

秋田県の酸性河川に関する調査研究

—高松川水系—

山田雅春 久米 均* 小野左紀子

1 はじめに

高松川は、県南東部に位置する標高1,348mの高松岳に源を発する、流路延長約22km¹⁾の河川で、秋田県の最大河川である雄物川の右支流河川である。

高松川は、三途の川地点で強酸性の湯尻沢と合流し、酸性河川となる。その後、桑の沢、小安沢等の沢水や、宇留院内川を合わせて湯沢市の相川地区で雄物川に合流している。高松川は、末端でもpHは3.5前後で酸性が強く、湯尻沢と合流した後の高松川の水は全く利用されていない²⁾。このため、高松川下流部242haの水田の農業用水は、雄物川の伏流水を揚水ポンプで汲み上げ、この地区に送水しているのが現状である³⁾。

高松川の酸性化は、湯尻沢上流部にある川原毛鉦山跡付近から湧出している温泉水と、蓬萊高松鉦山付近に源を発するわさび沢が原因である。

当センターでは、酸性河川、高松川の実態を把握するため調査を実施したので、その結果について報告する。

2 調査期間

平成元年度～平成4年度（年2回）

3 調査地点及び水質の分析方法

高松川の位置を図1に、調査地点を図2に示した。また、水質の分析項目及び分析方法を表1に示した。

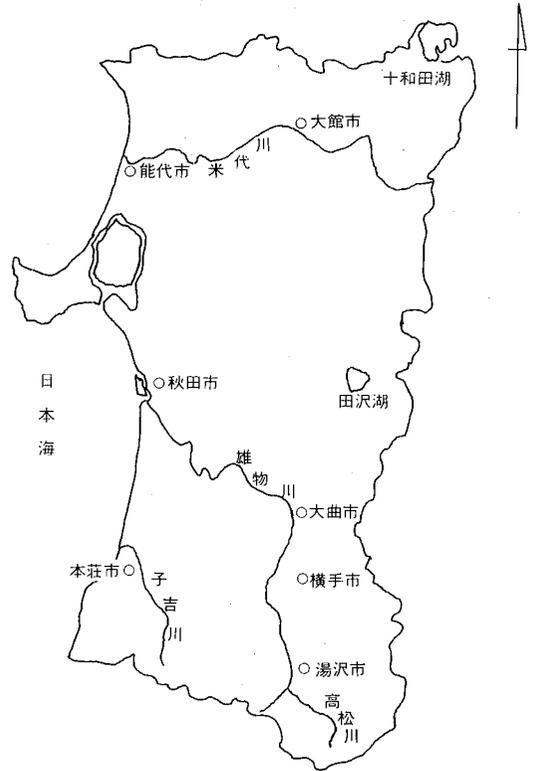


図1 高松川の位置

* 現大気担当

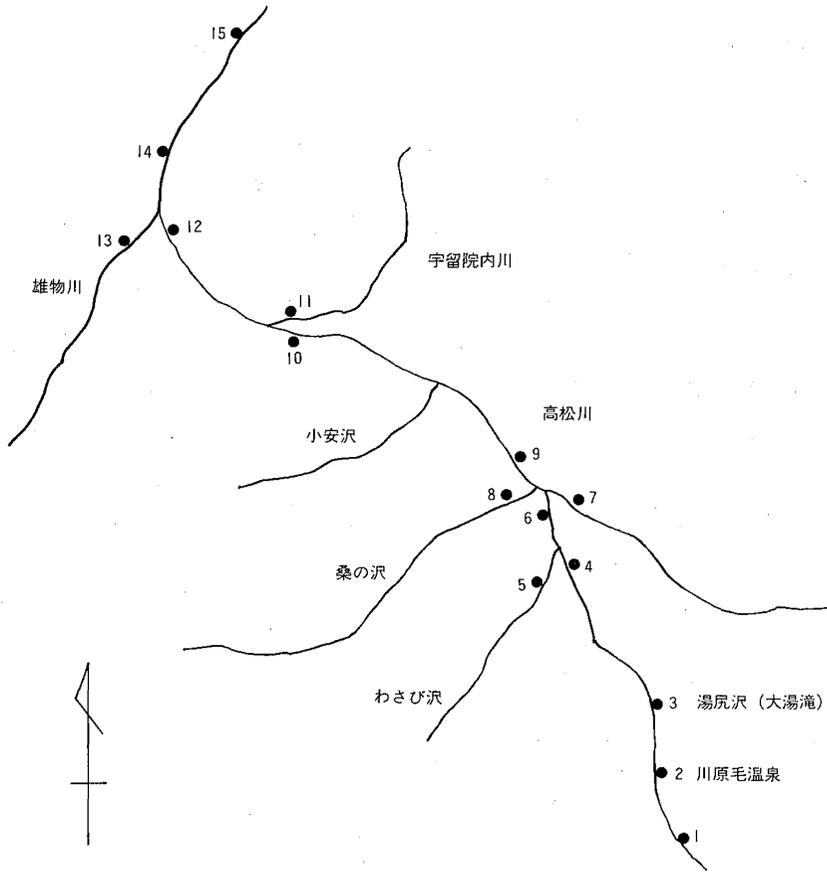


図2 調査地点

表1 水質の分析方法

項目	分析方法
pH	JIS K 0102.12.1
T-Fe	JIS K 0102.57.2(原子吸光法)
Al ³⁺	JIS K 0102.58.2(原子吸光法)
SO ₄ ²⁻	イオンクロマト法
Cl ⁻	イオンクロマト法
Na ⁺	環境測定法註解 43.2(原子吸光法)
K ⁺	環境測定法註解 44.2(原子吸光法)
Ca ²⁺	上水試験方法 45.2(原子吸光法)
Mg ²⁺	上水試験方法 42.2(原子吸光法)

