

Environment Research and Technology Development Fund

**環境研究総合推進費補助金 総合研究報告書**

捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に関する研究

(3K162012)

平成 28 年度～平成 29 年度

Establishment of Appropriate and Efficient Disposal System for Captured Wildlife

国立研究開発法人国立環境研究所 山田 正人

平成 30 年 5 月

## 目 次

I. 成果の概要	• • • • • 1
1. はじめに (研究背景等)	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	
II-1 捕獲鳥獣の発生分布と収集運搬ロジスティクスに関する研究、 自治体等による総合的な適正処理システムの構築 要旨	• • • • • 17
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II-2 捕獲鳥獣の高温生物処理に関する検討 要旨	• • • • • 53
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	

Ⅱ－3 放射性物質に汚染されたイノシシの高温生物処理に関する検討 要旨	・・・・・・・・・・73
1. はじめに	
2. 研究目的	
3. 研究方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
Ⅲ. 英文 Abstract	・・・・・・・・・・101

## I. 成果の概要

**補助事業名** 環境研究総合推進費補助金 循環型社会形成推進研究事業（平成 28 年度～平成 29 年度）

**所管** 環境省 及び 独立行政法人 環境再生保全機構

**研究課題名** 捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に関する研究

**課題番号** 3K162012

**研究代表者名** 山田正人（国立研究開発法人国立環境研究所）

**国庫補助金** 52,901,000 円（うち平成 29 年度：28,595,000 円）

**研究期間** 平成 28 年 6 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日

**本研究のキーワード** イノシシ、ニホンジカ、捕獲、処理フロー、高温生物処理、放射性セシウム、持続可能な事業スキーム

**研究分担者** 大迫政浩（国立研究開発法人国立環境研究所）  
石垣智基（国立研究開発法人国立環境研究所）  
深澤圭太（国立研究開発法人国立環境研究所）  
落合知（国立研究開発法人国立環境研究所）  
岩渕和則（北海道大学）  
大町仁志（福島県環境創造センター）

### 1. はじめに（研究背景等）

イノシシやシカ等の急激な増加により、農作物の食害や森林下層植生の消失などの被害が深刻化している。その背景には、捕獲者の高齢化等による減少により、捕獲圧が低下していることも要因である。国では、平成 25 年 12 月に抜本的な鳥獣捕獲強化対策を打ち出し、平成 35 年度までにシカ及びイノシシの生息数を半減させる目標を掲げ、各種の取組みを推進しているところである。しかし、捕獲数は着実に増加している一方で、捕獲した鳥獣の処理が大きな課題となっており、捕獲活動に支障をきたすボトルネックになっている。捕獲鳥獣を廃棄物として処理する場合は、自治体が処理責任を担う一般廃棄物に該当するが、自治体の保有する既存の処理システムとの接続には、様々な社会経済的及び技術的阻害要因が存在するものと考えられる。現状では、鳥獣保護管理法により搬出が困難な場合にやむを得ず認められている現場埋設が多くの場合行われている。

一方、福島第一原発事故に伴う放射性物質（放射性セシウム）による環境汚染により、影響を受けた地域に生息するイノシシ等の鳥獣が汚染され、特に福島県においてはこれまで食用に供していたイノシシの利活用ができない状況である。また、生息数低減のために捕獲の促進が求められるが、放射性セシウムに汚染された捕獲イノシシの処理に際して、放射線による影響等への懸念から、処理に支障をきたしている。

以上のような背景から、捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムを構築するうえでの様々な阻害要因を構造的に明確にし、それらを解消するための社会経済的または技術的観点からの方策が全国的に求められている。さらに福島県においては、放射性セシウムを含む捕獲イノシシを安全に処理するための技術の確立が急務となっている。

## 2. 研究開発目的

国レベルで進められている鳥獣捕獲強化対策に伴い増加している捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理を進めるために、一般廃棄物処理との連携を意識した処理システムの構築を社会実装の最終ゴールとして、その実現に資する知見の提供を目的とする。そのために、三つのサブテーマ構成で研究を進める。

第一に、捕獲鳥獣を円滑に搬出し廃棄物処理システムと効率的に接続させて処理を進める上で阻害要因となっている問題について、主に社会経済的観点から構造的に明らかにする。さらに、それらの阻害要因を解消するために将来望まれる事業スキームについて提示する。

第二に、焼却施設等の廃棄物処理システムへの接続において、捕獲者に大きな負担になる切断作業等を不要にする減容化処理方法としてコストの面で優位性のある高温生物処理技術に着目し、実験的検討を通して生活環境保全に配慮された技術の確立を目指す。

第三に、事故由来の放射性物質（放射性セシウム）を含む捕獲鳥獣、特に福島県における捕獲イノシシの適正処理方策を提示するために、高温生物処理技術の適用における放射性セシウムの挙動を実験的に把握し、他の処理技術の実際の現場適用事例等を合わせて調査することで、得られた知見の集約により、自治体等が処理方策を進める上での参考になる技術資料として取りまとめる。

## 3. 研究方法

(1) 捕獲鳥獣の発生分布と収集運搬ロジスティクスに関する研究、自治体等による総合的な適正処理システムの構築

全国の中でも特に鳥獣捕獲数が多い北海道、兵庫県、長崎県を調査対象とし、鳥獣捕獲数の実績と将来の必要捕獲数に関する情報を収集した。また、鳥獣捕獲数の季節変動を確認するために市町村単位の月別の鳥獣捕獲数に関する情報を収集した。日別の鳥獣捕獲数については市町村より個別に情報提供いただいた。

捕獲個体の重量に関する文献調査や個別の市町村等への調査を行い、成長段階や雌雄、季節、地域による違いなども勘案しながら、コスト試算のための目安の平均重量としてまとめた。

3道県から各5市町村を選定し、捕獲場所からの搬出実態や処理または利活用のための搬出先、輸送状況、処理施設における受け入れ要件、各処理コスト等、それぞれの課題点も合わせてアンケート調査や電話調査により情報収集した。また、数市町村を選出して現地調査を行い、自治体担当者や捕獲従事者、処理施設関係者等へのヒアリングを行った。調査結果をもとに捕獲鳥獣の処理フローを類型化した。

類型化した処理フローを搬出や焼却などの処理プロセスに細分化し、それぞれのイニシャルコスト及びランニングコストを推計した。また、実際に起こりうる処理シナリオとして各処理プロセスのコストを繋げて合算し、コスト面において有利な処理シナリオを考察した。

以上の結果をもとに、今後望まれる適正な捕獲鳥獣処理の事業スキームを提案した。

(2) 捕獲鳥獣の高温生物処理に関する検討

微生物分解プロセスにおける温度変化、二酸化炭素発生量、乾物残存率、そしてアンモニアガス発生量について精緻な測定値を得るために、実験室内においてエゾシカの筋肉（以下肉と称する）、脂肪、胃内容物の分解特性について検討を行った。微生物資材は牛ふんを原料とした発酵済み堆肥を用いた。反応槽は内容積5リットルのステンレス製容器を使用し、温度制御が可能なチャンバー内に設置した。

北海道内のエゾシカ食肉加工施設が運営している高温生物処理施設と、環境省が福島県浪江町及び飯舘村において実施したイノシシ発酵処理実証試験の全3地点において、主に生活環境保全面からの評価を行った。なお、環境省の実証試験では、地域で調達可能な安価な材料を用いて発酵床を作成し、野積み方式によ

る高温生物処理法を適用した。対象物の投入からの経過時間が異なる発酵床を採取し、各種分析を行った。分析項目は基本性状（水分、灰分、油分、pH、電気伝導度）、全窒素・窒素化合物、臭気成分（アンモニア、硫黄化合物4種、低級脂肪酸4種）とし、pH及び電気伝導度のために抽出操作、臭気成分のために臭気ガス発生試験をそれぞれ行った。加えて、福島県の2施設においては、高温下で分解に寄与する微生物の挙動把握のために、菌株分離とDNA抽出/PCR増幅による塩基配列決定により同定を行った。さらに、イノシシ投入から2週間後に臭気の現場測定を行った。臭気ガスの採取地点は、テント内側とテント外側の2ヶ所とし、最も臭気の発生が見込まれるイノシシの掘り返し作業中に行った。分析項目は悪臭防止法に規定されている「特定悪臭物質」の22物質とした。

### （3）放射性物質に汚染されたイノシシの高温生物処理に関する検討

福島県内の放射性物質（放射性セシウム）に汚染されたイノシシの高温生物処理の検討を行う上で、処理対象となるイノシシ中の放射性セシウム（ $r\text{-Cs}$ ）の含有実態やその地域分布、経年変化の傾向などを、福島県が実施した野生鳥獣の筋肉に含まれる放射線モニタリング調査結果を基に傾向を把握した。つぎに、イノシシ1頭に含まれる $r\text{-Cs}$ 量を部位ごとに測定し、体内における分布状況を把握した。さらに、有害鳥獣焼却施設でイノシシ1頭を焼却し、発生する飛灰及び主灰の $r\text{-Cs}$ 濃度と飛灰及び主灰の回収量から、イノシシ1頭に含まれる $r\text{-Cs}$ 量の試算が可能か検討した。

つぎに、先述した環境省が実施した高温生物処理の実施設調査において、 $r\text{-Cs}$ に着目した調査を行った。すなわち、調査対象とした2施設におけるイノシシ発酵処理実証試験において、発酵床中の $r\text{-Cs}$ 濃度、施設の空間線量率測定、吸入性粉じん濃度及び空気中 $r\text{-Cs}$ 濃度の測定を行った。

最後に、高温生物処理における $r\text{-Cs}$ の物質収支を定式化したモデルを作成し、発酵床中に蓄積する $r\text{-Cs}$ の濃度予測と新規の発酵床の入れ替えによる濃度管理方法を提示した。

## 4. 結果及び考察

### （1）捕獲鳥獣の発生特性と搬出から処理までのフロー、自治体等による総合的な適正処理システムの構築

#### （1-1）鳥獣捕獲数に関する実績調査

国レベルで進められている鳥獣捕獲強化対策によって、全国的に捕獲数が増加しつつある。市町村単位での最近5年間の年度毎の捕獲実績を調査した。全国的には年々捕獲数は増加し、特に国からの補助をもとにした報奨金が出る有害捕獲制度による捕獲数が増加しつつある。また、野生動物を食する習慣のない県では、有害捕獲による捕獲数の割合が高くなっている。

つぎに、鳥獣捕獲数の季節変動（年間の月別捕獲数変動）及び日変動（1週間内の変動）とその要因について検討した結果、同じ地域内（県内）であれば同じ獣種では同様の傾向が認められたが、異なる地域と獣種では一定の傾向が認められなかった。図1～4は、市町村の月別有害捕獲数の調査結果の例を示した。

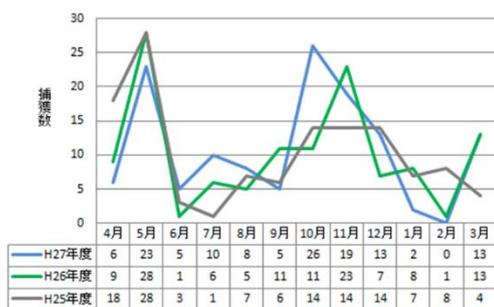


図1 北海道A町（エゾシカ）

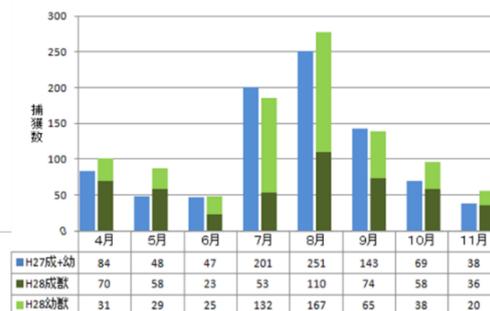


図2 兵庫県H市（イノシシ）

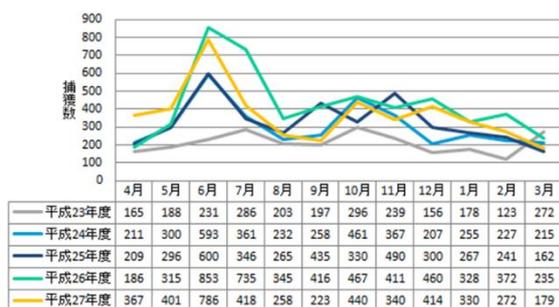


図3 長崎県O市(シカ)

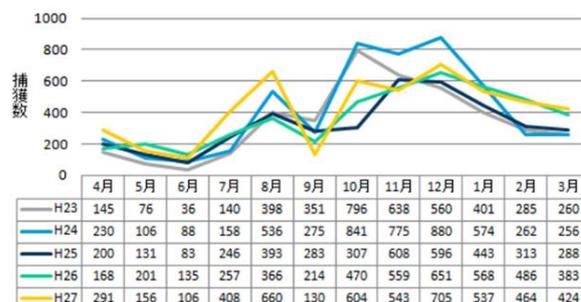


図4 長崎県L市(イノシシ)

鳥獣の生態に起因する要因としては、栄養状態と山林における食物の豊富さ、繁殖、出産期、幼獣の出現、農作物や人間の食物への執着状況などがある。人的要因としては、まず、捕獲者の数、技術及び意欲があげられ、8月の夏場に捕獲数が減少するケースでは、そのような理由も考えられる。

一方、1週間内の日別変動については、十分な情報が得られていないが、一部得られたデータについてみると、週内の変動は小さい。くくりわなを用いた捕獲のケースであり、箱わな、囲いわな、銃猟等の捕獲方法によっても傾向は異なる可能性がある。

### (1-2) 捕獲個体の重量推定

ニホンジカは日本全土に分布するが、本研究ではニホンジカを北海道のエゾシカとその他地域のホンシュウジカの2つに分け、基準となる重量について調査を行った。

自治体へのヒアリング調査時に収集した実績値や文献調査等に基づいて、雌雄の体重の違いや幼獣、成獣の違い、一般に寒冷な北部地域ほど体重が大きくなる点など、様々な要因を踏まえて平均重量を整理した。イノシシについては、主にわなを用いて捕獲されるため捕獲数に占める幼獣の割合が多く、その変動も大きいと考えられる。また、シカと比べると成獣と幼獣の重量差が大きいことも踏まえ、本研究ではイノシシの平均重量は成獣と幼獣に分けて算出することとした。いずれにしてもこの結果の精度は不十分であり、本研究でコスト計算などに用いるが、実際に事業計画を検討する際には地域に合った数値を用いる必要がある。

表1に、現時点での平均重量を算出した結果を示す。なお、イノシシの場合は、捕獲数に占める幼獣率のデータが必要になる。一般に夏場に幼獣率が高まる傾向にあるが、本研究では年間を通しての年間平均値35%を暫定値として使用することにする。

表1 重量の見積りに使用する暫定的な平均重量

獣種	平均重量	適応地域
エゾシカ	94kg	北海道
ホンシュウジカ	42kg	北海道以外の地域(島嶼部除く)
イノシシ成獣	51kg	分布全域(島嶼部除く)
イノシシ幼獣	15kg	分布全域(島嶼部除く)

### (1-3) 捕獲鳥獣の処理フローの類型化と事例調査に基づく課題及び解決方策の検討

複数市町村における事例調査等をもとに、有害鳥獣の捕獲から処理までの現状のフローを大きく3つのパターンに区分した(図5)。パターンAは、自家消費等ののちに捕獲者が現場や自分の所有地に埋設することで処理するパターンであり、多くの自治体が該当する。パターンBは、捕獲者が処理施設に持ち込み、市町村が一般廃棄物として処理する。主に焼却処理が行われる。パターンCは、自治体または民間事業者による利活用施設に持ち込まれ、食肉加工して販売する。解体残滓は産業廃棄物として処理する。

以下では、自治体へのヒアリング調査結果などを構造的に整理し、各パターンにおいて解消すべき課題および解決策を検討し、特に課題となり得る四点についてまとめた。

① 捕獲及び搬出について

地理的条件の厳しい場所で捕獲した場合、迅速な搬出が困難となり、現地埋設が適切に実施されず放置されることがあり、捕獲従事者の高齢化が助長している可能性がある。これらを防ぐ対策としては、搬出が比較

的容易な農業被害が発生している農地周辺地域で捕獲を実施し、捕獲個体は全て搬出することを原則とする。捕獲隊（有害鳥獣捕獲補助員）や認定鳥獣捕獲等事業者による捕獲を促進し、捕獲と搬出を協力または分担して実施する。わなを用いた捕獲では、利活用に適した止め刺しの実施や捕獲者の負担軽減、迅速な搬出のための人員を捕獲現場に派遣するなどが考えられた。

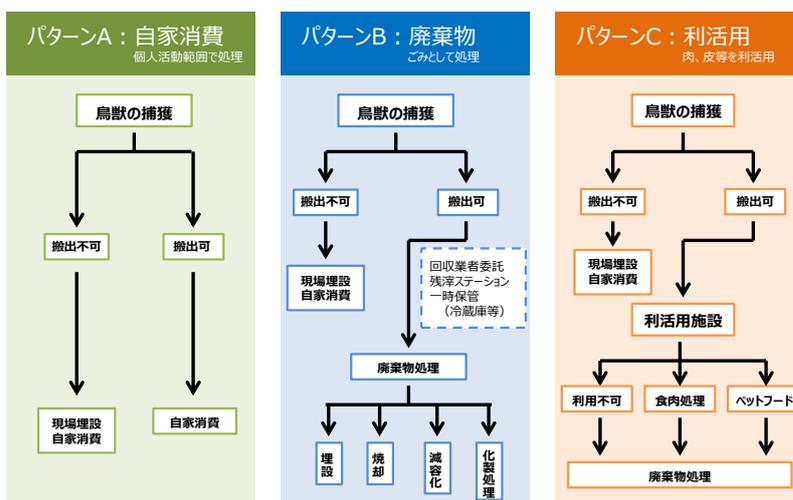


図5 有害捕獲鳥獣の処理フロー図

市町村担当者等へのヒアリングで得られた搬出実績をもとに、搬出が難しい事例、一部搬出している事例、全頭搬出している事例の3つに分け、搬出率に影響する因子を考察すると、処理施設の有無（作業負担の大きさ）と金銭的インセンティブの有無が大きな要因であることが明らかになった。図6に捕獲者目線の各市町の搬出に影響を与える要因の相対的評価を示す。搬出に最も影響を与える因子が、「処理施設の有無である」と考えられる。また、捕獲個体の資源価値や搬出に対する対価

（報奨金）などの経済的インセンティブの影響も認められる。ただし、搬出を促進するための自治体等の公的な人的資源や金銭的支援は、自治体等にとって大きな負担になる可能性もある点に留意が必要である。

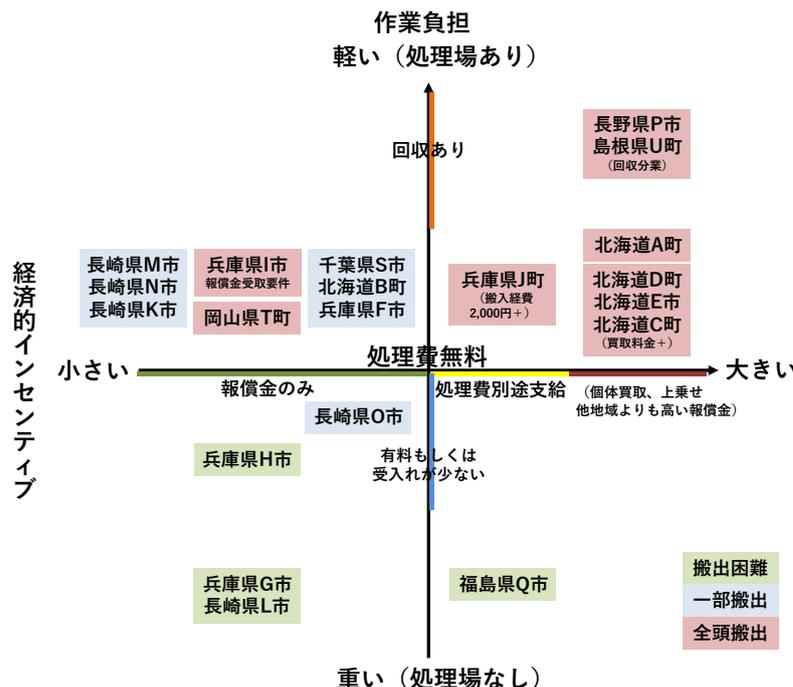


図6 捕獲者目線による作業負担とインセンティブの相対的評価

② 報奨金手続き等について

市町村によって規定は異なるが、一般に、耳、歯あるいは尻尾等の部位と写真を提出することにより報奨金交付を管理している。自治体担当者が個体を直接確認する方法と比べると、捕獲者には大きな負担はかからないが、不正受給の温床となりやすいことが指摘される。

この問題に対応するには、有害捕獲した個体を全て集約する施設（以後「仕分けセンター」と呼ぶ）を原則として市町村が個別で、または複数市町村が一部事務組合を構成して設置し、自らあるいは民間委託などにより運営する。この仕分けセンターで、捕獲個体と捕獲者を確認し、手続きを簡略化するとともに不正等を防止する。また、報奨金の管理窓口と利活用の可否判断を併せて行い、利活用施設あるいは一次処理施設（枝肉まで解体）を併設する。利活用の促進のために、利活用可能な個体を持ち込んだ捕獲従事者には、捕獲報奨金とは別に利活用に適した捕獲・搬出への経済的インセンティブが働くような賦課金を支給する、などの方策が考えられる。

### ③ 利活用について

有害捕獲個体を食肉及びペットフードに加工する際に、個体の半分以上が残滓となる。食肉加工施設から排出される残滓は、産業廃棄物であるため、処分費用の負担が大きい。また狩猟の方法や季節、輸送時間により、利用可能な個体の割合（歩留まり）が低くなる。

これらの課題を解決するためには、安全性が確保された低コストの処理技術を開発、普及させる。有害捕獲個体の解体残滓の処理に関して、利活用に係る事業収支等の状況や有害捕獲の農業被害対策としての意義等を評価した上で、公共から処理数に応じた補助金を支給するか、一般廃棄物処理施設であわせ産廃として低料金または無料で受け入れる等の優遇措置を行う、などが考えられた。

### ④ 廃棄物処理について

北海道の一部の地域では、処分場での埋設や焼却、発酵減容化、化製処理などの方法により、捕獲個体あるいは解体残滓の処理が進められているが、捕獲個体のすべてではない。また、焼却施設等への受け入れ要件が厳しい場合や処理費用を支払う場合、実際に持ち込む捕獲者は少ない。

これらの問題に関しては、利用できないと判断された個体については、一般廃棄物として、利活用が困難な発酵減容化や化成処理からの生成物と併せて、既存の一般廃棄物焼却施設で処理能力を超えない範囲で焼却処理する。発酵減容化および化製処理による生成物の肥料または飼料の使用制限を緩和し、処理費用の削減と有効活用を図る、などが方策として考えられた。

処理費用の削減の観点からは、適正処理を確保したうえで低コストの技術への高度化も必要である。鳥獣の利活用においても、利用可能な部分は限られており、相当程度の残渣が発生し、その処理費用が事業の成否に大きく関わる。コスト面からも合理的な処理方法については、後述する。

#### （1-4）各処理プロセス・シナリオのコスト評価

ヒアリング調査等で得られた情報をもとに処理プロセスごとにコストを整理し、最終的に処理シナリオごとのコストを算出し、処理方法の評価指標として扱った。処理シナリオは、類型化した処理パターン（図5）をもとに再度設定した。事例調査で得られたコストは、代表値や平均値を用いて算出した。なお、ここでは搬出及び処理に関するコストを評価対象とし、捕獲にかかるコストについては除外した。各処理シナリオについてコストを試算した結果は表2のとおりである。主にランニングコストについて、全てのシナリオを同じ基準で比較するため重量当たりのコストを試算した。イニシャルコストは、根拠とした事例のデータ数が十分でないことから参考情報として定性的に付記した。

表2 各処理方法と1kgあたりの搬出・処理コスト

シナリオ		年間搬出 コスト	年間処理コスト（千円）	1kgあたりの 搬出・処理コスト	イニシャル コスト規模	
パターン	処理方法					
A	①現場埋設	-	6,264千円	216.4円/kg	-	
	②搬出後に埋設			281.6円/kg	-	
	③搬出後に解体			173.7円/kg	-	
B	埋立（一廃最終処分場）	1,887千円	608千円	86.2円/kg	小	
	焼却（一般焼却施設）			86.2円/kg	小	
	焼却（専用焼却炉）			20,260千円 人件費2名+灯油代他	765.2円/kg	大
	発酵減容化（機械式）			3,300千円 人件費1名+光熱費他	179.2円/kg	中
	発酵減容化（野積み式）			2,000千円 人件費	134.3円/kg	小
	産廃処理業者			1,447千円	115.2円/kg	小
C	食肉	1,978千円	10,050千円	345.3円/kg	中	
	ペット			7,248千円	315.6円/kg	中

1kgあたりの搬出・処理コストを全てのパターンで比較したところ、最も処理コストが低かったのは埋立処分（最終処分場）及び焼却（一般廃棄物焼却施設）であり、既存施設で受入可能であれば、他の廃棄物とともに焼却可能であるためコストが抑えられている。一方、最もコストが高いのは専用焼却炉を用いた焼却処理であり、灯油代が大きく影響していると思われる。また、発酵減容化（機械式）、発酵減容化（野積み式）、産業廃棄物業者は、パターンAの捕獲者が埋設するよりも、コストが低かったことから、現場で埋設するよりも、搬出しコストの低い方法で処理することで、捕獲者や市町村負担も少なく済むと思われる。現在、農林水産省で推進しているパターンCの食肉は、販売収入を含めると処理コストを相殺できる可能性もある。

#### （1-5）適正な捕獲鳥獣処理システムの提案

以上の検討結果を総合的に勘案するとともに、事例調査をもとに先進性のある自治体の取組みを参考にし、将来の達成する目標の重点が異なる2つのシステムを検討した。

##### ① 全頭搬出・処理重点型システム（図7）

捕獲者がとめ刺し後に個体を全頭搬出し所定の処理場（仕分けセンター）に搬入することにより、個体の確認及び処理を行うものである。報奨金の不正受給や捕獲数増し、個体の不法投棄の防止を重点的に達成するとともに、捕獲者の埋設等の負担を軽減する。また利用可能な個体は利用を推進する。

このシステムの課題は、捕獲者の理解を得られなければ実現しないことである。搬出および処理状況の報告を義務づけていない市町村は、システムを導入する際に捕獲者から理解が得られず、捕獲活動が低下することが懸念される。また、全頭搬出後の個体処理が必須となり、いかにコストを抑えて処理が行えるかという判断が難しい。上述のコスト試算結果を用いて、基準となる捕獲数を360頭にした場合には、施設の黒字化が見込めてシステムの導入を推進できる食肉利用率は、ニホンジカ（ホンシュウジカ）単体の場合8割、イノシシ単体の場合はほとんど全ての個体を利活用出来なければ黒字にならないことが分かった。食肉等利活用の向上と解体残滓の低コストでの処理が課題である。

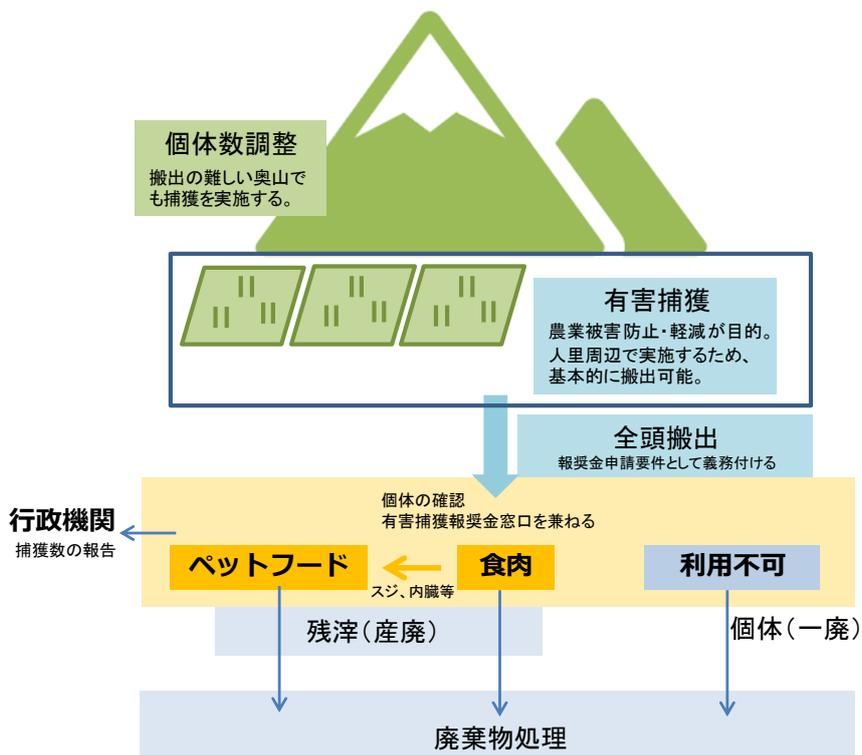


図7 全頭搬出・処理重点型システム

② 持続的全頭利活用型システム (図8)

捕獲者の負担軽減と利活用の持続的な推進に重点を置いた全頭利用型システムを検討した。このシステムでは、捕獲個体は全て食肉等の利活用を目指して、農地周辺でのわな捕獲を進める。捕獲主体は地域住民や被害農家であり、餌やりや見回りまでを担当し、捕獲された場合は食肉等利活用施設運営者がとめ刺し、回収に来る。この分業体制により、捕獲者の負担軽減も実現し、利活用施設から行政に捕獲数の報告を行うことで不正防止にもつながると考えられる。また、農地周辺でのわな捕獲を進めることで、鳥獣被害防止に有効な加害個体の捕獲が期待できる。

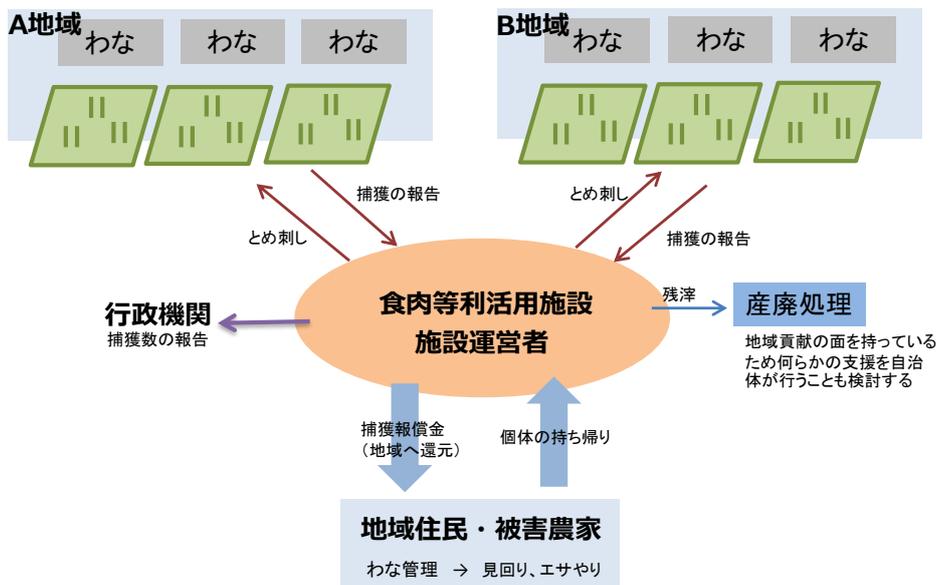


図8 持続的全頭利活用型システム

このシステムの課題は、捕獲者が地域住民主体に移行することで、食肉等利活用施設と地域住民のマッチングできるかどうかである。地元住民で完結する場合は協力体制が取りやすいが、既に有害鳥獣捕獲事業が猟友会の独占的事業になっている場合の調整が難しい。経済性の面では、コスト試算結果を用いて食肉利活用率 100%で試算したところ、ニホンジカ単独で年間 277 頭、イノシシ単独で年間 355 頭（成獣 230 頭）の捕獲で事業性確保が可能であった。本システムの場合は、小規模な自治体でも採算性が見込まれ、集落単位で実施可能であり、鳥獣害被害対策と利活用を持続的に展開可能である。なお、食肉利活用施設から出る解体残滓は産業廃棄物になるが、骨や内臓等のペットフード加工や、低コストの処理によって事業性はさらに高まる。

### ③ システムの選択と移行

全頭搬出・処理重点型システム（以下、1案とする。）及び持続的全頭利活用型システム（以下、2案とする。）は、地域特性を踏まえて、達成すべき目標を明確にしたうえで選択する必要がある。現状では、鳥獣の生息数を減少させる段階である市町村が多く、報償金不正受給や不法投棄を未然に防止するためにも、捕獲及び処理重視である1案のシステムの必要性が高い。一方、2案のシステムを導入するためには、中核となる食肉等利活用施設が必要であり、地域住民との協力体制を構築する必要がある。さらに、多くの市町村で有害鳥獣捕獲等事業が猟友会員による事業となっており、利害関係で衝突することが考えられ、時間をかけて合意形成を図る必要がある。

以上から多くの市町村で適用可能な処理システムは1案であるが、捕獲活動が進むにつれて生息数の減少が進み、捕獲数が頭打ちとなり減少していくと考えられる。そのような状況で1案を継続した場合、費用対効果が低減する可能性が高い。その状況では、農業被害対策と生息数を維持管理する程度の捕獲を継続する必要があり、その時点で持続的に利活用していく2案に移行することが考えられる。2案であれば捕獲数が減少してもある程度黒字経営が可能なうえ、隣接する異なる市町村での連携体制づくりも可能である。ゆえにその時点では、現行の捕獲報償金制度を廃止し、これまでの捕獲体制を一旦リセットすることも一考に価値がある。2案のシステムによって鳥獣被害対策と持続的な資源利用の両立が実現できると考えられる。

### ④ 合理的な廃棄物の処理方法について

上述のコスト評価に基づけば、コスト的に優位な処理方法は埋設及び一般廃棄物焼却施設での焼却である。しかし、既存の一般廃棄物焼却施設での受け入れの場合、個体丸ごとを投入すると燃え残り等の問題が生じる可能性があることから、事前に個体の切断を条件に受け入れている自治体が多い。事前の切断作業は従来は捕獲者が行う必要があり大きな負担となることから、冷凍した個体を焼却ピットに併設されている粗大ごみ用の破砕機（ギロチン式や二軸式等）を利用して切断する方法が考えられ、実際に破砕機を活用した事例も報告されている（ただし、冷凍庫の新設が必要）。

一方で、既存の一般廃棄物焼却施設の立地条件から、捕獲現場からの搬送距離が大きくなる可能性がある。そのような場合は、焼却処理の前段階の中間処理として、仕分けセンターや利活用施設に高温発酵処理技術を併設適用し大幅な減容化を図り、そののちに焼却処理や埋立処分施設へ移送する方法が考えられる。

#### （2）捕獲鳥獣の高温生物処理による減容化プロセスに関する検討

##### （2-1）ラボ試験による評価

肉と脂肪を分解した場合の温度および二酸化炭素発生速度の変化を図9に示す。温度は実験開始後直ちに上昇し、数日後にピークとなった。二酸化炭素発生速度の変化も同様である。ただし、肉に関しては約 20

日間で分解にともなう発熱、二酸化炭素発生が収束するのに対して、脂肪の分解に関しては、温度は20日ほどで再度上昇し、再び低下するまで35日以上かかった。肉の乾物残存率は17日前後で40~20%でありその後一定程度残存することが考えられるが、脂肪は分解期間は長い但最终的にはほぼ全て分解されていた。胃内容物は30日間で約70%の残存率であった。アンモニア積算発生量を図10に示す。Controlは牛ふん堆肥化時の結果であるが、窒素源となるたんぱく質を含む肉の分解時にはControlの10倍以上のアンモニアが発生している。

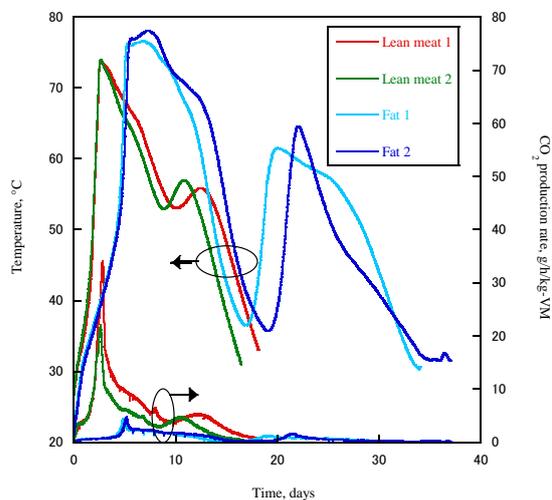


図9 温度変化、二酸化炭素発生速度

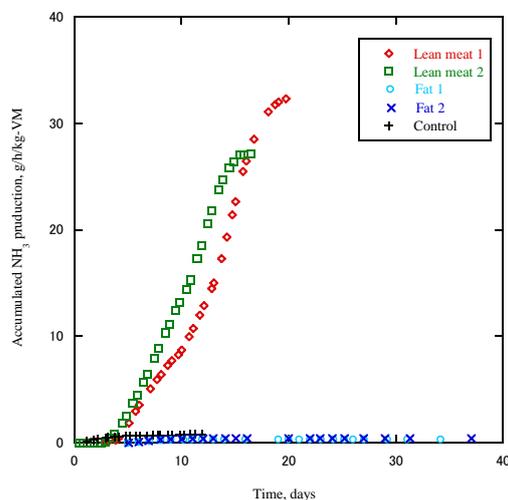


図10 アンモニア積算発生量

#### (2-2) 実施調査による評価（イノシシ（福島県浪江町、飯舘村））

地域で調達可能な安価な材料により発酵床を作成し、野積み方式による高温生物処理を実施した結果、発酵床の温度は60°C程度まで上昇し、また約2週間後の減容化率は45%程度と十分な効果を確認した。発酵床の分析においては、水分及び灰分の割合は両地点ともに大きな変動は見られなかった。油分も分解される傾向が示された。pHは両地点ともに大きな変動は見られなかったが、分解生成物の蓄積等に依存して長期的には変動する可能性がある。電気伝導度は最終的にはやや上昇した傾向が見られた。

図11に全窒素及び各窒素化合物濃度の結果を示す。全窒素濃度は徐々に上昇しており、個体中の分解された組織に由来する有機態窒素の影響を大きく受けていると思われる。アンモニア態窒素の上昇傾向は明確でなく、ガスとしての揮散分を考慮する必要があるが、有機態窒素の分解はそれほど進んでいない可能性がある。また、亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素濃度は相対的に低いが、硝化作用により長期的には蓄積していくことが考えられる。アンモニア態窒素の蓄積は発酵床のpH上昇を引き起こし、アンモニア揮発量が大きく増加する可能性がある。

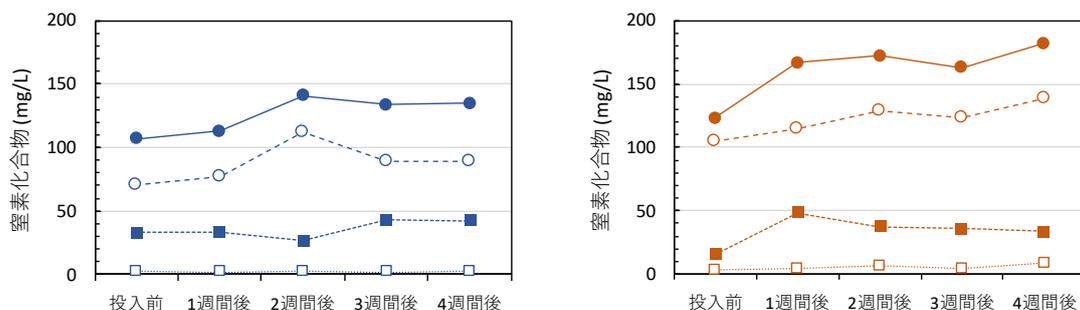


図11 発酵床の全窒素及び窒素化合物濃度（左：浪江町、右：飯舘村）

●全窒素、○有機態窒素、■アンモニア態窒素、□硝酸態窒素（亜硝酸態窒素は全て不検出）

図 12 にアンモニアガスの結果を示す。徐々に上昇する傾向が見られた。図 13 に発酵床中のアンモニア態窒素濃度とアンモニアガス濃度の関係を示す。直線性は低いが、アンモニアの揮発は発酵床中のアンモニア態窒素の蓄積量に依存することが示唆された。ガス中には、硫黄化合物及び低級脂肪酸も一部検出された。

