



2021年度日本財団助成研究

子どもの水難事故調査研究  
報告書

2022年3月

一般社団法人 水難学会 助成：日本財団

令和2年（2020年）8月6日に白石川で  
発生した女子中学生水難事故の要因把握に  
ついて

令和4年3月

水難学会 事故調査委員会

## 1. 目的

### 1.1 目的

本業務では、事故の発生要因を把握することを目的とする。

### 1.2 本業務の流れ

#### (1) 事故に関する情報の事前収集

新聞記事などの報道記事の収集や、事故発生日および直前の気象や海象を把握した。

#### (2) 現地調査

調査時での潮位や流況などを把握するとともに、事故発生場所の推定をおこなった。

#### (3) 解析

地形・水深データを作成し、数値シミュレーションを実施することで、推定した事故発生場所での事故発生時における流況などを把握した。

#### (4) 考察

事故発生場所での事故発生要因などを考察した。

## 2. 事故時の情報収集

### 2.1 事故現場位置

当該事故は、図-2.1 および図-2.2 に示すように、白石川が阿武隈川への合流地点よりも約800m 上流で発生した。

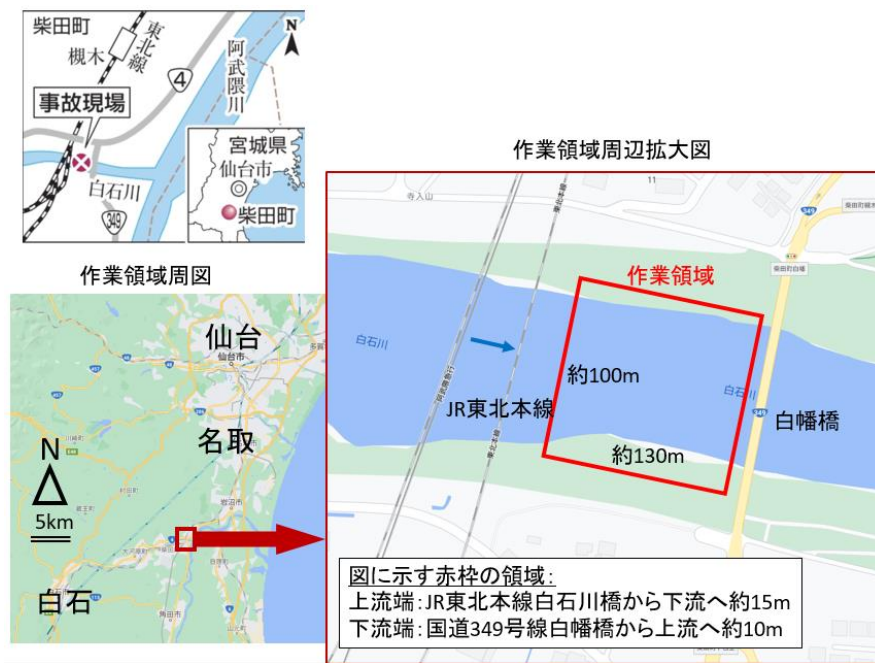


図-2.1 事故発生場所



図-2.2 事故発生場所

## 2.2 事故に関する新聞記事抜粋

ここでは、事故状況を説明する報道記事を幾つか列挙する。

### (1) KHB 東日本放送 2020/08/06

#### 宮城・白石川 女子中学生 2人流され行方不明 宮城・柴田町の白石川

宮城県柴田町の白石川で、水遊びをしていた女子中学生 2 人が流され行方不明となりました。警察や消防が捜索しています。警察などによりますと、6 日午後 1 時 20 分ごろ、柴田町下名生の白石川で、「友達 2 人が川に流された」と消防に通報がありました。町内の中学校に通う 1 年生の女子生徒 5 人で川に入って水遊びをしていたところ、2 人が流され、姿が見えなくなったということです。3 人は自力で岸に上がって無事でした。現場は阿武隈川との合流点まで 800 メートルほどの場所で、警察や消防はボートやヘリを出し、約 300 人態勢で付近を捜索しています。町内の小中学校は 7 日、1 学期の終業式が行われる予定で、6 日は教職員の健康診断のため、臨時休校となっていました。仙台河川国道事務所によりますと、6 日は増水した様子は見られないものの、川底が急に深くなる場所があるということです。この現場の近くでは、おとしにも大学生が流されて亡くなる事故があり、仙台河川国道事務所は看板を設置して、水難事故に注意を呼び掛けていました。



図-2.3 事故の報道状況

### (2) 共同通信 2020/8/7

#### 女性 2 人死亡、流された中 1 人 宮城・柴田町の白石川

7 日午後 2 時ごろ、宮城県柴田町下名生の白石川で、女性 2 人が心肺停止状態で見つかり、死亡が確認された。大河原署は 6 日午後、川遊び中に流され行方不明となっている町内の中学 1 年の女子生徒 2 人とみている。

同署によると、2 人は同級生と計 5 人で、浅瀬で遊んでいた。6 日午後 1 時 15 分ごろ、うち 3 人が流され、1 人は自力で岸に泳ぎ着いた。全員水着ではなかったという。

流された現場は J R 槻木駅の南約 1・3 キロの、白石川が本流の阿武隈川に合流する地点近く。中 1 の少女 2 人が流された白石川に集まる消防隊員と警察官ら = 6 日午後 3 時 57 分、宮城県柴田町 2020/8/7 (共同通信)



図-2.4 救助活動状況

(3) KHB 東日本放送 2020/08/07

## 【続報】宮城・白石川で流された女子中学生2人遺体で発見

宮城県柴田町の白石川で遊んでいた女子中学生2人が行方不明になった事故で、2人の遺体が現場近くの川の中で見つかりました。遺体で見つかったのは柴田町内の中学1年生、青田愛理さん(12)と小畑結愛さん(13)です。6日午後1時20分ごろ、柴田町下名生の白石川で中学1年の女子生徒5人が水遊びをしていたところ、2人が流され、行方不明となりました。警察と消防は2人が流された白幡橋の上流付近から阿武隈川との合流点までの800メートルほどを捜索していましたが、7日午後2時ごろ警察のダイバーが2人の遺体を発見しました。警察によりますと、2人が見つかったのは白幡橋から10mほど上流の地点で流された場所から30メートルほど下流の地点で、深さ約1.5メートルの川底の、ほぼ同じ場所にうつ伏せの状態で見つかったということです。



図-2.5 報道による事故現場の様子



図-2.6 報道による救助活動の様子

(4) 河北新聞 2020年08月07日 06:05

白石川で流され中学生2人不明 宮城・柴田

6日午後1時20分ごろ、宮城県柴田町下名生の白石川で、水遊びをしていた同町槻木中1年の女子生徒2人が流されたと119番があった。宮城県警大河原署や地元消防など

が2人を捜索したが発見できず、同日午後6時半で捜索をいったん打ち切った。7日午前6時からダイバーらを投入し再開する。

同署などによると、不明の2人を含む同級生の女子生徒5人が6日午後0時半ごろから、当初は浅瀬で遊んでいたという。このうち3人が川の深みにはまり、1人は自力で泳いで岸に上がったものの2人が流された。

現場は阿武隈川の合流地点に近い白石川下流、白幡橋付近。仙台河川国道事務所によると、白幡橋周辺は最大水深約3.5メートルで、川幅は約100メートル。

槻木中は7日が終業式で、6日は教職員の健康診断のため臨時休校だった。同校は河北新報社の取材に「何も分からない」と話した。

#### ◎「無事で…」捜索見守る

中学1年の女子生徒2人が流された柴田町の白石川の現場付近には6日、多くの地元住民が集まり、警察などによる捜索を心配そうに見守った。2人が通う槻木中の関係者は「何とか無事でいてほしい」と祈った。

槻木中の卒業生だという同町の高1女子（15）は母親と一緒に現場を訪れ、「行方不明の2人は知っている後輩かもしれないと心配になって来た」と不安げに話した。2人と同級生の女子生徒（13）は「同じ学年で、身近にいる人が事故に遭うなんて信じられない」とうつぶいた。

現場の白幡橋付近では2018年7月、釣りをしていた仙台大生＝当時（19）＝が対岸に渡ろうとして流され、死亡する事故があった。

友人2人と現場を訪れた槻木中2年の男子生徒（13）は「学校から、現場付近は危ないので遊んでは駄目と注意されたことがあった」と語った。

町教委によると、槻木中では7日午前、生徒に状況を説明するとともに、保健師2人を派遣し、生徒の心のケアに努める。同日夕、保護者会を開く予定。



図-2.7 報道による事故現場位置

## 2.3 事故時の物理条件の把握

### (1) 気象

事故日およびその前日などの天気図<sup>1)</sup>を示す。

図より、事故日および前日には高気圧が四国南方を東進しており、現地付近では天候は安定していたと考えられる。

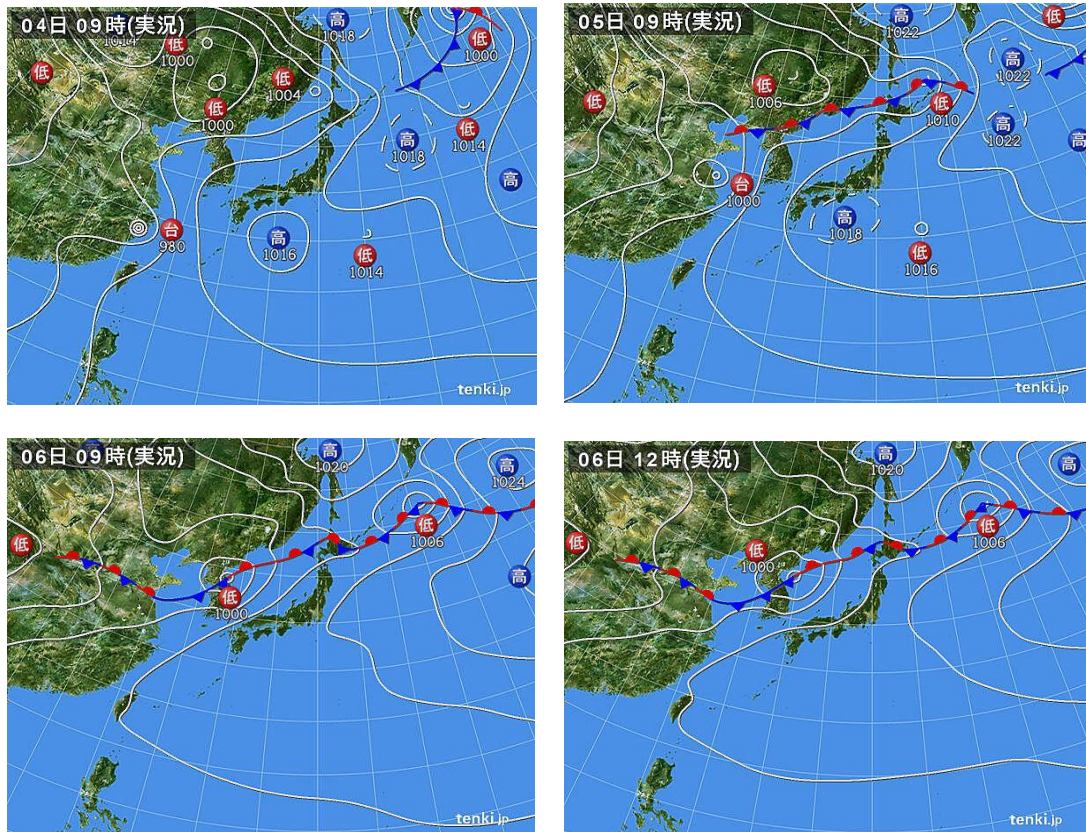


図-2.8 事故日および事故前の天気図

### (2) 現場周辺の降雨状況

現場周辺の AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System, 自動気象データ収集システム)<sup>2)</sup>観測地点における降雨の有無を把握した。

ここでは現場の河川の上流にあたる AMeDAS 白石のデータを示す。





図-2.9 事故現場周辺の AMeDAS 観測所位置

60分観測値 (2020年08月05日)								60分観測値 (2020年08月06日)							
日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)		日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)	
05日	24:00	23.5	0.0	南西	1.0	0	---	06日	24:00	25.8	0.0	南	3.9	0	---
	23:00	23.8	0.0	北北西	0.3	0	---		23:00	24.0	0.0	南南東	0.9	0	---
	22:00	24.2	0.0	南	0.9	0	---		22:00	24.9	0.0	西南西	1.0	0	---
	21:00	24.9	0.0	南東	0.8	0	---		21:00	24.7	0.0	西	1.3	0	---
	20:00	25.5	0.0	西南西	2.0	0	---		20:00	25.2	0.0	西北西	0.9	0	---
	19:00	25.6	0.0	西北西	1.3	0	---		19:00	25.8	0.0	西	0.9	0	---
	18:00	27.7	0.0	北北西	1.3	47	---		18:00	27.3	0.0	北西	0.5	8	---
	17:00	29.4	0.0	北北東	2.0	35	---		17:00	29.7	0.0	北東	2.1	59	---
	16:00	30.1	0.0	北東	2.8	60	---		16:00	30.8	0.0	東北東	2.6	58	---
	15:00	30.7	0.0	北東	1.9	27	---		15:00	31.2	0.0	北北東	2.8	59	---
	14:00	30.6	0.0	北北東	3.2	21	---		14:00	30.9	0.0	北東	3.7	34	---
	13:00	32.7	0.0	西	2.2	56	---		13:00	31.9	0.0	南東	2.4	58	---
	12:00	32.0	0.0	北東	1.9	41	---		12:00	31.0	0.0	南南東	4.6	55	---
	11:00	31.8	0.0	北東	2.4	60	---		11:00	30.3	0.0	南南東	3.6	59	---
	10:00	30.8	0.0	東	1.5	60	---		10:00	29.1	0.0	南東	4.0	54	---
	09:00	28.9	0.0	南	1.9	60	---		09:00	29.3	0.0	南南東	2.7	57	---
	08:00	27.6	0.0	南南西	1.2	60	---		08:00	27.8	0.0	南南東	1.0	60	---
	07:00	25.2	0.0	静穏	0.2	36	---		07:00	24.7	0.0	北東	0.8	33	---
	06:00	22.7	0.0	北北東	0.4	2	---		06:00	22.9	0.0	北北東	1.1	3	---
	05:00	21.9	0.0	北	0.4	0	---		05:00	21.9	0.0	北西	1.0	0	---
	04:00	22.1	0.0	静穏	0.0	0	---		04:00	22.2	0.0	静穏	0.1	0	---
	03:00	22.1	0.0	北	0.5	0	---		03:00	22.6	0.0	西	0.8	0	---
	02:00	23.0	0.0	北北西	0.8	0	---		02:00	22.4	0.0	北西	0.7	0	---
	01:00	22.1	0.0	北北西	1.2	0	---		01:00	23.5	0.0	西南西	1.2	0	---
日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)		日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)	

図-2.10 AMeDAS 白石の観測データ

左：2020年8月5日（事故前日），右：6日（事故当日）

(3) 事故発生時の河川水位および流量の把握

事故時の河川水位は、事故現場から上流側へ 4km の船岡大橋付近の白石川白石<sup>3)</sup>の水位データを利用した。また、水位から流量を把握するための H-Q 式の情報国土交通省仙台河川国道事務所より提供していただいた。図より、事故発生時の 2020 年 8 月 6 日 11 時 20 分から 14 時 40 分までは、水位は 8.23m であった。また、提供していただいた H-Q 式より、事故時の流量を計算すると、33.67 m<sup>3</sup>/s となった。

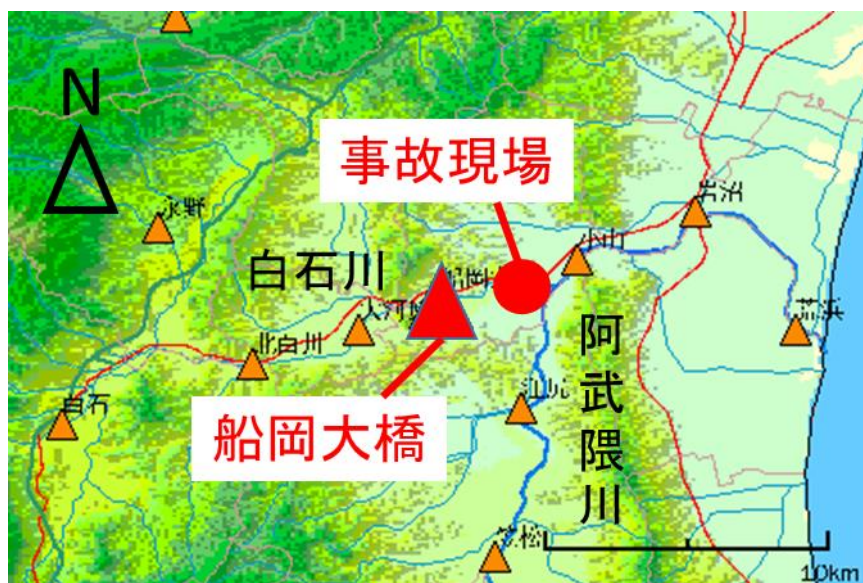


図-2.11 白石川の水位観測所位置

表-2.1 白石川白石（船岡大橋）の観測所情報

水文水質観測所情報

観測所名	船岡大橋（ふなおかおおはし）	
観測項目	水位流量	
観測所記号	302011282206100	
水系名	阿武隈川	
河川名	白石川	
所在地	宮城県柴田郡柴田町船岡字土手内	
緯度経度	北緯 38度03分42秒 東経 140度46分12秒	
最新の零点高	T.P. 0.000m	
零点高履歴	T.P. 0.000m	1966/09/01 1:00~

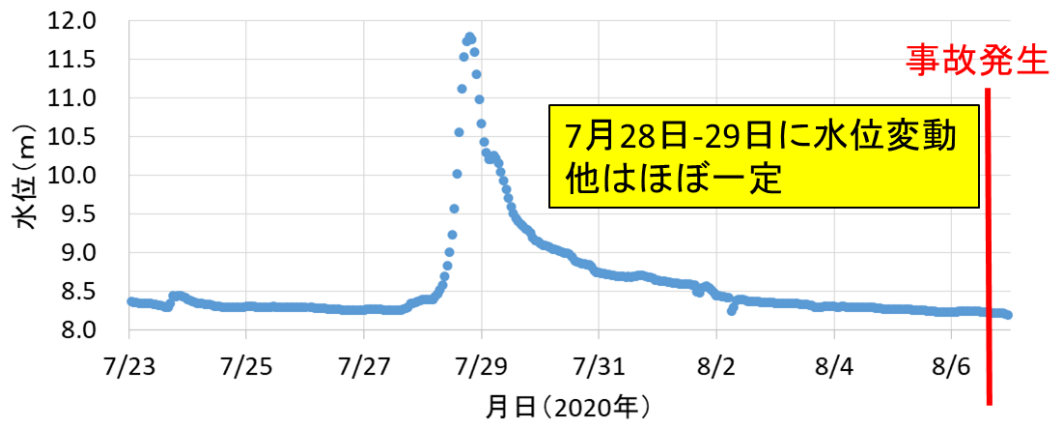


図-2.12 船岡大橋での水位時間変化（2020年7月23日～8月6日）

表-2.2 船岡大橋での H-Q 式

	令和1年H-Q式	適用期間	適用水位
I	Q= 96.74 (H-7.64) <sup>2</sup>	1/1 1:00 ~ 12/31 24:00	7.91 ~ 8.26
II	Q= 47.81 (H-7.38) <sup>2</sup>	1/1 1:00 ~ 12/31 24:00	8.27 ~ 11.94

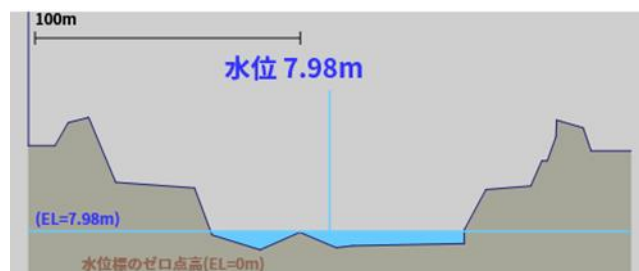


図-2.13 船岡大橋での断面と水位（2022年2月16日12:20の水位7.98m）

参考文献

- 1) [tenki.jp](https://tenki.jp), ”実況天気図”, <https://tenki.jp>, 日本気象協会, 参照 2020-8-05 及び 2020-8-06.
- 2) AMeDAS, “降雨データ”, <http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>, 気象庁, 参照 2020-8-05 及び 2020-8-06.
- 3) 宮城県河川流域情報システム, “水位グラフ”, <https://www.dobokusougou.pref.miyagi.jp/miyagi/servlet/Gamen1Servlet>, 宮城県, 参照 2020-7-23 から 8-06.

### 3. 現地調査

水難学会事故調査委員会では、令和3年8月1日に事前調査を、2日に本調査を実施した。事故調査時には国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所から作業許可をいただくと共に、現場では流況および地形把握のために、国土交通省ドローン情報基盤システムへ登録し且つ住宅密集地上空でも飛行可能な許可を受けた UAV（Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機）を使用した。また、事故時に実際に救助活動をおこなった所轄の消防署の担当者に来ていただき救助活動中の状況などをご教授いただいた。また報道にも取材に来ていただき、調査活動状況を取材していただいた。

#### 3.1 調査日の天候および河川状況

調査日の2021年8月1日および2日の9時の天気図を図-3.1に示す。また、両日の現場近くの AMeDAS 白石における最大気温などを図-3.2に、時間変化を図-3.3に示す。図より、調査日の最高気温は32℃と高温であり、前日や当日に現場および周辺地域では降雨はなかった。



図-3.1 調査日の天気図（左：2022年8月1日9時、右：2022年8月2日9時）

記録 (2021年08月01日)

2021年08月01日

日最高 気温(°C)	日最低 気温(°C)	日積算 降水量(mm)	日最大 風速(m/s)	日積算 日照時間(時)
32.2 (13:00)	22.4 (04:30)	0.0	5.7 (13:10)	6.2

※日最高気温・日最低気温・日最大風速は、アメダス10分値です

記録 (2021年08月02日)

2021年08月02日

日最高 気温(°C)	日最低 気温(°C)	日積算 降水量(mm)	日最大 風速(m/s)	日積算 日照時間(時)
35.1 (15:20)	21.8 (04:10)	0.0	5.4 (11:40)	9.4

※日最高気温・日最低気温・日最大風速は、アメダス10分値です

図-3.2 調査日の最高気温など (AMeDAS 白石、上：2022年8月1日、下：2日)

60分観測値 (2021年08月01日)

2021年08月01日

日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)
24:00	23.6	0.0	西南西	2.2	0	---
23:00	23.5	0.0	西	0.7	0	---
22:00	24.4	0.0	西南西	1.2	0	---
21:00	24.1	0.0	南東	0.8	0	---
20:00	24.7	0.0	西	1.8	0	---
19:00	25.0	0.0	西北西	0.9	0	---
18:00	26.5	0.0	西北西	1.1	2	---
17:00	27.9	0.0	北東	1.9	0	---
16:00	28.5	0.0	北北東	3.6	29	---
15:00	29.9	0.0	北北東	4.2	37	---
14:00	31.3	0.0	南西	4.9	47	---
13:00	32.2	0.0	西南西	2.8	25	---
12:00	28.8	0.0	北北西	0.8	10	---
11:00	31.1	0.0	東	1.8	17	---
10:00	29.0	0.0	北北東	2.2	35	---
09:00	28.5	0.0	北東	1.3	52	---
08:00	27.4	0.0	南	3.1	60	---
07:00	26.6	0.0	南	1.9	55	---
06:00	24.4	0.0	南	0.7	0	---
05:00	22.5	0.0	西	0.8	0	---
04:00	22.5	0.0	西北西	1.0	0	---
03:00	22.9	0.0	西	0.9	0	---
02:00	23.3	0.0	西北西	0.5	0	---
01:00	23.6	0.0	西南西	1.7	0	---
日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)

60分観測値 (2021年08月02日)

2021年08月02日

日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)
24:00	26.6	0.0	西南西	1.9	0	---
23:00	27.3	0.0	南西	3.0	0	---
22:00	27.4	0.0	南西	2.1	0	---
21:00	25.9	0.0	南西	0.8	0	---
20:00	26.2	0.0	南西	1.6	0	---
19:00	28.2	0.0	北	2.6	0	---
18:00	28.1	0.0	北西	0.7	47	---
17:00	32.6	0.0	南	2.9	60	---
16:00	32.6	0.0	南西	2.2	60	---
15:00	33.0	0.0	南	2.2	60	---
14:00	33.2	0.0	南東	1.9	46	---
13:00	32.0	0.0	南東	3.3	39	---
12:00	32.0	0.0	南	5.3	60	---
11:00	31.4	0.0	南南東	4.9	60	---
10:00	30.7	0.0	南西	3.1	60	---
09:00	28.4	0.0	南西	2.8	32	---
08:00	26.9	0.0	南	1.0	36	---
07:00	25.6	0.0	南	0.5	2	---
06:00	23.1	0.0	静穏	0.2	0	---
05:00	22.5	0.0	北東	0.4	0	---
04:00	22.3	0.0	北北東	0.8	0	---
03:00	22.4	0.0	北	0.7	0	---
02:00	22.9	0.0	西北西	1.3	0	---
01:00	23.5	0.0	南南東	0.9	0	---
日時	気温(°C)	降水量(mm)	風向(16方位)	風速(m/s)	日照時間(分)	積雪深(cm)

図-3.3 調査日の気象時間変化 (AMeDAS 白石、左：2022年8月1日、右：2日)

調査日の8月2日9時における、現場上流の船岡大橋観測所における水位は8.02mであった。これをH-Q式にあてはめ、流量を推算すると、11.88 m<sup>3</sup>/sであった。前章で事故日の水位は8.23mであり、調査日より約0.2m低水位の状況であった。また、事故時の推算流量は33.67 m<sup>3</sup>/sであり、水位は約0.2m低い程度であったが、調査日の流

量は事故日の約半分であり、調査日の流況は事故時よりもかなり穏やかであったと考えられる。

表-3.1 H-Q 式（船岡大橋、2021 年）

令和2年H-Q式		適用期間	適用水位
I	Q= 86.73 (H-7.62) <sup>2</sup>	1/1 1:00 ~ 12/31 24:00	7.95 ~ 8.26
II	Q= 50.78 (H-7.42) <sup>2</sup>	1/1 1:00 ~ 12/31 24:00	8.27 ~ 11.79

### 3.2 調査時の報道記事

調査時には、報道に来ていただき、調査状況を取材していただいた。下に記事を示す。  
記事ここから

---

#### 2人水死の白石川で「離岸流」確認 水難学会が現地調査（河北新報，2021年8月3日6:00）<sup>1)</sup>

宮城県柴田町下名生（しものみょう）の白石川で昨年8月、同町の中学生2人が川遊び中に流され水死した事故を受け、一般社団法人水難学会（新潟県長岡市）は2日、現地で事故原因調査を実施した。

