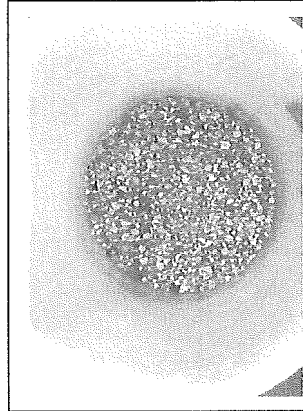
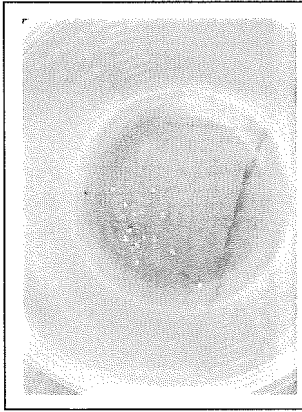


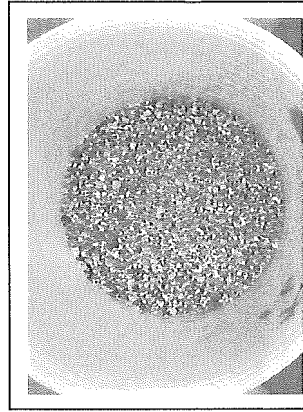
5-4



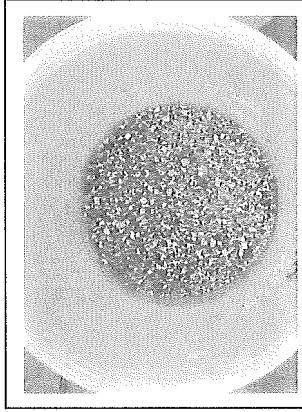
5-8



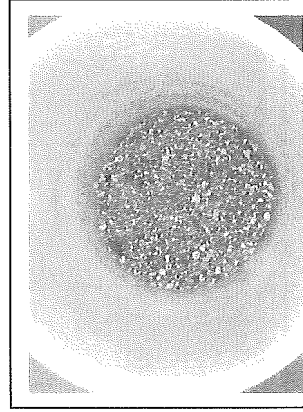
5-3



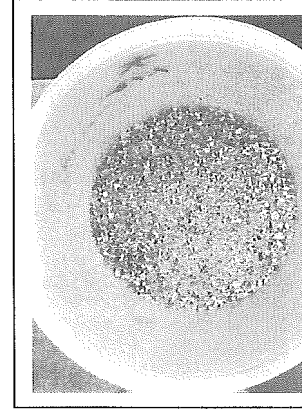
5-7



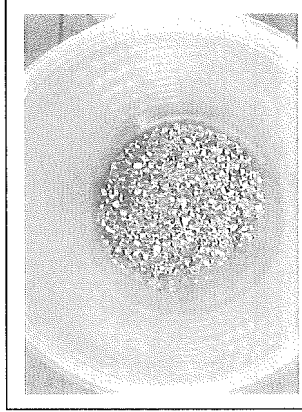
5-2



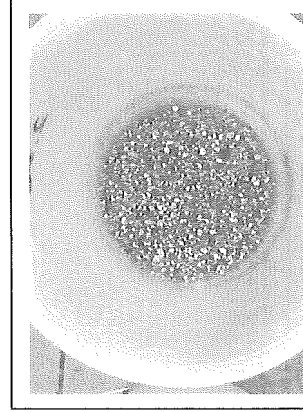
5-6



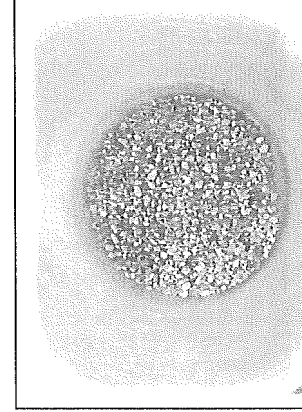
5-10



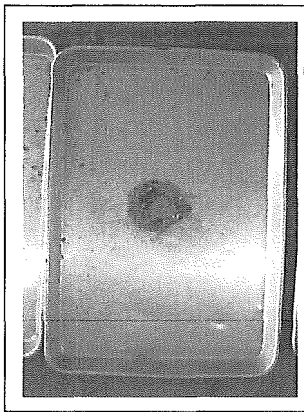
5-1



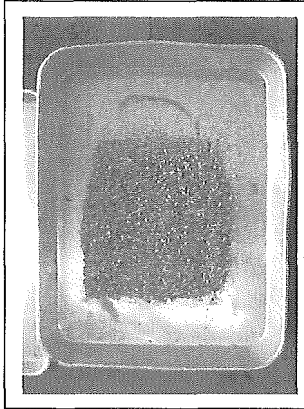
5-5



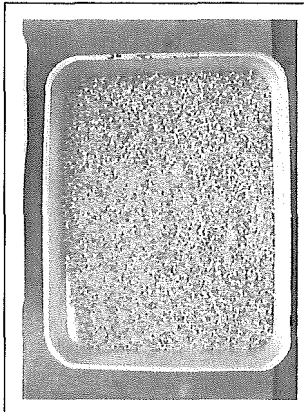
5-9



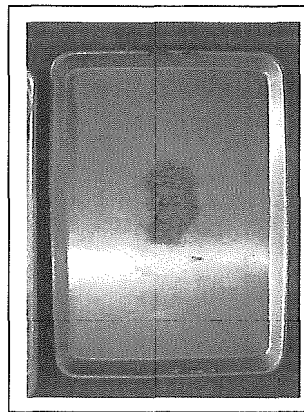
6-3



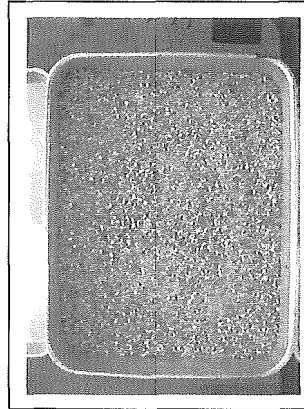
6-2



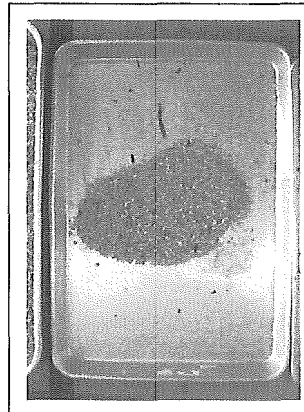
6-1



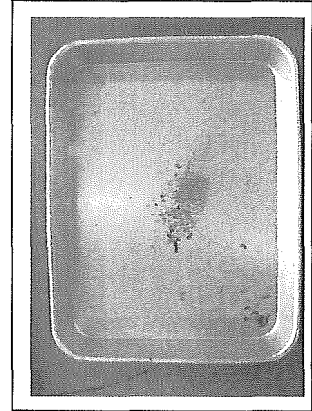
7-3



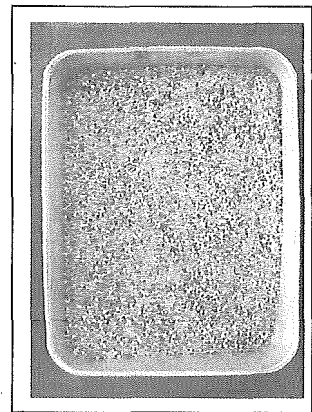
7-2



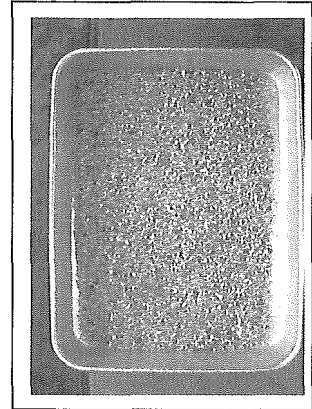
7-1



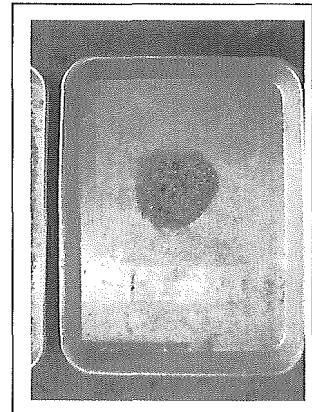
8-4



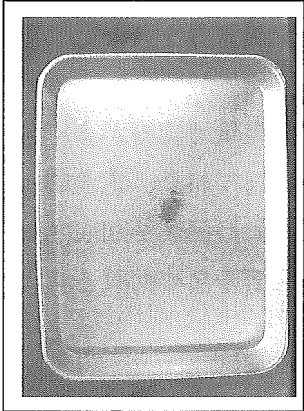
8-3



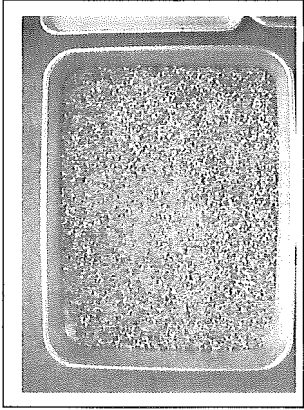
8-2



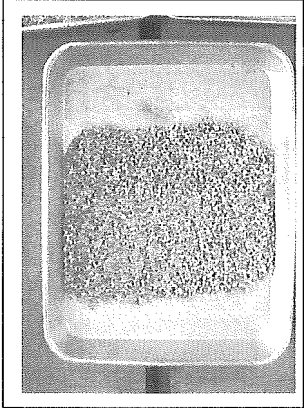
8-1



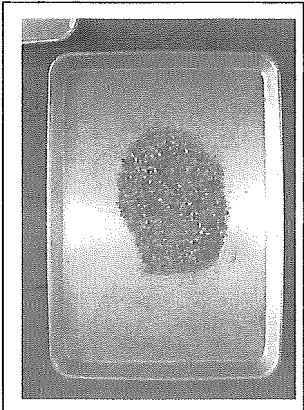
8-8



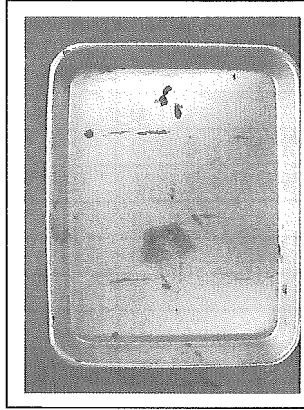
8-7



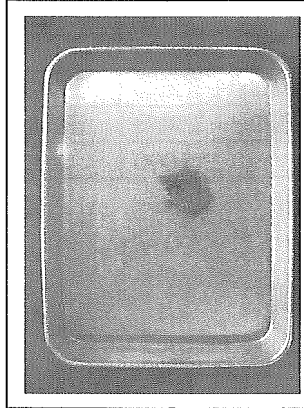
8-6



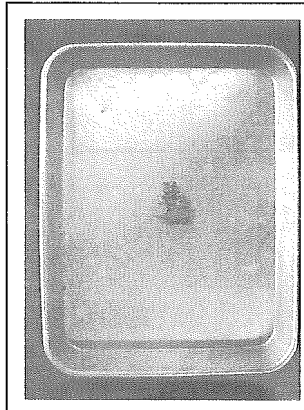
8-5



8-11



8-10



8-9

#### IV.推定結果及び考察

##### (1)枝状分岐

濁質推定量と実験で得られた濁質量の比較を表-3-3-11 に示す。

濁質推定量は、実験の濁質回収作業上、同一に回収された管路の濁質量を合計し、更に実験の濁質回収率で補正し実験値と比較した。

