

天塩川河口における塩水の侵入

八 鍬 功*・高 橋 将**・大 谷 守 正***

1. 序

天塩川は北海道北西部に位置し、天塩岳に源を発して日本海にそそぐ延長約 300 km の大河である。図-1 はその河口付近を示したものであるが、河道は河口から 8 km の地点あたりで大きく南に向きを変え、また河口から 11.5 km 付近では支流サロベツ川が流入し、さらにサロベツ川にはパンケ沼、パンケ沼が連って、河口付近は複雑な水系をなしている。したがって天塩川河口付近における塩水の侵入、塩分の拡散などの現象は単川河口の場合に比べてきわめて複雑である。

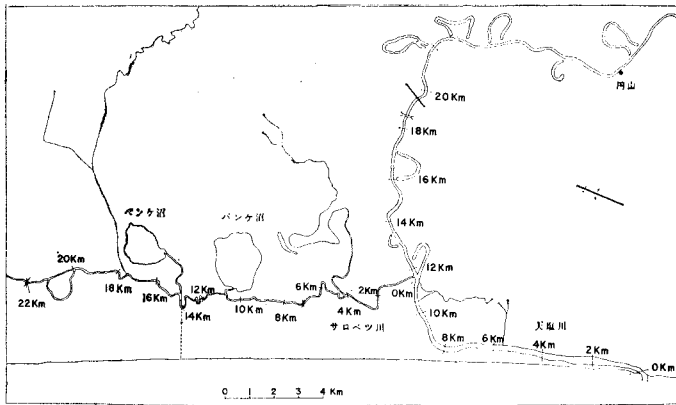


図-1 天塩川河口平面図

天塩川河口については昭和 26 年から 31 年まで当研究室が中心となって種々の観測、調査を行い¹⁾、また柏村教授は同河口における二重水層と河口流、潮汐との関係について観測、考察を行った^{2), 3)}。本論文は昭和 48 年 9 月 26 日筆者らが天塩川河口およびサロベツ川で行った観測の結果ならびにその他の記録から、河川流量などの水理条件と塩水の侵入拡散状況との関連性について述べたものである。

2. 天塩川、サロベツ川の塩水楔

筆者らが行った観測の内容は超音波測深機を用いて天塩川本流の河口から上流約 20 km の地点まで、および

サロベツ川の天塩川、サロベツ川合流地点から上流約 22 km の地点に至る区間の塩水楔および流心部川底地形の縦断形状を観測し、途中数地点で塩素量、水温の鉛直分布を測定した。また走航中 1 分～3 分ごとに約 300 cc の表面水を連続採取し、化学分析によって塩素量濃度を測定した。これにより本支流における表面塩素量縦断分布がもとめられる。これらの観測は筆者らがすでに石狩川河口において試みたものであり、その成果は発表されている⁴⁾。表面塩素量については後節で述べることにし、本節ではまず塩水楔の形状について述べる。図-2 は天塩川本流における塩水楔の記録を図示したもので図の左

側が河口、右側が上流にあたる。当時の河川流量は $80 \sim 100 \text{ m}^3/\text{sec}$ で秋季としては珍しい渇水であったが、淡水層の厚さは河口で 2.0 m、サロベツ川合流点で 2.5 m で、楔先端は河口から 20 km の地点まで遡上している。4～9 km の区間で塩淡水が激しく混合しているのは彎曲部における河流の乱れによるものであるが、他の区間では塩淡水境界面はきわめて明瞭である。