2人が流され始めたと思われる地点は浅瀬が急に深くなり、川岸から川の中央に向かう流れが生じていると判明。浅瀬から水深1メートルほどの地点まで歩いた後に岸へ戻る実験では、戻ろうと振り返った直後に川底の砂が崩れて体のバランスを取れなくなり、川の中央に押し流された。

水難学会の斎藤秀俊会長（長岡技術科学大教授）は「海の離岸流と同じような現象が起き、流されると岸へ戻ろうとしても戻れない」と分析。「川遊びは基本的に危ない。どうしても遊ぶなら、膝より下の深さまでにしてほしい」と話した。

調査結果はインターネットで公開する方針。現場付近では2018年にも、釣りをしていた大学生が川に流され亡くなる事故があった。

---

記事ここまで



図-3.4 白石川の現場を調べる水難学会のメンバー（新聞記事）



### 3.3 調査領域の位置

調査実施場所は、図 3-2 に示す、白石川の阿武隈川への合流場所から上流側へ約 600m の、JR 東北本線の白石川橋と国道白幡橋の間の約 130m の区間である。



図-3.5 調査実施位置

### 3.4 現場河川で調査を実施するための監督省庁への河川敷の一時使用届

現場で作業を実施するにあたり、国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所へ、表-3.2 に示す河川一時使用届を提出した。一時使用届は現地に携帯するとともに現地の参加者全員に内容を説明し、事故発生防止に努めた。

表-3.2 河川敷の一時使用届

令和 3 年 7 月 28 日

仙台河川国道事務所

岩沼出張所長 殿

開催団体代表：一般社団法人 水難学会 会長 齋藤 秀俊

所在地：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

長岡技術科学大学 物質材料工学専攻 齋藤秀俊研究室

TEL: 070-4301-9862

開催責任者：一般社団法人 水難学会 事故調査委員会

委員長 犬飼 直之

長岡技術科学大学 社会基盤工学専攻 水圏防災研究室

TEL: 0258-47-9624

下記のとおり河川敷地における一時使用を届出ます。

#### 記

1. 使用日時 令和 3 年 8 月 1 日から令和 3 年 8 月 3 日  
(主使用は 8 月 1 日午後～8 月 2 日, 8 月 3 日は予備)

2. 河川名称 一級河川阿武隈川水系 白石川

3. 使用場所 宮城県柴田町下名生 地先

4. 内容(目的)

水難事故の環境要因調査のため、瀬の射流状態から緩勾配の常流状態へ流れの形態が変化する流域での流れの 3 次元構造を把握するとともに、人間の泳力との関係を考察す

ることで、事故の発生原因を考察する。

作業内容は以下の通りとする。

1) 水深の簡易計測

添付図に示す GNSS 受信機および簡易水深測量器を装着した船舶免許不要の小型ボートを、作業領域を 10m 程度の格子状に走行させ、水深を計測する。

2) 流況計測

人体および環境へ無害な水面着色剤（添付図に示す海面着色剤 KW1）を用いて、流線を可視化し、UAV（添付図に示す DJI Phantom 2）で空撮をおこなうことにより、流線および流況を記録する。水面着色剤は領域内で消散するように極少量を散布し、下流に影響が出ない様に注意する。

また、直読式流速計を用いて、調査領域内の複数個所で流速を計測する。

3) 陸上地形把握

UAV（添付図に示す DJI Phantom 2）で作業領域を空撮する。

5. 使用面積及び使用人員

作業員数は最大 10 名程度。

添付図のとおり、JR 東北線白石川下流約 20m から、国道 349 号線白幡橋上流約 10m までの約 130m 区間の約 1,300m<sup>2</sup>。

6. 施工（実施）者

水難学会 事故調査委員会 委員長 犬飼直之  
（長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻准教授）

7. その他

1) 連絡先

水難学会 事故調査委員会 委員長 犬飼直之  
（長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻准教授）（携帯電話：090-7900-2320）

2) 調査は主に陸上および水面上でおこない、潜水器材（エアタンク）を使用した潜水は行わない。

3) 調査場所付近に「調査中」の掲示をおこない、第三者への周知を図る。

4) 調査中は、見張り員を配置し、第三者に注意喚起し、接近船舶などに留意する。

5) 実施上の留意点

- ・作業（調査）を実施する者は、水難救助技術を有している者に限定する。
- ・水辺に近づく者は、必ずライフジャケットを着用する。
- ・通信手段として、各自所有の携帯電話を利用する他、無線機を必要数準備する。
- ・調査場所は地元住民の生活の場であることを意識して行動する。

- ・調査区域接近者（第三者）に対して、「調査中」の掲示をおこなうと共に、警戒する要因を指名し、専任配置する。水面上においては、万が一接近する船舶等があれば警戒要員から無線機にて連絡し、必要に応じて作業員を退避させる。
  - ・提出した「使用届」一式を現場に携行し、本書記載の安全対策をあらかじめ全作業員に周知徹底する。
  - ・作業にあたっては「国土交通省航空局の無人航空機の安全な飛行のためのガイドライン」を遵守する。
  - 操縦者は「無人航空機の飛行に係る許可・承認者」に記載のものとする。
  - 飛行範囲は目視内とする。
  - 送電線や道路、線路等へは定められた距離までしか接近しない。
  - 飛行中、UAV が落水した場合には、責任をもって回収する。
  - 第三者の上空では飛行させない。
  - 雨天時は飛行させない。
  - バッテリーの関係上、1回の飛行時間は30分程度とする。
- 6) 中止基準
- 作業の中止基準を以下のように定め、これを遵守する。
- 作業区域内において事故等の不足の事態が発生した場合。
  - 気象・河川水位・ダム放流情報に関する注意報などの発令に留意し、次の状況時には作業を中止する。また、これ以外でも状況に応じて中止する。  
風速：10 m/s 以上、七ヶ宿湖ダムなどの放流情報発表時、視界：1,000 m 以下
  - 現場責任者（犬飼直之）が危険と判断したとき。
  - 所轄事務所（仙台河川国道事務所）から指示があった場合。

---

表-3.1 ここまで。

### 3.5 無人航空機の飛行に係る許可書

本調査では UAV（無人航空機）を使用した。全国で飛行の禁止空域でも飛行できるように国土交通省から許可を得ている。調査時には許可書を携帯し、必要であれば直ちに掲示できるように準備した。表-3.3 に許可書を示す。

表-3.3 UAV（無人航空機）の飛行に係る許可書

---

東空運第14144号

**無人航空機の飛行に係る許可書**

長岡技術科学大学  
環境社会基盤工学専攻・准教授 犬飼直之 殿

令和2年10月5日付をもって申請のあった無人航空機を飛行の禁止空域で飛行させることについては、航空法第132条第2項第2号の規定により、下記の無人航空機を飛行させる者が下記のとおり飛行させることについて、申請書のとおり許可する。

記

**許可事項：** 航空法第132条第1項第2号

**許可の期間：** 令和2年10月9日から令和3年10月7日

**飛行の経路：** 日本全国（飛行マニュアルに基づき地上及び水上の人及び物件の安全が確保された場所に限る）

**無人航空機：** DJI製PHANTOM 2 VISION+

**無人航空機を飛行させる者：** 犬飼直之、山本浩

**条件：**

- ・申請書に記載のあった飛行の方法、条件等及び申請書に添付された飛行マニュアルを遵守して飛行させること。また、飛行の際の周囲の状況、天候等に応じて、必要な安全対策を講じ、飛行の安全に万全を期すこと。
- ・航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全に影響を及ぼすような重要な事情の変化があった場合は、許可等を取り消し、又は新たに条件を付すことがある。
- ・許可の期間において3ヶ月ごと及び許可の期間終了後に、飛行実績を報告すること。

令和2年10月9日

東京航空局長 吉田 耕一郎

---

表-3.2 ここまで

### 3.6 調査場所の様子

調査日は天候と河川状況に恵まれ、気温は若干高めであったが、調査実施には良好な状況であった。図-3.6～図-3.8 に河川堤防上からおよび河川敷で撮影した調査場所を示す。図-3.8 に示すように、河川敷に調査本部を設置した。事故発生場所は調査本部と青色の鉄道橋の中間点付近である。写真中、河川水は写真左から右手方向へ流れている。河川水は透明で澄んでいた。

また、図-3.6 に示す河川堤防上の「水難事故多発！！」の看板と、ひまわりが植えられた花壇は事故後に設置されたとのことである。



図-3.6 白石川河川堤防上から調査場所方向(上流方向、JR東北本線白石川橋)



図-3.7 白石川河川堤防上から調査場所方向(下流方向、国道白幡橋方向)



図-3.8 調査実施本部(事故発生横河川敷、現場から上流方向、J R 東北本線白石川橋)

### 3.7 主な使用機材

調査で使用した主な調査機材を示す。

図-3.9 は、現地調査に使用した作業用小型ボートおよび水深や地形を把握した測深器である。図-3.10 は航空写真の撮影に使用した UAV 無人航空機である。図-3.11 は流れを可視化するために使用した着色剤である。水中で濃い緑色に変色するが、生物には無害な成分を使用している。図-3.12 は対岸までの距離などを計測するためのレーザ距離計である。

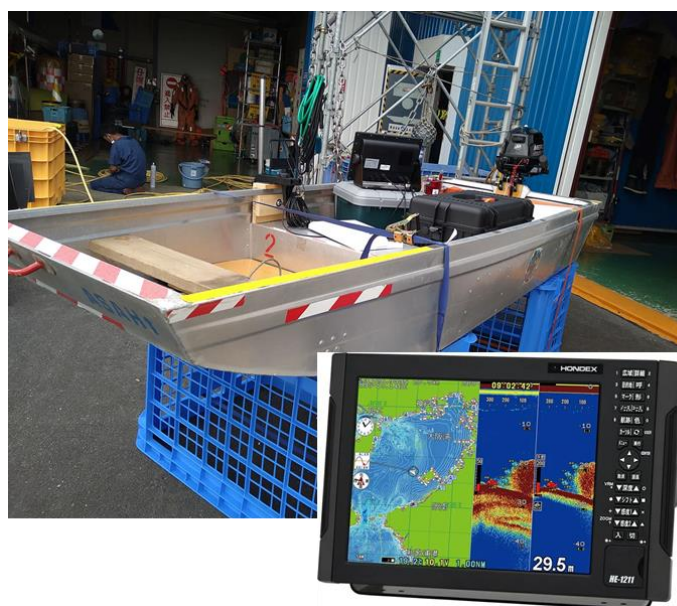


図-3.9 作業ボートおよび測深器 (HONDEX HE-1211)



図-3.10 無人航空機 (DJI Phantom 2 Vision+)





### 海面色剤 KW1

国土交通省型式承認番号 No.3798

寸法及び重量：90mm×110mm×35mm 150g(収納時)

《性能》

水面着色時間：2時間以上

色：黄緑

視認可能距離：上空約1,500m 距離7km

距離：7 km

着色面積：500㎡

本体保証期間：5年6ヶ月

船舶救命設備規則適合品

図-3.11 水面着色剤（興亜化工株式会社 KW1）



図-3.12 レーザー距離計（Nikon LASER 1000 AS）

### 3.8 調査内容および作業状況

調査時には、下に示す項目について実施した。

-----

- ・現場の状況記録のための写真および動画の撮影。
- ・事故時救助に携わった所轄消防からの事故発生時および発見時などの状況聞き取り。
- ・現場領域へ流入する瀬のそれぞれの幅および代表流速の計測。
- ・事故発生現場である砂嘴（さし）の地形および水深変化状況把握。
- ・砂嘴（さし）先端部付近の水底状況撮影および底質採取。
- ・砂嘴で発生した事故の再現および動画記録
- ・小型ボートおよび測深器を用いた現場水域の水底地形および水深の把握。
- ・UAV 無人航空機を用いた航空写真撮影による川岸の地形把握。
- ・UAV と着色剤を用いた砂嘴付近の流れの可視化および上空からの動画撮影。
- ・着色剤を用いた砂嘴下流部の循環流の可視化および写真撮影。

など

-----

図-3.13 に、砂嘴における水深変化把握の作業状況を示す。図中、手前の膝下水深に立つ作業員の足元では、水底は緩勾配である状況や底質の色、および作業員の長靴の色や形などを確認することができる。しかし、橙色のベストを着用した作業員の足元では、透明度や太陽光の屈折の関係で、水底の状況などを確認することが困難である。

このように水深約 1m 以深の水底は、水面上からは確認することができず、遠浅の地形が続くような錯覚をイメージする可能性が高いことが考えられる。

図-3.14 に砂嘴先端部の水底勾配の把握作業中の状況を示す。図中、推定入水場所から約 2m 河川中央方向へ移動しただけで成人男性の顎上の水深となっている状況がわかる。

図-3.15 に事故発生場所付近の砂嘴先端部の水底の底質の状況を示す。この場所で底質を採取した。図中、比較的細かい粒径の川砂が傾斜して地形を形成している事が分かる。

図-3.16 に砂嘴下流部で発生している、水平循環流の可視化状況を示す。図中、左方向から右方向への本川の流下方向とは逆に、左方向の上流側へ逆流する水平循環流が存在していることが分かる。この水平循環流は事故発生場所である砂嘴へ流入しており、事故発生時には、砂嘴へ上がろうとする人体の動きを阻害し、更に深く流れが速い本川側へ人体を運ぶ。この流れにより、砂嘴から深みに落ちた溺水者は浅水域へ戻ることが更に困難になったと考えられる。

図-3.17 に現場水域へ流入する瀬の幅および流速を示す。図より、現場水域の上流側は鉄道橋があり、その橋脚の間を流れる複数の瀬が生成されている。なお、この航空写真は UAV で撮影した複数の航空写真から作成したオルソ画像である。図より、現場水域には主

に3つの瀬が流入しており、瀬中は射流の状況となっているが、入水場所のすぐ上流から流速は低減して、穏やかな常流の状況となっている。

図-3.18 に現地調査時に把握した現場水域の河川水の流況を示す。図より、本川の流向は左から右方向であるが、入水場所の下流側に水平循環流が存在していることが分かる。

図-3.19 に現場で所轄消防からお聞きした事故発生場所および溺水者の発見状況を示す。聞き取り調査結果によると、入水したのは女子中学生5名で、うち3名は自力で岸へ戻ったが、残り2名が溺水したとのことである。更に、溺水した2名は最後に下流側の国道橋直下の水中に漂う状況が目撃され、翌日、同じ国道橋直下の床固上流側の水底で2名とも発見されたとの事である。

図-3.20 に、最後に溺水者が目撃された国道橋直下を橋上から同様に見た状況を示す。

図-3.21 に、翌日に溺水者2名が発見された場所を国道橋の上から見た状況を示す。図より、発見場所は国道橋の床固の構造物の上流端側となる。



図-3.13 砂嘴先端部からの水深変化把握状況



図-3.14 砂嘴先端部からの水深変化把握状況

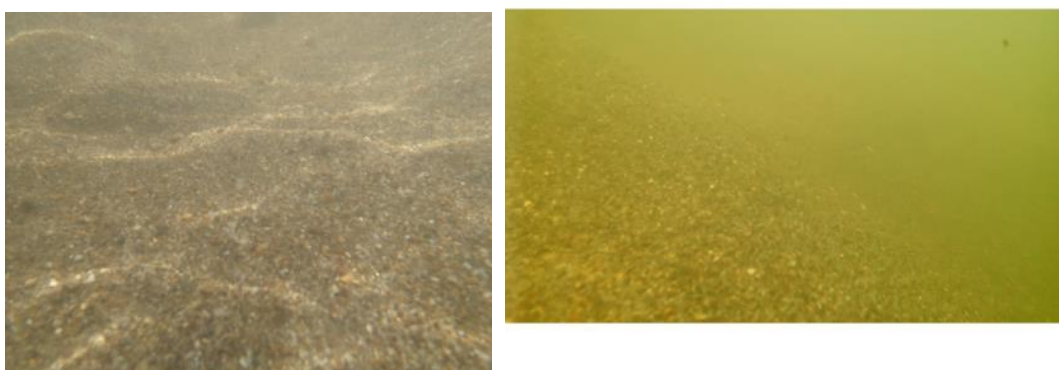


図-3.15 砂嘴先端部の水底状況

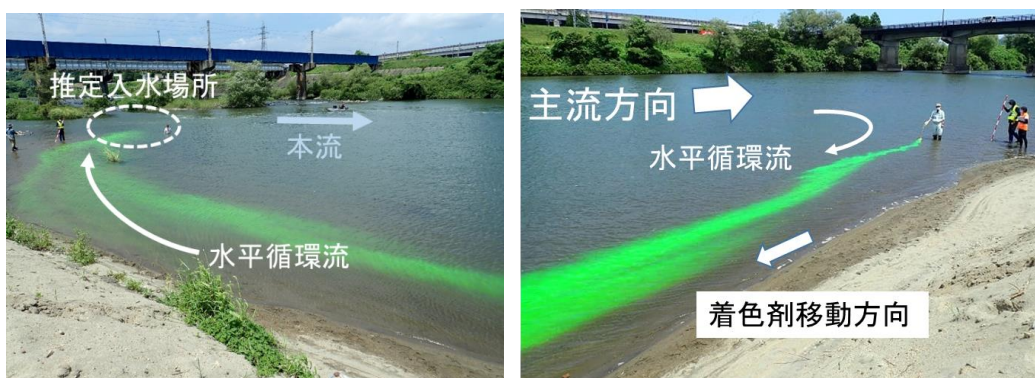


図-3.16 砂嘴下流部の水平循環流可視化状況

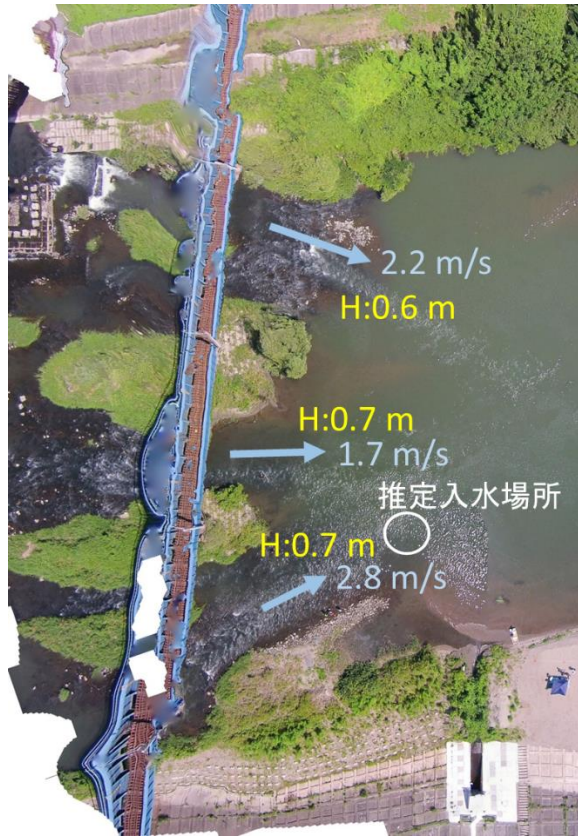


図-3.17 事故発生領域への河川流入状況



図-3.18 事故水域の河川流の概況

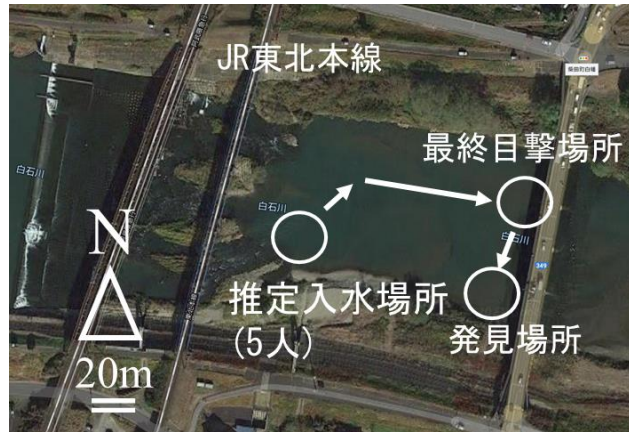


図-3.19 聞き取り調査から把握した事故発生場所および最終目撃場所、発見場所の位置関係



図-3.20 溺水者の最終目撃場所(白幡橋上流側、白石川左岸方向)



図-3.21 溺水者発見場所（白幡橋上流側、白石川右岸方向）

### 3.9 水深情報取得状況

図-3.22 に、調査時に作業船に設置した測深器で取得した水深情報を示す。画面右下および左側の青色部分は測深をしていない部分である。特に画面右下部は水深が浅く、作業船が進入できなかったために測深をすることができなかった。それ以外の領域では測深されていることが分かる。

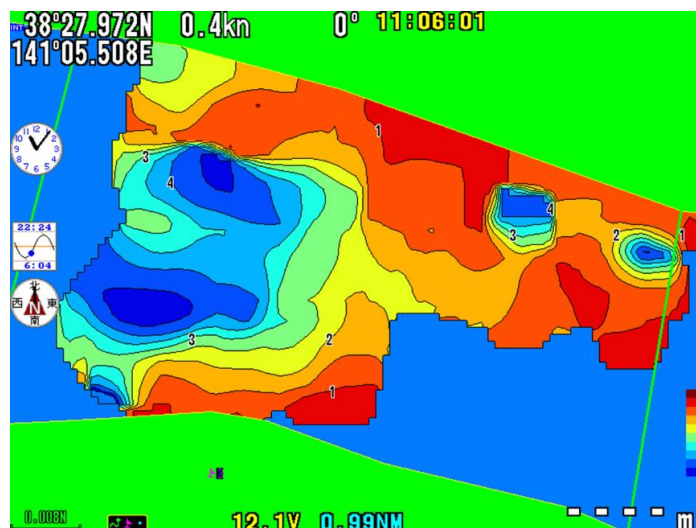


図-3.22 測深器による水深計測状況

### 3.10 聞き取り調査

調査時に、事故時に救助活動をおこなった所轄消防署の方に来ていただき、事故発生状況や発見状況などの情報を提供していただいた。

その結果、入水場所では5名が入水し、うち3名は自力で岸へ戻ったが、2名はそのまま溺水したことが分かった。また、最後に目撃された場所および翌日の発見場所などを把握することができた。

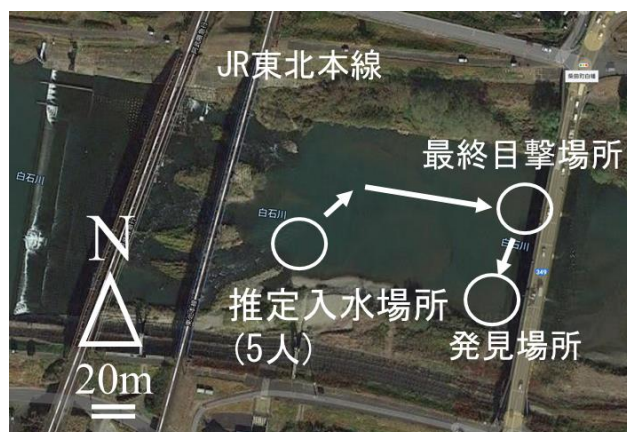


図-3.23 聞き取り調査から把握した事故発生場所および最終目撃場所、発見場所の位置関係



3.11 現地調査時の野帳の記録例

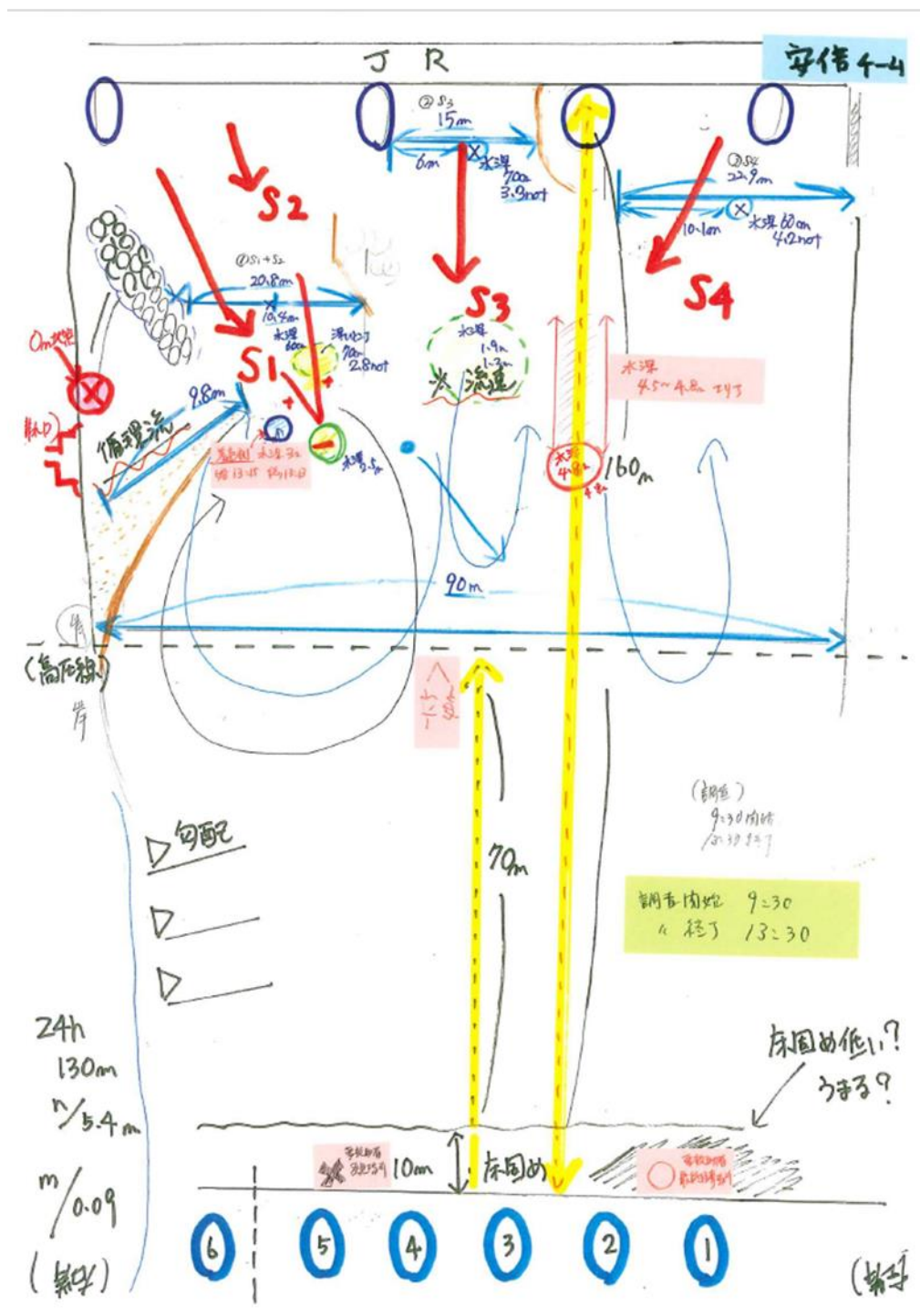


図-3.21 現地調査時の野帳の記録例（現場領域へ流入する瀬の大きさ及び大きさ、流域の流況概要）

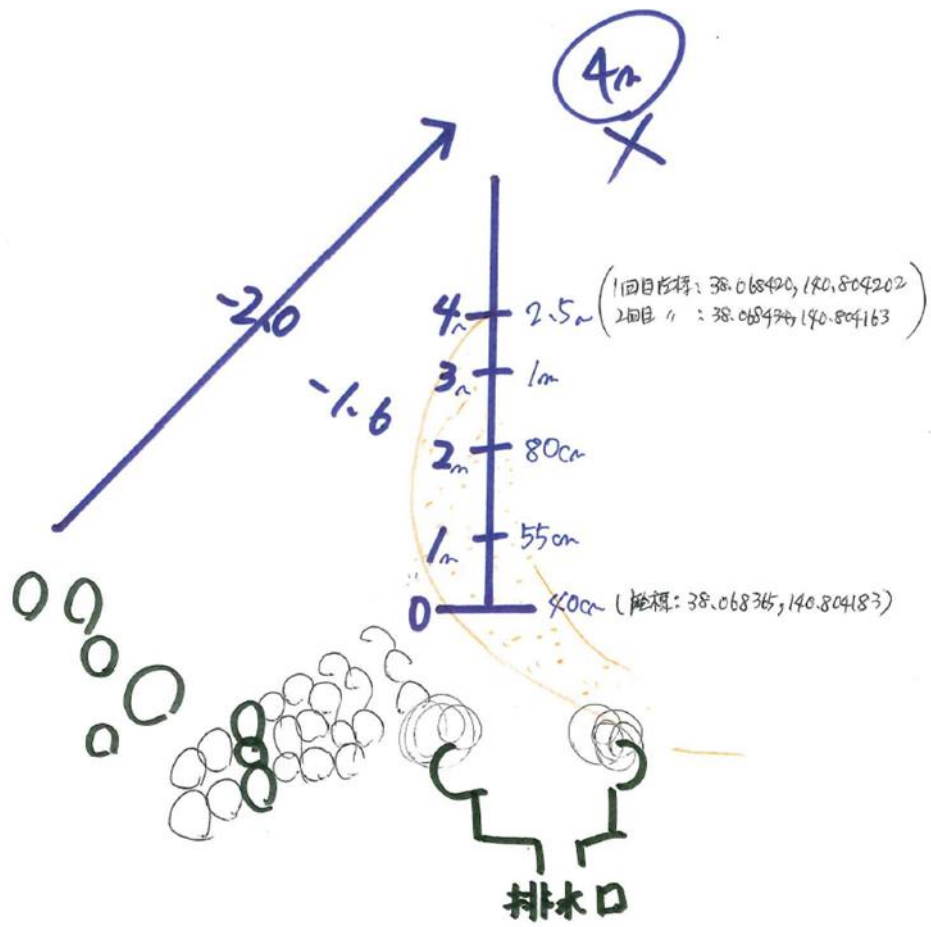


図-3.22 現地調査時の野帳の記録例 その2 (事故発生場所の砂嘴周辺の地形変化状況)

