



## 胚移植を活用して乳牛の妊娠をより確実に

～乳牛繁殖の効率化へ貢献～

### ポイント

- ・乳牛の繁殖で行われる胚移植後の受胎率と人工授精後の受胎率を比較。
- ・胚移植では、人工授精と異なり泌乳量増加及び分娩後日数による受胎率低下の影響が軽減。
- ・乳牛の受胎率向上のために、胚移植技術の有用性が示された。

### 概要

北海道大学大学院農学研究院の川原 学准教授らの研究グループは、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）北海道農業研究センターの山崎武志上級研究員、公益社団法人北海道酪農検定検査協会及び一般社団法人日本ホルスタイン登録協会北海道支局と共同で、胚移植（ET）\*<sup>1</sup>による乳牛の受胎率に影響を及ぼす非遺伝的な要因（環境要因）を明らかにするため、未経産牛及び経産牛（初産牛と2産牛）の人工授精（AI）\*<sup>2</sup>受胎率及びET受胎率に影響を及ぼす環境要因を比較分析しました。その結果、一般に乳生産の増加や分娩後の母体への負担といった受胎率を低下させる環境要因からの影響がETでは軽減されることを突き止めました。

本研究では、北海道内のホルスタイン種雌牛についてAI（n=1,870,143頭）及びET（n=29,922頭）が行われた個体の受胎成績を用いて、泌乳最盛期の乳量及び分娩から次のAIまたはETまでの日数によって初産牛と2産牛をグループ分けし、乳量及び分娩後日数が受胎率に及ぼす影響を評価しました。その結果、AI受胎率では乳量の増加に伴って受胎率が低下していましたが、ET受胎率では有意に低下を示しませんでした。また、分娩後日数が60日より早いタイミングでAIを受けた経産牛の受胎率は60日以降のAIより低下しましたが、ET受胎率は有意には低下せず、AI受胎率とは異なる特徴を示しました。

以上より、ETによる繁殖は、高泌乳や分娩といった一般に乳牛の妊娠成功率を低下させる負の影響を回避させ、分娩後60日以内であっても安定した受胎率を示すことが明らかになりました。従来、乳牛の泌乳や分娩による受胎率への負の影響については不可避なものとして、データに裏付けられた明確な対策はありませんでした。本研究によって、AI及びETの受胎率に対する環境要因の違いが示され、分娩し泌乳を開始した経産牛を用いた繁殖戦略におけるETの有用性が明らかになりました。

なお、本研究成果は、2024年7月3日（水）公開のJournal of Dairy Science誌（米国酪農科学会誌）のオンライン版に先行公開されました。

## 【背景】

泌乳は、乳牛が妊娠し子牛を分娩して初めて起こるため、乳生産のプロセスに妊娠の成立が含まれる点で妊娠も乳牛の重要な仕事の一つと捉えることができます。したがって、酪農家にとって妊娠の成功率すなわち受胎率は経営の安定化に極めて重要な指標となり、消費者や乳製品製造者たちにとっても食資源の確保を保証する重要な指標となります。ある試算では、世界の乳牛の受胎率を1%上げることによって、およそ467万リットルの乳生産の向上が見積もられています。ところが、近年の乳牛泌乳量増加による栄養バランスの悪化や気候変動による暑熱ストレスの増加など、乳牛受胎率の安定化に危惧される状況が続いているのが現状です。

我が国のほぼ全ての乳牛の繁殖は、雄と雌の交尾を介した自然交配ではなく、凍結精液を雌子宮内に注入する人工授精（AI）あるいは受精卵を雌子宮に移植する胚移植（ET）によって人為的に制御されています。近年は、欧米各国と同様に乳牛への肉用牛胚移植を組み合わせた肉用牛生産と乳生産の複合方式をとる酪農家も増加し、ETの実施件数が増えています。ETでは当該雌ウシ由来の卵子とは別の雌個体の卵子から作られた初期胚を使って乳牛の妊娠を図るため、精液のみを注入した卵子は当該個体からの排卵に任せるAIとは根本的に異なる繁殖技術となります（図1）。実施されてきた歴史の長さから、AI受胎率に関する分析例はあるものの、ET受胎率の分析は進んでいないのが現状でした。本研究では、我が国で最も乳牛が飼養されている北海道において飼育されているホルスタイン種の牛群検定記録を活用して、AIあるいはETを適用した個体の受胎率に及ぼす種々の要因を比較分析することで、ET受胎率の特性を見極めて乳牛繁殖効率化のための手掛かりを得ることを目的としました。

