による局所的な河床変動状況調査結果等を精査し、計画施設設置の留意事項としてとりまとめ、施設配置計画の参考とする。

5.4 基本方針の設定

当該河川の有する課題や要請を受けて、治水・利水・環境のバランスを考慮し、維持、管理にも十分留意した河道計画を策定するための基本方針を川ごとに設定する。

(解説)

対象河川の河道計画を策定する際には、まず、総合的・広域的な観点から、川づくりのイメージを明確にする（総合的計画の観点）。

そして、川づくりのイメージを具現化するために、河道計画策定の基本的考え方で述べた以下に示す3つの観点から基本方針を設定する。

- (1) 治水安全度の確保
- (2) 自然環境、沿川環境との調和
- (3) 維持、管理に配慮した計画

この基本方針をもとに、河道計画を策定する際、住民に対しわかりやすい計画であることが重要である。わかりやすい計画を策定することにより、行政と住民の共働作業による良好な河川環境の維持・増進が期待できる（わかりやすい計画の観点）。

計画段階で把握できる状況には限界があることを十分に認識し、事業実施後においても定期的なモニタリング調査を行い、今後の河川計画へのフィードバックを行うものとする。

また、河川管理に際しては、河川管理者の行い得る限界を提示するとともに、沿川市町村、沿川住民との役割分担を明確にし、地域住民と共働して川づくりを推進していく必要がある。

5.5 計画河道の設定

5.5.1 平面線形の設定

河道の平面線形は、河道の水理特性や沿川の土地利用等を総合的に勘案し決定する。

(解説)

河道の平面線形の設定にあたっては、現法線を重視することを基本とするが、防災上または環境保全等の観点から法線を修正する際は、河床の安定性や自然環境及び沿川に計画されている事業等との整合性に留意する。法線を変更する際には、以下の点に留意する。

○ 自然環境への配慮

法線形の設定にあたっては、自然環境に特に配慮する。その際、河道内の自然環境だけに配慮するのではなく、沿川の環境にも配慮する。例えば、沿川に樹林帯などの良好な自然環境が残されている場合には、可能な範囲で樹林帯の伐採を避けるよう法線を設定する。また、現河道内に湧水のある地点や特徴的な植物の群生地などがある場合には、自然環境の保全の観点からできるだけ法線の変更を行わない対応が必要となる。

○ 沿川に計画されている事業との整合

拡幅やショートカットする場合には、沿川市町村などが計画している事業との関連を把握し、計画区域が重複しないよう、あるいは重複する場合には複合利用を考えるよう整合を図る。

○ 河道特性を大きく変えない

河川には、洪水流や土砂の変動を制御する機能がある。例えば、水衝部となっている山付部や、岩床が露出している区間を改修すると、当該区間だけでなくその上下流を含めたその河川全体の水理特性に影響を与えることがあるので、このような区間は固定点と考え、こうした特徴を生かして、平面形を考えていく。

(参考)

参考に法線を設定する際の具体例を以下に示す。

○ 蛇行区間の取り扱い

これまでは、土地の有効利用の観点から、川を直線化してきたことが多い。しかし、蛇行区間では、外岸側にM型の淵^{*5.5.1)}が形成されていたり、内岸側では土地利用上の制約から樹林帯が形成されるなど、景観も含めて良好な環境を保っていることが多い。

こうした区間は、河川並びに沿川の自然環境にとって貴重なものであることが多いため、河道改修にあたってでもできるだけ保全することを考える。

なお、湾曲部では水位上昇^{*5.5.2)}や渦による流速増加^{*5.5.3)}の影響を適切に評価し、護

*5.5.1) 蛇行の水衝部が深掘れしたもの (Meander; 蛇行)

*5.5.2) 水位上昇量の算定手法は、§5.5.2.5を参照のこと

*5.5.3) 渦による流速増加の評価方法に、平均流速に補正係数を乗じる方法がある (詳細は「美しい山河を守る災害復旧基本方針」pp.5-16を参照のこと)。

岸の設計に留意する必要がある。

しかし、住宅地など防護すべきエリアがある場合は、守るべき重要度と防護するためにかかる費用、リスク等を総合的に勘案し現川重視かショートカットかを決定する。ただし、ショートカットする場合には、河床変動に対する十分な検討を行う必要がある。

○ 旧川の処理

ショートカットする際は、極力周辺環境と調和させる施工を行い、また旧川をできるだけ有効利用する。

例えば、旧川をワンド状に残してその沿川を水辺公園として残したり、出水時でも洪水流量の一部は旧川を流れるようにしたりすると、河川環境の保全や治水上の余裕として生かすことができる。

(施工前)



施工箇所の旧河道部には土砂が堆積しており、中の島と堤防がつながっていた。(平成5年10月)



旧河道跡地は完全に陸地化していた。(平成6年2月)

(施工後5ヶ月)



高木や水際の水生植物が繁茂し、良好な生態空間を形成している。

(平成7年8月)

写真 旧川の空間をうまく利用した事例

(出典) (財) リバーフロント整備センター:「多自然型かわづくりの取組みとポイント」, pp.167, 1996

○ 霞堤を生かす

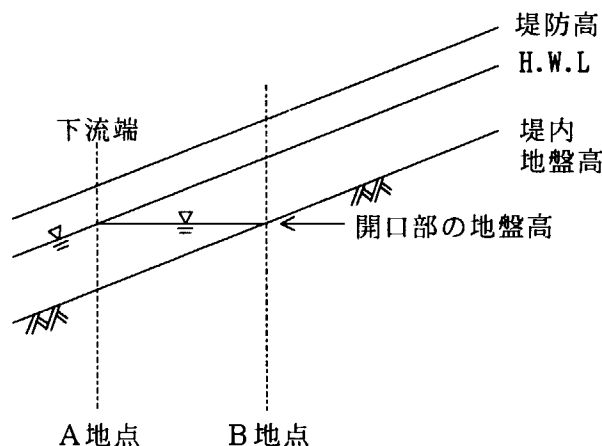
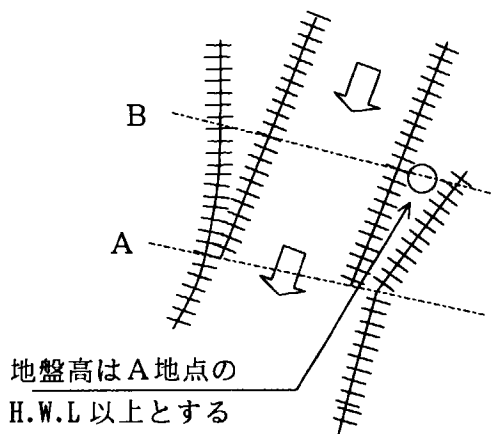
急流河川では、予想を上回る洪水が生起した場合の洪水被害を軽減するとともに、内水排除を容易にするために霞堤を築造してきた歴史がある。

霞堤を設けることにより、堤内地への氾濫水がすみやかに河道に戻り、湛水時間を短縮できる他に、洪水時における上流からの流れを霞堤開口部から堤内地に一時的に遊水させることにより、下流への流量や流速を低減させる効果がある。

現在霞堤がある区間では、霞堤を生かした洪水防御計画についてまず考慮すべきである。ただし、霞堤により堤内地が湛水する場合には、あらかじめ地権者との合意形成が必要である。

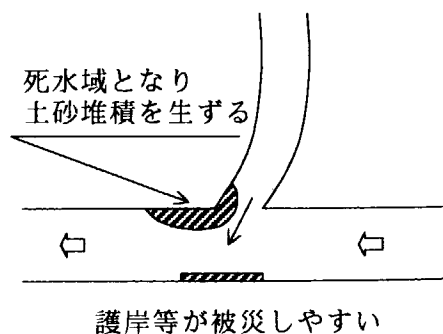
霞堤を生かす場合、河畔林を植栽することも考えるとよい。河畔林を植栽することにより、霞堤開口部から堤内地への洪水氾濫時における土砂流入の軽減や、堤防保護、及び生態・景観面からの河道内植生の連続性確保などの効果が生まれるからである。

なお、開口部（図中B地点）の地盤高は、下流側の堤防端部（図中A地点）の H.W.L 以上を確保できるようになっていることが望ましい。



○ 支川の合流線形

合流角度が大きいと下流側に死水域が生じ、土砂堆積を発生させる。このように局所的な死水域は、本支川とも合流点の上流側に対してせきあげを生ずる結果となる。また、合流角度が大きい場合は、支川単独の出水で対岸の護岸が被災することもある。そのため、支川の合流については緩い角度ですりつくよう配慮する必要がある。ただし、死水域となり土砂堆積を生じるような箇所は、良好な自然環境を形成し得る可能性が大きいことにも留意する必要がある。



なお、樋管は堤体の安全確保上、堤防と直角にする必要があることから、背後の支川もそれに合わせた線形とするとともに、生息環境の連続性を確保するため、平常時は連続した水面を確保できる構造とすることが望ましい。

○ 他事業との調整

沿川にすでに予定されている事業計画があれば、用地などの面で調整を図っておくとともに、公園事業などの場合には、区域内にワンドを配置したりするなど、地域づくりと一体となった河川整備を心がける。この場合、管理協定について十分検討しておく必要がある。

関連する主な事業は、道路、公園、公共施設などの公共事業の他、民間の大規模開発や土地区画整理事業等である。

5.5.2 河道計画に用いる水位計算

5.5.2.1 水位計算手法

河道の水位計算は、基本的に不等流計算を用いる。

また、複断面河道や樹木群の影響等を見逃すことのできない河道では、断面を分割して計算を行う準二次元不等流計算の適用についても検討する。

(解説)

水位に影響を与える要素としては、主に表-5.5.1 に示すような項目が挙げられる。表には、検討手法により考慮できるものとできないものを示している。

表-5.5.1 各計算手法で検討できる項目

水位に影響を及ぼす要素	等流計算	不等流計算
断面形状	○	○
河床勾配	○	○
低水路・高水敷の粗度	○	○
護岸部の粗度	○	○
出発水位（河口、合流点水位）	×	○
急拡・急縮等の断面変化	×	○
合流	×	○
河川構造物（橋脚・堰等）	×	○
湾曲	○	○
砂州	○	○
植生	○	○
低水路と高水敷の流れの干渉	○	○
下（上）流の影響	×	○

なお、直轄の大河川ではこれらの項目のうち、ほぼ全てを必須項目として水位計算に取り込んで河道計画を策定しているが、中小河川では計算に必要な資料の制約もあることから、検討目的・計算手法により検討項目を適宜、選定することが望ましい。

一例として、河道形状が縦横断に変化する一般的な河道において、不等流計算と等流計算により得られる水位を比較した事例を図-5.5.1 に示す。不等流計算では、任意地点の水位がその地点の下流断面における水位（射流では上流断面水位）から算出されるため、下（上）流水位の影響を適切に反映した連続的な水位を得ることができる。一方、等流計算では、各地点毎に水位が独立して得られるので、検討区間内に断面形状・河床勾配等の縦断的な変化や堰・橋脚等の河川構造物が存在する場合に、それらの影響範囲を評価することができない。それ故、一般的な河道で等流計算を行った場合、水位が不連続となり実際の水面形と一致しなくなることが多い。

今後の川づくりでは、治水面だけでなく環境面にも配慮した河道計画、つまり一様な定規断面による河道計画ではなく、現況河道形状を重視し、河道内樹木の存置による影響等をも考慮した河道計画を行う必要がある。また、流下能力の小さい中小河川では、橋脚や落差工等の構造物が水位に及ぼす影響も大きく、特に構造物設置地点より上流区間の堰上げを適切に考慮しなければならない。したがって、中小河川においても実際の水理現象の再現性が高く、精度良く水位を評価できる不等流計算を行うことが望ましい。

なお、水位に影響を及ぼす要素のうち、どの項目を考慮するかは、当該河川の規模及び重要度、沿川の土地利用状況等の諸条件を考慮し、適切に選定するものとする。

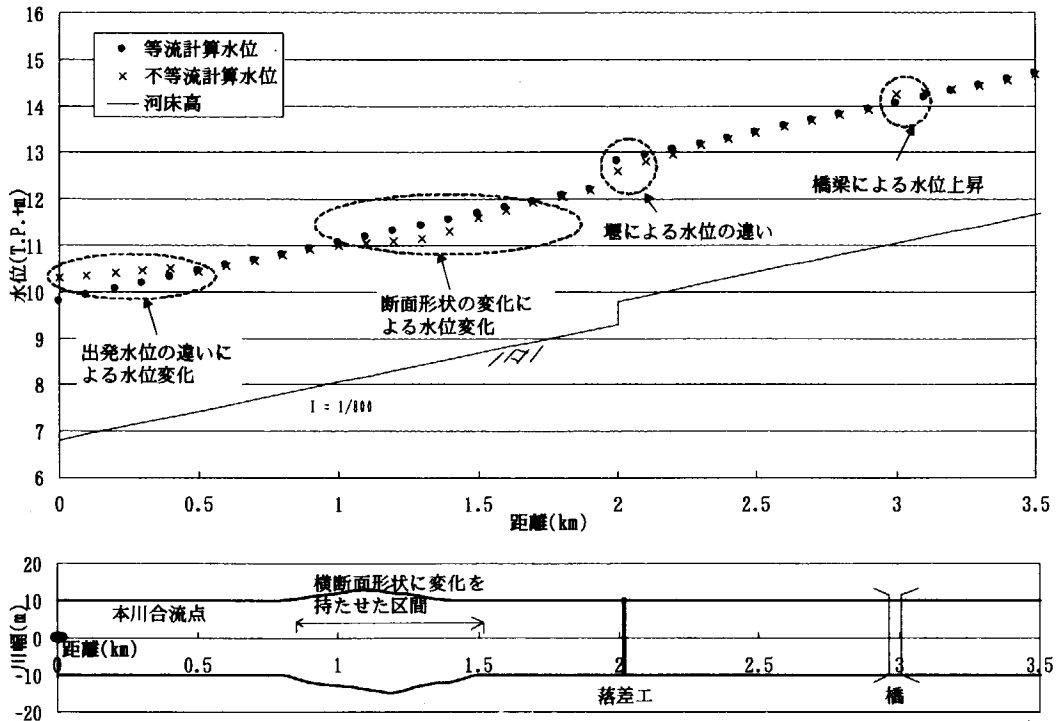


図-5.5.1 等流と不等流の計算水位の相違

ただし、以下の場合については、等流計算により水位を算定してもよい。

- (i) 急流河川で、常に射流が現れる
- (ii) 特に河川構造物もなく、横断面形及び河床勾配が変化しない

射流が現れる目安となる河床勾配は、フルード数 $Fr > 1$ の条件の下、 Manning式より次式で求めることができる。

$$I > n^2 g R^{-1/3}$$

ここで、 I は河床勾配、 n は粗度係数、 R は径深、 g は重力加速度である。仮に粗度係数を $0.03 \sim 0.05$ 、径深を $1 \sim 3\text{m}$ 、重力加速度を 9.8m/s^2 とすると、射流が現れる河床勾配は

$$I > 1/164 \sim 1/40$$

程度になる。

不等流計算は逐次不等流計算法を標準とするが、複断面河道で高水敷が広く、低水路流れと高水敷流れの相互干渉による抵抗の増加や樹木群の影響等を見逃すことのできない河道では、断面を分割して計算を行う準二次元不等流計算を用いる必要がある。計算方法は、「河川砂防技術基準（案）調査編」（建設省河川局治水課監修（社）日本河川協会編）を参照のこと。

解法の手順としては、流れが常流の時には、境界条件として最下流端に水位 H_2 (あるいは水深 h_2) を与え、距離 ΔX だけ離れた断面 I における水位 H_1 (あるいは h_1) を仮定して径深 R_1 、河積 A_1 を断面特性により求め、上式を用いて水位 H_1 (あるいは h_1) を計算する。これが先に仮定した H_1 と異なる場合は、 H_1 の仮定を修正して同様の計算を行い、計算値が仮定値と一致するまで繰り返し計算を行う。仮定した H_1 と計算した H_1 が一致すれば、この H_1 が断面 I における水位であり、これが求まるとさらに ΔX だけ上流地点の水位を同様の方法で計算し、順次同じ手続きを繰り返し上流に計算していく。

【常流と射流が混在する場合の取り扱い方】

流れが常流 ($Fr < 1$) の場合、任意地点の水面は流量と下流の水面とによって決定されるが、射流 ($Fr > 1$) の場合には下流の水面には関係なく、上流側の水面高によって決定される。そのため、常流と射流が混在する区間においては、流れの状態によって不等流計算を行う方向が異なるので注意を要する。実際に計算を行う際には、フルード数 Fr によるチェックを行い、支配断面の有無を確認しておく必要がある。そして、必要に応じて内挿断面を挿入し不等流計算を行う。

詳しくは「河川砂防技術基準(案)調査編、参考 6.12.1 支配断面が現れる場合」(建設省河川局監修 (社) 日本河川協会編) を参照のこと。

【等流計算式】

近似的に流れが等流と見なせる場合、以下に示す摩擦損失のみを考慮したマンニングの平均流速公式と連続式を用いて水位を算定する。ここで、近似的に等流と見なせる流れとは、堰・橋脚等の河川構造物の影響が及ばない区間、断面形状の変化が小さい区間での流れが相当する。

$$\text{マンニング式} \quad v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{連続式} \quad Q = Av$$

等流計算の場合、エネルギー勾配 I は、河床勾配で置き換えることができる。

5.5.2.2 死水域の設定

河道の形状や河道内樹木の影響を適切に考慮し、死水域を設定する。

(解説)

洪水時、河道の法線形及び縦断形によっては流線の剥離が生じ、摩擦損失以外によるエネルギー損失(形状損失)が発生する。理論上では、この形状損失は全て運動エネルギーに比例する形 ($K \cdot v^2 / 2g$, K : 損失係数) で表され、その時の損失係数 K は形状や流れの Reynolds 数等により定められる。しかし、複雑な法線形や流れを有する実河川においては、損失係数 K を適切に設定することは困難であるため、河道計画では死水域を設け、有効断面の減少として形状によるエネルギー損失を把握するものとする。死水域の設定方法は、河道の法線形については以下に示す方法で行うが、樹木群及びその背後にも死水域を設定する必要がある場合は、「河川砂防技術基準(案)調査編」(建設省河川局監修 (社))

日本河川協会編)を参照すること。

なお、河床の縦断的な急変は、局所的な深掘れ部分が相当するが、湾曲部に代表されるように深掘れ部分は死水域になりやすく、また河床変動が大きい中小河川では定量的に死水域を設定することが困難であるため、本検討では特に考慮しないこととする。

【河道の法線形による死水域の設定】

河道の法線形による死水域は、主に急拡部と急縮部に生じる。この死水域の設定は「河川砂防技術基準(案)、参考6.12.4死水域の取り方」に準拠し、以下に示す方法で行う。

急拡部の死水域は、急拡点から 5° の角度で広がる漸拡河道を想定し、それ以外を死水域とする。一方、急縮部では急縮部と比して流線の剥離による渦の形成領域が小さいので 26° の角度で漸縮河道を設定し、死水域を除去すればよい。ここで、想定河道を作成する際に基準となる線は、洪水流の主流方向に平行で、かつ河道と接するように設定するものとする。

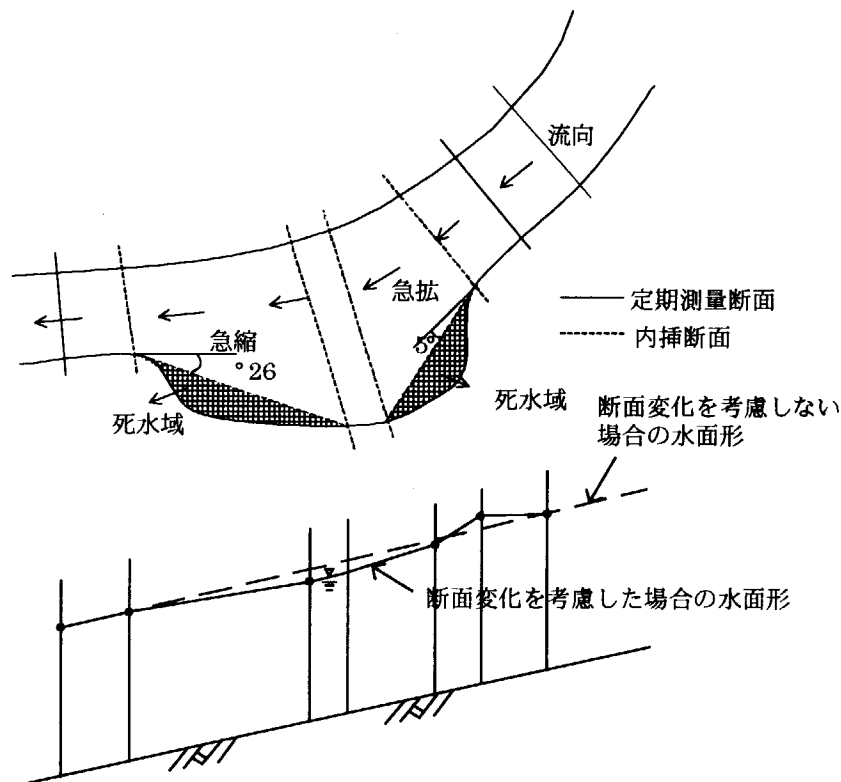


図-5.5.3 死水域の設定方法と水面形

また、図-5.5.3のように急拡・急縮部に定期測量断面(実線)がなく、急拡・急縮によるエネルギー損失を適切に把握することができない場合には、変化地点に内挿断面(破線)を挿入し、水位計算を行うことが望ましい。

(参考)内挿断面の設定方法

挿入する内挿断面は、以下の方法により設定することができる。

内挿断面の川幅、低水路位置、高水敷高等については、平面図・地形図等を用いて距離・標高を読みとり、低水路内の河床高に関しては、定期的に上下流で測量されている地盤高及び河床勾配を参考に適切に設定する。

5.5.2.3 粗度係数の設定

粗度係数は、河道状況および対象とする洪水規模を踏まえ適切に設定する。

(解説)

粗度係数は、水理量（水位・流速）に最も影響を与える要因の一つであるが、その値は一定値ではなく、河道状況（形状・河床材料・植生分布等）および洪水規模（水深）により変化し、様々な値をとる。そのため、河道計画においては河道状況および想定する洪水規模を踏まえ、適切な粗度係数を設定することが望ましい。

特に、計画河道及び計画高水位を検討する場合は、改修直後の計画河道を想定して粗度係数を設定するのではなく、将来の維持管理状況をも考慮し、長期的な視点から粗度係数を設定する必要がある。仮に標準断面（多自然型などを考慮しない場合）のみから粗度係数を設定した場合、粗度係数は実際の値よりも小さく設定され、表-5.5.2 に示すように治水上、危険側の計画となることがある。

表-5.5.2 粗度係数を実際の値よりも小さく設定した場合

検討項目	検討結果	想定規模の洪水が発生した場合
河道の断面設定	流下能力が過大評価されている	危険
護岸等の施設設計	流速が大きく評価されている	安全
遊水地等の越流量の算定	水位が低く算定され、越流量が過小評価されている	遊水地は危険 河道は安全

また、拡幅・掘削等の河川改修を行うことにより、河床形状・河床材料等の河道特性が大きく変化する場合は、特に注意して粗度係数を適切に設定しなければならない。

粗度係数の設定方法としては、大きく分けて以下の2つの方法がある。

1. 既往洪水データから逆算した粗度係数を設定（逆算粗度係数）
2. 河床や護岸などの粗度状況から粗度係数を設定（合成粗度係数）

当該河川において洪水時に水位・流量観測、痕跡水位の測定が行われ、精度上、十分な量と質の実測データが存在する場合に、粗度係数を逆算から求めて設定する方法が採用できる。また、十分な実測データがない場合、もしくはデータが存在していても精度に問題がある場合において、河道の粗度状況（河床材料、植生、護岸等）を合成して粗度係数を設定する方法がある。

これらの設定方法の長所及び短所は、以下のように整理できる。

表-5.5.3 粗度係数の各設定方法の長所及び短所

	逆算粗度係数	合成粗度係数
長所	<ul style="list-style-type: none"> 実績データを用いるため、様々な要素による洪水流への影響が集約されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 任意断面形状、洪水規模、粗度状況に適用でき、一般性、応用性が高い。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 逆算の対象とする洪水と計画対象洪水の生起とでは河床の状況が大きく異なることがあるため、1洪水のみで粗度係数を設定することはリスクを伴う。 実績データの精度に大きく左右される。 	<ul style="list-style-type: none"> 推定精度及び適用範囲に限界や不確定要素が残る。 土丹、岩河川に適用できない。 河床材料の平面分布、鉛直分布にばらつきが大きい場合、一律に設定することが困難である。

したがって一般的には、両者の欠点を補う形で2つの設定方法を併用し、粗度係数を適切に設定することが現実的な選択肢となる。つまり、河道の粗度状況から粗度係数を設定する一方で、その設定により既往代表洪水の逆算粗度係数あるいは洪水位を再現できるかを確認し、必要に応じて、設定粗度係数を修正する。あるいは、逆算粗度係数を設定することを試みる一方、逆算対象の洪水規模・河道状況と粗度係数設定対象のそれらとの違いを踏まえ、河床材料などの物理的な粗度係数を加味して、最終的に粗度係数を設定するものである。

【粗度係数の設定区間】

粗度係数は、各断面でそれぞれ設定するのではなく、河道区間を縦断的に河床材料、河床勾配、断面形状等により粗度係数がほぼ一定と考えられる区間に分割して、その区間毎に設定する。その際、粗度係数を一律に設定する区間があまり短くならないように注意する。

【逆算粗度係数の設定方法】

河道の平均的な粗度係数を逆算する方法は、流量観測による実績流量と洪水後に測定される痕跡水位を用いて以下の手順で行う。

まず、粗度係数を仮定して不等流計算を行い、得られた計算水位と痕跡水位とを比較する。そして、その誤差が許容範囲内に収まるまで粗度係数を変化させて計算を行い、逆算対象洪水位を精度良く再現できた時の粗度係数を逆算粗度係数として設定する。

逆算に用いる痕跡水位の選定にあたっては、精度の高い痕跡を重視する。また、左右岸の痕跡水位が大きく異なるような場合、あるいは下流の痕跡水位が上流のそれよりも大きいような場合でも、それらがデータの同一の精度と考えられる限り、計算水位がそれらの平均値を通るように粗度係数を求めるものとする。

詳しくは「河川砂防技術基準（案）調査編、参考 6.4 粗度係数の逆算法」（建設省河川局監修（社）日本河川協会編）を参照のこと。

【合成粗度係数の設定方法】

単断面河道における粗度係数の設定方法は、中小河川では川幅水深比が小さく、側壁（河岸法面粗度）の影響が無視できないことを考慮し、断面を河床部と護岸部（法面部）に分けて粗度係数を設定し、これらを合成して求める。この合成粗度係数は、各部位毎の粗度係数とその潤辺により次式を用いて求める。

$$N = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right)^{2/3}$$

$$S = S_1 + \dots + S_m$$

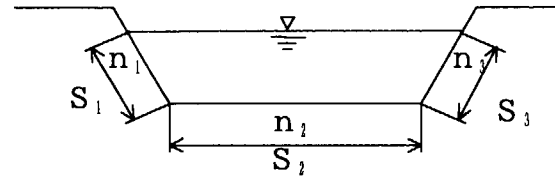


図-5.5.4 各部位毎の粗度係数及び潤辺の取り方（単断面の場合）

複断面河道の場合は、低水路、高水敷、護岸部に分けて粗度係数を設定しこれらを合成して求める。この式は、分割した断面間での流れの干渉（せん断力）を無視し、それぞれの断面で独立して流れが生じていると仮定して導かれたものである。

$$N = \frac{A \cdot R^{2/3}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{n_i} \cdot R_i^{2/3} \right)}$$

$$A = \sum A_i$$

$$R = \frac{A}{S} = \frac{\sum A_i}{\sum S_i}$$

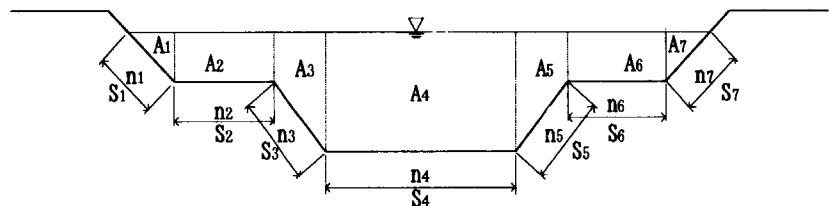


図-5.5.5 各部位毎の粗度係数及び潤辺の取り方（複断面の場合）

なお、河床部、護岸部の粗度係数算出方法及び合成粗度係数の算定方法については、「美しい山河を守る災害復旧基本方針、5-4 粗度係数」（建設省河川局防災・海岸課監修（社）全国防災協会）を参照のこと。

5.5.2.4 出発水位の設定

出発水位は、河口部や本川との合流部の形状に応じて適切に設定する。

(解説)

(1) 河口部における出発水位の設定

河口部における出発水位の設定方法としては、朔望平均満潮位を用いる方法、仮想河道を想定する方法、河口砂州の影響を考慮する方法、朔望平均満潮位に海水との密度差を考慮する方法等の各種手法が挙げられる。ここでは、基本的に朔望平均満潮位により出発水位を設定する。なお、導流堤や砂州等が存在する河口においては、必要に応じて適切に設定する。

出発水位を与える位置は、導流堤の有無により異なる(図-5.5.7 参照)。導流堤が存在する、または今後設置される計画がある場合は、導流堤の先端(B地点)において出発水位を与え、導流堤がない場合にはA地点で与えるものとする。なお、砂州が存在する場合は後述する「(参考) 河口部に砂州が存在する場合の出発水位」を参照すること。

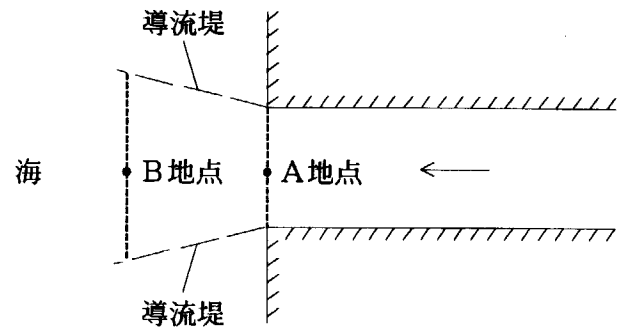


図-5.5.7 出発水位を与える位置

(参考) 河口部に砂州が存在する場合の出発水位

河川管理上維持可能な砂州高を想定し、この砂州高に 0.5m を加えた値を出発水位とし、出発位置は河口砂州直上流の測量断面とする。

$$\text{出発水位} = \text{維持可能な砂州高} + 0.5\text{m}$$

砂州の範囲及び高さは平面図、航空写真、横断図を参考にして設定する。ここで、維持可能な砂州高とは、下図に示したように洪水でフラッシュされる範囲の砂州高の平均値とする。

注) 砂州の高さは簡易的に次のように設定する。

砂州上流河道の法線形をもとに、流心に沿って下流に延伸し、フラッシュされる砂州の範囲を設定する。次に砂州の範囲平均的高さをフラッシュされる砂州高とする。

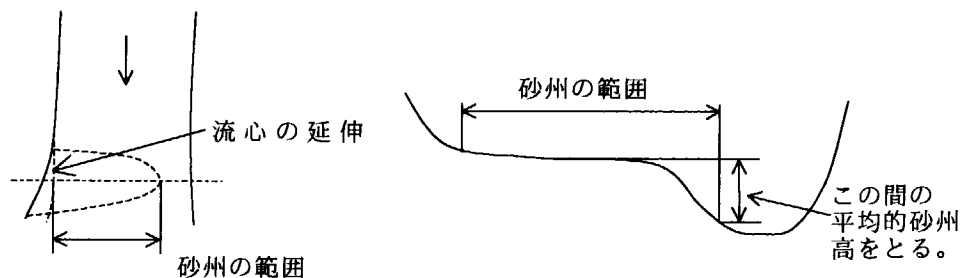


図-5.5.8 洪水でフラッシュされる砂州の範囲

(2) 本川との合流部における出発水位の設定

当該河川が本川と合流する場合、合流部点の処理方法によって出発水位の設定方法が異なる。つまり、洪水時に支川水位が本川水位の影響を受けるバック堤、セミバック堤と、本川水位の影響を受けない自己流堤に分け、出発水位は異なる方法により設定する。

① バック堤、セミバック堤

本川の流出計算モデルを用いて支川の流量が設定されている場合、本川と支川の間で合流時差等が判明していれば、支川のピーク流量生起時における本川水位、もしくは本川最高水位時における支川合流量を境界条件（流量、出発水位）として与えて不等流計算を2通り行う。

本川と支川で異なる流出計算方法を用いている場合、本川と支川の間で流量、水位、時間等の関係が不明である。したがって、合流点における支川の河道断面をもとに支川のピーク流量で等流計算を行い、算定した水位と本川の計画高水位を比較し、高い方の水位を出発水位として設定する。

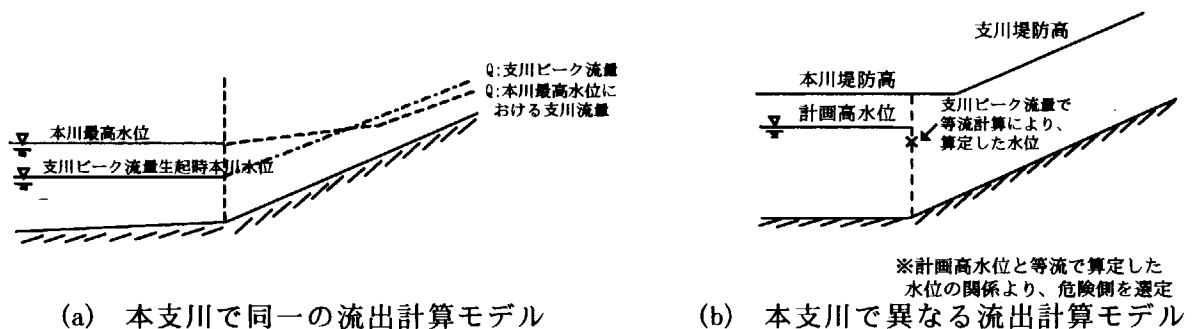


図-5.5.9 バック堤における出発水位の設定

② 自己流堤

自己流堤の場合には、洪水時に支川水位が本川水位よりも低い時には、本川からの逆流を防ぐために水門を閉鎖し、支川の流水を本川にポンプ排水する。したがって、合流点部分の支川の河道断面を用いて、等流計算により支川のピーク流量生起時の水位を出発水位として与える。

(参考) 合流点処理方式

参考までに3つの合流点処理方式の概要及び概略図を示す。

(1) バック堤方式

バック堤方式は、本川水位の高さや継続時間に関係なく支川の洪水流が自然流下できるが、逆流防止施設を合流点に設けないことから、本川の背水位によっては本川の洪水流が支川に逆流することになる。つまり、バック堤は本川の堤防と一連で、同一区域の氾濫を防止する機能を有し、洪水の継続時間が本川の逆流によって本川と同程度もしくはそれ以上になるので、本川の背水影響区間における支川堤防は本川堤防並に堅固な構造とする必要がある。

(2) セミバック堤方式

セミバック堤方式とは、合流点に逆流防止施設（水門が多い）を設けて本川の背水が支川に及ぶのを遮断できる機能を有した堤防形態のことである。支川の計画堤防高は本川の背水位を考慮するが、支川の自己流量をもとに天端形状を設定できる。

(3) 自己流堤方式

合流点に逆流防止水門と排水施設（ポンプ）を設け、本川水位が支川へ及ぶのを遮断できる場合で、かつ支川の計画堤防高を本川の背水位とは無関係に支川の計画高水位に対応する高さとする場合、この支川の堤防を自己流堤と称している。

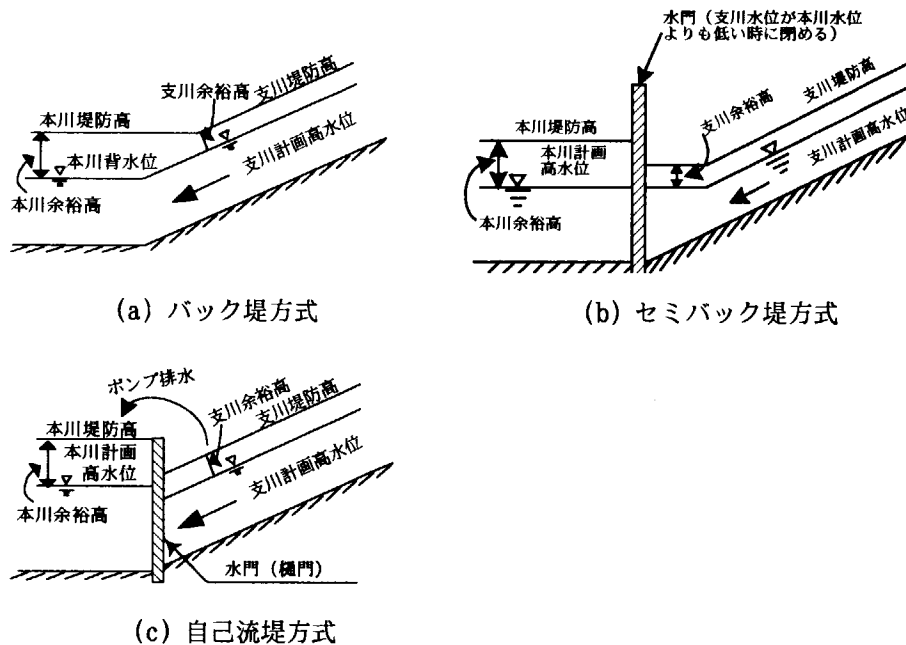


図-5.5.10 合流点処理方式の概略図

5.5.2.5 局所的に水位を変化させる要因の取り扱い

橋脚、湾曲、堰・落差工などによる局所的な水位変化を適切に評価する。

(解説)

(1) 橋脚による水位変化量

橋脚による水位上昇量は D'Aubuisson 公式を用いて算定する。

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{C^2 b_2^2 (H_1 - \Delta h)^2} - \frac{1}{b_1^2 H_1^2} \right\} \dots (1)$$

Δh : 橋脚による堰上げ高
 Q : 流量
 C : ピアの平面形状によって定める定数
 b_1 : ピア上流側の水路幅
 b_2 : ($b_2 = b_1 - \Sigma t$) 全水路幅から、ピア幅の総計を削除した幅
 t : ピア1基の幅
 H_1 : ピアの上流側の水深

橋脚については D'Aubuisson 公式を用いて水位上昇量を推定する。この式は、エネルギー式を基に摩擦損失を無視して導かれたもので、係数 C は図-5.5.12 に示すように橋脚の形状によって異なる値を与えている。これは実際の流れの幅 b_2 に対して、橋脚上端部付近の流れの剥離による縮流によって有効幅が減少することに対応している。なお、横断形状が不規則な河道を対象とすることから、水深の代わりに径深を採用する。

橋脚の形に係わる係数 C は、有効幅の減少をピア幅 t ではなく、流れの幅 b_2 との関係により決定するものであるため、図-5.5.12 を参考にして適切な値を設定する。なお、 b_2 が Σt に対して十分大きい場合には、C 値が小さすぎて過大な Δh を与える可能性があるため、この場合は $C = 1$ として良い。

水位上昇量 Δh は、橋脚を考慮していない計算水位と橋脚を考慮した計算水位の差とし、D'Aubuisson 公式では、右辺の Δh を仮定して左辺の Δh を求め、この仮定値と計算値が一致するまで計算を繰り返し、適切な Δh を算定する。そして、橋脚を考慮していない計算水位に水位上昇量を上乘せした水位を新たに境界条件として与え、上流に向かって順次水位計算を行う。

ただし、フルード数 Fr が 0.6 程度以上となる流れでは、橋脚設置地点での局所的な水位上昇量は大きい、上流への影響範囲が狭いため、橋脚による堰上げについては特に考慮する必要はない。

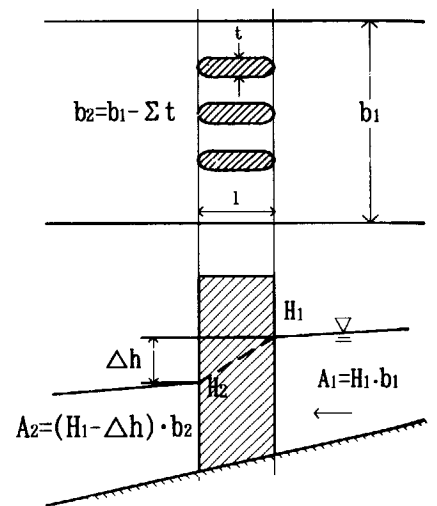


図-5.5.11 橋脚による堰上げ

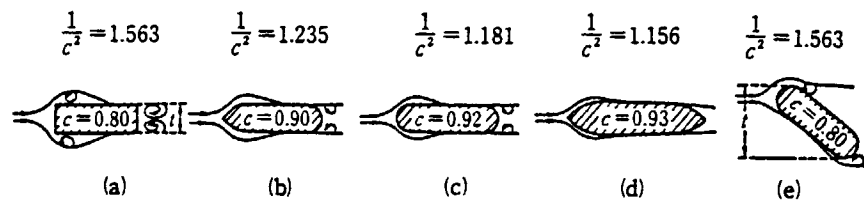


図-5.5.12 橋脚の形と係数 C 値



写真-5.5.1 橋脚設置付近の水面形

(2) 湾曲による水位変化量

湾曲部における水位上昇量は次式を用いて算定する。

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta h = \frac{Bv^2}{gr_c} \dots\dots(2) \\ \Delta h_c = \Delta h / 2 \dots\dots(3) \end{array} \right.$$

Δh_c : 湾曲による堰上げ高
 B : 湾曲区間の堤間幅の平均幅
 v : 湾曲区間の計算断面の平均流速
 r_c : 水路中央の曲率半径

不等流計算では、湾曲部の中央部に沿う水位が計算されるものと考え、湾曲内岸では水位が不等流計算水位よりも $\Delta h/2$ だけ低下し、外岸では $\Delta h/2$ だけ上昇するものとする。

なお、ここで得られた湾曲部の水位上昇は、遠心力により一時的に生じる水位上昇であるので、上流水位を算定する際の不等流計算の境界条件とはせず、局所的なものとして不等流計算水位に加算するものとする。この時、当該湾曲区間の水位上昇量 Δh_c は、湾曲区間で一定値とする。よって、等流計算を用いる場合でも湾曲による水位上昇量を算定することができる。

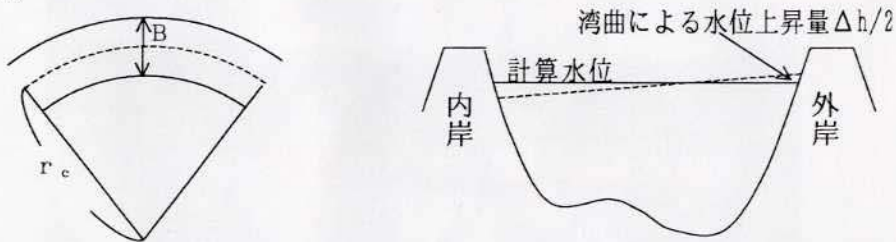


図-5.5.13 湾曲部の記号の定義及び水位上昇量の考え方

湾曲による水位上昇量の算定は、曲率半径 r_c と堤間幅 B の比が 10 以下である湾曲部を対象とし、それ以上であれば特に考慮する必要はない。

(3) 堰・落差工等による水位変化量

一様幅の緩勾配水路における段落ち流れの損失水頭 h_e は次式により算定する。

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h_e}{h_2} = K + B_* - 1 + \frac{F_2^2}{2} \left(\frac{1}{B_*^2} - 1 \right) \dots\dots\dots(4) \\ B_* = h_1/h_2, \quad K = \Delta Z/h_2, \quad F_2 = V_2/\sqrt{gh_2} \\ h_e : \text{損失水頭} \\ h : \text{水深} \\ \Delta Z : \text{段落ち高さ} \\ V : \text{流速} \end{array} \right.$$

堰・落差工等が設置されている区間の水面形は、段落ち部で支配断面が現れない場合には、上式により段落ちによる損失水頭を算定して求めることができる。その際、下流水理量をとる断面IIは、段落ち地点から段落ち高さの約30倍程度下流にとることに留意する。

上式の計算結果を示したのが図-5.5.15 である。実際の計算では、不等流計算により断面IIの水理量が既知であるため K 及び F_2 が自動的に求まるので、図-5.5.15 を用いて損失水頭 h_e を算定することができる。

例えば、断面IIの水理量より $K=0.5$ 、 $F_2=0.2$ であれば、図-5.5.15 より h_e/h_2 は 0.03 となり、段落ちによるエネルギー損失は断面IIの水深の 3% となる。しかし、 $K=0.5$ で F_2 が 0.25 以上の場合、図-5.5.15 の適用範囲外となるので段落ち部で限界水深が生じていることになる。

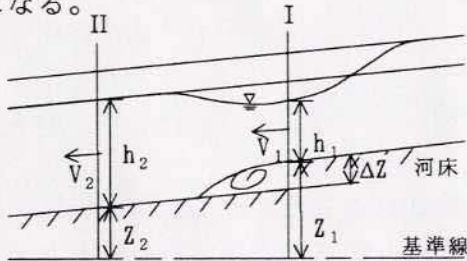


図-5.5.14 段落ち部の記号の定義

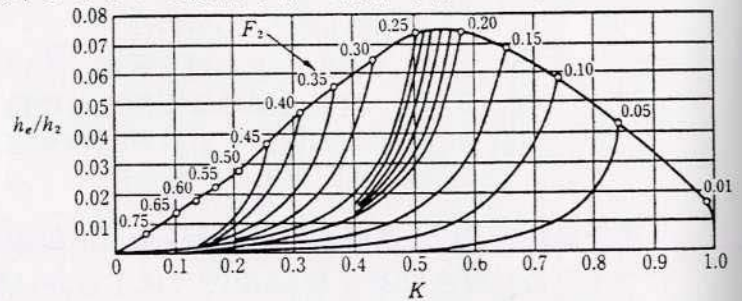


図-5.5.15 段落ち流れの損失水頭

なお、断面Iにおいて支配断面が現れる場合は、上式を用いて算定するのではなく、断面Iで限界水深を与えて上流に不等流計算を行えばよい。



写真-5.5.2 段落ち部の水面形

5.5.3 計画高水位の設定

5.5.3.1 計画高水位設定の考え方

計画高水位は、沿川の地盤高を上回る高さを極力小さくなるよう設定するものとし、極力既往最高水位以下にとることが望ましい。

(解説)

中小河川は、一般に計画規模が小さく、計画規模を越える出水の生起頻度が高いことから、超過洪水が発生しても被害を最小限に抑えることのできる構造であることが求められる。具体的には、仮に溢水・破堤氾濫してもできるだけ被害を小さく抑えられるように、河道は築堤を極力避けて掘込み河道とし、計画高水位を堤内地の地盤高以下、若しくは同程度に設定することが望ましい。やむを得ず築堤を行い、計画高水位を地盤高よりも高くする場合でも極力既往最高水位以下とし、過去の被災体験に裏打ちされた対応が可能である範囲とするべきである。逆に、過度の掘込み河道で計画高水位を低く設定した場合、河道の実質的な流下能力は計画高水流量以上となるため、計画規模を越える超過洪水をも呑み込んでしまう結果となり、下流の築堤区間での破堤の危険性が増大するので避ける必要がある。

計画高水位の設定は、基本的に図-5.5.16 のように行う。計画高水位の一次設定は、左右岸の堤内地盤高、計画河床勾配、既往洪水の最高水位等を勘案して設定するが、過去に段階的な河川整備・改修がなされ、すでに計画高水位が設定されており、これに基づいて各種構造物が築造されている河川においては、改修規模によらず現行の計画高水位を用いることが望ましい。最終的な計画高水位は、計画河道における計画高水流量時の不等流計算結果をもとに適切に設定するものとする。なお、計画高水流量を安全に流下させるのに必要な河積を確保するために、ここで設定した計画高水位では大量の河床掘削や拡幅が必要となり、実現することが困難な場合には、堤内地からの排水、橋梁の余裕高等について十分検討した上で、一部築堤し計画高水位を再検討する。

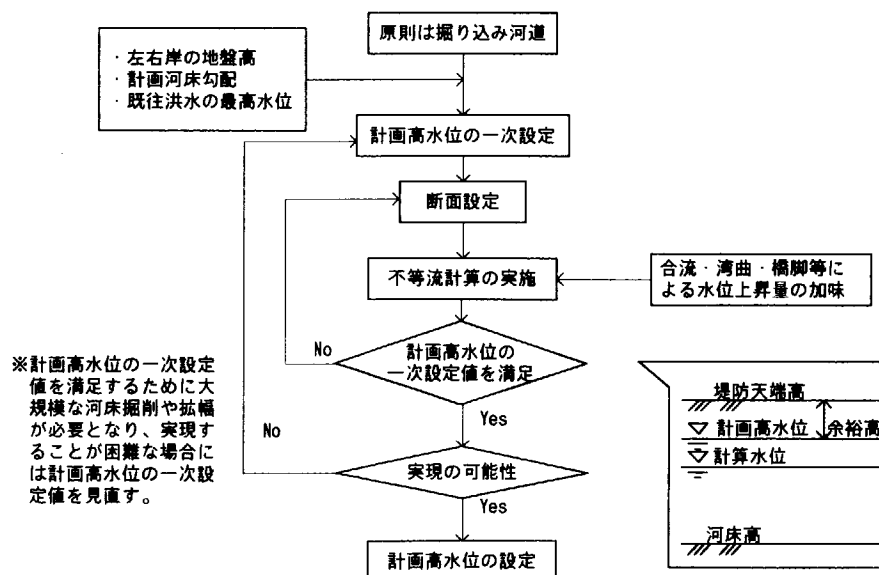


図-5.5.16 計画高水位の設定手順

5.5.3.2 計画高水位の設定方法

計画高水位は、不等流計算に局所的な水位上昇量を加え算定された各地点の水位を包絡するように、直線近似で設定する。

(解説)

計画高水位は、計画高水流量、河道の縦横断形状と関連して定め、適切な条件下で計算された各断面の不等流計算水位を包絡するように連続的に水位を設定する。その際、直線近似する区間をあまり短く設定しないように注意する。

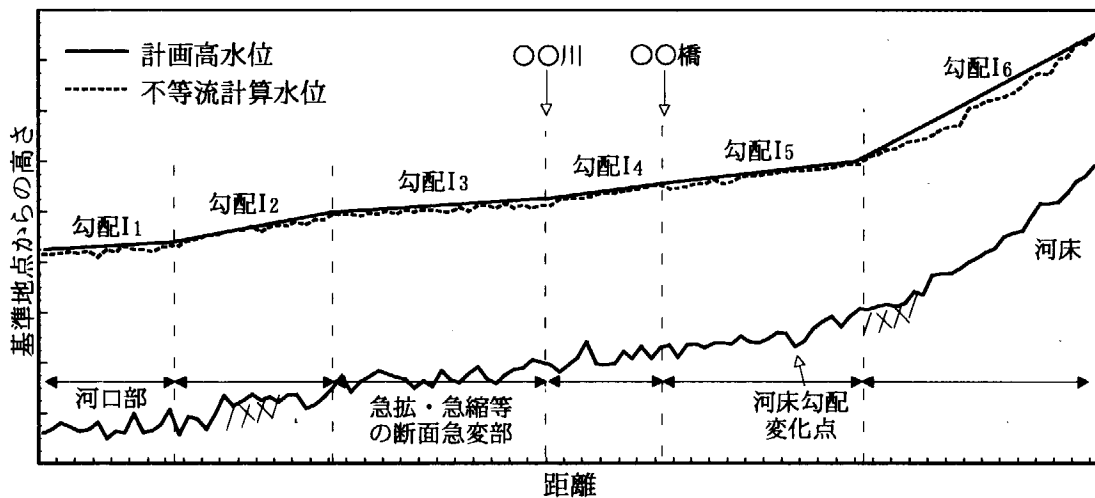


図-5.5.17 計画高水位の概念図

なお、河口部、本川合流部、河床勾配急変部の計画高水位は、以下に示す事項に留意して適切に設定する。

【河口部の計画高水位】

河口部における出発水位から計画高水流量に対する不等流計算水位を算出し、計画高水位を設定する。なお、計画高潮位は以下に示す手法等により適切に設定するものとする。

- ① 既往最高潮位
- ② 朔望平均満潮位 + 偏差 (最大)
- ③ 年最大潮位の確率処理値

(参考) 河口部の計画堤防高の設定

河口部は河川及び海の両方の影響を受けるため、河口部の計画堤防高を設定する際には、河道計画の計画高水位と計画高潮位の両方について検討しなければならない。

計画高潮位とは、基本的に天体潮位に気象潮位(偏差)を加え設定されるものである。天体潮位は一般に朔望平均満潮位とし、気象潮位には年最大実績潮位から算出した確率偏差値や、既往高潮災害時などの既往最大偏差を用いる。

