

秋田平野を流れる旭川の河川水の地球化学的特徴

川原谷 浩¹ 石山大三¹ 松葉谷 治¹ 世良耕一郎²

¹秋田大学工学資源学部
010-8502 秋田市手形学園町1-1

²岩手医科大学サイクロトンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村字留が森 348-58

1 はじめに

河川を流れる水は、その地域に降った雨が地下に浸透し地下水として涵養され、ある滞留時間を経て河川へ流出するもので、一般にその河川集水域内の平均的な地下水の特徴を反映したものである。河川水質が形成される過程において、河川水は、大気からもたらされる海塩や大陸起源物質、地下では岩石との反応や微生物の活動、さらには流れ下る過程の中で人間活動などの影響を受ける。

河川水の水質形成機構を把握することは、汚染物質の拡散状況の把握、飲料水などの水資源の確保、河川環境の保全など水資源環境リスクマネジメントに不可欠である。このような観点から、秋田平野を流動する河川水の水質形成のプロセスを把握することを目的に、旭川の河川水を研究対象として主化学成分と重金属成分を測定し、河川水質に影響を与える因子について考察を行った。

2 地質および河川状況

秋田平野は秋田県中央部日本海沿岸に位置する (Fig. 1)。本地域の地質は、秋田市北東部の太平山 (標高 1170m) や俎山 (標高 722m) に代表される山岳域から西部の日本海へ向かい、新しい地質が分布する (Fig. 2)。太平山から旭又までは中新世白亜紀の花崗岩が分布し、それに新第三紀花崗岩が貫入する。旭又から山王地区にかけては順に新第三系萩形層安山岩類、砂子淵層玄武岩類、女川層硬質泥岩、船川層暗灰色泥岩、



Fig. 1. Map showing the location of sampling sites.

天徳寺層シルト岩、笹岡層砂岩の順に新しい地層ほど西に分布する。また本地域旭川の支流、仁別沢上流には仁別金鉍化帯が存在する。この鉍化帯は、珪化帯、明ばん石を伴う酸性変質帯を持ち、その中の石英脈中に金銀鉍物や硫化鉍物を伴う¹⁾。

本地域の代表的な河川は、俎山を源流域とする上新城白山川、太平山を源流域とする旭川、太平川、岩見川である。上新城白山川は秋田市北部から秋田港へ、旭川と太平川は同市中心部から旧雄物川へ、岩見川は秋田市南部から雄物川へ合流し、それぞれの河川は日本海へと流れ出る。流動距離は上新城白山川で15 km、旭川で35 km、太平川で42 km、岩見川50 km程度で、水系による標高差は俎山水系で650m、太平山水系で1100m程度である。

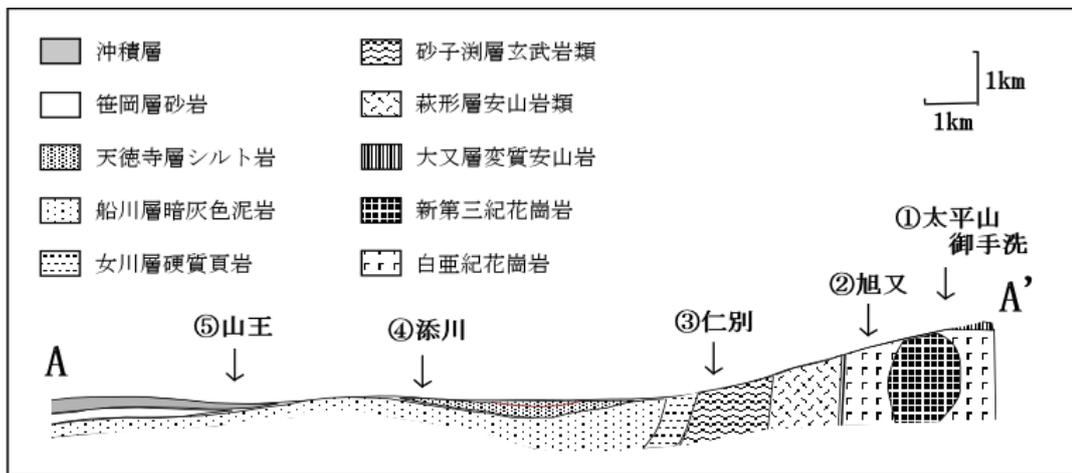


Fig. 2. Schematic geologic cross section along Asahi River. A-A' line is shown in Fig. 1.

