

神通川下流域における海水の侵入

田子泰彦・辻本 良
(1998年3月13日受理)

The intrusion of sea water into the lower reaches of the Jinzu River

Yasuhiko TAGO* and Ryo TSUJIMOTO*

Abstract

The intrusion of sea water into the lower reaches of the Jinzu River was investigated on Aug. 29 and Oct. 2, 1997. The sea water intruded 5 km from the mouth of the Jinzu River on Aug. 29, and 3 km on Oct. 2. The halocline existed at 1 to 3 m below the surface and salinity changed drastically. It is suggested that the movement of tidal current is usually hardly recognizable in Toyama Bay because of the narrow tidal range, but at the bottom layer in the lower reaches of the Jinzu River, the sea water moves to some extent every day and sometimes on a large scale according to the tidal current and flow of river.

Key words : Jinzu River, lower reaches, sea water, intrusion, tidal current, halocline

アユ *Plecoglossus altivelis*, サクラマス *Oncorhynchus masou*, サケ *Oncorhynchus keta* などの富山県の内水面・海面における重要魚種をはじめ、カジカ *Cottus pollux*, カンキョウカジカ *Cottus hangiongensis*, アユカケ *Cottus kazika*, シロウオ *Leucopsarion petersi*, ウナギ *Anguilla japonica*, カワヤツメ *Lampetra japonica* などの魚類は、いずれも通し回遊魚で、川と海を行き来している。しかし、河川では Bb 型 (可児 1944 : 以下同じ) 域より上流域での魚類の生態調査や、海域での資源生態調査はあっても、Bc 型の河川下流域における調査例はほとんど見当たらない。

Bc 型の河川下流域は、淡水と海水の混合する、いわゆる汽水域であるが、通し回遊魚にとっては大きな生理的変化が始まる独特な水域と考えられる。サケ、サクラマス、アユ、カジカなどの幼稚魚が、降海に際してどのように海水と出会うのか、また、遡上に際してどのように淡水に順応していくのか、塩分の高い所で産卵するとされているアユカケの産卵場 (後藤 1989) はどこかなどを推定するうえでも、下流域の海水の侵入状況を明らかにすることは、極めて意義のあることと思われる。

しかし、本県の河川では、海水の侵入は神通川では河口から約 3 km (石森 1994)、小矢部川では約 1.5 km (高瀬 1978) という記載はあるが、その詳細は明らかではない。このため、本研究では水産上極めて重要な河川である神通川の下流域において、海水の侵入状況を調べ、その一端を明らかにしたので報告する。

* 富山県水産試験場 (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

材 料 と 方 法

神通川下流域 (Bc 型域) における河川構造及び海水の侵入状況を調査するため、橋などの構造物を目安に、St. 1 (0.4km: 河口からの距離; 以下同じ), St. 2 (0.8km), St. 3 (1.5km: 萩浦橋), St. 4 (2.3km), St. 5 (3.0km: 中島大橋), St. 6 (3.4km), St. 7 (4.1km), St. 8 (4.7km), St. 9 (5.1km) の9定点を設定した (Fig. 1)。各定点において、1997年8月29日には、船外機船によって、川の流れに対して垂直方向に速度約1~3ノットの低速で航行し、魚群探知機を用いて約10秒ごとの水深を測定して、横断面の構造を調べた。最大水深の箇所においては、表層の水温を水銀棒状温度計により、0.5mごとの塩分をSTD(アレック社 AST500DK)により測定した。なお、St. 9

