

I 胚移植技術を応用した高能力牛への改良

中原誉利子, 谷藤隆志, 川村輝雄, 熊谷光洋, 岡田利之, 渡辺芳明^{*1}, 梶田敏彦^{*2},
藤代朱美^{*3}, 杉若輝夫, 三上三千男^{*4}, 立花勇作

(^{*1}現県立農業大学校, ^{*2}現盛岡家畜保健衛生所, ^{*3}元研究員, ^{*4}元主任技能員)

目次

- I. 緒言
- II. 材料及び方法
- III. 結果及び考察
- IV. 摘要
- V. 引用文献

I. 緒言

本県酪農の収益性を高め、経営の安定化を図るためには、基礎となる雌牛の遺伝的改良を積極的に進める必要がある。しかし、従来行われている、人工授精による改良システムでは雄牛側からだけの改良であり、高能力の牛群へ変換するには長期間を要する。近年、研究の進められている牛の胚(受精卵)移植技術は、能力の高い雌牛の生殖器から着床前の胚を取り出し、受胎牛の生殖器に移して着床・妊娠・分娩させ技術で、一時に多数の胚を取り出して移植することにより優良な雌牛の子を同時に多数作出できるので、雄、雌両面からの改良が可能となり、家畜の改良期間を短縮するのに有効な手段である。

牛の胚移植技術は1964年初めて子牛が生産されて以来研究が進み、和牛では主に素牛生産のための増殖技術として利用されているが、乳牛においては、牛群改良を目的として利用されている。当場でも昭和59年度より胚移植技術について、利用の促進、普及、定着化に向けて取り組んでいる。

そこで乳牛において、遺伝的な改良の飛躍的

なスピードアップを図り、高能力牛群を早急に整備するために、超高能力牛(スーパーカウ)に準じた牛を導入し、これを供胚牛として、胚移植技術を応用し、高能力牛群への集団変換システムを確立することを目的として、平成元年から7カ年に渡り試験を実施した。

牛群改良を目的としたスーパーカウの採卵成績、移植成績および産子の生産状況の報告はある^{1) 2) 3)}が、産子の泌乳能力までをまとめた報告は数少ない⁴⁾。本試験において、その結果がまとまったので報告する。

II. 材料および方法

1. 供胚牛の導入

スーパーカウとは本来年間産乳量が20,000kg以上の乳牛のことを指し、昭和62年現在日本では北海道に8頭、鳥取に1頭の計9頭、米国では15頭であった。それに対して、本県では、年間10,000kgを達成した高能力牛が194頭、更に、乳脂肪分3.7%以上となると64頭であった。

当場では、北海道より3頭の高能力牛を導入した。供胚牛を選定するにあたっての条件は、乳量10,000kg以上、乳脂率3.7%以上、無脂乳固形分率8.7%以上の産乳能力が期待できる初妊牛とした。

2. 飼養管理

管理方法は、繋ぎ飼方式とし、運動、日光浴、護蹄を十分に行い、良質粗飼料を主体に、日本飼養標準養分量を給与した。

供胚牛の泌乳能力検定は牛群検定と同一方法での自家検定とした。

3. 過排卵処理と胚回収

導入牛は分娩後、採卵専用の供胚牛とした。過排卵誘起には基本的には、卵胞刺激ホルモン(FSH) 24~36A.U.を3日間減量投与し、発情誘起にはプロスタグランジンF2 α 類縁物質(Cloprostenol Na)を用いた。過排卵誘起は、性周期の9~14日目に開始し、FSH初回投与の48時間後にPGF2 α を投与した。更に、発情を確認してから凍結精液による人工授精を行い、胚回収は7日目に尾椎麻酔下で子宮灌流し非外科的に行った。過排卵処理は1頭につき年4回実施する計画であった。また、交配種雄牛としては、検定済み種雄牛上位10位以内のものとした。

4. 胚の移植

回収された胚は、受胚牛がいる時は新鮮胚移植し、受胚牛がいない時は凍結保存した。胚の凍結融解法は、耐凍剤にグリセロールを使用した3段階希釈法または耐凍剤にエチレングリコールを使用したダイレクト法とした。受胚牛は、現場における泌乳能力の低い経産牛とし、自然発情あるいは誘起発情後6日から8日目に卵巣所見を観察した後移植を行った。

5. 妊娠診断と分娩

移植を行った受胚牛は、発情から30日目以降に超音波診断装置を用いて妊娠診断を実施した。受胎が確認された受胚牛については、分娩前約60日で乾乳し、分娩予定日1週間前より体温測定を行い分娩に備えた。

6. 産子の育成

胚移植技術の効果は能力が高いほど顕著に現れる。このことから、スーパーカウが供胚牛に用いられる。スーパーカウとは、本来年間産乳量が20,000kg以上の乳牛のことを指し、平成3

年10月時点で17頭が20,000kg以上を達成しているが、いずれも北海道産であり、そのうち5頭が同じ母家系で、種雄牛も限られていた⁵⁾。スーパーカウはその泌乳能力を発揮させるには相当精密な管理が必要である。現場で導入した牛は乳量10,000kg水準のセミスーパーカウで、技術を農家普及するにあたって飼養管理が容易なレベルの高能力牛として位置づけた。

産子牛の泌乳能力は特別精密な管理を行わなくても農家で実施可能な管理で理論通りの成績が得られたことから、体型を別にし、泌乳能力水準のみから見れば選定は妥当であったと思われる。

雌産子については、現場既往の育成技術によって哺育、育成し、人工授精によって繁殖させた。

7. 産子の泌乳能力

産子の泌乳能力については、現在経産となっている18頭について、供胚牛と同様に自家検定を行った。また、7頭の産子牛については、過排卵処理を行い、採卵を実施した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 供胚牛の導入と泌乳能力

平成元年12月、北海道より高能力牛3頭を導入した(表1)。母牛の能力は高く、乳脂率3.7%以上の能力をもっていた。父牛は、経済効果で+50,000円以上等の検定成績の優秀な牛であった。

