

2. 洪水による自然営力で定着しにくい場の検討

昨年度の洪水を対象として、西条大橋地区での平面二次元解析を実施し、シナダレスズメガヤを消失させる洪水外力を推定した。以下の図に検討フローを示した。

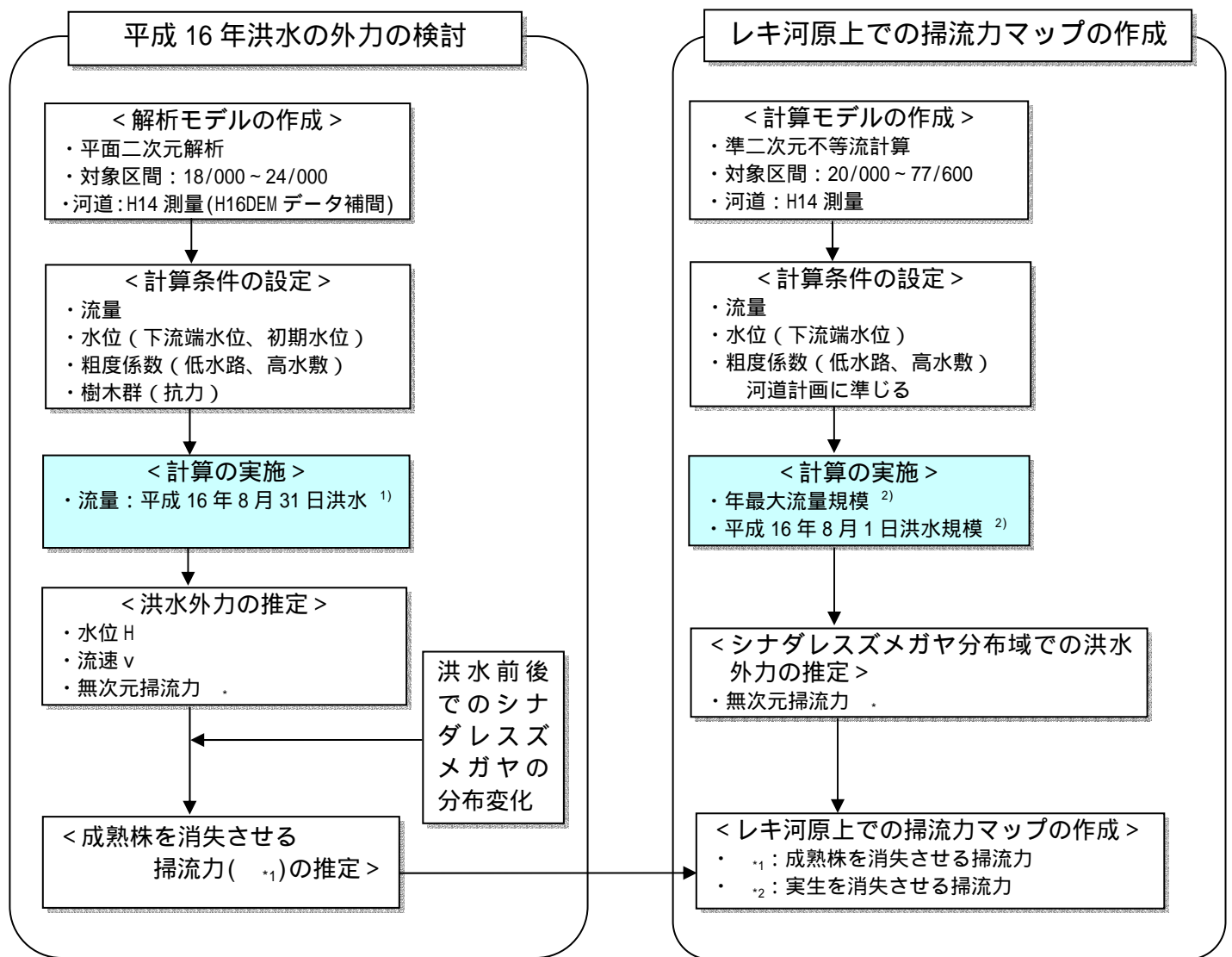


図 2-1 平成 16 年洪水外力の検討フロー

¹⁾シナダレスズメガヤの成熟株を消失させる掃流力の推定にあたって、平成 16 年 8 月 31 日洪水を対象にした理由は以下のとおりである。

- ・平成 16 年 8 月洪水 (8 月 1 日洪水、8 月 31 日洪水) がシナダレスズメガヤの消失に大きな影響を及ぼしている (以降の 2.1 章より)
- ・平成 16 年 8 月洪水によるシナダレスズメガヤの消失状況は 9 月の分布調査によって把握されており、8 月の両洪水の間では把握できていない。

²⁾洪水の自然営力により消失を期待する洪水規模 (レキ河原の維持管理基準) として、a. 実生を消失させる流量として年最大流量規模、b. 成熟株の消失させる流量として平成 16 年 8 月 1 日洪水規模を設定した (以降の 2.3 章(1)より)。

2.1 平成 16 年洪水によるシナダレスズメガヤの消失状況（西条大橋地区）

1) 平成 16 年洪水の概要

平成 16 年（2004 年）は台風等による洪水が頻発し、平成 16 年 10 月 20 日には戦後既往最大となる洪水を記録した（中央橋地点：16,306 m³/s）

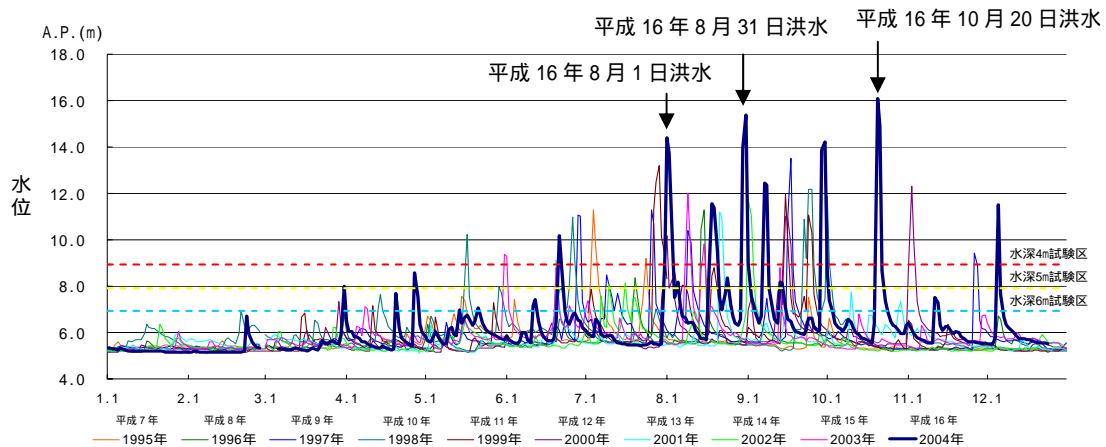


図 2-2 西条大橋付近(21.8km)における過去 10 年間(1995-2004)の日最高水位

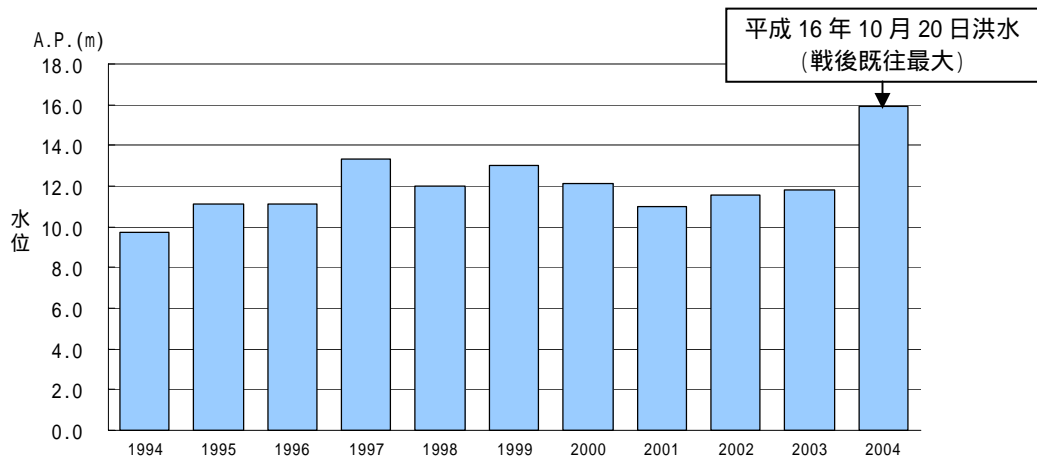


図 2-3 西条大橋付近(21.8km)における過去 11 年間の年最高水位

一条南橋水位観測所データより

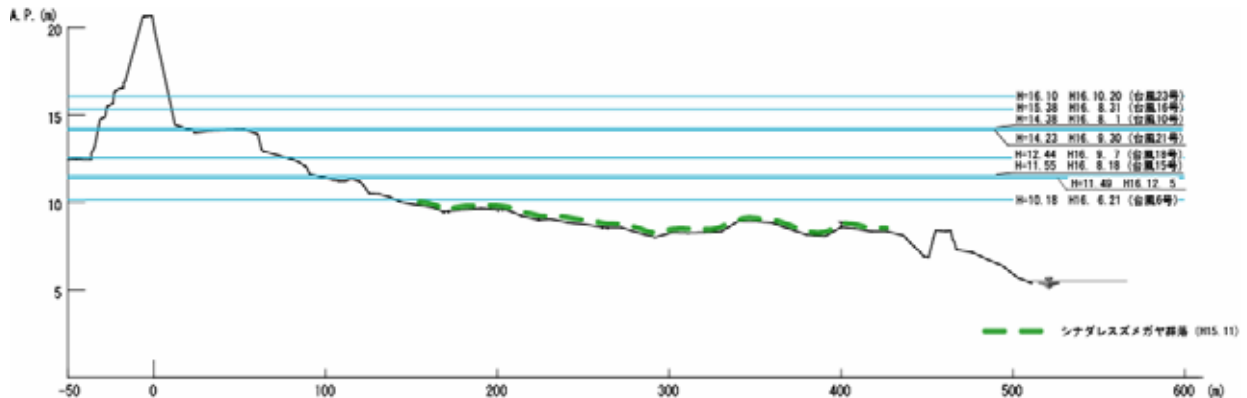


図 2-4 西条大橋付近(21.8km)の断面図と平成 16 年台風時の出水水位

2)消失状況（西条大橋地区）

平成16年9月までの洪水により、西条大橋ではシナダレスズメガヤ群落の多くが消失した。9月から11月にかけての洪水でさらに消失が進み、10月20日の出水ではわずかに残っていたマウンドも消失し、レキ河原が広がった。写真の状況から、8月の洪水がシナダレスズメガヤの消失に特に大きな影響を及ぼしたものと推察される。








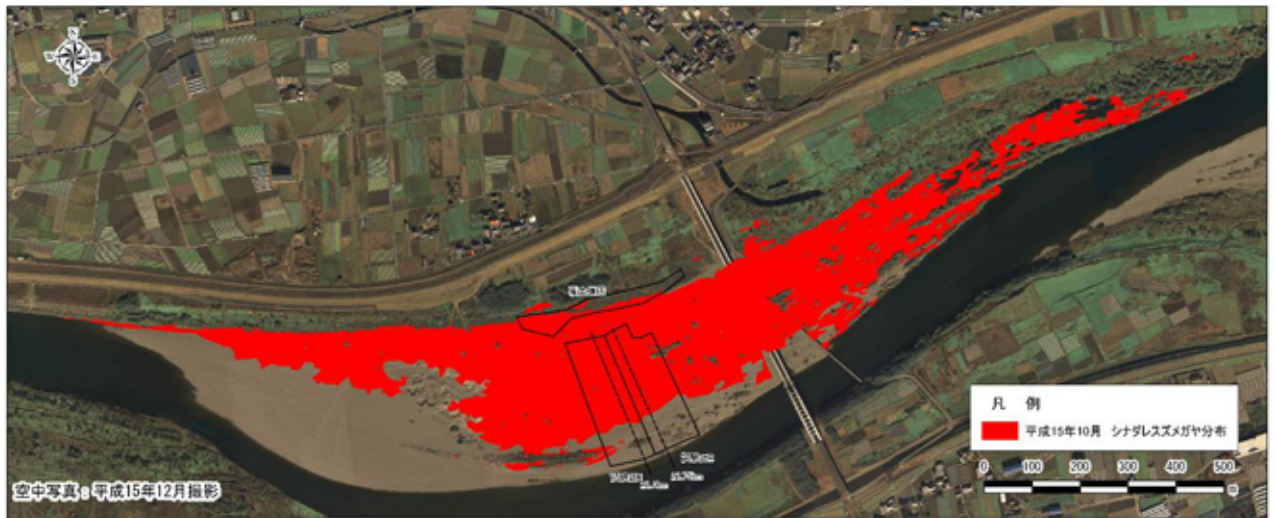
写真	出水の状況等
<p>平成16年5月7日</p> 	
<p>平成16年6月17日</p> 	<p>← 試験区の施工(5月14日～6月4日)</p>
<p>平成16年7月22日</p> 	<p>← 台風6号(6月21日) 試験区における日最高水位：A.P.10.2m</p>
<p>平成16年8月7日</p> 	<p>← 台風10号(8月1日) 試験区における日最高水位：A.P.14.4m</p>
<p>平成16年9月13日</p> 	<p>← 台風15号(8月18日) 試験区における日最高水位：A.P.11.6m</p> <p>← 台風16号(8月31日) 試験区における日最高水位：A.P.15.4m</p> <p>← 台風18号(9月7日) 試験区における日最高水位：A.P.12.4m</p>
<p>平成16年10月28日</p> 	<p>← 台風21号(9月30日) 試験区における日最高水位：A.P.14.2m</p> <p>← 台風23号(10月20日) 試験区における日最高水位：A.P.16.1m</p>
<p>平成16年11月28日</p> 	<p>←</p>

