急速撹拌の適正化による低温下における濁質の凝集沈澱処理の高効率化

北見工業大学　フェロー　海老江　邦雄　　学生員　○水　森　　豊
学生員　　川　口　倫由　　輪　島　秀則

１．まえがき　寒冷地の浄水場にとって、低水温時における処理性低下は大きな悩みの種である。この問題を解決するために、重く大きなフロックの形成に繋がる Al 系から Fe 系凝集剤への変更や有機性ポリマーの併用に関する研究が進められている。しかしながら、凝集剤を変更したとしても、従来通りの比較的弱く短い急速撹拌(G_R値 150s^{-1}、T_R値 1min 程度)を採用している限り、十分に高い処理性を得ることはできない。本論は、Fe 系凝集剤 PSI(Fe･Si 比が 1:1、以下 PSI-1 と記す)を用い、G_R値及び T_R値の適正化による濁度、STR などにおける処理性の改善効果、及び既に報告してある PAC 使用時の処理性と比較した結果について報告する。

２．実　　験　図１は、実験に使用した凝集実験装置であり、大きな G_R値(3,000s^{-1}程度)を発生できる点が特徴である。凝集実験には、温度を調整(2°C、20°C)した本学水道水に、カオリン 5mg/L（濁度で 5 度に相当)及び所定量の PSI-1 を加えた試料水(pH6.3±0.1)を用いた。実験条件として、急速撹拌(G_R値 150～1,500s^{-1}、T_R値 60～600sec)、緩速撹拌(G_S値 20s^{-1}、T_S値 20min)、静置(40min、表面負荷率：0.25cm/min)を採用し、採取した上澄水の濁度、Fe 濃度を、濁度･色度計（日本電色工業製、WA2000N)、1,10-フェナントロリンを用いた吸光光度法で、それぞれ測定した。STR については、処理水 500mL 及び同量の蒸留水（吸引時間は、20°Cで 60sec、2°Cで 110sec）を孔径 0.45μm の MF で吸引(到達真空度 26.7kPa)するに要した時間の比から算出した。

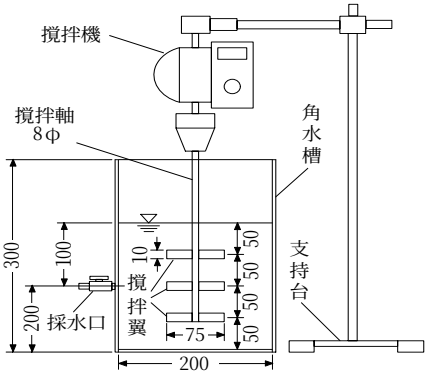

図１　凝集沈澱実験装置

３．実験結果及び考察

１）従来の急速撹拌条件における処理性: 図２は、水温 20°Cと 2°C、G_R値 150s^{-1}及び T_R値 1min のもとで、試料水に凝集剤を増加注入させていったときの実験の結果を示している。処理水濁度は、いずれの水温においても、注入率の増加に伴って低下している。また、2°Cと 20°Cとにおける濁度差は、注入率の増加に伴って縮まっており、注入率 4.0mg-Fe/L 以降では、殆ど差は認められない。注入率の増加に伴う処理水の Fe 及び STR は、濁度の場合と同様であるが、それらの処理性は低く、2 及び 20°Cにおける処理性の差が濁度の場合よりも大きく現れている。このように、弱く短い撹拌条件のもとでは、凝集剤注入率を上昇させたとしても､ろ過の継続時間に直接影響する Fe 及び STR を十分に改善することはできない。

２）急速撹拌 T_R値及び G_R値の適正化に伴う処理性: PSI-1:2.0mg-Fe/L 及び G_R値 150s^{-1}に固定し、T_R値を上昇させた凝集実験を行った。その結果を図３で見ると、T_R値の上昇に伴って、濁度、Fe 及び STR は大幅に改善されている。また、20°Cと 2°Cとにおける処理性の差は、T_R値 1→5min とした場合、濁度は 1.53→0.17 度、Fe は 0.34→0.12mg/L、STR