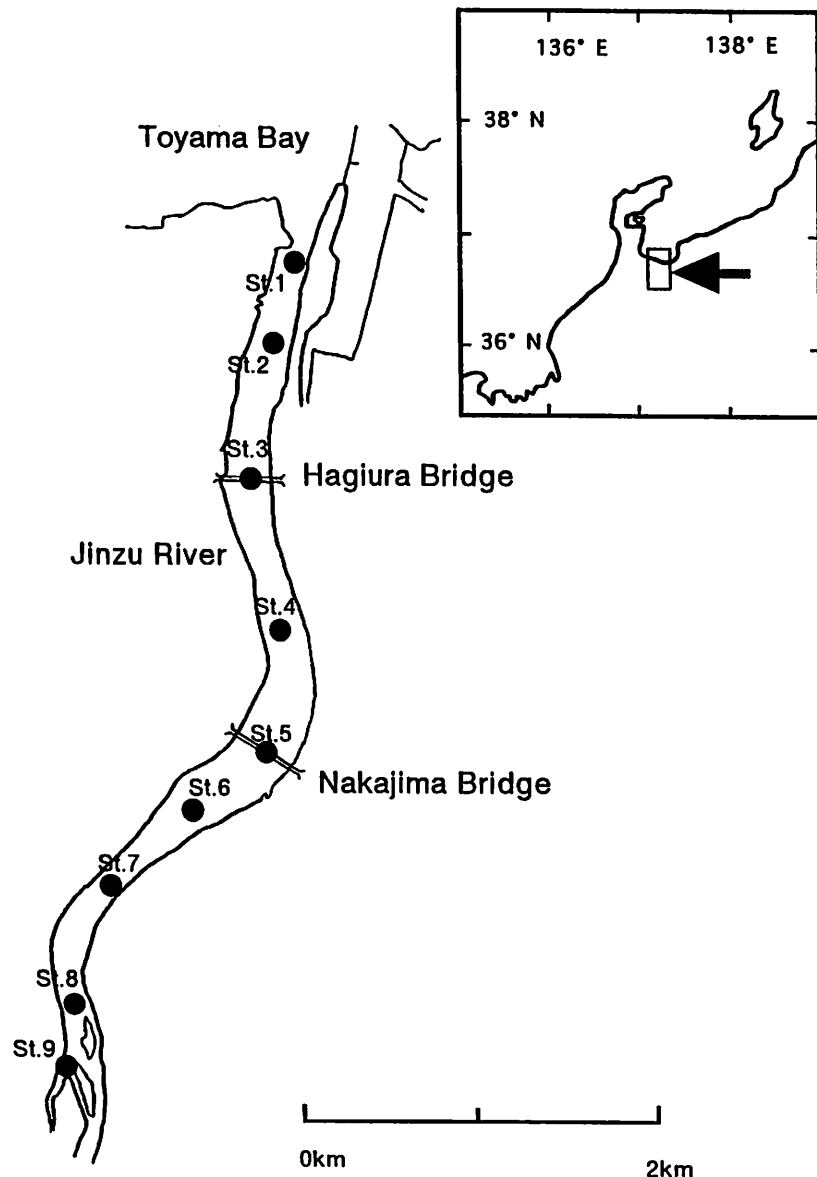


Fig. 1 Map showing the lower reaches of the Jinzu River.
Closed circles indicate the sites investigated.

は左岸側と右岸側に分流した流れのうち、左岸側の流れを測定した。調査はSt.1から実施し、調査時刻は、St.1～6は10:36～12:20、St.7～9は13:00～13:50であった。

同年10月2日には、8月29日の調査項目に加えて、各定点の表層と底層の水を転倒式採水器を用いて採水し、水産試験場において、pH、濁度及び塩分を、また、各底層とSt.1、St.5及びSt.9の表層については、DOも測定した。pHはpHメーターを、濁度は濁度計を、塩分は電気伝導度塩分計を用いて測定した。DOの測定はウインクラー法によった。調査時刻は、St.1～4は10:45～12:20、St.5～9は13:30～14:50であった。

各定点の河口からの距離と横断面距離は、1987年10月の空中写真と1988年7月の現地調査による国土地理院発行の縮尺1/25,000の「富山港」及び「富山」の地図から、キルビメーターを用いて算出した。縦断面図作成に当たっては、各定点の標高は無視したが、河口から約5kmにある県企業局神通川工業用水道の取水口付近の水面では、海拔は約0.7mである。

