



UDC 55.042 : 556.08

## 土 木 研 究 所 資 料

第 1 0 5 6 号

### 超音波流量計の現状に関する調査報告

昭和 5 0 年 6 月

建 設 省 土 木 研 究 所

## 目 次

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| まえがき .....                             | (iii) |
| A. 第1回会議 .....                         | 1     |
| 1. 流量観測 (竹内俊雄) .....                   | 4     |
| 2. 流量観測の現状と問題点 (星畑国松) .....            | 6     |
| 3. 超音波式流速計の最近の進歩 (木下武雄) .....          | 7     |
| 4. 討 議 .....                           | 10    |
| 5. 超音波流速計の現状報告 .....                   | 13    |
| B. 第2回会議 .....                         | 15    |
| 1. 超音波流速計のトラブルとその要因 .....              | 18    |
| 2. トラブル現象とその対策について .....               | 21    |
| 2-1 討議抜粋 .....                         | 21    |
| 2-2 現在までの超音波流速計に於ける改善事項 (沖電気工業) .....  | 22    |
| 2-3 トラブル現象の対策 .....                    | 24    |
| 3. 今後の流量観測と超音波流量計への利用について (討議抜粋) ..... | 28    |
| C. 参考資料 .....                          | 31    |
| 1. 各観測所の設置状況及び精度の検討 .....              | 33    |
| 2. 沖電気工業の研究成果 .....                    | 66    |
| 3. 我国の開水路に於ける超音波流速計の設置状況 .....         | 81    |

## まえがき

超音波流速計は、超音波を河川の流水中に発射して、河川の平均流速を測定する装置であり、機械的にいつでも流速を測定できること、観測精度がよいこと、流速の時間的な変動を連続測定できること等従来の流速計に比較して大変優れた特性を有する新しい流速測定装置である。

建設省では、昭和42年、昭和43年の2ヶ年に亘って研究補助金の対象として「超音波流速計の流量測定への応用に関する研究」をとりあげ、沖電気工業K.K.、K.K.東京計器製造所の協力を得て実用化の研究を実施した。その結果実用上の信頼を得たと考え現地河川で採用を開始し、現在、全国7河川で8ヶ所に設置されている。

しかしながら設置された装置の稼動状況を見ると、一、二の箇所を除き必ずしも満足できる状態ではないことがわかった。

たまたま河川計画課から、この問題について調査して欲しいとの要望があったので、今回の調査を企画することになった。

調査方法としては討論会方式を採用した。即ち、現場で担当しておられる方々から超音波流速計の稼動状況、故障原因等の問題点を提起して頂き、これについてメーカー側及び専門家を交えて討論を行い、その中から解決の方向を見い出そうとしたのである。

検討のための討論会は、前後2回開かれたが、関係者の周到な準備と熱心な討議によって改善すべき問題点が明確になり、その対策も明らかにされたと考えている。

これを要約すれば、(1)河川の水の構造に起因すると考えられること。(2)装置そのものに起因すると考えられること。(3)施工・保守点検等に起因すると考えられること等が挙げられる。

今回の調査に御協力を頂いた関係各位に深く感謝すると共に現場の担当者及びメーカー技術者の地味な御努力に敬意を表するものである。

土木研究所河川部長

土 屋 昭 彦

# 第 1 回 会 議

日 時：昭和50年1月17日

場 所：第1勸業銀行赤羽支店会議室

## 議 事 次 第

1. 流量観測 （竹内俊雄）
2. 流量観測の現状と問題点 （星畑国松）
3. 超音波式流速計の最近の進歩 （木下武雄）
4. 討 議
5. 超音流速計の現状報告
  - 参 考 資 料

出席者は以下の通りである。

| 所 属             | 氏 名       |
|-----------------|-----------|
| 建設省河川計画課        | 星 畑 国 松   |
| 建設省治水課          | 高 木 啓 輔   |
| 防衛庁防衛大学校        | 竹 内 俊 雄   |
| 国土開発技術センター      | 江 川 太 郎   |
| 国立防災科学技術センター    | 木 下 武 雄   |
| 自由学園最高学部        | 木 下 良 作   |
| 東京大学海洋研究所       | 木 寺 俊 彦   |
| 東京工業大学精密工学研究所   | 奥 本 基 良   |
| 関東地方建設局河川管理課    | 中 島 真 佐   |
| 関東地方建設局霞ヶ浦工事々務所 | 望 月 典 生   |
| 中部地方建設局河川管理課    | 大 上 野 昇   |
| 近畿地方建設局河川管理課    | 吉 田 武     |
| 近畿地方建設局琵琶湖工事々務所 | 金 坂 孝 明   |
| 中国地方建設局出雲工事々務所  | 橋 本 雄 事   |
| 国立防災科学技術センター    | 岸 井 徳 参   |
| 沖電気工業株式会社       | 宮 沢 部 課   |
|                 | 村 田 課 長   |
|                 | 伊 藤 課 長   |
|                 | 斎 藤 部 長   |
| 株式会社東京計器        | 山 本 道 彦   |
|                 | 岡 村 一 郎   |
|                 | 柳 下 秀 一 彦 |
|                 | 浅 田 昭 郎   |
| 土木研究所 赤羽支所      | 土 屋 健 次   |
|                 | 斎 藤 勝 義   |
|                 | 石 崎 健 隆   |
|                 | 橋 本 利 義   |
|                 | 新 行 内 隆 春 |
|                 | 石 田 義 一   |
|                 | 佐 藤 一     |

## 1. 流量観測の現状と問題点

竹内俊雄

我が国の流量観測の歴史を調べるには、それぞれ通信省と建設省（旧内務省）の資料を参照することが必要である。

通信省では、水力発電の目的から水源地域での河川流量調査に明治43年から着手した。感心するのは、その当時すでに流量観測の調査体系を完成されたことで、このことは、「水力調査書」に詳しくのっている。観測器械としては、現在と同じブライズ流速計とロール式自記水位計が入手できたので、あとは、これをどう使うか、どういう調査組織を運営していくかということだけであって、約70年前に立派な観測体系は出来上っていた。観測所は、全国に410ヶ所配置され、流速計は93台使用したということが記されている。調査指針として、それ以後2度印刷されたものが出されたが、最初の一番古いものが風格がある。

旧内務省では、河川工事のため流量観測が行なわれた。文献として古いものは明治24年、琵琶湖の出口の瀬田川で流速計を用いた流量観測が行なわれたと記されている。明治末記の流量観測の野帳が、利根川上流工事々務所には保存されているが、その書式、観測法は、現在と同じである。感心するのは、流速計を事務所で検定していることで、直線式の求め方も今と同じで、断面図などもきちんと整理されている。こういう資料を見ていると、この70年間この分野では、全然進歩がなかったのではないかとさえ感じられる。当時流量観測という仕事はどういう規定によって行なわれていたかということは、詳らかではないが、内務省には「河川測量規定」というものがあって、この一部に簡単な条文が示されている。

昭和12年より「河水統制事業調査」というものが実施され、通信、内務、農林の3省が協調してダムによる開発のための事業調査を行ったが、この中に流量調査が含まれていた。各省は、同じ方式で調査をしたということが特徴である。内務省に於いては、流量調査を組織的に行うことがこの調査から始まった。

この事業調査は、昭和25年に行政部費の調査として認められるに到り、永続的な基礎が出来た。これは、現在「水理調査」と呼ばれているもので、本来ならば「水文調査」と呼んだ方がふさわしいのであるが、河水統制時代の用語がそのまま残っているからである。この調査の基礎を確立しようという努力が約10年続けられ、観測方法を体系化するという仕事は、おおむね終了したと考えてよからう。

問題なのは、測器の改良である。100年も前に作られたブライズ流速計を使っている限り水文学の質的向上は期待出来ない。そういうわけで、民間測器メーカーに建設省研究補助金の申請をすすめ試作研究を指導した。現在国内で広く使われている水研型自記水位計はその時の産物である。

筆者は、昭和38年アメリカを訪問したが、当時アメリカの水文測器の研究はレーダ雨量計と超音波流速計であることを発見した。帰国後、建設省にこの分野の研究を研究補助金の対象とされることを御願いし、採用になった。

河川の流速を測定する方法として流速計を河川横断面の流れの中に入れる方法とそうでない方法とに大別される。日本の河川技術者がほしいのは、「洪水流速計」であって、洪水時の高流速を考えると流速計を流れの中に沈めるということは流体抵抗から考えて至難の業である。従って、流速計を流れの中に入れない方式に頼らざるを得ない。この方式の媒体として考えられるものは、電波、磁場、超音波ということになり、磁場については、寺本先生に御指導いただいたが、河川流速測定用測器までもって行くには、いろいろ困難のあることがわかった。次は、超音波だということで再度寺本先生をわずらわして研究開発を開始したわけである。新製品の開発は、着想の段階では、希望に満ちあふれるのであるが、実験を繰り返す度に新たな困難があらわれ、その夢は少しずつ打ち砕かれていくのである。製品を実用化するという段階で、研究者は大きな困難にたち向っているといえよう。

筆者が流量観測の歴史を調査したのは回顧趣味からではない。水文学研究に測器が不可欠だと考えたからである。世界を水文地域に分けてみた場合、日本の地位は洪水問題の解明にあると思う。この分野で日本が貢献するためには、洪水流速計の完成こそ急務だと考える。そういう意味で日本の研究者の永続的な研究を心より願うものである。

参考のために、アメリカの流量調査の歴史について言及する。1960年のASCEに詳しい論文がのっているので関心ある方は、これを是非参照していただきたい。アメリカで社会的要求によって流速計がどう発達して来たかが書かれているところが興味深い。ミシシッピー川で工兵隊は、フロートで流量観測を行って来たが、手間がかかるということで流速計を導入した。この浮子による観測値は正確だったのでヨーロッパに渡り、かの有名なガンギレー・グター公式に基礎になったと記されている。プライス氏によって作られたプライス流速計は、約100年後の今でも広く実用に供されているのは、それなりの理由のあることがうなづける。流速計の歴史は、アメリカ文明のもとになるヨーロッパのそれを調べなければならないこともわかった。ヨーロッパでは、プロペラ式が、アメリカでは、カップ式が何故好まれるのかということについては、もっと知りたいところである。

#### 参 考 文 献

1. 竹内俊雄「流量調査の歴史(I)」水利科学 98 (第18巻第3号)
2. 竹内俊雄「流量調査の歴史(II)」水利科学 99 (第18巻第4号)
3. S. Kolnpaila "Early History of Hydrometry in the United States" vol. 86, No. HYI, ASCE, Jan., 1960

## 2. 流量観測の現状と問題点

星 畑 国 松

新しい業務が増えてきたと共に、基本的な調査が体系的に変化しつつある。新しいシステムを確立するためにも新しい測器の開発が要請されている。昭和42, 43年と超音波式流速計の開発研究が行われた。河川を測る場合、実際に必要な量は流速ではなく、流量である。どういう場所で、どのような形で観測をやれば望んでいるものが測れるか、さらに詰める必要がある。

流量観測は毎月3回(年に36回)行い、H-Q曲線の変化をとらえ、川の状況の変化に即応していつているわけであるが、超音波式流速計の場合、河況の変化との対応に不安がある。測定の内容が昔にくらべてだいぶ変ってきている。水位観測所は全国で約2,600箇所あり、そのうち約1,300箇所流量観測を行っている。その流量観測は、昔は、ほとんど直営で行っていたが、最近では、直営観測は200箇所強で、その他は請負という形をとっている。又、観測所の保守点検は8割は直営であるが、残りは請負である。新しい業務増大のため、しだいにこういう形をとるようになった。

流量観測の後、H-Q曲線をプロットし、過去のものと比較し最終的に年間の流量をだして、雨量と比較し、損失量を計算して一年のルーチンが終るわけであるが、この行程が確実にチェックされていないという問題がある。

最近、河床の変化が多くなってきたので、断面の変化に対応して刻々、水位と流量の関係を修正している。こういう事を、かなりのピッチで行わなければならない河川が残っている。流量観測の歴史というものをみると、ルーチン化というものと共に育ってきた。こういったいろいろなことから、新しい体制づくりが要請される。その中で超音波式流速計を、どういう位置付けをすればよいかを煮詰めていただきたい。

流量調査は、流量年表という形で整理してあるが「現在、ただちにほしい」という要請とはかけはなれて、出版までには2年の遅れがある。そのような点も、体制作りの中で考えていかなければならない。我々の観測体制のもっている問題点と較べながら、超音波式流速計というものをとらえて行きたい。ある意味では、チェックの回数が、従来の観測よりも増えてくるというような問題を持っているかもしれないが、位置付けがはっきりすれば、そのような体制ができてくるのではないか。

### 3. 超音波式流速計の最近の進歩

木 下 武 雄

#### 1. 概 論

川には、横断方向の細かいパターンがある。測定については、直接法と間接法とがあり、直接法には、転倒升雨量計があり、これは一つの流量計と考えられる。又、間接法について考えると、断面積を  $a$ 、流速を  $v$  とすると、流量  $Q = \Sigma av$  という式で与えられる。これは、 $x, y$  方向に積分する。即ち、

$$Q = \int_x \int_y v(x, y) dx dy$$

という考えからきており、 $x$  方向に積分してから  $y$  方向に積分する。あるいは、 $y$  方向に積分してから  $x$  方向に積分するという方法である。別のやり方としては、 $Q = A \cdot \Delta H / \Delta t$  という式で与えられ、これは、例えば、時間的な水位上昇高から出す方法で、ダムに流入する量を算出したりするのに用いられる。河川でも利用できる方法であろうが、浸透性の河床を持つ川、いわゆる扇状地に見られる水無川において、測ることはできない。rating curveとして、まず、水位との関連が考えられる。水位をとりだして流量を出すことを考えると、堰や、一般的河川 ( $H-Q$  曲線) の場合がある。又、カルマン渦と流量が関係あるのではないか。あるいは、ピアの振動に関連があるのではないか。もしそうであれば一つのアイデアとして、ピアに地震計を取付けて測れるのではないだろうかということが考えられる。航空写真から流量を求めるやり方は問題があるが、表面流速をだすにはよいと思う。観測環境については、まず勾配の問題がある。急流では射流となり、水位計が設置できず、又、土砂によって観測が阻害とされる。流れがゆるやかに過ぎると、精度が悪くなるということがある。河床に関しては、 $a \cdot v$  というふうに断面積をかけるので、河床が安定していないとだめである。土砂に関しては、水中に浮游しているものは流量観測自体を阻害する恐れがある。わん曲のない川で測れと言われるが、わん曲のない河川はなく、人工的な川でも水路内で蛇行する。浮游物に関しては、WMOの文書にあるDifficult Conditionの下における観測とは、藻や浮游物の多い河での観測を意味している。他の項目との関連でみると、流量を知りたい場合には、水質の問題が流量とからんでいる。汚濁負荷量などは、「流量」×「汚濁濃度」で表わされるので、流量を知らねば何も言えないわけである。又、水質の一項目としてあげられる塩分の場合、特に河口において、塩分の侵入の問題がある。

システムとしては、水位計でもエレクトロニクスを使うというのが多くの現状であるが、エレクトロニクスを知らないものでも使えるものが望ましい。又、点検する場合は段階をつけて、土木の職員の持ち分、さらに本社の専門家の出番という段階により、処理できるようにすべきである。このような段階的なことを考えないと時間・金の浪費につながる。取扱説明書に関しては、説明不足であるということが見られるので、とにかく素人にも容易に使える機械にするための説明書であることが望ましい。記録については、電算処理にまかせるか、あるいは、目で見なければならない

かという両極端が考えられる。例えば、日付けの問題であるが、秒単位により通し数字で刻む、あるいは分単位・時間単位刻みでやるという考え方がある。これでは何十万秒と言われても、すぐに何月何日かがわからないということがある。個人的考えとして、何らかの補助的手段があれば記録方式は、目で見えなくともよいのではないかと考える。データ処理の場合、例えば、作表は「時間流量がほしいのか」と問われると、「いや、15分流量がほしい」と答え、「では、15分流量でいいのですか」といわれると「いや、5分流量がほしい」というような状態になるので、一体、どうするのがほしいのか考える必要がある。今後の機械には、金のかけ方も充分考えてみる必要がある。

## 2. 理想的観測

精度としては2桁あればよい。建設省の流量年表には $\text{m}^2/\text{sec}$ の下2桁まででている。間接測定の場合、直線性が必要である。ヘッドをとらねばならないのでは河川の観測には向かない。そのものズバリ測れる方法がほしい。又、センサーは動かないことが望ましい。回転式流速計を長時間水中を放置するのは冒険であり、ごみがからんだりするというような不都合なことが生じる。結局、必要と望まれるものは、超音波式流速計と電磁流量計である。

## 3. 電磁流速計

地球磁場を使用して行われたが、金をかけるなら、人工磁場を作れないかという一つの考えがあり、又、流れが様でないと測定できないのではないかと、という問題が残されている。

## 4. 超音波式流速計

断面を積分する回数を少なくする方法をとりたい。そういう意味で、横断測線法として、パルス伝播時間差法とシングアラウンド法との二法が考えられる。これらの長所としては、発信・受信の支持が容易であり、又、横断方向の平均化であるということである。短所として減衰・屈折の問題が考えられる。この要素として考えられるものに、河川中の気泡があり、あるいは酸素が飽和状態になっている場合、超音波が当り気泡が生ずる可能性がある。浮游土砂は、伝播速度に影響を与えることが考えられる。又、河川固有のノイズがあったり、音速の時間的変動や音速の鉛直分布があり、これらが減衰・屈折の要素と考えられる。河川には、今まで知られなかった種々の性質があるが、新しい流量観測方法を導入して、その性質に妨害されるということになると、河川の性質を根本的に見直さなければならない。

新方法と旧方法との比較は、下表のとおりである。

(似た他の例として)

|      | 時間的   | 空間的           |         | 時間的    | 空間的                    |
|------|-------|---------------|---------|--------|------------------------|
| プライス | 20秒以上 | 10cm×10cm     | 地上雨量計   | 30~60分 | 314cm <sup>2</sup> (点) |
| 超音波  | 1~2秒  | 100m(横断方向のため) | レーダー雨量計 | 0.1秒   | 3km×3km                |

## 5. H-Q曲線

H-Q曲線の作成できる条件は、河川の水面勾配が効かないということである。例えば、下流の合流とか潮汐とか、又、急な洪水波の上昇という現象のないことである。これまで水位は、「1 cmの精度で測れ」と言われていたが、これからは、 $Q=f(H)$ とおくと $dQ=f'(H)dH$ の $dH$ として精度を考えねばならない。

## 4. 討 議

竹内 超音波式流速計を開発してきたことにより、流速計のみならず川の性質まで観測され、その結果、種々のことがわかってきており、画期的な観測でありうれしいことである。初めの着想は洪水観測であり、低水時の観測が主体となっていることは少々残念であるが、いろいろな意味でこの10年間は有意義だったと思う。超音波式流速計がどこまで使えるかはつきりさせる段階にきており、又、使う立場の側から現況をどういうふうに把握するかが問題である。

土屋 実験室において超音波式流速計を使用した際、一年くらいでコネクタと金具の間がさびてしまった。機械の耐久性、あるいは温度変化に対する技術改良の可能性はあるのか。

宮沢 水温勾配等の問題は理論的にまだ不明な点である。又、古くなった機械でデータはとれないということがまだ証明されておらず、そして確実にとれるという証明もない。古い機械の部品はゲルマニウムでできており、現在用いられているシリコンの前のものなので部品の調達が容易でない。近いうちにシリコンに変えたい。さらに、水の構造（特に水温構造）を調べ直す予定である。超音波式流速計による記録のばらつきは、機械自身によるばらつきか、あるいは、水の構造の小さいばらつきを機械が記録しているのか、現在のところ不明である。

星畑 種々の機材で温度勾配を測ったらどうか。

宮沢 100% 自然の状態を把握するとなると相当な規模になる。経済性を加味して検討するとすれば、システムとして流量というものを見直す必要があると思う。

奥島 夏・冬により温度勾配は異なるが、水温勾配があっても音波の伝播は可能だと考えられる。ただし、これには精密な測定をする必要がある。実験をやることで、この温度勾配により伝播状況がどうなっているか、見通しがつくのではないか。塩分がある場合の音波到達も実験の余地がある。

石崎 川底から水深の1～2割を除けば、音波到達には影響ないと聞いているが。

奥島 塩分がある場合は必ずしも影響がないとはいえない。

竹内 米国との情報交換を望むが、日本の流量観測の体制が整わない限りは、米国に情報提供を望むのは難しい。

(中国地建) 直接波より反射波の方が速く着く場合があるが、これを一概に水温、塩分の影響として片付けてよいのか。

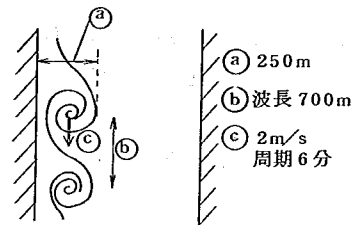
奥島 夏の場合は水温の影響と考えてよいが、塩分が侵入している場合は少し問題がある。

木下(武) 時間的、場所的に変動が考えられるが、そのへんの細い変動はどうなっているか。

木下(良) 昭和38年から47年までの9年間に航空写真により延べ30河川の観測をしてきた。

航空写真では、河川の表面流速が10 cm/sec までの細い振動が全域において測ることができた。大出水になればなるほど測定しやすい。昭和

46年の利根川において3,000 tの出水があったときは気がつかなかったが、47年に5,000 tの出水があった時、銚子河口の少し上流において右図のような渦がみられた。渦の境界面は加速されている。航空写真からは流況がわかり、又、河岸が発生原因と思われ、兩岸から発生している渦も見られた。



竹内 こういうことは川によってちがうのか。

木下(良) そうです。流量、流況の変化などにより異なる。

石崎 積分による流量と超音波式流速計による流量の比較はどうなっているか。

(中国地建) プライス流速計と超音波式流速計との比較は一概にできないと思う。

土屋 河床の変化に応じて、換算式を変えることを機械自身が持っていなければいけないのではないのか。

(中国地建) 半年に1回河床の変化を測深機で測っているが、今のところはその変化はない。

木下(武) 航空写真で観測する場合、低水時のカメラの分解度はどれくらいか。

木下(良) 水が濁っている場合は、ごみなどが流れているため、観測しやすいが、水が澄んでいて低水の場合は、川の表面に何かを浮かばせねば観測できない。

土屋 超音波式流速の記録は、乱れをとった平均ではないかと思えるので、もっと時間を長くして

データを読んでもいいのではないか。

木下(武) 日流量の場合は時間を長くしてもよいが、時間流量、分流量となると長くはできない。  
すなわち、記録を何に使うかということを決めておかねばならない。

江川 現在、超音波式流速計は、いくつ設置されているか。

(東京計器) 1. 揖斐川(油島流量観測所付近) 2. 中 川(柿の木付近)  
3. 江戸川(野田橋付近) 4. 信濃川(帝石橋付近)

(沖 電 気) 1. 瀬田川(洗井堰付近) 2. 穴道湖(松江大橋付近)  
3. 利根川(息栖, 八代, 布川の各付近) 4. 富士川(清水端)

斎藤 木下武雄氏の整理した原因は、下水道に特有なもので、これが省かれるとよいのだが。

木下(武) 川幅が狭ければ音線が曲ってもよいと思う。

星畑 測線上におけるデータは当たっているが、深さを変えた場合に流量換算するというチェックはできるのか。

(近畿地建) 琵琶湖の場合、47年の洪水時に流量観測を実測して、その値を逆に超音波式流速計のデータをまわしてチェックに使った。47年に2割程度低めにでたのでそれを補正した。

石崎 横断方向の流速分布をどう確立するか、川によって異なるので早く仮定を出すのはどうかと思うが。

木下(武) 具体的に言うと、実験的に超音波式流速計を洪水時までのばしていくためには、いい観測所を全国的に5つなら5つというふうに選んで付けてみるとよいのではないか。人工的な川は、妙な流速分布を示すので測りにくい。

## 5. 超音波流速計の現状報告

### 〔近畿地方建設局 琵琶湖工事々務所〕

超音波流速計の精度については、平常時の流速は良く合っているが、流量測定においては、1割程度の誤差が見られる。この問題は断面の測り方によって修正出来るのではないかと思う。結論的にどちらの精度が正しいかという問題には疑問がある。洪水時において琵琶湖の特性が現われるために、流速および水位が細かく変動する。そのため、今後は断面通過量などから検討する必要がある。又、気温が急激に下がった場合、測定が不能になることがある。

### 〔中国地方建設局 出雲工事々務所〕

旧型のものは、稼動状況が悪かったために60~70%くらいしか記録されていないが、伝播路を短かくすれば欠測率も小さくなると思われる。新型を使用し始めたら、これといった故障はない。現在3ヶ月に1回位の割合で観測しているが、記録に乱れが多く、水温、塩分等が原因と考えられる。その要因としては、1つに逆流から順流に変る場合乱れが激しく、順流の流量が多ければそれだけ欠測率は小さいことがあげられる。次に上層、下層の水温が塩分の影響により逆転したり、あるいは左岸、右岸の流向が異なることなども要因の1つと考えられる。又、洪水時を目的として設置したので、測線が高い位置にあり、そのため低水時には送受波器が水深30~40cmの位置になり、記録が乱れがちとなる。今後は水位による送受波器のスライドを検討する必要がある。プライス流速計との比較は一概にできないと思うが、人手不足で分析不能のため、他からのデータを参考にしたいと考えている。超音波流速計で測ったデータと任意に他の方式で流観を行なっているものと比較した場合、特に低水位時にはほとんど合わない。

### 〔中部地方建設局 木曽川下流工事々務所〕

昭和45年12月揖斐川において超音波流速計による観測を実施した。今まで観測を行なってきたの問題点としては、順流時の場合、周期的な波が記録されたことである。小潮の時、特に記録が乱れ、その原因としては流水の動きが小さいために、水量分布が小さいことによるのではないかと考えられる。洪水時には、記録の欠測率が多い。精度に関しては流速が20 cm/sec以上になった場合、プライス流速計との比較から2%弱位の誤差をもっている。人手と金のかからない保守管理体制を期待する。

### 〔関東地方建設局 霞ヶ浦工事々務所〕

霞ヶ浦工事々務所管内では、八代、息栖の2ヶ所に超音波流速計が設置されている。この流速計の記録はあまり良くなくトラブルが生じた場合、上層部まで行きわたらなかったり、沖電気の保守点検がスムーズでないことなどが大きな問題である。霞ヶ浦は、他の河川と異なり水温の縦方向の

