

食品汚泥肥料は海岸緑化で化成肥料に代わることが出来る —スナビキソウとハマニンニクの生長に及ぼす汚泥肥料の影響—

三浦瑞穂・小野弘則・高屋浩江・高橋仁美・堀 秀隆*

(平成20年8月4日受付)

要 約

古紙混合法および稲ワラ混合法を用いた特許法で、食品工場廃棄汚泥から約2週間で完熟汚泥肥料を作製した。国土交通省による新潟県日本海海浜緑化はハマニンニクを主体として、化成肥料を用いて行われているが、化成肥料に代わって我々の汚泥肥料を代替できるかを調査した。同時に、ハマニンニクの株間に植栽する海浜植物としてのスナビキソウの増殖に及ぼす当該肥料の影響を、新潟大学五十嵐キャンパス圃場に於いて調査した。

ハマニンニクの生育に肥料は大きな影響を及ぼし、無肥料区では、最良生育株が見られず、平均生長指数は植栽4ヶ月後で1.04であったが、化成肥料区では2.0、古紙カップ区および稲ワラカップ区でもそれぞれ約2.0であった。スナビキソウの増殖には稲ワラ、紙カップ共に無肥料に比較して著しい増殖効果を示した。しかし冬季にスナビキソウの地上部は枯死し、春に新しい植物体を育てるのに時間がかかり、ハマニンニクの株間を埋めるパイオニア植物としては適していないと判定した。

冬季の季節風によって静砂垣、堆砂垣を越えてきた砂によって、場所によっては、生育の優劣に拘わらずハマニンニクは埋もれてしまい、翌春の育成はその埋もれ具合に依存していた。従って、ハマニンニクをパイオニア植物として海浜の緑化をめざす国土交通省の現行の方法は、ハマニンニクが冬眠に入る秋までに、堆砂垣を越えて押し寄せる砂の堆積以上にハマニンニクの生長を促すか、あるいは、より強固な背の高い垣を設置してハマニンニクが砂へ埋没することを防ぐかいずれかの方法をとる必要があると思われる。我々は、ハマニンニクに代わる新しいパイオニア植物を選定することを提案した。

新大農研報, 61(1):53-62, 2008

キーワード：古紙混合超高速コンポスト化法、海岸緑化、食品汚泥、ハマニンニク、緑化の為のパイオニア植物

世界の人口は増加し続けていて2050年までに100億人に達すると推測されている(Cakmak, 2002)。アジア、アフリカの発展途上国を中心に多くの人々が食糧不足の状態にあり、今後世界の人口が増え続けることで、さらに深刻な飢餓状況を招くことが懸念されている。人口は増加傾向にあるにも関わらず、過放牧、化学肥料の大量投与、温暖化の進行などの不適切な土地利用と自然条件の悪化のため土壌が劣化し、食料生産基盤の農地は減少傾向にあり、現時点で世界の農用地面積の25%が土壌劣化(砂漠化)していると推計されている(Cakmak, 2002)。こうした問題を解決するには、持続可能な土地利用をすると共に、砂漠化をストップさせることが全人類的な重要な課題である。砂漠化防止の方策には、例えば乾燥地での植物生育に都合よい肥料の開発や、乾燥に強い植物の育種などがあげられる。

超高速コンポスト化法(堀と岩淵, 2003; 堀ら 2001)で作製した食品汚泥肥料を板状に成型し、引っ張り強さを測定したところ117kg/cm²(断面積)もの強さがありこれは単純に50kgの人が二人ぶら下がる事を意味する。一方、広く行われているオガクズ混合法で作製した、汚泥肥料から作った成型板の耐引っ張り力は14kg/cm²で、我々の作製した汚泥肥料は種々の農業資材を成型作製するのに十分な耐久性を持ち、且つ、肥料は紙粘土状で成型性に優れていることが明らかになった。

そこで我々は、土壌劣化が進む乾燥地域の緑化に、我々が作製特許化した食品汚泥肥料を利用することをめざし、幼苗の根圏を保護する「コンポストカップ」を開発した(菅沼ら, 2007)。完熟した汚泥肥料を直径約5cmの半球状に成型し、中に土壌と種子を混合した試料を充填し地中に埋めれば、風が

強く貧栄養、高塩濃度の乾燥地においても発芽し、幼苗の根圏が保護され生育にも好影響を与えると考えた。実際、ポウルによって保護された牧草トールフェスクの種子は、土壌4cmの深さから90%以上の率で発芽し、地上に出芽したが、ポウルがないとその様な深部から地上へ芽を出す種子は10%程であった(菅沼ら, 2007)。

新潟市五十嵐浜、小針浜などでは、国土交通省の主導の本、竹製の防砂フェンスを設置し、ハマニンニクを前線に、その後方にハマグミを植栽する海岸流砂防止策(緑化策)が採られている。我々も小規模ではあるが国土交通省の実験区を借りて、ハマニンニクの植栽時に使われる化成肥料に代えて我々の汚泥肥料を用いることが可能かを調査した。また、ハマニンニクで背丈の高い草本の植生を確立し同時に根際に海岸に自生する低丈性の植物を急速に育成して、流砂防止能力の向上を図れないかと考え、海岸の至る所に自生するスナビキソウに着目して、スナビキソウの繁殖と、生育に対する汚泥肥料の効果を大学圃場で調査した。

もとより海岸の乾燥、貧栄養条件は、砂漠地帯あるいはサバンナ地帯のそれらとは大きく異なるが、海岸緑化試験での植物育成効果を評価することは、我々の作製した食品汚泥肥料製ポウルの持つ植物育成効果を一乾燥地点で見るとあり意味ある試みであるし、また砂漠乾燥地帯の緑化にも何らかの示唆を与えるものと考えている。本論文では得られたデータを示し、海岸緑化で使われる化成肥料に代わって汚泥肥料を用いることが出来るか論議した。更に、数年間のトールフェスク、あるいはケヤキ、ニセアカシアなどの林木の生育に関する実験から、国土交通省の海岸緑化戦略に対する示唆、批判、感想も述べた。

