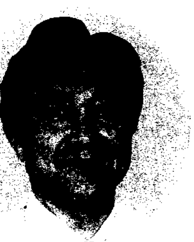
自然由来

重金属含有の掘削ずり対策

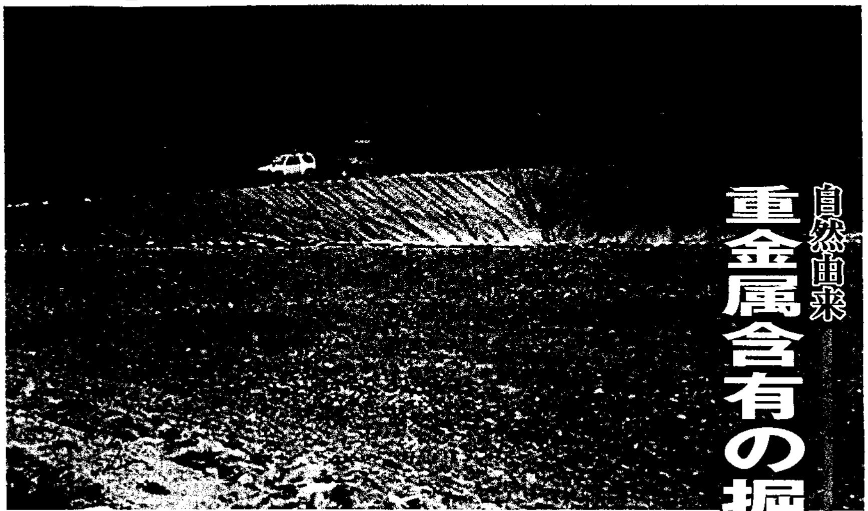
合理的な対策が必要に

大容量・低濃度廃棄物として

未固結残土を埋め立てに 吸着剤の役割果たす



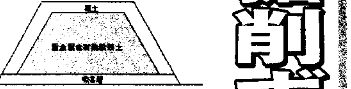
北海道大学大学院工学研究科助教授 五十嵐 敏文



八甲田トンネルにおける鉱化変質岩の対策例。不織布を挟んだ2重シートを使用し、ずりとシートの間には保護砂を充填。保護砂の内部が管理ずり

自然由来の含有量の上限値の目安（単位mg/kg，全量分析による）

重金属類	ヒ素	鉛	フッ素	ホウ素	水銀	カドミウム	セレン
上限値の目安	39	140	700	100	1.4	1.4	2



重金属含有掘削ずりの埋め立て模式図

1、土壌汚染対策法と自然由来の汚染

顕在化する土壌汚染の増加に伴い、二〇〇三年二月に土壌汚染対策法（以下、「土対法」）が施行された。その対象は工場などの特定施設を発生源とする人為汚染であり、対象項目は揮発性有機化合物、重金属類、農薬等である。

土対法はリスクの観点から土壌含有量基準と土壌溶出量基準が定められている。この両方の基準に適合しない区域は指定区域とされ、汚染の除去等の措置や土地の形質の変更の制限を受ける。二〇〇六年十月末時点で解除された区域も含め、これまでの指定区域は一五一カ所にも上っている。施行以来、毎年四〇件程度が指定区域にされていることになる。この現実を踏まえると、土対法は非常に有効な法律であると思われるが、そうであろうか。

揮発性有機化合物や農薬等による汚染はすべて人為汚染と言える。しかし、自然界に遍在する重金属類には人為汚染のほか、自然由来も考えられる。土対法では自然由来の汚染を除外しているため、ある程度の自然由来の汚染は想定していたと思われる。

しかし、建設工事などに伴い発生する岩盤掘削ずりに含まれる重金属類は想定外だったのではなかろうか。

実際、二〇〇四年に出版された「日本の地球化学図」（産業技術総合研究所）によれば、分析対象は河川堆積物ではあるが、土対法で定める基準を超える地域もあることが分かる。とりわけ鉱山、温泉、火山地域などで基準値を上回っている。

自然由来の重金属類を含有する掘削ずりの汚染の場合、土対法に基づき何も対策をしないで良いのであろうか。

先行的な事例として東北新幹線「八甲田トンネル」がある。八甲田トンネルは青森県北部の鉱化変質帯を貫く全長二六・五kmに及ぶ長大トンネルとして有名であり、計画段階から鉱化変質岩の対策が検討されていた。最終的には、重金属含有量が高い岩石、鉱化変質が強く酸化して酸性水を発生する可能性のある岩石を対策・管理が必要な岩石に分類し、二重シートなどによる包み込みによって周辺環境と隔離し、管理型土捨場に埋め立てている。