推定された濁質量は、実験結果と全般的に良く一致した。特に、実験で濁質が多く分配された管路⑧+⑫及び管路⑪には、推定でも多くの濁質が分配されており、定量的にも良く一致している。推定では、濁質量が0の管路にも実験では微量の濁質が回収されたが、これは継手部や分岐部などに留まった濁質が回収時の速い流速のため回収されたと考えられる。

表-3-3-11 枝状分岐濁質分配量

| 管路    | 推定濁質量(g) |            |            | 実験濁質量(g)   |
|-------|----------|------------|------------|------------|
|       | 管路毎      | 実験回収管路毎    | 実験回収率補正    |            |
| 管路①   | 0        | 0          | 0          | 27.51      |
| 管路②,③ | 0        | 管路②+管路③    | 管路②+管路③    | ②+③ 76.37  |
| 管路③   | 0        | 管路②+管路③    | 管路②+管路③    | 管路②+管路③    |
| 管路④   | 0        | 0          | 0          | 0.24       |
| 管路⑤   | 0        | 0          | 0          | 26.45      |
| 管路⑥   | 0        | 0          | 0          | 16.45      |
| 管路⑦   | 0        | 0          | 0          | 24.27      |
| 管路⑧   | 34.58    | ⑧+⑫ 494.00 | ⑧+⑫ 391.11 | ⑧+⑫ 300.11 |
| 管路⑨   | 24.00    | 24.00      | 19.00      | 27.04      |
| 管路⑩   | 19.76    | ⑩+⑬ 19.76  | ⑩+⑬ 15.65  | ⑩+⑬ 25.53  |
| 管路⑪   | 462.24   | 462.24     | 365.96     | 267.75     |
| 管路⑫   | 459.42   | 管路⑧+管路⑫    | 管路⑧+管路⑫    | 管路⑧+管路⑫    |
| 管路⑬   | 0        | 管路⑩+管路⑬    | 管路⑩+管路⑬    | 管路⑩+管路⑬    |
| 合計    | 1000     | 1000       | 791.72     | 791.72     |

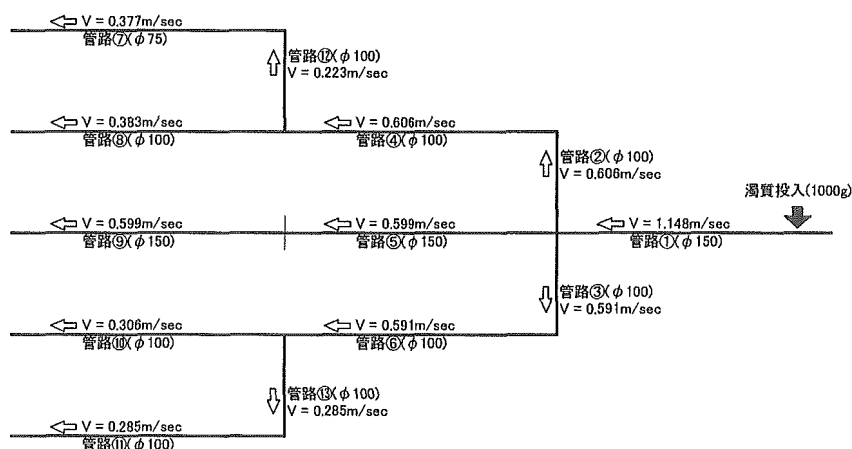


図-3-3-24 枝状分岐実験流速分布

(2) 田型管網（水平注入／取出し）

濁質推定量と実験で得られた濁質量の比較を表-3-3-12 に示す。

推定量と実験値は概ね良く一致した。特に実験で濁質が多く堆積した管路⑤、⑨には、推定でも多くの濁質が堆積した。

なお、管路②は流速  $0.443 \text{ m/sec}$  であり、推定上では濁質は堆積しないが、実験では  $302.46 \text{ g}$  の濁質堆積が見られた。

