

総説

## 哺育子牛の栄養と飼養管理の変遷 ～“強化”哺育への道程～

齋藤 昭

全国酪農業協同組合連合会（全酪連） 購買部 酪農生産指導室

（〒108-0014 東京都港区芝4丁目17番5号 田町プレイス）

TEL：03-5931-8007

FAX：03-5931-8023

e-mail：kyy02467@nifty.com

### [要約]

20世紀の後半、哺育子牛の栄養と飼養管理技術は、酪農産業の発展に伴い急速に進歩した。子牛の飼養および衛生管理、代用乳やカーフスターターなどの飼料の製造とその給与方法の進化は、栄養学・獣医学の進歩に裏付けられたものであった。しかしながら、哺育子牛の発育能力は抑制され、相変わらず高い事故率が継続していた。20世紀末には、コーネル大学のマイク・ヴァンアンバーグ博士らによって研究開発された“強化”哺育が過去10数年間急速に普及された。この“強化”哺育システムにより、哺育期の子牛の栄養は大幅に改善され、疾病の減少のみならず、発育速度の改善、初産分娩月齢の早期化もしくは大型化、泌乳量の増加などの効果が数多く報告されている。

### [緒論]

哺育・育成牛の飼養管理や環境管理が向上した現代においても、多くの国々で哺育子牛の事故や疾病多発問題を解決できず、また乳用種雌牛では初産分娩月齢が遅いことによる経済的損失が問題視されている。近年になって栄養面からの抗病性、初産分娩月齢の短縮を考慮した研究が進められ、2001年版のNRC飼養標準（乳牛）が発表されて初めて哺育期の子牛の栄養計算を現場で可能にするモデルが発表された。これにより、哺育子牛の体重・発育速度・環境（気温）ごとに必要とされる蛋白質とエネルギーをより正確に算出することが可能となった。その前後にコーネル大学のマイク・ヴァンアンバーグ博士（現准教授）らが実施した数多くの動物試験の結果、哺育子牛の発育を哺乳量の増加に

よって加速させることにより、①疾病や事故の減少、②初産分娩月齢の早期化もしくは体格向上が達成可能であることが示された。さらに③代用乳の蛋白質と脂肪含量のバランスを変えることによって体組成を考慮した発育、すなわち過肥を伴わずに発育速度を加速させることが可能であることが示されたが、これが今日“強化”哺育あるいは“加速発育”と呼ばれる技術である。

### [人工哺育技術の歴史]

我が国では、1967年に全酪連によって日本初の代用乳製造供給が開始され、同時に乳用種雌子牛用に表1の標準哺育体系と表2の早期離乳体系という2種類の給与体系が発表・普及された。当時の哺育プログラムは、海外の研究文献、全酪連酪農技術研究所における試験データ、現場での応用を考慮して決められたが、できるだけ離乳前に発育させるプログラムであったも

受理：2012年3月19日

の、手間とコスト、脂肪分を含まない脱脂粉乳への切り替え給与という難点があった。もう一つの早期離乳体系は、欧米から普及が始まったもので、当時の最先端技術として注目されていたプログラムであり、代用乳の給与量を節約し、脱脂粉乳への切り替えの煩雑さや哺乳を省力化させ、よりカーフスターターの摂取に重点を置いたものであった。このため、カーフスターターの性能向上のために数多くの研究開発が行われた。そして、この早期離乳は過去40年間世界の哺育プログラムの主流となり、近年では標準哺育プログラムもしくは慣習的哺育プログラムとして利用されている。標準哺育プログラムは、その後哺乳量の増減もしくは定量給与など様々な給与パターンが紹介されたが、平均日増体重は0.4～0.6 kg程度であった。また、寒冷ストレス下では、寒冷対策や哺乳量を増加するなどの必要に迫られていた。

#### [近代の哺育技術における課題]

現時点において、哺育子牛の栄養を完全に理解・反映した哺育プログラムは、まだ完成していない。2008年に開催されたADSA（米国酪農学会）の子牛分科会でも、哺育子牛の生理と栄養は『最後の未開拓領域 = Final Frontier』

と称されていた。我々の最大の疑問は、高度に家畜化・改良された牛の乳成分や乳量はその子牛に最適なものかどうか判らない点である。乳用種は、人間の改良目的によって大幅な乳量と乳脂肪分の増加があり、和牛では増体や肉質改善を目標に改良が進み、哺育能力に個体差や系統差があるように見える。これらは子牛の栄養研究開発や現場での飼養管理を考える上で大きな難題である。

#### ["強化" 哺育]

##### 1) 開発経緯

"強化" 哺育は子牛の高速発育、加速発育などとも呼ばれることがある。その哺乳量は従来の指標よりも多く飲ませて発育を早めるものであるが、ミルク代が従来の倍以上かかる"強制" 哺育などと批判された時期もあった。北米の学会でもこの技術について散々議論されたが、近年では"強化" 哺育がスタンダードとして認識されている。我々は、子牛に対する哺乳量を制限し過ぎていたために、子牛の発育する能力を抑制し、健康や経済性を犠牲にしてきたと考えられる。"強化" 哺育では高蛋白・低脂肪ないわゆる"強化" 哺育用代用乳を多給するが、原料や製造過程で消化性に問題がある製品だと給

