採取時期の異なるカラマツの樹皮化学成分とネズミの嗜好性

折橋　　健[1,2]　小島　康夫[1]　寺沢　　実[1]

Seasonal Change of Bark Chemical Composition of Larches and Vole Preference

by

Ken ORIHASHI[1,2], Yasuo KOJIMA[1] and Minoru TERAZAWA[1]

要　　旨

野外積雪下の摂食試験や樹皮化学成分の分析を通して，カラマツ類の樹皮化学成分とエゾヤチネズミの嗜好性の関わりについて検討を行った。

1-2ヵ月おきに採取したカラマツを密封冷凍保存しておき，野外積雪下での摂食試験においてネズミに食べさせたところ，ネズミは無葉期のカラマツを好み，緑葉期のカラマツを好まなかった。無葉期と緑葉期のカラマツに対するネズミの嗜好性は，樹皮エタノール抽出物中の単・少糖類とフェノール性化合物の影響を受け，粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）の影響は受けていないと考えられた。無葉期のカラマツでは単・少糖類の嗜好性を高める効果が強く，またフェノール性化合物の効果は出ていないのに対し，緑葉期のカラマツでは単・少糖類の効果は弱く，その一方でフェノール性化合物の嗜好性を低下させる効果が出ていると判断された。そして，これらのことを要因として，ネズミは緑葉期よりも無葉期のカラマツを好んで食べると考えられた。

無葉期のグイマツや交雑種について，樹皮エタノール抽出物中に含まれる単・少糖類は，構成や量，フェノール性化合物との比が同期のカラマツと類似しており，ネズミの嗜好性を高めるのに作用すると考えられた。その一方で，ネズミの嗜好性を低下させる効果のある粗樹脂は，カラマツよりもグイマツや交雑種に多く含まれており，これら3種の間では，単・少糖類の効果を粗樹脂の効果がどの程度打ち消すのかによってネズミによる食べられやすさが変化すると推測された。

キーワード：エゾヤチネズミ，カラマツ類，嗜好性，樹皮化学成分

2004年3月15日受理，Received March 15, 2004.

1：北海道大学大学院農学研究科環境資源学専攻森林化学分野（〒060-8589　札幌市北区北9条西9丁目）
Laboratory of Forest Chemistry, Division of Environmental Resources, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

2：現所在：北海道立林産試験場（〒071-0198　旭川市西神楽1線10号）
Present address: Hokkaido Forest Products Research Institute, Asahikawa 071-0198, Japan

Ⅰ．はじめに

北海道では，融雪期にエゾヤチネズミ（*Clethrionomys rufocanus bedfordiae*）による林木食害が発生する（前田，1984）。造林樹種の中ではカラマツ（*Larix kaempferi*）が被害を受けやすく（上田ら，1966），植栽量が多かった1950年代から70年代にかけては被害量も膨大であった（Kaneko *et al.*, 1998；北海道水産林務部，2000）。

カラマツの被害は，造林方法に依拠して発生する側面もあるが（Kaneko *et al.*, 1998），ネズミがこの樹種を好むということにも大きく依拠している（千葉，1963；高橋・西口，1966a；中田，2000）。カラマツは，グイマツ（*Larix gmelinii* var. *japonica*）と比べて樹皮中の粗樹脂（注）の量が少ない（Hayashi *et al.*, 1998）。このことは，カラマツがグイマツよりもネズミに好まれる理由の一つとなっている（Hayashi *et al.*, 1998）。また粗樹脂以外にも，タンニン（西口ら，1977）や多糖類（犬飼・芳賀，1953）がネズミのカラマツに対する嗜好性に関わっていると指摘されている。

ネズミによる林業被害を背景として，カラマツ類については耐鼠性育種に関わる研究が盛んに行われてきた（例えば，芳賀，1953；高橋・西口，1966b；千葉・永田，1976；倉橋，1988；飯塚ら，1993）。しかし，カラマツがネズミに好まれる理由については，まだ検討の余地が残されている。この点について詳細に検討を行うことは，今後北海道に新たな造林樹種を導入したり，新たな品種を作り育てたりしていく上で留意すべき情報を与えるものと考えられる。

2月，5月，7月，10月に採取したカラマツの樹幹を密封冷凍保存しておき，野外積雪下での摂食試験において1組にしてネズミに食べさせたところ，2月，10月に採取した樹幹はよく食べられたのに対し，5月，7月に採取した樹幹はほとんど食べられなかった（小島ら，1999）。このことから，積雪下に生息するネズミのカラマツに対する嗜好性は，いかなる採取時期のカラマツに対しても一様に高い訳ではないことが示唆された。

そこで本研究では，野外積雪下での摂食試験を通して1）採取時期の異なるカラマツの中でネズミが好むカラマツまた嫌うカラマツはどの時期のカラマツなのか，2）樹皮に含まれる化学成分の中でどんな成分がネズミの嗜好性に影響しているのか，について明らかにすることを目指した。また，それらの検討結果を踏まえて，カラマツ，グイマツ及び交雑種の樹皮化学成分とネズミの嗜好性の関わりについても合わせて考察を行った。

（注）本論文では，石油エーテル抽出物，ジエチルエーテル抽出物及びジクロロメタン抽出物に対して粗樹脂という用語を当てることとする。

Ⅱ．研究の構成

本研究は，3つの試験により構成されている。その概要を以下に示す。

1．試験1：採取時期の異なるカラマツに対する積雪下のネズミの嗜好性

1-2ヵ月おきに採取したカラマツより樹幹円盤や枝スティックを調製し，それを積雪下のネズミに摂食させて剥皮面積を測定した。これを通して採取時期の異なるカラマツに対するネズミの嗜好性を明らかにした。

2．試験2：積雪下のネズミの嗜好性に影響する樹皮化学成分の検索

本試験では，1月及び5月に採取したカラマツの樹幹樹皮を用いた。それらを粉体化し，さらに成分の除去あるいは添加処理を行って各種の樹皮粉とした。樹皮粉に水と固形化剤（カルボキシメチルセルロースナトリウム塩，以下CMCとする）を混ぜて固形状の樹皮粉ケーキとし，ケーキの各種組み合わせを積雪下のネズミに与えて摂食量を測定した。これを通してネズミの嗜好性に影響する樹皮化学成分の絞り込みと特定を行った。一連の作業は，以下に示す5つの小試験に分けられ，後続の小試験は先行する小試験の結果を踏まえて行った。

2.1．小試験2-1：樹幹円盤及び樹皮粉ケーキに対するネズミの嗜好性

1月及び5月に採取したカラマツの樹幹より樹皮粉と円盤を調製した。樹皮粉調製の際には，樹皮を単に粉体化したものを未処理粉とし，これより粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）を除いたものをE処理粉，さらに95%エタノール抽出物（以下，エタノール抽出物とする）を除いたものをEE処理粉とした（図－1）。

まず，1月と5月の未処理粉間でネズミによるケーキの摂食量を比較した。また，両月の樹幹円盤に

ついても剥皮面積の比較を行った。両方の結果を比較し，樹幹円盤に対して認められるネズミの嗜好性が，樹皮粉ケーキでも同様に認められることを確かめた。

2.2. 小試験2-2：抽出物の除去とネズミの嗜好性

1月と5月の各月について，未処理粉とE処理粉，E処理粉とEE処理粉の間でネズミによるケーキ摂食量を比較し，未処理粉に対して認められるネズミの嗜好性が抽出物の除去によりどのように変化するのかを調べた。これを通して，ネズミの嗜好性に影響するのは粗樹脂，エタノール抽出物，それらを除いた残渣のいずれであるのか絞り込みを行った。