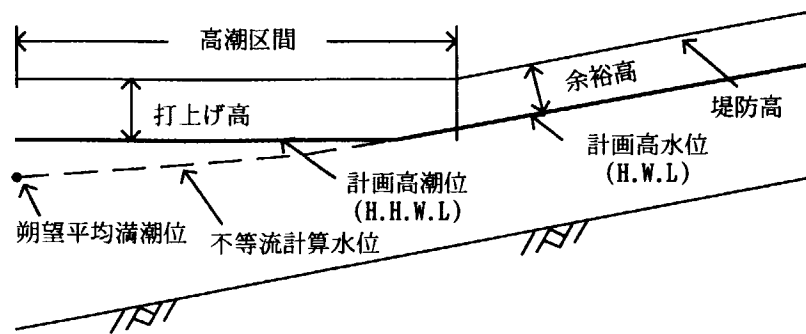


図-5.5.18 計画高水位と計画高潮位

【本川合流部の計画高水位】

本川合流部における計画高水位は、不等流計算水位を包絡するように設定する。なお、合流点処理方式がバック堤、セミバック堤の場合は、本川計画と整合を計り適切に計画高水位を設定するものとする。

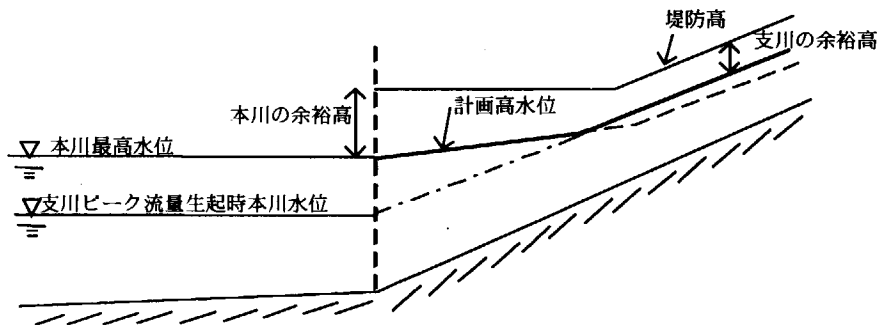


図-5.5.19 本支川で同一の流出計算モデルの場合の計画高水位の設定方法

【河床勾配の急変部分の計画高水位】

河床勾配が急変する区間では、計画高水位の近似直線の勾配が変わるが、その変化点を河床ではなく、不等流計算水位を踏まえて決定する。(図 5.5.17 参照)

5.5.4 横断計画

計画高水流量を計画高水位以下で安全に流下させる河積を確保するとともに、沿川の土地利用や周辺の自然環境も勘案して適切な横断形状を設定する。

(解説)

横断形状を設定する際は、以下の点に留意する。

○ 流下能力の確保

計画高水流量を計画高水位以下の水位で安全に流下させる河積を確保する。

○ 周辺環境との一体性

河川は洪水を流下させるためだけの器ではなく、まちづくりの一部であるという基本認識のもと、図-5.5.20の模式図に示すように、河川の特性を十分に活かしたうえで、周辺環境と一体となった川づくりを目指す必要がある。こうした川づくりが成されて初めて水辺のある住み良いまちづくり、また真の意味での多自然型川づくりが実現される。

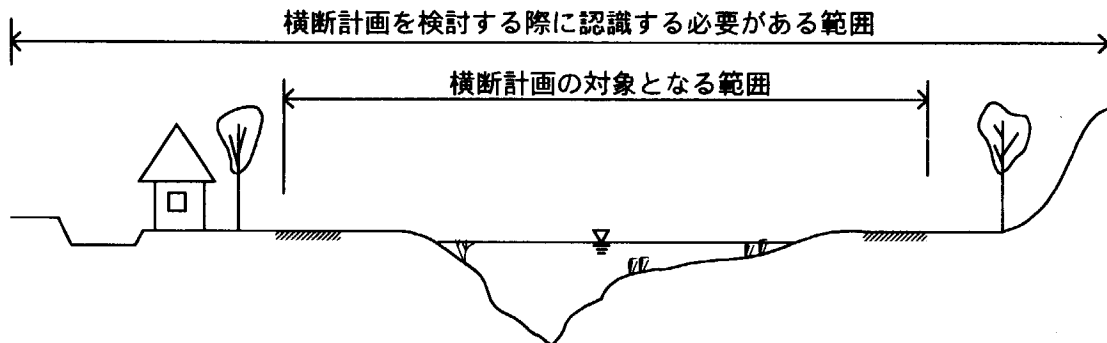


図-5.5.20 横断計画検討範囲

特に、都市内の河川においては、治水機能を確保する空間であることはもちろん、都市の防災機能を確保する空間、身近な環境空間、都市活動を支える空間としての役割が期待されていることから、河川を都市の主要な構成要素として位置付け、下記事項に留意して計画する必要がある。

- ①都市内の河川は、治水機能に加えて、都市の防災機能及び環境機能の確保、都市活動を支える空間として整備する。
- ②川沿いに通路や緑地などを整備することにより、都市の防災機能の向上を図る。
- ③都市内の河川が有する身近な自然を保全し、その回復に努める。
- ④地域の歴史、風土、文化を踏まえ、沿川地域と河川の調和をはかる。
- ⑤河川空間を、舟運やレクリエーション等に利用する。さらに、都市のライフラインの収容空間として活用することを検討する。

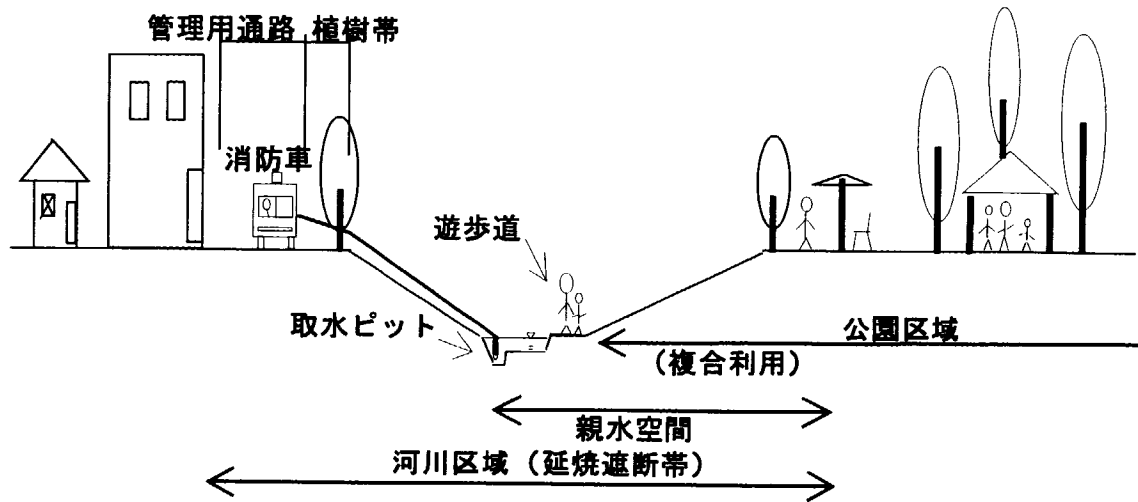


図-5.5.21 まちづくり河川のイメージ図

○ 河川環境への配慮

現在形成されている瀬や淵などの多様な河道形態を保全するため、河床にはなるべく手を付けずに、河道の拡幅を優先的に考える。なお、現在の河道形態を保全するためには、流域内での貯留により対応する方法や、極端な場合、治水安全度を上げないことも選択肢の一つとして流域住民に提示する必要がある。

また、河道を拡幅することにより、のり勾配を緩くすることが可能となるが、このことは単に護岸の設置費用の低減だけでなく、河道と堤内地との連続した環境を創出することができるなど、多様な河川形状を創出することが可能となる。

○ 断面形状は、その川の特性に応じて設定する。

現況の断面形状が単断面形状で、平常時の流量を流下させるのに必要な河積が全河積に比して非常に小さい場合、その流量が形成する程度の低々水路（滞筋）を創出し、川らしさを失わせないようにする。なお、改修により川幅を大きく拡げることが可能な河川では、現川幅を低水路幅として、複断面形状とすることも考える。

現況の断面形状が複断面形状であれば、改修の際も複断面形状を基本とする。その際の低水路幅は、現況の川幅を重視して設定する。なお、河積確保のために極端に低水路幅を広げて単断面形状にしても、土砂が堆積して元の低水路幅に戻ってしまったり、平瀬化して川らしさを喪失してしまうこととなる。

河道内に樹木がある断面において、流下能力確保のため河積を拡大する際には、河道の安定性等の観点より総合的に勘案し、極力樹木の保全を図れるように断面を設定する（図-5.5.22 参照）。また、縦断計画とも関連するが、河床を大規模に掘削する場合、掘削後の河床材料が現河床材料よりも小さくなる場合がある。その場合、河床の低下が進行し、大きな災害を招く恐れがある。したがって、大規模な掘削を行う際は、計画河床高付近の地質状況をボーリングデータ等で確認しておくことが望まれる。

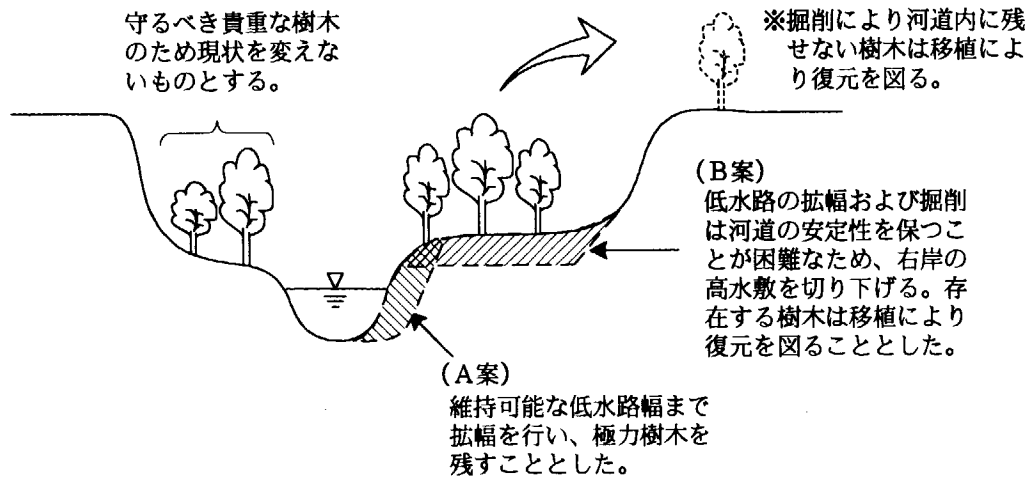


図-5.5.22 流下能力確保のための河積拡大例（河道内に樹木が存在する場合）

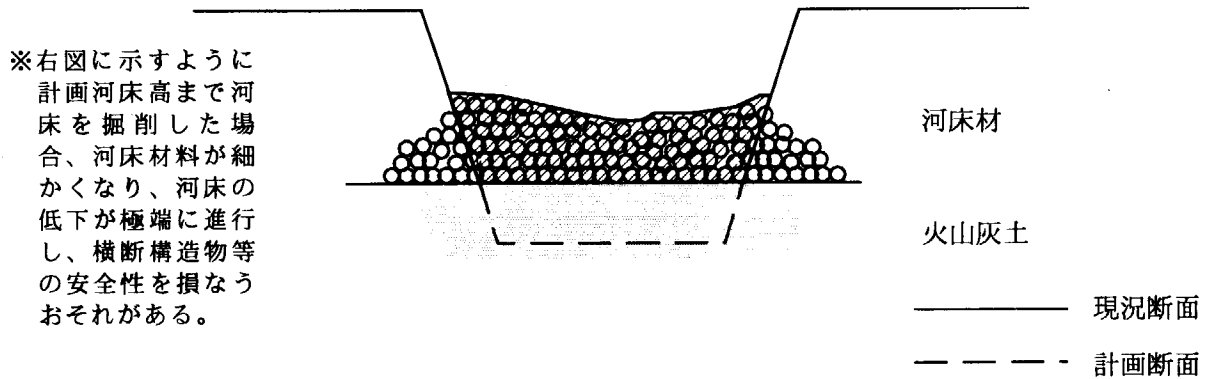


図-5.5.23 河床材が鉛直方向に対して大きく異なる場合の留意点

(参考)

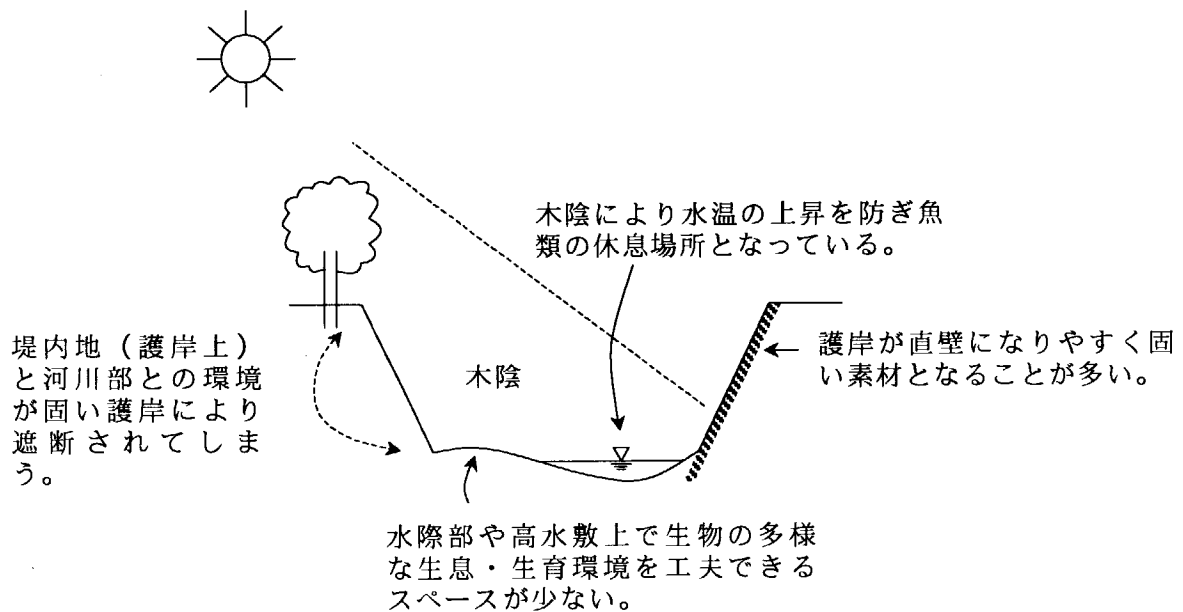
横断形状を設定する際の具体例を以下に示す。

○ 流下能力の確保

堤防嵩上げは、基本的にはダメージポテンシャルをあげることであり、また河床掘削は河道の安定性からできるだけ小規模にしたい。そのため、河積を確保するための方策は、拡幅（横断方向）を優先し、次に河床掘削や嵩上げ（垂直方向）を考える。なお、拡幅は多自然型川づくりの面から下図のようなメリットのほか、さまざまな工夫が可能となる余地が生まれる。

ただし、背後地が市街地で補償等の問題から拡幅が困難な場合や、現在良好な河畔林が存在し、拡幅することによりかえって良好な自然環境をこわすことから、状況に応じた対処方法を選定することが重要である。

<現況の河幅>



<拡幅により河幅を広げた場合>

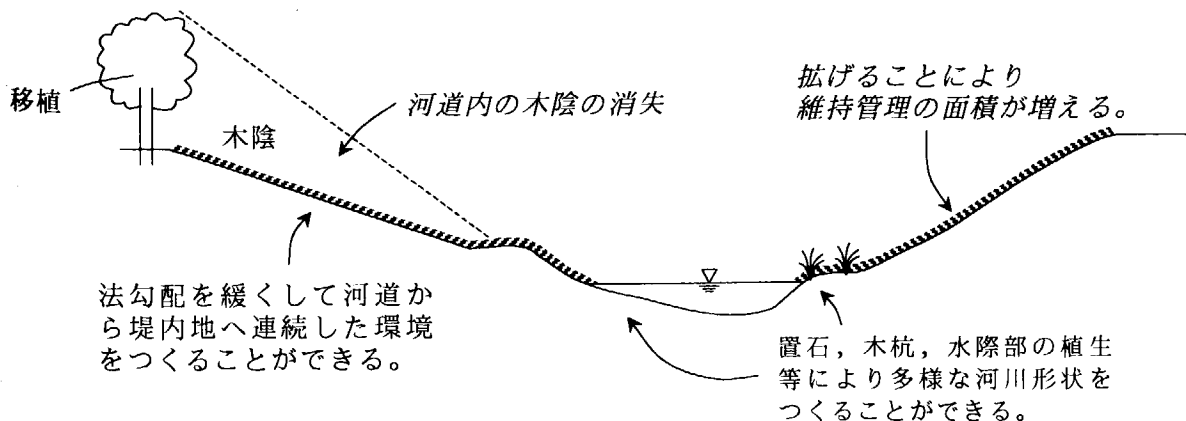


図-5.5.24 河道拡幅の効果と影響

○ 自然環境への配慮

のり勾配を緩くすることによる効果は、護岸に自由度のある工法を採用することができる等、河道を拡幅した場合と同様に、多様な河川形状を創出するための様々な工夫を行うことができる点にある。

のり勾配が急な場合、護岸の工法が限られるためコンクリート護岸など堅固なものとなってしまう、堤内地と水際部における生物の移動が遮断され、さらに護岸が不透性となるため、河川と地下水との水循環を確保できなくなるなどの弊害が生ずる。のり勾配を急にした場合には、植生ブロック、法肩の工夫などにより多様な環境を確保することに努める必要がある。

また、場の条件によってはのり勾配を緩くし、河道拡幅する事が良好な河川環境を消失する場合があるので注意しなければならない。たとえば、河畔林や淵、山付け部等は樹木が覆い被さり、その場が魚類の隠れ家となっていたりするので、法勾配を緩くすることで多様な環境を失う恐れがある。



写真-5.5.3 自然環境に配慮した設定事例

(出典) (財) リバーフロント整備センター：「多自然型かわづくりの取組みとポイント」, pp.167, 1996

○ 湾曲部では川幅に余裕をとる

湾曲部では洪水時に偏流が生じ、外岸側では水位が上昇し、局部的に高速流となることがある。反対に内岸側では低速流となる区域が生ずることもあるため、湾曲部では河積の余裕を見込む。ゆったりとした湾曲部の河道は自然の河川でもよくみられるものであり、良好な河川景観を創出することにも役立つ。

○ 低々水路（滯筋）の設定

現川を拡幅すると、現川の滯筋が消失して平瀬化し（写真-5.5.4 参照）、河道に植生が繁茂することがある。河積阻害の要因となるとともに、川らしさも失うこととなる。

これまでは計画河床高に対して平坦に整形していたが、自然に配慮した川づくりや365日の川づくりを行うにあたって、適切に滯筋を設定することには大きな意義

がある（写真-5.5.5 参照）。



施工前
(H8.11)

写真-5.5.4 平瀬化した川



施工1年後
(H10.8)

写真-5.5.5 滲筋を確保し、環境に配慮した例（成功例）

しかし、低水路をただつければいいというものではない。直線的でもだめだし、また単に曲げればよいというものでもない。川は川なりの流れがある。

そのため、最初から水際部を固めて低水路を固定したりせず、時間をかけて川が川の手で独自に低水路の形を整えるようにする。そのためにも設置後のモニタリングが重要である。



*不自然に低水路をつくると、ちょっとした出水でも河岸が流出してしまう。

曲げればよいというものではない。

(出典) (財)川・河口整備センター:「多自然型かわづくりの取組みとポイント」, pp.121,1996

写真-5.5.6 設置した滞筋が流出してしまった事例

○ 護岸形状の決定方法

護岸工法の選定に当たっては、以下の点に留意し、外力に対して安全な構造となるように配慮するとともに、河川が本来有している多様な生態系の生息環境や河川特有の景観形成等に配慮する必要がある。

- (1)護岸の構造は、設置個所の外力条件や河川環境に適した構造とするとともに、施工性、経済性にも配慮して計画する。
- (2)中小河川の場合、護岸の構造は、超過洪水に配慮し、堤防満杯時の設計流速を用いて検討するものとする。なお、検討には、「護岸の力学設計法」(財団法人 国土開発技術センター)等を参考にするものとする。
- (3)護岸の必要箇所は、「護岸の力学設計法」(財団法人 国土開発技術センター)に準ずるものとする。なお、堰、床止め工、橋脚等の構造物の周辺は、流れが乱れ、河岸及び堤防浸食の危険が大きくなる可能性があるため、堤防及び低水河岸とも外力に対して安全な護岸を要する。

(補足)

護岸の被災原因は、大別すると以下のようである。

- ・ 洗掘破壊：流水の侵食作用によって護岸が被災するものであるが、既往被災事例の多くは、護岸前面の河床洗掘によって護岸の根入れ部が洗掘されて護岸が倒壊、流出したものである。従って河床洗掘が大きく、護岸根入れ部の洗掘が予想される場合には護岸の根入れ長を長くとるか、もしくは護岸前面に根固め工を敷設することが好ましい。
- ・ 護岸の滑動、転倒：法面上の護岸（コンクリートブロック、自然石等）が流水の作用によって転倒や滑動、めくれあがりにより被災する例である。「護岸の力学設計法」によれば、法面上の護岸の安定性はほとんどの場合、滑動によって決定されるとしている。
- ・ 護岸背面の空洞化：護岸背面の土砂が吸い出されて空洞ができ、この空洞に洪水が回り込んで護岸が倒壊した例も報告されている。積みブロックに多い護岸背面の吸い出しに対する防止策や、隔壁の位置や構造に問題があったものと思われる。
- ・ 流石、流木による衝突破壊：流石や流木が護岸に衝突して護岸を破壊する例は多くはないと思われる。山間地河川において、護岸を乗り越えるような土石流が発生した場合は、護岸と堤防が同時に破壊されるケースが大半である。山地河川では砂防ダムによって、流木や流石を阻止する方法や、別途川沿いに沈砂池を設けた例もある。

流木が問題になるのは橋梁の橋脚部である。橋脚部のような流水の阻害箇所が流木によって閉塞されると、橋梁上流側の水位が上昇して迂回流が発生し、堤防を乗り越えて橋梁付近の堤防を破壊することがある。その対処としては、橋梁の桁下余裕高、スパン割り等橋梁の改築が原則であるが、橋梁付近の堤防を強固なものにしておくことも必要である。

- ・ 地震時の倒壊：護岸もしくは堤防が地震時の慣性力によって倒壊する事はほとんどなく、地震時の倒壊原因は地盤の液状化によるものであるといわれている。河川堤防は、一般には地震時に対する検討は行われていないが、背後地の状況、震災後の高潮等による二次災害のおそれのある区間の堤防は地震時の安全性についても検討する必要がある。



写真-5.5.7
洗掘による護岸の
被災事例

5.5.5 縦断計画

5.5.5.1 計画河床高の設定方法

計画高水流量の安全流下及び河床の安定性に留意し、計画河床高を設定する。

(解説)

縦断計画を設定する際には、以下の点に留意する。

○ 計画高水流量の安全流下

計画高水位以下の水位で計画高水流量を安全に流下させる。

○ 安定河床勾配の設定

河道の水理特性を十分に把握し、安定的な河道となる河床勾配の設定を行う。河床勾配は、長い年月を経て形成されるものであるから、大きな河床変動が報告されていない限り、現況の河床勾配を重視して、計画河床勾配を決定する。

河道計画を策定するための技術的な知見や技術は、過去と比べて格段に向上してはいるものの、自然現象を対象としているため、策定した河道計画に限界があるのも事実である。

このような認識の基に、新しい河道計画では維持管理とモニタリングを計画に取り込み、計画にフィードバックすることが重要となる。

○ 超過洪水への対応

中小河川では、様々な制約条件により、治水安全度が高いとは言い難いのが現状であり、計画以上の洪水が生起する可能性は決して低くない。そのため、越水した場合も想定し、壊滅的被害を受けることのないように縦断計画を策定する。

例えば、床止め等により河床勾配をコントロールするような河川においては、超過洪水が生起した際に、氾濫被害を助長することのないよう、床止め等の設置位置に留意することも重要である。

○ 不等流計算による水面形の確認

従来、計画河床勾配を緩和させるための方策として、等流計算により落差工を計画していた河川が数多く見られた。実際、落差工地点では、エネルギー勾配が非常に大きくなっている。また、多自然型川づくりの中で区間の特性に応じた多様な横断形が採用されるようになってきていることから、等流計算では計画高水位の設定精度が不足するため、原則として不等流計算を実施して水面形の確認を行うことが望まれる。

(参考)

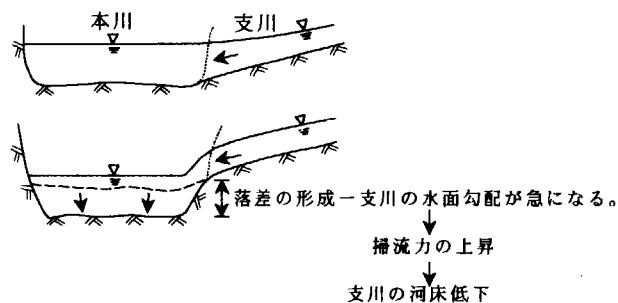
○ 現況河床の分析手法

現況の縦断面図から河床勾配の変化を読みとり、一連区間の平均河床勾配を算出する。あわせて、河床の固定点である岩床の存在やそれにもない形成されている自然の落差や滝の存在などの他、堰上流の堆砂区間など人為的な要因での勾配変化の箇所を把握する。また、縦断面図から判断される河床の状況や河床の経年的な変化の動向などの情報を基に、床固めなどによる河床安定効果も把握する。

勾配の変化点は、支川の合流点や河床材料の変化点、岩床の露出している箇所、扇状地の扇頂部などの地形の変化点などが多いので、それらと関連させて捉えると計画河床勾配の設定がしやすい。

中小河川では、直轄河川のような継続的な測量成果が少なく、河床の変化を正確なデータとして把握できないことが多いが、橋脚や護岸などの構造物の基礎の露出状況、住民に対するヒアリング、上流ダムが存在など河床変動の原因を調査、検討する。

また、本川に合流する河川の場合、本川合流点が河床低下傾向のとき、支川もいずれ低下していくことが予想されるため、本川合流点の河床変化についても調査する必要がある。



○ 区間平均勾配の設定手法

河床の安定に効果を発揮していると考えられる岩床等の自然固定点や床固め等を抽出し、それらを固定点として考え、現況の河床勾配を重視して計画河床勾配を設定する。

5.5.5.2 落差工の設置

河道形態の安定上、やむを得ず落差工を設ける際は、設置後の河床の安定性に十分留意するとともに、魚類などの水生生物の移動を妨げない構造とする。

(解説)

- 床止めは、河床低下を防止して河床を安定させ、横断形状を維持するために設置される構造物であり、落差のないものを帯工、落差のあるものを落差工という。
- 従来、特に中小河川において河川流速を 4m/s 以下になるように縦断勾配を緩やかにするために落差工が計画された例が多かった。しかし、現況河川の河床の安定性が保たればあえて流速を 4m/s 以下に押さえるために落差工を設けるべきでない。従って、河床低下や局所洗掘を防ぐために河床を維持または、安定化させることを目的とする場合を除いては、極力採用しないことが望ましい。
- 河川内を移動する水生生物、特に魚類の移動を妨げない様にするためには、落差工に魚道を設けるか、あるいは落差工自体を魚が遡上できる構造にすることを検討する。
- 落差が小さい場合 (50cm 程度以下) は、特に魚道を設ける等の配慮は必要ないが、落差工下流に魚が助走するためのプールを設けることが必要である。
- また、落差が小さい場合や河川流速が比較的遅い場合には、ブロック構造による屈撓性のある構造とするのが経済的にも好ましい (このためのブロックも近年開発されている)。

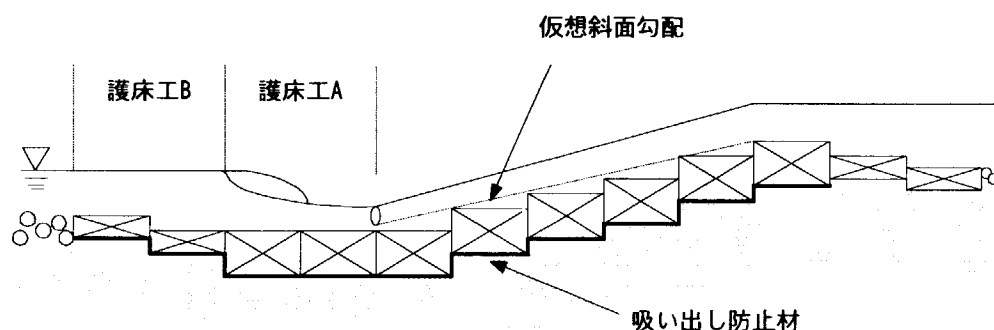


図-5.5.25 ブロック構造による落差工の模式図

(参考)

連続して落差工が設けられる場合の問題点は以下の通りである。

- (1) 落差工は、落差工本体の他、水叩き床版、上下流の護床工及び取り付け護岸で構成される。従って、この区間の河床は平坦な形状で固定され、側岸は堅固な護岸が施工され、河川内の小生物の生息環境が損なわれる。落差工が連続して設置されると、このような河道が長距離にわたって連続することになる(参考資料“2. 具体的計算事例”参照)。
- (2) 落差工は、洪水時には流水を減勢させる必要がある。落差工本体から落下した流水を減勢させるためには、落差工下流で常流となる水深に達するまで、十分な距離が必要となる。

下図に示す例の場合、十分な減勢効果を得られないだけでなく、落差1で非常に速い流速が生じてしまう。そのため、極力1つの落差工にして、確実な減勢効果を発揮させた方がよい。ただし、魚の遡上等に配慮するため、やむを得ず下図のように連続して落差工を設置する場合は、模型実験等を行い、落差工による水理現象を明確にしておく必要がある。そして、検証結果をもとに、水叩きや護床工の設計に十分留意しなければならない。

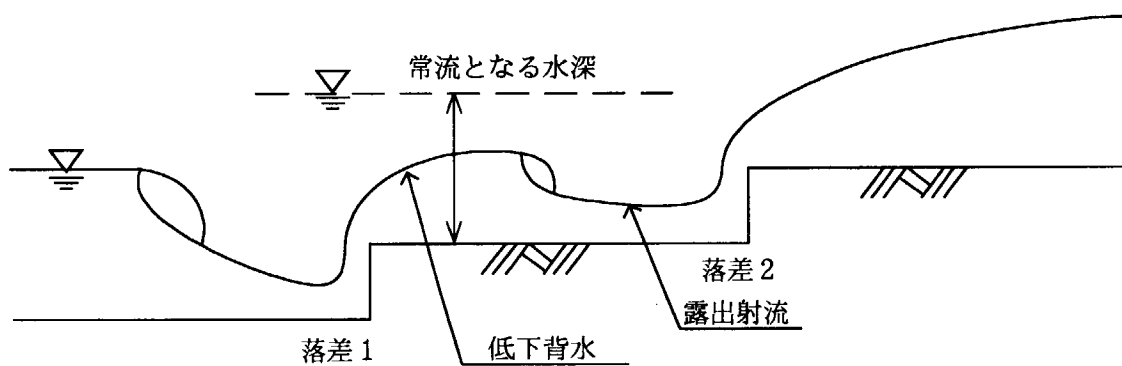


図-5.5.26 落差工が連続した場合の減勢の問題

5.5.5.3 掘込み河道における余裕高の設定

掘込み河道では、想定される被害等の上下流のバランスを考慮し、適切な余裕高を設定する。また、流木の発生が予想される場合には、橋梁等の横断工作物の流木の捕捉に伴う水位上昇への対応方策についても検討する。

(解説)

堤防は土堤が原則であるので、一般的には、越水に対して極めて弱い。したがって、堤防は計画高水流量以下の流水を越流させないように設けるべきものであり、洪水時の風浪、うねり、跳水等による一時的な水位上昇に対し、堤防の高さにしかるべき余裕をとる必要がある。つまり、堤防の余裕高は構造上必要とされる高さの余裕であり、計画の余裕は含まれない。また、堤防には、洪水時の巡視や水防活動時の安全の確保、流木等流下物への対応等種々の事態に対処するためにも、しかるべき余裕の高さが必要である。

しかし、中小河川の場合、一般的に治水安全度は高いとは言い難く、計画規模以上の流量が流下する頻度も高い。掘込み河道の場合には、余裕高分の流量が下流に流下することとなり、下流の築堤区間に計画以上の負担を課すこともありうる。

余裕高の設定について河川管理施設等構造令第20条では、“堤防に隣接する堤内の土地の地盤高が計画高水位より高く、かつ地形の状況等により治水上の支障がないと認められる区間にあっては、この限りではない”とある。

つまり、掘込み河道に余裕高を設けることにより下流の築堤河道部分に計画以上の負担を課すような場合は、上下流の治水安全度のバランスについて考慮し、掘込み河道における適切な余裕高を設定する必要がある。

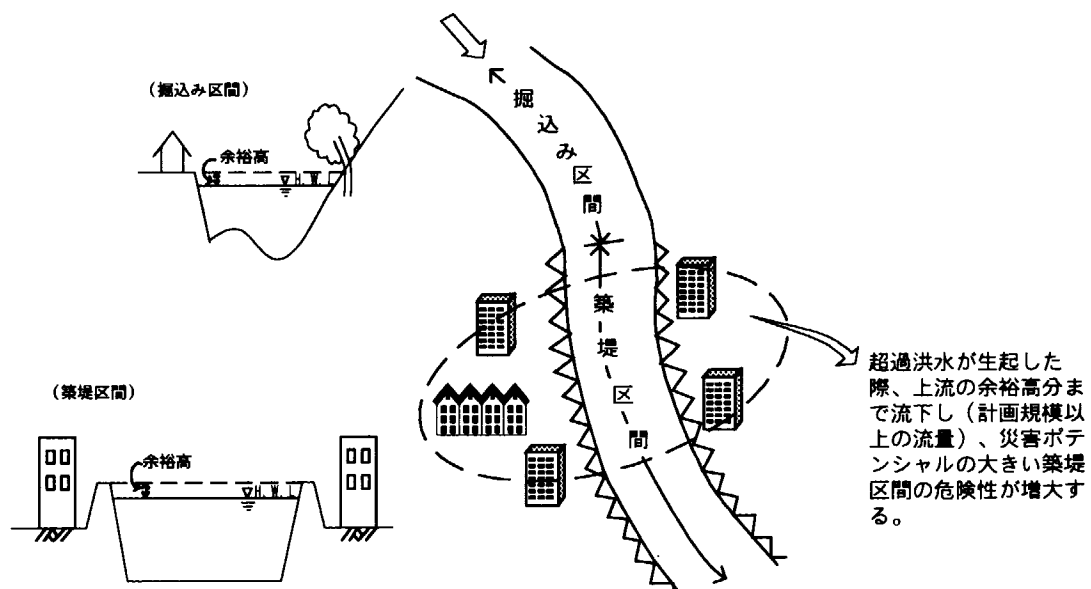


図-5.5.27 掘込み河道と築堤河道での余裕高

また、余裕高を確保するために築堤を行った場合、内水排除が困難となりかえって当該区間の治水安全度を低下させることにもなりかねない。この場合には無理な余裕高築堤を行わず、河床掘削により対応する、あるいは目標とする治水安全度を下げるなど、上下流の堤内地の治水安全度のバランスを考慮して適切な余裕高を設定する必要がある。

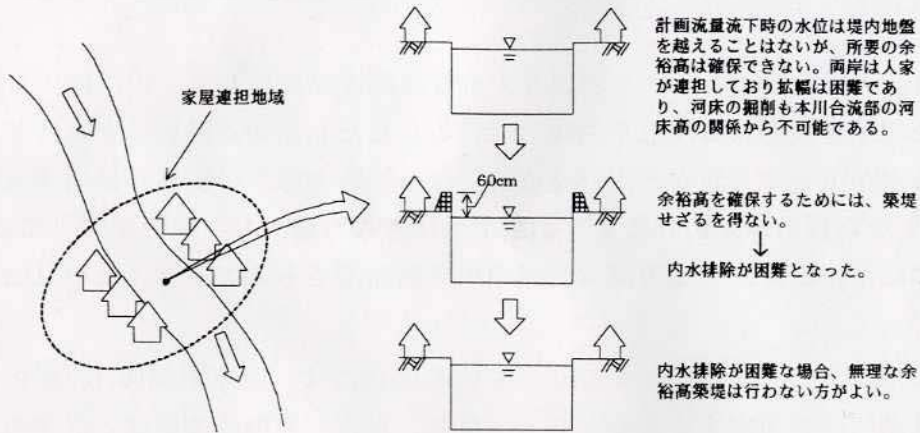


図-5.5.28 掘込み河道の余裕高の考え方

橋梁部においては、橋桁や橋脚による流木の捕捉により、上流側の水位が上昇し溢水や破堤などの被害が発生する可能性がある。したがって、流木の発生が予想される場合には、橋梁による流木の捕捉の可能性があることを認識したうえで、適切な桁下高の設定や橋梁上流部の溢水対策についての検討を行う必要がある。

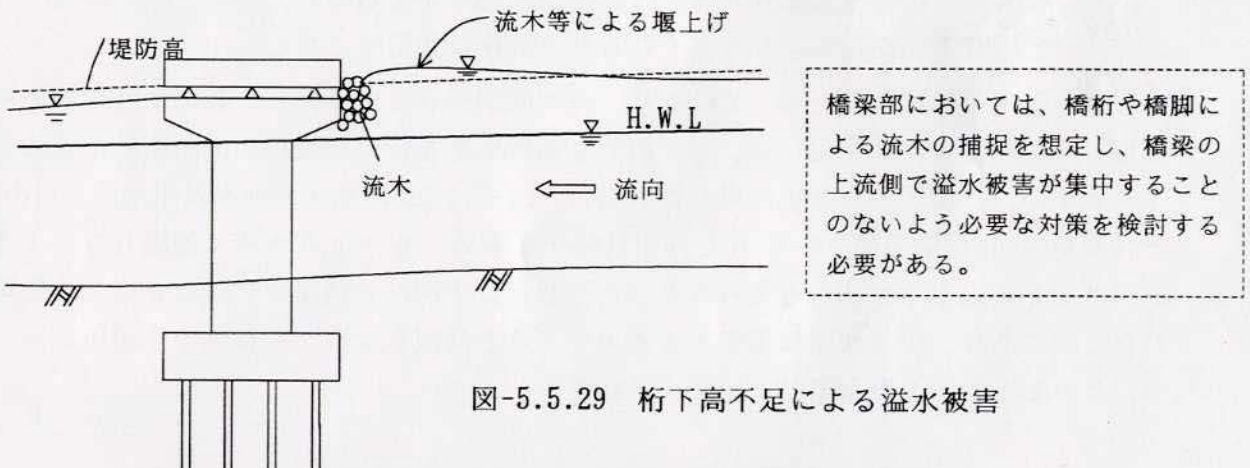


図-5.5.29 桁下高不足による溢水被害



写真-5.5.8 橋梁部での溢水の事例

5.5.6 河床の安定性の検討

河道の水理特性を十分に把握し、安定した河道形態が保たれるように河道断面の設定を行う。

(解説)

安定した河道形態とは、計画する河道が大きな河床変動を伴わず、流下能力を確保するための維持管理が容易となる河道を意味している。ただし、河道形態の安定性を考える場合、河道を流水が流下する断面とだけ見るのではなく、土砂等の物質が循環する経路としても捉え、適正な物質循環が図れるように水系全体を視野に入れた検討を行う必要がある。また、安定性については、一定の許容範囲の中で判断するものであり、その見極めが必要となる。

現在の河床が安定していることが分かっている場合には、摩擦速度(u_*)の変化が小さくなるように計画河道を設定する必要がある。なお、現況河道の摩擦速度と計画河道の摩擦速度が大きく違う箇所・区間では、次のような現象が生じる可能性がある。

○計画 $u_* \ll$ 現況 u_*

- ・早期に低水路幅が縮小する
- ・低水路幅を維持できたとしても平均河床高が上昇する

○計画 $u_* \gg$ 現況 u_*

- ・局所的に u_* が現況より大きくなると河床低下が生じる
- ・全体的に u_* が現況より大きくなると土砂移動が活発になる

現在の河床が低下傾向を示していたり、新川開削やショートカット等により現況の河床形態との比較ができない場合は、近傍の同じ地質形態を持つ同規模の河川の状況を参考にするとよい。そのような対象河川がない場合、図-5.5.28 に示す“日本の沖積地河川の u_*^2 と代表粒径 d_* の関係図”から u_* を河床材料から求め、その u_* を大きく逸脱しないように計画河道を設定する方法も考えられる。ただし、この図は大河川のデータをもとに整理されたものであり、中小河川にそのまま適用できるとは限らない。今後、中小河川においても、こうしたデータを蓄積していく必要がある。

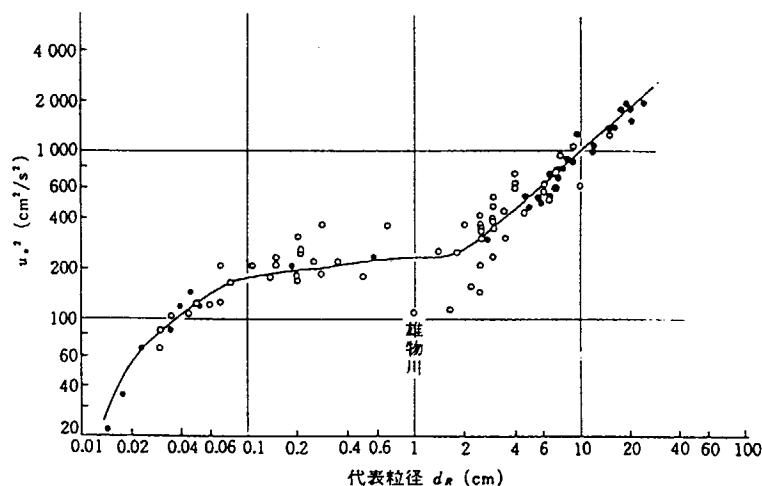


図-5.5.30 日本の沖積地河川の u_*^2 と d_* の関係 (出典) 山本晃一: 沖積河川学, pp. 36

これまで安定していた河道を改修により大きく改変する場合、摩擦速度 (u_*) の変化を小さくする必要がある。例えば、河道掘削を行う場合には、河床勾配を緩くする、低水路幅を変えずに拡幅するなどといった対策が必要となる。

また、河道を拡幅することが困難な場合、河床勾配を緩くするために床止めの設置を検討することとなるが、床止めの上下流では流速が速くなるため、局所的に洗掘が生じる恐れがある。

床止めに限らず、横断構造物等による局所的な洗掘に対する河床の安定性の確認手法としては、摩擦速度^{5.5.4)}と岩垣の式(下式参照、詳細は水理公式集等を参照のこと)から導かれる限界摩擦速度とを比較し、改修後の摩擦速度が限界摩擦速度以下であれば河床は安定するものと考えられる。

大規模な河床掘削を行うと、現河床材料と大きく異なる河床材が現れる場合がある。現河床材料の粒径よりも大きくなるのであれば問題は少ないが、代表粒径が小さくなると、河床低下が進行し、洗掘による護岸の崩壊などによって大きな災害を招くおそれがある。このような場合には、計画河床高付近の土質状況をあらかじめ十分に把握しておく必要がある。

また、本川が河床低下傾向である場合、支川もいずれ河床が低下していくことが予測されるため、本川合流点の河床変化についても十分に調査を行う必要がある。

どのような手法で河床の安定性を検討し、河道形態を設定するにせよ、現時点で将来の河床変動を予測しきれものではないことを十分認識した上で、施工後の河道形態の変化を継続的にモニタリングし、蓄積されたデータをもとに適切な対応策を随時検討していく必要がある。

(岩垣の式から導かれる u_{*c} と d との関係)

$\left. \begin{aligned} d \geq 0.303\text{cm}; u_{*c}^2 &= 80.9d, \\ 0.118 \leq d \leq 0.303\text{cm}; u_{*c}^2 &= 134.6d^{31/22}, \\ 0.0565 \leq d \leq 0.118\text{cm}; u_{*c}^2 &= 55.0d, \\ 0.0065 \leq d \leq 0.0565\text{cm}; u_{*c}^2 &= 8.41d^{11/32}, \\ d \leq 0.0065\text{cm}; u_{*c}^2 &= 226d, \end{aligned} \right\}$
<p>ここに u_{*c}: 限界摩擦速度、d = 砂礫の平均粒径である</p>

5.5.4) 掃流力 $\tau_0 = \rho g R I_c$, 摩擦速度 $u_ = \sqrt{\tau_0 / \rho}$

ここに u_* : 摩擦速度, ρ : 水の密度, g : 重力の加速度, R : 径深, I_c : エネルギー勾配

5.6 計画河道の設定の際に考慮すべきその他の事項

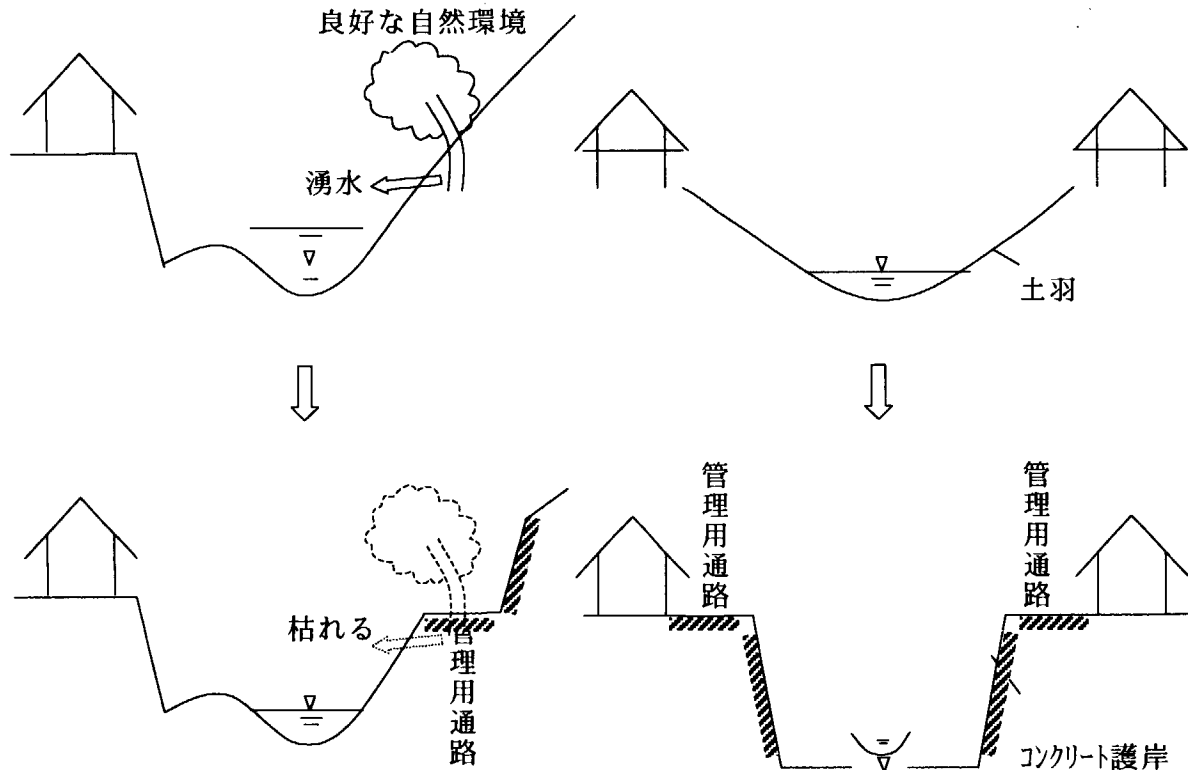
5.6.1 管理用通路の取扱い

管理用通路を設置する際は、沿川環境との調和に十分留意する必要がある。

(解説)

管理用通路は、散策路・遊歩道あるいは自転車歩行者専用道路として利用されていることが多く、川と人とを結ぶ有効な施設となっている。特に都市部では、管理用通路は、都市の防災機能及び環境機能の向上、都市活動を支える空間確保の観点から、必要な用地取得を行った上で原則として4 m以上の幅員を確保するものとする。その他管理用通路の確保は、官民境界を明確にすることができ、河川敷の財産管理的な意義もある。

しかし、管理用通路を確保する際、用地に余裕がなく、2割あつた法勾配を5分の勾配にしたり、良好な自然環境を喪失するような場合もある。このような場合、河川管理施設等構造令第27条の特例に該当する河川にあっては、管理用通路の設置は慎重に計画する必要がある。



管理用通路を設けることにより、良好な自然を失ってしまっているのだろうか

5.6.2 超過洪水対策

洪水は、自然現象である降雨に起因するものである以上、計画の規模を上回る洪水が発生する可能性は常に存在している。中小河川は、様々な制約条件により、目標とする治水安全度が高いとは言い難いのが現状であり、計画規模以上の洪水が生起する可能性が高い。そのため、越水した場合も想定し、壊滅的被害を受けることのないよう、超過洪水対策について検討しておく必要がある。

(解説)

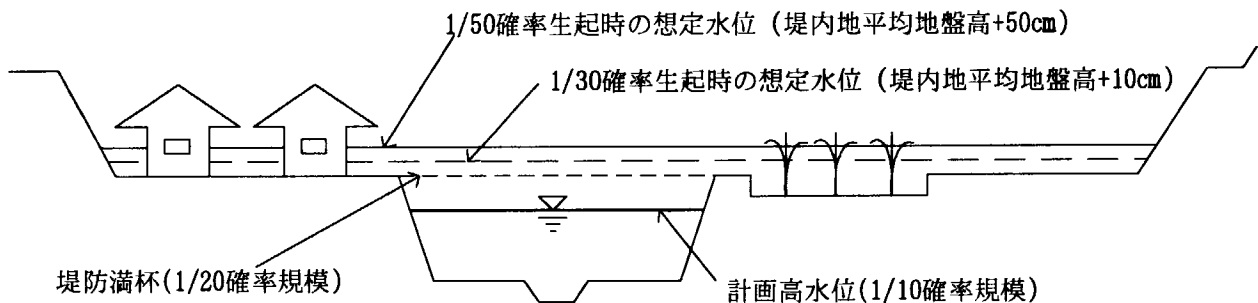
超過洪水対策としては以下のものが考えられる。

(1) 危機管理体制の整備ならびに避難誘導體制の確立

破堤、氾濫が生じた場合に被害を極力最小限にとどめるため、洪水情報収集伝達体制の整備、洪水時の避難地及び避難路を確保し、洪水氾濫時における警戒避難体制を強化する。

(2) 情報の開示と共有

超過洪水が生起した際の状況を予測検討し、平面図や下図に示す横断図等を用いて、降雨または流量確率規模毎の浸水状況をできる限り詳細に明記し、沿川市町村、関係住民及び防災機関等に情報を提供する。



(3) 災害に強いまちづくり

- ・地形条件等により洪水によって壊滅的な被害を受けるおそれのある地域においては、堤防の整備等と併せて地域全体を水害に強い形態に変えていく必要があるため、地盤の嵩上げ・二線堤・輪中堤等の施設を総合的に整備すること等により地域の壊滅的な被害を防止する。

- ・通常の改修方式によらず、地域の選択により土地の有効利用を図りつつ住宅等を洪水から防御するための水防災対策事業を行う。

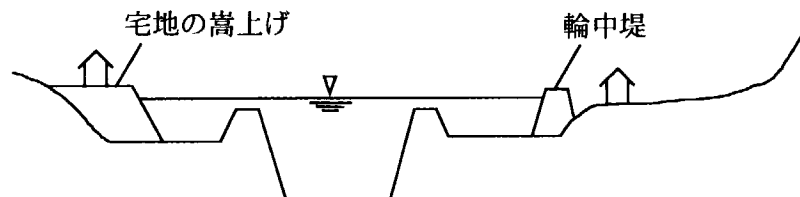


図-5.5.31 地域水防災対策のイメージ図

(4) 日常に根ざした超過洪水対策

超過洪水発生時に住民や行政機関が的確に行動するためには、日常からの備えが必要である。しかし、災害体験は風化しやすく、特に都市部においては住民の移動もあって災害体験の継承も困難であり、災害への日常の備えが忘れられる傾向にある。

このため、学校教育や地域の社会教育活動等において、水災害に関する防災教育や防災訓練等の充実を図り、防災意識の啓発と高揚を図っていく必要がある。

また、地域社会による自主防災活動を円滑に実施するためには、活力ある地域コミュニティが形成されていることが重要である。

このような日常の地域社会活動に根ざした超過洪水対策を充実させ、展開することが重要である。

(参考)

未曾有の大出水により被災した河川では、種々の制約条件から、被災時流量に対して河道計画を策定することは困難であるため、超過洪水に対し、ハード、ソフト両面から検討することも必要である。参考として、その検討例を以下に示す。

