

可視近赤外分光法による遮水シート劣化の評価に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○井上 幸一 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
九州大学大学院 正会員 中山 裕文 九州大学大学院 学生会員 小宮 哲平

1. はじめに

廃棄物処分場に敷設された遮水シートについて、遮水性能や耐久性等を非破壊かつ簡便に評価できる試験法を開発することが望まれている。これまで著者らは、可視・近赤外分光法を用いて遮水シートの反射スペクトルの変化を分析することにより、遮水シートの劣化を推定する非破壊試験法の開発を試みてきた。各種薬品に浸せきさせた各種遮水シートにこの手法を適用した結果、伸び保持率や破断強度が変化した強酸浸せき後のポリ塩化ビニル(PVC)シートには、反射スペクトルの吸収帯の大きさが変化していることが認められた。しかしながら、これまでの研究では、シートの両面を薬品に浸せきさせたため、現実的には起こりえない状況についての分析であった。また、シート表面の変化のみに着目したため、劣化がシートの内部にまで進行しているかどうかは不明であった。そこで、本研究では、実際の埋立地内にて起こりうる状況を想定し、遮水シートの片面のみを浸せきする実験を行った。また、表面からの劣化の深さについても調査し、これと反射スペクトルの変化との関係について考察した。

2. 実験方法

実験に使用した遮水シートの種類および基本物性を表-1 に示す。実験方法としては、JISK6258「加硫ゴムの浸せき試験方法」に準拠し、各種遮水シートの純水、濃硫酸および40%水酸化ナトリウム水溶液への1、2および3週間の全面浸せき試験を行った。同時に、同種2片の遮水シートの背面同士をテフロン製のテープで接着し一体化させた試験片を用いて、1週間の片面浸せき試験を行った。浸せき試験前および各浸せき期間終了後、各種遮水シート表面の反射スペクトルを計測した。その後、SEM・EDXおよび光学顕微鏡を用いて劣化した遮水シートの断面観察および劣化深度の計測を行った。

表-1 遮水シートの種類および基本物性

種類	弾性	表面色	厚さ(mm)	引張強さ(N/cm ²)	伸び率(%)
HDPE	高	白(裏面黒)	1.7	3500	800
FPA	中	黒	1.5	2000	800
PVC	低	黒	1.5	1600	300

3. 実験結果および考察

(1) 反射スペクトル計測結果

浸せき試験前に計測した各種遮水シートの表面の反射スペクトルを図-1 に示す。表面が白色のHDPEシートと比較してPVCシートやFPAシートの反射率が小さいのは、表面が黒色であるために電磁波の吸収が大きく、反射が小さいことが原因である。次に、これらの遮水シートについて、浸せき試験後に反射スペクトルを計測した結果、濃硫酸への浸せき試験後のPVCシートにおいて、波長2315nm付近における吸収帯に変化が確認された。その他については、浸せき試験後に反射スペクトルに明確な変化は見られなかった。濃硫酸への浸せき試験後のPVCの反射スペクトルを図-2 に示す。浸せき期間を経る毎に、2315nm付近におけるC-Hの吸収帯強度およびすべての波長領域において分光反射率が増加している²⁾。

