HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	石狩川河口附近の塩分特性に関する研究 : 第１報 （塩害の原因について）
Author(s)	堂腰, 純; 前田, 隆
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 3(2), 213-251
Issue Date	1959-06-15
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/11690
Type	bulletin (article)
File Information	3(2)_p213-251.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

石狩川河口附近の塩分特性に関する研究

第1報 (塩害の原因について)

堂腰 純*
前田 隆*

Studies on the characteristics of salinity near the estuary of the ISHIKARI River

1st Report (On the cause of injury from brine)

By
Jun DOHKOSHI and Takashi MAEDA

§1 緒 言

石狩川は北海道に於ける最大河川で流路延長 323.6 km, 流域面積 14,250 km^2 に及び流域は多大の恩恵を受けている事は云うまでもないが, 又半面融雪時の洪水や台風, 前線による洪水の被害も著しいものがある。然し石狩川下流地域は気候にも恵まれ水量豊富な石狩川によつて開発も進み, 洪水調節用のダムも幾多建設され, 又治水も着々進められてその被害も著しく減少しつつある。石狩川流量は融雪末期にあたる6月下旬より漸次減少の一途を辿り, 7, 8 月の旱天と重なる時は水量豊富な石狩川の水も流域の水利用の為, 不足を来し, 特に感潮部は石狩湾よりの海水の著しい遡上をうながす様になる。河口附近に於て洋々と流下している石狩川の水も実は極く表面のみで下層は殆ど海水と濃度の変らない塩水である事は過去の多くの研究[1),2),3),4)]によつて明らかにされている。感潮部に於ては石狩湾潮位の影響を受ける為, 流量による水位変動は小さく, 従つて水位によつて石狩川流量を一義的に定めることは出来ない。

表-1 石狩川治水事業所(北海道開発局石狩川治水事務所)——石狩郡石狩町大字親船町距標4400 M

既往最低水位	−0.32 M	昭和 11. 2. 13
既往最高水位	+1.34 M	昭和 23. 4. 10

* 北海道大学農学部農業工学科農業物理第二教室

石狩川の融雪期乃至洪水期を除いて感潮部には石狩湾より海水が河水の下層に楔状に入り込み, その距離も 18 km 余に及ぶことがある。この様な河水層及び海水層の二重層の機構に関しては北海道大学工学部福島教授[1),2)]の研究がある。

石狩川下流地帯の開発に伴う新期造田計画も実施され, 昭和 29 年には道営事業による北生振地区灌漑揚水場が設置され, 約 700 町歩の水田に 3.9 m^3/sec で石狩川の水をかんがいする様になつた。然し蒸発散の最も旺んな而も用水量の最も多い7月は石狩川の渇水期にあたり, 二重層の影響を受けるので旱天が継続する時には流量の減少と相俟つて河水層に著しい塩分の増加をみることがあり, 水利用の立場よりみるときは海水の遡上も被害の一つに加えられよう。

これ等の見地より昭和 32 年度に於ては石狩湾海水及び河口, 江別附近に至る地点迄の塩分分布の調査を実施し, 旱天日数との関係, 気象条件との関係, 潮汐との関係等について解析を行つた。然し多くの要因が交錯し更に継続調査の必要を認めた。

§2 研究の目的

昭和 29 年道営北生振地区揚水場が完備し, 石狩川より取水, 水田700町歩に対しかんがいを実施する段階に至つたが丁度完成をみた同年はたまたま石狩川としてはまれにしか見ない異常渇水の年であつた。従つて流量の減少が著しいにも拘らず, 石狩川北生振は感潮部に属している為, 海面水位に支配されて, 石狩川水位には大きな変化を与えずに河水層の下層に著しい

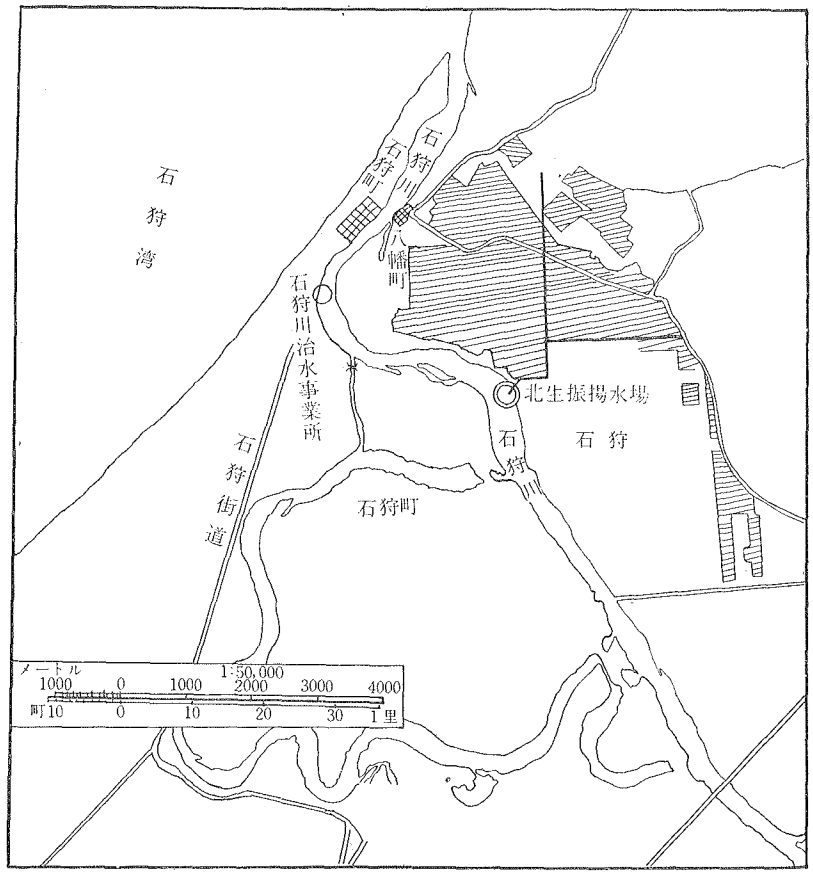

図-1　石狩川下流地帯及灌漑区域

海水が入り込んで淡水層の水深は 1 m 弱となりこれが渦動拡散の為，表層淡水に著しく塩分を与えた。

表-2　昭和29年7月15日　水位

江別大橋	+14cm	最近6年間最低水位 +50cm
石狩治水事業所	+ 6cm	平均水位　+30cm
石狩湾潮位	+ 3cm	

福島教授及び筆者等の研究によると表層水及び塩水層は一般に明瞭な境界面を有し容易には混合しない状態にあるが，流量が減少し，従つて表層水の水深が減少した場合にはかんがい用水として用いる場合，塩分濃度は危険濃度に達し易く，特に強風のある場合には著しいことが認められる。感潮河川の水をかんがい水として利用する場合，河川の実態の正確な把握と水稲及び塩分濃度の関係について吟味する必要がある。然

図-2　北生振揚水場取水口

し表層水と塩水層との関係は次節に於いて述べる如く種々の原因により変化し，長期間の基礎的資料を必要とする。

感潮河川の利水計画をなすに当り，河川の状態特に塩水層の濃度及び各水理量，気象条件等の動態を調査

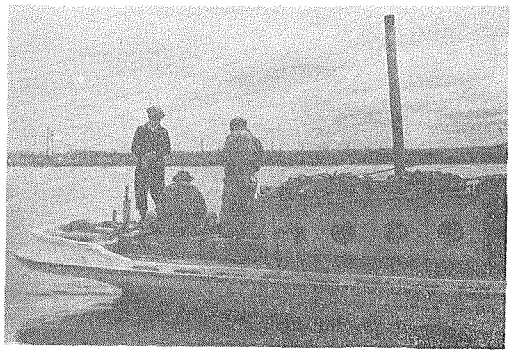

図-3　出　航　準　備

し，今後の流域の発展の資としようとするものである。

昭和 32 年度は石狩川の実態観測に主きを置いた。調査は予察を 6 月下旬に行い，本観測は 7 月及び 8 月末迄随時実施した。観測地点は主に北生振取水口附近に於いて実施し，石狩湾，河口，石狩灯台附近，石狩川治水事業所，基線，札沼線鉄道橋及び江別に至る間は随時遡上塩水，及水理量の測定を行つた。

表-3

地点名	河口よりの距離	地点名	河口よりの距離
	km		km
石狩燈台	1.8	基線	11.7
渡船	3.0	札沼線鉄橋	15.0
石狩川治水事業所	4.3	高圧鉄塔	16.3
		当別川合流点	16.4
生振運河	5.7	豊平川合流点	17.9
北生振取水地点	8.2	石狩大橋	26.6
捷水路末端	9.3	江別川合流点	28.0

§3　塩害発生の原因

北生振地区揚水場附近は石狩川新水路の末端をすぎた位置にあり，最深部水深は約 6 m 河巾 430 m で河口よりこの位置迄は極く河口附近をのぞいて比較的水深も深く，新水路に至つて平均 5 m の水深となつて浅くなつている。従つて海水の遡上もこの位置迄は比較的容易に行われている。然し渇水時に於いては河水層の水深は約 1～1.5 m で新水路にも海水の遡上を見，我々の実測に於ても河口より 18 km の上流迄海水が楔状に入つているのを確認している。この様な二重層を形作つている淡水の河水層に海水層が何等かの原因によつて拡散をするときは河水層に著しく塩分の混入を見，之を灌漑水として用いた場合に塩害の原因となり得る事は明かである。それ等の原因について列挙すると，

（1）　旱天による石狩川流量減少の影響
（2）　石狩湾の潮位による影響
（3）　日本海を通過する低気圧による影響
（4）　河面上の風向，風速による影響
（5）　其の他の原因

に大別される。

これ等の原因は単独に或いは重畳して表層水に影響を与えていると考えられる。又洪水等があつた場合には遡上塩水は一度に石川湾迄押し出され，一時的には塩水の存在を認めない場合もあり，又強風等によつて表層水に著しく塩水が混じたあと，仲々塩分の減少を来たさない場合等過去の原因が相等期間あと迄影響を与える場合がある。

§4　調査方法について

石狩湾及び石狩川河口より江別に至る間の水深，流速，水温，採水，塩分の測定を行うために，北海道開発局石狩川治水事業所の厚意を受け，空知丸（排水量 22,71 ton，機関焼玉 40 馬力，最大速度 6.5 ノット）により実測を行うことが出来た。観測基地を石狩町石狩川治水事業所に置き随時観測を行つた。

測定に使用した測器及びそれ等の得失について述べる。

（1）　水深測定

観測地点の水深を測定する為ロッグライン（4 分）のものにレッド（鉛重錘約 5 kg）を附しビニールテープで 0.5 米毎の色分け目盛を施し端数は折尺によつて読取つた。

（2）　流速測定

a)　Price current meter‥‥主として淡水層の流速測定に用いた。この種の電接式流速計は塩水中にては測定不可能で，ターミナルの電蝕があり測定器をいためるので塩水層での使用は避けなければならない。又流向は知る様に作られていないので定方向の流水にしか使用出来ない。

b)　Ekmann Mertz current meter　‥‥この流速計は一般に海洋観測に使用されるもので特に流向を知りたい場合に有利である（写真第 4 図），霰弾格納管が流速回転ギヤの連動により開閉せられ，落下した霰弾は Magnet Box の中に入り Magnet 上面に作られた凹溝ガイドを経て 36 方向に分けられた Chamber

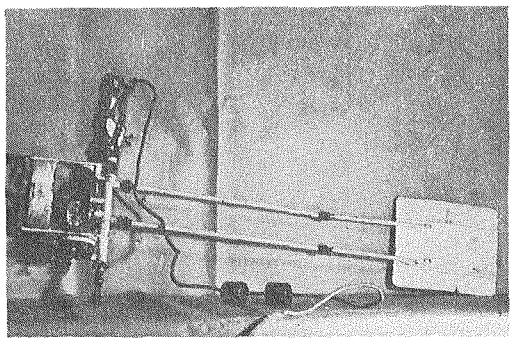

図-4　Ekmann Mertz Current meter

に流向によつて振り分けられる様になつて居り，操作は流速測定開始と停止のメッセンジャー2ケによつて行われる。比較的微流速も測定出来遡上塩水の如き流向状態を知るためにはこの種の流速計は是非必要である。使用した流速計の検定公式は

$$V=0.35N+0.003$$

但し　V：m/s

N：毎秒回転数

この流速計の欠点としては形も大きく重量も相当大きい為操作に非常に不便であり，その都度船上に引上げなければ読取りが出来ず，又メッセンジャーがよく働かなかつたり測定時間が非常に長くかかる不便があり，従つて船上で流向流速共に直読出来，而も精度の更に良いものが望まれるゆえんである。

（3）平行板電極を用いた電気塩分計

塩分の含有量の多い溶液程，電気伝導度の大きいことは良く知られて居り，この特性を利用して筆者は昭和24年以降感潮河川の塩分計[3]を試作使用して居る（写真図-5）。流れの状態をあまり乱さない様にして測定することが好ましく，方向舵にて極板を常に流れに平行ならしめる。又塩水の如き電解質溶液の電気抵抗を測定するには直流による分極作用を避けなければならない。一般に電解質溶液の電気伝導度乃至電気抵抗値の測定には交流法が用いられKohlrausch bridge又は真空管発振器を備えたA.C. Bridgeによつて測定される（図-6 (a)），電極の構造を図-6 (b) に示す。

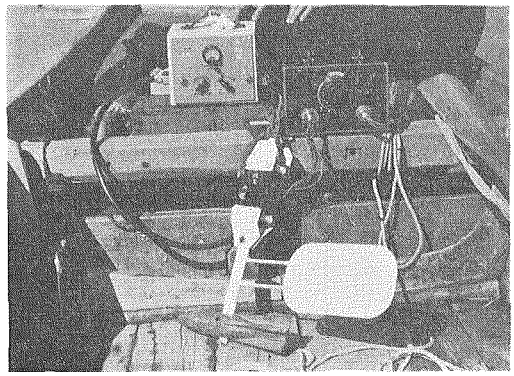

図-5　電気塩分計測定電極

又電解質溶液の濃度が大きい場合には電極間の静電容量を増加し，之はみかけのインピーダンスを抵下し消音点の検出を難しくする。このためにはBridge回路にこの静電容量を消去する為のコンデンサーを附加して消音点の検出を容量ならしめる。この静電容量は濃度によつて変化する為操作を複雑にし，一般に濃度の高い場合には消音点が不明瞭で測定の精度が犠牲になり易い。然し境界面の検出が容易であり，水深に応じて連続的に速かに測定をなすことが出来る利点がある。後述の採水による硝酸銀滴定による検塩法を併用することにより観測能率の倍加と測定精度の向上を期待することが出来る。

塩分濃度と電気抵抗値を両対数方眼紙上にプロットする時は良い直線性を示し，温度変化により多少の

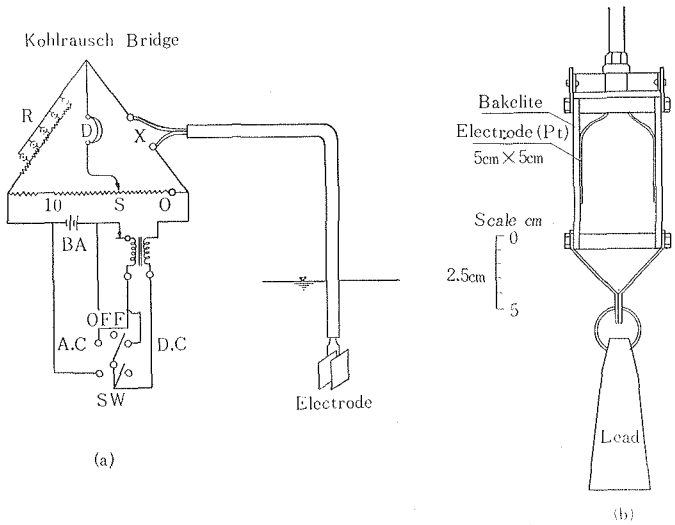

図-6　電　気　塩　分　計

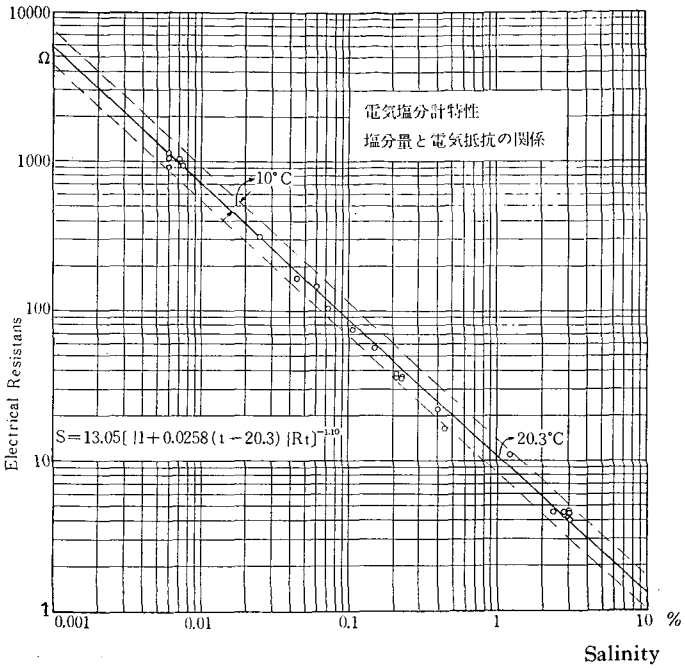

図-7　電気塩分計特性，塩分量と電気抵抗の関係

deviation を示している。今塩分濃度と電気抵抗の対数をとつて最小自乗法によつて整理すると図-7 の如くになる。

S を塩分濃度，R_{t0} を t_0°C に於ける電気抵抗とすれば

$$S=\alpha R_{t0}^{-\beta} \qquad (1)$$

電解質の電気伝導度を k とすれば一般に次式が成立する。

$$k_t=k_{t0}\{1+\alpha(t-t_0)+b(t-t_0)^2\}$$

但し　a, b：常数　一般に　$a \gg b$

t：温度

k_{t0}：$t=t_0$ の時の電気比伝導度をあらわし比抵抗 r_{t0} の逆数である。

従つて β 項を無視すると

$$k_t=k_{t0}\{1+\alpha(t-t_0)\}$$

t°C の比抵抗を r_t とすると

$$\frac{1}{r_t}=\frac{1}{r_t^0}\{1+\alpha(t-t_0)\} \qquad (2)$$

然し実際に使用した電極による電気抵抗を C_R とすると

$$C_R=kR, \qquad R=\frac{C_R}{k}=rC_R$$

従つて

$$\left.\begin{aligned} R_{t0}&=r_{t0}C_R \\ R_t&=r_tC_R \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