平成元年の試験開始当初、現在では一般化している胚段階での流通はほとんど行われておらず、外部からの新しい形質を求める場合、牛体の導入が一般的であった。

よって、高能力牛を導入し、それを供胚牛として胚移植技術を利用することが、高能力牛群への変換の最良の手段と考えられた。

供胚牛の分娩状況、泌乳能力検定成績は表2

表1 導入供胚牛の一覧

供胚牛No	各号	産地	生年月日	血	統
D 1	クィーンハースト コビーライト エラ	北海道野付郡 別海市	62. 11. 20	父：ワードバイン エレベーション ナイト ET 経済効果 BVM F(%) +64,605円 +1,61kg -0.15±0.01	母：クィーンハースト コビーライト ゲイ(85点) SNF(%) 5-10 296日 11,453kg 4.1% -0.16±0
D 2	ホクレン ゴールドイー ベルソフイー ET	北海道常呂郡 訓子府町	62. 12. 14	父：カーリンエム アイバンソー ベル PDM PDF PDF(%) +1,714kg +60kg -0.01	母：ホルテクス ゴールドイー エーカーズ(82点) TPI 2-5 305日 10,815kg 3.9% +860
D 3	マウンティンヒル エレベーション マンディ	北海道斜里郡 小清水町	63. 5. 22	父：フィッシャープレース マンディ 経済効果 BVM F(%) +55,849円 +1,344kg -0.17±0.01	母：マラソンベッス ナイト クリストファ(80点) SNF(%) 2-0 305日 8,828kg 3.7% 2-11 162日 6,504kg 3.3%
D 1 代替牛	ビントンパルー サンドモニター バレート	岩手県畜産試験場	S62. 12. 4	父：ヌーネスデール モニター サルト	母：シンデレラ ロックマン サンド バレード

表2 導入供胚牛の分娩状況・泌乳成績

供胚牛 No	分娩月日	産子	初産305日 補正乳量	成牛換算 乳量	乳脂率	無脂乳 固形率	母牛能力	
							成牛換算乳量	乳脂率
D 1 *	H1. 12. 31	F1 ♀	8,604 kg	10,534 kg	4.36 %	8.87 %	7,700 kg	4.0 %
D 2	H2. 1. 3	ホルス♂	8,662 kg	10,583 kg	3.84 %	9.11 %	12,628 kg	3.9 %
D 3	H2. 6. 6	ホルス♀	5,609 kg	**	3.04 %	8.88 %	12,200 kg	3.8 %

* D 1 は當場産の代替牛
** 未経産乳房炎に2分房罹患

のとおりであった。D 1 は分娩後、クロストリ
ジウム感染症により急死したため、場内産の高
能力牛を代替とした。D 1, D 2 は初産 305日
補正乳量が8,604kg, 8,662kgで、成牛換算では
10,000kg以上の能力を示し、期待どおりであっ
た。D 3 については、未経産乳房炎に2分房が
罹患していたため、残り2分房による初産乳量
で5,609kg生産したことから、D 1, D 2 と同
程度能力があるものと思われたが、乳脂率
は3.04%と低めであった。

導入牛は初妊牛ということで、泌乳能力はあ
くまでも期待値であり、血統や種雄牛との組み
合わせ等、慎重に選定する必要があるが、親牛
の能力が明かであれば、當場の成績から見ても
産子の能力は、ほぼ期待どおりの結果になると
推測される。また、ホルモン処理に対する感受
性については個体差が大きく、不明であるため、
最近では採卵経験牛を導入する例もある。

また、自分の牛群の中に優れた能力を持つ牛
がいる場合は、導入せずにその牛を供胚牛とし

表3 導入供胚牛採卵成績

供胚牛 No	採卵回数 (回)	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	正常胚率 (%)	正常胚数/回 (個)
D 1	12	84	54	64.3	4.5
D 2	13	111	28	25.2	2.2
D 3	10	25	17	68.0	1.1
計	35	220	99	45.0	2.8

表4 導入供胚牛回数毎採卵成績

供胚牛No. 採卵回数	D 1			D 2			D 3		
	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	正常胚率 (%)	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	正常胚率 (%)	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	正常胚率 (%)
1	6	4	66.7	8	8	100.0	6	6	100.0
2	7	6	85.7	5	3	60.0	1	0	0
3	6	4	66.7	4	3	75.0	4	3	75.0
4	11	9	81.8	14	4	28.6	3	1	33.3
5	22	17	77.3	13	3	23.1	0	0	—
6	0	0	—	9	1	11.1	0	0	—
7	13	5	38.5	3	1	33.3	6	4	66.7
8	12	9	75.0	15	2	13.3	0	0	—
9	0	0	—	19	1	5.3	2	0	0
10	0	0	—	11	2	18.2	3	3	100.0
11	7	0	0	6	0	0			
12	0	0	—	0	0	—			
13				4	0	0			
計	84	54	64.3	111	28	25.2	25	17	68.0
平均	7	4.5		8.5	2.2		2.5	1.7	

て採卵を行い、牛群の改良を進めるのが望ましいと思われる。

2. 採卵成績

導入供胚牛は分娩後、平成2年度より採卵を実施した。平成2年度から7年度までの6年間の採卵成績は表3に示した。採卵回数は、3頭で延べ35回で、平均すると1頭当たり1年につき約1.9回で、当初の計画であった年4回の実施は困難であった。回収正常胚数は供胚牛別にみると、1回当たり正常胚数はD1が4.5個で、D2、D3の2.2個、1.7個と比較して良い結果となった。また、正常胚率はD2が25.9%と低かった。

過排卵処理は黄体期に黄体が存在することを確認してから開始するが、明瞭な発情を確認したにも関わらず、卵巣に黄体と大型の卵胞が共存していたため処理を見送ることが多く、計画通りの採卵が出来なかった。共存卵胞の存在が採卵性に影響を及ぼすと言われており、大型卵胞（優勢卵胞）が分泌するエストラジオールと

インヒビンが負のフィードバックでFSHの分泌をコントロールし、他の卵胞の発育を阻害するためと考えられている⁶⁾。当场でも、有意差はなかったものの、共存卵胞径が小さいほど、回収胚数、正常胚数ともに多い傾向があったとしている⁷⁾。最近では、大型卵胞（優勢卵胞）を吸引除去することによって胚回収成績が向上する⁸⁾という報告もあり今後の研究に期待したい。

