



2018年2月1日
酪総研シンポジウム

高泌乳牛の繁殖成績の現状とその改善について考える

- 1.今日の繁殖成績低下に影響している要因
- 2.最近の乳牛の受胎成績の推移と特徴
- 3.分娩前後の栄養状態が繁殖機能回復と受胎性を与える影響
- 4.受胎率向上のための対策と適期授精の考え方
- 5.謝辞

酪農学園大学 堂地 修

1

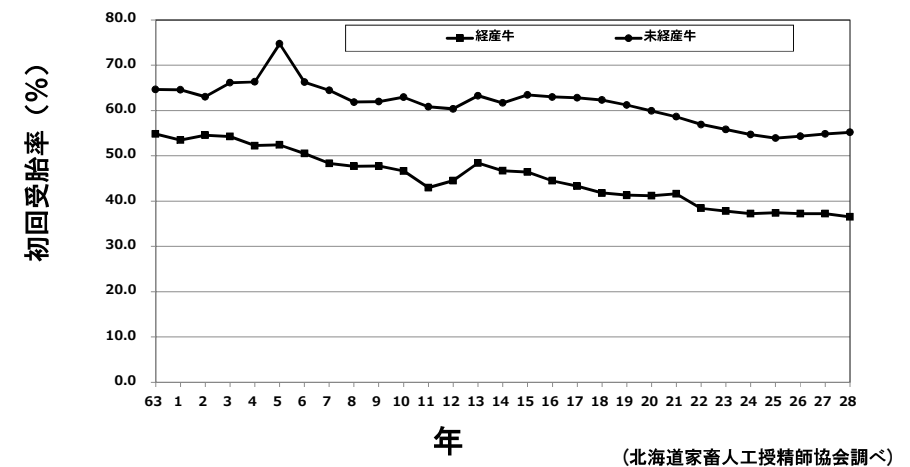
高泌乳牛の繁殖成績改善の検討に必要なことは何か？

- ◆今でも高泌乳と良好な繁殖成績を確保している農家は少なくないのでは？
- ◆乳量増加に重きをおいた遺伝的改良が本当に繁殖成績低下を招いた原因なのか？
- ◆これまでの酪農経営を取り巻く環境も繁殖成績低下に影響していないのか？
- ◆酪農産業の発展に伴い飼養管理技術の省力化が進み、多頭数飼育を可能にし、一方で乳牛の生活環境も大きく変わってきたのではないかと？
- ◆繁殖学と栄養学と管理学を統合した対処が必要ではないか？
- ◆長期的には育種改良プログラム設計（ゲノミック評価）が必須

2

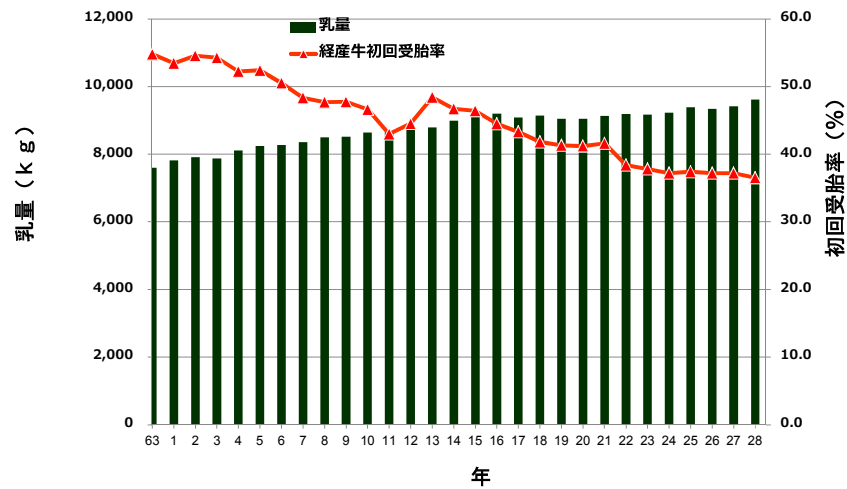


北海道における初回受胎率の推移



4

北海道における乳量増加（牛群検定成績）と経産牛初回受胎率の推移



(乳量は家畜改良事業団のホームページより引用、受胎率は北海道家畜人工授精師協会より引用)

5

北海道における乳牛飼養戸数と1戸あたりの飼養頭数

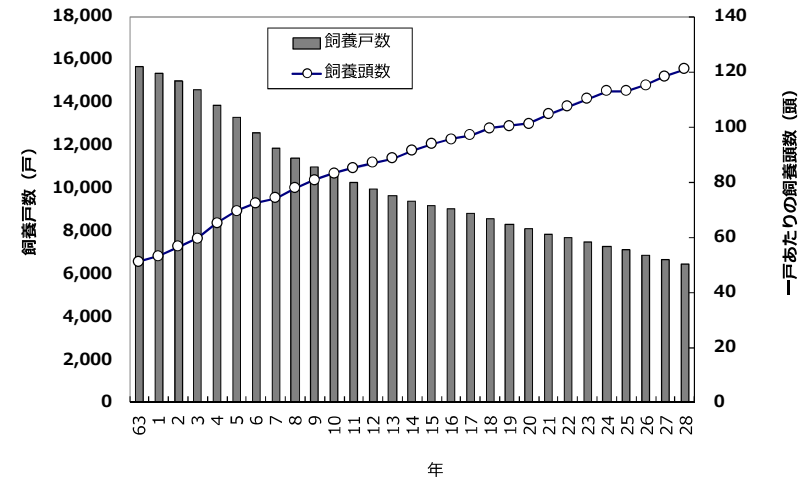
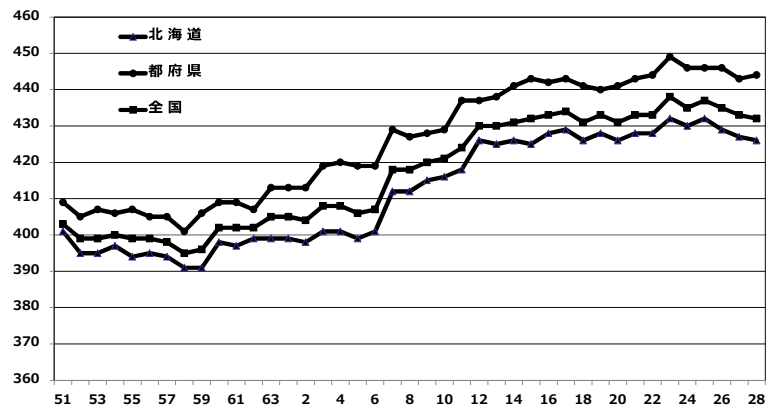


図 北海道における乳牛の飼養戸数と1戸あたり飼養頭数

(飼養頭数は畜産統計より、受胎率は北海道家畜人工授精師協会より)