図2-5 西条大橋付近(21.8km)のシナダレスズメガヤの消失状況



上記図中のシナダレスズメガヤ分布は、平成16年8月洪水後のシナダレスズメガヤ消失（残存）状況を把握するために、徳島大学より情報の提供をいただいたものである。



図 2-6 シナダレスズメガヤ群落の分布状況の変化

2.2 平成 16 年洪水の外力の推定

(1) 計算手法及び条件

平成 16 年度洪水による外力の推定にあたっては、砂州の局所的な地形の変化、洪水流の砂州乗り上げによる流速分布の変化等を把握する必要があることから、解析モデルは一般座標系による平面二次元解析を適用した。解析モデルの作成区間（解析対象区間）及び使用する地盤高データは、以下のとおりとした。

解析モデルの作成区間：16/800～24/000

高瀬橋～柿原堰下流付近（約 7.2km）

河床高データ：H15.12 の DEM データを基本とする。DEM データが存在しない区間は、H14 年度実施の定期横断測量を使用した。

メッシュ分割：縦断方向：4 分割（ x =約 50m）

横断方向：42 分割（ y =約 20m）

植生（樹木）の扱い：植生は水の流れに対する抵抗特性のみを考慮して抗力として与えた。メッシュ内の植生が粗な場合は、密な状態に対する植生割合比でもって植生密生度を補正した。

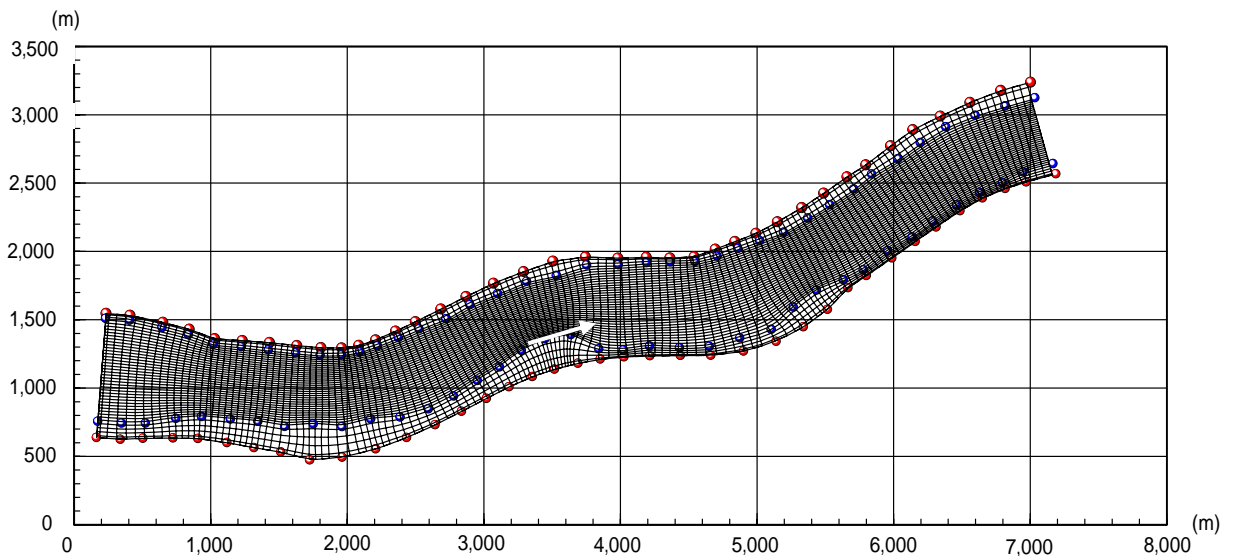


図 2-7 メッシュ図

なお本計算では、平成 16 年 8 月 31 日洪水を対象とし、河床は固定床として、ピーク流量（ $12,581\text{m}^3/\text{s}$ ）時における流速・水深の定常解を求めた。