変化が著しいので、このことが超音波流速計に対する今後の課題と考えられる。1億以上の金をかけても改善の方向へもっていききたい。

〔 K . K 東京計器 〕

最近、超音波流速計（河川用）についての実験はしていない。気づかれた点があったら指摘してほしい。

〔 沖電気 K . K 〕

一般河川においては音速変動がないが、河口堰、塩分侵入河川（感潮河川）、夏や冬の温度差の大きい河川等で音速変動がある。

にぎりについては、粒径と濃度と超音波の周波数によってある程度類推がついた。

河川の流れ方には相当変動があり、このことから超音波の値もばらつくと考えられる。

## 第 2 回 会 議

日 時：昭和50年 3 月26日

場 所：中 央 会 館

出席者は以下の通りである。

|               |         |                |           |
|---------------|---------|----------------|-----------|
| 建設省河川計画課      | 星 畑 国 松 | 琵琶湖工事々務所       | 吉 田 武     |
| 防衛庁防衛大学校      | 竹 内 俊 雄 |                | 建 部 進     |
| 国土開発技術研究センター  | 江 川 太 郎 |                | 松 井 宏 志   |
| 国立防災科学技術センター  | 高 村 博   | 中国地方建設局出雲工事々務所 | 金 坂 孝     |
|               | 木 下 武 雄 | 沖電気工業株式会社      | 宮 沢 参 事   |
| 自由学園最高学部      | 木 下 良 作 |                | 清 水 課 長   |
| 東京大学海洋研究所     | 寺 本 俊 彦 |                | 高 坂 進 二   |
| 東京工業大学精密工学研究所 | 奥 島 基 良 |                | 鈴 木 靖 二   |
| 関東地方建設局河川管理課  | 小 林 満 雄 |                | 深 町       |
|               | 石 原 三千雄 | 株式会社東京計器       | 山 本 部 長   |
| 霞ヶ浦工事々務所      | 大 嶋 英 実 |                | 石 渡 課 長   |
|               | 大 塚 実   |                | 柳 下 頌 一 郎 |
|               | 林 武 雄   |                | 古 内 基 裕   |
|               | 萩 原 平 八 | 土木研究所赤羽支所      | 土 屋 昭 彦   |
| 北陸地方建設局河川管理課  | 吉 越 一 夫 |                | 斎 藤 健 次 郎 |
| 信濃川工事々務所      | 上 嶋 勲   |                | 石 崎 勝 義   |
|               | 本 田 武   |                | 橋 本 健     |
| 中部地方建設局河川管理課  | 星 合 哲   |                | 新 行 内 利 隆 |
| 木曾下流工事々務所     | 広 瀬 正 二 |                | 石 田 義 春   |
|               | 谷 晴 二   |                | 佐 藤 一 郎   |
| 近畿地方建設局河川管理課  | 上 野 昇 三 |                |           |

## 1. 超音波流速計のトラブルとその要因

第1回会議により、最近の超音波流速計の進歩について理解を深めることができた。これを現状に於いて有効に活用するために現場の状況を把握する必要を感じ、図に示す様な形式のアンケートを現場の方々にお願ひし、それをもとに第2回会議を行った。

現在、建設省では、表-1に示す8ヶ所で超音波流速計を使用しており、全体として、60%位の稼働率を示しており、橋本・松江・油島観測所に於いては、保守・点検に力を入れることにより、安定した稼働を示しつつあるようである。

表-2には、現場よりいただいた各観測所のアンケート結果から、これまで発生したトラブルと、その考えられる要因について集約してある。

| 番号 | 地建名 | 工事々務所名 | 河川名   | 観測所名 | 設置年月      | 測定方式           | 測線数 | 河床  |
|----|-----|--------|-------|------|-----------|----------------|-----|-----|
| A  | 関東  | 利根川下流  | 利根川   | 布川   | S. 46年 3月 | 時間差法           | 2   | 砂   |
| B  | 関東  | 江戸川    | 中川    | 三郷   | S. 46年 4月 | シングルフ<br>ラウンド法 | 3   | 砂   |
| C  | 関東  | 霞ヶ浦    | 常陸利根川 | 八代   | S. 44年 2月 | 時間差法           | 3   | 砂   |
| D  | 関東  | 霞ヶ浦    | 常陸利根川 | 息栖   | S. 44年 3月 | 時間差法           | 3   | 砂   |
| E  | 北陸  | 信濃川下流  | 信濃川   | 帝石橋  | S. 48年 4月 | シングルフ<br>ラウンド法 | 1   | シルト |
| F  | 中部  | 木曽下流   | 揖斐川   | 油島   | S. 45年12月 | シングルフ<br>ラウンド法 | 3   | シルト |
| G  | 近畿  | 琵琶湖    | 瀬田川   | 橋本   | S. 44年 3月 | 時間差法           | 2   | 砂   |
| H  | 中国  | 出雲     | 斐伊川   | 松江   | S. 47年11月 | 時間差法           | 3   | 砂   |

表-1 建設省に於ける超音波流速計使用観測所

図 アンケート形式

| 1. 超音波流速計に関する調査（稼動状況の調査） |                                                                                                                                                                                                  |                |  |                                                                                                                                     |  |         |  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------|--|
| （超音波流速計を設置している箇所毎にお願します） |                                                                                                                                                                                                  |                |  |                                                                                                                                     |  |         |  |
| 地 建 名                    |                                                                                                                                                                                                  | 工 事 々<br>務 所 名 |  | 河 川 名                                                                                                                               |  | 観 測 所 名 |  |
| 番 号                      | 項 目 欄                                                                                                                                                                                            |                |  | 回 答 欄                                                                                                                               |  |         |  |
| I                        | 観測所概要<br>(1) 設置年月日<br>(2) 設置場所名<br>(3) 製作会社名<br>(4) 超音波測定方式<br>(5) 測線数<br>(6) 河床材料<br>(7) 設置図（平面・断面図）を提出して下さい。                                                                                   |                |  | 昭和 _____ 年 _____ 月 _____ 日<br>_____ 株式会社<br>(1)時間差法 (2)シングルフラウド法 (3)位相差法 (4)ドップラ<br>測 線<br>(1)砂利 (2)砂 (3)シルト (4)ヘドロ (5)岩類<br>(6)その他 |  |         |  |
| II                       | 稼動状況について<br>(1) 超音波流速計を設置してから現在までの稼動状況について述べて下さい。<br>（稼動状況図又は表を提出して下さい）<br>(2) 現在までに生じた欠測について原因を述べて下さい。（明らかでない時は推定で結構です）                                                                         |                |  |                                                                                                                                     |  |         |  |
| III                      | 他の流速計との比較について<br>(1) 他の流速計（回転式流速計等）と超音波流速計との比較を行なった事があるか。<br>(2) 比較を行なった事がある場合は平面図及び断面図中に測定位置、水深位置等を図示して下さい。尚、回転式流速計より得られた値と超音波流速計との値がわかる様な図あるいは表を提出して下さい。                                       |                |  | (1)ある (2)ない (3)その他（ ）                                                                                                               |  |         |  |
| IV                       | 超音波流速計の値から流量への変換について<br>(1) 流量への変換を行なっているか。<br>(2) 流量への変換を行なっている場合、その方法について述べて下さい。<br>(3) 変換によって得られた流量推定値と他の方法により得られた流量推定値との比較を行なった事があるか。<br>(4) (3)にて行なった事がある場合、流量の比較の算定方法及びその時の両者の値について述べて下さい。 |                |  | (1)行っている (2)行っていない (3)その他（ ）<br>(1)ある (2)ない (3)その他（ ）                                                                               |  |         |  |

| 番号 | 項 目 欄                                           | 回 答 欄 |
|----|-------------------------------------------------|-------|
| Ⅳ  | (5) 両者の値に差がある場合、その原因として考えられる要素について述べて下さい。       |       |
| V  | 利用状況について<br>超音波流速計によって得られた値をどの様に利用されているか述べて下さい。 |       |

表-2 これまで発生したトラブルとその要因

| 番号 | ト ラ ブ ル 現 象                                                             | ト ラ ブ ル 要 因                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 送受波器の流失 (A)<br>送受波器取付支柱の破損 (F)                                          | 洪水時の流下物及び洗堀等                                                                                                                                                                                           |
| 2  | ケーブルの破損及び流失<br>(A, D, E, G)                                             | a. 洪水時の流下物による破損及び流失<br>b. 船舶の往来による破損<br>c. しじみ採りによる破損                                                                                                                                                  |
| 3  | 記録部 (B, C, D, E, F, H)<br>○ 記録紙送り不良<br>○ インク切れ<br>○ 記録紙切れ<br>○ オーバースケール | a. 記録計への定期的注油がなされていない<br>b. インクの補充忘れ<br>c. 記録紙交換の遅れ<br>d. 湿度による記録紙の伸縮<br>e. 塵埃の影響                                                                                                                      |
| 4  | 構成部品等の劣化及び破損<br>(A, C, D, E, F, G, H)                                   | a. 室内の温湿度塵埃等の環境悪化による劣化<br>b. 落雷による破損<br>c. 送受波器・中継ボックス・ケーブル等の絶縁不良                                                                                                                                      |
| 5  | 記録のみだれ<br>(A, B, C, D, E, F, G, H)                                      | a. 上下層の水温差・塩分及び水塊による流速変化<br>b. にごり, 水質悪化及び浮遊物による散乱・吸収<br>c. ゴミ, フジツボ及び藻等の送受波器への付着<br>d. 送受波器の性能低下<br>e. 高水時の流砂による雑音<br>f. 雷や自動車による雑音<br>g. 残響<br>h. 演算部設置室内の温湿度・塵埃等の環境不良<br>i. 部品の劣化<br>j. 流速の短時間変動の影響 |

(注) トラブル現象欄の( )内のA, B, …G, Hは表-1に示すところの観測所の番号に対応する。)

## 2. トラブル現象とその対策について

### 2-1 討議抜粋

土屋 機械は、どのくらいの温度範囲内であるなら正常に稼動するんですか。

沖電気 旧型のものは、温度が $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ くらいの範囲で使用できるように作ってある。しかし、機械がプレハブ小屋のような所に設置してあると、気温に輻射熱が加わるため、機械本体の温度が気温より高くなる。最近の機械では、 $-20\sim +50^{\circ}\text{C}$ くらいまで使用できるものもある。

旧型は、アナログ回路で処理しているため温度的に弱いので今後は、デジタル回路で処理するのが望ましいと考えている。

木下(武) いつも問題になるのは、気温、水温分布、川巾、濁度等であるが確実な範囲内で使用せず、その範囲外で使用することは、冒険的なことである。

環境条件として問題となるのは、温度ばかりでなく、湿度の変化や室内の乾きなどがあり、そのことも考えなければならない。乾きの問題は、インクの蒸発や記録紙の伸縮に影響を及ぼす。

そういうことから機械の事故の原因の中には、記録計が悪いことも考えられる。

竹内 環境条件を定量的に測れば将来の進歩になると思う。

関東地建 しじみ採りによるケーブル断線のために欠測が多いので今後は、河床にケーブルを完全に埋めてしまうなどの対策を検討する考えである。

近畿地建 送受波器を支持柱の陰につけることにより、ごみがひっかかるのを解決した。ケーブルの固定は、施工が悪かったために断線等の事故があったので、今後は、ケーブル・支持柱等の施工に努力してほしい。メンテナンスを確実にを行う事により稼動率が向上した。

温度上の問題は、ユーザー側としては、あらかじめの温度試験をしたり規定の温度範囲を守るようにすべきだと思う。

石崎 ケーブルの固定方法は、どのようにしたか。

近畿地建 水中に、ころがしの状態にあったのを、水中から引き上げ、支持柱から架空した。また、支持柱では、ケーブルのあそびを少なくした。

木下(武) 信号を送るにも電波を利用する方法もある。ケーブルの水中切断の場合には杭と岸の間、対岸とを結ぶ間の2つの問題がある。

土屋 高水時ケーブルが水中に入るところにごみがかかり、その抵抗でケーブルが切断することがある。

中国地建 ケーブルの総延長は、400m程であるが、施工方法は、立ち上り部分については、電線管で保護し、布設部については1m程度めて、その上にコンクリートのウェイトを5mおきにのせている。従って、ケーブルは、水につかっているが露出はしていません。

木下(武) しじみを採っているんですか。

中国地建 その上で採っています。

中部地建 機械のメンテナンスをよく行うことと、技術者の向上・育成が必要だと思われる。例えば、講習会等を開いて技術者の指導をはかるとか。

石崎 送受波器の前面に、ごみ等が付着して性能が低下する事について、良い対策がありますか。

沖電気 送受波器をケース（塩化ビニールパイプ）に入れた。ケース内に直射日光が入らないようにすれば浮遊物や付着物は、発生しない。また、土砂は、直接送受波器に当たらないので、土砂による雑音が少なくなる。（固有振動数が異なる。）

木下(武) 塩化ビニールパイプにもフジツボ、ゴミ等が付着すると思われるが、そのへんはどうか。

沖電気 パイプの外側に付着するが、直接送受波器につかないので振動面には、影響が少ない。又、保守も容易であり、かつ、送受波器の設置に際して、送受波器の向きの決定がパイプごと水上にて出来る等の利点がある。

近畿地建 超音波流速計によって得られる値を見ると、超音流速計の計測時間が短いために、瞬間的に異常値を示すことがある。しかし、実際測定値を利用する場合には、数秒単位のデータを必要としないと考えられる。河川の流量把握と計測時間のバランスについては、どう考えておられるか。

木下(武) 実際に数秒というオーダーで流速を測っても極端に言えば意味がない。しかし、現在の状況では、水の変動状態でわからないことが多いことと、機械の動作に対して少なからず疑問がある。従って、このような開発段階では、むやみに平均して記録されたものが何を現わしているか理解が困難になるよりは、平均化を行なわない方が望ましい。

土屋 同感である。今後作成する機械は、例えば10分間平均等も必要であるが、機械が正常に稼動しているかのチェック機構も必要なので、それらの開発も平行に進めていったらよいと思う。

奥島 実際に超音波流速計を設置して、種々の問題が発生したが徐々に改善されて、かなりの所まで来ていると思える。温度分布塩分等による音速の変化・屈折等が、計測可能最低流速に影響を与える。

今後は、計測場所の選定が重要な問題になると感じた。少し無理して多少の出費を覚悟しなければ実用的に使用できない場合もある。

## 2-2 現在までの超音波流速計に於ける改善事項

### 沖電気工業

既設の装置と比較して、次の様な点が解明、改善された。その結果、dataのバラツキを減少させ、且つ、測定結果の信頼性が向上した。

#### 1. 理論的解析

多くの実験が行なわれたが、総ての条件下に於いて実験を行なう事は非常に困難なので、理論的解析を行ない、その結果と、実験結果の裏付けによって、河川の水構造が判れば、装置の信頼範囲を予測する事が可能となった。

主な解析項目は、

- ・流速測定方式の厳密な解明 …… 測定結果の解析に貢献する。
  - ・音道の屈折方程式
  - ・にごりによる減衰
- } …… 媒質の変動対する、処理手法の決定が可能となる。

## 2. 方式の改善

従来の時間差方式、シングア라운드方式の特長を採用し、且つ、欠点を除去すると共に、媒質の音速（水温や塩分に関係する）変動による影響を小さくする手法を採用した。

## 3. 送受波器の改善

音波の伝播時間を正確に捕捉する為に、円盤型振動子を、複合型振動子とし、音波波形の立上り波形を良好にすると共に、感度を上昇させた。

## 4. 取付金物の改善

従来のスライド・チャンネル方式で、水中に送受波器が露出していると、浮遊物等の障害があり、且つ、送受波器、ケーブルを流れから保護するため、パイプ内収納型とし、河川水から送受波器、ケーブルを保護した。

## 5. その他

電子回路は、従来のアナログ回路部分の障害を少なくするため、デジタル回路とし、且つ、保守点検を容易とした。

送信器は、音波の立上り波形を改善するため、パルス変調方式を、モノパルス方式とし、増巾器周波数帯域改善し、低周波雑音を除去し、S/Nを改善した。

更に、電子部品を吟味し、対環境性に留意した。

以上の改善点をまとめると、表-3のような形で表わされる。

表-3

| 番号 | 項 目     | 従 来                 | 改 善                                                                                                               | 内 容                                                                                                                      | 備考 |
|----|---------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | 理論的解析   | 音 波 伝 播             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○流速測定方式（2M方式）</li> <li>○音道の屈折</li> <li>○にごりによる減衰</li> <li>○処理方式</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○河川の水構造が明確になれば、測定結果の信頼範囲が推定可能となった。</li> </ul>                                     |    |
| 2  | 方 式     | 時間差方式、又はシングアイラウンド方式 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○2M方式</li> <li>時間差方式・シングアイラウンド方式の特長を採用し、デジタル処理した方式</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○遅延時間が適宜設定可能（残響に強い）</li> <li>○音速変動が略消去される。（雨水や2河川以上の水の混合等による影響を軽減できる。）</li> </ul> |    |
| 3  | 送 受 波 器 | 円版型振動素子             | <ul style="list-style-type: none"> <li>○複合型振動素子</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○感度が上昇</li> <li>○立上り波形が良好</li> </ul>                                              |    |

| 番号 | 項 目                        | 従 来                                                                                        | 改 善                                                                                        | 内 容                                                                                               | 備考 |
|----|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4  | 取 付 金 物                    | スライドチャンネル方式                                                                                | ○パイプ内収納型                                                                                   | ○流れの乱れが少ない<br>(音波波形の変動が少ない)<br>○ケーブルや送受波器が流れから保護される。<br>・藻等の影響が少ない<br>・漂砂等の影響を受けにくい<br>・保守が容易である。 |    |
| 5  | 送 信 器                      | パルス変調<br> | パルス方式<br> | ○発振周波数のズレによる感度変化が少ない。<br>○パルス巾が狭く、立上り波形が鈍くなる。<br>(残響等に影響されにくく測定精度が向上する。)                          |    |
| 6  | 増 幅 器<br>(使用周波数<br>100KHz) | 受信帯域<br>30KHz～<br>120KHz                                                                   | 受信帯域<br>80KHz～<br>300KHz                                                                   | ○過度応答性が良い。<br>○低周波雑音の影響が少ない。                                                                      |    |
| 7  | 制 御 器                      | アナログ・ディジタル折中方式                                                                             | ディジタル方式                                                                                    | ○時間関係の設定がディジタル・スイッチで実施可能<br>(ゲート時間等のズレがなく且つ設定が容易である。)                                             |    |
| 8  | 演 算 器                      | データの選別や積算にアナログ回路を使用<br>(アナログ選択、アナログ積分)                                                     | ディジタル回路を使用<br>(ディジタル照合、移動平均もしくは逐次積分)                                                       | ○小さな計測誤差選別可能。<br>○選別範囲がディジタル・スイッチで可能。<br>○積算時間がディジタル・スイッチで可能。                                     |    |
| 9  | 対 環 境 性<br>(温度)            | 0°C～+40°C<br>(MIL規格-55°C～+60°Cのものはあったが、納期的面で使用困難であった。<br>部品納期 ～10ヶ月)                       | 国産品で-20°C～+50°Cのもの入手可能                                                                     | 部品の進歩                                                                                             |    |

## 2-3 トラブル現象の対策

以上、トラブルの原因とその対策を一つずつ検討して来たが本質的に解決困難という問題は見当らず、必要な対策を講じることによって解決できると思われる。今後考慮すべき事項を列挙すると次のようである。

1. 河川の流水に接する部分については、流水力等に対応して装置の設置方法に配慮する必要がある。又、ケーブルは、河床洗掘、しじみ取り等によって破損されやすいので埋設又は架空等を考える必要がある。
2. 検出部・処理部等の部品は、許容される温度・湿度の範囲が存在するので、換気温度調節等の環境条件を制御する必要がある。確保すべき環境の条件は、メーカー側が明示する必要がある。
3. 装置の保守・点検にもっと力を入れる必要がある。トラブルを早期に発見して、記録部等の初歩的なものについては、現場担当者が取除く必要があり、このための教育等が必要である。装置に起因するトラブルについては、メーカーの協力が必要であるが、その経費については責任を明確にしておく必要がある。

従来、装置の保守・点検については、ユーザー、メーカー共やや安易に考えていた面があり、かつ、相手の責任であると考えていた傾向がある。

今後は、保守・点検の責任を明確にすると共に必要な労力・経費について調査計上することが大切と思われる。

4. 流れの構造についての調査をすすめる必要がある。超音波流速計を流量計として使用するためには、流速の空間的な分布、時間変動等について研究する必要がある。

又、断面内の温度分布や塩分濃度の分布、浮遊物の存在等は、音波の屈折・吸収・散乱等の現象の要因となり、誤った測定を行なわせる可能性があるが、その性質は、場所によって、又季節によって異なるので十分な調査が必要である。

このため場所によっては、装置の一部をパイロット的に設置して十分な調査を行った上で、装置全体の設計を行うという段階的な設置方法も考えられる。

なお、表-3は、トラブル現象と、その要因及び対策について、関係を示したものである。

| 番号 | トラブル現象                       | トラブル要因                                                | 対策                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 送受波器的流失(A)<br>送受波器取付支柱の破損(F) | 洪水時の流下物及び洗掘等                                          | ①施工に対して留意して努力する。<br>②送受波器的をH鋼等のかけに設置する。                                                                                                               |
| 2  | ケーブルの破損及び流失(A・D・E・G)         | a. 洪水時の流下物による破損及び流失<br>b. 船舶の往来による破損<br>c. しじみ採りによる破損 | ①送受波器的支柱と岸の間のケーブルを架空にする。<br>②ケーブルの立上り部分を電線管にて保護する。(パイプ又は凹字溝に入れる)<br>③河床ケーブルは、50 cm以上埋設する。<br>④ケーブルにあそびをもうけ張力が極部的に加わるのをふせぐ。<br>⑤流れが渦等の少ない地点にケーブルを布設する。 |

| 番号 | トラブル現象                                                         | トラブル要因                                                                                                                                                                                                             | 対策                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | 記録部 (B.C.D.E.F.H)<br>○記録紙送り不良<br>○インク切れ<br>○記録紙切れ<br>○オーバースケール | a. 記録計への定期的注油がなされていない。<br>b. インク補充わすれ<br>c. 記録紙交換の遅れ<br>d. 湿度による記録紙の伸縮<br>e. 塵埃の影響                                                                                                                                 | ①定期的な点検・保守及びインクの補充記録紙交換。<br>②記録計の設置場所の塵埃や高温・多湿をふせぐために、換気扇 (又は、エア・コン) 等を設置する。<br>③別途に、ディジタル・プリンター、データレコーダ等を設置する。<br>④演算部の出力電圧レンジの確認、出力電圧が反転するように改造する。                                                                                                                                                                                      |
| 4  | 構成部品等の劣化及び破損<br>(A.C.D.E.F.G.H)                                | a. 室内の温湿度、塵埃等の環境悪化による劣化。<br>b. 落雷による破損<br>c. 送受波器・中継 BOX・ケーブル等の絶縁不良。                                                                                                                                               | ①換気扇やエア・コン等を設置して環境改善を行うこと。<br>②防湿対策及び部品密度を小さくし発熱量を減少させる。(IC化)<br>③ケーブルを接地し、電気セットについては完全なシールドを行う。又、入力インピーダンスの低下。○<br>④定期的保守・点検により悪い箇所の早期発見。<br>⑤避雷針を設ける。                                                                                                                                                                                   |
| 5  | 記録のみだれ<br>(A.B.C.D.E.F.G.H)                                    | a. 上下層の水温差・塩分及び水塊による音速変化<br>b. にごり、水質悪化及び浮遊物による散乱・吸収<br>(河川に於ける流速分布、水温分布、塩分々布及び音波伝播等について調査を行う。)<br>c. ゴミ、フジツボ及び藻等の送受波器への付着。<br>d. 送受波器の性能低下<br>e. 高水時の流砂による雑音<br>f. 雷や自動車による雑音<br>g. 残響<br>h. 演算部設置室内の温湿度・塵埃等の環境不良 | ①音速変動分を消去する方式の採用。<br>②音波伝播の解析及び処理方式の改善。<br>③波形の立ち上り改善及びレベルの増大。<br>④音波の周波数と減衰量を調べ周波数を選定しなおす。<br>⑤送受波器及びケーブルを音響的に損失の少ないパイプに入れる。<br>⑥定期的点検により、性能がある一定レベルを維持していないと判断された場合には送受波器の交換を行う。<br>⑦処理方式の改善 (ディジタル化によりデータを選択する)<br>⑧測定方式の改善 (遅延時間の任意設定)<br>⑨送信器の改善 (パルス巾を狭く、立ち上りの改善等)<br>⑩送受波器の改善 (受信感度を上げ、発振波形の立ち上りの改善)<br>⑪換気扇やエア・コン等を設置して環境改善を行うこと。 |

| 番号 | トラブル現象 | トラブル要因         | 対策                                                                         |
|----|--------|----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 5  |        | i. 部品の劣化       | (a)防湿対策及び電気セットの発熱量を低下させ、かつ、放熱量を増化させること。<br>(b)定期的定検保守による劣化部品の早期発見を行い、交換する。 |
|    |        | j. 流速の短時間変動の影響 | (c)観測目的に応じた処理方式への改善（移動平均，逐次積算）<br>但し，瞬時値の出力を可能として，他の流速計との比較が可能であること。       |

### 3. 今後の流量観測と超音波流量計の利用について（討議抜粋）

石崎 次に流量観測の現状と超音波流量計の利用の可能性について討議をしたい。

関東地建 職員数の関係で、ほとんどの事務所が低水、高水供外注に出している。台風が接近してくる場合には、待機、出動命令の各段階について金がかかるので高水時に於いても出費が多額になる。

江川 最近では、人手の関係もあり、外注が多くなってきているが、一方では、水管理者に対して、高い精度での流量把握が要求されてきている。流量は、水管理者が責任をもって測定するのが本来の姿だと思う。外注された流量観測の結果は、精度（信頼性）の上で問題がある。流量観測地点がかならずしも観測に良好な所だけでないもので得られた値についてよく検討する必要がある。

