

技術開発報告書概要版

補助事業名称：水蒸気処理による低コストな植物廃棄物リサイクルプロセスの開発

補助事業者名：石川島芝浦機械株式会社

1. 技術開発担当・照会先

石川島芝浦機械株式会社 研究開発室

室長 川手 修一

住所：〒390 - 8714 長野県松本市石芝一丁目1 - 1

TEL：0263 - 25 - 4504

FAX：0263 - 26 - 9123

2. 技術開発の目的と開発内容

2. 1 技術開発の目的

本事業では管理緑地のうちゴルフ場をモデルケースとし、ゴルフ場より発生する植物廃棄物を水蒸気処理し、さらに微粉末化することにより、自然分解を経ずに土壌改良材としてゴルフ場に直ちに還元できるリサイクルプロセスの確立と、市販有機堆肥の代替品としての適用性を実証する。管理緑地内の植物廃棄物を一切外部に排出することの無い閉じたりサイクルを構築することを目的とする。

2. 2 開発内容

本事業の実証試験のためにゴルフ場に設置した水蒸気処理装置を図1に示す。植物廃棄物を、設置した実証試験機にて処理し、処理後の固形物（以下本資材とする）および抽出液を用いてリサイクル実証試験を行い、最適なプロセス運用方法を確認する。本事業の開発内容は以下の通り。①および②についてはリサイクルプロセス実証試験。③および④についてはリサイクルプロセスを構築する為の水蒸気処理装置開発に相当する。



図1 水蒸気処理装置

① 本資材および抽出液を用いた芝栽培試験（リサイクルプロセス実証試験）。

試験条件：本資材を土壌に鋤き込んだ土地での野芝栽培試験。試験圃場は 500m²。

試験日程：平成 16 年 5 月より現在継続中。

分析項目：芝育成開始から 5 ヶ月後の土壌分析。分析項目は pH、EC、腐食、可給体窒素、可給態リン、CEC、肥料成分（N,P,K,C）

② 土壌へ配合する本資材の比率および抽出液散布方法の適正化。

本資材を土壌に鋤き込む量を定量化する目的で分析を行った。

分析試料：飽和水蒸気処理した野芝、ベント芝、マツ、クルミ

固形分析項目：リグニン、セルロース、灰分、水分、肥料成分（N,P,K,C）

抽出液分析項目：BOD/COD、pH、肥料成分（N,P,K,C）、還元糖、全糖、微量元素（Ca、Mg、S、Fe、Zn、Mn、Cu、B、Mo、Cl）

③ 過熱水蒸気処理による新規な本資材の適用性評価。

水蒸気処理装置を低廉化する為に、過熱水蒸気装置の導入検討を行った。

実証施設：過熱蒸気発生装置を 1 基設置

分析試料：過熱水蒸気処理した野芝、ベント芝、マツ、クルミ
固形分析項目：リグニン、セルロース、灰分、水分、肥料成分（N,P,K,C）
抽出液分析項目：BOD/COD、pH、肥料成分（N,P,K,C）、還元糖、全糖、微量元素（Ca、Mg、S、Fe、Zn、Mn、Cu、B、Mo、Cl）

④ 水蒸気処理装置の操作性向上および改良

実証施設：水蒸気有機分分解装置 1 基設置
側面開放型収納箱 4 基および底面開放型収納箱 4 基購入
刈草微粉末機 1 基設置
剪定枝微粉末機 1 基設置

分析項目：排気蒸気中に含まれるアルデヒド化合物（計 6 種類）を計 2 回分析。

3. 技術開発の成果

3. 1 リサイクルプロセス実証試験

（1）試験方法

本資材を有機肥料の代替品として土壌に鋤きこんだ区画と、従来の芝育成手法である鶏糞+有機肥料+化成肥料を土壌に鋤きこんだ区画に野芝を張り、その後の成長度合を比較した。また、本資材を投入した区画には、抽出液を散布。各条件の芝張り 5 ヶ月後の葉の成長度合および、根の張り方を調査し、ゴルフ場の緑地管理責任者の意見を伺った。また、芝張り 5 ヶ月後の土壌を採取し、土壌分析を行うことで成長度合評価の定量化を図った。

表 1 試験区画の育成法の相違

	本資材投入区	従来法育成区
元肥	本資材（6kg/m3）+鶏糞+化成肥料	有機肥料（50g/m3）+鶏糞+化成肥料
目砂	砂+本資材混合物	砂のみ
液肥	抽出液散布（10 倍希釈）	市販の液肥散布

