

連載  
第1回

## 牛の交配・受精・着床

ジェネティクス北海道 顧問 高橋 芳幸  
たかはし よしづき  
昭和50年 北海道大学大学院獣医学研究科修士課程修了、農林省畜産局採用(農林技官)  
昭和51年 農林省畜産局勤務  
昭和58年 北海道大学獣医学部・助教授  
平成10年 北海道大学大学院獣医学研究科・教授  
平成24年 北海道大学特任教授、名誉教授  
平成25年 現職

牛の人工授精、胚移植、体外受精といった繁殖技術は、フローサイトメトリー・セルソーターを用いたX-精子あるいはY-精子の選別分取技術(選別精液)の実用化により新たな展開がみられる。また、動物の生殖のしくみを明らかにしようとする生殖生理学も発展している。既存および最新の繁殖技術を酪農・畜産に活用するためには、基礎となる生殖生理と繁殖技術の基本原理の理解が欠かせない。そこで、生殖生理、繁殖技術、関連情報について、講義・講演ノートを基に随時紹介します。今回は牛の繁殖の基礎となる「受胎にいたる過程」について概説します。

## 1. 発情

雌牛は、「発情期」という特別な時期に限り雄牛の交尾を許容する。また、雄が存在しない状況では雌同士が乗駕および被乗駕行動(他の動物では希な行動)を示す(図1)。発情期の雌牛は他の雌牛が乗駕しても、嫌がらずじっと立っている(スタンディング)。発情牛は、行動量(歩数)の増加、咆哮、外陰部の腫脹・充血、粘液の流出、食欲・乳量の低下のほか、陰部の臭いを嗅いだり、顎を乗せたりする行動もみられるが、スタンディングが持続している期間を「発情期」という。従来、牛の発情持続時間は12~18時間といわれていたが、近年のホルスタイン種牛のスタン

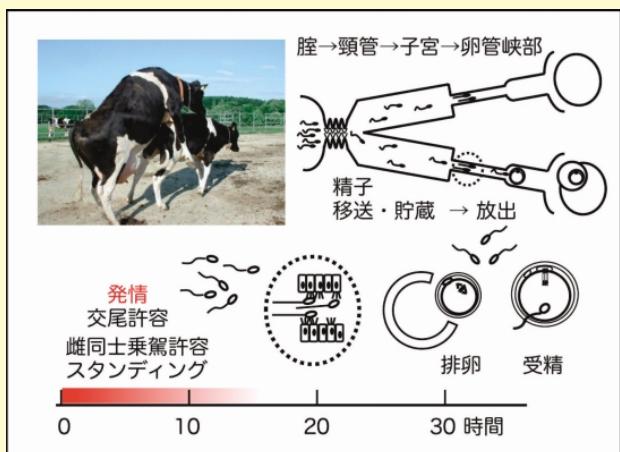


図1 発情から受精にいたる過程の概要

ティング持続時間は、同時期に発情が発現した雌牛の頭数、飼養環境、乳量などによって差異はあるが、平均8時間(4~12時間)程度と報告されている。

## 2. 射出精子の移送と貯蔵

自然交配により雌牛の腔内に射出された精子は、自らの運動によって子宮頸管の特殊な通路を通って子宮に到達する。子宮内に入った精子は、子宮の収縮運動によって子宮角先端、子宮と卵管の境目(子宮卵管接合部)へ移送される。しかし、運動機能が低下した精子は腔へ排出される。

射出精子の一部は交配後数分で卵管内に到達するが、このような精子は受精に関与しない。発情発現直後に交配した雌牛の場合、受精に関与できる精子は少なくとも6~8時間、多くの雌牛では12時間以上かけて卵管峠部に集まる。卵管峠部に到達した精子は、卵管上皮細胞の線毛と結合して、運動を停止あるいは抑制された状態で、排卵時まで貯蔵されている(図2と3)。

