

大腸菌群増殖抑制効果を持つクリンカアッシュを利用した土木資材の開発

宮崎大学大学院 学生会員 ○間部 哲志, 正会員 関戸 知雄, 正会員 土手裕

1. 研究背景と目的

2017年度の石炭灰発生量は1280万tであり、1995年から増加傾向にある¹⁾。石炭焼却底灰であるクリンカアッシュ(以下 CA)の有効利用は進んでおらず、付加価値の高い有効利用方法の開発が求められている。過去の研究で、CAの大腸菌群増殖抑制効果が明らか²⁾にされたが、その効果の変動や実環境での効果についてなど不明な点が多い。

そこで本研究では、様々な状況のCAの利用を想定した実験条件での大腸菌群増殖抑制効果を明らかにした。

2. 試験方法

2.1 試料概要

CAは、宮崎県A工場の石炭ボイラーより、2020年7月、2021年4, 5, 6, 10, 11, 12月、2022年2, 4, 6, 11月の11回採取し、大腸菌群増殖抑制効果を調べた。以降、試料名は2020年7月に採取した試料を2007CA、2021年4月に採取した試料を2104CA等として示す。貯留および通水による大腸菌群増殖抑制実験は、2007CAを用いた。CAは採取後105°Cで乾燥し、2mm以下に破碎し実験に用いた。大腸菌群を含む試料(試料水)は、A市下水処理場の最終沈殿池通過直後の処理水を採取し用いた。また、通水実験は流入水を蒸留水で100倍希釈して用いた。

2.2 CA採取日別大腸菌群増殖抑制効果確認実験

CAの大腸菌群増殖抑制効果の採取日の違いによる影響を調べるため、異なる日に採取した10種のCAを試料として用いた。2021年4月CAと同日に採取したフライアッシュ(FA)も試験を行った。250mLポリ瓶に乾燥したCAを20g入れオートクレーブにより121°C、10分間滅菌した。このポリ瓶に、試料水を200mL入れて蓋をし、37°Cのインキュベーター内で48時間培養した。その後、上澄み液を採取し、BGLB法によって大腸菌群の最確数(MPN/100mL)を測定した。毎回の実験では試験前の試料水中大腸菌群数を測定した。また、比較として、CAを入れずに試料水のみを同様の条件で培養したときの大腸菌群数を測定した。試料水のみを培養した容器内大腸菌群数をA(MPN/100mL)、CA添加時の結果をB(MPN/100mL)とし、CAによる大腸菌群増殖抑制効果を表す指標として減少率X(%)を以下の(1)式で計算した。

$$X = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (1)$$

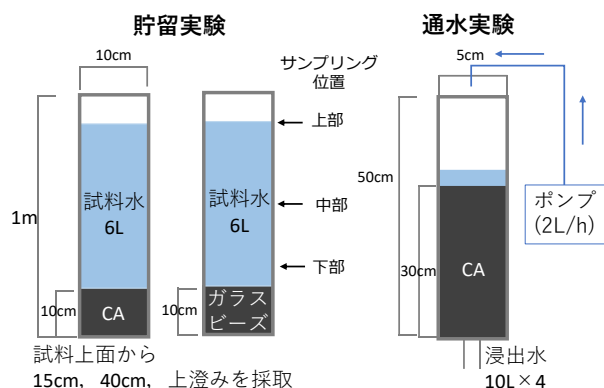


図-1 貯留実験および通水実験装置概要

2.3 貯留による大腸菌群増殖抑制実験

実験装置概要を図-1に示す。高さ100cm、直径10cmのカラム容器の底部にCAを10cm(約600g)の高さになるように入れ、試料水を6L(高さ約70cm)入れた。試料水添加後1, 3, 8日目に、CAの上端位置から15cm(下部)、40cm(中部)と上澄み(上部)の3か所の試料水を静かに採取し、BGLB法によって大腸菌群数を測定した。また、コントロールとしてCAの代わりにガラスビーズを充填し、同様に試験を行った。

2.4 通水による大腸菌群増殖抑制実験

高さ50cm、直径5cmのカラムにCAとコントロールとして標準砂(セメント強さ試験用標準砂(JIS R 5201))をそれぞれ30cmの高さで充填し、ポンプを用いて試料水を2L/hで10L通水した。その後、発生した浸出水中の大腸菌群数を測定した。この操作を4回行った。繰り返しは2回行った。

3. 実験結果および考察

3.1 CAによる大腸菌群増殖抑制効果基礎実験

図-2に2021年、2022年に採取したCAの大腸菌群増殖抑制効果を示す。大腸菌群減少率は、採取日によって35%(2105CA)~91%(2202CA)と大きく変動した。培養後の溶液pHの変動は8.5~9.1であり、大腸菌群減少率との相関は低かったことから、CAによる溶液中のpH上昇が減少率に与えた影響は小さいと考えられた。本実験の減少率の平均値は約80%であった。以上の結果から、発生するCAを一旦貯留し、よく混合して用いることができれば、大腸菌群の増殖を抑制する資材として利用できる可能性が示

された。今後は大腸菌群増殖抑制効果と灰の元素組成やボイラー運転条件等との関係を明らかにすることが課題である。なお、フライアッシュ(2104FA)の大腸菌群減少率は100%であった。溶液pHは11.8とCAのpH平均値よりも高かったことが要因として考えられた。

