

## 新潟県名立川の水文環境

佐藤 芳徳\*

(平成8年10月28日受理)

### 要 旨

新潟県西部名立川において、流量および水質の時間的・空間的变化から、流域における流出の特徴や地下水質の進化について考察した。その結果、融雪期を除いて、流域への降雨はすみやかに河川に流出し、降雨流出の減衰も早いこと、低水位時には、河川水質は地下水の影響を強く受けていること、電気伝導度は中流部で高く、最下流部でやや低くなっていること、主要化学成分組成については、上流部でCa-HCO<sub>3</sub>型であるが、下流部では中間型となっていることなどが明らかにになった。

### KEY WORDS

河川水質 river water quality

電気伝導度 electric conductivity

滞留時間 residence time

融雪 snowmelt

名立川 Nadachi River

### 1 はじめに

降水は、地表面に到達後、すみやかに河川へ流出する成分や、比較的短い期間地下に滞留した後流出する成分、長い期間地下に滞留してから徐々に流出する成分などさまざまな循環経路をとることが知られている。このような水循環解明のための一手段として、水質を用いる方法がある。河川水質については、全流出量から直接流出量を分離したり(田中ほか, 1980)、水質の異なる支流の流入割合を求めることにも使われる(市川・佐倉, 1977)。また、地下水の流動系を明らかにしたり(安原・風早, 1994)、地下水の滞留時間推定にあたっても有効な情報を提供してくれ、流域の水文学的考察には欠かすことができない(林・千葉, 1994; 小野寺ほか, 1996)。しかし、水質が地下でどのように変化するか、つまり地下での滞留時間の違いによる水質組成の変化や、その地下水が河川に流出した場合、河川水質にどのような影響があるか、ということについては不明な部分が多い。

本研究においては、まず河川流量の季節変化から流量の少ない時期を選定し、その時期における河川水質の組成変化に着目して、水域別にどのような地下水による涵養があるか明らかにするものである。さらに、流域における地下水質の進化についても考察することを目的とする。渇水期の河川水質は、地下水涵養量が卓越し、直接流出成分が少ないため、流域における地下水の水質進化の影響を強く受けていると考えられる。そのため、河川水における水質組成の変

---

\* 社会系教育講座

化を明らかにすることにより、地下水質の進化を推定することが可能であると考えられる。

## 2 研究対象地域の概要および研究方法

本研究では、新潟県西部の名立川を対象とする。名立川は、不動山 (1,430m) や大毛無山 (1,429m) に源を発し、日本海に流出する流路長約24.6km、流域面積約63.3 km<sup>2</sup>の河川である (図1)。上流部にはほとんど人家がなく、中流部以降も徐々に人家が増えるため、河川に及ぼす人為的影響を考慮しやすい。また、天然状態における河川水質や、それに及ぼす地下水質の影響も検討しやすい。流域の気候は典型的な日本海側気候で、冬季の降雪にその主な特徴がある。流域の年降水量は、海岸部で1,800~2,000mm とさほど多くはないが、山間部では2,300~3,000mm という大きな値となっている。

地形をみると、南部の山間部は急傾斜であるが、河川勾配は平地に入ると急激に減少し、中流部以北の勾配は小さい。そのため、冬季以外では、降水は速やかに河川に流出するものと考えられ、下流部では洪水流量が大きく、渇水時との較差が大きいと予想される。冬季の降水は雪であることが多く、流域内に貯留され、3~4月の融雪期には高水位が継続する。

名立川の流出機構を明らかにするために、4~5地点で流量観測を実施した。これは、降水と河川流量の関係を求めるとともに、河川水質を測定するのに最適な時期を選定するためである。また、河川と地下水との関係、すなわち地下水による河川涵養について明らかにすることも目的としている。

次に、河川水を採取し、pH、電気伝導度、主要化学成分組成を測定した。主要化学成分は、陽イオンがNa<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、陰イオンがCl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の7項目である。陽イオンについては、プラズマ発光分光分析装置

