

ニホンジカ肉の堆肥化とその有効性のスギコンテナ苗を用いた評価

鈴木滉平・玉木一郎（岐阜県森文ア）
田中一徳（自然応用科学）・茂木靖和（岐阜県森林研）

鳥獣管理で捕獲されたニホンジカの大半は利用されずに廃棄されている。廃棄される肉を堆肥化し、苗木育成に利用すれば、資源を循環利用できる。本研究ではシカ肉:基材（バーク堆肥）=6:4, 3:7, 1:9 の3種類の混合比で堆肥を作成し、適切な混合比と堆肥の成分、スギ実生コンテナ苗の培土として用いた場合の樹高成長への影響を調べた。堆肥作成における適切な混合比は3:7以下であった。元のシカ肉の割合が高いほど堆肥中のN, P, Kの含有量が高かった。混合比3:7はpHが高すぎて培土として利用できなかった。混合比1:9の堆肥の割合が50%以上の培土では、ココピートやバーク堆肥単体よりも有意に移植から4ヶ月後の樹高が大きかった。よって、混合比1:9で作成し育苗に利用することが効率的であると考えられる。

キーワード：シカ肉、育苗、成分分析、獣害、循環利用

I はじめに

ニホンジカは森林や林業に対して大きな被害を与えており、この対策として2013年頃から捕獲が強化されてきた（環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護管理室2020）。近年の全国における捕獲頭数は年間60万頭前後で推移しており、今後はさらに捕獲が増加することが予想される。捕獲されたニホンジカは主に食肉やペットフードに利用され、最近では動物園で餌としても利用されている。しかし、利用される割合は全体の約10%で、ほとんどが廃棄物として処理されている（高井2018）。今後、捕獲が増加すると廃棄物も増加することが予想される。本来、ニホンジカは森林の資源の一部であるため、利用せずに廃棄物として扱うのは資源循環の観点から不適切である。

この問題の解決策の一つにシカ肉残渣を堆肥化し苗木育成に利用することが考えられる。これによって、新たなシカ肉の消費方法を提案し、さらに、シカのエネルギーを苗木経由で山へ還元できる。動物残渣の堆肥化の研究には、アコヤガイ（樋口ら2016）やキヒトデ（関ら2008）、轢殺されたシカ（Schwarz et al. 2010）の堆肥化の事例がある。ただしこれらの研究には、資源循環の観点は含まれていない。

現在、シカ肉の肥料への利用は、牛海綿状脳症に伴う肉骨粉の牛への誤用・流用を防止する理由で、2001年から一時停止措置がとられている。従って現状ではシカ肉を利用した堆肥を利用することはできないが、山林に植栽する苗木育成を目的とした利用は、牛との関連性は低いため、将来的には利用可能になるかもしれない。

以上より本研究では、①シカ肉を堆肥化する際の基材との適切な混合比とその作成に要する時間、②作成した堆肥に含まれる成分、③スギ実生の成長に及ぼす影響の3つを明らかにすることを目的とした。

II 材料と方法

1. 堆肥の材料と作成に使用した道具

ニホンジカの肉を一般社団法人里山ジビエ会から入手した。骨や皮、内臓を含まない全身の肉を10cm四方以下に切って使用した。バーク堆肥は高度熟成樹皮堆肥3号（自然応用科学株式会社；窒素(N)0.5%、リン酸(P)0.3%、カリウム(K)0.2%、炭素窒素比(C/N)35)を利用した。堆肥化にはダンボールコンポスト（長良園芸）を使用した。

カイ肉廃棄物を原料にして堆肥化を行った樋口ら（2016）は、カイ肉:基材=6:4の体積比で堆肥化を行っていたので、本研究ではその値を参考にして、シカ肉:基材=6:4, 3:7, 1:9の3種類の処理区を設定した（表-1）。以降、これらを1)シカ堆肥(6:4), 2)シカ堆肥(3:7), 3)シカ堆肥(1:9)とよぶ。さらにこれらの処理区に加えて、対照区としてバーク堆肥のみの0:10を設定した。鹿肉の比重を1.2（農林水産省2012）、バーク堆肥の比重を0.43とし（同パッケージに記載されている値）、それぞれの処理区が合計30Lになるように投入量を計算した。具体的には、シカ堆肥(6:4)ではそれぞれ21.6kgと5.2kg、シカ堆肥(3:7)では10.8kgと9.0kg、シカ堆肥(1:9)では3.6kgと11.6kg、バーク堆肥（対照区）では0.0kgと12.9kgとした。

