

# 川内川激特事業における景観水理模型実験

## THE LANDSCAPE AND HYDRAULIC MODEL EXPERIMENT AT THE SPECIAL EMERGENCY PROJECT FOR SERIOUS DISASTER IN THE SENDAI RIVER

島谷幸宏<sup>1</sup>・林博徳<sup>2</sup>・貴島茂<sup>3</sup>・池松伸也<sup>4</sup>・白山昌義<sup>5</sup>

Yukihiro SHIMATANI, Hironori HAYASHI, Shigeru KIJIMA, Shinya IKEMATSU,  
Masayoshi SHIRAYAMA

<sup>1</sup>フェロー会員 工博 九州大学大学院工学研究院 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

<sup>2</sup>学生会員 工修 九州大学大学院工学府 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

<sup>3</sup>学生会員 九州大学大学院工学府 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

<sup>4</sup>正会員 九州大学大学院工学府 (〒814-0395 福岡市西区元岡 744)

<sup>5</sup>正会員 (株)建設技術研究所東京本社水理センター (〒300-2051 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1047-27)

The torrential rainfall by seasonal rain front caused rivers to severe flood at the north region in KAGOSHIMA prefecture in July 2006. The Sendai-river overflowed and residential people had been damaged seriously too. Therefore, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) proposed the Sendai River's flood-control plan included Shigome Diversion Channel to prevent the disaster. The purpose of this study is to verify the benefit of flood control of it and clarify that how change the landscape and environment around the watershed areas and smooth consensus-building with local resident using landscape and hydraulics model test.

**Key Words :** *landscape model, hydraulic model, consensus-building*

### 1. はじめに

鹿児島県を流れる川内川流域では、梅雨前線の活動が活発化し、2006年7月19日から7月23日にかけて薩摩地方北部を中心に記録的な大雨となり、総降水量は多いところで1000mmを超した。それに伴う外水氾濫によって川内川流域では大きな被害を受けた。特に薩摩郡さつま町の被害は甚大であり、川内川の河口から37kmの右岸側に位置する虎居地区では最大水深が4mにも及んだ。この地区近傍の宮之城地点の水位は2006年7月22日11:30に計画水位を突破し、同日18:40に最高水位となり、計画水位を3m程度超える未曾有の大水害となった。この地域での被災状況としては、人的被害が死者1名・軽傷者3名、建物被害は全壊214棟・半壊367棟、床上・床下浸水が合わせて232棟であり、孤立した17名が自衛隊により救助された。

虎居地区の水害は未曾有の豪雨が主な原因と言われているが、川内川の虎居地区下流部は大きく蛇行しておりそこでの水位の上昇も被害を拡大させた要因の一

つであることが指摘されている。

このような背景を受け、川内川は河川激甚災害対策特別緊急事業（以下、激特事業）に指定され、特に被害が甚大であった虎居地区では、蛇行部を大規模にショートカットする分水路（以下、分水路）の新設や築堤・河道掘削などが計画されている。しかし計画当該地域には、歴史的文化的価値を有する「虎居城」と呼ばれる史跡や、大きな瀬と淵がみられ鮎やホタルが多数生息する良好な河川環境が保たれており、早急な治水対策が求められる一方で、史跡や生態系への影響が最小限となるような河川改修案を検討することが求められている。この地区では、昭和47年にも同様の洪水が起こり、上流に位置する鶴田ダムが原因ではないかと住民からは長年ダムに対する強い不信感が存在している。このような背景もあり、住民の国土交通省に対する不信感は強い。このためショートカットをしても水位が下がらないのではないか、河川環境や景観が大きく劣化するのではないかという住民からの強い懸念が表明され、事業の進捗に影響を及ぼす可能性があった。そ

