

D.1 維持流量に関する研究

河川計画課 河川管理課
土木試験所
石狩川開発建設部 函館開発建設部
小樽開発建設部 室蘭開発建設部
帯広開発建設部 釧路開発建設部
網走開発建設部 旭川開発建設部
留萌開発建設部

まえがき

最近の経済活動の急速な成長は人口増加と都市化の進展を伴った生活水準の向上をもたらした。この過程の大きな特徴は水をも含めた天然資源の急速な消費であり、かつては豊富にほとんど無料に近いものとして利用されていた水も今では注意深く管理され使用されるような貴重資源である。人間社会が繁栄を重ね発展するに従い需要が多様化し環境に対する要求が増大しつつあり、河川そのものに目を向けると涸渇、汚染などにより河川が本来有していた機能が脅かされるようになってきた。

本研究は昭和45年度から5年間にわたって行なわれた「利水計画に関する調査研究」の成果をふまえ河川法並びに河川法施行令で規定している河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持を確保すべき流量を決定すべく、昭和50～51年度の2カ年間で各種要因の定量的、定性的調査検討を行なうもので、この研究の中で各河川の特徴を十分にとらえそれに合致した流水管理の基本が確立されることを期待するものである。

1 正常流量について

正常流量とは河川法施行令10条2項でいう河川の適正な利用及び流水の正常な機能維持を確保するために必要な流量であり、河川管理者は、工事实施基本計画にこれを定めることになっている。しかし現実には、渇水流量の予知法、水質基準および河道維持流量の決定方法などの調査、研究が不十分であるため、全国的にみても一級河川109水系のうち決定または、おおむね決っている河川は26河川にすぎず、道内では一応決定されている河川は、1河川のみでこれも現在再検討中のものである。水需要の増大、河川流水の汚濁、地下水の維持、漁業などが社会問題として注目されている現在、早急に正常流量を決定する必要がある。

本調査、研究は、維持流量を決定するための調査研究を道内の1級河川、13水系について実施し、13水系の維持流量を決定するための資料を得るとともに、得られた資料により類似河川への資料の適用を目的として、昭和50年度より51年度まで2カ年計画で実施するものである。

(1) 正常流量とその機能

正常流量のはたすべき機能として、河川法施行令では、流水の占用、舟運、漁業、観光、流水の清潔の保持、塩害の防止、河口閉塞の防止、河川管理施設の保護、地下水維持等が記されており、河川砂防技術基準の改訂(案)では、動植物の保存を加えている。また、流水の占用以外の必要流量(維持流量という)と、それが定められた地点における、占用流量とで構成される流量で適正な河川管理のために定めるものを正常流量といている。すなわち、正常流量とは、流水の占用に係わる流量と、平時維持すべき流量で構成される。正常流量は、また本来河川のすべての区間でその機能をはたすことができるように決定すべきものである。

本研究は、基準地点の水理量を基礎資料として、河川の縦断的な正常流量を定めるために理論的な調査研究を実施するものである。

(2) 調査概要

正常流量を決定するためには、河川砂防技術基準(案)に定める10項目を詳細に検討する必要がある。本年度は10項目のうち、塩害の防止、河口閉塞の防止、舟運、流水の清潔の保持の5項目と漁業および河川管理施設の保護に関係あると思われる河床形態について道内の1級河川13水系を対象に検討した。

2 基本調査

河川砂防技術基準原案には、利水面から確保流量を、河川管理施設の保護および舟運のための必要な吃水を確保するための確保水位、水質面から適切な水質を維持するための確保水質を考慮して決定することになっている。

これら、確保流量、確保水位、確保水質は、前述した各10項目のいずれにも単数、あるいは複数で関係するものであり、こころみに分類してみると、

確保流量 漁業、観光、塩害の防止、河口閉塞の防止、流水の占用
 確保水位 観光、舟運、漁業、河川管理施設の保護、地下水の維持、動植物の保存
 確保水質 流水の清潔の保持、漁業、観光、河川管理施設の保護、流水の占用

になる。10項目に対する正常流量は各項目毎に検討する必要がある、ここでは各項目を検討する基礎調査として、確保流量、確保水位について検討した。

(1) 確保流量

河川砂防技術基準原案では「正常流量は、その河川の主要地点について定めるものとし、原則として10カ年第一位相当の渇水時において維持できるように計画するものとする。」と記されている。

ここでは、主要地点として、各河川の主要観測所地点を選び出し、各地点の夏期における最小流量、渇水流量、低水流量、平水流量についてそれぞれ $\frac{1}{10}$ 確率流量を、また、豊水量については低流量の生起頻度より流量の平均的数値が重要と思われるので資料10～20年間のものの平均値を選出した。以上の資料により、各項目毎の必要流量が、渇水量のみならず、巾広い流量範囲について検討可能であり、よりの確なもの決定できると思う。

(2) 確保水位

本来、確保流量、確保水位は、河川において継断的にすべての区域で、その機能をはたすことができるように決定すべきである。しかしながら利水状況についての厳密な定量化の困難性、渇水時の事象についての調査研究成果の不足な場合などがほとんどであり、主要地点について決定せざるを得ない。一方確保水位については、かならず継断的な水位のつながりが要求されるものである。

流量資料に多少の問題点はあるが以下の初期条件で、不等流計算により継断的な水面形を算定した。

イ 初期条件

現況断面	計画潮位
現況断面	平均潮位
計画断面	計画潮位
計画断面	平均潮位

ロ 計算流量

最小流量	10年確率流量	約10年～30年の資料による
渇水量	10年確率流量	〃 〃
低水量	10年確率流量	〃 〃
平水量	10年確率流量	〃 〃
豊水量	平均流量	〃 〃

