

## 育苗ポットの試作への廃セルロース・スラッジ利用 に関する基礎研究

堀江 寛紀、吉村 忠与志\*

福井工業高等専門学校 物質工学科 (〒916-8507 鯖江市下司町 16-1)

\*tadayosi@fukui-nct.ac.jp

## Application for Construction of a Seedling Pot which Utilizes Waste Cellulose Sludge

Hironori HORIE and Tadayosi YOSHIMURA\*

Fukui National College of Technology (Geshi, Sabae, Fukui 916-8507, Japan)

(Received January 19, 2007; Accepted April 6, 2007)

The sludge produced as an industrial waste in waste paper recycling is called waste cellulose sludge. In this study, we carried out the basic research necessary to make a seedling pot which utilizes the waste cellulose sludge as a raw material. In order to observe the presence of any negative effects on the plant when the waste cellulose sludge is mixed with soil, we prepared the field and the petri dish and observed the growth conditions of these plants (white radish sprouts and weeds). The results showed no negative impact on the plants grown in the soil in which a low ratio of the waste cellulose sludge was mixed. As a method of producing the seedling pot which used waste cellulose sludge, we made a form that had a thickness of about 2~3 cm without breaking and then dried it. In this way, we could make it into the form of a container.

**Key Words:** Waste cellulose sludge, Seedling pot, Recycling of industrial waste, Soil reduction of sludge

### 1. 緒言

紙資源は、現代社会において欠かすことの出来ないものであり、日本では現在年間 3000 万トン[1]が消費されている。パルプ原料のための森林伐採などが大きな問題となっている。このような問題の改善策の一つとして古紙のリサイクルが挙げられる。実際に古紙は社会の中で一番多く出されるゴミであるとともに、最も多くリサイクルされている資源である。

しかし、この古紙の再資源化も問題を抱えている。現在、古紙回収率は約 68%で約 2000 万トン[1]といわれるが、そのうち製紙原料としてのセルロース繊維の長さが短くなりすぎる等の理由から再生紙化できない汚泥が発生し、この汚泥は産業廃棄物として処分することになっている。本研究では、この汚泥を

廃セルロース・スラッジといい、その再利用を検討する。

最近のリサイクル技術により、回収した古紙は 95%以上の高い割合で再生紙にリサイクルされ、割合的に見れば、廃セルロース・スラッジの量は少量であるかのように感じられる。しかし、社会で使用される紙の量が膨大であるため、単純に計算しても年間 100 万トン程度の廃セルロース・スラッジが排出されていることになる。さらに、紙の品質を求める企業や再生紙肯定設備の不十分な企業などにおいては、再生紙へのリサイクル率が低下している。廃セルロース・スラッジは、限りある資源であることを認識し、それを産業廃棄物としてではなく資源として有効活用するためにも、なんらかの利用方法の確立が急務である。

ところで、農業において苗を育てるための育苗ポットはプラスチックで作られているものが一般的であるが、プラスチック製ポットが不要になった場合、

焼却処分を行う必要があり、環境に負荷を与えてしまうため、プラスチックを使用しない天然原料による育苗ポットが検討されている[2~6].

本研究では、廃セルロース・スラッジを利用した育苗ポットの可能性を検討することを目的とする。このポットでは、セルロースの有する生分解性によって育てた苗をポットごと土に植えることができ、環境に配慮した産業廃棄物の処理を行うことができる。

現段階では、廃セルロース・スラッジを原料とした育苗ポットの開発のため、廃セルロース・スラッジが土壌に混在した場合の植物への影響を観察し、廃セルロース・スラッジ育苗ポットの成型方法の考案と作製を試みた。

## 2. 実験試料

本研究で使用した廃セルロース・スラッジは、畑製紙(株)より提供されたものである。基礎分析結果[7]より、廃セルロース・スラッジの構成物にはセルロース分が42%、タルク(TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>等)やインク油といった不純物が58%含まれており、天然由来のものであることがわかっている。

提供された廃セルロース・スラッジは、脱水されたものは粘土質で、水分が約50%含まれている。今回は脱水する前のやわらかい試料の方が容器成型に適していると考え、畑製紙のスラッジ成型機に入る前段階で採取した汚泥状態の廃セルロース・スラッジを使用する。使用した廃セルロース・スラッジ試料の写真をFig.1に示す。



