

## 天塩川およびサロベツ川の塩水溯上

安間 恵<sup>1</sup>・徳岡隆夫<sup>2</sup>・吹田 歩<sup>2</sup>・西村清和<sup>3</sup>

### Saline water intrusion into the Teshio and Sarobetsu Rivers

Kei Anma<sup>1</sup>, Takao Tokuoka<sup>2</sup>, Ayumi Fukita<sup>2</sup> and Kiyokazu Nishimura<sup>3</sup>

**Abstract:** Saline water intrusion into the Teshio and Sarobetsu Rivers (Japan) was measured on July 6 and 7, 2004, using a SC-3 acoustic profiling system. This system is an improved 200-kHz precision echosounder, that records the distribution of the halocline and the thickness of the salt-water layer as profile records. At the Teshio River, saline intrusion was observed over an area up to 20 km from the rivermouth, while the halocline boundary, located about 4 m below the water surface, was clear. Beyond the salt-invaded area, saline water was found trapped in man-made deep areas to max. 22.5 km upstream of the river mouth. Measured salinities were 33 psu at the head of the wedge, and more than 31 psu in the deep areas. The data suggest that in the Teshio River mixing of saline and fresh water is very weak. In the Sarobetsu River, three watermasses different in salinity (more than 30, 10~16 and 7~0 psu) were demonstrated acoustically. High-salinity water can easily invade the Sarobetsu River from the Teshio River. On the contrary, running freshwater from the Sarobetsu River is interrupted by that of the Teshio River, yielding a watermass of intermediate salinity in the lower Sarobetsu River. At Lake Panke, the intermediate-salinity water invades periodically beyond the barrier at the lake mouth (less than 1 m in depth) at high flow tide.

**Key word:** Teshio River; Sarobetsu River; saline intrusion; SC-3 acoustic profiling system

### 1. はじめに

天塩川では塩水が潟水時には最大で河口から 22 km まで溯上することが知られている(建設省土木研究所河川部河川研究室, 1993)。11.7 km のところで合流するサロベツ川は北に広がるサロベツ原野のなかを流れるが, ここにも塩水は溯上していて, これにつながるパンケ沼にも時に塩水が浸入する。汽水域を特徴づけるヤマトシジミは天塩川の両岸の浅場とパンケ沼に生息していて, よい漁場となっている(坂井, 2000)。潮位差の小さい日本海側の大きな河川では塩水の侵入は弱混合型であることが知られて

いて, 天塩川もその代表例である。ここでは弱混合の江の川(徳岡ほか, 1999)や強混合とされる北川および荒川(安間ほか, 2003)の調査と同じく, 音響をもちいた塩水くさび調査の結果について報告する。広大な低平地をなす天塩川下流およびサロベツ川流域では地球温暖化による海面上昇では塩水溯上が進み, 大きな水環境の変化が起こることは明らかで, また地下への塩水の侵入も促進されるものと考えられる。これらへの対応策を考えるためにも, 現在の塩水溯上の状況を把握しておく必要がある。

調査地域を図 1 に示す。今回の調査では塩水楔音響プロファイリングシステム(航走式, SC-3 型, 徳

<sup>1</sup> 川崎地質株式会社 Kawasaki Geological Engineering Co.Ltd., Minato-Ku, Tokyo 108-8337, Japan

<sup>2</sup> 徳岡汽水環境研究所 Tokuoka Laboratory for Studies of Brackish Water Environments, Hizu-cho 34-1, Matsue 690-0863, Japan

<sup>3</sup> 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba 305-8567, Japan



写真 1. 調査に使用した天塩漁協の船と儀装状況 (左舷に SC-3, 右舷にサイドスキャンソナーを設置, 背景は天塩川)  
 写真 2. サロベツ川を航行



図 1. 調査地域.

Fig. 1. Surveyed area at the Tesho- Sarobetsu River, Hokkaido.

岡ほか, 2001)と水質計(Quanta-G, ハイドロラボ社)を用い, また一部で西村ほか(2004)により開発中のサイドスキャンソナーを併用して, 調査を行った. なお, この調査はヤマトシジミの生息環境と塩水溯上との関係に深い関心を持ち, 独自の調査を行っている北るもい漁業協同組合天塩支所の協力を得て行ったものである. 調査は大潮時の 2004 年 7 月 6~7 日に行った. 天塩川の天塩大橋およびサロベツ川の音類橋における水位データと調査を行った時

間帯をそれぞれ図 2 および図 3 に示す.