故に (1) (2) (3) より

$$S=\alpha[\{1+a(t-t_0)\}R_t]^{-\beta}$$

観測結果より次式

$$S=13.05[\{1+0.0258(t-20.3)\}R_t]^{-1.10}$$

であらわされる。

(4)　硝酸銀滴定法による検塩（塩素量の測定）

電気塩分計は現場に於いて連続的に而も速かに観測を行うことが出来，特に二重層の境界面の検出には非常に便であることは前述の通りであるが，精度の低いことと，温度の影響の大きいことが欠点である。それで電気塩分計によつて得られた結果を補正するために，塩分測定と同時に採水器によつて採水を行い，これについて精度の高い硝酸銀滴定法を併用することによつて観測結果の精度向上を期待することが出来る。この硝酸銀滴定法は化学実験に於て用いられるものをそのまま用いてよいが特に海水塩分を測定する為に作製された海水用ビユレット，海水用ピペット[7]があるので之を使用する方が便である（写真図-8)。特に学術会議に於て検定された標準海水は硝酸銀水溶液並びにピペット，ビユレットの検定に当てることが出来る

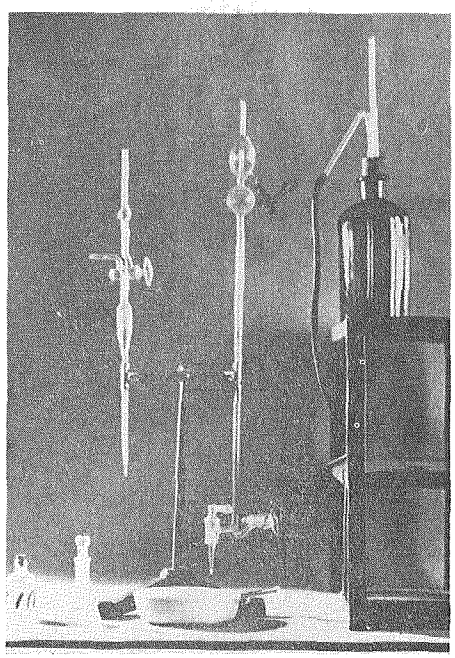

図-8　Knudsen 型海水ビュレット・ピペット

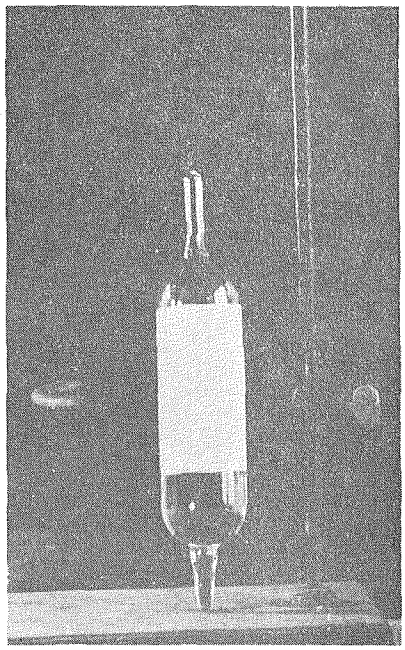

図-9　標準海水（日本学術会議検定）

ので不測の誤りを避けることが出来る（写真図-9）。これについて概略説明を行うと測定器具としては，

クヌードセン型海水ピペット（15 cc）
クヌードセン型海水ビュレット（目盛は塩素量の4分率である）（写真図-8）
硝酸銀溶液（着色瓶につくる）
指示薬（滴瓶に作る）
標準海水（写真図-9）
蒸発皿（直径 10 cm 位の平底）及び攪拌棒（ガラス棒）
支持台
フィルターペーパー

を必要とする。

硝酸銀溶液は硝酸銀 37.06 gr を 1000 cc の蒸溜水に溶解させる。指示薬はクロム酸カリウム 8 gr を 100 cc の蒸溜水に溶解させる。又容器の洗滌にはクロム硫酸に浸して水洗すればよい。クロム硫酸は重クロム酸カリの飽和水溶液（20°C の水 1000 cc に対し約 10 gr）1 に対し 3/4 の濃硫酸を加えたものである。

測定の順序としては先ずビュレットの或る目盛迄硝酸銀水溶液をコックを用いて入れておかなければならないが，河水の様な場合の含塩量の非常に少ない場合から海水の如く高濃度の場合にわたつて非常に範囲が広いため操作する時間に非常なロスを伴い易い。然し幸い電気塩分計によつて概略値が分つているから必要な目盛位置迄入れて測ることが出来る。先ず試料瓶からピペットにより試料を吸上げコックを 90° 廻すと閉じられ之を蒸発皿上でコックを更に 90° 廻すと一定量 15 cc が排出せられる様になつており，目盛を読取る必要がない為非常に便利である。最後の一滴はコックを閉じて球部を掌であたためて出すか又はコックを閉じないで横に向いているパイプに口を当てて吹き出すかすればよろしい。次に蒸発皿に指示薬を 2, 3 滴加え之に硝酸銀液をビュレットより滴下し充分強く攪拌しながら丁度最後の一滴で赤褐色に変色する時のビュレットの読みをもつて塩素量とする。硝酸銀溶液が正しいか否かはこの方法によつて標準海水の滴定を行い，標記の塩素量とビュレットの読みが一致して居ればよいが，一致していないときは補正しなければならない[7]。この様にして硝酸銀溶液濃度を確認してから試料について検塩すればよい。海水の成分としては次の様なものが一定の割合で含まれており塩素量を求めることによつて塩分量を知ることが出来る。

一般に濃度の大小に拘らず成分の割合は等しく Knudsen によつて塩素量と塩分量の関係が求められている。それによると塩分量 S (‰) と塩素量 Cl (‰)

表-4　海水中の主要塩類の組成　(%)

元素或いは基	%	元素或いは基	%
Na	30.61	Cl	55.04
Mg	3.69	SO_4	7.68
Ca	1.16	CO_3	0.30
Sr	0.04	Br	0.19
K	1.10	BO_3	0.07

との間には

$$S=0.030+1.8050\,Cl$$

が成り立つ。この為の数表も用意されている。

(5) 採　水　器

我々の目的に合う河川用の採水器がない為海洋及び湖沼の採水に使用される北原式採水器を使用したが，あまり流速の大きくない所では大体目的を達成することが出来た様である（写真図-10)。然し流れの方向を乱さない河川用の採水器を作製使用すべきところであろう。

先ず船上に於いて開口状態にしてログラインに吊して垂下させ，目的の水深に至つてメッセンジャーを送ると閉口され，その部分の採水をして引き上げられ，コックより水を取り出すことが出来る。又水温用の口もついており温度計を差し込んで水温を測ることも出来るが誤差の少ない様に手早く読み取る必要があり，0.5°C 以上の精度は無理である。

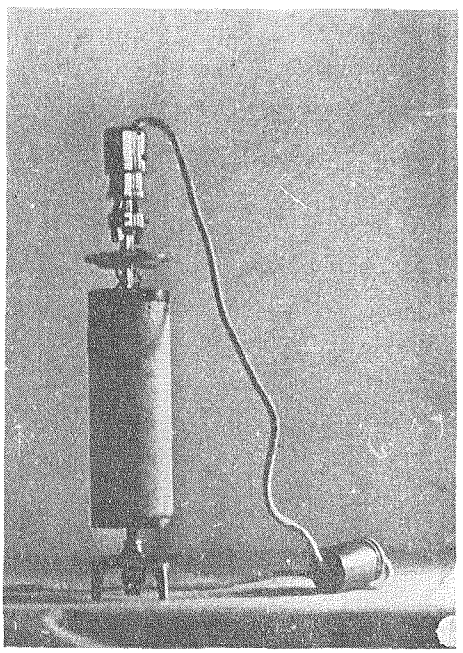

図-10　北原式採水器

(6) 温　度　計

水温観測用としては水銀温度計と電気抵抗温度計に大別されるが，夫々一長一短あり我々は夫々を補つて使用した。水銀温度計としては顚倒寒暖計を使用したが，之は精度も非常に高く 1/20°C 迄読み取れるが1回1回船上迄引き上げて読みとらねばならず又熱容量が大きい為1ケ所約5分以上を必要とし，河川全断面測温するには非常に不便である。又電気抵抗温度計は白金抵抗温度計のものが耐久性もあり，直読出来るので便利であるが 1/2°C 位の精度よりない。又熱容量も大きく顚倒温度計と同程度の時間を必要とする。最近サーミスター温度計が市販される様になりこの点熱容量も小さく測定時間の短縮をはかることが出来るがまだ経年変化が大きく互換性も少ない為測器としては未だしの感がある。この方面の研究が進む必要がある。1/10°C 位の精度で 1～2 分位で読み取れる直読式の電気抵抗温度計の出現を期待している。

(7) 測点位置の算定

河の塩分濃度，流速温度等の横断分布の観測をなすに当り測点位置を算定する方法は種々あるが我々は陸上に測量旗を図-11 の如く立て AB の見通し延長上に舟を入れセキスタントを用いて ∠BSC の測角する方法を採用した。この方法は陸上に人手を要せず便利である。陸岸よりの距離 x は

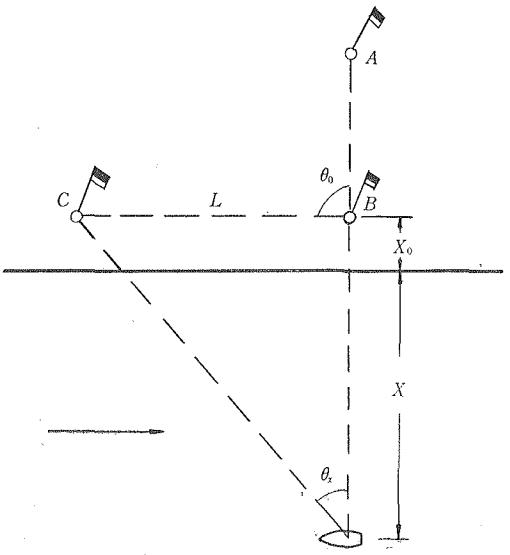

図-11　測定位置の算定法

$$x=\frac{L\sin(\theta_0-\theta_x)}{\sin\theta_x}-x_0$$

にてあらわされる。L 及び θ_0 は予め測定しておく。

§5　石狩川流域の無降雨継続日数について

石狩川流量に大きな影響を与えるものは降水量と旱天日数であるが特に塩害に関係するものとしては旱天日数をとりあげなければならない。これを札幌管区気象台及び旭川地方気象台，岩見沢測候所資料の 5, 6, 7 及び 8 月について旱天継続日数について解析を試みた。

統　計　年　数

札幌管区気象台	1901～1957	57 年
岩見沢測候所	1947～1957	11 年
旭川地方気象台	1901～1957	57 年

資料のうち降水量記号 0.0 は無降雨日とし 1 ミリ以上は降水日と定めた。実際には 5 ミリ程度迄は河川流出量となつてあらわれないであろうが水稲旱害の見地より 1 ミリ以上の降水のあつた日を降水日とした。

この表によると無降水継続日数の超過確率は旱天を確率事象と見做すことが出来るので流域についてこれを計算することが出来る。今 1901 年から 1957 年の 57 年間について塩害に関与すると考えられる 6, 7, 8 月の約 90 日間に於ける各年最大無降水継続日数をしらべ，これを順に並べると非対称分布曲線が画かれる。今この分布曲線の確率変数（無降水継続日数）の対数値が Gauss の正規分布即ち対数正規型分布をするものとして確率表を用いて資料をプロットする時，無降水継続日数 7 日以上に於いて非常によい直線性を有し超過確率を求めることが出来る。

札幌管区気象台資料について各年最大無降水継続日数の順に整理し，順番を統計年で除したものを 100 倍

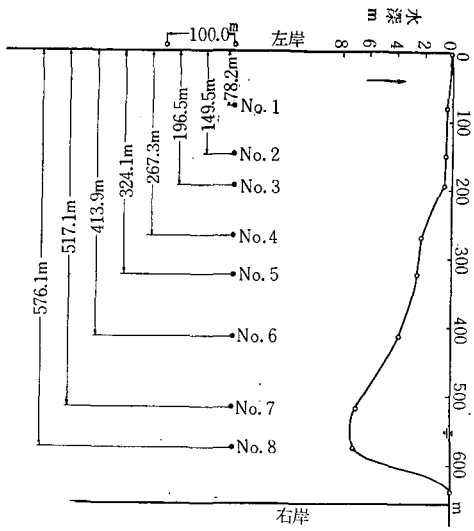

図-12（a）　測点：第一導水堤（灯台）（7 月 9 日）

表-5　6, 7, 8 月無降水継続日数（降水量 0.0 mm を含む）

地名	札幌	旭川	岩見沢	地名	札幌	旭川	岩見沢
統計年 / 日数	1901～1957	1901～1957	1947～1957	統計年 / 日数	1901～1957	1901～1957	1947～1957
1	317	320	65	15	3	1	0
2	198	228	38	16	2	3	0
3	135	113	23	17	2	3	0
4	103	86	19	18	0	0	0
5	71	65	16	19	1	1	0
6	37	37	7	20	2	0	0
7	24	34	7	21	1	0	1
8	20	17	9	22	0	0	0
9	15	7	2	23	0	1	0
10	9	9	2	24	0	0	0
11	7	4	2	25	0	2	0
12	4	4	2	26	0	0	0
13	2	3	1	27	1	0	0
14	4	3	1				

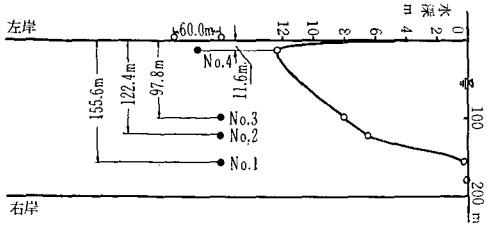

図-12（b） 測点： 治水事業所横（7 月 10 日）

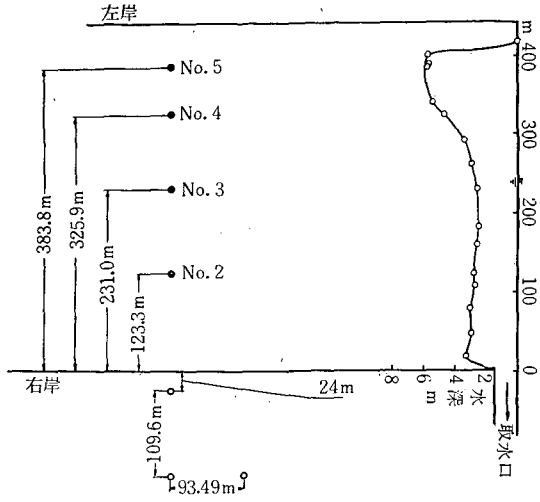

図-12（e） 測点： 北生振取水口（7 月 12 日）

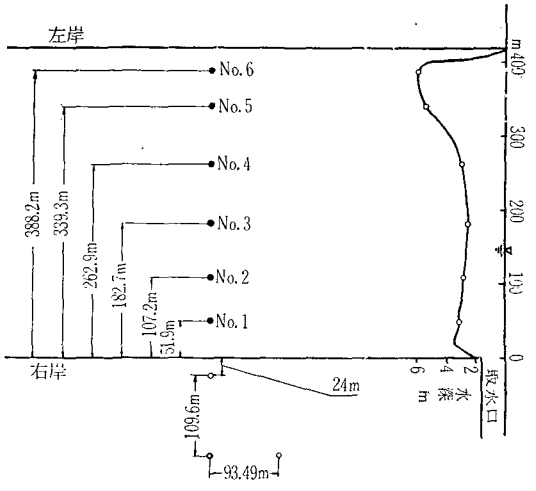

図-12（c） 測点： 北生振取水口（7 月 10 日）

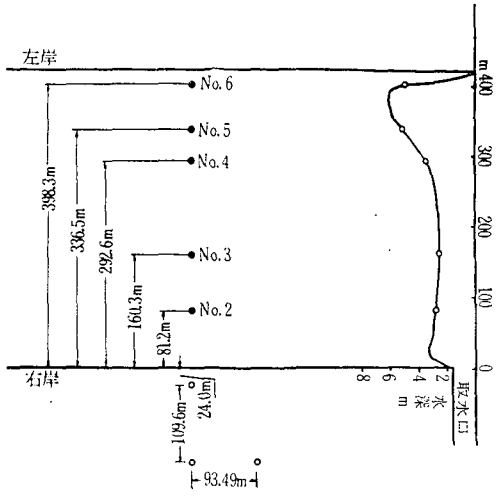

図-12（f） 測点： 北生振取水口（7 月 15 日）

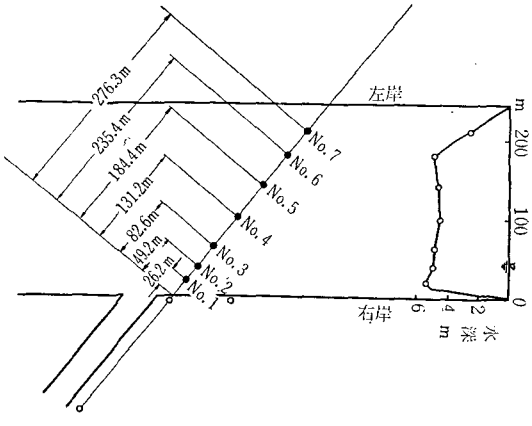

図-12（d） 測点： 基線（7 月 10 日）

して，対数確率紙の縦軸に入れ，無降水継続日数を横軸にとつたものが図-13 である。

これによると北生振揚水場の完成された昭和 29 年7月3日より 22 日に至る 19 日間の無降水継続日数は札幌地方に於いては約 13 年に1度起る可能性のある現象で而も石狩川水位も近年に於ける最渇水位を示している（前出）。