2.3. 小試験2-3：エタノール抽出物の影響

1月及び5月の樹皮エタノール抽出物をそれぞれ基材に添加し，両月のエタノール抽出物添加樹皮粉を調製した。両樹皮粉間でネズミによるケーキの摂食量を比較し，エタノール抽出物によってネズミの嗜好性に差異が現れることを確かめた。

また，エタノール抽出物中のどのような成分がネズミの嗜好性に関わっているのかを検討する手始めとして，エタノール抽出物の成分分析を行った。樹皮のエタノール抽出物には主にフェノール性化合物が含まれている（千葉ら，1991)。また単・少糖類も，構成や量の点で季節的変動を伴いながら樹皮に含まれ（原口・近藤，1968)，なおかつエタノールに可溶である。そこで，ここでは総フェノール量の測定及び単・少糖類の構成と量の分析を行った。

2.4. 小試験2-4：エタノール抽出物に含まれる単・少糖類の影響

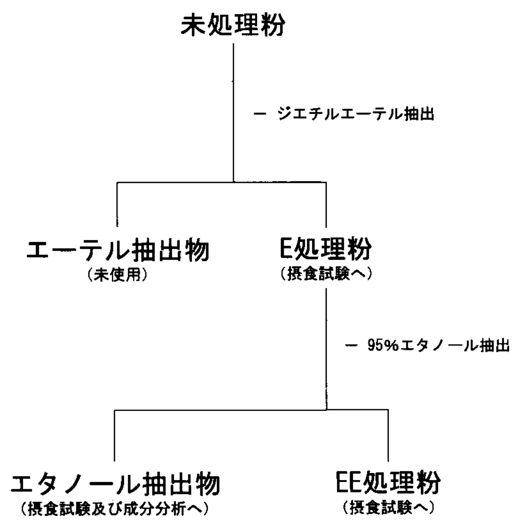
1月及び5月のエタノール抽出物に含まれる単・少糖類について，それぞれ抽出物中と同じ構成及び量で基材に添加し，糖1月水準粉，糖5月水準粉とした。最初に，各水準粉と基材の間でネズミによるケーキの摂食量を比較し，単・少糖類がネズミの嗜好性に影響することを確かめた。その上で，両水準粉間で比較試験を行い，単・少糖類の構成及び量の違いがネズミの嗜好性に影響するのか否かについて検討した。

2.5. 小試験2-5：エタノール抽出物に含まれる単・少糖類以外の成分の影響

1月及び5月のEE処理粉を基材とし，それに単・少糖類を添加して糖1月水準粉，糖5月水準粉を調製した。各月の水準粉は各月のE処理粉と1組にした。糖の水準粉はEE処理粉にエタノール抽出物中の単・少糖類のみが加わったものであるのに対し，E処理粉はEE処理粉にエタノール抽出物中の全成分が加わったものである。この両者の間でネズミによるケーキの摂食量を比較することにより，エタノール抽出物に含まれる単・少糖類以外の成分がネズミの嗜好性に影響するのか否かを検討した。

3．試験3：カラマツ，グイマツ及び交雑種の樹皮化学成分とネズミの嗜好性

カラマツ樹幹樹皮について，全採取月を対象に成分含有量を調べた。その結果と試験1及び2の結果をもとに，採取時期の異なるカラマツの樹皮化学成分とネズミの嗜好性の関わりについて考察を行った。また，無葉期のグイマツや交雑種についても樹幹樹皮の成分分析を行い，無葉期のカラマツと比較した。その上で，3種の樹皮化学成分とネズミの嗜好性の関わりについて考察を行った。



図ー1　E処理粉及びEE処理粉の調製の流れ

Ⅲ. 方法

1．試料

1.1. 試験1

カラマツの採取は，十勝管内足寄町にある九州大学北海道演習林の12林班7い小班において計7回行った。採取日は，2000年7月26日，9月26日，12月10日，2001年1月12日，3月20日，5月23日，7月31日であ

り，12月から3月は無葉期，その他は緑葉期であった。採取個体は，事前に行った毎木調査の結果を参考に，小班内において平均的な胸高直径を有する個体の中からランダムに抽出した。その中にはネズミやシカ（*Cervus nippon yesoensis*）による樹皮剥ぎを受けた個体も含まれていたが，各回ともその個体数及び樹皮剥ぎの程度がほぼ同じとなるよう配慮した。実際に採取した個体の胸高直径は7.6-11.0cmであった。毎回7個体を採取したが，12月は12個体，2001年の7月は5個体を採取した。採取部位は，地上高150-550cm区間の樹幹と地上高250-450cm区間の枝とした。採取は午前6時から9時までの間に行った。以上の通り採取された樹幹や枝を試料とし，供試するまでの間は乾燥を防ぐためにプラスチックバッグに入れて－10℃の冷凍庫内で保存した。

1.2. 試験2

Ⅲ.1.1で述べた樹幹のうち，1月，5月及び12月に採取した樹幹を試料とした。

1.3. 試験3

試料はⅢ.1.1と同じである。また，上川管内富良野市にある東京大学北海道演習林において採取したカラマツ，グイマツ及びそれらの交雑種（*L. gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*）についても合わせて試料とした。

東京大学北海道演習林における採取は，無葉期の2002年11月14日に74林班において行った。各種1クローン，カラマツはV507× V307，グイマツはV551 × V552，交雑種はV551× V307，を採取の対象とした。これらのクローンについてはネズミによる食害度が調べられており，全く食害がない場合を0，完全に食害を受ける場合を100とすると，カラマツは90から100の間，グイマツはほぼ0，交雑種は40から50程度であることが分かっている（倉橋，1988）。採取個体数は各クローンにつき1個体であり，それらの胸高直径は16.4-18.0cmであった。採取部位は樹幹であり，採取後供試するまでの間の保存方法は，Ⅲ.1.1に同じである。

2．試験地及び試験装置

野外積雪下での摂食試験は，試験1及び2において実施した。試験地は，石狩管内当別町にある国有防風林346林班である。面積は約1.35 ha，上層木の構成はヤチダモ（*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*），ドロノキ（*Populus maximowiczii*）及びハンノキ（*Alnus japonica*）からなる。林床はササ類（*Sasa* spp.）によって覆われており，ネズミにとって格好の生息場所となっている。試験地における長期積雪の期間は，平年11月下旬から4月上旬にかけてであり，積雪深は1月上旬から3月中旬にかけては100cm程度である。

積雪期のネズミは，積雪と地表の間の空隙で活動している（前田，1984）。積雪下のネズミに試験体を与えて摂食させるために，試験器と試験台からなる試験装置を用いた（Orihashi *et al.*, 2001）。試験器は雪中に埋設し，その中に試験体を載せた試験台を入れた。試験器には上蓋がついており，そこから試験台の出し入れを行った。摂食試験は2001-03年の1-3月に実施したが，装置の設置は各シーズンとも前年の12月中旬に行った。設置場所は試験地内の一画（約0.4ha）とし，そこに計14セットの装置を20-30m間隔で設置した。

3．樹幹円盤及び枝スティックの調製

樹幹円盤と枝スティックは，試験1及び2で供試するために調製した。試験1では，全採取月を対象とし，樹幹の4-5年生部位と枝の5-6年生部位を用いた。また試験2では，1月と5月に採取した樹幹の5-6年生部位を用いた。これらの樹幹や枝は，いずれも外樹皮が薄く，鱗状の外樹皮は認められなかった。樹幹からは厚さ5cm程度の円盤を，枝からは長さ15cm程度のスティックを調製した。なお，樹幹円盤や枝スティックの調製にあたり，材料が特定のカラマツに偏ることのないよう留意した。