## 2. 天塩川の塩水溯上

サロベツ川との出合い (11.7 km 地点) から天塩大橋 (18.7 km 地点) の上流にかけて 2 回の航走調査を 7 月 7 日に行った. 2 回の観測では約 5 時間の差があるが, 水位差はごくわずかであり, 得られた音響記録もよく似たものであったので, ここでは第 1 回目の記録について述べる. 図 4 に調査測線, 図 5 にサロベツ川出合いから 23 km 地点までの SC-3 (および一部のサイドスキャンソナー) の記録を示す (地点 11~12 間は浚渫工事中で, 速度を落として航走した際のアナログ記録から復元). 図 5 (上段) に示したように, サロベツ川出合い (地点 1) の塩分は水深 2 m までは約 2 psu, 3.5 m 以深では約 34 psu であり, 音響記録と塩分の垂直分布はよく一致している. 音響境界面 (便宜上, 淡塩境界と呼ぶ) は上流に向けてわずかに深くなるが, ほぼ水深 4 m で連続し, その上面では長く尾を引く連行が見られる. 図 5 (下段) は塩水溯上の先端部付近 (18 km~21.5 km) について拡大して示している. 塩水くさびの先端は天塩大橋の深みからその先の高まり (地点 10) を越え, 浚渫工事中 (地点 11 から上流) の 20 km 地点 (地点 13) の凹部に達している. 天塩大橋の深みでは淡塩境界より下位の塩分は 33 psu である (水質測定⑨). これより上流の 21.5 km 地点までの 3 つの凹部にも音響的にみて塩水が存在している. ここでの淡塩境界の深度は, これより下流域と比べると 40 cm ほど浅いことから, 前日 (6 日) の高潮時 (図 2 でみると 7 日より 10 cm 以上高い) にここまで侵入した塩水がトラッ

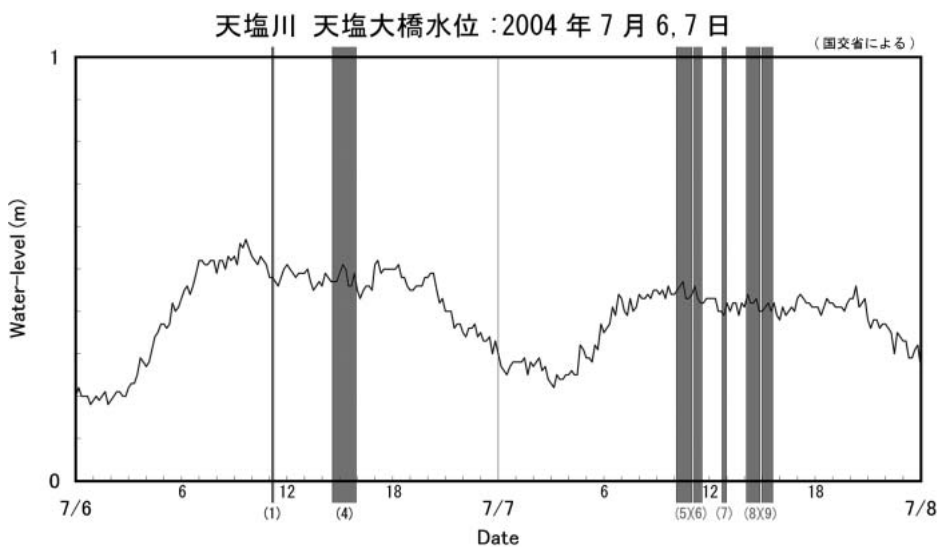


図 2. 天塩川, 天塩大橋での水位変化(国土交通省河川局水文水質データベースによる). (1)~(9)は観測時を示す.  
**Fig. 2.** Water-level changes at the Teshio-ohashi, Teshio River.

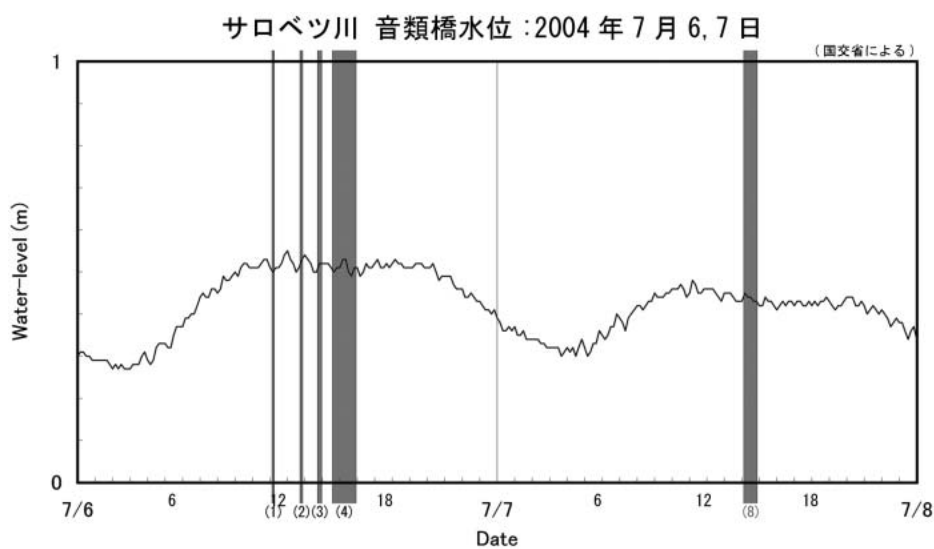


図 3. サロベツ川, 音類橋での水位変化(国土交通省河川局水文水質データベースによる). (1)~(8)は観測時を示す.  
**Fig. 3.** Water-level changes at the Otonrui Bridge, Sarobetsu River.

