

内水処理計画 策定の手引き

建設省河川局治水課監修
(財)国土開発技術研究センター編集

内水処理計画 策定の手引き

建設省河川局治水課監修
(財)国土開発技術研究センター編集

山海堂

はじめに

近年の水害原因別被害額の構成比の推移をみると、内水による被害の占める割合が増加しています。これは、治水施設の整備、とりわけ堤防の整備がある程度進んだことによって、有堤部の破堤や溢水および無堤部からの浸水による被害の頻度が減少したこと、土地の高度利用化が進み、浸水被害を受けやすい低地地域にも市街地の形成がなされてきたこと等の理由によるものと考えられます。このため、従来より実施してきた河川整備に加え、内水対策の重要性が増してきています。

一方、これまで内水処理計画の策定方法について記述した技術マニュアルには、『二訂 建設省河川砂防技術基準（案）調査編 昭和61年8月』、『改訂 建設省河川砂防技術基準（案）計画編 昭和61年7月』等がありますが、その後内水処理計画に関する新たな技術マニュアル的な図書は、発刊されていない状況にあります。しかし、近年、多くの実河川で内水処理計画が定められ、検討方法について豊富な知見が蓄積されてきました。

本手引きは、このような背景に鑑み、内水処理計画に携わる技術者の参考となるようこれらの知見の体系化を試みたものであり、国や自治体の担当者、コンサルタント、土木技術者等が業務を遂行するにあたり役立てていただくことを目的に、作成したものであります。

おわりに、本手引きの策定にあたって多大なご協力を賜った「内水計画に関する検討委員会」の委員各位並びに関係機関の方々に対し、厚く感謝の意を表しますとともに、本書が単に実務担当者のみにとどまらず、広く関係者の方々にも活用されること並びに本手引きが今後の個々の内水処理対象地域の特性に応じた創意・工夫や新たな技術開発を取り入れ、その内容がさらに充実されていくことを期待するものであります。

平成7年2月

建設省河川局治水課

治水課長 土 屋 進

発刊にあたって

破堤等による河川からの氾濫は、治水事業の進展により、着実にその頻度は減少してはいるものの、氾濫域への人口・資産の集積が進み、土地利用が高度化した結果、近年の水害の特徴のひとつとして内水被害の頻発があげられ、社会的にも重要な問題となってきております。このため、これに対処すべく、排水機場の設置など内水処理対策が積極的に進められております。

しかしながら、実務担当者の参考となるべき、内水処理計画に関する体系的な技術書は、目下のところ用意されていないのが実状であり、計画策定手法をとりまとめた手引きの出版を要望する声が多くありました。

このため、国土開発技術研究センターでは、建設省河川局治水課の監修のもとに、内水処理計画に携わる技術者の参考となるよう、本手引きを編集・発刊することといたしました。これまでの数多くの事例を参考に内水処理計画策定の手順・調査項目を明確にし、かつ調査項目ごとにその内容を詳述しました。

今後の内水処理対策の推進のため、広く実務関係者の参考文献として本書を活用していただければ幸いです。

おわりに、本手引きの策定にあたって多大なご尽力を賜った「内水計画に関する検討委員会」の東京大学教授 玉井信行委員長をはじめとする建設省、地方公共団体の委員各位に深く感謝の意を表します。また、資料の提供では関係地方建設局、地方公共団体に多大なるご協力を得ました。あわせて、ここに深く感謝する次第であります。

平成7年2月

財団法人 国土開発技術研究センター
理事長 廣瀬利雄

まえがき

本書は、「第Ⅰ編 内水処理計画」、「第Ⅱ編 参考事例」で構成される。

「第Ⅰ編 内水処理計画」は本手引きの本編であり、内水処理計画の策定方法について記述している。

従来の内水処理計画では、費用便益分析のみから排水機場等の当面の施設規模を決定し、長期的観点にたった将来目標を必ずしも設定していない。本手引きでは、対象としている内水区域の確保すべき安全度を先に設定すること、また、段階的な整備を行うことが適当な場合に、費用便益効果を考慮し、当面の施設規模を定めることにした。この点が、本手引きの最も大きな特徴である。これにより内水処理計画においても、対象地域の重要度や地域間の公平性という視点から、目標とすべき安全度を合理的に設定することができること、また、内水河川流域から本川への流出量を将来的にも想定することができ、より合理的な洪水防御計画を策定することが可能となる。

「第Ⅱ編 参考事例」は、「第Ⅰ編 内水処理計画」の理解を助けるために、仮想河川を対象に作成し添付したものである。なお、参考事例では第Ⅰ編の内容をすべて網羅してはいない。第Ⅰ編の内水処理計画は検討項目の漏れがないよう記述されているため、個々の内水区域における検討では、必ずしもすべての項目について検討を加える必要はない。また、詳細な検討内容や必要な図表を割愛している場合もあるが、参考事例により内水処理計画策定の全体の流れを理解できるものと考えられる。

したがって、ここに取り上げた参考事例は、あくまでも内水処理計画の一つの仮想事例にすぎない。実際の内水処理計画の策定にあたっては、「第Ⅰ編 内水処理計画」の理念にそって、各河川の特性を十分に考慮したうえで、計画を策定することが望まれる。

目 次

第 I 編 内水処理計画

第 1 章 総 則	3
1.1 目 的	5
1.2 調査検討手順	6
1.3 用語の定義	11
第 2 章 基礎調査	13
2.1 総 説	15
2.2 水文調査	17
2.2.1 概 説	17
2.2.2 水文資料収集	17
2.2.3 水文観測	19
2.3 計画対象河川調査	21
2.3.1 概 説	21
2.3.2 内水河川および本川調査	21
2.4 内水被害調査	22
2.5 地形調査	24
2.6 流域状況調査	25
2.6.1 概 説	25
2.6.2 土地利用調査	26
2.6.3 排水状況調査	27
2.6.4 地質調査	28
2.7 想定湛水区域状況調査	29
2.7.1 地盤高調査	29
2.7.2 土地利用調査	31
2.7.3 資産調査	32

2.8 関連諸事業調査	33
第3章 内水特性の把握	35
3.1 総 説	37
3.2 内水洪水特性の把握	38
3.3 内水被害特性の把握	40
第4章 内水処理方式の検討	43
4.1 総 説	45
4.2 内水処理方式の一次選定	46
4.3 処理方式の最終選定	69
第5章 検討対象内水の選定	71
第6章 内水解析モデルの作成	75
6.1 総 説	77
6.2 流出モデル	78
6.2.1 概 説	78
6.2.2 流出計算手法の選定	78
6.2.3 流出モデルの作成	83
6.2.4 降雨波形の作成	83
6.2.5 流出モデルの検証	84
6.2.6 流出波形の作成	85
6.3 外水位曲線の作成	86
6.4 内水モデルの作成	87
6.4.1 概 説	87
6.4.2 内水計算手法の選定	87
6.4.3 内水モデルの作成	90
6.4.4 内水モデルの検証	91
6.5 内水解析モデルの検証	91

第7章 確率評価手法の検討	93
7.1 総説	95
7.2 確率評価手法の検討	96
7.3 検討対象内水の確率評価	105
第8章 内水処理施設計画の検討	107
8.1 総説	109
8.2 許容湛水位の検討	111
8.3 検討すべき内水処理施設	114
8.4 計画基本条件の設定	114
8.4.1 内水処理施設の計画規模	114
8.4.2 河道および流域条件の設定	118
8.5 内水処理施設計画の検討	119
8.5.1 概説	119
8.5.2 施設計画時内水モデルの作成	119
8.5.3 外水位曲線の作成	121
8.5.4 計画流出量の算出	122
8.5.5 内水位の算定	124
8.5.6 施設規模の決定	124
8.5.7 本川安全度との整合性の検討	126
第9章 経済効果の検討	131
9.1 総説	133
9.2 想定被害額の算定	134
9.3 想定年平均被害軽減期待額の算定	138
9.4 年費用の算出	140
9.4.1 建設費の算出	140
9.4.2 年費用の算出	141
9.5 経済効果の検討	141
9.5.1 年便益の算出	141
9.5.2 経済効果の検討	142

第10章 段階的整備計画の検討	145
10.1 総 説	147
10.2 排水機場の暫定規模の決定	148
10.3 本川安全度との整合性検討	150
10.4 施設間の整備スケジュール	150

第II編 参 考 事 例

第1章 対象河川の概要	155
第2章 基礎調査	157
2.1 水文資料収集	157
2.2 計画対象河川調査	159
2.3 内水被害調査	162
2.4 地形調査	164
2.5 流域状況調査	164
2.6 想定湛水区域状況調査	168
2.7 関連諸事業調査	172
第3章 内水特性の把握	175
3.1 内水湛水特性の把握	175
3.2 内水被害特性の把握	179
第4章 内水処理方式の検討	181
4.1 内水処理方式の一次選定	181
第5章 検討対象内水の選定	187
5.1 検証内水の選定	187
5.2 計画対象内水の選定	187
第6章 内水解析モデルの作成	189
6.1 流出モデル	189

6.2	外水位曲線の作成	193
6.3	内水モデルの作成	194
6.4	内水解析モデルの検証	198
第7章	確率評価手法の検討	201
7.1	確率評価手法の選定	201
7.2	内水規模の超過確率計算	204
7.3	検討対象内水の確率評価	208
第8章	内水処理施設計画の検討	211
8.1	許容湛水位の検討	211
8.2	検討すべき内水処理施設	213
8.3	計画基本条件の設定	215
8.4	内水処理施設計画の検討	218
第9章	経済効果の検討	225
9.1	想定被害額の算定	225
9.2	経済効果の検討結果	226
第10章	処理方式の最終選定	227
第11章	段階的整備計画の検討	229
11.1	段階的整備計画の必要性	229
11.2	施設間の整備スケジュール検討	229
11.3	排水機場のみの場合の安全度	230
	あとがき	231

第 I 編

内水処理計画

第1章 総則

第1章 総 則

1.1 目 的

本手引きは、内水対策を実施するにあたって必要となる調査・計画の標準的な手法を示すものである。

【解 説】

内水とは、本川水位の上昇に伴い、堤内地に洪水が生じる現象をいう。

近年、治水事業における内水対策の重要性が増している。内水処理計画では、内水と外水の規模・波形およびこれらの相対関係が外力条件となるため、極めて複雑な検討が必要となる。しかし従来、この外力の取扱いを含めて、合理的な検討手法が必ずしも定められていなかった。内水対策を含めた治水事業を円滑に進めるためには、合理的な計画策定手法の確立が求められている。本手引きは、このような観点から合理的な内水処理計画を策定するための標準的な調査・計画手法を示すものである。

なお、本手引きは標準的な調査・計画手法を示したものであり、個々の計画の方法論をすべて規定するものではない。個々の対象地域の特性に応じた創意・工夫や新たな技術開発が望まれることはいうまでもない。

1.2 調査検討手順

内水処理計画の手順としては、まず調査対象地域の内水現象を把握し、この内水現象を表現できる適切な内水解析モデルを作成する。次にこの内水解析モデルを用いて処理施設の定量的評価を行い、その結果を基に最適な処理方式と施設規模を決定する。

すなわち内水処理計画の策定にあたっては、次の各項目に関して調査、検討することが必要となる。

- (1) 基礎調査
 - (2) 内水特性の把握
 - (3) 内水処理方式の検討
 - (4) 検討対象内水の選定
 - (5) 流出モデルの作成
 - (6) 外水位曲線の作成
 - (7) 内水モデルの作成
 - (8) 確率評価手法の検討
 - (9) 内水処理施設計画の検討
 - (10) 経済効果の検討
 - (11) 段階的整備計画の検討
- } 内水解析モデルの作成

【解説】

内水現象は外水位規模、内水河川流域からの流出量、これらの相対関係および洪水区域の地形、土地利用によって規定される複雑な現象である。また、通常内水河川流域の面積は比較的小さいので、内水特性は流域内外の自然条件、社会条件の変化を敏感に反映することが多い。よって内水処理計画を策定するためには、まず対象地域の内水特性を正確に把握した後、(1)～(11)の各項目について系統的、合理的に検討を進めていく必要がある。

ただし、本手引きは内水処理方式として水門締切方式を採用する場合の検討方法を中心に記述したものであり、(4)～(11)の項目は、その場合の検討項目になっている。したがって、内水処理方式として水門締切方式を採用しない場合は、一般の河川計画と同様に

建設省河川砂防技術基準（案）等の既存の指針によるものとする。

図1.1は、本手引きにおける内水処理計画の調査フローと、各項目が本手引きのどの章に記述されているかを示したものである。

以下各項目の内容を概説する。

(1) 基礎調査

基礎調査は、文字通り他の項目を検討するための基礎となる調査である。調査内容は内水処理計画を策定するために必要となる既存資料の収集、整理分析である。ここでは、基礎調査項目とその内容を記述している。

(2) 内水特性の把握

(1)の基礎調査の結果より対象地域の内水特性を把握するものである。内水特性としては内水満水の発生機構、内水被害の特性、内水現象の変化予測等が含まれる。内水特性の把握は内水処理方式、内水解析モデル等を検討するための基礎となる重要な調査である。内水特性とは何か、および内水特性として把握すべき項目について記述している。

(3) 内水処理方式の検討

最適な内水処理方式は、対象地域で適用可能な内水処理方式の選定、およびこれらの比較検討という過程を経て決定される。ここでは、内水河川流域の地形、想定湛水区域内の土地利用、内水湛水の発生機構、内水被害の特性を踏まえて行う内水処理方式の一次選定の方法と、これらの比較検討による最適処理方式の検討方法を記述している。

(4) 検討対象内水の選定

検討対象内水とは、内水解析モデル作成時の検証に用いる内水と内水処理施設計画の対象となる計画対象内水に分けられる。ここでは、検討対象内水の選定方法について記述している。

(5) 流出モデルの作成

内水解析モデルは、流出モデル、外水位曲線モデル、内水モデルで構成される。このうち、流出モデルは内水河川流域の流出量を再現あるいは推定するものである。ここで作成した流出モデルは、内水処理施設計画を検討する際に計画流出量を求めるためにも用いる。ここでは、内水解析モデルのうち、流出モデルの作成方法について記述している。

(6) 外水位曲線の作成

内水計算を行う際に、境界条件となる内水河川合流点での外水位曲線の作成方法を記述している。

(7) 内水モデルの作成

内水モデルとは過去の内水湛水現象を再現できる水理解析モデルをいう。この内水モデルは、内水処理施設計画を検討する際にも用いられる。ここでは、内水モデルの作成方法について記述している。

(8) 確率評価手法の検討

通常の洪水防御計画においては、外力の年超過確率は降雨量によって評価される。しかし、内水現象は内水地域の流出量だけでその規模が規定されるわけではないので、確率評価も複雑となる。湛水量、内水河川流域の降雨量、降雨量と外水位の複合確率等、種々の確率評価手法が考えられる。対象地域の確率評価手法は、内水特性、資料の整備状況等を総合的に判断して決定する。ここでは、確率評価手法の選定にあたっての考え方について記述している。

(9) 内水処理施設計画の検討

内水処理施設の規模、組合せを決める検討であり、(5)～(7)で作成した内水解析モデルを用いて検討を進める。内水処理施設計画には、施設の計画規模の設定、処理施設に対応した内水解析モデルの変更、計画規模に対応する境界条件の設定、内水解析モデルを用いた計算による施設規模の決定が含まれ、これらについて記述している。

(10) 経済効果の検討

経済効果の検討は、(9)で決定した内水処理施設規模の経済的合理性の検証、あるいは経済効果からみた内水処理施設の最適な規模を把握するために行う。ここでは、経済効果の検討方法について記述している。

(11) 段階的整備計画の検討

(10)までの検討により内水処理施設の規模が決定したとしても、本川の安全度との整合あるいは内水河川の改修スケジュールとの整合等を図るため、段階的に内水処理施設の整備を行っていくことが多く、ここでは、段階的整備計画の策定方法について記述している。

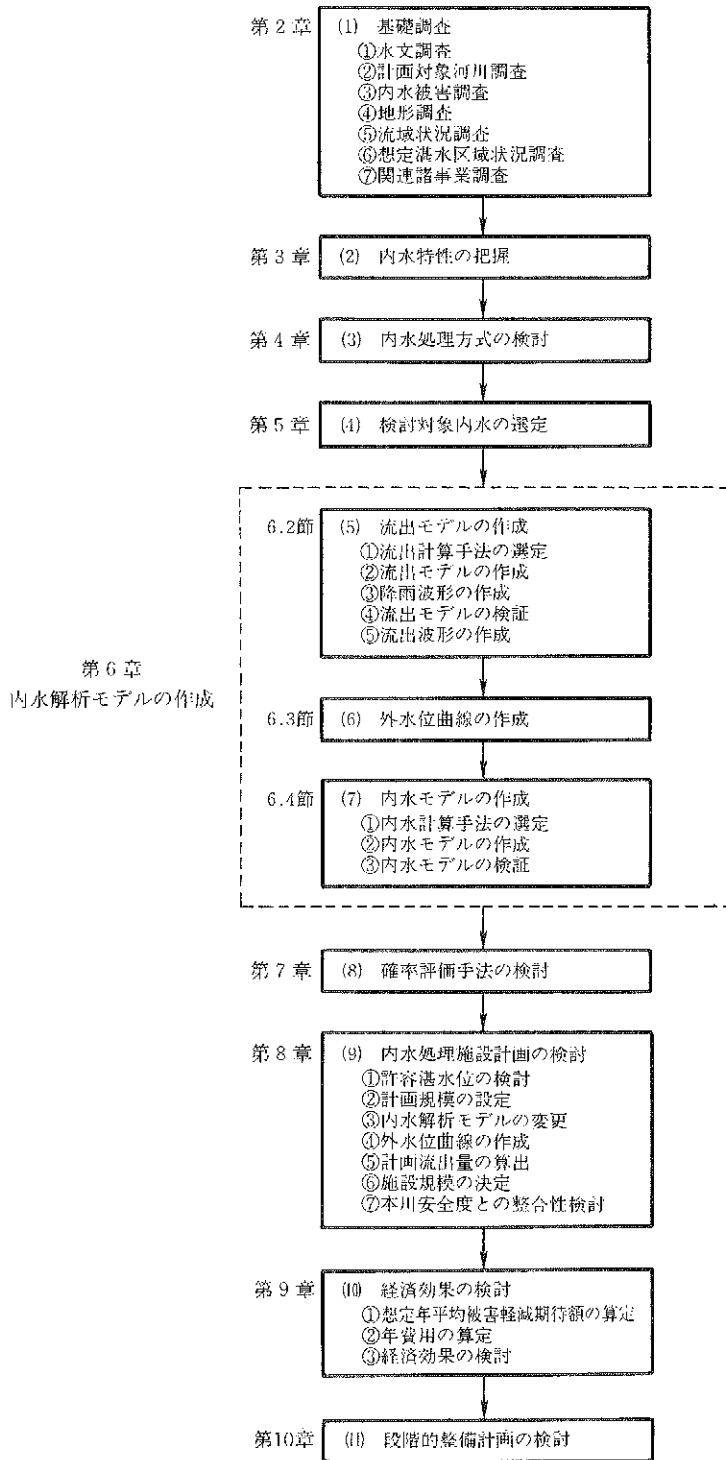


図1.1 本手引きにおける内水処理計画策定のフロー

〔参 考〕 各項目間の関連に着目した内水処理計画策定フロー

内水処理計画の策定フローは図1.1に示したとおりであり、このフローに従って本手引きは記述されている。図1.1の各項目の関連をより明確にするという視点から、計画策定フローを示せば図1.2のようになる。

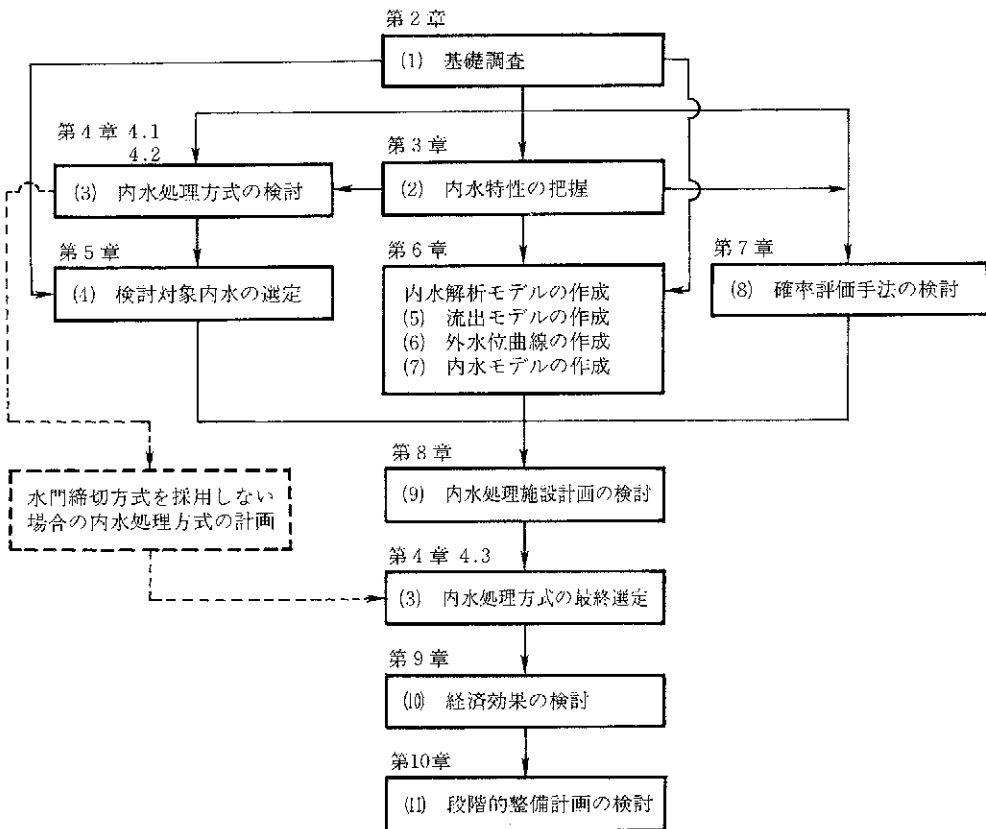


図1.2 各項目間の関連に着目した内水処理計画策定フロー

1.3 用語の定義

本手引きで使用する主な用語の意義は、次に定めるところによる。

(1) 内水河川

内水とは、本川水位が高いため自然排水が困難となり、堤内地が湛水する現象をいう。したがって、内水河川とは本川水位が高い場合、自然排水ができずにその流域内に湛水が生じる河川をいう。

(2) 本 川

本川とは、内水河川が合流する河川をいう。

(3) 内水河川流域、内水区域（想定湛水区域）および流出域

内水河川の全流域を内水河川流域といい、そのうち内水の生じることが想定される区域を内水区域（想定湛水区域も同義である）という。また、そのほかの相対的に地盤高が高く、内水が生じない区域を流出域という。

(4) 内水処理方式

内水被害を軽減させる方策をいう。

(5) 内水処理施設

内水処理施設とは内水区域の被害を軽減するための施設で、自然排水時の流下能力を規定する施設（河道、水門、樋管）以外のものをいう。

【解 説】

従来の内水処理計画では、用語の用い方に必ずしも統一性がみられなかった。よってここでは、特に重要な用語の本手引きにおける定義を行った。

(1) 内水河川

内水河川をこのように定義すると、本川が洪水時にも自然排水が可能なバック堤を有する河川は、内水河川とはいわない。したがって、現在内水河川であっても内水処理方式としてバック堤を採用し、これが完成した場合には、この河川をもはや内水河川とは呼ばないこととする。

(2) 本 川

本手引きでは、内水河川が合流する先の河川を本川と呼ぶこととする。したがって図1.3に示すように、内水河川そのものが二次支川の場合、本川は一次支川となる。

(3) 内水河川流域、内水区域および流出域

本手引きの定義によれば、内水河川流域は、**図 1.3**に示すように、内水区域と流出域によって構成される。

(4) 内水処理方式

内水区域の内水被害を軽減させるすべての方式をいうので、内水河川の改修、放水路建設等も内水処理方式に入る。

(5) 内水処理施設

内水河川の治水施設のうち、自然排水時の流下能力を規定する施設以外のものを、本手引きでは内水処理施設と呼ぶこととした。主な内水処理施設として、排水機場、遊水地、調節池等がある。

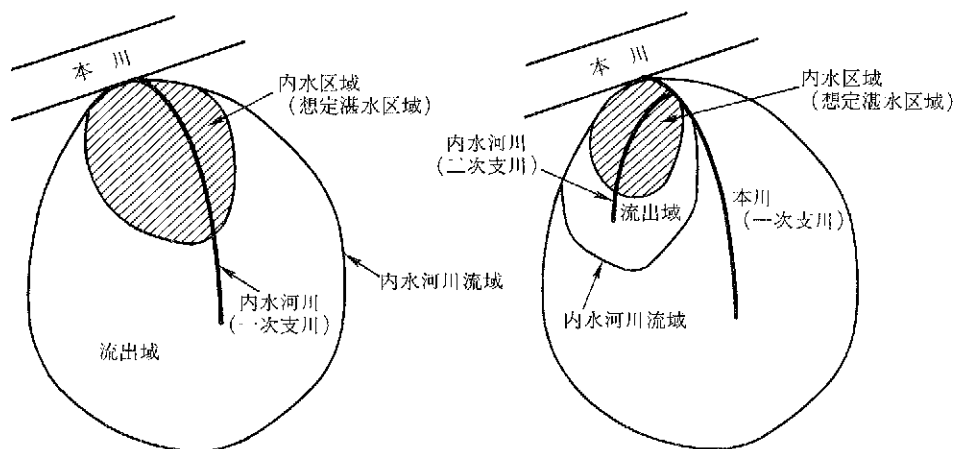


図 1.3 用語の図解

第2章 基礎調査

第2章 基礎調査

2.1 総 説

基礎調査は文字通り、内水処理計画を策定するための基礎となる調査であり、内水処理計画をより精度の高いものとするため、計画的かつ綿密に実施する必要がある。

【解 説】

基礎調査は内水処理計画のすべての基礎となる調査であり、基礎調査の精粗がそのまま内水処理計画の精度に反映されることになる。基礎調査の主な内容は、次の項目にまとめられる。

- ① 水文調査
- ② 計画対象河川調査
- ③ 内水被害調査
- ④ 地形調査
- ⑤ 流域状況調査
- ⑥ 想定湛水区域状況調査
- ⑦ 関連諸事業調査

【参 考】 河川砂防技術基準（案）と本手引きの基礎調査項目の比較

内水処理計画の指針について記した既存の代表的なマニュアルとしては、『二訂 建設省河川砂防技術基準（案）調査編 昭和61年8月』、『改訂 建設省河川砂防技術基準（案）計画編 昭和61年7月』等がある（本手引きでは、これら両者をまとめて『河川砂防技術基準（案）』と略述する）。河川砂防技術基準（案）と本手引きの基礎調

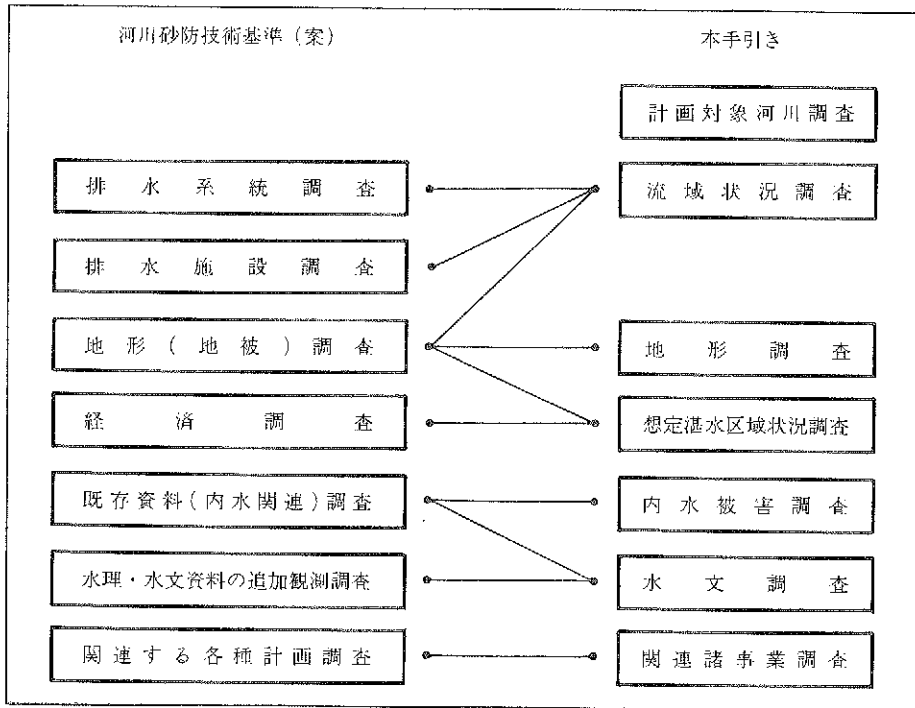


図 2.1 河川砂防技術基準（案）と本手引きの基礎調査項目の比較

査の項目を比較すると図 2.1 のようである。

図 2.1 から明らかなように本手引きの特徴としては、まず従来、項目としてあげられていなかった「計画対象河川調査」を、新たに項目として取り上げたことにある。計画の対象とする内水河川およびその河川が合流する本川の改修経緯、改修計画、施工スケジュール等を調査するのは自明と考えられていたのか、河川砂防技術基準（案）では記述がなかった。しかし現実の内水処理計画では、必ずしもこの調査が十分なされていないこともあり、本手引きでは調査項目として取り上げ、調査内容と調査結果の計画への反映方法を明確にした。

次に「流域状況調査」と「想定湛水区域状況調査」を明確に区分した。従来、この2つの調査は、明確には区分されていなかったが、実際の調査の中ではこれらを分けて取り扱っており、また調査の内容も異なるので2項目に分割し、それぞれの調査の位置づけを明らかにすることにした。

2.2 水文調査

2.2.1 概 説

既往の内水状況の把握、内水の確率規模の検討等のため雨量、水位、流量資料を収集・整理する。

また、必要と考えられる場合は新たに水文観測所を設置し、観測を行う。

【解 説】

水文調査で収集した資料は、次の目的で用いられる。

- ① 既往の内水状況の把握
- ② 内水解析モデル作成時の入力条件および検証資料
- ③ 内水の確率規模を統計的に算出する標本値
- ④ 内水処理施設計画を検討する際の入力条件

上記のような多くの目的に水文資料は利用されるので、水文調査は基礎調査の中でも重要な調査項目として位置づけられる。水文資料は具体的には、雨量・水位・流量の3要素である。水文資料はこのように多くの目的に利用される基礎データなので、収集される資料の多寡・精度および整理方法の合理性が、内水処理計画全体の妥当性を直接左右する。

2.2.2 水文資料収集

水文資料の収集はその資料の利用目的に応じて、収集対象とする領域・期間・資料項目を設定し、効率的に行う。

なお、具体的には次の各資料項目に関して収集を行う。

- (1) 雨量
- (2) 水位・流量

【解 説】

2.2.1 で述べたように水文資料は多くの目的で利用される。その利用目的により収集

対象とする領域（空間的範囲）、期間（時間的範囲）、資料項目（資料の種類）は異なるので、それらを合理的に設定し、後に続く調査・計画の各段階で再度資料収集を行うことのないように計画的に収集する必要がある。

2.2.1 で述べた 4 つの水文資料の利用目的のうち、①②④は主要な内水の時間データが必要となる。また③については、統計的に信頼できる超過確率を求めるために、できるだけ長期にわたって水文量を収集する必要がある。

(1) 雨量

対象内水河川流域の面雨量を正確に算定するために、できるだけ多くの観測所について雨量資料を収集することが望ましい。そのためには、まず流域内および近傍地域の観測所の位置、観測期間、資料の存在状況を調査し資料収集の対象とする観測所を決定する。その後、次のような方針で資料を収集する。

(a) 主要内水の雨量資料

主要内水の雨量資料は日雨量、時間雨量いずれも収集する。時間雨量は洪水の発生から終了までの期間を含むものとするが、日雨量との補正や確率雨量への引伸しを考えると、洪水期間を含む日界で収集期間を設定したほうがよい。また主要内水時の流域平均雨量を正確に算定することを目的とするので、観測期間が短くても当該内水発生時に信頼できる観測を行っている観測所は、原則的にすべて収集対象とする。

なお、主要内水の選定は、内水被害実績、内水河川の水位、流域内主要観測所の雨量値等の資料を参考に行う。

(b) 年超過確率算出のための雨量資料

信頼できる時間雨量が長期にわたって蓄積されていることは少ないので、原則的に日雨量を対象とする。統計処理結果の信頼度を上げるためには、できるだけ長期間にわたり資料を収集することが望ましい。また、確率評価を行う降雨の継続時間は、対象流域の降雨特性によって異なるが、資料の収集時には連続 3 日程度は収集しておく。

なお、対象観測所は観測所の位置、観測期間を考慮する。(a)とは異なり、統計処理の対象とする期間に比して、観測期間が著しく短いような観測所は対象外とする。

(2) 水位・流量

水位・流量については、計画対象としている内水河川と本川の必要な観測所について収集を行うが、雨量資料と同様、主要内水発生時の資料と年超過確率算出のための資料

では、資料収集の対象期間、対象観測所等が異なる。

(a) 主要内水の水位・流量資料

内水河川については、原則として流域内の全観測所について時刻資料を収集する。すなわち、内水被害が生じない上流域についても、資料収集の対象とする。これは対象内水河川流域の流出形態の把握、流出モデルの作成にあたって有用な資料となるからである。

本川については、内水河川合流点近傍の観測所を対象に時刻資料を収集する。

(b) 年超過確率算出のための水位・流量資料

内水河川流域の雨量のみで内水規模の確率評価を行う場合は不要であるが、その他の確率評価手法をとるときには、水位・流量資料についても長期にわたって資料を収集する必要がある、対象とする観測所は長期にわたり継続的に観測が行われている観測所とする。

なお、どのような水位・流量資料を収集するかは確率評価手法によって異なるが、一般的には次の資料を収集する。

- ① 内水河川の水位（本川合流点付近の観測所）
- ② 内水河川の流量
- ③ 本川の水位
- ④ 本川の流量

2.2.3 水文観測

既存の観測所のみで十分な水文資料が得られない場合には、必要に応じ新たな観測所を設置し、観測を行う。

【解説】

水文資料は、既設の観測所より得ることを基本とするが、当該流域に適当な観測所が存在しない場合、または既存の資料のみでは不十分な場合には、新たに観測所を設置し観測を行う。新たに観測所を設置して得る観測資料は、2.2.1で記述した4つの利用目的のうち①②④に用いられるべきものであり、統計処理用の資料でなく、主要内水の水文資料を得ることを目的とする。

新たな観測所を設置する場合の基本方針は、次のとおりである。

(1) 雨量観測所

既存観測所の位置および降雨の分布特性を考慮して、対象内水河川流域の降雨量がより正確に算出できる地点に、新たな観測所を設置する。なお観測所の配置と設置については、『河川砂防技術基準（案）調査編 第1章 第2節』を参照されたい。

(2) 水位・流量観測所

2.2.1 で記述した水文資料の4つの利用目的のうち①②④を満足させるためには、通常次のような水位・流量資料が必要となる。

(a) 内水河川の水位

湛水位との相関が顕著な、本川背水区間で合流点近傍付近が望ましい。

(b) 内水河川の流量

内水河川の自己流量を観測することが目的であるから、本川の背水の影響を受けない地点が望ましい。

(c) 本川の水位

内水河川合流点付近の本川の水位が必要となる。ただし、上下流部に流量観測所があり、不等流計算等で合流点での水位が推定可能な場合は、必ずしも必要ではない。

上記の水位・流量資料のうち既存観測所で得られない資料については、必要に応じ新たに観測所を設置して資料を収集する。

(3) 内水位

湛水位を測る水位計によって、内水区域の内水位を観測することも可能である。このような湛水位計は、内水被害が頻発する地区に設置することが望ましい。

2.3 計画対象河川調査

2.3.1 概 説

計画の対象とする内水河川およびその河川が合流する本川について、これまでの治水事業の実施経過、今後の事業予定などを調査して、内水処理計画に反映させる。

【解 説】

内水の発生特性は、内水河川および本川での治水事業の進展状況によって大きく左右される。例えば本川の河道改修やダム建設等により、著しく内水被害の減少することがある。また、近い将来本川において河道改修が予定されていれば、それに伴い外水位が低下し、必要な内水処理施設の規模が小さくなることもある。よって、計画対象河川調査は重要であり、必ず実施しなければならない。

2.3.2 内水河川および本川調査

計画の対象とする内水河川および本川について、治水計画の変遷、治水事業の実施経過、今後の治水事業の実施予定を調査する。

【解 説】

内水処理計画を策定する際に、調査しておかなければならない内水河川および本川にかかわる事項は次のとおりである。

(1) 治水計画の変遷

現在の治水計画だけでなく、できる限り過去の治水計画も調べその変遷を把握する。治水計画のうち、治水安全度、基本高水、計画高水流量、河道計画は重要であるのでこれらを中心に資料を収集・整理する。

(2) 治水事業の実施経過

いつどのような治水事業が実施されたかを整理する。治水事業の種類・規模によっては、内水特性に時系列的な不連続性をもたらすことがある。このような不連続性は内水

特性の把握や、内水処理計画を立案する際に重要な情報となる。

(3) 今後の治水事業の実施予定

河道改修や調節池の設置等治水事業の実施予定が明確なときには、これを計画に反映しなければならない。

2.4 内水被害調査

内水被害調査では、内水被害時の湛水状況、被害状況および内水処理施設の運用状況について、資料を収集整理する。なお、必要に応じて聞き取り調査、痕跡調査を行い、できるだけ正確に被害状況を調査、把握する。

【解説】

内水被害調査は、対象内水河川の過去の内水被害発生時における湛水状況、被害状況、内水処理施設の運用状況を把握するものである。この調査結果から、対象内水区域の内水発生頻度、内水特性を検討することになる。また、内水被害調査の結果は、検討対象内水の選定、内水解析モデルの検証に直接用いられる。なお、内水処理計画の検討期間中に、現に内水被害が発生することも考えられ、この場合内水解析モデルの精度向上のため、十分な現地調査を実施する必要がある。

内水被害調査の調査項目は次のとおりである。

- ① 最大湛水域、湛水時間、湛水深
- ② 内水位（時刻内水位、最大内水位）
- ③ 被害数量、被害額（直接被害）
- ④ ポンプ排水量（時刻）
- ⑤ 水門操作状況（開閉時刻）
- ⑥ 実施された災害対策

なお、これら以外にも内水発生時の水文資料が必要なのはいうまでもないが、水文資料については 2.2 で述べているのでここでは省略する。

〔参考〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、内水被害調査を行った期間および内水数は表2.1および表2.2のとおりである。内水被害の調査期間の単純平均は18年であるが、全体の43%が20年以上という長期間を対象に内水被害の調査を行っている。資料の状況によるが、できるだけ長期間を対象に内水被害調査を行うことが望ましい。また、内水被害調査を行った数は、5内水以下が全体の約2/3となっており、調査内水数は比較的少ない。調査期間が長いにもかかわらず、調査内水数が少ないのは、比較的大規模な内水のみ、あるいは検討対象内水のみでの調査を行っているからであると推測される。

表2.1 内水被害調査の対象期間

調査期間	$T \leq 5$ 年	$5 < T \leq 10$	$10 < T \leq 20$	$20 < T \leq 30$	$30 < T$	計
件数	12	21	23	28	14	98

表2.2 内水被害調査内水数

内水数	$N \leq 5$ 個	$5 < N \leq 10$ 個	$10 \text{ 個} < N$	計
件数	78	29	9	116

本手引きで紹介する事例調査は、平成3年度に建設省河川局治水課が北海道開発局および各地方建設局の直轄河川を対象に実施したものである。なお、事例調査の対象は、昭和61年度～平成2年度の5年間に検討された内水処理計画であり、調査の結果、116河川の事例が収集されている。

2.5 地形調査

地形調査では調査対象内水河川流域の流域界、流域面積、河床勾配、流路長など全体の地形条件を把握するとともに、2.4 で行った内水被害調査の結果と合わせて想定湛水区域を設定する。

【解説】

地形調査では、地形図より調査対象内水河川流域の流域界・流域面積をまず確定した後、流域内の地形分類、河床勾配等のマクロ的な地形条件を把握する。このマクロ的な地形条件と先に実施した内水被害調査の結果を合わせて、想定湛水区域を設定する。なお、想定湛水区域の設定にあたっては、本川の計画高水位も参考にする。

調査すべき地形条件は次のような項目である。

- ① 地形分類（低地、自然堤防、台地、山地）
- ② 流域界
- ③ 流域面積
- ④ 河床勾配
- ⑤ 流路長

また、この際参考になる資料は次のようなものがある。これらの資料で不明な場合には、現地調査を行う必要がある。

- ① 地形図（国土地理院 1/10,000 1/25,000 1/50,000）
- ② 土地条件図（国土地理院 1/25,000）
- ③ 国土基本図（国土地理院 1/2,500 1/5,000）
- ④ 治水地形分類図（建設省 1/25,000）
- ⑤ 河川改修計画平面図（建設省、地方公共団体 1/2,500 1/5,000）
- ⑥ 都市計画図（市町村 1/2,500 1/5,000）
- ⑦ 排水系統図（市町村、農林水産省）
- ⑧ 下水道台帳（市町村）

〔参考〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、流域界の設定で使用した資料は表2.3のとおりである。

表2.3 流域界設定に使用した資料

No.	使用資料	件数
1	国土基本図	18
2	地形図	42
3	治水地形分類図	2
4	排水系統図	21
5	改修計画平面図	16
6	都市計画図	38
7	下水道台帳	7
8	流域分割図	4
9	現地調査	32
10	その他	17
	計	197

注) 1. 対象河川数 116

2. 複数回答

流域界の設定にあたっては、かなり多彩な資料が用いられていることがわかる。内水処理計画の対象とする流域は比較的小さいため、都市計画図等の小縮尺の図面が使用されていることがわかる。また、現地調査を行っている河川も全体の約30%程度あり、内水河川流域における流域界の設定が困難であるためと推測される。

2.6 流域状況調査

2.6.1 概 説

流域状況調査は、流出モデルを作成するにあたっての基礎資料を得ることを目的とし、土地利用と排水状況等を調査する。

【解説】

流域状況調査は、内水解析モデルのうち流出モデルを作成するための基礎資料を得ることを目的として実施されるものであり、土地利用調査、排水状況調査および地質調査で構成される。土地利用調査および排水状況調査は、現時点だけでなく過去の変遷や将

来の予測も同時に行うこととし、流出モデルの同定や将来の流出量変化の予測の参考に
する。

2.6.2 土地利用調査

土地利用調査は、流域を適当なブロックに区分して、そのブロックごとに土地利
用状況を調査する。

【解 説】

同一の流域であっても土地利用形態によって、流出率や流下形態が異なり結果的に流
出量、流出波形に差異の生じることは良く知られている。特に内水河川流域において
は、その流域の規模が比較的小さいので、土地利用の変化が流出形態に敏感に反映され
るので、現況の土地利用だけでなく過去の変遷や、将来の土地利用の予測も行う必要が
ある。

土地利用調査にあたっては、まず代表支川や流量観測地点を考慮して、流域をブロッ
ク分割し、ブロックごとに土地利用を調査する。土地利用区分は、対象流域の規模にも
よるが最小限、次のような目目で分類する。なお、市街地が流域の大半を占める場合
は、市街化の進展度による細分類を行うことが望ましい。

- ① 山地
- ② 水田
- ③ 畑地、丘陵、原野
- ④ 市街地

土地利用の分類には、次の資料が利用できる。なお、これらの資料で不明な場合には
現地調査を行う必要がある。

- ① 国土基本図（国土地理院 1/2,500 1/5,000）
- ② 地形図（国土地理院 1/10,000 1/25,000）
- ③ 都市計画図（市町村 1/2,500 1/5,000）
- ④ 土地利用図（国土地理院 1/25,000）
- ⑤ 空中写真（国土地理院、地方公共団体等）

また、将来の土地利用の推定にあたっては、過去の土地利用の時系列変化からトレンド
を予測するとともに、次のような資料を用いる。

- ① 土地利用基本計画（都道府県）

② 都市計画図（市町村 1/2,500 1/5,000）

〔参考1〕 土地利用形態の反映（準線形貯留型モデル）

土地利用形態を流出モデルに反映させる方法は種々あるが、最も明確に反映させることのできる流出計算法は準線形貯留型モデルである。このモデルでは土地利用の違いを流出率の違いと流出波形の違いに、直接反映させることができる。通常このモデルでは、山地、丘陵・畑地、水田、市街地（市街化度により1～4°に分類）に、土地利用は分類されている。

表 2.4 市街化度の定義と等価粗度 N

市街化度	市街地の状況	等価粗度 N の標準値
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。	0.1
2°	道路舗装かなり進む。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

（角屋・岡・豊岡・福島：「横大路低平地域の内水の状況と将来予測 京大防災研究所年報第14号 B昭和46.4」による）

〔参考2〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、全体の60%は流域の土地利用を調査している。そのうち半数以上が、将来の土地利用予測を行っている。また、土地利用調査に用いた資料としては都市計画図が最も多く、土地利用調査における都市計画図の有用性がわかる。

2.6.3 排水状況調査

排水状況調査では、調査対象内水河川流域における排水系統ならびに排水施設に関する調査を行い、流出モデル作成のための基礎資料を得る。

【解説】

本調査では、調査対象内水河川流域において流水が本川に流出するまでの流出経路、またその流路および排水施設の諸元について調査を行い、流水の流下機構を把握することにより流出モデル作成のための基礎資料を得る。

本調査は、排水系統調査および排水施設調査から成り立っている。その詳細は以下の

とおりである。

(1) 排水系統調査

河川、下水道、各種排水路について、各事業計画書（河川改修計画書、下水道計画書、各種排水計画書等）および現地調査により次の各項目を調査する。特に下水道については、普及区域と未普及区域の区分は重要である。

- ① 流路系統
- ② 流路勾配
- ③ 断面形状
- ④ 流域界
- ⑤ 疎通能力

(2) 排水施設調査

調査対象流域の排水施設（樋門、樋管、水門、ポンプ）について、各事業計画書および現地調査により次の各項目に関する調査を行う。

- ① 位置
- ② 施設規模
- ③ 管理状況（管理者、操作ルール等）

2.6.4 地質調査

流域の大半が市街地以外の山林等で占められる場合は、流出形態が地質の状況に大きく左右されるので、流域内の地質を調査する。

【解説】

流出形態は地形、地被状況に大きく左右される。よって2.6.2では土地利用調査を行い、流域の地被状況を明確にするものとした。ただし、流域の大半が山地等の自然流域で、地被状況が一様に近いときは、地質によって流出形態が異なるときがある。そのため地質図による地質調査を行うものとする。この際、参考となるのは次のような資料である。

- ① 地質図（工業技術院地質調査所 1/50,000）
- ② 県別地質図（内外地図 1/150,000～1/200,000）

なお、地質状況を流出モデルの構造、定数に反映させない場合は、この調査は不要である。

2.7 想定湛水区域状況調査

2.7.1 地盤高調査

想定湛水区域の地盤高を調査し、想定湛水区域の標高(H)～面積(A)、標高(H)～容量(V)の関係を把握し、図表を作成する。

【解 説】

次のような資料を用いて、想定湛水区域の地盤高を調査し、等高線図を描く。下記の資料だけで等高線図を描けないときは、現地測量を実施する。等高線の間隔は想定湛水区域の規模およびその地形特性に依存するが、0.5 m 以下とすることが望ましい。