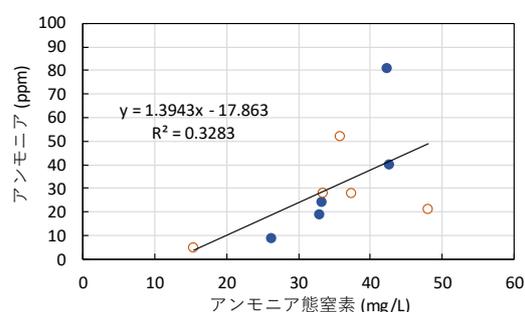
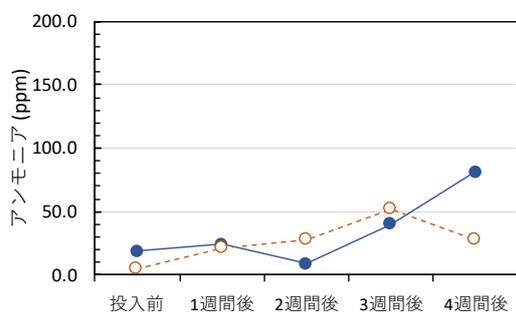


図 12 アンモニアガス濃度 (●:浪江町, ○:飯舘村) 図 13 アンモニア態窒素濃度とアンモニアガス濃度

表 3 に現場測定結果と推定臭気強度を示す。テント内のアンモニアの臭気強度の寄与が大きいため、労働環境衛生面を考慮した換気対策が重要である。また、閾値が低い臭気物質については濃度が低くても注意が必要である。テント外は低濃度だが、個体を継続投入する場合は臭気発生量が増大する可能性があり、より長期的な調査が求められる。

表 3 現場測定結果と臭気強度

試験項目	浪江町				飯舘村			
	テント内		テント外		テント内		テント外	
	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度
アンモニア	2.8	3	0.03	0	7.8	3.5	0.04	0
硫化水素	0.0023	2.5	< 0.0001	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-
ノルマル酪酸	0.0006	2	< 0.0001	-	0.009	3.5	< 0.0001	-
ノルマル吉草酸	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0005	2	< 0.0001	-
イソ吉草酸	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0028	2.5	< 0.0001	-

※ 単位は ppm、特定悪臭物質 22 項目のうち 2 以上の臭気強度を記録した項目のみ示した

さらに、菌床中の微生物を分離・同定した結果、処理開始後から一定時間経過した発酵床から 50°C を超える高温域を至適温度とする菌が検出された。これらの結果から、牛ふん由来の微生物が分解に関与している可能性や高温下で動物個体の分解に関与する微生物の存在が確認された。

(2-3) 実施調査による減容化プロセスの評価 (エゾシカ (北海道))

まず、処理試験が開始された後に、発酵床の温度上昇が認められ、地域で調達可能な安価な材料であっても生物発酵による発熱が生じていることがわかった。発酵床の分析においては、水分、灰分、pH、電気伝導度に特異的な変化は見られなかった。油分は福島県の値と比較すると低く、

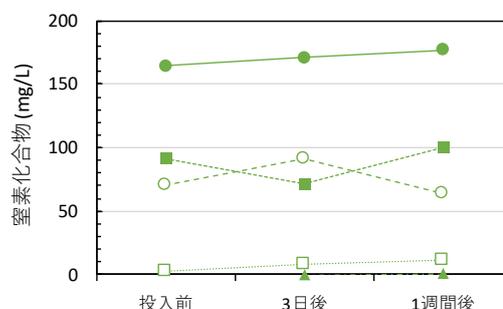


図 14 発酵床の全窒素及び窒素化合物濃度  
●: 全窒素、○: 有機態窒素、■: アンモニア態窒素、□: 硝酸態窒素、▲: 亜硝酸態窒素

これは発酵床の原料が異なるためだと思われる。図 14 に全窒素及び窒素化合物濃度の結果を示す。有機態窒素濃度は残滓投入により 3 日後に増加したが 1 週間後にはアンモニア態窒素に分解されて減少に転じており、アンモニア態窒素濃度は増加していた。福島県の結果と比較すると、有機態窒素濃度が低く、アンモニア態窒素濃度は高かった。これは処理に用いる発酵床の原料や腐熟具合の影響を受けた可能性がある。また、投入されている解体残滓は分解されやすいためにアンモニア態窒素濃度が高くなった可能性がある。

発酵床のアンモニア態窒素濃度とアンモニアガス濃度の関係は、福島県の結果と同様の傾向を示した。ガス中には、硫黄化合物及び低級脂肪酸も一部検出された。

今回は比較的短期間での評価となったが、臭気ガス成分については、特にアンモニア態窒素の長期的な蓄積による pH 上昇に伴うアンモニア揮発量の増加等のイベントが懸念されることから、高温生物処理施設の適正な運営を目指すうえで、さらなる調査が必要とされる。

### (3) 放射性物質に汚染されたイノシシの高温生物処理に関する検討

#### (3-1) 捕獲イノシシ中の放射性セシウム濃度の経年変化、地域差

福島県自然保護課が 2011～

2016 年度までに行った野生鳥獣の放射線モニタリング調査結果から、イノシシの筋肉に含まれるセシウム 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) 濃度の時系列変化を図 15 に示す。福島県内に生息するイノシシの筋肉からは幅広い  $^{137}\text{Cs}$  濃度が検出されており、概ね経年的に低下傾向にあるものの、事故から 5 年以上経過した 2016 年度においても依然として高い濃度の個体も観察され、イノシシへの汚染は長期的に継続することが懸念される。図には、イノシシの捕獲地点から地方別に区分したが、大まかには線量の高い浜通り地域での捕獲イノシシの濃度が相対的に高いもの大ききばらつきがあり、イノシシの放射性セシウム ( $r\text{-Cs}$ ) 含量については、地域差や個体差を考慮する必要が示唆された。

一方、2015～2016 年度に採取したイノシシ各個体の筋肉、胃内容物、心臓、肺、肝臓、腎臓、体毛、骨に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  濃度については、図 16 のとおり、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が最も高く、次いで腎臓中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高いことが確認された。これはチェルノブイリ原子力発電所事故の影響により、ヨーロッパのイノシシで確認された調査結果と同様である。

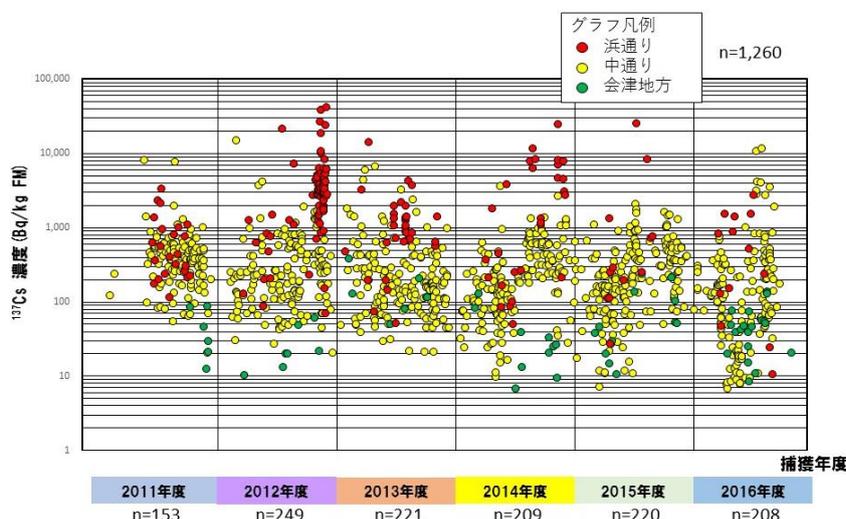


図 15 イノシシの筋肉中における  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化 (地方別) (福島県 2011-2016 年度)

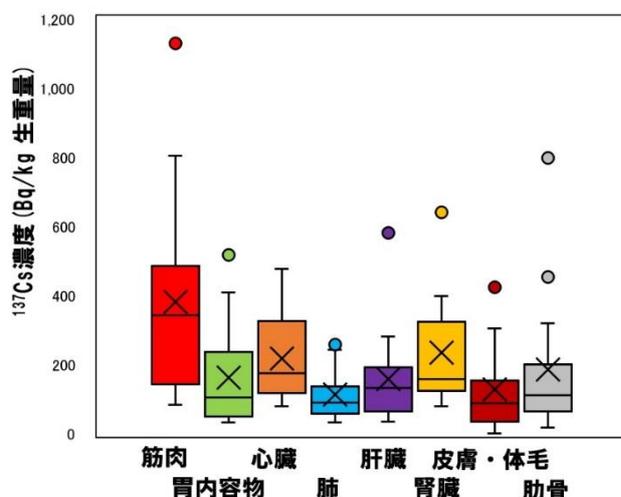


図 16 イノシシの主な臓器別  $^{137}\text{Cs}$  濃度 (福島県中通り 2015-2016 年)

今回の調査結果から、イノシシ1個体に含まれるr-Cs含量推定については、安全側に立って、個体重量のうち多くの割合を占める筋肉中のr-Cs濃度と個体重量から推定する方法が妥当であると考えられた。

### (3-2) 実施における放射性セシウムの挙動と周辺環境への影響評価

イノシシのモモ肉中のr-Cs濃度は、浪江町では150~50,000Bq/kg、飯館村では3,300~42,000Bq/kgであり、個体差が大きかった。図17に発酵床のr-Cs濃度の変化を示す。両地点ともにイノシシの分解が進むにつれて発酵床のr-Cs濃度が上昇しており、これはイノシシ個体中の分解された組織が徐々に発酵床へ移行したことが原因と思われる。イノシシの分解は4週間後にはほとんど完了するが、繰り返し処理を継続していくと、発酵床中にr-Csが蓄積する。そのため、実際に運転する際には、発酵床のr-Cs濃度が上がり過ぎないように、新たな発酵床との定期的な入れ替え作業が必要になる。

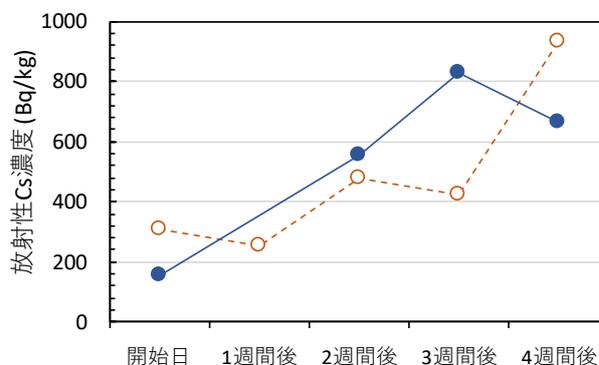


図17 発酵床のr-Cs濃度

●：浪江町、○：飯館村

発酵床のr-Cs濃度上昇に伴う作業環境の変化については、空間線量率は若干上昇するもののレベルは低く、発酵床濃度を指定廃棄物の基準である8,000Bq/kg以下に制御すれば、電離則上の管理区域指定の基準である $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下で十分管理できると考えられる。また、吸入性粉じん濃度、空气中r-Cs濃度についても、極めて低く問題ないレベルであった。これらの結果から、高温生物処理において放射線被ばく対策の観点からは特別な保護具等の着用は必要ないと思われるが、アンモニア等の臭気や衛生対策の面から、作業中のマスクや手袋等の着用は必須である。

### (3-3) 高温生物処理における放射性セシウムの菌床中蓄積とその管理

福島県浪江町での実証試験で得られたデータを元に、r-Csを体内に含有するイノシシを高温生物処理によって減容化することを想定した場合に、繰り返し処理に伴うr-Csの蓄積状況について推定した結果を図18に示す。実証試験では、初期イノシシ量が178.2kg、発酵床量が9,010kgであり、分解率等から物質収支を計算した結果、1処理プロセスあたりの後段プロセスへと移行する残さ量(余剰発酵床と骨の合計)は113.6kgとなった。発酵床及び後段移行分のr-Cs濃度は、約40回の繰り返し処理によって8,000Bq/kgを超える試算となった。発酵床中のr-Cs濃度は、投入される個体のサイズもしくは

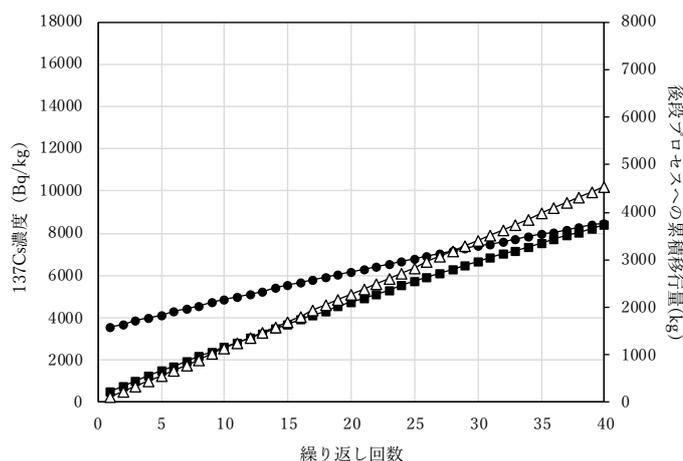


図18 r-Csを含むイノシシの高温生物処理における蓄積挙動(浪江町条件)

△：累積後段移行量、■：発酵床r-Cs濃度、●：後段移行分r-Cs濃度

はr-Cs濃度に応じては敏感に変化することから、作業安全・生活環境安全上の観点、ならびに後段の処理プロセス(焼却処理等)での受け入れ基準の遵守の観点からは、発酵床の入れ替え等を含む入口側での制御による管理が効果的であることが示唆された。また、適正な高温生物処理を進めるために、継続的な発酵床

あるいは後段移行分の r-Cs 濃度や施設内の空間線量率のモニタリングが求められる。

#### (3-4) 「福島県における放射性セシウムを含む捕獲イノシシの適正処理に関する技術資料」の作成

本研究で得られた成果や別途調査等による成果をもとに、福島県を中心に問題となっている r-Cs を含む捕獲イノシシの適正処理方法について、すでに新たに導入あるいは検討されている処理方法も含めた考えられうる主要な処理方法ごとに、臭気や r-Cs などの生活環境保全対策や実際の工程の注意点等について技術資料としてとりまとめた。

技術資料で整理した捕獲イノシシの主要な処理方法としては、①粗大ごみ用の破砕機でイノシシを小片に切断して既存の一般廃棄物焼却施設に処理する方法、②微生物による発酵活動を利用した生物処理により軟化あるいは減容化して焼却処理あるいは埋立処分する方法、③動物専用焼却炉を新たに設置して焼却処理する方法、④捕獲現場等で埋設処理する方法、の4つである。コスト面を考慮すると①が最適な処理方法と言えるが、各地域の捕獲数量やイノシシを受け入れ可能な既存施設の有無、新たな施設を整備する場合の用地確保や予算確保、捕獲者や関係事業者の協力関係、地域住民の理解等の様々な状況を総合的に勘案して、適切な処理方法を選択することが望まれる。各処理方法を検討するうえで必要となる生活環境保全対策としては、臭気、r-Cs、鉛（銃弾に含まれる）、感染症の4つを対象とし、本研究やその他調査で得られた知見等も入れ込みながら整理した。技術資料は市町村が捕獲・処理計画等を検討する際に活用することを想定しており、関連機関のホームページで公開する予定である（2018年5月中を想定）。

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

捕獲鳥獣を円滑に搬出し廃棄物処理システムと効率的に接続させて処理を進める上での阻害要因などを、全国的な実態把握と詳細な事例調査を通して、社会経済的および技術的観点から俯瞰的かつ構造的に明らかにし、それらの阻害要因を解消するための方策や将来望まれる事業スキームを論理的に導出した最初の研究成果として重要な意義がある。

また、減容化処理方法としてコスト面で優位性があると考えられる高温生物処理技術に着目し、詳細な実験的検討を通して、生活環境保全の面から臭気物質等の挙動を科学的に明らかにしてことに意義がある。

さらに、事故由来の放射性物質（放射性セシウム）を含む捕獲鳥獣、特に福島県における捕獲イノシシの適正処理方策を提示するために、高温生物処理技術の適用における放射性セシウムの挙動を実験的に初めて明らかにし、その実用的な管理方法を提示したことは、工学的応用面での大きな意義がある。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

放射性セシウムを含む捕獲イノシシの高温生物処理については、本研究の成果の一部にもなっているが、環境省福島地方環境事務所が実施した減容化実証事業と連携して検討を行った。環境省実証事業の企画立案には本研究の基本的な考え方が参考にされており、実証事業の詳細計画に本研究の実験手法等が参考にされた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究で提示した捕獲鳥獣の適正な処理システムの実現に向けた方策や事業スキームは、今後、ガイドブック等として全国的に広く周知、普及啓発することによって、今後国や自治体等で計画される関連事業の設計に活用されることが期待される。

また、適正処理の一方法として有効性が期待される高温生物処理技術の導入にあたって、本研究の成果が設備の設計等に技術的側面から参考にされることが期待される。

さらに、放射性セシウムを含む福島県の捕獲イノシシの適正処理については、本研究で得られた知見を踏まえて取りまとめた技術資料の公開により、今後福島県や県内自治体を実施する捕獲イノシシ処理事業の適切な計画づくりに大きく貢献するものと考えられる。加えて、福島県外でも同様の問題を抱える近隣の県においても活用可能である。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

#### <査読付論文>

特に記載すべき事項はない

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない

### (2) 主な口頭発表 (学会等)

- 1) T. ISHIGAKI, S. OCHIAI, M. OSAKO, M. YAMADA: 2016 Spring Conference of the Korea Society of Waste Management (2016) “Concept of Appropriate Treatment of Captured Wildlife in Conjunction with Waste Treatment System.”
- 2) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：平成 29 年度廃棄物資源循環学会春の研究発表会 (2017) 「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築－生態系サービスに貢献する廃棄物研究とは－」
- 3) 福田はるか、木下一成、鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩：日本哺乳類学会 2017 年度大会 (2017) 「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 4) 福田はるか、木下一成、鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩：第 23 回「野生生物と社会」学会 (2017) 「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 5) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：第 39 回全国都市清掃研究・事例発表会 (2018) 「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 6) 大町仁志、根本唯、斎藤梨絵：第 65 回日本生態学会 (2018) 「イノシシ体内に含まれる放射性セシウムについて」
- 7) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：平成 29 年度廃棄物資源循環学会関東支部講演会・研究発表会 (2018) 「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築－生態系サービスに貢献する廃棄物研究とは－」

## 7. 研究者略歴

研究代表者：山田 正人

京都大学大学院修了、工学博士、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター国際廃棄物管理技術研究室室長

研究分担者

1) 岩淵 和則

北海道大学大学院修了、博士（農学）、現在、北海道大学大学院農学研究院教授

2) 石垣 智基

大阪大学大学院修了、博士（工学）、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター国際廃棄物管理技術研究室主任研究員

3) 大迫 政浩

京都大学大学院修了、工学博士、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター長

4) 深澤 圭太

横浜国立大学大学院修了、博士（学術）、現在、国立環境研究所生物・生態系環境研究センター生物多様性評価・予測研究室主任研究員

5) 大町 仁志

東北大学大学院修了、理学修士、現在、福島県環境創造センター主任研究員

6) 落合 知

山梨大学大学院修了、博士（工学）、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター国際廃棄物管理技術研究室特別研究員

## II. 成果の詳細

### II-1 捕獲鳥獣の発生分布と収集運搬ロジスティクスに関する研究、自治体等による総合的な適正処理システムの構築

#### [要旨]

鳥獣捕獲数が多い道県および市町村の実態を調査し、捕獲数の増加と共に有害捕獲制度による実績が増加している実態を明らかにした。また、鳥獣捕獲数の季節変動が、鳥獣の生態学的要因以外に捕獲者側の人的要因に影響されることを明らかにし、処理システム設計上の基礎資料として提供できた。

処理規模やコスト評価の基礎となる捕獲個体の重量については、文献調査や個別の市町村等の調査から、成長段階や雌雄、季節、地域による違いなども勘案しながら、その目安を平均重量としてまとめた。

捕獲場所からの搬出実態や処理または利活用までの詳細な実態を、課題点も合わせてアンケート調査やヒアリング調査により情報収集した。その結果、現状の処理フローは、自家消費、廃棄物処理、利活用の大きく三パターンに類型化できた。また、捕獲・搬出については、不法投棄や報奨金の不正受給、止め刺しや切断等の捕獲者の負担、受け入れ施設の未整備や料金などが課題であり、捕獲者の作業負担低減と経済的インセンティブを与える方策を提示した。また不正受給の温床となっている報奨金手続きについては、仕分けセンターとして有害捕獲した個体をすべて集約する施設の設置を提案した。利活用の促進については、食肉等加工の際に生じる残渣の低コストな処理や経済的な優遇措置が必要であり、特に、既存の一般廃棄物処理施設への円滑な受け入れ、高温生物処理などの新たな減容化技術の適用などが求められる。

類型化した処理フローのパターンごとに処理プロセスについて細分化し、それぞれのイニシャルコスト及びランニングコストを推計した結果、コスト面においては既存の一般廃棄物処理システムを活用することが有利であることを示した。

以上の結果をもとに、今後望まれる適正な捕獲鳥獣処理の事業スキームとして、全頭搬出・処理重点型システムと持続的全頭利活用型システムを提案し、被害対策の観点から鳥獣の生息数を減らすことが優先とされる現段階では前者のシステムを選択し、生息数減少後に後者のシステムに移行していくことが、鳥獣被害対策と持続的な資源利用の両立を実現していくための方向性であると結論付けた。

#### 1. はじめに

近年、シカやイノシシなど有害鳥獣による農作物や森林植生等の被害が深刻化しており、農作物被害額は年間 200 億円前後で推移している<sup>1)</sup>。環境省及び農林水産省は平成 25 年度と比較して「平成 35 年度までにシカ及びイノシシの生息数を半減させる」<sup>2)</sup>という目標を設定し、有害鳥獣の捕獲強化に向けた様々な支援や施策を推進している。しかし、捕獲後の処理体制については整備が進んでおらず、捕獲者の大きな負担になっており、捕獲活動を効果的に進めるためにも負担軽減が求められている<sup>3)</sup>。

捕獲後の処理については、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律（鳥獣保護管理法）により捕獲場所での放置が禁止されており、原則として捕獲場所から持ち帰ることとされているが、持ち帰ることが難しい場合は生態系に影響を与えないような適切な方法で埋設することができる。捕獲場所から搬出された場合は一般廃棄物に該当するため、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）の中で市町村が処理責任をもつ。捕獲個体の有効利用のためのジビエといった食肉利用等の工夫もされているが、現状の主な処理方法は埋設処理または焼却処理であり、食肉利用の割合は低い。埋設作業は重労働であり、埋設地も不足していることから捕獲場所周辺に放置される事案が報告されており、臭気の発生や動物の誘因等の影響が懸念される。そのため捕獲個体を適正に処理するためには捕獲場所から搬出して焼却処理することが望

ましいが、搬出作業の負荷も大きく、搬出しても焼却施設において受け入れできない場合や持ち込み料金が  
必要になる場合がある。また、食肉利用しても一定量の解体残渣は発生し、産業廃棄物であるため食肉加工  
施設の経営を圧迫する要因となる。

## 2. 研究開発目的

本研究では、有害鳥獣（シカ及びイノシシを指す）の捕獲個体を適正かつ効率的に処理するために、一般  
廃棄物焼却施設との連携を意識した処理システムを構築することを目的とした。

適正かつ効率的な捕獲鳥獣の処理システムを提案するために、捕獲個体の搬出量や処理施設の規模を決定  
する際に重要となる鳥獣捕獲数の推移状況や季節変動あるいは日変動を確かめる必要がある。また、全国各  
地で捕獲個体の処理方法は様々であるため、現状の処理フローを類型化してそれぞれの課題点を洗い出し、  
さらに各処理プロセスのコスト推計も必要となる。コスト推計には捕獲個体の重量に関する情報も必要とな  
る。これらの検討項目について、全国の数自治体を対象にした実態調査や関連する文献調査を行った。

## 3. 研究開発方法

### (1) 鳥獣捕獲数に関する実績調査

全国の中でも特に鳥獣捕獲数が多い北海道、兵庫県、長崎県を調査対象とし、鳥獣保護管理計画及び農業  
被害防止計画に基づく鳥獣捕獲数の実績と将来の必要捕獲数に関する情報を収集した。また、鳥獣捕獲数の  
季節変動を確認するために、3道県において市町村単位の月別の鳥獣捕獲数に関する情報を収集した。日別  
の鳥獣捕獲数については3道県から情報を得られなかったため、シカは長野県P市、イノシシは福島県Q市  
より個別に情報提供いただいた。得られた結果をもとに自治体の担当者や狩猟者、専門家等の関係者へのヒ  
アリングを行い、鳥獣捕獲数の季節変動あるいは日変動の要因を考察した。

### (2) 捕獲個体の重量に関する調査

捕獲個体の重量に関する情報を取りまとめている自治体は少ないため、文献調査を行った。また、X広域  
連合（北海道E市）の動物専用焼却炉に搬入されたエゾシカの重量、長野県P市のペットフード加工施設に  
搬入されたニホンジカの重量、福島県Q市で捕獲者から報告されたイノシシの重量に関しては詳細な情報が  
得られたため、文献調査の結果と合わせて整理した。重量は成長段階や雌雄、季節、地域によって大きく異  
なり、得られた情報は限定的ではあるが、コスト試算のための目安の平均重量としてまとめた。

### (3) 捕獲・搬出および処理フローに関する事例調査

捕獲鳥獣の処理フローを類型化するために、(1)で対象とした3道県から各5市町村を選定し、捕獲場  
所からの搬出実態や処理または利活用のための搬出先、輸送状況、処理施設における受け入れ要件、各処理  
コスト等、それぞれの課題点も合わせてアンケート調査や電話調査により情報収集した。また、選定した計  
15市町村の中から数市町村を、さらに3道県以外の地域からも数市町村を選定して現地調査を行い、自治  
体担当者や捕獲従事者、処理施設関係者等へのヒアリングを行った。

### (4) 各処理プロセス・シナリオのコスト推計

(3)で整理した処理フローを搬出や焼却などの処理プロセスに細分化し、それぞれのイニシャルコスト  
及びランニングコストを推計した。推計した処理プロセスのコストを、実際に起こりうる処理シナリオとし  
て繋げて合算し、最終的にコスト面において有利な処理シナリオを考察した。コスト推計に使用したデータ

は、(3)の事例調査で得られた情報や、公表されているマニュアル等の資料から適宜引用した。なお、現場での埋設や搬出作業は捕獲者が行うため本来は人件費がかからない(捕獲報奨金に含まれている)が、捕獲者の労力に大きく関わる作業であるため、ここでは林野庁森林整備保全事業標準歩掛を用いて、人件費として推計した。

#### 4. 結果及び考察

##### (1) 鳥獣捕獲数の推移、変動要因

##### (1-1) 鳥獣捕獲数の推移

##### A) 北海道

エゾシカの個体数は明治初期の乱獲や大雪により一時は絶滅寸前まで減少したが、昭和末期から平成にかけて急増し、農林業に甚大な被害を与えた。道全体の捕獲数は平成24年のピークに約12,000頭~14,000頭の間を推移し、平成25年以降は捕獲数に占める有害捕獲の割合が増加して狩猟が減少した。平成27年の推定生息数は47万頭であり、ピークの66万頭から19万頭減少した。エゾシカの捕獲数は積雪量が少ない場所ほど多く、エゾシカの主要な越冬地と重なっている。振興局別の有害捕獲数は釧路地区と日高地区が他の地域に比べて多い。図1-1に両地区における5年間の各市町村のエゾシカ捕獲数を示す。北海道エゾシカ管理計画では、メスジカの積極的捕獲を進めており、目標捕獲数は、東部地域で約50,000頭、西部地域で40,000頭以上、南部地域で1,000頭以上と設定されている。

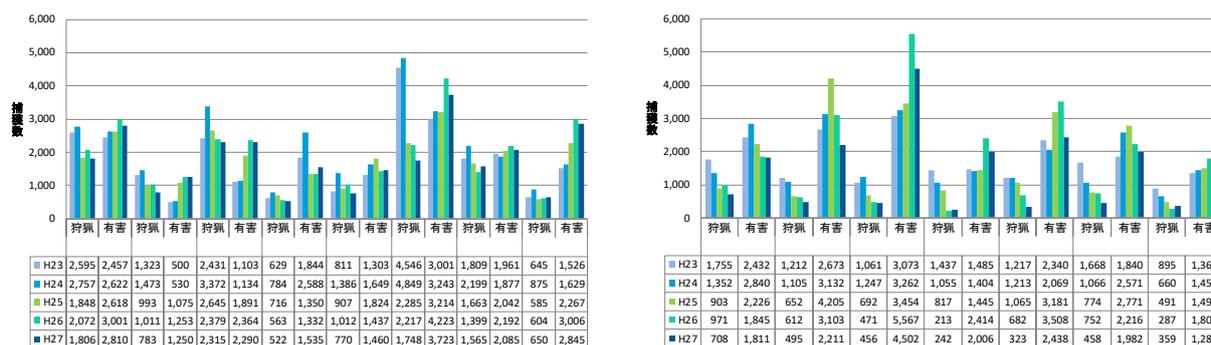


図1-1 5年間の各市町村のエゾシカ捕獲数(左:釧路地区、右:日高地区)

##### B) 兵庫県

兵庫県では昭和50年代から急増したシカによる農林業被害に対応するため、平成6年度から全国に先駆けてメスジカを狩猟獣とした。県内の推定生息数は平成25年度で本州部133,059頭、淡路地域5,923頭である。平成24年度から平成26年度まで約6,000頭ずつ全体捕獲数が増加し、高止まりした平成27年度では45,569頭である。狩猟期でも報奨金が出るため、狩猟による捕獲の割合が平成27年度で55%と他県と比べて高い水準である。地域ごとでは、光都、朝来、豊岡の捕獲数が多く、光都では特に狩猟による捕獲の割合が高い水準であるが、有害捕獲の割合が年々増加している。図1-2にG市(光都)、R市(豊岡)、F市(朝来)における5年間のシカ捕獲数を示す。



図 1-2 5年間の各市町村のシカ捕獲数 (左：G市(光都)、中：R市(豊岡)、右：F市(朝来))

兵庫県におけるシカの年間目標捕獲数は年々増加傾向にあり、平成 28 年度からは 45,000 頭を設定している。淡路島では、狭い地域に高密度で生息しているため、存続可能最小個体数 (MVP:1,000 頭) 以上を確保しつつ、直近の捕獲実績に応じた捕獲目標頭数を設定している。

イノシシによる農業被害金額は、平成 22 年度以降、本州部地域で 2 億円、淡路地域で 4~5 千万円近傍で推移している。生息密度の高い北但馬、淡路地域のほか、神戸、阪神北、北播磨、西播磨、丹波地域など広い範囲で農業において大きな被害が発生している。また、市街地においても餌付けにより人慣れしたイノシシが出没し、人身被害や苦情が多発している。県内の捕獲数は増加傾向にあり、平成 27 年度で有害捕獲が 10,382 頭、狩猟が 8,979 頭である。有害捕獲の割合は 51~54%と 3 年間で大きな変化はない。シカと異なり狩猟期間に報奨金が出ないが、自家消費やイノシシ取り扱い業者への販売のため、イノシシを捕獲する者が一定数存在する。光都、豊岡および淡路(洲本)地域において有害捕獲数が多い。図 1-3 に平成 27 年度の各市町村のイノシシ有害捕獲数を示す。平成 28 年度の年間目標捕獲数は 15,000 頭である。毎年調査している目撃効率をフィードバックしながら目標捕獲数を計画している。

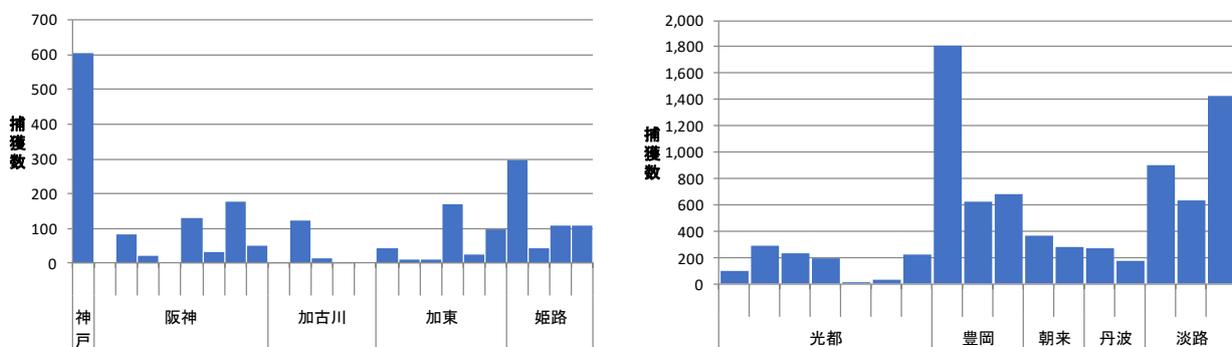


図 1-3 平成 27 年度の各市町村のイノシシ有害捕獲数

C) 長崎県

長崎県において、シカによる農林業被害額は平成 12 年度では 1.6 億円を超えていたが、平成 25 年度には 1,000 万円以下にまで減少した。平成 23 年度のシカの狩猟による捕獲数 1,009 頭の約 7 割が対馬市内であったが、平成 24 年度以降はほとんどが有害捕獲による捕獲に移行した。捕獲計画数は平成 28 年度県全体で 11,355 頭であり、対馬市が最も多く 7,000 頭を占める。

イノシシは、昭和 50 年代中頃までは一部地域のみ分布していたが、平成 6 年頃から分布を拡大し、現在では島嶼部を含む県内全域で生息が確認されている。分布が拡大するにつれ、山間地域を中心に農作物等の被害が発生・増加し、農業経営に深刻な影響を与えている。また、近年は市街地へのイノシシの出没によ

る生活環境被害や人身への被害も生じている。95%以上の捕獲が有害捕獲である。イノシシ捕獲数は平成27年度で37,827頭であり、全国的にも大きい。平成26年度まで捕獲数は減少傾向であったが、平成27年度には増加した。図1-4にK市、M市、O市における5年間の各市町村のイノシシ捕獲数を示す。

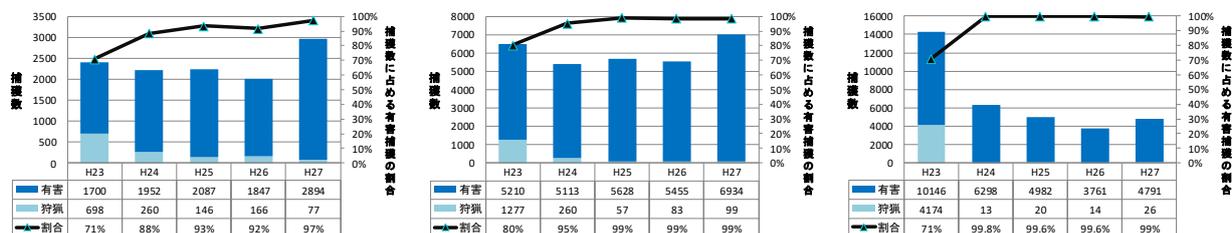


図1-4 5年間の各市町村のイノシシ捕獲数（左：K市、中：M市、右：O市）

長崎県で捕獲されるイノシシは、約6割が20kg以下の幼獣や亜成獣の捕獲であり、繁殖を行う成獣の捕獲が少ないため、生息数を減少させるまでに至っていないことが懸念されている。平成27年度の捕獲計画数49,433頭に対する捕獲の達成率は県全体では約7割であった。

(2-2) 鳥獣捕獲数の季節変動及び日変動の要因

A) 季節変動（月別捕獲数）

図1-5～8に調査した各道県の市町村の月別有害捕獲数の例を示した。これら捕獲数の変動は同地域・同獣種で同様であったが、異なる地域と獣種では一定の傾向はみられなかった。変動の要因としては鳥獣の生態に起因する要因と捕獲者などの人的要因が考えられた。

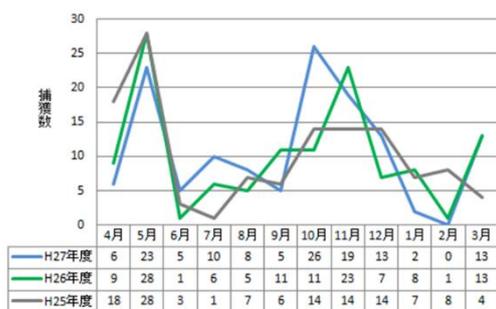


図1-5 北海道A町（シカ）

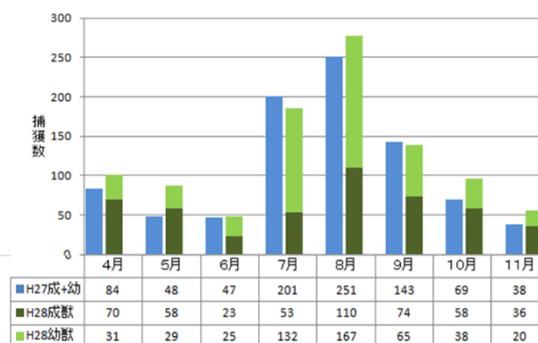


図1-6 兵庫県H市（イノシシ）

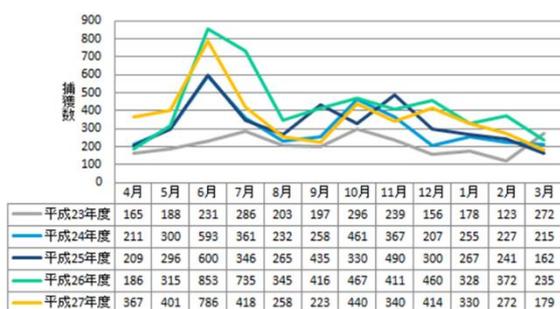


図1-7 長崎県O市（シカ）

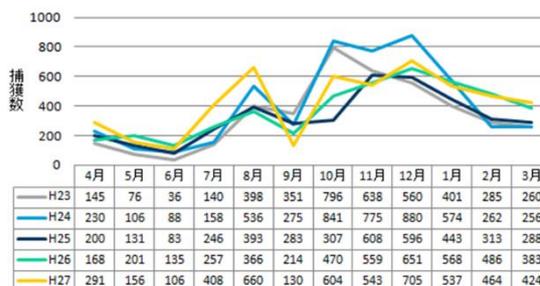


図1-8 長崎県L市（イノシシ）

鳥獣の生態に起因する要因としては、栄養状態と山林における食物の豊富さ、繁殖、出産期、幼獣の出現、農作物や人間の食物への執着状況などがあり、図 1-5 のエゾシカにおける 5 月の捕獲のピークは、春先の山林の食物が限られる時期に、農作物被害が始まることによると考えられる。図 1-6 と図 1-8 のイノシシにおいて、春から初夏に捕獲数が少ないのは山林に豊富に食物があり、また出産期でメスの活動が低下するためであり、夏のピークはその年に生まれた幼獣が多く捕獲されるためであると考えられる。

人的要因としては、まず、捕獲者の数、技術及び意欲があげられる。小さな自治体では捕獲者数が少なく、技術をもった捕獲者の捕獲活動が自治体全体の捕獲数に与える影響が大きくなる。また幼獣と成獣に対して支払われる報奨金が異なるなど、報奨金の額も影響していると考えられる。また、休日のみの捕獲活動など捕獲者の就業状況も影響すると考えられ、被害農家が狩猟免許を取得した場合も、止め刺しは猟友会に依頼することが多いため同様である。捕獲作業などの肉体的負担もあり、捕獲個体の搬出や埋設が困難な地理条件など、捕獲者が高齢化している場合にその影響は強くなると考えられる。図 1-7 において 8 月に捕獲数が減少するのは、夏期は捕獲活動や搬出活動への肉体的負担が大きく、捕獲個体の腐敗が早いために避けられたためだと考えられた。お盆に殺生することを忌避した可能性もある。

## B) 日変動（日別捕獲数）

日変動を把握している市町村は少なく、長野県 P 市（ニホンジカ）及び福島県 Q 市（イノシシ）の 2 市のみデータが得られた。2 市とも平均して 1 日あたり 1 頭以上捕獲されており、捕獲方法は主にくくりわなを採用している地域である。なお、P 市のデータには近隣市町村からの施設搬入による捕獲数が含まれている。