また、かつては、人手を多くかけても安くあげようとして安い機械を使用して来た。最近では、人手の関係で高価機械を使用してでも人手不足をおぎなう傾向になって来ている。

それから安価であろうが高価であろうが、定期的な保守・点検を十分に行なわずして完全な稼動をする機械はない。ところが人手不足のため十分な保守・点検が行なわれない上に依頼の形に移行していることにより、ますます保守・点検が行なわれなくなり欠測が出てきている。

メーカーへの注文ですが、売る場合には、機械の動作範囲を明確にし、かつ具体的に環境条件を示していただきたい。例えば機械の温度ではなく、室温で適用範囲を示してもらいたい。さらに、どのような状態にしておけば記録が良くとれるか、その条件等（使用方法を含めて）についてのマニュアルを作成してほしい。

星畑 自から行なわなければならないものと、依頼のものとの仕分を行っていかなければならない。

又基準地点については、直営で行って行く方向にしたい。なお、当面は、超音波流速計を入れることによって手間が増大することもあるかもしれないが、その中から流速計の点検システムを確立して行き、省力化を実現したい。点検については、もっと労力と経費をかけて良いと思う。水質自動監視装置については、1台当りの維持費に約200万円/年程度かかっている例もある。

東京計器 今まで流量観測をどういう形で行っているかあまり良く理解していなかった。今後は、いままでの意見を十分に参考にして機械に組込んで行きたい。

沖電気 東京計器さんと同様で、川に対する知識が零の段階から取り組んできたため、川の特性を良く知っていたなら解決できたトラブルがかなりあったと思われる。今日は、流量観測等についてだいが理解を深めることが出来た。

江川 メーカーさんに点検は、何箇月に1度と決めて、流量観測システムとしての安定な状態を維持できるものかどうか、お聞きしたい。

沖電気 安定している箇所につきましては、保守・点検を行って、一定のレベルを維持することは出来ます。しかし、どういう原因によるトラブルかわかっていない箇所がありますが、その場合、機械の保守・点検は可能であるが、システムとしては少々困難である。

江川 試作機の段階では、保守・点検についてよく応じるが、数が増大すると応じきれないという

現状がよくあるが、保守・点検の体制を確立できるものかどうか、お聞きたい。

沖電気 体制の確立は、可能であります。

江川 最終的には、マニュアルにより保守・点検が可能になることが望ましいが、定期的な保守・点検をしていただくことにより、稼働率がもっと向上すると思われる。

星畑 超音波流速計の問題点としては、機械的な面と点検の面の2つが考えられるが、問題のつきつめがなされないままに至った。今回、土木研究所に検討をお願いしたのも、この問題を明らかにするためであり、機械的な面と保守の面の原因を仕分けしながら進めて行くべきと思われる。

東京計器 欠測があまり多いので驚いている。類似の流量計をパイプに取り付けて流量を測る場合には、即刻データを必要としているためトラブルに関しては、すぐ保守・点検できる体制にしている。一方、河川の超音波流速計の場合には、データを後で整理を行っているようで、かつ、こちらとしては、川に關しての知識を持っている者が少ないため保守・点検が大変である。従って、数が増せば、川に対する知識が蓄積されるのでソフトを充実させられる。

江川 河に於いて、低水については、後でデータ整理が可能であるが、高水に関しては、そうはいかない。又、高水の時、多地点で同時にトラブルが生じるので事前にトラブルが生じないようにするための保守・点検が必要である。

土屋 超音波流速計の装置自体の性能が良くても、記録部にトラブルが発生すれば欠測となるので、観測システムとしての安定性、精度の向上への努力が必要であると思う。又、システムとして安定に稼働するために必要な点検周期、手間及び費用等をメンテナンスの問題として把握しておく必要がある。

江川 プライス式流速計、プロペラ式流速計、超音波式流速計で測った場合、どの流速計の値が真であるとは一概に言うことが出来ない。従って、超音波式流速計が、他の流速計と合うというよりも、システムとして安定し、稼働をし、得られた測定値が、流速に対してどういうものを測っているかを調べて行く必要があると思う。

## 参 考 資 料

# 1. 各観測所の設置状況及び精度の検討

## 1-1 関東地方建設局

利根川下流工事々務所

超音波流速計装置は、利根川の76.5km地点（布川観測所）に昭和46年3月に設置され昭和46年9月台風により送受波器流出、昭和47年9月台風によりケーブル流出等のトラブルを通じて現在に至っているが、時々観測値にバラツキを生じるので、原因を追究中である。

以下に、超音波流速計設置位置の平面図及び断面図を示す。（図1、2）

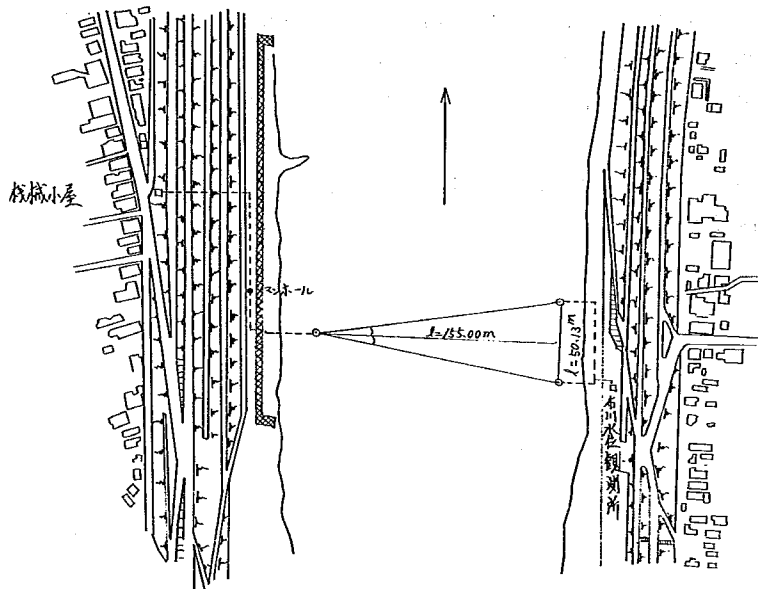


図-1 超音波流速計位置平面図

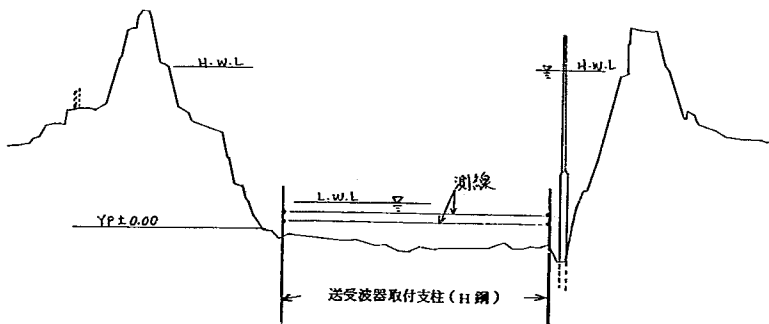


図-2 超音波流速計位置断面図

#### 霞ヶ浦工事々務所

霞ヶ浦は茨城県の東南に位置し、北浦を含め流域面積  $2083\text{km}^2$ 、湖面積  $216\text{km}^2$  の琵琶湖につぐ我国第二の大湖で、北利根川、外浪逆浦、常陸川をへて利根川に合流している。

この様な霞ヶ浦の水質対策をも含む治水、利水計画を行う際の基礎資料である霞ヶ浦の年間流入量が必要になってくる。

湖水面より流入量を推定するために必要な流出を把握する目的で、昭和44年2月、3月に八代、息栖に超音波流速計が設置された。

図-3、4、表-1は、八代に於いて昭和42年に超音波流速計・ブライス流速計・電接型流速計による測定値の比較を行った際の測点（線）及び測定結果である。（テスト期間中である。）

図-5は、八代に於いて昭和44年に超音波流速計とブライス流速計の比較を行った際の測定値の関係を示している。

図-6、7は、息栖に於いて昭和44年に超音波流速計とブライス流速計の比較を行った際の測点（線）と測定値の関係を示している。

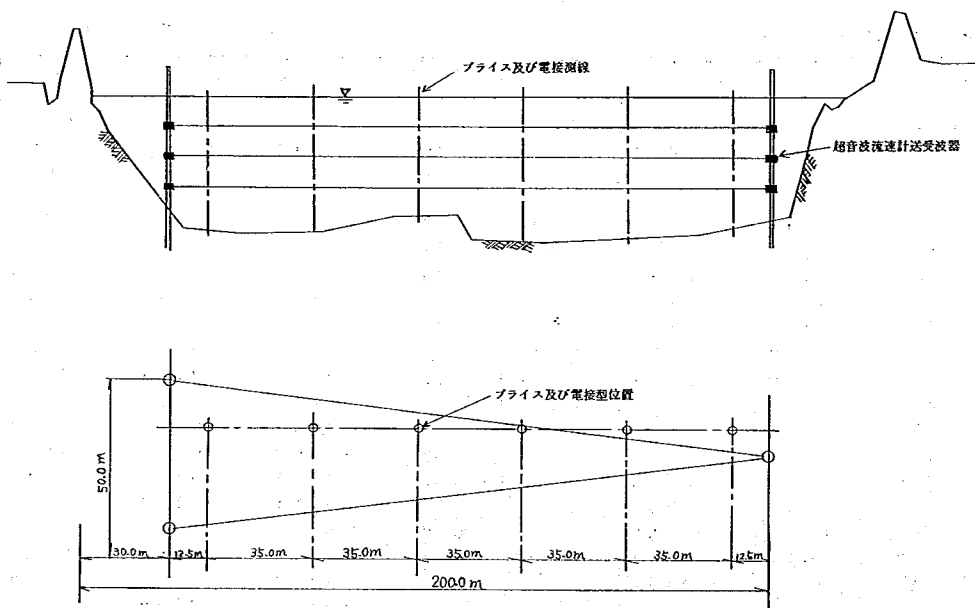


図-3 八代流観測線図

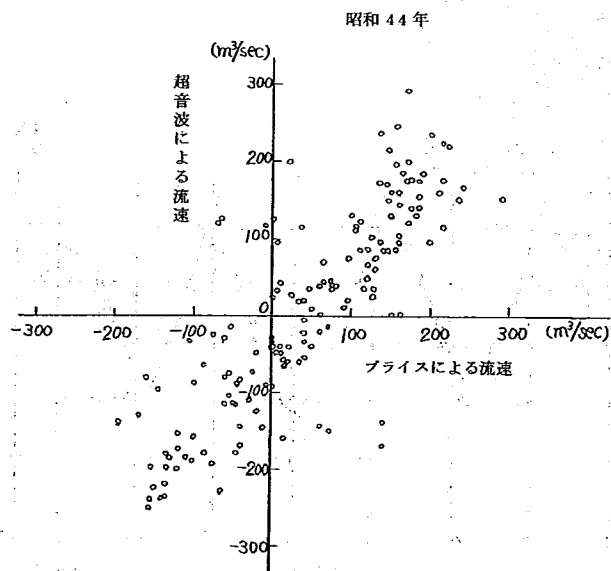


図-5 八代観測所に於けるブライス流量-超音波流量図

各流速計平均流速一覧表

(テスト期間中), (八代)

表-1 (昭和42年2月)

(m/sec) 器 深 2.25m

| 日 時   | ブライス流速 | 超音波流速  | 電接型流速  | 日 時   | ブライス流速 | 超音波流速  | 電接型流速  |
|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 14日 9 | -0.035 | -      | -0.078 | 9     | 0      | -      | 0      |
| 10    | 0      | 0.049  | 0      | 10    | -0.149 | -0.160 | -0.188 |
| 11    | 0      | 0.050  | 0      | 11    | -0.137 | -0.160 | -0.093 |
| 12    | 0.034  | 0.055  | 0      | 12    | -0.129 | -0.110 | -0.074 |
| 13    | 0.041  | -      | 0.038  | 13    | -0.122 | -0.100 | -0.058 |
| 14    | 0.104  | -      | 0.064  | 14    | 0      | 0.025  | 0      |
| 15    | 0.146  | 0.135  | 0.105  | 15    | 0      | 0.065  | 0.033  |
| 16    | 0.187  | 0.195  | 0.136  | 16    | 0.123  | 0.155  | 0.092  |
| 17    | 0.178  | 0.190  | 0.110  | 17    | 0.163  | 0.195  | 0.117  |
| 18    | 0.170  | 0.175  | 0.115  | 18    | 0.172  | 0.175  | 0.121  |
| 19    | 0.118  | 0.125  | 0.075  | 19    | 0.156  | 0.185  | 0.097  |
| 20    | 0      | -0.035 | 0.044  | 20    | 0.030  | 0.075  | 0.041  |
| 21    | -0.011 | -      | 0      | 21    | 0.029  | 0.020  | 0.029  |
| 22    | -0.104 | -      | -0.057 | 22    | -0.029 | -0.020 | 0.048  |
| 23    | -0.111 | -0.105 | -0.071 | 23    | -0.091 | -0.100 | -0.047 |
| 24    | -0.022 | -0.045 | 0      | 24    | -0.091 | -0.120 | -0.056 |
| 15日 1 | 0      | 0.035  | 0      | 16日 1 | 0      | -0.060 | 0      |
| 2     | 0.101  | 0.090  | 0.083  | 2     | 0.061  | -0.060 | 0.058  |
| 3     | 0.142  | 0.155  | 0.125  | 3     | 0.134  | 0.101  | 0.088  |
| 4     | 0.208  | 0.195  | 0.172  | 4     | 0.139  | 0.140  | 0.096  |
| 5     | 0.203  | 0.195  | 0.171  | 5     | 0.163  | 0.180  | 0.123  |
| 6     | 0.184  | -      | 0.159  | 6     | 0.169  | 0.180  | 0.125  |
| 7     | 0.125  | 0.115  | 0.101  | 7     | 0.117  | 0.140  | 0.093  |
| 8     | 0.026  | 0.015  | 0.055  | 8     | 0.030  | 0.030  | 0.065  |

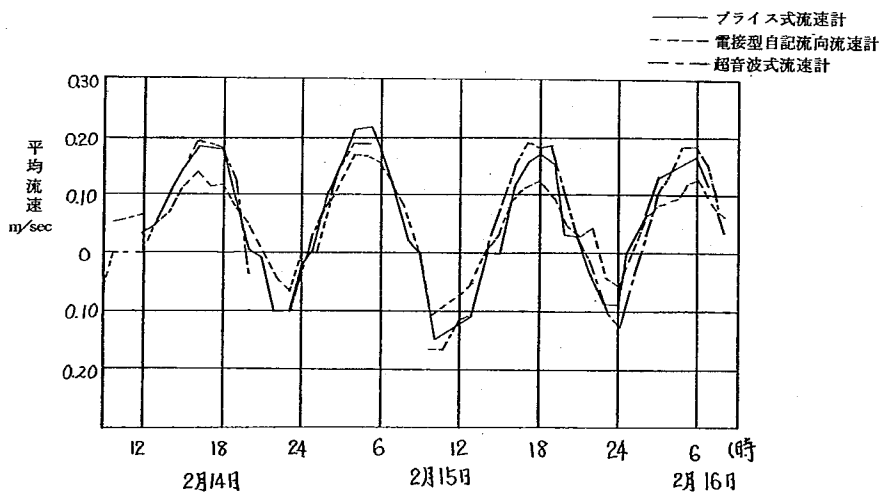


図-4 各流速計平均流速比較図

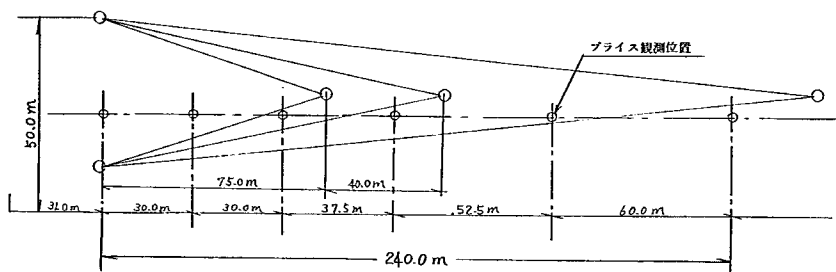
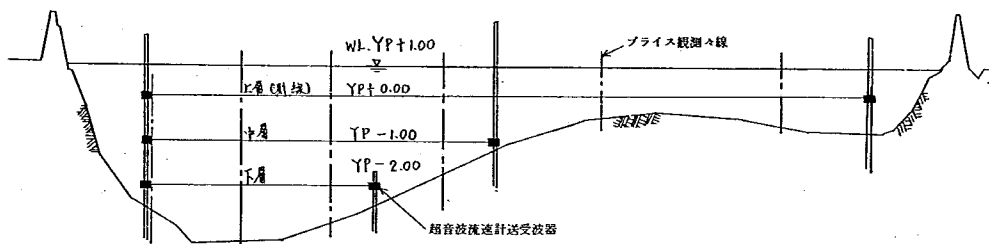


図-6 息栖流観測線図

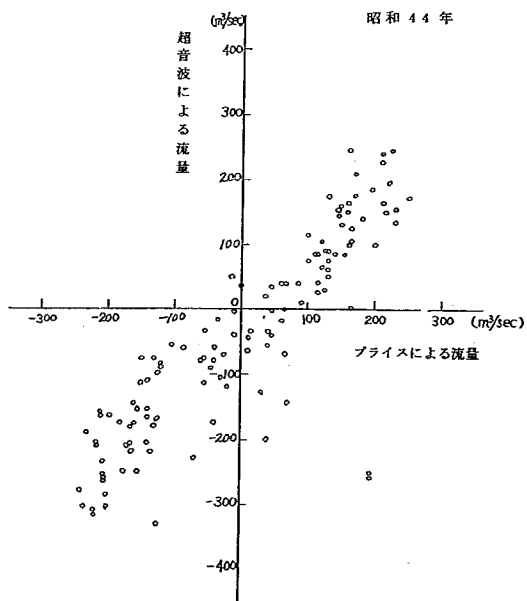


図-7 息栖観測所に於けるプライス流量-超音波流量図

## 1-2 北陸地方建設局

信濃川下流工事々務所

超音波流速計は、流量把握に利用し堰・水門操作の資料として使用する目的で、昭和48年4月に帝石橋観測所に設置された。

図-1, 2は、超音波設置位置の平面図及び断面図であり、図-3は、水温、透視度、電導度の月推移を示している。表及び図-4は、昭和49年に超音波流速計と他の流速計の比較を行った際の測定値の関係を示している。

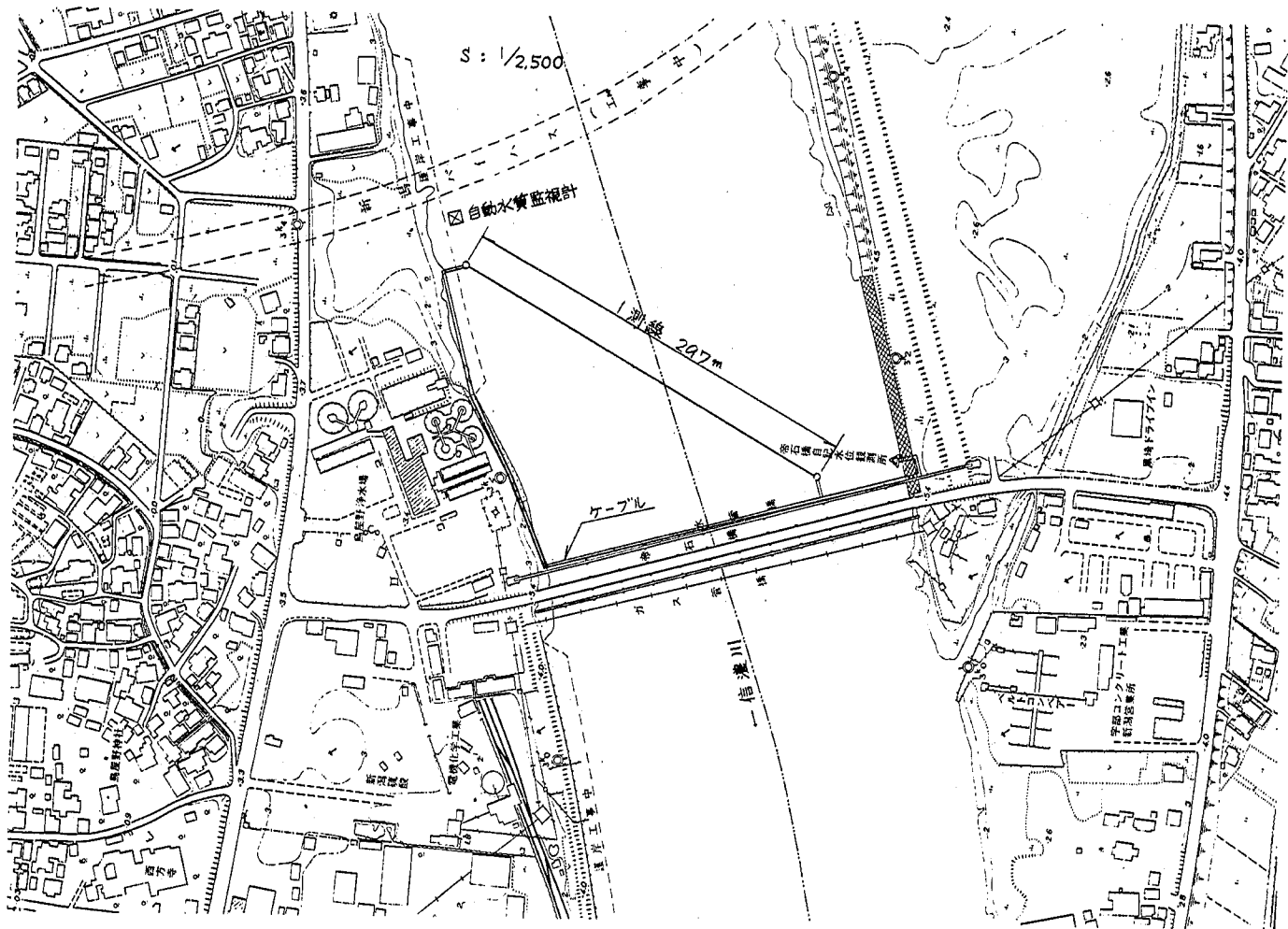


図-1

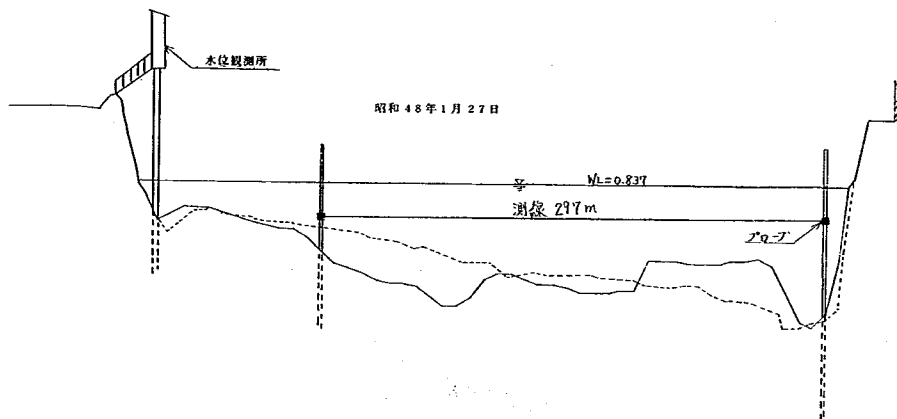


図-2

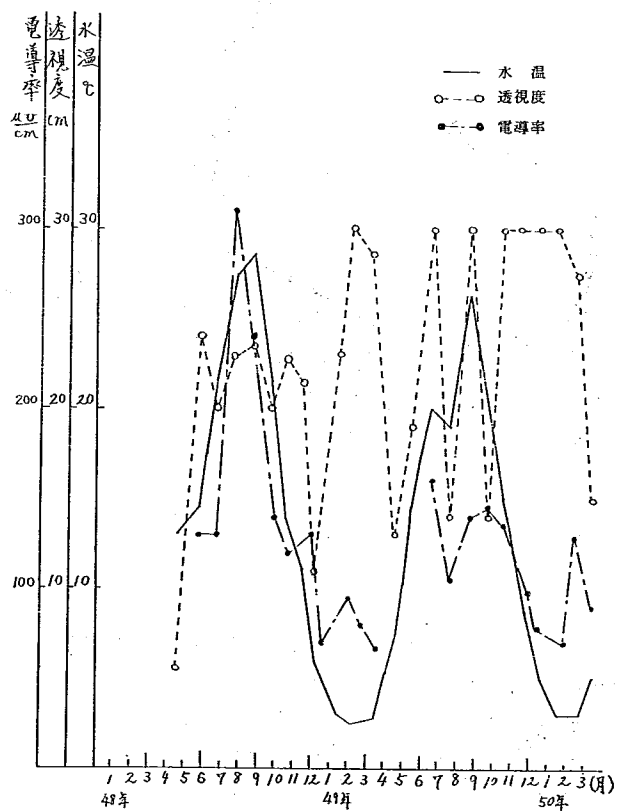


図-3 実測による水温・透視度・電導度の推移

実測流観値と超音波流速計の値

| 番号 | 観測年月日時           | 流観値        | 超音波流速計の値 |
|----|------------------|------------|----------|
| 1  | S49. 6.19. 13:00 | 0.38 (M/S) | 0.43     |
| 2  | 6.27. 11:20      | 0.41       | 0.45     |
| 3  | 7. 3. 11:30      | 0.42       | 0.45     |
| 4  | 7.17. 15:00      | 0.46       | 0.53     |
| 5  | 8. 7. 11:10      | 0.34       | 0.36     |
| 6  | 8.21. 11:00      | 0.30       | 0.29     |
| 7  | 9. 5. 11:00      | 0.46       | 欠測       |
| 8  | 9.19. 10:50      | 0.58       | "        |
| 9  | 9.26. 10:50      | 0.35       | "        |
| 10 | 10. 2. 10:50     | 0.47       | "        |
| 11 | 10.16. 10:30     | 0.48       | 0.50     |
| 12 | 10.30. 10:00     | 0.45       | 0.50     |
| 13 | 11. 6. 10:40     | 0.53       | 0.56     |
| 14 | 11.27. 10:20     | 0.54       | 0.60     |
| 15 | 12. 4. 14:15     | 0.57       | 0.58     |
| 16 | 12.18. 10:00     | 0.52       | 0.58     |