イに記した初期条件（4条件）にそれぞれ、ロに示した5流量の20例について計算した。以上の計算により、各水面形、河床、水深、水面勾配の継断的变化、各流量の水位変化が明確であり、正常流量の各項目を検討するための基礎資料として重要なものである。

3 塩害の防止

河口においては、塩水の遡上によって、かんがい用水や、地下水の塩分濃度が上昇し、漁業や農業などの利水に重大な影響を及ぼすことがある。これらの対策としては塩止堰の設置や、かんがい施設の改良等を検討する必要があるが、本節では、その第一段階として塩水遡上の程度を検討することにした。

(1) 河口密度流の概要

河川感潮部分の水理的な状態を塩分侵入の状況から見て、河口密度流の形式は図-1, のように3通りに大別される。

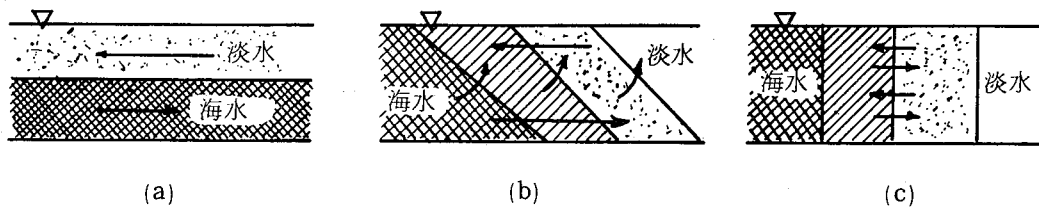


図-1 感潮河川の混合型

(a)は弱混合型で入退潮による混合が弱く、淡水と塩水とが上下に明瞭な二層をなして、いわゆる塩水くさびを型づくる。河口部の流れは表層は流下する河水、底層はゆるく逆上する海水とによる二層流となり、二層の界面はうすい混合層を形成している。(a)の場合の混合は界面付近から生じる乱れによる下層水の上層水への加入により行なわれるといわれ、この状態は潮差の小さい日本海側の各地点で観測されている。

(c)は強混合型であり、混合の原因が界面に沿う速度せん断ではなく、潮汐運動から生じる乱れが非常に強いときに生じる。この場合には河水と海水はよく混合し、水深方向にほとんど密度差がなくなる。塩分濃度は流下方向の位置だけの関係となるといわれている。

(b)は緩混合型で(a)、(c)型の間であり、流下方向にも鉛直方向にも濃度勾配が生じる。北海道河川の多くは、比較的潮差が小さく、潮汐運動から生じる乱れが弱いと推定されるので、弱混合型で密度流の形式を算定することにした。

(2) 河口二層流（弱混合型密度流）

海水と河水との混合が少なく、境界面が明瞭に存在し、海水が川底上をくさび形に侵入する場合のくさびの型状および長さを求める計算式はFarmer・Morgan, Schijf・Schönfeldによって与えられている。

式(3.1)、(3.2)は、それぞれ、塩水くさびの形状、塩水くさびの長さを与える式でありSchijf・Schönfeldが与えた式から誘導できる。

(1) くさびの形状を与える式

$$-\frac{1}{5 F_{i0}^2} \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^5 + \frac{1}{4 F_{i0}^2} \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^4 + \frac{1}{2} \left(\frac{H_1}{H_0}\right)^2 - \left(\frac{H_1}{H_0}\right) - \frac{3}{10} F_{i0}^{4/3} + \frac{3}{4} F_{i0}^{2/3} = \frac{f_i \cdot x}{8 \cdot H_0}$$

(3・1)

$$\frac{L}{H_0} = \frac{2}{f_i} \left(\frac{1}{5 F_{i0}^2} - 2 - \frac{6}{5} F_{i0}^{4/3} + 3 F_{i0}^{2/3} \right)$$

(3・2)

ここに

$$F_{i0} = U_0 / \sqrt{\epsilon g H_0}$$

(3・3)

であって塩水くさび先端の内部フルード数であり1より小さい。これが1と等しいときは塩水くさびが河口内に存在しない限界の条件になる。

$$\epsilon = 1 - \gamma = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

(3・4)

$$\gamma = \rho_1 / \rho_2$$

(3・5)

(3・2)式は、(3・1)式より直ちに求められる。くさびの先端 $x = L$ で $h_1 = H_0$ の条件を代入すればよい。

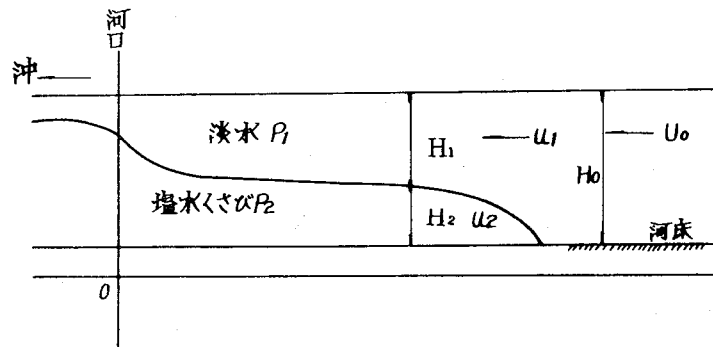


図-2 塩水くさび一般図

塩水くさびが河口内に存在する限界淡水流量は

$$q_0 = A u_1 = A \sqrt{\epsilon \cdot g \cdot D}$$

(3・6)

である。ここに

ρ_1, ρ_2 : 淡水及び塩水の密度, D : 河口水深, A : 河口断面積, f_i : 低抗係数
で表わされる。

(3) 計算結果

塩水遡上を弱混合型(2層流)の密度流としてとらえるために、各種流量(豊水量、平水量、低水量、濁水量、最小流量)について、初期条件(現況断面、計画断面、計画潮位、平均潮位)を変えて(3-1)式を用いて計算した。