表1. 標準哺育体系：1日1頭あたりの給与量（1967年当時の全酪連パンフレットより）

週 齢	代用乳：カーフトップ	脱脂粉乳	カーフスターター：ゴールド・カーフスターター	若牛用配合飼料：幼牛用配合	良質乾草	
0	初乳		馴致			
1	400 g		少 量		少 量	
2	600 g					
3	900 g					
4	600 g		200 g		200 g	
5	400 g	250 g	400 g		300 g	
6	300 g	500 g	600 g		400 g	
7		1,000 g	800 g		500 g	
8			1,000 g		700 g	
9					1,000 g	
10				1,250 g		1,200 g
11						1,300 g
12		750 g	1,500 g		1,500 g	
13		500 g	1,750 g		1,700 g	
14		250 g	2,000 g		1,800 g	
15	95日離乳		2,000 g		2,000 g	
16			1,000 g	1,000 g	2,300 g	
17				2,000 g	2,500 g	
5ヵ月					3,000 g	
6ヶ月					3,500 g	
合計	22.4 kg	50 kg	100 kg	145 kg	320 kg	

表2. 早期離乳体系： 1日1頭あたりの給与量（1967年当時の全酪連パンフレットより）

週 齢	代用乳：カーフトップ	カーフスターター：ゴールドカーフスターター	若牛用配合飼料：幼牛用配合	良質乾草
0	初 乳	馴 致 (不断給餌)		
1	400 g			
2	600 g			
3	900 g	200 g		少量
4	600 g	500 g		自由摂取
5	400 g	750 g		
6	離 乳	1,000 g		
7		1,500 g		
8		1,650 g		
9		1,800 g		
10		2,000 g		
11		2,200 g		
12		2,000 g	300 g	
13		1,000 g	1,500 g	
14			2,500 g	
合計	20 kg	100～150 kg	2,500 g	N/A

与しただけの発育を示せない、あるいは消化性の下痢を示すことがある。また“強化”哺育用自体は低脂肪であるため、給与量が少ないと単なるエネルギー不足を招いたり、余剰の蛋白質を排泄するためにエネルギーを消耗することがあるので、消化性の良い製品をメニュー通りに給与することが重要である。

“強化”哺育を研究開発、普及したマイク・ヴァンアンバーグ博士（現コーネル大学准教授）は、『“強化”哺育には、厳密な定義はない。子牛は潜在的にもっと発育する能力を持っており、これを開放してやれば、より健康で良好な発育が可能だ。』と説明している。同博士らが研究開発した哺育・育成技術には、

- A. 目標発育システム（成熟しきった体格に対する体重%により、発育途中で行うべき飼養管理を示す）、
- B. 早期育成システム（適正な高速発育のために発育時期によって蛋白の質を変更するなど）、
- C. “強化”哺育システム ……があり、その研究成果はすでにNRC飼養標準やCNCPSなどの飼料設計プログラムに反映されている。ここでは前者2つに関する説明は省略する。

『“強化”哺育で目指す指標は、

- ①生後56日齢までに（少なくとも）生時体重の2倍の体重まで発育させてから離乳
- ②哺育期の死亡率5%未満

③哺育期の罹患率（要治療）10%未満  
……を少なくとも達成することが必要である。』とされており、特に①は欧米では指標になりつつあるものである。

過去10年以上におよび、米国の酪農学会では“強化”哺育への反論や議論が頻繁に行われ、いくつかの大学の試験によって検証された。イリノイ大学のジム・ドラックレイ教授は、『このアプローチは、「成長促進」あるいは「“強化”哺育」と呼称するよりは、「生物学的に見て標準」と呼ぶ方が相応しい。』……と結論づけており、現在では“強化”哺育はスタンダードとして認識されるようになりました。（ヴァンアンバーグ博士の2007年全酪連酪農セミナー内容と全質疑応答は、全酪連機関紙カウベル104号 <http://www.zenrakuren.or.jp/> を参照）

## 2) 子牛の発育の“質”の違い

“強化”哺育では、子牛の発育の質が単なる多量哺乳とは異なる。図1に示すように、子牛の骨や筋肉・内臓を発達させるホルモンには、成長ホルモン、性ホルモン、甲状腺ホルモンなどがあり、特に成長ホルモンは肝臓でIGF- I（骨や赤身組織を増殖させる）やIGF- II（脂肪組織を増殖させる）に転換されるが、高蛋白質・低脂肪代用乳を増給すると、よりIGF- Iの生産量が増加する。このホルモンの動きが“強化”哺育特有の、“過肥でなく、骨格の伸びが良く、筋肉質な子牛”に影響する。

表3. 一般的な代用乳の哺乳量だけを増加させるとどうなるのか？

	保育期子牛の増体速度と体組織の変化								
	代用乳粉末の給与量								
	↓約 600 g/日			↓約 1.1 kg/日			↓約 1.6 kg/日		
	D.G. 500 g/d			D.G. 950 g/d			D.G. 1,400 g/d		
屠殺時体重	65 kg	85 kg	105 kg	65 kg	85 kg	105 kg	65 kg	85 kg	105 kg
水分%	68.8	68.1	69.1	67.3	65.4	65.9	67.7	65.1	65.3
蛋白質%	21.7	21.3	20.1	20.0	20.5	19.0	21.0	21.1	19.6
脂肪%	5.8	5.6	5.4	7.8	9.8	9.8	7.0	9.1	10.1
灰分%	3.8	3.9	3.8	3.7	3.8	3.6	3.9	3.9	4.0

