

出水時における赤川の水質観測

山形大学農学部 前川勝朗・大久保博・瀬川 学

1. はじめに

最上川をはじめ、標高の高い山々を水源とし冬季の積雪が重要な水源となる河川では、春先の融雪出水が、その河川の水質特性を大きく特徴づけるものであり、その出水に伴う物質輸送現象を定量化することが重要とされている¹⁾。

赤川はその流域を朝日山系をはじめ高い山々に囲まれ、上流域は豪雪地帯であり、春先には最上川と同様に融雪出水が続く。さらに、これらの山々による(気流収束性の)前線性の豪雨が多く、夏期に集中した出水をもたらす²⁾。

本研究では、建設省によって計測されている赤川に関する観測データを収集し、それを基に融雪期の長期的な出水と夏期に集中する短期的な出水に注目し、両者の相違点を検討した。また、実際に赤川の出水時に現地観測を行い、そこで得られた計測結果、分析結果を示し、この出水の特徴を示した。

2. 赤川の概要

赤川³⁾は、流域面積857km²、流路延長372kmの1級河川である。その流域は図-1に示すように南北約60km、東西約20kmの長方形の形状をなし、上流部の山間部は東側の月山を主峰とする越後山脈と西側の摩耶山地の脊梁山脈、南側の朝日山系の三方向から囲まれている。

また、赤川の河川網の形状は樹枝状で上流部は本川大鳥川と支流梵字川とに大別され、合せて全流域面積の約60%を占める。両流域とも崩落を起こしやすい花崗岩質の地質が広範囲を占めているため、急峻な山谷を形成している。梵字川合流後⁴⁾、鶴岡市までは、河床勾配が急なため、砂礫の移動が激しく河床の変動が大きい。

支川内川、青竜寺川を合流してからは、水壁壘かで、勾配も緩やかになり、河口付近で、支川大山川と合流し、日本海に注いでいる。

3. 赤川(横山)における水質の時系列変化

横山地点は図-1に示すように内川の合流後にあり、この地点までの流域面積は約667km²であり、赤川総流域面積の約80%を占める。この地点にある横山観測所では、水位の他に濁度を含めた水質項目が毎時、観測されている。その観測データを基に1997年の3~9月までの横山地点における赤川の月平均流量を表-1に示した。

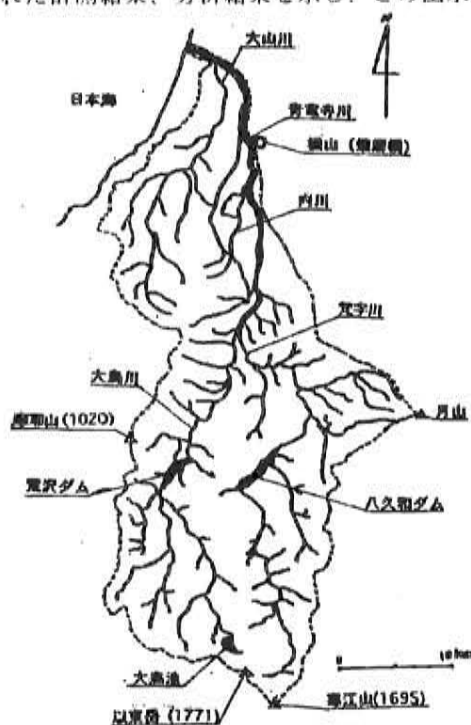


図-1 赤川流域概要

Observation of Water Quality during Flood in Aka River

by Katurō MAEKAWA, Hiroshi OKUBO, Manabu SEGAWA

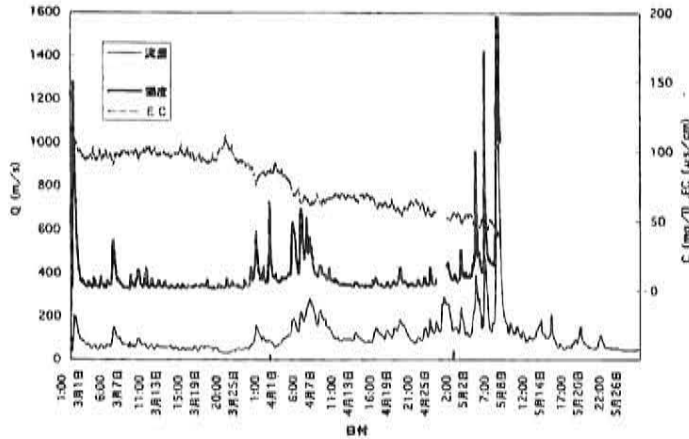
表一より例年3月ごろから始まる融雪出水の影響が特に4月・5月の月平均流量の値に見られる。また、6月・7月降雨に伴う出水は4月・5月に次ぐ月平均流量値と標準偏差値に現れている。