### 3.12 調査まとめ

調査で得た結果を下に示す。

消防からの聞き取り調査の結果、事故発生時、5名の女子中学生が入水し、うち3名が自力で岸へ戻り、2名が行方不明となった。また、溺水者2名は、事故現場下流に位置する国道橋の上から直下に沈水している様子を目撃された後、行方不明となり、翌日、同じ国道橋の床固の構造物の上流側の水面下で発見された。

現場時に領域へ流入する河川水の流入場所および各瀬の幅および代表流速を計測した。

事故発生現場では川砂が川の中央方向へ延伸した砂嘴（さし）の先端部付近で発生した。調査時には透明度は1m程度であり、川岸から砂嘴方向を見ると、水底が見える水深1m程度までは緩勾配の遠浅の地形をイメージする見え方であった。

砂嘴（さし）先端部付近の水底状況を撮影し底質を採取した。底質は比較的粒形の細かい砂状であり、比較的急勾配の地形となっていた。

砂嘴でバランスを崩し足が届かない深みに落ちる様子を動画で記録した。

小型ボートおよび測深器による計測で、現場水域の水底地形を把握した。その結果、瀬の流れが現場水域へ流入する上流側の鉄道橋付近では、水深が大きく3m程度であった。その下流方向では、本流付近は水深が2m程度であるが、深水域の幅は狭くなり、両端の兩岸方向へは浅水域となっていた。また、兩岸方向が浅水域となっている場所では、上流の砂嘴方向へ逆流する水平循環流が発生していた。

UAV 無人航空機を用いて航空写真および動画を撮影した。現場上側には送電線が白石川を横断しており、高高度からの撮影が困難であり、30m程度の上空からの撮影となった。また、砂嘴付近の流れおよび水平循環流を着色剤で可視化し、流況を把握するとともに、UAVで上空から撮影記録した。

### 参考文献

- 1) 河北新報, ”2人水死の白石川で「離岸流」確認 水難学会が現地調査”, 2021年8月3日, <https://kahoku.news/articles/20210802khn000022.html>, 2021.

## 4. 地形情報の作成および地形の特徴把握

### 4.1 取得した地形情報

現地調査では、UAV の上空からの撮影による陸上地形と、作業船および測深器で水深情報を取得した。ここではこれらの情報からそれぞれ数値シミュレーション用の地形情報を作成した。

### 4.2 陸上地形情報の作成

#### (1) 取得航空写真のレンズ歪の補正

UAV で取得した航空写真は、UAV に搭載したカメラのレンズの影響を受け歪が生じている。ここではまず歪の補正をおこなった。ちなみに UAV で使用したカメラ情報は、カメラモデルは Phantom Vision FC200 であり、カメラ設定は 5mm, f/2.8 である。

ここでは、Adobe 社製の Photoshop を用いてレンズ歪の補正をおこなった<sup>1)</sup>。図-4.1 にレンズ歪を補正した例を示す。

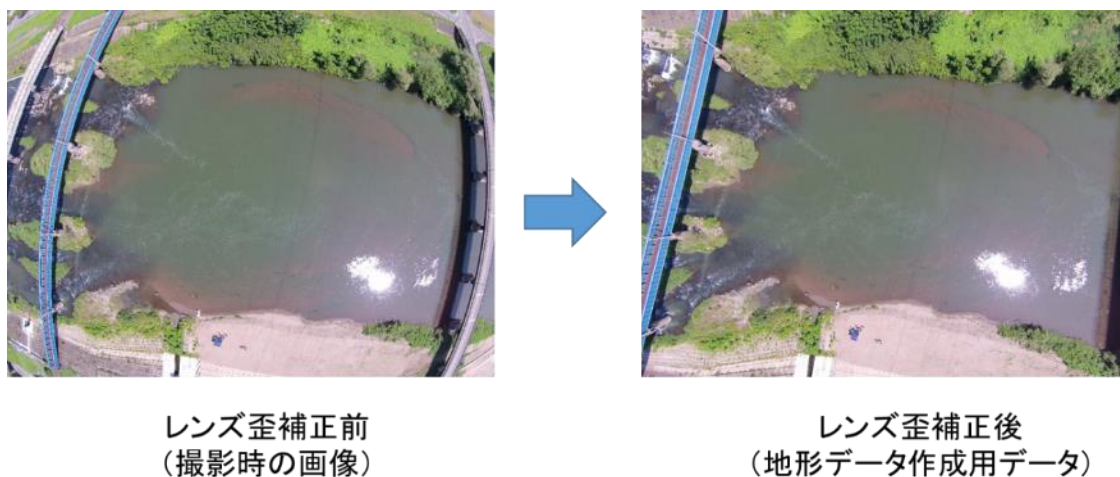


図-4.1 UAV で取得した航空画像のレンズ歪の補正例

(カメラモデル：： Phantom Vision FC200, カメラ設定：： 5mm, f/2.8)

#### (2) オルソ画像の作成

レンズの歪補正をおこなった画像を用いてオルソ画像を作成した。ここでは Agisoft 社の Photoscan を作成した<sup>2)</sup>。なお、オルソ画像とは、写真上の像の位置ズレをなくし、空中写真を地図と同様に真上から見た様に、傾きのない正しい大きさと位置に表示される画像に正射変換したものである<sup>3)</sup>。また、オルソ画像は、写された像の位置および形状が正しいため、地理情報システム (GIS) や地図データなどと重ね合わせて利用することが可

能な地理空間情報である<sup>3)</sup>。図-4.2 にオルソ画像の作成に使用したレンズ歪補正した画像を、図-4.3 に作成した領域のオルソ画像を示す。

また、本業務ではこの情報を用いて更に数値シミュレーションに用いた河岸形状および陸上の数値情報を作成した。

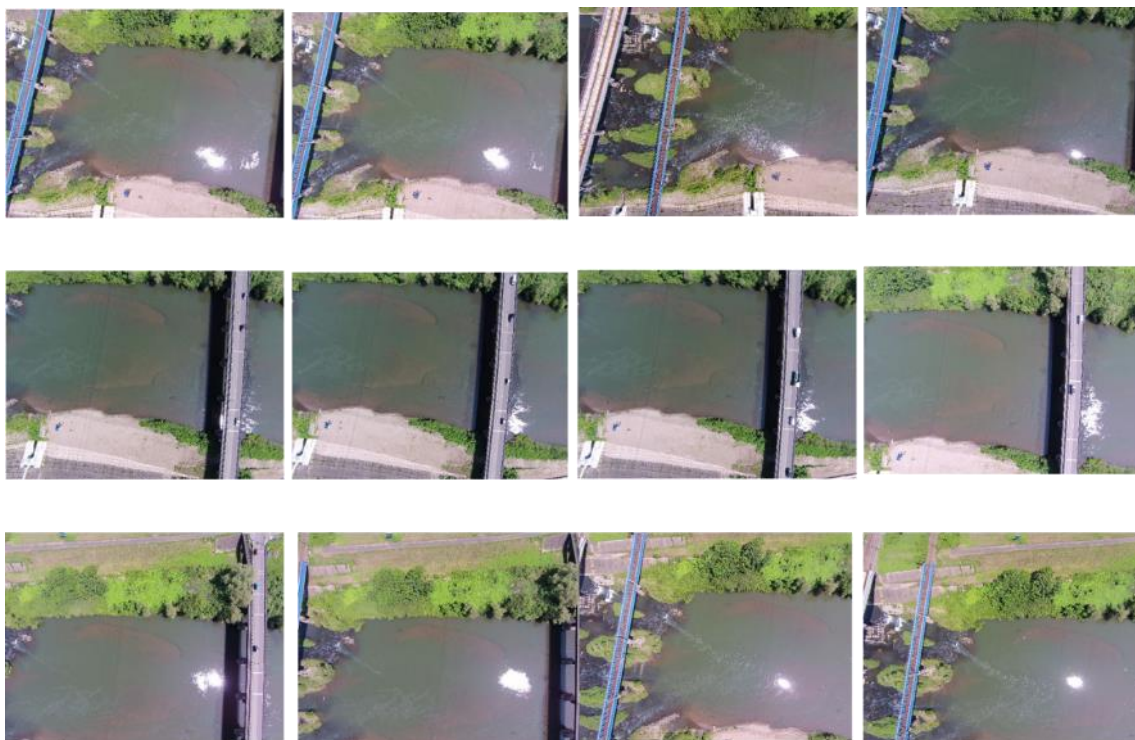


図-4.2 オルソ画像作成に使用したレンズ歪補正後の航空写真



図-4.3 作成した調査領域のオルソ画像

### (3) 作成したオルソ画像と事故発生直後の衛星画像の比較

作成したオルソ画像は調査日の地形であり、事故時の地形と異なる可能性がある。そこでここでは過去の衛星画像と比較をした。ここでは、事故発生後3か月である2020年11月17日の衛星画像と比較をおこなった。図-4.4に調査時と事故後3か月の画像を示す。

また、事故日で救助活動時の事故発生場所である砂嘴の画像と、調査時にほぼ同じ場所から撮影した砂嘴の状況を比較した。図-4.5に示す。図中、左図は事故時の画像であり、右図は調査時の画像である。両図を比較すると、右の調査時では、鉄道橋の橋脚付近から下流方向に延びる玉砂利の砂嘴が確認できるが、左の事故時には玉砂利の砂嘴が形成されておらず確認できない。これは、前章で示したように、事故時の水位は調査時の水位よりも約0.2m上昇していたために、玉砂利が水没していた可能性がある。表-4.1に改めて事故時と調査時の水位および推算流量を示す。流量は国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所より提供いただいたH-Q式を用いて推算した。

しかし、事故時と調査時とでは事故発生場所の砂嘴の形状や状況が異なる可能性があることから、事故後3か月の衛星画像と調査時に作成した現場の航空写真を用いて、事故発生場所の砂嘴の形状を把握した。図-4.6に再度領域の衛星画像およびオルソ画像を示す。図中、左図は2020年11月17日の衛星画像であり、右図は2021年8月2日の調査時の航空写真である。

更に、衛星画像と調査時の河川水位が異なると、水際的位置や地形が異なる可能性もあることから、衛星画像取得時と調査時の水位を比較した。表-4.1に現场上流の船岡大橋における水位を示す<sup>4)</sup>。表より、衛星画像取得時と調査時の水位は2cmしか違いはないことから、ほぼ同様の水位であったと考えられる。

よって、衛星画像の地形も調査時の地形もほぼ同様な水位時の地形であることから、両図を用いて比較をおこなった。図-4.7に白石川右岸側堤防にある放水路の制御のための構造物を起点に縦断方向、横断方向の長さなどを計測した。その結果、以下のことが把握できた。

- ・現場の砂嘴へ流入する瀬の幅はほぼ同じである。
- ・事故発生場所の砂嘴の上流側に位置する、鉄道橋から下流方向へ延伸する玉砂利の砂嘴の先端位置は、両図ともほぼ同じである。
- ・事故発生場所の砂嘴の先端部の位置は両図ともほぼ同じである。

条件より、両図の砂嘴付近の地形はほぼ同様であると考えられる。

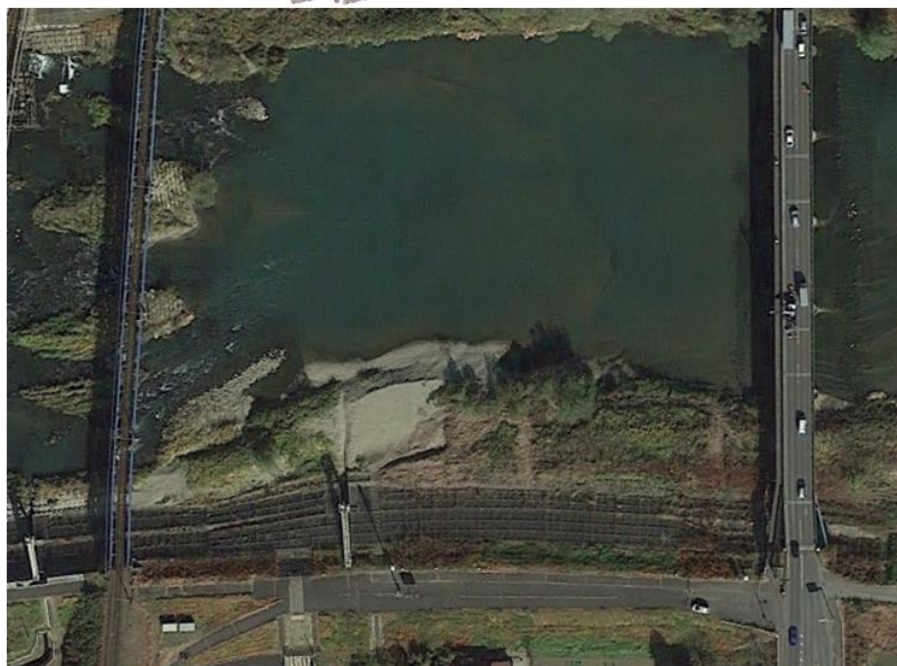


図-4.4 作成したオルソ画像（上，2021年8月2日）と事故発生後3か月の衛星画像（2020年11月17日）



図-4.5 事故発生場所の地形の比較（左：事故時 2020 年 8 月 6 日，共同通信），（右：調査時 2021 年 8 月 2 日）



図-4.6 事故発生場所の地形の比較（左：Google Earth，2020 年 11 月 17 日，右：調査日，2021 年 8 月 2 日）

表-4.1 衛星画像と調査時、事故時の河川水位の比較



**事故時** : 2020年8月6日13時20分頃通報  
 (11時20分～14時40分まで水位8.23m) → 推算流量: 33.67m<sup>3</sup>/s  
**調査時** : 2021年8月2日9時(水位8.02m) → 推算流量: 13.88 m<sup>3</sup>/s  
**Google Earth**: 2020年11月17日昼頃(水位8.00m) → 推算流量: 12.54 m<sup>3</sup>/s

H-Q 式提供；国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所

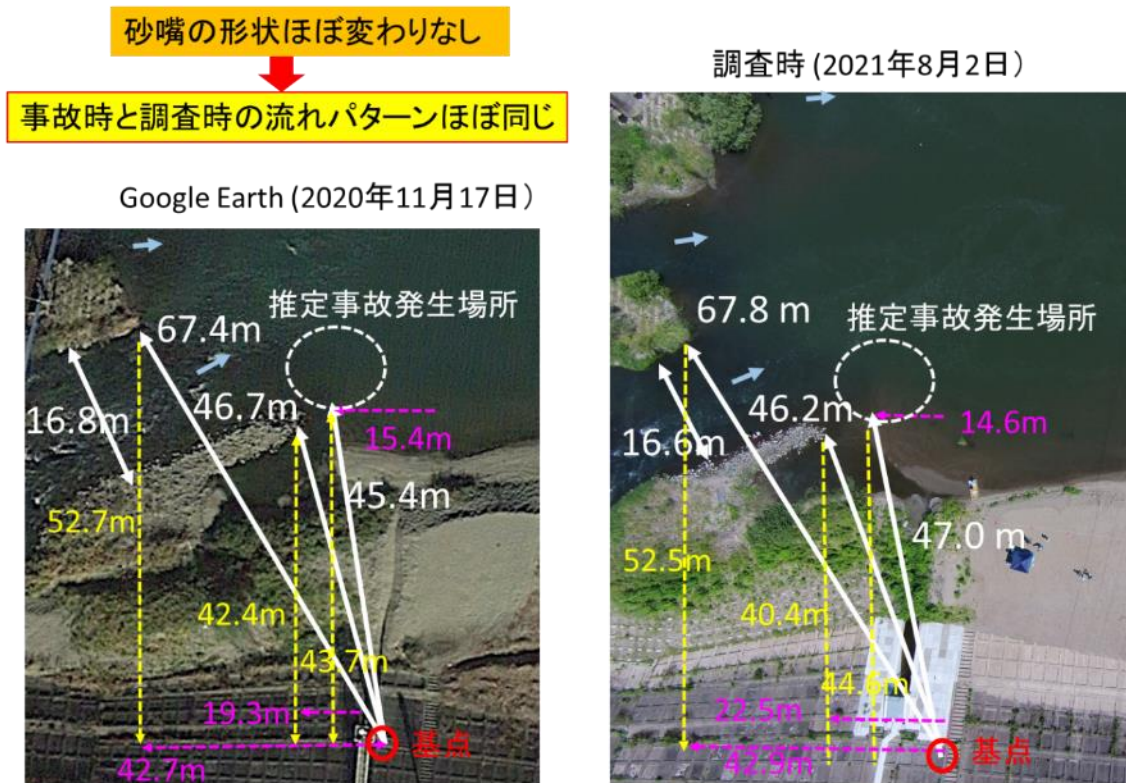


図-4.7 事故後3か月と調査時の砂嘴(さし)の比較(左: Google Earth, 2020年11月17日, 右: 調査日, 2021年8月2日)

### 4.3 水深情報の作成

作業船に設置した測深器で取得した情報から流域の水深情報を作成した。

図-4.8 に作業船の航跡を示す。図に示すように、水深が浅く、船が進入できない領域以外の領域内全域を測量した。

図-4.9 に測深器が取得した水深情報から測深器が作成した現場水域の水深を UAV で作成したオルソ画像に重ねた図を示す。また、この図を更に等水深線で示した図を図-4.10 に示す。この図を基に数値シミュレーション用の 1m 格子間隔の地形データを作成した。図-4.11 に作成した数値シミュレーション用の地形データを示す。この地形を立体的に鳥観図的に示した図を図-4.12 に示す。図より、流域への流入場所付近では水深が深く、そこ

から下流方向へは河川中央に深い流下場所があり、その両端の両側方向は浅い水深となっている。また、事故発生場所である砂嘴の先端部では水深が急激に増大していることがわかる。