導入供胚牛の年度別正常胚数を図1に、採卵回数毎の採卵成績を表4に示した。1回当たりの正常胚数は年を追う毎に減少し、5年目以降ではほとんど正常胚が得られなかった。反復採卵が可能と思われる4年間での成績は、採卵1回当たり正常胚数が3.4個であった。

導入供胚牛からの回収正常胚数が減少したため、平成5年度からは、導入供胚牛の産子牛7頭も供胚牛として、延べ14回の採卵を実施し、その採卵成績は表5に示した。例数は少ないものの正常胚率は91.7%で、長期間採卵を行った導入供胚牛の45.6%と比較して高かった。

表5 産子牛採卵成績

供胚牛 No.	産子 牛No.	採卵回数 (回)	回収卵数 (個)	正常胚数 (個)	正常胚率 (%)	正常胚数/回 (個)
D 1 :	105	2	3	3	100.0	1.5
	122	1	2	1	50.0	1.0
	135	1	1	1	100.0	1.0
D 2 :	96	3	18	18	100.0	6.0
	97	4	34	30	88.2	7.5
	120	2	3	2	66.7	1.0
D 3 :	102	1	11	11	100.0	11.0
計		14	72	66	91.7	4.7

一般に、供胚牛への過排卵処理の反復については、長期間続けることにより、ホルモンに対する感受性が鈍くなり正常胚の回収が困難になると言われている。当场でも肉用牛において反復回数は10回が限度であると報告しており⁹⁾、乳牛においても同様の結果が得られた。これらより約4年間、10回程度の反復採卵が限度と考えられる。また、反応不良牛については、分娩させてから採卵するのが良いと言われているが、分娩後採卵での反応改善はほとんど期待できないともいわれている⁹⁾。岐阜畜試¹⁰⁾では、搾乳牛の反復採卵成績の低下を防ぐため、反復時のホルモン投与量について検討し、若干の改善例をあげているが、反復回数が2~3回と少ない。

簡易な過排卵処理法として研究されてきたPVP法について、導入供胚牛3頭で各1回、産子牛(No.97)で1回の計4回実施したが、導入供胚牛では正常胚が得られなかった。また、産子牛では正常胚が4個回収された(表6)。

表6 PVP法による採卵成績

供胚牛No.	回収卵数	正常胚数
D 1	0	0
D 2	6	0
D 3	0	0
No. 97	4	4

PVP法とは薬物の吸収遅延効果のあるPVP(ポリビニルピロリドン)を溶媒としたFSHの1回投与によって過排卵処理を行う手法で武富ら¹¹⁾は従来のFSH3日間減量投与方法と比較して採卵性に差がなかったと報告している。また、山本ら¹²⁾はPVP法では変性卵の割合が少ないとしている。当场においても追試を行い、黒毛和種、日本短各種で良い結果を得ている¹³⁾。一方、青柳らは¹⁴⁾、黒毛和種において卵巣反応と採卵成績について検討し、PVP法で黄体形成率が低く、回収卵数が少ないと報告している。また、採卵前日の血中プロジェステロン濃度も減量投与方法で高かったとしている。当场の乳牛においては、4例と例数が少ないが、正常胚がほとんど得られず、採卵時に排卵しない卵胞が残存する等問題があった。最近では、FSH以外の性腺刺激ホルモンとして閉経期性性腺刺激ホルモン(human menopausal gonadotrophin, hMG)をPVPを溶媒として一回投与し良い成績を得たとの報告¹⁵⁾もあり、過排卵処理の簡便化や牛へのストレスの軽減へ向けて更に研究が進むものと思われる。

県内の成績を見ても、特に乳牛における採卵成績はバラツキが大きい。過排卵処理に対する卵巣の反応には、牛の個体差があるばかりではなく、性腺刺激ホルモンの種類、投与方法、そ

の他供胚牛の栄養状態、繁殖経歴、年齢、季節等種々の要因が大きく係わっており、安定した胚回収技術について、今後も検討していく必要があると思われる。

導入した供胚牛は採卵専用としたため、乳量減少については確認できなかったが、泌乳期に採卵を実施した産子牛の乳量の減少について調査した(表7)。その結果、6頭のうち、1頭では全く減少が見られなかった。他の5頭では、採卵後1~9日間、日乳量の約10~20%の減少

表7 泌乳期の採卵による乳量減少

供胚牛No.	減少期間	減少量(kg)	減少率(%)*
105	0	-	0
135	1	37.3	0.03
122	8	40.8	0.41
96	2	11.6	0.11
120	7	36.1	0.41
120**	9	36.1	0.35

*減少率=減少量/1乳期乳量×100

**2回目の採卵時

が認められた。

一般に泌乳期の搾乳牛から採卵をすると、採卵時に乳量が減少するといわれている¹⁶⁾。小笠原ら¹⁷⁾は泌乳期の採卵と泌乳性について調査し、乳量はF S H投与後から低下し、採卵後1週目で最も低くなりその後徐々に回復し採卵後3週目以降安定すると報告している。

しかし、本試験では乳量の減少は採卵後のみで、減少期間も比較的短かった。減少したとみられる乳量は総乳量からみると、多いものでも1%未満であった。よって、当場で用いた乳量10,000kg程度の牛を用いる場合は、採卵による乳量の減少を懸念するより、胚移植による改良の効果을期待する方が経済効果が大きいと思われる。

3. 移植成績

供胚牛毎の年度別移植成績を表8、表9に示した。7年の試験期間中に担当者が4回も替わったと言う悪条件のため、年度により受胎率にバ

表8 導入供胚牛胚の移植成績

供胚牛No.	新鮮胚			凍結胚			計		
	移植	受胎	受胎率(%)	移植	受胎	受胎率(%)	移植	受胎	受胎率(%)
D 1	7	4	57.1	41	24	57.5	48	28	58.3
D 2	8	3	37.5	18	9	50.0	26	12	46.2
D 3	7	4	66.7	7	3	42.9	14	7	50.0
計	22	11	52.4	66	36	54.5	88	47	53.4

