底質からの放射性セシウム溶出に枯死した水草が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　○若林　秀次
日本大学工学部　土木工学科　正会員　　手塚　公裕

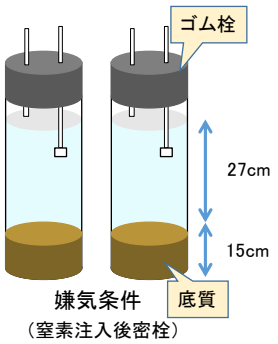
1 研究背景・目的

平成 23 年の福島第一原子力発電所の事故に伴い、周辺の溜池底質に放射性セシウムが蓄積した。平成 26 年の東北農政局調査結果[1]では、福島県の溜池全 3,730 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)を超える放射性セシウムが検出されており、農業への影響が危惧されている。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^+などと入れ替わることがある。小島らの研究[2]により、池干しを行った底泥から直上水への NH_4^+と Cs-137 の溶出には正の相関が見られた。しかし、池干しにより NH_4^+以外の物質も溶出していると考えられるため、NH_4^+のみで Cs-137 が溶出するのか分からない。よって、底質からの放射性セシウム溶出実験により、 NH_4^+を添加し底質から放射性セシウムが溶出するか調べた。一方、山田らの研究[3]により、水草の枯死分解により T-N が溶出することが確認された。しかし、NH_4^+は分析されていない。そこで、水草の枯死分解実験により、NH_4^+の溶出した量を調べた。これらの実験結果から、底質からの放射性セシウム溶出に枯死した水草が及ぼす影響を検討した。

2 実験方法

2.1 底質からの放射性セシウム溶出実験方法

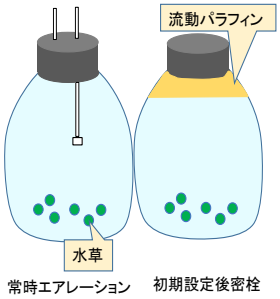
溶出実験槽を図−1 に示す。本実験用の底質は、福島県白河市の南湖で平成 29 年 11 月 30 日に不撹乱型柱状採泥器(HR 型)を用いて表層 15cm を対象に採取したものを使用した。実験槽には高さ 50cm、直径 11cm のアクリル筒を用いた。採取した底質から植物等のゴミを取り除き、均一になるように混ぜ、実験槽に 15cm 入れた。NH_4^+が酸化しないよう嫌気条件で行った。嫌気条件は窒素注入後密栓し、DO 飽和度 0%に設定した。入れた水は NH_4^+-N 濃度 0mg/L と 100mg/L とし、底質が乱れないように 2.5L 入れた。この実験槽を暗条件の 30℃に設定した恒温装置に静置した。水質分析は実験開始 5、10、15 日後に行った。



図−1 溶出実験槽

2.2 水草の枯死分解実験方法

枯死分解実験槽を図−2 に示す。実験で用いた水草は福島県白河市の南湖で採取した。実験に用いた水草は、外来種で刈り取りの対象であるコカナダモと、南湖で増えすぎて刈り取り対象になっているヒシとした。実験槽に蒸留水 4L と、コカナダモ又はヒシを 0.1gDW（乾燥重量）/L となるように入れて実験した。水草の量は南湖の生息状況を考慮した。温度は、底質からの放射性セシウム溶出実験のデータと比較するために 30℃で行った。また、藻類の発生を抑えるために暗条件とした。DO は常時 100%と 100%から 0%(初期 100%にした後、実験槽を密栓)と常時 0%の 3 条件に設定した。DO100%から 0%と常時 0%は、流動パラフィンを入れて実験槽を密栓した。水質分析は実験開始から 0、10、20、30、60 日後に行った。



図−2 枯死分解実験槽

2.3 分析項目及び分析方法

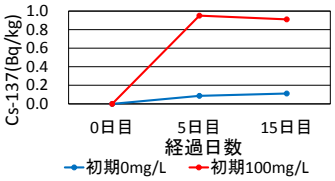
pH、EC、DO、Eh、水温は計測機で測定した。その後、採水し、孔径 1μm のろ紙でろ過した。ろ液の放射性セシウム濃度と NH_4^+-N を分析した。放射性セシウムはゲルマニウム半導体検出器 γ 線核種分析装置 GC-2520-7500SL-20002CSL（CANBERRA）、NH_4^+-N は河川水質試験方法（案）に準じて分析した。

キーワード　放射性セシウム、アンモニウムイオン、溶出、水草、底質
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