将来の緑化、防砂戦略構築に少しでも役立てば幸いである。

(1) 材料および方法

1. 圃場でのスナビキソウ増殖試験

1-1 植物材料と肥料

新潟大学農学部の圃場(新潟市西区五十嵐2の町)において、稲ワラ混合法で作製した稲ワラ肥料(堀ら、2008)及び古紙混合法で作製した古紙肥料(堀ら、2001;堀と岩淵、2003)を使用してスナビキソウの増殖および生育に対する影響を調査した。試験は2003年7月にスタートした。試験実施期間中の試験地の気象データ(降水量、平均気温)を図1に示した。材料スナビキソウ(*Messerschmidia sibirica* L.)はムラサキ科の多年草で、耐乾燥性、耐塩性が高い海岸植物で、新潟市五十嵐浜から採取し実験に供した。

1-2 スナビキソウの栽培

自然条件下ではスナビキソウは地下茎から発芽して繁殖する。5 cm 程度の長さの地下茎を地中に埋めると殆どの茎から発芽が確認される(図2)。そこでスナビキソウの繁殖には海岸(新潟市五十嵐)に自生するスナビキソウを地下茎ごと採取し、約5 cmの切断片にして用いた。スナビキソウの切断地下茎4本と土壌60ccを混合し、カップに充填し、地上から4 cmの深さに埋めた。カップ無し区の場合は、プラスチック製丸棒で、4 cmの深さの穴を明け、底に地下茎と土壌の混合物を入れ被覆した。

スナビキソウ試験区に灌水区と無灌水区を設けた(図3)。灌水区では、幼植物にとって厳しい環境(高温・乾燥)となる7~8月(2003年)に、週一回、約7L/m²灌水を行った。1回の灌水量は降水量7mmに相当した。ただし、降雨により地面が湿っている場合は灌水しなかった。無灌水区、灌水区共に

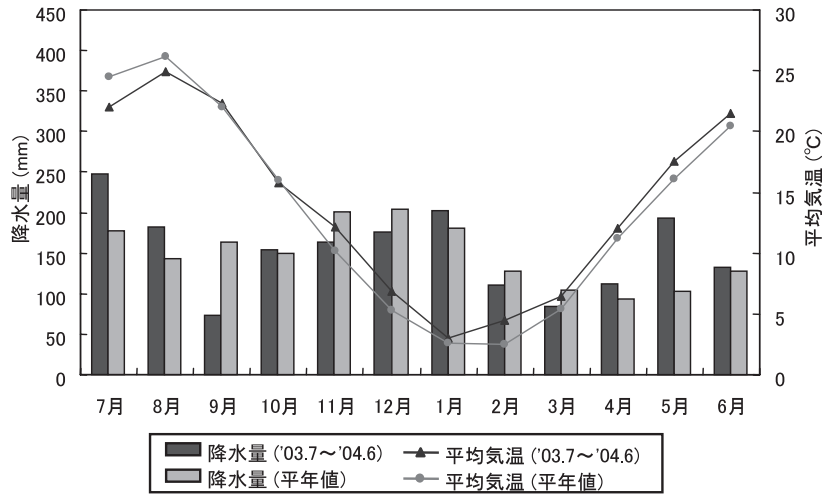


図1. 2003年7月から2004年6月(試験実施期間中)の試験地の降水量、平均気温



図2. スナビキソウの地下茎からの発芽

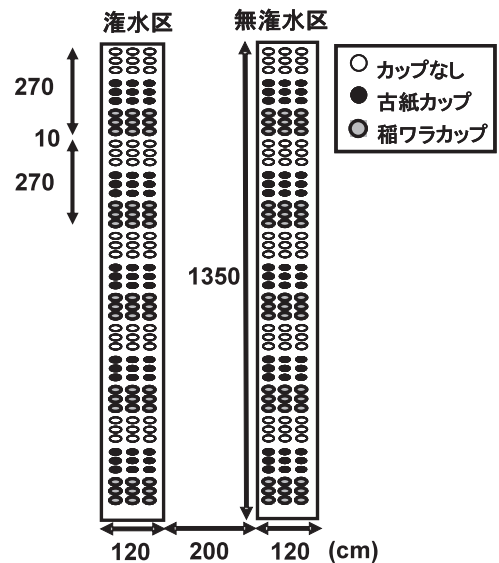


図3. スナビキソウ試験区的设计

自然の降雨はそのまま供給した。図1の様に、2003年7～8月の降水量は平年以上で、気温は平年以下であった。従って無灌水区での全供給水量は灌水区のそれに近く乾燥条件を再現するには多すぎる結果になった。一試験区の面積は13.5 × 1.2mで灌水と無灌水の二試験区を設置した(図3)。更に、稲ワラ混合肥料カップ区(以下、稲ワラカップ区)、古紙混合肥料カップ区(以下、古紙カップ区)、カップ無し区の3区を設けた。試験区を2.7m × 1.2mに細分し、これを一単位として、カップ無し区、稲ワラカップ区、古紙カップ区を設け図のように各9株ずつを植えた(図3)。

1-3 スナビキソウ草丈の測定と統計処理

スナビキソウの草丈を物差しを用い5mm単位で、2003年8月(5週目)、10月(14週目)、2004年5月(45週目)の3回測定した。スナビキソウの草丈データの統計解析は、統計解析ソフト(エクセル統計2004, SSRI)を用いた。草丈データは、灌水条件(灌水区、無灌水区)とカップ処理条件(稲ワラカップ区、古紙カップ区、カップ無し区)を因子として、二元配置分散分析(two-way ANOVA)を行った。乾燥重量データは、カップ処理条件のみを因子として、一元配置分散分析(one-way ANOVA)を行った。また、有意差の検定にはFisherの最小有意差法(LSD)を用いた。