6

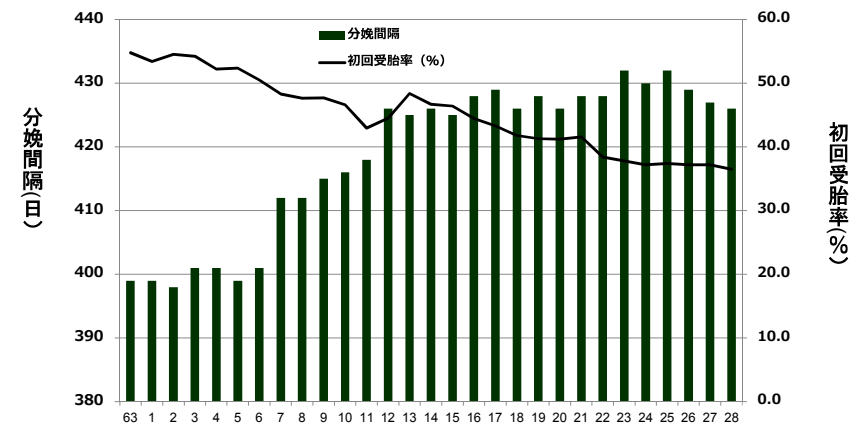
全国における乳牛の分娩間隔の推移



(家畜改良事業団ホームページより,
<http://liaj.lin.gr.jp/japanese/kenteikodaiset.html>)

7

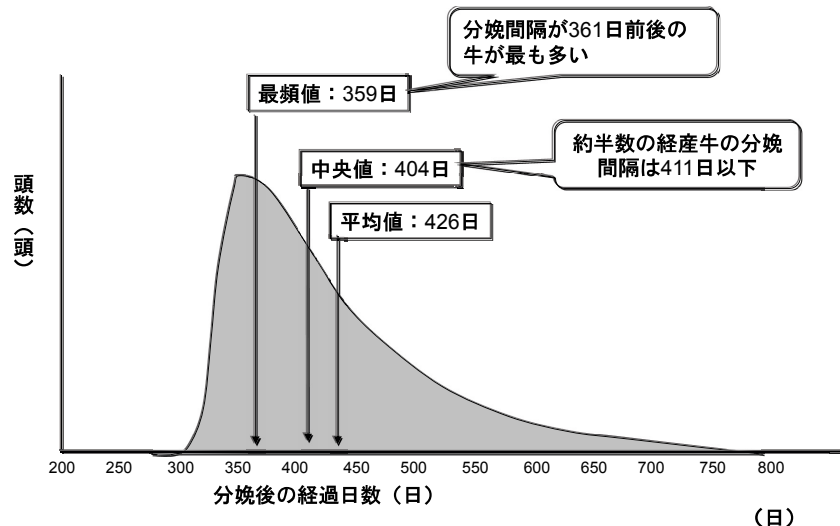
北海道におけるホルスタイン種の分娩間隔と経産牛の初回受胎率の推移



(分娩間隔は家畜改良事業団ホームページより、経産牛の初回受胎率は北海道家畜人工授精師協会より)

8

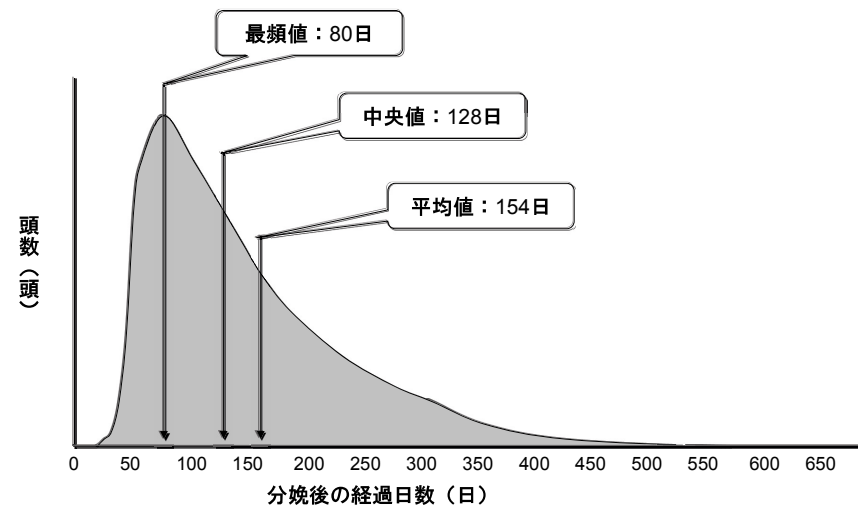
分娩間隔（北海道 平成28年）



（相原、LIAJ News No. 145より改編作図）

9

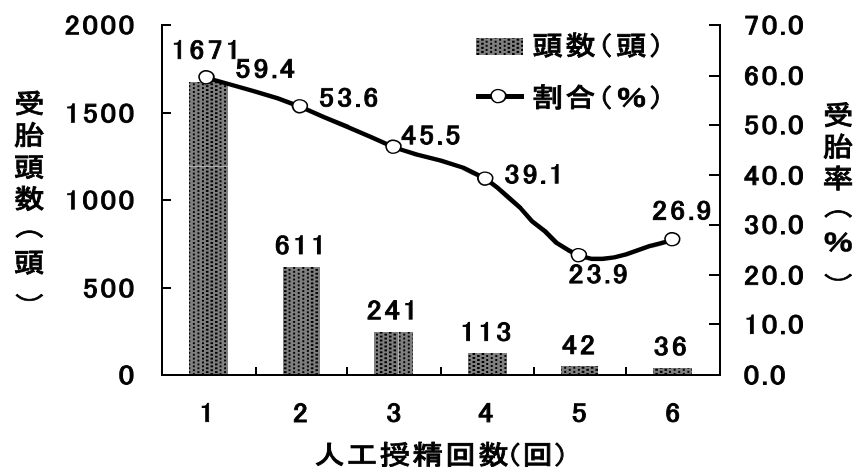
空胎日数(北海道 平成28年)



