

## II-38 連続洪水における濁度履歴効果の観測

北海学園大学	正員	山口	甲
北海学園大学	学生	森谷	猛
札幌市水道局		岩村	俊二
札幌市水道局	正員	松浦	英博

## 1. はじめに

本研究は、平成5年度から札幌市水道局と共同で実施しているもので（一部は昨年度当学会で発表）札幌市手稲区手稲金山にある宮町浄水場の取水源である星置川水系の星置川及び滝の沢川において、降雨、さらに砂防ダムの堆砂と河川の濁度発生メカニズムの関連を解明することにより、河川水の濁度予測法を確立し迅速な浄水処理に役立てることを目的とするものである。

星置川水系は、札幌の西端に位置して小樽市と札幌市との行政区域の境界をなす河川である。また手稲山稜線の北側の奥手稲山を源とする本川星置川と手稲山を源とする支川滝の沢川からなり、宮町浄水場の取水口で合流し、小樽市銭函を経て石狩湾に注いでいる。本2河川は宮町浄水場までの間においては、全長約5km、流域面積14.8km<sup>2</sup>（星置川6.2km<sup>2</sup>、滝の沢川8.6km<sup>2</sup>）、2流域平均河道勾配は約1/6と極めて急流な河川である。地質的には安山岩で構成された硬く安定した地質であるが、その上層に濁度発生原因となる表土が覆っているため、降雨時にはこれらの表土が河川に流れ込み、一気に高濁度が発生する。また、それらの土砂流出を防止するために、昭和40年から11の砂防ダムが建設され（星置川系8、滝の沢川系3）、既に上流の4つのダムは満砂状態となっている。このような流域で、ダム堆砂状況と低水時の濁度の関係と河川増水時の高濁度の発生について調査した結果を述べる。

なお、今回の検討は両河川を平行して調査しているが同一傾向を示すため、本論文では流域面積が広く浄水場の取水量も多い滝の沢川を中心に述べる。

## 2. 研究のプロセス

本研究は、平成5年度から37年で調査を行う予定で、調査する事項は下記の通りである。

- (1) 砂防ダムが濁度に及ぼす影響
  - 1) 砂防ダム堆砂量及び堆砂量の経緯
  - 2) 濁度の経年変化
  - 3) 礫間浄化機能
  - 4) 沈殿現象による濁度構成因子の変化
- (2) 降雨と濁度の関連性
  - 1) 増水時の雨量と河川流量の関係
  - 2) 洪水時の増水期における濁度の変位
  - 3) 洪水時の減衰期における濁度の変位

本学では、(1)の1), 2), 3), (2)の1), 2), 3)を担当し、(1), 4)については今後札幌市水道局が調査する予定である。

平成5年は、(1)の1), 2)を実施し、すでに発表したところである。<sup>1)</sup>

平成6年は(1)の3), (2)の1), 2), 3)を調査検討したが、そのうちの(1)の3)礫間浄化機能と(2)の2)洪水時における増水期の濁度について発表する。

Study on the turbidity in Hosioki River

by Hajime YAMAGUCHI, Takesi MORIYA, Syunji IWAMURA and Hidehiro MATUURA

### 3. 砂防ダムの礫間浄化機能

平水時には砂防ダムの堆砂地では河川水が伏流しており、そこで濁度が浄化されていることが推測されるので、その効果が最も確認しやすい降雨の影響がなく河川流量が少ない1月～2月を対象として検討することとし、昭和54年～平成5年におけるこの時期の平均濁度（月平均）を図-1に示す。この図から判るように平均濁度は減少傾向を示し、砂防ダムの堆砂が進み礫間浄化機能は年々増加し濁度に影響しているものと推定される。この濁度変化と砂防ダムの堆砂状況との関係を解明するに当たっては、まず平成5年に実施した現地調査によれば、流水は低水時においてダム上流より浸透し水抜き孔より流出していることから、礫間浄化はダム地点より伏流する地点までの距離（堆砂延長L）間で起こっているものと考え濁度と伏流延長として堆砂延長を用いて検討する。

堆砂延長Lを求めるに当たっては、Lは堆砂量Vに比例しているため、まずVの経年変化を求める必要がある。

ここで土砂生産因子及び土砂生産係数KとVの関係は次式である。<sup>2)</sup>

$$V = \sum_{i=1}^N K [A^{3/10} \cdot (\tan \theta_1)^{3/2} \cdot (\tan \theta_2)^{3/10} R_i^{9/5}]^n$$

上式の各値は下記の通りである

- V：平成5年度までの堆砂量，N：ダム建設以来の年数，n：1年間に発生した降雨数
- $\tan \theta_1$ ：傾斜勾配， $\tan \theta_2$ ：河道勾配， $R_i$ ：有効雨量
- $[A^{3/10} \cdot (\tan \theta_1)^{3/2} \cdot (\tan \theta_2)^{3/10} R_i^{9/5}]$ ：土砂生産因子，K：土砂生産係数
- $\theta_1, \theta_2$ ：流域の国土数値情報3次メッシュの1/4メッシュ値を平均したもの
- ※有効雨量 $R_i$ は洪水流が生ずる降雨 $R > 30\text{mm}$ の解析対象降雨量とした