こで九州大学に景観水理模型を製作し水理的効果の検証，および実験ケースについてのワークショップ，公開実験を行い住民との合意を図った。

## 2. 川内川の概要

本研究の対象である川内川は，源流を熊本県の白髪岳（標高 1417m）に発し，宮崎県の西諸県盆地（加久藤盆地）を西流し鹿児島県へ入り，吉松の狭谷，湯之尾滝を経て，伊佐盆地で支川羽月川を合流し，大口市の景勝曾木の滝から鶴田ダムへ流入する。その後，さつま町狭窄部，川内平野を貫流し，東シナ海へ注いでいる。河川の特徴としては幹線流路延長が 137km と九州で 2 番目に長く，流域面積は 1600km<sup>2</sup>（山地 75%，平地 25%）と九州 5 番目の大きさで熊本県，宮崎県，鹿児島県と 3 県にまたがる大川である。年間降雨量は 2800mm に達する多雨地域で，過去の降雨原因別の出水割合は台風性約 30%，梅雨性約 70%となっている。川内川の災害は記録が整理し始められた 1500 年代から現在まで，約 200 回を越える記録があり，平均 2 年に一回程度の頻度で災害が起きている<sup>1)</sup>。

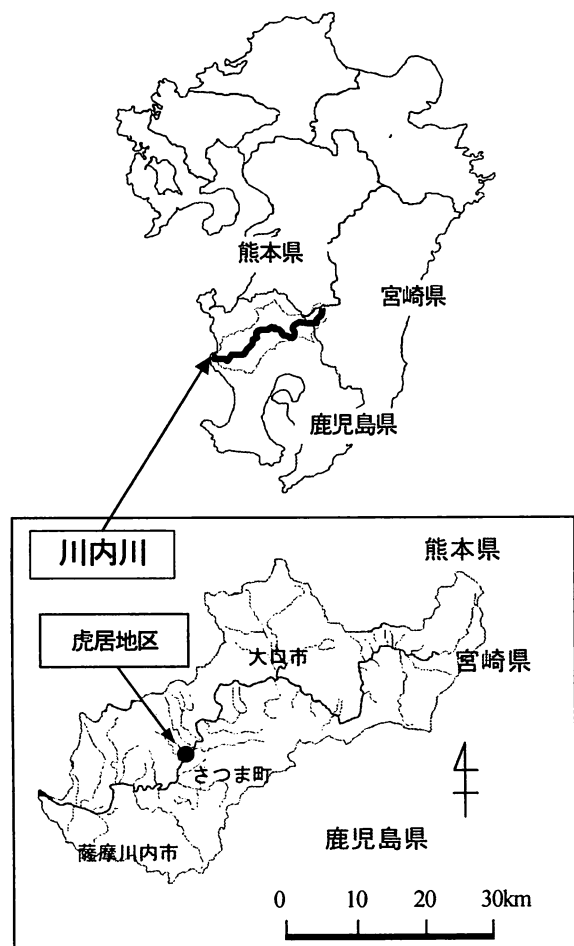


図-1 川内川流域概要

## 3. 景観水理模型

### (1) 景観水理模型

景観水理模型とは景観検討と水理的検討を同時に行うための模型である。樹木，家屋などを等縮尺で精巧に再現し，模型と現地の景観を一致させることにより水理的相似条件を一致させている。なお本模型はフルード相似に基づいた，縮尺 1/200，無歪，移動床模型である<sup>2)</sup>。縮尺は実験の精度，実験場のスペースとともに，直感的に全体が把握できる規模，景観のリアリティーの再現などを総合的に考慮し決定した。

樹木は竹ヒゴとクラスター（景観模型材料）で作成し，河岸は樹木の着脱が容易なように景観用のパテで作成した。模型全体像を写真-1，市街地を写真-2，下流の狭窄部を写真-3 に示す。



