

## 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)

鹿島建設(株) 正会員 ○河野麻衣子 河合達司 田中真弓

## 1. 背景・目的

2011年の福島第一原子力発電所事故に起因して発生した放射性物質を含む福島県内の除去土壌は、中間貯蔵施設で貯蔵開始後、30年以内に同県外で最終処分される予定である。中間貯蔵施設での埋立て・貯蔵施設における除去土壌中の有機物の分解による沈下・ガス発生抑制や減容化のため、受入れ・分別施設では土壌から草木・礫を選別し除去する。除去土壌の多くは高含水・高粘性の農地由来土壌であるため、効率的に選別作業を行うことを目的に高吸水性樹脂(以下、SAP)を含む選別補助材を添加する。放射能濃度が8000Bq/kg以下の除去土壌は管理された状態での再生利用が考えられている<sup>1)</sup>。そのため、再生利用先における選別補助材を含む除去土壌の長期安定性を考慮する上でSAPの生分解性を評価することは重要である。SAPの分解速度は土壌中で年数%以下とされている<sup>2)</sup>が、土木資材として利用した場合の評価は見当たらない。そこで、本研究では有機物指標(BOD, COD, TOC等)や生分解度試験を用いて地盤環境内でのSAPの生分解性を評価する方法を確立し、あわせてSAPの製法の違いによる影響を確認することを目的とした。

## 2. 生分解性の評価

## (1) 試験材料

SAPはポリアクリル酸ナトリウム( $C_3H_3NaO_2$ )<sub>n</sub>を主成分とした高分子樹脂である。試験には製法が異なる2種類のSAPを使用した。一般的な水溶液重合法では、アクリル酸と架橋剤を水中で重合させ、粉体のSAPを形成する方法に対し、逆相懸濁法は、水の代わりに有機溶剤(トルエン、ヘキサン等)を用いることにより、パール状のSAPを形成する方法である。本報告では、前者のSAPをM、後者のSAPをCとする。

## (2) 試験方法

改質土に含まれるSAPは降雨浸透により溶解成分が地下水や河川に溶出する可能性があるため、BOD等の水域の有機物指標により評価した。これらの指標によりSAPを純物質として評価し、酸化力の違いに基づく易・難分解性の判別の可能性を検討した。また、土壌中でのSAPの生分解性は、生分解性プラスチックの評価に用いられる生分解性を評価する試験(生分解度試験)により評価した。

## a) 水域の有機物指標

表-1に分析項目、JIS番号、図-1に分析の前処理方法を示す。試験液は、図-1に示す比率でSAPと純水を混合し、1日浸漬し、SAPの吸水量が十分に飽和に達したものをを用いた。

表-1 分析項目一覧

分析項目		JIS番号
BOD	生物化学的酸素要求量	K0102 21 及び 32.3
COD <sub>mn</sub>	化学的酸素要求量(マンガン)	K0102 17
COD <sub>Cr</sub>	化学的酸素要求量(重クロム酸カリウム)	K0102 20.1
TOC	全有機体炭素(溶解性TOCも含む)	K0102 22.1

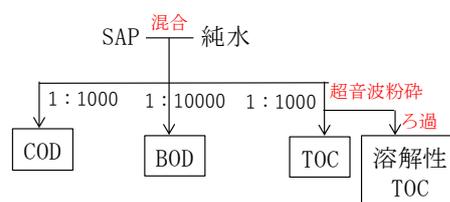


図-1 分析前処理方法

## b) 土壌による好氣的生分解性

土壌中での長期的な生分解性を評価するため、「プラスチック-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(JIS K 6955: 2017 (ISO 17556))」により、生分解度を分析した。前処理としてSAPを粉砕せず、土壌中でのSAPの最大吸水量の約50%水分量を吸水させ、24時間静置後に土壌と混合させた。試料は、25°Cの恒温槽で培養し、CO<sub>2</sub>濃度を定期的に測定した(n=3)。生分解度は、炭素含有率(Cは33%、Mは39%)から求めたCO<sub>2</sub>理論発生量に対する割合として算出した。また、対照として代表的な生分解性プラスチックであるセルロースの測定を行った。

キーワード SAP, 生分解性, BOD, COD, TOC, 生分解度

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 TEL042-489-1111

## 4. 試験結果

### (1) 水域の有機物指標

表-2 に分析結果を示す。易分解性有機物の指標である BOD は ND (検出下限値未満) であり, SAP は易分解性ではない。また, COD は, Mn より強い酸化力を持つ Cr の方がより高かった。TOC 濃度は M の方が高く, 溶解性 TOC は C の方が高かった。これらの結果を, 理論的酸素要求量 (ThOD) に対する割合で比較評価した。SAP が好気分解により水と CO<sub>2</sub> に完全分解する (式 1) とし, TOC の結果から ThOD を算出した。立式にあたり, ポリマーの両端の化学構造は無視した。