Fig.1 廃セルロース・スラッジ試料

## 3. 実験方法

### 3-1 廃セルロース・スラッジの土壌への影響の観察

今回使用した廃セルロース・スラッジは、天然由来の成分であるため、土壌に還すことへの問題は生じないと思われる。しかし、実際における植物への

影響があるのかを調べる必要があると考えた。

そこで、育苗ポットとして廃セルロース・スラッジを使用した場合、それによる植物への負の影響があるのかを調べるため、土壌への影響の観察を行った。

#### a) 畑と指標の準備

植物への負の影響を観察するために、学校敷地内の赤土がある空き地で、深さ30cm縦120cm幅145cmほどの範囲の土を掘り起こし、畑にできるように牧草地から取り寄せた土を運び入れた。実際の畑をFig.2に、その使う部分の分割をFig.3に示す。Fig.3で、Aの区分けされた所は廃セルロース・スラッジ試料を混合した土壌で、Bの区分けされた所は何も混ぜない土壌で、Cは対照として残した区分である。

育苗指標とする植物は、アタリヤ農園(株)のかいわれ大根(アブラナ科)の種と、自然に生える雑草(主にノビエ(イネ科))を用いた。理由として、かわいれは成長の時間が早い、根が弱く土壌の影響を受けやすいことと、雑草は成長の時間がかかるが、根が強くて枯れにくく比較しやすいという特徴を用いることによって、廃セルロース・スラッジが土壌に与える影響を観察しやすくなるためである。

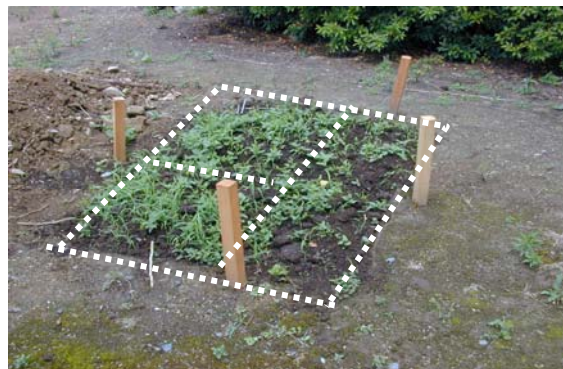


Fig.2 実際に使用した畑

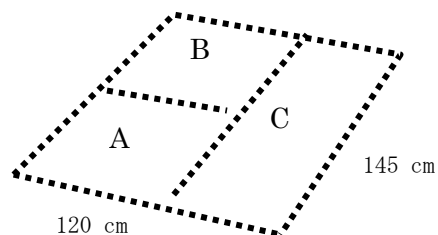


Fig.3 Fig.2の畑の振り分け図

#### b) 畑での観察

畑に廃セルロース・スラッジを約10分の1だけ混ぜて植物(かわいれ+雑草)の育成具合を観察し、その後、少しずつ混ぜる廃セルロース・スラッジの量を増やしていった。なお、観察時期は6~9月の約3ヶ月間で行った。

### c) シャーレとプラスチック容器での観察

土壌に混ぜた時の影響を観察するとともに、スラッジの混合割合をより多くするために、シャーレとプラスチック容器に廃セルロース・スラッジをつめて直接かわれの種をまき、発芽や成長の阻害を調べた。対照実験として土や脱脂綿にも種をまき、同様に観察した。

プラスチック容器には、廃セルロース・スラッジ試料を入れたものと、比較として脱脂綿を入れたものの上に、かわれ大根の種を15粒ずつまき、屋外で観察して発芽の状況を観察した。プラスチック容器での屋外での観察期間は7~9月である。

シャーレには、土と廃セルロースの比率を変化させて屋内窓際で室温 25℃のもとで測定した。かわれの種は20粒ずつをそれぞれの試験容器にまき、それぞれの容器で発芽した割合を発芽率とし、それぞれの土と廃セルロースの比率でのかわれ大根の発芽率と育成状況を観察した。

## 3-2 廃セルロース・スラッジ育苗ポットの作製

### a) 含水量と収縮の観察

脱水前のスラッジ試料のため大量の水分が含まれており、乾燥時にかなりの収縮が予想されることから、廃セルロース・スラッジ試料の含水量と収縮の様子を観察した。シャーレに試料を入れ、オープンを使用し75℃で乾燥させて乾燥前後の重量により含水量を測定し、この時の収縮の様子を観察した。

