

北海道大学 工学部 ○ 正員 小林 三樹 正員 丹保 憲仁

1. 低濁度原水の出現頻度 低濁度原水の継続時間は全国的に増加の傾向にある。札幌市水原豊川川に於るダム建設による低濁度化の事例を図1に示す。10度以下の時間数はダム建設前後で27%から73%にも増加している。更に月別の濁度分布を図2に示す。寒冷期には90%以上が5度以下の低濁度で占められている。通年では延時間の80%が10度以下、60%が5度以下である。

現行の主浄水方法である急速濾過方式は、この低濁度化傾向に充分対応して行くには運用されてない。凝集が基本であるこの方式は、固液分離の重点を沈殿におくか、濾過におくかで、凝集操作とその後ろのろ膜運用に差があり、その評価が必要である。

2. ジャーテストと低濁度時の凝集 ジャーテストは、沈降し易いフロックが生成し、かつ上澄が澄ませ薬注率の選定方法であり、沈殿除去を重視し、濾過負荷を軽減する考えに立っている。濾過池の負荷上限が限定されている以上、中高濁度時に高い沈殿除去率を確保するのは当然である。中高濁度時には、凝集時のAL/T比と比較的、低く保つことが出来るので、問題は少ない。これに対し、低濁度時に沈降し易いフロックを生成するためには、比較的多量の凝集剤添加が必要とするのが、通例である。図3に札幌市白川浄水場の事例を示す。凝集剤添加率の設定目標を、沈殿水濁度最小においていた例で、冬期に入り、濁度と水温の低下に伴って、AL/T比が0.5から1.15にも上昇している。

汚泥処理において、濃縮脱水性に強く影響する要因として、汚泥中のアルミ含量、微細粘土粒子比率、灼熱減量あげられている。このうち浄水場で操作可能な因子はアルミ含量のみである。アルミ含量は、汚泥固形物kg当り10~200mgであるが、約50mgを超えると汚泥の濃縮性、脱水性が極端に悪い部類に入ると言われている。この50mg/kgは、凝集時のAL/SS比にして0.05に相当する。業者らのスウェッチ試験もAL/SS比が0.05~0.15の間に比拮抗値は立上り、それ以上では、比拮抗値は高いままであり変らなかつた。従って汚泥処理の面からは、凝集時のAL/T比がそれ以下の値をとる凝集で、浄水処理がなされることを望ましい。

3. AL/T比とフロック物性 荷電中和を受け凝集した原初状態のフロックは、粘土粒子の表面にアルミが付いただけの密な構造をもつ。比重は2段階あり、結合強度も相対的に大であると考えられている。この微細フロックの架橋結合に供されるアルミを多量に添加すると、フロックの径は成長増大するが、空隙内に多量の水をとり込んだ形態をとる為、フロックの密度は低下し水の密度に近づく。フロックの成長径と有効密度の関係については、丹保+渡辺が $Re = a/d_s^2$ なる関係式を提示し、その係数値に717とも、AL/T比、攪拌強度等の種々の条件に対応させて既に発表している(水協誌397, 410, 445号) 浄水過程に於て、低濁度時にも沈殿による除去率を重視する場合、ストフスの沈降速度式に於て二乗項であるフロックの径が、フロック密度の低下を補うだけ増大することを狙って、アルミは多量添加される傾向があり、ジャーテストの結果はそれを意味している。

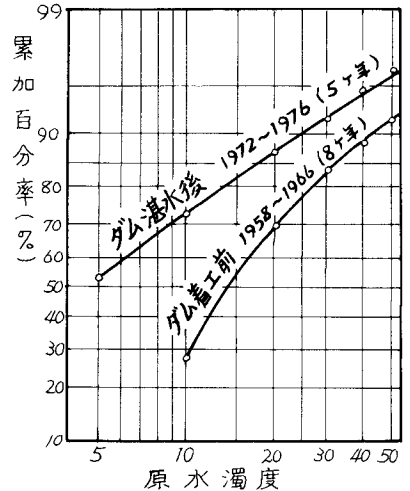


図-1 貯水池築造前後の原水濁度分布 (豊川 札幌市藻岩浄水場)

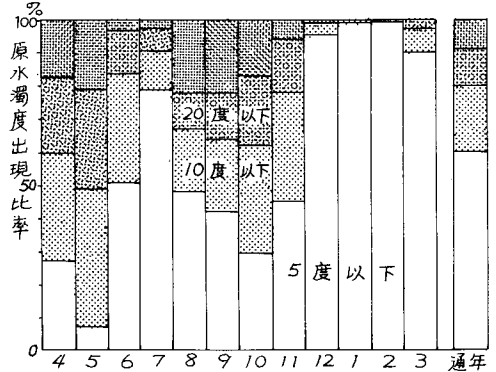


図-2 原水濁度月別比率 (札幌市白川浄水場 3時間毎測定値の1972~1976年度(5年間の集計))

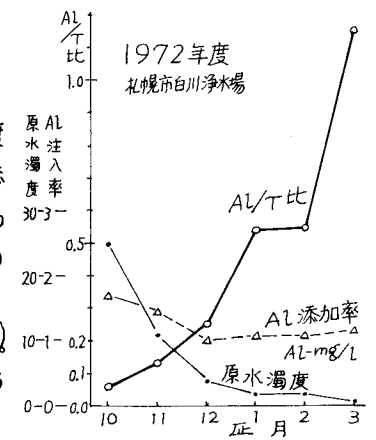


図-3 冬期のAL/T比 (沈殿水濁度最小の目標管理)