- ① 国土基本図（国土地理院 1/2,500 1/5,000）
- ② 地形図（国土地理院 1/10,000 1/25,000）
- ③ 都市計画図（市町村 1/2,500 1/5,000）
- ④ 河川改修計画平面図（建設省、地方公共団体 1/2,500 1/5,000）
- ⑤ 河川横断面図（建設省、地方公共団体）
- ⑥ 空中写真（国土地理院、地方公共団体）

表 2.5 に $H \sim A \sim V$ 関係の算定表を示す。

表 2.5 $H \sim A \sim V$ 算定表

地盤高 H_i	面 積 a_i	累加面積 A	平均面積 \bar{A}_i	湛水量 v_i	累加湛水量 V
H_0	—	—	—	—	—
H_1	a_1	a_1	$a_1/2$	$\bar{A}_1 \times (H_1 - H_0)$	v_1
H_2	a_2	$a_1 + a_2$	$(a_1 + a_2)/2$	$\bar{A}_2 \times (H_2 - H_1)$	$v_1 + v_2$
・	・	・	・	・	・
H_n	a_n	$a_1 + \dots + a_n$	$(a_{n-1} + a_n)/2$	$\bar{A}_n \times (H_n - H_{n-1})$	$v_1 + \dots + v_n$

〔参考〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、等高線の間隔の分布は表2.6のようである。約70%が0.5m以下の間隔となっている。

表2.6 等高線間隔の実績分布

等高線間隔(m)	0.1	0.2	0.25	0.5	1.0	1.0以上	計
件数	8	9	12	36	24	9	98

次に地盤高調査のために用いられた資料は表2.7のようであり、都市計画図が最も良く用いられている。河川改修計画平面図を利用している河川も20箇所あり、比較的良く用いられている。河川改修計画平面図は河道部分だけでなく堤内地も含んでいる場合が多いうえ、測量成果も記入されているので便利である。河川横断面図も同様である。このほかに現地測量も12河川と多い。また、氾濫実績図も3河川で使われている。これは等高線図の検証という意味合いが強いと思われる。

表2.7 想定湛水区域の地盤高把握に用いた資料

No.	使用資料	件数
1	国土基本図	19
2	地形図	18
3	改修計画平面図	20
4	河川横断面図	5
5	都市計画図	56
6	現地調査	12
7	氾濫実績図	3
8	その他	20
	計	153

注) 1. 対象河川数116
2. 複数回答

2.7.2 土地利用調査

想定湛水区域内の資産算出および内水処理方式の検討のために必要な基礎資料を得ることを目的として、想定湛水区域内の土地利用調査を行う。

【解説】

想定湛水区域の土地利用調査結果は、2.7.3で述べる資産調査に用いるほか、内水処理方式、許容湛水位を検討するための基礎資料となる。当然のことながら想定湛水区域内における土地利用調査は、流域全体を対象にした調査より精密に行う必要がある。土地利用区分は、次のように細分する。

- ① 山地
- ② 水田
- ③ 畑地
- ④ 果樹園
- ⑤ 市街地
- ⑥ 河川区域
- ⑦ 丘陵・原野

土地利用の分類には、次の資料が利用できる。なお、これらの資料で不明なところがある場合は、現地調査を行う。

- ① 国土基本図（国土地理院 1/2,500 1/5,000）
- ② 地形図（国土地理院 1/10,000 1/25,000）
- ③ 都市計画図（市町村 1/2,500 1/5,000）
- ④ 土地利用図（国土地理院 1/25,000）
- ⑤ 河川改修計画平面図（建設省、地方公共団体）
- ⑥ 空中写真（国土地理院、地方公共団体）

また、将来の土地利用の推定にあたっては、過去の土地利用の時系列的変化実績から、トレンド予測を行うとともに次のような資料を用いる。

- ① 土地利用基本計画（都道府県）
- ② 都市計画図（市町村）
- ③ 市街化区域と市街化調整区域の区分（市町村）
- ④ 地域地区計画（用途地域規制、市町村）

〔参 考〕 事例調査

平成 3 年度に実施した事例調査によると、想定湛水区域の将来の土地利用予測を行っているのは、回答河川の 35 % であった。また、土地利用予測を行った理由は、表 2.8 のとおりであり、実際に土地利用変化が見られる場合、土地利用変化が予測される場合には土地利用予測を行っていることがわかる。

表 2.8 将来の土地利用予測を行った理由

No.	理 由	件 数
1	市街化計画等により、土地利用変化が予測されるため	17
2	市街化が著しい等、明らかな土地利用変化があるため	14
3	計画完成目標年次との整合をはかるため	4
4	その他	2
計		37

2.7.3 資産調査

資産調査は、想定湛水区域内の一般資産、農作物、公共土木施設等について調査するもので、その方法は治水経済調査要綱による。

【解 説】

この調査は想定湛水区域内の主要な資産を調査し、経済効果および処理方式を検討するための基礎資料とするものである。

調査対象資産は次の各項目とする。

- ① 一般資産（家屋、家庭用品、事業所および農漁家の償却資産および在庫資産）
- ② 農作物
- ③ 公共土木施設等（道路、橋梁、農業用施設、鉄道、電信電話、電力の各施設）

上記各項目の資産は、原則として地盤高別に把握する。なお、調査の方法は『治水経済調査要綱（建設省河川局河川計画課）』によること。

〔参考〕 資産数量の計測方法

近年、治水経済調査では地域メッシュ統計データ（総理府統計局）、国土数値情報（国土地理院）が有効に用いられている。しかし、これらのデータは基本的には三次（標準）メッシュ（約1 km×1 km）単位で得られるので、通常の想定洪水区域の規模では、集計単位が大き過ぎて実用的ではない。また、これらの資料を用いた場合には、標高別に資産を集計することが難しい。よって想定洪水区域が極めて広大な場合を除き、都市計画図等から資産数量を標高別に計測することが望ましい。なお、DID 地区では1/2メッシュ単位で、地域メッシュ統計データが得られる。

2.8 関連諸事業調査

関連諸事業調査では、調査対象内水河川流域に係わる都市計画、地域計画、下水道計画、用排水計画およびこれらに関連した事業計画の情報を収集する。

【解説】

通常、内水河川流域の規模は小さいので、流域内での事業が内水現象あるいは内水処理対策に大きく影響することがある。内水現象あるいは内水処理対策に影響を及ぼすものとして、流域開発等の面的な整備、用排水路など線的な整備、さらには受け皿としての河川改修等の各事業が考えられる。

これらの各事業の実施に伴い想定される内水河川流域の変化は、流出モデル・内水モデルの検討および将来の資産を想定するために重要である。このため、関係諸機関において事業計画書の収集およびヒアリングを行い、次の各項目について事業計画の詳細を調査しておく必要がある。

- ① 事業の全体計画
- ② 着工年度
- ③ 完成目標年次を含む事業実施年次計画

関連する諸事業としては、例えば次のようなものがあげられる。

- ① 土地区画整理事業
- ② 都市計画事業
- ③ かんがい排水事業
- ④ ほ場整備事業

⑤ 道路改良事業

⑥ 下水道（雨水排水）事業

なお、内水河川・本川の改修事業は、内水現象に直接影響を与える重要な要素であるが、2.3 で詳述しているのでここでは述べない。また、上記のような大規模な事業でなくても、想定湛水区域内の宅地開発等は、内水現象、内水処理対策に大きな影響を与えるので、情報収集に努めなければならない。

第3章 内水特性の把握

第3章 内水特性の把握

3.1 総 説

「第2章 基礎調査」の成果に基づいて、調査対象地域における内水氾水および内水被害の特性を把握する。

【解 説】

合理的な内水処理計画を策定するためには、調査対象内水河川における内水特性を把握することが不可欠である。第4章以降の検討は、この内水特性を踏まえて実施する必要がある。内水特性とは、狭義には内水現象そのものの特性であるが、広義にはその内水を生じさせる要因の推定も含めるものとする。また、現時点のみの内水特性だけでなく、時系列的な内水特性の変化とその変化要因を把握する必要がある。図3.1のように、内水特性を内水氾水と内水被害に分け、それぞれについてその特性を把握する。

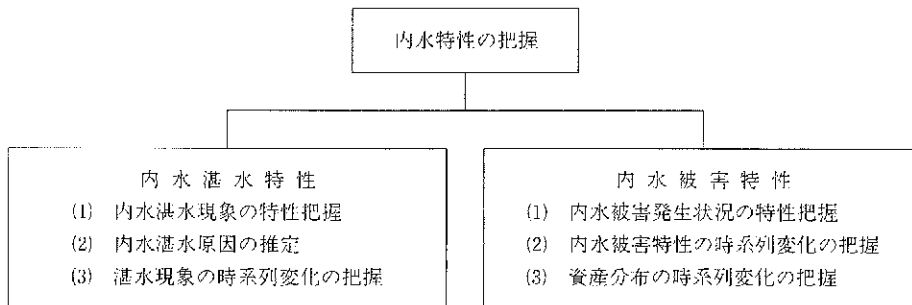


図3.1 内水特性の把握のための検討事項

3.2 内水湛水特性の把握

「第 2 章 基礎調査」の成果に基づいて、調査対象地域における内水湛水特性とその時系列変化を把握する。

【解説】

3.1 で述べたように内水湛水特性としては、湛水現象そのものの特性とその湛水をもたらす要因に大きく分けられ、これら 2 点について検討する必要がある。また、内水湛水特性が過去どのように変化し、この変化要因は何かについてもあわせて検討する。

ここで検討した内水湛水特性は、第 4 章以降の内水計画全般に反映させる必要がある。特に「第 4 章 内水処理方式の検討」、「第 6 章 6.4 内水モデルの作成」、「第 7 章 確率評価手法の検討」にあたっては、内水湛水特性を十分考慮しなければならない。

(1) 内水湛水現象の特性把握

内水湛水現象そのものの特性を把握するためには、次のような項目について検討を加える必要がある。

- ① 内水湛水の発生頻度
- ② 最大湛水域
- ③ 湛水区域の地域的分布
- ④ 湛水区域の時間的变化
- ⑤ 湛水深の時間的变化
- ⑥ 最大湛水深およびそれらの地域的分布

(2) 内水湛水原因の推定

内水湛水の原因としては、次のようなものがある。

- ① 常に外水位が高い
- ② 内水河川の流下能力不足（排水用水門、樋門、樋管の能力不足を含む）
- ③ 内水流出が外水位の高いときに生じる

上述した原因は、内水被害を生じさせる直接的な原因であるが、これらの原因をもたらす誘因がある。誘因まで含めて湛水原因を検討する必要がある。先の原因ごとにその誘因を示せば次のとおりである。

- ① 常に外水位が高い
 - 対象地域の地形的特性
 - 河床上昇等による本川水位の恒常的上昇
- ② 内水河川の流下能力不足
 - 内水河川そのものの流下能力不足
 - 本川水位上昇による排水施設的能力低下
 - 内水河川の流出量増大
- ③ 内水流出が外水位の高いときに生じる
 - 降雨の時間的・空間的分布特性
 - 本川と内水河川の洪水の流出特性

(3) 内水湛水現象の時系列変化の把握

(1)で述べた内水湛水現象の特性把握のための6項目について、その時系列変化を調査し、過去に内水洪水特性が変化しているかどうかを把握し、その原因について検討する。内水湛水特性の変化には次のような原因が考えられる。

- ① 外水位の変化に起因するもの
 - 本川の河道改修による変化
 - 本川の河床変動による変化
 - 流出形態・流出特性の変化による本川流出波形の変化
 - ダム等洪水調節施設の建設による流出波形の変化
- ② 内水流出量の変化に起因するもの
 - 内水河川流域の土地利用の変化
 - 内水河川の改修
 - 下水道施設の整備
 - 内水河川流域での洪水調節施設の建設
- ③ 外水位波形と内水流出波形の時差の変化に起因するもの
 - 本川・内水河川の河道改修による洪水到達時間の変化
 - 本川・内水河川の洪水調節施設の建設による洪水波形の変化
 - 本川流域・内水河川流域の土地利用変化による洪水到達時間、流出波形の変化
 - 本川流域・内水河川流域での下水道整備による洪水到達時間、流出波形の変化

以上(1)~(3)の各項目をとりまとめて、対象地域の内水湛水特性を整理する。

〔参 考〕 内水湛水特性の考慮

ここで把握した内水湛水現象の特性は、次章以降の内水処理計画の策定に反映させる。**【解説】**に述べたように、特に「第4章 内水処理方式の検討」、「第6章 6.4 内水モデルの作成」、「第7章 確率評価手法の検討」にあたっては、この内水湛水現象の特性を十分考慮しなければならない。

例えば、内水湛水の原因として常に外水位が高いということであれば、内水処理方式として自己流堤方式により内水河川の改修だけをしていても効果がなく、完全バック・セミバック方式による河道改修あるいはポンプ場の設置が有効であることがわかる。

またこのような場合、内水の規模は内水河川流域の流出量だけで規定されていると考えて良いから、計画対象内水は内水河川流域の雨量（流出量）の大きいものとし、確率評価も内水河川流域の雨量だけで行うことができる。

内水計算手法は、この内水湛水現象の特性に応じて選定される。例えば湛水区域が一つでない場合は、少なくとも多池モデルにする必要がある。また湛水域、湛水深の時間的变化から池モデルとするか氾濫流モデルとするかを定めることができる。

3.3 内水被害特性の把握

「第2章 基礎調査」の成果に基づいて、調査対象地域における内水被害特性とその時系列変化を把握する。

【解 説】

内水湛水だけでは、内水被害は生じない。湛水区域に資産が存在することによって初めて内水被害は生じる。したがって、内水被害は湛水特性と資産の分布状況によって規定されることになる。

内水被害の特性も、第4章以降の内水計画全般に反映させる必要がある。特に「第4章 内水処理方式の検討」、「第8章 内水処理施設計画の検討」においては、内水被害特性を十分考慮しなければならない。

(1) 内水被害発生状況の特性把握

内水被害の特性としては、次のものを調査する必要がある。

- ① 内水被害の地域的分布
- ② 内水被害規模・頻度

③ 内水被害形態（家屋被害や農作物被害の別、浸水深・浸水時間の程度）

(2) 内水被害特性の時系列変化の把握

(1)で述べた内水被害発生状況の特性把握のための3項目について、その時系列変化を調査し、過去に内水被害特性が変化しているかどうかを把握することは、特に重要である。

(3) 資産分布の時系列変化の把握

さらに、被害特性が変化する要因としては、湛水特性によるものと資産分布によるものとに分けられる。湛水特性については3.2で検討しているので、ここでは資産分布の変化（土地利用の変化）を整理し、先の湛水特性と合わせて被害特性の変化機構を把握する。

〔参 考〕 内水被害特性の考慮

内水被害の特性も、内水処理計画の策定に反映させる必要がある。【解説】で述べたように、特に「第4章 内水処理方式の検討」、「第8章 内水処理施設計画の検討」においては、内水被害特性を十分考慮しなければならない。

例えば、被害形態として農作物被害がほとんどであれば、市街地が被害を生じるときより計画規模（治水安全度）を下げることができる。また、一般家屋被害が生じていても、それが湛水域の外縁部であり湛水深も小さければ、湛水量を若干減らすことで家屋被害をなくすことも可能である。逆に湛水域の最低地盤高に家屋が数戸あるような場合には、ポンプ排水によってこれらの被害を完全になくすことが難しいことがある。そのような場合には、これら数戸の家屋について耐水化対策等をとったほうが経済的と考えられる。

また、内水被害特性が明らかになれば、そのような被害が生じないような水門およびポンプの操作方式を設定することが可能であり、これは内水処理施設計画を検討する際に、内水計算条件を設定する根拠として用いることができる。

第4章 内水処理方式の検討

第4章 内水処理方式の検討

4.1 総 説

内水処理方式は、対象内水河川にとって効果が見込めかつ実現性のある処理方式を複数選定し、これらを比較して決定する。

【解 説】

最終的な内水処理方式は、対象地域での適用可能な処理方式の選定およびこれらの比較検討という過程を経て決定される。内水処理方式の比較検討を行うためには、それぞれの処理方式について施設の規模を決定し、事業費、効果等を把握する必要がある。施設の規模決定、事業費、効果等の把握は、次章以降に述べる方法によって行うことができる。ただし、次章以降の内容は内水処理方式として水門締切方式を採用する場合を前提としたものであり、完全バック堤方式、背割堤方式等を採用する場合については、河川砂防技術基準（案）等の指針によらねたい。

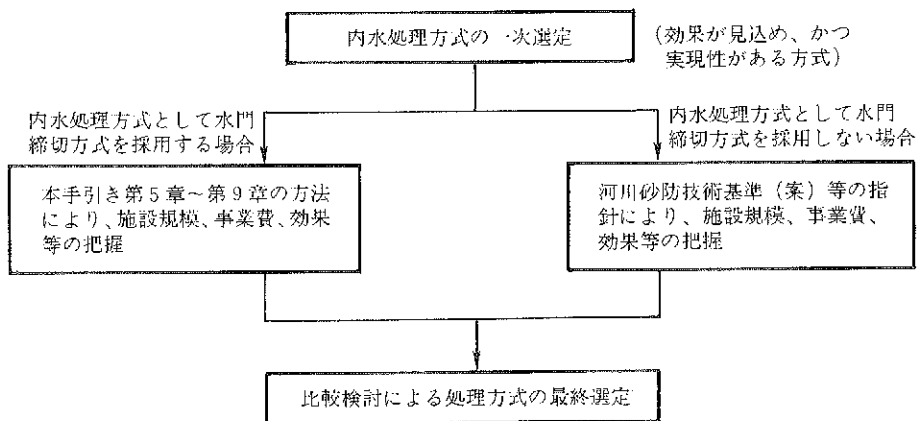


図4.1 内水処理方式の検討フロー

4.2 内水処理方式の一次選定

「第 2 章 基礎調査」、「第 3 章 内水特性の把握」で得られた結果に基づき、対象内水河川にとって適当と思われる内水処理方式を、できる限り広範囲に選定する。

【解 説】

内水処理方式の選定は、「第 2 章 基礎調査」、「第 3 章 内水特性の把握」で得られた結果に基づき行うものとする。すなわち対象内水河川流域および想定湛水区域の地形、土地利用、排水状況、内水河川・本川の改修計画、関連諸事業の計画、内水洪水特性、内水被害特性等から効果が見込め、かつ経済性、社会性の観点から実現可能性のある内水処理方式を選定する。

内水処理方式は、計画対象内水河川の特性によって変わるべきものであり、画一的な方式にとらわれないこと重要である。内水処理方式は、内水河川の改修計画も含めて検討することが必要であり、その意味から内水河川そのものの改修方式も内水処理方式の一部に含まれることになる。

なお、ここで選択すべき内水処理方式は河川改修、排水機場の設置、遊水地の設置等のハード対策だけでなく、土地利用規制・誘導等のソフト対策およびハード・ソフト対策を組み合わせたものも含む。

内水処理方式は、概ね次のように分類される。

- ① 対策手法による分類
 - ハード対策
 - ソフト対策
- ② 対策を行う場所による分類
 - 流出域における対策
 - 内水区域における対策
 - 本川における対策
- ③ 排水方式による分類
 - 自然排水方式
 - 水門締切方式

なお、内水排除のためだけに本川の河道改修等を行うことは極めてまれであり、本川における対策は、2.3節で述べた計画対象河川調査で本川の改修予定がないときには考慮しなくても良い。

上記3つの視点をどのような階層構造にして体系的に分類するかは、いろいろな考え方があがるが、実際に内水処理計画を立案していく際の思考過程を踏まえれば、図4.2のように分類することができる。

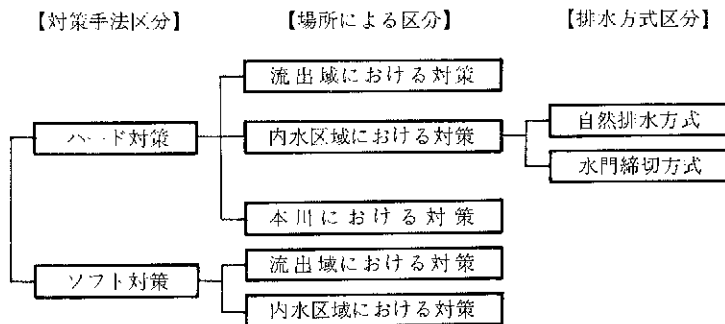


図4.2 内水処理方式の分類

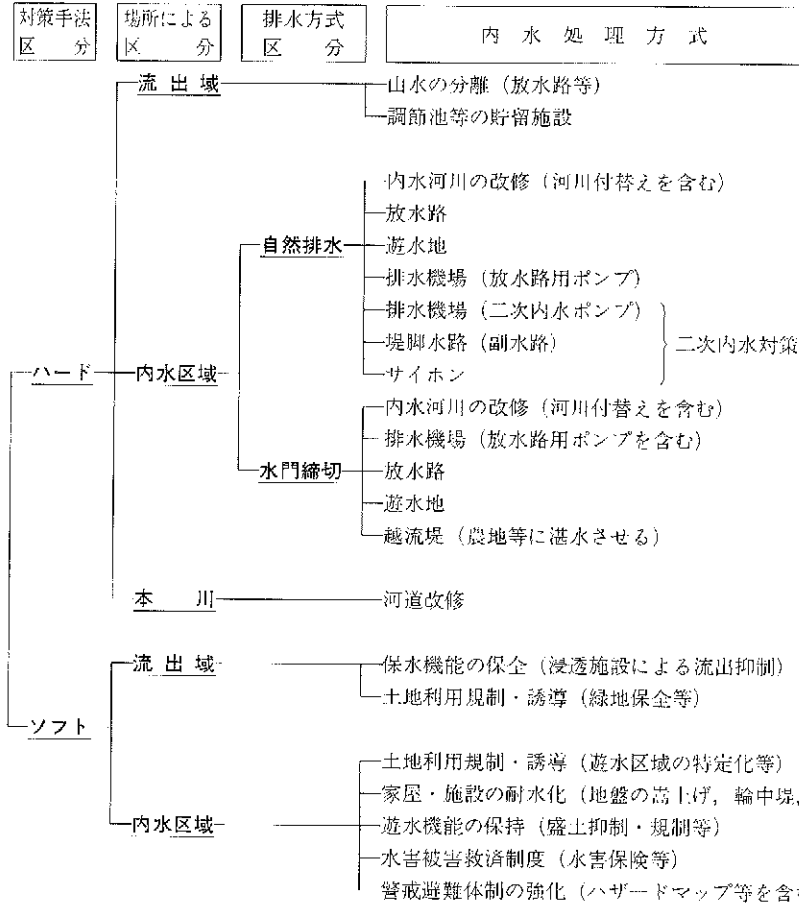
〔参考1〕 多様な内水処理方式の検討

現在のところ考えられる内水処理方式を、参考として図4.3に示す。なおここでは、河道に集まってきた流水を積極的に制御しようとする施設をハード対策に位置づけ、保水・遊水機能の保全を目的とする施設および耐水化施設はソフト対策と区分した。

また、なるべく多様な内水処理方式を選定するため、図4.2に示した分類方法に沿って内水処理方式を検討する。すなわち、図4.4に示したように内水処理方式の分類ごとに対策の可能性および具体的な対策を検討し、次にこれらの組合せ方式を検討する。それぞれの対策方法について施設規模を検討した後、比較して最終的な方式を決定する。なお、ソフト対策だけでは必要な効果をあげられないことが多く、ハード対策と組み合わせることが一般的である。

このように系統的に多様な内水処理方式を検討することにより、従来、排水機場だけに頼りがちであった内水処理方式を、地域に適合したものとすることができる。

第 I 編 内水処理計画

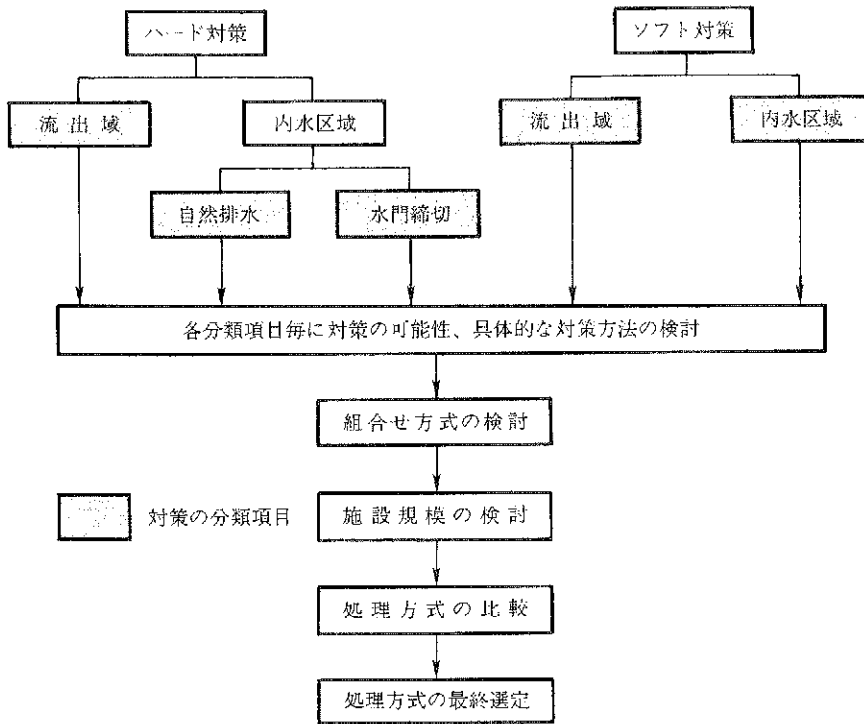


注1) 二次内水とは、現在の内水河川をバック堤により改修することにより、内水河川に合流する河川流域で生じる内水をいう。したがって二次内水ポンプとは、二次内水対策に用いられるポンプである。

注2) 放水路用ポンプとは、内水河川の下流端（本川との合流点）におけるポンプではなく、流域の途中から本川あるいは他支川へ放流するために設置されるポンプをいう。

図 4.3 内水処理方式の種類と分類

第4章 内水処理方式の検討



注1) 対象河川によっては、採用の可能性がない分類項目もある。

注2) 単独で必要な効果をあげられる対策と他の対策を組み合わせる必要のある対策がある。

図4.4 内水処理方式の検討過程

[参考2] 内水現象の概要と内水処理方式

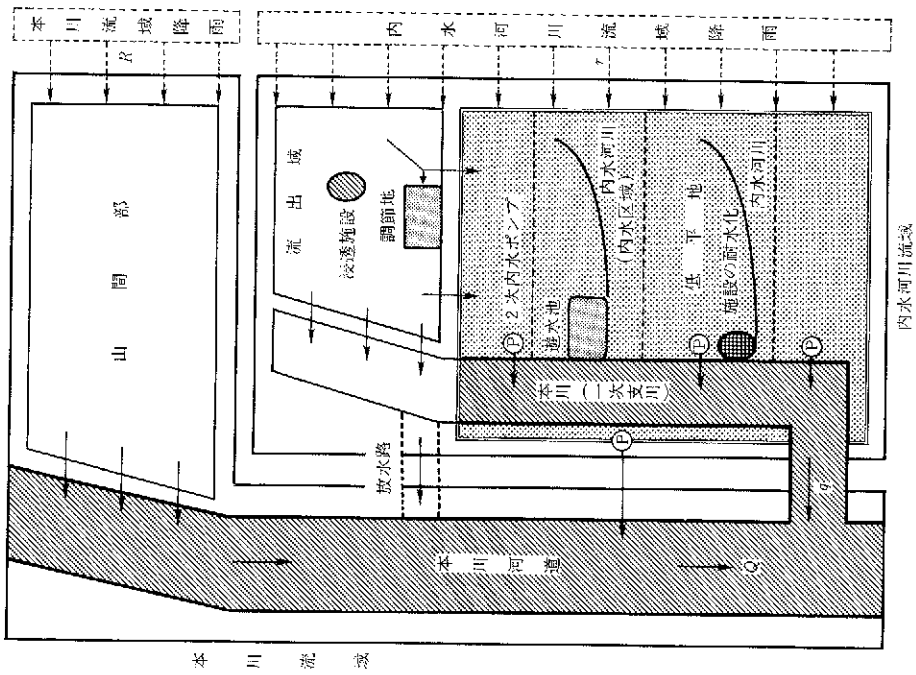


図 4.5 内水現象の概要と内水処理方式
(完全バック塊またはセミバック塊の場合)

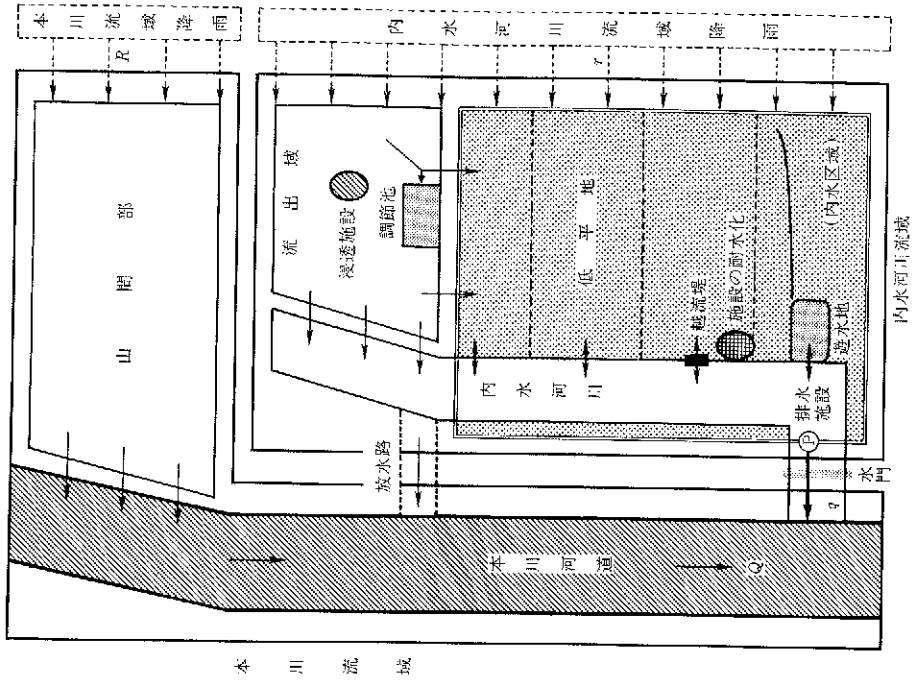


図 4.6 内水現象の概要と内水処理方式
(自己流塊または無塊の場合)

〔参考3〕 内水処理方式の選定に際して留意すべき事項

(1) ソフト対策

従来、内水対策としてソフト対策はあまり採用されなかった。しかし、ソフト対策は場合によっては極めて有効であり、ソフト対策の可能性を検討すべきである。ただし、ソフト対策だけでは抜本的な内水対策とならないことが多く、ハード対策と組み合わせることで一層の効果を発揮する。例えば、内水区域の最低地盤高付近の家屋数戸を耐水化することにより、排水機場等のハード施設の規模を大幅に縮小できることがある。また、頻繁に湛水が生じるような地域では、湛水を前提とした土地利用の規制・誘導が極めて有効である。

このように、対象地域の地形・資産の状況、土地利用、既往の浸水頻度によっては、ソフト対策が効果的である。

(2) 対策を行う場所

従来、内水処理方式としては、内水区域からの排水対策のみを考えることが多かったが、内水区域への流入量を減少させるという視点も重要である。流出域での対策としては自然排水できる山水を直接本川へバイパスしたり、一部地域を流域変更するということが考えられる。この方式は、流出域の占める割合が大きい場合に有利である。

流出域に貯留・浸透施設を設置することにより、内水区域への流入量を減らすことも可能である。これだけでは抜本的な内水対策とならないことが多いが、他の内水処理方式と組み合わせれば有効な手段となることもある。ただし、貯留施設を設置するとかえって内水河川流域の流出が遅れ、本川の流出波形との関係で内水湛水量が増大する可能性もあるので、十分な検討を要する。

(3) 排水方式の選択

自然排水方式としては、内水河川の改修が代表的である。また、水門締切方式としてはポンプ排水、遊水地が代表的である。どの方式が採用できるかは、先述したように流域および想定洪水区域の地形、土地利用等から検討する必要があるが、一般的には次のようなことを念頭に置く必要がある。

一般に内水河川流域内で流出域の占める割合が大きく、かつ流出量が多い場合は、自然排水方式が有利である。バック堤方式を採用した場合は、堤防用敷地が拡大するので、これが採用し得るか否かは、沿川の土地利用に左右される。また、この場合二次内水地区が生じることが多く、二次内水ポンプ、堤脚水路、サイホン等の付帯工事が必要となる。

水門締切方式は内水河川流域が大部分平地で、バック堤を設けても効率よく内水排水

ができない場合に採用される。また、本川と内水河川の地形・降雨条件より流出時差が大きい場合も有効である。水門締切方式をとる場合は、現地がある程度の氾濫を許容できる条件にあるか否かが重要である。氾濫を許容できる場合には、排水機場を設置するとしてもその規模を小さくすることが可能であるし、あらかじめ越流堤を設け、計画的に遊水させることも考えられる。

基本的には水の持つ位置エネルギーによって、自然排水を行うことが望ましいと考えられるため、ポンプ排水を選択する前に、まず自然排水方式の可能性を十分に検討することが重要である。

〔参考4〕 内水処理方式の実例

(1) 流出域における放水路

六方川は、一級河川円山川の12.0 km地点に合流する右支川である。流域面積は72.6 km²であり、流域の約85%は山地となっており、典型的な山地河川としての流出特性を持つ。下流部の平地は地盤高T. P.1.5~3.0 mと低く平世であるため、洪水時の自然流下は困難で、出水のたびに内水被害に悩まされている。六方川の内水対策としては、上流小野川の流域の一部(18.2 km²)の流出量を図4.7に示すように出石川に排水する放水路を建設するとともに、流末に排水機場を増設することとしている(既設21.45 m³/s)。これにより、六方川流域72.6 km²の約25%の流域がカットされることになる。山地流域が多い場合、このような放水路が内水対策として有効である。このように、山水の分離が有効か否かは流域の形状と放水先河川との位置関係による。すなわち、流出域の水を放水先河川へ排水するための放水路の距離が長い場合には、用地の取得が多大となることや事業費の増大のため実現が難しいことが多い。

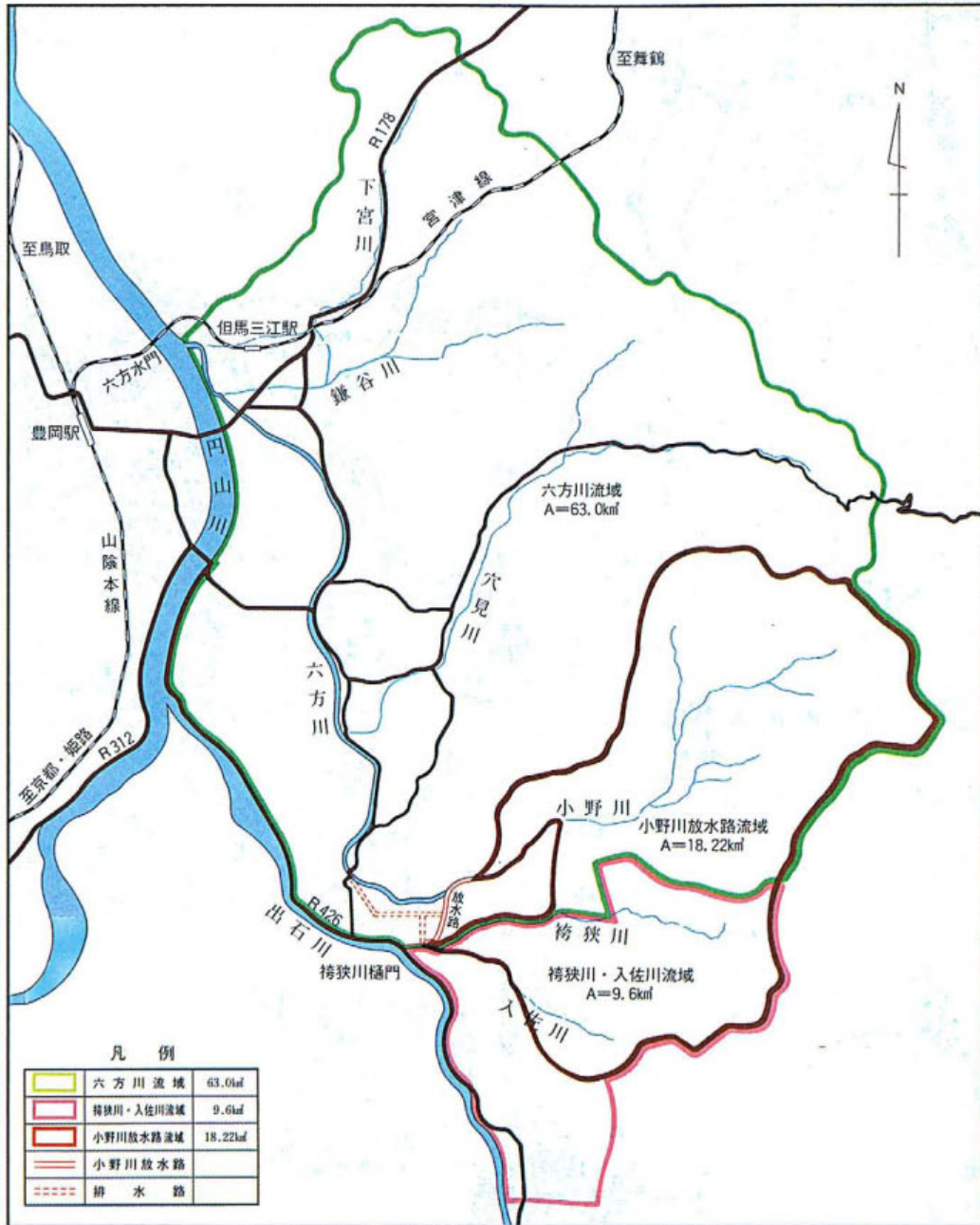


図4.7 六方川の山水分離の例〔小野川放水路〕(近畿地建豊岡工事事務所資料による)



写真4.1 小野川放水路（近畿地建豊岡工事事務所提供）

(2) 貯留施設

流出域で貯留施設を採用している例として、宮崎市を流れる大淀川左支川小松川がある。小松川の流域面積は約5 km²であり、その80%以上が平地である。小松川では放水路と流出抑制施設による内水対策が計画されている。流出抑制は約23 haの国有地（宮崎大グランド）、県有地（総合文化公園）において実施し、5 m³/sの流量低減を見込んでいる（基本高水のピーク流量は流末で95 m³/s）。このように、流出抑制施設を内水対策として採用する場合には、次のような場合が有効と考えられる。

- ① 大規模な敷地が存在し、貯留効果が確実に見込めること。
- ② 他の対策との組合せも見込めること。

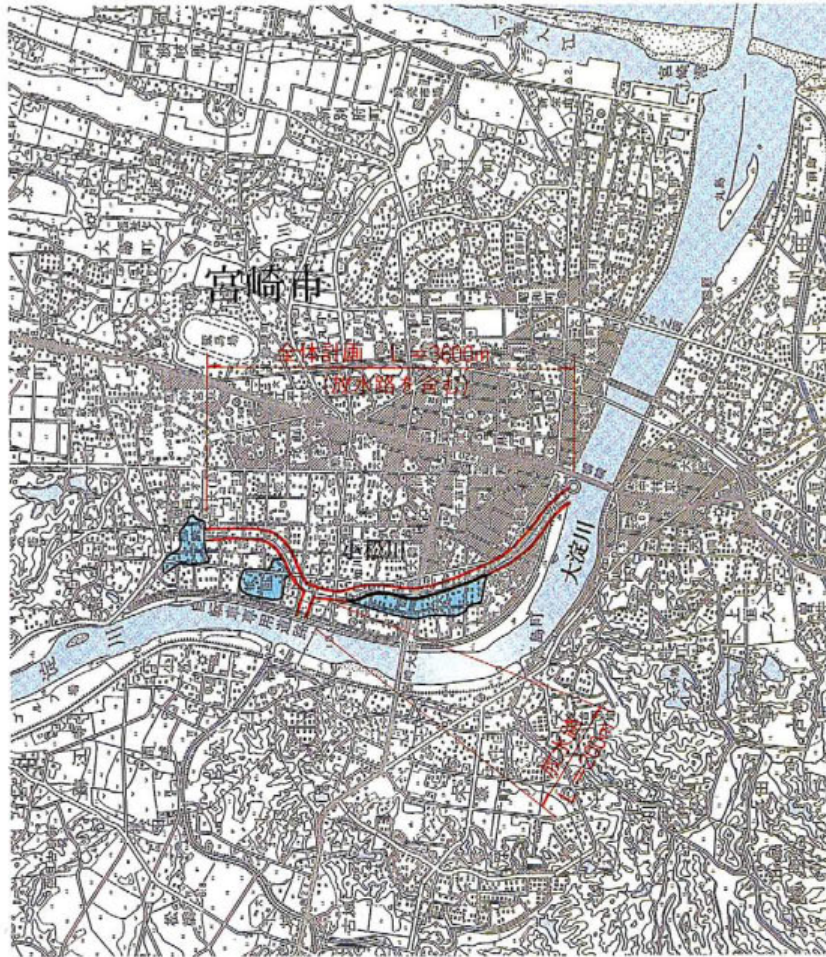


図4.8 小松川の内水対策の概要（宮崎県土木部資料による）

(3) 背割堤

一級河川四万十川の右支川中筋川は低奥型河川で、河床勾配が緩く本川の背水影響を強く受けるため、洪水ごとに氾濫を繰り返してきた。背割堤による合流点付替工事は、昭和11年より昭和38年にかけて施工され4.5 km 下流の現在の合流点（3.0 km 地点）に付け替えられた。

中筋川は、流域面積144.3 km²中約75%が山地流域であり、また流出量も大きい（計画高水流量1,200 m³/s）ため合流点の下流付替え方式が有効であると考えられる。このように、合流点の下流への付替えが採用し得るか否かは、本川沿いの土地利用と本川の河床勾配に左右される。

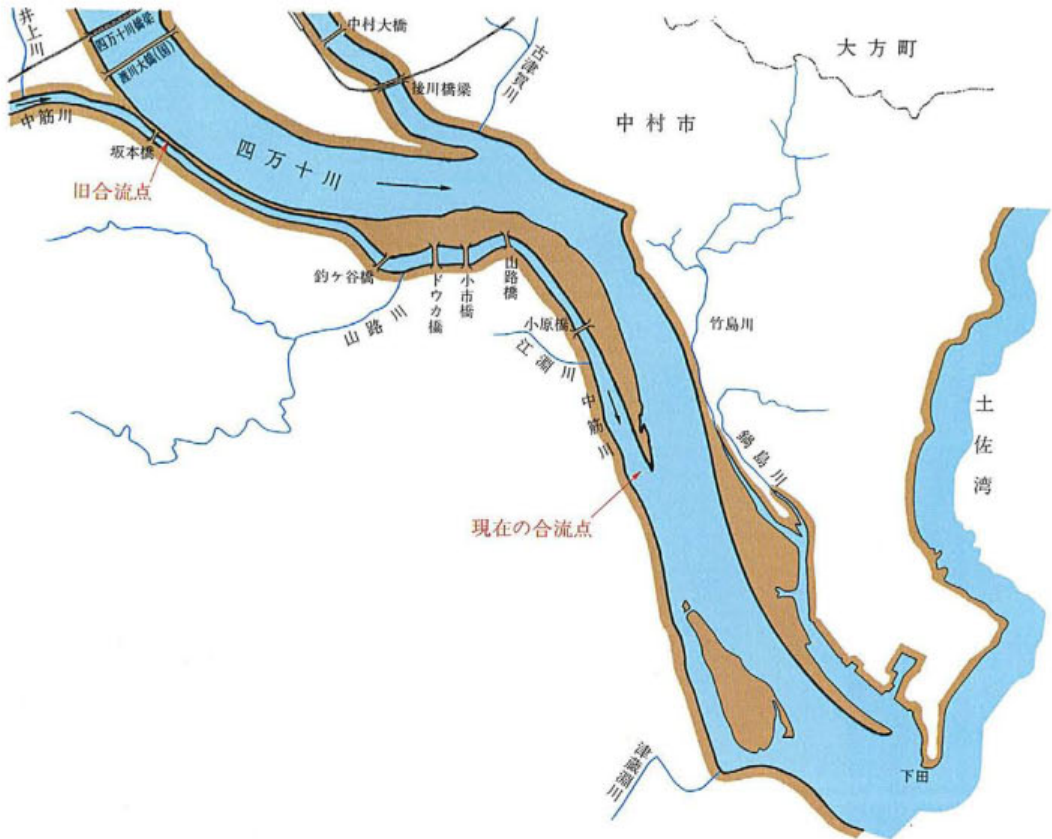


図 4.9 中筋川の合流点付替え



写真 4.2 中筋川の背割堤 (現況) (四国地建中村工事事務所提供)

(4) 河川の付替え

信濃川右支川中之島川は、信濃川、刈谷田川、猿橋川の堤防に囲まれた区域を流域に持ち、中之島町および栄町を流下したのち信濃川 44.0 km 地点で合流する、幹川流路延長 15.9 km、流域面積 31.3 km²の一級河川である。地形はほとんど平坦であり、また河川の河床高が高いため排水状態は極めて悪く、機械排水区（大沼サイホン上流 7.5 km まで）と自然排水区（7.5 km 上流）に分かれており、機械排水区の雨水は兩岸にある堤脚付近の低水路を通じて集水され、県農地事務所管理の大沼排水機場（10 m³/s）により刈谷田川に強制排水されている。

現在、中之島川は刈谷田川をサイホンでアンダーパスして信濃川に合流しているが、内水対策としてこれを刈谷田川に合流させるものである。中之島川と刈谷田川の合流点に樋門（中之島川樋門）を設けるとともに刈谷田川河道内に堤外水路を設け、中之島川と刈谷田川との合流点をできるだけ下流にし、中之島川の水位低下を図る工夫を行っている。この例は、刈谷田川の河道改修と同時に中之島川の合流点を付け替えるものであり、排水先河川と一体的に内水対策を行う好例である。

