

島根県産の黒毛和種牛に適した人工哺育体系の検討

－哺乳ロボットを利用した場合の母子分離および離乳時期－

錦織美智子 岩成文子 森脇俊輔¹⁾ 土江 博

要約 島根県内産の黒毛和種子牛における人工哺育体系を構築することを目的に、早期母子分離方式と哺乳ロボットでの群管理を組み合わせた場合の母子分離時期と離乳指標について検討した。まず、当センター内で生産した黒毛和種子牛 (n=42) を用い、I 区 (n=19：出生直後)、II 区 (n=12：出生後 3 日目) および III 区 (n=11：自然哺育) に区分して母子分離時期を比較検討した。その結果、32 週齢時の体重および体高発育値は I 区が II 区および III 区と比べて有意 ($P < 0.05$) に低く、3 から 28 日齢までの血中 IgG 濃度も I 区が II 区および III 区と比べて有意 ($P < 0.05$) に低値であった。次に、黒毛和種子牛 48 頭を用い、I 区 (n=11：3 日齢時母子分離後人工哺育で離乳指標体重が雄 100kg および雌 90kg)、II 区 (n=22：I 区と同様で離乳指標体重が雄 80kg および雌 80kg) および III 区 (n=15：自然哺育で 11 から 16 週齢時離乳) に区分して、離乳指標を比較検討した。その結果、32 週齢時の体重および体高発育値は区分間で差が認められなかった。以上のことから、早期母子分離後に哺乳ロボットへの群飼導入を行う場合は、少なくとも生後 3 日間の母子同居が必要で、離乳の目安となる指標体重は雄雌ともに 80kg に設定可能であることが推察された。

キーワード：黒毛和種 人工哺育 早期母子分離 発育

黒毛和種子牛の市場評価を高位安定化させるためには、産肉能力の高い血統構成の子牛生産を目指すことに加えて、個体の発育能力を最大限に引き出すことが重要である。このことは、繁殖あるいは肥育もと牛を生産する繁殖農家にとっても同時に収益向上のための目標である。自然哺乳を前提とした黒毛和種子牛の生後発育は、生下時のサイズ¹⁾と母牛の授乳能力に大きく依存する²⁾。さらに、授乳量は遺伝的能力、産次、分娩前後の栄養水準などの多要因の影響を受けて個体差が大きい³⁻⁶⁾ことも知られ、フィールドにおいては初生子牛の発育のばらつきをコントロールするための授乳状況の把握と個別的な栄養管理を行うことが求められる。島根県内産の黒毛和種牛生産農家においても克服すべき重要ポイントであるが、実際には完遂されない場合が多々あり、子牛の評価を低下させる要因の一つとなっている。このような状況の中で人工哺育は一つの選択肢になり得るものの、労力やコスト面でのデメリットによって中小規模の農家ではあまり選択されていない。ただし、将来的には、個別に生産された子牛を集合管理する哺育形態⁷⁾が地域単位で利用されることも十分想定できる。

一方、比較的規模の大きい繁殖農場においては、自然哺育では個々の発育能を十分引き出すための個別管理に労力を注ぐことが困難であるため、発育の斉一性をねらった人工哺育を選択するケースが多い。そして最近になって、人工哺育を一層省力化するツールとして、哺乳量の設定と管理が自動化された哺乳管理システム (哺乳ロボット) を導入する農場が県内でみられるようになり、今後は同様な農場が増えることも見込まれる。しかしながら、人工哺乳体系には様々なプログラム⁸⁾が推奨されている上、実際はそれぞれの農場主の個別設定に委ねられており、一様ではない。特に、母子分離および離乳の時期については様々な意見があり、島根県では一定の指針がないのが現状である。

これらの状況を踏まえ、我々は島根県産の黒毛和種牛に適合した人工哺育体系を構築する目的で、母子分離時期および離乳時期について検討した。

材料および方法

試験 1

供試牛は、2005 年 1 月から 2007 年 4 月までに当センター内で出生した黒毛和種子牛 (42 頭) とし、母子分離時期によって 3 区分した (I 区、II 区およ