調査日の満潮、干潮の日時及び潮位は、富山地方気象台の実測値を用いた。なお、潮位は富山市草島にある富山地方気象台の基準面の数値である（東京湾の基準面に直すには、富山地方気象台の数値より、104.8cmを引く必要がある）。

結 果 と 考 察

1997年8月29日の満潮（潮位）と干潮（潮位）は、それぞれ11:39（164cm）と19:19（144cm）の1回、同年10月2日の満潮（潮位）は2:11（130cm）と15:31（131cm）の2回、干潮は8:42（114cm）と21:03（115cm）の2回であった。このことから、8月29日の調査時間帯はほぼ満潮時に、10月2日の調査は干潮と満潮の間の上げ潮時にあった。両調査日の潮位差は30～50cmあったと考えられる。

1997年8月29日と同年10月2日の魚群探知機による各定点の水深測定地点数、平均水深、最大

Table 1. The mean depth and maximum depth of each station at the lower reaches of the Jinzu River measured by fish sonar on the dates of Aug. 29 and Oct. 2, 1997.

Date		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9
Aug.29	Number of points*1	14	16	16	21	32	25	19	17	9
	Mean depth	4.3	4.1	3.4	2.5	2.0	2.1	2.2	1.6	2.5
	Maximum depth	6.0	5.0	5.2	4.6	3.3	3.6	3.2	2.4	4.4
	Location*2	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Left	Center	Left
Oct.2	Number of points*1	19	20	21	21	29	30	25	27	—
	Mean depth	3.7	3.7	2.9	2.4	1.9	1.7	1.9	1.4	—
	Maximum depth	5.4	4.7	4.1	4.9	3.0	3.9	3.1	2.3	—
	Location*2	Right	Left	Left	Right	Left	Left	Left	Center	—

Number*1 = Number of points measured by fish sonar.

Location*2 = Location of maximum depth, that is, right bank side, left bank side or center of river.

水深及び最大水深の存在場所（右岸，左岸または中央）を Table 1 に示した。10月2日の St. 9 では川の流速が速く，船を流れに対して垂直に走らせることが困難で，測定できなかった。各定点の平均水深と最大水深は，8月29日ではそれぞれ1.6~4.3mと2.4~6.0m，10月2日では1.4~3.7mと2.3~5.4mであり，下流域ほど深くなる傾向にあった。

両調査日の水深を比べると，8月29日が10月2日よりも深かったが，両調査日前には大雨などがなかったことから，これは河川流量よりも潮位の差の影響が大きいと考えられる。また，最大水深が位置する場所が定点により左岸，右岸及び中央に入れ替わることから，このような深みの箇所は，増水時の出水によりできた蛇行（M）型（水野・御勢 1972）の淵の一部であると考えられる。

各定点の最大水深における STD による塩分測定結果から作成した，神通川下流域の海水の侵入状況を示した縦断面図を，Fig. 2 および Fig. 3 に示した。塩水楔の先端部は，8月29日では河口から 5 km 付近に，10月2日では 3 km 付近に達していた。塩分躍層は両調査日とも水面下 1~3 m にあり，塩分濃度の変化は急激であった。