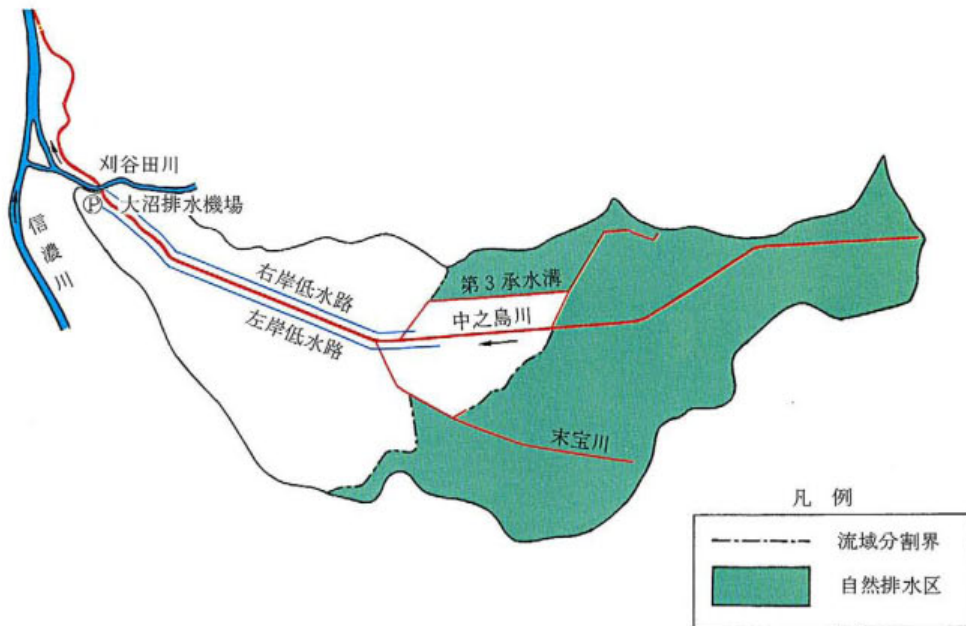


図 4.10 中之島川流域図

第 I 編 内水処理計画

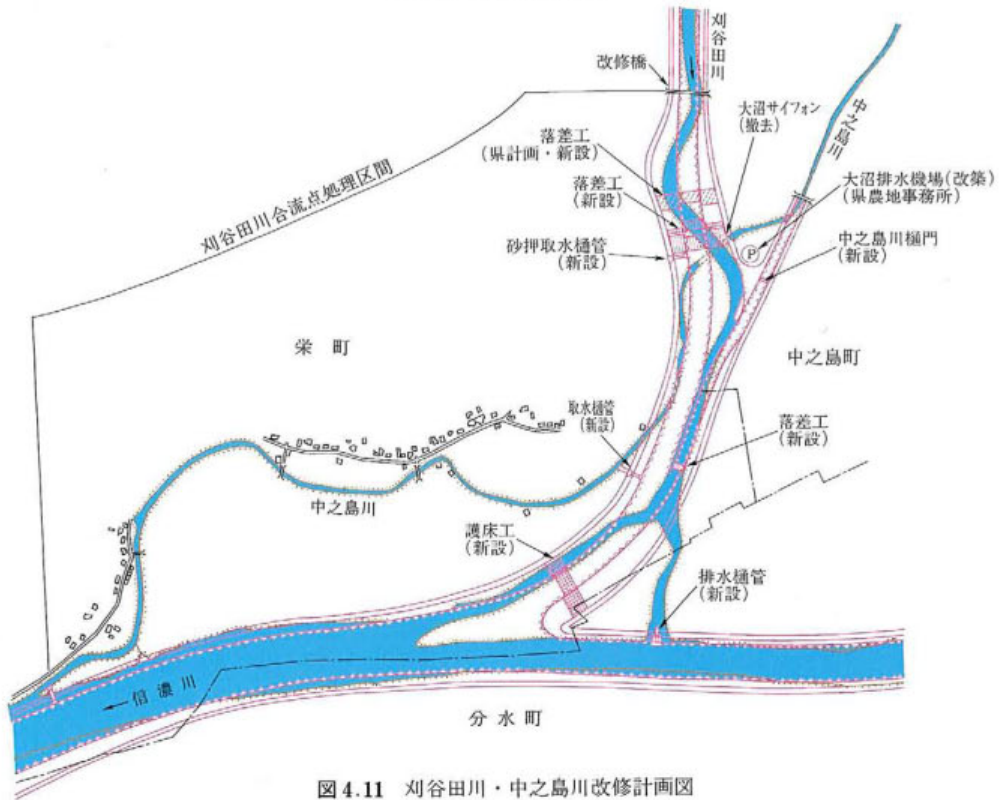


図 4.11 阿谷田川・中之島川改修計画図



写真 4.3 現在の阿谷田川と中之島川の合流状況
(北陸地建信濃川下流工事事務所提供)

(5) 内水区域における放水路

新井郷川は一級河川阿賀野川の5.0 km 地点に合流する右支川であり、その流域は阿賀野川と加治川に挟まれた越後平野の穀倉地帯に位置する。流域面積は196 km²であり、そのうち約70%が平地であるが、その地盤高は概ね T. P. 1 m 前後の典型的な低湿地となっているため、内水被害が頻発している。

内水処理方式は、①本川流末に50 m³/sの排水機場を建設し、阿賀野川に排水し、②新井郷川分水路、排水機場により130 m³/sを直接日本海に排水し、③さらに福島潟放水路（河床勾配1/3,870、河幅100 m、延長6.2 km）を建設し、490 m³/sを日本海に自然流下させるものである。なお、福島潟放水路により自然排水を行うためには、福島潟の水位を上昇させる必要があり、そのためには福島潟の周囲堤が必要となる。

このように、新井郷川は河口部に近い典型的な低平地河川であるうえ、流域面積も大きいので排水機場のみで内水対策を行うことが難しく、海へ直接放水する方策をとっている。

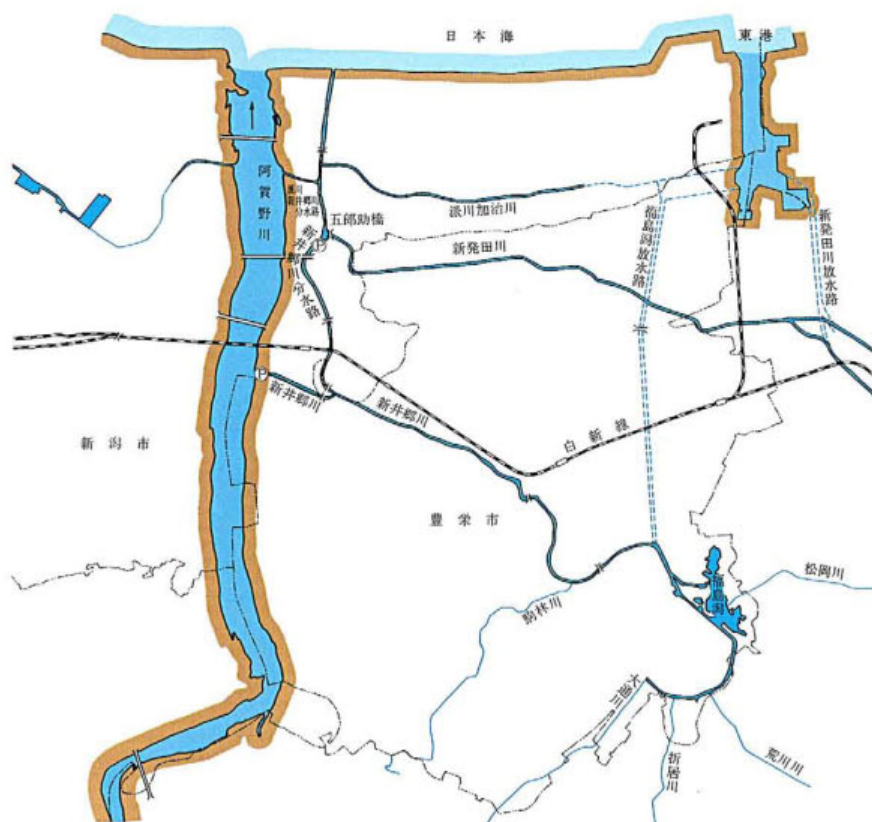


図 4.12 新井郷川治水施設位置図



写真 4.4 新井郷川福島湾放水路（新潟県土木部提供）

(6) 放水路用ポンプ

放水路用ポンプとは、内水河川の下流端におけるポンプでなく、流域の途中から本川あるいは他支川へ排水するポンプをいう。大堀川（山梨県東八代郡中道町）は一級河川笛吹川の左支川、間門川の右支川芋沢川に流入しており、その流域面積は 2.5 km²である。大堀川は、合流先の一次支川間門川の流下能力が低いため、柏排水機場により直接本川へ排水する処理方式を採用している。このように合流する支川の流下能力が低く、下流河道を改修するより直接本川へ排水したほうが有利な場合に、放水路用ポンプが採用される。なお、大堀川は図 4.13 および写真 4.5 に示すように本川に沿って流下しており、このような地理的条件のところで放水路用ポンプは採用されることがわかる。

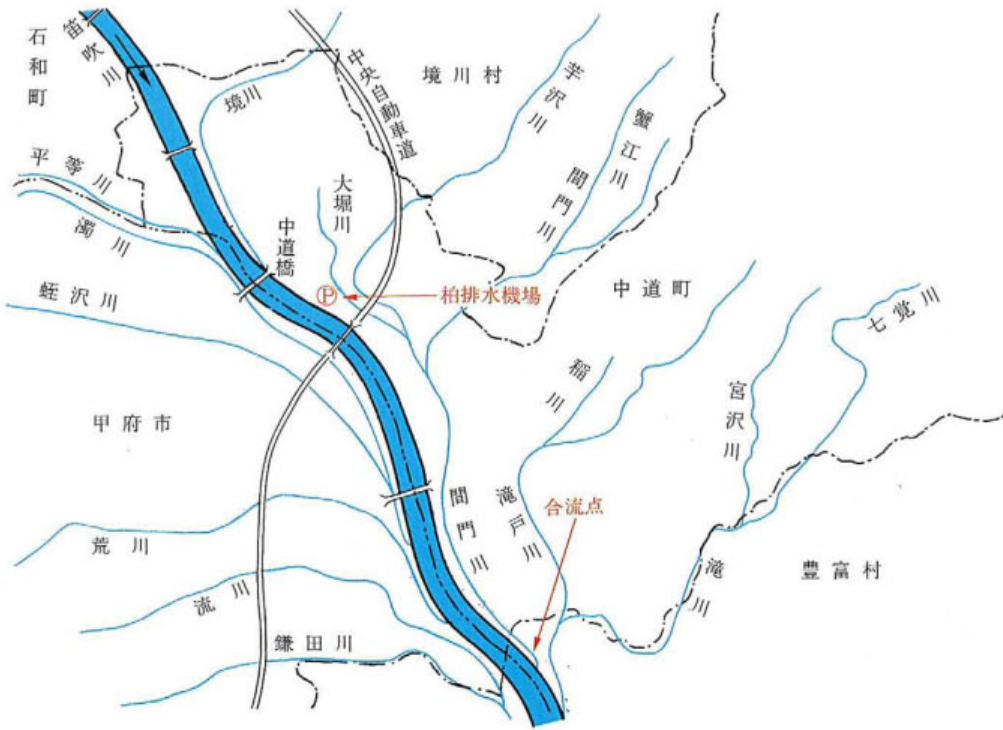


図 4.13 大堀川位置図



写真 4.5 大堀川柏排水機場と笛吹川 (関東地建甲府工事事務所提供)

(7) 遊水地

内水区域は、本来遊水機能を有していたところが多く、土地利用の高度化とともに内水対策の要望がでてきた例が多い。したがって、本来有していた遊水機能をなるべく確保するのが、最も自然で効率的な内水対策と考えられる。たとえ排水機場を採用するとしても、遊水地あるいは調節池を設置することにより、その規模を大幅に縮小することができる場合がある。対象地域の地形および土地利用から、遊水地が設置可能なときは採用することが望ましい。

長良川の右支川である犀川流域は、濃尾平野の中央部に位置し、西側は根尾川、揖斐川の左岸堤に、東側は糸貫川・長良川の右岸堤に接し、南側は墨侯の輪中堤（桜堤）を流域界とする輪中地帯であり、その流域面積は42.2 km²である。犀川の長良川との合流点付近では、東から天王川、中川、新堀川、五六川、犀川といった内水河川が流入しているが、これらの河川の合流部は別名「洲の股」と呼ばれ、長良川本川の影響を受けやすく、低湿地となっており、古くから自然遊水地的形態をとってきた。

犀川では、内水処理方式として排水機場30 m³/sを増設するとともに、犀川流末の低湿地を遊水地（230万 m³）とすることにした。

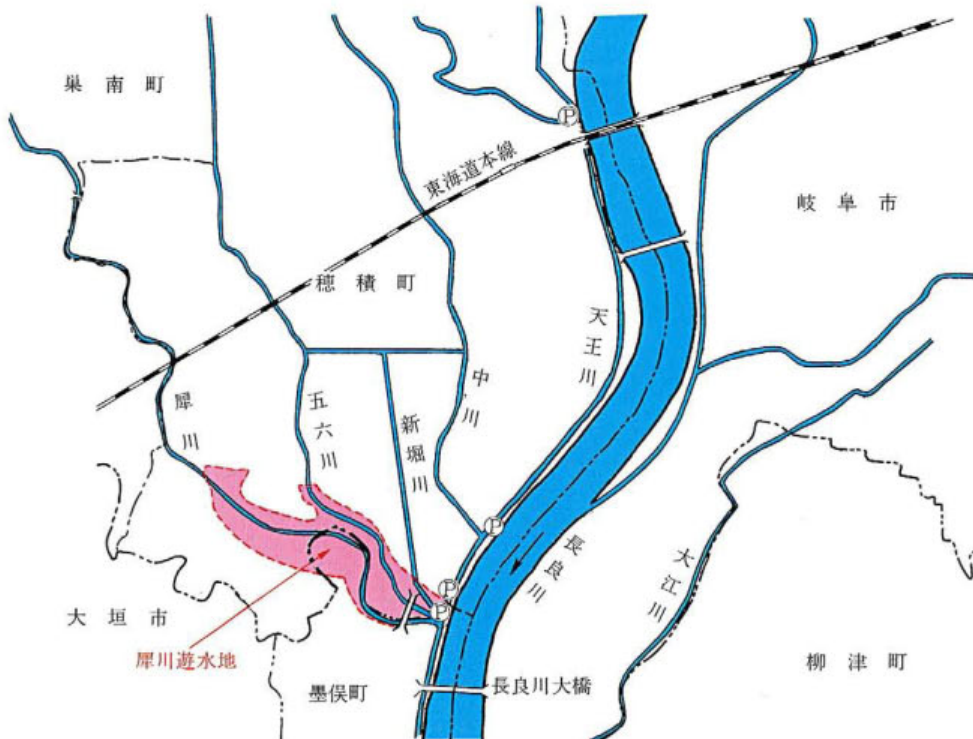


図4.14 犀川遊水地位置図



写真 4.6 犀川遊水地 (中部地建木曾川上流工事事務所提供)

(8) 越流堤

北上川左支川の千厩川^{せんまゐ}は流域面積 88.2 km² 河川であるが、自己流堤に越流堤を設けている。千厩川は以前無堤であり、本川水位上昇時には頻繁に千厩川下流部が遊水地のような状況を呈していた。築堤、水門設置を行うとともに千厩川の堤防に越流堤を設け、本川水位が高くなった場合はこの越流堤により水田に越水させることとしている。この自己流堤建設により、浸水頻度を減少させることができた。

なお、この区域は無堤時に内水被害が著しかったため、岩手県東磐井郡川崎村が建築基準法により浸水区域を災害危険区域に指定し、建築規制標高を設定している。

また、将来の土地利用も考慮して、今後の抜本的な内水対策の検討を進めている。

このように、水門締切方式を採用し、自己流堤を建設する場合には、計画的に越流部を設け、越流に耐える構造とし、堤防の安全を図ることが考えられる。

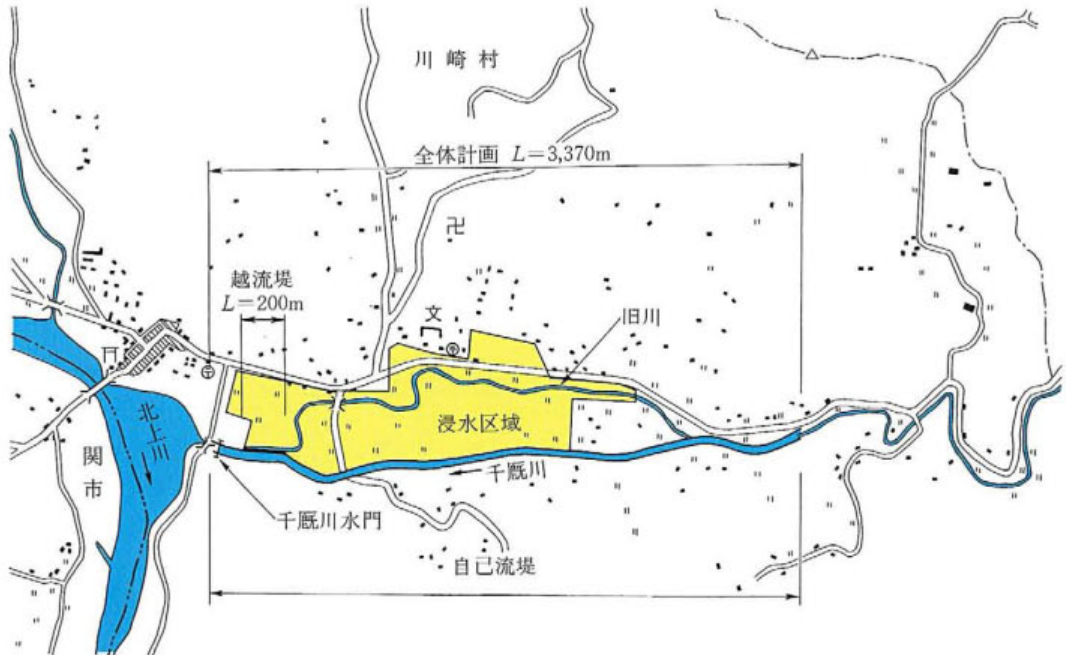


図 4.15 千厩川の河川改修と浸水区域

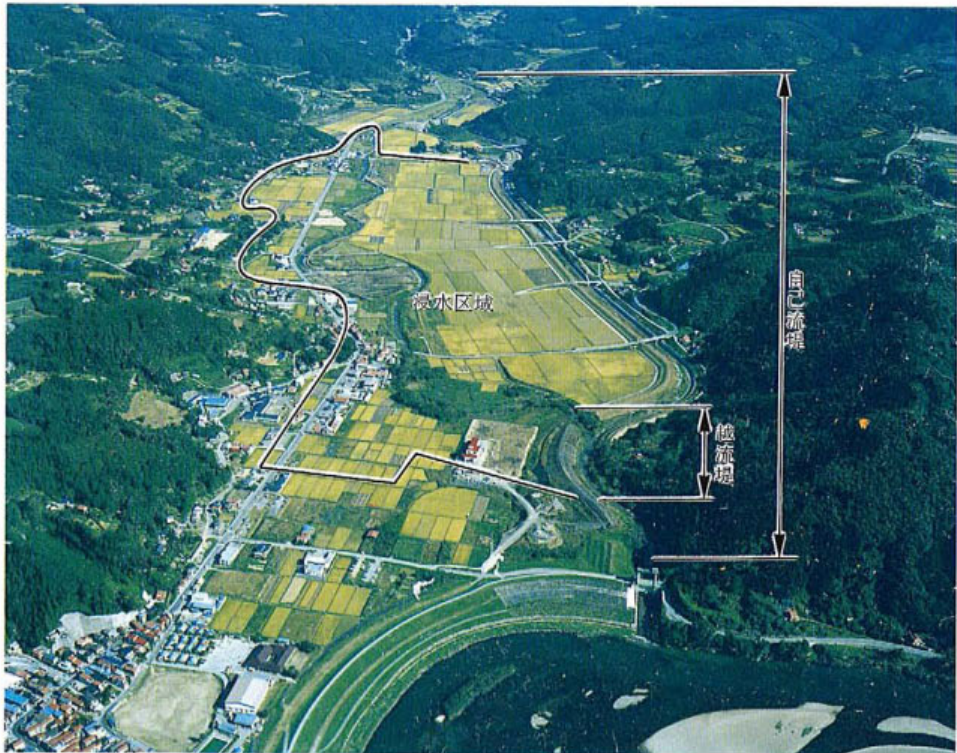


写真 4.7 千厩川下流部 (東北地建岩手工事事務所提供)

(9) 流況調整河川事業における内水対策

佐賀平野は九州最大の筑紫平野の西半分を占め、ほとんどが低平な沖積平野である。この平野には、筑後川をはじめ多くの河川が流れているが、有明海の大きな潮汐の影響も受け、これまで中小洪水によって度々浸水被害が発生している。

筑後川、城原川および嘉瀬川を連絡する流況調整河川を建設する佐賀導水事業は、洪水調節、内水排除および河川水質浄化、維持用水の補給等流水の正常な機能の維持と増進並びに水道用水の供給の確保を図り、河川の流況を改善しようとするものである。

この事業の一部として、通瀬川、切通川、井柳川、三本松川、馬場川、中江地川、焼原川等の内水を筑後川、城原川、嘉瀬川へ排水して、内水被害の軽減を図るとともに、佐賀江川支川の巨勢川では、図4.16に示すようにいったん洪水を巨勢川調整池に流入させ、この水をポンプおよび導水路によって嘉瀬川へ排水する内水対策が計画されている。

このように、流況調整河川事業の中で内水排除を実施している例としては、木曾川導水事業、北千葉導水事業などがある。

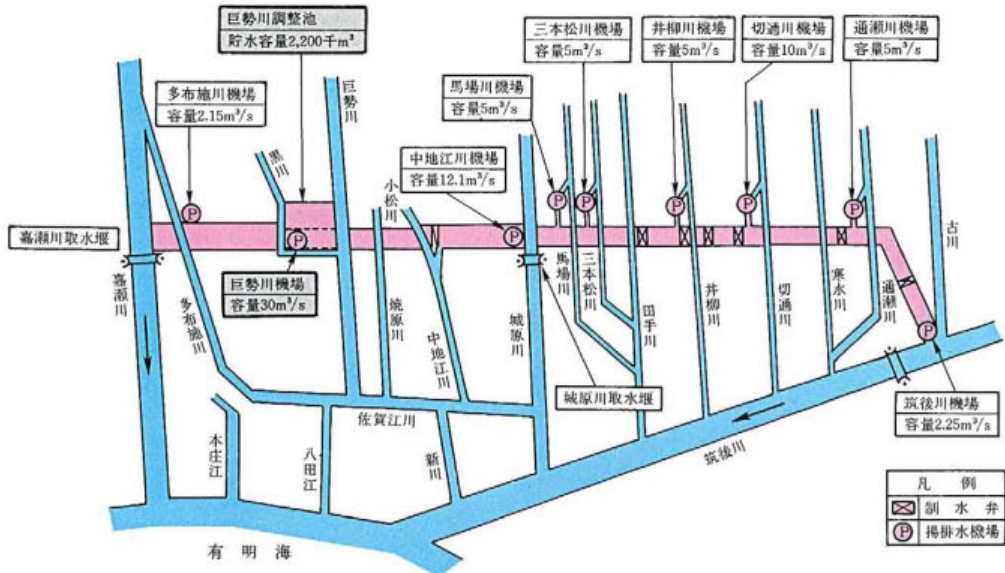


図 4.16 佐賀導水主要施設模式図
(九州地建佐賀河川総合開発工事事務所資料による)

第 I 編 内水処理計画

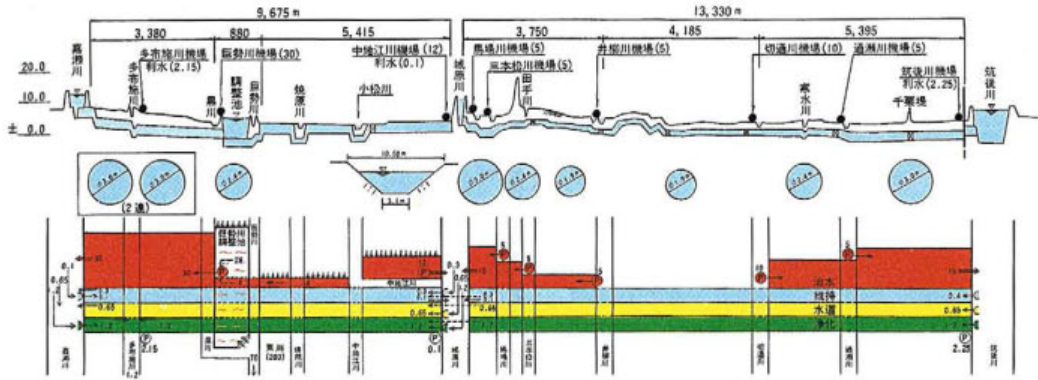


図 4.17 佐賀導水路縦断模式図
(九州地建佐賀川総合開発工事事務所資料)

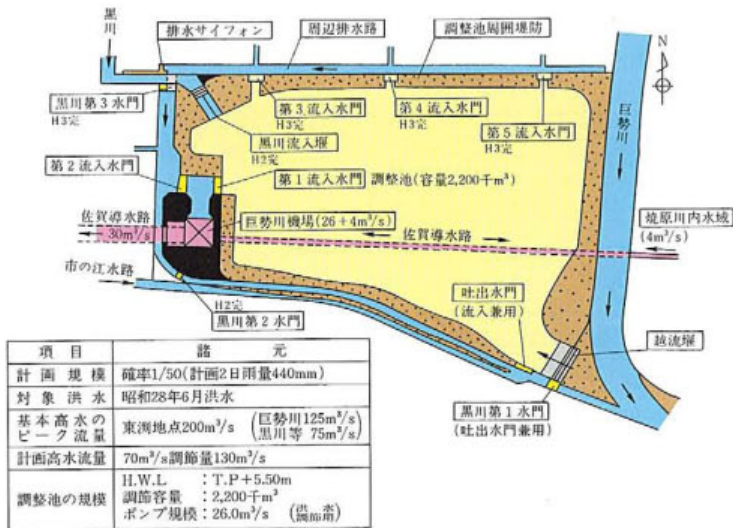


図 4.18 巨勢川調整池平面図 (九州地建佐賀川総合開発工事事務所資料による)



写真 4.8 巨勢川調整池 (九州地建佐賀川総合開発工事事務所提供)

〔参考5〕 事例調査

内水処理計画の策定にあたっては、その地域に相応しい処理方式を検討していくことおよびその検討過程を明らかにすることが重要である。内水処理方式の検討を系統的に行うことで、より合理的な内水処理方式の選択が可能となる。平成3年度に実施した事例調査によると、内水処理方式の比較検討を行っている河川は全体の26%であった。内水処理方式の検討を省略した理由は表4.1のとおりである。

表4.1 内水処理方式の検討を省略した理由

No.	項 目	件 数
1	内水排除ポンプ案があらかじめ最善策と判断されたため	26
2	内水区域の地形状況から処理方式が制限されたため	30
3	既往検討資料で内水処理方式が既に決まっていたから	7
4	救急内水対策事業による計画であったため	9
5	その他	8
6	不明	1
計		81
回答河川数		73

また、比較検討した内水処理方式は表4.2のようであり、内水排除ポンプが最も多い。またソフト対策を検討した河川は3河川であり、その内容は土地利用規制・変更2件、家屋の耐水化1件である。

表4.2 比較検討した内水処理方式

No.	項 目	件 数
1	バック堤方式の河道改修	9
2	内水排除ポンプ	23
3	内水貯留施設（遊水池）	7
4	放水路	8
5	地下放水路	1
6	内水区域の統合	2
7	河道改修	9
8	樋門・水門の改築	6
9	遊水区域の特定化	1
10	上記処理方式を組み合わせたもの	11
11	その他	4
計		81
回答河川数		30

表 4.2 のような比較検討する内水処理方式を選定した理由は、表 4.3 のとおりである。b の内水区域の地形条件を考慮したが最も多い。この地形条件には、土地利用条件も含まれるものと考えられる。a の流出特性は内水特性の一部と考えられる。よって、これまでも内水処理方式の選定にあたっては、対象地域の地形・土地利用条件、内水特性が考慮されていると考えられる。

表 4.3 内水処理方式を設定した理由

No.	項 目	件 数
1	内水河川と本川の流出特性を考慮した	4
2	内水区域の地形条件を考慮した	10
3	内水河川の河道計画に整合させた	2
4	内水河川の河道改修に限界がある	2
5	その他	13
	計	31
	回答河川数	24

4.3 処理方式の最終選定

最終的な処理方式は、一次選定された処理方式について経済性、実現の可能性、施設の維持管理、超過洪水に対する効果等を総合的に比較して決定する。

【解説】

内水処理方式の決定には一般に経済性に重点がおかれるが、経済性だけでなく、周辺の土地利用からみた早期実現の可能性や、施設の維持管理の容易さ、計画規模以上の洪水に対する効果、既往内水に対する効果、本川の安全度との整合性等を、総合的に勘案して内水処理方式を決定する。また、施設間の経済性比較は、処理方式が異なっても治水効果（便益）は同一と考え、事業費（費用）で比較してよい。この際の費用は、年費用に年維持管理費を加えたものとする。

第5章 検討対象内水の選定

第5章 検討対象内水の選定

検討対象内水は、過去の降雨実績、外水位および湛水状況を考慮して、既往最大の被害をもたらした内水を含み、水文資料の整備状況に応じて数個選定する。

【解説】

検討対象内水は、次の目的に用いる。

- ① 内水解析モデル作成時の検証用の内水として（検証内水）
- ② 内水処理方式および施設規模の検討対象内水として（計画対象内水）

なお、①②のそれぞれの目的に用いる内水は同一であることが望ましいが、水文資料の整備状況等から異なることもある。

内水処理方式の検討のためには、降雨波形や外水位波形およびその相対的關係がさまざまな内水を検討対象内水として選定することが望ましい。このような考え方にに基づき、検討対象内水は、過去の実績値から既往最大の被害をもたらした内水を含み、被害状況、水文資料の整備状況に応じて数個選ぶものとする。また、地域住民への事業効果のアピール等を考慮すると、できるだけ近年の内水を選んでおくことも重要である。既往の内水処理計画では、検討対象内水の選定にあたって次の点を考慮している。

- ① 被害の大きな内水
- ② 内水河川流域での雨量の大きな内水
- ③ 外水位が堤内地盤高を上回る内水
- ④ 内水河川流域での雨量と外水位いずれも大きい内水
- ⑤ 湛水位の大きい内水
- ⑥ 湛水時間の長い内水
- ⑦ 水文資料のよく整備された内水
- ⑧ その他（本川改修計画等の対象洪水または本川の代表洪水等）

既往の内水処理計画では、計画対象内水として4～6個を選定している場合が多く、

この程度は選定することが望ましい。

〔参 考〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、計画対象内水の数は表5.1のとおりである。1内水というのを除けば、4～6内水を計画対象内水としていることが多い。計画対象内水数の単純平均値も、ほぼ5.5内水となっている。

表5.1 計画対象内水数の内訳

対象内水数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10以上	計
件 数	21	5	7	16	17	19	4	8	5	7	6	115

* 1河川は未記入。

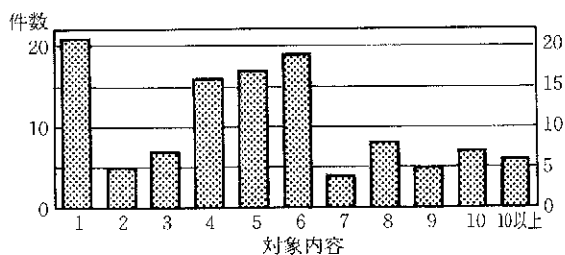


図5.1 計画対象内水数の分布

第6章 内水解析モデルの作成

第6章 内水解析モデルの作成

6.1 総 説

内水解析モデルは、対象内水河川流域における過去の内水現象の再現、および将来の内水現象の予測ができるように作成する。

【解 説】

内水現象は本川洪水の規模（外水位と継続時間）、内水流出量の規模および内水区域の地形条件によって規定される複雑な現象である。このため、内水解析モデルの作成にあたっては、将来の予測にも用いることを考慮しつつ、過去の内水現象をできるかぎり正確に再現できるモデルを作成する必要がある。

なお、ここでいう内水解析モデルとは図6.1に示したように、内水位を計算する内水モデルのみでなく、入力条件となる内水河川流域流出量を計算する流出モデル、および境界条件となる外水位曲線の作成を含むものである。

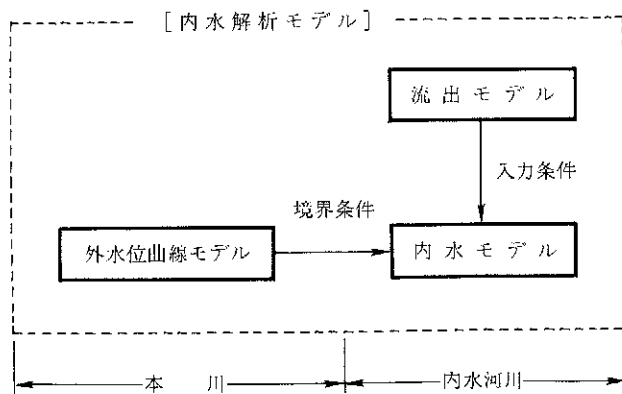


図6.1 内水解析モデルの概念

6.2 流出モデル

6.2.1 概 説

流出モデルは、内水解析モデルの一部であり、内水河川流域の流出量を与えるために作成する。

【解 説】

流出モデルとは、内水河川流域の降雨を入力とし、流域の地形、土地利用等を条件とし、流出量を算定するモデルである。

ここで、流出量を算定するための手順を示すと図 6.2 のとおりである。

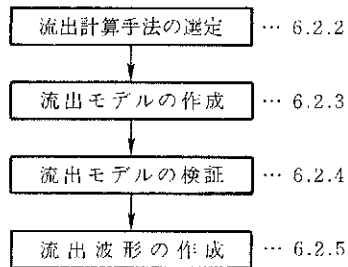


図 6.2 流出量算定手順

6.2.2 流出計算手法の選定

内水河川流域の流出計算手法には一般的に次のものがあり、その流域の状況および内水河川、本川で用いられている流出計算手法も参考にしながら、この中から最も適切と思われる方法を選定する。

- (1) 合理式法
- (2) 単位図法
- (3) 流出関数法
- (4) 準線形貯留型モデル法
- (5) 貯留関数法

(6) 等価粗度法

(7) その他

なお、内水河川流域は一般的に小流域のものが多く、土地利用条件の変化が顕著に現われやすいため、土地利用変化に応じた流出現象が表現できる流出計算手法を採用することが望ましい。

【解 説】

流出計算手法は流域の流出機構をモデル化したものであるから、そのモデル化の方法によってそれぞれの特徴を持っている。流出計算手法の選定は、その特徴を十分に踏まえ、対象流域の特性および使用目的に応じて行う。流出計算手法の選定にあたっては、対象流域の既往検討事例あるいは対象流域を含む本川の流出計算手法を、十分参考にする必要がある。一般に、内水解析において良い流出モデルとは、次の条件を満たすものと考えられる。

- ① 降雨波形に応じたハイドログラフが得られること
- ② そのモデルによる推定値が実測値とよく合うこと
- ③ 計算が簡単であること
- ④ 流域の状況変化が表現できるモデルであること

また、計算手法を選定するときに留意すべき主な事項をあげると、次のとおりである。

- ① 流域の地形・土地利用形態
- ② 有効降雨の算定方法
- ③ 対象流域の大きさ
- ④ 流出成分の検討

【参考1】 各流出計算手法の特徴

上記の各計算手法についてその特徴を列挙するが、計算方法および諸定数の設定方法等の詳細については、河川砂防技術基準（案）等を参照されたい。

洪水流出の計算法は、降雨と流出量の関係を線形とみるか、非線形とみるかにより2つに大別できる。線形流出計算法には合理式法、単位図法および流出関数法があり、非線形流出計算法には、準線形貯留型モデル法、貯留関数法および等価粗度法などがある。

(1) 合理式法

- ① 合理式法は、雨水の流下集中現象に着目してピーク流出量を推算するための簡易な手法であり、貯留現象を考慮する必要のない河川では広く用いられている。
- ② 内水解析では、流出量としてピーク流量だけでなく流出波形も必要となるため、合理式法を適用する際には単位時間ごとの降雨強度に合理式を適用し、これらを合成してハイドログラフを推定することが行われている。
- ③ 一般に、流域面積が 100 km² 程度以下の流域に用いられている。
- ④ 適用される流域としては、降雨の浸透や凹地貯留の少ない市街化された流域があげられるが、一般に流域面積が大きくなると貯留効果が大きくなり、合理式の線形仮定が成立しなくなるので適用が難しい。

(2) 単位図法

- ① 同一の流域では、地域的、時間的に一様強度で一定継続時間の有効雨量は常に一定の流出を生ずる、という仮定の下に Sherman によって提唱されたものである。
- ② 小流域で非線形効果の少ない流域に適用され、ほぼ合理式の適用が妥当な大きさの流域に適している。
- ③ 水文資料の得られていない流域で簡単に流出計算を行い得るように、単位図をわが国の河川に適用し総合化したものとして中安総合単位図法がある。
- ④ また、単位図法の基本前提を尊重するとともに、貯留現象を組み入れた方法として立神単位図法がある。
- ⑤ 有効雨量の推定や流出の遅れ時間の求め方に工夫がみられるが、土地利用形態の変化を直接的に表現できない。

(3) 流出関数法

- ① 流出関数法は、降雨と流出の関係を線形と仮定して、線形応答関数を利用して流出計算を行うものである。
- ② 単位図法と同様、非線形効果の少ない小流域に適用される。
- ③ 流域の開発に伴う流出量の増大、到達時間の減少に着目して、到達時間の係数である定数 α を流量の関数で与え、非線形効果を表現している例もある。

(4) 準線形貯留型モデル法

- ① 流域の土地利用の変化による流出増を評価するモデルとして開発された手法である。
- ② 都市化の進展の著しい流域で、土地利用の変化とそれに伴う流出量の変化の関係を予測する場合に比較的よく用いられている。

(5) 貯留関数法

- ① 貯留関数法は、流出特性の非線形性を表わすために貯留量という概念を導入し、貯留量と流出量との間に一義的な関数関係を仮定して、貯留量を媒介関数として降雨量から流出量を求めようとするものである。
- ② 対象流域は、通常 10～1,000 km²程度の範囲を限度として、部分流域に分割して適用される。
- ③ 本手法は、山地流域のように斜面を流下・浸透する雨水流が流出の主成分である場合に適している。
- ④ 斜面流出定数 K 、 P において等価粗度型の定数を採用し、土地利用変化に伴う流出の変化を表現する方法も行われている。

(6) 等価粗度法

- ① 等価粗度法は、流域を幾つかの矩形斜面と流路が組み合わさったものとみなし、これらの斜面や流路における雨水流下現象を水流の運動法則と連続の関係をを用いて、水理学的に追跡するものである。
- ② 対象とする河川が比較的急勾配で、かつ降雨強度が大きく流出現象が表面流出により生じている河川に適している。
- ③ 流域の特性を表わすパラメータとして等価粗度係数があり、これにより土地利用変化に伴う流出変化を表現することができる。

〔参考2〕 事例調査

平成3年度の事例調査によると内水処理計画で用いられた流出計算手法は表6.1のとおりであり、流域面積の大小にかかわらず貯留関数法が多く用いられている。

表6.1 既往内水処理計画における流出計算手法の採用状況

No.	モデル名	件数	採用率
1	貯留関数法	74	60.7%
2	等価粗度法	20	16.4%
3	合理式法	6	4.9%
4	単位図法	5	4.1%
5	その他	17	13.9%
計		122	

また、手法の選定理由で最も多かったのは、本川および対象（近傍）内水河川の流出計算で用いられているためというものであり、次に多かったのは、土地利用の変化を表現できるためというものである。

〔参考 3〕 諸定数の値および設定方法

流域の土地利用変化を直接的に反映できる準線形貯留型モデル、貯留関数法、および等価粗度法の諸定数の値およびその設定方法を以下に示す。

① 準線形貯留型モデル：C 値

$$K = t_c / 2$$

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

ここで、C 値は $(N/\sqrt{S})^{3/5}$ に比例する。

C：土地利用によって定まる定数

A：流域面積 (km²)

r_e：洪水到達時間 t_c内の最大平均有効降雨強度 (mm/h)

N：等価粗度係数 (m^{-1/3}・s)

S：斜面勾配

② 貯留関数法：K、P

マニング則を適用した場合には

$$K = 0.1165 (N \cdot L / \sqrt{S})^P$$

$$P = 0.6$$

N：等価粗度係数 (m^{-1/3}・s)

S：斜面勾配

L：斜面長 (m)

③ 等価粗度法：K、P

$$K = (N/\sqrt{S})^P$$

$$P = 0.6$$

N：等価粗度係数 (m^{-1/3}・s)

S：斜面勾配

6.2.3 流出モデルの作成

流出計算にあたっては、必要に応じ、流域を適当な大きさに分割するとともに、内水河川流域の特性を考慮した流域定数を設定する。

【解 説】

流出モデルでは、分割された流域を最小の単位とし、この流域内は同じ条件であるとして取り扱い計算を行う。このため、流出モデルを作成する際には、流域の状況等を考慮して必要に応じ適宜流域を分割してモデル化することが必要である。

流域を分割する際に考慮すべき点は次のとおりである。

- ① 雨量分布状況
- ② 主要な支川・排水路の合流点
- ③ 勾配の変化点
- ④ 計画上重要な地点
- ⑤ 流量観測地点

流域定数の設定にあたっては、内水河川流域の特性（地形条件、土地利用条件等）を考慮する。内水河川流域では、流出量を直接検証できる流量資料が不備な場合が多いが、その場合の流域定数の設定方法として次のような手法をとる。

- ① 流出斜面の形状から物理的に流域定数が定まる手法を用いる。
(例えば、等価粗度型流出計算手法)
- ② 流域定数が総合化されている流出計算手法を用いる。
(例えば、山地流域、平地流域の総合貯留関数法)
- ③ 検証計算が実施されている近傍内水河川、あるいは本川の流出計算で用いられている流域定数を用いる。

6.2.4 降雨波形の作成

流出計算を行うために、検証対象内水の降雨波形を求める。

【解 説】

流出計算を行うためには、検証対象内水の時間降雨波形（ハイトグラフ）が必要で

ある。この降雨波形は、まず対象観測所を選定し、次に欠測雨量の補填を行い、さらに流域平均雨量の計算を行うことにより求める。

(1) 対象観測所の選定

ここでは前述「2.2 水文調査」の調査結果に基づき、時間雨量の整備されている雨量観測所の選定を行う。

観測所はできる限り調査対象流域内のものを選定することが望ましいが、観測所が存在しない場合、あるいは存在しても整備状況が良好でない場合には近傍のものを選定することになる。この際には、その観測所の降雨波形が時間的、空間的に調査対象流域を代表するものかどうかについて検討しておく必要がある。

(2) 欠測雨量の補填

選定した観測所の時間雨量記録に欠測がある場合には、これを補填する。この補填は、欠測前後の降雨状況および近傍地域に位置する他観測所の降雨状況・分布状況等を考慮して行う。ただし、欠測していない観測所のみで流域平均雨量の算定が可能な場合、あるいは欠測時間が長い場合は、当該観測所を使用しないことにし、欠測補填を行わない。

(3) 流域平均雨量の算出

内水河川流域の流域平均雨量を算出する。流域平均雨量算定手法は、原則としてティーセン法を用いる。

6.2.5 流出モデルの検証

流出モデルは、実測ハイドログラフと計算ハイドログラフの適合性を目視によって比較し検証する。

【解説】

流出モデルには、実測値を用いて決定すべきいくつかの定数（パラメータ）が含まれている。このため、検証により最適な定数を決定するが、その際には、そのモデルによる推定値が実測値に合うか合わないかが判断の基準となる。推定値と実測値の適合度の評価は、流量の最大値の一致に重点をおくか、あるいは、流出波形の一致を重視するかで異なってくるが、内水被害では流量の総量が大きく影響するので、内水解析の場合には洪水の流出波形の一致が重要である。

通常、適合度の判断は目視によってなされ、相当の経験が必要であるが、客観的な判

断基準の一つとして、次のような誤差の平方和を最小にする方法も提案されている。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{0(i)} - Q_{c(i)}}{Q_{0P}} \right)^2$$

ここに、 E ：誤差

$Q_{0(i)}$ ： i 時の実測流出量

$Q_{c(i)}$ ： i 時の計算流出量

Q_{0P} ：実測の最大流出量

n ：計算時間数

この式で求められる誤差がある値（通常は0.03）以下になるよう定数を定めるものである。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ので、注意を要する。

なお、ハイドログラフの実測値が得られていない等の理由から、流出モデルの検証は困難なことが多い。このような場合には、後述するように内水解析モデル全体の検証により、流出モデルの妥当性を確認しておくことが必要となる。

6.2.6 流出波形の作成

内水解析モデルの検証内水について流出計算を行い、内水河川流域の流出量を算定する。

【解説】

6.2.5で検証した流出モデルを用い、内水解析モデルの検証内水について、内水河川流域の流出波形を算定する。

複数の検証内水があり、これら内水の発生時点間に流域の土地利用変化が顕著な場合には、流出計算に際してこれらの変化状況を考慮することが必要である。

6.3 外水位曲線の作成

内水解析モデルを検証する際の境界条件となる外水位曲線を、実績外水位記録から作成する。

【解説】

内水解析モデルを検証するためには、境界条件となる内水河川合流地点の外水位が必要となる。

内水河川の本川への合流点における実績外水位波形を推定する方法としては、次の各方法がある。

- ① 実績水位記録をそのまま用いる方法
- ② 水面勾配により推定する方法
- ③ 不等流計算により推定する方法
- ④ 不定流計算により推定する方法

①は、内水河川の本川合流点に水位観測所があり、この水位記録をそのまま用いる方法である。この方法は、外水位波形を算定するのに最も適切な方法であるが、一般にこのような水位観測所の整備されている場所は少ないために②～④の方法で設定することとなる。次に②～④の方法について述べる。

(1) 水面勾配により推定する方法

この方法は、近傍観測所の実績水位を用い、これに水面勾配を考慮して本川合流点の外水位波形を推定するものである。水面勾配は次のようなものが用いられる。

- ① 実績水面勾配
- ② 洪水痕跡勾配
- ③ 計画高水位勾配など

(2) 不等流計算により推定する方法

この方法は、内水河川合流点における本川のH～Q曲線を不等流計算により作成し、本川ハイドログラフから外水位波形を推定するものである。本川のハイドログラフがない場合には、流出計算を行いハイドログラフを算定する。

(3) 不定流計算により推定する方法

本川での流下形態が非定常性の強い場合、例えば、内水河川の合流点が感潮区間に位

置するような場合には、不定流計算によって排水地点における本川の外水位波形を算定する。本川の実績ハイドログラフがない場合には、流出計算を行いハイドログラフを算定する。

6.4 内水モデルの作成

6.4.1 概 説

内水モデルは、内水解析モデルの一部であり、内水位、および湛水区域を算出するために作成する。

【解 説】

内水モデルとは、内水区域の地形、排水形態等の調査結果に基づいて作成し、流出モデルで得られた内水河川流域の流出量を入力条件、また、外水位曲線を境界条件として、内水位、および湛水区域を算定するモデルである。

内水モデルの作成手順は、**図 6.3**のとおりである。

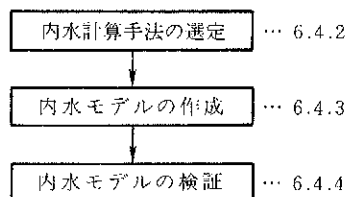


図 6.3 内水モデルの作成手順

6.4.2 内水計算手法の選定

対象内水区域の内水特性に応じて、対象内水区域の内水現象が再現できる内水計算手法を選択する。

【解 説】

内水現象を再現するためには内水区域をモデル化し、内水区域への流入量、外水位という境界条件を与えて計算しなければならない。この内水計算手法としては、次のようなものがある。

(1) 池モデル

(1 池モデル、多池モデル)

(2) 汎濫流モデル

(一次元モデル、二次元モデル)

いずれの手法を用いるにしても、あらかじめ内水区域の地形条件を把握しておかなければならない。また、多池モデルおよび汎濫流モデルの場合は、さらに内水区域ブロック分割のための湛水特性および内水河川の河道断面についても調査しておく必要がある。

次に、池モデルと汎濫流モデルを概説する。

(1) 池モデル

池モデルは、1 池モデルと多池モデルとがあり、いずれの場合も池への流入量と外水位を境界条件として、連続式により池内の水位を推定するものである。このうち、1 池モデルは既往の内水処理計画で最も多く用いられている。