表-3-3-12 田型管網（水平注入／取出し）濁質分配量

| 管路  | 推定濁質量(g) |           |           | 実験濁質量(g)   |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|
|     | 管路毎      | 実験回収管路毎   | 実験回収率補正   |            |
| 管路① | 189.00   | 189       | 163.65    | 168.95     |
| 管路② | 0        | 0         | 0         | 302.46     |
| 管路③ | 0        | 0         | 0         | 52.97      |
| 管路④ | 0        | ④+⑥ 107.6 | ④+⑥ 93.17 | ④+⑥ 148.24 |
| 管路⑤ | 1047.00  | 1047.00   | 906.55    | 667.89     |
| 管路⑥ | 107.6    | 管路④+管路⑥   | 管路④+管路⑥   | 管路④+管路⑥    |
| 管路⑦ | 0        | 0         | 0         | 27.65      |
| 管路⑧ | 0        | 0         | 0         | 51.28      |
| 管路⑨ | 1656.4   | 1656.4    | 1434.2    | 1052.12    |
| 管路⑩ | 0        | 0         | 0         | 6.91       |
| 管路⑪ | 0        | ⑪+⑬ 0     | ⑪+⑬ 0     | ⑪+⑬ 32.29  |
| 管路⑫ | 0        | 0         | 0         | 6.00       |
| 管路⑬ | 0        | 管路⑪+管路⑬   | 管路⑪+管路⑬   | 管路⑪+管路⑬    |
| 末端  | 0        | 0         | 0         | 80.8       |
| 合計  | 3000     | 3000      | 2597.57   | 2597.57    |

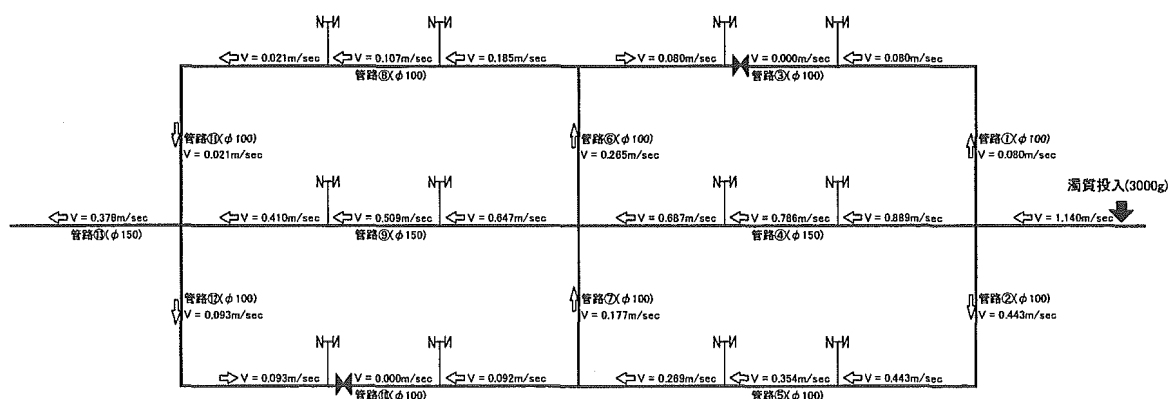


図-3-3-25 田型管網（水平注入／取出し）実験流速分布

(3) 田型管網 (斜め注入/取出し)

濁質推定量と実験で得られた濁質量の比較を表 3-3-13 に示す。

推定で濁質が多く分配された管路④、⑧、⑨には、実験でも濁質が多く分配されており、全体として推定と実験は概ね一致した。

なお、管路③は流速 0.582 m/sec であり、推定上では濁質は堆積しないが、実験では 453.18 g の濁質堆積が見られた。

表-3-3-13 田型管網 (斜め注入/取出し) 濁質分配量

| 管路  | 推定濁質量(g) |             |             | 実験濁質量(g)   |
|-----|----------|-------------|-------------|------------|
|     | 管路毎      | 実験回収管路毎     | 実験回収率補正     |            |
| 管路① | 0        | 0           | 0           | 19.73      |
| 管路② | 0        | 管路①+管路②     | 管路①+管路②     | 管路①+管路②    |
| 管路③ | 0        | ①+② 0       | ①+② 0       | ①+② 453.18 |
| 管路④ | 1437.74  | ④+⑦ 1465.04 | ④+⑦ 1260.99 | ④+⑦ 792.30 |
| 管路⑤ | 77.27    | 77.27       | 66.51       | 1.75       |
| 管路⑥ | 0        | 0           | 0           | 46.95      |
| 管路⑦ | 27.30    | 管路④+管路⑦     | 管路④+管路⑦     | 管路④+管路⑦    |
| 管路⑧ | 347.49   | 347.49      | 299.09      | 391.62     |
| 管路⑨ | 1110.21  | 1110.21     | 955.58      | 864.93     |
| 管路⑩ | 0        | 0           | 0           | 1.51       |
| 管路⑪ | 0        | 0           | 0           | 3.23       |
| 管路⑫ | 0        | ⑫+⑬ 0       | ⑫+⑬ 0       | ⑫+⑬ 5.15   |
| 管路⑬ | 0        | 管路⑫+管路⑬     | 管路⑫+管路⑬     | 管路⑫+管路⑬    |
| 末端  | 0        | 0           | 0           | 1.83       |
| 合計  | 3000     | 3000        | 2582.18     | 2582.18    |



図-3-3-26 田型管網 (斜め注入/取出し) 実験流速分布

## V.まとめ

単線による基礎実験結果より、管網基礎実験の濁質分配量を推定した。

その結果、枝状分岐実験及び田型管網実験での濁質拡散量は、分岐部における濁質分配実験結果より十分推定できる事が確認された。しかしながら、濁質が堆積する位置(流速範囲)については幾分の幅をもって推定する必要があった。

また、今回の検討では、十字分岐(2流入/2流出)の濁質分配比はT字分岐1と仮定して求めたが、基礎実験での確認が必要である。

### 3.4. 未利用エネルギーの有効利用

#### 3.4.1 目的

二酸化炭素など温室効果ガスの排出による地球温暖化の問題は、国際的な共通認識として定着しており、環境保全のため自然エネルギーの活用や未利用エネルギーの有効利用が不可欠となって来ている。水道事業においても、その電力消費量は日本全体の0.8%と非常に大きい。そこでEpochプロジェクトでは、水道施設等での未利用エネルギー回収の現状と今後の動向を文献等により調査しながら、まず小水力発電に着目することにした。小水力発電は、エネルギー密度が大きい水からエネルギーを取り出すために技術面で最も実用的であり、技術的にも長い歴史と実績があるが、水道施設への導入例は少ない。

そこで本年度より下記の2ヶ所において、フィールド実証試験を行っており、運転状況（電気、水質、機械）や経済・環境効果を検証中である。

[ フィールド実証試験場所 ]

[ 担当 ]

山梨県高根町 受水池兼第1配水池  
埼玉県企業局 庄和浄水場

前澤工業（株）  
（株）クボタ



### 3.4.2 「水道管路への小規模水力発電システムの適用化に関する研究」

(前澤工業株式会社の持込研究)

山梨県高根町受水池兼第1配水池でのパイプイン型発電水車のフィールド試験平成15年度報告

#### 1) 研究目的

今日、二酸化炭素など温室効果ガスの排出による地球温暖化の問題は、国際的な共通認識として定着しており、環境保全のため自然エネルギーの活用が不可欠となっている。

水道施設において、導水、送水、配水系統で利用されないまま消費されている水力エネルギーを電気エネルギーに転換することはエネルギー面から見た水資源の有効利用と、二酸化炭素の削減に寄与することとなる。

