

関西空港における刈草の 土壌・堆肥化試験について

神田 沙英

関西エアポート株式会社 基盤技術部 関空基本施設グループ
(〒549-8501大阪府泉佐野市泉州空港北1番地)

従来より、関西国際空港では500～700t/年の刈草を島内のクリーンセンターで焼却処分を行っている。近年、廃棄物量および廃棄コストの削減、リサイクル促進による廃棄処分量の減少を図ることは急務であるため、2018年より刈草の有効活用を目的とした刈草の土壌・堆肥化の現地試験を実施している。試験を進めるうえで、関西国際空港の刈草に含有される特定外来生物のナルトサワギクへの対応に苦慮しており、様々な工夫を要することが判明した。本報告は、2018年より実施中の刈草の堆肥化試験およびナルトサワギクの種子発芽試験結果と今後の取り組みについて報告を行うものである。

キーワード 堆肥・土壌化, 環境, 特定外来生物

1. はじめに

関西国際空港では、空港の維持管理業務として年1回空港全体の草刈りを実施しており、2018年度実績で発生した刈草は約772tであった。これは、2018年度島内で発生した可燃ごみ全体量の約10%に当たる。従来より関西国際空港では、草刈りで発生した刈草は島内のクリーンセンターにて焼却処分されていたが、廃棄物量および廃棄コストの削減、リサイクル促進による廃棄処分量の減少の観点から、2018年度より試験的に刈草の堆肥化を行っている。本試験のフローを図-1に示す。2018、2019年度の2年間、刈草を用いた堆肥の製作を行い、2019年度からはできた堆肥の島内利用、そして島外への肥料提供に向けて、具体的な方法やそれらを実現するために必要な事項を検討するとしている。

空港の維持管理業務で発生した刈草の堆肥化については、大阪国際空港にて2012年から取り組んでおり、農林水産省より肥料生産者としての登録やできた肥料の空港内利用、空港外への肥料提供を行った実績がある。関西国際空港では、大阪国際空港での実績を参考に試験的に刈草の堆肥化に取り組んでいるが、大阪国際空港と関西国際空港での刈草の性質の違いのため、試行錯誤しながら試験を進めている。特に関西国際空港の刈草には、特定外来生物に指定されているナルトサワギクが混入している。そのため、品質の良い堆肥ができたとしても島外へ持ち出せないといった課題があり、堆肥の島外提供を考えるうえで解決しないといけない事項である。以上を

踏まえて、本論文では2018年度製作した堆肥製作、できた堆肥の成分調査、堆肥の島外提供に向けた堆肥の発酵にナルトサワギクの駆除について述べ、2019年度以降の取り組み方針を述べる。

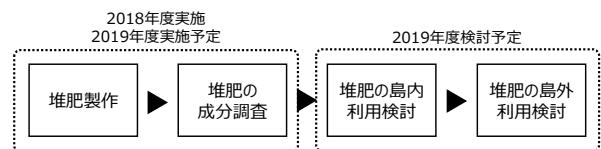


図-1 刈草の堆肥化試験のフロー

2. 堆肥製作

2018年度に関西国際空港島内で発生した刈草を利用し、材料の配合量を変えた2パターンの堆肥を製作した。以下に堆肥の製作方法を述べる。

(1)堆肥の製作方法

材料準備、仕込みは2018年4月から7月の3か月間行った。ロール状に梱包された状態の刈草を、裁断機及びバックホウを用いて、刈草の長さが3cmほどになるよう裁断する。裁断した刈草1m³毎に、条件的嫌気性発酵を促進するための汚泥発酵肥料、土壌のpHを調整する苦土石灰、水を散布しながら攪拌する。攪拌したものは、高さが約2mの山になるように成形し、そして、外気との接触を断ち、発酵を促進させるためにブルーシートとブラックシートで2重に包んだ。本試験では、汚泥発酵肥

料の配合量を変えたA及びBパターンの堆肥を製作した。表-1にA及びBパターンの材料配合量を示す。Aタイプは汚泥発酵肥料の配合割合がメーカー推奨の1/2、Bタイプはメーカー推奨の配合である。そして、2018年7月から2019年3月まで発酵期間とした。発酵期間中は、繰り返し作業及び、散水作業を行うことで堆肥中の水分量の管理を行った。堆肥製作の様子を写真-1に示す。

表-1 材料配合量¹⁾

材料	Aタイプ	Bタイプ
刈草	20 m3	20 m3
汚泥発酵肥料	400 kg	800 kg
苦土石灰	80 kg	80 kg

1)メーカー推奨量は刈草1m3あたり40kg

3. 堆肥の成分調査

9か月間発酵させたBタイプの堆肥について、検査機関に肥料取締法に従った刈草の原料及び堆肥の有害成分含有試験、肥料効果等試験、植害試験を依頼し品質の確認を行った。以下に検査方法と結果について述べる。

