

### 3. 急流河川における浸水想定検討

#### 3.1 浸水想定区域検討の流れ

##### (1) 浸水想定情報のあり方

仮想の大規模洪水を想定して、降雨開始から洪水が完了するまでの河川管理者、防災担当者の行動を整理すると、以下の通りとなる。

表 3.1 洪水時の行動及び情報伝達の流れ

洪水ハイドロ	河川等の現象	河川管理者の行動	防災担当者の行動	住民の行動	必要情報
	降雨開始	降雨の監視			
	(大雨洪水警報の発令) 水位・流量増	水位・流量の監視 水位・流量情報の伝達 洪水予測の実施 洪水予報の発令	水位・流量情報の把握		
	護岸・堤防の被災	堤防状況の監視 被災状況の監視 被災状況の伝達	堤防侵食状況の把握 水防活動 避難勧告の発令	(自主避難) 避難準備 避難開始	必要情報... 天気予報 予測雨量 河川水位 避難場所 避難ルート etc.
	破堤	破堤状況の監視 水防活動の継続	避難指示の発令 避難状況の把握 氾濫状況の把握 氾濫被害状況の把握 (住民の生命財産 災害弱者 ライフライン) 警察・自衛隊への救助要請	避難	

表 3.1 から危機管理に必要な技術情報を、時間（平常時、災害時）と関係者の立場（行政、市民）の視点から整理すると、次のとおりとなる。

災害時には、適切な避難誘導と被害の最小化、救助、復旧対策等のために、被害範囲、浸水家屋数、床上家屋数、倒壊家屋数などの情報が必要となる。一方、平常時の事前対策実施のためには、主要施設周辺等の推定される水深、流速や氾濫流の到達時間等の、浸水想定情報が必要となる。

特に急流河川は、氾濫流の速度が速くエネルギーも大きいため、適切なタイミング、適切な方法での避難が非常に重要となる。従って、河川管理者は正確な浸水想定情報を、事前に防災担当者や住民に周知しておく必要がある。また土砂の状況や氾濫流の挙動等、現象が十分に明らかとなっていないことが多いが、現時点でわかっている範囲の情報を早急に提供していく必要がある。

表 3.2 危機管理のために必要な情報

時間	立場	必要項目	必要項目の整理	必要技術情報
災害時	行政	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位・流量情報・堤防の侵食状況</li> <li>浸水範囲予測・災害予測</li> <li>災害予測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リアルタイムの災害情報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水予測範囲</li> <li>被害予測</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>避難命令の発令</li> <li>時刻、区域、避難場所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難場所の安全確認</li> <li>避難必要世帯数</li> <li>道路の浸水に関するリアルタイム情報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>破堤危険箇所からの氾濫予測(水深、流速、土砂)</li> <li>避難ルートの実タイムの氾濫情報、氾濫河川の水位情報</li> </ul>
	市民	<ul style="list-style-type: none"> <li>降雨状況、降雨予測</li> <li>河川水位</li> <li>避難の場所</li> <li>避難ルート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難の方向</li> <li>避難までの時間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難ルートでの氾濫状況</li> </ul>
平常時 (事前)	行政	<ul style="list-style-type: none"> <li>破堤危険箇所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>破堤危険箇所</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>破堤実績、破堤危険箇所</li> <li>流下能力</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>避難施設、幹線避難ルートの安全性</li> <li>避難施設の安全性と避難施設までの救援物資の輸送ルート確保</li> <li>医療施設の耐水性</li> <li>医療施設までの被災者の輸送手段</li> <li>避難地区の治安確保</li> <li>災害緊急物資運搬ルートの確保と安全性</li> <li>緊急車両の安全通行</li> <li>ライフラインの安全性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難施設の浸水に対する安全性</li> <li>避難施設の収容人員</li> <li>医療施設の数</li> <li>ライフラインの安全性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難施設周辺の推定水深、流速、土砂堆積状況、氾濫流到達までの時間等</li> </ul>
	市民	<ul style="list-style-type: none"> <li>家周辺の避難ルート安全性</li> <li>家屋の耐水性</li> <li>災害時の備え</li> <li>避難場所の位置</li> <li>避難命令の伝達経路・手段</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋の安全性</li> <li>避難ルートの安全性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋周辺の推定水深、流速、土砂堆積、氾濫流到達までの時間等</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>避難ルートの安全性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難ルートの推定氾濫の状況、氾濫流到達までの時間等</li> </ul>

\_\_\_\_\_：急流河川で注意が必要な項目

## (2) 検討の流れ

浸水想定区域検討の全体の流れは以下の通りであり、流域・河川（洪水流）特性の整理、破堤実績、氾濫実績からの浸水想定、シミュレーションによる浸水想定に大別される。

まず初めに、流域および河川の特性を整理し、洪水流がどのように河川を流下していくのかを整理するとともに、破堤氾濫の危険性のある箇所の分析を行う。

次に、地形情報や破堤・氾濫実績等から、破堤や氾濫流の流下状況を整理し、現時点で破堤が生じた場合にどのような破堤・氾濫現象を生じるかを分析する。

また、氾濫シミュレーションを実施し、氾濫流の流下状況や氾濫域に与える被害の状況等を推定する。

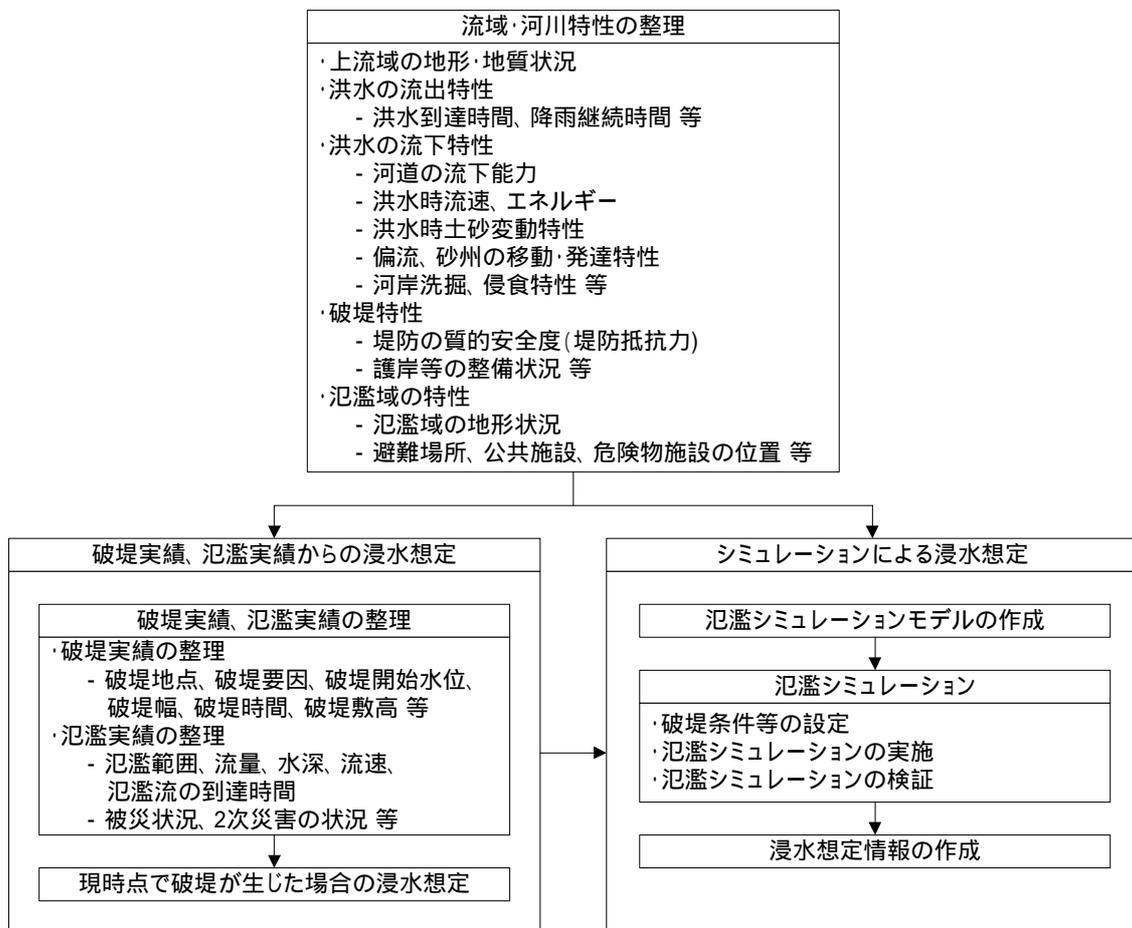


図 3.1 浸水想定検討の流れ

### (3) 流域・河川（洪水流）特性の整理

以下の項目を対象に、流域および河川の特性を整理する。ここでは特に、洪水時にどのような現象が河川内に生じているのか、破堤が生じる場合の主な要因が何であり、どのタイミングで生じるのか、事前に破堤の位置やタイミングが推定可能であるのか否か、等に着目し、対象とする流域及び河川の洪水流が有する特性を十分整理する必要がある。

表 3.3 流域及び河川特性の整理項目

項目	内容
上流域の特性	・ 地形・地質状況
洪水の流出特性	・ 洪水到達時間、降雨継続時間 等
洪水の流下特性	・ 河道の流下能力 ・ 洪水時流速、エネルギー ・ 洪水時土砂変動特性 ・ 偏流、砂州の移動・発達特性 ・ 河岸洗掘、侵食特性 等
破堤特性	・ 堤防の質的安全度（堤防抵抗力） ・ 護岸等の整備状況 等
氾濫域の特性	・ 氾濫域の地形状況 ・ 避難場所、公共施設、危険物施設の位置

### (4) 破堤実績、氾濫実績からの浸水想定

破堤・氾濫実績がある場合には、破堤・氾濫に関する資料を収集・整理し、破堤特性や氾濫流の流下特性をまとめる。そして、現時点で破堤が生じた場合にどのような破堤・氾濫現象が生じる可能性があるかについて分析を行う。

十分な資料が整理されていない場合には、当時の新聞記事や氾濫を経験した防災担当者や住民へのヒアリング等により、極力多くの情報を収集することが望ましい。

なお、破堤・氾濫実績がない場合においても、治水地形分類図等により旧川位置等が把握できることから、これら資料についても整理を行っておく。

主な整理項目は以下の通りである。

表 3.4 破堤・氾濫実績に関する整理項目

破堤に関する項目	氾濫流に関する項目
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 破堤地点</li> <li>・ 破堤水位</li> <li>・ 破堤幅</li> <li>・ 破堤敷高</li> <li>・ 破堤速度</li> <li>・ 越流量</li> <li>・ 破堤のメカニズム 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 浸水範囲</li> <li>・ 氾濫流の水深</li> <li>・ 氾濫流の流向・流速</li> <li>・ 氾濫流の到達時間</li> <li>・ 土砂の堆積・洗掘状況</li> <li>・ 家屋等の被害状況</li> <li>・ 構造物による影響 等</li> </ul>

### 3.2 急流河川の洪水流、破堤特性

北陸管内の代表的な急流河川である、姫川，黒部川，常願寺川，手取川の4河川を例にして、洪水流、氾濫流の特性を整理した。

#### 流域の地形

- ・ 上流水源部は脆弱な地質から成り、河道への土砂流出量が多い。
- ・ 流域面積が500km<sup>2</sup>前後、直轄管理区間の河床勾配が1/100前後の扇状地河川である。

#### 洪水の流出特性

- ・ 洪水波形がシャープであり、洪水到達時間が短い。

#### 洪水の流下特性

- ・ 平均年最大流量時の流速が2～4m/sec、摩擦速度が0.2～0.4m/secと、緩流河川の数倍の土砂掃流能力を有しており洪水時の流れのエネルギーが大きい。
- ・ 砂州の移動が大きいため、みお筋は固定していない場合が多く、全川的に単列・複列の砂州が形成されている。
- ・ 洪水中に砂州の移動、河床高の変化等を伴うため偏流等の流れの乱れを発生させる。

#### 破堤特性

- ・ 洪水時の侵食・洗掘の主な要因は砂州によるものと推定され、どの地点においても被災を受ける恐れがある。
- ・ 近年では、昭和44年に黒部川において、平成7年に姫川において破堤氾濫が生じている。

#### 氾濫流の流下特性

- ・ 氾濫流は横方向へは大きく広がらず、地形勾配や派川、用排水路に沿って直進し、非常に速い速度で流下する。

## 流域の地形

4 河川は、流域面積が 500km<sup>2</sup> 前後、直轄管理区間の河床勾配が 1/100 前後の扇状地河川である。



図 3.2 対象 4 河川位置図

表 3.5 対象 4 河川の概要

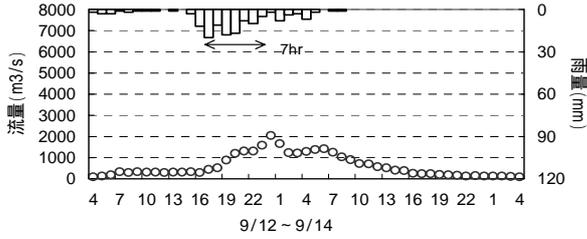
河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )	扇状地の 頂点の標高 (m)	流路延長 頂点～河口 (km)	頂点から 半径 10km 地点の標高 (m)	標高差 - (m)	扇頂部付近 の平均河床 勾配
姫川	722	106 (11k 地点)	11	12	94	1/106
黒部川	682	138 (愛本)	14	21	117	1/84
常願寺川	362	170 (上滝)	18	19	151	1/66
手取川	809	90 (鶴来)	16	20	70	1/143

## 洪水の流出特性

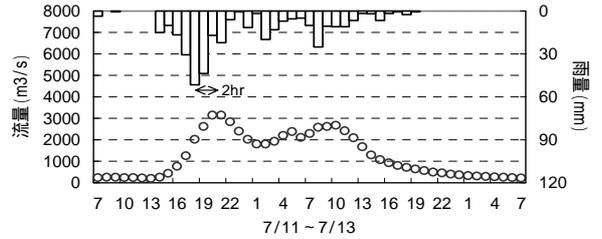
水源山地が急峻であり河床勾配が急であることなどの理由から流出が早く、最大時間雨量の発生から数時間程度で流量ピークが生起していることが多い。

姫川(山本)

1982年9月11日洪水

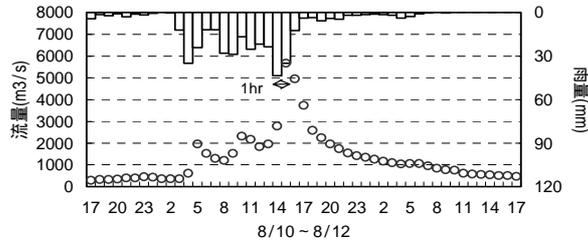


1995年7月11日洪水

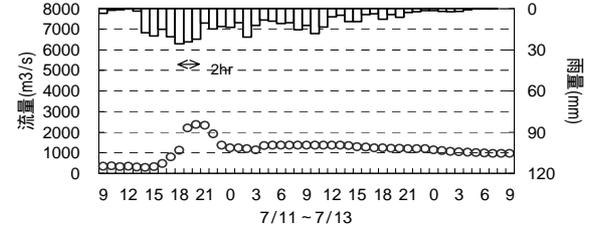


黒部川(愛本)

1969年8月11日洪水

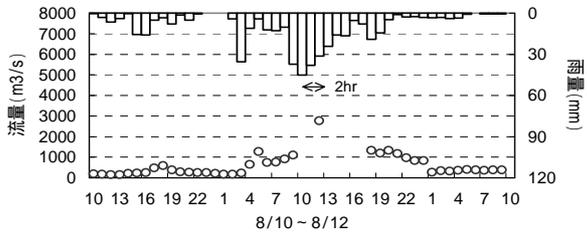


1995年7月11日洪水

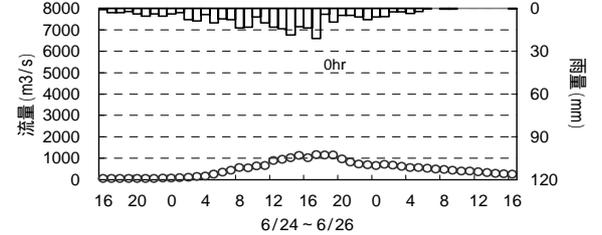


常願寺川(瓶岩)

1969年8月11日洪水

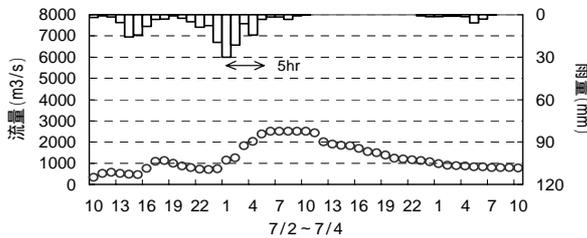


1996年6月25日洪水



手取川(鶴来)

1981年7月2日洪水



1998年9月22日洪水

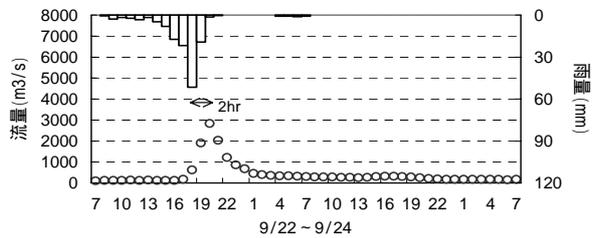


図 3.3 主要洪水（戦後第 1 位，2 位の出水規模洪水）における降雨ハイトグラフ及び流量ハイドログラフ

### 洪水の流下特性

平均年最大流量時の水理量等を緩流河川と比較して整理すると、急流河川では流速が 2 ~ 4m/sec、摩擦速度が 0.2 ~ 0.4m/sec と、緩流河川の数倍の土砂掃流能力を有しており洪水時の流れのエネルギーが大きいことがわかる。