P 市の月別捕獲数及び 1 日当たりの平均捕獲数を表 1-1、日別捕獲数を図 1-9 に示す。捕獲数の最も少ない 4 月と最も多い 6 月では平均捕獲数に約 8.7 倍の差があった。また、平日と休日で捕獲数の大きな差は見られなかった。

表 1-1 月別捕獲数及び 1 日当たりの平均捕獲数（P 市）

項目	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
捕獲数	8	43	78	62	49	39	63
1 日当たりの捕獲数平均	0.3	1.4	2.6	2.0	1.6	1.3	2.0
捕獲なし日数	23	12	3	6	8	9	6

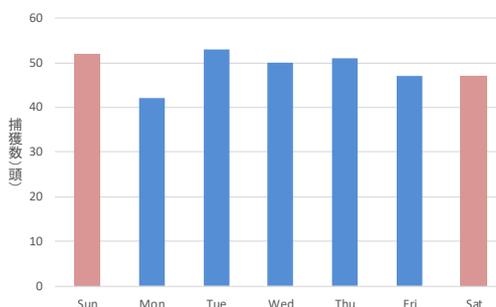


図 1-9 日別捕獲数（P 市）

4 月及び 6 月の平均捕獲数には大きな差が生じたが、5 月以降の 1 日あたり平均は 1.8 頭で安定しており、4 月を除いた場合、捕獲数の少ない 9 月と捕獲数の多い 6 月の 1 日当たりの平均捕獲数は 2 倍であった。曜日別で差が生じなかったのは、主な捕獲方法がくくりわなであることが要因であると考えられる。P

市ではわな設置後は曜日に関係なく毎日の見回りが徹底されているため、このような傾向を示したと考えられる。

Q市の月別捕獲数及び1日当たりの平均捕獲数を表1-2、日別捕獲数を図1-10に示す。捕獲数の最も少ない7月および8月と最も多い12月では平均捕獲数の差に約5.5倍の差があった。また、平日と休日で捕獲数の大きな差は見られなかった。

表1-2 月別捕獲数及び1日当たりの平均捕獲数 (Q市)

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
捕獲数	45	32	38	25	24	37	78	78	137	44	26	82
1日当たりの捕獲数平均	1.5	1.0	1.3	0.8	0.8	1.2	2.5	2.6	4.4	1.4	0.9	2.6
捕獲なし日数	6	14	10	14	13	9	3	5	0	11	13	6

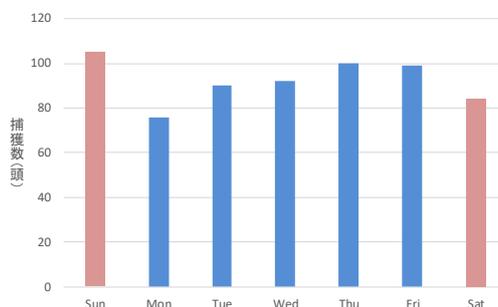


図1-10 日別捕獲数 (Q市)

Q市は夏期に捕獲数が減少し、10月～12月に捕獲数が増加する傾向にあった。12月が他の月に比べて捕獲数が突出して増加しており、何らかの影響により捕獲活動が活発化したか、くくりわなで捕獲しやすい時期であると考えられる。曜日別では日曜日と月曜日に若干の差異が見られたが、平日と休日で比較した場合は概ね同様であった。これはP市同様くくりわなでの捕獲が実施されているためであると考えられる。ただし、P市が必ず見回りを実施しなければならない制度であるのに対し、Q市は捕獲者に一任しているため、休日である日曜日に捕獲数が若干多い傾向が示された可能性がある。

P市のニホンジカとQ市のイノシシそれぞれ捕獲数のピーク時期は異なり、1日あたりの平均捕獲数の変動も異なっていた。これは捕獲制度の違いに加え、捕獲対象獣種の生態的要因が異なるためだと思われる。また、いずれのデータも1市町村の単年度実績値であることや、捕獲者の人数や技量、対象獣の生息密度、地理的条件、捕獲方法が、各市町村によって異なるため、全国の定量的な傾向としては不十分である。特に、捕獲方法がくくりわなに限定されており、箱わなや囲いわな、銃猟といった他の地域で実施されている捕獲方法が日変動に与える影響については明らかに出来なかった。処理施設の容量等を検討する際には、捕獲に関する情報は多様な人的あるいは生態的要因により変化するため、事前調査により各地域の特性を把握し、一日当たりの必要処理量を設定することが望ましい。

## (2) 捕獲個体の重量推定

### (2-1) シカ

ニホンジカは日本全土に分布し、日本産亜種として北海道にはエゾシカ、本州及び四国にはホンシュウジ

カ、九州にはキュウシュウジカが分布しており、対馬等の島嶼部にも固有亜種が分布している。一般に北部に分布している個体群ほど体のサイズが大きくなる傾向にあり、島嶼部に分布する個体群は矮小化が進んでいる傾向にあることが知られている。本研究ではニホンジカを北海道のエゾシカとその他地域のホンシュウジカの2つに分け、基準となる重量について調査を行った。

#### A) エゾシカ

ヒアリング調査等で得られたエゾシカの重量データは、X 広域連合に設置されている専用焼却炉の処理頭数と処理量 (kg) のみであり、北海道単位あるいは市町村単位では重量を把握していなかった。これに文献調査で得られたデータを加え、有害鳥獣捕獲で捕獲される個体の重量を推定した。表 1-3 に結果を示す。

表 1-3 ヒアリング調査及び文献調査で得られたエゾシカの平均重量

地域	雌雄	時期	成獣平均重量	季節変動
北海道斜里町	オス	秋	131.6kg	冬期約 30%減少
		春	92.9kg	
北海道足寄町	メス	秋	86.4kg	冬期約 25%減少
		春	64.5kg	
北海道 X 広域連合	混合	通年	64.6kg	不明

X 広域連合の処理施設データは鈴木ら(1994)の報告<sup>4)</sup>よりも軽い傾向がみられたが、これは主に交通事故死によって死亡した個体を処理しており、一部解体残滓等を含む結果であるため、平均重量を算出するに適さないデータであるとして棄却した。鈴木らの調査結果から、雌雄で大きさが異なる性的二型であり、秋期に最も体重が増大して冬期には 25~30%の重量減少が認められることが示された。また、体重等の増加が止まる成長停止年齢(オス 3 才以前、メス 2 歳以前)に達する間には、出生時の重量(約 6kg)を下限として各成長段階で多様な重量の個体が存在することが考えられる。しかしながら、ニホンジカは通常 1 仔を出産し、鳥居らの報告<sup>5)</sup>によれば満 1 歳半になるまでの死亡率は約 5 割を超えており、また銃猟が主流である北海道ではハンターが幼獣を避ける傾向があることから、捕獲数に占める幼獣の割合はそれほど高まらず、ニホンジカにおいては幼獣が捕獲重量に与える影響は少ないと考えた。以上の結果より、雌雄の平均体重を算出したところ 94kg(小数点第 1 位繰り上げ)という数値が得られた。

#### B) ホンシュウジカ

ホンシュウジカにおいても、気温が低い地域の個体ほど体格が大きい傾向にあることが知られており、平均体重は東北で 100kg、近畿で 60kg とされている<sup>6)</sup>。しかし、この数値は体格が大きくなるオスの最大重量であると考えられるため、有害鳥獣捕獲において捕獲されている個体の重量との差異が生じる可能性がある。そこで、長野県 P 市から得られた重量データ及び文献調査によってホンシュウジカの 1 頭当たりの重量を推定した。表 1-4 に結果を示す。

表 1-4 ヒアリング調査及び文献調査で得られた地域別ニホンジカの平均体重

地域	雌雄	時期	成獣平均重量	季節変動	文献
千葉県	メス	冬期	39.5±6.5kg	不明	浅田, 2014 <sup>7)</sup>
	幼獣 (0歳～1歳)	冬期	20.7±9.6kg	不明	
神奈川県 丹沢産 (飼育下)	成獣オス	8月	90～100kg	夏に最大を示し、繁殖期(9, 10月)にはオス18～28%減少、メス12～13%減少	白石ら, 1996 <sup>8)</sup>
	成獣メス	8月	50～56kg		
	亜成獣メス	10月 (交尾確認)	41～46kg		
長野県 P市周辺	雌雄混合	4月～11月	47.15kg±0.98	秋期に大きな個体が捕獲される傾向	ヒアリング
兵庫県 丹波地方	オス	9月(有害) 10月～11月	46.4kg±13.4	不明	吉村ら, 2013 <sup>9)</sup>
	メス	(狩猟)	36.3kg±9.1		

丹沢産の結果は飼育下の条件となるため、栄養状態が野生状態よりも良好と考えられるため参考値として取り扱った。また、千葉県の幼獣についてはエゾシカ同様捕獲数に大きな影響がないとし、重量算出の数値には採用しなかった。千葉県メス、長野県P市、兵庫県丹波地方の雄雌混合した重量の平均値を算出すると、1頭あたり42kg(小数点第1位繰り上げ)という数値が得られた。この数値は関東から近畿までのホンシウジカにおいて適応するものであり、より個体の大きい東北、また小さくなると考えられる九州及び島嶼部については、当該地域で捕獲される個体の大きさを再度検討することが望ましい。

## (2-2) イノシシ

イノシシは、本州、四国、九州、淡路島にニホンイノシシ、奄美諸島以南ではリュウキュウイノシシが分布している。中国山地産のニホンイノシシでは成獣オスの重量が50～150kg、リュウキュウイノシシでは40～50kgであり、メスの重量は体重比20～40%程度小さくなるとされている<sup>10)</sup>。本研究では、九州以北で有害鳥獣として問題となっているニホンイノシシを対象として、重量の及び季節変動等の調査を行った。

### A) 成獣と幼獣の区分

イノシシの出産時期は一般的に春であり、500g～800g程度の幼獣を4頭程度出産することが知られており<sup>11)</sup>、多産であることからシカと比べると生息数の変動が大きい。イノシシは主にわなを用いて捕獲されるため捕獲数に占める幼獣の割合(以下、幼獣率とする)が多く、その変動も大きいと考えられる。また、シカと比べると成獣と幼獣の重量差が大きいことも踏まえ、本研究ではイノシシの平均重量は成獣と幼獣に分けて算出することとした。

有害鳥獣捕獲では、報償金額を幼獣と成獣で区分している地域が多いが、その判断方法は生後半年程度の幼獣に見られる瓜のような縞模様の有無で判断しており、自治体等で重量に関するデータを保有していることは全国的に少ない。環境省による「イノシシの保護及び管理に関するレポート(平成28年度版)」<sup>12)</sup>によると、長崎県のイノシシにおいては生後1年まで20kgを超える幼獣が出現しなかったと報告されている。また、兵庫県においても生後6か月まで大多数の個体で重量が25kg以下だったことが報告されてい



## D) 幼獣率の季節変動

Q市における幼獣（20kg以下）の捕獲数は144頭であった。また5月～9月の期間は20kgに達しない個体が多く捕獲される傾向にあった。7月及び9月の幼獣率は45%を超えており、他の月に関しても幼獣が出現しない月はなかった。Q市の月別の成獣及び幼獣捕獲数と幼獣率を表1-5に示す。

表1-5 Q市の成獣、幼獣別捕獲実績（月別）及び幼獣率

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
成獣	39	29	32	11	21	19	53	55	106	42	25	67	502
幼獣	6	3	6	14	3	17	26	20	31	2	1	15	144
幼獣率	13%	9%	16%	56%	13%	47%	33%	27%	23%	5%	4%	18%	22%

次に、兵庫県H市における月別の成獣及び幼獣捕獲数と幼獣率（有害鳥獣捕獲事業期間のみ）を表1-6に示す。幼獣率は常に30%を超えており、6月～9月にかけて高い割合を示した。なお、重量データはないが、体毛の模様で成獣と幼獣の判断をしているため、幼獣の区分に20kgを超える個体は含まれないと考えられる。

表1-6 H市の成獣、幼獣別捕獲実績（月別）及び幼獣率

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
成獣	69	58	23	54	109	73	63	449
幼獣	31	30	25	131	169	65	38	489
幼獣率	31%	34%	52%	71%	61%	47%	38%	52%

以上の2市の結果から、幼獣率は季節変動があり、地域によっても変動するが、夏期（5～10月）に上昇する傾向にある。これは春に誕生した幼獣が活発に活動を始める時期と一致する。

## (2-3) 市町村ごとの捕獲重量の見積もり

2-2で暫定的に算出した平均重量を用いて、ヒアリング調査の対象とした市町村ごとの捕獲数（平成27年度実績）から想定される捕獲個体の年間総重量を算出した。使用する平均重量値を表1-7に示す。ヒアリング調査対象のうち0市は島嶼部であり、ニホンジカ及びイノシシのサイズが島嶼化しているため除外した。なお、イノシシの幼獣率はH市及びQ市の年間平均値である35%を暫定値として使用した。

表1-7 重量の見積りに使用する暫定的な平均重量

獣種	平均重量	適応地域
エゾシカ	94kg	北海道
ホンシュウジカ	42kg	北海道以外の地域(島嶼部除く)
イノシシ成獣	51kg	分布全域(島嶼部除く)
イノシシ幼獣	15kg	分布全域(島嶼部除く)

ニホンジカの年間総重量の算出結果を表1-8に示す。エゾシカとホンシュウジカでは平均重量が大きく異なり、処理重量に換算した場合は北海道の100頭規模は本州における300頭規模と同等であることになる。そのため、処理方法等を検討する際、捕獲数のみで他地域を参考に処理施設を設計した場合、実際の処理量を大きく見誤る可能性がある点に注意が必要である。また、本州においても北部や標高の高い地域ほど体格が大きく、南下するほど体格が小さくなる傾向があるため、北海道と本州の区分に限らず、実際の該当地域において捕獲個体の重量分布等を事前に把握しておく必要がある。

表 1-8 ニホンジカの年間総重量見積もり

北海道（エゾシカ）			兵庫県（ホンシュウジカ）		
市町村名	捕獲数（頭）	重量（kg）	市町村名	捕獲数（頭）	重量（kg）
A 町	130	12,220	F 市	1,892	79,464
B 町	1,000	94,000	G 市	1,767	74,214
C 町	2,006	188,564	H 市	315	13,230
D 町	306	28,764	I 市	433	18,186
E 市	2,550	239,700	J 町	176	7,392

イノシシの年間総重量の算出結果を表 1-9 に示す。捕獲個体を全て成獣として算出した場合と幼獣率 35% を加味して算出した場合を比較したところ、処理重量に大きな差異が生じることが明らかになった。また、地域や季節によっては 35% よりも幼獣率が高い場合もあることから、処理量の誤差を防ぐために、捕獲数の区分として幼獣を設定することは必要であると思われる。また、イノシシにおいても地域によって体格差が生じるため、実際の捕獲個体の重量を事前に把握しておくことが重要である。

表 1-9 イノシシの年間総重量見積もり

市町村名	捕獲数（頭）	重量（kg） （全て成獣）	重量（kg） （幼獣率 35%）	増減（kg）
K 市	2,894	147,594	111,130	36,464
L 市	1,000	51,000	38,400	12,600
M 市	5,028	256,428	193,075	63,353
N 市	2,521	128,571	96,806	31,765

### （3）捕獲鳥獣の処理フローの類型化と事例調査に基づく課題整理

#### （3-1）類型化、課題整理

被害計画等の調査により、処理を主軸として大きく 3 つのパターンに区分したフロー図 1-13 を作成した。各パターンが適用される条件や課題等について、アンケート調査や現場ヒアリング等による事例調査等に基づいて整理し、表 1-10～1-12 に示す。

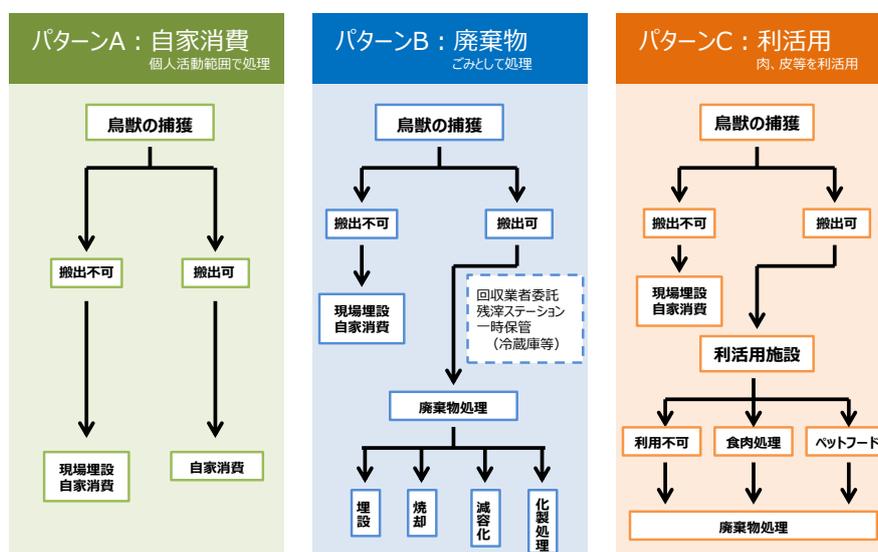


図 1-13 有害捕獲鳥獣の処理フロー図

表 1-10 パターン A 自家消費（個人活動の範囲で処理）

適用状況	処理施設がない地域や、地形的に捕獲個体の搬出が難しい地域に多いパターンである。捕獲者の高齢化に伴い、体力的に搬出がますます難しくなる。捕獲者から自治体への申請書類では、自家消費と現場埋設を区分している場合が多いが、確認できないため、放置個体の問題が発生しやすい。
負担	捕獲者：大 行政：小
コスト	捕獲者：小 行政：小
メリット	コストが抑えられる。
搬出における課題	搬出困難地域であることが多い。搬出は捕獲者の意識によるところが大きく、インセンティブやペナルティ等が必要である。捕獲者の高齢化により搬出可能な範囲がさらに狭まる。
処理における課題	個人活動の範囲では処理数に限度がある。有害捕獲時期の、特に夏期は捕殺から1時間程度で個体の腐敗が始まるため利用は難しい。環境に影響を与えない適切な埋設をする場合は、捕獲者への負担が大きく、適切な埋設場所の選定が難しい。搬出から処理までの負担の大きさが、捕獲数を制限する可能性がある。

表 1-11 パターン B 廃棄物処理（ごみとして処理）

適用状況	利活用施設がない地域や、食肉として利用する文化がなく、指定の埋設場所、焼却施設、減容化施設、化製処理施設が近隣にあり、受入条件が整っている地域に多い。処理費用は市が負担していることが多い。
負担	捕獲者：中 行政：中
コスト	捕獲者：中 行政：大
メリット	現場埋設による捕獲者の労力の軽減し、捕獲個体の放置を防止する。捕獲個体の状態及びその後の処理を気にすることなく捕獲が進められる。また、捕獲と搬出で分業制をとりやすい。
搬出における課題	捕獲場所から搬出先まで距離がある場合、捕獲者又は搬送者の搬出と運搬の負担が大きくなる。効率的な搬送のためには、一時保管設備を整備する必要がある。受入時間や土日祝等の休業日があり、施設の受入に制限がある。
処理における課題	<p>全般：設備設置や処理運営の費用が必要。施設の周辺住民が抱く臭気の心配や動物死体を持ち込むことへの嫌悪感から、設置場所が制約される。広域で施設を設置する場合、設置場所からの距離により、利用状況に偏りが生じることもある。</p> <p>埋設：埋設出来る場所は限られる。他の動物による掘り起こしや臭気等の問題が生じることがあるため、適切な管理が必要。</p> <p>一般廃棄物焼却施設の利用：施設の設備や処理方式によって投入できない場合がある。サイズや重量の受入制限があると、細断等の捕獲者の作業負担が発生する。有害捕獲においても処理費の一部を捕獲者が負担する場合がある。</p> <p>有害鳥獣専用焼却炉：一度に焼却できる量が限られるため、処理量を調整するための一時保管が必要。施設設置や燃料等に必要な多大なコストがかかる。</p> <p>発酵減容化処理：コストは小さいが、臭気問題等により立地場所がより限定される。発酵床は堆肥等に利用出来ず、ごく少量ではあるが焼却する必要がある。</p> <p>化製処理（レンダリング）：野生動物の肉骨粉等はラインを別にすることがあり、民間企業との連携が重要。シカの肉骨粉については利用できない。（イノシシは飼料または肥料として利用可能）</p>

表 1-12 パターンC 利活用（食肉、ペットフードなど）

適用状況	食肉利用の場合、ガイドラインに沿った施設を作る必要がある。有害鳥獣対策のジビエ活用推進として、国から加工施設設置費用や無料で受講できる研修会の開催などが行われているため、新規で設置しやすくなった。北海道では、民間で大規模食肉加工施設が運営されている。食肉は給食で提供されたり、シカ、イノシシを使ったまちおこし等に利用されている。市町村営、民間への運営委託、民間施設に対して補助金を出す等、運営主体と規模は地域によって様々である。食肉のほか、ペットフードの原料としても需要がある。野生鳥獣を食べる文化が定着していない地域では進めることが困難である。
負担	捕獲者：大 行政：中 処理主体：中
コスト	捕獲者：中 行政：中 処理主体：大
メリット	食肉やペットフードへの利用で、肉や内臓等、個体の3分の1程度を資源として有効利用できる。収益が出れば、残滓処理に係るマイナス分を補うことができる。
捕獲における課題	全般：捕獲方法や血抜き等の処理が肉質に影響するため、利活用を前提とした捕獲を行う必要があり、捕獲者の負担が増える。 銃猟：着弾位置によって利用不可個体になるため、高度な捕獲技術が求められる。捕獲後速やかに加工施設に搬入する必要があるため、一度の猟で捕獲出来る頭数が制限される。 わな猟：わなに掛かると時間が経つほど個体が暴れ、打ち身等により肉質が低下するため、こまめに見回りが必要である。
搬出における課題	加工施設が捕獲場所から離れている場合、搬出しても肉として利用することが出来ない。特に夏場は1時間程度で個体の腐敗が始まる。自治体や加工施設で定められているガイドライン等では、野外での解体、内臓等の摘出は認められていないため、個体を丸ごと搬出する必要がある。施設の定休日や営業時間によって持ち込みが制限される。
処理における課題	持ち込まれた利用不可個体と、頭、内臓、骨等、個体の3分の1程度は残滓の処分が必要となる。1日当たりの搬入数、利用可能な肉の正味量の予想が難しい。常勤の処理従事者が必要。

### （3-2）課題を解決するための方策の整理、搬出に影響する因子の整理

以上の表に示されたように、搬出や処理等の各処理プロセスにおいて様々な課題が挙げられた。処理プロセスの中でも特に課題となり得る「捕獲及び搬出」、「報奨金手続き」、「利活用」、「廃棄物処理」について、課題を解決するための方策を考察した。また、捕獲場所からの搬出に関しては、A、B、C全ての処理パターンに関わり、自治体担当者等へのヒアリング調査においても課題として挙げられることが多かった処理プロセスである。そのため、得られた調査結果の中から処理状況や搬出状況等の情報を整理し、搬出に影響する因子について検討を行った。

#### A) 捕獲及び搬出について

山間部や車道までの距離が長いなど、地理的条件の厳しい場所で捕獲した場合、迅速な搬出が困難となる。また、搬出できない場合に行われる現地埋設が適切に実施されず放置されることがある。夏期や捕獲従事者の高齢化は両者を起こりやすくする。

これらを防ぐ対策としては、有害捕獲は農業被害が発生している周辺地域で実施し、捕獲個体は全て搬出することを原則とする。捕獲隊（有害鳥獣捕獲補助員）や認定鳥獣捕獲等事業者による捕獲を促進し、捕獲と搬出を協力または分担して実施する。わなを用いた捕獲では、利活用に適した止め刺しの実施や捕獲者の

負担軽減、迅速な搬出のための人員を捕獲現場に派遣する。山林においては林産部門や森林組合と連携して、森林施業推進のための路網整備や伐採地におけるシカの誘因場所の設置などを行う。山林内の搬出困難な場所では自治体が移送距離を勘案して埋設場所を設置して管理運営を行う。公共が電動ウィンチ等の搬出に必要な設備の貸し出しや購入補助を行う、などが考えられた。

#### A-1) 搬出実績ごとの搬出に影響を与える因子の抽出

市町村担当者等へのヒアリングで得られた搬出実績をもとに、①搬出が難しい事例、②一部搬出している事例、③全頭搬出している事例の3つに分け、搬出率に影響する因子について抽出した。なお、捕獲報償金申請のために必要な写真撮影、個体への番号の付与、耳・尻尾の採取等の作業は、市町村によって条件が異なり、実際の作業内容に関しても軽微であることが多いため、搬出に影響する因子から省略した。

#### ① 搬出が難しい事例（実態が把握できていない、あるいは個人で現地埋設や自家消費している）

本研究で調査対象とした自治体の中で、搬出が難しい事例に該当する市町村は、兵庫県G市、H市、長崎県L市、福島県Q市の計4市であった。それぞれの事例について、捕獲方法や捕獲実績、実態把握方法、処理施設の有無等について整理し、表1-13に示す。なお、総務省による「鳥獣による被害及びその防止の取組の実態調査（平成29年2月）」では、埋設処理の作業負担の大きさや場所不足等の問題が明らかになっており、山中での調査において個体が放置されていた痕跡も確認されている。この報告から、最終処理を捕獲者自身で行う場合、適切に埋設せずに山林に放置し、搬出および処理を行っていない可能性が高いと言える。よって、捕獲個体の処理が捕獲者に一任されており、行政が搬出実態を正確に把握することが難しい場合、「搬出が難しい」とみなして以下の分析を行った。

表1-13 搬出が難しい事例

市町村名	主な捕獲方法	年間捕獲数(有害・個体数調整)	捕獲従事者数	詳細な処理実態の確認	処理施設の有無・種類	面積(km <sup>2</sup> )	備考
兵庫県G市 (シカ、イノシシ)	わな、銃	1,767(シカ) 196(イノシシ) H27年度実績	172 (H27)	捕獲者自己申請	食肉処理施設(個人)が2件、ペットフード処理施設1件(個人)	658.6	小規模な利活用施設があるものの、連携は取れていない
兵庫県H市 (シカ、イノシシ)	わな、銃	315(シカ) 881(イノシシ) H27年度実績	約100 (H27)	捕獲者自己申請	産廃業者に有料で処理可能(利用者少)	182.5	業者への処理委託は捕獲者の報償金から利用料を天引き
長崎県L市 イノシシのみ	わな	5,028 H27年度実績	—	捕獲者自己申請	なし	235.6	稀に捕獲者から要請があり、市が回収を実施(近隣施設に処理依頼)
福島県Q市 イノシシのみ	わな	646 H28年度実績	約90	捕獲者自己申請	なし	344.6	摂取及び出荷制限のため利活用不可

これらに共通するのは、処理実態の確認が捕獲者の自己申請であること、誰でも利用しやすい処理施設が無いことである。処理施設のあるG市の利活用施設は個人規模であり、捕獲者自身と周辺の捕獲者のみ処理しているため処理数は全体の約2割程度と少ない。また、H市の処理委託を利用するためには、捕獲者が所定の場所まで搬出の上、利用料を報償金から一律2,000円を減額するため利用者は少ない。さらに、年に何

度か捕獲個体を不法投棄していると市に通報があり、現場埋設すらされていないことが問題となっている。担当者へのヒアリングでは、G市を除く3市では、捕獲者から埋設処理に関する負担を軽減して欲しいという要望が出ており、G市では要望等はないものの捕獲者の搬出メリットがないことが搬出を妨げているとの回答があった。以上を踏まえると、搬出に大きな影響を与えるマイナスの因子は、「処理方法が自己申請であること」や「処理施設がないこと」、「処理施設があっても利用料金により報奨金が目減りすること」であると考えられる。また、処理方法が自己申請では、実態が把握できない上、適切な埋設処理が実施されない可能性が高まると考えられる。

② 一部搬出している事例（役所で処理を行っているが、全頭処理できていない）

本研究で調査対象とした自治体の中で、捕獲個体の一部を搬出している事例に該当する市町村は、北海道B町、兵庫県F市、長崎県K市、M市、N市、O市、千葉県S市の計7市町であった。それぞれの事例について、表1-14に示す。

表1-14 一部搬出している事例

市町村名	主な捕獲方法	年間捕獲数(有害・個体数調整)	捕獲従事者数	詳細な処理実態の確認	処理施設の有無・種類	面積(km <sup>2</sup> )	備考
北海道B町 (シカ)	銃	1,000 H27年度実績	-	施設搬入時のみ確認可	減量化施設(市営)	1,116	4割程度搬出、残りは自家消費、有害鳥獣捕獲の場合は受入無料
兵庫県F市 (シカ、イノシシ)	銃、 わな	1,892(シカ) 277(イノシシ) H27年度実績	-	施設搬入時のみ確認可	クリーンセンターに埋設場所設置	403	半数程度搬出、埋設穴の容量が減少
長崎県K市 (イノシシ)	箱わな	2,894 H27年度実績	142 (H29)	施設搬入時のみ確認可	一般廃棄物焼却場、利活用施設(猟友会)	321	4割程度搬出、一廃焼却場は事前連絡制、丸ごと可能(無料)、利活用施設は稼働したばかり
長崎県M市 (イノシシ)	箱わな	5,028 H27年度実績	291 (H29)	施設搬入時のみ確認可	一般廃棄物焼却場、利活用施設(個人)	426.5	7割程度搬出、利活用施設は小規模、時間制限あり、一廃焼却場は丸ごとでも可能(無料)
長崎県N市 (イノシシ)	箱わな	2,521 H27年度実績	-	施設搬入時のみ確認可	産業廃棄物業者	242	4割程度搬出、市の一廃焼却場の新設時に受入不可となったため、産廃業者に委託(処理費用は市が負担)
長崎県O市 (イノシシ)	箱わな	4,456(シカ) 5,486(イノシシ) H28年度実績	-	施設搬入時のみ確認可	利活用施設(町営、個人)	708.6	2割弱搬出、個体の回収員を雇用している
千葉県S市 (シカ、イノシシ)	わな	393(シカ) 3,377(イノシシ) H28年度実績	約100	施設搬入時のみ確認可	加水処理分解プラント	205.5	実証実験

これらに共通するのは、捕獲者の利用が無料の処理施設を設置していることである。また、施設利用時に事前連絡や確認が要されるため、利用数から搬出割合が把握可能である。0市では市営の食肉処理場を設置し、回収人員も雇用しているが、現状として個人の食肉処理場との連携がうまく図れず、搬出率は低い。長崎県では一般廃棄物焼却場で受入が可能である場合が多く、一般廃棄物（生ごみ）として焼却しており、捕獲者は市の担当者に連絡し、直接焼却場に搬入している。千葉県S市では埋設負担を軽減することを目的として、加水分解プラントの実証実験を平成29年度に実施した。設置場所がS市の東南端に位置し、捕獲者から不便な場所に設置していたが、自分で埋設するよりも負担が軽いとして利用する人が捕獲者の1/4程度いた。

以上を踏まえると、搬出に大きな影響を与えるプラスの因子は、「処理施設があること」さらに「処理施設の利用料金がかからないこと」が考えられる。また、処理施設があるにも関わらず搬出率が低い場合は、搬出困難地域で捕獲しているため、搬出できない状況にあることがヒアリング結果から分かった。

### ③ 全頭搬出している事例

本研究で調査対象とした自治体の中で、全頭搬出している事例に該当する市町村は、北海道A町、D町、C町、E市、兵庫県I市、J町、長野県P市、岡山県T町、島根県U町など、計9市町であった。それぞれの事例について、表1-15に示す。

表1-15 全頭搬出している事例

市町村名	主な捕獲方法	年間捕獲数(有害・個体数調整)	捕獲従事者数	詳細な処理実態の確認	処理施設の有無・種類	面積(km <sup>2</sup> )	備考
北海道A町 (シカ)	銃	130 H27年度実績	13	処理施設に搬入時のみ確認可能	専用焼却炉設置 (広域連携)	224.8	全頭搬出を条件に、報償金を3万円に設定
北海道D町 (シカ)	銃	306 H27年度実績	-	自己申請及び食肉処理場からの報告	大規模食肉処理施設2か所、一廃処理施設	737	回収不能個体以外は、全て搬出、食肉処理施設が買取実施
北海道C町 (シカ)	銃	2,006 H27年度実績	-	猟友会の報告、自己申請、食肉処理施設の報告	食肉処理施設1か所、一廃処理施設(有料)	585.9	大多数の捕獲個体は食肉処理施設に搬入され、食肉は買取実施
北海道E市 (シカ)	銃	2,550 H27年度実績	-	自己申請	食肉処理施設1か所、X広域連携の専用焼却炉(有料)	1,363	食肉活用施設への搬入は契約ハンターのみ(捕獲数の大半が搬入)専焼炉は轢死個体の処理が主である
兵庫県I市 (シカ、イノシシ)	銃、わな	433(シカ) 176(イノシシ) H27年度実績	-	有効利用施設からの伝票(シカ)イノシシは自己申請	有効利用施設(食肉、ペット)	493.2	シカは全て有効利用施設へ搬入する
兵庫県J町 (シカ、イノシシ)	銃、わな	176(シカ) 109(イノシシ) H27年度実績	-	自己申請	市が分収造林地3か所に埋設穴設置	82.7	埋設穴に搬入した場合は、1頭につき2,000円の補助有

市町村名	主な捕獲方法	年間捕獲数(有害・個体数調整)	捕獲従事者数	詳細な処理実態の確認	処理施設の有無・種類	面積(km <sup>2</sup> )	備考
長野県P市(シカ)	わな	342 H29年4月～10月実績	約50	鳥獣専門員(2名)が現地確認後、個体を回収	ペットフード用利活用施設(市営)設置	98.6	ほとんど全ての個体をドッグフードの原料として利活用している
岡山県T町(シカ、イノシシ)	不明	373(シカ) 1179(イノシシ)	-	役場(2か所)及び処理施設にて搬入し確認	町営の鳥獣処理施設(機械式減容化処理)設置	144.2	猟友会からの要望で個体確認、処理施設設置
島根県U町(イノシシ)	わな	663 H28年度実績	約100	役場職員(全職員対応可)が現地確認	食肉用利活用施設(町営→株式会社化)設置	282.9	ほとんど箱わなで捕獲され生体搬送されている。処理施設職員が回収に来るほか、捕獲者搬入の場合は手数料支払い

これらに共通するのは、処理施設(場所)が設置されていることと、搬入後に捕獲者にメリット(買取等の金銭的インセンティブ等)、あるいは搬出しなかった場合にデメリット(報償金支払いがない、捕獲実施隊除籍等)があることである。北海道全体において、エゾシカの食肉等の価値が高く処理施設も多く存在しているため、個体を買取してもらうために搬出率が高まる傾向にある。P市及びU町では市町で全頭搬出を進めており、協力しない捕獲者は有害鳥獣捕獲事業に従事できない。さらに、捕獲主体に猟友会を入れず(個人として猟友会員は参加している)、駆除班や実施隊という制度を採用している。I市及びT町は、猟友会長がリーダーシップを持って全頭搬出を進めており、個体の確認が無ければ報償金支給対象にならない。J町は、町が全頭搬出を進めており、町が設置した埋設穴に搬入した場合、燃料代等で1頭につき2,000円が支払われる。

以上を踏まえると、搬出に大きな影響を与えるプラスの因子は処理施設があることに加え、「金銭的インセンティブの有無」であると考えられる。

#### A-2) 搬出に影響を与える因子の整理

以上の抽出作業により、処理施設の有無(作業負担の大きさ)と金銭的インセンティブの有無が大きな要因であることが明らかになった。図1-14に捕獲者目線の各市町の搬出に影響を与える要因の相対的評価を示す。

全頭搬出、あるいは一部搬出を達成している市町のほとんどは廃棄物あるいは利活用としての処理施設もっていることから、搬出に最も影響を与える因子は、「処理施設の有無である」と考えられる。処理施設がある場合は、処理施設までの運搬の手間を考慮しても、現場もしくは所有地での埋設作業の負担がなくなるため、搬出割合が高まったと思われる。また、捕獲個体の資源価値が高い場合や、搬出に対する対価を得られる場合は、自己の利益のために搬出率がさらに高まったことが予想される。さらに、搬出することを義務付けられることで搬出率が向上することから、何らかの強制力によって搬出率は容易に左右されることが考えられる。

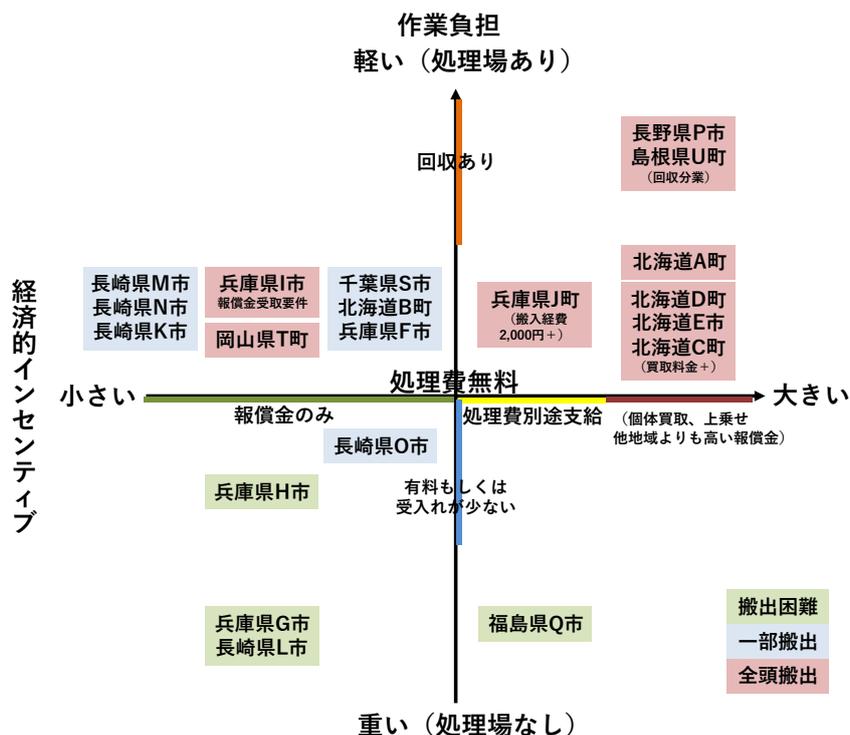


図 1-14 捕獲者目線による市町別作業負担と金銭的インセンティブの相対的評価

搬出に影響を与える因子の中で処理施設の有無が一番の要因であり、処理施設の受け入れ体制を確立することが重要である。また、P市やU町のように捕獲現場から処理施設への搬出を自治体担当者等の捕獲者以外が負担する体制は、捕獲者の負担が非常に軽減されるため、捕獲者から協力が得られると考えられるが、自治体担当者等の負担が非常に大きくコストもかかってしまう。そのため、回収体制の構築には仕組み作りだけでなく、捕獲者との協力体制の構築や人材確保についても注意が必要である。

#### A-4) その他の搬出に影響を与える因子について

##### ① 時間的制約

商品として食肉処理する場合は、捕獲（とめ刺し）から搬出までの時間に制限が生じ、目安時間は2時間程度としているが、有害鳥獣捕獲期間は気温が高いことから出来る限り早く施設に搬入することが望まれる。しかし、冷凍車を導入することで個体を冷却しながら搬送可能であるため、搬入時間を延長することも可能である。食肉にしない場合は搬出にかかる時間制約は日没と捕獲者の都合のみであり、作業を一時中断することも可能である。また、処理施設の営業日時に制限がかかる場合は施設入り口の鍵を渡しておくことで、ストック用の冷凍庫を常時使用できる状態にしたり、T町のように土曜日でも受け入れを行ったりするなどの対応をとることで改善可能である。以上を踏まえると、時間的制約は搬出率に与える影響が大きいと考えられる。

##### ② 地理的制限

捕獲個体を人力で搬出する場合、作業時間がかかる上、肉体への負担が非常に高い。また、山林の急峻な地形においては、運搬が非常に困難である。しかしながら、有害鳥獣捕獲は主に農業被害を防止するために行われるものであり、農地近くでの捕獲活動が直接的な被害防止対策として望ましい。そのため農地から遠く、車道まで遠距離であるような搬出困難な場所での捕獲は有害鳥獣捕獲において効果が低く、搬出可能な

