

pH 刺激応答性ゲルを用いたバルブ機能の開発

九州大学工学部 ○学生員 近田泰章
九州大学工学部 正会員 楠田哲也
九州大学機能物質科学研究所 入江正浩

1. はじめに

処理場からの放流水の pH の許容限度については海域以外の公共用水域に排出させるもの 5.8 以上 8.6 以下、海域に排出されるもの 5.0 以上 9.0 以下とされている。一部の地域を除き、一般に我が国の水道水は軟水で下水のアルカリ度が低く、pH に対する緩衝能も小さいため、硝化が生じると pH が低下する。エアレーションタンク内の pH が低下すると活性汚泥の解体の原因ともなる。また、処理水の pH が基準値 (pH5.8) を下回ることも起こることがある。この場合、エアレーションタンクの一部を無酸素化して脱窒による pH 上昇を図るか、硝化を抑制する運転が採られる。

そこで、ここでは処理水の pH が基準値より下回らないように、環境の pH 変化に応じて膨潤収縮するゲルを用い、自動でエアレーション量を調節できるバルブ機能を考えることにする。

2. 実験

2.1 ゲルの組成

N-Isopropylacrylamide (N-IPAAm)	2.55g
Metacrylic Acid (MA)	0.45g
N-N'-Methylen-bis-acrylamide (BIS)	60mg
2,2'-Azobisisobutyronitrile (AIBN)	45mg
Dimethyl Sulfoxide (DMSO)	3.0ml

なお、MA は 8mmHg・56 度で減圧蒸留し、重合禁止剤を取り除いたものを用いた。

(試薬はすべて特級)

2.2 ゲルの合成方法

まず、DMSO をメスピペットでメスフラスコに入れ、窒素置換を 15 分行う。(酸素は重合反応を抑止する作用があるため窒素置換する。) 次に上記の試薬をそのメスフラスコに入れ、超音波を 5 分かけて完全に溶かし、さらに窒素置換を 15 分行う。その後、重合反応時の発泡を防ぐために超音波を 5 分かけ、メスフラスコ内の気泡を取り除く。図 1 のゲル成型型に溶液をいれ、密封状態にして反応器 (60℃) に約 1 時間 50 分入れる。ゲル化後、蒸留水中で 2-3 日水膨潤させ、未架橋部分を取り除く。

2.3 実験装置

図 2 に示すように、短く切った厚さ 3mm のアクリル角柱を厚さ 1mm のアクリルプレート (水の流れをよくするため穴をあけておく) でサンドイッチ状に挟んで接着させたものを作成し、その間にゲルを挟み込んだものを装置とした。

2.4 実験方法

20℃、pH4 にした蒸留水中で 24 時間静置したゲルを 1cm 角に切り、多段装置に 10 枚挟み込む。多段装置の上に重り (100g) を乗せて、温度 20℃ 一定、pH4 から 8 で可逆的に変化させ、その膨張率を測定した。それと同時に、比較のため多段装置に挟み込んだゲルの膨張率も測定した。また、それぞれの pH につき測定間隔は 1、2、3、6、9、12、24 時間とした。(ゲルは約 12 時間で、荷重をかけた多段装置は約 24 時間で平衡膨潤長になる。) 図中における膨張率 L/L_0 は 20℃、pH4 で平衡状態に達しているときのゲルの長さを L_0 、各 pH におけるゲルの長さを L として求めている。

なお、pH は自動滴定装置を用いて NaOH 及び HCl で制御し、温度はウォーターバスを用い一定とした。

2.5 ゲルを用いてのバルブ機能

pH が変化した時、その間に挟んだ 10 枚のゲルの膨潤収縮により図 2 の多段装置が変化し、A 部が開閉する構造となっている。図 3 に示すように、まず、エアーポンプからのエアーの流量を流量計 1 で一定値に制御する。pH が 7.5

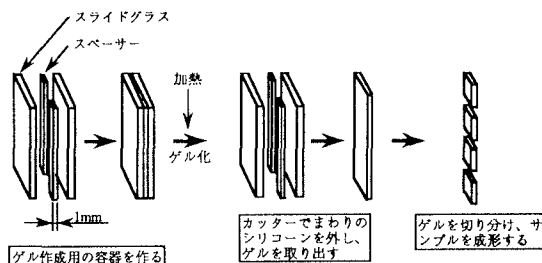


図1 ゲルの作成図

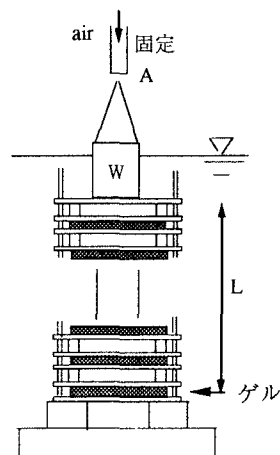


図2 多段装置

でゲルが膨潤している時、多段装置のバルブAが閉じている状態にセットする。その時にエアはCに流れ、エアレーション部から放出される。次に、pHが5.8に下がるにつれ数時間かけて多段装置が動き、バルブAが開く。それにより、エアの流れがCからBに切り替わりエアレーションが止まる。再び、pHが上昇すると元の状態に戻る。