4 舟 運

(1) 舟運について

正常流量の決定にあたっては、舟運のために必要な吃水、及び水面巾の確保が必要である。特別の場合を除いては、河川の固有流量の増加によってそれらを確保する必要がある。

一般に、航路巾は往路線で舟のバース長さの1.5倍、片路線でバース長さの0.5倍の巾が必要であり、水深については舟のバース深さが必要だといわれている。

本道の河川においては、そのほとんどが河口付近で運航されているので、次章の河口閉塞の防止と合せて検討すべきであるが、ここでは現在運航されている舟、あるいは将来利用されると予想されている舟を選び出し、舟の航路範囲を調べ、河道の水面巾、あるいは水深を定める。

以上の検討により、第一章の基本調査、河口の維持すべき水面巾、水深と合せて考察することにより、舟運のために必要な流量を決定できるものと思われる。

(2) 調査結果

表-1は、現在運航されている舟、あるいは将来利用されると予想されている舟の調査結果を示したものである。

5 河口閉塞の防止

河口の安定とは、河口に作用する因子のつりあいによって河口附近の砂の移動が定常状態になり、ある期間一定の状態を保つことである。つりあいが成立せず砂の移動が不定常になると、河口は閉塞したり、断面が過大になったりする、とくに河口が閉塞すると洪水時の氾濫、魚類の河道への遡上防害、排水不良による農耕地への悪影響等、治水、利水上種々の障害が発生する。

この問題を解決するために、河口の安定をはかることを河口処理という。

河口に作用する因子は、河川流量、潮汐、沿岸流、海流、風があり、移動する砂としては河川流砂、漂砂、飛砂がある。河口にはこのように複雑な要因が作用しているが、結局河川流砂と漂砂がどのように変動するかを調べることになる。

この章では、河川の平衡断面積について検討する。

(1) 河口平衡断面積

河口断面積は、流量と流砂量とにより定まり、河口に土砂の堆積、洗掘が進行しなければ河口は平衡状態にあるといわれている。

河口断面積に影響する因子は

i 河川の固有流量： Q_0 ii 入退潮量： Q_t iii 掃流力： τ_0

iv 波の力： W_a v 底質の水中比重： S, d

vi 流速分布に影響する河口の形状係数： β

表-1 舟 運

	利用する最大船型				必要な巾及び水深				舟の最上流端 航 舟 位 置	摘 要
	総トン数 (t)	吃水深 (m)	バース深さ	バース長さ	河 口 部		一 般 水 路			
					巾	水 深	巾	水 深		
石 狩 川	2.33	1.0	1.50	10.0	15.0	1.5	15.0	1.5	15 Km	
天 塩 川	150	3.50	4.00	40.0	60.0	4.0	60.0	4.0	2.0	
尻 別 川	2	1.00	1.50	10.0	15.0	1.5	15.0	2.5	0.44	
”	9	1.50	2.00	15.0	22.5	2.0	22.5	4.0	0.28	
沙 流 川	1.0	1.0	1.50	10.0	15.0	1.50	15.0	1.50	2.6	シシヤモ漁による1 t未滿の船外機船
鷓 川	1.0	1.00	1.50	10.0	15.0	1.50	15.0	1.50	2.6	”
網 走 川	125	3.50	4.00	40.0	60.0	4.00	40.0	4.0	0.8	
常 呂 川	10	1.50	2.00	20.00	30.0	2.0	30.0	2.0	0.5	
湧 別 川	10	1.50	2.0	20.0	30.0	2.0	30.0	2.0	0.4	
留 萌 川	10	1.5	2.00	20.0	30.0	2.0	30.0	2.0	0.5	

などがあり、河口断面積：Aは(5-1)式で示される。

$$A = f(Q_0, Q_t, \tau_0, W_a, S, d, \beta) \quad \dots\dots\dots (5-1)$$

掃流力を摩擦速度 $u \times e$ で表わし、平衡状態のときの摩擦速度を $u \times e$ とすれば、それには、波、底質の影響などを合せて考えられるので、河口平衡断面積 A_e は次の式で示される。

$$A_e = f(Q_0, Q_t, u \times e, \beta) \quad \dots\dots\dots (5-2)$$

イ 河川流量による平衡断面積

いま河川の流量のみのときは(5-2)式は(5-3)式となる。

$$A_e = f(Q_0, u \times e, \beta) \quad \dots\dots\dots (5-3)$$

(5-3)式は、河川の平衡断面を与える式であり、河口に適用するときは、 $u \times e$ 、 β を検討しなければならない。

平均流速は対数公式(5-4)式を用いる。

$$\frac{u}{u \times e} = ar - \frac{1}{k} + \frac{1}{k} \ln \frac{R}{K} + \frac{\beta}{k} - \frac{\bar{\epsilon}}{\epsilon} \frac{u}{u \times e} \quad \dots\dots\dots (5-4)$$

ここに

$u \times e$: 摩擦速度 k : Karman 常数 K : 相当粗度 β : 形状係数

$\bar{\epsilon}$: セン断力不均一による補正係数、(河口形状が平らな形で絶対平衡の状態にあれば自由表面の影響を無視して $\bar{\epsilon} = 0$ となる。