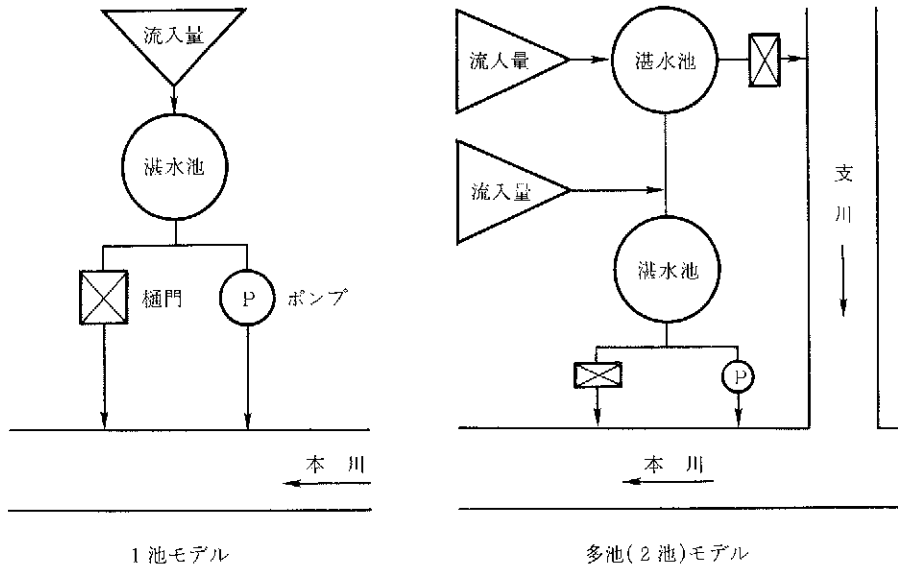


図 6.4 1 池モデルと多池モデル

1池モデルでは、内水区域を一つの水位で代表される1個の池と仮定し、流出モデルによる流出計算結果を流入量 I 、ポンプ、水門等による本川への排水量 Q 、湛水量を V として、 $dV/dt=I-Q$ という連続式に基づいて V の時間変化を計算し、 $H\sim V$ 曲線を用いて内水位を逐次計算するという方法をとっている。このため、計算は簡便であるが内水区域がいかなる地形構造を持っていても、河道内および内水区域での流水の運動は評価されず、ただ末端の排水施設のみが評価の対象となるにすぎない。

なお、多池モデルは内水区域を多数の池で代表させ、1池モデルでは一括して扱われていた内水区域の湛水状況を、ある程度細かく表現しようとしたものである。

(2) 氾濫流モデル

氾濫流モデルは、内水区域への流入量と外水位とを境界条件として、内水区域内の流れを連続式と運動方程式とにより解析し、湛水状況を推定する。すなわち、池モデルでは考慮されていなかった運動方程式が導入されている。したがって、このモデルは池モデルでは評価されなかった内水区域の流水の挙動を、表現できることになる。

内水区域での流水の挙動を表現したい場合には、このモデルで解析しなければならない。例えば、内水区域が広く氾濫流の流下時間が長い場合、あるいは内水河川流域内の降雨の状況によって湛水区域が変化するような場合には、氾濫流モデルが用いられる。

この氾濫流モデルには、河道を一次元不定流で解析しその河道に湛水池が接続される一次元モデルと、湛水域の平面的な広がり表現するために湛水域を二次元メッシュで

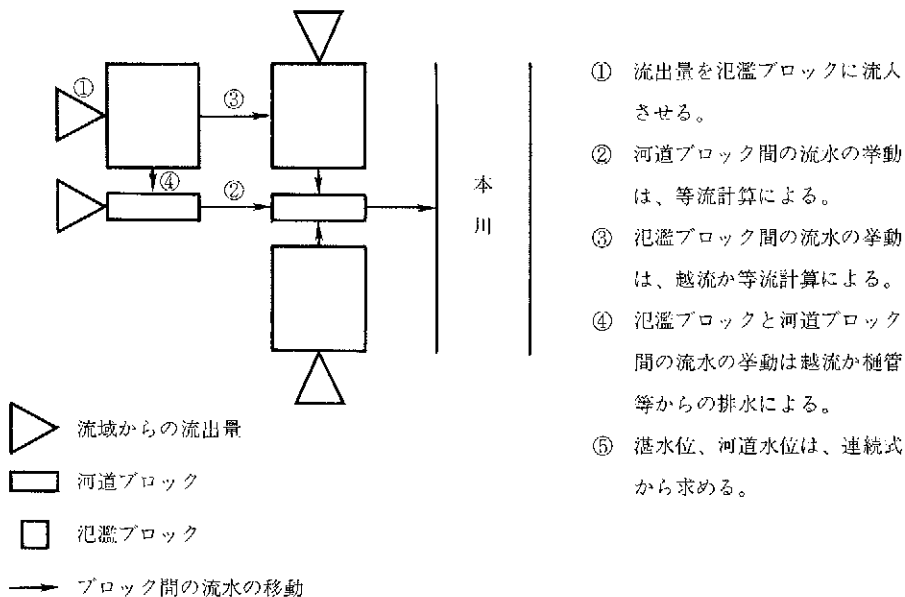


図 6.5 氾濫流モデルの例 (簡易一次元不定流モデル)

扱う二次元モデルがある。また、採用する運動方程式の形によって、一次元モデルは貯留関数法、簡易一次元不定流モデル等に、また、二次元モデルは、越流ポンドモデル、氾濫ポンドモデル、開水路ポンドモデル、二次元不定流モデル等に区分される。これらの詳細は、「土木研究所資料第 2175 号 氾濫シミュレーション(2) 昭和 60 年 3 月 建設省土木研究所」を参考にされたい。

【参 考】 事例調査

平成 3 年度の事例調査によると、内水処理計画で用いられた計算手法は表 6.2 のとおりであり、約半数の河川で 1 池モデルを、2 割近い河川で多池モデルを採用しており池モデルの適用例が多かった。

また、湛水面積が大きくなるにつれて、氾濫流モデルが多くなる傾向にあった。

表 6.2 既往内水処理計画における内水計算手法の採用状況

No.	モデル名	件数	採用率	内 訳
1	1 池モデル	58	50.9%	
2	多池モデル	20	17.5%	
3	氾濫流モデル	30	26.3%	貯留関数法 10件(8.8%) 簡易一次元不定流モデル 4件(3.5%) 越流ポンドモデル 1件(0.9%) 氾濫ポンドモデル 5件(4.4%) 開水路ポンドモデル 9件(7.9%) 二次元不定流モデル 1件(0.9%)
4	その他	6	5.3%	
	計	114		

6.4.3 内水モデルの作成

選定された内水計算手法に応じ、内水区域の湛水現象を表現するために必要な地形・河道条件、および排水条件に係わる諸元を整理し、内水モデルを作成する。

【解 説】

検討対象内水区域の地形・河道条件、本川および内水河川への排水条件を十分調査し、内水区域における湛水区域および内水位の時間的な変動現象が再現できるよう、前項で選定した内水計算手法に基づく内水モデルを作成する。

なお、この際盛土等による内水区域の地形変化や内水対策の効果が表現できるようにモデル化を行っておく必要がある。

6.4.4 内水モデルの検証

内水モデルは、実績の湛水区域・内水位と計算湛水区域・内水位との適合性を、目視によって比較し検証する。

【解説】

池モデルについては、実測値を用いて決定すべき定数（パラメータ）はないが、氾濫モデルでは河道および内水区域の粗度係数が同定すべき定数になる。そのため、実測値との検証により最適な定数を決定する必要がある。また、池モデルについては、池モデルそのものの採用が適切か否かを、実測値を用いて確認する必要がある。計算値と実測値の一致の度合は、次の各項目を重視して評価する。

- ① 内水位の最大値
- ② 内水位波形
- ③ 湛水区域

なお、実績の内水位資料が得られていない等の理由から、内水モデルを検証することが困難なこともある。しかし、このような場合であっても、モデルの妥当性および計算結果の精度を確認するために、過去の内水被害時の痕跡水位等を用いて、なんらかの検証をしておくことが望ましい。

6.5 内水解析モデルの検証

内水解析モデルの検証は、基本的には流出モデル、内水モデルそれぞれについて個別に検証することとするが、流出域からの流出量が観測されていない場合には、内水区域における水位等で内水解析モデルを一括して検証する。

【解説】

内水解析モデルは、6.1で述べたように流出モデル、内水モデル、および外水位曲線モデルで構成される。

内水河川流域では、流出域からの流出量が観測されていることが少なく、流出モデルの検証が実施できない場合がある。このような場合であっても、内水モデル、および外

水位曲線モデルは比較的不確定要素が少ないことから、内水解析モデル全体として検証がなされればよい。

しかしながら、内水区域の流れが複雑であったり、流速が大きく内水区域におけるエネルギー損失が無視できない場合には、内水モデル単独の検証を実施する必要があり、流出モデルの検証と二段階の検証を行う必要性がある。

第7章 確率評価手法の検討

第7章 確率評価手法の検討

7.1 総 説

確率評価手法の検討は、内水の規模の年超過確率を正しく評価することを目的とし、対象内水河川流域の特性を踏まえて行う。

【解 説】

確率評価とは、内水規模の年超過確率を評価することを意味する。確率評価は次のような目的に用いる。

- ① 計画規模に対応する内水規模の設定（第8章）
- ② 既往内水規模の評価
- ③ 経済効果検討時の各確率規模に対応する内水規模の設定（第9章）

内水の規模は、内水河川流域の流出量、外水位波形およびこれら両者の時間的相対関係によって定まる。このように内水の確率は、1変数の確率ではなく多変数確率の問題となるので、内水処理計画を複雑なものにしている。また、内水河川流域の流出量、外水位波形およびこれらの相対関係は、自然条件だけに規定されるものではなく、河道改修、土地利用の変化等の人為的な作用によっても変化するので、いっそう内水規模の確率評価は複雑となる。しかし、内水区域の治水安全度を正確に把握し、かつ適正な施設規模を決定するために、内水特性、水文資料の整備状況等を踏まえた調査対象地域に相応しい確率評価手法の検討を行う。

7.2 確率評価手法の検討

内水処理計画における内水規模の確率評価手法は、検討対象地域の内水特性および水文資料の整備状況に応じて選定すべきものであり、次に示す確率評価手法の中からその手法の特徴を踏まえて選定する。

- (1) 内水河川流域降雨量による確率評価
- (2) 内水時間帯降雨量による確率評価
- (3) 湛水量による確率評価

【解説】

通常の洪水防御計画においては、計画規模の外力は降雨量を確率評価し、これを流出量に変換して設定する手法がとられる。内水処理計画でも、内水河川の流下能力を規定する施設（河道、水門、樋管等）の計画外力はピーク流量とし、降雨量で確率評価する。

一方、既往内水の規模そのものや内水処理施設（排水機場、遊水地等）の計画外力の評価は、ピーク流量よりも内水区域の湛水量で行うべきものである。しかし、7.1 で述べたように、内水の湛水現象は幾つかの要因が複雑にかかわりあって生じるため、この湛水量の確率評価はさまざまな手法が考えられる。内水現象の結果である既往内水における湛水位あるいは湛水量の実績値で確率評価するのが最も直接的ではあるが、通常これらの実績資料の整備状況は良好でないうえ、人為的な作用により同一の降雨条件であっても湛水量が変化するため、内水規模の確率評価手法として使用できないことも多い。

表 7.1 には、確率評価手法の概要とそれらの手法の適用にあたっての考え方を整理して示した。これを踏まえて内水処理計画における確率評価手法の選定フローを示せば、図 7.1 のようである。図 7.1 に基づき確率評価手法の選定手順を述べれば、以下のようである。

《確率評価手法の選定手順》

①②において、まず内水時間帯降雨量による確率評価が可能か否かを検討する。この手法は、湛水量を内水時間帯（内水時間帯の定義については〔参考 1〕を参照）の降雨量で表現しようとするものであるから、内水河川流域が極めて小さい場合にのみ適用で

表 7.1 確率評価手法適用に関する考え方

確率評価手法	確率評価手法の概要	確率評価を行うための必要データ	適用条件
(1)内水河川流域降雨量による確率評価	内水河川流域の降雨量の年超過確率を評価する方法である。 計画降雨の継続時間は、流域規模、降雨および外水位波形状の特性等から設定する。	計画降雨継続時間内降雨量の毎年最大値が必要である。 また、統計期間はできるだけ長期とする。(少なくとも30年以上が望ましい)	内水河川流域の降雨量と外水規模との相関関係が強い場合や、堤内地盤高が外水位に対して常に低く、内水規模が内水河川流域の降雨量ではほぼ表現できる場合に適用できる。 一変数、それも降雨量のみであるため比較的観測値の信頼度は高く、作業も他の手法に比べ簡便である。 ただし、計画降雨の継続時間については、流域の大きさ、洪水到達時間、湛水特性、水文資料の整備状況等を考慮して定めなければならない。
(2)内水時間帯降雨量による確率評価	内水規模の年超過確率を内水区域に湛水すると思われる時間帯における降雨量で評価する。 なお、この時間帯を水門閉鎖時間と設定する厳密な方法と、外水位曲線と内水発生標高(堤内地盤高、水門の平均的な閉鎖水位等)により設定する簡易的な方法がある。	内水時間帯降雨量の毎年最大値(毎年、内水が発生していない場合は、ある基準以上の内水時間帯降雨量)が必要である。 また、統計期間はできるだけ長期とする。(少なくとも30年以上が望ましい)	内水区域に湛水すると思われる時間帯の降雨量で、内水区域の降雨量を表現する方法である。したがって、流域面積が小さく、到達時間が極めて短い場合に適用できる。 計算湛水量による確率評価と同様、既往の主要洪水(年数値)の降雨と外水位の時刻データが、過去数十年間にわたり蓄積されていない場合は適用できない。また、内水時間帯を厳密に設定する場合は、水門閉鎖時間の実績も必要となる。 内水河川流域が大きく洪水到達時間が長い場合は、内水時間帯の降雨量だけで内水の規模を表現することは難しく、この方法の適用は困難である。
(3)湛水量による確率評価	内水規模の年超過確率を内水区域の湛水量で評価する。年超過確率の計算にあたっては、実績湛水量を用いる場合と計算湛水量を用いる場合がある。 計算湛水量は既往洪水の降雨と外水位資料を用いて流出計算、内水計算によって求める。	実績湛水量を用いる場合は、年最大湛水量(毎年、内水が発生していない場合は、ある基準以上の湛水量)が必要である。 計算湛水量を用いる場合は、年最大湛水量(毎年、内水が発生していない場合は、ある基準以上の湛水量)となる。内水の内水河川流域降雨量と外水位波形状が必要である。	対象流域の内水特性にかかわらず、どの内水河川流域についても適用が可能である。 実績の湛水量を用いる場合は、統計期間内に内水河川および本川流域の土地利用と河道状況が大きく変化していないことが、必要条件となる。 計算湛水量を用いる場合、既往の主要洪水(年数値)の降雨と外水位の時刻データが過去数十年間にわたり蓄積されていることが必要条件となる。また、流出計算、内水計算を多くの内水に対して実施しなければならぬことから、作業量は他の方法に比べて多くなる。

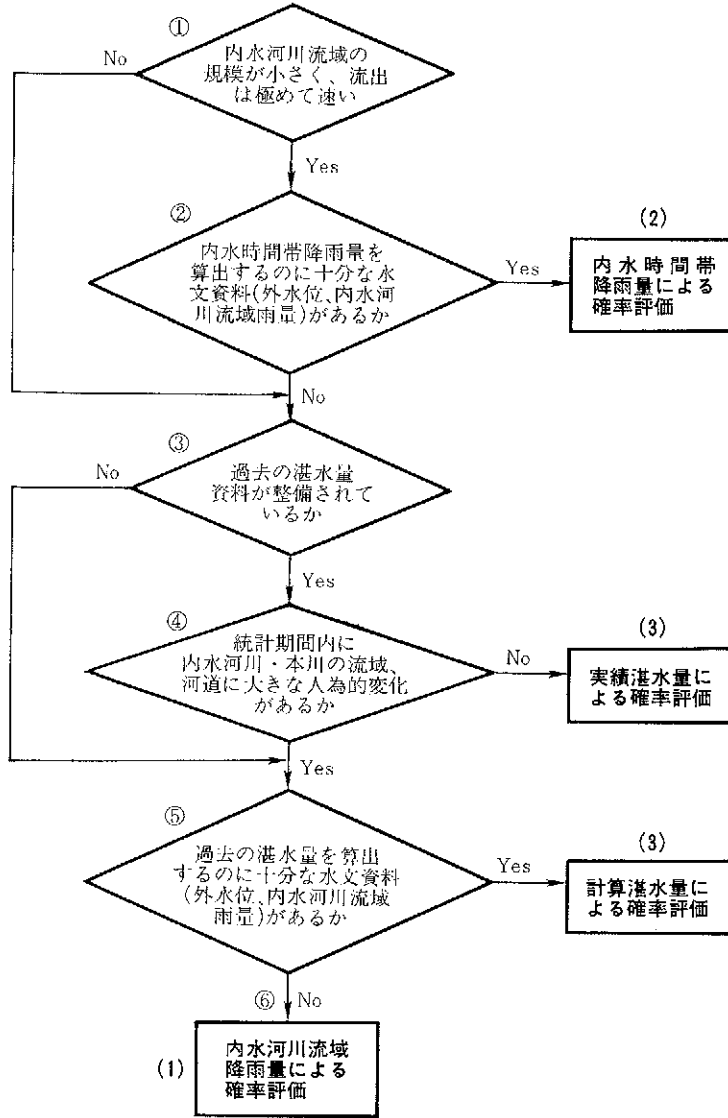


図 7.1 確率評価手法の選定フロー

きる。また、この方法を適用しようとする場合、外水位資料あるいは水門の開閉実績に関する資料が必要となるので、これらの資料の整備状況によっては内水河川流域が小さくてもこの方法がとれないこともある。

次に、この手法が内水河川流域の特性および水文資料の整備状況からみて選択できない場合には、③④において、湛水量での確率評価を考える。実績湛水量資料が整備されており、かつ統計対象期間内に内水河川および本川の流域、河道に大きな変化がない場

合は、実績湛水量による確率評価を行うことができる。

統計対象期間内に内水河川および本川の流域の土地利用と河道状況に大きな変化がある場合は、実績湛水量による確率評価は行えないので、⑤において計算湛水量による確率評価を行うことを考える。計算湛水量は第6章で作成した内水解析モデルにより求める。そのためには、統計対象期間の各年の最大湛水量をもたらしたと思われる内水について、外水位波形と内水河川流域の降雨量が必要となる。（毎年、内水湛水が生じない場合は、ある基準以上の湛水量になるとと思われる内水について、外水位波形と内水河川流域の降雨量が必要となる。）これらの資料が整備されているときは、この方法が採用できる。

上記の2つの方法が採用できないときは、⑥において、内水河川流域の降雨量によって確率評価を行うこととする。すなわち、水文資料の整備状況等の制約から、内水河川流域の降雨量によって確率評価を行うもので、作業の簡便性から比較的良く用いられている。

なお、各確率評価手法の詳細な説明は〔参考1〕に示す。

〔参考1〕 確率評価手法の概要

(1) 内水河川流域降雨量による確率評価

過去の内水被害が発生しているときの内水河川流域の降雨量と外水位規模との相関関係が強い場合や、地形条件等の内水発生機構から判断し、内水河川流域の降雨量だけで内水の規模が規定されると考えられる場合には、内水河川流域降雨量の1変数により確率評価を行うことができる。

既往内水処理計画事例によれば、この内水河川流域降雨量による確率評価手法を採用している例が多くみられるが、その理由として、次の事項があげられる。

- ① 堤内地盤が低く外水位がさほど高い洪水でないときにも内水が発生するため、主要内水においては、内水位はほぼ内水河川流域の流出量に支配される。
- ② 本川河口付近で合流する内水河川では、外水位が潮位の影響を受けるため、外水位の確率評価が意味を持たない。
- ③ 本川の水位資料が乏しく、雨量以外の資料は信頼性に欠ける。

(2) 内水時間帯降雨量による確率評価

この手法は、内水規模の年超過確率を内水区域に洪水と思われる時間帯（「内水時間帯」と呼ぶ）の降雨量で評価するものである。確率処理は、内水時間帯の総雨量を求め、この年最大値を用いて行うことを基本とするが、毎年の内水時間帯雨量がない場合は、ある基準以上の内水時間帯降雨量を用いて行う。

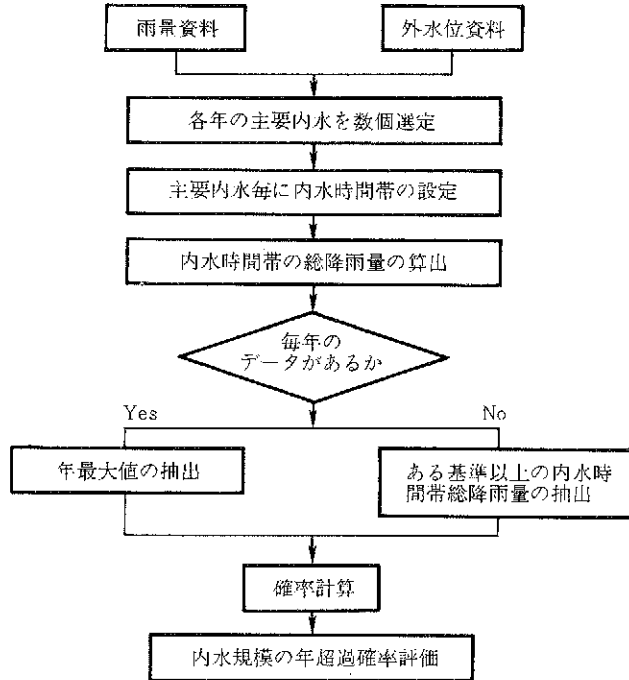


図 7.2 内水時間帯降雨量による確率評価手順

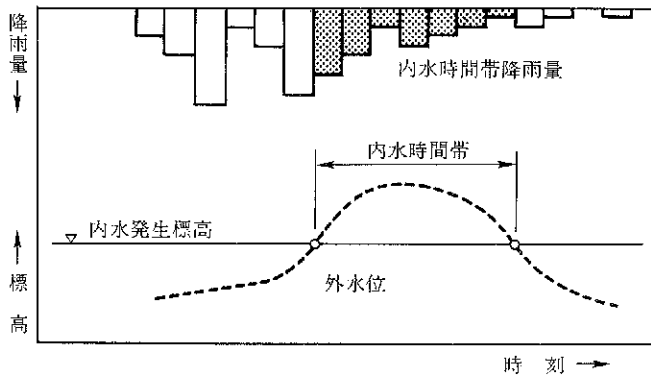


図 7.3 内水時間帯降雨量算定図

なお、この内水時間帯は、水門の閉鎖時間をとる厳密な方法と外水位が内水発生標高を上回る時間をとる簡易的な方法がある。「内水発生標高」とは、外水位がそれ以上になると内水が発生すると想定される標高で、水門の平均的な閉鎖水位、堤内地盤高等から設定する。

この方法の概要は、次に示すとおりである。

- ① ある任意の1年間の外水位と降雨資料により、その年の最大洪水を生じたと思われる内水を数個選定する。
- ② 個々の内水について外水位曲線と内水発生標高から内水時間帯を設定し、その時間帯における総降雨量を求める。
- ③ 算出したこれらの総降雨量を比較して年最大値を求める。
- ④ 以上の作業を統計期間の年数だけ繰り返し、次にこの毎年最大値を確率処理して内水規模の年超過確率を求める。

なお、水門閉鎖実績がない、あるいは外水位が内水発生標高を上回らない年があれば、非毎年の内水時間帯降雨量を用いて確率計算することになる。

この手法は、流出計算や内水計算を実施しないで、降雨等の水文資料のみで確率評価できることから、資料さえ整備されていれば比較的簡易な手法である。ただし、内水河川流域が大きく洪水到達時間が長い場合には流出の非線形性が強まり、洪水到達時間も降雨強度とともに変化するため、この方法は適用できなくなる。

(3) 湛水量による確率評価

この手法は、内水の規模の年超過確率を内水区域の湛水量で評価するものであり、確率処理は毎年の最大湛水量を用いて行うことを基本とする。この毎年最大湛水量として、実績値を用いる場合と計算値を用いる場合がある。通常は、実績湛水量資料が乏しいこと、統計対象期間内に人為的に流域・河道条件が変化したためサンプルが均質でないこと等の理由により、実績値ではなく計算値の用いられることが多い。

計算値を用いる場合の標準的な方法は、次に示すとおりである。

- ① ある任意の1年間の外水位と降雨資料により、その年の最大湛水を生じたと思われる内水を数個選定して、それぞれについて流出計算を行う。
- ② この流出計算結果を与えて、内水計算を実施して湛水量を求める。この際、外水位は実績外水位を用いる。実績外水位がない場合、あるいは本川の河道改修が行われている場合は、流出計算やH～Q変換を行い実績外水位の推定を行う。
- ③ このようにして1年間に数個の湛水量を算出し、これらの各湛水量を比較して年最大湛水量を求める。
- ④ 以上の作業を統計期間の年数だけ繰り返し、次にこの毎年最大湛水量を確率処理して内水規模の年超過確率を求める。

このように計算湛水量により確率評価する場合は、多くの内水に対して流出計算、内水計算を実施しなければならないので、計算量が膨大になる。また、内水満水が毎年生じていない場合には、毎年最大値を得ることができないので、非毎年の湛水量を用いて

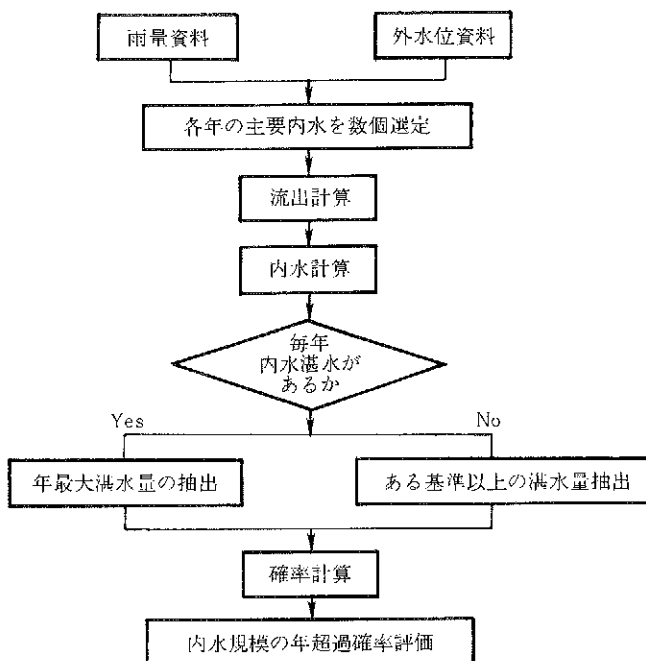


図 7.4 計算湛水量による確率評価手順

確率計算を行うことになる。

〔参考 2〕 2 変数による確率評価

一般的に内水の規模は、内水河川流域の流出量、外水位波形、およびそれらの時間的相対関係の 3 要素に依存することから、これらの要素を代表する幾つかの変数により確率評価を行えば、対象地域の内水の確率をより正確に表現できることがある。特に内水河川流域規模に対し、流末地点における本川流域規模が極めて大きい場合等のように、過去の内水における内水河川の降雨量と外水位の相関関係が弱い場合には、単変数で確率評価せず多変数の複合確率として評価することが有効な場合もある。

しかし、多変数確率理論は難解であり、かつ実務上は 2 変数が限界といわれる。2 変数確率によって内水の規模を評価しようとする場合、この 2 変数として何を抽出するかが大きな問題となり、対象地域の内水特性を考慮し内水規模を代表する 2 変数を選定することが重要である。このような代表性のある 2 変数が抽出できない場合は、この手法はあまり有効でない。例えば、2 変数としてピーク外水位と内水河川流域降雨量をとれば、これらの組合せが生起する確率は求まるものの、その確率が必ずしも内水規模を表現するとは限らない。なぜなら、外水位波形と内水流域雨量の時間的相対関係によって、

内水の規模は大きく変化するからである。よって通常は、複合確率により内水の規模を表現することは難しいと考えられるが、参考のため次にその方法を簡単に記す。なお、2変数の確率分布については、「長尾正志 水文統計における多変数確率分布理論 1975年度水工学に関する夏期研修会講義集 1975年8月」等を参照されたい。

《2変数による確率評価の例》

複合確率を用いた例として、内水河川流域の日雨量とピーク外水位の2変数で複合確率評価を行った場合について、検討手順を紹介する（図7.5参照）。

① 水文資料の抽出

既往の観測資料から日雨量およびピーク外水位の2水文要素を対象とし、それぞれの毎年最大値と次のものを収集する。

- ・内水河川流域の日雨量年最大値が発生した内水におけるピーク外水位
- ・ピーク外水位の年最大値が発生した内水における内水河川流域の日雨量

② 単変数解析および規準化

あらかじめ各変数について確率処理を行い、それぞれについて規準化式を求める。

③ 相関係数の算出

日雨量とピーク外水位の毎年最大値と先に求めた規準化式により相関係数を計算する。

④ 2変数確率計算

規準化した2変数および相関係数が得られれば、2変数正規分布の基本式あるいは二次元正規分布表（上側確率）から年超過確率を求めることができる。

〔参考3〕 事例調査

平成3年度に実施した事例調査によると、既往の内水処理計画で採用している確率計算手法は表7.2のとおりである。

この事例調査からでは、複合確率により内水規模の超過確率規模を求めている例はなかったが、その理由としては

- ① 内水の規模を正しく表現できる代表2変数の設定が困難なこと。
- ② 複合確率の計算手法は煩雑であり、理解も難しいこと。
- ③ 2変数に対して、資料が十分整備されていないこと。

等があげられている。

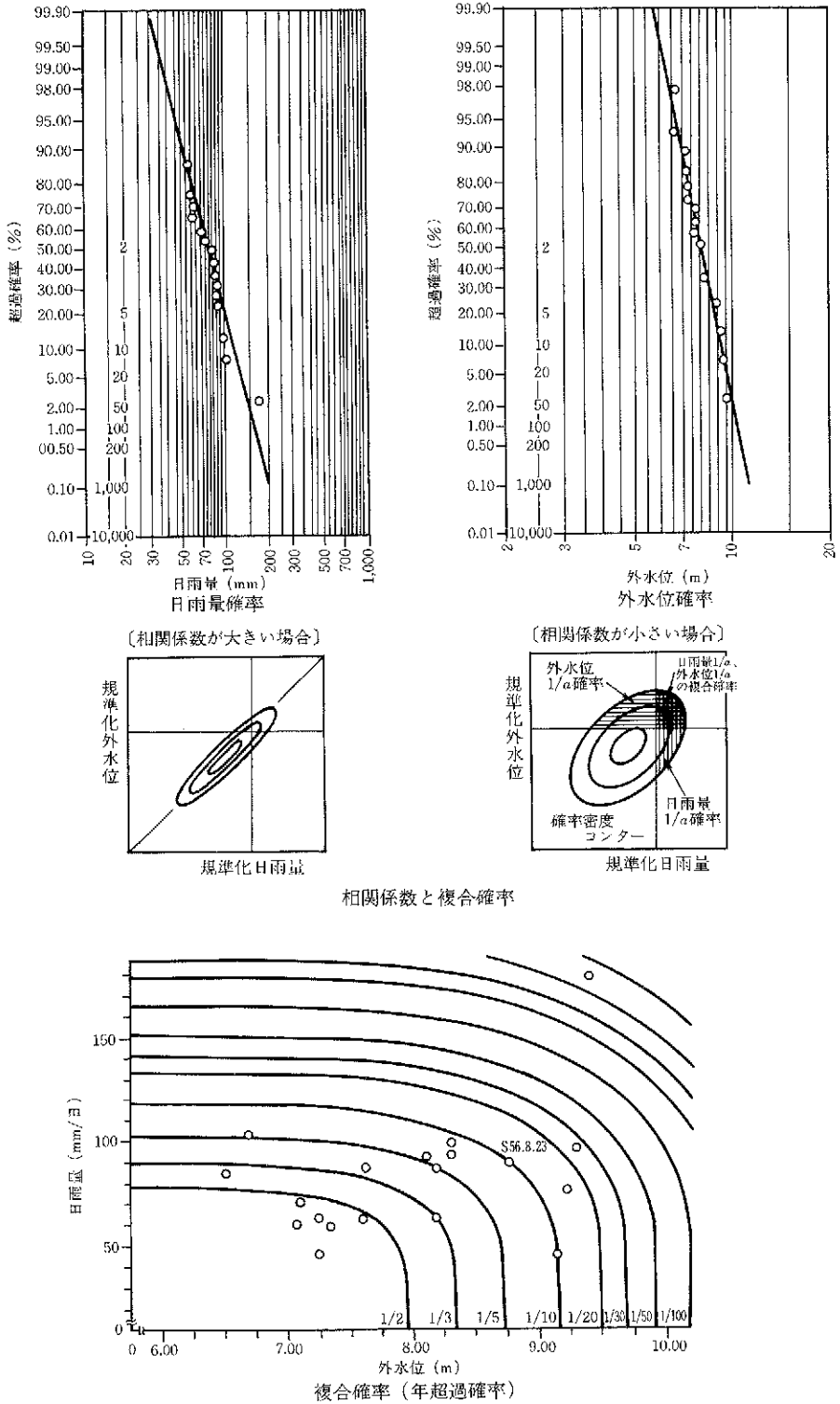


図 7.5 複合確率の算定例

このうち最も大きな問題は、①の代表2変数を何にするかであり、これは先に述べたように内水規模が3要素に依存することに起因している。

また、単独変数の確率評価を行っている河川でも、内水河川流域の降雨量で確率評価している例がほとんどである。対象地域の内水特性からこの確率評価手法を選定した事例が多いと思われるが、他の手法の場合に必要な水文資料が整備されていなかったり、データ加工等の作業が膨大になる等の現実的な理由から、この手法を選定した事例もある。このため内水の規模の確率評価をより正確に行うためには、過去の内水も含め水文資料のデータ蓄積を行い、今後の解析に適用しやすいようデータベース化を行っておくことが望ましい。

表 7.2 既往の内水処理計画における確率評価手法

No.	確率評価の方法	件数
1	内水河川流域の降雨量だけで確率評価	91
2	内水時間帯降雨量による確率評価	1
3	湛水量での確率評価	2
4	複合確率で評価	0
	計	94

7.3 検討対象内水の確率評価

前節で検討した確率評価手法に基づき、第5章で選定した検討対象内水の確率評価を行うとともに、この結果から確率評価手法の妥当性を検証する。

【解説】

第5章で選定した検討対象内水について、前節で検討した確率評価手法を用いて確率評価を行う。これにより、既往内水の確率規模を評価することが可能になる。

また、既往内水の確率評価を行った結果より、これらの内水の年超過確率と実績浸水規模との関係を把握し、前節で検討した確率評価手法の妥当性を確認する。

第 8 章 内水処理施設計画の検討

第 8 章 内水処理施設計画の検討

8.1 総 説

内水処理施設計画においては、内水区域の重要度、既往内水による被害の実態、本川計画規模とのバランス等を総合的に判断し、計画規模を決定のうえ、計画規模に相当する内水区域の治水安全度が確保できる施設規模を決定する。

【解 説】

内水処理計画においては、内水処理施設の計画規模をまず決定し、この計画規模に相当する内水区域の治水安全度が確保できる施設規模を決定する。

なお、計画規模の内水に対して、最大湛水位が許容湛水位以下におさまるとき、その計画規模に相当する治水安全度が確保されたものとする。すなわち図 8.1 に示すよう

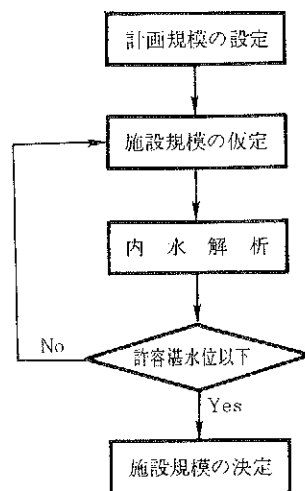


図 8.1 施設規模の検討フロー

に、計画規模の内水に対して、許容湛水位以下となるよう内水処理施設の規模を決定する。許容湛水位については、次節の 8.2 で述べる。

このように計画規模をあらかじめ定めるのは、内水区域においても目標とすべき治水安全度を定める必要のあること、複数の内水処理方式を比較検討する場合、一定の治水安全度を定めておかないと、処理方式間の相互比較が難しい等の理由による。また、このように内水区域の計画規模を定めることにより、内水河川流域から本川への流出量を将来的にも想定することができ、本川においてより合理的な洪水防御計画を策定することが可能となる。

〔参 考〕 従来の内水処理規模の決定方法

内水処理施設の施設規模の決定方法については、内水処理方式を自然排水方式と水門締切方式に大別すると、従来下記の方法が用いられている。

◎河川砂防技術基準（案）計画編「第 9 章 15.4 内水施設規模の決定」の解説

自然排水方式で計画する場合の規模の決定は、一般の河川改修方式による。

水門締切方式で計画する場合の堤防、河道断面、合流点の水門断面積等の内水施設の規模の決定に当たっては、内水地域の重要度、過去の被害の実態、地形の特性、本川との関係を考慮して選定した数個の計画対象内水より対象とするものを一つ決定し、これに対応させるものとする。なおこの場合、最も被害の大きいものをとる例が多い。

ただし、ポンプ排水に関しては費用便益計算をもとに決定する。

上記の方法によると、例えばポンプ排水等の場合、費用便益計算をもとに施設規模を決定するため、内水区域の治水安全度がどの程度なのか明確でない場合も見られる。このため、本手引きでは、原則としてすべての内水処理施設について計画規模を定め、計画規模相当の治水安全度を確保できるよう施設規模を決定することとした。

ただし、内水河川の改修計画が未策定の河川において、緊急的に排水機場を計画するような場合等は、費用便益分析により施設規模を決定することもやむを得ないと考えられる。その場合にも、決定したポンプ規模に対応する安全度を確認しておく必要がある。

8.2 許容湛水位の検討

内水処理施設計画においては、宅地、重要施設、農地別に許容湛水位を定める。

【解説】

内水処理施設計画の検討においては、許容湛水位を設定する必要がある。許容湛水位とは、文字通り計画上許容される湛水位であり、通常は被害が生じない湛水位として設定される。このように、内水処理施設計画で許容湛水位を設定するのは、内水氾濫の場合、その氾濫形態からある程度の湛水位までは被害が生じないこと、および湛水深をゼロにすることが現実的に難しいためである。内水区域の地形によっては、設定された許容湛水位により内水処理施設の規模が大幅に異なることもあり得るので、許容湛水位は十分検討のうえ決定する必要がある。

許容湛水位は、内水区域の住宅・工場等の宅地、幹線道路・鉄道等の重要施設、畑地・水田等の農地別に定めるとともに、将来土地利用の変更が予想される場合には、これを考慮しなければならない。

(1) 宅地

宅地については、家屋が無湛水となるよう許容湛水位を設定することを原則とする。なお、湛水域における家屋の標高分布からみて、無湛水とすることは経済的に著しく不合理であると判断される場合は、これらの家屋について耐水化対策をとるか、床下浸水を許容することも考えられる。また、計画規模との関連で許容湛水位を設定することも考えられる。すなわち、10年程度の低い計画規模で床下浸水を許容することは望ましくないが、30年以上の計画規模を採用する場合には床下浸水を許容することも考えられる。

通常、商店は床高が低く、湛水深が小さくても大きな被害を被ることが多い。よって商店については、無湛水を原則とする必要がある。また、地下室を有するような構造物があれば、これを考慮した許容湛水位とすることが望ましい。このように、対象内水区域の特性に応じ、きめ細かく許容湛水位を設定していくことが重要である。

(2) 重要施設

幹線道路・鉄道等の重要施設については、それらの施設の建設されている地盤高あるいは、施設の機能が損なわれない水位を許容湛水位とする。一般に、道路は路面高まで

湛水すると車両の通行が困難に、また鉄道はレール面まで湛水すれば運転は不可能となる。

(3) 農地

農地における許容湛水位は作物の種類、湛水深、湛水時間、湛水時期および清水、濁水の別により異なるが、原則として畑地は無湛水、水田は許容湛水深を 30 cm として設定する。ただし、水田については 24 時間を限度として 30 cm の許容湛水深を超えてもよいものとする。

〔参考 1〕 許容湛水位の設定方法

なお、宅地の項で述べたように、資産の標高分布によっては必ずしも許容湛水位を原則どおり設定できないこともある。よって、許容湛水位を定める際には、水位ごとの各資産数量（家屋数、農地面積等）を図 8.2 のように図化し、設定した許容湛水位の妥当性を確認することが望ましい。

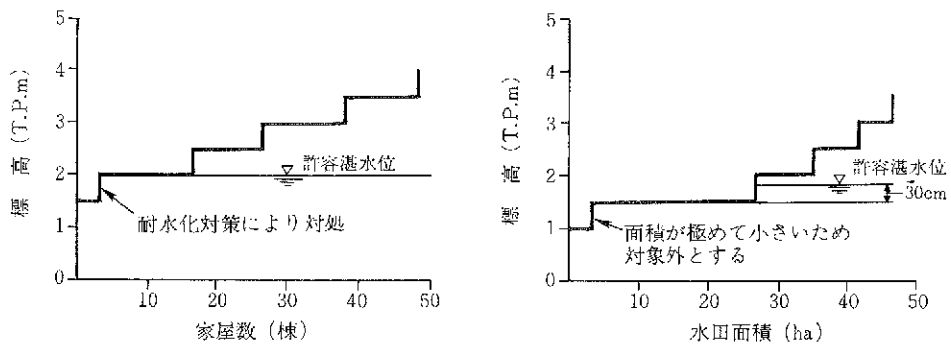


図 8.2 許容湛水位の設定方法

〔参考 2〕 事例調査および他の基準、指針等

平成 3 年度に実施した事例調査によると、許容湛水深の設定を行っている河川は全体の 74 % (102 河川中 76 河川) となっており、許容湛水深としては 30 cm が最も多い。

表 8.1 設定許容湛水深一覧

許容湛水深 (cm)	10 以下	20	30	45	50	55	60	80	90	100 以上	計
件数	4	4	28	1	4	1	1	2	1	6	52

また、許容湛水深の設定根拠としては、宅地の床上浸水の防止が最も多く、次いで宅地無湛水、土地改良基準による場合が続いている。

表 8.2 許容湛水深の設定根拠の項目

項目	許容湛水深の設定根拠の項目	件数
1	土地改良基準による。(水田 30 cm 以上 24 時間以内)	13
2	宅地を無湛水とする。	26
3	宅地の床上浸水の防止。	37
4	商店(事業所)の床下浸水の防止。	2
5	主要道路、鉄道の冠水防止。	8
6	その他	9
7	不明	1
計		96
回答河川数		79

次に、他の基準、指針における許容湛水位の考え方、あるいは許容湛水位に関連する事項を示す。

- ① 「土地改良事業計画設計基準(計画排水) 農林水産省構造改善局 昭和53年9月」

「水稻は、穂ばらみ期における湛水被害が最も大きく、この時期の草丈が30 cm以上に達していること、及び我が国における水害が7月～9月にかけて多く発生していることを勘案し、主として穂ばらみ期における洪水被害を防ぐことをねらいとして許容湛水深は30 cmとする。また、30 cmを越えても穂ばらみ期以外においては1日～2日の湛水であれば被害も5～30%程度であり3日以上になれば被害が急増すること、穂ばらみ期においても葉先が露出していれば1～2日の湛水で20%程度の被害であるので、許容湛水を越える場合の継続時間は24時間を限度とする。

畑作物においては原則としてたん水は認められず、このため永久畑および水田の畑利用地とも許容たん水は考慮しない」

- ② 「湛水防除事業計画指針 農林水産省構造改善局 昭和51年10月」

「基準田面を地区内の最低田面とする。ただし、この面積が湛水面積に比して極めて小さい場合には、当該部分は考慮の対象外とする。極めて小さい場合は、受益面積の1/10以下又は20 ha以下のいずれか小さい方とする。ただし、基準田面の対象農地は市街化指定区域外とする」とされており、許容湛水深は、

「湛水区域に都市集落が存在する地区は基準田面上 20 cm、他の地区は基準田面上 30 cm とする。許容湛水深以上の冠水日数は 1.0 日～1.5 日を原則とする」

注) 受益面積とは、現況において計画基準雨量と等しい降雨があった場合に湛水すると予想される地積

③ 「建築基準法施行令第 22 条 (居室の床の高さおよび防湿方法)」

「最下階の居室の床が木造である場合の床の高さは、直下の地面からその床の上面まで 45 cm 以上とすること」

8.3 検討すべき内水処理施設

内水処理施設は、「第 4 章 内水処理方式の検討」で選定された複数の処理方式について検討する。

【解説】

「第 4 章 内水処理方式の検討」で記述したように、内水処理方式は対象流域および想定湛水区域の地形、土地利用、排水状況、内水河川・本川の改修計画、関連事業の計画、内水湛水特性、内水被害特性等から効果が見込め、かつ経済性、社会性の観点から実現可能性のある内水処理方式を選定する必要がある。

内水処理施設計画の検討では、第 4 章において一次選定された内水処理方式のそれぞれについて、内水処理施設の規模を検討する。

8.4 計画基本条件の設定

8.4.1 内水処理施設の計画規模

内水処理施設の計画規模は、「第 7 章 確率評価手法の検討」で決定された手法により評価するものとし、その決定にあたっては、内水区域の重要度、既往内水による被害の実態、経済効果、本川の計画規模とのバランス、近傍内水地域の計画規模とのバランス等を総合的に考慮して定める。

【解説】

内水被害は、本川の破堤氾濫による災害と違って、人命等にかかわるものは少なく、その被害の及ぶ範囲も特定の地域に限定されることが多い。また、その被害の頻度も本川洪水の氾濫よりも高いことが多いため、内水処理施設の計画規模を本川の洪水防御と同様に考えるのは適当ではない。このため、内水処理施設の計画規模決定にあたっては、内水区域の社会的経済的重要度、既往内水による被害の実態、経済効果、本川と内水区域の計画規模のバランス、近傍内水地域との計画規模のバランス等を総合的に考慮して定めるものとする。

8.1節で述べたように、ここで設定した計画規模の内水に対して、最大湛水位が許容湛水位以下におさまるよう施設計画を策定するものとする。なお、内水処理施設の外力の計画規模の評価は、第7章で決定した確率評価手法によって行う。

本項では、内水処理施設の計画規模について述べる。内水河川そのものの計画規模の設定方法については、河川砂防技術基準（案）等他の指針によるものとする。

計画規模決定の基本的考え方は、次のとおりである。

(1) 内水河川と内水処理施設の計画規模

前述したように、外水と内水ではその被害構造には大きな相違がある。これをまとめれば表8.3のとおりであり、外水氾濫と内水氾濫に対して、その安全度を変えることは合理的である。したがって、内水処理施設の計画規模設定に際しては、本川の計画規模とのバランスを十分考慮する必要がある。

