

生下水の直接浄化における炭酸アルミネート系塩材 の最適添加量について

猪迫耕二*・吉田 勲*

平成10年6月26日受付

*鳥取大学農学部生環境科学講座

A Study on a Determination of Proper Amounts of the Carbonated Alminate Salts for the Direct Purification of Raw Domain Wastewater

Koji Inosako* and Isao Yoshida*

* *Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan*

The carbonated aluminate salts (CAS) is a new coagulant which has some features, a) the flocculation by the CAS is rapid and is not under influence of organic matter, b) the available range of pH is extensive. In this study, the direct purification of raw domain wastewater using the CAS was examined. The proper amounts of the CAS were determined for raw domain wastewater. Furthermore, raw domain wastewater in several conditions were treated by the proper amounts of the CAS. The results are summarized as follows: 1) The proper amounts of the CAS per 500 ml of wastewater are POKS 0.1 g, MA 0.2 g, MB 0.2 g, KC 0.4 g, GA 1.5 g, FA 0.8 g, 2) Removal rates of COD, T-P, SS and T-N are 96-100 %, 60-90 %, 90-100 % and 10-40 %, respectively. 3) The quality of the treated water is stable to variations of the wastewater quality.

(Received 26 June 1998)

key words: carbonated aluminate salts, coagulant, direct purification of raw domain wastewater

はじめに

現在、汚水中のリンを除去するために凝集剤が広く使用されている[2]。その方法は、生物処理後の2次処理水に凝集剤を添加する凝集沈殿法[1,3]や生物反応槽に凝集剤を添加する凝集添加法[4]とに大別される。これら従来法では、汚水処理の中心はあくまで生物学的処理であり、凝集剤を用いる物理化学的方法は補助的なものであった。しかし、生物学的処理法では生物反応が処理の中心であるため、温度変化の影響を受けやすく、かつ原水の急激

な変動に弱いという欠点がある。生物学的処理が良好に行えない場合には、高度処理もまた良好には進行しない。

このような現状に鑑みて、①温度変化等の影響を受けず、②原水の水質変動に対し、処理水質が安定しており、③高度処理も同時に行えるような処理技術の開発が望まれる。

本研究では、近年新たに開発された凝集剤である炭酸アルミネート系塩材 (Carbonated Aluminate Salts, 以後、CAS 材と称する) に着目し、これを生下水に直接添加することによって前述したような処理技術の確立をめざし

た。ここでは、CAS 材の最適添加量の決定法ならびに原水の水質変動や水温変化に対する本処理法の適応性について報告する。

GAS 材について

CAS 材は(合)三星化学によって開発された無機凝集剤であり、様々な種類の薬剤の総称である。水処理には主剤である CAS-POKS のほか CAS-MA,CAS-MB,CAS-KC,CAS-GA,CAS-SU などの前処理剤が用いられる(以後、それぞれ POKS, MA, MB, KC, GA, SU と略する)。これらの働きは第 1 表にまとめている。

CAS-POKS の主な特徴としては、①凝集作用が速く、有機物の有無に影響されないこと、② pH 調整が不要であること等が挙げられる。前処理材は CAS-POKS の添加量を減少させ、かつ、さらに高度な処理を可能ならしめるものである。

また、助剤としてフライアッシュ(FA)を用いるとさらに処理性能は向上する。

実験方法

1. 試料水と CAS 材

実験に用いた生下水は鳥取市秋里にある下水処理場(都市下水)の最初沈殿槽より採取した。生下水の保存は困難なので、原則として実験の度に採水した。

都市下水は様々な下水が混入しており、かつ時間的な

第 1 表 水処理に使用される CAS の種類と効果

薬品名	効果等
MA	中性の無機物質の液体で、油分・タンパク質等が含まれている場合に添加すると、効果が得られる。
MB	アルカリ性の無機物質の液体で、MA または KC と組み合わせることによって、小さなフロックを形成する。
KC	pH2.7 で酸性の無機物質の液体である。
GA	無機物質の液体で除濁・除臭の効果があり、塩素が含まれている。しかし、添加しすぎると、COD が上昇するために注意する必要がある。
SU	これは GA を添加したとき、水によっては除濁できず、逆に着色してしまうことがある。その様な場合に GA の代わりに添加する。
POK-S	炭酸カルシウム、酸化アルミ等を組合わせた無機物質の粉体である。これは、強力な凝集沈澱剤であるため、少量の添加で大きなフロックを形成する。

水質変動が極めて大きい。その変動に耐えるには多種類の薬剤を使用する方が有効であると思われる。そこで、本実験では、POKS, MA, MB, KC, GA ならびに FA を使用することとした。

