

廃棄物処分場で使用する硫化水素発生抑制材料の評価

前 英雄*・猪野陽佳*²

Evaluation of Materials to Control Hydrogen Sulfide Generation at Waste Disposal Sites Hideo Mae and Haruka Ino

The performance of materials developed to control the generation of hydrogen sulfide at waste disposal sites was evaluated. A small landfill test tank was filled with crushed waste plasterboard and the hydrogen sulfide concentration of the gas phase above the tank and the leachate discharged from the tank was measured, as well as ORP, TOC, and pH of the leachate. The results showed that the amount of hydrogen sulfide released into the gas phase and into the soaking water was reduced in the experiment with the efficient mixing of hydrogen sulfide inhibitor materials compared to the control experiment.

1. 緒 言

産業廃棄物の最終処分場では、嫌気性条件下で硫酸イオン(以下, SO_4)源と易分解性有機化合物が存在する環境において、悪臭を持ち有害な高濃度の硫化水素(以下, H_2S)が発生するという問題が起きたため、環境省は2006年6月1日以降、廃棄された石膏ボード(以下、廃石膏)の安定型最終処分場への埋め立てを禁止し、管理型最終処分場へ埋立処分する方向へと転換した¹⁾。しかし、廃石膏を受け入れ可能な管理型処分場においても埋立処分後の維持管理コストの負担が大きいため、廃石膏の受け入れを積極的に行っていない状況である。現在では、廃石膏の石膏と紙を分別するリサイクルが進んでいるが、分別の難しい災害ゴミ等の処理も必要となり、管理型処分場においても安定して埋め立てるための技術が必要と考えられる。

処分場内の H_2S 発生抑制に関しては、遊離酸化鉄を多く含む火山性土壌や鉄資材(グラインダーダスト等)を覆土に混合する方法²⁾や石灰とコンクリート混合物を覆土とする方法³⁾等が報告されている。一方、処分場を効率よく使用するためには、処分場にある廃棄物を活用し、廃棄物量を増やすことなく硫化水素を抑えることが重要であると考えられる。これまで我々は、廃棄されている汚泥を原料とした H_2S の発生を抑えるための材料(以下、抑制材)の開発を行ってきた^{4, 5)}。本報告では、その研究の中で実施した抑制材の評価結果について報告する。

2. 実験方法

2・1 模擬埋立実験槽と評価方法

本実験では、正木ら⁶⁾と同様の模擬埋立実験槽(以下、実験槽)を用いて抑制材の評価を行った。その概略図を図1に示す。実験槽は、底辺250mm×250mm、高さ600mmの直方体で、充填した廃棄物層の上部に100mmの空間を有している。集水管出口を150mm立ち上げることによって、下部に浸出

水による滞水域を作り、嫌気性となるようにした。また、空間上部に設置した外径8mm(下部には、10mm間隔で2mm径の散水口が13個開口している)の散水管を用いて散水を行った。散水量は山口県の日平均降水を想定し、週2回に分けて注水した。注水は自然流下により行った。注水により実験槽の上部から排出されるガスは、 H_2S 濃度を測定するためテトラバックに回収した。排出される浸出水は、プラスチック製の容器に回収し、同時に排出されるガスも容器内に回収した。上部ガス空間にある H_2S ガスの濃度を測定するため、注水口から窒素ガス(200ml/min)を導入し、排気されたガスをテトラバックに回収した。ガス濃度は検知管を用いて測定し、上部空間の体積当たりの濃度に換算した。一方、排出される浸出水は、pHと酸化還元電位(以下、ORP)、全有機炭素(以下、TOC)の分析を行った。同時に排出される H_2S ガスは、ガス検知管を用いて濃度測定を行った。

