



## 環境研究の最前線 ——

県環境科学国際センター研究員に聞く ④

# 廃棄資源を活用した低コストで環境に優しい 土壌汚染対策技術

埼玉県環境科学国際センター 土壌・地下水・地盤担当 石山 高

埼玉県環境科学国際センターは、「試験研究」「情報発信」「国際貢献」「環境学習」を4つの柱とする環境科学の総合的中核機関です。また、令和4年度からは研究成果の社会実装化を目指した取り組みも進めています。

本連載では、当センターで行われている社会実装に繋がる6つの研究を紹介します。

### 国内における土壌汚染の現状

近年、土壌汚染は大きな環境問題のひとつとして取り上げられるようになってきました。国内における土壌汚染の調査事例は年々増加する傾向にあり、現在では年間3,000件近くの調査が行われています(図1)<sup>1)</sup>。実際に、汚染が見つかる割合も高く、調査したうちの約1/3で環境基準を上回る汚染物質が見つかっています(図1)<sup>1)</sup>。環境汚染というと、産業活動に起因するいわゆる“人為汚染”が原因であると一般的に考えられがちですが、土壌汚染の分野では自然的原因により汚染が発生する場合があります。土木工事により生じる建設発生土等の土壌汚染

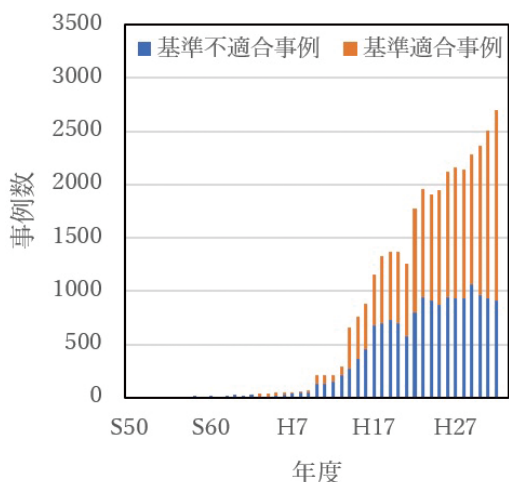


図1 年度別の土壌汚染調査事例 (出典：環境省)

では、多くの場合この自然由来の土壌汚染が原因となっています<sup>1)</sup>。

本レポートでは、“自然由来の土壌汚染”について解説するとともに、当センターが開発した低コストで環境に優しい汚染対策技術について紹介します。

### 自然由来の土壌汚染とその発生メカニズム

自然由来の汚染土壌の代表例は、埼玉県内にも広く分布する海成堆積物(かつて海の底にあった土)です。今から6,000年前の縄文時代には県南部や東部の低地まで海岸線が北上していました。つまり、県南部や東部一帯はかつて海だったのです。したがって今でも、これらの地域の地下には海成堆積物が眠っています。この海成堆積物からは、しばしばヒ素、ふっ素やセレン等の有害重金属類が溶け出すことがあります。また、海成堆積物中の硫黄を含む鉱物は酸素や水と触れることで化学反応を起こして硫酸へと変化するため、海成堆積物を掘り起こした後、しばらく地上で放置しておくことで土壌の酸性化により鉛やカドミウムが溶け出し始めます(図2)。

ヒ素やふっ素の溶け出しは、掘り起こした直後に発生するため“短期汚染リスク”、鉛やカドミウムの場合は掘り起こしてからしばらく時間が経過した後に発生するため“長期汚染リスク”と呼ばれています。硫黄を含む鉱物の化学反応には土壌中の微生物が密接にかかわっており、この微生物が活発に活動することで硫酸へと変化しやすくなることが、多くの研究者らにより既に明らかにされています<sup>2)</sup>。

当センターでは、この微生物に着目し、微生物の活動を抑えることで硫黄を含む鉱物の反応を防ぐ技術を開発することに成功しました<sup>3)</sup>。次に、その技術について簡単に紹介します。本技術については新

