

シンポジウム「自給飼料に立脚した酪農経営を展望する」

## 土地利用の視点から乳牛飼養を考える

### — 必要土地面積の試算 —

中辻 浩喜

Perspective of dairy farming from the aspect of land use:

A trial calculation of area available used for forage production

Hiroki NAKATSUJI

#### はじめに

放牧やサイレージ・乾草など自給粗飼料主体の乳牛飼養の場合、「牛乳は土地から生産される」という視点から、単位面積あたりの乳生産量についての検討が重要である。また、各種粗飼料の給与量は結果的に放牧地、採草地、飼料畑の作付面積とその比率によって決定されることから、土地利用と単位面積あたりの乳生産量は密接に関連しており、両者の観点から牛乳生産システムを評価する必要がある。しかしながら、このような視点からの研究例は少ない。

本報告では土地利用方式の違いが必要土地面積および単位面積あたり乳生産量に及ぼす影響について、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター生物生産研究農場（札幌市）（以下、北大農場）における乳牛飼養試験に基づく研究を紹介するとともに、道内主要酪農地域を対象に必要な土地面積の試算を行った。

#### 1. 必要土地面積および土地からの乳生産量の試算方法

粗飼料生産に必要な土地面積および土地からの乳生産量は以下の式で求めた。

$$\begin{aligned} \text{面積} &= \Sigma (\text{粗飼料摂取量} / \text{粗飼料収量}) \\ \text{土地からの乳生産量} &= \text{粗飼料由来の乳量} * \text{面積} \\ * \text{粗飼料由来の乳量} &= \text{総乳量} \times \text{粗飼料由来 TDN 摂取割合} \end{aligned}$$

#### 2. 飼養試験成績に基づく検討（北大農場での研究）

試験-1 として、夏季は輪換放牧による放牧主体、冬季コーンサイレージ（CS）主体による泌乳牛飼養体系下における必要土地面積と土地からの乳生産について 2 年間にわたり検討した（古川 1995）。飼養処理を表 1 に示した。夏季は放牧草利用量を高めるため、試験区は対照区より放牧強度を高く設定した。一方、冬季には単位面積当たり収量の高いとうもろこしの有効利用を図る

ため、試験区では CS の給与割合を高めた。その結果、試験区の年間 1 頭あたりの乾物摂取量と乳量は対照区にくらべやや低く、また粗飼料由来および放牧草由来の TDN 摂取割合も試験区でやや低い傾向にあった（表 2）。年間必要土地面積は、牧草サイレージ（GS）と乾草を生産する採草地と CS のコーン畑および放牧地の合計面積で、試験区が 53a/頭と対照区の 64a/頭にくらべて減少した（表 3）。この場合の試験区における採草地、コーン畑および放牧地の面積比は 4 : 3 : 3 であり、土地からの乳生産は 10.3t/ha と対照区にくらべて高い値であった（表 3）。

表1. 飼養処理（試験-1）

処理	冬季	夏季 <sup>1)</sup>
	CS:(GS+乾草) (乾物給与比)	放牧強度 (頭/ha)
対照区	55 : 45	5
試験区	70 : 30	7

CS: とうもろこしサイレージ, GS: 牧草サイレージ  
1) 輪換放牧+GS

表2. 年間乾物摂取量、TDN摂取割合、粗飼料および放牧草由来乳量（試験-1）

	対照区	試験区
乾物摂取量, t/頭		
CS+GS+乾草	3.5	3.3
放牧草	2.0	1.5
粗飼料	5.5	4.8
濃厚飼料	1.7	1.7
計	7.2	6.5
粗濃比, %	77.9	74.2
TDN摂取割合, %		
粗飼料由来	70.2	68.5
放牧草由来	25.6	22.3
乳量, t/頭		
総量	8.2	7.8
粗飼料由来	5.6	5.4
放牧草由来	2.1	1.7

夏季 : 184日間、冬季181日間として補正

表3. 年間必要土地面積、飼養密度および土地からの乳生産 (試験-1)

