

奈井江火力発電所取水口水理模型実験について

北海道電力(株) 前 口 正 蔵
 " 酒 井 賢 一
 " ○大 友 勲

1. 概 要

奈井江火力発電所は、昭和39年より工事に着手し昭和42年2月運転開始を予定している、道央産炭地近傍に建設されるユニット容量175,000kw、2期350,000kwの石炭専焼火力発電所であるが、更に将来計画として、3期を対象としている。

この発電所は石狩川沿い奈井江大橋の下流約1kmの左岸地区に計画されているが、これは産炭地に近く運炭に便利で、灰捨て地の入手が可能であるばかりでなく、冷却用水の取水に対し比較的好条件と考えられたからである。

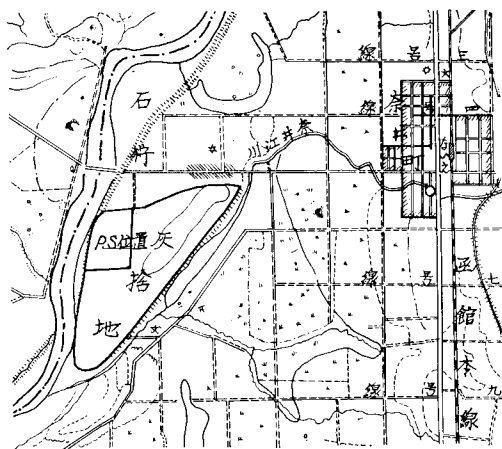


図1-1 発電所位置図

計画の立案にあたり、冷却用水の可能取水量が最終規模を決定するところから取水量の限界について論議されたが、河道河床共に安定していない石狩川の中流区を対象に、ダム施設なしに直接分流取水する計画のため定量的に決定し難く、取水口位置並びに設計水位の検討もさることながら構造上及び将来の維持条件も含み水理模型実験によって諸元を検討することにした。

実験は第1次の基礎実験、すなわち定形水路から分流取水時の分配量、流況等を取水口の規模、形状、分岐角度の条件を与えて求め、更に第2次の実験で前面導流壁の形状、取水口内ピアー、隔壁等細部の構造を決定することにし

た。これ等の実験は、第1次を昭和37年9~11月の間に、第2次を昭和38年7~12月の間に実施し、現在最終実験中であるがその概括を取まとめ報告する。

2. 開水路分水路に関する一般的な水理特性

(1) 流量配分の特性

分水路への流量配分は、主、分水路双方の水理条件と、分岐点付近の水路形状とによって定められる。固定床水路における流量配分に影響する因子をあげると次のとおりである。境界条件としては

- i 分岐前の主水路の流量と水位
- ii 常流の場合は分岐後の主、分水路における終端水位、支配断面の生ずる場合はその位置と必要な水理条件内部条件として
- iii 分岐後の主分水路各々の摩擦抵抗などによる各種損失
- iv 分岐点での分岐損失

分岐後の両水路の摩擦抵抗、断面変化の損失等が卓越する場合ivの条件は省略することが出来るので、背水曲線計算法で流量配分を近似的に求め得る。

(2) 分岐点付近の流況特性

a 流線特性:

分岐先端付近の主水路内で微弱ながら上流に向う逆流現象が見られる。したがって図2-1の主水路壁D-B₀上には、理論上憩流点が存在する。更に一般に分岐点付近では、表層流線と底層流線がねじれ、表層流線に比し多数の底層流線が分水路側に流入する。これは掃流砂の配分特性に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

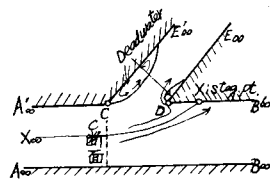


図2-1 分岐点付近の流況

b 水面特性:

局所的な水位変化の特性としては、分岐点付近の最大水深が分岐先端付近主水路内に、最小水深は開口部上流端付近に現れ、図2-1のcの近傍で大きな水面勾配がみられる。それはcの近傍で局部的に射流領域が発生し、その傾

域の下流限界線で跳水が現われるという興味深い現象が期待される。このような領域の存在は流量配分、掃流砂の挙動に密接な関連がある。

3. 第 1 次 実 験

(1) 実験の概要

石狩川奈井江付近の河川流況については、開発局橋本町流量観測所流量から流域比により換算して求め、水位は奈井江観測水位、および河川調査の結果の水位流量の関係から表 3-1 のとおり決定した。

実験の目的が取水可能量を対象としたため、模型は渇水時の径深を相似とする矩形水路とし、フルードの相似法則により幾何学的縮小比を 1/25 に選んだ。

模型水路の平面形および付属設備は図 3-1 に示とおり

表 3-1 石狩川奈井江付近流況表

			流 量 (m³/sec)	水 位 (m)
豊	水	時	300	11.41
平	水	時	165	10.85
低	水	時	113	10.63
渇	水	時	60	10.28

で、主水路は高さ 20 cm、幅 2.37 m、有効長 14 m、勾配 1/2000 の固定床 モルタル 仕上げである。分水路は高さ 15 cm で側壁を木製とし絞り角度の変更便にようにした。絞り始めの幅が 1.94 m 絞りの終端幅は 21 cm 及び 40 cm である。絞り角度は 20° 及び 10°、取水口の分岐角度は 90°、45° の 2 種類とした。

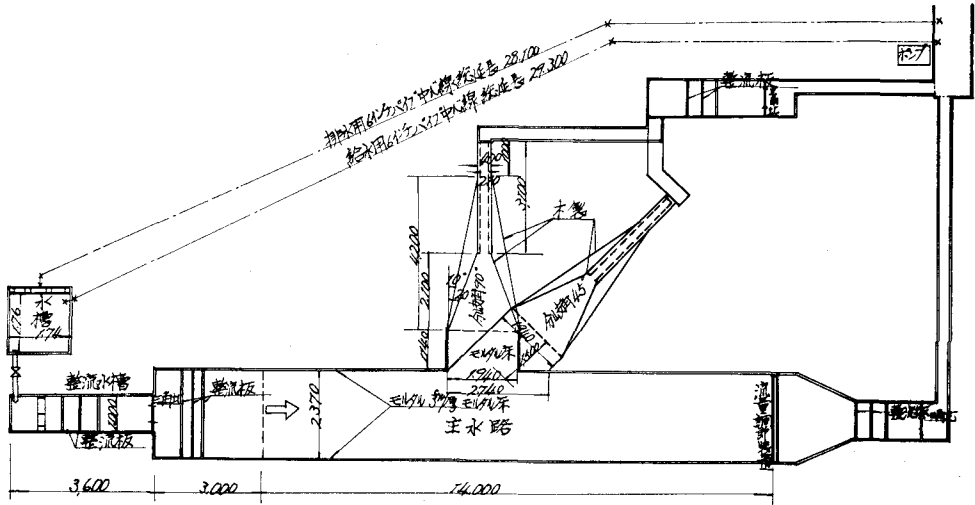


図 3-1 模型設備平面図

(2) 実験の結果及び考察

a 流量の分配値

流量は主水路上流端の三角堰で常に 19.2 l/sec (河川流量 60 m³/sec) になるよう調節し、末端の三角堰 2 個でチェックしたが、多少の誤差を伴い常に一定にし難かった。