2. 最適添加量の決定法

本実験では、各薬剤の最適添加量を決定していく必要があるが、ここでは以下の手順で最適量を決定していった。

- ①実験 1 : POKS の最適量を仮決定する。POKS 添加量は 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 g である。
- ②実験 2 : POKS 添加量を固定して FA の最適量を決定する。FA 添加量は 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, 12.8, 25.6 g である。
- ③実験 3 : POKS, FA 添加量を固定して GA の最適値を決定する。GA 添加量は 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 g である。
- ④実験 4 : POKS, FA, GA 添加量を固定して MA+MB の最適値を決定する。MA, MB 添加量は同量とし、それぞれ、0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 g である。
- ⑤実験 5 : POKS, FA, GA, MA, MB 添加量を固定して KC の最適値を決定する。KC の添加量は 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.8, 1.6 g である。
- ⑥実験 6 : 以上の実験で決定された FA, GA, MA, MB, KC 添加量を固定して POKS の最適値を最終決定する。POKS 添加量は 0.05, 0.075, 0.1, 0.2 g である。

実験では、1 ℓ ビーカーに生下水 500 ml を分取し、後述する条件で攪拌を行った。攪拌終了後、全量を東洋ろ紙 5A でろ過し、ろ液について COD を測定した。これは砂ろ過後の処理水に相当する。水質比較にろ液を使用した理由は、添加条件が良好でない場合は小さいフロックが浮遊し上澄み液の採取が困難になることが予想されたためである。各薬剤の添加量が最適であるか否かの判定は、基本的に処理水の COD によった。その理由として、BOD と比べて、①比較的短時間で安定した測定ができること、②薬剤の過剰使用による影響が測定値に現れることによる。なお、ここでいう COD とは JIS K 0102 の 100 °C 過マンガン酸カリウム法で測定されたものである。

攪拌はジャーテスター (MJS-6, 宮本製作所) を用いた。回転数は 200 rpm とし、攪拌時間は POKS 添加後から 2 分間とした。なお、これは従来の凝集剤の攪拌条件を参考に任意に決定したものである。

攪拌子は塩ビ製の十字型羽根を用いた。一枚の羽根の形状は一辺 2.5 cm の正方形であり、厚さは 2 mm であった。CAS 材は凝集作用が速いので、攪拌は激しく行う必要がある。そこで、攪拌子の回転軸をビーカーの中心から約 1.5 cm ずらして攪拌した。

3. 生下水への適用

以上の方法によって決定したCAS材の最適添加量が下水の水質変動に対してどの程度安定的に処理できるかを判定するために、1997年10～11月の任意に選択した日の9, 12, 17時に採水した試料水の処理を試みた。採水日数は11日である。さらに、原水の温度変化に対する処理能力の変動を検討するために、試料水の温度を2, 5, 15, 20℃と変化させて処理を行った。

いずれの試験においても、CAS材の添加順は、MA+MB, KC, GA, FA, POKSとした。

結果と考察

1. 最適添加量

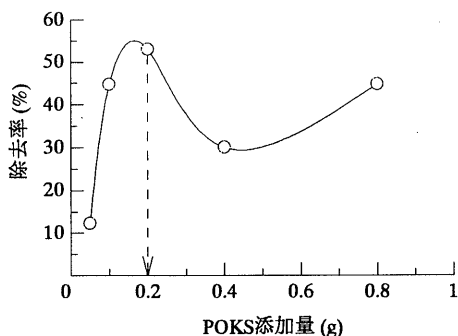
それぞれの実験結果は図1～6にまとめている。

なお、前述したとおり、ここではろ過水の水質を比較しており、COD除去率は次式で求めた。

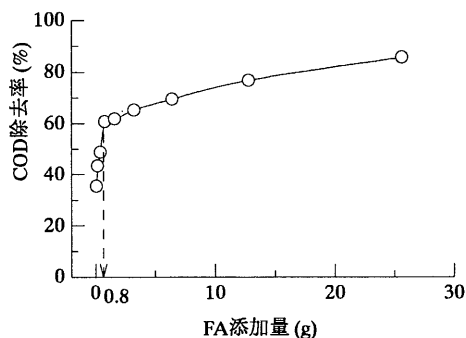
$$R = \frac{C_s - C_t}{C_s} \cdot 100 \quad (1)$$

