

初回分娩月齢とその後の生産性は関係があるのか？

誌名	産業動物臨床医学雑誌 = Japanese journal of large animal clinics
ISSN	1884684X
著者	中田, 健
巻/号	3巻3号
掲載ページ	p. 147-155
発行年月	2012年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



初回分娩月齢とその後の生産性は関係があるのか？

中田 健

酪農学園大学獣医学群獣医学類 衛生・環境教育分野 ハードヘルス学ユニット
(〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582)

連絡責任者：中田 健 (酪農学園大学獣医学群獣医学類 衛生・環境教育分野 ハードヘルス学ユニット)
〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582 ☎011-388-4799
E-mail: kenn@rakuno.ac.jp

1966年 埼玉県生まれ
1991年 東京農工大学卒業
1991～1993年 東京女子医科大学助手
1993～1997年 酪農学園大学助手

1997～2004年 酪農学園大学講師
2004～2009年 酪農学園大学准教授 (助教授)
2009年より 酪農学園大学教授

初回分娩月齢とその後の生産性は関係があるのか？

中田 健

酪農学園大学獣医学群獣医学類 衛生・環境教育分野 ハードヘルス学ユニット
(〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582)

(2012年9月22日受付・2012年9月30日受理)

要約 乳用牛の生涯の生産を考えた場合、出生から人工授精を行い妊娠および分娩に至るまでは、管理費全てが分娩後の乳生産による利益を期待した事業投資と言える。その投資額を、分娩後の乳生産による乳の販売価格と生産費との差額すなわち収入により、充当しながら収支の均衡点を迎え、その個体による収益が生まれることになる。また、生涯の生産、生産サイクル、牛群構成、更新率が変わらずに初回分娩月齢の短縮が行われた場合には、育成期間の生産費すなわち投資額の減少に結びつく。したがって、初回分娩月齢の短縮は、生産開始年齢を早め収支の均衡点を短縮することを期待した取り組みである。また、牛群の初回分娩月齢の短縮は、初妊牛の個体販売、育成牛の保有頭数を減少することにつながり、収入の増加ならびに経費の削減による所得増も期待できる。しかし、本当に、生涯の生産性向上につながっているのだろうか。その問いかけに答える情報が不足している。そこで、本研究では、1地域の9年間のデータを用いて、初回分娩月齢と生産にかかわる項目との関連性について分析を行い、それらを総合的に評価することで、生涯生産性の高い初回分娩月齢を示すことを試みた過程と結果を紹介する。

——キーワード：研究デザイン、生産疫学、乳牛

はじめに

分娩月齢の短縮を目標に、未經産牛の初回人工授精実施月齢を早める取り組みが10数年まえから行われてきている。その取り組みが実施され始めた頃から現在までを振り返ると、酪農業を取り巻く環境も変化してきた。飼養頭数規模の拡大、法人経営農場の増加、TMRセンター利用農場の増加、輸入飼料の高騰、環境保全への対策の強化、食品の安全性確保への取り組み、ポジティブリストなど、酪農の経営方針を変えるような変化もあったと考えられる。そのような中で、未經産牛の初回人工授精実施月齢を早期化することが各地で行われているが、この取り組みの実際の生涯生産性に対する評価、この取り組みを進める上での中間的な検証も必要であると考えられる。

本シンポジウム企画にあたり北海道内の1人の獣医師から、「初回人工授精時期の早期化による初回分娩月齢の早期化は、本当に酪農家の生産性を向上させているのか知りたい。」という疑問を投げかけられた。色々と考えて、それに応えるべく、先行研究を調査したが国内では初回分娩月齢と生涯生産との関連性を示した報告は皆

無であった。海外の論文では、オーストラリア北部の熱帯地域の1農場を対象にした乳牛の初回分娩年齢と初産乳量、生涯生産量、在籍期間の関連を分析した報告がある[1]。追跡できた頭数が442頭であったため、初産分娩年齢の区分は0.5歳（6カ月）であり、2.0から2.5歳の初産乳量、生涯生産乳量、生産期間割合（生産年数/除籍年数）が最も高いことを示している。

同様なことを、日本の乳牛の情報で考える必要がある。それならば、自分自身でその分析を行うのが一番と考え、生産情報を用いた分析を行うことにした。そこで今回は、日本の状況を知る目的で1地域の情報を用いて初回分娩年齢と生涯生産性との関係について分析した経過ならびに結果を紹介する。