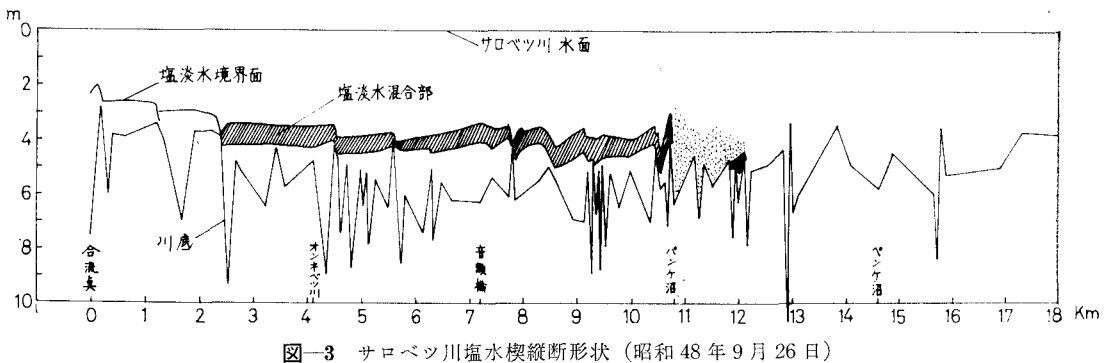
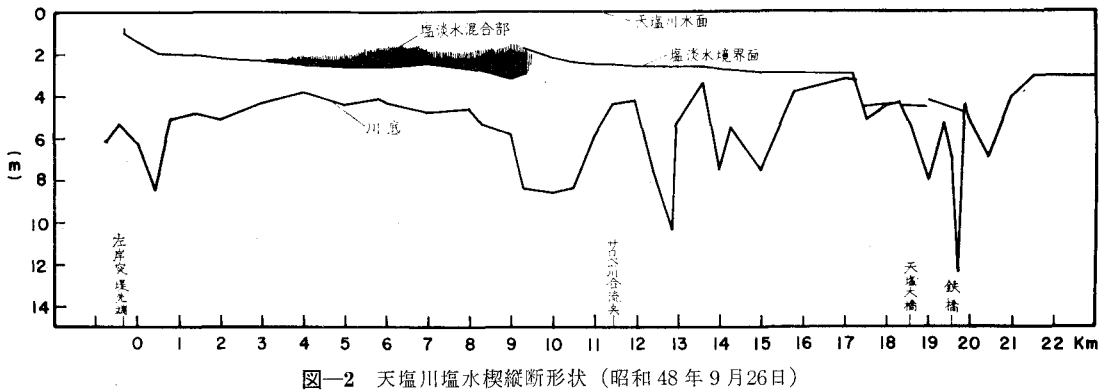
サロベツ川内の合流点付近の最浅部は水深約 3.5 m であるから観測当時塩水はサロベツ川内部へも侵入していた。図-3 はサロベツ川内部における塩水侵入の

状況を示したもので天塩川との合流点を 0 とし図の右側が上流にあたる。図によればサロベツ川内では塩水楔の形状は天塩川本流の場合と全く異なり、全般的に塩淡水混合層が厚く、境界面がきわめて不明瞭である。また塩淡水境界面の形状は単調ではなく、川底の凸部の影響を受けて大きく起伏しているのがみられる。これは当時のサロベツ川の流量が $0.6 \sim 0.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ で流速がほとんど 0 であったため、また後述するように侵入塩水の残留により、塩淡水の混合が長時間の間に徐々に行われたためであるとおもわれる。合流点から 12 km 上流の地点付近は河道の曲折が多く、これが抵抗となるため塩水の侵入限界は通常この付近であることが付近住民の話によってもたしかめられた。当時の塩水先端は合流点から 10.8 km のパンケ沼入口付近で、その先約 1 km にわたり塩分濃度のうすい塩淡水混合域がみられる。パンケ沼入口

* 正会員 理博 北海道大学 教授 工学部

** 北海道大学助教授 工学部

*** 正会員 北海道大学 助手 工学部



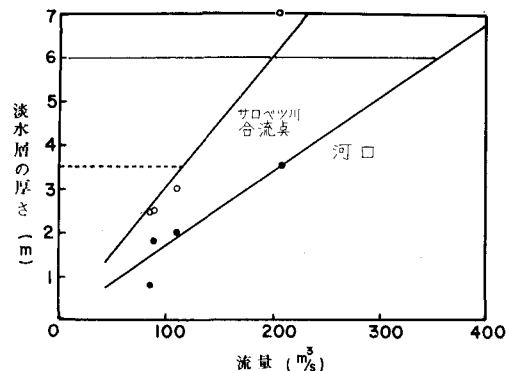
付近にも塩水が存在する当時のような状況では、パンケ沼にも塩水が侵入する。しかしパンケ沼に至る水路の水深が1m程度できわめて浅く、また入口が塩淡水混合域内にあるため、パンケ沼へ侵入する塩水の塩素量はきわめて小さいものとおもわれる。観測当時の入口付近における塩素量は0.1Cl‰であった。