	対照区	試験区
必要土地面積 <sup>1)</sup> , a/頭		
採草地(GS, 乾草)	30	23
コーン畑(CS)	14	15
放牧地	20	15
計	64	53
飼養密度, 頭/ha		
採草地+コーン畑+放牧地	1.6	1.9
乳量, t/ha		
採草地+コーン畑+放牧地	9.2	10.3
放牧地	10.5	12.1

1) 粗飼料収量(tDM/ha); GS:6.0, CS:12.4, 乾草:3.8(北大農場実績)として計算

表4. 飼養処理 (試験-2)

処理	冬季	夏季 <sup>1)</sup>
	CS:GS 乾物給与比 濃厚飼料給与量 (CP含量)	CS:GS 乾物給与比
対照区	1:1 乳量の1/4 (20%DM)	1:1
試験区	2:1 乳量の1/8 (27%DM)	2:1

CS: とうもろこしサイレージ, GS: 牧草サイレージ

1) 定置放牧(6.5頭/ha)

表5. 年間乾物摂取量、TDN摂取割合、粗飼料および放牧草由来乳量 (試験-2)

	対照区	試験区
乾物摂取量, t/頭		
GS+CS	3.4	3.5
放牧草	1.3	1.4
粗飼料	4.7	4.9
濃厚飼料	1.7	1.3
計	6.4	6.2
粗濃比, %	73.2	78.9
TDN摂取割合, %		
粗飼料由来	64.5	71.9
放牧草由来	19.0	20.7
乳量, t/頭		
総量	7.1	6.8
粗飼料由来	4.6	4.9
放牧草由来	1.4	1.4

夏季: 184日間、冬季181日間として補正

表6. 年間必要土地面積、飼養密度および土地からの乳生産 (試験-2)

	対照区	試験区
必要土地面積 <sup>1)</sup> , a/頭		
採草地(GS)	24	20
コーン畑(CS)	16	19
放牧地	15	15
計	55	54
飼養密度, 頭/ha		
採草地+コーン畑+放牧地	1.8	1.9
乳量, t/ha		
採草地+コーン畑+放牧地	8.3	9.0
放牧地	8.8	9.1

1) 粗飼料収量(tDM/ha), GS:6.0, CS:12.4, (北大農場実績)として計算

次に、試験-2 では試験-1 の結果を受け、CS の給与をさらに高めるべく、夏季における定置放牧の利用と CS 併給を、冬季の CS 主体飼養時においては、タンパク含量の高い濃厚飼料を用いることで、その給与量の削減を

試みた(星 2007)。CS は通年給与であり、冬季は配合飼料の一部を大豆粕に置き換えて濃厚飼料の CP 含量を高め、その給与量を乳量の 1/8 量まで削減した(表 4)。その結果、試験区では、粗濃比および粗飼料由来 TDN 摂取割合が高くなり、粗飼料由来乳量がやや高くなった(表 5)。試験区の年間必要土地面積は 54a と対照区にくらべ、わずかながら縮小した(表 6)。この 1 頭当たり面積の逆数である飼養密度は 1.9 頭/ha であり、環境負荷を与える境界値とされている 2 頭/ha には達しなかった。また、採草地、コーン畑および放牧地の面積比は 3.5:3.5:3 となり、試験-1 より、さらにコーン畑の面積割合が増加し、採草地・コーン畑・放牧地全体からの乳量も、対照区の 8.3t/ha に対して 9.0t/ha へと向上した(表 6)。

以上のように、単位面積当たり収量の高いとうもろこしを年間を通じて有効に利用することにより、環境に悪影響を与えない範囲の飼養密度を保ちつつ必要土地面積をより小さくでき、土地からの乳生産も向上させることが示された。

### 3. 道内主要酪農地域(天北、十勝および根釧)における必要土地面積の試算

前述の北大農場での試験成績は、実験条件下で得られたものであるとともに、道内でも気象条件に恵まれた道央地域(札幌)での結果である。道内の主要な酪農地域は気象条件が厳しいところも多く、地域により牧草や飼料作物収量は大きく異なる。従って、必要とする土地面積も大きく変わることが予想されるため、地域別に検討する必要がある。そこで、道内主要な酪農地域として、天北、十勝および根釧地域を対象に以下のような必要土地面積の試算を行った。