2. ハマニンニクを用いた海岸緑化試験

2-1 植物材料及肥料

国土交通省管轄の新潟西海岸小針浜(新潟市, 上新栄町)において、国土交通省の実験サイトを用い2004年4月から稲ワラ混合肥料及び古紙混合肥料を使用してハマニンニク(*Elymus mollis* Trinius) (American dunegrass)を植栽し、生育を調査し、化学肥料と同等の生育を保證できるかを判定した。ハマニンニクはイネ科、多年草の海浜植物であり、耐乾性、耐塩性に優れていて、且つ植栽後の活着率が非常に高いため、新潟海岸で砂浜固定植物として用いられている(国土交通省, 2004)。

植栽したハマニンニクは新潟県森林組合から分譲して戴いた。新潟海岸に自生するもので、根際から上部約45cmで切断した根を含む下部を用いた。肥料カップは地上から深さ10cm

の位置に埋設し、2本を1株としてカップの底にハマニンニクの根元が届くように設置し砂をかぶせた。カップ無し区では、直径1.5cm程度のプラスチック棒で深さ10cmの穴をあけ、そこにハマニンニクの苗を差し込むように植え、倒伏しないように砂で押さえた。

化成肥料区(国土交通省実施)では各区ともN = 7.744g/m²、P = 4.845g/m²、K = 5.267g/m²を施用した。

2-2 実験区設計

海岸は強風による砂の移動が激しいため、活着していないハマニンニクの苗の生育は難しい。そこで砂の移動を抑えるために、高さ約100cmの堆砂垣と高さ約30cmの静砂垣を国土交通省の定式に従い設置した(国土交通省施工)。堆砂垣は風上側(海側)に2m間隔で設置し、静砂垣は3 × 3mの格子状に設置した(図4)。静砂垣で試験区を区切り、合計16区画(3 × 3m × 16区画 = 144m²)に植栽を行った。稲ワラカップ区、古紙カップ区はそれぞれ6区画、カップ無し区は4区画(図4)、植栽密度は16株/m²(144株/1区画)とした。

2-3 ハマニンニク生長量の測定

ハマニンニクの生長量を定量評価するため、生長指数を設定した(図5)。生長指数は葉の数、葉の長さを基準に、0、1、2、3の4段階を設定した。生長指数0：植栽時から変化がなく葉の数0。生長指数1：長さが30cm程度の葉が一本以上で葉の数は5以下1以上。生長指数2：長さ50cm程度の葉が一本以上で葉の数は6以上10以下。生長指数3：長さ70cm程度の葉が一本以上で葉の数は11以上。生長指数の測定は稲ワラカップ区、古紙カップ区、カップ無し区それぞれ4区画576株を無作為に抽出測定した。

3 肥料カップの製作

肥料カップの作製には、一次コンポスト化が終了した稲ワラ混合汚泥肥料(稲ワラ肥料)(堀ら、2007)、及び古紙混合汚泥肥料(古紙肥料)(堀と岩淵、2003; 堀ら、2001)を用いた。コンポスト化反応終了直後の湿潤状態の肥料を混練器で混練した後、ウエノテクス(株)製の肥料カップ作製機で半球状に成

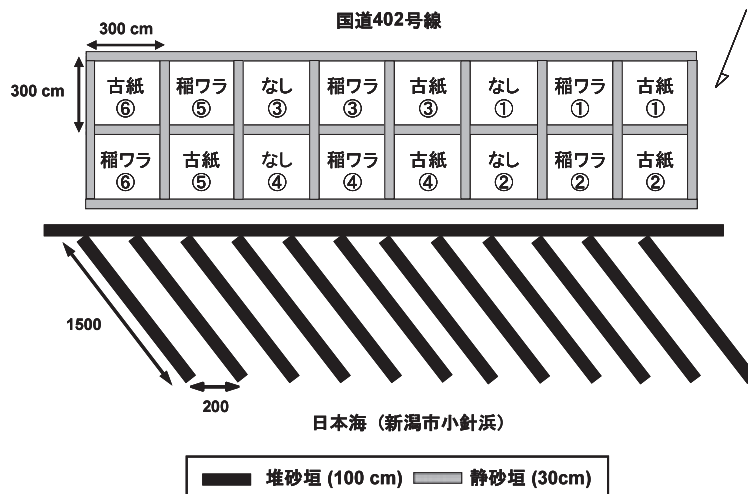
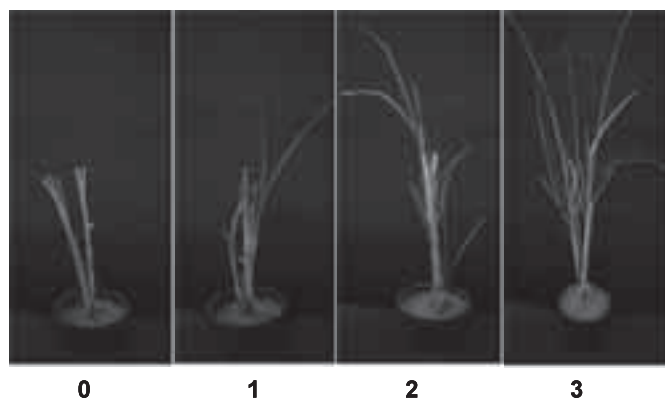


図4. 砂浜緑化試験区の概要



生長指数および標準ハマニンニクの姿

葉数: 0	5 以下	6 ~ 10	11 以上
葉長: 植栽時から変化 なし	~30 cm程度	~50 cm程度	~70 cm程度

図5. ハマニンニク生長指数と基準植物

型した(図6)。カップ一個当たり、スナビキソウ用には約60g、ハマニンニク用には約95g湿重量の肥料を用いた。半球状に成型した肥料は、成型機からはずし、乾燥の際に縮まないように半球状のプラスチック容器をはめ十分に風乾した。乾燥後のカップのサイズと窒素含量を表1に示した。

