

分解細菌と木質炭化素材を組み合わせて環境ホルモンを分解除去(2) —バイオレメディエーション—

農業環境技術研究所 有機化学物質研究グループ 高木和広

1. 分解細菌の汚染土壌への接種方法の開発

従来の接種法としては、液体培養で菌密度を高めてから培地ごと接種する方法が一般的でした。しかし、この方法では、接種後土着菌との競合や原生動物による捕食により、菌密度が急激に低下し、長期間安定的に分解活性を発現させることが難しく、接種菌による環境汚染の心配もあります。そこで、単離したPCNB分解細菌を木質炭化素材細孔内に集積させ、分解細菌集積素材を作成しました。

そして、人工的に作成したPCNB汚染土壌(PCNBp濃度:10ppm)に分解細菌集積素材を1.25%混和し、前号の『サイエンスネット No.20』で説明した環流法による4週間の分解試験を行なった結果、土壌中のPCNBは99%以上分解し、環流液から

表1 環流試験終了(4週間)後の土壌、木質炭化素材A、環流液中へのPCNB残留量と分解除去率

		未集積素材区 (コントロール)	分解細菌 集積素材区
土 壌	乾土 20g中の量(mg)	0.435	0.0005
木質炭化素材	乾物 0.25g中の量(mg)	0.050	0.0007
環 流 液	交換前の残留量合計(mg)	0.068	0.0024
	残留量合計(mg)	0.553	0.0035
分解率(%)		0.8	99.4

注) 環流試験系: 土壌 20g, 木質炭化素材 0.25g,
環流液 0.6ppm PCNB 水溶液 150ml,
土壌へのPCNB総投入量: 0.557mg

PCNBは殆ど検出されませんでした(表1)。また、接種したPCNB分解細菌は環流液及び試験終了後の土壌から検出されず、素材内に 10^8 cfu/g乾物レベルで生残

していました。シマジンについても同様な実験を行い、PCNBと同様な結果を得ました。すなわち、この接種法により、土壌中の有機汚染物質を安定的に吸着・分解除去でき、地下水汚染防止が可能

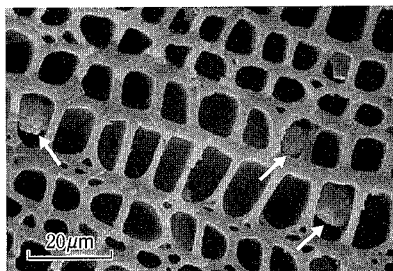
であることを示しています。さらに、接種細菌による環境汚染の恐れが殆どなく、素材が自然素材であるため、環境にやさしい浄化・修復手法であるといえます。

2. ゴルフ場での野外実証試験(原位置バイオレメディエーション)

次に、上記室内実験の成果を野外で実証するため、シマジン分解細菌を集積させた木質炭化素材(菌数: 5×10^7 cfu/g乾物)をゴルフ場の下層土(深さ15cm)に厚さ1cmで敷き詰める(処理区)ことにより、シマジン散布による下層土および河川・地下水汚染防止の野外実証試験を2年間行いました(図4)。

対照区として分解細菌未集積炭化素材を同様に敷き詰め、両区の木質炭化素材層直下の浸透水を採取し(各4ヶ所)、シマジン濃度を分析した結果(4ヶ所の平均値)が図5です。

シマジンは炭化素材埋設直後に年2回(春と秋)散布しました。処理区浸透水中のシマジン分解除去率は対照区と比較して、散布1回目では92%に達し、2回目以降も60~76%と非常に高い分解除去率を維持しました。散布2回目で分解除去率が低下した要



木質炭化素材細孔内に集積したシマジン分解細菌群CD7

<シマジン分解細菌集積木質炭化素材の特徴>

- 粒径 : 5~10mm
- 比表面積 : 99.9m²/g
- 細孔分布 : 直径5~10μmの細孔が全細孔容積の10%以上
- pH(H₂O) : 7.8
- 水分含量 : 62%
- 層の厚さ : 約1cm
- シマジン分解細菌数 : 7.8×10^7 cfu/g乾物