水力発電は完成度の高い技術ではあるが、水道施設への導入例は少ないので、フィールドにおいて長期連続運転を行い、その機能、耐久性を検証することは、今後の普及に向け必要な事項である。

このような中、山梨県高根町にて実証試験施設を建設、平成15年10月8日より実稼働を開始したので、ここにその概要を報告する。

#### 2) フィールド試験設備

##### ①設置場所

今回実証実験を行った山梨県高根町は、山梨県北西部に位置し、南アルプスと八ヶ岳に挟まれた豊かな地域である。

今回協力頂いた高根町役場環境課殿は、環境問題に関する意識が高く、環境負荷低減と自然エネルギーの有効利用を目的とした今回の試験に賛同頂いた。

試験場とした山梨県高根町受水池兼第1配水池は、山梨県峡北地域広域水道企業団より約2300m<sup>3</sup>/日受水し、地域へ自然流下により配水している。

配水管路は、配水池よりφ300mmの配管1本で取り出され、途中で分岐し各配水池へ連絡する。このφ300mmの配管を切り回し、今回築造した土木構造の中に水車発電機を設置した。系統図、配管図、及び写真を下記に示す。

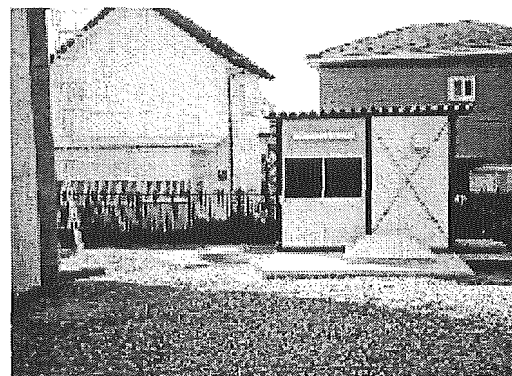