ここで、R:COD除去率(%), C_s :ろ過原水のCOD(mg/l), C_t :CASによる処理後にろ過した処理水のCOD(mg/l)である。

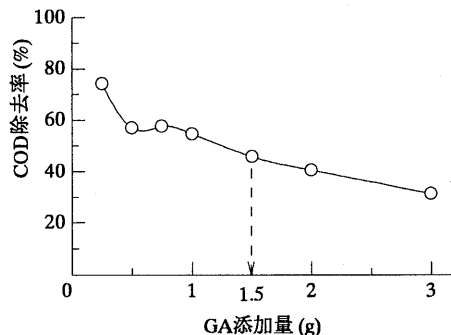
第1図に実験1の結果をまとめた。図よりCOD除去率は山型となったので、最適値を0.2gと仮決定した。第2図に実験2の結果をまとめた。図より明らかなようにFA添加量の増加に伴い、COD除去率も増加し続ける。しかし、除去率曲線は0.8gで変曲点を迎えており、0.8g以上の添加は除去率の向上にそれほど寄与しない。そこで、0.8gを最適量とした。第3図は実験3の結果である。これによるとGAの添加量が増加するのに従い、COD除去率は低下する傾向にある。除去率から判断すると0.25g以下とすべきであるが、GA添加の目的は色、臭いを取り除くことにあるため、ここでは臭いを判断材料とした。第3図からは判断できないが、1.5g以下の添加量では下水臭が残り、1.5gより多いと塩素臭がしたので、ここでは1.5gを最適と判断した。なお、GAの最適量の決定法については今後、さらなる検討が必要であろう。第4図は実験4の結果である。これによると0.2gまでは、ほぼ同程度のCOD除去率であったが、0.2gを越えると急激に低下している。MA, MBの添加は処理水のpHに影響を与えるため、その最適添加量の判定にはpHもあわせて検討する必要がある。放流水のpHは公共用水域に放流する場合5.8～8.6とされている。pHの変動をみると、MA, MB添加量の増加に伴いpHは明らかに上昇している。0.4gまではpH8.4以下であり放流基準内であるが、それより



第1図 POKS添加量とCOD除去率の関係

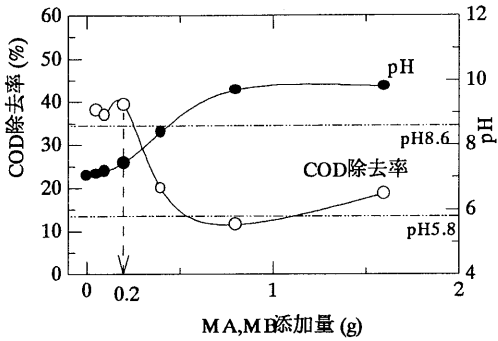


第2図 FA添加量とCOD除去率の関係
POKS=0.2g

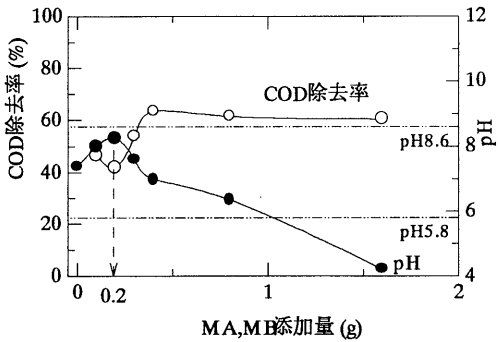


第3図 GA添加量とCOD除去率の関係
POKS=0.2g, FA=0.8g

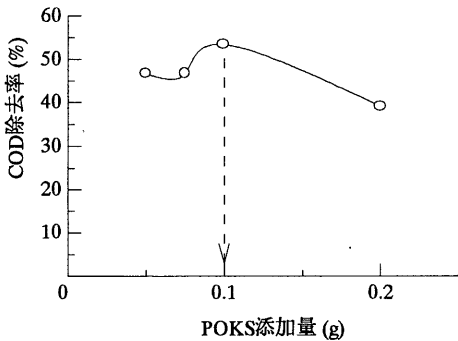
多い場合は処理水のpHとしては高すぎると言える。除去率とpHを考慮してMA, MBの最適添加量はそれぞれ0.2gとした。第5図は実験5の結果である。これによるとCOD除去率は0.4gをピークに緩やかに減少している。pHの挙動をみると一旦pH8.25まで上昇した後、単調に低下していく傾向が認められる。添加量0.4gのときでpHは7.0となったので、これを最適添加量とした。図6は実験



