

# COW BELL

カウ・ベル 全酪連購買事業情報紙

No. **180**  
2026 増刊号

## 強化哺育体系 20周年記念号



### 目次

はじめに .....	2
製品紹介 .....	3
強化哺育体系20周年を迎えて	
● 代用乳カーフトップEXの原点とそれに付随する 哺育プログラム マイク・ヴァン・アンバーグ博士 .....	6
● 強化哺育プログラム20周年にあたって ジェームス・K・ドラックレイ技術顧問 .....	8
● 強化哺育の歴史 ラリー・E・チェイス名誉顧問 .....	10
● 過去20年間における子牛の栄養学について トム・タルキー博士 .....	12
● カーフトップEXの20周年おめでとうございます！ ドリユー・A・バルミエ博士 .....	15
● 牛の飼養にエピジェネティクスを応用する —その生物学的メカニズム (初期栄養がウシの体質に影響する生物学的メカニズム) 後藤 貴文教授 .....	19
● 育成後継牛の生後2か月以降の成功に向けた準備 ロドリゴ・モラーノ博士 .....	22
● 全酪連と共に歩んだ道 マイク・スティール博士 .....	25
● 移行期牛およびその子牛の過去30年以上に渡る 飼養管理技術の変遷 トム・オバートン教授 .....	26



Your Partner 全酪連

## はじめに

平素より、全酪連購買・畜産事業に特段のご理解、ご支援を賜り厚く御礼申し上げます。  
このたび、“強化”哺育体系の普及20周年を記念し、カウベル記念号を発刊させて頂く運びとなりました。

全酪連は、酪農家の生乳販売量を最大限に維持しながら、農場の次世代を担う優秀な後継牛作りを支援することを目的として、最新の哺育・育成技術の普及に積極的に取り組んで参りました。現在では子牛の飼養管理には欠かせない代用乳ですが、1967年に日本で初めて開発された全乳代用乳「カーフトップ」から、永年の哺育・育成技術の綿密な調査・検証と幾度にもわたる製造技術の試行錯誤を経て、現在の「カーフトップ」シリーズへと進化しています。

中でも“強化”哺育体系は、2005年に「カーフトップEX」というホルスタイン種雌子牛向けの代用乳製品の供給開始とともに、コーネル大学ヴァン・アンバーグ博士を招聘して開催された「全酪連酪農セミナー2005」にて、哺育初期の栄養充足の重要性を強烈なインパクトで発信されたことを皮切りに、全国一斉に普及を推し進めて参りました。

その後、品質向上の製品改良を進めながら、20年以上にわたり多くの生産者の方に「カーフトップEXシリーズ」をご利用して頂いております。これもひとえに会員及び生産者、関係者の方々によるご支援と代用乳製品としての品質を長きにわたりご評価いただいていた賜物であると思っております。

そして、昨年9月に永眠されました弊社研究開発技術顧問である齋藤昭氏の製品開発及び“強化”哺育技術普及への貢献度は計り知れません。故人は「必ず根拠やデータの確認を行い、かつ自らの研究所と国内外の研究機関による試験での検証を旨とし、根拠の確認できない変更は一切行わない」と一貫したポリシーを重んじ、世界水準の基本と最新技術の検証、それを反映した製品開発と現場フォロー体制の構築に多大な影響を残して頂きました。全酪連職員一同厚く敬意を表すとともに、故人の製品開発に対する“魂”を我々後輩がしっかり継承し、会員・生産者の方が必要とする製品・技術をお届けできるよう、引き続き邁進して参る所存です。今後とも皆様方からのご指導ご鞭撻の程、宜しく御願ひ申し上げます。

最後になりましたが、当号の発刊に当たりまして、製品開発及び技術普及にご支援頂いた国内外の先生方より、“強化”哺育技術に関する最技術情報や生産現場での子牛の健やかな成長を願う内容のご寄稿を多数お寄せ頂きましたこと、心より感謝申し上げます。

本誌編集長

# 『強化哺育<sup>®</sup>・育成体系』とは？



『強化哺育<sup>®</sup>・育成体系』とは、子牛が本来もっている発育能力をフルに発揮させる飼料給与体系のことです。従来とは全く異なる栄養成分バランスの代用乳(ミルク)を増給し、哺育期の栄養状態を“強化”することにより、

- ① 過肥に陥らせることなく、哺育期からのフレームサイズの発育・発達を加速させること
- ② 初産分娩時期(AFC)を早期化させること
- ③ 正常な免疫機能を維持させること

を実現する飼養管理です。

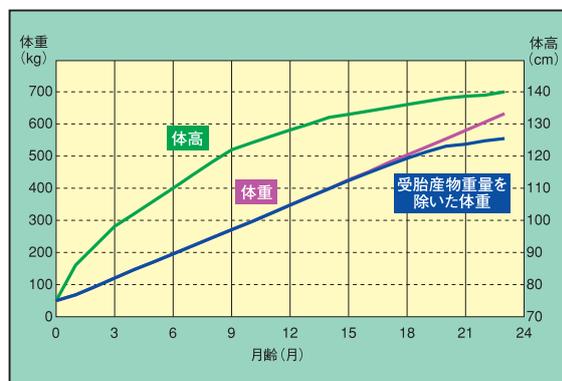
強化哺育<sup>®</sup>体系では、従来の代用乳の給与量に比べ、倍以上の代用乳を給与します。

脂肪は、幼若な哺育期の子牛のエネルギー源としては不可欠ですが、蛋白質や炭水化物に比較し、固形飼料の摂取量を抑制する傾向があります。

従って、強化哺育<sup>®</sup>体系で用いる代用乳は、体脂肪の過剰な蓄積を防止しつつ、骨組織や筋肉の発育を促進させるため、従来の標準哺育体系用の代用乳に比べ、高蛋白質・低脂肪の代用乳となります。

このような強化哺育<sup>®</sup>用に新たに開発された代用乳が『カーフトップEX(エクセレント)』です。

## ■強化哺育<sup>®</sup>・育成体系による育成牛の発育目標



## ■初産分娩時期(AFC)早期化のメリット

強化哺育<sup>®</sup>により、育成期間を短縮することが可能となります。

この短縮によって、「育成牛保有頭数の削減」、「遺伝的に能力の低い牛や経営上不都合な牛の早期淘汰と更新による牛群改良速度の改善」が可能となります。

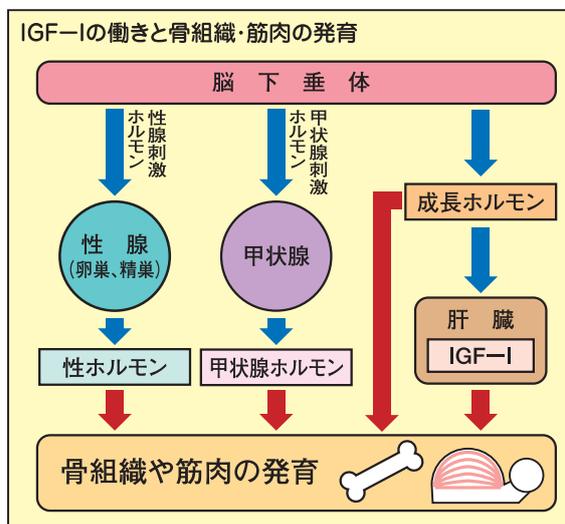
AFC = Age at First Calving

## ■IGF-1

「IGF-1」は、成長ホルモンの働きにより、肝臓で合成される物質で、骨組織や筋肉の発育を促進する力があります。

蛋白質の栄養状態は「IGF-1」の合成やその活性に影響を及ぼすことが知られています。

研究所における哺育試験の結果、同等のエネルギー給与水準で、蛋白質の給与水準を高めることにより、血中の「IGF-1」濃度が高まることが明らかになりました。



# 強化哺育<sup>®</sup>用代用乳

## 『カーフトップEX (エクセレント)』



『カーフトップEX』は、強化哺育<sup>®</sup>・育成体系に用いる代用乳として、研究開発された代用乳です。

『カーフトップEX』は、従来のカーフトップ・シリーズ製品に比べ、粗蛋白質 (CP) 濃度を高めに設計し、併せて固形飼料 (スターター) の摂取量を促すために粗脂肪 (CFat) 濃度を低めに設計しています。

銘柄	粗蛋白質 (CP) %以上	粗脂肪 (CFat) %以上	粗繊維 (CFi) %以上	粗灰分 (CAsh) %以上	カルシウム (Ca) %以上	リン (P) %以上	TDN %以上
強化哺育 <sup>®</sup> 用 カーフトップEX (エクセレント)	28.0	15.0	1.0	8.0	0.60	0.40	103.0
カーフトップ	24.0	21.0	1.0	8.0	0.60	0.40	110.0

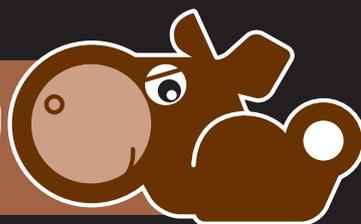
### 強化哺育<sup>®</sup>・育成体系 **哺育期**

週齢 (満)	目標体重 (kg)	カーフトップEX				ニューメイクスター	良質乾草	水
		1日給与量	1回給与量	1回当たりのお湯の量	給与回数 (1日)			
0	45	初乳給与			3回	馴致開始	原則として不要	自由飲水
1		600g	300g	1.5リットル	2回	0.1kg		
2		800g	400g	2.0リットル		0.2kg		
3	60	1,200g	600g	3.0リットル		0.3kg		
4						0.4kg		
5						0.7kg		
6	77	800g	400g	2.0リットル	1.3kg			
7		600g	300g	1.5リットル	2.0kg	0.2kg		
8		<div style="border: 2px solid red; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;">                     離乳の目安は56日齢                 </div>				2.4kg	0.4kg	
9						2.5kg	0.6kg	
10						2.5kg	0.8kg	
11					2.5kg	1.0kg		
90日齢	120							
給与量計		44.8kg				102.5kg	20kg	

- 『カーフトップEX』は、生後8日目から給与体系に示された量に従って給与して下さい。
- 『ニューメイクスター』は、生後4日目頃から、口に入れてやり、馴致させて下さい。
- 新鮮な水が常に飲めるようにして下さい。ただし、哺育後30分間は水を与えないで下さい。
- 離乳は生後56日齢 (満8週齢) が目安となります。
- 哺育中の『ニューメイクスター』は表の給与量を目安に不断給餌して下さい。離乳当日は、1日当たり2.0kgを目安にして下さい。
- 『ニューメイクスター』は、離乳後1日当たり2.5kgを上限として、満3ヶ月齢まで給与して下さい。

# 和牛・F1 子牛強化哺育<sup>®</sup> 用代用乳

## カーフトップEXブラック



『カーフトップEXブラック』は、生時体重の小さい和牛子牛やF1子牛を強化哺育<sup>®</sup> するために研究開発されました！

和牛子牛やF1子牛は生時体重がホルスタイン種よりも小さく、環境の変化に敏感です。

カーフトップEXブラックは、寒冷などの環境ストレスも考慮した強化哺育<sup>®</sup> 代用乳です。

銘柄	粗蛋白質 (CP) %以上	粗脂肪 (CFat) %以上	粗繊維 (CFi) %以上	粗灰分 (CAsh) %以上	カルシウム (Ca) %以上	リン (P) %以上	TDN %以上
カーフトップEXブラック	28.0	18.0	1.0	8.0	0.60	0.40	108.0
カーフトップEX (ホル用)	28.0	15.0	1.0	8.0	0.60	0.40	103.0

### カーフトップEXブラック 給与メニュー例 雄雌兼用

週齢 (満)	目標体重 (kg)	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
		1日給与量	1回給与量	1回当たりのお湯の量	給与回数 (1日)			
0	30	初乳						自由飲水
1	33	600g	300g	1.5リットル	2回	0.02kg	0.01kg	
2	36	800g	400g	2.0リットル		0.02kg	0.02kg	
3	41	1,000g	500g	2.5リットル		0.05kg	0.05kg	
4	48					0.07kg	0.08kg	
5	54					0.15kg	0.12kg	
6	60					0.20kg	0.17kg	
7	66					0.30kg	0.25kg	
8	71					0.50kg	0.30kg	
9	77	0.70kg	0.50kg					
10	83	1.00kg	1.00kg					
11	90	800g	400g	2.0リットル		1.50kg	0.65kg	
12	96	600g	300g	1.5リットル		2.50kg	1.15kg	
90日齢	101							
120日齢	128							
<b>給与量合計</b>		<b>75kg</b>				<b>105kg</b>	<b>53kg</b>	

●常に新鮮な水を飲めるようにしてください。ただし、哺乳後30分間は水を与えないでください。

●離乳後のスターターは2.8kg/日を上限として与えてください。

## 代用乳カーフトップEXの原点とそれに付随する哺育プログラム

マイク・ヴァン・アンバーグ博士  
コーネル大学 アニマルサイエンス学部 乳牛栄養学 教授

私の研究グループが子牛の体組成に関する研究を初めて実施したのは1998-1999年でした。この研究では、子牛の増体が500g/日、950g/日および1,400g/日になるよう飼養管理した3区を設けました。各区の子牛が予め定めていた目標体重である65kg、85kgおよび105kgに到達した段階でそれぞれ数頭ずつをと殺して解析を行い、その結果を2001年に発表しました。私の研究室では同時期にほかにも3つの試験を行っており、離乳前子牛の体組成と栄養要求量に関するデータを集めていきました。

同じ頃、Jim Drackley博士と彼の学生たちも同様の研究に取り組んでおり、私たちはデータを統合することにしました。それらのデータから離乳前子牛のエネルギーとタンパク質の栄養要求量を求める新たな計算式を開発し、推定維持要求量を評価しました。その結果、2001年に発行されたNRCで示された維持要求量が、現代の乳用子牛にあてはまっていることがわかりました。一方で、エネルギーとタンパク質の組織要求量は異なっており、特にタンパク質要求量は当時の予測式で算出される推定要求量を大きく超える可能性があることが明らかとなりました。

2003年、私は齋藤昭氏と子牛の発育と飼料効率における最新の栄養要求量およびその影響について協議しました。その中で、私たちはより子牛の生育を早めるために十分量のエネルギーおよびタンパクを子牛に供給できる新しい代用乳の開発について議論しました。私たちのデータによると、体重45kgの子牛が熱的中性圏で1日1kg増体する場合、代用乳は代謝エネルギーを5Mcal供給する必要がありました。さらに、そのエネルギーがもたらす増体要件を満たすレベルとして、代用乳は約320gの代謝タンパクも供給する必要がありました。

2005年1月、日本の酪農業界に新しい代用乳「カーフトップEX」の供給が開始されました。カーフトップEXは、粗タンパク質28%、脂肪15%を含む代用乳で、生後45～60日齢の日増体量が0.8-1.0kg/日になることを目標として設計されました。カーフ

トップEXが成功した秘訣の1つは、齋藤氏が脂肪の消化性を追求したことにあるでしょう。齋藤氏は他の研究グループと共に、腸管での消化性に優れたトリグリセリド組成を持つ植物性油脂の開発に取り組みました。さらに、子牛の飼養管理プログラムでは、現在推奨されている初乳給与体系（出生直後に少なくとも2L以上の初乳を給与し、生後12-24時間以内にさらに追加で2Lを給与する）を強化することにも重点を置いていました。カーフトップEXの給与量は、生後7日齢までは1日6L、8-14日齢は1日8L、そして生後15日齢以降は1日10-12Lまで哺乳量を高めて、発育をサポートしていきます。その後、離乳予定日の10-14日前から哺乳量を段階的に少なくしてスターターの摂取量を増やしていき、離乳後の栄養供給を確実なものにします。

強化哺育の普及を進めるにあたり、私たちの原動力となったのは、酪農生産者から届いた子牛の発育と健康に関するフィードバックでした。2013年、私は再び全酪連酪農セミナーで講師を務め、セミナーだけでなく酪農生産現場を訪問したり、さらには和牛繁殖農家を訪問して、和牛子牛の発育を高める可能性について意見交換を行いました。いくつかの酪農場では、子牛が初産牛になるまでの発育と健康状態、そして初産時の生乳生産量を記録していました。私たちがその結果を評価したところ、強化哺育を実施することで、初産期の乳量が700kgから1,200kg増加することが明らかとなりました。これは私たちのこれまでの研究結果からも裏付けられており、非常に興味深い結果でした。同様の結果を実証することで、離乳前子牛に対して栄養供給の面で追加投資を行う（代用乳給与量を増やし、子牛への栄養供給量を高める）ことの正当化につながったのです。齋藤氏は、これを受けて、私に「和牛子牛にも同じことができないだろうか」と相談してきました。そこで、和牛子牛の体組成や期待される発育速度、典型的な離乳体系などを調査し、和牛子牛の発育を改善するような代用乳の開発に取り組みました。これがカーフトップEXブラックとそれを最大限活用する哺乳プ

プログラムの原点となったのです。

子牛の発育や健康、生涯を通じた長期的な生産性を高めることの一連の研究は大変意義深いものであり、最新の研究においても重要な分野としてさらなる研究が進められています。酪農産業では、現代の

乳用子牛に適した栄養供給と管理方法が継続して改善・改良されています。今回、全酪連が長年にわたって取り組んできた“強化”哺育の研究開発と技術普及の概要をお伝えしましたが、これこそが子牛の発育と健康の強力な基盤となっているのです。

[原文]

The origin of Calftop EX Milk Replacer and the calf program that came with it.