(1) 河川情報基盤の確立

- ① 上流部に水位計を設置し、消防機関、自治体に水位情報を配信できるシステムを確立する。
- ② 代表的な橋梁の橋脚等に量水票を設置し、河川水位に対する地域住民の関心を高める。
- ③ 雨量、水位の電話応答システム等を拡充し、関係住民に周知する。

(2) 洪水ハザードマップの整備

氾濫実績、避難地、避難路、避難に役立つ情報等を記載した「洪水ハザードマップ」を作成し、関係住民及び防災機関に配付する。

(3) 流木対策

主に、大洪水の時に発生する流木を捕捉するため、流木止めを設置する。(緊急砂防事業)。

(4) 橋梁の桁下の余裕高の検討

(5) 河川防災ステーション

水防活動に必要な水防資材の備蓄などの拠点を整備する。

(6) 樹林帯の整備

人家に対する氾濫流を軽減するため、河畔林を整備する。

5.6.3 段階施工計画の考え方

河川整備計画で定めた内容の実施においては、より効果的に治水機能が発揮できるよう、効率的な事業実施を図っていく必要がある。

(解説)

河川整備計画は、河川整備の基本となるべき事項を定めた河川整備基本方針に沿って、当面20年から30年で実施する内容を定めたものである。この河川整備計画で定めた内容の実施においては、施工順序や地元の意向等総合的に勘案し、より効果的に治水機能が発揮できるよう、効率的な事業実施を図っていく必要がある。例示すると以下のとおりである。

ケース1（早期に治水効果を発揮する施設を先行して事業着手する場合）

- 治水施設として、調節池と河道改修が計画されており、河道改修の一連区間の完成には用地取得等により時間を要するため、先行的に調節池を完成させ、まず調節池下流の治水安全度を高める。

ケース2（下流部の改修の遅れが顕著な場合）

- 下流部の改修が遅れ、上流部の改修完成により下流部の治水安全度に悪影響を及ぼすことが懸念される場合には、上流部において時間を要する用地取得ならびに築堤などを先行的に実施し、比較的短期間で施工できる拡幅、河床掘削は下流部の改修完成後とするなど、下流部の改修完成後に早期に事業が完成できる段階まで高めておく。

6. 事業実施後の対応

河川計画は、自然現象を対象としているため、計画段階で把握している状況には限界がある。したがって、事業実施後のモニタリングを行い、今後の河川計画へのフィードバックを行う。

(解説)

モニタリングには、①予測モデル向上のためのモニタリング、②安定的な河道の検証のためのモニタリング、③粗度管理のためのモニタリング、④河川利用と生態系からみた維持管理のためのモニタリングがある。これらのモニタリングを河川管理者だけで完全に実施することは困難である。このため、沿川住民の協力をいかに得るかも重要となる。

モニタリングには、以下に示す定期的なモニタリングと出水後のモニタリングが考えられる。

(1) 定期的なモニタリング

○予測モデル向上のためのモニタリング

- ・目的：流出計算モデルや河道水位計算モデルの精度向上のため
- ・方法：流域の降雨特性を代表し得る観測所の時間雨量及び10分間雨量の収集整理と基準点の時刻水位データの収集整理を継続的に行う。

○安定的な河道の検証のためのモニタリング

- ・目的：計画策定時点で、設定した河道が安定するかどうかを完全に把握することは困難である。そのため、事業実施後にも全川的な断面変化を調査する必要がある。その結果、予測した以上の変化の兆候がある場合には、河道計画の見直し等の対策を検討する必要がある。また、局所的な洗掘等による河川構造物の安全性を確認する必要がある。
- ・方法：最低でも年に1度の河川巡視を行い、写真などにより前年度との比較を行い、河床の変動状況の調査を行う。また、横断構造物周りの局所的な洗掘の度合いを調べ、安全性が確保されているかを確認する。なお、数年に1度程度は、定期縦横断測量等の成果をもとに河床変動の長期的動向や流下能力の評価を行うことが望ましい。

○粗度管理のためのモニタリング

- ・目的：計画上、河道内の草本類等を考慮しなければならない場合がある。草本類は、高さが変化したり、繁茂範囲が変化し、場合によっては計画設定時に考慮した所要の河積を侵す可能性がある。このようなことが想定される場合には、草本類の繁茂範囲の変化について調査を行い、その調査結果等を基に定期的な伐採や間伐を行うなどの維持管理方針を明確にしておく必要がある。
- ・方法：春～夏にかけて、草本類が最も繁茂する時期に調査を行う。

○河川利用と生態系からみた維持管理のためのモニタリング

- ・目的：河川敷の利用や自然環境の保全に関する方針は、目指すべき河川環境を明確にする重要な指針である。河川利用は、河川と住民との接点となる重要な部分であり、親水機能の保全、ゴミの不法投棄、水質の監視など河川の利用及

び景観に配慮した維持管理の方針を明確にしておくことが必要である。生態系の観点からは生物の生息・生育環境を勘案した維持管理を考える必要がある。これらの維持管理方針に対応したモニタリングを行う必要がある。

- ・方法：生態系に関するモニタリングは、1年に1度程度、対象とする種を勘案して最適な時期を検討し調査を行う。また、住民へのヒアリング調査も継続的に行うようにする。

(2) 出水後のモニタリング

○予測モデル向上のためのモニタリング

- ・目的：出水による流出特性の把握と流出計算モデルや河道水位計算モデルの精度向上のため。
- ・方法：基準地点において、出水中の水位と流量のデータを計測する。また、出水後に全川の痕跡水位を調査する。

○安定的な河道の検証に関して

- ・目的：出水による横断構造物周りの局所的な洗掘の度合いを調べ、河川構造物の安全性の確認を行う。
- ・方法：大きな出水後には、現地踏査により護岸の被災状況、深掘れによる構造物の安全性、河床変動状況等を調査し、改修の必要性を調査する。また、痕跡水位の調査も行い、今後の河道計画を策定するうえでの基礎資料とする。

○粗度管理とモニタリング

- ・目的：出水による草木類の河積阻害率を確認する必要がある。
- ・方法：大きな出水後には、草木類の倒伏状況を調査する。

○河川利用（景観）と生態系から見た維持管理とモニタリング

- ・目的：河川敷の浸水頻度ならびに浸水状況から河川利用と生態系への影響を調査する。
- ・方法：大きな出水後には、河川敷の浸水状況を調査する。

[参考文献]

■ 1 章

- 今後の河川環境のあり方について，平成7年3月 河川審議会答申
- 21世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について，平成8年6月 河川審議会答申
- 社会経済の変化を踏まえた今後の河川制度のあり方について，平成8年12月 河川審議会提言
- (財)リバーフロント整備センター：中小河川における多自然型川づくり，河道計画の基礎技術
- 建設省河川局防災・海岸課監修：美しい山河を守る災害復旧基本方針(全編)，(社)全国防災協会
- 竹林征三：風土工学序説，技報堂
- (財)リバーフロント整備センター：川ー日本の水環境・文化の明日を想う，山海堂
- 建設省河川局監修：1998河川ハンドブック，(社)日本河川協会
- 建設省河川局都市河川室監修：都市河川計画の手引き，(財)国土開発技術研究センター

■ 2 章

- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)調査編，山海堂
- 社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針(案)の策定について
- (社)日本河川協会：二級河川工事実施基本計画検討の手引き(案)
- 建設省河川局河川計画課：治水経済調査要綱，1970

■ 3 章

- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)調査編，山海堂
- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)計画編，山海堂
- 建設省水文研究会：水文観測，(社)全日本建設技術協会
- 山口高志，新里邦生：電波流速計による洪水流量観測，土木学会論文集No.497，1994
- 建設省河川局都市河川室監修：増補流域貯留施設等技術指針(案)，(社)日本河川協会
- 吉野文雄，米田耕蔵：合理式の洪水到達時間と流出係数，土木技術資料，1973
- 川上謙太郎：ラショナルピーク流量式の考察と改善について，土木技術資料，1965
- 角屋 睦，福島 晟：中小河川の洪水到達時間，京大防災研年報19B2，1976
- 吉野文雄，米田耕蔵：合理式の洪水到達時間と流出係数，土木技術資料15-8，1973
- 吉野文雄，佐合純造，利根川誠：合理式の実用的適用法，土木技術資料25-5，1983
- 中安米蔵：雨量より洪水量の推定について，建設省直轄工事第4回技術研究報告，1951
- 岡太郎，角屋睦：昭和47年7月豪雨による東大阪水害とその考察，京大防災研究所年報16B，1973
- 角屋睦，岡太郎，豊国永次，福島晟：横大路低平地域の内水の現状と将来予測，京大防災研究所14B，1971
- 角屋睦，岡太郎：市街地域の雨水流出特性，京大防災研究所14B，1961

- 山科川下流部の雨水に関する研究(1)－山科川流域の流出特性と昭和28年13号台風(仮想)時。内水－，京大防災研究所，1965
- 永井明博，角屋 睦，杉山博信，鈴木克英：貯留関数法の総合化，京大防災研年報，第25号B2，1982
- 金田健之助：利根川の流量検討(主として流出解析について)，第18回建設省技術研究発表会，1964
- 木村俊晃：貯留関数法(IV-2)－総合貯留関数とその応用(2)，土木技術資料4-7，pp.297～303
- 木村俊晃：貯留関数法の最近の進歩，第22回水理講演会論文集，pp.191～196
- 水越三郎，尊田継明：都市域からの洪水流出計算(第1報)，土木技術資料8-9
- 橋本健，長谷川正：土地利用を評価する流出モデル，土木技術資料19-5，1977，pp.221～226

■ 4 章

- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)計画編，山海堂
- 建設省河川局都市河川室監修：増補流域貯留施設等技術指針(案)，(社)日本河川協会
- 石崎勝義：超過外力と河川計画，土木技術資料17-4(1975)，pp.163～168
- 石崎勝義：氾濫・遊水を考慮した河川計画，第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集，pp.121～126，1997
- 長沢敏夫：複合確率と河川工事計画におけるその応用について，第14回建設省技術研究会報告，自由課題B-3.1，pp.791～796，1960
- 栗林宗人：多次元確率と合流問題，第16回建設省技術研究会報告，pp.695～698，1962
- 建設省土木研究所 河川部水文研究室：中小河川の治水計画評価に関する一提案，pp.1～19
- 石原安雄，佐藤基：洪水比流量に関する研究，京大防災研究所年報第18号B(1975)，pp.415～423
- 角屋睦，永井明博：洪水比流量曲線へのアプローチ，京大防災研究所年報第22号B-2(1979)，pp.195～207
- 山口高志：河川改修の上下流問題に関する一考察，土木技術資料26-2(1984)，pp.61～63
- 江藤剛治，室田明，柳本速雄：貯留施設と排水施設を並用した高水計画の安全性，第28回水理講演会論文集，1984年2月，pp.359～367
- 栗田秀明，江藤剛治：支川改修が本川の氾濫危険度に及ぼす影響を評価するための一理論，土木学会論文集第381号/Ⅱ-7，1987年5月，pp.101～110
- 室田明，江藤剛治，中西祐啓：標準等危険度線による都市河川の治水安全度評価，土木学会論文集第369号/Ⅱ-5，1986年5月，pp.155～164
- 吉田喜七郎：都市河川流域における水防災計画に関する基礎的研究，昭和62年4月，pp.260～269
- 鈴木俊朗，寺川陽：アメダスを用いた確率降雨量分布図の作成，土木技術資料38-12，1996

■ 5 章

- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）調査編，山海堂
- 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）計画編，山海堂
- (社)日本河川協会：解説河川管理施設等構造令，山海堂
- 建設省河川局防災・海岸課：美しい山河を守る災害復旧基本方針（全編），(社)全国防災協会
- (社)土木学会：水理公式集（昭和60年版）
- 建設省河川局治水課，土木研究所：河道特性に関する研究，第40回建設省技術研究会報告，昭和61年度
- 建設省河川局治水課，土木研究所：河道特性に関する研究，第41回建設省技術研究会報告，昭和62年度
- 建設省河川局治水課，土木研究所：河道特性に関する研究，第4回建設省技術研究会報告，昭和63年度
- 山本晃一：沖積河川学—堆積環境の観点から—，山海堂
- 島谷幸宏，茅場祐一，皆川朋子：中小河川改修と河川の自然環境，土木研究所資料第3452号，1996
- 島谷幸宏，茅場祐一：河川の自然環境の保全とその構成，第3回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集，pp.153~158，1997
- (財)国土開発技術研究センター：護岸の力学設計法，山海堂
- (財)国土開発技術研究センター：床止めの構造設計の手引き，山海堂
- (財)リバーフロント整備センター：多自然型川づくり施工と現場の工夫
- (財)リバーフロント整備センター：中小河川における多自然型川づくり
- (財)リバーフロント整備センター：多自然型かわづくりの取組みとポイント
- 千田 稔：実用河川計画，理工図書(株)—中小河川の改修計画の理論と実際—
- 千田 稔：自然的河川計画，理工図書(株)

(水文流出等参考資料)

1. 流量資料の整理
2. 合理式による検討事例
3. 貯留関数法による流出計算例
4. 準線形貯留型モデルによる流出計算例
5. 特性曲線法による流出計算例
6. 貯留関数法による基本高水検討例
7. 確率降雨強度式

1. 流量資料の整理

1.1 流量観測がない場合

中小河川計画において計画高水流量を流出計算モデルにより算出する場合、流出計算モデルの定数等を検証しておく必要がある。しかしながら、多くの中小河川では、流量観測が実施されていないことが多く、水位が得られても正確なH-Q式がないことから、水位資料も参考程度にしか扱われていないこともある。

ここでは、水位が得られている場合に、簡単に流量に変換する方法を示す。

(1) 粗度係数の推定

水位から流量に変換するにあたって、Manning式を基本にした場合、粗度係数 n を推定する必要がある。現実の洪水時における粗度係数は、時間的にまた場所的に変化するものと考えられるが、ここでは、後述する河道計画の粗度係数設定法と同様に、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」5-4節に示される合成粗度法を用いる方針とする。

流量観測がない場合には、この推定粗度係数を用いた不等流計算（もしくは等流計算）により、以下のように流量の推定を行う。

(2) 痕跡水位によるピーク流量の推定

痕跡水位（ピーク時水位と考えられる）が縦断的に連続して得られる場合は、流量を仮定して不等流計算により水面形を求め、痕跡値との適合度により流量値を推定する。

この場合、始点水位は痕跡が十分に長い区間にわたって得られている場合は痕跡が得られている下流端とするが、短い区間しか得られていない場合は、始点水位は背水による影響を受けない下流地点で等流計算により作成されたH-Q関係を用いて設定する。

なお、痕跡水位は河道弯曲や左右岸の河岸状況により痕跡水位の計測方法が異なるなどの理由により、左右岸で差が生じたり、横断工作物がある場合には、堰上げや跳水の影響により乱れることがあるので、資料の吟味が必要である。

なお、痕跡水位の収集の仕方は、改訂河川砂防技術基準(案)調査編〔参考6.31〕を参照されたい。

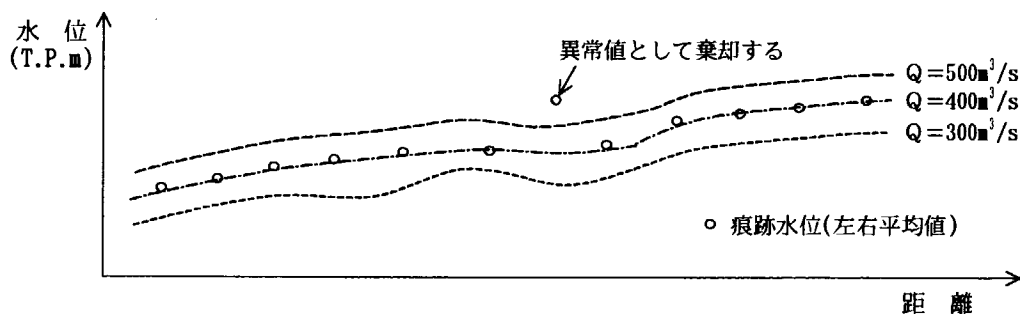


図 - 参 - 1.1 痕跡水位による流量の逆算

(3) H-Q式の作成

粗度係数が設定されたなら、流量規模別の不等流計算を行うことにより、検証地点のH-Q式を作成することが可能である。

1.2 流量観測がある場合

流量観測がある場合のH-Q式作成の方法と、流出解析適用上のチェックの方法について示す。

(1) H-Q式の作成

観測した水位と流量の資料より水位流量曲線を作る。曲線は水位と流量の関係式を仮定し、最小自乗法の原理により定数を決定する。式の形は、 $Q = aH^2 + bH + C$ 、 $Q = a(H+b)^n$ など種々あるが、普通には $Q = a(H+b)^2$ の形を使う。ここで、Q：流量、H：基準量水標の水位、a、b：定数、この式による計算例を表-参-1.1に示す。

表 - 参 - 1.1 流量曲線計算例

No.	H (m)	Q (m ³ /s)	\sqrt{Q}	H ²	H \sqrt{Q}
1	1.53	26	5.1	2.3409	7.803
2	1.81	60	7.8	3.2761	14.118
3	2.01	112	10.6	4.0401	21.306
4	2.23	149	12.2	4.9729	27.206
5	2.26	149	12.2	5.1076	27.572
6	3.56	923	30.4	12.6736	108.224
7	4.79	1,692	41.1	22.9441	196.869
8	4.24	1,200	34.6	17.9776	146.704
9	4.00	854	29.2	16.0000	116.800
10	3.56	693	26.4	12.6736	93.984
11	3.19	431	20.8	10.1761	66.352
12	2.88	293	17.1	8.2944	49.248
合計	36.06		247.5	120.4770	876.186
	[h]		$[\sqrt{Q}]$	[H ²]	[H \sqrt{Q}]

$$\sqrt{ab} = \frac{[H][H\sqrt{Q}] - [H^2][\sqrt{Q}]}{[H][H] - n[H^2]} = \frac{36.06 \times 876.186 - 120.4770 \times 247.5}{36.06 \times 36.06 - 12 \times 120.4770} = -12.41$$

$$\sqrt{a} = \frac{[\sqrt{Q}][H] - n[H\sqrt{Q}]}{[H][H] - n[H^2]} = \frac{247.5 \times 36.06 - 12 \times 876.186}{36.06 \times 36.06 - 12 \times 120.4770} = +10.89$$

$$a = 118.6 \quad b = \frac{-12.41}{10.89} = -1.14 \quad Q = 118.6(H - 1.14)^2$$

H-Q式は河床変動等の要因により洪水毎に変化するために、洪水毎に1本のH-Q式を作成することが望ましいが、中小河川では1洪水に多くの流量観測値を収集するのは困難であると考えられるため、2~3洪水の資料を用いて作成する。

河床変動がそれほど大きくないような河川においては、経年的にデータを蓄積してH-Q式の精度を向上していくように努める。

ただし、河床変動が著しい河川や河川改修により断面が変化した場合等については、その変化した水理量をもとにH-Q式を作成し直すことが必要である。

(2) H-Q式のチェック方法

H-Q式のチェック方法は次の通りである。

- ① H-Q式の高さ方向の変化と横断形状の変化をH-Q式設定毎に照合する (図-参-1.2参照)。

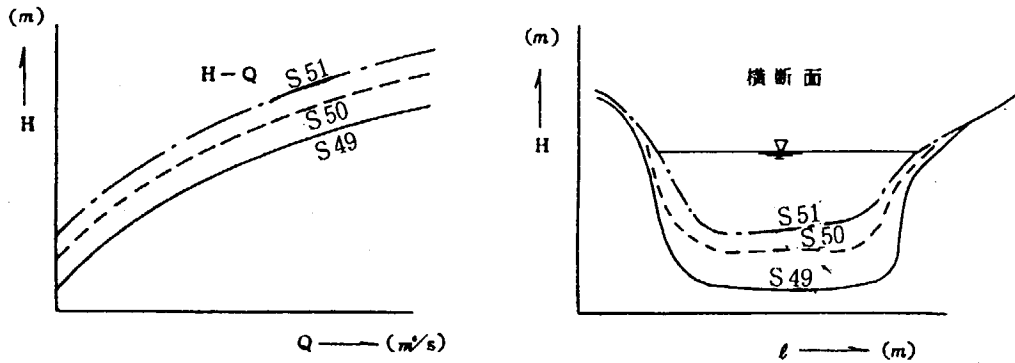


図-参-1.2

- ② 複断面河道の場合H-Q式の変化点を横断形状、高水敷高と照合する (図-参-1.3参照)。

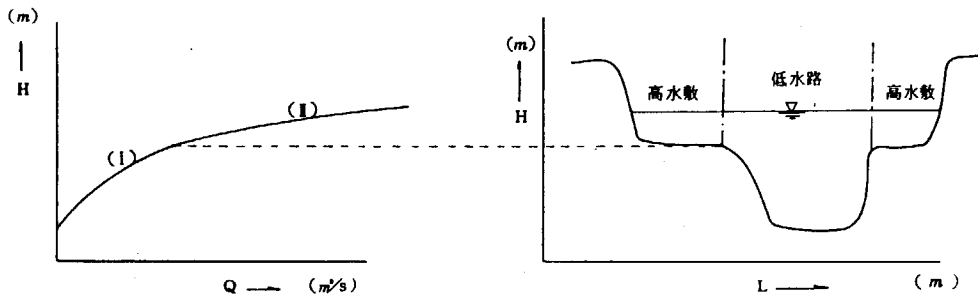


図-参-1.3

- ③ 河道横断及び縦断形状より等流計算または不等流計算を使ってH-Q式を作成し、既往H-Q式と比較する。

- ④ 洪水時の流観値の少ない場合、平、低水時の流観記録に比重を取られ、高水部のH-Q式の信頼度が低い場合がある。このような箇所については、流観値の少ない高水部は、高水流観値のある年のH-Q式で代表させる (図-参-1.4参照)。

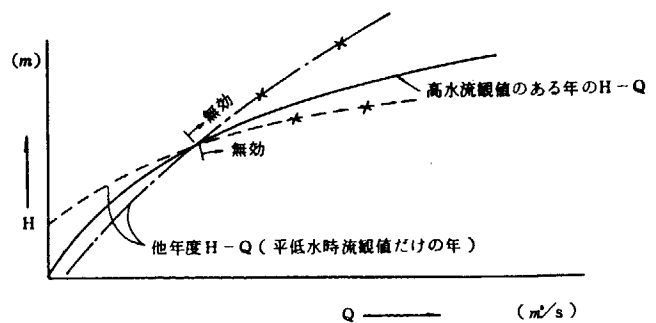


図-参-1.4

- ⑤ H-Q式の適用期間についても検討する。これは本来、H-Qの変化は大きな出水を境に河床変動のため生じるはずであるから、出水のピークを境にH-Q式を使い分けるか、H-Q式を新たに作成する(図-参-1.5参照)。

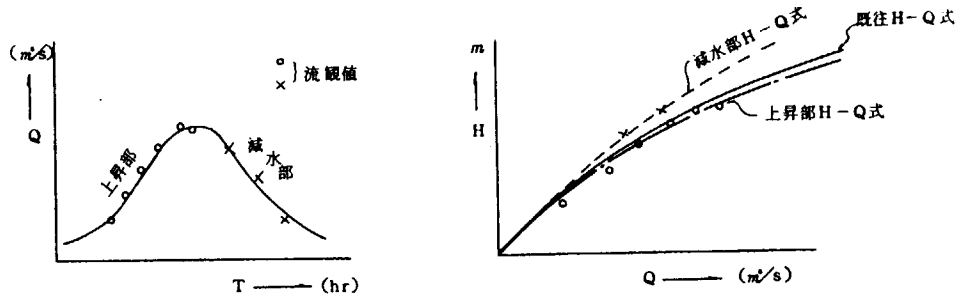


図-参-1.5

- ⑥ 河床変動の少ない観測所では単年毎のH-Q式ではなく、流観値のまとめ具合から数年間の流観値全部を使って1本のH-Q式を作成する(図-参-1.6参照)。
- ⑦ 同時刻の自記あるいはテレメーター水位と流量観測に用いる最水標の観測水位が異なる場合があるので、流観値自体の見直しを行う。また流観時の測線数及び落下地点の位置の横断形状と平面形状により値にバラツキが生じることが多いので、注意が必要である。
- ⑧ 実績の流観値及びH-Q式から算定した洪水のピーク流量を使って、上下流の観測所の値、比流量、流域面積等の関係から、流観値の妥当性につき検討を行う(図-参-1.7参照)。

以上のようなH-Q式の検討を行った上で実績流量ハイドログラフを作成し、降雨資料をもとに流出解析し、後の定数解析に入ることになるが、H-Q式の検討はある程度流出計算の試算と並行して行うことになる。これは、流観記録が洪水時の上昇部、減水部及び氾濫が生じている場合等を完全に捕えているケースが極く稀であり、流出計算との比較によって現象を理解しようとする過程を経ないと疑問箇所が出てこないためである。

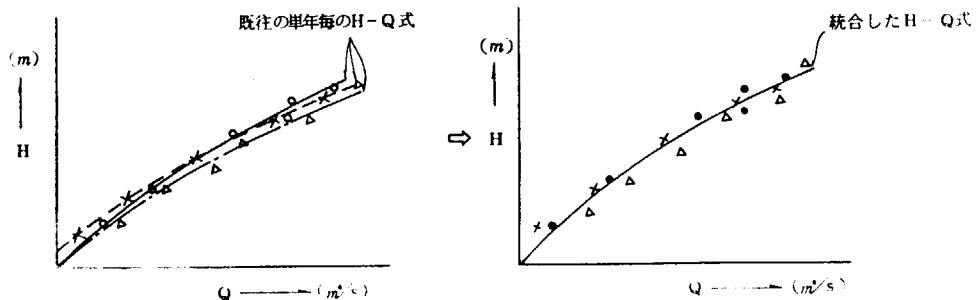


図-参-1.6

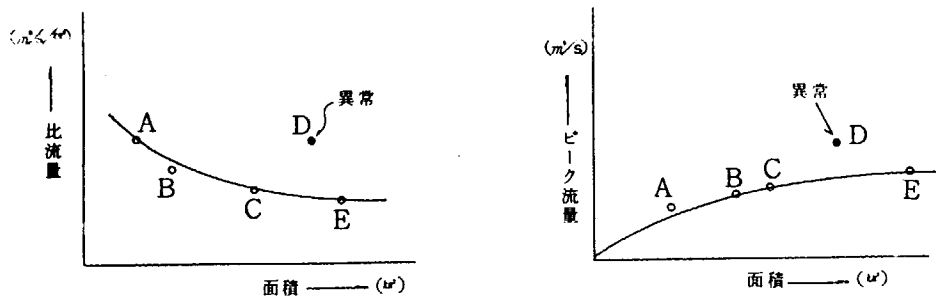


図-参-1.7

2. 合理式による検討事例

2.1 合理式による計画高水流量検討例

(1) 将来の流域内の土地利用の推定

S川は直轄河川に合流する流域面積41.9km²、幹川流路延長15.6kmの山地河川であり、流域の土地利用のほとんどは山林、畑である。

合理式では将来土地利用を推定しておく必要がある。ここでは、将来の土地利用は次のような手順で推定した。

【将来土地利用の推定方法】

- ① 都市計画区域内は、用途指定された土地利用に移行するものとする。
- ② 計画が確実な大規模開発は、全て開発が完了するものとする。
- ③ 都市計画区域内の小規模開発は、現段階ではほとんどみられないことから、土地利用変化としては見込まない（ただし、流出係数で若干の余裕を計上しておくものとした。）。

表 - 参 - 2.1 流出算出地点上流の土地利用状況（将来）

地点	流域面積	市街地	畑	山林	水田
A	5.66	2.71	0.85	1.80	0.30
B	14.07	4.59	2.73	4.50	2.25
C	6.71	1.64	1.52	2.05	1.50
D	25.34	8.40	6.36	8.11	2.47
E	41.90	14.03	7.06	14.31	6.50

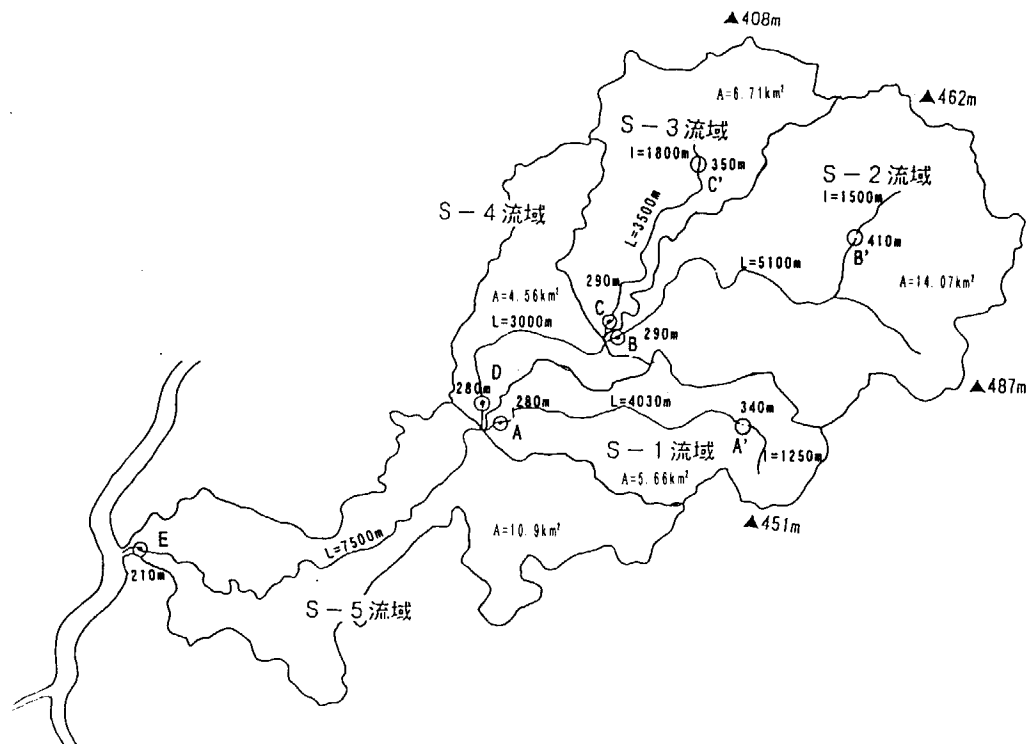


図 - 参 - 2.1 S-川流域の流量算出地点

表 - 参 - 2.2 S - 川流域の諸元

	流域に関する情報						
	流域面積 (km ²)	市街地 面積	山林、水 田、畑等	流域最高 標高 (EL.m)	流域下流 端標高 (EL.m)	流路長 (m)	流域平均 勾配
S-1流域	5.66	2.71	2.95	451	280	5,280	31
S-2流域	14.07	4.59	9.48	462	290	6,600	38
S-3流域	6.71	1.64	5.07	408	290	5,300	45
S-2,S-3,S-4流域	25.34	8.40	16.94	462	280	9,600	53
S-2,S-4,S-5流域	41.90	14.03	27.87	462	210	17,100	68

	河道に関する情報			
	河道の上 流端標高 (EL.m)	河道の下 流端標高 (EL.m)	河道区間 延長 (m)	河道区間 平均勾配
A'地点～A地点	340	280	4,030	67
B'地点～B地点	410	290	5,100	43
C'地点～C地点	350	290	3,500	58
B'地点～D地点	410	280	8,100	62
B'地点～E地点	410	210	15,600	78

(2) 流出係数の算出

流出係数は土地利用ごとの標準的な値を、土地利用面積に応じた加重平均で乗じて、流域内の平均的な流出係数を算出した。

なお、古い市街地で密集度が低いこと、下水道計画区域は流域内の市街地全体の1割にも満たないことから、市街地の流出係数は、一般市街地の0.8を全流域で採用した。この結果、流域平均の流出係数は0.70～0.73となったが、土地利用変化に関する安全を見込んで、流出係数は全流域で0.75を採用することとした。

表 - 参 - 2.3 流出係数の標準値と採用状況

土地利用	流出係数	採用
密集市街地	0.9	
一般市街地	0.8	○
畑、原野	0.6	○
水田	0.7	○
山地	0.7	○

表 - 参 - 2.4 地点上流域の平均的な流出係数

地点	流域面積	市街地 (0.8)	畑 (0.6)	山林 (0.7)	水田 (0.7)	地点上流域の 平均的な流出 係数	採用した 流出係数
A	5.66	2.71	0.85	1.80	0.30	0.73	0.75
B	14.07	4.59	2.73	4.50	2.25	0.71	
C	6.71	1.64	1.52	2.05	1.50	0.70	
D	25.34	8.40	6.36	8.11	2.47	0.71	
E	41.90	14.03	7.06	14.31	6.50	0.72	

注) ()は土地利用ごとの流出係数

(3) 洪水到達時間の算出

洪水到達時間を算定する手法として慣用的にクラークヘン式がよく用いられている。この方法は、河道の上流端まで雨水が流入してくる時間と、流量が集まってから河道を流下する時間に分け、河道を流下する時は勾配に応じた流速を与えて、流量算出地点までに流下する時間を合計して洪水到達時間とする考え方からなりたっている。等流流速法も類似の考え方をとっている。

上記、経験的な手法に対し、洪水到達時間を都市域と山地域を対象に流域の地形条件から算出する方法が提案されている（土研式）。この方法は建設省土木研究所の流出試験地の洪水観測結果から導かれたものである。

洪水到達時間の算定法について、クラークヘン式を用いた場合と土研式を用いた場合を以下に示す。

① クラークヘン式による場合

表 - 参 - 2.5 洪水到達時間算出にクラークヘン式を用いた方法

算出ケース	算出方式	
流入時間と流下時間を加えて算出する方法	(流入時間)	
	・河川砂防基準(案) (計画編) にもとづき、2 km ² で30分の考え方を参考として設定する。	
	(流下時間)	
	・クラークヘン式	
	流路勾配	洪水流出速度
	1/100 以上	3.5m/s
	1/100~1/200	3.0m/s
	1/200 以下	2.1m/s

流域の最遠点の流路を対象に、洪水到達時間を算出した結果は、下表のとおりである。

表 - 参 - 2.6 洪水到達時間 (流入+流下(クラークヘン式)) (全流域)

地点	流路長(m)		上流端 標高 (m)	下流端 標高 (m)	標高差 (m)	勾配	流速 (m/s)	到達時間		
	区間	累加						流入 (T1)	流下 (T2)	到達 (T3)
A	4,030	(4,030)	340	280	20	67	3.5	30	19	50
B	5,100	(5,100)	410	290	75	43	3.5	30	24	54
C	3,500	(3,500)	350	290	55	58	3.5	30	17	47
D	3,000	8,100	290	280	15	300	2.1	54	24	78
E	7,500	15,600	280	210	65	107	3.0	78	42	120

※流路長 累加()書きは単独流域の流路長そのまま、裸字はB'地点からの累加距離

※D地点の流入時間はB地点到達時間、E地点の流入時間はD地点到達時間

② 土研式による場合

都市流域 $T = 2.40 \times 10^{-4} (\ell / \sqrt{S})^{0.7}$

自然流域 $T = 1.67 \times 10^{-3} (\ell / \sqrt{S})^{0.7}$

ℓ : 流域最遠点から流量計算地点までの距離

S : 流域最遠点から流量計算地点までの平均勾配

1) 流域最遠点までの距離と平均勾配

流末のE地点からの最遠点は、S-1流域及びS-3流域でもなく、S-2流域の▲462mの地点である。表-参-2.2 S川流域の諸元より、各地点の必要データは下記のとおりである。

表-参-2.7 土研式に必要なデータ

地点	最遠点までの距離	流域平均勾配	備考
A	5,280m	1/31	
B	6,600m	1/38	
C	5,300m	1/45	
D	9,600m	1/53	
E	17,100m	1/68	

2) 洪水到達時間の算出

S川流域は、将来の土地利用も市街地が優先するわけではないが、S-1流域では市街地が流域面積の約5割を占めるように、市街地が偏在している。そのため、流域全体の洪水到達時間を土研式の自然的利用で算出すると、例えばA地点では洪水到達時間を過大に見積もることになり、計画高水流量は低めに算出されてしまう。

したがって、地点ごとの流出特性をできるだけ表現することができるように、都市流域と自然流域のそれぞれの式で洪水到達時間を算出し、都市流域と自然流域の面積比の按分により各地点上流の洪水到達時間を算出した。

表-参-2.8 洪水到達時間計算表(土研式) (全流域)

地点	(都市流域)				(自然流域)				流域平均到達時間
	流路長(m)	流路勾配	到達時間(分)	面積比	流路長(m)	流路勾配	到達時間(分)	面積比	
A	5,280	31.0	19	0.48	5,280	31.0	134	0.52	79
B	6,600	38.0	24	0.33	6,600	38.0	169	0.67	122
C	5,300	45.0	22	0.24	5,300	45.0	154	0.76	121
D	9,600	53.0	35	0.33	9,600	53.0	247	0.67	177
E	17,100	68.0	58	0.33	17,100	68.0	403	0.67	287

(4) 降雨強度式

計画規模は1/10とし、下記の降雨強度式を採用した。

$$r = 1,321 / (t^{0.724} + 6.403)$$

r : 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/hr)

r : 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/hr)

t : 洪水到達時間 (分)

(5) 流出計算結果

クラーク式による算定結果を表 - 参 - 2.9、土研式による算定結果を表 - 参 - 2.10に示す。

表 - 参 - 2.9 流入時間+流下時間 (クラーク式) による流出計算

地点	洪水到達時間 (分)	降雨強度 (mm/hr)	流出係数	流域面積 (km ²)	計算流量 (m ³ /s)	計画高水流量 (m ³ /s)
A	50.0	56.5	0.75	5.66	66.6	70
B	54.0	54.2	0.75	14.07	159.0	160
C	47.0	58.3	0.75	6.71	81.6	85
D	78.0	44.3	0.75	25.34	233.7	240
E	120.0	34.4	0.75	41.90	300.2	300
降雨強度式	C/(t ⁴ +B)					
A	0.724					
B	6.403					
C	1321					

注) この例では、計画高水流量は計算流量の小数点以下を四捨五入し、100m³/s以上は10m³/s単位、100m³/s未満は5m³/s単位で丸めた数字で示している。

表 - 参 - 2.10 土研式による流出計算

地点	洪水到達時間 (分)	降雨強度 (mm/hr)	流出係数	流域面積 (km ²)	計算流量 (m ³ /s)	計画高水流量 (m ³ /s)
A	79.0	44.0	0.75	5.66	51.8	55
B	122.0	34.0	0.75	14.07	99.8	100
C	121.0	34.2	0.75	6.71	47.8	50
D	177.0	27.1	0.75	25.34	142.8	150
E	287.0	19.8	0.75	41.90	173.2	180
降雨強度式	C/(t ⁴ +B)					
A	0.724					
B	6.403					
C	1321					

注) この例では、計画高水流量は計算流量の小数点以下を四捨五入し、100m³/s以上は10m³/s単位、100m³/s未満は5m³/s単位で丸めた数字で示している。

洪水到達時間と流出計算結果を整理して表 - 参 - 2.11に示す。流出計算結果を計画高水流量に換算すると、土研式180m³/sに対してクラーク式では300m³/sと約7割増しの流量を与えることになる。

表 - 参 - 2.11 クラーク式と土研式の結果比較

地点	洪水到達時間 (分)		計画高水流量 (m ³ /s)	
	クラーク式	土研式	クラーク式	土研式
A	50	79	70	55
B	54	122	160	100
C	47	121	85	50
D	78	177	240	150
E	120	287	300	180

2.2 合成合理式による流出計算例

(1) 合成合理式による計算時間間隔

合理式は、洪水到達時間内の降雨強度から洪水のピーク流量を算定する方法であり、洪水到達時間ごとのハイレトグラフが得られれば、それらのピーク流量を連ねた曲線が洪水ハイドログラフとなる。

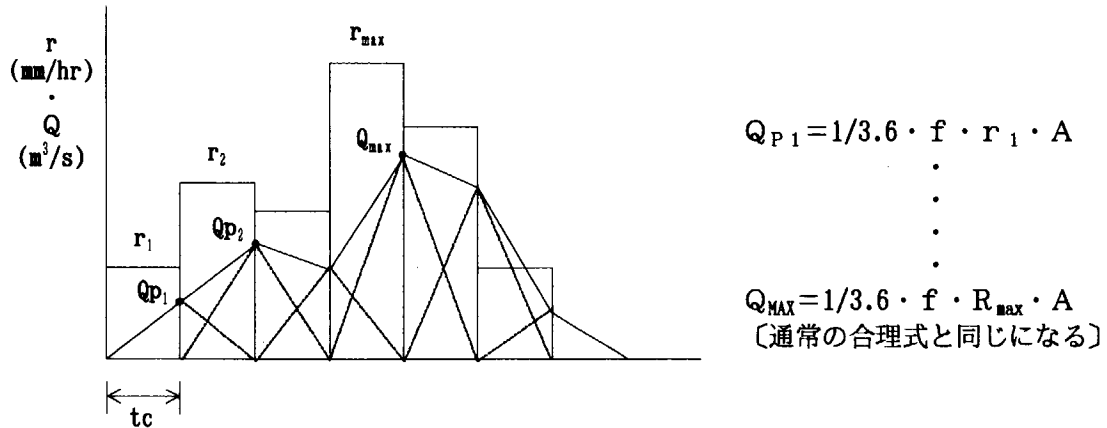


図 - 参 - 2.2 合成合理式の基本的考え方

ここで、洪水到達時間(t_c)のハイレトグラフについては、降雨強度式より任意の時間に対する中央集中型や後方集中型ハイレトグラフを得ることができる。しかし、実績の降雨を扱う場合には、通常1時間単位の雨量資料しか得られないことが多く、例えば30分や90分の降雨強度を設定することに難点がある。

今後、10分雨量の整備を行うこと及び1時間単位の降雨でも、その間の降雨強度を一定と仮定し、10分ごとの降雨強度を設定し、任意の洪水到達時間の流出量を求めることができることから、10分単位での計算例を以下に示す。

(2) 計算例

合成合理式による10分雨量を対象とした流域流出量の計算例を表 - 参 - 2.12に示す。

ここで、流域面積は $A = 20 \text{ km}^2$ 、洪水到達時間 $T_c = 40 \text{ 分}$ 、流出係数 $f = 0.75$ を与えている。

合成合理式は単独流域だけでなく、図 - 参 - 2.3に示すように流域分割した場合にも適用可能である。この図の例では、A流域とB流域の合流時差を河道の遅れとして与えることも可能である。

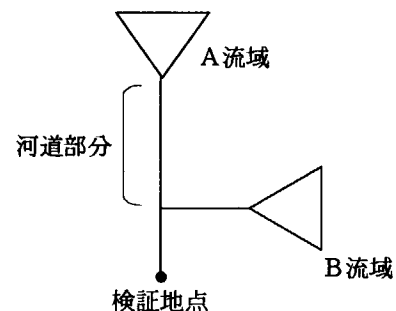


図 - 参 - 2.3 合成合理式による計算モデル図

表 - 参 - 2.12 10分間隔の合成合理式の計算例

時刻	雨量R (mm)	到達時間内 降雨強度(mm/hr) $r = R \times 60 / T_c$	単位時間流量(m ³ /s) $q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$	時刻流量(m ³ /s)			
9:00							
10	1.0	1.5	6.25	6.25	18.75	31.25	43.75
20	2.0	3.0	12.50				
30	2.0	3.0	12.50	87.50	118.75		
40	2.0	3.0	12.50				
50	8.0	12.0	50.00				
10:00	7.0	10.5	43.75	150.00	131.25	150.00	150.00
10	4.0	6.0	25.00				
20	5.0	7.5	31.25	131.25	118.75		
30	8.0	12.0	50.00				
40	4.0	6.0	25.00				
50	2.0	3.0	12.50	43.75	18.25	6.25	93.75
11:00	1.0	1.5	6.25				
10	0.0	0.0	0.00				
20	0.0	0.0	0.00				
30	0.0	0.0	0.00				
40	0.0	0.0	0.00				
50							0.00

T_c = 40分
 f = 0.75
 A = 20.0km²

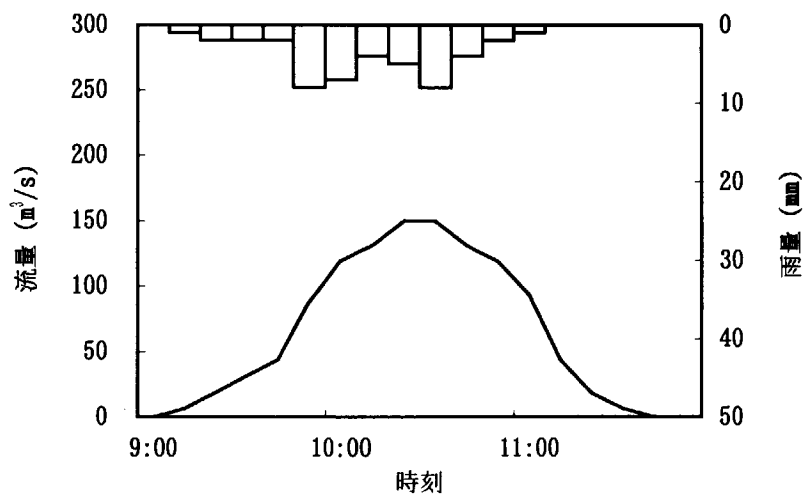


図 - 参 - 2.4 10分間隔の合成合理式の計算例

3. 貯留関数法による流出計算例

計算例としては〇〇県における二級河川M川 ($A=107.2\text{km}^2$) を例にとる。

(1) 流域分割と流出モデル

M川流域の流出特性を考慮して図-参-3.1に示すような流域分割を行い、図-参-3.2の流出モデルを作成する。各流域及び河道の諸元はそれぞれ表-参-3.1、表-参-3.2に示す通りである。

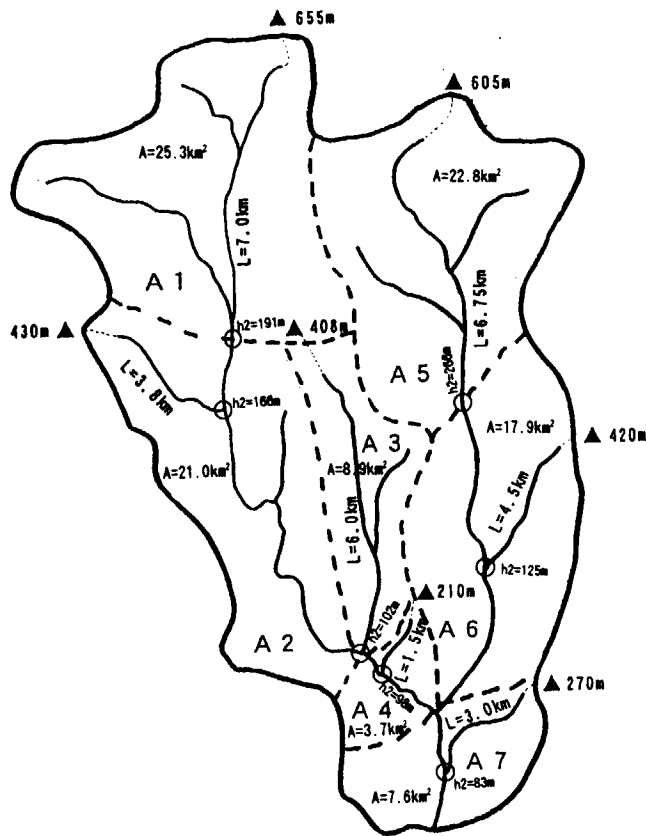


図-参-3.1 流域分割図

○印は流域流路の最低点を示す。

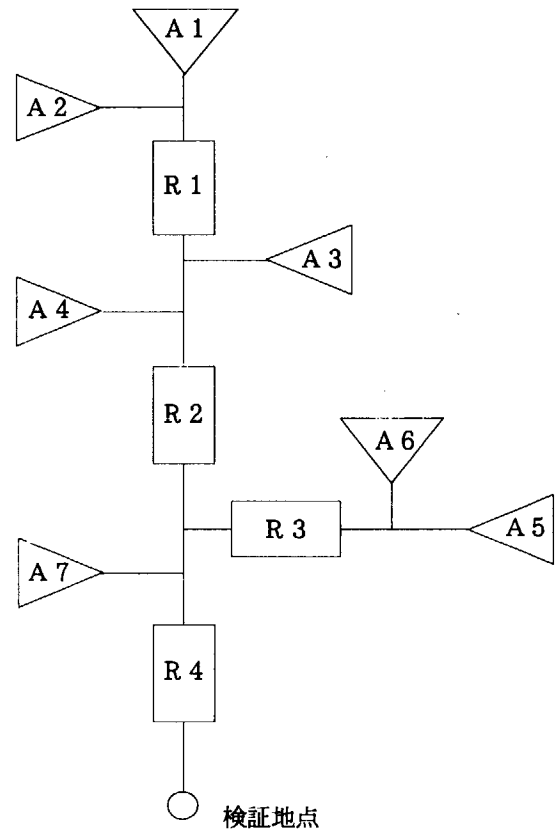


図-参-3.2 流出モデル図

表 - 参 - 3.1 流域諸元一覧

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	最高点 h1 (TP.+m)	最低点 h2 (TP.+m)	標高差 Δh (m)	流域 平均勾配 I
A 1	25.3	7.00	655	191	464	1/15
A 2	21.0	3.80	430	166	264	1/14
A 3	8.9	6.00	408	102	306	1/20
A 4	3.7	1.50	210	98	112	1/13
A 5	22.8	6.75	605	266	339	1/20
A 6	17.9	4.50	420	125	295	1/15
A 7	7.6	3.00	270	83	187	1/16
検証地点	107.20					

※流路延長Lは流域最遠点から流量算出地点までの流路の距離とした。

※流域平均勾配Iは流域最遠点から流量算出地点の標高差を流路延長で割ったもの。

表 - 参 - 3.2 河道諸元一覧

河道名	河道延長 L (km)	河道上流端 標高 h1 (TP.+m)	河道下流端 標高 h2 (TP.+m)	標高差 Δh (m)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n
R 1	10.00	191	102	89	1/112	20	0.035
R 2	2.00	102	90	12	1/167	30	0.035
R 3	6.70	266	90	176	1/38	30	0.035
R 4	2.70	90	79	11	1/245	60	0.035

※河道延長Lは河道上下流端の距離とした。

※河道勾配Iは河道上下流端の標高差を河道延長で割ったもの。

表 - 参 - 3.3 土地利用率一覧 (土地利用構成)

流域名	流域面積 A (km ²)	自然流域 (%)			都市流域 市街地 (%)
		水田	山林	丘陵等	
A 1	25.3	7.91	83.20	4.94	3.95
A 2	21.0	8.10	76.90	7.29	7.71
A 3	8.9	5.62	86.07	3.82	4.49
A 4	3.7	5.95	83.78	2.70	7.57
A 5	22.8	3.77	84.87	8.86	2.50
A 6	17.9	3.02	57.88	15.64	23.46
A 7	7.6	4.47	35.00	16.45	44.08
検証地点	107.20				

(2) 流域定数の設定

貯留関数法において流域定数の算定方法には、経験式、リザーブ定数、等価粗度による方法等があるが、この計算例ではリザーブ定数によって設定した、

① K、P、T1

流域定数K、Pはリザーブ定数より算定し、流域の遅延時間T1は全国山地河川の資料を用いた式から算定する。

$$K = 43.4 \cdot C \cdot I^{-1/3} \cdot L^{1/3}$$

$$P = 1/3 = 0.333$$

$$\begin{cases} Tl = 0.0470L - 0.56 & (L > 11.9 \text{ km}) \\ Tl = 0.0 & (L \leq 11.9 \text{ km}) \end{cases}$$

ここに、C：流域粗度（自然流域 C=0.12、都市流域 C=0.012として面積比で算出）

I：流域最遠点(流域界)から流量算出地点（流路が支川の場合は本川合流点）の標高差を流路長(L)で割ったもの

L：流域最遠点(流域界)から流量算出地点（流路が支川の場合は本川合流点）までの距離(km)

② 一次流出率 f_1 、飽和雨量 Rsa

一次流出率 f_1 、飽和雨量 Rsa は表 - 参 - 3.4に示す値を各流域の土地利用率で加重平均した値を設定する。

表 - 参 - 3.4 一次流出率(f_1)～飽和雨量(Rsa)

	自然流域	都市流域
f_1	0.5	
$Rsa(mm)$	100	50

算定した流域定数を表 - 参 - 3.5に示す。

表 - 参 - 3.5 流域定数一覧表（初期値）

流域名	流域面積 A (km^2)	流路延長 L (km)	流域平均 勾配 I	流域粗度 C	K	P	Tl (hr)	f_1	Rsa (mm)
A 1	25.3	7.00	1/15	0.12	24.6	0.333	0.0	0.5	98
A 2	21.0	3.80	1/14	0.11	18.0	0.333	0.0	0.5	96
A 3	8.9	6.00	1/20	0.12	25.7	0.333	0.0	0.5	98
A 4	3.7	1.50	1/13	0.11	12.8	0.333	0.0	0.5	96
A 5	22.8	6.75	1/20	0.12	26.7	0.333	0.0	0.5	99
A 6	17.9	4.50	1/15	0.09	15.9	0.333	0.0	0.5	88
A 7	7.6	3.00	1/16	0.07	11.0	0.333	0.0	0.5	78
検証地点	107.20								