場所で捕獲されるべきである。よって、農業被害を防止するための捕獲活動であれば、捕獲現場から車等への距離は搬出に大きな影響を及ぼさないとと思われる。(生態系保全のための奥山での捕獲は除く)

捕獲場所から処理施設までの搬送は主に車で行われるため、捕獲者の負担は主に搬送時間と燃料費である。一般に市町村面積の広い北海道においても、搬入時間が制限される食肉等利活用施設に搬出が実施されている。その一方で、面積が限られる市町村でも搬出されないことがある。以上のことから、捕獲場所から処理施設等への地理的な距離が搬出に影響を与えているとは一概には言えない。また、ストックポイント等の整備を進めることで搬出率に与える影響を少なくすることが可能である。

#### B) 報奨金手続き等について

市町村によって規定は異なるが、一般に、耳、歯あるいは尻尾等の部位と写真を提出することにより報奨金交付を管理している。捕獲個体を現地あるいは搬出して自治体担当者に直接確認する方法と比べると、捕獲者には大きな負担はかからないが、提出部位や写真の確認等、自治体担当職員の負担がいずれも大きい。また、そもそも有害捕獲の該当地区において捕獲された個体かどうかは判別できない。

この問題に対応するには、有害捕獲した個体を全て集約する施設（以後「仕分けセンター」と呼ぶ）を原則として市町村が個別で、または複数市町村が一部事務組合を構成して設置し、自らあるいは民間委託などにより運営する。この仕分けセンターで、捕獲個体と捕獲者を確認し、手続きを簡略化するとともに不正等を防止する。また、報奨金の管理窓口と利活用の可否判断を併せて行い、利活用施設あるいは一次処理施設（枝肉まで解体）を併設する。利活用が困難な地域においては、廃棄物としての発酵減容化や利活用として化工工場への一時保管（冷凍）及び運搬を行う。さらに利活用の促進のために、利活用可能な個体を持ち込んだ捕獲従事者には、捕獲報奨金とは別に利活用に適した捕獲・搬出への経済的インセンティブが働くような賦課金を支給する、などの方策が考えられる。

#### C) 利活用について

有害捕獲個体を食肉及びペットフードに加工する際に、個体の半分以上が残滓となる。食肉加工施設から排出される残滓は、産業廃棄物であるため、処分費用の負担が大きい。また狩猟の方法や季節、輸送時間により、利用可能な個体の割合が低くなる。

これらの課題を解決するためには、安全性が確保された低コストの処理技術を開発、普及させる。有害捕獲個体の解体残滓の処理に関して、利活用に係る事業収支等の状況や有害捕獲の農業被害対策としての意義等を評価した上で、公共から処理数に応じた補助金を支給するか、一般廃棄物処理施設であわせ産廃として低料金または無料で受け入れる等の優遇措置を行う、などが考えられる。

#### D) 廃棄物処理について

北海道の一部の地域では、処分場での埋設や焼却、発酵減容化、化製処理などの方法により、捕獲個体あるいは解体残滓の処理が進められているが、捕獲個体のすべてではない。また、焼却施設等への受け入れ要件が厳しい場合や処理費用を支払う場合、実際に持ち込む捕獲者は少ない。

これらの問題に関しては、仕分けセンターで利用出来ないと判断された個体については、一般廃棄物として、利活用が困難な発酵減容化や化成処理からの生成物と併せて、既存の一般廃棄物焼却施設で処理能力を超えない範囲で焼却処理する。発酵減容化および化製処理による生成物の肥料または飼料の使用制限を緩和し、処理費用の削減と有効活用を図る、などが方策として考えられる。

## (4) 各処理プロセス・シナリオのコスト評価

捕獲個体の現場埋設や搬出、焼却処理、食肉加工等の各処理プロセス、あるいはそれらを繋げた処理シナリオごとにどの程度のコストが必要であるかは整理されておらず、捕獲者の負担も定量的に示すのは困難である。また、地域にあった個体の処理方法を検討するために、比較可能な指標が必要である。そこで本研究では、まずヒアリング調査等で得られた情報をもとに処理プロセスごとにコストを整理し、最終的に処理シナリオごとのコストを算出し、処理方法の評価指標として扱った。

処理シナリオは類型化した処理パターン（図 1-13）をもとに再度設定した。事例調査で得られたコストにはばらつきが大きく、条件も異なるため、代表値や平均値を用いて算出した。なお、ここでは搬出及び処理に関するコストを評価対象とし、捕獲にかかるコストについては除外した。

## (4-1) 各処理プロセスに関するコストの整理

類型化した3つの処理パターン（図 1-13）をもとに処理シナリオを再度設定し、それぞれの処理シナリオで生じる処理プロセスを捕獲者側が負担するものと処理施設側が負担するものに分けて整理した。結果を表 1-16 に示す。

パターン A については、A-1：搬出せず現場埋設、A-2：搬出して埋設、A-3 搬出して自家消費の3つに区分した。全ての負担は捕獲者自身であり、処理施設等の負担は生じない。パターン B 及び C は搬出までは同様であり、その後どのような処理が実施されるかによって区分した。B-1：埋立処分（最終処分場）、B-2：焼却（一般廃棄物処理施設）、B-3：焼却（専用焼却炉）、B-4：発酵減容化（機械式・発酵床事業者供給）、B-5：発酵減容化（野積み式・発酵床現地調達）、B-6：産業廃棄物（化製処理等）、C-1：食肉、C-2：ペットフード、である。また、処理施設等が遠方にある場合は、ストックポイント（一次集積）である冷凍庫を設置することとし、ストックポイントまでの搬出は捕獲者が行い、ストックポイントから施設までの輸送は処理施設が行うこととした。

搬出については、捕獲現場から搬出しない A-1 以外は共通である。また、施設への搬送は B 及び C で共通である。処理施設による捕獲個体の回収については、ストックポイント設置時以外は想定しておらず、処理施設までの搬送は 全て捕獲者の負担とした。

表 1-16 処理シナリオの流れとそれぞれの処理プロセス

処理シナリオ	捕獲者負担		処理施設負担	
A-1	—	現場埋設(ア)		—
A-2	捕獲現場からの 搬出(共通) (イ)	所有地へ搬送(ウ)	埋設(エ)	
A-3		自宅へ搬送(ウ)	解体(オ)	
B-1 B-2 B-3 B-4 B-5 B-6	B、C共通 施設へ搬送(ウ)	B、C共通 施設へ搬送(ウ)		廃棄物処理(キ) 埋立処分(最終処分場) 焼却(一般廃棄物) 焼却(専用焼却炉) 発酵減容化(機械式) 発酵減容化(野積み式) 産業廃棄物(化製処理等)
C-1 C-2				ストックポイントへ 搬送(ウ)

※ 捕獲者及び処理施設の負担区分の境界を太線で示す

## (4-2) 各処理シナリオのイニシャルコストの検討

各処理シナリオに生じるイニシャルコストを整理し、表 1-17 に示す。イニシャルコストは建設費等を指し、埋立処分（最終処分場）や焼却（一般廃棄物焼却施設）、産業廃棄物（化製処理等）に関しては既存施設を活用することでイニシャルコストは生じないものとした。また、ストックポイントの設置にかかる費用も算出した。

表 1-17 各処理シナリオのイニシャルコスト

処理シナリオ	イニシャルコスト(千円)	規模・内容
A-1:現場埋設	なし	掘削道具(捕獲者所有)
A-2:搬出後に埋設		
A-3:搬出後に解体		解体用具(捕獲者所有)
(ストックポイント)	約 3,700 千円	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンテナ冷凍庫(1 坪程度)、 冷凍庫ユニット約 1,700 千円</li> <li>・低温冷凍車軽 4 WD (燃費 15.0km/ℓ、350kg 積載可能) 約 2,000 千円</li> </ul>
B-1:埋立処分(最終処分場)	なし	最終処分場など
B-2:焼却(一般廃棄物)	なし (既存施設を利用)	一般廃棄物焼却場
B-3:焼却(専用焼却炉)	約 150,000 千円※1	1 バッチ 200kg 前後
B-4:発酵減容化(機械式)	約 20,000 千円 (土地代含まず)	処理槽 2000L の場合 一度に 180kg 程度投入可能 (ストックヤード、消臭設備、電気工事 等含む)
B-5:発酵減容化(野積み式)	約 3,000 千円 (土地代含まず、新設※2)	97.2 m <sup>2</sup> で一度に投入可能な頭数は 18 頭(た だしエゾシカの場合)
B-6:産業廃棄物(化製処理等)	なし (既存施設を利用)	民間業者委託
C-1:食肉、C-2:ペットフード	約 60,000 千円※2	年間処理可能数 800 頭規模

※1：Y 組合有害鳥獣焼却施設など 4 施設の平均

※2：農林水産省たい肥舎等建築コストガイドラインより算出

※3：P 市ヒアリングより。旧施設買取及びリフォーム、設備購入等含む。(P 市は食肉販売許可を取っているため食肉のイニシャルコストとしても適用可能と判断)

イニシャルコストが最も高いのは、専用焼却炉であった。建屋及び焼却炉、集塵機等の設置になるため高額になる傾向がある。発酵減容化（機械式）は導入費だけであり、建屋の新設が必要な場合は、建屋の建設費および土地代等が加算される。また発酵減容化（野積み式）は、新設を仮定しており、堆肥舎等の既存の施設を再利用する場合は、コストが抑えられる。

## (4-3) 各処理プロセスのランニングコストの検討

表 1-16 にア〜クで示した各処理プロセスで生じる人件費等のランニングコストを試算した。

## ① 捕獲者負担

捕獲者は事業者等に雇用されずに猟友会に所属しながら個人で活動する場合がほとんどである。そのため、現場埋設等の捕獲者自身が行う作業への対価が作業単位で支払われることは少なく、埋設や搬出等にかかる手間も含めた捕獲作業への対価として1頭単位で捕獲報奨金が支払われている。しかし、捕獲後に現場埋設するのかそれとも搬出するのかによって、捕獲者の労力が大きく異なってくるため、本調査では各処理プロセスにおいて作業時間から人件費を換算し、また車両の燃料費等も試算することで、捕獲者自身が行う作業のコストを整理した。人件費の算出には林野庁森林整備保全事業標準歩掛を用い、捕獲者は公共工事設計労務単価（平成29年度3月施行）の普通作業員とし、平成29年度の全国平均値である17,400円（8時間）を1人工として計上した。

## (ア) 現場埋設

捕獲現場でそのまま埋設するとし、穴の大きさはシカ及びイノシシの成獣がしっかり隠れる大きさを想定した。

作業項目	算出基準	労務費
埋設穴掘削 1m×0.5m×0.5m	人力掘削(床掘) 砂、砂質土、粘性土、礫質土	0.3 人工 (2.4 時間)
埋戻し	人力盛土(埋戻し) 砂、砂質土、粘性土、礫質土	0.2 人工 (1.6 時間)
<b>1 頭あたりの処理コスト</b>		<b>8,700 円</b>

## (イ) 捕獲現場から駐車位置までの搬出

捕獲個体に該当する運搬項目がないため、重量比で算出可能な肥料を基準とした。1個体あたりの重量を暫定的に50kgと設定した。捕獲現場からの距離は最大100mとし、地形等の高低差については補正しないものとした。

作業項目	算出基準	労務費
捕獲個体の運搬	人力運搬 人肩運搬歩掛 (肥料)	0.01 人工 (0.08 時間)
<b>1 頭あたりの搬出(現場～駐車位置)コスト</b>		<b>174 円</b>

## (ウ) 目的地までの運搬

1人工8時間として時給を2,180円と設定した。また、使用する車両は捕獲者の所有物を想定し、一般的に使用されている軽トラックの車種を採用した。燃費はカタログ値を示し、燃料費は資源エネルギー庁が公表している平成29年のガソリン小売価格データ（年間平均）である134円/ℓを使用した。

使用車種	1時間（移動距離40kmとする）		
	費目	数量	小計
スズキキャリイ 燃費 20.0km (4WD 5AGS)	労務費	0.125	2,180 円
	燃料費	2ℓ	268 円
<b>1 頭あたりの運搬（駐車位置から施設）コスト</b>			<b>2,448 円</b>

## (エ) 所有地に埋設

(ア) と同様のコストとする。埋設穴を共同で設置している事例があるが、その場合は捕獲後に毎回埋設のコストが生じることはない。

## (オ) 解体（自家消費）

シカとイノシシによって解体に係る所要時間が異なるため、場合分けを行って検討した。(ウ) と同様に1時間当たりの時給を2,180円と設定した。なお、解体は家庭用冷蔵庫に保存できる大きさ（部位）までとし、精肉等の作業は含まないものとした。

獣種	解体作業時間	労務費
ニホンジカ	1時間	2,180円
イノシシ	3時間	6,540円

## B) 処理施設負担

処理施設職員は、捕獲者同様の普通作業員とした常勤とパートの2つに区分し人件費の設定を行った

区分	日給	労働日数	年間人件費
常勤	17,400円	250日 (年末年始及びお盆期間休業)	4,350千円
パート	7,200円 (時給900円)	週3日勤務 (年末年始及びお盆期間休業)	1,058千円

## (カ) スtockポイントからの搬送（維持管理費も含む）

ストックポイントには一般的に冷凍庫が使用される。また、食肉用はストックポイントに保管することで肉質も低下し衛生面でも不適であることから、パターンBの処理施設かパターンC（ペットフード）に付随する一次保管用として設定した。

## ■ストック用冷凍庫

機種	ランニングコスト（年間）
プレハブ冷凍庫（1坪）	電気代
プレハブ冷凍庫ユニット	カタログ値 1.95kw（365日×24h）
合計	約420千円

## ■回収人件費

雇用人数	雇用形態	年間人件費
1名	パート（週3日回収）	1,058千円

## ■搬送費

車種	ランニングコスト（年間）（千円）
低温冷凍車	週3日（往復3時間） 約500千円

## (キ) 廃棄物処理

ヒアリング結果からパターンBの廃棄物の各処理に係るコストを取りまとめた。

処理方法	運営主体	ランニングコスト(年間) (千円)	事例市町	備考
埋立処分 (最終処分場)	市町村	21円/kg※1 人件費等込み	F市	適宜市町村担当者見回り
焼却 (一般廃棄物焼却場)	市町村	21円/kg※1 人件費等込み	K市 M市 ほか	全国平均のため参考値
焼却 (専用焼却炉)	市町村	<b>700円/kg</b> (電気代、灯油代、人件費(2名)含む)※2	X広域連合、 Y組合 ほか	灯油は1kg焼却あたり10必要
発酵減容化 (機械式)	市町村 民間	<b>3,300千円</b> ※3	T町 ほか	発酵物は焼却処分
発酵減容化 (野積み式)	市町村 民間	<b>約2,000千円</b> (人件費(1名)、消耗品含む委託費用)※4	B町 ほか	発酵物は一般廃棄物焼却場へ
化製処理、焼却 (産廃)	民間	<b>50円～250円/kg</b> ヒアリング結果より	U町 I市	肥料及び資料の原料として扱わない※5

※1：一般廃棄物処理実態調査（環境省，平成27年度）の廃棄物排出量と処理及び維持管理より

※2：Y組合（福島県）の利用料を採用。X広域連合は人件費が他業務兼任のため不明。

※3：内訳は電気代約60万、水道代約1.8万、人件費約272万

※4：B町ヒアリング、「微生物によるエゾシカの減量化処理手引書」より

※5：イノシシ由来の肉骨粉は適切に製造されたものについては肥料及び飼料に利用可能

## (ク) 食肉等利活用

利活用する場合、処理に支出と収入が生じる。また、どの程度利活用可能な個体が搬入されるかによって収支が変わる。

処理方法	運営主体	ランニングコスト(年間)		事例市町
		支出項目(千円) (処理数による)	収入項目 (処理数による)	
食肉	公設	常勤2名、パート2名 仕入れ費(5千円/頭) 光熱費その他(600千円) 産廃費用(50円/kg)※1	<b>2,000円/kg</b> 搬入された個体のうち利用できる率は75%、歩留まり40%※2	I市
	民間			E市 ほか
ペットフード	公設	常勤2名 パート2名 光熱費その他(600千円) 仕入れ、産廃費用なし※3	全ての個体を利用する。 歩留まり40% 原料肉卸価格 <b>500円/kg</b> ※4	P市
	民間			I市 ほか

※1：P市、I市、U町ヒアリング結果より

※2：農林水産省 野生鳥獣被害防止マニュアル～捕獲鳥獣の食肉等利活用（処理）手法を参考に試算

※3：肉質が悪い場合があるため買い取り費用なし、飼料製造業になるため残渣は一般廃棄物として処理。

※4：P市、I市ヒアリング結果より

## (4-4) 各処理シナリオのランニングコスト概算

4-3 で試算を行った各処理プロセスのランニングコストを利用して、各処理シナリオに係るランニングコストを概算した。ランニングコストの算出にあたり、上述で算出した平均重量をもとに年間の捕獲条件を仮定した(表 1-18)。また、捕獲場所から処理施設(ストックポイント)まで1時間、ストックポイントから施設までを1時間と仮定した。

表 1-18 各処理シナリオで仮定する年間処理重量

捕獲獣	年間捕獲数	処理重量
ニホンジカ(ホンシュウジカ) 42kg	360 頭 ※1 日当たり 1 頭と想定	15,120kg
イノシシ 成獣 51kg/幼獣 15kg	360 頭(幼獣率 35%(126 頭)) ※1 日当たり 1 頭と想定	13,824kg
合計	720 頭	28,944kg

## ■パターン A

シナリオ	年間処理コスト(千円)	備考
A-1 現場埋設	合計 6,264 千円	捕獲者が現地で埋設穴を掘り、埋め戻す
A-2 搬出後に埋設	搬出(125 千円) 車運搬(1,762 千円) 埋設(6,264 千円) 合計 8,151 千円	搬出後に捕獲者が埋設
A-3 搬出後に解体	搬出(125 千円) 車運搬(1,762 千円) 解体(2,354 千円) 合計 5,027 千円	捕獲者が搬出後に解体し、自家消費する (幼獣も便宜的に解体するとした)

パターン A のコストは、A-3 搬出後に解体がもっとも安く、次いで A-1 現場埋設、A-2 搬出後に埋設の順となっていた。しかし、現状としては捕獲奨励金に搬出処理費用も含まれているため、表面化していない。

## ■パターン B 各処理方法のコスト

処理方法	搬出・運搬コスト	処理コスト	合計処理コスト
埋立処分(最終処分場)	1,887 千円※	608 千円 (21 円/kg)	2,495 千円
焼却(一般廃棄物焼却場)		608 千円 (21 円/kg)	2,495 千円
焼却(専用焼却炉)		20,260 千円 (700 円/kg)	22,147 千円
発酵減容化(機械式)		3,300 千円	5,187 千円
発酵減容化(野積み式)		2,000 千円	3,887 千円
産廃処理業者		1,447 千円 (50 円/kg)	3,334 千円

※ストックポイントを設ける場合は、別途上記試算値に 1,978 千円が加算される。

ストックポイント費(冷凍庫維持費(420 千円)+回収人員(1,058 千円)+冷凍車運搬費(500 千円))

最終処分場における埋立処分と一般廃棄物焼却炉では他の業務と兼任されることが多いため、人件費(管理費)等が抑制されて運搬コストのみとなり、処理コストが最も安かった。しかしながら、現状としては、

一般廃棄物での混焼は炉の劣化を招くほか、燃焼効率も下がるため、小規模な自治体では、利用できない場合が多い。また、埋立処分においても焼却残渣や不燃物を処分することが一般的であり、腐敗性の有機物をそのまま処分することは長期的な管理の面では望ましくない。したがって、別の手法を検討することが本業務での目的でもある。

以上をふまえ、埋立処分、一般廃棄物焼却以外でパターンBの処理コストを比較した結果、産廃処理業者<発酵減容化（野積み式）<発酵減容化（機械式）<専用焼却炉の順にコストがかかっており、人件費及び灯油代から他の処理と比べて突出してコストがかかっていた。

#### ■パターンC-1 食肉

##### ○処理コスト

搬出・運搬コスト(千円)		1,887千円
処理場コスト(千円) ※仕入れ費除く		
人件費	常勤1名(4,350千円) パート2名(2,116千円) 合計 6,466千円	利用可能な頭数 シカ 360頭(利用可能270頭) 食肉 4,536kg 産廃 10,584kg
光熱費	600千円	イノシシ 234頭(利用可能176頭) 食肉 3,580kg
産廃費用	20,828kg×50円 =1,041千円	産廃 8,354kg+1,890kg(幼獣) =10,244kg
処理コスト合計(千円)		8,107千円
年間搬出処理コスト(千円)		9,994千円

##### ※参考データ

##### ○その他支出

仕入費 594頭成獣のみ	2,970千円 (5千円/頭)
--------------	-----------------

##### ○年間の販売収入

年間収入(千円)		
食肉販売	8,116kg×2,000円	獣種・部位一律の販売価格を想定
年間収入計	16,232千円	

##### ○収支

収支計算(千円)		
(収入)16,232千円	(支出)9,994千円	6,238千円(黒字)

パターンB同様、捕獲者コストは一律して1,887千円であり、パターンAと比較するとコストが高い結果であった。一方で、食肉処理の場合は収入もあるため、処理コストを相殺する可能性があることに加え、地域資源の有効利用や地域雇用等の別の面の経済効果が得られる。

■パターン C-2 ペットフード

搬出・運搬コスト (千円)		1,887 千円
年間の処理場コスト(千円)		
人件費	常勤1名(4,350 千円) パート2名(2,116 千円) 合計 6,466 千円	利用可能な頭数 シカ 360 頭 利用 6,048kg
光熱費	600 千円	廃棄 9,072kg
一廃費用	18,122kg×10 円 =181 千円	イノシシ 234 頭 利用 4,774kg 廃棄 7,160kg +1,890kg(幼獣) =9,050kg
処理コスト合計(合計)		7,247 千円
年間運搬処理コスト(千円)		9,134 千円

※参考データ

○年間の販売収入

年間収入 (千円)		
食肉販売	10,822kg×500 円 5,411 千円	獣種・部位一律の販売価格を想定(原料として卸す)
年間収入計		5,411 千円

○収支

収支計算		
(収入)5,411 千円	(支出)9,134 千円	-3,723 千円(赤字)

パターン C-1 食肉と比べ、肉質が悪い個体も多く搬入されることが予想されるため、一般的に個体の買取費用はなく、残滓も産業廃棄物ではなく事業系一般廃棄物として取扱い(ペットフード専用業者の場合のみ)が可能であるため、支出項目が減少する。しかし、ペットフード業者に原料肉として卸す場合は単価が低く収入が見込めないため、赤字になる可能性が高い。

(4-5) 重量当たりの各シナリオコスト

全てのシナリオを同じ基準で比較するため、重量当たりのシナリオコストの比較を行った(表 1-19)。パターン C については支出から処理費用を算出し、収入は考えないものとする。またストックポイントは利用しないものとして、1 kg あたりの搬出・処理コストを算出した。ここではランニングコストのみを使って重量当たりのコストを算出しているが、参考として、各シナリオのイニシャルコストの規模を定性的に表した。

表 1-19 各処理方法と 1kg あたりの搬出・処理コスト

シナリオ	処理方法	年間搬出 コスト	年間処理コスト(千円)	1kgあたりの 搬出・処理コスト	イニシャル コスト規模
パターン A	①現場埋設	-	6,264 千円	216.4 円/kg	-
	②搬出後に埋設	1,887 千円		281.6 円/kg	-
	③搬出後に解体		2,354 千円	173.7 円/kg	-
パターン B	埋立処分 (最終処分場)		1,887 千円	608 千円	86.2 円/kg
	焼却 (一般廃棄物焼却場)	608 千円		86.2 円/kg	小
	焼却 (専用焼却炉)	ストックポイ ント経由	20,260 千円 人件費2名+灯油代他	765.2 円/kg	大
	発酵減容化(機械式)	+	3,300 千円 人件費1名+光熱費他	179.2 円/kg	中
	発酵減容化(野積み 式)	1,978 千円	2,000 千円 人件費	134.3 円/kg	小
	産廃処理業者		1,447 千円	115.2 円/kg	小
パターン C	食肉		10,050 千円	345.3 円/kg	中
	ペット		7,248 千円	315.6 円/kg	中

1kgあたりの搬出・処理コストを全てのパターンで比較したところ、最も処理コストが低かったのは埋立処分（最終処分場）及び焼却（一般廃棄物焼却場）であり、既存施設で受入可能であれば、他の廃棄物とともに焼却可能であるためコストが抑えられている。一方、最もコストが高いのは専用焼却炉を用いた焼却処理であり、灯油代が大きく影響していると思われる。また、発酵減容化（機械式）、発酵減容化（野積み式）、産業廃棄物業者は、パターンAの捕獲者が埋設するよりも、コストが低かったことから、現場で埋設するよりも、搬出しコストの低い方法で処理することで、捕獲者や市町村負担も少なく済むと思われる。現在、農林水産省で推進しているパターンCの食肉は、販売収入を含めると処理コストを相殺できる可能性もある。

#### (5) 適正な捕獲鳥獣処理システムの提案

上述のとおり、ヒアリング調査等の結果から、現状の処理に関する課題や搬出に影響する因子、各処理プロセスに係るコスト等について整理した。現行の捕獲個体の処理システムでは捕獲者に一任していることが多く、行政が処理に関する確認や支援等を実施していない市町村が多く見受けられる。このような市町村では捕獲個体を搬出できる場合においても搬出せず、適切に処理されず不法投棄が懸念される。また、搬出した場合も、資源としての活用率が低い場合は廃棄物処理費用がかさむ上、捕獲者の負担も大きい。以上のことから現行システムには、捕獲者の負担軽減、捕獲数増し等による報償金の不正受給、個体の不法投棄防止、利活用の推進等の対策が必要である。

また、捕獲される獣種、捕獲体制、捕獲数、幼獣率等は地域によって異なるため、全ての対策を一括で達

成可能なトータルスキームを提案することは非常に困難である。そこで、事例調査をもとに先進性のある自治体の取組みを参考にして、達成する目標の重点が異なる2つのシステムを検討した。1つは全頭搬出・処理重点型システムである。このシステムでは捕獲個体の不正受給等を防止するとともに、費用対効果の高い処理方法を選択することに重点を置いた。もう一方は持続的全頭利活用型システムであり、食肉として全頭利活用を推進し、地域で持続していくことに重点を置いている。以上、この2つのシステムについて検討を行った。

#### (5-1) 全頭搬出・処理重点型システム

このシステム(図1-15)では、捕獲者がとめ刺し後に個体を全頭搬出し所定の処理施設に搬入することにより、個体の確認及び処理を行うものである。報奨金の不正受給や捕獲数水増し、個体の不法投棄の防止を重点的に達成するとともに、捕獲者の埋設等の負担を軽減する。また利用可能な個体は利用を推進する。

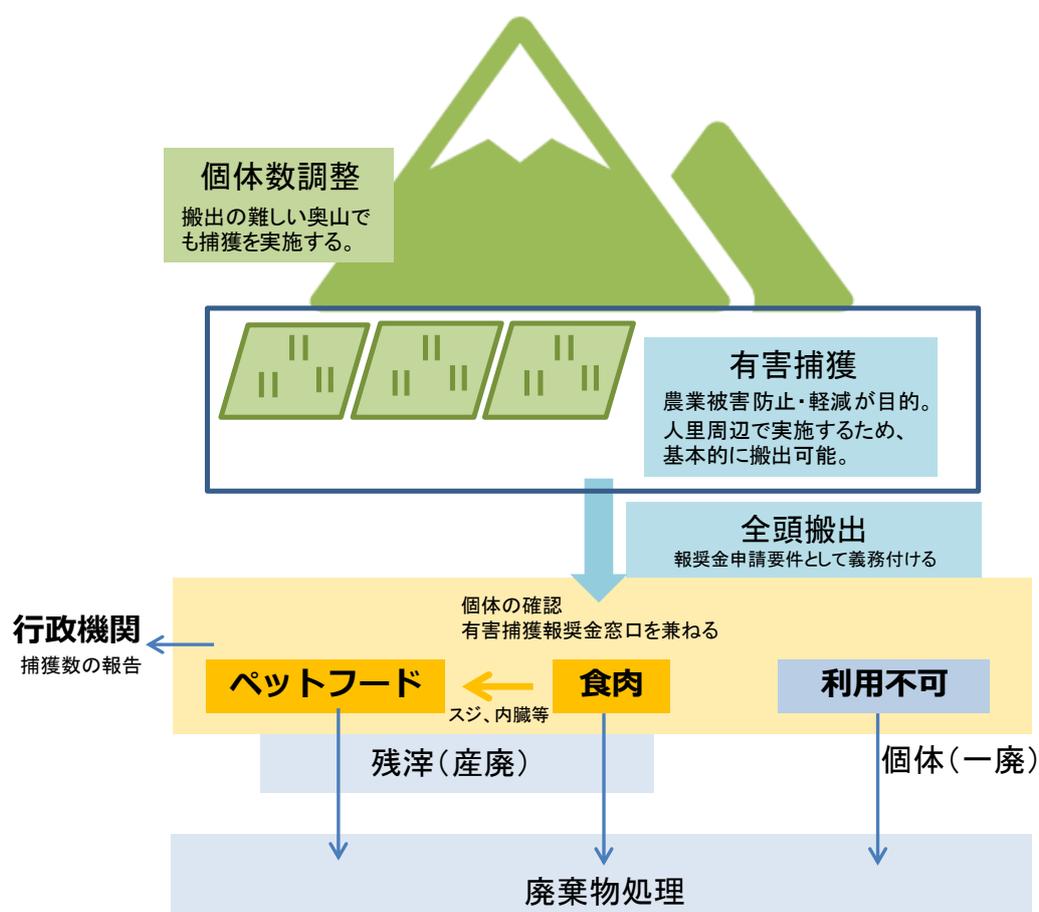


図1-15 全頭搬出・処理重点型システム

このシステムの課題は、捕獲者の理解を得られなければ実現しないことである。搬出および処理状況の報告を義務づけていない市町村は、システムを導入する際に捕獲者から理解が得られず、捕獲活動が低下することが懸念される。また、全頭搬出後の個体処理が必須となり、いかにコストを抑えて処理が行えるかという判断が難しい。

表1-20及び表1-21に上述のコスト試算結果を用いて、基準となる捕獲数を360頭にした場合と、基準食肉利用率を75%とした場合を比較し、処理費よりも収益が多くなる、つまり施設の黒字化が見込めてシステムの導入を推進できる食肉利用率及び捕獲数の試算を示した。

表 1-20 システムが導入できる食肉利活用率

捕獲数	獣種	食肉利活用率
各獣種 360 頭 (イノシシ成獣 234 頭)	エゾシカ	40%
	ニホンジカ	47%
	イノシシ	
	ニホンジカ	79%
	イノシシ	99%

表 1-21 システムが導入できる捕獲数の試算

食肉利活用率	獣種	捕獲数
75%	エゾシカ	171 頭
	ニホンジカ	各 212 頭
	イノシシ	
	ニホンジカ	378 頭
	イノシシ	485 頭(成獣 315 頭)

試算の結果、獣種捕獲数 360 頭とした場合、エゾシカはサイズが大きく、同じ歩留まりでも得られる食肉重量が多いため、食肉利活用率が低くても黒字になることが分かった。また、ニホンジカ（ホンシュウジカ）単体の場合 8 割、イノシシ単体の場合はほとんど全ての個体を利活用出来なければ黒字にならないことが分かった。また、ニホンジカ及びイノシシを各 360 頭ずつ捕獲した場合は約半数程度で黒字になる。

食肉利活用率 75%とした場合はイノシシの幼獣率から黒字になるには最も多い捕獲数が求められる傾向にあったが、成獣単体と比較した場合は、最も平均重量の低いニホンジカが黒字になるために必要な捕獲数が多かった。

全頭搬出しても、利活用可能な個体数の割合が低い場合、食肉等利活用する施設が赤字になるため、廃棄物として減容化や焼却、産業廃棄物業者に処理を委託した方がコストを抑える上、無駄なイニシャルコストを削減することができる。また、農林水産省では全国で捕獲個体の食肉等利活用を進めていることから、できるだけ食肉等利活用し、そのあとの残さなどを少ない費用で処理する体制を構築することが望まれる。

#### (5-2) 持続的全頭利活用型システム

全頭搬出・処理重点型システムでは、利活用率の向上や持続性については重要視されていない。そこで、捕獲者の負担軽減と利活用の推進に重点を置いた全頭利用型システムを検討した。このシステムでは、捕獲個体は全て食肉用の利活用を目指して、農地周辺でのわな捕獲を進めている。捕獲主体は地域住民や被害農家であり、餌やりや見回りまでを担当し、捕獲された場合は食肉等利活用施設運営者がとめ刺し、回収に来るシステムである。この分業体制により捕獲者の負担軽減を実現し、捕獲個体の現物を確認した利活用施設から行政担当者へ捕獲数を報告することで、捕獲数水増し等による捕獲者の報償金不正受給の防止にもつながる。また、農地周辺でのわな捕獲を進めることで、鳥獣被害防止に有効な加害個体の捕獲が期待できる。

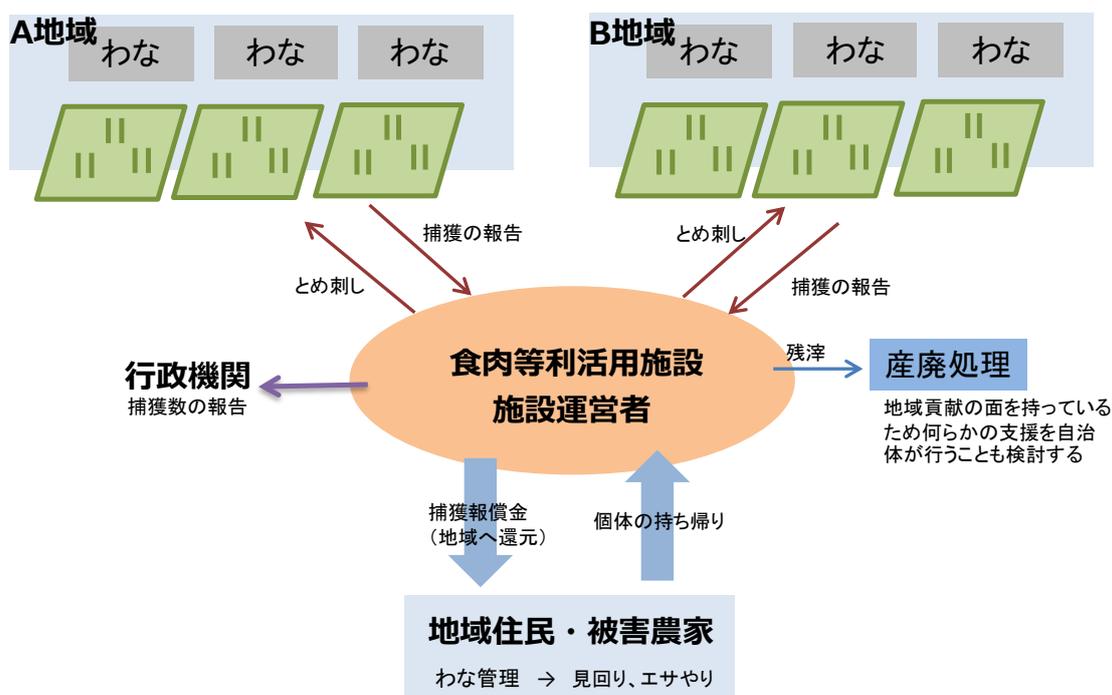


図 1-16 持続的全頭利活用型システム

このシステムの課題は、食肉等利活用施設と地域住民のマッチングである。地元住民で完結する場合は協力体制が取りやすいが、新規業者の参入により、従来捕獲を実施してきた住民との衝突が懸念される。さらに、既に有害鳥獣捕獲事業が猟友会の独占的的事业になっている場合、猟友会以外の捕獲主体の参入は困難である。

上述のコスト試算結果を用いて食肉利活用率 100%で試算したところ、表 1-22 の結果が得られた。エゾシカは重量があるため、比較的捕獲数が少ない場合でも黒字化が達成出来る。またイノシシは幼獣が捕獲されるため、黒字化するためには成獣と幼獣を合わせた全体の捕獲数を多くする必要がある。しかし、幼獣も商品として商品開発できる場合は、より少ない捕獲数でも黒字化が達成可能であると思われる。

表 1-22 システムが導入できる捕獲数の試算

食肉利活用率	獣種	捕獲数
100%	エゾシカ	124 頭
	ニホンジカ	各 156 頭
	イノシシ	
	ニホンジカ	277 頭
	イノシシ	355 頭 (成獣 230 頭)

本システムの場合は、食肉利活用及び捕獲回収体制が小規模な自治体でも全て食肉に利用できるように採算性が見込まれ、集落単位で実施可能である。さらに捕獲者（地域住民）の負担が少なく、鳥獣害被害対策と利活用を持続的に展開可能である。また、食肉利活用施設から出る残渣は産業廃棄物のため、廃棄物業者に委託を行う。個体の約 4 割を食肉として使い、骨や内臓等もペットフードとして加工できればさらに処理重量が減少する。

### (5-3) システムの選択と移行

全頭搬出・処理重点型システム（以下、1案とする。）及び持続的全頭利活用型システム（以下、2案とする。）では、達成する課題が異なることを示した。現状では、鳥獣の生息数を減少させる段階である市町村が多く、報償金不正受給や不法投棄を未然に防止するためにも、捕獲及び処理重視である1案のシステムの必要性が高い。農林水産省ではジビエとしての利活用を推進しているが、現行の体制では食肉としての利活用よりも、捕獲推進と低コストな個体処理（捕獲者負担の軽減）が求められており、利活用可能な個体は利用すべきではあるが、利活用出来なかった場合にどう処理するか、という課題の解決が先行される。

また、2案のシステムを導入するためには、中核となる食肉等利活用施設が必要であり、地域住民との協力体制を構築する必要がある。さらに、多くの市町村で有害鳥獣捕獲等事業が猟友会員による事業となっており、縄張り意識や利害関係で衝突することが考えられる。そのため、すぐにシステムを導入できる市町村は、捕獲数が少ない地域や捕獲報償金による利害対立が生じない地域に限られる。

以上から多くの市町村で適用可能な処理システムは1案であるが、捕獲活動が進むにつれて生息数の減少が進み、捕獲数が頭打ちとなり減少していくと考えられる。そのような状況で1案を継続した場合、人件費や個体処理費等にコストがかかりすぎる可能性が高く、また鳥獣の生息数を減らしすぎてしまい生態系のバランスを崩しかねない。その一方で、生息数減少により捕獲数が減少した場合も、農地周辺から有害鳥獣がいなくなる限り農林業被害はなくなるため、生息数を維持管理する程度の捕獲を継続する必要がある。

そこで、生息数を維持管理する段階では、捕獲及び処理重視である1案から持続的に利活用していく2案へ移行することが考えられる。この段階になれば、猟友会員等の不特定多数の捕獲者による捕獲活動が野生鳥獣を絶滅の危機にさらす危険性も出てくる。そのため、現行の捕獲報償金制度を見直し、高額な捕獲報償金目当てではなく、農業被害の防止や生息数の維持管理、食肉利活用を目的とした捕獲活動を構築できれば、2案へスムーズに移行できると考えられる。2案であれば、捕獲数が減少しても高い利活用率のためにある程度の黒字経営が可能であり、民間運営であれば隣接する市町村に跨る捕獲活動を展開できる。黒字経営を維持できれば、捕獲報償金の代わりに食肉原料への対価としての経済的インセンティブを捕獲者へ付与できる。2案のシステムによって鳥獣被害に苦しむ地域と共に、持続的な資源利用が実現できると考えられる。

### (5-4) 廃棄物の処理方法について

利活用した場合も個体中で利用可能な部分は約4割であり、内臓や骨等をペットフードに加工した場合も残渣が生じる。そこで最終処理としての廃棄物処理が重要である。利活用施設から排出される廃棄物については産業廃棄物として処理されるため、地域捕獲型利活用システムでは利活用施設運営者の負担となる。これは規模が小さいうえ利用不可個体が存在しないという前提で成り立つ。全頭搬出・個体確認重視型システムでは、捕獲個体を全て集約して処理する公共性を含んだ事業であり、収益よりも利用できない個体の処理費用がかさむ可能性が高い。よって、処理費用を削減させる処理方法が求められる。

