

## 〔短報〕

## 炭化製紙滓の融雪剤としての利用効果

関口 建二\* 竹中 秀行\* 原 圭祐\*

炭化製紙滓は製紙工場の廃棄物である製紙滓を炭化し製造する。本成績は炭化製紙滓の融雪促進資材としての適性と散布量、散布方法について検討した。炭化製紙滓は黒色で、形状は円柱状であるが、アジテータを備えたブロードキャスタで散布を行えば、炭化製紙滓は破碎され、融雪促進効果は慣行融雪剤と同等以上である。また、適正散布量は20~30kg/10aである。

## 1. 緒 言

現在、製紙工場で発生する製紙滓は焼却または埋め立て処理が行われている。しかし、埋め立て用地の確保が困難となっていること、処理費用の高騰に加え、環境問題への対応などから新たな処理法が求められている。炭化製紙滓（PSC：Paper Sludge Carbon）は、土壌改良材としての機能評価や農畜産廃棄物処理への助剤として活用する技術開発が道立工試と道栄紙業株式会社との共同研究で行われており、融雪剤としての利用の有効性が示唆されている。

本試験は炭化製紙滓を融雪剤として利用することを目的に、その融雪促進効果、適正散布量および作業能率などについて検討した。

## 2. 試験方法

## (1) 供試資材

製紙滓の乾燥・造粒・炭化により製造された炭化製紙滓の形状は、直径3~5mmの円柱状で、内部に多くの空隙を含んでいる。成分は乾物重量割合で見ると、約半分が再利用出来ない紙繊維で、残りは紙表面に塗布されているカオリン、タルク、炭酸カルシウムなどの無機物で、これらは填料と呼ばれている。炭化工程により紙繊維は固定炭素となり黒色を呈している。炭酸カルシウムが含まれているため、pH（H<sub>2</sub>O）は10.1とアルカリ性を示し、そのアルカリ分は約17%（日本肥料検定協会調べ）である。重金属含有量は肥料取締法に基づく公定規格を満たしており、ダイオキシンは製品中に検出されないことが確認されている。

対照の慣行融雪剤には、現地農家で使用している「スノーメルト」、「くみあいアッシュ」、「ブラックパワー」を供試した。

## (2) 試験場所

試験は倶知安町の3カ所の農家圃場で実施した。資材の散布はブロードキャスタで行った。散布時にシートで雪面を被った無散布区と手散布区を一部設けた。資材の散布量は慣行に準じて設定した。

M農場では炭化製紙滓の適正散布量を検討するため、フリッカ式ブロードキャスタ（アジテータ有）から排出した炭化製紙滓を使用し、散布量36kg/10a、48kg/10a、60kg/10aの試験区および対照として慣行融雪剤（ブラックパワー）34kg/10a散布区を手散布で設けた。

表1 試験場所および設定散布量

| 試験場所         |        | 処 理          |               |
|--------------|--------|--------------|---------------|
| 農家名          | 場 所    | 資 材 名        | 設定散布量         |
| M農場          | 倶知安町八幡 | 慣行（ブラックパワー）  | 51kg（3袋）/10a  |
|              |        | 炭化製紙滓        | 36kg（3袋）/10a  |
|              |        | 無散布          |               |
| M農場<br>（手散布） |        | 慣行（ブラックパワー）  | 34kg（2袋）/10a  |
|              |        | 炭化製紙滓（粉碎）    | 36kg（3袋）/10a  |
|              |        | 炭化製紙滓（粉碎）    | 48kg（4袋）/10a  |
|              |        | 炭化製紙滓（粉碎）    | 60kg（5袋）/10a  |
| A農場          | 倶知安町八幡 | 慣行（スノーメルト）   | 60kg（3袋）/10a  |
|              |        | 炭化製紙滓        | 36kg（3袋）/10a  |
|              |        | 無散布          |               |
| U農場          | 倶知安町出雲 | 慣行（くみあいアッシュ） | 40kg（2kg）/10a |
|              |        | 炭化製紙滓        | 36kg（3袋）/10a  |
|              |        | 無散布          |               |