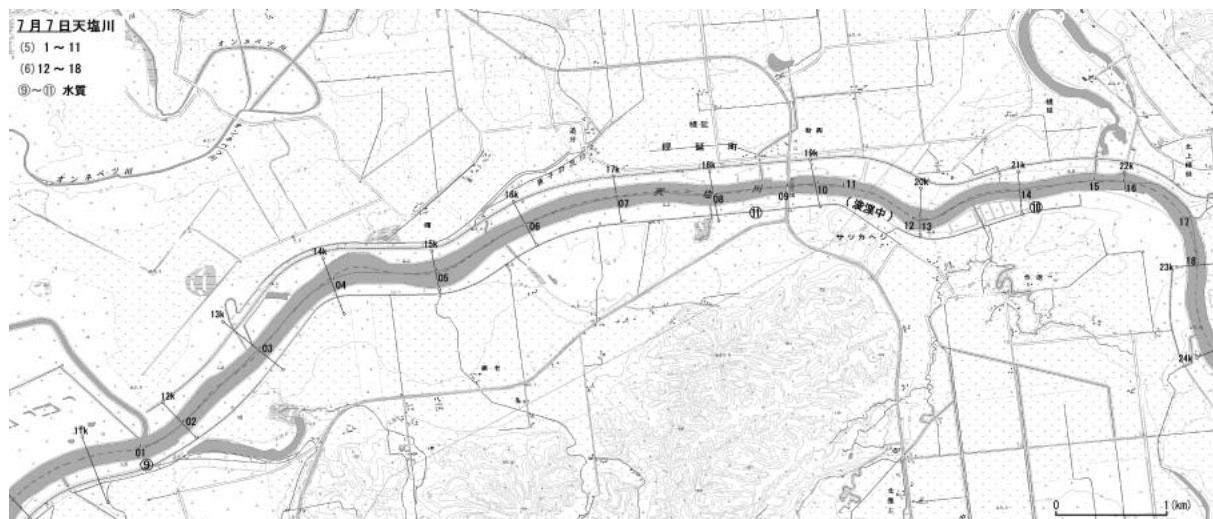


図 4. 天塩川における調査測線(地形図は2万5千分の1「音類」および「振老」による).  
**Fig. 4.** Surveyed routes at the Teshio River.

ブされたものと判断される。このトラップされた塩水は 31.2 psu である(水質測定⑩)。これらの2つの塩分値からみると、海水はあまり混合することなくこの付近にまで溯上し、またトラップされた場合にも容易には混合しないことがわかる。

地点 12 から地点 14 の上流にかけては浚渫工事中で、図 5 下段の SC-3 記録の下には併用したサイドスキャンソナーの記録を示している。片舷 30 m で、浚渫された河床の状況がよくわかる。左端部では浚渫くぼ地に砂漣が形成されている。図 6 では 2 つの特徴的なサイドスキャンソナー画像を SC-3 記録と合わせて示している(位置は図 5 を参照)。図 6 左は河床一面に広がる砂漣で、サロベツとの出会いから 16.5 km までの河床に連続して認められる。図 6 右は天塩大橋の下流右岸側の記録で、左舷側では岸に沿ってはヤマトシジミの漁場として造成された水深 1 m の棚の張り出しが、右舷側では河床に露岩が続いている。

### 3. サロベツ川の塩水溯上と パンケ沼への塩水の侵入

7月6日および7日のサロベツ川～パンケ沼の調査測線を図 7 に、7月6日のサロベツ川(天塩川との出会い部を含む)からパンケ沼入り口までの記録、およびパンケ沼への分流からパンケ沼中央部までの記録を図 8 に、7月7日のサロベツ川(天塩川との出会い部を含む)から音類橋までの記録を図 9 に示す(音類橋の水位との関係は図 3 を参照)。また、7月6日の記録をもとに天塩川—サロベツ川—パンケ沼にかけての塩水侵入について模式化して図 10 に示す。サロベツ川では天塩川から溯上した高塩分水塊とサロベツ川上流およびパンケ沼から流下する淡水～低塩分水塊、およびその間に形成される中塩分水塊の3つが存在している。

7月6日の記録(図 8)