八甲田トンネルの施工は土対法施行前から工事が進められていたが、トンネル掘削ずりに対してはその性状によっては管理する必要があると判断されていた。土対法では自然由来の汚染に対しては除外しているが、トンネル掘削ずりなどの重金属類汚染は、本来は自然のものであるが人間による働きかけがあり、その働きかけによって、眠れる獅子を起こすように、重金属類を溶出しやすくすることになるため、完全な自然由来とは言えないと判断される。

従って、八甲田トンネルにおける掘削ずり対策は必要であったと言える。ここで重要な点は、重金属類に対する含有量は掘削前後において変化しないが、溶出量は酸化還元電位やpHなどによって変化するため、ずりの性状、埋立環境などによって溶出量が大きく変化する可能性があることである。ここで、地質学的、地球化学的な知見が必要となる。これは、ずりが岩石の場合でも未固結土の場合でも当てはまる。

土木研究所は、岩盤掘削ずりに限らず広い意味での建設残土に対して、その対応策について「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル」（以下、マニュアル）を二〇〇四年に出版した。その中で、自然由来の重金属類の全含有量の閾値を示すとともに、例え自然由来であっても何らかの対策を推奨している。この考え方は適切であるといえる。

2、自然由来の重金属類による汚染の考え方

人為由来の高濃度汚染とは異なり、含有量基準や溶出量基準をわずかに超えるような低含有量・低溶出量ではあるが大量に発生する重金属類含有掘削ずり（建設残土）をどのように処理・処分すべきか。

管理型の一般廃棄物や産業廃棄物のように、頑丈な遮水工を設けたり、浸出水処理施設を設置したりすべきであろうか。土対法がリスクの観点から基準値を定めていることから、ずりの処理・処分に際してリスクが十分に低ければ問題はないと思われる。そのための最低限の対策が望まれる。従来型の有害廃棄物のような小容量・高濃度なる廃棄物ではない、大容量・低濃度なる廃棄物の合理的な対策が望まれる。

北海道では大量発生

3、北海道内の自然由来の掘削ずり汚染

北海道内の実態についてここで少し触れる。八甲田トンネルほどの長大トンネルは道内にはないが、現在、北海道縦貫道路、北海道横断道路に関係したトンネル工事のための調査及び一部掘削が始まっている。また、北海道新幹線関連では新函館以南のトンネルは一部掘削も開始されている。札幌までの延長は認可されていないが、将来的には多くの長大トンネルの施工が予想される。

北海道は、鉱山、温泉、火山などが多く、熱水変質作用を被った地域が広く分布するため、人為由来の高濃度汚染とは異なり、大容量・低濃度なる廃棄物に相当する重金属類含有掘削ずりが、トンネル掘削とともに大量に発生することが想像できる。実際、多くの調査中及び掘削中のトンネルで重金属類、とりわけヒ素の溶出量が土対法の溶出量基準を超えるずりが発生している。道内における実態を要約すると、

(1)重金属類のうち、ヒ素が対象となる場合が圧倒的に多い。鉛なども基準値を超えることがある。

(2)一規定塩酸抽出法による含有量は基準値よりも低いが、溶出量として基準値を超えるずりが多い。

(3)ヒ素に対しては、溶出量は第二溶出量基準〇・三mg/lには達しないが、第一溶出量基準〇・〇一mg/lを超えるずりが多い。

(4)岩種としては、熱水変質を被った火山岩や堆積岩のほか、泥岩、砂岩にまで及び多様である。

(5)固結した岩石試料が溶出量基準を超えることが多いが、未固結の風化岩や第四紀層も溶出量基準を超えることもある。

このような特徴が多くのトンネル計画・施工地点で認められていることから、それらに対する合理的で経済的な処理・処分する方法を構築するとともに、その施工法を確立することが緊急の課題である。

4、重金属類の含有量基準と溶出量基準

マニュアルによれば、自然由来の全含有量の上限値の目安が表1のように示されている。例えば、ヒ素で三九mg/kgであるが、実際には一規定塩酸抽出法による含有量が数mg/kgであっても、溶出量が〇・〇一mg/lを超えるずりがある。

従って、自然由来の溶出量を評価できれば、対策を講ずる上でも有効である。しかし、自然由来の全含有量は理解できるが、自然由来の溶出量は分からない。重金属類の化学形態がpH、酸化還元電位、共存イオンなどによって変化することから、溶出量を評価する場合、これらの要因を考慮する必要があるからである。