4 調査結果及び考察

各調査地点の水質調査結果は、表2に示したとおりである。なお、調査結果は、平成元年度から4年度までの平均値である。

4.1 川原毛温泉の水質

4.1.1 pH

平成元年度から4年度までの経年変化を、図3に示した。pHは1.43から1.66の範囲にあり、平均で1.51であるが、元年度を除くと、1.43から1.49の範囲にありほぼ一定している。

4.1.2 全鉄(T-Fe)、アルミニウムイオン(Al³⁺)

T-FeとAl³⁺の含量の経年変化を、図4に示した。T-Fe濃度は45mg/lから65mg/lの範囲にあり、平均55.8mg/lである。また、Al³⁺濃度は67mg/lから120mg/lの範囲にあり、平均95.0mg/lである。T-Fe、Al³⁺とも平成2年度からわずかに増加する傾向が認められる。

4.1.3 硫酸イオン(SO₄²⁻)、塩化物イオン(Cl⁻)

SO₄²⁻とCl⁻の含量の経年変化を、図5に示した。SO₄²⁻濃度は1,400mg/lから1,750mg/lの範囲にあり、平均1,560mg/lである。経年的に増加する傾向が認められる。また、Cl⁻濃度は1,500mg/lから2,000mg/lの範囲にあり、平均1,770mg/lである。平成2年度は若干含量の減少がみられるが、大局的には、SO₄²⁻同様増加の傾向が認められる。

川原毛温泉は、現在使用されていないが、温泉水が流入する湯尻沢から約0.5km下流には大湯滝があり、水温が約40度の露天風呂として湯沢市の観光名所の一つになっており、たくさんの観光客が訪れている。川原毛温泉は、成分から判断すると、酸性・含Al、Fe-塩化物・硫酸塩泉である。一般的に酸性温泉のCl⁻負荷量とSO₄²⁻負荷量の関係では、蔵王

や草津温泉等はCl⁻負荷量にたいしてSO₄²⁻負荷量が大きいが、本県の玉川温泉および川原毛温泉は、SO₄²⁻負荷量に対してCl⁻負荷量が大きいと報告されている⁴⁾が、我々の調査結果でもそのことが裏付けされている。