（相原、LIAJ News No. 145より改編作図）

10

繁殖成績が正常な牛群では、初回受胎率が最も高く、人工授精回数が増えるにしたがい低下する

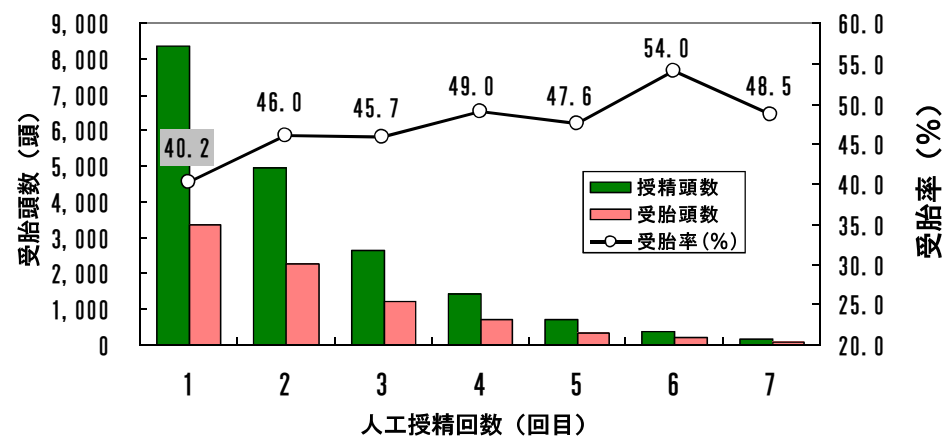


人工授精回数別受胎率 1981年～1989年（農水省旧日高種畜牧場業務成績報告書）

11

ホルスタイン種経産牛における人工授精回数別受胎率

（データは道東のある地域）

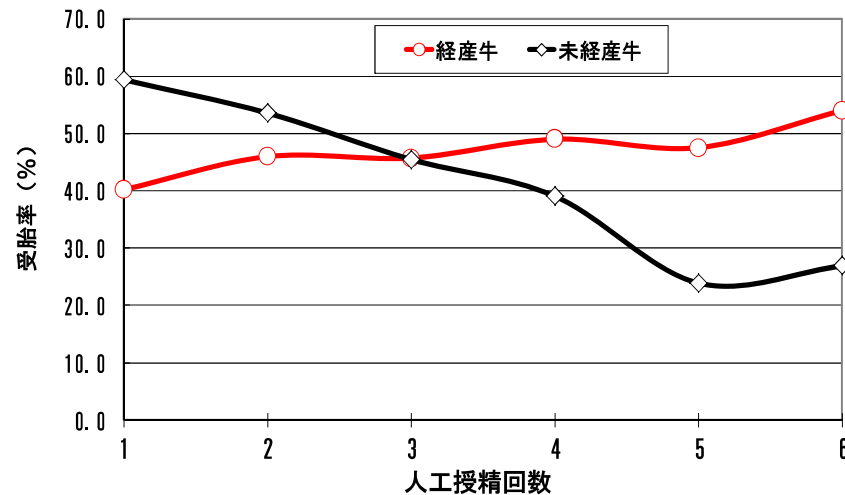


（Yamaguchi et al., 2011, IETS）

- ◆初回受胎率が最も低い
- ◆3回目までに82%が受胎
- ◆18%は4回以上の人工授精を実施（リピートブリーダー？）

12

ホルスタイン種の未経産牛と経産牛における受胎率の推移



未経産牛の受胎率は農水省旧日高種畜牧場業務成績報告書より、経産牛の受胎率はYamaguchiら（2011）より作成した。

13

繁殖機能は全てホルモンによって支配されている

繁殖に関する主なホルモンの種類

- ◆ 卵胞刺激ホルモン（FSH、下垂体前葉）：卵胞の発育、成熟
- ◆ 黄体形成ホルモン（LH、下垂体前葉）：卵胞の最終的な成熟、排卵
- ◆ エストロジェン（発情ホルモン、卵胞）：発情行動、LH分泌の誘起
- ◆ プロゲステロン（妊娠ホルモン、黄体、子宮）：妊娠の維持、発情抑制
- ◆ 性腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH、視床下部）：FSH、LHの分泌調節

ホルモン支配の理解はややこしい・・・

（多くの学生はホルモンで繁殖学が嫌いになる）

- ◆ 繁殖機能はホルモン分泌によって調節されている
- ◆ ホルモン分泌はさまざまな影響を受ける。特に栄養と環境
- ◆ 受胎しないということは、「障害」というより「生体防御」？
- ◆ 繁殖障害は「遺伝的原因」を除けば、ほとんどは「人的要因」？

14

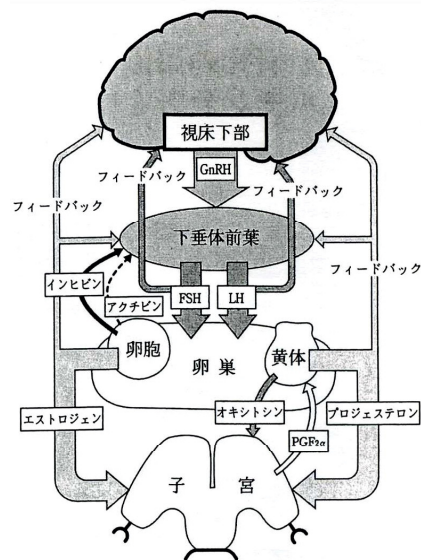


図1 繁殖領域における主要ホルモンの分泌母地とその標的についての相関模式図（森原図）



15

高泌乳牛の繁殖成績

(酪農大自動搾乳牛群n=38)

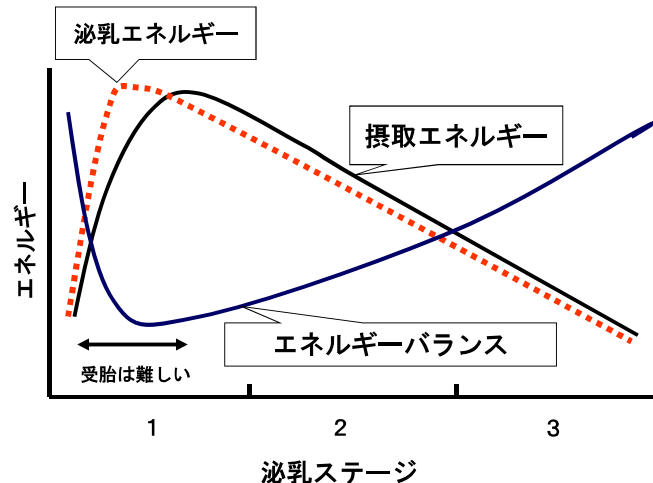
	平均 ± SD	最小	最大
産暦	3.2 ± 1.4	2	7
初回排卵日	30.1 ± 24.5	8	126
初回発情日	64.4 ± 55.9	18	149
初回人工授精日	90.6 ± 22.1	57	129
空胎日数	151.3 ± 55.8	66	270
受胎に要した人工授精回数	2.8 ± 1.4	1	7

- ◆ 個体間差が大きい
- ◆ 分娩後の繁殖機能回復が遅い

(Dochi et al., 2010)