### b) 圧縮による薄壁容器の成型

ポットを作るため2つのプラスチックの鉢を用意し、そこに廃セルロース・スラッジを入れ、重ねて圧縮し3~4mmほどの厚さで乾燥させて容器を作製した。実際の乾燥様子をFig.4に示す。



Fig.4 圧縮成型したものの乾燥様子

### c) 厚壁容器の成型

収縮率が高い場合、§3-2bの方法では成型が困難であると考え、型をとるための容器の内側に2~3cmの厚さに試料を塗り付けて圧縮させずに容器を成型する方法を考えた。また、自然乾燥では時間がかかるため、オープンを使用し約75℃で乾燥させ容器を成型した。

また、収縮を抑え大きく成型をするという観点から、土を混合することを考え、土の最適混合比率を調べることにした。この時、混合する土の量によって強度が低下することを想定し、稲藁を約2cm切断し手で柔らかくしたものを混合し、乾燥させた。

## 4. 結果と考察

植物に影響を与える要因にpHが考えられるので、pH試験紙で廃セルロース・スラッジ試料のpHを測定したところ7の値の色を示した。ゆえに、試料は中性でありpHの因子で土壌に影響は与えないと思われる。

### 4-1 廃セルロース・スラッジの土壌への影響

実際に混合した畑の写真をFig.5に示す。その写真では、§3-1aで述べ、Fig.3で示したように畑の半分下の部分を使用して、杭を挟んで左の部分が比較のため通常土壌で、右が廃セルロース・スラッジを混合した土壌で、杭を挟んで右の土壌には完全に混ざりきらない廃セルロース・スラッジの白い部分が残っていた。



Fig.5 廃セルロース・スラッジを混合した土壌

### a) 畑での観察結果

かわれの成長具合を、通常土壌と廃セルロース・スラッジを混合した土壌で比較したものを以下に時間経過を追って順に写真2枚組みでFig.6-1~Fig.6-4に示す。

それぞれの写真から、廃セルロース・スラッジによるかわれ大根の発芽、成長の阻害はみられなかった。ある程度成長すると土壌の栄養が必要となると考えられ、土壌の影響が大きく出ると考えられるが、そのまま順調に成長していった。

今回の観察で、セルロースの量を増やしたことによるかわれの発芽には影響が無かったが、雑草の成長には、植物の葉緑の視覚観察からの成長が遅くなる影響がでていることが確認された。この写真ではセルロース混合土壌の雑草の発芽具合が通常土壌に比べ、わずかに少ないことが観察できた。



(左) 普通土壌

(右) 廃セルロース混合土壌



Fig. 6-1 種を植えて2日目発芽



Fig. 6-2 種を植えて4日後の生育状況



Fig. 6-3 種を植えて1週間後の生育状況



Fig. 6-4 種を植えて2週間後の生育状況

(A) スラッジ

(B) 脱脂綿



Fig. 7 かいわれ大根の発芽の状況

(A) スラッジ

(B) 脱脂綿



Fig. 8 かいわれ大根の生育状況



普通の土壌に廃セルロース・スラッジを約 10 分の 1 だけ混ぜた畑における植物(かいわれ+雑草)の育成具合を観察したところ、枯れるなどの大きな影響は見られなかった。また、少しずつ混ぜる廃セルロース・スラッジの量を増やしていても、少量の割合での土壌(畑)への影響は現れないことがわかった。

#### b) シャーレとプラスチックでの観察結果

プラスチック容器に廃セルロース・スラッジ試料 100%と、比較として脱脂綿を入れた写真を Fig. 7, 8 に示す。

セルロース・スラッジに直接種をまいた場合の発芽はするものの、生長があまりしていないことが分かった。これは試料が硬くなって根の弱いかいわれ大根は試料に根を張りにくい状況になったため生長できなくなったと考えられる。

また、シャーレで通常土壌と廃セルロース・スラッジ上と廃セルロース・スラッジ混合土壌に直接かいわれの種をまいて、発芽や成長の阻害を調べたところ、廃セルロース・スラッジに直接まいたかいわれの種の発芽率は土壌での発芽率よりも低かった。通常土壌での発芽率が脱脂綿上よりも低いのは、かいわれ大根の根が弱いため、通常の土壌であったとしても根がはりにくいと考えられる。シャーレに通常土壌①と 50 %廃セルロース・スラッジ混合土壌(②, ③)と 100 %廃セルロース・スラッジ(④, ⑤)に直接かいわれの種をまいて、発芽や成長の阻害を調べた。Fig. 9 に①～⑤の種をまいて一週間後の様子を、Table 1 に①～⑤の発芽率を示す。

