

コマツナを用いた二次元型植生実験による六価クロム汚染土壌浄化効果の検討

九州大学大学院 学生会員 ○森元友紀

九州大学大学院 正会員 古川全太郎 笠間清伸 八尋裕一

1. はじめに

工場跡地における六価クロムなどの重金属による土壌汚染を改善する工法として「ファイトレメディエーション(Phytoremediation)」が着目されている。ファイトレメディエーション¹⁾とは植物の根の生長を活かして体内に汚染物質を吸収させ固定する工法であり、従来の工法よりも安価で省労力であるという利点が挙げられる。本文では平面的形状の育苗装置を用いて様々な濃度の六価クロム汚染土壌でコマツナを用いた植生実験を行うことで物質の二次元的な分布を計測し、浄化効果を検討した。

2. 実験概要

本研究ではコマツナを図1の育苗装置に植えて植生実験をおこなった。育苗装置に定植する際の根の最大長さを8cmで統一し、育苗装置の中心に苗を植えてから実験を開始した。このとき根は図1の地表面中心のメッシュ内(10cm×10cm)に収まるものを選定した。表1に示す生育条件に基づき、4.75mm以下に篩ったマサ土を用いて表2に示す土壌条件より作成した汚染模擬土で15日間の実験をおこなった後、土壌を図1のように10cm×10cmの計15個のメッシュに区切り、水溶性六価クロムイオン濃度、pH、ORPの計測し、さらに各々のメッシュ中に存在する根の長さも調べた。

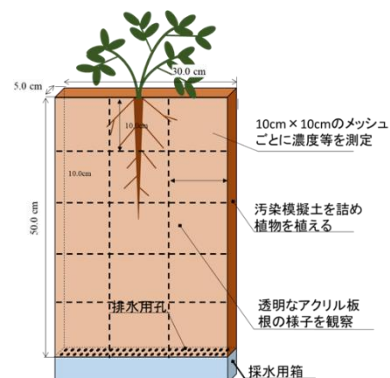


図1 育苗装置概念図

表1 生育条件

植生	コマツナ (<i>Brassica rapa</i> <i>var. perviridis</i>)
日照	明期16h 暗期8h
照度	10000lx以上
灌水	200ml/2日
温湿度	25°C, 65%
実験期間	15日間

表2 土壌条件

条件	Cr ⁶⁺ 添加量 (mg/kgdry)	使用材料	乾燥密度 (g/cm ³)	初期含水比 (%)
①	0	マサ土	1.3	8.65
②	10	牛糞堆肥		
③	25	(500g/m ³)		
④	50	ぼかし肥料		
⑤	100	(100g/m ³)		

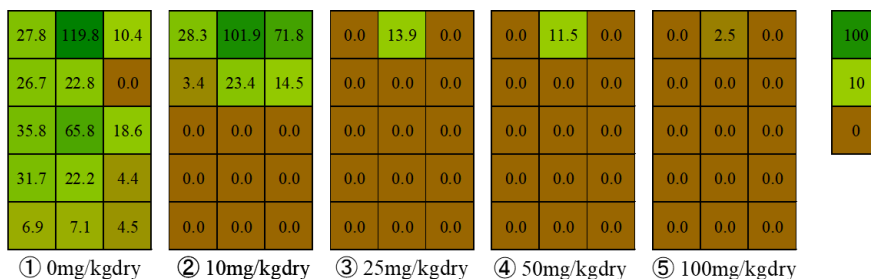


図2 実験後の根の分布(cm)

3. 実験結果

3-1. 根の分布

植生実験後の根の総延長を計測し、その分布を図2に示した。条件①では装置内全域に根が分布するほど成長した。条件②においては20cmの深さまで成長が見られた。条件③, ④, ⑤においては地表面中心のメッシュを超えての成長は見られなかった。特に条件④は実験開始から14日後、条件⑤は10日後に枯死していた。写真1は初期、写真2は実験開始から12日目のコマツナの状態である。

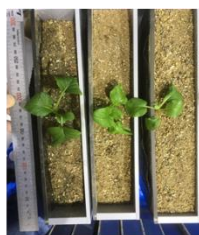
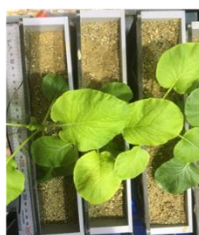


写真1

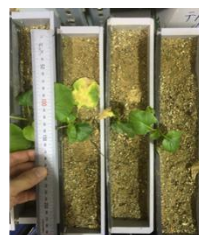
初期状態のコマツナ



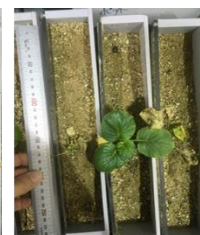
① 0mg/kgdry



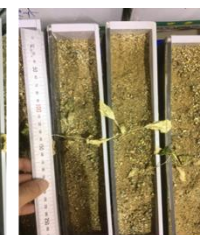
② 10mg/kgdry



③ 25mg/kgdry



④ 50mg/kgdry



⑤ 100mg/kgdry

写真2 実験開始から12日目のコマツナ

3-2. 六価クロム量

汚染模擬土中の六価クロムイオン濃度を原子吸光分析法により測定した²⁾。本実験では試料土と蒸留水を 1:5 で混合, 1 時間攪拌の後にろ過し, ろ液中のイオン濃度を測定した。表 3 には初期の水溶性六価クロムイオン量を示し, 図 3 では植生実験後の水溶性六価クロムイオン量の分布を示した。根が分布していた地表面付近のメッシュでは六価クロムの量が減少したことが分かる。根の分布が見られなかったメッシュ