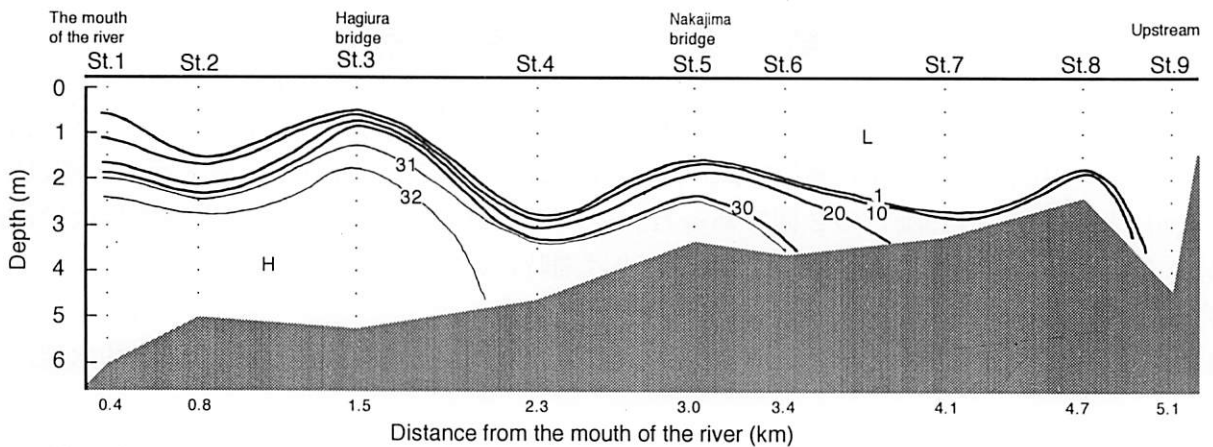


Fig. 2 Vertical section of the lower reaches of the Jinzu River where intrusion of sea water took place on Aug. 29, 1997.

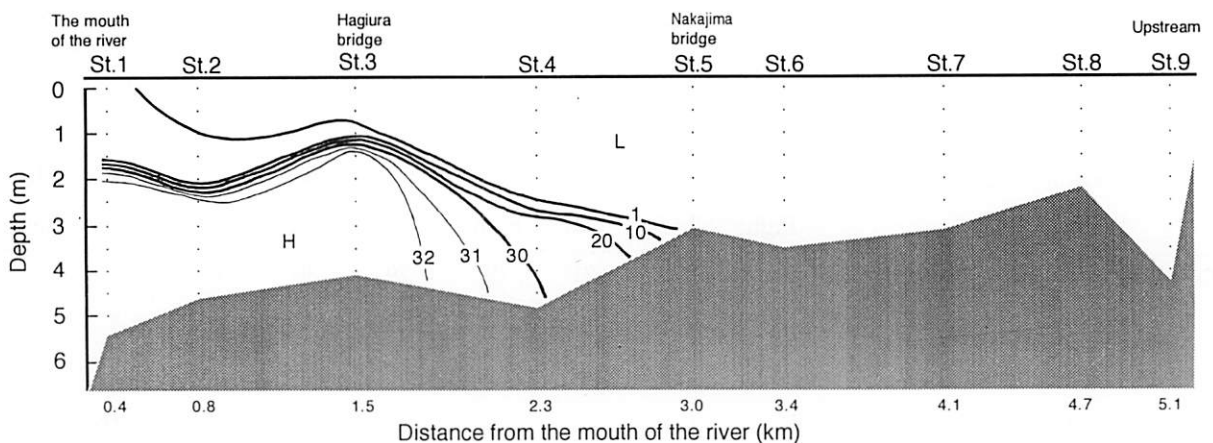


Fig. 3 Vertical section of the lower reaches of the Jinzu River where intrusion of sea water took place on Oct. 2, 1997.

10月2日の各定点の水温, pH, 濁度, 塩分及びDOをTable 2に示した。底層の塩分はSt. 1～St. 4では29.86～32.96の範囲に, St. 5～St. 9では0.06～0.39の範囲にあった。海水の明瞭な侵入はSt. 4とSt. 5の間にまで達しており, St. 5ではわずかに海水の影響が認められたが, St. 6～St. 9では淡水であった。

淡水から海水に移行するとpHが急激に変わること及び河川水中の懸濁物質は高イオン濃度である海水に出会うと不安定になり, 寄り集まって沈むことが知られている。今回の分析結果でも, 表層と底層でのpHと濁度は, St. 1～St. 4では大きな差があったが, St. 5～St. 9ではほぼ同じ値を示した。また, 底層のDOがSt. 1～St. 4では6.3～7.5mg/lと海水に近く, St. 5～St. 9では10.1～10.5mg/lと淡水とほぼ同じであったことも, 海水がSt. 4とSt. 5の間にまで達していたことを裏づけている。なお, 底層の濁度が高いのは, 河川中の懸濁物質が海水と混合することによる凝集・沈澱や, 底層域での潮の干満による海水の往復運動によって, 堆積物の巻き上げが起こっているためと考えられる。

Table 2. Temperature, pH, turbidity, salinity and dissolved oxygen at the lower reaches of the Jinzu River on Oct. 2, 1997.

