

河口形状と河口閉塞防止の実験例について

山口 甲*, 長谷川 茂**, 近藤 幸雄***

1. ま え が き

河口閉塞は、河道流下断面の減少、河道水位の上昇、舟運への障害、魚類遡上への悪影響など多くの問題を提起しており、その防止対策は河川下流部の河川改修計画に主要なテーマとなっている。河口閉塞の問題は河川の流出土砂量と海域の漂砂が接合する地点での現象であり複雑である。北海道河川でも河川流出土砂量の増加、北方海象の異常性が原因となり、河口部での漂砂移動が顕著であり閉塞防止対策が継続中の河川が多い。

著者らは、これまで河口閉塞防止対策に関する基礎的な調査、実験を行ってきたが、ここでは北海道河川の河口形状の計量化を試み、その方法に基づいて行なった現地調査結果と河口処理に関する模型実験の一部を述べたものである。

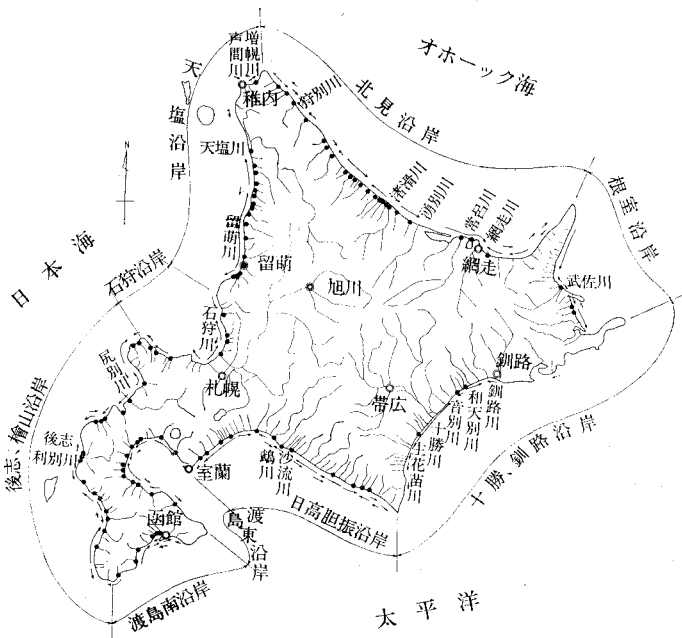
2. 北海道河川の河口形状

(1) 資料の整理方法

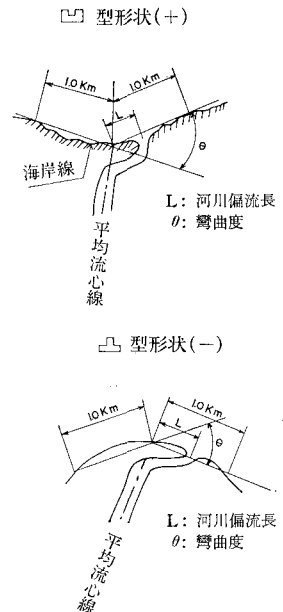
海に直接流入する河川数は 1 307 水系¹⁾を数え、おのおのの河口形状は河川の流況、河口形状、土砂流出、または、海域の波浪、地形、漂砂源によって多種多様であるが、個別の河口閉塞機構を研究するに先がけて流域面積 20 km² 以上の河川 211 水系について河口形状の現況を沿岸別に把握する。

調査対象河川は全道一円の流域面積 20 km² 以上の河川とし、沿岸の区分は 図—1 のとおりである。河口形状の計量化は国土地理院の 1/50 000 地形図と現地調査資料に基づき次のとおり行なった。すなわち 図—2 に示すように河口をモデル化して次の要素を抽出する。

- ① 流域面積：北海道河川一覧¹⁾を使用する。
- ② 低地面積：標高 10 m 以下の陸地面積を 1/50 000 地形図から求積する。
- ③ 海岸の彎曲度：河口を中心として左右岸それぞれ 1 km 地点を結ぶ線の交差角で彎曲度を表わし、海岸線が凹型の場合は (+)、凸型の場合は (-) と表示する。
- ④ 河口部河道の偏流長：河口から約 3 km の河道流



