

### 3 暗渠疎水材としての利用

千葉県農林総合研究センター生産技術部

#### 1. 試験目的

水田を汎用化するためには、圃場の排水性を向上させる暗渠排水の施工が有効である。県内では疎水材にモミガラを用いた暗渠が多く、モミガラの劣化による吸水渠断面の縮小や土砂の流入などによる排水効果の低下が営農上の問題となっており、モミガラ以上に耐用年数の長い疎水材が求められている。

そこで、モミガラに代わる疎水材として木炭を使用し暗渠を試験施工し、施工特性及び排水機能の経年的な変化を調査し、木炭の暗渠疎水材としての適用性を検証した。

#### 2. 試験方法

本試験で用いた木炭は、地域の木質バイオマスを有効利用することを目的に、溝腐れ病被害木や木材の加工時に発生する背板等を原材料とし、東金市山田地先に設置された炭化装置で試験的に製造されたものである。

試験施工地は、農林総合研究センター水田作研究室の6a圃場及び印西市武西地先の1.9ha圃場とした。水田作研究室圃場では、対照区として同一圃場内にモミガラを疎水材とした暗渠を施工した。

試験内容は下記のとおりである。

##### (1) 施工特性調査

印西市武西地先の試験圃場において、木炭を疎水材に用いた場合の施工価格や施工労力を調査した。施工断面を図-1に示した。掘削はトレンチャで行い、掘削溝への疎水材の投入は人力で行った。

木炭の梱包と搬送にはビニル製のモミガラ袋とフレコンバッグを用いた。

##### (2) 水質調査

疎水材を浸透した暗渠排水が水質環境に及ぼす影響を明らかにするため、フェノール溶出試験を行った。水田の畑利用を想定し、疎水材として500gの木炭及びモミガラを5Lの水道水に24時間浸漬した後にろ過し、ろ液のフェノールを測定した（共立理化学研究所製「パックテストフェノール」）。フェノールの測定は、同一資料を用いて10～35日間隔で計10回行った。

##### (3) 排水機能調査

試験施工後2年目に水田作研究室の試験圃場において、吸水管直近部に水圧式水位計を設置して1時間毎に地下水位を計測し、排水機能を調査した。なお、本試験では、圃場内の地下水位のばらつきを解消するために、降雨前に灌漑し、圃場全体の地下水位を一度上昇させて地下水位の均一化を図った。灌漑は降雨開始時まで行った。

##### (4) 吸水渠断面調査

水田作研究室の試験圃場において、施工後1、2、4年目にそれぞれの吸水渠を掘削して断面の

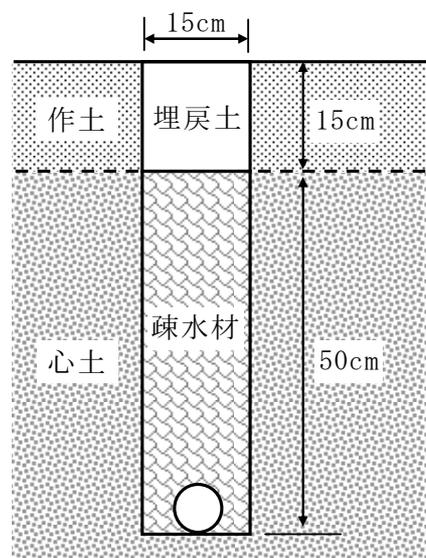


図-1 吸水渠施工断面図

縮小状況や土砂の混入状況を観察調査し、さらに吸水渠の断面保持率（調査時の疎水材断面積／施工直後の吸水渠断面積）を算出した。また疎水材を採取して土砂を洗い流し、風乾した後に粉碎し、疎水材の全炭素及び全窒素を測定（住化分析センター製「N.C.-アナライザー スミグラフ NC-900」）し、C/N比を算出した。

### 3. 試験結果

#### (1) 施工特性調査結果

##### 1) 資材費及び施工価格について

木炭は材料価格がモミガラよりも高く、これに加工処理場から施工現場までの輸送費が加わるため、現着価格は、施工現場付近で現地調達できるモミガラに比べて8.9倍と高くなった（表-1）。

##### 2) 投入方法について

木炭は、運搬や掘削溝への投入の際に微粉炭が飛散し、空气中を長時間漂って作業に支障をきたした。疎水材断面を確保するため、モミガラでは疎水材の投入量を多くし、その後、踏圧して充填密度を高めた。一方、木炭では、微粉炭が飛散するため踏圧作業は行えなかった。