第4図 MA,MB添加量とCOD除去率の関係
POKS=0.2g,FA=0.8g,GA=1.5g

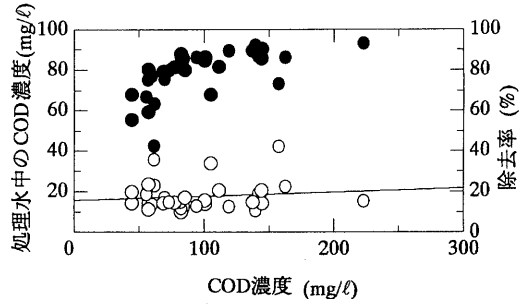


第5図 KC添加量とCOD除去率, pHの関係
POKS=0.2g,FA=0.8g,GA=1.5g
MA=MB=0.2g



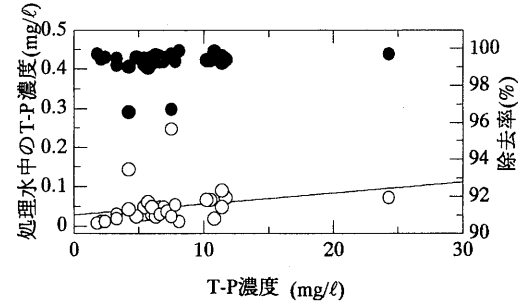
第6図 POKS添加量とCOD除去率の関係
FA=0.8g,GA=1.5g,MA=MB=0.2g
KC=0.4g

6の結果である。これによるとPOKS 0.1g添加のとき最高の除去率を示した。このことから、前処理材の使用によって主材 POKS の添加量を半分に行うことが明らかとなった。なお、各実験での除去率がばらついているのは生下水が大きく変動しているためである。



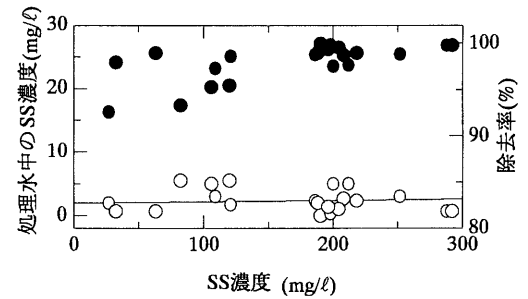
第7図 原水と処理水のCOD濃度と除去率

○ 処理水中のCOD濃度, ● 除去率



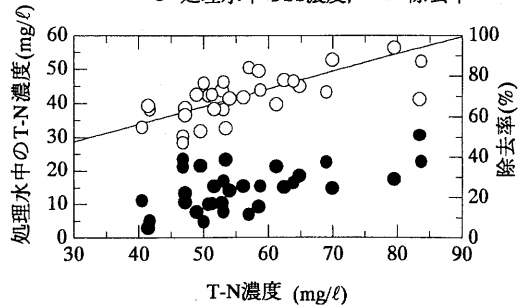
第8図 原水と処理水のT-P濃度と除去率

○ 処理水中のT-P濃度, ● 除去率



第9図 原水と処理水のSS濃度と除去率

○ 処理水中のSS濃度, ● 除去率



第10図 原水と処理水のT-N濃度と除去率

○ 処理水中のT-N濃度, ● 除去率

2. 生下水の処理結果

次に、先に決定した最適添加量による処理結果と生下水の水質変動との関係を調べた。最適添加量を決定する際にはろ過水の COD を用いたが、実際の処理施設では沈殿槽における自然沈降でフロックと処理水を分離しているのが一般的である。そこで、ここでは生下水と処理水の上澄み液の水質について検討した。その際に、ある最適添加量の組み合わせが原水の水質変動に対してどの程度安定的に処理できるかを数値で表現することができれば客観的判断の一助となる。そこで、原水の水質と処理水の水質の関係を一次関数で近似した。この直線の勾配は、原水の水質変動に対する処理水の水質変動の比率を表しており、この直線の勾配が緩やかであればあるほど、原水の変動に対して安定的に処理できることを意味している。ここでは、この直線を最小2乗法で求め、その勾配を変動指数と呼ぶこととした。

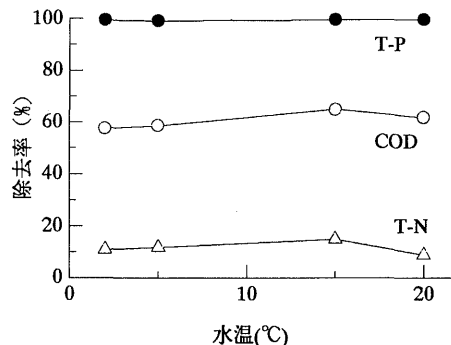
第7図は原水と処理水の COD 濃度および除去率をまとめたものである。原水の COD 濃度が増加しても処理水の COD 濃度は 20 mg/l 付近で安定していた。このことは、最適添加量における処理が広範囲な原水の水質変動に対応可能なことを意味している。COD 濃度に関する変動指数は 0.02 であった。除去率では 60~90 % の範囲に集中しており、良好な処理成績といえる。