表一 月平均流量

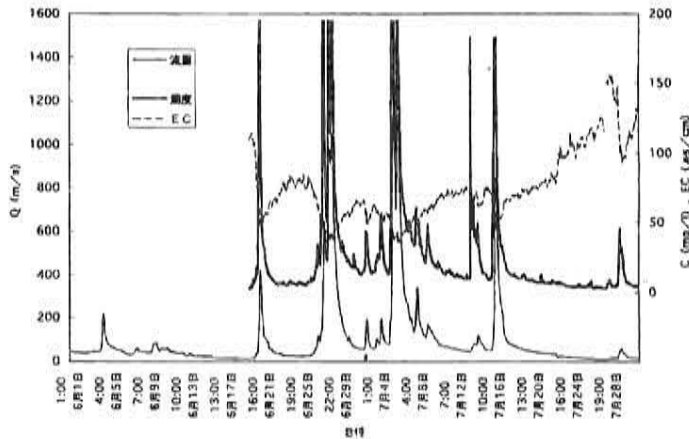
(横山観測所, 1997)

月	3	4	5	6	7	8	9
月平均流量 (m ³ /s)	66	133	137	83	111	15	24
標準偏差 (m ³ /s)	23	51	109	142	152	20	13

次に、表一より3~5月の融雪期と6~7月の集中豪雨期に大きくわけ、同様に横山地点での観測データを基に流量と水質項目の時系列変化を図一2-1、図一3-1に示した。ここで用いた流量(Q)は、横山地点での既往のH-Qカーブに観測水位を代入し、求めた値である。



図一2-1 融雪期 (横山, 3月~5月)



図一3-1 集中豪雨期 (横山, 6月~7月)

図一2-1の融雪期において、流量は3月中50m³/s前後で推移し、3月末から無降雨時でも100m³/sを超え、それは5月下旬まで続いた。濁度は流量の変動によく対応している。また、ECは3月末から全体的に逡減している。

図-3-1の集中豪雨期において、出水は6月下旬から7月中旬に集中しており、警戒水位を超えた出水は合計3回、 $400\text{m}^3/\text{s}$ を超えた出水はすべて濁度計の上限値である $200\text{mg}/\text{l}$ に達した。また、ECは出水時に変動が大きく現れている。

4. 融雪期（3月～5月）・集中豪雨期（6月～7月）における出水の挙動

出水時に伴う物質輸送現象を視覚的に印象づけるものとして、“水の濁り”がある。本研究では、その濁り具合を濃度単位で示した濁度に注目し、流量（ Q ）をX軸に濁度（ C ）をY軸にとり、融雪期と集中豪雨期の出水時における両者の関係（挙動¹⁾）を比較した。

(1) 融雪期（3月～5月）における出水の挙動

図-2-2は図-2-1から5/4～5/9の期間を抽出し、それに日雨量データを併せて示したものである。期間中、ピーク流量が $400\text{m}^3/\text{s}$ を超える出水が大きく3つある。図-4はそれらの出水を挙動で示したものであり、時間的に早いものから順に（a）（b）（c）とした。ピーク流量での（a）と（b）の時間差は約35h、（b）と（c）で約90hである。

（a）は5/4、10:00頃から増水し始め、5/5、9:00頃流量ピーク（約 $400\text{m}^3/\text{s}$ ）に達した。その後、ほぼ同勾配で減水時の曲線を描く。（b）は5/5、18:00頃から増水し始め、5/6、20:00頃流量ピーク（約 $480\text{m}^3/\text{s}$ ）に達した。（a）に比べ、増水時と減水時の傾きの差が大きく現れている。

（c）は5/7、21:00頃から増水し始め、流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 以降濁度が平行し、その後、 $1000\text{m}^3/\text{s}$ を超えた時点から再び上昇し、5/8、22:00この濁度計の計測限界値に達した。その後、減水過程に移行した。減水の曲線は途中までしかないが（a）（b）と異なり、ピーク後、左回りの挙動を示した。