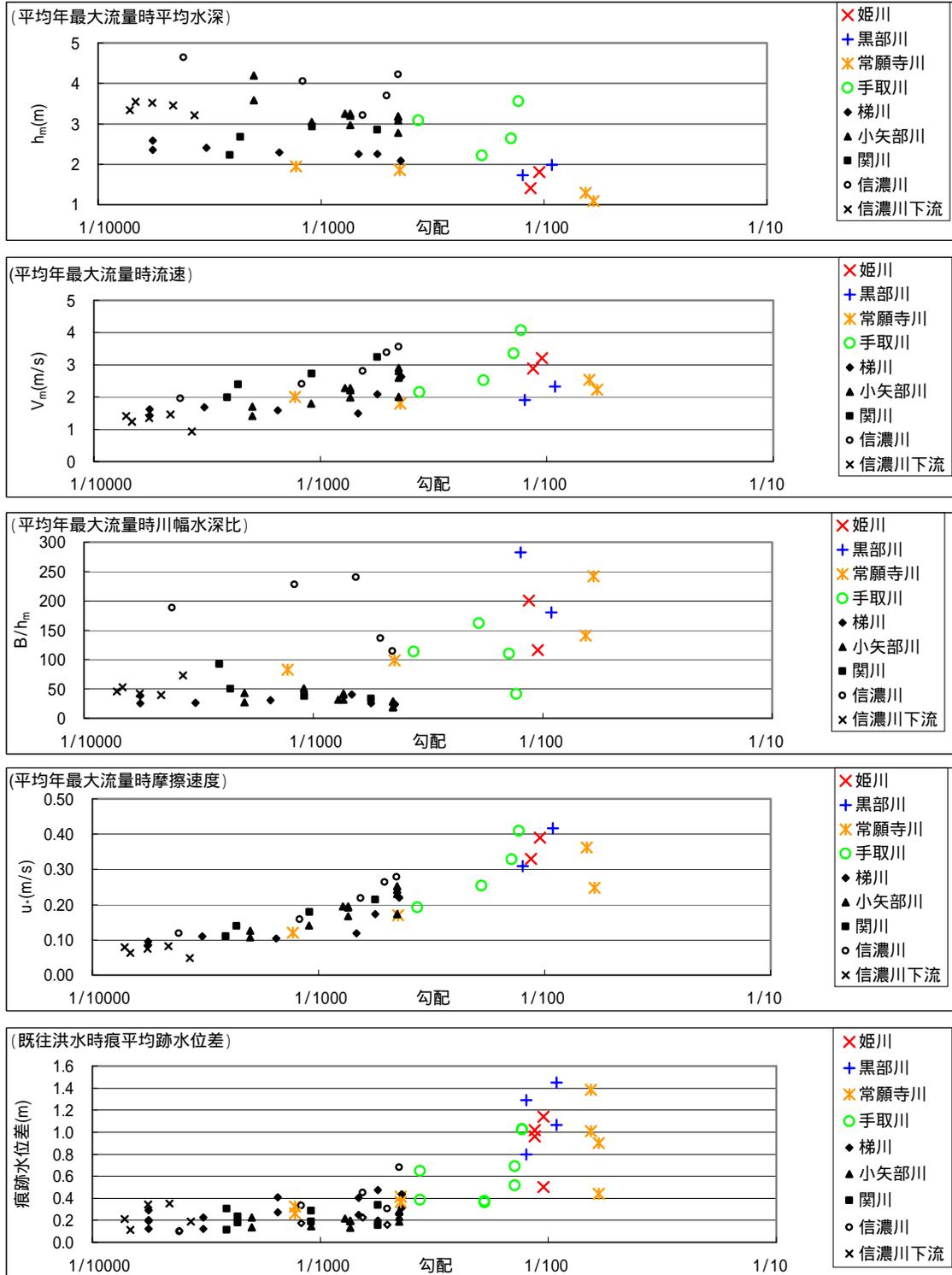
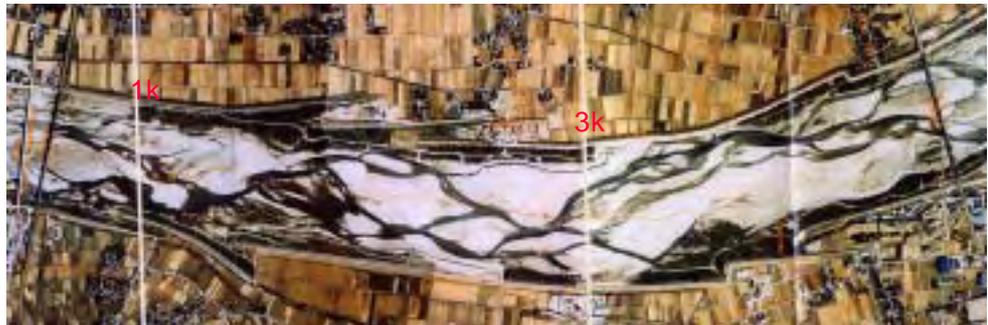


図 3.4 平均年最大流量流下時及び洪水時の水理諸量縦断面図

急流 4 河川は全川の的に単列・複列の砂州が形成されており、洪水時の砂州移動が大きいため、みお筋が固定していない場合が多い。

黒部川

1989 年



1998 年



図 3.5 砂州の経年変化図(黒部川)

常願寺川

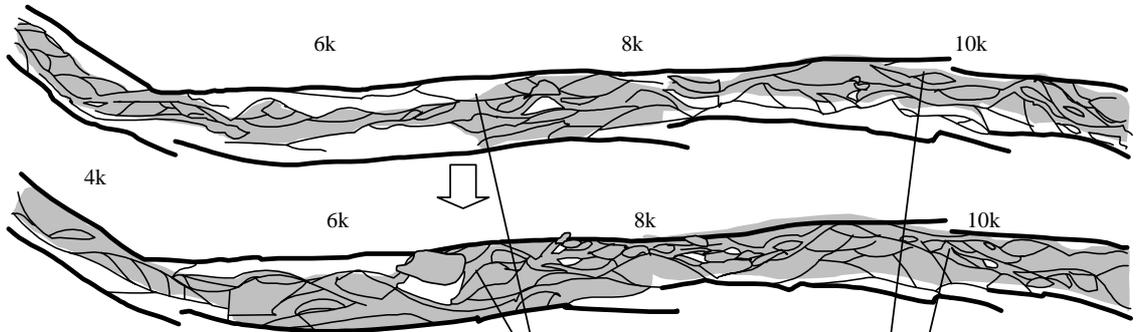
1995年



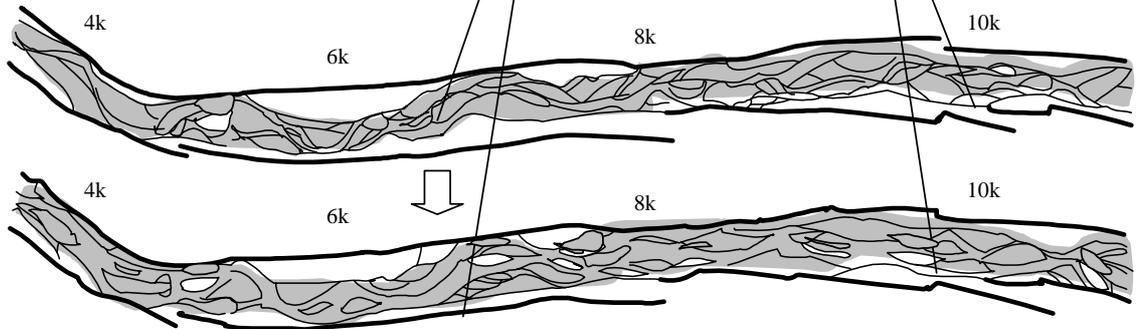
1998年



1969年洪水（洪水前）



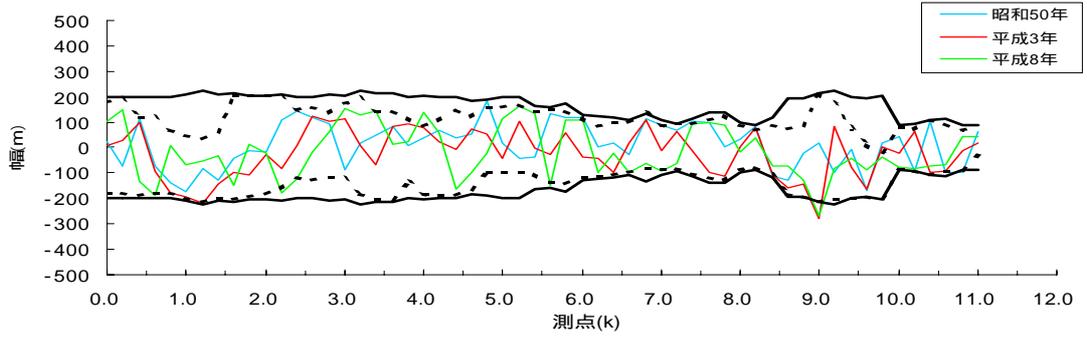
1996年洪水（洪水前）



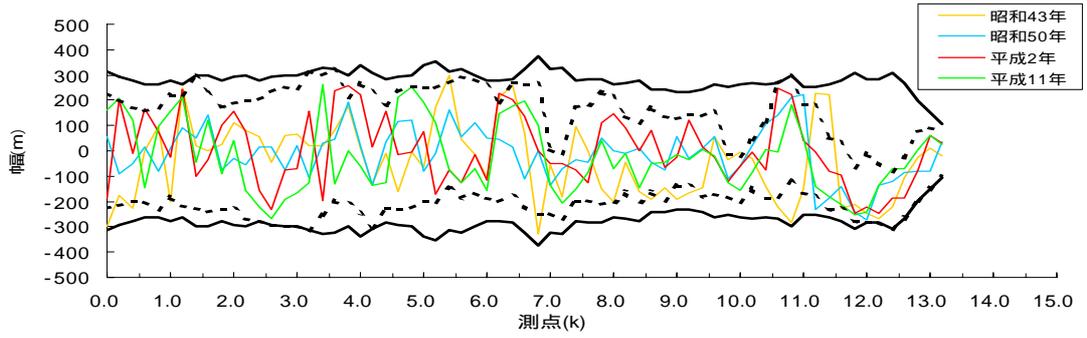
洪水前のみお筋の河道中央付近にあったが、洪水後は砂州が河道全体に広がり砂州形状も大きくなっている。

図 3.6 砂州の経年変化図(常願寺川)

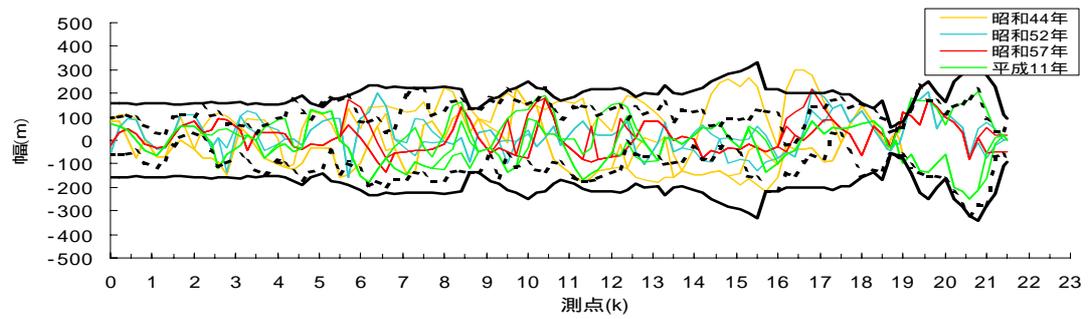
姫川



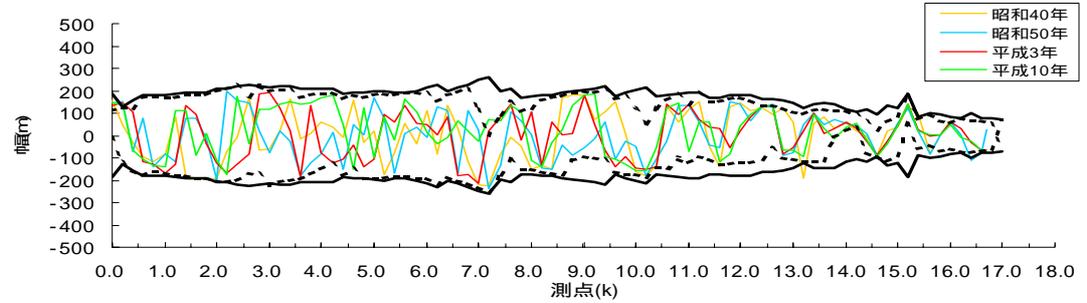
黒部川



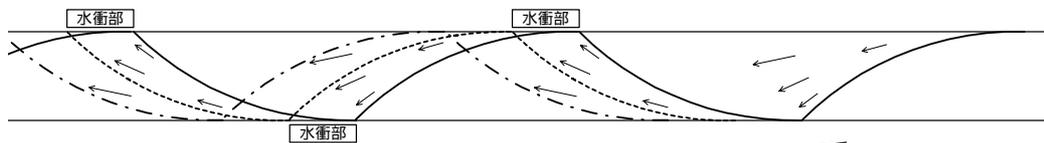
常願寺川



手取川



砂州の移動による水衝部の移動



砂州の移動による洗掘部の移動

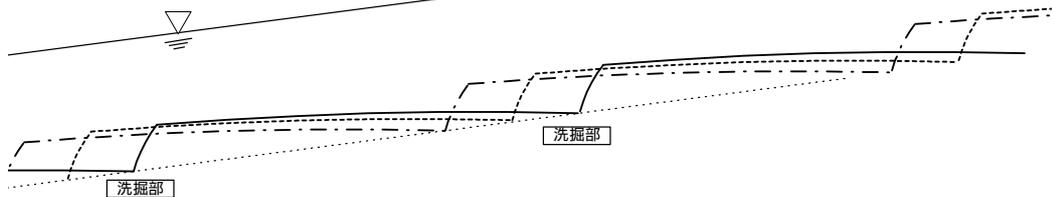


図 3.7 4 河川のみお筋経年変化図

### 破堤特性

急流 4 河川における洪水中の砂州移動による河岸侵食や局所洗掘は、緩流河川に比べ非常に大きい。

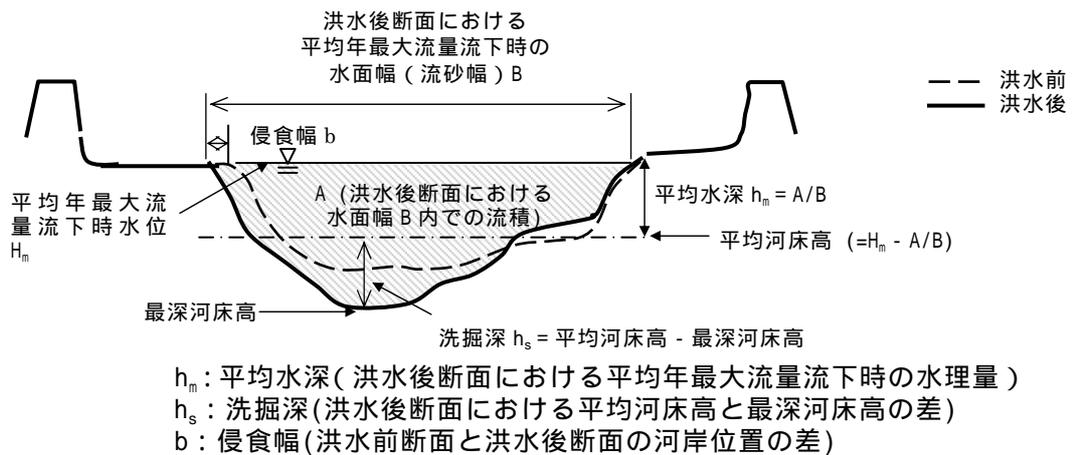
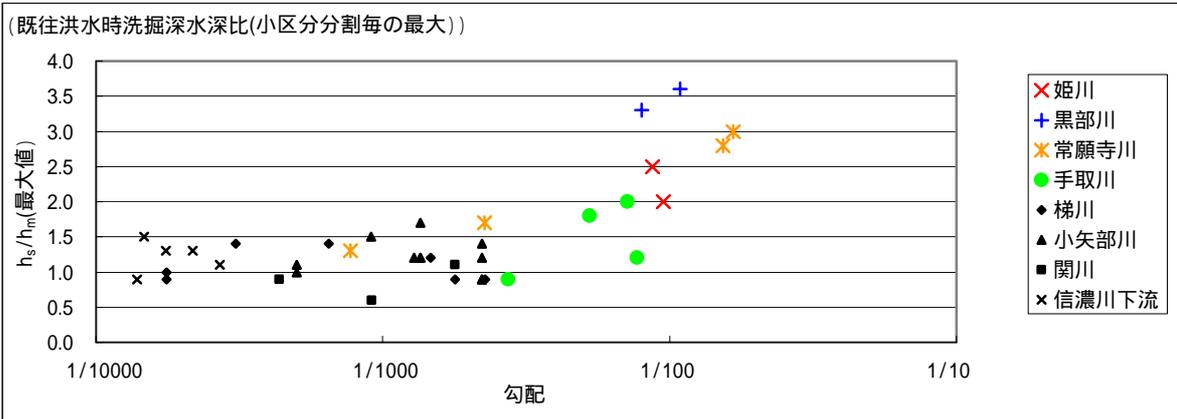
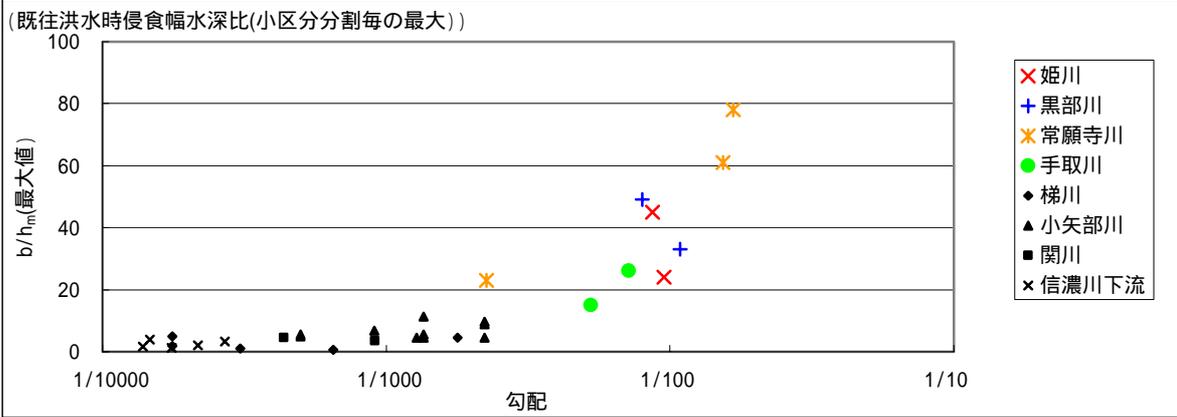
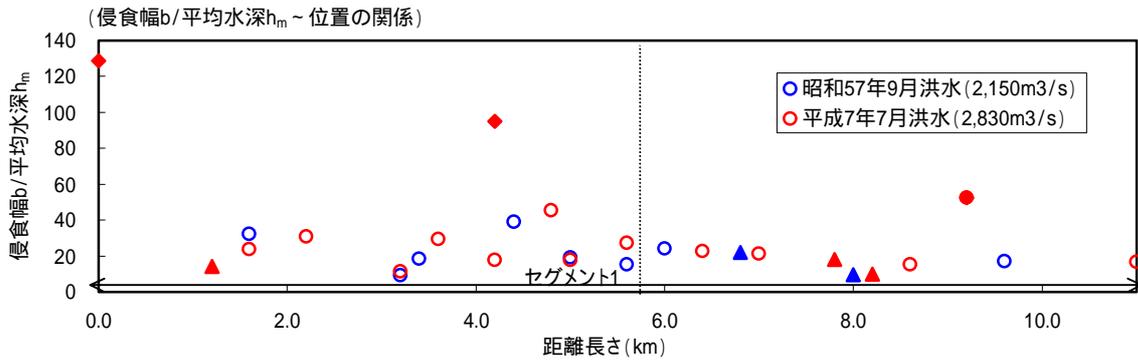


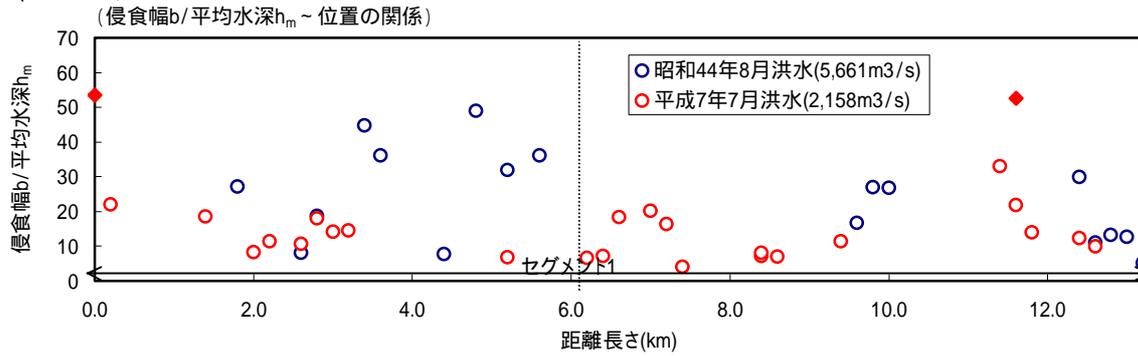
図 3.8 侵食幅と水深の関係 ( $b/h_m$ ) 及び洗掘深と水深の関係 ( $h_s/h_m$ ) の比較図