	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5	
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom
Temperature (°C)	15.5	—	14.9	—	15.2	—	15.2	—	15.4	—
pH	7.3	8.2	7.4	8.3	7.5	8.2	7.5	8.1	7.7	7.7
Turbidity (mg/l)	0.6	1.2	0.4	1.8	0.5	1.3	0.5	1.4	0.5	0.3
Salinity (psu)	1.45	32.15	0.19	32.92	0.19	32.96	0.06	29.84	0.07	0.39
DO (mg/l)	9.0	7.5	—	7.5	—	6.9	—	6.3	10.3	10.4

	St.6		St.7		St.8		St.9	
	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom	Surface	Bottom
Temperature (°C)	15.6	—	16.0	—	16.2	—	16.3	—
pH	7.6	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Turbidity (mg/l)	0.5	1.0	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.8
Salinity (psu)	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
DO (mg/l)	—	10.3	—	10.5	—	—	10.2	10.1

St. 5～St. 9では表層と底層でのpHと濁度がほぼ同じ値を示したこと, 及びSt. 5とSt. 9のDOが表層と底層でほぼ同じであったことは, St. 5の底層にわずかに塩分が認められたものの, 表層と底層の水質にはほとんど差がなかったことを示している。なお, St. 7の下流にあった最大水深の箇所(約9m)の底層での10月2日におけるpHは7.7, 濁度は0.6, 塩分は0.06及びDOは10.3であったので, 上げ潮で潮位が高いときは8月29日のようにSt. 9まで海水の侵入がみられた

が、潮位の低い時は、淵の最深部においても海水の残存はなかったと考えられる。

8月29日に調査した各定点の横断面図とSTDにより最深部付近で測定した塩分濃度から作成した、海水の侵入状況をFig.4に示した。水深と河床構造からみて、St.1～St.3では、ほぼ横断均等に、St.4～St.6では、最深部にあった海水の侵入が対岸に存在する深みにもあったかどうかは不明であるが、St.7～St.8では、最深部付近にのみ海水が侵入していると推測される。

