

汚泥消化によぼす重金属塩の影響

東北大学大学院 学生員 工修○野池達也
 東北大学工学部 伊藤勇雄
 東北大学工業教員養成所 鈴木恵美

§1 はじめに

近年産業の発展に伴ない、工場排水の水質は複雑化し、生物処理過程は、多種の毒性物質を受ける可能性が増した。下水中に混入する毒性物質として主なものに、重金属類、シアニオン、ABS等があげられるが、従来、好気性および嫌気性処理に対する影響について、多くの研究者によって検討がなされてきている。筆者らは、嫌気性消化槽の機能が、これらの毒性物質を受け取った場合、どの程度の濃度まで耐え得るかについて研究しているが、本報告では金属工場排水中に多量に含まれる銅イオンが汚泥消化によぼす影響を、回分および半連続投入実験によって、ガス発生量、ガス組成、脱離液の水質の面より検討したものである。

§2 回分消化実験

(1) 実験装置、材料および方法
 実験装置は、図1に示すものを用い、各消化槽は、温度条件を同一とするため、同一の恒温水槽中に設置した。用いた実験材料は、種汚泥として、東京都芝浦処理場消化汚泥に下記の生下水汚泥を加え、実験温度33℃において、約2ヵ月培養したものを用い、生活污水として、仙台市南蒲生処理場最初沈殿池汚泥を用い、種汚泥0.72ℓおよび生活污水0.08ℓを混合して総量0.8ℓとした。また銅としては、

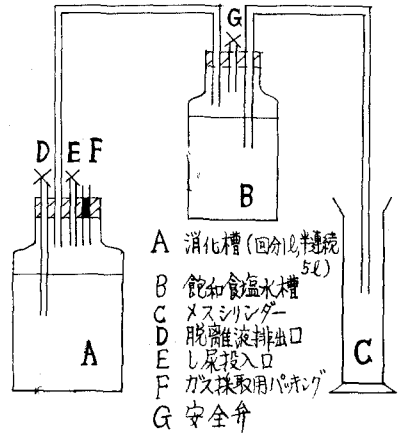


図1 実験装置

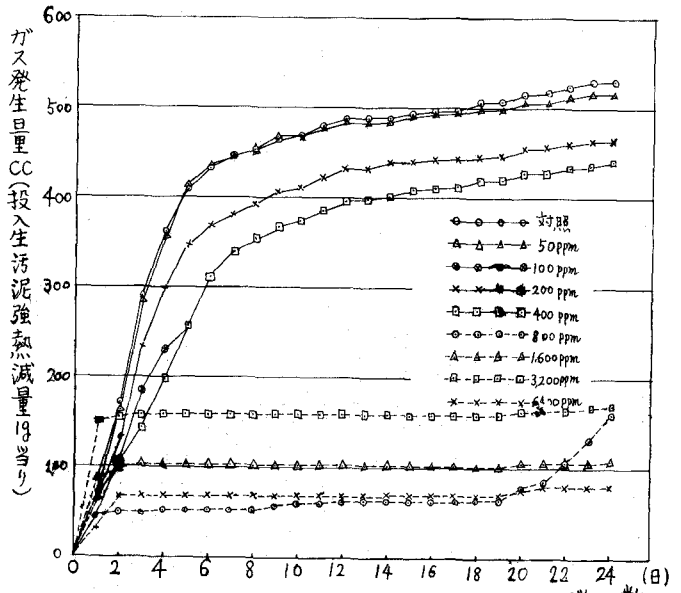


図2 消化日数24日間におけるガス発生量加積曲線

硫酸銅を用いた。然し、硫酸銅は、水溶液中で硫酸イオンを生ずるので、陰イオンとしての SO_4^{2-} の影響が汚泥消化にあらわれるならば、毒物としての銅のみの影響を知ることが出来ない。それゆえ、陰イオンの影響がほとんどないと考えられる塩化第二鉄 $CuCl_2$ を用いて実験を行ない、検討を加えた。

(これについては講演時にのべる)。

銅の投入濃度は、混合液において、0, 50, 100, 200, 400, 800, 1,600, 3,200, 6,400 ppmとし、有機物負荷量は、 $0.038 \text{ VSg/汚泥固形物1g}$ とした。また、消化温度 33°C 、消化日数24日間であり、定時にガス発生量を測定して後に、1日一回、槽内が均一になる程度に、手で攪拌した。