平衡摩擦速度 $u \times e$ は掃流力の無次元表示 Ψ を用いると(5-5)式となる。

$$u \times e^2 = \Psi \text{sgd} = g R I_f \quad \dots\dots\dots (5-5)$$

ここに

S : 底質の水中比重 Ψ : 掃流力の無次元表示 Q_0 : 河川流量 d : 底質の水中比重

I_f : エネルギー勾配 A_e : 河川流量による平衡断面 g : 重力の加速度

(5-4)式に $ar = 8.5$ 、 $K = 0.4$ を入れ(5-5)式に用いると、平衡断面積は次式で示される。

$$A_e = K_1 Q_0 \quad \dots\dots\dots (5-6)$$

$$K_1 = 1 / (6.0 + 2.5 \beta + 5.75 \log R / k) (\Psi \text{sgd})^{1/2} \quad \dots\dots\dots (5-7)$$

河巾が一定で、かつ広矩形(潤辺 $P = B$)の場合粗度係数 n を用いると(5-7)式は

$$A_e = K_2 Q_0^{3/7} \quad \dots\dots\dots (5-8)$$

$$K_2 = \{ n B^{1/6} / (\Psi s d)^{1/2} \}^{3/7} \quad \dots\dots\dots (5-9)$$

ロ 入退潮量による平衡断面積

河口を通る流量が入退潮量 Q_t のみとすると

$$A_{te} = f(Q_t, u \times e, \beta) \quad \dots\dots\dots (5-10)$$

$$Q_t = f(\Omega, T, u \times e, C_1, \beta) \quad \dots\dots\dots (5-11)$$

河口に生じうる最大流速は

$$V_m = \frac{C_1 \pi \Omega}{T A} \quad \dots\dots\dots (5-12)$$

平均流速公式に chezy 型を用いると最大摩擦速度は

$$u_{\text{max}} = \frac{\sqrt{g}}{C} \left(\frac{C_1 \pi \Omega}{TA} \right) \dots\dots\dots (5-13)$$

河口巾が一定で、かつ広矩形（じゅん辺 $P \doteq B$ ） C は粗度係数 n で表わすと（5-14）、（5-15）式になる。

$$A_{te} = K_4 \left(\frac{\Omega}{T} \right)^{0.7} \dots\dots\dots (5-14)$$

$$K_4 = \left\{ \frac{nc_1 \pi B^{1/6}}{(\psi_{sd})^{1/2}} \right\}^{0.7} \dots\dots\dots (5-15)$$

ここに S_0 : 平均潮位のときの感潮面積

h_0 : 潮差、 A_{te} : 入退潮量による平衡面積、

T : 潮汐の周期

6 流水の占用

水利使用面からの検討にあたっては、水利使用についての実態を十分調査し、水量、期間等を明らかにしなければならない。また、一度使用した水でも河川に還元すると自然浄化されて再利用可能であるから、還元水の実態、区間流入量についても明らかにする必要がある。

(1) 低水流量継断図の作成方法

同時流量観測資料、区間流入量、取排水量を調べ、取排水路系統図（図-3）低水流量継断図（図-4：モデル図参照）を作成した。

図-3に示すように、取水量 N 、排水量 O 、区間流入量で支川よりの流入量 P 、地下水よりの流入量 g 、地点流量 Q_1 、 Q_2 （それぞれ上流地点流量、下流地点流量、自然流量 R とすると、基準地点流量 Q_2 は、（6-1）式になる。

$$Q_2 = Q_1 - N + O + P + g \dots\dots\dots (6-1)$$

$$g = Q_2 - Q_1 + N - O - P \dots\dots\dots (6-2)$$

g を区間距離に按分すると

$$q_1 = q_2 = q_3 = \dots\dots\dots = q_n = g/N \dots\dots\dots (6-3)$$

但し N を区間距離とする。

ここで流量 Q は、過去に調査された同時流量観測資料のうち、特に小流量（渇水量程度を目度として）のものを選び算定する。

(2) 調査結果

河川砂防技術基準原案によると「流水の占用については、正常流量は、それが定められた地点より下流において取水される水量を含んで設定するもの」とある。しかしながら、将来の水需要を計画するとき現在の取水量を明らかにするだけでは不十分であり、河道内の継断的な、水量を明らかにする

(2) 河床形態の領域区分

図-5は、Gardeらと椿らが R/dm と $I / (\sigma/\rho - 1)$ で河床形態領域を区分したものである。また、芦田、道上は、河床形態をLower regime (砂連、砂堆領域) とUpper regime (平坦河床、反砂堆領域、一般にフルード数が大きい場合に形成される。) に区分し、河床安定理論の解析結果を参考にして $Fr \geq 0.8$ をUpper regime, $Fr < 0.8$ をLower regime とし、その境界を区分するパラメーターとして、次元解析の結果により τ_* と R/dm を取り上げ図-11に示す領域区分図を与えた。なお、ここでは、 $u \times dm / \tau \leq 10$ のとき砂連、 $u \times dm > 10$ のとき砂堆と定めて区分している。