4.1.4 ナトリウムイオン(Na⁺)、カリウムイオン(K⁺)、カルシウムイオン(Ca²⁺)、マグネシウムイオン(Mg²⁺)

平成3年度と4年度におけるNa⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の測定結果を表2に示した。Na⁺濃度は44.0~53.5mg/l(平均値49.6mg/l)、K⁺濃度は41.2~51.0(44.5mg/l)、Ca²⁺濃度は80.2~94.2mg/l(89.1mg/l)、Mg²⁺濃度は

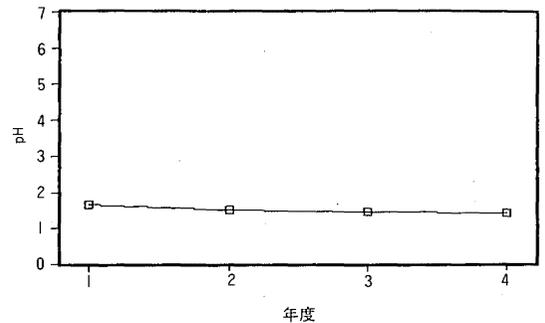


図3 川原毛温泉のpH経年変化

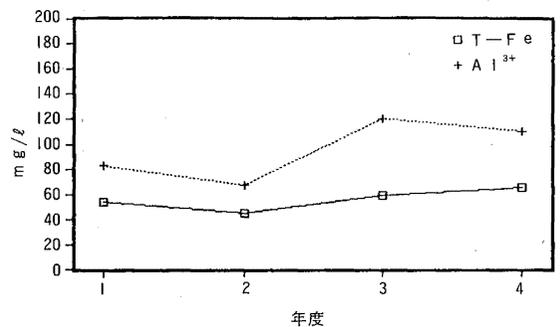


図4 川原毛温泉の全鉄、アルミニウムイオン経年変化

97.8~107mg/ℓ (103mg/ℓ) となっており、各項目とも2年間の経過をみても大きな変動はみられない。

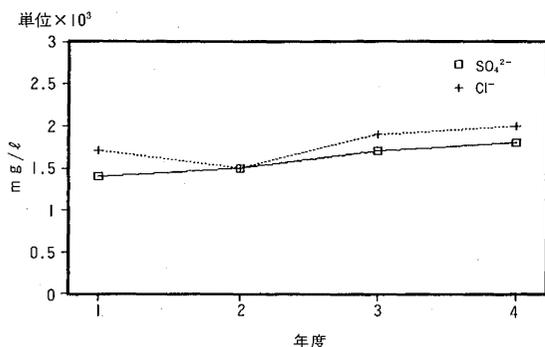


図5 川原毛温泉の硫酸イオン、塩化物イオン経年変化

4.2 湯尻沢の流下に伴う地点別の水質変化

川原毛温泉水が流入した後の、湯尻沢大湯滝から、高松川が雄物川に合流した後の柳田

橋までの7地点(表2のNo.3、6、9、10、12、13、14)における各項目の濃度変化を検討した。

4.2.1 pH

pHの年度別地点別変化を図6に示した。湯尻沢大湯滝では、pH1.70~2.20(平均1.87)である。流下途中わさび沢等が流入するが、わさび沢は、かつて硫化鉄を採掘していた⁵⁾蓬来高松鉱山付近に源を発するpH3.90~4.15(4.00)の酸性水であり、これらが合流した湯尻沢末端でもpH2.35~2.80(2.52)となっており、それが高松川(平均pH7.11)と合流する。湯尻沢と合流した後の高松川のpHは、2.55~3.20(2.82)となり、高松川末端の須川橋でpH3.40~3.65(3.51)でほとんど希釈されていない。その後、雄物川(平均pH7.20)と合流するが、合流後約2km下流の酒蔘橋では、pH4.95~6.30(5.80)で、河川の