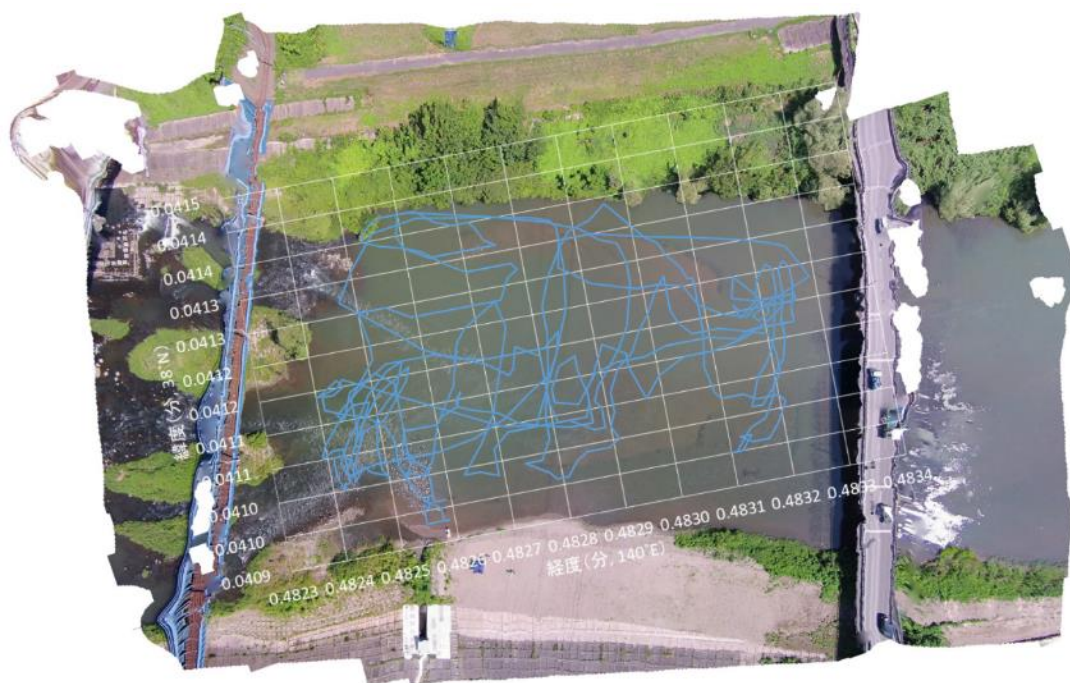


図-4.8 測量船の航跡および強制取得水深点

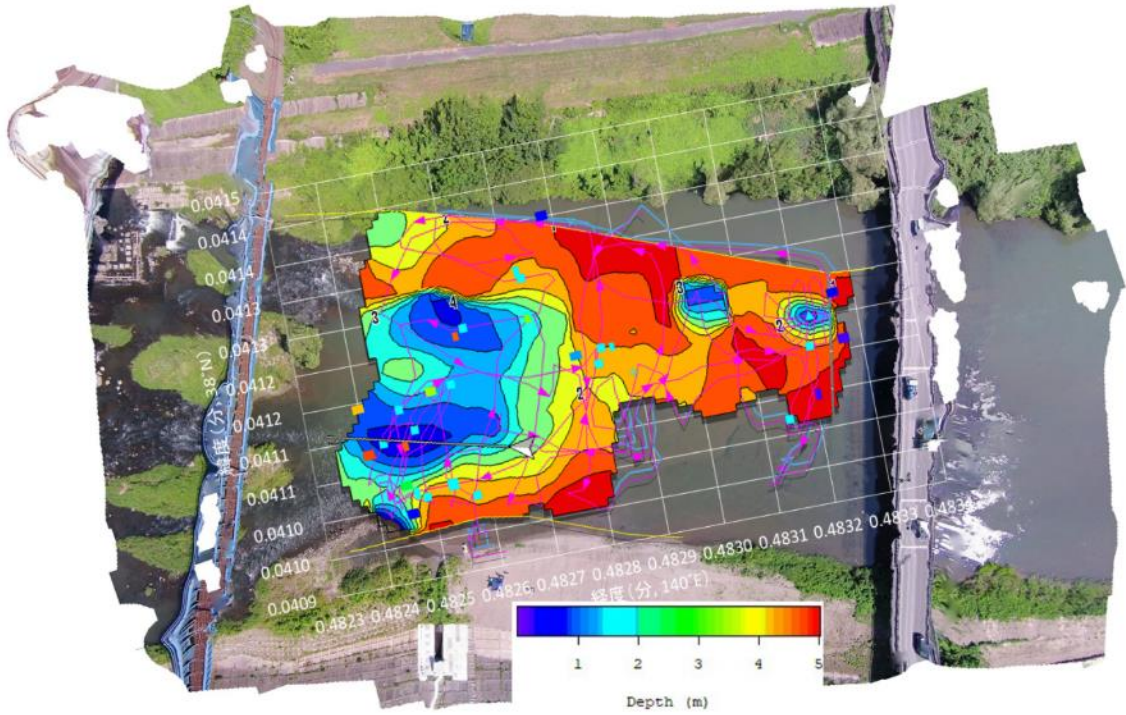


図-4.9 測量船の航跡および自動取得水深分布

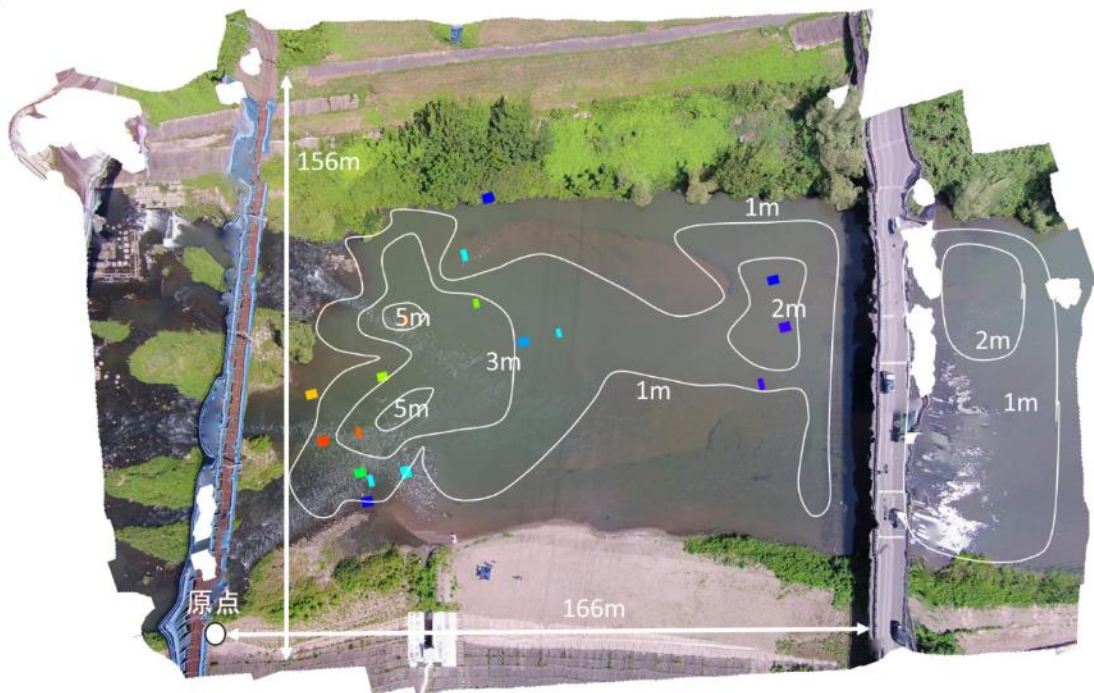


図-4.10 測量船で取得した水深分布

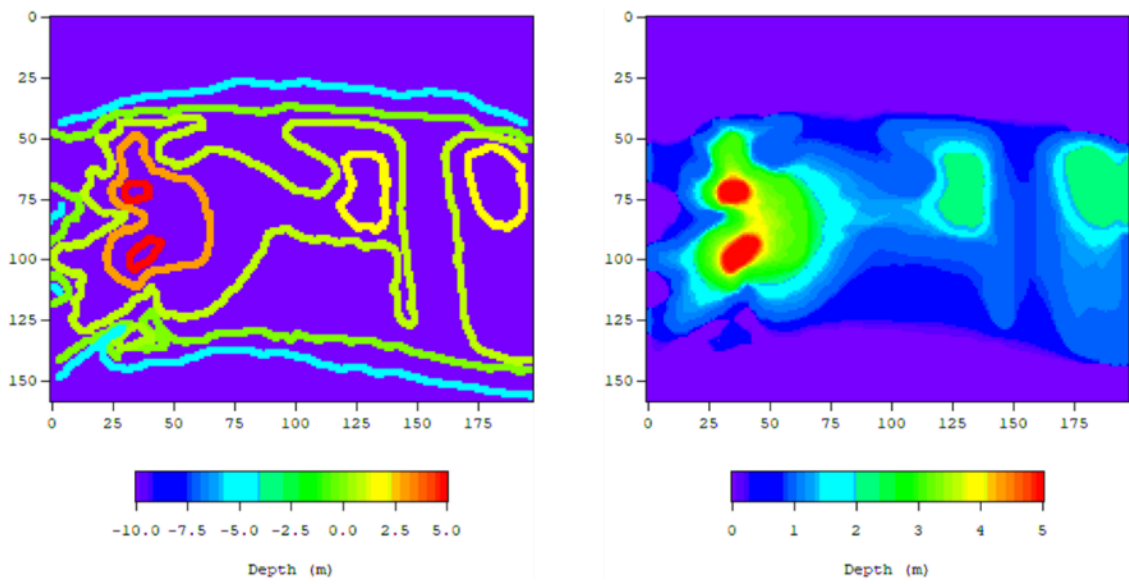


図-4.11 数値シミュレーション用に作成した水深情報

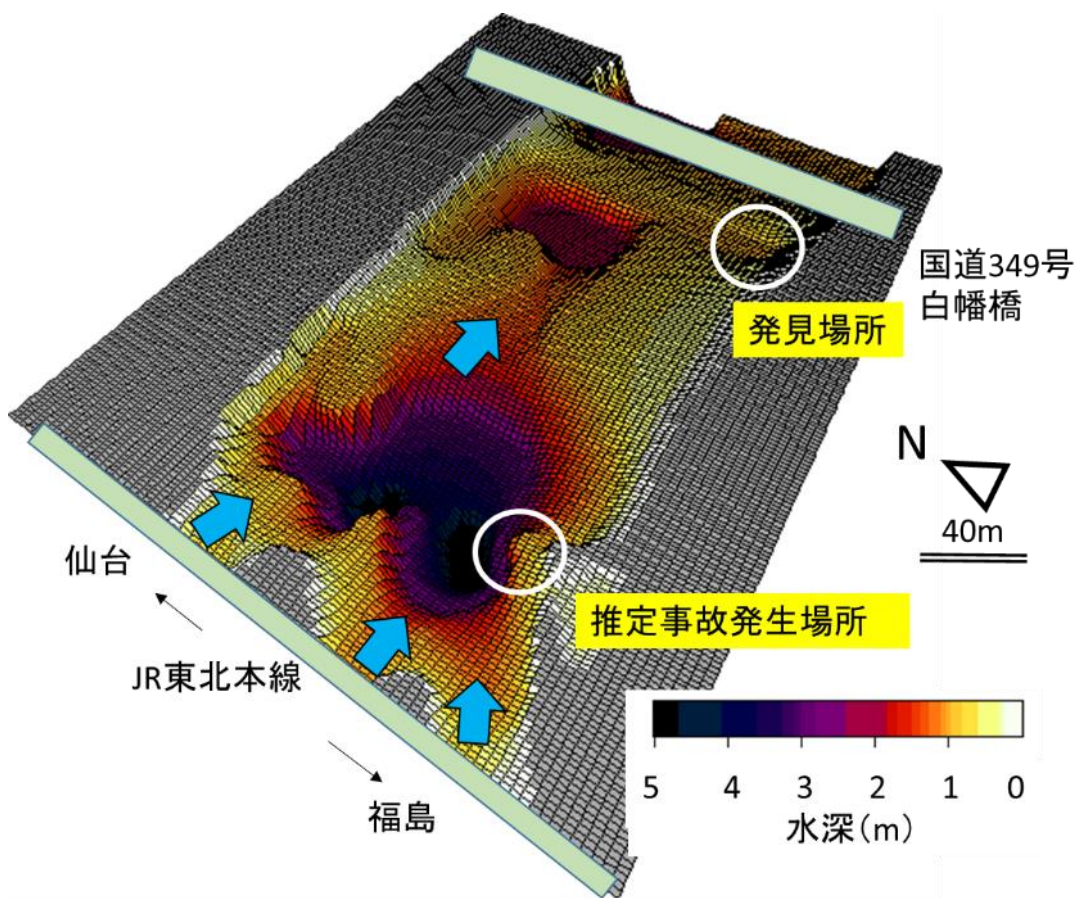


図-4.12 現場水域の鳥観図

#### 4.4 事故発生場所の砂嘴先端部の地形的特徴

現地調査時には、事故発生場所である砂嘴の先端部付近の地形状況を把握している。その結果では、図-4.13 に示すように川岸から見た砂嘴は水底が見えるほど浅い水深が続く遠浅の地形に見える。しかし、砂嘴の先端部では、股下水深の場所に立っている調査員から約 2m 河川中央方向へ移動した場所にいる調査員は顎上の水深となっており、砂嘴の先端部では急勾配であることがわかる。

図-4.14 は、砂嘴の川岸近くから砂嘴の先端方向を見た様子である。股下水深の場所に立つ調査員の足元は水底の底質の土砂が見えているように茶色に見えているが、水底の様子はわからず、透明度は約 1m 程度であった。また、砂嘴の先端部で測量棒を持つ調査員の場所では水深が増大しており、顎上水深であることがわかる。

この砂嘴付近の水深変化をまとめると図-4.15 のようになる。図のように、川岸から河川中央方向へ 3m 程度の位置までは約 10 度程度の緩勾配で水深は徐々に増大している。ここでは最大水深は 1m 程度であり、透明度の関係で水底が見える。しかし、水深 1m 以深で水深約 2.5m 程度までは 56 度の角度となっている。また、それから勾配が緩やかになり、最大水深である約 4m

図-4.16 に砂嘴の先端部付近の水底の状況を示す。図のように川砂が堆積している様子がわかる。また、この場所で川砂を採取し、粒径加積曲線を求め、粒度分布および中央粒径を把握した。図-4.17 に砂嘴先端部の底質の粒度分布を示す。図より、中央粒径は約 1.4mm であり、比較的細かい粒度分布であった。

この中央粒径の時の砂の水中の安息角を様々な手法で把握した。安息角とは、水底の斜面を崩れることなく維持することができる限界の角度をいう。図-4.18 は水中における安息角を求める曲線であり、中央粒径から安息角を把握することができる<sup>5)6)</sup>。図より、中央粒径が 1mm 程度の場合は、安息角は 29° から 34° 程度である。

また、計算で安息角（水中）を求める式も公表されている。Gibson によると、平均粒径と安息角の関係は次式で示される<sup>6)</sup>。

$$\tan\phi = K_1 d_m^{0.125} s^{0.19} \gamma_1^{0.25} \quad (4.1)$$

ここに、

$\phi$ : 水中安息角 (度),  $d_m$ : 平均粒径(mm),  $s$ : 砂の水中比重( $s=\sigma/\rho-1$ ),  $\sigma$ : 砂の密度,  $\rho$ : 水の密度,  $\gamma_1$ : 砂の最長径と最短径との比.  $\sigma=2.688 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  である。

計算では、例えば強い流れなど水を乱す状態を想定して、 $K_1=0.47$ 、 $S=2.688/1-1=1.688$ 、 $\gamma_1=1$  と仮定すると、式 (4.1) によると  $\tan\theta$  は次式となる。

$$\tan\phi=0.47\times 1.4^{0.125} \times 1.688^{0.19} \times 1^{0.25} =0.54145 \quad (4.2)$$

したがって  $\phi=28.2$  度となる。

式中、 $\gamma_1$  は未定なので、数値を変化させて計算した。例えば、 $\gamma_1=1.5$  の時、 $\tan\phi=0.494267$ 、 $\phi=31.0$  度であり、 $\gamma_1=0.5$  の時、 $\tan\phi=0.375562$ 、 $\phi=24.5$  度である。

また、水を乱さない状態を想定した  $K_1=0.61$  でもそれぞれ計算をおこなった。

計算結果を図4-19に示す。図より、安息角は乱れがある状態では24度から32度の範囲、乱れない場合には28度から38度程度の角度であった。

以上より、砂嘴先端部付近での安息角は計算上では最大でも約40度程度であると考えられる。しかし図-4.15によると砂嘴先端部の角度は56度となってより、計算結果と若干の相違がある。この原因として、位置の計測に使用したGPSが単独計測であったことや、顎上水深の場所での水深計測時に、流れにより移動したことにより、水深計測場所と測位場所がずれた可能性が考えられる。

しかし、いずれにしても、砂嘴の先端部の水底勾配は底質を形成する川砂が傾斜を維持するぎりぎりの角度である安息角であると考えられる。

これにより、砂嘴先端部では常に川砂が供給される場所であると考えられる。

最後に、図-4.20に、現場における底質の中央粒径による流速と侵食または堆積の関係を示す。図より、流速が0.4m/s程度以上では侵食傾向となり、流速が0.07m/s程度以下になると堆積傾向になることがわかる。



図-4.13 調査員の水没状況からみる水深変化状況



図-4.14 調査員の水没状況からみる水深変化状況および透明度

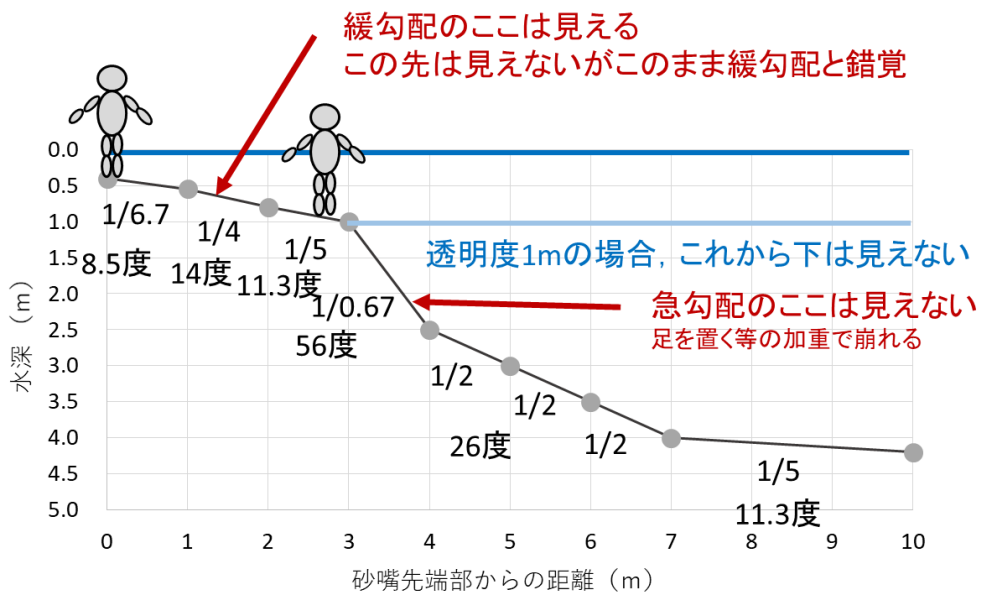


図-4.15 水底勾配の距離変化と透明度で水底が見える範囲



図-4.16 底質採取場所付近の水底の状況

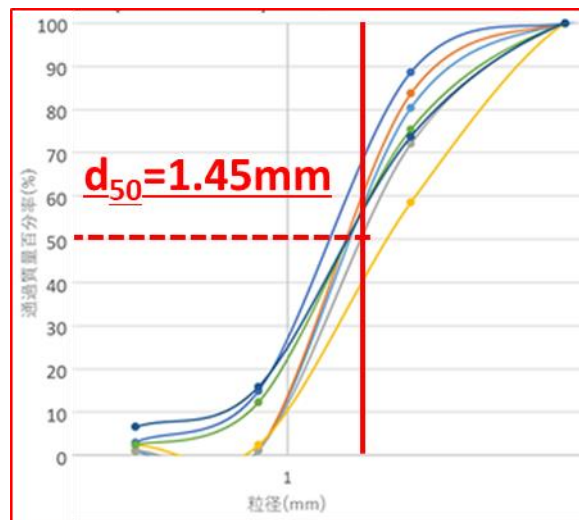


図-4.17 粒径加積曲線（砂嘴先端部の川砂の粒度分布）



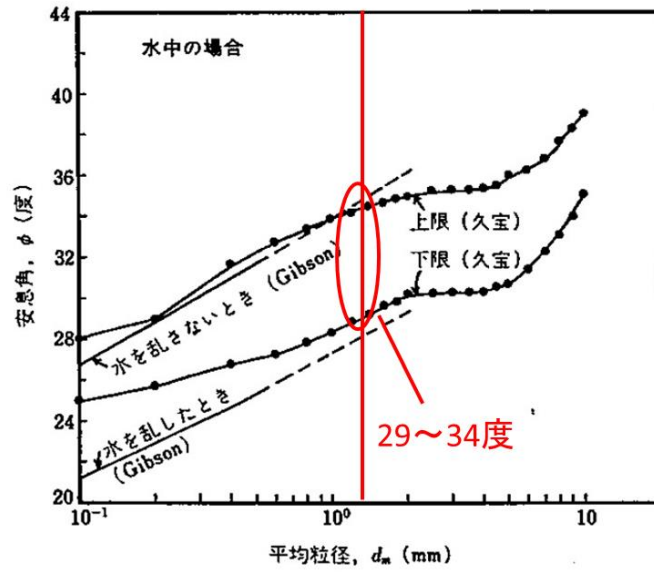


図-4.18 安息角（水中）と平均粒径の関係（一般的には 30~40°）

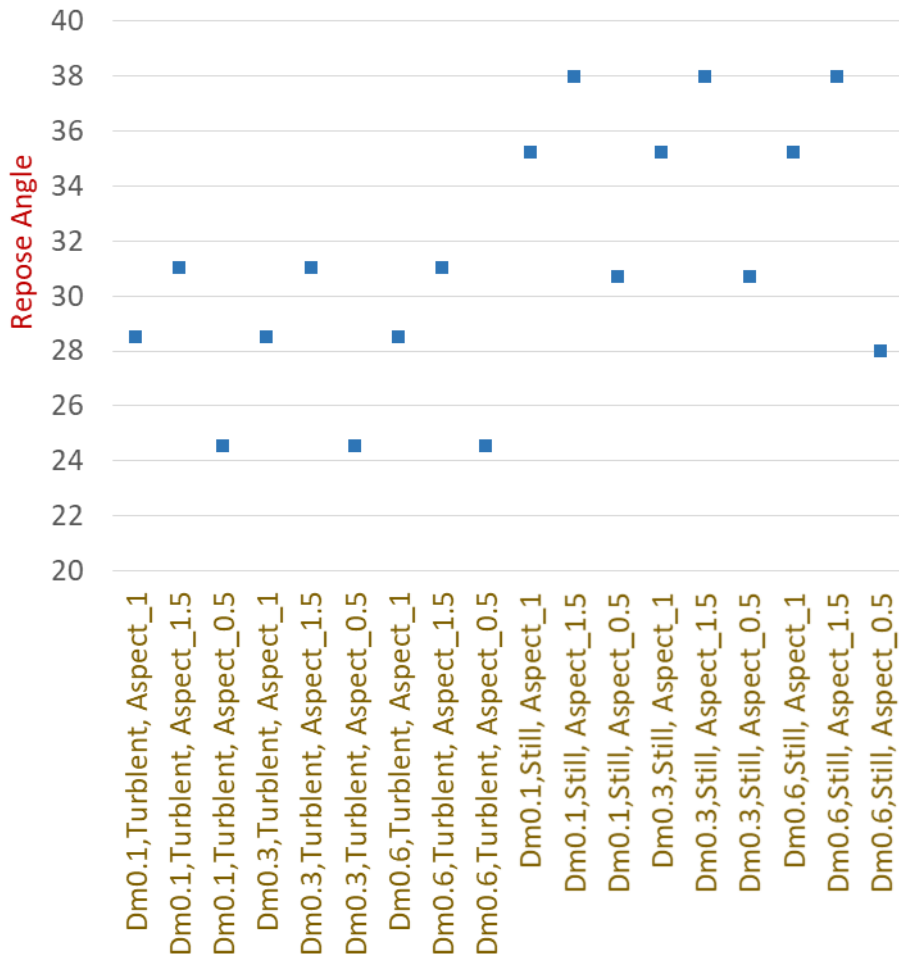


図-4.19 中央粒径および扁平率、乱流・層流の違いによる安息角の関係

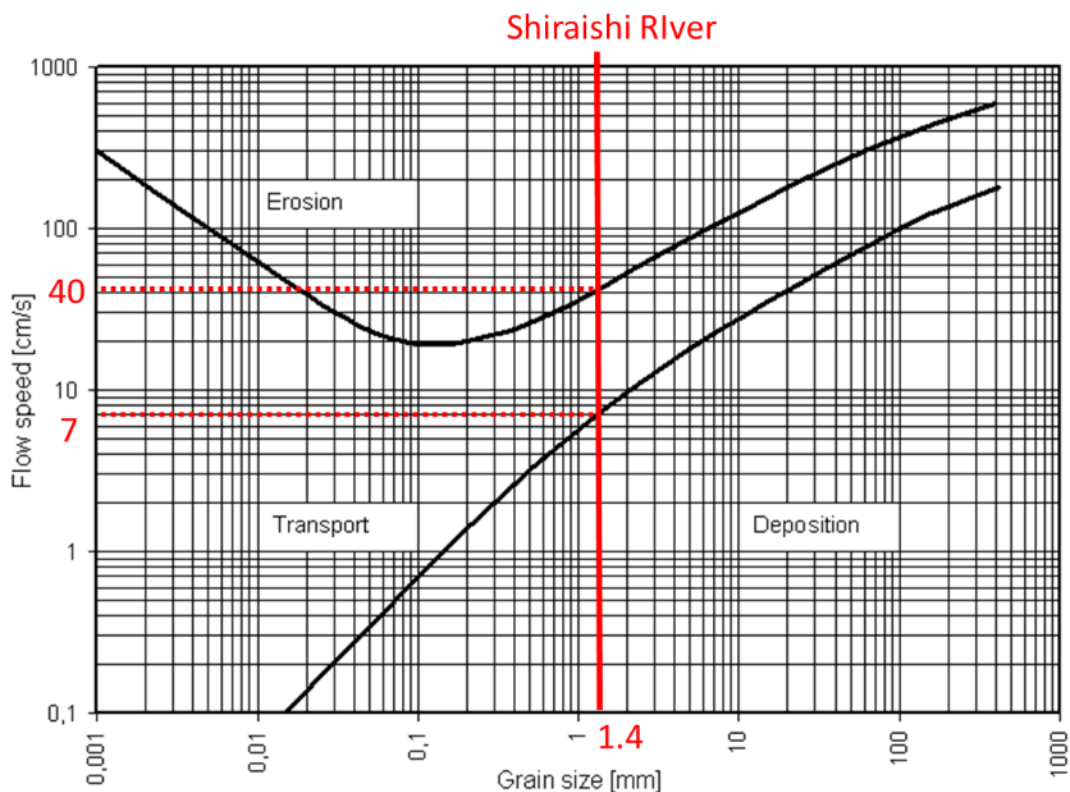


図-4.20 河川流速と砂の粒径から求めた浸食・堆積の関係 (Hjulstrom's Curve)

#### 4.4 地形情報の作成および地形の特徴把握まとめ

調査時と事故発生時の流量や水位の違いを把握し、調査時は事故時よりも水位は約0.2m低く、調査時の河川流量は事故時の約半分であることを確認した。

また調査時に取得した水深情報や航空写真などから地形データを作成するとともに、事故時と調査時の砂嘴や河川形状の変化などを把握した。その結果、事故時と調査時には大きな地形変化は生じていないことを確認した。

事故発生場所の砂嘴先端部付近の底質の中央粒径を把握した後に砂嘴先端部における限界勾配である安息角を推算し、調査で把握した実際の砂嘴先端部の勾配を把握した。その結果、砂嘴先端部の地形勾配は限界勾配であり、砂は常に供給されていること地形であることが分かった。

調査で取得した水深および航空写真から現場領域の水深の1m格子間隔の数値データを作成した。それによると砂嘴先端部は急勾配であり、その先は最大約4mの水深の水域があることを確認した。また、流下方向へ大水深の地形は狭くなる地形であることを確認した。

## 5 事故時の流況把握

調査時に取得した地形情報から作成した地形データを用いて、流れの数値シミュレーションを実施した。

### 5.1 流れの数値モデル

#### (1) 座標系の定義と基礎方程式

平均水面上の一点を原点とし、直交座標系を図-4.21 のように定義する。

ここに、 $x, y$ 軸は平均水面上とり、また、 $z$ 軸は鉛直上方に取る。また、 $u, v, w$ はそれぞれ  $x, y, z$  軸の流速を示し、さらに、 $\xi = \xi - h$ 、および  $Z = \xi$  はそれぞれ海底および水面を表すものとする。

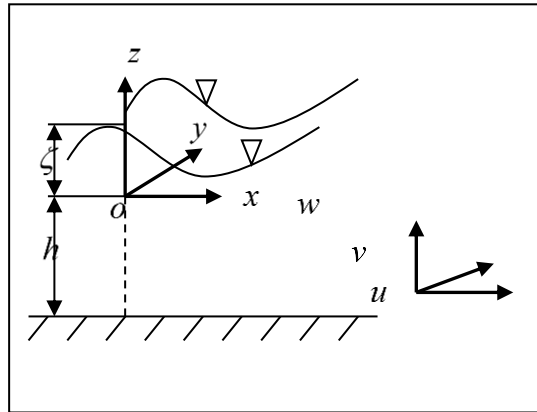


図-4.21 座標系の定義

この座標系で、連続式と運動方程式を2次元化した式(4.3)および式(4.4a,b)に示すような基礎方程式を用いた。

ここで、連続式は次のように示す。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{(\xi + h)u\} + \frac{\partial}{\partial y} \{(\xi + h)v\} = \frac{\partial b}{\partial t} \quad \text{式(4.3)}$$

また、 $x$  および  $y$  方向の運動方程式は、それぞれ2式で示す。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} - A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{(\xi + h)C^2} = 0 \quad (4.4a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial y} - A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{(\xi + h)C^2} = 0 \quad (4.4b)$$

ここに、 $t$ : 時間、 $A_h, A_v$ : 水平・鉛直渦動粘性係数、 $C$ : Chezy 係数である。

これらの連続式および運動方程式を陽的に差分化し、時間を発展させて水位および流速の数値シミュレーションを実施した。

また、この数値モデルでは、連続式および運動方程式で水位および流速を計算すると同時に移流拡散計算が行えるように改良を行っている。本シミュレーションでは、次(4.5)を用いて点源で仮想的に無次元1の濃度を与え拡散計算を行った。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} - A_h \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (4.5)$$

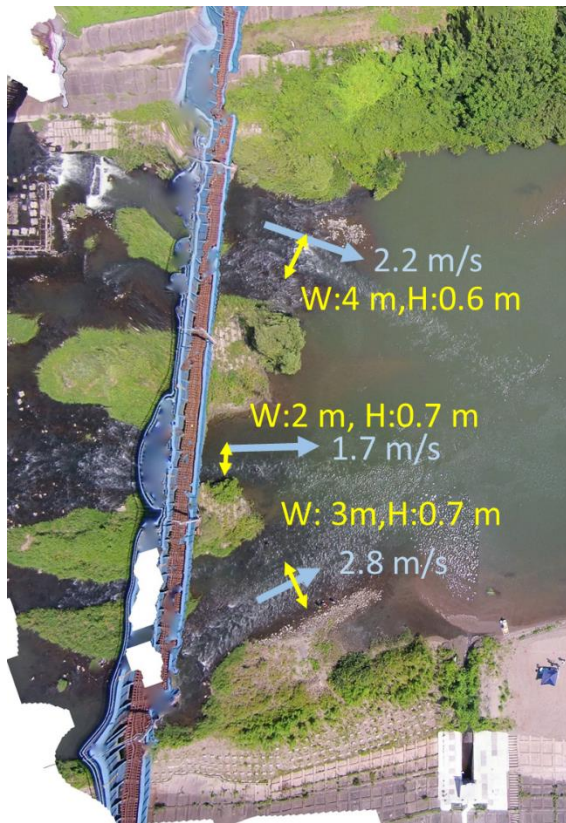
ここで、 $u$ は $x$ 方向流速、 $v$ は $y$ 方向流速、 $C$ は濃度、 $A_h$ は水平渦動粘性係数である。

## (2) シミュレーションに使用した主要パラメータについて

この数値シミュレーションでは、縦159格子、横198格子の1m間隔の格子状の水深データをを用いて、領域の上流端で河川流量を入力し、時間を発展させながら各時間における各格子での水位および流速を計算している。このシミュレーションでは、事故時の河川流量を用いて実施した。ここでは、入力した河川流量は船岡大橋の河川水位から推算した流量を用いた。