表 2-1 計算条件

	計算条件
対象洪水	平成 16 年 8 月 31 日洪水
流量（ピーク値）	$12,581\text{m}^3/\text{s}$

(2) 計算結果

計算結果として、流速ベクトル図、流速分布図、水位分布図、掃流力分布図、無次元掃流力分布図を示した。

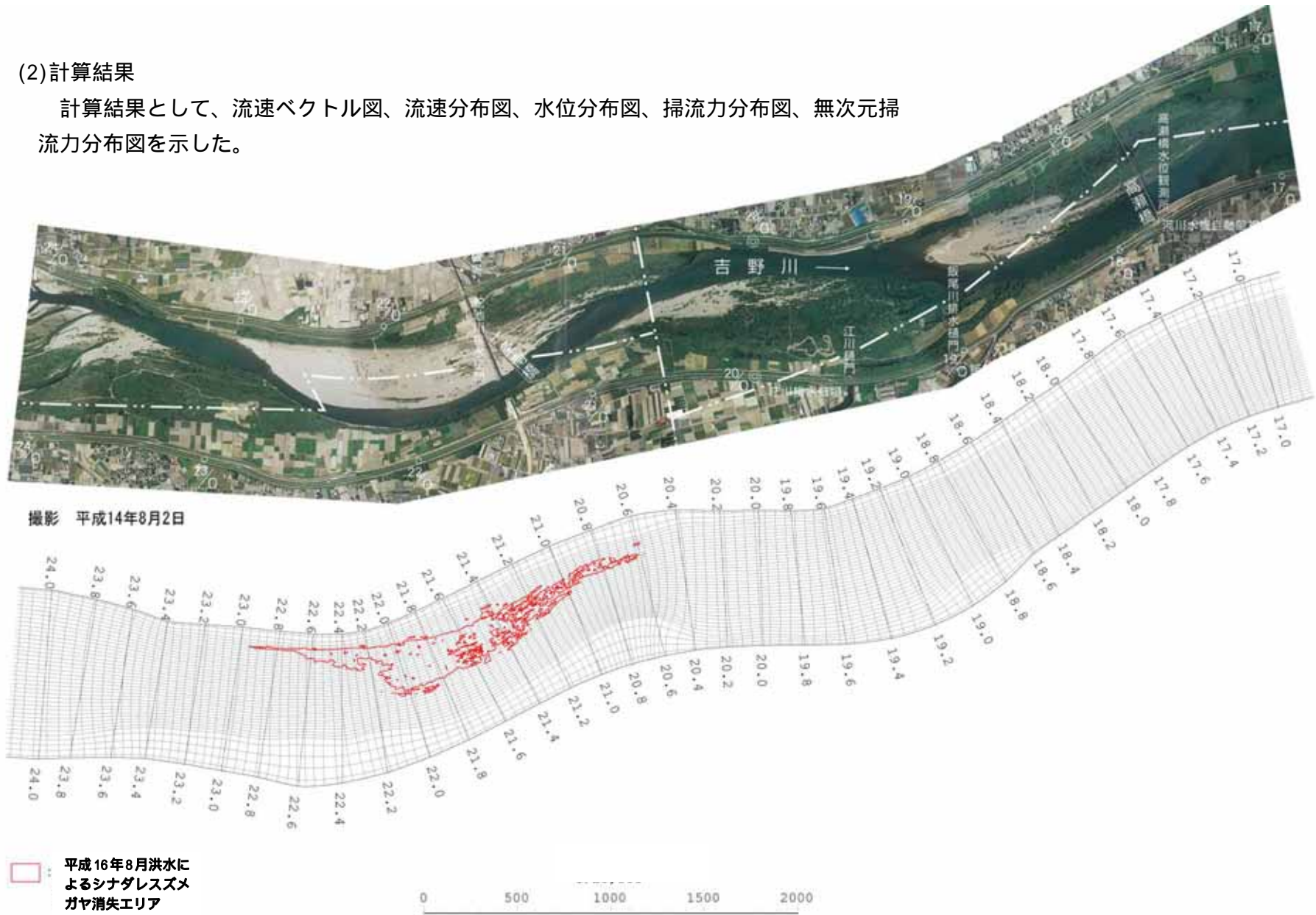


図2-8 メッシュ図

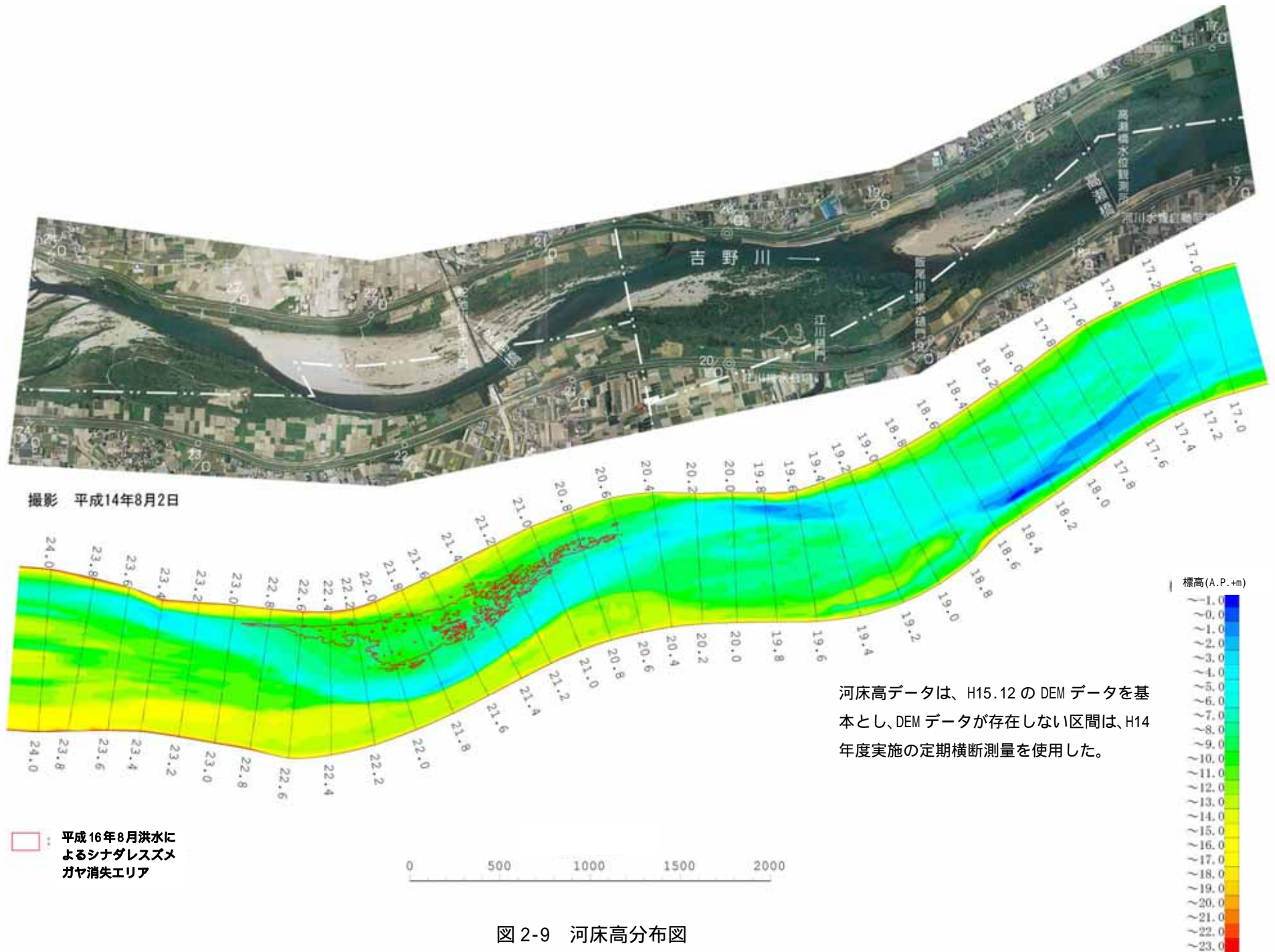


図2-9 河床高分布図

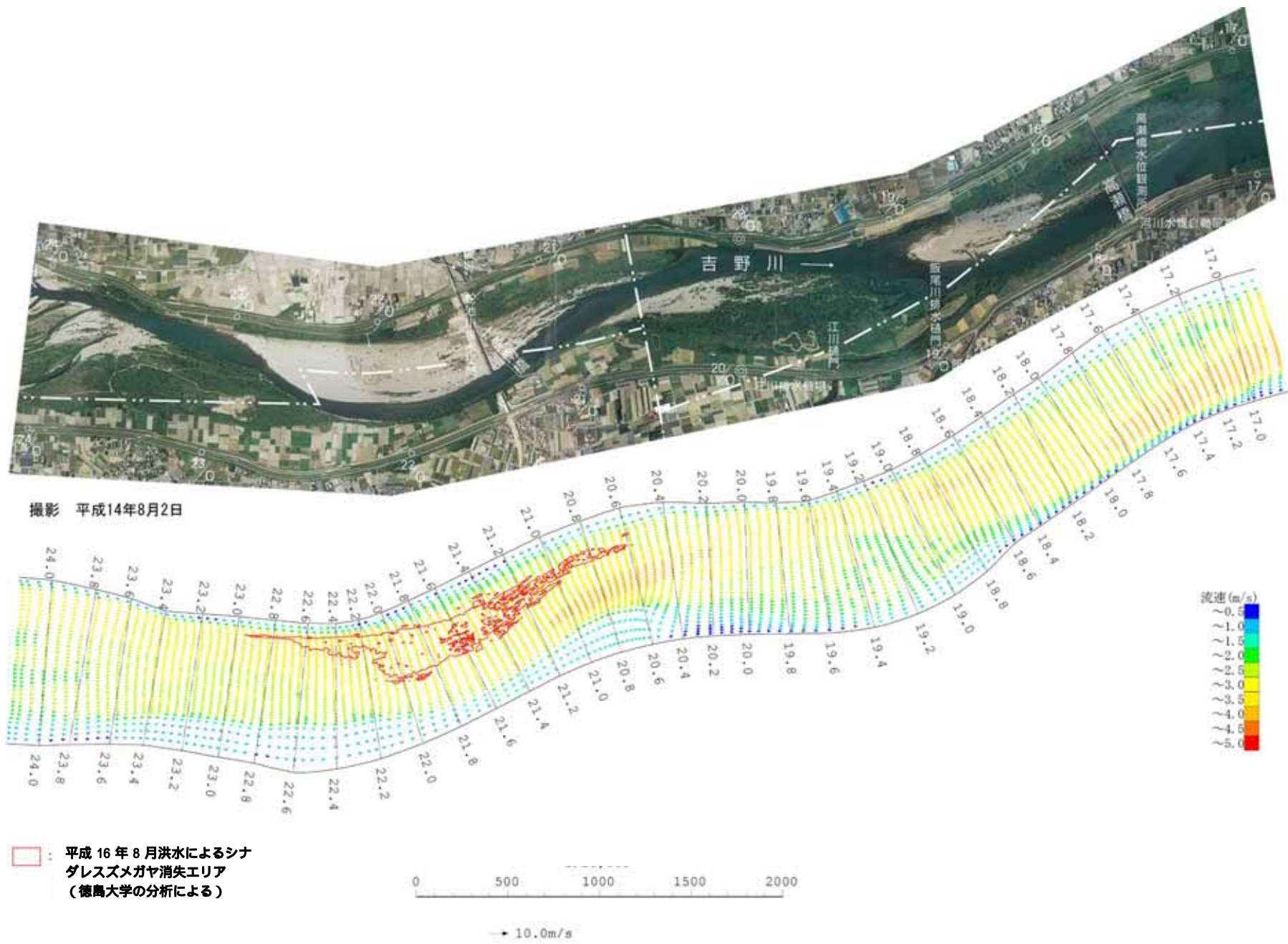


図 2-10 流速ベクトル図 (平成 16 年 8 月 31 日洪水)

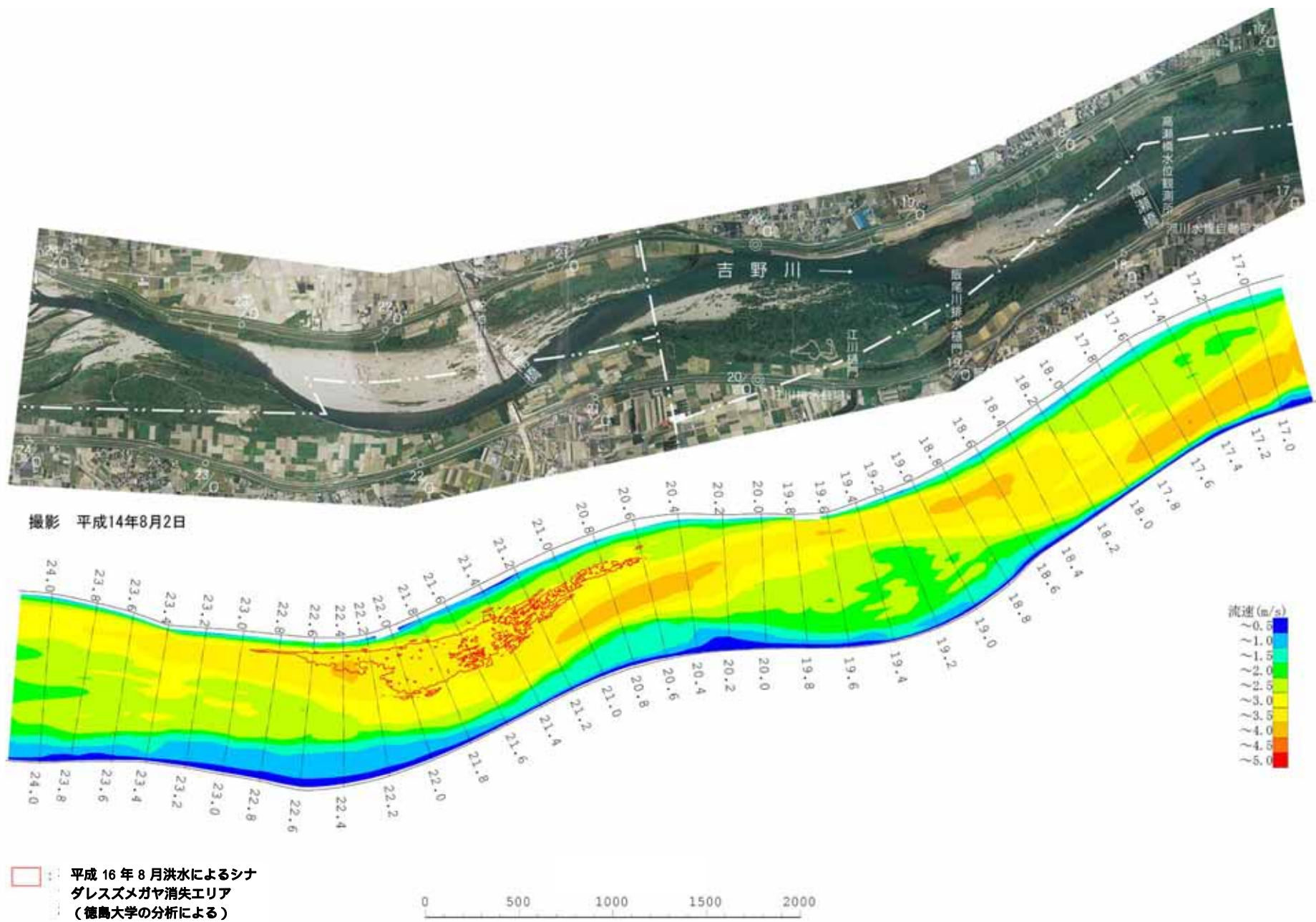


図2-11 流速分布図 (平成16年8月31日洪水)

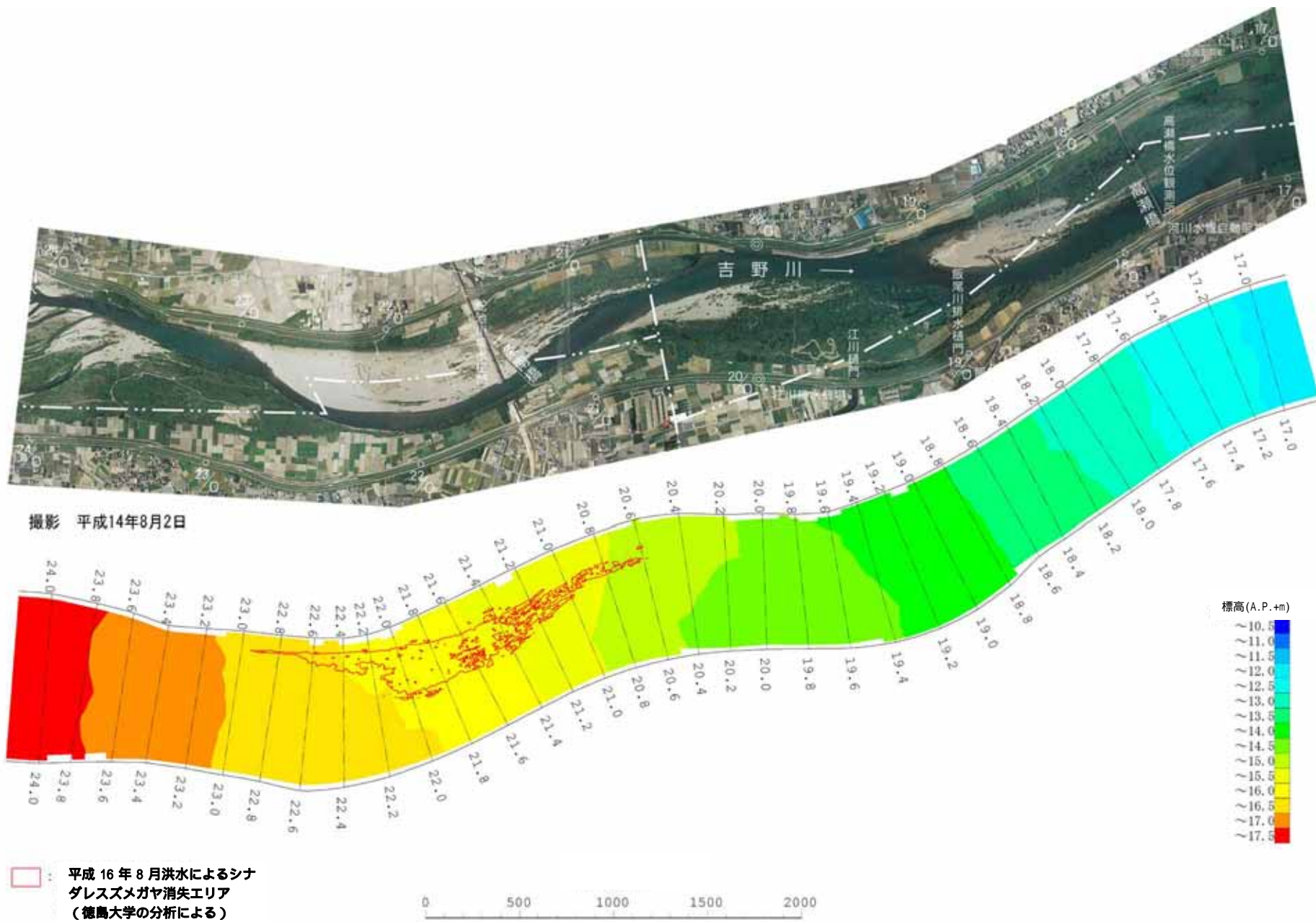
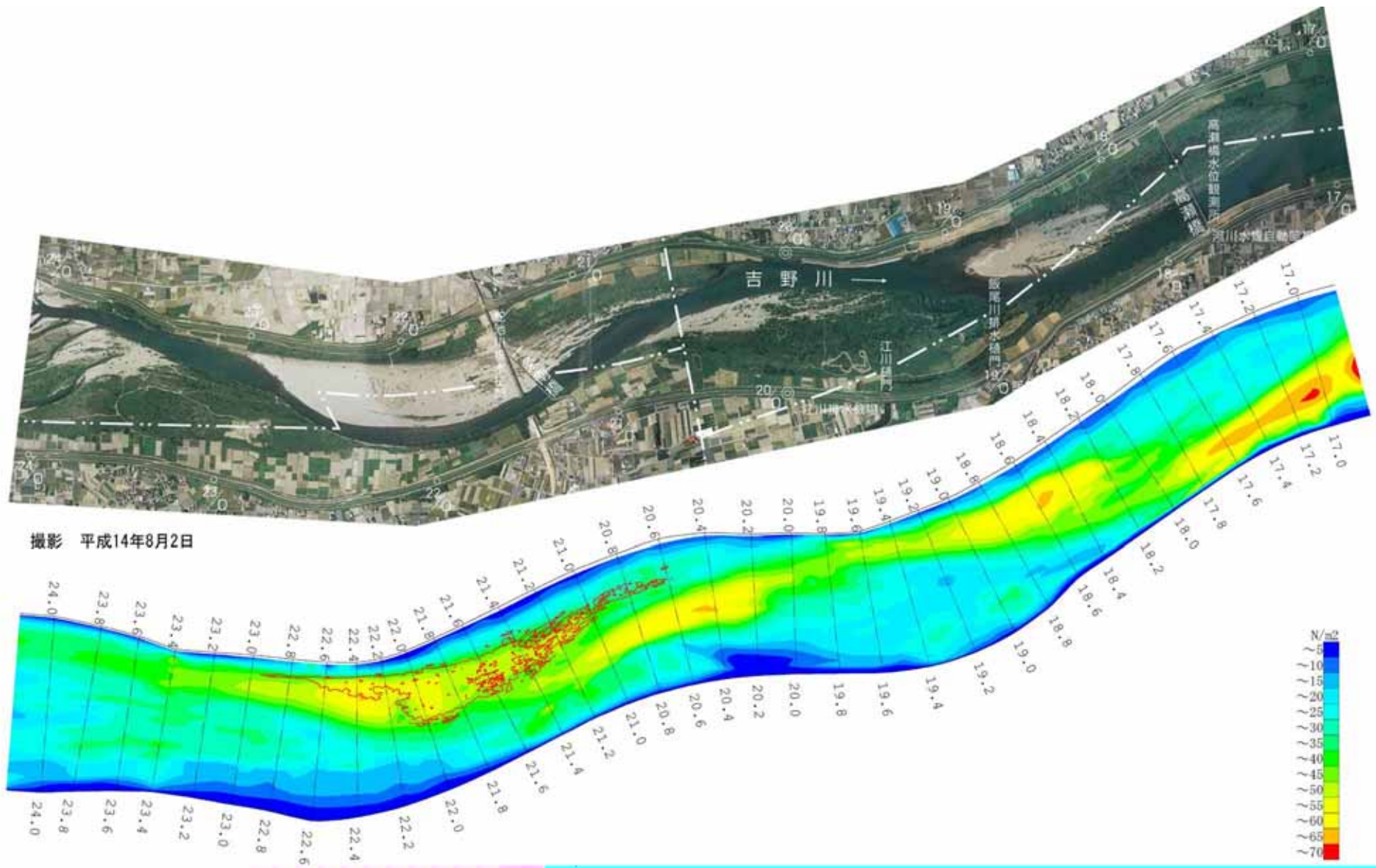