写真 3-4-1 試験場全景

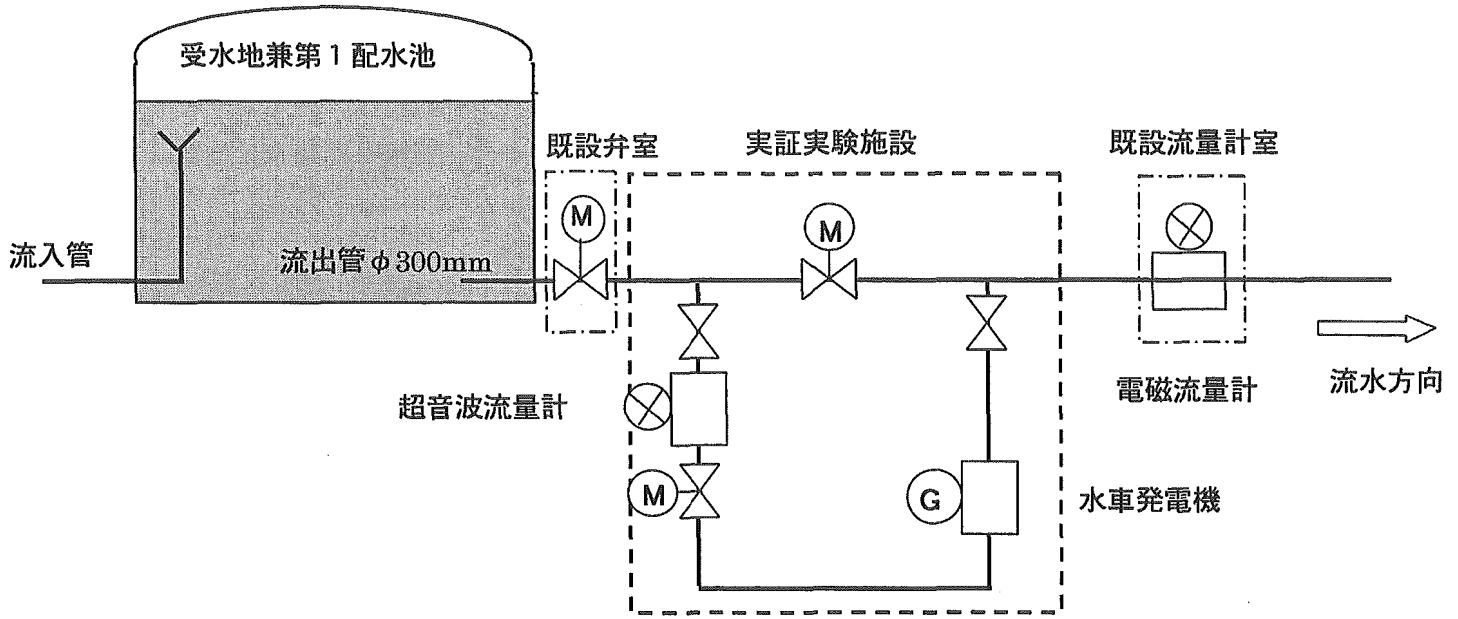


図3-4-1 系統図

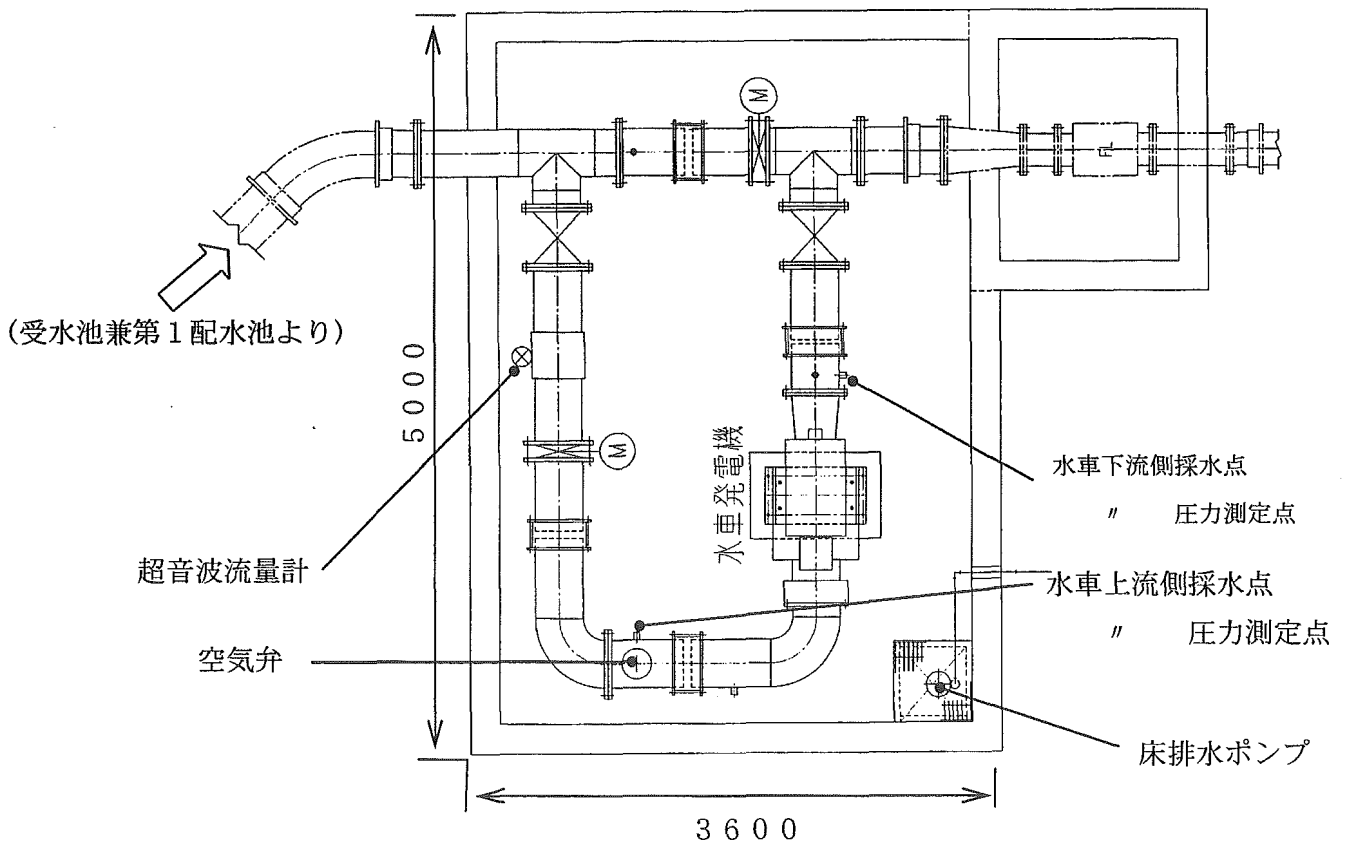


図-3-4-2 配管図

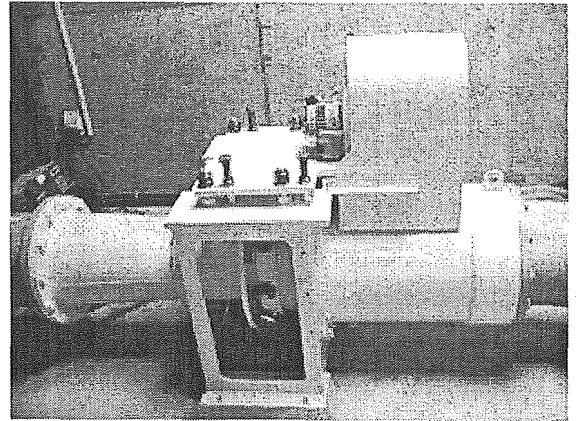
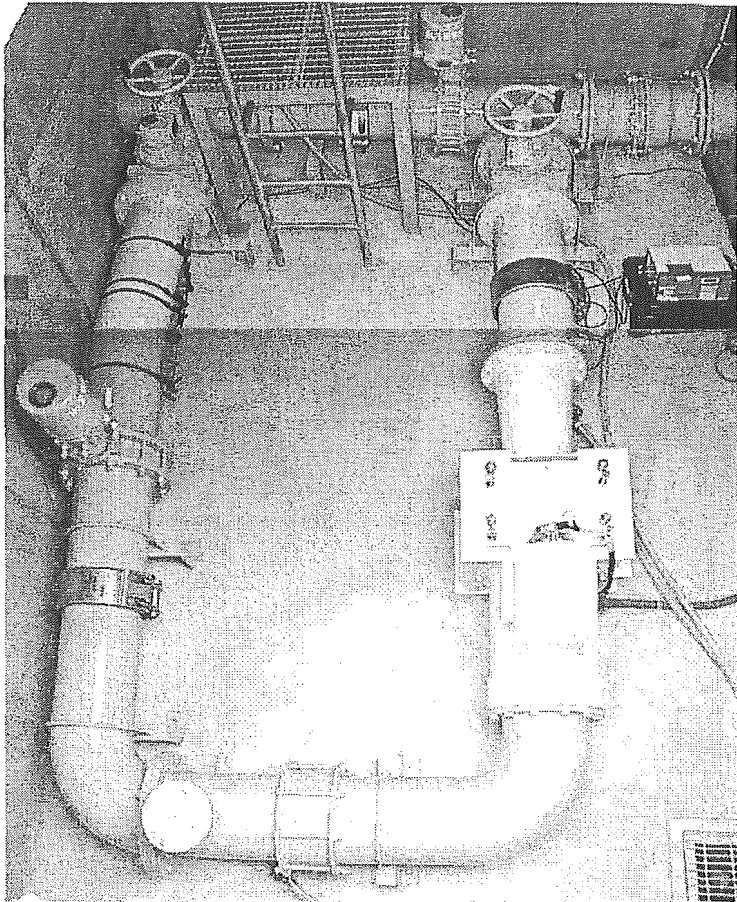


写真-3-4-2

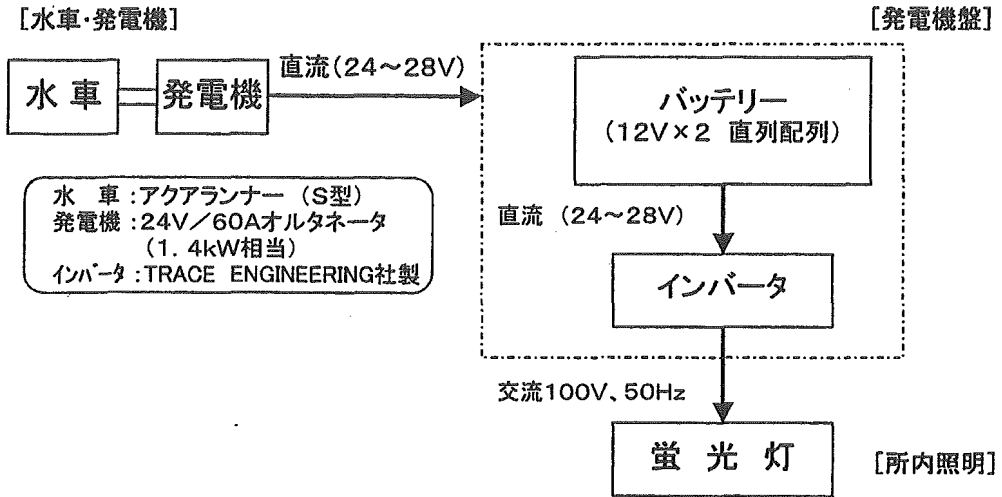
②水車発電機仕様

|          |  |
|----------|--|
| 流水条件     | 160m <sup>3</sup> /h×4m                                |
| 水車       | S型(最大 25kW 対応)   |
| 発電機 (出力) | 直流出力発電機 (500W)   |
| 寸法 (mm)  | 1420 <sup>L</sup> ×600 <sup>W</sup> ×1000 <sup>H</sup> |
| 接続口径(mm) | φ 300  |