③ 基底流量 Q_B

基底流量 Q_B は対象洪水毎に検証地点の洪水初期流量を流域面積比で各分割流域に配分する。

ここでは、降雨開始時の流量値 $1.8m^3/s$ を基底流量とした。

(3) 河道定数

① K、P、Tl

河道の貯留関数については、河道断面を基に利根川の経験式により算定する。

$$K' = 0.185 \cdot L \cdot B^{0.4} \cdot (I^{-1})^{0.3} \cdot n^{0.6}$$

$$K = 1.67 \cdot K'$$

$$P = 0.6$$

$$Tl = 0.00165 \cdot L \cdot I^{-0.6}$$

ここに、L : 河道延長 (km)
 B : 河道平均幅 (m)
 I : 河道勾配
 n : 粗度係数

表 - 参 - 3.6 河道定数一覧表

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	経験式			
					K'	K	P	Tl
R 1	10.00	1/112	20	0.035	3.38	5.64	0.6	0.2
R 2	2.00	1/167	30	0.035	0.90	1.50	0.6	0.1
R 3	6.70	1/38	30	0.035	1.93	3.22	0.6	0.1
R 4	2.70	1/245	60	0.035	1.79	2.99	0.6	0.1

(4) 検証計算

初期値として算定した流域及び河道の各定数を基に試算を繰り返し、その結果と検証地点実績流量を照合して最適定数の検証を行った。

ピーク流量が実績と比べ小さく、また計算波形は実績波形と比べ小さめな傾向にあるため、流域定数Kを修正し、さらに波形の遅れを考慮し流域Tlの設定を行った。なお、飽和雨量については変更は行わなかった。

誤差率については下記に示す式で評価した。

$$Ew = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_o(i) - Q_c(i)}{Q_o(i)} \right)^2 / n$$

ここに、 $Q_o(i)$: i時刻の実測流量(m³/s)

$Q_c(i)$: i時刻の計算流量(m³/s)

n : 計算時間数

検証洪水の誤差率は初期値で0.0269、最終値で0.0032である。

最終的に設定された定数による計算値を実績ハイドログラフを図 - 参 - 3.4に示す。

また、最終的に設定された定数を表 - 参 - 3.7及び表 - 参 - 3.8に示す。

表 - 参 - 3.7 流域定数 (最終値)

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	流域平均 勾配 I	流域粗度 C	K	P	Tl (hr)	f ₁	Rsa (mm)
A 1	25.3	7.00	1/15	0.12	19.7	0.333	0.5	0.5	98
A 2	21.0	3.80	1/14	0.11	14.4	0.333	0.5	0.5	96
A 3	8.9	6.00	1/20	0.12	20.6	0.333	0.0	0.5	98
A 4	3.7	1.50	1/13	0.11	10.2	0.333	0.0	0.5	96
A 5	22.8	6.75	1/20	0.12	21.4	0.333	0.5	0.5	99
A 6	17.9	4.50	1/15	0.09	12.7	0.333	0.5	0.5	88
A 7	7.6	3.00	1/16	0.07	8.8	0.333	0.0	0.5	78
検証地点	107.20								

表 - 参 - 3.8 河道定数 (最終値)

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	経験式			
					K'	Kr	Pr	Tl
R 1	10.00	1/112	20	0.035	3.38	5.64	0.6	0.2
R 2	2.00	1/167	30	0.035	0.90	1.50	0.6	0.1
R 3	6.70	1/38	30	0.035	1.93	3.22	0.6	0.1
R 4	2.70	1/245	60	0.035	1.79	2.99	0.6	0.1

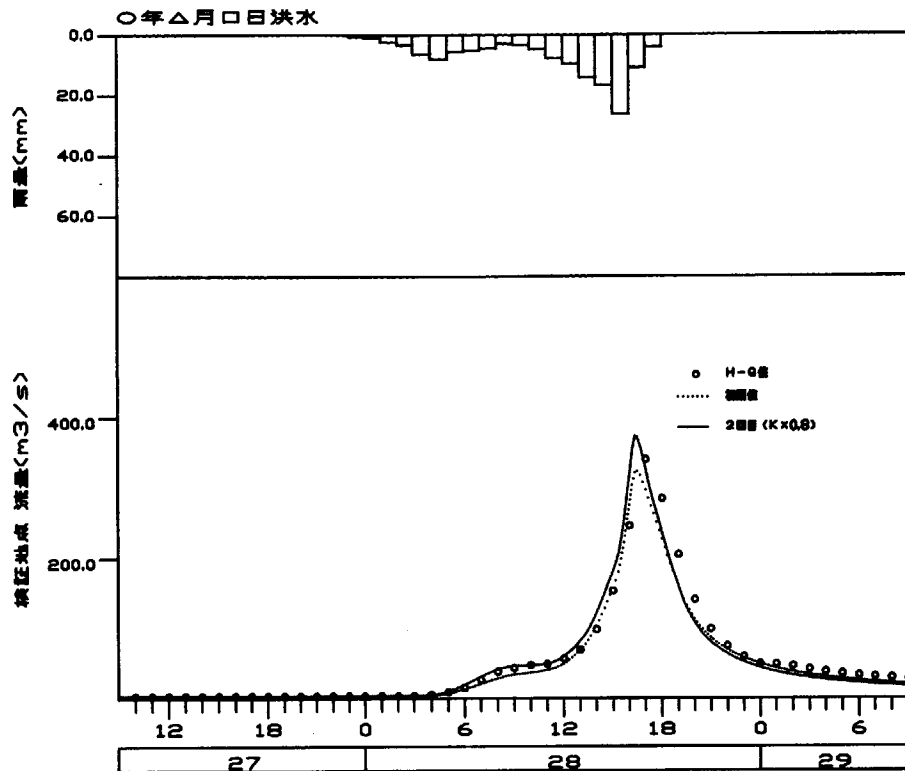


図 - 参 - 3.3 計算値と実績ハイドログラフ (初期値及び2回目)

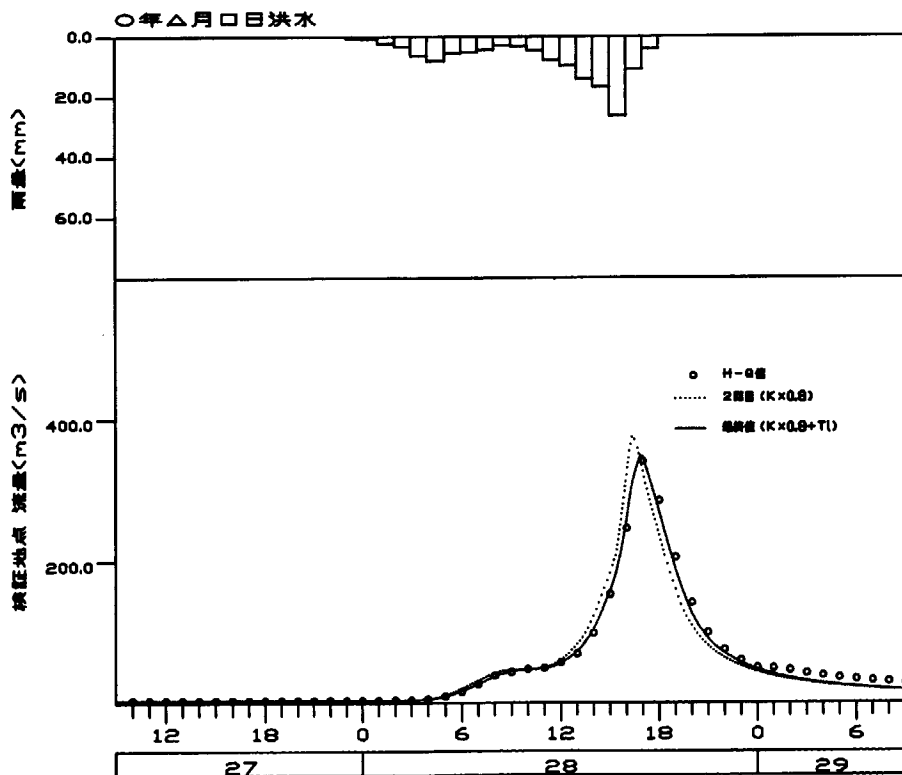


図 - 参 - 3.4 計算値と実績ハイドログラフ (2回目及び最終値)

4. 準線形貯留型モデルによる流出計算例

計算対象となる流域及び河川は貯留関数法の計算例と同じとする。

流域は準線形貯留型モデル、河道は貯留関数法を用いる。

(1) 流域定数の設定

① 降雨継続時間の定数

降雨継続時間の算定に使用するC値は表-参-4.1の値を使用した。

表-参-4.1 土地利用形態別のC値の標準値

土地利用区分	土地利用形態	C
水田		1,000
山林		290
畑	丘陵・放牧地・公園・ゴルフ場・畑地	210
市街地		70

② 有効降雨モデル

有効降雨モデルは $f_1 \sim R_{sa} \sim f_{sa}$ とし、表-4.2に示す標準値を初期値とする。計算例では市街地は4°の値を使用した。

表-参-4.2 $f_1 \sim R_{sa} \sim f_{sa}$ の標準値

土地利用区分		f_1	R_{sa}	f_{sa}
水田		0.0	50.0	1.0
畑		0.15	300.0	0.6
山林		0.25	150.0	1.0
市街地	1°	0.6	55.0	1.0
	2°	0.7	55.0	1.0
	3°	0.8	55.0	1.0
	4°	0.9	55.0	1.0

③ 基底流量 Q_b

基底流量 Q_b は対象洪水毎に検証地点の洪水初期流量を流域面積比で各分割流域に配分する。

ここでは、降雨開始時の流量値 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ を基底流量とした。

(2) 河道定数の設定

① K_r 、 P_r 、 T_l

河道については、貯留関数法の検討において設定された定数を用いる。

表 - 参 - 4.3 河道定数一覧表 (初期値)

河道名	流路延長 L (km)	河床勾配 I	流路平均幅 B (m)	粗度係数 n	経験式			
					K'	Kr	Pr	Tl
R 1	10.00	1/112	20	0.035	3.38	5.64	0.6	0.2
R 2	2.00	1/167	30	0.035	0.90	1.50	0.6	0.1
R 3	6.70	1/38	30	0.035	1.93	3.22	0.6	0.1
R 4	2.70	1/245	60	0.035	1.79	2.99	0.6	0.1

(3) 検証計算

初期値として算定した流域及び河道の各定数を基に次に示す手順で試算を繰り返し最適定数の検証を行った。

① 一次流出率 f_1 の修正

初期値として設定した定数による流出計算結果を図 - 参 - 4.1 に示す。初期値による計算波形は全体的に実績波形より大きく、特に立ち上がり部の計算波形が過大であるので一次流出率を調整した。ここで、本流域では地目別流出率の指定を行うための適当な実測値がないため、各地目別一次流出率に一定比率を乗じる方法を採用した。

② 飽和雨量 R_{sa} の調整

一次流出率の修正で実績ピーク流量が小さくなるので、次に飽和雨量の調整により計算ピーク流量の再現性を向上させた。ここで、一次流出率と同様に地目別飽和雨量の指定を行うための適当な実測値がないため、各地目別飽和雨量に一定比率を乗じる方法を採用した。

検証洪水の誤差率は初期値で0.0743、最終値で0.0202である。

最終的に設定された定数による計算値を実績ハイドログラフを図 - 参 - 4.2 に示す。

また、最終的に設定された定数を表 - 参 - 4.4 及び表 - 参 - 4.5 に示す。

表 - 参 - 4.4 最終定数

土地利用区分	f_1	R_{sa}	f_{sa}	C
水田	0.0	47.5	1.0	1,000
畑	0.11	285.0	0.6	210
山林	0.18	142.5	1.0	290
市街地(4°)	0.63	52.3	1.0	70

表 - 参 - 4.5 河道定数 (最終値)

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	経験式			
					K'	Kr	Pr	Tl
R 1	10.00	1/112	20	0.035	3.38	5.64	0.6	0.2
R 2	2.00	1/167	30	0.035	0.90	1.50	0.6	0.1
R 3	6.70	1/38	30	0.035	1.93	3.22	0.6	0.1
R 4	2.70	1/245	60	0.035	1.79	2.99	0.6	0.1

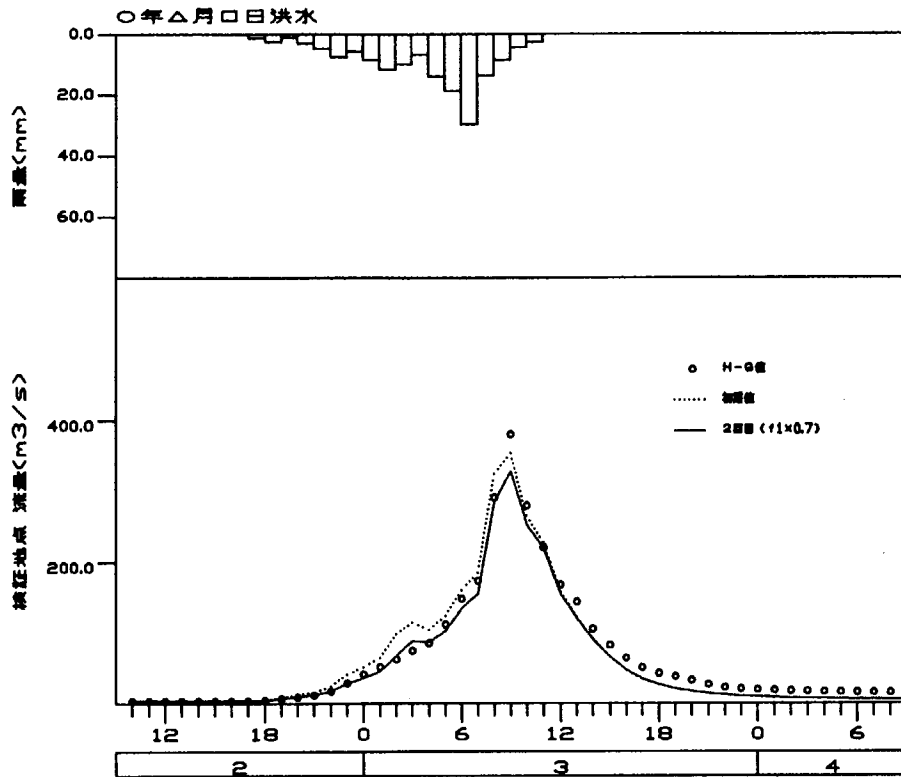


図 - 参 - 4.1 計算値と実績ハイドログラフ (初期値及び2回目)

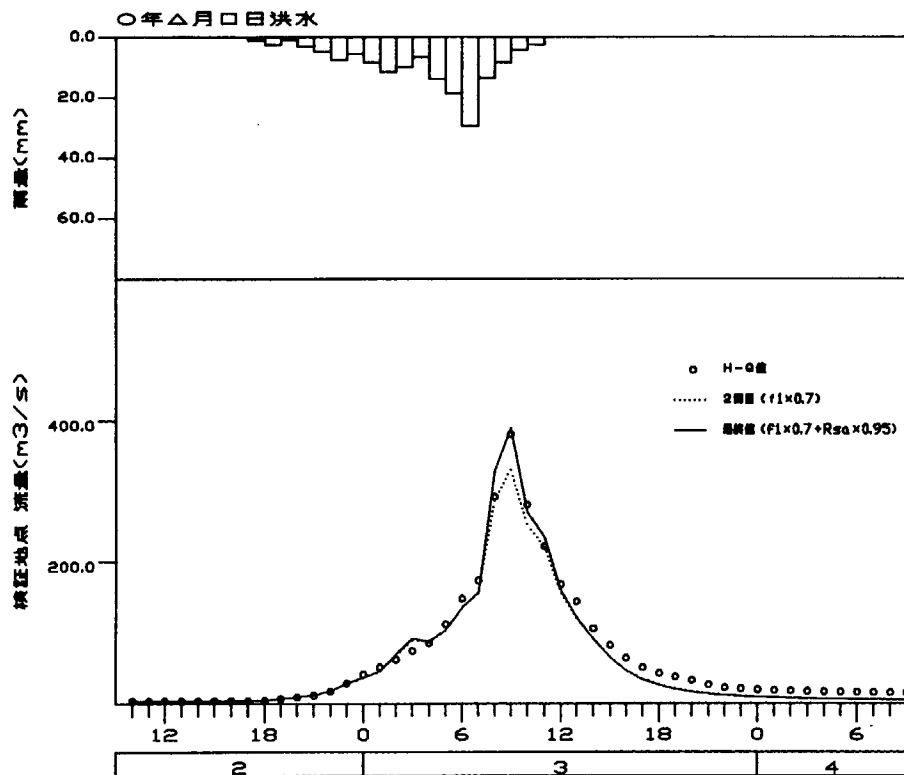
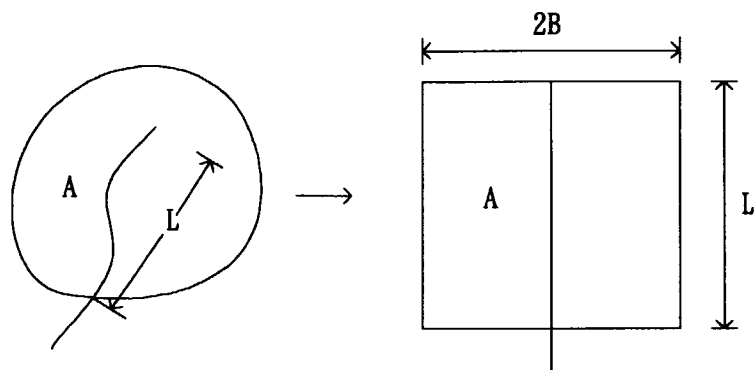


図 - 参 - 4.2 計算値と実績ハイドログラフ (2回目及び最終値)

5. 特性曲線法による流出計算例

(1) 流出モデル

分割流域を次の方法で矩形状の模型化を行い流出モデルを作成する。



$$A = L \times 2B$$

ここに、A：流域面積

L：流路延長

B：斜面幅

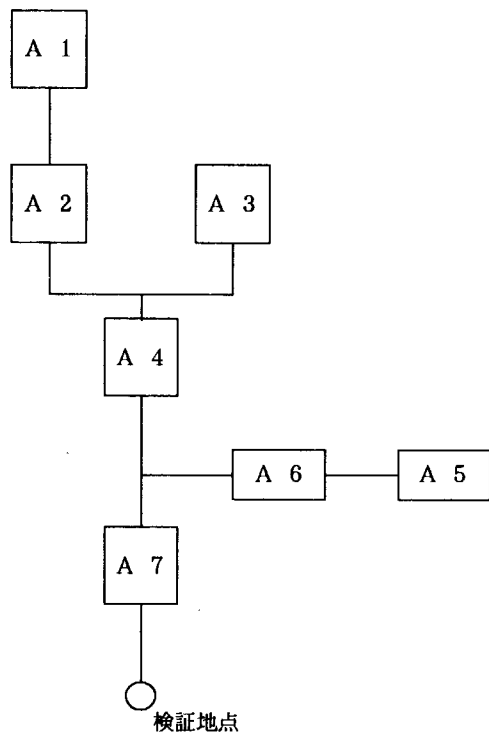


図 - 参 - 5.2 流出モデル図

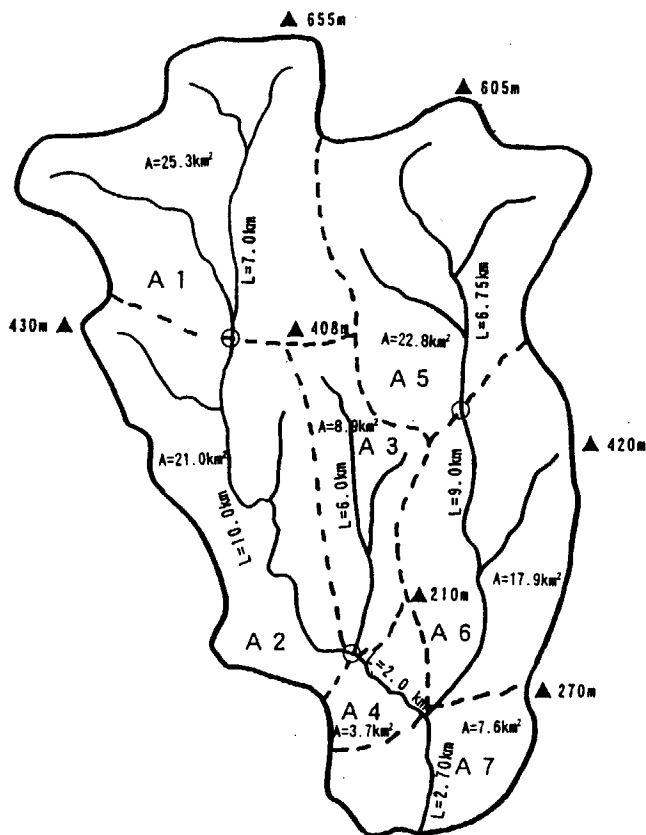


図 - 参 - 5.1 流域分割図

(2) 流域定数

① 斜面定数 K_s 、 P_s

$$K_s = \left(\frac{N}{\sqrt{I}} \right)^{0.6}$$

$$P_s = 0.6$$

ここに、N：流域平均等価粗度

I：流域平均斜面勾配

流域平均の等価粗度は土地利用率と表-参-5.1の面積加重平均により算出する。

表-参-5.1 地目別等価粗度係数 (N)

土地利用形態	標準値
水田	2.0
山林	0.7
丘陵・放牧地・公園・ゴルフ場・畑地	0.3
市街地	0.03

表-参-5.2 斜面定数一覧表 (初期値)

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	斜面 平均勾配 I	流域平均 等価粗度 N	Ks	Ps
A 1	25.3	7.00	1/18	0.76	2.02	0.60
A 2	21.0	10.00	1/22	0.72	2.08	0.60
A 3	8.9	6.00	1/16	0.73	1.90	0.60
A 4	3.7	2.00	1/24	0.72	2.13	0.60
A 5	22.8	6.75	1/15	0.70	1.82	0.60
A 6	17.9	9.00	1/12	0.52	1.42	0.60
A 7	7.6	2.70	1/32	0.40	1.63	0.60
検証地点	107.20					

※流路延長は貯留関数法 (流域最遠点から計測) と異なり、地形図上で示される水色の部分を目安に斜面幅と流路長の関係 ($A = L \times 2B$ または $L \times B$) を考慮して設定する。

※斜面平均勾配 I は各流域内の代表的な流下経路を設定しその流下経路に沿う縦断形の平均勾配とした。

② 有効降雨モデル

$$R_L = R - \alpha R^\beta \quad R \leq R_{max}$$

$$R_L = R_{Lmax} \quad R > R_{max}$$

ここに、R：累加雨量

R_L：累加損失雨量

R_{max}：飽和雨量

R_{Lmax}：累加損失雨量の最大値

α, β：定数

表-参-5.3 地目別 R ~ R_{max} の標準値

地目	α	β	R _{max}	R _{Lmax}
山地	3.6 × 10 ⁻⁴	1.5	100mm	64mm
水田	5.1 × 10 ⁻⁴	2.45	100mm	50mm
市街地	3.3 × 10 ⁻⁴	1.14	50mm	22mm

③ 基底流量 Q_b

基底流量 Q_b は対象洪水毎に検証地点の洪水初期流量を流域面積比で各分割流域に配分する。

ここでは、降雨開始時の流量値 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ を基底流量とした。

(3) 河道定数

断面資料が少ないことから、本文 3. 6. 3 (3) に示される河道定数の簡略式である以下の式により算定する。

$$Kr = B^{0.4} (n/\sqrt{I})^{P'}$$

$$Pr = P' = 0.6$$

ここに、B : 河道平均幅 (m)

n : 河道の粗度係数

I : 河道勾配

表 - 参 - 5.4 河道定数一覧表 (初期値)

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	Kr	Pr
A 1	7.00	1/90	15	0.035	1.52	0.60
A 2	10.00	1/112	20	0.035	1.83	0.60
A 3	6.00	1/120	15	0.035	1.66	0.60
A 4	2.00	1/167	30	0.035	2.42	0.60
A 5	6.75	1/200	25	0.035	2.38	0.60
A 6	9.00	1/38	30	0.035	1.55	0.60
A 7	2.70	1/245	60	0.035	3.58	0.60

(4) 検証計算

初期値として算定した流域及び河道の各定数を基に次に示す手順で試算を繰り返し最適定数の検証を行った。

① 等価粗度 N 値の修正

初期値として設定した定数による流出計算結果を図 - 参 - 5.3 に示す。初期値による計算波形は立ち上がり部が大きく、低減部が小さい。また、ピーク流量付近もフラットな波形となるため、表 - 参 - 5.5 に示す文献値の範囲で N 値の調整を行った。調整する地目は、文献値の適用範囲が広い山林及び水田を対象として調整した。

表 - 参 - 5.5 等価粗度 N の参考値 (文献値)

地目	N (sec/m ^{1/3})
山地	1.0~2.0
丘陵林地	0.6~1.2
牧場、ゴルフ場、畑地	0.3~0.5
市街地	0.01~0.04
水田地帯	2~3

出典：農業土木学会誌48-6,1980, 角屋睦

「3. 雨水流法 - 表面流出モデルによる洪水流出解析」

② Rmaxの調整

初期値から N の調整を行うことで全体的な波形は実績に近づいたが、計算ピーク流量が小さくなるので、次に有効雨量定数の Rmax の調整により計算ピーク流量の再現性を向上させた。ここでは、各地目有効雨量モデルの Rmax に一定比率を乗じる方法を採用した。

検証洪水の誤差率は初期値で 0.0483、最終値で 0.0250 である。

最終定数による計算値を実績ハイドログラフを図 - 参 - 5.4 に示す。

また、最終定数を表 - 参 - 5.6 ~ 表 - 参 - 5.9 に示す。

表 - 参 - 5.6 地目別等価粗度係数 (N)

土地利用形態	採用値
水田	2.5
山林	1.0
丘陵・放牧地・公園・ゴルフ場・畑地	0.3
市街地	0.03

表 - 参 - 5.7 斜面定数一覧表 (最終値)

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	斜面 平均勾配 I	流域平均 等価粗度 N	Ks	Ps
A 1	25.3	7.00	1/18	1.05	2.45	0.60
A 2	21.0	10.00	1/22	1.00	2.53	0.60
A 3	8.9	6.00	1/16	1.01	2.31	0.60
A 4	3.7	2.00	1/24	1.00	2.59	0.60
A 5	22.8	6.75	1/15	0.97	2.21	0.60
A 6	17.9	9.00	1/12	0.71	1.72	0.60
A 7	7.6	2.70	1/32	0.52	1.91	0.60
検証地点	107.20					

表 - 参 - 5.8 河道定数 (最終値)

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	Kr	Pr
A 1	7.00	1/90	15	0.035	1.52	0.60
A 2	10.00	1/112	20	0.035	1.83	0.60
A 3	6.00	1/120	15	0.035	1.66	0.60
A 4	2.00	1/167	30	0.035	2.42	0.60
A 5	6.75	1/200	25	0.035	2.38	0.60
A 6	9.00	1/38	30	0.035	1.55	0.60
A 7	2.70	1/245	60	0.035	3.58	0.60

表 - 参 - 5.9 地目別 R ~ Rmax の設定値

地目	α	β	Rmax	R _p max
山地	3.6×10^{-4}	1.5	80mm	59mm
水田	5.1×10^{-4}	2.45	80mm	47mm
市街地	3.3×10^{-4}	1.14	50mm	22mm

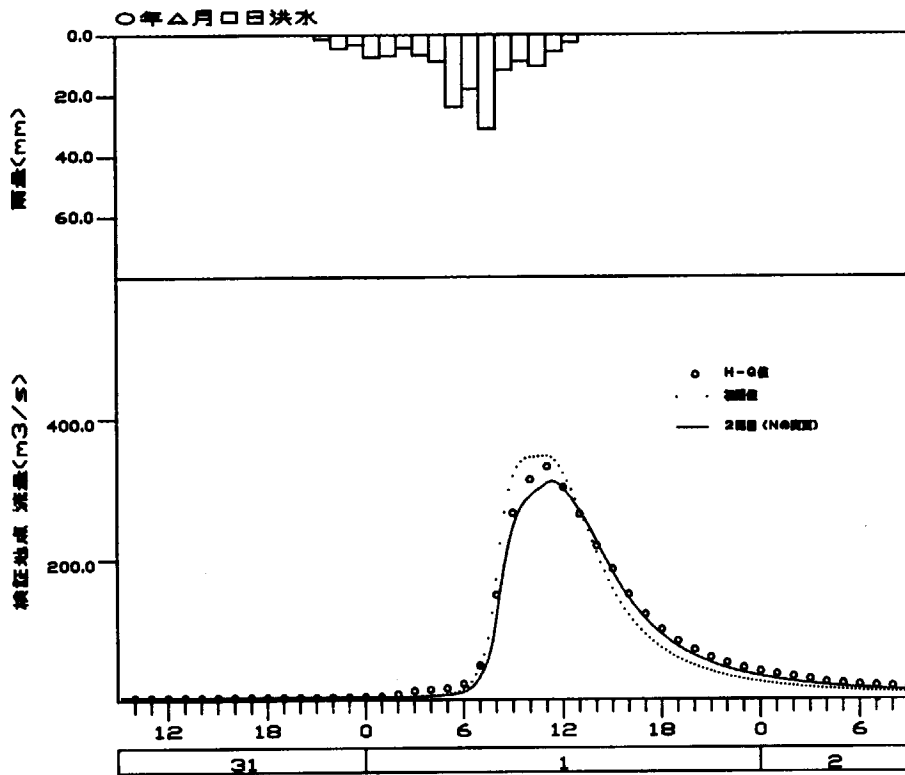


図 - 参 - 5.3 計算値と実績ハイドログラフ (初期値及び2回目)

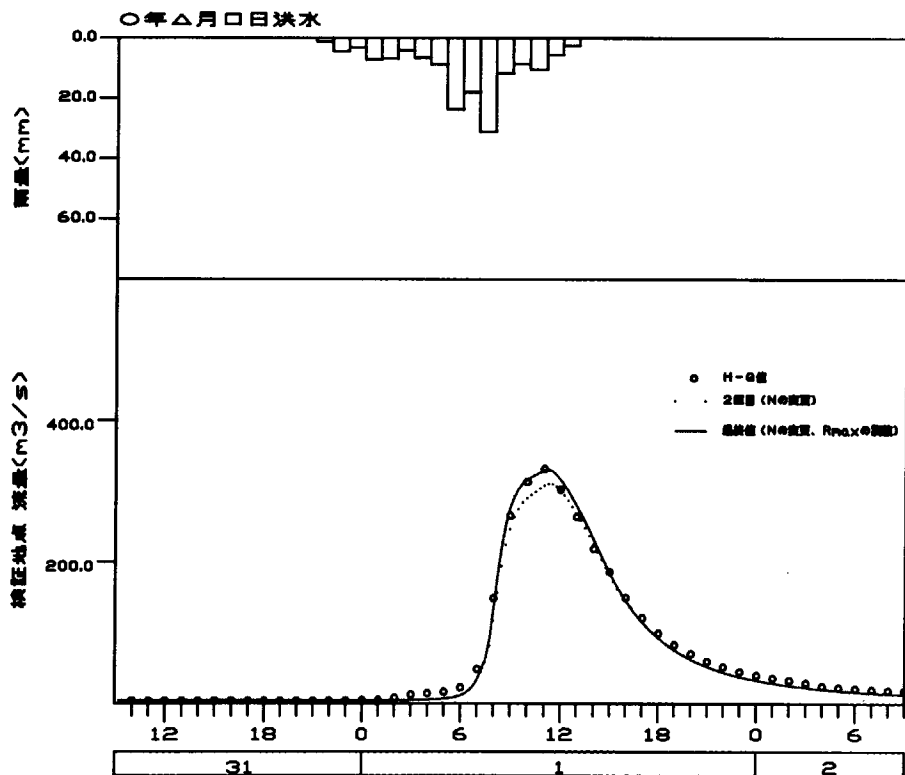


図 - 参 - 5.4 計算値と実績ハイドログラフ (2回目及び最終値)

6. 貯留関数法による基本高水検討例

計算例としては〇〇県における二級河川M川($A = 107.2\text{km}^2$)を例にとる。計画規模は県内バランスを考慮して1/50確率とした。

(1) 計画降雨量の検討

① 流域平均雨量の算定

流域内の時間雨量観測所がそろそろ昭和42年～平成8年の30年間を対象に、日雨量 $\geq 100\text{mm}$ 以上となる日雨量、時間雨量資料を収集し、ティーセン法により流域平均時間雨量を計算し、整理した。

② 計画降雨継続時間の検討

降雨の引伸ばし方式をII型とした場合は、洪水到達時間が計画降雨継続時間となる。降雨の引伸ばし方式をI型、III型とした場合は、実績の著名洪水の継続時間を概ね包絡するような時間を計画降雨継続時間とする。

表-参-6.2に示す検討対象降雨の実績洪水の雨量ピークから流量ピークの時差 T_g は概ね1～2時間であり、ここでは洪水到達時間を3時間($2 \times T_g$)として、II型引伸ばしにより検討を行うこととした。

③ 計画降雨量の設定

流域平均時間雨量の計算結果から、基準点(K地点)上流域年最大3時間雨量を統計年数($N = 30$)分整理し、確率計算を実施した。結果を表-参-6.1、図-参-6.1に示す。各手法の計算結果から、グンベル分布、GEV分布、SQRT-ET分布を優先して採用する方針から、これらの分布の適合度を見ると、SLSC値はいずれも0.04を下回る。原則からは、これらの3手法のうち安定性評価の面からjackknife推定誤差の最も小さくなる手法を採用することとなるが、確率図と併せて判断するものとする。M川では、確率図から判断してGEV分布を採用することとした。この理由は、最も推定誤差の小さいグンベル手法については、危険側の解を与えると判断し、SQRT-ET分布については、他の手法に比べ過大な値を与えていると判断したためである。

この結果、計画降雨量は計画規模を1/50として195mm(3時間最大)と設定した。

図-参-6.1 M川K地点 雨量確率計算結果(毎年値)

LogNormal Distribution Probability Paper

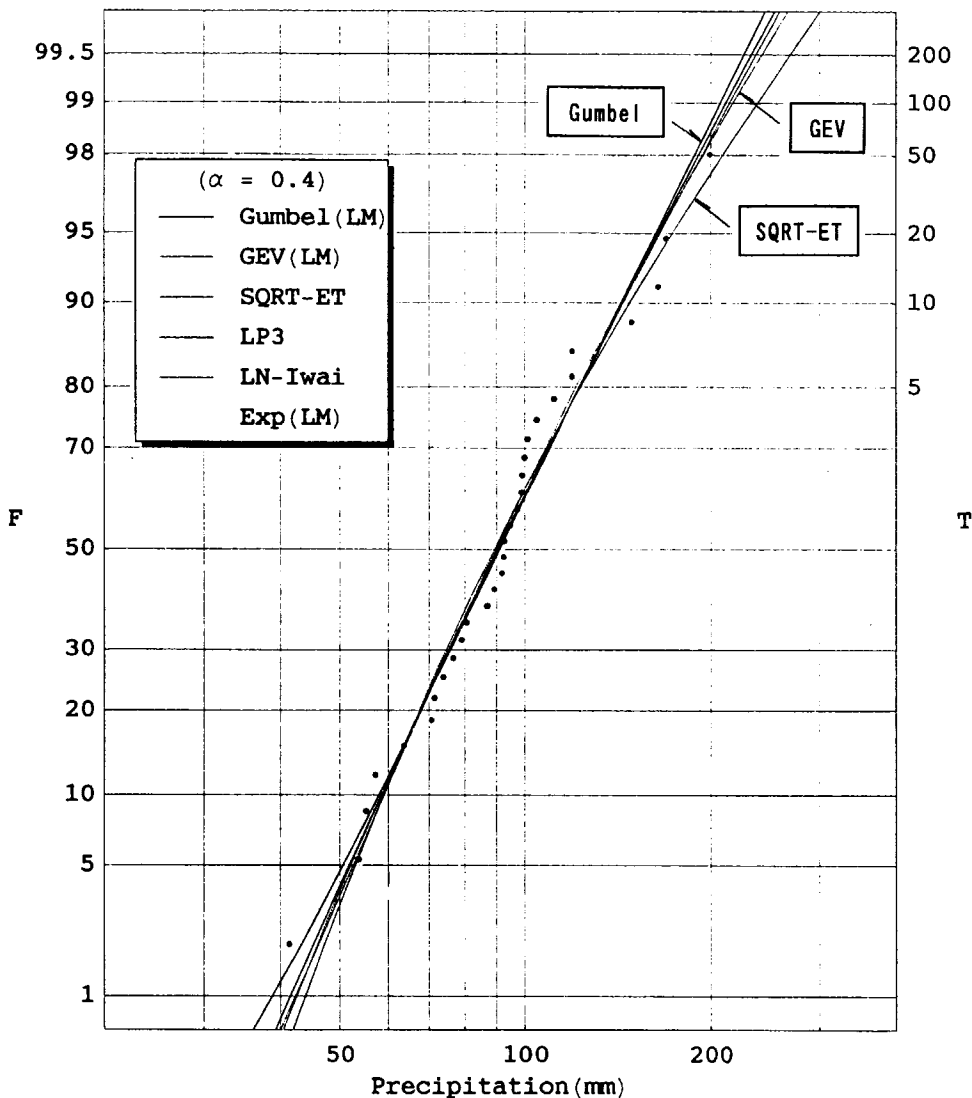


表-参-6.1 M川K水系 確率計算結果

項目		M川 K地点; 毎年値						
		対数正規分布		ゲムベル分布	GEV分布	SQRT-ET分布	LP3分布	指数分布
		積率法	岩井法	L積率法	L積率法	最尤法	積率法	L積率法
標本数		30	30	30	30	30	30	30
最大値								
確率規模	1/2	91.1	90.2	91.0	89.7	89.2	90.5	85.1
	1/5	122.4	122.3	122.2	120.9	122.7	122.1	120.0
	1/10	142.8	144.2	142.8	142.7	147.6	143.3	146.5
	1/30	173.3	177.8	174.0	177.6	189.0	175.9	188.4
	1/50	187.1	193.5	188.3	194.4	209.4	191.0	207.9
	1/80	199.8	208.1	201.3	210.3	229.0	205.1	225.8
	1/100	205.9	215.0	207.5	218.0	238.5	211.8	234.3
	1/150	216.9	227.8	218.7	232.1	256.3	224.2	249.8
	1/200	224.7	237.0	226.6	242.4	269.2	233.0	260.7
	1/300	235.7	250.1	237.8	257.2	288.0	245.7	276.2
1/500	249.8	266.8	251.9	276.3	312.4	261.9	295.7	
SLSC		0.0344	0.0349	0.0384	0.0341	0.0327	0.0341	0.0425
相関係数		0.9828	0.9849	0.9835	0.9861	0.9863	0.9844	0.9776
推定値		0.0	198.8	188.3	194.3	214.3	190.6	207.9
推定誤差		0.0	26.3	21.9	31.8	24.2	28.1	25.5
採用手法					○			
採用値					194.3			

注) 推定値, 推定誤差はjackknife法による。

(2) 検討対象降雨

検討対象降雨は、既往洪水の中から洪水ピーク流量の大きかった洪水、総雨量の大きい洪水、降雨パターン等を考慮して、15降雨程度を抽出した。

表 - 参 - 6.2 検討対象降雨一覧表

No.	降雨年月日	要因	実績ピーク流量 (m^3/s)	総雨量 (mm)	継続時間 (hr)	ピーク時差 (hr)	洪水到達時間内雨量 (mm)	引伸ばし率
1		台風	-	224	23	-	123.3	1.582
2		台風	-	207	27	-	64.3	3.033
3		梅雨前線	-	365	36	-	179.0	1.089
4		低気圧	-	200	41	-	88.5	2.203
5		前線	-	233	28	-	73.0	2.671
6		台風	428	188	27	1	91.5	2.131
7		台風	396	194	22	2	84.0	2.321
8		梅雨前線	381	350	29	3	82.5	2.108
9		梅雨前線	626	302	34	2	156.0	1.250
10		前線	385	310	24	1	107.5	1.814
11		前線	422	280	21	1	132.9	1.467
12		台風	306	201	16	2	113.0	1.726
13		台風	375	159	21	1	104.5	1.866
14		台風	565	316	22	2	147.5	1.322
15		前線	452	233	30	1	102.1	1.910

(3) 計画降雨の作成

II型引伸ばしにより実績降雨の最大3時間雨量を引伸ばして、計画降雨波形を作成した。

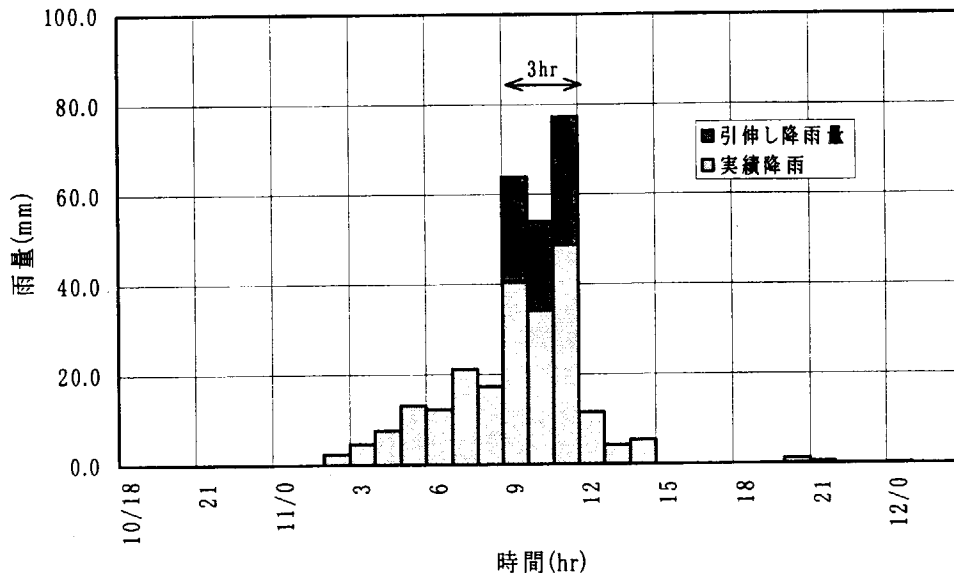


図 - 参 - 6.2 降雨の引伸ばし例 (洪水No.1)

(4) 流域分割と流出モデル

M川流域の流域分割流出モデルは、貯留関数法による流出計算例のとおりである。各流域及び河道の諸元はそれぞれ表-参-6.3、表-参-6.4に示す通りである。ここでは、自治体の開発予想をもとに、将来土地利用を表-参-6.5のように予測した。

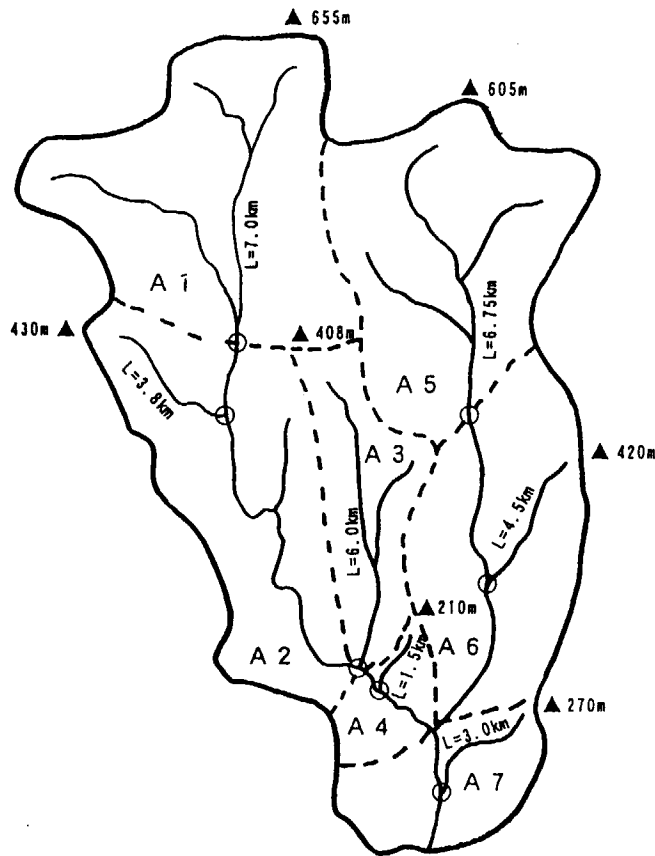


図-参-6.3 流域分割図
○印：流路延長算出地点

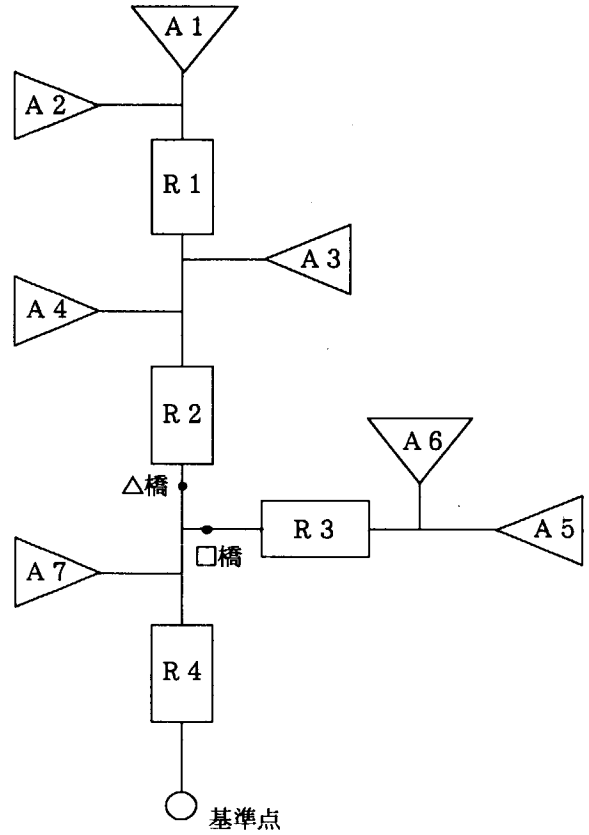


図-参-6.4 流出モデル図

表 - 参 - 6.3 流域諸元一覧

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	最高点 h1 (TP.+m)	最低点 h2 (TP.+m)	標高差 Δh (m)	流域 平均勾配 I
A 1	25.3	7.00	655	191	464	1/15
A 2	21.0	3.80	430	166	264	1/14
A 3	8.9	6.00	408	102	306	1/20
A 4	3.7	1.50	210	98	112	1/13
A 5	22.8	6.75	605	266	339	1/20
A 6	17.9	4.50	420	125	295	1/15
A 7	7.6	3.00	270	83	187	1/16
検証地点	107.20					

※流路延長Lは流域最遠点から流量算出地点までの流路の距離とした。

※流域平均勾配Iは流域最遠点から流量算出地点の標高差を流路延長で割ったもの。

表 - 参 - 6.4 河道諸元一覧

河道名	河道延長 L (km)	河道上流端 標高 h1 (TP.+m)	河道下流端 標高 h2 (TP.+m)	標高差 Δh (m)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n
R 1	10.00	191	102	89	1/112	20	0.035
R 2	2.00	102	90	12	1/167	30	0.035
R 3	6.70	266	90	176	1/38	30	0.035
R 4	2.70	90	79	11	1/245	60	0.035

※河道延長Lは河道上下流端の距離とした。

※河道勾配Iは河道上下流端の標高差を河道延長で割ったもの。

表 - 参 - 6.5 将来流域 土地利用一覽 (土地利用構成)

流域名	流域面積 A (km ²)	自然流域 (%)			都市流域 市街地 (%)
		水田	山林	丘陵等	
A 1	25.3	7.79	81.34	6.75	4.12
A 2	21.0	8.02	72.79	9.87	9.32
A 3	8.9	4.27	81.82	4.24	9.67
A 4	3.7	0.00	78.35	2.84	18.81
A 5	22.8	3.61	83.45	9.73	3.21
A 6	17.9	2.32	41.63	17.71	38.34
A 7	7.6	0.00	23.74	11.93	64.33
検証地点	107.20				

(5) 計画流域定数の設定

3. 貯留関数による流出計算において、定数Kの最終値は初期値の0.8倍を採用した。この0.8を補正係数として計画に用いる定数Kを定める。すなわち現況と同様に将来の土地利用変化を考慮して初期値を算出し、これに補正係数0.8を乗じた値を計画に用いる方針とした。

算定した流域定数を表 - 参 - 6.6に示す。

表 - 参 - 6.6 流域定数一覧表

流域名	流域面積 A (km ²)	流路延長 L (km)	流域平均 勾配 I	流域粗度 C	K	P	Tl (hr)	f ₁	Rsa (mm)
A 1	25.3	7.00	1/15	0.12	19.7	0.333	0.5	0.5	98
A 2	21.0	3.80	1/14	0.11	14.4	0.333	0.5	0.5	95
A 3	8.9	6.00	1/20	0.11	18.9	0.333	0.0	0.5	95
A 4	3.7	1.50	1/13	0.10	9.3	0.333	0.0	0.5	91
A 5	22.8	6.75	1/20	0.12	21.4	0.333	0.5	0.5	98
A 6	17.9	4.50	1/15	0.08	11.3	0.333	0.5	0.5	81
A 7	7.6	3.00	1/16	0.05	6.3	0.333	0.0	0.5	68
検証地点	107.20								

(6) 計画河道定数

① K、P、Tl

計画河道の貯留関数については、現況と同様に河道断面を基に利根川の経験式により算定する。

$$K' = 0.185 \cdot L \cdot B^{0.4} \cdot (I^{-1})^{0.3} \cdot n^{0.6}$$

$$K = 1.67 \cdot K'$$

$$P = 0.6$$

$$Tl = 0.00165 \cdot L \cdot I^{-0.6}$$

ここに、L : 河道延長 (km)

B : 河道平均幅 (m)

I : 河道勾配

n : 粗度係数

表 - 参 - 6.7 河道定数一覧表

河道名	河道延長 L (km)	河道勾配 I	河道平均幅 B (m)	粗度係数 n	経験式			
					K'	K	P	Tl
R 1	10.00	1/112	20	0.035	3.38	5.64	0.6	0.2
R 2	2.00	1/167	30	0.035	0.90	1.50	0.6	0.1
R 3	6.70	1/38	30	0.035	1.93	3.22	0.6	0.1
R 4	2.70	1/245	60	0.035	1.79	2.99	0.6	0.1

※本例では現況と同じとして取扱っている。

(7) 基本高水の設定

検討対象降雨の最大3時間雨量を計画降雨量まで引伸ばして作成した計画降雨群を対象

に流出計算を実施した。

計画降雨については、その引伸ばしの妥当性を計画降雨継続時間(K地点洪水到達時間)内雨量の地域分布率で検討し、著しく地域分布に偏りがあると認められる4降雨については、棄却することとした。

流出計算結果を大きい順に並べて整理したのが、表-参-6.8である。

表-参-6.8 基本高水流出計算結果

No.	洪水到達時間内雨量 (mm)	引伸ばし率	到達時間内雨量の比率		地域分布 による棄却	K地点ピーク流量 (m ³ /s)	カバー率 (%)
			△橋	□橋			
6	91.5	2.131	0.52	0.48		1,607	100.0
15	102.1	1.910	0.79	0.21	○	1,380	—
2	64.3	3.033	0.59	0.41		1,242	90.9
9	156.0	1.250	0.47	0.53		1,157	81.8
13	104.5	1.866	0.74	0.36	○	1,154	—
11	132.9	1.467	0.44	0.56		1,149	72.7
7	84.0	2.321	0.58	0.42		1,125	63.6
1	123.3	1.582	0.24	0.76	○	1,101	—
8	92.5	2.108	0.51	0.49		1,045	54.5
4	88.5	2.203	0.39	0.61		1,036	45.5
10	107.5	1.814	0.60	0.40		985	36.4
12	113.0	1.726	0.48	0.52		977	27.3
14	147.5	1.322	0.77	0.23	○	977	—
3	179.0	1.089	0.56	0.44		823	18.2
5	73.0	2.671	0.53	0.47		773	9.1

※地域分布に大きな偏りがある降雨を一率に引伸ばした場合、本川△橋上流あるいは支川□橋上流の雨量が異常な値となる可能性がある。本川△橋上流と支川□橋上流のK地点洪水到達時間内雨量の比率が、著しく他の降雨と離れている4降雨は棄却する方針とした。*)