16

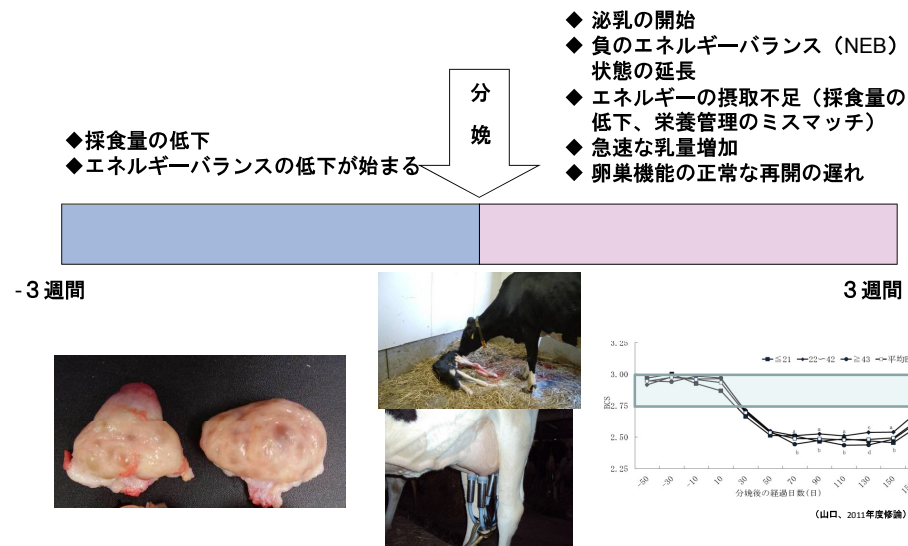
分娩前後のBCSと繁殖成績の関係



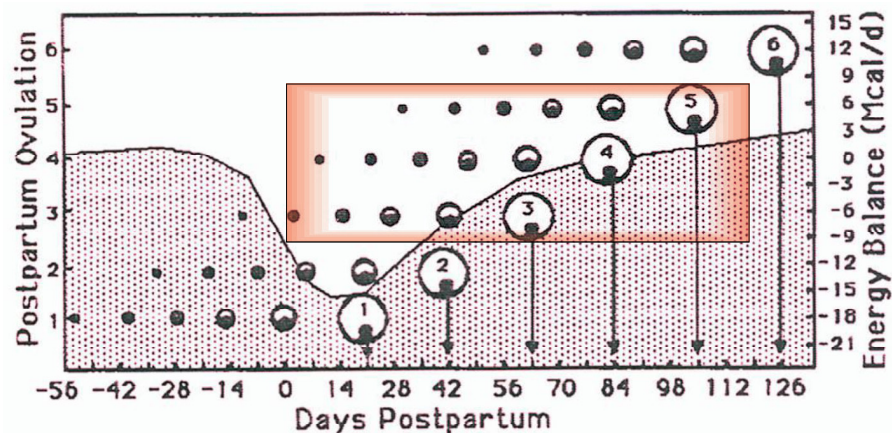
乳牛は分娩後に大きく痩せることが問題？

17

高泌乳牛の分娩前後の栄養状態と繁殖機能の関係の特徴



18



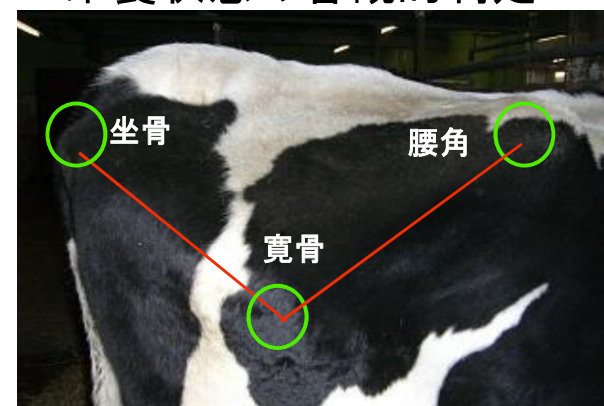
分娩前後の卵胞発育、エネルギーバランスと受胎性の関係

卵子の品質は、排卵①と②は良好、③、④、⑤は不良

(Britt, 1992)

19

ボディコンディションスコアの測定 栄養状態の客観的判定



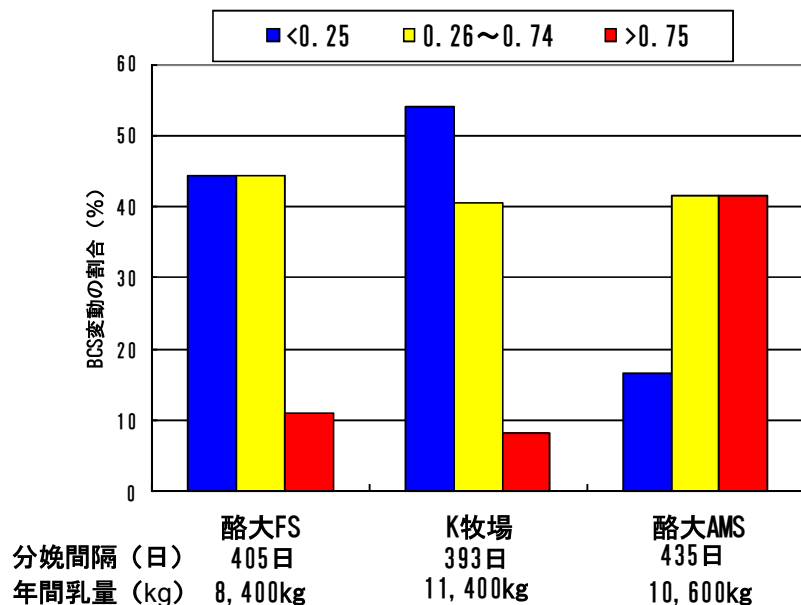
(井上作図)

乾乳期から分娩後1ヶ月までのBCSの低下

0.25区(0~0.25) 0.5区(0.26~0.74) 0.75区(0.75~)

20

乳量、繁殖成績の異なる3牛群における分娩1ヶ月後のBCS低下割合



21

分娩前後のBCS推移と繁殖成績の関係

- ◆ 分娩後の発情回帰、受胎が遅れる牛（牛群）は分娩後のBCS低下が大きい
- ◆ 分娩後にBCSが大きく低下する牛（牛群）は分娩後の発情回帰が遅れ、繁殖成績が低い
- ◆ 栄養管理は分娩後のBCS低下ならびに繁殖成績に影響する

22

高泌乳牛における初回排卵日の違いと繁殖成績(例1)

項目	分娩後の初回排卵日数 (日)			全体
	≤21	22~42	≥43	
頭数 (%)	9(34.6)	12(46.2)	5(19.2)	
初回排卵日 (n=26)	19.4±8.5	32.8±4.9	65.6±33.7	34.2±21.9
初回発情日 (n=26)	37.6±15.0 ^a	48.8±16.4 ^a	99.0±44.6 ^b	53.4±29.5
初回人工授精日 (n=22)	85.0±38.6	76.1±11.1 ^a	109.8±17.3 ^b	89.0±28.4
空胎日数 (n=17)	120.3±37.8 ^c	150.5±54.7	174.4±62.7 ^d	147.0±54.7
人工授精回数 (n=17)	2.3±1.0	2.8±1.2	2.5±1.3	2.5±1.1
乳量 (kg/day, ≤ 90日, n=24)	35.8±8.7 ^{a*}	45.1±6.1 ^b	44.5±5.1 ^b	41.2±9.7

*mean±SD

^{a, b}p<0.01

^{c, d}p=0.09

(Dochi et al., 2010)

23

高泌乳牛における初回排卵日の違いと繁殖成績(1)

- ◆ 乳量は初回排卵日に影響する
- ◆ 初回排卵（繁殖機能回復）の早い牛は初回人工授精も空胎日数が短い
- ◆ 初回排卵（繁殖機能回復）の遅い牛は初回人工授精が遅く空胎日数も長い
- ◆ 人工授精回数に差はない

24

人工授精回数別の受胎率および妊娠率

AI回数	頭数	受胎頭数	受胎率1)	妊娠率2)
初回	28	10	35.7	35.7
2回目	18	7	38.9	60.7
3回目	11	6	54.5	82.1
4回以上	5	5	100	100
全体	62	28	45.2	