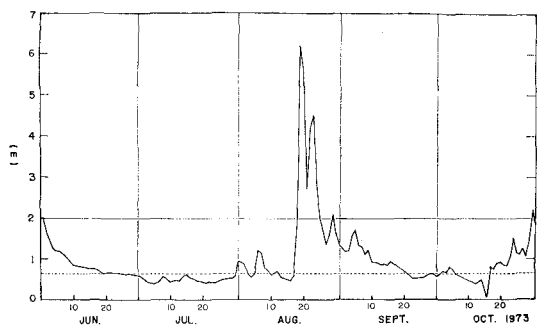
3. 塩水侵入の限界流量

天塩川河口では昭和48年6月4日、7月24日、8月10日の3回にわたり北海道開発局留萌開発建設部が本流およびサロベツ川の数点で電気抵抗法によって塩素量濃度鉛直分布を測定し、塩水侵入状況の調査を行った。本節ではこれらの記録をも参照のうえ、天塩川およびサロベツ川の塩水侵入の限界流量と塩水侵入状況の季節的变化について述べる。

図-4 は天塩川本流の河口およびサロベツ川合流地点における淡水層の厚さ(縦軸)と流量(横軸)との関係を示したものである。流量は塩水の影響がおよばない円山地点(図-1)で留萌開発建設部が観測した当時の水位記録から、水位-流量曲線によってもとめたものである。図-2 その他の記録から河口地点における最大水深は約6.0mとみられるので、図-4 から河川流量が約350 m^3/sec 以下となれば塩水楔が河口内に侵入しはじめるものとおもわれる。石狩川河口の場合は限界流量は550~600 m^3/sec とみられるので、河口の規模により限界流

量が異なることがわかる。またサロベツ川内にある流入点付近の凸部における最大水深は約3.5mであるから、本流流量がさらに減少し約120 m^3/sec 以下となれば、サロベツ川へ塩水が侵入しはじめることになる。上記観測当時の流量は6月4日206 m^3/sec 、7月24日87 m^3/sec 、8月10日112 m^3/sec 、9月26日80~100 m^3/sec であったから、いずれの日も本流には塩水楔が侵入していたが、サロベツ川に塩水が侵入していたのは7月24日、9月26日の両日で、8月10日には合流点付近にわずかに塩水の存在が確かめられた。しかしサロベツ川底の地形が平均的にみて合流点付近より6km地点付近が深く凹型をなしているところから、本流の塩水くさびが合流点より後退





図—5 天塩川(円山)の水位変動と塩水侵入の時期
(昭和48年)

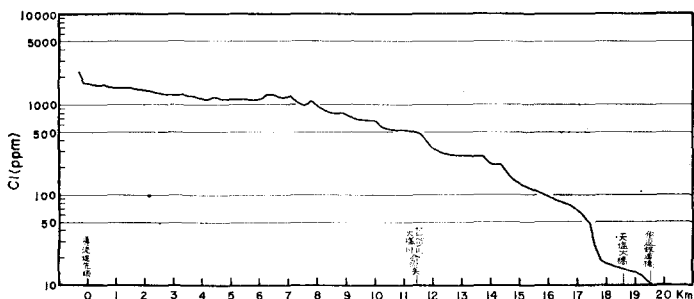
した後も、サロベツ川内部に塩水の残留することが考えられる。たとえば8月10日の場合サロベツ川の合流地点付近では塩素量濃度が平均 $0.3 \text{ Cl} \%$ であったが音類橋(7.2km)の地点では平均 $0.7 \text{ Cl} \%$ で前者より大きく、塩水の残留を示していた(図—8(2))。