2. 堆肥の作成方法

上記の材料をすべてダンボールに入れてよく混ぜ、虫よけのためのネットを設置した。堆肥化試験を2020年5月21日から7月13日まで行った。堆肥の切り返しと水の補給、温度の測定を3~4日おきに合計11回行った。水の補給では、堆肥を握ると固まる程度の水分状態を維持した。温度は人間の体温を基準にしてそれより高いか低いかを記録した。堆肥化の完了基準は温度が上昇した後低下し、温度変化がなくなった後、1ヶ月程度の熟成期間をおいて完了とした。完全に分

SUZUKI Kohei, TAMAKI Ichiro*, TANAKA Kazunori, MOTTEKI Yasukazu

Composting of unutilized sika deer meat and its evaluation with containerized seedlings of Japanese cedar
garageit@gmail.com

解することができなかつた繊維状の部分は取り除いた。

3. 堆肥の成分分析

堆肥化完了後に、pH、電気伝導度 (EC)、N、P、K、C/N 比を調べた。pH は pH 計 (HORIBA, F-71)、EC は電気伝導率計 (METTLER TOLEDO, MC226)、C/N 比は CN コーダー (Yanaco, MT-700) を用いて測定した。N は硫酸分解法、P はバナドモリブデン酸アンモニウム法、K は原子吸光法で分析した。N、P、K の測定はパリーノ・サーヴェイ株式会社 (東京) に委託した。

4. 堆肥を使用したコンテナ苗の作成方法

2020 年 7 月 21 日に、完成した堆肥とスギ当年生実生 (大野 2 号, 2020 年 4 月 10 日播種) を用いてコンテナ苗を作成した。体積比で 1) シカ堆肥 (3:7) 100%, 2) シカ堆肥 (1:9) 100%, 3) シカ堆肥 (1:9) 50% とココピート 50%, 4) シカ堆肥 (1:9) 30% とココピート 70%, 5) シカ堆肥 (1:9) 10% とココピート 90%, 6) バーク堆肥 100%, 7) ココピート 100% の 7 つの処理区を設定し、それぞれで用土を調整した (表-1)。以降、3) ~5) に関しては、シカ堆肥 (1:9) 50% のように、ココピートの割合を省略して表記した。各処理区で調整した 6 L の用土に、セラミック炭カーボンエースを 0.18 L (カーボントック飛驒)、緩効性肥料ハイコントロール 650 (溶出日数 700 日) を 60 g (ジェイカムアグリ; 窒素 16%, リン酸 5%, カリウム 10%), 水を 1.2 L 加えて培土を作成した。コンテナ苗の作成にはマルチキャビティコンテナ JFA-150 (40 セル, 各セルの容量は 150 cc) を使用した。一つの処理区につき一つのコンテナ (40 実生) を作成した。移植直後の樹高を測定した。コンテナの設置場所の影響を低減するため、1 週間に 5 回コンテナの位置と向きを順番に移動させた。11 月 20 日に生存率と期末樹高を測定した。なお、今回はスギ実生の移植時期が 7 月と遅く苗の成長期間が短かつたことから、根鉢形成の評価を行わなかつた。

5. コンテナ苗のデータ解析

各処理における移植した実生の生存率の差をペアワイズで比率の差の検定を行い、ホルムの方法で多重検定の補正を行った (有意水準, 0.05)。各処理区における初期樹高と期末樹高を分散分析した。多重比較に Tukey の方法を用いた (有意水準, 0.05)。解析には R version 4.0.3 (R Core Team 2020) と multcomp パッケージ version 1.4.13 (Hothorn et al. 2008) を用いた。

III 結果

1. 堆肥作成

シカ堆肥 (6:4) は他の処理区とは異なり、温度が全く上昇せず (図-1A) 強いアンモニア臭が漂っていたため、堆肥化失敗と判断し 6 月 1 日に実験を中断した。一方、シカ堆肥 (3:7) と (1:9) はともに 5 月 28 日から 6 月 1 日まで (5 日間) 発熱が見られ、6 月 5 日以降

は温度が低下し変化が見られなくなつた (図-1B と C)。そこから 1 ヶ月程度の熟成期間をおき、7 月 20 日に堆肥化が完了したと判断した。高温が観測された期間は 5 日間であつた。バーク堆肥 (対照区) は全期間を通して全く温度変化は見られなかつた (図-1D)。