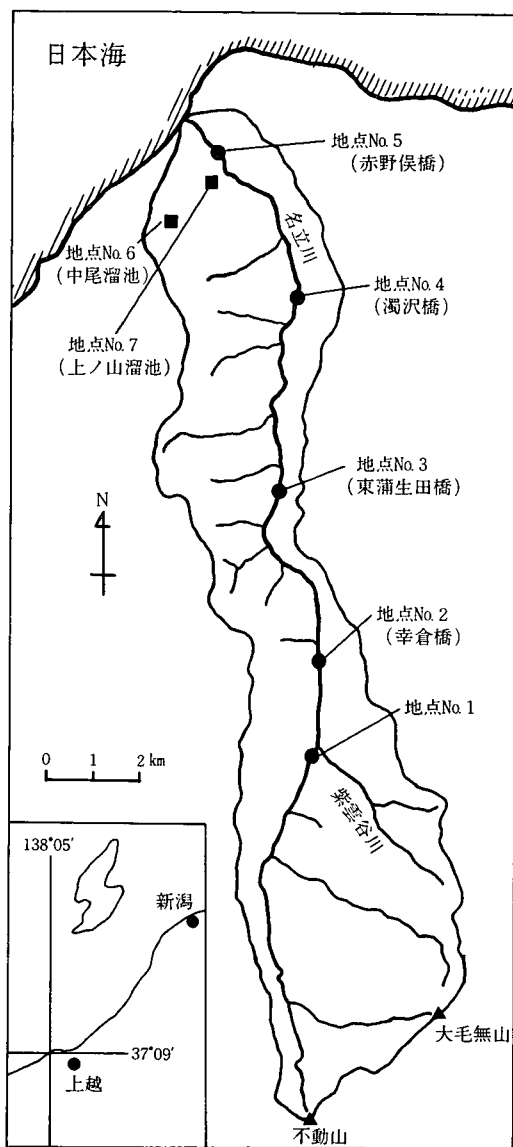


図1 流域の概要および観測地点

(Nippon Jarrel Ash 社, ICAP-757v), 陰イオンのうち  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  については, イオンクロマトアナライザー (日本ダイオネクス社, QIC IonPac AS4A),  $\text{HCO}_3^-$  については, JISK0101 に基づき, MR 混合指示薬で pH4.8 アルカリ度 (1/100N 硫酸滴定) として定量分析した。

### 3 河川流量および水質

#### 3.1 河川流量

河川流量の観測結果を図 2 に示す。これを見ると, 1995 年 4 月の値は他の時期に比べて, かなり大きな値となっていることがわかる。この地方の河川流量の一般的特徴として, 梅雨期および秋霖・台風期に一時的な洪水が発生するほか, 3～4 月に融雪による継続的な流量増加がみられる。今回の結果もこの特徴と合致していた。また, 下流に向かうにともない, 支流の合流による流量増加がみこまれるが, 実測値は必ずしもそうはならず, 取水等の影響が考えられた。

降水量と蒸発量から水資源賦存量を求め, 河川流量に換算すると, 地点 No 5 における流量は,  $5.93\text{m}^3/\text{sec}$  と推定される。ところが, 実測値においてこの値を上回ったのは, 1995 年 4 月の  $7.11\text{m}^3/\text{sec}$  のみであった。すなわち, 融雪期以外では, 降雨後を除いては平均流量以上の流量があることは少ないと考えられる。河川流量の季節変化をみると, 地点 No 3 では渇水期と融雪期の値には 10 倍近い開きがあった。実際にはこれ以上の差異があり, 他地点でも同様の傾向にあると思われる。

流量の観測結果についてまとめると, 融雪期に継続的な流量増加がみられるほか, 積雪として降水が流域に貯留される冬季以外は, 降水は短期間に流出し, 一時的な洪水流が発生すると推定された。そのため, 基底流出時の河川水質は, 地下水の影響を強く受けているものとみなすことができ, 河川水質の時間的・空間的変化から, 河川と地下水との関係, 河川に流出する地下水の水質の特徴が明らかになると考えられる。