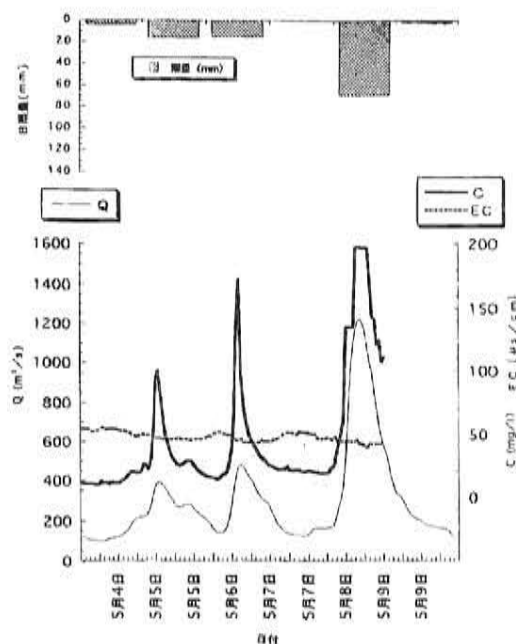


図-2-2 融雪期（横山、5/4～5/9）

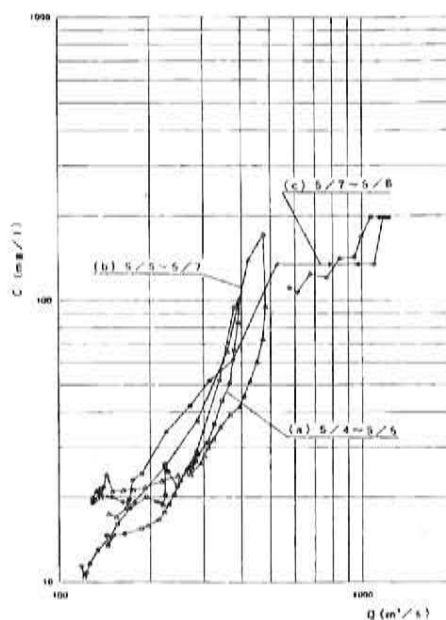


図-4 降雨に伴う逆戻した出水（融雪期、5/4～5/8）

融雪期における降雨に伴う出水は、長期にわたり流出する融雪出水を含むため、集中豪雨期の出水のように降雨に限定した要因による出水を抽出することは困難である。したがって、ピーク流量が類似する出水を出水直前の条件に留意した上で、融雪期から選びその挙動を比較した。

各出水のピーク流量、出水前、出水時の気象条件を次に示す。

(a) は前日までの3日間、降雨はなく気温も約16°Cで安定し、日照時間は平均6.3h、出水期間中の降雨量は約20mmであった。(d)の出水は前日まで9日間降雨がなく、出水期間中の降雨量は約60mmであった。ピーク流量はともに400m³/sであった。

(a)の挙動は省略する。(d)は6/20、0:00から増水し始め、6/21、12:00頃流量ピークに達し、減水時は増水時に比べ急勾配の曲線を描いた。(図-5)

増水時と減水時では勾配が異なるため、集中豪雨期の(d)は大きなループ状の挙動をしめす。一方、増水時と減水時では同じ勾配で変化する融雪期の(a)は一本の線の様な挙動を示す。

さて、融雪期において無降雨期にもかかわらず流量が100m³/sを超えることがしばしばある。これは、降雨だけでなく融雪出水による流出を示す。

そこで、3月～5月の融雪期における流出を1つの長期的出水と見なし、その中の無降雨期間(日降雨量5mm未満を含む)を抽出し、大まかな融雪出水の経時的变化を示すことを試みた。

図-6は各期間ごとの平均流量、平均気温、平均EC、平均濁度を算出し、时期的に早い順に左側からプロットしたものである。なお、ここで用いた気象データは、赤川上流域にある荒沢観測所のものである。

その結果、3月中は各項目とも安定している。4月に入り流量は増加傾向を、ECは増減傾向を示している。それに対し、濁度の変化は小さい。

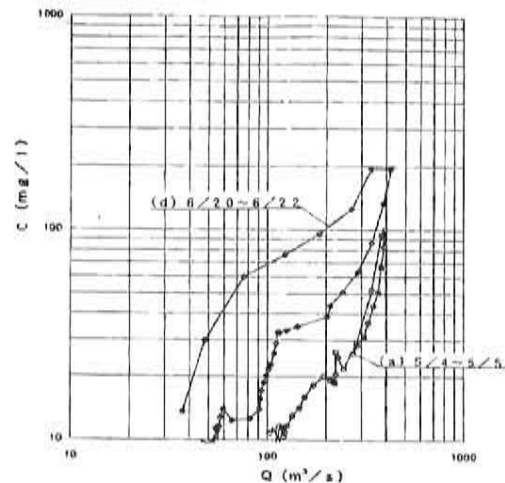


図-5 降雨に伴う出水(融雪期、5/4～5/5)