(2) 結果および考察

1. 圃場でのスナビキソウの増殖と生育

1-1 スナビキソウの増殖に及ぼすコンポストカップの効果

スナビキソウの生育株数と草丈を5、14、45週目に測定し、稲ワラカップ区、古紙カップ区、カップ無し区でそれぞれ比較した(図7)。スナビキソウの生育株数は、1個のカップから多数の株が発芽したため、カップ設置数(9箇所×5実験区=45)より多くなった。

無灌水区の稲ワラカップ区におけるスナビキソウの株数は、5週目で97株、14週目で103株、45週目で205株となった。同様に古紙カップ区で5週目106株、14週目102株、45週目で197株、カップ無し区で5週目82株、14週目90株、45週目で142株であった。スナビキソウの株数は栽培時間と共に増加し、特に越冬した翌春の出芽による増加が大きかった。稲ワラカップ区及び古紙カップ区のスナビキソウの株数は常にカップ無し区を上回っていた。45週目の稲ワラカップ区及び古紙カップ区では、地下茎の埋設地点から少し離れ、分散して発芽、生長した株が多く見られた(図8)。これらは伸長した地下茎から発芽したものであると考えられ、肥料カップの設置によってスナビキソウの地下茎の伸長が促進されたことを示していた。伸長した地下茎からの出芽は地表の被植率の拡大に寄与し、肥料カップはスナビキソウ増殖に有効であると思われた。灌水区のスナビキソウの生育株数は上述の無灌水区とほぼ同様であった。

汚泥肥料はこの植物の増殖に有効であるが、夏季のスナビキソウの増殖は我々の期待に比べ著しく少なかった。この点でパイオニア植物としての資格は低いと判断した。



図6. 肥料カップ作製機と肥料カップ

1-2 スナビキソウの草丈に及ぼす肥料カップの影響

無灌水区の稲ワラカップ区におけるスナビキソウの草丈は5週目で $8.14 \pm 3.70\text{cm}$ 、14週目で $16.4 \pm 6.60\text{cm}$ 、45週目で $9.66 \pm 3.85\text{cm}$ であった(図7, 9)。同様に古紙カップ区で5週目 $9.07 \pm 4.09\text{cm}$ 、14週目 $17.8 \pm 7.62\text{cm}$ 、45週目で $9.19 \pm 4.27\text{cm}$ 、カップ無し区で5週目 $4.69 \pm 2.50\text{cm}$ 、14週目 $11.9 \pm 6.11\text{cm}$ 、45週目で $8.13 \pm 3.81\text{cm}$ であった(図7)。45週目の草丈が14週目のものよりも小さくなったのは、スナビキソウは晩秋に地上部が枯れてなくなり地下茎で越冬し、春になると新たに新芽を出す、計測日は出芽後日も浅く生長が十分でないからである。

観察の初期では、古紙カップ区のスナビキソウの草丈が稲ワラカップ区のものよりも有意に大きいことが明らかになった(5週目, $P < 0.01$; 14週目 $P < 0.05$) (図9)、45週目になると

表1. 肥料カップのサイズと窒素含量

	ハマニンニク		スナビキソウ	
	稲ワラ コンポスト	古紙 コンポスト	稲ワラ コンポスト	古紙 コンポスト
直径 (cm)	5	5	7	7
高さ (cm) ^{a)}	4	4	5	5
平均重量 (g)	23.7	23.8	11.5	9.09
平均窒素含量 (g/カップ) ^{b)}	1.00	0.976	0.484	0.373

^{a)} 平均重量はランダムに選択した 20 個のカップの重量から計算した。

^{b)} 窒素含量はインドフェノール法 (Bremner, 1965) により測定した。

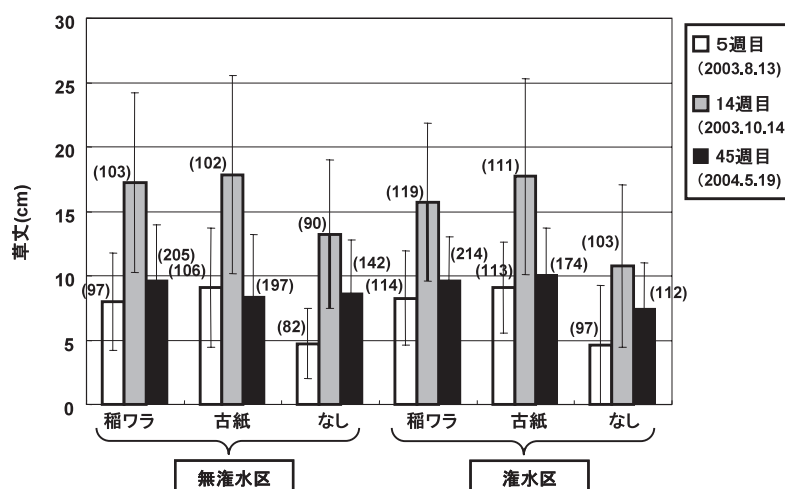


図7. スナビキソウの平均草丈及び生育株数の推移。各試験区（稲ワラカップ区、古紙カップ区、カップ無し区；灌水区、無灌水区）における生育株数はカップ内の数字で示した。5週目：2003年8月、14週目：2003年10月、45週目：2004年5月。

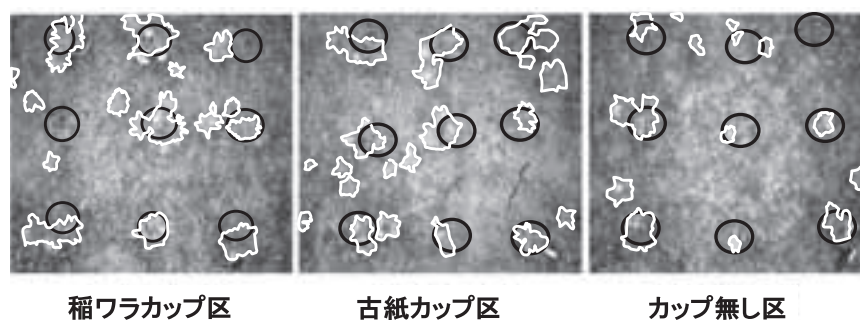


図8. 各実験区の生育45週目（翌年の春）のスナビキソウの姿、2004年5月撮影。写真中の黒線の円は、カップ設置場所を示す。白線は植物体の画面中の占有部分を示す。