#### 3.2 pH および電気伝導度

名立川の pH についてみると

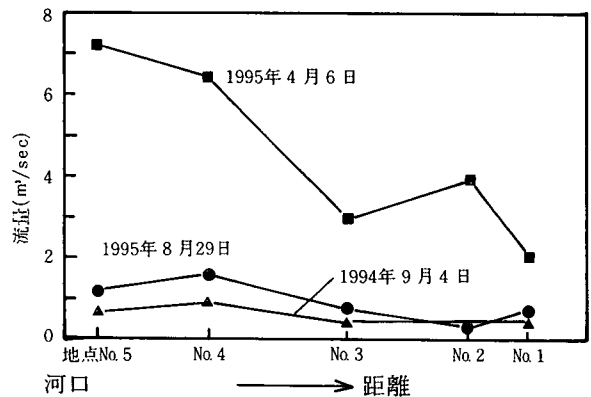


図 2 河川流量変化

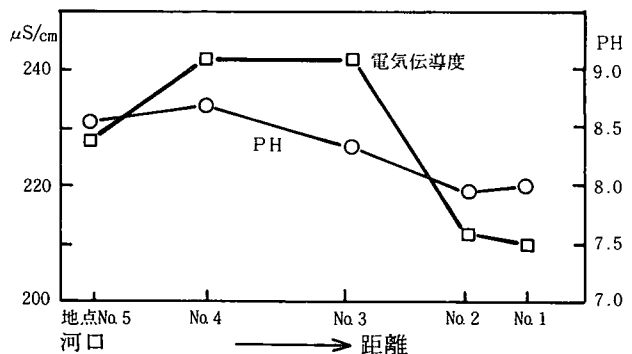


図 3 河川水の pH および電気伝導度 (1995年8月29日)

(図3), いずれも8~8.5付近で, とくに下流部においては, 8.55~8.69とアルカリ性を示している。また, 融雪期の流量の多いときでも7.6~7.7の値をとっている。雨水の流入が多いと考えられる溜池の水のpHも7.1~7.8であり, 表流水のpHは総じてアルカリ性である。これは, 年間を通してこのような傾向を認めることができるから, 地質等の自然的影響によるものと考えられる。

電気伝導度については, 上流部で $220\mu\text{S}/\text{cm}$ , 下流にいくにつれて, 地点No 3で $283\mu\text{S}/\text{cm}$ , 地点No 4で $284\mu\text{S}/\text{cm}$ と値が大きくなり, 最下流部では $256\mu\text{S}/\text{cm}$ と再び値の低下をみた。中流部で値が高いのは, 渇水時で比較的滞留時間の長い地下水によって河川が涵養されていたことと, 人為的影響が考えられる。また, 最下流部でやや低くなっているのは, 濃度の低い支流の水や地下水が流出したためと考えられる。なお, 融雪期の電気伝導度は,  $130\sim 150\mu\text{S}/\text{cm}$  くらいの値が一般的であった。

### 3.3 主要化学成分

名立川および溜池の主要化学成分組成をヘキサダイアグラムを用いて図4に示す。これをみると, 河川水については上流部地点No 1では,  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 型であるが, 下流にいくにつれて, 溶存物質全体の量が増加する。とくに,  $\text{Na}^+$ や $\text{SO}_4^{2-}$ の増加がみられるほか,  $\text{Cl}^-$ も増加傾向にある。一般に,  $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ は隔海度が小さくなるにつれて増加する。名立川においても,  $\text{Na}^+$ は顕著な増加を示すが,  $\text{Cl}^-$ の増加はそれほど大きくなく, 下流部では $\text{SO}_4^{2-}$ の割合も高いという中間型の水質組成を示している。また, 溜池の水は地点No 6では $\text{Na}-\text{SO}_4$ 型で, 海に近い地点No 7では $\text{Na}-\text{Cl}$ 型を示し, 河川水とは明らかに組成が異なっていた。

全体として,  $\text{HCO}_3^-$ や $\text{SO}_4^{2-}$ の濃度が高いことは, 流域の地質等の影響が考えられ, pHや電気伝導度の分布とも合致している。個々のイオン濃度の変化に着目してみると,  $\text{Cl}^-$ は隔海度と密接な関係にあることがわかる(図5)。一方,  $\text{Na}^+$ は隔海度と地下水の水質進化に関連して変化する。また,  $\text{HCO}_3^-$ は河川を涵養する地下水の滞留時間を反映しているものと考えられた。