3.2 貯留による大腸菌群増殖抑制実験

図-3に深さ方向の大腸菌群数測定結果を3回の平均値として示した。測定限界値の 1.6×10^6 MPN/100mLを超えた試料結果は、測定限界値を用いて平均を計算した。1日目のCA充填容器内上部、中部、下部から採水した試料中の大腸菌群数は $7.1 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$ MPN/100mLであった。また、1, 3, 8日目に採水した試料の測定結果より、採取位置と大腸菌群数の明確な関係は見られなかった。一方、コントロール充填容器内の大腸菌群数は1日目は $2.2 \times 10^5 \sim 3.2 \times 10^5$ MPN/100mL, 3日目および8日目は3か所の平均で約 6.7×10^5 , 6.4×10^5 MPN/100mLであり、CA充填容器内の大腸菌群数に比べて高い値となった。細菌の移動速度は約 $30 \mu\text{m/s}$ と言われており³⁾、1日でも十分容器内を大きく移動できると考えられる。このため、水中に存在する大腸菌群が底部のCA表面付近に移動し、CAの近傍で活性が低下したことにより大腸菌群数がコントロールより低くなったことが理由として考えられた。

3.3 通水による大腸菌群増殖抑制実験

CA充填容器と砂充填容器について1回目の通水で、CAでは減少率が87%と高い減少率がみられた。標準砂は通水した試料中の大腸菌群数が減少せず、効果が見られなかったことから、通水は2回目以降実施しなかった。以上の結果より、CAに試料水を通水することで、大腸菌群数が減少することが明らかとなった。

図-4に2本のCA充填容器に試料水を通水した浸出水中の平均の大腸菌群減少率の推移を示す。1回目の通水で大腸菌群数減少率が59%と比較的低い値が測定されたが4回目までの平均の減少率は75%となり大腸菌群増殖抑制効果の明確な低下はみられていない。そのため、今後も継続して測定を続ける必要がある。

3. まとめ

本研究ではCAを様々な利用状況を想定し、異なる実験条件での大腸菌群増殖抑制効果を明らかにした。貯留による大腸菌群増殖抑制実験結果から湖沼や河川の護岸の材料として大腸菌群数を減少させる効果を持つ資材としての使用可能性が示唆された。また、畜産農家等からの雨水流出により大腸菌群による汚染拡散が懸念されるよ

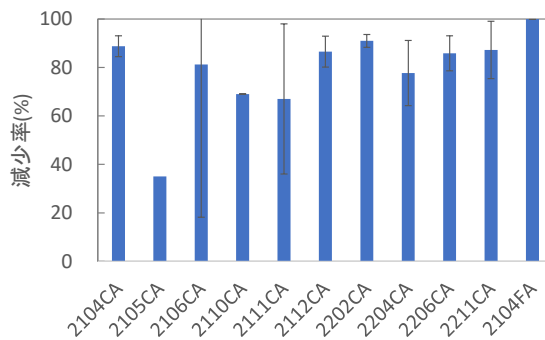


図-2 採取日の違いによる影響

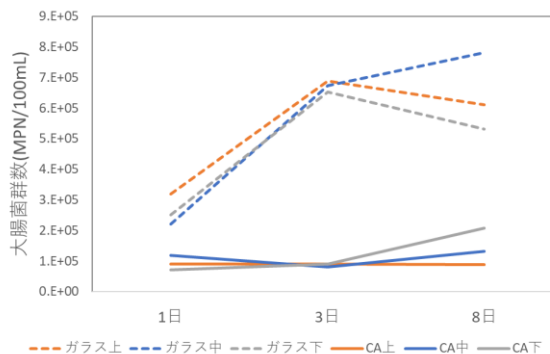


図-3 貯留によるCAの大腸菌群増殖抑制効果(3回の平均)

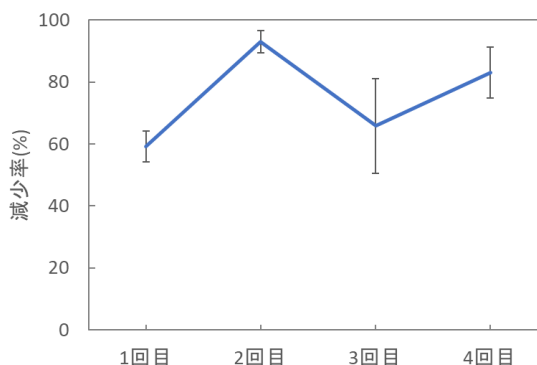


図-4 通水による大腸菌群増殖抑制効果

うな場所で、汚染防止効果を持つ舗装材等に利用できる可能性が示唆された。今後は、実際の利用環境を模擬した実験により、CAの持つ大腸菌群増殖抑制効果の持続性について明らかにすることが課題である。

参考文献

- 1) 一般財団法人石炭エネルギーセンター：石炭灰全国実態調査報告書（平成29年度実績）pp5, 2017.
- 2) 間部 哲志, 関戸 知雄, 土 裕：石炭クリンカアッシュの大腸菌群増殖抑制効果に関する研究, 第32回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, C2-14-P, 2021.
- 3) Gayan Abeyasinghe et al. : Fungal mycelia and bacterial thiamine establish a mutualistic growth mechanism, Life Science Alliance, Volume 3, No. 12, 2020, DOI: 10.26508/lsa.202000878