¹⁾ 現東部農林振興センター出雲家畜衛生部

びⅢ区)。すなわち、Ⅰ区(雄9頭、雌10頭)は出生直後、Ⅱ区(雄5頭、雌7頭)は出生後3日目に母子分離し、Ⅲ区(雄7頭、雌4頭)では出生後3から4か月の期間中(平均91日齢)に分離時期を設定した。すべての供試牛に対して出生後1時間以内に粉末初乳(ヘッドスタート: Bayer)を1頭あたり225g給与したが、母乳を摂取させなかったⅠ区に限定して初回給与から約8時間後に同量を追加給与した。Ⅰ区およびⅡ区では、母子分離後7から14日間の個別管理を経て、哺乳ロボット(Forster Technik)へ群飼導入し、90日齢に達するまで代用乳(みるくんV02:西日本くみあい飼料、CP26%、TDN102%)を給与した。代用乳の給与プログラムについては、3L/日から開始し、30日齢で最大8L/日になるように設定した。濃厚飼料の給与は、15週齢までは哺育用スター(ネオ人工乳ペレット:西日本くみあい飼料、CP21%、TDN75%)を3.5kg/日を上限に自由採食とし、16週齢以降は育成用配合飼料(もりもりいくせい:西日本くみあい飼料、CP15.5%、TDN70%)を用いて行った。ただし、育成用配合飼料の給与量は24週齢で最大量(雄4.5kg/日、雌4.0kg/日)となるように設定した。粗飼料の給与については、チモシー乾草の自由採食とした。なお、母牛の飼養管理は既報⁹⁾に準じた。

すべての供試牛について、体重および体高測定値(生時、20週齢時、32週齢時)を解析するとともに診療記録から加療日を抽出した。一部の供試牛について、出生後3、7、14、28および42日齢時に採取した血漿サンプルを用い、一元放射免疫拡散法(ウシIgGプレート:メタボリックエコシステム研究所)で血中IgG濃度を測定した。なお、人工哺育を行ったⅠ区およびⅡ区では、哺乳量およびスター採食量を調べた。

試験2

供試牛は、2007年6月から2009年6月までに当センター内で出生した黒毛和種子牛(48頭)とし、哺育手法および離乳時期によって3区分した(Ⅰ区、Ⅱ区およびⅢ区)。哺育手法は、Ⅰ区(雄7頭、雌4頭)およびⅡ区(雄12頭、雌10頭)では人工哺育、Ⅲ区(雄5頭、雌10頭)では自然哺育とした。また、Ⅰ区およびⅡ区の離乳時期は、それぞれ「雄100kgおよび雌90kg、以下(100 & 90)と略す」および「雄80kgおよび雌80kg、以下(80 & 80)と略す」に体重が達した時点からとし、その時点か

ら7日間で完全離乳させた。なお、Ⅲ区の離乳時期は、当センターの慣行に基づいて「11から16週齢」とした。

人工哺乳は、出生後3日目に母子分離、その後28日間の個別管理を経て哺乳ロボットへ群飼導入した。代用乳の給与プログラムについては、3L/日から開始し、30日齢で最大6L/日になるように設定した。なお、すべての供試牛について、粉末初乳は出生1時間以内に1回給与し、濃厚飼料給与、粗飼料給与および母牛の飼養管理は試験1と同様な方法で行った。

すべての供試牛について、体重および体高測定値(生時、20週齢時、32週齢時)、ならびに血中βヒドロキシ酪酸(BHBA)濃度を調べた。血中BHBA濃度は、出生後4、8、12、16および20週齢時の血漿サンプルを用いて、ケトメーターN(KM-4520:三和化学研究所)で測定した。なお、人工哺育を行ったⅠ区およびⅡ区では、離乳日齢、哺乳量およびスター採食量を調べた。

統計処理

統計解析は、最小自乗分散分析¹⁰⁾で行った。それぞれの統計モデルにおける効果は、試験区および性とした。ただし、発育値(体重および体高)については、生時の値を回帰効果に取り上げた。なお、試験区の効果が認められた項目については、Duncanの多重検定を行った。

結 果

試験1

発育値についての解析結果は、表1に示した。試験区が有意な効果として検出されたのは、20週齢時体重($P = 0.014$)、32週齢時の体重($P = 0.001$)および32週齢時の体高($P = 0.006$)であった。多重検定の結果、20および32週齢時の体重についてはⅠ区の体重がⅡおよびⅢ区と比べて有意($P < 0.05$)に低値であった。また、32週齢時の体高については、Ⅰ区がⅡおよびⅢ区と比べて有意($P < 0.05$)に低値であった。血中IgG濃度の解析結果は、表2に示した。試験区が有意な効果として検出されたのは、3日齢($P < 0.001$)、7日齢($P < 0.001$)、14日齢($P < 0.001$)および28日齢($P = 0.013$)であった。当該日齢についての多重検定の結果、Ⅰ区がⅡおよびⅢ区と比べて有意($P < 0.05$)に低値であった。