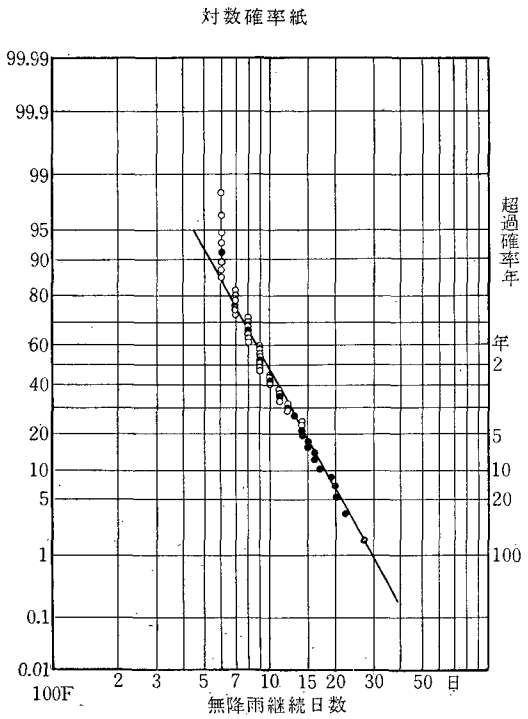

図-13　無降雨超過確率

表-6　6, 7, 8 月無降水日数超過確率

No.	i/n	6,7,8月	No.	i/n	6,7,8月
1	0.01755	23	30	0.526	8
2	0.0351	20	31	0.544	8
3	0.0526	19	32	0.561	8
4	0.0702	16	33	0.579	8
5	0.0877	15	34	0.597	8
6	0.105	15	35	0.614	8
7	0.123	15	36	0.632	8
8	0.140	14	37	0.649	8
9	0.158	13	38	0.666	8
10	0.175	13	39	0.684	7
11	0.193	12	40	0.702	7
12	0.210	12	41	0.720	7
13	0.228	11	42	0.737	7
14	0.246	10	43	0.755	7
15	0.263	10	44	0.772	7
16	0.281	10	45	0.790	7
17	0.298	10	46	0.807	6
18	0.316	10	47	0.824	6
19	0.334	10	48	0.842	6
20	0.351	9	49	0.860	6
21	0.368	9	50	0.877	6
22	0.386	9	51	0.895	6
23	0.404	9	52	0.912	6
24	0.421	9	53	0.930	6
25	0.439	9	54	0.948	6
26	0.456	9	55	0.965	6
27	0.474	9	56	0.983	6
28	0.491	8	57	1.000	4
29	0.509	8			

§6　北生振揚水場に於ける塩素量滴定

北生振揚水場に於て6月29日より8月10日にわたつて約 40 日余の間，取水地点の採水による塩素量の滴定を土地改良区職員によつて行つた。その結果は第 7, 8 表の通りである。又之を図表としたものが図-14 である。

先ず取水地点の横断図（図-12（c））について説明するならば流心は左岸に寄り水深 6 m であるが取水地点のある右岸に近づくに従つて水深を減じ極く近傍で多少深くなり約 3 m の水深となつている。塩水層は普通左岸の深い所には遡上しているが右岸側には流量が著しく減少した場合以外は来ていない。然し前章に於いて記述した諸原因によつて塩水層が増す時は右岸深部にも遡上を見るので7月 14 日より水面及び水底の2カ所より採水し，之を滴定することとした（第7表）。これによると水面に於ける塩分量が 0.1 % に達すると河底には海水の遡上を見ている。そして河水層の塩分量の増加するに従い塩水層も厚さを増す。然し北生振の取水地点では河水層が流量の増加等で漸次淡水化しつつあつても一たん遡上した塩水層は容易に流去せず停滞している状態が見られる。然し表面水が 0.1 % 以下になると漸次塩水層が流去される。

今含有塩分濃度に従つて大まかな級別を次の様にする。

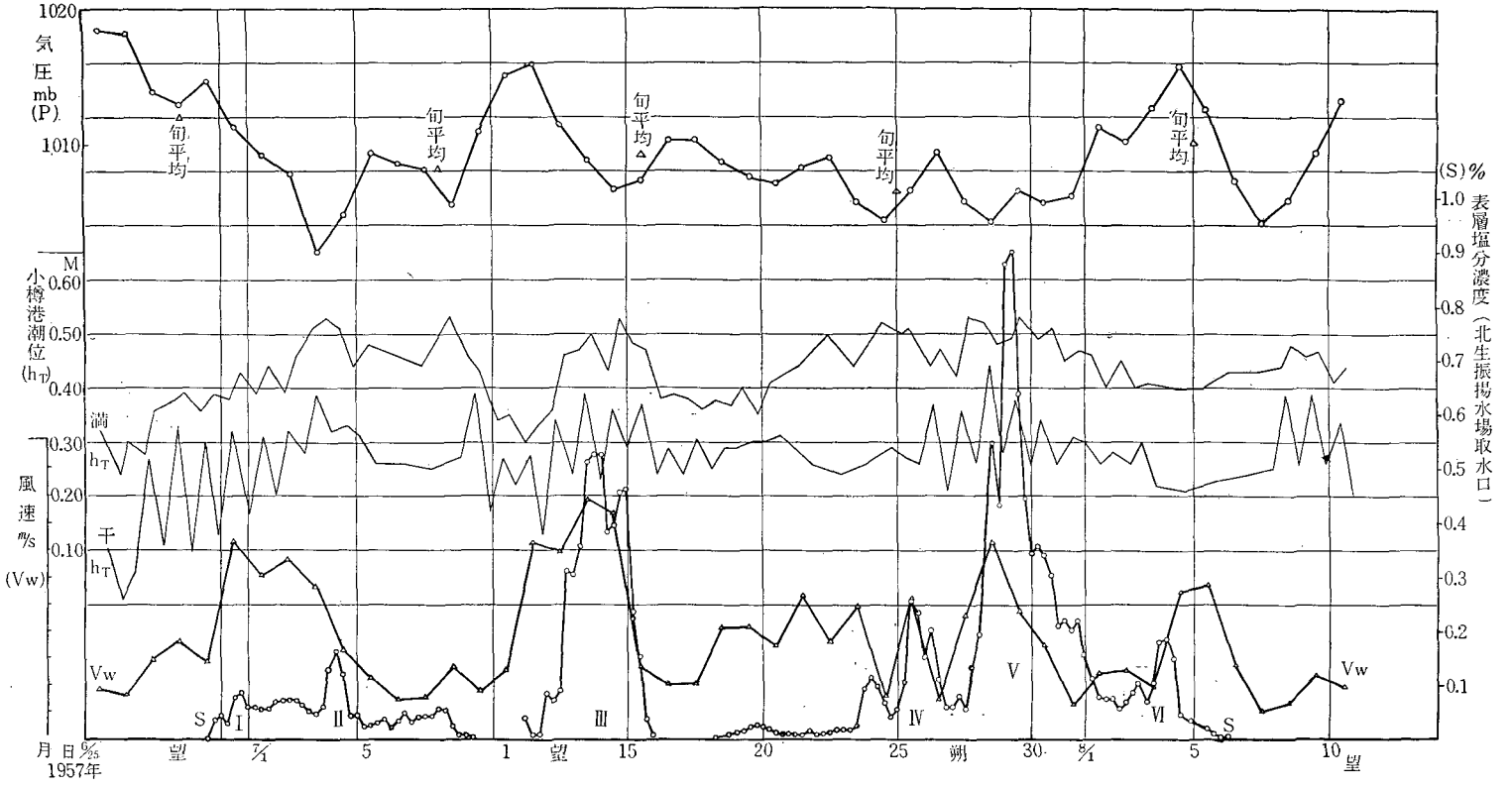

図-14 北生振表層塩分濃度と気圧，風速，小樽港潮位との関係

表-7 測点位置; P（表層）Q（下層）{但，導水路入口前方約 5 m の鉄管 北生振揚水場職員観測

月	日	時	塩分量(%) P	塩分量(%) Q	月	日	時	塩分量(%) P	塩分量(%) Q	月	日	時	塩分量(%) P	塩分量(%) Q
		h m					h m					h m		
7	20	18. 00	0.010	0.254	8	3	6. 00	0.064	2.340	8	7	6.00	0.006	0.006
	21	6. 00	0.010	0.010			12. 00	0.089	2.346			12.00	0.006	0.006
		12. 00	0.010	0.159			18. 00	0.089	1.181			18.00	0.006	0.006
		18. 00	0.018	0.105		4	6. 00	0.053	0.076		8	6.00	0.006	0.006
	22	6. 00	0.008	0.021			12. 00	0.029	0.029			12.00	0.006	0.006
	31	18. 00	0.146	2.220			18. 00	0.029	0.029			18.00	0.006	0.006
8	1	6. 00	0.058	2.570		5	6. 00	0.023	0.023		9	6.00	0.006	0.011
		12. 00	0.047	2.400			12. 00	0.018	0.018			12.00	0.011	0.011
		18. 00	0.047	2.400			18. 00	0.018	0.018			18.00	0.011	0.011
	2	6. 00	0.041	3.220		6	6. 00	0.018	0.018		10	6.00	0.006	0.006
		12. 00	0.041	2.340			12. 00	0.011	0.011					
		18. 00	0.047	2.340			18. 00	0.011	0.011					

表-8 測定位置; R（表層）T（下層）{但，導水路（第 23 図参照）北生振揚水場職員観測　風向，風速：石狩川治水事業所　降水量　；札幌，岩見沢，旭川

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
6	29	8. 00	0.003				—	—	0.0	
		9. 00	0.005							
		10. 00	0.005							
		12. 00	0.007							
		13. 00	0.007							
		14. 00	0.015							
		15. 00	0.021							
		16. 00	0.031							
		17. 00	0.031							
		18. 00	0.036							
		18. 30	0.049							
		19. 00	0.045							
										運転中止
		20. 00	0.045							以下導水口
		21. 00	0.045							
		22. 00	0.045							
		23. 00	0.045							
6	30	0. 00	0.045				—	—	—	
		2. 00	0.045							
		4. 00	0.040							
										運　転
		5. 00	0.031							
		6. 00	0.031							

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
6	30	7. 00	0.031							
		8. 00	0.039							
		9. 00	0.039							
		10. 00	0.039							
		11. 00	0.049							
		12. 00	0.077							
										運転中止
		13. 00	0.067							
		14. 00	0.080							
		15. 00	0.085							
		16. 30	0.081							
		17. 00	0.100							
		18. 00	0.087							
		21. 00	0.051							
		22. 00	0.057							
		24. 00	0.061							
7	1	3. 00	0.061				—	0.0	—	
		4. 00	0.061							
		5. 00	0.061							
		6. 00	0.059							
		7. 00	0.059							
		8. 00	0.057							
		9. 00	0.051		SSE					
		10. 00	0.041		〃	8.4				
		11. 00	0.054		〃	7.8				
		12. 00	0.054		〃	6.7				
		13. 00	0.054		〃	6.9				
		14. 00	0.054		〃	7.4				
		15. 00	0.051		〃	8.5				
		16. 00	0.051		〃	10.5				
		17. 00	0.057		〃	9.3				
		18. 00	0.057		〃	8.9				
		18. 30	0.049		〃					
		20. 30	0.057							
		23. 00	0.064		SSE	10.1				
7	2	1. 00	0.074		〃	8.7	—	0.0	—	
		3. 00	0.074		〃	8.0				
		4. 00	0.074		〃	8.7				
		9. 00	0.074		〃	10.3				
		10. 00	0.074		〃	9.6				
		12. 30	0.079		S					
		15. 00	0.077		SSE	7.8				
		17. 00	0.069		SE	8.4				
		18. 00	0.074		〃	9.8				

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	2	19. 00	0.100		SE	8.0				
		20. 00	0.072		〃	7.1				
		21. 00	0.067		〃	7.4				
		22. 00	0.074		〃	5.5				
		23. 00	0.064		ESE	5.9				
										運転
		24. 00	0.064		ESE	5.2				
7	3	1. 00	0.061		〃	5.9	—	0.0	0.9	
		2. 00	0.067		〃	6.7				
		3. 00	0.064		〃	3.0				
		4. 00	0.057		〃	2.0				
		5. 00	0.054		〃	3.6				
		6. 00	0.051		〃	3.0				
		7. 00	0.054		〃	2.6				
		8. 00	0.059		SE	4.0				
		9. 00	0.043		〃	3.8				
		9. 45	0.039		〃					
		11. 00	0.039		〃	4.4				
		12. 00	0.046		〃	6.7				
		13. 00	0.046		〃	6.3				
		14. 00	0.041		SSE	8.7				
		15. 00	0.054		〃	8.7				
		16. 00	0.051		〃	10.8				
		17. 00	0.049		〃	11.2				
		18. 00			〃	10.0				運転中止
		18. 30	0.061		〃					
		18. 50	0.072		〃					
		19. 00	0.100		〃	12.4				
		20. 00	0.082		〃	8.9				
		21. 00	0.118		〃	9.3				
		22. 00	0.113		〃	10.1				
		23. 00	0.131		〃	9.4				
7	4	1. 30	0.164		〃		0.2	—	0.6	
		4. 00	0.162		〃	5.2				
		5. 00	0.172		SE	5.0				
		6. 00	0.166		〃	3.4				
		7. 00	0.154		〃	1.3				
		9. 00	0.182		NNE	2.6				
		11. 00	0.133		〃	2.6				表面
		13. 00	0.110		〃	4.8				
		14. 00	0.100		〃	6.5				
		15. 00	0.085		〃	5.2				
		16. 00	0.092		〃	2.8				
		17. 00	0.069		〃	2.8				

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	4	18. 30	0.045		NNE					運転
		19. 00	0.051		〃	5.4				
		20. 00	0.043		〃	4.0				
		21. 00	0.041		〃	3.8				
		22. 00	0.049		〃	4.4				
		23. 00	0.057		N	3.6				
		24. 00	0.045		〃	3.2				
7	5	1. 00	0.049		〃	2.2	0.0	0.0	—	
		1. 30	0.033		〃					
		2. 00	0.028		〃	2.0				
		2. 30	0.036		〃					
		3. 00	0.031		〃	0.9				
		3. 30	0.025		〃					
		4. 30	0.025		〃					
		5. 00	0.025		〃	0.0				
		6. 00	0.025		〃	0.0				
		6. 30	0.025		〃					
		7. 00	0.023		〃	0.9				
		8. 00	0.036		〃	1.3				
		9. 00	0.025		〃	1.3				
		10. 30	0.025		〃					
		12. 00	0.025		〃	3.2				
		13. 00	0.031		〃	3.4				
		14. 00	0.023		〃	4.2				
		16. 00	0.036		NNW	4.8				
		17. 00	0.028		〃	4.2				
		17. 30	0.031		〃					
		18. 00	0.031		〃	3.2				
		19. 30	0.033		〃					
		20. 00	0.025		〃	3.2				
7	6	0. 00	0.039		N	2.6	10.5	3.0	10.1	
		2. 00	0.033		〃	0				
		5. 00	0.023		SE	0				
		7. 00	0.023		E	0.7				
		8. 00	0.025		ESE	0				
		9. 00	0.025		SE	0				
		11. 00	0.036		〃	2.4				
		12. 00	0.039		NNE	5.4				
		14. 00	0.039		〃	2.8				
		15. 00	0.039		〃	1.5				
		16. 00	0.046		NNW	2.4				
		19. 00	0.049		〃	0				
		21. 00	0.051		E	0				
		23. 00	0.033		〃	1.3				

