

B-8 埋立廃棄物の混合による廃石膏ボードからの 硫化水素発生抑制に関する基礎的検討

○山田 拓哉^{1*}・樋口 隆哉¹・佐々木 寛雅²

¹ 山口大学大学院理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)

² 一般財団法人山口県環境保全事業団 (〒753-0072 山口市大手町 9-11 山口県自治会館 1F)

*E-mail: v048vn@yamaguchi-u.ac.jp

1. 研究背景・目的

廃棄物最終処分場において発生した硫化水素ガスによって、処分場の作業員が死亡する、または中毒症状を起こす事例が報告されている。1999 年には福岡県筑紫野市で硫化水素中毒と疑われる作業員 3 名死亡の報告があり、場内のボーリング調査の結果、最高 15000ppm の硫化水素の発生が確認された¹⁾。国立環境研究所の報告²⁾によると、1000ppm を超える濃度の硫化水素は生命に危険を及ぼす毒性を持つ高濃度硫化水素とされ、廃棄された石膏ボードが原因物質として特定された。硫酸塩還元菌が嫌気的な環境で石膏ボードに使われている紙や糊等を有機物源として硫酸塩還元を行うと考えられている。高濃度硫化水素の発生条件・原因は、①硫酸塩還元菌が存在すること、②硫酸イオンが存在すること、③硫酸塩還元菌が増殖するに足る有機物源が存在すること、④硫酸塩還元菌が増殖するに適当な温度、水分、嫌気状態が保持されていること、⑤発生した硫化水素と化合する物質が少ないことである。硫酸塩還元菌は絶対嫌気性のバクテリア群であり、自然界における常在菌である。生育条件は温度が 45℃前後まで、生育範囲は pH6.5-9.5 であり、この条件は最終処分場の地中において容易に整う。

このような中で、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部改正等について」(平成 10 年 7 月 16 日付け環水企第 299 号)によって、紙が付着した廃石膏ボードは、安定型最終処分場への埋め立てが禁止された。さらに、「廃石膏ボードから付着している紙を除去したものの取扱いについて」(平成 18 年 6 月 1 日付け環産第 060601001 号)により、廃石膏ボードから付着している紙を除去したものも管理型産業廃棄物の取り扱いとされ

た。一方、石膏ボードのリサイクルにおいて、石膏ボード工場・加工場・流通倉庫、新築現場から出る石膏ボードは多くのものがリサイクルされているが、学校や住宅等の解体現場から出るものは 8 割近くが埋め立て処分等、リサイクルされていないと考えられている³⁾。取り扱い方法の変更により廃石膏ボードを受け入れることのできる処分場は減少し、硫化水素発生による人身事故が発生したこともあり、廃石膏ボードの受け入れに関して後ろ向きの姿勢を見せる処分場も少なくはない。しかし、近年、廃石膏ボードの排出量は増加しており、これらを適切に処分する必要がある。

この問題を受け、山口県環境保全事業団は宇部港東見初広域最終処分場で廃石膏ボードの処分が可能か否かを検討することとなった。処分場における廃石膏ボードによる硫化水素の発生に関して、焼却灰の物理的な覆蓋による抑制効果⁴⁾や含鉄資材による硫化水素発生抑制⁵⁾についての研究事例がある。本研究では、宇部港東見初広域最終処分場に廃石膏ボードを受け入れられるかどうかを検討するとともに、廃石膏ボードを埋め立てるとなった際に安全に処分を行う方法を検討するために、実際に処分場に搬入される廃棄物、処分場内の保有水を使用したバイアル実験を行った。

2. 実験方法

硫化水素の発生条件の把握のために、様々な条件を設けてバイアル瓶(容量 500mL)を用いたバイアル実験を 3 サイクル行った。実験では石膏ボードと他の廃棄物を混合させ、それぞれの組み合わせにおける硫化水素発生濃

度を測定した。搬入される廃棄物の成分や性質が処分場によって異なるため、本研究で対象となる宇部港東見初広域最終処分場の特徴をとらえるために、混合させる試料は処分場に搬入される廃棄物、保有水を用いた。石膏ボードはホームセンターで市販されているものを細かく粉碎したものを使用した。廃棄物は実際に処分場に搬入された一般廃棄物の燃えがら（以下、燃えがら①）、バイオマス発電による木質系の燃えがら（以下、燃えがら②）、無機汚泥、鉍さい、一般廃棄物を焼却した際の飛灰に活性炭を噴霧し、集じん機で回収したもの（以下、飛灰①）、一般廃棄物を焼却した際の飛灰に消石灰を噴霧し、集じん機で回収したもの（以下、飛灰②）を用いた。燃えがら①は 2mm 目のふるい下を使用した。保有水は実験を開始する 2 日前または前日に採取した。