(1) 天塩川～サロベツ川(地点 5～8)：水深 2 m に境界があり、それより下位には 30 psu 以上の天塩川を溯上してきた海水があまり混合せずに侵入している。表層部についてみると、天塩川(05 地点)では塩分は 6 psu(水質①)であるのに対して、サロベツ川(08 地点)では 10 psu であり、より高い。

(2), (3)：サロベツ川上流およびパンケ沼への分流とパンケ沼(地点 12～18)：サロベツ川上流では低塩分水塊と中塩分水塊が傾斜した境界面で接している。14 地点では表層は淡水であるが(水質④)、12

地点では 2 psu 程度で混合が進んでいる。パンケ沼への分流では上述の中塩分水塊がパンケ沼入り口の水深 1 m の高まり(17 地点)で溯上を阻まれている。いっぽう、パンケ沼では 2 psu 程度の低塩分水塊が拡がっているが、その下位には明瞭な躍層をもって 4 psu を越える水塊が 15 cm ほどの厚さで底にへばりつくように広がっている(地点 15 および水質⑤)。この水塊は前日に侵入した中塩分水塊の一部が残っているものと推定される。パンケ沼に入ったところの水深 1 m までの水域には弧状の模様が一面に認められる(図 8 右下)。この模様は漁船によるしじみ掻き跡と判断される。

(4) サロベツ川～パンケ沼入り口(地点 22～35)：音響記録から 3 つの水塊が存在する。天塩川から溯上する高塩分水塊は 30 psu 以上の海水であるが(地点 35, 水質⑧)、音類橋(地点 28, 水質⑧)では混合が進んで 24 psu 程度である。その上位の中塩分水塊はサロベツ川入口では 4 psu であるが、音類橋では 10 psu と高くなっている。パンケ分流からパンケ沼にかけては(3)で得られた記録とほぼ同じであるが、パンケ入り口の高まりにぶつかる境界面の形は変化している。

7月7日の記録(図 9)

(8) サロベツ川入り口から音類橋(30～37 地点)：前日の(4)の調査時と比べると、水位が約 10 cm 下がっていて(図 3 参照)、得られた音響記録もかなり異なっている。天塩川からサロベツ川へと溯上する高塩分水塊はオンベツとの出会い(31, 33 地点, 水質⑬)より先の深みに存在している。ただし、音響境界面で見ると、上流に向けて段差がついていることから、流下する低塩分水塊によって削られているか、あるいは前日に溯上した高塩分水塊の一部がトラップされている可能性がある。音類橋(地点 30)の水質測定⑭では河床まで低塩分水塊からなるが、音響記録で見ると、そのすぐ下流の深みには高塩分水塊の延長が達しているものと推定される。前日の観測では高塩分水塊と低塩分水塊の間に中塩分水塊が位置していたが、ここでは高塩分水塊と低塩分水塊が接しているものと考えられる。音響記録からみると、地点 34 に向けて下がるくさび状の反射面が中塩分水塊と低塩分水塊の境界であると考えられる。

### 4. 考察とまとめ

・天塩川の塩水溯上はよく知られているように弱混合型の典型的な例で、SC-3 による音響調査で淡塩境

2004年7月7日 天塩川

(5) サロベツ出合い-天塩大橋上(地点1-11), (6) 天塩大橋上-23km地点(地点12-18) 10:07~11:32(地点11-12はアナログ記録から作成)