图一1 北海道河川图



図—2 河口形状のモデル

* 正会員 北海道開発局 土木試験所河川研究室長

正会員 同 上 主任研究員

*** 正會員 同 上 研究員

心線の延長が海岸線と交わる地点から河口の流心までの距離を偏流長と呼ぶことにし、右岸側に偏流している場合は(+), 左岸側に偏流している場合は(-)の表示とする。

⑤ 粒度分布: 河口付近の海岸砂礫のふるい分け試験による粒度分布および平均粒径

⑥ 風向, 風速: 風向, 風速観測所での方向別発生ひん度

⑦ 波浪: 波浪観測での波高 (H), 周期 (T) の発生ひん度

(2) 河川の規模

河川の範囲は北海道河川一覧¹⁾によると次のように整理している。

- ① 一般河川: 流域面積 1.0 km^2 以上の河川
- ② 1.0 km^2 未満の河川: 市街地を流れる著名なもの
- ③ 溪流河川 (沿岸人家耕地の全くないもの) については流域面積 10 km^2 以上の河川

上記による対象河川数は全道で 1307 水系となっているが、河川の規模を流域面積で表わすと 図-3 のとおり

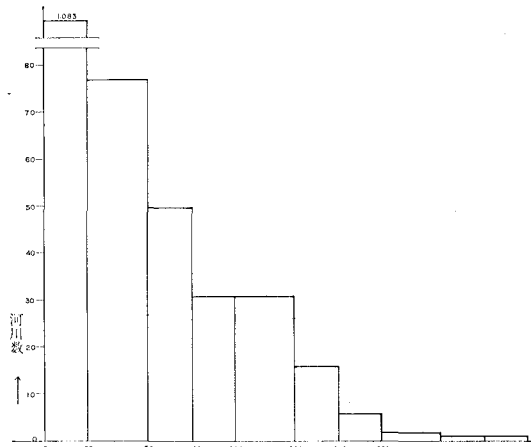


図-3 流域面積分布図→流域面積 (km^2)

で流域面積 20 km^2 以上の河川数が 211 水系, 全河川数の約 17%, 面積では全道 $78\,500\text{ km}^2$ に対して約 $68\,500\text{ km}^2$ で約 87% を占めていることになる。また、河口閉塞により直接的に影響を受ける低地の大きさを標高10m以下として、陸地面積を求積すると 図-4 の分布となる。

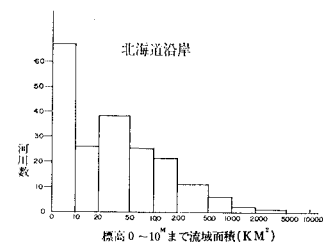


図-4 低地面積分布図

北海道では $2\,850\text{ km}^2$ 全道耕地面積 $8\,060\text{ km}^2$ の約 35% を有していることは銘記すべきことである。これらを河川流域面積に対する

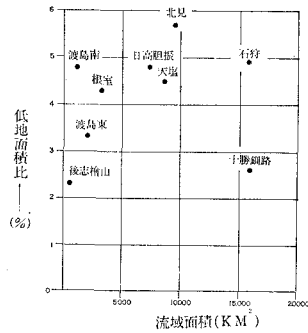


図-5 流域面積に対する低地面積比図

大ききで示せば 図-5 のとおりで沿岸によって特徴のある値を示している。特に北見沿岸, 根室沿岸, 天塩沿岸では低地面積比が大きな値を示している。これらの地区は現在のところ依然未開発地が多いがこの中で第3期北海道総合開発計

画における先導の開発事業の一つとして、根室地域新酪農村建設計画, あるいはサロベツ原野など広大な低地に自然と調和しながら計画的、効果的に開発を進めようとの構想がある。この計画において河口処理を合理的に計画することが焦眉の問題となっている。