実測流観値と超音波流速の値

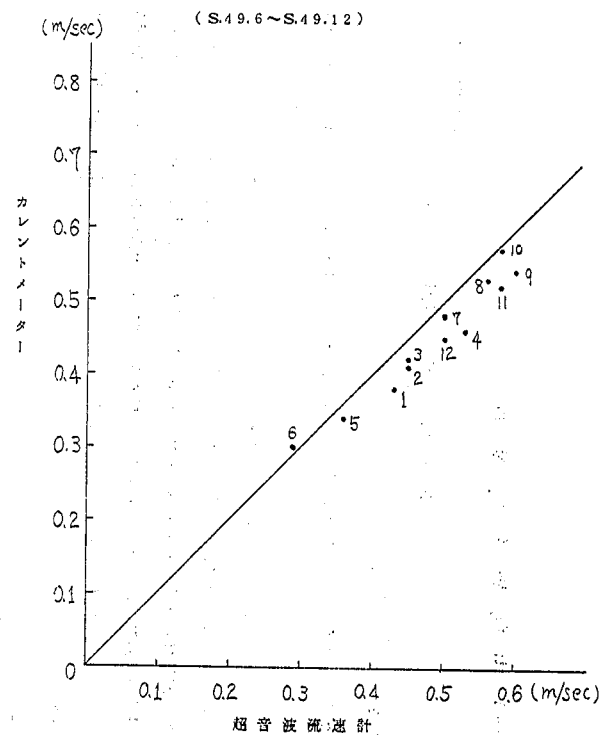


図-4 超音波流速計

## 1-3 中部地方建設局

木曾川下流工事事務所

### 油島の超音波流速計について

#### 第1節 設置目的と概要

揖斐川油島とその上流今尾との間は、肱江川、多度川、津屋川、大江川の中小河川をはじめ、用排水樋管が多く、これらの表流水と合せて、上流部からの地下水、養老山脈からの伏流水が最も多く供給される区間であるため、油島地点の流況を把握することは非常に重要である。

しかし、この油島地点は、第1章まとめて述べた感潮河川の③の形態に属し、河川固有流量の流れている定常部分は存在せず、入退潮量は今尾の流量の5~10倍、最大500  $m^3/s$  にも達するため流況の把握は非常に困難で、今までに2地点の水位差など用いて、流量を求めようとしたが実用化に至らなかった。このためこの地点に超音波流速計の設置が計画され、45年12月に図-15、表-5に示す概要で完成した。

#### 第2節 測定値の精度検討

自記記録の精度検討は、この地点の水位、流速変化が、非常に早いことから殊に別に超音波測線と平行に約10  $m$  はなして測線を設け舟2隻で、左右岸より同時出発し、プライスで実測した平均流速と、超音波流速計による計測流速とを比較することにより行なった。この結果は、表-6に示す通りで、平均流速20  $cm/s$  以上で、自記記録が正常の場合平均誤差2.5%をえた。又、20  $cm/s$  以下で誤差が大きいの、カレントメーター式の流速計では、小流速が測定しきれないためと考えられるので、超音波流速計としては精度的に十分と認められる。現在、日流量等、流況作成のために、自記記録からの流量換算の方法を検討中である。

#### 第3節 諸問題について

超音波流速計は、従来のカレントメーター式流速計に比べて種々の利点をもっているが、設置場所、条件等により大巾な制約をうけるので油島地点で具体的に現われた現象について述べる。

##### (1) 順流部において周期的な波が記録される。

この現象は、順流部において平均流速が40  $cm/s$  以上になると現われてくるもので、図-16に示すようにはほぼ10分間周期で流速変化がみられ、流速が大きくなると、振巾も大きくなり記録の判読が困難となる。この原因については、河川流速そのものの変化か、流向の周期的な変化に伴う、流速計自身の計算機構からくるものか、種々考えられるが、現在調査中である。

図-15 設置状況図

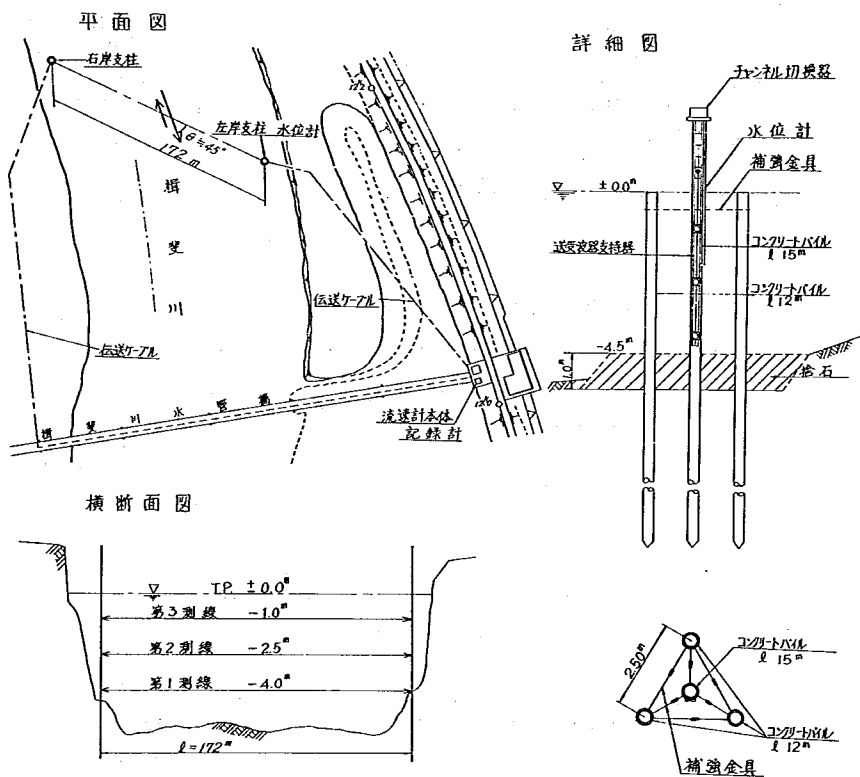


表-5 主要性能表

| 器 械 名       | 数 量     | 性 能 規 格                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 働 き 設置場所等                                       |
|-------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 流速計本体       | 1 台     | (1) U F 300 型シングアラウンド法<br>3 測線パルス測定方式<br>(2) 測定範囲 $-2.0\text{ m/S} \sim +2.0\text{ m/S}$<br>$-1.0\text{ m/S} \sim +1.0\text{ m/S}$ 2 段切換<br>(3) 誤差 最大値の $\pm 1\%$ 以内<br>(4) 超音波周波数 100 KHZ<br>(5) 使用温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$<br>(6) 使用濁度 500 PPM まで<br>(7) 使用電源 AC100V $\pm 10\%$<br>(8) 使用電力 最大 200 VA | 各々の測線の流速をパルス数より演算する。干潮時に水位計との連動により、2 測線方式に切換える。 |
| 記 録 計       | 1 台     | (1) 電子式自動平衡型 6 打点方式<br>(2) 記録紙 幅 250 mm<br>(3) 使用電力 23 VA                                                                                                                                                                                                                                                                        | 本体および水位計からの信号を各々色分して記録する。本体と同一の箱の中に入る。          |
| チャンネル切換器    | 2 ケ     | (1) 完全防水型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 左右岸の杭頭に設置され、本体からの信号により 3 測線の切換えを行なう。            |
| 水 位 計       | 1 台     | (1) 静電容量式<br>(2) 測定範囲 $\text{TP}-2.0\text{ m} \sim +2.0\text{ m}$<br>(3) 精度 最大値の $\pm 1\%$                                                                                                                                                                                                                                       | 干潮時に 2 測線に切換えるための信号を発する。                        |
| 送 受 波 器     | 6 ケ     | (1) 周波数 100 KHZ<br>(2) 発射範囲 中心より $3^{\circ}$<br>(3) 完全防水型                                                                                                                                                                                                                                                                        | 水中に設置され、超音波パルスを発射また受けた時、これを電氣的パルスに変換して本体に送る。    |
| 伝 送 ケ ー ブ ル | 1,000 m | (1) 外径 $32\text{ mm}$<br>(2) 右岸 $\text{RG11/u } 2\text{ mm}^2 \times 4\text{ 心 } 700\text{ m}$<br>(3) 左岸 $\text{RG11/u } 2\text{ mm}^2 \times 8\text{ 心 } 300\text{ m}$                                                                                                                                                          | 電気信号の伝送に用いる。                                    |
| 送受波器支持器     | 2 ケ     | (1) 材質 鋼およびステンレス<br>(2) 重量 $420\text{ kg}$<br>(3) 防錆構造                                                                                                                                                                                                                                                                           | 送受波器を所定の高さに固定する。摺動部分にステンレスを使用し、送受波器の高さを調整できる。   |
| 観 測 用 支 柱   | 1 式     | (1) PCパイプ種(6 $\sqrt{\text{m}}$ ) 8 本使用                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                 |

表-6 プライス流速 自記流速の比較

CH-1

| 月 日                       | 時 刻         | プ ラ イ ス                | 自 記                    | 差                      | 誤 差    | 摘 要 |
|---------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|-----|
| 1. 14                     | 11.21~11.37 | $\frac{cm}{S}$<br>56.3 | $\frac{cm}{S}$<br>54.1 | $\frac{cm}{S}$<br>-2.2 | - 3.9% |     |
| 14                        | 14.22~14.36 | 34.8                   | 34.3                   | - 0.5                  | - 1.4  |     |
| 2. 10                     | 11.35~11.50 | 41.4                   | 43.1                   | + 1.7                  | + 4.1  |     |
| 10                        | 14.00~14.16 | 17.6                   | 18.4                   | + 0.8                  | + 4.5  |     |
| 10                        | 15.00~15.16 | -20.0                  | -18.0                  | + 2.0                  | +10.0  |     |
| 2. 27                     | 11.30~11.45 | 62.0                   | 60.8                   | - 1.2                  | - 1.9  |     |
| 27                        | 14.00~14.16 | 50.5                   | 50.5                   | 0                      | 0      |     |
| 27                        | 15.20~15.34 | 41.0                   | 39.4                   | - 1.6                  | - 3.9  |     |
| 3. 24                     | 11.30~11.44 | 35.2                   | 30.9                   | - 4.3                  | -13.9  |     |
| 24                        | 16.30~16.45 | -11.8                  | -12.9                  | + 1.1                  | + 9.3  |     |
| 計                         |             |                        |                        | - 4.2                  | + 2.9  |     |
| 平 均                       |             |                        |                        | 0.4                    | 0.3    |     |
| 流速 2.0 cm 以上自記記録良好時の場合の平均 |             |                        |                        | 1.2                    | 3.0    |     |

CH-2

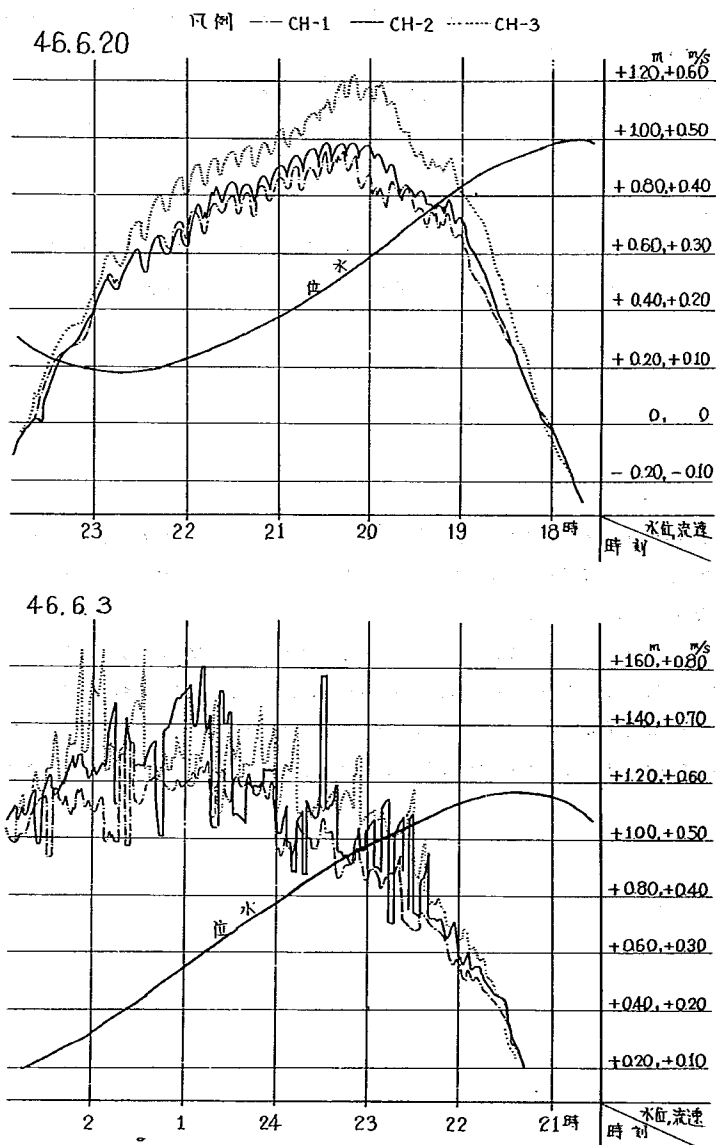
| 月 日   | 時 刻         | プ ラ イ ス                | 自 記                    | 差                      | 誤 差    | 摘 要    |
|-------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|--------|
| 1. 14 | 10.52~11.05 | $\frac{cm}{S}$<br>63.0 | $\frac{cm}{S}$<br>61.6 | $\frac{cm}{S}$<br>-1.4 | - 2.2% |        |
| 14    | 13.50~14.05 | 45.8                   | 46.0                   | + 0.2                  | + 0.4  |        |
| 1. 23 | 11.20~11.36 | 7.3                    | 5.8                    | - 1.5                  | -20.5  |        |
| 23    | 14.00~14.17 | 8.4                    | 6.5                    | - 1.9                  | -23.6  |        |
| 2. 10 | 13.00~13.15 | 39.3                   | 41.9                   | + 2.6                  | + 6.6  |        |
| 10    | 15.30~15.45 | -26.9                  | -28.7                  | + 1.8                  | + 6.7  |        |
| 2. 27 | 10.45~11.00 | 67.4                   | 66.7                   | - 0.7                  | - 1.0  |        |
| 27    | 13.30~13.45 | 54.8                   | 59.9                   | + 5.1                  | + 9.3  |        |
| 27    | 15.00~15.14 | 47.5                   | 49.5                   | + 2.0                  | + 4.2  |        |
| 3. 5  | 13.45~14.05 | 40.8                   | 43.3                   | + 2.5                  | + 5.8  | 自記乱れあり |
| 3. 24 | 10.45~11.00 | 45.1                   | 46.6                   | + 1.5                  | + 3.3  |        |
| 24    | 15.45~16.00 | -29.2                  | -29.9                  | + 0.7                  | + 2.3  |        |

| 月 日                     | 時 刻         | プ ラ イ ス | 自 記  | 差    | 誤 差   | 摘 要    |
|-------------------------|-------------|---------|------|------|-------|--------|
| 3. 27                   | 11.00~11.15 | 67.1    | 63.2 | -3.9 | -5.8  | 自記乱れあり |
| 計                       |             |         |      | +7.0 | -14.5 |        |
| 平 均                     |             |         |      | 0.5  | 1.1   |        |
| 流速2.0 cm以上自記記録良好時の場合の平均 |             |         |      | 1.3  | 3.3   |        |

CH-3

| 月 日                     | 時 刻         | プ ラ イ ス                | 自 記                    | 差                      | 誤 差       | 摘 要    |
|-------------------------|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|--------|
| 1. 14                   | 10.17~10.30 | $\frac{cm}{S}$<br>51.6 | $\frac{cm}{S}$<br>48.4 | $\frac{cm}{S}$<br>-3.2 | %<br>-6.2 |        |
| 1 14                    | 13.22~13.34 | 51.8                   | 51.8                   | 0                      | 0         |        |
| 1. 23                   | 10.30~10.46 | 15.2                   | 9.8                    | -5.4                   | -35.5     |        |
| 2 23                    | 13.00~13.17 | 5.9                    | 0.1                    | -5.8                   | -98.4     |        |
| 2. 10                   | 10.00~10.16 | 60.3                   | 56.7                   | -3.6                   | -6.0      |        |
| 1 10                    | 15.50~16.05 | -32.4                  | -33.4                  | +1.0                   | +3.1      |        |
| 2. 27                   | 10.00~10.18 | 65.0                   | 62.4                   | -2.6                   | -4.0      |        |
| 2 27                    | 13.00~13.14 | 64.4                   | 65.6                   | +1.2                   | +1.9      |        |
| 3. 5                    | 10.00~10.20 | 12.0                   | 9.8                    | -2.2                   | -18.3     | 自記乱れあり |
| 5                       | 13.00~13.18 | 40.4                   | 36.5                   | -3.9                   | -10.7     | "      |
| 3. 24                   | 10.00~10.15 | 51.9                   | 51.1                   | -0.8                   | -1.6      |        |
| 2 24                    | 15.00~15.15 | -33.2                  | -32.3                  | -0.9                   | -2.7      |        |
| 3. 27                   | 10.10~10.25 | 76.7                   | 68.7                   | -8.0                   | -10.4     | 自記乱れあり |
| 計                       |             |                        |                        | -34.2                  | -188.8    |        |
| 平 均                     |             |                        |                        | 2.6                    | 14.5      |        |
| 流速2.0 cm以上自記記録良好時の場合の平均 |             |                        |                        | 1.1                    | 1.3       |        |

図-16 流速計自記記録の一部(打点記録を結んだもの)



(2) 記録が非常に乱れる。

主に、小潮時に現われた現象で、この原因は、流水の動きが小さいため、水温分布が上下方向で異なり音線が曲げられ対岸の受波器に正常にとどかないため生ずるものと推定され、表-7の天候、気温変化からそれが実証される。

尚、油島地点の水温分布は、上・下方向で最大 $2.4^{\circ}\text{C}$ 温度勾配の最大は $1.5\text{m}$ で $1^{\circ}\text{C}$ の変化が観測され、また右岸測直上流に支川、たまり水等があることから、左右の水温差も $2^{\circ}\text{C}$ 前後異なることがある。

(3) その他

高水時(掛斐川で警戒水位を上まわる)には、記録が3測線とも0になったことがあるが、これは送流砂、浮遊砂により、音波がいちじるしく減衰させられたためと推定される。

## 最 後 に

感潮河川の低水流量を求めることに、今後ますます必要になつてくると思われるが、定常部分の存在する感潮区域では日平均流量は、定常部分で作成した $H-Q$ 相関式を活用することによつて、かなりの精度で流量を求めることが出来る。

定常部分の存在しない所では、超音波流速計等にたよらなければならないが、この場合、十分な事前調査が必要で、特に水温の分布については、小潮時を中心にして、1年間位の資料が要求されよう。尚、感潮河川の流量把握に当つては、まだまだ考慮しなければならない問題も多いので、今後、さらにそれらについて検討し、より正確な感潮河川の流量把握の方法を見だしていきたいと考えている。

表-7 流速計の乱れと天気・気温の関係

|    | 1 月   |      |      |    |    |    |    |    |    |    | 2 月  |      |      |    |    |    |    |    |    |    | 3 月  |      |      |    |    |    |    |    |      |      | 4 月  |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
|----|-------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|------|------|------|----|----|----|----|----|------|------|------|----|----|---|--|--|--|--|--|--|
|    | 記録の乱れ |      |      | 月令 | 天候 | 気温 |    |    | 月令 | 天候 | 気温   |      |      | 月令 | 天候 | 気温 |    |    | 月令 | 天候 | 気温   |      |      | 月令 | 天候 | 気温 |    |    |      |      |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
|    | CH-1  | CH-2 | CH-3 |    |    | 最高 | 最低 | 差  |    |    | CH-1 | CH-2 | CH-3 |    |    | 最高 | 最低 | 差  |    |    | CH-1 | CH-2 | CH-3 |    |    | 最高 | 最低 | 差  | CH-1 | CH-2 | CH-3 | 最高 | 最低 | 差 |  |  |  |  |  |  |
| 1  |       |      |      |    | ○  | 4  | -2 | 6  |    | ○  | 4    | -2   | 6    |    | ○  | 10 | 1  | 9  |    | ○  | 20   | 12   | 8    |    | ○  | 20 | 12 | 8  |      |      |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 2  |       |      |      |    | ○  | 8  | 1  | 7  |    | ○  | 4    | -4   | 8    |    | ○  | 12 | 1  | 11 | △  | △  | △    |      | ○    | 22 | 7  | 15 |    | ○  | 22   | 7    | 15   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 3  |       |      |      |    | ○  | 5  | 2  | 3  |    | ○  | 5    | -5   | 10   |    | ◎  | 10 | 6  | 4  | ○  | ○  | ○    |      | ○    | 19 | 8  | 11 |    | ○  | 19   | 8    | 11   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 4  |       |      |      |    | ○  | 8  | 0  | 8  |    | ○  | 5    | -5   | 10   |    | ○  | 4  | 1  | 3  | ○  | ○  | ○    |      | ○    | 18 | 11 | 7  |    | ○  | 18   | 11   | 7    |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 5  |       |      |      |    | ○  | 4  | -3 | 7  | ○  | ○  | ○    | ○    | ○    | ○  | ◎  | 4  | -1 | 5  |    |    |      | ○    | ○    | ○  | 17 | 5  | 12 |    | ○    | 17   | 5    | 12 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 6  |       |      |      |    | ○  | 5  | -3 | 8  | ○  | ○  | ○    | ○    | ○    | ○  | ◎  | 6  | -1 | 7  |    |    |      | ○    | ○    | ◎  | 17 | 10 | 7  |    | ○    | 17   | 10   | 7  |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 7  |       |      |      |    | ○  | 8  | -2 | 10 | ○  | ○  | ○    | ○    | ○    | ○  | ◎  | 0  | -2 | 2  |    |    |      | ○    | ○    | ○  | 17 | 5  | 12 |    | ○    | 17   | 5    | 12 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 8  |       |      |      |    | ○  | 9  | 0  | 9  |    |    |      |      |      |    | ◎  | 8  | -3 | 6  |    |    |      |      |      | ○  | 17 | 5  | 12 |    | ○    | 17   | 5    | 12 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 9  |       |      |      |    | ○  | 7  | -2 | 9  |    |    |      |      |      |    | ○  | 8  | -1 | 9  | △  | △  | △    |      | ○    | 16 | 12 | 4  |    | ○  | 16   | 12   | 4    |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 10 |       |      |      |    | ○  | 7  | -4 | 11 |    | ○  | ○    | ○    | ○    | ○  | ○  | 5  | -1 | 6  | △  | △  | △    |      | ○    | 14 | 5  | 9  |    | ○  | 14   | 5    | 9    |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 11 |       |      |      |    | ○  | 8  | -2 | 10 |    | ○  | 5    | -6   | 11   |    | ○  | 4  | -4 | 8  |    |    |      | ○    | ○    | 16 | 2  | 14 |    | ○  | 16   | 2    | 14   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 12 |       |      |      |    | ○  | 11 | -2 | 13 |    |    | ●    | 4    | -2   | 6  |    | ○  | 8  | -1 | 9  |    |      |      | ○    | ○  | 16 | 1  | 15 |    | ○    | 16   | 1    | 15 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 13 |       |      |      |    | ○  | 6  | -1 | 7  |    | ○  | 11   | 1    | 10   |    | ○  | 10 | 0  | 10 |    |    |      | ○    | ○    | 20 | 6  | 14 |    | ○  | 20   | 6    | 14   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 14 |       |      |      |    | ○  | 6  | 3  | 8  |    | ◎  | 8    | 0    | 8    |    | ○  | 6  | 0  | 6  |    |    |      | ◎    | 20   | 10 | 10 |    | ○  | 20 | 10   | 10   |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 15 |       |      |      |    | ○  | 7  | -4 | 11 |    | ●  | 9    | 5    | 4    |    | ○  | 8  | -1 | 9  |    |    |      | ◎    | 22   | 12 | 10 |    | ○  | 22 | 12   | 10   |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 16 |       |      |      |    | ○  | 7  | 1  | 6  |    | ●  | 13   | 5    | 8    |    | ○  | 11 | -2 | 13 |    |    |      | ●    |      |    |    |    |    |    |      |      |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 17 |       |      |      |    | ○  | 7  | 0  | 7  |    | ○  | 12   | 6    | 6    |    | ○  | 11 | 5  | 6  |    |    |      | ●    |      |    |    |    |    |    |      |      |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 18 |       |      |      |    | ○  | 13 | 2  | 11 |    | ◎  | 9    | 5    | 4    |    | ○  | 12 | -2 | 14 | ○  | ○  | ○    | ○    | ○    | ◎  | 17 | 7  | 10 |    | ○    | 17   | 7    | 10 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 19 |       |      |      |    | ○  | 10 | 2  | 8  |    | ○  | 7    | 2    | 5    |    | ○  | 18 | 8  | 10 | ○  | ○  | ○    |      | ○    | ○  | 16 | 5  | 11 |    | ○    | 16   | 5    | 11 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 20 |       |      |      |    | ◎  | 7  | 0  | 7  |    | ○  | 8    | 0    | 8    |    | ○  | 16 | 2  | 14 |    |    |      |      | ○    | ○  | 22 | 7  | 15 |    | ○    | 22   | 7    | 15 |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 21 |       |      |      |    | ●  | 9  | 6  | 3  |    | ◎  | 8    | 0    | 8    |    | ○  | 19 | 4  | 15 |    |    |      | ○    | ○    | 21 | 5  | 16 |    | ○  | 21   | 5    | 16   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 22 |       |      |      |    | ○  | 10 | 7  | 3  |    | ●  | 9    | 6    | 3    | ○  | ○  | ○  | 20 | 7  | 13 |    |      |      | ●    | 16 | 12 | 4  |    | ○  | 16   | 12   | 4    |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 23 |       |      |      |    | ○  | 5  | 1  | 4  |    | ●  | 11   | 8    | 8    |    | ◎  | 9  | 7  | 2  |    |    |      | ○    | ○    | 21 | 9  | 12 |    | ○  | 21   | 9    | 12   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 24 |       |      |      |    | ○  | 5  | -1 | 6  |    | ○  | 8    | 4    | 4    |    | ○  | 11 | 0  | 11 |    |    |      | ○    | ○    | 19 | 7  | 12 |    | ○  | 19   | 7    | 12   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 25 |       |      |      |    | ○  | 5  | -2 | 7  |    | ●  | 8    | -1   | 9    |    | ○  | 11 | 2  | 9  |    |    |      | ●    | ○    | 22 | 9  | 13 |    | ○  | 22   | 9    | 13   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 26 |       |      |      |    | ○  | 6  | 1  | 5  |    | ○  | 9    | 4    | 5    |    | ◎  | 13 | 2  | 11 |    |    |      | ○    | ○    | 21 | 10 | 11 |    | ○  | 21   | 10   | 11   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 27 |       |      |      |    | ○  | 5  | -4 | 9  |    | ○  | 15   | 3    | 12   |    | ●  | 17 | 10 | 7  |    |    |      | ○    | ○    | 28 | 7  | 16 |    | ○  | 28   | 7    | 16   |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 28 |       |      |      |    | ○  | 4  | -2 | 6  |    | ○  | 10   | 3    | 7    |    | ○  | 18 | 2  | 16 |    |    |      | ○    | ○    | 17 | 10 | 7  |    | ○  | 17   | 10   | 7    |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 29 |       |      |      |    | ◎  | 4  | -5 | 9  |    |    |      |      |      |    | ○  | 15 | 9  | 6  |    |    |      | ●    | 14   | 12 | 2  |    | ○  | 14 | 12   | 2    |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 30 |       |      |      |    | ○  | 5  | -2 | 7  |    |    |      |      |      |    |    | △  | △  |    |    |    |      | ◎    | 16   | 12 | 4  |    | ○  | 16 | 12   | 4    |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |
| 31 |       |      |      |    | ○  | 6  | -3 | 9  |    |    |      |      |      |    | ●  | 12 | 9  | 3  |    |    |      |      |      |    |    |    |    |    |      |      |      |    |    |   |  |  |  |  |  |  |