My research group conducted our first body composition study on calves in 1998 and 1999. This study resulted in calves growing at three rates of gain, 500, 950, and 1,400 g/d, and harvested at predetermined body weights of 65, 85, and 105 kg, and the results were published in 2001. Another three studies were conducted during that period in our laboratory, adding to the data on body composition and nutrient requirements of pre-weaned calves.

At the same time, Dr. Jim Drackley and his students were working on similar studies, and we merged the data and developed new equations for nutrient requirements for energy and protein and evaluated the predictions for maintenance requirements. The data demonstrated that the maintenance requirements derived in the 2001 Dairy NRC were appropriate for modern dairy calves; however, the tissue requirements for energy and protein differed, with protein requirements exceeding those predicted by current equations.

In 2003, Akira and I met to discuss the updated requirements and implications for calf growth and feed efficiency. At the meeting, we discussed creating a milk replacer that would provide adequate energy for greater growth and meet protein requirements. Our data indicated that a 45 kg calf growing at 1 kg/day under thermoneutral conditions would require a milk replacer delivering about 5 megacalories of metabolizable energy and about 320 g of metabolizable protein to meet the energy-driven requirements for growth.

By January 2005, a new milk replacer, Calftop EX, was developed for the Japanese dairy industry: a 28% crude protein and 15% fat milk replacer designed to target 0.8 to 1.0 kg per day growth in the first 45 to 60 days of life. One of the secrets to the milk replacer's success was the work Akira conducted on fat digestibility, as he worked with another group to develop a miscible vegetable-based fat with a triglyceride composition that enhanced intestinal digestibility. The calf program focused on reinforcing current calf recommendations, like at least 2 L of colostrum at birth and an additional 2L of colostrum within 12 to 24 hours of life to ensure adequate colostrum intake. The feeding rate of Calftop EX supports growth by encouraging 6 L per day in the first 7 days, then 8 L per day for another week, and up to 10-12 L per day as the calf grows and can consume that level of milk replacer. Then, a step-down weaning process over 10 to 14 days to encourage and ensure adequate starter intake and post-weaning nutrient supplies.

What was encouraging were the observations of calf growth and the feedback we received from dairy producers about their calves' growth and health. In 2013, I was once again invited to work with Zen-Raku-Ren and Akira to provide additional lectures, tour dairy farms, and engage Wagyu breeders about the potential to enhance the growth of Wagyu calves. Several dairy farms had tracked the growth, health, and milk yield of their calves as lactating heifers, and we evaluated the milk yield of first-lactation cattle on several farms and observed increases of 700 to 1,200 kg in heifers that were provided with more nutrients as calves. This was exciting and supported the research in our group, demonstrating similar outcomes and justifying the additional investment in nutrient supplies for the calves before weaning. And because of this, Akira asked me if we could do the same thing for the Wagyu calves. After researching their body composition, expected growth rates, and typical weaning programs, we developed a milk replacer to improve calf growth for those calves. This was the origin of Calftop EX Black milk replacer and the program to make the best use of it.

This was an exciting period for enhancing calf growth, health, and the long-term productivity of animals throughout their productive lives, and it continues strong today. The industry continues to improve and refine nutrient supplies and management of modern dairy calves, and the approach outlined here and developed by Zen Raku Ren serves as a strong basis for calf growth and health.

## 子牛用乳酸菌混合飼料

# らくとけヌ

子牛にも、人にも、機械にも、やさしさを。

### 優れた溶解性！

溶解性に優れた原料を使用することで  
溶け残りを少なくしました。

### 機械本体にやさしい！

ロボットでも哺乳器でも、スタイルを選ばず使用できます。

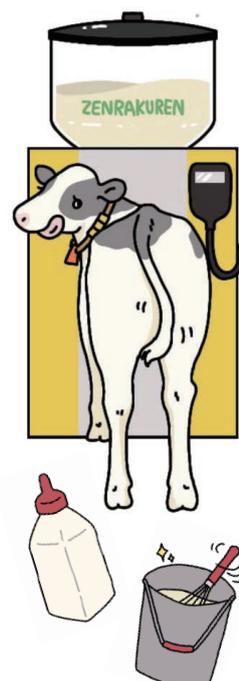
### 熱・酸・乾燥に強い乳酸菌！

熱や酸・乾燥に強い胞子を作る有孢子性乳酸菌を配合。

### こんな時におススメ！

- 子牛をより健康的に飼いたい
- 少ない量で乳酸菌をしっかり給与したい
- 溶けやすいものを使いたい
- 哺乳ロボットで生菌剤を使いたい

1kg×10  
アルミ袋規格



# 強化哺育プログラム 20周年にあたって

ジェームス・K・ドラックレイ技術顧問  
イリノイ大学畜産学部名誉教授



全酪連が強化哺育プログラムの20周年を迎えられたことに、心からお祝い申し上げます！全酪連が提唱した強化哺育プログラムとその製品は、世界中で最も成功した子牛の栄養強化プログラムの1つです。強化哺育プログラムの開発に関わった研究者の一人として、この機会にその始まりから振り返ってみようと思います。

子牛に代用乳をもっとたくさん給与し、発育を促進させようというアイデアは、特別新しいコンセプトというわけではありませんでした。1960年代から1970年代にかけて実施された研究でも、代用乳の給与量を増加させた際に子牛のパフォーマンスが向上することが示されています。しかしながら、これらの研究結果は、「費用が高すぎる」「ヴィール子牛の生産のようだ」という理由で栄養設計士や獣医師、技術者たちからはあまり注目されていませんでした。当時、酪農産業は早期離乳に重きを置いており、スターターの摂取を促進して、子牛をより早い日齢で離乳させ、安価なスターター飼養に移すことを目指していました。

25年以上前、コーネル大学のMike Van Amburgh博士と彼の大学院生であったCarolina Diaz氏は、子牛の発育に関するCNCPS（コーネル正味炭水化物・タンパク質システム）モデルの改良版に必要なデータの収集に取り組んでおり、子牛のエネルギー要求量をより正確に把握したいと考えていました。そこで、粗タンパク割合30%の代用乳を作り、給与レベルを3段階で設け、タンパク質が子牛の体重と体高の発育を制限しない状態で、発育を測定しました。試験の結果、最も給与量が多かった（体重の約2.25%）子牛は、過肥を伴うことなく、1日あたり1kg以上の増体を記録しました。同じ頃、私と、私の研究室の大学院生であったKerri Bartlett氏、Ronelle Blome氏は、若齢子牛のタンパク要求量とエネルギー摂取とタンパク質摂取の交互作用について研究を行っていました。1990年代後半にこれらの研究結果が発表され、Diaz氏の研究が2001年にJournal of Dairy Science誌に掲載されると、酪農産業と学

術界で大きな反響を呼びました。

Van Amburgh博士と私は、業界関係者数名と共に、この加速あるいは強化哺育プログラムが初産分娩月齢を早め、健康状態を改善し、より良い乳牛を作り出すことができる可能性をもっていることをすぐさま見出しました。しかしながら、業界を代表する他の子牛の研究者や専門家たちは、一日当たりの飼料コストが高くなることを始めとし、離乳前後で発育が停滞すること、軟便になること、より早期での離乳を望むこと、慣行的に管理された子牛が強化哺育プログラムで管理された子牛に「追いつく」ことで、早期に得られた発育の優位性が失われるのではないかという考え方など、否定的な立場でした。これらの業界に影響力のある研究者や専門家は強化哺育プログラムに強固に反対していたのです。

2000年代に入り、いくつかの強化哺育プログラムの改善・改良によって、人々の強化哺育プログラムに対する認識が変わっていきました。1つ目は、カナダのブリティッシュコロンビア大学が行った子牛の行動学の研究を契機に、行動学に関する研究が大幅に増加しました。これらの研究者たちは、生乳あるいは代用乳を慣行的な哺育プログラムで給与された子牛は一日の大半で空腹を感じており、これが子牛のウェルフェアに負の影響をもたらす、ということを確認に示したのです。2つ目に、強化哺育プログラムの内容が改良され、離乳前後の発育停滞が少なくなりました。3つ目に、適切な強化哺育プログラムを実施すると、慣行的な哺乳量を制限する体系と比較して、増体にかかるコストが同等かそれ以下になるということが明らかになりました。4つ目として、強化哺育が行われた子牛は、初産時の乳生産量が増加する、という研究結果が少しずつ報告され始めました。2010年代に行われた研究におけるデータもこれらの傾向を引き続き裏付けており、現在では20年前の哺乳量よりもはるかに多くの代用乳を子牛に給与している酪農生産者が一般的となっており、強化哺育に対する批判的な声もほとんど聞こえなくなりました。

齋藤昭氏のリーダーシップのもと、全酪連の強化



哺育プログラムは様々な理由によって発展してきました。その理由として、まず、高品質の原料を使用していることと研究によって実証された製品処方をベースにしていることが挙げられます。つぎに、強化哺育プログラムの哺乳量スケジュールが、子牛の順調な発育をサポートして急激な増体を実現し、また、離乳前後の増体成績の停滞がほとんど見られなくなったことが挙げられます。3つ目の理由として、強化哺育によって促進された発育を持続させることができる、科学的な裏付けのあるスターターが強化哺育プログラムに用いられていることです。最後に、全酪連職員が強化哺育プログラムをしっかりとプロ

ラム通りに行うよう酪農生産者を指導していることが強化哺育プログラムの成功に繋がっています。強化哺育プログラムを実施することで、子牛はより早く発育し、健康状態も向上して、乳牛であれば将来の生乳生産量が伸びる、肉牛であればより早く市場への出荷体重に到達するようになるのです。

全酪連は、日本国内だけでなく世界においても、強化哺育プログラムをけん引するリーダーであり続けています。私は、このプログラムの始まり、そして長年にわたる成長と成功に立ち会えたことをとても嬉しく思っています。そして、次の20年において、どのような新しい技術が出てくるのかを楽しみにしています。

[原文]

20 Years of Intensive Calf Nutrition

Congratulations to Zen-Raku-Ren on the 20th anniversary of their intensified nutrition program! Zen-Raku-Ren's program and products represent one of the most successful intensified nutrition programs in the world. As one of the scientists that participated in the development of intensified calf nutrition, I want to take this opportunity to think back on its start.

The idea of feeding more milk replacer to calves to promote greater growth was not a new concept. Several studies in the 1960's and 1970's demonstrated the benefits to calf performance of feeding more milk replacer. However, those data were largely ignored by nutritionists, veterinarians, advisors, and the industry as being too expensive and too much like veal production. The industry was focused on early weaning and promoting starter intake so that calves could be weaned to the cheaper starter at an early age.

More than 25 years ago, Mike Van Amburgh and his graduate student Carolina Diaz at Cornell University were working to provide data for an improved CNCPS model of calf growth, and wanted to better establish energy requirements in calves. To do that, they formulated a milk replacer with 30% crude protein to ensure that protein did not limit body weight and height gains, and then fed it at 3 levels of intake. The highest feeding rate (about 2.25% of BW) resulted in calves gaining more than 1 kg/day without fattening. At the same time, my graduate students Kerri Bartlett and Ronelle Blome and I were conducting research on the protein requirements of young calves and the interaction of protein and energy intakes. Presentation of these results in the late 1990's and publication of the Diaz study in 2001 in the Journal of Dairy Science created much excitement in academia and the industry.

Van Amburgh and I, along with some others in the industry, immediately saw the potential of this accelerated or intensified feeding to reduce the age at first calving, improve health, and make better dairy cows. However, other leading calf researchers and industry specialists focused on perceived negatives, including the greater daily feed cost, the growth slumps around weaning, the looser manure, the desirability of earlier weaning, and the idea that calves would lose this early weight advantage as the conventionally fed calves "caught up" to their intensively fed herdmates. This group of influencers and industry professionals vigorously opposed implementation of intensified feeding programs.

Several developments in the 2000's began to change people's minds about intensified feeding. First was the explosion of research on calf behavior, led by the group at the University of British Columbia in Canada. Those researchers showed clearly that calves fed typical conventional amounts of milk or milk replacers were hungry much of the day, and that this negatively impacted calf welfare. Second, improvements in feeding protocols resulted in less slump in growth around weaning. Third, it was shown that well-implemented intensified programs resulted in similar or lower cost of weight gain in calves compared with conventional limit-fed systems. Finally, reports began to circulate that heifers fed aggressively as calves were producing more milk in first lactation. Data from the 2010's continued to reinforce these trends, and today it is common for farms to feed much greater amounts of milk replacer than they did 20 years ago. Most of the critics have been silenced.

Under the leadership of Dr. Akira Saito, Zen-Raku-Ren's intensified nutrition program has thrived for several reasons. First, the products are successful because they are made from high quality ingredients and have a research-proven formulation. Second, the feeding schedule allows calves to get off to a good start and then grow rapidly, with little slump around weaning. Third, the program uses a proven starter formula that continues the large gains promoted by the milk replacer. Finally, Zen-Raku-Ren staff have focused relentlessly on following the protocols to help farmers successfully implement the program. The end result is faster grown calves that are healthier and either produce more milk or reach market weight sooner.

Zen-Raku-Ren continues to be a leader in intensified calf nutrition, not just in Japan but globally. I am pleased to have witnessed the program's inception and watched it grow over the years to become so highly successful. I'm excited to see what the next 20 years will bring!

