

特 集

草からの牛乳生産の研究

三谷 朋弘

北海道大学大学院農学研究院

はじめに

草からの牛乳生産といった場合、放牧による牛乳生産をイメージする場合が多い。確かに放牧による牛乳生産は草からの牛乳生産に含まれるが、単に放牧による牛乳生産のみが草からの牛乳生産ではない。草からの牛乳生産とは草が生産される土地から生産される牛乳、すなわち自給粗飼料を中心とした牛乳生産である。近年、高泌乳化に伴う穀物飼料の多給により、牛乳生産は草（土地）から分離しつつある。日本の中では比較的、土地資源に富むことから自給飼料中心の酪農が実施可能といわれている北海道であっても1970年代に80%近くあった飼料自給率は近年、かろうじて50%を維持しているのが現状である。酪農を取り巻く情勢はますます厳しさを増しており、もうすでに高値で維持しつつあるが今後も安定して安価な穀物飼料を入手できるとは限らず、下手をすれば入手すら困難になる可能性がある。さらに、50%以上の摂取飼料が配合飼料というほぼ同じ質のものを給与している現状は牛乳自体の個性をなくし、画一化の方向に進んでいるとも捉えることができる。画一化された製品というのはグローバル化の中においては競争力に乏しく、安価でしか取引されないものである。これらの観点からも各地域に適した草（土）からの牛乳生産を追求し、多様な酪農を目指すことは今後の北海道において非常に重要なことである。本報では、牛乳の「量」と「質」をキーワードにこれまでの草からの牛乳生産に関する研究を振り返り、今後の北海道酪農を考察したい。

草からの牛乳生産に関する研究

まず、草からの牛乳生産という研究では「土地からの牛乳生産」に関する研究が挙げられる。他の作物では単位面積あたりの生産量（収量）は当然の考え方であるが、酪農は飼料の収穫（放牧であっても）、給与、牛乳生産がそれぞれ独立しうる迂回的な農業であるので、単位面積あたりの収量（牛乳生産）という考え方は一般的ではない。しかし、徹底的に外部依存を省い

た低コスト生産を目指すニュージーランドや限られた土地で酪農をせざるを得ないヨーロッパの一部の地域では重要視されており、我が国でも北大の研究グループが知見を積み重ねている。ここでは、北大の研究グループによる北海道における土地からの牛乳生産に関する研究結果を示す(表1)。コーンサイレージの給与が可能なた勝地域、コーンサイレージの栽培が困難な根釧地域で実施された実地（酪農家）調査の結果によると、非常に地域内の農家間におけるバラツキは大きいものの十勝では平均約6 t/ha、根釧地域では約4t程度と試算されている。十勝では飼養密度がやや高いことや単位面積あたりの収量が高いコーンサイレージが給与可能、単位面積あたりの牧草収量が根釧と比較すると高いことなどが土地からの牛乳生産を高めている理由であろう。各地域で生産可能な飼料（収量）を把握し、その地域での適正な飼養密度を考慮することは重要である。北大の研究農場における実験条件下での土地からの乳生産量は約9 t/haと現地調査と比較すると非常に高い。これは計算方法による違いもあり一概には比較できないが、土地を最大限利用した場合の道央地域での理論値ともいえる。必ずしも現場において理論値に近付ける必要はないが、限られた土地から最大限に牛乳生産を行うという意味で農家単位、地域単位などでは土地からの牛乳生産に関する研究は重要な研究であり、今後は現場での現状把握と理想値を高める両側面からの研究が必要となろう。