人工哺育における総哺乳量の最小自乗平均値は、

I区が410L/頭で、II区が376L/頭であった。また、90日齢までのスターター採食量の最小自乗平均値は、I区が34.8kg/頭で、II区が34.4kg/頭であった。さらに、90日齢までの診療記録からの

抽出によって、供試牛の延べ飼養日数に占める総加療日数の割合は、I区が6.1% (105/1710)、II区が4.2% (45/1080) およびIII区が4.0% (40/990) であった。また、診療に至る主な理由は、発熱および

表1 母子分離時期区分別の発育値の比較

区分	頭数	体重(kg)			体高(cm)		
		生時	20週齢	32週齢	生時	20週齢	32週齢
æJ	19	33.6 ±1.1	121.8 ±5.5 ^a	190.9 ±7.3 ^a	72.6 ±0.8	94.5 ±0.9	104.2 ±0.9 ^a
æK	12	34.7 ±1.4	144.2 ±6.6 ^b	237.1 ±9.0 ^b	72.9 ±1.0	97.2 ±1.1	108.9 ±1.1 ^b
æL	11	30.3 ±1.5	143.8 ±6.9 ^b	227.5 ±9.2 ^b	70.4 ±1.0	97 ±1.2	107.7 ±1.2 ^b

最小自乗平均値±標準誤差, 異符号間に有意差あり (a, b: P<0.05).

表2 母子分離時期区分別の血中IgG濃度の比較

区分	頭数	(mg/ml)				
		3日齢	7日齢	14日齢	28日齢	42日齢
æJ	16	9.0 ±1.7 ^x	7.1 ±1.0 ^x	7.8 ±1.1 ^x	8.3 ±1.1 ^{ax}	12.8 ±1.3
æK	6	22.4 ±2.4 ^y	19.7 ±1.7 ^y	17.4 ±1.6 ^y	14.3 ±1.8 ^y	11.6 ±1.8
æL	5	19.7 ±2.6 ^y	17.0 ±1.9 ^y	15.2 ±1.8 ^y	13.2 ±2.0 ^b	13.1 ±1.9

数値は, 最小自乗平均値±標準誤差, 異符号間に有意差あり (a, b: P<0.05, x, y: P<0.01).

表3 離乳時期区分別の発育値の比較

区分	頭数	体重(kg)			体高(cm)		
		生時	20週齢	32週齢	生時	20週齢	32週齢
æJ	11	32.8 ±1.2	148.2 ±4.5	235.6 ±5.2	72.6 ±0.7	98.6 ±0.8	109.1 ±0.8
æK	22	30.0 ±1.2	145.9 ±3.1	230.6 ±3.6	70.1 ±0.8	98.3 ±0.6	108.6 ±0.5
æL	15	29.7 ±1.8	146.6 ±3.9	229.3 ±4.4	71.0 ±1.1	97.2 ±0.7	107.6 ±0.7

数値は, 最小自乗平均値±標準誤差.

表4 離乳時期区分別の血中βヒドロキシ酪酸濃度の比較

区分	頭数	4週齢	8週齢	12週齢	16週齢	20週齢
æJ	11	55.6 ±9.3	90.2 ±14.0	121.5 ±19.5 ^a	287.3 ±37.6	396.3 ±48.9
		(0, 0%)	(0, 0%)	(10, 91%)	(2, 18%)	(11, 100%)
æK	22	62.2 ±6.5	109.7 ±9.6	214.3 ±13.7 ^b	271.8 ±26.4	363.3 ±29.1
		(0, 0%)	(0, 0%)	(9, 32%)	(1, 5%)	(22, 100%)
æL	15	51.8 ±8.0	79.2 ±11.6	122.3 ±22.8 ^a	222.9 ±44.0	479.5 ±79.6
		(0, 0%)	(0, 0%)	(14, 93%)	(2, 13%)	(15, 100%)

最小自乗平均値±標準誤差, 異符号間に有意差 (a, b: P<0.05).

() 内の数値は, 当該週齢における哺乳子牛の頭数および頭数割合を示す.