機能性全卵粉末製品

全酪連の牛用混合飼料

**Grow Power**

グロウパワー 内容量 200g袋×10

こんな時に

ロボット哺乳機の添加機能を活用し、哺乳子牛の群管理の環境向上に

特長

- 機能性に優れた全卵粉末を配合
- 乳酸菌、ビフィズス菌も配合
- 消化・吸収性に優れた成分が、子牛の腸内環境の適正化をサポート
- 混合飼料等の添加機能がある哺乳ロボットにも使用可

給与量

1日1頭あたり7gを目安に、移行乳または代用乳に溶解して給与



初乳や移行乳、  
代用乳と一緒に飲ませて  
すくすく育てましょう。

# 強化哺育の歴史



ラリー・E・チェイス名誉顧問

私は、コーネル大学で普及活動や研究、教育に40年間携わり、その後全酪連の技術顧問を10年間務めました。酪農業界で50年以上も生産者の皆さんと共に仕事ができ、とても光栄です。私の全酪連、そして齋藤昭氏との初めての出会いは、伊藤紘一氏が日本で開催したセミナーでした。私は全酪連と仕事をしながら、会議や農場訪問の場で、酪農生産者と働いている多くの全酪連職員と出会えたことを嬉しく思っています。私は、全酪連の若手職員が熱意と高い技術力をもって仕事に取り組んでいること、そして全酪連が乳生産量や生産効率、会員組合および酪農生産者の皆さんの利益を最大化するために、製品や飼養管理技術に対する研究開発を重要視していることに感銘を受けてきました。全酪連はMike Van Amburgh博士(コーネル大学)やJim Drackley博士(イリノイ大学)、Bob James博士(バージニア工科大学)をはじめとする専門家と共同研究を行ってきた深い歴史を持っているのです。

代用乳に関する研究は1940年代から始まり、当時は代用乳原料や給与量が注目を集めていました。2013年にAl Kertz博士によって発表された論文では、初期の研究における酪農業界の標準的な代用乳について、粗タンパク含量が20%、脂肪含量が20%であり、固形分率を約12%として、子牛の出生時体重の約10%の粉体量で給与されていたと報告されています。当時の目標は子牛のスターター摂取量を高め、早期離乳を達成すること、そして離乳時の体重が出生時体重の2倍になっていることでした。代用乳は子牛へのタンパク供給源として好まれていました。

代用乳が給与された子牛と、離乳まで親付けで生乳を摂取した子牛の、初産時乳量を比較した試験が3つ報告されています。親付けで生乳を摂取した子牛の初産時乳量は、代用乳が給与された子牛よりも、平均で781kg高くなりました。親付け子牛の換算生乳摂取量は、代用乳給与子牛の摂取量の約2倍でした。イリノイ大学で行われた試験では、代用乳の給与量が体重の14%であった子牛の平均日増体量が0.73kg/日であったのに対し、給与量が体重の10%

であった子牛は0.36kg/日の平均日増体量であったことを明らかとしています。その他の試験でも、代用乳の総固形分率を12%から15%に増加させることで日増体量の改善が見られたと報告しています。これらの研究の結果は、当時の哺乳プログラムが子牛の成長を制限している可能性を示唆するものでした。これを受けて、研究のターゲットが増体速度の改善へ移っていきました。コーネル大学の初期の試験では、粗タンパク含量30%、脂肪含量20%の代用乳が使用され、日増体量が0.5、0.95および1.4kg/日になるような哺乳プログラムが検討されました。この試験の実際の日増体量は、それぞれ0.56、0.97および1.1kg/日でした。

こういった様々な研究は、のちの“強化哺育”プログラム開発へと続いていきます。この“強化哺育”という考え方はMike Van Amburgh博士が2005年の全酪連酪農セミナーにて提唱したものです。目標は、子牛への適切な栄養供給により56日齢における体重が出生時体重の2倍となっていること、寒冷環境での十分なエネルギー供給、そして骨格や筋肉といったタンパク組織の発達促進でした。全酪連の酪農技術研究所では、Van Amburgh博士の指導のもと、一連の哺育試験が実施されてきました。さらにコーネル大学でも全酪連からの支援を受けながら同様の試験が行われています。

強化哺育プログラムに基づいて哺育された子牛は、慣行的な哺育プログラムの約2倍の代用乳粉体を消費することになります。強化哺育プログラムで使用される代用乳の成分は一般的に粗蛋白割合25-30%、脂肪割合15-20%です。このような強化哺育プログラムの特徴から、一日当たりの代用乳にかかる費用は高くなります。しかしながら、子牛のスターター消費量は減少します。強化哺育プログラムの高い哺乳レベルによって、離乳までに得られた発育量を活用するには、粗タンパク含量が約22%のスターターを給与して、離乳後の発育も高く維持していく必要があります。

強化哺育プログラムに関する試験の結果は、強化

哺育プログラムによって離乳時の発育が伸び、より早い月齢で授精に適した体重に達することができることを示唆しています。さらに、初産分娩月齢も早くなり、初産時乳量は400から800kg程度増加します。ミシガン州立大学の研究者らは、慣行的な哺育プログラムを受けた子牛と強化哺育プログラムを受けた子牛を比較した結果、誕生～初産時までにかかる総コストに差が見られなかったことを報告しています。乳代にもよりますが、強化哺育プログラムの結果

得られる収益の増加は、それによって生じる追加の代用乳コスト増の約3倍にもなります。

全酪連は酪農生産者の生産効率と収益性の向上を支援するために、強化哺育プログラムを開発するというビジョンを掲げています。強化哺育プログラムがあなたの農場にあっていないか、どのように導入していけばよいか、是非全酪連の担当者に相談してみてください。

[原文]  
History of Intensified Calf Feeding

It has been a privilege for me to work with the dairy industry and dairy producers for over 50 years. I worked at Cornell University for 40 years in extension, research, and teaching. After this, I was a Technical Consultant for ZRR for 10 years. My first exposure to ZRR and Akira Saito was at a meeting Japan sponsored by Dr. Koichi Ito. It has been a pleasure to work with ZRR and meet many of the staff working with dairy farms at meetings or on farm visits. I have been impressed with the quality and enthusiasm of the young employees and the importance that ZRR places on conducting research to improve products and management practices to improve milk production, efficiency, and profitability of its members. Your cooperative also has a strong history of collaborating with experts including Dr. Mike Van Amburgh (Cornell University), Dr. Jim Drackley (University of Illinois), and Dr. Bob James (Virginia Tech).

Research on milk replacers started in the 1940's focused on ingredients used and feeding rates. In a 2013 paper, Dr. Al Kertz reported that the industry standard milk replacer from early studies was 20% crude protein, 20% fat containing about 12% solids fed at about 10% of the calves' birth weight. The goal was to encourage calf starter intake and early weaning. Milk products were the preferred protein sources. Doubling body weight from birth to weaning was the goal.

There were 3 trials comparing the 1st lactation milk production of calves fed either milk replacer (MR) or suckling milk until weaning. Calves that suckled milk produced an average of 781 kg more milk during the 1st lactation. Milk equivalent intake for the suckled calves was about double that of calves fed MR. A trial from the University of Illinois reported average daily gains of 0.73 kg/day fed MR at 14% of body weight versus 0.36 kg for calves fed MR at 10% of body weight. Other studies have reported improvement in daily gain by increasing total solids in milk replacers from 12 to 15%. Results from these studies indicated that current calf feeding programs were restricting calf growth. This sets the stage for research to improve growth rates. An early trial from Cornell University used MR with 30% crude protein and 20% fat fed to targeted growth rates of 0.5, 0.95 and 1.4 kg/day. Actual daily gains were 0.56, 0.97 and 1.1 kg/day.

The result of these and other studies was the development of the "intensified" calf feeding program. This concept was introduced by Dr. Mike Van Amburgh at the ZRR seminars in 2005. The goal is to provide adequate nutrition to allow calves to double birth weight by 56 days of age, feed enough energy in cold environments and promote body protein gain. There have been a series of calf trials conducted at the ZRR research farm under the guidance of Dr. Van Amburgh. In addition, trials have been conducted at Cornell University with support from ZRR.

Calves in the intensified feeding program consume about twice as much milk replacer powder than calves in traditional feeding programs. The milk replacer used is usually 25 - 30% crude and 15 - 20% fat. This increases the daily feed cost. However, the days to weaning and the amount of calf starter fed will decrease. The calf starter fed is about 22% crude protein to maintain a high-quality post-weaning program is required to take advantage of the growth from higher levels of milk replacer fed prior to weaning.

The results of intensified feeding programs indicate that calves are larger at weaning and reach breeding weight at a younger age. They have a lower age at first calving and produce 400 to 800 kg more milk in this lactation. Workers at Michigan State University reported that total costs through the first lactation were not different between the conventional and intensified feeding programs. Depending on milk price, returns from the intensified feeding program can be 3 times the higher extra cost of the milk replacer.

Zen Raku Ren needs to be recognized for having the vision to develop this program to assist dairy producers improve the efficiency and profitability of dairy farms. You should collaborate with your representative to determine if this fits your farm and how to implement this on your farm.

輸送時・導入時・暑熱時などのミネラル補給に

全酪連の牛用混合飼料

# AQUA CHARGE!

アクアチャージ 内容量 2kg 計量カップ付

Na  
Sodium

K  
Potassium

こんな時に 輸送時・導入時・暑熱時などのミネラル（電解質）補給に

特長

- ナトリウム、カリウムなど、輸送時・導入時・暑熱時に失われやすいミネラルを十分配合
- 水分とミネラルを効率よく補給できるようなバランスが良い配合割合
- ミネラル吸収を促進するためにブドウ糖も

給与量 2ℓの微温湯に80gを溶解して給与



# 過去20年間における 子牛の栄養学について

トム・タルキー博士 Dpl ACAN  
AMTS社 代表取締役 兼 最高経営責任者



1970年代から1980年代にかけて飼養頭数65頭の酪農家で育った私は、子牛の飼養管理を任されていました。1986年にコーネル大学へ進学するまでは作業を祖父と分担しており、それ以降は母が引き継ぎました。私たちは子牛を群で管理し、全乳と伝統的な粗蛋白割合20%/脂肪割合20%の代用乳を混合して、バケツ哺乳を行っていました。バケツの容量は12Lだったと思います。80～90日齢から減乳を開始し、1週間以上かけて段階的に哺乳量を減らしていきました。最後の数日間は、搾乳後のパイプラインを洗い流した水だけを与えました。1980年代の後半になって、父はスターターの購入を始めました。それまでは、粗蛋白割合18%の乳配と良質なグラスの1番草、あるいはアルファルファの3番草やアルファルファサイレージを自由採食で食べさせており、コーンサイレージが手に入る時期はそれも与えていました。平均日増体量がどの程度だったか、記憶にありません。ただ、市場に子牛を持っていく度に市場関係者から「過肥気味だね」と言われたことを覚えています（私は健康的だと言っていました）。1990年に修士課程を始めると、私は子牛について興味を持っている同僚に出会います。彼の名前はMike Van Amburghです。同じ頃、哺育子豚について学んでいたBob Harrelというもう1人の同僚とも出会います。彼は、1日に体重の10%以上も増体する子豚用の代用乳を設計していました。まるで暑くて湿度の高い7月に成長するトウモロコシのように、著しく発育する子豚の様子を見て、Mikeと私は頭を殴られたような衝撃を覚えました。数年後、Van Amburgh博士は、「子牛の離乳前の発育が良いほど（つまりADGが高いほど）、乳牛としてより多くの生乳を生産するようになる」という素晴らしいデータを報告することになります。これが、近代の子牛栄養学の始まりです。

原子力発電所での大きな事故を伴った東日本大震災の1か月後、私は初めて日本を訪れ、多くのことを学びました。コーネル大学やイリノイ大学が実施した子牛の研究について、全酪連という組織がその

応用に熱心に取り組んでいることも知りました。その応用体系の名前について人々と議論したことも覚えています。米国の多くの人が、その体系のことを「Intensified Feeding System」、あるいは「Enhanced Feeding System」（強化哺育体系）と呼んでいました。私はこの用語に同意できません。私はこの体系こそを「Normal Biological Growth（正常な生物学的発育）」と呼びたいくらいです。これはつまり、以前行われていた（現在もまだ行われています）哺育体系が生物学的にみて普通ではないということを示しています。全酪連の代用乳が作られている工場を訪れ、齋藤昭氏とたくさんの議論を交わした後、私は全酪連が最新の子牛の栄養学研究に適応した世界的なリーダーであることをはっきりと理解しました。それからというもの、私はスターターの改良や初乳への重点的な取り組み、新しい子牛牛舎の設立、哺乳ロボットの導入など、全酪連の様々な活動を目にしてきました。日本の哺乳ロボット導入数は世界の上位5位以内に入るはずですが、これら全ては、子牛の管理（栄養管理や飼養管理）をより良くするための継続的な献身を示しており、その努力が健康性の改善や長命性の発揮、乳生産性の増加などをもたらすのです。さらに、全体的なアニマルウェルフェアの改善にもつながります。素晴らしい取り組みなのです！

残念ながら、どのような「新しい」技術にも言えることですが、人々は現状に満足するようになります。現状に満足すれば、技術は後退を始め、人々は物事を「より安く」することに注目し、そしてわれわれはパフォーマンスを失います。まず、みなさんに同意していただきたいことは、適切な栄養管理が必ずしも低コストとは限らないということです。しかしながら、増体1kgあたりのコストで評価すれば、適切な栄養管理はほとんど常に利益率の高い手法となります。「どうやって安い製品を作るか」ではなく、われわれは「どうすれば子牛の増体をより伸ばせるか」を問うべきです。この問いの解には、哺乳ロボットのキャリブレーションや清掃、初乳と移行乳の給与、



図1 妊娠後期における暑熱ストレス対策の有無が初産期乳量へ及ぼす影響

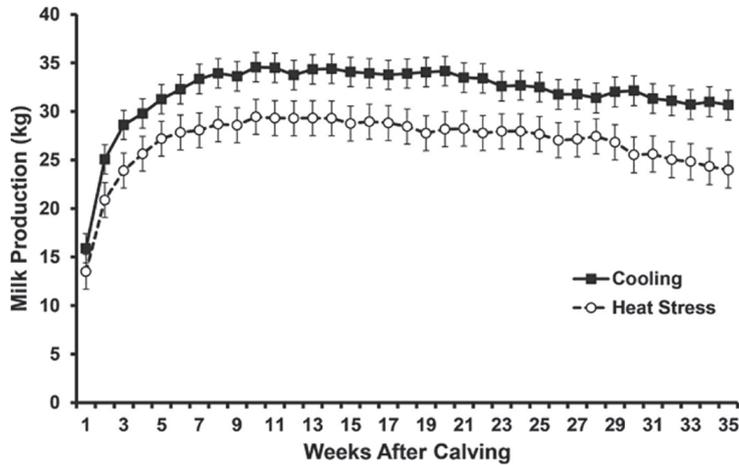


Figure 2. Effect of maternal heat stress (HT, n = 29) or cooling (CL, n = 35) during late gestation on milk production in the first lactation. Solid squares (■) and open circles (○) represent calves from cooled dams and heat-stressed dams, respectively. Data from calves born over 5 consecutive years were analyzed. Heifers born to cows in HT during the dry period produced less milk up to 35 wk postpartum compared with those born to cows exposed to CL (26.8 ± 1.7 vs. 31.9 ± 1.7 kg/d; P = 0.03). Error bars indicate SEM.

優れたスターターと自由に飲める水の給与、そして優れた換気などが含まれます。乾乳牛への暑熱ストレス対策ももちろん重要です！

最新のデータでは、暑熱ストレスを受けた乾乳牛から産まれた子牛は、離乳前の発育が遅く、初産を迎えるまでの生存率が低く、生涯の生乳生産量が低く、さらにこの子牛の娘牛たちも同様の生産性と生存率の特徴が引き継がれることを明確に示しています。現在、3世代にわたるデータが評価されていますが、どの世代においても生産性の低下が確認されています。図1は、暑熱ストレスを受けた乾乳牛から産まれた牛と、暑熱ストレス対策を受けた乾乳牛から産まれた牛の、初産期乳量を比較したグラフです。これがエピジェネティクス例になります。これらの牛は持っている遺伝子そのものが変化したのではなく、遺伝子の発現が変化したのです。

表1 Faber 5(2005)より

TABLE 3. Least squares means (±SEM) for milk production<sup>a</sup>, average lactation length, total milk during two lactations<sup>b</sup> (kg/d), and 305-d mature equivalent (ME)<sup>c</sup> (kg) of heifers fed 2 or 4 L of colostrum at birth.