図2-12 水位分布図(平成16年8月31日洪水)



平成 16 年 8 月洪水によるシナ
ダレスズメガヤ消失エリア
(徳島大学の分析による)

図 2-13 掃流力分布図 (平成 16 年 8 月 31 日洪水)

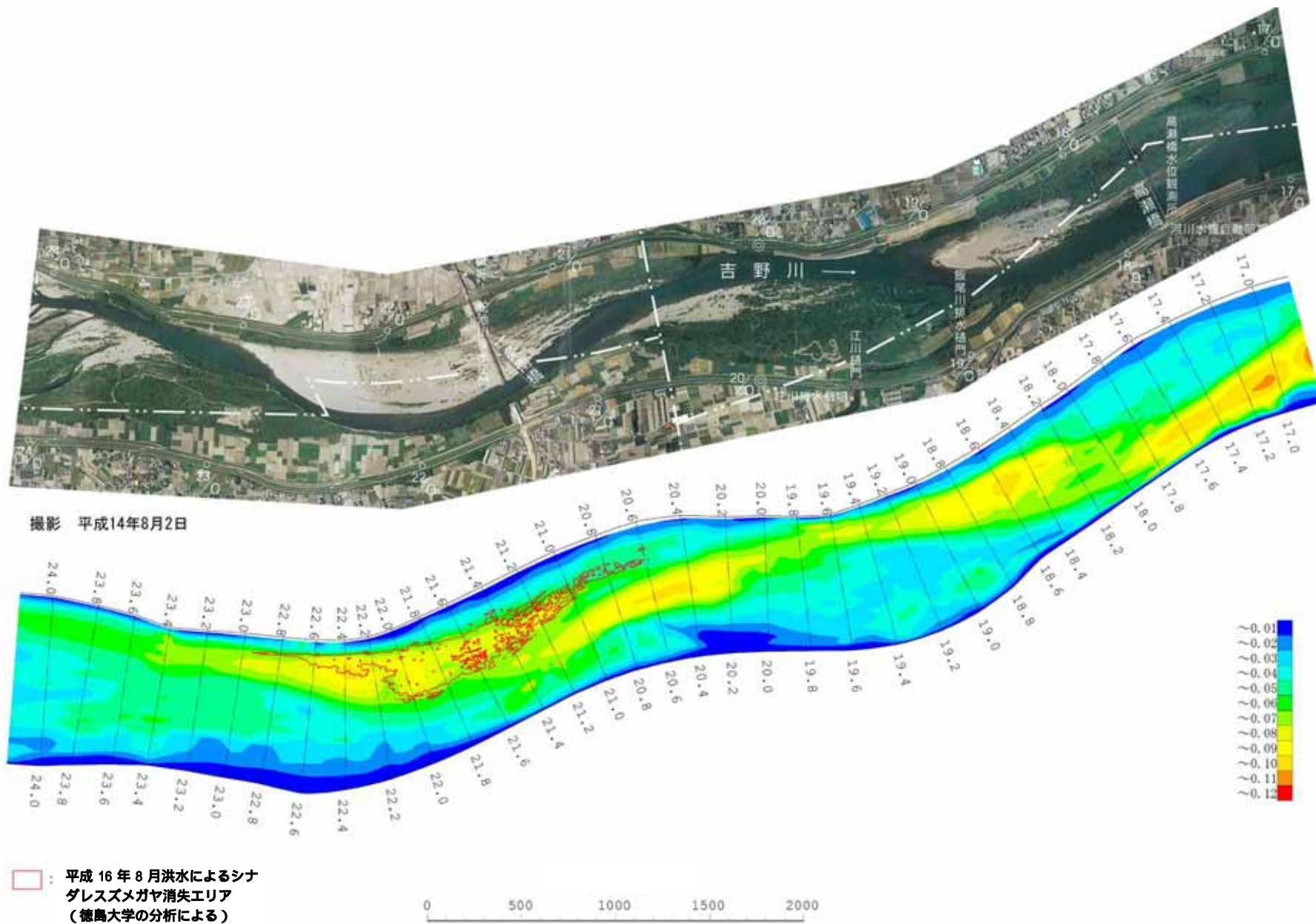
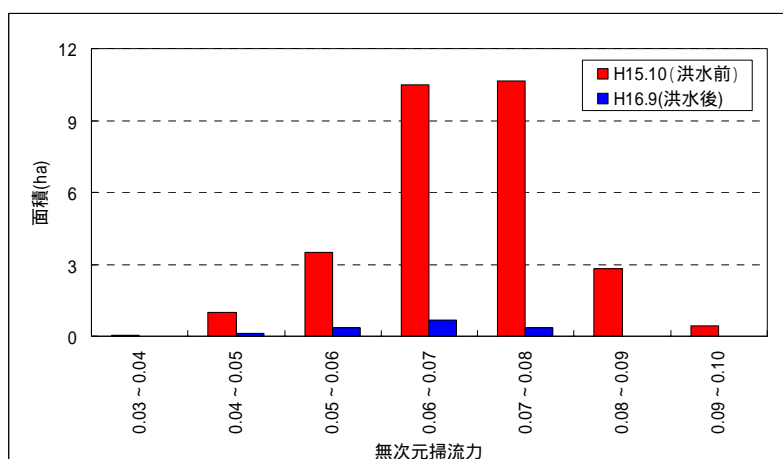


図 2-14 無次元掃流力図 (平成 16 年 8 月 31 日洪水)

(3)シナダレスズメガヤの成熟株を消失させる洪水外力の推定

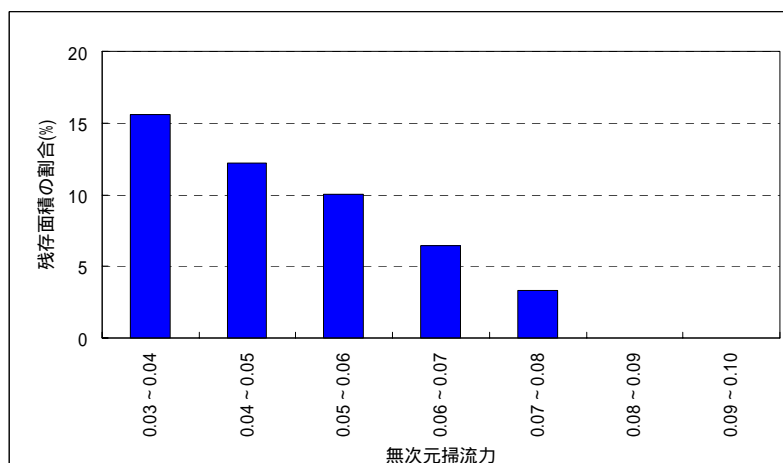
平成 16 年 8 月 31 日洪水により推定される無次元掃流力の分布と、洪水前後(平成 15 年 10 月・平成 16 年 9 月)のシナダレスズメガヤの分布状況の関係から、成熟株を消失させる洪水外力を推定した。

以下の図には、洪水前後での階級別の無次元掃流力とシナダレスズメガヤの分布面積の関係、及び洪水後に残存した面積割合の関係を示した。図 2-16 に示した洪水によるシナダレスズメガヤの消失傾向から、シナダレスズメガヤの成熟株を消失させる無次元掃流力を 0.07 と設定した。



本図は、徳島大学の分析による

図 2-15 シナダレスズメガヤの分布面積と無次元掃流力の関係



本図は、徳島大学の分析による

図 2-16 シナダレスズメガヤの残存面積割合と無次元掃流力の関係

上記検討で無次元掃流力を算出する際に採用した代表粒径 d_R は、砂州全体を代表させるものとして $d_R=0.040\text{m}$ (現行の河道計画に準拠) とした。砂州上の実現象としては、局所的に礫が堆積、あるいは砂が堆積している等の箇所が存在するが、今回の試算でその現象までは考慮されていない。

