

オゾンによる砂の殺菌

岡村 澄夫・合田 奈央*・近藤 福実*

Sand sterilization by ozone gas

Sumio OKAMURA, Nao GODA* and Fukumi KONDO*

(2001年11月26日受理)

Ozone has the strongest oxidization effect and this property has been used in sterilization. Ozone is an infusible in water, the sterilization of E. coli by low concentration of ozone gas is very difficult. But high concentration of ozone gas (3700ppm) exposure resulted in low efficiency of E. coli existence after 10 minutes. The existence of water interrupted ozone effect. So the sterilization by ozone gas is suitable for dry substances. We had investigated the sterilization of dry sand by ozone gas.

1. 緒言

紫外線を用いると、光の届かないところは殺菌できないので効率が悪い。熱による殺菌では、大がかりな装置や高エネルギーが必要となる。

また、塩素などの薬品による処理は、残留物を取り除くことが困難であり、残留物の危険性が問題になる。

オゾンガスは、時間が経つと酸素に分解されるため、安全に殺菌できる¹⁾。また、隅々まで行き渡るので効率よく、装置の小型化、これらに伴うコストの削減が期待できる。

2. 実験と結果

使用菌株として大腸菌 E.coli 6038を用い、生育培地としては、ブイヨン培地を用いた。生菌数は平板希釈法²⁾によった。

2.1 低濃度のオゾンの影響

大腸菌を培養した液体培地 (OD = 約0.3) 100 ml に直接直径 1 cm のテフロン管を使用してオゾンガスを曝露させた。

オゾンは270 ppm の濃度で、気体流量は 5 l/min とする。

オゾン処理をしていないものの数と比べて、生き

残っている分を生存率として計算した。

結果は図1に示す。菌数はオゾン処理をしていないものと比べてほとんど変わらなかった。

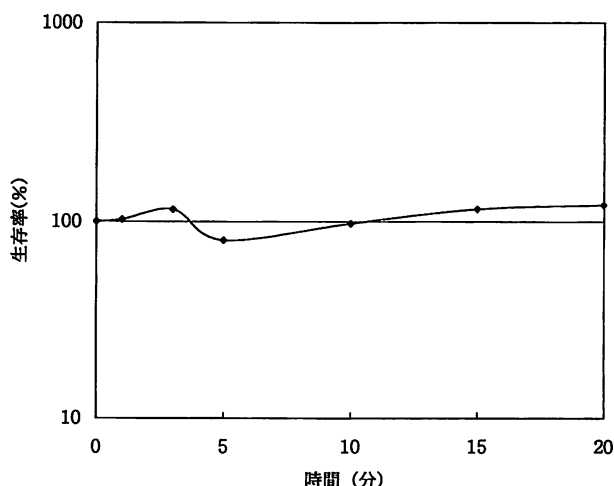


図1 オゾンによる大腸菌の殺菌 (曝露)

ブイヨン培地で約40分間培養しながらオゾン処理を行うので、生存率が100%を超える時もある。

殺菌効果がほとんど見られなかったのは、オゾンガスは水に溶けにくいいため、大腸菌に作用する前に液体中から追い出されたと考えられる。オゾンガスの濃度を高くするか、微粒子状にバブリングして水に通じさせればより殺菌効果が現れると考えられる。

* 秋田高専卒業生

2.2 水中へのオゾンガスの溶解

水溶液中のオゾンの量は吸収剤として、ヨウ化カリウムを用いて測定する³⁾。オゾンガスを曝露させてヨウ化カリウム (KI) 溶液に吸収させると、 I_2 を遊離するのでヨウ素デンプン反応で検出することができる。

遊離したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム ($Na_2S_2O_3$) 標準溶液で滴定してオゾン进行定量する。