(2) 実験結果および考察

図2は、消化日数24日間におけるガス発生量加積曲線である。これによると、対照および50ppm投入の場合は、ほとんど

変らないガス発生状況を示しているが、100ppm以上では、最初から低いガス発生量を示している。なお、100ppm投入消化槽では、ガス測定装置の欠陥のため、ガス発生量の測定が6日目より不可能となった。また、800ppmでは、消化日数20日目頃よりガスの発生が見られ、1,600ppm以上では、ガス発生は、ほとんど見られなくなる。ここで初期に発生したガスは、硫酸銅の高濃度投入によってpH低下をもたらした結果、重炭酸塩の分解したものである。消化槽内ガス中のメタンの含有割合の変化は、対照~200ppmにおいては、同様な変化を示し、これらが平衡状態に達するのは、4~6日要することが、知られた。また、400ppm以上では、メタンガス発生に遅延を生じ、800ppm以上では、初期には、全く発生が見られず、ある程度の馴化が行われた後に生ずることが見られた(図は省略)。図3は、混合液の性状についてまとめたものである。これによるとCODについては、はっきりした傾向が見られていないが、強熱減量、揮発酸は、Cuの投入濃度の増加と共に増加を示し、菌数は減少を示している。既述のように、400ppmよりメタンの産生に明白な遅れが生じることを知ったが、そのことと対応して、揮発酸がこの濃度付近から増加していることが知られる。すなわち、消化の過程が酸生産の段階において一部停滞し、また、1,600ppm以上では、全く停止していることが示された。

§3 半連続投入実験

(1) 実験装置、材料および方法

実験装置は図1に示すものとし、消化槽として5ℓの広口ビンを用いた。また、材料および実験条件も、回分実験と同一とした。ここで消化日数は、30日であり、1日当たり、0.1ℓの混合液あるいは、脱離液を引き出し、同じ容量の銅含有汚泥を投入して、十分に攪拌した。試料採取、投入およびガス発生量測定は、1日一定時に行ない、脱離液、混合液、ガス組成分析は、実験期間約60日にわたって行なった。すなわち、実験用消化槽運転開始後、機能が定常状態に達するまで、銅を投入せず、脱離液の性状、ガス発生量、ガス組成の分析の面より、約1ヵ月間馴用した。銅は、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を用いて、次に示すような濃度において、生活泥に添加して投入した。消化槽番号 N0.1—250ppm, N0.2—500ppm, N0.3—1,000ppm, N0.4—2,000ppm, N0.5—4,000ppm, N0.6—8,000ppm, N0.7—0ppm(対照)。ここで、N0.4以上では、一般の都市下水汚泥中に予想されないような高濃度のものであるが、

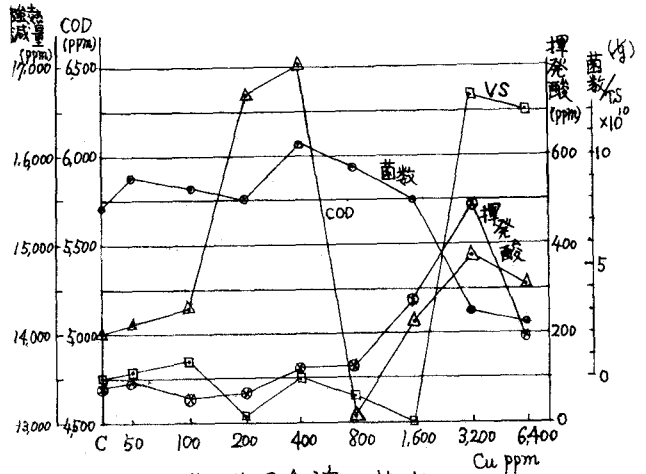


図3 消化後混合液の性状

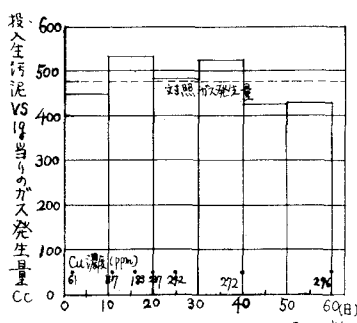


図4-a 混合液のCu濃度とガス発生量 (No.1消化槽)