#### (2) 水質調査結果

フェノール溶出試験の結果を図-2に示した。モミガラでは、1回目は1.7mg/Lであったが、その後はフェノール濃度は徐々に低下し、4回目以降は0.2mg/Lであった。一方、木炭は全ての測定で0.2mg/Lであった。

#### (3) 排水機能調査結果

平成18年4月10～11日における55.5mm降雨時の排水試験結果を図-3に示した。吸水渠直近部では、いずれの疎水材も降雨中には地下水位が上昇し、降雨後は急激に地下水位が低下した。疎水材の違いによる地下水位の上昇速度や低下速度の差は認められなかった。

表-1 1m<sup>3</sup>あたり材料価格と現着価格

	材料価格	現着価格
木炭	17,500	19,600
モミガラ	2,200	2,200

※平成16年度時点

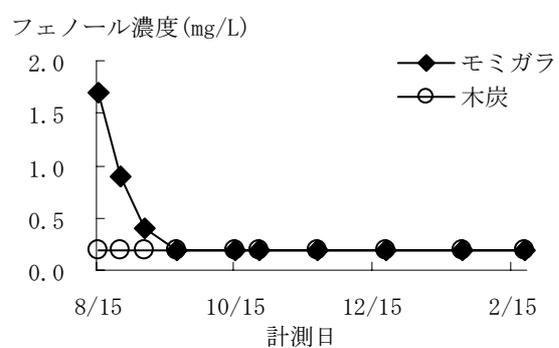


図-2 フェノール溶出結果

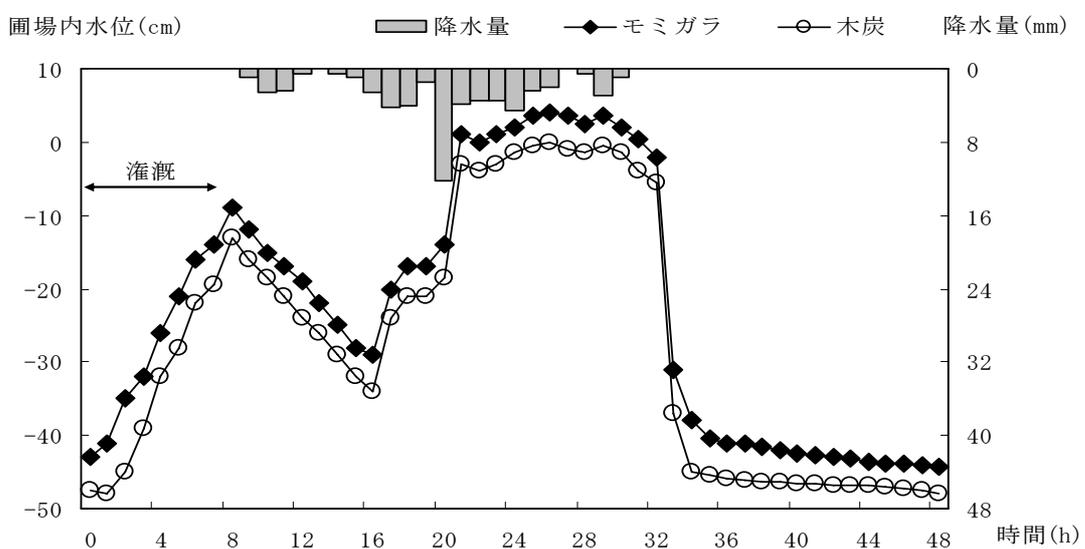


図-3 平成18年4月10～11日の地下水位変動と降水量

#### (4) 吸水渠断面調査

##### 1) 吸水渠断面の縮小について

施工後の経過年数と断面の縮小率を図-4に示した。モミガラは、施工後1年目から吸水渠の上面が土砂に押され、鉛直方向に吸水渠の断面が縮小していた。また、施工後4年目には側面側からも疎水材内への土砂の混入が見られ、水平方向に断面の縮小が認められた。一方、木炭を使用した吸水渠では、施工後2年目に疎水材の上面が土砂に押されて鉛直方向に吸水渠の断面は縮小していたが、断面保持率はモミガラよりも高く、疎水材内への土砂等の混入も少なかった。