区制：1区制（M農場手散布区は2反復） 散布日：3月24日

2002年5月21日受理

\* 北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町  
E-mail:sekiken@agri.pref.hokkaido.jp

## (3) 供試機

資材散布にはフリッカ式あるいはスピナ式のプロードキャストを使用した。なお、供試機としてホップ内で資材の滞留やブリッジ現象の発生を防止するアジテータ(攪拌装置)のない機種を検討も行った。

## 3. 試験結果

## (1) 炭化製紙滓の物理性

炭化製紙滓のかさ密度は約0.4g/cm<sup>3</sup>であり、木炭粉を原料とする「ブラックパワー」と同程度、石炭の燃焼灰などを原料とする「くみあいアッシュ」や「スノーメルト」より小さかった。また、粒径のばらつきが少なく、振動によるつき固めを行っても、かさ密度はほぼ同じであった。慣行融雪剤の粒度分布は粒径1mm以下が90%以上であるが、使用前の炭化製紙滓は2.38～4.76mmに分布が集中し、平均粒径は1.76mmと慣行資材の10倍以上であり、散布機への補給時に飛散が少なかった。

散布時には炭化製紙滓はプロードキャストのアジテータ、散布ディスクや散布筒(スパウト)などで破碎される。このため、粒度分布が広くなり、かさ密度は増加し

た。アジテータを装着したフリッカ式プロードキャストでは平均粒径が0.40mmに破碎された。アジテータが装着されているスピナ式ダブルディスク型プロードキャストでは平均粒径が0.84mmであるのに対し、アジテータが装着されていない機種では1.67mmとほとんど破碎されなかった(表3)。

## (2) 融雪速度

資材散布時の積雪は120～140cmで、消雪までの日数は18～30日であった。融雪速度は次式から算出し、算出基準日は消雪が最も早い試験区の4月11日とした。

$$\text{融雪速度} = \frac{\text{散布日の積雪深(cm)} - \text{算出基準日の積雪深(cm)}}{\text{算出基準日(日)} - \text{散布日(日)}}$$

無散布区の融雪速度は3.3～3.6cm/日であり、試験場所が異なってもほぼ同程度の融雪速度であった。慣行融雪剤の散布量はM農場の「ブラックパワー」が34kg/10a、A農場の「スノーメルト」が50kg/10a、U農場の「くみあいアッシュ」が43kg/10aであるが、融雪速度は4.6～4.8cm/日とほぼ同程度であった。

炭化製紙滓が破碎され平均粒径が0.4mmであるM農

表2 供試機諸元

| 走行部      | 型式          | M農場              | A農場                  | U農場                            |
|----------|-------------|------------------|----------------------|--------------------------------|
|          |             | 車輪式トラクタ<br>(4WD) | ゴムクローラ式<br>(コンバイン改造) | 車輪式トラクタ<br>(4WD)<br>(後輪ダブルタイヤ) |
|          | 機関出力(P S)   | 60               | —                    | 69                             |
| プロードキャスト | 方式          | フリッカ式<br>スパウト型   | スピナ式<br>シングルディスク型    | スピナ式<br>ダブルディスク型               |
|          | ホップ容量(リットル) | 400              | 200                  | 800                            |
|          | 散布幅(m)      | 9～14             | 8～10                 | 9～15                           |
|          | アジテータ       | 有                | 無(オプション)             | 有                              |