(1) 刈草原料の有害成分含有試験

肥料取締法に基づく普通肥料(汚泥肥料等)の制限事項として、原料が重金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準(総理府令第5号別表第1)に適合するものとし、刈草に含まれるカドミウム、水銀、ヒ素、鉛、六価クロム化合物について分析を行った。その結果を表-2に示す。表より、すべての項目において基準値を下回っていることから、本試験で製作した堆肥には、基準を満たす適合した原料を使用していることが示された。

(2) 堆肥の有害成分含有試験

肥料取締法に基づく普通肥料(汚泥肥料等)の公定規格に定める6成分であるヒ素、カドミウム、水銀、ニッケル、クロム、鉛が製作した堆肥に含まれているか分析し、その結果を汚泥発酵肥料取締法で定める基準値と比較した。その結果を表-3に示す。表より、すべての項目において基準値を下回っていることが示された。

(3) 肥料効果等試験

本試験で製作した堆肥の成分を明らかにするため、肥料効果等試験を実施した。肥料分析法を用いて堆肥中のpH、含水比、全リン、全窒素、カリウム、酸化マグネシウム、石灰分、C/N(炭素率)を分析し、伊丹空港2号の成分検査の結果と比較した。伊丹空港2号は、「刈草20m3、汚泥発酵肥料400kg、苦土石灰80kgの配合、発酵期間6カ月」の条件で製作された堆肥である。肥料効果等試験の結果を表-4に示す。表より、pH、含水率、C/Nについては伊丹空港2号と大きな差はない。植物の栄養分となる肥効成分について、本試験で作成した堆肥の全リン、全窒素、カリウム、酸化マグネシウム、石灰分の含有量は伊丹空港2号と比較し同等、または多く含まれていることがわかった。

(4) 肥料の植害試験

肥料取締法に基づき、肥料の植害試験を行った。植害試験とは、肥料や土壌等に含まれる重金属等の有害性を、



写真-1 堆肥製作の様子

表-2 刈草原料の有害成分含有試験結果

項目	刈草の分析結果【mg/L】	参考基準値 ¹⁾ 【mg/L】
カドミウム又はその化合物	<0.001	0.3以下
水銀又はその化合物	<0.0005	0.005以下
ヒ素又はその化合物	<0.005	0.3以下
鉛またはその化合物	0.011	0.3以下
六価クロム化合物	<0.02	1.5以下

1) 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令；別表第1

表-3 堆肥の有害成分含有試験結果

項目	堆肥の分析結果【%】	参考基準値 ¹⁾ 【%】
カドミウム	0.00008	0.0005
総水銀	0.00002	0.0002
ヒ素	0.00023	0.005
鉛	0.00086	0.01
クロム	0.0029	0.05
ニッケル	0.0013	0.03

1) 汚泥発酵肥料取締法で定める基準値

表-4 肥料効果等試験結果

項目	単位	堆肥の分析結果	参考伊丹空港2号	
pH	—	7.5	7.1	
含水率	%	67.9	69.1	
肥効成分	全リン	%	2.1	2.1
	全窒素	%	0.93	0.61
	カリウム	%	0.79	0.80
	酸化マグネシウム	%	1.7	1.3
	石灰分	%	5.7	3.9
腐熟度	C/N	—	11.8	12.2

植物の生育状況を観察することにより総合的に判断するものである。含有成分が不明な土壌や、新たに生成された堆肥等の安全性、堆肥の腐熟度合いを確認できる⁴⁾。表-5に試験概要を、写真-2に植害試験の結果を示す。写真より、実験開始から21日目にかけて供試肥料（本試験で製作した堆肥）と対照肥料のコマツナの生育状況は、同等と見なせる。また、供試肥料と標準区を比較した際標準区より供試肥料のコマツナの生育状況が良いことから、本堆肥は肥料として植物への有害性はないことがわかった。

(5)堆肥の成分調査についての考察

(1)、(2)、(4)より、本試験で製作した堆肥は、生育する植物に対して害になるような成分は基準値以下であり、実際に植物に使用した際、既存の肥料と同等の効果を示した。(3)について、伊丹空港2号の肥効成分と比較したが、全ての項目は同等、もしくは高い数値を示した。しかし、ここで留意しないといけないのは、伊丹空港2号とBタイプの堆肥は、材料配合や発酵期間が違うことである。伊丹空港2号で使用している汚泥発酵肥料の量は、Bタイプの半分であり、発酵期間も2カ月少ない。以上のことから、汚泥発酵肥料の減量や発酵期間を短縮しても、肥効成分を有した堆肥ができることが考えられる。伊丹空港の草は比較的柔らかいのにに対し、関西国際空港の草質は硬いといった草質の違いがあるため、それを考慮した最適な方法で製作する必要はあるが、労務費、材料費のコストの面からも、今後、刈草の堆肥化を進めていく上で、製作方法を検討していく必要があると考える。

