

# 食品汚泥コンポスト製根圏保護ボウルによる牧草（トールフェスク、*Festuca arundinacea* L.）の出芽と定着の促進

菅沼 僚・岡島 毅・三浦瑞穂・萩野谷功輔・小野弘則・アムジャッド・ハッサン・  
伊東睦泰・堀 秀隆\*

（平成19年6月29日受付）

## 要 約

豆腐工場からの排出汚泥を高速発酵する方法を確立し、作製したコンポストをお椀（ボウル）状容器に成型し、中に牧草（トールフェスク、*Festuca arundinacea* L.）の種子を混合した土壌を充填して農場土壌中に埋設し、種々の灌水条件下で出芽その後の幼苗生育に対する影響を調査した。

小さい切片に裁断した新聞紙を豆腐工場汚泥に汚泥重量の10-20%加えよく混合し、箱形発酵槽に投入した。直ぐに発酵槽の底から底面積1m<sup>2</sup>当たり、80 l/minの30℃の空気を送り発酵を開始した。約10日で完熟コンポストが作製できる。この古紙混合高速発酵法で作られたコンポスト（古紙コンポスト）のN、P、K含有率はそれぞれ、4、4、0.6%であった。

コンポスト化直後の古紙コンポストから直径5cmのボウルを作製し乾燥した。乾燥ボウル1個の窒素含量は0.32gであった。トールフェスク種子20粒と30mlの砂壤土の混合物をボウルに充填し、種子混合土壌の表面から計測して地表面下1cmあるいは4cmに埋設した。各埋設区を更に3実験区に分け、区ごとに7l/m<sup>2</sup>の水を週1回、3回あるいは0回散水した。対照実験ではボウルを用いずに種子混合砂壤土を同じ深さに直接埋設し、ボウル設置と同じ実験区を設けた。各実験区には64個のボウルあるいは種子混合土壌を埋設した。2001年6月にボウル埋設後、各区での出芽状況と草丈を、16週間に渡り調査した。また、16週目に分けつ数を、翌年の5月には生存植物の出穂数を調査した。2001年6月から9月までの総降雨量は過去30年間（1971-2000）の平均降雨量（577mm）とほぼ同じであり、灌水3回区、1回区、無灌水区での散水量を含めた16週間分の水分供与量はそれぞれ、約884mm、660mm、548mm降水量に相当した。しかし、幼植物生長の最も大切な時期と考えられるボウル埋設後5週目から11週目の7週間に限定すれば、2001年の降雨量は44mmと極めて少なく（同時期の平均降雨量の約6分の1）、長期にわたって非常に乾燥した気象であった。この気象によって乾燥地帯の状況を再現でき、全ての実験区においてボウル埋設が著しい出芽とその後の幼植物の生長保護作用を示した。特にボウルの著しい保護効果は週1回灌水区で示された。週1回灌水ボウル無し区では幼植物は全く生存出来なかったが、ボウル区においては約40%のボウルで植物体が生存した。幼植物の分けつ数は1株当たり4cmボウル埋設区で22となり、週3回灌水/ボウル区のそれと同じであった。2002年春に生存個体の出穂数を調査したが、3回灌水/1cmおよび4cm区においては8本/株であったが、1回灌水/1cmおよび4cm区においては2~4本/株であった。これはおそらく4cm深部への埋設が何らかの負の生理的作用を生存株に与えた物と考えられた。しかし、生存個体×出穂数=生産量とすると、土壌環境がより安定する4cm埋設区において、コンポストボウルはトールフェスクの出芽生存を保護することが明らかになり、出穂数の減少という一定の負の要素を越えて、乾燥地の緑化に非常に有効な農業資材に発展する可能性が示された。

キーワード：*Festuca arundinacea* L.、出芽、定着、乾燥地緑化、高速発酵法

新大農研報, 60:39-46, 2007

砂漠地域での乾燥地の拡大や沿岸地域での土壌浸食など、地球規模での貧植生域の拡大が進んでいる。そのような地域では、少雨、高塩類濃度、貧栄養、土壌流出など、植物は厳しい環境要因にさらされている。これらの要因のいくつかを克服することが出来れば、貧植生域の拡大を抑えることが可能であろう。我々は砂漠などの乾燥地の緑化を目指して基礎研究をしているが、上に挙げた要因の構成は砂漠性乾燥地、海岸乾燥地などと乾燥地毎に様々である。従って、勿論地域ごとに要因のどれが最大の問題かを把握しなければならないが、我々は特に、種子の周辺環境、即ちその小コスモスを周辺の過酷な環境から守り出芽と直後の生育を保障することが全てに優先することと考えている。このために、出芽と生育が出来る最低限の水分と栄養が保障出来る緑化素材を開発することを目指している。

