

酸性化した白雪川における水質とその経年変化

珍田 尚俊・泰良 幸男*

要 旨

昭和49年の鳥海山噴火後に酸性化した白雪川について、酸性化の原因である酸性湧水や湧水合流前後の河川水の水質及び経年的な水質変化を把握するために、白雪川水系の水質調査を実施した。昭和63年から平成16年までの水質調査データを解析した結果、白雪川の支流である赤川及び鳥越川付近から湧出する酸性湧水や、湧水合流後の赤川、鳥越川及び白雪川の経年的なpHの上昇とAl濃度の減少がみられた。一方、EC、Cl⁻濃度及びSO₄²⁻濃度については、酸性湧水では経年的な減少傾向はみられたが、湧水合流後の白雪川では経年変化はほとんど認められなかった。酸性化した赤川及び鳥越川等による最近の白雪川の水質への影響を詳細に把握するために、平成16年に調査地点を追加して水質調査した結果、白雪川が酸性化するのには鳥越川合流後からであり、赤川の影響はほとんど認められなかった。鳥越川合流地点から下流へいくほど白雪川のpHは上昇し、白雪川末端の白雪橋では中性に回復していた。一方、白雪川のEC、Cl⁻濃度及びSO₄²⁻濃度は鳥越川合流地点から白雪橋まで高くなっており、白雪川下流にまで鳥越川の影響が認められた。

1. はじめに

秋田県南西部に位置する白雪川はpH7程度の中性河川であったが、昭和49年3月の鳥海山噴火から2～3年経過後には酸性を示すようになり、昭和56年には白雪川下流の白雪橋でpHが5.3前後まで低下するようになった¹⁾。また、白雪川水系において、昭和51年9月に養殖鯉がへい死する事故が発生したことや、象潟町及び金浦町の上水道水源のpHが低下したこと等で⁴⁾、水質の酸性化が問題となった。その後の調査で、鳥越川支流の岩股川上流にある獅子ヶ鼻湿原及び赤川支流の湊沢付近から流出する酸性湧水が白雪川酸性化の原因であることが明らかとなったことから⁴⁾、本県ではこれらの酸性水の対策等についての検討を行った⁹⁾。その結果、現状では大量に湧出してくる酸性水を止める方法がなく、中和処理の実施も困難であることがわかったが、酸性湧水やその影響を受けている白雪川水系での継続的な水質調査が必要であることが指摘された⁹⁾。そこで、白雪川に対する酸性水の影響や白雪川水系の経年的な水質変化を把握するための水質調査を継続的に実施してきたので、その結果を報告する。

2. 白雪川水系の概要

白雪川は、秋田県及び山形県の県境に位置する鳥

海山を源とする流路延長約20kmの河川⁹⁾である。白雪川水系の概略図を図1に示した。白雪川の上流ではヘナソ川が合流しており、その合流地点から約1km下流では赤川が、さらに約3km下流では鳥越川がそれぞれ白雪川に合流している。赤川の支流には酸性化した湊沢が存在し、湊沢合流後の赤川の水の大部分が赤川導水路を経てヘナソ川へ流入している。そのヘナソ川が白雪川に合流した後の河川水の

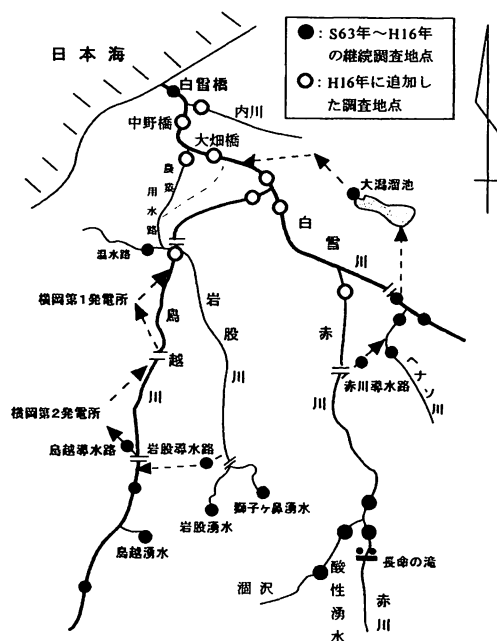


図1 白雪川水系の概略及び調査地点図

* 現秋田県水産振興センター

一部は大潟ため池に導水され、発電及び農業用水として利用されている。一方、鳥越川中流部の東側に位置する獅子ヶ鼻湿原には獅子ヶ鼻湧水等の酸性湧水を水源とした岩股川や、直接鳥越川へ流入する酸性湧水（以後「鳥越湧水」と呼ぶ）が存在する。そして、岩股川の水の大部分が岩股導水路を経て鳥越湧水合流後の鳥越川に流入し、その合流水が横岡第 1 及び第 2 発電所で利用された後、再び鳥越川に放流される。その後、岩股川が鳥越川に合流し、その合流水の一部は温水路や他の農業用水路等に導水され、残りの部分は白雪川へ流入している。