4．樹皮粉の調製

4.1. 試験2

4.1.1. 未処理粉，E処理粉及びEE処理粉

未処理粉，E処理粉及びEE処理粉は，小試験2-1及び2-2で供試するために調製した。この調製には，1月及び5月に採取した樹幹全個体分の5-6年生部位を用いた。この部位は，外樹皮が薄く，鱗状の外樹皮は認められなかった。

未処理粉は，最初に採取個体別に調製した。樹皮は内樹皮，外樹皮を区別せずに剥皮し，直ちに12時間の凍結乾燥を行った。乾燥後の樹皮はサンプルミルで粉砕し，30メッシュパス（$\phi < 500\,\mu m$）の粉体とした。ただし一部22-30メッシュ（$500\,\mu m \leq \phi < 710\,\mu m$）の粉体を含んだ。採取個体別に得た樹皮粉は，風乾重

量にして同量を秤取し，全採取個体分を混合して各月の未処理粉とした。この未処理粉は，22-30メッシュの粉体を最大3.5%含んだ。

ソックスレー抽出器を用いた抽出処理により，1月と5月の未処理粉から粗樹脂を除去してE処理粉を，また，E処理粉からエタノール抽出物を除去してEE処理粉を調製した（図－1）。ソックスレー抽出器の容量に制限があるため，各処理粉の調製は複数回，すなわちE処理粉では4回，EE処理粉では2回，に分けて行った。1回の抽出操作では，樹皮粉を絶乾重量換算で60-100g，溶媒を1,100-1,200ml使用し，抽出時間は24時間とした。抽出前後において，樹皮粉の生重量と含水率の測定を行い，抽出前後における樹皮粉の絶乾重量変化分を抽出物量とした。なお，抽出前の測定は樹皮粉を抽出回数分に分ける前に，また抽出後の測定は抽出回数分の樹皮粉をまとめてから，それぞれ1回ずつ行う形とした。含水率の測定条件は，樹皮粉を風乾重量で1.2g使用し，温度は105℃，乾燥時間は24時間とした。

両月のEE処理粉の調製時に得られたエタノール抽出物は回収し，ロータリーエバポレーターで減圧濃縮した。濃縮物はサンプル瓶に入れた状態で冷暗所に保管しておき，Ⅲ.4.1.2のエタノール抽出物添加樹皮粉の調製及びⅢ.7.1の成分分析に使用した。

4.1.2. エタノール抽出物添加樹皮粉

エタノール抽出物添加樹皮粉は，小試験2-3で供試するために調製した。12月に採取した樹幹12個体分の4-6年生部位よりⅢ.4.1.1と同様にしてEE処理粉を調製し，これを基材とした。この基材に，Ⅲ.4.1.1で得られた1月と5月のエタノール抽出物をそれぞれ添加し，溶媒が完全に飛ぶまで冷暗所で風乾して各月の樹皮粉とした。基材への各月抽出物の添加割合は，表－4に示した各月の残渣量に対するエタノール抽出物量の割合と同等とした。

4.1.3. 糖1月水準粉及び糖5月水準粉

糖1月水準粉及び糖5月水準粉は，小試験2-4及び2-5で供試するために調製した。小試験2-4における各月水準粉の基材は，Ⅲ.4.1.2と同じである。また，小試験2-5における各月水準粉の基材は，Ⅲ.4.1.1で調製した各月のEE処理粉とした。

各月水準粉の調製にあたり，基材への単・少糖類の添加割合は，表－4に示した各月の残渣量に対する単・少糖類量の割合と同等とした。単・少糖類はイオン交換水に溶かしてから基材に添加し，冷暗所で風乾して水準粉とした。

4.2. 試験3

九大演習林にて得たカラマツ試料については，樹幹の5-6年生部位を供試した。各月とも全採取個体分の樹幹を使用したが，12月と2001年7月に採取した樹幹についてはそれぞれ6個体，4個体分を使用した。樹皮粉の調製方法は，Ⅲ.4.1.1で述べた未処理粉の調製方法と同じである。

東大演習林にて得た試料についても，樹幹の5-6年生部位を供試した。樹皮粉の調製にあたり，グイマツや交雑種の樹皮は樹脂分が多く，Ⅲ.4.1.1と同様の方法での粉体化は困難であった。そこで，カラマツの樹皮も含めて東大演習林の試料については，以下に述べる方法で脱脂樹皮粉とした。

樹皮は内樹皮，外樹皮を区別せずに剥皮し，直ちに12時間の凍結乾燥を行った。乾燥後の樹皮は1×1cm程度に砕いた。Ⅲ.4.1.1と同じ要領でジエチルエーテルによる一次抽出処理を行い，一次抽出物量を測定した。一次処理後の樹皮は，溶媒が完全に飛ぶまで冷暗所で風乾してからサンプルミルで粉砕し，30メッシュパスの粉体とした。ただし22-30メッシュの粉体を最大2.3%含んだ。調製した樹皮粉は，さらにⅢ.4.1.1と同じ要領でジエチルエーテルによる二次抽出処理を行い，二次抽出物量を測定した。一次抽出物量及び二次抽出物量を絶乾樹皮1gあたりに換算の上合計して，絶乾樹皮1gあたりの粗樹脂量とした。二次処理後の樹皮粉は，溶媒が完全に飛ぶまで冷暗所で風乾し，これを成分分析に用いる脱脂樹皮粉とした。

5. 樹皮粉ケーキの調製

樹皮粉ケーキは，試験2で供試するために調製した。樹皮粉ケーキ1個につき，樹皮粉を絶乾重量換算で2.5g，固形化剤としてCMCを0.25g，イオン交換水を4.0ml使用した。これらをよく練り合わせて1.5×2.5×1cmのケーキとし，生重量を計量した。予め計量しておいた太さ0.6mm，長さ30cmの針金をケーキに通し，両端を結んでリングを作ってから24時間風乾した。このリングは，試験装置へケーキを設置する際に試験台の取っ手に架けるためのものであり，ケーキがネズミにより装置外へ持ち去られるのを避けるためのものである。

6．摂食試験

6.1. 試験1

2000年7月，9月，12月及び2001年1月に採取したカラマツを第1組，2001年1月，3月，5月及び7月に採取したカラマツを第2組として，試験は2組に分けて実施した。各組では樹幹円盤，枝スティックのそれぞれについて四者選択試験を行った。

第1組は2001年1月22日から2月24日にかけて，第2組は2002年1月16日から2月11日にかけて試験を実施した。使用した試験装置数は，第1組では11セット，第2組では11-13セットであり，各装置で1回ずつ試験を行った。装置あたりの各月試験体の供試数と樹皮面積は，樹幹円盤の場合は1-2個，70-100㎠，枝スティックの場合は2本，約150㎠であった。試験時間は各装置における試験体の剥皮状況に応じて24ないし48時間とした。

試験を終えて回収した試験体は，樹皮の剥皮面積を測定し，各装置の各月ごとに集計した。ある装置において，いずれかの月の試験体が全て剥皮されてしまった場合，その装置の結果は以下の通り扱った。まず二月以上ある場合，結果を比較できないので無効とし，解析には用いなかった。一方，一月のみの場合，その月の剥皮面積が他のどの月よりも大きい場合に限り結果を有効とし，解析に用いた。