2. 堆肥の成分分析

pH はシカ堆肥 (3:7) では 8.7, (1:9) では 7.8, バーク堆肥のみの (0:10) では 7.7 であつた (図-2A)。シカ堆肥 (1:9) とバーク堆肥 (対照区) ではほとんど差がなかつたのに対し、(3:7) はこれらよりも約 1.0 高い値を示した。EC はシカ堆肥 (3:7) では 2.6 mS/cm, (1:9) では 1.6 mS/cm, 対照区では 0.3 mS/cm だつた (図-2B)。N はシカ堆肥 (3:7) では 2.55%, (1:9) では 2.13%, 対照区では 1.42% だつた (図-2C)。P はシカ堆肥 (3:7) では 1.51%, (1:9) では 0.78%, 対照区では 0.48% だつた (図-2D)。K はシカ堆肥 (3:7) では 1.82%, (1:9) では 1.17%, 対照区では 0.89% だつた (図-2E)。EC と N、P、K はシカ肉の割合が多いほど値が高くなつていた。C/N はシカ堆肥 (3:7) では 12.8, (1:9) では 15.9, 対照区では 24.1 と、シカ肉の割合が多いほど値が低くなつていた (図-2F)。

3. コンテナ苗の生存と成長

シカ堆肥 (3:7) 100% では実生がすべて枯死した。一方、それ以外の処理区では、88% 以上が生存した。シカ堆肥 (3:7) とそれ以外の処理区の間には、生存率に有意差がみられた (図-3)。

移植直後の樹高には有意差があり、シカ堆肥 (1:9) 30% がバーク堆肥 100% 以外の他の処理区に比べて樹高が有意に小さかつた (図-4)。期末樹高は、シカ堆肥を混ぜた処理区はバーク堆肥単体の処理区よりも樹高が有意に大きかつた。さらに、シカ堆肥を混ぜた処理区のうち、シカ堆肥 (1:9) 100% と 50% は、ココピート 100% よりも有意に樹高が大きかつた。

IV 考察

1. 堆肥作成

シカ肉と基材の混合比に関して、3:7 と 1:9 では経時温度変化に違いがなかつた。そのため、一度に多くのシカ肉を少ない量の基材で発酵させることのできる 3:7 は処理効率が高いと考えられる。また、5 月後半に堆肥作成を開始した場合、発熱期間は 5 日間程度であつたため、約 1 ヶ月の熟成期間も含めて 1~2 ヶ月程度で堆肥を作成可能であることが分かつた。

2. 堆肥の成分分析

シカ肉の割合が多くなるほど pH の値は高くなつており、シカ堆肥 (3:7) では日本バーク堆肥協会 (2020) の定める上限 8.0 を大きく超えていた。従つて、シカ堆肥 (3:7) を使用する際には、pH を調整してから使用する必要がある。

EC, N, P, K の値はシカ肉の割合が多いほど高かったことから、シカ肉に含まれていた栄養分が堆肥の成分にそのまま反映されたと考えられる。シカ肉の割合が多いほど C/N の値が低くなっていたのは、シカ肉由来の N が大量に供給されたためと考えられる。また、C/N が 10 以上の物質を微生物が分解する場合、C は二酸化炭素として大気中に放出されるが、N は微生物の体内に留まり、C/N は低下する（森林土壌研究会 1982）。よって本研究においても、シカ肉の割合が多いほど堆肥中に含まれる動植物遺体の分解が良く進み、C/N が低下した可能性も考えられる。

3. コンテナ苗の生存と成長

シカ堆肥 (3:7) 100% のスギ実生は全て枯死した。スギ当年生実生の最適 pH は 5.0 付近とされているため（宮崎 1957）、この原因には高すぎる pH (8.7) が考えられる。従って、シカ堆肥 (3:7) をそのまま使用できないことが分かった。一方、シカ堆肥 (1:9) を使用したスギ実生の生存率は、培土中のシカ堆肥の割合に関わらず高い値を示し、対照区のバーク堆肥 100% やココピート 100% とも有意差は見られなかった。さらに、シカ堆肥 (1:9) 100% と 50% の期末樹高は、バーク堆肥 100% やコンテナ苗を作る際に一般的に用いられているココピート 100% よりも有意に高い値を示した。従って、シカ堆肥 (1:9) 100% と 50% には苗木を大きくする効果が期待できると考えられた。