表2 各調査地点の平均水質

No	調査地点名	測定回数	pH	T-Fe (mg/ℓ)	Al ³⁺ (mg/ℓ)	SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ)	Cl ⁻ (mg/ℓ)	Na ⁺ (mg/ℓ)	K ⁺ (mg/ℓ)	Ca ²⁺ (mg/ℓ)	Mg ²⁺ (mg/ℓ)
1	湯尻沢(川原毛温泉流入前)	8	3.82	0.6	0.7	47.0	13.5	4.1	0.9	2.4	0.8
2	川原毛温泉	8	1.51	55.8	95.0	1560	1770	49.6	44.5	89.1	103
3	湯尻沢(大湯滝)	8	1.87	21.3	35.2	636	703	25.2	14.8	42.0	47.5
4	湯尻沢(わさび沢合流前)	8	2.11	12.2	20.6	366	392	16.0	11.0	21.7	25.5
5	わさび沢	8	4.00	0.4	2.4	46.6	5.0	5.1	1.3	4.0	1.3
6	湯尻沢(末端)	8	2.52	5.7	10.1	156	156	9.8	5.6	11.2	10.4
7	高松川(湯尻沢合流前)	8	7.11	0.2	0.2	13.2	6.0	8.9	1.1	4.2	1.5
8	桑の沢	8	7.21	<0.1	<0.1	4.8	5.3	6.8	0.7	3.4	1.1
9	高松川(湯尻沢合流後)	8	2.82	3.4	6.2	100	93.1	9.1	3.8	8.3	7.1
10	高松川(宇留院内川合流前)	8	3.16	2.0	3.7	57.5	53.8	9.8	2.6	7.0	4.8
11	宇留院内川	8	7.38	0.2	0.2	8.6	10.1	8.1	1.4	4.5	1.4
12	高松川(須川橋)	8	3.51	1.4	2.8	35.2	37.7	9.4	2.3	5.9	3.4
13	雄物川(高松川合流前)	8	7.20	<0.1	0.2	8.4	9.8	8.3	1.2	4.9	1.3
14	雄物川(酒蔘橋)	8	5.81	0.3	0.6	15.5	17.3	8.5	1.5	5.5	2.0
15	雄物川(柳田橋)	5	6.70	0.1	0.1	18.4	18.6	9.5	1.8	6.1	2.2

注) Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺は平成3年度と4年度の4回の平均値

環境基準値pH6.5～8.5を満足していない。湯沢市内を流下後の柳田橋では、pH6.40～6.80 (6.65) であり環境基準値を満足できない年もある。

年度別に比較すると、元年度が高く4年度が低くなっている。春の調査は、ほとんど6月に実施しているが、元年度は5月に実施している。5月は、融雪期で水量が増加したためと思われる。また、4年度は秋の調査時が湯水期で水量が少なかったため、希釈が十分に行われなかったためと思われる。

4.2.2 アルミニウムイオン

Al³⁺の年度別地点別濃度変化を図7に示した。湯尻沢大湯滝では、19.5～50.1mg/l、平均濃度が35.2mg/lである。湯尻沢末端では、6.5～14.0mg/l、平均濃度が10.1mg/lであり、大湯滝の平均濃度に対して(以下同じ)28.7%に減少している。高松川と合流した後は2.7～11.2mg/l平均濃度6.7mg/lであり17.6%に減少している。高松川末端の須川橋では1.7～4.8mg/l、平均濃度2.8mg/lで7.9%に減少しているがまだかなり濃度が高い。雄物川と合流した後の酒時橋では、0.2～1.1mg/l、平均濃度0.6mg/lで1.7%に低下している。しかし、雄物川と合流した後もAl³⁺が、水産用水基準(0.1mg/l)よりも高くなっている。年度別に比較すると、平成元年度が一番低く、経年的に高くなり、4年度が最も高くなっている。この原因はpHについて述べたとおり、元年の春が融雪期で増水しており、4年度の秋が湯水期で水量が少なかったことによるものと思われる。