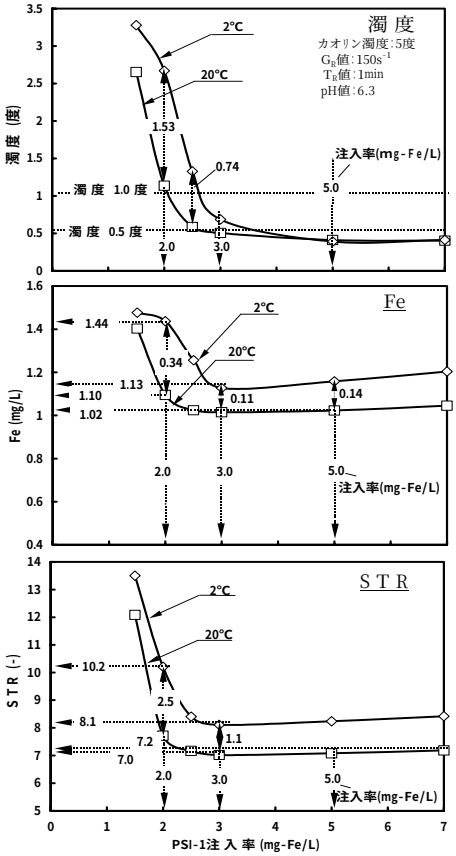

図２　注入率の上昇に伴う処理性

キーワード：低水温、凝集沈澱、急速撹拌強度(G_R値)、急速撹拌時間(T_R値)、PSI、STR
連　絡　先:〒090-8507　北見市公園町165番地　北見工業大学 土木開発工学科　TEL 0157-24-9501　FAX 0157-23-9408

は2.5→1.6と、大幅に減少している。

図4は、「浄水技術ガイドライン」に示されてある最長T_R値5minを採用し、G_R値を上昇させた実験の結果である。G_R値の上昇に伴って、濁度、Fe及びSTRは、いずれも当初は改善されているが、それぞれ異なるG_R値で最低値を取り、その後は処理性が低下している。水温が下がれば、いずれの項目についても、最適G_R値が低い方に移動すると同時に処理性が低下している。濁度の最適G_R値は、20℃で600s^{-1}(T_R値5min、G_R値150s^{-1}からの改善率:51.2%)付近から2℃で450s^{-1}(同:45.0%)付近へ、Fe及びSTRの最適G_R値は、20℃でそれぞれ1,000、1,350s^{-1}(同:54.4、59.5%)付近から2℃でそれぞれ600、1,000s^{-1}(同:47.8、54.7%)付近へ移動している。