次に年間を通して天塩川およびサロベツ川に塩水の侵入する期間がどの程度あるかについて考察する。図—5は昭和48年6月から10月まで5カ月間の円山地点における天塩川水位の変動を示したものである。5月以前は融雪出水のためまた11月以後は秋雨による出水のためともに水位が上昇し、塩水侵入の可能な時季は図の期間内に限られていた。8月19日から24日までは集中豪雨のため水位が最高 6.2m まで上昇しているが、それ以外の大体の傾向は例年これに近いものとおもわれる。円山地点の水位—流量曲線によれば、天塩川本流の限界流量 $350 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対する水位は 2.0m であり、またサロベツ川に塩水が侵入しはじめる本流流量 $120 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対する水位は 0.65m となる。図中実線で示したのが水位 2.0m、点線が水位 0.65m であるから水位曲線が実線より下にある場合には塩水楔が本流河口内に侵入し、さらに点線よりも下にある場合にはサロベツ川内へ塩水が侵入していることになる。8月の出水期を除いて、図に示した期間中はほとんど全期間にわたって本流河口内に塩水が侵入しているが、サロベツ川へ塩水が侵入するのは特に7月に多く計 71 日で、全期間の 1/5 にあたる。これは潮汐や風の影響により多少の違いはあるが、天塩川およびサロベツ川における塩水の影響を考慮する場合の目安になるものとおもわれる。

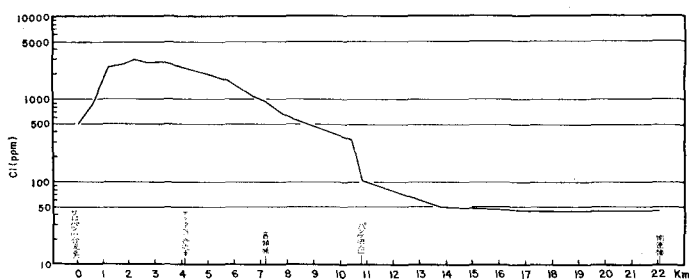
4. 表面塩素量分布

河口内に塩水楔が侵入すれば、塩淡水境界面を通して淡水層内に塩分が拡散するので表面水の塩分も増加し、この傾向は一般に楔先端から下流に行くほど大きくなる。したがって河流の流下方向の表面塩素量分布を観測することにより境界面における塩淡水混合状況を知ることができる。

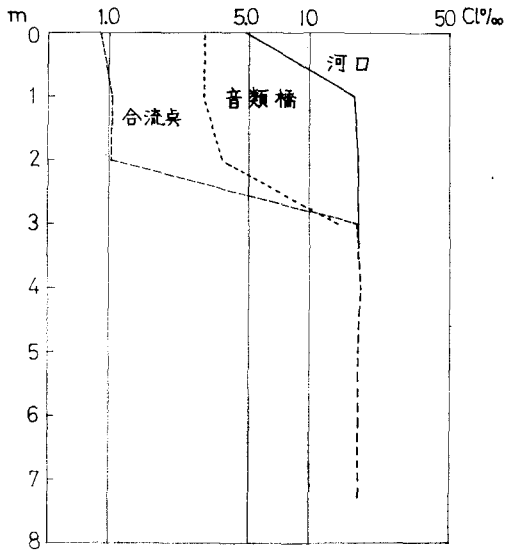
図—6は9月26日筆者らが観測した天塩川本流における表面塩素量縦断分布である。塩水楔先端の地点(20.0km)付近から表面塩素量は急激に増加し、サロベツ川合流点(11.5km)で $0.5 \text{ Cl} \%$ 、河口付近では $1.7 \text{ Cl} \%$ に達している。分布曲線の形は石狩川で観測されたものと大体同じであり、また back ground は通常河川と同程度の $0.01 \text{ Cl} \%$ であった。一方サロベツ川の表面塩素量縦断分布(図—7)は塩水の先端にあたるパンケ沼入口(10.8km)付近から急激に増加し、音類橋地点(7.2km)では $0.94 \text{ Cl} \%$ 、2.2km 地点では最大濃度 $2.9 \text{ Cl} \%$ に達している。しかし 2.2km 地点から下流では合流点に近づくにつれて表面塩素量が徐々に減少し、合流点付近では本流水と同じ濃度 $0.5 \text{ Cl} \%$ となっているが、これは合流点付近におけるサロベツ川の川水と本流水との混合によって塩分がうすめられることによるものである。サロベツ川の場合 back ground は $0.04 \text{ Cl} \%$ で本流よりも大きな値となっているが、これは地下浸透海水によりサロベツ川水の塩素量濃度が全般的に大きいためとおもわれる。一般にサロベツ地区の湖沼水や地下水の塩素量