上述の(4)では各廃棄物処理のランニングコストを試算しており、その結果、最もコストがかからない処理方法は埋設及び一般廃棄物焼却場での焼却であることが明らかになったが、埋設には場所の確保が難しく、環境中への悪影響も懸念されることから、適正処理の観点から一般廃棄物焼却場による処理の方が適していると言える。一般廃棄物焼却場による処理の場合、焼却炉の形式や規模によるが、個体丸ごとを投入すると燃え残り等の問題が生じる可能性があることから、事前に個体の切断を条件に受け入れている自治体が多い。事前の切断作業は捕獲者が行う必要があり、大きな負担となることから、焼却ピットに併設されてい

る粗大ごみ用の破砕機（ギロチン式や二軸式等）を利用することが望ましい。破砕機は既設のためイニシャルコストもかからず、破砕後は直接ピットに投入されるためランニングコストも少ないと予想される。この処理方法は非常に有効であると思われ、実際に破砕機を活用した事例はいくつか報告されているが、本調査では事例調査の対象に含めることができなかったため、詳細なコスト試算を今後の課題としたい。

一方で、動物の死骸を焼却することが周辺住民に認められず、一般廃棄物焼却場に捕獲個体を受入できない市町村も少なくない状況であり、また一般廃棄物焼却場は複数の自治体で1つとなっている地域もあることから、捕獲現場からの搬送距離が大きくなる可能性がある。そのため、直接焼却以外の手法として、また直接焼却の前段階の中間処理として、高温発酵処理技術による施設型減容化が挙げられる。施設型減容化はイニシャルコスト及びランニングコストの双方が低く、また減容効果も大きいため輸送量及び焼却量を減らすことができる有用な処理方法である。全頭搬出・処理重点型システムの場合、各地域に設置された仕分けセンターの敷地内等に小規模な減容化施設を設置し、発酵残渣を一般廃棄物焼却場へ搬送するスキームを描くことができる。また、持続的全頭利活用型システムの場合、食肉加工後の残渣は産業廃棄物となるが、食肉加工施設の近傍に小規模な減容化施設を設置し、その発酵残渣をあわせ産廃として一般廃棄物焼却場に受け入れるなどの支援が望ましい。捕獲個体そのものも発酵残渣も一般廃棄物焼却場で受け入れできない場合は、発酵残渣を産業廃棄物として処理するか、最終処分場に埋立処分する方法が考えられる（例：北海道枝幸町）。

以上のように、本調査ではコストを含めた実現可能性の観点から捕獲個体あるいは食肉加工後の残渣の廃棄物処理システムを考察したが、実際に自治体において導入を検討する段階において、その自治体の状況を総合的に勘案して処理方法を選択する必要がある。

## 5. 本研究により得られた成果

### （1）科学的意義

捕獲鳥獣を円滑に搬出し廃棄物処理システムと効率的に接続させて処理を進める上での阻害要因などを、全国的な実態把握と詳細な事例調査を通して、社会経済的および技術的観点から俯瞰的かつ構造的に明らかにし、それらの阻害要因を解消するための方策や将来望まれる事業スキームを論理的に導出した最初の研究成果として重要な意義がある。

### （2）環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

本研究で提示した捕獲鳥獣の適正な処理システムの実現に向けた方策や事業スキームは、今後、ガイドブック等として全国的に広く周知、普及啓発することによって、今後国や自治体等で計画される関連事業の設計に活用されることが期待される。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表（学会等）

- 1) Concept of Appropriate Treatment of Captured Wildlife in Conjunction with Waste Treatment System, Ishigaki T. (石垣智基), Ochiai S. (落合知), Osako M. (大迫政浩), Yamada M. (山田正人), 2016 Spring Conference of the Korea Society of Waste Management (2016)
- 2) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：平成 29 年度廃棄物資源循環学会春の研究発表会 (2017)「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築－生態系サービスに貢献する廃棄物研究とは－」
- 3) 福田はるか、木下一成、鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩：日本哺乳類学会 2017 年度大会 (2017)「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 4) 福田はるか、木下一成、鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩：第 23 回「野生生物と社会」学会 (2017)「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 5) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：第 39 回全国都市清掃研究・事例発表会 (2018)「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築に向けた実態調査」
- 6) 鈴木隆央、石垣智基、山田正人、大迫政浩、福田はるか、木下一成：平成 29 年度廃棄物資源循環学会関東支部講演会・研究発表会 (2018)「捕獲鳥獣の適正かつ効率的な処理システムの構築－生態系サービスに貢献する廃棄物研究とは－」

### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 国立研究開発法人国立環境研究所 公開シンポジウム 2017 私たちの安心・安全な環境づくりとは－持続可能性とその課題－ (2017 年 6 月 16 日大津、23 日東京、参加者約 800 名) にて成果紹介

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) 農林水産省. 2017. 鳥獣被害の現状と対策
- 2) 環境省, 農林水産省. 2013. 抜本的な鳥獣捕獲強化対策
- 3) 総務省. 2017. 鳥獣による被害及びその防止の取組の実態調査 結果報告書
- 4) 鈴木正嗣. 1994. 野生ニホンジカ (*Cervus nippon*) における不動化, 成長および繁殖. 北海道大学大学院獣医学研究科博士論文.
- 5) 鳥居春己, 石川周. 2011. 奈良公園ニホンジカの初期死亡率の推定. 奈良教育大学自然環境教育センター紀要. 12 : 9-12
- 6) 大泰司紀之. 1986. ニホンジカにおける分類・分布・地理的変異の概要. 哺乳類科学. 26, 13-17.
- 7) 浅田正彦. 2014. 千葉県におけるニホンジカの捕獲状況および栄養状態モニタリング(2012年度) 千葉県生物多様性センター研究報告, 8 : 15-21.
- 8) 白石利郎, 中口良子, 羽山伸一, 時田昇臣, 古林賢恒, 山根伸. 1996. 飼育下における丹沢産ニホンジカの体重と採餌量の季節変動. 日本野生動物医学会誌 1(2), 119-124
- 9) 吉村美紀, 加藤陽二, 新田陽子, 横山真弓. 2013. 兵庫県丹波地域におけるニホンジカ肉の栄養特性. 日本栄養・食糧学会 66巻・2号, p.95-99.
- 10) 阿部永, 日本の哺乳類, 東海大学出版部
- 11) 兼光秀泰, 藤井勉, 河南有希子. 1988. 飼育下におけるニホンイノシシの出産期, 妊娠期間, 産子数. 動物園水族館雑誌, 30 : 6-8.
- 12) 環境省 イノシシの保護及び管理に関するレポート(平成 28 年度版). 千葉県生物多様性センター研究報告, 3 : 49-64.

## II-2 捕獲鳥獣の高温生物処理に関する検討

### [要旨]

焼却施設等の廃棄物処理システムへの接続において、捕獲者に大きな負担になる切断作業等を不要にする減容化処理方法としてコストの点で優位性のある高温生物処理技術に着目し、実験的検討を通して生活環境保全に配慮された技術の確立を目指す。

すなわち、捕獲鳥獣の高温生物処理における安定的な減容化技術を確立するために、知見が十分でない個体の部位ごとの分解特性や臭気の発生特性などを明らかにすることを目的とし、ラボ試験及び実施設調査を行った。ラボ試験では、実施設条件を再現した装置を用いてエゾシカの部位ごとに高温生物処理を行い、肉の部位が早期に分解するのに対して脂肪は二段階のピークをもち分解までに長期間を要すること、肉の分解においては含まれるたんぱく質の分解に起因するアンモニアの発生が顕著であることなどを明らかにした。

実施設調査では、捕獲個体としてイノシシも対象にした高温生物処理の実証施設を活用した。地域で調達可能な安価な材料から発酵床を作成し、簡易な野積み方式による実証試験である。投入から経過した時間が異なる発酵床を試料として採取し、水分や灰分等の基本性状、窒素化合物等の濃度変化、臭気ガス成分の発生ポテンシャルについて分析した結果、ラボ試験同様に早期の分解が可能であることや、窒素化合物の挙動からアンモニア態窒素の蓄積が臭気成分であるアンモニアガスの発生と相関があること、アンモニア態窒素の蓄積によるアンモニアガスの発生への対策には十分な配慮が必要であることが明らかとなった。

### 1. はじめに

現場埋設によらない捕獲鳥獣の処理方法としては、既存の一般廃棄物焼却施設を活用することがコスト及び適正処理の観点から適していると考えられる。しかし、受け入れ前に個体の切断が一般的に必要なことや、その他住民との関係等の理由により、一般廃棄物焼却施設において捕獲鳥獣を受け入れられない場合が多くみられる。また、捕獲場所から施設が遠く搬送に時間がかかる場合などは、負担が大きくなり非効率になる。

以上のような状況で、捕獲現場に近い場所に分散的に小規模な減容化施設を設置して、その処理物を焼却処理あるいは埋立処分する方法も考えられる。北海道の一部の市町村や企業では、家畜糞由来の発酵床（堆肥）を利用した微生物の高温発酵によるエゾシカ減容化技術（以降、高温生物処理という）が適用されており、捕獲個体の処理にかかる負担の軽減効果が得られている<sup>1)</sup>。高温生物処理施設では、捕獲個体全体あるいは食肉加工残滓を処理しており、分解後大幅に減容化された生成物は、少量の取り扱いが容易な廃棄物として処分されている。例えば、エゾシカの捕獲個体全体を減容化している北海道枝幸町の事例において、地域で調達可能な材料を使った野積み方式での生物発酵による処理が行われ、温度変化や減量効果、二酸化炭素発生量等が確認されている<sup>2-4)</sup>。しかし、高温生物処理の適用事例は他に少なく、イノシシへの適用事例は見当たらない。また、安定した高温生物処理技術の適用条件や実際の施設立地条件によっては問題となる臭気ガス成分の発生特性などについての知見は乏しく、安定的な技術として一般化していくうえでは、より詳細な検証が必要である。

### 2. 研究開発目的

本研究では、捕獲鳥獣の高温生物処理における安定的な減容化技術を確立するために、知見が十分でない個体の部位ごとの分解特性や臭気の発生特性などを明らかにすることを目的とし、ラボ試験及び実施設調査を行った。ラボ試験では、実施設条件を再現した装置を用いてエゾシカの部位ごとに高温生物処理を行い、減容化率やアンモニア発生量等を評価することで各部位の分解特性を検証した。実施設調査では、捕獲個体

としてイノシシも対象にし、地域で調達可能な安価な材料を用いて発酵床を作成し、野積み方式による高温生物処理を行った。投入から経過した時間が異なる発酵床を試料として採取し、水分や灰分等の基本性状、窒素化合物等の濃度変化、臭気ガス成分の発生ポテンシャルについて分析した。また、菌株分離とDNA抽出/PCR増幅による塩基配列決定により微生物の同定を行った。さらに、実施設の現場において、臭気による周辺環境への影響を調査した。

### 3. 研究開発方法

#### (1) ラボ試験

動物の微生物分解プロセスにおける温度変化、乾物残存率、そしてアンモニアガス発生量について精緻な測定値を得るために、エゾシカの筋肉（以下肉と称する）、脂肪、胃内容物の分解特性について検討を行った。肉は市販品を入手し、肉の微生物分解用の微生物資材として牛ふんを原料とした発酵済み堆肥（以下堆肥）を用いた。堆肥は北海道江別市の牧場において約6ヶ月間切り返しによって製造されたものである。

肉を微生物分解する反応槽は内容積5リットルのステンレス製容器を使用した（図2-1）。この反応槽は温度制御が可能なチャンバー内に設置され、反応槽内の材料温度に対してチャンバー内温度が常に約0.5℃低く追従するように温度制御されている。堆肥の中へエゾシカ死体を埋設する実規模作業を想定し、肉を堆肥層で包むように反応槽内に設置した。堆肥層への空気供給はコンプレッサー用い、材料の有機物量1kgあたり2.8 L/min (2.8 L/min/kg-VM)で通気を行った。

測定は温度、二酸化炭素発生量、アンモニア発生量、実験前後の乾物量の変化について行い、材料温度が低下し、二酸化炭素発生量が少なくなった時点で終了した。なお、堆肥は十分腐熟しているものを使用しており、堆肥のみによる発熱、呼吸そしてアンモニア発生は無く、観測値はすべて肉由来であることを確認している。

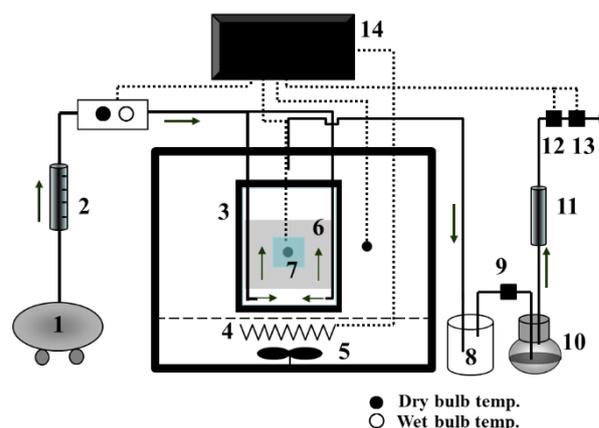


図2-1 ラボ試験装置

#### (2) 実施設調査

##### (2-1) 発酵床分析

北海道内のエゾシカ食肉加工施設が運営している高温生物処理施設と、環境省が福島県浪江町及び飯舘村において実施したイノシシ発酵処理実証試験の試験施設の全3地点において、処理対象物の投入からの経過時間が異なる発酵床を採取し、各種分析を行った。両者ともに枝幸町の事例を参考に設計されており、地域で調達可能な安価な材料として、牛ふん堆肥を中心に木質チップ等を混合して水分を調整したものを原料としている。福島県における実証試験では、簡易な野積み方式を採用し、イノシシを発酵床中に埋めた後から1週間おきに掘り出して重量変化等を検証していたため、イノシシ投入前の発酵床と、1週間おきに重機で混合した発酵床の一部をそれぞれ採取した。北海道の施設では、3日に1回の頻度で500kg程度のエゾシカ食肉加工残滓を発酵床に混ぜ込む形で投入しており、作業従事者の話をもとに、残滓投入前の発酵床と3日前及び1週間前に混ぜ込んだと思われる領域の発酵床の一部をそれぞれ採取した。試料は採取後に急冷して発酵反応を停止させた後に、冷蔵で分析室へ輸送した。なお、福島県における実証試験ではイノシシ重量の減少と組織の軟化が確認され、高温生物処理による減容効果が確認されている。表2-1に採取した発酵床の情報を示す。

表 2-1 試料情報

地点	北海道	福島県浪江町、飯舘村
処理対象	エゾシカ（解体残滓）	イノシシ
採取間隔	投入前、3日後、1週間後	投入前、1週間後、2週間後、3週間後、4週間後

分析項目および分析方法を表 2-2 に示す。pH や電気伝導度、窒素化合物の測定の際の抽出操作は、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」（昭和 48 年環境庁告示第 13 号）における揮発性有機化合物の検液作成方法に準じた方法を採用し、窒素分の揮発を防いだ。具体的には、重量体積比 10%かつヘッドスペースができないように試料と水で容器内を満たし、マグネチックスターラーで攪拌した。攪拌中に適宜電気伝導度を測定し、値の変化がなくなるまでを攪拌時間とした（ただし最大 1 時間まで）。攪拌後は 3000 rpm で 5 分間遠心分離し、上澄み液を検液とした。臭気ガス発生試験は、発酵床を 500 g 入れたステンレス製バットを 50 L のプラスチックバッグに封入してアンモニア濃度を検知管で適宜測定し、平衡状態に達したときのガスを 10 L 捕集して硫黄化合物及び低級脂肪酸の測定に用いた。また、発酵床の内部温度も記録した。臭気ガス発生試験の模式図を図 2-2 に示す。実施設において発酵が進んでいる状態にある発酵床は 80℃ 付近の温度に達するが、臭気ガス発生ポテンシャルを把握するための標準法として提案することを意図し、今回は 20℃ の恒温室内で行った。また、温度によるアンモニア揮発量の変化を検証するために、北海道の試料のみ 50℃ 条件下においても追加試験を行った。

表 2-2 発酵床分析項目および分析方法

区分	分析項目		分析方法
基本性状	三成分	水分	1cm 裁断試料を用いて、105℃ 加熱重量法により測定
		灰分	105℃ 乾燥試料を用いて、600℃ 強熱重量法により測定
		可燃分	水分と灰分の差し引きにより計算
	その他	油分	105℃ 乾燥試料を用いて、n-ヘキサンによるソックスレー抽出法により測定（肥料等試験法に準拠）
		pH	抽出操作の検液を用いて、ガラス電極法により測定
		電気伝導度	抽出操作の検液を用いて、電気伝導度計により測定
窒素化合物 全窒素・	有機態窒素、アンモニア態窒素、 亜硝酸態窒素、硝酸態窒素	抽出操作の検液を用いて、JIS K0102 工場排水試験法により測定	
臭気ガス発生試験	アンモニア		臭気ガス発生試験（20℃）における 50L バッグ内のガスを、検知管法により測定 ※北海道の試料は 50℃ においても実施（ただし試料 100g、10L バッグの小スケール）
	硫黄化合物	硫化水素、硫化メチル、 二硫化メチル、 メチルメルカプタン	臭気ガス発生試験（20℃）における 50L バッグ内のガスを 10L 採取し、ガスクロマトグラフ（FPD）法により測定
	低級脂肪酸	プロピオン酸、ノルマル酪酸、ノルマル吉草酸、 イソ吉草酸	臭気ガス発生試験（20℃）における 50L バッグ内のガスを 10L 採取し、ガスクロマトグラフ（FID）法により測定

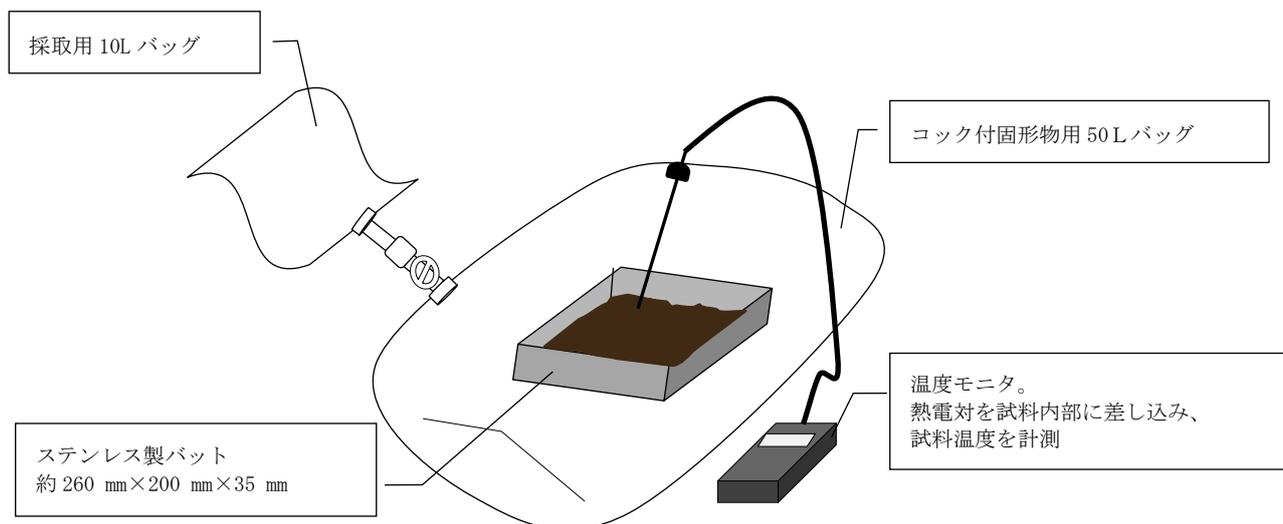


図 2-2 臭気ガス発生試験 模式図

動物の肉片を分解・資化し、かつ高温条件下で活性を持つ菌株を取得するため、以下のような条件で菌の分離を試みた。表 2-3 に用いた培地組成を示す。LIN ら<sup>5)</sup>は高温菌の培養にゲランガムを用いており、高温培養時においてもゲル強度を保つことを報告している。なお、本検討では培養温度を 50℃とした。高温菌の分離源として、福島県内における実証試験（施設 A および施設 C）の発酵床を用いた。分離源 A0 は表 2-1 の投入前に該当し、木くずや牛ふん、牛ふん堆肥等を混合したものである。分離源 A1 はイノシシ投入から 1 週間後のイノシシ体の直下の発酵床をサンプリングしたものである。以下同様に、A2 は 2 週間後、A3 は 3 週間後、A4 は 4 週間後となる。また分離源 C4 は施設 C の 4 週間後のサンプルである。

表 2-3 高温菌分離用培地組成

組成	容量
Yeast extract	0.4 %
肉エキス	0.8 %
NaCl	0.2 %
ゲランガム	1.1 %
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.1 %

高温生物処理においてその反応にかかわる微生物の量は、処理効率に影響を及ぼす。そこで、イノシシ高温生物処理過程での微生物数を測定すると同時にその時の発酵床の状態（水分、灰分、pH）を調べた。水分は 105℃で恒量となるまで乾燥させ、乾燥の前後の重量差を水分量とした<sup>6)</sup>。サンプルを乾燥後、600℃で 3 時間加熱した後の残渣を灰分とし、下式を用いて発酵可能物濃度を算出した<sup>6)</sup>。

$$\text{発酵可能物濃度} = (\text{乾燥物量}(\text{g}) - \text{灰分}(\text{g})) / (\text{乾燥物量}(\text{g}))$$

pH はサンプル湿重量 5.0 g を 50 mL の蒸留水に入れ、スターラーで 30 分間（500 rpm）攪拌後、上澄みを測定した。細菌数は、50mL 滅菌水中に各分離源を湿潤重量で各 5.0 g ずつ測りとり、スターラー（500 rpm）で液中への菌の分散の行い抽出液を得、適当倍希釈後、表 2-3 に示す培地上に 100 μL 塗抹し、50℃で 24 時間培養を行った。培養後形成されたコロニー数を測定した。

イノシシの高温生物処理に用いた発酵床中には、動物体の高温分解に寄与する菌が存在していると考えられた。そこで、発酵床中からの発酵温度上昇およびイノシシ体分解に寄与する微生物の分離を試みた。発酵分解 50 mL 滅菌水中に各分離源を湿潤重量で各 5.0 g ずつ測りとり、スターラー（500 rpm）で液中への菌の分散の行い、抽出液を得た。抽出液を適当に希釈し、無菌的に培地上に塗抹した。50℃で 24 時間培養後、発現したコロニーを新しい培地上にピックアップした。ピックアップしたコロニーを 2 回画線し、純粋株を取得した。得た純粋株は PrepMan Ultra Reagent（Applied Biosystems）を用いて DNA の抽出を行った後、MicroSeq®500 16S rDNA PCR Kit を用いて 16S rDNA のトップ 500bp をターゲットとした PCR 増幅を行った。得られた DNA に対して MicroSeq®500 16S rDNA Sequencing Kit を用いて塩基配列を決定した。塩基配列データベース上での BLAST 検索（<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>）を行い、近縁既知種を同定した。

## （2-2）現場測定

福島県浪江町及び飯舘村の施設（実証試験）において、イノシシ投入から 2 週間後の重量測定等の作業日に合わせて、臭気の現場測定を行った。実証試験は仮設焼却施設の灰保管庫内に設置された 5.4m×5.4m×3.6m のクリーンルームと称したテントで行われ、テントの側面には簡易的な除じん・脱臭装置が設置されており、テント内側の装置入口付近（以下、テント内）とテント外側の装置出口付近（以下、テント外）の 2 ヶ所を採取地点に設定してガスを採取した。ガスの採取は最も臭気の発生が見込まれるイノシシの掘り返し作業中に 10 分程度で行った。分析項目は悪臭防止法に規定されている「特定悪臭物質」の 22 物質とし、吸着剤等への捕集が必要な項目については、採取後速やかに現場で捕集してから分析室へ搬送した。分析項目及び分析方法を表 2-4 に示す。

表 2-4 現場測定分析項目および分析方法

分析項目	分析方法
アンモニア	ホウ酸溶液吸収 インドフェノール青吸光光度法
メチルメルカプタン、硫化水素、 硫化メチル、二硫化メチル	ガスクロマトグラフ（FPD）法
トリメチルアミン	硫酸溶液吸収 ガスクロマトグラフ（FID）法
アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒド、 ノルマルブチルアルデヒド、 イソブチルアルデヒド、 ノルマルバレルアルデヒド、 イソバレルアルデヒド	ガスクロマトグラフ（FTD）法
イソブタノール、酢酸エチル、 メチルイソブチルケトン、トルエン、 スチレン、キシレン	ガスクロマトグラフ（FID）法
プロピオン酸、ノルマル酪酸、 ノルマル吉草酸、イソ吉草酸	吸着剤捕集 ガスクロマトグラフ（FID）法

#### 4. 結果及び考察

##### (1) ラボ試験による減容化プロセスの評価

肉と脂肪を分解した場合のそれぞれ2反復の温度および二酸化炭素発生速度の変化を図2-3に示す。温度は実験開始後直ちに上昇し、数日後には70℃付近まで到達した。二酸化炭素発生速度は、温度の上昇と共に大きくなり、70℃あたりで最大になった。肉に関しては、約20日間で温度が常温に近づき、肉の分解にともなう発熱もほぼ収束することがわかる。二酸化炭素発生速度も、発熱の多い状況で発生速度も大きく、発熱が少なくなり、温度の低下とともに減少する様子が観測された。

脂肪そしてここには示していないが胃内容物の分解に関しても、温度、二酸化炭素発生速度の変化は肉と同様な経過をたどることが明らかになった。ただし脂肪については、20日ほどで一旦温度が低下した後、再度温度が上昇し、再び温度が低下するまで35日以上かかることがわかる。詳細は不明であるが、ここでの脂肪の酸化分解過程が二段階であることが予想され、かつ分解期間が長く、肉の約2倍の期間を要することが明らかになった。

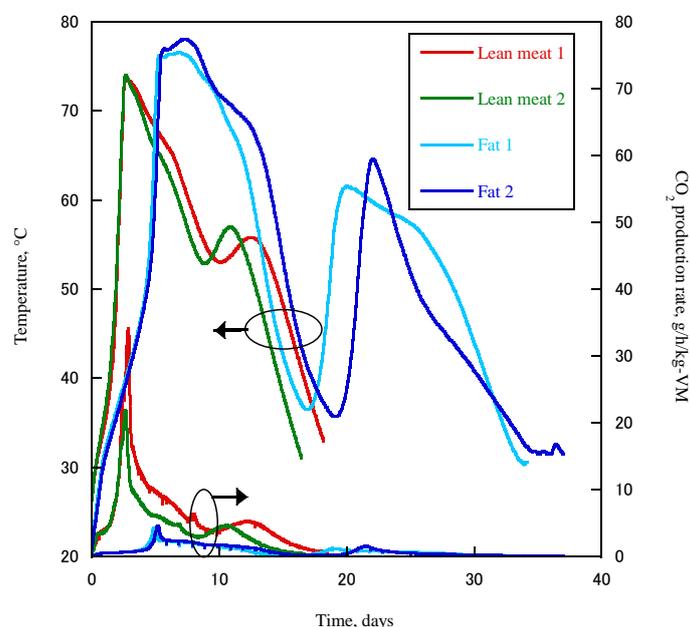


図 2-3 温度変化

乾物残存率の変化を図2-4に示す。材料の初期乾物量を100とした場合の肉と脂肪の残存率を表しており、分解による減少程度が把握できる。二酸化炭素発生速度が大きな初期の数日間で分解は大きく進み、その後はほぼ一定の割合で分解されるが、肉は全量分解されるような傾向は示していない。肉に関しては17日前後で40~20%の残存率、すなわち60~80%が分解されており、二酸化炭素発生速度から判断すると、これ以降の分解速度は非常に小さくなると考えられる。一方、脂肪は前述のように分解に要する期間は長いですが、最終的にはほぼ100%分解されることがわかる。またここには示していないが、胃内容物は樹木の葉と見られる緑色の内容物であり、肉や脂肪よりも分解され難く、30日間で約70%の残存率であった。

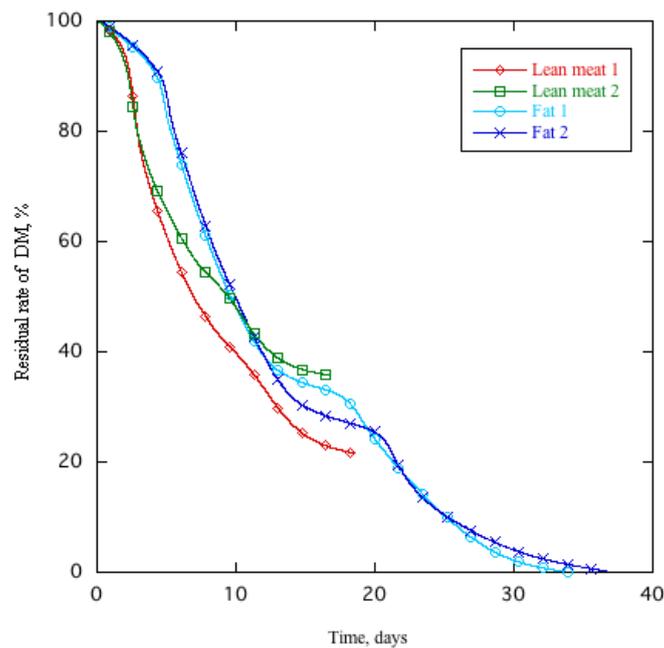


図 2-4 乾物残存率

肉の分解時には多量のアンモニアが発生することから、作業者等の安全には配慮が必要である。アンモニア積算発生量を図 2-5 に示す。Control は牛ふんの堆肥化時のアンモニア発生量であるが、肉の分解時に発生するアンモニア量は、Control の 10 倍以上発生している可能性がある。肉がタンパク質を多く含むためであり、実際に鹿肉の微生物処理現場で強いアンモニア刺激臭を発生する事例と一致する現象である。

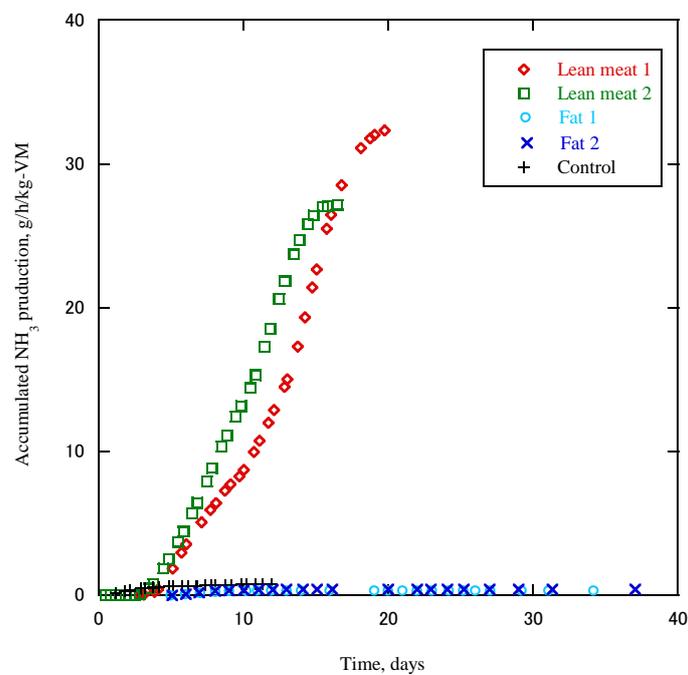


図 2-5 アンモニア積算発生量

## (2) 実施調査による減容化プロセスの評価 (イノシシ (福島県浪江町、飯舘村))

## (2-1) 発酵床分析

福島県内で行われたイノシシ発酵処理実証試験においては、地域で調達可能な安価な材料で発酵床を作成し試験を行ったが、温度は60℃程度まで上昇し、減容化率も2週間後で45%程度と減容効果がみられ、高温での生物発酵が十分に生じていることが確認できた。図2-6～2-8に採取した発酵床の基本性状の分析結果を示す。三成分の割合は両地点ともに大きな変動は見られず、水分は発酵活動にとって理想的である60%前後を推移していた。今回の実証試験の条件では、発酵床の水分調整作業は少なくとも1ヶ月は不要であると思われる。発酵活動が進むにつれてイノシシとともに発酵床も分解されていくため、可燃分が減少して灰分が増加することが予想されるが、今回の実証試験ではイノシシ自体の分解が確認されているものの可燃分と灰分には大きな変化はなかった。実証試験は1カ月間のみ行われたが、実際には同じ発酵床にイノシシ等の捕獲個体を継続的に投入して長期的に発酵処理を続けていくため、発酵床の性状を適宜確認し、必要に応じて水分調整作業や牛ふん堆肥や木質チップ等を新たに追加する作業などが重要となる。

油分は飯舘村では明らかな減少傾向を示し、これは発酵活動により分解されたためと思われる。実証試験は冬期に行われたものであり試験に供したイノシシは脂肪分を多く含んでいると考えられるが、油分の分解は上記のラボ試験でも示されており、冬期に捕獲される脂肪を多く含む個体でも発酵処理は滞りなく進められると考えられる。pHは両地点ともにpH8付近を推移しており、大きな変動は見られなかった。分解生成物の蓄積や発酵床のpH緩衝能、酸素供給量等に依存して長期的には変動する可能性がある。電気伝導度は最終的にはやや上昇した傾向が見られ、これは個体の分解により電解質が増加した影響を受けたためと思われる。

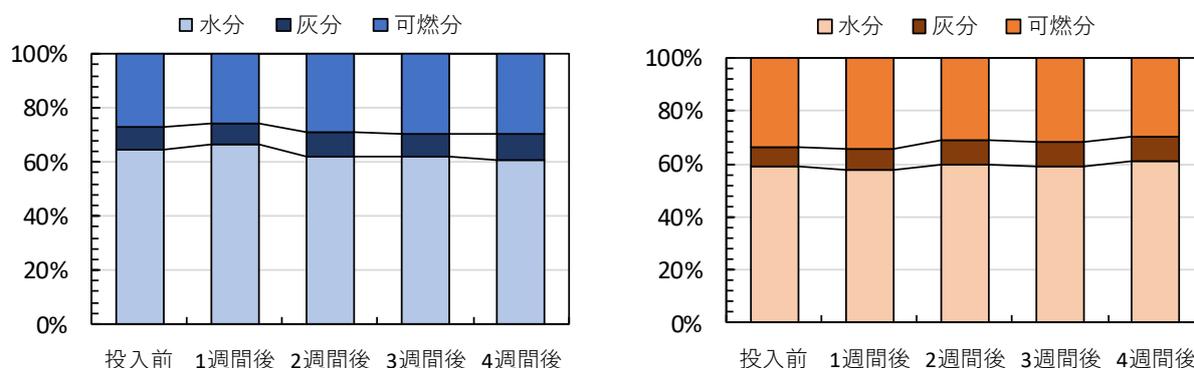


図 2-6 三成分 (左：浪江町、右：飯舘村)

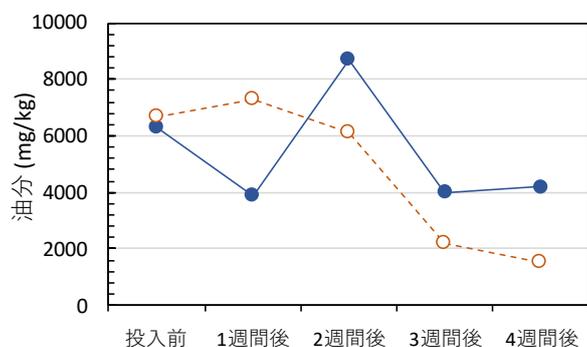


図 2-7 油分 (●：浪江町、○：飯舘村)

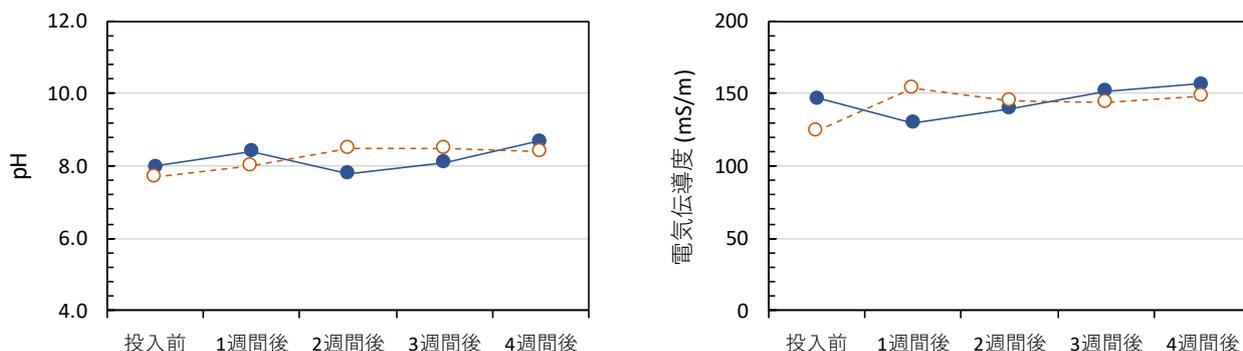
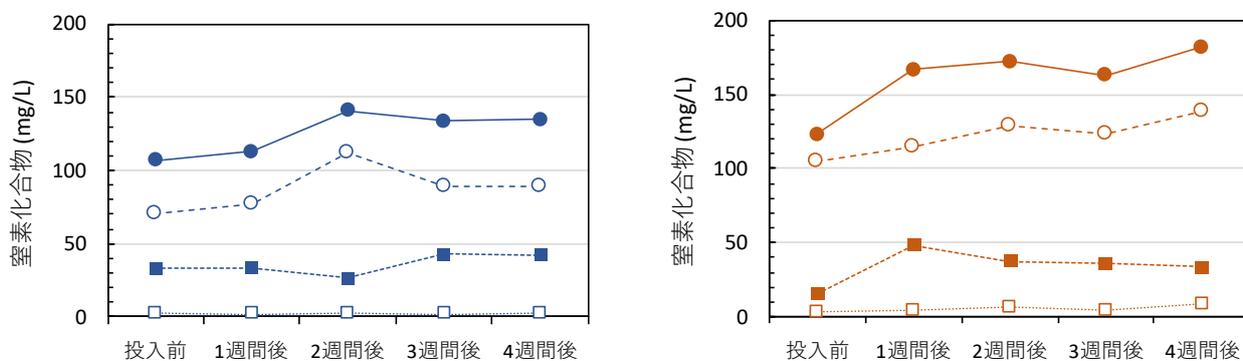


図 2-8 pH 及び電気伝導度 (●：浪江町、○：飯舘村)

図 2-9 に全窒素及び各窒素化合物濃度の分析結果を示す。全窒素濃度は徐々に上昇する傾向が見られたが、これは全体の中でも割合の多い有機態窒素の影響を大きく受けていると思われる。有機態窒素が増加した要因としては、イノシン個体中の分解された組織の一部が掘り返し及び埋め戻し作業時に発酵床へ供給されたためと思われる。一般的に、有機態窒素はアンモニア態窒素に分解され、揮散するアンモニア以外は亜硝酸態窒素を経て硝酸態窒素まで硝化される。アンモニア態窒素ではやや上昇するような傾向が見られたが、有機態窒素ほどの明確な増加は見られず、厳密にはアンモニアガスの揮散量を合わせた考察が必要であるがそれを考慮しないとすれば、有機態窒素からアンモニア態窒素への分解はそれほど進んでいないと思われる。また、亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素濃度は相対的に低く、アンモニア態窒素からの硝化作用はさらに限定的だと思われるため、長期的には有機態窒素及びアンモニア態窒素が蓄積していくことが予想される。アンモニア態窒素の蓄積は発酵床の pH 上昇を引き起こすため、時間経過とともにアンモニア揮発量が大きく増加する可能性が高い<sup>7,8)</sup>。



●全窒素、○有機態窒素、■アンモニア態窒素、□硝酸態窒素（亜硝酸態窒素は全て不検出）

図 2-9 全窒素及び窒素化合物濃度 (左：浪江町、右：飯舘村)