BOD, COD 等の ThOD に対する割合を図-2 に示す。酸化力の強い COD<sub>Cr</sub> は ThOD を上回った。COD<sub>Mn</sub> と溶解性 TOC は, M では 30% 以下と低いため, 難分解性の可能性があるが, C は 30% を超えるため, ある程度の生分解性の可能性があると推定される。

### (2) 土壌による好氣的生分解性

各試料の生分解度の平均値の経時変化のグラフと t-検定での 95% 信頼区間による標準誤差を図-3 に示す。2 種の SAP は 120 日間の培養により, C が 72%, M が 84% の分解を示し, 有機物指標での推定と異なり生分解度は M の方が高かった。生分解性プラスチックの指標<sup>3)</sup>では 60% 以上の生分解度で生分解性ありとされることから, 両 SAP は, 土壌中において生分解性ありと判断される。試験開始直後はセルロースよりも分解が遅かったが, 120 日目には同程度の生分解度となった, 試験後の SAP を食用色素 (青) (共立食品株式会社) で染色した実体顕微鏡画像を図-4 に示す。試験前に吸水させた SAP と比較し, 大幅に縮小した SAP の様子が観察できた。

## 5. まとめ

SAP は, 生分解度試験の結果, 120 日間で 7~80% が分解され, 既往の研究と異なり長期的には土中で分解する可能性があることが明らかとなった。水溶液重合法による M は逆相懸濁法による C よりも生分解性が高く, 製法の違いが SAP の生分解性に影響を与える可能性が示された。また, 分解速度が遅く長期間を要する SAP の生分解性は, BOD や COD<sub>Mn</sub> を用いて推定することは難しく, 定量的に評価するには生分解度試験等の長期間の培養による評価試験が必要であることが明らかとなった。なお, 既往の研究より生分解性が高い結果になった要因として, 温度や水分, 酸素量が不足しないように制御された試験条件下において試験を実施したことが挙げられ, 実環境中では SAP の長期安定性は環境条件に影響されることが示唆される。

## 参考文献

- 1) 環境省, 福島県内における除染等における措置に伴い生じた土壌の再生利用の手引き (案), P7, 2019
- 2) Wilske, Burkhard, Biodegradability of a Polyacrylate Superabsorbent in Agricultural Soil, Environmental Science and Pollution Research 21 (16): 9453-60, 2013
- 3) 財団法人日本環境協会エコマーク事務局, №141 生分解性プラスチック製品 Version 1.4, p13, 2009.

表-2 水域の有機物指標の分析結果

試料名	単位	M	C
BOD		ND	ND
COD <sub>Cr</sub>	mg/L	908	557
COD <sub>Mn</sub>		235	206
TOC		320	174
溶解性 TOC		55	84
ThOD		782	425

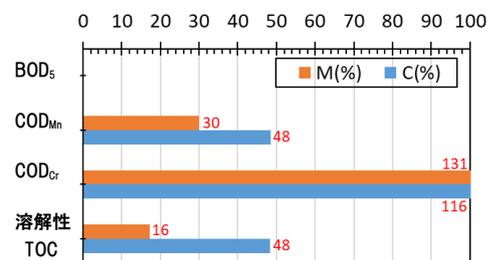


図-2 ThOD に対する各分析項目の割合

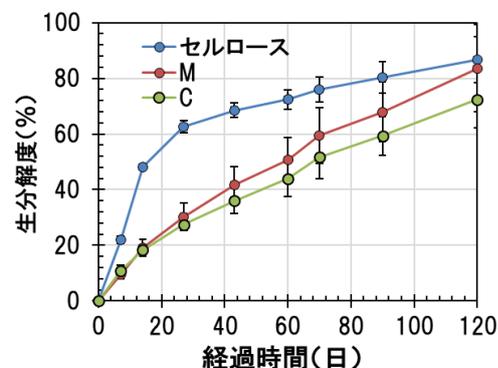


図-3 土壌における生分解度試験結果

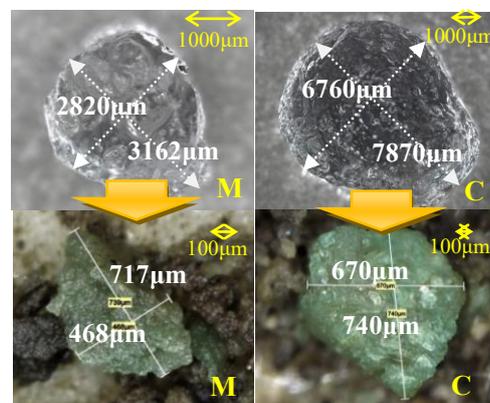


図-4 生分解度試験後の SAP の画像