堀ら（堀ら, 2001）は、発酵完熟させた食品汚泥（食品産業の排水処理で生じた余剰汚泥）製コンポスト（以降、古紙コン

ポスト）の使用により、植物の生育が促進することを報告している。この報告によると、土壌に36gの当該コンポストを混合して750gにした肥料土壌でのコマツナ（*Brassica rapa* L.）の生育（生育は生重量で評価）は210gの市販鶏糞製コンポストを混合して750gにした肥料土壌でのコマツナの生育を有意に凌駕していた。このときのN、P、Kのそれぞれの含有率は、古紙コンポスト区では1.8、1.8、0.2%、鶏糞区では5.3、10.5、5.3%であった。更に特徴的なことは、幼苗の根の生重量が古紙コンポスト区で3.4gなのに対し、鶏糞区では1.0gであったことである。この根の生長を促進する（あるいは阻害しない）傾向は古紙コンポストの著しい特徴で、施用した殆どの植物において見られる現象である。我々のコンポストが根の発育を助けること、更に切断紙片を大量に含んでいるために完熟コンポストが粘土状であるので乾燥物は保水性に優れていること、の二つの特徴は古紙コンポストが乾燥地の緑化に適した素材である事

を示す重要な性質に違いないと考えている。

我々は、古紙コンポストで作製したボウルに牧草種子を混合した土壌を詰めて出芽前後の根圏環境を良好に保つことで牧草の出芽・定着を促進させることが出来ると考え、牧草（トールフェスク、*Festuca arundinacea* L.）を用いて緑化に向けての基礎実験を行った。本報告では、古紙コンポストボウルが乾燥条件下でトールフェスク種子の出芽とその後の生育を促進することを示し、緑化への応用可能性を討論する。

## 材料および方法

### 1. コンポストの作製

豆腐産業から排出された直後の汚泥（含水量85%程、排出後1～2日以内のもの使用）に新聞紙を裁断して作製した切片を汚泥重量の15%（重量比）秤量し、良く混合した。これを箱形バイオリアクターに投入し、底部から30℃の空気を80 L/m<sup>2</sup>底面積で送風した。発酵温度は、リアクター中央に、表面から10cm下、更に30cm下、更に30cm下の3点に設置した温度センサーで1時間毎にコンピュータに取り込み記録し解析した（堀ら, 2001; 堀と岩淵, 2003）。発酵槽内の温度は3点の観測点で通常約3日で70～80℃に達し2～3日この温度が持続した後下降する。温度が30℃ほどに下降した時を以て完全完了と見なした。この全行程は平均10日である。

作製したコンポストの基本的化学的性質を表1に示した。

### 2. ボウルの作製

発酵完了した古紙コンポストを手動のキャストリング機器で内径5cmの中空の半球（ボウル）に成型した。ボウル一個当たりの窒素含量は0.32 gである。ボウルは十分に乾燥して以下の実験に用いた。

### 3. ボウルへの種子の充填と埋設および管理

ボウルにトールフェスク（*Festuca arundinacea* L.）の種子20粒を混合した砂壤土30mlを充填した。6月にボウル内の混合土壌表面が地表から4cmおよび1cmとなるように試験地に埋設した（ボウル区）。対照実験として、同じ深さに種子混合土壌を直接、埋設した（ボウル無し区）。ボウル区とボウル無し区をさらにそれぞれ3区に分け、3種類の灌水条件を設定した。すなわち週3回灌水区、週1回灌水区、および無灌水区である。灌水量は1回につき7 L/m<sup>2</sup>とした。ただし、全区で自然の降雨はそのまま受けた。

**Table 1.** Physicochemical properties of the paper-compost

Measurements	Values
pH	7.1
Electric conductivity	5.6 $\mu$ S/cm
C/N ration	8～10
Total N content	4% /Dry matter
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content	4% /Dry matter
K <sub>2</sub> O content	0.6% /Dry matter

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> was determined with molybdivanad method (Kitson and Mellon) and K<sub>2</sub>O was measured with an atomic absorption spectrophotometer.

1区当たり30cm間隔で64個（約11個/m<sup>2</sup>）の種子混合土壌を充填したボウル、あるいは種子混合土壌を埋設し、それぞれの埋設箇所からのトールフェスクの出芽状況および草丈を埋設後1週間毎に調査した。埋設箇所からの出芽数は問わず、出芽が確認できれば出芽ボウルとした。但し、分けつ数および出穂数は生存個体当たりで計測した。

2001年の実験中（6月～9月）の降雨量は図1に示したが、これはそのまま無灌水区に対しての給水量である（□）。ボウル埋設時期の16週間の全給水量（散水量+降雨量）は、灌水3回区、1回区、無灌水区でそれぞれ約884mm、660mm、548mmの降水量に相当したが、調査5週目から11週目（2001年7月4日～8月21日）の7週間にわたって非常に乾燥した気象が続いた。この期間における新潟地域の総降雨量は44mmであり、過去30年間（1971-2000）の平均降雨量約253mmに比べても、極めて少ない降雨量で乾燥地帯の状況が出現した。