4. 堆肥の発酵によるナルトサワギクの駆除

前述したように、関西国際空港で発生する刈草には、特定外来生物に指定されているナルトサワギクが混入している。ナルトサワギク（学名：Senecio madagascariensis）は、キク科の植物で高さは0.3~0.7m程度、温帯~暖帯に分布し、海辺の埋立地、空地、路傍、河川などに生育している。1976年に徳島県鳴門市で発見され、1986年には兵庫県淡路島で確認された⁵⁾。関西国際空港は海上空港であるが、埋立て時にナルトサワギクが混入した可能性が考えられる。ナルトサワギクは、強い繁殖力であるため、現在島内全域に植生している現状である。図-1に示すように、本試験では堆肥の島外提供を考えているが、特定外来生物であるナルトサワギクを含んでいるため島外へ持ち出せないのが課題である。本試験では、「ナルトサワギクの種子が堆肥の発酵期間中に発生する熱で死滅する」との仮説をたて、これを実証するために種子発芽能力確認実験を行った。実験期間を表-6に示す。堆肥の発酵期間中の2019年1月21日から、発酵期間終了の3月26日まで、ナルトサワギクの種子を堆肥中に設置した。その後設置した種子を取出し、発芽実験を行った。

表-5 試験概要

方法	植物に対する害に関する栽培試験の方法 (59 農畜第 1943 号通達) に準じる
供試肥料	本試験で製作した堆肥
対照肥料	供試肥料と原料、生産工程、保証成分量等が類似するもの
標準区	肥料等を施用しないケース
供試土壌	洪積土、沖積土
供試作物	コマツナ



写真-2 肥料の植害試験の結果

表-6 種子発芽能力実験期間

	1月			2月			3月			4月			5月		
	10	20	末	10	20	末	10	20	末	10	20	末	10	20	末
発酵期間 (2018年7月~)															
種子発芽能力確認実験	発酵期間中														
	対照実験														
	発芽実験														

(1)実験方法

種子発芽能力確認実験に用いた道具を表-7に示す。

(a)発酵期間中の堆肥への種子設置方法

2重にしたお茶パックに、関西国際空港島内で採取したナルトサワギクの種子140粒を入れ、ポールに種子を入れたお茶パックと高温測定も可能な超小型温度記録計(温度ロガー)をビニールテープで固定し、表-1のA・Bタイプのそれぞれの堆肥の山の図-2の箇所に設置する。種子は2018年11月8日に関西国際空港島内で採取したものを使用した。また、温度ロガーは3時間に1回温度を測定するよう設定した。堆肥化試験が終了するまで放置し、その後種子を取り出し発芽能力確認実験を行った。

(b)発芽能力確認実験

ろ紙をひいたシャーレに水を張り、シャーレ1個あたりに種子を20粒置いたシャーレを7個をA・Bタイプ

それぞれ準備する。それらを室内で2週間ほど放置し発芽率を求めた。実験場所は室温 26 度に設定された関西エアポート(株)の執務室内で、直射日光が当たらない所にシャーレを設置した(写真-3)。また、対照実験として堆肥にしていないナルトサワギクの種子の発芽率を、事前に上記方法・同実験場所で確認した。

(2)実験結果と考察

発芽能力確認実験の結果を表-8に示す。結果より、今回実験に用いたナルトサワギクの種子の発芽率は55%であった。そして、発芽能力確認実験の結果、Aタイプ・Bタイプ各々に入れた種子の発芽率はともに0%であった。次に堆肥の発酵期間中の温度変化の結果(図-3)に着目する。2月4日から3月16日までBタイプでは50度以上の温度を保っていたことが、Aタイプに関しては、実験期間中に3回ほど50度近くになっているがそれ以外は50度を下回っていたことがわかる。A・Bタイプの堆肥中の温度変化に共通する事項としては、2月10日から実験が終了した3月26日まで堆肥中は40度以上を保っていた点である。以上の結果から、堆肥中の温度40度以上が1.5カ月間続けば、ナルトサワギクの種子は発芽しいことが明らかになった。

5. おわりに

本論文では2018年度製作した堆肥製作方法、できた堆肥の成分調査、堆肥の島外提供に向けて、堆肥の発酵によるナルトサワギクの駆除について述べた。以下に知見をまとめる。

(1) 堆肥の成分調査について

本試験で製作した堆肥は、生育する植物に対して害になるような成分は基準値以下であり、実際に植物に使用した際、既存の肥料と同等の効果を示した。肥料効果等試験について、伊丹空港2号の肥効成分と比較したが、全ての項目において同等、もしくは高い数値を示した。今後は、労務費、材料費のコストの面から、刈草の堆肥化を進めていく上で、製作方法を検討していく必要があると考える。