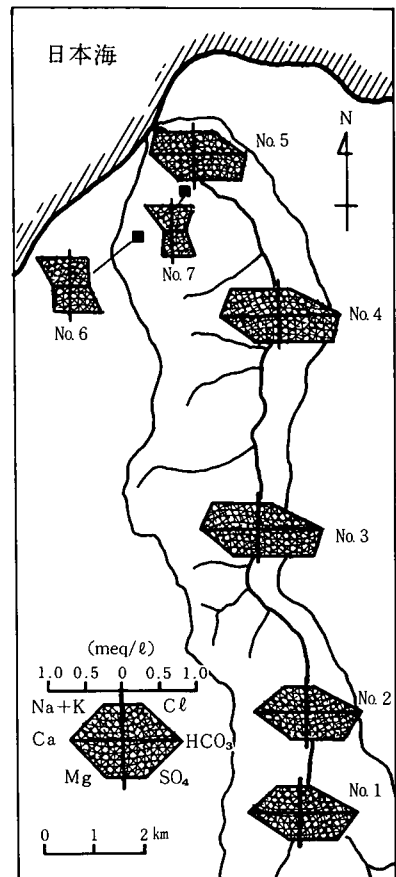


図4 河川水および溜池の主要化学成分組成

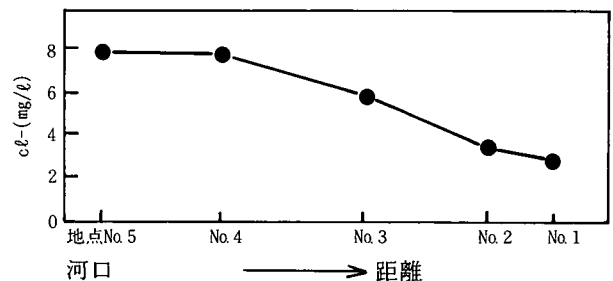


図5 河川水の塩化物濃度

3.4 水質進化

地下水質については、その滞留時間により化学的な組成が変化することが知られている。地下での滞留が長くなるにつれて、一般に  $\text{Na}^+$  と  $\text{HCO}_3^-$  が増加する傾向にあるが、 $\text{Na}^+$  は隔海度にも影響を受ける。本研究では、 $\text{Na}^+$  と  $\text{HCO}_3^-$  がそれぞれ陽イオン、陰イオンの中に占める割合を算出し、それ乗じた値を水質進化の指標とした(田口, 1996)。このように考えた場合、その値(R)は次のように表現できる。

$$R = r_1 \cdot r_2$$
$$r_1 = \text{Na}^+ / \Sigma \text{Cation}$$
$$r_2 = \text{HCO}_3^- / \Sigma \text{Anion}$$

表 1 水質進化の指標  $r_1$ ,  $r_2$  および R

	地点 No1	地点 No2	地点 No3	地点 No4	地点 No5
$r_1$	0.229	0.230	0.330	0.337	0.354
$r_2$	0.573	0.556	0.497	0.474	0.479
R	0.131	0.128	0.164	0.160	0.170

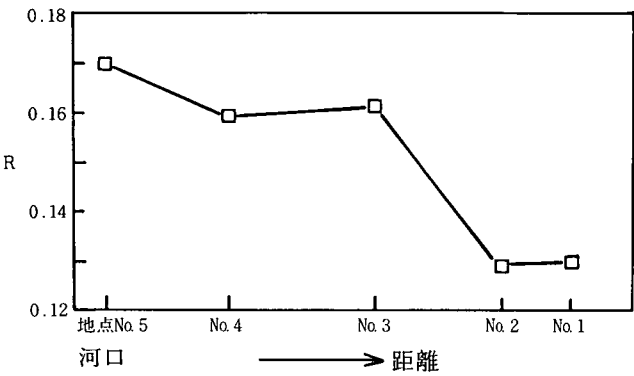


図 6 水質進化の指標 R の変化

名立川における R,  $r_1$ ,  $r_2$  の値は、表 1 のようになった。また、河口からの距離と R との関係は、図 6 で表される。これらの結果から、 $r_1$  については下流にいくにつれて顕著な増加傾向を示し、水質進化と海洋の影響が両方ともプラスに働いたと考えることができる。一方、 $r_2$  については、下流にいくにつれて減少傾向にあることが認められた。濃度の変化をみると、陰イオンに占める  $\text{HCO}_3^-$  の割合は減少しているものの、総量としては中流部で増えていることがわかった。それゆえ、名立川においては中流部までは流下するにつれて、より滞留時間の長い地下水によって河川が涵養されており、最下流付近では滞留時間の短い地下水が河川涵養において卓越しているものと考えられた。