Item	Volume of colostrum			
	2 L		4 L	
	Lactation 1	Lactation 2	Lactation 1	Lactation 2
Milk, kg	7848 <sup>a</sup> (253)	8167 <sup>a</sup> (249)	7526 <sup>a</sup> (252)	9516 <sup>b</sup> (251)
Lactation length, d	324 (9)	292 (13)	298 (5)	300 (8)
Total milk, kg/d		26.9		27.8
305-d ME, kg	8952 <sup>a</sup> (341)	9642 <sup>a</sup> (341)	9907 <sup>a</sup> (335)	11,294 <sup>b</sup> (335)
Sire PTA, milk, kg		+360 (38)		+347 (46)
Dam PTA, milk, kg		+279 (39)		+345 (45)
Heifers, no.		28		27

<sup>a</sup>Least squares means for milk production (kg) produced by lactation were adjusted using lactation length as a covariate.

<sup>b</sup>Means for total milk (kg/d) produced by treatment were computed using actual milk produced during two lactations adjusted using dam predicted transmitting abilities (PTA) for milk as a covariate in relation to lactation length per treatment.

<sup>c</sup>Least squares means for 305-d ME milk (kg) produced during each lactation were adjusted using dam PTA for milk as a covariate.

<sup>a,b,c,d</sup>Means in a row with different superscripts differ (P<0.05) by treatment within lactation.

エピジェネティック反応に同じように影響を及ぼす管理として、迅速な初乳給与と生後3日間の移行乳の給与が知られています。Faberら(2005)は、生後1時間以内に初乳を4Lまたは2L給与した際の影響について実験を行いました。彼らは、これらの供試動物において、2産次までの泌乳成績も追跡調査しています。日増体量は授精前までで差が見られましたが、生乳生産量に関しては、初乳を4L給与された牛が2L給与された牛と比較して、2産期を通した乳量が1,027kg多い結果となりました。表1は、論文から引用した、泌乳成績とその遺伝能力を示したものですが、どちらの試験区の供試牛も遺伝的には似ていることがわかるかと思えます。

これは単にIgGの摂取量によって生じた差ではありません。初乳には、「母牛」と子牛のコミュニケーション手段であるホルモン(成長ホルモンやプロラクチン、IGF-Iなど)が高濃度で含まれています。これらのホルモンが子牛の遺伝子や遺伝経路を「オンにする」ための信号として機能するのです。

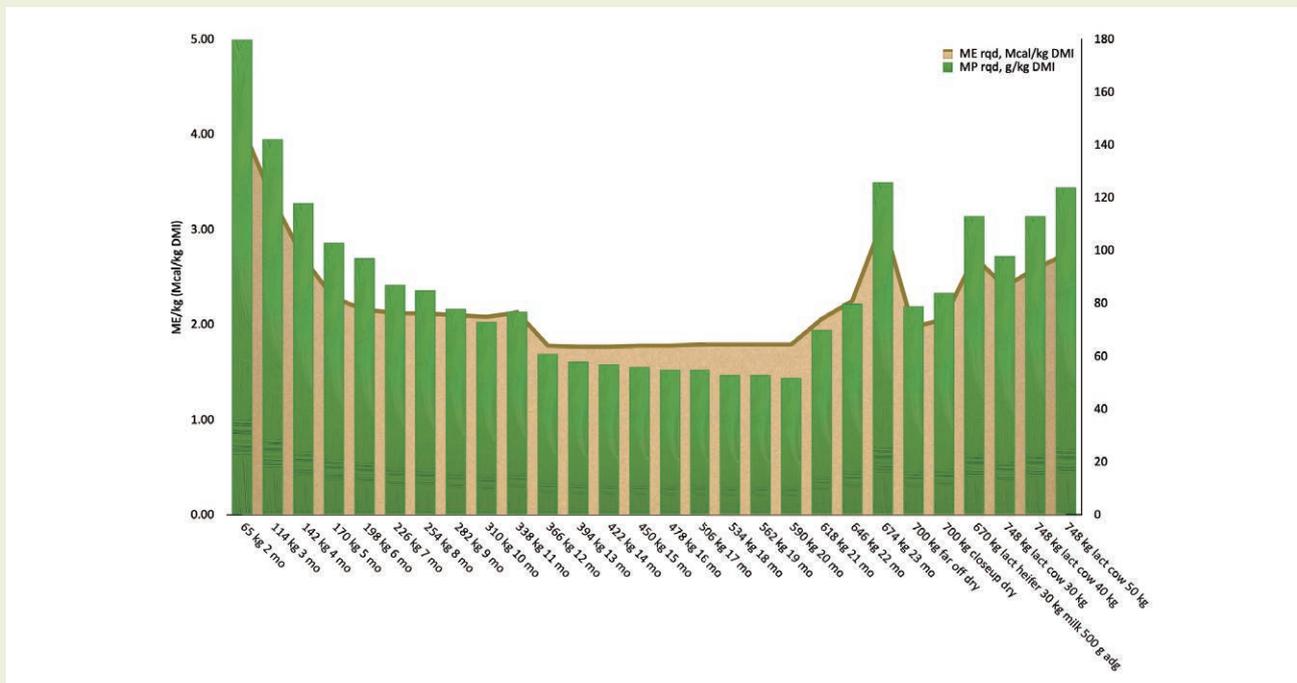
私はAMTSを使って、出生後2か月間の乾物摂取量(DMI)あたりの代謝可能エネルギー(ME, Mcal)と代謝可能蛋白質(MP, g)を計算してみました。図2に示されているように、若齢育成牛は、乳用牛の一生の中で、最も高い飼料中のエネルギー濃度と蛋白質濃度を必要としています。これは、乳量が50kgの泌乳牛(図右端のグラフ)よりもさらに高い値です。

子牛や育成牛の飼養管理について、われわれは様々な進歩を遂げてきましたが、家畜の生産性や生存率の最大化、増体1kgにかかるコストの最適化を達成するにはまだ多くの課題が残されています。子豚のように、離乳前の増体を1日あたり体重の10%

以上にすることはできるのでしょうか。私たちが考えるべき課題があります。全酪連がこのようなゴ

ルの達成をサポートするような製品開発に取り組んでいることを、私は知っています。

図2 AMTSを用いて計算した出生後2か月間の乾物摂取量あたりの代謝可能エネルギー(ME)と代謝可能蛋白質(MP)



[原文]

Calf nutrition over the last 20 years  
T.P. Tylutki PhD Dpl ACAN  
AMTS LLC

Growing up in the 1970s and 1980s on a 65-cow dairy farm, one of my jobs was feeding calves. A chore I shared with my grandfather until I left for Cornell University in 1986 and then my mother took over. We housed calves in group pens. Fed a mix of whole milk and traditional 20/20 milk replacer in pails. The total volume fed was ¼ of a pail for a couple weeks, then a ½ pail, then a little more twice a day. I think the pails were 12 liters. Weaning was 80-90 days and we stepped them down over a couple weeks. The last several days, they were just given the rinse water out of the pipeline at the end of milking. In the late 1980s, my dad started buying calf starter. Before that, we just fed them free-choice 18% dairy pellets, some nice 1st cut grass or 3rd cut alfalfa hay, alfalfa silage, and when we had corn silage, some of that too. What were average daily gains? Who knows. What I do know is when I took calves to dairy shows, the judges always told me our calves were over-conditioned (I said healthy). In 1990, as I started my Masters program, I met a fellow graduate student who was interested in calves. His name: Mike Van Amburgh. At the same time, there was another graduate student, Bob Harrel. He was working with nursery pigs. He formulated a milk replacer where his piglets were gaining over 10% of bodyweight a day. Mike and I just shook our heads in amazement. They grew, well, like watching corn grow on a hot and humid July day. Jump ahead several years and Van Amburgh started reporting some amazing data: the better the calf grows (ie the higher the ADG) pre-weaning, the more milk she produces as a cow! This was the beginning of modern calf nutrition.

My first trip to Japan was a month after the big earthquake that caused the nuclear disaster. I learned many things that trip, including that ZenRakuRen had been diligently working on applying the Cornell and Univ. of Illinois research on calves. I remember challenging people on the naming of the system. Many in the USA were calling it "Intensified Feeding System", others call it "Enhanced Feeding System." I disagree with this terminology. I call this "Normal Biological Growth". This implies that what were doing previously (and many still do) is abnormal, something I truly believe. When I toured the ZenRakuRen Milk Replacer plant, and multiple discussions with Akira Sato, it became clear to me that ZenRakuRen was a global leader in adopting the latest calf nutrition research. I then saw improved calf starters and growers, a large focus on colostrum, new calf barns, and automatic feeders. Japan must be in the top five countries with the highest number of automatic calf feeders. This all shows a continued commitment to better calf rearing (nutrition and management) leading to healthier animals, the potential for longer lives, and more milk production. And improved overall animal welfare. Excellent work everyone!

Unfortunately, as with any 'new' technology, people become complacent. And when complacency happens, protocols begin to slide backwards, people start looking at making things 'cheaper', and we lose performance. First, let us agree that proper nutrition is not always the lowest cost. But if we evaluate costs per kilogram of gain, proper nutrition is almost always more profitable! Instead of asking 'how can we make a cheaper product', we should be asking 'how do we get more gain'. This includes feeder calibration and cleanliness, colostrum and transition milk feeding, excellent calf starters, free choice water, and excellent air quality. And heat stress abatement for dry cows!

The latest data clearly shows calves born from heat stressed dry cows grow slower pre-weaning, have lower survivability before 1st lactation, produce less milk throughout their lifetime, and their daughters carry these performance and survivability losses as well. The data has evaluated three generations now and each generation exhibits loss (Monteiro et al, JDS 99:8443). The following figure illustrates the first lactation milk production of cows from heat stress vs cooled dry cows. This is an example of epigenetics. The genes of these animals were not changed. Rather, their expression was altered.

Similar epigenetic responses are observed with feeding colostrum early and transition milk in the first three days of life. Faber et al (Professional Ani. Sci., 21:420) reported the impact of feeding 4 or 2 liters of colostrum within the first hour of life. They followed these animals through two full lactations. There were differences in ADG pre-breeding, but total milk production in the first two lactations was 1,027 kg greater for the cows that had received 4 liters at birth. The included table is from this paper and shows the lactation productions and that genetically, the animals were similar.

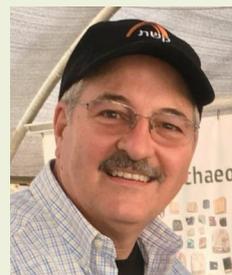
This is beyond simple IgG intakes. Colostrum contains higher levels of hormones (growth hormone, prolactin, IGF-I, and more) that are 'moms' way to communicate with the calf. These act as signals to the calf to 'turn-on' genes and genetic pathways.

Using AMTS, I calculated the ME (Mcal) and total metabolizable protein (MP, g) required per kilogram DMI from two months through calving. As the figure illustrates, the young heifer has the highest energy and protein density requirements in their entire life. Even greater than cows producing 50 kg milk (the column on the far right).

While we have made great progress in feeding young calves and heifers, there is still much to do to maximize our animals performance, survivability, all at the best cost per kilogram gain. Could we achieve pre-weaning gains like those piglets of over 10% bodyweight daily? There is a challenge we should be thinking about. I know ZenRakuRen has products planned to help us achieve these goals!

# カーフトップEXの20周年 おめでとうございます！

ドリュー・A・バルミエ博士 PhD, PAS, Dipl ACAN  
Nouriche Nutrition社



## ■自己紹介

私は幸運にも、40年近くにわたり、子牛を扱うことで生計を立ててきました。ヴィール子牛や乳用種オス子牛、育成後継牛となる子牛を対象に仕事をしています。多くの仕事に携わっていますが、何よりもまず、自分は多くの場所で多くのクラスを受け持つ先生であるようにしています。

私はキャリアの大半で、子牛のパフォーマンス向上と生産コスト低減を目的とした、ミルクのみで育てるヴィール子牛と代用乳およびスターターを給与する子牛の両方に関する研究に携わってきました。われわれの研究用哺育施設では、個別のペンで256頭の子牛が飼養されています。子牛1頭ごとに、個別の飼料バケツと給水バケツ、ボトルホルダーが設けられています。代用乳は2クォーター（1.89リットル）のボトルを使って給与しています。これらの設備を用いて、最大で4種の代用乳と4種のスターターの給与について、同時に試験を実施することが可能です。

私のクライアントは主に米国、カナダおよびフランスの企業体あるいは個人の子牛の生産者となります。1988年以降、飼養規模5,000～100,000頭の子牛育成牧場に対する栄養コンサルティングを行っています。クライアントごとに目標は異なりますが、基本的な軸は同じです。その軸は、子牛育成農場で利

用できる資源を活用して、健康で収益性の高い子牛を育成するための飼養管理プログラムに適応していくこと、です。

## ■日本と米国

米国は約930万頭の乳牛を飼養しており、人口は3億2,700万人です。牛の総飼養頭数で言えば、米国には9,200万頭の牛がいます。日本は米国にとって最も重要な輸出市場であり、2022年には37万トンの牛肉が輸出されています。一方、日本では約160万頭のホルスタイン、約340万頭の肉用牛が飼養されており、人口は1億2,000万人です。国土面積をみると、米国は980万㎡に対し、日本は37万7,915㎡で、米国の広さは日本の約26倍に相当します。

私が齋藤昭氏から強化哺育用代用乳、カーフトップEXについての話を聞いたのは、カーフトップEXが日本の酪農業界に登場してからわずか3年後のことでした。それからの17年間で齋藤氏と私は、米国ではアリゾナ州、カリフォルニア州、コロラド州、フロリダ州、インディアナ州、ケンタッキー州、ルイジアナ州、ミズーリ州、ニューメキシコ州、ニューヨーク州、ペンシルベニア州、ユタ州、ウィスコンシン州、海外ではカナダそしてフランスを共に訪問しました。日本を訪れたことはありませんが、齋藤氏と多くの時間を共に過ごす中で、日本の酪農産業について、また全酪連の子牛飼養管理プログラムについてたくさんことを学びました。齋藤氏と過ごした時間に感謝するとともに、今回、齋藤氏から他国にお



写真1: 講演するドリュー博士 (2015年のカルタヘナ (コロンビア) にて)



写真2: 研究用哺育施設で管理される256頭の子牛



写真3：16,000個のハッチと10,000頭の子牛を管理するグループベンを有するカリフォルニアの子牛育成牧場

る子牛への強化哺育について、また全酪連のカーフトップ EX プログラミングの並々ならぬ成功について、私の思いを執筆してほしいと依頼されたことを光栄に思います。

### ■米国における 3 種の飼養管理プログラム

**① 1日あたり最低コストで管理：**米国では、預託された子牛を飼養することで報酬を得ている生産者の数が限られており、また良質な子牛を生産するインセンティブもありません。その結果、子牛に1日あたり代用乳粉体量が450g程度を給与し、42-49日齢で離乳させるといった飼養管理プログラムが存在しています。私はこれを「子牛を飢えさせ、生き残った子牛を販売する」プログラムと呼んでいます。このプログラムで管理された子牛は効率も質もよくありませんが、1日あたりの飼養コストは最小限に抑えることができます。未だにこのプログラムを採用している生産者がいくらか見られます。