M川では流量確率を検討していないので、基本高水のピーク流量は流出計算結果からカバー率50%程度(中央値)の値を採用する方針とする。この結果、基本高水ピーク流量は洪水No.8の1,045m³/sが採用される。なお、この値は近年の実績値を上回っており、規模的に問題ないと考えられる。

*) 地域分布の棄却にあたっては、△橋地点及び□橋地点上流域において、洪水到達時間(基準点の)雨量の確率評価を行い、引伸ばし後の各上流域の洪水到達時間雨量が異常値を示さないかチェックする方法が考えられる。この場合、異常値の判断については、当該確率規模の jackknife 推定値+推定誤差を上限値として扱うことが考えられる。

7. 確率降雨強度式

次項に全国の各アメダス観測所の確率降雨強度式を示す。

No.	名称	観測点			観測 年数	確率降雨強度式				
		緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
11001	宗谷岬	45.5183	141.9400	26	17	1.35	27.3	0.22	0.75	0.998
11011	船泊	45.4350	141.0400	8	18	0.20	23.1	0.22	0.75	0.998
11016	稚内	45.4133	141.6833	3	20	1.10	27.1	0.20	0.75	0.998
11076	浜鬼志別	45.3333	142.1750	13	17	0.90	24.2	0.24	0.75	0.998
11121	沼川	45.2483	141.8617	15	18	1.40	25.8	0.19	0.75	0.999
11151	沓形	45.1750	141.1383	14	20	2.20	33.9	0.23	0.75	0.997
11176	豊富	45.1017	141.7817	12	20	0.70	26.3	0.22	0.75	0.998
11206	浜頓別	45.1117	142.3650	13	20	2.35	28.6	0.20	0.75	0.998
11276	中頓別	44.9633	142.2833	25	20	2.05	27.9	0.21	0.75	0.998
11291	北見枝幸	44.9383	142.5900	7	20	1.75	31.5	0.19	0.75	0.998
11316	歌登	44.8383	142.4833	14	19	2.60	34.6	0.22	0.75	0.998
12011	中川	44.8233	142.0750	22	18	0.55	25.9	0.21	0.75	0.998
12041	音威子府	44.7250	142.2700	40	18	1.25	27.4	0.22	0.75	0.999
12141	美深	44.4783	142.3467	77	20	1.15	24.7	0.22	0.75	0.996
12151	ピヤシリ山	44.4317	142.5883	980	0	最終年度データなし				
12181	名寄	44.3717	142.4583	89	20	0.50	22.3	0.24	0.75	0.997
12216	雨竜	44.2667	142.3033	360	1	最終年度データなし				
12231	下川	44.3000	142.6267	140	19	1.65	27.8	0.23	0.75	0.996
12261	士別	44.1867	142.4150	135	20	0.70	24.8	0.30	0.75	0.998
12266	朝日	44.1167	142.5983	225	19	0.70	25.5	0.27	0.75	0.998
12271	朝日	44.1150	142.6000	205	1	最終年度データなし				
12291	犬牛別峠	44.0683	142.2750	410	2	最終年度データなし				
12301	和寒	44.0267	142.4150	138	18	0.65	26.0	0.26	0.75	0.997
12341	雄鷹峰	43.9500	142.3267	305	4	データ年数不足				
12346	和寒	43.9967	142.4133	130	2	最終年度データなし				
12351	蓬萊山	43.9133	142.5900	320	12	データ年数不足				
12386	江丹別	43.8883	142.2467	140	18	0.60	27.4	0.30	0.75	0.998
12396	比布	43.8683	142.4833	167	20	1.15	24.8	0.27	0.75	0.997
12411	上川	43.8450	142.7583	324	19	1.05	27.7	0.24	0.75	0.999
12441	旭川	43.7700	142.3733	112	20	0.65	24.5	0.28	0.75	0.998
12451	東川	43.7000	142.5117	215	18	0.55	21.8	0.27	0.75	0.998
12456	瑞穂	43.7167	142.6667	430	3	最終年度データなし				
12457	瑞穂	43.7350	142.6417	289	15	データ年数不足				
12471	層雲峡	43.7517	142.9333	540	19	0.55	26.1	0.24	0.75	0.998
12496	終沢	43.6283	142.3383	550	4	データ年数不足				
12511	忠別	43.6267	142.6350	370	15	最終年度データなし				
12512	志比内	43.6417	142.5867	310	3	データ年数不足				
12521	旭岳	43.6600	142.8300	1620	0	最終年度データなし				
12551	美瑛	43.5867	142.4983	250	20	0.90	22.4	0.26	0.75	0.998
12596	上富良野	43.4533	142.4700	220	18	2.30	29.4	0.25	0.75	0.996
12606	白金	43.4900	142.6433	670	6	最終年度データなし				
12607	白金	43.4733	142.6517	650	11	データ年数不足				
12626	富良野	43.3300	142.4050	174	20	1.55	27.5	0.28	0.75	0.998
12631	前富良野岳	43.3783	142.5700	746	1	最終年度データなし				
12632	鷹郷	43.3000	142.5250	315	17	1.60	26.4	0.27	0.75	0.998
12681	前時雨山	43.1833	142.3500	380	2	最終年度データなし				
12691	幾寅	43.1667	142.5733	350	18	1.05	27.6	0.26	0.75	0.998
12746	占冠中央	42.9767	142.4000	332	18	0.95	31.0	0.24	0.75	0.998
13061	天塩	44.8917	141.7633	9	20	1.25	25.6	0.24	0.75	0.998
13086	遠別	44.7217	141.8100	10	20	1.00	27.7	0.18	0.75	0.999
13121	初山別	44.5300	141.7717	5	18	0.65	27.2	0.21	0.75	0.999
13146	焼尻	44.4283	141.4283	34	18	1.35	28.1	0.29	0.75	0.998
13181	羽幌	44.3617	141.7050	8	20	0.65	27.3	0.21	0.75	0.999
13206	古丹別	44.2667	141.7150	20	18	0.90	31.3	0.21	0.75	0.998
13261	達布	44.0467	141.8617	30	18	0.20	33.5	0.34	0.75	0.997
13276	留萌	43.9433	141.6367	22	4	最終年度データなし				
13277	留萌	43.9433	141.6367	24	20	0.75	27.9	0.26	0.75	0.999
13311	増毛	43.8483	141.5300	36	20	0.75	25.4	0.20	0.75	0.999
13321	幌糠	43.8533	141.7650	20	18	1.45	28.3	0.32	0.75	0.998
14026	浜益	43.5800	141.3917	3	18	0.45	23.6	0.26	0.75	0.998
14071	厚田	43.3950	141.4417	5	18	1.00	24.7	0.22	0.75	0.998
14076	阿曾岩	43.3000	141.5183	320	0	最終年度データなし				
14086	石狩	43.2433	141.3567	3	14	最終年度データなし				
14101	新篠津	43.2200	141.6500	9	20	1.30	29.7	0.29	0.75	0.998
14116	山口	43.1450	141.2267	5	20	3.40	32.2	0.26	0.75	0.996
14121	石狩	43.1917	141.3750	5	20	1.60	27.3	0.23	0.75	0.997
14156	手稲山	43.0717	141.2017	965	0	最終年度データなし				
14161	札幌	43.0583	141.3317	17	16	最終年度データなし				
14162	札幌	43.0583	141.3317	17	20	3.20	38.8	0.24	0.75	0.997
14171	西野幌	43.0417	141.5450	22	20	2.25	33.8	0.32	0.75	0.997

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
14191	小金湯	42.9633	141.2200	240	20	2.80	41.1	0.25	0.75	0.995
14206	恵庭島松	42.9233	141.5700	30	20	2.15	40.0	0.33	0.75	0.997
14246	島松山	42.8933	141.4183	400	1	最終年度データなし				
14286	支笏湖畔	42.7700	141.4117	290	20	3.40	66.6	0.21	0.75	0.998
15041	朱鞠内	44.2800	142.1650	255	17	1.95	36.0	0.22	0.75	0.998
15076	幌加内	44.0067	142.1533	159	19	1.85	30.6	0.29	0.75	0.998
15116	石狩沼田	43.8067	141.9500	63	20	0.60	24.6	0.40	0.75	0.998
15161	深川	43.7167	142.0783	55	19	1.00	25.6	0.32	0.75	0.997
15171	常盤山	43.7583	142.2067	560	0	最終年度データなし				
15196	桜山	43.6817	141.8533	230	2	最終年度データなし				
15216	新城	43.6117	142.2083	147	11	データ年数不足				
15231	空知吉野	43.5933	141.7367	100	17	1.05	31.1	0.29	0.75	0.997
15241	滝川	43.5683	141.9450	48	20	1.40	30.0	0.26	0.75	0.995
15246	神威岳	43.5167	142.0100	455	7	最終年度データなし				
15251	芦別	43.5150	142.1933	90	19	0.90	23.6	0.31	0.75	0.996
15271	晩生内	43.4033	141.7550	140	0	最終年度データなし				
15276	浦臼	43.4267	141.8133	25	13	データ年数不足				
15311	月形	43.3283	141.6233	50	20	0.65	26.9	0.25	0.75	0.999
15321	美唄	43.3600	141.8317	16	20	1.40	28.1	0.33	0.75	0.998
15356	岩見沢	43.2100	141.7883	42	20	1.85	30.1	0.29	0.75	0.996
15366	下桂沢	43.2517	141.9700	265	5	最終年度データなし				
15391	栗沢	43.1183	141.7500	20	20	2.40	33.6	0.27	0.75	0.997
15431	長沼	43.0100	141.6967	13	20	2.55	35.8	0.31	0.75	0.995
15441	丁未山	43.0800	141.9867	663	0	最終年度データなし				
15442	夕張	43.0383	141.9617	293	20	1.20	32.7	0.26	0.75	0.999
15451	鹿島	43.0767	142.1033	313	12	データ年数不足				
15491	沼の沢	42.9583	142.0250	161	12	データ年数不足				
15496	登川山	42.9217	142.1000	365	0	最終年度データなし				
16026	美瑛	43.2717	140.5717	75	19	2.25	37.7	0.18	0.75	0.998
16061	神恵内	43.1433	140.4267	50	18	0.30	22.5	0.21	0.75	0.998
16076	余市	43.1800	140.7633	20	20	1.95	30.6	0.19	0.75	0.999
16091	小樽	43.1800	141.0200	25	20	1.05	25.7	0.25	0.75	0.997
16126	赤井川	43.0817	140.8217	135	20	0.85	27.7	0.21	0.75	0.996
16156	岩内	42.9833	140.5467	33	20	1.40	24.8	0.23	0.75	0.998
16206	蘭越	42.8050	140.5317	24	20	1.65	27.7	0.21	0.75	0.999
16216	倶知安	42.8950	140.7550	174	16	最終年度データなし				
16217	倶知安	42.8983	140.7617	176	20	1.65	29.0	0.23	0.75	0.998
16226	脇方台地	42.8767	140.9500	525	1	データ年数不足				
16251	寿都	42.7900	140.2400	16	13	最終年度データなし				
16252	寿都	42.7933	140.2283	33	20	1.30	28.3	0.23	0.75	0.997
16271	桂台	42.7500	140.6200	333	1	データ年数不足				
16281	真狩	42.7733	140.8850	440	20	1.85	33.0	0.21	0.75	0.998
16286	喜茂別	42.7933	140.9517	264	20	2.05	33.8	0.22	0.75	0.998
16321	黒松内	42.6617	140.3133	27	20	2.40	38.4	0.21	0.75	0.997
17036	雄武	44.5783	142.9683	14	20	2.00	29.4	0.20	0.75	0.996
17076	興部	44.4700	143.1150	8	20	2.90	31.6	0.19	0.75	0.997
17091	西興部	44.3250	142.9483	118	20	1.50	30.1	0.18	0.75	0.998
17111	紋別	44.3433	143.3600	16	7	最終年度データなし				
17112	紋別	44.3433	143.3600	16	20	1.40	28.6	0.17	0.75	0.998
17166	湧別	44.2083	143.6083	6	20	2.20	27.5	0.17	0.75	0.992
17196	滝ノ上	44.1750	143.0650	165	20	1.00	28.1	0.15	0.75	0.998
17211	上藻別	44.1933	143.3350	85	20	2.80	34.5	0.16	0.75	0.998
17246	常呂	44.1150	144.0517	4	20	1.95	27.4	0.25	0.75	0.997
17306	遠軽	44.0400	143.5217	90	20	0.35	24.5	0.15	0.75	0.996
17316	佐呂間	43.9850	143.7267	59	20	1.70	30.0	0.19	0.75	0.995
17341	網走	44.0150	144.2833	38	20	2.85	29.6	0.20	0.75	0.997
17351	宇登呂	44.0500	144.9867	144	19	3.70	44.4	0.35	0.75	0.995
17386	丸瀬布	43.9533	143.3333	242	11	データ年数不足				
17481	白滝	43.8783	143.1800	370	16	最終年度データなし				
17482	北詰湧別	43.8633	143.1567	475	3	データ年数不足				
17501	生田原	43.8850	143.5267	198	20	0.50	24.0	0.20	0.75	0.996
17511	仁頃山	43.8750	143.7267	760	0	最終年度データなし				
17521	北見	43.8200	143.9100	84	20	0.60	24.3	0.18	0.75	0.999
17541	東藻琴	43.8433	144.3017	21	17	3.00	31.8	0.19	0.75	0.993
17546	小清水	43.8517	144.4650	22	20	2.65	26.0	0.24	0.75	0.996
17561	斜里	43.8833	144.7050	15	20	3.05	27.3	0.25	0.75	0.995
17596	北見大和	43.7367	143.4533	325	20	1.30	25.6	0.21	0.75	0.998
17606	留辺蘂山	43.7567	143.6083	470	1	最終年度データなし				
17607	境野	43.7050	143.6483	184	18	2.25	28.7	0.18	0.75	0.998
17631	北見福住	43.7683	144.1783	60	20	1.15	24.9	0.23	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
17641	藻琴山	43.7250	144.3017	518	0					最終年度データなし
17706	子ミケツ山	43.6433	143.8950	600	0					最終年度データなし
17716	津別	43.6567	144.0117	125	12					最終年度データなし
17717	津別	43.6983	144.0367	100	20	1.10	24.9	0.20	0.75	0.997
17766	北見中山	43.5983	143.4600	905	0					最終年度データなし
18036	羅臼	44.0200	145.1933	20	15					最終年度データなし
18037	羅臼	44.0167	145.1900	82	20	3.95	66.2	0.16	0.75	0.998
18091	糸柳別	43.7233	144.9733	115	17	2.65	51.7	0.21	0.75	0.998
18136	標津	43.6550	145.1317	5	18	2.35	44.7	0.20	0.75	0.998
18171	中標津	43.5433	144.9833	50	20	2.95	43.2	0.21	0.75	0.996
18206	計根別	43.4833	144.8150	110	20	2.10	41.7	0.16	0.75	0.997
18256	別海	43.3917	145.1217	22	20	3.05	43.6	0.22	0.75	0.998
18271	根室	43.3283	145.5900	26	16					最終年度データなし
18272	根室	43.3283	145.5900	25	20	3.35	41.4	0.23	0.75	0.998
18281	納沙布	43.3917	145.7633	12	20	1.35	26.8	0.26	0.75	0.998
18311	厚床	43.2283	145.2600	30	18	3.70	48.5	0.23	0.75	0.997
19021	湯川	43.6383	144.4567	133	20	3.35	35.8	0.24	0.75	0.995
19051	弟子屈	43.5150	144.4800	198	20	2.45	44.3	0.20	0.75	0.997
19076	阿寒湖畔	43.4333	144.0933	430	20	4.40	56.8	0.22	0.75	0.995
19091	弟子屈	43.4767	144.4517	107	2					最終年度データなし
19151	標茶	43.3067	144.6050	32	20	0.90	36.2	0.31	0.75	0.995
19186	幌呂台地	43.2817	144.2283	256	7					最終年度データなし
19191	鶴居	43.2300	144.3250	42	18	2.85	46.4	0.15	0.75	0.998
19261	中徹別	43.1967	144.1483	71	20	2.65	50.2	0.19	0.75	0.998
19281	塘路	43.1500	144.5083	10	12					データ年数不足
19301	茶内原野	43.1717	144.9717	70	11					データ年数不足
19311	榑町	43.1183	145.1150	2	18	3.35	44.5	0.23	0.75	0.997
19346	阿寒台	43.1100	144.1267	40	20	3.45	52.2	0.19	0.75	0.998
19376	太田	43.0900	144.7817	85	18	3.90	49.0	0.18	0.75	0.998
19396	霧多布	43.0750	145.1333	2	0					最終年度データなし
19406	二俣	42.9700	143.8800	45	18	2.95	58.1	0.15	0.75	0.998
19416	白糠	42.9683	144.0650	9	20	2.35	42.9	0.19	0.75	0.998
19431	釧路	42.9750	144.3917	32	20	2.75	41.4	0.18	0.75	0.998
19451	知方学	42.9350	144.7367	145	17	4.10	52.3	0.19	0.75	0.998
20046	三国山	43.5650	143.1467	940	0					最終年度データなし
20071	小利別	43.5867	143.6850	381	12					データ年数不足
20116	軍艦山	43.4767	143.1317	900	0					最終年度データなし
20146	陸別	43.4667	143.7417	207	20	0.65	25.3	0.20	0.75	0.995
20147	殖産高地	43.4333	143.7000	419	0					最終年度データなし
20186	糠平	43.3650	143.1967	540	18	4.85	52.6	0.24	0.75	0.995
20201	小坂山	43.3617	143.4633	380	0					最終年度データなし
20202	柏倉	43.3600	143.4633	378	13					データ年数不足
20221	上足寄	43.3267	143.8100	235	0					最終年度データなし
20222	上螺湾	43.3167	143.8067	232	12					データ年数不足
20251	西ヌブカウシ	43.2417	143.0833	760	2					最終年度データなし
20266	上士幌	43.2367	143.3067	295	20	0.90	28.4	0.20	0.75	0.997
20271	幌安山	43.2467	143.4500	440	0					最終年度データなし
20276	足寄	43.2417	143.5583	90	19	0.50	26.3	0.22	0.75	0.998
20296	佐幌岳	43.1717	142.7917	900	0					最終年度データなし
20306	三角山	43.1950	142.9733	560	0					最終年度データなし
20331	押帯	43.1133	143.4483	104	12					データ年数不足
20341	本別	43.1217	143.6150	60	20	2.10	28.1	0.25	0.75	0.996
20356	新得	43.0783	142.8417	178	20	2.95	37.1	0.22	0.75	0.999
20361	鹿追	43.1050	142.9933	213	18	1.35	30.1	0.22	0.75	0.995
20371	駒場	43.0483	143.1900	112	18	2.85	34.1	0.17	0.75	0.998
20421	芽室	42.9017	143.0583	80	20	2.90	37.0	0.20	0.75	0.996
20431	帯広	42.9200	143.2167	38	20	4.00	40.0	0.18	0.75	0.998
20441	池田	42.9200	143.4633	42	20	4.35	37.4	0.17	0.75	0.998
20451	留真	42.9133	143.6633	40	11					データ年数不足
20506	浦幌	42.8067	143.6600	20	20	2.50	36.1	0.21	0.75	0.998
20536	帯広岳	42.7450	142.9383	440	1					最終年度データなし
20556	糠内	42.7850	143.3333	70	17	3.65	50.9	0.22	0.75	0.997
20601	上札内	42.6367	143.0983	255	18	0.35	36.5	0.42	0.75	0.994
20606	更別	42.6467	143.1967	190	18	3.10	46.6	0.23	0.75	0.997
20631	大津	42.6833	143.6517	4	18	2.45	42.8	0.23	0.75	0.998
20646	ひょうたん沢	42.5950	143.0683	380	1					最終年度データなし
20696	大樹	42.4983	143.2783	87	20	0.45	41.5	0.36	0.75	0.993
20751	広尾	42.2917	143.3200	32	20	4.45	70.8	0.19	0.75	0.998
21031	安平	42.8117	141.8333	32	20	1.35	33.3	0.25	0.75	0.998
21111	厚真	42.7300	141.8917	20	20	2.05	36.5	0.23	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
21126	穂別	42.7600	142.1517	56	20	3.25	40.8	0.23	0.75	0.997
21161	大滝	42.6683	141.0833	390	20	3.25	48.4	0.25	0.75	0.996
21171	森野	42.6250	141.2567	150	20	2.55	81.8	0.20	0.75	0.997
21186	苦小牧	42.6233	141.5850	6	12					最終年度データなし
21187	苦小牧	42.6217	141.5517	6	20	0.70	39.7	0.24	0.75	0.998
21226	大岸	42.5867	140.6467	8	18	1.40	40.1	0.20	0.75	0.998
21236	有珠山	42.5300	140.8583	281	8					最終年度データなし
21237	洞爺湖温泉	42.5600	140.8250	130	17	2.00	31.9	0.20	0.75	0.998
21251	カルルス	42.5183	141.1117	320	10					データ年数不足
21261	白老	42.5583	141.3450	7	20	2.20	66.6	0.28	0.75	0.997
21276	鱒川	42.5917	141.9450	10	20	2.45	37.3	0.23	0.75	0.997
21296	伊達	42.4950	140.8950	84	20	1.80	30.9	0.19	0.75	0.998
21311	登別山	42.4983	141.1267	579	9					最終年度データなし
21312	登別	42.4567	141.1217	197	20	3.20	81.9	0.28	0.75	0.997
21321	室蘭	42.3100	140.9817	43	8					最終年度データなし
21322	室蘭	42.3100	140.9817	43	9					最終年度データなし
21323	室蘭	42.3100	140.9817	40	20	1.95	40.9	0.15	0.75	0.999
22036	日高	42.8750	142.4483	280	18	1.95	35.7	0.23	0.75	0.998
22071	ニセウ	42.7617	142.3433	440	2					最終年度データなし
22072	仁世宇	42.7700	142.3633	150	13					データ年数不足
22106	旭	42.6267	142.3983	245	10					データ年数不足
22141	日高紋別	42.5183	142.0383	10	20	1.95	35.6	0.29	0.75	0.997
22156	親和	42.5417	142.3383	60	20	1.70	42.8	0.23	0.75	0.997
22161	ヌモトル山	42.5983	142.4000	613	2					最終年度データなし
22206	笹山	42.4317	142.4850	110	12					データ年数不足
22211	笹山	42.4683	142.5017	680	4					最終年度データなし
22241	静内	42.3433	142.3733	10	20	1.55	36.3	0.25	0.75	0.998
22256	ピセナイ山	42.3650	142.6467	720	3					最終年度データなし
22291	三石	42.2483	142.6667	10	18	1.95	41.2	0.19	0.75	0.998
22306	中杵臼	42.2217	142.9617	80	17	2.10	60.2	0.20	0.75	0.997
22326	浦河	42.1583	142.7817	34	7					最終年度データなし
22327	浦河	42.1583	142.7817	33	20	0.90	32.3	0.21	0.75	0.999
22356	目黒	42.1233	143.3200	17	16	3.05	78.2	0.19	0.75	0.998
22366	幌満	42.0800	143.0417	20	17	1.15	37.5	0.21	0.75	0.997
22391	えりも岬	41.9233	143.2483	63	17	3.15	39.0	0.20	0.75	0.997
23031	長万部	42.5233	140.3883	10	20	0.90	34.7	0.25	0.75	0.997
23086	八雲	42.2517	140.2767	6	20	1.95	39.1	0.24	0.75	0.998
23126	森	42.1033	140.5733	18	20	2.25	36.5	0.24	0.75	0.998
23191	大沼	41.9750	140.7200	165	20	1.10	31.1	0.22	0.75	0.998
23206	南茅部	41.9050	140.9733	25	20	3.00	55.0	0.21	0.75	0.997
23226	大野	41.8867	140.6533	25	20	1.70	36.2	0.24	0.75	0.998
23231	函館	41.8150	140.7550	33	17					最終年度データなし
23232	函館	41.8150	140.7583	33	20	1.60	34.7	0.20	0.75	0.998
23286	汐首	41.7167	140.9500	26	8					最終年度データなし
23287	幌眉野	41.7950	140.9533	68	11					データ年数不足
23326	木古内	41.6833	140.4483	6	20	1.45	37.9	0.20	0.75	0.998
23356	千軒	41.5567	140.2767	100	17	2.05	59.8	0.19	0.75	0.998
23366	小谷石	41.5417	140.4333	125	14					最終年度データなし
23376	松前	41.4217	140.0883	30	20	1.05	33.7	0.17	0.75	0.999
23381	松前	41.4267	140.1150	22	2					最終年度データなし
24041	瀬棚	42.4500	139.8550	10	20	1.30	33.1	0.24	0.75	0.998
24051	今金	42.4267	140.0133	19	20	1.75	33.4	0.26	0.75	0.998
24131	奥尻	42.1683	139.5150	9	18	1.35	41.1	0.26	0.75	0.998
24141	熊石	42.1283	139.9817	34	20	1.00	34.8	0.21	0.75	0.999
24166	潮見	42.0367	140.0917	50	20	0.05	30.3	0.27	0.75	0.997
24201	鶉	41.9283	140.3167	53	18	0.75	35.4	0.24	0.75	0.998
24216	江差	41.8600	140.1267	30	3					最終年度データなし
24217	江差	41.8650	140.1283	4	20	0.60	32.0	0.21	0.75	0.999
24236	石崎	41.7000	140.0317	8	18	0.65	30.4	0.21	0.75	0.999
31001	大間	41.5250	140.9150	14	20	2.10	40.1	0.16	0.75	0.998
31106	障子山	41.2750	141.1017	740	7					最終年度データなし
31111	むつ	41.2817	141.2150	3	20	2.15	40.4	0.19	0.75	0.997
31121	小田野沢	41.2333	141.4017	6	19	2.05	40.8	0.24	0.75	0.998
31136	今別	41.1767	140.4867	30	20	0.65	35.5	0.20	0.75	0.999
31156	脇野沢	41.1433	140.8250	15	19	1.30	34.9	0.18	0.75	0.999
31186	市浦	41.0517	140.3517	20	19	0.65	36.0	0.23	0.75	0.997
31201	蟹田	41.0433	140.6433	3	20	0.90	37.1	0.20	0.75	0.997
31281	六ヶ所	40.9517	141.3217	57	6					最終年度データなし
31296	五所川原	40.8067	140.4617	9	20	1.70	30.5	0.21	0.75	0.998
31311	青森	40.8200	140.7817	3	14					最終年度データなし

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
31312	青森	40.8183	140.7717	3	20	2.35	30.1	0.20	0.75	0.998
31321	大和山	40.8433	140.9883	137	20	2.75	39.4	0.20	0.75	0.998
31331	野辺地	40.8483	141.1100	43	20	2.10	39.8	0.19	0.75	0.998
31336	六ヶ所	40.8833	141.2767	80	20	2.00	40.0	0.25	0.75	0.998
31366	鱒ヶ沢	40.7733	140.2083	40	20	0.90	33.7	0.19	0.75	0.998
31376	五所川原	40.7967	140.4467	9	1		最終年度データなし			
31411	七戸	40.7067	141.1183	70	18	0.90	36.7	0.18	0.75	0.996
31436	深浦	40.6433	139.9367	66	20	0.90	37.5	0.16	0.75	0.999
31441	長慶平	40.6167	140.0017	242	0		最終年度データなし			
31451	岳	40.6267	140.2683	440	19	1.80	37.5	0.22	0.75	0.997
31461	弘前	40.6100	140.4600	30	20	1.30	30.8	0.28	0.75	0.997
31466	黒石	40.6450	140.5867	40	20	1.35	30.5	0.24	0.75	0.997
31481	八甲田山	40.6733	140.8617	1310	1		最終年度データなし			
31482	酸ヶ湯	40.6450	140.8533	920	20	2.55	46.4	0.17	0.75	0.994
31506	三沢	40.6800	141.3733	39	20	1.45	33.6	0.25	0.75	0.998
31536	四兵衛森	40.5500	140.2117	645	2		最終年度データなし			
31561	毛無山	40.5500	140.7583	940	2		最終年度データなし			
31562	温川	40.5117	140.7933	410	15		データ年数不足			
31586	三本木	40.5933	141.2517	42	20	1.70	34.7	0.27	0.75	0.996
31601	八戸	40.5250	141.5250	27	20	1.75	37.9	0.20	0.75	0.999
31641	大鰐	40.4800	140.5600	135	20	0.65	35.9	0.18	0.75	0.999
31646	碓ヶ関	40.4733	140.6333	145	20	1.35	36.8	0.19	0.75	0.998
31651	空岱山	40.4367	140.7133	585	4		最終年度データなし			
31661	休屋	40.4233	140.8983	405	7		最終年度データなし			
31662	休屋	40.4250	140.9000	408	20	1.05	41.4	0.17	0.75	0.997
31671	戸来	40.4617	141.1733	150	17	3.65	46.0	0.19	0.75	0.995
31711	朝日奈岳	40.3217	141.0517	710	12		データ年数不足			
31721	三戸	40.3767	141.2567	38	20	0.75	34.6	0.18	0.75	0.998
32026	田代岳	40.4100	140.4050	800	0		最終年度データなし			
32056	八森	40.3867	139.9833	31	20	0.95	36.8	0.22	0.75	0.999
32071	藤里	40.3150	140.2983	70	17	2.00	49.5	0.23	0.75	0.998
32091	陣馬	40.4017	140.6133	176	19	1.45	47.6	0.19	0.75	0.999
32096	藤原	40.3533	140.7850	280	13		データ年数不足			
32101	杉沢山	40.3633	140.8150	670	0		最終年度データなし			
32111	能代	40.1967	140.0367	6	20	0.50	33.0	0.20	0.75	0.999
32126	鷹巣	40.2267	140.3767	29	20	0.75	35.0	0.21	0.75	0.999
32136	大館	40.2750	140.5383	59	20	0.60	36.2	0.24	0.75	0.998
32146	毛馬内	40.2033	140.7917	123	20	1.30	32.6	0.18	0.75	0.998
32206	湯瀬	40.1183	140.8433	236	20	1.25	33.6	0.21	0.75	0.999
32221	大湯	40.0067	139.9633	0	1		最終年度データなし			
32251	森吉山	40.0083	140.5217	800	0		最終年度データなし			
32266	八幡平	40.0067	140.8033	620	17	1.35	40.0	0.16	0.75	0.999
32276	男鹿真山	39.9383	139.7800	60	13		データ年数不足			
32286	男鹿	39.9100	139.9033	20	20	1.45	37.6	0.21	0.75	0.999
32287	大湯	39.9967	139.9517	-3	19	0.95	32.0	0.25	0.75	0.999
32296	五城目	39.9333	140.1183	6	20	0.35	29.9	0.21	0.75	0.999
32311	阿仁合	39.9900	140.4083	120	19	0.70	39.2	0.20	0.75	0.999
32312	大阿仁	39.9017	140.4533	210	19	1.00	41.6	0.19	0.75	0.999
32336	男鹿本山	39.8900	139.7717	440	2		最終年度データなし			
32376	桧内	39.8100	140.5900	255	17	0.95	46.7	0.18	0.75	0.998
32401	秋田	39.7183	140.1000	9	14		最終年度データなし			
32402	秋田	39.7150	140.1033	6	20	0.65	37.2	0.17	0.75	0.998
32406	太平山	39.7817	140.2550	600	2		最終年度データなし			
32407	岩見三内	39.7050	140.2917	55	20	1.20	43.2	0.23	0.75	0.999
32408	仁別	39.7967	140.2200	179	11		データ年数不足			
32426	鐘畑	39.7883	140.6567	330	18	0.90	44.6	0.22	0.75	0.998
32466	角館	39.6000	140.5600	56	20	0.50	38.7	0.20	0.75	0.999
32476	田沢湖	39.6967	140.7350	230	20	1.45	47.4	0.19	0.75	0.998
32496	大正寺	39.5250	140.2383	20	20	1.00	36.4	0.19	0.75	0.998
32551	大曲	39.4883	140.5000	30	20	0.70	35.9	0.21	0.75	0.999
32571	本荘	39.3583	140.0583	11	20	0.60	37.1	0.22	0.75	0.999
32581	東由利	39.3017	140.2917	117	19	0.75	37.5	0.17	0.75	0.999
32586	保呂羽山	39.3667	140.3183	340	3		最終年度データなし			
32596	横手	39.3183	140.5583	59	20	1.45	36.8	0.17	0.75	0.999
32616	象潟	39.2183	139.9050	5	20	0.90	36.5	0.19	0.75	0.998
32626	矢島	39.2267	140.1517	72	20	1.10	40.9	0.14	0.75	0.998
32656	三森山	39.2200	140.7217	570	5		最終年度データなし			
32681	笹子	39.1017	140.2967	200	14		データ年数不足			
32691	湯沢	39.1850	140.4667	74	20	1.00	34.5	0.19	0.75	0.999
32701	東成瀬	39.1767	140.6517	190	19	1.05	32.5	0.20	0.75	0.999

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
32731	姥戸山	39.0917	140.3400	700	1					最終年度データなし
32771	湯ノ岱	38.9567	140.5333	335	20	0.90	37.4	0.17	0.75	0.999
32901	能代	40.2050	140.0333	22	0					最終年度データなし
32906	鷹巣	40.2267	140.3767	29	0					最終年度データなし
32911	毛馬内	40.2633	140.7733	126	0					最終年度データなし
32916	五城目	39.9333	140.1183	6	0					最終年度データなし
32921	阿仁合	39.9900	140.4083	120	0					最終年度データなし
32926	秋田	39.7183	140.1000	9	0					最終年度データなし
32931	角館	39.6000	140.5600	56	0					最終年度データなし
32936	大正寺	39.5233	140.2367	20	0					最終年度データなし
32941	本荘	39.3583	140.0583	11	0					最終年度データなし
32946	横手	39.2950	140.5350	75	0					最終年度データなし
32951	矢島	39.2267	140.1517	72	0					最終年度データなし
32956	湯ノ岱	38.9567	140.5350	320	0					最終年度データなし
33006	横市	40.4017	141.7050	70	20	1.80	39.2	0.19	0.75	0.997
33026	軽米	40.3167	141.4733	153	20	0.75	33.9	0.18	0.75	0.996
33071	二戸	40.2950	141.3017	87	20	1.25	36.1	0.18	0.75	0.998
33072	折爪岳	40.2617	141.3800	844	0					最終年度データなし
33086	大野	40.2783	141.6717	200	20	2.30	43.8	0.23	0.75	0.997
33136	山形	40.1467	141.5767	290	18	0.80	33.3	0.18	0.75	0.998
33146	久慈	40.1883	141.7800	25	20	1.75	45.8	0.28	0.75	0.997
33166	荒屋	40.1017	141.0550	290	19	0.40	32.5	0.22	0.75	0.998
33171	西岳	40.0817	141.1767	1008	0					最終年度データなし
33176	奥中山	40.0600	141.2250	430	18	1.30	35.9	0.17	0.75	0.996
33186	葛巻	40.0383	141.4400	390	20	0.20	27.8	0.18	0.75	0.998
33191	袖山	40.0250	141.5267	1144	2					最終年度データなし
33201	下戸鎖	40.0817	141.7150	230	17	3.75	56.7	0.23	0.75	0.998
33206	菅代	40.0033	141.8867	7	19	3.00	60.1	0.27	0.75	0.998
33221	茶臼岳	39.9433	140.9083	1443	0					最終年度データなし
33226	岩手松尾	39.9500	141.0683	275	20	1.80	38.3	0.21	0.75	0.999
33286	岩手山	39.8400	140.9500	1403	7					最終年度データなし
33296	好摩	39.8667	141.1700	205	20	0.25	35.0	0.31	0.75	0.996
33306	岩洞	39.8233	141.3800	678	20	0.40	29.9	0.19	0.75	0.998
33316	大森山	39.8167	141.5233	1073	1					最終年度データなし
33326	岩泉	39.8400	141.8000	112	20	0.95	38.2	0.21	0.75	0.998
33336	小本	39.8383	141.9583	10	18	2.15	69.0	0.25	0.75	0.998
33341	駒ヶ岳	39.7300	140.7950	1003	1					最終年度データなし
33351	葛根田	39.7733	140.9500	350	18	0.40	41.8	0.17	0.75	0.997
33371	蔵川	39.7800	141.3317	680	20	0.15	30.7	0.19	0.75	0.998
33386	喜鷹森	39.7017	141.6050	1278	5					最終年度データなし
33421	磐石	39.6900	140.9750	195	20	0.90	38.9	0.18	0.75	0.998
33431	盛岡	39.6950	141.1683	155	20	0.80	35.4	0.21	0.75	0.999
33446	門馬	39.6483	141.3567	760	18	1.50	36.2	0.18	0.75	0.999
33471	宮古	39.6450	141.9683	43	15					最終年度データなし
33472	宮古	39.6450	141.9683	43	20	3.10	61.0	0.24	0.75	0.997
33501	紫波	39.5617	141.1750	170	19	0.10	29.5	0.22	0.75	0.997
33516	薬師岳	39.5283	141.4967	1604	0					最終年度データなし
33526	川井	39.5967	141.6833	192	18	2.50	44.4	0.22	0.75	0.998
33556	黒森山	39.4933	140.7967	640	0					最終年度データなし
33561	沢内	39.4783	140.8000	327	19	1.10	44.7	0.19	0.75	0.998
33566	駒頭山	39.4783	140.9783	300	12					データ年数不足
33576	花巻	39.4267	141.1383	91	1					最終年度データなし
33581	大迫	39.4650	141.2933	140	20	0.95	32.4	0.20	0.75	0.999
33616	山田	39.4433	141.9567	4	20	2.15	60.6	0.24	0.75	0.999
33631	湯田	39.3083	140.7800	250	20	2.40	42.9	0.18	0.75	0.998
33651	北上	39.3000	141.1167	87	1					最終年度データなし
33671	遠野	39.3333	141.5417	273	20	1.15	36.7	0.21	0.75	0.997
33716	北上	39.2800	141.1067	60	20	2.15	40.3	0.26	0.75	0.998
33726	米里	39.2300	141.3133	160	19	1.25	32.3	0.19	0.75	0.999
33746	五葉山	39.1733	141.6667	560	10					最終年度データなし
33751	釜石	39.2633	141.8500	15	20	4.70	92.6	0.21	0.75	0.996
33766	岳山	39.1333	140.8767	973	2					最終年度データなし
33776	若柳	39.1300	141.0683	100	20	1.55	39.8	0.17	0.75	0.999
33781	江刺	39.1800	141.1700	42	20	1.00	32.2	0.20	0.75	0.999
33801	住田	39.1383	141.5783	80	18	2.75	47.3	0.25	0.75	0.998
33831	祭時	39.0083	140.8683	350	19	3.40	65.8	0.26	0.75	0.997
33841	衣川	39.0367	141.0717	100	20	1.35	40.3	0.16	0.75	0.999
33876	大船渡	39.0617	141.7183	37	14					最終年度データなし
33877	大船渡	39.0617	141.7183	37	20	2.80	65.3	0.17	0.75	0.998
33911	一関	38.9317	141.1300	32	20	1.00	37.0	0.19	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
33921	千蔵	38.9200	141.3333	120	20	0.10	31.7	0.17	0.75	0.998
33926	室根山	38.9700	141.4500	883	3		最終年度データなし			
34011	栗駒山	38.9433	140.8083	1100	1		最終年度データなし			
34012	駒ノ湯	38.9117	140.8317	525	19	2.15	60.8	0.24	0.75	0.998
34026	気仙沼	38.9050	141.5600	62	19	2.10	51.6	0.22	0.75	0.999
34096	川渡	38.7417	140.7633	170	20	0.75	39.3	0.20	0.75	0.998
34101	花山	38.7767	140.8717	150	17	1.75	44.2	0.20	0.75	0.997
34111	築館	38.7333	141.0100	25	20	0.45	33.5	0.20	0.75	0.998
34146	箕輪山	38.6633	140.6400	680	6		最終年度データなし			
34171	米山	38.6250	141.1917	5	20	0.35	32.4	0.19	0.75	0.995
34186	志津川	38.6767	141.4533	38	20	0.80	41.8	0.26	0.75	0.999
34216	古川	38.5767	140.9550	23	20	1.05	36.6	0.22	0.75	0.999
34241	雄勝	38.5083	141.4617	3	20	3.20	66.0	0.21	0.75	0.998
34261	泉ヶ岳	38.4083	140.7133	1172	8		最終年度データなし			
34266	大衝	38.4717	140.8833	55	20	2.40	46.1	0.22	0.75	0.998
34276	鹿島台	38.4583	141.0967	3	20	1.20	39.7	0.21	0.75	0.999
34291	石巻	38.4250	141.3033	43	14		最終年度データなし			
34292	石巻	38.4250	141.3033	43	20	0.95	35.5	0.21	0.75	0.998
34311	新川	38.3000	140.6433	264	20	1.40	45.3	0.26	0.75	0.997
34331	塩釜	38.3350	141.0183	105	20	1.90	42.2	0.27	0.75	0.998
34361	江ノ島	38.3950	141.6017	40	17	1.75	43.3	0.21	0.75	0.999
34371	鷹巣山	38.2617	140.5967	705	11		最終年度データなし			
34391	仙台	38.2600	140.9000	38	6		最終年度データなし			
34392	仙台	38.2583	140.9000	39	20	1.85	44.6	0.29	0.75	0.997
34421	川崎	38.1783	140.6350	200	20	2.20	47.6	0.23	0.75	0.998
34456	不忘山	38.0700	140.5050	1050	14		データ年数不足			
34461	白石	38.0117	140.6167	86	20	1.25	41.0	0.21	0.75	0.998
34471	亘理	38.0300	140.8550	8	20	1.95	43.2	0.28	0.75	0.998
34506	丸森	37.9283	140.7817	18	18	1.85	43.0	0.25	0.75	0.998
34526	筆甫	37.8250	140.7317	305	17	4.35	69.0	0.26	0.75	0.994
35001	飛鳥	39.1817	139.5467	58	9		最終年度データなし			
35002	飛鳥	39.1817	139.5467	58	17	0.35	35.2	0.21	0.75	0.999
35031	鳥海山	39.0633	140.0400	1199	0		最終年度データなし			
35051	酒田	38.9067	139.8467	3	8		最終年度データなし			
35052	酒田	38.9067	139.8467	3	20	1.05	38.9	0.19	0.75	0.998
35061	上草津	38.9933	140.0317	178	20	1.50	52.5	0.17	0.75	0.999
35066	差首鍋	38.9383	140.1883	122	1		最終年度データなし			
35071	差首鍋	38.9183	140.2033	90	20	2.65	59.7	0.19	0.75	0.997
35076	最上太平山	38.9000	140.3900	509	3		最終年度データなし			
35116	金山	38.8750	140.3383	170	20	1.15	38.7	0.20	0.75	0.998
35141	鶴岡	38.7317	139.8317	16	20	0.75	40.1	0.21	0.75	0.999
35146	狩川	38.7983	139.9767	17	20	1.30	42.7	0.22	0.75	0.998
35161	新庄	38.7433	140.2983	95	10		最終年度データなし			
35162	新庄	38.7550	140.3150	105	20	1.60	39.6	0.20	0.75	0.998
35171	瀬見	38.7517	140.4183	150	20	1.60	39.2	0.16	0.75	0.998
35176	向町	38.7550	140.5200	212	20	2.70	43.6	0.18	0.75	0.998
35191	温海岳	38.6267	139.6350	620	7		最終年度データなし			
35201	榑引	38.6700	139.8517	33	20	1.50	42.6	0.19	0.75	0.998
35202	落合	38.6033	139.8400	99	0		最終年度データなし			
35216	肘折	38.6083	140.1600	365	19	1.60	47.5	0.15	0.75	0.999
35231	尾花沢	38.6067	140.4150	110	20	1.60	33.4	0.21	0.75	0.998
35246	顔ヶ関	38.5533	139.5583	7	20	1.90	45.3	0.24	0.75	0.997
35256	荒沢	38.5050	139.7850	273	17	2.20	53.7	0.21	0.75	0.997
35271	月山	38.5250	140.0500	1370	0		最終年度データなし			
35296	銀山	38.5617	140.5267	440	7		最終年度データなし			
35321	月山	38.4867	140.1133	770	0		最終年度データなし			
35331	楯岡	38.4717	140.4033	118	19	1.80	33.6	0.18	0.75	0.999
35361	中村	38.3900	139.9983	440	17	1.30	44.1	0.18	0.75	0.998
35376	左沢	38.3683	140.1967	133	19	1.90	37.0	0.22	0.75	0.998
35416	白鷹山	38.2183	140.1917	860	7		データ年数不足			
35426	山形	38.2533	140.3483	152	20	0.40	32.2	0.25	0.75	0.997
35451	葉山	38.1600	139.9867	970	0		最終年度データなし			
35456	長井	38.1350	140.0133	230	20	0.55	34.9	0.22	0.75	0.998
35476	蔵王山	38.1533	140.4383	1660	4		データ年数不足			
35486	小国	38.0767	139.7383	140	20	1.80	48.3	0.21	0.75	0.998
35511	高島	38.0000	140.2117	220	19	1.40	35.5	0.22	0.75	0.998
35536	山毛櫻漬山	37.9100	139.8183	890	0		最終年度データなし			
35537	中津川	37.9067	139.8467	390	15		データ年数不足			
35541	高峰	37.9967	139.9617	250	20	0.40	33.9	0.19	0.75	0.997
35551	米沢	37.9183	140.1183	239	20	0.65	31.5	0.19	0.75	0.997

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
35606	西吾妻山	37.7650	140.1417	1530	1	最終年度データなし				
36006	茂庭	37.9300	140.3900	250	14	最終年度データなし				
36056	御在所山	37.8883	140.4400	200	3	データ年数不足				
36066	梁川	37.8533	140.6067	46	20	0.40	33.1	0.23	0.75	0.998
36091	稲荷峠	37.7533	139.7400	800	4	データ年数不足				
36106	松原	37.7233	140.0683	839	17	0.45	37.5	0.19	0.75	0.995
36116	吾妻山	37.7200	140.2817	1300	15	データ年数不足				
36126	福島	37.7567	140.4750	67	20	0.75	35.8	0.24	0.75	0.997
36151	相馬	37.7817	140.9300	9	20	2.00	47.0	0.23	0.75	0.997
36176	喜多方	37.6550	139.8700	212	20	0.60	34.2	0.22	0.75	0.994
36196	鷲倉	37.6667	140.2633	1210	19	5.20	83.9	0.28	0.75	0.997
36221	飯館	37.6917	140.7400	452	19	2.15	48.0	0.29	0.75	0.997
36226	八木沢	37.6933	140.8250	540	12	データ年数不足				
36231	原町	37.6333	140.9883	10	20	2.10	48.2	0.22	0.75	0.998
36251	西会津	37.5850	139.6600	110	20	0.25	30.7	0.24	0.75	0.997
36252	飯谷山	37.5233	139.6867	720	12	データ年数不足				
36276	猪苗代	37.5650	140.1117	521	20	0.80	33.2	0.19	0.75	0.993
36291	二本松	37.5917	140.4517	240	20	0.60	34.6	0.24	0.75	0.997
36306	白馬石山	37.5783	140.7300	640	4	最終年度データなし				
36307	津島	37.5567	140.7567	400	19	2.45	50.1	0.24	0.75	0.996
36341	金山	37.4500	139.5283	324	20	0.25	32.7	0.18	0.75	0.999
36361	若松	37.4850	139.9133	212	20	1.00	31.0	0.22	0.75	0.998
36391	船引	37.4483	140.5700	460	20	1.25	38.1	0.18	0.75	0.999
36411	浪江	37.4900	140.9700	47	20	2.80	67.1	0.20	0.75	0.998
36421	浅草岳	37.3417	139.2400	1520	0	最終年度データなし				
36422	六十里越	37.3017	139.2200	860	1	最終年度データなし				
36426	只見	37.3400	139.3167	377	19	0.40	38.8	0.21	0.75	0.998
36436	吉尾峠	37.3450	139.5600	705	0	最終年度データなし				
36446	博士峠	37.3383	139.7267	1233	14	データ年数不足				
36461	湖南	37.3833	140.0950	536	14	データ年数不足				
36476	郡山	37.4150	140.3717	230	20	0.20	33.9	0.22	0.75	0.998
36501	川内	37.3333	140.8133	410	19	3.95	70.7	0.26	0.75	0.995
36511	富岡	37.3467	141.0183	29	20	2.55	67.1	0.25	0.75	0.998
36536	南郷	37.2617	139.5450	540	20	0.55	31.5	0.20	0.75	0.999
36541	駒止峠	37.2083	139.6183	1145	0	最終年度データなし				
36551	田島	37.2050	139.8067	550	1	最終年度データなし				
36561	湯本	37.2783	139.9933	560	9	最終年度データなし				
36562	湯本	37.2750	140.0667	640	17	3.60	63.4	0.24	0.75	0.995
36571	長沼	37.2867	140.2200	317	17	1.35	41.9	0.19	0.75	0.996
36591	小野新町	37.2833	140.6300	433	20	1.15	45.1	0.24	0.75	0.998
36596	川前	37.2050	140.7550	330	17	3.50	71.2	0.24	0.75	0.994
36611	広野	37.2317	141.0017	43	20	3.05	67.3	0.22	0.75	0.997
36641	田島	37.1933	139.7750	570	20	1.60	43.7	0.23	0.75	0.998
36651	観音山	37.1817	139.9283	1050	0	最終年度データなし				
36666	白河	37.1283	140.2200	355	20	1.70	45.0	0.20	0.75	0.998
36676	石川	37.1450	140.4550	290	20	1.25	40.8	0.21	0.75	0.998
36716	松枝峠	37.0217	139.3883	930	17	1.10	32.1	0.24	0.75	0.995
36726	籠岩	37.0900	139.5383	690	16	1.65	35.5	0.26	0.75	0.996
36736	山王峠	37.0667	139.7350	1080	4	データ年数不足				
36771	大江山	37.0733	140.6400	688	17	3.70	60.1	0.28	0.75	0.995
36776	上遠野	37.0067	140.7400	125	19	3.45	75.9	0.24	0.75	0.994
36781	平	37.0617	140.8800	12	20	2.10	53.9	0.26	0.75	0.997
36801	田代山	36.9783	139.4867	1920	0	最終年度データなし				
36821	東白川	36.9533	140.4050	217	20	0.80	42.1	0.19	0.75	0.998
36846	小名浜	36.9450	140.9067	3	20	3.35	57.3	0.21	0.75	0.997
40041	花園	36.8667	140.6400	370	20	4.75	109.3	0.23	0.75	0.994
40046	大津	36.8400	140.7750	45	20	3.05	61.2	0.23	0.75	0.996
40061	大子	36.7750	140.3500	120	20	1.35	50.4	0.19	0.75	0.996
40066	徳田	36.7750	140.4850	270	18	2.30	51.7	0.23	0.75	0.995
40076	大能	36.7400	140.5967	395	11	データ年数不足				
40091	小瀬	36.6050	140.3283	95	17	0.45	41.7	0.24	0.75	0.996
40106	神峰山	36.6317	140.6133	592	8	最終年度データなし				
40126	中野	36.5050	140.4800	10	18	1.40	46.4	0.24	0.75	0.998
40136	日立	36.5967	140.6550	52	20	2.30	57.7	0.23	0.75	0.997
40181	協和	36.3317	140.0383	40	14	データ年数不足				
40191	笠間	36.3817	140.2417	65	20	1.65	46.0	0.22	0.75	0.995
40201	水戸	36.3783	140.4717	29	20	2.05	52.9	0.25	0.75	0.997
40221	古河	36.1983	139.7200	20	20	1.00	43.1	0.16	0.75	0.998
40241	柿岡	36.2317	140.1933	27	20	2.35	54.7	0.21	0.75	0.998
40242	筑波山	36.2233	140.1017	868	6	最終年度データなし				