観測した分配量記録のうち、代表的と思われるものをピックアップし、模型の細部条件と対比させたのが表 3-2 である。これから分るように分配量は分岐角度によって殆ど変化していない。絞り角度によって多少の変化は認められるが、むしろ取併せ水路の幅に支配されている。すなわち、水路の幅が取水口幅に比較して非常に小さく水路との取併部に支配断面を生ずるため、その限界水深によって分配量が支配された訳で、同じ水路幅であっても絞り角度の小さい時、又床勾配が急なとき取水口始点よりの落差が大となり分配量が増加する。

b 分岐点付近の流況

分配量については分岐角度に殆ど影響されないが、流況的に分岐角度の影響を検討するため流線状況実測値を示すと図 3-2～図 3-5 のとおりで、分岐点付近の流況はかなり複雑であり、表層流線(実線)と底層流線(点線)はねじれ表層のものに比し多数の底層流線が取水口内に吸い込まれている。又図から分るように取水路上流側に大きな死水領域が存在し、渦流現象を呈しているが、取水に対して有効でなく渦流現象により外えむかう流れが生じていることから逆効果であり堆砂の原因ともなる。従って渦流領域のない構造が望まれ、上流導流壁を修正して求めた流況を図 3-6 に示す。

c 取水口の損失落差

分流失取水口即ち、横流出のある場合の河川の一次元背水曲線は、図 2-1 の C 断面より上流で顕著な底下背水を示し、C 断面から D 断面にむかって水位上昇を示している。C 断

表3-2 流量配分と模型細部条件

測定整理番号	取水口模型形状					模型流量 Q (ℓ/sec)	取水口 分配流量 Q' (ℓ/sec)	取水口内 流分配比 K	断面平均流速	
	分角 度 (θ°)	岐度 (φ°)	紋り度 取併せ 水路幅 (cm)	取水口 床勾配	取併せ 水路長 (m)				$V_{C^{*1}}$ (cm/sec)	$V_{C-D^{*2}}$ (cm/sec)
1	90	20	21	1/70	3.30	19.20	4.20	0.219	—	—
2	"	"	40	"	"	19.50	8.30	0.426	26.8	28.7
3	"	"	"	1/140	"	"	6.70	0.344	25.8	20.9
4	"	10	21	1/100	1.05	19.30	6.10	0.316	22.9	18.3
5	"	"	40	"	"	19.60	10.20	0.520	27.6	31.4
6	45	20	21	1/140	3.10	19.70	3.70	0.188	20.8	17.6
7	"	"	"	"	"	24.20	4.40	0.182	—	—
8	"	"	40	"	"	19.63	7.22	0.368	25.4	22.8
9	"	10	21	1/150	0.85	19.40	5.00	0.258	21.9	19.1
10	"	"	"	"	0.40	19.48	6.08	0.312	22.1	20.1
11	"	"	40	"	0.85	19.68	8.90	0.452	28.7	24.8
12	"	"	"	"	"	19.62	9.52	0.485	24.9	19.7

- 注 1. 7番は流量を $24.2 \ell/\text{sec}$ ($75.6 \text{ m}^3/\text{sec}$) に増した時の値, 10番は取併せ水路の取併部をなめらかにした時の値, 12番は取水口開口部上流導流壁をなめらかにした時の値。
 2. $*1, *2$ 断面平均流速は, 図2-1のC断面の値が V_C , C-D断面が V_{C-D} である。

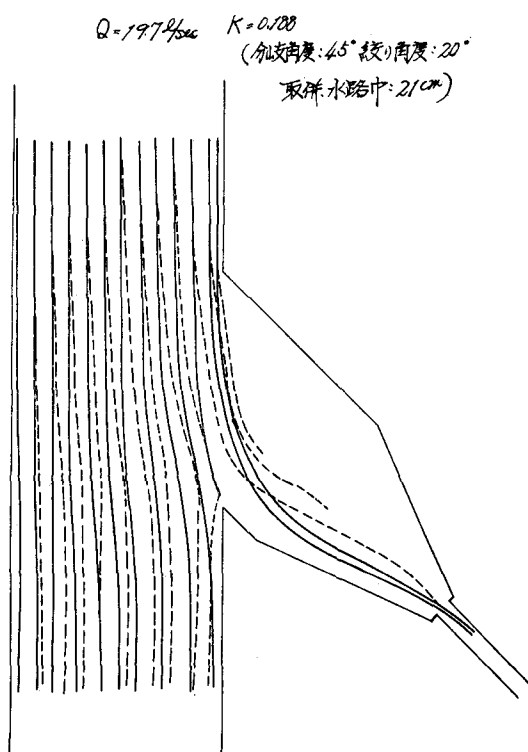


図3-2 分岐部付近の実測流線形状 (その1)

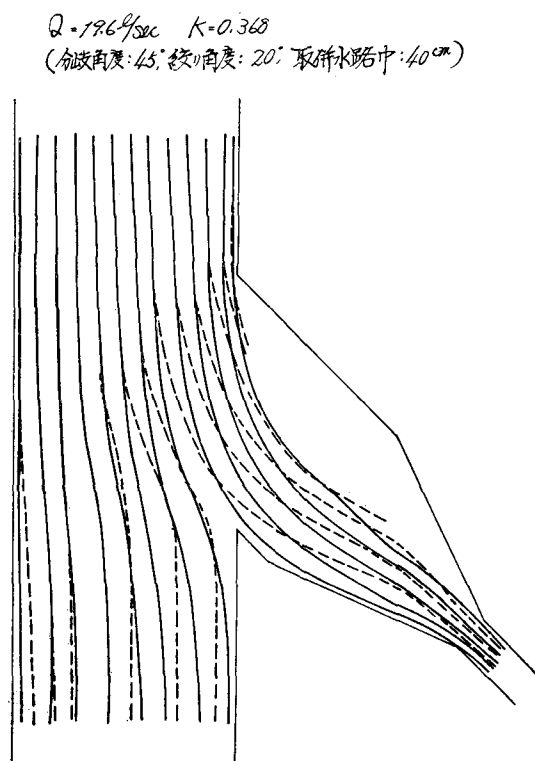


図3-3 分岐部付近の実測流線形状 (その2)

$Q=194 \frac{m^3}{sec}$ $K=0.258$
(分岐角度: 45° 絞角度: 10° 取水口路中: $21cm$)

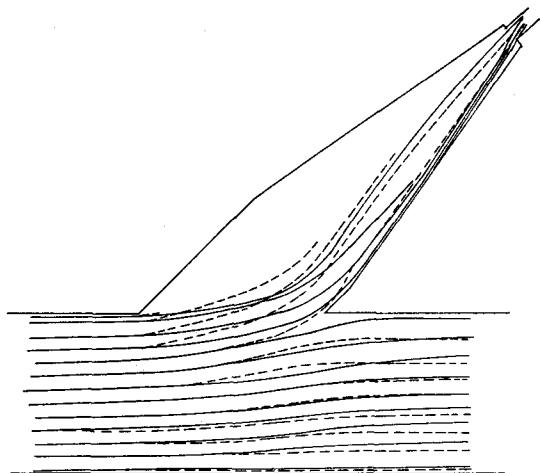


図3-4 分岐部付近の実測流線形状(その3)

$Q=195 \frac{m^3}{sec}$ $K=0.344$
(分岐角度: 90° 絞角度: 20° 取水口路中: $40cm$)