次に、草からの牛乳生産に関する研究としては、自給粗飼料を中心とした飼料の組み合わせや飼養方法に関する研究が挙げられる。一種の粗飼料ですべての栄養を満たすことは不可能であり、栄養成分や栄養価が偏ることは当然おこりうる現象である。不足する栄養を補助飼料や併給飼料で補填し、個体あたりの牛乳生産量を最大限得る研究である。これらの研究は乳牛の栄養飼養学的研究の王道ともいえ、世界中で様々な飼料を組み合わせた研究が行われている。例を挙げると、コーンサイレージは穀実を含むことから粗飼料の中では栄養価が高い。さらに近年では穀実を破砕することによりさらに栄養価を向上させる技術も一般化しつつある。しかし、トウモロコシサイレージのみではタンパク質や繊維質が不足することからこれらの補給

表 1. 実地調査および実験条件下における経産牛飼養密度および単位面積あたりの乳生産量

		実地調査				実験条件下		
		十勝地域 S町	根釧地域 H町	根釧地域 H町	根釧地域 B町	北大農場		
		コーンサイ レーズ給与	牧草主体 夏季放牧	牧草主体 夏季放牧	牧草主体 夏季放牧	夏季：放牧 冬季：コーンサイレーズ主体		
経産牛飼養密度, cow/ha	平均	1.8	1.0	0.8	1.0	1.6	1.8	
	範囲	1.1 ~3.1	0.4 ~1.7	0.6 ~1.0	0.7 ~1.4			
エネルギー自給率, %	平均	44.1	47.3		54.2			
	範囲	11.3 ~66.1	27.6 ~63.2		32.4 ~63.3			
単位面積あたりの 乳生産量, t/ha	平均	5.9	3.4	3.8	4.7	8.9	8.7	8.6
	範囲	1.5 ~10.3	1.1 ~5.9	2.5 ~5.2	2.6 ~6.6	7.7 ~10.3	8.3 ~9.1	6.2 ~10.1
使用データ		藤芳, 1999		三壽, 2002	小林, 2011	古川, 1995	星, 2007	中辻, 2003

は必須ともいえる。また、放牧草も牛が草地から直接採食するため栄養価の損失が少ないため、栄養価の高い粗飼料のひとつである。しかし、一般的に粗タンパク質含量が非常に高く、タンパク質摂取量過剰になりエネルギーが不足することがしばしば起こる。そのため、放牧飼養下において乳生産量を維持するためにはエネルギー飼料の補給は必須ともいわれている。いずれにしても粗飼料のみでは現在の高泌乳牛の乳生産量を維持することは困難であると考えられており、穀物飼料などの給与は必須と考えられている。以上のような知見は飼料成分のみを測定し、組み合わせを予測するだけで明らかにできるものではない。今後も効率的に乳牛を飼養するために、このような飼養学的研究は必要であろう。

以上に挙げたこれまでの草からの牛乳生産の研究、例えば土地からの牛乳生産では農家単位や地域単位での単位面積あたりの乳生産量、自給飼料を中心とした栄養飼養学的研究では個体あたりの乳生産量、いずれにおいても「量」の観点が最重要視され、「質」という観点はあまり考慮されてこなかったといえよう。また、実際の酪農現場においても重要視されるのは乳生産量という「量」の観点である。今後、草からの牛乳生産を推進するためには「質」に対する観点も重視する必要がある。

草からの牛乳生産における「質」とは

一般的に、乳質とは乳脂率などの乳成分や体細胞数、細菌数などが挙げられる事が多い。これらの乳成分は当然重要である。しかし、これらの乳成分は生産・加工までにおいて重要な成分であり、重要視しなければならない「質」とはこれら成分的な乳質のみではない。当然ではあるが牛乳や乳製品を購入するのは消費者であり、消費者が乳製品を選択する上での「質」が重要である。したがって、今後重視しなければならない乳