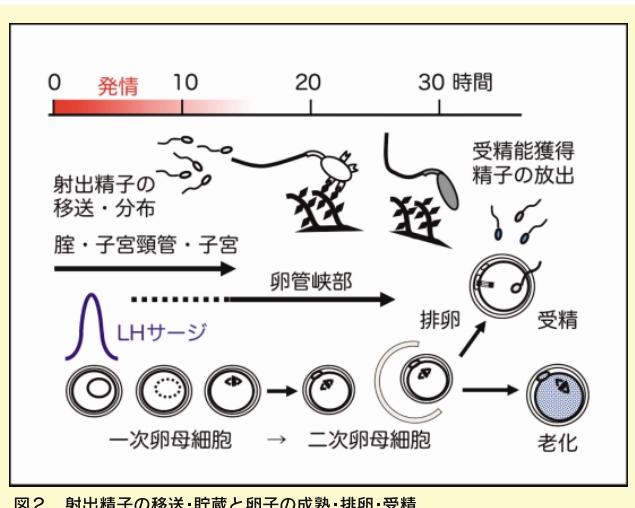


図2 射出精子の移送・貯蔵と卵子の成熟・排卵・受精

## 3. 貯蔵精子の放出と受精能獲得

卵管峠部に貯蔵されていた精子は、排卵の時に合わせて卵管上皮細胞との結合が解け、卵子に結合・侵入できる能力(受精能)を獲得した精子として放出される(図2)。この排卵時に上皮細胞から解離・放出された受精能獲得精子だけが受精に関与できる。卵管へ移送される途中あるいは排卵前に卵管上皮細胞との結合が解け、「受精能獲得」と同じような変化を起こした精子は、その機能や運動性を長時間維持できないため、受精には関与できない。



#### 4. 排卵と受精

発情期の成熟卵胞は黄体形成ホルモン(LH)の一過性大量分泌(LHサーチ)を受けて排卵に向けた変化が始まる。また、成熟卵胞内の卵子(第一減数分裂前期で分裂が止まっていた一次卵母細胞)もLHサーチが引き金になって減数分裂を再開して二次卵母細胞となり、第二減数分裂中期(M-II期)に到達すると再び分裂を停止して排卵を待つ(図2)。

排卵は、LHサーチの約25時間後(ホルスタイン種)、スタンディング発現の平均26~28時間後(ホルスタイン種)あるいは29~31時間後(黒毛和種、外国肉用種)にみられる。しかし、LHサーチあるいは発情発現から排卵までの時間は、個体による差異が大きく、平均値の前後5時間程度のバラツキがある。

排卵卵子は、卵管漏斗から卵管膨大部に取り込まれ、卵管峡部の貯蔵部位から放出された受精能獲得精子と卵管膨大部あるいは膨大部と峡部の境目で出会いう。受精能獲得精子は、卵子の透明帯に結合することによって先体反応が誘起され、卵子内に侵入して受精が始まる。

卵子の発生能は、M-II期に到達して(LHサーチの約20時間後)から排卵を待つ間、さらに排卵後、精子と出会いまでの間に徐々に高まる。しかし、精子との出会いが遅れると老化し、受精が成立しても胚発生の途中で死滅する。牛の排卵卵子が発生能を保持している時間は不明であるが、6~10時間程度と推測される。

#### 5. 胚発生と着床

受精して二倍体の細胞になった卵子(接合子)は細胞分裂を始め、胚と呼ばれるようになる。胚は、細胞分裂を繰り返しながら受精部位から卵管峡部に下降、発情後5日目になると8~16細胞期に発育して子宮に移送される。子