○ 流速小なる時に乱れたもの △ 流速大なる時に乱れたもの / 出水又は停電等による欠測

表-7 流速計の乱れと天気・気温の関係

|    | 5 月   |      |      |        |        |     |    |    |       |        | 6 月    |      |      |      |       |        |        |     |    |    | 7 月   |        |        |      |      |      |       |        |        |     | 8 月 |    |      |      |      |    |    |   |      |      |
|----|-------|------|------|--------|--------|-----|----|----|-------|--------|--------|------|------|------|-------|--------|--------|-----|----|----|-------|--------|--------|------|------|------|-------|--------|--------|-----|-----|----|------|------|------|----|----|---|------|------|
|    | 記録の乱れ |      |      | 月<br>令 | 天<br>気 | 気 温 |    |    | 記録の乱れ | 月<br>令 | 天<br>気 | 気 温  |      |      | 記録の乱れ | 月<br>令 | 天<br>気 | 気 温 |    |    | 記録の乱れ | 月<br>令 | 天<br>気 | 気 温  |      |      | 記録の乱れ | 月<br>令 | 天<br>気 | 気 温 |     |    |      |      |      |    |    |   |      |      |
|    | CH-1  | CH-2 | CH-3 |        |        | 最高  | 最低 | 差  |       |        |        | CH-1 | CH-2 | CH-3 |       |        |        | 最高  | 最低 | 差  |       |        |        | CH-1 | CH-2 | CH-3 |       |        |        | 最高  | 最低  | 差  | CH-1 | CH-2 | CH-3 | 最高 | 最低 | 差 | CH-1 | CH-2 |
| 11 |       |      |      |        | ○      | 20  | 8  | 12 |       |        | ○      | 26   | 18   | 8    |       |        | ○      | 22  | 21 | 1  | ○     | ○      | ○      |      | ○    | 34   | 26    | 8      |        |     | ○   | 38 | 26   | 7    |      |    |    |   |      |      |
| 12 |       |      |      | ☂      | ○      | 20  | 8  | 12 |       |        | ○      | 26   | 18   | 10   |       |        | ○      | 22  | 21 | 1  |       |        |        |      | ○    | 34   | 26    | 8      |        |     | ○   | 38 | 26   | 7    |      |    |    |   |      |      |
| 13 |       |      | ○    |        | ○      | 21  | 3  | 18 |       |        | ○      | 20   | 18   | 2    | △     | △      | △      |     | ○  | 29 | 22    | 7      |        |      | ○    | 32   | 27    | 5      |        |     | ○   | 32 | 26   | 6    |      |    |    |   |      |      |
| 14 |       |      |      |        | ●      | 20  | 3  | 17 |       |        | ●      | 21   | 18   | 3    |       |        |        |     | ○  | 34 | 23    | 11     |        |      | ○    | 30   | 26    | 4      |        |     | ○   | 32 | 26   | 6    |      |    |    |   |      |      |
| 15 |       |      |      |        | ○      | 18  | 9  | 9  | ○     |        | ○      | 22   | 14   | 8    |       |        |        |     | ○  | 35 | 25    | 10     |        |      | ○    | 30   | 26    | 4      |        |     | ○   | 32 | 26   | 6    |      |    |    |   |      |      |
| 16 |       |      |      |        | ●      | 14  | 11 | 3  | ○     |        | ○      | 22   | 16   | 6    |       |        |        |     | ○  | 32 | 27    | 5      | △      | △    | △    | ○    | 31    | 27     | 4      |     |     | ○  | 32   | 26   | 6    |    |    |   |      |      |
| 17 |       |      |      |        | ○      | 19  | 10 | 9  | /     | /      | /      | ○    | 25   | 15   | 10    |        |        |     | ○  | 30 | 24    | 6      | △      | △    | △    | ○    | 33    | 26     | 7      |     |     | ○  | 32   | 26   | 7    |    |    |   |      |      |
| 18 |       |      |      |        | ○      | 19  | 8  | 11 |       |        | ○      | 24   | 15   | 9    | /     | /      | /      | ○   | 33 | 24 | 9     |        |        | ○    | 36   | 27   | 10    |        |        | ○   | 36  | 27 | 10   |      |      |    |    |   |      |      |
| 19 | /     | /    | /    |        | ○      | 19  | 5  | 14 |       |        | ○      | 23   | 19   | 9    | /     | /      | /      | ○   | 29 | 24 | 5     |        |        | ○    | 31   | 25   | 6     |        |        | ○   | 32  | 25 | 7    |      |      |    |    |   |      |      |
| 20 | /     | /    | /    | ○      | ○      | 17  | 13 | 4  |       |        | ○      | 24   | 22   | 2    |       |        |        | ○   | 30 | 23 | 7     |        |        | ○    | 32   | 25   | 7     |        |        | ○   | 33  | 25 | 8    |      |      |    |    |   |      |      |
| 21 | /     | /    | /    |        | ○      | 25  | 12 | 13 |       |        | ○      | 25   | 21   | 4    | △     | △      | △      |     | ○  | 33 | 24    | 9      |        |      | ○    | 33   | 25    | 8      |        |     | ○   | 32 | 25   | 7    |      |    |    |   |      |      |
| 22 |       |      |      |        | ○      | 25  | 14 | 11 | △     | △      | △      | ○    | 25   | 23   | 2     |        |        | ○   | 31 | 25 | 6     |        |        | ○    | 32   | 25   | 7     |        |        | ○   | 32  | 25 | 7    |      |      |    |    |   |      |      |
| 23 |       |      |      |        | ○      | 23  | 16 | 9  | △     | △      | △      | ○    | 23   | 19   | 4     |        |        | ○   | 31 | 24 | 7     |        |        | ○    | 31   | 24   | 7     |        |        | ○   | 31  | 24 | 7    |      |      |    |    |   |      |      |
| 24 |       |      |      |        | ○      | 24  | 15 | 9  |       |        | ○      | 23   | 18   | 5    | /     | /      | /      |     | ○  | 34 | 23    | 11     |        |      | ○    | 34   | 23    | 11     |        |     | ○   | 34 | 23   | 11   |      |    |    |   |      |      |
| 25 |       |      |      |        | ○      | 24  | 15 | 9  |       |        | ○      | 21   | 20   | 1    |       |        |        | ○   | 33 | 22 | 11    |        |        | ○    | 38   | 22   | 11    |        |        | ○   | 38  | 22 | 11   |      |      |    |    |   |      |      |
| 26 |       |      |      |        | ○      | 28  | 11 | 17 |       |        | ☂      | 23   | 20   | 3    |       |        |        | ○   | 35 | 25 | 10    |        |        | ○    | 34   | 25   | 9     |        |        | ○   | 34  | 25 | 9    |      |      |    |    |   |      |      |
| 27 |       |      |      |        | ○      | 26  | 15 | 10 |       | ○      | ○      | ○    | 31   | 18   | 13    | ○      | ○      |     | ○  | 30 | 23    | 7      | ○      | ○    | ○    | ○    | 29    | 23     | 6      |     |     | ○  | 29   | 23   | 6    |    |    |   |      |      |
| 28 |       |      |      | ☂      | ○      | 22  | 15 | 7  |       |        | ○      | 27   | 22   | 5    |       |        |        | ○   | 30 | 23 | 7     | ○      | ○      | ○    |      | ○    | 31    | 19     | 12     |     |     | ○  | 31   | 19   | 12   |    |    |   |      |      |
| 29 |       |      |      |        | ●      | 16  | 16 | 0  |       |        | ○      | 27   | 15   | 12   |       |        |        | ○   | 29 | 21 | 8     |        |        | ○    | 24   | 19   | 5     |        |        | ○   | 24  | 19 | 5    |      |      |    |    |   |      |      |
| 30 |       |      |      |        | ○      | 24  | 15 | 9  |       |        | ○      | 22   | 20   | 2    |       |        |        | ○   | 30 | 20 | 10    |        |        | ○    | 28   | 21   | 3     |        |        | ○   | 28  | 21 | 3    |      |      |    |    |   |      |      |
| 31 |       |      |      |        | ○      | 25  | 10 | 15 |       |        | ○      | 22   | 18   | 4    |       |        |        | ○   | 29 | 19 | 10    |        |        | ●    | ○    | 26   | 21    | 7      |        |     | ○   | 26 | 21   | 7    |      |    |    |   |      |      |
| 22 |       |      |      |        | ○      | 29  | 15 | 14 |       |        | ○      | 26   | 19   | 7    |       |        |        | ●   | ○  | 27 | 23    | 4      |        |      | ○    | 30   | 24    | 6      |        |     | ○   | 30 | 24   | 6    |      |    |    |   |      |      |
| 23 |       |      |      |        | ○      | 22  | 18 | 4  |       |        | ●      | ○    | 29   | 19   | 10    |        |        |     | ○  | 26 | 23    | 3      |        |      | ○    | 33   | 23    | 10     |        |     | ○   | 33 | 23   | 10   |      |    |    |   |      |      |
| 24 |       |      |      | ●      | ○      | 18  | 16 | 2  |       |        | ○      | 24   | 20   | 4    |       |        |        | ○   | 27 | 21 | 6     |        |        | ○    | 35   | 25   | 10    |        |        | ○   | 35  | 25 | 10   |      |      |    |    |   |      |      |
| 25 |       |      |      |        | ○      | 25  | 18 | 7  |       |        | ○      | 28   | 21   | 7    |       |        |        | ○   | 26 | 23 | 3     |        |        | ○    | 33   | 24   | 9     |        |        | ○   | 33  | 24 | 9    |      |      |    |    |   |      |      |
| 26 |       |      |      |        | ○      | 29  | 14 | 15 |       |        | ○      | 30   | 21   | 9    |       |        |        | ○   | 25 | 23 | 2     |        |        | ○    | 32   | 20   | 12    |        |        | ○   | 32  | 20 | 12   |      |      |    |    |   |      |      |
| 27 |       |      |      |        | ○      | 18  | 16 | 2  |       |        | ○      | 27   | 22   | 5    | /     | /      | /      | ○   | 31 | 25 | 6     |        |        | ○    | 34   | 25   | 9     |        |        | ○   | 34  | 25 | 9    |      |      |    |    |   |      |      |
| 28 |       | △    | △    |        | ●      | 欠   |    |    |       |        | ○      | 31   | 23   | 8    | /     | /      | /      | ○   | 31 | 23 | 8     |        |        | ○    | 34   | 26   | 9     |        |        | ○   | 34  | 26 | 9    |      |      |    |    |   |      |      |
| 29 |       |      |      |        | ○      | 23  | 18 | 5  |       | ○      | ○      | ○    | 29   | 24   | 5     | /      | /      | /   | ○  | 33 | 25    | 8      |        |      | ○    | 33   | 25    | 8      |        |     | ○   | 33 | 25   | 8    |      |    |    |   |      |      |
| 30 |       |      |      |        | ○      | 24  | 16 | 8  |       |        | ○      | 25   | 21   | 4    |       |        |        | ○   | 33 | 26 | 7     |        |        | ○    | 28   | 22   | 6     |        |        | ○   | 28  | 22 | 6    |      |      |    |    |   |      |      |
| 31 |       |      |      |        | ○      | 26  | 16 | 10 |       |        |        |      |      |      |       |        |        | ○   | 33 | 26 | 7     |        |        | ○    | 24   | 21   | 3     |        |        | ○   | 24  | 21 | 3    |      |      |    |    |   |      |      |

○ 流速小なる時に主に乱れたもの    △ 流速70cm/s以上で主に乱れたもの    / 出水、停電等による欠測

## 1-4 近畿地方建設局

琵琶湖工事事務所

### 1. 流域概要と設置目的

琵琶湖は滋賀県の中央部に位置し、周囲約240km、湖面積約680km<sup>2</sup>であって、滋賀県全面積の約1/6を占める我が国最大の湖であり、その流域は淀川水系全流域面積の53%におよび自然の調節池としての機能は極めて大きく治水上也、利水上も淀川の流況の特性はこの琵琶湖に負うところが多い。

その琵琶湖の流域における気象状況は、平均年降雨量は1,920mmであり、その琵琶湖に年間流入量は53億m<sup>3</sup>（平均流入量=160m<sup>3</sup>/sec）である。流域の北部は裏日本型の気候の特徴を有し冬季に降雪が多い。又南西部では瀬戸内海型気候を示している。

琵琶湖の水は唯一の自然流出河川瀬田川を経て淀川より大阪湾に注いでいる。この他琵琶湖からの流出口としては、京都疎水（琵琶湖疎水）及び宇治発電所がある。

その瀬田川の流量調査は、古くから実施されているが、これはある時間の観測値であり連続的に計測するため瀬田川洗堰上流約2km地点に超音波流速計が昭和44年3月に設置された。

瀬田川流量は、洗堰放流量と宇治発電所用水の合計値で求められる訳であるが、これにも次の様な問題点がある。まず宇治発電所の使用水量

は、発電量より逆算して求めているため時間的な遅れがある事である。次に瀬田川流量の大部分を占める洗堰放流量は平常時は（溢流方式の場合）流量把握が出来る設備となっているが、洪水時（潜流方式、全開放流の場合）流量の把握が出来なかった。この問題を解決するため、連続的に観測出来る設備の設置が求められた。

設置場所については同地点は従来から流量観測所として使用されて来た場所であり、また河川の断面形状が水路のごとく整形されているため設置場所には適している。

琵琶湖、淀川の水利用

利水現況図

（昭和47年6月現在）  
水利権量

| m <sup>3</sup> /s |       |
|-------------------|-------|
| 上水                | 41.97 |
| 工水                | 15.20 |
| 農水                | 16.80 |
| 維持                | 88.50 |

淀川

桂川

宇治川  
木津川

| m <sup>3</sup> /s |       |
|-------------------|-------|
| 上水                | 7.85  |
| 工水                | 0.18  |
| 農水                | 1.35  |
| 雑用                | 0.49  |
| 発電                | 16.70 |
|                   | 13.91 |
|                   | 12.71 |

宇治発電所

比叡発電所

天ヶ瀬発電所

| m <sup>3</sup> /s |       |
|-------------------|-------|
| 上水                | 3.41  |
| 工水                | 3.04  |
| 農水                | 30.00 |
| 雑用                | 8.70  |

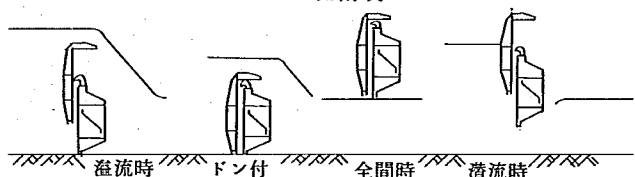
びわ湖

瀬田川洗堰

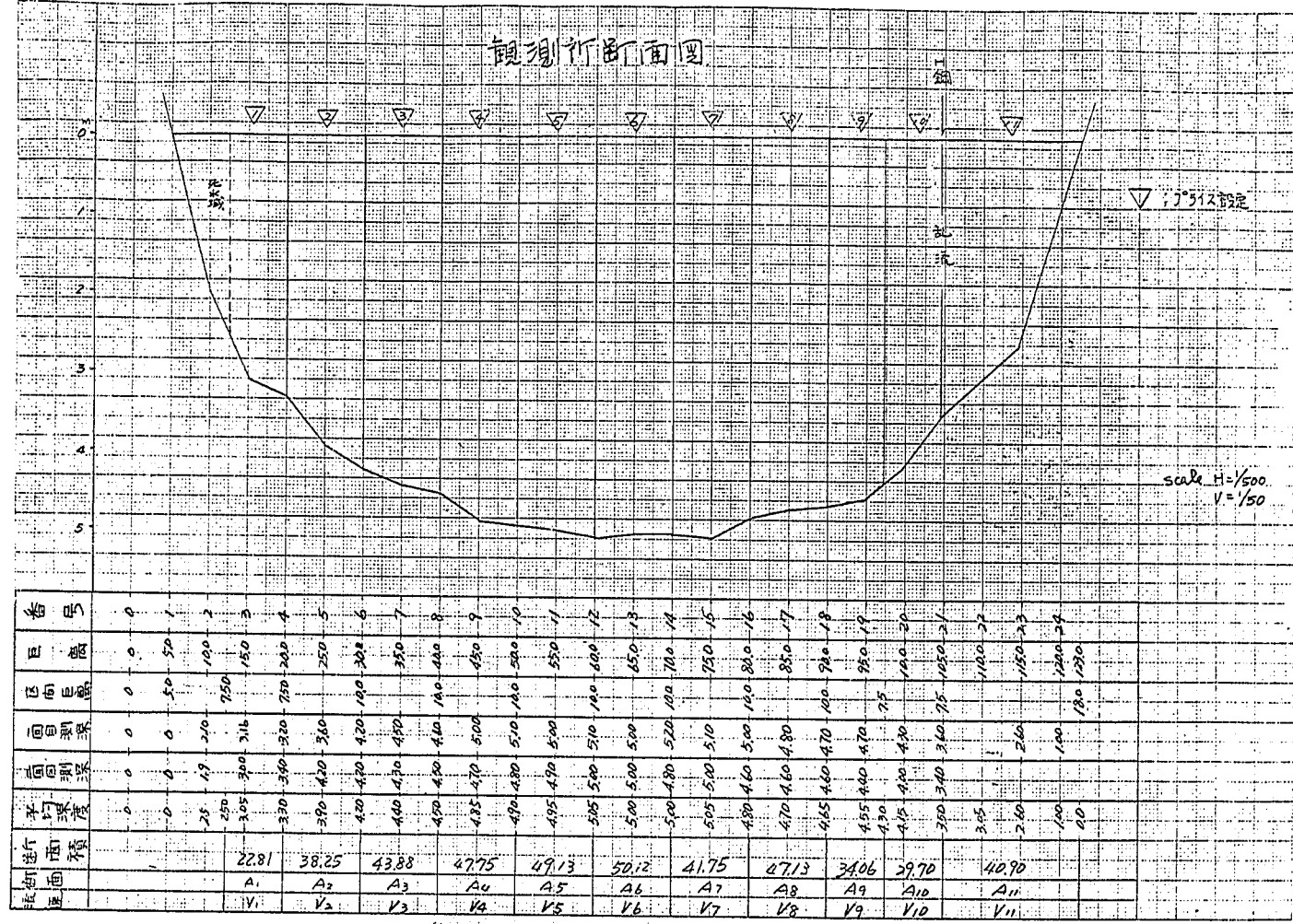
天ヶ瀬ダム

| m <sup>3</sup> /s |        |
|-------------------|--------|
| 上水                | 0.82   |
| 工水                | 1.88   |
| 農水                | 3.25   |
| 発電                | 61.22  |
|                   | 186.14 |
|                   | 248.00 |

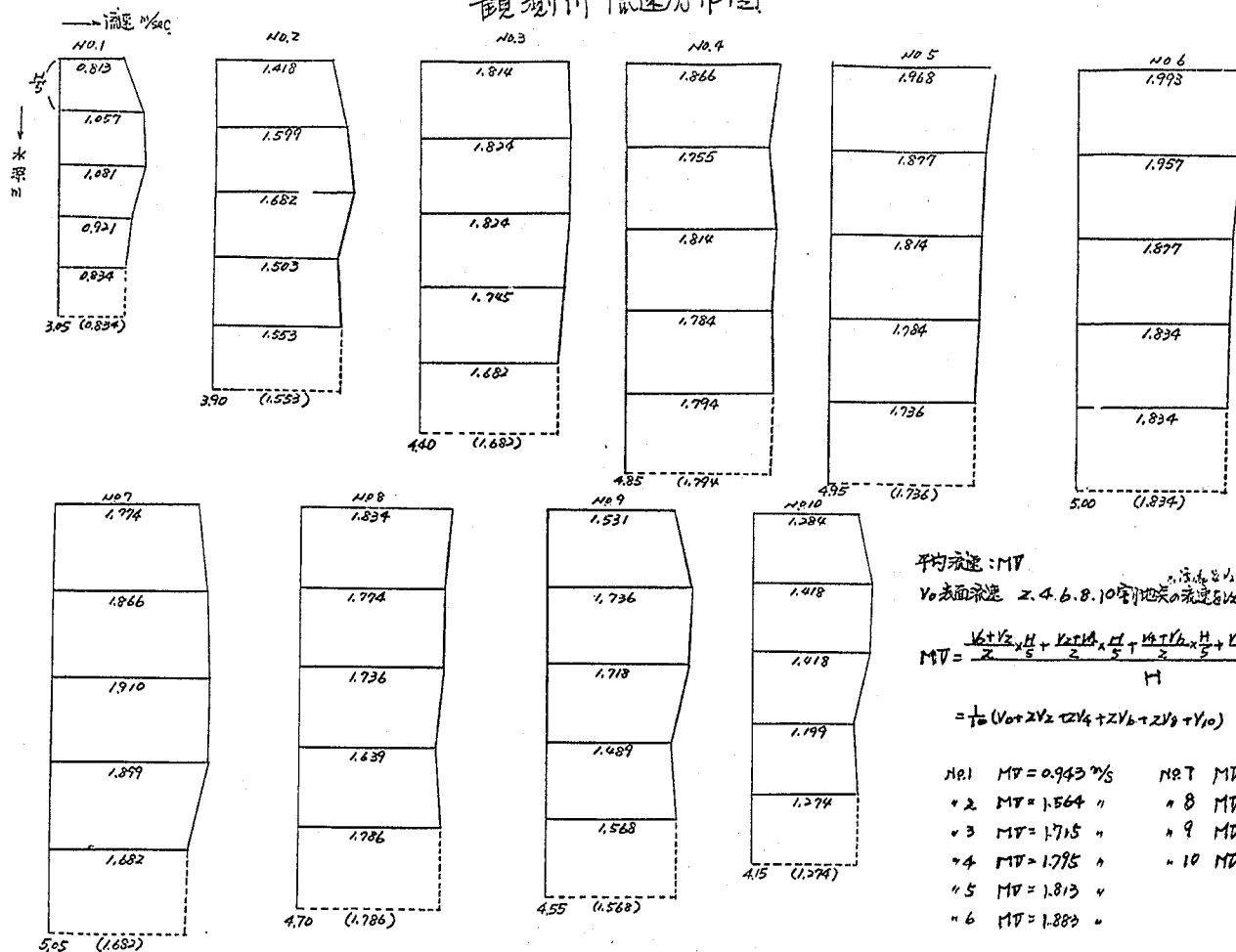
ゲート開閉例







# 觀測断面流速分布圖



平均流速:  $MV$

$V_0$  水面流速  $2, 4, 6, 8, 10$  等點の流速を  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}$  とする。

$$MV = \frac{V_1 + V_2 \times \frac{H}{5} + V_3 \times \frac{H}{5} + V_4 \times \frac{H}{5} + V_5 \times \frac{H}{5} + V_6 \times \frac{H}{5} + V_7 \times \frac{H}{5} + V_8 \times \frac{H}{5} + V_9 \times \frac{H}{5} + V_{10} \times \frac{H}{5}}{H}$$

$$= \frac{1}{10} (V_0 + 2V_2 + 2V_4 + 2V_6 + 2V_8 + V_{10})$$

- |                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| No. 1 $MV = 0.943 \text{ m/s}$ | No. 7 $MV = 1.817 \text{ m/s}$  |
| No. 2 $MV = 1.564 \text{ m/s}$ | No. 8 $MV = 1.734 \text{ m/s}$  |
| No. 3 $MV = 1.715 \text{ m/s}$ | No. 9 $MV = 1.612 \text{ m/s}$  |
| No. 4 $MV = 1.795 \text{ m/s}$ | No. 10 $MV = 1.318 \text{ m/s}$ |
| No. 5 $MV = 1.813 \text{ m/s}$ |                                 |
| No. 6 $MV = 1.883 \text{ m/s}$ |                                 |