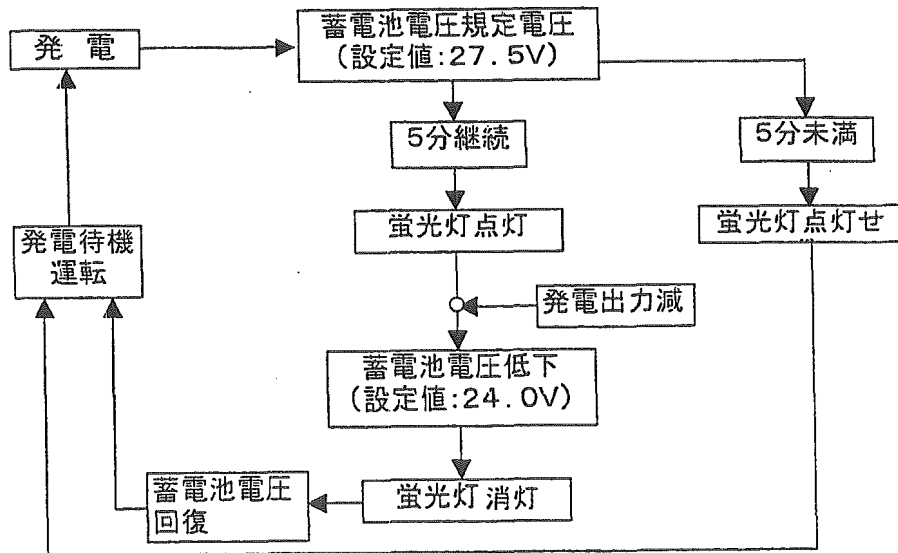
③ 運転方案

発電電力は水車発電機室及び建屋の照明に供給されている。

・ 発電設備の構成

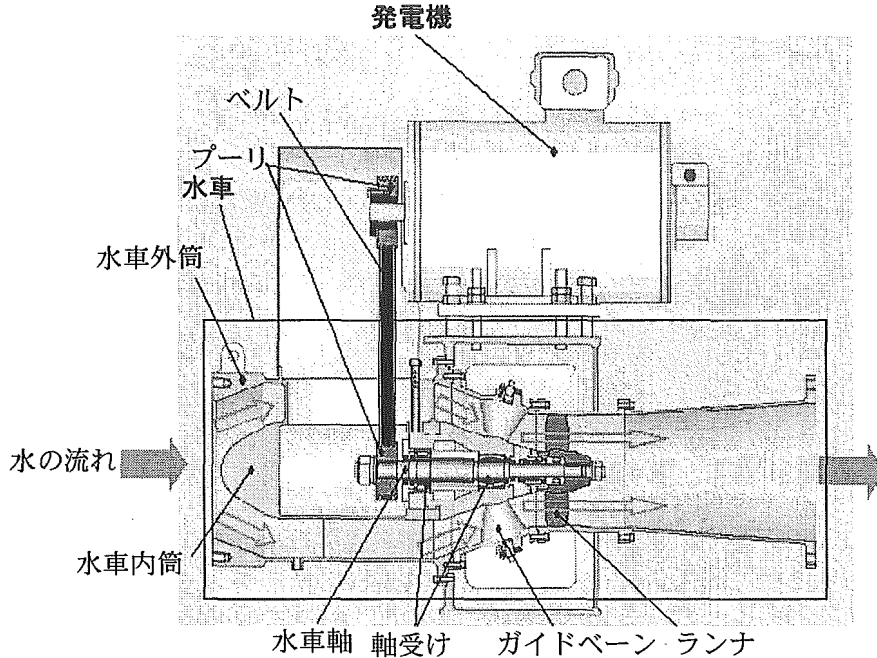


・ 運転フロー



### 3) 発電水車の構造

フィールド試験に用いる水車は下図のように発電機、ガイドベーン、ランナ（羽根車）から構成され、発電機はベルトを介して水車外部に設置されている。



### 4) 測定項目

#### ①水車発電機

水車発電機については記録計を設置し、10秒間隔で下記項目を自動計測、記録している。

| チャンネル | 測定項目  | チャンネル | 測定項目    |
|-------|-------|-------|---------|
| ch 1  | 発電機電圧 | ch 5  | バッテリー電流 |
| ch 2  | 発電機電流 | ch 6  | 流量      |
| ch 3  | 周波数   | ch 9  | 水車入口圧力  |
| ch 4  | 発電電力  | ch 10 | 水車出口圧力  |

#### ②水質

水車の入口と出口の水を採水、手分析により下記項目を分析している。

| 測定項目 | 測定方法      | 測定項目 | 測定方法   | 測定項目 | 測定方法   |
|------|-----------|------|--------|------|--------|
| 水温   | 棒状水銀温度計   | pH   | ガラス電極法 | 色度   | 透過光測定法 |
| 濁度   | 積分球式光電光度法 | 残留塩素 | DPD法   |      |        |