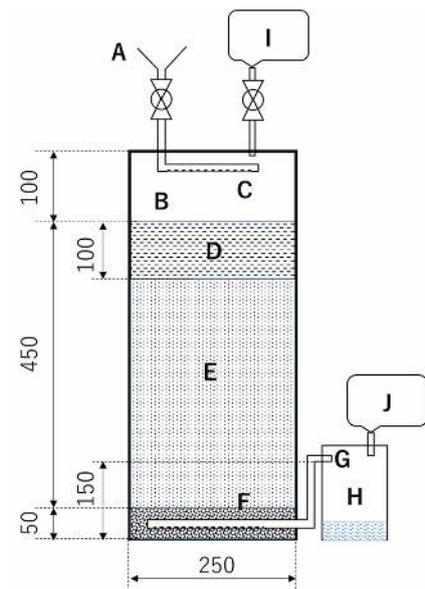


図1 模擬埋立実験槽

A:注水口, B:上部ガス空間, C:散水管, D:覆土,
E:廃石膏等, F:砕石, G:集水管, H:回収容器,
IとJ:テトラバック

* 技術支援部

*² 技術支援部材料技術グループ

2・2 廃棄物の充填方法

実験槽下部には碎石を厚さ 50mm になるように敷き詰め、その上に SO₄ 源になる廃石膏として粗粉碎した市販の石膏ボードを使用し、厚さが 350mm になるように充填した。石膏ボード表層に張り付けられている紙のうち、破碎装置内で完全に分離されたものは取り除いた。充填後に覆土として真砂土を 100mm の厚さになるように充填した。抑制材の充填方法を図 2 に示す。A は、廃石膏と覆土を充填した基準となる実験槽である。B では、スラリー状にした抑制材を廃石膏に散布したものを充填した。C では、抑制材と真砂土の混合物を作り、その混合物を廃石膏に混ぜ込んだ後に充填した。D では、廃石膏と抑制材を攪拌機で混合したものを充填した。E では、真砂土と抑制材を攪拌機で混合したものを覆土として充填した。A と各実験槽を比較することによって抑制材の効果を評価した。表 1 に各実験槽の充填物の量を示す。

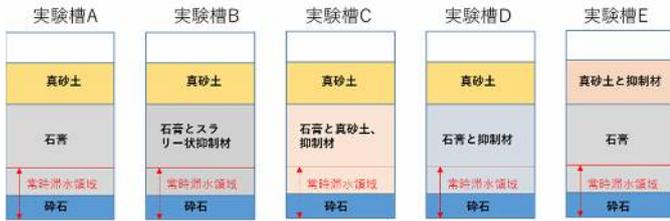


図 2 抑制材の充填方法

表 1 各実験槽の充填物量

試料名	廃石膏	抑制材	比率	抑制材の使用方法
実験槽A	10 kg	-	-	-
実験槽B	10 kg	5 kg	2 : 1	スラリー状
実験槽C	10 kg	5 kg	2 : 1	真砂土5kgに分散
実験槽D	10 kg	5 kg	2 : 1	攪拌機による混合
実験槽E	10 kg	3 kg	2 : 0.6	覆土に混合

3. 実験結果

3・1 硫化水素の発生状況

上部ガス空間で発生した H₂S の濃度を累積発生量として図 3 に示す。基準の A からは、10 日目に急激に H₂S が発生したが、その後少しずつ減少した。室温が 15℃ 以下となってからは、殆ど発生を確認できなくなった。B と C では、A よりも早く 3 日目に H₂S が急激に発生し、その後は A と同様に減少した。D と E では、10 日目から徐々に発生し、他の試料と同様に減少した。D と E の累積発生量は、基準の A よりも少なくなり、抑制材の効果が確認された。一方、抑制材をスラリー状にして加えた B と覆土に加えた E は、A よりも発生量が多くなり、抑制材が悪影響している可能性があった。この原因については調査中である。

次に、集水管で検出された H₂S 濃度を累積発生量として図 4 に示す。A と E では、20 日目以降 H₂S が発生し、60 日目以降も 50ppm 以上の発生が続いた(累積硫化水素濃度は、200ppm 以上)。B では、20 日目以降に H₂S が発生し、数 ppm の H₂S が継続して発生し続け、100 日目以降に急激に増加

し、外気温が 15℃ 以下になってからも発生した。60 日目以降、排水の中に抑制材の原料と同じ黒色の酸化鉄成分が確認された。この現象が、H₂S 発生にどの様に影響しているかは現時点では明らかになっていない。C と D では、20 日目以降に H₂S が発生するが、基準の A に比べてかなり低い濃度であった。

上部ガス空間と集水管での H₂S の発生状況を観察した結果、廃石膏と抑制材を機械的に混合した実験槽 D の充填方法が抑制材の性能を効果的に発揮できることが分かった。真砂土と混合した場合、抑制材のハンドリング性は改善され、排水中の H₂S は他の試料に比べてかなり少なかったが、初期段階に大気中に高濃度の H₂S が放出されることが問題であった。