なお，試験時におけるネズミの生息密度については，調査を行っていないので不明である。ただし，2001年，02年の両年とも，約0.4haの区域に設置した装置14セットのうち11セットで絶えずネズミの出入りが確認された。また，2002年の試験では，最大13セットにおいてネズミの出入りが確認された。こうした点を踏まえると，試験を行った区域には多くのネズミが安定的に生息していたものと推測される。

6.2. 試験2

6.2.1. 樹皮粉ケーキを用いた試験

表－3に示した組み合わせについて，二者選択試験を2003年2月16日から3月20日の間に行った。使用した試験装置数は9セットであり，各装置では1回ずつ試験を行った。装置あたりの各種ケーキの供試数は1-2個とした。試験時間は各装置におけるケーキの摂食状況に応じて24ないし48時間とした。

各試験において，各種ケーキは試験用と含水率測定用の2種類を調製した。その個数は，試験用が試験装置分，含水率測定用が1-2個であった。含水率測定用のケーキは，105℃で24時間乾燥し，含水率を算出した。この値，複数個の場合は平均値，を用いて試験用ケーキの試験前における絶乾重量を求めた。試験用ケーキは，試験後に105℃で24時間乾燥し，絶乾重量を測定した。試験前後における試験用ケーキの重量差を求め，それをネズミによる試験時のケーキ摂食量とした。なお，計算上摂食量が負の値となってしまった場合があったが，その場合は摂食量0gとして扱った。負の値の最大値は－0.03gであった。

ケーキ摂食量は，各装置の各種ごとに集計した。ある装置において，ケーキ2種のうちの両方あるいは一方が全て摂食されてしまった場合，その装置の結果は以下の通り扱った。まず両方の場合，結果を比較できないので無効とし，解析には用いなかった。また，一方のみの場合，その摂食量がもう一方よりも大きい場合に限り結果を有効とし，解析に用いた。

なお，試験時におけるネズミの生息密度については，調査を行っていないので不明である。本試験では，約0.4haの区域に設置した装置14セットのうち，絶えずネズミの出入りが確認された装置は9セットであった。試験1を実施した2001年，02年と比べ，この数値はやや小さいことから，試験を行った区域のネズミの生息数は，両年よりも若干少なめであったと推測される。

6.2.2. 樹幹円盤を用いた試験

1月と5月の樹幹円盤について，二者選択試験を2003年2月12日から15日の間に行った。使用した試験装置数は9セットであり，各装置では1回ずつ試験を行った。装置あたりの各月樹幹円盤の供試数は1個，樹皮面積は80-110㎠であった。試験時間及び試験後の樹幹円盤の取り扱いについてはⅢ.6.1と同じである。また，試験時におけるネズミの生息密度については，Ⅲ.6.2.1と同じである。

7．成分分析

7.1. 試験2

Ⅲ.4.1.1で得られた1月及び5月のエタノール抽出物について，総フェノール量の測定と単・少糖類の構成及び量の分析を1回ずつ行った。

総フェノール量はフォーリン・シオカルト法（Singleton and Rossi，1965）により測定した。フォーリン・シオカルト試薬は既製のもの（シグマ・アルドリッチ，セントルイス，アメリカ）を使用した。(+)

－カテキン（東京化成，東京）を用いて10-40μg区間の検量線を作成し，総フェノール量をカテキン当量で求めた。抽出物は10mg/ml濃度のものを5μl使用した。

単・少糖類は，高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により分析を行った。HPLCのシステム，カラム，分析条件は，表－1に示した通りである。検出された単・少糖類の同定は，標品と保持時間を比較することにより行った。使用した標品は，D(－)－フルクトース，D(＋)－グルコース，スクロース，D(＋)－ラフィノース五水和物（いずれも和光純薬，大阪）である。定量は，標品を用いて作成した7-70μg区間の検量線を用いて行った。抽出物は10mg/ml濃度のものを20μl使用した。

7.2. 試験3

九大演習林の試料より調製した樹皮粉は，ソックスレー抽出器を用いてジエチルエーテル，95%エタノールによる逐次抽出処理を行った。一方，東大演習林の試料より調製した脱脂樹皮粉については，95%エタノールによる抽出処理を行った。ジエチルエーテルによる抽出処理では，樹皮粉を絶乾重量換算で8 g，溶媒を180ml使用し，抽出時間は24時間とした。また，95%エタノールによる抽出処理では，樹皮粉を絶乾重量換算で6gとした他は，ジエチルエーテルによる抽出処理と同様の条件とした。抽出前後において，樹皮粉の生重量と含水率を測定し，抽出前後における樹皮粉の絶乾重量変化分を抽出物量とした。含水率の測定条件は，樹皮粉を風乾重量で1.2g使用し，温度は105℃，乾燥時間は24時間とした。抽出処理において得られたエタノール抽出物は回収し，総フェノール量の測定と単・少糖類の構成及び量の分析に用いた。供試までの間は，濃縮せずに抽出原液のままサンプル瓶に入れて冷暗所で保管した。総フェノール量の測定と単・少糖類の構成及び量の分析は，Ⅲ.7.1と同様の方法で行った。ただし，総フェノール量の測定では抽出原液を2.5μl，単・少糖類の分析では抽出原液を20μl使用した。以上の抽出処理と分析の反復回数は，樹皮粉各種につき5回とした。

8．解析

8.1. 試験1

各月の樹皮剥皮面積をフリードマン検定（田中・垂水，1999）とそれに続くボンフェローニの修正を伴うウィルコクソンの符号付順位和検定（田中・垂水，1999）により比較することを計画した。しかし実際の試験では，ネズミによる樹皮の剥皮面積が装置間で大きくばらついたため（図－2a），剥皮面積の大きい装置の結果が，解析に大きく影響することが予想された。そこで影響を避けるために，装置ごとに合計樹皮剥皮面積を求めてそれに対する各月の剥皮面積割合を算出し，その値を用いて解析を行った。なお，有意水準は5％（両側）とした。

8.2. 試験2

8.2.1. 樹皮粉ケーキを用いた試験

2種のケーキ摂食量をウィルコクソンの符号付順位和検定（田中・垂水，1999）により比較することを計画した。しかしⅢ.8.1と同様に，ネズミによるケーキの摂食量が装置間で大きくばらついたため（図－2b），摂食量の大きい装置の結果が，解析に大きく影

表－1　HPLCのシステム，カラム，分析条件

a) HPLCシステム

HPLCシステム（島津製作所，京都）	
示差屈折計検出器	RID-10A
システムコントローラ	SCL-10A$_{VP}$
送液ユニット	LC-10AD$_{VP}$
オンラインデガッサ	DGU-14A
カラムオーブン	CTO-10AC$_{VP}$
オートインジェクタ	SIL-10AD$_{VP}$
クロマトグラフィデータシステム	CLASS-VP
PC（富士通，東京）	FMV 6400$_{DX2}$

b) カラム

カラム（昭和電工，東京）	
分析用カラム 4.6ϕ-250L (mm)	Showdex Asahipak NH2P-50 4E
ガードカラム 4.6ϕ-10L (mm)	Showdex Asahipak NH2P-50G 4A

c) 分析条件

溶媒	アセトニトリル：水＝75：25
流量	1 mℓ/min
分析温度	40℃
分析時間	27min
サンプル注入量	20μl
サンプルを溶かした溶媒	95%エタノール

響することが予想された。そこで影響を避けるために，装置ごとにケーキの合計摂食量を求めてそれに対する各種ケーキの摂食量割合を算出し，その値によって解析を行った。有意水準は5％（両側）とした。なお，ある装置において2種間の摂食量の差が0.1g未満であった場合は，両種の摂食量割合は等しいものとして扱った。