3 試料採取および測定

河川水の採取は平成19年7月より概ね3ヶ月ごとに、先に述べた4河川と日本海へ流れ出る雄物川河口ほか、秋田市内の流路距離の比較的短い草生津川、大森山・宮田沢、下浜・横川、さらに市内の代表的な湧水の新屋薬王院湧水、高清水湧水、補陀寺極楽水湧水、手形大沢湧水も併せておこなった。今回検討し

Table 1. Temperatures, Eh, pH and major element concentrations of river water in Asahi River.

Sampling Point	Temperature °C	pH	Eh mV	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄
ppm									
Taiheizan-Mitarashi	7.0	6.4	383	4.2	0.5	0.9	1.8	6.2	2.5
Asahimata	14.0	6.9	350	5.2	0.6	1.0	5.0	7.0	6.3
Nibetsu	18.0	7.3	298	8.6	0.9	2.5	9.2	10.5	15.5
Soegawa	20.7	7.2	365	7.3	0.9	1.7	5.4	9.1	8.5
Sannoh	22.7	7.4	299	11.9	1.4	2.5	7.8	13.8	10.6

た試料は、それらのうち旭川の上流から下流にむかっの平成19年7月に採取した試料である。試料採取の際は、現地でpH、酸化還元電位、水温の測定を行った。試料は0.45 μ mのフィルターでろ過したのち、アルカリ成分、硫酸、塩素などの主化学成分を測定するための試料の採水と重金属成分をPIXE法で測定するための試料の採水を行った。前者は無添加試料、後者は試料溶液が3%硝酸溶液になるように現地で調整した。

研究室に持ち帰った河川水の溶存成分の測定は、イオンクロマトグラフ法、PIXE法で測定した。主化学成分Na、K、Mg、Ca、Cl、SO₄濃度は、イオンクロマトグラフで分析した。PIXE法の分析試料は、試料溶液と等量のIn(10ppm)溶液を加えた混合溶液10 μ lをホルダーに貼られたポリプロピレンフィルムに滴下し、80°Cで乾燥し作成した。本研究の試料は溶存成分の濃度が低いため、この作業を3~5回繰り返し濃縮した。測定はNMCCのPIXE装置で実施した。現地測定および化学分析の結果をTable 1に示した。

4 河川水の化学成分の特徴

はじめに秋田市内を流れる河川を代表例として、旭川水系の主化学成分および重金属成分の濃度変化をFig. 3とFig. 4に示した。横軸に雄物川河口(日本海)からの流路距離、縦軸に成分濃度をそれぞれ示した。

旭川河川水系の各イオン濃度は、Na=4.2~11.9ppm、K=0.5~1.4ppm、Mg=0.9~2.5ppm、Ca=1.8~9.2ppm、Cl=6.2~13.8ppm、SO₄=2.5~15.5ppmの範囲である(Table 1)。各成分に共通する傾向としては、源流域の太平山御手洗(①)から旭又(②)を経て仁別(③)までは濃度が増加する。添川(④)での各成分濃度は、仁別(③)で示す各成分濃度より低い値を示すが、旭又のそれらと比較すると、高い値を示す。添川から下流の山王(⑤)では各成分濃度はさらに増加する。同河川のNaとCl濃度は、日本海に最も近い秋田市街地山王で最大値を示す。これは日本海で巻上げられた海塩が降水成分として秋田市内を流れる河川流域に降ること、さらに日本海に近づくに従い、その影響を強く受けるためと推定される。CaとSO₄イオン濃度は、仁別(③)で最も高くCa=9.2ppm、SO₄=15.5ppmを示す。これは仁別鉱化帯およびその周囲からの局所的なCaとSO₄の溶解に起因すると推定される。鉄(Fe)は源流域の御手洗(①)、旭又(②)では極低濃度で、仁別沢との合流後0.1ppm程度であった。それより下流域では、徐々に濃度を増し、秋田市街地山王(⑤)では0.4ppm程度になる。全流域を通して、鉄濃度の増加は小さいものの、下流域になるにしたがい徐々に濃度が増加し、特に④から⑤にかけて大きく増加する。Table 1に示した水温、Eh、pHによると、本地域で安定な鉄化学種は水酸化鉄(Fe(OH)₃)であることから、イオンの形態ではなく、0.45 μ m以下の懸濁物として下流へ

