

アルミ残灰の発熱事故に対する技術的対応

資源循環・廃棄物担当 鈴木和将

1 はじめに

アルミニウムを溶解したときにアルミニウムドロスと呼ばれる鉱滓が発生します。アルミニウムドロス中には、まだアルミ分が多量に残っているため、灰搾り機やバーナー式回転炉等によってアルミニウムの回収が行われます。アルミを回収した後に残ったものを「アルミ灰」、特に廃棄対象となるものを「アルミ残灰」と呼んでいます¹⁾。既存の調査によると、2003年日本では、20万トン程度アルミ灰が発生し、そのうちアルミ残灰として5万トン埋立処分されていると見積もられています²⁾。このアルミ残灰中には、アルミニウムの他に、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、炭化アルミニウム等のアルミニウム化合物やケイ酸、酸化マグネシウム、フッ化物及び塩化物等の様々なものが含有されています。特に、アルミ残灰中数%～数十%含まれる窒化アルミニウムは、水と反応して発熱し、悪臭の原因となるアンモニアガスを発生します($2\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NH}_3 \uparrow$)。このため、処理、保管、埋立時に、アルミ残灰の取り扱いに対して十分な注意が必要となります。

2010年5月、埼玉県久喜市の空き地の穴に、フレコンバックに入ったアルミ残灰約10トンが埋め立てられ、穴の底に溜まっていた水とアルミ残灰が反応して熱が発生し、アンモニアを含む水蒸気が多量に発生し近隣の世帯まで悪臭が漂うという事故が起きました。本講演では、一事例としてこのアルミ残灰の発熱事故を取り上げ、事故直後の初動対応とさらにその後実施した技術的対応について紹介します。

2 現場の状況及び事故当日の初動対応

アルミ残灰の埋立が行われた地域の上空写真を図1に示します。2010年5月22日の正午ごろ埼玉県久喜市の空き地(図1)の穴にアルミ残灰約10トンが埋め立てられました。穴の底に溜まっていた水とアルミ残灰が反応し発熱とともにアンモニアを含む水蒸気が多量に発生し、地域住民が警察に通報しました。埼玉県は、風下世帯に窓を閉めるように指示するとともに、支障除去のための初動対応として、水抜き作業と酸性土壌(リモド及びライトミネラル)による中和作業及び覆土を行いました。図2にこの初動対応の具体的な流れを示します。フレコンバックに入ったアルミ残灰が水と反応してアンモニアガスを含む大量の水蒸気



図1 現場の上空写真(赤点線内)

が発生する様子がわかります(①)。これ以上の反応を抑えるため、アルミ残灰が水と接触しないように、水抜き作業を行う必要がありました。そこで、隣の空き地に、水を一次貯留できる集水ピットとガイド溝(トレンチ)を設け、アルミ残灰が投棄されている穴を残土で埋め立てながら水をトレンチ側へ押し流し、集水ピットへと導水しました(②)。さらに、アンモニアガスの発生を抑制するために、研究所に備蓄していた酸性土壌を用いて中和作業及び覆土を行いました(③)。集水ピットに集めた水は、バキュームカーで汲み上げましたが、バキュームカーの性能上 50℃を超える溶液を扱うことができないため、50度まで下がった時点で、ピットに集めた水をバキュームカーで汲み上げました(④)。事故当日の最後、雨水が入らないようにブルーシートで表面を覆いました。



図2 初動対応の一連の流れ

3 支障の発生防止とモニタリング

初動対応後、隣地の水たまりから気泡が発生しているのが確認されました。これは、アルミ残灰が土中内部で反応を続けており、発生したアンモニアガスが土中の透気性の高い箇所を流れて地上に放出されたと考えられました。そこで、アンモニアガス発生状況の把握とガス抜きを目的として、アルミ残灰埋立地に、ハンドオーガーで掘削を行い、ストレナー加工を施した 30mmφのケーシングパイプを挿入して観測井戸を5箇所設置しました。5月31日に検知管で測定したアンモニアガス濃度は、10~19%でした。井戸から排出したガスは、著者らが製作したスクラバー中の酸溶液中でバ