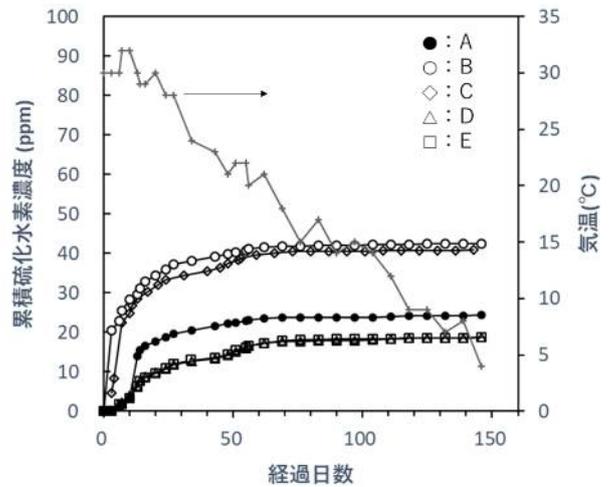


図 3 上部ガス空間で検出された硫化水素

A:実験槽 A, B:実験槽 B, C:実験槽 C, D:実験槽 D, E:実験槽 E

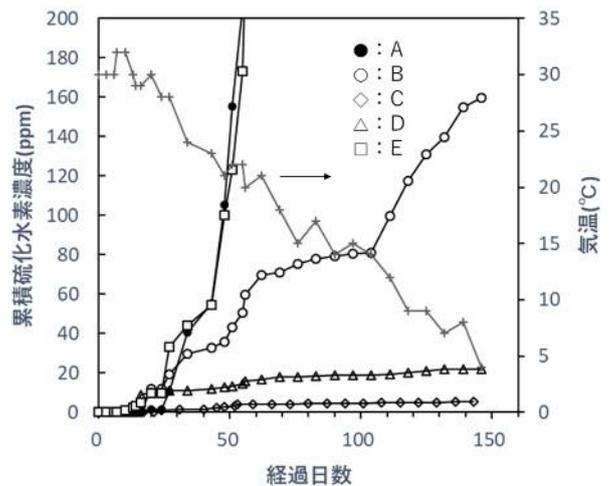


図 4 集水管で検出された硫化水素

A:実験槽 A, B:実験槽 B, C:実験槽 C, D:実験槽 D, E:実験槽 E

3・2 浸出水の経時変化

集水管から排出された浸出水の ORP の測定結果を図 5 に示す。全ての試料の ORP は、実験開始後、下がり始め 10

日目には-150mV以下となり、常時滞水領域が準嫌気性になっているものと推察される。20日目には、-200mV付近まで低下し、この時期から上部ガス空間、浸出水の両方においてH₂Sが発生し始めた。気温の低下に伴って、BとC、Dの値は徐々に上昇を始めた。しかし、AとEの値は、-250mV以下を維持し、より嫌気性が強まっている。60日目以降から、Aの値は上昇傾向になったが、Eの値は低いままであった。AとB、Eでは、ORPが上昇すると上部ガス空間のH₂S発生量は減少を始めたが、浸出水のH₂Sは発生し続けた。特に、AとEでは浸出水において高濃度のH₂Sが発生した。各実験槽がH₂Sの発生条件であるか調べるため、60日目の浸出水の分析を行った。その結果を表2に示す。全ての実験槽は、温度が15℃以上であればH₂Sが発生する条件となっていた。特に、DはSO₄濃度が最も高く発生の可能性が高いと考えられるが、H₂Sの検出量は他に比べて少なかった。60日以降、Cは他に比べてORPが高く、H₂Sの発生も少なかった。BはH₂Sの発生が見られたが、DよりもORPが高くなっていった。抑制材を廃石膏と混ぜ合わせるとORPが高くなる傾向となった。一方、抑制材を覆土に混ぜ込んだ実験槽Eの場合、ORPは他の実験槽に比べて低く、-250mVとなっており、嫌気性状態を維持していた。このように抑制材を覆土に混ぜ込んだ場合、埋立環境に悪影響を及ぼす結果となった。この原因については、現在調査中である。