表3 資材の物理性

| 資材名      | (ふるい目<br>: mm) | 粒度分布(重量割合: %) |                 |                |               |               |               |               |               |            | 平均<br>粒径<br>(mm) | かさ密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |      | 含水率<br>(%) |
|----------|----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------------|------------------------------|------|------------|
|          |                | 0.074<br>以下   | 0.074～<br>0.105 | 0.105～<br>0.25 | 0.25～<br>0.42 | 0.42～<br>0.84 | 0.84～<br>1.19 | 1.19～<br>2.38 | 2.38～<br>4.76 | 4.76<br>以上 |                  | ゆるめ                          | かため  |            |
| 炭化製紙滓    | 使用前            | 0.2           | 0.0             | 0.1            | 0.2           | 0.4           | 0.3           | 2.4           | 96.1          | 0.2        | 1.76             | 0.39                         | 0.40 | 3.1        |
|          | 使用後(1)         | 0.7           | 0.5             | 2.0            | 0.8           | 2.4           | 2.2           | 7.1           | 84.2          | 0.1        | 1.67             | 0.42                         | 0.44 | 6.2        |
|          | 使用後(2)         | 3.6           | 3.3             | 12.3           | 9.0           | 13.8          | 8.1           | 15.9          | 34.1          |            | 0.84             | 0.45                         | 0.50 | 5.5        |
|          | 使用後(3)         | 1.6           | 2.9             | 17.5           | 11.3          | 18.7          | 9.8           | 16.4          | 21.8          |            | 0.40             | 0.45                         | 0.51 | 5.4        |
| スノーメルト   |                | 25.7          | 6.6             | 24.0           | 14.1          | 20.9          | 4.8           | 3.8           | 0.1           |            | 0.10             | 0.54                         | 0.63 | 2.8        |
| くみあいアッシュ |                | 77.6          | 6.7             | 13.7           | 1.6           | 0.4           | 0.0           | 0.0           |               |            | 0.07以下           | 0.70                         | 0.84 | 0.5        |
| ブラックパワー  |                | 18.5          | 5.3             | 23.4           | 12.9          | 30.6          | 8.2           | 1.1           | 0.0           |            | 0.14             | 0.38                         | 0.44 | 1.3        |

使用後(1): スピナ式シングルディスク型プロードキャスト使用・アジテータ無

使用後(2): スピナ式ダブルディスク型プロードキャスト使用・アジテータ有

使用後(3): フリッカ式スパウト型プロードキャスト使用・アジテータ有

場の融雪速度は5.2～5.7cm/日であり、散布量の多い区でやや高いが、その増加は僅かであった。炭化製紙滓の散布量が31～36kg/10a とほぼ同程度であったM、A、U農場における融雪速度を比較すると、平均粒径が小さい区ほど融雪速度が高かった。

### (3) 土壌の pH に及ぼす影響

各試験区の表層土壌の pH を表5に示す。融雪後の炭化製紙滓散布区の土壌 pH は散布前に比べ±0.3程度の変化がみられたが、無散布区や慣行融雪剤散布区に比較して明確な差は認められなかった。従って融雪促進を目的とした30kg/10a 程度の炭化製紙滓散布による土壌 pH への影響は少ないと考えられる。

### (4) 融雪剤散布の作業能率

A農場で使用したゴムクローラ式作業車の作業速度は

約2 m/s であった。1行程の散布量が少ないため、重複散布を行い、作業能率は炭化製紙滓散布区が1.3ha/h、慣行融雪剤散布区では1.4ha/h と同程度であった。

U農場では、車輪トラクタを使用し、いずれの資材散布も作業速度は1.1m/s であった。炭化製紙滓散布区では作業幅を6.3m としたので、作業能率は1.7ha/h となり、作業幅を7.8m とした慣行融雪剤散布区の2.06ha/h よりも小さな値となった。

ただし、炭化製紙滓散布区の作業幅を慣行融雪剤散布区と等しい7.8m に拡大し、散布量が25kg/10a に減少しても、期待される融雪速度は前項の結果より慣行融雪剤と同等と考えられるため、炭化製紙滓散布時の作業能率は慣行融雪剤散布と大きく変わらないと考えられる。