図 2-10～2-12 に臭気ガス発生試験の結果を示す。発酵床を保冷库から出し、プラスチックバッグに封入してから 4～5 時間後に発酵床の内部温度とアンモニア濃度が平衡状態となったため、このときのアンモニア濃度の値を採用し、さらにバッグ内のガスを採取して硫黄化合物 4 種及び低級脂肪酸 4 種を分析した。アンモニア濃度はイノシン投入から期間が経つごとに徐々に上昇する傾向が見られ、これはアンモニア態窒素濃度とおおむね同様の傾向である。図 2-13 に発酵床の溶出操作で得られたアンモニア態窒素濃度と臭気ガス発生試験で得られたガス中のアンモニア濃度の関係を示す。直線性は低いですが、発酵床中のアンモニア態窒素濃度が高いほどアンモニア揮発量が多くなることがわかる。すなわち、アンモニアの揮発は発酵床中のアンモニア態窒素の蓄積量に依存することが示唆された。硫黄化合物においては、全ての試料で硫化メチル

が、一部の試料で二硫化メチル及びメチルメルカプタンが検出され、硫化水素は全ての試料で不検出だった。低級脂肪酸においては、一部の試料でプロピオン酸及びノルマル酪酸が検出され、ノルマル吉草酸及びイソ吉草酸は全ての試料で不検出だった。発酵床の pH がアルカリ性であるために、中性ガスである硫化メチル及び二硫化メチルは揮発しやすく、酸性ガスである他の 6 種はほとんど揮発しなかった可能性がある。

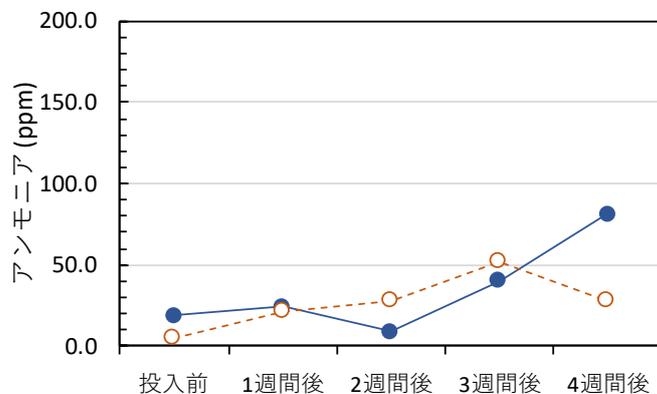
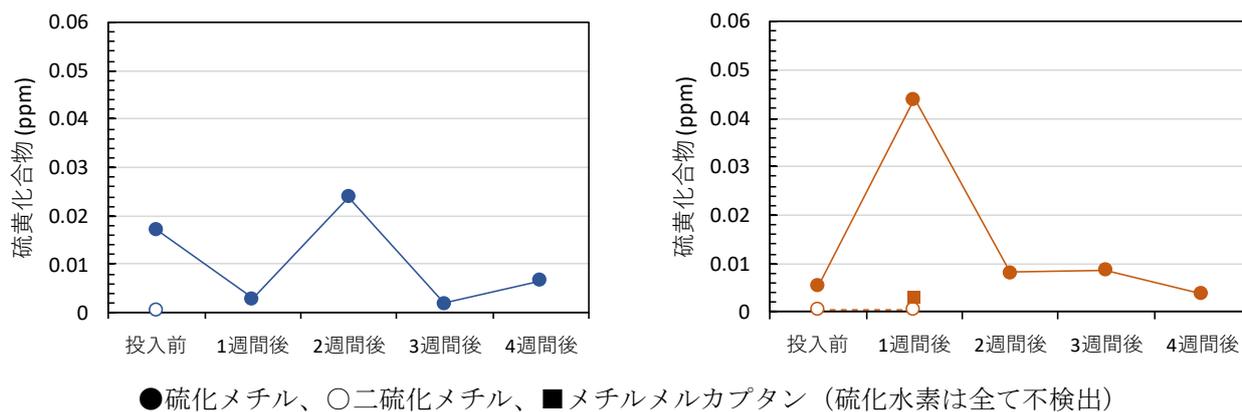
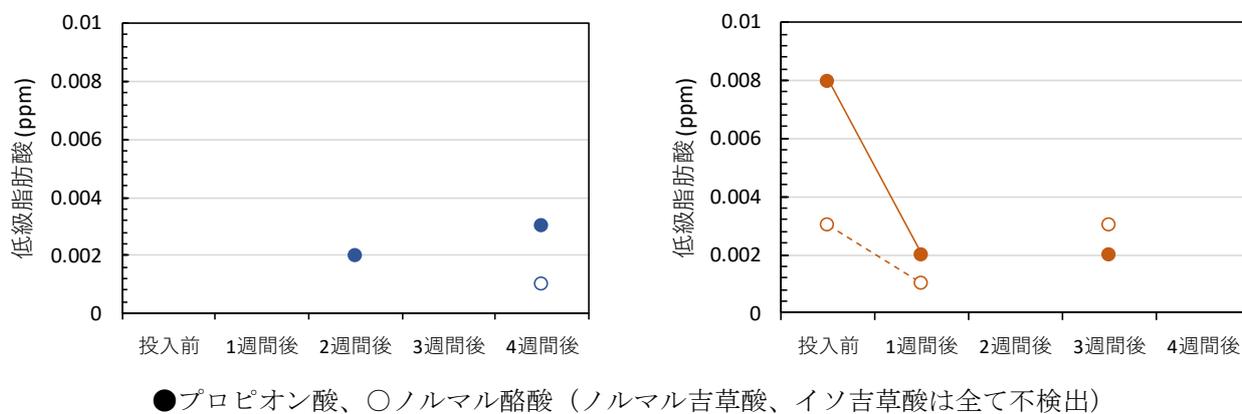


図 2-10 アンモニア濃度 (●：浪江町、○：飯舘村)



● 硫化メチル、○ 二硫化メチル、■ メチルメルカプタン (硫化水素は全て不検出)

図 2-11 硫黄化合物濃度 (左：浪江町、右：飯舘村)



● プロピオン酸、○ ノルマル酪酸 (ノルマル吉草酸、イソ吉草酸は全て不検出)

図 2-12 低級脂肪酸濃度 (左：浪江町、右：飯舘村)

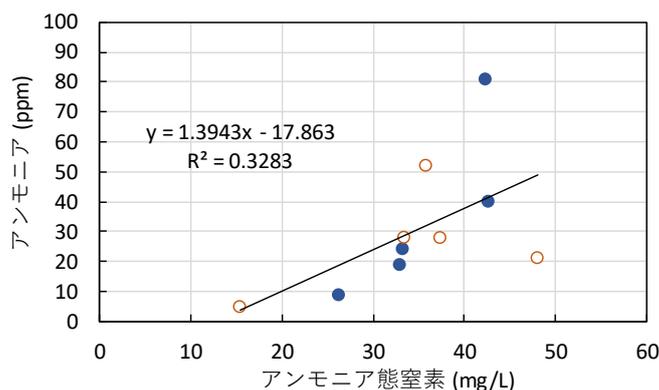


図 2-13 発酵床中のアンモニア態窒素濃度とガス中のアンモニア濃度の関係

菌分離用試料（分離源）の水分量を図 2-14 に、pH を図 2-15 にそれぞれ示す。水分は施設 A では 4 週間で大きな変化は見られず、55%～60%であった。発酵開始時点から pH は 8.7 程度であり、その後も pH の低下は見られず良好に発酵が行われたことが示された。3 週間目以降 pH の上昇がみられた。

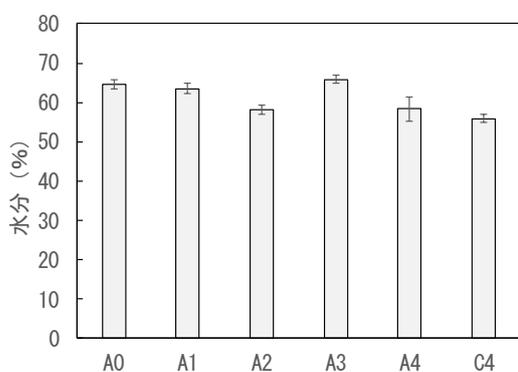


図 2-14 分離源の水分量の変遷

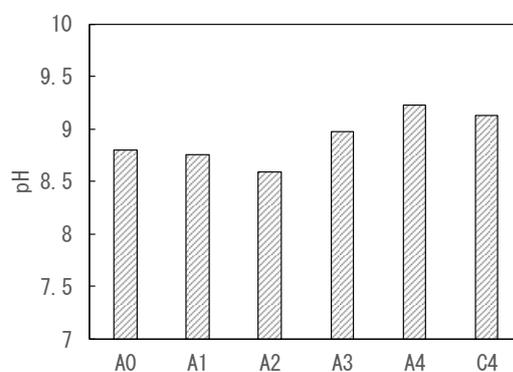


図 2-15 分離源の pH の変遷

図 2-16 に発酵可能物濃度を示す。サンプリングの差はあるが、4 週間を通して乾燥物量中の 9 割程度が発酵可能物であると推定された。これは、実験開始時に有機物として投入した牛ふんの生物分解による発酵可能物の減少、イノシシの分解によって発酵床中に肉片等が分散したことによる発酵可能物の増加の両方が同時に起こっているため、発酵可能物量が高い割合を維持していると推測される。図 2-17 に細菌数の変遷を示す。検討では 50℃という高い温度で生育可能な菌数を測定した。施設 A において実験開始時点で  $10^{10}$  程度であったが、培養 1 週間で  $10^8$  程度まで減少し、その後は増加傾向が見られた。施設 C での 4 週目のサンプルは  $10^7$  程度であった。

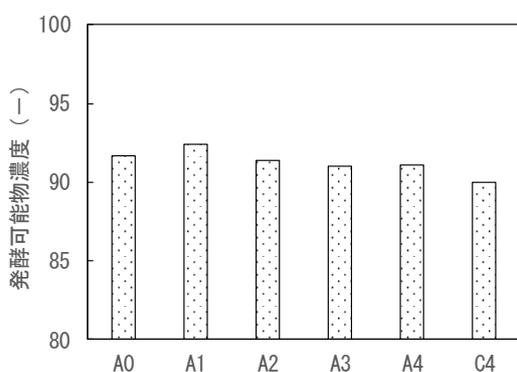


図 2-16 発酵可能物濃度の変遷

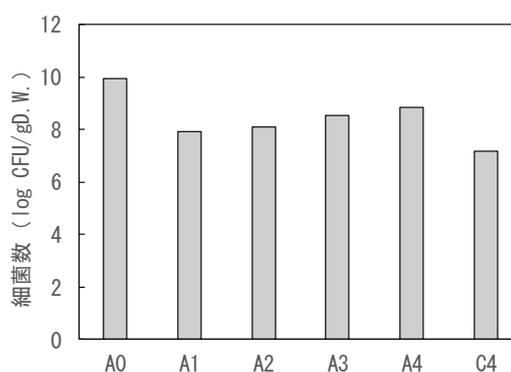


図 2-17 細菌数の変遷

分離株の近縁既知種の同定結果を表 2-5 に示す。本検討では 15 株の高温菌を取得することができた。分離源 A0、分離源 A1 および分離源 A2 からはそれぞれ門レベルで見ると *Firmicutes* 門と *Proteobacteria* ( $\gamma$ ) 門が検出された。各分離株の近縁既知種についてみると培養前の分離源 A0 中で検出された *P. thermotolerans* CM3<sup>T</sup> は分離源 A1 でも確認された。*P. thermotolerans* CM3<sup>T</sup> の増殖温度は 25~50°C であり、50°C が至適温度であるが、55°C では増殖しないことが報告されている<sup>9)</sup>。サンプル数は十分ではないが、分離源 A2 で *P. thermotolerans* の近縁種が検出されてこなかったことは、発酵過程での温度上昇との関係があると推測される。*U. composti* HC145<sup>T</sup> と *U. suwonensis* 6T19<sup>T</sup> のそれぞれの分離源は畜ふんコンポスト<sup>10)</sup>と綿くずのコンポスト化過程<sup>11)</sup>であり、増殖温度域は 37~60°C<sup>10)</sup>と 35~60°C<sup>11)</sup>であることが報告されている。至適温度が高いことから、これらと近縁の分離株は牛ふん堆肥由来の菌株である可能性が高い。A203 株と A205 株は *Pseudoxanthomonas* 属菌であり、分離源 A2 からのみ検出された。*P. taiwanensis* CB-226<sup>T</sup> の至適温度は 50~60°C と高く<sup>12)</sup>高温処理が一定期間続いたのちに増殖してきたのではないかと考えられる。A210 株は *L. sinduriensis* 種と近縁ということが分かった。*L. sinduriensis* BLB-1<sup>T</sup> は増殖温度域は 15~45°C と報告されていた<sup>13)</sup>が、本検討での 50°C の環境中からも近縁種が検出された。

本検討で取得した菌株を動物体の分解過程で分離した報告はこれまでない。表 2-5 に示す各菌株について、動物体の分解に寄与する可能性を初めて報告するものである。また、A009 株については既知種との相性が低いことから、新種あるいは新属の可能性もあり、今後、詳細な微生物性状分析を行う必要がある。

表 2-5 取得菌株の既知種との相同性検索結果

分離源	分離株	近縁既知種	相同性	bp
A0	A001	<i>Pseudomonas thermotolerans</i> strain CM3	99%	504
	A003	<i>Bacillus shackletonii</i> strain LMG 18435	93%	517
	A009	<i>Bacillus snorensis</i> strain BCRC 17416	81%	516
	A012	<i>Ureibacillus composti</i> strain HC145	95%	517
	A014	<i>Ureibacillus suwonensis</i> strain 6T19	95%	517
A1	A101	<i>Ureibacillus composti</i> strain HC145	97%	516
	A105	<i>Pseudomonas thermotolerans</i> strain CM3	99%	510
	A106	<i>Pseudomonas thermotolerans</i> strain CM3	99%	504
	A109	<i>Ureibacillus suwonensis</i> strain 6T19	99%	517
	A110	<i>Ureibacillus suwonensis</i> strain 6T19	99%	517
A2	A202	<i>Bacillus methanolicus</i> NCIMB12524	95%	515
	A203	<i>Pseudoxanthomonas taiwanensis</i> strain CB-226	99%	510
	A205	<i>Pseudoxanthomonas taiwanensis</i> strain CB-226	99%	510
	A209	<i>Ureibacillus composti</i> strain HC145	97%	516
	A210	<i>Lysinibacillus sinduriensis</i> strain BLB-1	96%	513

## (2-2) 周辺環境への影響評価

表 2-6 に現場測定結果と検出した項目については測定値から推定した 6 段階臭気強度表示法<sup>14)</sup>における臭気強度を示す。両地点ともにテント内においてアンモニアの臭気強度が大きいことから、作業従事者の労働環境衛生面を考慮した換気対策が重要である。また、浪江町では硫化水素、飯舘村では低級脂肪酸類の臭気強度も大きく、閾値が低い臭気物質については、アンモニアより濃度が低い項目も注意が必要である。ほとんどの項目でテント内よりもテント外の方が低い濃度であり、テント外で検出されても臭気強度が小さい。しかし、発酵処理が長期間になりイノシシ等の捕獲個体を継続的に投入していく場合は臭気発生量が增大する可能性があるため、より長期的な調査が求められる。

表 2-6 現場測定結果と臭気強度

試験項目 (単位 ppm)	浪江町				飯舘村			
	テント内		テント外		テント内		テント外	
	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度	測定値	臭気強度
アンモニア	2.8	3	0.03	0	7.8	3.5	0.04	0
メチルメルカプタン	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0004	1	0.0001	1
硫化水素	0.0023	2.5	< 0.0001	-	< 0.0001	-	< 0.0001	-
硫化メチル	0.0002	1	0.0002	1	0.0008	1	0.0003	1
二硫化メチル	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0001	0	0.0003	1
アセトアルデヒド	0.003	1	< 0.002	-	0.004	1	< 0.002	-
イソブチルアルデヒド	< 0.002	-	< 0.002	-	0.007	1	< 0.002	-
プロピオン酸	0.0008	0	< 0.0001	-	0.0075	1	< 0.0001	-
ノルマル酪酸	0.0006	2	< 0.0001	-	0.009	3.5	< 0.0001	-
ノルマル吉草酸	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0005	2	< 0.0001	-
イソ吉草酸	< 0.0001	-	< 0.0001	-	0.0028	2.5	< 0.0001	-

現場測定はイノシシ投入から 2 週間後の作業時に行われたため、同日に採取した発酵床を用いた発酵床分析の臭気ガス発生試験の結果とテント内の測定結果を比較として表 2-7 に示した。臭気ガス発生試験は 50L の気相中に 500g の発酵床を入れて 20℃の恒温室に静置した条件で臭気ガスの発生ポテンシャルを検証したものである。実際の現場は発酵床の温度が 80℃近くに達しているため臭気ガス発生試験よりも発生量が大きくなる可能性があるが、その一方で発酵床に対する施設の空間は広く施設外への拡散もあるため、測定時にはほぼ開放系と考えることができ、拡散によって濃度は小さくなる可能性がある。今回の測定値は、あくまでも作業環境としての近傍の濃度である。

現場の両施設において、飯舘村のアンモニア濃度が高い点や両施設で現場測定値と臭気ガス発生試験の値の比が同程度であること、脂肪酸を除く臭気物質の種類の間で検出傾向が類似していることなどを臭気ガス発生試験で部分的に再現できているようにも思われるが、検出下限値の問題なども含めて脂肪酸は評価が難しい結果となった。すなわち、現場での臭気発生を検証するためには現場測定が望ましいが、施設の運営管理にかかる手間やコスト等を勘案し、本研究のような簡易的な臭気ガス発生試験の適用が考えられる。アンモニアに関しては、本研究での臭気ガス発生試験が現場の発生ポテンシャルを推測するうえで有効な手法であると思われるが、他項目では明瞭な傾向の把握には至らず、また本研究では現場測定は一度のみで比較対象が少ないため、今後の追加検証による試験方法の精査が必要である。

表 2-7 現場測定結果と臭気ガス発生試験結果

試験項目 (単位 ppm)	浪江町		飯舘村	
	現場測定 (テント内)	発酵床分析	現場測定 (テント内)	発酵床分析
アンモニア	2.8	9	7.8	28
メチルメルカプタン	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	< 0.0001
硫化水素	0.0023	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
硫化メチル	0.0002	0.024	0.0008	0.0081
二硫化メチル	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	< 0.0001
プロピオン酸	0.0008	0.002	0.0075	< 0.001
ノルマル酪酸	0.0006	< 0.001	0.009	< 0.001
ノルマル吉草酸	< 0.0001	< 0.001	0.0005	< 0.001
イソ吉草酸	< 0.0001	< 0.001	0.0028	< 0.001

### (3) 実施調査による減容化プロセスの評価 (エゾシカ (北海道))

図 2-18～2-19 に北海道内の食肉加工施設が運営する生物処理施設で採取した発酵床の基本性状の分析結果を示す。水分は内臓等の残渣投入によると思われる若干の上昇が 3 日後に見られたが、1 週間後には発酵熱により投入前とほぼ同じ値になっており、全体を通して発酵活動にとって理想的である 60%前後を推移していた。灰分は水分の影響を受けて相対的に増減したと思われる。油分は 3 日後に大きく減少していたが、投入 7 日後には変化が見られなかった。これは発酵床の原料である牛ふん堆肥に含まれる油分が早期に分解された可能性を示している。また、福島県で行われた実証試験における油分の値 (図 2-7) と比較すると低く、これは発酵床の原料が異なるためだと思われる。北海道の施設で使用されている原料の組成は把握できていないが、福島県の実証試験では発酵活動を向上させるために発酵床に米ぬか (脂質は 19.6%含まれている<sup>15)</sup>) を混ぜている。

pH も大きな変化は見られず、分解生成物の蓄積や発酵床の pH 緩衝能などに依存するが、さらに長期的な経過をみる必要がある。電気伝導度は残渣投入による減少と発酵進行による増加の傾向があるように見える。これは個体の分解により電解質が増加した影響を受けたためだと思われる。pH 及び電気伝導度は先述の福島県での分析結果と同等であった。

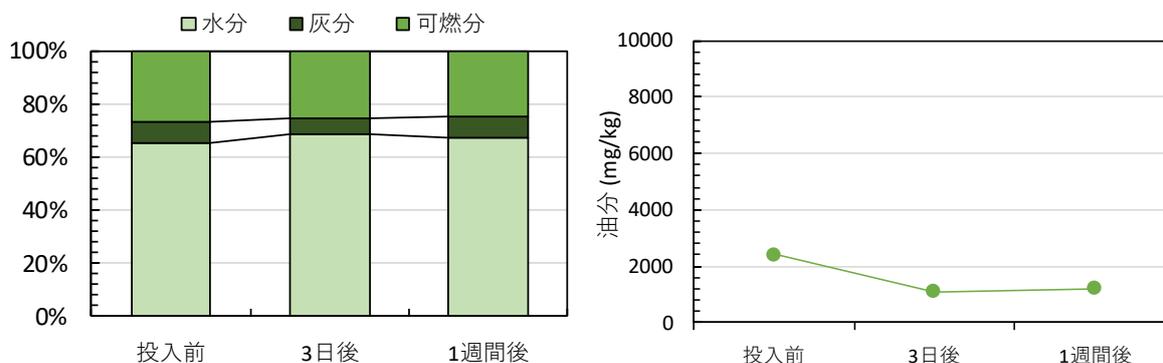


図 2-18 三成分及び油分

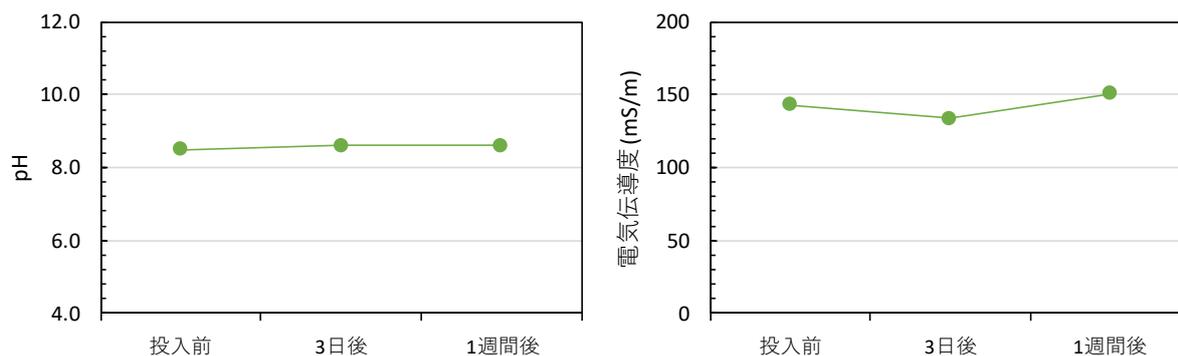
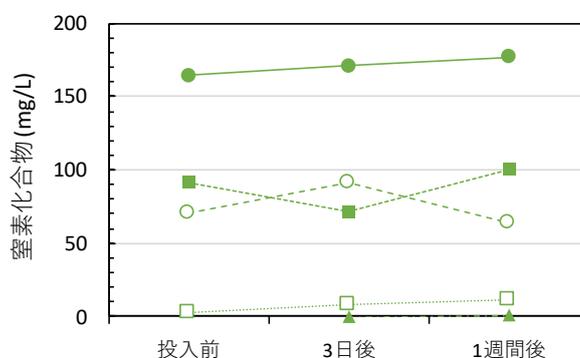


図 2-19 pH 及び電気伝導度

図 2-20 に全窒素及び窒素化合物濃度の分析結果を示す。全窒素濃度はほぼ一定だったが、形態別では変化が見られた。有機態窒素濃度は 3 日後に増加しており、これは残滓投入により追加されたためと思われる。その後 1 週間後には発酵活動によりアンモニア態窒素に分解されたことで減少に転じており、アンモニア態窒素濃度は増加していた。亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素は増加しており、これはアンモニア態窒素からの硝化により生成し、蓄積していったためと思われる。また全体の中で硝酸態窒素に硝化される割合は少なく、さらにアンモニア態窒素が蓄積していくことが予想される。先述の通り、アンモニア態窒素の蓄積は pH の上昇を引き起こし、時間経過とともにアンモニア揮発量が大きく増加する可能性があるため注意が必要である。福島県で行われた実証試験における分析結果と比較すると、残滓投入前の発酵床に含まれる有機態窒素濃度は低く、一方でアンモニア態窒素濃度は高かった。これは発酵床の原料や腐熟度による影響の可能性もある。福島県において使用された発酵床は実証試験のために新たに調製されたものであり、腐熟度は低い。一方で北海道の施設は稼働中であり、使用されている発酵床は、詳細な時期等は不明だが、施設に運び込まれて長期間が経っていると思われる。そのため北海道の発酵床は腐熟が進んでおり、有機態窒素がアンモニア態窒素に分解されて蓄積していた可能性がある。また、福島県の実証試験と比較して検証期間が短いものの、アンモニア態窒素や硝酸態窒素の蓄積が明確であり、分解速度も早い傾向が見られた。北海道の施設では食肉加工で生じた内臓等の残滓を投入しており、福島県の実証試験のような個体全体の処理と比べて分解されやすいためと思われる。



● : 全窒素、○ : 有機態窒素、■ : アンモニア態窒素、□ : 硝酸態窒素、▲ : 亜硝酸態窒素

図 2-20 全窒素及び窒素化合物濃度

図 2-21～2-22 に 20° C における臭気ガス発生試験の結果を示す。6 時間後において発酵床の内部温度とアンモニア濃度が平衡状態となったため、このときのアンモニア濃度の値を採用し、さらにバッグ内のガスを採取して硫黄化合物 4 種及び低級脂肪酸 4 種を分析した。アンモニア濃度は 3 日後には減少したが 1 週間後には増加しており、これはアンモニア態窒素濃度と同じ傾向である。図 2-23 に発酵床の溶出操作で得られたアンモニア態窒素濃度と臭気ガス発生試験で得られたガス中のアンモニア濃度の関係を示す。福島県における実証試験の結果と同様に、アンモニアの揮発は発酵床中のアンモニア態窒素の蓄積量に依存することが示唆された。硫黄化合物及び低級脂肪酸においては、硫化メチル、二硫化メチル、プロピオン酸の 3 種のみが検出され、他の 5 種は全て不検出だった。発酵床の pH がアルカリ性であるために、中性ガスである硫化メチル及び二硫化メチルは検出されるが、酸性ガスである他の 6 種はほとんど揮発しなかったと思われる。また硫化メチル及び二硫化メチルは残滓投入により大きく減少し、その後再度蓄積している様子が見られたが、これは硫黄化合物のヘンリー定数が大きいために攪拌作業によって揮散消失し、その後タンパク質の分解により再蓄積した、または攪拌作業による酸化分解の影響も考えられる。

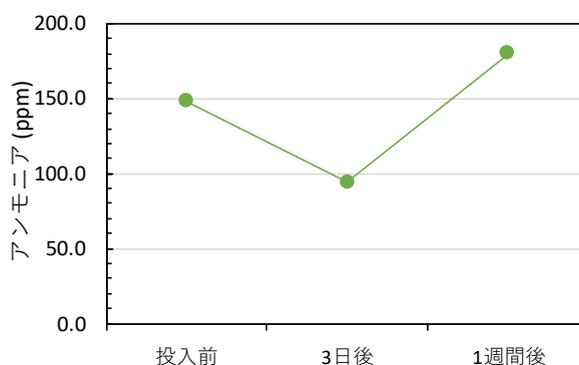
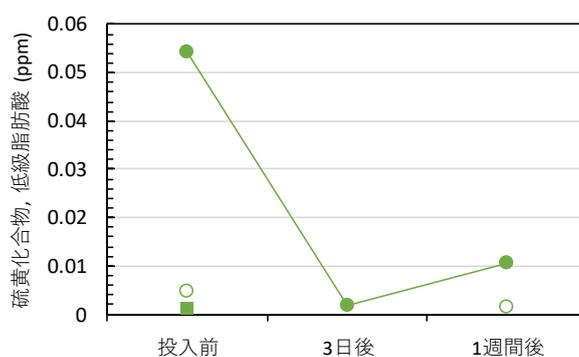


図 2-21 アンモニア濃度 (20°C)



● : 硫化メチル、○ : 二硫化メチル、■ : プロピオン酸 (他は全て不検出)

図 2-22 硫黄化合物濃度及び低級脂肪酸濃度

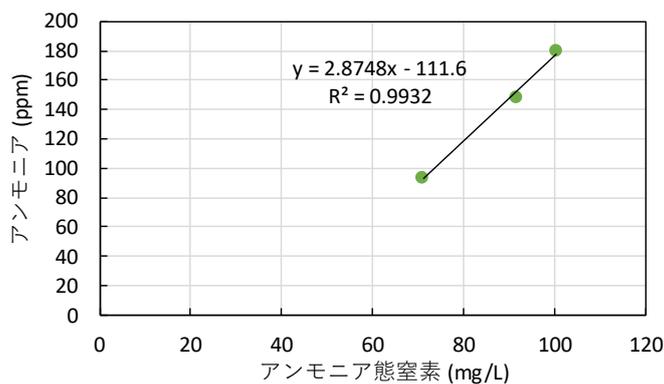


図 2-23 発酵床中のアンモニア態窒素濃度とガス中のアンモニア濃度の関係

図 2-24 に、高温発酵状態の再現実験として 50° C における臭気ガス発生試験の結果を示す。試験開始から 9 時間後に平衡状態になった。平衡に達する時間は発酵活動の再開や発酵床内部の化学的反応、バッグへの吸着等を考えるとより短い方が適していると思われるため、試験方法を標準化する上で、今後も平衡に達する時間の短縮について検討する必要がある。50° C におけるアンモニア濃度は、20° C と比べて約 5 倍高い濃度であり、実際の施設の高温時の発酵床は、より高い臭気発生ポテンシャルを有していることが確認された。温度上昇に伴う臭気発生の増加は、平衡定数であるヘンリー定数の上昇に依存すると考えられる。3 試料間関係は、アンモニア態窒素や 20° C における試験と比べて、投入前がやや高い値となったが、概ね同じ傾向であった。

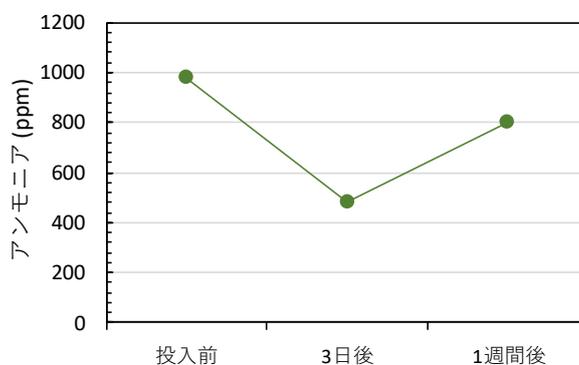


図 2-24 アンモニア濃度 (50°C)

今回は残滓投入から 7 日間という短期間での各分析項目の増減傾向を検証したが、今後の推移として先行研究<sup>16)</sup>に示されるような長期傾向に移行していく途中段階であると解釈できる。しかし臭気ガス成分については、減容化(堆肥化)に伴う変化について研究された例は少なく、pH の上昇に伴うアンモニア揮発量の増加等のイベントが懸念されることから、捕獲鳥獣の高温発酵処理施設の適正な運営を目指すうえで、さらなる調査が必要とされる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

野生動物死体の微生物分解は、国内外すでに多くの取り組みがあるが、肉、脂肪、胃内容物と分けて精緻な分解速度の把握によって野生動物個体全体の分解進行程度が推定可能になった。またアンモニア発生量を明らかにしたことによって、作業員などの安全を確保するための指標化が容易になった。

また、ラボ試験で把握した分解特性及び臭気等の発生特性を実規模での処理試験の詳細評価によって客観的に把握でき、減容化処理方法としてコスト面で優位性があると考えられる高温生物処理技術の行為学的な適用条件および生活環境保全の面から臭気物質等の挙動を科学的に明らかにできた。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

実施による検討においては、環境省福島地方環境事務所が実施した減容化実証事業と連携して検討を行った。その際に、環境省実証事業の企画立案には本研究の基本的な考え方が参考にされており、実証事業の詳細計画に本研究の実験手法等が参考にされた。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

適正処理の一方法として有効性が期待される高温生物処理技術の導入にあたって、本研究の成果が事業計画における設備の設計等に技術的側面から参考にされることが期待される。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

#### <その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない。

### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

## (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

## (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) 微生物によるエゾシカの減量化処理手引書, 北海道環境生活部環境局エゾシカ対策課 (2014)
- 2) 新発田修治, 阿部勝義, 高瀬孝弘, 高橋宗介, 岩谷光晃, 遠藤正勝, 木谷祐也, 松田従三 (2012) エゾシカ死骸の好気性発酵による減量化～枝幸式発酵減量化の開発～, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会, 79.
- 3) 新発田修治, 阿部勝義, 高瀬孝弘, 高橋宗介, 岩谷光晃, 遠藤正勝, 木谷祐也, 松田従三 (2013) 北海道北部の厳冬期におけるエゾシカ死骸の好気性発酵減量化, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 第24回廃棄物資源循環学会研究発表会, 77.
- 4) 岩渕和則, 湯田知昂 (2014) 堆肥化プロセスを利用した野生動物死体の減量化, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会, 253.
- 5) CHI CHUNG LIN, L.E.CASIDA, JR: GELRITE as a Gelling Agent in Media for the Growth of Thermophilic Microorganisms, Applied and Environmental Microbiology, vol.47(2), 1984
- 6) 藤田賢二: コンポスト化技術 廃棄物有効利用のテクノロジー P132
- 7) 大迫政浩 (2002) 有機性廃棄物の微生物処理過程におけるアンモニアおよびメチルメルカプタンの発生特性, 廃棄物学会論文誌, 13(6), 410-418.
- 8) 前田武己, 松田従三 (1998) 家畜糞の堆肥化におけるアンモニア揮散 第1報 アンモニア揮散の要因の検討, 農業機械学会誌, 60(6), 63-70.
- 9) Célia M. Manaia, Edward R. B. Moore: *Pseudomonas thermotolerans* sp. nov., a thermotolerant species of the genus *Pseudomonas* sensu stricto, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, vol52, 2203-2209, (2002)
- 10) Hang-Yeon Weon, Seon-Young Lee, Byung-Yong Kim, Hyung-Jun Noh, Peter Schumann, Jong-Shik Kim, Soon-Wo Kwon: *Ureibacillus composti* sp. nov. and *Ureibacillus thermophilus* sp. nov., isolated from livestock-manure composts, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, vol57, 2908-2911, (2007)
- 11) Byung-Yong Kim, Seon-Young Lee, Hang-Yeon Weon, Soon-Wo Kwon, Seung-Joo Go, Yong-Keun Park, Peter Schumann, Dagmar Fritze: *Ureibacillus suwonensis* sp. nov., isolated from cotton waste composts, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, vol56, 663-666, (2006)
- 12) Mao-Yen Chen, San-San Tsay, Kuei-Yu Chen, Yu-Ching Shi, Yung-Ting Lin, Guang-Huey Lin: *Pseudoxanthomonas taiwanensis* sp. nov., a novel thermophilic, N<sub>2</sub>O-producing species isolated from hot springs, Int. J. Syst. Evol. Microbiol, vol52, 2155-2161, (2002)

- 13) Min Young Jung, Joong-Su Kim, Woo Kee Paek, Igor Styrak, In-Soon Park, Yeseul Sin, Jayoung Paek, Keun Ae Park, Hongik Kim, Hong Lim Kim, Young-Hyo Chang: Description of *Lysinibacillus sinduriensis* sp. Nov., and transfer of *Bacillus massiliensis* and *Bacillus odyssey* to the genus *Lysinibacillus* as *Lysinibacillus massiliensis* comb. nov. and *Lysinibacillus odyssey* comb. nov. with emended description of the genus *Lysinibacillus*, *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, vol62, 2347-2355, (2012)
- 14) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 (2006) 廃棄物処理施設生活環境影響調査指針
- 15) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会 (2015) 日本食品標準成分表 2015 年度版 (七訂)
- 16) 脇阪浩, 阿部正夫, 杉本俊昭, 斎藤忠史 (2003) 家畜ふん堆肥の品質因子に関する研究－ 3. 灰分測定による腐熟度評価－, 栃木県畜産試験場研究報告, 19, 35-39

## Ⅱ－３ 放射性物質に汚染されたイノシシの高温生物処理に関する検討

### [要旨]

事故由来の放射性物質（放射性セシウム）を含む捕獲鳥獣、特に福島県における捕獲イノシシの適正処理方を提示するために、高温生物処理技術の適用における放射性セシウムの挙動を実験的に把握し、他の処理技術の実際の現場適用事例等を合わせて調査することで、得られた知見の集約により、自治体等が処理方を進める上での参考になる技術資料として取りまとめる。

すなわち、まず、処理対象となるイノシシ中の放射性セシウム（Cs）の含有実態やその地域分布、経年変化の傾向などを、福島県が実施した野生鳥獣の筋肉に含まれる放射線モニタリング調査結果を基に傾向を把握し、放射線量の異なる地域によって含有濃度に大きな幅があること、筋肉や腎臓の部位が特に高濃度化していること、筋肉中濃度に個体重量を勘案して個体あたりの濃度を安全側で評価できることなどを明らかにした。

つぎに、環境省が実施した捕獲イノシシの高温生物処理の実施設調査と連携して、処理時の放射性 Cs の挙動について対象の 2 施設で調査し、イノシシの分解と共に発酵床中の放射性 Cs が蓄積し濃度が増加するが、施設の空間線量率や吸入性粉じん濃度及び空气中放射性物質濃度等の作業環境は全く問題ないレベルであること、指定廃棄物の基準である 8,000Bq/kg 以下に管理すれば、電離則上の管理区域設定の基準に達することもないこと、などを明らかにした。また、発酵床中の放射性 Cs の蓄積による濃度上昇を予測するモデルを作成し、新規の発酵床との入れ替えによる管理方法を提示した。

### 1. はじめに

全国的に捕獲鳥獣の適切な処理システムの確立が急務であるが、平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災およびそれに伴う原子力発電所の事故によって、福島県等においては放射性セシウム（以下、放射性 Cs）を含んでいる捕獲イノシシの処理が問題になっている。これまで食用に供されたイノシシは、含まれる放射性 Cs 濃度が食用の基準を超えていることから、当面の間は食用として捕獲・出荷することができない。また、農業被害対策として捕獲駆除されたイノシシの処理においても、放射性 Cs を含む個体の処理に対する地域住民の不安感が存在することから、捕獲イノシシの円滑な処理が課題となっている。

現在、福島県内で捕獲したイノシシはそれぞれの市町村等において処理を行っているが、その処理方法はほとんどが埋設処理であり、一部を既存の焼却施設で処理している状況である。埋設処理においては、捕獲数が近年急上昇していることで埋設場所の不足が課題となっている。焼却施設での処理においては、捕獲イノシシを解体せずにそのまま処理しているのは少数で、ほとんどの市町村等においては前処理として解体等を行っているため捕獲者の負担は大きい。Ⅱ－２では捕獲鳥獣の高温生物処理の適用条件等を検討したが、放射性 Cs を含む捕獲イノシシにおいても解体等の焼却前処理の負担を軽減できる有用な処理方法である。また、住民協定等により焼却施設において捕獲イノシシを受け入れられない自治体では、焼却処理に代わる処理方法となる。実際に福島県内において、微生物を利用した専用発酵装置を導入する自治体や、前述の環境省による実証試験等が行われている。これらの処理後物に放射性セシウムがどれくらい含まれるかにより、処理後物の取り扱いが変わってくる。

### 2. 研究開発目的

本研究では、放射性 Cs を含む捕獲イノシシの高温生物処理における放射性 Cs の挙動や周辺環境への影響を明らかにし、既往の関連の知見を含めて福島県における放射性 Cs を含む捕獲イノシシの適正処理を支援するための技術資料を取りまとめることを目的とした。そのために、捕獲イノシシに含まれる放射性 Cs 濃

度の実態を把握し、イノシシ1頭あたりの放射性Cs濃度の推定を試みた。また、環境省が実施した実証事業と連携して実施調査を行い、発酵床中の放射性Cs濃度の挙動等を確認し、放射性Csの菌床への蓄積濃度等を管理するために定式化したモデルを提示した。さらに、作業従事者や周辺環境への影響を確かめるために、実施における空間線量率や粉じん中の放射性Cs濃度についても測定した。本研究の成果やその他事例調査を踏まえ、自治体が活用できる技術資料としてまとめた。

### 3. 研究開発方法

#### (1) 捕獲イノシシ中の放射性Cs濃度の実態把握

2016年度に県内で捕獲されたイノシシの筋肉中に含まれる放射性Cs濃度に関する情報を、福島県が実施した野生鳥獣の筋肉に含まれる放射線モニタリング調査結果を基に収集した。また、2011年度から2015年度のモニタリングデータを併せて収集し、年次変化に伴う傾向を確認した。