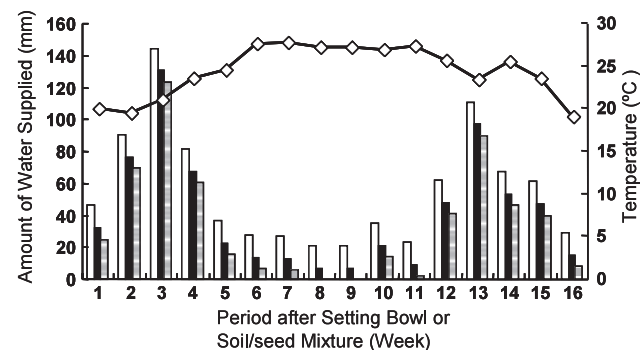
## 結果

### 1. 出芽および直後の植物生育に及ぼすボウルの影響

#### 1-1. 1cm埋設実験

地表面下1cmに埋設したボウルからのトールフェスクの出芽状況およびその後の幼苗の生育状況を1週間毎に調査測定した（図2）。本研究の測定法では、1週間の内に出芽植物が枯死し、その後直ぐに新たな出芽が異なるボウルで見られれば、出芽ボウル数の変動はゼロである。また、本来ボウル無し区ではボウルはないため埋設箇所と表すべきであるが、煩雑さを避けるために全ての出芽箇所を出芽ボウルと表現した。すなわち、例えば3ヶ所の埋設箇所が出芽が見られれば、3ボウルで出芽したと表現した。

3回灌水/ボウル区およびボウル無し区の両実験区では共に



**Fig. 1.** Temperature and amount of water supplied during first 16 weeks in the field where the experiments were performed. Temperature and total amount of water supply from germination and outgrowth of *Festuca arundinacea* L. in first 16 weeks after the set of bowl were measured according the information about rain fall in 2001 was obtained from a Niigata area meteorological observatory. The total amount water applied was calculated from those information and amount supplied from tap water. Each time in water supply, 7 l/m<sup>2</sup> field area was applied. Total number of water supply as 3 (□), 1 (■) and zero time (▤)/week was corresponded to the rain fall of 884, 660 and 548 mm, respectively.

出芽ボウル数は同等で殆ど全ての埋設箇所から出芽した。しかし16週後には、3回灌水/ボウル区では殆ど枯損は見られなかった(3/64 = 枯損ボウル数/全埋設箇所数)のに対し、3回灌水/ボウル無し区では、約40% (27/64) のボウルで枯損が見られた(図2A)。

週1回灌水区では、埋設後5週目から11週目の約2ヶ月間殆ど降雨がなかったことから、1回/週の灌水は十分でなく、ボウル区の8週目では19% (12/64) の枯損が見られた。しかしボウル無し区では枯損は50% (32/64) に達し、明らかにボウルによる植物保護作用が認められた。16週後の1回灌水/ボウル区とボウル無し区の枯損率はそれぞれ34% (22/64)、75% (48/64) で、ボウルによる保護作用は明瞭であった(図2B)。

無灌水区でも同様の観察を行った(図2C)。無灌水/ボウル区では、最大出芽率は95% (61/64 = 出芽ボウル数/全埋設箇所数)であったが、ボウル無し区では67% (43/64)であった。埋設8週目になると枯損が著しく、ボウル区およびボウル無し区での出芽率はそれぞれ27% (17/64)、11% (7/64) にまで下降した。16週後には生存株を保持していたのはボウル区で3ボウル、ボウル無し区で1ボウルであった。

#### 1-2. 4 cm 埋設実験

1 cm 埋設区で見られたボウルの植物保護作用は4 cm 埋設区においてはより明瞭に観察された(図3)。3回灌水/ボウル区およびボウル無し区での出芽率の最大値は、97% (62/64) および41% (26/64) であった。1回灌水/ボウル区およびボ

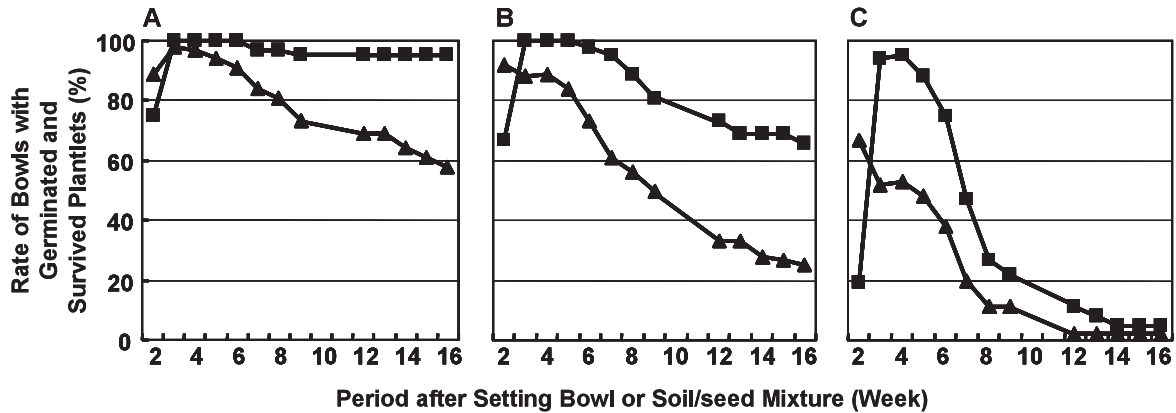


Fig. 2. Rate of bowls having germinated and survived plantlets of *Festuca arundinacea* observed during 16 weeks after the set of bowls at 1 cm deep. The bowl made from paper-compost was charged with 30 ml of soil mixture containing 20 seeds of *F. arundinacea*. These bowls were set in the soil at 1 cm deep from surface of field soil (■). The depth was measured as the length from the field surface till surface of the soil in the bowl. In control experiment, soil mixture containing seeds were directly set in the soil at the same depth as that of bowl (▲). Each plot was further categorized into three groups depend on water supply, i.e., 3 times (Panel A), 1 times (Panel B) and no water supply/week (Panel C). Values in Y axis represent the number of bowl or place soil mixture buried from which germinated and/or survived plantlets were observed.