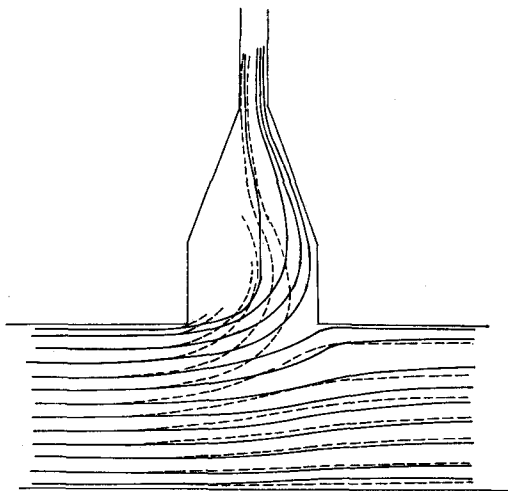


図3-5 分岐部付近の実測流線形状(その4)

面の水位低下量は常流の場合分配量によって異り、その関係を示すと図3-7のとおりである。図は河川の等流水深 h と低下水位 h' との比と分配率の相互関係で、分岐角度に特に関係はないようである。又C断面から取水口内に至る分岐流入による損失落差について考えると、分岐部でのエネルギー損失は殆ど渦流現象によるものと考えられ、

$$h = \alpha \frac{(V_C - V_{C-D})^2}{2g}$$

ここに h : 分岐流入損失落差

α : 係数

V_C : C断面平均流速

V_{C-D} : 取水口内平均流速

$Q=196 \frac{m^3}{sec}$ $K=0.485$
(分岐角度: 45° 絞角度: 10° 取水口路中: $40cm$)

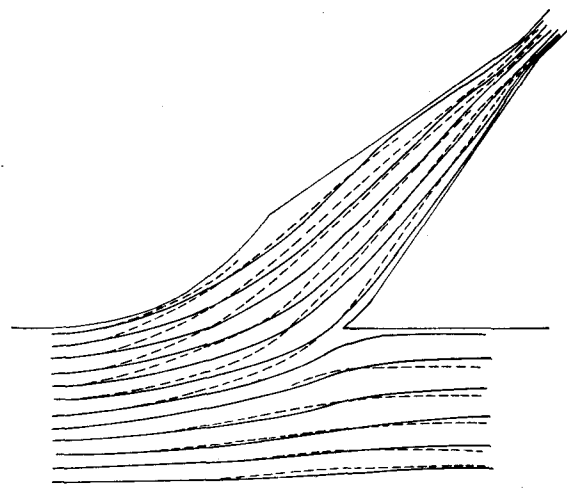


図3-6 分岐部付近の実測流線形状(その5)

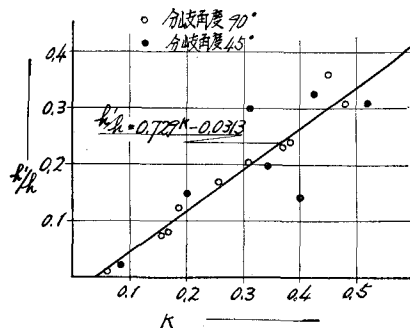


図3-7 取水口開口部上流端河川断面における h'/h と K の関係

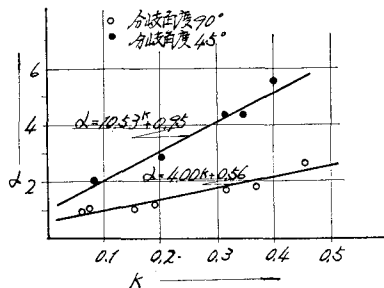


図3-8 分岐流入損失係数: α と K の関係

なる式で表わされるとき係数 α と、分配率 K との関係を分岐角度をパラメーターとして表わすと図3-8のように示される。この水位をもとにして取水口内の計算水位と実測水位を比較し図3-9に示した。取水口末端において支配断面を生じ計算結果との不整合を生じている。

d 掃流流砂に対する考察

実物換算等流速線(図3-10~3-11)と径深をもとにして、

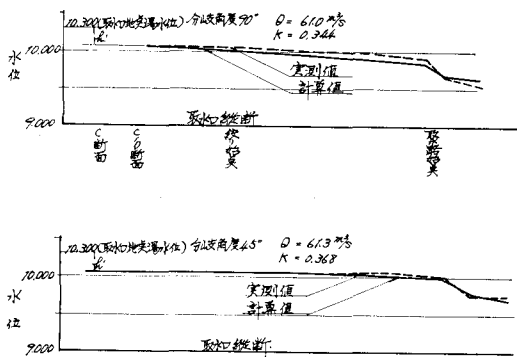


図3-9 取水口損失落差，計算値と実測値

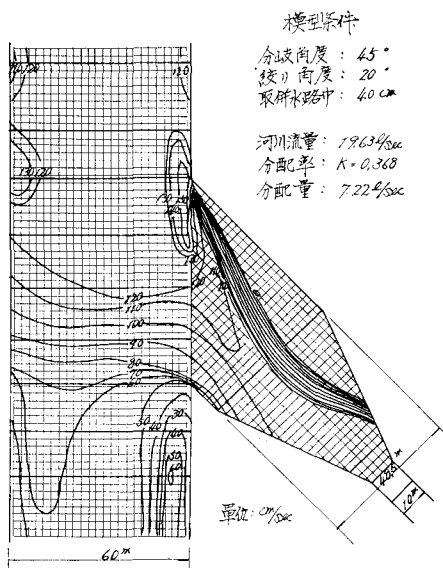


図3-10 流速分布(その1)

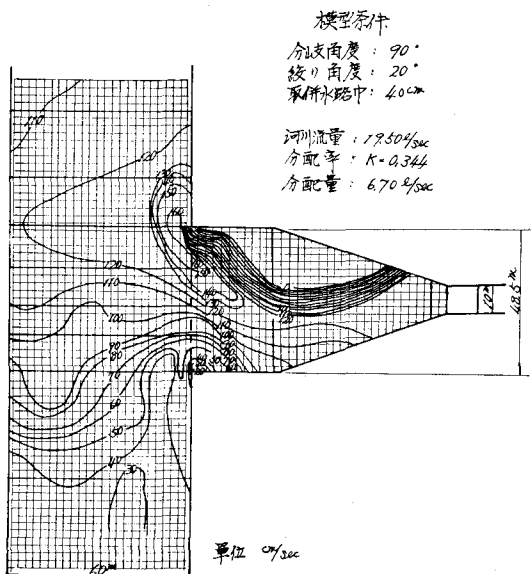


図3-11 流速分布(その2)

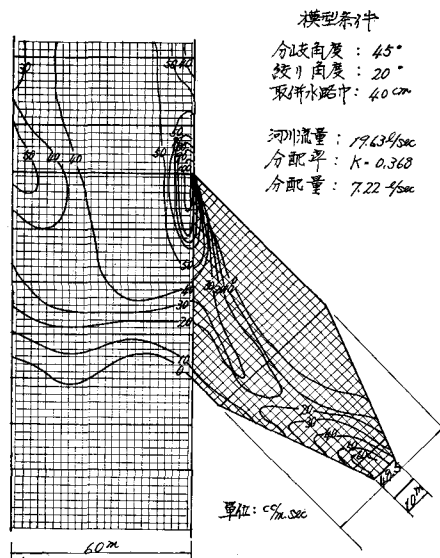


図3-12 土砂掃流量分布(その1)