(3) 河口形状

河口形状の成因は多くの複雑な要因からなっているが大別して河川流況, 海象, 地形特性に左右されるものと考えられる。ここでは河口形状の計量化の一つとして彎曲度と河口偏流長で表わすこととする。まず、彎曲度は海岸が凹形状の場合はプラス, 凸形状の場合はマイナスの符号をつけて河口の凹凸度合を表わす。

河口が凸形状になる場合の主要な要因は河川の流出土砂量によるデルタ地帯の形成, 地形的要因による沿岸漂砂の停滞, 凸型形状の地形などがあげられ, これに対して凹形状の場合は激浪による海岸線の侵蝕, 汀線方向に対する漂砂の供給不足, 凹型形状の地形などが考えられる。また、汀線が一樣で地形的条件に左右されない単純な個所では漂砂の供給バランスが保たれて彎曲度は0度に近いが、これらの定量的な結びつけについてはこれから

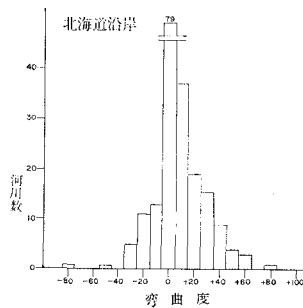


図-6 河口弯曲度分布図

であまり特異的な変化はないが、根室沿岸だけが比較的凸形状が多くなっているのが特徴である。これは地形的に凸形状になっているものの外に河川の流出土砂量が多くデルタ地帯を形成しているためと思われる。また、天

塩, 北見, 十勝釧路, 日高胆振沿岸には直線状の海岸が多いがこのような個所での彎曲度は0度となっている。このことは波浪の大きい海域であっても汀線方向の漂砂の供給・バランスがとれているものと推定される。

次に河口部河道の偏流長であるが, 小流域の河川では季節的に河口部が変動して一定していない状態を多くの河川で見受ける。これらは河川流量が少なく, また, 季節的な卓越波向による沿岸漂砂に応じて変動するが, 場合によっては完全に河口閉塞を起こしていることもある。また, 卓越波向がほぼ一定の場合には河道は汀線に平行に数 km も偏流して河道水位を上昇させている (写

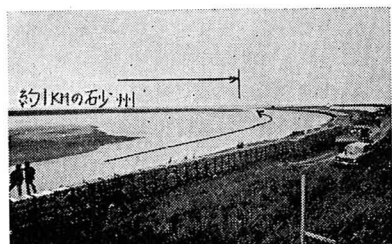


写真-1 渚滑川河口付近
沿岸漂砂の影響により河口が偏流している

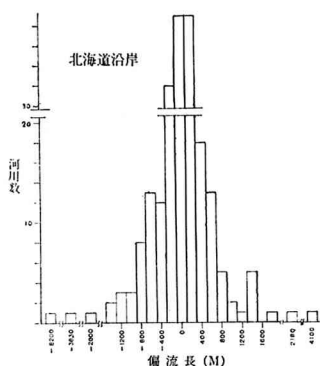


図-7 河口部河道の偏流長分布図

ことが特徴である。全道的には約 ± 500 m 以内の偏流河口数は 211 河川数の 65% を占めている。沿岸別には十勝釧路沿岸における偏流長が最も分散している。また, 偏流長の方向は 図-1 に矢印で示したが沿岸別によって一方向に卓越していることが多い。そこで代表海域において波向, 風向のひん度を示すと 図-11 であるが偏流の方向性とよく対応している。図から太平洋海域の波向は SW—SE が卓越しエリモ岬を境界として西方は苫小牧方向に, 東方は釧路方向にそれぞれ沿岸漂砂が移動しているものと想定される。ただし, 岬付近では地形の影響をうけるので逆方向の場合もある。同様に日本海海域, オホーツク海海域あるいは根室沿岸の波向および風向ひん度図から判断すれば沿岸漂砂の移動方向を推定することができるが, 噴火湾のように地形に囲まれた複雑な海