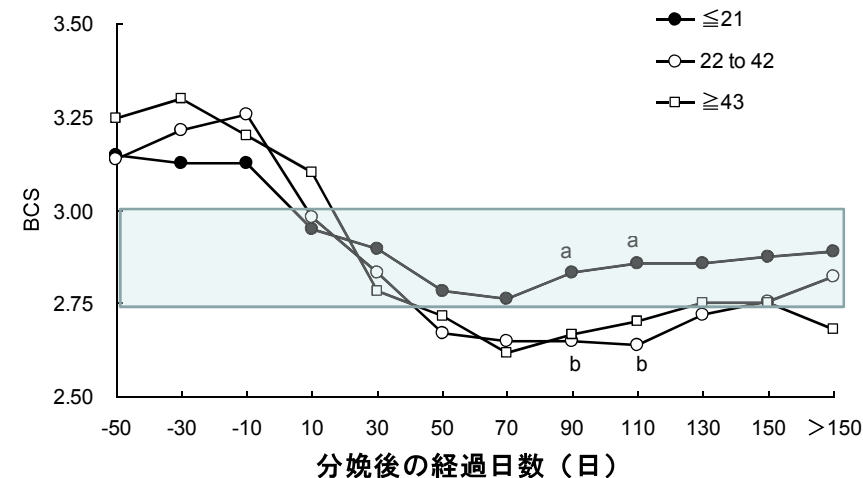
1) 受胎頭数 / AI回数 × 100

(05年度 酪農学園大学大学院修論 前川 巧)

2) 妊娠頭数 / AI対象牛 × 100

絶対不妊症の牛は少ない？

25



高泌乳牛における分娩前後のBCS推移が初回排卵の違いに及ぼす影響(例1)

^{a,b}p < 0.05

(Dochi et al., 2010)

26

初回排卵日の違いがその後の繁殖成績に及ぼす影響(例2)

項目	初回排卵日(日)		
	≤21	22~42	≥43
頭数	20	23	21
産次数(産)	3.3 ± 0.2 ^{*a}	3.4 ± 0.2 ^{ab}	3.8 ± 0.3 ^b
初回排卵日(日)	16.8 ± 0.6 ^c	30.4 ± 1.2 ^{cd}	68.2 ± 5.1 ^d
初回発情日(日)	40.6 ± 5.4 ^c	46.1 ± 6.4 ^c	83.9 ± 5.9 ^d
子宮回復日(日)	46.6 ± 2.9	49.9 ± 2.8	47.6 ± 2.7
初回人工授精日(日)	116.5 ± 8.1 ^{ab}	103.9 ± 5.7 ^a	117.6 ± 6.3 ^b
平均空胎日数(日)	167.9 ± 17.9	150.8 ± 12.8	163.2 ± 15.1
受胎までに要したAI回数(回)	2.5 ± 0.4	2.2 ± 0.4	2.2 ± 0.4
乳量(305日補正)(kg)	12,445 ± 311	12,356 ± 343	12,240 ± 498

* 平均値 ± 標準誤差

^{a-b, e-f}: 異符号間に有意な傾向あり (p < 0.08)

^{c-d}: 異符号間に有意差あり (p < 0.01)

(山口、2011年度修論)

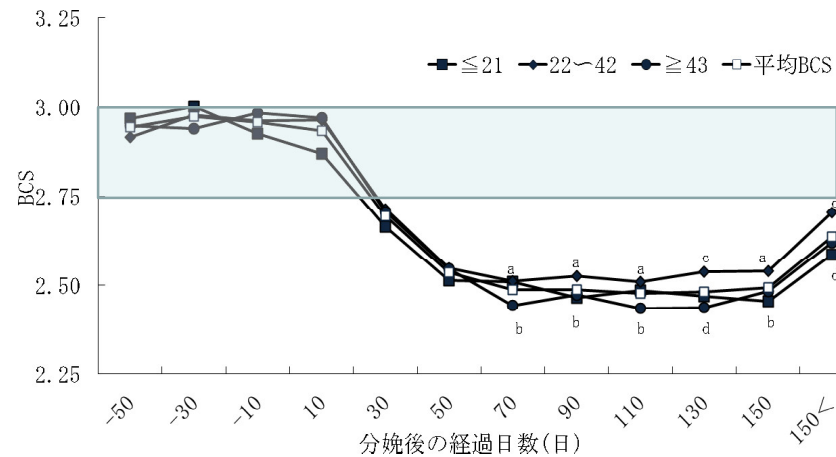
27

高泌乳牛における初回排卵日の違いと繁殖成績(2)

- ◆ 乳量が同等であっても、初回排卵日は個体によって異なる
- ◆ 栄養状態に問題があれば、初回排卵日の発現日は空胎日数に影響せず、ほとんどの牛の受胎が遅れる
- ◆ 人工授精回数に差はなし
- ◆ 泌乳能力に見合った栄養管理がなされなければ、乳量が低下するまで受胎は難しい

28

分娩後の初回排卵日の違いがBCS推移に及ぼす影響（例２）



（山口、2011年度修論）

29

人工授精回数別受胎率

人工授精回数(回)	授精実頭数(頭)	受胎頭数(頭)	受胎率(%)	妊娠率(%)
1	60	23	38.3	38.3
2	36	15	41.7	63.3
3	21	4	19.1	70.0
4 ≤	14	10	71.4	86.7

（山口、2011年度修論）

- ◆ 結果的に受胎が大幅に遅れ淘汰せざるを得ない牛が出て、一年間の妊娠率が低下する。
- ◆ フリーストール牛舎では、泌乳能力は高いが社会的順位の低い牛が淘汰される危険が高まる？

30

泌乳牛における栄養と初回排卵

負のエネルギーバランス（NEB）

- ◆ エネルギーの要求は泌乳開始とともに急速に増えNEBに陥る
- ◆ NEBは分娩数日前から始まる
- ◆ NEBは一般に分娩後2週間で最低値（底）に達する
- ◆ NEBの底は初回排卵（平均30日）に影響する
- ◆ NEBの程度と長さの個体間差はDMIに影響される
 - DMIが少ないとNEBは大きく、最初の主席卵胞の排卵が損なわれるか、のう腫になる可能性が高くなる

分娩時のオーバーコンディションの影響

- ◆ 受胎が遅れると次第にBCSは高くなり、BCSが高い状態で分娩を迎える
- ◆ BCSの高い牛は、正常牛より分娩後の食欲低下やNEBの程度が深刻になり、体脂肪動員が増加し肝臓へのトリグリセライドの蓄積を招く
- ◆ 肝臓のトリグリセライドが上昇すると初回排卵が遅れ受胎性が低下する
- ◆ DMIの維持がNEBを減らすために重要である

31

泌乳牛における栄養と初回排卵(2)

分娩後の初回排卵

- ◆ 初回排卵は、妊娠後期の卵胞発育の再開と内分泌状況を反映している
- ◆ 卵胞発育は、FSH濃度上昇にともないのNEBに関係なく分娩後5~7日にはじまる
- ◆ 分娩後最初のDFは3パターンになる
 - ① 分娩後16~20日に排卵する
 - ② 排卵せず新しいFWが出現する
 - ③ 排卵せずのう腫卵胞になる
- ◆ 排卵しない卵胞またはのう腫化する場合、初回排卵は分娩後40~50日まで延長する
- ◆ 泌乳初期のDFの排卵は、卵胞発育を誘起するLHパルス分泌とエストラジオールの生産に依存する
- ◆ 最初のDFが排卵しない牛のLHパルス回数は、排卵する牛より有意に少ない
- ◆ NEBが最低値後、有意な卵胞発育と大きな卵胞が見られ、エストラジオール分泌を促し、排卵しやすくなる