初産分娩年齢と生涯生産収支

単純な仮想のモデルで初回分娩年齢短縮による生涯生産収支について考えてみる。

仮想モデルの前提条件は以下の通りとした。

- ① 育成期間の生産費用は月20,000円とした。算出根拠は、平成24年6月における北海道市場平均価格、

初生牛（ホル雄）39,000円および初妊牛485,000円、および北海道酪農検定検査協会の検定成績表（牛群成績北海道平均）による初回分娩月齢25カ月を用いた。初妊牛価格から初生牛価格の差額446,000（485,000－39,000）円を出生から初妊牛販売までの生産費用と仮定した。初妊牛の売買は通常分娩予定の2カ月前に行われるため、23カ月齢で販売されたと仮定し、育成期間は23カ月とした。生産費用を育成期間で除し、育成期間1カ月の生産費19,391円（446,000円／23カ月）となるため、繰り上げて育成期間の生産費用を月20,000円とした。

- ② 牛の生産寿命は4産とし、1年1産で、2カ月間の乾乳期間、4産目は12カ月搾乳後に除籍とする。305日（10カ月）乳量（kg）は1産7,000、2産8,000、3産9,000、4産10,000とし、乳1kg当たりの販売乳価と生産費用との差額（収入）を20円とした。乾乳期間の生産費用は、育成期間と同様に月20,000円とした。
- ③ 泌乳曲線は、1産は泌乳ピークがあり泌乳持続性のある様式とし、2産以上は泌乳初期が高く4カ月後から持続性がなく急激に乳量の低下する様式とした。
- ④ 初回分娩月齢は、24カ月分娩および22カ月分娩で収支の均衡点を求めた。

初回分娩年齢による生涯生産収支の仮想グラフを2カ月毎にデータをプロットし作成した（図1）。24カ月初回分娩は、24カ月齢で収支の最下点を迎え、分娩後乳生産の開始に伴い収支は+の方向へ転換し4産の62カ月齢で収支の均衡点に達した。一方、22カ月初回分娩は、22カ月齢で収支の最下点を迎え、収支の均衡点には56カ月で達し、除籍時には収支の+方向への位置が高いことが分かる。

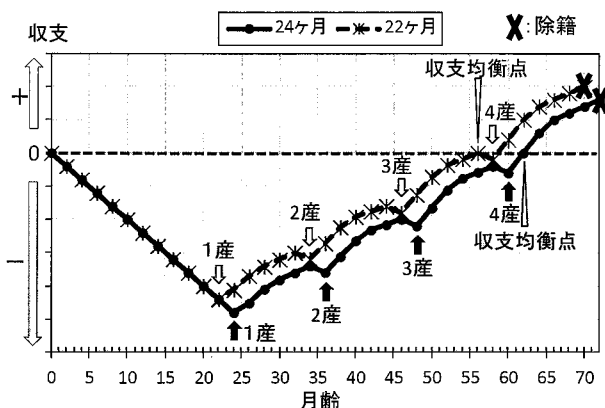


図1 初産分娩年齢と生涯生産収支の仮想モデル
1年1産、4産搾乳後除籍での初回分娩24カ月齢および22カ月齢の収支均衡点の違い。

初回分娩年齢短縮の利点には、このようなことが考えられた。これ以外にも、牛群の頭数および産次別頭数の割合が安定しており、年間の更新割合も一定であることを前提とした場合には、期待される効果に後継牛の保有頭数の減少による生産費用の削減、個体販売による収入の増加、育成牛保有頭数の減少による飼養スペースの削減なども考えられている。

研究テーマ／研究上の疑問（Research Question）

今回の研究テーマは、「初回分娩年齢の短縮は本当に生涯生産性を高めてきたのか？」と設定した。

そのための仮説を立てることとした。作業仮説（対立仮説 H_1 ）は、「初回分娩年齢と生涯生産性とは関連性がある。」、および帰無仮説（ H_0 ）は、「初回分娩年齢と生涯生産性とは関連性がない。」とした。

帰無仮説とは、統計学的手法を利用した仮説検定（よく皆さんが有意差を求める検定）により棄却ができるか否かを行うための仮説である。その仮説検定を行うための研究デザイン、この場合は因果推論（原因と結果の関連性の推論）をするための研究を計画する必要がある。

説明変数（独立変数）と目的変数（従属変数）とは

説明変数とは、目的変数を説明する変数のことで、独立変数とも呼ばれている。物事の原因ととらえることもでき、1変数に限らず多変数でも可能である。一方、目的変数とは、物事の結果のことで、従属変数とも呼ばれている。数的なモデルを用いた回帰分析の場合は予測したい変数ととらえることもでき、目的変数は1つとする。