下痢症状であった。

試験2

発育値についての解析結果は、表3に示した。体重ならびに体高発育については試験区の有意な効果は認められなかった。血中BHBA濃度の解析結果は、表4に示した。試験区が有意な効果として検出されたのは、12週齢の測定値 ($P = 0.0002$) であった。多重検定の結果、Ⅱ区がⅠおよびⅢ区と比べて有意 ($P < 0.05$) に高値であった。

人工哺育における離乳日齢の最小自乗平均値は、Ⅰ区が100日齢、Ⅱ区が81日齢であった。総哺乳量の最小自乗平均値は、Ⅰ区が441L/頭、Ⅱ区が328L/頭であった。また、離乳時のスターター採食量の最小自乗平均値は、Ⅰ区が2.5kg/日、Ⅱ区が2.0kg/日であった。

考 察

近年、黒毛和種牛の繁殖経営において、出生後7日齢前後で母子分離して人工哺育に移行する飼養方式、いわゆる「早期母子分離方式」を選択するメリットは、母子両面で指摘されている¹¹⁾。母牛の管理面では、分娩後早期に母牛のみの群飼育が可能であることから、施設利用効率と作業効率が向上すること、発情発見が容易となること、そして卵巣機能の早期回復による分娩間隔の短縮が期待できることが挙げられる。また、子牛の管理面では、個別管理で養分供給を一定水準に保つことで発育が斉一化しやすいこと、臨床観察が比較的容易であることなどのメリットがあるとされる。さらに、早期母子分離方式に哺乳ロボットによる群飼管理を付加した場合には、カーフハッチ等による個別管理と比べて哺乳作業が省力化されるほか、群飼への早期馴致効果や固形飼料採食量の増加効果が報告されている¹²⁾。我々は、自然哺育が主体である県内産黒毛和種牛の哺育期の発育のばらつきを解消する飼育体系の一つとして、体系化が進んでいなかった人工哺育を検討した。それは、従来の自然哺育を否定するものではなく、将来の繁殖経営体の多頭飼育化を見据えた方向性である。初生子牛の発育能を、効率的かつ最大限に引き出せるような飼育管理方法を県内の繁殖農家に提案することが、繁殖あるいは肥育もと牛の長期的な安定供給につながり、ひいては地域特産の振興に寄与できる。早期母子分離方式と哺乳ロボットによる群飼育を組み合わせれば、より有効

な手立てとなり得る。

今回はまず、哺乳ロボットをベースとした群飼育における適切な母子分離時期について検討すべく、母子分離時期の違いが子牛の発育および血中IgG濃度に及ぼす影響を調査した。母子分離時期については、出生直後から7日齢時までの範囲で、様々な見解¹³⁻¹⁵⁾がある。本試験では、試験区分として「出生直後」と、従来、黒毛和種母牛の起立不能などの事故を想定、採用されていた初乳給与期間¹⁶⁾である「出生後3日目」を設定した。今回の試験結果では、各区の飼料摂取量が同レベルであったにも関わらず、出生直後に母子分離した牛群の発育値が、出生後3日目に分離した牛群および自然哺育した牛群と比べて明らかに低値であった。また、90日齢までの診療回数は出生直後に分離した牛群で多い傾向であり、結果的に発育に必要な栄養分が不足していた可能性が推察された。これらのことから、母子分離時期の違いが子牛の発育に影響をおよぼしている可能性が考えられた。出生直後の子牛が初乳を摂取することの重要性は広く知られており^{17,18)}、その主な目的は、母牛が獲得した免疫抗体を初乳を介して子牛に移行させることである。今回、血中IgG濃度を測定した結果、出生直後に分離した牛群の最小自乗平均値は、28日齢時点まで最低必要量である10mg/ml¹⁹⁾を下回っており、初乳からの免疫移行が十分でなかった個体が多く存在していたことが発育にマイナスの影響を与えた要因の一つとして考えられた。福島ら²⁰⁾は、出生直後に母子分離した子牛を用いて、数種類の粉末初乳2回給与で出生24時間後の血中IgG濃度を比較し、平均血中IgG濃度が最も高いレベルであった製剤でも、約4割の個体が10mg/ml未満のレベルであったと報告している。現在一般に流通している粉末初乳の多くは、ホルスタイン種の初乳を用いて製造されている。一方で、黒毛和種経産牛の初乳は、ホルスタイン種の初乳に比べて乳量は少ないものの、2倍以上の濃度の免疫抗体が含まれている²¹⁾。これらのことから、出生直後に母子分離を行う場合、免疫抗体量を保証している初乳製剤を比較的高濃度に調整して摂取させるか、個別飼養による徹底した衛生管理の必要性が考えられた。

一方、出生後3日目に母子分離した牛群の血中IgG濃度は、自然哺育した牛群とほぼ同レベルで推移し、32週齢までの発育にも差がなかった。このことから、哺乳ロボット等を利用した群飼育を行