8.2.2. 樹幹円盤を用いた試験

Ⅲ.8.1と同様に，装置ごとに各月の剥皮面積割合を算出した。この値をウィルコクソンの符号付順位和検定（田中・垂水，1999）により比較した。

8.2.3. 試験3

エタノール抽出物中の単・少糖類合計量及び総フェノール量の単・少糖類合計量に対する相対比（以下，フェノール／糖類比とする）について解析を行った。

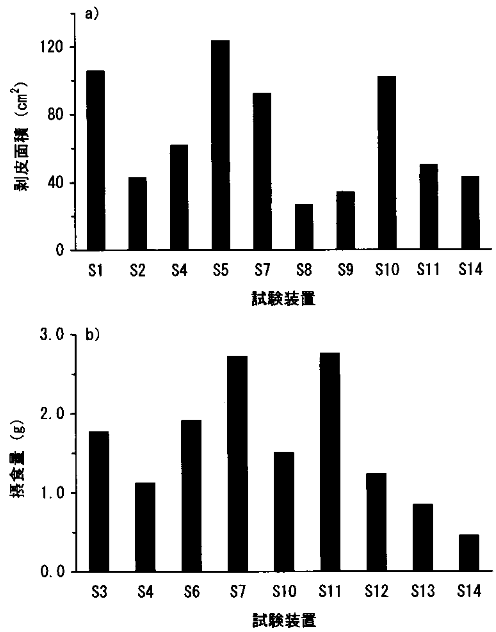
九大演習林にて得たカラマツについては，1）1月，3月，12月間，2）5月，7月，9月間でクラスカル・ワリス検定（田中・垂水，1999）とそれに続くボンフェローニ型の多重比較（田中・垂水，1999）を行った。多重比較では，1月と他月，5月と他月の間で有意差の有無を調べた。有意水準は5％（両側）とした。

東大演習林にて得たカラマツ，グイマツ及び交雑種については，これに九大演習林で1月に得たカラマツを加えて,四者間でクラスカル・ワリス検定(田中・垂水，1999）とそれに続くボンフェローニ型の多重比較（田中・垂水，1999）を行った。多重比較では，九大演習林にて1月に得たカラマツと他者の間での有意差の有無を調べた。有意水準は5％（両側）とした。

Ⅳ. 結果と考察

1．試験1：採取時期の異なるカラマツに対する積雪下のネズミの嗜好性

樹幹円盤や枝スティックを試験体として用いた四者選択試験において，1月，3月，12月の試験体はネズミによく剥皮されたのに対し，5月，7月，9月の試験体はあまり剥皮されなかった（表－2）。本研究を行うきっかけとなった小島ら（1999）の研究では，5月，7月の試験体に比べ2月，10月の試験体がよく剥皮されている。この結果も合わせて考えると，積雪下のネズミは，無葉期に採取したカラマツに対して嗜



図－2　試験装置間での剥皮面積及びケーキ摂食量のばらつきの例

a)樹幹円盤による四者選択試験（第1組）での試験装置毎の合計剥皮面積。b)樹皮粉ケーキによる二者選択試験（1月未処理粉 vs 5月未処理粉）での試験装置毎の合計摂食量。

好性が高く，緑葉期に採取したカラマツには低嗜好性であると言える。

供試した樹幹や枝は，4年生から6年生にかけての部位であり，外樹皮も薄かった。ネズミによるカラマツの食害が外樹皮の発達した30-40年生の樹幹でも発生すること（山根ら，1984；北海道水産林務部，2000）を踏まえると，今回の供試部位は，ネズミにとって物理的に剥ぎにくい部位ではないと言える。従って，無葉期に採取したカラマツと緑葉期に採取したカラマツに対してネズミが異なる嗜好性を示したのには，両期における樹皮化学成分の違いが影響したものと推測された。

カラマツ類の耐鼠性に関する研究では，枝樹皮をネズミに食べさせて，その量や面積を比較する試験が行われる。無葉期及び緑葉期のカラマツに対するネズミの嗜好性は，以上のように大きく異なるので，試験の際に供試する枝の採取時期については留意する必要がある。

表－2　採取時期の異なるカラマツに対する積雪下のネズミの嗜好性

a)第1組

	n	採取月	剥皮面積(㎠)*
樹幹円盤による四者選択試験	11	7月	0 ± 0 a
		9月	1 ± 3 a
		12月	41±20 b
		1月	26±17 b
枝スティックによる四者選択試験	11	7月	0 ± 0 a
		9月	5 ±14 a
		12月	58±43 b
		1月	63±43 b

b)第2組

	n	採取月	剥皮面積(㎠)*
樹幹円盤による四者選択試験	11	1月	45±37 a
		3月	35±34 a
		5月	0 ±0 b
		7月	1 ±1 b
枝スティックによる四者選択試験	13	1月	46±50 a
		3月	55±50 a
		5月	0 ±0 b
		7月	1 ±2 b

*平均値±標準偏差である。数値の右側の異なる文字は有意差（$P<0.05$）があることを示す。

2．試験2：積雪下のネズミの嗜好性に影響する樹皮化学成分の検索

2.1. 小試験2-1：樹幹円盤及び樹皮粉ケーキに対するネズミの嗜好性

樹幹円盤に対するネズミの嗜好性は，5月よりも1月のものに対して高かったが，未処理粉のケーキに関しても同様の結果が得られた（表－3a）。樹皮を粉体化しケーキを調製する過程においては，含水率の変化や化学成分の一部変性を避けることはできない。しかしここでの結果より，そのような変化が，樹皮に対するネズミの嗜好性を大きく変化させるものではないと理解できる。また，本研究では，樹皮粉を固形化するためにCMCを添加したが，この操作に関しても同様のことが言える。

2.2. 小試験2-2：抽出物の除去とネズミの嗜好性

1月の未処理粉とE処理粉の比較では，摂食量に有意差は認められなかった(表－3b)。このことから，粗樹脂はネズミの嗜好性に影響しないと言える。一方，E処理粉とEE処理粉の比較では，摂食量に有意差が認められた（表－3b)。E処理粉に対するネズミの嗜好性は高いが，それよりエタノール抽出物が抜けることによってネズミの嗜好性が低下すると考えられる。

5月の未処理粉とE処理粉の比較では，摂食量に有意差はなく（表－3b），粗樹脂は1月の場合と同様にネズミの嗜好性に影響しないと言える。また，E処理粉とEE処理粉の比較では，いずれの摂食量も大変少ないものであった（表－3b)。1月の場合と異なる点は，E処理粉に対するネズミの嗜好性が低いことである。

以上のことから，樹皮中のエタノール抽出物は，ネズミの嗜好性に影響を及ぼしており，1月の抽出物にはネズミの嗜好性を高める効果があるのに対し，5月の抽出物にはその効果がほとんどないと考えられる。また，この効果の違いを反映して，5月よりも1月に採取した樹皮に対してネズミの嗜好性が高くなったと考えられる。

2.3. 小試験2-3：エタノール抽出物の影響

Ⅳ.2.2の結果を踏まえて，1月と5月のエタノール抽出物添加樹皮粉の摂食量を比較したところ，1月の添加樹皮粉は，5月の添加樹皮粉に比べて明らかにネズミに好まれることが確認された（表－3c)。