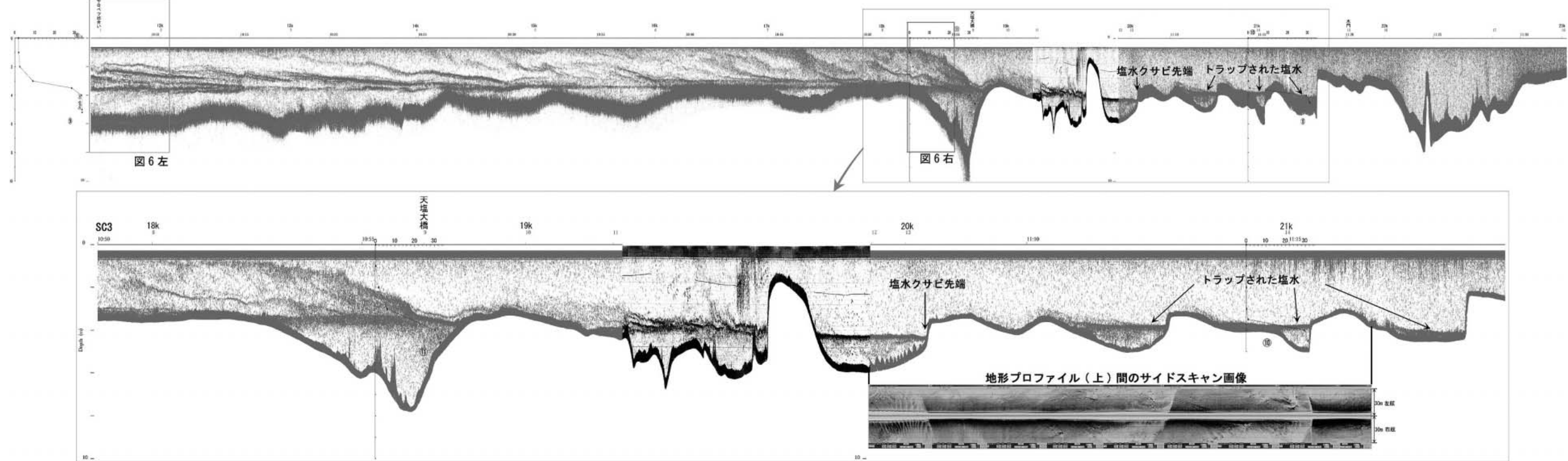
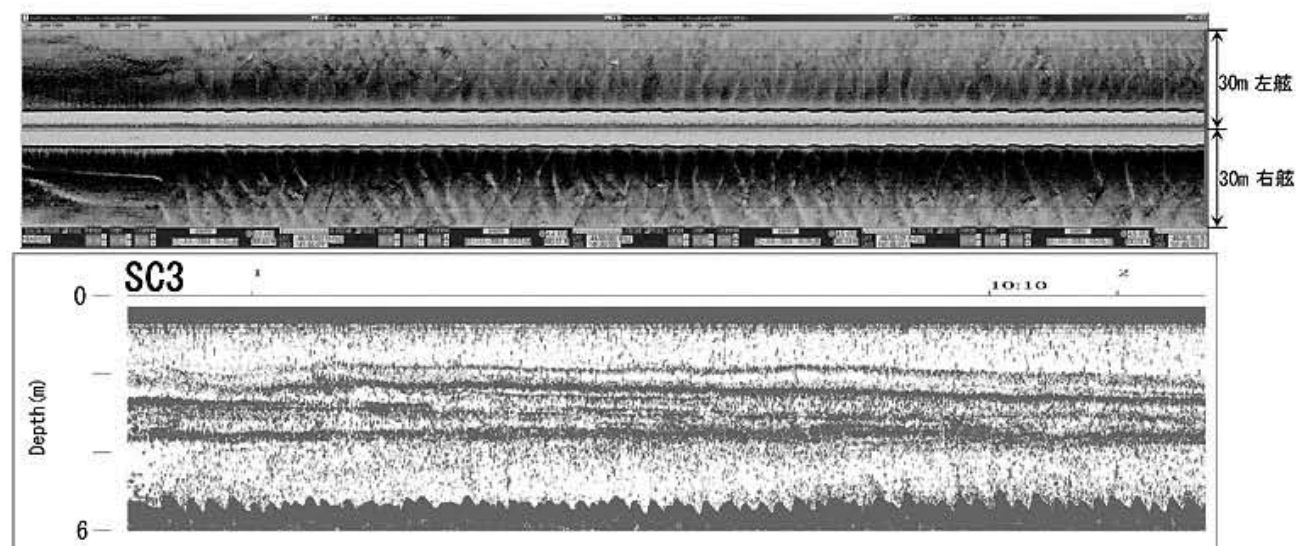


図5. 天塩川におけるSC-3音響調査結果と特徴的なサイドスキャンソーナー記録.  
 Fig. 5. The data of the SC-3 acoustic profiling system and side-scan sonar at the Teshio River.

河床地形プロファイル(下)とサイドスキャン画像(上)