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
40243	筑波山	36.2233	140.1017	868	20	1.00	33.8	0.22	0.75	0.998
40246	愛宕山	36.2883	140.2583	280	5	最終年度データなし				
40251	美野里	36.2350	140.3283	25	16	2.40	50.0	0.24	0.75	0.997
40281	下妻	36.1667	139.9500	20	20	1.00	41.5	0.25	0.75	0.997
40311	鉾田	36.1650	140.5300	32	18	1.05	44.8	0.23	0.75	0.997
40326	岩井	36.0333	139.8967	16	20	2.25	50.8	0.22	0.75	0.995
40336	長峰	36.0550	140.1300	25	6	データ年数不足				
40341	土浦	36.0933	140.2117	26	20	2.25	44.7	0.23	0.75	0.997
40391	江戸崎	35.9583	140.3233	25	20	1.60	46.3	0.23	0.75	0.995
40406	鹿島	35.9617	140.6250	37	20	2.40	51.9	0.22	0.75	0.996
40426	竜ヶ崎	35.8883	140.2167	4	20	1.70	51.0	0.22	0.75	0.997
41011	那須	37.1217	140.0400	749	20	3.00	65.2	0.18	0.75	0.994
41051	黒田原	37.0183	140.1233	340	2	最終年度データなし				
41076	五十里	36.9200	139.7000	620	20	3.20	59.9	0.21	0.75	0.996
41081	八方ヶ原	36.9183	139.8383	1087	18	2.65	85.2	0.20	0.75	0.997
41091	黒磯	36.9800	140.0233	343	20	1.15	48.7	0.28	0.75	0.998
41101	八溝山	36.9350	140.2600	800	18	0.40	40.9	0.21	0.75	0.998
41116	土呂部	36.8900	139.5717	925	18	4.45	83.5	0.26	0.75	0.995
41141	大田原	36.8633	140.0483	215	20	0.45	41.7	0.21	0.75	0.998
41166	日光	36.7383	139.5033	1292	20	6.25	113.9	0.29	0.75	0.992
41171	今市	36.7233	139.6800	414	17	1.55	64.9	0.16	0.75	0.996
41181	塩谷	36.7750	139.8533	255	17	1.00	54.3	0.15	0.75	0.996
41211	足尾	36.6433	139.4533	650	20	3.35	74.6	0.23	0.75	0.995
41216	方塞山	36.6283	139.5117	1385	20	4.30	88.6	0.23	0.75	0.997
41241	高根沢	36.6033	140.0033	146	20	0.75	45.6	0.24	0.75	0.999
41246	烏山	36.6467	140.1517	162	20	1.30	40.8	0.23	0.75	0.997
41271	鹿沼	36.5883	139.7400	165	20	0.10	42.6	0.17	0.75	0.997
41276	宇都宮	36.5467	139.8717	120	14	最終年度データなし				
41277	宇都宮	36.5467	139.8717	119	20	0.45	45.3	0.21	0.75	0.999
41311	葛生	36.4300	139.5967	120	20	0.45	45.6	0.18	0.75	0.999
41331	真岡	36.4750	139.9900	91	20	1.30	48.1	0.20	0.75	0.999
41356	足利	36.3000	139.4783	28	20	0.15	35.9	0.22	0.75	0.999
41361	佐野	36.3317	139.5650	39	20	0.25	36.7	0.23	0.75	0.999
41371	栃木	36.3717	139.7083	65	20	0.45	43.0	0.20	0.75	0.999
41376	小山	36.3367	139.8350	44	20	0.50	40.8	0.19	0.75	0.999
42046	藤原	36.8650	139.0633	700	18	0.90	34.2	0.27	0.75	0.998
42091	水上	36.7967	138.9950	520	20	0.35	36.9	0.16	0.75	0.999
42101	前武尊	36.7633	139.1017	1120	5	最終年度データなし				
42102	高手山	36.7467	139.1017	1120	15	データ年数不足				
42106	片品	36.7683	139.2417	850	18	1.55	31.6	0.25	0.75	0.997
42121	草津	36.6150	138.5933	1230	20	1.05	41.0	0.26	0.75	0.996
42126	八間山	36.6883	138.6550	1580	12	データ年数不足				
42136	雨見山	36.6850	138.8683	827	16	0.15	39.0	0.25	0.75	0.998
42146	沼田	36.6500	139.0650	430	20	0.40	33.5	0.18	0.75	0.999
42186	中之条	36.5850	138.8550	350	20	0.55	40.9	0.28	0.75	0.998
42201	赤城山	36.5367	139.1817	1660	19	4.70	84.4	0.27	0.75	0.993
42221	田代	36.4600	138.4650	1230	20	2.05	41.6	0.22	0.75	0.995
42241	榛名	36.4683	138.8767	1090	20	1.50	73.9	0.29	0.75	0.996
42251	前橋	36.4017	139.0650	112	20	0.20	36.5	0.21	0.75	0.998
42261	黒保根	36.4983	139.2867	280	18	0.40	41.6	0.21	0.75	0.996
42266	桐生	36.3817	139.3483	88	20	0.20	36.2	0.19	0.75	0.999
42276	一ノ字山	36.3683	138.6617	1170	19	0.90	48.6	0.25	0.75	0.998
42286	上里見	36.3750	138.8983	180	20	0.20	39.9	0.33	0.75	0.998
42301	伊勢崎	36.3400	139.1933	73	20	0.60	39.7	0.21	0.75	0.999
42326	西野牧	36.2400	138.7083	366	20	1.50	43.3	0.26	0.75	0.998
42341	藤岡	36.2483	139.0783	87	20	0.60	43.8	0.21	0.75	0.998
42366	館林	36.2300	139.5400	20	20	0.05	36.7	0.20	0.75	0.998
42391	稲倉山	36.1667	138.8683	780	19	1.90	50.7	0.28	0.75	0.995
42396	万場	36.1133	138.9183	338	18	1.35	48.2	0.25	0.75	0.995
43051	寄居	36.1133	139.1867	105	20	1.85	58.0	0.21	0.75	0.997
43056	熊谷	36.1467	139.3833	30	20	0.85	50.8	0.26	0.75	0.999
43091	神吉田	36.0533	138.9833	275	18	0.65	44.2	0.23	0.75	0.990
43121	鴻巣	36.0633	139.5250	15	20	0.80	43.3	0.25	0.75	0.998
43126	久喜	36.0833	139.6400	12	20	1.00	44.7	0.21	0.75	0.996
43151	三峰	35.9233	138.9267	975	20	3.10	63.4	0.29	0.75	0.995
43156	秩父	35.9900	139.0783	218	20	2.45	61.9	0.27	0.75	0.996
43157	浦山	35.9183	139.0733	400	19	4.15	89.3	0.30	0.75	0.993
43161	刈場坂峠	36.0033	139.1933	876	20	2.05	65.1	0.25	0.75	0.995
43171	鳩山	35.9700	139.2567	44	18	1.40	53.0	0.22	0.75	0.999
43231	飯能	35.8350	139.3250	84	20	0.15	45.7	0.20	0.75	0.997

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
43241	浦和	35.8733	139.5900	8	20	2.25	56.0	0.22	0.75	0.998
43256	越谷	35.8900	139.7933	5	20	1.80	47.3	0.24	0.75	0.997
43266	所沢	35.7700	139.4167	119	20	0.55	48.3	0.20	0.75	0.998
44046	小河内	35.7900	139.0583	530	20	2.70	65.0	0.32	0.75	0.992
44051	小沢	35.7317	139.1250	420	18	2.55	70.5	0.29	0.75	0.993
44056	青梅	35.7867	139.3167	155	20	0.65	50.2	0.22	0.75	0.997
44076	中新井	35.7333	139.6700	38	20	1.50	57.6	0.23	0.75	0.998
44111	八王子	35.6617	139.3217	121	8	最終年度データなし				
44112	八王子	35.6633	139.3200	123	20	2.35	62.9	0.20	0.75	0.998
44116	府中	35.6817	139.4867	58	20	2.75	70.4	0.19	0.75	0.998
44121	調布	35.6667	139.5333	41	1	最終年度データなし				
44126	世田谷	35.6200	139.6400	41	20	1.50	59.7	0.22	0.75	0.997
44131	東京	35.6867	139.7650	7	20	2.00	55.5	0.25	0.75	0.997
44136	砂町	35.6333	139.8417	6	20	2.75	57.7	0.22	0.75	0.997
44166	羽田	35.5567	139.7667	3	20	1.50	54.1	0.22	0.75	0.998
44171	大島	34.7633	139.3767	190	16	最終年度データなし				
44172	大島	34.7467	139.3667	74	20	2.40	101.0	0.23	0.75	0.997
44206	新島	34.3700	139.2550	9	19	2.15	83.4	0.21	0.75	0.998
44226	三宅島	34.1200	139.5233	36	20	1.15	80.5	0.17	0.75	0.998
44261	八丈島	33.1017	139.7883	79	20	3.25	105.2	0.20	0.75	0.997
44301	父島	27.0900	142.1883	3	10	データ年数不足				
45036	佐原	35.9083	140.4950	7	20	1.00	43.6	0.24	0.75	0.997
45056	我孫子	35.8750	140.0333	20	20	2.20	54.1	0.25	0.75	0.997
45086	東庄	35.8183	140.6933	52	20	2.25	51.2	0.19	0.75	0.998
45101	船橋	35.7283	139.9967	24	18	1.20	49.1	0.22	0.75	0.998
45116	佐倉	35.7267	140.2167	5	20	1.90	44.9	0.22	0.75	0.997
45121	成田	35.7667	140.3900	41	2	最終年度データなし				
45146	銚子	35.7250	140.8433	27	10	最終年度データなし				
45147	銚子	35.7367	140.8617	19	20	0.80	48.5	0.20	0.75	0.997
45181	横芝	35.6533	140.4850	6	20	1.75	48.0	0.21	0.75	0.998
45211	千葉	35.5933	140.1200	16	5	最終年度データなし				
45212	千葉	35.6000	140.1067	4	20	1.35	46.1	0.20	0.75	0.998
45261	茂原	35.4150	140.3133	9	20	1.15	52.5	0.21	0.75	0.999
45281	木更津	35.3750	139.9217	5	20	1.15	50.3	0.23	0.75	0.997
45291	牛久	35.3950	140.1517	30	18	1.80	57.8	0.21	0.75	0.997
45326	坂畑	35.2317	140.1017	120	18	1.95	64.0	0.22	0.75	0.998
45331	黒原	35.2417	140.2433	60	20	1.35	66.2	0.19	0.75	0.998
45346	佐久間	35.1133	139.8783	26	20	2.20	65.0	0.23	0.75	0.997
45361	鴨川	35.1100	140.1033	5	20	1.60	59.3	0.18	0.75	0.999
45371	勝浦	35.1483	140.3150	12	20	1.70	69.1	0.19	0.75	0.998
45401	館山	34.9833	139.8683	6	20	1.65	61.8	0.14	0.75	0.999
46001	相模湖	35.6117	139.1967	188	20	3.85	76.4	0.24	0.75	0.996
46046	相模原	35.5700	139.3733	149	20	1.00	60.3	0.22	0.75	0.998
46061	日吉	35.5483	139.6533	57	20	1.50	58.3	0.23	0.75	0.998
46076	玄倉	35.4067	139.0467	330	20	2.50	83.3	0.25	0.75	0.998
46091	厚木	35.4333	139.3867	18	20	2.60	69.9	0.21	0.75	0.998
46106	横浜	35.4367	139.6567	39	20	2.35	67.9	0.20	0.75	0.998
46136	平塚	35.3433	139.3067	20	20	1.00	51.7	0.19	0.75	0.998
46141	辻堂	35.3167	139.4533	5	20	1.50	55.7	0.22	0.75	0.998
46161	芦ノ湯	35.2183	139.0450	850	20	4.35	127.5	0.27	0.75	0.997
46166	小田原	35.2517	139.1550	28	20	1.65	63.5	0.17	0.75	0.999
46181	江ノ島	35.2967	139.4833	60	16	最終年度データなし				
46211	三浦	35.1750	139.6333	42	20	2.40	73.7	0.18	0.75	0.998
48031	野沢温泉	36.9183	138.4500	571	20	1.45	38.3	0.17	0.75	0.995
48061	信濃町	36.8017	138.1967	675	20	0.75	30.0	0.24	0.75	0.997
48066	飯山	36.8717	138.3800	313	20	1.20	34.4	0.22	0.75	0.997
48096	南小谷	36.7983	137.9083	467	8	最終年度データなし				
48097	小谷	36.8200	137.9350	550	20	2.25	42.0	0.24	0.75	0.997
48141	白馬	36.6950	137.8650	703	20	0.15	38.3	0.21	0.75	0.997
48146	鬼無里	36.6867	137.9683	778	19	0.40	33.6	0.23	0.75	0.998
48156	長野	36.6600	138.1950	418	20	0.15	23.9	0.20	0.75	0.995
48171	笠岳	36.6733	138.4767	1964	1	最終年度データなし				
48172	笠岳	36.6650	138.4600	1490	17	2.30	45.3	0.30	0.75	0.996
48191	大町	36.5200	137.8367	784	20	0.70	31.8	0.18	0.75	0.998
48196	信州新町	36.5467	138.0000	509	20	0.25	30.2	0.22	0.75	0.998
48216	菅平	36.5300	138.3283	1253	20	0.10	29.4	0.27	0.75	0.999
48246	四阿屋山	36.4167	138.0583	1387	3	最終年度データなし				
48247	聖高原	36.4850	138.0733	985	19	0.25	26.5	0.21	0.75	0.998
48256	上田	36.3983	138.2683	502	20	0.40	26.8	0.21	0.75	0.998
48291	燕岳	36.3950	137.7150	2695	0	最終年度データなし				

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
48292	燕岳	36.3867	137.7417	1840	3					最終年度データなし
48296	穂高	36.3417	137.8850	540	20	1.15	28.4	0.18	0.75	0.999
48321	東部町	36.3817	138.3883	958	20	0.05	25.0	0.21	0.75	0.999
48331	軽井沢	36.3383	138.5500	999	20	2.20	41.5	0.23	0.75	0.998
48346	上高地	36.2450	137.6367	1510	19	0.60	42.8	0.18	0.75	0.994
48361	松本	36.2433	137.9733	610	20	0.50	27.7	0.22	0.75	0.998
48371	鹿教湯	36.3000	138.1400	721	20	1.10	37.5	0.24	0.75	0.999
48381	立科	36.2683	138.3167	715	17	0.85	31.5	0.20	0.75	0.997
48386	佐久	36.2450	138.4800	683	20	0.05	27.3	0.22	0.75	0.998
48426	高ボッチ	36.1483	138.0483	1670	16	0.30	30.0	0.21	0.75	0.995
48451	茂来山	36.1067	138.5367	1442	6					最終年度データなし
48456	十石峠	36.1050	138.6500	1370	14					データ年数不足
48466	奈川	36.0883	137.6867	1068	17	0.80	40.1	0.18	0.75	0.995
48491	諏訪	36.0433	138.1117	760	20	0.05	32.1	0.21	0.75	0.998
48501	八ヶ岳	36.0233	138.3150	1830	16	0.85	38.8	0.21	0.75	0.999
48531	開田	35.9350	137.6050	1130	17	1.75	50.3	0.16	0.75	0.997
48541	奈良井	35.9817	137.8383	900	20	0.35	40.3	0.17	0.75	0.998
48546	辰野	35.9800	137.9867	729	17	0.65	39.2	0.18	0.75	0.999
48561	原村	35.9683	138.2233	1017	20	0.55	32.7	0.19	0.75	0.998
48571	野辺山	35.9467	138.4767	1350	20	0.45	38.7	0.19	0.75	0.998
48596	御岳山	35.8933	137.4983	2420	0					最終年度データなし
48601	御岳山	35.8700	137.5050	2195	9					データ年数不足
48606	木曾福島	35.8383	137.6917	750	20	0.30	39.6	0.17	0.75	0.997
48621	伊那	35.8083	137.9783	674	20	0.45	35.5	0.19	0.75	0.998
48626	高遠	35.8367	138.0600	780	17					最終年度データなし
48631	入笠山	35.8883	138.1600	1795	14					データ年数不足
48681	宮田高原	35.7717	137.8883	1660	13					データ年数不足
48691	杉島	35.7233	138.0983	905	13					データ年数不足
48696	松峯	35.7400	138.1233	1920	0					最終年度データなし
48716	須原	35.6933	137.6883	540	20	0.25	46.9	0.17	0.75	0.996
48717	南木曾	35.6067	137.6233	560	20	0.65	56.2	0.16	0.75	0.998
48721	摺古木山	35.6100	137.7317	2122	2					最終年度データなし
48731	飯島	35.6517	137.9033	728	20	2.45	54.5	0.18	0.75	0.995
48736	笹山	35.6117	138.0900	1769	3					最終年度データなし
48737	大鹿	35.5550	138.0433	718	16	0.50	41.2	0.21	0.75	0.997
48761	摺古木山	35.5900	137.7367	1700	12					データ年数不足
48766	飯田	35.5100	137.8383	482	20	1.30	42.5	0.21	0.75	0.998
48791	恵那山	35.4267	137.6250	1590	2					最終年度データなし
48796	網掛山	35.4467	137.7017	1120	12					データ年数不足
48826	浪合	35.3717	137.6967	940	17	2.15	72.8	0.15	0.75	0.998
48836	阿南	35.3133	137.8133	610	17	2.75	63.2	0.23	0.75	0.997
48841	南信濃	35.3200	137.9350	410	20	2.55	62.9	0.21	0.75	0.997
48871	鷲巣	35.2617	137.8333	265	3					最終年度データなし
49036	大泉	35.8583	138.3917	867	20	1.15	35.6	0.20	0.75	0.998
49051	剣の峯	35.8267	138.6433	1735	18					最終年度データなし
49076	日向山	35.7950	138.2917	1180	18	1.65	46.7	0.22	0.75	0.999
49086	葎崎	35.7100	138.4550	351	20	0.55	37.5	0.25	0.75	0.996
49106	大菩薩	35.7317	138.8400	1684	17					最終年度データなし
49141	甲府	35.6650	138.5567	273	20	0.05	33.8	0.22	0.75	0.994
49151	勝沼	35.6617	138.7267	382	20	2.55	43.6	0.26	0.75	0.996
49161	大月	35.6067	138.9417	364	20	3.45	59.5	0.31	0.75	0.994
49171	上野原	35.6183	139.1167	251	19	2.85	63.8	0.30	0.75	0.997
49186	八町山	35.5417	138.4167	930	20	3.35	68.3	0.24	0.75	0.998
49196	上九一色	35.5267	138.6183	552	20	3.55	88.6	0.24	0.75	0.997
49236	中富	35.4650	138.4450	226	18	2.65	68.0	0.26	0.75	0.997
49251	河口湖	35.4983	138.7633	860	20	3.95	73.6	0.29	0.75	0.994
49256	山中	35.4350	138.8417	992	20	4.50	99.8	0.27	0.75	0.994
49316	南部	35.2850	138.4500	141	20	4.10	106.1	0.26	0.75	0.996
50056	白糸	35.3083	138.5817	530	20	2.70	91.7	0.21	0.75	0.999
50106	井川	35.2150	138.2383	770	17	4.05	118.8	0.24	0.75	0.997
50111	梅ヶ島	35.2350	138.3450	430	19	4.25	121.9	0.22	0.75	0.997
50136	御殿場	35.2983	138.9300	468	20	2.40	85.8	0.21	0.75	0.999
50196	吉原	35.1783	138.6883	65	20	1.15	69.1	0.22	0.75	0.999
50206	三島	35.1117	138.9300	21	20	1.15	59.5	0.22	0.75	0.998
50226	佐久間	35.0900	137.8100	141	20	2.95	85.8	0.23	0.75	0.998
50231	越木平	35.0083	137.9817	552	19	1.65	88.6	0.17	0.75	0.999
50241	本川根	35.0983	138.1317	290	20	2.65	97.5	0.22	0.75	0.998
50246	大山	35.0500	138.2850	880	15					最終年度データなし
50247	鍵穴	35.0450	138.2500	160	20	1.95	80.7	0.20	0.75	0.999
50261	清水	35.0500	138.5250	3	18	1.85	78.6	0.17	0.75	0.999

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
50281	網代	35.0433	139.0967	67	20	1.25	61.0	0.18	0.75	0.998
50296	熊	34.9583	137.7350	350	20	2.00	85.1	0.24	0.75	0.999
50306	三倉	34.9583	137.9467	121	2	最終年度データなし				
50316	高根山	34.9767	138.1933	680	19	1.70	92.2	0.21	0.75	0.998
50331	静岡	34.9733	138.4067	14	20	1.40	76.7	0.20	0.75	0.999
50341	土肥	34.9083	138.7983	6	14	最終年度データなし				
50371	三ヶ日	34.8000	137.5617	2	20	1.75	65.3	0.19	0.75	0.998
50376	霧山	34.8733	137.6950	405	6	最終年度データなし				
50386	天竜	34.8700	137.8183	53	20	1.10	67.7	0.17	0.75	0.999
50391	三倉	34.8950	137.9467	121	15	データ年数不足				
50401	島田	34.8383	138.1467	80	3	最終年度データなし				
50416	土肥	34.8733	138.7633	103	20	0.85	59.2	0.20	0.75	0.999
50426	湯ヶ島	34.8983	138.9283	150	20	3.65	104.9	0.22	0.75	0.998
50427	天城山	34.8667	139.0267	1070	19	3.10	148.0	0.18	0.75	0.998
50456	浜松	34.7067	137.7233	32	20	0.90	63.0	0.19	0.75	0.999
50466	掛川	34.7767	137.9833	18	20	1.55	66.1	0.21	0.75	0.999
50476	牧の原	34.7800	138.1433	191	17	1.25	74.2	0.25	0.75	0.999
50491	松崎	34.7533	138.7850	4	20	0.80	61.6	0.20	0.75	0.999
50506	稲取	34.7800	139.0533	130	20	2.30	80.3	0.21	0.75	0.999
50536	稲田	34.6650	137.9050	3	18	0.65	53.1	0.18	0.75	0.998
50551	御前崎	34.6017	138.2167	45	20	2.25	80.7	0.16	0.75	0.999
50561	石廊崎	34.6000	138.8467	55	20	1.20	63.8	0.23	0.75	0.999
51011	一宮	35.3317	136.8067	10	20	1.30	53.6	0.20	0.75	0.999
51031	八開	35.2150	136.7017	5	17	1.30	53.3	0.21	0.75	0.997
51041	小牧	35.2450	136.9283	14	3	最終年度データなし				
51056	小原	35.2267	137.2883	290	19	0.70	47.4	0.21	0.75	0.998
51071	稲武	35.2100	137.5100	505	20	3.15	70.6	0.17	0.75	0.998
51076	茶臼山	35.2133	137.6600	1330	19	3.85	95.1	0.18	0.75	0.998
51096	磐江	35.1350	136.7950	2	20	0.25	46.9	0.21	0.75	0.999
51106	名古屋	35.1667	136.9683	51	20	0.95	51.9	0.23	0.75	0.999
51116	豊田	35.1450	137.1800	75	20	0.75	45.5	0.19	0.75	0.999
51161	東海	35.0217	136.9033	10	20	1.20	54.2	0.26	0.75	0.999
51191	出来山	35.0933	137.4200	946	17	0.05	42.0	0.22	0.75	0.997
51226	岡崎	34.9183	137.1983	47	20	1.45	54.9	0.17	0.75	0.999
51241	作手	34.9750	137.4283	532	20	2.45	84.2	0.20	0.75	0.998
51246	鳳来	34.9300	137.5783	81	17	1.80	71.4	0.22	0.75	0.998
51271	西尾	34.8600	137.0617	3	20	1.80	52.5	0.18	0.75	0.998
51281	蒲郡	34.8417	137.2200	55	17	1.65	66.1	0.20	0.75	0.998
51311	南知多	34.7533	136.9000	39	20	2.65	62.3	0.28	0.75	0.996
51336	豊橋	34.7167	137.4583	23	20	1.00	63.2	0.23	0.75	0.998
51346	伊良湖	34.6267	137.0967	6	20	2.60	72.4	0.22	0.75	0.997
51356	田原	34.6567	137.2550	25	20	1.40	61.6	0.19	0.75	0.998
52041	河合	36.3033	137.1033	471	17	0.45	37.3	0.16	0.75	0.996
52046	神岡	36.3467	137.2967	386	3	最終年度データなし				
52047	流葉山	36.3250	137.2517	1280	7	最終年度データなし				
52051	神岡	36.3200	137.3133	455	20	0.05	33.0	0.18	0.75	0.997
52081	白川	36.2717	136.9000	478	17	0.95	44.7	0.17	0.75	0.998
52111	板尾	36.2467	137.5100	765	20	0.65	42.6	0.20	0.75	0.998
52131	御母衣	36.1417	136.9117	640	14	データ年数不足				
52136	森茂	36.1733	137.0283	1262	6	最終年度データなし				
52137	清見	36.1783	137.0483	740	11	データ年数不足				
52146	高山	36.1533	137.2567	560	20	0.90	39.2	0.19	0.75	0.998
52151	十二岳	36.1867	137.3717	1010	6	最終年度データなし				
52152	丹生川	36.1850	137.3767	910	11	データ年数不足				
52161	乗鞍岳	36.1200	137.5600	2730	0	最終年度データなし				
52171	大日岳	36.0200	136.8567	1280	2	最終年度データなし				
52172	大日	36.0167	136.8850	1178	8	最終年度データなし				
52173	蛭ヶ野	36.0083	136.8983	885	13	データ年数不足				
52176	新淵山	36.0300	136.9783	1145	4	最終年度データなし				
52181	六蔵	36.0583	137.0367	1015	17	0.60	47.9	0.15	0.75	0.999
52191	船山	36.0217	137.2417	1478	17	0.75	52.4	0.18	0.75	0.997
52196	宮之前	36.0133	137.3917	930	17	0.45	42.7	0.16	0.75	0.999
52221	長滝	35.9217	136.8350	430	17	1.35	60.6	0.15	0.75	0.999
52226	白尾山	35.9017	136.9517	1272	0	最終年度データなし				
52266	白鳥	35.8667	136.8667	372	3	最終年度データなし				
52286	萩原	35.8850	137.2083	425	20	1.25	64.7	0.14	0.75	0.999
52326	蕪山	35.7333	136.8017	1069	16	最終年度データなし				
52331	八幡	35.7550	136.9833	250	20	1.35	68.7	0.25	0.75	0.998
52346	宮地	35.7633	137.2900	420	20	0.70	56.5	0.14	0.75	0.999
52381	樽見	35.6350	136.6067	190	20	2.80	88.4	0.24	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
52406	金山	35.6600	137.1633	233	20	1.25	62.2	0.15	0.75	0.999
52421	付知	35.6550	137.4300	465	14	データ年数不足				
52426	三界山	35.6483	137.5200	1117	5	最終年度データなし				
52441	権現山	35.5800	136.5050	750	4	最終年度データなし				
52442	小津	35.5600	136.5450	573	17	1.05	73.1	0.21	0.75	0.998
52451	平井	35.5650	136.7333	325	19	0.25	56.2	0.18	0.75	0.996
52461	美濃	35.5550	136.9133	68	20	1.10	62.3	0.21	0.75	0.999
52476	伽藍	35.5083	137.2417	650	19	0.05	42.4	0.18	0.75	0.999
52481	黒川	35.5933	137.3200	460	17	0.50	51.9	0.15	0.75	0.999
52511	揖斐川	35.4833	136.5717	45	17	1.80	71.5	0.20	0.75	0.998
52536	美濃加茂	35.4433	137.0100	74	20	1.60	57.0	0.26	0.75	0.998
52546	柄石峠	35.4017	137.2100	365	17	0.55	44.9	0.20	0.75	0.999
52556	恵那	35.4433	137.4067	315	20	1.25	51.5	0.22	0.75	0.999
52561	中津川	35.4850	137.5033	320	20	0.90	49.4	0.20	0.75	0.999
52571	関ヶ原	35.3583	136.4717	120	20	1.95	62.6	0.25	0.75	0.999
52581	大垣	35.3567	136.6150	6	20	1.00	52.3	0.21	0.75	0.998
52586	岐阜	35.3967	136.7650	13	20	0.15	46.9	0.27	0.75	0.999
52606	多治見	35.3450	137.1033	120	20	1.50	58.7	0.22	0.75	0.998
52626	三森山	35.3750	137.5300	1130	19	0.95	60.4	0.18	0.75	0.999
52641	上石津	35.2833	136.4717	100	20	1.75	58.2	0.27	0.75	0.998
53016	阿下青	35.1517	136.5283	110	20	0.75	61.3	0.19	0.75	0.998
53041	桑名	35.0483	136.6983	3	20	0.60	52.5	0.23	0.75	0.999
53056	雲母峯	34.9967	136.4617	590	17	0.75	70.3	0.24	0.75	0.998
53061	四日市	34.9283	136.5900	47	20	0.95	55.4	0.21	0.75	0.999
53091	龜山	34.8683	136.4567	70	20	1.25	63.3	0.21	0.75	0.999
53111	上野	34.7600	136.1417	159	9	最終年度データなし				
53112	上野	34.7600	136.1417	159	20	1.65	50.8	0.20	0.75	0.998
53121	笠取山	34.7233	136.3100	810	20	0.05	59.5	0.21	0.75	0.996
53131	津	34.7017	136.5183	2	11	最終年度データなし				
53132	津	34.7300	136.5233	3	20	1.70	61.5	0.24	0.75	0.998
53141	名張	34.6333	136.1183	199	20	1.30	47.1	0.24	0.75	0.998
53151	白山	34.6383	136.3400	53	17	1.50	63.8	0.23	0.75	0.998
53171	国見山	34.5633	136.1600	680	5	最終年度データなし				
53191	松阪	34.5583	136.5400	6	3	最終年度データなし				
53196	小俣	34.5233	136.6683	10	20	2.25	69.4	0.23	0.75	0.998
53231	粥見	34.4467	136.3950	120	20	2.65	85.2	0.26	0.75	0.997
53256	鳥羽	34.4800	136.8283	2	18	2.05	95.4	0.21	0.75	0.997
53286	大台	34.3900	136.4117	80	2	最終年度データなし				
53287	藤坂峠	34.3217	136.4933	660	19	2.30	81.1	0.22	0.75	0.998
53296	南勢	34.3417	136.6850	6	18	2.55	86.1	0.24	0.75	0.997
53306	磯部	34.3717	136.8083	3	2	最終年度データなし				
53307	阿児	34.3250	136.8350	33	14	データ年数不足				
53321	宮川	34.2767	136.2117	205	18	3.30	149.0	0.22	0.75	0.997
53326	紀伊長島	34.2050	136.3300	3	17	1.85	92.7	0.22	0.75	0.999
53376	尾鷲	34.0667	136.1950	15	9	最終年度データなし				
53377	八幡峠	34.0567	136.1133	800	9	最終年度データなし				
53378	尾鷲	34.0667	136.1950	15	20	2.75	157.8	0.18	0.75	0.998
53416	御浜	33.8500	135.9833	130	11	データ年数不足				
53421	熊野	33.8883	136.0967	40	20	2.10	84.0	0.19	0.75	0.999
54011	粟島	38.4600	139.2567	4	20	1.55	35.7	0.21	0.75	0.997
54036	二ツ亀	38.3267	138.4900	80	17	1.25	36.8	0.20	0.75	0.999
54056	高根	38.3283	139.6117	80	18	0.80	47.0	0.22	0.75	0.996
54086	村上	38.2117	139.4883	10	20	0.55	36.6	0.20	0.75	0.999
54096	鷲ヶ巣山	38.2267	139.6417	695	1	最終年度データなし				
54097	三面	38.2450	139.6083	50	16	0.50	41.3	0.17	0.75	0.997
54156	相川	38.0217	138.2433	35	20	1.05	33.9	0.22	0.75	0.998
54166	両津	38.0717	138.4383	2	20	2.55	48.5	0.19	0.75	0.998
54181	中条	38.0567	139.4133	27	17	0.60	36.2	0.19	0.75	0.999
54191	下関	38.0883	139.5667	36	20	0.80	41.0	0.21	0.75	0.999
54231	新潟	37.9117	139.0517	2	6	最終年度データなし				
54232	新潟	37.9100	139.0517	2	20	0.65	32.3	0.22	0.75	0.998
54251	二王子岳	37.9050	139.4583	382	17	0.60	40.9	0.23	0.75	0.995
54271	羽茂	37.8400	138.3167	11	20	0.90	38.8	0.25	0.75	0.998
54296	新津	37.7900	139.0900	3	20	1.70	37.6	0.20	0.75	0.997
54311	赤谷	37.8317	139.4183	135	19	0.80	47.1	0.20	0.75	0.995
54341	巻	37.7633	138.9150	2	20	0.90	36.7	0.20	0.75	0.998
54356	宝珠山	37.7767	139.2933	200	16	0.85	43.3	0.20	0.75	0.997
54386	寺泊	37.6417	138.7717	2	20	0.80	40.7	0.23	0.75	0.999
54396	三条	37.6383	138.9600	9	20	1.05	37.4	0.25	0.75	0.998
54406	村松	37.6933	139.1933	25	20	0.30	35.5	0.18	0.75	0.997

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
54421	津川	37. 6717	139. 4667	62	20	1. 05	41. 4	0. 22	0. 75	0. 990
54461	粟ヶ岳	37. 5783	139. 1383	242	3					最終年度データなし
54462	宮寄	37. 5767	139. 1450	125	16	0. 35	41. 3	0. 20	0. 75	0. 998
54471	室谷	37. 5683	139. 3867	150	17					最終年度データなし
54472	上川	37. 5450	139. 3733	200	19	1. 25	42. 4	0. 23	0. 75	0. 996
54501	長岡	37. 4533	138. 8467	23	20	1. 20	39. 5	0. 22	0. 75	0. 998
54506	栃尾	37. 4733	138. 9950	83	20	0. 95	38. 6	0. 21	0. 75	0. 997
54511	守門岳	37. 4033	139. 0933	737	8					データ年数不足
54541	柏崎	37. 3500	138. 5567	7	20	1. 10	41. 6	0. 21	0. 75	0. 999
54566	入広瀬	37. 3550	139. 0750	230	20	0. 10	36. 4	0. 17	0. 75	0. 998
54586	大潟	37. 2283	138. 3333	20	17	0. 65	36. 1	0. 21	0. 75	0. 999
54596	桜坂峠	37. 2100	138. 5300	470	7					最終年度データなし
54606	小国	37. 2900	138. 7083	83	19	0. 75	41. 6	0. 23	0. 75	0. 998
54616	小出	37. 2367	138. 9650	98	20	0. 20	36. 6	0. 19	0. 75	0. 997
54621	大湯	37. 2033	139. 0650	240	15					データ年数不足
54651	高田	37. 1050	138. 2500	13	20	0. 75	40. 0	0. 18	0. 75	0. 998
54661	安塚	37. 1067	138. 4650	135	20	0. 50	37. 5	0. 21	0. 75	0. 999
54666	川谷	37. 1983	138. 5200	206	11					データ年数不足
54671	松代	37. 1267	138. 6117	210	19	1. 30	41. 1	0. 20	0. 75	0. 998
54676	十日町	37. 1417	138. 7317	170	20	0. 65	37. 3	0. 20	0. 75	0. 998
54696	枝折峠	37. 1533	139. 1333	1060	0					最終年度データなし
54711	糸魚川	37. 0350	137. 8650	10	20	1. 90	51. 1	0. 21	0. 75	0. 999
54721	能生	37. 0817	138. 0283	55	20	1. 65	54. 3	0. 18	0. 75	0. 998
54736	光ヶ原	37. 0033	138. 3750	805	3					最終年度データなし
54737	筒方	37. 0267	138. 3483	255	14					データ年数不足
54756	大沢峠	37. 0367	138. 7900	673	1					最終年度データなし
54761	塩沢	37. 0367	138. 8500	195	14					データ年数不足
54816	蘭山	36. 9317	138. 2300	350	20	2. 25	44. 4	0. 21	0. 75	0. 997
54836	津南	36. 9950	138. 6867	452	20	1. 05	36. 8	0. 19	0. 75	0. 998
54841	湯沢	36. 9350	138. 8200	340	20	0. 75	36. 4	0. 22	0. 75	0. 999
54876	平岩	36. 8850	137. 8667	260	17	2. 40	49. 0	0. 22	0. 75	0. 997
54891	袴岳	36. 8683	138. 2800	850	4					最終年度データなし
54892	樽本	36. 8867	138. 2800	625	15					データ年数不足
55021	泊	36. 9500	137. 5550	13	20	2. 05	52. 7	0. 21	0. 75	0. 997
55041	氷見	36. 8600	136. 9633	7	17	0. 40	35. 5	0. 19	0. 75	0. 999
55056	魚津	36. 8200	137. 4300	48	20	1. 65	49. 0	0. 19	0. 75	0. 998
55061	宇奈月	36. 8450	137. 5617	160	3					最終年度データなし
55062	嘉例沢	36. 8250	137. 5417	420	8					最終年度データなし
55063	宇奈月	36. 8450	137. 5600	160	15					データ年数不足
55091	伏木	36. 7883	137. 0567	12	20	0. 20	37. 3	0. 21	0. 75	0. 999
55101	富山	36. 7067	137. 2050	9	10					最終年度データなし
55102	富山	36. 7067	137. 2050	9	20	0. 75	42. 9	0. 17	0. 75	0. 999
55141	砺波	36. 6267	136. 9550	58	20	0. 30	40. 1	0. 22	0. 75	0. 999
55156	大山	36. 6050	137. 2867	128	12					データ年数不足
55161	上市	36. 6917	137. 3433	24	3					最終年度データなし
55166	上市	36. 6683	137. 4267	296	20	1. 40	55. 5	0. 16	0. 75	0. 999
55191	福光	36. 5433	136. 8750	91	20	0. 50	40. 9	0. 18	0. 75	0. 999
55206	八尾	36. 5750	137. 1367	78	20	0. 50	40. 9	0. 23	0. 75	0. 999
55216	小谷	36. 5717	137. 3050	340	8					最終年度データなし
55226	立山	36. 5750	137. 5833	2340	0					最終年度データなし
55246	細尾峠	36. 4433	136. 8983	740	8					最終年度データなし
55251	平	36. 4317	136. 9533	282	20	0. 45	40. 4	0. 23	0. 75	0. 998
55261	谷折	36. 4867	137. 1033	700	8					最終年度データなし
55266	細入	36. 4933	137. 2433	185	12					データ年数不足
56036	珠洲	37. 4433	137. 2900	4	20	0. 50	40. 2	0. 38	0. 75	0. 997
56051	輪島	37. 3900	136. 8983	5	10					最終年度データなし
56052	輪島	37. 3900	136. 8983	5	20	1. 15	50. 9	0. 18	0. 75	0. 998
56081	門前	37. 2583	136. 7317	10	20	0. 45	40. 9	0. 18	0. 75	0. 999
56091	木原岳	37. 2867	136. 9533	270	18	1. 20	46. 8	0. 19	0. 75	0. 999
56116	富来	37. 1417	136. 7283	6	20	0. 95	44. 5	0. 17	0. 75	0. 998
56146	七尾第二	37. 0300	136. 9717	14	20	1. 50	42. 7	0. 22	0. 75	0. 998
56176	羽咋	36. 8883	136. 7817	15	20	0. 85	39. 1	0. 19	0. 75	0. 996
56186	宇ノ気	36. 7100	136. 6950	42	20	0. 40	40. 1	0. 19	0. 75	0. 999
56191	宝達山	36. 7783	136. 8117	626	18	0. 10	42. 7	0. 18	0. 75	0. 999
56226	金沢	36. 5467	136. 6467	26	16					最終年度データなし
56227	金沢	36. 5867	136. 6383	6	20	0. 75	41. 9	0. 16	0. 75	0. 998
56231	医王山	36. 5267	136. 7850	660	18	0. 15	39. 7	0. 21	0. 75	0. 998
56276	小松	36. 3783	136. 4383	3	17	0. 40	38. 0	0. 19	0. 75	0. 997
56286	鳥越	36. 3583	136. 6183	180	20	0. 25	42. 1	0. 16	0. 75	0. 998
56301	山中	36. 2217	136. 3617	126	20	0. 55	47. 7	0. 18	0. 75	0. 999

No.	観測点 名称	緯度	経度	標高	観測 年数	確率降雨強度式				
						a	b	m	n	r
56346	白峰	36.1733	136.6283	480	18	0.65	46.6	0.17	0.75	0.998
57001	三国	36.2350	136.1450	80	20	0.70	41.3	0.19	0.75	0.999
57051	越前	36.0083	135.9933	30	17	0.45	41.3	0.17	0.75	0.999
57066	福井	36.0533	136.2267	9	20	1.00	40.5	0.19	0.75	0.999
57071	美山	36.0167	136.3317	60	20	0.50	41.1	0.17	0.75	0.998
57081	勝山	36.0350	136.5250	196	18	0.20	38.9	0.20	0.75	0.999
57121	大野	35.9683	136.5000	182	20	0.45	39.2	0.18	0.75	0.998
57131	タイラ山	35.9850	136.6100	510	5					最終年度データなし
57151	春日野	35.8550	136.1383	270	20	0.05	34.2	0.22	0.75	0.998
57161	岳山	35.8717	136.3067	620	18	0.05	33.7	0.19	0.75	0.998
57176	九頭竜	35.8950	136.6567	419	14					データ年数不足
57206	今庄	35.7650	136.2033	128	20	0.85	45.7	0.17	0.75	0.999
57246	敦賀	35.6517	136.0650	1	11					最終年度データなし
57247	敦賀	35.6517	136.0650	2	12					最終年度データなし
57248	敦賀	35.6500	136.0650	2	20	0.60	40.0	0.18	0.75	0.999
57286	美浜	35.5967	135.9200	10	20	0.95	42.1	0.20	0.75	0.998
57306	川上	35.4383	135.5267	75	20	2.00	58.1	0.26	0.75	0.998
57316	小浜	35.4800	135.7867	10	17					最終年度データなし
57317	小浜津敷	35.4800	135.7867	10	20	0.90	46.5	0.23	0.75	0.999
60026	柳ヶ瀬	35.5800	136.1917	220	20	0.20	43.2	0.16	0.75	0.999
60051	今津	35.4100	136.0317	88	20	0.35	36.5	0.17	0.75	0.997
60061	虎姫	35.4117	136.2483	90	20	0.20	33.3	0.16	0.75	0.998
60086	荒川	35.3700	135.9283	360	19	0.40	41.5	0.22	0.75	0.994
60101	山東	35.3783	136.3767	160	20	1.50	46.5	0.24	0.75	0.999
60116	北小松	35.2333	135.9600	90	20	1.05	49.7	0.16	0.75	0.998
60131	彦根	35.2733	136.2467	87	20	0.25	38.0	0.20	0.75	0.999
60161	近江八幡	35.1250	136.1017	88	20	1.50	48.4	0.21	0.75	0.999
60171	君ヶ烟台地	35.1950	136.3900	780	3					最終年度データなし
60172	霜ヶ原	35.1967	136.3433	420	19	1.65	54.2	0.29	0.75	0.998
60181	大津	35.0150	135.8567	101	2					最終年度データなし
60196	蒲生	35.0600	136.1933	128	20	0.35	44.3	0.20	0.75	0.998
60216	大津	34.9883	135.9150	86	18	0.10	45.4	0.15	0.75	0.999
60226	信楽	34.9100	136.0833	265	20	0.35	44.3	0.17	0.75	0.998
60236	土山	34.9283	136.3000	263	20	1.35	59.5	0.19	0.75	0.999
61001	間人	35.7350	135.0917	42	19	0.35	36.9	0.17	0.75	0.999
61031	峰山丹波	35.6167	135.0750	23	20	1.60	45.5	0.23	0.75	0.997
61076	宮津	35.5283	135.2017	3	19	0.95	46.8	0.22	0.75	0.997
61111	舞鶴	35.4483	135.3200	2	20	1.15	47.6	0.22	0.75	0.999
61131	仏坂	35.3750	135.0383	410	5					最終年度データなし
61132	三岳	35.3650	135.0533	118	18	0.75	42.8	0.19	0.75	0.997
61146	浅原山	35.3317	135.3917	380	4					最終年度データなし
61151	故屋岡	35.3833	135.4600	190	18	1.90	54.0	0.24	0.75	0.998
61161	知井	35.3200	135.6500	250	3					最終年度データなし
61186	福知山	35.2933	135.1300	34	20	0.45	42.3	0.20	0.75	0.999
61191	綾部	35.2983	135.2467	55	14					データ年数不足
61192	三和	35.2150	135.2383	105	13					最終年度データなし
61201	和知	35.2583	135.4017	112	20	0.20	37.8	0.24	0.75	0.999
61202	胡麻	35.2083	135.4650	260	3					最終年度データなし
61206	美山	35.2733	135.5533	200	17	0.70	44.0	0.19	0.75	0.999
61226	妙高山	35.1667	135.1733	440	6					最終年度データなし
61241	須知	35.1617	135.4267	185	14					データ年数不足
61251	京北	35.1783	135.6667	260	20	0.65	42.8	0.20	0.75	0.998
61256	花背峠	35.1550	135.7883	710	19	0.95	54.7	0.23	0.75	0.997
61271	園部	35.0533	135.4583	195	20	1.05	46.9	0.18	0.75	0.998
61286	京都	35.0117	135.7350	41	20	0.75	47.9	0.20	0.75	0.999
61306	長岡京	34.9250	135.6917	30	20	0.20	45.2	0.25	0.75	0.998
61326	田辺	34.8083	135.7750	50	19	0.20	41.2	0.20	0.75	0.998
61336	鷲峯山	34.8267	135.9100	680	4					最終年度データなし
61337	鷲峯山	34.8267	135.9083	607	19	0.05	43.4	0.21	0.75	0.997
62016	東郷	34.9467	135.4583	235	20	1.45	48.4	0.21	0.75	0.998
62036	箕面	34.8350	135.5067	96	20	1.10	48.1	0.20	0.75	0.999
62046	枚方	34.8050	135.6767	26	20	0.05	38.9	0.19	0.75	0.997
62051	伊丹	34.7733	135.4483	9	20	0.85	44.4	0.25	0.75	0.998
62076	大阪	34.6783	135.5217	23	17					最終年度データなし
62077	大阪	34.6783	135.5217	23	20	0.30	40.4	0.22	0.75	0.999
62081	生駒山	34.6733	135.6733	626	20	0.50	42.1	0.18	0.75	0.997
62091	堺	34.5400	135.5117	30	20	0.35	35.8	0.26	0.75	0.998
62111	河内長野	34.4200	135.5483	160	20	0.80	40.9	0.24	0.75	0.998
62131	上之郷	34.3833	135.3500	68	20	1.35	44.8	0.25	0.75	0.998
63016	香住	35.6367	134.6300	6	20	2.70	55.3	0.27	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
63031	温泉	35.5550	134.4917	58	20	0.80	46.2	0.21	0.75	0.996
63041	三川山	35.5417	134.6400	875	19	5.85	84.9	0.28	0.75	0.992
63051	豊岡	35.5333	134.8250	3	20	1.85	44.7	0.23	0.75	0.994
63076	村岡	35.4650	134.6017	220	20	3.15	53.7	0.26	0.75	0.993
63081	八鹿	35.4083	134.7667	291	20	0.25	34.3	0.24	0.75	0.994
63111	大屋	35.3300	134.6700	150	20	0.50	46.6	0.23	0.75	0.997
63121	和田山	35.3200	134.8517	80	20	1.05	46.9	0.23	0.75	0.998
63201	生野	35.1633	134.7983	320	20	1.05	60.0	0.22	0.75	0.998
63216	柏原	35.1450	135.0533	95	20	1.20	50.3	0.18	0.75	0.998
63241	佐用	35.0133	134.3617	120	19	0.20	40.8	0.18	0.75	0.998
63251	一宮	35.0967	134.5867	195	20	0.45	49.7	0.22	0.75	0.998
63266	笠形山	35.0500	134.8400	580	19	0.50	42.4	0.21	0.75	0.998
63301	佐用	34.9967	134.3567	110	1	最終年度データなし				
63321	福崎	34.9483	134.7517	72	20	1.85	47.3	0.20	0.75	0.997
63331	西脇	34.9967	135.0000	72	20	0.20	41.0	0.19	0.75	0.999
63346	羽束川	35.0217	135.2983	330	20	0.80	46.6	0.20	0.75	0.999
63366	上郡	34.8550	134.3783	20	20	1.00	40.6	0.24	0.75	0.996
63376	的場山	34.8700	134.5300	260	18	1.65	40.7	0.20	0.75	0.998
63381	姫路	34.8367	134.6750	38	15	最終年度データなし				
63382	姫路	34.8367	134.6750	38	20	1.45	42.5	0.25	0.75	0.998
63411	三田	34.8850	135.2267	147	20	0.50	38.5	0.18	0.75	0.999
63412	名塩	34.8283	135.2967	168	20	0.90	47.1	0.20	0.75	0.999
63461	三木	34.7717	135.0200	145	18	1.10	37.8	0.22	0.75	0.998
63471	六甲山	34.7600	135.2750	620	19	0.75	45.4	0.18	0.75	0.999
63476		34.7400	135.3100	50	1	データ年数不足				
63491	家島	34.6683	134.5317	88	20	1.15	41.9	0.35	0.75	0.998
63496	二見	34.6833	134.8800	3	20	0.40	33.8	0.20	0.75	0.998
63501	明石	34.6550	134.9833	6	16	最終年度データなし				
63506		34.6400	135.0783	60	1	データ年数不足				
63511	神戸	34.6883	135.1800	58	20	1.30	44.6	0.20	0.75	0.998
63541		34.5850	135.0200	3	1	データ年数不足				
63551	郡家	34.4650	134.8517	5	20	1.35	43.3	0.32	0.75	0.998
63576	洲本	34.3350	134.9083	109	20	0.90	46.8	0.23	0.75	0.999
63586	福良	34.2583	134.7117	35	3	最終年度データなし				
63587	南淡	34.2650	134.7550	33	20	0.80	46.2	0.35	0.75	0.998
64036	奈良	34.6917	135.8317	104	20	0.30	38.8	0.18	0.75	0.997
64041	針	34.6033	135.9567	468	20	0.05	38.0	0.21	0.75	0.998
64056	田原本	34.5517	135.7900	50	20	0.05	34.1	0.20	0.75	0.997
64076	曾爾	34.5367	136.1483	368	20	2.10	72.2	0.23	0.75	0.997
64091	当麻	34.4950	135.7000	170	14	データ年数不足				
64096	壺阪	34.4217	135.8133	360	9	最終年度データなし				
64101	大宇陀	34.4850	135.9350	349	20	0.05	40.0	0.20	0.75	0.997
64106	高見山	34.4250	136.0883	1190	3	最終年度データなし				
64107	高見	34.4217	136.0750	830	18	4.40	82.0	0.23	0.75	0.995
64126	五条	34.3433	135.7033	100	20	0.55	41.5	0.21	0.75	0.998
64136	吉野	34.3750	135.9017	188	5	データ年数不足				
64156	天辻	34.2250	135.7317	897	19	0.65	42.3	0.23	0.75	0.998
64166	山上岳	34.2633	135.9367	1520	18	3.55	100.1	0.20	0.75	0.995
64186	荒神岳	34.1550	135.6600	1242	3	最終年度データなし				
64206	河合	34.1333	136.0100	334	20	3.95	122.8	0.25	0.75	0.997
64211	日出岳	34.1817	136.1133	1695	17	5.55	213.1	0.21	0.75	0.993
64226	上野地	34.0950	135.7750	740	5	最終年度データなし				
64227	鳳凰	34.0417	135.7900	301	18	3.00	84.3	0.20	0.75	0.998
64261	玉置山	33.9233	135.8350	1077	16	3.35	100.1	0.15	0.75	0.998
65021	葛城山	34.3450	135.4383	840	18	0.15	41.0	0.26	0.75	0.997
65026	かつらぎ	34.3083	135.5317	142	17	1.10	48.5	0.22	0.75	0.997
65041	和歌山	34.2267	135.1667	14	20	1.70	52.9	0.27	0.75	0.998
65051	岩出	34.2567	135.3233	25	3	最終年度データなし				
65061	高野山	34.2183	135.5933	795	20	0.70	54.4	0.19	0.75	0.998
65106	湯浅	34.0317	135.1850	8	20	1.65	66.9	0.21	0.75	0.999
65121	八幡	34.0833	135.4300	240	20	2.00	76.2	0.21	0.75	0.999
65126	護摩壇山	34.0467	135.5600	1280	18	2.00	70.4	0.18	0.75	0.997
65161	竜神	33.9417	135.5617	410	20	2.65	94.1	0.16	0.75	0.997
65196	御坊	33.8933	135.1617	4	20	1.00	54.5	0.20	0.75	0.999
65211	虎ヶ峯峠	33.8500	135.4600	607	16	0.75	58.1	0.28	0.75	0.996
65226	本宮	33.8333	135.7767	58	20	2.65	95.9	0.20	0.75	0.998
65256	栗栖川	33.7883	135.5167	160	20	1.20	76.2	0.17	0.75	0.997
65276	新宮	33.7117	136.0017	15	20	2.65	105.9	0.16	0.75	0.999
65286	白浜	33.6833	135.3567	15	2	最終年度データなし				
65287	白浜	33.6750	135.3500	32	20	1.90	61.0	0.23	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
65306	西川	33.6350	135.7133	150	17	3.00	115.5	0.16	0.75	0.998
65311	色川	33.6717	135.8517	275	18	4.15	134.7	0.17	0.75	0.997
65321	日置	33.6033	135.4833	17	20	2.30	81.1	0.23	0.75	0.997
65356	潮岬	33.4483	135.7633	73	20	0.50	67.7	0.14	0.75	0.999
66046	上長田	35.2817	133.7033	440	17	1.90	58.7	0.26	0.75	0.998
66056	恩原	35.2967	133.9883	734	15					データ年数不足
66091	千屋	35.1000	133.4367	525	17	0.05	41.9	0.15	0.75	0.998
66111	大空山	35.1933	133.8267	1040	15					データ年数不足
66126	那岐山	35.1567	134.1833	960	4					最終年度データなし
66127	奈義	35.1100	134.1733	212	19	0.05	41.3	0.17	0.75	0.998
66136	古町	35.1167	134.3300	240	20	0.05	43.7	0.19	0.75	0.997
66171	久世	35.0717	133.7567	145	20	0.20	40.7	0.16	0.75	0.998
66186	津山	35.0617	134.0117	145	20	0.70	47.4	0.25	0.75	0.999
66216	新見	34.9733	133.4683	180	3					最終年度データなし
66221	新見	34.9367	133.5217	393	20	0.20	39.5	0.18	0.75	0.997
66226	下皆部	34.9617	133.6317	180	20	0.05	39.2	0.20	0.75	0.995
66236	天子山	34.9867	133.8800	646	20	0.55	39.1	0.21	0.75	0.997
66251	周匝	34.9167	134.1000	47	20	0.75	42.3	0.25	0.75	0.996
66276	陣山	34.8267	133.5267	529	17	0.30	40.5	0.24	0.75	0.996
66286	大平山	34.8933	133.7083	685	13					最終年度データなし
66296	福渡	34.8633	133.9083	63	20	0.55	42.3	0.21	0.75	0.998
66306	和気	34.8117	134.1867	35	20	0.65	39.3	0.26	0.75	0.994
66336	高梁	34.7900	133.6150	60	20	0.05	35.3	0.20	0.75	0.996
66381	佐屋	34.6850	133.4467	390	20	0.60	43.1	0.21	0.75	0.999
66391	矢掛	34.6150	133.6217	18	20	0.05	33.8	0.19	0.75	0.994
66406	岡山	34.6817	133.9167	3	7					最終年度データなし
66407	岡山	34.6583	133.9183	3	20	0.50	38.7	0.21	0.75	0.998
66421	虫明	34.6800	134.2117	10	20	1.10	41.0	0.30	0.75	0.996
66436	笠岡	34.5033	133.5100	4	0					最終年度データなし
66446	倉敷	34.5867	133.7717	3	20	0.05	32.1	0.20	0.75	0.996
66481	笠岡	34.4917	133.5167	2	20	0.50	35.2	0.19	0.75	0.995
66501	玉野	34.4850	133.9517	2	20	0.95	35.3	0.24	0.75	0.995
67016	高野	35.0317	132.9050	570	20	0.15	40.6	0.18	0.75	0.997
67031	道後山	35.0650	133.2267	1266	17	0.30	45.2	0.40	0.75	0.993
67051	安田山	34.9200	132.8183	638	18	0.15	37.4	0.39	0.75	0.997
67096	犬伏山	34.8017	132.6183	786	14					データ年数不足
67106	三次	34.8083	132.8533	159	20	1.35	47.9	0.22	0.75	0.997
67116	庄原	34.8583	133.0283	300	20	0.45	40.5	0.22	0.75	0.997
67126	東城	34.8917	133.2783	310	20	0.65	44.4	0.19	0.75	0.998
67136	八幡	34.7067	132.1733	775	17	2.15	70.2	0.22	0.75	0.998
67151	大朝	34.7633	132.4700	385	20	2.65	56.3	0.23	0.75	0.997
67191	油木	34.7617	133.2817	510	17	0.70	45.8	0.17	0.75	0.998
67211	王泊	34.6967	132.3150	525	18	0.80	52.4	0.22	0.75	0.998
67212	加計	34.6083	132.3250	210	20	0.95	57.9	0.21	0.75	0.998
67216	海見山	34.6050	132.4817	805	16	0.30	46.3	0.23	0.75	0.998
67231	甲田	34.6933	132.7600	185	20	1.20	48.7	0.20	0.75	0.997
67251	上下	34.6950	133.1300	354	20	0.15	43.3	0.19	0.75	0.998
67271	内黒山	34.5867	132.1850	935	11					データ年数不足
67291	可部	34.5167	132.5117	30	20	0.75	51.9	0.17	0.75	0.997
67316	世羅	34.5850	133.0533	330	20	1.20	46.1	0.17	0.75	0.998
67326	府中	34.5850	133.2450	100	20	0.60	40.5	0.18	0.75	0.997
67356	恵下谷山	34.4800	132.3317	790	11					データ年数不足
67371	志和	34.4967	132.6633	215	19	0.20	46.6	0.17	0.75	0.997
67376	西条	34.4133	132.7017	224	20	0.55	47.2	0.18	0.75	0.997
67381	椋梨川	34.4650	132.8967	90	20	0.75	45.6	0.18	0.75	0.996
67401	福山	34.4433	133.2500	2	20	0.85	39.0	0.21	0.75	0.997
67421	佐伯	34.3617	132.1933	317	17	1.60	66.2	0.21	0.75	0.997
67436	広島	34.3633	132.4367	29	12					最終年度データなし
67437	広島	34.3950	132.4650	4	20	0.60	48.0	0.18	0.75	0.996
67461	竹原	34.3283	132.9850	5	20	0.20	35.8	0.22	0.75	0.996
67471	因島	34.2967	133.1600	17	20	0.35	33.7	0.24	0.75	0.995
67496	大竹	34.2117	132.2233	5	20	0.70	56.0	0.16	0.75	0.999
67511	呉	34.2383	132.5533	4	20	1.50	52.8	0.19	0.75	0.998
67566	倉橋	34.1017	132.5100	5	20	1.25	48.6	0.18	0.75	0.996
67581	久比	34.1800	132.8333	4	19	0.50	41.5	0.21	0.75	0.992
68021	西郷	36.2017	133.3367	26	12					最終年度データなし
68022	西郷	36.2017	133.3367	27	20	1.65	56.1	0.22	0.75	0.998
68031	西ノ島	36.1083	133.0433	3	3					最終年度データなし
68056	海士	36.0933	133.1000	3	20	1.80	56.6	0.24	0.75	0.998
68091	鹿島	35.5167	133.0250	5	20	0.75	47.0	0.23	0.75	0.999