#### (2) イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量の推定方法（臓器別調査）

野生鳥獣の筋肉に含まれる放射線モニタリング調査に用いた一部のイノシシについて、各種臓器（心臓、肺、肝臓、腎臓、骨等）に含まれる放射性Cs濃度を測定し、その体内における分布状況を把握した。また、筋肉や各種臓器等の放射性Cs濃度と臓器重量から、イノシシ1個体に含まれる放射性Cs量を推定できないか、各種臓器の放射性Cs濃度測定結果やイノシシ生態の専門家から聴取した知見などから検討した。調査は、福島県内のA市において行い、2015年度から2016年度に捕獲されたイノシシ15頭について調べた。

#### (3) イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量の推定方法（有害鳥獣焼却施設における焼却残渣調査）

イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量を簡便に試算する方法を検討するため、イノシシ1頭を焼却可能な施設で処理し、発生する飛灰及び主灰の放射性Cs濃度と飛灰及び主灰の回収量を調べた（図3-1参照）。有害鳥獣専用の焼却施設を所有するB組合の調査協力が得られたことから、調査地区については、B組合の管轄する福島県内のC市及びD町とし、2市町で2017年度に捕獲されたイノシシ12頭について調査を行った。また、イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量の測定方法について、専門家から聞き取り調査を行った。

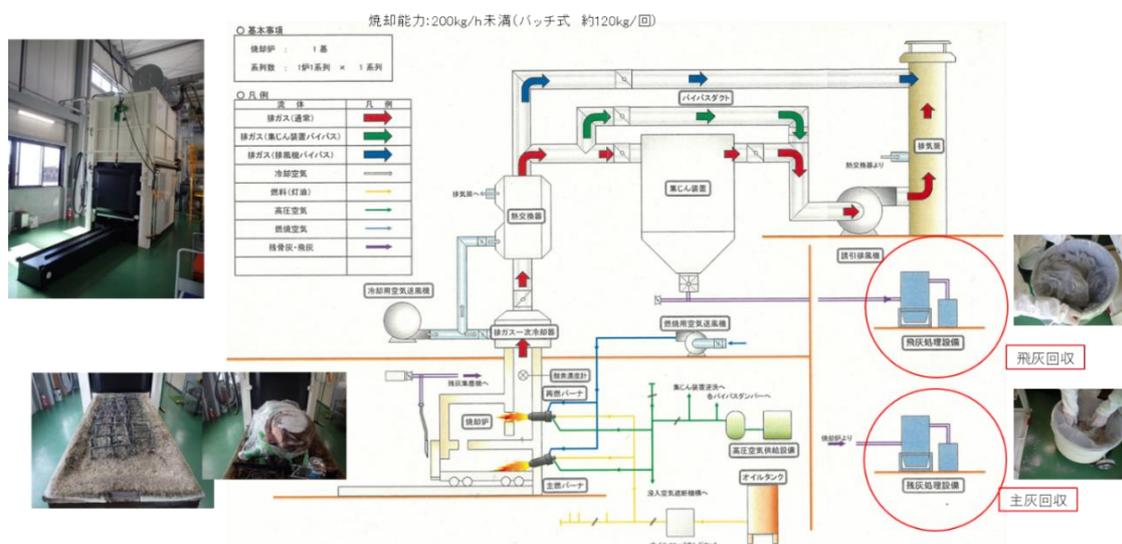


図3-1 B組合 有害鳥獣焼却施設の概略図

#### (4) 高温生物処理の実施設調査

Ⅱ-2で調査対象とした環境省が福島県浪江町及び飯舘村で実施したイノシシ発酵処理実証試験において、発酵床中の放射性Cs濃度、施設の空間線量率測定、吸入性粉じん濃度及び空气中放射性物質濃度の測定を行った。

##### (4-1) 発酵床中の放射性Cs濃度

「表2-1 試料情報」と同様に、1週間おきのイノシシ重量の測定作業に合わせて、重機で混合した発酵床を採取した。また、イノシシを発酵床に投入する前にモモ肉を取り出し、放射性Cs濃度を測定した。これらの試料はU8容器に詰め、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性Cs濃度を測定した。

##### (4-2) 空間線量率

1週間おきの作業時に、施設内の空間線量率を測定した。測定点はテント内部、テント外部（脱臭装置出口）、テント南側、テント東側の4地点とした。測定にはNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを用いた。

##### (4-3) 粉じん測定

イノシシ投入から2週間後の作業中に、ローボリウムエアースンプラーを用いてテント内及びテント外の空気を吸引し、吸入性粉じんをろ紙に捕集した。また、同様に空气中放射性物質もろ紙に捕集し、ゲルマニウム半導体検出器を用いて放射性Cs濃度を測定した。これらのサンプリングは、作業の中でも粉じんが発生しやすい掘り返し作業に重なるように設定した。

#### (5) 高温生物処理における放射性セシウムの発酵床中蓄積とその管理

放射性セシウムを体内に含有するイノシシを高温生物処理によって減容化することを想定した場合の、焼却等後段での処理量の予測と、発酵床の繰り返し利用に伴う放射性セシウムの蓄積状況について推定した。イノシシと発酵床の量的なバランスやそれぞれの初期の放射性セシウム濃度等は、環境省により福島県浪江町及び飯舘村で行われたイノシシ発酵処理実証試験の実施結果を元に設定した。その際、イノシシの部位別の詳細は区別せず、骨以外はすべて同一の「肉等」として分解率を求めた。高温生物処理は4週間で1プロセスとして、処理プロセス終了後に分解されない骨等を取り出し、同一発酵床に新たなイノシシ個体を投入した上で、次の処理プロセスを開始する、という繰り返し処理を基本とした。環境省の実証試験は、焼却前処理としてイノシシを容易に切断するための軟化処理の位置付けであり、2週間後に分解途中のイノシシを取り出すこととしている。しかし、発酵途中の崩れやすい個体を取り出すことは難しいと思われ、1個体ずつネット等に入れてから処理を開始する必要がある。そのため本研究では、4週間後の処理プロセス終了後に回収が容易な骨等のみを取り出すこととした。取り出した骨等および余剰の発酵床は、後段の処理プロセス（焼却等）に搬出・移行する画分として取り扱った。

#### 4. 結果及び考察

##### (1) 捕獲イノシシ中の放射性 Cs 濃度の経年変化、地域差

福島県自然保護課が 2011～2016 年度までに行った野生鳥獣の筋肉に含まれる放射線モニタリング調査結果から、イノシシの筋肉に含まれるセシウム 137（以下、 $^{137}\text{Cs}$ ）濃度の時系列変化を図 3-2 に示す。なお、

(1)～(3)では、放射性 Cs の中でも物理的半減期が約 30 年であり、生物への長期的な蓄積が懸念される  $^{137}\text{Cs}$  に着目した。

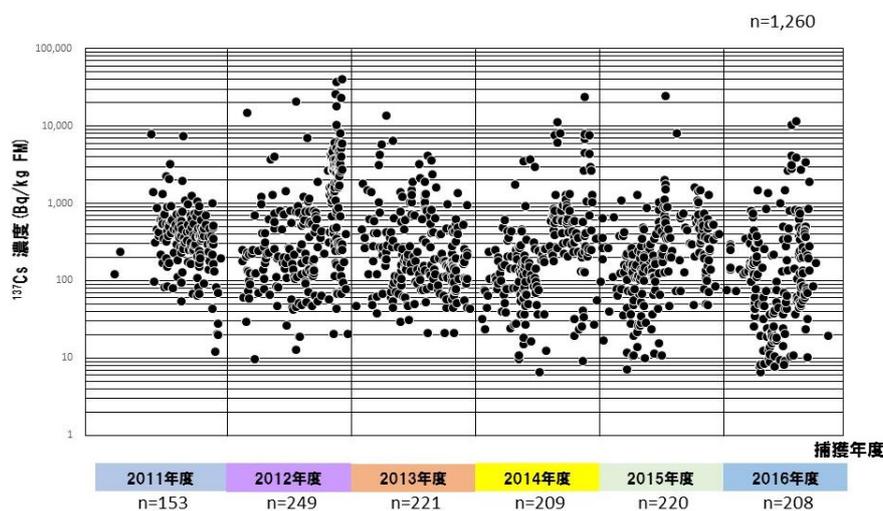


図 3-2 福島県内で捕獲されたイノシシの筋肉中  $^{137}\text{Cs}$  濃度（2011～2016 年度）

※定量下限値は約 5 Bq/kg、定量下限値未満は 0 Bq/kg として扱った。

福島県内に生息するイノシシの筋肉からは幅広い数値の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が検出されており、概ね経年的に低下傾向にあるものの、事故から 5 年以上経過した 2016 年度においても、個体ごとに大きくばらついており、100 倍以上の差があることが確認された。

福島県内の放射性 Cs 土壌沈着量は地域により大きく異なることが知られている。福島県はその地理的構造から大きく浜通り、中通り、会津地方に分けることができるが、図 3-3 のとおり  $^{137}\text{Cs}$  の土壌沈着量は、浜通りで高い地域が多く、中通り、会津の順に低くなっている。図 3-2 をイノシシの捕獲地点から地方別に区分したものが図 3-4 となる。 $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量が高い地方で捕獲されたイノシシの方が、低い地方で捕獲されたイノシシよりも、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度の高い個体が多いように見える。しかし、捕獲した地方毎には明確に分かれておらず、同じ地方で捕獲されたイノシシでも個体差が大きいことが確認された。このため、イノシシ 1 個体あたりの放射性 Cs 含量を推測するにあたっては、個体差を考慮する必要があると示唆された。

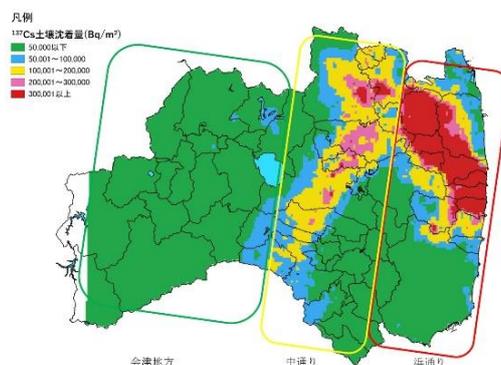


図 3-3 福島県内の  $^{137}\text{Cs}$  土壌沈着量

※文部科学省 2011-2012 年の航空機モニタリング結果から。

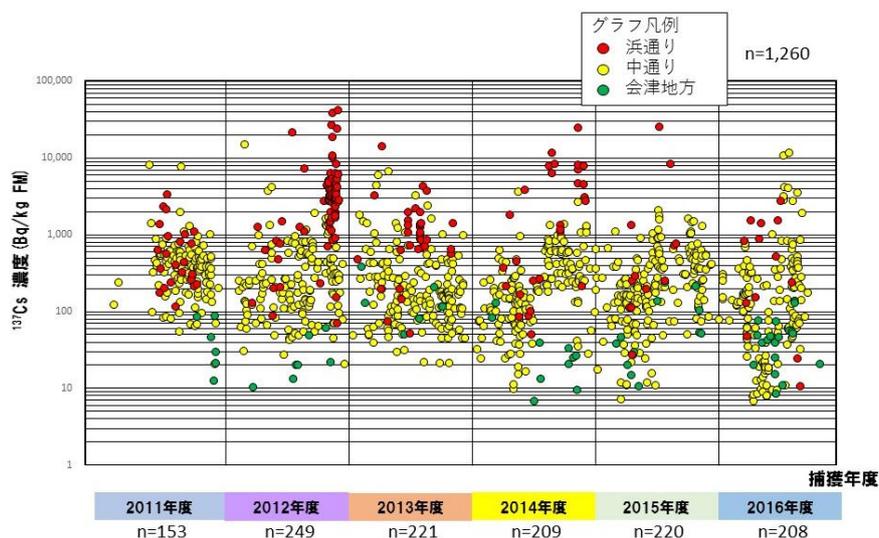


図 3-4 イノシシの筋肉中における  $^{137}\text{Cs}$  濃度の時系列変化（地方別）  
（福島県 2011 年-2016 年度）

(2) 捕獲イノシシ 1 頭あたりの放射性 Cs 量の推定（臓器別調査）

2015 年度から 2016 年度に採取したイノシシ各個体の筋肉、胃内容物、心臓、肺、肝臓、腎臓、体毛、骨に含まれる放射性 Cs 濃度の測定を図 3-5 の方法で行った。

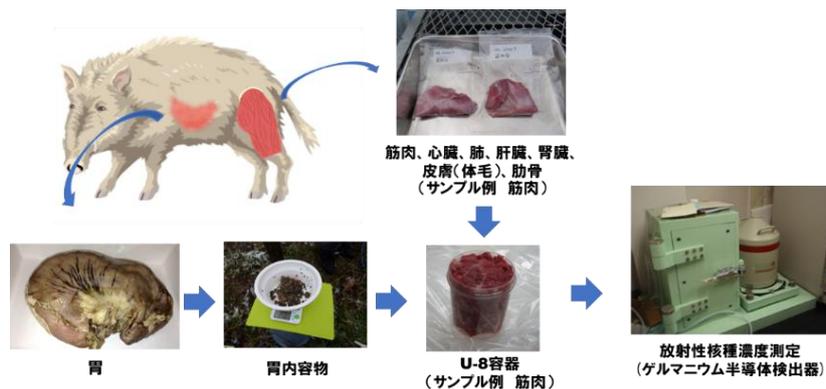


図 3-5 イノシシの筋肉、各種臓器及び胃内容物の測定方法

イノシシ各個体の各臓器別に含まれる  $^{137}\text{Cs}$  濃度を図 3-6 に、各臓器別の  $^{137}\text{Cs}$  濃度を図 3-7 に示す。各臓器別の平均値を見ると、筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が最も高く、次いで腎臓中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が高いことが確認された。これはチェルノブイリ原子力発電所事故の影響により、ヨーロッパのイノシシで確認された調査結果と同じ<sup>1)</sup>であり、日本のイノシシについてもセシウムは筋肉に最も多く分布している<sup>2)</sup>と思われた。しかし、個体 A、個体 B、及び個体 H のように、個体によっては必ずしも筋肉中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度が最大ではなかった。

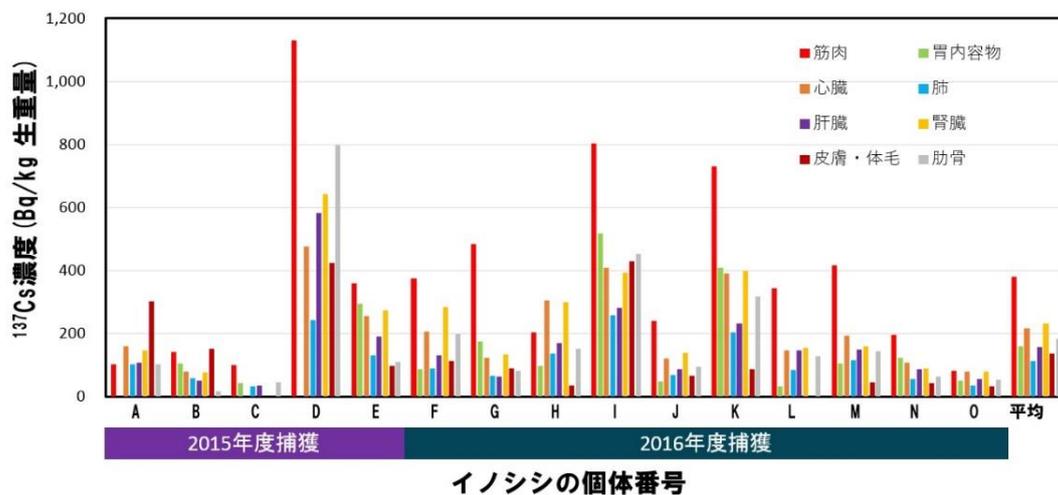


図 3-6 イノシシ各個体の主な臓器等  $^{137}\text{Cs}$  濃度 (福島県中通り 2015-2016 年)

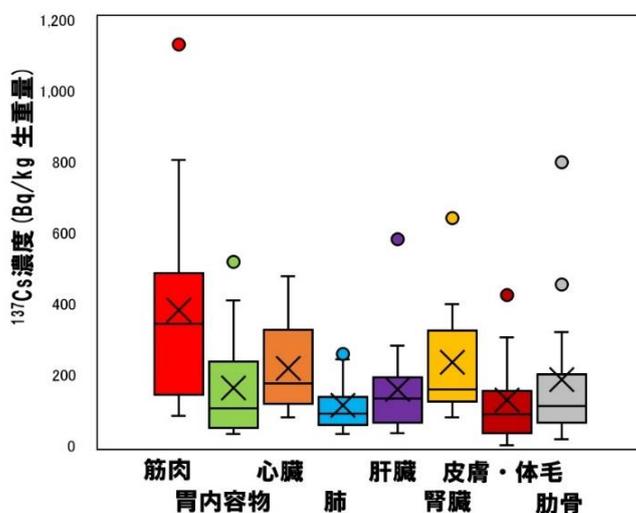


図 3-7 イノシシの主な臓器別  $^{137}\text{Cs}$  濃度 (福島県中通り 2015-2016 年)

今回の調査から、イノシシの筋肉及び各種臓器の放射性 Cs 濃度は個体差があることがわかった。また、イノシシ生態の研究者に、イノシシの筋肉や臓器の重量について確認したところ、栄養条件の違いなどから個体毎に異なるとの助言が得られた。以上のことから、イノシシに含まれる放射性 Cs 濃度を考える際は、個体差を考慮する必要性が示唆された。

イノシシに含まれる放射性 Cs 量を推定する方法として、平均値では筋肉中の放射性 Cs 濃度が最も高かったことから、筋肉中の放射性 Cs 濃度とイノシシ個体重量を用いた下記の式が考えられる。

$$\begin{aligned} & \text{(イノシシ 1 頭に含まれる放射性 Cs 量)} \\ = & \text{(イノシシ筋肉中の放射性 Cs 濃度)} \times \text{(イノシシの重量)} \end{aligned}$$

この試算方法であればイノシシの放射性 Cs 濃度が過小評価されず、安全面を見た計算値とされる。イノシシの高温生物処理残渣を処理する場合、廃棄物としての区分や周辺環境への影響を調べるうえで、放射性 Cs 濃度の値が必要となる。イノシシに含まれる放射性 Cs は、ほぼ全量が処理後の残渣に移行するため、イノシシに含まれる放射性 Cs 量、イノシシの重量、そして高温生物処理による減容率から、処理後残渣の放射性 Cs 濃度を予想でき、この式を活用できると考える。

## (3) 捕獲イノシシ1頭あたりの放射性Cs量の推定（専用焼却炉における焼却残渣調査）

イノシシ1個体に含まれる放射性Cs含量について安全面を見た試算は、先述の方法で行うことができる。しかし、筋肉と $^{137}\text{Cs}$ 濃度が筋肉の次に高い腎臓を比較しても、2倍近く筋肉中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度が高いことから、この試算では放射性Cs量を過剰に見積もっている可能性がある。そこで、イノシシ1頭を焼却した際に発生する主灰及び飛灰の放射性Cs濃度や回収量を測定し、筋肉に含まれる放射性Cs濃度と主灰及び飛灰に含まれる放射性Cs濃度との相関や、個体重量と主灰及び飛灰回収量の相関から、イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量を簡便により正確に推測する方法を検討した（図3-8参照）。

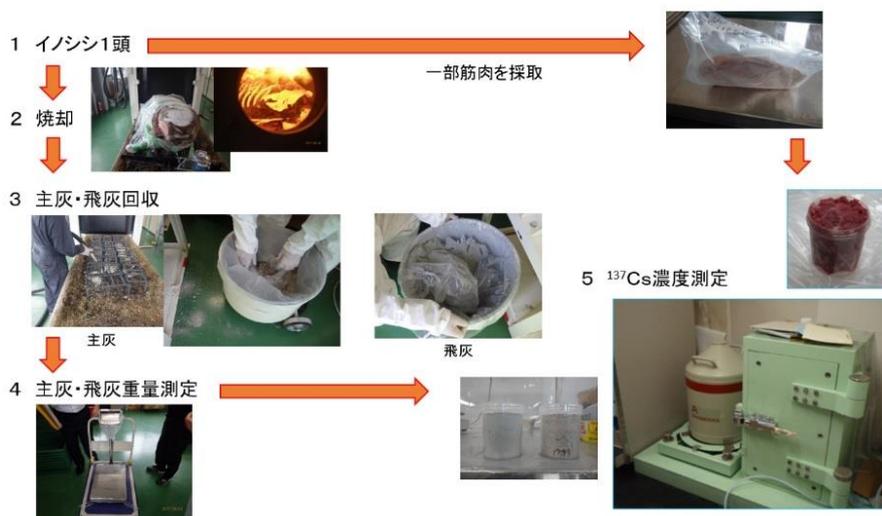
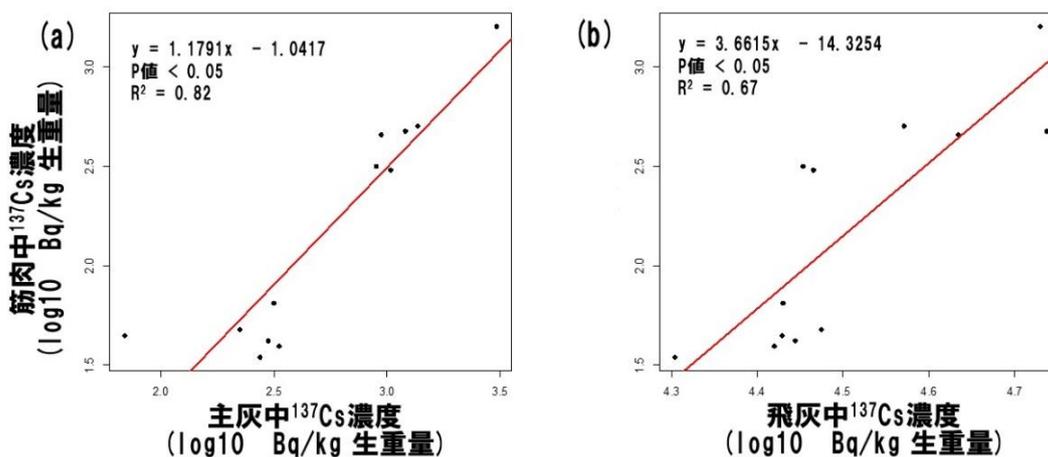


図3-8 有害鳥獣焼却施設における調査方法の概要

筋肉中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度と主灰及び飛灰に含まれる $^{137}\text{Cs}$ 濃度の相関を図3-9に示す。飛灰及び主灰に含まれる $^{137}\text{Cs}$ 濃度は、筋肉に含まれる $^{137}\text{Cs}$ 濃度との正の相関が見られた。

図3-9 イノシシの筋肉中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度とイノシシ焼却主灰(a)及び飛灰(b)中 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の相関

次に、イノシシ1頭を焼却した際に発生する飛灰及び主灰の回収量と、焼却するイノシシ個体重量との相関を図3-10に示す。

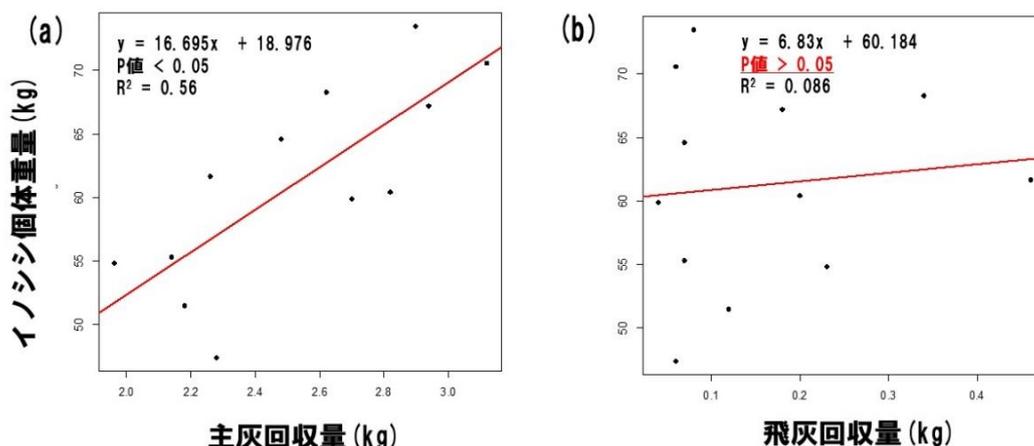


図 3-10 イノシシ重量とイノシシ焼却主灰(a)及び飛灰(b)回収量の相関

主灰重量と個体重量の間には、筋肉中の<sup>137</sup>Cs濃度と主灰及び飛灰の<sup>137</sup>Cs濃度と同じように一定の正の相関は見られるものの、飛灰と個体重量の間では相関は確認できなかった。一般に同種のを焼却した場合、焼却物と焼却残渣の重量には相関関係がでると推測されることから、これは飛灰回収量と個体重量に相関が無いのではなく、回収方法または確認方法に問題があった可能性が高いとみられる。このため、この試算方法を検討するためには、飛灰回収量の確認方法を考える必要がある。飛灰はバグフィルターにより排ガスから捕集されるが、逆洗が不十分であったため捕集した飛灰をフィルターから全量回収ができなかったか、あるいは、回収装置までのスクリーコンベアでの輸送が不十分であった可能性があるが、現状では原因がわからない。このため、飛灰の発生量をバグフィルターで捕集した量とするのではなく、バグフィルター前前の煙道で排ガス中のばいじん量を直接測定することで対応できるのではないかと考えている。

このような試算方法ではなく、捕獲したイノシシ1頭から直接個体全体の放射性Cs濃度または量を測定する方法がないか調べたところ、アメリカの研究所において、捕獲したイノシシ1頭から臓器を除き、全身の筋肉に含まれる放射性Cs濃度を測定する機器を開発中であることがわかった。イノシシの臓器を除去せずにこの測定機を用いて測定することで、イノシシ1頭に含まれる放射性Cs量を測定できることが期待される。

#### (4) 実施設における放射性Csの濃縮、周辺環境への影響評価

##### (4-1) 発酵床中の放射性Csの挙動

イノシシのモモ肉中の放射性Cs濃度は、浪江町では150~50,000Bq/kg、飯舘村では3,300~42,000Bq/kgであり、個体差が大きかった。それぞれの個体は各町村で捕獲されたものであり、捕獲された地域が同じでも個体差が大きいことは、図3-4でも示されている。現在でも数万Bq/kgのイノシシが捕獲されることがあるため、捕獲場所から発酵処理施設等へ搬出する際には体液等の飛散を防ぐ必要がある。

図3-11に発酵床の放射性Cs濃度の変化を示す。両地点ともにイノシシの分解が進むにつれて発酵床の放射性Cs濃度が上昇しており、これはイノシシ個体中の分解された組織が徐々に発酵床へ供給されているためだと思われる。この傾向は図2-9で示した発酵床の有機態窒素濃度の上昇とも一致している。4週間後にはイノシシの分解がほとんど完了しており、また発酵床全体に占めるイノシシ個体の割合は小さいために、発酵床の放射性Cs濃度の上昇はいずれ頭打ちになると思われる。しかし、実際に運転する際には、イノシシ個体を継続的に投入していくため、発酵床の放射性Cs濃度が上がり過ぎないように管理が求められる。後述の(5)において、繰り返しのイノシシ投入による発酵床の放射性Cs濃度の挙動をシミュレーション

し、考察する。なお、浪江町の1週間後の発酵床の測定結果は、イノシシ個体中の分解された組織の局所的な混入によると思われる非常に高い値(3,500Bq/kg)が検出されたため、異常値として除外した。

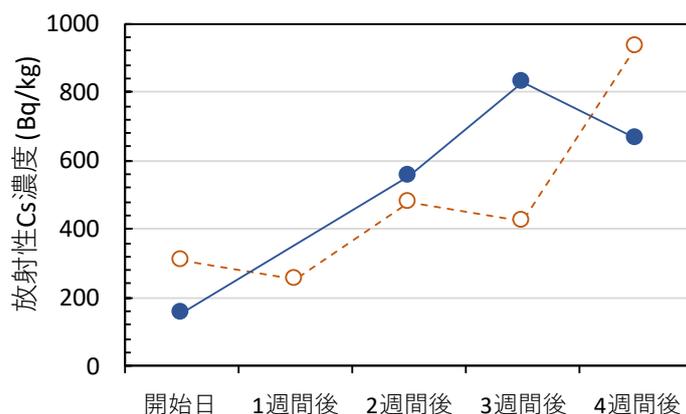
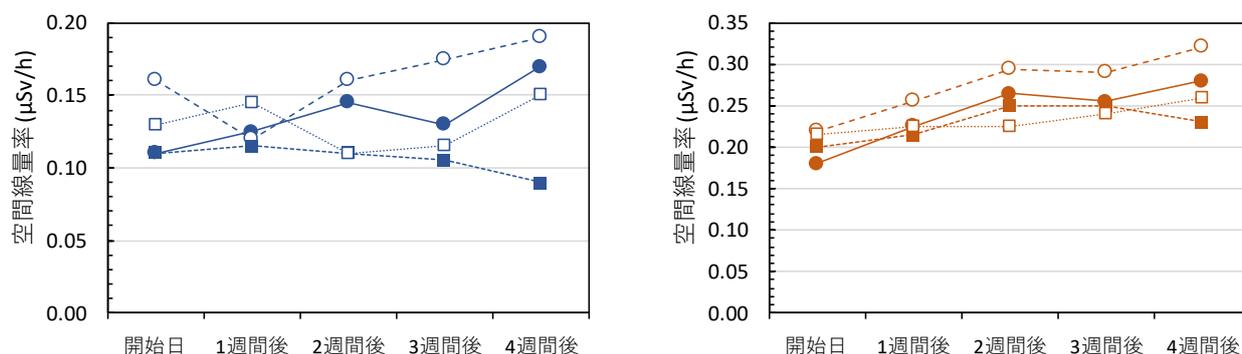


図 3-11 発酵床の放射性 Cs 濃度 (●：浪江町、○：飯舘村)

#### (4-2) 周辺環境への影響

図 3-12 に施設の空間線量率を示す。両地点ともに若干ではあるが空間線量率が上昇する傾向が見られた。これは発酵床の放射性 Cs 濃度の上昇の影響を受けていると考えられる。しかし、空間線量率の上昇は小さく、発酵床の濃度と比較しても、発酵床濃度を指定廃棄物の基準である 8,000Bq/kg 以下に制御すれば、電離則上の管理区域指定の基準である  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  以下で十分管理できると考えられる。



●：テント内部、○：テント外部（脱臭装置出口）、■：テント外部（南側）、□：テント外部（東側）

図 3-12 施設の空間線量率（左：浪江町、右：飯舘村）

表 3-1 に吸入性粉じん濃度、表 3-2 に空气中放射性 Cs 濃度をそれぞれ示す。吸入性粉じん濃度は発酵床の攪拌作業を行うテントの内側でも低く、吸入性粉じんの許容濃度である  $2 \text{ mg/m}^3$  (第 3 種粉塵)<sup>3)</sup>を下回ることが確認された。また、空气中放射性 Cs 濃度は両地点ともにテント内外で検出限界濃度未満であり、空气中の濃度限度 ( $^{134}\text{Cs}$ :  $20 \text{ Bq/m}^3$ 、 $^{137}\text{Cs}$ :  $30 \text{ Bq/m}^3$ )<sup>4)</sup>を下回ることが確認された。これらの結果から、高温生物処理において特別な保護具等の着用は必要ないと思われるが、発酵床の攪拌作業時にはアンモニア等の臭気が発生し、また発酵床を扱う上での衛生問題への配慮の点からも、作業中のマスクや手袋等の着用は必須である。

表 3-1 吸入性粉じん濃度 (単位は  $\text{mg/m}^3$ )

浪江町		飯舘村	
テント内	テント外	テント内	テント外
0.04	0.04	0.25	0.09

表 3-2 空気中放射性 Cs 濃度 (単位は Bq/m<sup>3</sup>)

	浪江町		飯舘村	
	テント内	テント外	テント内	テント外
Cs-134	< 0.91	< 0.91	< 0.71	< 0.83
Cs-137	< 0.61	< 0.72	< 0.71	< 0.76

## (5) 高温生物処理における放射性 Cs の菌床中蓄積とその管理

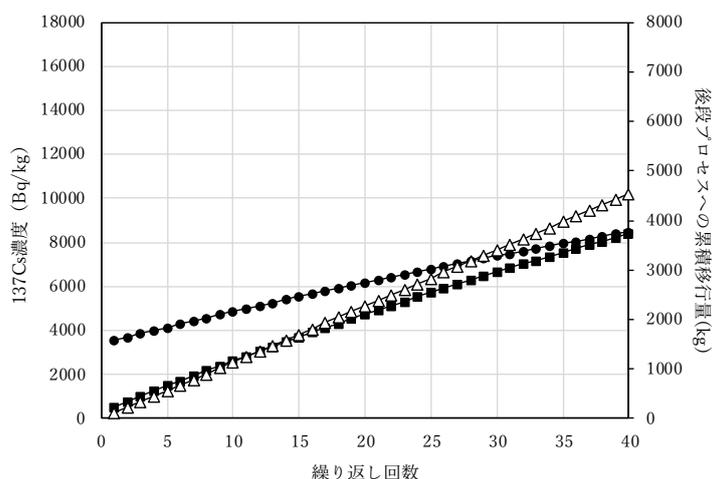
環境省により行われた福島県浪江町及び飯舘村で実施したイノシシ発酵処理実証試験で得られたデータを元に、放射性 Cs を体内に含有するイノシシを高温生物処理によって減容化することを想定した場合の、焼却等後段での処理量の予測と、発酵床の繰り返し利用に伴う放射性 Cs の蓄積状況について推定した。ここでの推定においては、高温生物処理後の発酵床は、次の処理に用いる発酵床として必要な量はすべて再利用し、必要量よりも多い余剰分は後段プロセスへ排出されることとした。肉等の分解率は実証試験で得られた結果をもとに浪江町と飯舘村のそれぞれで算出した。

各回の処理プロセスにおける物質収支を表 3-3 に示す。骨は 80%を回収できると仮定した。浪江町条件においてはイノシシ処理量 178.2 kg に対して、後段プロセスへの搬出・移行量は 113.6 kg、飯舘村条件においてはイノシシ処理量 301.0 kg に対して、後段プロセスへの搬出・移行量は 168.6 kg となった。

表 3-3 放射性セシウムを含有するイノシシの高温生物処理における物質収支

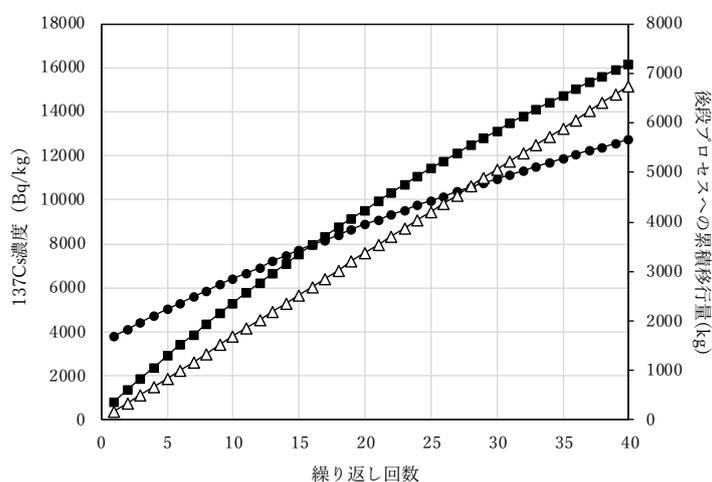
	初期投入量		後段プロセス搬出・移行量		
	初期イノシシ量	発酵床量	骨搬出量	余剰発酵床量	計
浪江町条件	178.2 kg	9,010 kg	42.8 kg	70.8 kg	113.6 kg
飯舘村条件	301.0 kg	6,560 kg	72.2 kg	96.3 kg	168.6 kg

図 3-13 に浪江町条件、図 3-14 に飯舘村条件における発酵床あるいは後段の処理プロセスへ移行分の放射性 Cs 濃度と、後段プロセスへの累積移行量を示す。発酵床中の放射性 Cs 濃度は、浪江町条件および飯舘村条件ともに繰り返し回数とともに直線的に増加を続け、浪江町条件では 38 回 (152 週:2.9 年相当)、飯舘村条件では 17 回 (68 週:1.3 年相当) の繰り返し利用により 8,000 Bq/kg を超えることが明らかになった。浪江町条件と飯舘村条件はイノシシ自体の放射性 Cs 濃度はほぼ同じに設定しているが、飯舘村の方が発酵床に対するイノシシの量が多いために発酵床中の放射性 Cs 濃度の上昇が早くなったと思われる。また、発酵床中の放射性 Cs 濃度の上昇の影響を受けて、後段移行分の放射性 Cs 濃度も上昇しており、浪江町条件では 36 回 (144 週:2.8 年相当)、飯舘村条件では 17 回 (68 週:1.3 年相当) の繰り返し利用により 8,000 Bq/kg を超える結果となった。後段移行分の多くを骨が占めるため、骨の回収率や放射性 Cs 濃度によって大きく変わる可能性がある。なお、発酵床自身の分解によって発酵床の放射性 Cs 濃度が高くなる可能性があるが、参照データが無いため今回は発酵床自体の分解率は考慮していない。



△：累積後段移行量、■：発酵床中の放射性Cs濃度、●：後段移行分の放射性Cs濃度

図 3-13 放射性Csを含むイノシンの高温生物処理における蓄積挙動（浪江町条件）



△：累積後段移行量、■：発酵床中の放射性Cs濃度、●：後段移行分の放射性Cs濃度

図 3-14 放射性Csを含むイノシンの高温生物処理における蓄積挙動（飯舘村条件）

発酵床あるいは後段移行分の放射性Cs濃度は、投入される個体のサイズもしくは放射性Cs濃度に応じては敏感に変化することから、作業安全・生活環境安全上の観点、ならびに焼却処理等の後段の処理プロセスでの受け入れ基準の遵守の観点からは、入口側での制御による管理が効果的であることが示唆された。具体的な方法としては、発酵床あるいは後段移行分の放射性Cs濃度が8,000 Bq/kgを超える前に発酵床の全量、あるいは半量程度を交換するような作業が必要になると思われる。また、材料費等のコストがかかるが、1プロセスごとに余分に発酵床を抜き取り、新たな発酵床を追加することにより濃度を制御する方法も考えられる。適正な高温生物処理を進めるために、処理対象とするイノシン中の放射性Cs濃度を把握して処理中の放射性Cs濃度推移を予測したうえで、継続的な発酵床あるいは後段移行分の放射性Cs濃度や施設内の空間線量率のモニタリングが求められる。

(6)「福島県における放射性セシウムを含む捕獲イノシシの適正処理に関する技術資料」の作成

本研究で得られた成果や別途調査等による成果をもとに、福島県を中心に問題となっている放射性 Cs を含む捕獲イノシシの適正処理方法について、すでに新たに導入あるいは検討されている処理方法も含めた考えられうる主要な処理方法ごとに、臭気や放射性 Cs などの生活環境保全対策や実際の工程の注意点等について技術資料としてとりまとめた。取りまとめにあたっては、本研究の成果や別途進めた福島県内における事例調査の成果等を集約整理した。

技術資料で整理した捕獲イノシシの主要な処理方法としては、①粗大ごみ用の破砕機でイノシシを小片に切断して既存の一般廃棄物焼却施設に処理する方法、②微生物による発酵活動を利用した生物処理により軟化あるいは減容化して焼却処理あるいは埋立処分する方法、③動物専用焼却炉を新たに設置して焼却処理する方法、④捕獲現場等で埋設処理する方法、の4つである。コスト面を考慮すると①が最適な処理方法と言えるが、各地域の捕獲数量やイノシシを受け入れ可能な既存施設の有無、新たな施設を整備する場合の用地確保や予算確保、捕獲者や関係事業者の協力関係、地域住民の理解等の様々な状況を総合的に勘案して、適切な処理方法を選択することが望まれる。各処理方法を検討するうえで必要となる生活環境保全対策としては、臭気、放射性 Cs、鉛（銃弾に含まれる）、感染症の4つを対象とし、本研究やその他調査で得られた数値等も入れ込みながら整理した。以下に現時点での技術資料案を示す。

