

二次元型植生実験装置による六価クロム汚染土壌浄化に関する基礎的検討

九州大学大学院工学府 学生会員 ○森元 友紀 正会員 八尋 裕一
九州大学大学院工学研究院 正会員 古川 全太郎 笠間 清伸

1. はじめに

工場及びその跡地で土壌汚染が問題となる中、近年ファイトレメディエーションによる汚染浄化が注目されている。ファイトレメディエーション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、客土工法より安価で環境に優しいという利点が挙げられる。本研究では効率的な六価クロムを対象としたファイトレメディエーション¹⁾の基礎的な検討のために人工気象室で気象条件を固定した上で、独自に製作した平面的形状の育苗装置でコマツナによる植生実験を行った。土壌に様々な濃度の六価クロムを添加し、植生実験後の、水溶性および交換性六価クロムイオン濃度、pH、ORP の分布を計測し、浄化効果を評価した。

2. 実験概要

本研究では従来の発芽試験に多く使用されるコマツナを用いた。六価クロムによる汚染条件も含めた土壌条件を表 1 に示した。4.75mm 以下に振るったマサ土に牛糞堆肥とぼかし肥料を加え、4 種類の濃度の六価クロムを添加し汚染模擬土とした。気象、植生条件を表 2 に示した。人工気象室を整備し、気温をコマツナの適正生育温度の 25℃に、湿度を日本の年間平均湿度である 70%に最も近い設定限界である 65%になるよう維持した。太陽光と分光特性の似たメタルハライドランプを用いた。タイマーを用いて 16 時間の明期と 8 時間の暗期が自動で切り替わるよう設定した。灌水条件は日本の年間平均降雨量を参考に 2 日に一度育苗装置一つにつき 100ml を上面に灌水した。実験開始から 10 日後に図 1 に示すように土を 10cm×10cm をサンプルとして採取し、すべてのサンプルに対して、pH、ORP、水溶性、交換性六価クロムイオン濃度を測定し、根の分布を調べた。

3. 実験結果

3.1 六価クロムイオン濃度

汚染模擬土中の六価クロムイオン濃度を原子吸光分析装置で測定した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イオン濃度を測定した。表 3 に水溶性、交換性それぞれの六価クロムイオン濃度の初期値を示した。10 日間の植生実験の後に同様に六価クロムイオン濃度を測定し、初期値に対する濃度の低減率を装置内の分布ごとに示したものが図 2、3 である。低減率は、(低減率) = {(初期値) - (10 日後の値)} / (初期値) と定義した。

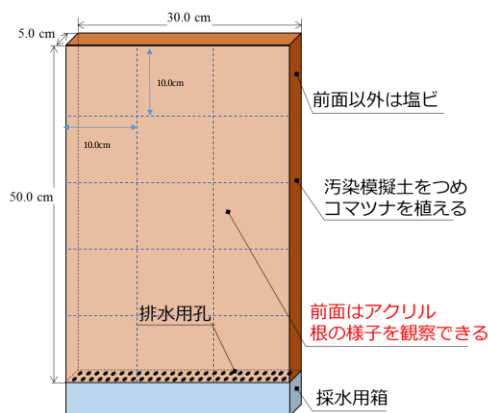


図1 育苗装置概念図

表1 土壌条件

条件No.	六価クロム添加量 (mg/kgdry)	使用材料	乾燥密度 (g/cm ³)	初期含水比 (%)
1	0	マサ土(4.75mm以下) 牛糞堆肥(500g/m ³) ぼかし肥料(100g/m ³)	1.3	11.5~12.7
2	5			
3	50			
4	100			

表2 植生・気象条件

植生	コマツナ (<i>Brassica rapa var. perviridis</i>)
日照	明期16 h 暗期8 h
明期の照度	10000 lx以上
温度	25 ℃
湿度	65%
灌水	100 ml/2日

表3 初期六価クロムイオン量

条件	水溶性(mg/kgdry)	交換性(mg/kgdry)
1	15.32	101.22
2	120.53	103.23
3	683.34	117.50
4	933.61	587.72

キーワード ファイトレメディエーション 六価クロム

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 TEL 092-802-3384

3.2 pH, ORP

クロムは pH と ORP によって図 4³⁾のように存在形態が変化することが知られている。pH, ORP 計で測定した⁴⁾結果を表 4 に示した。赤い四角形で示した範囲が計測された値である。クロムの多くが 5 価の状態であることが考えられる。