エタノール抽出物に含まれる総フェノール量は，5月が1月の1.2倍と若干多めであった（表－4)。一方，単・少糖類については，1月はフルクトース，グルコース，スクロース，ラフィノースという4種類の糖が検出されたのに対し，5月はフルクトースとグルコースのみが検出された(表－4)。また，フルクトース以外の糖は5月より1月に多く，合計量は1月が5月の約2.9倍であった。両月間では，フェノール性化合物よりも単・少糖類の量的な差の方が大きい。このことから，両月の樹皮に対するネズミの嗜好性の差異には，単・少糖類の差異の方が大きく影響しているのではないかと予測された。

2.4. 小試験2-4：エタノール抽出物に含まれる単・少糖類の影響

糖1月水準粉と基材及び糖5月水準粉と基材の比較では，いずれの場合も基材より水準粉の方が摂食量は多くなった（表－3d)。このことから，単・少糖類にはネズミの嗜好性を高める効果があり，その効果は，単・少糖類合計量が少ない5月の場合でも確認できるものと言える。

1月水準粉と5月水準粉の比較では，単・少糖類合計量の多い1月水準粉の方が，5月水準粉よりも多く摂食された（表－3d)。このことから，ネズミの嗜好性を高める効果は，単・少糖類合計量の多い方が強いと言える。先に述べたように，ネズミは両月のエタノール抽出物に対して異なる嗜好性を示したが（表－3c)，エタノール抽出物中の単・少糖類合計量の違いは，その要因の1つになっていると考えられた。

2.5. 小試験2-5：エタノール抽出物に含まれる単・少糖類以外の成分の影響

1月のE処理粉と糖1月水準粉の比較では，摂食量に差は見られず，エタノール抽出物中の単・少糖類以外の成分は，ネズミの嗜好性に影響していないと考えられた（表－3e)。一方，5月のE処理粉と糖5月水準粉の比較では，水準粉に比べE処理粉の摂食量が少なかった（表－3e)。このことから，5月の場合，エタノール抽出物中の単・少糖類以外の成分がネズミの嗜好性を低下させていると考えられた。

単・少糖類以外の成分としては，主にフェノール性化合物が考えられるが，それらには草食動物の嗜好性を低下させる効果がある（Tahvanainen *et al.*, 1985；Jogia *et al.*, 1989；Roy and Bergeron, 1990；Bryant *et al.*, 1992；Hjältén and Palo, 1992)。従って，5月のE処理粉に対してネズミの嗜好性が低かったのは，フェノール性化合物の影響と推測される。

エタノール抽出物中の総フェノール量についてみると，1月と5月の間で1.2倍程度の差しかなく（表－4)，1月の場合になぜフェノール性化合物の影響が出なかったのか不思議に思われなくもない。しかし，嗜好性を高める効果のある単・少糖類との量的バランス，つまりフェノール／糖類比は，1月が1.56であるのに対し5月は5.34であり（表－4)，両月で大きく異なっている。従って，フェノール性化合物は，比が1月程度であればネズミの嗜好性に影響しないが，5月程度になると嗜好性を低下させる効果を発揮するのではないかと考えられる。

2.6. 検索のまとめ

1月と5月の樹皮に対する積雪下のネズミの嗜好性は，エタノール抽出物中の単・少糖類とフェノール性化合物の影響を受けると考えられた。1月の樹皮では単・少糖類の嗜好性を高める効果が強く，またフェノール性化合物の効果は出ていないのに対し，5月の樹皮では単・少糖類の効果は弱く，その一方でフェノール性化合物の嗜好性を低下させる効果が出ていると判断された。そして，これらのことを要因として，ネズミは5月よりも1月に採取した樹皮を好んで食べたと考えられる。

表－3　樹皮粉ケーキ及び樹幹円盤の各種組み合わせを用いたネズミの嗜好性の比較

a) 小試験2-1：未処理粉及び樹幹円盤を用いた比較

比較の組み合わせ	n	摂食量(g)[a]	P
1月未処理粉	9	1.5±0.8	<0.05
5月未処理粉		0.1±0.1	
1月樹幹円盤	9	53.2±13.4[b]	<0.05
5月樹幹円盤		2.1±1.7[b]	

b) 小試験2-2：未処理粉，E処理粉，EE処理粉を用いた比較

比較の組み合わせ	n	摂食量(g)[a]	P
1月未処理粉	8	1.7±1.0	>0.05
1月E処理粉		1.7±1.5	
1月E処理粉	9	2.3±0.6	<0.05
1月EE処理粉		0.2±0.3	
5月未処理粉	9	0.3±0.2	同順位が6つあり検定できなかった
5月E処理粉		0.2±0.1	
5月E処理粉	9	0.2±0.1	<0.05
5月EE処理粉		0.2±0.5	

c) 小試験2-3：エタノール抽出物添加樹皮粉を用いた比較

比較の組み合わせ	n	摂食量(g)[a]	P
1月エタノール抽出物添加樹皮粉	8	2.3 ± 0.5	<0.05
5月エタノール抽出物添加樹皮粉		0.0 ± 0.1	

d) 小試験2-4：糖1月水準粉及び糖5月水準粉を用いた比較

比較の組み合わせ	n	摂食量(g)[a]	P
基材	9	0.0 ± 0.1	<0.05
糖1月水準粉		1.7 ± 1.0	
基材	9	0.0 ± 0.0	<0.05
糖5月水準粉		1.1 ± 0.8	
糖1月水準粉	9	1.9 ± 0.7	<0.05
糖5月水準粉		0.3 ± 0.4	

e) 小試験2-5：E処理粉，糖1月水準粉，糖5月水準粉を用いた比較

比較の組み合わせ	n	摂食量(g)[a]	P
1月E処理粉	9	1.9 ± 1.7	>0.05
糖1月水準粉		1.7 ± 1.6	
5月E処理粉	9	0.3 ± 0.3	<0.05
糖5月水準粉		1.0 ± 0.8	

[a] 平均値±標準偏差である。

[b] 剥皮面積（平均値±標準偏差，cm²）である。

表－4　1月及び5月に採取した樹皮の化学成分

(mg)	1月	5月
粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）	62	78
95% エタノール抽出物	339	281
総フェノール量（p）	147	171
単・少糖類合計量（s）	94	32
フルクトース	33	37
グルコース	23	5
スクロース	20	nd
ラフィノース	19	nd
フェノール／糖類比（p/s）	1.56	5.34
残渣	599	642

絶乾樹皮1gあたりの含有量（単位はmg，n=1）である。nd，未検出。総フェノール量は，カテキン当量で表示している。

3．試験3：カラマツ，グイマツ及び交雑種の樹皮化学成分とネズミの嗜好性

3.1．採取時期の異なるカラマツの樹皮化学成分とネズミの嗜好性

九大演習林にて得た樹皮について，成分分析の結果を表－5に示した。また，エタノール抽出物に含まれる単・少糖類の合計量及びフェノール／糖類比について採取月間で比較した。12月や3月の値は1月と，7月の値は5月とそれぞれ同様であり，また9月の値は，5月と比べてネズミの嗜好性をさらに低下させるような値であった（表－5）。このことから，1月及び5月の樹皮における単・少糖類やフェノール性化合物の特徴は，それぞれ無葉期及び緑葉期の樹皮における特徴と言い換えられ，ネズミの嗜好性に対する両成分の効果についても，無葉期の樹皮は1月の樹皮と，緑葉期の樹皮は5月の樹皮とそれぞれ同様と推測される。先に述べたように，樹幹円盤や枝スティックに対するネズミの嗜好性は，無葉期のものに対して高く，緑葉期のものに対して低かったが，これは，各期の樹皮における単・少糖類やフェノール性化合物の効果を反映したものと考えられる。