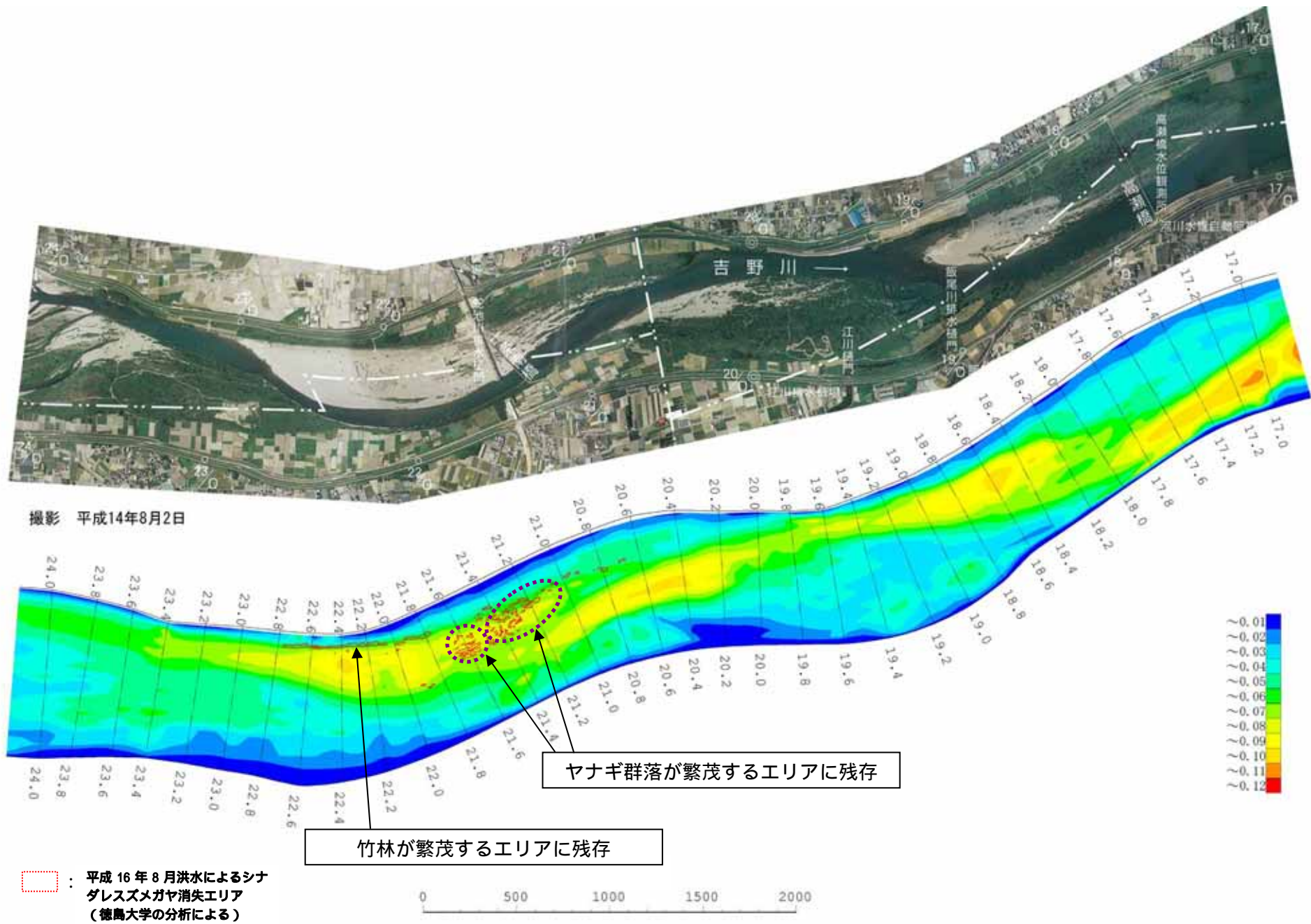


図 2-17 シナダレスズメガヤの残存箇所と無次元掃流力の関係

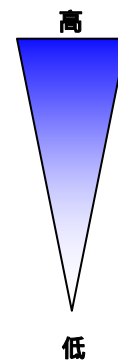
2.3 レキ河原上での掃流力マップの作成

シナダレスズメガヤの分布地（レキ河原）において、年最大流量規模、平成 16 年 8 月 1 日洪水規模に作用する掃流力を推定し、レキ河原上での掃流力マップを作成した。

(1)シナダレスズメガヤに着目したレキ河原の維持管理基準設定

- 継続的にレキ河原が維持される水準
：シナダレスズメガヤの侵入を継続的に阻止するレベル
- 洪水でレキ河原が再生する水準
：シナダレスズメガヤの侵入をある程度許容するが、数年に1回の洪水で消失させるレベル

維持管理基準（人的管理）



1)実生の消失を対象にした流量（継続的にレキ河原が維持される水準）

1年に1回程度発生しうる洪水（年最大規模の洪水）により当年生の実生の消失を期待するものとし、その流量は年最大流量相当の規模（約 4,500m³/s）とする。

- ・ 50年間の年最大流量の最小値と考えた場合、あまりにも流量値が小さすぎる。（昭和 56 年 9 月洪水：863m³/s）
- ・ 実生の消失を対象にした流量としては、当年生の実生が翌年に成熟できない（洪水の自然営力により消失される）流量規模を設定することとして、2ヶ年連続でこれを下回らない流量規模と考える。

以上より、実生の消失を対象にした流量規模は、約 4,500m³/s とする。（図 2-18 年最大流量の経年変化（中央橋）参照）

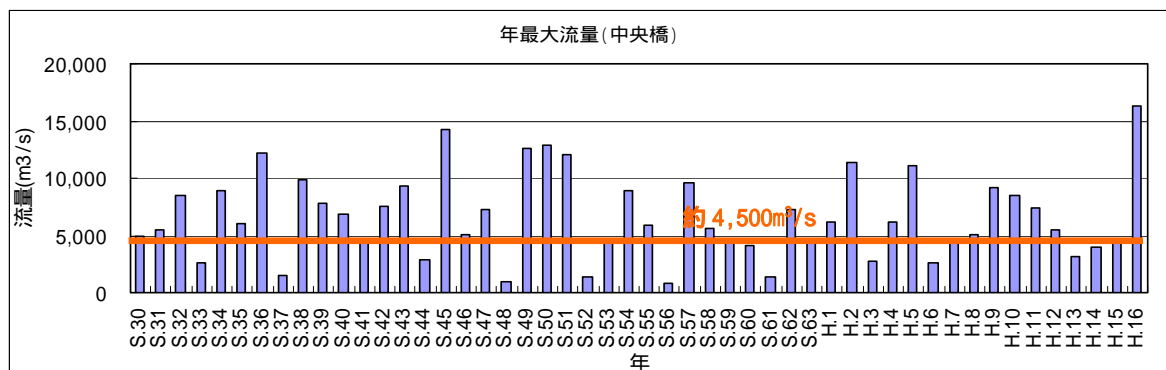


図 2-18 年最大流量の経年変化（中央橋）

2) 成熟株の消失を対象にした流量（洪水でレキ河原が再生する水準）

平成 16 年 8 月 1 日洪水規模により成熟株の消失を期待するものとし、その流量規模は平成 16 年 8 月 1 日洪水相当(約 9,600m³/s)の規模とする。

過去の洪水履歴（年最大流量）とシナダレスズメガヤの分布拡大の関係

- ・ 既往の資料によれば、過去、洪水によりシナダレスズメガヤの消失が確認された年は平成 9 年・16 年であり、この間（約 7 年）でシナダレスズメガヤの分布は拡大したと推察される。
- ・ 平成 16 年では、戦後既往最大となる 10 月 20 日洪水より以前の 8 月洪水（台風 10・16 号）でシナダレスズメガヤの消失が確認されている。
- ・ この内、平成 16 年 8 月 1 日洪水は、過去 50 年間の年最大流量としては 10 番目の規模、平成 9 年 9 月 17 洪水は 13 番目の規模である（概ね 5 年に 1 回の頻度で発生する流量規模）。
- ・ よって、近年、シナダレスズメガヤの分布が拡大した期間が約 7 年であったこと、シナダレスズメガヤの消失が確認された平成 9 年 9 月 17 洪水、及び平成 16 年 8 月 1 日洪水の発生頻度は概ね 5 年であることを勘案し、シナダレスズメガヤ成熟株の消失を対象にした流量は、平成 16 年 8 月 1 日洪水相当の規模とする。

表 2-2 年最大流量（中央橋：平成 9 年～16 年）

年	ピーク発生日	年最大流量 (m ³ /s)	備考
H9	9 月 17 日	9,151	
H10	10 月 18 日	8,517	↑ シナダレスズメ ガヤの分布拡大 ↓
H11	7 月 29 日	7,396	
H12	11 月 2 日	5,521	
H13	8 月 21 日	3,192	
H14	9 月 1 日	4,027	
H15	8 月 9 日	4,773	
H16	10 月 20 日	16,306	・ 台風 23 号

: 既往の文献資料、または現地調査により、シナダレスズメガヤの消失を確認。

表 2-3 平成 16 年洪水の流量値（中央橋）

年	ピーク発生日	流量 (m ³ /s)	備考
H16	8 月 1 日	9,576	・ 台風 10 号
H16	8 月 31 日	12,581	・ 台風 16 号
H16	10 月 20 日	16,306	・ 台風 23 号

: 現地調査により、8 月 1 日洪水でもシナダレスズメガヤの消失を確認。

(2)対象流量時における水理諸量の推定

レキ河原の維持管理基準で設定した2つの流量規模(実生の消失を対象にした流量規模・成熟株の消失を対象にした流量規模)において、レキ河原上に作用する掃流力を準二次元不等流計算により推定した。

1)計算手法及び条件

計算手法は、現行の河道計画で用いられている準二次元不等流計算とした。なお、計算区間及び地盤高データは、以下のとおりとした。

計算区間：20/000～77/700(西条大橋地区～池田ダム下流の直轄管理区間)

地盤高データ：H14年度実施の定期横断測量を使用した(200mピッチ)

また、計算条件として流量、下流端水位、粗度係数を以下のとおり設定した。

表 2-4 計算条件

	CASE-A	CASE-B
対象洪水	実生の消失を対象にした 流量規模	成熟株の消失を対象にした 流量規模
流量	約 4,500m ³ /s (中央橋地点)	約 9,600m ³ /s(中央橋地点)
下流端水位	AP.+10.589m	AP.+13.172m
粗度係数(低水路)	0.028 (20/000 ~ 25/800) 0.029 (26/000 ~ 40/000) 0.031 (40/200 ~ 69/400) 0.042 (69/600 ~ 71/400) 0.031 (71/600 ~ 77/700)	

2)計算結果

準二次元不等流計算結果として、2ケースでの20/000～77/700区間の水位縦断図を示した。

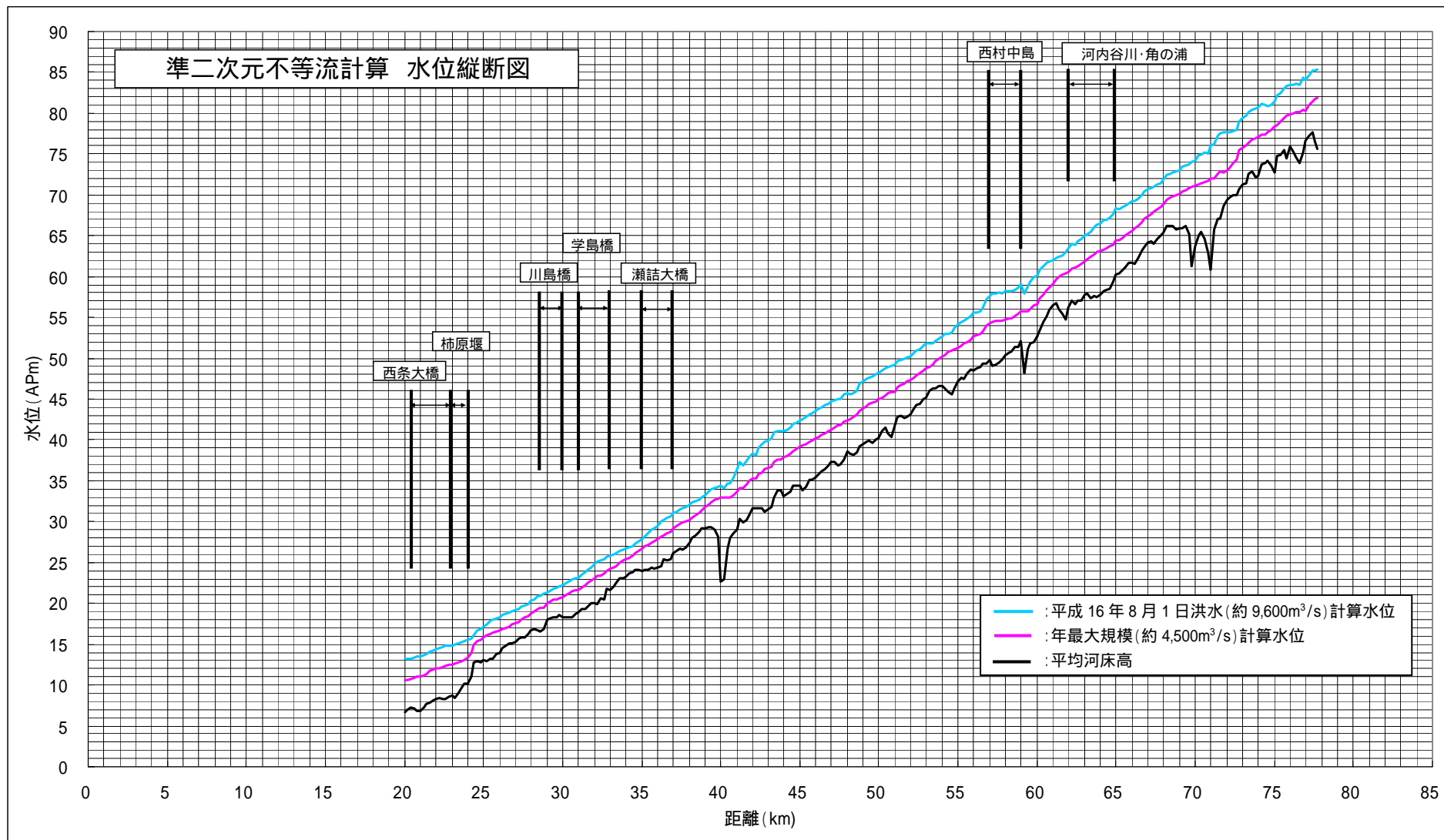


図 2-19 準二次元不等流計算水位縦断面図

(3) レキ河原上での掃流力マップ作成

1) 掃流力マップ作成の考え方

掃流力マップは、以下の(1)式より、設定される無次元掃流力 τ_* を満たす水深 h をレキ河原上の各断面で推定し、平面図上にプロットして作成する。

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{sgd_R} = \frac{hl}{sd_R} \quad (1)$$

$$u_*^2 = ghI \quad (2)$$

ここに、 τ_* : 無次元掃流力、 u_* : 摩擦速度、 h : 水深、 I : エネルギー勾配、 s : 河床構成材料の水中比重 (=1.65)、 g : 重力加速度 (=9.8m/s²)、 d_R : 代表粒径