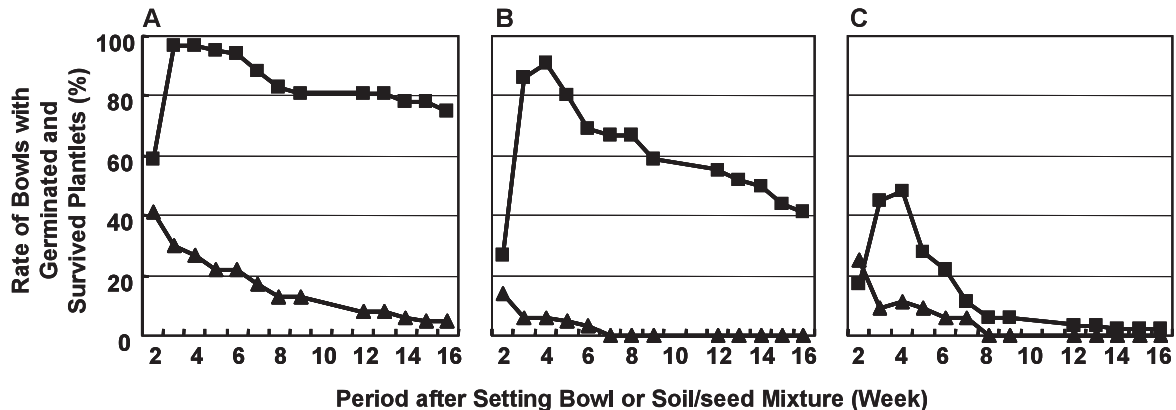


Fig. 3. Rate of bowls having germinated and survived plantlets of *Festuca arundinacea* L. observed during 16 weeks after the set of bowls at 4 cm deep. The experiments were done as Fig. 2 but the bowls or the mixed soils were set at 4 cm deep.

ウル無し区では91% (58/64) および14% (9/64) であった。一方、無灌水/ボウル区、およびボウル無し区では、48% (31/64) および25% (16/64) であった。ボウル無し区に対してボウル区での高い出芽率は8週後には3回灌水区、1回区、無灌水区でそれぞれ83%、67%および6%へと減少した。しかしボウル無し区での減少は更に著しく、3回区、1回区、無灌水区でそれぞれ、13% (8ボウル)、0%、0%であった。かろうじて生存した3回区ボウル無しの8ボウルは16週後には3ボウルへと更に激減した。一方、ボウル区の16週後の生存率は3回灌水区で75% (48/64)、1回灌水区で41% (26/64)、無灌水区で2% (1/64) であった。

1回灌水/ボウル区の16週での生存率41%は絶対的には低い値であるが、ボウル無し区では生存ボウルがないことを考えると、ボウルの植物育成保護効果は極めて高いと評価出来る。

## 2. 生存株の草丈

埋設後16週 (2001年9月) に生存している個体の生長を、草丈を測定することにより、評価した。以下に詳細を述べるが、どの灌水条件でもボウル区の植物体の草丈は、ボウル無し区の個体のそれに比べて有意に大きかった。

### 2-1. 1 cm 埋設実験

3回灌水/ボウル区では草丈は  $35.47 \pm 7.32\text{cm}$  で、ボウル無し区では  $23.66 \pm 6.44\text{cm}$  であった。また1回灌水/ボウル区では  $23.31 \pm 5.94\text{cm}$ 、ボウル無し区では  $17.31 \pm 6.92\text{cm}$  であり、これはボウルの肥料成分によって惹起された差であると思われる。なお、無灌水区/ボウル区および無し区では残存ボウルはそれぞれ3ボウル、1ボウルで全滅と評価出来る (図4C) が、その草丈は低く、水分不足から生育障害が生じたといえる。