写真-1 景観水理模型（全体像）

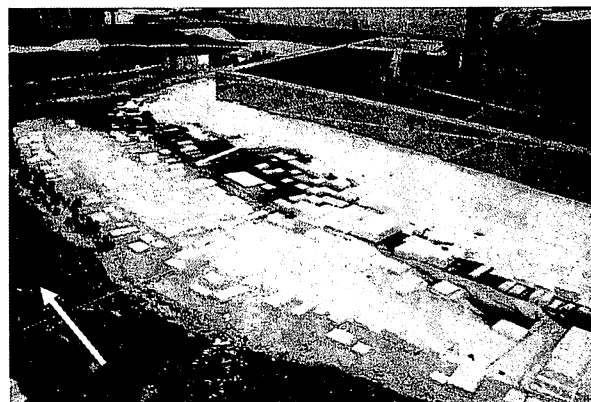


写真-2 景観水理模型（市街地部）

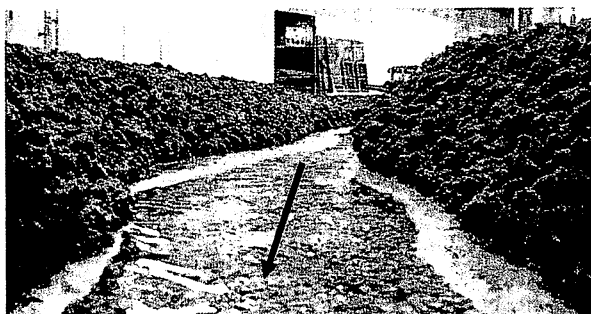


写真-3 景観水理模型（狭窄部）

写真-4 に作製した樹木を示す。樹木は現地調査によって計測された樹高・樹幹・樹幹までの高さ、密生度を参考に正確に再現した。調査結果から、繁茂域によって樹木の大きさが異なっていたため、写真のような大きさの異なる木を作製した。幹には太さ約 1mm の竹ヒゴを、葉にはクラスターを利用し、作製した樹木は約 6500 本である。

写真-5 に作製した家屋を示す。市街地部は平面図における測量値を読み取り現地の形状を、つまり地盤高と家屋の一軒一軒を再現した(写真-2 参照)。地盤高は 5mm の発泡スチロール板を切り取り、重ね合わせ作製した。5mm は現地縮尺で 1m である。

家屋は平面地図から読み取った位置、大きさ、家屋数を再現した。地盤高と同じく発泡スチロール板を切り取り作成した。大きさは 1cm 単位で縦・横の長さを測り切り取った。家屋の高さは、航空写真から何階建てかを読み取り、1 階建てなら 1.5cm、2 階建てなら 3cm とした。作製した家屋の総数は 762 棟であった。

河床は移動床とし、現地の瀬の代表粒径が 150mm であることから、模型の河床材料には代表粒径 0.8mm の砂を使用した。ただし、35.6k より下流は岩が露出しているため、小礫を敷き詰め固定床とした。

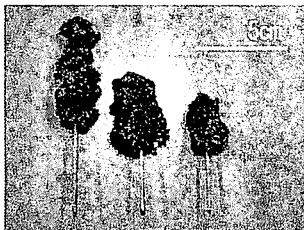


写真-4 樹木模型

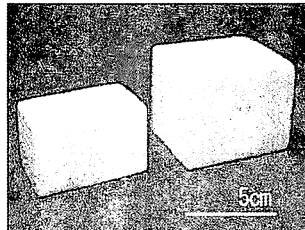


写真-5 家屋模型

## (2) 模型の再現範囲

景観水理模型の再現範囲は川内川の下流 34.6km 地点から 38.0km 地点までの縦断距離延長 3.4km の区間とした(図-2 参照)。図-2 に示した虎居地区が平成 18 年の洪水で最も被害を受けた地域である。