4.2.3 全鉄、硫酸イオン、塩化物イオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン

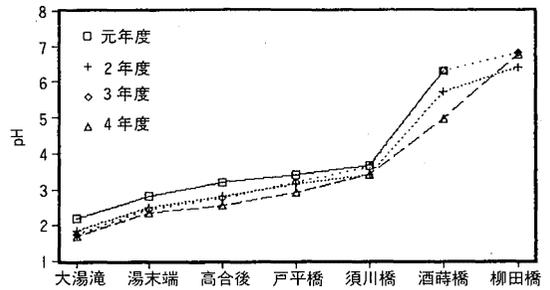


図6 地点別pH変化

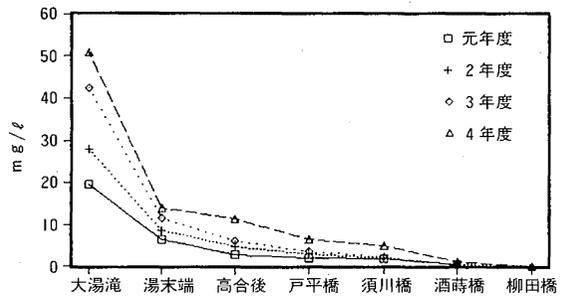


図7 地点別のアルミニウム濃度変化

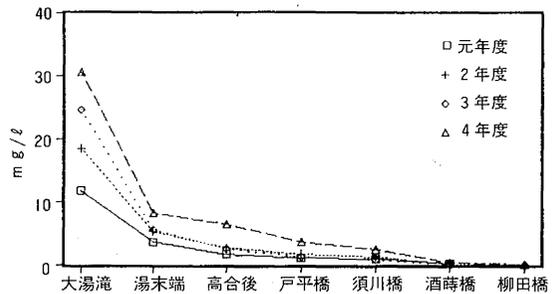


図8 地点別の全鉄濃度変化

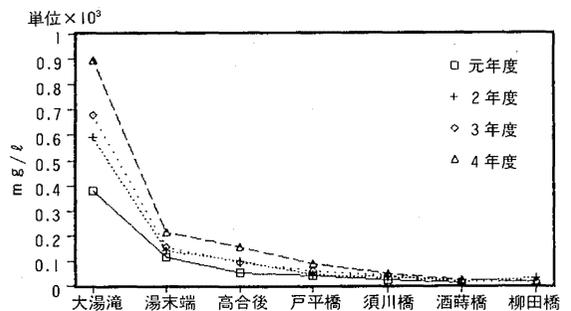


図9 地点別の硫酸イオン濃度変化

T-Fe、 SO_4^{2-} 、 Cl^- の年度別地点別濃度変化を図8～10に示した。また Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} については、平成3年度と4年度の地点別平均水質を図11に示した。大湯滝の濃度に対して、高松川合流後の各項目の濃度はT-Feで15.9%、 SO_4^{2-} で15.7%、 Cl^- で13.2%、 Na^+ で36.1%、 K^+ で25.7%、 Ca^{2+} で19.8%、 Mg^{2+} で14.9%に減少している。 Na^+ と K^+ を除くと、おおよそ15%前後に減少しており、 Al^{3+} とほぼ同じ減少率を示している。また、各調査地点でも Al^{3+} とほぼ同じ減少率にある。 Na^+ と K^+ の減少する割合がすくないのは、大湯滝で Na^+ が25.2mg/l、 K^+ で14.8mg/lと濃度が比較的低く、合流する高松川や、宇留院内川、雄物川上流の中性河川の濃度と大きな差がないためと思われる。また、高松川合流後の濃度に対する高松川末端の須川橋での濃度は Al^{3+} で45.1%、T-Feで41.1%、 SO_4^{2-} で35.2%、 Cl^- で40.5%となっており、おおよそ35～45%の減少しかない。高松川は湯尻沢合流後から雄物川に流入するまで、十分な希釈がされていないことが良く認められる。雄物川に合流した後の酒時橋ではpHが5.80、 Al^{3+} 濃度0.6mg/l、T-Fe濃度0.3mg/l、 SO_4^{2-} 濃度15.5mg/l、 Cl^- 濃度17.3mg/l、 Na^+ 濃度8.5mg/l、 K^+ 濃度5.5mg/l、 Ca^{2+} 濃度5.5mg/l、 Mg^{2+} 濃度2.0mg/lとなっており、湯尻沢が流入する前の高松川や宇留院内川、雄物川上流の中性河川と比較すると、pHが低く、 Al^{3+} や SO_4^{2-} 、 Cl^- が若干高くなっているものの、 Na^+ 、 K^+ 等の他のイオンはほぼ同じ濃度になっている。