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	7	7. 00	0.043		NNW	1.1	5.7	0.0	11.6	
		8. 30	0.041		〃					
		9. 00	0.043		〃	1.5				
		15. 00	0.043		N	3.8				
		18. 00	0.043		〃	3.0				
		21. 00	0.057		〃	0				
7	8	5. 00	0.057		E	5.0	0.2	0.2	—	
		12. 00	0.025		N	4.4				
		16. 00	0.008		WNW	2.8				
		20. 00	0.008		N					
7	9	6. 00	0.003		SE	2.4	—	—	0.0	
7	11	5. 00	0.039		〃	7.4	—	—	—	
		9. 00	0.013		〃	9.3				
		12. 00	0.010		SSE	8.9				
		14. 00	0.010		〃	9.3				
		16. 00	0.010		〃	10.8				
		18. 00	0.010		〃	7.1				
		20. 00	0.077		〃	5.5				
		21. 00	0.090		〃	6.5				
		22. 00	0.090		〃	5.7				運転中止
		23. 00	0.092		〃	7.8				
		24. 00	0.087		〃	5.5				
7	12	2. 00	0.082		〃	7.1	0.0	0.0	—	
		3. 00	0.067		〃	6.1				
		4. 15	0.077		〃					3 時 50 分運転
		4. 45	0.074		〃					
		5. 00	0.077		〃	7.4				
		5. 30	0.074		〃					
		6. 00	0.072		〃	8.0				
		6. 30	0.067		〃					
		7. 00	0.057		〃	7.6				7 時 50 分運転中止
		7. 30	0.077		〃					
		8. 00	0.090		〃	6.9				
		8. 15	0.087		〃					9 時 20 分に 180 HP 運転
		9. 00	0.079		〃	8.0				
		10. 00	0.090		〃	7.8				
		11. 00	0.082		〃					
		12. 00	0.090		〃	9.4				
		13. 00	0.092		〃	9.4				
		13. 30	0.092		〃					
		14. 00	0.097		〃	9.4				
		15. 00	0.108		〃	11.5				
		16. 00	0.282		〃	8.7				
		16. 30	0.154		〃					

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	12	17. 00	0.476		SSE	8.7				
		18. 00	0.312		〃	8.7				
		20. 00	0.272		〃	8.4				
		22. 00	0.295		〃	9.4				
		24. 00	0.307		〃	9.8				
7	13,	2. 00	0.307		〃	9.4	4.0	2.3	0.3	
		4. 00	0.312		〃	11.0				
		6. 00	0.358		〃	10.0				
		8. 00	0.385		〃	8.7				
		10. 00	0.385		〃	9.3				
		12. 00	0.510		〃	9.4				
		14. 00	0.552		〃	11.3				
		16. 00	0.657		〃	8.5				
		18. 00	0.526		〃	7.3				
		22. 00	0.526		〃	9.1				
		24. 00	0.526		〃	8.0				
7	14	2. 00	0.526		〃	10.3	18.1	35.6	12.4	
		4. 00	0.385		〃	6.7				
		6. 00	0.385		〃	8.7				
		8. 00	0.410		〃	9.4				
		10. 00	0.397		〃	7.6				
		12. 00	0.397		〃	8.0				
		14. 00	0.358		〃	10.8				
		16. 00	0.385		〃	10.0				
		18. 00	0.455		〃	9.1				
		20. 00	0.517	0.517	〃	10.5				
		22. 00	0.507	0.507	〃	8.7				
		24. 00	0.461	0.416	〃	8.5				
7	15	2. 00	0.180	0.343	〃	8.2	0.0	—	0.7	
		4. 00	0.282	0.282	〃	6.7				
		5. 00	0.272		〃	4.8				
		6. 00	0.226	0.236	〃	2.6				
		7. 00	0.220		〃	2.4				
		8. 00	0.174	0.231	〃	2.2				
		9. 00	0.166	0.256	〃	1.1				
		10. 00	0.166	0.231	〃					
		12. 00	0.154	0.215	N	2.4				
		12. 30		0.184	〃					
		13. 00	0.159	0.200	〃					
		14. 00	0.123	0.195	〃					
		16. 00	0.072	0.138	NNE	5.2				
		17. 00		0.046	N					運転
		18. 00	0.039		〃	3.8				
		19. 00	0.031		〃					

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	15	20. 00	0.031		N	3.2				
		21. 00	0.028		〃					
		22. 00	0.025		〃					
		24. 00	0.018		〃	0.4				
7	16	2. 00	0.003		〃		—	0.0	—	泥水（出水による） 7. 18. 5 時 00 迄同じ
7	18	5. 00	0.005		WNW		1.8	2.4	3.7	
		9. 00	0.005		W	6.1				
		10. 00	0.005		N	8.9				以下 23 時 00 迄同じ
		24. 00	0.013		SE	10.0				
7	19	1. 00	0.013		〃	8.0	—	—	0.4	
		7. 00	0.015		〃	4.0				以下 6 時 00 迄同じ
		8. 00	0.015		〃	3.6				
		9. 00	0.018		〃	6.9				
		10. 00	0.018		〃					
		11. 00	0.018		〃					
		12. 00	0.023		〃	5.5				
		14. 00	0.028		〃					
		17. 00	0.028		〃					
		20. 00	0.023		〃	1.1				
7	20	3. 00	0.023		N	0	—	—	—	
		5. 00	0.018		〃	0				
		6. 30	0.018		〃					
		8. 00	0.021		〃	1.7				
		10. 00	0.023		NW					
		12. 00	0.013		〃	6.3				
		15. 00	0.010		〃					
		18. 00	0.010		〃	6.1				
		21. 00	0.010		〃	5.2				7. 21 9 時 00 迄同じ
7	21	10. 00	0.008		NNW		0.0	—	—	7. 21 20 時 00 迄同じ
		24. 00	0.010		NW	6.7				
7	22	3. 00	0.010		N		—	—	—	
		5. 00	0.013		〃					
		8. 00	0.010		〃	4.4				17 時迄同じ
		18. 00	0.018		NNW	3.6				
		23. 00	0.018		NW					
7	23	5. 00	0.018		SE		7.6	6.4	4.2	
		9. 00	0.018		SSE	5.0				
		12. 00	0.025		〃	5.5				
		13. 00	0.025		〃					
		15. 00	0.054		〃					
		16. 00	0.079		〃					
		17. 00	0.082		〃					
		18. 00	0.097		〃					
		18. 30	0.110		〃					運転停止

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	23	19. 30	0.025	0.138	SE					
		21. 00	0.118	0.131	SSE					
		23. 00	0.108	0.108	〃					
		23. 30	0.100		〃					運転開始
		23. 40	0.105		〃					
		23. 50	0.108		〃					
		24. 00	0.115		〃					停止
7	24	0. 10	0.128		〃	3.6	0.0	0.2	0.2	
		2. 00	0.120	0.120	〃					
		3. 00	0.115	0.115	SE					
		4. 00	0.105		〃					運転
		5. 00	0.097		E					
		5. 30	0.102		NE					
		6. 00	0.100		〃					
		6. 30	0.087		N					
		8. 00	0.079		NW					
		9. 00	0.043		〃	0.4				
		10. 00	0.041		〃					
		12. 00	0.069		〃	2.6				
		13. 00	0.072		〃					
		13. 30	0.031		〃					
		14. 30	0.041		NNW					
		15. 00	0.051		N					
		16. 00	0.072		〃	2.6				
		18. 00	0.043		NW	1.5				
		19. 00	0.039		NNW					
		21. 00	0.072		〃					
		22. 00	0.041		〃					
		23. 00	0.054		〃	4.2				
7	25	2. 00	0.069		E	7.1	—	—	0.0	
		4. 30	0.082		SSE					
		5. 00	0.090		〃	5.9				
		5. 30	0.095		〃					
		5. 45	0.108		〃					
		6. 00	0.108		〃	7.8				
		6. 15	0.108		〃					
		6. 30	0.108		〃					
		7. 00	0.108		〃	6.7				
		7. 15	0.110		〃					
		7. 30	0.110		〃					
		8. 00	0.110		〃					
		8. 15	0.115		〃					停止
		8. 30	0.166		〃					
		9. 00	0.162		S	7.6				

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	25	9. 30	0.164		SSE					運転濃度更正 0.585
		10. 00	0.197		SE					
		10. 30	0.201		〃					
		11. 00	0.201		SSE					
		11. 30	0.261		〃					停止
		13. 00	0.261		〃					
		17. 00	0.180	0.312	〃					
		19. 00	0.180	0.277	SE					
		22. 00	0.154	0.349	〃					
		24. 00	0.154	0.277	〃	1.7				
7	26	2. 00	0.180	0.255	〃		—	—	—	
		4. 00	0.220	0.256	〃	1.3				
		4. 30	0.251	0.251	〃					
		6. 00	0.201	0.226	〃					
		7. 00	0.231	0.190	〃					
		8. 00	0.195	0.231	〃					
		10. 00		0.220	〃					
		11. 00	0.159	0.159	NW					
		12. 00	0.113	0.148	N	4.2				運転
		12. 30	0.123		〃					
		12. 40	0.128		〃					
		12. 50	0.118		〃					
		13. 30	0.128		〃					
		14. 00	0.128		〃					
		14. 30	0.128		〃					
		15. 00	0.128		〃					
		15. 15	0.128		〃					
		15. 00	P 0.108	Q 0.138	〃					鉄管 上 P, 下 Q
		15. 45	0.118		〃					
		17. 00	0.118		WNW					
		17. 45	0.087		〃					
		18. 00	0.061		〃	2.8				
		18. 30	0.067		〃					
		19. 00	0.090		〃					
		19. 30	0.095		W					
		20. 00	0.046		〃	0.2				
		20. 30	0.061		〃					
		21. 00	0.064		WSW					
		22. 30	0.061		ESE					
7	27	2. 00	0.072		〃		0.0	0.0	0.0	
		5. 00	0.092		〃					
		5. 30	0.085		〃					
		6. 30	0.072		〃					
		7. 00	0.072		〃					

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考	
		h m									
7	27	8. 00	0.074		ESE	4.0					
		9. 00	0.074		〃	4.8					
		9. 30	0.033		〃						
		10. 30	0.039		SE						
		12. 00	0.056		SSE	4.0					
		14. 00	0.108		〃						
		14. 30	0.082		〃						
		15. 00	0.095		〃						
		16. 00	0.072		〃	6.7					
		17. 00	0.090		〃						
		18. 00	0.136		〃	6.1					
		18. 30	0.131		〃						
		19. 00	0.110		〃						
		19. 30	0.115		〃						
		20. 30	0.138		SE						
		21. 45	0.169		〃						
		22. 00	0.180		〃						
		23. 00	0.182		〃						
		24. 00	0.195		〃	7.4					
7	28	2. 00	0.166		〃		0.1	3.6	1.7		
		4. 00	0.180		〃	6.3					
		5. 00	0.295		〃					停止	
		7. 00	0.397	0.397	〃						
		8. 00	0.348	0.297	〃	8.7					
		10. 00	0.410		〃	10.1					
		11. 00	0.402		〃	10.5					
		12. 00	0.549	0.613	〃	10.1					
		14. 00	0.549	0.613	〃	10.3					
		16. 00	0.587	0.855	〃	9.4					
		18. 00	0.434		〃	8.4					
		21. 00	0.876		〃						
7	29	4. 00		0.882	〃	6.1	—	0.2	—		
		7. 30	0.655	0.972	〃						
		9. 00	0.565		〃	5.7					
		11. 00	0.539	0.692	〃						
		12. 00	0.639		SSE	7.6					
		13. 00	0.562		SE					新薬で	0.538
		16. 00	0.480		〃	4.2				〃	0.502
		17. 00	0.384		〃						
		18. 00	0.445	0.445	〃	5.7					
		20. 00	0.384	0.397	SSE	6.7					
		23. 30		0.346	〃					新	0.345
7	30	2. 00		0.346	〃	5.0	1.5	0.5	0.6		
		4. 00		0.333	〃	5.5					

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
7	30	5. 00	0.359	0.412	SSE					
		6. 00	0.359	0.412	〃	5.4				
		8. 00	0.282	0.492	〃	5.5				
		9. 00	0.315	0.395	〃	6.7				
		10. 00	0.389	0.415	〃					
		11. 00	0.322	0.315	〃					上 これより新薬
		12. 30	0.369		〃					下 運転 (0.410)
		13. 00	0.351		〃					
		14. 00	0.369		〃					
		15. 00	0.386		〃					
		16. 00	0.314		〃	4.6				
		17. 00	0.333		〃					
		18. 00	0.304		〃	3.0				
		19. 00	0.314		〃					
		20. 00	0.304		ESE	1.7				
		20. 10	0.293		〃					
		21. 00	0.339		〃					
		22. 00	0.281		SE					
		23. 30	0.211		〃					
7	31	2. 00	0.234		〃		0.0	0.0	4.9	
		4. 30	0.234		〃					
		5. 30	0.228		〃					
		6. 00	0.222		〃					
		7. 00	0.211		SSE					
		8. 00	0.199		〃	0.9				
		9. 00	0.187		SE	3.0				
		10. 00	0.181		SSE					
		11. 00	0.187		〃					
		12. 00	0.205		〃	2.6				
		13. 00	0.181		〃					
		14. 00	0.146		NNW					
		16. 00	0.152		NNE	3.6				
		18. 00	0.222		〃	3.8				
		19. 00	0.181		NE					
		20. 00	0.152		NNW	2.6				
		21. 00	0.146		N					
		22. 00	0.158		〃					
8	1	2. 00	0.140		〃		4.1	3.1	8.7	
		4. 30	0.146		〃					
		7. 00	0.117		〃					
		8. 00	0.117		〃	5.4				
		10. 00	0.099		〃					
		11. 00	0.088		〃					
		13. 00	0.076		〃					

月	日	時	塩分量 S% R	塩分量 S% T	風向	風速 (m/s)	降水量 (mm) 札幌	降水量 (mm) 岩見沢	降水量 (mm) 旭川	備考
		h m								
8	1	18. 00	0.076		N	3.2				
		20. 30	0.076		〃					
8	2	1. 00	0.088		〃		5.3	12.1	13.8	
		5. 00	0.070		SE					
		6. 30	0.058		〃					
		9. 00	0.064		SSE	4.2				
		12. 00	0.070		〃	5.5				
		14. 00	0.064		〃					
		18. 00	0.088		SE	3.2				
		21. 00	0.105		〃					
8	3	5. 00	0.064		SSE		1.2	2.5	1.4	
		7. 00	0.088		〃					
		9. 00	0.088		N	0.9				
		12. 00	0.105		NNW	4.2				
		13. 00	0.175		N					
		15. 00	0.287		NW					
		15. 30	0.222		〃					
		16. 00	0.216		〃	3.0				
		17. 00	0.181		WNW					
		17. 30	0.164		〃					
		18. 30	0.181		SE					
		19. 30	0.170		〃					
		20. 30	0.216		〃					
		21. 00	0.246		〃					
		21. 30	0.205		〃					
		22. 00	0.293		〃					
		22. 30	0.187		〃					
		23. 00	0.205		〃					
		23. 30	0.175		〃					
		24. 00	0.187		〃	5.4				
8	4	1. 30	0.164		〃		8.7	18.4	23.8	
		2. 00	0.105		〃					
		5. 30	0.152		〃					
		13. 00	0.047		SSE					
		21. 00	0.035		〃					
8	5	9. 30	0.029		〃		0.7	4.9	5.4	
		12. 00	0.023		〃					
		18. 00	0.011		〃					
		24. 00	0.006		SE					泥水
8	6	6. 00	0.006		SSE		1.0	0.4	14.4	

表-9 北生振地区塩分濃度級分け表

割　合(%)	級	割　合(%)	級
1　以上	A	0.05～0.1	D
0.5 ～1	B	0.01～0.05	E
0.1 ～0.5	C	0.05 以下	F

§7 潮汐と塩分濃度の関係

石狩湾は日本海に属する為，潮差も少なく二重層との関係はあまり顕著ではない。小樽開発建設部小樽港修築事業所の記録によると，表-10に示す如くである。

表-10 小樽港平均潮位

小樽土木基準面	0 m
基本水準面（略々最低潮面）	0.09
大潮平均低潮面	0.20
小潮平均低潮面	0.24
平均水面	0.27
小潮平均高潮面	0.30
大潮平均高潮面	0.34
略々最高高潮面	0.45