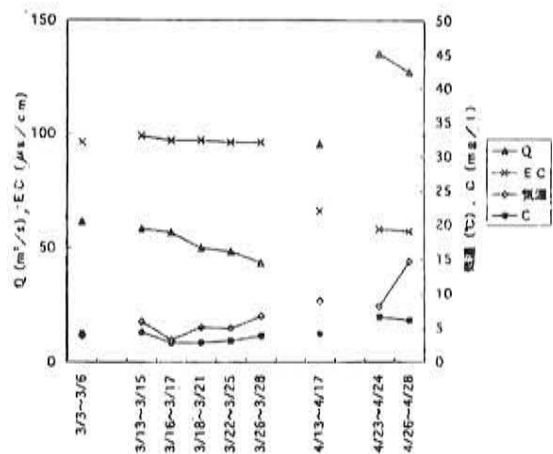


図-6 融雪期の無降雨期間における流量、水質の変化

(2) 集中豪雨期における出水の挙動

図-3-2は図-3-1から6/27-6/30の期間を抽出し、それに日雨量データを併せて示したものである。期間中、流量 $400\text{m}^3/\text{s}$ を超える部分で3つの流量ピークが現れている。図-7はそれらの出水を挙動で示したものであり、時間的に早いものから順に(e)(f)(g)とした。ピーク流量での時間差は(e)と(f)で約12h、(f)と(g)で約9hであった。

(e)は6/27、22:00ごろ増水し始め、流量 $50\text{m}^3/\text{s}$ 付近で濁度の上限に達し、6/28、10:00頃流量ピーク(約 $650\text{m}^3/\text{s}$)に達した。その後、増水時に比べ急勾配で減水しループ状の挙動を示した。続いて6/28、17:00頃流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 付近で再び増水し始め(f)、6/28、22:00頃流量ピーク(約 $1000\text{m}^3/\text{s}$)に達し、若干の減水後(g)が(f)の減水時の曲線を逆になぞるように増水し始め、6/29、7:00頃(f)とほぼ同流量(約 $1000\text{m}^3/\text{s}$)でピークに達し、増水時に比べ緩やかな勾配の曲線を描き減水した。

濁度計の測定限界のために、挙動が不自然であるが、後続の出水(f)の方が、明らかに先行する出水(g)に比べ、ループが小さく現れている。また、別の見方として(e)(f)(g)を合わせて1つの出水と見なすと、その挙動は全体的に見てループ状である。

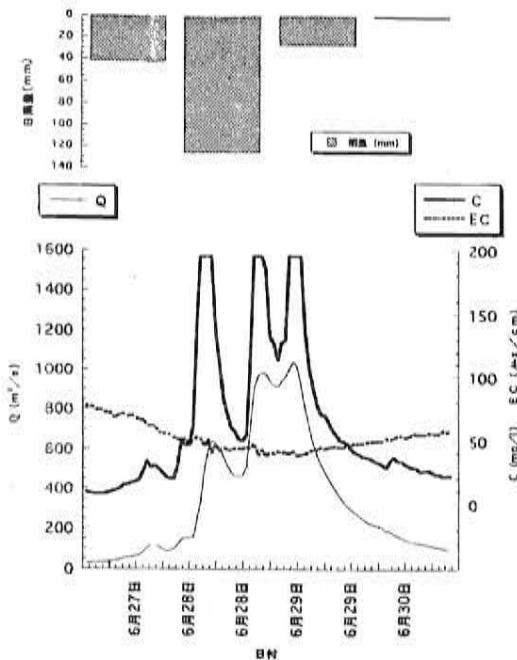


図-3-2 集中豪雨期(横山、6/27-6/30)