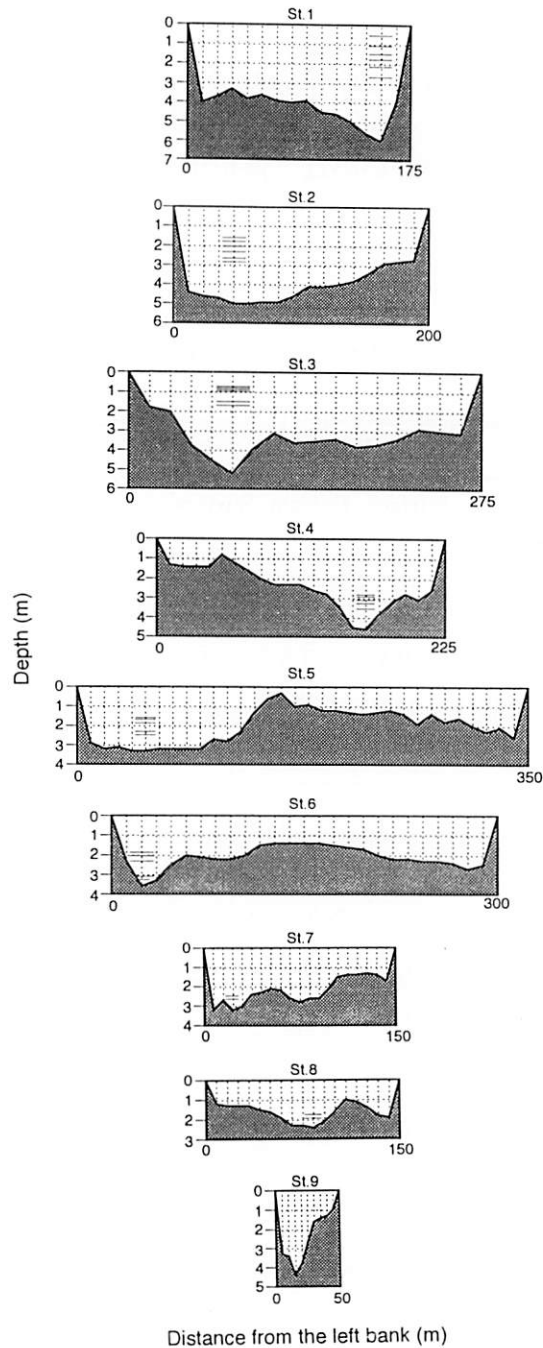


Fig.4 Cross section at the lower reaches of the Jinzu River on Aug. 29, 1997. Numbers under each figure show the distance between both banks in the main stream from St.1 to St.8, and in the left side branch stream at St.9. Lines from top to bottom in each figure show salinity of 1, 10, 20, 30, 31, and 32, respectively.

いずれにせよ、横断面の海水の分布状況をより詳しく明らかにするためには、複数の地点の塩分濃度を測定する必要があるだろう。

海水の侵入（塩水楔の先端）は8月29日には5 km付近にあった。これは、河口から約5 kmにある県企業局神通川工業用水管理所取り入れ口から取水している水に、近年夏から秋にかけて塩分が混ざるようになり、工業用水としては不適になった^{*}ことを裏づけるものであった。両調査日の潮位は、8月29日が144~164cm、10月2日が114~130cm及び115~131cmであったが、過去には最大潮位202cmを記録していることから、5 km付近よりさらに上流域への海水の侵入があること、また、最小潮位69cmを記録していることから、海水の侵入が3 kmより下流域に留まる場合も推測できる。

富山湾では潮の干満差は最大で約30cmと小さく（青山 1994）、ほとんど潮の動きが感じられないが、神通川下流域では日々の潮の干満で海水が小規模に侵入、退出を繰り返しながら、時には月齢、河川流量及び気圧などの影響により、水平的に大きく動いていることが推測される。

太平洋側に位置する徳島県の吉野川の河口域では、1980年5月の調査で、塩水楔の先端が河口から約12kmに達していたことが報告されている（本田ら 1985）。日本で大潮差の最も大きい場所は有明海の約4.5mで、次いで瀬戸内海の約3 mである（花輪ら 1990）ことから、太平洋に面する河川ではその形態にもよるが、神通川に比べてより上流域への海水の侵入があると考えられる。

神通川下流域では、表層では河口付近まで塩分の低い水であったが、底層では5 km付近まで海水の侵入があったこと、塩分躍層は1~3 m付近にあったことから、アユ、カジカ、サクラマス及びサケなどの通し回遊魚の一部は、富山湾に到達する前に、神通川下流域で塩分に遭遇すると考えられる。また、底層での塩分濃度変化が急激であったことから、底層よりも表層を降下した方が、ゆっくりと海水に馴致できると思われる。

早月川などの下流域がほとんど発達していない河川では、遡上期には河口付近の海域で河川水に体を慣らしているサケの群れがよく見られるが、神通川や庄川などの下流域の発達した河川ではほとんど見られない。これらの河川では、河川下流域に侵入した海水と河川水とが混合している水域で、魚体を淡水に慣らしているものと推測される。

8月29日に行った12節の投網による魚類調査では、全長11.9cm、体重24.1gのヒイラギ *Leiognathus nuchalis* 1尾をSt.5の中島大橋付近で採集した。このことも、海水の侵入を裏づけていると思われるが、ヒイラギばかりでなく、クロダイ *Acanthopagrus schlegeli* やスズキ *Lateolabrax japonicus* など、河川に侵入してくる海水魚にとって、河川下流域がどのような意味合いを持つのかを明らかにすることも興味のあるところである。