域では地形による波向の屈折, 回折があって画一的に判定することは危険である。

河口を形成する海岸砂礫は河口形状を究明する上で重要な因子である。調査は全道一円にわたって河口での砂礫 101 個を採取した (図-1 ● 印採取個所)。ここでは代表地点における海岸砂礫の粒度分布曲線 (図-8) を示すにとどめるが, 特に北見沿岸における宗谷岬から網走方向の海岸砂礫平均粒径の変化を示したものが 図-9 である。図から鬼志別川の平均粒径が大きく, 雄武川方向へ進むに従って小さくなる。また, 雄武川から藻ベツ川へ進むに従って大きくなっている。このことは鬼志別川と藻ベツ川の両河川から雄武川方向に沿岸漂砂が移動しているものと推定すれば 図-1 の河口部河道の偏流方向とよく一致している。しかし実際に現地との検証が行なわれていないので今後の調査課題としたい。

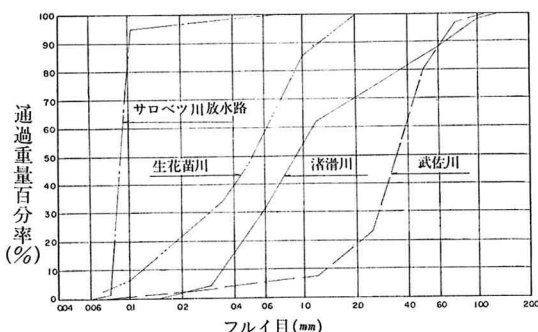


図-8 海岸砂礫粒径分布図

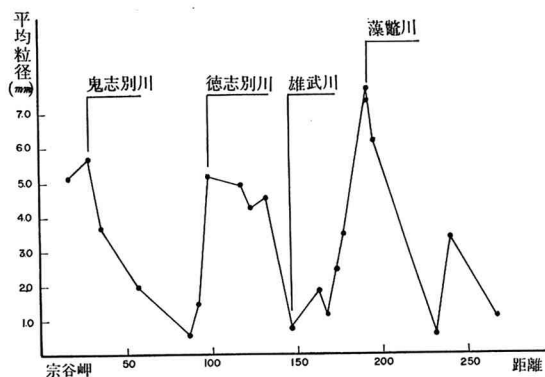


図-9 北見沿岸海岸砂礫平均粒径と通加距離

(4) 沿岸波浪

北海道は太平洋, 日本海, オホーツク海の三大海洋の海域に囲まれており, それぞれの海域から来襲する波浪分布は一定ではなく気象条件, 地形条件の影響をうけて複雑であり海洋ごとに異なった波浪特性を有している。

北海道の汀線総周長は約 2 220 km であって, このうち太平洋, 日本海, オホーツク海の各海域で発生した波浪が影響すると思われる範囲を汀線周長で示せばそれぞれ

約 40,35,25% の割合となっている。また、河川の流域面積 20 km^2 以上を対象として三大海洋に面している陸地面積はそれぞれ 40,40,20% を示している。各海域での海象特性については鴻上・佐藤ら²⁾の研究がある。鴻上・佐藤らは北海道沿岸波浪の統計的分布と各海域における代表港について四季別、波向別波浪特性の解析が行なわれているが、概要は次のとおりである。

a) 沿岸波浪分布

北海道沿岸における波浪観測は、現在のところステップ式波高計 12 個所、スタジャ式波高計 7 個所、合計 19 個所で観測されている。平均的には汀線延長約 120 km に 1 個所の間隔で観測されていることになる。ここでは鴻上・佐藤ら²⁾が作成した昭和 38 年～41 年までの 4 カ年間の波高、周期の観測資料から 22 観測地点における年別有義波高、年別有義波の周期の出現率図を使用し 1/2 年超過出現波、1 年超過出現波、10 年超過出現波を求め北海道の沿岸波浪分布の図を作成した。これらのことから次のことがいえる。