技術資料は市町村が捕獲・処理計画等を検討する際に活用できるものを目指して作成しており、福島県環境創造センター及び国立環境研究所の連名で発出し、それぞれのホームページで公開する予定である（2018年5月中を想定）。公開予定の第一版を資料（本編のみ）として後掲した。本資料については、福島県内の市町村担当者を対象とした説明会等への活用も予定している。

福島県における放射性セシウムを含む捕獲イノシシの適正  
処理に関する技術資料  
(案)

平成30年3月

福島県環境創造センター

国立研究開発法人 国立環境研究所

## 目 次

1. 福島県における放射性セシウムを含む捕獲イノシシの処理の実態と課題	87
2. 適正処理の基本的な考え方	88
1) 捕獲イノシシの処理における法的位置づけの理解	88
2) 生活環境保全対策として留意すべき項目	89
3) 市町村等の地域の状況に応じた適切な処理方法の適用	89
3. 生活環境保全対策	90
1) 臭気対策	91
2) 放射性セシウム対策	91
3) 鉛対策	92
4) 感染症対策	92
4. 切断した個体の既存焼却炉への受け入れ	93
1) 処理の概略	93
2) 生活環境保全対策	93
3) 解体	94
4) 既存焼却炉での焼却	94
5. 生物処理・減容化処理した残さの既存焼却炉又は埋立処分場への受け入れ	94
1) 処理の概略	94
2) 生活環境保全対策	95
3) 処理方法	96
4) 既存焼却炉又は既存埋立処分場での処理	96
6. 専用焼却炉設置による処理	97
1) 処理の概略	97
2) 生活環境保全対策	98
3) 焼却	98
7. 捕獲現場等での埋設処理	98
8. 関連する参考資料	98

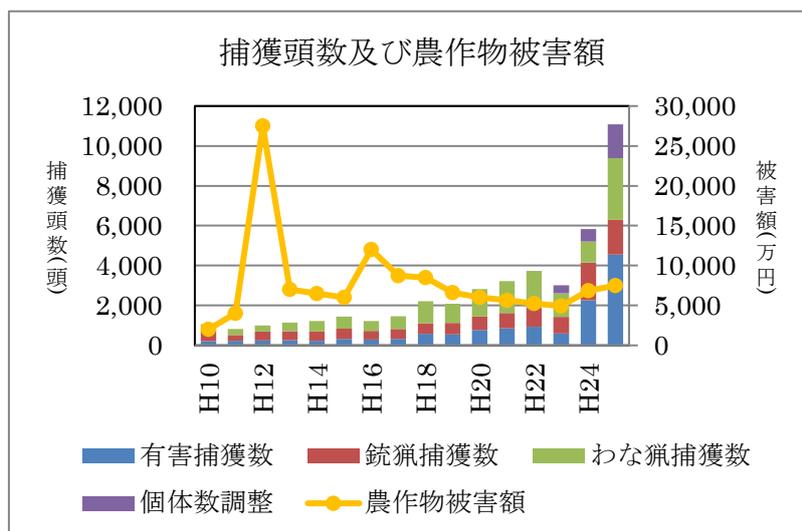
## 1. 福島県における放射性セシウムを含む捕獲イノシシの処理の実態と課題

全国的にイノシシやシカなどの有害鳥獣による農業被害が急増しており、効率・効果的な捕獲対策や捕獲した有害鳥獣の適切な処理方法の確立が急務である。捕獲したイノシシの有効利用のためジビエといった食品化など様々な工夫がされているが、現状の主な処理方法は捕獲現場での埋設処理や既存焼却炉での焼却処理である。捕獲者による現場埋設については、高齢化が進む捕獲者には体力的に厳しい状況であるとともに、埋設地の不足等からより困難性を伴っている。また、焼却処理においても焼却炉の受け入れの際に個体の切断が必要である場合がほとんどで、捕獲者が切断作業を行うことにも相当の困難性を伴っている。

一方、平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災およびそれに伴う原子力発電所の事故によって、福島県を中心に放射性セシウムを含んでいる捕獲イノシシの処理が問題になっている。これまで食用に供されたイノシシは、含まれる放射性セシウムの濃度が食用の基準を超えていることから、当面の間は食用として捕獲・出荷することができない。また、農業被害対策として捕獲駆除されたイノシシの処理においても、放射性セシウムを含む個体の処理に対する地域住民の不安感が存在することから、捕獲イノシシの円滑な処理が課題となっている。

現在、県内で捕獲したイノシシはそれぞれの市町村等において処理を行っている。市町村等が捕獲したイノシシの処理方法の割合は、ほとんどが埋設処理であり、一部を既存の焼却炉で処理している状況である。焼却炉での処理においては、既存焼却炉の周辺住民の感情に配慮するため、捕獲イノシシの荷姿が見えないよう袋に入れて搬入する、住民の直接搬入時間の終了後に焼却する等の工夫を行い、処理を推進している。また、捕獲イノシシを解体せずにそのまま処理しているのは少数で、ほとんどの市町村等においては前処理として解体等をして焼却を行っている。一方で、住民等との調整により、既存の焼却炉での焼却処理ではなく、補助金を利用した専用焼却炉や微生物作用を利用した専用生物処理設備等の整備を行う動きも出てきている。

福島県では下図のとおり、捕獲頭数及び農作物被害額が推移している。イノシシの積極的な管理を進めることにより、イノシシ個体群の安定的な存続を図りつつ農業被害を低減することを目的として「福島県イノシシ管理計画」（平成 27 年 5 月 29 日～平成 32 年 3 月 31 日）を策定し、イノシシ管理計画期間である平成 31 年度までに 49,000 頭（平成 26 年度の推計生息数）から安定生息数である 5,200 頭まで減少させるには、毎年 17,000 頭～18,000 頭の捕獲が必要となると推計している。さらに、「福島県指定管理鳥獣捕獲等事業実施計画（イノシシ）」（平成 29 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日）を定め、指定管理鳥獣捕獲事業にて県内全域での捕獲目標数を 7,000 頭と定め、固体数管理を進めている。



福島県イノシシ管理計画 参考

このように、管理計画に基づいてイノシシの捕獲数目標を達成していくうえで、今後さらに増加が見込まれる捕獲イノシシの適正処理が大きな課題である。また福島県では捕獲イノシシが放射性セシウムを含んでいる点が大きな課題であり、その点に配慮された技術的対応が必要である。そこで本資料では、放射性セシウムを含む捕獲イノシシの適正処理方法について、新たに検討されている減容化処理法なども含めて主要な処理方法ごとに、放射性セシウム対策、臭気や感染症などの環境、衛生対策などについて技術的な留意点を取りまとめた。

## 2. 適正処理の基本的な考え方

### 1) 捕獲イノシシの処理における法的位置づけの理解

捕獲されたイノシシの処理に係り、法的には①「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下、「廃棄物処理法」という。）、②「飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律」（以下、「飼料安全法」という。）及び「肥料取締法」、③「鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律」（以下、「鳥獣保護管理法」という。）、④「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」（以下、「放射性物質汚染対処特措法」という。）が関係しており、以下ではそれぞれの観点から整理する。

捕獲されたイノシシは、捕獲者が廃棄する場合は廃棄物処理法に基づく「一般廃棄物」として市町村の責任で処理される。一方、食肉等として事業者が利活用のために加工した際に生じる残さについては、「産業廃棄物」として事業者の責任で処理しなければならない。捕獲イノシシを廃棄物処理法に基づいて処理する際には、法の管理下で生活環境保全上支障を生じないように適正に処理しなければならない。

適正処理の方法の主なものは焼却処理や埋立処分であるが、資源化を目的とした方法も含まれる。すなわち、飼料安全法において、イノシシ由来の肉骨粉等は豚と同様に、豚・鳥・魚の飼料あるいは肥料として利用できることと規定されており、化製場（レンダリング工場）において受け入れたイノシシを原料の一部としてレンダリング処理により肉骨粉等に加工し、飼料あるいは肥料の製造が行われるケースがある。ただし、現在の福島県においては、原子力災害対策特別措置法に基づく出荷制限がかかっており、

出荷制限が解除されるまで飼料化及び肥料化はできない。なお、イノシシの堆肥化処理等による肥料化は現在法的に認められていない。

廃棄物処理法の対象外であるが、鳥獣保護管理法において、捕獲者自身が現場埋設を行うことは、適切な処理が困難な場合又は生態系に影響を及ぼすおそれが軽微である場合において認められている。市町村によっては共同埋設場所を提供しているケースもあるが、鳥獣保護管理法の範疇内での行為と解釈できる。

## 2) 生活環境保全対策として留意すべき項目

廃棄物処理法に基づいて適正処理を行う場合に、生活環境保全対策上の環境負荷として留意すべき項目には、処理時の臭気物質の発生や捕獲者が使用した銃弾に由来する鉛等の有害物質が挙げられる。臭気に関しては、イノシシ個体中のたんぱく質等が好気性・嫌気性分解する際に、悪臭が発生し、周辺環境や作業環境に影響を与える可能性がある。また、鉛等を含む銃弾が個体に残存している場合に、他の多量の廃棄物と一緒に処理するケースでは影響が生じることは考えにくいですが、例えばイノシシを飼料あるいは肥料の原料としてレンダリング処理する際には、体内に残存する銃弾は、捕獲者または獣肉処理事業者が確実に除去した上でレンダリング事業場に運搬するなどの管理措置が必要である。

一方、福島第一原発の事故に伴う放射性物質による汚染対処の観点からは、イノシシに含まれている放射性物質（放射性セシウム）への地域住民の不安に配慮した対応が求められる。焼却処理や埋立処分時の放射性セシウムの挙動は、多くの調査研究により明らかにされており、放射性物質汚染対処特別措置法における技術基準やガイドラインに則って安全な処理が実施されてきた。膨大な環境モニタリングのデータに基づいて、周辺環境に影響を及ぼさないことも検証されている。また、捕獲イノシシの個体を他の多量の廃棄物と一緒に処理する場合は、捕獲イノシシに含まれる放射性セシウムによる影響は小さい。自治体等は地域住民に対して処理の安全性をわかりやすく説明する等、住民の理解の醸成を図ることの必要性を考慮する必要がある。

その他、野生のイノシシが保有する病原体などによる作業者の感染症対策などにも一定の配慮が必要である。

## 3) 市町村等の地域の状況に応じた適切な処理方法の適用

今後増加する捕獲イノシシを適正に処理する上では、市町村や県が地域の状況を踏まえて適切な処理方法を検討し、処理を行う市町村や事業者、又は捕獲者との調整のうえ処理を進めることが重要である。

捕獲イノシシの処理には、おおよそ以下の処理方法が考えられ、地域における捕獲数量や捕獲イノシシを受け入れ可能な既存施設の施設条件、新たに処理施設を整備する場合の立地場所や予算確保、捕獲者や関係事業者との協力、地域住民の理解の状況などを総合的に勘案して、適切な処理方法を選択することが望まれる。

以下、概略を記載し、詳細については4.～7.で述べる。

### ① 切断した個体の既存焼却炉への受け入れ

捕獲したイノシシを自治体等が保有する既存の焼却炉で受け入れる場合は、完全に燃焼されずに燃え残った状態で排出されないように、適切な大きさに切断したのちに焼却炉で受け入れることが一般的である。しかし、これまで協力を得てきた捕獲者の切断作業の負担は非常に大きい。そこで、自治

体側で冷凍保管庫を設置し、個体のまま受け入れ冷凍保管し、冷凍した個体を焼却施設に併設されている粗大ごみ用の破砕機（ギロチンと呼ばれる可燃性粗大ごみの切断設備など）で小片に切断して焼却処理することが有効である。適切な切断設備が既設されていれば、新たな投資は冷凍保管庫のみであり、コスト的にも有利な方法と言える（詳細は4. 参照）。

#### ② 生物処理・減容化処理した残さ物の既存焼却炉又は既存埋立処分場への受け入れ

生物処理は、家畜のふん尿、木質チップ等から作成する菌床にイノシシを投入し、微生物作用を利用して好気性分解させて減容化を行うものである。ハウス等の施設内に菌床を設置して重機で攪拌する方式と、専用の発酵装置による方式が確立されている。菌床は、各地域で調達できる材料で安価に作成できるが、専門の事業者から提供を受ける場合は一定の費用を見込む必要がある。なお、処理過程で回収した骨等の残さや使用済み菌床については、焼却処理又は埋立を行う必要がある（詳細は5. 参照）。

#### ③ 専用焼却炉設置による処理

一般的な専用焼却炉は、1日3頭程度の捕獲したイノシシ（成獣）を焼却することが可能な規模を有し、一定量ごとのバッチ処理である。イノシシの捕獲数は一定でなく、処理能力を超えることも想定されるため、イノシシを保管する冷凍保管庫の併設が望ましい。専用焼却炉を設置するにあたり、福島県東日本大震災農業生産対策交付金等を利用することができるが、導入コスト・維持管理コスト等が嵩む可能性がある。また、イノシシの体重等の個体差に伴う焼却時間の変化に留意する必要がある（詳細は6. 参照）。

#### ④ 捕獲現場等での埋設処理

前述のとおり、捕獲したイノシシを収集・運搬することが困難で、かつ、生態系に及ぼす影響が軽微な場合について、現場にて埋設処理を行うことができる。しかしながら、鉛弾で銃殺した捕獲イノシシについて十分な深さに埋設を行わなかった場合、他の鳥獣がそのイノシシの肉を捕食し、鉛を体内に蓄えてしまい鉛中毒を起こす等、環境に影響を及ぼす可能性があるため、十分注意して埋設を行う。また、共同埋設場所等へ運搬する場合には、体液の流出等について留意が必要である。

### 3. 生活環境保全対策

捕獲イノシシを処理するにあたり、切断した個体の既存焼却炉への受け入れ、生物処理・減容化処理した残さ物の既存焼却炉又は既存埋立処分場への受け入れ、専用焼却炉設置による処理、捕獲現場等での埋設処理、の4つの処理方法が考えられる。それぞれに、運搬や保管等を含めた各工程での臭気対策、放射性セシウム対策、鉛対策、感染症対策等の生活環境保全対策が必要である。

生活環境保全対策として各工程で考慮すべきものを下表にまとめた。

		臭気対策	放射性セシウム対策	鉛対策	感染症対策
①解体		○			○
②運搬		○			○
③一時保管(冷凍保管庫)		○			○
④焼却	専用焼却炉	○	○	○	○
	既存焼却炉 切断 破砕	○	○		○
		○			○
⑤発酵	残さ焼却型	○	○	○	○
	残さ埋立型	○	○	○	○
⑥埋立		○	○	○	○

## 1) 臭気対策

イノシシを捕獲した際は、当日中に処理を行うことが望ましいが、それが不可能な場合は、臭気対策の観点からイノシシを1体ずつビニール袋に包み、運搬、保管等を行う必要がある。また、腐敗による臭気発生への対処のために、ビニール袋で包んだ後に冷凍保存を行う等の対応が望ましい。なお、冷凍保管を行わずに処理するまでに数日かかる場合は、分解時に発生するガスによる腹部の破裂を防ぐため、ビニール袋に包む前に必ず腹部に穴を開ける。

臭気対策として特に留意が必要な工程は、生物処理の際のアンモニアを中心にした臭気の発生への対処である。イノシシ個体中のたんぱく質等が微生物作用により分解する際に、窒素化合物（アンモニアやアミン類など）、硫黄化合物（硫化水素やメチルメルカプタン、硫化メチルなど）、脂肪酸（酪酸類や吉草酸類など）が発生し、周辺環境や作業環境に影響を生じさせる可能性がある。生物処理を継続して行っていく間に、アンモニア性窒素が蓄積し、pHも上昇することから、アルカリ性側で発生しやすいアンモニアが高濃度で揮散する。分解熱により菌床が高温になり、臭気成分はさらに揮散しやすくなり、菌床の切り返しの際などに多量の臭気が発生する。比較的密閉された屋内で処理する場合は、作業環境の改善のために十分な換気や保護具が必要である。また、福島県では悪臭防止法その他、福島県悪臭防止対策指針による規制があり、全域に規制がかかっていることから、規制基準を満足できない可能性がある場合は、脱臭装置の設置が必要である。

## 2) 放射性セシウム対策

放射性セシウムはイノシシ個体の各部位に存在するが、特に筋肉中に相対的に高い濃度で含まれている。含まれている放射性セシウム濃度は、年々低減傾向にあるが、生息地の汚染状況によって相当程度のばらつきと幅をもっている。ただし、空間線量が高い地域で捕獲された放射性セシウムを高濃度に含むイノシシであっても、それを扱う作業者がイノシシ個体そのものから受ける被ばくは、ほとんど無視できるものであり、高線量地域である避難指示区域の区域外で捕獲されたイノシシについては、作業者の放射線被ばくの観点からは特段の対応は不要である。

放射性セシウムを含む捕獲イノシシの焼却処理については、国の基準に基づいて高度な排ガス処理が施されており、被ばくリスクの観点からは放射性セシウムの排出は無視できる。すなわち、放射性セシウムは排ガスの冷却中に塩素等の元素と結合して固体の化合物になり、バグフィルターと呼ばれるばいじんの捕集フィルターで高効率に除去される。この点は、福島県内の対策地域内に設置されている仮設焼却炉を含む多くの施設の膨大なモニタリングデータにより確認されている。ましてや、一

般廃棄物の焼却施設で混焼する場合には、多量の可燃ごみ中での捕獲イノシシの混入量は微々たるものであり、イノシシそのものによる放射性セシウムの増加分の影響は小さい。

生物処理の場合には、菌床への放射性セシウムの蓄積について留意が必要である。菌床に投入されたイノシシは好気性分解により減容化され、それに伴い菌床に放射性セシウムが残存、蓄積していくことになることから、分解残さや菌床の一部を取り出し、新規に菌床の材料を追加することで蓄積を抑え、指定廃棄物の基準の8,000Bq/kg以下になるように管理することが可能である。なお、減容化後のイノシシの残さについては、焼却処理を実施した際の放射性物質濃度測定において、検出下限値未満を示した結果がある。

むしろ留意が必要なのは、捕獲イノシシのみを焼却処理する専用焼却炉で発生する焼却残さの問題である。焼却後に炉内に残る主灰や排ガスから捕集除去された飛灰（ばいじん）は、放射性セシウムが濃縮され、8,000Bq/kgを超える高濃度になるケースも考えられる。8,000Bq/kg超の焼却残さは、放射性物質汚染対処特措法における指定廃棄物として適切に保管しなければならない。さらに、10,000Bq/kgを超える場合は、作業安全の観点から電離放射線障害防止規則（電離則）が適用されることから留意が必要である。

### 3) 鉛対策

イノシシを捕獲する際に、鉛弾によって止め刺しを行うことがあることから、処理を行う場合にも生活環境保全の観点から適切な対応が少なからず必要である。

焼却処理の際には、他の多量の可燃性廃棄物と一緒に処理するケースでは影響は小さいが、捕獲イノシシのみを処理する専用焼却炉では、焼却残さ中の鉛の残存に留意が必要である。特に、鉛は高温燃焼下で融解して排ガスに移行しやすく、冷却されて凝固した鉛化合物を含むばいじんはバグフィルターで飛灰として捕集除去される。飛灰中の鉛濃度が高いと溶出濃度が高くなる可能性があり、産業廃棄物の特定有害廃棄物としての埋立判定基準を準用すれば、公定法に基づく鉛の溶出濃度は0.3mg/Lを超えないように溶出防止対策を施す必要がある。通常はキレート剤等の添加で不溶化を図る。

### 4) 感染症対策

捕獲したイノシシを扱う作業者は、感染症の観点からの留意が必要である。

イノシシ由来の人畜感染症は数種確認されているが、生肉の喫食や血と接触しないかぎり、直接感染することはない。しかし、ダニや蚊を媒介とした感染例もあることから、イノシシに直接接触しないように、作業を行う際にはマスク・ゴム手袋を基本として、長袖・長ズボン・長靴の装備が必須である。また、うがい・手洗いを励行し、健康状態の異常を感じた場合は、速やかに医療機関に相談・受診する。

イノシシを冷凍保管する場合についても、冷凍保管ではダニ・ノミは完全には死滅しないことから、冷凍庫への搬入前に殺虫剤を散布する、または、イノシシを1体ずつビニール袋で包む等、対策が必要である。

## 4. 切断した個体の既存焼却炉への受け入れ

### 1) 処理の概略

自治体等が保有する既存の焼却炉で焼却する際には、捕獲イノシシが燃え残った状態で排出されないようにするため、適切な大きさに切断された状態で受け入れている場合が多い。この切断作業は一般的に捕獲者に頼んでいるが、作業者の負担は非常に大きい。焼却施設に併設されている粗大ごみ用の破砕機をイノシシを切断するために利用可能であれば、自治体側で冷凍保管庫を設置し、個体のまま受け入れ、冷凍保管により冷凍した個体を破砕機で小片に切断し、焼却処理することが有効である。冷凍することによって、衛生的かつ容易に切断できる。

下図に当該処理方法の事例を示す。a) 捕獲イノシシをビニール袋に包んで冷凍保管庫、b) 可燃性粗大ごみ用のギロチン式切断機で切断、c) 切断後ごみピットへ投入。



事例 切断した個体の既存焼却炉への受け入れ

### 2) 生活環境保全対策

基本的には3.生活環境保全対策のとおりであるが、留意点を以下に記述する。

#### ① 臭気対策

臭気防止の観点から、運搬時にはビニール袋に収納する。なお、焼却施設の切断・破砕機を用いる場合の切断前の冷凍保管は、臭気対策面でも効果がある。

#### ② 放射性セシウム対策

多量の可燃ごみとの混焼により、特段の問題は生じない。

#### ③ 鉛対策

既存焼却炉でイノシシの焼却を行う際には、混焼するため、イノシシが含有している鉛の、主灰および飛灰の鉛濃度への寄与率は著しく低くなる。そのため、主灰および飛灰においては、特に問題となることはなく、通常どおりの処理を行うことが可能である。

#### ④ 感染症対策

焼却施設の切断・破砕機を用いる場合は、腐敗防止や切断時の血液・体液の滴り防止、機器への付着防止等の衛生的観点から、切断前に冷凍保管することが必要である。なお、焼却施設の切断・破砕機を用いず、捕獲者へ切断作業を頼む場合には、体液の飛散防止のため、ビニール袋に収納する。

### 3) 解体

既存焼却炉では、「部位ごとに解体する」、「20センチ程度に解体し土のう袋に詰める」等、施設ごとに捕獲イノシシの受け入れ基準が設定されていることが多いことから搬入予定の既存焼却炉の受け入れ基準を確認し、基準に合致するように解体を行う必要がある。但し、冷凍保管庫でイノシシを保管し、冷凍したイノシシを焼却施設に設置された切断機等で解体する方法を採用することにより、捕獲者による切断は不要となる。切断機はギロチン式や低速二軸破碎機等の、可燃性粗大ごみ用の前処理設備が利用可能である。

切断前に十分冷凍することによって、血液や体液の滴り等がなく、衛生的かつ容易に切断が可能である。

### 4) 既存焼却炉での焼却

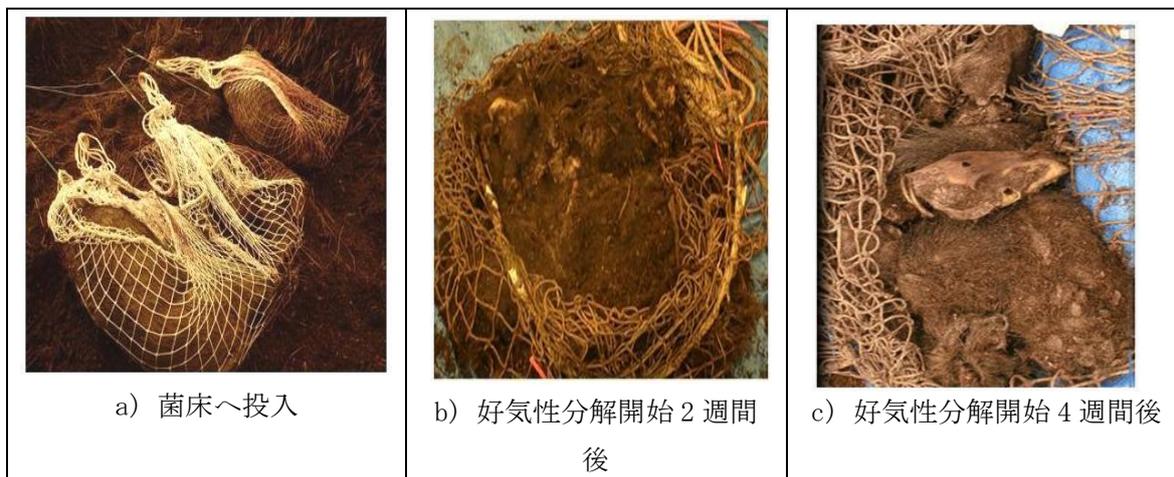
体液等の飛散を防ぐため、ピットに投入後、速やかに焼却炉に投入する。炉形式により焼却時間に差はあるが、頭蓋や大腿骨等の大きな骨については燃え残りが発生しやすいため、切断時の大きさや焼却時間に関して留意が必要である。

## 5. 生物処理・減容化処理した残さの既存焼却炉又は埋立処分場への受け入れ

### 1) 処理の概略

生物処理は、微生物の力を用いて有機物を分解し、切断しやすくするための処理方式であり、好気性分解と嫌気性分解があるが、本技術資料では好気性分解を取り上げる。好気性分解とは、家畜のふん尿、木質チップ等から作成する菌床にイノシシを投入し、微生物作用により減容化を行うものである。菌床は、各地域で調達できる材料を使って安価に作成できるが、専門の事業者から提供を受ける場合は一定の費用を見込む必要がある。順調に処理が進めば、2週間程度で半分程度まで減容し、スコップ等で形状を崩すことが可能なまでに生物処理する。さらに時間をかければ、4週間程度で個体が確認できない状態まで分解し、残存する骨も脆くなる。残さや菌床をどの時点でどの程度取り出し新しい菌床と交換するか等の運転条件は、放射性セシウムの濃縮の進行との関係で決める。残さや使用済み菌床は、焼却処理又は最終処分を行う。

下図に当該処理方法の事例を示す。a)捕獲イノシシを菌床に投入し、b)好気性分解開始2週間およびc)4週間が経過した際の状態である。なお、写真は環境省実証試験時のものであり、重量を測定するためイノシシをネットに包んでいるが、実際は菌床に直に埋設する。



事例 生物処理・減容化处理した残さの既存焼却炉又は既存埋立処分場への受け入れ

## 2) 生活環境保全対策

基本的には3.生活環境保全対策のとおりであるが、留意点を以下に記述する。

### ① 臭気対策

好気性分解が順調に進んでいる場合は比較的悪臭は発生しにくいですが、多量の処理対象物を投入した場合や空気の供給が不足し嫌気性雰囲気となった場合は激しい臭気が発生する場合があります。また、臭気が建屋にこもる可能性があり、作業環境の悪化が懸念されることから、作業環境測定を実施する必要があります。臭気対策として十分な換気を行うとともに、ゴーグルや活性炭入りマスクの着用が必要である。

また、規制基準を満足できない可能性がある場合は、臭気を含む排気の脱臭対策が必要である。十分なスペースが確保できる場合は、不要なバーク材等を用いた生物脱臭法により比較的安価に脱臭対策が可能である。

### ② 放射性セシウム対策

菌床に関しては、イノシシが好気性分解の進行に伴い分解され菌床に放射性物質が移行することにより、菌床全体の放射性物質濃度が上昇する可能性がある。これは定期的に菌床を交換することにより、極度な濃度上昇を防ぐことができる。なお、使用済み菌床については、焼却処理又は最終処分を行う必要がある。生物処理を開始する前から処分先を確保する必要がある。イノシシの放射性物質濃度が高いことを想定して、事故由来廃棄物等取扱施設の構造要件を満たす施設で処理を行うか、そうでない場合は捕獲したイノシシの表面線量などを測定し、放射性物質濃度が高いことが想定される場合は別途処理（切断して焼却処理等）することが望ましい。前者の場合は放射性物質汚染対処特措法及び電離則に基づき、敷地境界における空間線量率測定（七日に一回以上）及び空気中の放射性物質濃度測定（月1回以上）等の定期的な測定が必要となる。

### ③ 鉛対策

イノシシを捕獲する際に、鉛弾によって止め刺しを行うことがある。鉛弾は好気性分解したイノシシから自然に排出された場合には菌床へ、そうでなければ体内に残存する。

### ④ 感染症対策

生肉の喫食や血と接触しないかぎり、直接感染することはないが、捕獲イノシシが他の死骸と比較して著しく瘦削している場合等には、病気である可能性があるため生物処理は行わず、一般廃棄物と

して焼却を行う等の配慮が必要である。また、下表に感染症の種類と死滅条件等をまとめたので、好気性分解を行う上での参考にされたい。

感染症	疾患種類	死滅条件
E型肝炎ウイルス	ウイルス性疾患	63℃で30分間以上、 または75℃で1分間以上加熱
肝てつ	寄生虫性疾患	45℃で1時間以上加熱
カンピロバクター	細菌性疾患	65℃で30秒以上加熱

### 3) 処理方法

生物処理には、北海道枝幸町で行われているようにイノシシを菌床に埋設し重機により攪拌する方法と有害鳥獣専用の生物処理装置を用いる方法がある。

#### ① 重機により攪拌する方法

コンクリート構造の発酵槽の上に設置した菌床にイノシシを埋設し、1週間に1度程度ホイールローダ等の重機で攪拌することにより空気の供給を行い、好気性分解を促進させる。菌床の素材は、家畜ふん尿と好気性分解に適した水分に調整するための木質チップ、おがくず等であり、近隣で調達できるもので菌床を製作することが出来る。材料の構成比は、混合後の水分が55～65%になるように調整する。枝幸町の事例では重量比で牛ふん50%、木質チップなどの水分調整剤が50%程度であるが、素材によって水分がまちまちであるので留意が必要である。

1バッチのイノシシ1頭に対する菌床の量は、環境省の実証試験では1.0～1.5t/頭であったが、実証試験では悪臭の発生も少なく、1頭当たりの菌床の量はより少量の菌床で対応が可能と考えられる。

イノシシを投入する際には、好気性分解途中のガスによる腹部の破裂を防ぐため、菌床上で大型の鎌や先端の尖った棒で腹部を裂く処理を行う。埋設後2週間程度すると組織が柔らかくなり、容易に切断することが可能となる。また、さらに長期間埋設すると肉は分解され、骨だけとなる。2週間程度で取り出して焼却処理すれば、長期間好気性分解させるより多量のイノシシを処理することができる利点があるが、掘り出した際に悪臭が発生するので注意が必要である。

#### ② 有害鳥獣専用好気性分解装置

業務用の生ごみ処理機のような構造をした、有害鳥獣専用の好気性分解装置が開発されている。これは、金属製の発酵槽の中に菌床とイノシシを入れ、パドルで攪拌し、分解を促進するものである。また、好気性分解温度を保つためヒータにより保温する装置が付いている。

専用の好気性分解装置の整備は、機械を覆う建屋等を含めた建設費や、電気代・菌床等の更新費等のランニングコストに留意する必要がある。また、有害鳥獣の搬入量調整のため、冷凍保管庫設置の検討も必要である。

### 4) 既存焼却炉又は既存埋立処分場での処理

#### ① 既存焼却炉での焼却

生物処理後には肉片が容易に切断できる状況となり、裁断処理が不要で未燃分の発生量が大きく低減される、という点で直接焼却よりも優位であると評価できる。ただし、実際の焼却処理にあたっては、イノシシの大きさや外気温による生物処理の必要期間への影響等に留意し、分解状況を適宜確認するとともに、適切な裁断・袋詰めを実施する必要がある。

焼却炉で焼却する際は、焼却炉側の設備構成等により、イノシシ残さを詰める袋の大きさや形状等に配慮する必要がある。

## ② 既存埋立処分場への埋立

最終処分場に処分する場合は、悪臭や最終処分場の延命化の面から、分解が進んだ状態で処分することが望ましい。長期間に渡り生物処理を行うと、骨と毛のみとなる。作業に支障がなければ、骨等を完全に取り除く必要はなく、表面に出た骨だけを取り除き、一般廃棄物として最終処分場で適正処分する。

## 6. 専用焼却炉設置による処理

### 1) 処理の概略

1日3頭程度の捕獲したイノシシ（成獣）を専用焼却炉で一定量ごとにバッチ処理する。イノシシの捕獲数は一定ではないため、捕獲イノシシを保管する冷凍保管庫の併設が望ましい。また、イノシシの個体差や季節による体形、脂肪量の変化に伴い焼却時間が変化するため、体重等による焼却時間の変化等に留意する必要がある。

下図に当該処理方法の事例を示す。a) 捕獲イノシシをビニール袋に包んで冷凍保管庫で保管し、b) 専用焼却炉投入台に設置後、c) 炉内に投入して d) 焼却を行う。焼却後の様子は e) 焼却後のとおり。



事例 専用焼却炉設置による処理

## 2) 生活環境保全対策

基本的には3.生活環境保全対策のとおりであるが、留意点を以下に記述する。

### ① 臭気対策

捕獲イノシシを冷凍保管庫にて保管した場合は、特に問題は生じない。しかし、冷凍保管庫を併設していない場合は、搬入してから焼却を行うまで時間が空き、腐敗することのないよう、特に気温が高くなる夏場においては、搬入量の調整等が必要である。

### ② 放射性セシウム対策

捕獲イノシシが含有する放射性セシウムについて、専用焼却炉でのイノシシ焼却を行った場合は、単純にイノシシが含有している放射性セシウムが焼却残渣に含まれて出てくる。主灰は一般廃棄物として処理できる可能性が高いが、飛灰は指定廃棄物となる可能性が高い。そのため、定期的に放射性物質濃度を測る等の留意が必要である。

### ③ 鉛対策

専用焼却炉の場合には、鉛弾で止め刺しを行ったイノシシが含有する鉛は、主灰および飛灰への鉛濃度へ大きく寄与する。特に飛灰において鉛濃度が高くなる可能性が高いため、留意が必要である。

### ④ 感染症対策

イノシシを冷凍保管する場合においても、イノシシを1体ずつビニール袋で包む等、対策が必要である。

## 3) 焼却

野生のイノシシは個体差（体長 100～170 センチ）や季節による体形、脂肪量の変化が大きいため、焼却時間も変化する。専用焼却炉にバーナーの向きを自動制御する焼却設備がない場合には、体重や季節による焼却時間等の変化を記録しておき、今後の焼却目安として用いるとよい。

## 7. 捕獲現場等での埋設処理

鳥獣保護管理法においては、適切な処理が困難な場合又は生態系に影響を及ぼすおそれが軽微である場合に、捕獲者が捕獲した現場において埋設処理を行うことを認められている。なお、生活環境保全上影響が生じるような処理を行った場合は、廃棄物処理法に抵触する可能性があるため、埋設する場合には生活環境に影響を与えないように配慮する必要がある。

## 8. 関連する参考資料

- ◆ 福島県, 平成 27 年 5 月, 福島県イノシシ管理計画
- ◆ 福島県指定管理鳥獣捕獲等事業実施計画（イノシシ）
- ◆ 枝幸町, 平成 25 年 5 月, エゾシカなど有害鳥獣の枝幸式発酵減量法マニュアル
- ◆ 農林水産省, 平成 28 年 3 月, 野生鳥獣被害防止マニュアル～捕獲鳥獣の食肉等利活用（処理）の手法～

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

イノシシ体内における放射性 Cs の部位ごとの詳細な分布を明らかにし、一般的に筋肉の濃度が最も高いと言われていたことを検証すると共に、一部は異なるなど個体差が見られることを確認した。また、高温生物処理技術の適用における放射性 Cs の挙動を実験的に初めて明らかにし、その実用的な管理方法を提示したことは、工学的応用面での大きな意義がある。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

放射性物質を含む捕獲イノシシの高温生物処理については、本研究の成果の一部にもなっているが、環境省福島地方環境事務所が実施した減容化実証事業と連携して検討を行った。環境省実証事業の企画立案には本研究の基本的な考え方が参考にされており、実証事業の詳細計画に本研究の実験手法等が参考にされた。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

イノシシに含まれる放射性 Cs 量の推計方法を確立することで、高温発酵処理後の残さに残る放射性 Cs 量を予測することができる。

放射性物質を含む福島県の捕獲イノシシの適正処理については、本研究で得られた知見を踏まえて取りまとめた技術資料の公開により、今後福島県や県内自治体を実施する捕獲イノシシ処理事業の適切な計画づくりに大きく貢献するものと考えられる。加えて、福島県外でも同様の問題を抱える近隣の県においても活用可能である。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

#### <その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表（学会等）

1) 大町仁志、根本唯、斎藤梨絵：第 65 回日本生態学会（2018）「イノシシ体内に含まれる放射性セシウムについて」

## (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

## (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 福島県環境創造センター研究成果発表会（2016年11月26日、参加者約50名）にて成果の一部紹介
- 2) 第7回放射線計測フォーラム福島（主催：日本学術振興会第186委員会、2016年12月13日、福島県環境創造センター、観客約100名）にて成果の一部を含めて講演

## (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) Gulakov AV: Accumulation and distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the body of the wild boar (*Sus scrofa*) found on the territory with radioactive contamination. *J Environ Radioact.* Vo.127, 171-175, (2014)
- 2) Keitaro Tanoi, Kazuyuki Uchida, Chiyo Doi, Naoto Nihei, Atsushi Hirose, Natsuko I. Kobayashi, Ryohei Sugita, Tatsuya Nobori, Tomoko M. Nakanishi, Muneo Kanno, Ippei Wakabayashi, Miicha Ogawa, Yoichi Tao: Investigation of radiocesium distribution in organs of wild boar grown in Iitate, Fukushima after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, *J Radioanal Nucl Ch*, vol.307(1), 741-746, (2016)
- 3) 日本産業衛生学会（2017）許容濃度等の勧告，産業衛生学雑誌，59(5)，153-185
- 4) 環境省（2013）第五部放射能濃度等測定方法ガイドライン（平成25年3月第2版）

### Ⅲ. 英文 Abstract

## Establishment of Appropriate and Efficient Disposal System for Captured Wildlife

Principal Investigator: Masato YAMADA  
Institution: National Institute for Environmental Studies  
16-2 Onogawa, Tsukuba-City, Ibaraki 305-8506, JAPAN  
Tel: +81-29-850-2837 / Fax: +81-29-850-2016  
E-mail: myamada@nies.go.jp

Cooperated by: Hokkaido University, Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

### [Abstract]

**Key Words:** Wild boar, Deer, Capture, Treatment and disposal procedures, High-temperature biological treatment, Radiocesium, Sustainable project schemes

The amount of captured wildlife has rapidly increased as a result of special national countermeasures. Responses based on the countermeasures have succeeded in reducing the amount of excess wildlife which especially threatens the agricultural environment. Consequently, disposing of the captured wildlife must be conducted in a shorter period. However, there are many obstacles to their disposal. Therefore, we carried out research consisting of three sub-themes to establish an appropriate and efficient disposal system for captured wildlife in conjunction with municipal waste management.

First, targeting wild boar and deer, we investigated the treatment and disposal procedures for captured wildlife. We also summarized various issues that were interfering with their disposal. As a result, we categorized the disposal procedures for captured wildlife into the three types of “self-consumption”, “waste disposal” and “utilization”. In each type, we identified the structure of the problems from a socio-economic and technological point of view. We also proposed two types of sustainable project scheme to resolve the problems: a stringent checking system for all captured wildlife as a whole and a utilization-oriented system for captured wildlife. Hopefully, these schemes will be realized in the future.

Next, we carried out technological research to develop a reduction method for the captured wild boar and deer prior to incineration treatment as part of municipal waste management. A high-temperature biological treatment was selected as the method. This is considered to be a cost-effective technology. We provided relevant technological findings to contribute to the preservation of the living environment through some experimental research related to the establishment of the treatment technology. In particular, it was evident that odor control is one of the key factors in this technology.

Finally, we performed an empirical investigation to clarify the behavior of radiocesium in processing captured wild boar radioactively contaminated as a result of the Fukushima nuclear power plant accident. We focused on the high-temperature biological treatment mentioned above as the processing method. The obtained results allowed us to develop an appropriate control methodology against the risk of radioactivity. Furthermore, summarizing other relevant knowledge in addition to findings from this research, we compiled a technical report on the appropriate disposal of captured wild boar contaminated with the radioactive substance. This report will hopefully prove helpful to municipalities in facilitating an appropriate approach to such disposal.