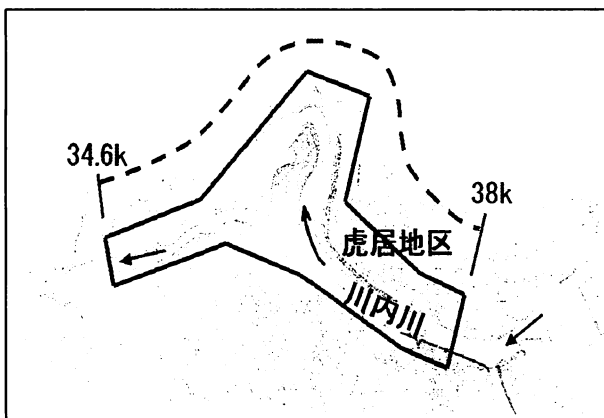


図-2 景観水理模型再現範囲

## 4. 水理実験

### (1) 実験方法

下流端水位を 2006 年 7 月の災害発生時の痕跡水位に設定し、洪水時の流量 4840m<sup>3</sup>/s (模型上は 8.56L/s) を上流から流下させた状態で実験を実施した。水位計測範囲は 34.8k~37.8k までとし、200m 間隔(模型上は 1m 間隔)で 16 横断面について計測した。水位の計測にはポイントゲージを用い、横断面の護岸から 1m (模型上は 5cm) の地点で左右岸の水位を測定し、その平均値を各横断面の計測水位とした。

### (2) 実験ケース

虎居地区の川内川は掘り込み河川であり、洪水時の市街地の水深は最大 4m に達した。河岸の越流水深はおおむね 3m 程度であり、計画では分水路および河道掘削によりおおむね 2m 水位を低下させ、残りの水位 1m 分を堤防により確保することを念頭に次の 4 つの実験を行った(表-1、図-3)。実験 1 は現況実験である。実験 2 は現地スケールで幅 80m の分水路を建設する案である。実験 3 は、実験 2 にさらに下流部の河床掘削、樹木伐採を行った案である。35.0k~35.6k の右岸側の露出している岩を掘削し、分水路出口付近の左岸側の樹木を 100 本ほど伐採した案である。実験ケース 4 は、実験ケース 3 に、さらに虎居地区前面の築堤と築堤前面の掘削を行った案である。

表-1 実験ケース

| 実験ケース | 実験内容                |
|-------|---------------------|
| 1     | 現況                  |
| 2     | 実験 1 + 分水路設置        |
| 3     | 実験 2 + 下流岩掘削 + 樹木伐採 |
| 4     | 実験 3 + 築堤 + 築堤前面掘削  |

## 5. 実験結果

図-4 に各実験ケースで計測された水位縦断図を示す。実験 1 の現況実験では 37.0km 付近(虎居地区)の洪水時のピーク水位および浸水深、浸水範囲はおおむね再現された。実験 2 では 37.0km 地点の水位が約 1.1m 低下しており、分水路の効果が示された。実験 3 では、実験 2 より 37.0km 地点の水位がさらに約 1.0m 低下したが、虎居地区への氾濫はまだ生じている。実験 4 により 37.2km より上流で水位が低下し、37.6km 地点で約 0.9m 程度水位低下する。築堤と合わせて、虎居地区の氾濫は完全に防ぐことができることが明らかになった。また、推進先端部は、本川水面がほぼフラットであり掘削しても水位低下しないため掘削の効果は無く、その必要性が無いことが示された。以上のように、既往