図-6の結果はGardeらによる区分とほぼ同じである。

一方、砂州の形成条件は、水深と水路巾の比 H/B が関与すると考えられている。鮎川は図-7の領域区分法を提案している。

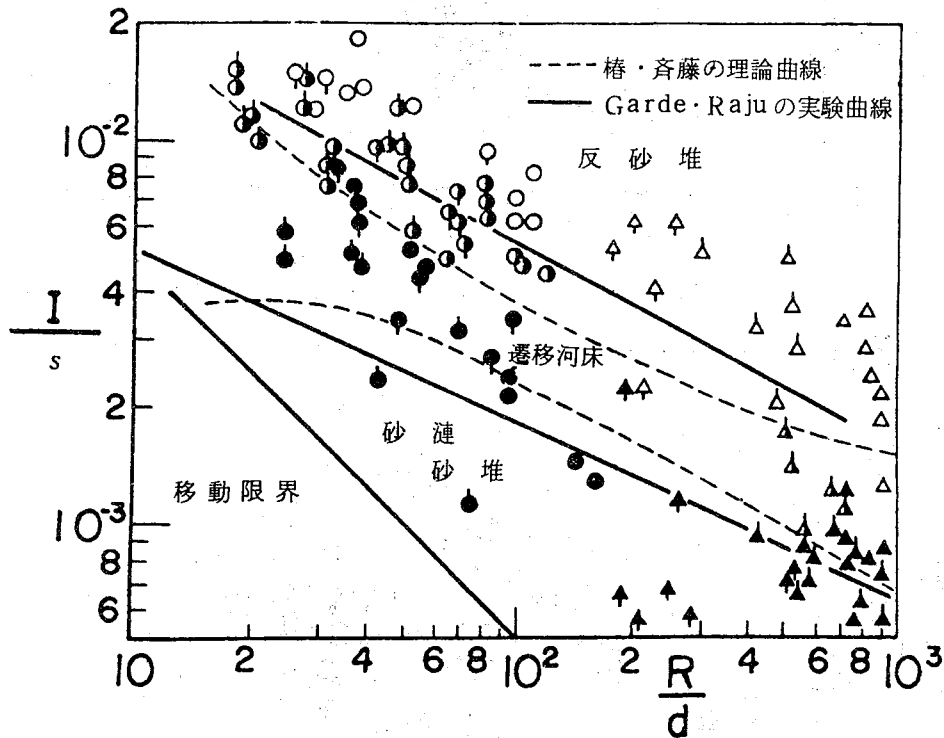


図-5 河床形態の領域区分 (Gardeらおよび椿らの方法)

(3) 調査結果

河床形態の領域区分をGardeらと椿、芦田と道上、および鮎川の区分にしたがって検討した。

計算は、先に記述した5流量、及び4条件について実施し、計算区間は、1章で示した不等流計算区間についてである。作図は、特に現況断面、平均潮位における豊水量、渴水量および計画断面、平均潮位における豊水量、渴水量について行なった。

イ $\frac{I}{S}$ と $\frac{R}{dm}$ の関係による区分領域

緩流河川と急流河川で異なるが、一般に豊水量では、砂連、砂堆領域に、渴水量では砂連、砂堆

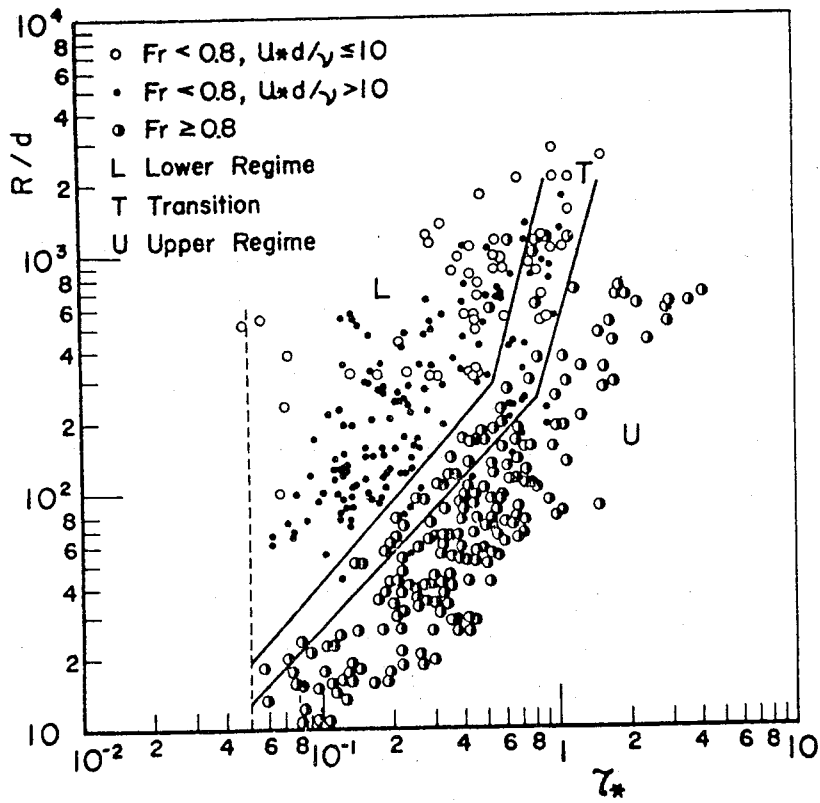


図-6 Lower regimeとUpper regimeの区分 (芦田・道上)