4.3 測定項目間の相関

大湯滝から高松川末端の須川橋までの6地点(表2、No.3、4、6、9、10、12)における、平成3年度と4年度の測定結果について、

pHとT-Fe、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} および Cl^- の濃度の関係について一次回帰分析を行った。その結果は図12～15に示すとおり、 $\log \text{T-Fe} = 2.608 - 0.9632 \cdot \text{pH}$ ($r = -0.961$)、 $\log \text{Al}^{3+} = 2.804 - 0.9632 \cdot \text{pH}$ ($r = -0.974$)、 $\log \text{SO}_4^{2-} = 4.015 - 0.7016 \cdot \text{pH}$ ($r = -0.981$)、 $\log \text{Cl}^- = 4.118 - 0.7408 \cdot \text{pH}$ ($r = -0.976$)であった。pHとの相関は $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Al}^{3+} > \text{T-Fe}$ の順になっているが、各項目とも相関係数0.96以上であり、非常に高い相関を示している。

また、各測定項目間における相関を表3に示した。各測定項目間における相関も、 Na^+ を除くと相関係数が0.9以上であり高い相関を示しており、各項目は行動を共にしていることが良くわかる。

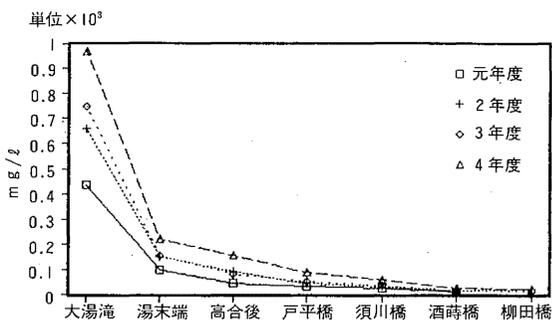


図10 地点別の塩化物イオン濃度変化

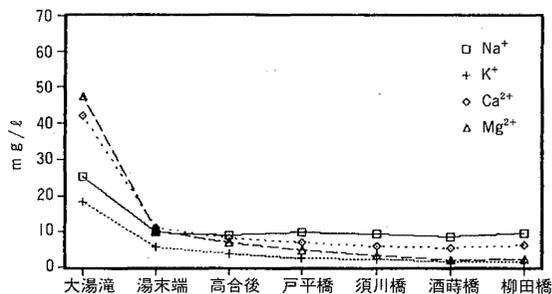


図11 地点別のナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオン濃度変化(平均値)