コーネル大学・屠殺解体試験  
1998 Cornell Nutrition Conference M.E. Van Amburgh, et al より

IGF-Iの働きと骨組織・筋肉の発育

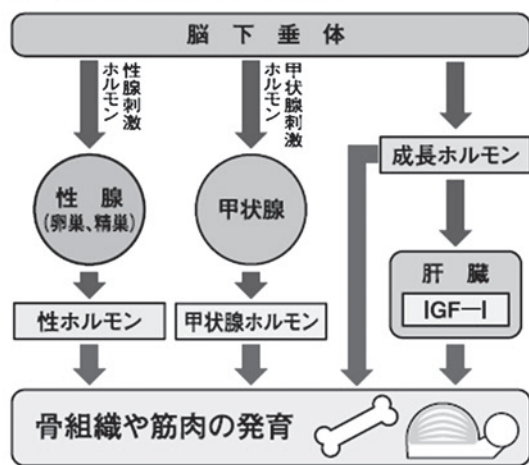


図1. IGF-I (インスリン様成長因子-I)

表3では、標準的な栄養バランスの代用乳の給与を単純に2倍、3倍と増加していった場合にどうなるのかを実験したものである。ここでは60頭の子牛を3段階の発育速度で飼養し、所定の体重に達した段階で屠殺・凍結・粉砕し、体組成を測定している。その結果、標準的な栄養バランスの代用乳を単純に増給した場合、増体速度が高い程、体組織に占める脂肪%が高くなる傾向が見られた。すなわち、全乳や標準的な代用乳の哺乳量を増加することに、1日あたりの増体速度は向上するが、その増体の質は脂肪組織の増加による影響が強く、『発育と言うよりも、むしろ太っている』という表現が適している。

単なる大量哺乳では、増体（発育）は加速するものの、体脂肪割合の増加が顕著となる。そこで様々な栄養バランスのミルクを用い、様々な給与量で動物実験が行われた。その結果、増体速度を上げるためにミルクの給与量を増加す

る際、同時に蛋白質%を増加、脂肪%を低下させることによって、体脂肪が優先的に増加することを避けられるということが判明した。NRC2001年版における解釈では、『増体速度はエネルギー摂取量によって決定される。蛋白質の要求量は増体速度によって決定され、ボディサイズ(維持)による影響は僅かである。』（イリノイ大学・ドラックレイ教授 全酪連酪農セミナー2010より）

表4は、子牛の増体速に対応する代用乳の栄養バランスの関係を示したもので、NRC飼養標準でも同じことを説明している。過肥を防ぎながら高い増体を望む場合には、代用乳の栄養バランスがより高蛋白・低脂肪になることと、高蛋白・低脂肪代用乳を該当する増体速度に合わせずに少量給与（例えば800g/日）するとエネルギー不足を招くことを示している。

3) 哺育子牛のエネルギー・バランスと免疫機能

哺育子牛のエネルギー充足と免疫機能の関係については、以下のように説明されている。

出生時の子牛の体脂肪含量は3.8～4.5%しかなく（ロイ1980他）、生後21日齢未満の子牛は20℃以下で寒冷ストレス（NRC2001）を受けている。標準的な代用乳（Fat20%）を450g/日給与された子牛は、2.45メガカロリー/日の代謝エネルギーを得ていることになるが、生後21日齢以内の体重45kgの子牛は、気温が0℃の場合、維持要求量として3.18メガカロリー/日の代謝エネルギーを要求するので、代用乳の増給が必要となる。この状況で病原体に感染して1.5～2℃発熱すると、維持要求量は更に25～30%増加する。例えば、体重

表 4. 異なる発育速度による栄養バランスの変化

最新版・体重 45 kg の子牛の適温環境下における増体速度毎の栄養要求量

増体速度 kg/日	代謝エネルギー Mcal/日	乾物摂取量 kg/日	見掛可消化蛋白質 g/日	粗蛋白質 g/日	乾物中 CP
0.20	2.35	0.51	87	94	18.0
0.40	2.89	0.64	140	150	23.4
0.60	3.48	0.76	193	207	26.6
0.80	4.13	0.90	235	253	27.5
1.00	4.80	1.10	286	307	28.7

日増体重の増加につれて、代用乳の給与量が増えると同時に、その栄養バランスは、より高蛋白質となる ⇒ “強化” 哺育代用乳の特徴  
ADP = 見掛可消化蛋白質

全酪連酪農セミナー 2011 Dr.Chase より  
Van Amburgh and Drackley, 2005

45 kg の子牛では、0.52 メガカロリー / 日の追加が必要となるが、発熱時に食欲が減退している場合は蓄積した体脂肪に依存することになる。

寒冷ストレス下で 2～3 週間、哺乳量が朝夕 2 リットルずつ（維持要求量以下）だった子牛は、貯蔵体脂肪をエネルギーとして使い果たし、ほとんど残っていない。この状況で感染すると、免疫的負荷、発熱反応により、さらに維持エネルギー要求が増加（50 kg の子牛で約 0.60 Mcal ME/日追加要求）するが、子牛は食欲を喪失して飼料を摂取しなくなる（サイトカイン / レプチン反応）。それでもエネルギーを供給するため、体蛋白質から糖新生（最後の手段）を行うが、免疫機能を刺激する“急性期蛋白質”生成量も制約を受けることになり、機能不全に陥り、回復の遅延または死亡に至る。