(1) バイアル実験 1 サイクル目

バイアル実験 1 サイクル目では、宇部港東見初広域最終処分場における搬入量の多い廃棄物との埋立を想定して、混合物が硫化水素の発生に影響を与えるかを考察した。試料の組み合わせは、石膏ボードのみ(50g)、石膏ボード(25g)と燃えがら①(25g)、石膏ボード(25g)と無機汚泥(25g)であり、液相は蒸留水、海水、保有水をそれぞれ 200mL 用意した。組み合わせは全 9 通りで、各 3 本ずつ用意した。バイアル瓶は試料投入した後、気相を窒素ガスで置換して密封し、嫌気状態として 35℃の恒温槽内で静置した。硫化水素の濃度は、ヘッドスペースガスを実験開始から 4 日後、8 日後、11 日後、15 日後、19 日後に採取して GC-FPD（炎光光度検出器）を用いて測定した。水質測定は、実験開始時に各試料の組み合わせに調製したものを三角フラスコに用意し、試料投入後 6 時間静置し、その後ハンディタイプの pH 計、EC 計、ORP 計を用いて実施した。また、実験終了時にはバイアル瓶を開封して液相の水質測定を行った。

(2) バイアル実験 2 サイクル目

バイアル実験 2 サイクル目では、混ぜる燃えがら①の量を 1g、5g、25g と変え、廃棄物の量により硫化水素の発生に差異が現れるか否かを考察した。また、燃えがら②、鉍さいの硫化水素発生抑制効果についても同様に実験を行い検証した。実験に使用した燃えがら②、鉍さいは搬入される段階で粉末状および細粒状であったため、そのまま使用した。液相は保有水を 200mL 用意した。比較のための石膏ボードのみと合わせて組み合わせは全 10 通りで、それぞれ 3 本ずつ用意した。石膏ボードの量はいずれも 25g とした。実験では 1 サイクル目と同様に硫化水素濃度測定と水質測定を行った。バイアル実験 2 サイクル目では GC-FPD の不調により、硫化水素濃度は実験開始 4 日後と終了時(25 日後)のみの測定となった。

水質についてはバイアル瓶を恒温槽に入れる前に 6 時間ほど静置し、その液相を測定した。また、実験終了時はバイアル実験 1 サイクル目と同様に測定した。

(3) バイアル実験 3 サイクル目

バイアル実験 3 サイクル目では、混ぜる燃えがら②の量を変えるとともに、新たに飛灰①、飛灰②の硫化水素発生抑制効果の有無を検討した。投入量は、燃えがら②は 1g、3g、5g とし、飛灰①、飛灰②は 1g、5g、25g とした。液相は保有水を 200mL 用意した。バイアル実験の方法は 1 サイクル目と同様であり、水質測定は 2 サイクル目と同様に行った。バイアル実験 1 サイクル目、2 サイクル目の実験結果より、硫化水素発生抑制効果について pH の影響が大きいと推測された。pH の値が高く、硫酸塩還元菌の生育範囲を超えるために活動が停止、または鈍化して硫化水素が発生していないのではないかという仮説と、液相中に硫化物イオンは存在しているが、pH が高いために気相中に移行していないのではないかという仮説を立て、3 サイクル目では後者の仮説を検討した。そこで、バイアル実験終了後に液相の pH が 3~4 になるように pH 調整し、液相中に残留している硫化水素を気相中に移行させて濃度測定を行った。具体的には、バイアル実験終了後、培養液の上澄み 40mL を容量 75mL のバイアル瓶に採取した。そして、0.1N の塩酸で pH を 3~4 の範囲に調整し、35℃の恒温槽で 1 時間静置した。その後、バイアル実験と同様に GC-FPD でヘッドスペースガスの硫化水素濃度を測定した。

3. 実験結果

(1) バイアル実験 1 サイクル目

バイアル実験 1 サイクル目の硫化水素発生状況の経時変化（液相が保有水の場合）について図-1 に示した。図中のプロットは各組み合わせ 3 本の平均値である。また、白塗りのプロットは濃度がその値を超えていたこと

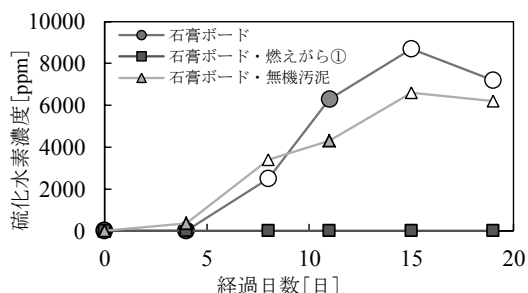


図-1 バイアル実験 1 サイクル目における硫化水素発生状況の経時変化(液相が保有水の場合)