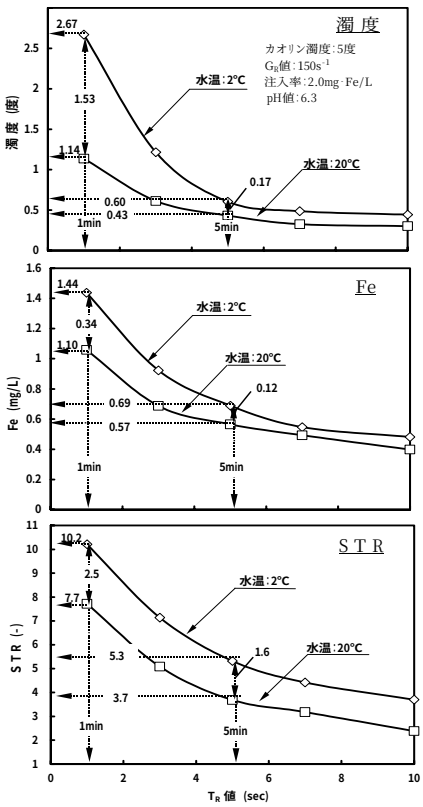

図3　T_R値の上昇に伴う処理性

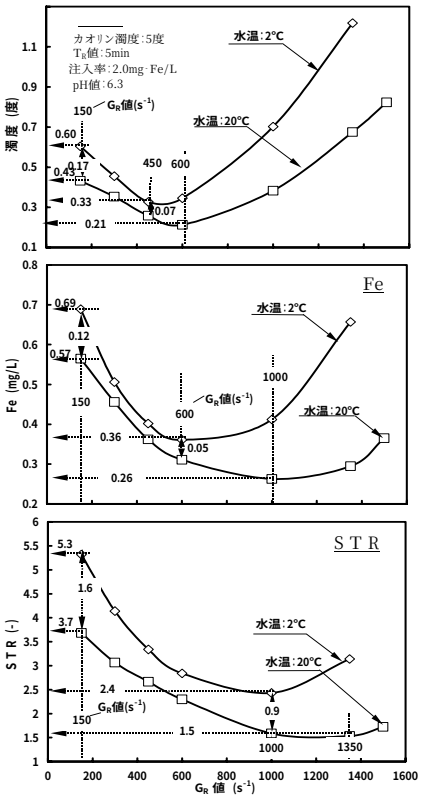

図4　G_R値の上昇に伴う処理性

表1は、従来の急速撹拌条件と今回の実験の最適条件とにおける処理結果をまとめたものである。水温20℃では、急速撹拌条件の適正化(G_R値150→最適値、T_R値1→5min)によって、濁度は81.6%(1.14→0.21度)、Feは76.1%(1.10→0.26mg/L)、STRは80.5%(7.7→1.5)改善されている。一方、2℃における改善率は、濁度87.6%(2.67→0.33度)、Fe75.0%(1.44→0.36mg/L)、STR76.5%(10.2→2.4)であった。急速撹拌条件を適正化すると、大きな改善効果が得られるとともに、2℃と20℃とにおける濁度差は92.2%(1.53→0.12度)、Fe差は70.6%(0.34→0.10mg/L)、STR差は64.0%(2.5→0.9)も減少していることから、水温による処理性差が大幅に抑制されることが明らかになった。

表1　従来及び最適の急撹条件における処理性比較

水温 (℃)	T_R (min)	G_R (s^{-1})	濁度 (mg/L)	G_R (s^{-1})	Fe (mg/L)	G_R (s^{-1})	STR (-)
20	5	150	0.43	150	0.57	150	3.7
		600	0.21 (51.2)	1,000	0.26 (53.9)	1,350	1.5 (59.5)
2	5	150	0.67	150	0.69	150	5.3
		450	0.33 (50.7)	600	0.36 (47.8)	1,000	2.4 (54.7)
増加量 (2-20℃)	1	150	1.53	150	0.34	150	2.5
	5	最適値	0.12 (92.2)	最適値	0.10 (70.6)	最適値	0.9 (64.0)

カッコ内は、各水温の従来条件(G_R値150s^{-1}、T_R値1min)を基準にした改善率(%)

表2　PAC及びPSI-1の最適急速撹における処理性比較

水温 (℃)	凝集剤	G_R (s^{-1})	濁度 (mg/L)	G_R (s^{-1})	Fe or Al (mg/L)	G_R (s^{-1})	STR (-)
20	PAC	450	0.22	1,000	0.11	1,000	1.5
	PSI-1	600	0.21 (0.95)	1,000	0.26 (2.36)	1,350	1.5 (1.00)
2	PAC	450	0.36	1,000	0.21	1,000	1.7
	PSI-1	450	0.33 (0.92)	600	0.36 (1.71)	1,000	2.4 (1.41)

カッコ内は、各水温におけるPACの最適急撹条件における濁度、Al or Fe、STRを基準とした倍率。T_R値はすべて5minに固定。

表2は、濁質の処理性が同程度となるPAC及びPSI-1（注入率はmmol-metal/Lでほぼ等量のPAC20mg/L、PSI-1 2.0mg-Fe/L）及び20℃と2℃とにおける最適急速撹拌条件における処理性を示している。残留凝集剤濃度やSTRを考慮して評価すると、Fe系凝集剤とAl系凝集剤とにおける低水温時の処理性には、殆ど差が認められない。このように、G_R値及びT_R値を適正化して処理性を高めておけば、凝集剤や水温が変わっても、凝集沈澱後に配置されるろ過池を支障なく運転することができる。これらのことは、有機性ポリマーの併用を考える前に、急速撹拌条件を適正化して、処理性がどの程度まで改善できるかを把握しておくことが大切さを示唆している。

4．ま　と　め　急撹条件を最適化すれば、水温及び凝集剤の種類に関係なく、濁度、凝集剤残留量、STRの処理性は大幅に改善される。なお、PACの実験結果については、発表時に示したい。