逆に稲ワラカップ区が古紙カップ区よりも大きい傾向が観察されたが統計的には有意ではなかった ($P=0.096$)。

観察結果から、最も草丈が大きくなっても、スナビキソウはせいぜい 20cm と思われる。データは示していないが、最大に生長したときの繁茂具合も集団となって防砂をする目的からは

かけ離れていると思われる。おそらく海岸に自生するこれらのサイズを超える株は数年を経た太い丈夫な地下茎を持っている物であろう。増殖性、背丈、繁茂性から、スナビキソウはパイオニア植物としては適していないと判断した。

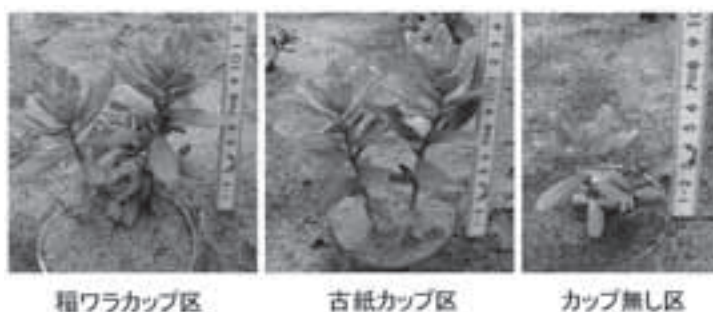


図 9. 各実験区の生育7週目のスナビキソウの姿、2003年 8 月撮影。草丈が平均値に近い株を選定した。

2. ハマニンニクを用いた海岸緑化試験

ハマニンニクを用いた砂浜緑化試験を 2004 年 4 月に開始し、稲ワラカップ区、古紙カップ区およびカップ無し区でハマニンニクの生長指数を 7 週目 (2004 年 5 月) 及び 16 週目 (7 月) で計測比較した。

稲ワラカップ区におけるハマニンニクの平均生長指数は 7 週目に 1.45、16 週目には 2.04 に上昇した (図 10A)。古紙カップ区での生長指数も同様で 7 週目に 1.40、16 週目に 2.08 であった (図 10A)。化成肥料区のそれは、2.0 であった。一方、カップ無し区でのそれらは 7 週目 0.85、16 週目 1.04 で (図 10A)、稲ワラカップ区、古紙カップ区でのハマニンニクと比べて明らかに生長が劣っていた (図 11)。稲ワラ、古紙カップ共に化成肥料区と同じ平均生長指数を示した (図 10A)。

砂浜は一般畑地と比較し保肥性に欠け、水もちが悪く乾燥し易く、夏場の地温は非常に高くなる。こうした植物の生育にとって厳しい条件下では、肥料カップの肥効が明瞭に反映されたと考えられた。

ハマニンニクの生長指数別の株数を比較した。生長指数が 1 以上である株を活着しているとして、活着率を計算したところ、16 週目において稲ワラカップ区 76%、古紙カップ区 69%、カップ無し区 77% となった (図 10-B)。ハマニンニクの活着に関してコンポストはほとんど影響していないと考えられた。ハマニンニクは活着率が良いとされているが、90% 以下なのは厳しい環境の為と思われる。

生育度別株数を比較すると、カップ無しつまり無肥料区では、最も盛に繁茂したと評価される指標 4 に属するハマニンニクは 16 週目でも 0 であった。稲ワラカップ区と古紙カップ区の指標 2 と 3 に属するとされる株数は化成肥料のそれを凌駕した (図 10-B)。

しかし、ここで挙げた試験結果は植栽開始から 4 ヶ月間の結果であり、今後もハマニンニクの生長及び活着を観察し考察する必要があると考えられた。冬季の新潟海岸は風が強く砂の動きも激しくなり、カップ無し区に多く見られた生長指数 1 程度の株は砂に埋もれ、翌春活動できず枯死する可能性が高い。肥料カップが植栽一年目のハマニンニクの生長を促進したことが、次年度以降のハマニンニクの活着にどの程度影響するのか調査することは重要と考えられた。図 11 に示したように、植栽後 4 ヶ月のハマニンニクの姿は、稲ワラ、古紙肥料区に於いて化成肥料区に比べて優るとも劣らなかつた (図 11)。

2-1 越年したハマニンニクの生長

植栽後 53 週目の小針浜の試験区のハマニンニクの姿を撮影した。53 週目の姿は、過酷な冬の季節風を経験して春を迎えた時期の姿である。稲ワラカップ区の区画 1 を始めとして、2、3、4 区画で冬を生き抜き翌春活動を始めたハマニンニクを見ることが出来る。しかし区画 6 では殆ど生存株は無い。これは写真から見れば明らかなように、静砂垣上端まで砂が侵入したことよると思われる。これは区画 5 に於いても、砂の堆積が大きいところのハマニンニクの生長は著しく阻害されていることから確かであると思われる。

厳しい冬を越した春の試験区の植物の姿を見ると、生長指数 3 の最も繁茂した株を作製し、垣によって効率的に砂の侵入を防ぐことが残存する株を増やすことにつながる事が理解される。

3 食品汚泥肥料カップを利用した緑化総合評価

食品汚泥肥料で作製した肥料カップを利用した圃場及び海岸緑化試験において得られた結果から次のような事が考えられた。肥料カップは、(i) スナビキソウの地下茎の伸長を促進し、そこからの発芽を高め、地表面の植被率を高めた、(ii) 五十嵐浜などの様に保肥性に乏しく、高温・乾燥気象となる砂地においてもハマニンニクに対して高い肥効性を示し、その効果は化成肥料同等であった。これらのデータから肥料カップが海浜緑化の手段として有望であることが示され、肥料カップを小針浜同様に、貧栄養で乾燥が強い砂漠の緑化へ実用展開するための手がかりが得られた。