V 結論

シカ堆肥 (3:7) は、処理効率は高いが、pH が高すぎてそのままでは使用できない。一方、シカ堆肥 (1:9) は作成の効率は低い、pH を調整せずにそのまま培土として使用できる。さらに、シカ堆肥 (1:9) は従来のココピートを利用したものよりも苗木を大きくする効果が期待できる。以上より、1:9 の混合比でシカ堆肥を作成し育苗に利用することが、総合的に見て最も効率的であると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、研究計画に有益な助言をいただいた森林文化アカデミーの伊佐治彰祥教授に感謝いたします。また、実験で使用するシカ肉を提供していただいた里山ジビエ会にも感謝いたします。

引用文献

- 樋口恵太・永井清仁・服部文弘・前山 薫・瀬川進・本城凡夫 (2016) 真珠養殖廃棄物のコンポスト化とその有効活用. 日本水産学会誌 82: 608–618
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008) Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal* 50: 346–365
- 環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護管理室 (2020) 野生鳥獣の保護及び管理. URL <https://www.env.go.jp/nature/choju/>
- 宮崎 紳 (1957) 苗木育成法. 高陽書院, 東京
- 日本バーク堆肥協会 (2020) 有機肥料改良資材・特殊肥料 バーク堆肥. URL <http://www.bark-assoc.jp/>
- 農林水産省 (2012) 生食用食肉の取り扱いマニュアル (第2版). 農林水産省
- R Core Team (2020) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://cran.r-project.org/>
- Schwarz M, Bonhotal J, Harrison E, Brinton W, Storms P (2010) Effectiveness of composting road-killed deer in New York State. *Compost Science & Utilization* 18: 232–241
- 関 一人・斎藤直人・岸野正典・佐藤真由美・武田忠明・秋野雅樹 (2008) 木粉を用いた水産系廃棄物の堆肥化 (第2報) 一初期分解過程における処理物の化学的变化と緑化資材としての特性一. 林産試験場報 22: 7–12
- 森林研究土壌会 (1982) 森林土壌の調べ方とその性質. 林野弘済会, 東京
- 高井伸二 (2018) 流行するジビエー安全に食べるために一. 国民生活 73: 11–13

表-1. 堆肥作製とコンテナ苗作成時の処理区

実験	処理区	略称
堆肥作成と成分分析 ^a	1) シカ肉:基材 (バーク堆肥) = 6:4	シカ堆肥 (6:4)
	2) シカ肉:基材 (バーク堆肥) = 3:7	シカ堆肥 (3:7)
	3) シカ肉:基材 (バーク堆肥) = 1:9	シカ堆肥 (1:9)
	4) シカ肉:基材 (バーク堆肥) = 0:10 (対照区)	バーク堆肥
コンテナ苗作成	1) シカ堆肥 (3:7) 100%	シカ堆肥 (3:7) 100%
	2) シカ堆肥 (1:9) 100%	シカ堆肥 (1:9) 100%
	3) シカ堆肥 (1:9) 50%, ココピート 50%	シカ堆肥 (1:9) 50%
	4) シカ堆肥 (1:9) 30%, ココピート 70%	シカ堆肥 (1:9) 30%
	5) シカ堆肥 (1:9) 10%, ココピート 90%	シカ堆肥 (1:9) 10%
	6) バーク堆肥 100% (対照区)	バーク堆肥 100%
	7) ココピート 100% (対照区)	ココピート 100%