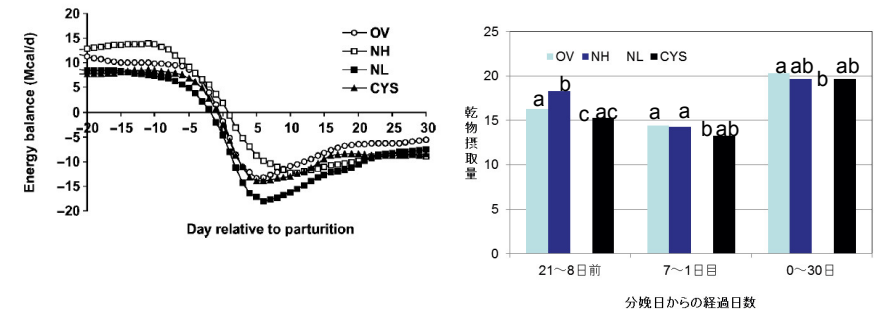
32

泌乳牛における栄養と初回排卵（3）

- ◆ NEB中のエネルギー不足は、LH分泌とLHに対する反応性も低い
 - ◆ 血中グルコースとインスリン濃度は、NEBの牛では低い
 - ◆ インスリンは牛の卵胞細胞を刺激する
(インスリン：糖、アミノ酸の取り込み促進、グリコーゲン、タンパク質の合成促進、肝臓における糖新生に関与、細胞増殖に不可欠)
 - ◆ インスリンはLHレセプターのアップレギュレーションによりゴナトロピン(GTH)に対する反応性を増加させ、小卵胞選抜と発育促進に関与する
(アップレギュレーション：ホルモンのリガンドが不足すると、標的細胞の活性レセプターが増加する減少)
 - ◆ 卵胞発育に重要なIGF-1はエネルギーの影響を直接受ける
 - ◆ 分娩後のDFが排卵する牛のIGF-1は、排卵しない牛より40～50%高い
 - ◆ 血中エストラジオール濃度はIGF-1濃度と関係が強い
 - ◆ 初期のNEB中の卵胞のエストラジオール分泌能はインスリンとIGF-1利用可能性とエネルギーバランスの変化に影響される
- NEBの牛は、インスリンとIGF-1濃度が低く、エストラジオール分泌が低く、LH分泌およびLH感受性が低いため、DFの卵胞発育が不良で排卵しない？

33

移行期のエネルギーバランスと分娩後の最初の卵胞発育ウェーブの卵胞動態



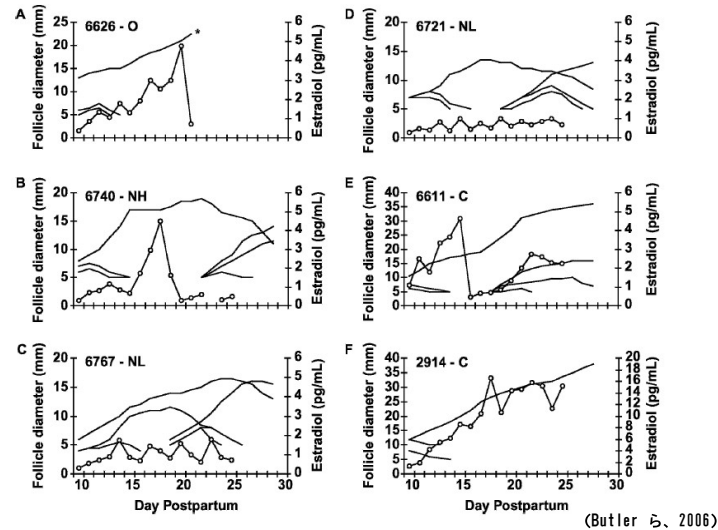
OV:排卵 NH:未排卵+高エストラジオール
NL:未排卵+低エストラジオール CYS:嚢腫卵胞

(Butler ら、2006)

- ◆ 乾物摂取量の少ない牛はエネルギーバランスが低く、分娩後の最初の卵胞は排卵せず、エストラジオール濃度も低い
- ◆ 分娩前の乾物摂取量を高く維持することが、分娩後のエネルギーバランスを保ち、卵胞発育も正常で排卵することができる

34

分娩後の初回卵胞の発育動態とエストラジオール濃度との関係

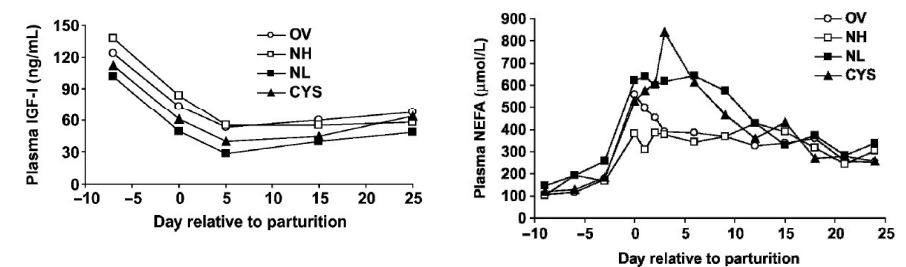


(Butler ら、2006)

- ◆ 排卵する牛はエストラジオール濃度が高く、排卵しない牛は低い
- ◆ 分娩前後の乾物摂取量、エネルギーバランスとの関係が深い

35

分娩後の初回卵胞の発育動態と血中成分値の関係



(Butler ら、2006)

分娩前後の乾物摂取量は、さまざまな代謝に関与している

- ◆ 乾物摂取量の低い牛は、エネルギーバランスが低下し、分娩後の初回の卵胞の発育動態に影響し、繁殖に関与する血中成分値にも影響を与えている

IGF-1：卵や精子の形成、卵胞発育、受精卵の発生、生体の発達・成長・成熟、物質代謝の調節、老化の抑制に関与する。

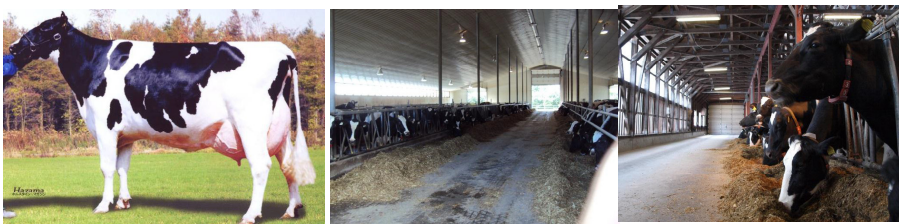
36

泌乳牛における栄養と初回排卵（４）

栄養管理でインスリンやIGF-1のレベルを上げ、初回排卵の時期を早めることは可能か？

- ◆ エネルギー摂取量を増やすための濃厚飼料の単なる増給は、消化器系の障害を起す危険性が増す
- ◆ エネルギーの濃度を上げる脂肪の給与により、卵胞径は大きくなるが初回排卵が安定しない
- ◆ ある程度の受胎率向上が報告されている

しかし、さまざま注意が必要である



37

エネルギーバランスを改善する方法は？（２）

◆ 澱粉（穀類）の増給はエネルギー摂取量を増やすことができる？

- ルーメン内での発酵穀類の増給はアシドーシスを誘発する
- ルーメン内の通過速度の遅い穀類の給与（乾燥・粉碎コーン）
- 穀類の給与量が変わらなければエネルギー量が減少する
- 乳量増加やエネルギー量増加のために発酵速度の低い穀類を利用