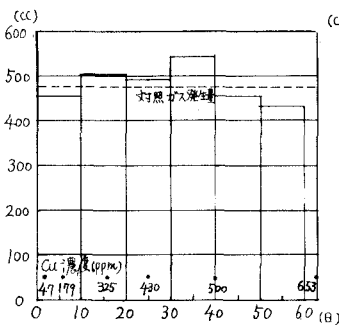


図4-b No.2消化槽

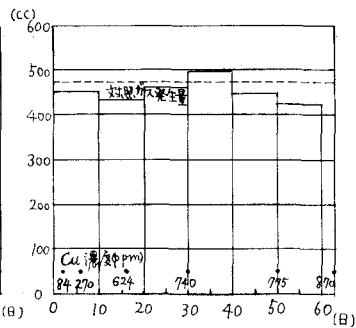


図4-c No.3消化槽

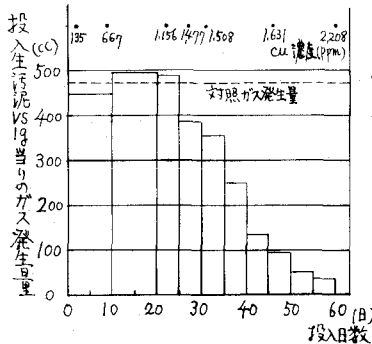


図4-d No.4消化槽

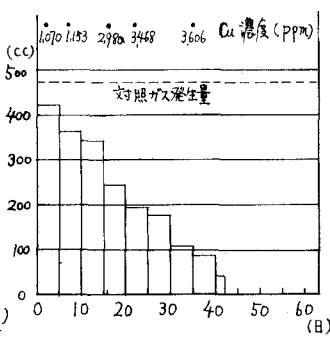


図4-e No.5消化槽

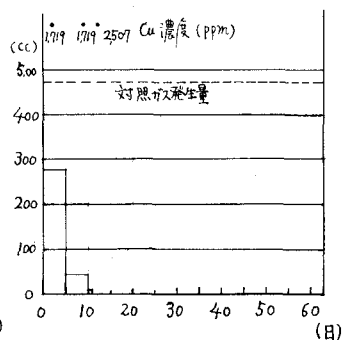


図4-f No.6消化槽

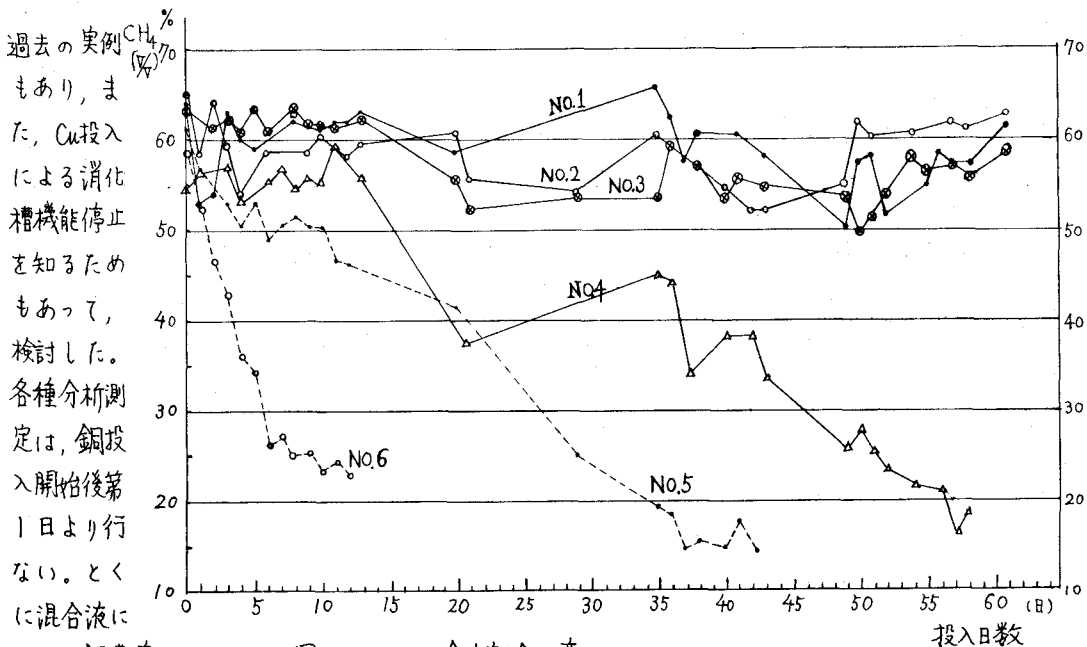


図5.メタンの含有割合の変化

過去の実例 CH_4 (%) もあり、また、Cu投入による消化槽機能停止を知るためもあって、検討した。各種分析測定は、銅投入開始後第1日より行ない。とくに混合液における銅濃度