質には味や香り、見た目などの官能的な「質」、さらには安全安心といった精神的な「質」も含まれるであろう。しかし、これらに関する研究はほとんどないといえる。ここで一般消費者に対して牛乳に関するアンケート調査を行った結果を示す(図1)。一般消費者が潜在的に牛乳に求めるものは美味しさや栄養、健康といった項目が大部分を占めるのに対し、実際に購入する際に重要視するのは第一に価格であり、味や香り、産地等の項目を重視する消費者はごく少数である。すなわちニーズと購買行動が一致していないと捉える事ができる。これには様々な要因は関わってくるであろうが、購入する牛乳に特徴があまりない、もしくはあることを知らない消費者が多い事が一因と考えられる。上記にも述べたが、実際の酪農現場では穀物飼料に対する依存度が増加しつつあり、どの酪農地域においても同じような質の原料乳が作られつつあると考えられる。また牛乳に加工する際にも効率化を優先するあまり、ほぼ同様の条件で処理されるために、商品化された段階で違いが見いだせなくなりつつあるのではないだろうか。画一化され違いのない商品を選択する際には価格を最優先するのは当然の流れである。今後

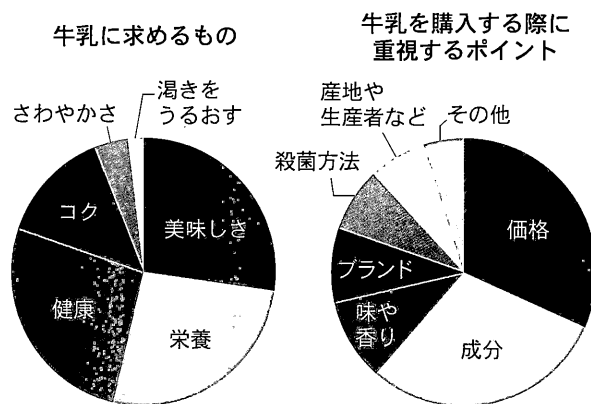


図 1. 一般消費者を対象とした牛乳に関するアンケート調査結果

は、消費者が様々な製品を選択できる土壌、すなわち多様な「質」を持つ牛乳・乳製品を流通させる必要があると思われる。

多様な「質」を実現するために

では、多様な「質」を持つ牛乳・乳製品を流通させるためには、どのような方法が考えられるだろうか。ここでは、北海道において実現可能な一例を挙げる。北海道は、地域により気候風土が大きく異なり、乳牛の飼養形態は大きく異なる。また、飼料自給率が低下しつつあるといえども、都府県と比較すると高く、その地域で生産される飼料の特色が飼養形態に大きく影響している。例を挙げると、第一に主要飼料作物の作付けの可否が挙げられる。広大な畑作地域である十勝地域や斜網地域、都市近郊に位置する道央、道南地域

では、積算気温が高いため栄養価の高い粗飼料であるトウモロコシサイレージの利用が可能である。一方、冷涼な気候がゆえに飼料用畑作物の栽培が困難な根拠地域や道北地域は必然的に牧草が主要な粗飼料とならざるを得ない。これらの地域で利用可能な栄養価の高い粗飼料としては放牧草が挙げられるが、冬期間は雪で覆われるためにその利用は夏季間に限られる。以上のように、北海道における乳牛の飼養形態は必然的に地域および季節により変化せざるを得ない。乳牛の飼養形態が異なれば、生産される牛乳の「質」は変化する事が予測されるが、これらの観点から検討した例はこれまでほとんどなかった。

ここでは、北海道において地域間（基礎粗飼料の違い）および季節間（放牧の有無）の違いが、乳成分に及ぼす影響を検討した研究結果を示す。この研究では、北海道の地域をトウモロコシサイレージの給与が可能な畑作型、牧草が粗飼料の主体である草地型、都市近郊型酪農地域に分類し、草地型酪農地域では放牧時期および舎飼時期に酪農家を現地調査し、その飼養条件と乳成分との関連を検討した。