基準となるAに対して、DのSO₄値は高いがORPとTOCは低く、上部ガス空間と浸出水の両方でのH₂S発生量が低くなった。抑制材は、廃石膏を機械的に混合することで、効果的にH₂Sの発生を抑えられると考えられる。

表2 浸出水の分析値

	pH	SO ₄ (mg/l)	TOC (mg/l)	H ₂ S (mg/l)
実験槽A	7.48	180	36	5以上
実験槽B	7.60	210	23	0.5
実験槽C	7.53	106	31	0.05
実験槽D	7.92	480	16	0.05
実験槽E	8.03	420	55	5以上

4. 結 言

産業廃棄物の最終処分場からの突発的なH₂Sの発生を抑えるために開発された硫化水素発生抑制材の性能評価を行った。実験槽に廃石膏と抑制材を充填し、発生するH₂Sガスと浸出水のpH、TOC、ORPの測定を行った。その結果、抑制材と廃石膏を機械的に混合して埋め立てることにより、H₂Sの発生を抑えることが可能になることが確認された。一方、抑制材を廃石膏に加え、覆土に混ぜ込んだ場合は埋立環境に悪影響を及ぼすことが確認された。この原因については、現在調査中である。

本実験の取り組みに際して、福岡大学環境保全センター柳瀬教授には、大変丁寧な技術指導を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

また、戸田工業株式会社 西野氏と山野氏、山口氏には、本実験において使用した硫化水素抑制材を提供していただいた。ここに併せて深く感謝の意を表します。

本研究は、山口県廃棄物3R事業の研究費助成により実施した。

参考文献

- 1) 井上雄三編:安定型最終処分場における高濃度硫化水素発生機構の解明ならびにその環境汚染防止対策に関する研究, (独)国立環境研究所報告188号(2005).
- 2) 小野雄策:廃棄物埋立地から発生する硫化水素とその対策-埼玉の環境と地域産業を見据えた埋立工法の開発に向けて-, 埼玉県環境科学国際センター講演会要旨, (2003).
- 3) C. Plaza, Q. Xu, T. Townsend, G. Bitton and M. Booth :Evaluation of Alternative Landfill Cover Soils for Attenuating Hydrogen Sulfide from Construction and Demolition(C&D) Debris Landfills, Journal of Environmental Management, Vol. 84, No 3., pp.314-322(2007).
- 4) 猪野陽佳:酸化鉄汚泥を用いた硫化水素放出抑制材としての実用化に関する研究開発(その1), 大阪湾広域臨海環境整備センター廃棄物の適正処理・水処理に係る調査研究助成制度研究成果発表会資料集, p.11-20, (2021).

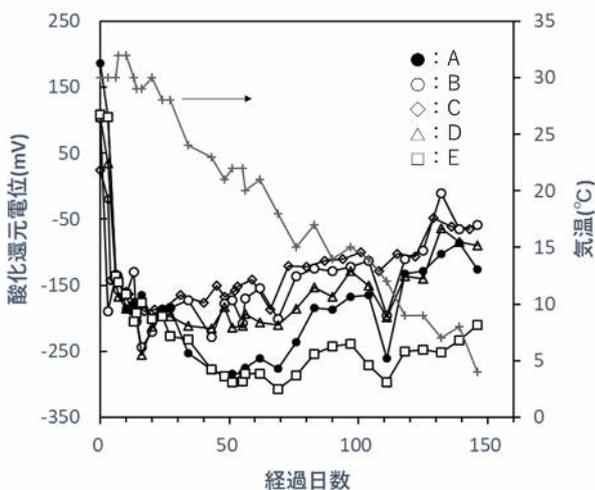


図5 浸出水の酸化還元電位

A:実験槽A, B:実験槽B, C:実験槽C, D:実験槽D, E:実験槽E

- 5) 猪野陽佳:酸化鉄汚泥を用いた硫化水素放出抑制材としての実用化に関する研究開発(その2), 大阪湾広域臨海環境整備センター廃棄物の適正処理・水処理に係る査研究助成制度研究成果発表会資料集, p. 19-30, (2022).
- 6) 正本博士, 松清敦史, 重松幹二, 松藤康司, 柳瀬龍二: 廃石膏ボードの小型埋立実験槽による気相中への硫化水素放出抑制の検討, 廃棄物資源循環学会論文誌, **23**(3), p. 144-153 (2012).