なお、作成にあたって設定した条件は、以下のとおりである。

a. 無次元掃流力 τ_*

実生を消失させる掃流力の設定 : $\tau_* = 0.05$

既往の研究によれば、実生のシナダレスズメガヤを 100%除去するのに必要な無次元掃流力 τ_* は約 0.05 であるとの報告がなされている。

ここでは、この知見を用いて検討をすすめることとする。

参考) 鎌田・小島・岡部 : 『河川砂州上に侵入したシナダレスズメガヤを除去するに必要な洪水営力』

成熟株を消失させる掃流力の設定 : $\tau_* = 0.07$

前項の検討結果より、成熟したシナダレスズメガヤを除去するのに必要な無次元掃流力 τ_* は 0.07 とする。

b. 代表粒径 d_R

現行の河道計画に準拠して、各断面に代表粒径を設定した。

表 2-5 各地区で設定した代表粒径

地区名	代表粒径 d_R (m)
高瀬橋上下流地区	0.040
防災ステーション上流地区	
西条大橋地区	
柿原堰下流地区	0.050
川島橋上流地区	
学島橋上下流地区	
瀬詰大橋上下流地区	0.070
西村中島地区	
河内谷川合流地区	
角の浦橋上流地区	

c. エネルギー勾配 1

2 ケースでの準二次元不等流計算結果より、各地区での平均的なエネルギー勾配（水面勾配）を与えた。

表 2-6 各地区で設定したエネルギー勾配

地区名	エネルギー勾配 1	
	CASE-A [年最大流量規模]	CASE-B [H16.8.1 洪水規模]
高瀬橋上下流地区	1.0/1,000	1.0/1,000
防災ステーション上流地区		
西条大橋地区		
柿原堰下流地区	1.2/1,000	1.3/1,000
川島橋上流地区		
学島橋上下流地区		
瀬詰大橋上下流地区	1.4/1,000	1.4/1,000
西村中島地区		
河内谷川合流地区		
角の浦橋上流地区		

高瀬橋上下流地区、防災ステーション上流地区については、上流側のエネルギー勾配と同様に設定した。

(2) 掃流力マップ

下表の地区において掃流力マップを作成した。

表 2-7 掃流力マップ作成の対象地区

地区名	距離	左右岸
高瀬橋上下流地区	17.0 ~ 19.5km	左岸
防災ステーション上流地区	19.0 ~ 21.0km	右岸
西条大橋地区	21.0 ~ 22.0km	左岸
柿原堰下流地区	23.0 ~ 24.2km	右岸
川島橋上流地区	28.6 ~ 29.6km	左岸
学島橋上下流地区	31.0 ~ 32.0km	左岸
瀬詰大橋上下流地区	35.0 ~ 36.2km	右岸
西村中島地区	57.0 ~ 59.0km	左岸
河内谷川合流地区	62.0 ~ 63.0km	左岸
角の浦橋上流地区	64.0 ~ 64.5km	左岸