[標準的哺育と“強化”哺育の比較]

1) 代用乳の栄養バランス

“強化” 哺育は、標準的な哺乳プログラムと比較して、図 2 に示すように一日あたりの哺乳量が多く、かつ哺乳日数が長くなっている。ホルスタイン子牛の標準哺育プログラムでは、蛋白 24%・脂肪 21% の代用乳；カーフトップを日量 500 g 給与し、カーフスターター摂取量が 3 日連続 1 kg 以上摂取可能となった時点で離乳する。一方、“強化” 哺育プログラムでは、蛋白 28%・脂肪 15% の代用乳カーフトップ EX を 2 段階で増量し、最大哺乳期には 1.2 kg 給与、その後離乳に向けて 2 段階（子牛によっては 3 段階）で漸減した後に離乳する。

“強化” 哺育 vs 標準哺育

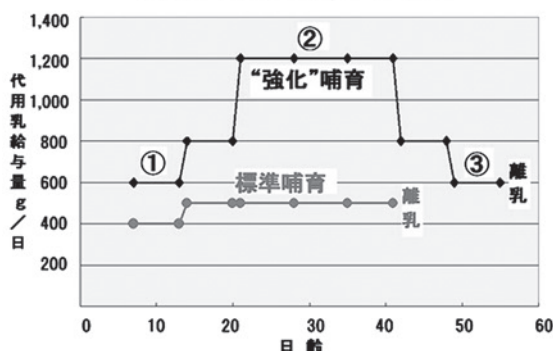


図 2. “強化” 哺育と標準哺育の哺乳プログラム比較（ホルスタイン用）

2) 代用乳の消化性

代用乳の主たる原料は、乳蛋白（脱脂粉乳やホエー）と脂肪（従来はタロー、BSE 以降は植物性油脂）であるが、その成分や消化性によって代用乳の性能は大幅に異なる。子牛がストレス下にあるときや寒冷対策として増給したり、“強化” 哺育プログラムに利用する場合には注意が必要である。単に発育が鈍いだけでなく、増給した時に代用乳そのものが子牛にとって大きなストレスの原因となり得るからである。例えば低品質な乳蛋白原料や植物性蛋白原料のなかには消化性が低く、アミノ酸バランスが悪い場合があり、油脂源では BSE 防疫のために植物性油脂を利用することになったが、原料油脂の融点・脂肪酸組成・中性脂肪の構造（脂肪酸の配列）による影響に注意が必要である。

3) “強化” 哺育の哺乳プログラムの実際

“強化” 哺育では最大哺乳量が多いので、哺乳プログラムは徐々に増減させておこなうのが

一般的である。始めは少なめの哺乳量で始め、徐々に哺乳量を増加させて最大哺乳量まで増給し、その後離乳に向かって2週間程度をかけて徐々に哺乳量を漸減させていく。図1の①～③の各時期の飼料給与の要点を記す。

#### ①乳量の増加過程；

生後20日齢を目標に最大哺乳量を増加させていく時期。ホルスタインの場合、母牛の初乳や移行乳を生後1週間給与し、その後“強化”哺育代用乳を600g/日から給与し始め、生後2～3週かけて最大哺乳量まで増加させる。子牛には個体差があり、生後2週目で最大哺乳量を簡単に飲んでしまう子牛もいれば、3週経っても飲み切れない場合がある。哺乳量は子牛の飲む能力に合わせて増加させていくことが重要である。この頃から水とカーフスターターに馴致し、早期からのルーメン発達を促す。

#### ②最大哺乳量時

この最大哺乳期間中は、特に子牛の骨格が良く伸びる時期であり、離乳時により大きな骨格を望む場合はこの期間の哺乳量をさらに増加させたり、哺乳期間そのものを延長（ブリーダーの場合、アレンジするポイント）する応用も可能。1日2回の哺乳回数では、従来の溶解倍率では液体飼料としてのミルクの量が多く、飲み切れない場合があるので、“強化”哺育代用乳の溶解倍率を子牛が対応できる範囲で濃い目に溶解することが推奨される。代用乳の推奨する“強化”哺育プログラムよりも、より多くの代用乳を給与して発育速度をさらに加速させる場合には、哺乳回数を増やすか、自動哺乳機（ロボット）での哺乳が理想的である。なお、哺乳期間の途中で代用乳の種類や溶解倍率を変更することは、同一メーカーの製品であっても、消化性の軟便や下痢の誘因になるので注意すること。

この時期にカーフスターターの摂取量が増加しているかどうか、確認しておくことが重要である。子牛によってカーフスターター摂取には個体差があり、特に和牛の場合は特に“カーフスターターの食い上がり（摂取量増加）”がホルスタインと比較すると著しく遅いのが特徴である。なお、普通の（高脂肪の）代用乳を“強化”哺育のように多く哺乳すると“骨格が伸びる”というより、“太る”ことの方が目立ち、カー

フスターター摂取の鈍化が目立つので推奨できない。

#### ③哺乳量の漸減；

離乳時には毎日1kg以上のカーフスターターを摂取していることが必須だが、毎日50g以上摂取していれば、ルーメンの“質的な発達”は継続されている。離乳に向けて哺乳量を漸減させていけば、カーフスターターの摂取量は徐々に増加する。“強化”哺育のように哺乳量が多い場合ほど、“一発離乳”するとストレスが大きいため、離乳前から2～3週間かけて哺乳量を徐々に低下させることが重要である。