試算に際し、乳牛がどのような給与粗飼料構成で飼養されているか、すなわち「飼養体系」を想定する必要がある。本試算では、北海道農業生産技術体系(第3版)(2005)に示されている「飼養体系」のなかから、放牧利用体系として、放牧依存度が異なる「GS+放牧型(放牧重視タイプ)」と「GS+放牧型」の2つを取り上げた。また、サイレージ通年利用体系として「GS+CS 通年型」を選び、さらに、冊子には示されていなかったが、新たに「GS 通年型」を作成し、これら2つ、計4タイプの飼養体系を想定し解析の対象とした。

北海道農業生産技術体系(第3版)(2005)では、いずれの飼養体系も年間乳量 8800kg の経産牛を TDN 自給率 72~75%の飼料を用いて飼養することを前提としており、日本飼養標準・乳牛(1999年版)に示された乾物、TDN および CP 必要量を満たすような年間飼料給与量が提示されている。各飼養体系で示された年間粗飼料給与量が全量摂取されたと仮定し、その値を各地域の GS、CS あるいは放牧草収量で除して各粗飼料生産に必要な年間圃場面積を算出した。さらに、その圃場面

積をもとに土地からの乳生産量を、それぞれの飼養体系ごとに地域別に試算した。

試算の際に用いた各地域における牧草とサイレージ用とうもろこしの収量と粗飼料収量を表 7 に示した。本解析では、北海道農業生産技術体系 (第 3 版) (2005) に示されている収量を用いず、いずれも今日の各地域での最大収穫可能量と想定される値を用いた。すなわち、牧草収量は、出口 (2004) が報告した通称「G プロ」の農家刈り取り実態の値を用いた。この値は、北海道農業生産技術体系 (第 3 版) (2005) の値にくらべ、かなり高い値である。また、とうもろこしの収量は、北海道農業生産技術体系 (第 3 版) (2005) では全道一律の平均値のみであったため、濃沼 (2004) が報告した、各地域に属する試験場所で栽培・調査した多収品種の収量を用いた。それら牧草およびとうもろこしの収量に北海道農業生産技術体系 (第 3 版) (2005) に示されている乾物回収率を乗じて各粗飼料の乾物収量とした。

表7. 牧草とサイレージ用とうもろこしの地域別収量および粗飼料収量<sup>1)</sup> (kgDM/10a)

	天北	十勝	根釧	全道平均
牧草 <sup>2)</sup>	921	917	870	929
とうもろこし <sup>3)</sup>	1,092	1,665	1,123	1,531
GS (中水分)	768	764	725	774
(高水分)	716	713	677	723
CS	941	1,434	968	1,319
放牧草	645	642	609	650

GS: 牧草サイレージ, CS: とうもろこしサイレージ

1) 乾物回収率: GS (中水分): 83%, (高水分): 78%,

CS: 86%, 放牧草: 70% (北海道農業生産技術体系[第3版], 2005)

2) 出口 (2004) から引用, 3) 濃沼 (2004) から引用

放牧利用体系「GS+放牧型 (放牧重視タイプ)」での飼料摂取量および乳量を表 8 に示した。冬季の給与粗飼料は GS のみであるが、夏季は粗飼料全体のおおよそ 75% を放牧草が占め、飼料全体に占める放牧草由来 TDN の割合も 56% 程度と「放牧重視タイプ」であるといえる。年間乳量を TDN 摂取割合で按分して求めた粗飼料由来乳量は約 6,500kg であり、すなわち粗飼料のみで年間 6,500kg、日乳量で 18kg 程度の乳生産が可能な飼養体系であるといえる。

「GS+放牧型 (放牧重視タイプ)」における年間必要土地面積および土地からの乳生産量を地域別に表 9 に示した。年間必要土地面積は、天北と十勝では 1 頭当たり 80a 程度と同様であったが、根釧では 85a と他の 2 地域にくらべ 5a ほど広がった。また、飼養密度としてみるといずれの地域も 1.2 頭/ha と低い値であった。採草地・放牧地全体からの乳量は 1ha 当たり天北が 8.2t、十勝が 8.1t とほぼ同様で、根釧が 7.7t とやや低い値となった。また、放牧地からの乳生産も同様な傾向にあった。