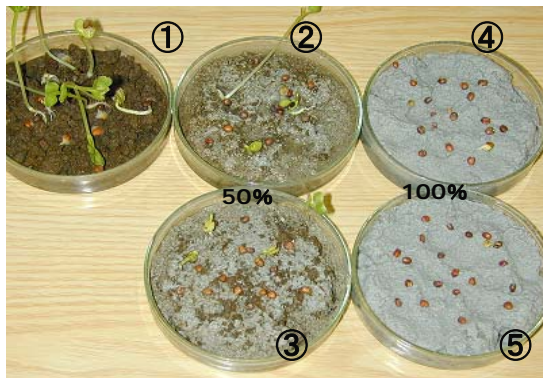


Fig. 9 廃セルロース・スラッジを混合した土壌に種をまいてから一週間後の発芽観察

Table 1 試料を混合した土壌の発芽率

| 試料番号 | 土壌種類      | 発芽率 (%) |
|------|-----------|---------|
| ①    | 100%土     | 60      |
| ②③   | 50%試料 + 土 | 16      |
| ④⑤   | 100%試料    | 6       |

Fig. 9 と Table 1 に示すとおり、通常土壌から廃セルロース・スラッジ混合土壌、廃セルロース・ス

ラッジになるに従って発芽率が下がっていた。発芽率減少の要因としては、かいわれの根が弱いと考えられ、それは、Fig. 9 (②, ③) の混合土壌における、完全に土とは混ぜないで、土と試料の表面が混在する形で育成を行う過程を観察した時の、試料が混ざっていても土壌表面では、発芽率が高く生育できていたことから確認できる。

#### 4-2 廃セルロース・スラッジ育苗ポットの作製

##### a) 含水量と収縮の観察結果

Fig. 10 に乾燥収縮の前後の写真を示す。水分含有率を測定のため、廃セルロース・スラッジ試料を乾燥させた時、いくつかの特徴があった。まず、水分含有率の測定した結果は 91%が水であった。次に、乾燥させた試料は Fig. 10 からみても、見た目から収縮が大きく約 2/3 程度の体積にまで縮んでいて、収縮率が大きいことが分かった。また、乾燥した廃セルロース・スラッジ試料は、容器として形を保てる程の強度を持つこと、最後に、水に浸した時には元の状態に戻りにくく、水に拡散しにくいことが分かった。土に廃セルロース・スラッジ試料を混合した土壌は、以上の性質のため硬くなったと思われる。

また、水に浸した場合の状態維持の特性は、ポットのような容器として使用する場合とても有効な性質であると考えられる。



Fig. 10-1 試料乾燥前



Fig. 10-2 試料乾燥後



Fig. 11 成型の様子

##### b) 圧縮による薄壁容器の成型結果

§ 3-2b の圧縮による薄壁容器の成型によって示される通り、2 つのプラスチックの鉢を用意し、そこに廃セルロース・スラッジを入れ、重ねて圧縮し乾

乾燥させて容器を作成しようとした(Fig. 11)が、薄くなりすぎ、乾燥させたときにひび割れてしまった。これは、乾燥による体積の変化が大きかったためと思われる。

プラスチックの鉢で圧縮させて乾燥させるとき廃セルロース・スラッジを乾燥させることが困難で、しかも乾燥させた場合、収縮が大きくて容器の型を維持できないため、薄く成型できず空気間隙が多くなってしまい、薄壁容器は作製できなかった。

### c) 厚壁容器の成型結果

§ 3-2b の圧縮による薄壁容器の成型では、その成型結果 § 4-2b でも述べたようにうまく成型できなかったが、厚壁容器の成型 § 3-2c で述べた方法で、押しつぶさず 2~3 cm ほどの厚さで型を作って乾燥させたところ小皿くらいに形に成型することができた。乾燥前の型を造る様子を Fig. 12 に写真で示す。



Fig. 12 成型用容器に 2~3 cm で塗った試料

この成型された廃セルロース・スラッジは非常に強度があり、これを大きくできればポットとして使用できると思われる。実際に成型した廃セルロース・スラッジを Fig. 13 に写真で示す。