の変化と各分析結果とを関連させることを主眼とした。なお、この期間を通じて用いた投入生活泥の強熱減量としての有機物成分は、1日当り2.08~2.71g、生活泥は18ppmのCuを含んでいる。

(2) 実験結果と考察

(a) 銅濃度の増加に対するガス発生量およびガス組成の変化

図4-a~fに銅投入開始後、64日間における、槽内の銅濃度の変化とガス発生量を示した。これによると、NO.1~NO.3においては、同様なガス発生量が示され、対照の消化槽とほとんど変わらない。各槽における混合液の最終の銅濃度は、NO.1—296 ppm, NO.2—633 ppm, NO.3—1,046 ppm, と測定された。NO.4においては、図により、投入日数25日以降より、ガス発生量は、徐々に減少して行くが、この時の銅濃度は、1,400 ppm~1,500 ppm と見ることが出来る。さらに、Cu 2,208 ppm に至って、ガス発生が停止する。また、NO.5においては、最初の5日間より、かなり低いガス発生量が示され、43日目では、消化が完全に停止し、初期および終期のCu濃度は、1,071 ppm および 3,606 ppm であった。NO.6においては、11日間の投入を経て、消化作用は全く止んだ。これらの結果を通じて、NO.1~NO.3では、実験期間においては、まだ消化可能な限界濃度に達せず、あるいは、NO.3のように高濃度のCuとなっても、なんら影響が示されないのは、毎日の投入の反復によって、この濃度に徐々に達し、Cuにある程度、馴致させられたからであると思われる。

(b) ガス組成の変動

図5は、実験期間における消化ガス中のメタンガスの占める割合を示したものである。測定結果にかなりのばらつきが認められるが、NO.1~NO.3は、メタンの產生に何らの影響を受けていないことが知られる。また、NO.4~NO.5は(a)項で論じたガス発生に影響をおよぼしはじめる日数とそれぞれ対応して、メタンガス発生量の低下をきたしており、また、消化ガス中には、炭酸ガスの占める割合が増す。

(c) 脱離液の性状および揮発酸の変動

紙数の制限のため、図示は省略し講演時に述べるが、NO.1~NO.3では、脱離液のpH, COD, 混合液の揮発酸は、ほとんど変化ない結果を示した。NO.4~NO.6においては、(a), (b)での場合と対応し、有機酸の急激な増加とpHの低下が見られている。

(d) 各相におけるCu濃度分布

実験の終期、あるいは消化槽の機能停止時における各相のCu濃度は次のようである。脱離液; NO.1—9 ppm, NO.2—22 ppm, NO.3—57, NO.4—157 ppm, NO.5—245 ppm, NO.6—1949 ppm, 混合液; NO.1—296 ppm, NO.2—633 ppm, NO.3—1,043 ppm, NO.4—2,208 ppm, NO.5—3,606 ppm, NO.6—2,507 ppm, 消化汚泥; NO.1—756 ppm, NO.2—985 ppm, NO.3—2,672 ppm, NO.4—3,560 ppm, NO.5—5,282 ppm, NO.6—5,655 ppm。従って各消化槽とも、消化汚泥中に相当量Cuが蓄積し、脱離液中にも相当量存在し、受容水系に影響をおよぼすと考えられるが、実際に毒性作用を示す形態としては溶解性のものと言われるが、厳密な測定は難しい。

(e) 消化汚泥の脱水性

消化汚泥を水洗後、凝集剤として $AlCl_3$ を用いて、ヌッチェによる脱水試験を行なったが特色現^われず。

5.4 結論

- (1) 回分実験において、Cuの影響を知るために用いた、 $CuSO_4$ と $CuCl_2$ による陰イオンの影響の差がない。
- (2) 回分実験により、Cuがガス発生、混合液の性状に明白な影響を与える濃度は、200~400 ppm である。
- (3) 連続的なCuの投入によって、混合液中にCu 1,400~1,500 ppm 存在するとガス発生その他に影響がある。
- (4) Cuを多量に受けた消化槽からの脱離液中に、Cuが相当量含まれる。