

溜池の池干しによる底質の変化が 放射性セシウムの溶出に及ぼす影響に関する実験

日本大学工学部 土木工学科 学生会員 ○小島 孟
日本大学工学部 土木工学科 正会員 手塚 公裕
株式会社 環境総合テクノス 非会員 生野 元昭

1. 研究背景・目的

溜池では水を抜くだけで簡便かつ低コストで実施できる伝統的水質浄化法「池干し」が現在も各地で行われている。池干しでは底質中の有機物が分解されアンモニウムイオン(NH_4^+)が生成される。一方、平成 23 年の福島第一原子力発電所の事故に伴い、溜池底質に放射性セシウム(Cs)が蓄積した。平成 26 年の東北農政局調査結果¹⁾では、福島県の溜池全 3730ヶ所のうち 730ヶ所の底質から指定廃棄物とする判断基準(8kBq/kg)を超える放射性 Cs が検出されており、農業への影響が危惧されている。また、底質に含まれる雲母類が風化することによって、六員環に固定されていたカリウムイオン(K^+)が Cs^+ や NH_4^+ などに入れ替わる²⁾ことがある。これらのことから、池干しにより生成された NH_4^+ が水中に溶出し、この NH_4^+ が底質中の Cs^+ と置換して水中に Cs^+ が溶出する可能性が懸念される。しかし、池干しが放射性 Cs の動態に及ぼす影響は研究されていない。そのため、室内実験により底質からの放射性 Cs の溶出に及ぼす池干しの影響を検討した。なお、湛水後の底質直上水の溶存酸素条件(好気、嫌気)が放射性 Cs の溶出に及ぼす影響についても検討した。

2. 研究方法

2.1 実験用底質の採取地点選定および採取方法

平成 28 年 8 月 25 日に福島県白河市の溜池で放射性 Cs 分布調査を行い、放射性 Cs 濃度が相対的に高い地点を実験用底質の採取地点に選定した。放射性 Cs 分布調査は、水底放射能測定装置「みなそこ」(環境総合テクノス社)を用いた。実験用底質は、選定した地点において平成 28 年 9 月 15 日に不覚乱型柱状採泥器(HR 型)を用いて表層 15cm を対象に採取した。採取した底質の異物を取り除き、混合して均一となったものを実験用底質とした。

2.2 放射性 Cs 溶出実験方法

実験用底質を実験槽(直径 12.5cm、高さ 50cm のアクリル筒)に、底質の厚さを 15cm となるように充填し、恒温器内で擬似的な池干しを行った(図-1)。池干し条件は、既往の研究で池干しの効果がみられた温度 30°C、暗所で行った。池干し期間は、0、30、70 日間を設定した。

池干し後、池干した底質を巻き上げないように条件設定した蒸留水 2.5L を投入し、30°C、暗所に設定し、0、10、20、30 日目に底質直上水と底質間隙水の放射性 Cs、 NH_4^+ -N 等を測定した。また、各条件における底質の放射性 Cs、含水率、強熱減量等を分析した。投入した蒸留水は、 NH_4^+ が生成されて Cs が溶出しやすいと想定される溶存酸素条件(嫌気条件)と、比較用の条件(好気条件)を設定した。当初、池干し期間は 0、30 日間のみを設定していたが、池干し期間 30 日間では池干しによる乾燥が不十分であったため、予備試料を用いて池干し期間 70 日間の条件(嫌気の湛水 0、30 日目)を追加した。底質直上水及び底質間隙水は WhatmanGF/B 47mm の孔径 1 μm のガラス繊維濾紙でろ過して検水とした。放射性 Cs はゲルマニウム半導体検出器(GC-2520, CANBERRA)、 NH_4^+ -N は国土交通省の河川水質試験方法(案)を用いて分析した。なお、本論で検討に用いた放射性 Cs は、半減期が 30 年と長い Cs-137 を対象にした。また、水中の放射性 Cs を測定するためには最低でも 2L の検水が必要となるため、測定日ごとに実験槽を用意して実験を行った。

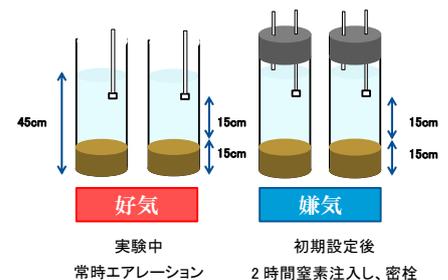


図-1 実験槽の概要

キーワード 池干し、放射性セシウム、アンモニウムイオン、底質、溶出、溜池

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部水環境システム研究室 TEL:024-956-8724

3. 実験結果および考察

3.1 含水率、強熱減量に及ぼす池干しの影響

池干しによる含水率、強熱減量の変化を図-2 に示す。含水率は、初期値の78.8%から池干し30日後では74.6%、池干し70日後では43.2%に減少した。また強熱減量は、初期値の23.6%から池干し30日後では20.5%、池干し70日間で19.3%に減少した。池干しにより底質の含水率と強熱減量(有機物)が減少した。