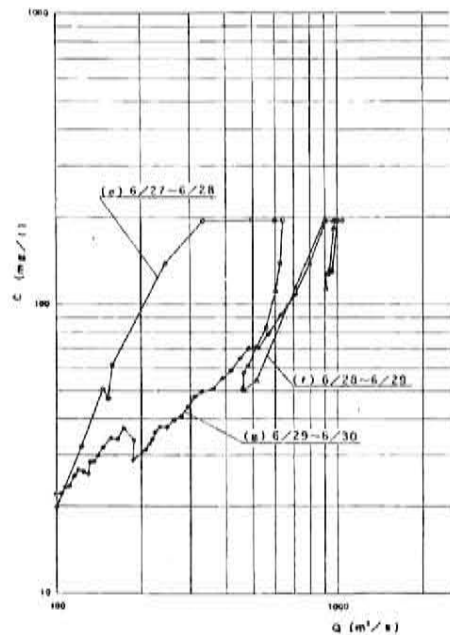
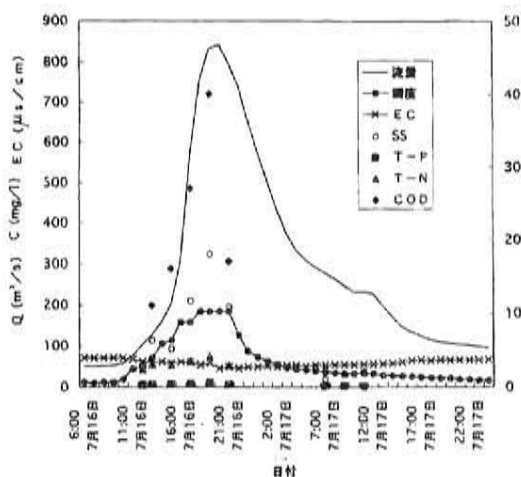


図-7 降雨に伴う連続した出水(集中豪雨期、6/27-6/30)

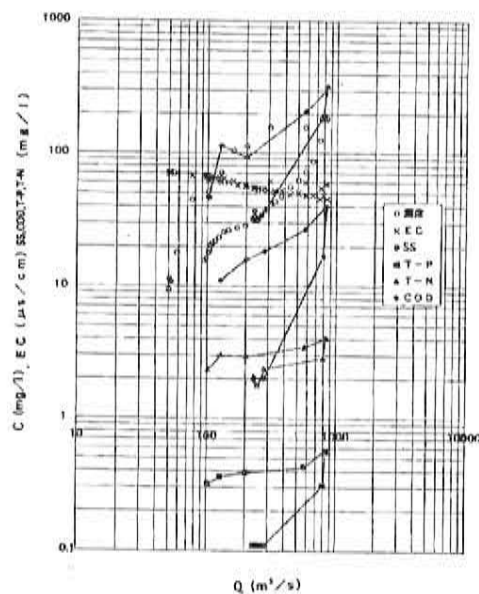
7/15-7/17に赤川の横山観測所付近の蛾眉橋で現地観測を行った。観測は横山地点のみの定点観測⁹⁾であり、採水は2時間おきにポリ瓶を用いて橋梁の上から行い、その場で水温、濁度、EC、pH、DOの水質項目を計測した。また、採水し水は持ち帰り、工業用水試験法に従いT-P、T-N、COD、SSなどの水質試験項目の分析を行った。

主な項目の時系列変化を図-8に、また、その挙動を図-9に示した。

図一八によると、各水質項目は、流量の変化によく対応し、各項目の濃度ピークは流量ピークとほぼ一致した。図一九によると、T-Nを除くその他の項目において同流量時の増水時と減水時の値を比べると濃度差が大きく、減水時の曲線勾配は増水時に比べ急であり、全体的な挙動は類似していた。T-Nの濃度変化は小さかった。



図一八 水質の時系列変化



図一九 水質の挙動

(3) まとめ

- 1) 融雪期における降雨に伴う出水では増水時と減水時で流量-濁度関係の傾きは集中豪雨期に比べて、大きな差は見られず、ほぼ同じ勾配で挙動する。一方、集中豪雨期における単発的な出水では、増水時と減水時の濁度の勾配が大きく異なり、ループ状に挙動する。また、短期間に出水が数回連続する場合には、濁度の挙動はループ性が後続のものほど弱まった。
- 2) 融雪期の無降雨期間における濁度の変動は小さい。
- 3) 7/15~7/17に実施した赤川における現地観測の結果によると、出水時における濁度の挙動は大きくループを描き、同流量時において増水時と減水時を比べると増水時で濁度値が高く、濁度の勾配は減水時で大きかった。また、他の水質項目も類似した挙動を示した。

引用文献

- 1) 真野明・杉木基泰・前川勝朗：最上川流域の雪解け出水に伴う汚濁物質の輸送，水文・水資源学会誌，第10巻，5号，pp. 407~409 (1997)
- 2) 建設省月山ダム工事事務所：赤川 治水と利用，pp. 3~13 (1984)
- 3) 建設省東北地方建設局月山ダム工事事務所：赤川流域の暮らしと文化，pp. 30~37 (1996)
- 4) 長沢徹明：草地開発小流域における浮流土の移送挙動，農業土木学会論文集，第125号，pp. 90~93 (1986)
- 5) 長林久夫・真野明・杉木基泰・木村嘉代治：出水時における阿武隈川の水質特性，東北災害科学研究所，第33巻，pp. 141~142 (1997)