表4 融雪速度

| 試験場所 | 処 理            | 平均株粒<br>(mm) | 散布量<br>(kg/10a) | 散布日の積雪深<br>(cm) | 基準日の積雪深<br>(cm) | 融雪速度<br>(cm/日) | 消 雪 日<br>(月/日) |
|------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| M農場  | 無散布            |              | 0               | 116             | 56              | 3.3            | 4/18           |
|      | 炭化製紙滓          | 0.40         | 24              | 105             | 11              | 5.2            | 4/13           |
|      | 炭化製紙滓          | 0.40         | 36              | 108             | 11              | 5.4            | 4/12           |
|      | 炭化製紙滓          | 0.40         | 48              | 102             | 6               | 5.3            | 4/12           |
|      | 炭化製紙滓          | 0.40         | 60              | 106             | 3               | 5.7            | 4/11           |
|      | ブラックパワー(慣行量)   | 0.14         | 34              | 115             | 28              | 4.8            | 4/15           |
|      | ブラックパワー(1.5倍量) | 0.14         | 51              | 116             | 17              | 5.5            | 4/13           |
| A農場  | 無散布            |              | 0               | 138             | 74              | 3.6            | 4/18           |
|      | 炭化製紙滓          | 1.67         | 36              | 112             | 34              | 4.4            | 4/16           |
|      | スノーメルト(慣行量)    | 0.10         | 50              | 122             | 35              | 4.8            | 4/16           |
| U農場  | 無散布            |              | 0               | 139             | 90              | 3.3            | 4/23           |
|      | 炭化製紙滓          | 0.84         | 31              | 136             | 50              | 4.8            | 4/17           |
|      | くみあいアッシュ(慣行量)  | 0.07以下       | 43              | 136             | 54              | 4.6            | 4/18           |

融雪速度(cm) = (散布日の積雪深(cm) - 算出基準日の積雪深(cm)) / (算出基準日(日) - 散布日(日))

散布日: 3月24日, 算出基準日: 4月11日

表5 土壌の pH

| 農家名 | 土壌の<br>サンプリング | 試 験 区    | 散布量<br>(kg/10a) | pH   |
|-----|---------------|----------|-----------------|------|
| M農場 | 融雪前           | 散布前      |                 | 4.58 |
|     | 融雪後           | 炭化製紙滓    | 24              | 4.65 |
|     | 融雪後           | ブラックパワー  | 51              | 4.56 |
| A農場 | 融雪前           | 散布前      |                 | 5.47 |
|     | 融雪後           | 炭化製紙滓    | 36              | 5.80 |
|     | 融雪後           | スノーメルト   | 50              | 5.74 |
|     | 融雪後           | 無散布      |                 | 5.85 |
| U農場 | 融雪前           | 散布前      |                 | 4.79 |
|     | 融雪後           | 炭化製紙滓    | 31              | 4.50 |
|     | 融雪後           | くみあいアッシュ | 43              | 4.42 |
|     | 融雪後           | 無散布      |                 | 4.96 |