主要洪水 (戦後第 1 位, 2 位の出水規模洪水) において砂州が原因と  
考えられる侵食・洗掘実績の中から区間別の最大値をプロット。  
参考として北陸管内の河床勾配が 1/500 程度以下の河川を併記。

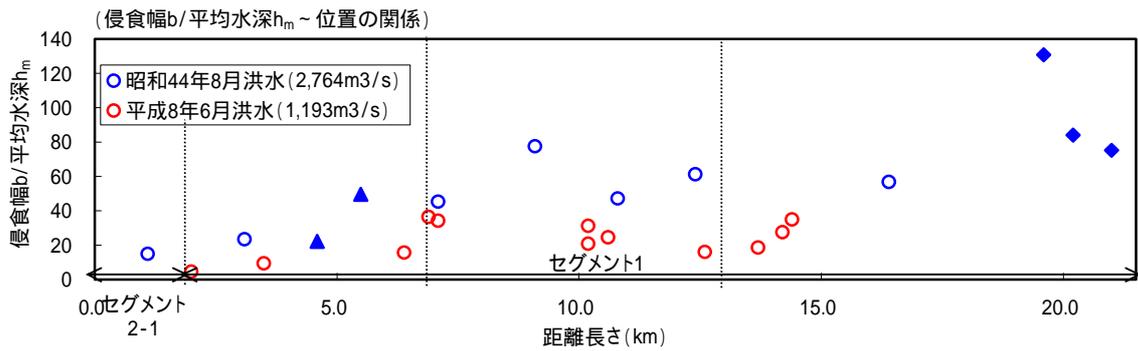
(姫川)



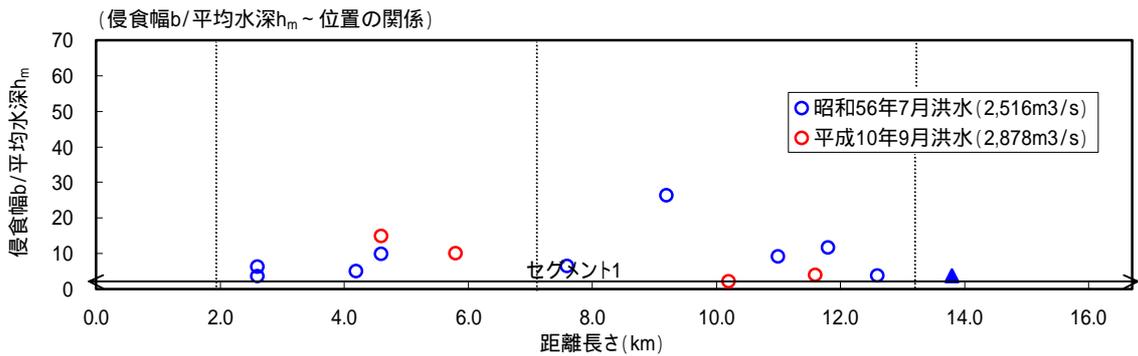
(黒部川)



(常願寺川)



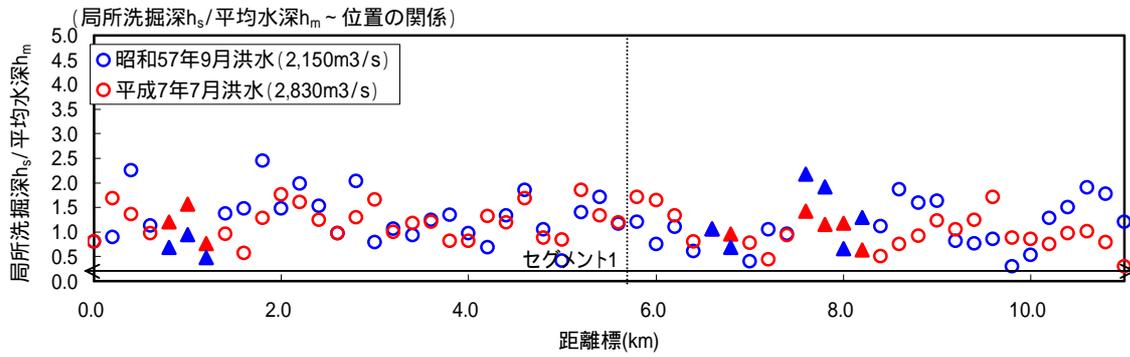
(手取川)



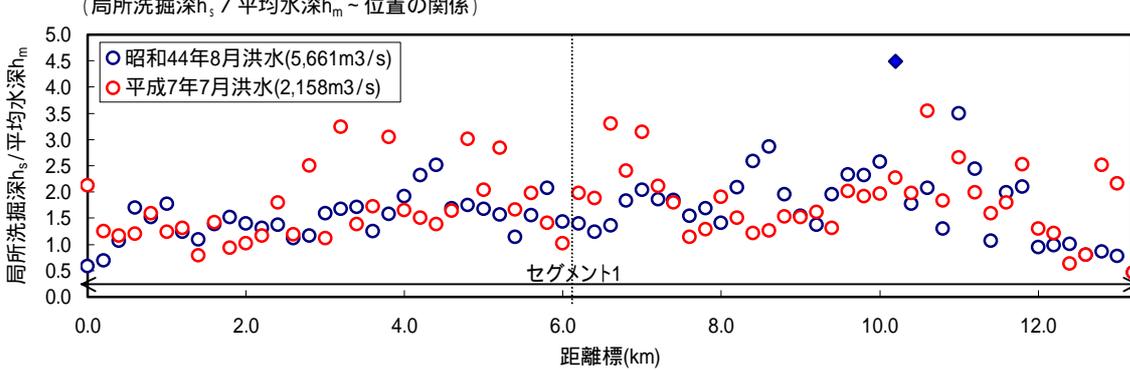
- 直線部の侵食
- ▲ わん曲部の侵食
- ◆ 砂州以外の原因によると推定されるも
- $b$  : 洪水前後断面から算出した侵食幅
- $h_m$  : 平均最大流量時水深

図 3.9 侵食幅水深比 ( $b/h_m$ ) 縦断図

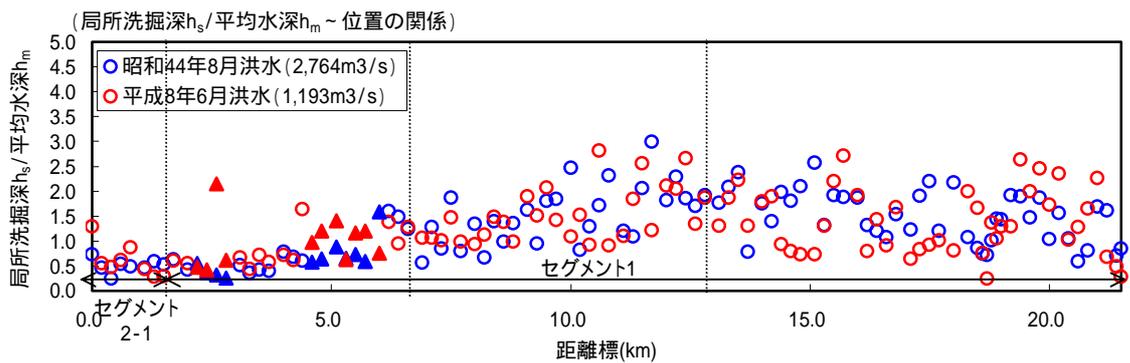
(姫川)



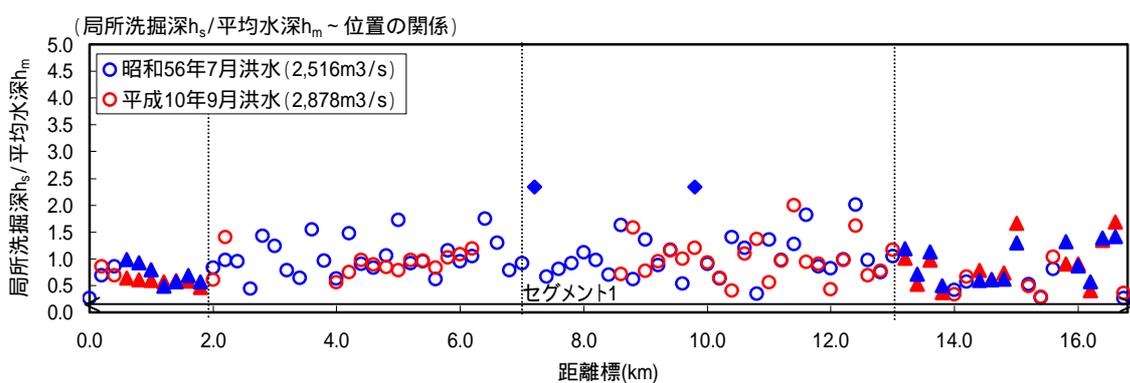
(黒部川)



(常願寺川)



(手取川)



- 直線部の洗掘
  - ▲ 湾曲部の洗掘
  - ◆ 砂州以外の原因によると推定されるもの
- $h_s$ : 最深河床高と平均河床高の差  
 $h_m$ : 最深河床高と平均河床高の差

図 3.10 洗掘深水深比 ( $h_s/h_m$ ) 縦断図

急流 4 河川ではほぼ全川にわたり被災を受けており、どの地点においても洪水中に危険な状態となっている。

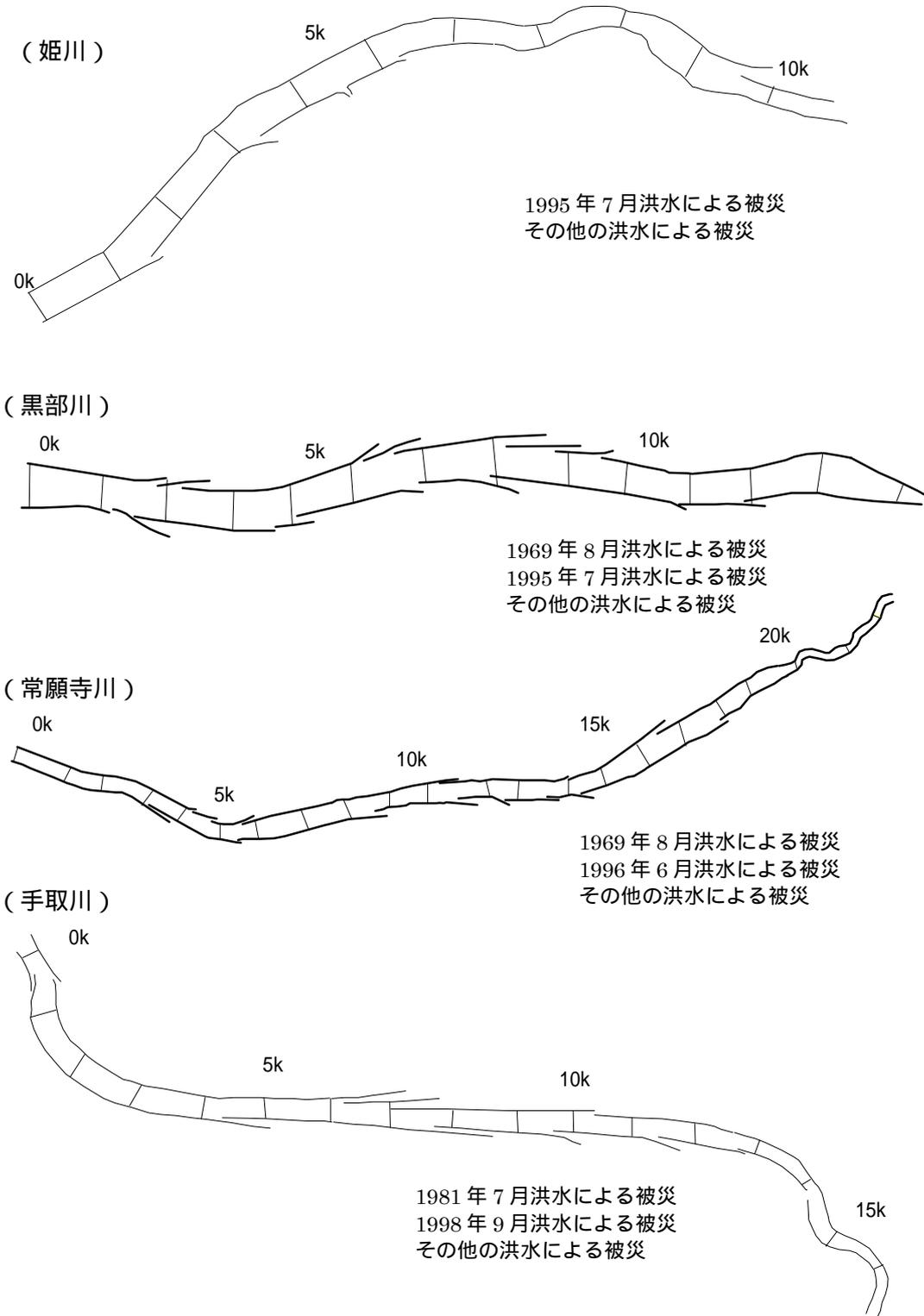
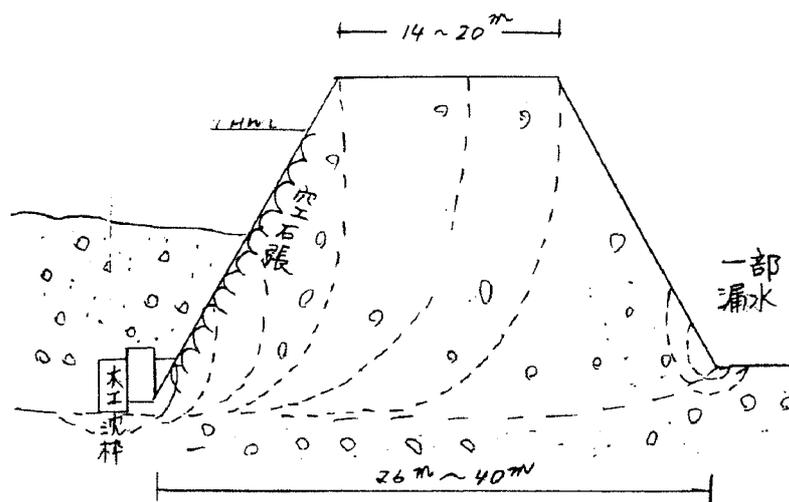


図 3.11 被災箇所概略位置図

黒部川では、昭和 44 年(1969 年)8 月洪水において 6.2k ~ 6.6k 付近右岸などで破堤し(破堤幅約 400m)、大きな被害となった。破堤地点の堤防には河床砂礫で築造された空石張りの法覆工が施されており、前面に 100m 以上の高水敷があったが、破堤に至った。

(破堤地点堤防横断面図)



(破堤状況写真)



図 3.12 黒部川における破堤状況(昭和 44 年(1969 年)8 月洪水)

### 氾濫水の流下特性

氾濫流は横方向へは大きく広がらず、地形勾配や派川、用排水路に沿って直進し、非常に速い速度で流下する傾向にある。

破堤口の幅は広く、河道が付け替わるように破堤している。また、破堤口付近等では地盤洗掘や土砂堆積が見られる。

氾濫流のエネルギーは非常に大きく、盛土構造物等によって氾濫流が集中した場合には、破堤口から遠く離れた下流においても建物破壊などの被害が生じている。

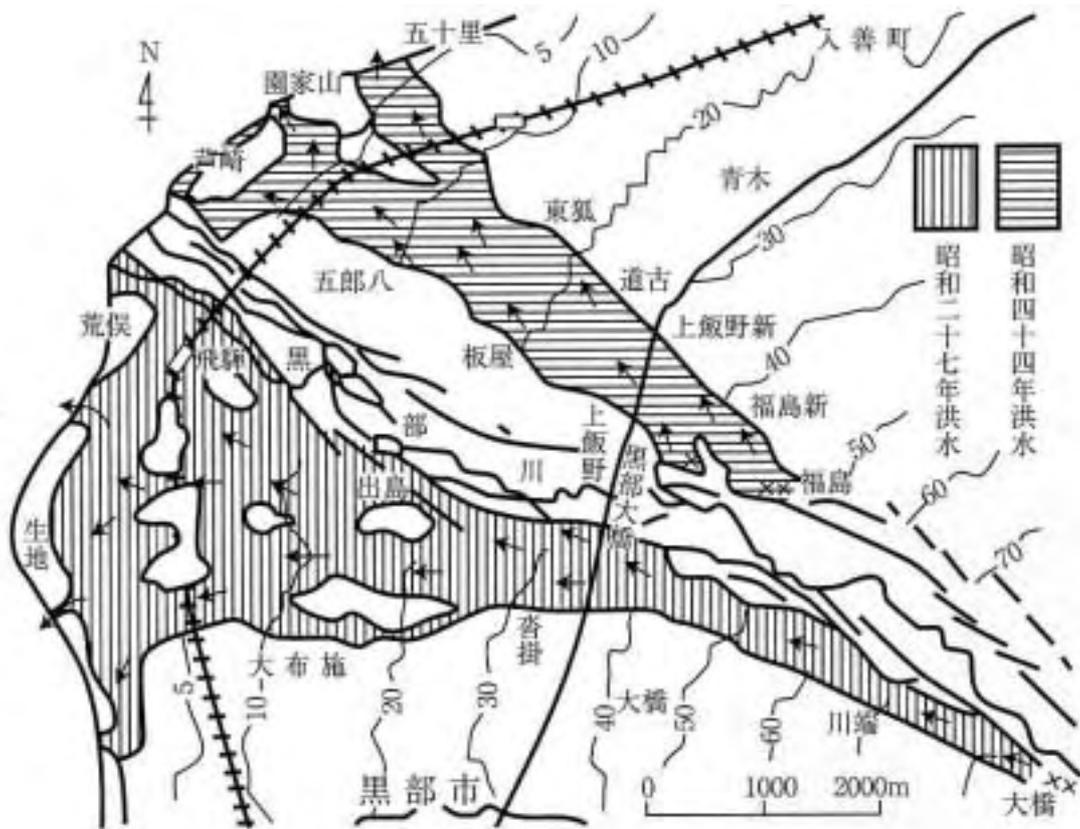
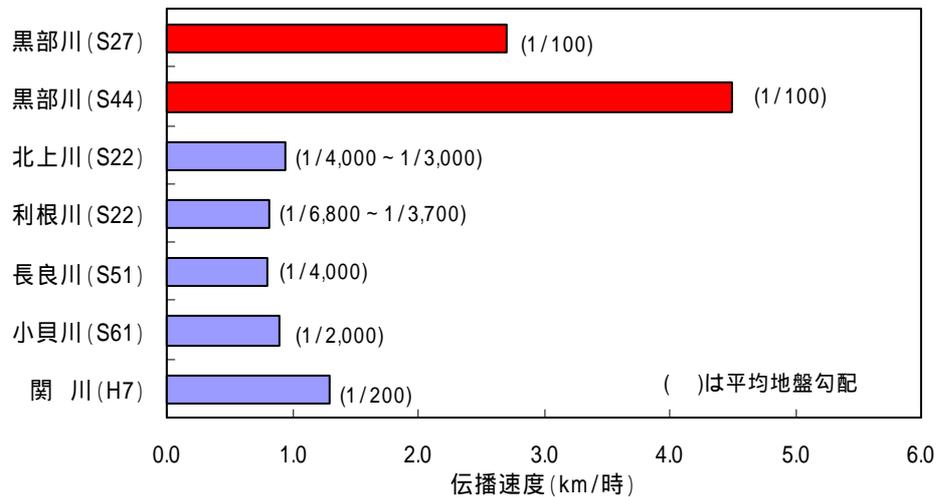