4 ま と め

名立川流域の水文環境について、河川流量、河川水質の水域別変化等から考察した。渇水期の河川は、地下水によって涵養されている割合が高く、河川水質の変化は河川に流出する地下水の水質や滞留時間を明らかにするための指標となると考えられた。表流水および地下水に及ぼす地質や風送塩の影響について、不明な点も残されたが、本研究で得られた主な結果は、以下のとおりである。

1. 融雪期を除いて、流域への降雨はすみやかに河川に流出し、降雨流出の減衰も早い。低水位期においては、河川水質は地下水の影響を強く受けていた。
2. 河川水の電気伝導度は、下流に向かうにつれて高くなる傾向にあるが、最下流部ではやや低くなっていた。

3. 主要化学成分の組成については、上流部でCa-HCO<sub>3</sub>型であるが、下流では中間型に移行していた。
4. 下流部で中間型を示したことについては、地下水の水質進化とともに、海洋の影響や比較的滞留時間の短い地下水の流入が考えられた。また、このことは、電気伝導度分布とも一致していた。

### 参 考 文 献

- 赤羽貞幸・加藤碩一（1989）高田西部地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）地質調査所，89p.
- 市川正巳・佐倉保夫（1977）筑波研究学園都市およびその周辺地域における諸河川の流出特性について、筑波の環境研究，2，95-99.
- 小野寺真一・近藤昭彦・佐藤芳徳ほか（1996）東アフリカ，タンザニアの半乾燥地域における地中水循環、ハイドロロジー，26，75-86.
- 佐藤芳徳（1991）積雪地域における河川流出、上越教育大学研究紀要，11，213-222.
- 佐藤芳徳・河野 忠・北川光雄（1995）富士山周辺の湧水の水質、平成4・5・6年度文部省科学研究費総合研究（A）研究成果報告書，33-41.
- 高橋 裕編（1978）「河川水文学」共立出版，218p.
- 田口雄作（1977）筑波研究学園都市およびその周辺地域の河川水と地下水の水質について、筑波の環境研究，2，87-94.
- 田口雄作（1996）水質から推定される地下水流動系、日本水文科学会学術大会講演予稿集，10，34-35.
- 田中 正・間島政紀・佐藤芳徳（1980）蓮沼川および西谷田川の流出特性について、筑波の環境研究，5A，20-25.
- 日本化学会編（1992）「陸水の化学」学会出版センター，184p.
- 林 正貴・千葉 仁（1994）Cl<sup>-</sup>と安定同位体の標識による地下水成分の同定、地下水学会誌，36，259-274.
- 半谷高久・小倉紀雄（1985）「改訂2版 水質調査法」丸善，378p.
- 安原正也・風早康平（1994）八ヶ岳の深層地下水の地球化学的研究、ハイドロロジー，24，121-132.
- 山本莊毅編（1968）「陸水」共立出版，347p.

## A study of hydrological environment of Nadachi River basin in Niigata Prefecture.

Yoshinori SATO\*

### ABSTRACT

A hydrological environment of the river basin is characterized by river runoff, water quality and the residence time of groundwater. In this study, the discharge and water quality have been investigated in Nadachi River basin, where the amount of annual precipitation is 1,800mm~2,000mm in the coastal area and 2,300mm~3,000mm in the mountainous region. As in winter snow falls as deep as three meters in the upper area, the river rises in March and April. In the steep upper region, a rainfall immediately flows out to the river except winter. The river is subjected to a low-water flow, when the greater part of the flow consists of groundwater. According to groundwater qualities, it is known that the concentrations of  $\text{Na}^+$  and  $\text{HCO}_3^-$  increase in process of time. Then, the ratios of  $\text{Na}^+$  and  $\text{HCO}_3^-$  to the total amount of cation and anion were calculated. The ratio of  $\text{Na}^+$  in the lower reaches was higher than that of the upper reaches, but the ratio of  $\text{HCO}_3^-$  was reversely higher in the upper reaches.

As the results of this study, the electric conductivities of river water increased in process of flow, but in the lowest reach the value slightly went down. Therefore, it is considered that the long residence time groundwater discharged up to the middle reach. The type of water quality was Ca- $\text{HCO}_3$  in the upper reaches and it changed to the intermediate type in the lower reaches.

---

\* Division of Social Studies