土壌サンプリング: 表層10cm 1反復 pH測定: 2反復

測定法: 風乾2mm 砕土20g + 蒸留水50cc

分析: 中央農試環境保全科

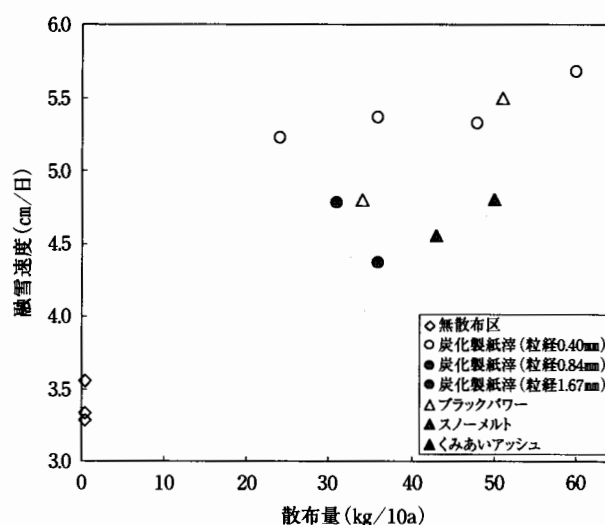


図1 散布量と融雪速度

表6 作業能率

| 試験<br>場所                                                                                                                  | 散布資材     | 作業面積<br>(a) | 作業幅<br>(m) | 散布量<br>(kg/10a) | 平均作業速度<br>(m/s) | 資材補給回数<br>(回) | 作業時間<br>(min) | 内 訳(%) |     |      | 作業能率<br>(ha/h) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|--------|-----|------|----------------|
|                                                                                                                           |          |             |            |                 |                 |               |               | 散布     | 移動  | 補給   |                |
| A農場                                                                                                                       | 炭化製紙滓    | 49.5        | 4.2        | 36              | 2.0             | 2             | 23.3          | 67.5   | 3.6 | 29.0 | 1.27           |
|                                                                                                                           | スノーメルト   | 31.7        | 4.0        | 50              | 2.2             | 1             | 13.5          | 72.5   | 2.8 | 24.8 | 1.41           |
| U農場                                                                                                                       | 炭化製紙滓    | 46.4        | 6.3        | 31              | 1.1             | 1             | 16.7          | 70.3   | 5.7 | 24.0 | 1.67           |
|                                                                                                                           | くみあいアッシュ | 60.3        | 7.8        | 43              | 1.1             | 1             | 17.6          | 69.2   | 8.0 | 22.8 | 2.06           |
| A農場 圃場区画：炭化製紙滓 99×50m, スノーメルト 99×32m 作業方法：周り作業(一部重複散布)<br>供試機：ゴムクローラ式+スピナ式シングルディスク型ブロードキャスタ 作業人員：オペレータ1名, 補給補助1名の計2名      |          |             |            |                 |                 |               |               |        |     |      |                |
| U農場 圃場区画：炭化製紙滓 177.5×25+17×12m, くみあいアッシュ 194.5×31m 作業方法：往復作業<br>供試機：69PS車輪式+スピナ式ダブルディスク型ブロードキャスタ 作業人員：オペレータ1名, 補給補助1名の計2名 |          |             |            |                 |                 |               |               |        |     |      |                |

### 3. 考 察

春の農作業を適期に行うため、種々の融雪促進技術の検討が行われてきた<sup>1), 2), 3)</sup>。日射の反射率が低い黒色系の資材を散布し、雪面が吸収する熱量を増加させて融雪促進を図る雪面黒化法はその一方法である。融雪剤が具備すべき条件は、融雪速度が高いこと、散布が容易であること、土壌と周辺環境に悪影響を及ぼさないことなどである。炭化製紙滓は重金属などについては法定基準を満たしており、pHは既存の融雪剤の範囲に含まれる。作業性の面では、大きな粒状であることから補給時の飛散が少なく、散布作業能率は既存の融雪剤と同程度である。以上のことから、炭化製紙滓を融雪剤として利用可能と考えられる。

炭化製紙滓の形状は粒状で粒径が大きいため、破碎せずに散布すると慣行融雪剤に比べて雪面を被覆する面積が少なく、融雪速度は低い。しかし、粒を破碎し平均粒径を0.4mm程度まで小さくすると、雪面を被覆する面積が増加し、融雪速度が高まる。このため、アジテータなどが装備され、破碎効果のあるブロードキャスタによる散布が望ましい。また、破碎された炭化製紙滓で慣行融雪剤の慣行量散布と同等の融雪速度を得るために必要な散布量は20～30kg/10aであった。

### 引用文献

- 1) 北農試雪の研究班。“雪の研究—農業と雪—”, 北農. 40(2), 1-105 (1973).
- 2) 道立中央農試農業機械部。“火山灰の融雪剤利用試験”. 昭和62年度農業機械施設試験成績書. 206-211 (1987).
- 3) 村松謙生。“融雪促進資材の探索とその特性”. 北陸農業研究資料. 18, 1-4 (1988).

### The Effects of Paper Sludge Carbon as Snow Melt Materials

Kenji SEKIGUCHI\*, Hideyuki TAKENAKA and Keisuke HARA

\* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station,  
Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan  
E-mail: sekiken@agri.pref.hokkaido.jp