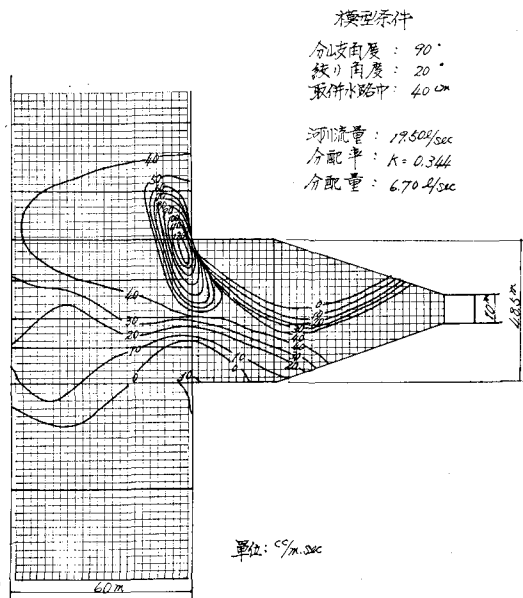


図3-13 土砂掃流量分布(その2)

奈井江付近の平均粒径 3 mm について掃流流砂量を佐藤・吉川・芦田公式により求めた。算出した結果を等量線であらわし図 3-12～3-13 に示してある。分岐点付近の洗掘堆砂の特性は、分岐点より上流主水路内での堆砂は見受けられずむしろ洗掘の傾向をもち、特に分岐開口部側での洗掘が激しくなる傾向をもっている。逆に分岐直後の主水路内に掃流砂が堆積して砂丘を形式し、分岐水路内に掃流砂を送入する様相を呈する。又各測定値の流速値から判断し分配量の増加につれて取水口流入土砂量は増加の傾向をたどり、大部のものが死水領域に堆砂すると推定される。

4. 第2次実験

(1) 実験の要旨

第1次実験における一定流量流下時定形水路からの分流結果から、第2次実験では求められた設計原案について年間平均流量を対象とし、渇水時の検計を加味しながら、取水口上下流導流壁の形状と、取水口内隔壁の価値について細部を検計することとした。

模型の縮尺は、河川の延長475mを対象にその実物形状を折りこむところから設備の関係上1/40とし、数度にわたる深浅測量から形状を求めモルタル仕上げ固定床とした。

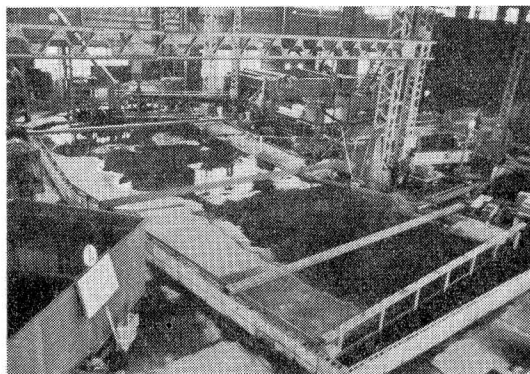


写真-1 模型全 景

取水口部の分岐角度は、第1次実験における流況の点から90°分流と、45°の2種類の比較を行うべく検討したが、現地の地理的設計条件から45°の場合取水口末端で更に流向転換の要に迫られ、構造上不具合な点を伴うため直角分岐案に主体性をおくこととした。

(2) 実験 結果

分岐点付近の流況については、渇水流量時安定した流況

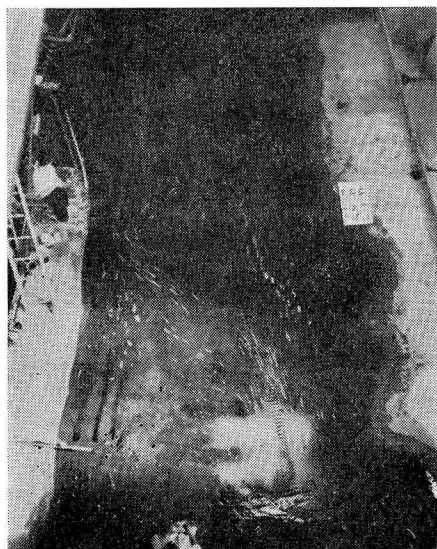


写真-2 河川流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$, 取水量 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ のとき河川流線

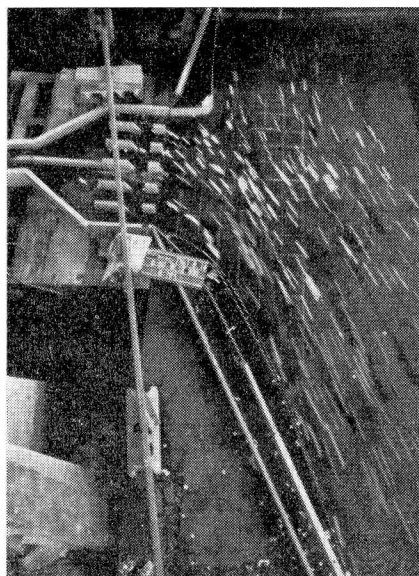


写真-3 分岐角度 90° , 河川流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$, 取水量 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ のとき取水口付近流線

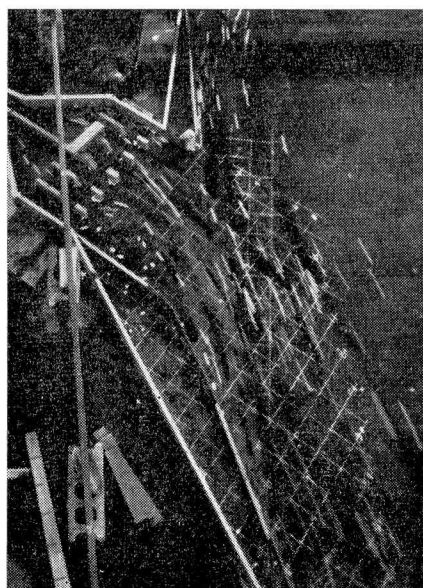


写真-4 分岐角度 45° , 河川流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$, 取水量 $16 \text{ m}^3/\text{s}$ のとき取水口付近流線

を示していても流量の増加につれて乱れが大となり、2次流の影響が顕著となる。このことから平水量を対象とし死水領域を消滅させる導流壁形状を求めた。この結果分岐角度による傾向がうすれ、一定導流壁を与える時、分岐角度による影響は小さい。又取水口内ピアースについても、前面流木除けピアースと後段塵除スクリーン間の間隔のため2次流を生じ、上流ピアース間の流況を阻害するところから許容限界まで短縮して渦流を防ぎ、更に水路取併部に至る導流