表8.3 外水被害と内水被害の被害構造の相違

	外 水 被 害	内 水 被 害
被害発生地域	破堤・溢水地点は特定できない。	特定できる。
被害発生範囲	破堤・溢水地点、洪水規模により、発生領域も変化する。	最大範囲は特定できる。
堤内での氾濫水挙動	一般に、高流速が発生し大きな被害をもたらす。	流速は遅い。
避 難	避難のためには、破堤、溢水前に警報を発する必要がある。	徐々に洪水するうえ、流速が遅いので、比較的避難は容易。
被 害 額	一般資産、公共土木施設とも広範囲に及び、人命損失の危険もある。また、波及被害も大きい。	一般資産被害がほとんどで、外水被害に比べ被害額は小さい。
発 生 頻 度	通常少	通常多

また、内水河川の河道の計画規模と内水処理施設の計画規模は、必ずしも同一にする必要はない。実態的にも、表 8.4 に示すように、同一河川で河道と排水機場の計画規模が異なる例が多い。

表 8.4 内水河川の河道と排水機場の計画規模の関係

(河川数)

河道計画規模 \ 排水機場計画規模	～ 5 年	5 ～ 10 年	10 ～ 30 年	30 ～ 50 年	50 ～ 100 年	100 年以上	計
～ 5 年	0	1	1	0	0	0	2
5 ～ 10 年	0	3	6	2	4	0	15
10 ～ 30 年	0	1	7	2	2	0	12
30 ～ 50 年	0	0	0	5	0	0	5
50 ～ 100 年	0	0	0	1	2	0	3
100 年以上	0	0	0	0	0	0	0
計	0	5	14	10	8	0	37

注 1) 計画規模は超過確率年(年超過確率の逆数)で表現している。

注 2) 5 ～ 10 年は、5 年 < 計画規模 ≤ 10 年を表わす。他も同様。

注 3) 平成 3 年度に行った実態調査による。

内水河川の河道と内水処理施設の計画規模を同一とすべきか、また、それらに差をつけ得るかは内水河川の堤防状況と内水氾濫の形態による。

内水河川が自己流堤の場合、原則として越水は許容されないため、内水処理施設の計画規模は内水河川の河道の計画規模と同一にする必要がある。しかし、これは内水河川の計画高水流量と同一流量規模の排水機場等を建設することを意味するのでなく、同一にするのはあくまで計画規模であることに注意を要する。ただし、自己流堤方式の場合であっても、堤防が耐越水構造等安全に越流させる構造になっており、想定湛水区域の土地利用、地形条件等も内水河川の河道の計画規模相当の洪水に対して氾濫を許容できる場合には、内水河川の河道と内水処理施設の計画規模は、必ずしも同一にしなくても良いと考えられる。

また、内水河川が掘込河道の場合も、溢水によって河道そのものが危険になることはないので、内水河川の河道の計画規模相当の洪水に対して氾濫が許容できる場合には、内水河川の河道と内水処理施設の計画規模は、必ずしも同一にする必要はない。

(2) 公平性の視点

表 8.5 は既往の内水処理施設の計画規模を示したものである。これより排水機場の計画規模としては、10 年程度とされることが多いことがわかる。また、農林水産省が行う農地排水事業についても、10 年以上を計画規模とすることが多い。これらより、公平性の視点から内水処理施設の確保すべき安全度は 10 年程度と考えられる。したがっ

表8.5 内水処理施設の計画規模

内水施設	計画規模						件数
	～5年	5～10年	10～30年	30～50年	50～100年	100年以上	
内水河川	4	7	29	19	8	0	67
付替え水路	0	1	1	1	1	0	4
水門・樋門	0	4	16	5	6	0	31
排水機場	4	28	18	9	3	0	62
遊水地	0	2	0	2	1	0	5
計	8	42	64	36	19	0	169

注1) 5～10年は、5年<計画規模≤10年を表わす。他も同様。

注2) 平成3年度に行った実態調査による。

て、内水処理施設の計画規模は10年以上を目標とし、地域の重要度に応じて設定するものとする。やむを得ない理由で10年以下とする場合も、5年以上は確保するよう努める。

また、公平性の視点からは近傍内水河川の内水処理施設の計画規模にも、十分配慮する必要がある。

(3) 地域の重要度

地域の重要度は、主に内水区域の土地利用から判断することができる。一般に水田、畑等の農地と市街地では資産密度に2～3オーダーの差があり、被害ポテンシャルは大きく異なる。したがって、内水区域の土地利用に応じて内水処理施設の計画規模を変えることは合理的と考えられる。ただし、内水区域の土地利用といっても、水田、畑、市街地など単一の地目で想定湛水区域が構成されていることはまれであり、通常はこれらが混在している。また、これら土地利用の標高分布によっても、内水排除の対象となる支配的地目は異なる。

よって、このような内水区域の土地利用状況に応じて計画規模を設定していくことが望ましい。一般的に内水区域がすべて市街地で構成される場合は、内水処理施設の計画規模は30年以上を目標とする。また、前述したように、その他の土地利用であっても内水処理施設の計画規模は10年以上を目標とする。

(4) 計画規模を上回る内水時の被害予測

内水処理施設の計画規模としては通常10～30年程度をとることが多いが、当然のことながら計画規模を上回る内水の生じる可能性がある。したがって、このような内水発生時にも甚大な被害を防ぐという観点から、必要に応じ計画規模を上回る内水時の被害予測を行っておくことが望ましい。

8.4.2 河道および流域条件の設定

内水処理施設計画の策定にあたっては、施設規模に影響を及ぼす河川改修、関連事業、土地利用状況等の動向を考慮する。

【解 説】

内水特性は、内水河川および本川の河川改修の実施状況に大きく影響される。例えば、近い将来、本川の河川改修が実施されれば外水位が低下し、内水処理施設の規模を縮小できることもある。また、関連事業の実施状況、例えば、流域開発等の面的な整備、用排水路等の線的整備により湛水状況は変化し、内水処理施設の規模に影響を与える。そして、流出域の土地利用変化は流出量に、内水区域の土地利用変化は内水被害特性に影響してくる。

このため、内水河川および本川の改修状況、関連事業の実施状況、土地利用状況等を「第 2 章 基礎調査」の結果を基に整理し、内水処理施設計画の検討を行う際の河道および流域条件の設定を行う。

〔参 考〕 事例調査

平成 3 年度に実施した事例調査によると、将来想定される河道および流域条件の設定を行っているのは全体の 30%（115 河川のうち 35 河川）である。また、河道および流域条件の設定方法は、内水河川が改修された時点を想定しているものが最も多い。

表 8.6 河道および流域条件の設定

項 目	設 定 方 法	件 数
1	市街化区域がすべて市街化した時点を想定	9
2	流域が予想できる最大限にまで市街化された時点を想定	3
3	本川が計画河道で改修された時点を想定	3
4	内水河川が計画河道で改修された時点を想定	17
5	その他	9
6	不明	3
	計	44
	回答河川数	35

8.5 内水処理施設計画の検討

8.5.1 概 説

内水処理施設計画の検討においては、8.4.1で設定された計画規模に対応した内水処理施設の施設規模を決定する。

【解 説】

内水処理施設計画の検討では、定められた計画条件（計画規模、許容湛水位、河道および流域条件等）を基に内水処理施設の施設規模を決定するものであり、その検討手順は以下のとおりである。

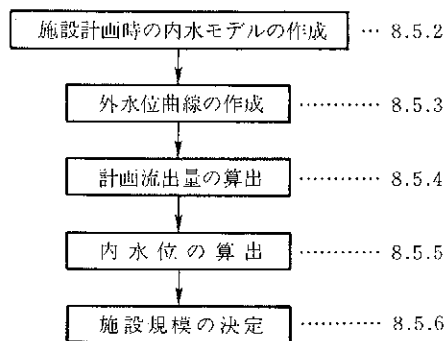


図 8.3 内水処理施設計画の検討手順

8.5.2 施設計画時内水モデルの作成

6.4で作成した内水モデルを基に、内水モデル検証時点と計画時点における諸条件の差による変更、および内水処理施設を配置することによる変更を取り入れ、施設計画時の内水モデルを作成する。

【解 説】

施設計画時の内水モデルは、検証された内水モデルを基に計画時点において変わる諸

条件、すなわち内水区域の土地利用、外水・内水河川の河道断面、内水区域内の用排水系統、樋管・樋門等の断面積等の変更をモデルに取り入れる。また、施設計画時の内水計算にあたっては、内水被害特性や管理実態を反映した現実的かつ適切な排水ポンプ、水門等の操作条件を設定する。

〔参 考〕 計画時の施設操作条件および事例調査

内水処理施設計画の検討の際に、最も排水効率の良くなる施設の操作方式を設定している例がある。例えば、水門からの排水量とポンプ排水量を比較し、水門排水量が大きければ水門を開きポンプを停止する。逆ならば水門を閉鎖し、ポンプを運転するといった例である。

このような例は、管理実態を反映したものとは言い難く現実的でない。原則として、内水解析時のポンプ運転・停止、水門閉鎖・開放の条件は下記によるものとする。

- ① 外水位が内水位より高い場合に水門閉鎖、なおかつ、内水位が基準水位（内水河川の計画高水位、最低地盤高等）に達した場合ポンプ運転。
- ② 外水位が内水位より低くなった場合、水門開放、ポンプ停止。

なお、これらの操作条件（基準水位等）を設定する場合、内水被害特性、特に内水被害の地域分布に十分配慮する必要がある。

平成3年度に実施した事例調査によると外水位が内水位を上回った時点で水門・樋門を閉鎖し、内水位が基準水位を上回った時点でポンプ運転を開始するという操作ルールを用いている例が最も多い。

表 8.7 計画時の水門・樋門の操作ルール

項 目	操作ルール	件 数
1	外水位が内水位を上回った時点で閉鎖	70
2	内水位が基準水位（内水河川の計画高水位、最低地盤高等）に達したとき閉鎖	9
3	内水位が基準水位（内水河川の計画高水位、最低地盤高等）に達し、かつ外水位が内水位より高い場合閉鎖	4
4	外水位が基準水位に達した場合に閉鎖	0
5	外水位が基準水位に達し、かつ外水位が内水位より高い場合閉鎖	4
6	樋門吐出力がポンプ排水量を下回る場合は閉鎖	10
7	その他	9
8	不明	2
計		108
回答河川数		99

表 8.8 計画時ポンプ操作ルール

項 目	操作ルール	件 数
1	水門閉鎖でポンプ運転、開放で停止	19
2	内水位が許容湛水位（基準水位）を上回った時点でポンプ運転	40
3	内水位が最低地盤高を上回った時点でポンプ運転	21
4	外水位が内水位よりも低くなった時点でポンプ停止	12
5	内外水位とも最低地盤高以下となった場合ポンプ停止	1
6	ポンプ排水量が樋門吐出量を上回った場合ポンプ運転	7
7	その他	21
8	不明	2
計		123
回答河川数		96

8.5.3 外水位曲線の作成

内水処理施設計画の検討に用いる外水位曲線は、確率評価手法、内水特性等を考慮して決定する。

【解 説】

施設規模の検討は、8.4.1で決定した計画規模の内水を対象とするため、計画対象内水の引伸しを行う必要がある。

この計画対象内水の引伸しは、採用した確率評価手法によって異なる。外水位が内水現象の支配的要因である場合は外水位の引伸しを行うが、外水位がある水位以上になると内水湛水量はあまり変化しない場合のあること、外水位波形と内水流出量の時間的な関係をモデル化することが難しいことから、実績外水位（流量）をそのまま計画時に用いることが多い。ただし、本川の河道断面は8.4.2で設定した時点での、本川河道の断面形状を使用するものとする。

なお、実績外水位波形を推定する方法については、「6.3 外水位曲線の作成」を参照のこと。

【参 考】 内水河川流域雨量を用いた作成方法

本川流域雨量～内水河川流域雨量の相関関係が高い場合には、次のような方法をとることもできる。

- ① 計画規模に相当する降雨量を内水河川流域で求める。
- ② 相関関係を用いて本川流域の雨量を求める。
- ③ 本川流域の流出計算を行い、本川のハイドログラフを求める。
- ④ 求められた本川ハイドログラフを、不等流あるいは不定流計算により外水位山線に変換する。

8.5.4 計画流出量の算出

計画流出量は、選定した計画対象内水の降雨量を計画規模の確率雨量まで引き伸ばし、これを流出モデルに入力し算出する。

【解説】

内水処理施設計画の検討では、計画対象内水の引伸しを行う必要がある。外水位曲線は、8.5.3で述べた理由により実績外水位を用いることが多いため、基本的には、計画対象内水の引伸しは降雨量で行う。ただし、通常の河川計画と同様に、2倍を超えるような引伸しは行わないことが望ましい。また、引伸し後の洪水到達時間内の雨量強度についても、異常値となっていないか確認しておくことが望ましい。

したがって、計画時の内水河川流域の降雨量、外水位およびこれらの時間的關係は次のようになる。

《施設計画検討時の諸条件の一般的設定方法》

降雨量	→	計画降雨量に引伸し
外水位	→	実績値（8.5.3による）
両者の時間的相対関係	→	実績内水に同じ

なお、計画流出量は引伸し後の雨量を流出モデルに入力し求めるが、ここでの流出モデルは、6.2で作成した流出モデルを計画時点の諸条件を取り込んで変更したものとす。また、計画流出量は選定した計画対象内水すべてについて算出する。

次に、確率評価手法ごとに降雨量の引伸し方法を述べる。

(1) 内水河川流域降雨量による確率評価手法を採用した場合

内水河川流域降雨量により確率評価を行っているため、実績降雨量を計画降雨量に引き伸ばす。

(2) 内水時間帯降雨量による確率評価手法を採用した場合

図8.4に示すように、対象内水における内水時間帯内の降雨量が計画降雨量となるよ

う引き伸ばす。内水時間帯の前後は引き伸ばさず、実績降雨をそのまま用いるものとする。

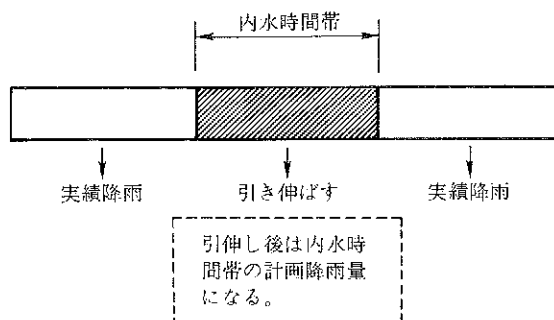


図 8.4 内水時間帯降雨量による確率評価の場合の引伸し法

(3) 湛水量による確率評価手法を採用した場合

計画対象内水ごとに図 8.5 に示すような降雨量と湛水量の関係をあらかじめ作成しておき、計画規模の湛水量に対応した降雨量を計画降雨量とし、その値まで引き伸ばす。

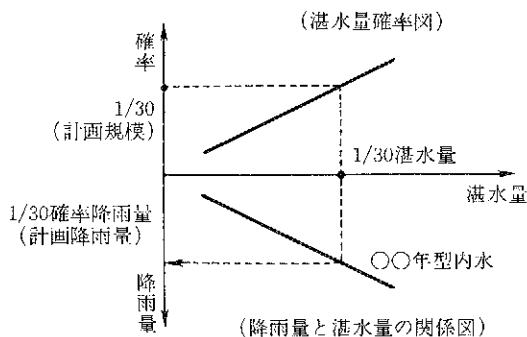


図 8.5 湛水量による確率評価の場合の引伸し法

〔参 考〕 実績内水を用いた施設計画

前述したように、湛水量による確率評価を行った場合も、原則的に降雨量を計画規模まで引き伸ばし、計画流出量（ハイドログラフ）を求めるものとする。しかし、降雨量を変更することにより、計画規模に対応する計画対象内水を作成することが不適切と考えられる場合は、計画規模とほぼ同一規模の実績内水をそのまま用いて、施設計画を策定してよい。

すなわち、既往の内水のうち計画規模と同一になるものに対して、施設計画を策定することになる。そのため多くの場合、計画対象内水数は 1 個になる。また、このように

既往内水を対象に施設計画を定めた場合、第 9 章の経済効果の検討においても各確率規模を代表する既往内水を選定し、これによって想定年平均被害軽減期待額を求めることになる。

8.5.5 内水位の算定

選定した内水処理方式について内水計算を行い、各計画対象内水ごとに内水位曲線を算出する。

【解 説】

8.5.2 で作成した内水モデルに、8.5.3 で作成した外水位曲線、8.5.4 で計算した流出量を与え、各計画対象内水ごとに内水位曲線を算出する。この際、ポンプ施設の規模は次のように数ケース設定する。

- ① ポンプを設置しない場合（ポンプ規模 0 m³/s）。
- ② 湛水位が許容湛水位以下になると想定されるポンプ規模。
- ③ ①と②の間で数ケースのポンプ規模。

なお、上記のようにポンプ施設規模を設定し内水位を求めた結果、最大湛水位が許容湛水位以下とならない場合には、最大湛水位が許容湛水位以下になるまで、ポンプ施設規模を変更し計算する。

8.5.6 施設規模の決定

計画対象内水ごとにそれぞれ必要な施設規模を算定し、これらを総合的に判断して最終的な施設規模を決定する。

【解 説】

8.5.5 で行った内水位の算定結果から、計画対象内水ごとに計画規模に対応する内水処理施設規模を求める。これらの中から、最終的な施設規模を決定する。

一般に計画対象内水の数が少ないときは、最大規模を与える計画対象内水で施設規模を決定することが多い。計画対象内水が多い場合にはカバー率で評価し、必ずしも最大規模をとらないことが多い。

計画対象内水により必要となる施設規模が大きく異なる場合は、大きな施設規模を与

える対象内水について、採用している確率評価手法との関係や計画規模への引伸しの過程で技術的不合理がないか、再度検証することが望ましい。また、施設規模決定にあたっては、著名な既往内水に対する治水効果にも配慮する必要がある。

〔参考〕 施設規模の決定事例（ポンプ排水）

施設規模決定の一例として、内水処理方式としてポンプ排水を採用し、計画規模を1/30とした場合の例を次に示す。この例では、確率評価は内水河川流域の24時間雨量を用いて行っている。これによれば、S.34.8.13内水が施設規模として最大を与えるため、ポンプ排水量9.0 m³/sを施設規模として採用することになる。

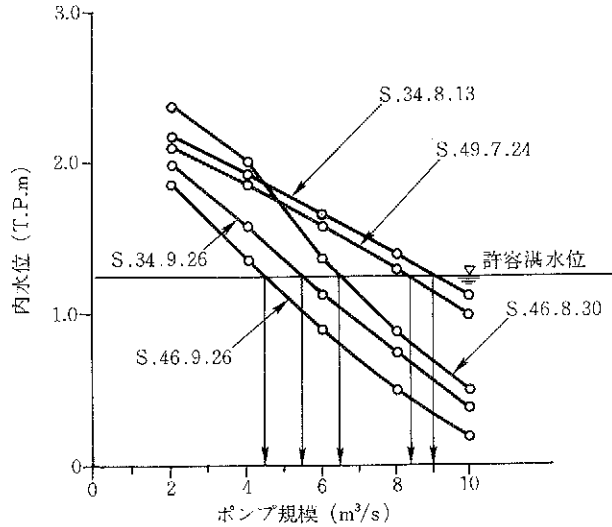


図8.6 排水ポンプ規模検討例

表8.9 排水ポンプ規模検討例

計画対象内水名	24時間実績雨量 (mm)	W-1/30 24時間雨量 (mm)	引伸率	ピーク外水位 (T.P.m)	ポンプ規模 (m ³ /s)	施設規模決定
S.34.8.13	206.0	287.0	1.393	2.91	9.0	○
S.46.8.30	184.0	"	1.560	2.43	6.5	
S.49.7.24	230.5	"	1.245	2.16	8.5	
S.34.9.26	256.8	"	1.118	3.16	5.5	
S.46.9.26	182.0	"	1.577	2.94	4.5	

8.5.7 本川安全度との整合性の検討

内水処理施設の建設に伴い内水河川から本川への排水量が増大したことにより、本川安全度が著しく低下することが想定される場合には、本川安全度へ及ぼす影響を検討し、必要に応じて安全度を低下させない対策をあわせて検討する。

【解 説】

排水機場を新設あるいは増設することにより、本川の洪水時に内水河川から従前以上の排水が行われることになり、内水処理施設の建設前に比べ、相対的に本川安全度が低下することがある。特に、比較的規模の大きい内水河川では、排水機場の新・増設により、本川の安全度に影響を与える可能性が大きい。本川の流域面積に占める割合、流域形状等から本川安全度の低下が懸念される場合は、本項の検討を行うものとする。

(1) 影響検討方法

本川の安全度の影響検討は、計画内水処理施設の建設前後の本川安全度を比較することを原則とする。ただし、本川安全度の算出方法は以下のとおりとする。

① 現況流下能力の算出

内水河川合流点下流について、本川現況河道の流下能力を算出する。

② 現況流下能力の安全度評価

複数の確率規模を対象に流出計算を行い、現況流下能力を安全度評価する。この際の検討対象洪水は、本川の主要洪水とする。本川の主要洪水とは、原則として工事実施基本計画検討時の対象洪水に近年の大規模洪水を加えたものとする。

流出計算モデルは、内水河川流域から本川への流出量がほぼ正確に表現できるモデルとし、従来のように内水河川流域を除いて流出計算を行った結果に、ポンプ施設規模を加算する方法はとらないものとする。なお、このように内水河川流域からの流出量を評価できる流出計算モデルの例としては図 8.7 に示すようなものがある。これは、通常の流出計算モデルに内水解析モデルを組み込んだものである。

(2) 対策の検討

(1)に述べた方法により、本川安全度への影響を検証した結果、排水機場の新・増設を行うと本川の現況安全度が低下する場合には、次のいずれかの対策をとるものとする。

(a) 暫定規模の内水処理施設の設定

本川の安全度を低下させない規模の内水処理施設を、暫定施設として建設する対策で

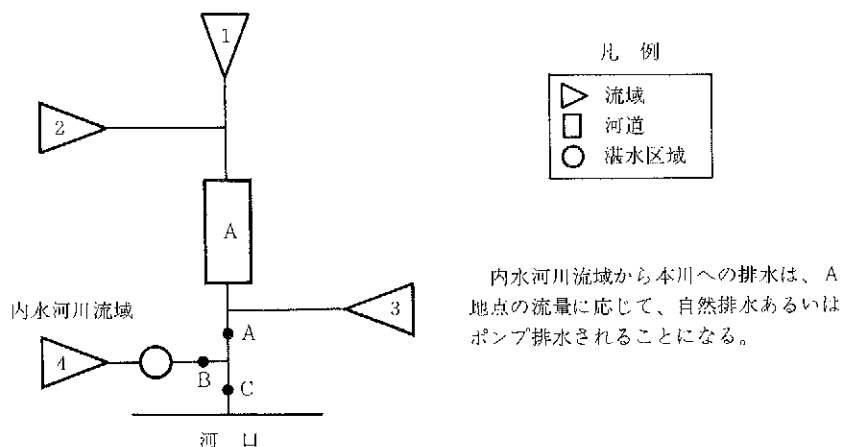


図8.7 内水河川流域からの流出量を評価できるモデル例

ある。これが採用されるのは、次のような場合である。

- ① 本川の現況安全度とのバランスでみると、内水処理施設の計画規模が現況では過大だと考えられる場合。
- ② 用地取得の困難さや財政上の制約から、もともと内水処理施設の全体計画の完成までには長年月を要することが予想され、内水処理施設の段階的整備を図ることが予定されている場合。
- ③ 経済効果の検討成果から、暫定のポンプ施設規模の超過便益が全体規模の便益より大きい場合。
- ④ 暫定規模を採用したときの対象内水区域の安全度が、近傍内水区域の現況の安全度に比較して著しく低くならない場合。

なお、暫定規模の内水処理施設を建設する場合の段階的整備計画については、第10章に記述している。

(b) 内水処理方式の選択

本川により負担の少ない内水処理方式を選択するものである。ただし、選定の対象とする内水処理方式は、第4章で実現可能性があるとして一次選定した複数案の内水処理方式である。

(c) 運転調整の適用

これは、内水処理方式および内水処理施設の規模を変更することなく、本川の安全度低下を防ごうとする、いわばソフト的な対策である。本川水位が低い場合は、内水処理施設の能力までの内水排除が可能であり、内水処理施設の規模を縮小するより内水区域の安全度は高くなる。ただし、運転調整が効果を発揮するような運転調整ルールを検討

が別個必要となる。運転調整ルールの検討にあたっては、特に次のような点に留意する必要がある。

- ① 排水地点の水位だけでなく、下流の流下能力の極小点での水位を参照して運転調整を行う。
- ② 複数の排水機場がある場合には、運転調整の効果が得られ、かつ内水区域の安全度に不公平が生じないように運転調整ルールを検討する。

また、計画排水機場の新・増設が本川安全度に影響を及ぼさないと判断される場合でも、超過洪水時や既往洪水にないパターンの洪水時には、内水河川からの排水が本川を危険にすることが考えられるので、原則として運転調整ルールを作成しておくものとする。

なお、下水道の排水機場では運転調整を行う場合にも、下水道流域の浸水を防止あるいは軽減するため、一時的に流水を貯留する調整池、貯留池を併設している場合がある。

(3) 計画時点での整合

これまで述べてきたのは、現況時点あるいは現況時点から計画時点までの過渡的段階を想定していた。しかし、本川安全度との整合は計画時点でも図る必要がある。従来、本川の計画策定時には内水河川流域は次のように取り扱われていた。

◎河川砂防技術基準(案) 計画編「第 2 章 2.8.5 流域面積」および解説

……内水区域については流域面積から除外し、別の将来の排水構想も考慮した適当な排水量を計画高水流量に加算するものとする。

【解 説】

……内水区域については既に存在する内水排除計画を考慮するほか、現在具体的な排水構想がない場合でも、将来の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にして、内水排除計画が必要とされる区域については適当な排水量を計画高水流量に加算しなければならない。この場合、例えば比流量で都市区域 $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 程度、一般区域 $2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 程度としておくのも一方法である。

注) ここでの内水区域は、本手引きの内水河川流域に相当する。

本川流域に占める内水河川流域の面積が大きい場合、上記の方法では次のような問題点がある。

① 内水河川流域を流域面積から除外して流出計算を行い、この結果に排水量を加算する方法は、かなりの誤差を伴うことがある。例えば、流域の形状、降雨分布特性によっては内水河川流域からの排水は本川ピーク時の前にほぼ終わり、本川ピーク時には排水機場の能力以下しか排水しないことも多い。この場合、排水機場の能力をそのまま加算することは、過大な計画高水流量を算定してしまう可能性がある。逆に、内水河川流域から自然排水が可能な時点での排水量（排水機場能力より大きい場合）で、本川のピーク流量が形成される場合には、単純に排水機場の能力を加算する方法は過小な計画高水流量を算定してしまうことがある。よって(1)で述べた計算方法により、内水河川流域からの流出量を算定していく必要がある。

② 比流量で内水河川流域からの排水量を想定した場合、本川の計画高水流量検討時に想定された規模より、実際に設置される排水機場の規模が大きくなり、本川の治水施設が完成した時点でも所定の安全度が確保されないことがある。したがって、本川流域に占める内水河川流域の面積が大きく、計画時点での安全度にも影響を与えることが懸念される場合には、計画時点での本川安全度への影響検討を行う必要がある。

影響検証の方法は、基本的には(1)で述べた方法と同一であり、新たな内水処理施設を考慮した形で本川流量を算出し、本川安全度への影響の有無を検討するものである。この検討により計画時点の安全度を確保できないと判断されるときには、次のいずれかの対策をとるものとする。

- ① 他の内水処理方式の選択
- ② 内水処理施設計画または本川計画の見直し

①の他の内水処理方式の選択は、内水処理方式として本川により負担の少ないものを選択するものである。

②の内水処理施設計画の見直しは、内水処理施設の計画規模を再検討することにより、内水処理施設の規模縮小が可能かを検討するものである。また、本川計画の見直しは、新たな内水処理施設計画を取り込んだ形で、本川の治水計画を策定し直すものである。ただし、本川計画の見直しは、対象としている内水河川流域の本川流域に占める割合が極めて大きい場合に限定され、通常は本川計画の変更まで踏み込むのは現実的ではないと考えられる。しかし、本川の工事实施基本計画が改定されるときには、新たな内水処理施設計画を踏まえて内水河川流域からの流出量を算定し、計画高水流量を検討する必要がある。

第9章 経済効果の検討

第9章 経済効果の検討

9.1 総 説

第8章で決定した内水処理施設の規模の経済的妥当性を検証するとともに、ポンプ規模と経済効果の関係を把握する。

【解 説】

本章では事業を実施することによって得られる便益とその費用について検討を行い、前章で決定した内水処理施設の規模の経済的妥当性を、費用便益分析により確認する。

また、ポンプ規模と経済効果の関係を作成することにより、最も経済効率の良いポンプ規模および便益 (b) が年費用 (c) を上回るポンプ規模を把握する。ポンプ規模と経済効果の関係は、次章で述べる段階的整備計画を立案する際に参考とすることができる。

なお、排水ポンプと遊水地等の内水処理施設を組み合わせる場合は、一括して経済効果の検討を行うことを原則とする。また4.3で述べたように、異なる内水処理方式間の経済性比較は、処理方式が異なっても治水効果は同一と考え、原則として維持管理費を考慮した年費用で行うものとする。

経済効果の検討は、原則的に治水経済調査要綱により実施するものとする。経済効果の検討手順は次のとおりである。

- ① 想定被害額の算定
- ② 想定年平均被害軽減期待額の算定
- ③ 年費用 (c) の算出
- ④ 年便益 (b) の算出
- ⑤ b/c 、 $b-c$ による経済効果の評価

9.2 想定被害額の算定

想定被害額は、内水計算によって得られた浸水深、浸水時間に対応する被害率を、資産額に乗じて算定する。

【解説】

想定被害額は次の条件により、確率規模別、ポンプ規模別に算出するものとする。

① 対象内水

対象内水は、第 8 章において最終的な施設規模の決定に採用された計画対象内水とする。(以後、本章では便宜的に「計画内水」と呼ぶ。)

② 確率規模

確率規模は、計画規模を含みかつ計画規模を挟んで 5～6 個設定する。通常は 1/2～1/100 程度の確率が採用される。計画内水を各確率規模まで引き伸ばす。

③ ポンプ規模

ポンプ規模は、8.5.5 項で内水計算を行う際に設定した数ケースの規模とする。想定被害額の算定方式は図 9.1 のとおりであり、資産額に被害率を乗じて求める。

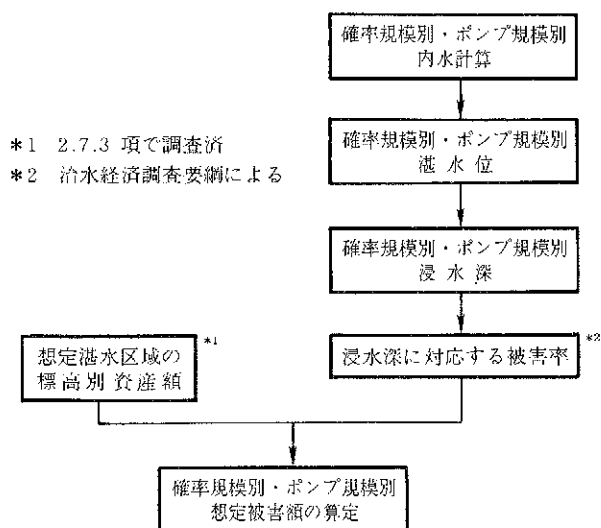


図 9.1 想定被害額の求め方

想定被害額を求める資産種別は、治水経済調査要綱に拠るものとし、次のような資産種別について被害額を算出することになっている。

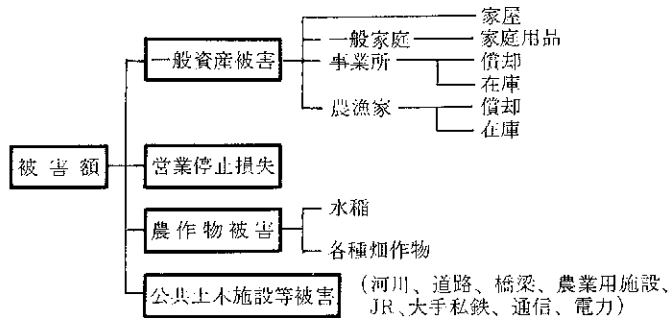


図9.2 被害額算出項目

各項目の被害額算出方法は次のとおりである。なお、調査の詳細は治水経済調査要綱を参考のこと。

(1) 一般資産の想定被害額

標高別、資産種類別に調査した一般資産額に推定浸水深に対応した被害率を乗じて算出する。

(2) 農作物の想定被害額

標高別、田畑別（畑の場合は作物別）に調査した農作物生産額に推定冠浸水深、推定冠水口数に対応する被害率（減収率）を乗じて算出する。

(3) 営業停止の想定被害額

事業所の営業停止の想定被害額は、原則として一般資産の想定被害額に6%を乗じて算出する。

(4) 公共土木施設等の想定被害額

公共土木施設等の想定被害額は、①当該内水区域における過去の被害実績、②類似他河川の流量～公共土木施設等被害曲線、③「水害統計」の結果等による一般資産被害額に対する公共土木施設等被害額の比率、④公共土木施設等資産額に当該河川の一般資産想定被害額と一般資産額との比率を乗じたもの等を参考にして算出する。

〔参考1〕 治水事業の効果

治水事業の経済効果の体系は、図9.3に示すとおりである。内水対策事業の経済効果は、このうちの被害軽減効果およびこれから波及する高度化効果となる。高度化効果とは、例えば内水対策が実施されたことによって、新たに土地利用が可能になった効果である。

本節の想定被害額の算定では、被害軽減効果のみを対象にし、高度化効果は対象にしていない。また、被害軽減効果についても、直接被害については物的被害、間接被害に

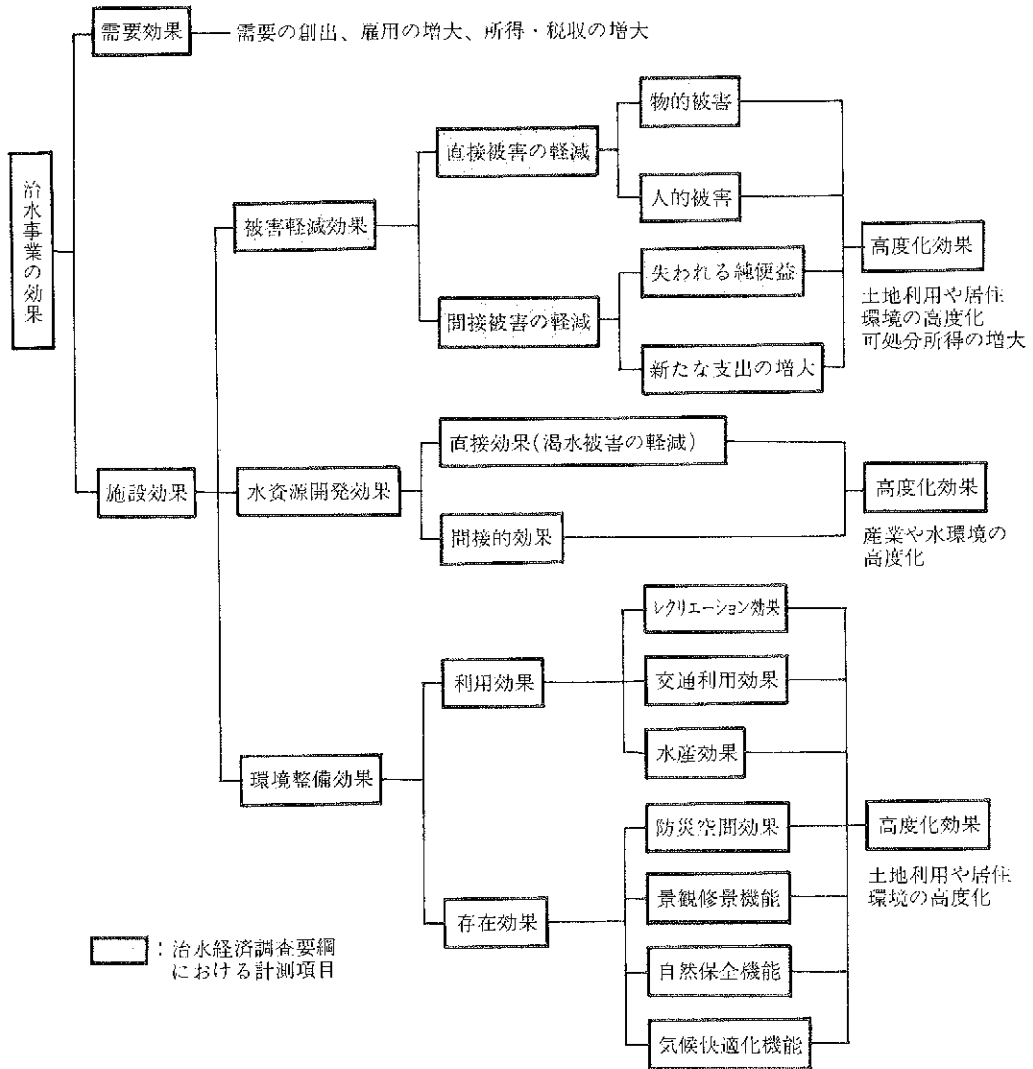


図9.3 治水事業の効果

(湧川勝巳:「治水事業の経済評価について」第8回都市河川セミナー 1993.10による)

については失われる純便益の一部（営業停止損失がこれにあたる）のみを対象にしている。

本来的にはすべての経済効果を取り入れることが望ましいが、高度化効果は算定手法が確立されていないこと、効果の計量範囲を個々の事業において変えると事業間の相対的比較が困難なことを考慮し、治水経済調査要綱に準拠して想定被害額を算出する。

なお、現在より広い範囲で間接被害をとらえ、算出する方法が検討されており、治水経済調査要綱が今後改定される可能性もあることを指摘しておく。

〔参考2〕 被害額の算定フロー

一般資産被害額、農作物被害額の一般的な算定フローは、図9.4および図9.5のとおりである。

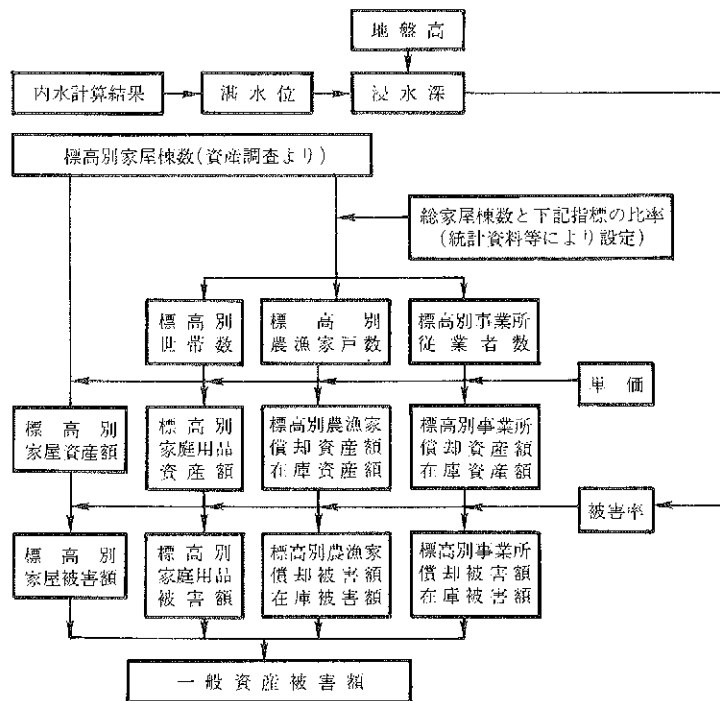


図9.4 一般資産被害額算定フロー

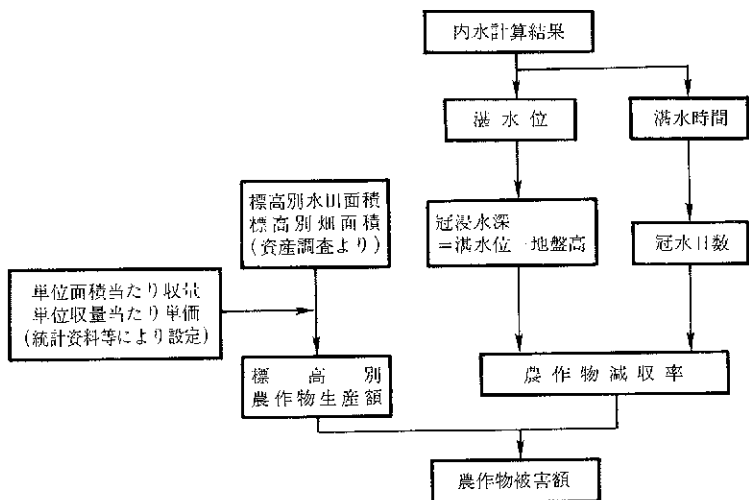


図 9.5 農作物被害額算定フロー

9.3 想定年平均被害軽減期待額の算定

想定被害額の算定結果を用い、ポンプ規模別に想定年平均被害軽減期待額を算定する。

【解説】

想定年平均被害軽減期待額は、無施設時（現況時）の年平均被害額と、内水処理施設建設時の年平均被害額の差として求める。

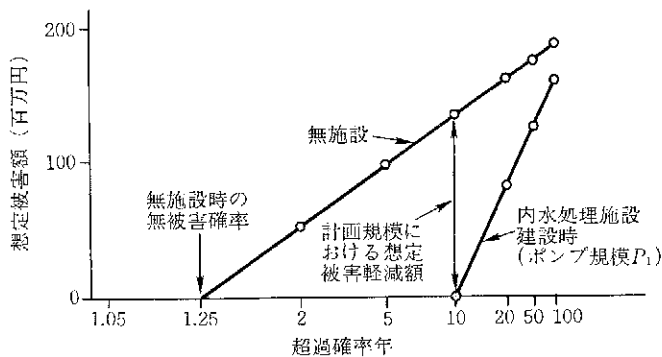


図 9.6 内水の確率規模～想定被害額の関係図

年平均被害額の求め方は表9.1のとおりである。表9.1の T_0 すなわち無被害確率は、無施設時にあっては、確率規模～想定被害額曲線より求めるものとし、内水処理施設建設時は、内水処理施設の計画規模とする。ただし、許容湛水位の設定方法によっては、内水処理施設完成時においても計画規模の内水で被害の生じることがある。その場合は無施設時と同様に、確率規模～想定被害額曲線より無被害確率を求める。

表 9.1 年平均被害額の計算

確率年 (T)	超過確率 (N)	想定被害額 (L)	平均被害額 (\bar{L})	ΔN	$\bar{L} \times \Delta N$
T_0	N_0	$L_0 (-0)$	—	—	—
T_1	N_1	L_1	$\bar{L}_1 = \frac{1}{2}(L_0 + L_1)$	$\Delta N_1 = N_0 - N_1$	$\bar{L}_1 \times \Delta N_1$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
T_{m-1}	N_{m-1}	L_{m-1}	$\bar{L}_{m-1} = \frac{1}{2}(L_{m-2} + L_{m-1})$	$\Delta N_{m-1} = N_{m-2} - N_{m-1}$	$\bar{L}_{m-1} \times \Delta N_{m-1}$
T_m	N_m	L_m	$\bar{L}_m = \frac{1}{2}(L_{m-1} + L_m)$	$\Delta N_m = N_{m-1} - N_m$	$L_m \times \Delta N_m$
年平均被害額 (D)					$\Sigma (\bar{L} \times \Delta N)$

このように算出された無施設時および内水処理施設建設時の年平均被害額から、内水処理施設による想定年平均被害軽減期待額を、ポンプ規模別に算出する。想定年平均被害軽減期待額は表9.2に示すように、内水処理施設建設時の年平均被害額と無施設時の年平均被害額との差とする。

表 9.2 想定年平均被害軽減期待額の算出

施設規模	無施設	内水施設建設時			
		P_1	P_2	……	P_m
年平均被害額 D	D_0	D_1	D_2	……	D_m
想定年平均被害 軽減期待額		$D_0 - D_1$	$D_0 - D_2$	……	$D_0 - D_m$

注) $P_1 \dots P_m$ はポンプ規模を表わす。

9.4 年費用の算出

9.4.1 建設費の算出

ポンプ規模ごとに内水処理施設の建設事業費（用地費を含む）を算出する。

【解 説】

建設事業費の算出では、詳細なものは必要としないが、概略の施設検討を行うことが望ましい。ポンプ施設の場合は少なくとも 1/2,500 平面図程度を用いて行う。

排水機場の建設事業費は原則として、次の項目ごとに積み上げて概略把握する。

- ① 機械設備費（ポンプ、原動機、ゲート等）
- ② 土木施設費（基礎、樋管、樋門、水路等）
- ③ 建築費（建屋等）
- ④ 用地費
- ⑤ 間接費

また、ポンプ計画の主として留意すべき事項は、次のとおりである。

- ① ポンプ形式は、斜流ポンプおよび軸流ポンプのいずれかとし、軸形式は横軸形あるいは立軸形のいずれかとする。
- ② ポンプの全揚程の仮決定は、外水位の最高水位と内水の許容満水位との差の 70～80 %程度に流入水路、スクリーンおよび吐出樋門・樋管の損失を加えこれにさらに配管等の損失として立軸ポンプで 0.5 m、横軸ポンプで 0.6 m を加えたものとする。

この全揚程と必要な吐出量から、ポンプ形式および口径を決定する。

- ③ 原動機は内燃機関を原則とする。
- ④ 設備費、ポンプ効率等から考えると 1 台当たりのポンプ規模が大きいほうが経済的である。しかし、内水流出量の小さい変化に対応した運転、ポンプ故障時の危険度分散、段階施工等から考えてポンプは最低 2 台以上に分けて設置する。1 台当たりの規模をどうするかは、内水流出の特性、堤内の現在および将来の土地利用、運転の維持管理、ポンプ場へ連絡する排水路の能力、建設費の各要因を考慮して決定する。

なお、ポンプの計画の詳細については、次の文献等を参照のこと。

- ① 建設省河川砂防技術基準(案) (社)日本河川協会
- ② 揚排水ポンプ設備技術基準(案)解説 (社)河川ポンプ施設技術協会
- ③ 河川ポンプ設備要覧 (社)河川ポンプ施設技術協会
- ④ 解説・河川管理施設等構造令 (社)日本河川協会

9.4.2 年費用の算出

年費用は建設事業費、建設事業費の利率および施設の耐用年数から算出する。

【解説】

前項で算出した建設事業費に基づいて年費用を算出する。

内水処理施設の年費用は建設事業費、建設事業費の利率および施設の耐用年数から次式により算出する。

$$c = \text{建設事業費の年利子} + \text{施設の年償却費} = I \times \left[i + \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

ここで、 c : 年費用

I : 建設事業費

i : 利率

n : 施設の耐用年数 (ポンプは20年、それ以外の土木施設はすべて50年)

9.5 経済効果の検討

9.5.1 年便益の算出

年便益は、9.3節で求めた想定年平均被害軽減期待額から施設の年維持管理費を差し引いて算出する。

【解説】

年便益は、9.3節で求めた想定年平均被害軽減期待額および内水処理施設事業費に基づいて算出される施設の年維持管理費から算定する。その算定方法は、次のとおりである。

$$b = B - M$$

ここで、 b ：年便益

B ：想定年平均被害軽減期待額

M ：施設の維持管理費（建設事業費の 0.5 % とする。）

9.5.2 経済効果の検討

内水処理施設の経済効果は、便益比 b/c および年超過便益 ($b-c$) で評価する。

【解 説】

算出した年費用 (c) および年便益 (b) を用いて、内水処理施設の経済効果の評価を行う。

(1) 経済的合理性の評価

9.1 節で述べたように、経済効果の検討の目的の一つは、第 8 章で決定した内水処理施設の規模について、経済的観点から判断することにある。原則として、便益比 b/c が 1 以上なら経済的合理性が満足されていると考えられる。

b/c が 1 以下となる場合は、その規模の施設を建設することは経済的に不合理と考えられ、 b/c が 1 以上となるよう施設規模の変更について検討する。

なお、公共事業等によって、新たに内水被害が生じたり、内水被害が増大するおそれのある内水区域について内水対策を実施する場合は、便益比 b/c が 1 以下となっても従前の安全度を下まわらないよう、内水処理施設の規模を決定することがある。