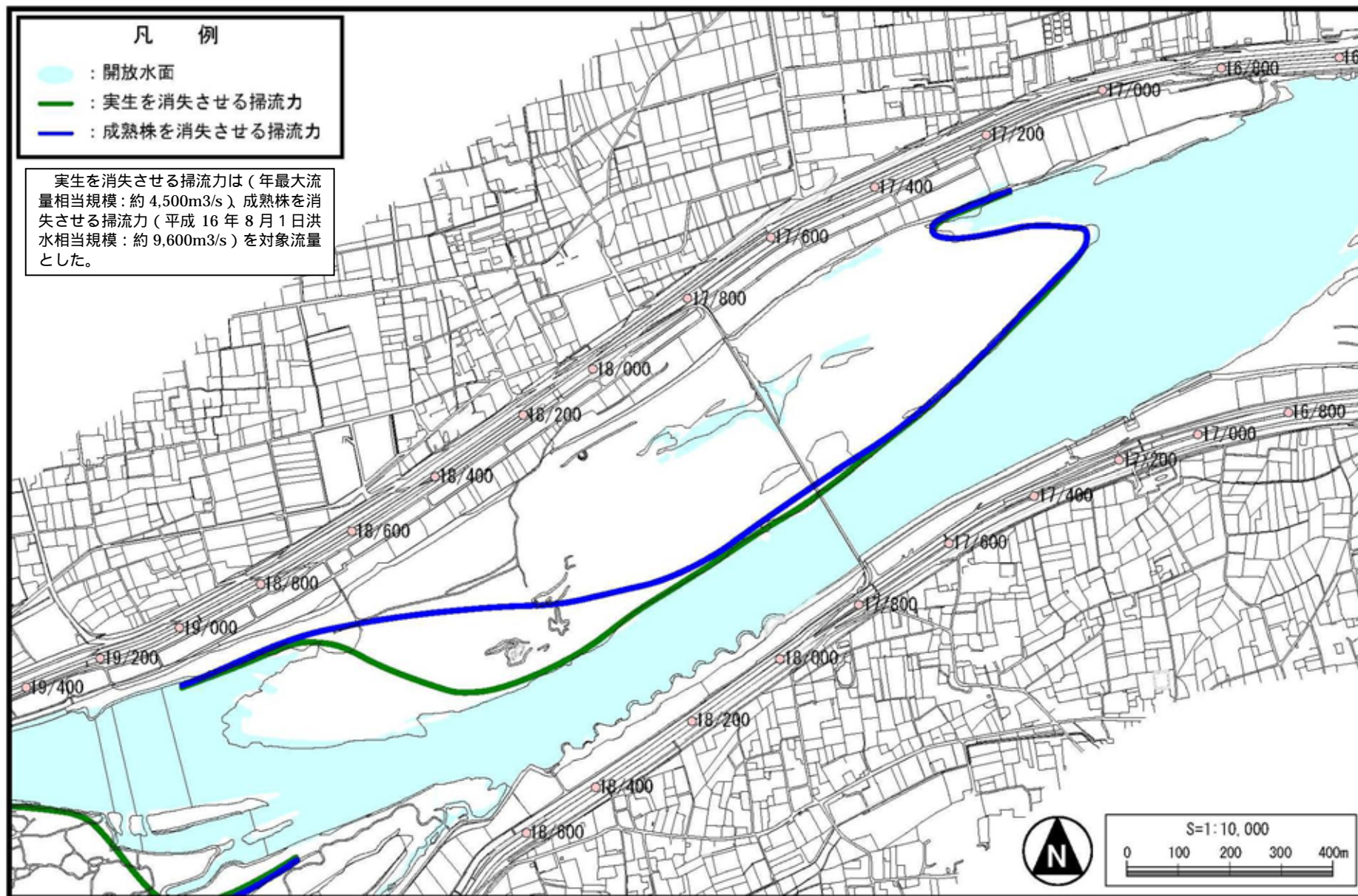


图 2-20 高瀬橋上下流地区

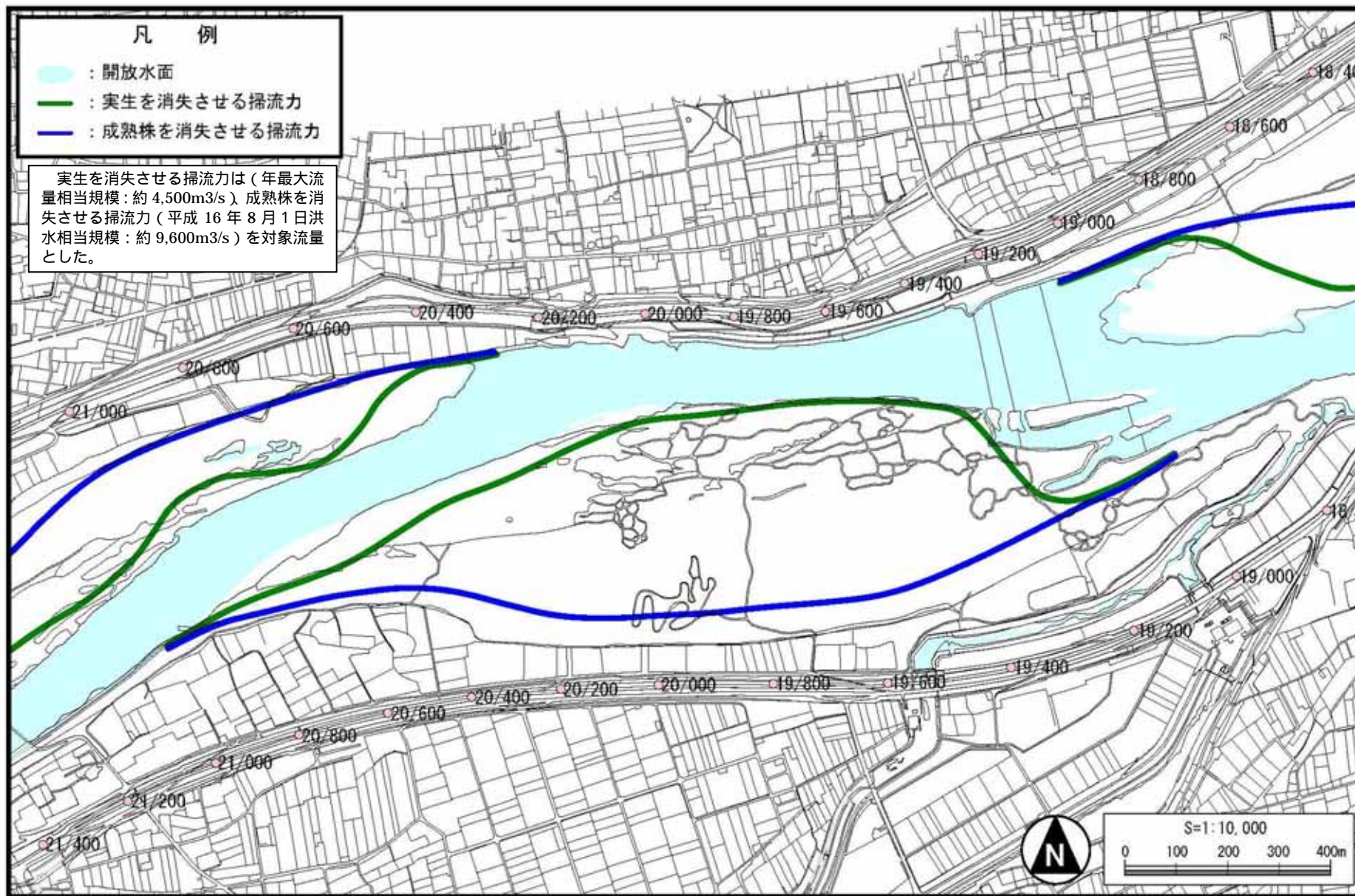


図 2-21 防災ステーション上流地区

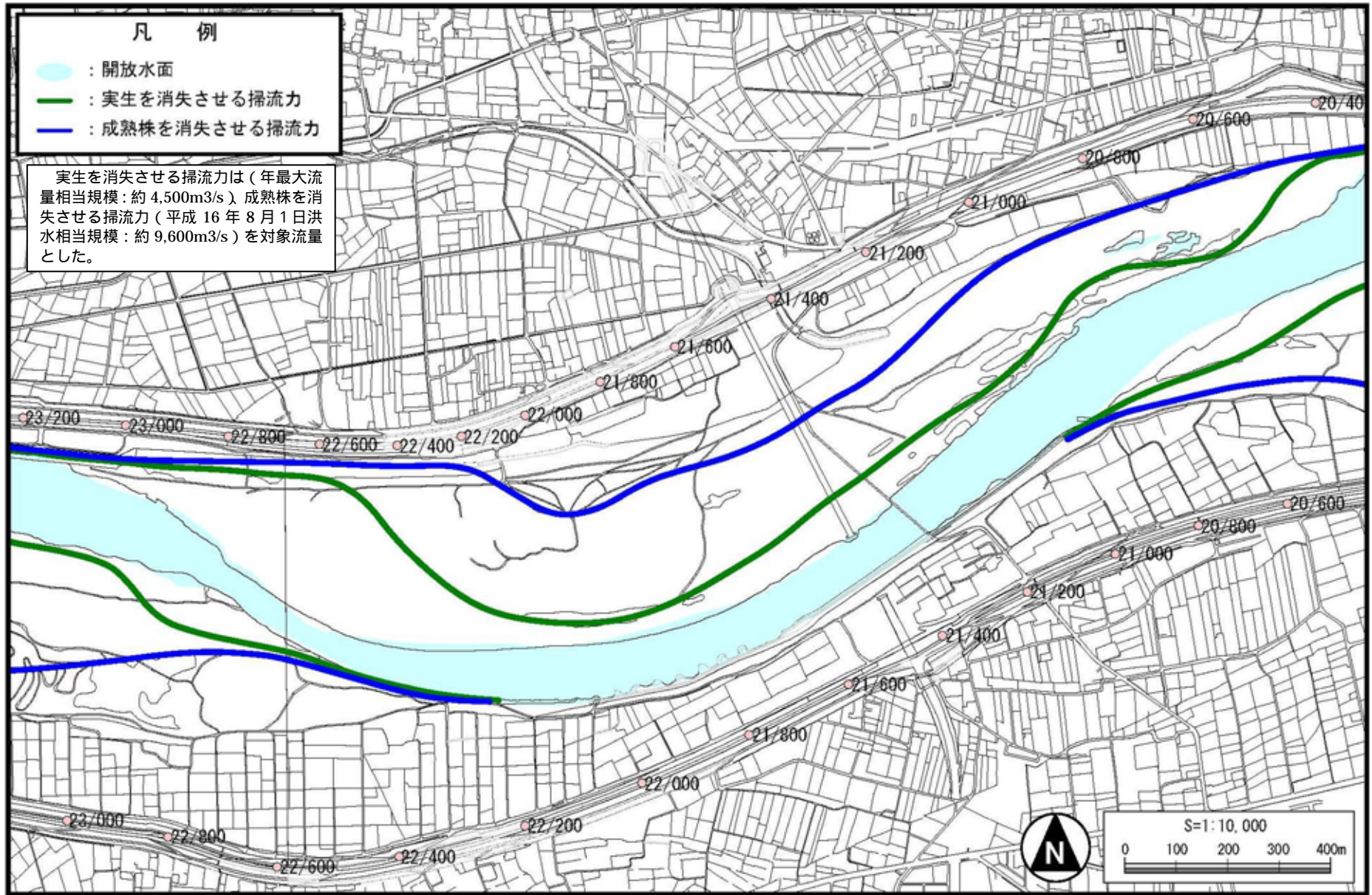


图 2-22 西条大橋上下流地区

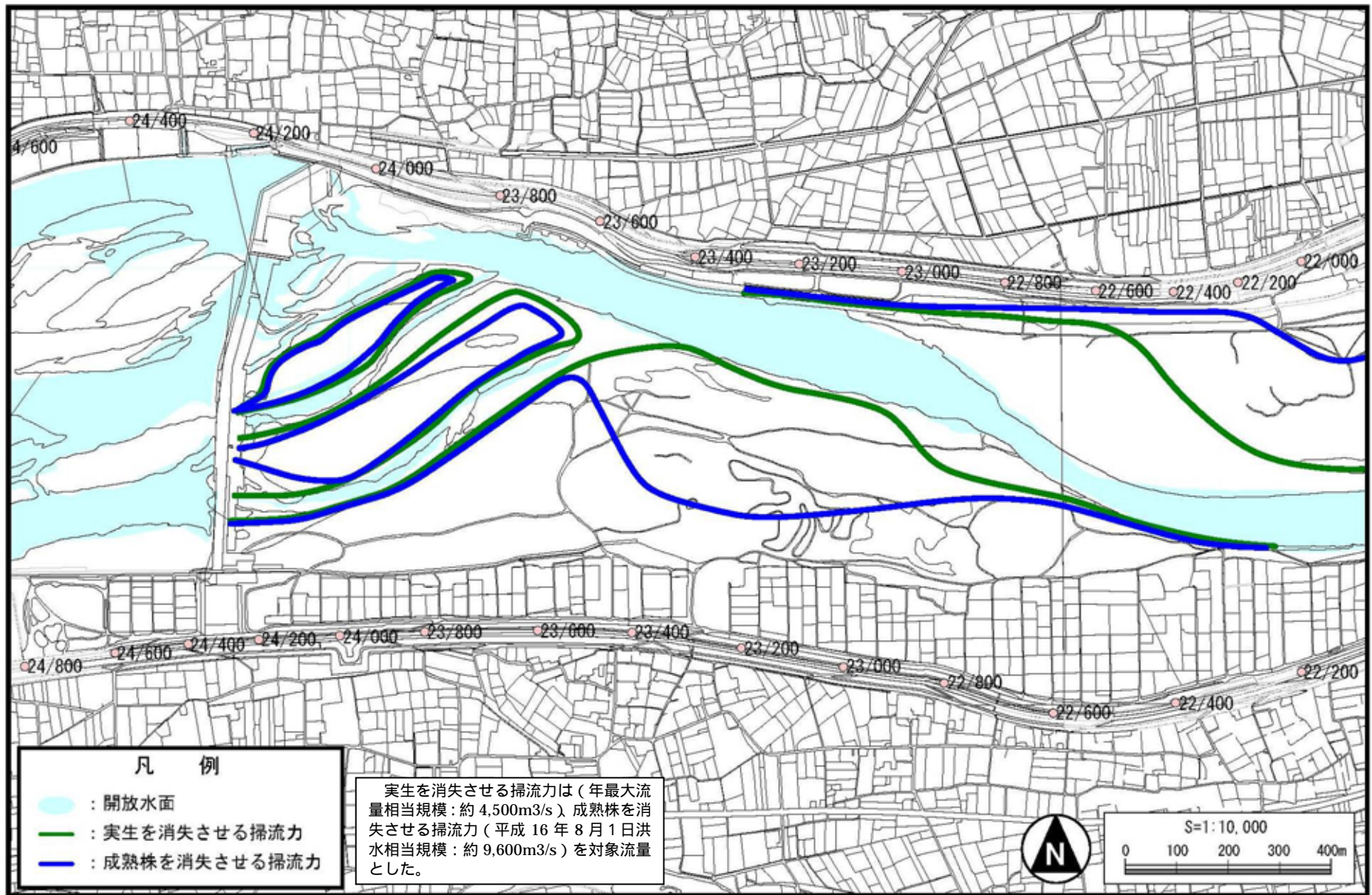


图 2-23 柿原堰下流地区

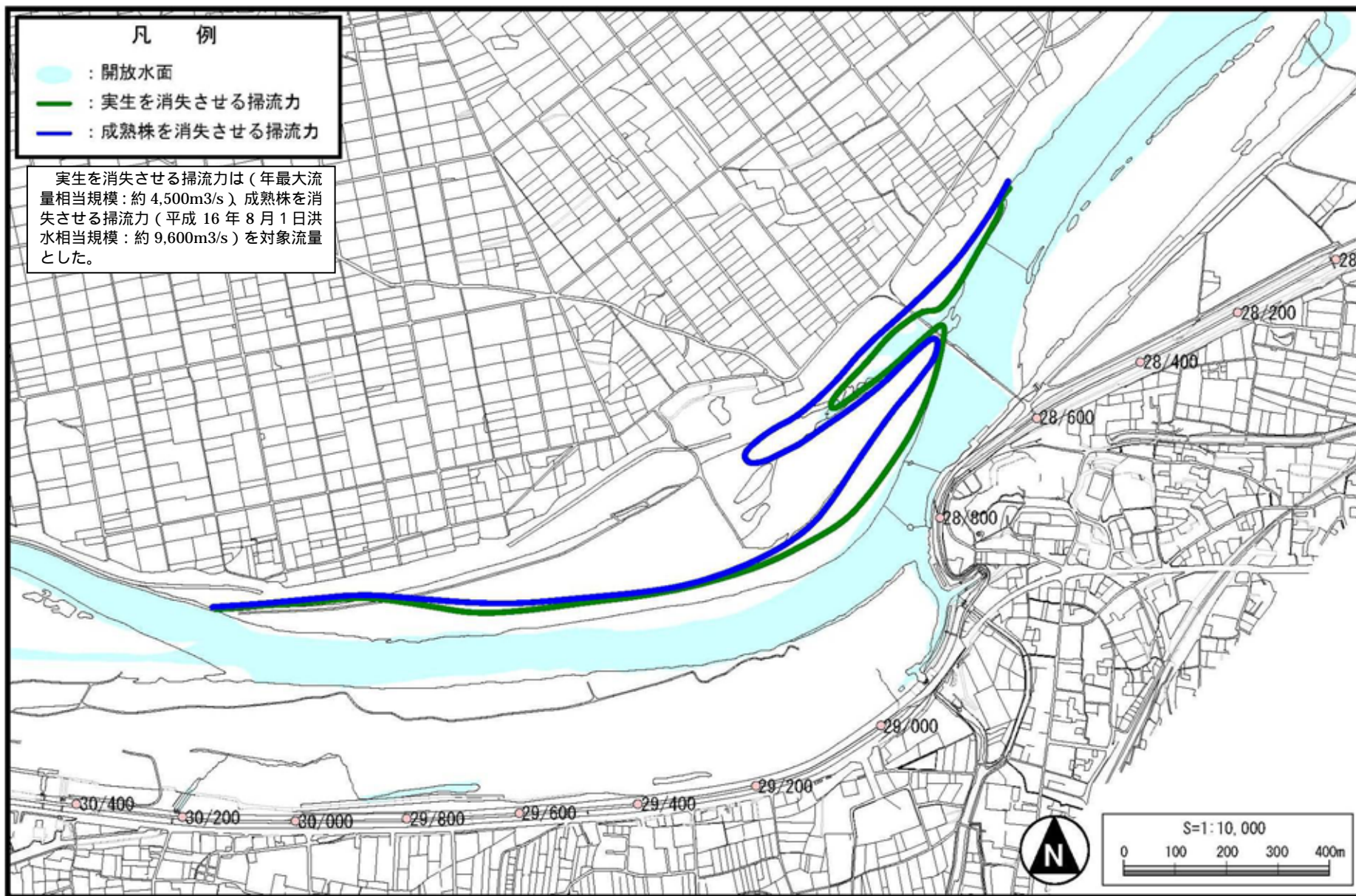