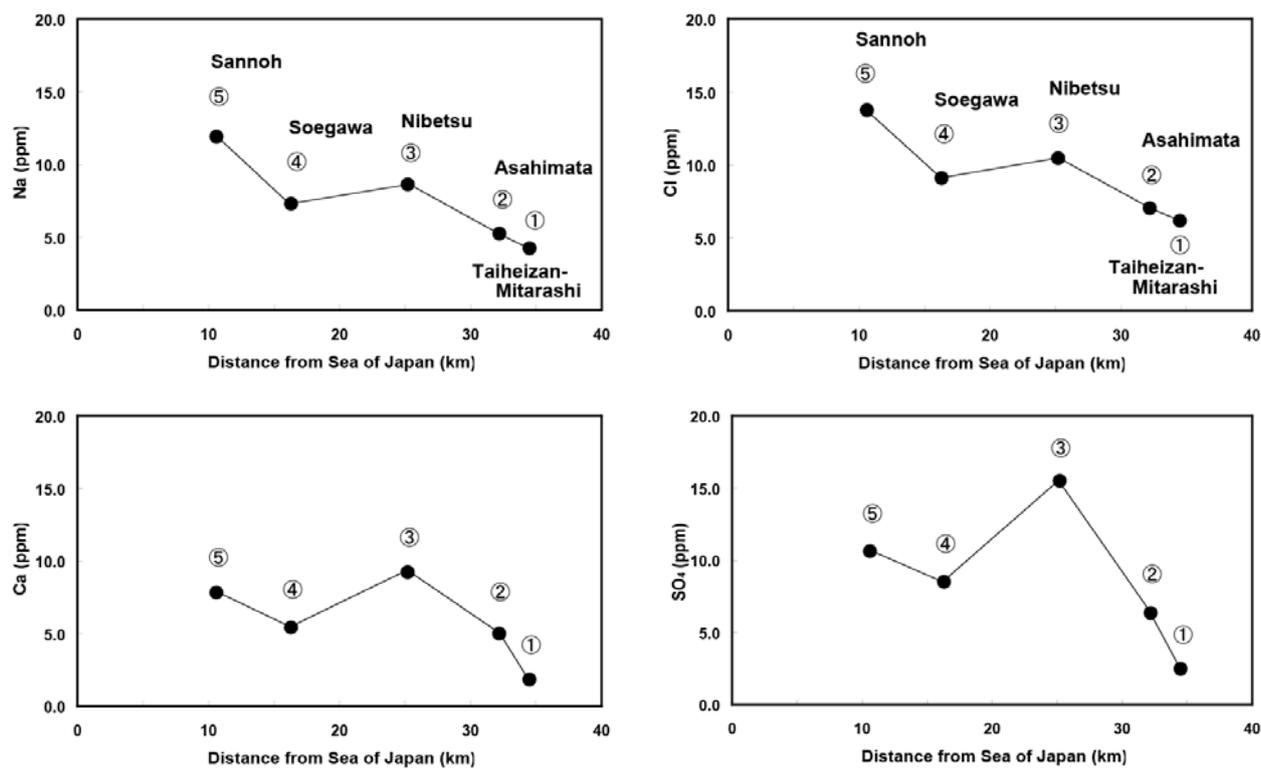


Fig. 3. Variations of Na, Ca, Mg, Cl and SO₄ concentrations in river water of Asahi River.

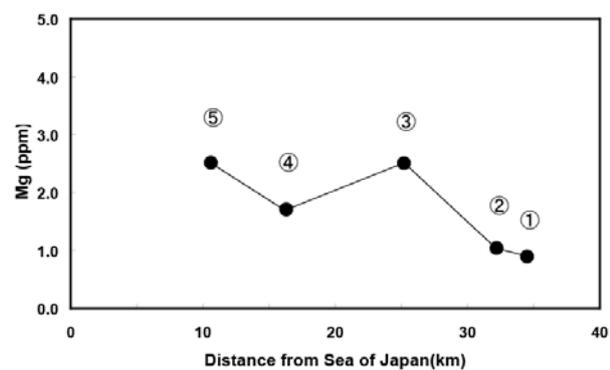


Fig. 4. Variations of Fe and Zn concentrations in river water of Asahi River.

