

# 博士論文要約 (Summary)

平成 28 年 4 月入学  
連合農学研究科 生物生産科学専攻  
氏 名 梅木直哉

タイトル	リンゴジュース粕混合による粗飼料の嗜好性向上の機構解明と飼料調製利用への応用に関する研究
<b>第 1 章 序論</b>	
<p>家畜による飼料の採食量は、家畜の栄養状態、反芻胃からの飼料片の流出速度および環境温度等に左右されるといわれている。また、家畜に 2 種類以上の飼料を同時に給与する場合は、味覚や嗅覚等の五感に作用する飼料成分も嗜好性に影響を及ぼすことが予想される。畜産物の生産性を向上させるためには家畜による飼料の乾物採食量を増加させることが重要であることから、飼料を家畜に自由に採食させた際の自由採食量や複数の飼料を家畜に給与した場合の選択採食性によって評価される飼料の嗜好性に関する研究が長い間行われている。日本では、近年エコフィード等の新たな飼料を利用するようになっており、今後も飼料の嗜好性に関する研究が必要と考えられる。</p>	
<p>青森県で毎年大量に産出されるリンゴジュース粕（以下、リンゴ粕）は牛の嗜好性が良く、サイレージ発酵の基質となる可溶性糖類含量が高いため、粗飼料と混合してサイレージ調製することで発酵品質と嗜好性の向上が期待される。一方、近年生産量が増えているイネホールクロップサイレージ（以下、イネ WCS）は牛の嗜好性が良いといわれるものの、耐倒伏性が高い品種や可溶性糖類と乳酸菌の付着数が少ない品種では、嗜好性や発酵品質の低下が危惧されている。イネ WCS にリンゴ粕を混合することで嗜好性と発酵品質の向上を図る可能性が考えられるが、リンゴ粕を混合したイネ WCS（以下、リンゴ粕混合イネ WCS）の嗜好性や飼料成分についての報告は少ない。そこで、本研究ではめん羊を用いてイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性と飼料成分との関係について解析を行うことを目的とした。</p>	
<p>また、家畜による飼料の嗜好性評価を行う場合、採食速度法、一対比較法およびカフェテリア法による嗜好性試験が行われるが、その際、供試する飼料の数、他飼料との混合割合および試験の繰り返し数等が異なると違った結果が得られることが予想される。このため、飼料の嗜好性評価試験は一度の試験のみで行うのではなく、複数回の試験で行う必要があると考えられる。本研究ではイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性評価試験を行う際に、試験の繰り返し数がめん羊の選択採食性に及ぼす影響についても検証を行った。さらに、乾草をめん羊に給与する試験も行い、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の試験結果と比較した。</p>	
<b>第 2 章 リンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性と飼料成分との関係</b>	
<p>イネ WCS にリンゴ粕を混合した場合の嗜好性改善効果と飼料成分との関係を明らかにするため、本章では飼料成分含量が異なるイネ 4 品種・系統のイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS を調製した。めん羊 4 頭を用いて、リンゴ粕混合割合が同じでイネ品種・系統が異なるイネ WCS 4 点ないしリンゴ粕混合イネ WCS 4 点をカフェテリア法で給与する嗜好性試験を実施し、イネ品種・系統間でリンゴ粕混合による嗜好性改善効果の大きさを比較した。さらに、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性に影</p>	

響を及ぼす飼料成分を明らかにするため、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量を従属変数、pH と水分、乾物中の粗タンパク質、粗脂肪、粗繊維、粗灰分、可溶無窒素物、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、エタノールおよびアンモニア態窒素（以下、NH<sub>3</sub>-N）の飼料成分含量 12 項目を説明変数として、重回帰分析による解析を行った。

イネ WCS にリンゴ粕を混合すると、pH 低下、V スコアとフリーク評点の向上がみられ、エタノール含量が増加した。イネ WCS 単味の乾物採食量はイネ品種・系統間に差がなかったが、リンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量はイネ品種・系統間で有意差がみられた。また、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量と飼料成分含量の重回帰分析を行ったところ、イネ WCS 単味の乾物採食量と乾物および粗脂肪含量に有意な正の相関、リンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量と酪酸含量に有意な負の相関がみられた。これらの結果から、リンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性改善効果の大きさはイネ品種・系統間で異なること、イネ WCS とリンゴ粕混合イネ WCS との間では嗜好性と飼料成分との関係が異なることが示唆された。