**② 最小限の増体コストで管理：**最も一般的なのは、1日あたり代用乳粉体量で600-700gという中程度の代用乳を給与し、離乳を早くて35日齢、遅くて70日齢ごろに実施する生産者です。この飼養プログラムは、子牛の増体1kgあたりのコストが最も低いため、生体重に基づいてインセンティブを受けようとする子牛の育成生産者が一般的に採用しています。また、乳用種オス子牛を育成する生産者や、後継牛育成牛となる子牛を育成しているが、その育成牛が乳生産を開始したときに強化哺育によって得られるアドバンテージを期待していない

生産者にも利用されているプログラムとなります。

**③ 最高の投資利益率で管理：**米国では、優れた飼養管理を実施している酪農生産者において強化哺育体系が採用されています。これは、強化哺育体系も慣例的な給与体系も、育成牛1頭が分娩するまでにかかる飼養コストは変わらないにも関わらず、強化哺育体系で管理された後継牛は、慣例的な体系と比較して、泌乳期ごとの乳生産量が900-2500リットル多くなるというメリットが報告されているからです。この結果、生産者は後継牛の育成に対して最高の投資利益率を得ることができます。

実際のところ、米国では強化哺育体系が広く受け入れられているわけではありません。理由の1つとして、子牛の日齢や給与量の変化を追跡するような優れた子牛の飼養管理技術が不足していることが挙げられます。私はこのような給与量を変化させる管理方法を「2-3-2-1プログラム」と呼んでいます。このプログラムでは、はじめの2週間で1日あたりボトル2本分の代用乳を給与し、次の3週間でボトル3本分、次の2週間はボトル2本分、最後の1週間はボトル1本分を給与し、49日齢で子牛を離乳させます。カーフトップ EX を用いたプログラムとは少し異なりますが、同様の目的を達成することが可能です。日本では哺乳ロボットの利用が米国よりも一般的ですが、哺乳ロボットを用いることで給与量を変動させながらの飼養管理がより現実的になるでしょう。

代用乳の給与プログラムと将来の乳生産との間にある重要な関係は、生後56日目までの子牛の増



体率を増加させることにかかっています。われわれの目標は56日齢時点の子牛の体重が生時体重の2倍であることです。米国では「中程度の代用乳(600-700g/日)を90日間給与すれば、その後継牛が泌乳牛になった際に乳生産量が増加するというメリットを、同様に得ることができる」と多くの生産者が信じています。しかしながら、この管理では、増体率を増加させ56日齢時点の体重を生時体重の2倍にする強化哺育プログラムによる効果と同じ結果を得ることはできないのです。

## ■強化哺育体系のリーダーである日本

私が思うに、日本は強化哺育体系において世界をリードする存在です。日本ではカーフトップEXを利用して酪農家が多くいますが、米国やカナダ、フランス、オランダなどの国では、この種の飼養管理プログラムがそこまで広く実施されているわけではありません。デンマークでは、伝統的に強化哺育体系に比較的近いプログラムで子牛を育成してきました。

1997年にイスラエルのBar-Peledらが行った研究において、生後56日間の増体速度が速かった後継育成牛は、そうでない個体よりも初産期泌乳量が900リットル以上多かったことが示されました。コーネル大学のMike Van Amburgh博士はこの結果を裏付けるための調査を開始し、2000年には彼の学生であるCarolina Diaz氏が同様の結果を報告しました。そして、強化哺育体系が始まったのです。全酪連がカーフトップEXの供給を開始したのは、このわずか5年後です。これは、公開された研究内容を生産現場へ応用し、落とし込む素晴らしい事例であるといえるでしょう。なぜカーフトップEXがここまで成功したのか、疑問に思う方がいるかもしれません。私はその理由を次のように推察しています。

**1 研究に基づいた結果：**カーフトップEXを用いた強化哺育体系は、それが子牛の成績と酪農家の経済的考慮の両方に対して高い投資収益率を示すことを明らかにした堅実な研究に基づいています。カーフトップEXもその前身となるプログラムも、その当時に得られる最先端の科学に基づいて検討されてきました。全酪連は、慣行的な哺育体系および強化哺育体系で飼養した後継牛の成績比較についての試験を実施しています。こういった研究・試験の結果が、カーフトップEX導入の判断を後押ししているのです。

**2 段階的な改善：**全酪連はカーフトップEXを用いた強化哺育体系を継続的に改善してきました。

様々な研究により、ニューメイクスターの改善や、代用乳の脂肪組成と製造プロセスの改善、和牛子牛を対象にした哺育体系の改良などが行われました。2001年にはBSEという課題に直面しましたが、代用乳に使用されている脂肪を再検討することで、従来版より優れた製品の開発に成功しています。このような継続的な改善は酪農生産者や肉牛生産者に対して利益をもたらしていますが、究極的にいえば、これらの恩恵を最も享受しているのは日本の一般消費者なのです。

**3 業界および主要大学の専門家との連携：**1986年からの全酪連酪農セミナーにおける名高い講演者のリストは、まるでアメリカの乳牛と子牛の飼養管理学における著名人リストのように見えます。講演内容は、脂肪や重曹、炭水化物や粗飼料の給与に関するものや、高泌乳牛、強化哺育体系、移行期牛の飼養管理体系など多岐に渡ります。全酪連がこれらのセミナーや業界との連携を単なる費用ではなく、彼らに関わる生産者の未来への投資として捉えていたことは明らかです。「教育を高価だと感じたら、無知の損失を想像してみなさい」と、私の博士課程の指導教官である故Jack Cline博士がよく仰っていました。全酪連は飼養管理技術の改善に向けて研究活動に投資し、新しい技術を導入するための生産者指導、技術普及に投資を続けてきたのです。

**4 指導者であって、セールスマンではない：**最後に、私が長年わたり関わってきた全酪連の職員が皆、同じ姿勢を貫いているということをお伝えしようと思います。その姿勢は「われわれは酪農専門農協の職員であって、セールスマンではない」というものです。この2者の違いは何でしょうか？酪農専門農協の職員は酪農生産者の最善の利益を追求しています。一方、セールスマンは、顧客にとっては最善の利益につながらないかもしれない製品を販売することで、彼ら自身の利益を追求しているのです。

改めて、全酪連と会員組合の皆さま、酪農生産者の皆さまにお祝い申し上げます！カーフトップEXおよび強化哺育体系を日本の酪農産業に推進・普及してきた過去20年、さらに遡って1967年に日本で最初の代用乳の供給を開始したことは誇るべきものだと思います。これまでも、そしてこれからも、皆さまとご一緒できる機会をいただけることに感謝しています。

[原文]

Congratulations ZenRakuRen on 20th Anniversary of Calftop-EX!  
Drew A VERMEIRE, PhD, PAS, Dipl ACAN  
Nouriche Nutrition LLC, McMurray, PA

### Introduction

I have been blessed to earn a living working with calves for nearly 40 years. My work includes veal calves, dairy beef calves, and replacement heifer calves. Although I do many jobs, first and foremost, I consider myself a teacher with many classrooms in many places.

Photo 1 caption: Dr Drew speaking in Cartegena, Columbia in 2015

For much of my career, I have been conducting research with both milk-fed calves (veal) and calves fed milk replacer and starter feeds to improve calf performance and lower cost of production. Our research nursery holds 256 calves in individual pens. Each calf has its own feed bucket, water bucket and bottle holder. We feed milk replacer in 2-quart (1.89 liter) bottles. We can test up to 4 milk replacers and 4 starter feeds simultaneously.

Photo 2 caption: Research nursery holds 256 calves

My clients have included both companies and calf producers primarily in the United States, Canada, and France. I have worked as a consulting nutritionist with calf ranches ranging from 5,000 to 100,000 calves since 1988. While each client is different, with different objectives, the basic principles are the same: adapt the management program to raise healthy, profitable calves using the resources available to the calf ranch.

Photo 3 caption: California calf ranch with 16,000 hutches and 10,000 calves in corrals

### Japan and United States

The United States has approximately 9.3 million dairy cows and a population of 327 million people. The total number of cattle in the United States is approximately 92 million head and Japan is our most important export market, taking 370 million kg of beef in 2022. By comparison, Japan has approximately 1.6 million Holstein cows and 3.4 million beef animals with a population of 1.2 billion people. The United States is approximately 9.8 million square kilometers compared to 377,915 square kilometers in Japan, making the United States approximately 26 times larger than Japan.

I was introduced to Dr Akira SAITO only three years after Calftop-EX was introduced to the Japanese Dairy Industry. During these 17 years, we have travelled together in Arizona, California, Colorado, Florida, Indiana, Kentucky, Louisiana, Missouri, New Mexico, New York, Pennsylvania, Utah, Wisconsin, Canada, and France. Although I have never visited Japan, Dr SAITO and I have spent a lot of time together and I have learned a lot about the Japanese Dairy Industry, and the calf feeding programs of ZenRakuRen from him. I am grateful for the time we've spent together and honored that Dr SAITO asked me to write some thoughts about intensified feeding of calves in other countries and the extraordinary success of the Calftop-EX program of ZenRakuRen.

### Three Calf Feeding Programs in United States

1.Lowest Cost-per-Day. In the United States, we still have a limited number of producers who are paid to care for calves that are owned by someone else, and there is no incentive to produce better calves. As a result, these calves are fed 450 grams of milk replacer per day and weaned at 42-49 days of age. I call this program "starve the calves and sell the survivors." These calves are not efficient, and not high quality, but they have the lowest cost-per-day and we still see some producers following this program.

2.Lowest Cost-of-Gain. Most commonly, we have producers who feed a moderate amount of milk replacer, 600-700 grams per day with calves weaned as young as 35 days of age and as old as 70 days of age. At this feeding rate, calves have the lowest cost per kg of gain and this program is very typical for producers who are paid to raise calves with incentives paid based on live weight. This program is used for bull calves raised for dairy beef and for heifers where the calf producer does not have a vested interest when the heifer starts producing milk.

3.Highest Return-on-Investment. Intensified feeding has been adopted in the United States by dairies with excellent management because the cost of producing a heifer is the same for both intensified feeding and traditional feeding from day one until the heifer freshens, but with an intensified feeding program the heifer produces 900 – 2500 liters more milk in every lactation. As a result, the producer has the highest return-on-investment for raising the heifer.

In reality, intensified feeding has not been widely adopted in the United States. One reason is the need for better calf management to track calf age and a variable feeding level. I call this feed plan the "2-3-2-1 Program" because we feed 2 bottles per day for 2 weeks, 3 bottles per day for 3 weeks, then 2 bottles per day for 2 weeks, and 1 bottle per day for 1 week with calves weaned on day 49. This program is slightly different than the Calftop-EX Program, but both meet the same objective. The more common use of automatic feeding equipment in Japan makes it more practical to feed calves with a variable feed plan.

The key relationship between the milk replacer feeding program and future milk production is the increased rate of gain by the calf for the first 56 days of life. Our objective is to double the calf's birth weight by day 56. In the United States, many producers believe that if they feed a moderate amount of milk replacer (600-700 g/day) for 90 days, they receive the same benefit of increased milk production when the heifer freshens. This does not have the same effect of feeding a higher amount of milk replacer per day, which increases rate-of-gain and doubles the calf's birth weight by day 56.

### Japan is Leader in Intensified Feeding

In my opinion, Japan is the world leader in Intensified Feeding. Countries such as United States, Canada, France, and The Netherlands do not have such widespread implementation of this type of program as dairies using Calftop-EX. Denmark has traditionally fed calves with a program which is closer to Intensified Feeding than most other countries.

Israeli research in 1997 by Bar-Peled et al showed that heifer calves with faster growth during the first 56 days produced >900 liters more milk in their first lactation. Dr Mike VAN AMBURGH, at Cornell University, began investigations to confirm this result and by 2000, his graduate student, Carolina DIAZ, reported similar results. Thus, began Intensified Feeding. ZenRakuRen introduced Calftop-EX just five years later. This is a remarkable adaptation of published research into field application. One might wonder why has the Calftop-EX program been so successful? I can speculate as to the reasons:

1.Research-based Results. The Calftop-EX feeding program has been based on sound research showing both calf performance and economic considerations for the dairy producer showing high return-on-investment. Calftop-EX and its predecessor programs were based on the best science available at the time. ZenRakuRen conducted research to compare the performance of heifers fed the conventional program versus the intensified program. These results drove the decision to introduce Calftop-EX.

2.Incremental Improvements. ZenRakuRen has made continuous improvements to the Calftop-EX program. Research drove improvements in New Make Star, composition and manufacturing process with milk replacer fat, and adaptation of the program for Wagyu calves. ZenRakuRen took the challenge of BSE in 2001 and used it to re-engineer the fat used in milk replacers to produce a product that is now superior to the original fat products. Both dairy and Wagyu producers benefit from these on-going improvements but, ultimately, the Japanese consumer has benefited from these programs the most.

3.Engagement with Experts from Industry and Major Universities. The list of distinguished speakers at the ZenRakuRen Seminars since 1986 reads like a list of who's who in American cow and calf nutrition and management. Topics have included high producing cows, feeding lipids, bicarbonate, carbohydrates, and forages, Intensified Calf Feeding programs, transition cow nutrition and management, among others. It's clear that ZenRakuRen views these seminars and industry engagement not as an expense, but as an investment in the future of the farmers they serve. My PhD advisor, the late Dr Jack CLINE, often said "if you think education is expensive, consider the cost of ignorance!" ZenRakuRen has invested in research to improve programs and invested in farmer education to implement new technologies.

4.Teachers, Not Salesmen. Finally, every person that I have met from ZenRakuRen over the years has had the same attitude: "we are teachers, not salesmen." What's the difference? Teachers are looking out for the best interest of their students while some salesmen are looking out for their own interest in selling something that might not be in the best interest of the client.

Again, congratulations to ZenRakuRen and all of your producers! You should be rightly proud of the past 20 years of innovation with Calftop-EX and really, innovation going back to 1967. I'm grateful for the opportunity to be associated with you, both in the past, and into the future!