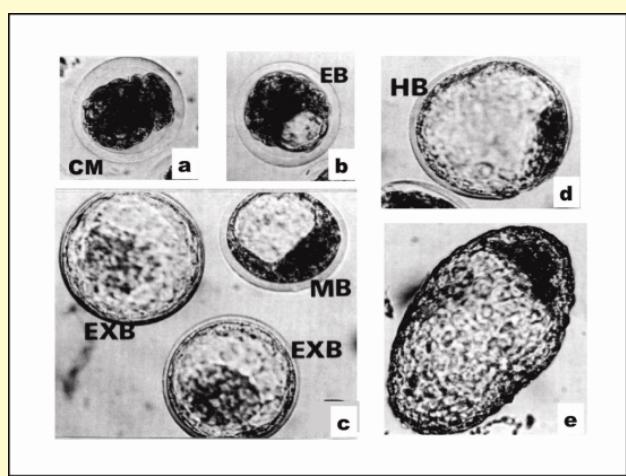


図3 発情後6~9日の牛胚  
a:収縮桑実胚、b:初期胚盤胞、c:中期胚盤胞(MB)と拡張胚盤胞(EXB)、d:孵化中の胚盤胞、e:孵化胚盤胞

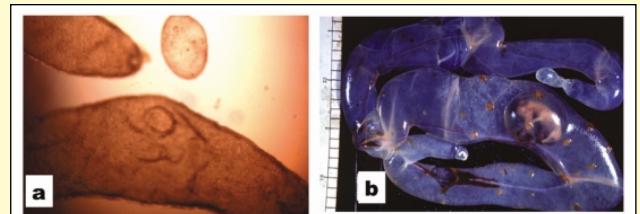


図4 発情後14日の伸張胚(a)と60日前後の胎子・胎膜(b)

宮に下降した胚は、6~7日目には桑の実のような桑実胚、胚の内部に液体を貯留する胚盤腔をもつ胚盤胞へ発育する。さらに、8日目には胚全体が大きく拡張した胚盤胞に発育、9日目になると透明帯から脱出(孵化)する(図3)。

孵化した胚は、発情後14日目頃まで長径3mm程度の細長い形をしているが、20日目頃には排卵側子宮角全体、22日目頃には反対側子宮角の先端までフィラメント状になつて急速に伸張するとともに、胚と子宮内膜との接着が始まつる。牛胚の接着・着床部位は子宮小丘に限られ、胎子胎盤(絨毛叢)は40日目頃になると肉眼でも確認できるようになり、その数は70日目頃までは増加する(図4)。また、胚は接着・着床に先立つ15日目頃になるとインターフェロン・タウ( $\tau$ )と呼ばれるタンパク質を生産分泌し、妊娠黄体の退行を防ぎ、母牛の妊娠の認識・維持を図る。

#### 6. 人工授精の受胎率

近年の欧米におけるホルスタイン種牛の人工授精後の受胎率(受精率、胚発生率)と産子率を図5に示した。経産牛と未経産牛の授精後1日目の受胎率(受精率)は、それぞれ約85%と90%であるが、暑熱の影響を受ける夏期の経産牛の受精率は55%前後との報告もある。受精しても卵子の老化、精子の異常、子宮や黄体の機能障害などにより胚は早期に死滅するため、授精後7日目の受胎率(胚生存率)は経産牛で約55%、未経産牛で約75%に低下する。また、早期妊娠診断が可能な21~28日、さらに60~80日目までの間に

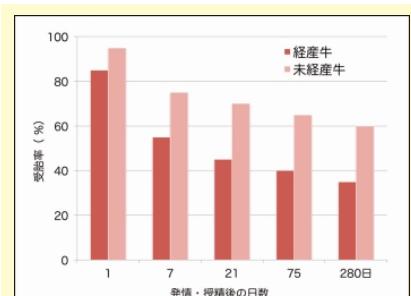


図5 ホルスタイン種雌牛の人工授精後の受胎率  
授精後1日の受精率、7~75日の胚生存率、280日の産子率を示す。Walsh et al.,(2011)のデータを基に作成。

も胚は死滅するため、妊娠率は5~10%ずつ低下する。したがつて、その後の流産(約5%)を加味すると、経産牛で約35%、未経産牛で約60%が平均的な産子率になつている。