3.3 根の分布

図 2 に赤枠で示した区間に根が分布していた。いずれの条件においても装置の上面の区間にしか根付かず、特に初期値 50, 100mg/kgdry では六価クロムの濃度が高いため植生実験開始から 2 日目に枯死が確認された。

4. 考察

水溶性、交換性ともに六価クロムイオン濃度は大幅に低減された。しかし根の届かない区間でも同様に低減されていることから植物による効果以外の要因が働いていることが考えられる。図 4 からクロムの多くが 5 価に変わったことが分かる。育苗装置が自然な環境に比べて嫌氣的な状態になりやすいことが原因であると考えられる。また、上面は低減率がやや低いという結果になった。これは土中の水分の蒸発に伴って、水に溶解していた六価クロムが上昇する塩類集積が起こっていると考えられる。

5. まとめ

- 1) 六価クロム量は最低でも 74.43%もの低減が確認された。
- 2) 六価クロムの減少は植生の効果より ORP の変化によるところが大きいと考えられる。嫌氣的な状態であったことが分かったので育苗装置内に自然界に近い状態で酸素が供給されるような工夫が必要である。
- 3) 上部では水分の蒸発による塩類集積、下部では灌水による流下が起こっていると考えられる。

今後は土壤条件を検討し直し、より長期的な植生実験によって効果的なファイトレメディエーションの検討を行いたい。

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す。

参考文献

- 1) 早川孝彦, 栗原宏之: 重金属環境汚染に対するファイトレメディエーション技術の実用化へ向けて, 環境バイオテクノロジー学会誌, Vol.2, No.2, pp.103-115, 2002.
- 2) 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, 2015.
- 3) 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.
- 4) 土壤標準分析・測定法委員会編: 土壤標準分析・測定法, 博友社, pp.139-139, 155-160, 2003.

89.22	83.33	97.06	85.65	86.64	87.52	74.43	75.69	74.84	76.31	76.64	76.41
86.93	95.10	98.04	84.78	82.33	83.45	79.82	80.12	80.39	80.49	80.90	81.32
99.02	88.24	92.16	83.95	82.99	83.08	83.36	84.20	83.97	84.23	84.70	84.64
93.14	85.29	98.04	84.78	84.07	83.58	88.44	88.20	88.30	85.11	85.59	85.68
89.22	87.25	98.04	83.45	82.95	82.58	87.65	88.30	87.89	85.48	85.95	86.27
(a) 0mg/kgdry			(b) 5mg/kgdry			(c) 50mg/kgdry			(d) 100mg/kgdry		

図 2 水溶性六価クロムイオン濃度低減率 (%)

100	100	100	81.91	74.47	81.91	96.82	96.13	96.56	96.74	96.36	97.03
100	100	100	85.46	85.46	85.46	97.08	97.08	97.33	98.14	98.02	97.96
100	100	100	85.46	85.46	89.01	97.25	96.82	97.08	98.02	97.71	97.59
100	100	100	89.01	85.46	85.46	97.50	96.13	96.56	97.37	97.18	97.12
100	100	100	89.01	85.46	81.91	96.39	95.97	96.31	97.12	96.71	97.15
(a) 0mg/kgdry			(b) 5mg/kgdry			(c) 50mg/kgdry			(d) 100mg/kgdry		

図 3 交換性六価クロムイオン濃度低減率 (%)

表 4 pH, ORP

条件	pH		ORP (mV)	
	初期値	10日後	初期値	10日後
	(平均±最大偏差)		(平均±最大偏差)	
1	8.36	8.49±0.54	529	469±18
2		8.44±0.36		451±38
3		8.51±0.40		461±34
4		8.51±0.38		459±34

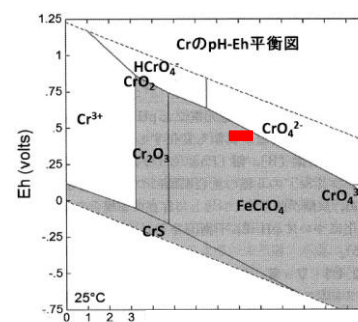


図 4 pH-ORP 図³⁾