ネズミによるカラマツの食害は，主に融雪期に発生する（前田，1984）。この融雪期を含めて無葉期のカラマツは，ネズミに食べられやすい樹皮の化学成分構成をしていると言える。グイマツや交雑種との食べられやすさの比較において，カラマツがよく食べられるのは粗樹脂が少ないからであると言われている（Hayashi *et al.*, 1998）。しかし，粗樹脂に限らず，エタノール抽出物中の単・少糖類もネズミが好む重要な要因となっていることが本研究を通して明らかとなった。

3.2．グイマツ，交雑種の樹皮化学成分とネズミの嗜好性－カラマツとの比較を通して－

一般的に，グイマツや交雑種の樹皮は，カラマツ樹皮よりも粗樹脂を多く含有する（Hayashi *et al.*, 1998）。また，粗樹脂をより多く含む樹皮ほどネズミに食べられにくい傾向がある（Hayashi *et al.*, 1998）。本研究で扱ったカラマツに関しては，ネズミの嗜好性に対する粗樹脂の影響は認められなかった。しかし，カラマツであっても，粗樹脂が多い個体は，少ない個体に比べてネズミに食べられにくいことを示す報告がある（中田，1999；関ら，1999）。グイマツ，交雑種及びカラマツに対するネズミの嗜好性は，このように粗樹脂の量的影響を強く受けると考えられているが，この他に，タンニン（西口ら，1977）や多糖類（犬飼・芳賀，1953）の関与も指摘されている。

無葉期のカラマツに関しては，樹皮エタノール抽出物中の単・少糖類にネズミの嗜好性を高める効果が認められた。このことを踏まえて，東大演習林で無葉期に得たグイマツや交雑種についても樹皮の成分分析を行った。エタノール抽出物に含まれる単・少糖類の合計量やフェノール／糖類比については，九大演習林にて1月に得たカラマツと比較した。その結果を表－6に示す。グイマツや交雑種における単・少糖類の構成は，カラマツと同じであった。また，単・少糖類合計量については，いずれの樹種も1月のカラマツと同程度かそれ以上の値を示し，フェノール／糖類比については，グイマツや交雑種の値が，1月のカラマツに比べて小さかった。無葉期のグイマツや交雑種の単・少糖類は，構成や量，フェノール性化合物との比の面で同期のカラマツに類似していると言える。またこのことから，カラマツと同様にグイマツや交雑種についても，エタノール抽出物中の単・少糖類は，ネズミの嗜好性を高めるのに作用するものと推測される。

犬飼・芳賀（1953）や西口ら（1977）は，グイマツの樹皮が，粗樹脂を含有した状態ではネズミにあまり摂食されないが，これを抽出除去すると摂食されるようになり，カラマツ樹皮との摂食量の差も縮まることを報告している。この現象から，グイマツ樹皮では，粗樹脂の嗜好性を低下させる効果が強く，その存在下ではエタノール抽出物中の単・少糖類の効果は抑制されていると考えられる。また，粗樹脂が除去されることにより，単・少糖類の効果は発揮されるようになり，ネズミによる摂食量の増加に寄与したのではないかと考えられる。

以上のように，無葉期のグイマツ，交雑種及びカラマツの樹皮エタノール抽出物中には，単・少糖類が構成や量，フェノール性化合物との比の面でほぼ同様に含まれており，ネズミの嗜好性を高めるのに作用すると考えられる。その一方で，ネズミの嗜好性を低下させる効果のある粗樹脂は，カラマツよりもグイマツや交雑種に多く含まれている。そして，これら3種の間では，単・少糖類の効果を粗樹脂の効果がどの程度打ち消すのかにより，ネズミによる食べられやすさが変化すると推測される。

表－5 九州大学北海道演習林にて得た採取時期の異なるカラマツの樹皮化学成分

	無葉期		
(mg)	1月	3月	12月
粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）	69±2	75±3	69±5
95% エタノール抽出物	332±6	306±8	359±8
総フェノール量（p）	165±3	165±3	175±5
単・少糖類合計量（s）	111±2	88±2 NS	122±1 NS
フルクトース	35±3	31±2	38±1
グルコース	27±2	18±1	30±1
スクロース	22±2	19±2	25±2
ラフィノース	27±2	20±2	29±1
フェノール／糖類比（p/s）	1.50±0.04	1.88±0.05 NS	1.44±0.04 NS
残渣	598±4	619±6	572±5

	緑葉期			
(mg)	5月	7月（'00）	7月（'01）	9月
粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）	80±2	67±3	65±2	57±2
95% エタノール抽出物	272±9	255±6	238±4	199±4
総フェノール量（p）	176±6	155±11	152±7	143±5
単・少糖類合計量（s）	36±4	34±4 NS	36±1 NS	16±1 S
フルクトース	24±3	18±2	19±1	8±1
グルコース	12±1	16±2	17±0	8±0
スクロース	nd	nd	nd	nd
ラフィノース	nd	nd	nd	nd
フェノール／糖類比（p/s）	4.93±0.43	4.59±0.33 NS	4.19±0.31 NS	9.20±0.62 NS
残渣	648±10	678±5	697±5	744±5

絶乾樹皮1gあたりの含有量（単位はmg，n=5，平均値±標準偏差）である。nd，未検出。総フェノール量は，カテキン当量で表示している。単・少糖類合計量及びフェノール／糖類比については，1）1月，3月，12月間，2）5月，7月，9月間で統計解析を行った。多重比較では，1月と他月及び5月と他月の間で有意差が認められるか否かを調べた。S，有意差あり；NS，有意差なし。

表－6 東京大学北海道演習林にて無葉期に得たグイマツ，交雑種，カラマツの樹皮化学成分

(mg)	グイマツ	交雑種	カラマツ	カラマツ（九大採取）
粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）	223*	106*	43*	69±2
95% エタノール抽出物	285±4	296±3	329±4	332±6
総フェノール量（p）	65±1	92±3	135±5	165±3
単・少糖類合計量（s）	109±3 NS	127±6 NS	137±3 S	111±2
フルクトース	32±1	40±2	42±1	35±3
グルコース	20±1	27±2	33±2	27±2
スクロース	22±1	26±1	33±2	22±2
ラフィノース	36±1	34±2	29±1	27±2
フェノール／糖類比（p/s）	0.60±0.02 S	0.72±0.01 S	0.99±0.01 NS	1.50±0.04
残渣	492±4	598±3	628±4	598±4

絶乾樹皮1gあたりの含有量（単位はmg，n=5，平均値±標準偏差，ただし*のついた数値はn=1）である。カラマツ（九大採取）は，九大演習林にて1月に得たカラマツである。nd，未検出。総フェノール量は，カテキン当量で表示している。単・少糖類合計量及びフェノール／糖類比については統計解析を行った。多重比較では，カラマツ（九大採取）と他試料の間で有意差が認められるか否かを調べた。S，有意差あり；NS，有意差なし。

V．結論

1－2ヵ月おきに採取したカラマツを密封冷凍保存しておき，野外積雪下での摂食試験においてエゾヤチネズミに食べさせたところ，ネズミは無葉期のカラマツを好み，緑葉期のカラマツを好まなかった。

無葉期と緑葉期のカラマツに対するネズミの嗜好性は，樹皮エタノール抽出物中の単・少糖類とフェノール性化合物の影響を受け，粗樹脂（ジエチルエーテル抽出物）の影響は受けていないと考えられた。

無葉期のカラマツでは単・少糖類の嗜好性を高める効果が強く，またフェノール性化合物の効果は出ていないのに対し，緑葉期のカラマツでは単・少糖類の効果は弱く，その一方でフェノール性化合物の嗜好性を低下させる効果が出ていると判断された。そして，これらのことを要因として，ネズミは緑葉期よりも無葉期のカラマツを好んで食べたと考えられた。