乳脂肪が含まれる乳製品の物理性には乳中脂肪酸組成が影響する。北海道のタイプ別における脂肪酸組成結果を図3に示した。乳中脂肪酸の不飽和度（二重結合の数）は脂肪の融点に影響するため、乳製品の口どけなどに影響する。大きな分類として飽和脂肪酸割合が増加すると脂肪は堅く、多価不飽和脂肪酸が増加すると脂肪は柔らかくなるとされている。草地型酪農地域では季節によりこれらの脂肪酸は大きく異なり、舎飼い時期は放牧時期と比較して飽和脂肪酸が高く、不飽和脂肪酸が低かった。都市近郊型地域は草地型地域の放牧および舎飼い時期のほぼ中間に位置し、畑作型酪農地域はバラツキが非常に大きいものの飽和脂肪酸が低く、多価不飽和脂肪酸の割合が高い農家が多かつ

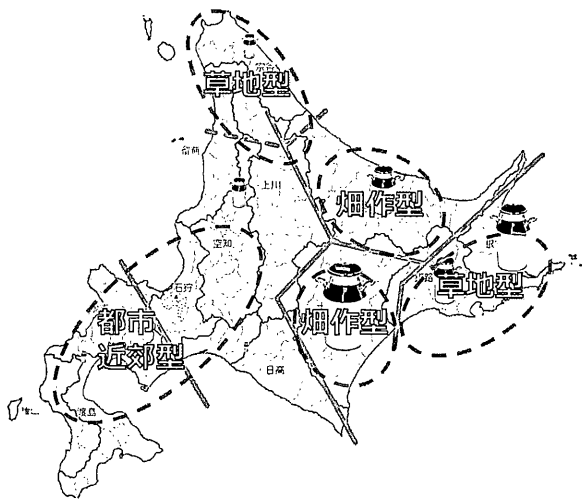


図2. 北海道におけるタイプ別酪農地域の分布と牛乳生産量（集乳缶の大きさ）

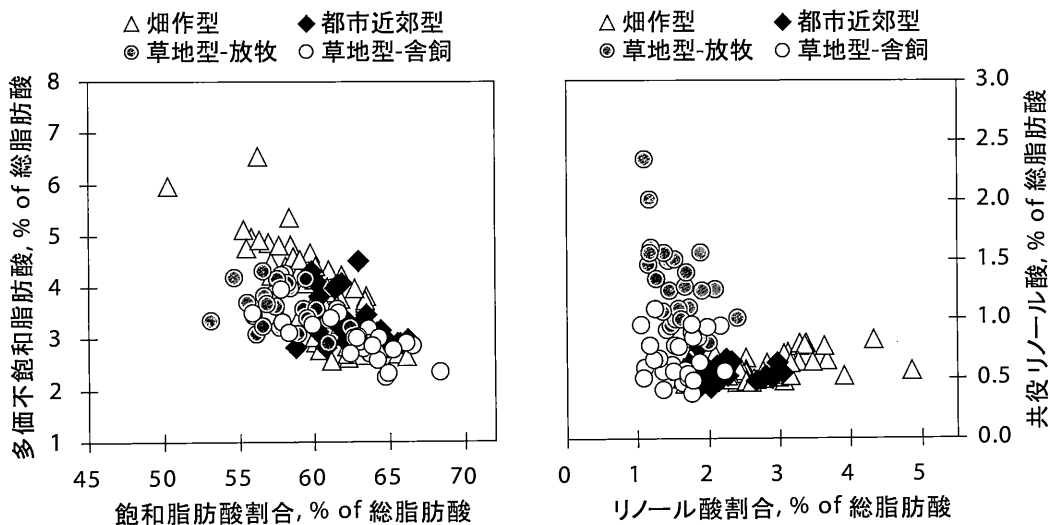


図3. 北海道のタイプ別酪農地域における乳中脂肪酸組成（左図：飽和脂肪酸割合と多価不飽和脂肪酸割合、右図：リノール酸割合と共役リノール酸割合）

た(図3左)。また、多価不飽和脂肪酸には様々な種、機能性を持った脂肪酸が含まれる事が知られている。草地型酪農地域の放牧時期には反芻家畜特有の脂肪酸でヒトの健康にも寄与すると注目されている共役リノール酸割合が高く、畑作型酪農地域ではリノール酸割合が高い農家が多かった(図3右)。これらの特徴は実験条件下で得られている知見と照らし合わせても摂取飼料の影響が強く表れている事は明らかである。例をあげると、トウモロコシに含まれる脂肪酸のほとんどはリノール酸であり、畑作型酪農地域の乳中脂肪酸の特徴は明らかにトウモロコシなどの穀物の影響が強く表れている。また、放牧草には共役リノール酸が含まれる訳ではないが、牧草に含まれる α リノレン酸が反芻胃内で代謝された結果、牛乳中に共役リノール酸が多く排泄される事が明らかになっている。