表9 産子牛胚の移植成績

供胚牛No.	新鮮胚			凍結胚			計		
	移植	受胎	受胎率(%)	移植	受胎	受胎率(%)	移植	受胎	受胎率(%)
D 1 : 105	0			3	1	33.3	3	1	33.3
122	0			1	0	0	1	0	0
D 2 : 96	0			11	5	45.5	11	5	45.5
97	1	0	0	13	3	23.1	14	3	21.4
120	1	1	100.0	1	0	0	2	1	50.0
D 3 : 102	0			6	3	50.0	6	3	50.0
計	2	1	50.0	35	12	34.3	37	13	35.1
合計	24	12	50.0	101	48	47.5	125	60	48.0

表10 凍結融解法別移植成績

凍結方法	移植頭数	受胎頭数	受胎率(%)
3段階法	59	27	45.8
ダイレクト法	42	21	50.0
計	101	48	47.5

を行ってきた²⁰⁾。野外での移植試験も各地で行われており、1.8Mエチレングリコールによるダイレクト法移植で、愛知県²¹⁾では乳牛胚で42.2%(38/90)、山梨県²²⁾では黒毛和種胚で52.5%(21/40)の受胎率を得ている。農家が点在する当県における現場での普及を考える

表11 導入牛の胚移植技術による子牛生産状況

供胚牛No	受胎	雌子牛生産/分娩						
		H 2	H 3	H 4	H 5	H 6	H 7	計
D 1	28		1/3	5/9	4/12	1/2	0/1	11/27
D 2	12	1/1	2/3	2/5	0/1	2/2		7/12
D 3	7		3/4	1/1		1/2		5/7
計	47	1/1	6/10	8/15	4/13	4/6	0/1	23/46

ラッキがあるが導入供胚牛胚の受胎率は53.4%、産子牛胚の受胎率は35.1%で、導入牛胚の受胎率が高かった。移植方法別にみると新鮮胚移植では50.0%、凍結胚移植では47.5%であった。また、凍結方法別受胎率は、3段階法で45.8%、ダイレクト法で50.0%であった(表10)。

産子牛胚の移植による受胎率が低かった要因としては、1頭の供胚牛(No.97)胚の移植による受胎率が14頭中3頭で21.4%と低かったため、凍結時のミスあるいは、この供胚牛の胚の品質に問題があったと考えられる。この牛を除く成績は43.5%で特に低くない。濱田らは¹⁸⁾凍結胚の融解後の受胎率に交配種雄牛よりも供胚牛側の要因の方が大きく影響を及ぼしている可能性を示している。よって胚の耐凍能が供胚牛によって異なる可能性があると思われる。

移植方法については各研究機関で様々な検討がなされている。1991年、堂地ら¹⁹⁾がエチレングリコールを耐凍剤として凍結したダイレクト法の移植によって、69.0%と高い受胎率を報告して以来、ダイレクト法による移植の研究が盛んとなり、現場でもダイレクト法を現場へ普及するべく試験

と、解凍が容易で人工授精並みに簡易に移植できるダイレクト法へ移行していくことが望まれる。

4. 胚移植による産子の分娩成績

導入牛由来の胚移植による分娩状況は表11に示した。受胎した47頭のうち、受胚牛が妊娠中に廃用となった1頭を除く46頭が分娩した。雌子牛は23頭で雌娩出比率は50.0%となった。当初は10%程度の流産を予想していたが流産例はなかった。また、導入牛産子由来の胚移植による分娩状況は表12のとおりで、受胎した13頭全てが分娩し、雌子牛は4頭で雌娩出比率は30.8%であった。合計すると60頭の受胎で59頭が分娩し、そのうち雌は27頭、雌娩出比率は45.8%となった。

表12 産子牛の胚移植技術による子牛生産状況

供胚牛No	受胎	雌子牛生産/分娩			
		H 6	H 7	H 8	計
D 1 : 105	1	0/1			0/1
D 2 : 96	5	0/1	1/3	0/1	1/5
97	3	1/2		0/1	1/3
120	1			0/1	0/1
D 3 : 102	3		2/2	0/1	2/3
計	13	1/4	3/5	0/4	4/13

表13 導入供胚牛の雌産子一覧

(H9. 2. 28末)

供胚牛	産子牛	生年月日	産暦	初産年月日
D 1	105	H3. 9. 11	3	H5. 9. 7
	113	H4. 4. 23	3	H6. 7. 3
	121	H4. 11. 10	1	H6. 8. 12
	122	H4. 11. 14	2	H6. 11. 30
	123	H4. 11. 27	3	H6. 12. 17
	127	H5. 3. 17	2	H7. 7. 19
	129	H5. 4. 23	2	H8. 1. 12
	130	H5. 8. 19	2	H7. 9. 23
	131	H5. 8. 24	2	H7. 9. 21
	135	H5. 10. 10	1	H7. 11. 16
	158	H6. 10. 24	1	H8. 10. 1
D 2	96	H3. 3. 17	2	H5. 8. 30
	97	H3. 5. 1	3	H5. 3. 31
	98	H3. 4. 10	2	H5. 9. 23
	120	H4. 10. 18	3	H6. 10. 16
	128	H5. 3. 22	2	H7. 3. 16
	156	H6. 9. 3	1	H8. 9. 23
	165	H7. 2. 12	1	H9. 2. 25
D 3	101	H3. 6. 18	3	H5. 12. 23
	102	H3. 7. 6	3	H5. 12. 21
	104	H3. 8. 15	3	H5. 12. 25
	119	H4. 10. 14	1	H7. 8. 1
	169	H7. 3. 22	0	—

雄雌の比率は理論では50%ということではば理論どおりの結果となった。

近年、Y染色体特異的DNA配列を検出するPCR法の開発により、胚段階での雄雌判別が可能となっている。乳牛において、雌雄産み分け技術による雌の効率的な生産は、改良を早め、酪農家の経営安定を図るために

も期待される技術である。当場においても平成6年より研究が進められ多くの産子を得ている。これまでは、胚回収時にバイオプシーし、新鮮移植するかまたは、凍結融解時にバイオプシーし、短時間の培養後移植してきたが、最近では性判別のためにバイオプシーされた胚の凍結についても検討がなされている²³⁾²⁴⁾。それによって移植時の煩雑さが無くなり、今後実用化へと進むものと思われる。