無葉期のグイマツや交雑種について，樹皮のエタノール抽出物に含まれる単・少糖類は，構成や量，フェノール性化合物との比が同期のカラマツと類似しており，ネズミの嗜好性を高めるのに作用すると考えられた。

その一方で，ネズミの嗜好性を低下させる効果のある粗樹脂は，無葉期のカラマツよりも同期のグイマツや交雑種に多く含まれており，これら3種の間では，単・少糖類の効果を粗樹脂の効果がどの程度打ち消すのかによってネズミによる食べられやすさが変化すると推測された。

謝辞

本研究で用いた試料は，九州大学北海道演習林並びに東京大学北海道演習林より，試験地は，石狩森林管理署当別森林事務所よりご提供いただきました。また，試料採取及び試験装置の設置にあたり，北海道大学森林資源科学講座の皆様にご協力いただきました。この場を借りまして厚くお礼申し上げます。

引用文献

Bryant, J. P., Reichardt, P. B., and Clausen, T. P. (1992) : Chemically mediated interactions between woody plants and browsing mammals. Journal of Range Management 45, 18-24.

千葉　茂(1963)：カラマツ属の育種に関する研究(1). 野兎鼠に対する樹種間の差異．日本林学会北海道支部講演集12，109-114.

千葉　茂・永田義明（1976）：カラマツ属の育種に関する研究（5)．カラマツ属の雑種 F_1，戻し F_1，三重雑種の耐鼠性と遺伝力．王子製紙株式会社林木育種研究所研究報告3，33-44.

千葉　茂・小川　章・永田義明・戸巻邦男（1991）：ニホンカラマツ，グイマツの Brieger 法による溶媒別抽出物の野鼠抵抗性との関連．日本木材学会北海道支部講演集23，70-72.

芳賀良一（1953）：野鼠のカラマツ属に対する嗜好の実験生態学的研究．特に第一代雑種カラマツの耐鼠性に就いて．北海道大学農学部紀要1，483-489.

原口　浩・近藤民雄（1968）：樹皮の化学．(木材化学(上)．右田伸彦・米沢保正・近藤民雄編，525pp，共立出版，東京)，494-525.

Hayashi, E., Iizuka, K., Sukeno, S., and Kohno, K. (1998) : Relationship between resistance to vole browsing and content of ether extract in the bark of larch species and hybrids. Journal of Forest Research 3, 119-122.

Hjältén, J. and Palo, T. (1992) : Selection of deciduous trees by free ranging voles and hares in relation to plant chemistry. Oikos 63, 477-484.

北海道水産林務部(2000)：野ネズミに強い山つくり．そのあり方と施業改善．38pp，北海道水産林務部，札幌.

飯塚和也・久保田正裕・河野耕蔵（1993）：カラマツ類交雑家系の野鼠に対する抵抗性．日本林学会北海道支部論文集41，175-177.

犬飼哲夫・芳賀良一（1953）：野鼠のカラマツ属に対する嗜好の実験生態学的研究．北海道大学農学部紀要1，281-300.

Jogia, M. K., Sinclair, A. R. E., and Andersen, R. J. (1989) : An antifeedant in balsam poplar inhibits browsing by snowshoe hares. Oecologia (Berlin) 79, 189-192.

Kaneko, Y., Nakata, K., Saitoh, T., Stenseth, N. C., and Bjørnstad, O. N. (1998) : The biology of the vole *Clethrionomys rufocanus* : a review. Researches on Population Ecology 40, 21-37.

小島康夫・折橋　健・寺沢　実・中津　篤・織部雄一朗（1999）：エゾヤチネズミによるカラマツ食害の化学的防除．積雪下における野鼠摂食試験．第110回日本林学会大会学術講演集，718-719.

倉橋昭夫（1988）：カラマツ属の交雑育種に関する研

究．東京大学農学部演習林報告79，1-94．
前田　満（1984）：北海道における野ネズミ害と防除の盲点．北方林業36，37-44．
中田圭亮（1999）：野ネズミの好き嫌いと樹木成分．光珠内季報117，16-19．
中田圭亮（2000）：北海道におけるカンバ類とヤチダモの獣害と防除方法（II）．森林保護276，15-16．
西口親雄・有沢　浩・飯塚徳義（1977）：林木の耐鼠性に関する研究（IV）．グイマツのエゾヤチネズミに対する喫食抵抗性に関与する化学成分．日本林学会誌59，167-172．
Orihashi, K., Kojima, Y., and Terazawa, M. (2001) : Deterrent effect of rosin and wood tar against barking by the gray-sided vole (*Clethrionomys rufocanus bedfordiae*). Journal of Forest Research 6, 191-196.
Roy, J. and Bergeron, J-M. (1990) : Role of phenolics of coniferous trees as deterrents against debarking behavior of meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*). Journal of Chemical Ecology 16, 801-808.
関　一人・斎藤直人・中田圭亮・雲野　明（1999）：中高齢カラマツ林における野ネズミ被害と樹皮抽出成分との関連．第110回日本林学会大会学術講演集，123-124．
Singleton, V. L. and Rossi, J. A. Jr. (1965) : Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16, 144-158.
Tahvanainen, J., Helle, E., Julkunen-Tiitto, R., and Lavola, A. (1985) : Phenolic compounds of willow bark as deterrents against feeding by mountain hare. Oecologia (Berlin) 65, 319-323.
高橋延清・西口親雄（1966a）：林木の耐鼠性に関する研究（1）．針葉樹苗にたいするエゾヤチネズミの摂食嗜好性．東京大学農学部演習林報告62，153-172．
高橋延清・西口親雄（1966b）：林木の耐鼠性に関する研究（2）．雑種カラマツ F_1苗にたいするエゾヤチネズミの摂食嗜好性．東京大学農学部演習林報告62，173-188．
田中　豊・垂水共之（1999）：Windows 版統計解析ハンドブック．ノンパラメトリック法．178pp，共立出版，東京．
上田明一・樋口輔三郎・五十嵐文吉・前田　満・桑畑　勤・太田嘉四夫・阿部　永・藤巻裕蔵・藤倉仁郎・高安知彦（1966）：エゾヤチネズミ研究史．林業試験場研究報告191，1-100．
山根玄一・菊地　健・寺沢和彦（1984）：上川南部地域のカラマツ高齢林における野ネズミ害と外傷．日本林学会北海道支部講演集32，67-69．

Summary

Bark samples of Japanese larch (*Larix kaempferi*) were collected in various times of year. The gray-sided vole (*Clethrionomys rufocanus bedfordiae*) preferred the samples collected in the leafless season to those in the leaved season. Bark extracts were successively extracted from the samples with diethyl ether and 95 % ethanol. Although the ether extracts had no effect on vole preference, mono and oligosaccharides and phenolic compounds in the ethanol extracts affected it. Considering the samples in the leafless season, mono and oligosaccharides strongly attracted voles, while phenolic compounds had no effect on vole preference. In the case of the samples in the leaved season, mono and oligosaccharides had weak effects on voles and phenolic compounds decreased vole preference.

Bark extracts from Kurile larch (*Larix gmelinii* var. *japonica*) and F_1 hybrid (*L. gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) were also analyzed, and their effects on voles were considered comparing with those from Japanese larch. It seems that the quantitative balance between crude resin (diethyl ether extract) and mono and oligosaccharides in ethanol extract affects vole preference for the larches.

Key words: bark chemical composition, *Larix* spp., preference, the gray-sided vole