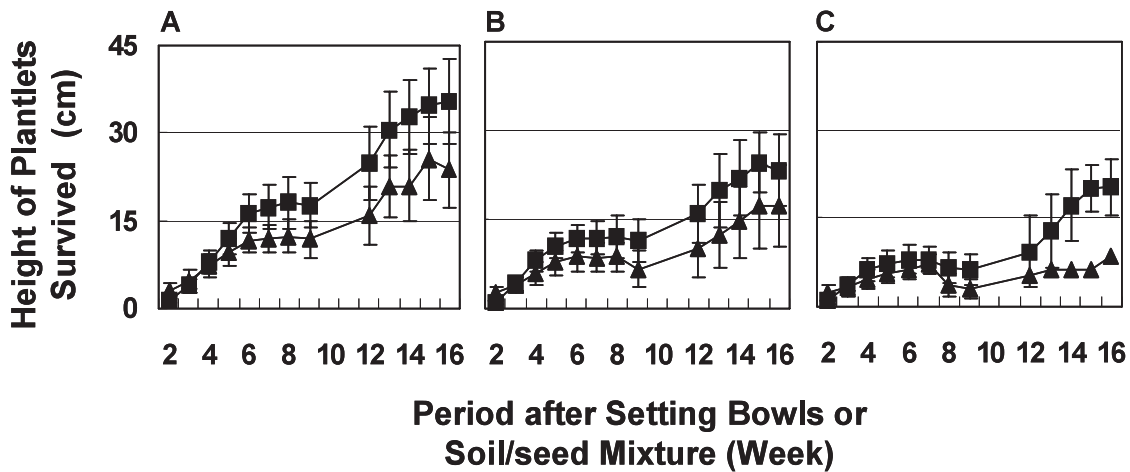


Fig. 4. Height of the plantlets, *Festuca arundinacea* L., survived. The bowls (■) or the mixture soils (▲) were set at 1 cm deep and plantlets height was measured in each week for 16 weeks. The condition of water supply was the same as in Fig. 1.

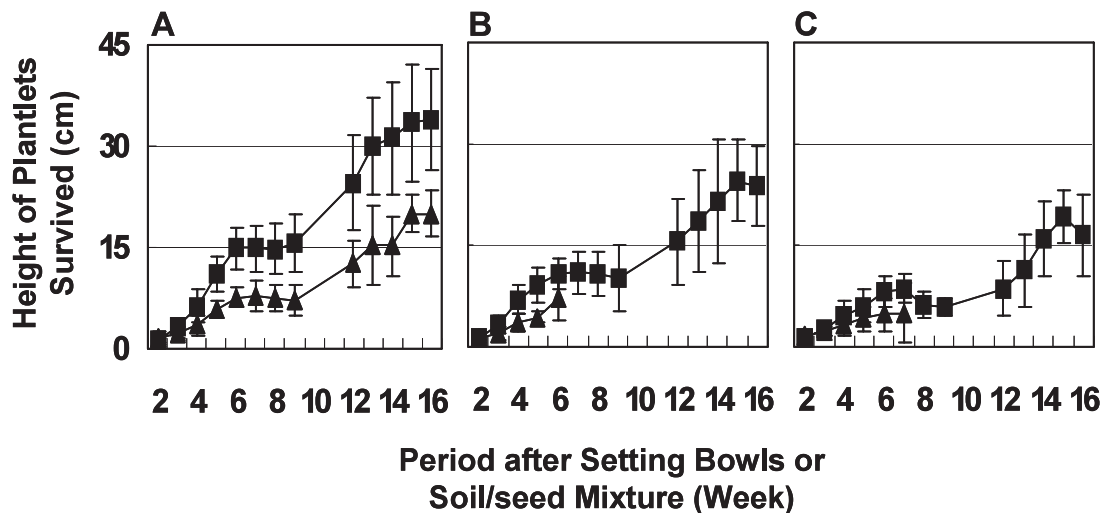


Fig. 5. Height of the plantlets, *Festuca arundinacea* L., survived. The experiments were done as Fig. 4 but the bowls (■) and soil mixture (▲) were set at 4 cm deep.



## 2-2. 4 cm 埋設実験

16週目の生存株の草丈は、3回灌水/ボウル区では  $33.89 \pm 7.58$  cm で、ボウル無し区では生存箇所は3ヶ所であるが参考のために記すと  $20.0 \pm 3.43$  cm であった。1回灌水/ボウル区では  $23.9 \pm 5.92$  cm、ボウル無し区では生存株はなかった。無灌水/ボウル無し区では生存個体数は0、ボウル区で1ボウルであり全滅と判定した(図5)。参考のために記すが、生存株が認められた無灌水/ボウル区の1ボウル内の3株の個体の草丈は  $16.58 \pm 6.04$  cm で、灌水1回区、無灌水区共に生存株には水分不足による生理的障害が生じたと思われる。

## 3. 生存株の1年目の分けつ数

## 3-1. 1 cm 埋設実験

分けつ数は次年度の生長を予測する上で重要なパラメーターであり、ボウル埋設後16週目のボウル内のトールフェスクを一株ずつ調査し、株当たりの分けつ数を調査した(表2)。灌水3回/ボウル区およびボウル無し区の生存ボウル数はそれぞれ61、37であったが、ボウル区での分けつ数は  $23.5 \pm 8.1$  でボウル無し区では  $15.4 \pm 11.6$  であり、著しい差が見られた。灌水1回区での分けつ数はおよそ14であり、3回灌水/ボウル区の約半分であった。明らかに水分不足による生理的要因が原因と考えられる。1回灌水/ボウル区とボウル無し区の16週目の生存ボウル数は42および16と著しく異なるが、両区ともに同じ様に水分不足の影響を受けたことになる。無灌水

Table 2. Number of tiller on survived plants

Watering No. of Apply/Week	Depth (cm)	No. of tiller	
		with Bowl	without Bowl
3	1	$23.5 \pm 8.1$	$15.4 \pm 11.6$
	4	$22.3 \pm 9.7$	—
1	1	$13.6 \pm 11.1$	$13.5 \pm 8.2$
	4	$22.0 \pm 6.4$	—
0	1	—	—
	4	—	—

— Not calculated due to low number of survived plants.