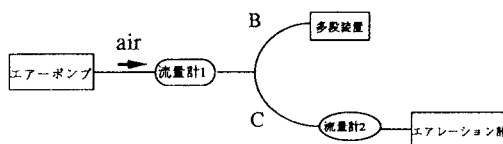


図3 バルブ機能の簡略図

3.結果及び考察

図4、5は蒸留水中でpHを変化させたときのゲルと多段装置の変化を示し、図6、7は下水処理水中での変化を示す。(処理水は0.1 μ mのフィルターで2回濾過したものを使用。)

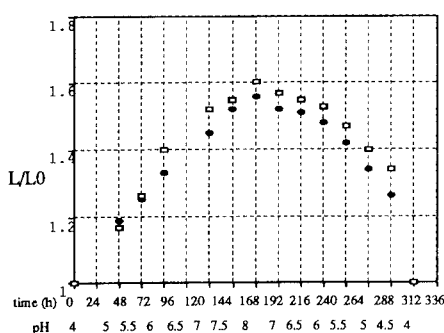


図4 pHを24時間毎に変化させた時のゲルの変化

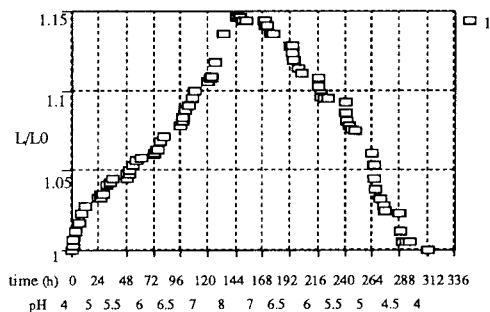


図5 pHを24時間毎に変化させた時の多段装置の変化 (荷重 100g)

(ただし、処理水中での測定はその可逆性を見るため、一回pH7.5で膨潤させた後pHを5.75に下げて収縮させ24時間おいた状態から測定した。)

多段装置はpHを4から8まで上げた時、膨潤過程で約9mm変化した(図5)。しかし、pHを下げた時、ゲル特有のヒステリシスから収縮が遅かった。また、処理水中ではイオン強度が強いため、蒸留水中と比較して、ゲルの膨張率は小さくなった。これは、イオン強度が強いと、高分子鎖上のマイナスの電荷がイオン雰囲気により遮蔽されクーロン斥力が弱まるためである。

4. おわりに

バルブの機能を持たせるためには、pH5.8と7.5の間で可逆的に数mm多段装置が変位することが必要である。現在の装置では、未だ処理水中においてその変化を期待できないが、多段装置に挟み込むゲルの枚数を増やすことで解決できると考えている。

また、1枚のゲルの厚さを現在の1mmから0.5mmにすることで、反応時間を短くすることも可能である。

今後は、エアレーションの変化量を2.5で述べたシステムで制御することを目指し、多段装置の膨潤収縮に伴う通気量の変化を測定する予定である。

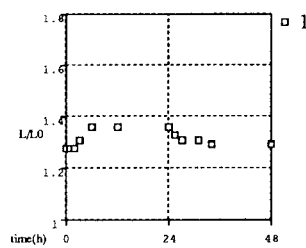


図6 pHを24時間毎に変化させた時のゲルの変化

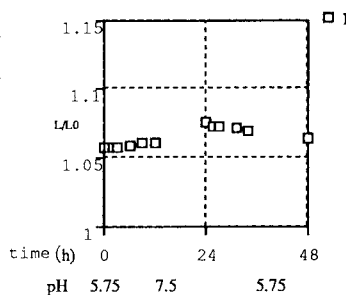


図7 pHを24時間毎に変化させた時の多段装置の変化 (荷重 100g)

参 (1) 宮崎ら; N-IPAAm-AA Copolymer Gelの排水処理への応用に関する基礎研究

平成5年度土木学会西部支部研究発表会講演集, pp.262-263

2) 田村; 機能性ゲルの水質変換への応用に関する基礎的研究、H7. 九大大学院水工土木学専攻修士論文