今回の説明変数は初回分娩年齢となり、目的変数は生涯生産性となる。説明変数の分類は、分娩年齢を1.6歳～3.0歳までとして、0.2歳（2カ月）区切りの7群（1群：1.6～1.8未満、2群：1.8～2.0未満、3群：2.0～2.2未満、4群：2.2～2.4未満、5群：2.4～2.6未満、6群：2.6～2.8未満、7群：2.8～3.0）とした。目的変数の生涯生産性の適切な指標を、先行研究（1）を参考にしながら新しい変数も加え、在籍期間（出生から除籍までの期間）、生産期間（初回分娩後から除籍までの期間）、総搾乳日数（生産期間から乾乳期間を除いた日数）、生涯生産乳量、生産期間割合（生産期間／在籍期間）、搾乳期間割合（搾乳期間割合／在籍期間）および年生産乳量（生涯生産乳量／在籍期間（年））とした。

研究のデザイン（1）

《横断的分析研究》

時間軸を横に切断した一定期間の範囲内で情報を集積し、原因となる説明変数と結果となる目的変数との関連性を1対1で分析を行う観察研究

・対象個体

- ① 選択基準：乳検に加入しており、後継牛を自家生産している農場で飼養されている乳用牛。調査対象期間内に初回分娩を行い除籍された乳用牛
- ② サンプルング方法：北海道釧路地区浜中町。2002年から2007年に初回分娩を行い、2010年12月までの調査期間内の除籍、乳量、搾乳日数などの記録を使用。

・変数

- ① 説明変数：初回分娩年齢（区分）
- ② 目的変数：生涯生産関連項目（1）在籍期間、（2）生産期間、（3）総搾乳日数、（4）生涯生産乳量、（5）生産期間割合、（6）搾乳期間割合、（7）年生産乳量

・統計学的事項

- ① 仮説：初回分娩年齢区分と各目的変数との間に関連性がある
- ② 一元配置分散分析および多重比較検定
- ③ 分析頭数4,643頭

研究のデザイン（2）

《後ろ向きコホート研究》

過去からの蓄積データを利用して追跡観察する観察研究。今回は、交絡調整を行うための調整因子（変数）を含めた多変数解析（Multivariable analysis）により説明変数と目的変数との主仮説の検証と、調整因子を説明変数とみなした副次的な仮説の検証も行った。農場レベルの変数算出法は先行研究の文献に準じた [2, 3]。

・対象個体

- ① 選択基準：乳検に加入しており、後継牛を自家生産している農場で飼養されている乳用牛。2002年から2007年に初回分娩を行った乳用牛。
- ② サンプルング方法：北海道釧路地区浜中町。追跡期間2002年1月から2010年12月までの牛の除籍記録を使用。

・変数

- ① 説明変数：初回分娩年齢（7区分）
- ② 交絡調整因子：
 - 農場レベル（11変数）：地区（3区分）、飼養形態（フリーストール、つなぎ2区分）、放牧の有無（2区分）、経産牛頭数規模（4区分）、平均分娩間隔（4区分）、経産牛平均産次数（4区分）、更新率（4区分）、分娩後60日以内の死産割合（4区分）、除籍に対する死亡割合（4区分）、乳生産量（4区分）、バルク乳平均体細胞数（4区分）
 - 個体レベル（4変数）：初回分娩年（6区分）、

初回分娩月（4区分）、初回産子性別（雌、雄、多胎、死産4区分）、初回分娩難易度（自然、軽度助産、2-3人助産、難産・死産4区分）

- ③ 目的変数：生産期間

・統計学的事項

- ① 仮説：初回分娩年齢区分と生産期間との間に関連性がある
- ② 生存時間解析：
開始点：初回分娩、終点（エンドポイント）：除籍
- ③ 分布の描出： Kaplan-Meier法
- ④ 分娩年齢区分による生存曲線の相同性検定：ロジック/ウィルコクソン検定
- ⑤ ハザード比（相対危険）：コックス比例ハザードモデルを用いた多変数（数）解析による交絡調整後の因果推論
- ⑥ 分析頭数7,114頭（追跡期間内の打切り2,471頭）

共通結果（記述疫学）

1) 対象農場の概要（表1）

対象農場101戸の概要について平均値、および平均値の95%信頼区間を示す。経産牛頭数は74.0（95%信頼区間67.9～80.0）頭、分娩頭数は68.2（62.3～74.2）、分娩間隔は430（425～435）日、経産牛の産次数は3.16（3.06～3.27）、年更新率は22.8（21.7～23.9）%、経産牛頭数に対する分娩頭数割合は91.5（90.4～92.5）%、分娩頭数に対する第四胃変位発生頭数割合は2.1（1.8～2.4）%、経産牛頭数に対する分娩後60日以内の除籍率は5.3（4.9～5.8）%、更新頭数に対する死亡頭数の割合は31.0（28.6～33.4）%、年間出荷乳量から算出した搾乳牛1日あたりの4%乳脂肪率換算個体乳量は23.6（22.7～24.5）kg、およびバルクタンク乳中体細胞数は172.5（163.2～181.8）千/mlであった。