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
68121	出雲	35.4100	132.8917	5	3	最終年度データなし				
68131	松江	35.4550	133.0683	17	4	最終年度データなし				
68132	松江	35.4550	133.0683	17	20	1.35	49.5	0.18	0.75	0.998
68156	出雲	35.3267	132.7333	20	17	1.90	51.9	0.21	0.75	0.998
68166	大東	35.3200	132.9750	50	20	1.80	54.3	0.18	0.75	0.999
68181	伯太	35.3483	133.2750	23	20	1.15	47.2	0.18	0.75	0.997
68206	佐田	35.2133	132.7233	100	20	1.80	54.8	0.18	0.75	0.998
68246	大田	35.1900	132.5050	15	20	1.05	48.3	0.19	0.75	0.999
68261	掛合	35.1950	132.8183	215	20	1.85	53.9	0.18	0.75	0.998
68276	横田	35.1717	133.1067	369	20	0.65	43.5	0.20	0.75	0.999
68286	福光	35.0683	132.3417	8	17	1.00	49.1	0.16	0.75	0.999
68306	赤名	35.0000	132.7150	444	17	0.35	41.9	0.18	0.75	0.997
68321	吾妻山	35.0667	133.0400	1012	20	0.25	49.8	0.18	0.75	0.998
68346	桜江	34.9550	132.3400	25	20	1.35	53.2	0.26	0.75	0.999
68351	川本	34.9733	132.4983	132	20	0.30	44.5	0.21	0.75	0.998
68376	浜田	34.8933	132.0733	20	20	1.35	51.6	0.32	0.75	0.998
68396	原山	34.8633	132.4083	741	15	データ年数不足				
68401	瑞穂	34.8500	132.5267	327	20	1.85	54.0	0.22	0.75	0.997
68421	三隅	34.7867	131.9617	11	19	1.70	55.7	0.33	0.75	0.997
68431	弥栄	34.7733	132.1117	380	17	2.40	73.7	0.26	0.75	0.997
68436	波佐	34.7767	132.2000	370	18	2.55	79.5	0.22	0.75	0.997
68461	益田	34.6200	131.8133	20	3	最終年度データなし				
68462	聖山	34.6750	131.8467	4	20	1.40	57.0	0.27	0.75	0.998
68476	聖山	34.6350	132.1483	1115	1	最終年度データなし				
68501	匹見	34.5567	132.0067	280	18	0.60	51.1	0.19	0.75	0.997
68511	十種峯	34.4383	131.6983	902	17	0.65	56.9	0.23	0.75	0.997
68516	津和野	34.4600	131.7733	165	20	0.90	51.0	0.22	0.75	0.997
68546	六日市	34.3500	131.9383	290	17	1.05	61.7	0.15	0.75	0.999
69006	境	35.5417	133.2383	2	20	2.10	53.1	0.18	0.75	0.997
69021	下市	35.5250	133.5733	15	18	0.85	46.6	0.17	0.75	0.997
69041	青谷	35.5133	133.9967	7	20	0.95	45.5	0.23	0.75	0.998
69051	鳥取	35.5117	134.1817	17	2	最終年度データなし				
69061	岩井	35.5550	134.3650	19	20	3.00	57.8	0.25	0.75	0.997
69076	米子	35.4317	133.3417	6	20	1.30	49.8	0.19	0.75	0.998
69101	倉吉	35.4717	133.8417	8	20	2.05	53.1	0.27	0.75	0.999
69106	菅原	35.4167	133.9917	701	6	最終年度データなし				
69111	鹿野	35.4100	134.0217	210	13	データ年数不足				
69121	霞石山	35.4100	134.2167	320	6	最終年度データなし				
69122	鳥取	35.4850	134.2400	7	18	1.65	47.1	0.22	0.75	0.999
69151	大山	35.3933	133.5367	802	6	最終年度データなし				
69152	大山	35.3900	133.5400	875	20	2.65	77.2	0.26	0.75	0.992
69161	関金	35.3783	133.7567	148	18	2.10	56.5	0.23	0.75	0.994
69181	佐治	35.3267	134.1167	210	14	データ年数不足				
69196	若桜	35.3400	134.4050	214	18	0.60	43.8	0.20	0.75	0.999
69221	古峰山	35.2667	133.4417	594	6	最終年度データなし				
69222	江尾	35.2867	133.4883	155	14	データ年数不足				
69246	智頭	35.2600	134.2417	182	20	1.45	52.4	0.21	0.75	0.998
69271	日南	35.1850	133.2333	490	20	1.20	47.2	0.17	0.75	0.998
69276	日南	35.1633	133.3250	290	3	最終年度データなし				
71041	大山寺	34.1600	134.3983	690	19	2.60	59.7	0.32	0.75	0.993
71066	池田	34.0217	133.7950	205	20	1.15	48.5	0.28	0.75	0.998
71086	穴吹	34.0417	134.1700	56	20	4.30	70.5	0.35	0.75	0.992
71106	徳島	34.0650	134.5767	2	20	1.10	66.8	0.23	0.75	0.997
71136	半田	33.9817	134.0350	280	17	4.20	77.0	0.26	0.75	0.994
71146	江田山	33.9200	134.2683	1100	3	最終年度データなし				
71151	旭丸	33.9317	134.3300	1200	19	2.05	113.7	0.27	0.75	0.992
71191	京上	33.8650	133.9067	560	18	2.00	86.8	0.22	0.75	0.998
71211	福原旭	33.8700	134.3800	250	20	2.40	127.2	0.23	0.75	0.995
71221	大竜寺山	33.8700	134.5317	600	19	1.50	80.0	0.20	0.75	0.998
71231	蒲生田	33.8350	134.7450	10	18	1.00	68.4	0.16	0.75	0.999
71251	木頭	33.7717	134.2083	330	17	0.70	92.9	0.29	0.75	0.994
71266	日和佐	33.7283	134.5433	3	20	2.20	99.4	0.21	0.75	0.998
71316	穴喰	33.5650	134.3083	4	20	1.90	112.4	0.17	0.75	0.999
72061	内海	34.4917	134.3033	52	20	2.45	47.5	0.35	0.75	0.995
72086	高松	34.3133	134.0567	9	20	1.30	45.1	0.25	0.75	0.995
72111	多度津	34.2733	133.7550	4	20	1.30	39.9	0.25	0.75	0.997
72121	瀧宮	34.2350	133.9283	60	20	2.10	45.9	0.29	0.75	0.997
72146	引田	34.2100	134.4100	12	20	1.25	55.0	0.35	0.75	0.997
72161	財田	34.1167	133.7817	68	18	1.00	40.7	0.28	0.75	0.998
72176	竜王山	34.1117	134.0533	1040	19	2.15	51.7	0.31	0.75	0.997

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
73001	大三島	34.2450	132.9950	2	20	0.25	34.1	0.22	0.75	0.993
73071	玉川	34.0167	132.9450	67	20	2.85	56.3	0.24	0.75	0.997
73076	今治	34.0733	132.9933	2	20	1.30	42.6	0.17	0.75	0.998
73126	丹原	33.9083	133.0717	13	20	2.15	55.2	0.24	0.75	0.995
73136	新居浜	33.9550	133.2850	6	20	3.75	62.8	0.32	0.75	0.993
73151	三島	33.9817	133.5667	27	20	2.25	59.3	0.30	0.75	0.993
73152	富郷	33.9100	133.5133	310	18	4.75	103.5	0.25	0.75	0.996
73166	松山	33.8400	132.7800	32	20	0.05	35.0	0.22	0.75	0.997
73231	上林	33.7350	132.8933	460	18	0.85	48.4	0.20	0.75	0.997
73246	成就社	33.7883	133.1317	1420	4	最終年度データなし				
73247	成就社	33.7883	133.1350	1280	20	6.75	116.4	0.26	0.75	0.992
73256	長浜	33.6083	132.4850	1	20	0.55	46.7	0.20	0.75	0.998
73271	中山	33.6367	132.7117	163	20	0.60	45.1	0.21	0.75	0.998
73276	久万	33.6617	132.8983	511	20	2.20	61.3	0.20	0.75	0.998
73306	大洲	33.5033	132.5467	17	20	1.05	50.8	0.17	0.75	0.998
73321	獅子越峠	33.5400	132.8350	1000	19	0.65	58.6	0.24	0.75	0.998
73351	八幡浜	33.4550	132.4367	5	20	0.85	47.7	0.18	0.75	0.998
73391	三崎	33.3833	132.1250	2	20	1.10	54.6	0.25	0.75	0.997
73406	宇和	33.3617	132.5117	208	20	1.05	62.0	0.22	0.75	0.999
73441	宇和島	33.2250	132.5567	42	17	最終年度データなし				
73442	宇和島	33.2233	132.5550	2	20	1.45	55.3	0.23	0.75	0.999
73446	近永	33.2500	132.6783	129	17	2.45	73.0	0.18	0.75	0.999
73516	御荘	32.9600	132.5733	12	20	0.50	54.1	0.18	0.75	0.999
74056	本川	33.7633	133.3417	560	17	2.65	123.7	0.16	0.75	0.998
74071	本山	33.7583	133.6067	250	20	2.20	109.3	0.23	0.75	0.996
74101	池川	33.6050	133.1717	150	18	2.25	112.7	0.19	0.75	0.998
74126	繁藤	33.6767	133.6883	350	20	1.65	108.0	0.19	0.75	0.998
74136	大柝	33.6950	133.8767	210	18	1.40	90.6	0.19	0.75	0.998
74151	魚梁瀬	33.6117	134.1117	450	17	2.40	148.1	0.20	0.75	0.999
74166	佐川	33.5083	133.2767	80	20	1.30	95.1	0.19	0.75	0.996
74176	成山	33.5900	133.4033	737	19	2.65	106.5	0.21	0.75	0.997
74181	高知	33.5650	133.5517	1	20	1.55	89.2	0.24	0.75	0.998
74186	南国	33.5900	133.6467	10	2	最終年度データなし				
74187	後免	33.5867	133.6467	12	20	1.10	77.8	0.20	0.75	0.998
74196	芸西	33.0550	133.8417	420	16	1.25	71.6	0.22	0.75	0.997
74236	鳥形山	33.4817	133.0850	1050	18	3.50	98.9	0.20	0.75	0.992
74237	船戸	33.4133	133.0933	400	20	4.10	132.5	0.22	0.75	0.996
74271	安芸	33.4867	133.9367	6	20	1.15	65.5	0.19	0.75	0.999
74276	田野	33.4267	134.0133	5	20	1.85	70.3	0.20	0.75	0.998
74296	橋原	33.3883	132.9250	415	20	1.10	77.0	0.24	0.75	0.992
74311	須崎	33.3833	133.2800	4	20	1.50	87.7	0.18	0.75	0.999
74336	佐喜浜	33.3917	134.2083	12	20	2.15	116.0	0.16	0.75	0.999
74361	窪川	33.2050	133.1317	205	20	2.95	119.0	0.21	0.75	0.999
74371	室戸岬	33.2483	134.1800	185	20	2.00	89.5	0.20	0.75	0.998
74381	江川崎	33.1683	132.7950	60	18	2.10	73.1	0.21	0.75	0.998
74386	堂ヶ森	33.1567	132.8800	857	17	1.20	68.8	0.17	0.75	0.999
74391	大正	33.1933	132.9783	152	20	3.05	102.7	0.22	0.75	0.997
74436	佐賀	33.0767	133.1050	3	18	1.45	85.6	0.19	0.75	0.999
74446	宿毛	32.9200	132.7000	49	6	最終年度データなし				
74447	宿毛	32.9183	132.6967	2	20	1.60	70.3	0.19	0.75	0.998
74456	中村	32.9867	132.9233	8	20	2.50	97.6	0.21	0.75	0.998
74516	足摺	32.7200	133.0133	31	20	1.75	79.7	0.23	0.75	0.997
81011	須佐	34.6133	131.6233	50	20	1.80	57.8	0.23	0.75	0.997
81071	萩	34.4117	131.3933	6	20	0.95	50.5	0.23	0.75	0.995
81116	油谷	34.3650	131.0467	8	20	1.15	57.3	0.24	0.75	0.997
81141	篠生	34.3017	131.5783	205	15	データ年数不足				
81151	徳佐	34.3967	131.7300	310	20	0.40	47.7	0.20	0.75	0.993
81167	羅漢山	34.3467	132.0667	945	18	0.40	59.0	0.18	0.75	0.998
81191	鍋提峠	34.2617	131.0983	400	19	0.10	50.4	0.20	0.75	0.998
81196	秋吉台	34.2317	131.2900	240	20	0.70	59.8	0.20	0.75	0.998
81211	瀬戸原	34.2133	131.5850	338	5	最終年度データなし				
81227	長野山	34.2733	131.8833	970	20	0.55	60.0	0.16	0.75	0.996
81231	広瀬	34.2567	131.9567	130	20	0.85	63.4	0.18	0.75	0.998
81266	西市	34.1833	131.0800	40	20	0.35	56.4	0.19	0.75	0.997
81276	桜山	34.1467	131.2217	451	19	0.95	51.4	0.22	0.75	0.998
81286	山口	34.1567	131.4583	17	20	0.40	55.6	0.18	0.75	0.998
81301	和田	34.1467	131.7367	140	18	1.80	67.8	0.21	0.75	0.998
81321	岩国	34.1517	132.1800	70	20	1.30	59.3	0.16	0.75	0.999
81326	岩国	34.1533	132.2017	2	1	最終年度データなし				
81371	防府	34.0283	131.5367	6	20	0.40	53.1	0.19	0.75	0.998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
81386	下松	34.0183	131.8783	52	20	2.00	66.8	0.19	0.75	0.998
81396	周東	34.0867	132.0483	45	1	最終年度データなし				
81397	玖珂	34.0950	132.0800	68	20	2.05	67.6	0.18	0.75	0.999
81426	下関	33.9533	130.9417	46	3	最終年度データなし				
81427	下関	33.9450	130.9283	3	20	1.30	59.1	0.18	0.75	0.999
81436	宇部	33.9250	131.2783	5	20	0.70	51.8	0.22	0.75	0.998
81481	柳井	33.9567	132.1167	3	20	1.25	55.5	0.18	0.75	0.997
81486	安下庄	33.9000	132.2950	5	20	2.65	66.8	0.19	0.75	0.998
82046	宗像	33.8067	130.5417	7	20	1.55	62.2	0.20	0.75	0.999
82056	八幡	33.8567	130.7433	20	20	1.80	65.9	0.19	0.75	0.999
82066	小倉	33.8333	130.9500	3	1	最終年度データなし				
82081	宗像	33.8067	130.5400	6	0	最終年度データなし				
82096	頂吉	33.7383	130.8417	180	20	1.05	74.2	0.19	0.75	0.998
82101	行橋	33.7100	130.9783	7	20	1.50	60.7	0.19	0.75	0.997
82131	篠栗	33.6350	130.5483	376	19	1.55	65.1	0.21	0.75	0.998
82136	飯塚	33.6500	130.6950	37	20	0.50	55.9	0.19	0.75	0.997
82171	前原	33.5567	130.1933	2	20	0.85	58.3	0.27	0.75	0.998
82181	福岡	33.5800	130.3767	3	20	1.80	66.6	0.18	0.75	0.996
82191	太宰府	33.5100	130.5050	27	19	0.65	59.5	0.20	0.75	0.998
82206	添田	33.5550	130.8550	120	20	0.60	59.8	0.23	0.75	0.997
82246	九千部山	33.4100	130.4450	852	20	1.80	92.9	0.15	0.75	0.999
82261	甘木	33.4017	130.7000	36	20	0.25	57.4	0.17	0.75	0.998
82271	英彦山	33.4767	130.9267	1080	8	最終年度データなし				
82272	英彦山	33.4850	130.9283	823	16	0.40	66.9	0.18	0.75	0.998
82281	久留米	33.3183	130.5067	13	1	最終年度データなし				
82306	久留米	33.3000	130.4950	7	20	0.05	53.3	0.18	0.75	0.997
82316	耳納山	33.2883	130.6250	607	19	0.10	50.7	0.22	0.75	0.998
82317	黒木	33.2200	130.6517	144	20	0.50	64.6	0.18	0.75	0.997
82331	柳川	33.1600	130.4100	4	20	1.25	67.5	0.21	0.75	0.998
82361	大牟田	33.0133	130.4633	31	20	0.85	78.8	0.20	0.75	0.998
83021	国見	33.6733	131.5950	14	19	1.25	54.8	0.19	0.75	0.999
83046	中津	33.5833	131.1883	11	20	0.85	50.9	0.19	0.75	0.999
83061	豊後高田	33.5667	131.4367	5	20	1.85	54.1	0.20	0.75	0.998
83096	耶馬溪	33.4417	131.1183	100	20	0.95	59.0	0.17	0.75	0.998
83106	院内	33.4183	131.3200	90	20	2.10	61.0	0.23	0.75	0.997
83121	杵築	33.4150	131.6233	20	18	0.65	45.8	0.21	0.75	0.997
83126	武蔵	33.4767	131.7400	5	2	最終年度データなし				
83136	伏木	33.3717	130.9850	420	20	0.25	57.1	0.17	0.75	0.998
83137	日田	33.3183	130.9317	83	20	0.25	53.8	0.18	0.75	0.998
83161	別府	33.3500	131.4767	300	19	3.25	70.5	0.21	0.75	0.996
83191	豊後玖珠	33.2667	131.1667	346	20	0.15	49.6	0.20	0.75	0.996
83201	湯布院	33.2600	131.3583	440	20	3.10	81.6	0.23	0.75	0.998
83216	大分	33.2317	131.6200	5	20	3.35	71.0	0.30	0.75	0.995
83226	佐賀関	33.2450	131.8717	5	20	1.80	58.0	0.26	0.75	0.998
83241	釈迦岳	33.1850	130.8950	1200	20	0.65	90.0	0.17	0.75	0.993
83261	湯平	33.1817	131.3350	805	1	最終年度データなし				
83286	臼杵	33.1200	131.8067	2	20	2.80	69.7	0.25	0.75	0.997
83331	湯見	33.0717	131.4333	591	20	2.25	64.1	0.21	0.75	0.998
83341	犬飼	33.0633	131.6350	100	20	1.20	56.5	0.25	0.75	0.995
83371	竹田	32.9700	131.3833	290	20	2.15	68.2	0.22	0.75	0.998
83386	出羽	32.9667	131.6717	473	20	3.20	82.8	0.21	0.75	0.998
83401	佐伯	32.9633	131.9033	2	20	2.85	83.9	0.22	0.75	0.998
83416	下隼子	32.8917	131.3983	483	20	3.65	86.3	0.23	0.75	0.996
83431	宇目	32.8450	131.6800	200	19	2.75	82.8	0.20	0.75	0.999
83476	蒲江	32.7933	131.9250	2	20	1.55	80.3	0.21	0.75	0.999
84011	佐須奈	34.6383	129.4033	5	19	最終年度データなし				
84071	巖原	34.2033	129.2950	21	15	最終年度データなし				
84072	巖原	34.1950	129.2933	4	20	1.15	69.3	0.22	0.75	0.999
84121	芦辺	33.7967	129.7167	120	19	0.35	57.9	0.24	0.75	0.998
84171	平戸	33.3567	129.5533	58	20	1.60	85.7	0.23	0.75	0.999
84181	松浦	33.3400	129.7133	4	20	1.70	86.6	0.21	0.75	0.998
84226	国見山	33.2333	129.8150	775	20	1.70	77.7	0.19	0.75	0.998
84316	佐世保	33.1517	129.7350	17	20	2.30	86.3	0.22	0.75	0.998
84336	上五島	32.9800	129.0750	5	20	1.70	86.2	0.23	0.75	0.998
84341	有川	32.9750	129.1233	10	1	最終年度データなし				
84356	大瀬戸	32.9467	129.6367	43	20	1.15	71.0	0.19	0.75	0.998
84361	長浦岳	32.9050	129.7450	550	20	1.15	82.1	0.23	0.75	0.999
84371	大村	32.9117	129.9567	7	20	1.40	71.1	0.22	0.75	0.998
84376	五家原岳	32.9400	130.0800	776	20	1.10	85.8	0.21	0.75	0.999
84441	諫早	32.8417	130.0550	15	20	1.55	83.6	0.22	0.75	0.998

No.	名称	観測点			観測年数	確率降雨強度式				
		緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
84451		32. 8167	130. 2950	210	1					データ年数不足
84496	長崎	32. 7317	129. 8700	27	20	1. 70	78. 4	0. 29	0. 75	0. 998
84516	雲仙岳	32. 7350	130. 2533	849	20	2. 05	98. 5	0. 19	0. 75	0. 996
84517	水無川	32. 7467	130. 2883	1100	3					データ年数不足
84518		32. 7833	130. 2017	20	1					データ年数不足
84521	島原	32. 7800	130. 3767	17	20	2. 15	87. 4	0. 26	0. 75	0. 998
84522	深江	32. 7233	130. 3183	200	5					データ年数不足
84536	福江	32. 6933	128. 8267	25	20	2. 20	93. 1	0. 22	0. 75	0. 998
84561	口之津	32. 6100	130. 1900	10	20	1. 45	64. 0	0. 23	0. 75	0. 998
84596	野母崎	32. 5767	129. 7433	190	5					データ年数不足
85031	枝去木	33. 4917	129. 9033	110	20	1. 30	73. 5	0. 19	0. 75	0. 997
85032	和多田	33. 4233	129. 9883	5	20	0. 90	70. 6	0. 22	0. 75	0. 998
85091	権現山	33. 3967	130. 2400	590	20	1. 05	68. 6	0. 16	0. 75	0. 999
85116	伊万里	33. 2633	129. 8833	25	20	2. 30	92. 3	0. 19	0. 75	0. 999
85126	八幡岳	33. 2800	130. 0300	761	20	2. 10	74. 7	0. 22	0. 75	0. 996
85141	佐賀	33. 2417	130. 3050	4	20	1. 00	64. 6	0. 19	0. 75	0. 998
85161	嬉野	33. 1133	130. 0000	81	19	1. 60	88. 6	0. 21	0. 75	0. 998
85166	白石	33. 1800	130. 1383	4	20	1. 10	64. 9	0. 22	0. 75	0. 998
85181	嬉野	33. 0983	129. 9900	65	1					最終年度データなし
85201	多良岳	32. 9700	130. 1583	395	20	2. 60	110. 0	0. 21	0. 75	0. 998
86006	鹿北	33. 1117	130. 6933	119	20	1. 75	89. 8	0. 20	0. 75	0. 997
86066	南小国	33. 0950	131. 0733	440	20	1. 90	85. 2	0. 20	0. 75	0. 998
86086	岱明	32. 9117	130. 5233	15	20	1. 35	72. 6	0. 21	0. 75	0. 998
86101	菊池	32. 9450	130. 7800	81	20	1. 25	73. 9	0. 21	0. 75	0. 997
86106	鞍岳	32. 9333	130. 9217	640	20	1. 20	91. 5	0. 19	0. 75	0. 996
86111	阿蘇黒川	32. 9383	131. 0433	497	18	3. 00	100. 4	0. 24	0. 75	0. 997
86141	熊本	32. 8100	130. 7100	38	20	2. 65	92. 2	0. 22	0. 75	0. 998
86146	益城	32. 8317	130. 8533	193	1					最終年度データなし
86151	俵山	32. 8383	130. 9783	870	20	2. 10	97. 1	0. 21	0. 75	0. 993
86156	阿蘇山	32. 8783	131. 0750	1143	20	1. 65	94. 6	0. 21	0. 75	0. 992
86161	高森	32. 8183	131. 1267	551	20	1. 30	79. 6	0. 19	0. 75	0. 998
86196	間之谷山	32. 7033	130. 9433	640	20	1. 15	65. 9	0. 27	0. 75	0. 997
86216	三角	32. 6083	130. 4817	60	20	0. 55	57. 1	0. 25	0. 75	0. 994
86236	甲佐	32. 6450	130. 8117	35	20	0. 05	60. 2	0. 21	0. 75	0. 995
86271	松島	32. 5000	130. 4300	6	20	0. 30	56. 0	0. 22	0. 75	0. 995
86296	大金峰	32. 5550	130. 9100	1280	20	0. 35	58. 0	0. 18	0. 75	0. 997
86316	本渡	32. 4667	130. 1833	30	20	1. 60	72. 4	0. 22	0. 75	0. 995
86336	八代	32. 4717	130. 6100	8	20	0. 75	64. 1	0. 22	0. 75	0. 997
86351	五木	32. 4383	130. 8583	323	19	0. 30	69. 7	0. 20	0. 75	0. 996
86356	五家荘	32. 4867	130. 9083	580	4					最終年度データなし
86396	田浦	32. 3617	130. 5117	4	20	1. 75	82. 2	0. 21	0. 75	0. 997
86406	屋形山	32. 3067	130. 7383	780	14					最終年度データなし
86407	山江	32. 3000	130. 7500	218	19	0. 45	66. 2	0. 23	0. 75	0. 996
86416	茶臼峠	32. 3500	130. 9150	1060	18	0. 05	59. 9	0. 17	0. 75	0. 994
86451	水俣	32. 2050	130. 4083	2	20	0. 60	71. 2	0. 20	0. 75	0. 997
86466	鞍山	32. 2900	130. 7250	850	1					最終年度データなし
86467	人吉	32. 2150	130. 7567	146	20	0. 60	67. 6	0. 21	0. 75	0. 995
86476	多良木	32. 2533	130. 9283	156	1					最終年度データなし
86477	上	32. 2233	130. 9083	166	20	1. 75	85. 1	0. 18	0. 75	0. 996
86481	市房山	32. 2617	131. 0483	680	19	2. 50	99. 1	0. 19	0. 75	0. 996
86491	牛深	32. 1950	130. 0283	3	20	1. 10	68. 8	0. 20	0. 75	0. 997
86511	一里山	32. 1950	130. 6433	650	20	1. 05	74. 7	0. 22	0. 75	0. 995
86526	白髪岳	32. 1683	130. 9133	925	20	2. 70	112. 0	0. 19	0. 75	0. 998
87041	高千穂	32. 7000	131. 3100	320	20	3. 65	94. 6	0. 21	0. 75	0. 998
87046	見立	32. 7833	131. 4500	530	17	7. 90	145. 6	0. 26	0. 75	0. 994
87066	古江	32. 7050	131. 8233	4	19	1. 20	73. 9	0. 21	0. 75	0. 999
87071	鞍岡	32. 6400	131. 1600	590	17	4. 05	99. 1	0. 17	0. 75	0. 990
87091	大中尾	32. 6250	131. 5250	380	8					最終年度データなし
87126	中小屋	32. 5617	131. 4000	850	19	3. 85	113. 0	0. 22	0. 75	0. 998
87127	諸塚	32. 5133	131. 3383	150	16	2. 35	98. 1	0. 23	0. 75	0. 998
87136	北方	32. 5600	131. 5283	30	9					データ年数不足
87141	延岡	32. 5783	131. 6600	19	20	2. 20	83. 8	0. 19	0. 75	0. 998
87156	上椎葉	32. 4633	131. 1600	420	9					データ年数不足
87166	猪原	32. 4133	131. 3717	520	1					最終年度データなし
87181	日向	32. 4267	131. 6217	20	20	2. 20	91. 2	0. 21	0. 75	0. 998
87206	神門	32. 3833	131. 3333	250	17	3. 95	134. 3	0. 18	0. 75	0. 996
87207	矢櫃岳	32. 3100	131. 3983	964	10					最終年度データなし
87231	西米良	32. 2267	131. 1550	250	17	3. 05	96. 2	0. 22	0. 75	0. 998
87292	高鍋	32. 1300	131. 5267	4	20	2. 60	83. 6	0. 26	0. 75	0. 997
87301	加久藤	32. 0450	130. 8133	228	20	1. 50	80. 4	0. 18	0. 75	0. 998

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
87331	西都	32.0967	131.4017	12	20	3.05	85.4	0.23	0.75	0.998
87346	えびの	31.9433	130.8417	1150	20	3.55	160.6	0.19	0.75	0.997
87351	小林	31.9800	130.9867	200	20	1.85	77.7	0.20	0.75	0.999
87361	池の尾	31.9450	131.1583	208	20	2.65	79.1	0.23	0.75	0.998
87371	本庄	31.9867	131.3250	35	20	2.50	83.1	0.21	0.75	0.999
87376	宮崎	31.9200	131.4233	6	20	2.10	82.0	0.29	0.75	0.998
87386	霧島御池	31.8483	130.9533	500	17	1.15	75.2	0.19	0.75	0.997
87411	青島	31.8017	131.4600	8	20	1.90	93.3	0.21	0.75	0.999
87426	都城	31.7267	131.0850	154	20	2.20	84.8	0.22	0.75	0.997
87436	鱈塚山	31.7650	131.2700	1082	20	4.80	113.8	0.17	0.75	0.997
87461	深瀬	31.6350	131.2533	130	19	3.30	105.3	0.18	0.75	0.996
87491	油津	31.5750	131.4100	3	20	1.85	84.4	0.19	0.75	0.998
87501	串間	31.4650	131.2317	20	20	1.50	71.4	0.18	0.75	0.999
88061	阿久根	32.0250	130.2033	40	20	0.50	69.6	0.23	0.75	0.997
88066	出水	32.0900	130.3533	11	20	0.50	61.9	0.21	0.75	0.994
88081	大口	32.0450	130.6283	175	20	0.20	68.8	0.19	0.75	0.998
88101	紫尾山	31.9783	130.3700	1060	18	1.25	98.9	0.18	0.75	0.998
88106	宮之城	31.9100	130.4567	60	0	最終年度データなし				
88107	宮之城	31.9033	130.4583	30	20	1.65	95.3	0.17	0.75	0.999
88131	中飯	31.8300	129.8667	10	20	2.30	87.6	0.19	0.75	0.998
88146	川内	31.8117	130.2867	10	1	最終年度データなし				
88151	川内	31.8317	130.3183	5	20	2.05	84.7	0.20	0.75	0.997
88161	矢止岳	31.8517	130.5617	500	20	0.85	74.4	0.16	0.75	0.998
88166	溝辺	31.8117	130.7183	272	20	1.80	78.9	0.21	0.75	0.998
88211	入来峠	31.7267	130.4767	512	19	1.10	62.8	0.21	0.75	0.998
88261	東市来	31.6667	130.3300	40	20	1.70	82.0	0.17	0.75	0.999
88286	牧之原	31.6683	130.8550	384	20	2.50	95.8	0.18	0.75	0.998
88311	権現ヶ尾	31.5050	130.4667	397	20	1.30	78.1	0.17	0.75	0.998
88316	鹿児島	31.5517	130.5517	4	20	2.15	84.3	0.21	0.75	0.998
88326	高峠	31.5083	130.7483	520	20	4.20	111.9	0.20	0.75	0.997
88331	輝北	31.5883	130.8583	360	19	2.90	98.6	0.17	0.75	0.998
88341	大隅	31.5800	131.0200	170	19	2.45	75.9	0.17	0.75	0.997
88371	加世田	31.4133	130.3283	9	20	1.25	69.0	0.20	0.75	0.999
88391	吉ヶ別府	31.4650	130.8467	500	1	最終年度データなし				
88392	吉ヶ別府	31.4583	130.8633	100	20	1.80	101.1	0.19	0.75	0.998
88406	志布志	31.4750	131.1000	70	20	2.15	76.8	0.18	0.75	0.997
88431	喜入	31.3717	130.5450	5	1	最終年度データなし				
88432	喜入	31.3900	130.5400	2	20	1.55	78.7	0.18	0.75	0.998
88441	鹿屋	31.3850	130.8500	20	1	最終年度データなし				
88442	鹿屋	31.3883	130.8683	80	20	1.85	87.0	0.19	0.75	0.998
88446	肝属川	31.3467	130.9517	8	1	最終年度データなし				
88447	高山	31.3417	130.9650	24	20	2.05	93.2	0.16	0.75	0.999
88466	枕崎	31.2683	130.2950	30	20	0.75	69.4	0.21	0.75	0.999
88486	指宿	31.2467	130.6383	5	20	2.25	85.6	0.19	0.75	0.999
88501	浦与志岳	31.2617	130.9633	500	1	最終年度データなし				
88502	浦与志岳	31.2517	130.9600	550	20	3.80	117.7	0.16	0.75	0.999
88506	内之浦	31.2733	131.0800	3	20	2.60	99.0	0.18	0.75	0.998
88536	田代	31.1933	130.8467	220	19	2.50	92.1	0.18	0.75	0.997
88551	佐多	31.0900	130.6933	27	19	0.65	68.3	0.19	0.75	0.998
88611	種子島	30.7350	130.9933	17	20	2.20	83.9	0.17	0.75	0.997
88631	中種子	30.5417	130.9567	93	1	最終年度データなし				
88666	上中	30.4050	130.9050	150	20	2.10	100.6	0.18	0.75	0.999
88686	屋久島	30.3750	130.6567	36	20	2.20	121.2	0.17	0.75	0.997
88706	尾之間	30.2350	130.5567	60	20	2.05	91.5	0.18	0.75	0.999
88836	名瀬	28.3767	129.4983	3	20	1.45	89.1	0.25	0.75	0.994
88851	喜界島	28.3233	129.9550	5	17	1.25	71.0	0.21	0.75	0.998
88901	古仁屋	28.1433	129.3167	2	20	1.50	82.6	0.29	0.75	0.997
88956	伊仙	27.6733	128.9767	44	19	0.50	63.5	0.16	0.75	0.996
88971	沖永良部	27.4283	128.7067	27	20	0.80	76.7	0.19	0.75	0.999
88986	与論島	27.0400	128.4033	14	17	0.55	57.5	0.23	0.75	0.999
91011	伊是名	26.9250	127.9433	45	19	1.40	66.8	0.22	0.75	0.998
91021	奥	26.8317	128.2733	232	20	1.60	72.3	0.17	0.75	0.997
91051	与那覇岳	26.7233	128.2267	375	20	1.45	95.5	0.24	0.75	0.999
91066	本部	26.6833	127.8800	60	15	データ年数不足				
91071	呉我山	26.6617	127.9733	86	5	最終年度データなし				
91081	東	26.6283	128.1533	14	15	データ年数不足				
91106	名護	26.5950	127.9733	7	11	最終年度データなし				
91107	名護	26.5900	127.9683	6	14	データ年数不足				
91121	読谷	26.4150	127.7317	69	20	0.95	66.2	0.16	0.75	0.999
91126	金武	26.4533	127.8600	8	20	0.40	62.0	0.16	0.75	0.999

観測点					観測 年数	確率降雨強度式				
No.	名称	緯度	経度	標高		a	b	m	n	r
91131	金武	26.4533	127.9283	55	1	最終年度データなし				
91146	久米島	26.3350	126.8050	4	19	0.80	81.4	0.17	0.75	0.998
91161	コザ	26.3233	127.8050	120	20	1.15	77.0	0.19	0.75	0.998
91181	渡嘉敷	26.2083	127.3667	220	19	0.35	65.4	0.35	0.75	0.997
91196	那覇	26.2033	127.6900	25	11	最終年度データなし				
91197	那覇	26.2033	127.6883	28	9	データ年数不足				
91241	糸数	26.1500	127.7667	186	20	0.85	71.4	0.19	0.75	0.999
92011	南大東	25.8267	131.2333	14	17	1.05	63.2	0.20	0.75	0.999
93011	伊良部	24.8233	125.1733	10	18	1.15	70.5	0.21	0.75	0.997
93041	宮古島	24.7900	125.2783	40	19	1.00	76.8	0.19	0.75	0.998
93051	城辺	24.7400	125.4133	50	18	0.60	73.5	0.21	0.75	0.998
93061	多良間	24.6683	124.6983	16	18	1.75	91.4	0.30	0.75	0.996
94001	伊原間	24.5017	124.2800	15	19	1.50	83.9	0.22	0.75	0.999
94016	与那国島	24.4617	123.0100	30	3	最終年度データなし				
94017	与那国島	24.4617	123.0100	30	18	1.40	88.7	0.34	0.75	0.996
94036	川平	24.4583	124.1433	7	18	0.85	82.5	0.16	0.75	0.999
94061	西表島	24.3833	123.7467	9	18	0.70	74.1	0.16	0.75	0.998
94081	石垣島	24.3317	124.1633	6	19	1.30	90.7	0.20	0.75	0.999
94101	大富	24.2600	123.8733	28	18	1.65	94.8	0.22	0.75	0.999
94116	波照間	24.0583	123.7683	32	17	0.45	59.7	0.19	0.75	0.999
	MAX	45.5183	145.7633	2730	20	7.90	213.1	0.42	0.75	0.999
	MIN	24.0583	123.0100	-3	0	0.05	21.8	0.14	0.75	0.990
	AVE	36.8434	137.3055	294.4	16	1.50	54.3	0.21	0.75	0.997
	STD	3.8923	4.2732	391.6	6.4	1.05	22.9	0.04	0.00	0.001
	データ数	全数	1,560			対象サンプル数	1,156			

(河道計画参考資料)

1. 河道水理特性の算定手法
2. 具体的計算例 1 (実河川を想定して)
 - ・ 不等流計算と等流計算による計算水位の比較
 - ・ 計画高水位の設定
 - ・ 出発水位の違いによる計算水位の比較
 - ・ 湾曲による水位上昇
 - ・ 橋脚による水位上昇
 - ・ 落差工の設置に関して
等
3. 具体的計算例 2
 - ・ 橋脚による水位上昇
 - ・ 湾曲による水位上昇
4. ふるい分け試験

1. 河道水理特性の算定手法

ここでは河道特性を判断するための基礎的情報を整理する方法について説明する。

河道は純粋な人工構造物と異なる多くの自然的要素を有し、その総合的特性も個々の河道で異なっている。対象とする河道の特性を知ることは河道計画を策定する上で極めて重要であり、その特徴を知る手掛かりとなるのがセグメント分割である。このセグメント分割は、河川が異なっても同じセグメントであれば、そこに発生する掃流力や低水路の幅や深さ、さらにはこれらの変動特性等がほぼ同一の傾向を呈する。そして、このセグメント区分を規定する主要因子となるのが次の3量である。

- 河床勾配, ○河床材料, ○平均年最大流量

次に示す表には各セグメントと地形区分、河床材料、河岸物質、勾配、蛇行程度、河岸侵食程度、低水路の深さとの概略の関係を示してある。これによってもセグメントごとに種々の河道特性が変化することが分かる。

各セグメントとその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分					
河床材料の代表粒径 dr	さまざま	2cm 以上	3cm~ 1cm	1cm~ 0.3mm	0.3mm 以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出てることが多い。	表層に砂, シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂, シルト, 粘土の混合物		シルト・粘土
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000		1/5000~水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱、ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m		3~8m

(出典) 山本晃一：沖積河川学, pp.6

河道の安定に関わる河道特性諸量には、次のようなものが挙げられる。

- ① 河床勾配 (I)
- ② 代表粒径 (d_R)
- ③ 低水路内平均水深 (H_m)
- ④ エネルギー勾配 (I_e)
- ⑤ 摩擦速度 (u_*)
- ⑥ 無次元掃流力 (τ_*)
- ⑦ 湾曲諸元
- ⑧ 河川横断構造物・河川管理施設

このうち、③～⑥については水位が計画高水位になる程度の流量を対象として検討する。ただし、大河川のように、明らかな複断面形状を有する河川では、平均年最大流量を対象とする。

① 河床勾配 (I)

低水路内の平均河床高を計画高水位 (HWL) に対する低水路内の水面幅 (B) と流積 (A) を用いて下式により算定する。このようにして算定された平均河床高を縦断面にプロットし、同一勾配と見なせる区間を目視により判断し、この区間内の平均河床高を用いて、最小自乗法により河床勾配を推定する。

$$h = \text{HWL} - A/B$$

ここに、

- h : 平均河床高
- H_m : 平均水深
- HWL : 計画高水位
- A : 流積
- B : 川幅
- A/B : 水深

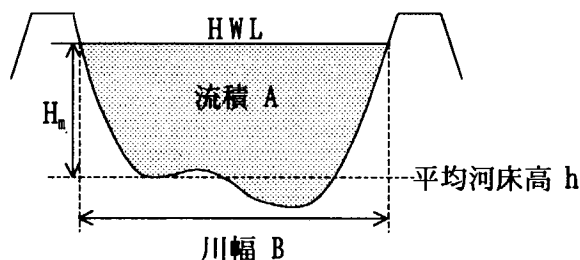


図 - 参 - 1.1 平均河床高の考え方

② 代表粒径 (d_R)

代表粒径 (d_R) は、河床材料の特性を現すものとして、河床の動きやすさを示す指標として用いられ、①河床勾配と同じくセグメント分割を規定する要件の1つである。代表粒径 (d_R) は、計画高水位になる流量時の流速係数 ψ 、無次元掃流力 τ_* 、平均水深 H_m 等と組み合わせることにより河床波の形態を知ることができる。

河床特性から低水路粗度係数を求める場合は、代表粒径 (d_R)、エネルギー勾配 (I_e) 及び低水路内平均水深 (H_m) の3量から設定することとなり、河道計画を策定する上で重要な要件である。

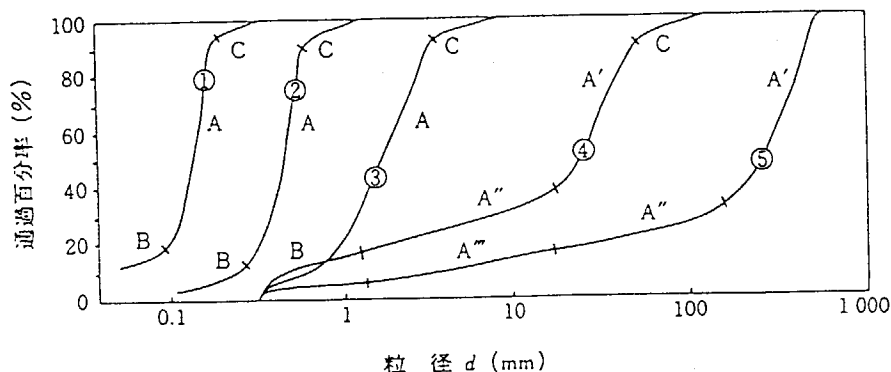
代表粒径 (d_R) の設定方法は、河床材料の移動のし易さを考慮して河床材料の粒径加積百分率の分布形に留意して河床材料の集団を図 - 参-1.2 に示すようにA～Cに分類し、通常は 60%通過粒径 d_{60} で与える。ただし、図 - 参-1.2 の④、⑤に示すように砂利を河床材料の主モードとする場合には、砂利成分をA集団とするとA集団と見なされる粒径の存在範囲が広く、これを一つの粒径集団とみなすことは問題が多い。A集団を2つあるいは3つに分けた方がよく、それぞれを大きいほうからA'、A''、A'''集団と名

付ける。

60%通過粒径が 10mm を超えるような場合は、C 集団と A' 集団のみからなる河床材料の粒径加積百分率分布曲線を新たに作成（ポブピュレーション・ブレイクを行う）し、その 60%通過粒径（ d_{60} ）を求め、これを代表粒径とする。

表 - 参 - 1.1 代表粒径 d_R の求め方

河床材料の d_{60}	代表粒径 d_R
1 cm 以下	d_{60} を採用する。
1 cm 以上	A'' 集団以下の材料が 30% 以下である場合は d_{60} を採用する。
	A'' 集団以下の材料が 30% 以上を占める場合は、A' と C 集団を対象として、新たに粒度分布を作成し、その通過粒径の d_{60} を採用する。



(出典) 山本晃一：沖積河川学, pp.8

図 - 参 - 1.2 種々の粒径分布における縦断区分点

(参考：河床材料調査)

通常の河床材料調査は、表面から 30cm の表層を取り除き、さらに 30cm の深さから砂礫を採取する。採取したものをふるい分け試験することになる。ふるい分け試験の調査方法及び分析方法は次の § 3 で詳しく述べる。

山地河川の河床材料は、一般に大粒径の粒子からなり、通常のサンプリング方法とふるい分け試験は適用できない場合が多い。特に、平均粒径が 10cm 以上になると、ふるい分け試験が不可能になる。そのような場合には、次に示す表層のみのサンプリング方法がある。

【サンプリング方法】

(1) 面積格子法

写真-参-1.1のように1m×1mの木枠を用いて、適当な間隔（測定対象河床上の最大礫径）に糸を張り、糸の交差下の石を採取する（砂防河川の場合4m×4mは必要）。



写真-参-1.1 面積格子法によるサンプリング

(2) 線格子法

図-参-1.3のように河床上に直線を張り、一定間隔（河床材料の最大径以上）に区分して、その直下にある石を採取する。

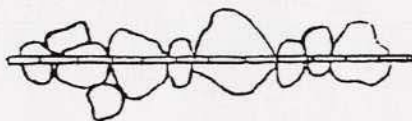


図-参-1.3 線格子法によるサンプリング

(3) 平面採取法

一定表面の中にある表面に露出した全礫を採取する。

(4) 写真測定法

河床面を写真に写し、それを読み取る。

これらの(1)、(2)、(3)、(4)のうち、河床礫のランダムな標本抽出という面から考えれば、(2)の線格子法が最も良い。また、一番道具も少なく簡単な方法である。なお、粒径の小さい場合は(1)の方法のほうが正確であり、局所的な表面粒度の変化を把握できる。平面採取方法は、すべての石を採取するから一見優れているように見えるが、採取すべき対象の石を見分けられない欠点を持つ。特に小粒径では表層と表層下の石の区別がつかなくなってしまう。現場での石の採取に時間が取れない時には、河床の写真を撮り、写真上で(1)の方法を取れば良い。

③ 低水路内平均水深 (H_m)

低水路内平均水深 (H_m) は、河床勾配を設定する際に求めた低水路内平均河床高と計画高水流量流下時の不等流計算を行った水位との水位差により算定する。

低水路内平均水深は、低水路の粗度係数、摩擦速度 (u_*) 及び無次元掃流力 (τ_*) を求める際に必要である。

$$H_m = H_Q - h$$

ここに、

H_m : 平均水深

H_Q : 計画高水流量
相当の計算水位

h : 平均河床高

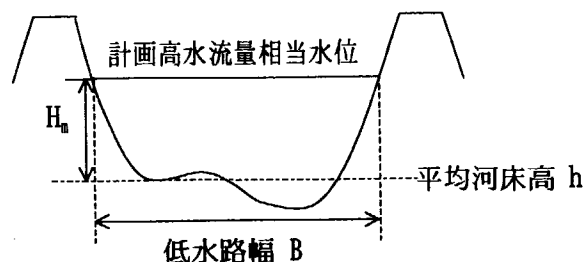


図 - 参 - 1.3 低水路内平均水深の考え方

④ エネルギー勾配 (I_e)

エネルギー勾配 (I_e) は、河床の安定性を判断する摩擦速度 (u_*) を求めるために必要である。セグメント 1 及びセグメント 2-1 の河道では河床勾配でエネルギー勾配を代替させてもよいが、セグメント 2-2 及びセグメント 3 では潮位等の影響を受けるので、河床勾配を用いることは適当でない。

⑤ 摩擦速度 (u_*)

摩擦速度 (u_*) は、河床に働く剪断応力を水の密度で除した値であり次式で算定される。

$$\tau_0 = \rho g R I_e \quad , \quad u_* = \sqrt{\tau_0 / \rho} = \sqrt{g R I_e}$$

