

ベンゼン等の汚染土壌の浄化工事事例

大阪ガス株式会社 正会員 ○中谷 元彦
株式会社大林組 正会員 宮岡 修二

1. はじめに

自主調査で土壌汚染が判明している大規模石炭ガス工場跡地にて、原位置封じ込めの措置を行うために、第二溶出量基準超過部について、経済的かつ、工期的に短期に第二溶出量基準に適合することを目標に、現地にて複数の工法を組み合わせ土壌処理を実施したので、得られた知見を報告する。

2. 場内での土壌溶出量低減処理の概要

処理対象土量は 27,000m³、汚染物質はベンゼン、シアンであり、両物質で複合汚染した土壌もあった。土質は砂質土と粘性土の互層であり、ベンゼンが GL-6m 程度、シアンが GL-3m 程度までの深度に分布していた。浄化目標は第二溶出量基準以下とし、土壌溶出量・土質・種々の処理技術の能力、処理に要する期間・経済性等、様々な因子を考慮して、表-1 および写真-1 に示す通り、加熱処理、バイオ処理、不溶化処理の3種類の処理方法を採用した。なお、複合汚染した土壌はベンゼンを処理した後に、シアンの不溶化処理を行った。

表-1 場内での土壌溶出量低減処理の概要

汚染物質	土壌溶出量	土質	処理方法	対象土量（延べ数量）
ベンゼン	0.2mg/L 超過	砂質土	加熱処理	13,000m ³
	0.1mg/L 超過	粘性土		
	0.1mg/L 超過～0.2mg/L 以下	砂質土	バイオ処理	5,000m ³
シアン	1.0mg/L 超過	全て	不溶化処理	17,000m ³

3. 各処理の結果

3-1. 加熱処理の結果

加熱処理は、乾燥炉内で土壌を加熱して、ベンゼンを揮散除去する技術である。そして、揮散させたベンゼンを含む排気ガスは二次燃焼炉に導き、再加熱してベンゼンを熱分解する。

過度な加熱は不経済であり、エネルギーのロスでもあるので、必要な加熱温度を設定し処理することが重要である。このため、まず、加熱処理設備を用いて、加熱温度と処理後土壌のベンゼン溶出量との関係を調査した。試験に用いた土壌（粘性土）の処理前のベンゼン溶出量は 0.14mg/L、これを 200℃、300℃で処理した後のベンゼン溶出量はいずれも 0.01mg/L 未満となった。この試験結果に基づき、本工事では、乾燥炉内での土壌処理温度を 150℃～300℃とした。二次燃焼炉内は文献¹⁾を参照し、650℃～800℃（2 秒間処理）とした。



写真-1 各処理の施工状況

キーワード 土壌汚染, 加熱処理, バイオ処理, 不溶化処理, ベンゼン, シアン

連絡先 〒541-0046 大阪府中央区平野町 4-1-2 大阪ガス株式会社 TEL 06-6205-4592

処理土については、約 100 m³ 毎に品質検査用試料を採取し、ベンゼン溶出量（環告 18 号）を測定した。分析結果は全て第二溶出量基準以下であり、これら全試料数の 98.8%は指定基準 0.01mg/L 未満であった。今回処理した土壌の処理前のベンゼン溶出量は 0.1～16mg/L、ノルマルヘキサン抽出物質濃度は 100mg/kg 未満～17,000mg/kg であったが、適切な加熱処理温度を設定したと言える。

加熱処理設備の排気ガスのベンゼン濃度のモニタリングも実施した。排気ガスは、ガス処理系統の末端の煙突部において採取した。分析の結果、ベンゼン濃度は 0.1mg/m³_N 未満～1.3 mg/m³_N であった。排気ガス中のベンゼン濃度の管理値として参考になるものに、東京都環境確保条例の有害ガス規制基準値 100mg/m³_N 等があるが、これらに比べて十分に低い値であった。

3-2. バイオ処理の結果

バイオ処理は、土壌中に存在する土着の微生物を活性化してベンゼンを分解処理する方法である。以下に処理概要を述べる。まず、処理対象土壌に、栄養塩、堆肥、易分解性有機物を原料とした微生物活性化材ヒートコンポ²⁾を添加混合する。これを盛土して畝を作りシートで覆う。畝の底部に設置したパイプからブロワで吸引して、畝の土壌空隙内に外気を取り込み、微生物に酸素を補給して活性化を促進し、ベンゼンを資化させて分解するものである。

バイオ処理によってベンゼン分解が可能であることは、先行して実施したラボ試験で確認した。ラボ試験を開始して 1～2 日後には土壌温度が上昇し、シアンが共存することによる阻害は認められず、微生物活動が促進されて、ベンゼンが分解されることを確認した。また、バイオ処理に使用する資材添加量を設定した。

バイオ処理は、既往ボーリングデータに基づき、通気性のよい砂質土を対象として計画したが、実際に掘削してみると、バイオ処理対象土壌にシルト分が多く含まれる場合があった。このため、ブロワによる通気処理とともに、1 週間毎に畝の切返しを実施し、通気性の改善を図った。2 週間経過後から、切返し作業に併せて品質検査用試料を約 100 m³ 毎に採取し、ベンゼン溶出量（環告 18 号）を測定した。その結果、全て 2 週間経過後にはベンゼン溶出量は第二溶出量基準以下となった。

3-3. 不溶化処理の結果

第二溶出量基準を超過するシアンを不溶化処理するため、鉄系、セメント系、マグネシウム系の不溶化剤を候補とし、性能比較試験を実施した。さらに、不溶化処理土壌の安定性を確認するため、土壌環境センター推奨の酸添加溶出試験、アルカリ添加溶出試験も合わせて実施し、不溶化剤として鉄系不溶化剤を選定した。

シアンはアルカリ性で溶出しやすい性質があることから、酸性の鉄系不溶化剤添加量は掘削土の pH（アルカリ度）に応じて調整するのが適切と考え、掘削を行う区画毎にラボ試験を実施して、鉄系不溶化剤の添加量を決定し処理した。土壌と薬剤の混合は写真-1 に示すプラントで行った。不溶化処理した土壌は 100 m³ 毎にシアン溶出量（環告 18 号）の分析を行い、処理状況を確認した。分析結果は全て第二溶出量基準をクリアしており、これら全試料数の 87%は指定基準もクリアした。

4. まとめ

ベンゼン等の複合汚染土壌を対象として 3 種の溶出量低減処理を組合せ、経済的に短工期で目標を達成することができた。また、各々の技術の有効性を実工事で確認でき、各技術の性能を把握することができた。

参考文献

- 1) 新・公害防止の技術と法規（大気編）、産業環境管理協会、p434
- 2) 石川ら、油汚染土の温度管理型バイオ処理技術、土壌環境センター技術ニュース、第 11 号