縦断プロファイル(左)間のサイドスキャン画像

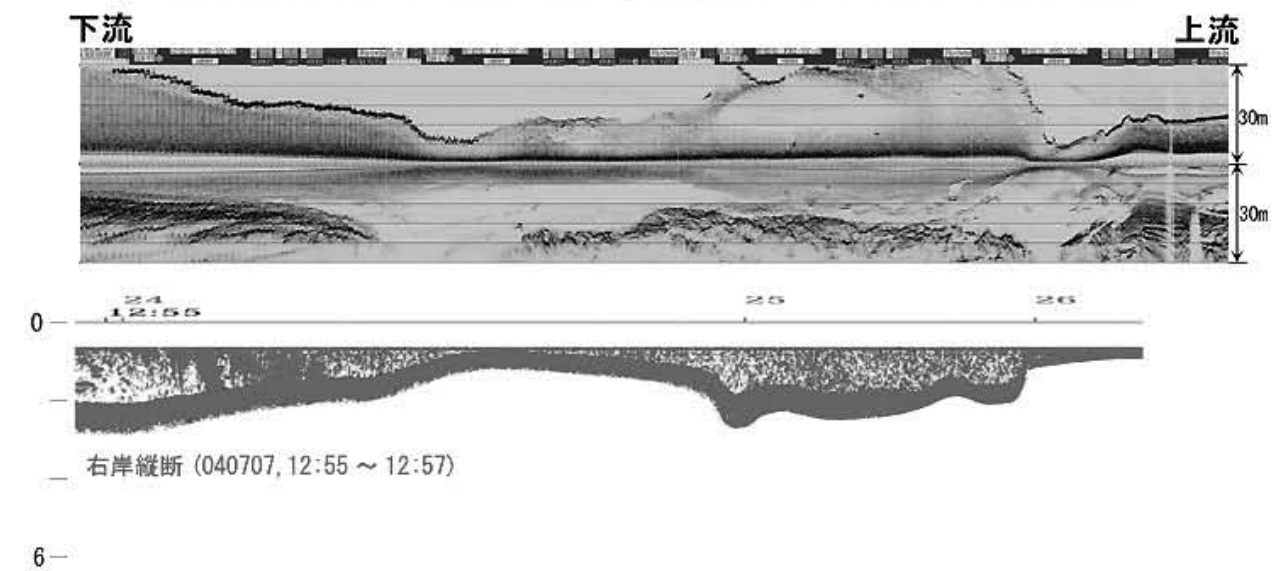


図6. 天塩川におけるサイドスキャンソーナーによる特徴的な河床の表面形態(左:砂漣 右:河岸近くの棚と河床の露岩).  
 河床のSC-3による地形断面を合わせて示す. 位置は図5を参照.  
 Fig. 6. Two characteristic side-scan sonar images of river bottom.

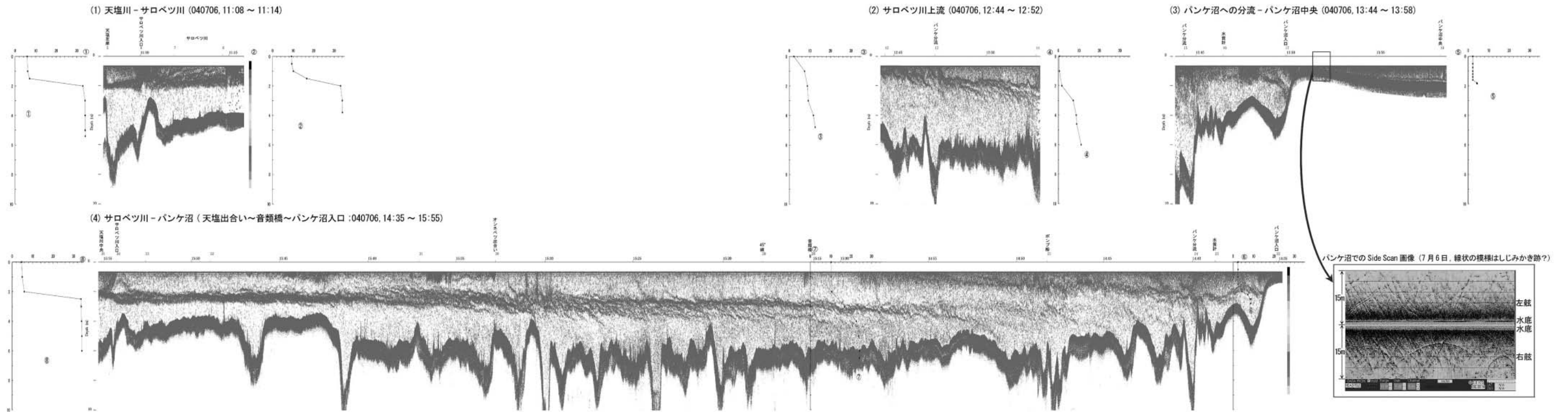


図 8. サロベツ川からパンケ沼にかけての SC-3 音響調査記録とパンケ沼のサイドスキャンソナー画像 (7月6日).  
**Fig. 8.** The data of the SC-3 acoustic profiling system and side-scan sonar at the Sarobetsu River-Lake Panke (July 6, 2004).