導入供胚牛の雌産子の一覧を表13に示した。

D 1の雌産子11頭はすべてが経産となったが、そのうち1頭(No.121)は肢蹄が弱く廃用となった。D 2の雌産子は7頭すべてが、またD 3の雌産子は5頭中4頭が経産となった。また、これらの産子牛は、難産防止の意味で黒毛和種

表14 産子牛の人工受精産子

産子牛No.; 品種 性別

母	H 4	H 5	H 6	H 7
D1		105;F1♀	113;F1♀ 122;F1♀ 123;F1♂	105;H ♀, 130;F1♂ 123;H ♀, 131;F1♂ 127;F1♀, 135;F1♂ 129;F1♂,
D2	97;F1♀	96;H ♂ 98;流産	97;H ♂ 98;H ♂ 120;F1♀ 128;F1♂	96;H ♀, 120;H ♀, 128;H ♀,
D3:		101;F1♂ 102;F1♂ 104;F1♀		102;H ♀, 104;H ♀, 101;H ♂, 119;F1♀,
ホルスタイン種雌産子数合計				7頭

の精液を人工授精したので、初産では黒毛和種とホルスタイン種の交雑種を分娩し、後継牛とはならないが、2産目からは優秀な種雄牛を人工授精し、導入供胚牛からすると孫にあたるホルスタイン種雌産子を7頭分娩した(表14)。

産子牛の人工授精による雌産子も加えると、3頭の導入供胚牛を元に、6年間で34頭の導入供胚牛由来雌産子が得られたことになる。これは胚移植技術の利用によるもので、人工授精技術のみでは考えられない頭数となった。

5. 産子の泌乳成績

導入供胚牛の産子牛で現在経産となっているのは22頭で、そのうち集計可能となっている18頭についての泌乳成績を表15に示した。成牛換算305日補正乳量はD1産子、D2産子、D3産子で、それぞれ11,456kg、9,741kg、9,639kgとなり、ほぼ1万キロレベルの泌乳能力を示した。産子牛18頭の平均乳量は10,576kgで、受胚牛とした低能力牛の平均乳量7,813kgと比較して飛躍的に改良された。乳脂率については、すべての産子が高い乳脂率を示したが、無脂乳固形率、蛋白質率は供胚牛によりばらついた。また、D1は肢蹄が弱く、産子も11頭中8頭(72.7%)で肢蹄が弱かった。

胚移植技術によって、産子の能力は、分娩した受胚牛の能力に関係なく供胚牛の能力が受け継がれることは、理論的に周知のことであるが、実際に産子の能力が供胚牛並みとなることを確

認することができた。供胚牛を導入した平成元年度当初は、牛乳の乳脂肪率に重きをおいてきた。しかし、近年消費者のニーズが変わり、乳蛋白質に重点をおく傾向がある。よって供胚牛を選定するにあたっては、時代の要請に合致した能力を期待できる牛を選ぶことが大切となる。また、産子には泌乳能力のみならず、肢蹄が弱い等体型の欠陥も受け継がれるので、体型についても加味する必要があると思われる。

6. 胚移植技術導入の経営経済的評価

現在の酪農情勢から見て、あまり多くの投資をかける情勢にない。そこで、当场で得られた結果をもとに、農家へ胚移植技術による牛群変換を導入した場合の経済性等を検討した。

1) 検討方法

投資資本の回収期間に焦点を置いた時系列的な試算計画法²⁵⁾によって、現行の人工授精による経営を比較対象に、胚移植技術による牛群変換の導入を試算した。

ここでは、新技術導入によって影響を受ける項目全てを列举し、その結果を比較して経済性等を検討する。胚移植技術導入によって、影響を受ける項目は以下のものとして検討した。

- 改良経産牛及び改良搾乳牛頭数
- 年間総乳量

表15 産子牛の泌乳成績

母牛No.	頭数	成牛換算乳量	乳脂率	無脂乳固形率	蛋白質率	肢蹄弱牛の割合
D1	9	11,456 kg	3.85 %	8.67 %	3.19 %	72.7% (8/11)*
D2	5	9,741 kg	4.04 %	8.92 %	3.36 %	16.7% (1/6)
D3	4	9,639 kg	3.79 %	8.05 %	3.05 %	0.0% (0/4)

産子牛平均乳量 ; 10,576kg
受胚牛平均乳量 ; 7,813kg

* 供胚牛(D1)の肢蹄が弱い

- ・ 供胚牛導入及び管理費用
- ・ 生乳出荷手数料
- ・ 購入飼料費(粗飼料は全て自給可能と仮定)
- ・ 採卵・移植技術料
- ・ 人工授精料

上記項目内の単年度収支を時系列で試算し、その累積収支額がプラスとなる時点を投資資本の回収可能年次として検討した。

なお、乳価は80円/kgとして試算を行なっている。

2) 試算の前提条件

(1) 導入農家

経産牛40頭規模(搾乳牛当り(305日)7,000kg)の農家へ胚移植技術を導入し、305日乳量10,000kgクラスへ変換するものとして試算した。

モデル農家は、つなぎ飼養バーンクリーナ式畜舎とし、技術水準は表16のとおりとした。

表16. 技術水準

搾乳牛耐用年数	4年3.7産
種付開始月齢	14ヵ月
初産分娩月齢	24ヵ月齢
分娩間隔	13ヵ月
搾乳期間	11ヵ月
乾乳期間	2ヵ月
子牛事故率	5.0%
子牛生産率	92.3%
搾乳牛廃用率	25.0%
搾乳牛比率	85.0%

以上の技術水準から、

搾乳牛34頭、更新牛10頭、育成牛21頭、子牛生産頭数36.9頭(うち雌18.4頭、ヌレ子販売仕向けは雄18.5頭)となり、年間の種付対象頭数

は未經産牛も含め41頭(生産頭数÷受胎率90%)となる。

(2) 胚移植技術

胚移植技術は、当場で得られた結果を利用するため、採卵専用の供胚牛を利用し採卵、胚移植する方法を採用した。

供胚牛は、外部から初妊牛(分娩2ヵ月前)として3頭導入し、分娩後2ヵ月以降から4ヵ年、採卵専用として供用する。ただし初産分娩後11ヵ月間は供胚牛兼搾乳牛とし、それ以降は供用終了まで分娩は行なわずに供胚専用牛とした。