3. 調査方法

調査地点は図 1 のとおりで、平成 11 ～ 16 年に年 1 ～ 2 回実施した。現地では調査地点毎に気温、水温、透視度の測定と採水を実施した。採水した試料は実験室に持ち帰った後、酸性水の影響をみるために、pH、EC（電気伝導率）、Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Al、Mn 及び Fe の 11 項目を、工場排水試験法 JIS K 0102⁷⁾ に準じて分析した。Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺、K⁺、Mg²⁺及び Ca²⁺の測定には日本ダイオネクス社製 DX-120 のイオンクロマトグラフ、Al、Mn 及び Fe の測定にはバリアン社製 SpectrAA-220FS の原子吸光光度計を用いた。平成 10 年度以前の水質データについては、過去に当センターで実施した昭和 63 年から平成 10 年までの水質調査結果^{4, 8, 9)}を引用した。白雪川水系の水質が発電及び農業用水の利用状況によって季節的な影響を受けることを考慮して、調査時期を酸性湧水の影響が現れやすい秋(10 月頃)に統一し、その時期に調査した水質データを用いて解析を行った。

4. 調査結果と考察

4.1 白雪川水系の水質の特徴

昭和 63 年～平成 16 年の白雪川水系の酸性湧水及び河川水の pH、EC、Cl⁻ 濃度、SO₄²⁻ 濃度及び Al 濃度の各項目間の関係を図 2 及び図 3 に示した。その結果、pH が上昇するのに伴って、EC、Cl⁻ 濃度、SO₄²⁻ 濃度及び Al 濃度が減少する傾向がみられた（図 2）。特に pH が中性に近づくに連れて Al 濃度が大きく低下し、pH5 以上の場合の Al 濃度が 2 mg/L 以下、pH6 以上の場合にはほとんどの試料が 0.5 mg/L 以下まで低下した（図 2 右下）。EC と Cl⁻、SO₄²⁻、Al 濃度との間には正の相関関係がみられ、特に EC と Cl⁻、SO₄²⁻ 濃度との間の相関が高かった（図 3）。また、

Cl⁻ 及び SO₄²⁻ 濃度レベルは他成分の濃度レベルよりも高く、Cl⁻ 及び SO₄²⁻ 濃度は EC を高めている主原因であると推察される。したがって、EC が白雪川水系の Cl⁻ 及び SO₄²⁻ 濃度やそれらの増減傾向を簡易的に把握するための指標として活用できると考えられる。

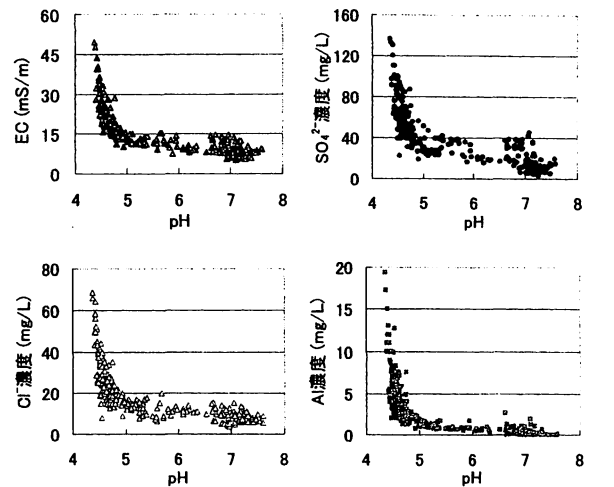


図2 白雪川水系の酸性湧水及び河川水の pH と各項目との関係（昭和 63 年～平成 16 年）

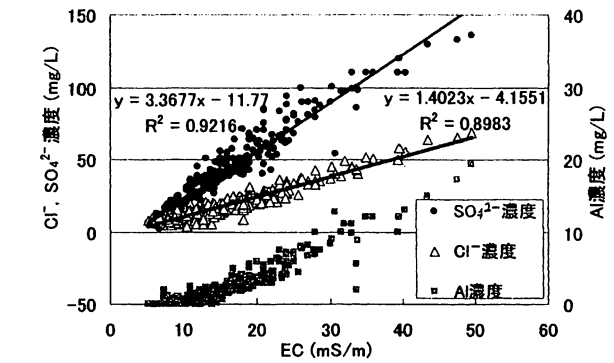


図3 白雪川水系の酸性湧水及び河川水の EC と Cl⁻、SO₄²⁻、Al 濃度との関係(昭和 63 年～平成 16 年)