「GS+放牧型」での飼料摂取量および乳量を表 10 に示した。冬季は GS のみの粗飼料給与なのは「放牧重視タイプ」と同様であるが、夏季は GS の給与量が多く、

GS と放牧草の比率は 1 : 1 である。粗飼料由来の TDN 摂取割合は約 75% と「放牧重視タイプ」とほぼ同様であるが、放牧草由来 TDN 割合は 38% と低い値であった。

表8. 乾物摂取量、TDN摂取割合および乳量 (GS+放牧型 [放牧重視タイプ])

	年間	冬季	夏季
乾物摂取量, kg/頭			
GS (中水分)	4,288	3,689	599
放牧草	1,580		1,580
粗飼料	5,868	3,689	2,179
濃厚飼料	1,740	1,106	634
計	7,608	4,795	2,813
	1日1頭当たり, kg		
GS (中水分)		15.9	4.5
放牧草			11.9
粗飼料		15.9	16.4
濃厚飼料		4.8	4.8
計		20.7	21.2
粗濃比, %	77.1	76.9	77.5
TDN摂取割合, %			
粗飼料由来	74.5	74.0	75.4
放牧草由来	55.6		55.6
乳量, kg/頭			
総量	8,800	5,593	3,207
粗飼料由来	6,557	4,139	2,418
放牧草由来	1,782		1,782
	1日1頭当たり, kg		
総量		24.1	24.1
粗飼料由来		17.8	18.2
放牧草由来			13.4

表9. 地域別の年間必要土地面積、飼養密度および土地からの乳生産 (GS+放牧型 [放牧重視タイプ])

	天北			十勝			根釧		
	年間	冬季	夏季	年間	冬季	夏季	年間	冬季	夏季
必要土地面積, a/頭									
採草地 (GS)	56	48	8	56	48	8	59	51	8
放牧地	24	24	25	25	26	26	26	26	26
計	80	48	32	81	48	33	85	51	34
飼養密度, 頭/ha									
採草地+放牧地	1.2			1.2			1.2		
放牧地		4.1			4.1			3.9	
乳量, t/ha									
採草地+放牧地	8.2	7.5	8.1	7.5	7.7	7.1	7.1	7.1	7.1
採草地		8.6		8.6		8.1		8.1	
放牧地		7.3		7.2		6.9		6.9	

表10. 乾物摂取量、TDN摂取割合および乳量 (GS+放牧型)

	年間	冬季	夏季
乾物摂取量, kg/頭			
GS (中水分)	4,766	3,689	1,077
放牧草	1,077		1,077
粗飼料	5,843	3,689	2,154
濃厚飼料	1,784	1,134	650
計	7,627	4,823	2,804
	1日1頭当たり, kg		
GS (中水分)		15.9	8.1
放牧草			8.1
粗飼料		15.9	16.2
濃厚飼料		4.9	4.9
計		20.8	21.1
粗濃比, %	76.6	76.5	76.8
TDN摂取割合, %			
粗飼料由来	73.9	73.5	74.5
放牧草由来	38.4		38.4
乳量, kg/頭			
総量	8,800	5,593	3,207
粗飼料由来	6,500	4,112	2,388
放牧草由来	1,230		1,230
	1日1頭当たり, kg		
総量		24.1	24.1
粗飼料由来		17.7	18.0
放牧草由来			9.2

「GS+放牧型」における年間必要土地面積および土地からの乳生産量を表 11 に示した。は天北と十勝の 1 頭当たり年間必要土地面積は 79a と同様であり、「放牧重視タイプ」での面積とほぼ同じであった。一方、根釧での 1 頭当たり年間必要土地面積は 84a と他の 2 地域にくらべ若干広くなり、これも「放牧重視タイプ」とほぼ同様の面積となった。また、採草地・放牧地全体からの乳量は 1ha 当たり天北と十勝いずれも 8.2t であったのに対して、根釧は 7.8t とやや低かった。