なお、試算にあたっては、供胚牛分娩後11ヵ月間は搾乳を行なうこととしているので出荷乳として加算し、導入2ヵ月後に分娩される産子も改良牛として計上している。

また、導入時期は、3頭同時に開始初年の1月とした。従って、その後の分娩時期、採卵時期は3頭同時という試算となっている。

採卵、移植に関しては、外部へ依頼するものとし、当場の試験結果から表17のとおりとした。

表17. 採卵及び胚移植技術水準

供胚牛供用年数	4ヵ年
年間採卵実施回数	2.25回
採卵1回当り	
回収正常胚数	3.5個
採卵作業時間	1時間
胚移植受胎率	50.0%
胚移植作業時間	0.42時間

胚移植については、受胚牛の自然発情に合わせて移植する前提のため全て凍結胚使用とし、回収された正常胚全てを使用して1頭につき1回のみ実施、不受胎の場合は人工授精で受胎させるものとした。従って、試算では種付け対象頭

表18. 胚移植技術による牛群変換技術導入後の収支状況

年次	1	2	3	4	5	6	7	8
現行継続産乳量	238,000	238,000	238,000	238,000	238,000	238,000	238,000	238,000
経産牛頭数								
現行牛	40.0	40.0	38.6	38.6	32.3	26.1	18.7	6.7
改良牛	2.7	0.3	1.4	1.4	7.7	13.9	21.3	33.3
改良牛変換率(%)	6.8	0.7	3.5	3.5	19.2	34.8	53.2	83.3
搾乳牛頭数								
現行牛	34.0	34.0	32.6	32.8	27.3	21.7	15.6	5.8
改良牛	2.7	0.3	1.4	1.2	6.7	12.3	18.4	28.2
現行牛産乳量	238,000	238,000	228,228	229,343	191,097	152,014	109,485	40,288
改良牛産乳量	27,273	2,727	13,960	12,367	67,004	122,837	183,593	282,445
総乳量	265,273	240,727	242,188	241,710	258,101	274,851	293,078	322,734
産乳量増分	27,273	2,727	4,188	3,710	20,101	36,851	55,078	84,734
収入増分								
生乳出荷額増分	2,181,818	218,182	335,038	296,817	1,608,104	2,948,091	4,406,221	6,778,690
支出増分								
ドナー購入費	1,500,000							
ドナー管理費	827,079	320,270	277,790	277,790	114,902			
採卵移植費	198,510	659,642	659,642	659,642	659,642			
人工授精料	0	-118,125	-118,125	-118,125	-118,125			
生乳出荷手数料	141,818	14,182	21,777	19,293	104,527	191,626	286,404	440,615
増飼費用	654,545	65,455	100,511	89,045	482,431	884,427	1,321,866	2,033,607
増分費用計	3,321,953	941,423	941,595	927,645	1,243,377	1,076,053	1,608,271	2,474,222
当期増分収益	-1,140,134	-723,241	-606,557	-630,828	364,727	1,872,038	2,797,950	4,304,468
	1	2	3	4	5	6	7	8
前期繰り越し額	0	-1,140,134	-1,863,376	-2,469,933	-3,100,761	-2,736,033	-863,996	1,933,955
累積収支額	-1,140,134	-1,863,376	-2,469,933	-3,100,761	-2,736,033	-863,996	1,933,955	6,238,423

数から受胎対象頭数分の人工授精料を差し引いた後、不受胎時の人工授精料も加算した移植料を計上している。

また、供胚牛の導入価格、外部依頼の際の採卵及び移植技術料の設定は、次のとおりとした。

- 供胚牛 50万円/頭
(305日乳量1万kgクラス、北海道産、
初産分娩2ヵ月前)
- 採卵技術料 5万円(精液料込み)
- 胚移植料 1.3万円(1回当たり)

なお、採卵・移植にかかる料金等は各地域でバラツキがあるため、県内の料金体系を参考に、上の設定とした。

また、試算の際には採卵・移植作業補助として、農家労賃900円/時間を計上することとした。

対照の人工授精については、

- 平均種付回数 1.5回
- 人工授精料 1万円
(精液料込み、3回保障)