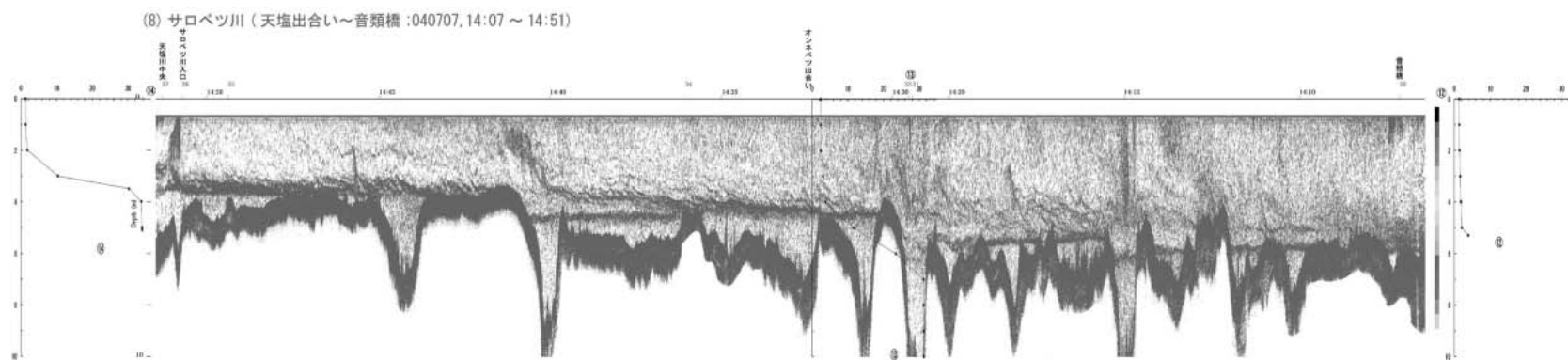


図 9. サロベツ川の SC-3 音響調査記録 (7月7日).  
**Fig. 9.** The data of the SC-3 acoustic profiling system at the Sarobetsu River-Lake Panke (July 6, 2004).

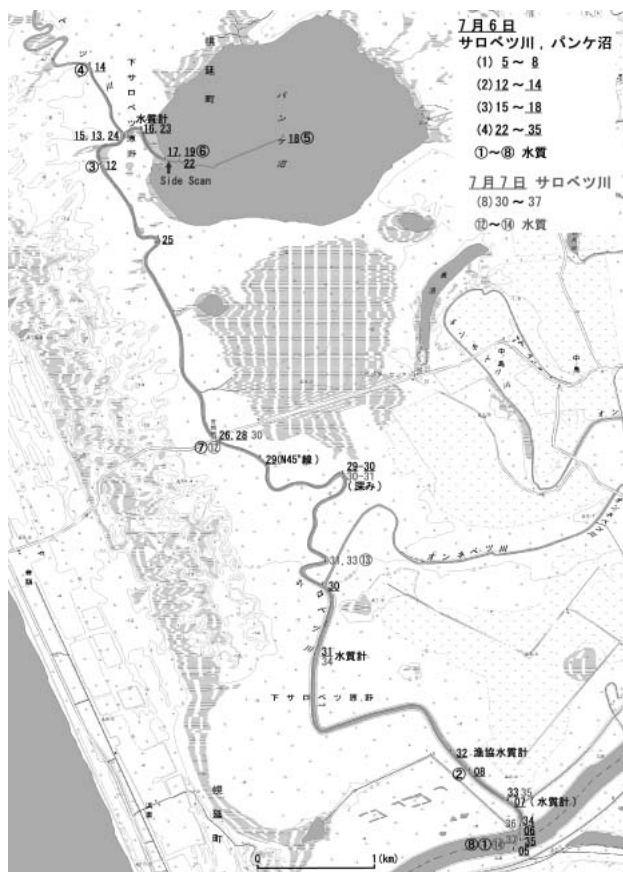


図7. サロベツ川からパンケ沼にかけての調査測線 (地形図は2万5千分の1「音類」および「稚咲内」による)。

Fig. 7. Surveyed routes at the Sarobetsu River-Lake Panke.

界を広域的に捉えることができる。今回の観測では淡塩境界面はほぼ水深4 mで、塩水くさびの先端は今回の観測では天塩大橋の上流の20 km地点に位置していた。なお、これより上流の21.5 km地点までの浚渫跡の深みには前日に溯上したと判断される高塩分水塊がトラップされていた。塩水クサビおよびトラップされた高塩分水塊とも塩分は30 psuを超えているので、天塩川を溯上する海水は殆ど混合することなく20 km以上に達することがわかる。淡塩境界より上位では表層部でみると、天塩大橋で0.3 psu、サロベツ川との出合いで2~4 psu、河口近くでは5.8 psuであった。

・サロベツ川では図10に示すように3つの塩分を異にする水塊が存在している。高塩分水塊は天塩川から溯上する海水で、低塩分水塊はサロベツ川およびパンケ沼から流下する淡水によるもので、中塩分水塊は両者が混合したものである。7月6日および7日の観測では水位差は約10 cmであったが、淡塩境