しかし、図-4.22に示すように領域の上流側は瀬となっており、ここでは瀬から流量を流入させる必要がある。ここでは、調査時に求めた各瀬の断面積および流量の割合から事故時における各瀬の断面積および流量を推算した。図-4.22に、調査時の各瀬の断面における流入量およびそれから推算した事故時における各瀬の断面における流入量を示す。

その他では、計算時のタイムステップは0.05秒として60秒ごとに計算結果を出力させ、合計20分間計算を実施した。



全流量(船岡大橋)  
 調査時: 13.88 m<sup>3</sup>/s  
 事故時: 33.67 m<sup>3</sup>/s

流量  
 調査時: 5m × 0.6m × 2.2m/s = 5.28 m<sup>3</sup>/s  
 事故時: 33.67 × (5.28/13.54) = 12.81 m<sup>3</sup>/s

流量  
 調査時: 2m × 0.7m × 1.7m/s = 2.38 m<sup>3</sup>/s  
 事故時: 33.67 × (5.28/13.54) = 12.81 m<sup>3</sup>/s

流量  
 調査時: 4m × 0.7m × 2.8m/s = 5.88 m<sup>3</sup>/s  
 事故時: 33.67 × (5.28/13.54) = 12.81 m<sup>3</sup>/s

調査時の全流量(数値計算用)  
 5.28 + 2.38 + 5.88 = 13.54 m<sup>3</sup>/s

図-4.22 現場水域へ流入する瀬の流量の推算

### (3) シミュレーション結果

シミュレーションでは、上流端で同流量を入力しているため、ある程度時間が経過すると、流域の状況は安定する。

図-4.23 および図-24 に、シミュレーション開始後 20 分の流況で、事故発生時の流速および流況ベクトル、水深分布を示す。図-4.23 より、砂嘴先端部の事故発生場所では、0.5m/s 程度の流速であったと考えられる。また、主に 3 か所から領域に流入した流れは事故発生場よりも下流側で 1 つに合流し、蛇行しながら下流方向へ流下している。また、図-4.24 より、事故発生現場の下流側(右岸側)と、左岸側で大きな水平循環流が発生していることがわかる。図-4.23 によると、水平循環流の流速は、右岸の事故現場下流側で 0.1m/s 程度以下、左岸側ではもう少し早い流速で最大で 0.2m/s 程度となっている。

調査時には流況も把握しており、調査結果時の流況パターンと比較をした。図-4.25 に調査時の野帳を示す。図より、シミュレーション結果と同じ場所に水平循環流が発生していることが確認できる。調査時と事故時では流量が異なるために流速などの比較はできないが、水位差が約 0.2m 程度しか相違がないことから流況パターンは同様であったと考えることができ、シミュレーション結果は定性的には領域の流況を再現できていると考えられる。

流況の再現を確認した後に拡散計算を実施し、事故発生現場からの河川水の流路および

移動速度などを把握した。図-4.26 に流況安定後に開始した拡散計算結果で、1 分ごとの拡散状況の変化を示す。図より、事故発生場所から河川中央方向へ流下した後、最速で約 6 分で国道橋付近へ到達している。また、国道橋方向へ到達した流れは、流下する方向と左岸側の水辺循環流で上流へ漂流していることがわかる。溺水者が最後に目撃されたのは国道橋の左岸側であったが、シミュレーション結果でも左岸方向へ流下しており、定性的に流れはよく再現されていると考えられる。

s

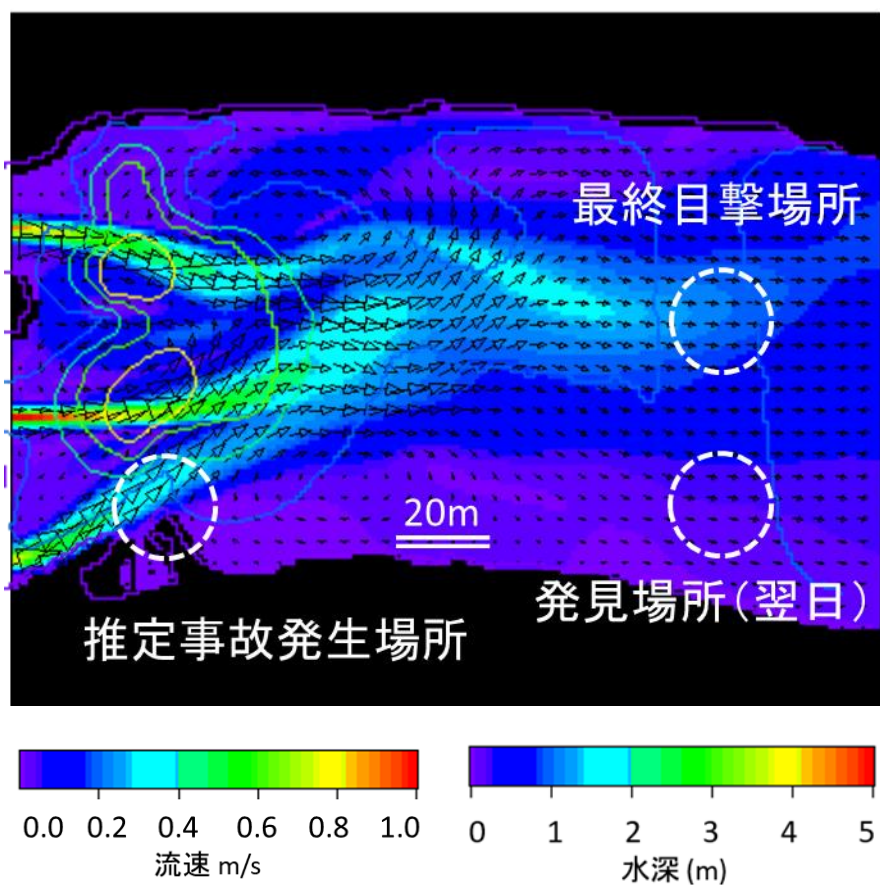


図-4.23 事故時の流速分布および流れベクトル、水深コンター

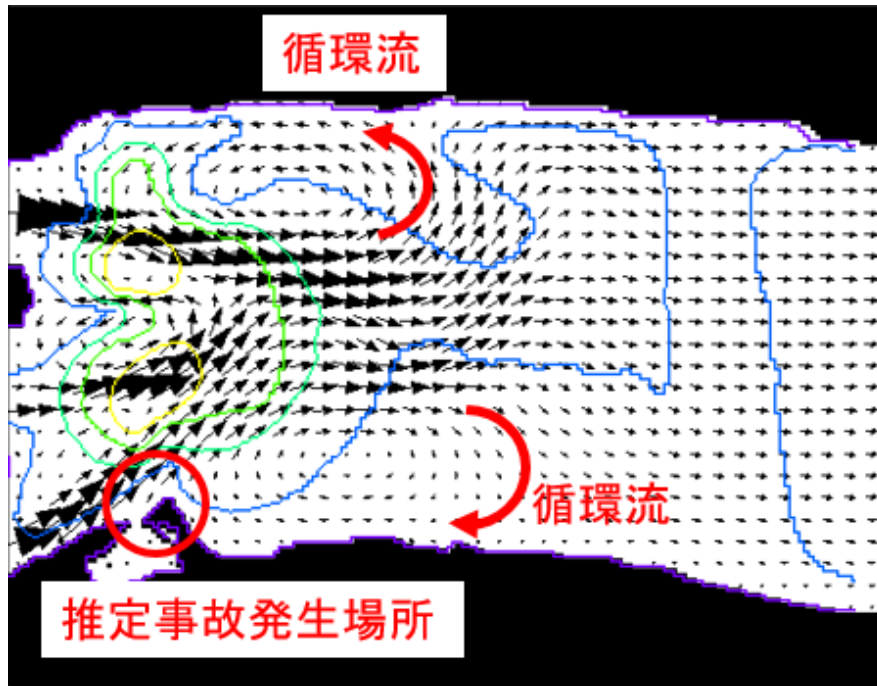


図-4.24 事故時の水深分布および流れベクトル

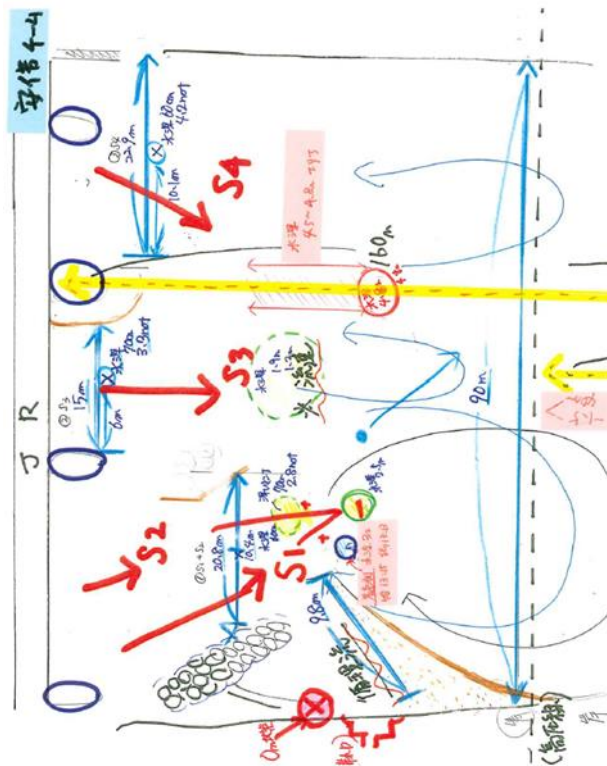


図-4.25 調査時の流況パターン記録

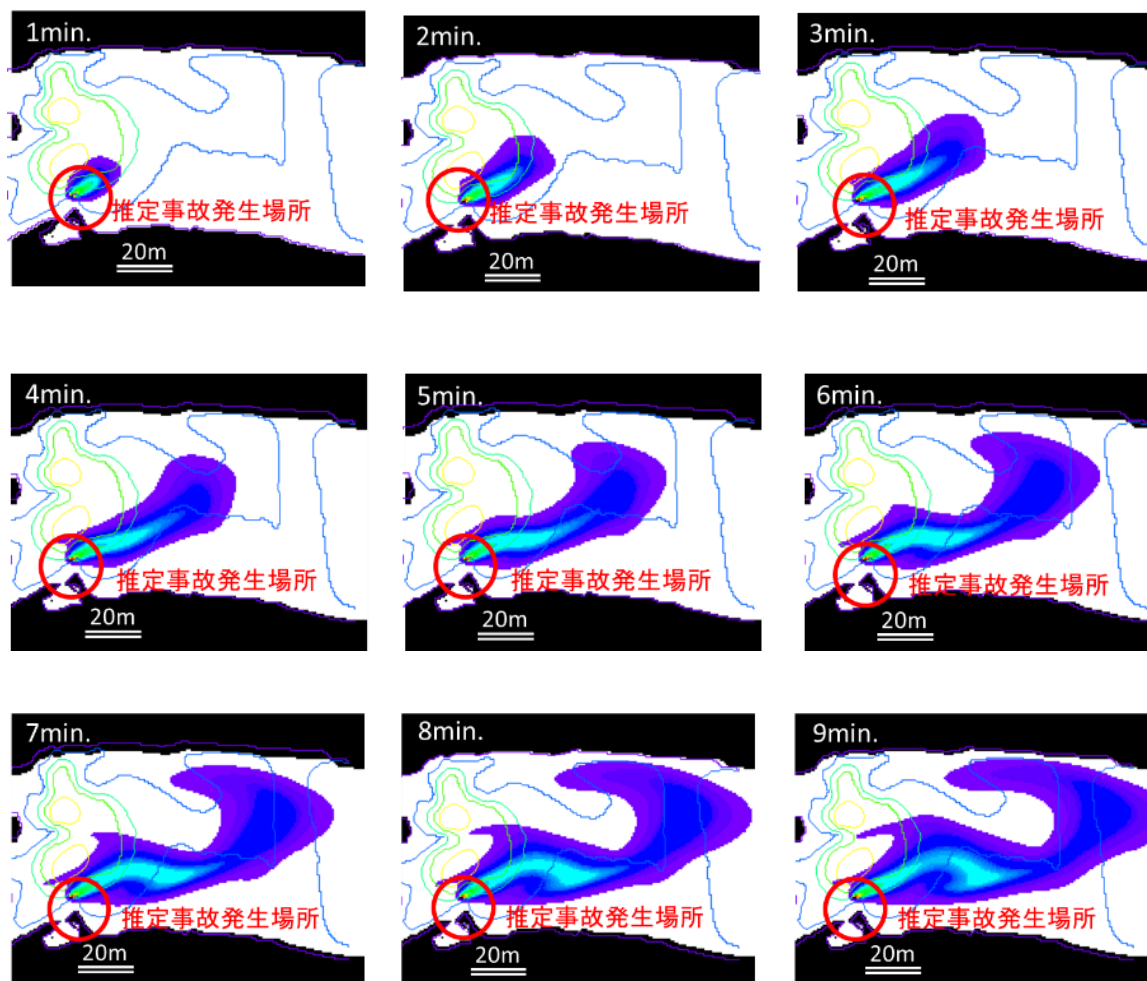


図-4.26 事故現場からの流下状況（1分ごとの状況）

## 5.2 シミュレーションまとめ

現場水域の流況を再現することができた。それによると、河川流の主流となる場所では約  $0.5\text{m/s}$  程度の流速であり、事故発生場所の砂嘴の先端部付近の流速は約  $0.4\text{m/s}$  であった。

また砂嘴下流部の両岸で水平循環流が発生している状況を再現できた。右岸側の水平循環流が生成している要因として、砂嘴の突出による地形効果により流れの剥離が生じたことが原因であると考えられる。また、左岸側の水平循環流が生成している要因として、左岸側の瀬が領域へ流入する際に、噴流のように流入することで、左岸側に流れの剥離が生じたことが原因であると考えられる。

漂流シミュレーションを実施することで、事故発生場所からの流下状況を把握することができた。それによると、流下後は河川中央部方向への本流の右側を流下するとともに、最短では約 6 分で国道橋下へ到達していることが把握できた。また、国道橋下付近では左岸側に向けた大きな水辺循環流が生成していることを確認した。



#### 参考文献

- 1) Adobe 社、”Adobe Photoshop とは？こだわりが伝えられる画像編集ツール “、  
<https://www.adobe.com/jp/products/photoshop/beginner.html>
- 2) Agisoft 社、”Photoscan”、<http://www.kobeseiko.co.jp/soft/PhotoScan.html> .
- 3) 国土交通省国土地理院、“オルソ画像とは”、  
<https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40002.html> .
- 4) 水文水質観測所情報、“船岡大橋”、国土交通省、水文水質データベース、  
<http://www1.river.go.jp/cgi-bin/SiteInfo.exe?ID=302011282206100> .
- 5) 久宝保，“土砂の水中傾斜角について”，土木技術，第6巻，第5号，1951，pp.2-4.
- 6) Allen, J., “Scale Models in Hydraulic Engineering”, Longmas, Green and Co., 1947,  
p.212.

## 6. 事故が発生する要因の考察

砂嘴は川岸から川の中央に向かって延伸する遠浅の砂状の地形であり、水深が大きくなる砂嘴先端部付近では川水の透明度の問題で水底の状況を確認することができないことから川岸から見える浅い水深の状態でも川の中央付近までいけると錯覚する形状である。しかし、前述のとおり、砂嘴の先端部では底質の性質によって決まる安息角となる急勾配となっている事が多い。このような場所では1歩前進しただけで頭1つ分の高低差があり、対応を間違えるとそのまま沈水してしまう。

更に、砂嘴では通常は砂が供給されていることが多く、堆積場所では底質は緩んだ状態であることから、足を踏み入れただけで勾配を維持することなく崩壊することから、通常よりも更に足場が悪い状態となっている事が多い。

また、砂嘴付近では、砂嘴の先端部方向へ向かう水平循環流が流入していることが多い。これは砂嘴で溺水している人体を本川の流れの方向へ更に押し出す方向の流れとなり、砂嘴に戻るにはこの流れに逆らう必要も生じることがある。この流速は本川の流速よりも小さいが、足がぎりぎり届く水深で足を下へ伸ばしている状態では、手漕ぎだけで流れに逆らう状態であり、既往研究成果では、成人男性でも0.2m/sの流速にかろうじて逆らえる程度である。

これらの要因により、砂嘴先端部付近では事故が発生しやすいと考えられる。

## 7. 事故発生の防災策

以上までの内容により、事故発生を防止するためには、次の内容に注意する必要があると考えられる。

- (1) 砂の河岸では川遊びしない
- (2) 砂洲に沿って歩かない
- (3) 膝より深い水深に立ち入らない

また、もし流された場合にはそれに対処できるための背浮きなどのスキルを取得しておく必要があると考えられる。

令和 2 年（2020 年）6 月 2 日に福岡県大  
木町で発生した小学生児童の用水路溺水事  
故の要因把握について

令和 4 年 3 月

水難学会 事故調査委員会

## 1. 目的

本業務では、事故の発生要因を把握することを目的とする。

## 2. 本業務の流れ

まず、

### (1) 事故に関する情報の事前収集

新聞記事などの報道記事の収集や、事故発生日および直前の気象や海象を把握した。

### (2) 現地調査

調査時での潮位や流況などを把握するとともに、事故発生場所の推定をおこなった。

### (3) 聞き取り調査

救助活動を実際におこなった所轄消防および、事故現場を管轄する役場を訪問し、事故状況などを伺った。

### (4) 考察

事故発生場所での事故発生要因などを考察した。

### 3. 事故状況を報道する新聞記事抜粋

(1) 日本経済新聞、2020年6月2日 21:44 (2020年6月2日 22:23 更新)

#### 小学生2人が溺れ意識不明 福岡・大木町の水路で

2日午後5時40分ごろ、福岡県大木町の水路で町立小の男児2人が溺れ、いずれも意識不明の状態です。福岡県警筑後署が容体や状況の確認を進めている。



小学生の男児2人が溺れていた福岡県大木町の水路（2日午後9時すぎ）＝共同

同署によると、2人はそれぞれ高学年と低学年ぐらいで、兄弟とみられる。水路は水深、幅ともに3メートル程度。近くに釣りざお1本と自転車1台があった。友人の小学生が助けを求め、近所の女性が119番した。

町教育委員会によると、6月から通常授業を再開し、2人は2日も登校していたとみて、詳しい身元確認などを急いでいる。

近所に住む70代男性は午後5時20分ごろ、2人がフェンスやガードレールの先にある水路脇で釣りをしているのを見て「危ないぞ」と声を掛けた。「もう少し強く言えばよかった」と心配そうだった。

現場は西鉄天神大牟田線大溝駅から南西に約1キロの住宅街。

(2) 朝日新聞デジタル, 2020年6月2日 22時49分

**水路で男児2人おぼれ意識不明、兄弟か 福岡・大木**

2日午後5時50分ごろ、福岡県大木町横溝で「堀に子どもが落ちた。沈んでいった」と119番通報があった。筑後署によると、男児2人が水路で溺れたとみられ、いずれも意識がない。2人は病院に運ばれて治療を受けている。

小学校高学年と低学年の兄弟とみられるという。近くに釣りざおが1本あった。水路は深さ2・8メートル、幅3・1メートルで、柵やガードレールがあるという。

#### 4. 事故発生場所の位置および現地の地形的特徴

##### (1) 事故発生場所の位置

事故は、佐賀市から約 5km 南東方向に位置する大木町の用水路で発生した。図-4.1 に大木町と事故現場の位置，図-4.2 に事故現場周辺の衛星画像，図-4.3 および図-4.4 に，現場の写真および川幅の大きさなどを示す。ここで，画像は Google Map のストリートビューから取得し，長さは Google Earth から計測して把握した。

図より，この地域は，元々は有明海であった場所を開拓した。米作のための水路が無数に敷設され，現在もその名残で町の面積の 14% がクリーク（水路）である。

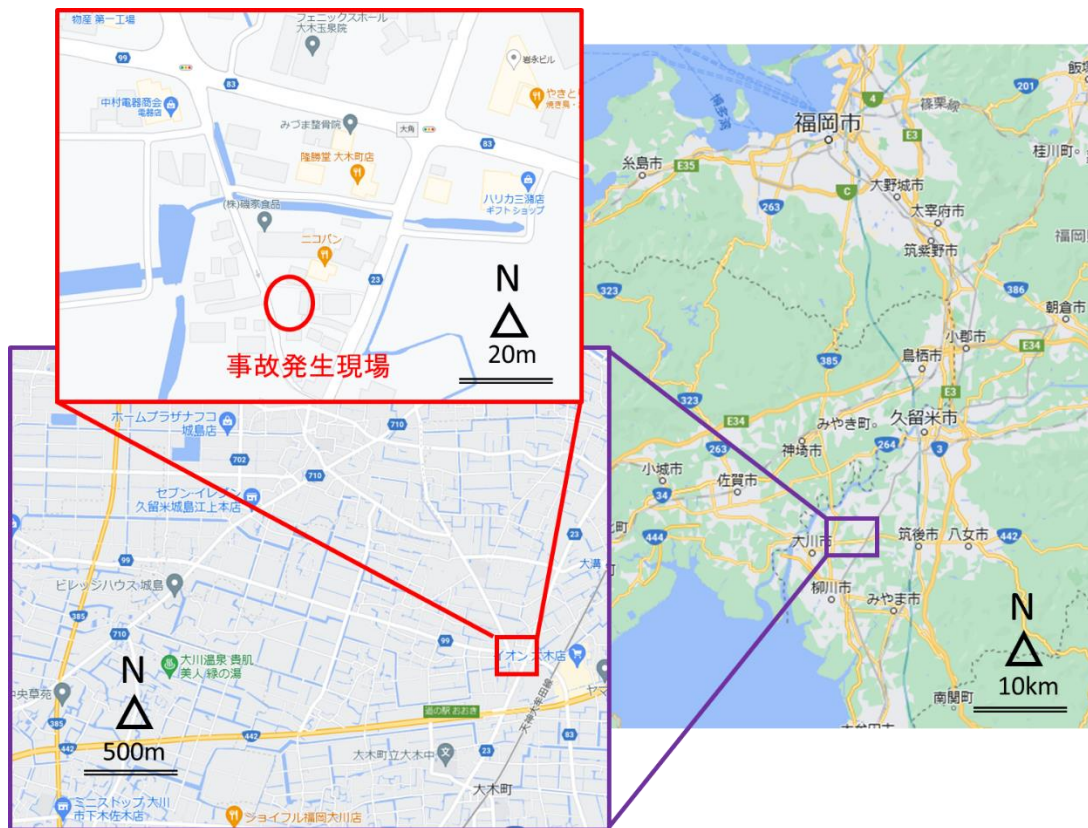


図-4.1 事故現場位置



図-4.2 事故発生現場付近の衛星画像（Google Earth）



図-4.3 用水路下流側の町橋から北口橋方面（Google Map ストリートビュー）





図-4.4 用水路上流側の北口橋から町橋方面 (Google Map ストリートビュー)

## 5. 事故日の気象・海象状況の把握

事故発生日の天気図および降雨状況などを把握した。

### 5.1 天気図および降雨状況（事故日：2020年6月2日）

#### (1) 天気図

図-5.1 に事故日の午前9時から18時までの3時間ごとの天気図を示す。図より、大木町付近は高気圧に覆われ天候は良好であった。

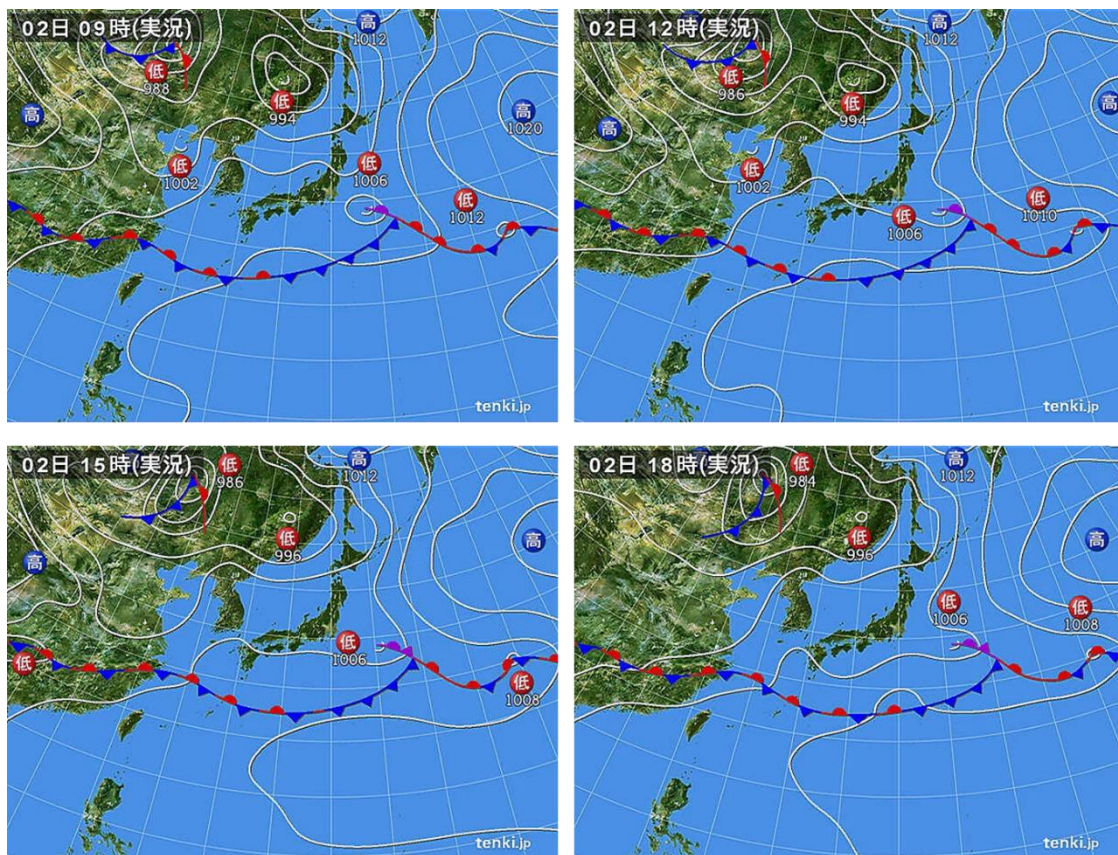


図-5.1 事故発生日の天気図（2020年6月2日9時～18時）

#### (2) 降雨状況

図-5.2 に事故前日から事故当時までの大木町付近の降雨状況を示す。図より、6月1日9時ころに強い降雨が発生したように見えるが、後述の所轄の消防署での聞き取り調査では、5月26日に2mm、31日に3mm程度の降雨があった程度ということであり、事故当日の現場で降雨による河川水の増水の影響はほとんどなかったと考えられる。