とした。

3) 試算結果

この結果、本試算の移植技術導入による牛群変換は、開始後6年目までは累積収支額でマイナスであるが、7年目で約193万円となり、この

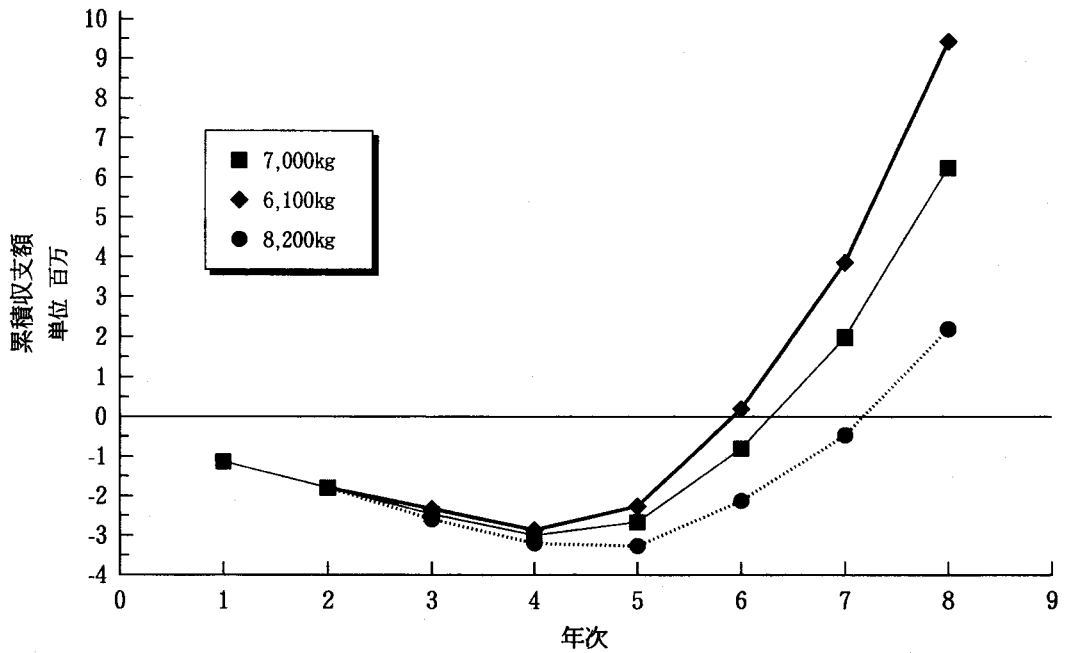


図1 導入前の搾乳牛乳量水準による収支の推移

時点で技術投資費用が回収され、7年目以降では増収が見込まれる(表18)。

本試算は県内の標準的な水準と思われる305日乳量7,000kg牛群を基準に、これを305日乳量10,000kgクラス牛群へ変換する前提で試算したが、これは全頭変換を達成した場合、改良目標すなわち産乳能力向上率は143%となる。

一方、305日乳量水準設定を8,200kgに引き上げ、同様に305日乳量1万kgクラスへ変換する場合、すなわち改良目標が産乳能力向上率122%で試算すると、技術投資の回収期間が1年延長して8年目となり、逆に305日乳量水準を6,100kgに引き下げ、向上率164%とすると1年短縮して6年目となる(図1)。

このように、胚移植技術を応用した牛群変換を実施する場合は、飛躍的な産乳能力向上(この場合では概ね140%以上の能力向上)を目標とすることで、この技術は有効と考えられる。

4) 購入胚を利用した胚移植技術導入の試算
近年は凍結受精卵の購入が可能となり、むし

ろ今後は凍結受精卵購入による実施を重視すべきかもしれない。

そこで、先の試算前提はそのままに、供胚牛導入による胚獲得方法を凍結胚購入による方法に置き換え、その結果を先の供胚牛導入を利用した試算と比較した。

試算方法は、305日乳量10,000kgクラスの胚の購入価格を4万円(胚移植料込み)と設定し、

「供胚牛導入価格+供胚牛管理費+採卵移植費用」(胚1個当たり約6万円)と、
「胚購入価格×使用数量」

が等価なものとして行なった。

その結果、供胚牛導入の場合とそれほど差はなく7年目で回収され、その時点で約177万円の増収となった。

胚1個当たりの価額が供胚牛導入の場合より安い(購入胚4万円、供卵牛導入約6万円。)にも関わらず、差のない結果となった要因を考えると、供胚牛導入の場合、

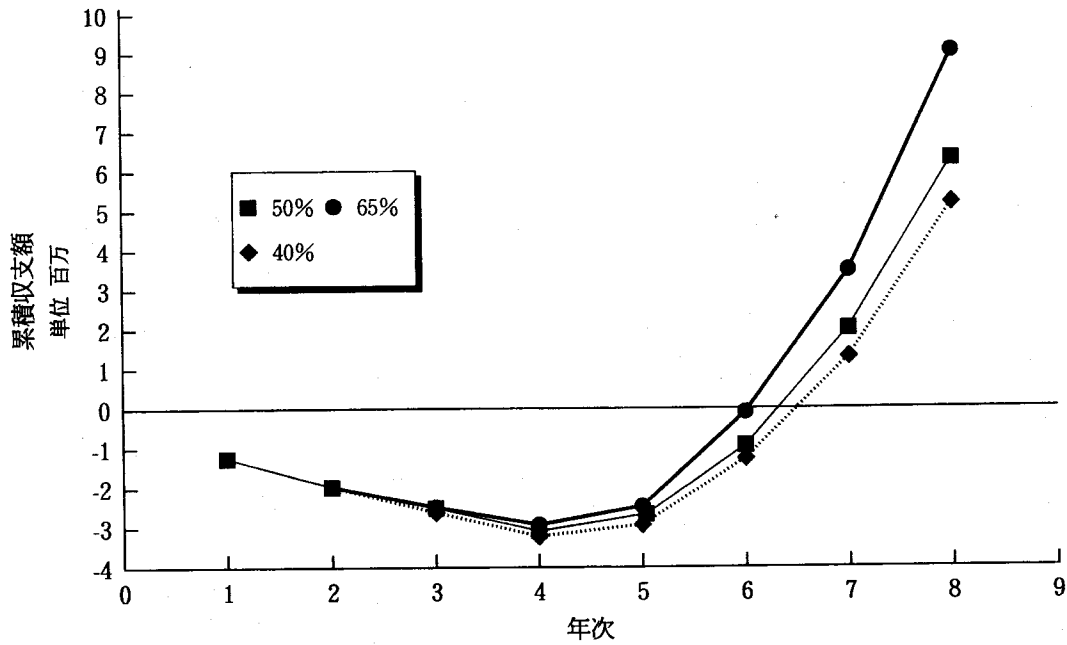


図2 胚移植時受胎率の違いによる収支の推移

(1) 供胚牛導入の場合、供胚牛は分娩2ヵ月前の状態を導入される前提のため、分娩後11ヵ月間は供胚牛3頭の高能力な産乳能力によって出荷乳量は増加する。

(2) 供胚牛導入の場合、導入2ヶ月後の分娩で得られた産子も同等の高能力を有するため、改良牛の搾乳開始及び次世代改良産子の出現が、供胚牛の分娩から2年後(開始後3年目)には実現可能。

なのに対し、購入胚利用の場合は上記2要因がないために、改良牛の搾乳開始と次世代改良産子の出現が開始後4年目となり、投資技術の凍結期間が1年延びる結果となるためである。