現状は、多くの試料を溶出試験に供し、溶出水の濃度を逐一測定して判断している。これら一連の試験を通して、どのような岩種を管理型にしなければならないか、溶出水pHがどの程度であれば管理型が多いかを評価している。特に、ヒ素の場合は、溶出水のpHが九前後の弱アルカリ性で最も溶出しやすい性質がある。ヒ素含有量が同程度でも、溶出水pHによってヒ素溶出量が大きく異なることに注意する必要がある。

5、自然由来の掘削ずり汚染対策案

最も安易な対策としては、マニュアルに記載されている一体となる地域に埋め戻すというものである。それは、自然由来の重金属類を含むずりをそれと同程度の汚染が認められる地域に埋め戻すという概念である。

しかし、一体となる地域の定義を明確にするとともに、埋め戻す状態にも注意が必要。特に、埋め戻す前と比較してずりからの重金属類の溶出量が増大しないようにすることが重要である。

とりわけ、岩盤掘削ずりのように元々は還元環境に置かれていたものが、掘削とともに酸化環境条件で埋め戻される場合は、溶出量が以前よりも上昇することが予想される。

従って、一体となる地域へ埋め戻すという概念は岩石に対してあてはめることは難しい。

廃棄物の管理型埋立地のように、頑丈な遮水対策を施せば良いのであろうか。実際、八甲田トンネル掘削時に発生した鉱化変質岩に対しては、大量の発生量ではあったが、写真に示す二重シートが主に使用された。これは、管理ずりから重金属類や酸性水が発生しないように、水との接触を防止するためである。しかし、重金属類含有掘削ずりに対しては、あまりに堅固すぎる対策のように思える。

また、有機性廃棄物や放射性廃棄物のように、埋立後の経過年数とともに分解や放射崩壊が進行する廃棄物とは異なり、重金属類含有ずりではそれは期待できない。すなわち、低リスクではあるが、かなり長期間に及ぶ管理が必要とされる。遮水シートの耐久性試験なども実施されてはいるが、その耐久期間を定量化することは難しいと考えられる。

合理化対策の一つに現地で発生する天然材料である未固結の建設残土を吸着剤として底部に設ける埋め立てを考えることにする（図）。この埋立法ではずりの周辺を粘性土で囲っている。上部あるいは法面の粘性土層、すなわち覆土層は降雨浸透をある程度抑制するとともに、大気中の酸素の拡散移動を抑制する役割を担い、底部の粘性土層、すなわち敷土層は遮水機能とともに建設残土から溶出する重金属類の吸着層として機能することが期待される。

この方法であれば、ずり層から重金属類の溶出特性と吸着層での吸着特性が分かれば、設計が可能となる。一枚のシートで包み込んでも、万一の漏洩挙動をその下部に位置する地層で吸着することを定量的に評価し、その移行距離を予想できれば、それも合理的な対策と思われる。私も所属しているが北海道環境保全技術協会における技術的な課題の一つにずり対策がある。現在、道内におけるヒ素吸着のために有効な粘性材料を探索しているところである。

（いがらし・としふみ）

北海道環境保全技術協会
ともに北海道の環境保全技術の普及と向上を目指すネットワーク組織

http://www.do-kankyo.jp/

北海道環境保全技術協会

HAPET : Hokkaido Association Preservation of the Environment through Technology

北海道環境保全技術協会は、北海道の環境保全技術にかかわる企業・組織・個人のネットワークです

会　長：前田　寛之（北見工業大学工学部）
理事長：伊藤　藏吉（㈱北英建設）
理　事：五十嵐　敏文（北海道大学大学院工学研究科）
亀和田　俊一（㈱レアックス）
軸丸　邦彦（北海道ガソン㈱）
白尾　直彦（日本データーサービス㈱）
武田　覚（㈱ドーコン）
平田　匡宏（北海道ガス㈱）
広田　知保（㈱アクアジオテクノ）
柳町　強（伊藤組土建㈱）
山本　義弘（北海道ターフ技術協会）
横地　棟磐（山京ビルマネジメント㈱）
渡辺　崇彦（日本データーサービス㈱）
（五十音順）
顧　問：本間　敏弘（㈱本間不動産鑑定事務所）
ビアンカ・フュルスト（環境カウンセラー）

具体的な活動
○会員の環境保全技術底上げのための定期講習会開催
○会員保有の地盤環境保全技術の共同利用、普及促進活動
○各専門部会とワーキンググループ活動による技術研究・開発
○会員、一般に対する技術相談への対応、行政との調整、意見交換

会員募集中
（正会員）
入会金：5万円
年会費：36千円

最近の主な成果
・ワーキング委員会
「掘削ずり処理手法の開発」、「道内未利用環境資源の利用促進」、「水質浄化手法の開発」
・定期環境保全技術セミナー・定期技術講演会の実施