(2) ポンプ規模と経済効果の関係

ポンプ規模別の年便益 (b)、年費用 (c) の算定結果から、図 9.7 に示すようなポン

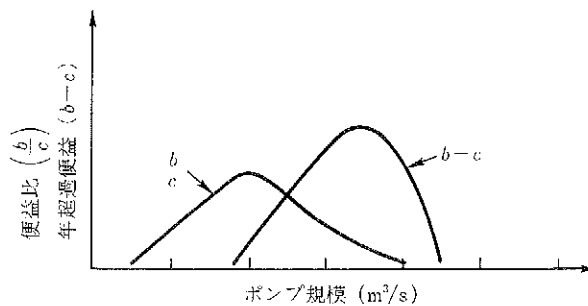


図 9.7 ポンプ規模と b/c , ($b-c$) の関係

プ規模と b/c 、 $(b-c)$ の関係を描く。図9.7のように、一般に $(b-c)$ が最大となる規模のほうが b/c が最大となる規模より大きい。この図より、年超過便益、便益比の最大となるポンプ規模および b/c が1以上となるポンプ規模の範囲を把握する。

〔参 考〕 費用便益の一般的関係

経済効果より施設規模を決定する場合は、年費用 (c) と年便益 (b) との間に図9.8に示す関係が一般に求められる。

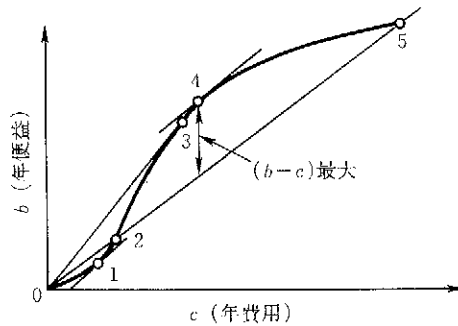


図9.8 費用便益の一般的関係

- ① 点0～点2の間は、 $b < c$ であり事業として成立しない。
- ② 点2から $b > c$ となり年超過便益は増大し事業は成立する。
- ③ 点3に至って b/c は最大となり事業の経済効率は最大となる。
- ④ 点3においてもなお $\Delta b > \Delta c$ であり、年超過便益 ($b-c$) は増大し続け点4で最大となる。
- ⑤ それ以降、点4～点5の間は $b > c$ は成り立つが $\Delta b < \Delta c$ となり、年超過便益は減少する。

第 10 章 段階的整備計画の検討

第 10 章 段階的整備計画の検討

10.1 総 説

本川安全度との整合、近傍内水区域との安全度のバランス、財政上の制約等から、前章までの検討により決定した規模の内水処理施設を、当初から建設することが困難な場合には、段階的な施設整備計画を策定する。

【解 説】

前章までの検討により最終的な内水処理方式とその施設規模が決定したとしても、現実的には次のような理由で、当初からその規模の施設を整備していくことが難しい場合がある。

- ① 用地取得の困難さや財政上の制約から、内水処理施設の全体計画の完成までには長年月を要することが予想され、早期に効果が発揮できる暫定規模の施設を建設する場合。
- ② 前章までの検討により決定した内水処理施設を建設すると、近傍の内水区域の安全度とのバランスを著しく欠く場合。
- ③ 関連する諸施設間の整備レベルの調整が必要な場合。例えば、内水河川の河道が暫定計画から全体計画へ段階的に整備され、ポンプ規模も河道改修状況に応じて増強していくことが望ましい場合。
- ④ 内水の排除先である本川の現況安全度が低く、この安全度とのバランス上、本川の安全度が向上するまでは暫定的に内水処理施設規模を小さくしておく必要がある場合。
- ⑤ 本川の安全度を低下させないために、暫定規模の処理施設を建設する場合。
- ⑥ 流出域あるいは想定洪水区域内の市街化が緩やかに進行しているので、当面は

暫定計画規模の施設で所定の安全度を確保できる場合。あるいは、想定湛水区域内の市街化がまだ余り進んでいないので、投資効果の点から当分の間、計画どおりに内水処理施設を建設することが適当でない場合。

このような理由により段階的に施設を整備していく必要がある場合には、なるべく早期に施設の効果が発揮でき、かつ手戻りがないように、段階的な施設整備計画を立案しておくことが望ましい。

段階的な整備計画の内容は、大きく次の2つに分けられる。

- ① 排水機場の段階的整備計画
- ② 施設間（水門・樋門、河道、排水機場、遊水地等）の整備スケジュールの検討

10.2 排水機場の暫定規模の決定

排水機場の暫定規模の決定にあたっては、10.1で述べた段階的整備計画が必要とされる理由との整合を図り、かつ経済効果を重視する。また、決定した規模の安全度を評価しておく。

【解説】

排水機場の暫定規模の決定にあたっては、10.1で述べた段階的整備計画の必要な理由と整合を図る必要がある。例えば、③に述べた内水河川の河道改修との関連では、排水機場の能力は河道の流下能力と整合を図る必要があり、流下能力以上の規模の排水機場は河道改修されるまで不要である。したがって、排水機場の暫定規模としては河道の流下能力以下にする必要がある。暫定規模は当面すみやかに事業を実施する施設規模であるから、段階的整備計画の必要性和整合が図れる範囲内で経済性を重視してその規模を決定することが望ましい。経済性の観点からは、将来への対応および計算誤差をカバーしてできるだけ余裕を持たせる等の理由から、 $(b-c)$ 最大の施設規模を重視する。

このように決定した暫定施設規模を、8.2で設定した許容湛水位を条件として安全度評価しておく必要がある。

なお、このように排水機場を段階的に整備する場合にも、全体事業の効率的な推進を図るために、機場敷地および建屋については全体計画規模を確保し、ポンプだけを暫定規模とすることが考えられる。

排水機場の暫定規模が決定されても、その排水能力を満足するよう、1台当たりの排

水量とポンプ台数を決定する必要がある。段階的整備計画の策定にあたっては、暫定時および全体計画完成時のポンプ台数も同時に検討し、暫定計画から全体計画への円滑な移行ができるようにする。

〔参 考〕 ポンプ規模およびポンプ台数

ポンプ規模およびポンプ台数の決定にあたって考慮すべき点は、次のとおりである。

- ① 一般に、ポンプ台数が少ないほど工事費、用地費等の事業費は少なくすむが、吐出量の小さい出水時にも円滑な排水運転ができ、かつポンプ故障時にも危険分散ができるよう、最低2台以上のポンプ台数とする。
- ② 維持管理を考慮すると、ポンプの排水量、仕様、形式は同一とすることが望ましい。
- ③ 具体的にポンプの規模、台数は、毎年1度程度生ずる規模の内水に対して効率的な稼働ができるよう配慮して定める。また、使用可能な用地の大きさがポンプ台数の制約条件になることもあるので、使用可能な用地の大きさをあらかじめ把握してから、ポンプ規模台数の検討を行う。
- ④ 内水河川の現況河道流下能力および将来の改修計画も考慮して、これと整合させるようポンプ規模、台数を定めることが望ましい。

なお、設置台数の基準を表10.1に示す。

表10.1 設置台数の基準

計画排水量 (m ³ /s)	設置台数
10未満	2～3台
10以上30未満	2～4台
30以上	3台以上

(「揚排水ポンプ設備技術基準(案)解説 社団法人河川ポンプ施設技術協会 平成2年1月」による)

10.3 本川安全度との整合性検討

10.2 で決定した暫定規模の排水機場についても、これを建設することにより本川安全度の著しい低下が懸念される場合は、8.5.7 と同様の方法で本川安全度との整合性の検討を行う。

【解 説】

暫定規模の排水機場でも本川安全度の低下が懸念される場合には、8.5.7 と同様の方法で本川安全度との整合性の検討を行うものとするが、8.5.7 の検討により暫定規模では本川安全度に影響がないと考えられるときは、この検討は不要である。

10.4 施設間の整備スケジュール

内水処理施設の段階的整備スケジュールは、施設整備による治水効果が最大となるように定める。

【解 説】

内水処理施設の段階的整備スケジュールは、施設整備の効果を経年的に加算した場合に最大となるようにすることが望ましい。そのためには、次のような点を考慮する必要がある。

- ① 同時に施設整備を行うことが難しいときは、単独で効果の大きい施設から順に整備することが得策である。具体的な施設の整備順序は、対象内水区域の内水特性を十分考慮して決定する必要がある。例えば、内水湛水が内水河川の流下能力不足に起因する場合は、排水機場等に先行して河道の流下能力を規定する水門・樋門改築、河道改修を行うほうが効果的なことがある。また、内水流出波形と外水位波形に大きな時間差がある河川でも、水門・樋門の改築、河道改修を先行するほうが一般的に有利である。

一方、常に外水位が高い河川や外水位のピークと内水河川流域流出量のピークの間時間にずれが小さい場合は、河道改修に先行して排水機場、遊水地等の内

水処理施設を建設したほうが有利であることが多い。

- ② 暫定計画を含めて全体計画完成までの過程の諸段階で、施設間の規模の調整を図る必要がある。例えば、排水機場を先行して建設するとしても、現況河道の流下能力あるいは暫定計画河道の流下能力との整合を図りながら施設を整備する必要がある。
- ③ また、施設整備に要する工期を考慮する必要がある。一般に河道改修には長期の日時を要するので、河道の流下能力不足が内水湛水の主因になっている河川では、河道改修を先行すべきである。また、遊水地のように土地利用が変化すると用地の取得および施設の建設が困難になる施設は、先行して整備することも考えられる。

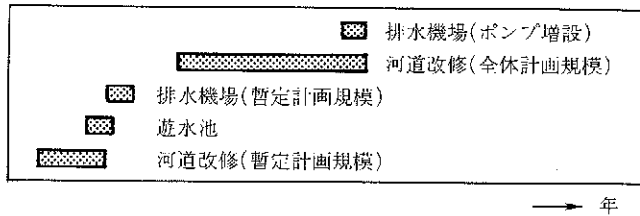


図10.1 内水処理施設の段階的整備計画の例

第II編

参 考 事 例

第1章 対象河川の概要

対象河川A川は一級河川B川の右支川であり、流域面積36.2 km²、流路延長12 kmの河川である。流域の最高点の標高は約360 m、合流点付近の地盤高は40 m程度なので、流域の比高は約320 mである。流域の約6割が山地部、4割が平地部となっている。現在、A川の本川合流部付近の河道の現況流下能力は、年超過確率として1/10洪水程度である。また、本川合流点にはA川水門が設置されている。

A川のB川合流部付近の低平地はB川の旧河川敷であり、従来洪水時には自然調節池として機能してきた。この地区は近年も昭和56、57、61年と相次いで洪水し、A川流域の洪水氾濫被害軽減に効果を発揮している。しかし、近年の市街化の進展により、当地域も土地の高度利用化が図られる可能性がでてきている。また、現実に合流部付近の低平地の盛土や、廃棄土砂による埋立て等が進み、低平地が有していた遊水機能を

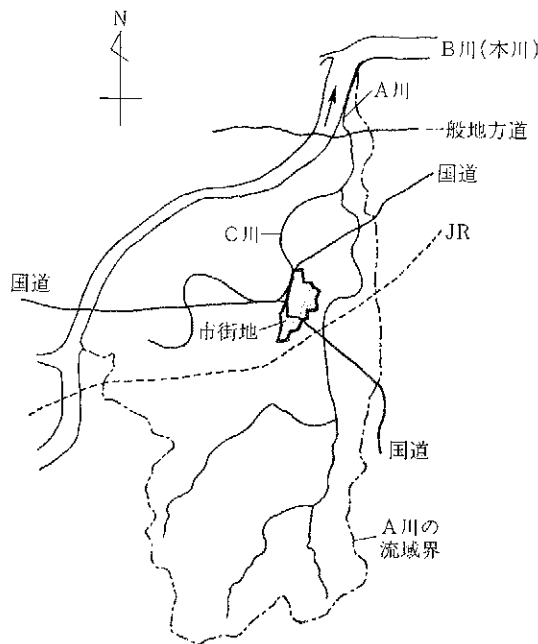


図1.1 流域概要図

の低下が著しくなってきた。

このようなことから、A川内水区域の内水処理計画の立案が急務となってきている。

本検討は現在のA川、B川の改修計画を踏まえ、B川合流点のA川水門の機能を十分に生かした、A川の特性に適合した内水処理計画の立案を目的として実施したものである。

第2章 基礎調査

2.1 水文資料収集

(1) 雨量資料

1) 資料の整備状況

調査対象流域内および調査対象流域近傍に位置する雨量観測所は、図 2.1 に示す 3 観測所である。これら 3 観測所の諸元および資料の整備状況は表 2.1、表 2.2 に示すとおりである。

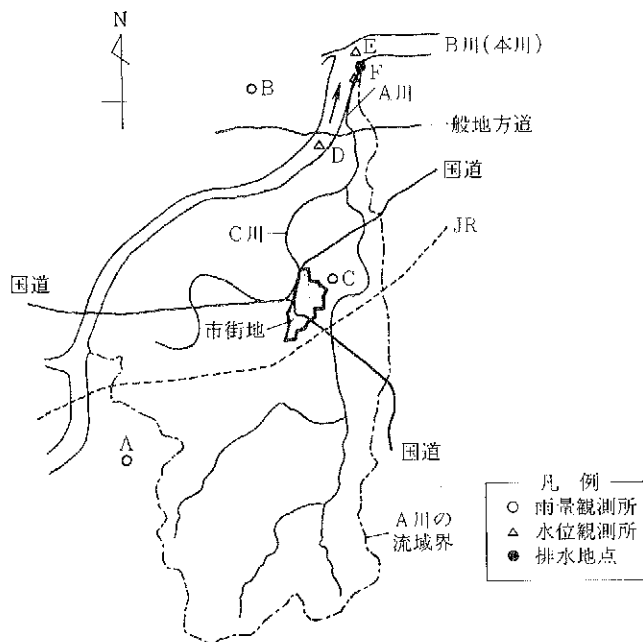


図 2.1 観測所位置図

表 2.1 雨量観測所諸元表

No.	観測所名	観測値	所管	所在地	緯度・経度	標高 (m)	観測開始 年月日	備 考
1	A	日・時間 雨量	気象庁	〇〇郡〇〇町 〇〇〇	〇°〇′ 〇°〇′	131	T.14.1	アメダス
2	B	日・時間 雨量	気象庁	〇〇郡〇〇町 〇〇〇	〇°〇′ 〇°〇′	50	T.12.4	アメダス
3	C	日・時間 雨量	県	〇〇郡〇〇町 〇〇〇	〇°〇′ 〇°〇′	62	S.56.7	自 記

表 2.2 雨量資料の整備状況

観測所名	種類	昭和							平成 1
		1	10	20	30	40	50	60	
A	日								
	時間								
B	日								
	時間								
C	日								
	時間								

2) 雨量資料の収集

表 2.2 に示した資料の整備状況を踏まえて、統計解析に供するためあるいは主要洪水を選定する際の参考とするため、日雨量の収集を行った。日雨量は A、B、C の各観測所で日雨量 100 mm 以上を記録した降雨について、連続する 3 日間の日雨量を収集した。

また、時間雨量については、第 5 章で選定した検討対象内水について収集する。

(2) 水位・流量資料

1) 資料の整備状況

A 川合流点近傍に位置する本川 B 川の水位観測点は、D 観測所と E 観測所である。E 観測所は A 水門地点の外水位観測所となっている。水門の内側（A 川側）には支川水位（内水位）を観測する F 観測所が存在する。これらの位置関係を図 2.2 に示す。また資料の存在状況は表 2.3 に示すとおりであり、E、F 水位観測所は昭和 60 年 8 月に設けられている。

第2章 基礎調査

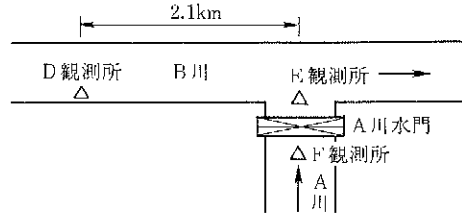


図 2.2 観測所位置模式図

表 2.3 水位・流量観測資料の整備状況

観測所名	河川名	所管	位 置	観測種目	観測開始年月
D	B 川	建設省	B 川〇、〇K 地点 (A 川合流点上流 2.1 km)	水位・流量	S. 23.9
E	B 川	建設省	B 川〇、〇K 地点 (A 川水門地点)	水位	S. 60.8
F	A 川	建設省	A 川水門地点	水位	S. 60.8

2) 水位・流量資料の収集

あとの第 5 章で選定する検討対象内水について、3 観測所の時刻水位・流量資料を収集する。

2.2 計画対象河川調査

(1) 内水河川調査

1) 治水計画の変遷

A 川の治水計画の変遷は、表 2.4 のとおりである。

表 2.4 A 川治水計画の変遷

No.	計画策定年	計画規模	使用降雨資料	計画雨量	流出計算法	基本高水のピーク流量	計画高水流量	事業名	主な治水施設
1	昭和 36 年	1/10 (1/5)	H 気象台	178 mm/日	合理式	120 m ³ /s (90)	120 m ³ /s (90)	単単	河道改修
2	昭和 52 年	1/30 (1/10)	H 気象台	195 mm/日	貯留関数	170 m ³ /s (150)	170 m ³ /s (150)	小規模	河道改修 水門設置

注) ()内は暫定計画

2) 改修の経緯

昭和 36 年の第 1 期治水計画以前の改修の経緯は明らかでないので、ここは昭和 36 年以降の A 川の改修経緯を図 2.3 のようにまとめた。

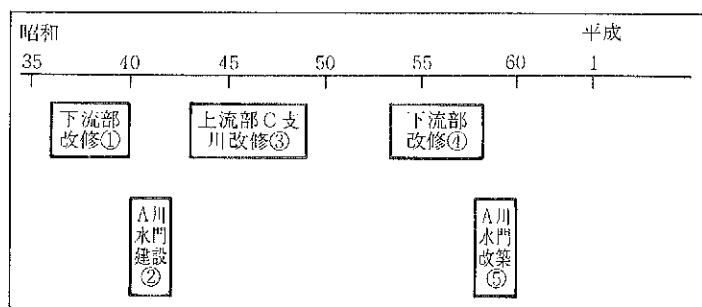


図 2.3 A 川改修の経緯

また、各改修の概要は次のとおりである。

① 下流部改修

第 1 期治水計画の暫定計画に基づいて下流部（本川合流点から 2.12 km）を改修する。この区間の流下能力は 90 m³/s となる。

② A 川水門建設

⋮

3) 今後の改修予定

小規模河川改修事業に基づく下流部の改修は昭和 60 年に概成しており、現在のところ改修予定はない。ただし、合流点付近での内水湛水が頻発しており、この対策は急ぐ必要がある。

(2) 本川調査

1) 治水計画の変遷

B 川（本川）の治水計画の変遷は、表 2.5 のとおりである。

第2章 基礎調査

表 2.5 B川の治水計画の変遷

No.	計画策定年	計画名称	計画規模	計画雨量	流出計算法	基本高水のピーク流量	計画高水流量	主な治水施設
1	昭和 38 年	総体計画	既往最大	—	単位図	4,500 m ³ /s	4,500 m ³ /s	河道改修
2	昭和 49 年	工実	1/150 (○○地点)	256 mm/2日	貯留関数	7,000 m ³ /s	5,800 m ³ /s	河道改修・ダム

2) 改修の経緯

総体計画（昭和 38 年）以降の改修の経緯は、表 2.6 のとおりである。

表 2.6 B川の河川改修の変遷

事業名	区 間	期 間	内 容
○○地区捷水路開削	○○K～○○K	昭和 41～46 年	狭窄部C地点の開削。これによって○○地区の流下能力が増加し、水位低下が実現。
○○地区河道掘削	○○K～○○K	昭和 52～55 年	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
Dダム建設	○○川○○地先	昭和 57～62 年	ダム流入量 2,800 m ³ /s を 600 m ³ /s カットし、2,200 m ³ /s 放流する。カット開始は 1,300 m ³ /s。

表 2.6 に示した B川の改修で A川の内水に大きな影響があると思われるのは、昭和 52～55 年に実施された○○地区の河道掘削と、昭和 62 年に完成した上流Dダムの建設である。○○地区の河道掘削は、A川合流点の本川水位を低下させたと考えられる。ま

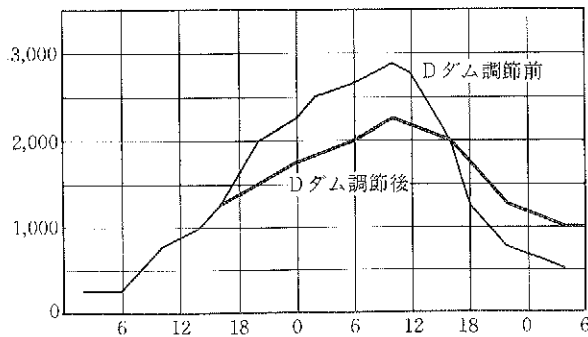


図 2.4 Dダムによる洪水調節波形図

た、Dダムの建設は洪水のピーク流量を低減させてはいるが、全体的に洪水波形をフラットにしており、流出時差の関係でA川の内水流出に悪影響を与えている可能性もある。図2.4にDダムによる洪水調節波形図を示す。

3) 今後の改修予定

B川の直轄管理区間については、計画堤防がほぼ概成している。河道内の河床掘削、低水路拡幅等の改修については、現在のところすぐに着手される予定はない。ダムについては現在工事中のものがあるが、これはA川合流点より20 km以上下流で合流する支川D川の上流部なので、A川の内水排除には直接影響はないと考えられる。

4) 河床変動の傾向

図2.5は、昭和40年から10年間隔で描いた平均河床高の縦断図である。昭和40年から50年にかけて、全区間で大幅な河床低下が見られるが、昭和50年以降はほぼ河床高は安定しており、今後ともこの傾向が続くものと考えられる。なお、昭和60年の32 K下流の河床低下については、昭和52～55年の〇〇地区河道掘削によるものである。

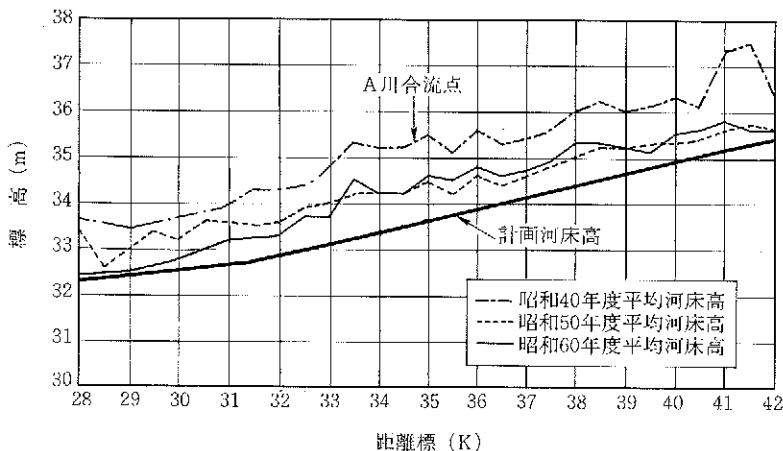


図2.5 B川の平均河床高の経年変化

2.3 内水被害調査

建設省、県、〇〇町を対象に過去の内水被害調査を実施した。内水被害の調査にあたっては、〇〇町で作成した水害統計の調査票、水害区域図を基礎資料とし、建設省・県・町で有している水害記録を補足資料とした。それら資料より洪水ごとに浸水区域図

第2章 基礎調査

を作成するとともに、表2.7のような一覧表を作成した。

表2.7 既往内水被害一覧

No.	生起年月日	日雨量 (mm)	ピーク 外水位 (T.P.m)	浸水面積 (ha)	最高 湛水位 (T.P.m)	最大 湛水深 (m)	浸水戸数(戸)		農地被害(ha)	
							床上	床下	水田	畑
1	S.50.6.7	135.5	45.81	15	43.11	1.61	0	0	6.8	0.2
2	S.51.7.10	142.0	44.72	17	43.18	1.68	0	1	7.0	0.4
3	S.53.6.26	175.0	45.37	81	44.73	3.23	47	63	45.3	11.6
4	S.56.8.23	148.5	45.10	21	43.31	1.81	0	3	7.3	0.7
5	S.57.9.12	171.0	45.12	65	44.51	3.01	45	68	38.3	6.8
6	S.61.8.4	188.0	46.38	108	45.17	3.67	79	203	54.8	19.3
7	S.63.9.18	152.0	45.02	23	43.38	1.88	0	2	7.4	0.8
8	H.1.9.1	159.5	45.22	36	43.71	2.21	1	8	17.8	2.3

注1) 日雨量はA観測所の値である。

注2) 外水位は上流D水位観測所の値である。

なお、これらの資料は、昭和50年以降のものしか得られなかったため、表2.7では昭和50年以降の期間を対象に作成している。

また、A川水門が改築されてからは、水門の内外で水位を観測しているためこれを収集して表2.8のようにまとめた。この際、水門の操作状況に関する資料も同時に収録した。

表2.8 A川水門操作状況

月日	時刻	吐口 外水位	呑口 内水位
8/4	1:00	40:98	41:03
	1:30	41:18	41:23
	2:00	.	.
	2:30	.	.
	3:00	.	.
	3:50	.	.
	4:00	.	.
	4:50	.	.
	5:00	.	.
	5:50	.	.
	6:00	.	.
	6:50	.	.

昭和61年8月洪水 単位：T.P.m			
ゲート閉鎖		外水位	内水位
開始時刻	7:20	44.48	44.48
完了時刻	7:40	44.63	44.43

ゲート開放		外水位	内水位
開始時刻	19:20	45.23	45.23
完了時刻	19:50	45.21	45.21

2.4 地形調査

A川流域では、現在のところ下水道が整備されていないので流域界は地形により決定する。そのため1/25,000地形図、1/25,000治水地形分類図、1/2,500都市計画図を入手して流域界を決定した。

また、想定洪水区域は既往内水湛水のうち最も湛水範囲の広がった、昭和61年8月洪水の湛水範囲を包絡する範囲として、T.P.46.00mまでの区域とする。ただし、湛水実績をみると県道〇〇線により氾濫流がせき止められ、それ以上の浸水域の拡大はないので、県道より内側を湛水域とする。なお、都市計画図において県道の高さを確認したところT.P.47.00m程度であったので、想定湛水域を県道で規定したのは妥当と思われる。さらに、木川B川のA川合流部の計画高水位と想定湛水区域の最高標高は、ほぼ一致している。

2.5 流域状況調査

(1) 土地利用調査

〇〇町の都市計画図に基づきA川流域の土地利用調査を行った。土地利用の変遷が明確になるよう現時点だけではなく、過去の数時点についても土地利用調査を行った。また、将来の予想は町の都市計画に拠った。すなわち、町で設定している市街化区域がすべて市街化された時点を想定している。

なお、土地利用の変化は流出モデルに反映させる必要があるため、ここでは第6章で作成する流出モデルの分割流域ごとに土地利用の変遷を調査した。

表2.9から昭和50年代より徐々にではあるが、確実に市街化の進展していることがわかる。また、その市街化は、主に山地・果樹園が宅地に転化されることにより生じている。〇〇町による将来計画は、西暦2010年時点を想定している。昭和50年(1975年)から平成2年(1990年)の15年間の土地利用の変化傾向をみれば、2010年には想定された土地利用になることは十分予想される。

第2章 基礎調査

表 2.9 A川流域の土地利用の変遷 (単位: ha)

流域	No.	山地	果樹園	畑	水田	市街地	その他	計
昭和50年	1	514	75	41	5	26	299	960
	2	151	114	51	93	73	38	520
	3	321	131	18	21	31	178	700
	4	192	151	251	384	314	28	1,320
	5	0	9	12	62	21	16	120
	全	1,178	480	373	565	465	559	3,620
平成2年*	1	502	70	40	4	30	314	960
	2	143	105	48	88	81	55	520
	3	300	121	15	17	43	204	700
	4	183	146	240	377	321	53	1,320
	5	0	8	10	59	26	17	120
	全	1,128	450	353	545	501	643	3,620
将来時点**	1	494	62	36	2	41	325	960
	2	135	93	44	80	95	73	520
	3	291	110	13	14	60	212	700
	4	170	134	232	361	340	83	1,320
	5	0	8	10	59	26	17	120
	全	1,090	407	335	516	562	710	3,620

* 現状である。

** 市街化区域がすべて市街化されたと想定。

(2) 排水状況調査

1) 排水系統調査

A川流域では、下水道は普及しておらず、流域内の雨水排水はすべてA川を通じて行われる。主要支川流域の流域面積および流域勾配は、表 2.10 のとおりである。

表 2.10 流域諸元表

流域No.	流域名	流域面積 (km ²)	標高差 (m)	流路延長 (m)	流域勾配
1	A-1	9.6	300	5,960	1/20
2	B	5.2	211	4,980	1/24
3	A-2	7.0	13	5,060	1/389
4	C	13.2	133	6,980	1/52
5	A-3	1.2	5	2,120	1/424

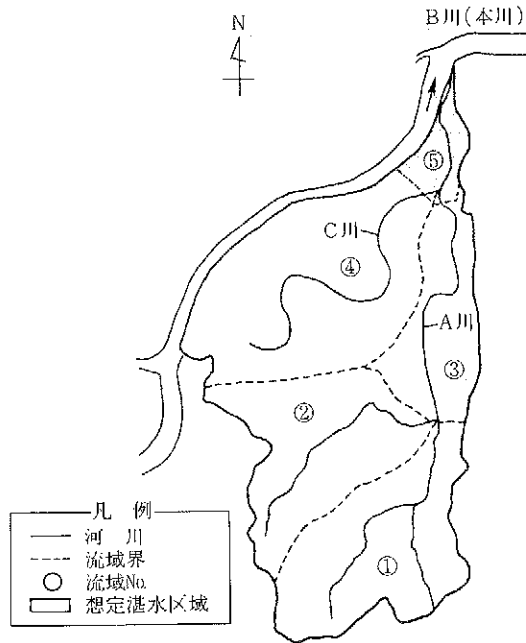


図 2.6 流域分割図

また、A川の計画高水流量配分は図 2.7 のとおりである。

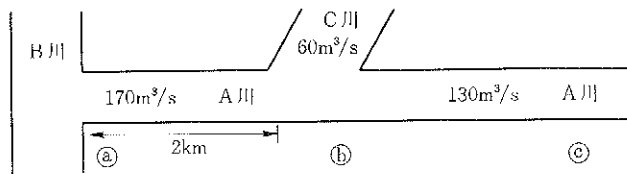


図 2.7 A川計画高水流量配分 (計画規模 1/30)

現在のところA川、C川とも流下能力は 1/10 程度である。計画縦断面図と主要地点の現状横断面図を示せば図 2.8、2.9 のとおりである。

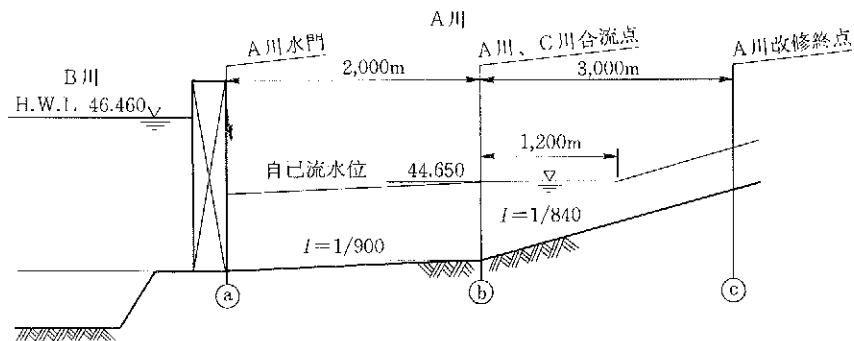


図 2.8 A川の計画縦断面図

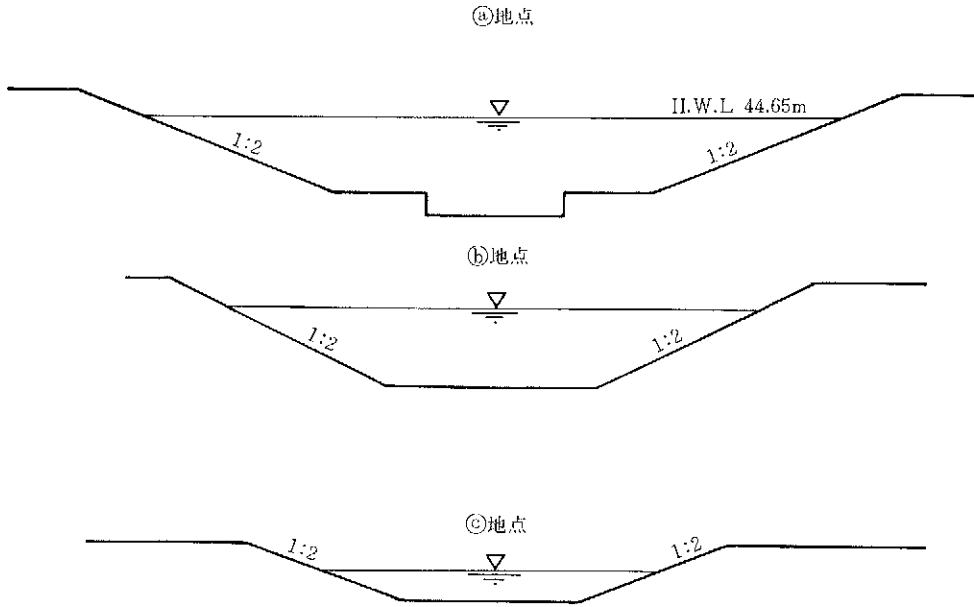


図 2.9 主要地点の横断面図

2) 排水施設調査

排水施設は昭和 60 年 2 月に改築された建設省所管の A 川水門がある。A 川水門の諸元および操作規則に関する資料を収集した。図 2.10 に A 川水門の構造図を示す。

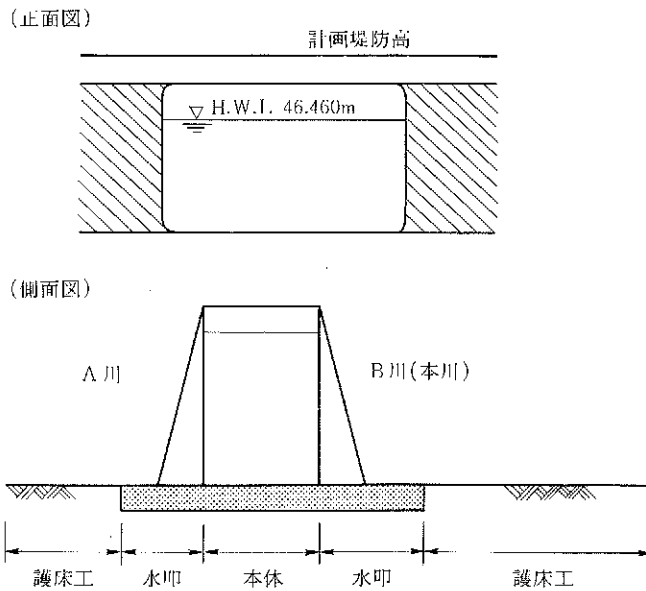


図 2.10 A 川水門構造図

2.6 想定湛水区域状況調査

(1) 地盤高調査

2.4節で設定した想定湛水区域について地盤高を調査し、想定湛水区域のH～A～V関係を作成した。

1) 地盤高調査

地盤高は、1/2,500の都市計画図に基づき把握することにしたが、都市計画図だけでは50cm間隔の等高線図を描くに十分なデータが得られなかったため、水準測量を行うことにした。

水準測量は、想定湛水区域を約100mのメッシュで覆いその格子点について行った。この結果に基づき50cm間隔の等高線図を図2.11に示すように描いた。

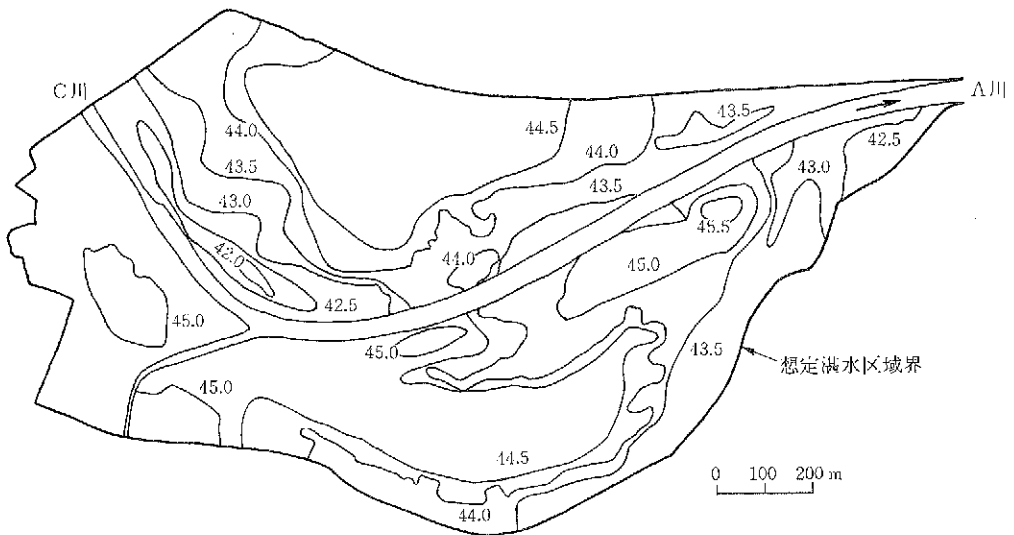


図 2.11 想定湛水区域の等高線図

2) H～A～V関係の作成

図2.11の等高線図より各標高以下の面積を計測しH～A～V関係を作成した。この結果を表2.11、図2.12に示す。

表 2.11 想定湛水区域II～A～V表

標高(T.P.m)	累加面積(×10 ³ m ²)	累加湛水量(×10 ³ m ³)
41.5	0	0
42.0	2.3	0.6
42.5	41.8	11.6
43.0	118.0	51.6
43.5	264.7	147.2
44.0	496.3	337.5
44.5	639.2	621.4
45.0	1,007.0	1,033.4
45.5	1,163.7	1,591.1
46.0	1,200.2	2,210.8

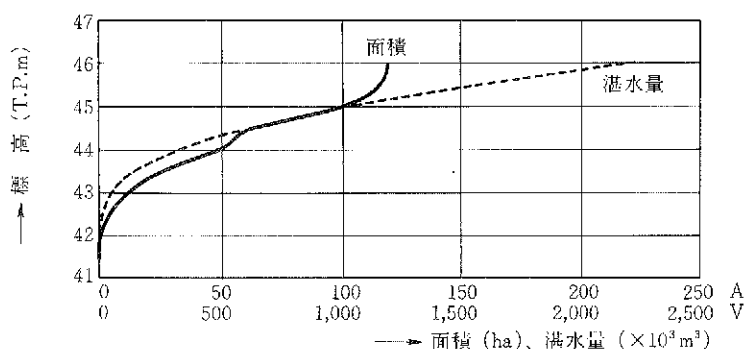


図 2.12 想定湛水区域II～A～V図

(2) 土地利用調査

想定湛水区域について詳細に土地利用を調査した。現況の土地利用は1/2,500都市計画図から把握した。地目の分類は、対象地域の土地利用から次のようにした。

〔地目分類〕

- ①水田 ②畑地 ③果樹園 ④宅地、公共用地 ⑤原野 ⑥河川区域

これらの地目を図上に表示するとともに、その面積を計測した。想定湛水区域内の過去の土地利用の変化を把握できる資料がなかったため、想定湛水区域に関する県および町の次の資料を収集し、想定湛水区域の将来の土地利用の予測を行った。

〔想定湛水区域の土地利用の将来予測に用いた資料〕

- ① ○○県土地利用基本計画図 (○○県)
 ② ○○町都市計画図 (○○町)

○○県の土地利用基本計画図によれば、想定湛水区域は都市地域となっている。した

がって、想定湛水区域についても線引き（区域区分）が行われているが、〇〇町の都市計画図では想定湛水区域は、現在のところすべて市街化調整区域に指定されている。これより、想定湛水区域の急激な市街化は現在のところ想定しなくてもよいと判断される。

注) 市街化区域と市街化調整区域の見直しは5年ごとに行われるので、現在は市街化調整区域であっても、将来的に市街化区域になる可能性もある。また、想定湛水区域が市街化区域となっている場合には、用途地域もあわせて把握しておくことが望ましい。

表 2.12 想定湛水区域内の土地利用(標高別)

標高 (T.P.m)	水田 (ha)	畑地 (ha)	果樹園 (ha)	宅地 (ha)	その他 (ha)	計 (ha)	家屋棟数 (棟)
~42.0	0.13	0.0	0.0	0.0	0.10	0.23	0
42.0~42.5	2.61 (2.74)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1.34 (1.44)	3.95 (4.18)	0 (0)
42.5~43.0	4.56 (7.30)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	3.06 (4.50)	7.62 (11.80)	0 (0)
43.0~43.5	11.43 (18.73)	1.10 (1.10)	0.0 (0.0)	0.10 (0.10)	2.04 (6.54)	14.67 (26.47)	3 (3)
43.5~44.0	17.41 (36.14)	1.38 (2.48)	1.61 (1.61)	0.80 (0.90)	1.96 (8.50)	23.16 (49.63)	32 (35)
44.0~44.5	10.05 (46.19)	1.73 (4.21)	0.98 (2.59)	1.10 (2.00)	0.43 (8.93)	14.29 (63.92)	44 (79)
44.5~45.0	12.91 (59.10)	5.16 (9.37)	5.31 (7.90)	10.15 (12.15)	3.25 (12.18)	36.78 (100.70)	203 (282)
45.0~45.5	0.0 (59.10)	0.83 (10.20)	0.21 (8.11)	9.81 (21.96)	4.82 (17.00)	15.67 (116.37)	196 (478)
45.5~	0.0 (59.10)	0.0 (10.20)	0.0 (8.11)	3.65 (25.61)	0.0 (17.00)	3.65 (120.02)	73 (551)
計	59.10	10.20	8.11	25.61	17.00	120.02	551

注) ()内は累加値

(3) 資産調査

資産調査は治水経済調査要綱に準じて実施した。治水経済調査における資産構成は図 2.13 のとおりである。ここでは、この資産項目のうち公共土木施設については、資産を算出せず、被害額を算出する際に考慮することにした。

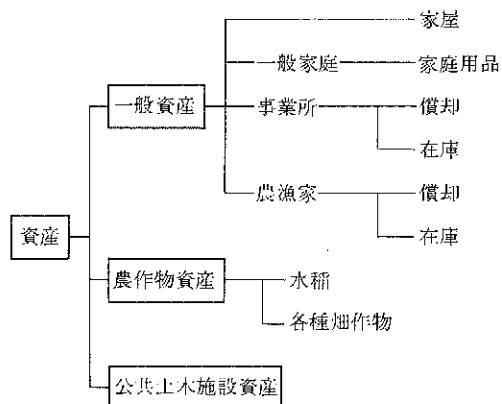


図 2.13 治水経済調査における資産構成

1) 一般資産

1/2,500都市計画図を用いて、標高別に家屋棟数を計数した。この家屋棟数を基礎データにして、標高別の世帯数、事業所の従業者数、農漁家数を次のように算定した。

$$\text{世帯数} = \text{家屋棟数} \times 1 \text{棟当たりの世帯数}^{1)}$$

$$\text{事業所の従業者数} = \text{世帯数} \times 1 \text{世帯当たりの事業所従業者数}^{2)}$$

$$\text{農漁家数} = \text{世帯数} \times 1 \text{世帯当たりの農漁家数}^{3)}$$

イ) 1棟当たりの世帯数……〇〇町の統計資料より算出

ロ) 1世帯当たりの事業所従業者数……想定湛水区域を包絡する領域の地域メッシュ統計データの世帯数と従業者数より算出

ハ) 1世帯当たりの農漁家数……想定湛水区域を包絡する領域の地域メッシュ統計データの世帯数と農漁家数より算出

2) 農作物資産

1/2,500の都市計画図を用いて、標高別に水田、畑面積を計測した。水稻、畑作物(果実を含む)については、単位面積当たりの資産単価を設定し資産額を算出した。単位面積当たりの資産単価は、収量当たりの単価(円/t)に単位収量(t/ha)を乗じて求める。

以上の結果を、表 2.13 のようにとりまとめた。

表 2.13 資産額一覧表

(単位：百万円)

資産項目	標 高(T. P. m)								
	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0	45.5	46.0
家 屋	0.0	0.0	0.0	52.0	606.6	1,369.0	4,887.1	8,283.7	9,548.8
家庭用品	0.0	0.0	0.0	9.4	110.1	248.4	886.8	1,503.1	1,732.7
事業所	償 却	0.0	0.0	0.0	1.5	17.0	38.4	137.1	267.8
	在 庫	0.0	0.0	0.0	1.1	12.8	28.8	103.0	201.2
農漁家	償 却	0.0	0.0	0.0	3.5	40.3	90.9	324.6	634.3
	在 庫	0.0	0.0	0.0	0.4	4.9	11.1	39.8	77.7
農作物	水 稲	0.2	4.8	12.8	32.7	63.2	80.7	103.3	103.3
	畑作物	0.0	0.0	0.0	3.3	12.3	20.4	51.8	54.9
計	0.2	4.8	12.8	103.9	867.2	1,887.7	6,533.5	10,969.5	12,620.7

注) 資産額はその標高までの累加値を表わす。

2.7 関連諸事業調査

A川流域について関連諸事業の調査を行った。その結果、この流域ではかんがい排水、ほ場整備等の農業関連の新規事業は予定されていないことがわかった。関連する諸事業は次のとおりである。

① 都市計画事業

〇〇町の都市計画図、〇〇県の土地利用基本計画図よりA川流域の都市開発事業を把握した。市街化区域・市街化調整区域の区分は、ほぼ現状の土地利用に沿って行われており、山林、果樹園、畑地の大規模な宅地への転換等の具体的計画はない。

② 下水道事業

市街化区域については、下水道計画が策定されているが、次のことから本調査では、下水道計画を特に考慮しなくても良いと判断した。

○市街化区域はA川流域面積の20%以下であること。

○下水道は分流式で計画されており、雨水排除については流域変更がないこと。

○下水道整備までは、かなりの長期を要すること。

注1) 関連諸事業の中では、流域の流出形態、内水被害形態を変化させる事業の調査は特に重要である。例えば、対象流域のほとんどに下水道が整備される予定であれば、流出モデルにもこれを考慮する必要がある。また、内水排除施設も下水道計画との整合を図る必要がある。

注2) 内水排除を目的とした事業に、農林水産省所管の湛水防除事業がある。想定湛水区域の主たる土地利用が農地である場合、湛水防除事業が計画されていることもあるので、これに関する情報を収集し調整あるいは整合を図る必要がある。

第3章 内水特性の把握

3.1 内水湛水特性の把握

(1) 内水湛水特性の把握

内水湛水特性を把握するため、過去に内水氾濫が生じた洪水について、次のような検討を行った。なお、ここで用いた資料は、2.1節の水文資料調査、2.3節の内水被害調査で収集・整理したものである。