Table 3. Number of ear derived from survived plants

Watering No. of Apply/Week	Depth (cm)	with Bowl			without Bowl		
		Total Ear	Survived Plants	Ear/Plants	Total Ear	Survived Plants	Ear/Plants
3	1	524	61	8.5	247	32	7.7
	4	390	48	8.1	29	3	9.6
1	1	81	35	2.3	4	7	0.6
	4	105	24	4.4	—	—	—
0	1	20	2	10	5	1	5
	4	—	—	—	—	—	—

— Not calculated due to low number of survived plants.

区ではボウル区で3ヶ所、ボウル無し区では1ヶ所で生存したが、分けつ数を評価できる生存個体ではなかった。

## 3-2. 4 cm 埋設実験

灌水3回区では分けつ数はおよそ22で、最も出芽条件がよいと考えられる3回/1 cm 区の分けつ数と同じであった。16週目では灌水1回/ボウル無し区の生存個体はなく、無灌水区では1株だけが生存したが分けつ数のデータは取得できなかった。

## 4. 2年目の出穂数

10月末頃には新潟市域ではトールフェスク植物個体は生理活動を停止し、次の春に再び新芽を出し生育する。ボウル区での生育が生産性にどのような影響を与えたかは、極めて重要かつ興味あるところであり、そこで次年度の種子の生産を保障する春期の出穂数を調査し、ボウル設置の効果を比較検討した(表3)。

水分が十分なとき、つまり週3回灌水区では埋設の深さとボウルの有無に関わらず、約9本/株の出穂があった。しかし極めて乾燥した環境すなわち週1回灌水区では、ボウルがないと0.6本/株と出穂は顕著に減少し、生存しても重大な生理的障害をうけるとと思われる。一方、1回灌水/ボウル区では深さ1 cm 区で2.3本/株、4 cm 区で4.4本/株であった。両数値共に3回灌水区の9本の半分以下である。これも一定の生理的障害が乾燥条件によって生じたと考えるのが妥当であろう。一方、ボウル区の出穂数は表3に見られるように、4 cm での出穂数が1 cm 区のその倍である。4 cm 区は地下深部であるが故に乾燥条件を1 cm 区に比べ受けにくい為ためなのかは興味もたれるところで、今後の研究が必要である。

## 考 察

砂漠地域や海岸地域などの貧植生域では、少雨、高塩濃度、貧栄養、土壌流出など、植物の生育に厳しい環境要因がある。これらの地域の劣悪な環境を克服して植生を回復するには此処に上げた要因のいくつかを克服することが必要である。中でも種子の出芽を保障し、発育した幼苗が十分な光合成を自ら遂行出来るまでのしばらくの間生育を保障することが出来れば、植性の回復は非常に大きいに違いない。

植物の出芽とその後の生育を保障するには所謂根圏の環境、根の周辺の微少環境すなわち、根圏コスモス環境を湿潤で栄養豊富な物にする必要がある。しかもこれらの方策は、環境に優

しい、環境を破壊することのない方法で且つ低廉な費用で行われる必要があることは言を待たない。

堀らは食品産業特に豆腐工場から排出される污水处理工程で用いた余剰汚泥を高速で発酵する方法を開発し特許を取得した(堀ら, 2001; 堀と岩淵, 2003)。この方法の特徴的な点は、排出汚泥に汚泥重量の10~20%に相当する裁断新聞紙を混合してバイオリクター内に堆積し、リアクターの下方から毎分底面積1m<sup>2</sup>当たり80リットルの室温の空気を送風することにある。この様な堆積物に空気を送ると非常に大きな乱流が生じ、リアクター内の自由流路長(藤田, 1998)が極めて大きくなる。高速発酵は裁断新聞紙切片がバクテリアの増殖に適当な住みかを与えるために起こるのではない。乱流が起こり隅々まで均一な高温発酵が瞬時に惹起され、堆積物の上層、中層、下層の温度が均一で70~80℃に同時に達することからもこの事が伺える(堀ら, 2001; Hori *et al.*, 2005; Hassan *et al.*, 2005)。この事は、水分調整用の副資材が裁断新聞紙ではなく、裁断した稲ワラであっても高速均一な発酵が実現可能なことから示唆される(堀ら, 2006)。しかし稲ワラの場合は、稲ワラ成分が難分解性のためと思われるが、高温発酵は切り返し攪拌後、二度三度と起こる。