運搬されている可能性がある。亜鉛(Zn)は、仁別(③)で1.4ppmの高い濃度であった。亜鉛は仁別沢の仁別鉍化帯から由来したと考えられる。そのほかの地点では、河床に沈着し河川水より除去されるため確認できない。

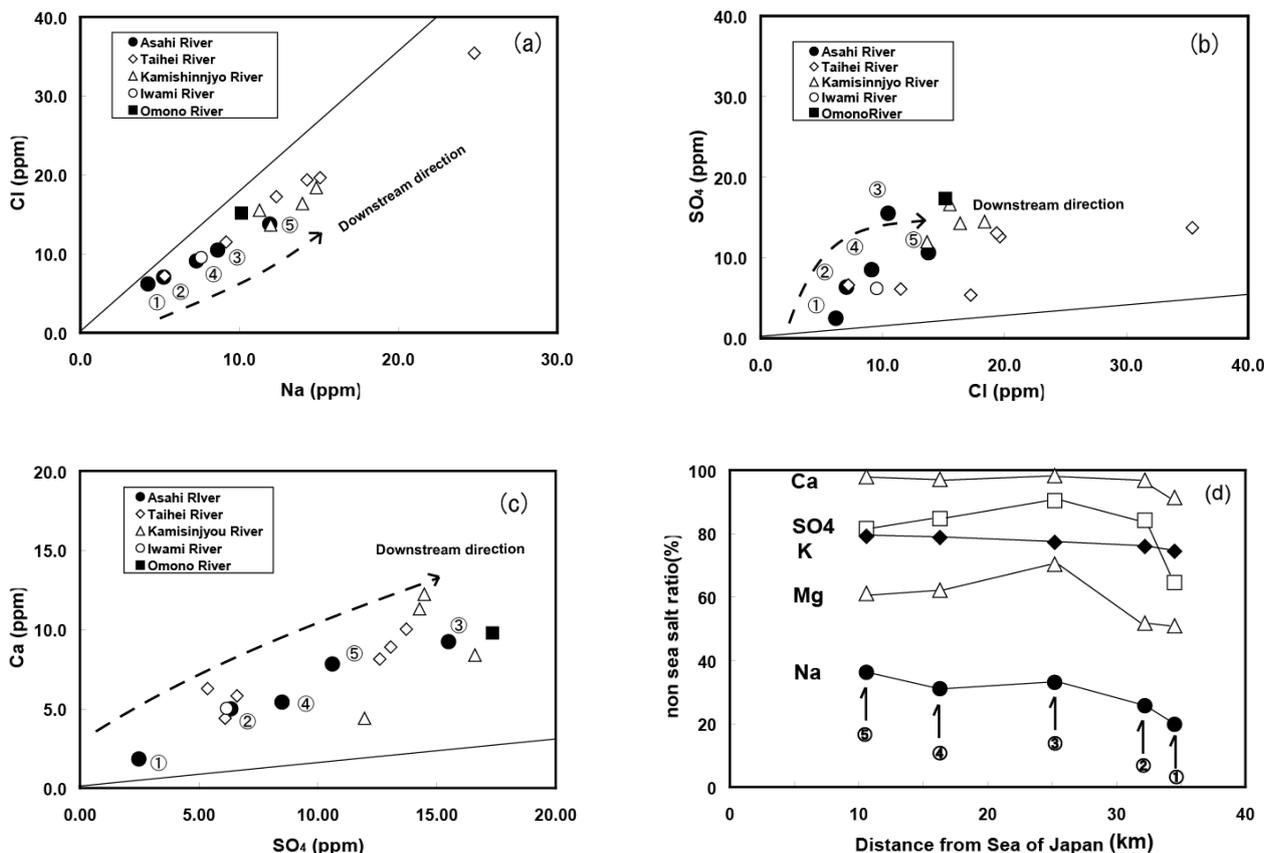


Fig. 5. Diagrams showing relation among cation and anion concentrations in river waters flowing through Akita Plain ((a), (b), (c)) and variations of Na, K, Mg, Ca and SO₄ ratios of non-seawater origin in water of Asahi River (d).