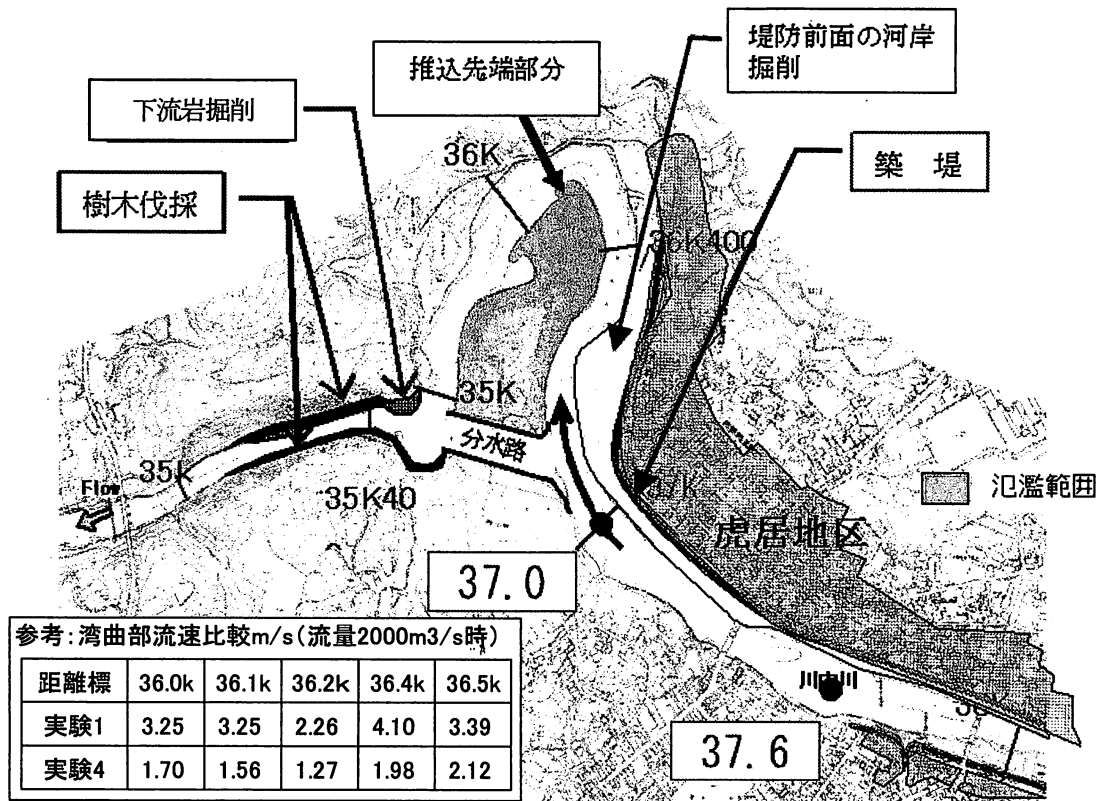


図-3 改修案

距離標(km): 35.0 35.2 35.4 35.6 35.8 36.0 36.2 36.4 36.6 36.8 37.0 37.2 37.4 37.6 37.8 38.0