すなわち、放牧あるいはサイレージ利用の違いに関わらず、牧草地のみを用いた飼養体系では、3 地域のなかで根釧の 1 頭あたり必要土地面積が最も大きく、土地からの乳生産量は最も低くなった。また、実際にはとうもろこしの栽培が盛んな十勝であっても、牧草地のみの作付けでは必要土地面積と土地からの乳生産量は天北とほぼ同様となり、牧草のみでは気候条件の有利性を発揮できないと考えられた。

表11. 地域別の年間必要土地面積、飼養密度および土地からの乳生産 (GS+放牧型)

	天北			十勝			根釧		
	年間	冬季	夏季	年間	冬季	夏季	年間	冬季	夏季
必要土地面積, a/頭									
採草地 (GS)	62	48	14	62	48	14	66	51	15
放牧地	17			17			17		18
計	79	48	31	79	48	31	84	51	33
飼養密度, 頭/ha									
採草地+放牧地	1.3			1.3			1.2		
放牧地		6.0			6.0			5.7	
乳量, t/ha									
採草地+放牧地	8.2	7.8	8.2	7.7	7.8	7.3			
採草地		8.6			8.5			8.1	
放牧地		7.4			7.3			7.0	

サイレージ通年利用体系について、「GS 通年型」と「GS+CS 通年型」での飼料摂取量および乳量を表 12 に示した。「GS 通年型」は先ほどの放牧利用体系の冬季舎飼期での飼料給与を年間を通じて行ったものであり、「GS+CS 通年型」は GS と CS の乾物給与比率を 55 : 45 と想定したタイプである。両飼養体系とも粗濃比は 75% 前後、粗飼料由来の TDN 摂取割合は 73% 前後である。

「GS 通年型」および「GS+CS 通年型」における年間必要土地面積および土地からの乳生産量を表 13 に示した。「GS 通年型」における年間必要土地面積は、天北と十勝では 1 頭当たり 76a と同様であったが、根釧では 80a と若干広くなった。また、土地全体からの乳量も天北と十勝では 1ha 当たりいずれも 8.5t であったのに対して、根釧は 8.0t とやや低い値となった。

一方、「GS+CS 通年型」では、1 頭当たり年間必要土地面積は、GS 給与のみにくらべて、天北で 9a、根釧で 11a、および十勝では 18a も小さくなった。そのため十勝では、採草地・コーン畑全体からの乳生産が 1ha 当たり 11.0t と採草地のみにくらべて 2.5t の乳生産増となった。また、CS を用いることで天北および根釧ともに土地からの乳生産が向上したが、根釧での増加幅が大きく、

1ha 当たりで 9.3t となり、天北に匹敵する乳量となった。

すなわち、昨今根釧地域で栽培面積が拡大しているとうもろこしを同地域の作付体系に含めることによって、十勝には及ばないが、天北と同レベルまで必要土地面積を縮小し土地からの乳生産量を向上させ得ると推察される。また、この場合の飼養密度も適正範囲であった。

表12. 乾物摂取量、TDN摂取割合および乳量 (サイレージ通年型)

	GS		GS+CS	
	GS	GS+CS	GS	GS+CS
乾物摂取量, kg/頭				
GS (中水分)	5,804	3,066		
CS				2,555
粗飼料	5,804	5,621		
濃厚飼料	1,827	1,914		
計	7,631	7,535		
	1日1頭当たり, kg			
GS (中水分)	15.9	8.4		
CS				7.0
粗飼料	15.9	15.4		
濃厚飼料	5.0	5.2		
計	20.9	20.6		
粗濃比, %	76.1	74.6		
TDN摂取割合, %				
粗飼料由来	73.1	72.4		
乳量 (kg/頭)				
総量	8,800	8,800		
粗飼料由来	6,428	6,375		
	1日1頭当たり, kg			
総量	24.1	24.1		
粗飼料由来	17.6	17.5		

表13. 地域別の年間必要土地面積、飼養密度および土地からの乳生産 (サイレージ通年型)

	GS			GS+CS		
	天北	十勝	根釧	天北	十勝	根釧
必要土地面積, a/頭						
採草地 (GS)	76	76	80	40	40	42
コーン畑 (CS)				27	18	26
計	76	76	80	67	58	69
飼養密度, 頭/ha						
採草地	1.3	1.3	1.2			
採草地+コーン畑				1.5	1.7	1.5
乳量, t/ha						
採草地	8.5	8.5	8.0			
採草地+コーン畑				9.5	11.0	9.3