α トコフェロール(ビタミンE)含量および β カロテン含量の分布を図4に示す。 α トコフェロールやビタミンAの前駆物質である β カロテンはヒトの健康に

寄与する事は当然ながら、両者ともに強い抗酸化性を持ち、生乳のシェルフライフにも影響する事が示唆されている。また、 β カロテンは非常に強いオレンジ色の色素である事から牛乳の色調に強く影響する。 α トコフェロールはタイプ・季節内の農家間のバラツキが大きく、明確な特徴付けをすることは困難であるが、 β カロテンは明らかに草地型酪農地域が畑作型や都市近郊型酪農地域と比較して高く、特に放牧時期で顕著に高かった。 β カロテンは牧草に含まれるカロテノイドが牛乳に移行する事により増加する事が明らかになっており、牧草、特に生である放牧草摂取の影響が強く表れている。

以上の乳中の脂肪酸組成やビタミン類のみでも、北海道で生産される生乳の「質」を大きく地域および季節で特徴付ける事が可能である。各地域で生産される生乳の脂肪は、畑作型酪農地域では白く柔らかい(融点が低い)、都市近郊型酪農地域では白く柔らかさは中間程度、草地型酪農地域では大きく季節で異なり、舎飼時期ではやや黄色く堅い、放牧時期では黄色く柔らかい脂肪であると特徴付けられるであろう。これらの成分には各地域および季節における主な基礎飼料、特に自給粗飼料の違いが影響しており、まさに草(土)からの牛乳生産が多様な牛乳の「質」にも影響する事が分かる。あくまで大きな範囲での地域に限定した例であるが、同じ地域内でも市町村単位、農家間による差異に着目すれば、より多様な「質」を持つ牛乳・乳製品を作出することは可能である。

また、どのような食品についても共通するが味は最も重要な「質」である。しかし、味は客観的な評価が最も困難な測定項目であり、これまで研究の対象となる事はほとんどなかった。ここでは、味覚センサという機器を用いて測定した味の結果を示す(図5)。測定した牛乳は上記の北海道における酪農家調査と同様のものである。どのパラメータも農家間のバラツキが大

