

氏名	いしばし みのる 石橋 稔		
学位の種類	博士（工学）		
報告番号	甲第 1753 号		
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 14 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当（課程博士）		
学位論文題目	管理型最終処分場における硫化水素ガスの発生抑制及び対策に関する研究		
論文審査委員	（主 査） 福岡大学	教授	樋口 壯太郎
	（副 査） 福岡大学	准教授	武下 俊宏
	北九州市立大学	教授	伊藤 洋

内 容 の 要 旨

廃石膏ボードの安定型最終処分場への埋立処分が全面禁止となり、現在では廃石膏ボードは管理型最終処分場に埋立処分されている。近年、新材の残材などのリサイクル技術の開発などが進む一方、解体に伴い排出される廃石膏ボードについてはその多くが最終処分場に埋立処分されており、排出量は今後さらに増加する見込みである。

こうした廃石膏ボードの埋立て処分が進む状況下で、最終処分場の施設設計において硫化水素ガス発生対策に関する検討は特になされておらず、維持管理等の不備により硫化水素ガスの発生が懸念される。そこで廃石膏ボード埋立てに関し、適正な維持管理方策の検討並びに発生抑制対策についてシステム化することが急務と考えた。

これまで不法投棄場所などで発生する硫化水素ガスについて発生したガス自体の処理対策の検討は行われているが、廃石膏ボードを管理型最終処分場に埋立処分した際の発生抑制手法や、廃石膏ボード埋立地の早期安定化の検討は行われてこなかった。

本研究では、硫化水素発生原因を分類した上で、管理型最終処分場において実現可能な硫化水素抑制対策として、通気制御による嫌氣的条件の改善と焼却飛灰による pH 制御が有効と考えた。そして、実際の廃石膏ボードの埋立て状況をモデル化した室内模擬実験を実施し、制御に対する理論値を導き出した。さらに、それら研究による理論値の補助としての視点から、発生した硫化水素ガスの処理のための対策資材について検討を加えた。

第 1 の研究として、通気について着目し、管理型最終処分場の浸出水排水管及びガス抜き管を活用した通気により、嫌気性の環境を好氣的状況に改善することで硫化水素発生を抑制する研究を行った。室内実験としてバイアル瓶並びにライシメーターを用いた模擬実験を行い、硫化水素発生抑制のための通気量の定量化を試みた。同実験より廃棄物単位容積当たりに換算し 0.5L/min/m³の通気で硫化水素発生抑制が可能であることを明

らかにした。また、溶出した高濃度 SO_4^{2-} による浸出水の脱塩処理阻害にも関連する知見として、通気による洗い出し効果についてライシメーターを用いた実験により検証を行い、硫化水素ガス発生が収まるとともに有機物濃度の継続的な低下と SO_4^{2-} 濃度減少といった安定化効果を明らかにした。

次に、実際に稼働中の準好気性埋立構造の最終処分場を研究フィールドに、気象条件と硫化水素濃度のモニタリング計測およびガス抜管内部の環境とガスの流出状況の計測を行い、通気現象と硫化水素発生現象を確認した。実験より降雨後の廃棄物の飽和による嫌気化が、浸出水排水に伴なう廃棄物層内環境の改善により、硫化水素の発生が抑制されるといった現象を把握した。また、ガス抜き管で速度最大 0.78m/s のガス排出が生じていることを確認するとともに、ガス排出量が増加するにつれ硫化水素発生濃度が低下することを明らかにした、なおガス抜管による静的な排出量となる単位廃棄物 1 m^3 あたりの通気量 0.462 L/min/m^3 だけでは、廃棄物埋め立て状況のパラツキ等もあり、硫化水素発生抑制に十分な量ではないことを指摘した。準好気性埋め立て構造の処分場において硫化水素発生抑制効果を確保しようとした場合、静的な空気の流れに加えさらに通気を最大化させるための埋め立て方法や管理方法、埋め立て廃棄物層内への均等な通気確保が必要であることを論じた。