図 3.13 黒部川における実績氾濫状況

	水系	河川	破堤箇所	伝播速度 (km/時)	伝播地域(流域の地盤勾配)
1) 急 流 河 川	黒部川	黒部川	富山県宇奈月町(S27)	2.7	破堤箇所～海岸(1/90)
	"	"	富山県入善町(S44)	4.5	破堤箇所～海岸(1/110)
2) 緩 流 河 川	北上川	北上川	宮城県中田町(S22)	0.94	破堤箇所より10km下流
	利根川	利根川	埼玉県東村(S22)	0.82	破堤箇所～埼玉県吉川町(1/6800～1/3700)
	木曽川	長良川	岐阜県安八町(S51)	0.8	破堤箇所より1.8km上流～旧森部輪中堤
	利根川	小貝川	茨城県石下町(S61)	0.9	破堤箇所～より破堤箇所600m南地点
	関川	関川	新潟県新井市(H7)	1.3	破堤箇所～破堤箇所～島田橋(1/200)



- 1) 黒部川：当時の新聞記事より  
2) その他の河川：土木研究所資料 3536号「洪水による死亡リスクと危機回避」より

図 3.14 破堤に伴う氾濫水の伝播速度



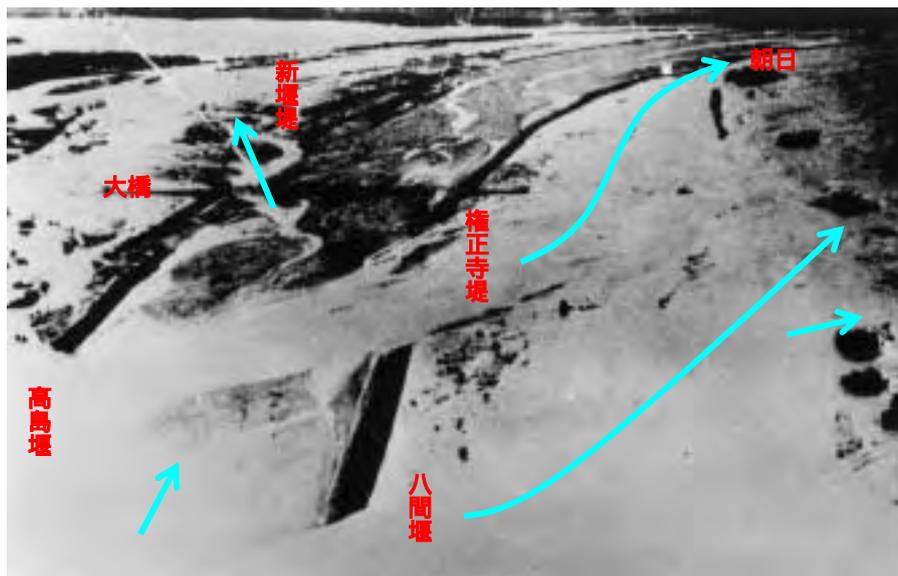
図 3.15 常願寺川明治 24 年洪水の氾濫状況

出典：常願寺川の急流河川工法  
 地形図：明治 43 年測量

(扇状地全体の氾濫状況)



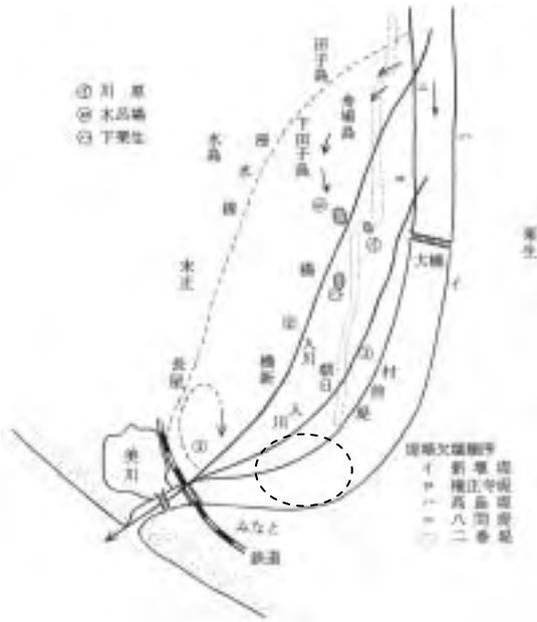
(下流4ヶ所からの破堤状況)



出典：手取川大水害復興五十年誌

図 3.16 手取川昭和9年洪水の破堤氾濫状況

(下流 4ヶ所からの破堤氾濫の状況)



(田子島付近 氾濫流により荒れた田畑の状況)



(朝日区付近の氾濫流の状況)



(朝日区における家屋倒壊被害の状況)



権正寺堤の切れる前は本流が逆流。  
 権正寺堤の破堤により氾濫流が右岸堤内地を流下。  
 下流で氾濫流が九百間堤を越水し、朝日区の家屋等を倒壊。

出典：手取川水害復興五十年誌

図 3.17 手取川昭和 9 年洪水の下流部氾濫被害状況

### 3.3 破堤・氾濫実績の整理例

過去に破堤・氾濫実績がある場合には、既往の破堤・氾濫実績資料を収集・整理し、破堤や氾濫流の流下特性をまとめる。そして、現時点で破堤が生じた場合にどのような破堤・氾濫現象が生じる可能性があるかについて分析を行う。

過去の破堤・氾濫実績については、十分な資料が整理されていない可能性があるが、不十分な部分については、過去の新聞記事や氾濫を経験した防災担当者や住民にヒアリングするなどして、極力多くの情報を収集することが望ましい。

尚、過去に破堤・氾濫実績がない場合においても、地形地質分類図等により旧川位置等が把握できることから、これら資料についても整理を行っておく。

主な整理項目は以下の通りである。

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 破堤に関する項目</li><li>➤ 破堤地点</li><li>➤ 破堤水位</li><li>➤ 破堤幅</li><li>➤ 破堤敷高</li><li>➤ 破堤速度</li><li>➤ 越流量</li><li>➤ 破堤のメカニズム 等</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 氾濫流に関する項目</li><li>➤ 浸水範囲</li><li>➤ 氾濫流の水深</li><li>➤ 氾濫流の流向・流速</li><li>➤ 氾濫流の到達時間</li><li>➤ 土砂の堆積・洗掘状況</li><li>➤ 家屋等の被害状況</li><li>➤ 構造物による影響 等</li></ul> |
|---|---|

次頁以降に、黒部川で実施した破堤・氾濫実績の整理結果を例示する。

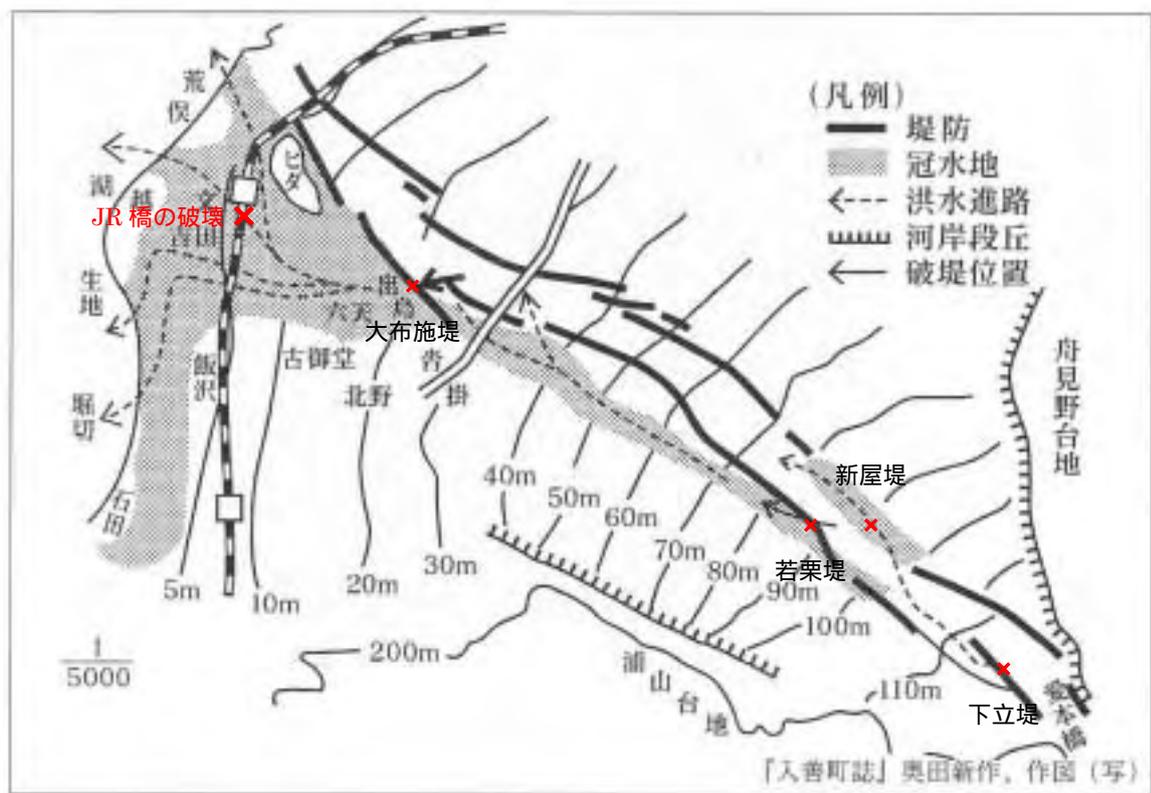
(黒部川における破堤・氾濫実績整理事例)

1) 昭和9年洪水

- 左岸3ヶ所、右岸1ヶ所で破堤した。氾濫流は等高線と直角方向に流下しており、緩勾配区間で拡散する傾向がある。
- 氾濫流は霞堤などを通して一部が再び河川に戻っている。
- 氾濫流は、氾濫原の地形や小河川、水路の影響を受け、流路を変更する傾向にある。
- 大布施堤の氾濫流は、JR盛土構造物上流に一時的に貯まった後に盛土を破壊している。これによりJR下流の家屋も被災している。

昭和9(1934)年7月12日、梅雨前線の停滞による集中豪雨のため、黒部川では愛本地点の最大流量が3,060m<sup>3</sup>/secと、警戒流量をはるかに超える大洪水となった。

被害は死者7人、負傷者133人、倒半壊116戸、床上浸水755戸。若栗堤(宇奈月町大橋)、大布施堤(黒部市出島)、新屋堤(宇奈月町浦山新)、下立堤(宇奈月町下立)などが破堤した。



× 破堤地点  
(出典：村椿村史)

図 3.18 黒部川昭和9年洪水の破堤・氾濫状況

(氾濫流による JR 北陸線の破壊)



(JR 北陸線脇の小学校校舎)



北陸線盛土の破壊により一気に流れ込んだ氾濫流により、校舎が傾いている  
(出典：村椿村史)

図 3.19 黒部川昭和 9 年洪水による被災地域

## 2) 昭和 27 年洪水

- 左岸 4 箇所破堤し、氾濫流は河川跡の地盤が比較的低い箇所を、河道に概ね並行して流下し、地盤勾配が緩くなる下流で拡散している。
- 破堤幅は、100～600m 程度であり、ほぼ川幅と同様の幅となっている箇所もある。
- 堤外地の破堤敷高は、概ね河床高となっている。
- 河川からの土砂流出を伴った流れであるのは破堤直下流に限られており、土砂は盛土構造物により堰き止めら下流へ伝播しなかったものと推定される。(ヒアリング結果)
- 氾濫流が霞堤を通して再び河川に戻る際には、流れが集中したため、地盤の表土を洗掘した。(ヒアリング結果)
- 氾濫流は、氾濫原の地形や構造物、小河川・水路などにより、流路を変更する傾向にある。(新聞記事, ヒアリング結果)
- 氾濫流の速度は 1m/sec 程度弱で、4km を 1.5 時間足らずで流下している。(新聞記事)

### (洪水の状況)

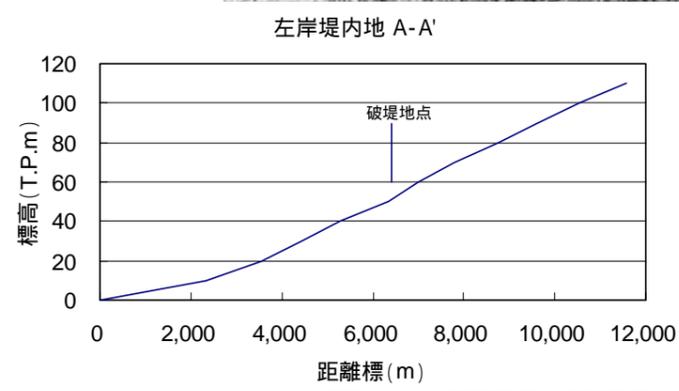
昭和 27 (1952) 年 6 月 30 日から 7 月 1 日にかけて、梅雨前線による集中豪雨で富山県下の各河川は大幅に水量を増し、昭和 9 年以来の大洪水となった。黒部川でも愛本地点の最大流量が、当時の計画高水流量 4,200m<sup>3</sup>/sec を上回り 4,870m<sup>3</sup>/sec を記録した。

これにより若栗堤(黒部市両瀬)、浦山堤(宇奈月町大橋)、上浦山堤(同浦山)、下立堤(同下立)が破堤し、また家屋 5,700 戸、田畑 24,000ha が被害を受け、死者 8、不明 4、被災者 18,000 人を出した。

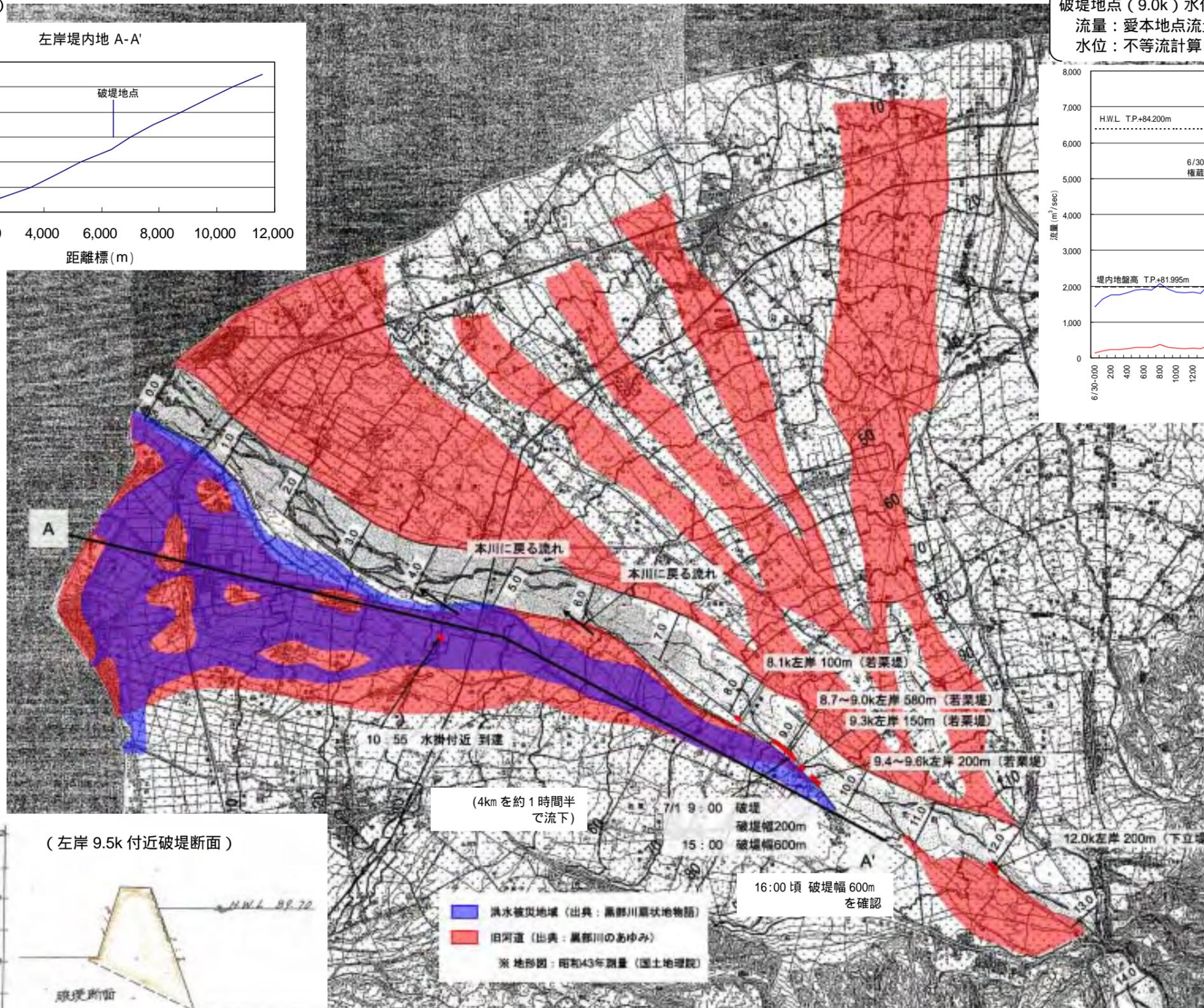
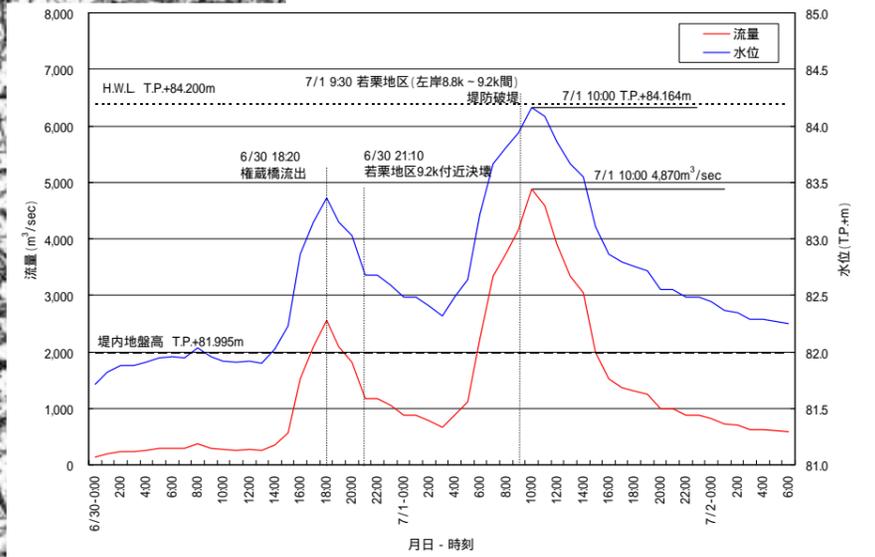
### (破堤・氾濫特性)

被害を受けた洪水の規模		4,870m <sup>3</sup> /sec 程度
計画高水流量		6,200m <sup>3</sup> /sec (1/100)
破堤箇所 の特性	破堤地点及び 破堤幅	左岸 8.1k, 100m 左岸 8.7k～9.2k, 580m 左岸 9.3k, 150m 左岸 9.4k～9.6k, 200m 左岸 12.0k, 200m
	河床勾配	1/90 程度
	平面的特性	概ね直線部
	砂州の特性	多列砂州
	断面的特性	単断面
	水位	H.W.L 程度
	流速	4.80m/sec
	摩擦速度	0.54m/sec
	破堤タイミング	2 山ピークの 1 時間前
	破堤速度	侵食開始から 30 分程度
	破堤敷高	堤内地盤高
氾濫流の 流下特性	流向	河道に概ね平行
	流速	0.75m/sec
	流達時間	4km を 1.5 時間