1) 内水湛水の発生頻度

表3.1の内水は昭和50年以降を対象にしたものであるから、現在まで(平成2年)の16年間に8回の内水湛水が発生していることがわかる。

したがって、内水湛水の発生頻度は1回/2年程度である。

表3.1 既往内水の主要データ

No	生起日	日雨量 (mm)	ピーク 外水位 (T.P.m)	最大 湛水域 (ha)	最大 湛水深 (m)	最大 湛水時間 (h)
1	S.50.6.7	135.5	45.81	15	1.61	12
2	S.51.7.10	142.0	44.72	17	1.68	18
3	S.53.6.26	175.0	45.37	81	3.23	23
4	S.56.8.23	148.5	45.10	21	1.81	15
5	S.57.9.12	171.0	45.12	65	3.01	22
6	S.61.8.4	188.0	46.38	108	3.67	31
7	S.63.9.18	152.0	45.02	23	1.88	14
8	H.1.9.1	159.5	45.22	36	2.21	18

注1) 日雨量は、A観測所の値である。

注2) 外水位は、上流D水位観測所の値である。

2) 最大湛水域と湛水区域の地域的分布

表 3.1 に記載した 8 内水の最大湛水域を把握した結果により、湛水区域は本川との合流点付近に限定され、湛水域が拡大しても複数の湛水池に分かれないことがわかった。また、いずれの内水の最大湛水域も 2.4 節の地形調査で設定した想定湛水区域内におさまっている。

3) 湛水区域、湛水深の時間変化

湛水区域、湛水深の時間変化について直接観測したデータは存在しない。ただし、水門改築後は水門付近に E 水位観測所が設置され、30 分間隔で水位が観測されている。これによって洪水区域、湛水深の時間変化を把握することにした。湛水深の時間変化の詳細については次項の(2)で述べる。

(2) 内水湛水の原因推定

湛水原因としては次のようなものが考えられる。

- ① 常に外水位が高い（内水河川区域が低平地で自然排水が不可能）。
- ② 内水河川の流下能力不足（排水樋門、樋管の能力不足も含む）。
- ③ 外水位の高いときに内水流出が生じる。

以下、A 河川の内水湛水が上記のどの原因によって生じているかを検討する。

A 川と本川 B 川の合流点付近の河床高等の關係は図 3.1 のとおりである。図 3.1 からわかるように、本川の河床高は A 川合流点付近の河床高よりかなり低い。また、至近 10 箇年の豊水流量に対応する本川豊水位も、A 川の河床高程度である。これより、この地区の内水湛水は①の原因、すなわち常に外水位が高いためではないことがわかる。

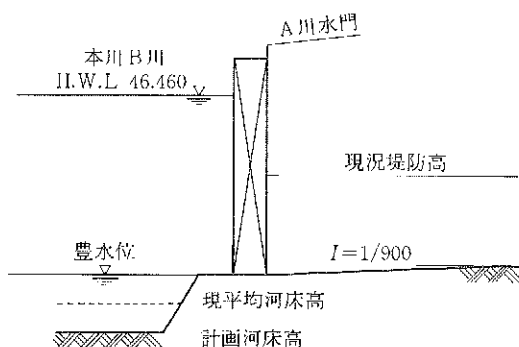


図 3.1 合流点付近の河床高等

また、A川の流下能力が1/10程度であるのに内水がほぼ2年に1回生じていること、内水被害発生時には必ず水門が閉鎖されていることを考えれば、内水湛水は内水河川の流下能力不足だけに起因するものではないことが容易に推測できる。

したがって、対象区域の内水湛水は、本川の洪水時に内水流出が重なることによって生じると推測される。内水河川流域の流出量に関する観測値はないので、本川水位と内水河川流域の流出量の時間的相対関係を、図3.2のような本川水位と内水河川流域の降雨の関係から類推することにした。

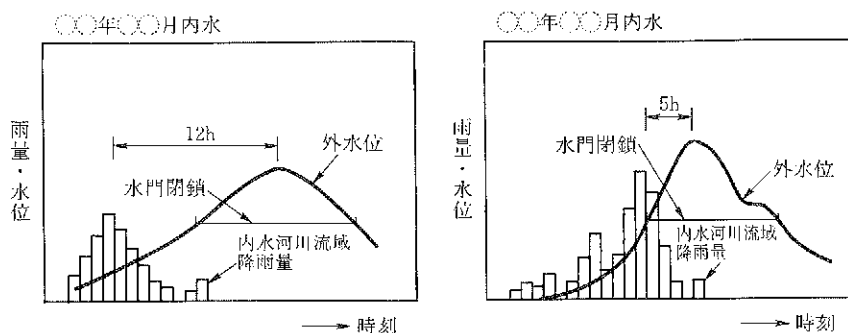


図3.2 内水流域雨量と外水位の相対関係

表3.1の8内水について図3.2を描き、内水河川流域の降雨量のピークと外水位のピークの時差を検討したところ、最短で5時間、最長で24時間であった。ただし、ピーク時差の大きい内水では、降雨量のピークは明瞭でなくピーク生起後も大きな降雨があった。

A川合流地点より上流の本川流域面積は約3,700 km²であり、流域一様に降雨が生じた場合には、本川外水位のピークとA川の流出量ピークの時差はかなり大きくなり、A川の流出量は自然排水が可能と考えられる。図3.3は、昭和50年以降に日雨量

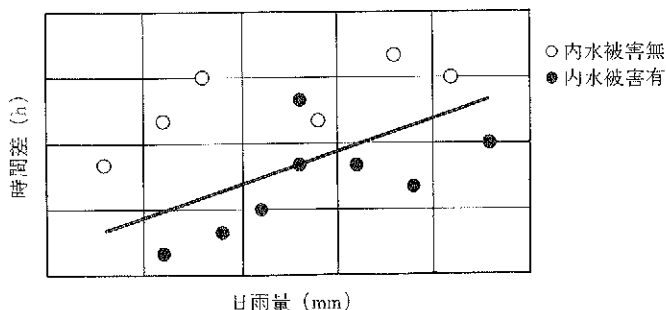


図3.3 降雨のピークと外水位のピーク時間差と被害の有無

100 mm 以上を記録した降雨について、最大降雨量発生時刻とピーク外水位発生時刻の時間差をプロットしたものである。これからも、時間差が十分あればA川の自然排水が可能なことがわかる。よって、降雨継続時間が長い場合、あるいは上流から下流へ降雨域が移動するような場合にA川の内水被害が発生するものと考えられる。

(3) 内水湛水特性の時系列変化

表 3.1 に示した 8 内水の主要データ、および図 3.2 に掲げた内水河川流域降雨量と外水位の関係の時系列的にみても、内水湛水特性の変化は明確ではない。これは、ここで得られた資料では最も古いものと最新のものでは 14 年程度しか生起年が離れておらず、時系列変化が顕著に現われていないためと思われる。また、内水河川流域の降雨量、外水位およびこれらの相対関係は各内水によって異なるため、時系列的な変化だけを抽出することは困難である。

よって、ここでは内水湛水特性に大きな影響を与えると思われる要因と内水生起時期の関係から、内水湛水特性の時系列変化の有無を推定する。図 3.4 はこの関係を整理したものである。図 3.4 より昭和 52～62 年にかけて対象区域の内水特性は、変化していると推定される。

	S. 50	S. 55	S. 60	H. 2
内水の生起時期	①②	③	④⑤	⑥ ⑦ ⑧
外水位の変化要因		下流部改修	Dダム建設	
内水流出量の変化要因		下流部改修	水門改築	

図 3.4 内水湛水特性に影響を与える要因と内水生起時期

3.2 内水被害特性の把握

表 2.7 の既往内水被害一覧より、対象地域の内水被害特性を総括すると次のとおりである。

- ① 水田を中心とした農地被害が主である。
- ② 近年になるほど家屋の被害が増加しており、農地の宅地への転換が緩やかに進行していることがわかる。

次に、A川水門改築後に生じた2個の内水の内水位の時間変化を描き、土地利用との関連をみたのが図 3.5 である。図 3.5 より家屋は、相対的に高い所にあるため、浸水時間が比較的短いことがわかる。よって何らかの有効な内水排除対策を行えば、宅地の浸水は防ぐことができそうである。一方、水田は最低地盤高近くから分布しており、水田を無湛水にすることは困難と考えられる。

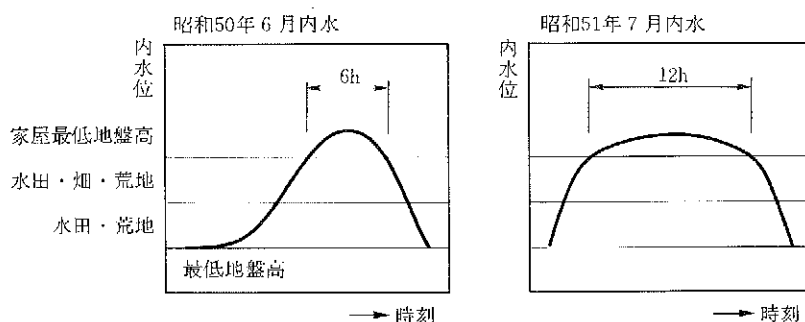


図 3.5 内水位の時間変化と土地利用の関係

第4章 内水処理方式の検討

4.1 内水処理方式の一次選定

(1) ソフト対策の可能性

A川流域で考えられるソフト対策としては、流出域・内水区域とともに土地利用規制が考えられる。しかし、工場・住宅の誘致により町の活性化を図ろうとする行政方針があり、流出域における土地利用規制は事実上困難である。

内水区域（想定湛水区域）は、現在のところ市街化調整区域に指定されており、市街化が抑制されている。現状では、これ以上の土地利用規制は困難と考えられる。ただし、地盤高の低い所での家屋の耐水化は実現の可能性がある、かつ有効なソフト対策と考えられる。

(2) 流出域でのハード対策

流出域での対策としては、ダム・調節池等の貯留施設によるピーク流出量のカット、浸透施設による流出抑制が考えられる。ただし、流出域の市街化は現在のところあまり進行しておらず十分な保水機能を有している。したがって、貯留・浸透施設による流出域での対策はあまり効果がないと考えられる。また、貯留施設の設置により内水河川流域の流出は遅くなり、かえって本川ピーク水位との時差が縮まる危険性もあることを考慮すればあまり効果的な対策とは言い難い。

また、流出域の流出量のみを上流で分水し、本川へ放水する案も流出域の対策として考えられるが、本川とA川流域の位置関係から放水路はかなりの延長となり現実的でない。

よって、流出域でのハード対策は、あまり有効でないと考えられる。

(3) 本川の河道改修

本川の河道改修等により、外水位が大幅に低下することになれば、当然、内水被害は減少することになる。ただし、外水位を河道改修によって低下させるためには大規模な工事が必要であり、内水河川の内水被害を軽減するためにのみ、本川の河道改修を行うことは難しい。B川（本川）では、現在のところ河道改修を行ったり、上流にダムを建設する予定はないので、本川での対策は見込めないと考えられる。

(4) 内水区域での対策

内水区域での内水処理方式には次のようなものがある。

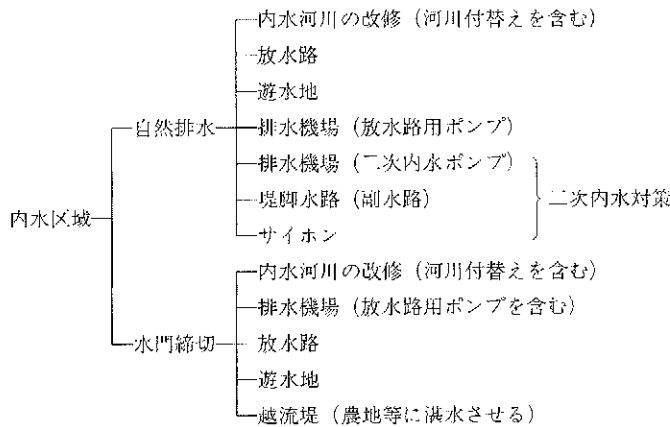


図 4.1

すなわち、自然排水方式とするか水門締切方式とするかで、処理方式は大きく分かれる。これらの内水処理方式の対象河川での選定の可能性は、次のとおりである。

1) 自然排水方式

内水河川流域内で山地流域の占める割合が大きいときに、有効な方法である。A川流域の山地面積率は6割であるが、平地の一部流域からの流出量もバック堤で処理可能と考えられる。ただし、バック堤を採用した場合には、本川の洪水時に新たな内水地区が発生するおそれがあり、地形によっては有効な内水対策になり得ないこともある。

バック堤方式をとる場合、その設置位置により次の3ケースがある。

- ① 現河道方式
- ② 下流付替え方式
- ③ 上流付替え方式

これらのうちいずれの方式をとるかは、流域の地形条件および土地利用状況による。A川の場合、先に述べたように流域の地形特性、現況河道の流路から上流付替え方式は困難である。また、下流部への付替えも現在の土地利用から判断すると、現実的ではない。2.6節の想定湛水区域の土地利用調査結果から明らかなように、現河道沿いには未利用地(荒地)が残されており、現河道を拡幅してバック堤にすることが、現実的である。

現河道方式を採用した場合でも、低平地部の流出により内水は発生する。そのため二次内水処理を行う必要がある。二次内水処理方式としては、排水ポンプを設置する方法や、二次内水地区だけの流出量を本川下流に直接排水する方法が考えられる。

2) 水門締切方式

① 排水機場

排水ポンプは、内水被害を確実に減少させる有効な方法である。ただし、ポンプのみで内水処理を行うと、ポンプの規模が非常に大きくなる可能性がある。他の方法と組み合わせることが、効率的と考えられる。

② 遊水地

以前から洪水時には、想定湛水区域の一部は自然調節地として機能していた。このような本来有していた遊水機能を保全し、これを有効に生かすのは、治水方式として優れていると考えられる。また、現在の土地利用から、想定湛水区域の一部を遊水地とすることは、十分可能である。

遊水地の範囲は、想定湛水区域のH～V関係と土地利用から設定することにした。A川の計画高水位は44.65mであるから、遊水地底を掘削しない限り44.0m以上の標高部分を遊水地としても、その部分での治水効果は小さい。よってここでは、標高44.0m以下の区域内で、土地利用を考慮して遊水地の範囲を設定することにした。遊水地にすることが可能な土地利用は、原則的には荒地、水田、畑とした。このように設定した遊水地の範囲は、**図4.2**のとおりである。また、遊水地のH～A～V曲線は、**図4.3**のようになる。

表4.1からわかるように遊水地の容量は、約30万 m^3/s である。一方、既往8内水のうち3内水の最大湛水量は、これを上回る。特に昭和61年8月内水の湛水量は、遊水地容量の約4倍となっている。したがって、遊水地のみによって内水被害をなくすことが困難なことは、容易に推測することができる。よって、他の内水処理施設と組み合わせることになる。

また、遊水地内に位置する孤立家屋3戸については、耐水化を行うことにする。

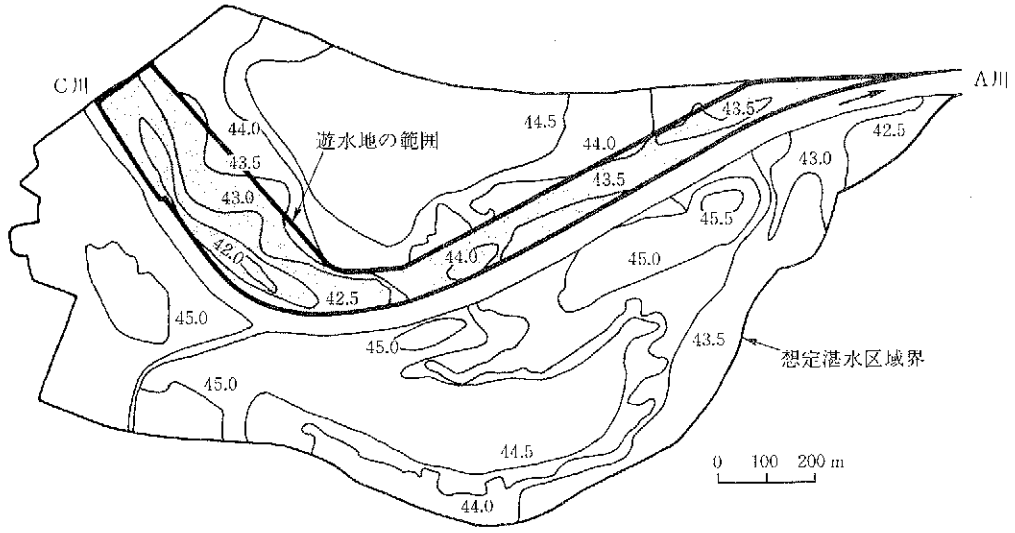


図 4.2 遊水地の範囲

表 4.1 想定湛水区域H~A~V表

標高 (T.P.m)	累加面積 ($\times 10^3 \text{m}^2$)	累加湛水量 ($\times 10^3 \text{m}^3$)
41.5	0	0
42.0	2.3	0.6
42.5	20.7	6.4
43.0	71.3	29.4
43.5	125.3	78.6
44.0	201.1	160.2
44.5	206.5	262.1
45.0	206.5	313.7

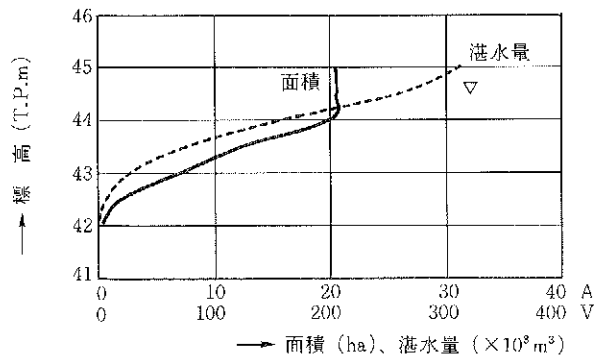


図 4.3 遊水地H~A~V図

注) 遊水地の容量を増すためには、遊水地底を掘削することが考えられる。その際には、遊水地用地をすべて買収する必要がある。一方、掘削を行わない場合は、地役権の設定により遊水地の建設が可能である。ただし、この場合でも囲繞堤部分の買収は必要である。この検討例では、後者の方法により遊水地を建設することにし、遊水地底の掘削は考えないことにした。

以上、内水区域での検討成果をまとめれば、表4.2のようである。

表 4.2 内水区域での内水処理方式の評価

内水処理方式		検 討 内 容	評 価
内水河川の改修	バック堤	現河道方式なら採用可能。ただし、二次内水対策が必要。	○
	セミバック堤	バック堤に比べ経済的に不利。	×
排水機場		有効な方法であるが、排水ポンプだけで内水処理を行うとポンプ規模が非常に大きくなる可能性がある。	○
遊 水 地		想定湛水区域内の土地利用から、想定湛水区域内の一部を遊水地とすることは十分可能である。また、本来想定湛水区域が有していた遊水機能を保全することになるので、治水方式として優れている。ただし、遊水地だけで内水被害をなくすことは無理なので、他の対策と組み合わせる必要がある。	△

注) 評価 ○ 採用可能
 △ 採用可能だが単独施設では不可
 × 採用すべきではない

表4.2より当内水区域で可能と考えられるハード対策は、次のとおりである。

- ① バック堤方式＋二次内水処理（排水ポンプ）
- ② 排水機場
- ③ 遊水地＋排水機場

また、ソフト対策としては、遊水地内の孤立家屋の耐水化がある。

第5章 検討対象内水の選定

5.1 検証内水の選定

検証内水は、内水解析モデルの定数同定、あるいは内水解析モデルの妥当性の検証に用いる内水である。したがって、内水解析モデルによる計算結果と比較検証できる実測値が整っている内水である必要がある。A川水門地点のF水位観測所が設置されたのは、昭和60年8月であるので、それ以降に内水被害が生じた次の3内水を検証内水として選定する。

〔検証内水〕

- ① 昭和61年8月内水
- ② 昭和63年9月内水
- ③ 平成元年9月内水

5.2 計画対象内水の選定

次のような点を考慮して、計画対象内水を選定した。

- ① 被害の大きな内水
- ② 外水位が堤内地盤高以上で、かつ実績日雨量が120mm以上の内水
- ③ 内水流域の降雨のピーク時刻と外水位のピーク時刻との時差が小さい内水
- ④ A川（本川）改修計画で採用している洪水
- ⑤ 水文資料の整っている内水（時間雨量の存在する昭和33年以降の内水）

以上の5項目を考慮し、次の5内水を計画対象内水として選定した。既往最大の被害をもたらした内水は、昭和61年8月内水であり、これは当然、計画対象内水に含まれている。なお、計画対象内水の選定表を表5.1に示す。

〔計画対象内水〕

- ① 昭和 41 年 8 月内水
- ② 昭和 53 年 6 月内水
- ③ 昭和 57 年 9 月内水
- ④ 昭和 61 年 8 月内水
- ⑤ 平成元年 9 月内水

表 5.1 計画対象内水選定表

No.	内水名	日雨量 (mm)	ピーク外水位 (T.P.m)	ピーク時差 (h)	最大湛水位 (T.P.m)	浸水面積 (ha)	備考
1	S. 36. 8. 5	125.0	42.51	7	不明	不明	
2	S. 41. 8. 12	160.5	45.54	8	不明	不明	○
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20	S. 63. 9. 18	152.0	45.02	11	43.38	23	
21	H. 1. 9. 1	159.5	45.22	10	43.71	36	○

注 1) 備考欄の○印は採用した計画対象内水を示す。

注 2) 日雨量は A 観測所の値である。

注 3) ピーク外水位は上流 D 水位観測所のもの (計画水面勾配から推定すると、A 川合流点では概ね 70 cm 程度低い水位となる)。

第6章 内水解析モデルの作成

検討対象流域における過去の内水現象の再現、および将来の内水現象の予測ができる内水解析モデルを作成する。

6.1 流出モデル

(1) 流出計算手法の選定

A川流域の流域規模、および流域の流出特性、近傍河川の計算手法等を考慮し、流出計算手法を選定する。

① 流域規模：36.2 km²

② 流域特性

○流域の上流部は山地、丘陵地が主であるが、2.5節(1)の土地利用調査に示されるように市街化の進展が見込まれる。

○流域の中流部は古くから市街地としてひらけている場所であり、最近ではこの市街地が下流に拡大している。

○流域の下流部は、B川の旧河道にあたり低平地となっている。

③ 流出計算手法の選定

本計画では、以下の理由により貯留関数法（流域定数の設定は、等価粗度法の考え方）を採用した。

○貯留関数法を適用している河川が全国に多く、A川の本川であるB川でも採用されている手法である。

○貯留関数法は、流域の貯留という概念が流出現象によく表現されている手法であり、流下に伴う非線形性が表現できる。

○本手法で適用している流域定数設定方法は、斜面上を流下する運動方程式を乱流（マニング則を仮定）とし、準物理学的に計算できる手法であり、検証材料

が乏しくても流域条件から定数を定めやすい。

(2) 流出モデルの作成

1) 流域分割

流域の地形、排水系統、排水施設および計画時点での関連計画を考慮し、流域を5流域に分割した。その分割状況および流域諸元は、**図6.1**、**表6.1**に示すとおりである。

また、**図6.2**に流出モデル系統図を示す。本流域では河道の規模が小さいことから、河道の貯留効果は考慮しないものとした。

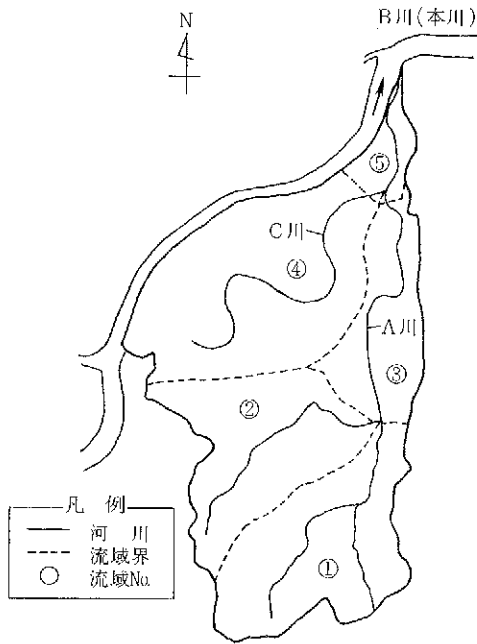


図6.1 流域分割図

表6.1 流域諸元一覧表

No.	流域名	流域面積	流路長
1	A-1	9.6 km ²	5,960 m
2	B	5.2 km ²	4,980 m
3	A-2	7.0 km ²	5,060 m
4	C	13.2 km ²	6,980 m
5	A-3	1.2 km ²	2,120 m

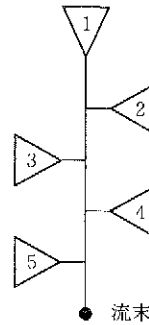


図6.2 流出モデル系統図

2) 定数の設定

貯留関数法により計算するためには、次のような定数を設定する必要がある。

① 有効降雨モデル（有効降雨の定数）

有効降雨モデルは、一次流出率－飽和雨量モデル（ f_1 - R_{sa} モデル）を用いる。 f_1 、 R_{sa} は土地利用区分ごとに与えることにし、ここでは市街地、山地、水田、畑の4地目とした。2.5節の流域状況調査では、土地、果樹園、畑、水田、市街地、その他と6分類したが、果樹園は畑に、その他は市街地に含めることにした。

定数は建設省資料、B川工事実施基本計画で用いられている流域定数を参考に設定したが、最終的には検証計算により決定する。なお、検証時の土地利用は平成2年時点のものを用いる。

表 6.2 f_1 、 R_{sa} の初期値

	f_1	R_{sa}
市街地	0.7	55 mm
山 地	0.25	100 mm
水 田	0.0	50 mm
畑	0.15	100 mm

② 斜面流出モデル（流域定数）

斜面の地被状態に応じた流出現象が表現できる等価粗度型の流域斜面定数を設定した。

$$K = 0.1165 (N \cdot L / S^{1/2})^{0.6}$$

$$P = 0.6$$

N ：等価粗度係数 …河川砂防技術基準の標準値を参考とし、表 6.3 のように設定した。

L ：流域斜面長(m) …地形図より実測した。

S ：流域斜面勾配 …地形図より実測した。

表 6.3 等価粗度係数一覧表

	等価粗度係数
市街地	0.03
山 地	0.7
水 田	2.0
畑	0.3

③ 基底流量

基底流量は、B川工事実施基本計画で用いられている値と同一とし、比流量換算で $0.02 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ とした。

3) 流出モデルの検証

A川水門地点（F水位観測所）においてしか水位観測がなされていないことから、流出モデル単独の検証は難しい。したがって、内水モデルも含めた内水解析モデル全体の検証計算を、実施することとした。

この検証計算結果は後述するが、内水現象が1池モデルで表現でき、内水モデル自体の精度は比較的高いと思われることから、検証計算では流出モデルにおける流域定数の同定を行うこととした。

(3) 降雨波形の作成

流出計算を行うために、検証内水の流域平均時間雨量を流域ごとに作成した。各流域

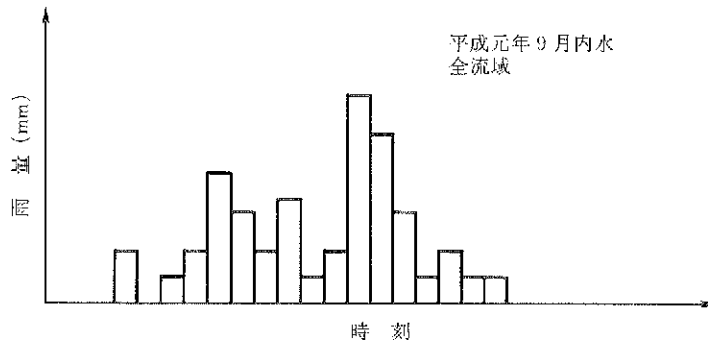


図 6.3 検証内水の降雨波形

表 6.4 検証対象洪水降雨波形一覧表
洪水名：平成元年9月内水

日 時	観測所時間雨量 (mm)			流域平均時間雨量 (mm)					
	A	B	C	1	2	3	4	5	全流域
9/1 1:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2:00	2.0	3.0	2.5	2.1	2.1	2.5	2.3	2.8	2.3
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

の流域平均時間雨量は、A、B、Cの3観測所の時間雨量を対象にテーゼン法によって求めた。

図6.3および表6.4に検証対象内水の降雨波形を示す。

(4) 流出波形の作成

内水解析モデル検証内水について流出計算を行い、内水河川流域からの流出量を算定した。

この際の諸定数は6.1節(2)の流出モデルの作成で述べた初期値を用いているが、検証計算によって諸定数の同定を行うものとする。

6.2 外水位曲線の作成

内水解析モデルを検証するための境界条件となる外水位曲線を実績外水位記録から作成した。

ここで、検証対象洪水が昭和60年以降の洪水であり、そのときにはA川水門地点のB川水位の観測値(E観測所)があることから、この値をそのまま使用した。図6.4にB川水位とA川流域平均降雨波形との関係図を示す。

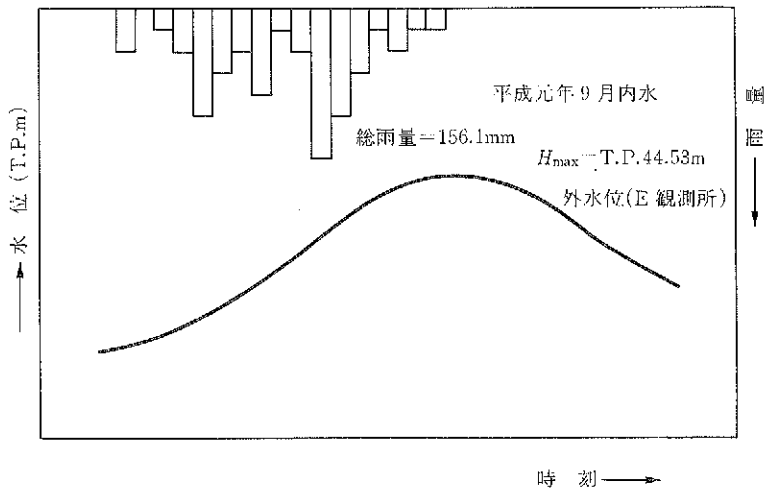


図6.4 外水位と流域平均降雨量との関係
 (平成元年9月内水)

6.3 内水モデルの作成

内水モデルとは、内水区域の地形、排水形態等の調査結果に基づいて作成し、流出モデルで得られた内水河川流域の流出量を人力条件、また、外水位曲線を境界条件として、内水位、および湛水区域を算定するモデルである。

(1) 内水計算手法の選定

A川における内水計算手法は、内水区域の特性および既往の浸水実績状況を考慮し、1池モデルを採用した。

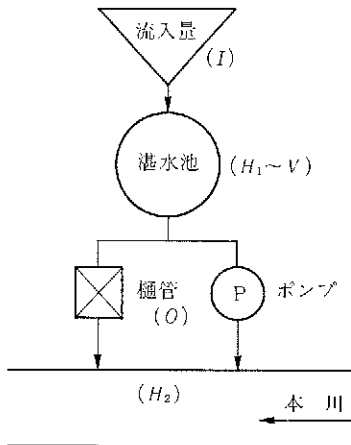
これは、内水区域の地形をみるとA川と本川B川との合流点付近が最も低く、過去に発生した浸水状況からみても湛水区域は本川との合流点付近に限定されており、湛水域が拡大したとしても複数の湛水域に分かれないためである。

(2) 内水計算手法（1池モデル）の概要

$$\frac{dV}{dt} = I - O \quad \dots\dots ①$$

①式を差分化すると次のようになる。

$$\frac{I_n + I_{n+1}}{2} - \frac{O_n + O_{n+1}}{2} = \frac{V_{n+1} - V_n}{\Delta t} \quad \dots\dots ②$$



- I_n : 時刻 n における流入量 (m^3/s)
- O_n : 時刻 n における流出量 (m^3/s)
- V_n : 時刻 n における湛水量 (m^3)
- $H_{1,n}$: 時刻 n における内水位 (T.P.m)
- $H_{2,n}$: 時刻 n における外水位 (T.P.m)
- Δt : 時刻 n と $n+1$ との時間差 (sec)

図 6.5 1池モデルの概念

②式を既知の量と未知の量に分離すると③式になる。

$$\frac{I_n + I_{n+1}}{2} - \frac{O_n}{2} + \frac{V_n}{\Delta t} = \frac{V_{n+1}}{\Delta t} + \frac{O_{n+1}}{2} \quad \dots\dots③$$

③式の左辺はすべて既知量である。右辺の2個の未知数のうち V_{n+1} は、湛水域の H ~ V 関係から $H_{1,n+1}$ を与えるだけで決まり、 O_{n+1} も $H_{1,n+1}$ と $H_{2,n+1}$ の状況に応じて樋管の排水量あるいはポンプ排水量として求められる。通常の内水排除の水理検討においては、外水位が流出量に関係なく独立に定まると考えてよく、 $H_{2,n+1}$ は既知量として取り扱える。ゆえに、内水位だけを仮定すれば右辺の値が計算でき、左辺 = 右辺とするような $H_{1,n+1}$ を試算により求め、これを時刻 $n+1$ の内水位とする。

以上の手続きを繰り返して、 $n+2$ 、 $n+3$ 、…の各時刻の内水位を計算し、時間 ~ 内水位の関係を求めることができる。

また、排水施設からの流出量 O は、湛水位 H_1 と外水位 H_2 の関係から、参考に示すように求められる。

なお、 Δt を十分小さくとれば①式を次のように差分化して、⑤式で $n+1$ 時刻の湛水量を求めることが可能である。この方法によると右辺はすべて既知量なので、試算は不要である。

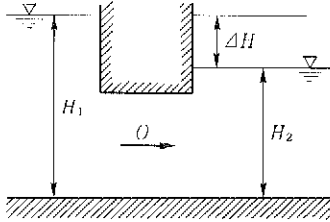
$$I_n - O_n - \frac{V_{n+1} - V_n}{\Delta t} \quad \dots\dots④$$

$$V_{n+1} = V_n + \Delta t (I_n - O_n) \quad \dots\dots⑤$$

[参 考]

—樋門からの排水量計算式—

a. 完全潜孔



$$O = A \cdot v$$

$$v = C \sqrt{2g \Delta H}$$

$$C = \left(1 + f_e + f \times L/R \right)^{1/2}$$

O : 排水量 (m³/s)

f_e : 流入損失係数

A : 樋管通水断面積 (m²)

f : 摩擦損失係数

v : 樋管内平均流速 (m/s)

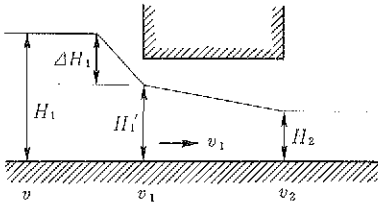
L : 樋管長 (m)

ΔH : 内外水位差 $H_1 - H_2$ (m)

R : 径深 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

b. 開渠 (自由流出)



任意の外水位 H_2 を限界水深とすると、
限界排水量 O_c および内水位 H_1 を求める。

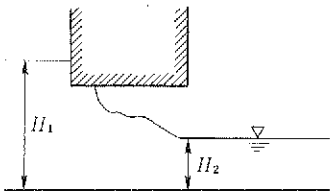
長方形断面の限界水深式より、

$$H_{2c} = \sqrt[3]{\frac{O_c^2}{g B^2}} \quad O_c = B \cdot \sqrt{H_{2c}^3 \cdot g}$$

これより背水計算によって H_1 を求め、 ΔH_1 を加えて H_1 とする。

$$v_1 = \frac{O_c}{B H_1} \quad \Delta H_1 = \frac{v_1^2}{2g} (1 + f_e)$$

c. 不完全潜孔



先の a、b をグラフに図化し、その間をス
ムーズな曲線で結ぶ。これを不完全潜孔と
する。

(3) 内水モデルの作成

1) 想定湛水区域の地形条件

2.6 節の想定湛水区域状況調査で作成したH~A~V関係を計算に用いる。

2) 排水条件と排水量

想定湛水区域から外水河川への排水は、合流点に設置されているA川水門により行われているが、これらの施設の操作状況、および排水量は以下のとおりである。

① 水門操作

検証計算においては、水門の操作状況が記録されているため、この記録を用いることとした。表6.5に検証対象内水における実績水門操作状況を示す。

表6.5 既往洪水水門実績操作状況

洪水名	水門操作状況			
	操作	時刻	操作	時刻
S.61.8.4	閉鎖	4日 7:40	開放	4日 19:50
S.63.9.18	閉鎖	18日 15:20	開放	19日 10:40
H.1.9.1	閉鎖	1日 10:00	開放	2日 13:40

② A川水門からの排水量

実績外水位と内水位（計算値）の関係から、参考に示した排水量計算式を用いて逐次算出した。排水量の計算条件は次のとおりである。

- ・水門幅 : 15.5 m
- ・水門高さ : 9.33 m
- ・水門敷高 : T. P. 38.63 m
- ・水門門数 : 1 門

6.4 内水解析モデルの検証

内水解析モデルの検証は、本来、流出モデル、内水モデルに分けてそれぞれ個別に行うべきであるが、流出量が観測されていないため、実績の湛水区域、湛水位を検証データとして、次のような手順で検証を行う。

① 内水モデルの検証

湛水域の範囲が1池モデルで表現されているか。

② 流出モデルの検証

実績の湛水位時間変化と計算結果との適合性により定数の決定。

(1) 内水モデルの検証

流域定数 CASE-1 の場合における最大湛水域と実績湛水域の比較図を図 6.6 に示す。

図 6.6 にみられるように最大湛水域の範囲は、計算値よりも実績値のほうが若干大きめになっているものの湛水が発生する場所は同じであり、内水計算モデルとして1池モデルの妥当性が検証されたと考えられる。

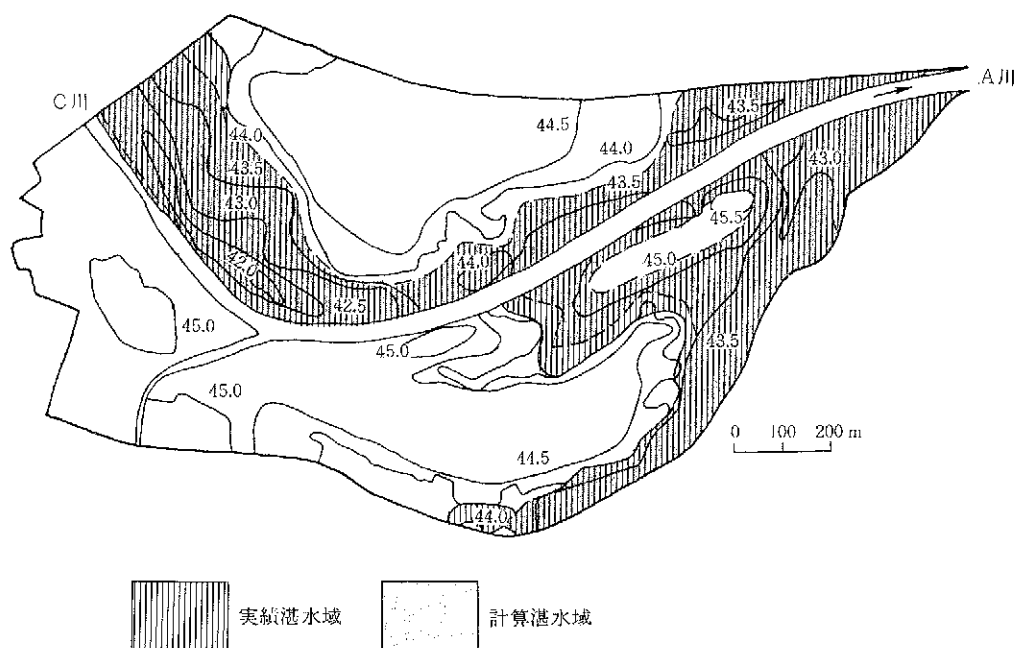


図 6.6 実績湛水域との比較図

(2) 流出モデルの検証

前項で述べたように、初期定数による流出計算を実施したところ、計算洪水域は実績の洪水域より若干小さくなっている。計算洪水位の時系列図を実績値と比較すると、図6.7のようである。

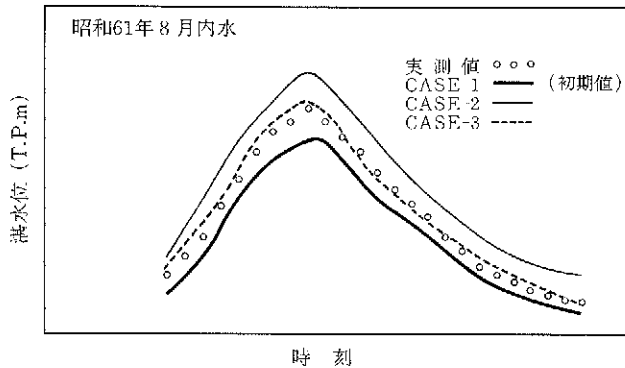


図6.7 洪水状況比較図

本計画では、諸定数のうち流域定数は固定し、有効降雨定数の R_{sa} のみを洪水ごとに同定することにした。図6.7は、昭和61年8月4日内水の検証計算結果を示したものである。CASE-2、CASE-3はそれぞれ R_{sa} をCASE-1の0.5倍、0.75倍とした計算例であるが、CASE-3の計算値は実績値と良く適合しており、CASE-3の飽和雨量が妥当と考えられる。

洪水ごとの R_{sa} の同定結果は、表6.6のとおりである。

表6.6 同定された飽和雨量一覧

地目	昭和61年8月	昭和63年9月	平成元年9月	平均
市街地	41 mm	36 mm	55 mm	44 mm
山地	75 mm	65 mm	100 mm	80 mm
水田	38 mm	33 mm	50 mm	40 mm
畑	75 mm	65 mm	100 mm	80 mm

第7章 確率評価手法の検討

7.1 確率評価手法の選定

内水とは、内水河川流域の流量（降雨）および外水位（本川水位）を与条件とし、内水区域の地形・河道特性等により湛水が生じる現象である。

内水現象は、降雨と内水区域の地形条件により影響されるだけでなく、外水位（本川水位とその継続時間）の影響が極めて大きい。この外水位と内水河川流域の降雨規模およびこれらの時間的な相対関係によって、内水の規模は大きく異なる。

このため、内水の確率評価手法の選定にあたっては、対象河川A川の内水特性を十分踏まえるとともに、その確率処理を行うために必要なデータが、整備されているかどうかをあわせて検討しなければならない。

(1) A川の内水特性

- ① A川の内水湛水の原因は、第3章で述べたように、本川B川の洪水時に内水河川流域の流出が重なり、自然排水ができなくなるためである。
- ② 昭和50年以降、被害の発生している内水は8内水あり、浸水面積と内水河川流域の日雨量およびピーク外水位との相関関係をみると、図7.1に示すように、内水河川流域の日雨量とは相関関係が高いものの、ピーク外水位とは相関関係がさほどみられない。

これらのことから、外水位がある値以上の場合に、内水河川流域にまとまった降雨のあったときに、内水洪水が発生していることがわかる。

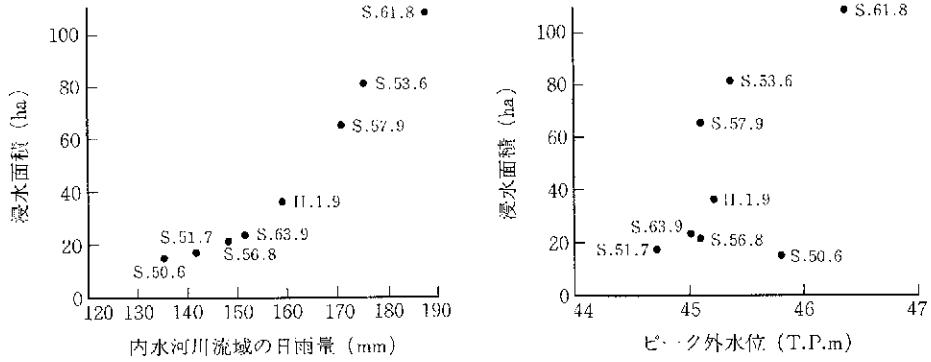


図 7.1 浸水面積と日雨量、ピーク外水位の相関関係

(2) 水文資料の整備状況

A川の内水確率評価に関連する水文資料としては、雨量、B川水位であり、その整備状況は2.1節の水文資料収集で整理している。再記すると次のとおりである。

① 雨量 (A、B、C観測所) … 時間雨量、日雨量

表 7.1 雨量資料の整備状況

観測所	種 類	資料整備期間
A	日 雨 量	T. 14 以降 65 年間
	時間雨量	S. 33 以降 32 年間
B	日 雨 量	T. 12 以降 67 年間
	時間雨量	S. 33 以降 32 年間
C	日 雨 量	S. 57 以降 8 年間
	時間雨量	S. 57 以降 8 年間

② B川水位 (D、E観測所) … 時刻水位

表 7.2 水位資料の整備状況

観測所	種 類	資料設備期間
D	時刻水位	S. 24 以降 41 年間
E	時刻水位	S. 60 以降 5 年間

上記の水位資料の整備状況から、昭和60年以降はE観測所、それ以前はD観測所の水位を用いて外水位を評価することにした。しかし、D観測所はA川合流点上流2.1kmにあることから、次のようにH～Q式を介してA川合流点の外水位を算定した。

D観測所水位 H_D

↓

D観測所地点のH～Q式によるQへの変換

↓

A川合流点のH～Q式による H_E への変換

なお、H～Q曲線は原則的にその洪水時のものを採用した。

注) 本川改修の影響が少ないと判断できる場合には、不等流計算結果や既往の観測記録から次のような両観測所水位の関係式を作成することもある。

$$H_E = a \times H_D + b$$

ここで、 H_E ：E観測所水位記録、 H_D ：D観測所水位記録

(3) 確率評価手法の選定

先に整理したA川の内水特性、および確率統計処理を行うために必要とされる水文データの整備状況から判断し、確率評価手法としては以下の方法を採用することとした。

- ① 原則的には、内水時間帯降雨量による確率評価手法に準じる。
- ② 表2.7に示した昭和50年以降に発生した内水を見ると、いずれもD観測所の水位がT. P. 44.0 m以上となっている。また、A川水門の操作規則では、内水位がT. P. 43.0 m以上で、かつ内外水位が逆転したときに、水門を閉鎖することになっている。A川合流点とD観測所では、水位差は70 cm程度である。よってここでは、D観測所水位がT. P. 43.5 m以上となる期間を内水時間帯とする。
- ③ B川の水位が、D観測所でT. P. 43.5 m以上となる洪水が毎年発生していないことから、非毎年値を用いた確率処理を行うこととする。
- ④ 表7.3のように、過去の出水時における内水時間帯と降雨時間の関係を調べると、内水時間帯の中で降雨のある期間は概ね1日以内である。また、対象河川流域の規模(36.2 km²)を考えると、内水時間帯以前の雨は内水の規模に影響を与えないと推測される。よってここでは、内水時間帯に対応する日雨量によって確率処理を行うことにした。なお、このように日雨量データを用いることによ

表 7.3 既往洪水時における内水時間帯の降雨継続時間

洪水名	時刻	0	0	0
S.50 6.7~9	内水時間帯		—	—
	降雨時間 (A)	—	—	
	降雨時間 (B)	—	—	
	内水降雨時間帯		—	—
S.51 7.10~12	内水時間帯		—	—
	降雨時間 (A)	—	—	
	降雨時間 (B)	—	—	
	内水雨時間		—	—
S.53 6.25~27	内水時間帯		—	—
	降雨時間 (A)	—	—	
	降雨時間 (B)	—	—	
	内水降雨時間帯		—	—
⋮ ⋮				