第2の研究として、硫酸塩還元菌の生息環境に着目し、pH制御による硫化水素発生抑制の研究を行った。硫酸還元菌の生息に適するpH領域を避ける操作として、廃棄物の有効活用を意図して高アルカリである焼却飛灰を用いたpH調整についてバイアル瓶実験を行い、飛灰添加によるpH制御の効果と、硫化水素ガスの発生抑制効果を明らかにした。

第3の研究として、通気およびpH制御による硫化水素発生抑制手法の補助手段となる硫化水素発生抑制資材について着目し、廃棄物堆積場所における硫化水素の処理対策について研究を行った。廃棄物埋立場所の特徴として、降雨等の影響を受け嫌氣的雰囲気再現されやすく廃棄物の移動がないことが挙げられる。このため酸化還元反応の一時的な反応処理を行った場合、時間経過とともに再度嫌氣的雰囲気に転じてしまうことを明らかにした。そのうえで、酸化還元反応の一時的な反応処理とはならない水酸化第2鉄懸濁液の活用について着目し、反応機構を確認するとともに、硫化水素の固定・補足方法の研究を加えた。また、経済的側面から、同資材による処理および通期制御による対処に関して、既存の処理方法との経済性評価を試みた。

最後に、3つの研究を総括するとともに、管理型最終処分場において硫化水素発生対策となる維持管理手法について自身の考えを論じた。

審査の結果の要旨

本研究は廃石膏ボードを埋立処分する際に発生する硫化水素の発生抑制ならびに発生した場合の対策に関する研究である。石膏ボードは家屋等建築物の断熱材として広く使用されている。廃石膏ボードは家屋解体時に発生するが、その量は年々増加しており、数十年間増加するといわれている。このため廃石膏ボードのリサイクル、適正処理が望まれている。現在、一部は土壌改良剤等としてのリサイクルが進められているが、埋立処分が圧倒的に大勢を占めている。埋立処分すると嫌気的環境下で有毒の硫化水素ガスが発生し、生活環境保全上の支障を引き起こすことから研究の社会的有用性については十分に認められる。

研究はバイアル瓶を用いた基礎実験、模擬埋立槽を用いた実証実験および実最終処分場における応用検証により構成されている。

これまで廃石膏ボードに関する研究は硫化水素発生メカニズムや紙を剥いで半水石膏を粉砕し、フッ素抑制剤や鉄粉を混入させ、硫化水素の発生を抑えて、工用水分調整剤や土壌改良剤としてリサイクルすることは研究開発されてきたが、埋立処分した場合、硫化水素発生による悪臭や、浸出水中のカルシウムイオンや硫酸イオンの上昇により、浸出水処理に膜処理を採用している施設においては膜の閉塞原因となり、水処理障害を引き起こすため埋立処理困難物として雨水と遮断するなど、その埋立処分方法に困窮していた。特に廃石膏ボードに空気を注入することにより、発生を抑えることが可能で、かつ廃石膏ボードに付着する紙等の有機物分解にも効果があることを定量的に見出した。これにより浸出水の COD 濃度が 10mg/L 以下になると硫化水素ガスが発生しにくくなり、廃石膏ボードの埋立槽の安定化指標になることを見出したことは、これまでに研究事例がなく新規性が認められるとともに学術上の有用性も認められる。

さらに本研究は基礎実験、実証実験ののち、実処分場において自然通気埋立槽内に供給される空気量を測定し、基礎実験で得られた硫化水素を抑えるのに必要な空気量との差分をコンプレッサーや強制換気ファン等により供給することにより、硫化水素発生抑制が可能であることを検証した。すなわち基礎実験から応用実験まで、問題解決検証型研究としても有用性が認められる。

審査会、公聴会においても質問等に的確に回答ならびに対応した。これらのことから総合的に判断して学位論文に値すると判断する。