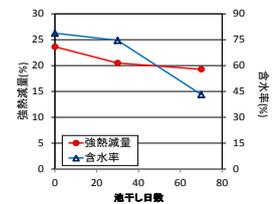


図-2 池干しによる含水率、強熱減量の変化

3.2 池干しによる底質の変化が放射性セシウムの溶出に及ぼす影響

底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の変化を図-3 に示す。湛水後、全条件で底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が経日的に増加した。底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は、好気条件では池干し0日間よりも池干し30日間で高かった。嫌気条件では20日目までは池干し0日目と池干し30日目で差がないが、30日目では池干し期間が長いほど底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が高くなった。

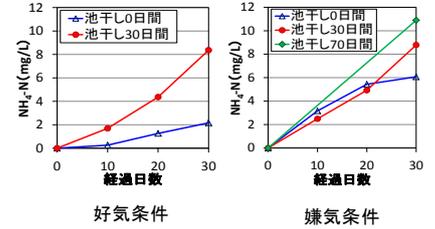


図-3 底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の変化

底質直上水の Cs-137 濃度の変化を図-4 に示す。湛水後、全条件で底質直上水の Cs-137 濃度が経日的に増加した。底質直上水の Cs-137 濃度は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と概ね同様の変動を示した。最も高濃度を示した池干し70日間の嫌気条件の湛水30日目では、Cs-137 濃度が1.4Bq/kgであった。なお、飲料水の基準値は10Bq/kgとなっており、本実験で溶出した放射性Csは微量であった。

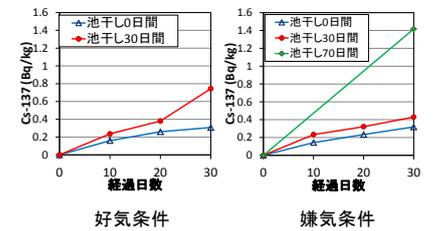


図-4 底質直上水の Cs-137 濃度の変化

底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と Cs-137 濃度の相関を図-5 に示す。好気条件と嫌気条件では共に底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と Cs-137 濃度に正の相関がみられた。好気条件では $R^2=0.929$ 、嫌気条件では $R^2=0.899$ と共に高い値であった。土壌による Cs^+ に固定反応の親和性は NH_4^+ よりも高いが、高濃度の NH_4^+ が存在すると一部の Cs^+ が置換されて液相に放出される³⁾。これらのことから、底質から水中に溶出した NH_4^+ が、底質に吸着していた Cs^+ と置換し、 Cs^+ が水中に溶出したものと考えられる。

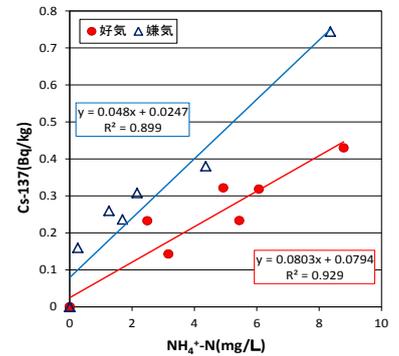


図-5 底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ と Cs-137 の相関

平成27年、平成28年に本溜池で行った調査では、湖水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は常に0.01mg/l未満であった。また、平成26年の調査では、湖水の Cs-137 濃度が0.1Bq/kg以下であった。よって、底質から水中に溶出した NH_4^+ が底質からの放射性Csが溶出する現象は確認されていない。

4. まとめ

- (1) 池干しにより底質の含水率と強熱減量(有機物)が減少した。
- (2) 全条件で底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度、Cs-137 濃度が経日的に増加した。湛水30日目の好気、嫌気条件では共に池干し期間が長いほど底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と Cs-137 濃度が高くなった。
- (3) 好気条件と嫌気条件では共に底質直上水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と Cs-137 濃度に高い正の相関(R^2 約 0.9)がみられた。底質から水中に溶出した NH_4^+ が、底質に吸着していた Cs^+ と置換し、 Cs^+ が水中に溶出したものと考えられる。

参考文献

- 1) 福島県農地管理課 HP(2015): 平成26年度福島県内のため池等における放射性物質の調査結果について
- 2) 中尾淳・山口紀子 (2011): 放射性物質の土壌中での動き, 最新農業技術 土壌施肥, vol.4 pp.1-4.
- 3) 山口紀子ら(2012): 土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因, 農業環境技術研究所報告, 31号, p.75-129

謝辞: 本研究は平成28年度工学部研究費(日本大学)によって実施しました。また、実験試料の採取では、(有)水月の竹内政美氏のご協力を頂きました。ここに記し謝意を表します。