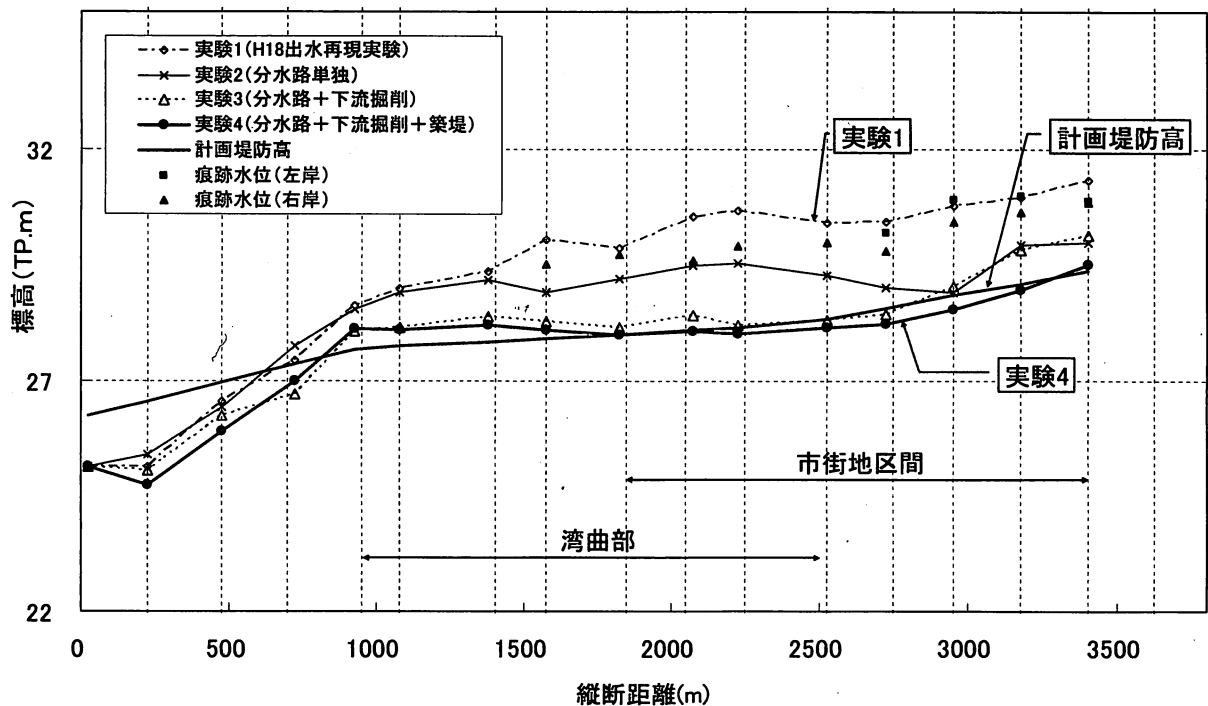


図-4 実験結果 水位縦断面図

洪水に対しては分水路建設，下流掘削，堤防建設，堤防前面の掘削により対処できることが明らかになった。

また，土砂の動きは活発でないため，分水路建設によっても瀬淵構造の大きな変化は認められない。しかし，洪水時の本流の流速は大きく減少する（図-3）た

め，分水路呑み口部に固定堰などを設け，できる限り本流の流速を低減させない工夫が必要であること，堤防前面の河岸掘削は，37k下流では低流速の逆流域が生じており土砂の堆積が想定され景観も含めて前面の掘削範囲について検討が必要であることが明らかにな

った。

また本実験では、浸水深や浸水範囲に加え、地盤高・家屋寸法・樹木寸法についても正確に再現しているため、浸水・氾濫の様子や改修案によって洪水が防がれる様子が、視覚的に詳細に確認された。

## 6. 合意形成について

近年、公共事業が住民に納得されず実施できないケースやたとえ納得されたとしても、多くの時間あるいは費用を要するケースが多く見られる。合意形成を円滑に図るための技術の確立は土木技術にとって喫緊の課題である<sup>34)</sup>。

川内川においても推込分水路の建設が虎居地区の水位低下にとって有効であることは、河川技術者にとっては容易に理解できるが、地域住民にとっては理解しがたい現象である。水理現象は住民にはなじみが薄く複雑で直感的に分かりにくい。しかも、虎居地区より上流に位置する鶴田ダム完成後、2度目の大水害ということもあり、地元の国土交通省に対する信頼感は万全ではない。このような状況を鑑み、合意形成のためにできる限り現地の状況をリアルに再現し、直感的に水理現象が把握できる景観水理模型実験を提案した。

合意形成に当たっては、ステークホルダー（利害関係者）分析、課題分析、合意形成の手続き、合意形成の運営、広報（アカウンタビティー）などが重要であり、状況に柔軟に対応しながら進める必要がある<sup>4)</sup>。

### (1) ステークホルダー

当該地区に関係するステークホルダーを抽出し分析した。

**被災住民：**約 500 世帯で、水害の防除を切望し、国土交通省に対する不信感がある。環境のことも聞かれれば重要と答えるが顕在化していない。

**下流住民：**約 100 世帯、上流改修に対し、下流量が増加に対する不安感を持っている。

**被災していない周辺市民、商工会関係者：**治水の重要性を認識しつつ、復興後の街づくりに関心を持つ。

**流域 NPO：**川の利用、河川風景の保全に関心、川づくりを地域だけで行うことに不安を持つ。

その他、議員、漁協、史跡関係者、教育関係者などが関係者であった。

虎居地区の災害復旧方式に関する合意形成においては被災住民および下流住民が直接の関係者であり、これらの住民を中心に今後のまちづくり、川づくりも重要であることから周辺市民、流域 NPO を含めた、できる限り多くの関係者と合意形成することが重要と考えられた。

## (2) 問題点の分析と合意形成の設計

虎居地区の合意形成上の課題は、国土交通省に対する不信感、分水路案に対して治水上の効果が直感的に理解できない、虎居の地名となった推込を開削することへの環境上の不安などである。

以上のような課題を解決するために、次の手順を提案した。

- ① 不特定多数のワークショップを中心とした合意形成のシステムを構築する。不特定多数を対象とすることにより多くの住民に合意形成の機会を提供し、不信感の解消を図る。
- ② 治水上の効果と環境への影響が直感的に理解できる景観水理模型実験を行う。
- ③ 透明性と信頼を保つため大学において実験を実施する。
- ④ コーディネータは実験等に関係しない信頼できる第三者（東京工業大学、桑子敏雄教授）に依頼する。
- ⑤ 公開実験により治水効果を確認してもらう。
- ⑥ 結果を広く広報する。