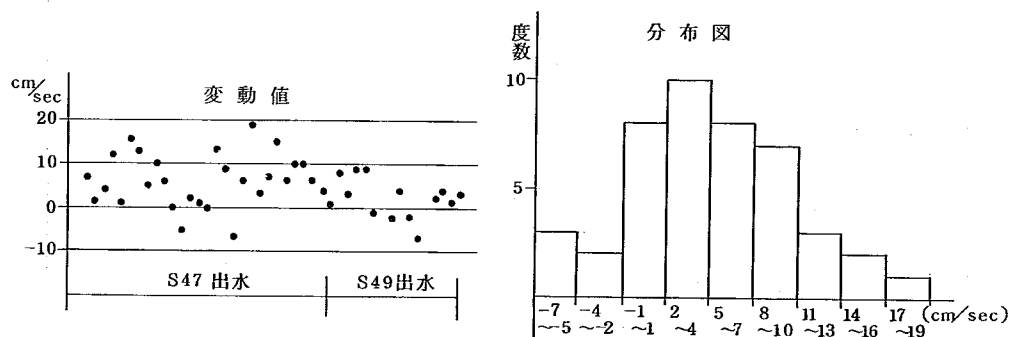
| 流 量 計 算 書 164                        |              |        |        |       |       |  |       |       |       |
|--------------------------------------|--------------|--------|--------|-------|-------|--|-------|-------|-------|
| 47.7.26. 瀬 田 川                       |              |        |        |       |       |  |       |       |       |
| 第4回観測 観測時刻 15時50分～17時00分 中間時刻 16時25分 |              |        |        |       |       |  |       |       |       |
| 断面                                   | 水深(H)<br>(m) | 流 速    |        |       |       |  | 平均流速  | 断面積   | 流量    |
|                                      |              | 第1回(s) | 第2回(s) | 平均(s) | V (%) |  |       |       |       |
| 1                                    | 0.0          | 42.2   | 37.6   | 39.9  | 0.813 |  | 0.943 | 22.81 | 21.5  |
|                                      | 0.2          | 29.5   | 31.5   | 30.5  | 1.057 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 31.5   | 28.2   | 29.8  | 1.081 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 34.7   | 35.5   | 35.1  | 0.921 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 35.8   | 42.0   | 38.9  | 0.834 |  |       |       |       |
| 2                                    | 0.0          | 22.5   | 22.7   | 22.6  | 1.418 |  | 1.564 | 38.25 | 59.8  |
|                                      | 0.2          | 20.6   | 19.5   | 20.0  | 1.599 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 18.5   | 19.5   | 19.0  | 1.682 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 22.2   | 20.4   | 21.3  | 1.503 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 21.3   | 20.0   | 20.6  | 1.553 |  |       |       |       |
| 3                                    | 0.0          | 18.3   | 17.0   | 17.6  | 1.814 |  | 1.765 | 43.88 | 77.4  |
|                                      | 0.2          | 17.4   | 17.6   | 17.5  | 1.824 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 17.5   | 17.5   | 17.5  | 1.824 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 18.5   | 18.1   | 18.3  | 1.745 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 19.0   | 19.0   | 19.0  | 1.682 |  |       |       |       |
| 4                                    | 0.0          | 17.0   | 17.2   | 17.1  | 1.866 |  | 1.795 | 47.75 | 85.7  |
|                                      | 0.2          | 18.3   | 18.0   | 18.2  | 1.755 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 17.6   | 17.6   | 17.6  | 1.814 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 17.7   | 18.1   | 17.9  | 1.784 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 17.7   | 18.0   | 17.8  | 1.794 |  |       |       |       |
| 5                                    | 0.0          | 16.2   | 16.3   | 16.2  | 1.968 |  | 1.813 | 49.63 | 90.0  |
|                                      | 0.2          | 17.2   | 16.7   | 17.0  | 1.877 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 17.5   | 17.6   | 17.6  | 1.814 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 18.1   | 17.7   | 17.9  | 1.784 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 18.4   | 18.4   | 18.4  | 1.736 |  |       |       |       |
| 6                                    | 0.0          | 16.3   | 15.8   | 16.0  | 1.993 |  | 1.883 | 50.12 | 94.4  |
|                                      | 0.2          | 16.2   | 16.4   | 16.3  | 1.957 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 17.5   | 16.6   | 17.0  | 1.877 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 17.2   | 17.6   | 17.4  | 1.834 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 17.3   | 17.5   | 17.4  | 1.834 |  |       |       |       |
| 7                                    | 0.0          | 17.4   | 18.6   | 18.0  | 1.774 |  | 1.817 | 49.75 | 90.4  |
|                                      | 0.2          | 17.8   | 16.4   | 17.1  | 1.866 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 16.8   | 16.6   | 16.7  | 1.910 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 17.7   | 15.9   | 16.8  | 1.899 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 18.3   | 19.7   | 19.0  | 1.682 |  |       |       |       |
| 8                                    | 0.0          | 17.6   | 17.3   | 17.4  | 1.834 |  | 1.734 | 47.13 | 81.7  |
|                                      | 0.2          | 18.0   | 18.1   | 18.0  | 1.774 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 18.3   | 18.6   | 18.4  | 1.736 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 19.6   | 19.4   | 19.5  | 1.639 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 17.8   | 18.9   | 18.4  | 1.736 |  |       |       |       |
| 9                                    | 0.0          | 21.2   | 20.6   | 20.9  | 1.531 |  | 1.612 | 34.06 | 54.9  |
|                                      | 0.2          | 18.0   | 18.9   | 18.4  | 1.736 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 18.7   | 18.6   | 18.6  | 1.718 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 22.0   | 21.0   | 21.5  | 1.489 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 20.0   | 20.9   | 20.4  | 1.568 |  |       |       |       |
| 10                                   | 0.0          | 24.0   | 26.0   | 25.0  | 1.384 |  | 1.318 | 29.70 | 39.1  |
|                                      | 0.2          | 22.0   | 23.3   | 22.6  | 1.418 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          | 22.5   | 22.6   | 22.6  | 1.418 |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          | 27.9   | 25.7   | 26.8  | 1.199 |  |       |       |       |
|                                      | 0.8          | 25.0   | 25.5   | 25.2  | 1.274 |  |       |       |       |
| 11                                   | 0.0          |        |        |       |       |  | 0.694 | 40.90 | 28.4  |
|                                      | 0.2          | 43.5   | 42.5   | 43.0  | 0.757 |  |       |       |       |
|                                      | 0.4          |        |        |       |       |  |       |       |       |
|                                      | 0.6          |        |        |       |       |  |       |       |       |
| 合計                                   | 0.8          | 34.0   | 49.7   | 51.8  | 0.608 |  |       |       |       |
|                                      |              |        |        |       |       |  |       |       | 723.3 |

## 2. 稼働状況

機器の稼働については、特に問題はないようである。過去の実績で水中に設置の送受波器に藻やビニール等が付着し、観測出来ない事があったが、これも送受波器の設置方法の変更と保守の頻度の多くする事により解決した。未解決の問題としては、雷雲がある時、濁水の流入する時に観測出来ない事がある他、極度に外気温度が下った場合に観測出来ない事がある。この点について今後解決したい。

## 3. 流量観測値と超音波流速記録値との比較

流量観測値（平均流速値）を正しいとして比較を行った使用した期間について、すでに平常時は問題がなく特に洪水期間の比較した資料である。



観測値の差の平均値は、約5cm/sec程度であるが信頼性は悪い。特に昭和47年出水の超音波流速計測定値は悪いため送受波器の交換を昭和47年度に行った。その後の観測値は以前の様な観測値がなく、昭和49年出水時の観測値の差の平均は約2cm/secである。この結果よりすれば、超音波流速計の送受波器の使用出来る年数は3年未満である事が判った。この時については今後状況を良く把握したいと思う。

## 4. 精度について

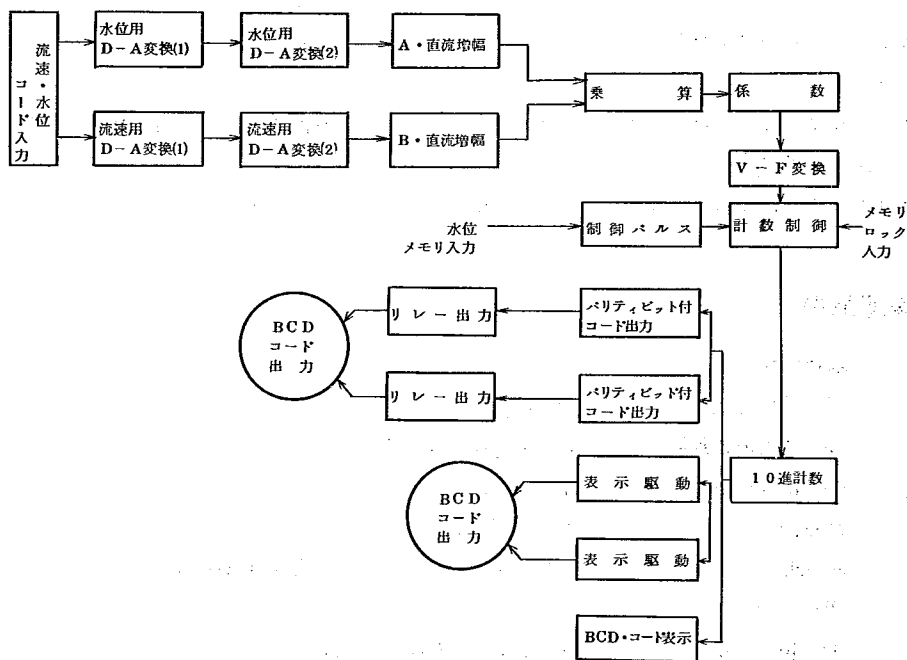
本器の一番問題となるのは、精度の点であるが、まず機器精度はフルスケールの1%となっているので、本器のフルスケールが2000m<sup>3</sup>/sとなっており、すでに20m<sup>3</sup>/sの誤差が見込まれている。当河川の場合20m<sup>3</sup>/sec ~ 200m<sup>3</sup>/sec ~ 900m<sup>3</sup>/secと二段に分れているので精度は向上している様と思う。

次に計測精度は流量チェックの基本尺が確定されていないので、この点について確定し精度の追い上げを計る必要があると思う。実際に使用した経験では、平常時約1割程度多く流量を計測するようであるが、これは断面の与え方にも問題はある。これについて解決は出来ると思う。

平常時以外の洪水時における比較した結果は前に記してあるが、その他には瀬田川の流れの特性と

しては琵琶湖のセイシュによる影響を受けるため、水位流速が大きく変動するその影響を受け流量観測値は大きく変動する。このような状況からして流速計にある時間の移動平均値的な値を記録するようにすれば、瀬田川の流速観測値も精度の向上が計れるように思う。なお、昭和49年出水において、浮子法による観測値（平均流速）とよく合っている。これが流量に変換された時点で合わない問題点として水位計にも問題がある、次に各水位における流過断面の補正する必要がある、これについて今後の調査検討を行う。

流量演算装置ブロック図



## 1-5 中国地方建設局

出雲工事々務所

### 1. 設置までの経過

超音波流量測定装置が設置されている大橋川（島根県松江市）は斐伊川本川～穴道湖～大橋川～中海～境水道と流れる斐伊川水系の中で二つの湖を結ぶ主要な河川であり同河川の流量を把握する事は治水計画策定上、水質保全のために極めて重要である。

しかし、同川は感潮河川であると同時に上、下流に大きな湖を有するために $H-Q$ の関係がつかめず流出入量の把握は困難を極め、多くの人々の長い年月の努力にもかかわらず、いまだに十分とは言えない。

そこで、現在設置している超音波流量測定装置がこの問題を解決する希望であり高、低水を問わず流量観測の期待は大きい。

昭和47年11月設置して以来、2ヶ年の稼働の中で、これまでの経過と問題点を列記してみます。

### 2. 装置概要

#### 2-1 流速測定

- |            |             |
|------------|-------------|
| (1) 検出方式   | 時間差方式       |
| (2) 送受波器配置 | V字型配置、対向型配置 |
| (3) 測線数    | 3 測線        |

#### 2-2 流量演算

デジタル演算

#### 2-3 水温測定

サーミスタ式3点（内1点は音速補正用）

#### 2-4 指示、記録

- |        |                        |
|--------|------------------------|
| (1) 指示 | 計数管表示 流速3, 流量1         |
| (2) 記録 | アナログ打点記録 流速3, 水温2, 流量1 |

### 3. 稼働状況

超音波流量測定装置が何らかの原因により欠測または読取不能となった日数と回数を次表に示す。

表-1 大橋川超音波流量測定装置稼働表

| 月年度      | 昭和47年度 |      | 昭和48年度 |      | 昭和49年度 |      |
|----------|--------|------|--------|------|--------|------|
|          | 日数     | 回数   | 日数     | 回数   | 日数     | 回数   |
| 4        |        |      | 9      | 347  | 2      | 117  |
| 5        |        |      | 0      | 107  | 5      | 169  |
| 6        |        |      | 1      | 235  | 13     | 245  |
| 7        |        |      | 7      | 224  | 7      | 138  |
| 8        |        |      | 10     | 269  | 11     | 235  |
| 9        |        |      | 2      | 258  | 0      | 179  |
| 10       |        |      | 6      | 237  | 10     | 349  |
| 11       | 9      | 351  | 6      | 265  | 7      | 202  |
| 12       | 13     | 491  | 3      | 209  | 8      | 199  |
| 1        | 4      | 217  | 6      | 275  |        |      |
| 2        | 1      | 104  | 1      | 114  |        |      |
| 3        | 4      | 232  | 0      | 221  |        |      |
| 計        | 31     | 1395 | 51     | 2761 | 63     | 1833 |
| 稼働率<br>% | 76.5   | 55.6 | 86.1   | 68.5 | 77.1   | 72.2 |

1) 日数は1日3時間以上観測出来れば稼働とみなす。

2) 回数は毎時0分時の観測が読みとれないか、欠測の場合。

設置後～昭和48年2月までV字型配置、同2月より対向形を使用している。

#### 4. 問題点と対策

##### 1) 装置トラブル

a) 据付当初、抵抗、トランジスタ、ランプ等に故障が見られたが現在はほとんど発生せず初期不良であったと思われる。

b) 停電復帰時、演算部等の動作不良がある。

対策：ほとんど現場において電源スイッチの再投入により復旧するもので、電源復帰時における電圧変動、クリック等による誤動作でないと思われるので極力、直流電源化する必要がある。

c) 現場機器、水中機器等は正常に動作しており問題はない様であるが現在、沖電気と随時に保守契約しているが今後は定期化したい。

##### 2) 記録のみだれ

大橋川超音波流量測定装置の欠測のうち記録のみだれが大半であり原因として水温、塩分等が考えられる。しかし超音波式流速計の場合、本質的に避けられない問題であり現段階では対策はない。

a) 水温、塩分と思われる要因

- 乱れる場合、ほとんど逆流時で、且つ逆流から順流に変わる時点である。
- 上層と下層の水温が逆転または差が大きくなる。
- 左岸・右岸の流向が異なる。(プライス、浮子)
- 上層・下層の流向が異なる。

b) 低水位時における上層測線のみだれ

上層測線はTP. - 0.5 mに設置しているが大橋川の低水位時には+0.1 ~ -0.1 m となり、超音波が水面反射したり、波による影響を受けて乱れる。

対策：測線を下げる必要があるが高水時の精度が悪くなる。水位による送受波器のスライドを検討すべきである。

c) 中、下層の断面積と平均流速の関係

現在下層の流速測定不能で中層の流速をもつて平均流速としているが実際の平均流量の水深と測線が一致しない。

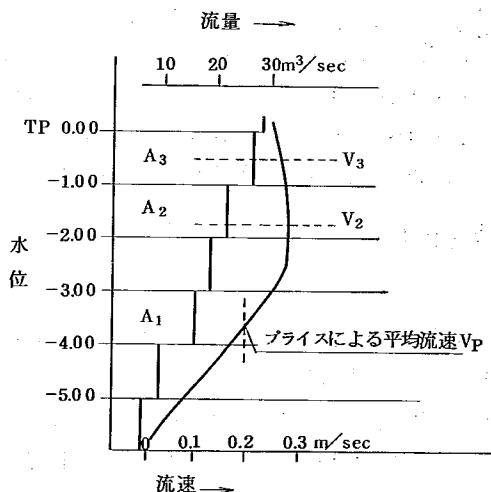
対策：V<sub>2</sub> (中層) 測線の移動が不可能であり、流速補正等に十分な資料が得られない現状では、b) も合せて根本的改善が急務である。

(プライス)

$$\begin{aligned} Q_p &= V_p \times (A_1 + A_2) \\ &= 0.2 \times (160 + 140) \\ &= 60 \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \end{aligned}$$

(超音波)

$$\begin{aligned} Q &= V_2 \times (A_1 + A_2) \\ &= 0.26 \times 300 \\ &= 78 \quad (\text{m}^3/\text{sec}) \end{aligned}$$



## 5. プライス流速計との比較

プライス流速計との比較は一概に出来ないと思う。これはどちらがより真値に近いかという議論になるだろう。たとえば、プライス流速計による船上観測の問題点を上げれば、

- (1) 風・波により船が上下してカップが回転する。
- (2) 河巾15.0 mを横方向4つに分けているがはたして横断方向の平均がとれるか。
- (3) 水深方向に1 mずつ測定しているが、測定に時間がかかり、感潮河川の様に流向、流速の変化するところでは時間的ズレが大きい。

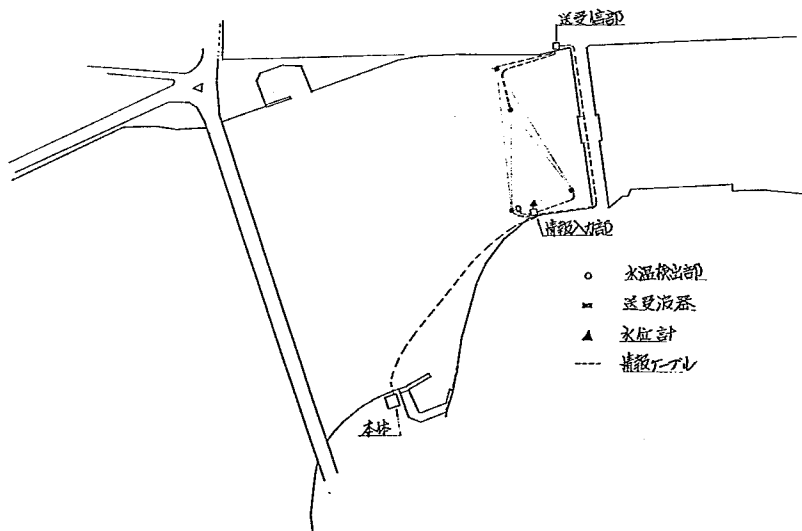
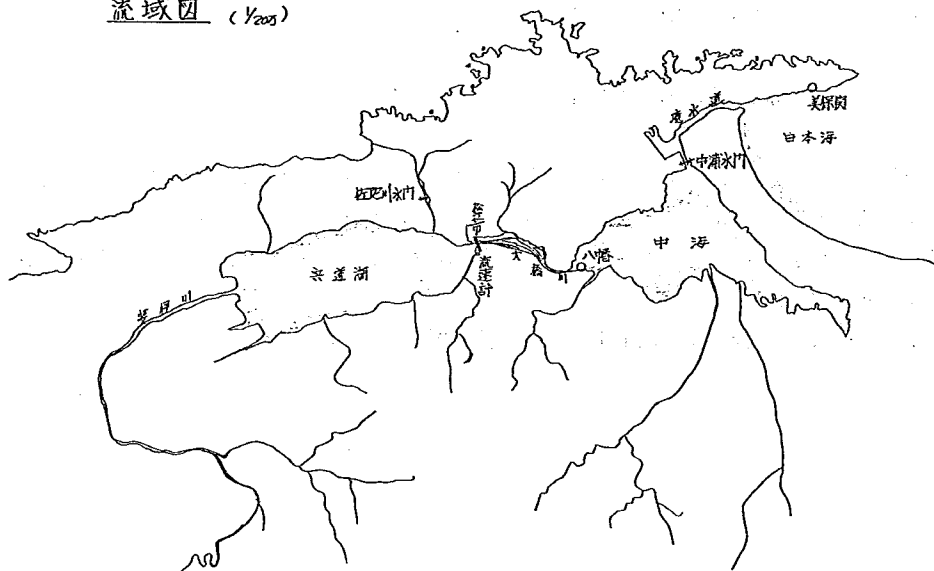
等があり、超音波の場合は横方向の平均流速は求められるが、水深方向に固定されているのが問題である。いずれにしてもプライス流速計との比較は一応の目安としており年2回程度超音波流量測定装置のチェックのために観測している。

以下、プライスと超音波の関係をプロットしてみる。

大橋川超音波流量測定装置の稼働状況と問題点は、以上の様であるが、中海の唯一の流出河川である境水道（中浦）に水門（50年8月完成予定）が建設されており、これの完成により中海の定水管理、除塩が進む事により大橋川の逆流（感潮）や $H-Q$ の関係が改善され、より高精度な観測が出来ると思われます。

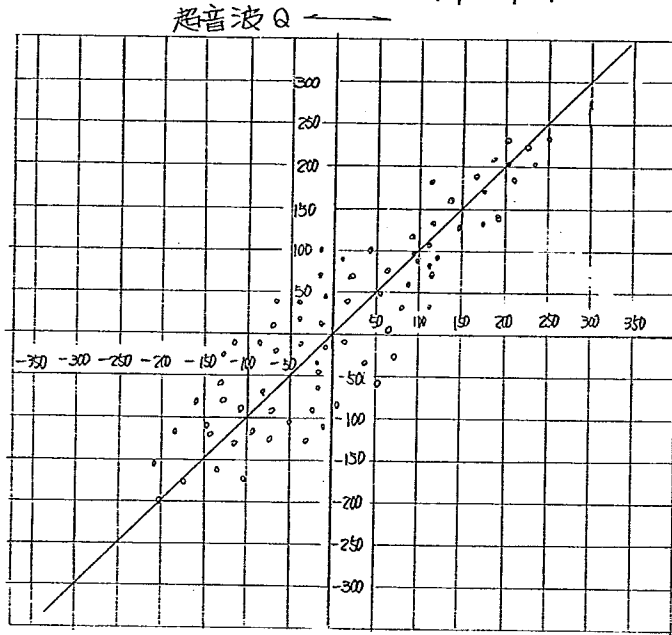
しかし、低水時、高水時の測線移動等より高精度化のための課題も多い。

流域図 (1/200)

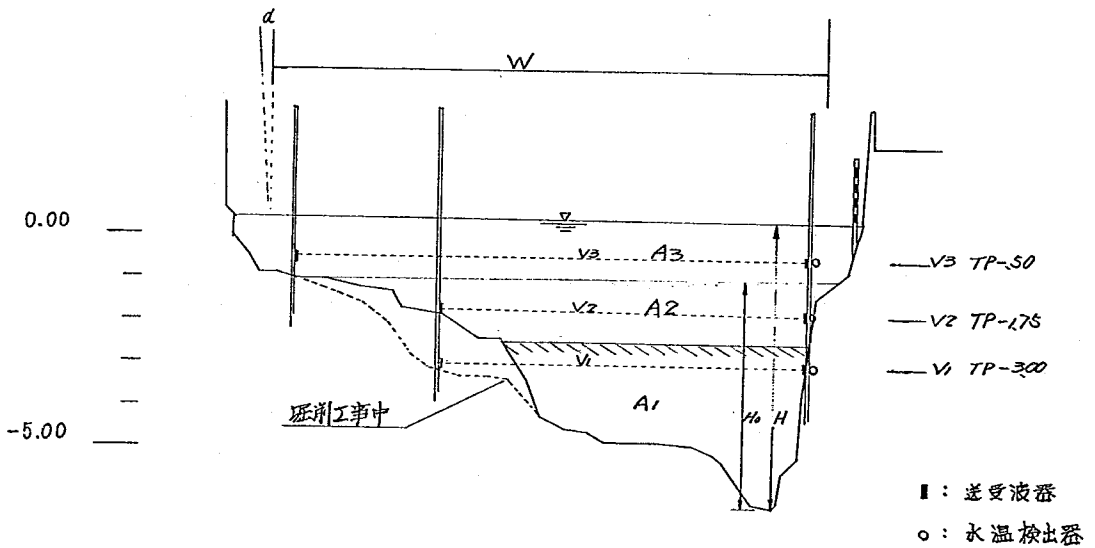


# 超音波～プラス

(昭和48年3月)



プラス Q

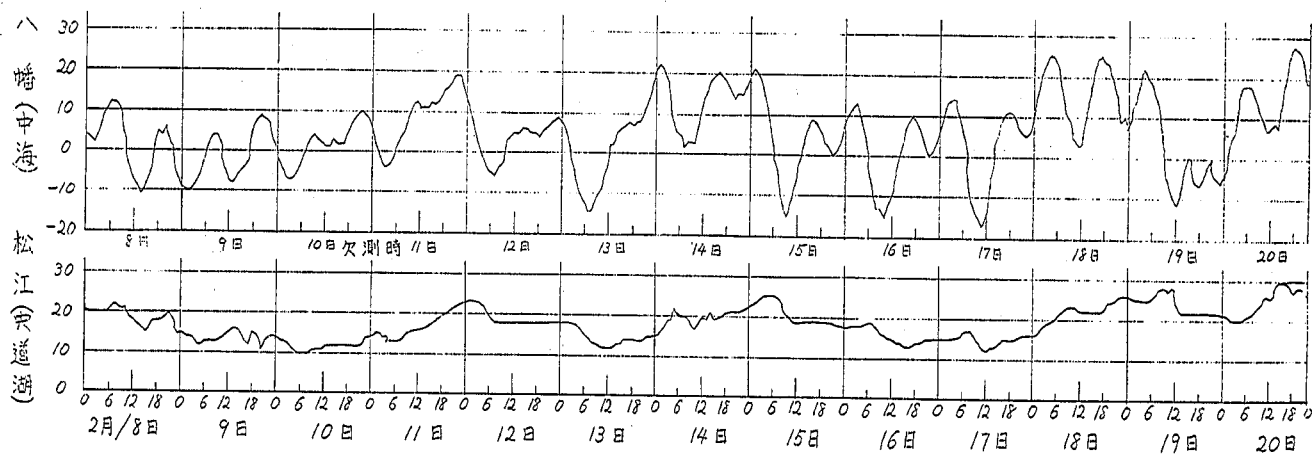
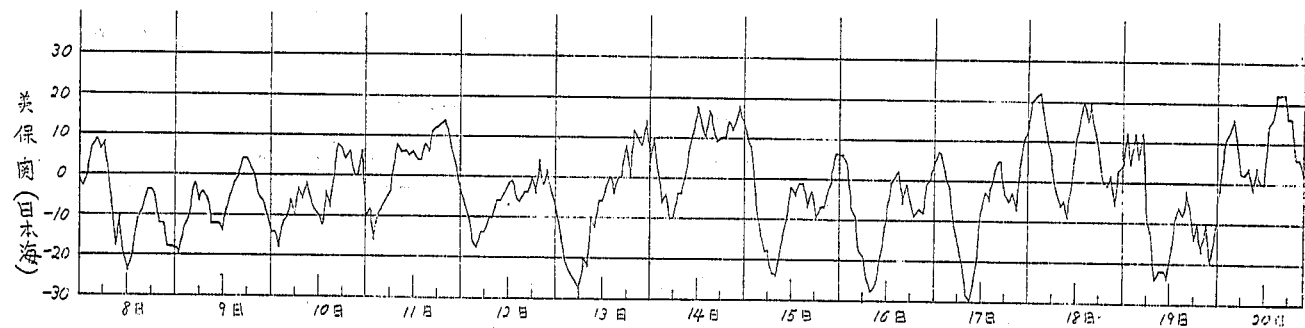


