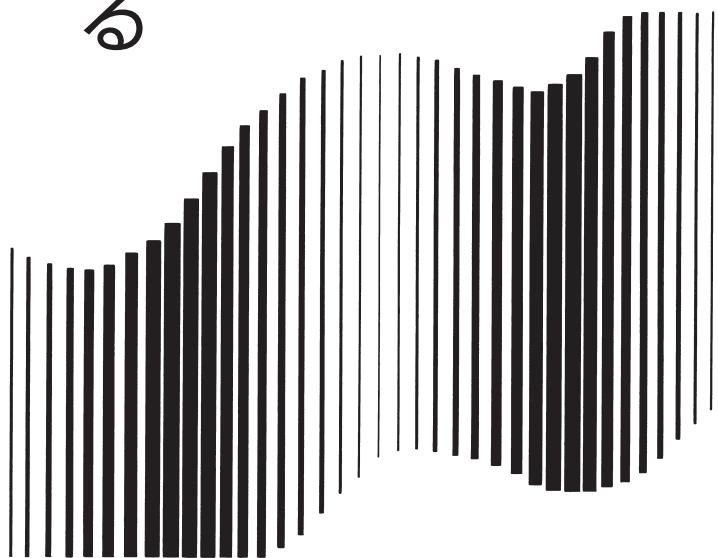


新コロナシリーズ ⑥3

微生物パワーで 環境汚染に挑戦する

椎葉 究 著



コロナ社

はじめに

環境汚染は、現代社会体系の推移や国の発展とともに、その汚染の種類と状態、および程度や規模が変化してきました。また、同時に環境汚染対策も、修復技術と法律・行政の面から推移してきています。しかし、世界的に見れば、環境汚染の厳しい現状にその対策が十分に取られていないといえない状態です。環境修復技術は現在、埋立てや焼却などの物理処理、界面活性剤やフェントン反応などを用いた化学処理が主流ですが、これらの処理を原因とした環境二次汚染を引き起こすリスクもあります。また、これらの物理または化学処理はコストが高く経済的なメリットも少ないため、特に発展途上国や経済優先の国々では、その対策が後回しになっています。そのため、環境汚染が拡大している地域もあります。

それに対して、バイオレメディエーションなど微生物や植物などの生物による環境修復技術は、比較的低コストで環境負荷が小さいというメリットがあり、これまで以上に利用されるようになることが期待されてきました。しかし、これらの方法は、処理時間がかかること、天候や気象、土壌条件などにも影響され効果が安定しないことなどの大きな欠点があります。これらの欠点を克服する技術も開発されてきていますが、微生物という存在が目に見えないだけに、従来の土木技術関係者に

とって取扱いが難しく、評価しにくいことも技術的に普及が進まない原因の一つになっているように思われます。

この本では、まず微生物とはなにかということ、その微生物を利用するにはどうしたらよいかという基本的なことを踏まえて、微生物による環境修復技術の基本原理とその技術を用いた具体的な例について、できるだけわかりやすく解説していきたいと思えます。

二〇一七年四月

椎葉 究

もくじ

1 環境汚染の現状について

土壌の汚染 3

地下水や海洋水など水系の汚染 6

大気の汚染 10

2 環境汚染対策の現状とさまざまな環境修復技術

環境汚染対策 16

環境修復技術の比較 20

3 微生物を用いた環境修復技術について

微生物とはどのような生物か 27

微生物を用いる環境修復技術とは 33

栄養の調整 34

温度の調整 37

pH（水素イオン濃度）の調整 37

酸素濃度（または酸化還元電位）の調整 38

生育促進／阻害剤の調整 39

コンポスト化（堆肥化） 40

下水処理 42

バイオレメディエーション 47

バイオレメディエーションの浄化効果の評価 51

大気中の汚染物質の微生物による浄化 54

微生物による大気中の二酸化炭素固定化とバイオマスエネルギー生産技術 56

光合成する微生物 60

バイオマスエネルギー変換技術 62

4 微生物を用いた新しい環境修復技術の具体事例

建設廃棄物（汚泥や建設発生材）の再資源化 71

5 微生物による環境修復技術開発の課題と今後について

石油汚染土壌のバイオレメディエーション	79
六価クロム汚染土壌のバイオレメディエーション	86
1,4-ジオキサンとテトラヒドロフランの微生物による分解	95
二酸化炭素固定による地球温暖化の抑止技術とバイオマスエネルギーの生産	102
微生物による環境修復の評価技術	112
効果の安定性確保	125
環境負荷の少ない（環境二次汚染がない）環境修復コストの低減	126
地球温暖化防止につながる技術の開発	127
環境評価技術の開発	128
おわりに	130
引用・参考文献	132