4.2 赤川水系の水質の経年変化

昭和 63 年～平成 16 年の赤川の酸性化の主原因である涸沢の成分変化を約 5 年間隔で表 1 に示した。その結果、年月の経過と共に pH がやや上昇し、SO₄²⁻ 及び Al 濃度等が減少する傾向がみられた。

表1 涸沢末端の pH と主な各成分濃度 (mg/L)									
調査年/月	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al	Mn
S63/10	4.46	43	99	7.2	2.5	6.8	16	5.5	0.18
H 5/10	4.66	29	70	7.1	1.6	4.1	10	4.7	0.14
H11/10	4.74	21	44	9.4	1.5	4.0	13	2.7	0.15
H16/10	4.78	24	43	8.1	1.5	4.0	10	2.1	0.15

赤川上流から湊沢合流後の赤川がヘナソ川及び白雪川に合流するまでの主な水質変化を、図 4～6 に示した。赤川から白雪川に至るまでの各地点の pH が経年的に上昇し、Al 濃度が減少する傾向がみられた（平成 9 年及び 14 年の赤川合流後のヘナソ川については、工事等により赤川導水路に赤川が導水されなかったため、pH は 7 程度、Al 濃度は 0.1 mg/L 未満、EC は 6 mS/m 程度であった）。EC については、白雪川合流前までは Al 濃度と同様に減少傾向はみられたが、白雪川合流後では経年変化はほとんど認められなかった。また、Cl⁻ 及び SO₄²⁻ 濃度についても EC と同様の傾向であった。

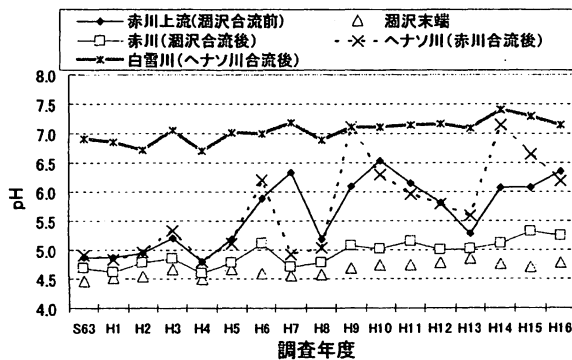


図4 赤川水系における pH の経年変化

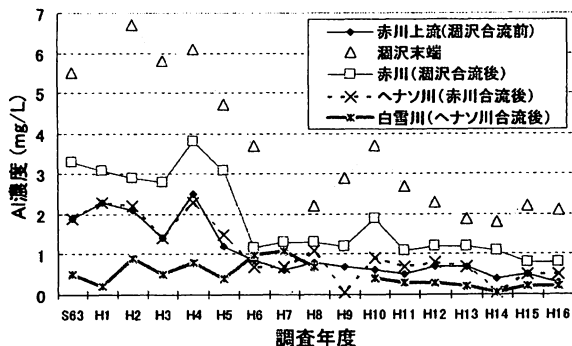


図5 赤川水系における Al 濃度の経年変化

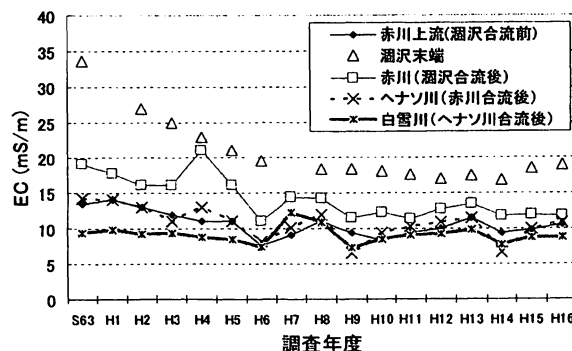


図6 赤川水系における EC の経年変化

4.3 鳥越川水系の水質の経年変化

鳥越川の酸性化が最も顕著にみられるのは、岩股川の酸性水の大部分を導水している岩股導水路流入後からである。その導水路及び岩股川の酸性化の主要原因である獅子ヶ鼻湧水の昭和 63 年から平成 16 年までの成分変化を、約 5 年間隔で表 2 に示した。その結果、前述した湊沢の酸性水と同様、pH がやや上昇し、SO₄²⁻ 及び Al 濃度等が減少する傾向がみられた。また、湊沢の酸性水（表 1）と比較して獅子ヶ鼻湧水の pH が低く、各成分濃度が高かった。