## 5) 試験結果

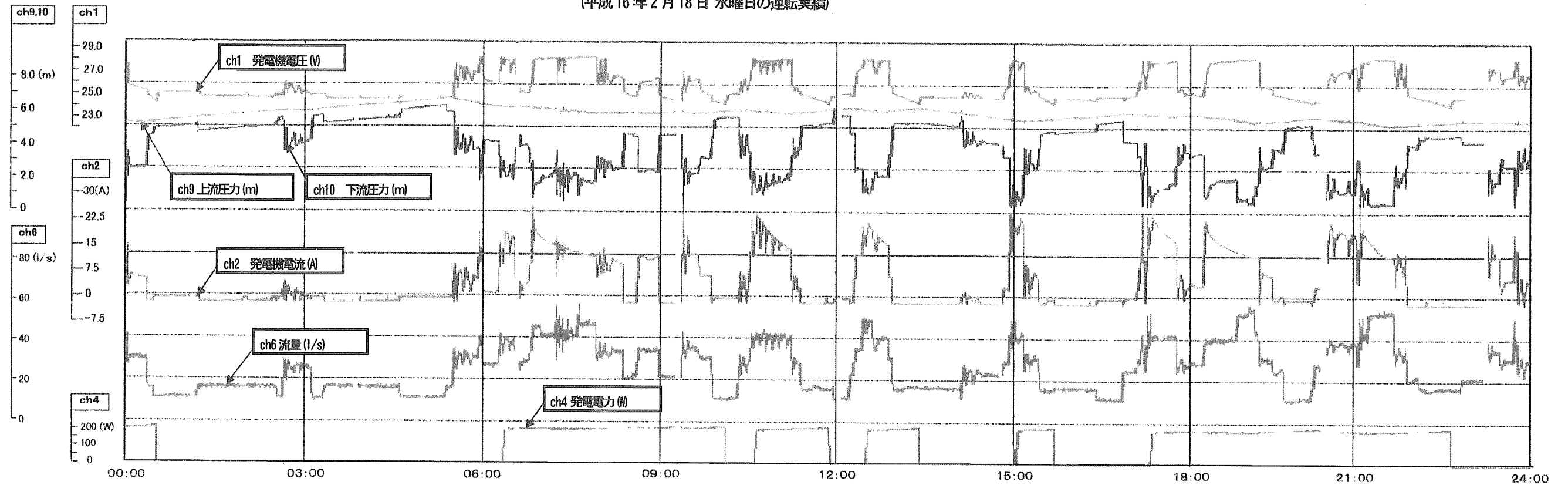
### ①水車発電機の運転状況

平成16年2月18日(水曜日)と2月22日(日曜日)の運転データを添付する。  
各測定項目のスケールを各チャンネル毎、縦軸に示した。

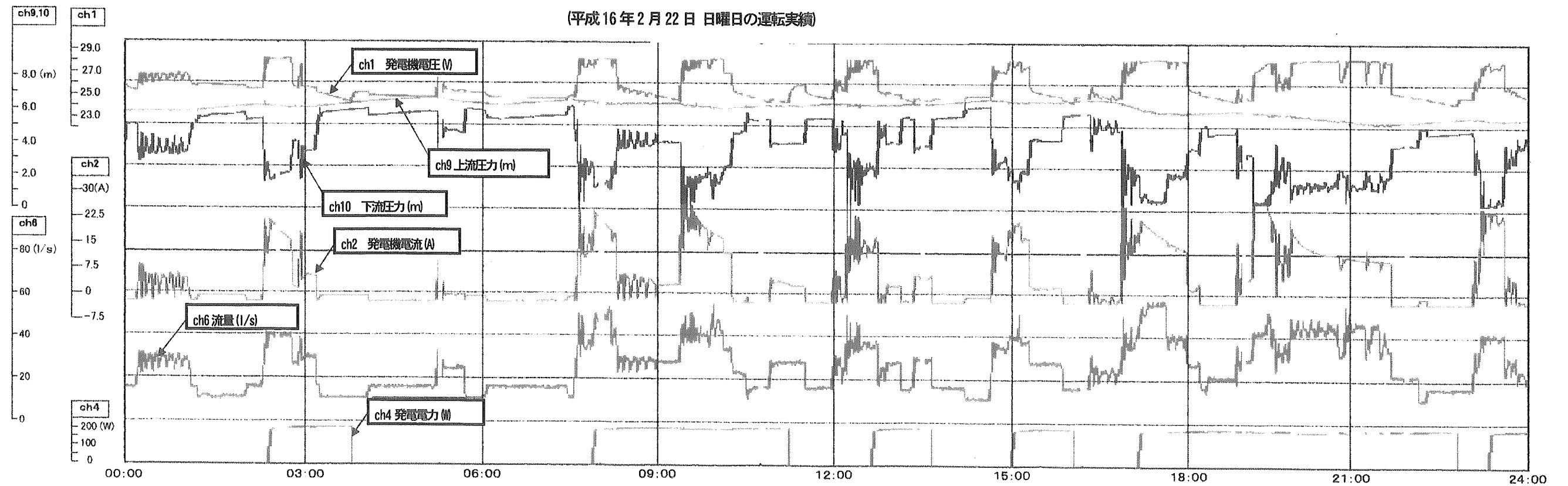
発電機設計流量は44 l/s (160m<sup>3</sup>/h) であるが、30 l/s (105m<sup>3</sup>/h) より発電電流が立ち上がり発電を開始している。小流量の時間帯が長くまた流量変動も激しく流況には恵まれないが、発電機が流量によく追従している様子が窺われる。1日当たりの発電電力量は平成16年5月27日までの7ヶ月半の平均で1.7kWhである。

# 水道管路を利用した水力発電の実証試験

(平成16年2月18日 水曜日の運転実績)



(平成16年2月22日 日曜日の運転実績)



| チャンネル | 名称      | 単位  | チャンネル | 名称     | 単位    |
|-------|---------|-----|-------|--------|-------|
| ch1   | 発電機電圧   | (V) | ch6   | 流量     | (l/s) |
| ch2   | 発電機電流   | (A) | ch9   | 水車入口圧力 | (m)   |
| ch4   | 発電電力 ※1 | (W) | ch10  | 水車出口圧力 | (m)   |

※1 発電電力は一定負荷(蛍光灯40W×4本)であり、発電機出力とは異なります。  
また、発電停止中でもバッテリー電圧が規定値以上の場合は電力を供給します。

③水質

水車発電機の上・下流の水を採水、手分析した。各測定項目共、ほぼ水質の変化はなかった。

なお、接水部の塗料はJWWA K-135 水道用液状エポキシ樹脂塗料を用い、残留塩素測定器の感度は0.02mg/Lである。

| 日付            | 測定時刻  | 流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 水温<br>(°C) | 項目         | 分析結果   |        |
|---------------|-------|---------------------------|------------|------------|--------|--------|
|               |       |                           |            |            | 上流     | 下流     |
| 平成15年<br>10/7 | 15:15 | 50                        | 15         | pH (-)     | 7.4    | 7.3    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.38   | 0.36   |
|               | 18:10 | 200                       | 15         | pH (-)     | 7.2    | 7.3    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.36   | 0.36   |
| 10/8          | 8:15  | 100                       | 15         | pH (-)     | 7.3    | 7.2    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.30   | 0.30   |
|               | 12:00 | 140                       | 15         | pH (-)     | 7.2    | 7.3    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.34   | 0.34   |
| 10/20         | 10:20 | 50                        | 12         | pH (-)     | 7.4    | 7.3    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1    | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.32   | 0.34   |
| 10/30         | 18:25 | 100                       | 11         | pH (-)     | 7.3    | 7.4    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.34   | 0.34   |
| 10/31         | 13:00 | 140                       | 12         | pH (-)     | 7.3    | 7.3    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.42   | 0.42   |
| 11/26         | 11:25 | 80                        | 10         | pH (-)     | 7.2    | 7.2    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.40   | 0.40   |
|               | 13:20 | 50                        | 10         | pH (-)     | 7.2    | 7.2    |
|               |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|               |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|               |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.38   | 0.38   |

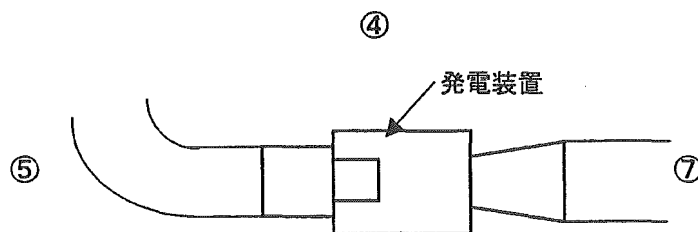
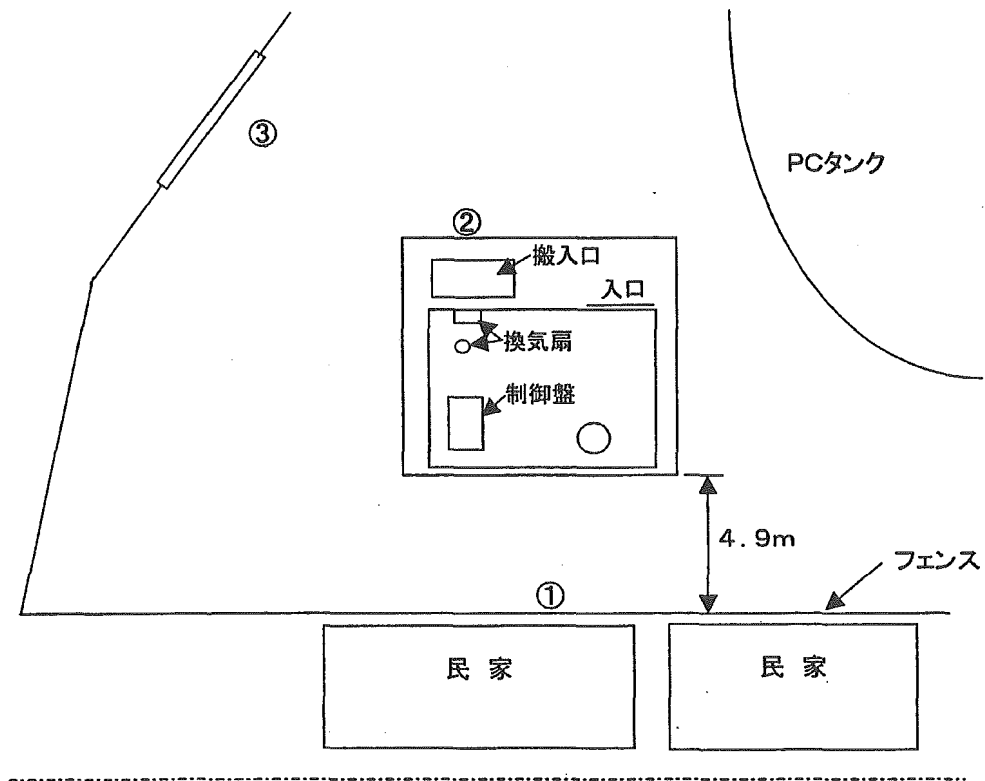


| 日付           | 測定時刻  | 流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 水温<br>(°C) | 項目         | 分析結果   |        |
|--------------|-------|---------------------------|------------|------------|--------|--------|
|              |       |                           |            |            | 上流     | 下流     |
| 12/19        | 15:50 | 105                       | 4          | pH (-)     | 7.1    | 7.2    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.38   | 0.40   |
|              | 19:50 | 165                       | 3          | pH (-)     | 7.1    | 7.1    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.38   | 0.40   |
| 12/20        | 8:42  | 160                       | 3          | pH (-)     | 7.2    | 7.1    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.38   | 0.40   |
| 平成16年<br>2/5 | 13:00 | 94                        | 2          | pH (-)     | 7.2    | 7.2    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.42   | 0.42   |
| 3/15         | 13:35 | 135                       | 6          | pH (-)     | 7.3    | 7.3    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.52   | 0.50   |
| 4/15         | 11:00 | 49                        | 10         | pH (-)     | 7.3    | 7.3    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.40   | 0.38   |
| 4/22         | 9:40  | 126                       | 11         | pH (-)     | 7.3    | 7.3    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.44   | 0.42   |
| 4/23         | 9:00  | 113                       | 12         | pH (-)     | 7.3    | 7.3    |
|              |       |                           |            | 濁度 (度)     | 0.1 未満 | 0.1 未満 |
|              |       |                           |            | 色度 (度)     | 1 未満   | 1 未満   |
|              |       |                           |            | 残留塩素(mg/L) | 0.40   | 0.40   |