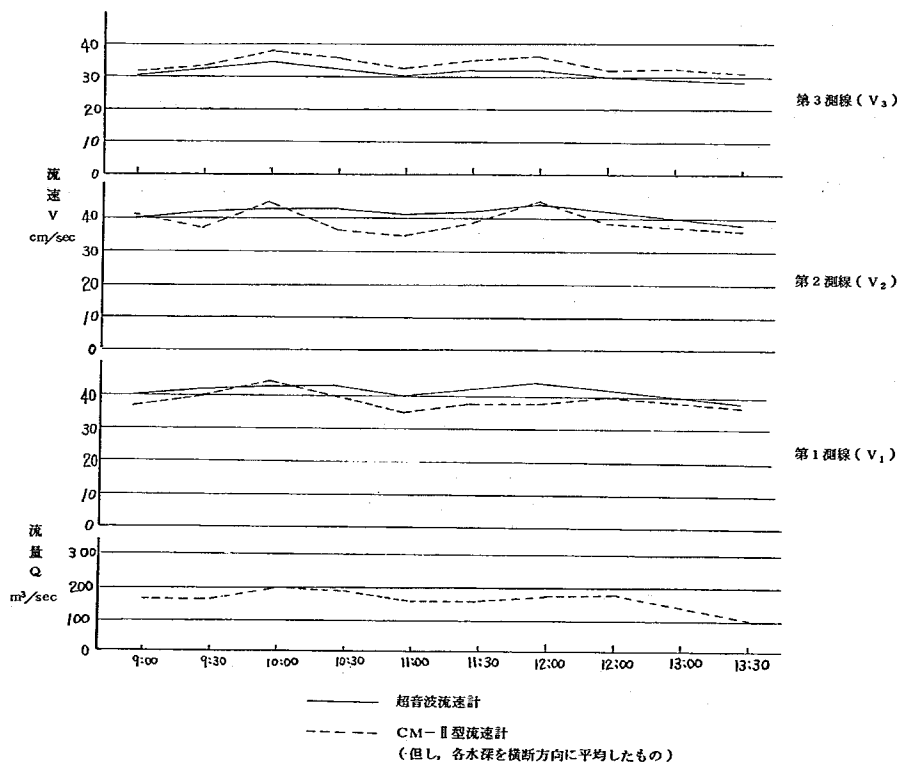
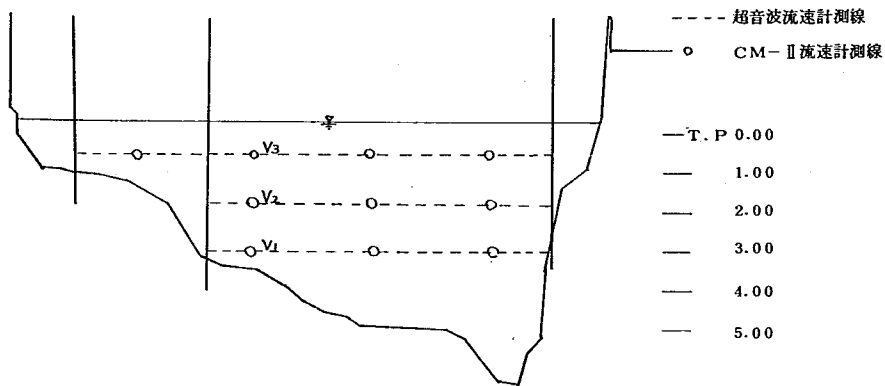
■ : 送受液器

○ : 水温検出器

$$Q = V_1 A_1 + V_2 A_2 + V_3 A_3$$

$$A_3 = (H - H_0) W \cdot d$$





## 2. 沖電気工業の研究成果

### 2-1 超音波による流速測定について

まえがき

河川の流量を把握する一つの手法として、流水により超音波の伝播時間が影響を受ける性質を利用した。流速測定について、検討を加えた実験の概要を、以下に列挙します。

河川内の音波伝播について

#### ○河川流の変動

河川媒質は、絶えず変動しており、流速も常に変化して流れています。その一例として、利根川河口堰上流300mに於ける、水温・塩分の分布と、流速連続測定結果を、別紙1に示します。

#### ○音波の伝播試験

上記の様な環境下に於ても、音波の伝播は良好であります。音波の立上りのレベルが、300m以上の距離となると急激に減衰して来る事が確認され、距離と音波の受信レベルの関係を、別紙2に示します。

この音波の立上り波形は、流速測定精度に重大な影響を与えるもので、注意する必要があります。

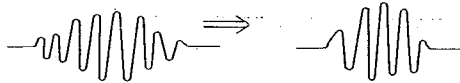
#### ○音波伝播時間の測定

音波の伝播時間を測定するために、音波の立上り波形が良好でなければ、媒質内の伝播損失の変化によって、伝播時間が変動して誤差の要因となります。

即ち

従来

今回



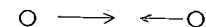
上図の様に、従来の波形に比べて、今回の実験に用いたものは、改善されて居ります。

更に波形の改善と共に、送振音圧も従来のものに比して、10倍以上の音圧の増大が図られておりますので、媒質の変化によって生じる音波の減衰による影響を軽減し得る様になって居ります。

超音波流速測定原理と、河川流、水中音速変動について

#### ○基本原理

下図の様に、流速 $V_n$ の媒質（水中）に、送受波器 $T$ 、 $T'$ を、 $\ell$ なる距離で対向させ、音波を夫々発射すると、



$T$

$T'$

$$T \rightarrow T' \text{ の伝播時間 } t_n = \frac{\ell}{C_n + V_n}$$

$$T' \rightarrow T \quad " \quad t_n' = \frac{\ell}{C_n' - V_n}$$

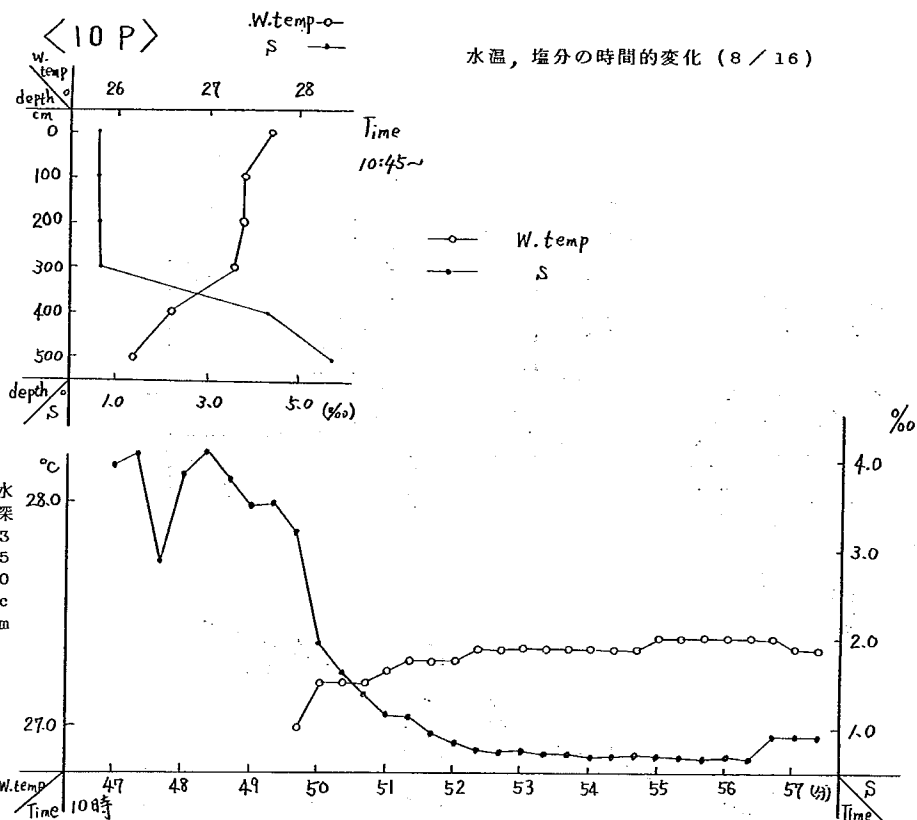
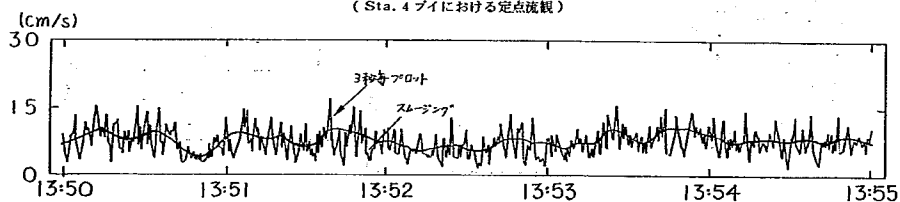


図 13-1 (別紙 1-1)

利根川本流河口堰上流 300 m 地点に於けるプロベラ式による流速連続測定結果  
(Sta. 4 ブイにおける定点流観)



1) 定点流速値は, 3~5 秒の短周期で大きく変動している。  
スレージングしても, 20~30 秒の周期でかなり変動している。

2) 変動の要因は, 風波による測定器のゆれ, 人による読取り誤差など, 人的要素も入っているが, 大半は河川流変動に起因するものと考えられる。

図-20 (別紙 1-2)

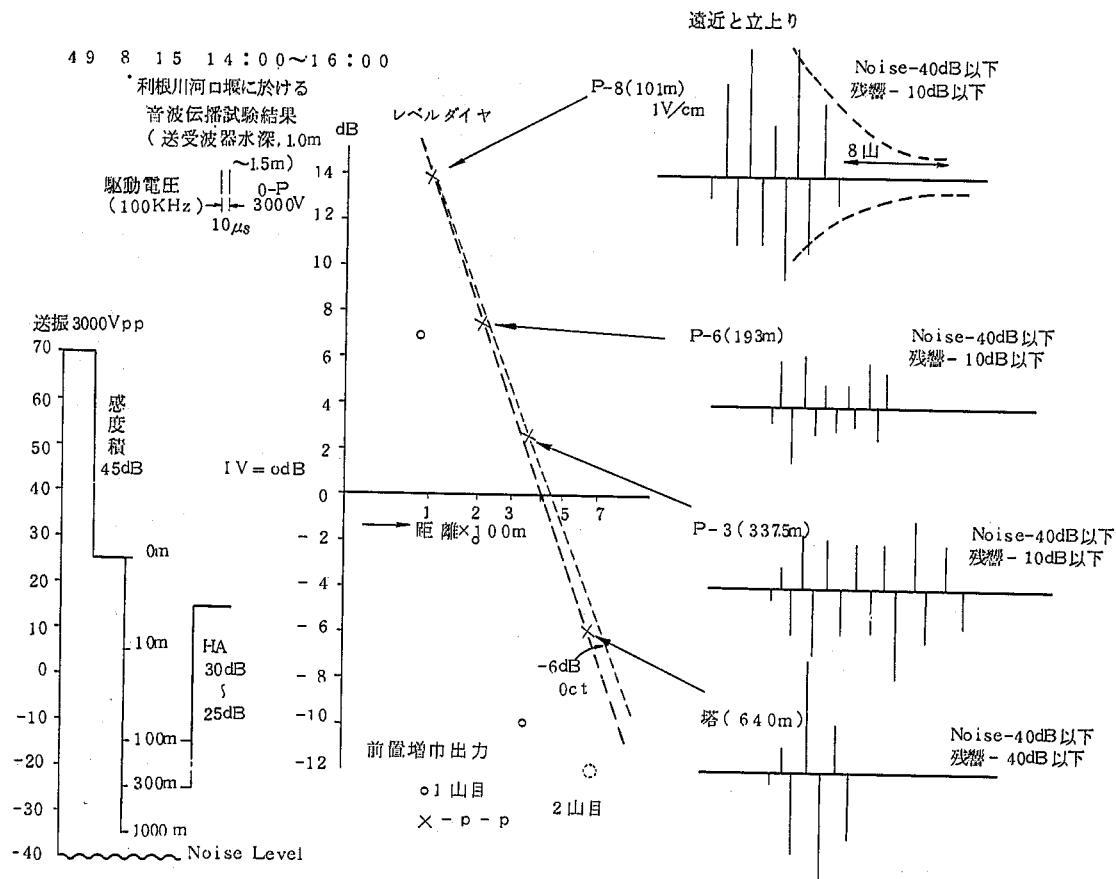


図-12

となり、一計測時間内に  $C_n \approx C_n'$   $V_n \approx V_n'$  と見なすと、流速  $V_n = \frac{\ell}{2} \left( \frac{1}{t_n} - \frac{1}{t_n'} \right)$  とし

て求める事が出来ます。

#### ○音速変動に起因する問題点

前項で示す流速  $V_n$  の式は、音速  $C_n$  及び  $C_n'$  が略等しいと仮定しているが、水温が  $1^\circ\text{C}$  程度変化すると、 $2 \sim 4 \text{ m/s}$ 、塩分が  $1\%$  程度変化すると約  $2 \text{ m/s}$  の影響を与えるので、気温の変化や、流入水（雨水、塩水、合流水）などによって、影響を受け易い。特に、データの平均や積算を行なうと、これ等の影響が累積されるので、注意をする必要があります。

#### ○音速変動に対する対策

上記の様な場合は 
$$\sum_{n=1}^m V_n = \frac{\ell}{2} \sum_{n=1}^m \left( \frac{1}{t_n} - \frac{1}{t_n'} \right) - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^m \Delta C_n$$

となり、音速変動項  $\Delta C_n$  は加算されます。

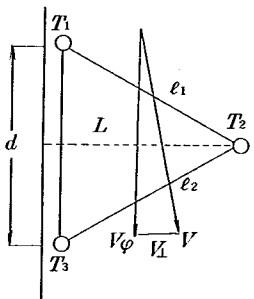
そこで計測手法を  $T \rightarrow T'$ ,  $T' \rightarrow T$ ;  $T' \rightarrow T$ ,  $T \rightarrow T'$ ;  $T \rightarrow T'$ ,  $T' \rightarrow T$ ; ..... の様な、順次交互に

計測すると、
$$\sum_{n=1}^{2m} V_n = \frac{\ell}{2} \sum_{n=1}^{2m} \left( \frac{1}{t_n} - \frac{1}{t_n'} \right) - \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{2m} (-1)^{n+1} \Delta C_n$$

となって、音速変動は相殺され、無視し得ます。この結果の一例として、利根川河口堰に於ける、音波伝播実験結果を、別紙3に示します。

#### ○厳密な理論解析

一般には基本原理の様に、河川流の中央に送受波器を設置したり、又は偏流等があつて、これ等の影響を除去する為の対策を立てる必要があります。



今河道兩岸に、送受波器  $T_1, T_2, T_3$  を設置し、 $V$  なる流速が流れている場合に、河道に平行 ( $T_1 - T_3$  に平行) な流速成分  $V_\phi$  は

$$V_\phi = \frac{2\ell^2}{d} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right) + \frac{\ell}{2d} \Delta C + \frac{L}{2d} \Delta V_L$$

ただし、 $\ell$  :  $T_1 - T_2 - T_3$  の距離

$d$  :  $T_1 - T_3$  の距離

$L$  ;  $T_2$  から  $T_1 - T_3$  への垂線の長さとして示す事が出来ま

す。

ここに、 $\frac{2\ell^2}{d} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T'} \right)$  ; 測定可能

$\frac{\ell}{2d} \Delta C$  ..... ; 音速変動により生じる項

$T$  ;  $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$  の

超音波伝播時間

$\frac{L}{2d} \Delta V_L$  ..... ; 河動に直角な流速成分で

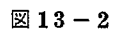
$T'$  ;  $T_3 \rightarrow T_2 \rightarrow T_1$  の

超音波伝播時間

流速・流速の変化により  
生じる項となる。

$\Delta C$  は、前記の音速変動に対する対策の手法で軽減する事が出来、 $\Delta V_L$  は河動の横断方向の振動

— 70 —



により生じる為、適当な時間の平均化によって減殺出来ると考えられます。

#### ○漂砂、浮遊物や、雑音の影響の除去

取付金物を改善し、送受波器を外径約150φのビニールパイプ内に収納する事によって、特に、高水時に漂砂や浮遊物によって生じる、送受波器への衝撃による雑音発生を軽減すると共に、設置・保守を、従来のものに比して容易としました。

又、今回の方式によると、測定時に遅延時間を適当に挿入する事が可能となった為、河川内の残響等の状態によって選定する事が出来、残響による影響が除去し得ます。

#### ○横断方向の連続流観と、超音波方式との比較

プロベラ式と、超音波方式とを比較した測定結果の例を、利根川河口堰上流300mの地点、及び北利根川八代観測所地点について、別紙4、5に示します。

この測定は、前に述べた様に、河川流の変動を考慮して、1分間隔で、連続約1時間に亘って、順逆流時について、プロベラ式で4測線で測定した結果と、超音波方式で測定したものの例であります。

平均流速は1~2cm/sで略一致して居ります。この2ヶ所の実験地点は、河口堰に於ては塩分が最大20,000PPm混入しており、不均一な媒質で、八代に於ては流速分布が非常に複雑な河川であります。このような地点で、略良く合致した事は、一時間程度の連続観測結果を平均すると、良い結果が得られると云う事が明らかになりました。然し、流速が遅く、10cm/s以下では誤差が生じている事が、別紙6の超音波式と、プロベラ式との相関図で明らかであります。

利根川本流河口堰300m上流地点 流速測定データ(時間変動) 1974. 11. 19  
(水資源開発公団利根川河口堰管理所と協同測定)

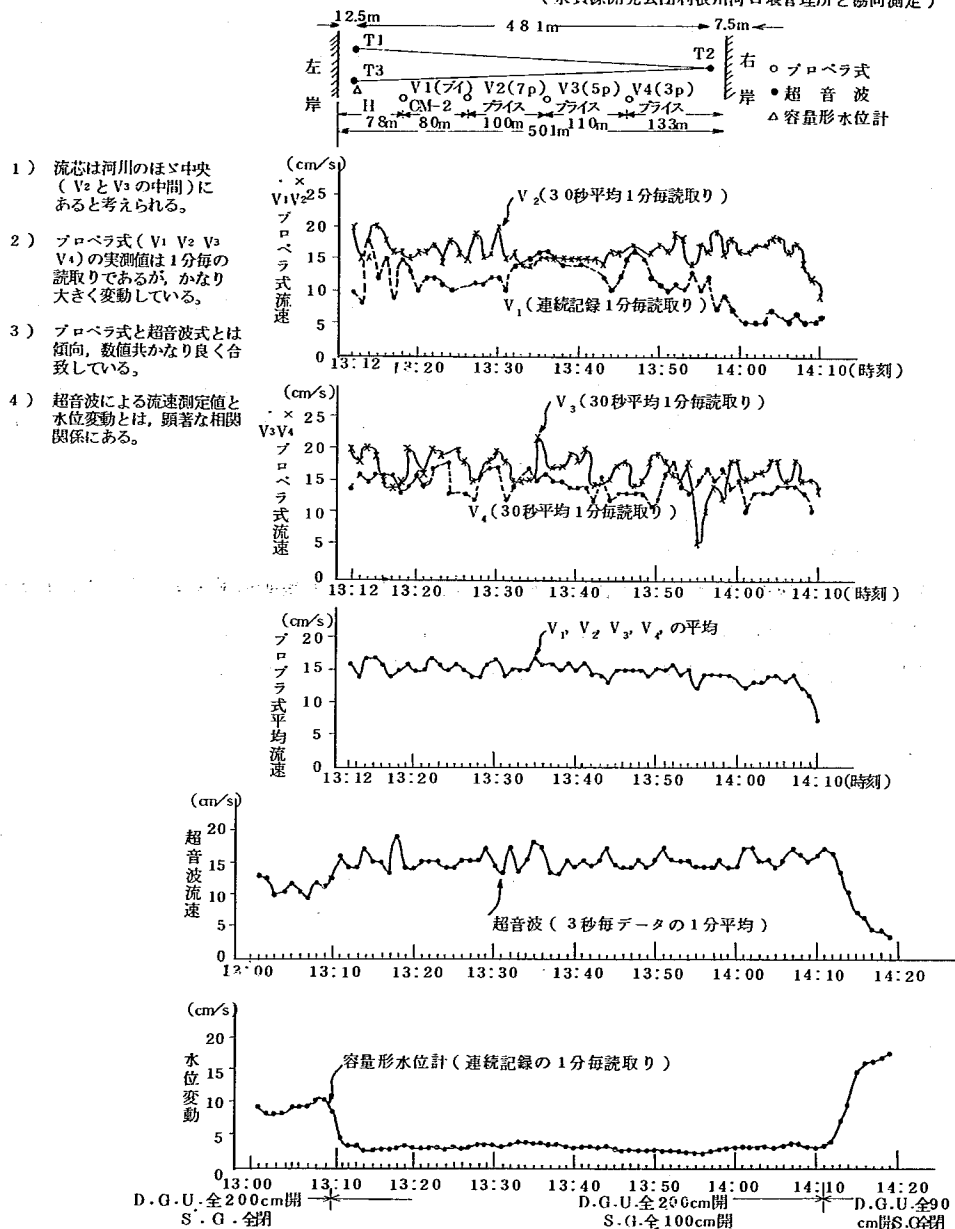
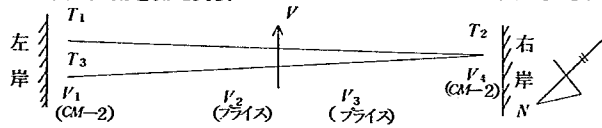


図13-3

data 9. 北利根川八代地区流速測定実験

1975.2.18. (建設省との共同実験)



| 時刻    | $V_1$ (cm/s) | $V_2$ (cm/s) | $V_3$ (cm/s) | $V_4$ (cm/s) | プロベラ式平均<br>(cm/s) | 超音波<br>(cm/s) |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|---------------|
| 10:28 | -18.0        | -32.6        | -30.1        | -15.0        | -23.9             | -23.1         |
| :29   | -19.5        | -30.1        | -29.2        | -15.5        | -23.6             | -23.1         |
| :30   | -19.5        | -30.7        | -27.8        | -15.0        | -23.3             | -23.3         |
| :31   | -21.5        | -29.5        | -28.7        | -16.0        | -23.9             | -24.3         |
| :32   | -19.0        | -28.9        | -32.6        | -15.0        | -23.9             | -24.0         |
| :33   | -19.0        | -30.7        | -29.8        | -15.5        | -23.8             | -25.3         |
| :34   | -20.0        | -31.4        | -30.0        | -15.0        | -24.1             |               |
| :35   | -17.0        | -29.5        | -28.4        | -15.0        | -22.5             |               |
| :36   | -18.0        | -30.1        | -31.4        | -15.0        |                   | -24.5         |
| :37   | -19.0        | -28.3        |              | -15.0        |                   |               |
| :38   | -17.0        | -30.7        |              | -14.0        |                   |               |
| :39   | -18.0        | -28.3        |              | -13.5        |                   |               |
| :40   | -18.5        | -30.1        | -29.6        | -13.0        | -23.3             | -24.0         |
| :41   | -19.5        | -30.1        | -30.5        | -13.0        | -23.3             | -22.3         |
| :42   | -19.0        | -31.4        | -30.0        | -14.0        | -23.6             | -22.8         |
| :43   | -17.5        | -28.3        | -30.6        | -14.0        | -22.6             | -23.5         |
| :44   | -17.5        | -32.0        | -29.8        | -13.0        | -23.1             | -24.5         |
| :45   | -17.0        | -32.0        | -29.2        | -14.5        | -23.2             | -24.1         |
| :46   | -16.0        | -28.9        | -29.2        | -15.0        | -22.3             | -23.1         |
| :47   | -18.0        | -27.7        |              | -11.5        |                   | -22.5         |
| :48   | -16.0        | -27.7        | -27.0        | -11.5        | -20.6             | -21.8         |
| :49   | -17.0        | -27.0        | -27.5        | -7.5         | -19.8             | -23.1         |
| :50   | -17.0        | -32.0        | -28.6        | -8.0         | -21.4             | -23.5         |
| :51   | -14.0        | -25.1        |              | -7.5         |                   |               |
| :52   | -18.0        | -25.8        | -28.7        | -11.5        | -20.0             | -23.0         |
| :53   | -17.0        | -27.7        | -26.6        | -12.5        | -21.0             | -24.0         |
| :54   | -16.0        | -27.7        | -25.6        | -12.0        | -20.4             | -22.5         |
| :55   | -15.5        | -26.4        | -28.2        | -12.5        | -20.7             | -22.4         |
| :56   | -15.5        | -27.7        | -28.6        | -11.0        | -20.8             | -21.4         |
| :57   | -17.5        | -28.3        | -28.6        | -8.0         | -20.7             | -21.8         |
| :58   | -17.5        | -26.4        | -27.5        | -8.0         | -19.9             | -21.5         |
| :59   | -17.5        | -27.7        | -27.0        | -10.5        | -20.7             | -23.2         |
| 11:00 | -18.0        | -24.6        | -26.8        | -12.0        | -20.4             | -21.6         |
|       |              |              |              |              |                   | -22.6         |