1 環境汚染の現状について

国内の土壌、地下水や海洋などの水系、大気の世界環境汚染の現状について、まず簡単に述べておきます。国内では、いろいろな環境汚染の対策のため規制が法整備されてきました。この規制項目と規制内容は、世界的に見ても厳しいほうだと思います。そのため、汚染は広がっていない、または縮小していると考えている人も多いですが、評価技術レベルが上がっていき、汚染の実態が正確に測定できるとなると、調査が行われるたびに、汚染が広がっていくというおかしな実態があります。また、実際に汚染物質は移動するので、汚染濃度は時間とともに薄くなるかもしれませんが、汚染される面積は拡大する一方であり、環境保全がよい方向に向かっているとほまたくいえません。要するに、汚染が拡大することを防ぐには、環境アセス（評価）をしないこと、そのための「調査をしないこと」が最も環境対策に有効である、というのが皮肉な現状かもしれません。ただ、科学者にとって、その環境汚染の現状に向き合うこと、正確にその実態を把握しておくことが

重要であることは間違いありません。

では、その対策として環境汚染の修復の実態はどうなっているのでしょうか。残念ながら、拡大した汚染物質を浄化するにはコストがかかりすぎるため、高濃度汚染（が残念ながら発見された、限られた）サイト（地域よりも狭い範囲）の浄化を除き、「発見されていないまたは低濃度の汚染」地域については、ほとんど対策が取られていません。これらの地域で悪影響が明確に顕在化するには長い時間がかかるかもしれないし、自然の浄化システムにより顕在化しないかもしれないですが、明確に顕在化する時点まで対策は取られない方針となっています。この潜在化期間になんらかの対策を取っておくことが重要であることは科学者の間では認識されていますが、そのための環境対策はそう簡単にはできません。理由は、コストが高く経済効果にも寄与しない、マスコミをミスリードすることになる可能性、それによる不動産の著しい価値の低下が懸念される、環境二次汚染のリスクが高い、などの理由によります。よって、「調査をしない」こと、あるいは、調査しても結果を秘匿しておくことになるでしょう。それに、低濃度の汚染に対して実効性の高い方法は見つかっていませんので、そのことを一方的に責めることはできません。確かに高度な汚染浄化技術は存在しています。例えば、高温で焼却、融解する最先端技術があります。しかし、その方法で、広範囲で低濃度の環境汚染地域をどれだけ浄化できるでしょうか。また、大量の浄化処理によって、環境二次汚染、例えば、周辺の自然環境破壊や大気汚染、化石燃料の浪費を引き起こすリスクがあるか

もありません。焼却灰による環境二次汚染も心配する必要があります。そのような理由から高度で高コストな技術の利用範囲は限定的にならざるを得ません。つまり、潜在化している低濃度の汚染浄化対策はほとんど進んでいませんが、汚染が拡大するほどその濃度は薄まるので、自然浄化に頼っているのが実態だと思います。

では、その自然浄化を担っているのはなにか。酸化、紫外線などの化学的な要素もありますが、生物学的な要素、植物や微生物の寄与がじつはたいへん大きいのです。

土壌の汚染

環境省の公表データによると、土壌環境基準が制定された一九九一（平成三）年度以降、土壌汚染件数は増加傾向にあります。特に、土壌汚染対策法が制定された二〇〇二（平成一四）年度に急増しています（図一）。このように、環境基準や項目などの見直しや法整備の年ごとに一挙に件数が高くなっていることがわかります。土壌汚染対策法が施行された背景には、近年、工場跡地などの再開発に伴って土壌汚染が顕在化してきたことが挙げられています。これらの汚染サイトは、比較的調査しやすい工場や事業場の敷地・跡地からの事例が六割を超えていることから考えると、現在、未調査地域の汚染はさらに広範囲であることが考えられます。

汚染物質別にみると、揮発性有機化合物（vapor organic compounds：VOC）ではトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、重金属類では鉛及びその化合物、砒素（ヒ素）及びその化合物に関わる物質が多くなっています（図2）。

VOCは土壤中で分解されにくく、地下に深く浸透し、地下水により汚染が拡散する可能性があります。一方、重金属は水に溶けにくく、土壤に吸着しやすいので地表近くの土壤中に存在することが多く、水溶性の六価クロムを除いて、地下水汚染を引き起こす可能性は少ないと考えられています（図3）。これらの物質以外にも、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素、ポリ塩化ビフェニル（PCB）やダイオキシン類などが、土壤や地下水の汚染物質となっていますが、これらの土壤汚染件数は少ないデータとなっています。