これまで試算した年間必要土地面積を各粗飼料の作付比率に着目して飼養体系別に表 14 にまとめて示した。放牧を利用する飼養体系では、天北および十勝の 1 頭あたり必要面積はおおよそ 80a であり、採草地と放牧地の比率は、「放牧重視タイプ」(放牧依存度約 75%) で 70 : 30、「GS+放牧型」(放牧依存度約 50%) では 80 : 20 程度となった。また、根釧では採草地・放牧地の比率は天北および十勝と同様であるが、他の 2 地域にくらべ 1 頭あたり 5a 程度広い面積が必要と見積もられる。

一方、サイレージ通年利用体系においては、GS の採草地のみ利用に対して、とうもろこしの作付を行うことによって、3 地域とも必要面積が縮小し、十勝が 60a 弱、根釧は天北とほぼ同様の 70a 程度となった。採草地とコーン畑の比率は、十勝では 70 : 30、天北および根釧では 60 : 40 程度となった。

土地からの乳生産は、牧草地のみの利用では根釧が最も低い値となった。しかし、とうもろこしを導入することで根釧でも天北に匹敵する乳生産が可能と考えられた。

表14. 飼養体系別の年間必要面積、作付比率および土地からの乳生産

飼養体系	粗飼料構成	地域	面積 a/頭	比率, %			乳量 t/ha
				採草地	コ-ン畑	放牧地	
放牧利用	放牧重視	天北	80	70	30	8.2	
		十勝	81	70	30	8.1	
	根釧	天北	85	70	30	7.7	
		十勝	79	79	21	8.2	
	GS+放牧	十勝	79	79	21	8.2	
		根釧	84	79	21	7.8	
サイレージ 通年	GS	天北	76	100		8.5	
		十勝	76	100		8.5	
	根釧	天北	80	100		8.0	
		十勝	67	59	41	9.5	
	GS+CS	十勝	58	69	31	11.0	
		根釧	69	62	38	9.3	
北大試験	1	道央	53	43	28	29	10.3
	2	道央	54	36	35	29	9.0

北大試験-1 夏季: 輪換放牧+GS, 冬季: CS:(GS+乾草)=70:30  
 試験-2 夏季: 定置放牧+(CS:GS=2:1), 冬季: 濃厚飼料削減+(CS:GS=2:1)

おわりに

今回の試算は様々な仮定や推定値を用いて行った「土地利用の視点から乳牛飼養を考える」ための一つの検討例であり、これのみで一定の評価を下すことはできない。今後は、各地域における実際の酪農家圃場での収量調査や粗飼料構成・給与量の実態把握および放牧草も含めた摂取量の実測を行うなど、多方面から実態を把握しそれらに基づいた検討が必要と考える。

引用文献

出口健三郎 (2004) 牧草の栄養収量—北海道の例. 牧草・トウモロコシの生産量から乳生産を考える —単位面積当たりの土地からどれくらいの乳生産が可能か— (松中照夫編著), 酪総研選書 No.79, 酪農総合研究所, p 63-72

古川研治 (1995) 土地利用を基盤とした牛乳生産に関する研究 —放牧地・採草地・飼料畑全体からみた牛乳生産の評価—. 北海道大学大学院農学研究科修士論文.

北海道農政部 (編) (2005) 北海道農業生産技術体系 (第3版). 北海道農業普及協会, 札幌, p307-363

星 勝也 (2007) 土地利用を基盤とした牛乳生産システムに関する研究 —放牧およびコーンサイレージ通年利用の組み合わせが土地からの牛乳生産に及ぼす影響—. 北海道大学大学院農学研究科修士論文.

濃沼圭一 (2004) トウモロコシの栄養収量—北海道の例. 牧草・トウモロコシの生産量から乳生産を考える —単位面積当たりの土地からどれくらいの乳生産が可能か— (松中照夫編著), 酪総研選書 No.79, 酪農総合研究所, p 83-94