その結果滝の沢川流域の土砂生産係数Kは0.47が求められ、その値を用いて過去の各年の堆砂量Vを推定し、その堆砂量から堆砂延長Lの経年変化を求めて、濁度との関連を図-2に示す。

この図より堆砂延長の増加にともない濁度が低下していることから、砂防ダムの堆砂が進むに従い礫間浄化作用が促進していると考えられるので、両者の関係を表す次式の回帰曲線が得られた。

$$D = 1.75 \times 10^{-0.001L}$$

D：濁度 (mg/l)，L：堆砂延長 (m)

上式のとおり堆砂延長Lの増加により礫間浄化が進むことが推定される。また上式から年次毎の濁度を計算し、その結果は図-1に示しており濁度の変化が良く表されている。今後は定期的に各ダムについて、礫間浄化能力と堆砂延長の現地調査を行い、河川流量規模別の浄化機能を検討する予定である。

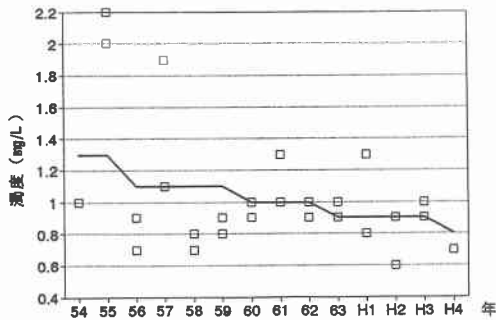


図-1 冬期の濁度変化（1月，2月）

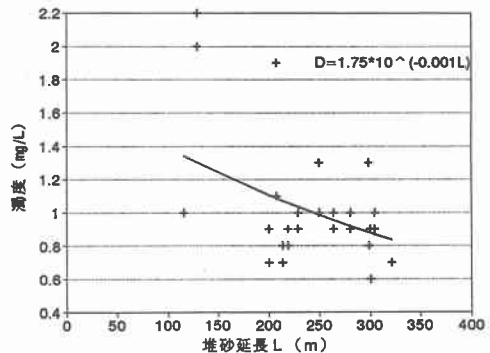


図-2 冬期濁度と堆砂延長L

#### 4. 河川増水時の濁度発生

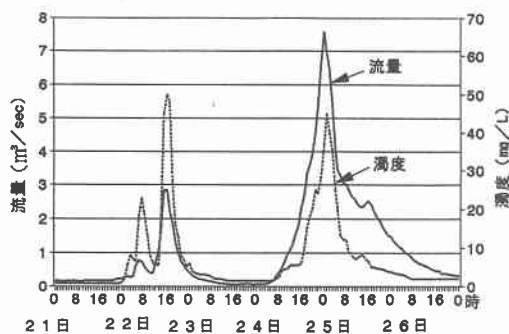
河川流量が変動する時の流量と濁度との関連性を検討するため濁度発生量が異なる2つの事例を観測した。(平成5年10月:図-3, 平成6年9月:図-4) 2例とも濁度のピーク時が流量のピーク時に比べ1時間程度遅れているのは, 測定地点の違いによるものであり, 流量は取水口直前に設置した水位計から, 濁度は場内に揚水したのから測定しているためであり, 取水路を経由する流入時間の差が生じ実際には同時に達している。

図-3は4日間, 図-4は2日間連続的な降雨があり, これにともない複数の高い濁度が発生している。図-3は3波の濁度上昇があり, 1波目の濁度上昇では流量増加に敏感に反応しているが, 2波目では流量が3倍以上に増加したにも関わらず濁度上昇の割合が少なく, 3波目もさらにその傾向が強く表れている。また河川流量は3波目のピーク流量は2波目の2倍以上も大きいにもかかわらずピーク濁度は減少している。また, 図-4でも同じことが言える。このことから流量と濁度は一定の比率で増減していないと言える。