^aシカ堆肥 (6:4) は堆肥化に失敗したため、成分分析では2)–4) の3つの処理区とした。

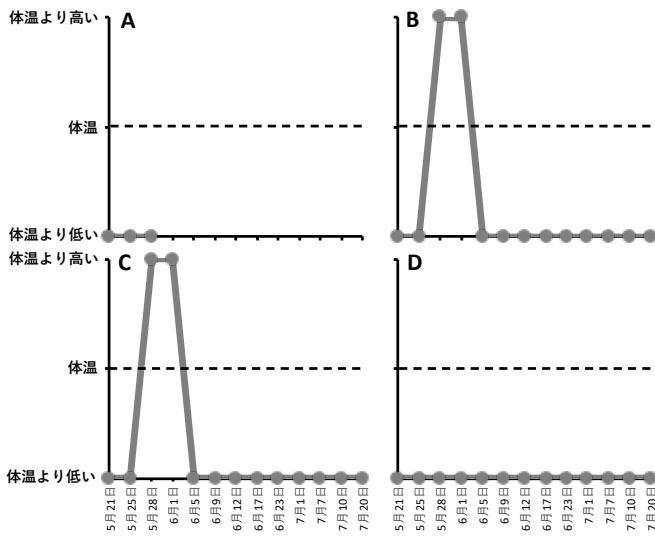


図-1. 堆肥作成における温度変化
 (A) シカ肉:基材=6:4, (B) 3:7, (C) 1:9,
 (D) バーク堆肥 (対照区)。

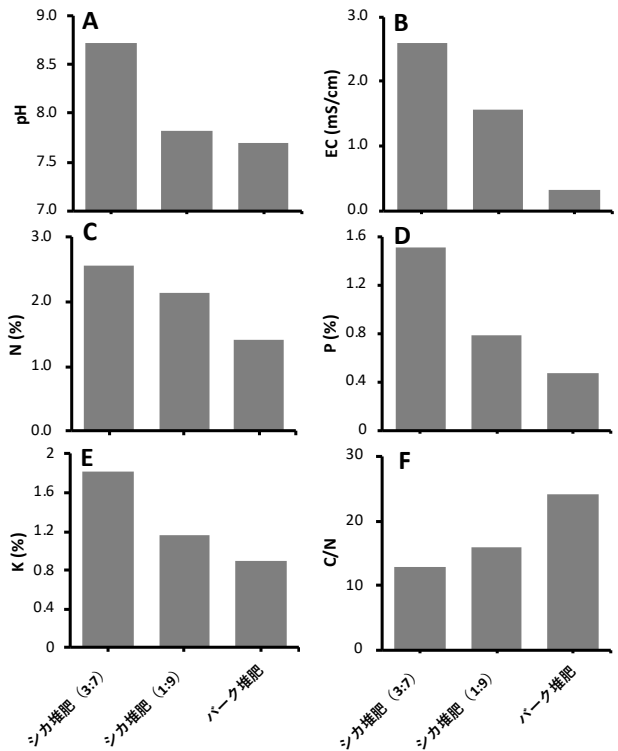


図-2. シカ堆肥 (3:7) と (1:9), バーク堆肥 (対照区) の成分分析の結果
 (A) pH, (B) EC, (C) N, (D) P, (E) K, (F) C/N。

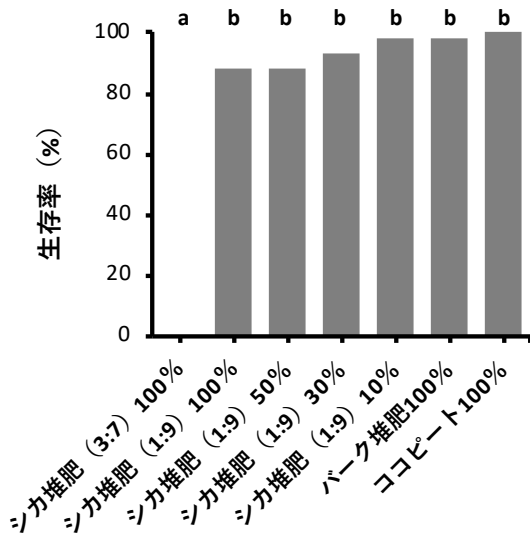


図-3. 各処理区における移植したスギ実生の生存率
 異なるアルファベットは生存率が有意に異なることを示す (有意水準, 0.05)。

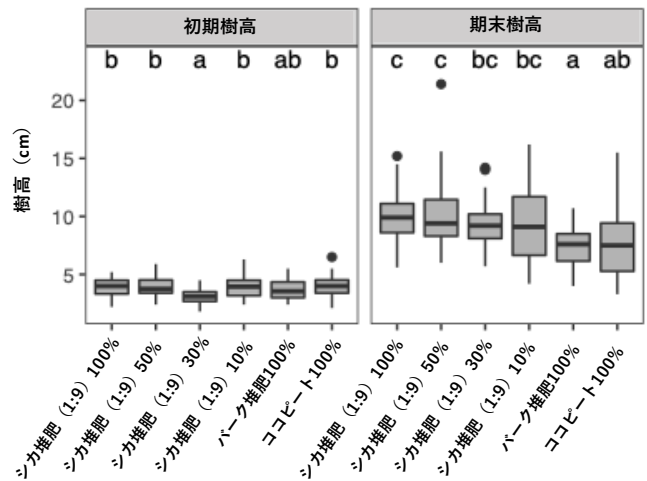


図-4. 各処理区における移植したスギ実生の初期樹高と期末樹高
 異なるアルファベットは樹高が有意に異なることを示す (有意水準, 0.05)。