注1) 降雨時間 (A、B)：A (B) 雨量観測所における降雨時間帯

注2) 内水降雨時間帯：内水時間帯で流域に降雨のあった時間帯

り、時間雨量データの整備されていない期間も統計解析の対象に含めることができ、超過確率の推定精度が向上すると考えられる。

- ⑤ 流域平均雨量は、水文資料の整備されている雨量観測所A、Bの観測値から求める。なお、C雨量観測所は流域内にあり、流域を代表する観測所としては適すると考えられるが、昭和57年以降の資料しかないことから、統計解析の代表観測所からは除外することとした。

7.2 内水規模の超過確率計算

(1) 対象観測所

先に示したように流域近傍に設置されるA、B観測所を対象とし、図7.2に示すようにA川流域をティーセン分割し、流域平均雨量を算出した。

(2) 確率計算

B川水位の観測値が整備されている昭和24年以降に発生した洪水のうち、B川水位(D観測所)がT. P. 43.5 m以上となる洪水を抽出するとともに、その日雨量を整理し、表7.4に示した。

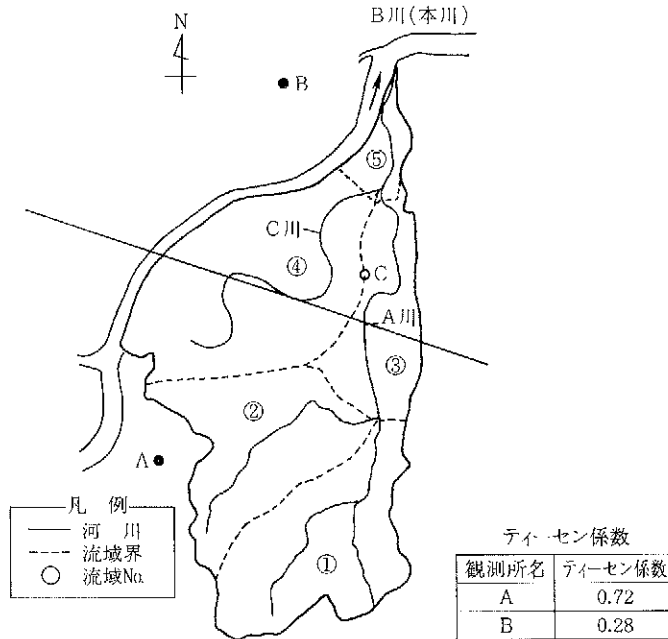


図7.2 ティーンセン分割図

表7.4 既往洪水におけるピーク外水位と流域平均日雨量

No.	生起年月日	ピーク外水位	流域平均日雨量
1	S. 24. 8. 18	T. P. 44. 12 m	138. 7 mm
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
46	II. 1. 9. 1	T. P. 45. 22 m	156. 1 mm

また、これら日雨量を大きい順に並べ換えた結果を、表7.5に示す。

表7.5 既往洪水における流域平均日雨量順位表

順位	流域平均日雨量	ピーク外水位	生起年月日
1	205. 0 mm	T. P. 44. 83 m	S. 28. 6. 24
2	187. 9 mm	T. P. 46. 38 m	S. 61. 8. 4
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
46	120. 0 mm	T. P. 44. 03 m	S. 62. 7. 6

(3) 確率雨量

過去41年間の非毎年流域平均日雨量(表7.5)を用いて、日雨量の超過確率を求めた結果を表7.6に示す。なお、確率計算表は表7.7に示す。また、非毎年値による確率計算の方法は、例えば「岩井重久・石黒政儀共著 応用水文統計学 森北出版株式会社」に詳しいので、参照されたい。

表7.6 内水確率規模と確率日雨量

内水確率規模*	確率日雨量(流域平均)	備考
1/2	132 mm	
1/5	153 mm	
1/10	169 mm	
1/20	185 mm	
1/30	195 mm	
1/50	206 mm	
1/100	222 mm	
1/150	232 mm	

* 年超過確率である。

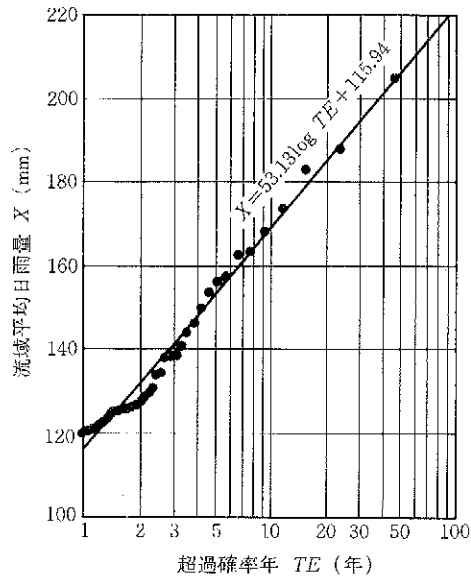


図7.3 超過確率図

第7章 確率評価手法の検討

表7.7 流域平均日雨量の確率計算表

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
m	x	$x \cdot x$	$TE (-n/m)$	$y (= \log TE)$	$y \cdot y$	$x \cdot y$
1	205.0	42,025.00	46.000	1.6628	2.7648	340.8654
2	187.9	35,306.41	23.000	1.3617	1.8543	255.8687
3	183.1	33,525.61	15.333	1.1856	1.4057	217.0901
4	173.5	30,102.25	11.500	1.0607	1.1251	184.0311
5	168.0	28,224.00	9.200	0.9638	0.9289	161.9164
6	163.3	26,666.89	7.667	0.8846	0.7825	144.4563
7	162.6	26,438.76	6.571	0.8177	0.6686	132.9515
8	157.2	24,711.84	5.750	0.7597	0.5771	119.4198
9	156.1	24,367.21	5.111	0.7085	0.5020	110.5992
10	153.7	23,623.69	4.600	0.6628	0.4392	101.8659
11	149.7	22,410.09	4.182	0.6214	0.3861	93.0184
12	146.2	21,374.44	3.833	0.5836	0.3406	85.3189
13	144.2	20,793.64	3.538	0.5488	0.3012	79.1390
14	140.8	19,824.64	3.286	0.5166	0.2669	72.7415
15	138.7	19,237.69	3.067	0.4867	0.2368	67.5007
16	138.5	19,182.25	2.875	0.4586	0.2103	63.5213
17	138.0	19,044.00	2.706	0.4323	0.1869	59.6586
18	134.5	18,090.25	2.556	0.4075	0.1660	54.8068
19	133.8	17,902.44	2.421	0.3840	0.1475	51.3798
20	130.7	17,082.49	2.300	0.3617	0.1308	47.2778
21	129.6	16,796.16	2.190	0.3405	0.1160	44.1338
22	128.6	16,537.96	2.091	0.3203	0.1026	41.1951
23	127.5	16,256.25	2.000	0.3010	0.0906	38.3813
24	127.0	16,129.00	1.917	0.2825	0.0798	35.8834
25	126.5	16,002.25	1.840	0.2648	0.0701	33.4995
26	126.2	15,926.44	1.769	0.2478	0.0614	31.2704
27	126.0	15,876.00	1.704	0.2314	0.0535	29.1557
28	125.9	15,850.81	1.643	0.2156	0.0465	27.1440
29	125.7	15,800.49	1.586	0.2004	0.0401	25.1852
30	125.4	15,725.16	1.533	0.1856	0.0345	23.2788
31	125.3	15,700.09	1.484	0.1714	0.0294	21.4759
32	124.9	15,600.01	1.438	0.1576	0.0248	19.6852
33	124.7	15,550.09	1.394	0.1442	0.0208	17.9872
34	123.4	15,227.56	1.353	0.1313	0.0172	16.1998
35	123.3	15,202.89	1.314	0.1187	0.0141	14.6345
36	122.6	15,030.76	1.278	0.1065	0.0113	13.0514
37	122.1	14,908.41	1.243	0.0946	0.0089	11.5453
38	121.9	14,859.61	1.211	0.0830	0.0069	10.1146
39	121.8	14,835.24	1.179	0.0717	0.0051	8.7322
40	121.4	14,737.96	1.150	0.0607	0.0037	7.3687
41	121.3	14,713.69	1.122	0.0500	0.0025	6.0618
42	121.0	14,641.00	1.095	0.0395	0.0016	4.7805
43	120.6	14,544.36	1.070	0.0293	0.0009	3.5323
44	120.5	14,520.25	1.045	0.0193	0.0004	2.3263
45	120.3	14,472.09	1.022	0.0095	0.0001	1.1483
46	120.0	14,400.00	1.000	0.0000	0.0000	0.0000
合計	6,329.0	889,778.12		18.7463	14.2643	2,931.1983
平均	137.587	19,343.003		0.407528	0.31009	63.72170

注) このように、ある一定以上の外水位を記録した内水を対象として作成した確率雨量を、外水位を考慮しない確率雨量と比較すると、同一確率であるなら外水位を考慮したほうが小さな値を示すことになる。すなわち、外水位を考慮せずに降雨量だけで確率評価を行うと、過大な雨量を与えることになり、結果的に過大な内水処理施設を計画する危険性があるので、注意を要する。

7.3 検討対象内水の確率評価

第5章で選定した検討対象内水について、先に設定した確率評価手法に基づき確率評価を行った。

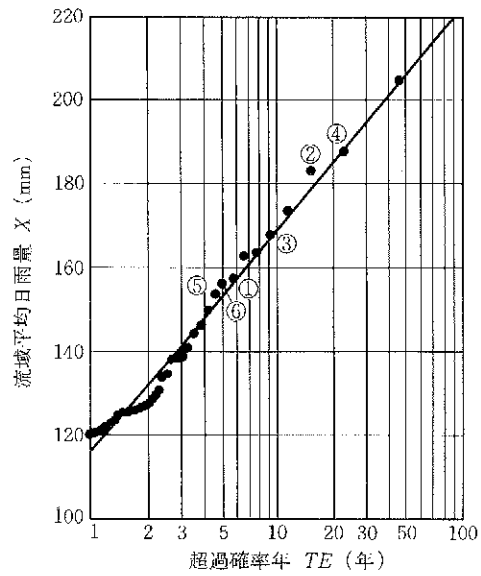
検討対象内水の確率規模と浸水実績状況は表7.8に示すとおりである。

表7.8 検討対象内水の確率評価

番号	内水名	日雨量	内水確率	浸水面積	備考
①	S.41.8.12 内水	157.2 mm	1 / 6.0	資料なし	計画対象内水
②	S.53.6.26 内水	183.1 mm	1 / 18.4	81 ha	計画対象内水
③	S.57.9.12 内水	168.0 mm	1 / 9.5	65 ha	計画対象内水
④	S.61.8.4 内水	187.9 mm	1 / 22.6	108 ha	計画対象内水・検証内水
⑤	S.63.9.18 内水	149.7 mm	1 / 4.3	23 ha	検証内水
⑥	H.1.9.1 内水	156.1 mm	1 / 5.7	36 ha	計画対象内水

ここで、これらの検討対象内水の年超過確率と実績浸水規模との関係を見ると、年超過確率が小さくなるほど実績浸水規模は大きくなり、先に設定した確率評価手法が妥当であったと評価できる。

第7章 確率評価手法の検討



- ① 昭和41年 8月12日内水 ④ 昭和61年 8月4日内水
- ② 昭和53年 6月26日内水 ⑤ 昭和63年 9月18日内水
- ③ 昭和57年 9月12日内水 ⑥ 平成元年 9月1日内水

図7.4 検討対象内水の確率評価

第 8 章 内水処理施設計画の検討

8.1 許容湛水位の検討

A 川の湛水区域の許容湛水位を検討するにあたり、標高別の家屋棟数、農地（水田、畑）を示すと図 8.1 のとおりである。

家屋の標高別の分布状況をみると、T. P. 43.0 m より家屋のあることがわかるが、棟数はわずかに 3 戸であり、大部分は T. P. 43.5 m 以上にある。このため、T. P. 43.5 m 以上の家屋を対象に許容湛水位を設定することにした。許容湛水位は、家屋の無湛水を

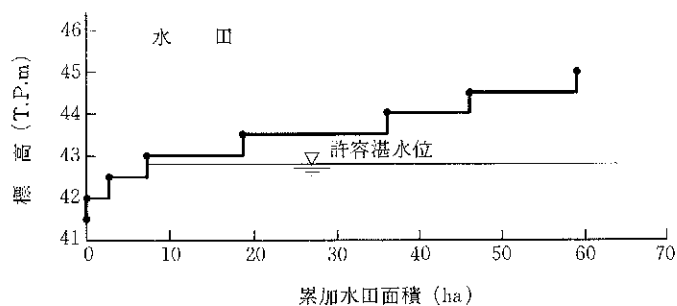


図 8.1(1) 標高～累加家屋棟数

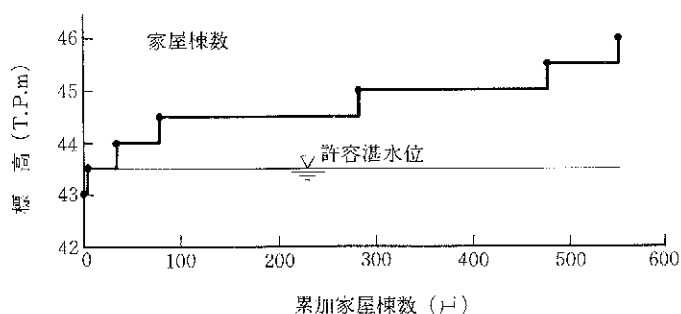


図 8.1(2) 標高～累加水田面積

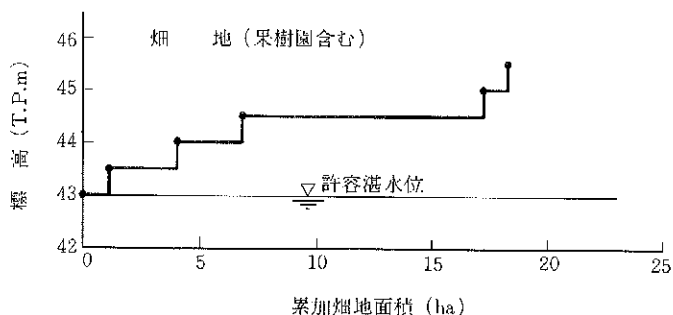


図 8.1(3) 標高～累加畑地面積

原則とし、T. P. 43.5 m とする。

水田は T. P. 41.5 m より存在するが、T. P. 42.5 m までの水田面積は 2.7 ha と想定湛水区域内の水田面積の 1/20 以下に過ぎない。よって、水田面積の多くなる T. P. 42.5 m を水田の標高とし、これに 30 cm の許容洪水深を見込み、T. P. 42.8 m を水田の許容湛水位とする。

畑地については、T. P. 43.0 m より存在するため、宅地と同様無洪水と考え T. P. 43.0 m を許容湛水位とする。また、重要施設である一般地方道○△線の道路最低標高は T. P. 44.5 m である。

以上設定した各地目別の許容湛水位は、表 8.1 のとおりである。地目別にみて、最も許容湛水位の低いのは水田である。しかし、水田については、24 時間を限度に許容湛水位を超えてもよいことから、最終的な許容湛水位は次のように、畑地の T. P. 43.0 m と水田の T. P. 42.8 m となる。

なお、内水処理方式として遊水地方式を採用する場合には、4.1 節(4)の内水区域での対策で示した遊水地の範囲外の土地利用によって、許容湛水位を決定する必要がある。ここで示した許容湛水位は、排水ポンプ方式の場合である。

表 8.1 許容湛水位

地目等	許容湛水位
宅地	T. P. 43.5 m
畑地	T. P. 43.0 m
水田	T. P. 42.8 m
主要地方道○△線	T. P. 44.5 m

許容湛水位：T. P. 42.8 m (24 時間以上これを超えてはならない)
 : T. P. 43.0 m (最大湛水位)

8.2 検討すべき内水処理施設

第4章の内水処理方式の検討において、当河川の内水処理方式として下記の対策が可能と判断された。

【可能な内水処理方式】

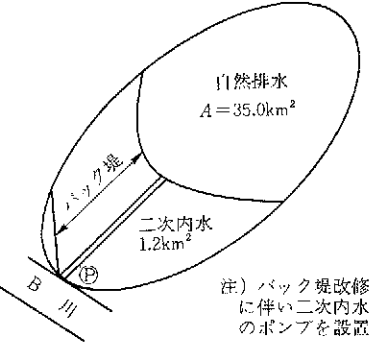
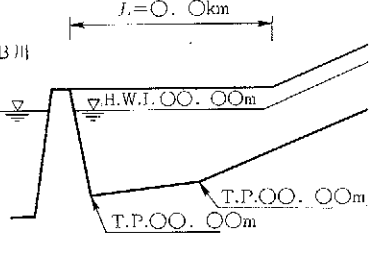
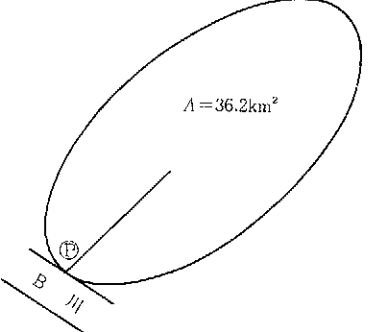
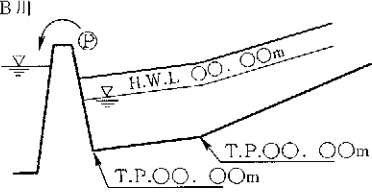
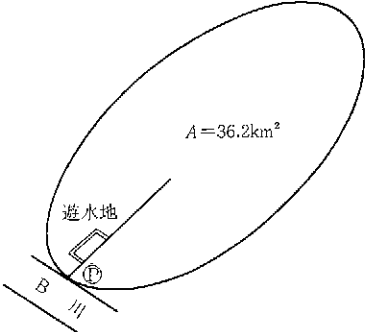
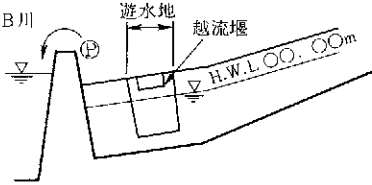
- ① バック堤方式+二次内水処理
- ② 排水ポンプ方式
- ③ 排水ポンプ+遊水地方式

上記の案は、各々に得失がある。例えば、バック堤方式は流出域からの流出水を、その位置エネルギーによって自然流下させるものであり、内水対策としては合理的であるが、一方でバック堤による潰地が多くなること、二次内水が発生すること等の問題もある。また、排水ポンプ方式はポンプの施設規模が大きくなり、維持管理費が増大する可能性がある。排水ポンプ+遊水地方式は、本来、遊水機能を有していた想定湛水区域の一部を遊水地として利用するものであり、優れた内水処理方式であるが、地役権の設定等の権限取得等地元交渉が難しいと考えられる。

これらの問題を踏まえ各処理方式ごとの施設規模を検討する必要があるが、ここではポンプ方式について施設計画を検討した結果を示す。

表8.2にA川の内水処理方式の概要を示す。

表 8.2 内水処理方式の概略

内水処理方式	排水模式図	概略縦断形
バック堤方式	 <p>注) バック堤改修に伴い二次内水のポンプを設置</p>	
排水ポンプ方式		
排水ポンプ+遊水地方式		

8.3 計画基本条件の設定

(1) 内水処理施設の計画規模

A川の内水処理施設の計画規模は、近傍内水地区の計画規模、既往内水の規模、外水河川であるB川の内水受入れ可能量を勘案して決定する。

1) 近傍内水地区の計画規模

内水処理施設の計画規模を決定するにあたり、近傍内水地区の計画規模を整理した。

その結果は表8.3のとおりであり、1/20～1/30の計画規模が設定されていることがわかる。

表8.3 近傍内水地区の計画規模

項目		F地区	G地区	H地区	A川
想定湛水面積		100 ha	200 ha	250 ha	120 ha
想定湛水区域内人口		1,000 人	1,800 人	3,400 人	1,500 人
想定湛水区域内資産額		85 億円	143 億円	278 億円	126 億円
重要施設		国道○号 JR線	○○鉄道	○○電力送電所	県道○○線
内水処理方式		ポンプ	ポンプ	ポンプ	—
計画規模	計画規模	1/20	1/30	1/30	—
	確率評価手法	日雨量	日雨量	日雨量	—

2) 既往内水被害状況

また、A川における既往の内水被害をまとめ表8.4に示した。これによると既往最大のS.61.8.4内水は、1/23の超過確率となっているが、2位以下はすべて1/20以下である。

表 8.4 A川における既往の内水被害

No	生起年月日	日雨量		ピーク 外水位 (m)	浸水 面積 (ha)	最大 湛水深 (m)	浸水戸数 (戸)	
		mm	確率				床上	床下
1	S.50.6.7	133.8	1 / 2.2	45.81	15	1.61	0	0
2	S.51.7.10	140.8	1 / 2.9	44.72	17	1.68	0	1
3	S.53.6.26	183.1	1 / 18.4	45.37	81	3.23	47	63
4	S.56.8.23	144.2	1 / 3.4	45.10	21	1.81	0	3
5	S.57.9.12	168.0	1 / 9.5	45.12	65	3.01	45	68
6	S.61.8.4	187.9	1 / 22.6	46.38	108	3.67	79	203
7	S.63.9.18	149.7	1 / 4.3	45.02	23	1.88	0	2
8	H.1.9.1	156.1	1 / 5.7	45.22	36	2.21	1	8

注1) 日雨量は流域平均雨量である。

注2) 外水位は上流D水位観測所の値である。

3) 本川安全度とのバランス

A川が合流するB川の工事実施基本計画では、1/150の計画規模が設定されている。またB川の現況流下能力は、1/40程度である。

以上をまとめれば、次のようである。

- ① A川の近傍内水地区の内水処理計画は、 $W = 1/20 \sim 1/30$ で計画されている。
- ② 被害の最も大きかった昭和61年8月内水の規模が $W = 1/23$ 程度であり、2位以下は1/20以下となっている。したがって、1/30程度の計画規模をとれば、近年の既往内水はすべて許容湛水位以下にできる。
- ③ 本川の計画規模は1/150である。また本川の現況の流下能力も、1/40程度が確保されている。
- ④ 内水区域の土地利用は水田、畑、市街地が混在しているが、許容湛水位の観点から想定湛水区域内の支配的な地目は、水田あるいは畑であり、土地利用の点からは1/10以上の安全度が妥当である。

以上の4点を総合的に考え、A川の内水施設の計画規模は $W = 1/30$ とする。

(2) 河道および流域条件の設定

1) 河道条件の設定

① 内水河川（A川）

A川下流部の現況流下能力は1/10程度であるが、1/30の計画規模で自己流の河道改修計画がある。2.2節の計画河川調査で述べたように、現在のところこの計画に基づく改修予定はない。しかし、内水対策実施時には、河道改修も一体的に実施されることが考えられる。よって、計画自己流堤河道を内水河川の河道条件とする。

② 本川

本川であるB川の改修は2.2節の計画対象河川調査でも明らかのように、直轄管理区間の堤防はすでに概成しており、A川合流点下流でただちに実施する事業計画はない。このためB川の河道は現況とする。

2) 流域条件の設定

① 土地利用

土地利用調査でみたように、A川流域は確実に市街化が進展している。〇〇町の市街化の将来計画は2010年を想定しているが、現在までの市街化の傾向をみれば、2010年の計画土地利用は、近い将来現実のものとなることが十分予想されるため、流域の土地利用は町で設定している市街化区域がすべて市街化されたものと想定する。なお、想定湛水区域はすべて市街化調整区域であるため、土地利用は現況とする。

② 関連事業

A川流域のかんがい排水、ほ場整備事業等の農業関連の新規事業は予定されておらず、また農地の大規模な宅地転換計画も具体的にはない。市街化区域内の下水道整備は現段階では、長期を要することがわかっている。このためA川流域の関連事業による流域状況の変化はないと判断した。

8.4 内水処理施設計画の検討

(1) 施設計画用内水モデルの作成

第6章で作成した内水モデル（1池モデル）は検証用のモデルであるため、**図8.2**に示すように、排水ポンプを加えた内水モデルに変更する。

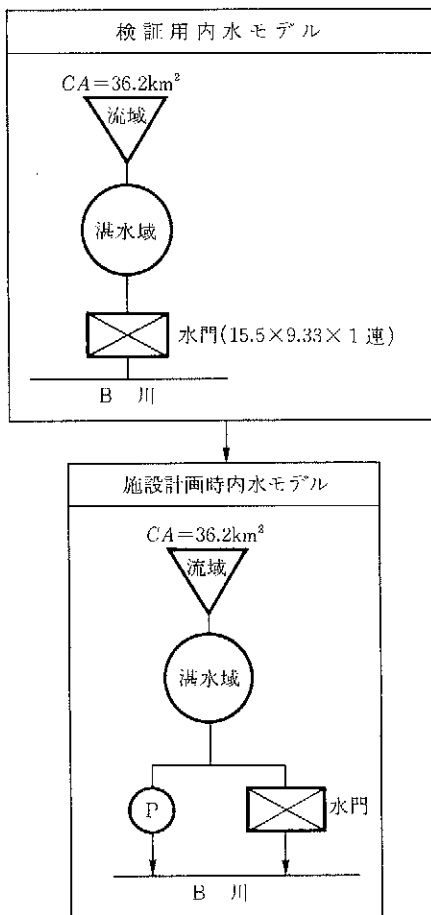


図8.2 施設計画時の内水モデル

水門およびポンプの操作条件は表8.5のとおりとする。

表 8.5 水門・ポンプ操作水位条件

水 位	水 門	ポンプ
外水位 > 内水位 かつ 内水位が基準水位以上	閉	運転
外水位 < 内水位	開	停止

注) 基準水位は、T. P. 43.0 m とする。

(2) 外水位曲線の作成

A川における内水の確率評価は内水河川流域の日雨量を用いているため、内水処理施設計画に用いる外水位曲線は実績外水位を用いる。

ただし、検討対象内水のE観測所実測外水位が存在しない場合や、B川の改修以前(〇〇地区の河道掘削以前)の外水位である場合は次の補正を行う。

① B川の〇〇地区河道掘削以前の外水位を補正する方法

〇〇地区の河道掘削前後の不等流計算結果よりD観測所の水位の補正を行う。

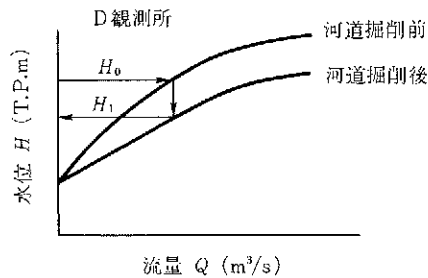


図 8.3

② D観測所の外水位をE観測所の外水位に補正する方法

D観測所地点とE観測所地点の不等流計算により求められたH~Q曲線により、D観測所の水位を流量に変換し、E観測所の外水位を求める。

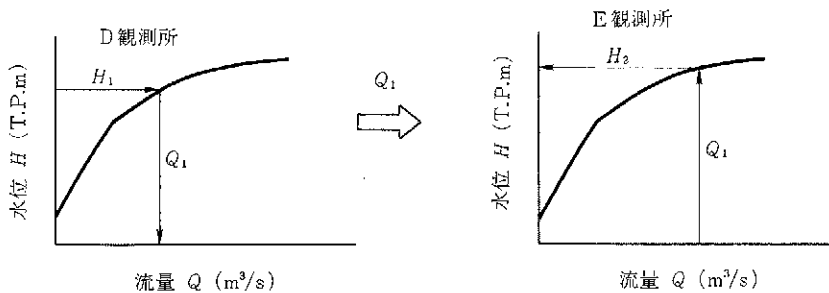


図 8.4

計画対象内水の補正の有無の一覧を表 8.6 に示す。

表 8.6 計画対象内水外水位補正一覧

番号	計画対象内水	①の補正	②の補正
①	昭和 41 年 8 月内水	○	○
②	昭和 53 年 6 月内水	○	○
③	昭和 57 年 9 月内水	—	○
④	昭和 61 年 8 月内水	—	—
⑤	平成元年 9 月内水	—	—

○：補正あり —：補正なし

注) ダム建設により本川の外水位波形が著しく変わると考えられる場合は、ダムの洪水調節効果を考慮して流出計算を行い、流出ハイドログラフを求め、当該地点の水位～流量曲線より外水位波形を求める必要がある。

(3) 計画流出量の算出

1) 計画雨量

A 川の内水の確率評価は内水河川流域の日雨量で行っているため、計画対象内水の日雨量を 30 年確率雨量 195 mm まで引き伸ばす。

表 8.7 計画対象内水の引伸し率

番号	対象内水	日雨量	30年確率日雨量	引伸し率
①	昭和 41 年 8 月内水	157.2 mm	195 mm	1.240
②	昭和 53 年 6 月内水	183.1 mm	195 mm	1.065
③	昭和 57 年 9 月内水	168.0 mm	195 mm	1.161
④	昭和 61 年 8 月内水	187.9 mm	195 mm	1.034
⑤	平成元年 9 月内水	156.1 mm	195 mm	1.249

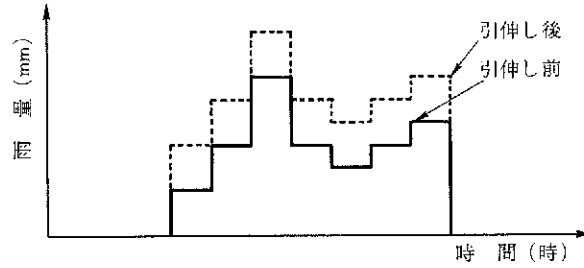


図 8.5 計画降雨量への引伸し

2) 流出計算条件

流出計算は、貯留関数法によって行う。計画時の定数は、検証計算の結果から表 8.8 のように設定する。

表 8.8 流域定数および有効雨量条件一覧

No.	流域名	流域面積 (km ²)	地目	地目別面積 (km ²)	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>f_i</i>	<i>R_{sa}</i> (mm)
1	A-1	9.6	市街地	3.66	6.43	0.6	0.7	44
			山地	4.94	42.54	0.6	0.25	80
			水田	0.02	79.87	0.6	0.0	40
			畑	0.98	25.59	0.6	0.15	80
2	B	5.2	市街地	1.68	6.10	0.6	0.7	44
			山地	1.35	40.34	0.6	0.25	80
			水田	0.80	75.74	0.6	0.0	40
			畑	1.37	24.27	0.6	0.15	80
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
5	A-3	1.2	市街地	0.43	8.64	0.6	0.7	44
			山地	0.0	57.20	0.6	0.25	80
			水田	0.59	107.39	0.6	0.0	40
			畑	0.18	34.40	0.6	0.15	80

注) 飽和雨量 *R_{sa}* は、検証 3 内水の平均としている。

3) 計画流出量

流出計算した結果を表 8.9 に示す (ただし、ピーク流出量のみ)。

表 8.9 ピーク流出量一覧

番号	対象洪水	ピーク流出量
①	昭和 41 年 8 月内水	121 m ³ /s
②	昭和 53 年 6 月内水	115 m ³ /s
③	昭和 57 年 9 月内水	152 m ³ /s
④	昭和 61 年 8 月内水	161 m ³ /s
⑤	平成元年 9 月内水	139 m ³ /s

(4) 施設規模の決定

1) 内水排除計算結果

内水処理方式、検討対象洪水別の内水排除計算結果を表 8.10 に示す。また、計算結果の一例を図 8.6 に示す。

表 8.10 内水排除計算結果 (排水ポンプ方式)

(内水位：T. P. m)

番号	ポンプ規模 検討対象洪水	20 m ³ /s	30 m ³ /s	40 m ³ /s	50 m ³ /s	60 m ³ /s	70 m ³ /s
		①	昭和 41 年 8 月内水	44.52	43.97	42.94	42.53
②	昭和 53 年 6 月内水	44.38	43.78	42.68	42.35	42.00	41.92
③	昭和 57 年 9 月内水	44.60	44.03	43.60	43.15	42.60	42.49
④	昭和 61 年 8 月内水	44.98	44.31	43.78	43.30	42.71	42.60
⑤	平成元年 9 月内水	44.71	44.18	43.42	42.68	42.52	42.40

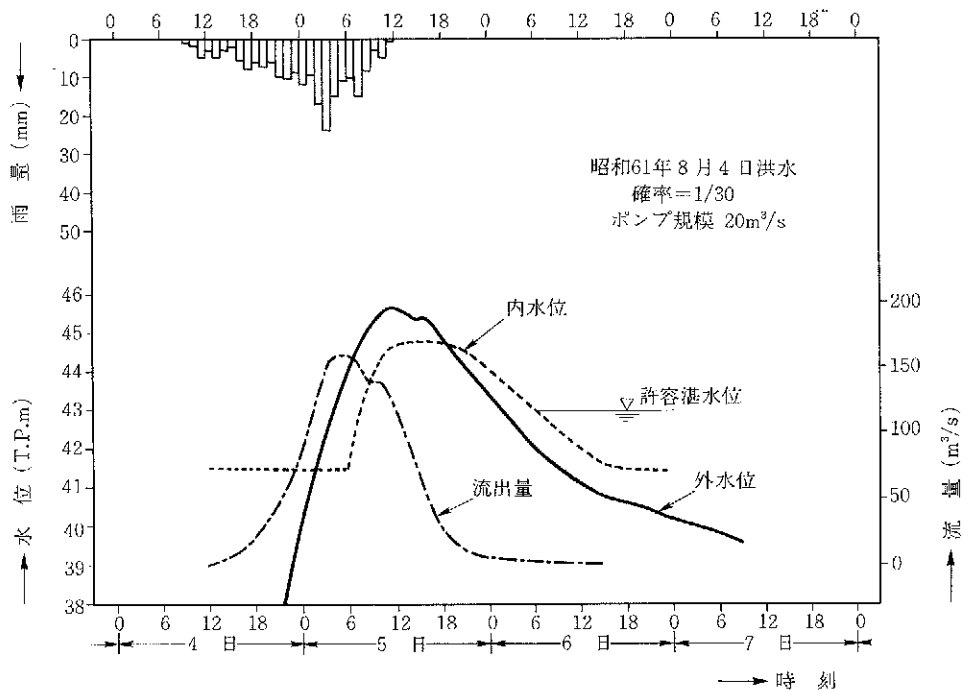


図 8.6 内水排除計算結果

2) 施設規模の決定

各計画対象内水ごとに、許容湛水位以下とするために必要なポンプ規模を示したのが表 8.11 である。また、図 8.7 はポンプ規模と最大内水位の関係を示している。これによると、最も大きなポンプ規模を与えるのは昭和 61 年 8 月内水であるが、2 位の昭和

表 8.11 施設規模の決定

計画対象内水名	実績日雨量	W-1/30 日雨量	引伸し率	ピーク外水位 (T. P. m)	ポンプ規模 (m³/s)	施設規模 決定
S. 41.8. 12	157.2 mm	195 m	1.240	44.81	40	
S. 53.6. 26	183.1 mm	"	1.065	44.73	37	
S. 57.9. 12	168.0 mm	"	1.161	44.63	53	
S. 61.8. 4	187.9 mm	"	1.034	45.68	55	○
H. 1.9. 1	156.1 mm	"	1.249	44.72	46	

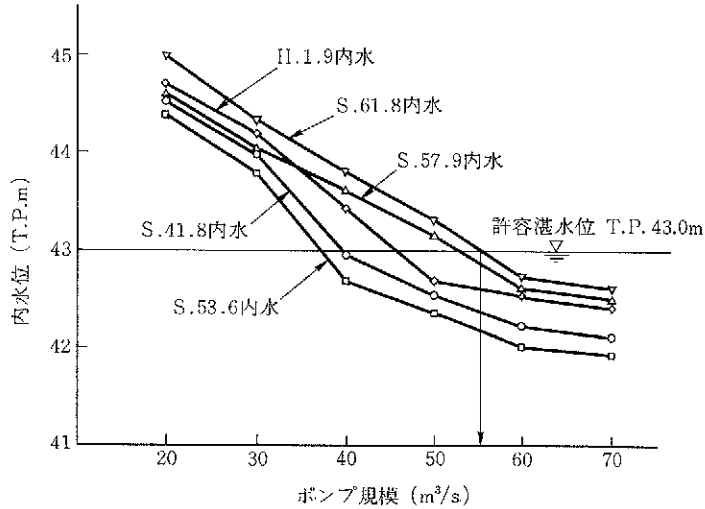


図 8.7 内水位～ポンプ規模関係図

57年9月内水とほぼ同規模のポンプ規模となっている。よって、本計画ではすべての計画対象内水に対して許容湛水位以下におさまる施設規模を採用することにし、最終的なポンプの規模は $55 \text{ m}^3/\text{s}$ と決定した。なお、ポンプ規模 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ のケースですでに T. P. 42.8 m 以上の湛水継続時間は、24 時間以下となっているので、許容湛水位は T. P. 43.0 m とする。

(5) 本川安全度との整合性の検討

A川合流点上流のB川流域面積は約 $3,700 \text{ km}^2$ である。したがって、A川の流域が本川の流域面積に占める割合は1%程度なので、本川安全度へ大きな影響を及ぼさないと判断し、整合性の検討は行わないことにした。

また、B川の工事実施基本計画検討時の流出モデルでは、A川は他の河川とあわせて自然流出する流域として取り扱われている。すなわち、内水区域として取り扱われていないので、計画時点においてもA川の内水施設がB川的安全度を低下させることはない判断される。

第9章 経済効果の検討

9.1 想定被害額の算定

第8章で決定した内水処理施設の規模の経済的妥当性を検証するとともに、ポンプ規模と経済効果の関係を把握するため、想定年平均被害軽減期待額、年費用を算出する。

想定被害額の算定条件は次のとおりである。

① 対象内水

昭和61年8月4日内水（施設規模決定内水）

② 計算年超過確率

1/2、1/5、1/10、1/30、1/50、1/100、1/150の7確率とする。

③ 計算ポンプ規模

20、30、40、50、55、60、70 m³/sの7ケースとする。

なお、上記のほかに現況（無施設）時点での被害額も算出する。

注）第8章で決定した施設規模の経済的妥当性を検証するだけなら、ポンプ規模は55 m³/sの1ケースのみで良いが、ポンプ規模による b/c の変化を把握するため計算ポンプ規模を7ケース設定する。

図9.1に想定被害額の算定結果の一例を示す。図9.1において○と△の差が内水処理施設の効果である。計画規模を上回る外力であっても、内水処理施設は被害軽減効果を有していることがわかる。

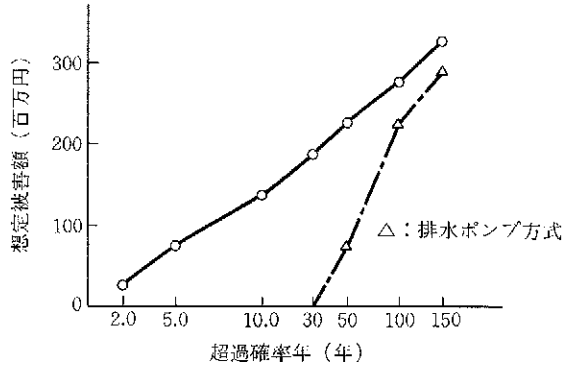


図 9.1 超過確率と想定被害額の関係 (ポンプ規模 55 m³/s)

9.2 経済効果の検討結果

年便益 (b)、年費用 (c) を算出し、これとポンプ規模の関係を描いたのが図 9.2 である。これより、第 8 章で決定したポンプ規模 (55 m³/s) では b/c が 1 以上となっており、経済的合理性の満足されていることがわかる。

次にポンプ規模と b/c の関係を見ると、 b/c は 30 m³/s でピークとなっており、この規模のポンプが最も経済効率の優れていることがわかる。また、ポンプ規模 40 m³/s で超過便益が最大となっている。

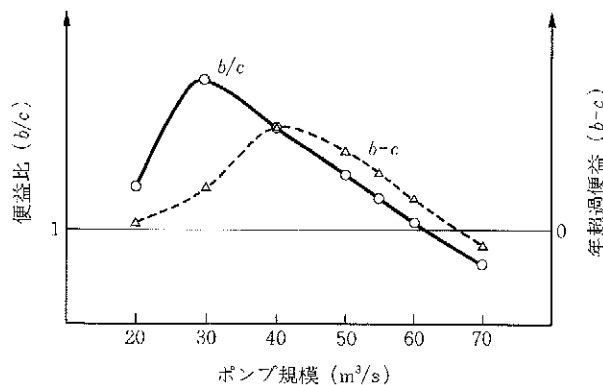


図 9.2 ポンプ規模と経済効果の関係

第 10 章 処理方式の最終選定

第 8 章、第 9 章では、内水処理施設として排水機場を採用した場合の施設規模および経済効果を検討した。これとは別に、バック堤方式および排水機場＋遊水地方式についてその施設規模を検討し、事業費の算定等を行っている。これらをまとめて表 10.1 に示す。

これより判断できるように、排水ポンプ＋遊水地方式が最も事業費が安い。また、前述したように、遊水地予定地がもともと遊水効果を有していたことを考えれば、遊水機能を保全することが治水方式としては優れていると考えられる。

以上より、A 川の内水処理方式は排水機場＋遊水地方式とする。

表 10.1 内水処理方式比較検討表

内水処理方式	施設の規模	事業費 (百万円)	早期実現 の可能性	維持管理
バック堤方式	バック堤 二次内水対策として 堤脚水路と 3 m ³ /s ポンプ	5,740	×	○
排水機場方式	55 m ³ /s	6,600	○	△
排水機場＋ 遊水地方式	約 30 万 m ³ の遊水地 20 m ³ /s ポンプ	4,700	△	△

第 11 章 段階的整備計画の検討

11.1 段階的整備計画の必要性

第 10 章で述べたように、A 川の内水処理方式は排水機場と遊水地の組合せとし、排水機場の規模は $20 \text{ m}^3/\text{s}$ とした。しかし、次のような理由により、この規模の施設を当初から建設することは難しいと考えられる。

- ① 遊水地を建設するためには約 20 ha の用地買収あるいは地役権の設定が必要であり、建設着手まではかなりの日時を要することが予想される。
- ② A 川河道の現況流下能力は $1/10$ 程度である。したがって、現況河道条件のもとでは、 $1/30$ の内水処理施設は過大な施設となる。よって、内水処理施設の建設は河道改修のスケジュールと整合させる必要がある。

11.2 施設間の整備スケジュール検討

なるべく早期から施設の効果が発揮でき、かつ施設の効果が、施設間の能力アンバランスで十分発揮できないことがないように、次のような整備スケジュールを作成した。

すなわち、内水被害の即効的軽減効果が期待できる排水機場をまず建設し、建設に長期を要する遊水地は当初から並行して事業を進めるものとする。

なお、遊水地を併設した場合、 $12 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプ規模が $b-c$ 最大であるが、遊水地がない場合は、 $b-c$ 最大となるポンプ規模は $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度である。また、A 川の現況河道の流下能力は $150 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であることを考えれば、当初から $20 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプを建設することは施設として過大ではない。よって、排水機場は暫定規模とすることなく、当初から計画規模を建設する。

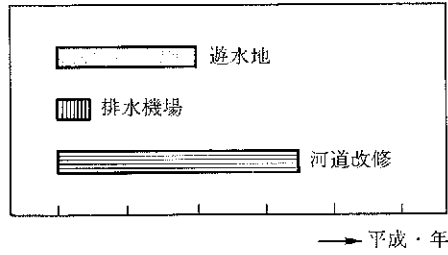


図 11.1 内水処理施設の段階的整備計画

11.3 排水機場のみの場合の安全度

前節で述べたように、遊水地に先がけて排水機場を建設するので、排水機場のみが建設された場合の安全度を評価する。図 11.2 は排水機場のみが建設された場合の超過確率と最大内水位の関係を描いたものである。排水機場のみを建設した場合の治水安全度は約 1/10 であることがわかる。

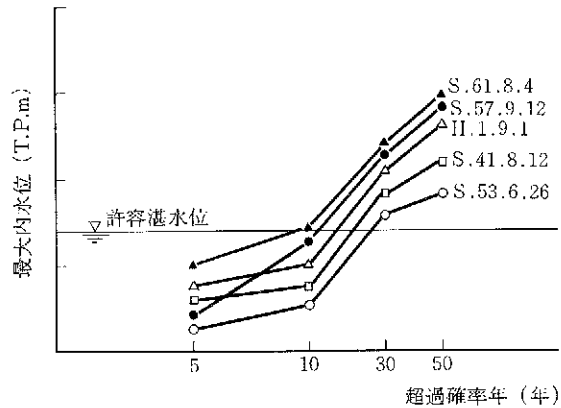


図 11.2 超過確率と最大内水位の関係
(遊水地なし, ポンプ規模 $20 \text{ m}^3/\text{s}$)

あ と が き

国土開発技術研究センターにおきましては、平成4年度に内水処理計画の策定手法の体系的な整理に着手し、さらに平成5年度には「内水計画に関する検討委員会」を設置し、内水処理計画の策定手法の検討を進めました。

本手引きは、その検討委員会の検討成果をもとに、建設省河川局治水課に監修いただき、当センターが編集したものです。

この検討委員会は、玉井信行東京大学工学部土木工学科教授を委員長としまして、全3回開催されました。この間活発で熱心な討議を進めていただきましたことに対し、委員長並びに委員各位に深く感謝する次第であります。

また、資料を快くご提供くださいました関係地方建設局、地方公共団体および、本手引きのとりまとめにあたって多大なるご協力をいただきました、社団法人 建設コンサルタンツ協会業務部会河川専門委員会ワーキンググループの俞朝火、高木茂知、石川順一の諸氏には、末筆ながらここにあわせて感謝の意を表するものです。

財団法人 国土開発技術研究センター

内水計画に関する検討委員会の構成

(順不同)

(委員長)	玉井 信行	東京大学工学部土木工学科教授
(副委員長)	渡部 義信	建設省河川局治水課流域治水調整官
(委員)	山本 晃一	建設省土木研究所河川部河川管理総括研究官
	井山 聡	建設省河川局河川計画課課長補佐
	富川 邦裕	建設省河川局治水課課長補佐
	河瀬 芳邦	建設省河川局治水課課長補佐(前)
	氏家 清彦	建設省河川局治水課課長補佐
	金尾 健司	建設省河川局都市河川室課長補佐
	栗城 稔	建設省土木研究所河川部都市河川研究室長
	浅野 和弘	建設省関東地方建設局河川部河川計画課長
	大西 亘	建設省近畿地方建設局河川部河川計画課長
	市川 大倫	千葉県土木部都市河川課課長補佐
(事務局)	小林 正典	財国土開発技術研究センター調査第一部部長
	木下 誠也	財国土開発技術研究センター調査第一部次長
	下村 良希	財国土開発技術研究センター調査第一部副参事
	上原 宏茂	財建設コンサルタンツ協会技術部長

(平成6年3月現在)

内水処理計画策定の手引き

平成7年2月22日 第1刷発行

平成7年6月30日 第2刷発行

(定価はカバーに
表示してあります)

監修 建設省河川局治水課

編集 (財)国土開発技術研究センター

発行 株式会社 山海堂

発行者 石川 悌二

〒113 東京都文京区本郷 5-5-18

電話 03-3816-1617

振替 00140-3-194982

検印
省略

乱丁本・落丁本は小社生産部宛にお送り下さい。
送料小社負担にてお取り替えいたします。

Printed in Japan
© 1995

ISBN 4-381-00647-X C 3051

ISBN4-381-00647-X C3051 P3500E

内水処理計画策定の手引き



定価3,500円（本体価格3,398円）