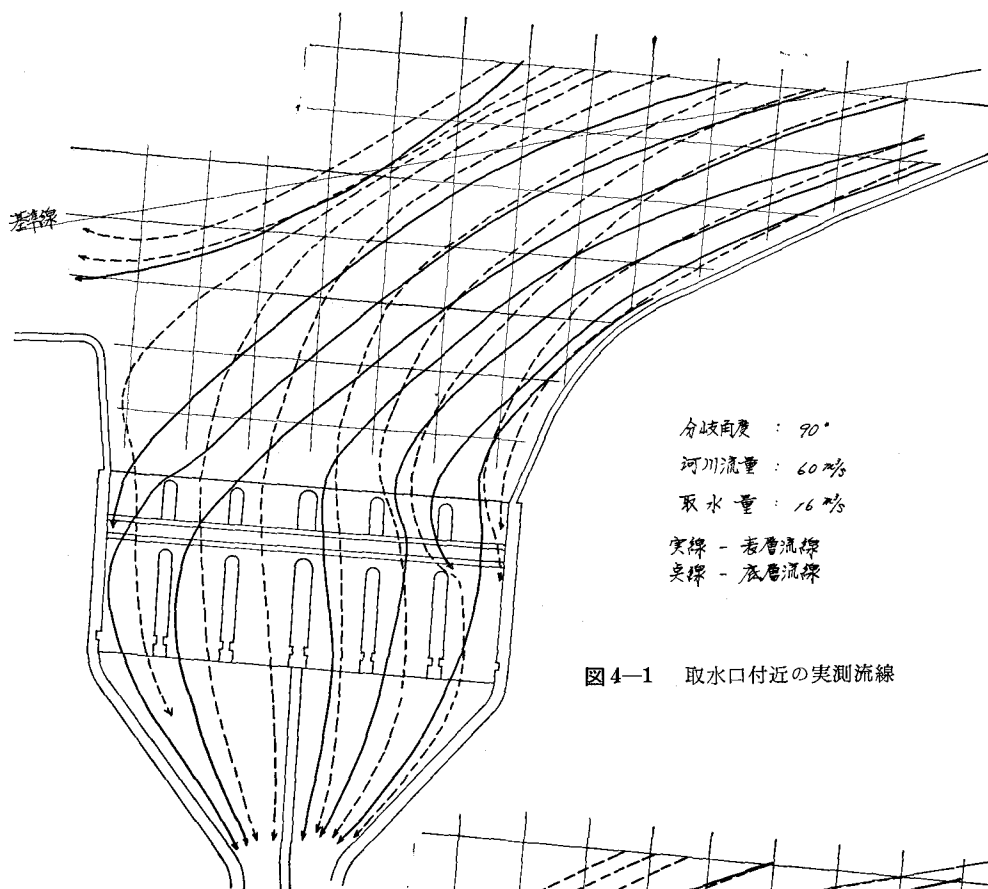


図 4—1 取水口付近の実測流線

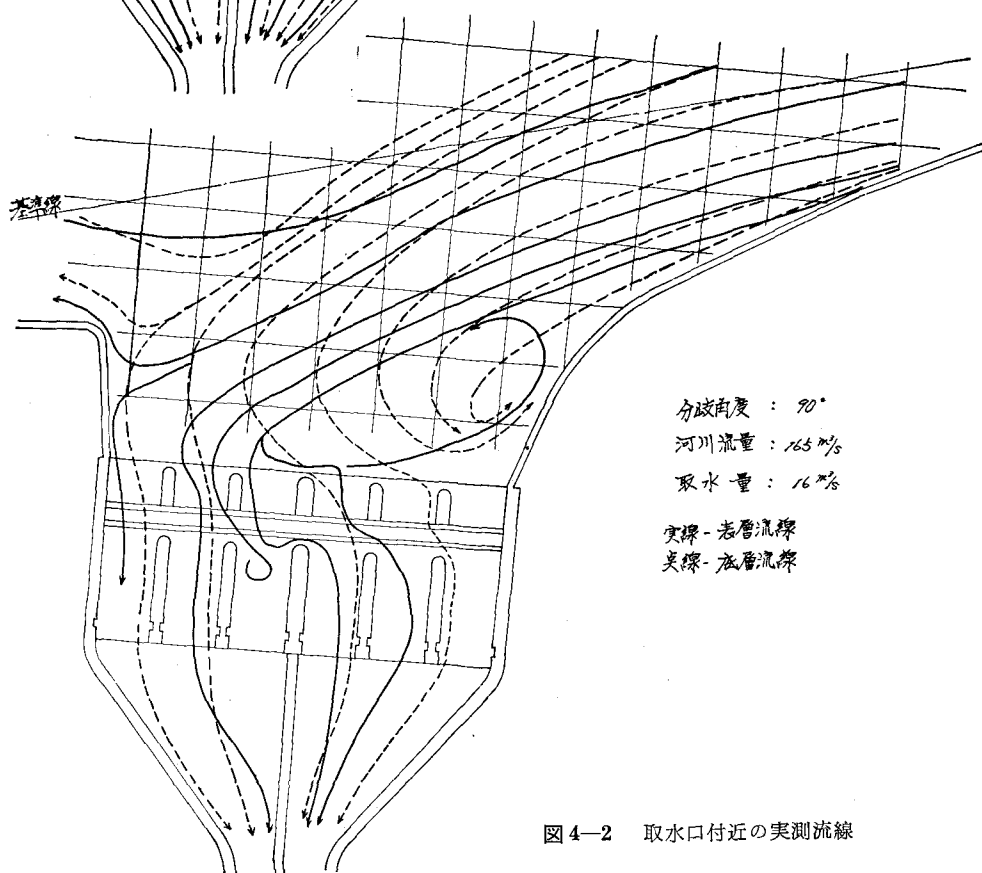


図 4—2 取水口付近の実測流線

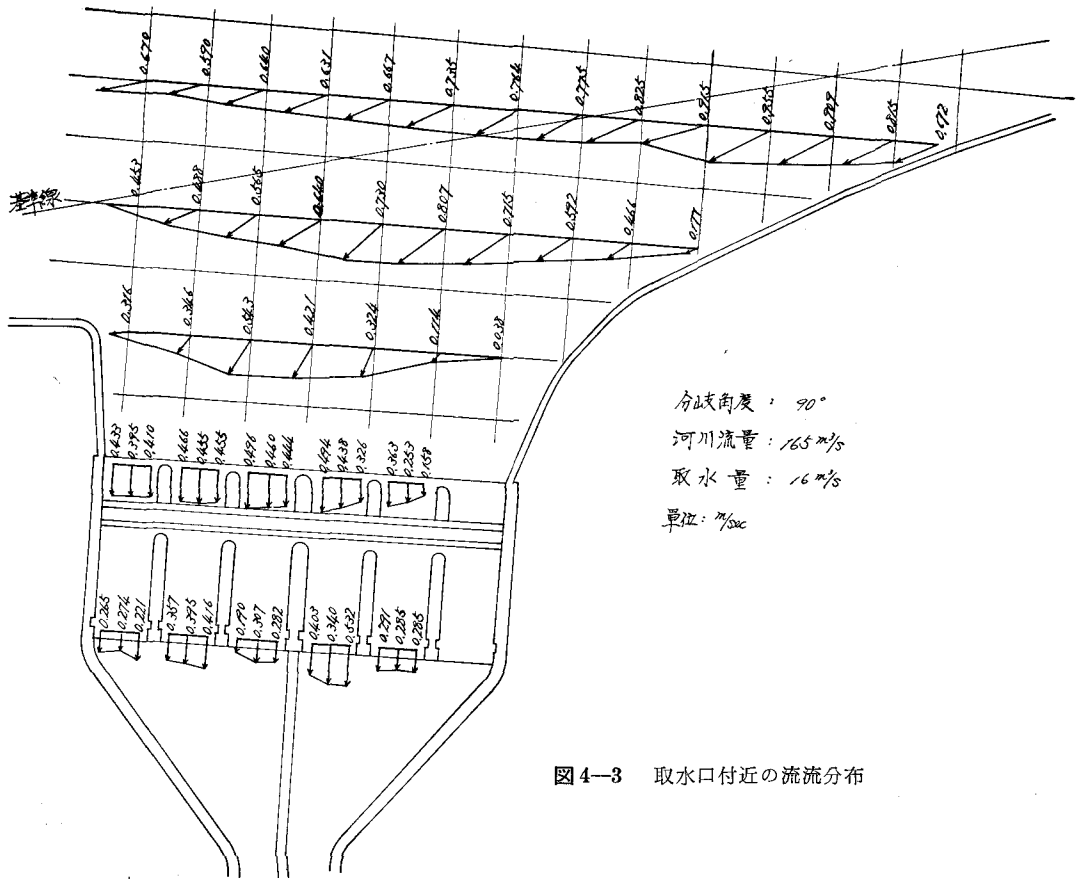


図4-3 取水口付近の流流分布

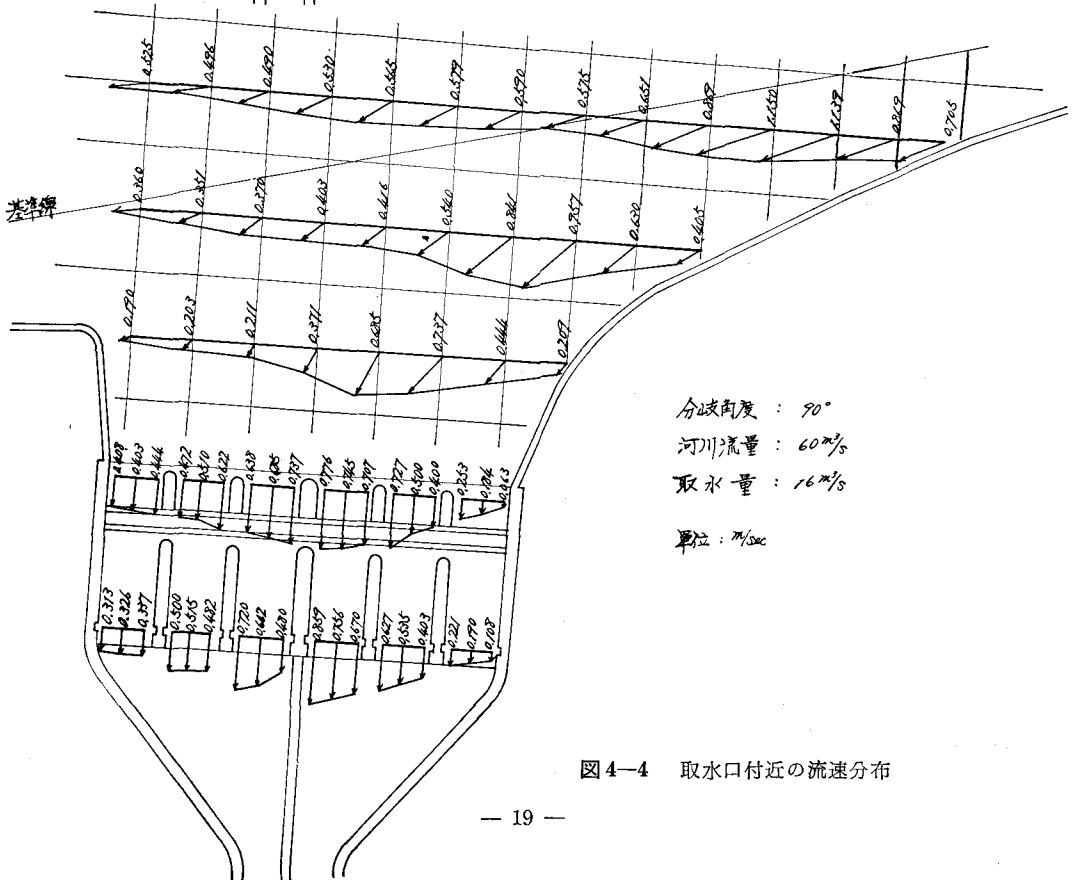


図4-4 取水口付近の流速分布