然らば、汙過に於てはどのような物性を備えたフロックが 高い抑留効果を期待されるであろうか。汙層内でフロックが 砂粒に付着した場合、流路を狭めると至った分だけ大きな流速に曝らされるが、その流速に強度的に耐え得ない場合、剪断破壊して下層(内部)へと押しやられると考えられる。

フロック強度については、丹保+山田+徳橋が発表(水協誌 427号)している処であるが、フロック強度と層内水流の関係から、丹保+小笠原は、径 $10\mu\text{m}$ 前後のフロックが 高い抑留効果を示し、 $20\sim 50\mu\text{m}$ に成長したものは剪断破壊を受けて下層に漏出し易いことを発表している(水協誌 458, 480号)。

したがって必ずしも沈殿により負荷を軽減しなくても、汙過池の抑留容量で対応しうるような低濁度時には、AL:T比を低く保ちフロックを成長させない処理が可能であり、阻止率が最大になるAL:T比の存在が考えられる。

4. AL:T比と汙過阻止率 演者らは、河川原水に凝集剤を加えて急速混和後、直ちに汙過層に流入させる実験を行い、24時間通水し、その間の流入流出SS量の差から、汙過層でのSS除去率を求め、凝集時のAL:T比との関係で図4を得た。AL:T比0.1前後の凝集で、抑止され易いフロックの形成されることが明瞭である。

5. AL:SS比と汙過抑留容量 同様の実験で、破過開始に至るまでの汙層抑留量を 凝集時AL:SS比との関係でプロットし図5を得た。ここでもAL:SS比0.1付近に山が見られ、汙層の抑留容量を最大に利用しうるフロックの粒径や強度を、凝集時のAL:SS比(又はAL:T比)によってコントロールしうることも知られた。

図5で、漏出濁度を0.3度で切った場合の最大抑留量 約 $3\text{g}/\text{層}$ は、空隙容量(砂層体積 $4.7\text{L} \times$ 空隙率 0.43)当りを示すと $1.5\text{mg}/\text{cm}^3$ である。径 $10\mu\text{m}$ 前後の粘土微フロックの密度を 1.7 、砂層表面に抑留されたフロック層の空隙率を 40% 前後と仮定すると、この時の砂層内空隙利用率は 約 $1/1000$ である。

6. おわりに 急速汙過方式では、原水中懸濁物の荷重中知に要する逆荷重量相当の凝集剤量は、基本的に必要であるが、沈殿分離を期待しないならば、大きなフロックを形成させる必要はなく、架橋の為のアルミ量は、フロックが汙材に付着しうる最小量で足りる。それ故、直接汙過によれば、凝集剤注入量を減らしうる理由と考えられる。

この研究では、原水濁度 10 度程度以下の低濁度時には、AL:T比を 0.1 程度に保つ低アルミニウム注入率管理によって、通常の単層砂汙過池でも、直接汙過法による浄水が可能であることを立証しえた。

凝集剤の注入率設定目標を、従来通りの沈殿水濁度最小におく限り、冬期 低濁度時のAL:T比は高くならざるを得ない。この方針から 汙過水濁度 0.0 度での 継続時間最大化に目標点を変更したことによって、冬期向のAL:T比上昇を回避しえた例を 図6に掲げる。札幌市白川浄水場の実績値(月平均)である。図3で示したように旧方針では冬期AL:T比が $0.5\sim 1.1$ にも達していたもの故、薬注率設定目標点を変更しただけで、 0.2 前後にとどめることに成功している。

フロック表面への付着等によって付随的に除去されている若干の溶存汚染物については、低アルミ凝集では、除去率の低下が予想される。これらには多成分共存系に於る凝集管理を適用するか、別途処理法の付加を要する。

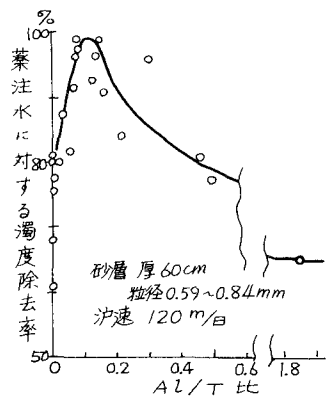


図4 凝集時AL/T比と汙過除去率

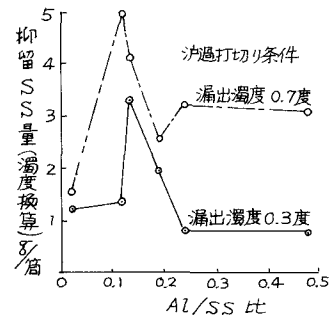


図5 凝集時AL/SS比と最大抑留量

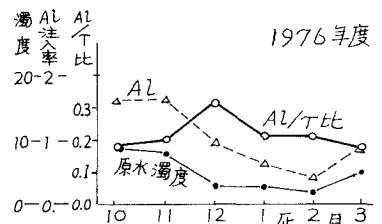


図6 各期のAL/T比(汙過水濁度 0.0 度、継続時間最大化の目標管理)

図3と併せて、注薬率設定方法の変更による低濁度時のAL/T比の減少の事例