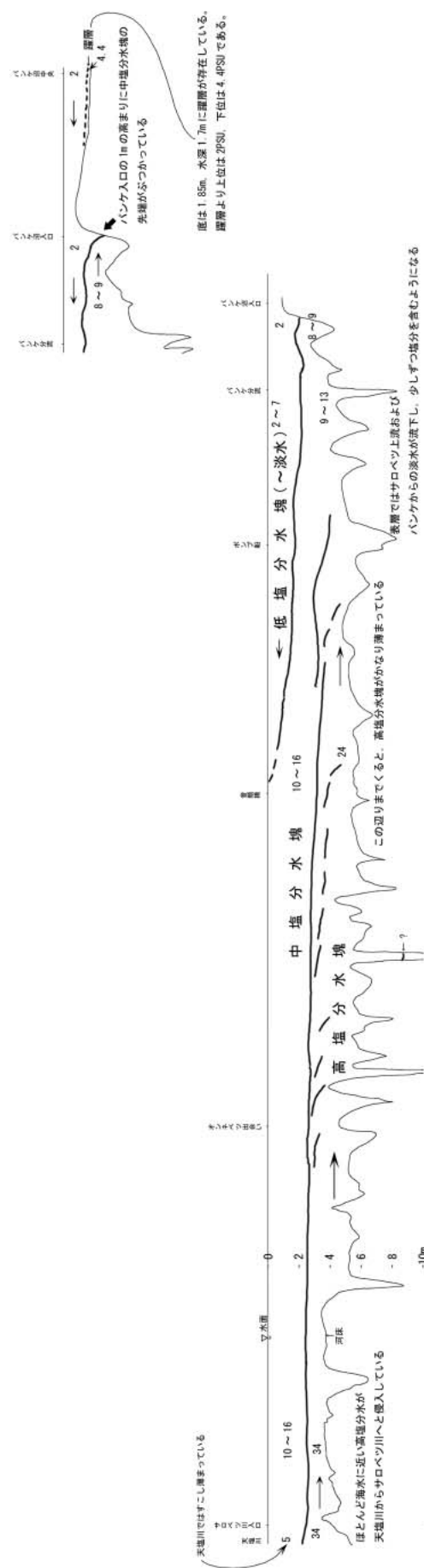


図10. 天塩川—サロベツ川—パンケ沼の塩水湖上 (模式図)。  
Fig. 10. A schematic image of saline intrusion at the Teshio R.-Sarobetsu R.-Lake Panke.

界は約1mの差があり、水塊の分布においても大きな違いが認められた。サロベツ川で中塩分水塊が形成されるのは、天塩川の流量のほうが大きいためにサロベツ川からの流れが阻まれることによって、下位の高塩分水塊との混合が進むことによると考えられる。このことは天塩川とサロベツ川の合流部付近の表層塩分を比較すると、前者のほうがより小さいことから支持される。

・サロベツ川からパンケ沼への塩水の流入は高潮時に中塩分水塊がパンケ沼入り口の水深1mの高まりを越えることによって起こる。今回の観測では中塩分水塊の上面はこの高まりまでであったが、パンケ沼の底にはごく薄い中塩分水塊の広がりが認められた。漁協天塩支所の水質データを参考にすると、この水塊は前日に流入した水塊の名残りであると判断される。

・天塩川およびパンケ沼ではヤマトシジミの漁獲が行われている。天塩川では天塩大橋下流右岸の棚などの浅場が好適な漁場となっているが、淡塩境界付近に形成される汽水域がそれに当たっている。いっぽう、パンケ沼ではサロベツ川で広く中塩分水塊が形成され、その一部が高潮時にパンケ沼に流入することによって好適な漁場が形成されている。

・天塩川の塩水溯上は通常は天塩大橋の上流までで、このあたりでは現在も浚渫工事による深みが造られていて、塩水が溯上しやすい状況がつけられている。

## 謝 辞

調査にご協力いただき、また水質観測資料を利用させていただいた北るもい漁業協同組合天塩支所(支所長吉田 豊氏)にお礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- 安間 恵・徳岡隆夫・上野博芳・須崎 聡・松田滋夫(2003)音響を利用した河口域の塩水くさび観測—宮崎県北川および東京荒川の例—, 海洋調査技術学会, 第15回研究成果発表会要旨, 44-45.
- 建設省土木研究所河川部河川研究室(1993)感潮河川の塩水溯上実態と混合特性, 土木研究所資料, 82 p.
- 西村清和・上嶋正人・徳岡隆夫・上野博芳・吹田歩・武内俱佳(2004), 汽水域調査のためのローコスト・コンパクトな音響調査機器(サイドスキャンソナー)のシステム化, LAGUNA 11, 43-51.
- 坂井伸司(2000)天塩川・パンケ沼, 日本のシジミ漁業(中村幹雄編著, たたら書房), 32-41.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・西村清和・須崎 聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教・上野博芳(2001)塩水楔観測システムの開発(テクノオーシャン2000ポスター展示の紹介), LAGUNA, 8, 101-110.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・上野博芳・西村清和・須崎聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教(1999)江の川の塩水楔—塩水溯上の長期連続観測システムの開発—(渇水期溯上例, 1998年12月~1999年2月), LAGUNA, 6, 233-245.