表-11 小樽港潮汐一覧表

潮位／年	① 朔望前後1週間の最高中1ヶ年の最高潮位	② 同左最低中最低潮位	①−② 潮差	③ 朔望前後1週間の何れかの最高潮位をとつたものの年平均	④ 同左低最潮位年平均	③−④ 潮差	⑤ 朔望前後1週間の何れかの高潮を平均したものの年平均	⑥ 同左低潮平均年平均	⑥−⑤ 潮差
昭和 6	(+)0.77	(−)0.20	(+)0.97	(+)0.506	(−)0.061	(+)0.567	(+)0.352	(+)0.036	(+)0.316
7	〃 0.70	〃 0.18	〃 0.88	〃 0.510	〃 0.038	〃 0.548	〃 0.369	〃 0.070	〃 0.299
8	〃 0.82	〃 0.17	〃 0.99	〃 0.570	〃 0.044	〃 0.614	〃 0.443	〃 0.160	〃 0.283
9	〃 0.86	〃 0.20	〃 1.06	〃 0.536	〃 0.019	〃 0.555	〃 0.408	〃 0.144	〃 0.264
10	〃 1.49	〃 0.26	〃 1.75	〃 0.598	〃 0.013	〃 0.616	〃 0.441	〃 0.143	〃 0.298
11	〃 0.90	〃 0.22	〃 1.12	〃 0.585	〃 0.013	〃 0.598	〃 0.415	〃 0.196	〃 0.219
12	〃 0.80	〃 0.25	〃 1.05	〃 0.599	〃 0.039	〃 0.638	〃 0.368	〃 0.161	〃 0.207
13	〃 0.88	〃 0.19	〃 1.07	〃 0.431	〃 0.010	〃 0.441	〃 0.353	〃 0.219	〃 0.134
14	〃 0.85	〃 0.50	〃 1.35	〃 0.446	〃 0.030	〃 0.476	〃 0.381	〃 0.138	〃 0.243
15	〃 1.00	〃 0.22	〃 1.22	〃 0.544	〃 0.068	〃 0.612	〃 0.359	〃 0.131	〃 0.228
16	〃 0.73	〃 0.19	〃 0.92	〃 0.425	〃 0.029	〃 0.464	〃 0.290	〃 0.099	〃 0.191
17	〃 0.67	〃 0.21	〃 0.88	〃 0.404	〃 0.005	〃 0.409	〃 0.287	〃 0.010	〃 0.277
18	〃 0.69	〃 0.26	〃 0.95	〃 0.360	〃 0.004	〃 0.364	〃 0.267	〃 0.010	〃 0.257
19	〃 0.75	〃 0.20	〃 0.95	〃 0.481	〃 0.021	〃 0.502	〃 0.336	〃 0.124	〃 0.212
20	〃 1.24	〃 0.26	〃 1.50	〃 0.499	〃 0.034	〃 0.533	〃 0.356	〃 0.140	〃 0.216
21	〃 0.77	〃 0.21	〃 0.98	〃 0.547	〃 0.013	〃 0.560	〃 0.397	〃 0.148	〃 0.249
23	〃 0.69	〃 0.25	〃 0.94	〃 0.425	〃 0.018	〃 0.542	〃 0.325	〃 0.150	〃 0.175
24	〃 1.63	〃 0.24	〃 1.87	〃 0.588	〃 0.007	〃 0.595	〃 0.358	〃 0.159	〃 0.199
25	〃 1.31	〃 0.16	〃 1.47	〃 0.464	(+)0.008	〃 0.456	〃 0.334	〃 0.161	〃 0.173
26	〃 1.73	〃 0.32	〃 2.05	〃 0.518	〃 0.018	〃 0.500	〃 0.385	〃 0.181	〃 0.204
27	〃 1.63	〃 0.20	〃 1.83	〃 0.660	〃 0.020	〃 0.640	〃 0.380	〃 0.170	〃 0.210
28	〃 0.70	〃 0.14	〃 0.84	〃 0.510	〃 0.030	〃 0.480	〃 0.360	〃 0.170	〃 0.190
29	〃 0.77	〃 0.19	〃 0.96	〃 0.490	(−)0.020	〃 0.510	〃 0.320	〃 0.160	〃 0.160
30	〃 1.30	〃 0.23	〃 1.53	〃 0.560	(+)0.060	〃 0.500	〃 0.370	〃 0.190	〃 0.180
31	〃 1.46	〃 0.16	〃 1.62	〃 0.610	〃 0.080	〃 0.602	〃 0.390	〃 0.220	〃 0.170
32	〃 0.81	〃 0.14	〃 0.95	〃 0.510	〃 0.060	〃 0.450	〃 0.360	〃 0.220	〃 0.140
26カ年平均	(+)1.00	(−)0.22	(+)1.22	(+)0.514	(−)0.008	(+)0.530	(+)0.362	(+)0.143	(+)0.219

昭和26年11月26日の大時化の際は海面上昇 1.73 m に達し 14h 40m，最低気圧 737.2 mmHg，16h 00 m，最大風速 WNW 18.0 m/s を示す。

表-12 潮 汐 表（小樽港） 札幌管区気象台

昭和 32 年 6 月～8 月

日次	曜日	月令	満潮		干潮		北生振塩分級
6月		◑	h m	h m	h m	h m	
20	木	21.6	09.15	19.10	01.30	14.40	—
21	金	22.6	09.20	—	01.50	47.40	—
22	土	23.6	10.00	—	—	18.40	—
23	日	24.6	10.30	—	—	19.25	—
24	月	25.6	11.25	—	—	19.50	—
25	火	26.6	04.10	12.30	07.40	20.35	—
26	水	27.6	04.40	13.05	07.40	21.10	—
27	木	28.6 ●	04.55	14.00	08.25	21.40	—
28	金	0.3	05.10	14.40	08.45	22.20	—
29	土	1.3	05.45	15.25	09.45	23.00	F, E
30	日	2.3	06.15	16.15	10.20	23.40	E, D
7月							
1	月	3.3	06.40	17.00	11.05	—	D
2	火	4.3	07.10	17.50	00.15	11.45	D
3	水	5.3 ◐	07.40	19.00	00.45	12.45	D, E, C
4	木	6.3	08.05	20.25	01.25	14.10	C, D, E
5	金	7.3	08.40	22.25	02.10	16.00	E
6	土	8.3	09.20	—	03.20	17.30	E
7	日	9.3	10.20	—	—	18.40	E, D
8	月	10.3	03.05	11.20	06.20	19.30	D, E, F
9	火	11.3	03.40	12.35	07.15	20.40	F
10	水	12.3	04.20	13.30	08.20	21.15	—
11	木	13.3 ○	05.00	14.20	09.05	22.00	E, D
12	金	14.3	05.20	14.40	09.25	22.20	D, C
13	土	15.3	05.55	15.40	10.00	23.00	C, B
14	日	16.3	06.20	16.10	10.45	23.30	B, C
15	月	17.3	06.30	17.00	11.05	23.40	C, D, E
6月			h m	h m	h m	h m	
16	火	18.3	06.55	17.10	11.25	23.55	F
17	水	19.3	07.15	18.00	—	12.05	—
18	木	20.3	07.30	18.40	00.05	12.50	F, E
19	金	21.3 ◑	07.30	19.55	00.30	14.30	E
20	土	22.3	07.40	—	00.10	16.20	E
21	日	23.3	08.20	—	—	17.40	F
22	月	24.3	09.00	—	—	18.25	E
23	火	25.3	10.20	—	—	19.20	E, D, C
24	水	26.3	11.25	—	—	20.20	C, D, E
25	木	27.3	04.40	12.55	07.10	21.00	D, C
26	金	28.3 ●	04.50	14.00	08.25	21.30	C, D
27	土	29.3	04.40	14.20	09.00	22.00	D, C
28	日	0.9	05.15	15.30	09.40	22.50	C, B
29	月	1.9	05.30	16.20	10.20	23.20	B, C
30	火	2.9	06.00	17.05	11.00	23.50	C
31	水	3.9	06.40	18.25	11.50	—	C
8月							
1	木	4.9	06.50	19.25	00.25	12.50	C, D
2	金	5.9 ◐	07.20	20.40	00.40	14.00	D
3	土	6.9	07.40	—	01.30	15.40	D, C
4	日	7.9	08.20	—	—	17.00	C, D, E
5	月	8.9	09.00	—	—	18.20	E, F
6	火	9.9	10.40	—	—	19.25	F
7	水	10.9	04.10	12.05	07.00	20.20	
8	木	11.9	04.00	13.00	08.20	21.00	
9	金	12.9 ○	04.40	14.05	08.50	21.25	
10	土	13.9	04.50	14.40	09.30	22.00	

北生振揚水所測定の塩分表（第 7, 8 表）と小樽港の潮位（これを石狩湾の潮位と考える，第 15 表）と比較してみると観測期間中の大潮に相当する期日は

表-13 大 潮 昭和 32 年

①	6 月 28 日	朔
②	7 月 12 日	望
③	7 月 27 日	朔

之に対し河水層の塩分濃度が高くなつた日時をみると

表-14 河水層の塩分濃度の高くなつた日

番号	月 日	級 別	番号	月 日	級 別
I	6 月 29 日	F, E	IV	7 月 23 日	E, D, C
				7 月 24 日	C, D, E
	6 月 30 日	E, D		7 月 25 日	D, C
				7 月 26 日	C, D
II	7 月 3 日	D, E, C	V	7 月 28 日	C, B
	7 月 4 日	C, D, E		7 月 29 日	B, C
III	7 月 12 日	D, C	VI	8 月 3 日	D, C
	7 月 13 日	C, B		8 月 4 日	C, D, E
	7 月 14 日	B, C			

観測結果は種々の要因の重なつたもので石狩川流量にもより，濃度そのものを比較してここでは論ずることは出来ないので変化の傾向について考える。第 13 図より I は大潮の ① の翌日及び翌々日に高濃度の含塩量となつてあらわれている。III は ② と同日及び翌日，翌々日にあらわれ，V は ③ の翌日及び翌々日に高濃度の含塩量となつてあらわれ，北生振附近には 1 日乃至 2 日の位相差をもつているものとみることが出来よう。勿論この単一年間のみにては結論づけられないが昭和 31 年度に於ける観測結果を参照してみると大潮時にはその影響を受けて翌日及び翌々日に変化があらわれるであろうと云うことは云える。流量がこれに関連するが II，IV，VI の朔，望以外の高濃度の場合に比ぶれば特に顕著な影響を与えているとは云い難

表-15　昭和 32 年小樽港潮位（地理調査所 0 より 0.1825 m）

月日	満潮 時刻	満潮 潮位	干潮 時刻	干潮 潮位	月日	満潮 時刻	満潮 潮位	干潮 時刻	干潮 潮位
	h m	m	h m	m		h m	m	h m	m
6月 25	13.20	(+)0.32	22.57	(+)0.10	7月 19	6.29 21.50	(+)0.40 〃 0.35	0.26 14.00	(+)0.29 〃 0.30
26	7.11 13.40	〃 0.24 〃 0.30	8.30 21.34	〃 0.01 〃 0.06	20	8.50	〃 0.42	3.10 15.02	〃 0.30 〃 0.31
27	5.47 13.27	〃 0.28 〃 0.36	7.30 23.15	〃 0.27 〃 0.11	21	8.45	〃 0.44	19.22	〃 0.26
28	7.28 14.10	〃 0.38 〃 0.39	11.01 23.57	〃 0.33 〃 0.10	22	10.35	〃 0.50	19.10	〃 0.24
29	5.24 16.05	〃 0.36 〃 0.39	10.15 23.59	〃 0.30 〃 0.13	23	11.10	〃 0.44	21.35	〃 0.26
30	7.00 17.20	〃 0.38 〃 0.43	9.51	〃 0.32	24	11.25	〃 0.52	20.35	〃 0.29
7月 1	6.36 17.43	〃 0.39 〃 0.44	1.10 12.46	〃 0.17 〃 0.31	25	4.20 13.40	〃 0.50 〃 0.51	8.45 21.47	〃 0.47 〃 0.26
2	8.18 18.04	〃 0.39 〃 0.46	1.40 12.20	〃 0.20 〃 0.32	26	4.15 13.11	〃 0.44 〃 0.47	7.06 23.35	〃 0.37 〃 0.21
3	8.41 20.30	〃 0.51 〃 0.53	1.50 13.17	〃 0.28 〃 0.39	27	4.42 15.38	〃 0.42 〃 0.53	7.43 23.30	〃 0.36 〃 0.26
4	8.30 22.00	〃 0.51 〃 0.44	2.24 15.45	〃 0.32 〃 0.33	28	5.13 16.10	〃 0.52 〃 0.48	10.47 23.15	〃 0.44 〃 0.28
5	10.47	〃 0.48	3.06 16.38	〃 0.31 〃 0.26	29	5.36 16.26	〃 0.49 〃 0.53	10.26 0.36	〃 0.38 〃 0.26
6	10.37	〃 0.46	19.00	〃 0.26	30	6.08 18.14	〃 0.49 〃 0.51	10.57	〃 0.34
7	10.35	〃 0.44	19.00	〃 0.25	31	7.38 18.30	〃 0.45 〃 0.47	0.42 13.33	〃 0.26 〃 0.31
8	11.25	〃 0.53	20.55	〃 0.29	8月 1	6.22 19.00	〃 0.46 〃 0.40	0.49 14.03	〃 0.30 〃 0.26
9	2.47 12.10	〃 0.46 〃 0.43	10.35 23.00	〃 0.39 〃 0.17	2	8.24 22.00	〃 0.45 〃 0.40	1.08 16.33	〃 0.28 〃 0.26
10	4.08 14.07	〃 0.34 〃 0.35	9.30 22.43	〃 0.29 〃 0.22	3	9.00	〃 0.42	1.10 17.15	〃 0.30 〃 0.22
11	5.29 16.00	〃 0.30 〃 0.33	10.00 23.35	〃 0.27 〃 0.13	4	9.05	〃 0.40	19.07	〃 0.21
12	6.20 15.32	〃 0.37 〃 0.46	8.30 23.54	〃 0.34 〃 0.24	5	9.45	〃 0.40	20.18	〃 0.23
13	5.05 16.00	〃 0.47 〃 0.50	10.35	〃 0.39	6	7.56	〃 0.43	20.30	〃 0.24
14	6.41 15.40	〃 0.43 〃 0.53	0.25 10.35	〃 0.23 〃 0.36	7	10.17	〃 0.43	20.48	〃 0.25
15	5.48 15.55	〃 0.48 〃 0.47	0.06 13.07	〃 0.29 〃 0.37	8	6.29 13.08	〃 0.44 〃 0.48	9.41 21.28	〃 0.39 〃 0.26
16	6.40 18.14	〃 0.38 〃 0.39	1.12 12.01	〃 0.24 〃 0.29	9	4.33 15.20	〃 0.46 〃 0.47	9.51 22.39	〃 0.39 〃 0.26
17	6.29 18.22	〃 0.38 〃 0.36	1.47 12.30	〃 0.24 〃 0.28	10	4.13 15.10	〃 0.41 〃 0.44	9.41 23.20	〃 0.34 〃 0.20
18	7.15 19.20	〃 0.38 〃 0.37	2.04 13.40	〃 0.25 〃 0.29					

い。II，IVは潮位，気圧と相関性を有し天気図を参照する時よくこの事を証明している。

§8 日本海上の低気圧通過による影響

小樽港に於ける朔，望前後1週間中の最高潮位を1カ年平均した値 +0.514 M の潮位と，昭和 32 年7月3日及び4日石狩湾上を低気圧 1000 mb が通過した際の潮位 0.53 M を比較する時最高潮位年平均値よりも高く，これは明らかに低気圧が石狩湾の海面上昇を誘起し，感潮部に対しても影響を与えているものと考えることが出来る。所謂気象潮の原因による海面上昇が河口より塩水の遡上を促しこの結果北生振の観測に於いても塩分濃度の増加が測定されて居る。昭和 32 年7月の低気圧の通過を図-15 に示す。同様な湾上低気圧通過と潮位増加及び塩分濃度増加の観測例が7月 25 日にありこれを図-16 に示す。

この様に天体による潮差の比較的少ない石狩湾にあつては気圧による影響が潮位に大きな影響を与えていることが判る。気圧と潮位との関係を示すと図-17 の如くなり非常に良い相関性をもつている。

今低気圧による水面上昇高を ζ(cm) とし気圧降下 Δp(mb) とすると静的な気圧降下と水面上昇高を次式にてあらわすことが出来る。

$$\zeta=\alpha\times\Delta p$$

但し α は海水密度の関数である。

小樽湾に於ける潮位及び気圧変化より $\alpha=1.49$ として求められた。然し低気圧による海面上昇は移動性低気圧による場合が多く，低気圧の移動速度及び長波の速度 $\sqrt{gh}$ により求められなければならない[8]。