古紙コンポストは省エネルギー的に短時間で作製出来る利点ばかりでなく、その肥料としての性質が極めて優れていることを我々は示してきた。利点は様々であるが、最大の特徴は、1) 播種時あるいは挿し芽時から施用が可能であること、2) 少量施用で十分な効果を発揮すること、3) 幼植物の根の生長を阻害せずに著しい伸長を保障すること、の3点である。1)に関する利点特徴は、スギ苗の挿し芽時から施用して、現在植林業で行われている方法での挿し芽の生長に比較して数倍の生長が見られ、いわゆる山出し期間3年を1年に短縮出来る可能性を示唆した事に示されている(本間ら, 2006)。2)に関しては、古紙コンポストの施用量が鶏糞製コンポストの1/5であっても、同等の生長が保障されることがコマツナを用いた試験で示された(堀ら, 2001)。このときの窒素、リン酸、カリの施用量は、それぞれ、鶏糞の施用量の34%、17%、4%であった。さらに3)に示した根の伸張は、用いた殆ど全ての植物種で見られ、この故に植物体の養分吸収が促進され肥料施用量が少なく済むと考えている(unpublished date)。更にマイナーな利点として成型性に富む点も上げられるが、成型したコンポスト板の耐引っ張り力が117kgとオガクズ混合汚泥製のコンポスト板の14kgに対し圧倒的に高いことに示されている(date not shown)。

これらの特徴をもつコンポストは、乾燥地帯での幼植物の栄養吸収を助け生存率を高める効果が期待出来、更に成型性に優れている特徴を利用すれば、この効果を更に増進する農業資材を作ることが可能であろう。中空のお椀をつくり種子混合土壌を充填し当該植物の出芽可能な限り地下深く地中に埋設すれば、土壌中の水分を周辺から吸収し出芽を助け、しかも幼植物の出芽後の生長を保障し、単独で爾後生きていける個体を作成することを期待して本実験を行った。

実験を行った2001年7、8月は近年まれに見る日照り続きであった。図1に示したように、初年度のデータを収集した5週目から11週目の7週間の降雨量は非常に少なく、灌水量を加算した受水量は週1回灌水区では約93mm、無灌水区では44mmであった。この様な過酷な環境では優秀な農業資材を用いても出芽した個体の枯死は免れられなかった(図2C、3C)。しかしこの様な過酷な条件下でも出芽後4週間ほど個体を維持

する効果は十分に読みとることが出来た。

この生存率昂進効果は灌水が週1回の場合すなわち全受水量が660mmの時に遺憾なく発揮された(図2B、2C)。明らかにボウルが出芽後の幼植物の育成を保護している。1回灌水/1cm埋設区では、ボウル有り区に比べ無し区においても約半数のボウルが生存し続けた。しかし、4cm埋設区ではボウル無し区では出芽さえも見られなかった。4cm区の16週後の生存率が1cm区のそれと比べ低いのは出芽率の低下に由来しているように見える(図2B、3B)。ボウル無し/4cm埋設区の出芽率はボウル無し/1cm区でのそれに比べ圧倒的に低い。ボウル無し/4cm区で出芽率が1cmのそれに比べ圧倒的に低いのは全実験区で観察された。

通常のライフサイクルではトールフェスクは土壌表面に種子を放散、出芽し個体維持を図っていく。従って4cmの深度では発芽し難いのではないであろうか。実際この事は、週3回灌水区でも出芽率が1cm区の1/3であることから推定される。4cmの深部では発芽は出来ないと推量する事は、古紙コンポストボウルは極めて有効な影響をトールフェスク種子発芽にもたらしたと言える。なぜなら、4cm深部での環境は1cm深部での環境に比べ、明らかに乾燥や、表土流失などの影響を受けにくいといえるからである。アフリカなどの乾燥地での植物種子の出芽の保障を考えたとき、この事は極めて大きい利益を緑化戦略にもたらすと考えられる。

トールフェスク種子の発芽とその後の出芽に及ぼす影響は、より実験的手法を用いて詳細に調べる必要がある。種子の大きさがトールフェスクとほぼ同じライグラス類では3.8cmの深部から出芽が見られる。深部での発芽、その後の生長の後に見られる出芽は種子の発芽生理に深く結びついていて、今後の興味ある課題である。

植物の草丈を測定して古紙コンポストボウルの有効性を調査した。最もデータの欲しかった4cm/1回灌水区において、ボウル無し区では生存個体がなかったためボウル区とボウル無し区の比較データは得られなかった。4cm/1回灌水区の生存個体の高さは4cm/3回灌水区での生存個体の高さの60%であった。

生存個体の分けつ数も調査したが、ボウルからもたらされる、肥料分あるいは根伸長作用によってボウル区では有意に数値は大きいと言える。またボウル区間では1cm埋設と4cm埋設の間に有意な差はないように見られる。

緑化計画の中で用いられる植物は少なくとも2年生草や多年草がよいが、いずれの場合も、生存個体の翌年の出穂数は次年度の植物個体の総数を占う上で重要である。ボウル無し区は繰り返すが統計処理出来る量の生存個体が得られなかった。一方、ボウル有り区では週3回灌水区では約9本/株が埋設深度に関係なく観察された。しかし灌水1回区では明らかに、出穂数は3回区すなわち十分な水分供給下で育った個体に比べ1/3~1/2位と推定出来る。分けつ数あるいは草丈に大きな差がないのだが、この出穂数の差がどこに由来するかは目下皆目わからない。十分に育ったトールフェスクが翌年の出穂数にまで、発芽あるいは出芽時の影響を持ち越すことは考えにくい。原因の解明は今後の課題である。