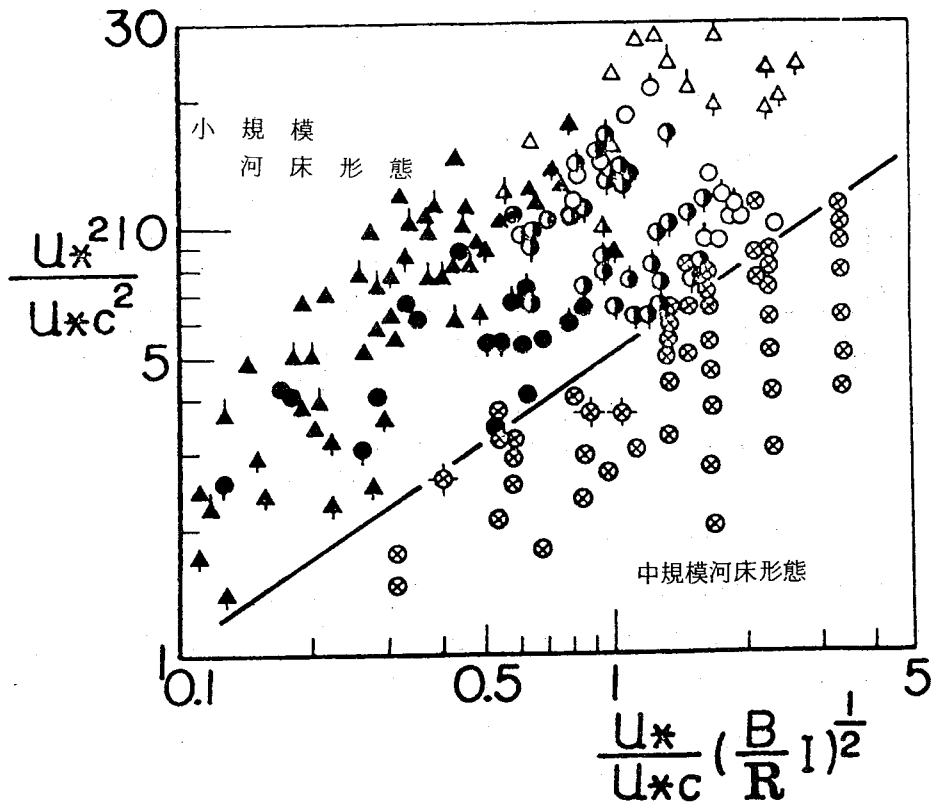


図-7 中規模河床形態の形成領域 (鮎川)

領域と移動限界領域にプロットされる傾向にある。そして下流部、すなわち緩流河川のものほど移動限界領域にプロットされる割合が多くなる。

13水系を通して1～2点の例の他は、豊水豊以下の流量で遷移河床、反砂堆は形成されない。

ロ R/dm - τ_* の関係による区分領域

計算結果によると、いずれの河川も、今回検討した流量範囲では、Lower regime の領域にプロットされている。これは、砂連、砂堆の領域であり、豊水量以下では、砂連、砂堆しが形成されないことになる。

ハ $\frac{u_*^2}{u_* c^2}$ と $\frac{u_*}{u_* c} \left(\frac{B}{R} \cdot I \right)^{\frac{1}{2}}$ の関係

13河川の大部分が中規模河床形態にプロットされる。小規模河床形態にプロットされるものは、一般に河口部附近の0.0km～20km間のものである。

8 流水の清潔の保持

(1) 概要

維持流量の決定要因として水質の保持があげられる場合が多い。建設省の調査によっても流水の占用とならんで最も高い率を示している。本道においては、一般に清浄な河川が多いが、都市河川の他石狩川など大河川に汚濁の進行が認められている。しかしその評価の方法として、汚濁指標の濃度だけで判断することは採水の頻度、採水時の流量のかたよりなどから考えて不適当と考えられる。各指標についてそれぞれ評価の方法も異なるということもあり、昭和50年度は有機汚濁の指標であるBODと、これによる一次的微候として変化が現われると考えられるDOをとりあげ、河川毎にその特徴を知ると共に、有機汚濁負荷量収支について検討した。またSSについて流量との関係を求めた。

BOD負荷量収支については、昨49年度まで実施した指定課題「利水計画に関する研究」において検討した事項であるが、負荷量の算定、自然汚濁の推定等未解決の要素が多いため、少しでも新しい資料を整理して追加し再度検討したものである。

(2) 検討の手順

BOD負荷量については従来手法を踏襲し、新しい資料による内容の充実を計った。また流量履歴によるBOD負荷量の推移を求めるための資料整理を加えた。

DOについては測定値を飽和度に換算し、河川毎および地点毎にその特徴を知り、汚濁との関連を検討するための資料を作成することとした。

SSについては流量との相関分析を行なう。

以上の目標にしたがって、具体的な作業要領を定め資料の収集および整理を行なった。作業要領を次に記す。

流水の清潔の保持に関する作業要領

1. 取まとめの目標

流量と水質の関係を各河川（観測地点）毎に把握し、流入汚濁負荷量と流出負荷量（流量別）との関係を含めて水質を維持するために必要な河川維持流量及び放流可能汚濁負荷量とにつき検討を加える。

1-1 一般に流量と水質の関係は複雑であるが、単純化するために流量と水質濃度が逆比例するという前提で議論、推定がなされている。しかし理想的な（一定量の汚濁負荷地点で直ちに河川水と完全混合する）場合のみにこの関係が成立するのであって、特に観測地点が汚濁流入地点から遠くなるに従って河道への蓄積を考慮せずに流出を論ずることは実態とかけ離れたものとなるおそれがある。そこで各測定地点において汚濁流出の形態がどのようになっているかを流量との関係で把握し、その関係に従って汚濁量、濃度の推定がなされなければならない。

1-2 流量変化に対する汚濁濃度（あるいは負荷量）の履歴現象についてはこれが適確に把握できれば勿論この関係を考慮してシミュレートすることが望ましいが、一般に従来の観測値からこの関係を求めることは不可能と思われるので、現時点では平均的な扱いにとどめる。