なお、オゾンガス発生装置により発生する気体のオゾンガス濃度は、オゾンモニター (OKITORONICS OZM-G21) で測定した。

実験の結果は図2で35分後でもヨウ化カリウムによる吸収量は100 ppmにも満たなかった。

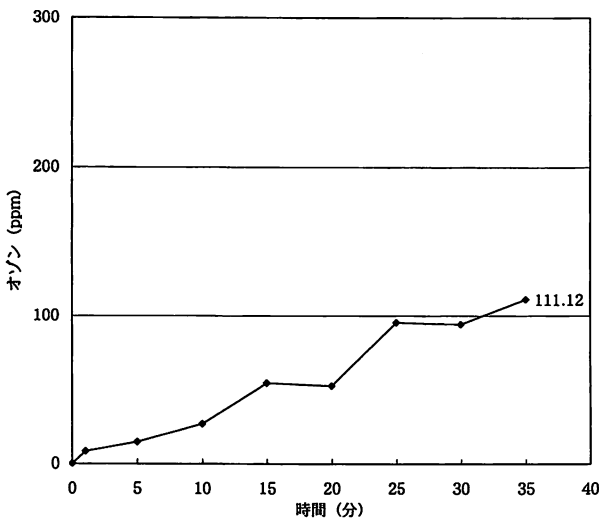


図2 ヨウ化カリウムによるオゾンの吸収

2.3 蒸留水へのオゾンガスの溶解

次に吸収剤のない蒸留水には、どの程度オゾンガスが溶解するのかを調べた。

蒸留水100 ml に270 ppm/5 l/min のオゾンガスを通じさせ、滴定する。その結果45分間バブリングさせてもオゾンは全く水に溶解していなかった。

これらの結果から、大腸菌を培養して培養液にオゾンガスをバブリングしても、溶存オゾンはほとんど存在していないので殺菌効果を示さなかったと考えられる。

2.4 高濃度オゾンの影響

オゾン濃度を高めるため、オゾン発生器の能力を高め、さらに酸素ガスを用いて3700 ppm/5 l/min のオゾンガスを発生させ2.1と同じ実験を行う。この場合ヨウ化カリウムに吸収されるオゾンは約30秒で100 ppm を測定した。

ただし、オゾンガスをバブリングさせる時間は20, 40, 60秒間とする。

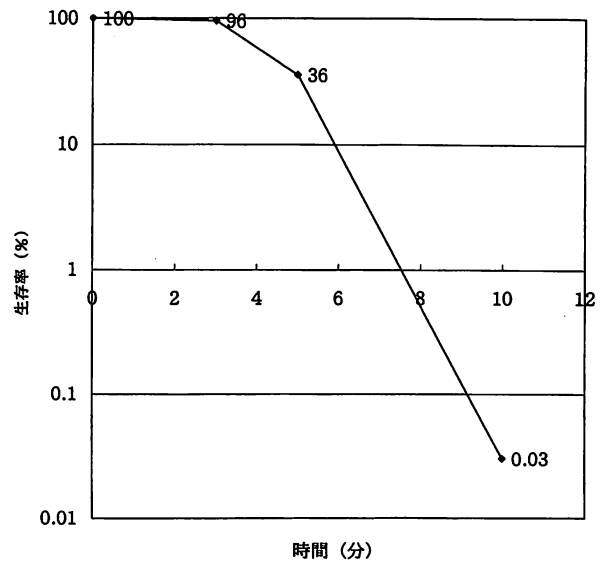


図3 オゾンによる大腸菌の殺菌 (曝露)

実験結果は図3で最初の3分間はあまり変化が見られなかったが、数分後から急激に生存率が減少し、10分後にはほぼすべての菌が死滅した (生存率0.03%)。このことからオゾンガスはある程度水に溶けないと殺菌効果が現れないことがわかる。

これらの実験により、低濃度オゾンガスによる実験では、オゾンガス濃度が低すぎて、まったく水に溶けていないことが原因だと考えられる。また、オゾンガス濃度を高くしないと、殺菌効果が現れないことがわかった。