2) 対象個体の概要（表2）

対象個体の概要について平均値、および平均値の95%信頼区間を示す。分娩年齢は2.24（95%信頼区間2.24～2.25）歳、授精を行った初産の初回授精日数は84（83～85）日、受胎した初産の空胎日数は148（145～150）日、初産の4%乳脂肪率換算305日乳量は7,085（7,053～7,116）kg、生涯の総搾乳日数は1,322（1,307～1,337）日、生涯の4%乳脂肪率換算総生産乳量は30,805（30,426～31,184）kg、除籍時産次数は3.59（3.55～3.63）、在籍期間は5.54（5.49～5.59）年、初回分娩から除籍までの生産期間は3.27（3.22～3.32）年、在籍期間に対する生産期間の割合は0.54（0.54～0.55）、在籍期間に対する搾乳日数の割合は0.52（0.51～0.52）、および在籍期間1年間あたりの生産乳量は4,347（4,298～4,396）kgであった。

表1 対象農場の概要

変数	戸数	平均値	平均値95% CI ^c	Q1 ^d	中央値	Q3 ^d
経産牛頭数	101	74.0	(67.9, 80.0)	52.3	66.2	87.1
分娩頭数 (頭/年)	101	68.2	(62.3, 74.2)	47.0	60.4	80.0
分娩間隔 (日)	101	430.1	(425.1, 435.0)	413.6	426.1	441.6
産次数	101	3.16	(3.06, 3.27)	2.80	3.10	3.45
更新率 (%)	101	22.8	(21.7, 23.9)	19.7	22.7	25.5
分娩頭数割合 ^a (%)	101	91.5	(90.4, 92.5)	88.1	92.1	94.7
四変発生頭数割合 (%)	101	2.1	(1.8, 2.4)	0.9	1.6	2.8
分娩後60日以内の除籍率 (%)	101	5.3	(4.9, 5.8)	3.5	5.2	6.3
更新に対する死亡頭数割合 (%)	101	31.0	(28.6, 33.4)	22.2	30.0	38.1
個体乳量 ^b (kg)	101	23.6	(22.7, 24.5)	21.4	24.1	26.0
バルク乳体細胞数 (千/ml)	101	172.5	(163.2, 181.8)	140.9	174.2	202.8

a: 年間の経産牛頭数に対する分娩頭数割合

b: 4%乳脂肪分率補正乳量

c: CIは信頼区間

d: Q1は第1四分位 (25%点), Q3は第3四分位 (75%点)

表2 対象個体の概要

変数	頭数	平均値	平均値95% CI ^g	Q1 ^h	中央値	Q3 ^h
分娩年齢	7114	2.24	(2.24, 2.25)	2.05	2.19	2.40
初産初回授精日数	6078	84	(83, 85)	56	73	99
初産空胎日数	6580	148	(145, 150)	80	120	185
初産305日乳量 ^a (kg)	7114	7085	(7053, 7116)	6188	7082	7953
総搾乳日数	7114	1322	(1307, 1337)	893	1284	1725
総乳量 ^a (kg)	7114	30805	(30426, 31184)	19396	29705	40930
除籍時産次数	7114	3.59	(3.55, 3.63)	2	4	5
在籍期間 ^b (年)	4643	5.54	(5.49, 5.59)	4.21	5.35	6.76
生産期間 ^c (年)	4643	3.27	(3.22, 3.32)	1.96	3.12	4.47
生産期間割合 ^d	4643	0.54	(0.54, 0.55)	0.47	0.58	0.67
搾乳期間割合 ^e	4643	0.52	(0.51, 0.52)	0.44	0.55	0.63
年生産乳量 ^f	4643	4347	(4298, 4396)	3260	4472	5550

a: 4%乳脂肪分率補正乳量

b: 出生から除籍までの期間

c: 初回分娩から除籍までの期間

d: 生産期間/在籍期間

e: 総搾乳日数/在籍期間

f: 総乳量/在籍期間

g: CIは信頼区間

h: Q1は第1四分位 (25%点), Q3は第3四分位 (75%点)

3) 年別の初回分娩年齢区別の頭数割合の推移 (図2)