ブリングを行いアンモニアガスを吸収した後、大気中に放出させました（図 3）。酸溶液として、塩化鉄溶液、リン酸、硫酸を用いましたが、塩化鉄溶液はガス噴き出し口部分に結晶が析出し目詰まりが生じました。特に、流量が低下してくると閉塞しやすくなりました。これらの酸溶液の内、硫酸の効果が高く、持続性も高い結果となりました。ただし、吸収液として酸溶液を用いているため、安全対策として、スクラバーは錠付きボックスの中に設置しました。井戸の場所によっては、ガスの放出は 6 月末まで続きました。また、井戸内部の温度は、埋設時に 90℃を超えていましたが、時間経過にしたがい徐々に低下し、事故から二カ月後、内部温度は 30～40℃程度になりました。これらのことから、土中内部のアルミ残灰の反応は、見かけ上安定した状態に近付いていると考えられました。

さらに並行して、アルミ残灰に起因する周辺の水田への影響が懸念されたため、エンジン式パーカッション式採土器で、アルミ残灰が埋立てられた地点の周辺と隣接している民家との境界付近に削孔を行い、周辺観測井戸の設置を行いました（図 4）。周辺観測井戸から地下水を採取するとともに、近隣の水田で使われている地下水を採取しました。採取した地下水は、孔径 0.2 μ m のメンブレンフィルターでろ過し、イオンクロマトグラフを用いてイオン成分の分析を行いました。また、地下水の pH、電気伝導率 (EC) を pH メーターで分析しました。その結果、アルミ残灰埋立てによる影響は認められませんでした。

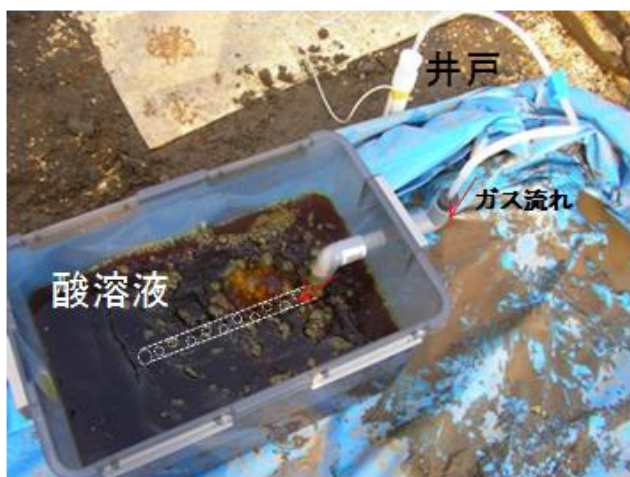


図 3 スクラバーによる中和処理



図 4 周辺観測井戸設置作業

4 覆土下のアルミ残灰撤去に向けた物理探査

土中に埋立てられているアルミ残灰の内、水と接している部分は、安定してきたものの、まだ水と接していない活性の高い部分は、今後、何らかの原因で水と接して反応した場合、アンモニアガスの発生や溶出等により周辺環境への汚染が懸念されました。そのため、生活環境保全上の支障のおそれの除去として、アルミ残灰の全量撤去を進めることとしました。撤去するにあたり、アルミ残灰の埋立て位置の特定と除去に要する掘削量の推定を行う必要があります。そこで、非破壊的に地中の調査が可能である比抵抗探査（注 1）や電磁（EM）探査（注 2）を併用して行い、内部構造の把握を行いました。比抵抗探査は SYSCAL Pro（IRIS 社）を用いて行いました。また、EM 探査は、迅速かつ簡便探査が可能な可搬型の EM 探査装置 Profiler EMP-400（GSSI 社）を用いました。EM 探査で得られた周波数 2000Hz、8000Hz 及び 16000Hz の見かけ電気伝導率コンターマップを図 5 に示します。アルミ残灰埋設現場の隣の固有の土壌エリアに対しては、電気伝導率は 100mS/m 以下と低い値でした。一方、アルミ残灰埋立現場において、電気伝導率は 200mS/m を超える高い値