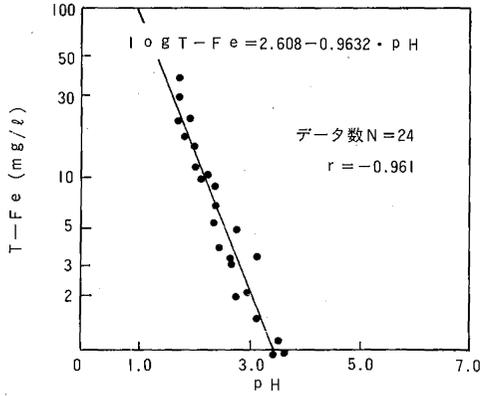


図12 pHとT-Feの関係

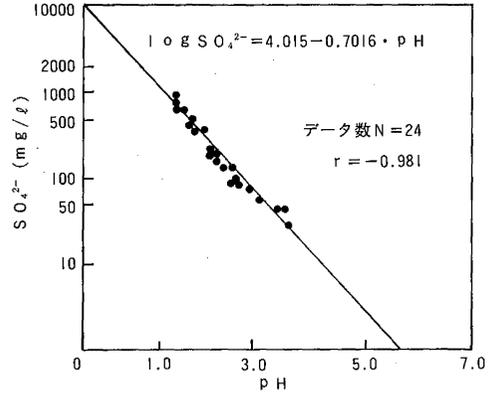


図14 pHとSO₄²⁻の関係

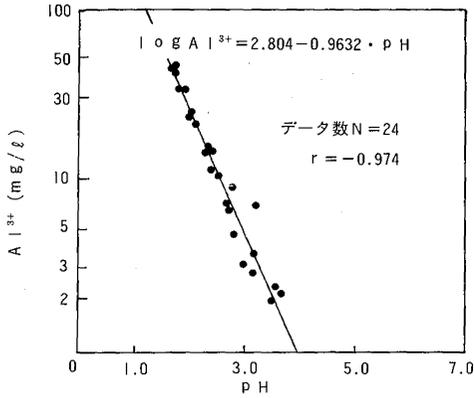


図13 pHとAl³⁺の関係

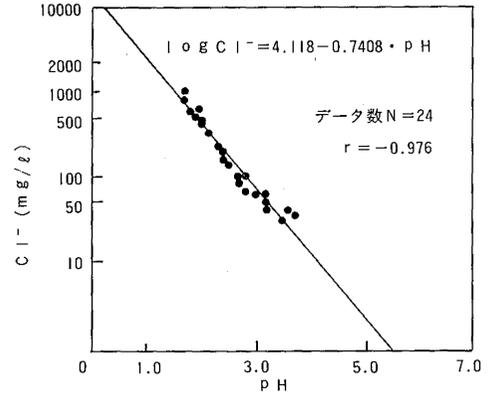


図15 pHとCl⁻の関係

表3 測定項目間の相関

(n=24)

項目	pH	T-Fe	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
pH	1.000								
T-Fe	-0.961	1.000							
Al ³⁺	-0.974	0.989	1.000						
SO ₄ ²⁻	-0.981	0.944	0.963	1.000					
Cl ⁻	-0.976	0.981	0.989	0.984	1.000				
Na ⁺	-0.798	0.868	0.870	0.852	0.895	1.000			
K ⁺	-0.951	0.966	0.978	0.963	0.988	0.917	1.000		
Ca ²⁺	-0.928	0.949	0.956	0.960	0.977	0.951	0.980	1.000	
Mg ²⁺	-0.968	0.965	0.978	0.985	0.995	0.914	0.999	0.989	1.000

5 まとめ

高松川は、末端の須川橋でもpHが3.5前後である。雄物川に合流した後の酒蒔橋でも希釈は十分に行われず、酒蒔橋でのpHは環境基準値である6.5~8.5を満足しない月もあり、酸性河川高松川の影響を下流部まで強く受けている。

湯沢市では、農業用水や水道水としてこの雄物川の水を利用しているが、渇水期で雄物川の水量が不足した場合は、飲料水の基準であるpH5.8~8.6を下回ることが懸念されるため、河川におけるpHの変化に十分注意を払う必要がある。酸性河川である高松川が雄物川のpHに影響を与えており、当センターでは引き続きこの調査を実施し、高松川水系における水質の挙動を監視していく必要があると考えている。また、雄物川下流の水質環境への影響を確認できるよう、酒蒔橋より下流の調査ポイントを細かく設定し、調査を実施するつもりである。

参 考 文 献

- 1) 秋田県：河川・海岸調書，平成3年4月12日
- 2) 後藤達夫：火山性酸性温泉とその河川水への影響3，水，Vol.27，No.11，61(1986)
- 3) 秋田県：県営湯沢南部地区鉱毒対策事業概要書，昭和60年7月
- 4) 温泉科学，Vol.32，No.3，105(1982)
- 5) 秋田県：秋田県における休廃止鉱山，昭和51年3月