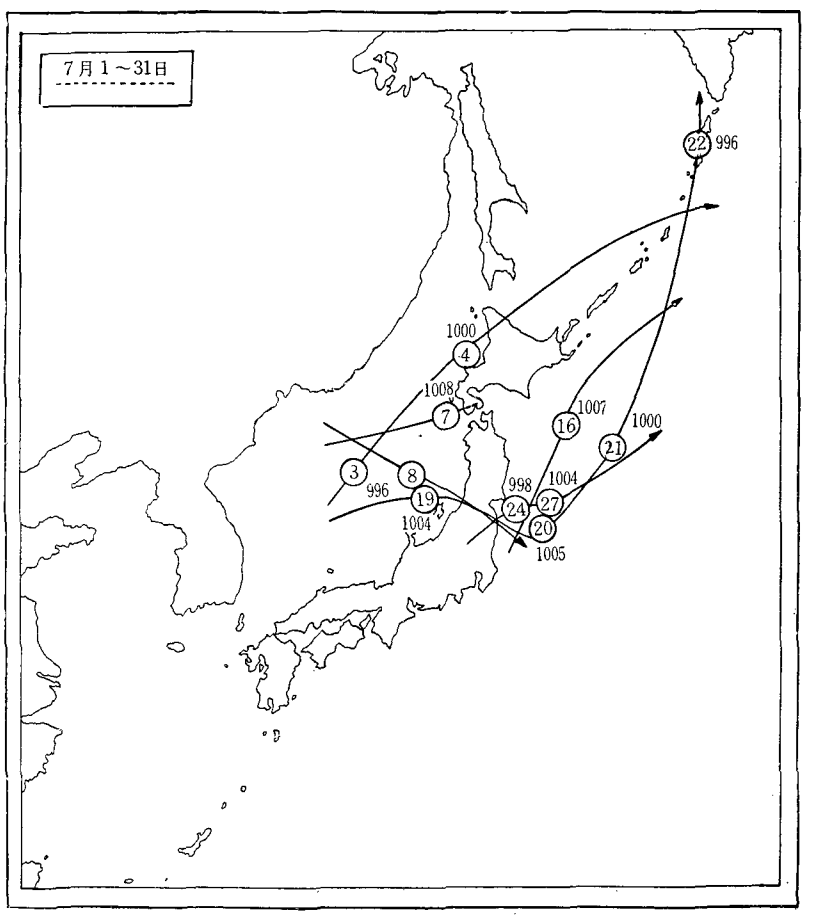

図-15 北海道周辺低気圧通過図

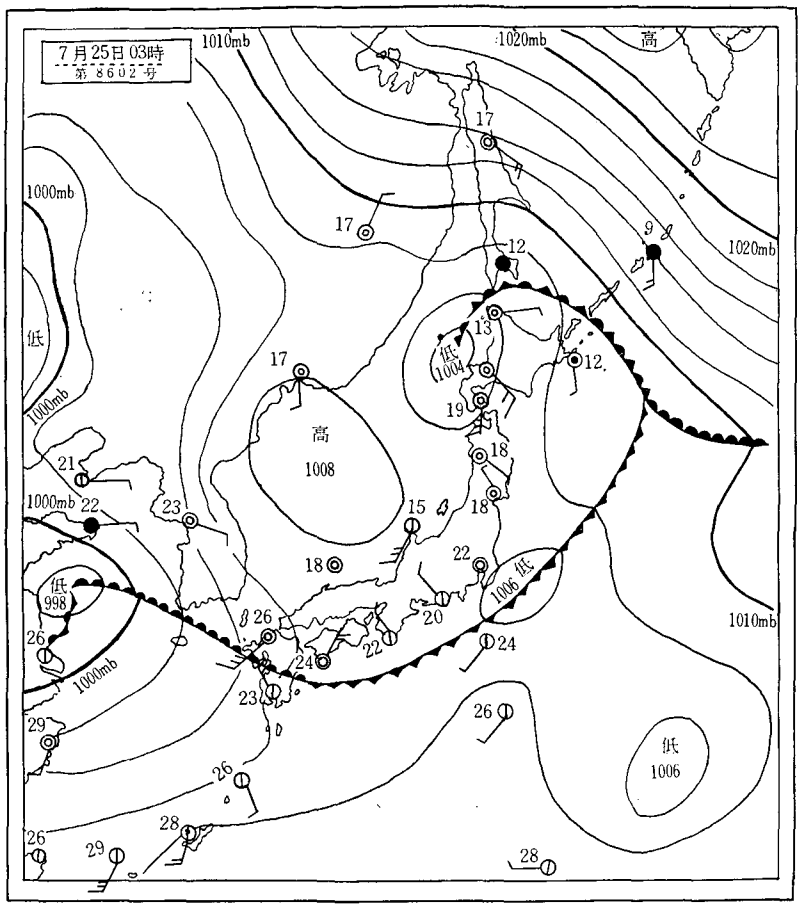

図-16　昭和32年7月25日3時の天気図

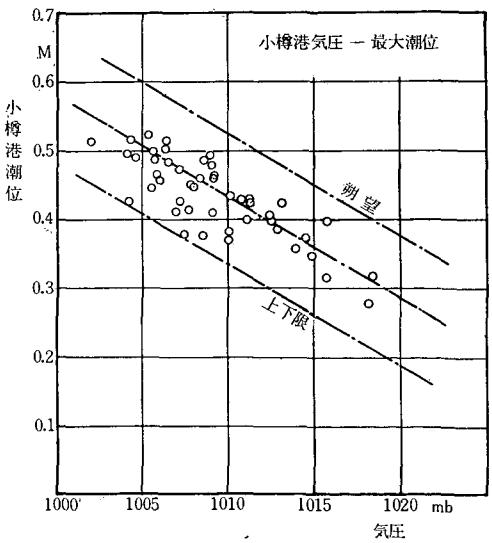

図-17　小樽港気圧――最大潮位

$$\zeta = -\frac{c^2}{c^2-v^2}p(x-vt)+\frac{c}{2(c-v)}p(x-ct)$$

$$+\frac{c}{2(c+v)}p(x+ct)$$

但し　c: 長波速度，v: 低気圧の移動速度，p: 一定速度で形を変えずに進行する低気圧，x: 低気圧の進行方向にとつた距離。

第1項は低気圧と共に移動する波，第2項は長波の速度で低気圧の進行方向に進む波，第3項は同じ速度で逆行する波をあらわす。

この式より低気圧の前面及び後面には海面低下が見られ，低気圧の中心域は大きな海面上昇があらわれる。又低気圧の移動速度 v が長波の速度 c に近い場合，即ちあまり速くない場合に静的海面上昇よりはるかに大きな潮但があらわれる。

一般に静的な低気圧による海面上昇式の α は 0.991

としてあらわされ，小樽港の場合は約 1.5 倍大きくあらわれて居る。又記録は湾内で得られたものである為，湾のセイシュ及び海岸に向つて低気圧が移動する場合の高潮を考慮する必要があろう。

又石狩湾低気圧通過に伴う副次的影響として南々東の強風を見ることがあり，観測結果よりこの事が明かに認められる。

§9　強風による塩水拡散の影響

石狩地方の南々東の風速をこれより 18 km 隔つている札幌の風速と比較する時，5 m 以上の風速の場合，石狩地方は札幌の 1.2～1.3 倍の風速を示し，河面は白泡が筋をなして移動する。この様な強い風が石狩川の面上を吹送する場合は風と水面との間に大きな剪断力が働く。石狩川二重層に於ける塩分の垂直分布は図-18 に示す如く塩水層と表層河水層はあたかも硝子の境界面で区切られた様に分れ容易には塩水が河水層に拡散しない状態にある。然し旱天継続日数が大きくなり，従つて河川流量が減少し，河水層の水深が減ずる様になると風による影響が大きくなる。即ち前述の剪断力は水面に垂直方向の渦動運動を促進し，風より受けた運動量を持つ渦動エネルギーが下層に与えられ，その結果塩水層は上層の河水層に混合される様になる。この様な垂直方向の渦動拡散は表層水の塩分濃度の増加を来たす。

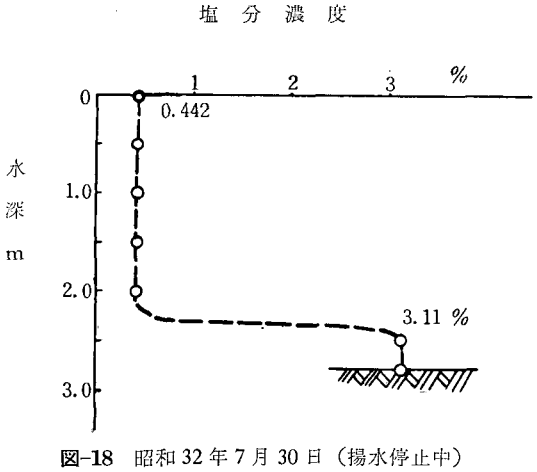

図-18　昭和 32 年 7 月 30 日（揚水停止中）
11 時 17 分 → 12 時 00
位置：北生振導水口先端鉄管

実測によると，6 月 30 日（I），7 月 13 日（III），7 月 25 日（IV），7 月 28 日（V），8 月 3 日（VI）の例に見られる如く強風による影響も大きいと考えることが出来る。然し 8 章に述べた如くこれは低気圧に関連する強風の場合もあり，原因が重畳していると考えられる。

表-16　測候所毎日及旬別降水量（m/m）
札幌毎日平均風速（m/s）
昭和 32 年 6 月 25 日～8 月 10 日

月日＼地名	札幌	岩見沢	旭川	札幌毎日平均風速
6 月 25	4.8	0.0	0.3	1.9
26	—	—	—	1.7
27	—	—	—	3.0
28	—	—	0.0	3.7
29	—	—	0.0	2.9
30	—	—	—	7.4
下旬総量	9.8	8.2	5.8	
同平年比	4.2	3.0	3.3	
1 月 1	—	0.0	—	6.1
2	—	0.0	—	6.7
3	1.5	0.8	0.9	5.7
4	0.2	—	0.6	3.3
5	0.0	—	—	2.3
6	10.5	3.0	10.1	1.5
7	5.7	0.0	11.6	1.6
8	0.2	0.2	—	2.7
9	—	—	0.0	1.8
10	—	—	—	2.6
上旬総量	18.1	4.0	23.2	(旬平均) 3.4
同平年比	6.3	1.4	6.5	
11	—	—	—	7.3
12	0.0	0.0	—	6.9
13	4.0	2.3	0.3	8.9
14	18.1	35.6	12.4	8.4
15	0.0	—	0.7	2.7
16	—	0.0	—	2.1
17	—	—	0.0	2.1
18	1.8	2.4	3.7	4.2
19	—	—	0.4	4.2
20	—	—	—	3.5
中旬総量	23.9	40.3	17.5	(旬平均) 5.0
同平年比	10.7	26.0	5.0	
7 月 21	0.0	—	—	5.4
22	—	—	—	3.7
23	7.6	6.4	4.2	5.0
24	0.0	0.2	0.2	1.6
25	—	—	0.0	5.2
26	—	—	—	1.5

月日＼地名	札幌	岩見沢	旭川	札幌毎日平均風速
7月27	0.0	0.0	0.0	4.6
28	0.1	3.6	1.7	7.3
29	—	0.2	—	4.8
30	1.5	0.5	0.6	3.5
31	0.0	0.0	4.9	1.3
下旬総量	9.2	10.9	11.6	(旬平均) 4.0
同平年比	3.0	2.9	1.6	
8月 1	4.1	3.1	8.7	2.5
2	5.3	12.1	13.8	2.6
3	1.2	2.5	1.4	2.0
4	8.7	18.4	23.8	5.5
5	0.7	4.9	5.4	5.8
6	1.0	0.4	14.4	2.8
7	0.3	0.3	7.8	1.1
8	0.7	—	4.6	1.4
9	3.6	0.8	1.6	2.4
10	0.6	0.0	—	2.0
上旬総量	26.2	42.5	81.5	(旬平均) 2.8
同平年比	7.0	12.4	16.7	

§10 石狩湾に於ける塩素量の垂直分布について

石狩川の表層水は著しい浮泥を含み乍ら河口より石狩湾に流出している。この浮泥を含んだ河水はやはり河口内部と同様な性質を有し海水層の表層に境界面を保ちながら拡散し，沿岸流によつては遠く天売，焼尻島の北方迄運ばれるという。昭和 32 年 8 月 30 日，表層河水に影響されない石狩湾の採水を行い塩素量の滴定を実施し，遡上塩水の濃度との比較を試みた。図-19 の A より P までの記号は測点を示し，A は石狩川表層水に影響されない地点，B は石狩川濁水との交点で B, I 及び 0 に於いて船を停め塩素量の垂直分布測定，他の点は走航中表層水の採水を行い塩素量を求めた。その結果を表 17 及び図-20 に示す。

表-17 昭和 32 年 8 月 30 日

測点	時刻	水深 (m)	採水瓶番号	Cl %	塩分量 S%
A	h m 10.10		大瓶	18.37	3.32
B	10.10	0	R 2	10.80	1.95
		1	R 3	11.93	2.16
		2	R 7	13.16	2.38
B		4	R 9	18.48	3.34
		6	R 10	18.13	3.28
		8	R 11	18.34	3.31
		11	R 14	18.58	3.36
		14	R 15	16.02	2.90
C	10.50	0	R 16	10.62	1.92
D	10.51	0	R 17	9.47	1.71
E	10.52	0	R 19	8.87	1.60
F	10.53	0	R 22	8.58	1.55
G	10.54	0	R 26	8.73	1.58
H	10.55	0	R 27	8.73	1.58
I	11.04	0	R 29	10.39	1.88
		1	R 72	10.38	1.88
		3	R 73	17.40	3.14
		5	B 5	18.53	3.35
		8	B 10	18.42	3.33
		11	B 12	16.31	2.95
		14	B 19	16.51	2.98
		17	B 35	18.56	3.35
J	11.10	0	R 76	11.33	2.05
K	11.13	0	R 75	8.60	1.56
L	11.16	0	B 40	7.23	1.31
M	11.19	0	B 42	4.90	0.89
N	11.22	0	B 54	1.63	0.30
O	11.30	0	B 144	1.80	0.33
		0.5	B 272	17.28	2.65
		1	B 94	18.06	3.12
		3	B 36	18.73	3.26
		5	B 166	18.77	3.38
		7	B 250	18.78	3.39
		9	B 263	18.75	3.39
		11	B 290	14.67	3.39
P	12.01	0	R 31	0.05	0
第3導水堤	12.10	0	B 339	0.05	0
北生振		0	B 9	0.05	0
		4	B 14	0.04	0

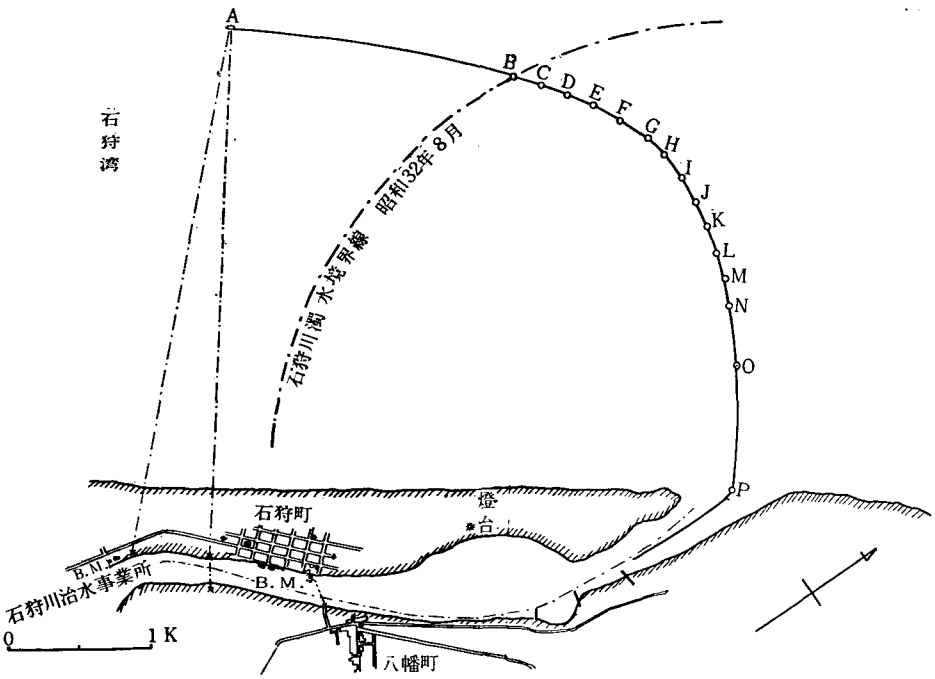

図-19 石狩河口外（石狩湾）採水地点

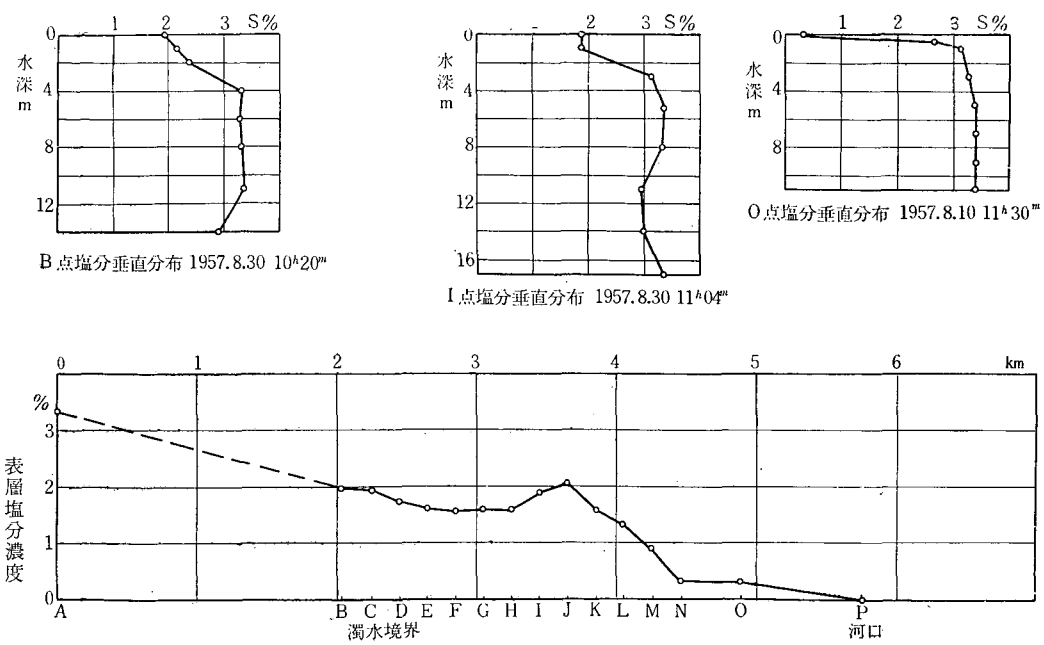

図-20 石狩河口外塩分垂直分布図

§11 石狩川流量と塩水拡散について

石狩川下流の感潮部に於ける流量は海水の遡上がある為観測困難であり過去の資料も貧しく最渇水量を求めることは出来ない。然し流量が少ない場合には海水の遡上は容易であり，福島教授の論文によると表層河水に対する下層塩水の混合は表層河水の少ない時程即ち流量の少ない程塩水の表層河水への混合拡散は流量の多い時の数倍にも達し，流量が少ない程急激な上昇を示している。特に流量が少ない場合風と水面との剪断抵抗による運動量は，塩水層に達し益々混合の割合を増大する。従つて表層河水の水深が小さい程塩害の頻度は増大すると考えねばならない。我々が実施した石狩川（北生振）流量観測の結果について説明しよう。塩水遡上の著しかつた昭和 32 年 7 月 12 日及 15 日の観測より第 18 表の結果を得た。