主化学成分の相互の関連性を Fig. 5 に示した。図中のそれぞれの実線は真水と海水の混合線を示す。旭川の河川水中の Na と Cl の関係が真水と海水の混合線近くにそって分布する (Fig. 5a)。このことは河川水の Na と Cl には海塩起源 Na と Cl が大きく影響を与えていること、さらに下流域ほど降水中の海塩の影響が顕著であることを示す。一般に Cl は土壌や岩石に含まれないので、各地点の Cl 含有量がすべて海塩起源と仮定し、各成分含有量から海塩起源相当分を差し引いた非海塩起源の Na、K、Mg、Ca、SO₄ の総量に対する割合を見積もったところ、Na=20~30%、K=75~80%、Mg=50~70%、Ca≒95%、SO₄=65~90%となった。

非海塩起源 Na の割合は、上流域から下流域にしたがい徐々に増加し 20%から 30%となる。この傾向は、下流域の河川水ほど長時間岩石と反応した地下水の寄与が大きいと推定される。河川水中の非海塩起源の Na は、火山岩に含まれる Na に富む鉱物 (長石類) などとの反応がその起源と考えられる。Cl と SO₄ の関係は、真水と海水の混合線より SO₄ 側に大きくずれ (Fig. 5b)、海塩以外に非海塩起源 SO₄ を著しく増加

させる要因があることが示唆される。旭又(②)より下流では、80%以上である。さらに仁別(③)では、鉍化帯からの硫化鉍物の溶解の影響うけ、非海塩起源の割合が90%に達する。非海塩起源 SO_4 の起源には、泥岩中の黄鉄鉍 (FeS_2) や二次鉍物の一種であるジャローサイト ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) が考えられる。 SO_4 と Ca の関係は Fig. 5c に示されている。河川水中の Ca の起源は、採取地点にかかわらず90%以上が非海塩起源であるため、土壌や岩石からの溶解と考えられる。Ca 濃度は SO_4 濃度の増加に伴い増加する。太平川や上新城白山川でも同様な傾向が見られる。このような傾向は、長い期間水-岩石反応を行い Ca と SO_4 を溶解した地下水が、河川水として下流ほど多く流出するため考えられる。

5 まとめ

河川水中に含まれる主化学成分のうち、Na と Cl の起源は降水中に含まれる海塩の影響が大きい。各非海塩起源成分の各成分の総量に対する割合は、Na=20~30%、K=74~79%、Mg=51~70%、Ca=93~98%、 SO_4 =65~90%となった。 SO_4 の起源は、岩石中の黄鉄鉍やジャローサイトが考えられる。非海塩起源 Ca は、水-岩石反応により岩石から抽出されてきていると考えられる。重金属成分の Fe は低濃度ではあるが、イオンではなく $0.45 \mu\text{m}$ 以下のサイズの懸濁物質として下流へ運搬されている可能性がある。

文 献

- 1) 石川信明・石川洋平 (1995) : 秋田市北部仁別鉍化帯の金鉍化作用に関する地球化学的研究, 秋田大学鉍山学部研究報告, 第 16 号, p. 1-11.

Geochemical characteristics of water of Asahi River flowing through Akita Plain

Hiroshi Kawaraya¹, Daizo Ishiyama¹, Osamu Matsubaya¹ and Koichiro Sera²

¹Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University
1-1 Gakuen-Machi, Tegata, Akita 010-8502, Japan

²Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, 020-0173, Japan

Abstract

The purpose of this study was to clarify the formation process of chemical composition of river water in Asahi River flowing through Akita Plain. Concentrations of major elements and heavy metal components in the water of Asahi River were measured using ion chromatography and the PIXE method. Concentrations of major elements and iron in the river water increase from the headwater to the lower reach of the river. Zn concentration of the river water is high at the point where a tributary derived from a Cu-Ag mining area flows into, and the Zn concentration decreases below 0.03ppm at a point 14.6 km downstream. The Na/Cl ratio of the river water is similar to the Na/Cl ratio of seawater. The river water contains salt of seawater origin. The K/Na, Ca/Na, Mg/Na and SO₄/Cl ratios of the river water are different from those of seawater. These findings suggest that the concentrations of K, Ca, Mg and SO₄ are controlled by other factors in addition to the salt of seawater origin. Concentrations of Ca, Mg and SO₄ of non-seawater origin in the river water increase from the headwater to the lower reach of river. The increases in these concentrations suggest that Ca, Mg and SO₄ concentrations of the river water are controlled by water-rock interaction and that the amount of groundwater that has interacted with rocks for a long time in the river water increases in the downstream direction. Fe concentration of the river water increases in the downstream direction. Fe in the river water is thought to be transported as suspended particles smaller than 0.45 μm in diameter.