表2 獅子ヶ鼻湧水の pH と主な各成分濃度(mg/L)

調査年/月	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al	Mn
S63/10	4.37	68	136	11	3.3	6.8	11	19	0.31
H 5/10	4.53	38	100	7.8	2.2	5.3	16	7.9	0.16
H11/10	4.57	27	61	7.2	2.2	4.7	16	5.1	0.21
H16/10	4.67	28	61	9.5	1.9	5.0	13	4.1	0.15

鳥越川上流から酸性湧水合流後の鳥越川下流までの主な水質変化を図 7～9 に示した。酸性湧水及び湧水合流後の鳥越川の pH が経年的に上昇する傾向がみられた。一方、EC 及び Al 濃度については、平成 8 年頃までは酸性湧水及び酸性湧水合流後の鳥越

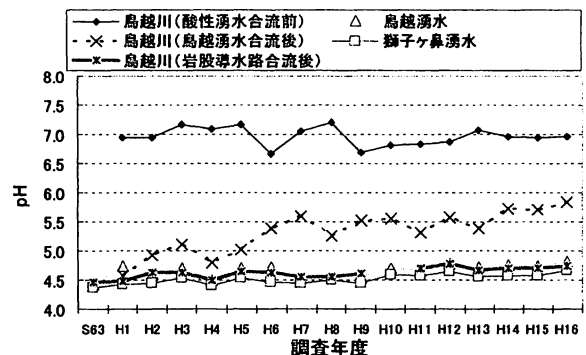


図7 鳥越川水系における pH の経年変化

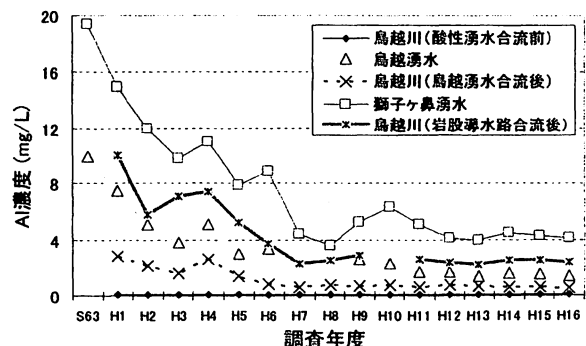


図8 鳥越川水系における Al 濃度の経年変化

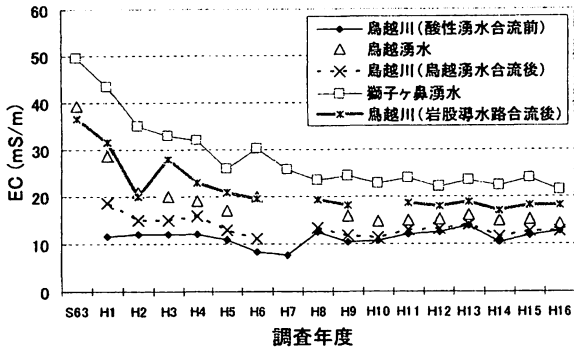


図9 鳥越川水系における EC の経年変化

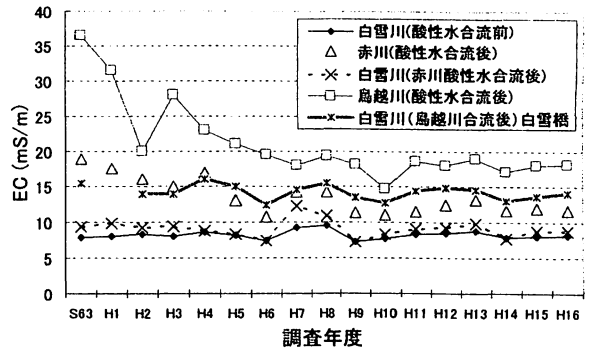


図12 白雪川水系における EC の経年変化

川で減少傾向を示していたが、平成 9 年以降は変化がほとんど認められなかった。また、 Cl^- 及び SO_4^{2-} 濃度についても EC と同様の傾向であった。