① 波高、周期の発生ひん度は観測年によって多少異なり年変化のサイクルになっているとは限らない。

② 太平洋、日本海、オホーツク海など海域によって波高分布、周期が異なっている。太平洋、オホーツク海の一部ではほぼ対数正規分布を示しているが、日本海では上に凹んだ「く」の字形の曲線分布を示す。周期は大海域である太平洋の値が大きい傾向にある。

③ 図-10 の沿岸波浪分布図で、1 年超過出現波は留萌が最高約 5 m 、最低羅臼が約 1.5 m で他は $2.5\sim 4.0\text{ m}$ 前後となる。周期について日本海海域では小さく $8\sim 12\text{ sec}$ 前後、太平洋、オホーツク海海域は $10\sim 16\text{ sec}$ 前後の値を示している。

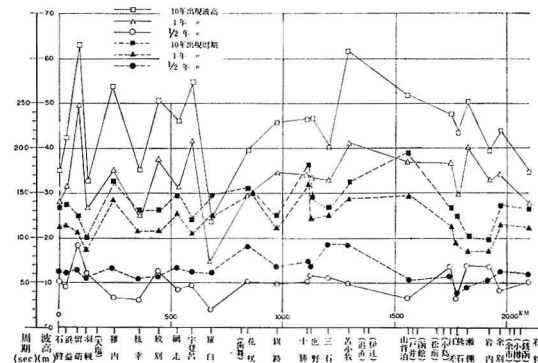


図-10 北海道沿岸波浪分布図 (観測期間昭和38年4月～41年3月)

b) 波向特性

昭和 38～41 年の 4 カ年間の波浪観測資料から釧路、苫小牧(太平洋)、留萌(日本海)、紋別(オホーツク海)の 4 代表地点の波向出現ひん度、また、現在土木試験所が

武佐川河口処理水理模型実験を行なっている地点の風向ひん度(昭和 39～44 年の 6 カ年)を示したものが図-11 である。

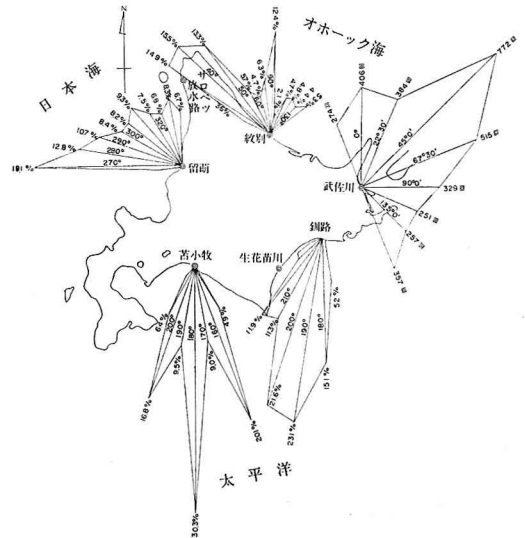


図-11 沿岸波向、風向分布図

図から一般的に太平洋海域では SW～SE、日本海海域では WSW～N、オホーツク海海域では NW～NE 方向から波浪が来襲する分布となっている。ただし、これらの値は観測地点における観測値を解析したもので深海波に換算補正されていないので波向分布は地形的影響を受けていると思われる。