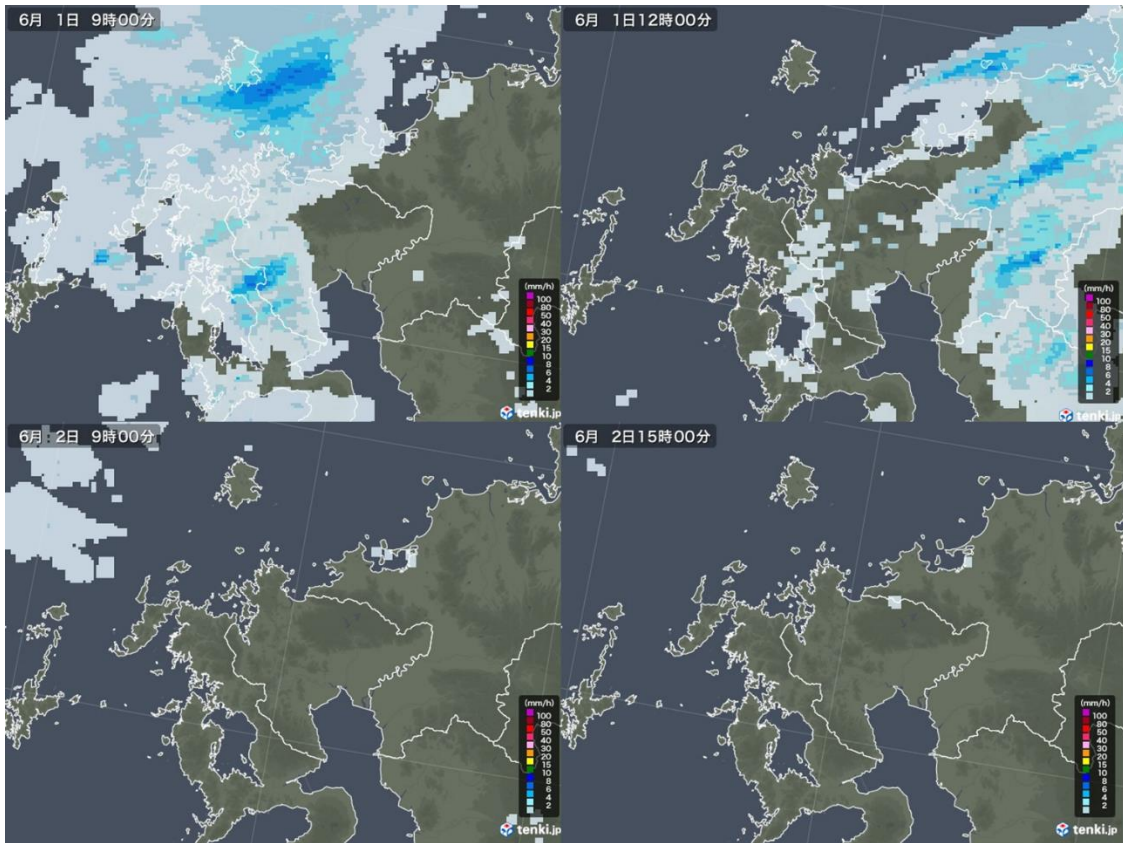


図-5.2 雨量レーダ画像（2021年9月21日，左：16時，中央：19時，右：21時）

## 6. 担当省庁への聞き取り調査

現地調査実施前日の2021年10月8日に、所轄の消防署および役場を訪問し、事故時の状況などをお伺いした。

### 6.1 久留米広域消防本部 三潞消防署

(1) 対応者：救急防災課課長補佐および警防企画主査

(2) 事故発生日時は2020年6月2日（火）であり、通報があった18時前の天候は曇り、気温25.6℃、風向は西南西で風速4.6m/sであった。

また、直近の降雨は5/26（火）に2mm、5/31（日）に3mmであった。

現場の当日の水位は280cm、水温は記録なし、透明度はかなり悪く、流水は感じられなかった。

(3) 事故発生の状況は、小学生3名で遊んでおり、近くに釣り道具が残されていたことから恐らく釣りをしていた可能性がある。目撃情報無し。

落水場所は、H型鋼上部に足形のようなものが見られたことから、恐らくH型鋼の上から落水したと思われる。また、流れはほとんどなく流されておらず、入水地点と救助地点は同じである。

(4) その他の情報

- ・現場には釣り道具が残っていた。事故現場の校区の子ども、自転車あり
- ・農繁期と農閑期の水位の変化は少ない
- ・溺水した兄弟の泳力は不明

(5) 過去の事故事例では、2019年に5歳男児がクレークに落下し溺死した。

(6) 過去10年間の久留米広域における水難事故件数は、175件/45万人中であった。

そのうち三潞管轄は40件/4.3万人であり、救助の23%が水の事故であった。

その他では、大川管轄では9件/3.3万人であった。

これらの事故の事故原因は、自損や落水、病気、高齢者が多い。また、釣り時の事故も多いとのことである。

以上より、この地域では水に関する事故が多いことが確認できた。

## 6.2 大木町役場 建設水道課

- (1) 対応者：主幹
- (2) 事故が発生した水路は「国営筑後川下流土地改良事業」による「幹線水路大溝線」。  
近年事故が多いのは、背景に大木町が都市化し、核家族化による生活の変化があり、世代交代による水路の怖さが継承されにくい事が原因の1つと考えられるとのことであった。また、町の土地面積の14%がクリークが占める。この地域は元々有明海からの干拓地であり、米作のために水路が敷設されたことが発端とのこと。
- (3) 事故現場のクリークは、平成6年に竣工した。水深は4m、幅5.25mであり、見た目よりも深い。現場は農地ではなく宅地であり、傾斜面を作成するには幅が不足するため法面が垂直な構造となった。
- (4) クリークをめぐる危険性の存在としては、現在も大木町を含む国営水路でバス釣りをする人が多く、大人がガードレールを跨いで水路に入る姿が多く目撃される。これは本人が危険だけではなく、目撃する子供達にも悪い影響を与えかねない。  
→家庭内で用水路の危険性など教えてほしい
- (5) 事故後の役場の対策としては、教育面では教育関係機関を対象に着衣水泳の講習を実施するとともに、「近づかない」との安全教育の強化を図っている。  
また、実際に落水した場合に、助けるための対応策として、町内70か所に浮輪を設置した。また、5か所程度に補助金を受けフェンスとはしごを設置した。

## 7. 現地調査

2021年10月8日および9日に、現地調査を実施した。調査を実施するにあたり、現場を管轄する大木町へ調査計画書および一時使用届を提出し、予定通りに調査を実施した。

### 7.1 大木町に提出した調査計画書

現地での調査を実施するための調査計画書を表-7.1のように作成するとともに、表-7.2のように用水路の一時用届を作成し、大木町へ提出した。

表-7.1 調査計画書

2020年（令和2年）6月に発生した福岡県三潴郡（みずまぐん）大木町横溝で小学生児童2名水難事故時の事故原因究明業務 調査内容（案）

令和3年10月4日  
水難学会事故調査委員会

#### ■業務目的

2020年6月2日17時40分ころ、福岡県大木町の水路で町立小の男児2人が溺水した事故。本調査では、矢板で垂直壁構造となる用水路における事故発生時の流況を把握するとともに、垂直壁の状況を把握し、当該用水路における危険性を把握する。

また、得られた知見から事故防止案を考案するとともに、その内容および手法を講習・講演などを通じて啓発する。

#### ■事故発生場所

福岡県三潴郡大木町の用水路

#### ■10月8日（金）、9日（土）実施内容（案）

##### ●聞き取り調査（久留米広域消防本部、大木町役場）

1. 兄弟の溺水場所、発見場所（図面や現場写真あれば提供依頼）
2. 発見時の兄弟の状況、発見場所の地形や流況
3. 推定入水（落水？）場所（溺水場所とは違う）
4. 事故時の現場水位。流量制御しているのであれば、どのような設定だったか。
5. 事故日の水路写真（あれば提供依頼）
6. 事故時の水位と10月9日調査日の水位の違い。
7. 事故場所付近の用水路の勾配、幅など（図面があれば提供依頼）
8. 事故場所付近の用水路の流量制御をおこなっている場所。その制御方法など。
9. その他事故に関する情報。

●現地調査内容

1. 現場周辺の用水路地形把握（幅，直線距離，壁面状況，植生など）
2. 児童落水場所，溺水場所，発見場所の状況把握（地形，水深，流況など）
3. 調査時の水位・水位・流況（現場周辺）（上流から流下方向 5m 間隔くらいで計測）
4. 調査時の平均流速（簡易浮標で計測）

●現地調査時の注意

1. 周辺住民に配慮して「水難事故調査」は出さない。「水路調査」名目。
2. 作業メンバー（犬飼，油布，鈴木？）は作業着+帽子（メット理想）着用
3. 「水難学会」のジャケットは羽織らない。
4. 調査開始前の恒例の慰霊は実施しない。

■必要器材

1. GPS， 2. 3m or 5m or 10m メジャーロープ， 3. カメラ， 4. 簡易浮標（木の枝等）。

ここまで

表-7.2 一時使用届

用水路敷地の一時使用届

令和 3年 10月 7日

大木町 町長  
様

開催団体代表：一般社団法人 水難学会 会長 斎藤 秀俊

所在地：〒 新潟県長岡市

長岡技術科学大学

TEL:

開催責任者：一般社団法人 水難学会 事故調査委員会

委員長 犬飼 直之

長岡技術科学大学

TEL:

下記のとおり用水路敷地における一時使用を届出ます。

## 記

1. 使用日時 令和 3年10月8日(金) から令和 3年10月9日(土)  
(主使用は10月9日午前, 10月8日は現地確認)
2. 名称および使用場所 福岡県三潴郡大木町横溝地区用水路
3. 内容
  - 1) 作業目的  
水難事故の環境要因調査のため, 現場地形および流況を把握するとともに, 人間の泳力との関係を考察することで, 事故の発生原因を考察する。  
なお, 本調査は力学的な解析を行い, 事故防止に向けた知見を得る事を目的としており, 責任問題の所在などの追及を目的としていない。  
作業内容は以下の通りとする。
  - 2) 用水路の周辺地域の把握  
事故発生場所付近の地勢を把握し, 小学生児童が横溝地区用水路へ来た理由を把握する。また推定遊び(落水)場所, 推定溺水場所, 発見場所の状況を把握する。
  - 3) 用水路の地形把握  
事故発生場所付近の用水路の経路長, 水路幅, 調査時の水深, 水底底質や水底の状況などを把握する。
  - 4) 用水路の流況把握  
事故発生場所付近の開水路の流況を計測するなどして把握する。計測には直読式流速計を使用予定であるが, 計測器測定部を着水できない場合には, 簡易浮標を用いて区間の平均流速などを計測する。
4. 使用領域および使用人員  
北口橋(大角交差点付近)から町橋にかけての用水路 90m 区間を中心とした領域。  
調査員数は最大 8 名 (計測などの作業従事者は最大 4 名)。
5. 調査実施者 (代表)  
水難学会 事故調査委員会 委員長 犬飼直之  
(長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻准教授)



## 6. その他

### 1) 連絡先

水難学会 事故調査委員会 委員長 犬飼直之

(長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻准教授) (携帯電話：)

### 2) 実施上の留意点

- ・ 作業従事者の落下・落水防止用の保護ロープを使用し，安全を確保する．
- ・ 作業従事者は，作業着を着用し，頭部保護のため帽子やヘルメットを着用する．
- ・ 付近の住民に配慮し，水難学会名は名言せず，水路状況調査として調査をおこなう．
- ・ 調査場所は地元住民の生活の場であることを意識して行動する．
- ・ 提出した「使用届」一式を現場に携行し，本書記載の安全対策をあらかじめ全作業員に周知徹底する．
- ・ 作業時に開錠していただいた現場の防護壁の鍵は，作業終了後確実に施錠する．

### 3) 中止基準

作業の中止基準を以下のように定め，これを遵守する．

○作業区域内において事故等の不足の事態が発生した場合．

○気象・用水路水位に関する情報などに留意し，暴風時や出水時には作業を中止する．

また，これ以外でも状況に応じて中止する．

○現場責任者（犬飼直之）が危険と判断したとき．

○大木町役場から指示があった場合．

### 4) 緊急時連絡系統図

調査中に緊急事態（人身事故・物的事故）が発生した場合は，人命尊重を第一とし，二次災害の発生を防止するよう努めるとともに，下記の緊急時連絡系統図に基づいて，緊密な連絡を取り現場保全に努める．

### 5) 従事者名簿

他 調査員数名

---

ここまで

## 7.2 事故現場の状況

調査時には、事故現場の水深や水位、落水場所と推定される H 型鋼の大きさ、水面までの高さなどを計測した。調査当日も流れは確認することはできなかった。

また、調査時に現地の様子を写真撮影した。写真-7.1～写真-7.3 は護岸上から撮影したものであり、写真-7.4～写真-7.7 は水面付近からクリークの壁面を撮影したものである。写真のように、事故発生場所付近では、住宅密集地であることから、開けた土地におけるクリークと同様に傾斜面を作成するには幅が不足するため、法面が垂直な構造となっている。



写真-7.1 町橋における水深の計測（2021年10月9日）



写真-7.2 町橋横の右岸側から落水場所と推定される H 型鋼の状況および上流方向（2021年 10 月 9 日）



写真-7.3 町橋左岸側から上流方向（2021年 10 月 9 日）



写真-7.4 落水場所の右岸側を上流側から。町橋方面と落水したと推定される H 型鋼  
(2021 年 10 月 9 日)



写真-7.5 落水場所左岸側を上流側から。左に町橋 (2021 年 10 月 9 日)



写真-7.6 落水場所上流側から左岸方向（2021年10月9日）



写真-7.7 落水場所付近から上流方向（2021年10月9日）

## 8. 事故の発生要因の考察

以上で得られた内容より、事故が発生すると考えられる要因を下に列挙する。

- 事故発生場所では、切り立った岸壁となっている。
- 事故発生場所では事故当時、クレークへの立ち入りを制限する柵がなく、ガードレールが設置されていたのみであった。これより、児童でも隙間を通り抜けることが可能な状態であった。
- 児童が落水したと推定される H 型鋼から水面までの高さは約 1.3m であった。また、壁面は水面から次の段差までの高さは約 0.8m であった。これより、この場所で転落した場合には這い上がることは不可能である。
- 事故発生場所では全域が垂直の壁面であった。
- 事故発生場所では浮き輪などの非常時に投げ入れる用具が準備されていなかった。

以上より、事故発生場所では、用水路へ入ることが容易であり、もし落水した場合には、そこは児童の足が水底に届く水深ではなく、更に壁面が垂直であることから這いあがることが不可能な場所であったと考えられる。

#### 9. 事故発生防止のための防止案

- ・落水する可能性のある危険個所について、遊びに行かない様に保護者とともに認識する。
- ・遊びに出かける場合、行先を保護者にしっかりと伝える。
- ・水辺の地域で生活しているの、どうしても落水する可能性はあることから、もし落水した場合の対処方法を常に学習する。

令和3年（2021年）9月23日に新上五島  
町で発生した女児水難事故の要因把握につ  
いて

令和4年3月

水難学会 事故調査委員会



## 1. 目的

本業務では、事故の発生要因を把握することを目的とする。

## 2. 本業務の流れ

まず、

### (1) 事故に関する情報の事前収集

新聞記事などの報道記事の収集や、事故発生日および直前の気象や海象を把握した。

### (2) 現地調査

調査時での潮位や流況などを把握するとともに、事故発生場所の推定をおこなった。

### (3) 解析

地形・水深データを作成し、数値シミュレーションを実施することで、推定した事故発生場所での事故発生時における流況などを把握した。

### (4) 考察

事故発生場所での事故発生要因などを考察した。

### 3. 事故状況を報道する新聞記事抜粋

(1) NBC 長崎放送, 9/23(木) 19:36

#### **新上五島町の川 小2女子児童が死亡**

きょう昼前、新上五島町で小学2年生の7歳の女の子が川に沈んでいるのを家族が発見し救助しましたが、まもなく死亡が確認されました。死亡したのは新上五島町荒川郷の小学2年生の7歳の女の子で今日午前11時過ぎ、近くを流れる荒川川の河口付近で川に沈んでいるのを家族が発見し救助しました。女の子は発見当時、意識がない状態で救急隊によって新上五島町内の病院に搬送されましたが、午後1時前、死亡が確認されました。警察によりますと、女の子は荒川川の近くで一人で遊んでいたところ姿が見えなくなり家族が捜していたということです。現場は、旧荒川小学校の東を流れる川でフェンスなどはなく、女の子は水深1.4メートルほどのところに沈んでいたということです。警察は死因や当時の状況を詳しく調べています。

(2) 長崎新聞社, 2021/9/24 11:32 (JST)

#### **新上五島の川で小2女子児童が死亡**

23日午前11時5分ごろ、長崎県新上五島町荒川郷の荒川川で、近くに住む小学2年生の女子児童(7)が水中に沈んでいるのを家族が発見し119番。児童は搬送先の病院で死亡が確認された。

新上五島署によると、児童は1人で遊んでいた。姿が見えなくなったため家族が様子を見に行ったところ、川の中で発見し引き上げた。救急隊が町内の病院に搬送したが、午後0時43分に死亡が確認された。

川の水深は正午ごろで約1.4メートル。児童に目立った外傷はなく、同署が原因を調べている。

#### 4. 事故発生場所の位置および現地の地形的特徴

##### (1) 事故発生場所の位置

事故は、九州から約 40km 西方に位置する五島列島の1つである中通島の新上五島町荒川郷にある、荒川川の河口で発生した。図-4.1 に中通島の位置、図-4.2 に荒川郷と荒川川の河口付近の衛星画像、図-4.3 から図-4.5 に、現場の写真および大きさを示す。ここで、画像は Google Map のストリートビューから取得し、長さは Google Earth から計測して把握した。

また、図-4.3 より、現場では水底が露出している。しかし、事故に関する新聞記事によると、事故当時、女兒は水深約 1.4m の水底で発見されたことより、現場は潮汐の影響を強く受けていると考えられる。また、満潮および干潮による潮位差は大きい海域であると考えられる。

##### (2) 事故発生場所の地形的特徴および卓越海象現象の特定

図-4.1 より、現場は中通島と若松島に挟まれた若松瀬戸の海域で発生している。

このような入り組んだ地形における海域では、外洋で発生した波浪が入射することができないとともに、海域内で波浪が発達するには十分な吹送距離がないことから、現地では波浪の影響は小さい。

現場付近の外洋では日本近海で代表的な海流である黒潮が流動するが、入り組んだ地形の複数の島が混在する海域では海流の影響は極めて小さい。

また、現場海域は2つの島の間狭い海峡であり、このような海域では、若松海峡と名前がつくように潮汐の満干差による潮汐流の影響を大きく受ける海域となる。

また、海域が島の上に位置することから海上風の影響はあまり受けないと考えられることから、海上風が流れの駆動力となる吹送流の影響は小さいと考えられる。

以上より、この海域では潮汐流が卓越していると考えられ、本業務では、事故時における潮汐および潮汐流の状況を把握することとした。



図-4.1 事故現場位置



図-4.2 事故発生現場付近の衛星画像（Google Earth）



図-4.3 山王橋から上流側橋方面 (Google Map ストリートビュー)



図-4.4 上流側橋から山王橋方面 (Google Map ストリートビュー)



図-4.5 上流側橋から荒川川上流方向 (Google Map ストリートビュー)

## 5. 事故日の気象・海象状況の把握

事故発生日の天気図および降雨状況などを把握した。

### 5.1 天気図および降雨状況（事故日：2021年9月23日）

#### (1) 天気図

図-5.1 に事故日の午前3時から12時までの3時間ごとの天気図を示す。図より、五島付近は高気圧に覆われ天候は良好であった。

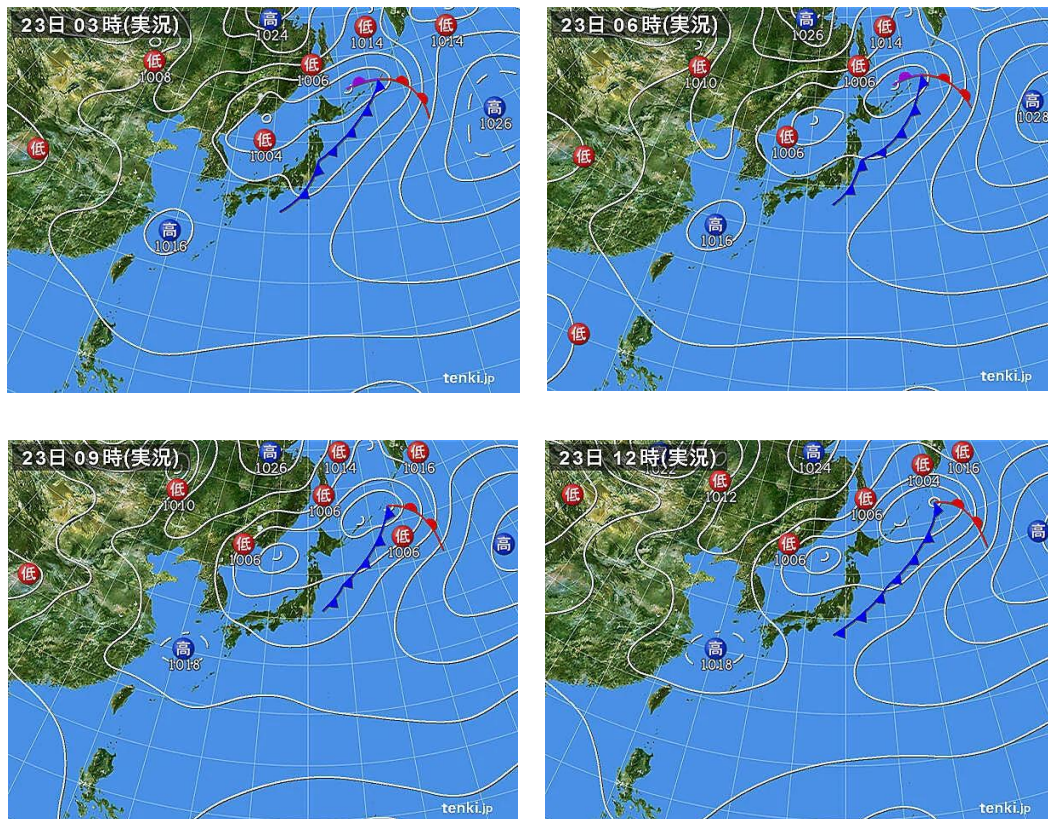


図-5.1 事故発生日の天気図（2021年9月23日3時～12時）

#### (2) 降雨状況

図-5.2～図-5.4 に事故2日前から事故当時までの五島付近の降雨状況を示す。図より、9月21日夕方に強い降雨が発生したが、その後は23日までは降雨はない。よって、事故当日の荒川川で降雨による河川水の増水の影響はほとんどなかったと考えられる。



図-5.2 雨量レーダ画像（2021年9月21日，左：16時，中央：19時，右：21時）



図-5.3 雨量レーダ画像（2021年9月22日9時）



図-5.4 雨量レーダ画像（2021年9月23日，左：6時，中央：8時，右：10時）

## 5.2 事故時および調査時の潮位の把握

### (1) 最寄の験潮所における事故日の潮位変動の把握

事故現場は感潮帯の河口部であり、事故発生当時の潮位や潮位変動による流速を把握する必要があるが、そのためにはまず現場海域の潮位変動量を把握する必要がある。

ここではまず事故現場に一番近い験潮所での潮位変動量を把握した。

図-5.5 に現場に一番近い福江験潮所の位置を示す。また、図-5.6 に福江験潮所における事故日である 2021 年 9 月 23 日の潮位の時間変動状況と通報時の潮位を示す。図より、福江では事故日は約 2m の潮位差となっており、現場海域は潮汐の影響がとても強いことが分かる。

しかし、図-5.5 に示す通り、福江験潮所と現場とは約 31km 離れていることから、現場と福江の潮位の変動状況が異なる可能性がある。よって、本業務では潮位推算モデルによる潮位推算をおこなった。



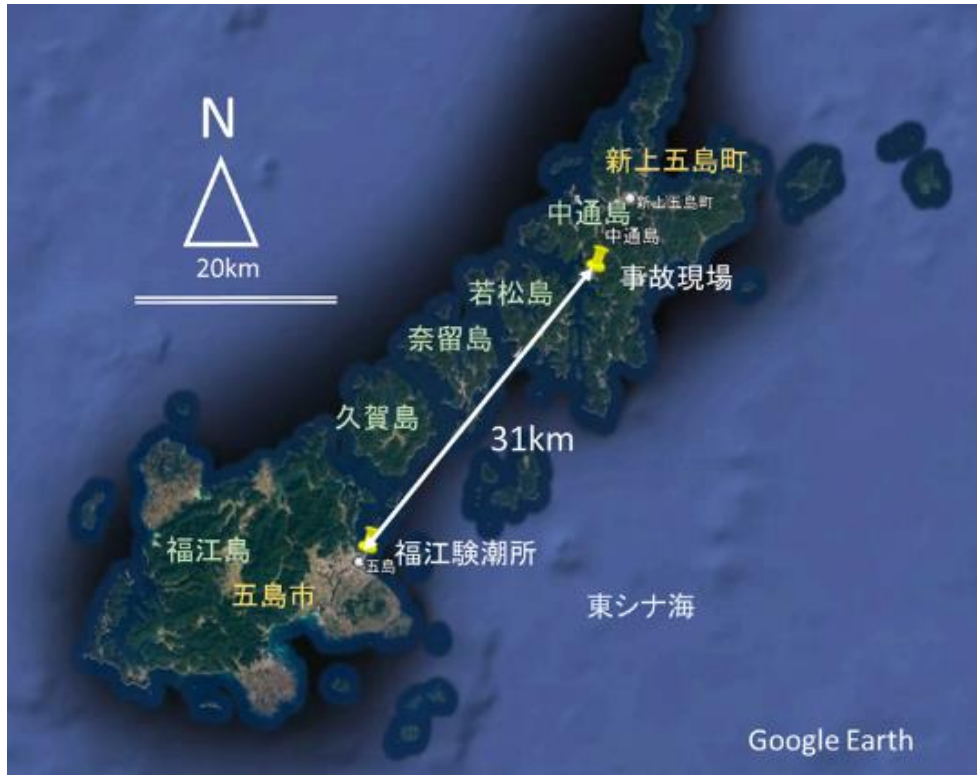


図-5.5 福江検潮所と事故発生現場の位置

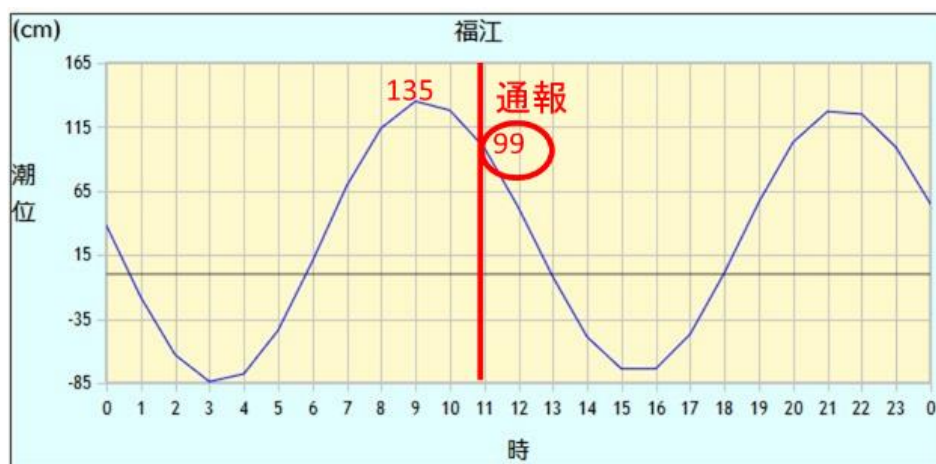


図-5.6 事故発生日の潮位変動および事故通報時の潮位 (2021年9月23日)