中国の内モンゴル自治区のホルチン砂地では、トウモロコシの茎を柵状に埋め込む方法、麦わらを格子状に埋め込む方法、砂丘固定植物であるサバクヨモギを植栽する方法で緑化を進めている。これらの方法を施した砂地では、試験開始から二年で、*Setaria viridis* や *Digitaria ciliaris* 等のイネ科一年草をはじめ、マメ科の *Lespedeza davurica* やイネ科の *Pennisetum centrasianicum* 等の多年草の侵入・定着が確認され、それに伴い処理前は 1% 未満であった被植率が 15-30% にまで回復した (Unep 報告、1992)。これは廃棄物を防砂に利用した簡便かつ有効な緑化手段であると考えられる。一方、我々の提案する緑化技術も廃棄物を利用したものであるが、砂の移動を阻止するよりも、肥料カップで根圏を保護することに注目している。ホルチン砂地においても、新潟県海浜で行った 2 つの技術、即ち、砂防垣と高肥効性汚泥肥料を併用した緑化技術の効果は高くなると期待できる。

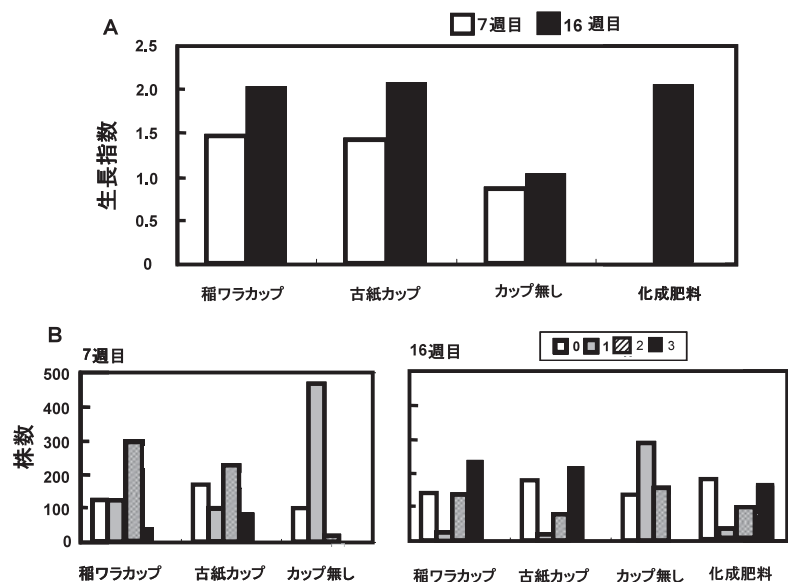


図10. 各試験区におけるハマニクシの平均生長指数 (A) 及び生長指数別株数 (B)。2004年5月 (7週目) 及び2004年7月 (16週目) に測定し、用いたトータル株数は576株である。

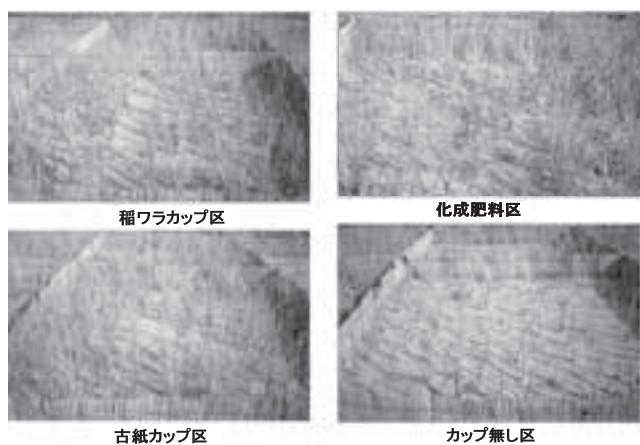


図11. 砂浜試験区におけるハマニクシの生育の様子。2004年7月 (16週目) に撮影。1区画 (3×3 m) は静砂垣で区切られ、144株を植えた。

既に冬の季節風を経験した実験区での写真 (図12～14) に示したように、五十嵐、小針浜では1 m程度の堆砂垣では砂の移動をくい止められず、その様なところでは活着率の高いハマニクシでも、生存がおぼつかないといえる。2 mを越える耐久性のある立派な堆砂垣を設置しその内側で、冬季の飛砂に堆積しない迄にハマニクシを一年の内に急生長させることは、ハマニクシを用いた場合の現実的な唯一の方法と思われる。しかし、耐久性のある2 mを越える堆砂垣は予算的にも景観的にも負担は大きいといえる。

ここで、我々は二つの提案をしたい。第1はハマニクシに代わる、ハマニクシより生長の早い多年草のバイオニア植物を選定することである。冬場でも冬眠はしても落葉はしないバイオニア植物を選択することが重要である。しかしバイオニア植物は茎葉が大きく茂り、冬場も緑であることが理想ではある

が、これは必須の条件ではないと考える。このバイオニア植物が春から秋に大きく繁茂し、冬場にその生長増殖した幹を静砂垣の様にながしりと残せて、しかも、樹間に、冬も緑であるハマニクシ程度の高さの草本植物を維持できれば、常緑であることは必須ではないと思われる。二つ目の提案は、上述の樹間に生育するバイオニア草本植物についてである。候補植物としてスナビキソウを想定したが、冬季に完全に地上部が枯死し、春に新芽を改めて出す事と、期待以上には生長しないことから候補としては落第した。もしこの草本バイオニア植物の選定が成功すれば、比較的背の高い植物の茎あるいは幹がかなりの密度で生えていて、その茎あるいは幹の間を埋め尽くすようにやや丈の低い草本植物が生えている状況がこの2種のバイオニア植物によって作られる。

このデザインが成功すれば、簡便な従来法の堆砂垣や静砂垣でも有効な力を発揮することが期待でき、新バイオニア植物2種を用い、飛砂防止の手法を幾つか組み合わせることで、いっそうの緑化効果も期待できると考えられる。