2002年から2006年にかけて、初産分娩年齢2.2歳未満の頭数割合が33%から徐々に増加し60%に達し、2007年も60%程度であった。一方、2.4歳以上の頭数割合は、2002年から2007年にかけて40%から15%に徐々に減少した。このことから、各年の平均初回分娩年齢は、2002年の2.35 (95%信頼区間2.34~2.37) 歳から2007年の2.18 (2.17~2.19) 歳へと0.17歳 (2.04カ月) の短縮が認められた。

研究デザイン (1): 初回分娩年齢と

生涯生産 (横断的分析研究) の結果

初回分娩年齢区分と生産関連項目との関係を表3に示した。一元配置分散分析の結果から初回分娩年齢区分による在籍期間、生産期間割合、搾乳期間割合、および年生産乳量は有意に異なることが明らかとなった。また、多重比較検定より各区分間の比較を行った結果、出生から除籍までの在籍期間は初回分娩年齢の増加に伴い増加することが明らかとなった。生産期間、総搾乳日数、お

よび生涯生産乳量は初回分娩年齢区分による違いは認められなかった。在籍期間中の生産性の指標である生産期間割合、搾乳期間割合、および年生産乳量の平均値および平均値の95%信頼区間から、生涯生産性の高い初回分娩年齢区分は1.8～2.2歳の区分であり、分娩年齢区分がそれよりも低くても高くても生涯生産性は低下することが示された。

研究デザイン（2）：初回分娩年齢と

生産期間（後ろ向きコホート研究）の結果

1) 初回分娩年齢区分と生産年に対する在籍頭数割合の推移

初回分娩年齢区分による分娩後の在籍頭数割合の分布

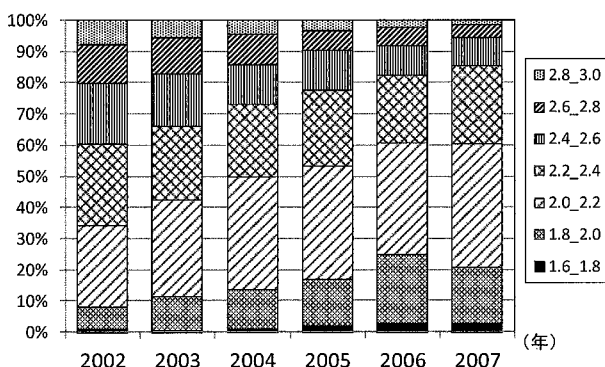


図2 分娩年による初産分娩年齢区分の頭数割合の推移
初産分娩年齢0.2歳区切りによる1.6～1.8未満、1.8～2.0未満、2.0～2.2未満、2.2～2.4未満、2.4～2.6未満、2.6～2.8未満、2.8～3.0の7群。2002年（n=964）、2003年（n=1029）、2004年（n=1159）、2005年（n=1183）、2006年（n=1326）、および2007年（n=1453）の6年間の7114頭。

の描出を Kaplan-Meier 法で行い図3に示した。ログランクおよびウイコクソン検定による在籍頭数割合曲線の同源性検定から同源性は棄却され、分娩年齢7区分の在籍頭数割合の曲線の同源性は無いことが明らかとなった。各分娩年齢区分で分娩後50%および75%の乳牛が除籍される生産年数を表4に示した。両方の分娩年齢区分による除籍生産年の分布、95%信頼区間を考慮した場合、最も生産年数が長く、安定しているのは2.0～2.2歳であると考えられた。

2) 初回分娩年齢区分による生産年短縮の相対危険（ハザード比）

研究デザイン（1）の横断的分析研究による分娩年齢区分に対する生産期間では一元配置分散分析の成績からは、各年齢区分間に違いは観察されなかった。生産期間は、初回分娩から除籍までの時間に依存して生じる出来事であるため、時間を考慮した分析を行うことが望ましい。また、101農場の過去6年間の初回分娩牛を対象としているため、各農場の状況、個体の分娩状況など、初回分娩年齢および生産期間に影響を与える交絡因子の存在が考えられる。交絡因子またはそれが疑われる関連因子をもちいて調整を行い、それぞれの個体の背景にあるそれらの影響を考慮した後に主仮説の説明変数である初回分娩年齢と目的変数である生産期間の関連性を示すことが、真に近い関連性を求めることにつながる。そこで目的変数を生産期間、説明変数に初回分娩年齢区分および調整因子15変数（個体レベル4変数、農場レベル11変数）の16変数を用いたコックス比例ハザードモデルによる初回分娩年齢区分における生産期間に対する調整済みハザード比（相対危険）の算出を行った（表5）。2.0～