(2) 潮位推算モデルを用いた験潮所と事故現場の潮位変化の違いの把握

前節のとおり、験潮所と事故現場が離れているために、その差異を把握するために潮位推算モデルを使用して現地と験潮所の潮位を比較した。

図-5.7 に現場海域で推算をおこなった場所の座標を示す。

表-5.1 に、推算の結果得られた現場海域での主要 16 分潮の振幅及び位相、分潮名を示す。表より、この海域では半日周潮と日周潮である K1 や O1、M2 潮が卓越しており、一般的な日本近海における潮汐の挙動となることが分かる。

図-5.8 に福江験潮所における事故発生日と前日の観測された潮位と、福江験潮所の座標で推算した推算値の時間変化を示す。図より、観測値と推算値はよく一致していることが分かる。

次に、潮位推算モデルを用いて、福江験潮所と現場海域の潮位の時間変化を把握した。図-5.9 に、福江験潮所の座標での観測値と推算値、および図-5.7 に示す現場海域の座標での推算値の時間変化を示す。図より、福江験潮所と現場海域とでは潮位変動に若干の時間差（位相差）が生じているが、ほぼ同様に潮位が変動していることが分かる。

よって、福江と現場の潮位変動の仕方にほぼ違いはないと考え、本業務では福江験潮所の観測データを用いて現地の潮汐を考慮することとした。



図-5.7 潮位推算した事故発生場所付近の座標

表-5.1 現場付近の主要 16 分潮

振幅(cm)	位相(°)	分潮
3.7	61.51	q1
18.87	63.75	o1
1.37	73.86	m1
7.58	81.06	p1
23.25	82.97	k1
1.09	99.87	j1
0.53	117.73	oo1
2.19	342.01	2n2
2.63	341.54	mu2
15.92	340.88	n2
3.02	340.8	nu2
78.89	344.73	m2
2.2	353.72	l2
2.07	9.29	t2
35.49	10.67	s2
10.08	6.44	k2

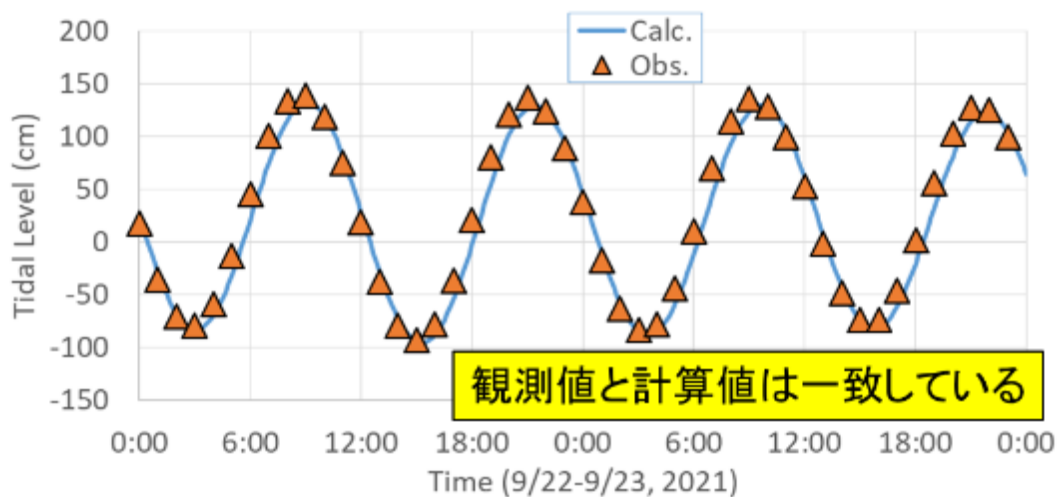


図-5.8 福江検潮所での観測値と推算値の比較 (2021年9月22日～23日)  
 福江検潮所 (五島市東浜町) (32.695901N, 128.849570E)

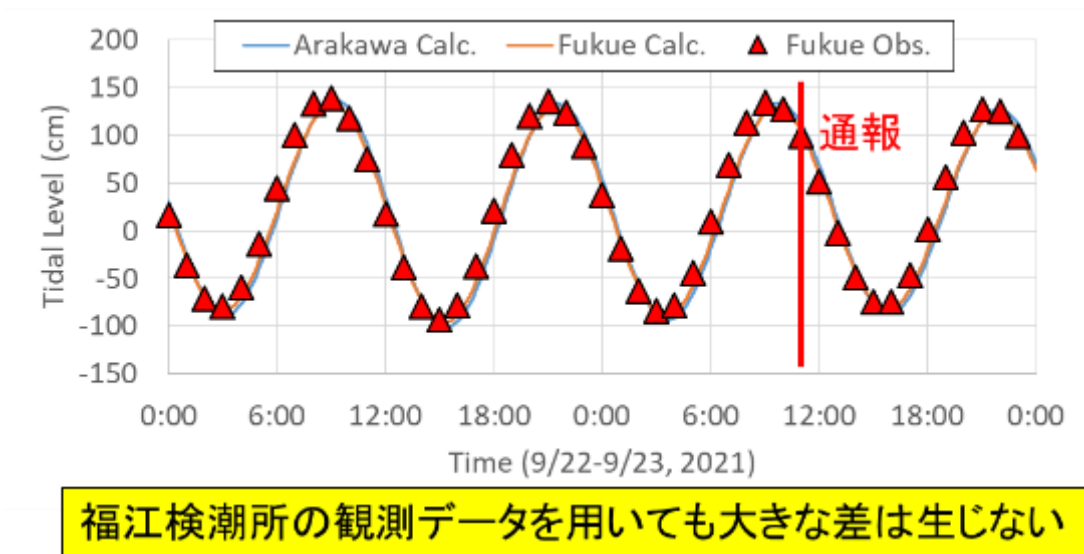


図-5.9 福江検潮所と現場（新上五島町荒川付近）の潮位変動比較（2021年9月22日～23日）

(3) 現地調査日における福江の潮位変動量の把握（実施日：2021年10月9日および10日）

図-5.10 に現地調査実施日の福江検潮所における潮位変動状況を示す、左図より、調査前日の事前調査時における 2021 年 10 月 9 日 17 時前は比較的変動の小さい潮汐時の干潮時であり、右図である調査日における 2021 年 10 月 10 日 9 時から 12 時にかけての潮位はほぼ満潮時であった。これにより、潮位差約 1.4m の潮位差のある現地の状況を把握することができた。

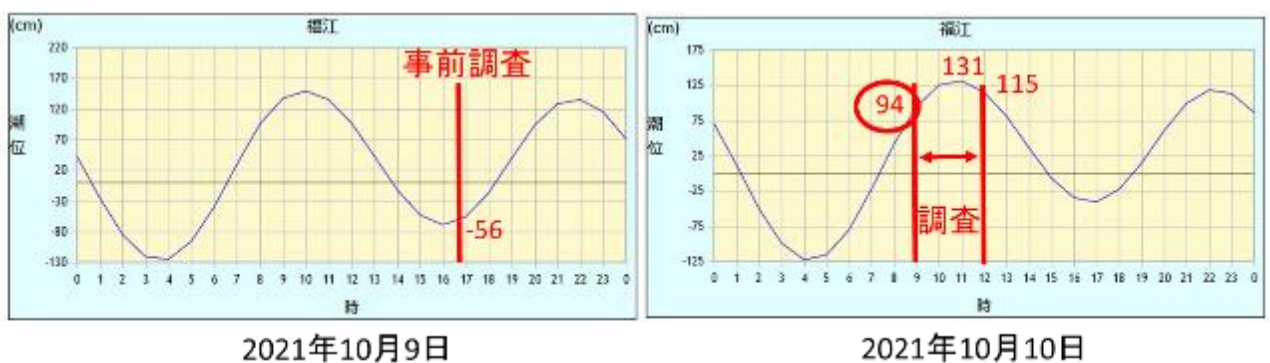


図-5.10 現地調査日の潮位変動および調査時の潮位

(4) 事故時と現地調査日における福江の潮位変動量の比較

事故時と現地調査時の潮位の違いを比較した。図-5.11 に福江検潮所の事故日の 2021 年 9 月 23 日 11 時と調査日の 2021 年 10 月 10 日の 9 時から 12 時の潮位の比較を示す。

図より、事故日の通報時の潮位は 0.99m であり、調査日の 9 時の潮位は 0.94m であることから、事故通報時と調査時の潮位はほぼ同じであったことが分かる。これより、調査日の 9 時頃に撮影した現場写真は、事故通報時の現場の潮位状況とほぼ同様であると考えられる。

また、事故日は通報の 11 時の 2 時間前は満潮であり、通報時には下げ潮が開始した状況であったが、調査日は調査開始から約 1 時間後に満潮となり、調査開始時には上げ潮が終了する直前の状況であった。このように事故通報時と調査時の潮位はほぼ同じであったが、潮汐のタイミングとしては、事故通報時は下げ潮時であり、調査開始時には上げ潮時であり、流れの向きは逆であったと考えられる。これより、調査時に把握した流向は事故通報時とは逆向きであることが分かる。

また、図-5.7 より、調査前日の現地は、調査日の潮位よりも約 1.4m 低かったことが分かる。ところで、3(1)での新聞記事によると、溺水者の発見時、水深約 1.4m の水底に沈んでいたということであることから、溺水者の発見場所は、調査前日に把握した水位のちょうど水際であったと考えられる。これにより調査前日に撮影した写真より、溺水者の発見場所がおおよそ特定することが可能であると考えられる。

本業務では後節でおおよその発見場所を推定した。また、潮時は、事故時は下げ潮、調査時は上げ潮なので、同じ潮位でも流れは異なることから後章で数値シミュレーションを実施し、流況などを確認した。

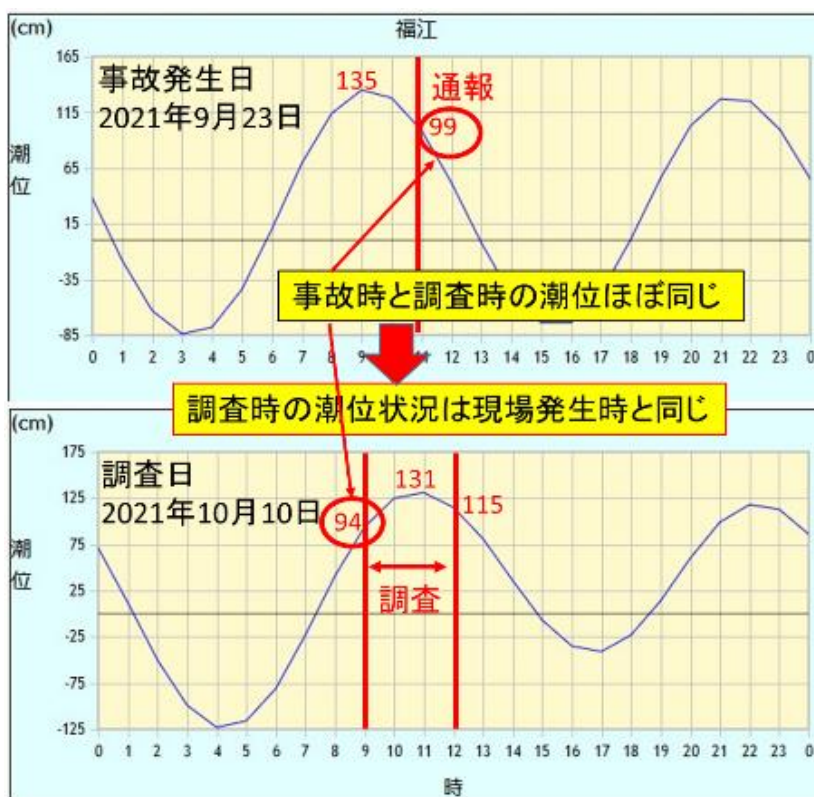


図-5.11 事故発生日の通報時と調査日の潮位の比較

### 5.3 事故時の現場の水面状況と、発見場所の推定

新聞記事より、発見時、水深 1.4m の場所に沈んでいたということであるが、事故発生場所および発見場所は公表されておらず特定できていない。

しかし、前節の結果より、調査時と発見時の潮位はほぼ同じであることから、溺水者の発見時の水面の状況が把握できる。更に、調査前日の予備調査時の潮位は調査時よりも約 1.4m 潮位が低いことから、予備調査時に撮影した写真で、溺水者が沈んでいた場所をおおよそ把握することができる。

ここでは事故発生場所および溺水者発見場所を推定することを試みた。

まず、図-5.12 に調査日の 2021 年 10 月 10 日 9 時過ぎの現地の水位状況を、図-5.13 に写真撮影場所を示す。この時の水位は事故通報時とほぼ同じ水位であり、事故通報時と同じ水面の状況を示すと考えられる。図より、現場水域では水位が上昇している状況が分かる。しかし、調査時は上げ潮の終了直前であり、事故通報時は下げ潮が始まった潮汐のタイミングであることから、荒川などの流れは、調査時には弱い上流方向の流れ、事故通報時には弱い流下方向の流れであり、流れの方向は逆向きであったと考えられる。

よって、事故時の流況を把握するためには数値シミュレーションの実施が必要である。本業務では、後章で数値シミュレーションを実施し、流況などを確認した。

次に、図-5.14 に調査前日の予備調査時に撮影した現場の水面の状況および撮影位置を示す。図より、現場では水位が図-5.9,-10 の撮影時よりも低下しており、水底が干出している場所がある。前述のとおり、溺水者の発見場所は水深約 1.4m の場所であり、図-5.11 では水際の位置が、溺水者が沈んでいた場所に該当する。図では白い破線で示した場所が発見場所である可能性が高い。図では該当箇所が 2 か所あることから、それぞれを図に示すように Pt.1 および Pt.2 と仮定し、両方の場所についてそれぞれ検討し、溺水場所や溺水時の流況などの推定をおこなった。



図-5.12 調査時の事故発生場所付近の潮位状況（2021年10月10日9時すぎ、事故発生時とほぼ同じ潮位）

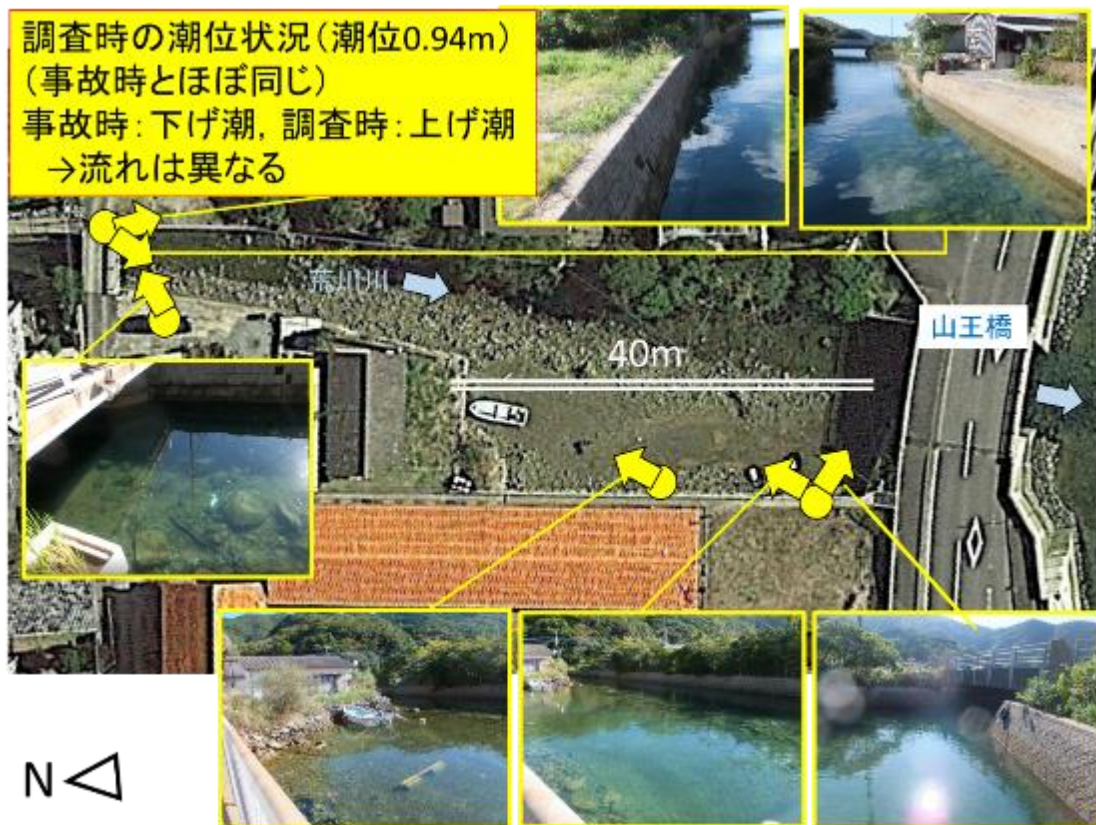


図-5.13 調査時の写真撮影位置および潮位状況（事故通報時とほぼ同様の潮位状況）

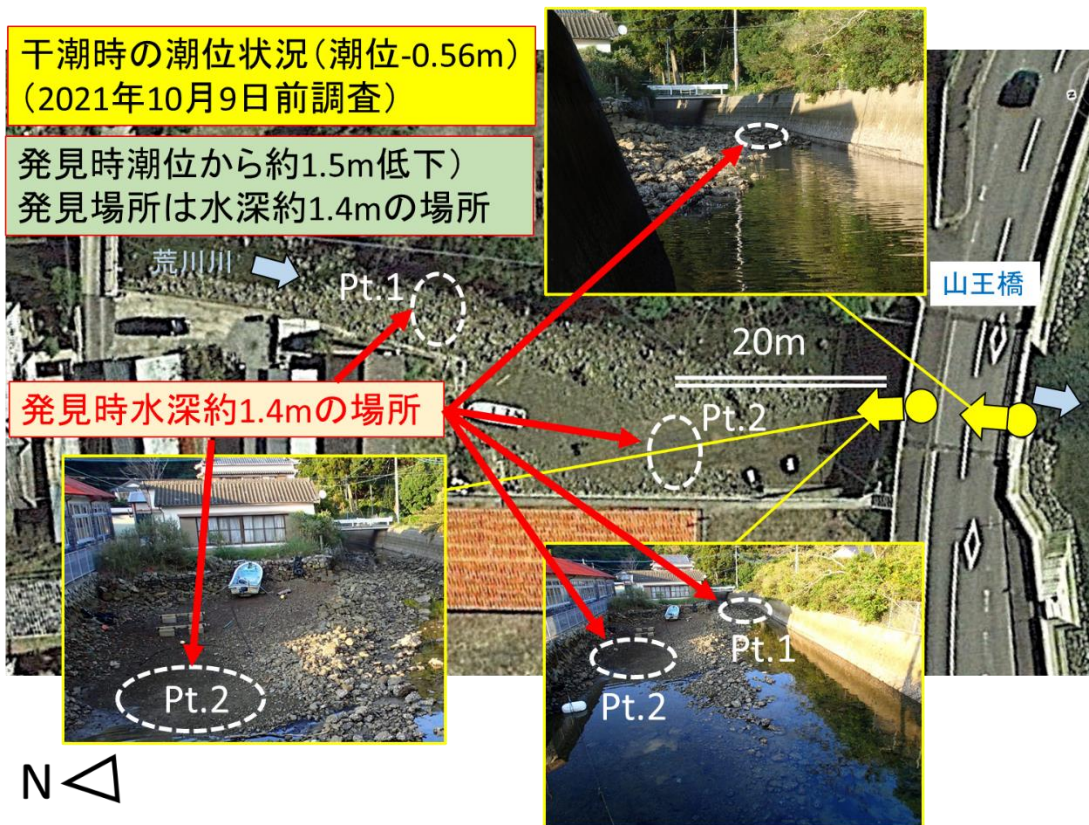


図-5.14 発見時の水底 1.4m の場所の把握 (調査前日の潮位)



#### 5.4 領域の水深および標高の把握

数値シミュレーションを実施するためには地形データを作成する必要があることから、現地の地形を把握した。

現場近くの構造物などの標高が把握できれば、そこを基点にして標高を把握するなどの手法が考えられるが、ここでは基点を把握することができなかったため、調査時の水深と、潮位の情報から地形を把握することとした。

図-5.15 に調査時に計測した水位および、福江験潮所における調査時の潮位、それから求めた水位把握場所の水底の標高を示す。また、図-5.16 に、把握した標高より作成した水深コンター図を示す。これらの図より、図中左側の小さい橋付近で水底の標高がゼロメートルとなる。

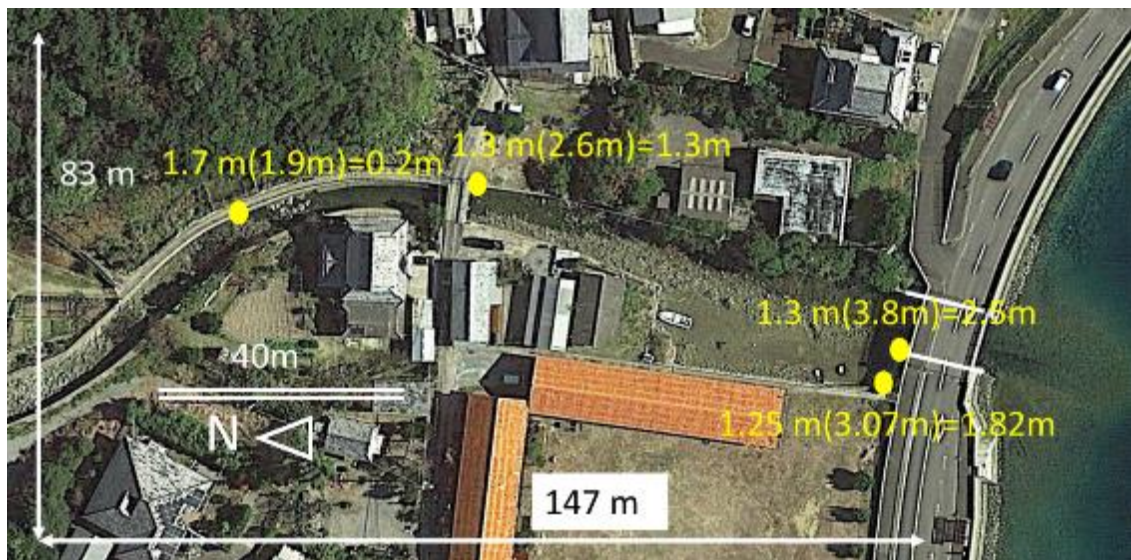


図-5.15 調査時の標高基準の水深の関係 (数値の表示順；標高、( ) 内数値：調査時水深)

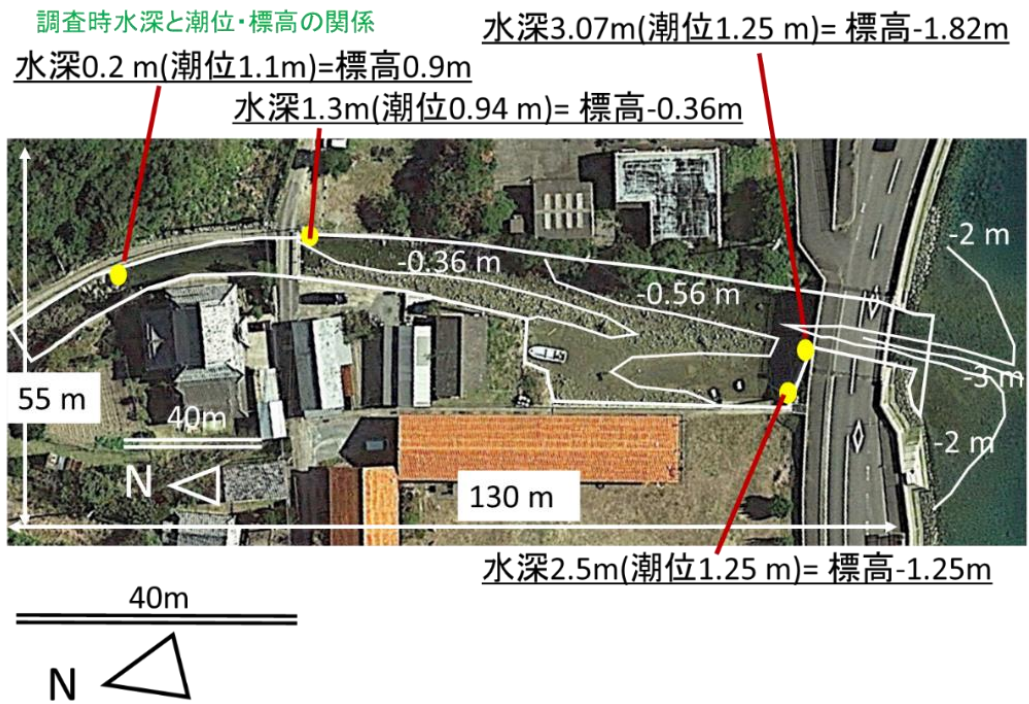


図-5.16 調査時の水深と潮位から把握した各地点の標高

### 5.5 地形データの作成

図-5.16 の水深コンター図から格子間隔 1m の地形データを作成した。図-5.17 に作成したデータの平面図および図-5.18 に鳥観図を示す。

図より、広い道路の山王橋の下では急激に水深が増大し、水深 3m 程度となっているが、そこ以外の水域全体では 1/3 勾配程度の水底勾配となっている。

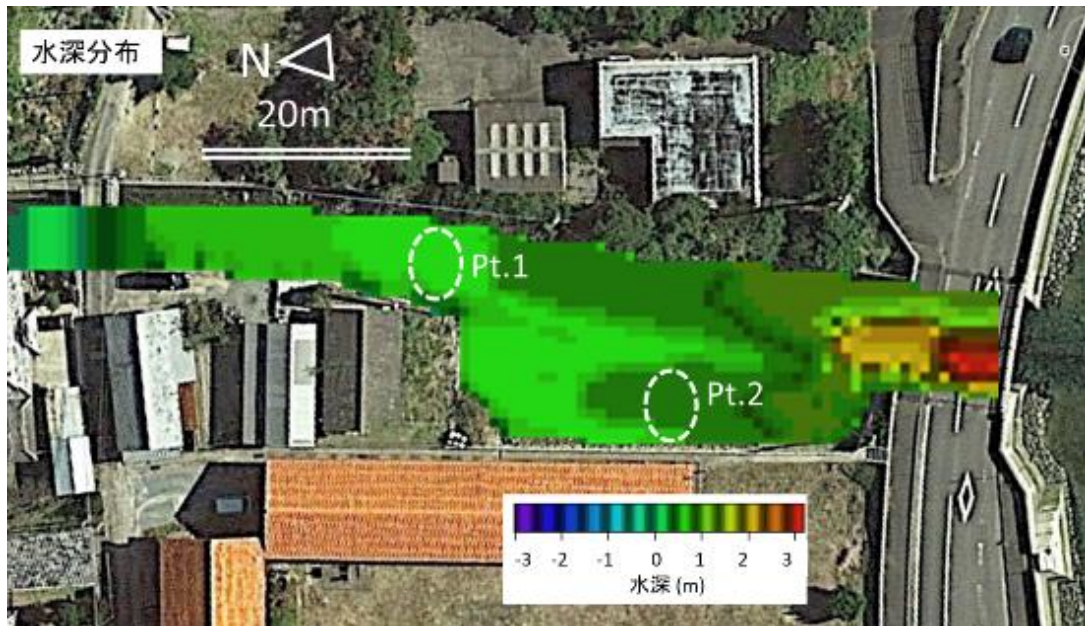


図-5.17 作成した地形データ

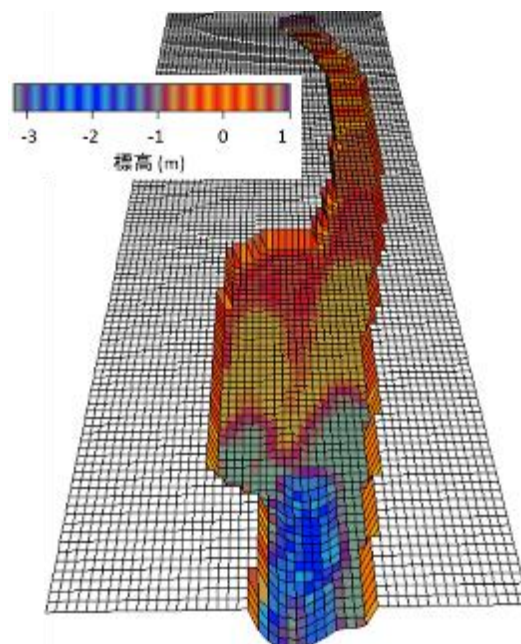


図-5.18 作成した地形データの鳥観図 (河口側からみた地形)