### [ホルスタイン“強化”哺育試験結果]

#### 1) 海外試験結果

“強化”哺育は、コーネル大学他にもイリノイ大学、ミネソタ大学、ミシガン州立大学、ウイリアム・マイナー農業研究所などの研究機関で検証試験が実施され、公表されているすべての試験結果で発育の改善と初産乳期乳量の増加が報告されている（表5参照）。現時点において乳量が低下したという報告はない。

2010年6月のコーネル大学上級栄養コースにおけるヴァンアンバーグ博士の講義内容を下記に要約する。

- ・コーネル大学では1998年より“強化”哺育試験を開始し、現在も継続中。
- ・離乳までの発育データは1,000頭以上、初産乳期乳量は792頭のデータを得ている。
- ・これらのデータは、年度や季節、遺伝や飼養管理などの要因による影響をテストデイモデルによって除去された。
- ・生時体重、離乳時体重、離乳までの増体、フレームサイズ、春機発動までの増体、飼料摂

表5. 哺育期の標準的給与量に対して少なくとも50%以上多い栄養（哺乳）を供給された子牛の処理区間における乳生産量の差異（乳量差の単位はkg）

No.	研究	処理区間の差	備考
1	Foldager and Krohn (1994)	1,403	
2	Bar-Peled et al. (1998)	453	
3	Foldager et al. (1997)	518	
4	Ballard et al. (2005)	700	泌乳日数 200 日
5	Rincker et al. (2006)	499	305 期待乳量
6	Moallem et al. (2006)	1,134	
7	Drackley et al. (2007)	835	

取量を記録。

- ・離乳までの子牛の日増体重は、0.24～1.21 kg/dの範囲であった。
- ・初産乳量と哺育期間の日増体重の関係は、日増体重が0.453 kgを超え、さらに0.453 kg増加するごとに初産乳期乳量が492 kg増加していた。
- ・すなわち、哺育子牛の日増体重が0.9 kg対0.24 kg（“強化”哺育 対 標準哺育）では、初産乳期乳量が784 kg増加に該当することが判明。

## 2) 全酪連酪農技術研究所試験結果

全酪連酪農技術研究所におけるホルスタイン“強化”哺育試験結果を要約すると、標準哺育体系に比べ、“強化”哺育体系では、初産分娩月齢;22.3 (± 0)、初産分娩後体重;596.2 kg (+23.7)、初産乳期乳量;9,682 kg (305日実乳量で+822 kg)であった。初産分娩月齢が変わらなかった理由は、もともと標準体系でも22ヵ月齢であったことと、12ヵ月齢未満での授精を避けたからであった。(全酪連・酪農技術研究所における試験結果の詳細は、カウベルの116号と117号 <http://www.zenrakuren.or.jp/> を参照)

## 3) “強化”哺育により乳量が増加する理由

“強化”哺育した牛の乳量が増加する報告が数多く寄せられているが、現時点においてその理由はまだ結論が出ていない。初期の“強化”哺育研究過程では、子牛の乳腺組織の上皮細胞増殖が“強化”哺育によって著しい増加を示していることが原因ではないかと議論された時期があった。しかし、乳腺発達には妊娠による影響

が最も大きくて相殺されることが判明し、単なる乳腺上皮細胞の大幅な増殖が理由ではないと考えられるようになった。

その後、米国農務省の研究者であるカプーコ博士らは、『“強化”哺育によって加速する乳腺上皮細胞増殖時には、乳腺に存在する幹細胞（乳腺組織の発育と維持を提供し、乳牛の生産性と効率を改善する上で重要）の増加による影響が関係するかもしれない。』と述べている。

出生から春機発動までの時間こそが春機発動前の乳腺発育に最も大きな影響を与えており、高エネルギー摂取に関連する主張に負の徴候は存在しないように見える。春機発動時に測定した場合、春機発動前の乳腺発育と将来の乳量に明確な関連があるようには見えない。早期の春機発動は、単純に出生から春機発動までの時間が少ないことから、当然、より少ない乳腺DNAを招くことになる。生殖器官を加速発育させることはできない。やはり、“強化”哺育後の乳量増加は、乳腺組織に量ではなく、質的な違いを起こしているのかもしれない。イリノイ大学における初期の“強化”哺育試験では離乳に失敗し、離乳後の増体速度が鈍化し、初産分娩月齢が遅れたが、それでも“強化”哺育区は対象区に対して高乳量を示していた。

なお、従来より『春機発動までの期間に乳房に脂肪が付くと乳腺組織の発育が阻害されて将来の乳量の低下につながる』と説明されてきた。しかし、近年の研究により、『乳腺組織の発達には脂肪組織に乳管が進入・分岐・伸長し、そこに実質組織が増殖することによって成り立つ。』ことが判明。どうやら、初期の研究では、高エネルギー摂取と将来の乳量への影響を評価する

