

# ポリオンコンプレックスの帯電・凝集分散特性と土壤保全効果 Charging and Aggregation Behavior of Polyion Complex and Their Inhibitory Effect on Soil Erosion

○島袋智尋\*, 小林幹佳\*\*, 藤巻晴行\*\*\*

Chihiro Shimabukuro\*, Motoyoshi Kobayashi\*\*, Haruyuki Fujimaki\*\*\*

## 1. 背景と目的

カチオン性高分子とアニオン性高分子の複合体であるポリオンコンプレックス (PIC) は、土粒子の飛散防止、表土固化といった土壤保全効果を示す<sup>[1][2]</sup>。PIC の形成には、各高分子間の静電相互作用と高分子の混合比が影響する。異符号に帯電した高分子の混合溶液中では、形成された PIC が凝集沈殿し、土壌への施用が困難となる。これを避けるために既往研究では、調製過程で高濃度の塩を加えて高分子間の静電相互作用を弱めている。しかし、高濃度の塩を含むことにより施用後に塩害の懸念が生じる。本研究では、低塩濃度で施用可能な PIC 溶液を調製し、電気泳動移動度と光透過率の測定から PIC の帯電・凝集分散特性を明らかにする。その後、簡易侵食実験により PIC の土壤保全効果を評価する。

## 2. 方法

### 2. 1. 試料

高分子として、市販のカチオン性高分子であるキトサンとカチオン性セルロース誘導体 (CC), アニオン性高分子であるカルボキシメチルセルロースナトリウム (CMC) を使用した。キトサンと CC の有するカチオン基は 5 mmol/g と 1.3 mmol/g であり、CMC の有するアニオン基は 4.7 mmol/g であった。CC の分子量  $M_w$  は 40 万、CMC の  $M_w$  は 25 万。キトサンの  $M_w$  は不明である。キトサン溶液は、キトサンと同程度の酢酸を含むように純水と混合し、CC 溶液と CMC 溶液は純水により調製した。

### 2. 2. 帯電・凝集分散特性の評価

キトサン、CC、CMC の溶液を 0.03 wt%, または 0.26 wt% に調製した。キトサンまたは CC と CMC との混合容量比を変化させ PIC 溶液を調製した。PIC 溶液の光透過率から PIC の凝集度合いを評価し、電気泳動移動度 (EPM) から PIC の帯電状況の評価した。また、同時に pH の測定と目視による観察を行った。

### 2. 3. 土壤侵食実験

園芸用ポットにスポンジ、砂利、不織布を順に敷き、2 mm ふるいを通過した鳥取マサ土を乾燥密度 1.25 g/cm<sup>3</sup> になるよう不織布の上に詰め、深さ 1.5 cm、体積約 100 cm<sup>3</sup> の供試土を作成した。アニオン基とカチオン基の混合容量比を変化させた PIC 溶液 50 mL を供試土表面に散布した。コントロールとして純水 50 mL を使用した。PIC 溶液の濃度は 0.26 wt% と 1 wt% とした。侵食実験は供試土の傾斜を 13 度とし、ポンプにより

\*筑波大学大学院 生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*\*筑波大学 生命環境系 Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

\*\*\*鳥取大学 乾燥地研究センター Arid Land Research Center, Tottori University

水滴を 30 cm の高さから表面の 4 点に合計流量 1.2 ± 0.01 mL/s で 5 分間滴下した。その後、供試土を 110 ± 5°C で 24 時間炉乾燥させ、侵食実験前後の質量差から流亡土量を求めた。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1. 帯電・凝集分散特性の評価

PIC の EPM は、濃度によらず、高分子の荷電比（カチオン基の量[CAT]/アニオン基の量[ANI]）が 1 付近で 0 に近づいた (Fig.1)。EPM が 0 となる荷電比 1 付近で光透過率は最も低く、目視による観察からも最も凝集することが確認された (Fig.2)。これは正電荷と負電荷が互いに引き付け合う際に、対となる高分子の数が最も多くなるためと考えられる。