第8図は T-P 濃度についてまとめたものである。COD 濃度の場合と同様に、原水の T-P 濃度の変動幅 1.8~24.3 mg/l に対して処理水の変動幅は 0.1~0.26 mg/l 程度であり、非常に安定しているといえる。変動指数は 0.003 であった。除去率も 96 % 以上と極めて高率であった。

第9図は SS 濃度についてまとめたものである。SS 濃度の変動指数は 0.002 であり、COD 濃度、T-P 濃度よりも原水の水質変動に対する対応能力は大きい。除去率も高く 90~100 % に集中している。また、このことは、CAS 材の凝集能力の大きさをも示唆している。

第10図は T-N 濃度についてまとめたものである。T-N 濃度の変動指数は 0.52 であり、他の項目に比べ、原水水質の変動に対して敏感に反応する。凝集沈殿法による窒素成分の除去は原理的に不可能であることから、T-N 濃度の変動指数が他の項目より大きくなることは理解できる。低率とはいえ 10~40 % 程度の除去率が得られたのは原水の懸濁成分中の有機態窒素が除去されたためと考えられる。この点を明らかにするためには、さらに窒素成分を詳細に分析する必要がある。

以上の水質項目の変動指数を比較すると、COD で 0.02、T-P で 0.003、SS で 0.002、T-N で 0.52 であった。すなわ



第11図 原水の水温と除去率

ち、SS が最も安定的に処理され、次いで T-P、COD、T-N となる。現在のところ、安定的な処理か否かの判定を行う変動指数の閾値は明確になっていない。このことは今後の課題といえる。

次に、原水の水温変化と除去率の変動について検討する。第11図は水温を 2, 5, 15, 20 °C とした場合の COD、T-P、T-N の除去率をまとめたものである。T-P は水温に関係なくほぼ一定の除去率であった。COD、T-N では 15 °C での除去率がわずかに大きくなっているが、他の水温での除去率との差は小さかった。したがって、COD、T-P、T-N ともに一定の除去率であったと判断できる。このことから CAS による処理は原水の水温変化の影響を受けないと言える。なお、原水濃度は COD で 77.4 mg/l、T-P で 4.75 mg/l、T-N で 74.7 mg/l であった。

おわりに

本研究では、新しい凝集剤である CAS 材を都市下水に直接添加することによって、生物学的処理法を用いずに有機物の処理と高度処理とを同時に行う方法について検討した。その結果、最適添加量は生下水 500 ml に対して POKS 0.1 g、MA 0.2 g、MB 0.2 g、KC 0.4 g、GA 1.5 g、FA 0.8 g となった。この組み合わせで生下水の直接浄化を試みた結果、COD、T-P、SS において、それぞれ 96-100 %、60-90 %、90-100 % もの高い除去率が得られることが明らかとなった。また、これら 3 成分に関しては原水の水質変動に対して、極めて鈍感であり、CAS 材による安定的な処理が期待できることが明らかとなった。さらに、原水の水温変化に対してもほぼ一定の除去率が得られ、CAS による処理は水温の影響を受けないことが明らかとなった。これらのことから、本法は原水の性状、水温等によって、凝集剤の添加量を変更する必要がなく、極め

て実用性の高い方法であると言える。

しかし、窒素成分に関しては十分に除去されておらず、この点に関して、別の観点から方策を練る必要があると思われる。

最後に、本研究を行うに当たり、(合)三星化学 脇村嘉郎氏には CAS 材を提供していただいた。また(株)旭硝子コートアンドレジ 菅野昭弘氏には有益な助言をいただいた。専攻生(当時)の横田麻衣子氏(現 鐘淵化学工業(株))、定延淳子氏(現 大阪府)には水質分析において協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 中曽根英雄：汚水からの窒素・リン除去技術の原理，農土誌，56：235-239(1988)
- 2) 中曽根英雄・西口 猛：農村集落排水のための汚水処理技術入門，西口 猛編，農土学会，東京(1985),pp.97-107
- 3) 高橋 強：集落排水に利用できる窒素・リン除去技術，農土誌，56：241-246(1988)
- 4) 山岡 賢・端 憲二・菊岡保人：回分式活性汚泥法における鉄液添加によるリン除去，農土論集，186:25-35(1996)