# 牛の飼養にエピジェネティクスを応用する —その生物学的メカニズム (初期栄養がウシの体質に影響する生物学的メカニズム)

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター  
後藤 貴文教授

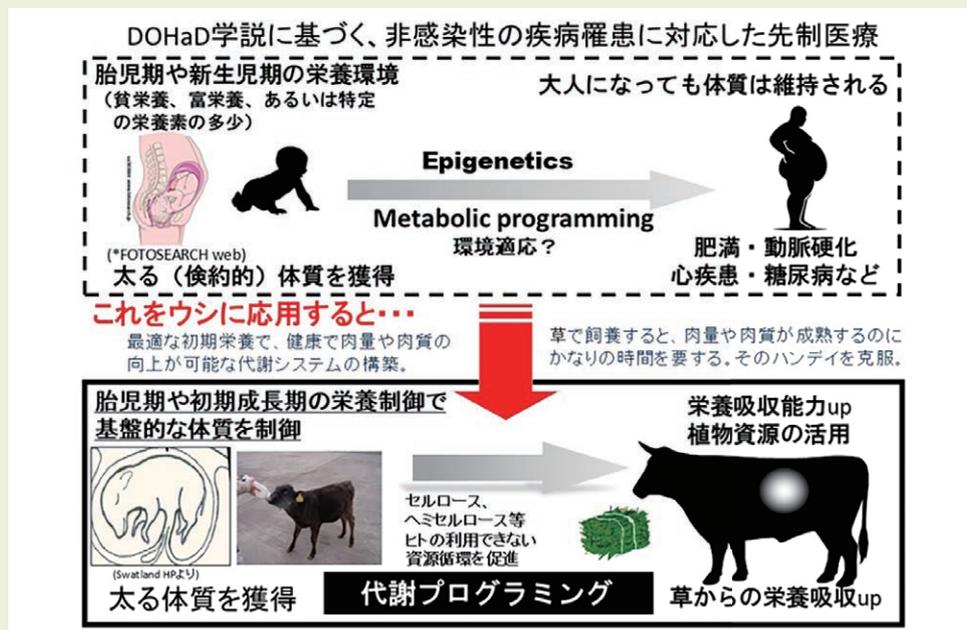
## 1. はじめに

近年、ヒトの胎児期および動物の胎生期、初期成長期の栄養が生後の新生児および新生子における影響に関する研究が積み上げられています。英国の環境疫学の権威である David Barker 博士が1980年代に発表した「バーカー仮説」について、多くの基礎研究がなされ、その仮説が実証されてきました<sup>1)</sup>。この仮説は近年、学問体系として整理されました。この仮説は DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease: 成長過程の栄養状態や環境因子の作用に起因する疾患の発生) という概念として医学分野で捉えられ、エピジェネティクス研究分野と関連して DOHaD 学説として研究が進められています。この学説の基盤となる「エピジェネティクス」は、DNA 配列の変化を伴うものではなく、DNA メチル化、ヒストン修飾、および noncoding micro RNA が主要な要素となります<sup>2)</sup>。これらのなかで特に DNA メチル化およびヒストン修飾は、初期(胎児期や新生児期)の栄養環境により影響を強く受けます。これらの修飾の影響は、細胞分化時における遺伝子発現の強さと発現のタイミングに影響します。すなわ

ち DNA メチル化およびヒストン修飾により遺伝子発現レベルが変化すると器官の細胞の数や代謝システムが変化し最終的に表現型が変化します。このメカニズムを応用して、初期の栄養刺激によるエピジェネティックな修飾機構を制御することができれば、動物生産システムの高度化を目指す畜産分野において、大型哺乳類(大家畜)を用いた妊娠期や新生仔期の栄養制御による家畜生産性の向上技術の開発につながると考えています(図1)。我々の研究チームでは、この初期栄養の刺激を強化哺育で与える実験を黒毛和牛で試してきました。

我々の研究室では、肥育期を粗飼料のみという極端な試験を組んで、草食動物としての初期成長期の栄養の効果を見るための実験を行っています。これにより粗飼料肥育でも3等級レベルの牛肉の生産が可能になることがわかりつつあります。このことは、現在の肥育における濃厚飼料の量を削減した肥育方法でも同等の肉質になるであるとか、肥育スピードを上げ、肥育期間を短縮するための技術となるだけでなく、将来の粗飼料でのグラスフェッド和牛肉生産構築に役立つ技術にも成りうることを確信しています。

図1 DOHaD学説の牛肉生産への応用



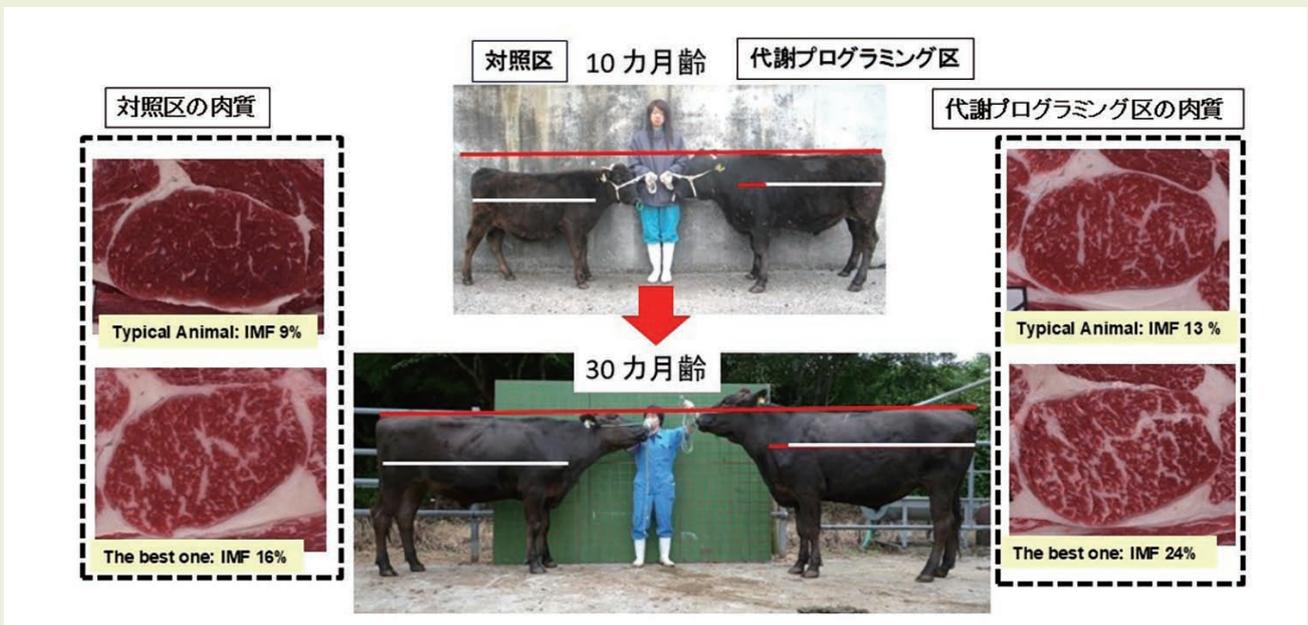
## 2. ウシにおける新生児期プログラミング

新生児期（出生から離乳時期、250日齢頃まで）も体質が可変的な時期であり、この時期の代謝プログラミングについて検討しました。我々の研究チームでは、ウシにおける初期成長期の高栄養による新生児期プログラミングにより、粗飼料で肥育した場合に、肉質や産肉量が向上することを報告しました<sup>3)</sup>。すなわち、離乳前の新生児期に高たんぱく質及び高脂肪のミルクを哺乳ロボットにて“超”強化哺育し（初期高栄養区：カーフトップET1200g～最大1800g給与/日）、その後の離乳食も10カ月齢まで多給することで、離乳後は植物資源（乾草や生草）のみにて肥育しても、幼少期より全く植物資源で育てたウシ（初期低栄養区）よりも明らかに肉量（骨格筋重量）と肉質（筋内脂肪含有割合）が向上しました（図2）。バイオプシーにより胸最長筋の微量サンプルを成長に伴い採取し、成長に伴う骨格筋内の脂肪形成に関連した遺伝子群の動態を調査したところ、脂肪生成等に関連した遺伝子群 PPAR $\gamma$ 、PPAR $\gamma$  2、CEBP $\alpha$ 、Leptin、FABP4、IGFBP4、及び PRMT5 の発現について、両群間で遺伝発現パターンの差異が認められました。骨格筋の酵素組織科学的な調査を行ったところ、筋線維型構成も速筋線維が増加することが認められました<sup>4)</sup>。

この実験で胸最長筋の網羅的 DNA メチル化解析、マイクロアレー解析、およびメタボローム解析を行った結果、DNA メチル化、網羅的な遺伝子発現パターン、および代謝物は両群間で異なりました。さらに、これらのデータを用いてオミックス解析（Omics 解析；統合解析）を行いエピジェネティック

な修飾による表現型の変化を明らかとしました。全体として以下のことが明らかとなりました<sup>4)</sup>。①新生児期の高栄養により骨格筋内の脂肪細胞分化のマスタージーン PPAR $\gamma$  や、そのヘテロダイマーとして働く CEBP $\alpha$  の発現は、栄養処理中の初期成長期における発現が高く、②哺乳期の血清による in vitro 実験でも生理的な血清中のインスリンや IGF-I の上昇で脂肪細胞分化と増殖が促されること、③出荷時の筋内脂肪、筋間脂肪、皮下脂肪の脂肪酸構成が不飽和化に変化すること、④ DNA メチル化動態（Whole Genome Bisulfite Sequencing 解析）と遺伝子発現解析（Microarray 解析）、及びメタボローム解析（Metabolomics 解析）を用いたオミックス解析を行ったところ、筋線維（筋細胞）における  $\beta$  酸化に関わる遺伝子群がエピジェネティックな制御を受けていること、すなわち DNA メチル化と遺伝子発現等が連動してエピジェネティックな機構での acyl-CoA synthetase medium chain family member 1 (ACSM1)、3-hydroxyacyl CoA dehydrogenase (EHHADH)、3-hydroxybutyrate dehydrogenase 1 (BDH1) and apelin receptor (APLNR) の発現低下が明らかとなりました<sup>4)</sup>。これは筋線維における脂肪酸消費の基盤的低下が起ることを示唆しました。⑤さらに早期高栄養により粗飼料肥育時でもルーメン内（草食動物の第1胃）のプロピオン酸の産生が粗飼料肥育時にも高くなっており、このエネルギー産生の向上も早期栄養により最終的な脂肪交雑が高まることに貢献していることが示されました<sup>4)</sup>。以上のように初期高栄養は、骨格筋細胞や脂肪細胞のエピジェネティックな修飾を変化させ、その後、牧

図2 哺乳期の代用乳と育成期の栄養による代謝プログラミング実験



草等の植物資源のみで肥育しても肉質及び肉量向上に寄与するだけでなく、ルーメン（第1胃）内の微生物構成をもプログラミングすることで、放牧肥育牛の最終的な肉質を変化させることが明らかとなりました（図3）。

代謝プログラミング区：代謝プログラミング牛、生後3カ月齢まで高タンパク質、高脂肪の代用乳を多給され、その後10カ月齢まで高栄養で飼養されました。その後は、31カ月齢まで草資源（粗飼料）のみで肥育されました。対照区：生後3カ月齢まで通常哺乳され、4カ月齢から31カ月齢まで草資源（粗飼料）のみで飼養・肥育されました。体重と胸最長筋（ロース芯）内脂肪含有割合において両区間で有意な差異が認められました（ $P < 0.05$ ）。

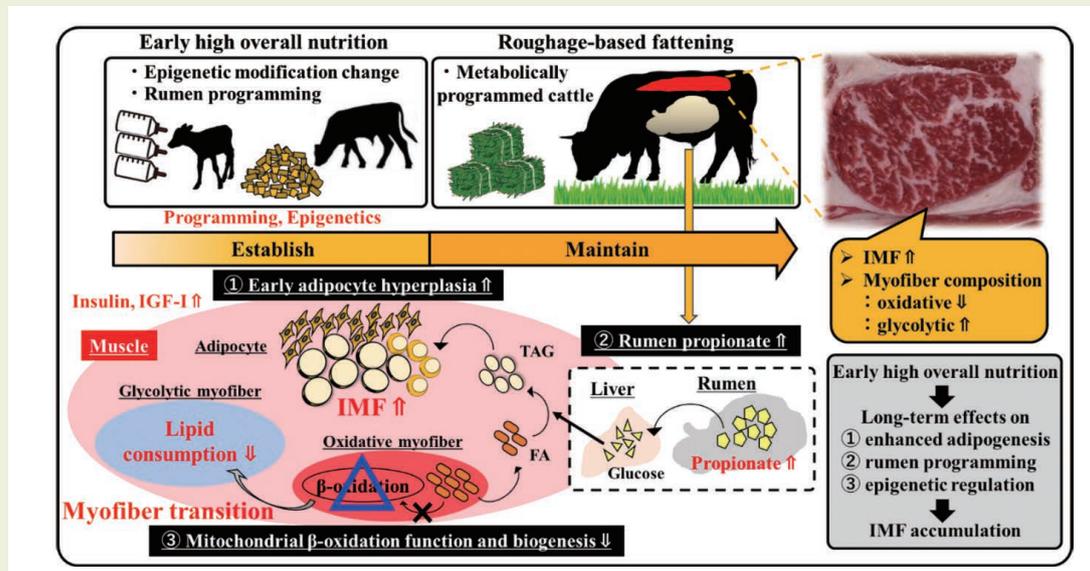
### 3. おわりに～胎仔期と新生仔期のエピジェネティクス動態の制御に向けて～

これまで、我々の研究チームでは新生仔期だけでなく、胎児期の栄養による表現型とエピジェネティクス動態の変化をも見ています。ウシにおける

周産期付近、すなわち妊娠期の栄養と初期成長期、特に哺乳期の栄養をどのように組み合わせれば、生まれた子牛の飼養における濃厚飼料の給与量を削減し、粗飼料を多くすることで肥育コストを削減できるか、その上で肉質と肉量を“さらに”向上させることができるのか？そのための骨格筋、脂肪組織、肝臓及び胸腺等のエピジェネティック修飾に関するさらなるメカニズム解明が必要であり、今後、エピジェネティック修飾に強く影響を与えることのできる主要因子群を探索し、哺育技術やその成分や飼料を開発する予定です。

ウシにおける DOHaD 学説とエピジェネティクスを応用した代謝プログラミング研究は、生産において効率のかつ輸入濃厚飼料の給与量を削減し、粗飼料を増やした持続的生産システムの構築に重要と考えています。エピジェネティクスの知見を活用して、胎仔期や初期成長期、いわゆる哺乳期の栄養状態を調整することで、将来はウシの成長や肉質を最適化することが可能となるかもしれません。

図3 新生児期プログラミングにおけるメカニズム



<文献>

- 1) Barker, D. J. P., Eriksson, J.G., Forsén, T., Osmond, C. 2002. Fetal origins of adult disease: strength of effects and biological basis. *Int J Epidemiol*, 31: 1235~1239.
- 2) Waterland, R.A. Present Knowledge in Nutrition, 10th Edition (Erdman Jr J. W., Macdonald I. A., Zeisel S. H., ed.) , 2012; 14~26, Wiley-Blackwell, Hoboken.
- 3) Khounsaknalath, S., Etoh, K., Sakuma, K., Saito, K., Saito, A., Abe, T., Ebara, F., Sugiyama, T., Kobayashi, E., Gotoh, T. 2021. Effects of early high nutrition related to metabolic imprinting events on growth, carcass characteristics, and meat quality of grass-fed Wagyu (Japanese Black cattle). *Journal of Animal Science*, 99: 1-9.
- 4) Nishino, D., Khounsaknalath, S., Saito, K., Saito, A., Abe, T., Kobayashi, E., Ebara, F., Maak, S., Albrech, E., Pfaffl, M.W., Saneshima, R., Shimamoto, S., Ijiri, D., Koike, S., Yasuo, S., Gotoh, T. 2025. Early high nutrition enhances grass-fed beef productivity through epigenetically regulated muscle metabolism, altered early adipogenesis, and rumen fermentation dynamics. 101551. *Animal*, 19(101551)
- 5) Ehara, T., Kamei, Y., Takahashi, M., Yuan, X., Kanai, S., Tamura, E., Tanaka, M., Yamazaki, T., Miura, S., Ezaki, O., Suganami, T., Okano, M., Ogawa, Y. 2012. Role of DNA methylation in the regulation of lipogenic glycerol-3-phosphate acyltransferase I gene expression in the mouse neonatal liver. *Diabetes*, 61 : 2442-2450.
- 6) Yuan, X., Tsujimoto, K., Hashimoto, K., Kawahori, K., Hanzawa, N., Hamaguchi, M., Seki, T., Nawa, M., Ehara, T., Kitamura, Y., Hatada, I., Konishi, M., Itoh, N., Nakagawa, Y., Shimano, H., Takai-Igarashi, T., Kamei, Y., Ogawa, Y. 2018. Epigenetic modulation of Fgf21 in the perinatal mouse liver ameliorates diet-induced obesity in adulthood. *Nat Commun.*, 9: 636.