事務局：〒065-0024　札幌市東区北24条東17丁目1－12
TEL：011-780-2882　FAX：011-782-5222　E-mail：info@do-kankyo.jp

北海道環境保全技術協会・協会員企業一覧

〔あ〕
（有）アース企画　（札幌市）
（株）アクアジオテクノ　（札幌市）
（株）アサヒ建設コンサルタント　（旭川市）
阿部建設（株）　（小樽市）
（株）アムス　（宮城県）
（株）アルファ水工コンサルタンツ　（札幌市）
（株）イーエス総合研究所　（札幌市）
（株）池知建設　（北見市）
（株）石山組　（札幌市）
伊藤組土建（株）　（札幌市）
岩倉建設（株）　（札幌市）
上山試錐工業（株）　（札幌市）
（株）エコニクス　（札幌市）
エコロジア北海道21推進協議会　（札幌市）
王子木材緑化（株）・北海道支店　（札幌市）
応用地質（株）・札幌支社　（札幌市）
小野田ケミコ（株）・札幌支店　（札幌市）
〔か〕
環境コンサルタント（株）　（釧路市）
環境サービス（株）　（砂川市）
（株）環境保全サイエンス　（札幌市）
基礎地盤コンサルタンツ（株）・北海道支社（札幌市）
北日本産商（株）　（苫小牧市）
（株）協和エクシオ・北海道支店（札幌市）
（株）グラウト　（札幌市）
グリーンテックス（株）　（旭川市）
（株）ケーシン　（札幌市）
〔さ〕
（株）札幌アースアプレイザル　（札幌市）
札幌クリーニング協同組合　（札幌市）
佐藤工業（株）・札幌支店　（札幌市）
三和土質基礎（株）　（札幌市）
（株）シーウェイエンジニアリング　（札幌市）
（組）地盤環境技術研究センター・北海道支部　（札幌市）
（社）植物情報物質研究センター　（恵庭市）
（株）シン技術コンサル　（札幌市）
新日邦（株）　（旭川市）
（株）ズコーシャ　（帯広市）
（株）ソフィア　（東京都）
〔た〕
第一建興（株）　（札幌市）
大栄建設（株）　（札幌市）
大成基礎設計（株）・北海道支社　（札幌市）
大地コンサルタント（株）　（旭川市）
太平洋総合コンサルタント（株）　（釧路市）
大北土建工業（株）　（富良野市）
拓北地下開発（株）　（釧路市）
（株）竹中土木　北海道支店　（札幌市）
NPO地域経営改善研究会　（札幌市）
（株）ドーコン　（札幌市）
東海建設（株）　（室蘭市）
東日工業（株）　（札幌市）
東邦コンサルタント（株）　（釧路市）
トキワ地研（株）　（札幌市）
（株）ドボク管理　（北見市）
（株）土木技術コンサルタント　（帯広市）
苫小牧清掃企業組合　（苫小牧市）
〔な〕
（株）西村組　（湧別町）
（株）日伸テクノ　（札幌市）
日鉄鉱コンサルタント（株）・北海道支店　（札幌市）
日特建設（株）・札幌支店　（札幌市）
日本基礎技術（株）・札幌支店　（江別市）
日本データーサービス（株）　（札幌市）
〔は〕
（株）福津組　（古平町）
（株）不二鑿水工研　（札幌市）
防災地質工業（株）　（札幌市）
（株）北英建設　（札幌市）
北王コンサルタント（株）　（帯広市）
北電総合設計（株）　（札幌市）
（株）北社設計　（網走市）
北武コンサルタント（株）　（札幌市）
（株）北開測地　（深川市）
（株）北海道エコシス　（帯広市）
北海道環境汚染防止協会　（札幌市）
北海道三祐（株）　（札幌市）
北海道シェル工業（株）　（釧路市）
（財）北海道資産評価センター　（札幌市）
（株）北海道ソイルリサーチ　（苫小牧市）
（株）北海道造園コンサルタント　（札幌市）
北海道ターフ技術協会　（江別市）
（社）北海道地質調査業協会　（札幌市）
北海道調査測量（株）　（小樽市）
北海道土質コンサルタント（株）　（札幌市）
北海道農業土木コンサルタント（株）　（札幌市）
北海日植（株）　（札幌市）
〔ま〕
（株）マネジメントシステム評価センター　（札幌市）
（株）三井組　（鷹栖町）
宮坂建設工業（株）　（帯広市）
明治コンサルタント（株）　（札幌市）
〔や〕
野外科学（株）　（札幌市）
雪印種苗（株）　（札幌市）
（株）ユニオン・コンサルタント　（札幌市）
〔ら〕
（株）レアックス　（札幌市）