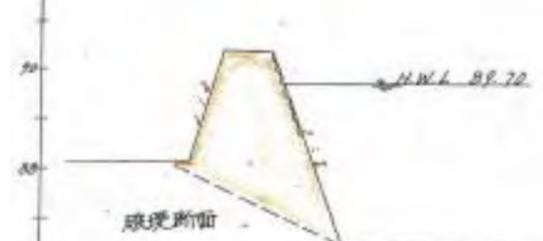
(堤内地縦断面図)



破堤地点 (9.0k) 水位・流量ハイドログラフ  
 流量: 愛本地点流量  
 水位: 不等流計算により作成した H~Q より算出



(左岸 9.5k 付近破堤断面)

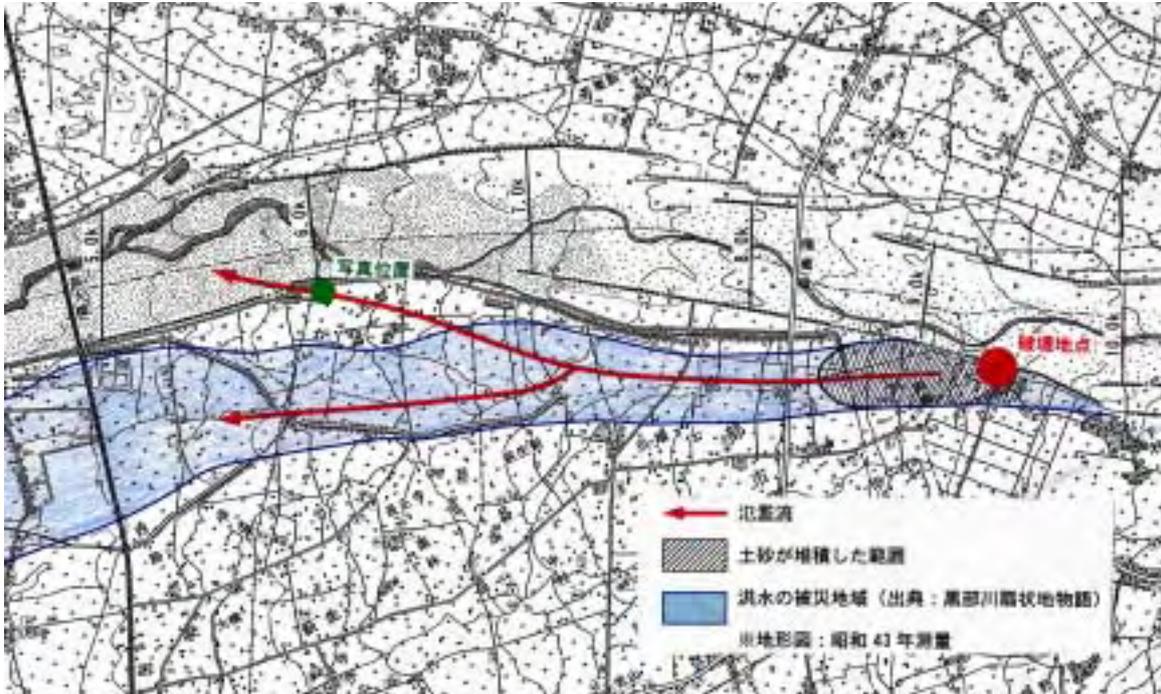


破堤した堤防は河床付近まで洗掘を受けている

図 3.20 黒部川昭和 27 年洪水の破堤氾濫状況

図面中の注釈は新聞記事及びヒアリング結果による

(9k 付近の破堤による氾濫流の流れと土砂堆積)



ヒアリング結果をもとに作成

(本堤と霞堤の間の洗掘状況)



流れが集中し表土が剥ぎ取られた

図 3.21 黒部川昭和 27 年洪水における被災状況 (黒部市萩生付近)

### 3) 昭和 44 年洪水

- 右岸 3 箇所で破堤し、氾濫流は河川跡の地盤が比較的低い箇所を、河川に概ね並行して流下している。
- 堤防裏から漏水がはじまり、短時間（10～15 分程度）で破堤に至った。（ヒアリング結果）
- 破堤幅は、80～400m 程度であり、川幅に近い破堤幅となっている箇所もある。
- 堤外地の破堤敷高は、概ね河床高となっている。
- 河川からの流出土砂は直下流の霞堤によりせき止められ、流水のみが霞堤を越えて流下した。（ヒアリング結果）
- 霞堤にさえぎられた氾濫水は排水路沿いに流下し、流水の集中により下流の霞堤を破堤した。（新聞記事およびヒアリング結果）
- 氾濫流は、旧河川跡などの影響を受け、流路を変更する傾向にある。
- 氾濫流の速度は 1m/sec 強で、1.5km を約 20 分で流下している。（新聞記事）

#### （洪水の状況）

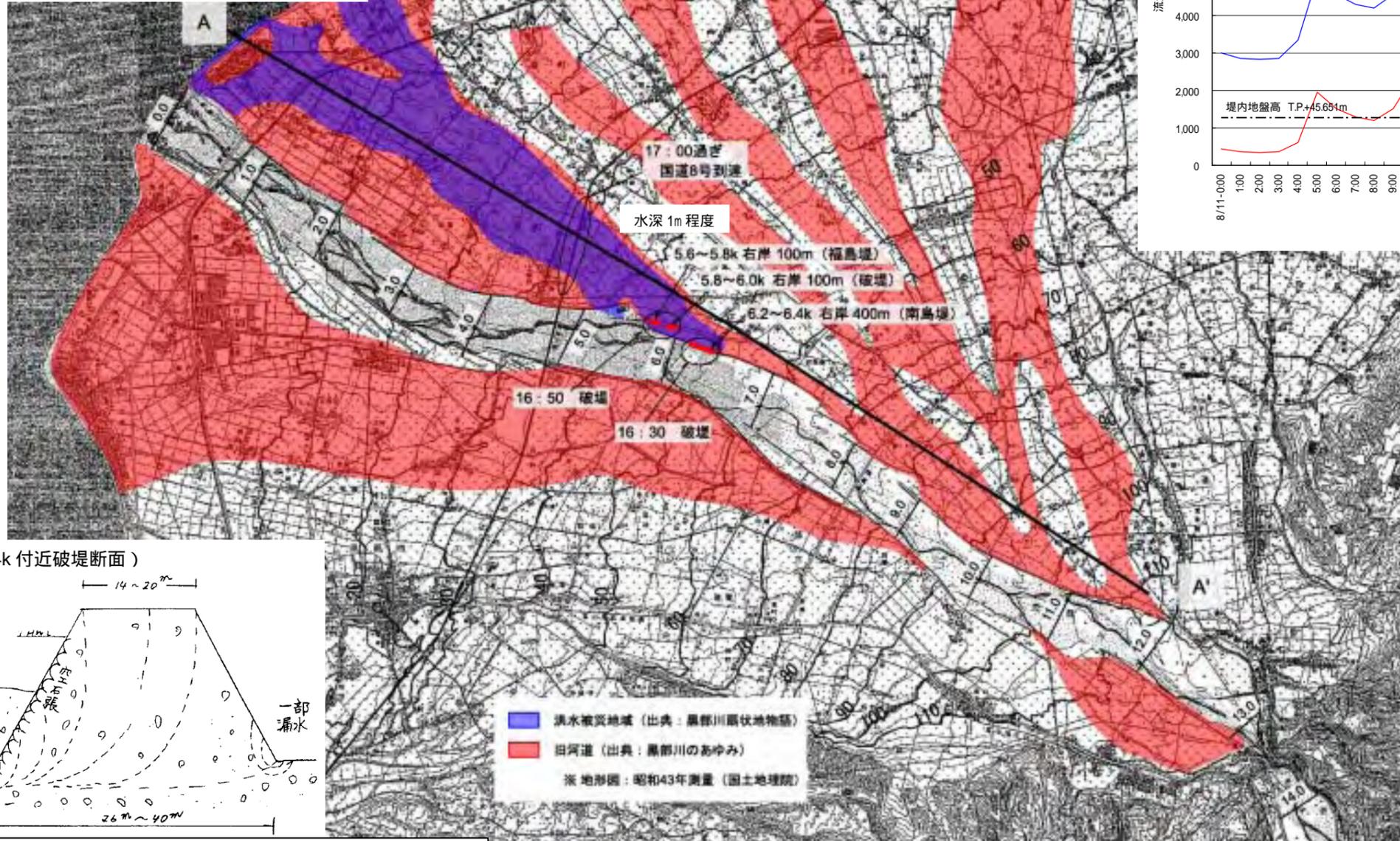
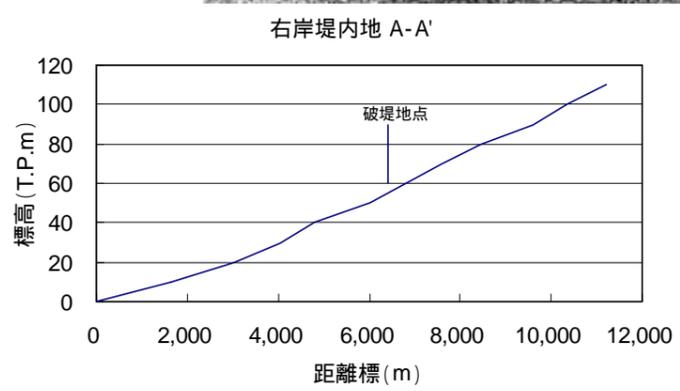
昭和 44 年(1969)年 8 月、北陸地方に停滞した梅雨前線は、未曾有の豪雨をもたらし、黒部川では昭和 27 年の洪水を上回る観測史上最大の大洪水となった。愛本地点の最大流量は当時の計画高水流量 4,200m<sup>3</sup>/sec を上回る 5,661m<sup>3</sup>/sec の大出水を記録した。

これにより下流域では福島堤（入善町福島）、南島堤（入善町福島）などの堤防が破堤し、濁流は黒部川右岸を約 1.5km の幅で流れ、国道 8 号を乗り越え平曾川河口から海へ抜けた。氾濫面積 1,050ha、家屋流出・全壊 7 戸、半壊・床上浸水 436 戸、床下浸水 410 戸、愛本堰堤本体のゲート及び取水施設が破壊され、愛本橋も流出するなどの被害があった。

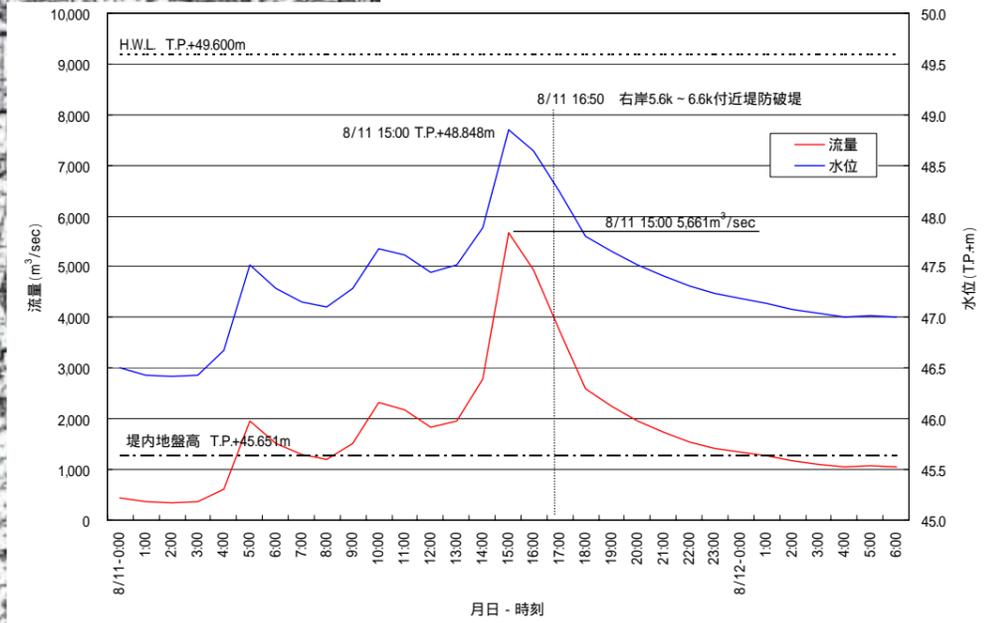
#### （破堤・氾濫の特性）

被害を受けた洪水の規模		5,660m <sup>3</sup> /sec 程度
計画高水流量		6,200m <sup>3</sup> /sec (1/100)
破堤箇所の特性	破堤地点及び破堤幅	右岸 6.2k～6.4k, 400m 右岸 5.6k～5.8k, 100m 右岸 5.8k～6.0k, 100m
	河床勾配	1/110 程度
	平面的特性	概ね直線部
	砂州の特性	多列砂州
	断面的特性	単断面
	水位	H.W.L - 1.5m 程度
	流速	4.50m/sec
	摩擦速度	0.49m/sec
	破堤タイミング	ピークの約 2 時間後
	破堤速度	
	破堤敷高	堤内地盤高
氾濫流の流下特性	流向	
	流速	1.25m/sec
	流達時間	1.5km を約 20 分

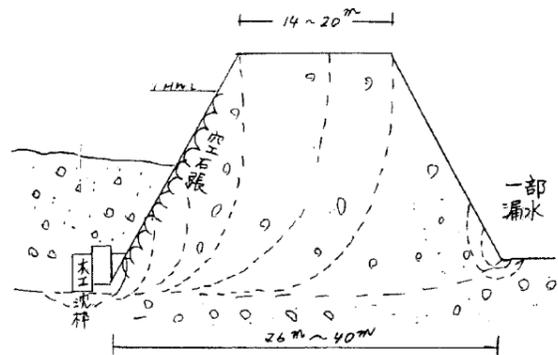
(堤内地縦断面図)



破堤地点 (6.0k) 水位・流量ハイドログラフ  
 流量: 愛本地点流量  
 水位: 不等流計算により作成したH~Qより算出



(右岸 6.4k 付近破堤断面)

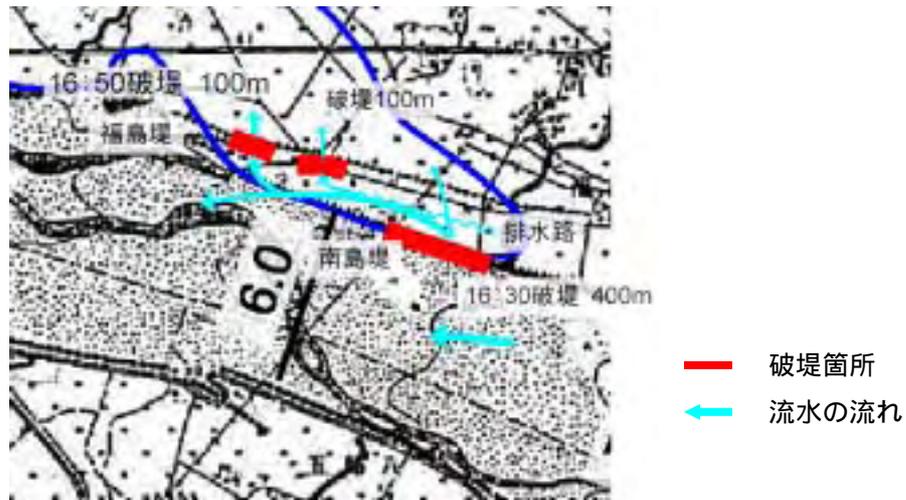


堤防の前面に約 100m の高水敷があったが破堤に至った  
 破堤堤防は河床付近まで洗掘を受けている  
 堤防裏法尻で一部漏水が生じ、その後一気に破堤に至った

図 3.22 黒部川昭和 44 年洪水破堤氾濫状況

図面中の注釈は新聞記事及び  
 ヒアリング結果による

( 破堤状況の詳細 )



6.2～6.4kの南島堤破堤による氾濫流は、福島堤に遮られる形で多くは排水路沿いに流下した。  
約20分後、福島堤も破堤に至り氾濫流が下流へ広がった。  
( 新聞記事およびヒアリングによる )

( 南島堤～福島堤間の田圃の被災状況 )



( 出典：広報にゅうぜん )

図 3.23 黒部川昭和 44 年洪水破堤地点付近状況

### 3.4 メッシュ内の氾濫原情報のモデル化

土木研究所資料第 3400 号 氾濫シミュレーション・マニュアル(案) H8.2 より抜粋

氾濫解析では氾濫原内の建物、盛土(堤防、道路、鉄道)、排水施設(ポンプ、樋門、水路、下水道)をモデル化して表現するものとする。ただし、水害時には排水のために緊急排水路が設けられたり、堤防が開削されたりすることがあるので、氾濫の再現計算の場合には、これらも忘れずに計算条件に入れるようにする。

#### 【モデル定数】

一次元モデルでは建物他の影響は、モデル定数の中で近似的に考慮されているだけである。一次元モデルのうち、簡易一次元不定流モデル及び二次元モデルでは建物他の影響は粗度係数の形式で考慮している。以下では、各モデル毎に、氾濫原内の各種施設のモデル化について説明する。

#### • 越流ポンドモデルの場合

市街化率が高くなると、建物による氾濫流の縮流効果が增大するため、流量係数  $c$  ( $c$  のなかに粗度係数  $n$  も含まれている) が大きくなる。既存の計算例を見ると、 $c = 0.05 \sim 0.1$  程度の係数が設定されている。

#### • 開水路ポンドモデル、氾濫ポンドモデル、簡易一次元不定流モデルの場合

土地利用に応じて粗度係数が設定される。通常水田・畑と市街地の 2 種類に分けて、設定される。既存の計算例を見ると、

水田・畑の場合 :  $n = 0.1 \sim 0.25$

市街地の場合 :  $n = 0.1 \sim 0.3$

となっている。ただし、氾濫ポンドモデルでは浸水深に対して、粗度係数を変化させる場合が多い。

#### • 二次元不定流モデルの場合

従来、当モデルでは一般的に土地利用に対して、

水田・畑の場合 :  $n = 0.025$

宅地の場合 :  $n = 0.04$

山林の場合 :  $n = 0.06$

と設定され、氾濫原特性に応じてこの係数を変化させている。そして、これらの係数を加重平均させて、メッシュの粗度係数を求める場合が多かった。

この方法は建物が密集していない流域では適用性がある。しかし、特に建物密度が面積比でしか反映されないことから、当研究室では氾濫模型実験ならびに氾濫解析の結果

に基づいて、建物占有率（メッシュに占める建物面積の割合）\*に応じて、建物区域の粗度係数を設定し、他の土地利用の粗度係数と合成する手法の検討を行った。その結果、新たな加重平均式により建物以外の粗度係数を求め、更に建物占有率、底面粗度係数  $n_0$ 、浸水深  $h$  より、氾濫原粗度係数  $n$  を求める次式を提案している。この式の適合性については、筑後川流域における氾濫計算と氾濫実績との比較により検証済みである（「第3章 新モデルの検証」参照）。

まず、各メッシュの土地利用毎の占有面積  $A$  をカウントする。以下、 $A$  及び粗度係数  $n$  の添字 1, 2, 3 は農地, 道路, その他の土地利用を意味する。ここで、農地とは水田, 畑, 林, 果樹園, 笹地を指す。道路面積には沿線の歩道面積も含める。道路としては国道、主要地方道を考慮する。また、荒地, 芝地, 湿地, 塩田などはその他の土地利用と見なしている。