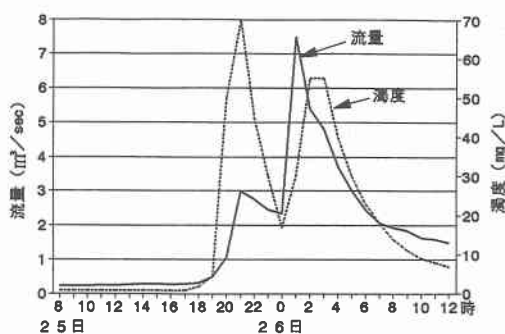
次に濁度と河川流量の推移を表したものが, 図-5, 図-6である。図-5では図-3よりさらに明確な濁度と流量の関係がつかめ, 洪水期間中の濁度の増減では, 濁度がいったん減少し再び増加する点は, 先行した流量を再び越えた時点であり, その増加する比率は先行した濁度より小さくなっている。図-6でも同じことが言えるが, 2波目の最大濁度が流量の減衰期に起きている。これは上述のとおり, 計測点の違いによるタイムラグによるものである。濁度の増減は洪水波形が複数波である場合, 濁度増加が先行のものよりも小さくなるのは, 河川流量で輸送される濁度の土粒子構成が変化したため生ずると推定され, 単独波の場合は, 図-5, 図-6の1波目の上昇角度と同じ傾向を示し, 濁度の土粒子構成も同じものと考えられる。従って2波目以降の河川流量が1波目から続けて発生した場合の濁度は, 今回観測された連続洪水で発生した濁度値と異なった値を示すものと考えられる。

そこで複数発生濁度から単独発生濁度の場合の流量と濁度の関係について推定したものが, 図-7, 図-8である。図中濁度負荷量とは濁度×河川流量である。2波目の濁度負荷量は1波目の最大流量になった時点の負荷量を, 2波目の実測負荷量に加算する。これにより, 1波目の流量から2波目の流量に続けて発生した状態を再現できるものと考えた。

増水継続時間が違う2例ではあるが, 図-7, 図-8はほぼ一致するため, 今後さらに単独波形の観測事例を増やすことでそれらを確認し, 流量から濁度発生量の推測を可能にし, さらに流量と雨量との関係を的確に把握することにより, 雨量から濁度量を推定することを検討したい。



平成5年10月 図-3 洪水時の濁度・流量



平成6年9月 図-4 洪水時の流量・濁度

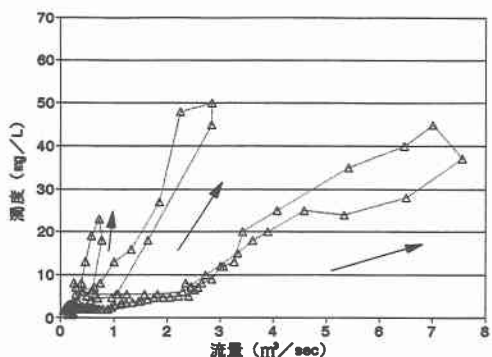


図-5 流量と発生濁度 (平成5年10月)

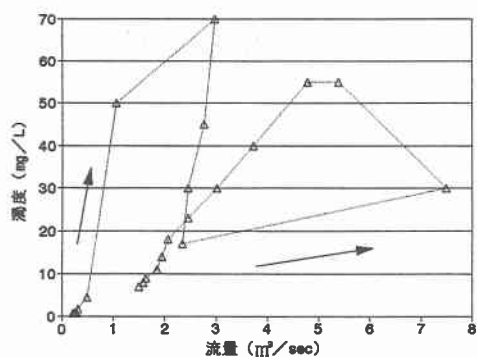


図-6 流量と発生濁度 (平成6年9月)

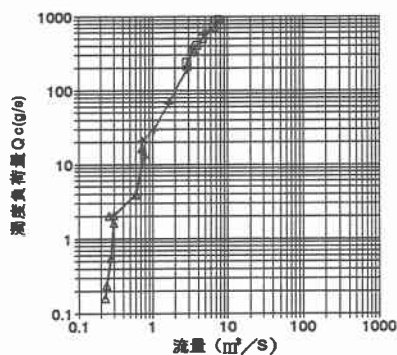


図-7 増水期の濁度負荷量 (平成5年10月)

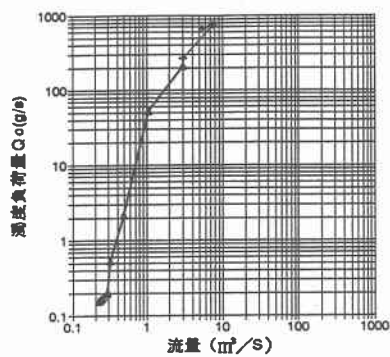


図-8 増水期の濁度発生負荷量 (平成6年9月)

## 5. おわりに

今回の調査により、砂防ダムが本来の土砂を堆積する機能に加え、低水時における下流域の水質を浄化させていることを推測させる結果から、今後現地での実測によりその効果の確認を行う考えである。また洪水時の発生濁度量から一定の傾向が推定され、迅速な浄水処理に寄与できることが期待される。今後は、本学の資料を基に高濁度発生時の粒径変化及び水質（溶解成分）の検討を札幌市水道局が行う予定である。

## 参考文献

- 1) 山口甲 山崎晃裕 星置川における濁度の経年変化  
土木学会北海道支部論文報告集題50号 平成6年2月
- 2) 丸山浩司 山口甲 長平英雄 降雨法による土砂生産量の予測  
土木学会北海道支部論文報告集題50号 平成6年2月