具体的には、ニセアカシアおよびその近縁のマメ科植物の幼苗がおそらく第1のバイオニア植物ではないかと我々には思われる。これは勿論冬場に落葉するなど欠陥があるが、一夏でハマニクシより高く育つ。これを何段にも海岸線に平行に植栽する。第2のバイオニア植物を選定し、樹間に密に植栽する。これを幾つかの堆砂垣静砂垣が飛砂を防ぐ事で、現行のハマニクシ以上の緑化効率が期待できるように思われる。

さて樹間に植えられる冬場でも緑の草本性植物は何であるか。我々はトールフェスクを考えている。トールフェスクは耐塩性も高く、何より、繁茂部分は小さくなるが冬期も緑である。既にこの生育に汚泥肥料カップが有効であることは実証済みである (菅沼ら, 2007)。ニセアカシアの根張りは浅く風倒木被害が将来は生じるであろう。しかし何時までもニセアカシア林を保持する必要は無く、より適正な林木をニセアカシアの林間に、初期の植栽時から育てることは容易であろう。この様な可能性について具体的な実験をする必要がある。

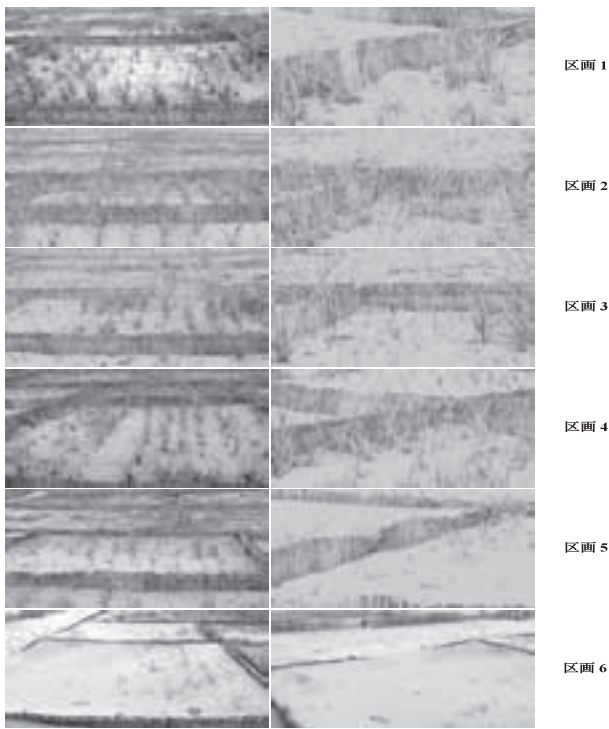


図12. 53週目の各種ワラカップ区の様子。各区とも肥料カップの含量から換算して $N = 7.744\text{g/m}^2$ 、 $P = 4.845\text{g/m}^2$ 、 $K = 5.267\text{g/m}^2$ を施用したに等しい。

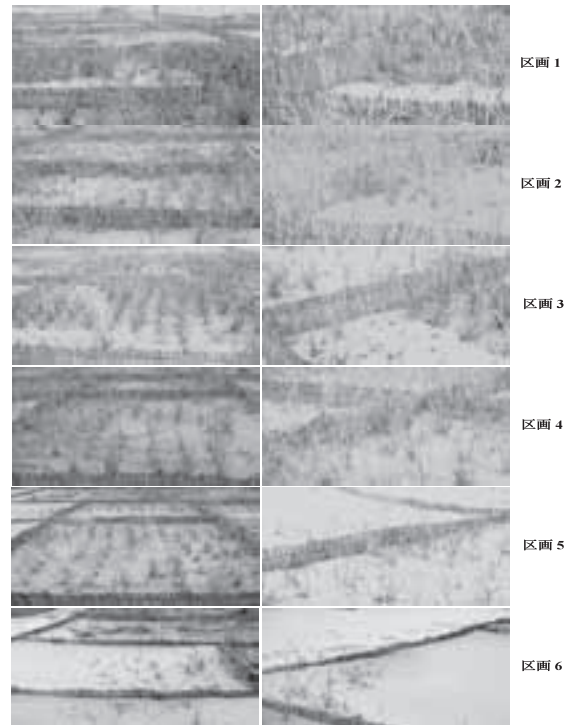


図13. 各古紙カップ区の様子。各区とも施用した肥料濃度は、 $N = 5.963\text{g/m}^2$ 、 $P = 3.727\text{g/m}^2$ 、 $K = 0.691\text{g/m}^2$ を施用したに等しい。

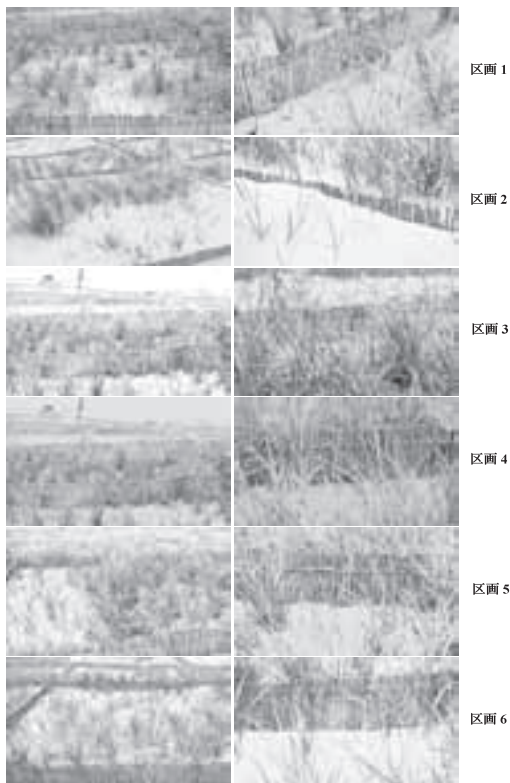


図14. 各化成肥料区の様子。各区とも $N = 4.50\text{g/m}^2$ 、 $P = 3.00\text{g/m}^2$ 、 $K = 2.25\text{g/m}^2$ を施用した。