表3 初回分娩年齢区分と生産関連項目との関係

項目	初回分娩年齢区分							一元配置分散分析
	1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.2	2.2-2.4	2.4-2.6	2.6-2.8	2.8-3.0	
頭数	59	649	1525	1110	651	436	213	
在籍期間（年）	4.55 (4.17, 4.93)	5.10 (4.97, 5.23)	5.37 (5.28, 5.45)	5.57 ^a (5.47, 5.68)	5.86 ^a (5.71, 6.01)	6.00 ^a (5.83, 6.17)	6.26 ^a (6.01, 6.52)	$P < 0.0001$
生産期間（年）	2.80 (2.42, 3.18)	3.17 (3.04, 3.30)	3.26 (3.18, 3.35)	3.29 (3.18, 3.39)	3.37 (3.22, 3.51)	3.30 (3.13, 3.47)	3.38 (3.12, 3.63)	$P = 0.1652$
総搾乳日数	956 (823, 1090)	1097 (1052, 1142)	1129 (1098, 1160)	1140 (1104, 1176)	1171 (1119, 1223)	1151 (1091, 1210)	1175 (1085, 1264)	$P = 0.0956$
生涯生産乳量* (kg)	21679 (18277, 25080)	25672 (24490, 26855)	26764 (25969, 27559)	26650 (25721, 27579)	26860 (25576, 28145)	25272 (23828, 26715)	25667 (23510, 27823)	$P = 0.0915$
生産期間割合	0.568 ^a (0.526, 0.609)	0.574 ^a (0.562, 0.586)	0.560 ^a (0.552, 0.568)	0.542 (0.532, 0.552)	0.522 (0.508, 0.535)	0.505 (0.489, 0.520)	0.493 (0.471, 0.515)	$P < 0.0001$
搾乳期間割合	0.529 (0.488, 0.571)	0.543 ^a (0.531, 0.555)	0.529 ^a (0.521, 0.537)	0.514 ^a (0.504, 0.523)	0.496 (0.482, 0.509)	0.481 (0.466, 0.496)	0.469 (0.447, 0.490)	$P < 0.0001$
年生産乳量* (kg)	4337 (3919, 4754)	4588 ^a (4455, 4721)	4558 ^a (4473, 4643)	4360 ^a (4261, 4459)	4133 ^a (4002, 4265)	3842 (3696, 3988)	3724 (3516, 3931)	$P < 0.0001$

表内の数値：平均値、()内95%信頼区間を示す

*：乳量は4%乳脂肪率換算乳量

a：多重比較検定により同一行のいずれかの他区分との間に有意差あり ($P < 0.05$)

2.2歳分娩年齢区分を基準として他年齢区分の生産年数に対する調整済みハザード比は、分娩年齢区分が高まるとともに生産年数を短縮する危険性が高まることが明らかとなった。すなわち、基準とした2.0～2.2歳の牛が在籍中のある時期に10頭除籍された場合、ハザード比1.316を持つ2.6～2.8歳の年齢区分の牛は同じ時期に13頭が除籍されることを意味し、2.6～2.8歳の年齢区分の牛は在籍中のどの時期においても基準2.0～2.2歳と比較し、除籍される相対危険は1.3倍（ハザード比）高いことを意味している。

3) 初回分娩年齢と生涯生産性との理解を高めるための他項目の相対危険（ハザード比）

主目的である仮説の検証は2)の成績で終了である。本来の目的以外の仮説検定を同一の研究デザインのモデルで行うことは、あまり適さないこともあり、不正確な関連性を示す危険性があることもある。そのことを踏まえて、生産現場で役立つ知識、生涯生産性を左右する要因の理解を深めるために、モデルに加えた説明変数でもある調整因子の他項目における副次的な仮説検定も行った。

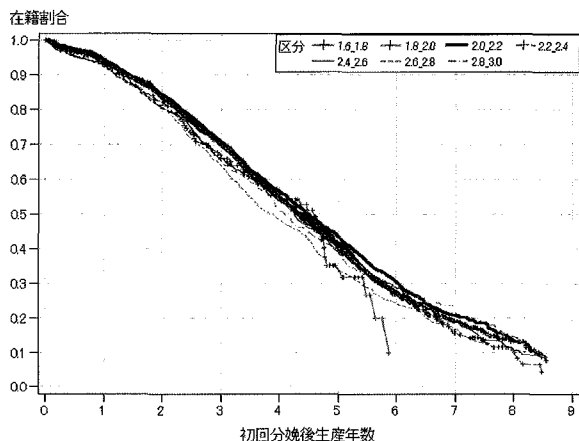


図3 初回分娩年齢区分別の生産年に対する在籍頭数割合の推移

初産分娩年齢は1.6～1.8未満、1.8～2.0未満、2.0～2.2未満、2.2～2.4未満、2.4～2.6未満、2.6～2.8未満、2.8～3.0の7区分。 Kaplan-Meier法による生存曲線。7生存曲線の相同性の検定成績：ログランク検定 $P=0.0311$ ，ウィルコクソン検定 $P=0.0064$ 。