$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \times \frac{\theta}{100 - \theta} \times h^{4/3}$$

$$n_0^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

ここで、 $n_1 = 0.060$ ,  $n_2 = 0.047$ ,  $n_3 = 0.050$  である。

今、仮に底面粗度係数を  $n_0 = 0.050$  と仮定した場合の  $n$  と  $n'$  の関係図を図 3.24 に示す。図は水深  $h$  をパラメータとして描かれ、特に水深が大きい場合、 $n$  に対する  $n'$  の変化が大きくなる。また、図 3.25 には改良前後の粗度係数を比較するために、合成等価粗度係数  $n$  / 従来の粗度係数  $n'$  の値をプロットした。ここで従来の粗度係数は土地利用により変化するので、宅地と水田・畑の土地利用を以下のように仮定して求めている。すなわち、宅地には建物の他、建物周辺の土地利用（庭, 駐車場, 空地, 道路）などが含まれる。建物占有率 最大値が 80% 程度であるとすると、宅地面積率  $x$  は  $x = 100 / 80 \times$  となり、宅地以外の土地利用の割合を水田・畑：山地 = 4 : 1 とし、以下のように求めた。

$$n' = \frac{0.025 \times (100 - x) 4 / 5 + 0.04 \times x + 0.06 \times (100 - x) 1 / 5}{100} = \frac{16 + 0.05\theta}{500}$$

図 3.25 のように、 $n / n'$  の倍率を浸水深が 1m の場合で比較すると、 $\theta = 10\%$  の場合は 2 倍程度であるが、 $\theta = 50\%$  になると約 4 倍となる。浸水深が 2m になると、 $\theta = 10\%$  でも 3 倍近くになり、 $\theta = 50\%$  になると 6 倍以上となっている。

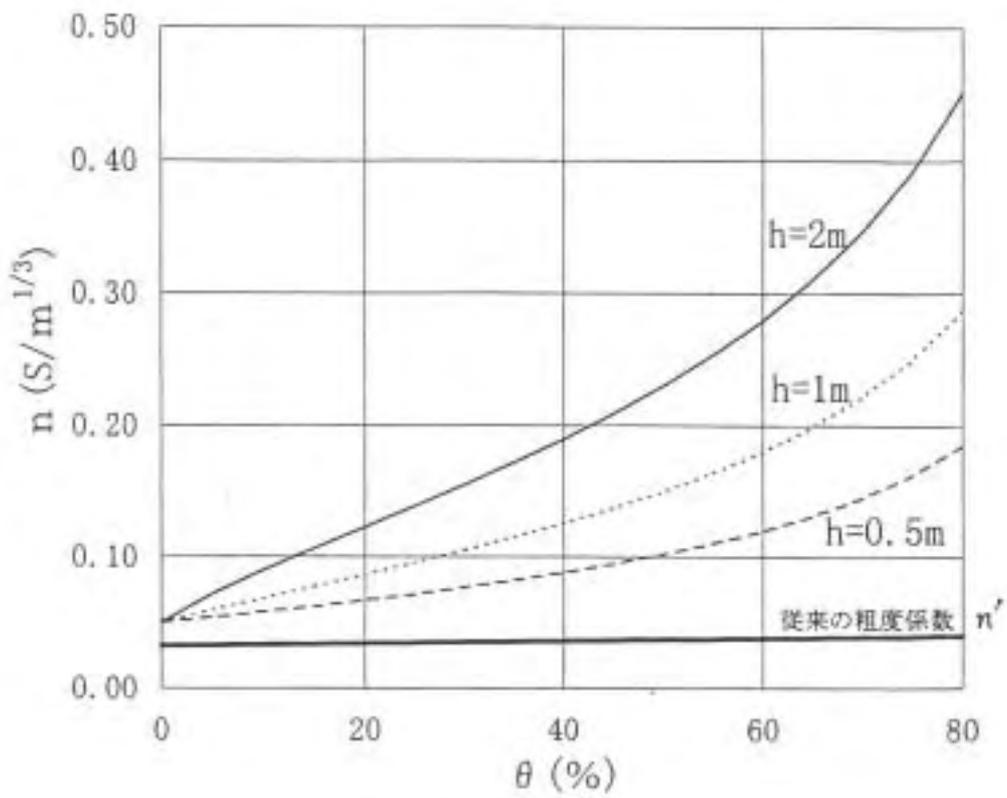


図 3.24 建物占有率 と  $n$  との関係 (合成等価粗度係数では  $n_0 = 0.05$  と仮定)

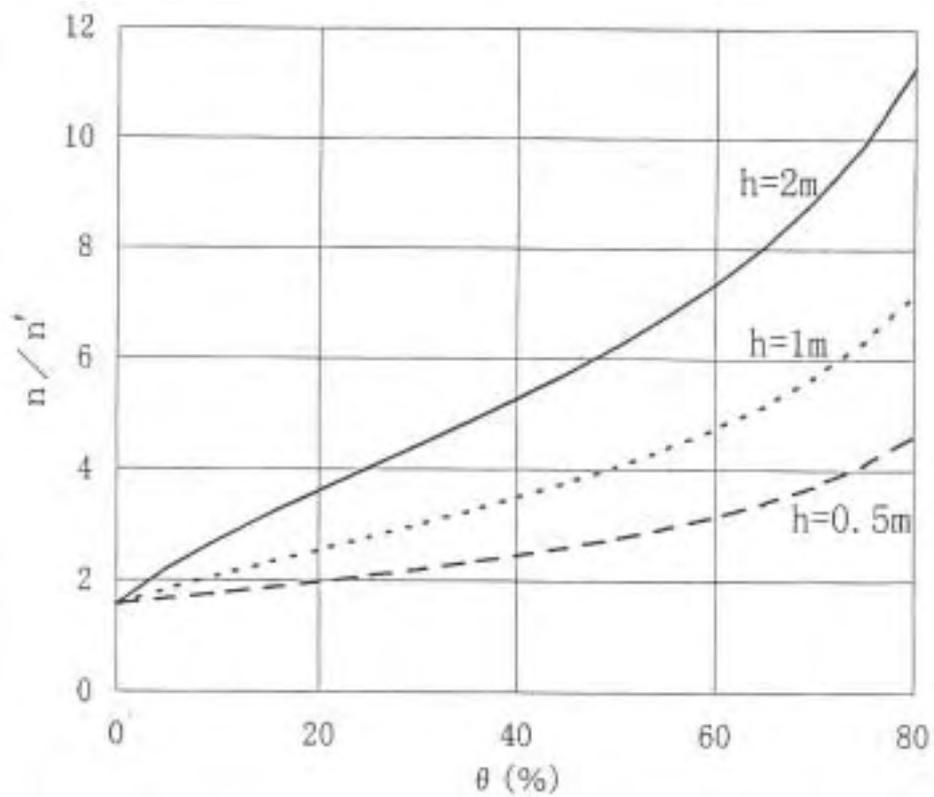


図 3.25 合成等価粗度係数 / 従来粗度係数

なお、氾濫原情報のうち、盛土・排水施設などの流域施設については、次節で解説している。

\*：建物占有率は都市計画図上の建物 1 軒 1 軒の面積を計測して合計し、メッシュ面積で除するのが厳密な方法である。しかし、この方法だと非常に時間を要するので、方眼紙を用いて、建物が方眼紙のます目の半分以上を占める場合を建物のます目と見なして占有率を算定できる。建物以外の土地利用面積の計測方法も同様にできる。また、デジタイザーを用いて建物面積を測定する方法もある。しかし、今後は都市計画図上の建物，道路，農地に色付けして光学的に読み取る方式などの自動化技術を開発していく必要がある。

### 3.5 氾濫シミュレーションの検討事例

氾濫シミュレーションは、メッシュによる二次元不定流計算を標準とするが、メッシュの大きさは、氾濫域の地形勾配等に留意して適切に設定しなくてはならない。

また、氾濫による浸水深を正確に表現するためには、氾濫シミュレーションモデルにおいて氾濫水の拡散や浸水深に影響する盛土構造物を考慮する必要があることから、平均地盤高からの比高が 50cm 以上の盛土構造物をモデル上で表現しようとする場合には、メッシュ間の標高差を 50cm 以下となるように設定することが望ましい。

ここでは、メッシュの大きさの違いによる氾濫シミュレーション結果への影響について、黒部川におけるケーススタディを示す。

#### <黒部川におけるケーススタディ>

メッシュ間隔を細かくすることによる氾濫シミュレーション結果の精度向上の度合いを確認するために、250m メッシュと 50m メッシュのシミュレーション結果とを比較した。

#### 1) 検討条件

以下に示す条件で氾濫シミュレーションを実施した。なお、メッシュの大きさの違いによる影響の度合いを把握するため、氾濫域用の盛土構造物は考慮していない。また、粗度係数は同じとした。

表 3.6 検討条件一覧

項目	条件
対象洪水	昭和 44 年洪水波形
破堤地点	右岸 6.4k
破堤水位	ピーク水位 T.P. 53.600m
破堤敷高	堤内地盤高 T.P. 50.480m
破堤幅	400m
越流量	横越流公式

#### 2) 使用メッシュ

250m メッシュ、50m メッシュともに 1/25,000 地形図（都市計画図）より平均地盤高を設定した。ただし都市計画図は、標高データが 4ha に 1 点程度、等高線も 2.5m 間隔（入善町の例）と粗いことから、メッシュの大きさを極端に小さくしたとしても微地形を十分に表現できるものではない。4ha に 1 点程度の標高データ密度の場合には、メッシュ幅が 100m 以下では内挿により地盤高を設定する必要がある。

表 3.7 使用メッシュ

メッシュ幅	メッシュ平均地盤高
250m	1/2,500 地形図 (都市計画図) より作成
50m	"

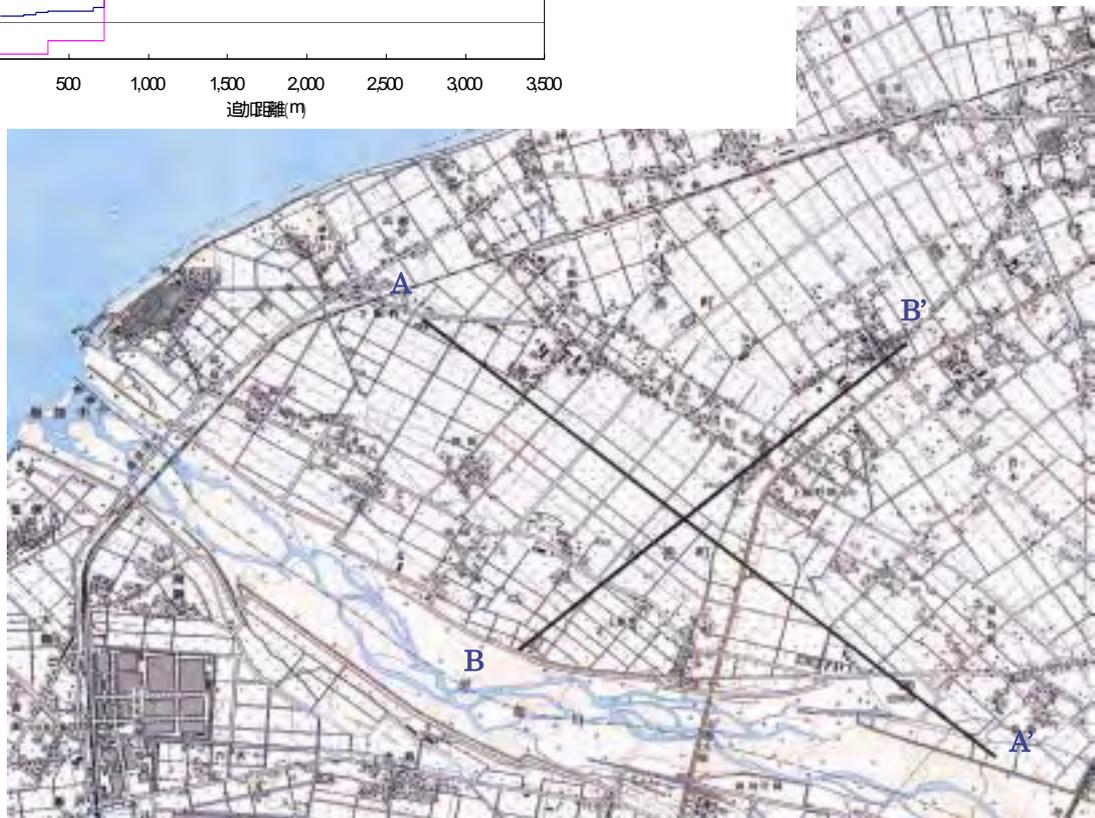
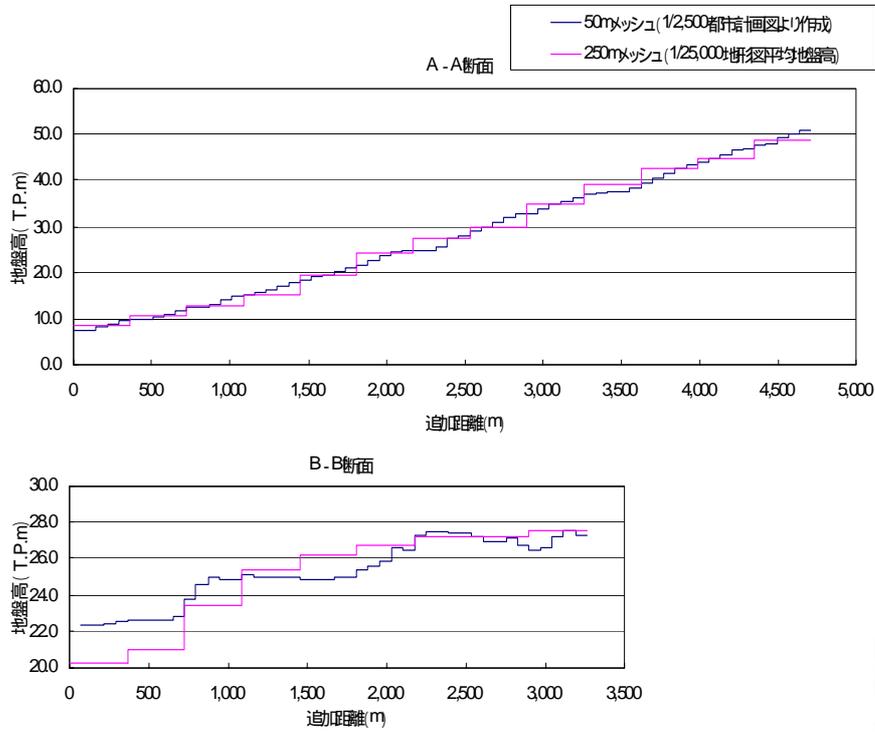


図 3.26 250m メッシュと 50m メッシュの比較

### 3) 氾濫シミュレーション結果

250m メッシュと 50m メッシュによる氾濫シミュレーション結果を比較すると次のことが言える。

- 250m メッシュでは氾濫流が拡散し、直線的な流れとなっているのに対し、50m メッシュでは氾濫流は拡散せず、河道に沿った流れとなっている。
- 250m メッシュでは、浸水深が 1m 以上となるのは破堤地点付近のみであるのに対し、50m メッシュでは氾濫流の中心部と海岸付近で 1m 以上の浸水深が出現している。
- 250m メッシュでは 2m/sec 以上の高い流速が発生し、1 時間以内で氾濫流が到達している。これに対し、50m メッシュでは、流速は概ね 1.5m 以下となっており、氾濫流の到達時間も実績と同程度となっている。

以上のことから、黒部川ではメッシュ幅 50m とすることにより、実現像に近い氾濫が表現でき、浸水想定情報に必要な精度が確保できるものと考えられる。

〔250m メッシュ〕

〔50m メッシュ〕

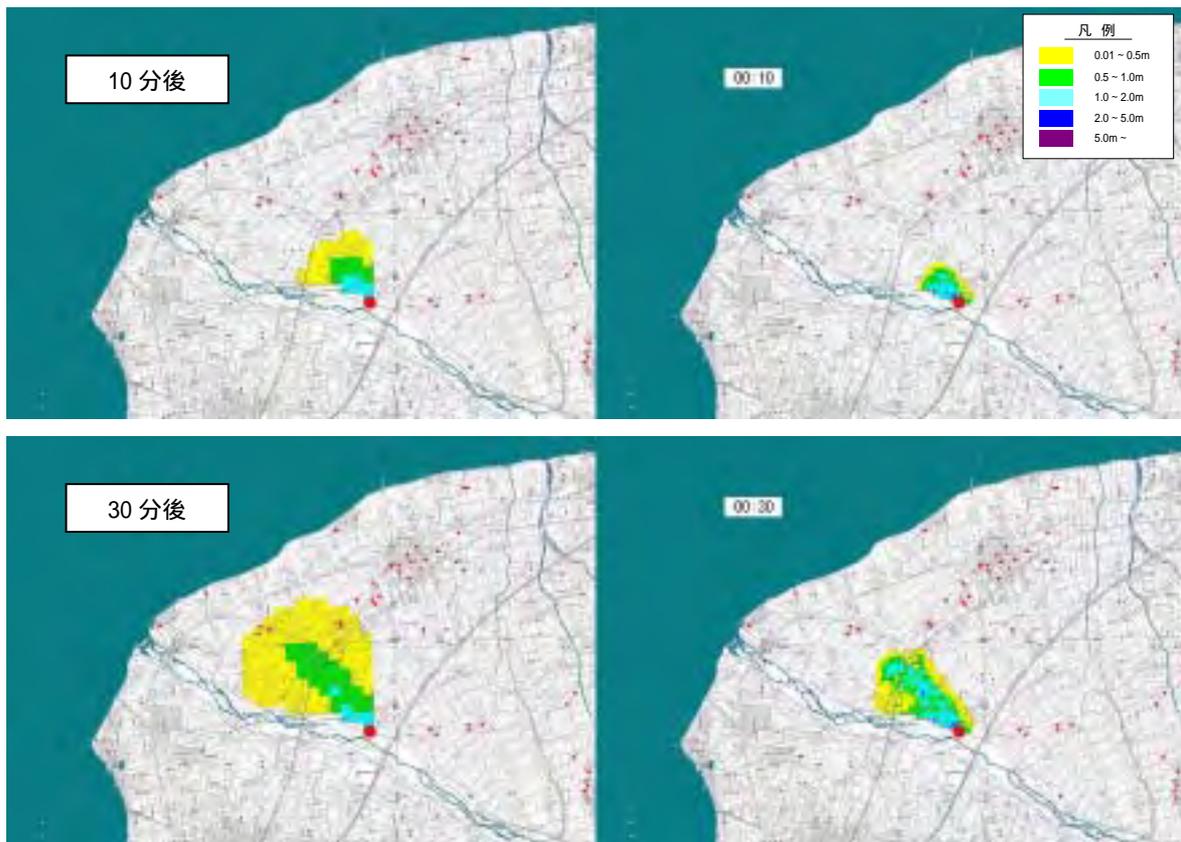


図 3.27 (1) 氾濫計算シミュレーション結果 (最大水深)