2. 50年度作業方針

2-1 BODおよびSSにつき、濃度及び負荷量の実態と推計（流量との関係）

2-2 年間流出負荷量の推定

2-3 各地点間汚濁負荷量収支、準化率の計算

2-4 DO飽和度の計算と飽和度に影響を及ぼす要因の解析

（備考） 2および3は主としてBODを対象とする。

3. 作業要領

3-1 46～49年度につき水質汚濁実態表を作成する。

3-2 各年度または4年間について<BOD負荷量-流量>相関の計算

（相関係数、2次回帰係数 a、b）

3-3 各年度または4年間について<log ss - log Q>相関の計算

（ " " " " ）

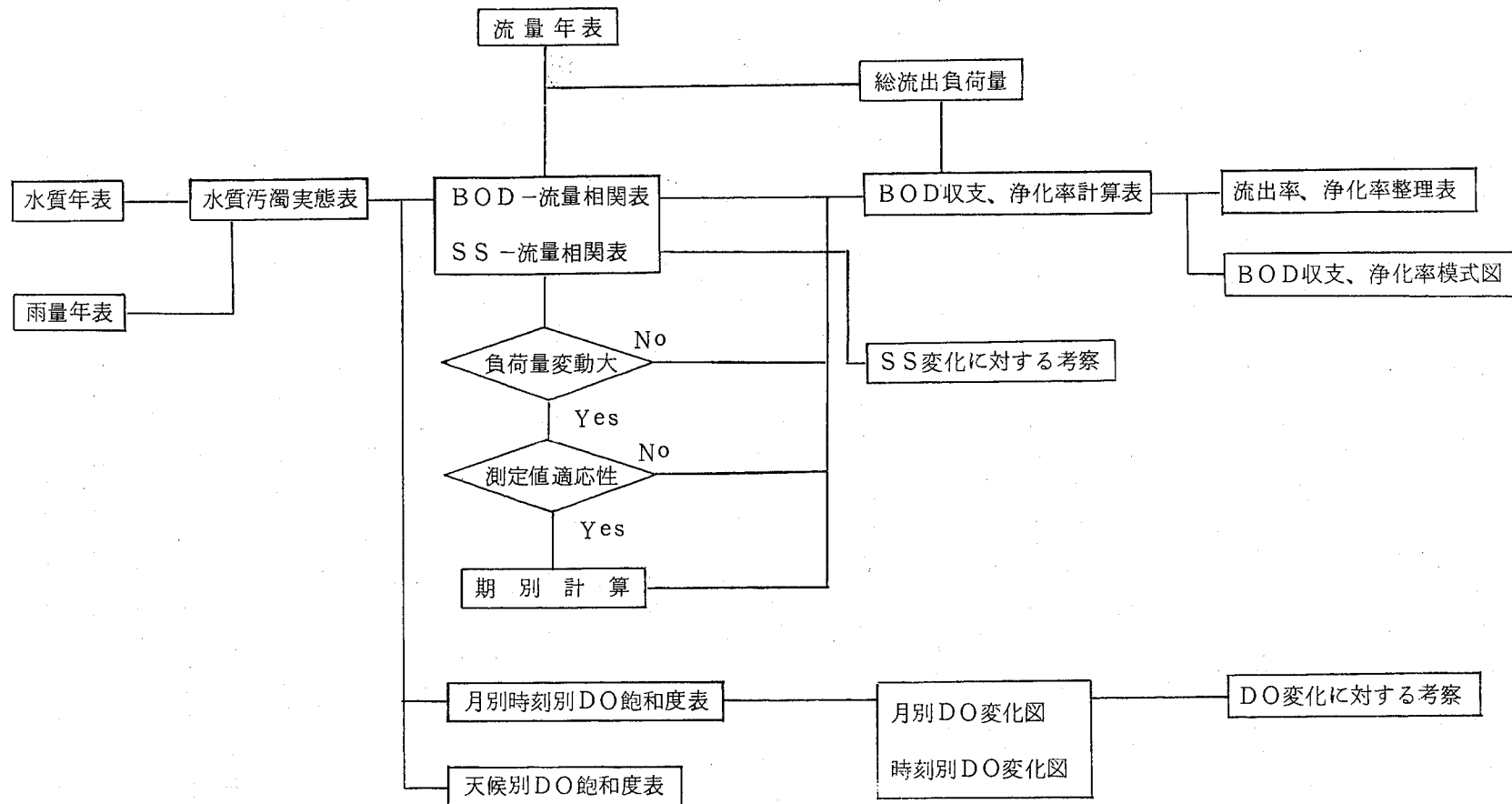
3-4 DO飽和度の計算と飽和度の要因解析（季別変化、天候別変化、日変動等適宜考察を加える）

3-5 各地点間のBOD収支、浄化率の計算（50・2利水計画に関する調査研究（総集編）P 173以降の手順により汚濁模式図を作成する）

(3) 調査結果

i) BOD負荷量収支

地点によって自然汚濁濃度を大きくとらないと浄化率を計算できないものや、浄化率が極端に大きくなる場合もあったが、おおむね0.1～1.0の範囲にあり、汚濁負荷および自浄作用の現状をほゞ示し得たと思われる。しかし一部の地点では流量あるいはBOD濃度について上下流間のバランスがくずれている期間があり、とくに冬期間の資料に問題のあるものが多い。



水質検討フローチャート

汚濁負荷量の推定について、都市部を流れる河川ではかなり観測負荷量に見合った流出が算出できたと思われるが、農村部で問題があり、自然汚濁を1 ppm 以上とらなければ計算が不能なケースが多く、これら農村地帯での汚濁流出過程に検討の要がある。

また、昭和46年度から49年度までの4年間の資料を用いたが、石狩川上流、天塩川、常呂川等かって汚濁の進んでいた河川ではかなり急速に浄化が行なわれており、過去の資料を用いると現在の汚濁負荷量に適しない場合があり、一部の河川では最近2年間の観測値を用いた。