##### 2) 成分分析について

疎水材の劣化状況を明らかにするため、疎水材の C/N 比を測定した。木炭は、施工前の C/N 比がモミガラよりも高かった。

施工後、5年間畑利用した圃場から疎水材を採取し、木炭及びモミガラの C/N 比を測定したところ、施工前に 141 だったモミガラの C/N 比は、2年後には 81、4年後には 60 に低下し、施工後の年数の経過に伴って C/N 比は低下する傾向であった (図-5)。一方、木炭の C/N 比は施工前で 400、施工2年後では 220、4年後では 321 であり、一定の傾向は認められなかった。

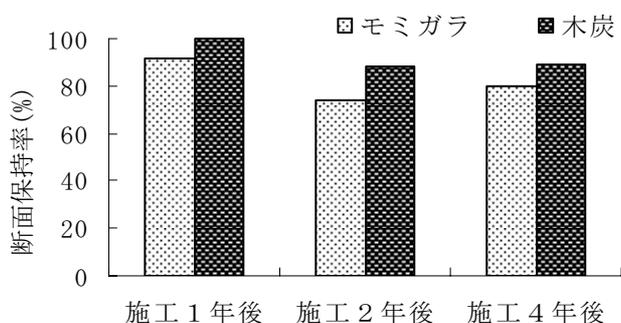


図-4 疎水材別吸水渠の断面変化

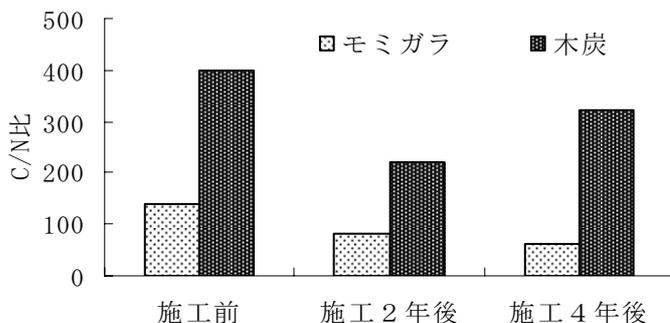


図-5 疎水材別 C/N 比の経年変化

#### 4. 考察

##### (1) 施工価格について

木炭の資材費は、炭化に要する費用に輸送費を加えた現着価格で比較すると、モミガラの 8.9 倍であった。この資材単価をもとに、長辺 100m×短辺 30m の 30a 区画に、吸水渠1本の延長を 90m、標準施工断面の深さを地表面から 0.63m とし、施工間隔と吸水渠幅を変えた場合の施工費を算出して表-2に示した。なお、吸水渠の掘削はトレンチャで行い、疎水材の投入は人力による粗朶の投入とした。

表-2 施工費の比較

施工機械	掘削幅 (cm)	吸水渠間隔 (m)	施工費(円)	
			モミガラ	木炭
トレンチャ	15	7.5	190,000	736,000
	20	7.5	206,000	935,000
	15	10.0	190,000	613,000
	20	10.0	206,000	770,000
ドレンレイヤ	7.4	5.0	180,000	-

その結果、木炭を使用した場合の施工費はモミガラの3~4倍となり、現在の木炭の現着価格では基盤整備事業における暗渠排水工事に適用することは難しいと思われた。施工費を削減するには、木炭の現着価格の低減化や、木炭の使用量を削減できる施工方法が必要である。木炭の現着価格を下げるためには、加工処理場の増設による輸送距離の短縮や、フレコンバッグを用いるなどの輸送方法の改善が考えられるが、木炭は他用途の市場が存在するため、大幅な低価格化は難しいと考えられる。

一方、施工費を削減するための施工方法の変更としては、吸水渠の掘削断面の縮小や、吸水渠の間隔を拡げるなどして、単位面積当たりの木炭の使用量を減らす方法が考えられる。木炭は断面保持率

が高いため、掘削幅を狭めても排水能力が急激に低下することは無いと思われるが、その場合でも、施工費用はモミガラを疎水材とし、掘削幅 20cm のトレンチ工法暗渠の 3 倍程度となる。また、吸水渠の間隔を広げた場合、排水効果の及ばない範囲が広がることから、吸水渠に直交した補助暗渠の施工が必要となる。

## (2) 排水機能について

暗渠の疎水材は、吸水渠の透水性を確保し吸水管への土砂の流入を防止するフィルターの役割を果たしており、吸水管を流れた排水は排水路等へ排出される。そこで、排水に含まれるフェノールの濃度を測定した。その結果、モミガラ、木炭ともに千葉県の排水基準である 5 mg/L を下回っており、疎水材としての利用に問題はなかった。