Fig. 13 成型した廃セルロース・スラッジ

また、土を混ぜての容器成型では、土 50%混合では Fig. 14 で示すとおり、崩れずに成型することができた。

また、土を混ぜて成型した容器は Fig. 15 で廃セルロース・スラッジのみの容器との比較で示すとおり、廃セルロース・スラッジ容器よりも大きく成型でき

ることがわかった。



Fig. 14 土 50%混合容器



Fig. 15 廃セルロース・スラッジのみの容器と土 50%混合容器との比較写真

しかし、水に浸したときの耐久度は廃セルロース・スラッジのみで成型したときに比べて非常に低くなってしまふ。そこで、33%の混合率で成型した。この場合、水耐性度があり最適な比率であることは分かったが、しかし、Fig. 16 に示した写真のように、空気間隙が大きくなり崩れてしまった。



Fig. 16 土 33%混合容器

これ以上に土の混合比率を上げることができないため、空気間隙を減少させ、容器としての強度を向上させる方法として稲藁を混ぜる方法を考えた。稲藁は稲作をする過程で必ず発生するものであり、焼却などの処分がされている。この稲藁は天然の材料のため容器の材料に利用できると考え、実際に土

33%混合の廃セルロース・スラッジ試料に稲藁を混合させて成型乾燥させたものを Fig. 17 に示す。



Fig. 17 土 33%混合に稲藁を加えた容器

Fig. 17 からわかるように、空気間隙の少ない容器が成型することができた。この素材は、建材としての壁素材の構成と同じものであり、環境的にもやさしいものと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、土壤に廃セルロース・スラッジが存在した場合、廃セルロース・スラッジのみの試料の上に直接植物が育つことは困難であったが、シャーレでの実験結果から廃セルロース・スラッジが混在している中でも、土壤表面では正常に生育できている。このことから、土壤に対して負の影響を及ぼすのではなく、土壤中の無機物のように植物の生長には関与しないと考えられ、原料とする場合、植物生長に負の影響を与えるような因子はないと考えることができる。

また、容器を成型する過程では、ポットの厚さを薄くすることは困難であるが、厚く成型することによって、ポットとして使用できる程度の強度がある

ことがわかった。さらに、土を混合することによって、収縮を抑えより大きな容器を成型することが可能になり、そこから考えられる強度低下も稲藁を混ぜることで改善された。このことから、廃セルロース・スラッジを利用して育苗ポットへの応用が期待できる。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、廃セルロース・スラッジ試料を提供していただいた畑製紙(株)に感謝する。

## 参考文献

- 1) 日本製紙連合会のホームページ(2006);  
<http://www.jpa.gr.jp/>
- 2) 三浦真由己: 木質系材料を用いた生分解性育苗ポットの開発, 林産試だより, 10月号, pp.7-9(2000)
- 3) 五十部誠一郎: 食品産業廃棄物の再資源化、食品総合研究所活動報告, p.33-51(2004);  
[http://www.nfri.affrc.go.jp/guidance/katsudo/pdf/kanko\\_sou43/p033.pdf](http://www.nfri.affrc.go.jp/guidance/katsudo/pdf/kanko_sou43/p033.pdf)
- 4) 前原啓一: 食品産業廃棄物を利用した新規生分解性樹脂の製造と製品化技術、群馬県中小企業振興公社;  
[http://www.kanto.meti.go.jp/tokei/hokoku/data/14fy\\_consortium/13hc3056.pdf](http://www.kanto.meti.go.jp/tokei/hokoku/data/14fy_consortium/13hc3056.pdf)
- 5) 農林水産技術会議: 最近の農林水産研究動向について、9月プレスリリース(2003);  
[http://www.s.affrc.go.jp/docs/attention\\_stock/pdf/200309.pdf](http://www.s.affrc.go.jp/docs/attention_stock/pdf/200309.pdf)
- 6) 麻生信之、小林瑞穂、船崎孝幸: 繊維・紙等の廃棄物を利用した人工土壤に関する研究、埼玉県産業技術総合センター研究報告, 第2巻(2004);  
[http://www.saitec.pref.saitama.lg.jp/research/h15/2003\\_303C.pdf](http://www.saitec.pref.saitama.lg.jp/research/h15/2003_303C.pdf)
- 7) 藤本ゆかり: 古紙再生過程での廃セルロース・スラッジの再利用, 福井高専平成12年度卒業研究(2000)