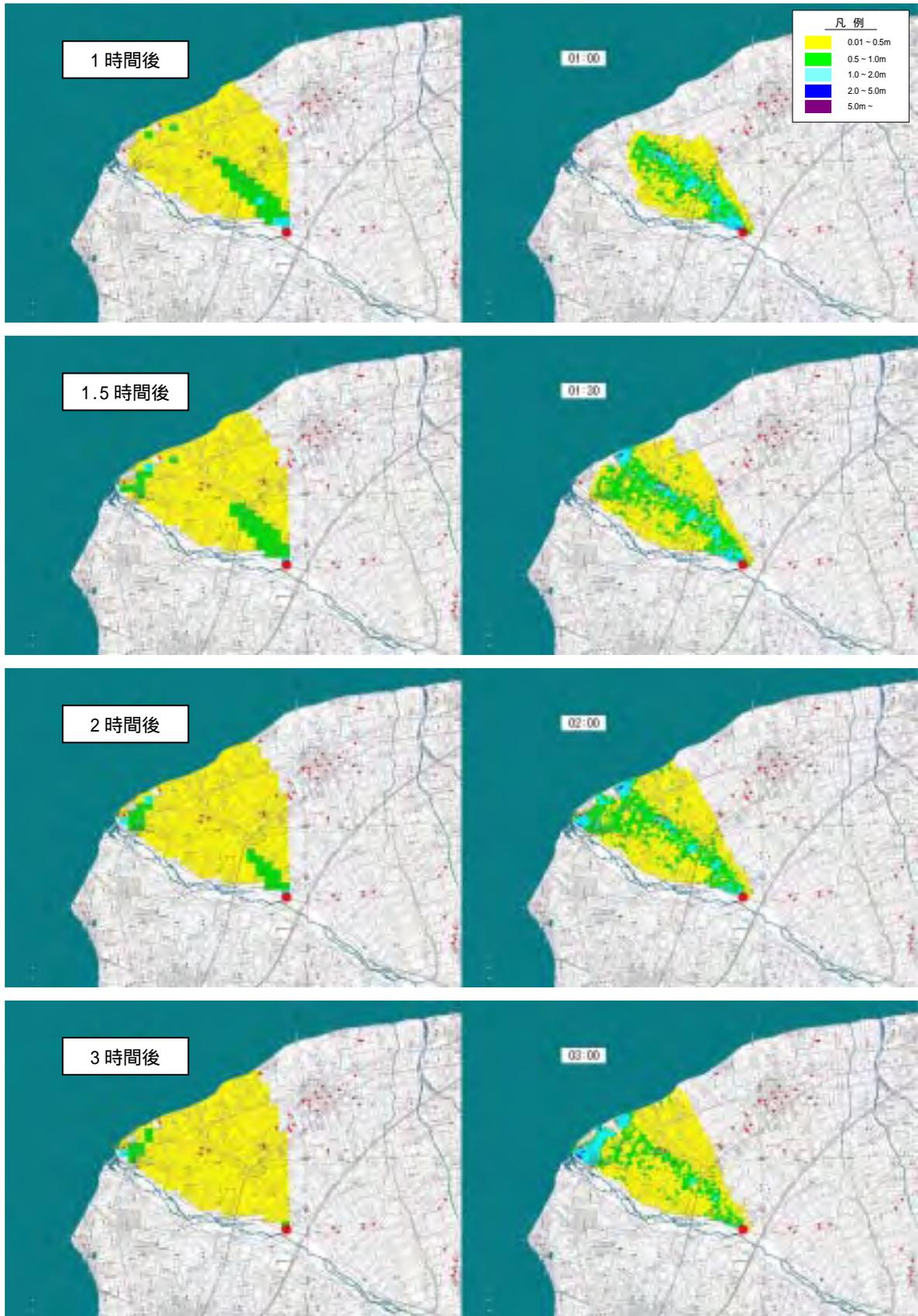


図 3.27 (2) 氾濫計算シミュレーション結果 (最大水深)

## (1) 氾濫シミュレーションの検証例

破堤実績がある河川においては、破堤・氾濫状況の再現計算を行い、氾濫シミュレーションにより算出される浸水範囲や浸水深等の浸水想定情報の妥当性を確認しておくことが望ましい。ここでは、黒部川で実施した氾濫シミュレーションの検証例を示す。

### <黒部川における氾濫シミュレーションの検証例>

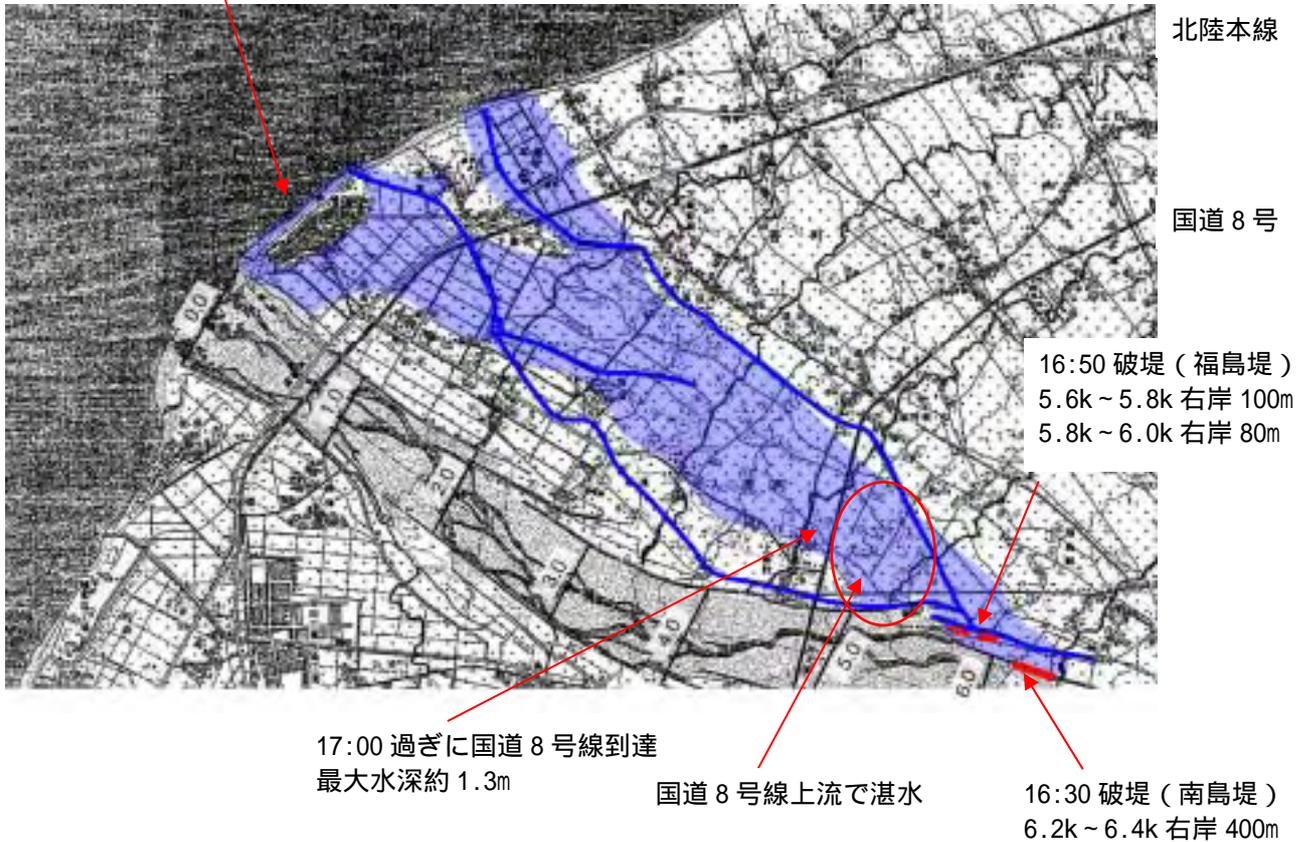
氾濫シミュレーションの検証を行うには、下表に示すデータが揃っていることが望ましい。黒部川では、昭和になってから9年、27年、44年と3度の破堤実績があるが、この中で最も検証に必要なデータが揃っている昭和44年洪水を対象に氾濫シミュレーションの検証を行った。

#### 1) 破堤・氾濫実績の整理

昭和44年洪水における破堤・氾濫について、既往文献、新聞記事、ヒアリング等により以下のように整理した。

- 破堤は右岸3ヶ所で生じており、始めに6.2～6.4k(南島堤)の400mが破堤した。氾濫流の多くは霞堤(福島堤)に遮られる形で本川に戻り、これから20分程度して下流霞堤(福島堤)が破堤し、氾濫流が下流へ大きく広がったものと考えられる。(新聞記事及びヒアリング結果)
- 氾濫流の流下幅は概ね500m～1km程度であり、概ね等高線と直角の方向に流下している。(深井作成浸水実績図「黒部川扇状地物語」)
- 氾濫流は国道8号線までの1.5kmを約20分で流下しており、流速は1m/sec強であったものと推定される。(新聞記事)
- 国道8号線により堰止められた氾濫流の水深は最大で1.3m程度であった。(新聞記事)
- 破堤口付近は直径1～2m程度の礫がころがっていた。(ヒアリング結果)
- 氾濫水は、流水の集中した箇所(南島堤と福島堤の間の水路)では表土を剥がすような強い流れとなっているが、拡散した場合は家屋を破壊するような流体力は生じていない。(新聞記事及びヒアリング結果)

18:00 過ぎに海岸まで到達  
下流の氾濫幅は 1.5km 程度



洪水被災地域 (出典: 黒部川扇状地物語, 深井作成)

旧水路網

背景の地形図は昭和 43 年測量図面 (国土地理院)



破堤箇所

流水の流れ

- 6.2~6.4kの南島堤破堤による氾濫流は、福島堤に遮られる形で多くは排水路沿いに流下した。
- 約 20 分後、福島堤も破堤に至り氾濫流が下流へ広がった。
- 水路沿いの田圃は表土がはぎ取られるような被災が生じた。

図 3.28 黒部川昭和 44 年洪水の破堤氾濫状況  
図面中の注釈は新聞記事及びヒアリング結果による

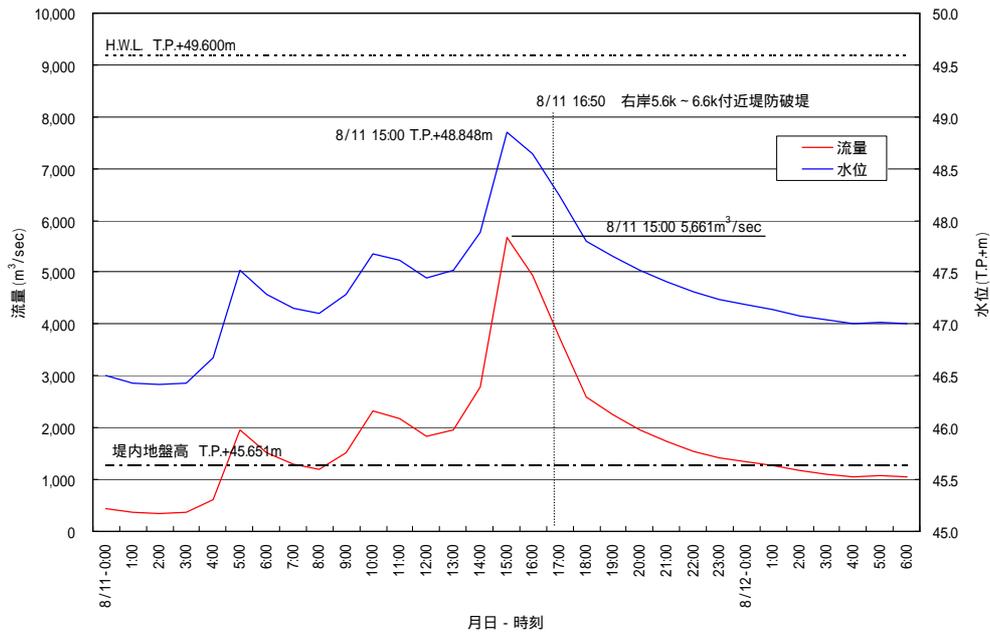


図 3.29 破堤地点（6.0k）水位・流量ハイドログラフ  
 流量：愛本地点流量 水位：不等流計算により作成した H~Q より算出

2) 氾濫シミュレーションの検証に使用可能なデータ

氾濫シミュレーションの検証に使用可能なデータを整理すると下表の通りとなる。

表 3.8 氾濫シミュレーションの検証に使用可能なデータ

項目	使用可能なデータ	参考資料
越流地点 及び破堤幅	右岸 6.2 ~ 6.4k(400m) 多くは霞堤防を通して河川に戻る 右岸 5.6 ~ 5.8k(100m)及び右岸 5.8 ~ 6.0k(80m) 下流へ氾濫	新聞記事及び ヒアリング結果
越流時刻	右岸 6.2 ~ 6.4k : 16:30 頃 右岸 5.6 ~ 5.8k(100m)及び右岸 5.8 ~ 6.0k(80m) : 16:50 分頃	"
破堤敷高	堤内地盤高まで破堤	
破堤の 進行時間	破堤開始から約 10 分程度で完全破堤	
越流水深	S44 断面での破堤時不等流計算水位と堤内地盤高の差は約 2.2m	
氾濫流の 方向	概ね等高線に直角の方向	洪水被災地域図 出典：黒部川扇状地物語
浸水深	国道 8 号線で堰き上げ、越流水深は最大 1.3m 程度	新聞記事及び ヒアリング結果
浸水範囲	図 1.1 の通り 氾濫流の下流部分の氾濫幅は約 1.5km	洪水被災地域図 出典：黒部川扇状地物語
到達時間	破堤地点から国道 8 号線までの 1.5km : 約 20 分 1.25m/sec 国道 8 号線から海岸までの 4.5k : 約 1 時間 1.25m/sec	新聞記事及び ヒアリング結果

### 3) 越流量に関する分析

急流河川では、破堤が生じると河道がつけ替るようになり氾濫が生じることが多い。そこで氾濫シミュレーションに適用する越流公式を正面越流公式とすることも考えられるが、氾濫流が横方向へ拡がらずに河道に沿って流れていることを考えると正面越流公式では越流量を過大に評価する恐れがある。

そこで、氾濫シミュレーションに先立ち、適用する越流公式を実績氾濫流のピーク流量を用いて検討した。

#### 検証条件

国道 8 号線付近の氾濫状況から、ピーク氾濫流量を推定すると  $260 \sim 440\text{m}^3/\text{sec}$  と推定される。

表 3.9 国道 8 号線付近における氾濫状況

項目	設定値	設定根拠
氾濫流の幅	700m	洪水被災地域図 (出典：黒部川扇状地物語；深井作成)
氾濫流の水深	0.3 ~ 0.5m	新聞記事「国道の上を約 30cm の深さで流下，最大 1m30cm」 ヒアリングより「水位はひざ下位であった」
氾濫流の流速	1.25m/sec	新聞記事より 「1.5km を 20 分で流下」
ピーク氾濫流量	$260 \sim 440\text{m}^3/\text{sec}$	$= 700\text{m} \times 0.3 \sim 0.5\text{m} \times 1.25\text{m}/\text{sec}$

#### 検討結果

福島堤（破堤幅 180m）からの氾濫流が卓越したと仮定すると、正面越流とした場合の越流量は  $900\text{m}^3/\text{sec}$ 、横越流とした場合の越流量は  $450\text{m}^3/\text{sec}$  となる。従って氾濫シミュレーションの検証においては、横越流公式を採用する。

表 3.10 破堤地点の状況（福島堤からの氾濫流が卓越していたと仮定）

項目	設定値	設定根拠
破堤幅	180m	実績値
越流水深	2.2m	$= (\text{不定流計算による破堤時水位}) - (\text{堤内地盤高})$
越流量	正面越流	$900\text{m}^3/\text{sec}$
	横越流	$450\text{m}^3/\text{sec}$
推定したピーク氾濫流量と近似する横越流公式を採用する。		

#### 4) 検証計算条件

氾濫シミュレーションは、50m メッシュによる二次元不定流計算とする。計算条件は以下に示す通りである。

表 3.11 計算条件一覧

項目	条件
対象洪水	昭和 44 年洪水
破堤地点	6.4k 右岸, 5.6 ~ 5.8k 右岸
破堤時刻	8/11 16:50 (実績破堤と同時刻)
破堤敷高	堤内地盤高
破堤幅	実績値
越流公式	横越流
霞堤	福島堤を考慮
使用メッシュ	50m メッシュ (地盤高は 1/2,500 都市計画図より作成)

#### 5) 検証結果

以下の通り、氾濫現象が概ね良好に再現され、本計算手法及び使用データ等の妥当性が確認された。

##### 〔浸水範囲〕

- 30cm 以上の湛水は、実績の氾濫範囲と概ね一致している。(30cm 未満の氾濫水は若干右方向に拡散している。)
- 最大湛水深さは破堤付近直下流を除き 1m 程度以下であり、実績の湛水深(国道 8 号線で 30 ~ 50m 程度, 最大 1.3m (新聞記事より))とも概ね一致している。

##### 〔流速及び氾濫流の流達時間〕

- 流速は、氾濫流の主流部では 1.5 ~ 2.0m/sec 程度、平均的には 1m/sec 程度となっている。
- 氾濫流の流達時間も、氾濫実績と概ね一致している。(図中では水深が 50cm 以上となるまでの時間を表示)

##### 〔摩擦速度〕

- 摩擦速度は、8 号線上流付近までは 0.2 ~ 0.5m/sec 程度(殆どが 0.4m/sec 以下)であるが、下流では大半が 0.2m/sec 以下であり、地盤が掘れるような大きなエネルギーとはなっていない。

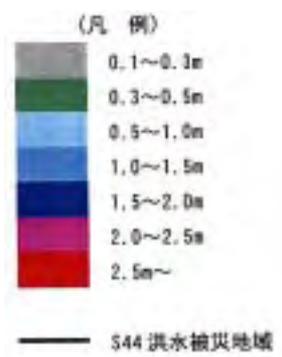
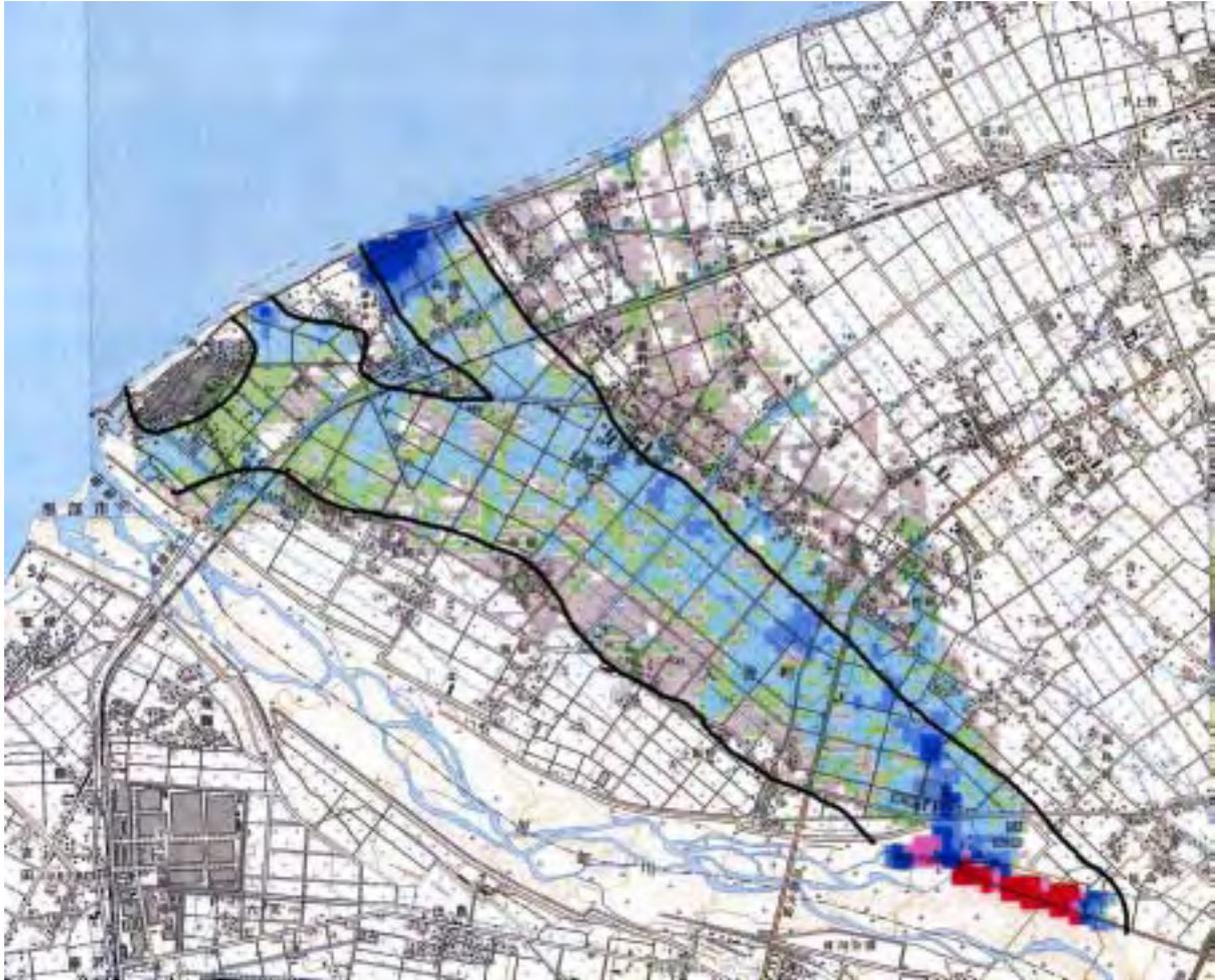