流量履歴とBOD負荷量の関係については一部資料の収集を行なったが、高水時の水質資料に乏しいことや整理方法についての検討が不十分のためさらに資料の蓄積につとめることとした。

ii) D O 飽 和 度

水中の溶存酸素(DO)は、BODの負荷によって減小し、水中植物による炭酸同化作用によって増加すること、および飽和量との間の過不足により大気中の酸素の交換により変化することはよく知られている。これらの関係が実際の河川でどうなっているかは各河川の汚濁負荷量(BODおよびSS)と流況、天候、時刻、水温および水中のクロロフィル量等により異なるものと思われるが、従来この点に関し量的関係はほとんど検討されていない。このため、環境基準項目として常時DOチェックがなされているにかゝらずその評価の基準が環境基準値のみを対象になされているのみで汚濁評価の資料として活用されていないと考えられる。本研究ではこの点について各河川毎にその特徴をしらべ、汚濁との関係について検討しようとしたものである。

DO評価の方法として飽和度を求めることが一般的である。つまり観測地点のDOが、その時の状態(水温および大気圧)で大気と平衡にあるときのDO値に対して何%であるかを示す量である。つまり高度、気圧の補正を加えることによって任意の条件の下でのDOを同一基準で考えることができる。しかしDOは採水、分析の際最も変化し易い成分の一つであって充分注意して測定しない限り比較的精度は良くないと考えられるので、個々の測定値について小さい変化をしらべるとは無意味に近い。このようなことから年間の変化の傾向を知るため各地点毎に月別平均飽和度を、また昼夜間のDO値の変化がその地点の酸素生産の活性度を表わすと考えられることから、時刻別飽和度を算出した。

月別の変化にあっては季節的に変化を示すものが多いが、特に特徴的なのは冬期間極めてDOの減少する地点が認められることで、これらの地点はBOD負荷量が比較的大きく、結氷により大気からの酸素の供給が断たれるためと判断される。

時刻別の変化についてはほとんどの地点で夜間DO飽和度が減少しており、また昼夜間の差は清浄な河川程大きい傾向が認められる。

iii) 浮遊物質濃度(SS)と流量の関係

SSについては流量に関しBOD以上の相関性を予期したが、期間によって違いがあり一般に相関性は小さい。とくに負の値を示すことがあるが、これは流量の小さい時期にSS負荷を大きくする要因があるためと考えられ、地点毎、期間毎に検討する必要がある。

(V) ま と め

以上汚濁指標3項目について検討をすゝめてきたが、未だ不明の点が多いが、実態の概要は明らかにされたと考えられる。

- 、 以上3項目のうち、DOは本道の水温が比較的低温、なかでもDO減少のみられる冬期間はほぼ0℃で、飽和酸素量は14ppm以上あるため、5ppmを保つためには40%以上の飽和度が保てればよいことになり問題は少ない。但しこの期間でもすでに成育している稚魚もあると思われるので留意する必要がある。

SSについては、BOD同様人工汚濁と自然現象との区別がむづかしいが、既述のようにSS濃度と流量とが負の相関をもつところでは人工汚濁の可能性が大きく、改善のための検討が必要である。

BODについては流出の概括的な把握はできたと考えるが、流量との相関を示す回帰式で定数項が正の大きい値を有する地点では、流量の減少による濃度の増加が認められることを示しており、維持流量決定の目安として用いることができるであろう。

9 ま と め

(1) ま と め

前節までの検討結果をまとめると次のようになる。

イ 確 保 流 量

1級河川13水系の基準地点における豊水量（過去10年～30年程度の平均値）、平水量、低水量、渇水量、最小流量（それぞれ夏期の10年確率流量）を算出した。

ロ 確 保 水 位

イで選出した流量を用いて、現況断面、計画断面の水面形を算定した。計算に用いた起算水位は、改修計画に用いている計画潮位と平均潮位によった。すなわち、4つの初期条件でそれぞれ5流量、20ケースについて計算した。

ハ 塩 害 の 防 止

ロで算定した水理条件を用いて、塩水遡上の程度を計算した。塩水遡上を弱混合型（2層流）の密度流としてとらえ、流量と塩水くさびの形状及び、流量と塩水くさび長の関係を明らかにした。

ニ 舟 運

舟運の状況を調査し、舟運のために必要な断面積（迄水、及び水面巾）を検討し、断面積と流量との関係を明らかにした。

ホ 河 口 閉 塞 の 防 止

河口の平衡断面積について、河川固有流量による平衡断面積と、入退潮量による平衡断面積をロに示した水理条件で算定し、個有流量、あるいは入退潮量と河口の平衡断面積の関係を明らかにした。

また、全道主要河川の河口資料を一覧表にまとめ、その資料より確保するに必要な断面を概ね把握できる様に掲げた。

へ 流水の占用

同時流量観測資料と取排水量、区間流入量とから、取排水路系統図、低水流量継断図を作成した。

これらの図から流量の不足区間、流量の余裕のある区間など継断的に明瞭であり、低水管理に対して有効な計画が樹立できると思われる。

ト 河床形態

ロで算定した水理量を用いて、砂連、砂堆、反砂堆、砂州、平坦河床、遷移河床などの継断的な河床形態を明らかにした。河床形態を明らかにすることにより、魚類の産卵床、河床構造物に対する砂礫堆の影響などを受ける区間が把握できる。

あ と が き

維持流量に関する研究は、北海道開発局技術研究発表会指定課題として、今年度より2ヶ年計画で実施するもので、今年度は初年度である。

今年度の調査研究により維持流量に対する諸問題が提起され、調査の方向も見い出され、初期の成果をおさめることができた。特に塩水遡上、河口閉塞、舟運、流水の占用、流水の清潔保持に対する解析検討は、正常流量決定のための資料となりうると思われる。

来年は更に調査研究の内容を発展させ、漁業問題、地下水問題、観光、河川管理施設の保護、動植物の保存の5項目の調査研究を積み重ね、河川法施行令にいられている10項目の要因について必要流量を定量化するよう努めるつもりである。

最後に現地において本調査にたずさわった方々に深く感謝の意を表わす。