## (3) 結果

2007 年 5 月 22 日、事前説明会を開催、国土交通省九州地方整備局川内川河川事務所と九州大学により景観水理模型実験を行うことと次回、模型実験のケースを決めるためのワークショップを開催することを告知した。虎居地区の住民を中心に約 130 名が参加した。

同年 6 月 2 日、実験ケースを決めるためのワークショップを行った（写真-6）。事務所から詳細な計画が初めて地元で説明されたため、質問が相次ぎ、会場は騒然となったが、コーディネータの運営能力により、3 会場に分かれて九州大学から提案した実験ケースに対するワークショップを実施することができた。3 つの会場とも分水路案を含む、ほぼ同じ内容の実験案が提案され、合同ワークショップでは本研究で行った実験とほぼ同内容の実験案が承認された。参加者は約 120 名であった。

同年 9 月 20、21 日、2 日間 2 回に分けて、さつま町の呼びかけにより、九州大学において実験 1-実験 4 を順番に行う公開実験を実施した（写真-7）。参加者は 2 日間合計で約 100 名であった。実験結果は 5 章で示したとおりである。公開実験において、参加した住民からは、模型の精密さ、かつその大きさに対して、感動するとともに、分水路の効果の大きさに驚く声が聞かれた。また公開実験の結果、提案された案の妥当性がおおむね納得された。このように円滑な合意形成がなされたのは、模型のリアリティーゆえに、参加者一人一人が、浸水の様子や計画案によって出水が防がれる様子を視覚的に確認できたことによるところが大きい。

と考えられる。また実験初日にはNHKをはじめとした報道機関が取材を実施した。特にNHKは地元に対して実験内容を詳細に伝える15分番組を放映した。地域住民はこれらの報道を通して実験の結果を理解した。この公開実験以降、地元から計画案に対して大きな反対意見は聞かれなくなった。

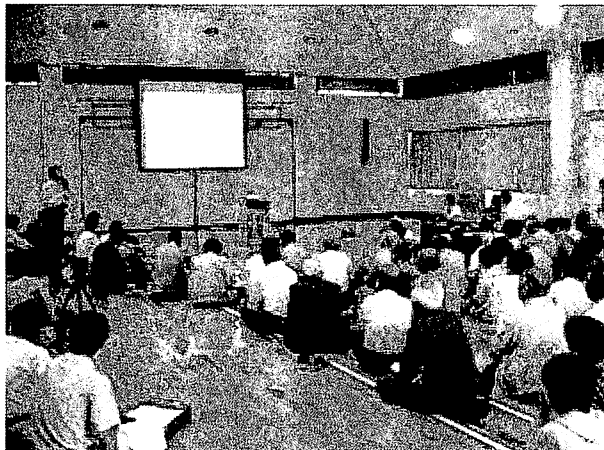


写真-6 実験案を決めるワークショップ前の改修の説明の様子



写真-7 公開実験の様子

## 7. おわりに

景観水理模型実験は、水理的な検討能力と共に合意形成ツールとして極めて有効であることが明らかになった。ただし、景観のリアリティーが極めて重要である。国土交通省九州地方整備局、桑子先生、地元の方の協力なしでは実施し得ない研究であります。ここに心より謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 国土交通省九州地方整備局, 国土交通省国土地理院: 九州地方の古地理に関する調査「古の文化と豊かな自然」, pp. 92-99, 2002
- 2) 須賀堯三, 水理模型実験, 山海堂, 1990
- 3) 社団法人土木学会四国支部, 土木技術者のための合意形成技術の教育方法に関する研究会, 2004.
- 4) 桑子敏雄, 社会的合意形成と風土の問題, 公共研究, vol. 3, no. 2, pp. 114-122, 2006.

(2008. 4. 3 受付)