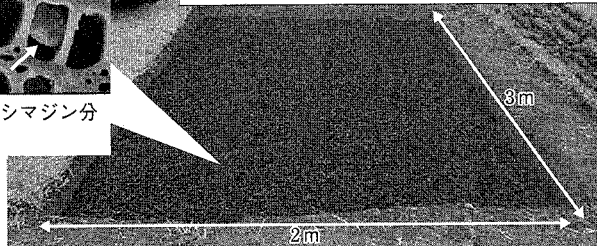


図4 ゴルフ場下層(深さ15cm)に敷き詰められた分解細菌集積木質炭化素材

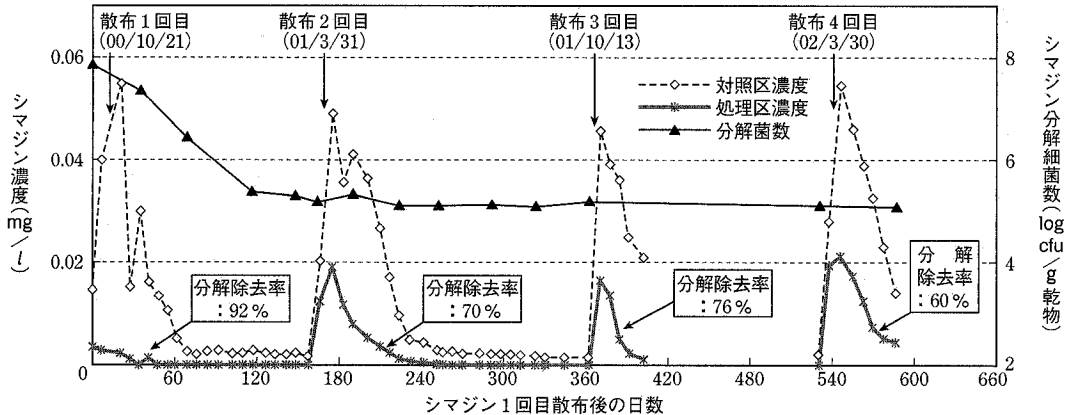


図5 ゴルフ場浸透水中のシマジン濃度の経時変化と木質炭化素材中(処理区)のシマジン分解細菌数

因としては、炭化素材中のシマジン分解細菌数の低下(10^3 cfu/g 乾物)によるシマジン分解速度の低下と推察されます(図5)。いずれにせよシマジン分解細菌集積炭化素材をゴルフ場下層に敷き詰めれば、シマジン散布による下層土及び河川・地下水汚染のリスクを年間通じて長期間大幅に削減できることが実証されました。筆者らの開発したバイオレメディエーション技術は、従来のBio-augmentation(分解細菌を汚染土壌に接種して浄化する方法)にない2つの優れた点があります。1つ目は、従来法が、有機汚染物質の土壌中での分解速度だけを高めることによる分解プロセスの制御であるのに対し、この方法は、吸着定数(Kf)が土壌より20倍程度高く、分解細菌を高密度で集積させた層を土壌中に作ることにより、有機汚染物質の挙動に大きく影響する「吸着と(微生物)分解」の2大プロセスを同時に制御出来るため、従来法より効率良く汚染物質を分解除去できます。平たく言えば、土壌中に低濃度で広がる有機汚染物質を木質炭化素材に集めて(吸着)、そこに生息する分解細菌に食べさせる(分解)ということです。2つ目は、木質炭化素材という有機化合物吸着能の高い人工マイクロハビタットに分解細菌を集積させて土壌接種するため、土着菌との競合や原生動物等の捕食による死滅の減少と分解細菌のえさとなる有機汚染物質の十分な供給により、分解細菌の生残性が高まる点です。先にも述べましたが、炭化素材中の分解細菌数は 10^7 レベルから接種4ヶ月後に 10^5 レベルまで減少しましたが、その後は減少せず接種2年後まで一定の菌数レベル(10^5 cfu/g 乾物)を維持しました(図4)。このことが高い分解除去効果を2年間もの長

期にわたり維持できた要因と考えられます。

3. おわりに

21世紀における化学物質の環境中での動態研究のゴールは、挙動プロセス制御による暴露量と暴露時間の低減(=環境リスクの削減)であると筆者は考えています。現在、科学技術の進歩や環境規制により、化学物質を使用するリスクはベネフィットに比べかなり小さくなっています。しかし、科学技術の進歩により、リスクが拡大することは、環境ホルモン問題が如実に物語っています。自動車排気ガス中の有害成分(一酸化炭素、窒素酸化物等)削減のための研究開発が、ハイブリッド車を生み、さらにCO₂すら排出しない究極のゼロエミッション車である燃料電池車を生み出したのです。次世代のためにもゼロリスクを目指して化学物質の研究開発や動態研究を進めて行くべきでしょう。

参考文献

- (1) T.B.Hayes *et al.* (2002): Proceedings of the National Academy of Science, 99 (8), 5476-5480
- (2) 環境庁(1998): 環境ホルモン戦略計画 SPEED '98
- (3) 丸論(1998): 農業環境科学研究, 第6号, 9-14
- (4) 高木和広(2000a): 農業技術体系土肥編第3巻, 追録第11号, 49-55
- (5) 高木和広(2000b): 農林水産技術研究ジャーナル, 23(3), 10-15
- (6) K.Takagi and Y.Yoshioka(2002): 10th IUPAC International Congress on the Chemistry of Crop Protection, Book of Abstracts Vol.2, 56
- (7) 高木和広ら(2003): 農業環境研究成果情報, No.19, 24-25
- (8) 高木和広(2003): 先端化学シリーズ「環境ケミカルサイエンス」, 丸善, 東京, pp.250~258
- (9) 高木和広(2003): 植物防疫, 57(9), 24-28