(2)堆肥の発酵によるナルトサワギクの駆除

堆肥中の温度40度以上が1.5カ月間続けば、ナルトサワギクの種子は発芽しないことが明らかになった。すなわち、ナルトサワギクを含んだ堆肥であっても、以上の条件を満たすことができた堆肥であれば、島外へ持ち出すことが可能である。

2019年度以降の取り組みとしては、2018年度製作した堆肥の知見をもとに、散水作業・切り返し等の管理方法や汚泥発酵肥料等の配合の検討、堆肥の成分調査を行い、良質な堆肥の製作に取り組む。そして、できた堆肥の島内・島外利用の方法を検討する予定である。島内利用については、堆肥を空港にある緑地帯や植栽に使用で

表-7 実験で使用した道具

道具	数量	補足
種子	420粒	対照実験、A・Bタイプ各140粒
お茶パック	4枚	A・Bタイプ各2枚
2mポール	2本	A・Bタイプ各1本
温度ロガー	2個	A・Bタイプ各1個
ビニルテープ	1個	
シャーレ	21個	対照実験、A・Bタイプ各7個
ろ紙	21枚	対照実験、A・Bタイプ各7枚

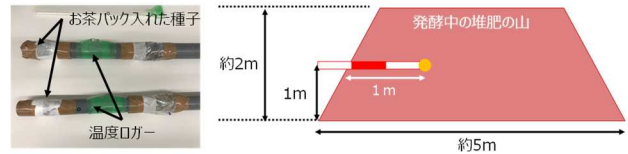


図-2 種子の設置箇所



写真-3 種子発芽確認実験の様子

表-8 種子発芽能力実験の結果

シャーレ	対照実験			Aタイプ			Bタイプ		
	種の数	発芽数	発芽率%	種の数	発芽数	発芽率%	種の数	発芽数	発芽率%
1	20	11	55	20	0	0	20	0	0
2	20	13	65	20	0	0	20	0	0
3	20	11	55	20	0	0	20	0	0
4	20	5	25	20	0	0	20	0	0
5	20	14	70	20	0	0	20	0	0
6	20	12	60	20	0	0	20	0	0
7	20	11	55	20	0	0	20	0	0
平均	140	77	55	140	0	0	140	0	0

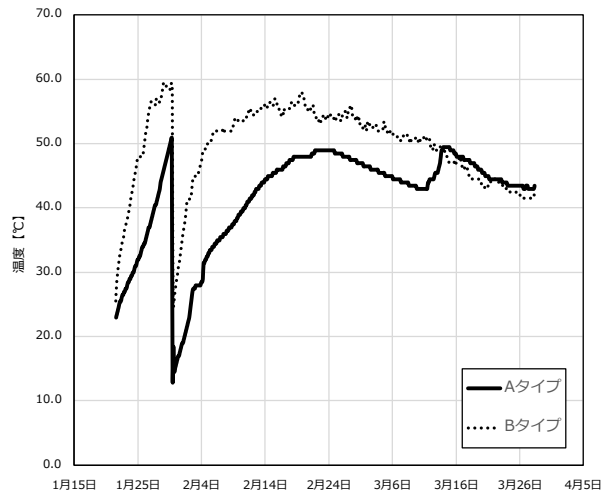


図-3 種子発芽能力実験の結果

きないか、島内にて植栽実験を実施する。また島外利用については、ナルトサワギクの種子発芽能力についてさらに調査し、堆肥の製作過程で完全にナルトサワギクの種子が駆除できることを確認する。本試験に関しては取り組み始めてからまだ日が浅く、まだまだ試行錯誤しながら進めている段階である。島内で発生する廃棄物量および廃棄コストの削減、リサイクル促進による廃棄処分量の減少という観点では、まだ大きな成果にはなっていないが、本試験を進めていく中で、大きくそれらに寄与できるよう、取り組んでいく。

参考文献

1)中部エコテック株式会社：発酵堆肥化の概要, [\[www.chueco.co.jp/inst01.files/inst01.html\]\(http://www.chueco.co.jp/inst01.files/inst01.html\), 2019年6月3日取得](http://w</p></div><div data-bbox=)

2)株式会社ティーイーエス：これで簡単！早分かり堆肥の素一番

3) 畜産環境技術研究所：堆肥生産についての基礎知識；水分の簡易測定法, http://www.chikusan-kankyo.jp/taihiss/taihi/S01/1_1_1_2b.htm, 2019年6月3日取得

4)東レテクノ株式会社：植害試験（植物に対する害に関する栽培試験）, TORAY TECHNO 技術資料No.0303

5) 環境省：日本の外来種対策；特定外来生物等一覧, https://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_poisoning/fireweed.html, 2019年5月31日取得