表-18 昭和 32 年 7 月流量観測結果

	7月12日10時24分～12時34分	7月15日14時01分～15時53分
流量	178 m^3/s	429 m^3/s
表層水平均流速	19.1 cm/s	29.05 cm/s
流水横断面積	934 m^2	1476 m^2
表層水平均流速	2.15 m	3.39 m
水面平均流速	24.2 cm/s	38.6 cm/s

この結果をノモグラフに示したものが第 20 図である。即ち石狩川（北生振）に於ける流量が約 450m^3/sec 以上に於ては北生振地点では塩水層は大体見られないと考えられる。それで 450 m^3/sec 以下の流量の場合で表層河水と塩水層が共存する場合について考察すると，流量の減少に従つて表層河水の水深が漸減し流量約 110 m^3/s に於いて 1.5 m の表層水深となり，これより流量が少ない場合には表層河水に塩水の拡散が全く無いとしても北生振揚水場に於ける取水は不能である。

次に表層河水と塩水層との境界面を実測することにより流量の概略値を同上のノモグラフにより算出することが出来る（図-21）。融雪期並びに洪水期には塩水層の存在が認められず流量の増大は流速を増すと同時に水位の上昇をもたらす。石狩川感潮部の塩水層の存在する場合には海面水位に支配されて，流量の増大は水位の増加となつてあらわれず，下層塩水と交換され下層塩水が石狩湾沖合に押し出されるためである。

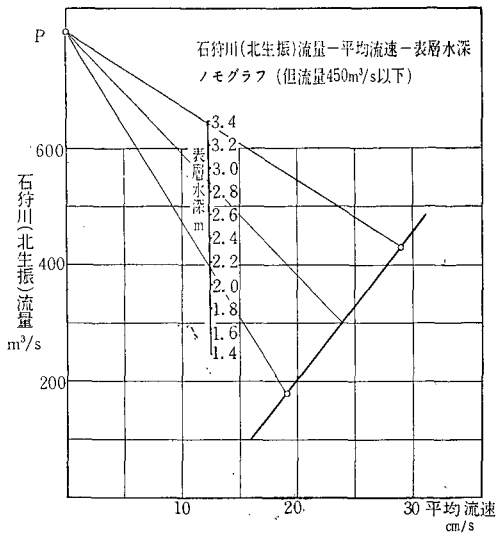

図-21 石狩川（北生振）流量――平均流速――表層水深ノモグラフ（但 流量 450 m^3/s 以下）

表-19 石狩大橋――石狩事業所水位記録

年 月 日	石狩大橋 午前7時	石狩大橋 午後6時	石狩大橋 日平均	石狩事業所 午前6時	石狩事業所 午後6時	石狩事業所 日平均
昭和32年6月29日	0.40	0.35	0.38	0.25	0.22	0.24
30	0.40	0.40	0.40	0.30	0.36	0.33
7月 1	0.40	0.40	0.40	0.32	0.36	0.34
2	0.40	0.38	0.39	0.32	0.36	0.34
3	0.50	0.38	0.44	0.40	0.36	0.38
4	0.54	0.48	0.51	0.40	0.29	0.35
5	0.60	0.32	0.46	0.42	0.33	0.38
6	0.52	0.40	0.56	0.33	0.21	0.27
7	0.64	0.80	0.72	0.39	0.29	0.34
8	0.98	0.84	0.91	0.45	0.33	0.39
9	0.72	0.54	0.63	0.42	0.24	0.33
10	0.48	0.36	0.42	0.27	0.19	0.23
11	0.38	0.28	0.33	0.21	0.19	0.20
12	0.40	0.36	0.38	0.27	0.27	0.27
13	0.40	0.42	0.41	0.33	0.33	0.33
14	0.40	0.50	0.45	0.32	0.38	0.35
15	0.48	1.14	0.81	0.42	0.48	0.45
16	1.02	0.90	0.96	0.40	0.35	0.38
17	0.64	0.50	0.57	0.34	0.30	0.32
18	0.48	0.40	0.44	0.33	0.24	0.29
19	0.44	0.40	0.42	0.33	0.29	0.31

年 月 日	石狩大橋 午前7時	石狩大橋 午後6時	石狩大橋 日平均	石狩事業所 午前6時	石狩事業所 午後6時	石狩事業所 日平均
昭和32年 7月20日	0.50	0.46	0.48	0.36	0.30	0.33
21	0.48	0.42	0.45	0.35	0.22	0.29
22	0.50	0.48	0.49	0.36	0.21	0.29
23	0.46	0.46	0.46	0.32	0.19	0.26
24	0.48	0.48	0.48	0.45	0.30	0.38
25	0.50	0.40	0.45	0.43	0.40	0.42
26	0.48	0.42	0.45	0.39	0.32	0.36
27	0.42	0.48	0.45	0.35	0.32	6.34
28	0.44	0.48	0.46	0.38	0.43	0.41
29	0.48	0.50	0.49	0.40	0.46	0.43
30	0.48	0.50	0.49	0.42	0.44	0.43
31	0.52	0.50	0.51	0.37	0.42	0.40
8月 1	0.52	0.44	0.48	0.39	0.27	0.33
2	0.44	0.30	0.37	0.38	0.30	0.34
3	0.60	0.76	0.68	0.40	0.25	0.33
4	0.62	0.36	0.49	0.27	0.12	0.20
5	0.48	0.62	0.55	0.32	0.22	0.27

表-20 石狩川最高最低水位（基準点：地理調標高）
（北海道開発局石狩川治水事業所調査課資料）

年 月	石狩大橋 最高水位	石狩大橋 最低水位	石狩河口 最高水位	石狩河口 最低水位
昭和28年 1月	1.18	0.90	1.10	0.40
2	1.05	0.82	0.93	0.32
3	2.78	0.92	0.84	0.32
4	5.17	1.79	0.92	0.28
5	5.17	2.05	0.85	0.03
6	3.81	1.39	0.51	−0.07
7	3.51	1.26	0.70	−0.03
8	6.15	1.59	0.98	0.23
9	2.25	1.21	0.87	0.20
10	1.89	0.97	0.88	0.31
11	1.49	1.01	0.67	0.35
12	2.39	1.17	0.92	0.20
昭和29年 1月	0.89	0.67	0.40	−0.10
2	0.97	0.67	0.77	−0.08
3	1.57	0.19	0.41	−0.14
4	5.53	1.47	1.22	0.19
5	4.59	0.97	1.10	0.01
6	2.79	0.27	0.56	−0.02
昭和29年 7月	1.53	0.27	0.47	0.00
8	5.57	0.67	1.15	0.15
9	2.67	0.67	0.78	−0.01
10	0.97	0.57	0.70	−0.01
11	2.31	0.67	0.68	−0.05
12	4.37	0.67	0.72	−0.08
昭和30年 1月	0.87	0.67	0.45	0.00
2	0.71	0.67	0.67	0.00
3	4.57	0.67	0.70	0.00
4	6.37	1.87	1.06	−0.01
5	3.76	1.10	0.65	0.00
6	1.60	0.60	0.52	−0.07
7	5.20	0.78	0.69	0.03
8	4.40	0.60	0.79	0.04
9	4.56	0.52	0.65	−0.01
10	4.30	0.66	0.72	0.00
11	3.20	0.90	0.67	−0.02
12	1.72	0.82	0.84	0.00
昭和31年 1月	1.10	0.84	0.63	0.02
2	0.98	0.84	0.50	0.00
3	2.30	0.80	0.61	0.00
4	6.18	1.00	1.30	0.10
5	4.40	0.70	0.94	0.06
6	3.20	0.56	0.58	0.00
7	2.10	0.36	0.44	−0.04
8	5.52	0.32	0.76	0.05
9	1.00	0.30	0.66	0.09
10	1.47	0.29	0.73	0.00
11	1.79	0.60	0.79	−0.01
12	0.70	0.44	0.97	0.00
昭和32年 1月	1.00	0.42	0.50	0.05
2	0.98	0.46	0.94	0.02
3	1.80	0.42	0.99	0.27
4	5.02	1.01	1.20	0.43
5	4.40	0.94	1.08	0.49
6	1.44	0.16	1.04	0.60
7	1.14	0.18		
8	4.22	0.24	0.70	0.08
9	5.20	0.68	1.08	0.02
10	4.00	0.72	0.88	0.09
11	2.04	0.40	1.02	0.10
12	1.60	0.54		

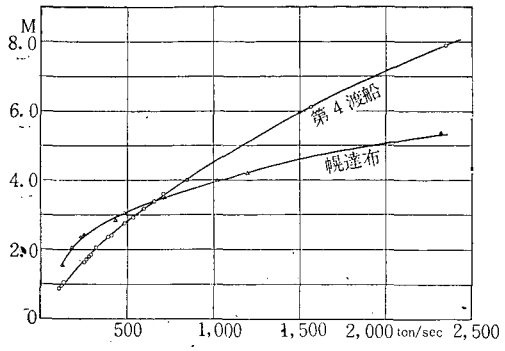

図-22　第4渡船　水位一流量曲線
昭和31年6～8月幌達布
札幌開発建設部資料による

§12　北生振揚水場取水口の流速流向分布について

北生振揚水場取水口附近の石狩川に於ける河水層（淡水層）の水深は流量により一定せず，渇水期に於ては 2 m を前後して居る。導水溝の水深は約 1.3 m で石狩川より取水口を通じて導水溝に流入する河水の流速及び流向について実測を行つた。取水口を含む横断面は図-23 に示す如くで，取水口前面 5 m に水深約 4.4 m の深部が河沿いにあり，石狩川の流量が減少するとよくこの部分にも浸入をみる。ここに 2.5 吋

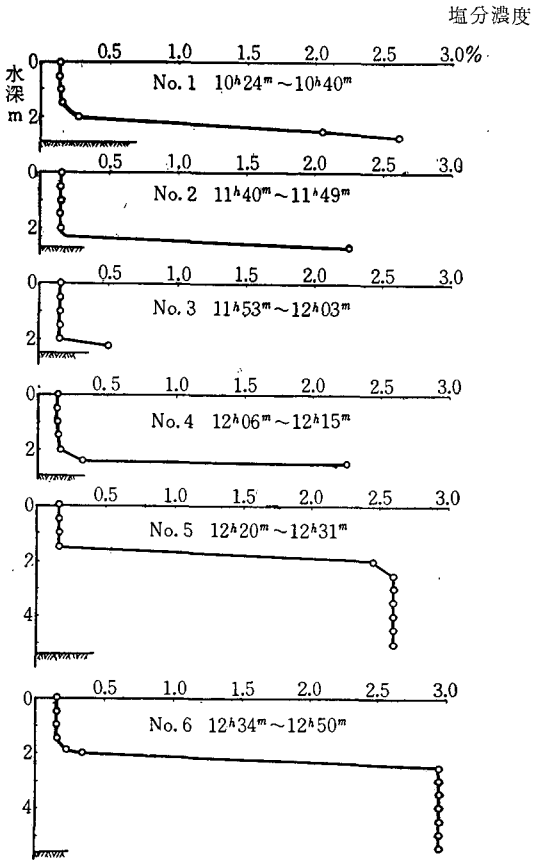

図-24（a）　昭和32年7月12日　北生振塩分垂直分布

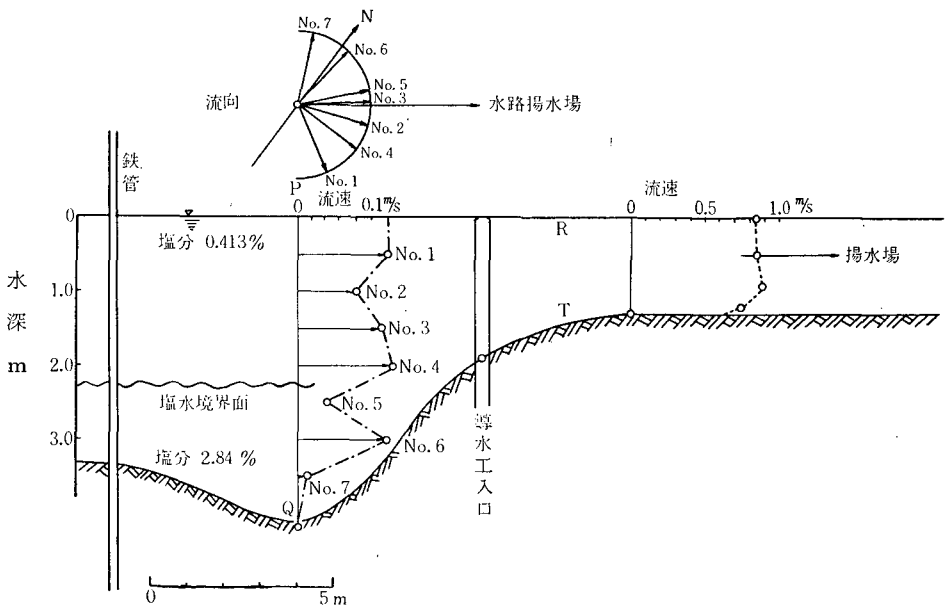

図-23　北生振導水口流速流向分布図，昭和32年7月30日，15h00（揚水中）

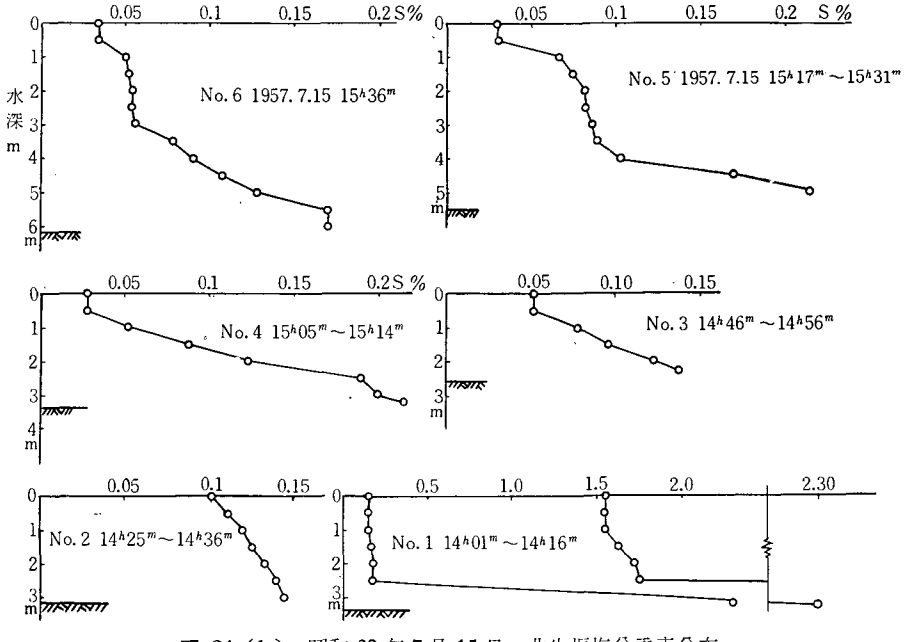

図-24（b） 昭和 32 年 7 月 15 日　北生振塩分垂直分布

の鉄管を打込み，これを測点としてエクマンメルツ流速計によつて流速及び流向の測定を行つた。たまたま河水層の塩分濃度が高まつた為揚水を停止していた時の観測によると下層の塩水層が上流に遡上していることを実測した。其の直後揚水が行われたが塩水境界面は 2.2～2.3 m の水深の位置にあり，而も 2 m の水深の位置に於て取水口に向い，流速約 12 cm/s で流入している事が実測せられた。この地域としては石狩川流量より塩水境界面は 1.5 m 前後になる可能性があり，従つて塩水層の厚さを増す場合には容易に塩水が取水されることになる。取水口としては表層水だけを取水する様な構造が望ましいが塩水層の厚さが増す場合には表層水も塩分を含む様になり又北生振地区の石狩川の特性として表層水が塩分濃度を増した場合に相当量の降水がない限り残塩性を示すので取水口の形態だけでは解決されない問題である。