う場合、少なくとも生後3日間の母子同居が必要であると推察された。

離乳時期については、哺育期から栄養価の高いスターターを採食させることにより、第1胃内の揮発性脂肪酸を効率的に産生させ、第1胃上皮絨毛を発達促進することで早期に離乳させる方法が行われており¹²⁾、一般に、離乳時期の判断はスターターの採食量を基準として行うことが推奨されている²²⁾。しかし、群飼育では個体毎の採食量把握は困難であり、実用性に欠ける。一方で、スターター採食量は体重に依存していること²³⁾も報告されている。今回、我々は体重を基準とした離乳指標として雄雌の指標体重「100 & 90」および「80 & 80」について検討した。「100 & 90」は、我々が予備試験において実測した結果、すなわち生後3日目に母子分離後90日齢で離乳した子牛の離乳時の平均体重である。「80 & 80」は指標の単純化に加え、「100 & 90」より小さい体重での離乳で低コスト化を図るため、1日あたり1から1.5kg採食可能である体重として設定した。離乳指標「80 & 80」群の離乳時のスターター採食量(最小自乗平均値:2kg/日)は、「100 & 90」群と比べて少量であったが、一般に離乳の日安とされる採食量²³⁻²⁵⁾よりも多かった。また、子牛の血中BHBA濃度について、Quigleyら²⁶⁾は、離乳後のスターター採食量の増加に伴って、血中BHBA濃度が上昇することを報告しており、今回、12週齢時において「80 & 80」群の血中BHBA濃度が「100 & 90」群および自然哺育群と比べて高値であったのは、離乳子牛の割合(68%)が高かったことを反映したものと考えられた。これらの両方の指標をもとに離乳を行った結果、32週齢時までの発育に差は認められず、自然哺育牛との発育差もみられなかったことから、離乳指標体重として「雄80kg、雌80kg」の設定が可能であることが推察された。

参 考 文 献

- 1) 小畑太郎ら. 日本畜産学会報, 53: 605-611, 1998.
- 2) Shimada K. et al. Journal of Animal Science, 1: 47-53, 1988.
- 3) 北村千寿ら. 島根県畜産試験場研究報告, 35:

- 9-12, 2002.
- 4) 島田和宏ら. 中国農業試験場研究報告, 12: 57-123, 1993.
- 5) 八代田千鶴ら. 日本畜産学会報, 78(3): 317-324, 2007.
- 6) 野田昌伸ら. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告(畜産), 35: 9-12, 1999.
- 7) 社団法人全国肉用牛振興基金協会. ビーふキャトル第9号, 2007.
- 8) 社団法人家畜改良事業団. 受精卵産子の哺育事例集, 2004.
- 9) 三成淳夫ら. 島根県立畜産試験場研究報告, 28: 11-16, 1993.
- 10) Walter R. Harvey. User's Guide for LSMLMW and MIXMDL. 1-20, 1990.
- 11) 福島護之. 肉牛ジャーナル, 19(8) 24-31, 2006.
- 12) 社団法人畜産技術協会. 哺乳ロボット導入の手引き, 2004.
- 13) 栗原昭広ら. 鳥取県畜産試験場研究報告, 29: 12-16, 1999.
- 14) 橋本徳子ら. 畜産技術 (7), 16-19, 2001.
- 15) 垂水啓二郎ら. 宮崎県畜産試験場研究報告, 18: 10-19, 2005.
- 16) 小倉与四夫. 肉牛飼養全科, 100-118, 社団法人農山漁村文化協会. 東京. 1982.
- 17) 久馬忠. 東北農業試験場研究報告, 64: 77-102, 1981.
- 18) 石井三都夫. 臨床獣医, 25(1): 10-15, 2007.
- 19) Roy, J.H.B. Butterworths, 17-47, 1990.
- 20) 福島護之ら. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告(畜産), 40: 6-10, 2004.
- 21) 小原潤子ら. 平成16年度北海道農業研究成果情報, 2004.
- 22) Morrill, J.L. 畜産の研究, 39(8): 1013-1014, 1985.
- 23) 杉本昌仁ら, 子牛の科学, 東京. 2009.
- 24) 中央畜産会. 肉用牛飼養標準 肉用牛 (2008年版), 東京. 2009.
- 25) 社団法人畜産技術協会. 和牛子牛を上手に育てるために, 東京. 2007.
- 26) Quigley, J.D. et al. Journal of Dairy Science, 74: 250-257, 1991.