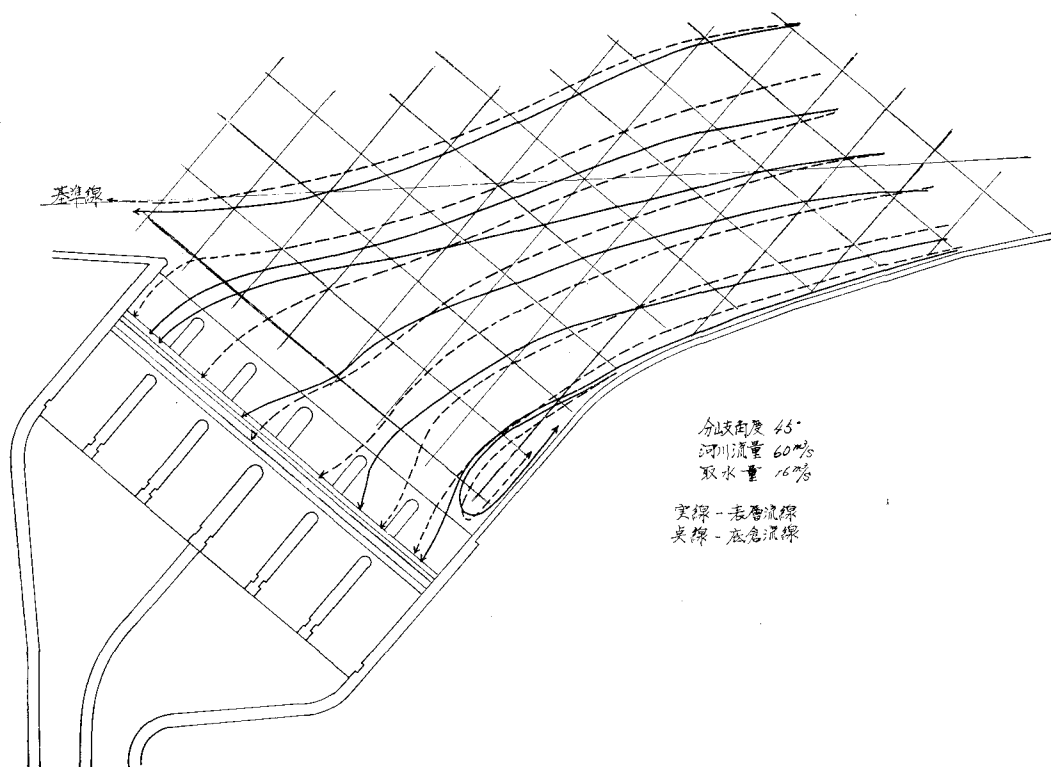


図4-5 取水口付近の実測流線

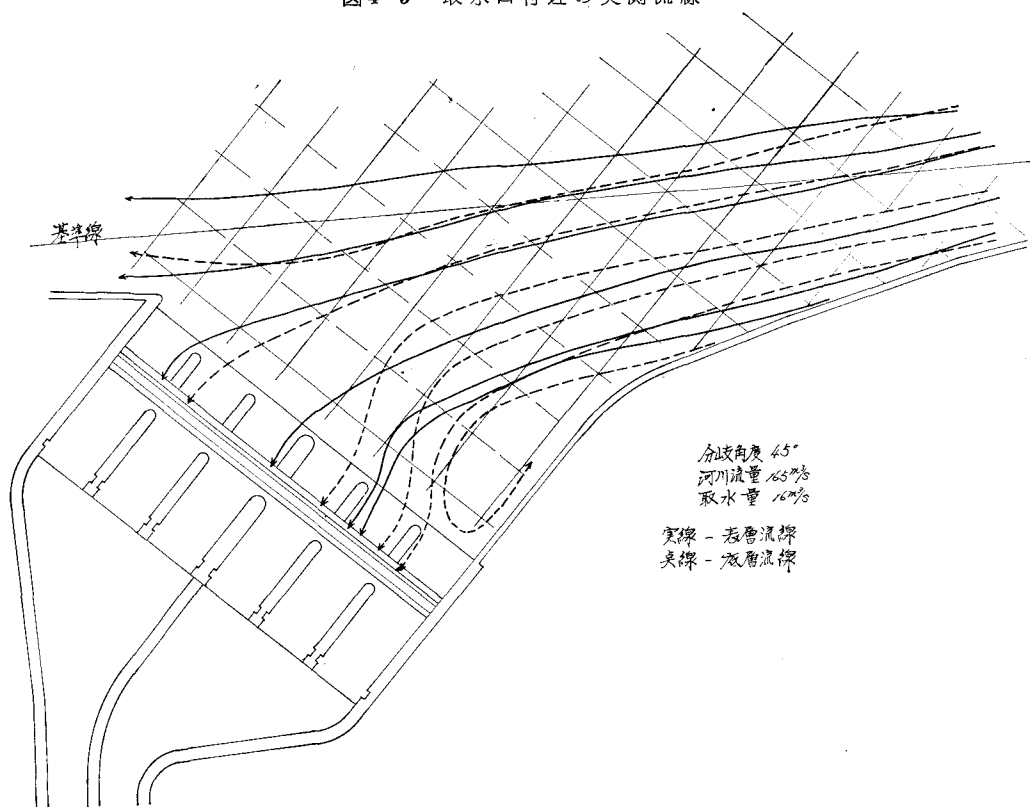


図4-6 取水口付近の実測流線

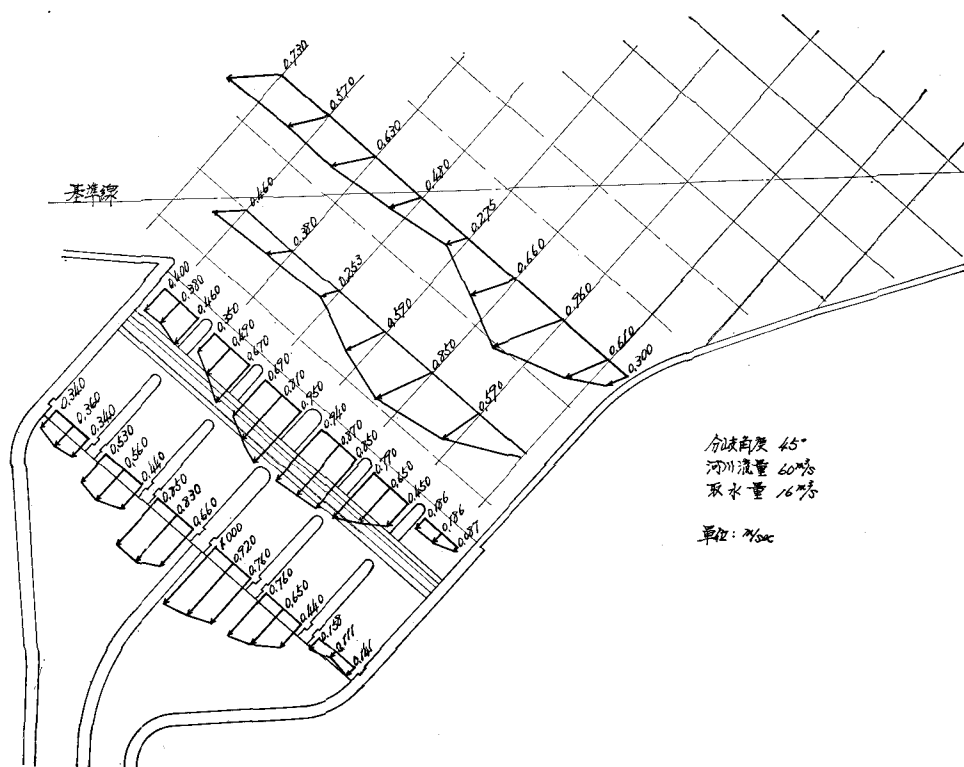


図4-7 取水口付近の流速分布

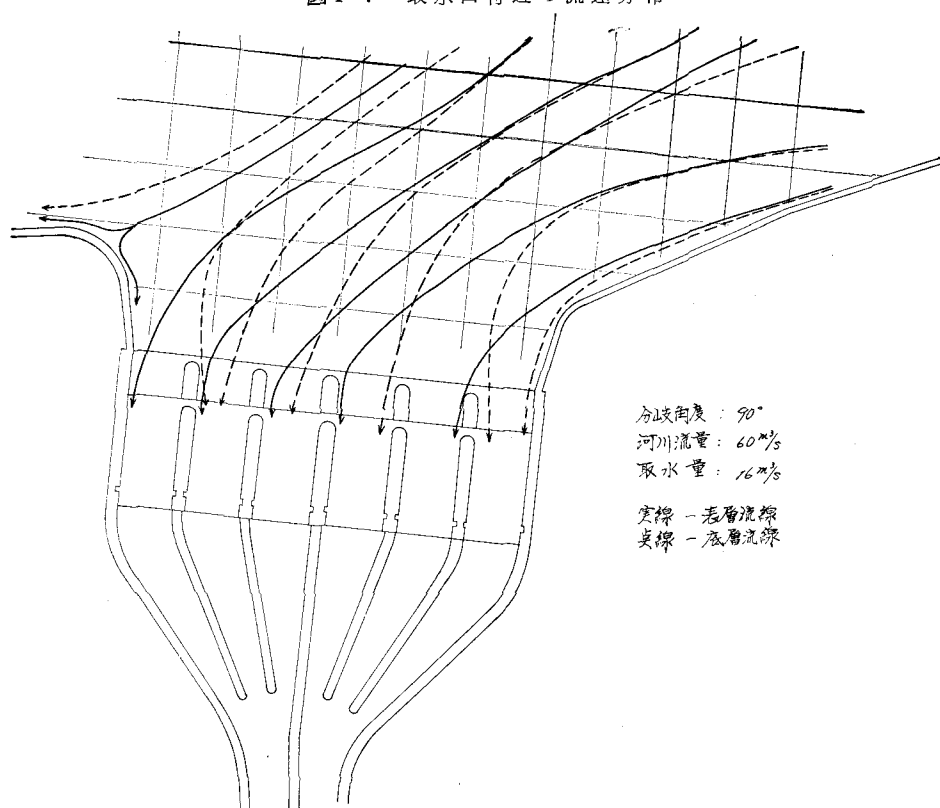


図4-8 取水口付近の実測流線

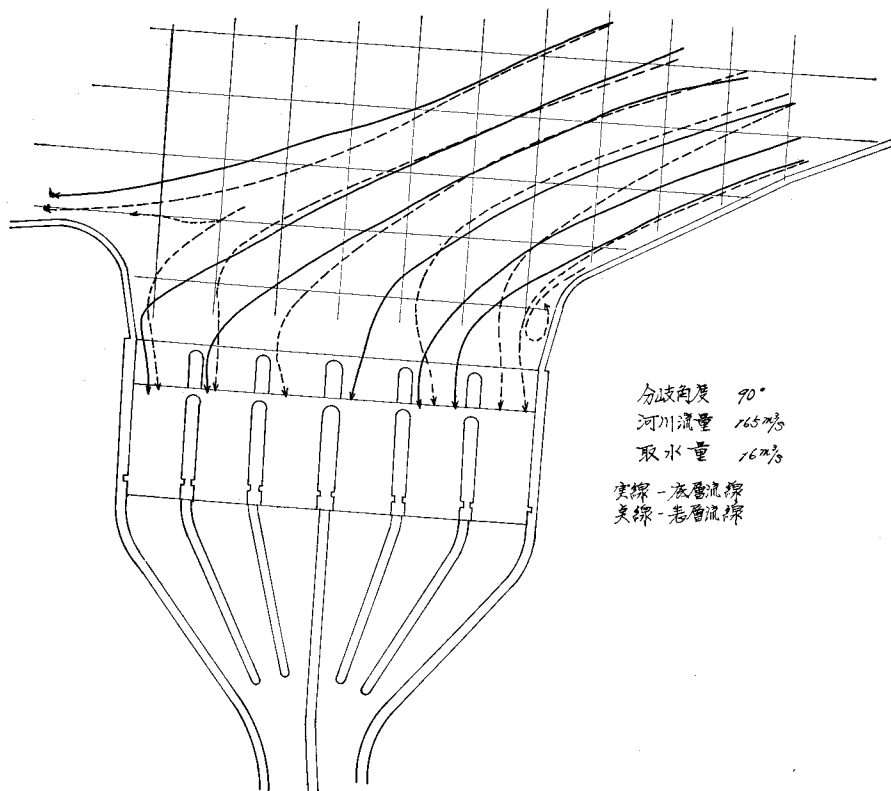