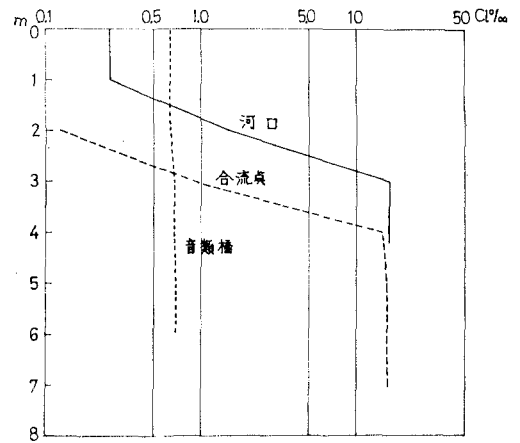
図—6 天塩川表面塩素量縦断分布(昭和48年9月26日)



図—7 サロベツ川表面塩素量縦断分布(昭和48年9月26日)



図—8 (1) 塩素量鉛直分布 (昭和48年7月24日, 留萌開発建設部)



図—8 (2) 塩素量鉛直分布 (昭和48年8月10日, 留萌開発建設部)

が他地区にくらべて高濃度であることは他の観測でも確かめられている⁵⁾。

図—8 は7月24日, 8月10日の本流河口, 合流点 (本流), サロベツ川音類橋 (7.2 km) における塩素量鉛直分布を比較したものである。(1) 流量の少ない ($87 \text{ m}^3/\text{sec}$) 7月24日には塩素量濃度の大きい (本流で $17.5 \text{ Cl}\%$) 塩水がサロベツ川内部まで遡上しており, そのため淡水層の塩素量も大きな値となっている。すなわち河口付近では表面塩素量が $5.0 \text{ Cl}\%$, 合流点では $0.9 \text{ Cl}\%$ であるが, サロベツ川内部の音類橋では合流点より大きい $3.0 \text{ Cl}\%$ となっている。これは前述の9月26日の場合と同じ傾向で, サロベツ川では流速がほとんど0であるため, 残留塩水が徐々に淡水層内に拡散し, さらに新たに塩水が下層に侵入したものとおもわれる。(2) 8月10日は流量 $112 \text{ m}^3/\text{sec}$ で限界流量に近く, 音類橋まで塩水の侵入がおよんでいないが, 音類橋地点における平均塩素量が $0.7 \text{ Cl}\%$ と大きい値を示しているのは残留塩水の拡散によるものである。

なおパンケ沼中央部 (水深 1.5 m) における塩素量は7月14日 $1.3 \text{ Cl}\%$, 8月10日 $0.9 \text{ Cl}\%$, 9月26日 $0.2 \text{ Cl}\%$ であったが, パンケ沼はサロベツ川と浅い水路で

連結されているため水の変換は緩慢なるものとおもわれる。

5. 結 び

以上筆者らの観測結果と開発局による資料から, 天塩川河口における塩水侵入の条件, 時期, 限界と塩水が侵入した場合の淡水層における塩素量分布について述べた。

貴重な資料をいただき, また観測の実施に際して絶大なご協力を賜った北海道開発局留萌開発建設部に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 天塩港調査報告: 北大工学部理学第一研究室, 昭和34年6月。
- 2) 柏村: 河口に於ける二重水層 (1), 北大工学部研究報告 第15号, 昭和31年12月。
- 3) 柏村・吉田: 河口流の実態, 第17回海岸工学講演会論文集, 昭和45年11月。
- 4) 福島・八鍬・高橋・大谷: 河口における塩水と淡水の混合, 第15回海岸工学講演会講演集, 昭和43年12月。
- 5) 営農用水対策調査水質調査報告書: 北海道開発局土木試験所応用理化学研究室, 昭和45年3月。