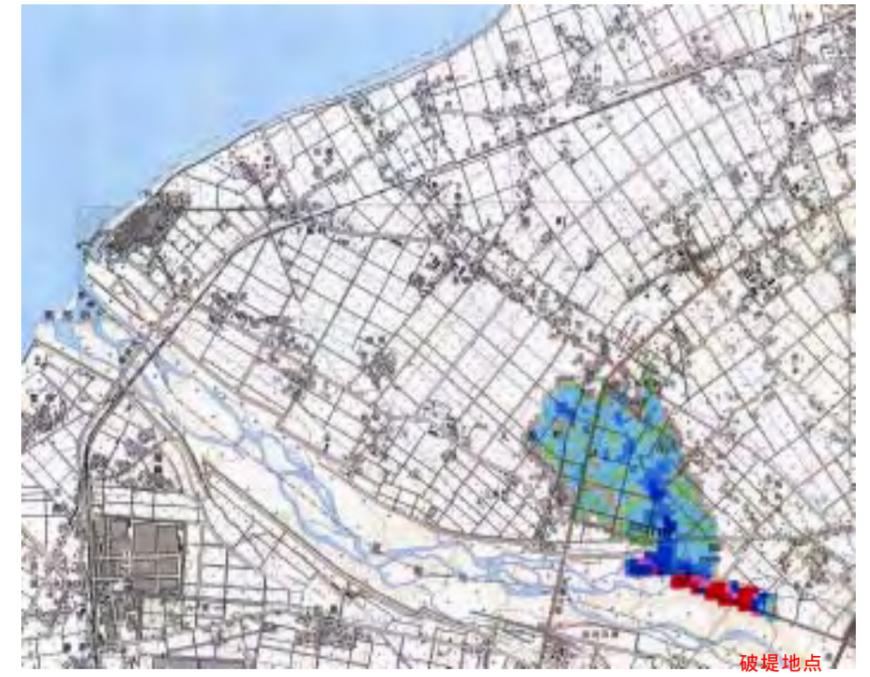
图 3.30 黒部川昭和 44 年洪水再現計算結果（最大水深図）



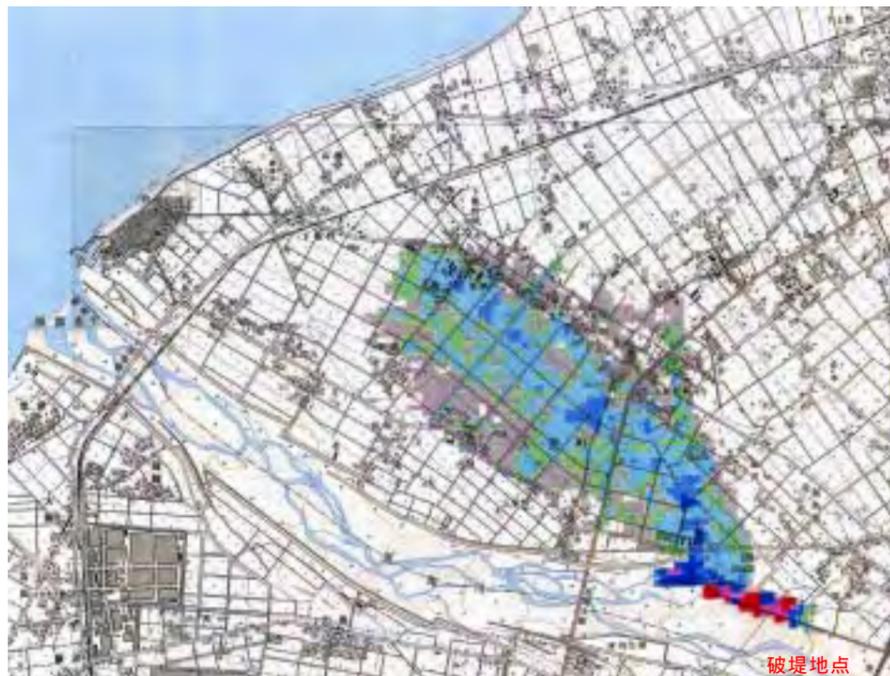
破堤後 10 分経過



破堤後 20 分経過



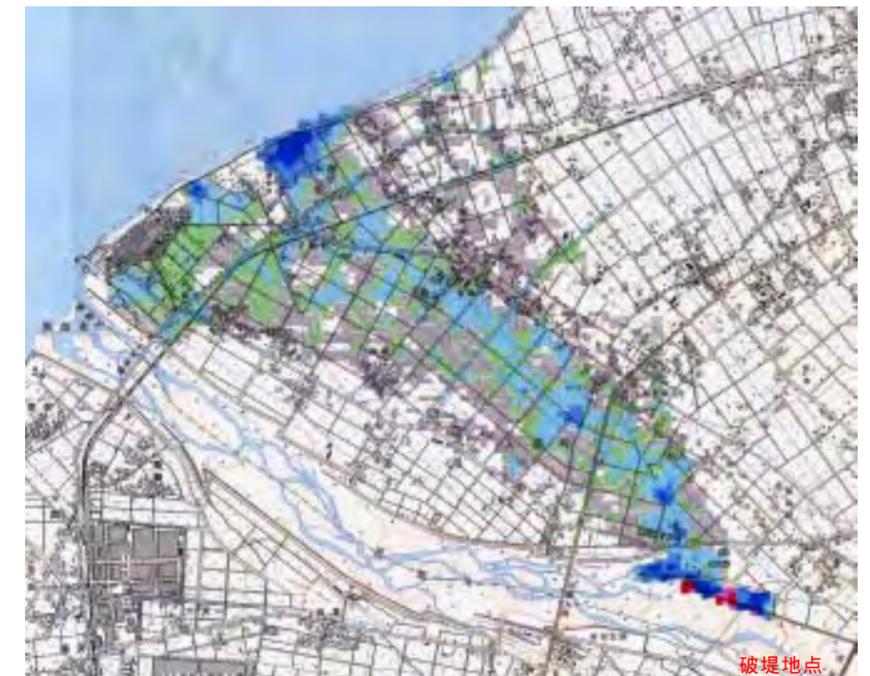
破堤後 30 分経過



破堤後 1 時間経過



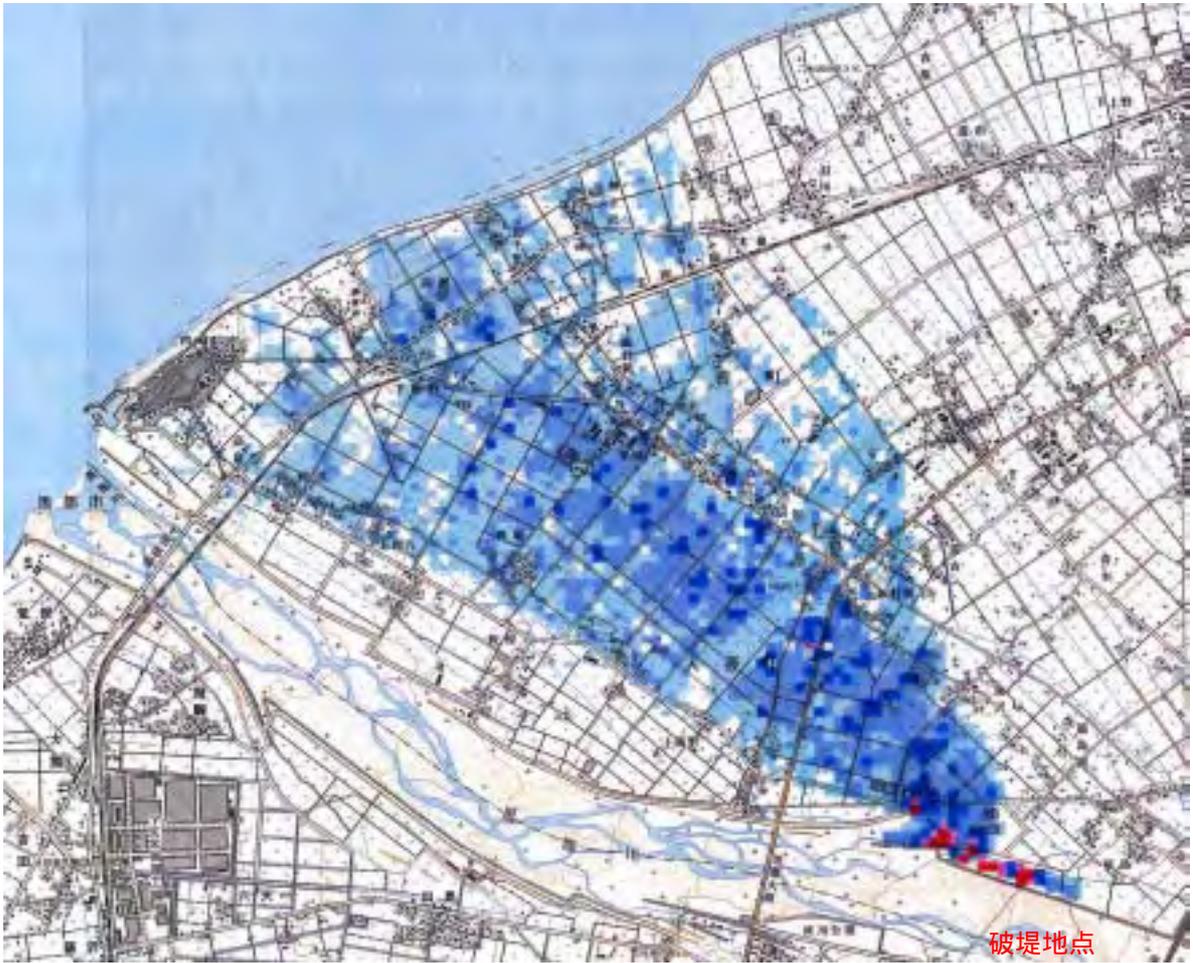
破堤後 1 時間 30 分経過



破堤後 3 時間経過

(凡例)  0.1~0.3m  0.3~0.5m  0.5~1.0m  1.0~1.5m  1.5~2.0m  2.0~2.5m  2.5m~

図 3.31 黒部川昭和 44 年洪水再現計算結果 (最大水深図)



(凡例)

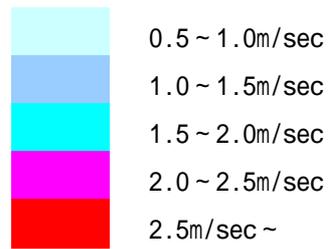


图 3.32 黒部川昭和 44 年洪水再現計算結果 (最大流速図)

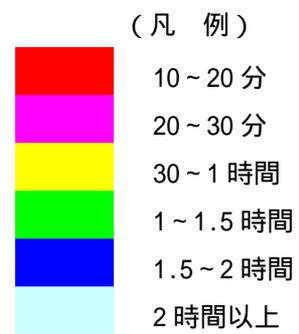
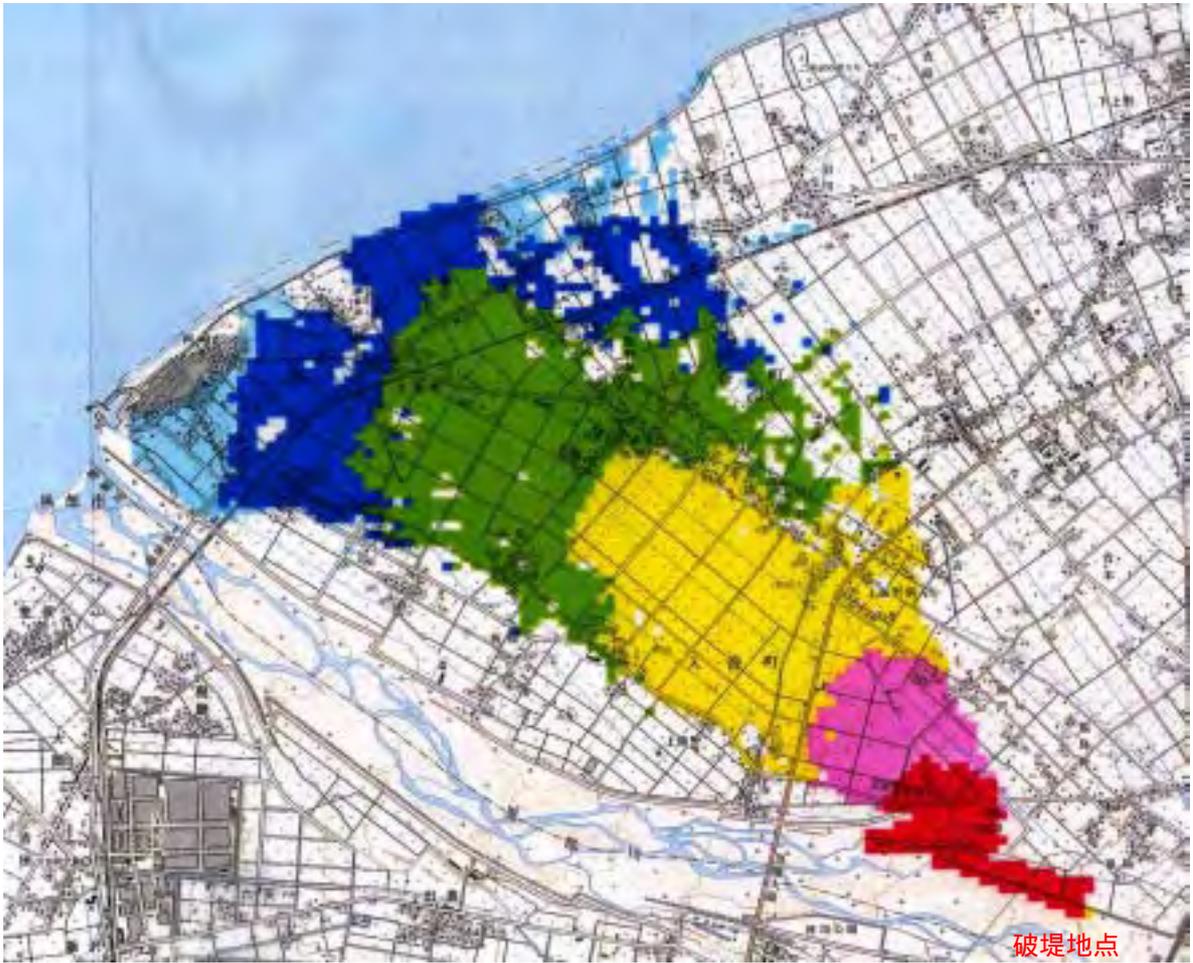
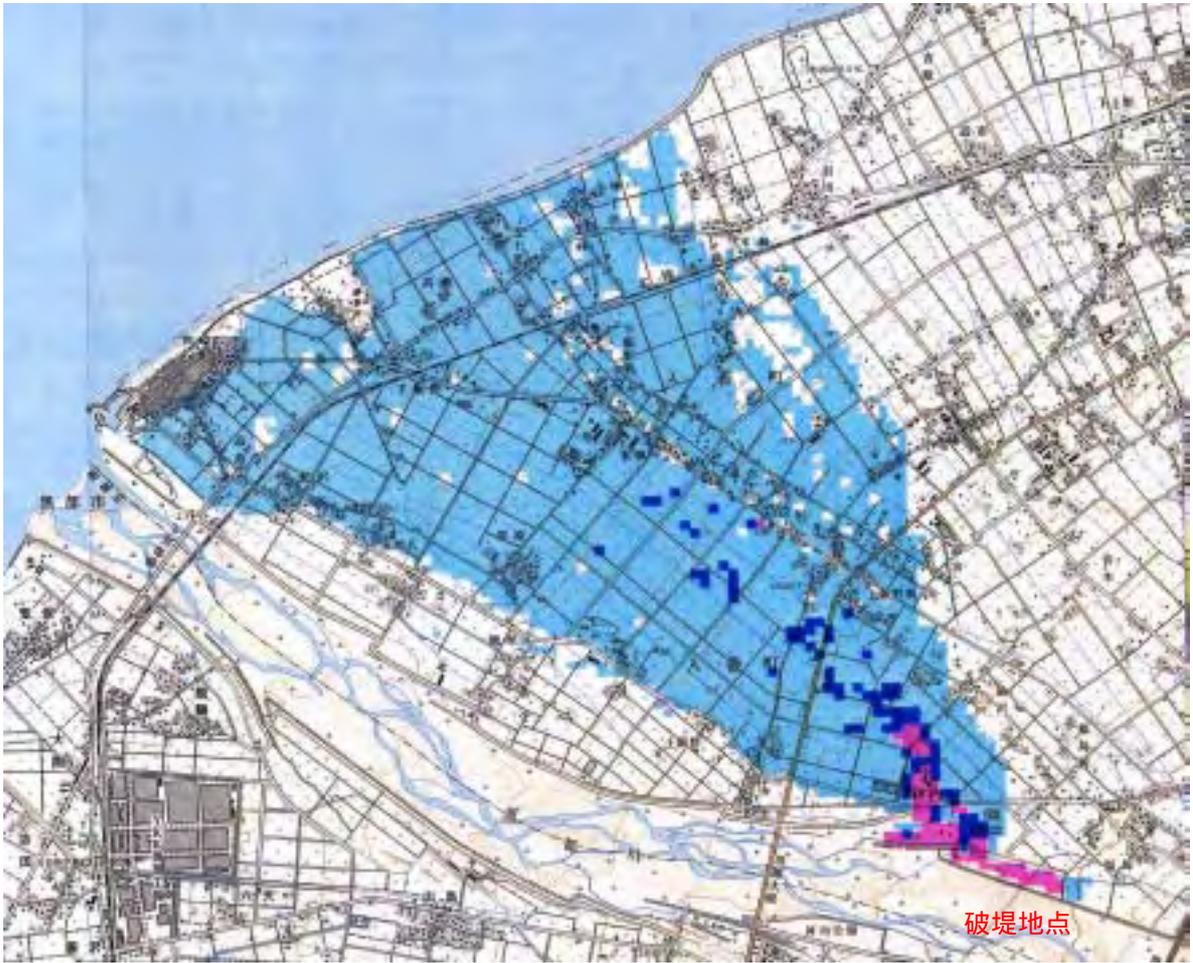


图 3.33 黒部川昭和 44 年洪水再現計算結果（洪水到達時間）



(凡例)



图 3.34 黑部川昭和 44 年洪水再現計算結果 (流体力)