疎水材が劣化すると、土圧に対する応力が低下して疎水材断面が縮小する。その結果、疎水材の上面に耕盤が形成されて透水性が低下したり、吸水管への土砂の流入によって暗渠の排水能力の低下が懸念される。そこで、疎水材の腐朽に対する耐久性を明らかにするため、モミガラと木炭の C/N 比を計測して腐朽程度を測定した。

C/N 比は、時間が経過し腐朽が進むと炭素が消費し低下する。C/N 比が 40 を下回ると、腐朽が加速度的に進むとされている。木炭の施工前の C/N 比はモミガラよりも高く、高い耐久性が期待された。モミガラは経年的に低下傾向を示し、施工後 4 年目には 60 まで減少していたことから、今後、腐朽はさらに進行すると予想された。しかし、木炭の C/N 比は施工後 4 年目においても 300 以上であった。これは、木炭は主成分が炭素の固体物質であるため、そもそも窒素含有率が低く、劣化しにくいと判断された。

モミガラは腐朽によって劣化したため土圧に対する応力が低下し、断面保持率が 80% に低下していた。なお、モミガラ吸水渠断面は、鉛直方向からの圧力による縮小のみではなく、水平方向にも断面が縮小しており、掘削溝内への土砂の混入も確認されたことから吸水管への土砂の流入が懸念された。一方、木炭は腐朽による劣化が少なく、素材自体がモミガラより硬いため、断面保持率は高く、経年的な断面の縮小が少なかった。

したがって、木炭を疎水材として使用した暗渠は、モミガラよりも耐用年数が長く、排水効果が長期間維持できると考えられる。

## (3) 事業への適応性

現在、県内の基盤整備事業における暗渠排水工事は、バックホウやトレンチのように、掘削後に吸水管を設置し疎水材を投入する施工方法と、ドレンレイヤ工法のように掘削と同時に吸水管を埋設し、疎水材を投入する施工方法が実施されている。バックホウやトレンチでは掘削溝の幅が広く、また、疎水材を人力で投入するので疎水材の充填程度を目視できるため、モミガラ、木炭ともに施工は可能である。

しかし、ドレンレイヤ工法のように、掘削と同時に吸水管を埋設し機械により疎水材を投入する施工方法では、掘削溝の幅が狭いため粒径の大きい木炭を投入する際に施工機械や掘削溝に木炭が詰まり、施工精度や施工速度の低下が懸念された。したがって、ドレンレイヤ工法において木炭を利用するためには、施工機械の投入口の改良や、木炭を精製する際に粒径を揃えるなどの処理が必要である。

本施工試験に使用した木炭は、粒径 2 mm 以下の粉末が総重量の 25.0% 含まれており、輸送や疎水材の投入時には微粒な炭が風に舞い大気中を長時間漂うため、作業員の防塵マスクや周辺建築物にシートを被せるなどの飛散対策や、施工前に木炭に少量の水を噴霧して湿らせるなどの事前処理が必要と考えられた。

以上の結果から、木炭は暗渠疎水材として十分な排水性を持ち、モミガラよりも腐朽し難いため高い耐久性を期待できるが、資材単価や輸送コスト、さらには施工に伴う粉末の飛散対策に費用がかかるため、モミガラを使用した暗渠と比較して大幅に施工費が高く、基盤整備事業による暗渠排水工事に木炭を使用するのは難しいと考えられる。

## 5. まとめ

木炭の暗渠疎水材としての適用性を検証した結果、以下の点が明らかになった。

- (1) 木炭を使用した吸水渠は、施工2年後にはモミガラ吸水渠と同等程度の排水能力がある。
- (2) 暗渠から排出された水のフェノール濃度はモミガラ、木炭ともに低く、疎水材としての利用に問題ない。
- (3) 木炭は、施工時に粉末が飛散するため、作業員や周辺環境への飛散対策が必要である。
- (4) 木炭は現着価格でモミガラの8.9倍であり、木炭を疎水材として利用した場合の施工費はモミガラを使用したトレンチ暗渠の3～4倍程度である。
- (5) 木炭はC/N比が高く維持されるため、モミガラよりも腐朽しにくいと考えられる。
- (6) 木炭は吸水渠断面の経年変化が小さく、暗渠による排水効果がモミガラよりも長期間期待できる。