においても減少が確認された。これは灌水によって下方への移流が起こったからであると考えられる。また上から 3, 4 段目のメッシュでは初期値よりも含有量が大きくなる結果が見られたがこれも灌水によって上方からの移流によるものであると考え

られる。表 3 には実験前後における装置内全体の水溶性六価クロムイオンの総量の変化と浄化率を示した。浄化率は $\{1 - \text{実験後のイオン総量} / \text{実験前のイオン総量}(\%) \}$ と定義した。この結果から条件②で最も高い浄化効果を得られたことが分かった。すなわち, 対象領域においては, コマツナが最も効果的にファイトレメディエーションを行うことができる六価クロム初期濃度は 10mg/kgdry 程度であると推測できる。

3-3. pH と ORP

植生実験前後の土壌中の pH, ORP 計で各メッシュごとに測定し³⁾平均値を表 3, 4 に示した。クロムは pH と ORP によって図 4⁴⁾のように存在形態が変化することが知られている。図 4 を参考にするとクロムの一部のイオン価数が変化し, 六価クロム量の減少に寄与していることも考えられる。

4. まとめ

コマツナが生存できる限界の汚染条件は 25mg/kgdry であることが分かった。また, 成長できる限界は 10mg/kgdry であった。地表面付近のメッシュで大きく減少したことが分かった。一方で底面付近では灌水による移流の影響で初期値よりもイオン量が大きくなったことが分かった。各メッシュにおけるのイオン量の増減は植生による浄化効果, 灌水による移流, pH, ORP による存在形態の変化など様々な原因が考えられる。今後は他の価数のクロムイオン量の計測, 植物体内に蓄積されたクロムイオン量の計測を行い更に詳しく浄化効果を検討する。今回の研究では装置内全体の水溶性六価クロムイオン量の総計の増減を比較することで条件 10mg/kgdry において植物による浄化効果が最も大きかった。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP16K18151 “汚染物質動態と植物根の生長を考慮した環境配慮型地盤浄化シミュレーターの開発”の助成を受けたものであり, ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ファイトレメディエーションによる汚染土壌修復, 王効拳, 李法雲, 岡崎正規, 杉崎三男
- 2) 土壌標準分析・測定法委員会編: 土壌標準分析・測定法, 博友社, pp.139-139, 155-160, 2003.
- 3) 伊藤健一: 地盤工学で遭遇する化学的現象の理解, 地盤工学会誌 4 月号, pp.39-46, 2011.
- 4) 地盤工学会編: 土質試験基本と手引き第二回改訂版, 丸善出版, pp.65-69, 2010.

表3 初期六価クロム含有量

条件	水溶性Cr ⁶⁺ イオン量 (mg/kgdry)
①	0.00
②	27.80
③	52.45
④	105.96
⑤	170.72

0.00	0.00	0.00	0.72	0.36	1.44	3.24	3.24	7.57	3.37	4.49	5.61	5.98	20.63	4.49	200
0.00	0.00	0.00	2.16	4.68	2.52	8.29	17.32	21.29	32.32	45.20	9.73	43.29	53.55	27.41	150
0.00	0.00	0.00	16.95	15.87	16.23	69.92	69.19	73.56	169.18	295.28	222.58	99.97	165.59	173.89	100
0.00	0.00	0.00	31.06	28.89	34.32	59.00	61.18	62.27	39.51	64.24	88.41	294.00	384.61	539.34	50
0.00	0.00	0.00	31.78	27.80	23.46	53.18	60.82	58.27	132.63	194.17	55.09	150.63	237.44	238.65	0

① 0mg/kgdry

② 10mg/kgdry

③ 25mg/kgdry

④ 50mg/kgdry

⑤ 100mg/kgdry

図3 15日後の水溶性六価クロムイオン量(mg/kgdry)

表4 水溶性六価クロムイオン総量の変化(mg/kgdry)

条件	①	②	③	④	⑤
実験前	0	238.2	628.3	1362	2439
実験後	0	417	787	1581	2561
浄化率(%)	-	42.88%	20.17%	13.85%	4.76%

表5 実験前のpH, ORP

条件	pH	ORP
①	9.41	399
②	9.47	403
③	9.51	397
④	9.46	395
⑤	9.58	396

表6 実験後のpH, ORP

条件	pH	ORP
①	9.62	403
②	9.57	398
③	9.52	391
④	9.46	399
⑤	9.77	400

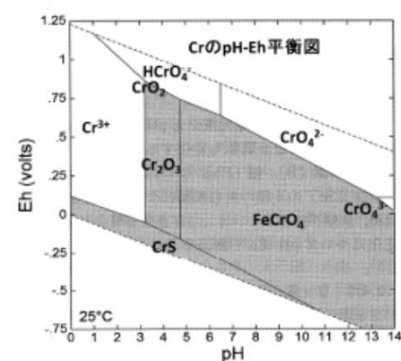


図4 CrのpH-ORP図