◆ 繊維消化率の高い粗飼料を給与すればエネルギー摂取量が増える？

- 粗飼料の給与は唾液の分泌を促進し、アシドーシスを予防
- 粗飼料の多給はエネルギー摂取量を低下させる
- 繊維の消化率の高い飼料を選別し給与する

（大場と堂地、胚移植学雑誌34：55－61.より）

繊維消化率が高い新しい粗飼料の開発が必要（エネルギーバランスの改善、輸入穀物使用量低減）

39

エネルギーバランスを改善する方法は？（１）

◆ 乳量を減らすような栄養管理→エネルギー要求量を少なくすればエネルギーバランスを回避できる？

- 乳量よりエネルギー摂取量の影響＞乳量
- 乾物摂取量の改善が重要

◆ 油脂類の給与量増給→エネルギーが簡単に増給できる？

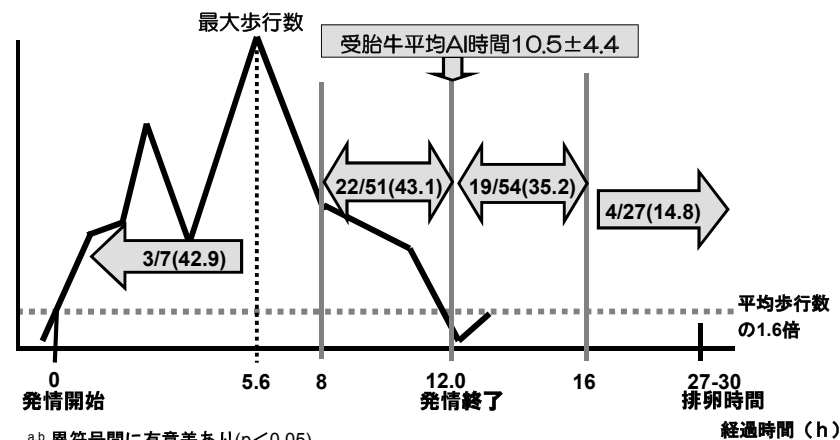
- 反芻家畜の油脂処理能力は限界あり（1kg／日）、多量給与は乾物摂取量低下
- 分娩後のBCS低下による体脂肪の損失
（体重700kgの牛：BCS 3 から2.5に低下すると体脂肪24kg損失）
- BCSが底打ちした頃から油脂サプリメントを開始すると効果的

（大場と堂地、胚移植学雑誌34：55－61.より）

38

1頭でも多く、1日でも早く受胎させるためには、種付けをどうすればよいか？

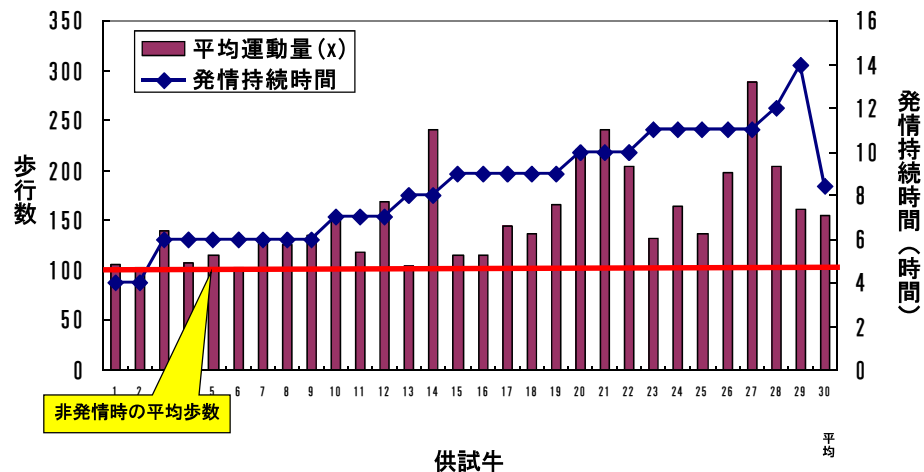
できるだけ排卵に近い時間に人工授精すれば、元気な精子と排卵直後の元気な精子が会合することができるのでは？



人工授精実施時間別の受胎率（2008～2012）

40

酪農学園大学のフリーストール牛舎では発情持続時間が短く、歩かない牛が多い



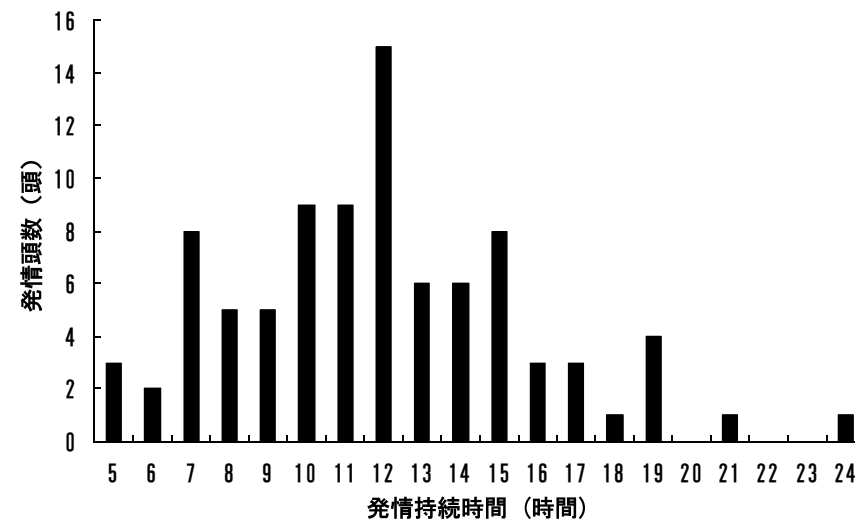
発情発見可能牛の発情時歩行数、発情持続時間

非発情時平均歩行数を歩行数増加率100
発情判断は歩行数増加率160

(酪農学園大学畜繁殖学ゼミ発表表)

41

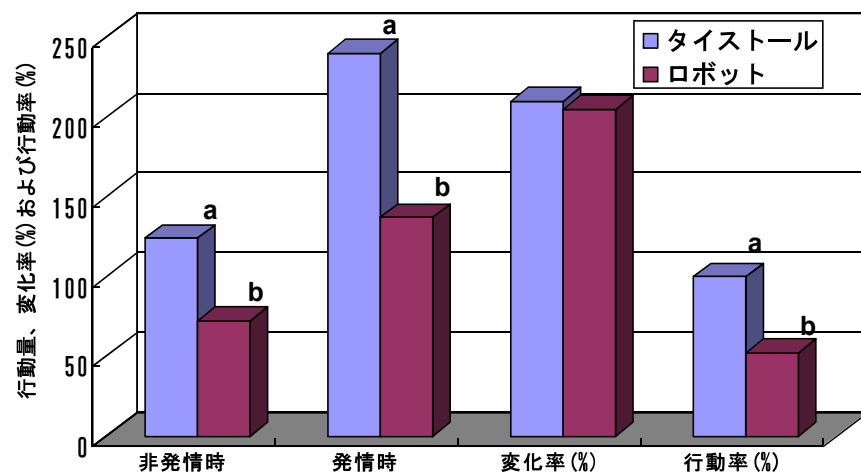
高泌乳牛の発情持続時間の分布



(Dochi et al., 2010)