結論として、オゾンガスは液体の殺菌にはあまり適していないことがわかる。

オゾンガスは、水分が少ないものの殺菌に向いていると考え、次の実験を行うことにする。

2.5 砂の殺菌実験

乾いた砂の水分は約1%と低く、オゾンガスが水分に邪魔されにくいと考えられるので、高い殺菌効率が期待できる。砂の殺菌は学校や公園で最近需要が見込まれてきている。

2.5.1 砂の殺菌実験 (開放型)

実験は、砂殺菌用として図4の装置を東北インダストリー社に試作してもらった。

1) オゾン発生装置の電圧を80~90Vにし、酸素ガスの流量を5 l/minにする。このとき、オゾンガス濃度は、約3700 ppm/5 l/minになる。

オゾンによる砂の殺菌

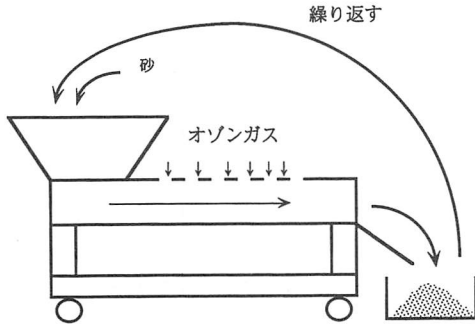


図4 砂の殺菌装置図（開放系）

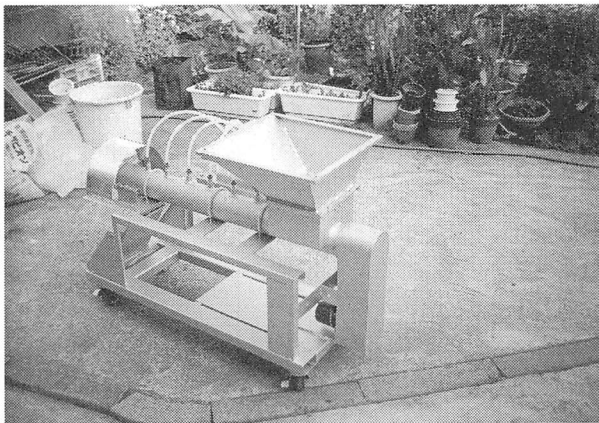


図5

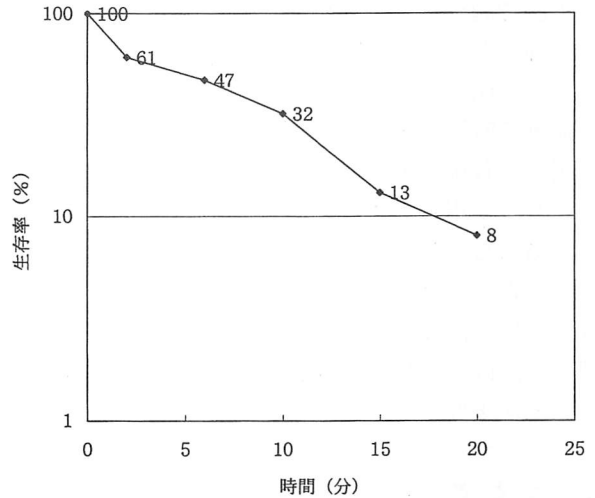


図6 オゾンによる砂殺菌（解放）

2.5.2 砂の殺菌実験（密閉型）

密閉することにより、高い殺菌効率が期待できると考え、次の実験を行う。

2.5.1の実験で用いた砂殺菌用装置の、オゾン発生装置を用いて実験を行う。

三角フラスコに砂1gを入れ、その中に3700ppm/5l/minのオゾンガスを5秒間放出しアルミ箔で密閉する。砂とオゾンガスを時間をそれぞれ0, 1, 2, 3, 4, 5分間接触攪拌させ生存率を平板