（2）試験結果

本資材投入区における芝育成状況は、従来の芝育成方法と比較して同等もしくはそれ以上の評価を得た。分析結果も本資材投入区が優れていることを示した。これにより、植物廃棄物を一切外部に排出しないリサイクルプロセスの構築が可能であるとどまらず、今後有機肥料購入および液肥購入費の削減も可能であることが判明。また、鋤きこんだ本資材は調査した際に完全に黒土状に変化していたことから、処理物の土壌還元速度が非常に早く、また今後土の購入費も削減できる。

3. 2 土壌へ配合する本資材の比率および抽出液散布方法の適正化

リサイクルプロセス実証試験では青芝原料の本資材を投入した区画の成長が良好という評価を得た。そこで、本資材の成分を分析することで、投入量の最適化を図った。

また、今回の実証試験では野芝のみを本資材の原料としたが、ゴルフ場では野芝・ベント芝（ゴルフ場のグリーンで使用される芝）・針葉樹（マツ）および広葉樹（クルミ）が植物廃棄物として発生する。そこで、これらの植物廃棄物を水蒸気処理することによる内部成分の変化を分析することで、今後野芝以外の本資材を土壌に投入する際の投入量の指標とする為に、分析を行った。

<分析結果>

本資材の土壌投入量の最適量は、約 5kg/m²であることが判明。本資材は、土壌改良資材としてのみならず、有機堆肥代替品としての機能を併せ持つことが判明。抽出液は、液肥代替品として利用可能。植物廃棄物には、作物が育成する際に必要な肥料成分が蓄えられている。本資材および抽出液中に含まれる肥料成分は、植物廃棄物に含まれる肥料成分がそのまま残留もしくは溶出したものになる。よって、本資材および抽出液は植物廃棄物が発生した

土地に還元することが望ましい。

3. 3 過熱水蒸気処理による新規な本資材の適用性評価

(1) 試験方法

表 2 処理条件の相違

リサイクルプロセス構築の為の水蒸気処理装置は、飽和水蒸気による処理（処理温度 205℃、処理圧力 1.7MPa）を行っている。しかし、処理圧力が約 1.7MPa と高圧な為、装置が高価となり、また導入に当たっては設置届、ボイラ運転資格および定期的な装置の性能検査が必要となり、これらが装置導入に対して障害となる場合がある。そこで温度を 230℃程度に上げながら、圧力をボイラ運転に資格を必要としない 1MPa 以下に抑えることのできる過熱蒸気装置を設置し、飽和蒸気を利用した場合と本資材がどのように異なるかの分析を行った。処理条件の相違を表 2 に示す。

	飽和水蒸気処理	過熱水蒸気処理
処理温度	207℃	230℃
処理圧力	1.7MPa	0.7MPa
処理時間	1.5 時間	1.5 時間

(2) 試験結果

野芝・ベント芝には過熱水蒸気が有効であるが、マツ・クルミに関しては、今回の試験条件では飽和水蒸気がある結果を得た。野芝・ベント芝原料の本資材については、実証試験を行い適用性の評価をさらに進めて行く。マツ・クルミに関しては、温度をより高い条件にした過熱水蒸気で処理することで適用可能かを確認する。

3. 4 水蒸気処理装置の操作性向上および改良

3. 4. 1 廃棄物の運搬方法適正化

実証試験機はバッチ処理方式を採用しており、1 バッチ運転にかかる時間は約 1 時間半～2 時間である（処理物の含水率によって時間は異なる）。1 日の運転回数を 4 回と設定すると、処理と処理の間の時間を出来るだけ短時間にすることがある。実証試験機は収納箱に植物廃棄物を投入し、収納箱を圧力容器内部に封入して処理する方式である。1 バッチに利用する収納箱数は 2 個である。よって 1 日 4 回処理するとなると収納箱が 4 組（計 8 個）あれば、収納箱にあらかじめその日に処理する植物廃棄物を投入しておくことが可能となり、1 バッチ処理が終了後、あらかじめ用意しておいた収納箱を圧力容器に入れる作業を繰り返すことで、処理と処理の間の時間を大幅に短縮することが可能である。また、側面開放型の収納箱および底面開放型の収納箱の 2 種類を用意し、収納箱の操作性もあわせて検討した。