を示す。図-1 より、燃えがら①において硫化水素発生抑制効果が見られた。硫化水素発生がほとんど確認できなかった組み合わせではpHは9以上と高かった。

(2) バイアル実験 2 サイクル目

2 サイクル目の実験より、燃えがら①よりも燃えがら②の方が、より少ない量で硫化水素発生抑制効果が確認できた。pHの値はどちらも9以上と高かったが、燃えがら②の液相の方が燃えがら①よりも高い値を示した。鉱さいとの組み合わせでは早期に硫化水素の発生が確認され、pHの値は7付近と他に比べて低かった。

(3) バイアル実験 3 サイクル目

バイアル実験 3 サイクル目の硫化水素発生状況の経時的变化について図-2 に示した。図中のプロットは各組み合わせ 3 本の平均値である。また、白塗りプロットは濃度がその値を超えていたことを示す。図-2 は硫化水素が発生しなかった組み合わせのデータは除いたもので、図に載っていない組み合わせでは硫化水素発生抑制効果が見られた。水質測定において、硫化水素が検出されなかった組み合わせではpH10 以上と高い値を示した。pHを調整した実験において、100ppm 以上の硫化水素が発生した組み合わせは pH 調整前に発生した組み合わせと同様であった。

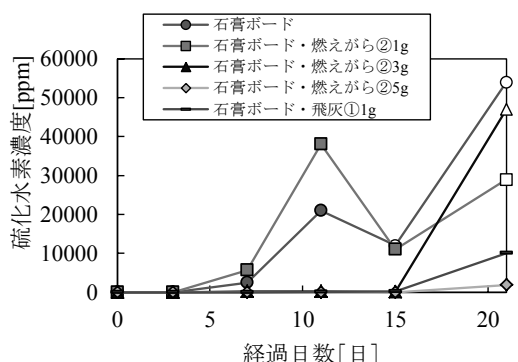


図-2 バイアル実験 3 サイクル目における硫化水素発生状況の経時的变化

4. 考察

バイアル実験結果より、硫化水素発生抑制効果が期待できる廃棄物は燃えがら①、燃えがら②、飛灰①、飛灰②であると考えられる。これは各廃棄物の成分が保有水中に溶出し、pHを高くしていることが要因であると考えられる。また、正本ら⁶⁾の実験で石膏ボードと焼却残渣の組み合わせにおいて、気相中への硫化水素放出の抑制

は可能であるとされている。しかし、焼却残渣の硫化水素発生抑制のメカニズムは解明されておらず、また、焼却残渣も焼却方法によって性質が変わる可能性があるため、検討していく必要がある。pH調整実験の結果より、液相中に残留する硫化物イオンの有無についての検証を行ったが、硫化水素発生が確認できた組み合わせが pH調整前と同様の組み合わせであることから、硫酸塩還元自体が起きていないと考えられる。この原因として、pHが硫酸塩還元菌の生育範囲から外れているためではないかと考えられる。

最終処分場に廃石膏ボードを埋め立てる際は、水に触れさせないために陸上に埋め立てる等の処置を施すことを前提条件とし、その上で保有水の上昇や雨水の浸透、埋立層内部の水分の滞留等により廃石膏ボードが水に触れてしまう可能性を想定すると、バイアル実験の結果から、燃えがら①、燃えがら②、飛灰①、飛灰②と混合して埋め立てることで、高濃度の硫化水素の発生を抑制することが期待できると考える。

5. まとめ

本研究では、廃石膏ボードを処分場に埋め立て処分することを想定し、室内実験により硫化水素発生条件を把握し、硫化水素の発生を抑制する方法の検討を行った。本研究の成果として、硫化水素発生抑制効果を期待できる廃棄物と組み合わせることで、処分場での硫化水素発生危険性を抑えることの可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 厚生省水道環境部産業廃棄物対策室：廃棄物最終処分場における硫化水素対策検討会報告書骨子，2000。
- 2) 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，国立環境研究所研究報告，No. 188，2005。
- 3) 一般社団法人石膏ボード工業会：石膏ボードハンドブック環境編，pp. 198-199。
- 4) 飯野成憲，辰市祐久，茂木敏：廃石膏ボードに由来する硫化水素発生状況について，東京都環境科学研究所年報（2014年版），pp. 116-117，2014。
- 5) 石井淳，東信之介，小野雄策：含鉄資材による廃石膏ボードから発生する硫化水素ガスの抑制についての研究，第36回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集，pp. 334-336，2015。
- 6) 正本博士，松清敦史，重松幹二，松藤康司，柳頼龍二：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，Vol. 23，No. 3，pp. 144-153，2012。