# 育成後継牛の生後2か月以降の成功に向けた準備



ロドリゴ・モラーノ博士  
Lactanet 酪農生産エキスパート(飼養・栄養学)

まず初めに、カーフトップ EX20 周年を迎えられたとのこと、おめでとうございます。今から10年以上前、私がまだ大学院生だった頃に、齋藤昭氏と彼のチームがコーネル大学を訪れており、彼らを通して初めて全酪連と関わりを持ちました。それ以来、会員組合および酪農生産者により良いサービスを提供するために、全酪連が研究を応用し、現場に基づいた解決策を開発していくことを最優先事項にしていると痛感しています。だからこそ、今回のCOWBELL増刊号で、乳用後継牛の飼養管理に関する私の経験と見解をまとめた記事を寄稿することを、とても光栄に思っています。

昔働いていた農場のオーナーが、子牛に最高の飼養環境を与えて「素晴らしい牛」を作り出すことの重要性をよく語っていました。私はこれを、自身のキャリアの早い段階で、身をもって学んでいました。同じころ、コーネル大学のMike Van Amburgh博士のグループが、子牛の栄養とそれが生涯の生産性に及ぼす影響について研究結果を発表したと耳にしました。当時、彼らの発見は画期的でした。しかし私にとっては、彼らの発見は、自身の経験からみても、理にかなっているものだったのです。過去数十年にわたり、彼らの研究とその応用は子牛の飼養管理を変化させ、これらが酪農業界の成功にどれほど貢献したかという私たちの評価も変えていきました。要は、これまでいくらかのお金を節約するために若齢育成牛に対する投資を制限しようとしてきましたが、実はそれによって生じる治療が必要な疾病の多発や子牛の淘汰、将来の乳生産性と長命性の能力低下によって節約した以上のお金を失っていると、気づき始めたのです。

栄養学的な視点から見ると、子牛のさらなる発育を達成するには、液状飼料(ミルク)の固形分給与量を増やしたり、給与量を外環境に合わせて調節したりするだけでなく、代用乳の品質が摂取量の増加に伴って増えていく蛋白質の要求量に見合っている必要があります。蛋白質の供給が不足すると、赤身組織の発育が制限され、発育の強化によって得られる

将来の乳生産性へのメリットが失われる可能性があります。Soberonら(2012)による回帰分析では、離乳前の平均日増体が1日あたり100g増加することにより、初産から3産にかけての生乳生産量が約230kg増加することが示唆されています。

しかしながら、将来の乳生産を高める可能性があるのは、離乳前の発育改善に限ったことではありません。同じ研究の中で、離乳から授精までの期間で平均日増体が1日あたり100g増加することにより、初産から3産にかけての生乳生産量がおよそ820kg増加すると述べられています。このような著しいポテンシャルがあるにもかかわらず、離乳後の育成牛に対する栄養管理はあまり研究されてきませんでした。これを踏まえ、私は博士課程にて、子牛が反芻動物へと移行していく過程での栄養要求量について、いくつかの実験を行いました。具体的には、全酪連の協力・資金的支援を受けて、スターターへのメチオニンおよびビタミンB群の添加、また添加形態が及ぼす影響について、2つの動物実験に取り組みました。これらの実験により、メチオニン類似体が飼料摂取量と離乳後の発育を促進すること(Molanoら, 2020)、飼料由来およびルーメン合成由来のビタミンB群とコリンが日増体1kg/日で発育する子牛の要求量を満たすのに十分であったこと(Molanoら, 2021)を明らかとしました。他にも細かい知見が得られたのですが、概して、これらの実験結果は、強化哺育プログラムに沿って管理された子牛は、適切な飼養管理を継続することで、離乳中(0.80kg/日)および離乳後(1.30kg/日)も許容可能な日増体量を達成し続けることが可能であるという考えを強化しました。供試された子牛の体重は、離乳開始前後には出生体重の2倍となり、3か月齢時には出生体重の3倍を達成しました(図1)。今日においても、乳用子牛においてこのレベルの発育パフォーマンスを報告した研究は多くありません。実験内で適用された強化哺育プログラム、代用乳の品質、固形飼料中の炭水化物とアミノ酸組成、長く漸減的な離乳管理が、こういったパフォーマンスの要因であったと考えられています。

図1 異なる量あるいは形態のメチオニンを含むスターターを摂取した子牛の体重の推移 (出典Molano et al., 2020)

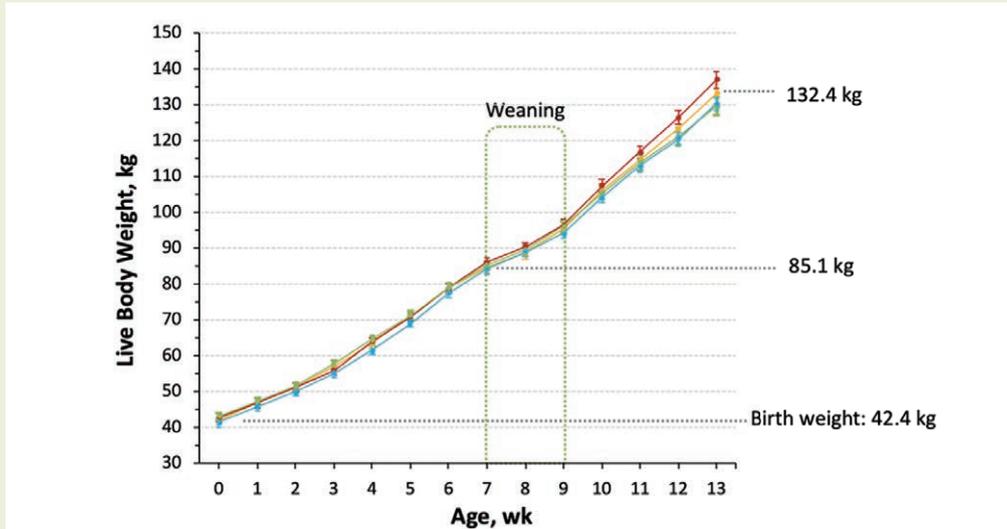
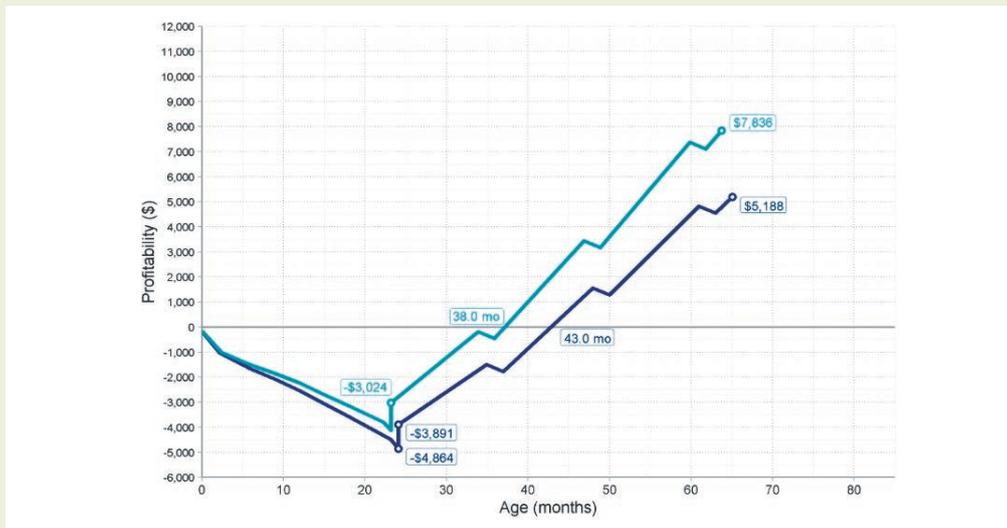


図2 平均的な牛群(濃い線)と育成コストを早く償還した上位20%の牛群(薄い線)の、牛のライフステージにおける収益性のバランス(カナダドル) (出典Lactanet, 2023)



さらに私たちや別の研究グループから体組成データを収集したことにより、離乳後の育成牛が示す発育がどのような内訳となっているのか、その特徴をより明確に示すことができるようになりました。離乳後の育成牛は赤身組織や骨格、機能組織の成長に関して並外れた能力を有しています。こうした取り組みによって、反芻動物である育成牛の栄養要求について理解が深まり、発育能力を活かすことが可能となります。

現在、私は、Canadian Network for Dairy Excellence (Lactanet) で、育成牛飼養管理の分野で普及活動を担当しています。飼養コストを削減しながら、乳牛の生涯収益性を最大化し、最終的には酪農生産者が育成後継牛の飼養管理プログラムにかけた投資に対する効果を最適化できるような、生物学的指標と経済学的指標の評価と統合に興味をもって取り組んでいます。最近、一般酪農場の飼養管理プロ

ラムを評価したところ、調査した牛群の平均と比較して、飼養コストを削減 (CAN\$850) しつつ、損益分岐点への到達を5か月早め、生涯収益性を増加 (CAN\$2,500) させている牛群があることを特定しました。これらの牛群は、6か月齢までにかかる投資額が平均的であった一方で、その後の投資を削減し、初産分娩月齢を早めながら、分娩時の発育と初産時乳量はしっかり確保できていました (図2)。

子牛の発育と発達、将来の乳生産能力に影響する継続的なプロセスです。液状飼料 (ミルク) の給与プランが飼養管理プログラムの基盤となる一方で、離乳中および離乳後もプログラムは継続して実行される必要があります。この過程で投入される資源は、単にコストとして捉えるのではなく、子牛の発育と健康パフォーマンスの両方を考慮した投資として、最終的には彼女たちの生涯の生産サイクルを通じた投資に対する利益として、考えていく必要があるでしょう。

[原文]

Setting dairy replacements for success beyond the first 2 months of life

First of all, congratulations to Zen-Raku-Ren for the first 20 years of the Calf Top EX. My first contact with the cooperative was through M. Akira Saito and his team during one of their visits to Cornell University, while I was as a graduate student, more than 10 years ago. Since then, it has been clear to me that applying research and developing since-based solutions was a Zen-Raku-Ren's priority to better serve its clients. Therefore, I'm honored for having the opportunity to contribute to this special COWBELL edition with a summary of my experience and perspective on the rearing of high quality of dairy replacements.

Early in my career I learned first-hand the value of providing the best conditions possible to calves to produce "great cows", as the owner of the farm I was working at used to say. At about the same time, I heard about the research coming from Dr. Mike Van Amburgh's group at Cornell University on calf nutrition and its lifelong effects on productivity. At the time their findings were groundbreaking, but more importantly for me, they just made sense! During the past few decades, the research and its application has transformed many areas of calf rearing and our appreciation for its contribution to the success of the dairy enterprise. Basically, we understood that by trying to save some dollars, limiting the resources invested in the young heifer, much more money is being lost by the derived health issues needing treatment, the calf losses and the diminished capacity to produce milk and to stay in the herd of the resulting cows.

From the nutritional standpoint, to allow calves achieve enhanced growth, not only a greater quantity of liquid feed solids should be offered, and adjusted according to the environmental conditions, but also the quality of the milk replacer should match the increasing needs of protein with increased feed allowance. Insufficient protein supply will limit lean growth and potentially negate the benefits of enhanced growth on future milk yield. Regression analysis by Soberon et al. (2012), identified that per every 100 g/d increase in average daily gain before weaning, cows produced about 230 kg of milk more over their first three lactations.

However, the potential to boost future milk yield through improved growth does not end at weaning. The same analysis mentioned above found that for every 100 g/day increase in average daily gain from weaning to breeding, cows produced roughly 820 kg more milk over their first three lactations. Despite this significant potential, the nutrition of heifers during and after weaning has received far less attention in research. With this in mind, during my doctorate program we explored few aspects on the nutrient requirements of the calf in its transition to a ruminant. More precisely, we investigated the effect of the supplementation and the form of supplementation of methionine and B-complex vitamins in the starter feed in two separate animal trials, in which Zen-Raku-Ren collaborated and contributed financially. With these studies, we found that a methionine analog promoted feed intake and growth during postweaning period (Molano et al., 2020) and that the B vitamins and choline coming from the diet and the ruminal synthesis were sufficient to satisfy the needs of calves growing at 1.0 kg/d (Molano et al., 2021). Although more detailed findings were drawn from this research, in general these studies reinforced the idea that with the sustained provision of proper management and nutrition, calves raised under enhanced liquid feeding programs could continue to attain acceptable growth rates during (0.80 kg/d) and after (1.30 kg/d) weaning. Under the conditions of these studies calves were able to double their birth weight before weaning was initiated and to triple birth weight by 3 months of age (Figure 1). Still today, these studies are among the few in the published literature describing this level of growth performance in dairy calves. The enhanced liquid feed program, the quality of the milk replacer, the carbohydrate and amino acid profile of the solid feed, and the delayed and gradual weaning offered in these studies are among the factors that could be contributed to the observed performance.

Figure 1. Body weight of calves consuming starters with different levels and forms of supplemented methionine. Adapted from Molano et al., 2020.

Figure 2. Average balance of profitability (in Canadian dollars) over the life cycle for the average herd (dark line) and for the top of 20% herds that reimbursed their replacement cost the quickest (light line) in 2021. Lactanet, 2023.

Further the compilation of body composition data from our group and others, permitted us to better characterize the composition of growth of heifers after weaning, a period during which heifers have an exceptional capacity to achieve lean, structural and functional growth. This and other efforts allow a better understanding of the nutritional needs of the ruminant heifer and take advantage of their potential to growth.

Currently on my role at the Canadian Network for Dairy Excellence (Lactanet), I lead extension activities on the heifer rearing area and I'm interested on the evaluation and integration of biological and economical metrics that could reduce rearing costs, maximize lifelong profitability and, ultimately, help dairy producers optimize the return on the investment put on their replacement programs. In a recent characterization of rearing programs of commercial dairy farms, we identified herds capable to reduce rearing cost (by \$850), to attain breakeven 5 months earlier and to increase lifelong profitability (by \$2,500) when compared to the average of studied herds (Figure 2). These herds invested as many resources during the first 6 months of life as the average herd, but after that they were able to reduce costs and the age at first calving while ensuring adequate development at calving and first lactation milk yield.

The growth and development of the calf is a continuous process that affects its future milk production potential. Although the liquid feed plan sets the foundation of the rearing program, it should be continued during and after weaning. The resources put during this process should not view solely as a cost but as an investment that should consider both the growth and health performance of calves, and ultimately the return on investment over their production cycle.

全酪連の代用初乳製品

農場の環境やニーズにマッチするように、

オールマイティタイプから将来の生産性を底上げする製品までラインナップ

**GOODSTART**

**PREMIUM**

グッドスタート プレミアム

免疫グロブリン  
70g/袋以上

初乳が足りない時、イザという時の備えに

何かと余裕がなく、慌ただしい子牛の分娩。  
溶解性に優れているグッドスタートプレミアムを  
使えばスムーズです。

消化・吸収・機能性に優れた各種成分を配合しました!