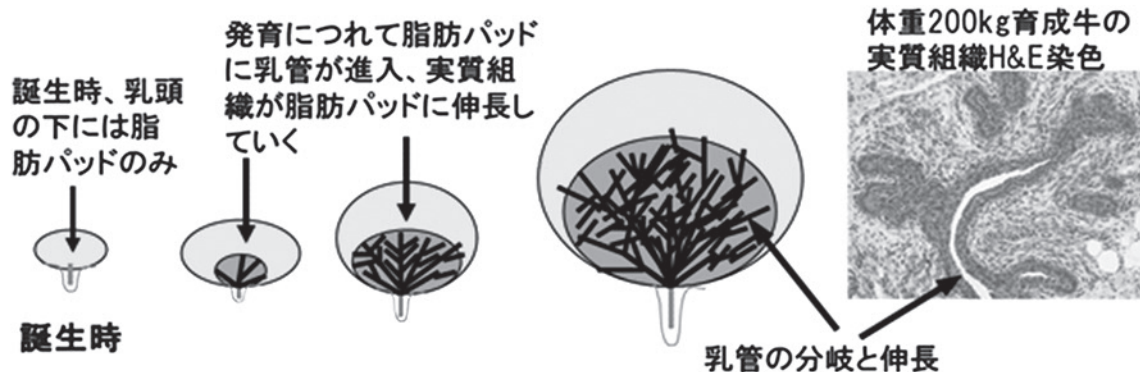


図3. 春機発動前の乳腺発育 (ヴァンアンバーグ博士; 全酪連酪農セミナー 2007 より)

際、初産牛が“過肥”で分娩したために混乱があったようだ。

### 【和牛子牛用“強化”哺育プログラムの開発】

#### 1) ホルスタインとの違い

和牛子牛の生時体重を30 kg前後とすると、体重あたりの体表面積がホルスタインよりも大きく、体温維持のためのエネルギー要求量を考慮して小型種向けに代用乳の脂肪濃度を増加させる必要が考えられた。実際、和牛の場合には血統によって生時体重が20 kgに達しない個体も存在する。しかし脂肪含量を増加させる程、固形飼料摂取を抑制するので、どの程度の脂肪含量にすべきか確認が必要だった。現場では、カーフトップEX (Fat15%) に冬期間のみ寒冷対策としてカーフトップET (Fat25.5%) を混合し、脂肪濃度を増加(18~21%の範囲で調整)させて成功している事例が散見された。和牛子牛では、カーフスターターの食上がりがホルスタインに比べて著しく遅く、約50日齢を過ぎないと固形飼料摂取が安定しない傾向がある。

#### 2) 試験方法

全酪連・酪農技術研究所では、実際に和牛子牛を導入し、2006年に自動哺乳機を用いた予備試験、2007年に手哺乳による本試験を実施した。予備試験の段階で判明したことは、やはりホルスタイン子牛に比べ、カーフスターターの摂取量増加=食上がりが著しく遅かったことであった。以下に本試験の概要と結果を要約するが、酪農技術研究所での供試頭数は合計で

15頭のみであり、特に詳細な測定と記録を目的とした。これとほぼ同時進行で北海道から九州までにおよぶET和牛実施酪農家8戸、和牛繁殖農場8戸の協力を得て野外試験を実施した。その後、九州大学、福岡県農業総合試験場、鹿児島県農業開発総合センター、岩手大学、宮城県畜産試験場を始めとして、数多くの公的研究機関による検証が続いている。

全酪連酪技研における本試験では、同一の和牛繁殖農場から、生後2週程度の和牛子牛を雌雄混在で計12頭導入し、哺育期間はカーフハッチにて飼養管理した。代用乳はホルスタイン用の“強化”哺育代用乳カーフトップEXよりもやや脂肪濃度を上げ、粗蛋白(CP)28%、脂肪18%の試験用(現在のカーフトップEXブラック)を用いた。カーフスターターと前期飼料はホルスタイン用の製品、粗飼料はチモシー乾草を給与した。哺乳プログラムはホルスタインと比べ、最大哺乳量の期間を延長させ、カーフスターター摂取の推移と体格測定、健康状態などの記録を行った。そして、1日の代用乳最大哺乳量を1.0 kgの1区と1.2 kgの2区を設け、両試験区の飼料摂取や発育にどのような差があるのかも確認した。

子牛導入~120日齢までを哺育期間とし、1区・2区ともに同一の試験飼料を給与。

代用乳の給与方法は、通常の“強化”哺育と同様に5倍希釈(代用乳粉末重量の5倍重量の温湯で溶解)。

120日齢以降、雄は試験用前期飼料とチモシー乾草、雌はホルスタイン育成前期にチモシーとアルファルファ乾草給与。

表6. 満3か月齢までの試験用給与体系 1日2回哺乳

週齢(満)	和牛子牛用“強化”哺育代用乳 カーフトップEXブラック		ニューメイクスター (ホルスタイン用 カーフスターター)	乾草 (チモシー)	
	1区	2区			
1	600 g	600 g	自由採食として毎日摂取量を計量記録 給与上限2.8 kg/日	離乳までは1日200 g以下の少量給与 離乳後は不断給餌として毎日摂取量を計量記録	
2	800 g	800 g			
3	1,000 g	1,200 g			
4	1,000 g	1,200 g			
4~9	1,000 g	1,200 g			
10	1,000 g	1,200 g			
11	800 g	800 g			
12	600 g	600 g			
90日齢離乳					120日齢まで給与