图 2-24 川島橋上流地区

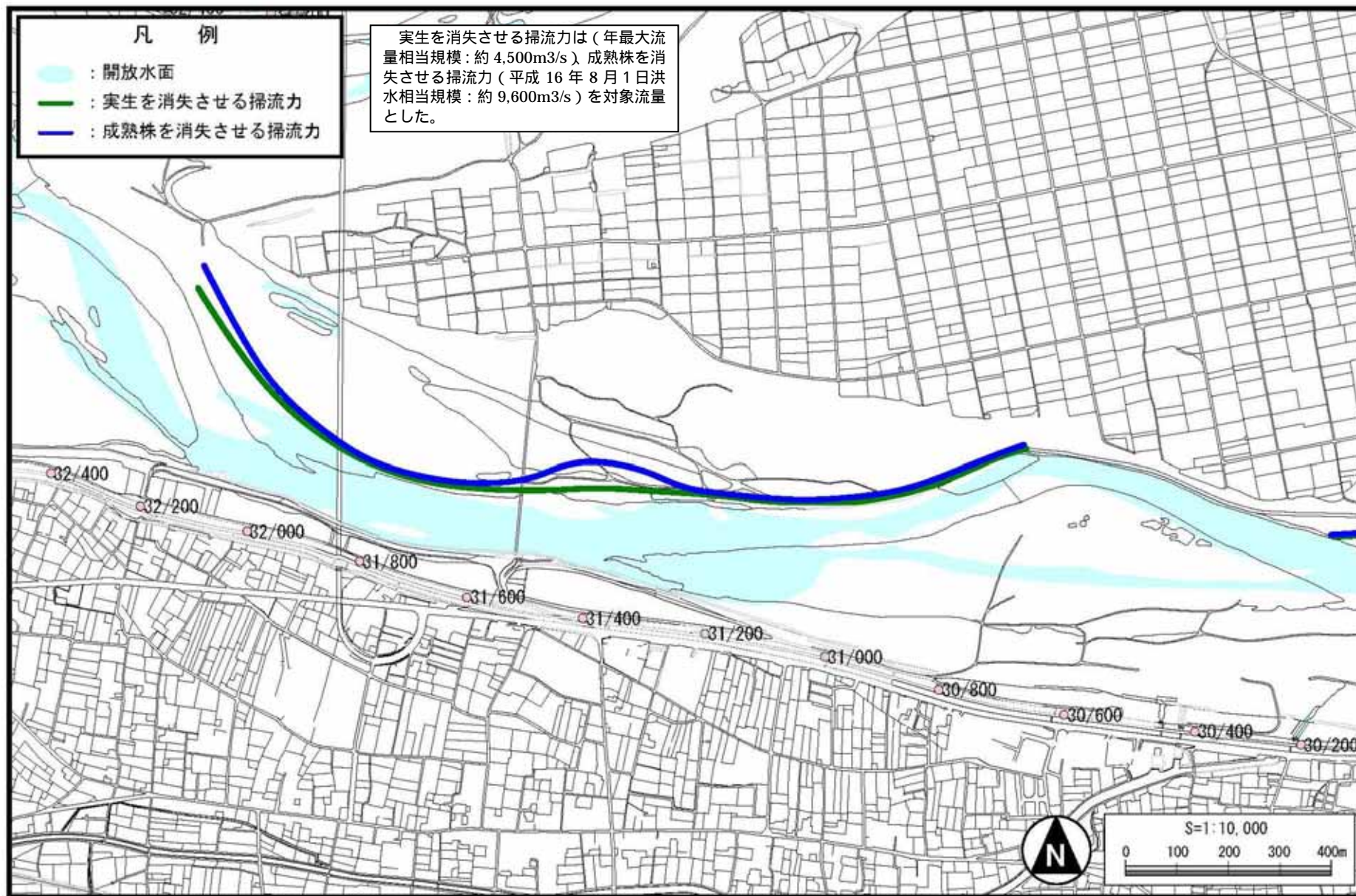


图 2-25 学島橋上下流地区

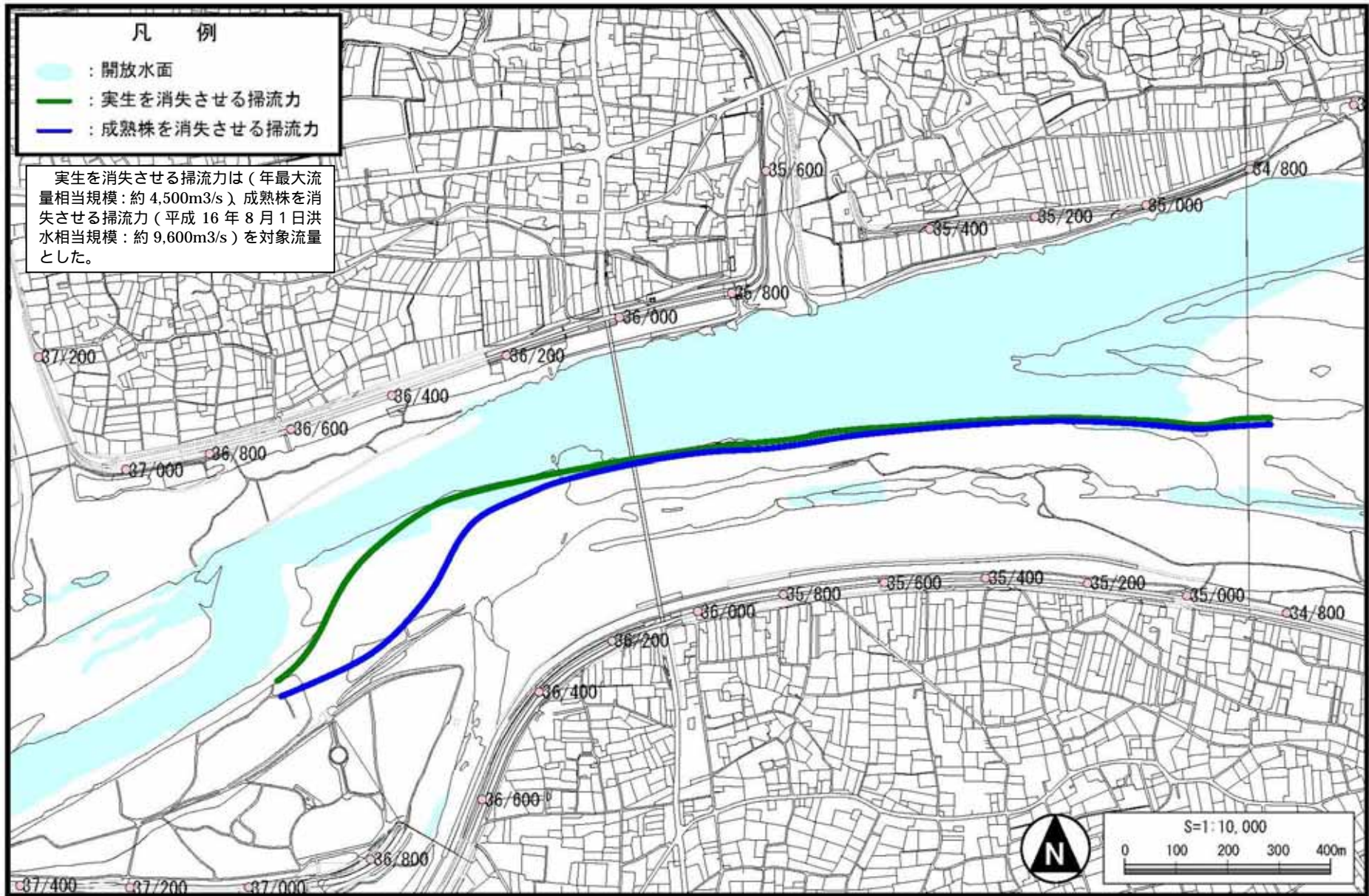


图 2-26 瀬詰大橋上下流地区

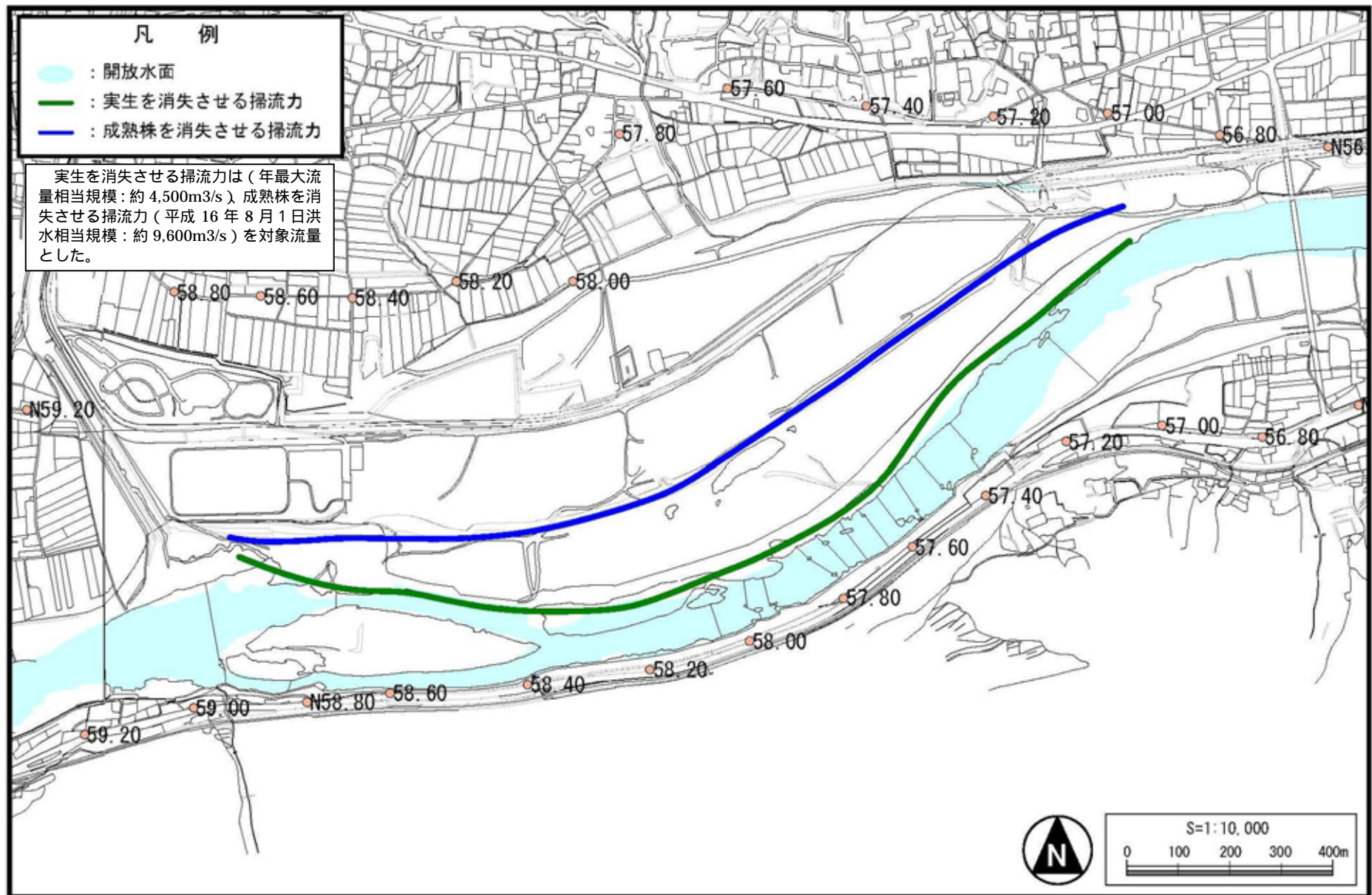


图 2-27 西村中島地区

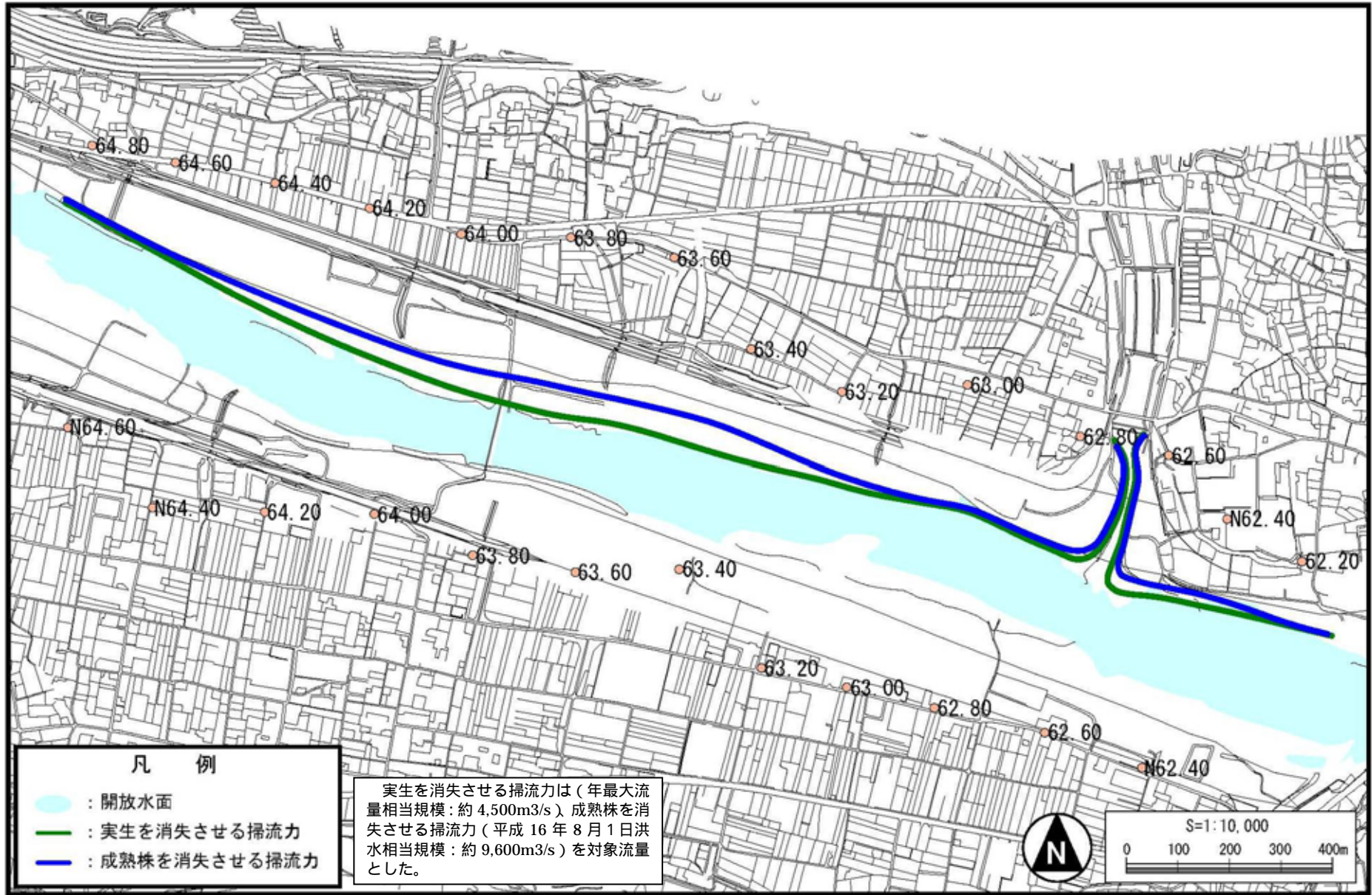


図 2-28 河内谷川上流地区 角の浦橋上流地区