収納箱が 1 組しかなく、側面開放型を利用すると、運転終了から次回運転開始まで約 1 時間の作業時間となるが、収納箱が複数組あり底面開放型を利用すれば、約 10 分で次の処理運転が可能である事が判明。これにより 1 日 4 回の運転が可能となることが判明した。また、処理直後は処理物が非常に高温であるが、複数組の収納箱があれば処理物が冷えてから取り出すことが可能となり、装置運転の安全性も向上することを確認した。

3. 4. 2 圧力釜への植物廃棄物収納箱の収納方法

実証試験機では、植物廃棄物収納箱重量は植物廃棄物が投入されている状態で約 200～250kg となる。しかし収納箱に車輪（ベアリング）を取り付け圧力釜へレールを引くことで、人力で収納箱を圧力釜へ収納可能であることを確認した。

3. 4. 3 水蒸気有機分分解装置の設計・設置

排気水蒸気には、水蒸気処理工程で発生するアルデヒド系物質が含まれることが基礎研究で判明していた。そこで、アルデヒド系物質を分解する水蒸気有機分分解装置を設計・設置し試験を行った。

白金燃焼触媒前段ヒーターにて排気蒸気を約 500 度に加熱し、排気質量流量を 60kg/h 程度に制御することで、

アルデヒド系物質を分解できることを確認した。

3. 4. 4 微粉末機の開発

本資材は、処理前の原形をとどめた状態で排出される。一般的な散布機で散布可能とする為には、粉体状にする必要がある。そこで、本資材の微粉末機を開発した。

(a) 刈芝微粉末機

刈芝が原料の本資材の特徴としては水分を多く含むために、機械的な作用のみで微粉末化することは非常に困難である。そこで、砂（土でも可）と本資材を混合しながら本資材を微粉末化する装置を導入した。具体的には、攪拌羽が螺旋状に動くことで混合物が3次元に動くことで混合・微粉末化する装置。この装置にて作成した本資材＋砂混合物を、通常の散布機にて芝地に散布する際機械につまることも無く、また散布後の処理物が芝地上で目立つことも無いほど微粉末化され、砂と混合可能であった。

(b) 剪定枝微粉末機

剪定枝はチップ状にした後に、水蒸気処理を行う。原料が木質系の本資材はかなり柔らかい状態であるが、原形は完全にとどめている状態である。芝原料の本資材とは異なり含水率は非常に低いために機械的作用で微粉末化することが可能。そこでシンプルな機構であるためコンパクト化が図れ、事業化時に低廉なコストで製造できる微粉末機を導入した。回転盤の中心にファンがあり、そこへ供給される剪定枝チップは、放射状に設けた溝に風で強制的に送られ、回転するカッターにより剪断破砕される機構である。カッター下部にスクリーンを設置することで、設置スクリーンサイズ以下まで微粉末化された後、外部に排出される構造となっている。微粉末化した処理物を緑地散布する際には、完全な粉体状であると風に舞ってしまい逆に使い勝手が悪いために、ある程度の形状を残すこととした為スクリーンサイズは6mmとした。これにより、散布機で容易に散布可能で、また木質系でありながら土壌還元（分解）速度が非常に早い本資材を作成可能となった。

4. まとめ

4. 1 技術開発の目的に対する達成度

水蒸気処理した後に発生する固形物（本資材）および抽出液各々について、芝地散布の適用性を見たところ、芝成長に全く影響ないどころか逆に成長を促進させる効果があることも確認された。よって、今まで廃棄物として処理していた刈芝・剪定枝・落ち葉等の植物廃棄物を水蒸気処理することで、すべて緑地に還元することが可能であり、また市販の散布機を利用できることも明らかになった。これにより廃棄物を外部に一切排出しない独創的なリサイクルプロセス構築が可能である事が実証された。

4. 2 生じた課題

本資材は有機的な機能を持つ土壌改良資材である。有機系肥料が本当に有効であるかどうかを検証する為には1年から2年後の根を観察する必要がある。よって、今後も継続的に芝根観察を行うことで、本プロセスの有効性を評価していく必要がある。

4. 3 国内の廃棄物処理全般に与える影響

土から出てきたものは土に返すというのが自然の摂理にかなったリサイクルである。本プロセスを用いて製造される本資材は、直ちに土壌に戻すことが可能な土壌改良資材であるので、ゴルフ場のみならず管理緑地全体に対して有効なリサイクルシステムである。