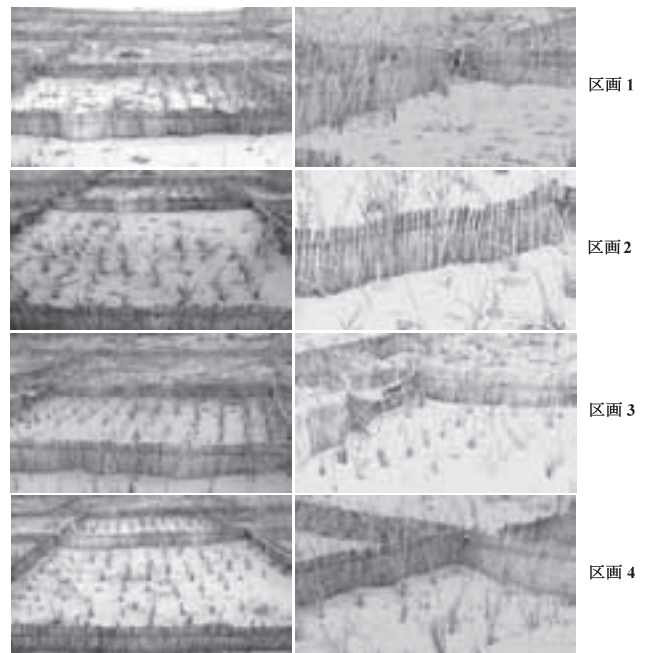


図15. 各無施肥区の様子

どのような方法をとるにしても、海浜土壌の酸性化をもたらす可能性がある化成肥料を汚泥肥料が代替できる事が本報告で証明された。今後は、カップを作り植栽するという労働集約的、高コスト的な方法に代わる、より広大な面積にも適用できる方法の開発もパイオニア植物の選定と共に必要である。

(3) 謝辞

多額の助成を戴いた佐々木環境技術振興財団と内田エネルギー科学振興財団に感謝します。汚泥を提供して下さった(株)石川食品、石川正幸社長に感謝します。試験地を提供して戴いた国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所の皆様、ハマニンニクの苗を供給して下さった新潟県森林組合連合会五十嵐大作様に感謝します。有益な技術のご助言を戴いた伊藤睦泰農学部教授、岡島毅准教授に感謝します。常に労働の提供を惜しまずにして下さった研究室の院生学生の皆様に感謝します。

(4) 文献

1. Bremner, J. M. 1965, Inorganic forms of nitrogen. In Black, C. A., et al (ed) Methods of soil analysis. Am. Soc.

- Agron., 9:1179-1237.
2. Ismail Cakmak. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human need for food in sustainable ways. *Plant and Soil*, 247: 3-24.
 3. United nation environment program, (UNEP), 1992, World atlas of desertification (1st ed), Arnold, p69.
 4. 公開特許公報 番号 2007-222852、有機性廃棄物の高速発酵処理方法及び発酵処理物（発明者 堀秀隆、小野弘則、三浦瑞穂、高屋浩江、出願人 新潟大学、(株)ウエノテックス）平成 19 年。
 5. 国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所、2004、新潟海岸に於ける砂浜安定工について
 6. 菅沼僚、岡島毅、三浦瑞穂、萩野谷浩輔、小野弘則、アムジャッド・ハッサン、伊藤睦泰、堀秀隆、2007、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、新大農研報 60：39-45.
 7. 堀秀隆、岩淵健一、2003. 特許第 3499484 号、有機性廃棄物の発酵処理方法並びにその発酵処理物利用品
 8. 堀秀隆、岩淵健一、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研究－. 新大農研報 53:133-143.

Fertilizer Made from Waste Sludge of a Bean Curd Factory Offered an Alternative to the Greening of Seashore with Chemical Fertilizer

-Effects of the Fertilizer on Growth of *Messerschmidia sibirica* L. and *Elymus mollis* Trinius-

Mizuho MIURA, Hironori ONO, Hiroe KOHYA, Hitomi TAKAHASHI and Hidetaka HORI *

(Received August 8, 2008)

Summary

Composting of waste sludge from a bean curd factory was performed using a patented paper-tip-mixing method and well matured compost (=PaperFertilizer) was resulted during two weeks. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) is trying greening of seashore of Niigata prefecture such as Ikarashi-hama beach and Kobari-hama beach using American dunegrass, *Elymus mollis* Trinius with chemical fertilizers. We surveyed if PaperFertilizer was alternative one in the greening of seashore. The efficacy of the PaperFertilizer to enhance the growth of *Messerschmidia sibirica* L. was also checked in Niigata University agriculture field.

The chemical fertilizer gave great affect on the growth of American dune grass. Without the fertilizer, well flourished plants were not observed and average growth index was 1.0 on four month after the planting. Contrarily to this, chemical fertilizer increased the index to 2.0 during the same period. PaperFertilizer showed the same average indices in the plants growth as chemical fertilizer. Above ground parts of *Messerschmidia sibirica* L. unfortunately withers away in winter season and furthermore, growth in height during summer time was not great compared to our expectation. Therefore, the plant has been excluded from the list of pioneer plants which were expected to flourish among the stem of American dunegrass.

A seasonal wind in wintertime at Kobari-hama beach carried tons of sea sands across the fences which were made and designed by MLIT, and regardless of the flourish, in some places in the plot, American dune grasses were buried under the sand. The growth of the plants in next spring after the harsh winter depends on it that how much the plant was buried deep. Therefore, in the MLIT greening strategy in which American dunegrass is used as a main pioneer plant, it is necessary to grow the grass to greater height than that of the fences before winter comes. Alternatively, tall and durable fences must be set to prevent the grass from being buried alive. We proposed to search new pioneer plants alternate the current American dunegrass.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 61(1):53-62, 2008

Key words : composting with paper-chip mixing, *Elymus mollis* Trinius, greening of beach, pioneer plant for greening, sludge from food industry