

高吸水性樹脂（SAP）含有改質土の再生利用を目的とした SAP の生分解性評価（その 3）

鹿島建設(株) 正会員 ○河合達司 河野麻衣子 田中真弓 中小路堇 多田羅昌浩

1. 目的

中間貯蔵事業において受入分別施設では、除去土壌から可燃物である草木を分離する際に、分離効率を高めるため、高吸水性樹脂（SAP）をごく少量含む改質材を添加して改質処理する。中間貯蔵を経た後、放射能濃度が基準を満たす土壌は、再生資材として管理された状態で再生利用される計画である。そのため、再生利用後の土木構造物の安定性の観点から、処理土に含まれる SAP の生分解性を評価することは重要である。これまで、筆者らは、好気環境下での土壌中の SAP の分解性を JIS K 6955¹⁾ を用いて評価し、分解後の土壌の菌叢解析の結果を報告した^{2) 3)}。再生利用される環境には嫌気的な環境となる可能性もあるため、嫌気環境下での長期的な分解性も評価する必要があるが、これまで評価した事例はほとんどない。そこで、高温メタン発酵槽の消化汚泥をメタン生成植種源として用い、発生するメタン量の経時変化から嫌気環境下での SAP の分解性評価を試みた。また、液体培地を用いた好気環境下での SAP の分解性を評価した結果も合わせて報告する。

2. 方法

(1) 嫌気環境下での SAP の生分解性評価

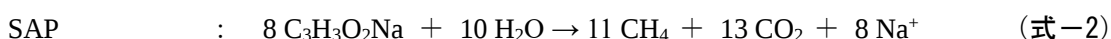
1) 試験材料

評価対象とした SAP は、ポリアクリル酸ナトリウム ($\text{C}_3\text{H}_3\text{NaO}_2$)_n を主成分とした高分子化合物であり、逆相懸濁法により架橋化して球状に製造された製品を用いた。

2) 試験方法

嫌気環境下での SAP の分解性を評価するにあたり、JIS K 6961⁴⁾ に示されている測定原理を参考にし、WTW 社製のバイオガス試験用装置 OxiTop[®]-IDS AN6 Anaerobic（図-1）を用い、生成するメタン量の経時変化により嫌気環境下での SAP の分解性評価を試みた。本装置は、瓶の上部に圧力センサーと二酸化炭素ガス吸収管を備えており、密閉容器内で試験材料から生成するメタン量を昇圧変化により評価した。

メタン生成の植種源として、自社で有機系廃水の高温メタン発酵処理を実施した際に生じた消化汚泥を用いた。試験ケースは、消化汚泥のみのブランク、対照として微結晶セルロースを加えたケース、評価対象の SAP を加えたケースとし、各々試料数 $n=2$ で評価した。容量 1L のデュラン瓶に消化汚泥を加え、気相部を窒素ガスで 3 分間置換した後、密閉して 55℃で 3 日間の前培養を行った。前培養終了後、セルロースや SAP を添加し、CO₂ 吸着管に粒状水酸化ナトリウム 2g を加え、気相部を窒素ガスで 3 分間置換した後、本培養を開始した。培養温度は 55℃とし、12 時間ごとに圧力を自動計測し 180 日間培養を行った。なお、セルロースと SAP の添加量は、JIS K 6961 附属書 JB を参考に式-1 および式-2 を立式し、算出した理論メタン発生量により気相部の圧力が 852hPa となるよう、セルロースを 1.5g、SAP を 1.9g 添加した。



(2) 好気環境下での液体培地を用いた SAP の生分解性評価

1) 試験材料

評価対象とした SAP は、(1) で用いた逆相懸濁法により製造された SAP 製品（以下 C）と共に、ポリアクリル酸と架橋剤を水中で重合させる水溶液重合法により製造された SAP 製品（以下 M）を用いた。

2) 試験方法

キーワード 中間貯蔵, 除去土壌, 長期安定性, ポリアクリル酸ナトリウム, 嫌気性, 高温メタン発酵

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111



図-1 バイオガス試験用装置

JIS K 6955 の試験後の土を菌の植種源として用い、JIS K 6950⁵⁾ の標準試験培養液を液体培地として用いた。なお、本培地を用いる前に Bushnell-Haas 培地を用いた試験を実施したが、時間経過とともに硝酸イオン濃度が増加し、培地の pH が酸性化し微生物活性が低下したため、窒素含有量が少ない本培地を選定した。容量 600mL のバイアル瓶に SAP1g と土 1g、培地 200mL、を加え、ブチルゴム栓とアルミシールで密閉し、20°C で 145 日間好気培養を行った。気相部の酸素と二酸化炭素濃度をガス分析装置エコプローブ 5 により測定した。

