遮水シートの劣化に及ぼす表面からの深さ方向への評価指標の検討

九州大学大学院 学生会員 〇高橋 航平 正会員 井塲 道夫]] 正会員 中山 裕文 フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

一般廃棄物最終処分場には、廃棄物や廃棄物からの浸出水等による地盤や地下水の汚染を防止するため、遮水工 が設置される。遮水材料として、合成樹脂、合成ゴム等の高分子材料を用いて成型された 1.5mm 厚程度の遮水シー トが用いられる。これまで、土屋らは、供用期間中に遮水シートが受ける劣化に着目し、廃棄物埋立地からサンプ リングしたシートを引張試験や表面観察、FT-IR 等の各種試験によって劣化の進行の評価などが行われている¹⁾。プ ラスチックの酸化劣化は表面から進行し、やがて深部に空気中の酸素が徐々に拡散することで分子量が低下し樹脂 強度も低下することから²⁾、遮水シートの劣化メカニズムを考察するためには、表面から深さ方向(シート厚さ方向) にどれだけ劣化が進行しているかを分析することが重要であるが、遮水シートの深さ方向に関する研究はまだ行わ れていない。

本稿では、知見の少ない、遮水シートの劣化深さに関する評価指標の検討を行うことを目的とし、遮水シートを 表面から表面・界面切削試験装置(SAICAS)で切削したサンプルを表面粗さ分析や FT-IR により分析することで深度 別の劣化を評価した。

2. 内容

2.1 試料及び分析方法

(1) 遮水シートサンプル 本研究で分析対象とした遮水シートを表1に示す。F処分場は供用開始後26年、G処分 場は28年が経過したサンプルであり、両サンプルとも、現場からの採取後にさらにメタルウェザーKW-R5TP-Aを 用いた促進耐候性試験を実施した。なお、促進時間 480h では屋外暴露 10 年、960h では 20 年、14400h では 30 年、 1920h では 40 年に相当する。また、遮水シートの表面からミクロンオーダーで切削できる SAICAS を用いて、切削 深さ 10 µm 毎に 7 層分切削し、各層毎の切片を採取した。

(2) 引張試験 各処分場からサンプリングした遮水シートについて、JIS K 6251(加硫ゴム及び熱可塑性ゴムー引張 特性の求め方)に基づき、引張試験を実施し、引張強さと破断時伸びを計測した。

(3) FT-IR 測定 高分子材料は紫外線や熱により表面が酸化され、分子切断が生じると同時にカルボニル基(<C=O)が 発生する。その後、材料内部に空気中の酸素が徐々に拡散し、紫外線や熱により樹脂が酸化されて分子切断とカル ボニル基の発生が進む²⁾。そこで、FT-IR(全反射法)を用いて測定試料の赤外吸収スペクトルを測定し、1720cm⁻¹に 現れるカルボニル基に由来する赤外吸収ピークを 1470cm⁻¹ 付近に現れるメチレン基(-CH₂-)に由来する赤外吸収ピ ークで除したものをカルボニルインデックス(CI)とした。その CI を用いて、酸化劣化の進行度合いを数値化して評

法面の方角

南

価した。また、赤外吸収スペク

トルの一例を図1に示す。

(4) **表面粗さ分析** 走査型共 焦点レーザー顕微鏡を用い て、表面粗さを表すパラメー タの1つである、遮水シート

の断面曲線の最大谷深さ:Rv を測定し、深さ方向への亀裂の発生 進行の評価の1つとした。

処分場名

(県名)

0(福島)

K(群馬)

材質

TPO-PE

2.2 測定結果

(1) 引張試験による遮水シートの力学特性評価

図2に屋外暴露相当年数と引張強さの関係を示す。いずれのシ ートも日本遮水工協会の自主基準値(引張強さ:140N/cm)を上回 っており、著しい強度劣化は進行していなかった。 (2) FT-IR による遮水シートの酸化劣化評価



促進時間(h)

0, 480, 960, 1440, 1920

暴露条件

遮光性保護マット下

図1O処分場サンプルの吸収スペクトルの一例

表1 分析対象とした遮水シート

現場経過年数(年)

26

28

図3にO処分場、図4にK処分場の遮水シートに促進耐候性試験を実施したものについて、表面からの深度別のCIの値を示す。いずれの処分場のサンプルにおいても、現場での暴露後のシート(促進暴露 0h)のものでは、表面から $0~20 \mu$ mの深さにおいてCIが大きく酸化劣化が進んでおり、このシートにさらに促進暴露をしても $0~20 \mu$ mの範囲ではCIが大きくなるが、それより深いところではCIは変化せず、酸化劣化が進んでいなかった。また、深さ $0~20 \mu$ mにおいて、促進耐候性試験の促進時間が長いほどCIは大きくなる傾向にあった。

(3) 表面粗さ分析による深さ方向への亀裂発生評価

図 5 に現場での暴露後のシートに対して行った促進対候性試験の 屋外暴露相当年数と最大谷深さの関係を示す。両処分場のサンプルと も屋外暴露相当年数が増えるにつれて、亀裂は深くなる傾向にあっ た。また、最大谷深さと表層面(0µm)の CI、総和 CI、引張強さ保持 率の関係を図 6(a),(b),(c)に示す。ここで、現場での暴露後のシート(促 進時間 0h)の引張強さに対する百分率を引張強さ保持率とし、各深さ における CI の総和を総和 CI とした。最大の谷深さと CI との間の相 関係数は 0.66、総和 CI との間の相関係数は 0.71 となり、CI の総和 をとった場合の方が最大谷深さとの正の相関は強くなった。また、最 大谷深さと引張強さ保持率との間には負の相関があり、相関係数は 0.5 となった。

3. まとめ

本研究では、表面からミクロンオーダーで切削した各深度別の遮 水シートを用いて FT-IR 測定、表面粗さ分析を行い、深さ方向の劣化 の進行を評価した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 現場での25年以上の暴露に加え、40年に相当する促進暴露を 行ったシートでも、引張特性の設計基準値を上回っていた。ま た、酸化劣化は表面からの深さ30µm程度の深さにとどまっ ており遮水シートの表面近傍で進行していた。
- (2) 最大谷深さは屋外暴露相当年数が増えるにつれて大きくなる 傾向にあり、引張強さ保持率との間には負の相関があり、相関 係数は-0.5 となった。
- (3) 表層面の CI よりも各深さにおける CI の総和を用いた方が最 大谷深さとの相関は強くなり、相関係数は 0.05 大きくなった。

【参考文献】

 土屋海渡,中山裕文,島 岡隆行,井塲道夫:廃棄物埋 没部における遮水シートの 耐久性評価に関する研究, ジオシンセティックス論文
集,34巻,pp.21-28,2019 2) 森北浩通,田中伸幸,畑千 登,高木光司:カルボニル基 分布によるポリエチレンの 寿命予測,パナソニック電 工技報,Vol.58, No.1, pp.58-63,2010