でした。事故当日の現場写真と比較すると、アルミ残灰埋立場所は電気伝導率が高いエリアと一致しました。このことから、電気伝導率の高いエリアは、アルミ残灰が埋立てられた場所であると考えられました。しかし、EM 探査では、具体的な深さ方向の情報は分かりません。そこで、比抵抗探査を行った結果、比抵抗値が $5 \Omega\text{m}$ 以下の低いエリアがアルミ残灰埋設場所であり、埋め立て深さは約 2m と推定されました。2010 年 9 月 22 日、重機によるアルミ残灰の掘削除去作業が行われました。残灰が埋め立てられていた深さを実測すると 2~2.5m でした。このことから、調査方法として比抵抗探査及び EM 探査の併用物理探査が有効であることが分かりました。

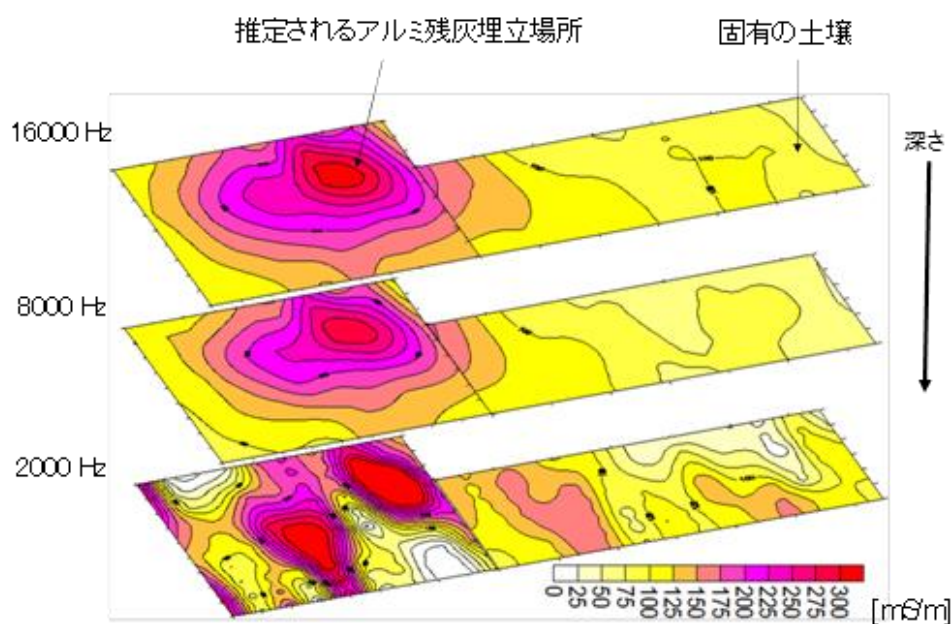


図 5 EM 探査による電気伝導率のコンターマップ

5 おわりに

このような事故・災害事象の発生に伴って生ずる問題の解決において、事前の備え（体制、調査法の確立、対策技術の開発等）が非常に重要となります。今後、最も現場に近い地方環境研究所の役割として、想定される事故・災害に対して万全の態勢を整えておき、発生時には、行政が適正かつ円滑・迅速な対応ができるよう科学的な支援を行い、安全・安心な社会づくりに貢献できれば幸いです。

用語解説

注 1) **比抵抗探査**：地中に電流を流し、それにより生じる電位差から「比抵抗（電流の流れにくさ）」（単位： $\Omega \cdot \text{m}$ 【読み方】オーム・メートル）を求め、地下の様子を探る方法。

注 2) **EM 探査**：地中における誘導電磁場の応答から「電気伝導率（電流の流れやすさ）」（単位： S/m 【読み方】ジーメンズ・パー・メートル）を求め、地下の様子を探る方法。

文献

- 1) 平成 7 年度アルミニウムドロスの処理とリサイクルに関する調査研究報告書，軽金属協会，(1996)
- 2) 中島謙一ら，アルミドロスのマテリアルフロー分析および再利用技術の環境負荷評価，日本金属学会誌，72，1，1-7，(2008)