3. 結果

(1) 嫌気環境下での SAP の生分解性評価

セルロースと SAP からメタンの生成による圧力増加分は、ブランクの平均値を各々差し引いて算出した (図-2)。セルロースは、20 日程度で分解が終了し、最終的に 840hPa に圧力が増加した。これがメタン生成による増加と仮定すると、添加したセルロースはほぼ 100% 分解したと考えられる。一方、SAP は、培養後約 30 日で 33hPa 程度の圧力増加が認められたが、その後の圧変化は停止した。この圧力増加は、SAP の約 4% がメタンに分解されたことに相当し、約 96% は未分解であったと考えられる。

(2) 好気環境下での液体培地を用いた SAP の生分解性評価

SAP の好気分解に伴う酸素濃度の減少および二酸化炭素濃度の増加は、SAP の製品の違いに関わらず 80 日で停止し、数 100ppm 程度であった。二酸化炭素濃度の測定結果を図-3 に示す。最終的に SAP が完全分解する際に生成する二酸化炭素量の約 0.04% に相当する増加にとどまった。

4. まとめ

SAP は、嫌気環境下では長期間の培養を行っても生分解性が低いことが確認された。嫌気環境下で分解された SAP は、未架橋のポリアクリル酸等の低分子の有機物であり、SAP の主体である架橋したポリアクリル酸は未分解の可能性が高い。また、液体培地を用いた好気環境下での分解も生分解性が低かったが、これは土を用いた既報²⁾の結果と異なった。一般的に液体培養では細菌による分解が主であり、土壌やコンポスト等の固体培養では細菌と共に放線菌や真菌による分解も主となる傾向がある。SAP 分解後の土壌の菌叢には、放線菌が多く検出された³⁾ことから、SAP が環境中で分解するには、放線菌による分解に適した環境条件が揃う必要があると推測される。盛土への再生利用にあたっては 50cm の被覆を行い地表面からの雨水や大気の侵入を低減する管理がなされるなど、SAP の生分解に関しては室内試験よりも厳しい条件である。したがって、実際に土木構造物として利用した環境では、室内試験よりも SAP の生分解性は低くなる可能性が考えられる。

参考文献

- 1) JIS K 6955 : プラスチックー呼吸計を用いた酸素消費量又は発生した二酸化炭素量の測定による土壌中でのプラスチックの好氣的究極生分解度の求め方、日本産業標準調査会、2017。
- 2) 河野ら：高吸水性樹脂 (SAP) 改質土の再生利用を目的とした SAP の生分解性評価 (その 1)、土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会、III-325、2021。
- 3) 河合ら：高吸水性樹脂 (SAP) 改質土の再生利用を目的とした SAP の生分解性評価 (その 2)、土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会、III-326、2021。
- 4) JIS K 6961 : プラスチックー制御されたスラリー系における嫌氣的究極生分解度の求め方ー発生バイオガス量の測定による方法、日本産業標準調査会、2014。
- 5) JIS K 6950 : プラスチックー水系培養液中の好氣的究極生分解度の求め方ー閉鎖呼吸計を用いる酸素消費量の測定による方法、日本産業標準調査会、2000。

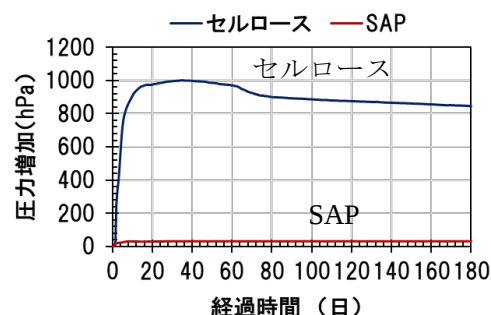


図-2 嫌気培養でのメタン生成

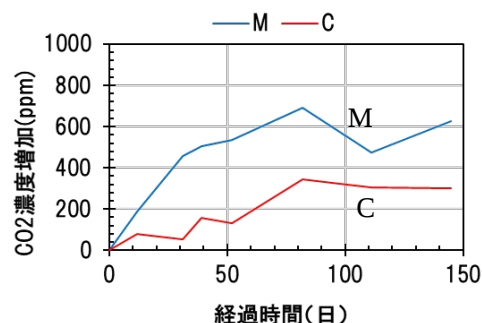


図-3 好気液体培養での CO₂ 生成