## 6. 事故時の流況把握

調査時に取得した地形情報から作成した地形データを用いて、流れの数値シミュレーションを実施した。

### 6.1 流れの数値モデル

#### (1) 座標系の定義と基礎方程式

平均水面上の一点を原点とし、直交座標系を図-6.1のように定義する。

ここに、 $x$ 、 $y$ 軸は平均水面上とり、また、 $z$ 軸は鉛直上方に取る。また、 $u$ 、 $v$ 、 $w$ はそれぞれ  $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸の流速を示し、さらに、 $z = -h$ 、および  $z = \xi$  はそれぞれ海底および水面を表すものとする。

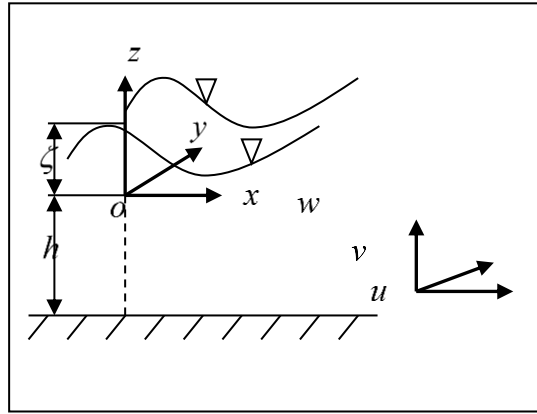


図-6.1 座標系の定義

この座標系で、連続式と運動方程式を2次元化した式(6.1)および式(6.2ab)に示すような基礎方程式を用いた。

ここで、連続式は次のように示す。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{(\xi + h)u\} + \frac{\partial}{\partial y} \{(\xi + h)v\} = \frac{\partial b}{\partial t} \quad (6.1)$$

また、 $x$  および  $y$  方向の運動方程式は、それぞれ2式で示す。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} - A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{(\xi + h)C^2} = 0 \quad (6.2a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \xi}{\partial y} - A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{(\xi + h)C^2} = 0 \quad (6.2b)$$

ここに、 $t$ : 時間、 $A_h, A_v$ : 水平・鉛直渦動粘性係数、 $C$ : Chezy 係数である。  
これらの連続式および運動方程式を陽的に差分化し、時間を発展させて水位および流速の数値シミュレーションを実施した。

また、この数値モデルでは、連続式および運動方程式で水位および流速を計算すると同時に移流拡散計算が行えるように改良を行っている。本シミュレーションでは、次(4.5)を用いて点源で仮想的に無次元 1 の濃度を与え拡散計算を行った。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} - A_h \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (6.3)$$

ここで、 $u$ は $x$ 方向流速、 $v$ は $y$ 方向流速、 $C$ は濃度、 $A_h$ は水平渦動粘性係数である。

## (2) シミュレーションに使用した主要パラメータについて

この数値シミュレーションでは、縦 159 格子、横 198 格子の 1m 間隔の格子状の水深データを用いて、領域の上流端で河川流量を入力し、時間を発展させながら各時間における各格子での水位および流速を計算している。

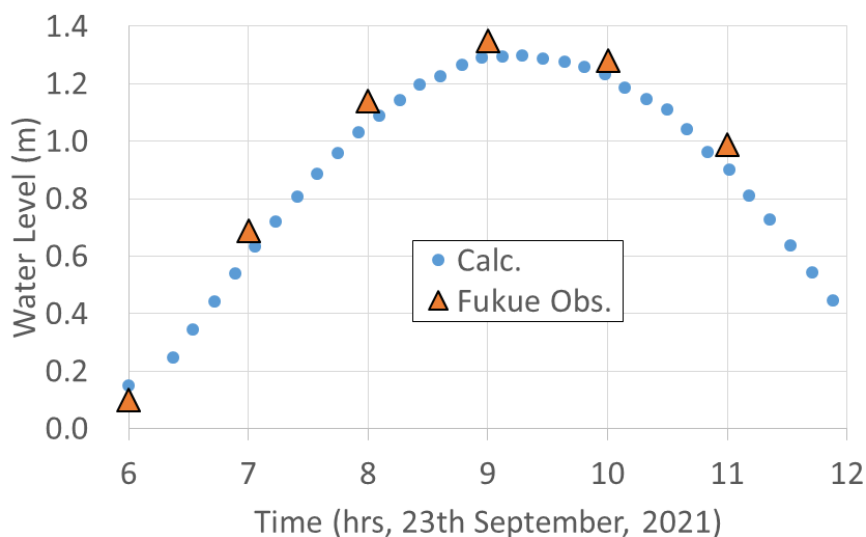
現場海域は感潮帯の河口部であることから、通常であれば、領域の上流端で河川流入を入力するが、現地調査時に把握した河川の流入状況はほぼ微量であったことから、数値シミュレーションにおいても微量を河川流入させた。

また、河口部の外側海域で潮位変動を入力させた。入力潮汐のタイミングについては、事故通報時は午前 11 時であり、その前に女兒が一人で遊んでいて行方不明となったという新聞記事より、通常であれば朝食後から遊び始めると考え、午前 8 時から通報時の午前 11 時までの潮位変化を与え、現場水域の水位変動および流況変動を把握した。

## 6.2 潮汐流シミュレーション結果

### (1) 計算の確からしさの確認

数値シミュレーション結果の確からしさを確認するために、河口部における潮位変動量と福江験潮所における観測値の時間変化を比較した。5.2節の結果とおり福江と現場海域では若干の位相差が生じるが、ほぼ同様に時間変動しており、シミュレーションは実際の水位の挙動を正しく再現していると考えられる



**数値シミュレーションは実際の水位の挙動を正確に再現している**

図-6.2 福江験潮所の観測結果とシミュレーション結果の比較 (2021年9月23日6時～12時)

### (2) 事故通報時の水位および流況の把握

数値シミュレーション結果から、事故通報時の水位分布および流速分布を把握した。

図-6.3に水位分布を示す。これまでの結果で、通報時は満潮後の下げ潮が始まった直後の潮汐のタイミングであることが分かっているが、数値シミュレーション結果では、領域全体でほぼ同様な水位であったことが分かる。広い対象領域で潮位分布を把握すると水面勾配などを把握することができるが、本業務での対象領域は潮汐の波長と比較して小さい領域となるために顕著な水位差を把握することができなかつたと考えられる。

図-6.4に通報時の領域の流速分布と流況ベクトルを示す。また、Pt.1およびPt.2における流速の時間変化を示す。図より、事故通報時には全域で流下する流況ベクトルとなっており、流速は0.02m/s弱と微速であることがわかる。

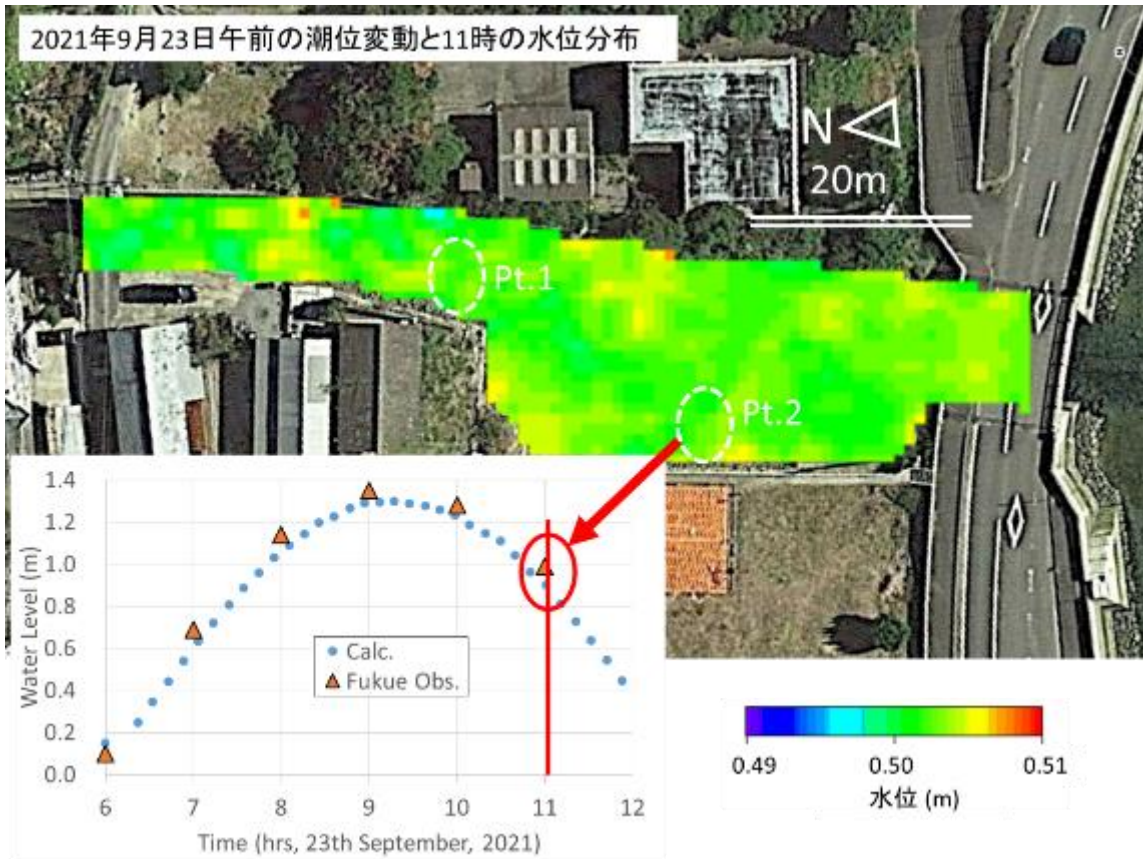


図-6.3 事故現場の通報時の潮位分布 (2021年9月23日11時)

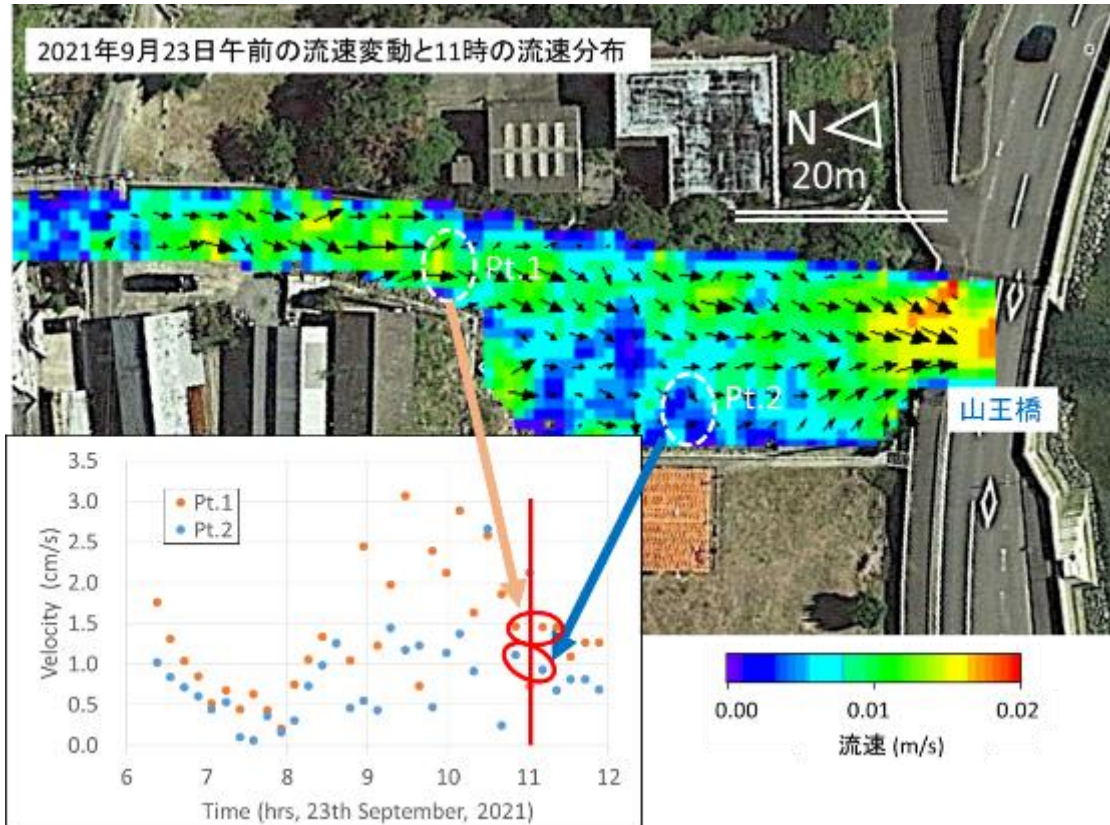


図-6.4 事故現場の通報時の流速分布および流況ベクトル（2021年9月23日11時）

### (3) 推定事故発生場所と推定発見場所までの漂流状況の推定

今回の事故では事故発生場所及び発生日時、発見場所が特定できないことから、新聞記事から得られる情報と調査で把握した情報から、発生場所および発見場所を推定する必要がある。

5.3節では発見場所を推定したが、転落場所や漂流経路は推定できていない。しかし、これまでの数値シミュレーションにより、発見時までの流況を把握できたことから、これに漂流シミュレーションを実施すれば、転落場所の推定ができる可能性がある。

そこで、ここでは、現地調査より転落場所を想定し、そこから漂流シミュレーションを実施して、事故当日の朝から発見時までの漂流状況と、5.3節で得られた推定発見場所が一致するかを把握した。

5.3節の結果では、図-5.14に示すようにPt.1およびPt.2の2か所が推定発見場所である。ここでは、Pt.1およびPt.2の上流側で女兒が転落する可能性がある場所を推定し、そこからの漂流シミュレーションを実施した。入力潮汐のタイミングについては、事故通報時は午前11時であり、その前に女兒が一人で遊んでいて行方不明となったという新聞記事より、通常であれば朝食後から遊び始めると考え、午前8時から通報時の午前11時までの潮



位変化を与え、現場水域の水位変動および流況変動を把握した。

図-6.5 および図-6.6 に、Pt.1 の上流側で女兒が転落する可能性のある場所を示す。この領域では全域で切り立った勾配の壁面となっており、更にこの場所では道路からのアクセスも容易であるとともに転落防止のための柵などが設置されていない。

ここで事故が発生した場合の漂流シミュレーション結果を図-6.7 に示す。図より、流れはPt.1 へ到達していることがわかり、この場所から転落した可能性があることがわかる。

また、図-6.8 に、Pt.2 の上流側で女兒が転落する可能性のある場所を示す。この場所でも切り立った壁面となっており、更にボートが接岸されていた。

ここで事故が発生した場合の漂流シミュレーション結果を図-6.9 に示す。図より、流れはPt.2 へ到達していることがわかり、この場所からも転落した可能性があることがわかる。



図-6.5 事故現場と予想される場所の状況 (Pt.1、荒川側右岸側、2021年10月10日9時)



図-6.6 事故現場と予想される場所の状況 (Pt.1、荒川側左岸、2021年10月10日9時)

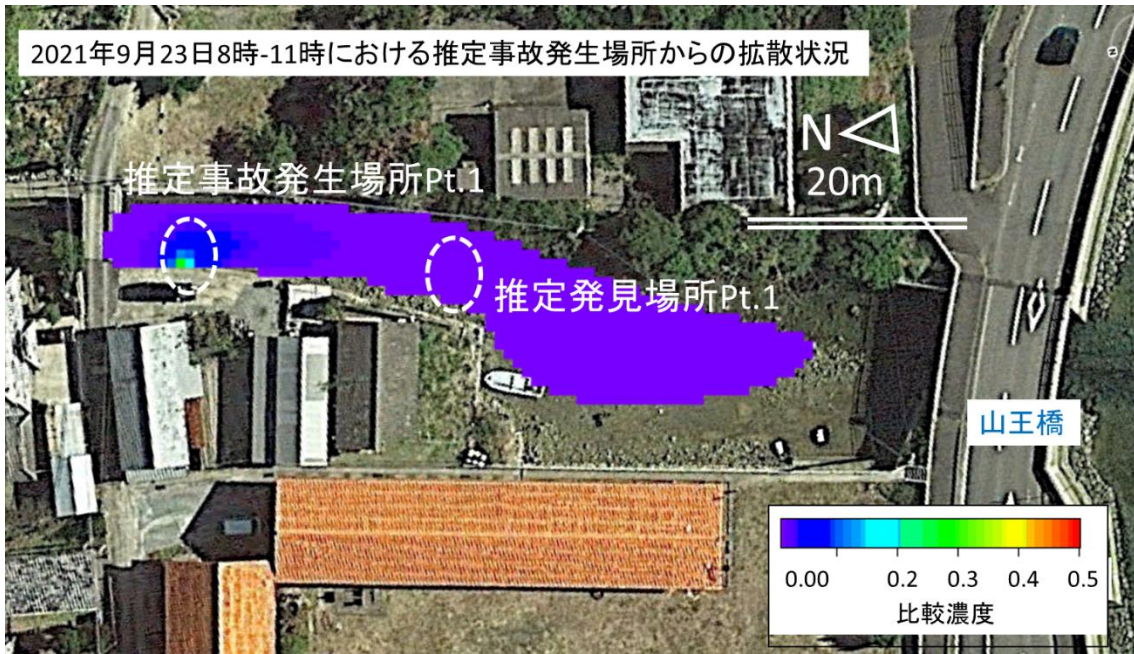


図-6.7 事故現場と予想される場所と推定発見場所、および拡散計算結果（Pt.1、2021年9月23日8時～11時の拡散状況）

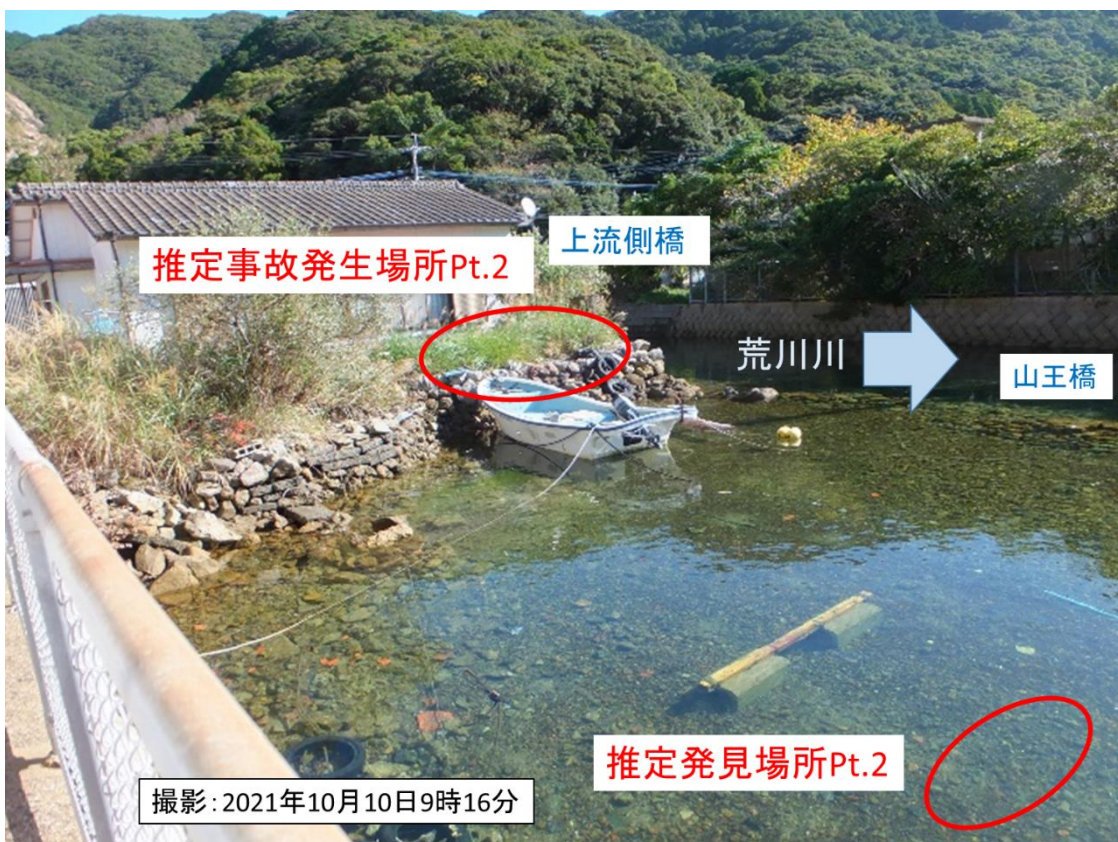


図-6.8 事故現場と予想される場所の状況（Pt.2、2021年10月10日9時）

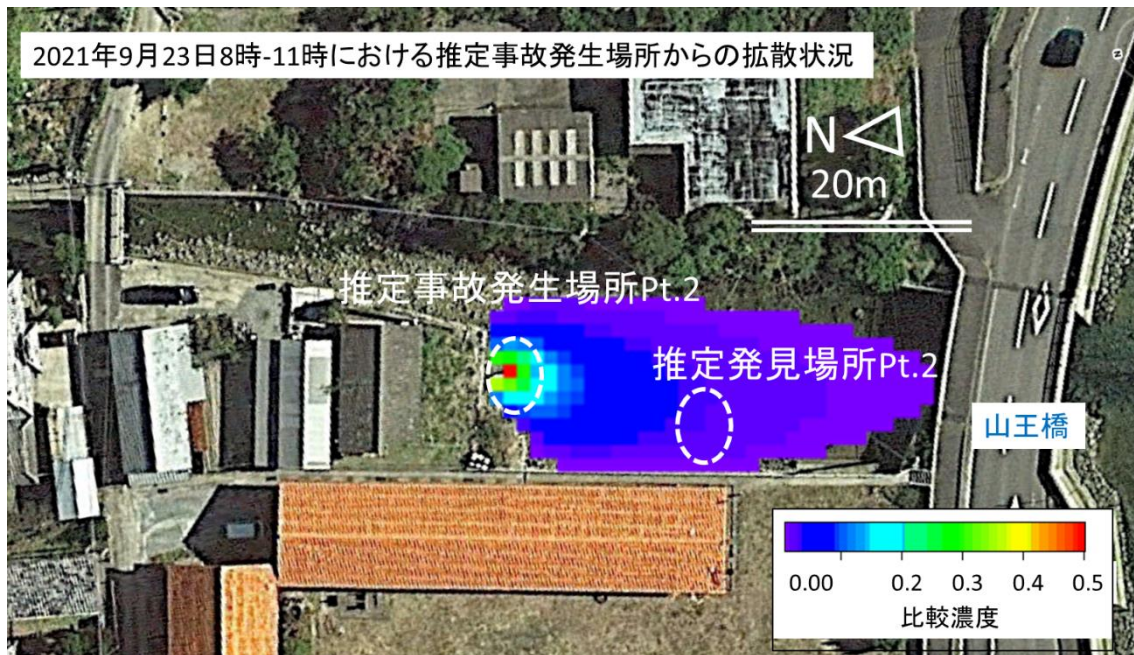


図-6.9 事故現場と予想される場所と推定発見場所、および拡散計算結果（Pt.2、2021年9月23日8時～11時の拡散状況）

## 7. 事故の発生要因の考察

以上より、想定した転落場所 2 か所ともそれぞれ可能性が高いことが分かった。これより、両地点で共通する事故が発生すると考えられる要因を下に列挙する。

- ・推定事故発生場所では、切り立った岸壁となっている。
- ・河口の領域では、元小学校横や道路横では転落防止用の柵が設置されているが、推定事故発生場所は一般居住地の全面であり、柵が設置されていない。
- ・事故発生時、転落した女児は一人で遊んでいたと考えられ、監視者がいなかった。
- ・転落時の潮位はほぼ満潮であり、推定転落場所の水深は 1m を越えており、小学校 2 年生の女児では立って呼吸を確保できない状況であった。
- ・転落場所周辺の水深はほぼ同様であり、一様に足が水底に届かない状況であった。
- ・推定転落場所の岸壁では、水面から壁面上までは約 1.3m あり、急勾配であることと併せて、この場所で転落した場合には這い上がることは不可能である。

以上より、事故であったと想定した場合、発生場所では女児の足が水底に届く場所がなく、更に這いあがることが可能な場所がないと考えられる。

#### 8. 事故発生防止のための防止案

- ・落水する可能性のある危険個所について、遊びに行かない様に保護者とともに認識する。
- ・遊びに出かける場合、行先を保護者にしっかりと伝える。
- ・水辺の地域で生活しているの、どうしても落水する可能性はあることから、もし落水した場合の対処方法を常に学習する。