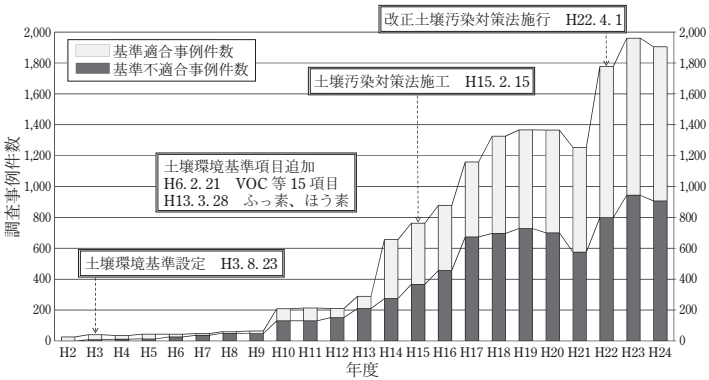


図1 土壤汚染調査事例および基準不適合事例件数の推移〔文献(1)より〕

1 環境汚染の現状について

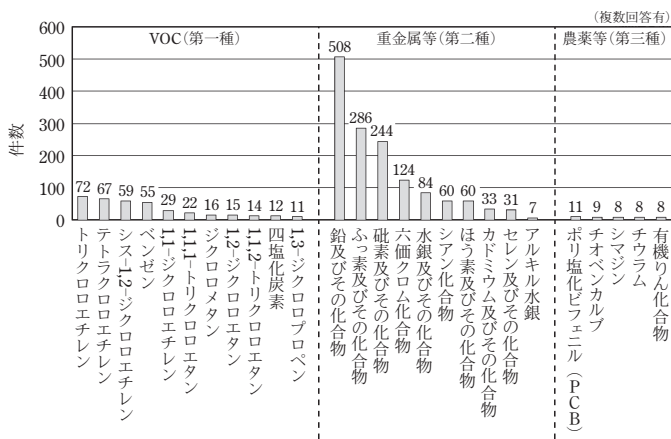


図2 特定有害物質別の基準不適合事例数（平成24年度）
〔文献(1)より〕

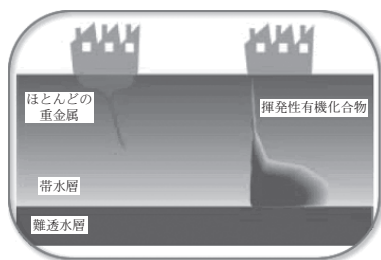


図3 重金属と揮発性化合物による
土壌汚染の特徴
〔文献(2)より〕

微生物パワーで環境汚染に挑戦する © Kiwamu Shiiba 2017

2017年7月6日 初版第1刷発行



検印省略

著者	しい	は	きわむ
	権	葉	究
発行者	株式会社	コロナ社	
	代表者	牛来真也	
印刷所	萩原印刷株式会社		
製本所	有限会社	愛千製本所	

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-07713-1 C1340 Printed in Japan

(森岡)



＜出版者著作権管理機構 委託出版物＞

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-3513-6969, FAX 03-3513-6979, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。

落丁・乱丁はお取替えいたします。

新型コロナシリーズ

発刊のことば

西欧の歴史の中では、科学の伝統と技術のそれとははつきり分かれていました。それが現在では科学技術とよんで少しの不自然さもなく受け入れられています。つまり科学と技術が互いにならなく連携しあって今日の社会・経済的繁栄を築いているといえます。テレビや新聞でも科学や新しい技術の紹介をとり上げる機会が増え、人々の関心も大いに高まっています。

反面、私たちの豊かな生活を目的とした技術の進歩が、そのあまりの速さと激しさゆえに、時としていささかの社会的ひずみを生んでいることも事実です。

これらの問題を解決し、真に豊かな生活を送るための素地は、複合技術の時代に対応した国民全般の幅広い自然科学的知識のレベル向上にあります。

以上の点をふまえ、本シリーズは、自然科学に興味をもたれる高校生なども含めた一般の人々を対象に自然科学および科学技術の分野で関心の高い問題を取りあげ、それをわかりやすく解説する目的で企画致しました。また、本シリーズは、これによって興味を起させると同時に、専門分野へのアプローチにもなるものです。

● 投稿のお願い

「発刊のことば」の趣旨をご理解いただいた上で、皆様からの投稿を歓迎します。

パソコンが家庭にまで入り込む時代を考えれば、研究者や技術者、学生はむろんのこと、産業界の人も家庭の主婦も科学・技術に無関心ではいられませんが、

このシリーズ発刊の意義もそこにあり、したがって、テーマは広く自然科学に関するものとし、高校生レベルで十分理解できる内容とします。また、映像化時代に合わせて、イラストや写真を豊富に挿入し、できるだけ広い視野からテーマを掘り起こし、科学はむずかしい、という観念を讀者から取り除き興味を引き出せればと思います。

● 体裁

判型・頁数・B六判 一五〇頁程度

字詰・縦書き 一頁 四四四字×十六行

なお、詳細について、また投稿を希望される場合は前もって左記にご連絡下さるようお願い致します。

● お問い合わせ

コロナ社 「新型コロナシリーズ」担当

電話 (〇三)三九四一三三三