4.4 白雪川の水質変化

白雪川の上流から下流までの主な水質変化を図 10 ～ 12 に示した。赤川(湊沢の酸性水合流後)及び鳥越川(獅子ヶ鼻湿原の酸性湧水合流後)、さらにそれらの河川水が流入した白雪川の pH が年々上昇する傾向を示しており、特に平成 9 年頃までの白雪川下流(白雪橋)の pH 上昇が顕著であった。また、本県が月に 1 回(昭和 52 年までは 2 ヶ月に 1 回程度)

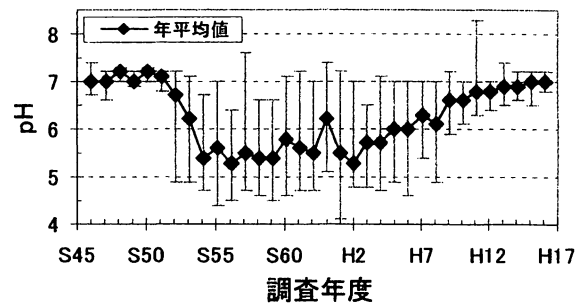


図13 白雪川下流(白雪橋)における pH の経年変化

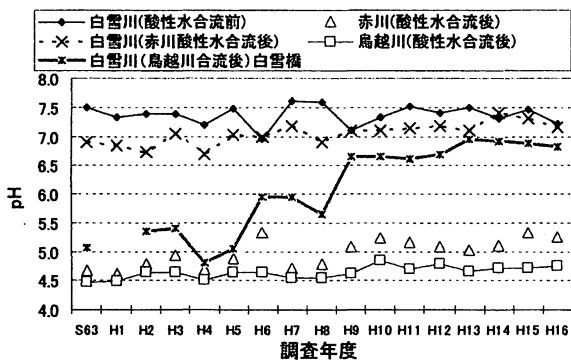


図10 白雪川水系における pH の経年変化

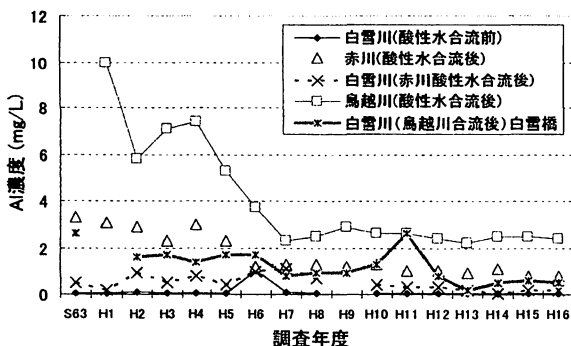


図11 白雪川水系における Al 濃度の経年変化

実施した白雪川下流(白雪橋)での pH の環境基準調査結果^{1, 2, 3, 10, 11)}(図 13)でもほぼ同様の傾向を示していた。一方、酸性湧水合流後の白雪川の Al 濃度は経年的に減少する傾向はみられたが(図 11)、EC の経年変化はほとんど認められなかった(図 12)。また、 Cl^- 及び SO_4^{2-} 濃度についても EC と同様の傾向であった。

さらに、最近の白雪川の上流から下流までの pH 等の変動を詳細に確認するために、平成 16 年に白雪川及びそれに流入する河川水等の調査地点を増やして調査した。その結果、赤川によって酸性化したヘナソ川や赤川本流が合流した後の白雪川の pH 変化はほとんど認められず、中性であったのに対し(合流前 pH7.2, ヘナソ川合流後 pH7.1, 赤川合流後 pH7.0), 鳥越川合流後に白雪川の pH が 5.2 と大きく低下していた(図 14)。このように、白雪川が酸性化するのは鳥越川が流入してからであり、赤川の影響はほとんど受けていないと考えられる。鳥越川合流地点から下流へいくほど、中性の河川水が合流すること等により、白雪川の pH は上昇していた。また、内川(pH7.1)の合流等により、白雪川末端の白雪橋では pH は 6.8 と中性にまで回復しており、酸性化している白雪川の水域が、中流域に限られていた。一方、EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度については、鳥越