③騒音

発電機の回転数は観測時最高 3600rpm まで上昇した。その際でもランナ及びベルトの騒音はほとんどなく主に発電機の冷却ファンが音源となっていた。騒音測定結果を示す。

下記のポイントで騒音値の測定を行った。民家との境界点での騒音は問題のない値である。



④～⑦は機器端から約1m、床面から約1mの位置で測定。

⑥

測定日:10月7日 単位:dB(A)

| 時間   | 測定位置 |    |    |    |    |    |    | 条件                        |
|------|------|----|----|----|----|----|----|---------------------------|
|      | ①    | ②  | ③  | ④  | ⑤  | ⑥  | ⑦  |                           |
| 9:00 | 39   | 45 | 41 | 50 | 51 | 52 | 50 | 水車停止、換気扇運転<br>搬入口開        |
| 9:50 | 39.5 | 56 | 43 | 62 | 62 | 56 | 56 | 水車運転(約120W)<br>換気扇運転、搬入口開 |

④稼働後、半年経過時に水車内部の分解点検を行った。いずれも正常な状態であり、摩耗等は見られない。

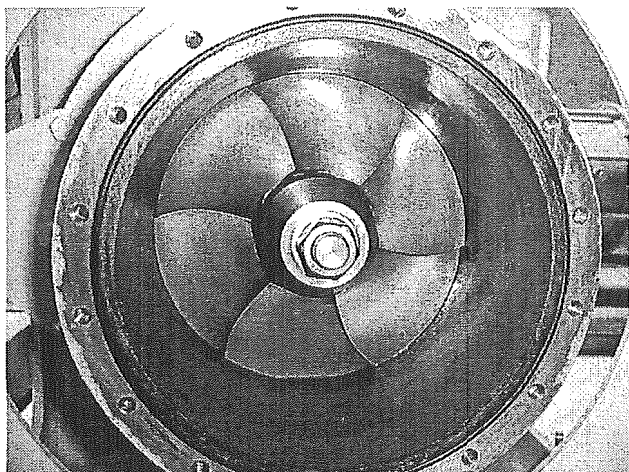


写真-3-4-3

ランナとディスチャージ  
リングとの間隙は正常に  
保たれている。

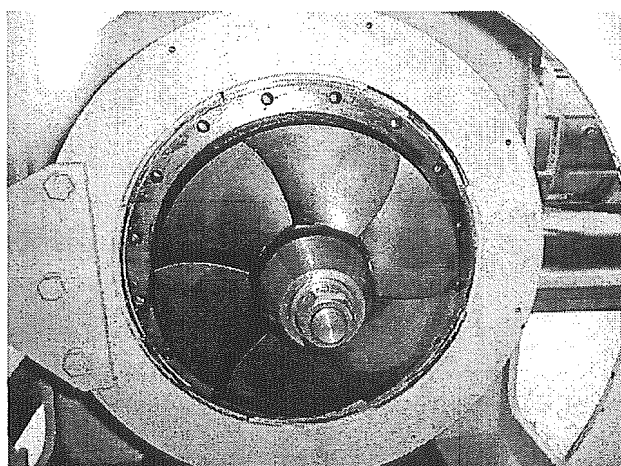


写真-3-4-4

ランナ異常無し

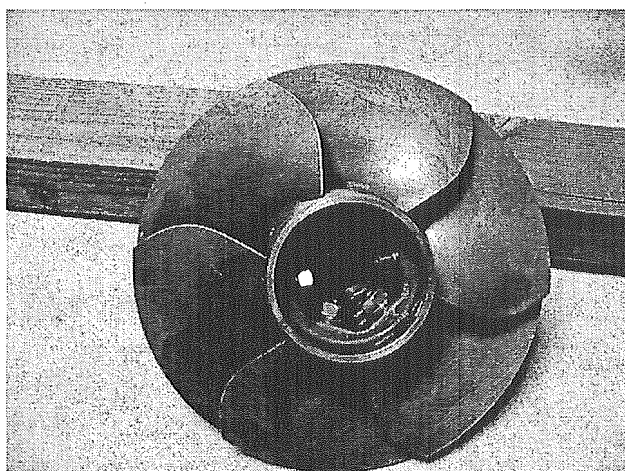


写真-3-4-5

ランナ異常無し

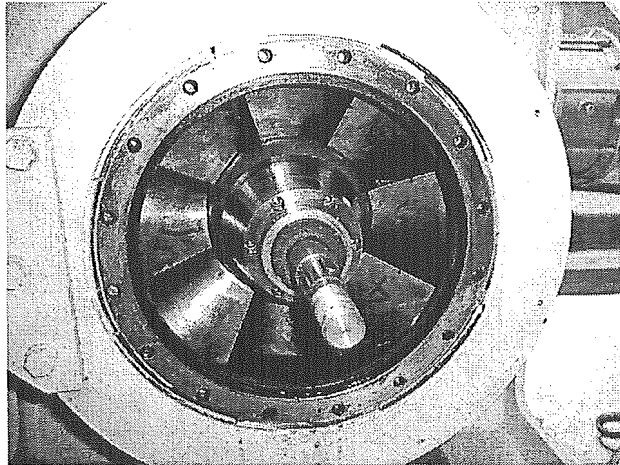


写真-3-4-6

ガイドベーン異常無し

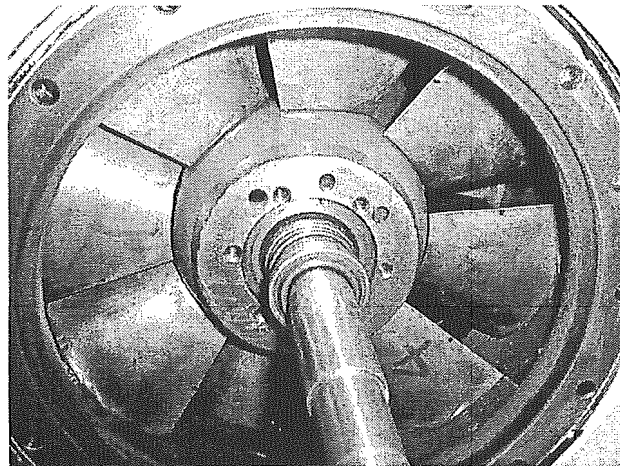


写真 3-4-7

メカニカルシール異常無し

#### 6) 今後の予定

平成 15 年 10 月に実稼働を始めて 7 ヶ月半、順調な運転を続けている。今後平成 17 年 3 月まで実証試験を継続し、発電機の性能、耐久性を検証する。