3. 模型実験例

(1) 模型

武佐川の河口閉塞防止工法について導流堤方式によって実験を行なっている(写真-2 参照)。

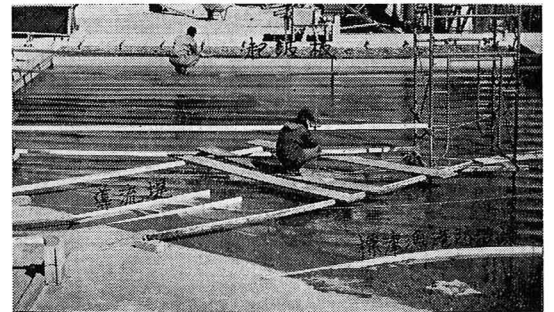


写真-2 武佐川河口処理水理模型実験

$H_0=5.33\text{ cm}$, $T=1.26\text{ sec}$, 導流堤長 227 cm , 縮尺 1/75

縮尺: 1/75

海域の寸法: 縦 24.0 m , 横 11.0 m , 水深 5.4 cm

移動床砂: メサライト, 比重 $2.156\text{ gm/cm}^3=2.09\text{ mm}$

河川流量: $Q=0.277\text{ l/sec}\sim Q=18.68\text{ l/sec}$

波 浪: $H=2.19\sim 3.87\text{ cm}$, $L=1.16\sim 2.48\text{ cm}$

$T=0.86\sim 1.26\text{ sec}$

導流堤長: 200 cm $\sim$ 267 cm

実験は現地の海岸勾配を再現することを相似性の目安として予備実験を行ない実験砂の選定をし、実験場内に給砂源を設けて約2時間起波機で波を起こしその途中、終了後の漂砂量、地形、河口水位を測定する。

(2) 漂砂量

漂砂量は、導流堤をとりまく近海に19か所捕砂器を設置して海床の各地点の移動量を計り、さらに実験後の地形変動量を測深し導流堤付近の堆積量を求める。捕砂器は図-12に示すようなプラスチック製のものを試作した。実験後の総移動量は1cmごとの水糸を張って初期値との差から、各断面の変動量を計量する。

写真-3は、実験後の基準潮位からの水深コンターを示したものであるが、導流堤の効果が良く現われている例である。

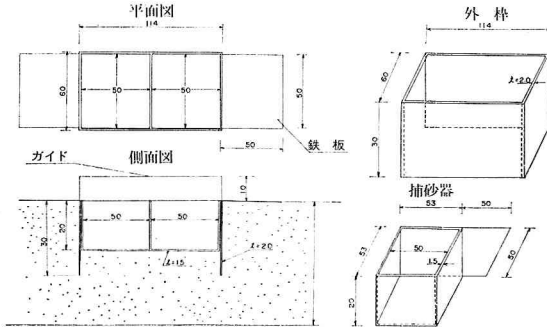


図-12 捕砂器図

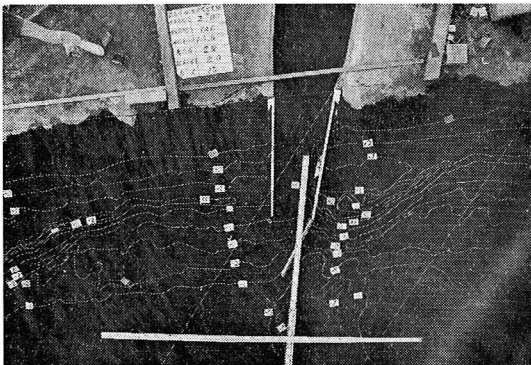


写真-3 深浅図 ($H_0=2.0\text{ m}$, $Q=13.5\text{ m}^3/\text{sec}$)

導流堤の左、右岸の漂砂による堆積、侵食の状況は図-13に示した。右岸の状況は初期の段階で侵食し、90分を過ぎた頃から堆積を始めており、150分位で変化は少なくなっている。複雑な地形および工作物を伴う場合漂砂の非平衡性の問題がある。