42

飼養管理方式の違いがホルスタイン種搾乳牛の発情時・非発情時の運動量に及ぼす影響



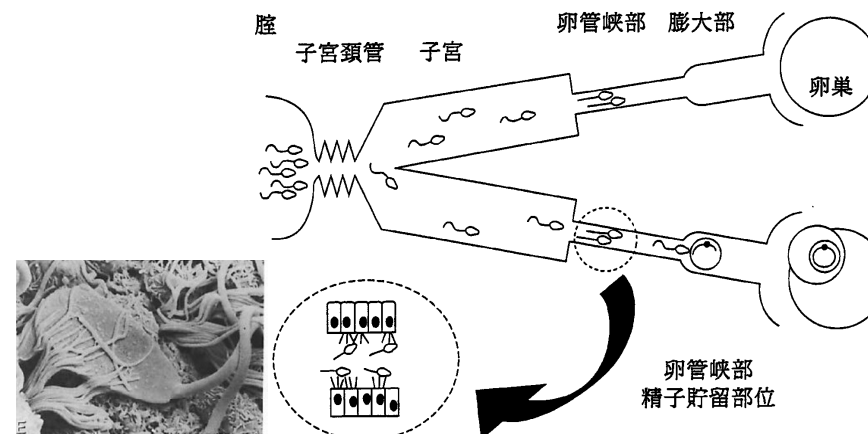
行動量は万歩計を用いて測定

行動率はマウンティング、スタンディング行動の観察により判定

(青木、03修論、酪農大家畜繁殖学ゼミ調査)

43

精子の移送、貯留および受精の概要 (高橋、2004)

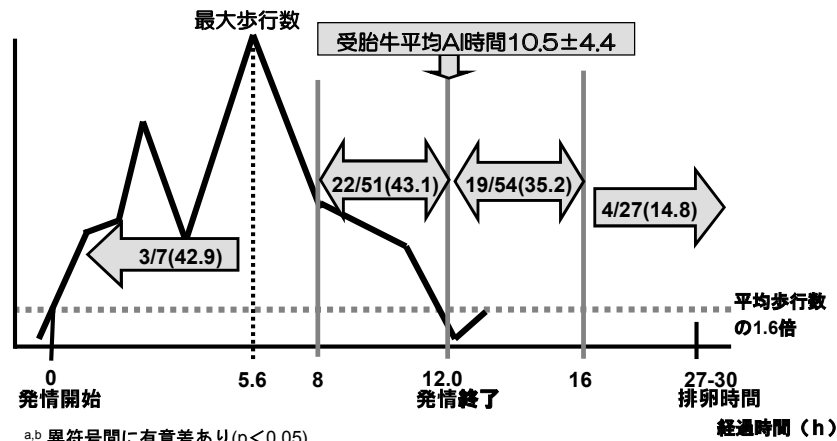


•精子の移送：子宮頸管→子宮→卵管峡部

•精子の貯留：卵管峡部の上皮細胞の線毛に補足

44

発情後8～12時間の種付けが理想的
遅すぎる（排卵時近づけた）種付けは受胎率が低下する



人工授精実施時間別の受胎率 (2008～2012)

45

リピートブリーダー

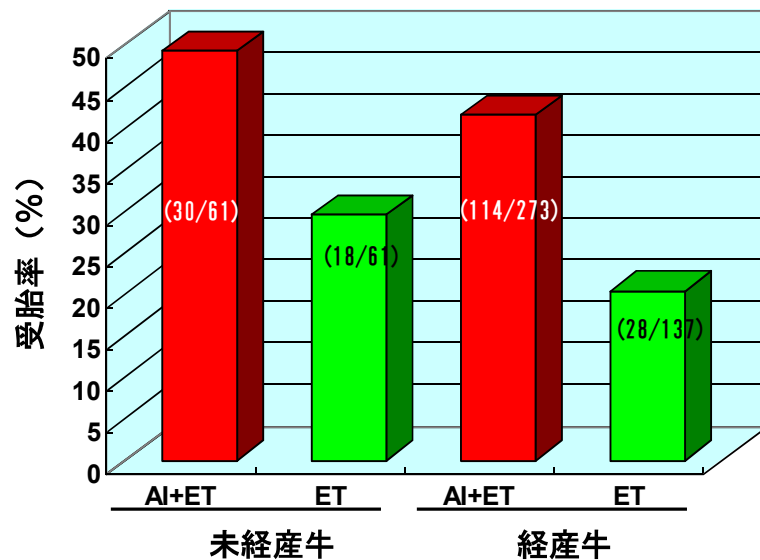
胚移植はいくつかの不受胎の原因を回避できる

◎胚移植によりリピートブリーダーの一部は受胎させることができる(?)

- 卵管閉塞
- 発生能の低い卵子排卵（黄体形成は正常）
- 低品質な凍結精液による人工授精
- 不適期授精
- ?
- ?
- ?

46

リピートブリーダー（AI回数3～21回）への
凍結体外受精胚の移植結果



(Dochi et al., 2008)⁷

ホルスタイン種リピートブリーダーに
おける単独胚移植と追い移植結果

産 歴	移植方法	移植頭数	受胎頭数	%
未経産牛	ET	31	4	12.9%
	AI+ET	27	19	70.3%
経産牛	ET	60	14	23.3%
	AI+ET	274	104	38%

(谷澤ら、2013)

48

乳牛の繁殖成績の低下問題をどう理解するのか？

- ◆ 最近の高泌乳牛の繁殖生理は、20, 30年前の牛とは異なる
 - 高泌乳を支える大きな体躯と飼料摂取量に伴う代謝の増加
- ◆ 飼養管理方式の変更は繁殖機能に影響している
 - 牛にストレスを与えているフリーストール牛舎が少なくない
 - コンクリート床（硬い、湿潤）、硬く窮屈なベッド、発情行動が自由にとれない、日光を浴びない環境は牛にとって厳しい生活環境
- ◆ 分娩前後の栄養管理は繁殖機能の回復に影響する
 - BCSが少なくとも2.5以上に回復しないと受胎しない
 - 人工授精を分娩後60日から開始しても授精できない牛が多い
 - 分娩後60日を経過しても発情が発現しない牛に、一律にホルモン処置しても効果が薄い？
 - 分娩後80～90日から授精を開始しても受胎に要するAI回数、空胎日数は変わらない
- ◆ 高度で的確な臨床繁殖学的な処置が必要
 - 単に卵巣機能のみをターゲットにしたホルモン療法は必ずしも期待した効果は得られない
 - 子宮に問題のある牛も少なくない
 - 問題牛の短絡的な淘汰は繁殖成績向上の特効薬とはならない？

49

謝 辞

本セミナーで使用した当研究室のデータは、これまでの研究室所属の多くの学生が長年にわたり、日夜、積み重ねてきた研究室活動により得られたものです。

また、研究や調査を行なうにあたり、ご協力、ご助言ならびにご支援をいただいた多くの先生方ならびに酪農家の皆さまに感謝申し上げます。

50