以上のように、供胚牛導入による牛群変換と比較して経済的な差はない試算となったが、

(1) 能力の選択が自由なため、産乳量増加だけでなく高蛋白乳指向など、需要に応じた改良が供胚牛所有の場合よりも有利である。

(2) 供胚牛管理や採卵作業から開放される。と言ったことを考慮すると、経営の管理運

営、省力性といった面で優位だと言える。

5) 移植技術水準の向上と経済性の考察

本技術の普及におけるキーワードと考えられる胚移植時の受胎率について検討した。

前提条件は先の供胚牛導入と同じ(305日乳量7,000kgから305日乳量10,000kgへ変換)とし、現行設定の受胎率50%を65%に仮定した。その結果、1年短縮されて6年目で回収が可能となり、その時点の増収額は約3.6万円となった(図2)。

以上の試算結果から、現行の受胎率が15%以上向上することで投資回収期間が約1年短縮される。受胎率は供胚牛利用、購入胚利用の両方法に関係する項目であり、本技術の普及において、重要なポイントであることが示唆された。

IV. 摘要

遺伝的改良の飛躍的なスピードアップを図り高能力牛群を早急に整備するため、高能力牛3頭を導入し、胚移植技術を応用して高能力牛への変換に取り組んだ。

1. 導入供胚牛3頭の泌乳能力は、成牛換算乳量で10,000kg以上で導入時の期待どおりであった。

2. 導入供胚牛からの採卵は延べ35回実施し、6年間で1回当たり平均2.8個の正常胚が回収された。過剰排卵の反復により正常胚数は年々減少し、有効と考えられる4年間では1回当たり平均3.4個であった。

3. 移植成績は凍結胚移植、新鮮胚移植とも約50%の受胎率であった。

4. 導入供胚牛の胚移植による産子は46頭で、雌産子が23頭で、雌娩出率は理論どおり約50%となった。

5. 産子牛23頭のうち22頭が現在経産となり、集計可能となった18頭は、ほぼ10,000kgの泌乳能力を示し、受胚牛とした低能力牛の乳量と比較して飛躍的に改善された。

6. 本研究結果をもとに、経産牛40頭規模、305日乳量7,000kgの農家へ供胚牛を利用した本技術を導入し、305日乳量10,000kg牛群へ変換(現行よりも143%の能力向上)する試算を行なった結果、回収期間は開始後7年目となり、以後増収が見込まれ、胚の購入を利用したケースによる試算でも同様に7年目となった。また、導入農家の設定を305日乳量8,200kgの水準(122%の能力向上)へ引き上げて同様に試算したところ、回収期間は1年延長して8年目となった。このことから、飛躍的な能力向上を目標とすればこの技術は有効と考えられる。

V. 引用文献

- 1)山本広憲ら. 1995. スーパーカウの採卵成績. 東日本ET研(講演要旨):51
- 2)秋田畜試. 1995. 受精卵移植技術を応用した乳用牛群の泌乳能力向上試験. 畜産試験場研究成績・計画概要書:5
- 3)山口畜試. 1995. 高能力乳用牛群選抜システムの開発. 畜産試験場研究成績・計画概要書:11
- 4)千葉県嶺岡乳試. 1995. 高能力牛(群)作出に関する研究. 畜産試験場研究成績・概要書:2
- 5)スーパーカウの現状. 第85回日畜学会講演要旨:24
- 6)鈴木達行. 1995. 牛の胚移植を中心とした新技術の今目的課題と展望. 畜産の研究 49-3:335
- 7)熊谷光洋ら. 1991. 胚移植技術の簡易安定化と双子生産. 岩手畜試研究報告:39
- 8)BUNGARTZ L. and NIEMANN H. 1994. Assessment of the presence of a dominant follicle and selection of dairy cows suitable for sperovulation by a single ultrasound examination. J Reprod Fertil.101:583-591
- 9)岩手県畜産試験場肉牛部. 1990供胚牛への反復過排卵処理成績 平成元年度岩手県参考事項:61
- 10)向島幸司ら. 1994. 搾乳牛の反復採卵成績向上を目指したF S H投与量の検討 第9回東日本受精卵移植研究会大会講演要旨:33
- 11)武富ら. 1992. 牛における豚卵胞刺激ホルモン(P-FSH)1回投与後のP-FSHの血中レベルの消長と過剰排卵成績. 日畜学会(講演要旨):9
- 12)山本政生. 1993. 牛の過剰排卵処置の新技术, P V Pを溶媒としたF S Hの1回投与法. 日畜学会(講演要旨):15
- 13)岩手県畜産試験場肉牛部. 1993. 受精卵移植技術におけるP V Pを応用した過剰排卵処理法
- 14)青柳ら. 1994. 黒毛和種における過剰排卵

- 処置方法の違いが卵巣反応と胚回収成績に及ぼす影響. 日畜学会 (講演要旨) :156
- 15) 菅野美樹夫ら. 1996. Polyvinylpyrrolidone (PVP) 溶媒を用いた hMG の簡易過剰排卵処理効果. 東日本ET研 (講演要旨) :34
- 16) 奥地ら. 1992. 第7回東日本受精卵移植研究会大会講演要旨:
- 17) 小笠原清高ら. 1996. 高泌乳牛群の飼養技術と省力的作業体系の確立試験 青森畜産試験場試験研究報告:5-9
- 18) 濱田ら. 1995. 牛の凍結保存胚における供胚牛別の差異について. 東日本ET研 (講演要旨) :54
- 19) 堂地修ら. 1991. ダイレクト法. 日畜学会 (講演要旨) :61
- 20) 岩手畜試 1991. 牛受精卵の簡易凍結融解法 (ダイレクト法) 参考事項:78
- 21) 山本広憲ら. 1994. 乳牛凍結胚の直接移植法による野外移植試験. 東日本ET研 (講演要旨) :56
- 22) 桜井和巳ら. 1994. 1.8(10%)エチレンジリコールを用いた凍結牛胚直接移植法. 東日本ET研 (講演要旨) :58
- 23) 亀山賢次ら. 1994. 輸送した細胞試料の性別判別と凍結保存したバイオプシー胚の移植. 東日本ET研 (講演要旨) :44
- 24) 沼辺孝ら. 1995. PCR法により性別判別し凍結保存されたバイオプシー胚の移植. 東日本ET研 (講演要旨) :62
- 25) 農林水産省農業研究センター. 1995. III 経営評価の方法 1. 数量化法等 1) 試算計画法. 農業技術の経営評価マニュアル. : 44-45