川合流地点から白雪橋まで高い状態となっており（図 14）、白雪川下流にまで鳥越川の影響が認められた。特に鳥越川合流地点から大畑橋までの EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度が高い状態のまま、ほとんど変化していないにもかかわらず、pH が上昇していた。この理由として、pH が中性で EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度が高い農業用水路の水が、鳥越川合流地点から大畑橋までの間の白雪川へ流入するためであると推察される。また、この農業用水路は鳥越川から導水されたもので、導水直前の鳥越川の pH、EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度は、それぞれ 5.1、16 mS/m、17 mg/L 及び 41 mg/L、白雪川流入直前の農業用水路（ここでは、最も水量の多いと考えられる大畑橋～中野橋間に流入する水路）の pH、EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度は、それぞれ 6.7、19 mS/m、20 mg/L 及び 40 mg/L であり、pH のみが大きく変化していた。これは、農業用水路の水が水田経由で白雪川へ流れ着くまでに、水田土壌等による中和が進む一方で、 Cl^- 及び SO_4^{2-} は水の中に残留したものと推察される。

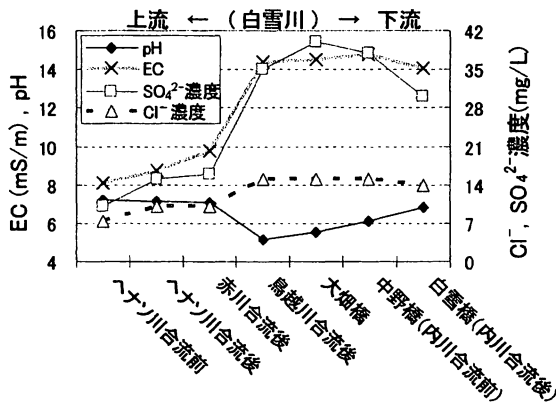


図14 平成 16 年の白雪川における各項目の変化

5. まとめ

白雪川の酸性化の原因である赤石川及び鳥越川付近から湧出する酸性湧水や、湧水合流前後の白雪川水系の河川水における水質の特性及び経年変化を把握するための水質調査を実施し、昭和 63 年から平成 16 年までの水質データを解析した結果、以下のようなことが明らかとなった。

白雪川水系の酸性湧水及び河川水の EC と Cl^- 、 SO_4^{2-} 濃度との間に強い正の相関が認められ、EC が白雪川水系の Cl^- 及び SO_4^{2-} 濃度やそれらの増減傾向を簡易的に把握するための指標として活用できると考えられた。

白雪川の酸性化の原因である酸性湧水や、湧水合流後の赤川、鳥越川及び白雪川の経年的な pH の上昇と Al 濃度の減少がみられた。一方、EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度については、酸性湧水では経年的な減少傾向がみられたが、湧水合流後の白雪川では経年変化がほとんど認められなかった。

酸性化した赤川及び鳥越川等による最近の白雪川の水質への影響を詳細に把握するために、平成 16 年に白雪川本流等の調査地点を追加して水質調査した結果、白雪川が酸性化するのには鳥越川が流入してからであり、赤川の影響はほとんど認められなかった。また、鳥越川合流地点から下流へいくほど白雪川の pH は上昇し、白雪川末端の白雪橋では中性に回復していた。一方、白雪川の EC、 Cl^- 濃度及び SO_4^{2-} 濃度は鳥越川合流地点から白雪橋まで高くなっており、白雪川下流にまで鳥越川の影響が認められた。

参考文献

- 1) 秋田県環境保健部編：昭和 46 ～ 51 年度版 秋田県の公害，1971 ～ 1976。
- 2) 秋田県環境保健部編：昭和 52 ～ 55 年度版 環境白書，1977 ～ 1980。
- 3) 秋田県生活環境部編：昭和 56 年度版 環境白書，1981。
- 4) 菅雅春，鈴木雄二，組谷均，武藤公二：酸性河川調査－白雪・子吉川水系－，秋田県環境技術センター年報，15，89-112，1987。
- 5) 秋田県生活環境部編：白雪川および子吉川の酸性水の現状について，1-5，1982。
- 6) 秋田県：河川調査，p.47，1998。
- 7) 日本規格協会：工場排水試験方法 JIS K 0102，1998。
- 8) 山田雅春，高橋佐紀子：秋田県の酸性河川に関する調査研究－白雪川水系－，秋田県環境技術センター年報，20，110-122，1992。
- 9) 渡辺寿，泰良幸男，山田雅春，武藤公二，斎藤弥，加藤潤，片野登，大畑博正，藤田将充，高橋佐紀子：秋田県の酸性河川に関する調査について－白雪川水系と朱の又川・子吉川水系－，秋田県環境技術センター年報，26，59-75，1998。
- 10) 秋田県生活環境部編：昭和 57 ～ 平成 11 年度版 環境白書，1982 ～ 1999。
- 11) 秋田県生活環境文化部編：平成 12 ～ 17 年度版 環境白書，2000 ～ 2005。