表4 初回分娩年齢区分と50%および75%の牛が除籍されるまでの生産年数

	初回分娩年齢区分						
	1.6-1.8	1.8-2.0	2.0-2.2	2.2-2.4	2.4-2.6	2.6-2.8	2.8-3.0
頭数	106	1056	2478	1705	911	568	290
50%除籍生産年	4.586* (3.575, 4.779)	4.347 (4.126, 4.627)	4.463 (4.310, 4.647)	4.323 (4.159, 4.468)	4.247 (4.055, 4.444)	3.896 (3.540, 4.236)	4.088 (3.734, 4.567)
75%除籍生産年	4.811 (-, -)	6.247 (5.841, 6.551)	6.470 (6.232, 6.702)	6.197 (5.966, 6.625)	6.313 (6.066, 6.671)	5.912 (5.510, 6.453)	6.430 (5.781, 7.449)

*：表内の数値：点推定値，()内95%信頼区間を示す

個体レベル①分娩状況と生産期間の関連性：初回分娩時の自然分娩を基準とすると、初回分娩で難産または死産を経験したグループは、自然分娩の群に対し除籍の相対危険が1.5倍高いことを示している。

農場レベル①農場の経産牛頭数規模と生産期間の関連性：頭数規模の50-70頭を基準とすると、頭数規模が小さくても、頭数規模が大きくても除籍の相対危険は高いことを示している。

農場レベル②農場の平均分娩間隔と生産期間の関連性：北海道の平均的な分娩間隔425-440日を持つ農場を基準とすると、分娩間隔を短く管理している農場の個体は除籍の相対危険は高いことを示している。

農場レベル③農場の経産牛平均産次数と生産期間の関連性：平均産次数の高い3.5以上の農場を基準とすると、平均産次数の低い農場の個体は除籍の相対危険は高いことを示している。

農場レベル④農場の年間の牛の更新率と生産期間の関連性：年間の更新率が20%未満の低い農場を基準とすると、年間の更新率が高い農場の個体は除籍の相対危険は高いことを示している。

農場レベル⑤農場のバルク乳の平均体細胞数を17-20万/mlを基準とすると、バルク乳体細胞数を低くする管理を心掛けている農場の個体は除籍の相対危険は高いことを示している。

副次的な仮説検定による結果からは、個体レベルでは初産分娩では難産および死産の危険性を減らす種雄の選定、分娩時に適正フレームサイズにするための育成管理、分娩前の飼養管理、分娩管理などが重要であることが読み取れる。また、農場レベルの結果からは、経産牛の牛群構成、繁殖管理、個体の売却および更新の基準、高産次牛を維持管理する方向性など、農場の方向性および管理経営方針が個体を除籍する場合の判断に少なからず影響している可能性を読み取ることができる。

研究テーマ「初回分娩年齢の短縮は本当に生涯生産性を高めてきたのか？」への答え

2つの研究デザインによる結果から、「初回分娩年齢

表5 コックス比例ハザードモデルによる個体レベル項目の調整済みハザード比

項目	パラメータ	頭数	ハザード比**	95%信頼区間	P value
初回分娩年齢	1.6-1.8	106	0.984	0.756-1.281	0.906
	1.8-2.0	1056	0.988	0.900-1.086	0.806
	2.0-2.2*	2478	1		
	2.2-2.4	1705	1.092 ^a	1.009-1.181	0.028
	2.4-2.6	911	1.184 ^a	1.077-1.302	0.001
	2.6-2.8	568	1.316 ^a	1.177-1.470	<0.0001
	2.8-3.0	290	1.252 ^a	1.080-1.452	0.003
分娩状況	自然分娩*	1748	1		
	軽度助産	4930	1.027	0.952-1.109	0.494
	2-3人助産	362	1.028	0.879-1.203	0.726
	難産・死産	74	1.539 ^a	1.165-2.033	0.002

*：項目内の基準パラメータ

**：多変数調整済みハザード比

a：基準パラメータに対して有意差あり ($P<0.05$)