### 3) 試験結果の要約

いずれの試験区においても、図4に示すように、良好な飼料摂取を示した。興味深い点は、哺乳量に違いがあるにもかかわらず、1区と2区のカーフスターや乾草摂取量にほとんど差が無かったことであった。従来からの標準哺育の場合、哺乳量増量は固形飼料摂取低下を示すのが常であった。“強化”哺育タイプの代用乳の場合、代用乳の給与量の差が固形飼料摂取に負の影響を及ぼさなかったと考えられる。カーフスター摂取量は、両区ともに7週目頃から徐々に増加し、試験期間を通じて有意な差が生じなかった。乾草の摂取量については、哺乳量が多い2区の方が1区より有意に高い摂取量を示していたが、これは1区より2区の方が体重が高く推移した結果と考えられる。

体格測定結果は、図5に示すように、1区・2区共に体重は全国和牛登録協会平均発育曲線

レベルを上回って推移した。胸囲についても体重と同様に2区が高く推移し、体高については、1区・2区間で差はなかった。すなわち、体重・体高・胸囲どの項目においても、全国和牛登録協会の平均発育曲線を上回る結果となった。なお、両試験区間には飼料効率の差はなかった。注：この試験では、頭数の関係で、雌雄・血統の飼料摂取量・効率・発育への影響については考察していない。そのため、雌雄及び血統によっては、飼料摂取量・飼料効率・発育傾向が今回の結果と異なることが考えられる。

### 4) 結論

カーフトップEX ブラック最大給与1.2kg/日給与（粉体重量）のプログラムでも、固形飼料の摂取量に対する影響は低く、むしろ発育が良好であったため、総乾物摂取量の増加に繋がったと考えられた。カーフトップEX ブラッ

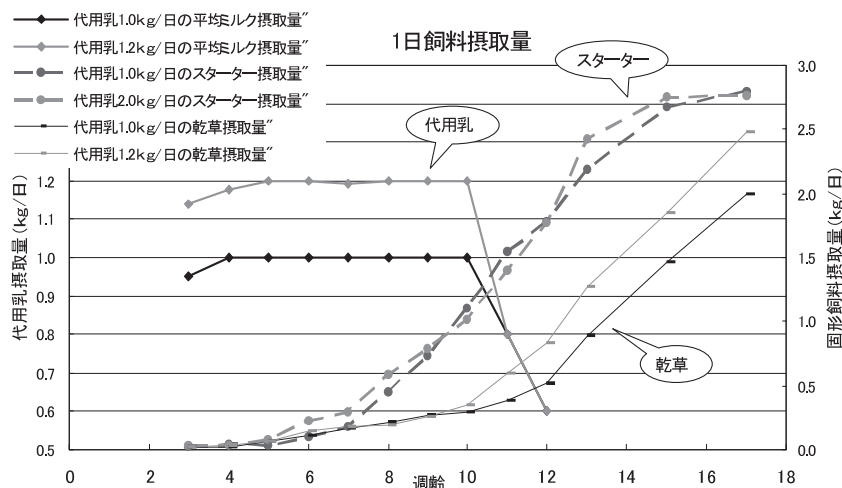


図4. 飼料摂取量の推移

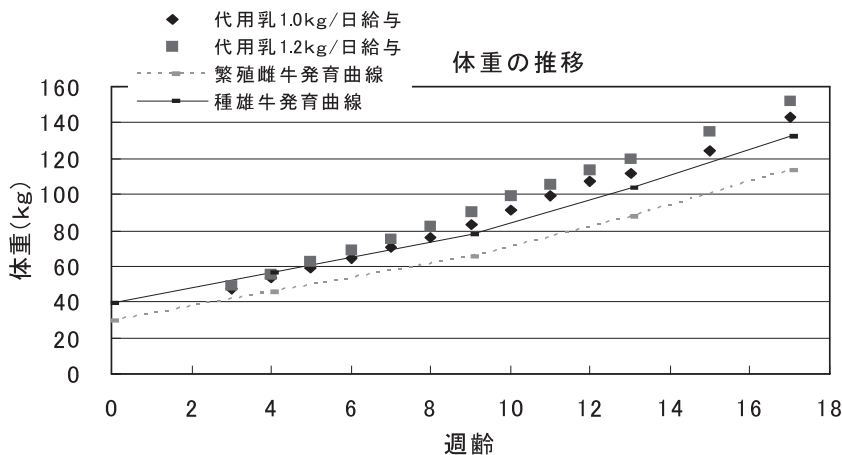


図5. 試験子牛の体重の推移と全国和牛登録協会平均発育曲線

ク最大給与 1.2 kg/日給与と最大給与 1 kg/日給与では前者がより多くの発育を示したが、両試験区の飼料効率に差がないこと、双方とも全国和牛登録協会の平均発育曲線をほぼ上回ることから、カーフトップ EX ブラック最大給与 1.0 kg/日の給与でも十分な発育が可能ことが確認された。以上により、生後から 90 日齢までカーフトップ EX ブラックを 1 日 2 回哺乳で子牛の自然哺乳に劣らない哺育体系として評価し、パンフレットなどに掲載する給与プログラム (表 7) とした。

なお、哺育試験に供試した雄子牛の中から 5 頭を選び、素牛までの飼養を継続した。飼料給与はホルスタイン雌牛用の給与体系をアレンジしたものを給与したが、発育 (体重、体高、胸囲) は良好で全国和牛登録協会による発育曲線の上限に近い値で推移した (詳細略)。

#### [自動哺乳機と“強化”哺育]

“強化”哺育は自動哺乳機による飼養管理にも適しており、ホルスタイン・和牛・F1 の“強化”哺育に広く応用されている。哺育頭数が多い場合、個体ごとの哺乳量の増減を自動化できて省力的であり、哺乳量を多くして発育速度を高める場合には、多回哺乳による効率改善も期待できる。また、群で飼養することにより、カーフスターターの摂取も良好となる。しかし、感