汀線に直角方向の漂砂量を捕砂器に方向金網をつけて測定した。捕砂器側近の波浪により Manohar の式³⁾で整

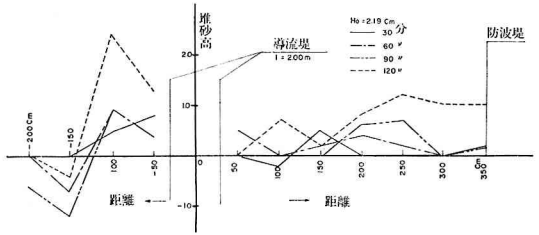


図-13 漂砂堆積高時間変動量

理したものが図-14であるが、実験範囲が狭く実験例を増している段階である。沖波に対する漂砂量は図-15に示したが前者より傾向が明確である結果を得た。

$$q_s = 0.34 \times \Phi^{0.7}$$

$$\frac{q_s}{\sqrt{gH^3}} = 0.063 \left(\frac{h}{L_0} \right) + 2.1$$

q_s : (cc/min $\cdot$ cm), h : 水深

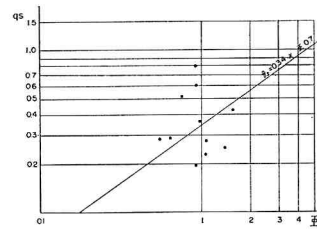


図-14 $q_s \sim \Phi$ 図

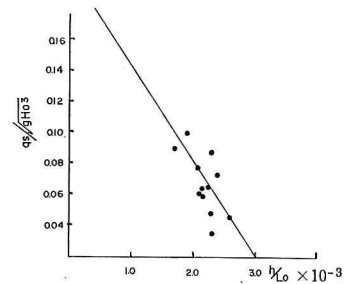


図-15 $q_s / \sqrt{gH^3} \sim h/L_0$ 図

(3) 河口水理

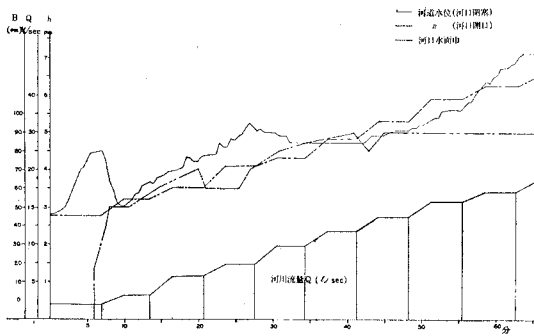
武佐川の平水流量と閉塞後に計画流量に匹敵する流量を Froude 則を用いて流下させ、河道内水位への影響を実験的に調べている。

計画流量時の河道内水位、河道水面幅を図-16に示した。

① 海域を静水にした場合で閉塞前の河道水位は点線に示すが、流量と一定の関係で水位は変化する。

② 海域に波を起こした場合は、河口に一部堆砂した砂堆は流量 19.6 l/sec で完全流失してしまい、河道は所定の断面まで拡幅する。砂堆による堰上げ水深は 1.7 cm である。

③ 砂堆が流失した後大きな波浪は、さらに導流堤内



図—16 計画流量における水位，河口水面幅
($H_0=4.0$ 導流堤なし)

に侵入して来て水位の堰上げ作用をし，さらに流量が増加すると，波浪は河道外に出て波浪がない場合と同じような河川水位に復元する。

このように波浪による水位の堰上げは，中規模洪水時に発生する可能性がある。その大きさは 1.1cm の大きさが測定されたが防災計画上留意すべき興味ある現象であり，今後その検証を進めて行きたい。

④ 導流堤を設けた場合，比流量 $q=0.41\text{ (m}^3\text{/sec/km}^2\text{)}$ 規模の出水で砂堆は流出してしまうので，大洪水時には十分に安全である。

模型実験は現在継続中であり，さらに実験ケースを増して研究を重ねて行く予定である。

4. む す び

北海道の河口閉塞状況についての現地調査，実験結果を河川サイドからとらえて現状分析を行なって河口形状のアウトラインをとらえることができたが，さらに個有地に対する分析を行なうことが必要となってくる。模型実験については，現地実測を併行して行ない，合理的河口設計法の実験的研究を行なう予定である。

参 考 文 献

- 1) 北海道土木部河川課監修：北海道河川一覽，1970年。
- 2) 鴻上雄三・佐藤功外3名；北海道沿岸波浪の特性について，第11回開発局技術研究発表会論文集，昭和42年。
- 3) 水理公式集：漂砂量，p. 549，昭和46年度版。