図4-9 取水口付近の実測流線

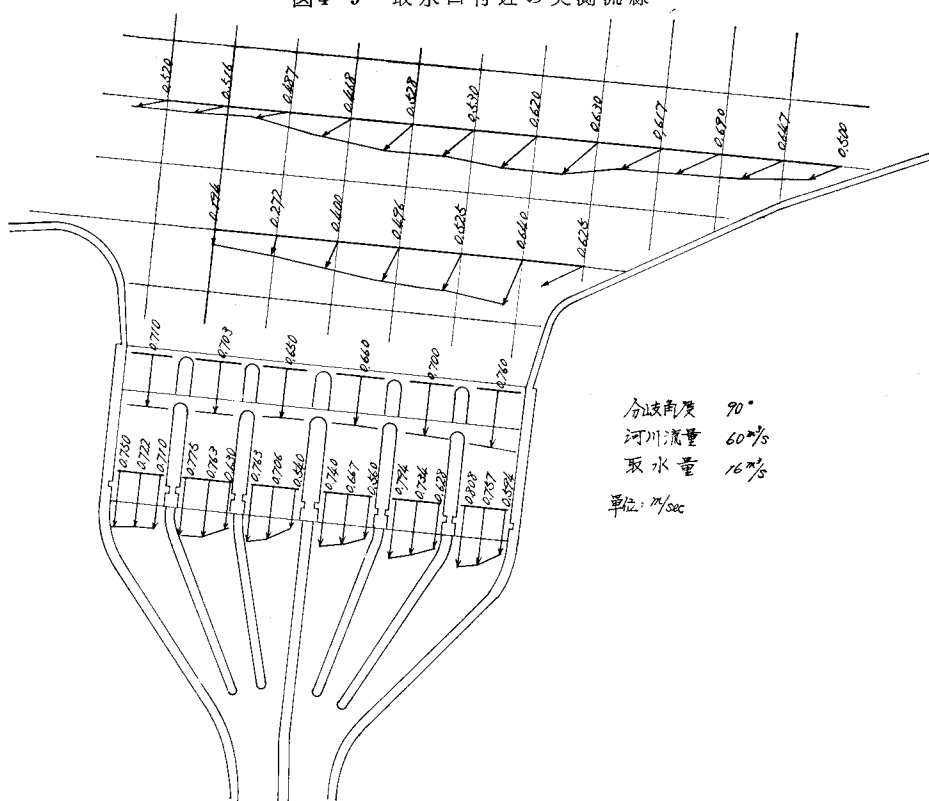
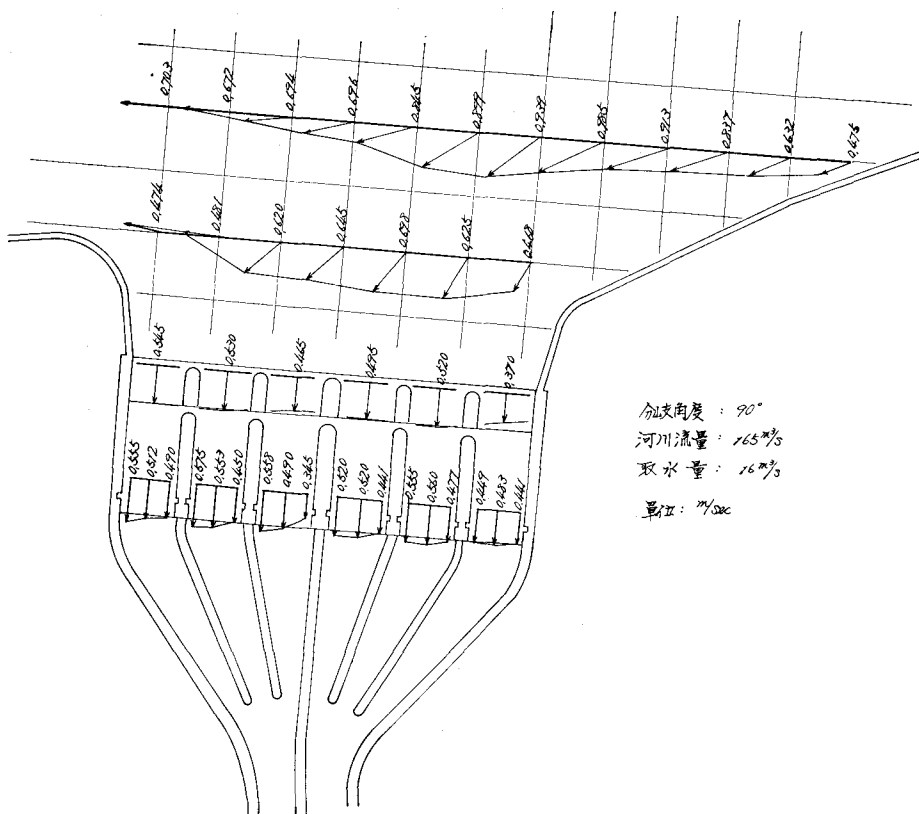


図4-10 取水口付近の流速分布



分岐角度: 90°
 河川流量: $165 \text{ m}^3/\text{s}$
 取水流量: $16 \text{ m}^3/\text{s}$
 単位: m/sec

図4-11 取水口付近の流速分布

壁を設けて流況を改善した。これらの比較を図4-1～図4-11に示す。最終形状に対する細部測定は現在実施中である。

5. 結 び

本実験は昭和37, 38年にわたり実施したもので、現在まだ継続中である。資料の詳細検討も未完のまま実験の紹

介にととまったことはまことに残念であるが、本実験が一般の分流と異り、分水路開口幅に比してその取寄せ水路幅が非常に狭いという特殊な形状を有しているために、判断上困惑する点も多く興味深いものである。

この実験の実施に当り、北海道大学、電力中央研究所を始め、各機関に種々御指導戴いたことに深謝する次第である。