ここに、 τ_0 : 掃流力

ρ : 水の密度

g : 重力加速度

R : 径深

I_e : エネルギー勾配

なお、摩擦速度 (u_*) は河道の安定性を判断する指標となる。

⑥ 無次元掃流力 (τ_{*R})

無次元掃流力 (τ_{*R}) は、河道の安定に関わる河床構成材料の移動のし易さを無次元化して表したものであり、流れが河床構成材料に及ぼす掃流力と抵抗力との比で示している。このときの河床構成材料は代表粒径で評価する。

$$\tau_{*R} = u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R)$$

ここに、 u_* : 摩擦速度

s : 河床構成材料の水中比重 (≈ 1.65)

d_R : 河床構成材料の代表粒径

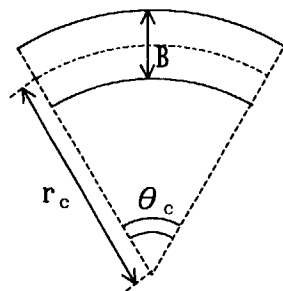
g : 重力加速度

この無次元掃流力縦断図は、摩擦速度縦断図と同様に河道の安定性を判断する指標であるとともに、同一河道特性区間の粗度係数を算定するための指標ともなる。

⑦ 湾曲諸元

河道の湾曲による影響は、湾曲部の流水に働く遠心力の影響により湾曲外岸の水位を上昇させる。そのため、湾曲による水位上昇を考慮せず計画流量が生起した場合は、湾曲外岸側で水位が計画高水位を上回り破堤の危険が生まれる。また、深掘れが生じるため低水路の安定性が低下するなどが考えられる。

これらの影響の評価を行うため、各湾曲に対し、川幅、曲率半径の整理をここでは行う。



B : 川幅

r_c : 水路中央の曲率半径

図 - 参 - 1.4 湾曲諸元

⑧ 河川横断構造物・河川管理施設

河道計画を策定する場合に考慮しなければならない河川横断構造物・河川管理施設として、橋梁、樋門、樋管、堰、床止め、水門、揚排水機場及び陸間の施設名、位置、基礎高等の諸元を整理する。

2. 具体的計算例1 (実河川を想定して)

ここでは、等流計算と不等流計算による水位の比較を行い (本編 5.5.2 参照)、どのような箇所で両者の乖離が大きくなるかを把握する。

2.1 河川の概要

当河川の流域面積は約 14km^2 、勾配 $I=1/800\sim 1/400$ 、川幅約 20m の都市内小河川であり、 0km 地点で本川へ合流している。

河道は暫定改修が進められ、現在完了している。上流部では下流に比べ河川区域に余裕があるため、多自然型川づくりが実施されている。

2.2 現況河道諸元

当河川の現況河道諸元を整理したものが図 - 参 - 2.1 である。落差工が4つ、湾曲箇所が6つある。

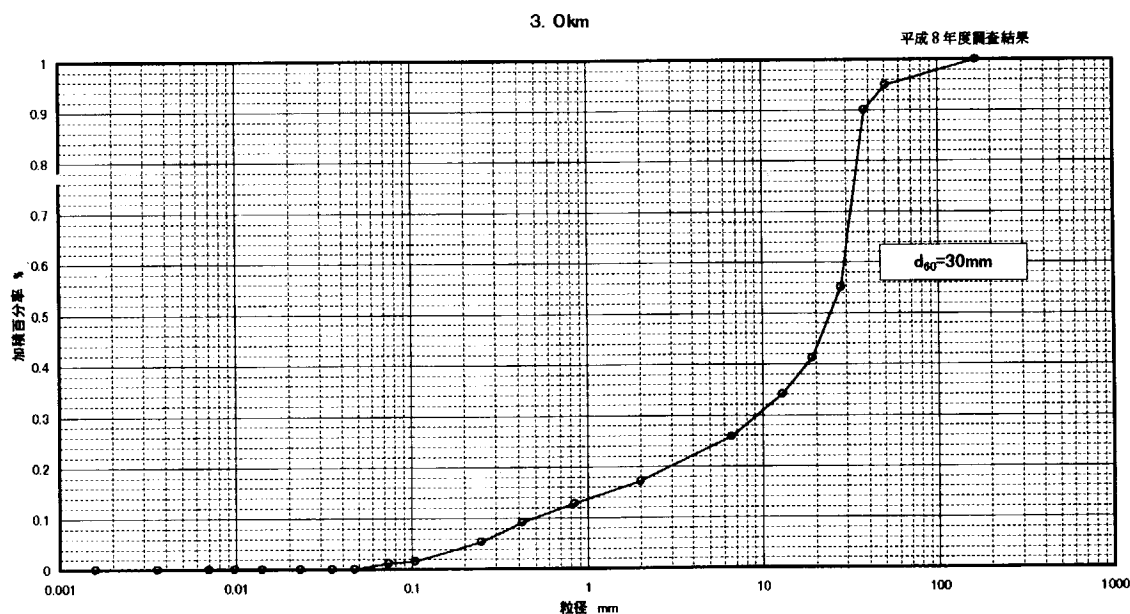
2.3 死水域の設定 (p.5-41 参照)

$3.3\text{k}\sim 3.8\text{k}$ の区間において、急拡と急縮による死水域が生じる。死水域の設定方法は、「河川砂防技術基準 (案)」に準拠した。

死水域を設定した箇所を、図 - 参 - 2.1 に示してある。

2.4 河床材料調査

当河川では、 3.0k 地点において河床材料調査 (ふるい分け試験による) が行われている。ここでは、この地点における 60% 通過粒径 (d_{60}) を代表粒径として設定した。

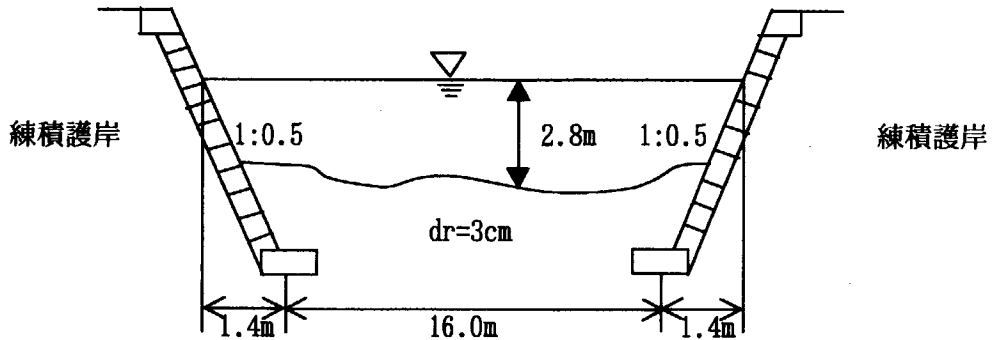


2.5 粗度係数の設定 (p.5-42 参照)

当河川では、水位流量観測が行われていないため、河道の断面状況から粗度係数を推定することとした。

中小河川では、川幅水深比が小さく、側壁の影響が無視できないことから、断面を下図に示すように、河床部と護岸部に分けてそれぞれの粗度係数を求め、それらを合成した。

なお、具体的な算出方法は、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」に準拠した。



【各部位の粗度係数の算定】

◇河床部

代表粒径 (dr) = 3cm → n = 0.034 (美しい山河「表5-4-1」より)

◇護岸部

想定護岸工法：右岸-カゴマット、左岸-自然石積護岸

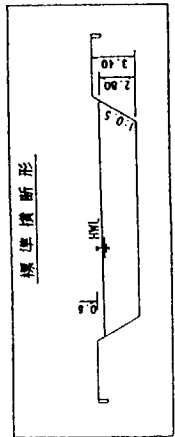
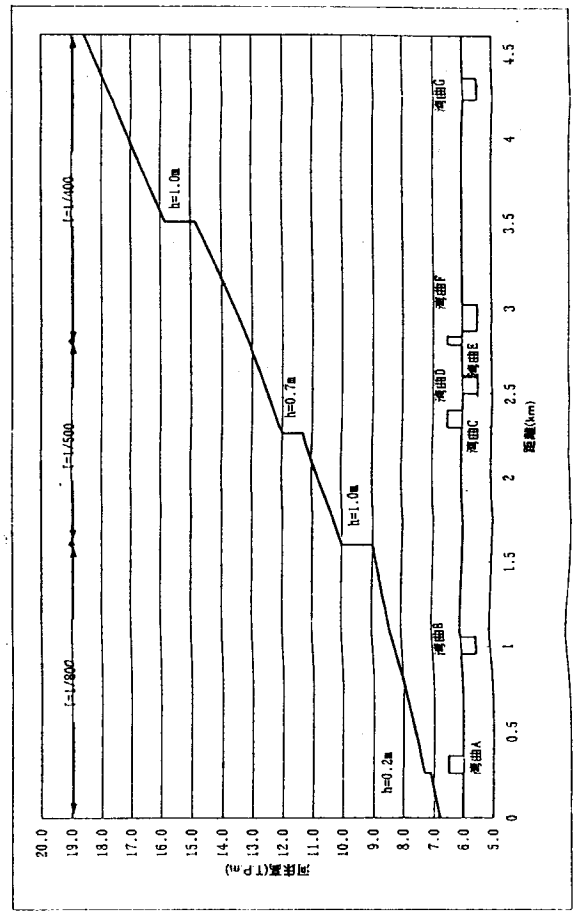
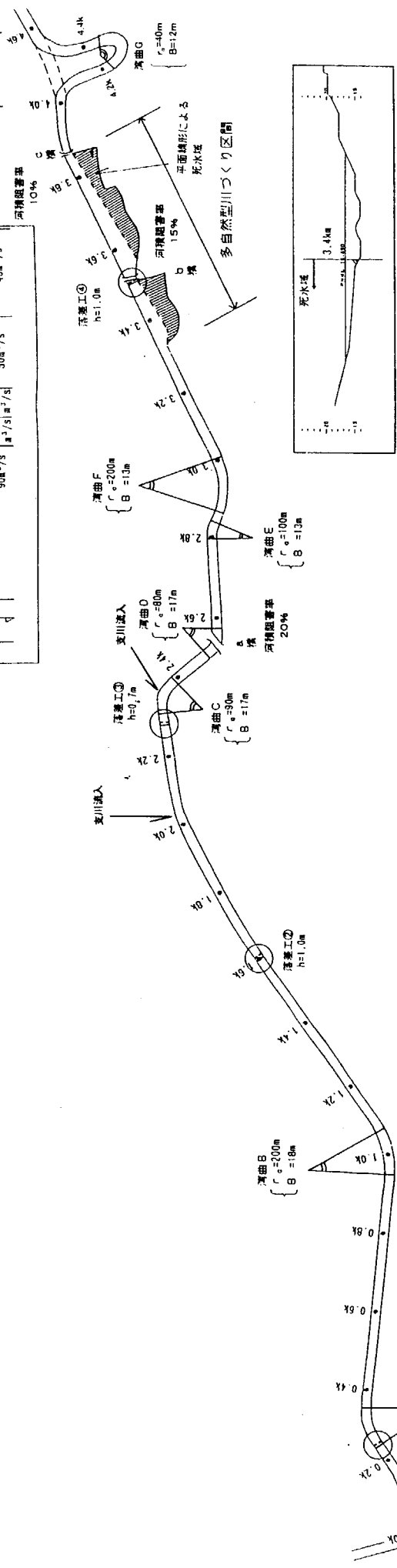
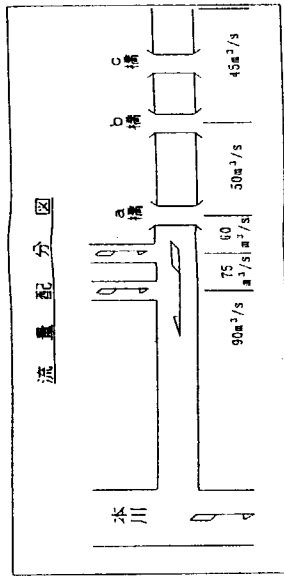
練積護岸：n = 0.024 (美しい山河「表5-4-2」より)

【粗度係数の合成】

$$N = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right]^{2/3}$$

	粗度係数 (n)	潤辺 (s)	$n^{3/2} \cdot S$
・低水路部	0.034	16.00m	0.1003
・右岸護岸部	0.024	$\sqrt{1.4^2 + 2.8^2} = 3.13\text{m}$	0.0116
・左岸護岸部	0.024	$\sqrt{1.4^2 + 2.8^2} = 3.13\text{m}$	0.0116
		22.26m	0.1235

$$\therefore N = (0.1235/22.26)^{2/3} = 0.032$$



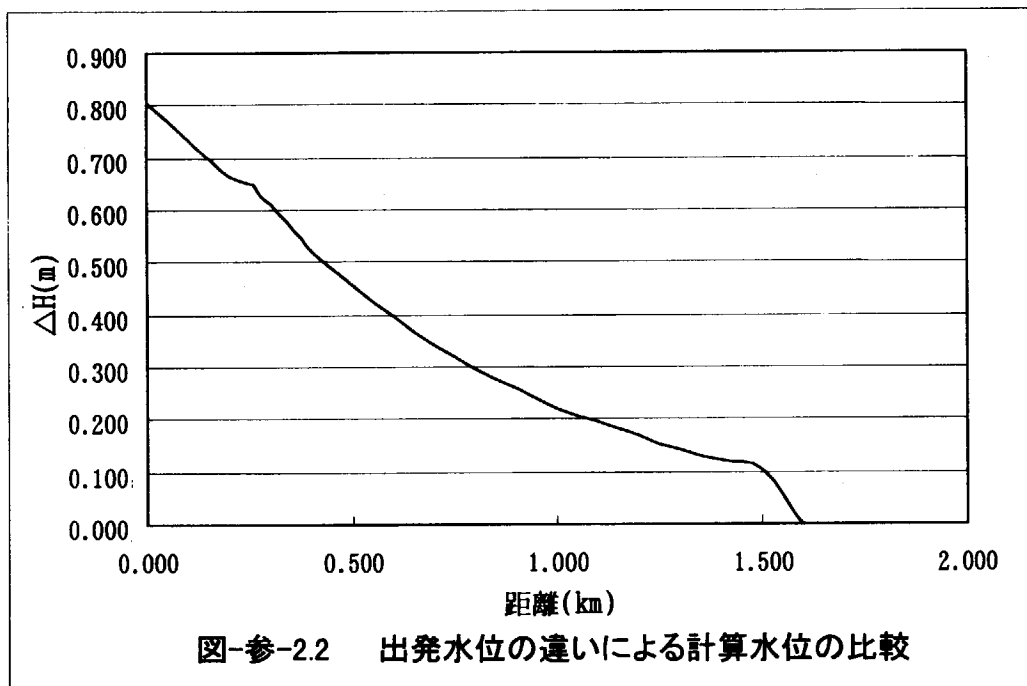
図一参-2.1 現況河道諸元

2.6 出発水位の設定

当河川は本川の支川であり、バック堤方式で合流している。本川は、準線形貯留型モデル、当河川は合理式と、異なる流出計算を採用している。本川と支川の間で流量、水位、時間等の関係が不明であるため、出発水位は合流点における支川の河道断面をもとに支川のピーク流量で等流計算を行い、算定した水位と本川の計画高水位を比較し、高い方の水位を選定した。

	水位	採用値
等流計算	9.695	
本川 H.W.L	10.500	○

参考までに、上記2つの値を用いて不等流計算を行い、水位の変化量を算出した。その結果を図-参-2.2に示す。図の ΔH とは出発水位を10.500mとした時の計算水位から出発水位9.695mでの計算水位を引いたものである。



2.7 橋脚による水位上昇量(p.5-47 参照)

橋脚部における水位上昇量は、以下の通りである。

橋脚箇所	川幅(m)	河積阻害率(%)	Froude 数	水位上昇量(m)
a 橋	15	20	0.53	0.26
b 橋	12	15	0.73	0.32
c 橋	12	10	0.77	0.25

2.8 湾曲部の水位上昇量(p.5-49 参照)

湾曲部における水位上昇量は、以下の通りとなる。

湾曲箇所	川幅(m)	曲率半径(m)	平均流速(m/s)	水位上昇量(m)
A	18	160	2.10	0.03
B	18	200	1.80	$R_c/B > 10$
C	17	90	1.84	0.03
D	17	80	1.72	0.03
E	13	100	1.93	0.02
F	13	200	1.97	$R_c/B > 10$
G	12	40	1.96	0.06

2.9 落差工地点における水位変化量(p.5-50 参照)

落差工②、③、④では、落差が大きいため、その地点が支配断面となる。よってその地点では限界水深となる。

落差工地点	高さ (m)	Froude 数	支配断面
落差工①	0.2	0.44	
落差工②	1.0	1.00	○
落差工③	0.7	1.00	○
落差工④	1.0	1.00	○

2.10 計算水位の比較

等流計算と不等流計算による水位の縦断図を図-参-2.3 に示す。また、不等流計算水位と等流計算水位の ΔH 縦断図を図-参-2.4 に示す。

等流計算による水位と、不等流計算による水位を比較すると、以下の箇所において特に乖離が大きくなることが分かる。

- ・ 落差工上流部, 断面急変部

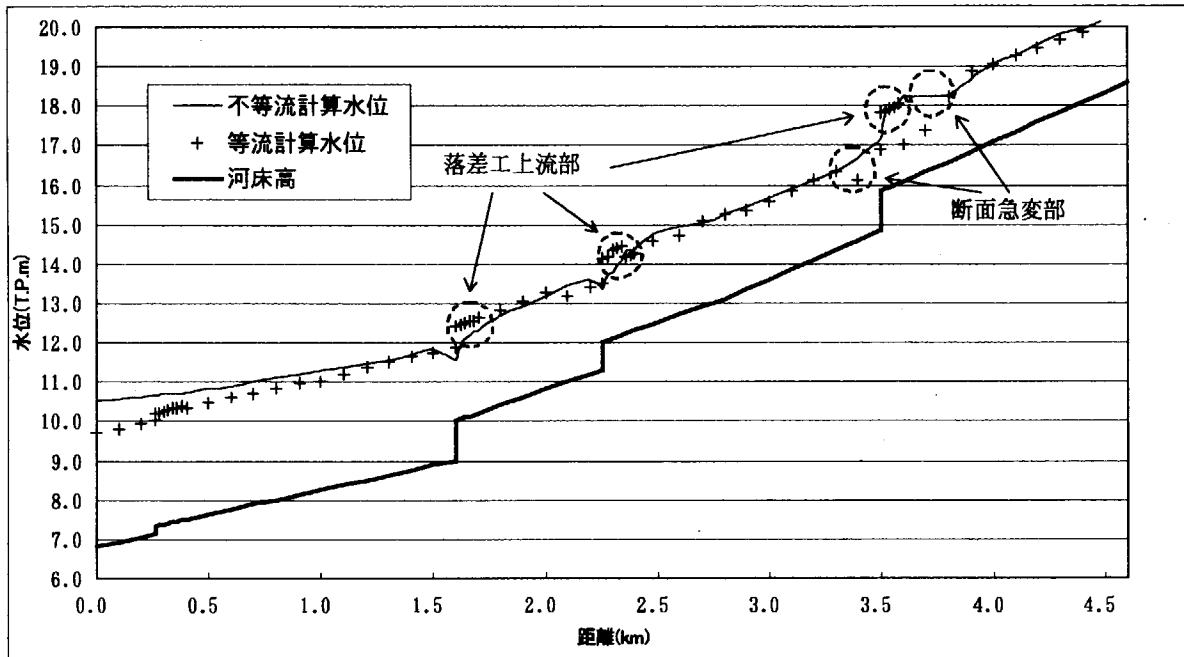


図-参-2.3 不等流計算と等流計算の水位比較

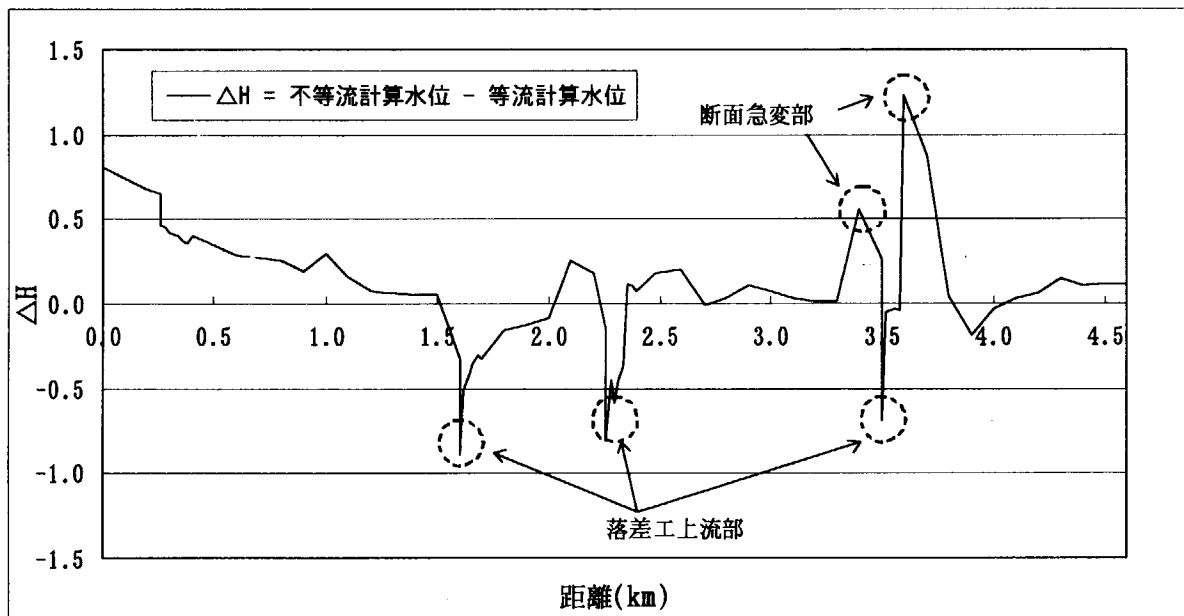


図-参-2.4 不等流計算水位と等流計算水位の ΔH

2.11 計画高水位及び計画堤防高の設定

不等流計算により算定された各地点の水位を包絡するように、計画高水位を設定する。また、その計画高水位をもとに余裕高を考慮して計画堤防高を設定する。当河川はバック堤方式で本川へ合流しているため、0.5k 地点付近まで本川の堤防高（本川の計画高水位+1.0m）をレベルで設定し、それより上流では当河川の計画高水位に余裕高0.6mを加えた。

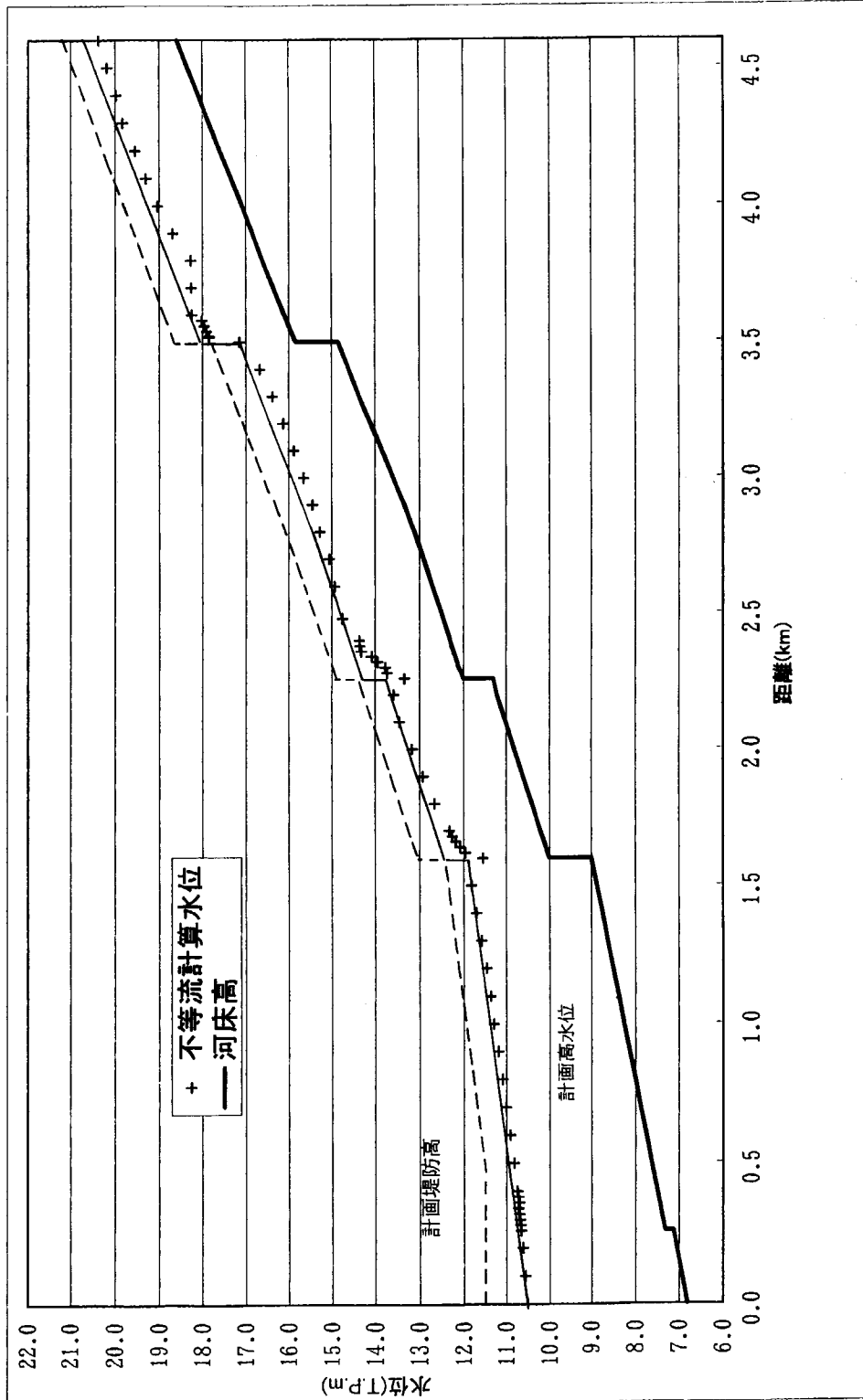


図-参-2.5 不等流計算結果による計画高水位及び計画堤防高の設定

2.12 ショートカットを計画する場合の検討

4.0k~4.6kの区間をショートカットする場合を考える。

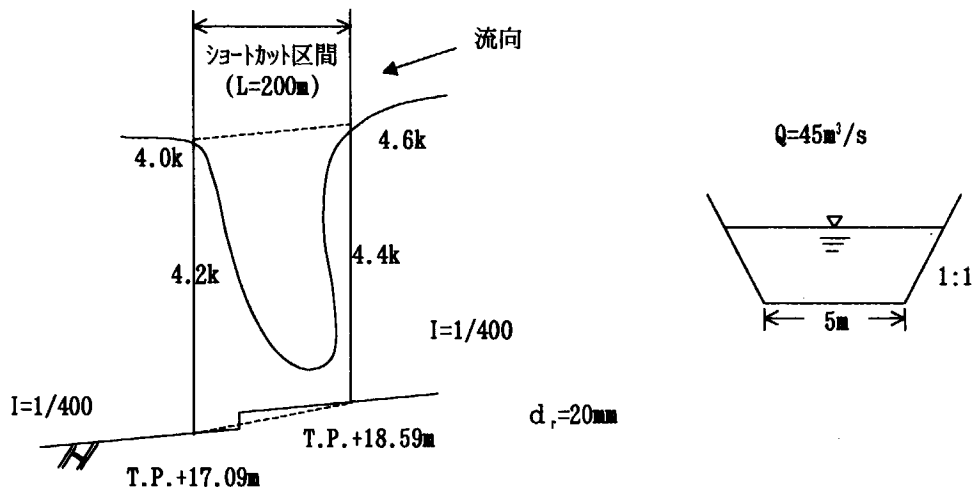


図-参-2.6 ショートカット諸元

2.12.1 河床勾配の設定

現況の河道がおおむね安定していることから、ショートカット区間の勾配も現況と同様 ($I=1/400$)とする。

$$(18.59 - 17.09) - 200 \times \frac{1}{400} = 1.0$$

よって1.0mの落差が必要となる。

2.12.2 落差工の配置

1.0mの落差を、周辺の土地利用等を勘案して、ショートカット区間中央に配置することとした。

2.12.3 落差工設置後の水理諸量の整理

落差工設置後の水面形とエネルギー勾配縦断図を次の図-参-2.6に示す。図を見てわかるように、落差工地点でエネルギー勾配が大きくなるため、河床洗掘に対して留意する必要がある。なお、本ケースの場合、落差工地点が支配断面となるため、実際は、堰下流で跳水現象が起こる。しかし、落差工下流の跳水影響範囲の水面形は不等流計算では再現できない。

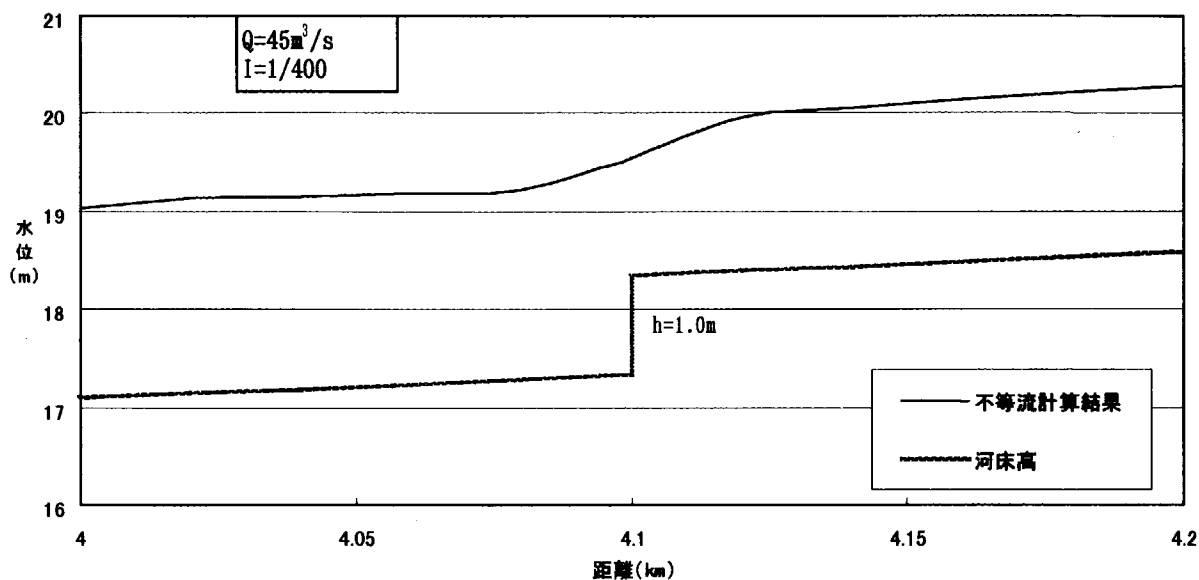


図 - 参 - 2.7(1) 落差工上流の計算水位

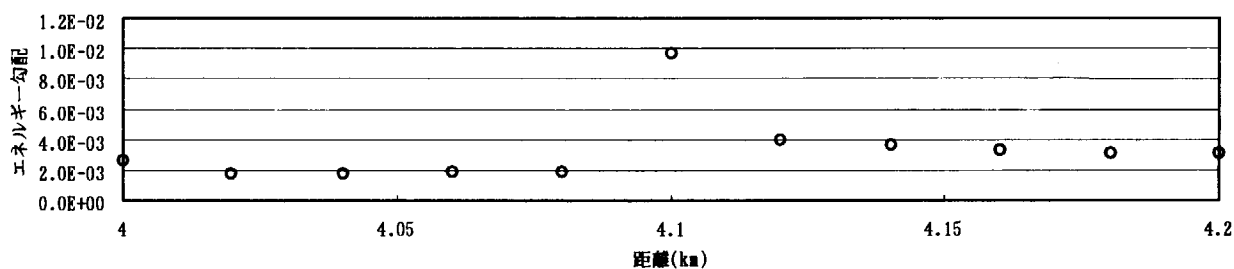


図 - 参 - 2.7(2) エネルギー勾配縦断図

2.12.4 護床工長の概略検討

ここでは、床止めの構造設計手引き（(財)国土開発技術研究センター）に基づき、落差工設置に伴う護床工長を算定する。当手引きでは、跳水状態の場合を対象^{*)}として設計することとしている。

なお、天端突出高 (ht) 及び水褥池水深 (hs) は、概略検討のため、考えていない。護床工の概念図を示すと以下の通りとなる。

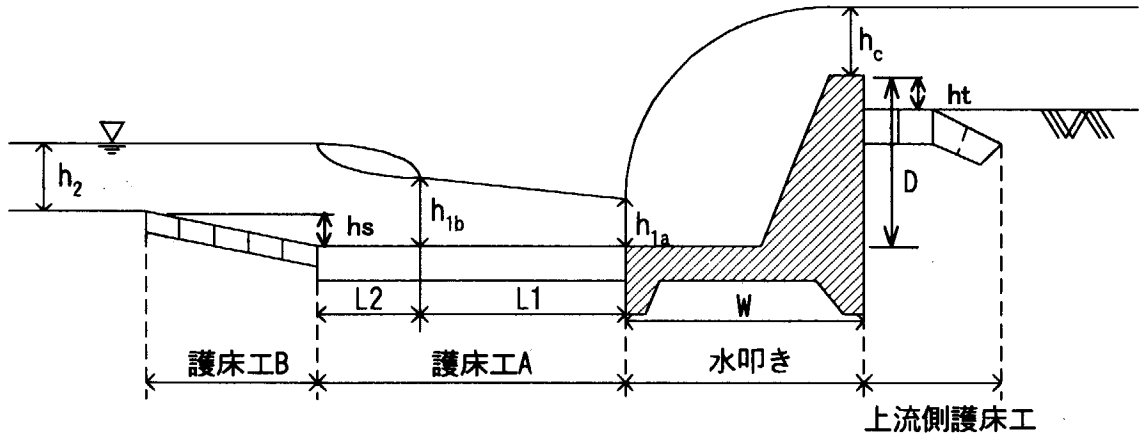


図 - 参 - 2.8 護床工の概念図

(1) 検討条件

川幅B	10m
河床勾配	1/400
流量	45m ³ /s
粗度係数	0.032

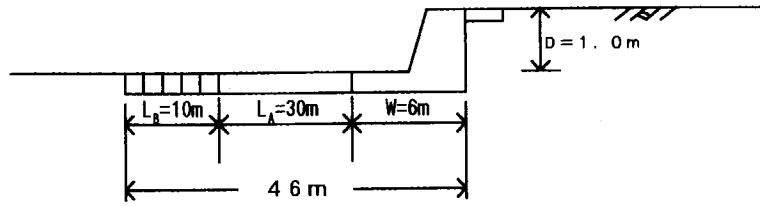
(2) 検討結果

具体的な算定手順はここでは省略する。上記検討条件において落差高 1m の落差工一基配置した場合と、落差高 0.5m の落差工を二基配置した場合の護床工の延長は以下の図に示す通りとなった。

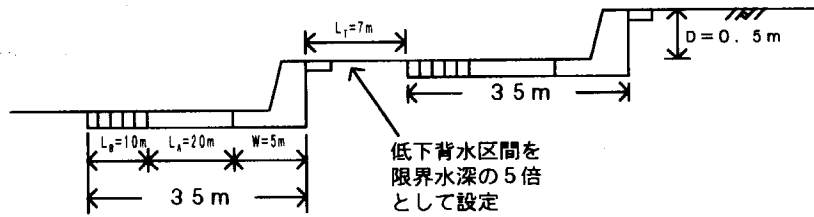
図を見て分かるように、落差高が半分になっても護床工長は半分にならない。単に護床工の長さを短くしたいのであれば、落差工の設置基数を少なくすればよい。ただし、魚の遡上や景観の観点から落差高を極力小さくしたい場合は、その分、護床工の総延長が延びることを念頭に置き適切な落差工配置計画を行う必要がある。

^{*)} 落差工下流の水叩き部の水理現象は、下流水深の影響を受けるため、ピーク水位時に跳水となることは一般的に少ない。このため、水叩きに発生する流速や切断力は、ピーク水位時の前後の跳水状態の場合を設計対象水位とすべきである。

〈落差工を一基配置した場合〉



〈落差工を二基配置した場合〉



3. 具体的計算例 2

3.1 橋脚による水位変化量の計算事例

D'Aubuisson 公式を用い、橋脚による水位上昇量を算定する。

検討断面は下図に示す様な法面勾配 1:1 の断面を想定し、上流端の境界条件として流量 350m³/s を与え、河床勾配、河積阻害率を変化させた計 15 ケースについて計算を行っている。ここで、河積阻害率とは橋脚の総幅が水面幅に対して占める割合である。

計算結果を表 - 参 - 3.1 に示す。

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{C^2 b_2^2 (H_1 - \Delta h)^2} - \frac{1}{b_1^2 H_1^2} \right]$$

Δh : 橋脚による堰上げ高
 Q : 流量
 C : ピアの平面形状によって定める定数
 b_1 : ピア上流側の水路幅
 b_2 : ($b_2 = b_1 - \Sigma t$) 全水路幅から、ピア幅の総計を削除した幅
 t : ピア 1 基の幅
 H_1 : ピアの上流側の水深

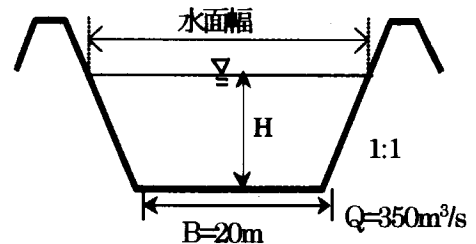


図 - 参 - 3.1 設定断面

表 - 参 - 3.1 橋脚による水位上昇量

河床勾配	水深 ¹⁾ (m) Froude 数	河積阻害率 ²⁾ (%)	水位上昇量 (m)
1/200	h=3.42 Fr=0.75	5	0.076
		7	0.109
		10	0.163
		15	0.264
		20	0.381
1/500	h=4.39 Fr=0.49	5	0.030
		7	0.043
		10	0.065
		15	0.107
		20	0.156
1/1000	h=5.29 Fr=0.36	5	0.016
		7	0.023
		10	0.035
		15	0.057
		20	0.084

1) 水深・・・橋脚直下流断面の平均水深

2) 河積阻害率・・・橋脚の総幅が水面幅に対してしめる割合

3.2 湾曲による水位変化量の計算事例

検討断面は下図に示す様な法面勾配 1:1 の断面を想定し、上流端の境界条件として流量 $350\text{m}^3/\text{s}$ を与え、計算は、計算対象区間であるかを判断する指標である曲率半径と河道幅の比及び河床勾配を変化させて行っている。その計算結果を表-参-3.2 に示す。

$$\Delta h = \frac{Bv^2}{gr_c}$$

$$\Delta h_c = \Delta h / 2$$

- Δh_c : 湾曲による堰上げ高
- B : 湾曲区間の堤間幅の平均幅
- V : 湾曲区間の計算断面の平均流速
- r_c : 水路中央の曲率半径

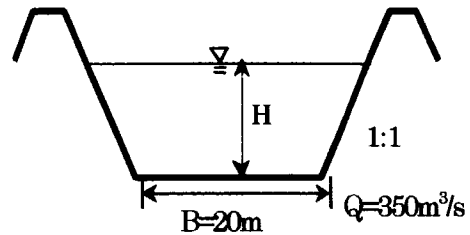


図-参-3.2 設定断面

表-参-3.2 湾曲による水位上昇量

河床勾配	平均水深(m) 平均流速(m/s)	曲率半径(m)/ 河道幅(m)	水位上昇量 (m)
1/100	h=2.81 v=4.83	75/25=3	0.397
		125/25=5	0.238
		175/25=7	0.170
		225/25=9	0.132
1/200	h=3.42 v=3.76	75/25=3	0.240
		125/25=5	0.144
		175/25=7	0.103
		225/25=9	0.080
1/500	h=4.39 v=2.67	75/25=3	0.121
		125/25=5	0.073
		175/25=7	0.052
		225/25=9	0.040
1/1000	h=5.29 v=2.04	75/25=3	0.071
		125/25=5	0.042
		175/25=7	0.030
		225/25=9	0.024

3.3 出発水位の変化による影響範囲の検討

検討断面は下図に示す様な法面勾配 1:1 の断面を想定し、上流端の境界条件として流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ を与え、河床勾配、出発水位を変化させた計 9 ケースについて計算を行っている。なお、影響範囲とは不等流計算水位と等流計算水位との差が 0.01m 以下になるまでの範囲とした。

計算結果を表 - 参 - 3.3 に示す。

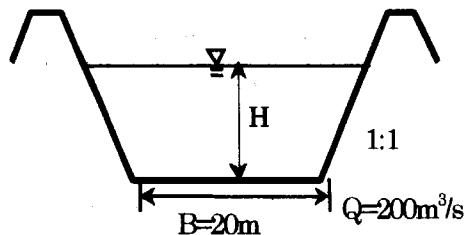


図 - 参 - 3.3 設定断面

表 - 参 - 3.3 出発水位の違いによる影響範囲

河床勾配	出発水位 ¹⁾ (m)	影響区間 (m)
1/500	+0.1	700
	+0.3	1000
	+0.5	1250
1/800	+0.1	1450
	+0.3	2250
	+0.5	2650
1/1000	+0.1	2300
	+0.3	3300
	+0.5	3850

1) 出発水位・・・等流水深との差分を示している

4. フルイ分け試験^{*4)}

4.1 粒度調査方法

4.1.1 要旨

この試験は、河床および海底底質を採取し、その平均粒径を求めるものである。

4.1.2 試料採取点の選定

試料採取点は、河床および海底が比較的整正で表面における砂礫の分布状態が標準的な地点を選定しなければならない。

4.1.3 採取の方法

1) 最大礫の中径（長径と短径の平均値）が 1,000mm 以上の試料採取は、次によるものとする（砂礫採取図参照）。

- ① 採取点を中心にして 4×4m の採取地を設定し、堆積面から浮いて孤立した礫とさらに表面から 30 cm以上の深さの表層を取り除く。
- ② 採取地を 4 等分した 2×2m 区域内の表面に分布する砂礫のうち中径 500~1,000mm の礫を採取し、各礫の中径を計算する。
- ③ 採取地を 16 等分した 1×1m の区域内で深さ 50 cm以内に存在する中径 500mm 以下の砂礫を採取する。採取した砂礫のうち、中径 100~500mm の礫については、各礫の中径を計算する。100mm 以下の砂礫は、その全重量を測定する。
- ④ 100mm 以下の礫を四分方により約 50 kg程度持ち帰り、その全量についてフルイ分け試験（JISA1102）を行う。
- ⑤ 4×4m の採取地の全表面に分布する中径 1,000mm 以上の礫を採取し、各礫の中径を計算する。

2) 最大礫の中径が 500~1,000mm の試料採取は、次によるものとする。

- ① 採取点を中心に 2×2m の採取地を設定し、堆積面から浮いて孤立した礫とさらに表面から 30 cm以上の深さの表層を取り除く。
- ② 採取地を 4 等分した 1×1m の区域内で深さ 50 cm以内に存在する中径 500mm 以下の砂礫を採取する。採取した砂礫のうち、中径 100~500mm の礫については、各礫の中径を計算する。100mm 以下の砂礫は、その全重量を測定する。
- ③ 100mm 以下の礫を四分方により約 50 kg程度持ち帰り、その全量についてフルイ分け試験（JISA1102）を行う。
- ⑤ 次に、2×2m の採取地の全表面に分布する中径 500mm 以上の礫を採取し、各礫の中径を計算する。

^{*4)} 「建設省北陸地方建設局共通仕様書」より抜粋

3) 最大礫の中径が200~500mmの試料採取は、次によるものとする。

- ① 採取点を中心にして1×1mの採取地を設定し、堆積面から浮いて孤立した礫とさらに表面から30cm以上の深さの表層を取り除く。
- ② 1×1mの区域内で深さ50cm以内に存在する中径500mm以下の砂礫を採取する。採取した砂礫のうち、中径100~500mmの礫については、各礫の中径を計算する。100mm以下の砂礫は、その全重量を測定する。
- ③ 100mm以下の礫を四分方により約50kg程度持ち帰り、その全量についてフルイ分け試験(JISA1102)を行う。

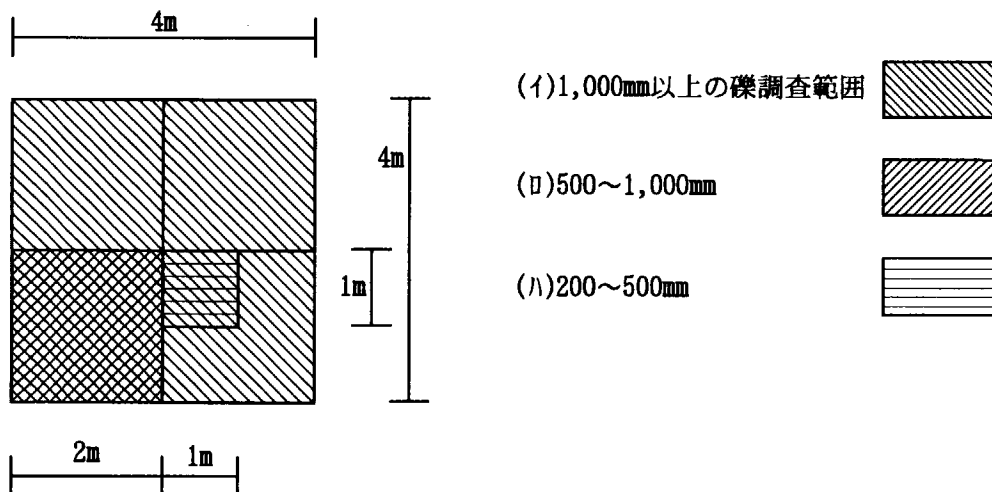
4) 最大礫の中径が200mm以下の試料採取は、次によるものとする。

- ① 採取点を中心にして1×1mの採取地を設定し、堆積面から浮いて孤立した礫とさらに表面から30cm以上の深さの表層を取り除く。
- ② 1×1mの区域内で深さ50cm以内に存在する中径200mm以下の砂礫を採取する。採取した砂礫のうち、中径100~200mmの礫については、各礫の中径を計算する。100mm以下の砂礫は、その全重量を測定する。
- ③ 100mm以下の礫を四分方により約50kg程度持ち帰り、その全量についてフルイ分け試験(JISA1102)を行う。

5) 水中砂礫および海底底質の試料採取は、次によるものとする。

- ① 採取にあたっては、粒度分布をみださないように採取しなければならない。
- ② 採取量は、JISA1102およびJISA1104によるものとする。

砂礫採取図



砂礫採取表

砂礫の中径	採取地 面積	表面取除 深 さ	採取深さ	採取量	ガリ分け量
1,000mm 以上	4×4m	30 cm以上	最大礫の 長 径		JISA1102 及び JISA1204
500 ~ 1,000mm 以上	2×2m	//	最大礫の 長 径		//
200~500mm	1×1m	//	50 cm	約 0.5m ³	//
200mm 以下	1×1m	//	30 cm	約 0.3m ³	//

砂礫採取表

砂礫の中径	採取量	ガリ分け量
水中砂礫	JISA1102 及び JISA1204	JISA1102 及び JISA1204
海底砂礫	//	//

4.2 粒度分析方法

4.2.1 粒度分析

1) 最大礫の中径が1,000mm以上の粒度分析は、次の各号により行うものとする。

① 礫の容積 v は、その形状を楕円体と仮定し、 $v = \frac{\pi}{6}abc$ で計算する。

ただし、 a 、 c はそれぞれの礫の長径、短径の長さであり、また、中径は、

$$b = \frac{a+c}{2} \quad \text{である。}$$

② 礫の重量は、前号で求めた容積に比重を一定と考えて $w = v \times \text{比重}$ で計算する。

③ 中径 500~1,000mm の礫は、採取地の表面等に分布しているものとして、測定した個数を $4 \times 4\text{m}$ の区域内に拡大してその全表面個数とする。

④ 求める礫の採取地内にある中径 500~1,000mm の礫全個数は、 b の深さに分布するものとして次式に求める。

採取地内にある中径 500~1,000mm の礫全個数は、

$$= \frac{b}{\text{平均中径}} \times (\text{表面の個数})$$

ただし、 $b = \text{最大長径} - \frac{\text{中径1,000mm以上の礫容積計}}{\text{採取地の面積}}$

⑤ 中径 500mm 以下の礫容積は、採取すべき全容積 ($4 \times 4\text{m} \times \text{最大径の長径}$) から前号より算出した中径 500~1,000mm の礫容積の合計を差し引いた残りとする。

⑥ 100mm 以下の砂礫は、JISA1102 および JISA1204 による。

2) 最大礫の中径が 500~1,000mm の粒度分析方法

① 礫の容積 v は、その形状を随円体と仮定し、 $v = \frac{\pi}{6}abc$ で計算する。

② 礫の重量は、第1号で求めた容積に比重を一定と考えて $w = v \times \text{比重}$ で計算する。

③ 求める礫の採取地内にある中径 500~1,000mm の礫全個数は、 b の深さに分布するものとして次式に求める。

採取地内にある中径 500~1,000mm の礫全個数は、

$$= \frac{b}{\text{平均中径}} \times (\text{表面の個数}) \quad \text{ただし、} b = \text{最大長径}$$

⑤ 中径 500mm 以下の礫容積は、採取すべき全容積 ($2 \times 2\text{m} \times \text{最大径の長径}$) から第3号より算出した中径 500~1,000mm 以上の礫容積の合計を差し引いた残りとする。

⑥ 100mm 以下の砂礫は、JISA1102 および JISA1204 による。

3) 最大礫の中径が 500mm 以下の粒度分析方法

- ① 礫の容積 v は、その形状を随円体と仮定し、 $v = \frac{\pi}{6} abc$ で計算する。
- ② 礫の重量は、前号で求めた容積に比重を一定と考えて $w = v \times \text{比重}$ で計算する。
- ③ 中径 500mm 以下の礫容積は、採取すべき全容積とする。
- ④ 100mm 以下の砂礫は、JISA1102 および JISA1204 による。

4) 水中礫および海底底質の粒度分析方法

JISA1102 および JISA1204 による。

5) 粒度区分は、次のとおりとする。

- ① 1,000mm 以上は 200mm ごとに区分する。
- ② 1,000mm~100mm は次の通りとする。

粒度区分(mm)	1,000	900	800	700	600	500	400	300	250	200	150	100
----------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ③ 100mm 以下は、JISA1102 および JISA1204 による。

4.2.2 粒度曲線平均粒径および混合比の求め方

- 1) 粒度曲線図は、各粒径区分ごとの通過百分率で作成する。
- 2) 平均粒度 d_m は、次式にて算出する。

$$d_m = \frac{\sum_{p=0}^{p=100\%} d \Delta P}{\sum_{p=0}^{p=100\%} \Delta P}$$

ただし、 P = 残留百分率

d = フルイ目の寸法の間値 (各粒径グループの中央値) mm

ΔP : フルイ目の開に対する残留百分率

混合比 λ は、次式で算出する。

$$\lambda = (100\% - P_m\%) / P_m\%$$

ただし、 P_m は平均粒径に相当する通過百分率である。

4.2.3 資料整理

1. 砂礫粒度調査表
2. 粒度曲線図
3. フルイ分け試験
4. 土の粒度試験表
5. 外業野帳
6. 試験採取点の状況写真 (遠近の両方)
7. 各作業写真
8. 比重試験表
9. その他

中小河川計画検討会

広島大学	工学部		教授	福岡	捷二
建設省	河川局	治水課	沿川整備対策官	上総	周平
		河川環境課	建設専門官	折敷	秀雄
		防災・海岸課	建設専門官	大平	一典
建設省	土木研究所	河川部	河川研究室長	藤田	光一
			都市河川研究室長	末次	忠司
		環境部	水文研究室長	金木	誠
北海道	建設部	河川課	河川環境研究室長	島谷	幸宏
群馬県	土木部	河川課	主任	小林	敏克
京都府	土木建築部	河川課	次長	町田	光之輔
宮崎県	土木建築部	河川課	計画係長	吉見	重則
	(財)リバーフロント整備センター		河川係長	井上	康志
			研究第二部次長	池内	幸司
事務局	建設省河川局治水課		課長補佐	佐藤	哲也
	(財)国土開発技術研究センター		調整係長	畠中	泰彦
			調査第一部	田中	茂信
				宇賀	和夫
				湧川	勝己
				岩船	保
				玉田	浩一

(役職は平成 11 年 3 月時点)

中小河川計画の手引き(案)

1999年 9月 発行
編 集 中小河川計画検討会
発 行 財団法人 国土開発技術研究センター
〒 102-0075 東京都港区虎ノ門二丁目8番10号
第15森ビル6階
TEL 03-3503-0393 FAX 03-3592-6699

ISBN4-87759-017-X

〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10
(有明ビル6F)

財団法人国土開発政策研究センター
調査部一課

TEL (03) 3593-0393