(2) 断面観察および劣化深度計測結果

濃硫酸への浸せき前と後におけるPVCシート断面のSEM画像を図-3 および図-4 に示す。図の上方がシート表面である。浸せき試験の

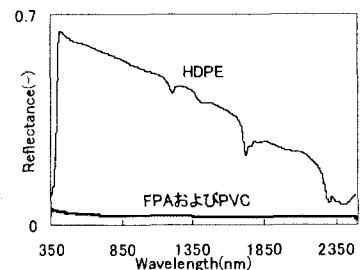


図-1 各種遮水シートの反射スペクトル

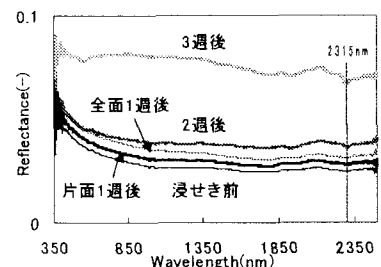


図-2 濃硫酸への浸せき試験前後のPVC表面の反射スペクトル

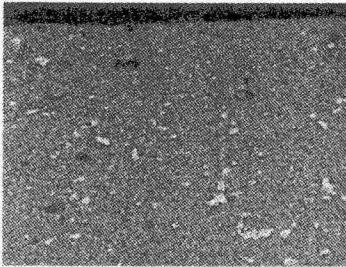


図-3 浸せき試験前のPVCの断面SEM画像

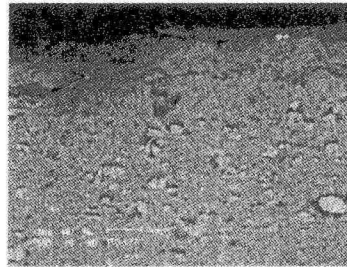


図-4 濃硫酸への3週間浸せき試験後のPVCの断面SEM画像

前後を比較すると、浸せき後の断面の表面付近において、白色にみえる粒子状の物質が消失しているのがわかる。

図5に示すように、シート表面から白色の物質が消失している部分までの深さは（ここでは、これを劣化深度とした）、浸せき期間の延長とともに大きくなっていることがわかる。SEM-EDX分析の結果、この部分においては、カルシウム、酸素および炭素が減少していることから、可塑剤やカーボンブラックが溶出しているも

(3) 反射スペクトルの分光特性と劣化深度の関係

濃硫酸への浸せき試験前後のPVCシート表面の反射スペクトルにおける分光反射率は同一試料であっても最大25%程度ばらついており、一定の傾向はつかめなかった。そこで、分光反射率そのものの値ではなく、各波長における反射スペクトルの傾きを表す一次微分スペクトルを算出した(図6)。なお、一次微分スペクトルの値が0になる波長は反射スペクトルにおける吸収帯の頂点における波長である。また、一次微分スペクトルにおけるピークの頂点は、反射スペクトルの吸収帯において変曲点が存在する波長である。一次微分スペクトルより、1週間の全面および片面浸せき試験後の反射スペクトルはほぼ同様の分光特性を有していることがわかる。2315nm付近は劣化が進行するに伴い、傾きが増加している。一次微分スペクトルの各波長における値と劣化深度との相関をとったところ、反射スペクトルの2315nmにおける吸収帯の変曲点である2280nm付近および2340nm付近において特に高い相関が得られた。例として、図-7に2342nmにおける一次微分値と劣化深度との関係を示す。一次微分値と劣化深度との間に一定の相関が得られていることがわかる。よって、シートの劣化に伴い変化する吸収帯の変曲点の一次微分値、すなわち特徴波長域における分光特性に着目することで、劣化深度をある程度推定可能であることが示唆された。

4. おわりに

本研究では、可視近赤外分光法を用いた遮水シートの非破壊試験法を確立するために、劣化した遮水シート表面の反射スペクトルの特徴波長域における分光特性と劣化深度との関係を把握することを試みた。結果、PVCの劣化に伴い変化する2315nm付近の吸収帯における変曲点の一次微分値と、劣化深度との間に一定の相関が得られ、反射スペクトルの分光特性から劣化深度をある程度推定可能であることが示唆された。

今後は、本実験を継続して行い、劣化深度に加え、透湿度、伸びおよび破断強度等についても、特徴波長域を説明変数として、遮水シートの劣化進行状況の予測を可能とするようなモデルを構築していく予定である。

【参考文献】1)井上ら:遮水シートの非破壊試験法の開発に関する研究,ジオシンセティックス論文集第18巻,pp.55-60,2003

2)岩元睦夫,河野澄夫,魚住純:近赤外分光法入門,pp.45-48,幸書房,1994

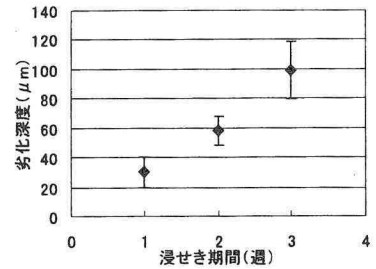


図-5 PVCの劣化深度

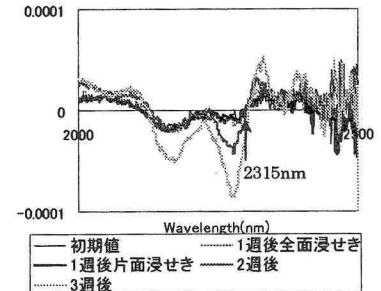


図-6 一次微分スペクトル

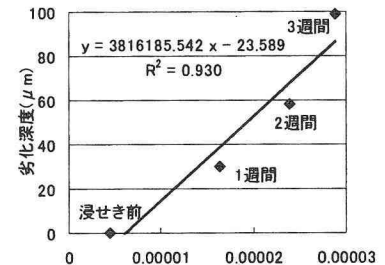


図-7 一次微分値と劣化深度の関係