今回の調査で神通川下流域にはかなりの汽水域があることが明らかとなった。河口周辺の汽水域は、海域の中でも生産力の高い場所であり（Odum 1974, 和田 1988）、河口域は一部の海産魚や遡河性魚類がその生活史の初期を過ごす重要な育成場である（大森・鶴田 1988）との報告がある一方で、河口の開口部が広くない河川内の汽水域の生産性はそれほど大きくないとも言われている（森下 1981）。神通川下流域でのこれらの実態を明らかにするためにも、今後季節的な魚類、プランクトン及びベントス調査を実施する必要があると思われる。そして、神通川や庄川のように下流域の発達した河川と、黒部川や早月川など下流域がほとんど発達していない河川とでは、どのように魚類相や生態が違うのか、また、水質環境の面においても、河川と海の間

*1997年9月17日北日本新聞朝刊

にある河川下流域がどのような役割を果たしているのかを明らかにしていくことは、本県河川における魚類の保護・育成、あるいは水質環境の保全を考える上で、極めて重要なことと考える。

要 約

神通川下流域 (Bc型域) において、1997年8月29日と10月2日に、海水の侵入状況を調べた。STDによる塩分測定結果では、塩水楔の先端部は、8月29日では河口から5 km付近に、10月2日では3 km付近に達していた。塩分躍層は両調査日とも水面下1~3 mにあり、塩分濃度の変化は急激であった。10月2日に実施した、pH、濁度、塩分及びDOの測定結果も、海水の侵入を裏づけていた。神通川下流域では、日々の潮の干満で海水が小規模に侵入、退出を繰り返しながら、時には月齢、河川流量及び気圧などの影響により、水平的に大きく動いていることが推測された。

謝 辞

本調査に当たっては、当水産試験場「はやつき」船長田中孝世氏、同機関長西浦富幸氏、同甲板員高縁真氏の多大なご協力を得た。富山地方气象台には快く潮位のデータを提供していただいた。また、データ整理に当たっては、当時栽培・深層水課の小善圭一研究員、内水面課の西野キヨ子女史、森睦子女史及び吉田千亜希女史の手を煩わせた。さらに、本論文をとりまとめるに当たっては、当時場長反町稔博士に貴重な御助言、御校閲をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

文 献

- 青山温彦 1994. 潮汐. 富山大百科辞典, 下巻, 北日本新聞社, 富山, 250.
- 後藤 晃 1989. 日本の淡水魚. 川那部浩哉・水野信彦編・監修, 山と溪谷社, 東京, 655-657.
- 花輪公雄・中野猿人・小田巻 実 1990. 日本周辺海域の潮汐と潮流について. 続・日本全国沿岸海洋誌, 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編: 143-164.
- 本田克久・浜田典明・立川 涼 1985. 吉野川河口域の河川水-海水境界域における重金属類の動態. 沿岸海洋ノート, 23(1): 26-33.
- 石森繁樹 1994. 密度流. 富山大百科辞典, 下巻, 北日本新聞社, 富山, 917.
- 可児藤吉 1944. 溪流性昆虫の生態. 古川晴男編「昆虫」上, 研究社, 東京, 117-317.
- 水野信彦・御勢久右衛門 1972. 河川の生態学. 築地書館, 東京, 245pp.
- 森下郁子 1981. 河口の生態学. 山海堂, 東京, 135pp.
- Odum, E. P. 1974. 汽水域の生態学. 生態学の基礎, 下巻, 培風館, 東京, 466-480.
- 大森迪夫・鶴田義成 1988. 河口の魚. 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 栗原康編著, 東海大学出版会, 東京, 108-118.
- 高瀬信忠 1978. 河川水文学. 森北出版, 東京, 159.
- 和田英太郎 1988. 河口・沿岸域の環境特性-化学環境. 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 栗原康編著, 東海大学出版会, 東京, 26-31.