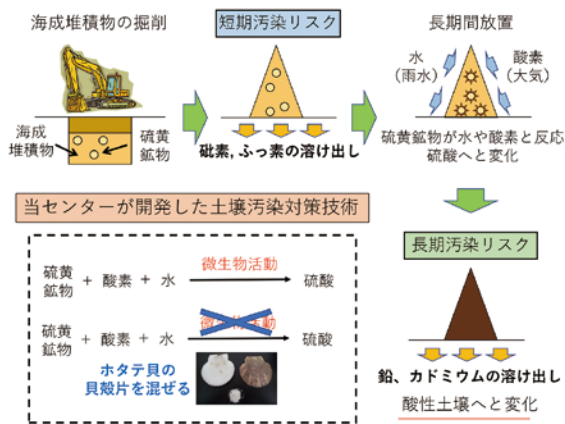


図2 海成堆積物由来の土壌汚染と当センターが開発した対策技術

間や当センターのニュースレターにも掲載されています<sup>4, 5)</sup>。

### 当センターが開発した低コストで環境に優しい 土壌汚染対策技術

硫黄を含む鉱物の反応には、鉄酸化細菌と硫酸化細菌がかかわっています。なかでも、硫酸化細菌が活発になると硫酸の生成が促進されます。硫酸化細菌の動きは土壌のpHによって大きく変化し、pHがアルカリになると著しく活動が低下します。当センターでは、この硫酸化細菌の特徴を利用し、海成堆積物にホタテ貝の貝殻片を混ぜ込んで土壌pHをアルカリに制御することで微生物の活動を抑える技術を開発しました(図2)。

海成堆積物の対策技術としては、遮水シート処理(遮水シート[水を通さないシート]で海成堆積物を被覆して酸素や水との接触を避ける 図3①)や多機能盛土処理(海成堆積物に別の土を被せて水や酸素との接触を遮断するとともに溶解出したヒ素やふっ素等は吸着土層を用いて固定化する 図3②)が一般的に用いられてきましたが、これらの方法は大きな土木工事を必要とするため、

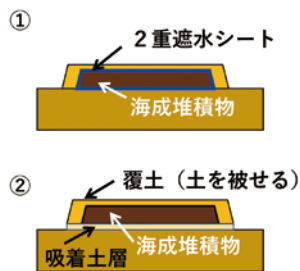


図3 従来の対策技術

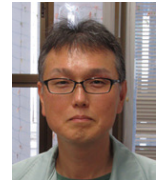
#### 参考文献

- 1) 環境省 (2022): 令和2年度 土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果, <https://www.env.go.jp/content/000040441.pdf>
- 2) Evangelou, V. P. et al. (1995) A Review: Pyrite Oxidation Mechanisms and Acid Mine Drainage Prevention. Environmental Science and Technology, 25(2), 141-199.
- 3) 石山高ほか (2017): 貝殻片を利用した低コストで環境負荷の少ない海成堆積物中重金属類の長期汚染リスク対策手法の開発, 水環境学会誌, 40(6), 235-245.
- 4) 日刊工業新聞 (2021): 『土壌汚染防止技術を確立 ホタテ貝で有害物質の生成抑制』, 9月17日掲載.
- 5) 石山高 (2015): アルカリ天然素材を活用した低コストで環境負荷の少ない新規土壌汚染対策技術の開発, 環境科学国際センターニュースレター, 28号, 3-4.

#### Profile

石山 高

埼玉県環境科学国際センター・  
担当部長 博士(工学)



専門は分析化学、なかでも重金属類を対象とした簡易分析技術の開発に携わってきました。当センターに所属した後は、土壌地下水汚染対策に関する研究を実施しており、「電気化学分析法を適用した土壌中重金属類の現場分析技術の開発」、「低コスト型土壌汚染対策技術の開発」などに取り組んできました。また、平成20年度から平成30年度までの11年間、当センターと連携教員システムを締結している埼玉大学大学院に連携准教授として赴任し、環境分析、水質汚濁、土壌地下水汚染などに関する講義を担当しました。

処理コストが膨大となります。開発した技術は、海成堆積物にホタテ貝を混ぜ込むだけでよいいため、従来の技術に比べて簡便で低コストという特長を有しています。また、天然素材であるホタテ貝を活用するため、環境に優しいという利点も得られます。ホタテ貝は、毎年大量に廃棄されていることから、廃棄資源のリサイクル化や有効利用にもつながります。処理対策の低コスト化を実現した本技術は、土壌汚染対策を促進するとともに、土地開発の活発化や周辺住民の安心や安全の向上にも役立つなど社会的・経済的な波及効果が得られると期待しています。

現在、本技術を埼玉県内の複数個所で採取した海成堆積物に適用し、硫黄を含む鉱物の化学反応を抑える効果について検証実験を行っています。

#### おわりに

土壌汚染対策の分野では、土壌微生物の代謝活動を利用して有害物質を無害化する“バイオレメディエーション”という技術が研究されています。当センターが開発した技術は、微生物の活動を抑えて土壌汚染を未然に防止するという発想であり、従来法にはない独創的な考えに基づく対策技術です。土壌微生物が原因で引き起こされる環境汚染は、海成堆積物以外にも廃棄物処分場での硫化水素発生や窒素肥料による地下水汚染など多岐にわたります。微生物の活動を抑えるという本技術の原理は、これらの汚染対策にも応用することが可能です。