#### 3. 2. 土壌侵食実験

流亡土量の荷電比に対する結果を Fig.3 に示す。ただし、便宜的に荷電比  $10^{-2}$  はアニオン溶液のみ、 $10^2$  はカチオン溶液のみを散布した時に対応する。また、実線は純水を散布したときの流亡土量である。

キトサン系 1 wt% と CC 系 0.26 wt% および 1 wt% では、荷電比  $10^{-1}$  から 1 にかけて流亡土量の値が低くなり、荷電比 10 から再び流亡土量の値が高くなる。この結果から、荷電比 1 付近、すなわち PIC が最も凝集する場合に流亡土量が最も低く侵食抑制効果が高いことがわかった。荷電比  $10^{-1}$  と  $10^1$  の溶液では、純水と同程度あるいはそれ以上に流亡した。荷電比 1 では形成された大きな PIC がより多数の土粒子に絡まり、高い抑制効果を発揮したと考えられる。また、荷電比 1 で濃度 1 wt% では CC 系よりキトサン系の流亡土量が低かった。

キトサン系 0.26 wt% では荷電比 1 でも流亡土量が高くなった。キトサン系の溶液は分離とゲル化が顕著であり、土壌表面に均一に撒くことが困難であった。濃度が高くなるとキトサン系の溶液はさらにゲル化した。一方で、CC 系も濃度の増加により流亡土量は全体的に減少したが、溶液は分離・ゲル化せず施用の容易さに変化は認められなかった。以上より PIC 溶液の侵食抑制効果の発現には、荷電比を調整するだけでなく、溶液の均一な施用法を検討する必要がある。

#### 引用文献

- [1] K. Yamada, M. Kobayashi, H. Fujimaki, Inhibitory Effect of Polyion Complex on Soil Erosion under Simulated Rainfall, *IDREJ*. 83 (2), IV\_1-IV\_2, 2014.  
 [2] I. G. Panova et al., Non-stoichiometric interpolyelectrolyte complexes: Promising candidates for protection of soils, *Geoderma*, 307, 91–97, 2017.

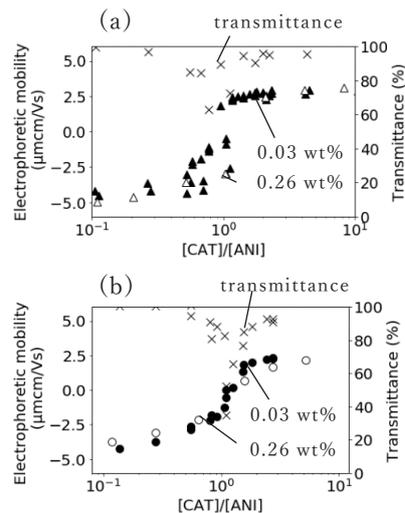


Fig.1 Electrophoretic mobility and optical transmittance of PIC against charge ratio ([CAT]/[ANI]). (a) chitosan-CMC, (b) CC-CMC.

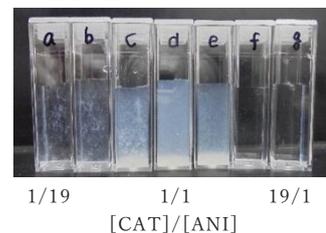


Fig.2 State of the 0.26 % PIC solution of chitosan-CMC.

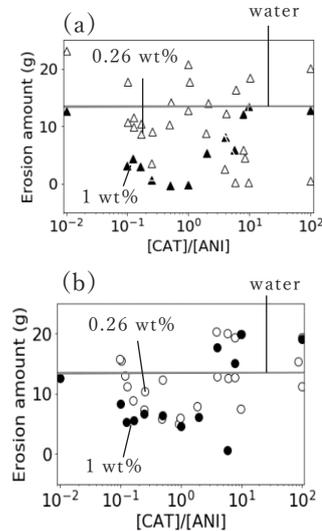


Fig.3 Soil erosion amount against the charge ratio ([CAT]/[ANI]) of PIC. (a) chitosan-CMC, (b) CC-CMC.