以上、生存個体数、草丈、分けつ数、出穂数を調査したが、いずれの指標に於いても、古紙混合コンポストは乾燥地域の緑化に重要な農業資材として働く可能性が示唆された。

## 謝 辞

財団法人・佐々木環境技術振興事業団および内田エネルギー科学振興財団の財政的援助を頂き関係機関に深く感謝致します。コンポストの引張り強さを測定して頂いた新潟大学・大学院自然科学研究科・材料生産開発科学、大橋修教授に感謝致します。研究中、特にコンポストに関する適切なお助言を頂いた新潟大学・農学部・生物生産化学講座の野中昌法教授、大山卓爾教授、大竹憲邦助教授に感謝致します。常に実験用汚泥を供給して下さり且つ発酵槽に関する貴重なお助言を頂いた(株)石川食品石川正幸社長に深い感謝の意を表します。

## 引用文献

- Hassan, A., M. Ono, M. Miura, H. Kohya, M. Monjil, T. Hayakawa and H. Hori. 2005. Ultra high performance composting of sludge from food industry -Comparative study of fermentation in sawdust and paper mixing methods-. *Proceeding of the first international conference on environmentally sustainable development, Abbottabad, Pakistan*, 785-792.
- 本間莉恵・堀川智子・阿久津雅子・小野弘則・堀 秀隆・平英彰. 2006. スギさし木育苗年限の短縮 -古紙コンポストによるスギさし木の発根と成長促進効果-, 第117回日本森林学会学術講演会, 番号100144, L24.
- 堀 秀隆・岩渕健一・Azwan Awang・三ツ井敏明. 2001. 新聞紙混合超高速食品汚泥発酵法の研究 -オガクズ混合法との比較-. 新大農研報, **53**:133-143.
- 堀 秀隆・岩渕健一. 2003. 特許出願第3499484号.
- Hori, H., M. Miura, H. Ono, H. Kohya, T. Hayakawa, T. Horikawa and M. Akutsu. 2006. Ultra high performance composting of food industry sludge -Comparative study of fermentation in sawdust and paper mixing methods-. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> Tunisian-Japanese seminar on culture, science and technology, Sousse, Tunisia*, 205-208.
- 堀 秀隆・小野弘則・三浦瑞穂・高屋浩衣. 2006. 特許出願第2006-050070号. 有機性廃棄物の高速発酵処理法および発酵処理物(出願人)新潟大学, ウエノテックス(株).
- 藤田賢二. 1998. コンポスト化技術 -廃棄物有効利用のテクノロジー-, 技報堂出版, 東京.

## Enhancement of Emergence and Establishment of Tall Fescue, *Festuca arundinacea* L. by Using the Bowl Made with the Compost Derived from Sludge of Food Industry

Ryo SUGANUMA, Tsuyoshi OKAJIMA, Mizuho MIURA, Kohsuke HAGINOYA, Hironori ONO,  
Amjad HASSAN, Mutsuyasu ITOH and Hidetaka HORI \*

(Received June 29, 2007)

### Summary

We developed an ultra high performance composting method for the sludge wasted from a bean curd factory. Sludge was mixed finely with newspapers chips cut. The mixtures were placed into a reactor and aerated with 30°C air. The composting process was completed in 10 days and the various characteristics of resulted compost were shown as follows: i.e., contents of N, P and K are 4, 4 and 0.6 weight % in dried matter. The pH was 7.1, electric conductivity (EC) around 5  $\mu$ S/cm and C/N ratio was around 8. We studied exploitation of this compost for greening of arid area. The bowl with 5 cm diameter was made from the compost and was inoculated with 30 ml of sand soil containing 20 seeds of the tall fescue, *Festuca arundinacea* L. The bowls charged with the soil mixture were placed in the field at 1 cm or 4 cm deep from field surface. In control plot, the soil containing seeds was placed alone directly at the same depth. The plots further divided into three categories in which tap water was supplied at 3, 1 or 0 time/week, respectively at 7 litter/m<sup>2</sup> of the field area, each time.

In the water supplying conditions, regardless of the amount supplied, the compost bowl showed clear high rate in germination and outgrowth in survived plantlets. Especially, the effects of the bowl to protect seeds and plantlets from various unknown perturbative elements were clearly shown in the plot corresponding to 660 mm rain fall which was corresponding to arid area. On next spring, earing of the survived plants was estimated and 8/plant was counted in 1 cm deep-plot of either 3 times or 1 time water supply. However, interestingly in 4 cm deep-plot of those two water supplies, earing was around 4/plant. At this moment, although the reason of this reduction is not clear at all, the effects of protection by the bowl described above seems to be enough to overcome these crop reductions. Thus, the method burying will be possible as very important strategy for greening of arid area, since the bowl guaranteed the seed germination even in 4 cm deep-place where the germination of tall fescue is thought to be normally difficult. These above data obtained from the experiments using the compost bowl seemed to be generalized as that the bowl could guarantee germination of plant seeds at deep place underneath of soil where much less perturbation was taking place compared to that in soil surface.

*Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 60:39-46, 2007*

**Key words** : *Festuca arundinacea* L., emergence, establishment, greening of arid land, high speed composting method