良質な初乳粉末 中鎖脂肪酸 ビタミンミネラル 乳酸菌ビフィズス菌 全卵粉末

**Excellent  
START**

エクセレントスタート

免疫  
グロブリンG  
100g/袋  
以上

新たな知見に基づく代用初乳製品

免疫グロブリンGを250g袋中に100g以上配合。

吸収性の高いエネルギー源、ビタミン、  
ミネラルも配合しました。

代用初乳だけでなく、初乳サプリとしても使えます。

# 全酪連と共に歩んだ道

マイク・スティール博士  
ゲルフ大学動物バイオサイエンス学部教授

私が全酪連と知り合ったのは、2017年の米国酪農科学学会(ADSA)で出会った齋藤氏を通じてでした。学会会場での会話の末、齋藤氏は私を2019年に開催された全酪連酪農セミナー「哺育子牛の管理と健康～下痢にサヨナラ～」のスピーカーとして招いてくれました。それまでの私のキャリアにおいて、日本の酪農産業に対する知識は、幼いころに実家の酪農場から家畜を購入する日本のバイヤーと交流したことがある程度のもので、かなり限られていました。

セミナーに向けての準備のため、齋藤氏と彼の技術チームはゲルフ大学を訪れました。私の研究室の学生たちと直接交流し、私の研究プログラムの理論的根拠や方向性を深く理解しようとしてくださったのです。このレベルの関係性を作り上げる姿勢は並外れたものであり、齋藤氏と彼のチームがセミナーにかける多大な配慮とプロフェッショナリズムを表しています。また、このような訪問のおかげで、日本の酪農生産者をサポートするために、自身の研究成果をどのように調整して発表すればよいかを検討す

ることができました。セミナーそのものも、酪農生産者や技術者の方々と知識を交換することができたことも、とても素晴らしい経験となりました。

セミナーの後も、特に子牛の健康と栄養の分野に関して、全酪連の技術チームと定期的に連絡を取り続けています。このような交流は知的なやりがいを刺激し、カナダと日本の双方の酪農産業における課題の共有や戦略の開発へとつながっています。乳用子牛と肉用子牛の両方に対する、初乳の組成や給与戦略、代用乳成分や摂取量、離乳プロトコルや離乳後の栄養管理について、意見を交換してきました。

全酪連の技術チームが有する細部へのこだわりと科学的な好奇心は卓越したものです。私は、全酪連と私の研究室が継続的な協力体制を築いていることを高く評価しています。応用的な研究と知識の交換を通じた、子牛の健康と生産性の向上を目指し、今後も共に努力を積み重ねていくことを楽しみにしています。



[原文]  
My path with Zen-Raku-Ren

I first became acquainted with Zen-Raku-Ren through Dr. Saito, whom I met at the American Dairy Science Association (ADSA) Annual Meeting in 2017. During our discussions, Dr. Saito invited me to participate in a national seminar series in Japan in 2019 titled "Calf Management and Health - Say Sayonara to Scours." At that point in my career, my knowledge of the Japanese dairy industry was limited, aside from early experiences as a child interacting with Japanese cattle buyers who purchased animals from my family's dairy farm.

To help prepare for the seminar, Dr. Saito and his technical team visited my university and met with my students to gain a deeper understanding of the rationale and direction of my research program. This level of engagement was exceptional and reflected the tremendous care and professionalism with which Dr. Saito and his team organize their seminars. These visits were instrumental in helping me understand how my research could be tailored to support Japanese dairy producers. The seminar itself was an outstanding experience, enabling valuable exchange of knowledge with both producers and their technical advisors.

Beyond the seminar, I have maintained regular communication with the Zen-Raku-Ren technical team, particularly in the area of calf health and nutrition. These interactions have been intellectually rewarding, allowing us to explore shared challenges and develop strategies relevant to both the Canadian and Japanese dairy industries. We have exchanged ideas on topics such as colostrum formulation and feeding strategies, milk composition and intake levels, weaning protocols, and post-weaning nutrition for both dairy and beef calves.

The attention to detail and scientific curiosity of the Zen-Raku-Ren technical team is truly remarkable. I greatly value our ongoing collaboration and look forward to continuing our shared efforts to advance calf health and productivity through applied research and knowledge exchange.

# 移行期牛およびその子牛の 過去30年以上に渡る飼養管理技術の変遷

トム・オバートン教授  
コーネル大学アニマルサイエンス学科長

過去30年間、酪農産業および酪農科学の研究は移行期牛の生理を解明することに注力してきました。そして移行期牛の健康および乳生産を高めるための実践的な飼養管理方法を実施してきました。私はこの過去30年のうち、25年以上を全酪連の研究開発顧問であった齋藤昭氏と移行期牛の飼養管理について意見交換を重ねてきました。その中で私は全酪連酪農セミナー・ワークショップで3度セミナー講師を務め、移行期牛の飼養管理技術に関する最新の知見をお話させていただき、全酪連はそれを日本の酪農産業へ普及させるべく尽力してきました。

2003年、私は1回目の全酪連酪農セミナーの講師を務めました。この1回目のセミナーにおける主題は、乳熱の予防、であり、私は全酪連が行っていた輸入乾牧草のミネラル分析の結果に着目し、カリウム含量が低い輸入乾牧草を特定し、それを乾乳牛に給与することで飼料中のDCAD値（陽イオン-陰イオンバランス）を下げることで、乳熱が発生するリスクを低減できることを紹介しました。また、このときにルーメンバイパスコリンが移行期牛における肝臓の健康および代謝に対して良い結果をもたらすという、そのときの最新の研究結果についても紹介しています。その他にも、移行期期間中におけるボディコンディションスコア維持の重要性や移行期牛のグルーピングや施設（乾乳牛、産褥牛の牛舎設備）についても紹介させていただきました。



2006年、私は2回目の全酪連酪農セミナーの講師を務めました。このときは移行期牛の主要な疾病問題に対しての目標値を示しました。また、低カリウム含量の粗飼料を給与するだけでなく、飼料中のDCAD値をコントロールするための陰イオン塩のサプリメント給与についても研究結果を紹介しています。また、このときには、移行期牛および初産牛におけるタンパク質およびアミノ酸の重要性についても紹介させてもらっています。また、全酪連が普及している強化哺育の分野においても、乾乳期間中の栄養戦略が分娩後の母牛の初乳の質に影響を及ぼすこと、乾乳牛への暑熱ストレスが初乳の質を落とし、また、子牛の初乳からの免疫グロブリンの吸収率が低下することについても紹介させていただきました。また、移行期牛の血液サンプルを採取して、血中のNEFAやケトンレベルをモニターすることで、農場レベルで移行期管理がうまくいっているかどうか、の判断基準になることも紹介させていただきました。さらに、2006年のセミナーにおいては、乾乳期間の短縮が乳牛に及ぼす影響を調査した研究結果、泌乳初期の搾乳回数が増加が泌乳牛に及ぼす影響を調査した結果についても紹介させていただきました。

2013年、私は3回目の全酪連酪農セミナーの講師を務め、三度移行期牛に焦点を当てたセミナーを開催させていただきました。このときは、フィールド調査においてニューヨーク州の酪農場で実施した試験から移行期牛の健康および乳生産のデータを紹介します。産褥期において乳熱の症状を示す牛から潜在性低カルシウム血症を示している牛のカルシウム動態についてお話させていただきました。そして、たとえ乳熱の発生率が低い農場であっても潜在性低カルシウム血症を抑制するためには分娩前の飼料給与管理を実施することが必要であることをお話させていただきました。また、乾乳牛飼料のエネルギーをコントロールする（エネルギー要求量を十分充足させる必要がありますが、過度ではなくほどほどに抑えることで産褥期の飼料摂取量および健康状態を

改善することができる) 必要性があることについても紹介させていただきました。乾乳牛飼料中のエネルギー含量をコントロールするのに重要なのは、乾乳牛向け TMR の粗飼料(ストローあるいは乾草)を細断、さらに加水して TMR を調製し、ソーティング(選び食い)を防ぐことです。また、初産時の乳生産を最大化するためにターゲットグロースシステムを用いて後継育成牛の生育状況を管理、モニターすることについても紹介させていただきました。さらに、私たちの研究グループは乾乳牛群の過密状態での飼養が生理的、代謝的に負の影響を及ぼすことを示しました。また、乾乳期初期におけるヒートストレス対策の重要性についても引き続きお話をさせていただきました。さらに、移行期牛の生理・代謝状態をモニターするために NEFA とケトンを用いた新しいガイドラインについても紹介させていただき、血中の炎症マーカーとしてハプトグロビンを用いた方法についても紹介させていただきました。

2013 年の全酪連酪農セミナーから 12 年が経過し、私たちの研究グループは乾乳牛の DCAD 戦略をより実践的なものに改良し、すでに生産現場でも DCAD 戦略は一般的な乾乳牛管理として普及しています。また、最近の研究として、産褥期におけるタンパク供給量を高めたときの試験データが集まりつつあります。移行期牛における臨床性低カルシウム血症や第四胃変位といった疾病は、DCAD 戦略等、移行期牛の飼養管理方法が進展したこともあり、近

年では以前と比較して大幅に減少しています。泌乳牛の乳生産と繁殖成績は引き続き向上しており、これは乳牛栄養学および移行期牛管理が進展したこともその一助となっています。

過去 12 年の間に、乾乳牛の栄養および管理が分娩後の子牛の健康状態や生育速度、初産次の泌乳成績および牛群における生存率に影響を及ぼすことが徐々に明らかになってきています。フロリダ大学の Geoff Dahl 博士およびウィスコンシン大学マディソン校の Jimena Laporta 博士は母牛が乾乳期間中にヒートストレスを受けた子牛はその生涯を通して負の影響を受けることを報告しています。彼らの研究からは、母牛が乾乳期間中にヒートストレスを受けることによって、生まれた子牛は初乳からの移行抗体の吸収率が低くなり受動免疫の獲得が不十分になりやすくなること、乾乳期間中に暑熱対策を実施された母牛の子牛と比較して誕生から 3 産目までの淘汰率が高いこと、また、分娩時に同程度の生時体重であっても 3 産目までの生乳生産量は低い、ということが報告されています。

移行期牛および強化哺育を行った子牛・育成牛に対する栄養および飼養管理技術には引き続き改善、改良の余地が残されていますが、全酪連が長年に渡って牛群管理の重要ポイントとして技術普及、改善に取り組んできたこの分野は引き続き日本の酪農産業の生産性を高めることに貢献していくことでしょう。



# 強化哺育体系20周年を迎えて

[原文]

Progress in more than 30 years of feeding and managing the transition dairy cow and her calf  
Thomas R. Overton, Ph.D.  
Professor of Dairy Management  
Chair, Department of Animal Science  
Cornell University, Ithaca NY USA

Research and industry focus on understanding the biology of the transition dairy cow and implementing feeding and management practices to improve transition cow health and performance goes back nearly 30 years, and my professional and personal friendship with Dr. Akira Saito from Zenrakuren Dairy Cooperative lasted for more than 25 years of this period. The transition cow has been the focus of our professional activities, resulting in three separate Zenrakuren seminar and workshop tours in Japan for me to bring the latest in transition cow research and Dr. Saito to then focus on implementation in the dairy industry in Japan.

In March 2003, we held seminars at three locations in Japan. A major focus of this seminar was on milk fever prevention and we highlighted the work that Zenrakuren had conducted on potassium content of imported hay as a way to identify low potassium hay that could be fed by farmers in Japan to decrease the dietary cation-anion difference (DCAD) of the precalving diet and thereby decrease milk fever. We also showed the first research results demonstrating the positive effects of rumen-protected choline on liver health and metabolism in the transition cow. Additional topics included the importance of managing body condition score and on facilities and grouping management.

In December 2006, we held seminars and workshops at nine different locations across Japan. We provided target goals for the major transition cow health disorders and provided updated information on the use of DCAD in precalving diets, including the use of anionic feed supplements in addition to low potassium hay. We discussed the importance of protein and amino acid nutrition in the transition cow and the specific needs of the heifer during her transition period to lactation. Consistent with the major focus of Zenrakuren on calf growth and health through the development of intensified feeding programs for calves, we discussed nutritional strategies to improve colostrum quality and the negative impact of heat stress on colostrum quality and calf absorption of immunoglobulins. We discussed monitoring strategies for transition cow programs and how blood based analytics such as nonesterified fatty acids (NEFA) and ketones can be used to monitor cow health and the success of transition cow management programs at the farm level. Finally, we provided research updates on shortened dry period strategies and increased milking frequency of fresh cows that had been mentioned in 2003 but there was much more research results to provide guidance.

In December 2013, I gave 8 Zenrakuren technical seminars and workshops across Japan once again focused on the transition cow. We showed data on transition cow health and performance from farms that we had enrolled in New York on a field study. This time, our discussion on calcium in fresh cows moved from a focus on clinical milk fever to subclinical hypocalcemia and the need to use prepartum dietary strategies to prevent subclinical hypocalcemia even when milk fever rates are low. We introduced the topic of controlled energy diets for dry cows – diets with enough energy but not too much as a way to improve fresh cow feed intakes and health. We discussed the importance of feeding management of these diets through chopping the straw or hay in the diet and adding water to help prevent sorting. We introduced the target growth system to monitor and manage heifer growth in order to optimize first lactation production. New data showing the negative effects of overcrowding on physiology and metabolism of dry cows from our research group were shared and we continued to emphasize management of heat stress beginning during the dry period. Furthermore, we provided new guidelines for the use of NEFA and ketones in transition cow monitoring and management and introduced haptoglobin as a blood-based marker of inflammation.

In the 12 years since the 2013 seminar, we have continued to refine our use of DCAD in precalving diets and those strategies have become very commonly implemented. We have new research information supporting increased protein supply to transition cows, particularly during the fresh period. Clinical health disorder rates in transition cows have decreased dramatically and health issues such as clinical milk fever and displaced abomasum occur at much lower frequency than they used to. Milk production and reproductive performance continue to improve, partly due to better nutrition and management of transition cows.

One area of importance that has emerged much more strongly over the past 12 years has been the recognition that nutrition and management of the dry cow has implications for calf health and performance after they are born, including their performance in first lactation and survival in the herd. Based upon work led by Dr. Geoff Dahl at the University of Florida and Dr. Jimena Laporta, now at the University of Wisconsin, Madison, we now know that calves born to dams that are heat stressed during the dry period are compromised throughout life. They have less ability to absorb colostrum antibodies, have more failure of passive transfer, leave the herd faster than calves born to cows that were cooled before calving both as heifers and through at least three lactations, and they make less milk through at least three lactations despite being of similar size at first calving.

Although we still have opportunities for improved transition cow nutrition and management and calf nutrition and management through application of intensified feeding programs, Zenrakuren's focus in these two key areas of herd management will continue to help dairy farmers in Japan improve health and productivity of their herds.

## CONTENTS No.180

●はじめに	2
●製品紹介	3
●強化哺育体系 20 周年を迎えて 代用乳カーフトップEXの原点とそれに付随する哺育プログラム	
マイク・ヴァン・アンバーグ博士	6
強化哺育プログラム20周年にあたって ジェームス・K・ドラックレイ技術顧問	8
強化哺育の歴史 ラリー・E・チェイス名誉顧問	10
過去 20 年間における子牛の栄養学について トム・タルキー博士	12

カーフトップEXの20周年おめでとうございます!	
ドリュエ・A・バルミエ博士	15
牛の飼養にエピジェネティクスを応用する—その生物学的メカニズム (初期栄養がウシの体質に影響する生物学的メカニズム)	
後藤 貴文教授	19
育成後継牛の生後2か月以降の成功に向けた準備 ロドリゴ・モラーノ博士	22
全酪連と共に歩んだ道 マイク・スティール博士	25
移行期牛およびその子牛の過去30年以上に渡る飼養管理技術の変遷 トム・オバートン教授	26

全酪連購買事業情報紙

**COW BELL** —カウ・ベル—

No.180 (増刊号) 令和8年2月26日発行

発行責任者 鈴木 有希津

発行所 全国酪農業協同組合連合会 購買生産指導部

〒151-0053 東京都渋谷区代々木一丁目37番2号

TEL 03(5931)8007 <https://www.zenrakuren.or.jp>