表6 コックス比例ハザードモデルによる農場レベル項目の調整済みハザード比

項目	パラメータ	頭数	ハザード比**	95%信頼区間	P value
頭数規模	50未満	648	1.177 ^a	1.026-1.349	0.020
	50-70*	2089	1		
	70-90	1429	1.097	0.984-1.223	0.094
	90以上	2948	1.142 ^a	1.022-1.276	0.019
分娩間隔 (日)	410未満	1746	1.216 ^a	1.074-1.377	0.002
	410-425	2270	1.103	0.994-1.224	0.064
	425-440*	1689	1		
	440以上	1409	1.066	0.948-1.200	0.286
平均産次	2.5未満	464	1.744 ^a	1.422-2.138	<0.0001
	2.5-3.0	3009	1.284 ^a	1.104-1.493	0.001
	3.0-3.5	2665	1.020	0.889-1.169	0.780
	3.5以上*	976	1		
更新率 (%)	20.0未満*	1075	1		
	20.0-22.5	1674	1.536 ^a	1.301-1.812	<0.0001
	22.5-25.0	1230	1.635 ^a	1.389-1.925	<0.0001
	25.0以上	3135	1.867 ^a	1.590-2.191	<0.0001
バルク乳体細胞数 (千)	140未満	1726	1.184 ^a	1.031-1.360	0.016
	140-170	1551	1.211 ^a	1.072-1.369	0.002
	170-200*	2224	1		
	200以上	1613	1.090	0.985-1.207	0.095

*：項目内の基準パラメータ

**：多変数調整済みハザード比

a：基準パラメータに対して有意差あり ($P<0.05$)

と生涯生産性とは関連性がない。」という帰無仮説は棄却され、作業仮説である「初回分娩年齢は生涯生産性とは関連性がある。」ことを採用しても問題ないと判断できた。初回分娩年齢区分の生涯生産性に関連する項目の

分析結果の数値の高低を総合的に評価すると、1.8～2.2歳（特に2.0～2.2歳）で初回分娩を経験した牛の生涯生産性が高いと考えられた。初回分娩が1.8歳未満の生涯生産性に及ぼす効果は、対象頭数が今回106頭と全体の

7114頭に対し1.5%であったこと、生涯生産性を乳生産に関する項目を中心に分析および評価したため、若齢化を進める地域で乳生産以外に期待している効果が十分に反映されていないことも考えられる。その点が、今回の研究の限界である。初回分娩年齢の若齢化を進めている地域で、目的にしていることが明確になっている場合は、その内容を十分に反映させた目的変数をたてて、それに影響を与える個体および農場レベルの要因を調整因子として加えることで、それぞれの地域の現状に適した納得のいく現状の評価が可能となるであろう。

おわりに

さて、この研究の最も重要な疑問に対する答えを出さなければならない。疑問を投げかけてくれた獣医師に対する答えである。「初回人工授精時期の早期化による初回分娩月齢の早期化は、本当に酪農家の生産性を向上させているのか知りたい。」という疑問に対しては、必ずしも生産性を向上させてはいないという曖昧な答えである。しかし、今回の研究の結果を通して間違いなく言えることは、この内容を理解していただいた方は、それぞれの農場の様々な状況、初回分娩年齢の状況、育成の状況、地域または生産者が期待していることを考慮しないままに、初回分娩年齢は早くした方がよい、または、何歳がよいということだけを伝えてはいけないということである。

現場の獣医師が抱く、疑問はとても重要である。その疑問を一人で解決または相手を納得させる答えを見つけることはとても大変である。今回は、獣医師から頂いた疑問に対する理解を広げてもらうための一つの考え方を提示するお手伝いをさせていただいた。疑問を投げかけて頂いた先生、いかがでしたか。また、このような機会があれば、疑問に対して理解を深めることができる考え方を提示していきたいと考えている。

この研究の一部は、2001年度酪農学園大学・酪農学園大学短期大学部共同研究の助成（採択No.3）を受けて行われたものである。

文献

1. Haworth GM, Tranter WP, Chuck JN, Cheng Z, Wathes DC: Relationships between age at first calving and first lactation milk yield, and lifetime productivity and longevity in dairy cows, *Vet Rec*, 162, 643-647 (2008)
2. 中田 健：繁殖率向上のために診療および生産情報を有効活用し繁殖の基礎固めを～生産者との情報の共有は支援と啓蒙の第一歩～, *臨床獣医*, 30, 23-28 (2012)
3. 中田 健：乳牛群の健康管理のためのベンチマークの検討, 第16回乳房炎研究会Proceedings, 17-24 (2012)