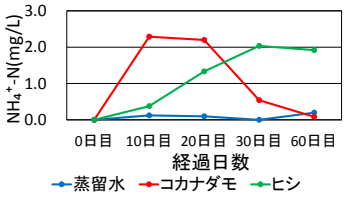
3 実験結果・考察

3.1 底質からの放射性セシウム溶出実験結果

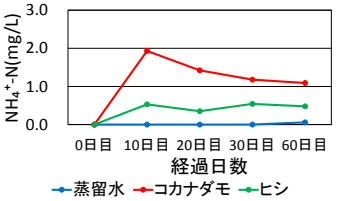
Cs-137 の経日変化を図−3 に示す。本実験で用いた底質の Cs-137 濃度は 6.37kBq/kg であった。NH_4^+-N 濃度 0mg/L の水を入れた実験槽の NH_4^+-N 濃度は実験 5 日目で 1.1mg/L、15 日目で 2.1mg/L となり、Cs-137 濃度は実験 5 日目で 0.09Bq/kg、15 日目は 0.11Bq/kg となった。一方、初期 NH_4^+-N 濃度 100mg/L の水を入れた実験槽の NH_4^+-N 濃度は実験 5 日目で 103.7mg/L、15 日目は 102.1mg/L となり、 Cs-137 濃度は 5 日目で 0.95Bq/kg、15 日目は、0.91Bq/kg となった。初期 NH_4^+-N 濃度 0mg/L より NH_4^+-N 濃度 100mg/L の方が放射性セシウムは溶出した。底質からの放射性セシウム溶出実験により、直上水初期 NH_4^+-N 濃度 100mg/L の Cs-137 濃度は 0 日目から 5 日目に増加し、最大で 0.95Bq/kg であった。また、 5 日目から 15 日目まで Cs-137 濃度が上がっていないことから、底質からの Cs-137 の溶出は短期間（5 日以下）に生じると考えられる。



図−3 Cs−137 の経日変化



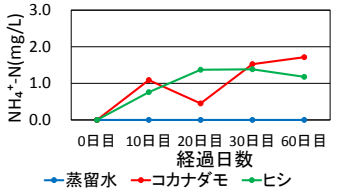
図−4 常時 DO100%の NH_4^+−N の経日変化



図−5 DO100%から 0%の NH_4^+−N の経日変化

3.2 水草の枯死分解によるアンモニウム態窒素溶出の結果

常時 DO100%の NH_4^+-N の経日変化を図−4 に示す。NH_4^+-N の最大値はコカナダモの槽では 10 日目の 2.3mg/L であった。また、コカナダモの槽では 10 日目から 20 日目に高い値を示したが 30 日目では大きく下がった。ヒシの槽では 30 日目から 60 日目で高い値を示した。DO100%から 0%の NH_4^+-N の経日変化を図−5 に示す。NH_4^+-N の最大値はコカナダモの槽では 10 日目の 1.9mg/L であった。また、コカナダモとヒシの槽両方で、10 日目以降の値が横這いになった。常時 DO0%の NH_4^+-N の経日変化を図−6 に示す。NH_4^+-N の最大値はコカナダモの槽では 60 日目で 1.7mg/L であった。また、コカナダモの槽では 60 日目まで徐々に上昇した。ヒシの槽では 20 日目まで上昇した後ほぼ一定の値になった。水草の種類により差はあるが、全ての条件で NH_4^+-N の溶出が確認された。



図−6 常時 DO0%の NH_4^+−N の経日変化

3.3 底質からの放射性セシウム溶出に水草の枯死分解が及ぼす影響

水草の枯死分解実験により、1g の水草から 20mg の NH_4^+-N が溶出すると考えられる。H29 年の調査によると南湖では水草が約 10～500gDW/m²で生息しており、水深 1m の場合、水草は約 0.01～0.5gDW/L となる。従って、水の出入りのない場所で水草が枯死した場合、NH_4^+-N は約 0.2～10mg/L と試算される。底質からの放射性セシウム溶出量と NH_4^+量が比例関係にあるとすると、Cs-137 は約 0.002～0.1Bq/kg となる。しかし、国が定めた放射性セシウムの飲料水の基準値（10Bq/kg）には達していない。

4 まとめ

(1)底質からの放射性セシウム溶出実験により、NH_4^+によって底質から Cs-137 が溶出することが確認された。また、直上水初期 NH_4^+-N 濃度 100mg/L で、0 日目から 5 日目に増加し、5 日目から 15 日目まで Cs-137 の濃度が上がっていないことから、底質からの Cs-137 の溶出は短期間に生じると考えられる。

(2)水草の枯死分解実験により、全ての条件で NH_4^+-N の溶出が確認された。ただし、水草毎に NH_4^+溶出の特性は異なった。また、0.1gDW/L の水草から最高で NH_4^+-N 濃度 2.3mg/L が確認された。

(3)二つの実験の結果から水草の枯死分解によって NH_4^+が溶出し、それに伴い底質から放射性セシウムの溶出が進むと考えられる。しかし、南湖では国が定めた放射性セシウムの飲料水の基準値（10Bq/kg）には達しないと考えられる。

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)小島孟,手塚公裕,生野元昭 (2017):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,平成 28 年度土木学会東北支部技術研究発表会,Ⅶ-21. 3)山田夏希,手塚公裕(2017):溶存酸素と栄養塩の変動に及ぼす水生植物の影響に関する実験,平成 28 年度土木学会東北支部技術研究発表会,Ⅶ-30.

謝辞:本研究は白河市との共同研究にとして実施しており、産業観光課の吉田貴子氏のご協力を頂きました。また、現地調査では、(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。