§13　北生振に於ける塩水残留の特性

昭和 32 年に於ける石狩川北生振地点に於ける表層の塩分濃度は 6 月 29 日頃より漸時その濃度を増加し（第 8 表参照）7 月に入つてから更に濃度を増して 4 日には約 0.2 % に近づき 0.05 % を前後していたが流域には多少のものを除いては著しい降雨が無かつた。そのために塩分の含有量も次第に増し右岸から左岸に略々一様な分布を見，濃度も約 0.15 % に達した（図-25 参照）。

7 月 9 日より 12 日に至る観測期間に於いても度々揚水を停止する状態であつたが 7 月 14 日に至り流域に降水があり石狩川流量も増加し，表層の塩分も一様に減退するものと思われた。然るに取水口附近の右岸は依然として高濃度の表層水があることがわかり，15 日更に石狩川の観測を実施した。この結果によると渇水時には流心が左岸寄りにあつたものが増水と共に流速を増し同時に流心は多少中央に移動するが右岸側は流速が小さく停滞水となり，むしろ一時的に前の塩水層が寄せられる傾向にあつて依然高い塩水濃度を保つている。

昭和 32 年 7 月 14 日の降水量 mm

	札　幌	岩見沢	旭　川
13 日	4.0	2.3	0.3
14 日	35.6	27.9	12.4

これに比べ流心に近い部分は増水による淡水のため交換せられ著しく濃度の低下を来たし左岸深部にあつた遡上海水も稀釈せられ 2.6 % であつたものが 0.215 % までうすめられている。然し右岸深部に停滞していた塩水は交換が行われ難く，依然として残留してい

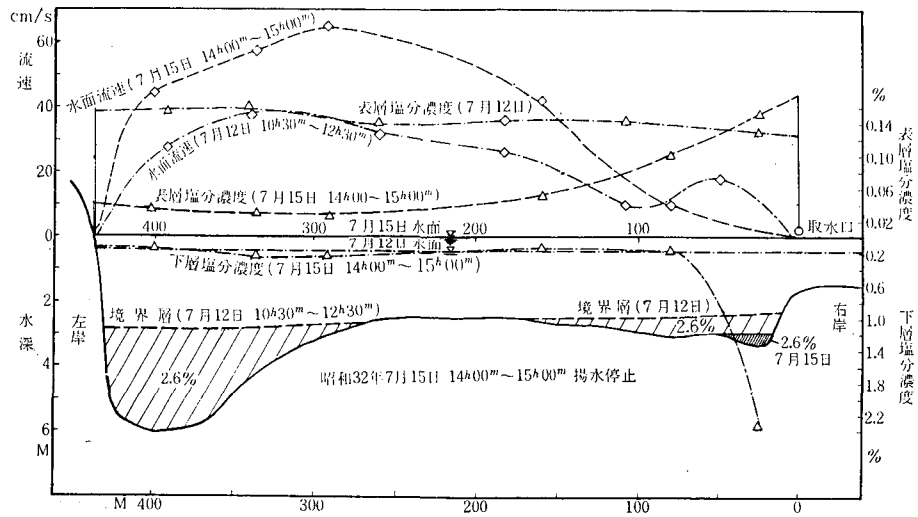

図-25　石狩川（北生振）水面流速，表層，下層塩分分布図
昭和 32 年 7 月 12 日及同 7 月 15 日

る状態が観測せられた。北生振地点は地形的にこの様な特性を示すものと考えられるが，これは勿論過渡的な現象で増水の仕方により表層水も漸次下流に押し流されるものと考える。14 日の降水により直ちに増水がありながら前述の如く右岸の表層水は塩分を含んでいるが 16 日に至り漸く塩分量の減退を見せている。

§14　石狩川塩水の遡上距離

6 月下旬渇水期に向うと共に石狩川河口より塩水遡上が促進されるが，遡上距離は石狩川流量との関係にあり森田工学士の調査報告にも江別（河口より約 27 km）附近迄遡上していたことがあるという実測がある。石狩川北生振（河口より約 8 km）附近に遡上している塩水の最高濃度は石狩湾海水の濃度と殆ど変化のない程高いもので，昭和 32 年 8 月 29 日，30 日の観測に於いては 3.39 %，石狩湾（図 19）測点 A に於ける採水海水の塩分濃度は 3.32 % であつた。この様に遡上海水は殆ど稀釈されない状態で上流迄及ぶことのあることがわかる。

昭和 32 年 7 月 5 日遡上塩水調査に於いて下流の石狩川治水事業所（河口より約 4.5 km）より上流札沼線鉄道橋（河口より約 15 km）附近迄電気抵抗塩分計を用いて実測を行つた。その結果，札沼線鉄道橋迄は下層塩分濃度は 2.5～2.6 % で殆ど変らない状態で進入していた。然しこれは約 1.3 km 上流に於いて急に 0.95 % 迄濃度が低下しており，而も塩水層の厚さも約 0.8 m 位で次第にこれより濃度が小さくなつている。昭和 32 年は旱天日数から言つても平年並であり毎年の塩水遡上距離は少なくとも 15 km～20 km 迄は遡上しているものと思われる。この様に非常に長い距離を河水にさからつて遡上する海水の運動の機構については今後更に研究しなければならないところであるが，海水は比重が河水より大きく密度流となつて流

表-21

塩分濃度 (%)	比　重 (15°C)	塩分濃度 (%)	比　重 (15°C)
0.5	1.003021	2.0	1.014505
1.0	1.006856	2.5	1.018320
1.5	1.010683	3.0	1.022158

表-22　昭和 32 年 7 月 5 日
14 時 30 分～17 時 30 分

測点名	河口よりの距離	河水層		塩水層	
		水深 (m)	濃度 (%)	水深 (m)	濃度 (%)
石狩川治水事業所	4.3	2.0	0.162	12.0	2.5
北生振	8.2	2.5	0.075	3.5	2.5
捷水路末端	9.3	2.5	0.055	2.3	2.5
札沼線鉄橋	15.0	4.5	0.019	1.0	2.5
高圧鉄塔	16.3	3.5	0.013	1.2	0.95

れるため横断面の最深部を縫つて徐々に遡上をするものと考えられる。

又遡上した海水は淡水の表面流との間の摩擦応力により漸次河口に近づくにつれてその濃度を増しており，実測によると図-26 の如くなり，上流札沼線鉄橋附近及び石狩川治水事業所附近に於いては 1 km あたり夫々 0.0046 %，及び 0.0021 % の割合で河口に近づくに従つて急激に表層の塩分濃度が増加している。

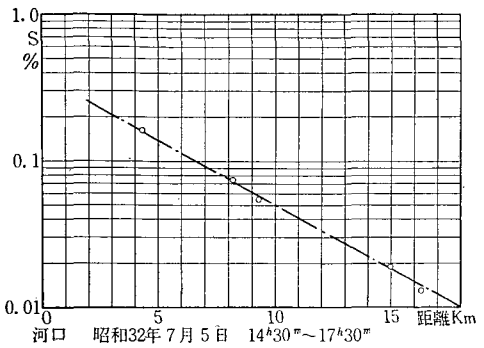

図-26　表層塩分量と距離との関係

§15　北生振附近の流下試験

7 月 15 日北生振取水口より上流約 1 kg より下流 2.6 km にわたつて右岸より河幅の約 1/5 を流下しながら適宜の間隔に表層水の採水を行い硝酸銀滴定を行つた。その結果は第 23 表に示す。測点位置は図-27 に示す。

表-23　流下試験による表層水塩分濃度（%）

測点位置		採水瓶番号	Cl %	S %
1	0 km(上流)	B 28	0.16	0.032
2	0.7	R 13	0.25	0.048
3	1.0(取水口)	R 28	0.21	0.041
4	1.4	B 40	0.23	0.045
5	1.8	R 15	0.23	0.045
6	2.2	R 2	0.37	0.070
7	2.6	B 35	0.23	0.045

観測地点は捷水路末端附近から開始したが，この様な短距離の区間に於いては著しい変化を見出すことは出来なかつた。

§16　石狩川河口勾配及び塩水境界面

石狩川河口の最も浅い部分は水深約 2.7 m で船舶の出入にも著しい障害を与えている（図-28）。この様な浅い水深の場所を海水が遡上する機構については測定が困難であるため実測も殆どなく解析も行われていない状態である。河口に於いて表層水が海水の上にのし上つて行く境界面の状態を実測した例を第 27 図に示し，河口に於いて表層水は石狩湾に拡散すると同時に表層水の水深を減じ海水との間に明瞭な境界面を有している。この境界面の勾配は河口に於いて急に増大していることを示す。

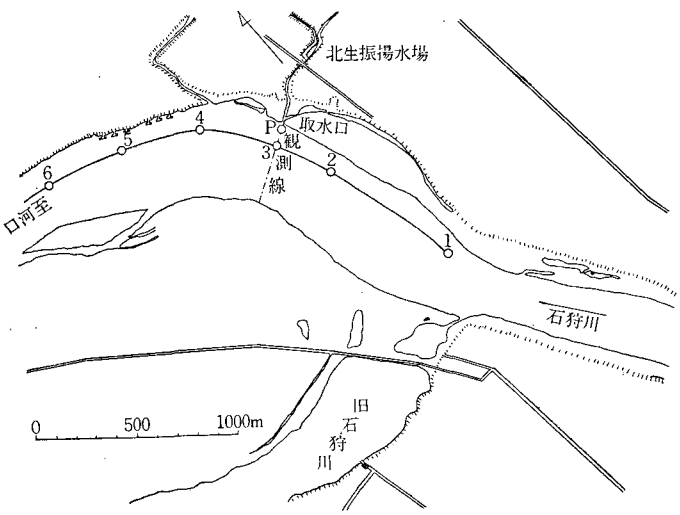

図-27　北生振取水口附近石狩川縦断表層水採取地点図

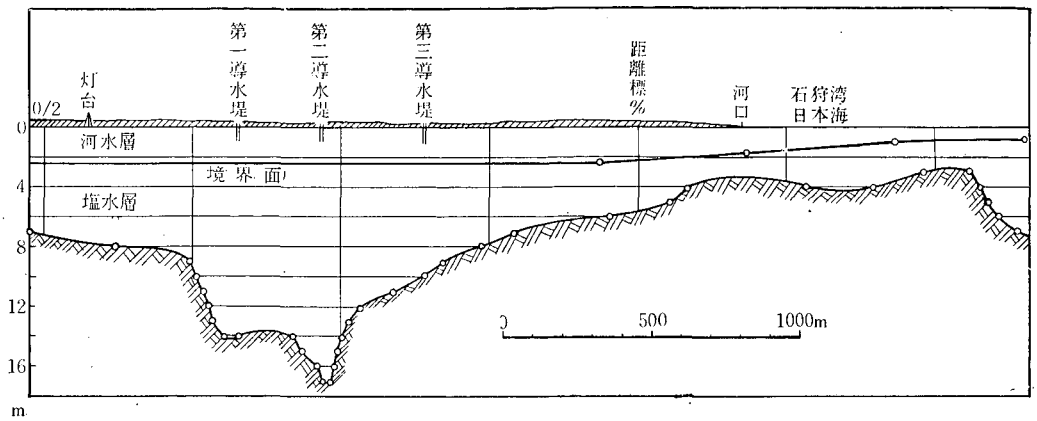

図-28 石狩川河口深部縦断河床勾配及塩水境界面図 昭和 26. 8. 30

§17 水稲の生育に対する塩分濃度について

本州方面に於ける塩害報告は台風，高潮，高塩分地下水等によるものが多く，石狩北生振地区の如き感潮河川による塩害とはその性質を異にするが，水稲に対する塩害の機構，濃度，生育期等について調べ，それの対策の一助として考察するものである。報告の多くは同一品種，同一方法を採用したものでなく，夫々条件を異にするもので画一的な関係を求めることは出来ない。

水稲としては播種期を除いては一般的に早期程塩分により上部の育生が阻害されるものであるが特に田植時と減数分裂始期に於いては0.1%の塩水でも被害の程度が著しいということは認められて良い事であると推察される。この期間を除いては 0.3% 位迄は中程度の減収が見られるが穂孕，出穂以降に於いては 0.3% では殆ど被害を認められず 0.5%～0.75% 程度迄は灌水可能であり，後に除塩の方法が講ぜられる可能性があるならば旱害を蒙るよりはこの程度のもの迄であるならば灌漑水として用いることが出来る（松木博士)。

本州方面の塩害地に於いては一般に晩生種がえらばれているが，これは発生原因が石狩川下流とは異なり適用出来ないが池氏によるとヤチコガネ，農林6号，近畿 47 号，旭選等一般に強湿田又は鉄欠乏による根腐れを起す土壌に適応性が高いと認められている品種が塩害軽微であると云われ，加峰氏によると岡山干拓地に於いては朝日，農林 18 号，農林 37 号等が植えられている。然しこれ等は何れも限界濃度が多少高められる程度のものである。ただ次代水稲が塩害に強くなるということが認められている。

塩分濃度と生育期及び被害程度等について概略を一覧表として示すならば第 24 表の如くなる。

表-24 水稲の生育期と塩害との関係
（各農試等報告とりまとめ）

生育期	濃度(%)	灌水期間	被害程度	摘要
種子	0.3	5日	良	
	1.3	5	有害	
	3.0	2	無害	
	3.0	3	発芽不能	
苗代	0.5	不明	無害	
	0.75	〃	少	
	1.5	〃	甚大	
田植	0.1	〃	有害	
活着	0.1	〃	少	態本農試無害
	0.25	〃	中	
	0.3	〃	大	
分けつ始	0.3	〃	中	
有効分けつ	0.3	〃	甚大	0.5% 迄無害の報告あるもとらず
同上以降	0.3	〃	中	
穎花分化	0.1	〃	少	
減数分裂始	0.1	〃	甚大	
穂孕出穂	0.1	10	無害	
	0.3	10	少	熊本農試無害
	0.5	10	少	外観的に殆ど不変但し粒重軽く品質悪し
	0.5	20	中	
	0.75	不明	中	

§18 結　　語

昭和 32 年度に於ける本調査は塩害発生の原因として考えられる。

（1） 旱天による石狩川流量減少の影響

（2） 石狩湾潮位による影響

（3） 日本海（特に石狩湾）を通過する低気圧による影響

（4） 河面上の風向風速による影響

をあげ，その各々について解析を試みた結果夫々が原因となつている事を確認した。然し個々の例証が僅かであり，その影響する程度については更に調査の必要がある。

○無降雨継続日数の確率的解析の結果，昭和 29 年に発生した旱天は約 13 年に 1 度の割で起る可能性のものである。

○遡上塩水は 18 km 余にも及び河川流量の減少に従つて表層含塩量が増加する。

○強風によつて著しく表層水に含塩量が増加する。

○北生振取水地点は特性として停滞水となり易く，残塩水が容易に流心の淡水と交換しにくい。

○北生振附近に於ける下層塩水濃度は石狩湾の塩分濃度と殆ど変らない程，高濃度の場合がある。

○水稲の生育期により塩分の危険濃度が異なり有効分けつ期に於いては 0.1 % にても被害が認められるが穂孕，出穂期に於いては 0.75 % にてもあまり被害がない。

本研究は石狩川障害調査費により実施したもので北海道土地改良課技師池田実氏に多大の便宜を与えていただいた。又石狩川治水事務所，花畔土地改良区には観測の援助を得，本教室大泉英子嬢には資料の整理をしていただいた。併せてここに厚く感謝の意を表す次第である。

参考文献

1) 福島久雄：石狩川河口の観測，日本海洋学会誌，昭 17. 5.

2) 同　　上：河口二重層に於ける渦動拡散について，北大工学部研究報告，昭 30. 6.

3) 堂腰　純：旱魃期に於ける河口附近の水田塩害防止について，農業及び園芸，昭 30. 2.

4) 北海道：石狩川下流かんがい排水障害調査，昭 31.

5) 三重県立農試：水稲の塩害に関する研究，昭 31. 3.

6) 同　　上　：台風 13 号災害跡地調査成績（高潮による塩害を中心として）昭 29. 6.

7) 日本海洋学会：海洋観測法指針

8) 和達清夫：台風によつて生ずる大阪湾の津波について，海と空 18 巻 2 号.

Résumé

A Study of Saline Characteristics near the Estuary of the Ishikari River.

In the tidal reach of the Ishikari River, during the drought season of 1957, the salt wedge crawled up 18 km or more under the river stream.

There was a well defined boundary between the fresh water (river stream) and the salt wedge. This boundary approached the water surface as the river discharge decreased.

The observations of the distribution of salinity were made mainly by using the electrical salinity meter. These readings were checked by the chlorine quantitaive analysis method, using the Knudsen type pipette and burette.

The fresh water is contaminated with the brine by several causes, including the following:

(1) The depth of the salt wedge is increased according to the decreasing of the discharge, and the brine is easily mixed with fresh water.

The probability of the reoccurence of damage due to salinity such as occured during the rainless period in 1954, is once in 13 years.

(2) The saline density of the stream water was increased by the shearing of strong wind.

(3) Low atmospheric pressure.

After rain, the dead water, which was contaminted at the Kitaoyafuru district, was not quickly replaced with fresh water from the center of the stream. This caused damage to rice fields. Once in a while, the consistency of salinity under the stream near the Kitaoyafuru district 8.2 km from the river mouth was same as that of the Ishikari Bay. During the early half of the tillering period, a saline percentage of 0.1 is dangerous for rice, but during the boots and flowering stage the saline percentage can be as high as 0.75 without injuring the rice plants.