染症が伝染しやすいため、環境衛生や罹患子牛の隔離施設の準備も必要となる。

そもそも自動哺乳機は EU 圏内で本来ヴィール子牛のために開発されたものであった。ヴィール子牛というのは 5 か月齢前後までの長期間にわたって大量に哺乳する独特の肥育方法であり、通常は体重 250 kg 前後まで哺乳するものである。1 日あたりの最大哺乳量は 20 リットルにも達する。このように、自動哺乳機は本来多量の哺乳を群飼で行う用途で開発されており、哺乳量の少ないプログラムでは乳首の奪い合いによる闘争や空腹による吸い合いが増加する。この点、“強化”哺育は自動哺乳機による飼養管理に適していると考えられる。

#### [まとめ]

子牛の哺育・育成はホルスタインなどの乳用種を対象に発展し、国内外で膨大な試験研究がおこなわれてきた経緯がある。特に“強化”哺育に関連して解明・紹介されてきた技術は着実に現場に浸透し、成果を上げている。しかしながら、乳牛の移行期と同様、解明されていない問題、栄養設計の指標は変化し続けている。

和牛子牛に対する人工哺育～“強化”哺育の応用も進み、子牛の栄養と発育の改善が見られているものの、分娩～哺育期の衛生管理には改善の余地があると思われる。

また、90 年代より導入されてきた自動哺乳

表 7. 和牛“強化”哺育プログラム カーフトップ EX ブラック 基本メニュー (1 日 2 回哺乳 90 日齢離乳)

週 齢	目標体重	カーフトップ EX ブラック	ニューメイクスター	良質乾草	水
(満)	kg	1 日給与量 g	1 日給与量 (不断給餌) kg		
0	30	初乳	馴致開始		自由 飲水
1	33	600		0.01	
2	36	800	0.02		
3	41	1,000		0.02	
4	48		0.05	0.05	
5	54		0.07	0.08	
6	60		0.14	0.12	
7	66		0.20	0.17	
8	71		0.30	0.25	
9	77		0.50	0.30	
10	83		0.70	0.50	
11	90	800	1.00	0.50	
12	96	600	1.50	0.65	
90 日齢	101	離乳	2.5 ~ 2.8	1.15 ~ 飽食	
120 日齢	128				
給与量合計		75 kg	105 kg	< 53 kg	

機は、急速に普及され、すでに国内に4,000台前後導入されていると思われる。しかしながら、搾乳後継雌子牛や和牛子牛に対する哺育は、自動哺乳機の本来の目的であるヴィール子牛とは大幅に異なるものであるため、原点に回帰した哺育プログラムの検証が必要であろう。

哺育・育成は最も繊細な飼養管理が要求される分野であり、今後とも継続的な研究開発・検証・技術普及が必要である。

#### [引用文献]

1. Mike Van Amburgh / "INTENSIFIED" FEEDING, TARGET GROWTH, LACTATION MILK YIELD and
2. ECONOMICS
3. Mike Van Amburgh / A Systematic Approach to Calf and Heifer Rearing: "Intensified" Feeding and the Target Growth System
4. M. E. Van Amburgh, E. Raffrenato, F. Soberon and R. W. Everett / Early Life Management and Long-Term Productivity of Dairy Calves
5. B. J. Nonnecke, M. R. Foote, J. M. Smith, B. A. Pesch, and M. E. Van Amburgh / Composition and Functional Capacity of Blood Mononuclear Leukocyte Populations from Neonatal Calves on Standard and Intensified Milk Replacer Diets / J. Dairy Sci. 86: 3592-3604
6. Carl L. Davis and James K. Drackley / The Development, Nutrition and Management of The Young Calf
7. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service / Dairy Calves and Heifers Integrating Biology and Management
8. J.H.B. Roy / The Calf fifth edition
9. Phil Garnsworthy / Calf and Heifer Rearing

### The Transition of Calf Nutrition and Management ～ The way to Intensified Calf Feeding System ～

Akira Saito, D.V.M.,P.A.S. (American Registry of Professional Animal Scientist)  
Zen-Raku-Ren The National Federation of dairy Co-operative Associations  
Purchasing and Supplying Department Dairy management Division  
Tamachi Place, 6<sup>th</sup> Floor, 17-5, 4-Chome, Shiba, Minato-Ku, Tokyo, 108-0014, Japan  
Phone: +81-3-5931-8007 Fax: +81-3-5931-8023 e-mail: kyy02467@nifty.com

Calf nutrition and management technology had advanced rapidly in the latter half of the 20th century as the dairy industry developed. The calf management, sanitary supervision, Calf Milk Replacers and Calf starters development were supported by the progress of nutrition and veterinary science. However, the growth capacity of the calf was inhibited and the rate of disease was also high up to now. "Intensified Calf Feeding System" which was researched and developed by Dr. Mike Van Amburgh of Cornell University, at the very end of 20<sup>th</sup> century, this system was rapidly spread for the past ten-odd years. Since "Intensified Calf Feeding System" was introduced, many impacts such as calf management has been greatly improved, not only decreases in the disease but also improves of the growth rate, age at first calving or its frame size and incrementing of the milk yield are reported.