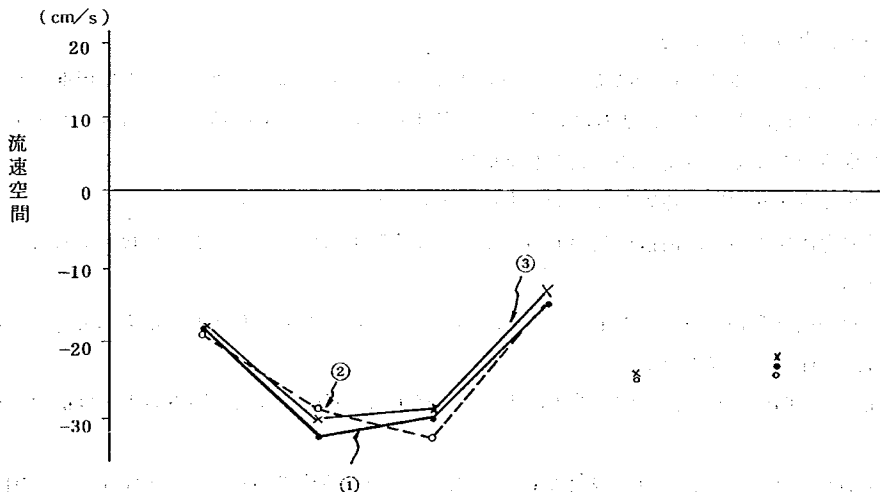


図 21-1

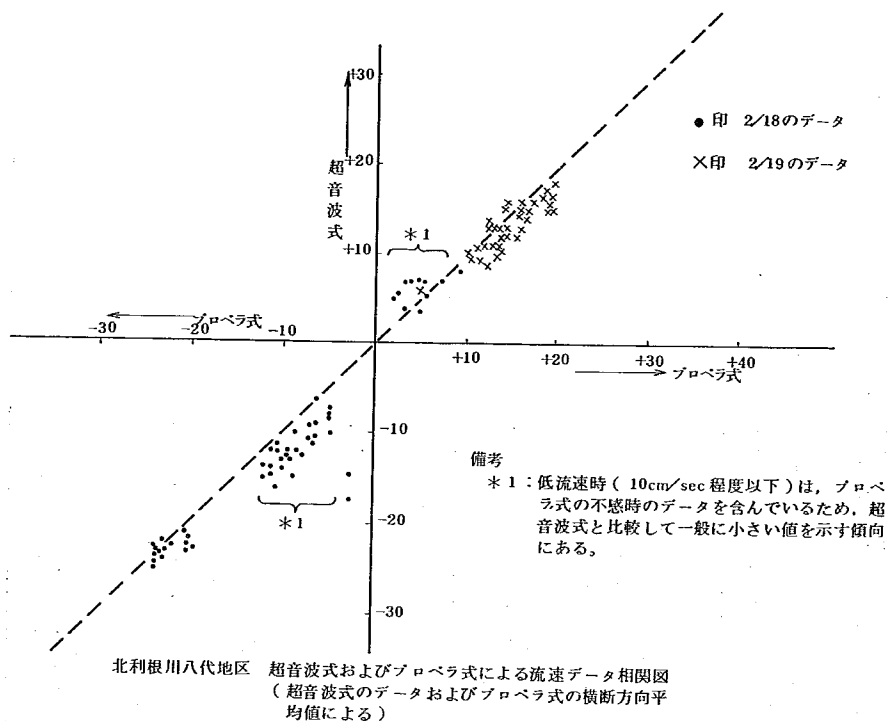


図 - 23

#### ○ 超音波流速計と今後の考え方について

河川流は、雨水、塩水等の混合によって、短周期の変動が起り、風波によって混合は促進されます。又、河道の形状にしたがい、流れはいくつかの周期の合成となって振動しながら流れて居ます。これ等の現象を考えて、測定方法を改善した結果、

1. ゆるやかな音速変化による影響は、測定手法によって改善する事が可能である。
2. 短周期の音測変動および河道に直角方向の振動等は積算平均化する事によって減殺する事が可能である。
3. 送受波器の取付金物を改善する事によって、漂砂、浮遊物等の影響を減少する事が可能で、且つ、設置、保守が容易となる。

以上の様な点が明確となり、今回の改善によって、従来の装置に於ける問題点の多くは解消されました。

しかしながら、河川の流れは自然現象であるので、今迄の実験結果から総てを推定する事は困難であり、この装置の実用化に当っては、警報装置を取付け、信頼性のあるデータ収集を図り、且つ、

チェック機能を付加して、装置の状態の確認を常に行なう事が最善と考えられます。

将来、河川管理システムの入力端末として、之等を使用する際には、2つ以上の、他よりの補促データを収録して、異常時対策を系統的に包含させ、運用者の希望に沿う事が好ましいと考えられます。

## 2-2 超音波による流量測定装置設置のための概略目標

現地点に於ける流量測定のための、超音波流速流量測定装置を適用し得る範囲の目安を、下記に示します。

(A: 実用化容易。  
B: 略々実用化可能。  
C: 検討を要する。)

| 項 目           | 内 容                                                                                                                                                                                                                            | 備 考                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 河 川 巾       | 狭域用(対向型) <ul style="list-style-type: none"> <li>A 5m ~ 30m</li> <li>B 50cm ~ 5m</li> <li>C 30m 以上</li> </ul> 広域用(V字型) <ul style="list-style-type: none"> <li>A 30m ~ 100m</li> <li>B 100m ~ 200m</li> <li>C 200m 以上</li> </ul> | ⑥⑦⑧に關係する。<br>⑪        |
| 2 水 深         | <ul style="list-style-type: none"> <li>A 1m 以上</li> <li>B 70cm 以上</li> </ul>                                                                                                                                                   | ①に關係する。<br>⑪          |
| 3 流 速         | $\pm 1.5\text{m/s}$ 以内、又は $0 \sim +3.0\text{m/s}$ 。                                                                                                                                                                            | 取付法及びケーブル布設の問題で制限を受ける |
| 4 流 速 分 布     | 河川内流速分布は、変動の少い事が好ましい。<br>(プロベラ式で検定する。)                                                                                                                                                                                         | 流速検定                  |
| 5 水 位         | <ul style="list-style-type: none"> <li>A 平水時の<math>\pm 20\%</math>程度の変動</li> <li>B 平水時の2倍以内の変動</li> </ul>                                                                                                                      | 水位変動が大きいと測線を検討する必要あり。 |
| 6 濁 り         | <ul style="list-style-type: none"> <li>A 数<math>\mu\text{m}</math>程度以下の柱径の濃度 1000ppm 以下<br/>(但し 0.1mm 前後以上のものを除去した後)</li> <li>B 同 上 3000ppm 以下</li> <li>C 上記以外</li> </ul>                                                      | ①②に關係する。              |
| 7 渦, 気泡, 浮遊物等 | 極力少ないこと                                                                                                                                                                                                                        | ①に關係する。               |
| 8 水温, 塩分濃度    | 上層・下層の水温差 $3^{\circ}\text{C}$ 以内, T. $0.2^{\circ}\text{C/m}$ 以内<br>塩分濃度差 1% 以内。 S. 3000ppm/m 以内                                                                                                                                | ①②に關係する。              |
| 9 河 道         | <ul style="list-style-type: none"> <li>A 直線部分が河巾の2倍以上</li> <li>B 上記以外</li> </ul>                                                                                                                                               |                       |
| 10 河川横断形状     | <ul style="list-style-type: none"> <li>A なるべく、河床は平坦で、護岸工事完了の場所が好ましい。</li> <li>B 上記以外</li> </ul>                                                                                                                                | 断面係数の確度に関連する。         |
| 11 河 床 凹 凸    | <ul style="list-style-type: none"> <li>A 水深の10%程度以内</li> <li>B 上記以外</li> </ul>                                                                                                                                                 | ①②に關係する。              |

## 2-3 河川流速流量管理システムに対する 調査実験，検定標準手法について

### 目 的

河川流速流量管理のシステム条件を適確に把握し，信頼性のある data を得る為に行なう。

即ち，現在迄測定に用いられる計測機器は，総て層流中に於て検定されて居り，一般河川流に於ても，極力この条件に近い地点で測定することが好ましい。又，長年月使用されて居るプロベラ式による測定結果との比較を行ない，data の不連続性を無くすると共に，より正確な流速流量を得る必要がある。

### ●調査実験要領

河川構造を調査し，河川流に適したシステム条件決定に必要な情報を集得する。

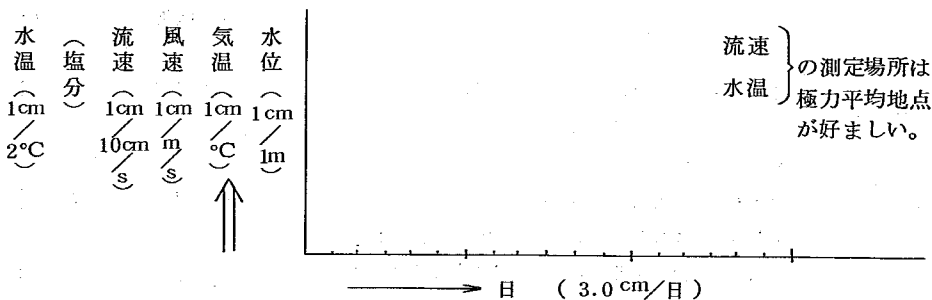
#### i) 一般環境変化 (A-3 用紙)

##### 検定要領

調査実験要領iv)項の流速分布について

水深の 20%・50%・80%

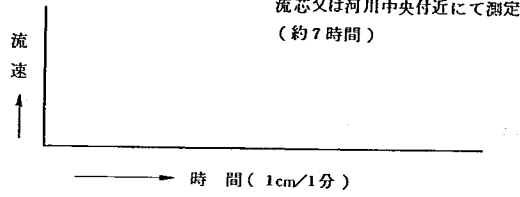
に於て，1 分間隔で，横断方向について 60 分連続測定を行ない，平均比較をする。



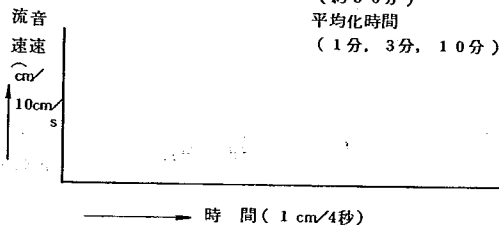
### ●解析要領

- 乱れの平均化時間
- 音速変動の平均化時間
- 音線の推定
- 濁りによる減衰量の推定 → 送信レベルの決定
- 代表性ある測線深度と測線数

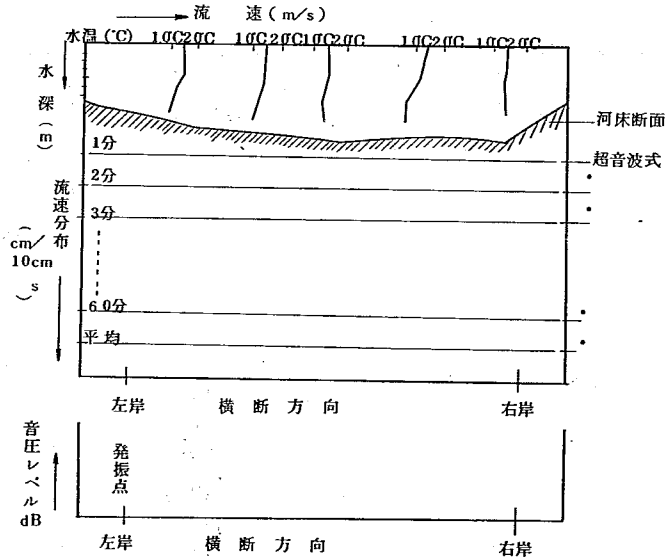
ii) 河川流の変動



iii) 河川流の乱れ



vi) 横断方向分布



# i 調査項目と調査要領一覧

環境条件および河川流に適合したシステム条件を決定するため、下表の要領で実際河川を調査する。この際プロベラ式による測定結果との比較を行ない、より正確な流速流量測定を目的とする。

| 項 目                     |        | 測定場所 | 測定期間   | 測定<br>間隔 | 記録<br>スケール<br>(1cm当り) | 記録内容        | 記録<br>用紙 | 測 定 の 目 的                      |                          |                                     |
|-------------------------|--------|------|--------|----------|-----------------------|-------------|----------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 環境<br>の<br>変<br>化       | 風 速    | 所定地点 | 全調査期間  | 連続       | 1m/s                  | 4時間の<br>平均値 | No. 1    | 1.気象条件と河川流の、<br>関連性把握。         |                          |                                     |
|                         | 気 温    | 室外   | 観測地点   | "        | 1時間                   | 2℃          |          | "                              | 2.水位と流速（流量）の<br>相関々係の把握。 |                                     |
|                         |        | 室内   | 標準設置場所 | "        | 1時間                   |             |          |                                |                          |                                     |
|                         | 水 温    | 代表定点 | "      | 1時間      | 2℃                    | "           |          |                                |                          |                                     |
|                         | 流 速    | プロベラ | 代表定点   | "        | 連続                    | 10cm/s      |          | "                              |                          |                                     |
| 超音波                     |        | 観測地点 | "      | 連続       |                       |             |          |                                |                          |                                     |
|                         | 水 位    | 代表地点 | "      | 連続       | 1 m                   | "           |          |                                |                          |                                     |
| 河川<br>流<br>の<br>変<br>動  | 流速変動   | プロベラ | 各 測 点  | 7時間単位    | 1 分                   | 10cm/s      | No. 2    | 1.河川流変動の周期と<br>変動巾の確認。         |                          |                                     |
|                         |        | 超音波  |        |          | 各 測 点                 |             |          |                                | 2 秒                      | 横断方向平均値<br>1分毎<br>30秒平均<br>値変動      |
| 河川<br>流<br>の<br>乱<br>れ  | 流速の乱れ  | プロベラ | 各 測 線  | 60分単位    | 1 分                   | 10cm/s      | No. 3    | 河川流変動以外に起因する<br>乱れの確認と、その対策決定。 |                          |                                     |
|                         |        | 超音波  |        |          | ———                   |             |          |                                | 2 秒                      | 横断方向平均値<br>1分毎変動分<br>"<br>2秒毎変動分    |
|                         | 音速変動   |      | ———    | 60分単位    | 2 秒                   | 10cm/s      |          |                                | "                        | 1.乱れの平均化時間の決定。                      |
|                         |        |      |        |          |                       |             |          |                                |                          | 2.音速変動の平均化時間の決定。                    |
| 横断<br>方向<br>の<br>分<br>布 | 水温鉛直分布 |      | 各 測 線  | 60分単位    | 2 0分                  | ℃           | No. 4    | 1.音線の推定。                       |                          |                                     |
|                         | 流水分布   | プロベラ | "      | "        | 1 分                   | 10cm/s      |          |                                | 1分毎の記録値                  | 2.濁りによる超音波減衰<br>量の推定（送振レベル<br>の決定）。 |
|                         |        | 調音波  | ———    | "        | 2 秒                   |             |          |                                | 1分毎の記録値                  |                                     |
|                         | 音圧レベル  |      |        |          |                       |             |          |                                | d B                      | 1分毎の平均値                             |

## ii システム導入手順

| 河川難易度       |             |            |                                                                      |                             |               |        |       |
|-------------|-------------|------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|--------|-------|
| 河川選定条件      |             |            | 川巾                                                                   | 300m以上                      | 100m以上        | 100m以下 | 50m以下 |
|             |             |            |                                                                      | 塩分混入<br>水位変動大<br>流速大<br>その他 | 感潮河川<br>合流点付近 |        |       |
| 事前調査        | 資料調査        |            | ○年間気象・年間流量, 流速<br>○水質<br>○河川構造(水質, 流速分布, にごり)<br>○その他 (河床断面, 船舶航行有無) |                             |               |        |       |
|             | 事前測定        | 水構造のみの調査   | 2回/年                                                                 | 2回/6ヶ月                      | 1回/6ヶ月        |        |       |
|             |             | 検定セットによる調査 | 2回/年                                                                 | 1回/6ヶ月                      | 1回/6ヶ月        |        |       |
| 報告書         |             |            | ○稼働率の推定<br>○運用上の注意すべき点                                               |                             |               |        |       |
| システム設計条件の決定 |             |            | ・遅延時間 ・ゲート時間 ・積算時間 ・選別範囲<br>・測線数(送受波器深度) ・超音波送波音圧と周波数<br>・ケーブル布設要領   |                             |               |        |       |
| 装置構成        |             |            | 装置の仕様と, 各構成機器の数量の決定                                                  |                             |               |        |       |
| 事後検定        | 設置完了時       |            | 検定                                                                   |                             |               |        |       |
|             | 1年目<br>(無償) | 装置チェック     | 1ヶ月目                                                                 | 3ヶ月目                        | 6ヶ月目          | 1年目    |       |
|             |             | 検定         | 3回                                                                   | 2回                          | 1回            | 1回     |       |
|             | 2年目<br>(有償) | 装置チェック     | 年3回                                                                  | 年3回                         | 年3回           | 年3回    |       |
|             |             | 検定         | 1回以上                                                                 |                             | 1回            |        |       |
|             | 3年目<br>(有償) | 装置チェック     | 年3回                                                                  |                             | 年3回           |        |       |
|             |             | 検定         | 1回以上                                                                 |                             | 1回            |        |       |
|             | 4年目<br>(有償) | 装置チェック     | 水中部分およびその周辺 (会社に持込・手入)<br>その他装置………年3回                                |                             |               |        |       |
|             |             | 検定         | 1回以上                                                                 |                             | 1回            |        |       |
|             | 5年目<br>(有償) | 装置チェック     | 年3回                                                                  |                             |               |        |       |
|             |             | 検定         | 1回以上                                                                 |                             | 1回            |        |       |
|             | 6年目<br>(有償) |            | 会社に於ける特定改修<br>その他は, 5年目と同じ。                                          |                             |               |        |       |

### 3. 我国の開水路に於ける超音波流速計の設置状況

実績表 (沖電気)

| 項目<br>実用試験場所 | 管 轄                | 測定年月<br>(設置年月) | 河 川 断 面 | 水 底 状 況 | 測定流速<br>(順速)           | 送受波器<br>水深                    | 較 正 法             | 較正結果             | に ご り               | 塩 分                    | 水温傾度     | 取 付 方 法            | 超 音 波<br>周 波 数  | 雑音障害               | 問 題 点 |
|--------------|--------------------|----------------|---------|---------|------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------|
| 東大造船工学水路     | 東京大学               | S.43<br>S.44   |         | コンクリート  | 0~5m/s                 | 30cm                          | 電車式走行台取付          | 0.2%             | なし                  | なし                     | なし       | 走行台取付              | 1MHZ            | 残 響 有              |       |
| 港湾技術水路       | 港湾技術研究所            | S.43<br>S.44   |         | コンクリート  | 0~2m/s                 | 50cm                          | 実験水路              | ±0.2%            | なし                  | なし                     | なし       | 側壁取付               | 400KHZ          | 残 響 有              |       |
| 京都第1疏水       | 京都市水道局             | S.43           |         | 石 づ み   | 0~                     | 1 m                           | H-Qカーブ<br>ブライズ流観  | ± 1%             | <0.01gr/l           | なし                     | なし       | ガイドレール方式           | 400KHZ          | 残 響 有              |       |
| 京都第2疏水       | 京都市水道局             | S.44           |         | コンクリート  | 0~1.7m/s               | 130cm                         | ブライズ流観<br>4測線 3深度 | ± 1%             | <0.01gr/l           | なし                     | なし       | 側壁取付<br>(ガイドレール方式) | 400KHZ          | 残 響 有              |       |
| 大井川取水水路      |                    | S.45           |         | コンクリート  | 0~2m/s                 |                               |                   |                  | <0.01gr/l           | なし                     | なし       | ガイドレール方式           | 400KHZ          | 残 響 有              |       |
| 桑原川(水門付近)    | 愛知県                | S.49           |         | 泥       | 0~30cm/s               | 1 m                           | 微流速計による<br>流観     | ± 2%             | < 0.3gr/l           | なし                     | 1°C/2m   | パイプ内<br>スライドチャンネル  | 100KHZ          | S/N<40dB           |       |
| 黒部川(水門付近)    | 水資源開発公団            | S.49           |         | 泥       | ±30cm/s                | 1 m                           | ブライズ流観            | ± 3%<br>(濁多し)    | < 0.1gr/l           | <10,000ppm             | 4°C/3m   | パイプ内<br>スライドチャンネル  | 500KHZ          | S/N<40dB           |       |
| 石狩川( )       | 北海道開発局<br>石狩川工事事務所 |                |         | 泥       | 0~70cm/s               | 1 m                           | 未 較 正             | —                | < 0.1gr/l           | なし                     | なし       | ガイドレール方式           | 100KHZ          | —                  |       |
| 富士川(清水端)     | 建設省<br>湯沢砂防事務所     | S.44           |         | 砂および岩   | 60cm/s~<br>24m/s       | 50cm~30m                      | 未 較 正             | —                | 1.0gr/l~<br>0.1gr/l | なし                     | なし       | コンクリートブロック取付       | 100KHZ          | 30dB~40dB          |       |
| 瀬田川(洗 渠)     | 建設省<br>琵琶湖工事事務所    | S.44           |         | 泥       | 15cm/s~<br>40cm/s      | 90cm~25m                      | ブライズ及び<br>堰流量と比較  | ± 1%             | < 0.1gr/l           | なし                     | <0.1°C/m | ガイドレール方式           | 100KHZ          | 0 dB               |       |
| 木曾川(笠 松)     | 建設省<br>木曾川上流工事事務所  | S.49           |         | 砂および泥   | 0~1m/s                 | 1 m                           | ブライズ流観            | ±15%<br>(濁流が多い)  | <0.1gr/l            | なし                     | なし       | パイプ内<br>スライドチャンネル  | 100KHZ          | S/N<40dB           |       |
| 秋ヶ瀬取水堰       | 水資源開発公団            |                |         | 砂       | 0~45cm/s               | 50 m                          | 未 較 正             | —                | <0.01gr/l           | なし                     | なし       | 仮 設                | 15KHZ           | 最大+35dB<br>残響 35ms |       |
| 利根川(布川)第1回   | 建設省<br>利根川下流工事事務所  | S.42           |         | 砂       | 40cm/s~<br>±5cm/s      | 50cm~30m                      | 未 較 正             | —                | <0.1gr/l            | なし                     | なし       | 仮 設                | 15KHZ<br>100KHZ | 10~100KHZ<br>+12dB |       |
| 利根川(布川)第2回   | 同 上                |                |         | 砂       |                        | 50cm~3m                       |                   |                  | <0.1gr/l            | なし                     | なし       | ガイドレール方式           | 100KHZ          | —                  |       |
| 利根川(息 栖)     | 建設省<br>霞ヶ浦工事事務所    |                |         | 泥       |                        | 1 m~3 m                       |                   |                  | <0.1gr/l            | <5,000ppm              | 有        | ガイドレール方式           | 100KHZ          | —                  |       |
| 利根川(八 代)     | 同 上                | S.44<br>S.45   |         | 泥       | ±30cm/s                | 50cm~3m                       | ブライズによる<br>24日観測  | 平均± 1%<br>最大 10% | <0.1gr/l            | <1,000ppm              | 最大5°C    | ガイドレール方式           | 100KHZ          | +10dB 本<br>底からの反射多 | 音道の屈折 |
| 松 江 大 橋      | 建設省<br>出雲工事事務所     |                |         |         |                        |                               |                   |                  | <0.1gr/l            | 1,000ppm<br>~20,000ppm | 有        |                    | 100KHZ          | —                  |       |
| 利根川河口堰       | 水資源開発公団            | S.49           |         | コンクリート  | 0~20cm/s<br>(0~450m/s) | 1 m                           | ブライズ及び<br>堰流量との比較 | 流速2.5%<br>流量3.0% | <0.01gr/l           | 200ppm<br>~20,000ppm   | 2°C/4m   | パイプ内<br>スライドチャンネル  | 100KHZ          | S/N<40dB           |       |
| 関 門 海 峽      | 運輸省<br>第4港湾建設局     | S.41<br>S.42   |         | 岩       | ±25m/s                 | 4m及び10m                       | 未 較 正             |                  | <0.01gr/l           | 海 水                    | 有        | コンクリートブロック取付       | 100KHZ          | +17dB<br>雑音性多し     | 航行船舶  |
| 実績表 (東京計器)   |                    |                |         |         |                        |                               |                   |                  |                     |                        |          |                    |                 |                    |       |
| 揖斐川(油 島)     | 木曾川下流工事事務所         | S.45           |         | 泥       | ± 2m/s                 | TP - 1 m<br>- 2.5m<br>- 4 m   | ブライズ流観            | ± 3%             | <500ppm             |                        | 有        | ガイドレール方式           | 100KHZ          |                    |       |
| 中 川(柿の木)     | 江戸川下流工事事務所         | S.46           |         | "       | ± 2m/s                 | AP + 1.5m<br>+ 0.7m<br>- 0.1m | "                 | "                | <500ppm             |                        | 有        | "                  | 200KHZ          |                    |       |
| 江戸川(野田橋)     | 土木研 究 所            | S.46           |         | "       | 0~4m/s                 | YP + 34.2m                    | "                 | "                | <2500ppm            | なし                     | なし       | "                  | 100KHZ          |                    |       |
| 信濃川(帝石橋)     | 信濃川下流工事事務所         | S.48           |         | "       | 0~2m/s                 | TP + 0.0m                     | "                 | "                |                     | なし                     | 有        | "                  | 100KHZ          |                    |       |
| 崎 玉 用 水      | 水資源開発公団            | S.43           |         | コンクリート  | 0~1.5m/s               | 0.7m                          | "                 | ± 2%             |                     | なし                     | なし       | "                  | 400KHZ          |                    |       |
| 台形水路 他12台    |                    |                |         | "       |                        |                               | "                 |                  |                     | なし                     | なし       | "                  | 400KHZ          |                    |       |
| 芝罘処理場        | 東京都下水道局            | S.42           |         | コンクリート  | 0~3m/s                 | 0.3m                          | "                 | ± 2%             |                     | なし                     | なし       | "                  | 1MHZ            |                    |       |
| 矩形水路 他15台    |                    |                |         | "       |                        |                               | "                 |                  |                     | なし                     | なし       | "                  | 400KHZ<br>~1MHZ |                    |       |

超音波流量計の現状に  
関する調査報告

土研資料第1056号  
昭50年3月(1975)

水文研究室

キーワード 稼動状況, トラブル要因, 対策の考え方

要旨 建設省内で利用されている超音波流量(流速)計について2日に渡り, 現場の方, メーカーの方, 専門家の三者により主に現在発生しているトラブル, 今後のあり方等について検討会を行った時の報告である。

郵便はがき

は  
十  
四  
切  
手  
を  
い  
は  
つ  
て  
下  
さ

1 1 5 - □ □

東京都北区志茂

五丁目四十一番地七号

建設省土木研究所  
水文研究室  
御中

No. \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1056号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印