2) 発生したオゾン量をオゾンモニターで確認し、記録する。

3) 殺菌する砂を上部の砂受け入れ口から流し込み

4) スクリューで円筒部に砂を取り込み、ホッパーを6~7rpmで回転させ、チューブで7カ所に分配したオゾンガスと砂を攪拌させる。

5) 砂の中の菌数を平板培養法により調べた。

結果は図6に示す。20分間で、砂についている細菌の数は8%まで下がった。

しかし、20分間で殺菌効率が8%までしか減少しなかったため、この実験の殺菌効率はかなり悪いと考えられる。また、装置外に漏れ出るオゾンガスの量が多く、特有の臭いが感じられた。

殺菌効率が悪かった理由としては、

- ・ 砂とオゾンガスがうまく攪拌されなかった
- ・ 砂と反応する前に、オゾンガスが装置外へ漏れだしていた

などが考えられる。そこで、砂とオゾンガスを密閉して効率よく反応させる方法を考え、次の実験を行う。

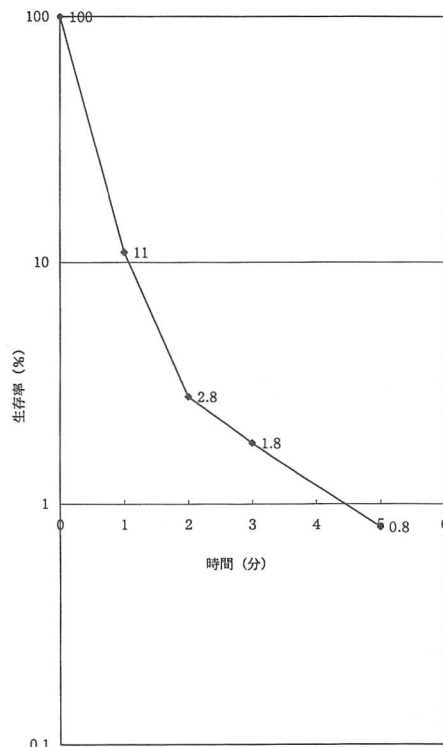


図7 オゾンによる砂の殺菌（密閉）

培養法で調べた。

生存率が1分で10%，5分で1%以下になった。グラフは図7に示す。

横軸の時間のスケールを同じ長さにしてみると、密閉型は殺菌効率が高くなっていることがわかる。

また、使用したオゾンガスの量は密閉型の方が少量で済んだ。

これらのことより、試作した砂殺菌用装置の、改良しなければならない点が見えてきた。装置を密閉型とし、砂とオゾンガスを良く攪拌されるようにすることが重要だと考えられる。

3. まとめ

これらの実験結果より、

- ・オゾンガスは、非常に水に溶けにくい。
- ・殺菌のために、オゾン濃度を高くしないと効果が見られない。
- ・密閉すると、砂のような固形物の殺菌効果が高い。ということがわかった。

まとめると、オゾンガスでは水分が少ないものの殺菌を簡単に行うことができるといえる。つまり、オゾンガスによる殺菌は、オゾンガスとその反応物が良く触れあう状態であればその殺菌効果は高いと

ということがわかった。

オゾンガスによる殺菌は、砂以外にどんなものに応用できるのか。

土壌細菌によるの連作障害の改善、粉体や穀物の殺虫殺菌。また、熱処理などで風味が減少してしまう香辛料等の殺虫殺菌などへの応用が期待できる。また、オゾンガスが水に溶けた状態で存在している「オゾン水」ではどのくらいの効果があるのかを研究する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、オゾンガス発生装置、並びに種々の装置を提供していただいた、秋田高専電気工学科の浅野先生、オゾン処理装置を試作していただいた、東北インダストリーの皆様には大変お世話になりました。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 伊藤泰郎, オゾンの不思議, 講談社(1999), 49
- 2) 杉山, 微生物学実験法, 講談社サイエンティフィック(1999) 84
- 3) 吉野, 新実験化学講座, 9, 27 (1976)