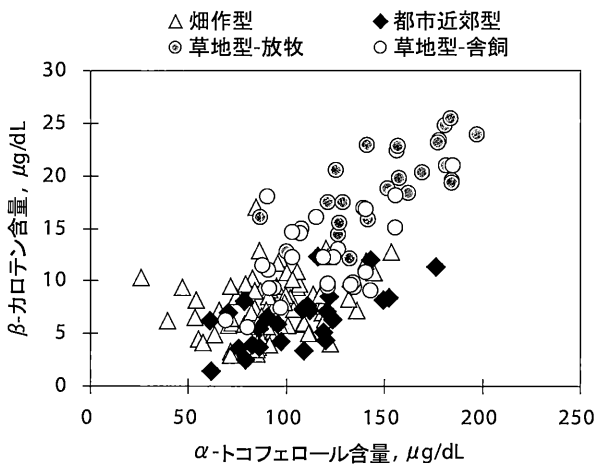


図4. 北海道のタイプ別酪農地域におけるビタミンE(α -トコフェロール)および β -カロテン含量

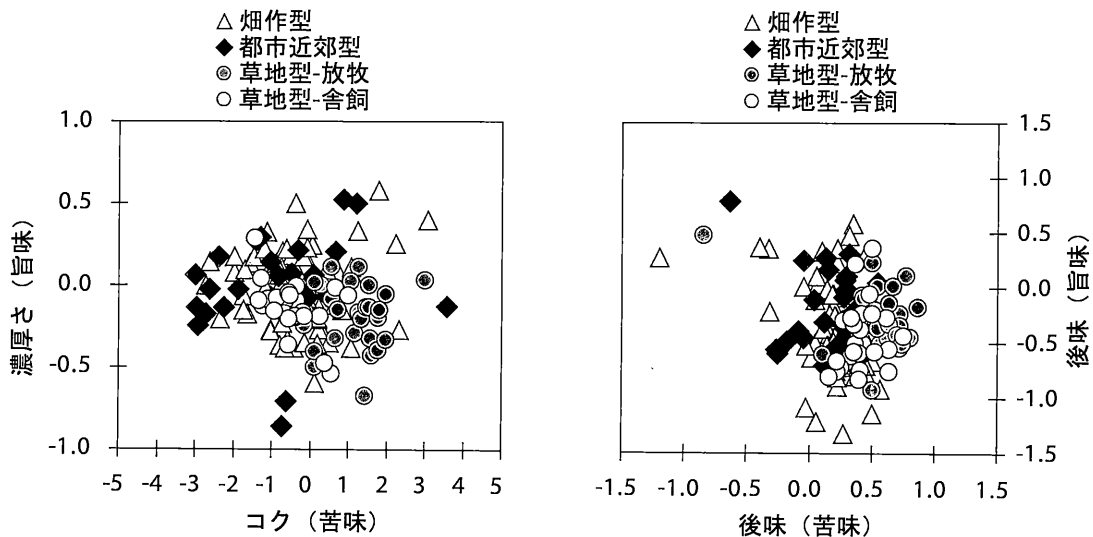


図5. 北海道のタイプ別酪農地域における味覚センサによる味の分類

きいため一貫した傾向を見出す事は困難ではあるが、飼養条件が似通った地域および季節で集団ができていく事が分かる。今後、図にある味に対する表現が適切であるかどうかはヒトを用いた試験と摺り合わせ、精査する必要があるが、牛乳、乳製品においてもこのように味に関する研究はますます重要になろう。

今後、北海道において牛乳の「量」と「質」を高めるために

以上から、一例ではあったが北海道において生乳段階では地域や季節毎に牛乳に多様な「質」が存在する事は明らかである。また、その特徴は地域や季節における基礎飼料、特に給与する粗飼料が強く影響していることも明らかである。まさに、北海道においては草(土)からの牛乳生産が多様な牛乳の「質」を産み出すことを示唆している。今後、北海道において、より多様な「質」を産み出し、その「質」および「量」を向上、維持させるためには、その地域・土地(土壌・気候)に適した飼料作物を栽培する技術に関する研究、

またその飼料を効率よく牛乳に転換する研究、そのような飼料を用いた場合における酪農の適正な規模に関する研究、そこから生産される牛乳の特徴を把握し、それを活かした乳製品に関する研究、さらにこれらを包括的に統括する研究が必要であろう。そのためには、これまで専門に特化してきた草地学的、畜産学的な研究同士が垣根を取り払って相互関係を持ち、草からの牛乳生産に関する研究を追求していく必要がある。

また、草(土)からの牛乳生産に関する研究を追求する事は、徹底的な地域性、ローカリゼーションの追求にもつながる。ローカリゼーションの追求は多様な「質」を産み出すのみではない。グローバル化、画一化が進むこの世の中で、唯一それに対抗できるのはローカルな「質」である。草からの牛乳生産に関する研究の追求はグローバル化が進む世の中で北海道の酪農を持続させるための一つの方法である。そのためには、今後さらに実際に乳製品を購入する消費者および牛乳を生産する酪農家を意識した研究がますます必要である。