### 第 3 章 嗜好性試験の繰り返し数が粗飼料の嗜好性評価に及ぼす影響

本章では、イネ WCS とリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性試験（以下、試験）において、試験の繰り返し数が結果に及ぼす影響について評価した。また、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性を左右する飼料成分を特定するため、これらの乾物採食量を従属変数、pH と水分、乾物中の乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、エタノールおよび NH<sub>3</sub>-N の飼料成分含量 7 項目を説明変数として、重回帰分析による解析を行った。イネは、東北地域の飼料用イネ品種べこごのみとネリカ（アフリカの食料事情改善のため、アジアイネとアフリカイネを掛け合わせて育成されたイネ）の WAB450-IBP-20-HB 系統（以下、IBP20）を用いた。これらのイネ WCS 2 点、リンゴ粕を 50% 混合したリンゴ粕混合イネ WCS 2 点およびめん羊 4 頭を供試し、一対比較法でイネ WCS の試験を 5 回、リンゴ粕混合イネ WCS の試験を 5 回実施した。さらに、チモシー乾草とオーツヘイ乾草の一対比較法による試験を 15 回実施し、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の試験結果と比較した。

イネ WCS 2 点にリンゴ粕を混合すると pH の低下とエタノール含量の増加がみられ、その他の発酵産物含量は少なくなった。イネ WCS の乾物採食量は、1 および 2 回目の試験で IBP20 がべこごのみより有意に多かったが、3 回目以降はイネ品種・系統間に差がなくなった。乾草の試験においても、試験 10 回目まではチモシー乾草の乾物採食量がオーツヘイ乾草より有意に多かったが、11 回目以降は草種間に乾物採食量の差がなくなった。これらの結果から、めん羊に飼料成分含量が異なる 2 種類のイネ WCS または乾草を同時に給与すると、試験開始時には選択採食性に差がみられるものの、試験を繰り返すとめん羊がその差を識別しなくなり、これらの選択採食性の差がなくなることが推察された。これに対してリンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量は、3 回目の試験でべこごのみが IBP20 より有意に多く、他の試験日ではイネ品種・系統間に差がなかった。このため、べこごのみと IBP20 のリンゴ粕混合イネ WCS ではべこごのみで嗜好性向上の度合が大きく、イネ WCS 単味でみられたイネ品種・系統間の選択採食性の差がなくなることが示唆された。

イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量と pH および飼料成分含量 7 項目の重回帰分析を行った結果、イネ WCS 単味の乾物採食量と酪酸および NH<sub>3</sub>-N 含量に有意な負の相関がみられ、これらの発酵産物含量が嗜好性に影響を及ぼすことが示唆された。

#### 第4章 イネ WCS に含まれる酪酸および酪酸エステルと嗜好性との関係

第2章と第3章で実施したイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の嗜好性試験結果から、酪酸がイネ WCS の嗜好性を低下させる可能性が考えられたが、一般に酪酸は乾草の嗜好性を向上させるといわれている。一方、近年トウモロコシサイレージのようにエタノールが生成されるサイレージでは、エタノールと有機酸から生成されるエステルが嗜好性に影響を及ぼすといわれている。第2章と第3章で供試したイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS にはエタノールが検出されており、酪酸とエタノールから生成される酪酸エチルが嗜好性に影響を及ぼすことが考えられる。

本章では、イネ WCS の嗜好性と酪酸エチルとの関係を明らかにするため、第2章と第3章で供試したイネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の揮発性成分を GC-MS で分析した。その際、酪酸エチルだけではなく酪酸ブチルも一定量検出されたため、本章では酪酸エチルおよび酪酸ブチルの定量を行った。イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS の乾物採食量を従属変数、pH と水分、乾物中の乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、エタノール、酪酸エチル、酪酸ブチルおよび NH<sub>3</sub>-N 含量を説明変数として重回帰分析による解析を行った結果、乾物採食量と酪酸、エタノールおよび NH<sub>3</sub>-N 含量に有意な負の相関がみられ、乾物採食量と酪酸エチルおよび酪酸ブチル含量との間に関連はなかった。この結果から、イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS では酪酸が嗜好性に影響を及ぼすことが示唆された。前述のように、酪酸は乾草に添加した際にめん羊の採食量を増加させると主張されているが、酪酸を添加した水をめん羊に給与すると嗜好性が悪いことが報告されている。このため、酪酸は添加する飼料によっては嗜好性を低下させる可能性が考えられる。酪酸とイネ WCS の嗜好性との関係を明らかにするためには、酪酸をイネ WCS に添加した際の嗜好性評価等が必要と考えられる。

#### 本研究のまとめ (第5章 総合考察)

イネ WCS に可溶性糖類含量が高いリンゴ粕を混合すると、pH 低下、V スコアとフリーク評点の向上、エタノール含量の増加がみられ、イネ品種・系統によっては嗜好性が有意に上昇することが明らかとなった。イネ WCS およびリンゴ粕混合イネ WCS をめん羊に給与した際の乾物採食量と飼料成分含量の重回帰分析を行った結果、酪酸が嗜好性を低下させることが示唆された。また、めん羊に飼料成分含量が異なる2種類のイネ WCS または乾草を同時に給与すると、嗜好性試験の開始時にはこれらの選択採食性の差がみられるが、試験を繰り返すとめん羊がその差を識別しなくなり、選択採食性に差がなくなることが推察された。