## 【研究手法】

北海道内のホルスタイン種雌牛について初回AI（ $n = 1,870,143$ 頭）及びET（ $n = 29,922$ 頭）の記録を、ロジスティック回帰分析<sup>\*3</sup>によって調べました。AI及びETそれぞれの繁殖方法について、泌乳最盛期の乳量（PY）（初産牛： $< 25$ 、 $25 \sim 30$ 、 $30 \sim 35$ 、 $\geq 35$  kg、2産牛： $< 40$ 、 $40 \sim 45$ 、 $45 \sim 50$ 、 $\geq 50$  kg）及び分娩から初回AIまたはETまでの間隔（CFI/CFT）（ $< 60$ 、 $60 \sim 79$ 、 $80 \sim 99$ 、 $\geq 100$ 日）によって初産牛と2産牛をグループ分けし、PY及びCFI/CFTが受胎率に及ぼす影響を評価しました。

## 【研究成果】

泌乳最盛期の乳量（PY）が受胎率に及ぼす影響を分析したところ、初産牛及び2産牛ともにPYの増加に伴いAI受胎率は有意に低下していました。一方、ET受胎率は、2産牛においてPYが最大の区である50kg以上でのみ有意に受胎率が低下しましたが、初産牛ではPYの増加に伴った有意な低下はみられませんでした。同様に、分娩から初回AIまたはETまでの間隔（CFI/CFT）が受胎率に及ぼす影響も分析しました。AIの受胎率は、初産牛及び2産牛ともにCFI $< 60$ がその他の3区よりも有意に低く、初産牛ではCFIが60日を超えて延長しても受胎率が改善しないことが分かりました。AIとは対照的に、ETではCFTが60日未満であっても、ET受胎率に有意な低下はみられず、初産牛では三つのCFT期間（ $60 \sim 79$ 、 $80 \sim 99$ 、及び $100 \leq$ ）における受胎率の有意な差もみられなかったことから、ET受胎率はAI受胎率とは異なり分娩後日数の影響が小さいことが判明しました。また、分娩を経験した経産牛は泌乳や分娩の影響によって未經産牛よりも受胎率が低下するのが普通ですが、ETにおける経産牛の受胎率低下の度合いはAIよりも有意に小さく（図2）、ETによる繁殖で高泌乳や分娩による受胎率低下が回避できる可能性が示されました。

## 【今後への期待】

人工授精（AI）では、凍結精液を注入する雌個体から排卵される卵子から形成された初期胚によって雌牛を妊娠させることになるため、卵子を供給し初期胚を発育させる雌個体自身が栄養バランスの悪化や分娩による生殖器への負担に晒されれば、卵子形成あるいは初期胚発生に負の影響を及ぼすかもしれません。一方の胚移植（ET）では、移植前に受精を完遂させ一定の発生ステージまで発育させたのちに雌個体に移植して妊娠させるため、妊娠させる雌の栄養バランスや生殖器への負担が回避され、結果としてAIよりもETの方が安定した受胎率を示した可能性があります。「分娩を重ねれば受胎率が落ちる」「過度に乳生産すれば受胎率が落ちる」「暑くなれば受胎率が落ちる」しかし、「妊娠分娩しないと牛乳を生産してくれない」「最小限の飼育頭数に抑えるためには遺伝的改良によって泌乳能力を高めてもらわなければならない」「世界の気温は上がり続けている」。このように、乳牛の生産効率を決する重要な受胎率を巡って相克する数々の問題に対して、胚移植という繁殖技術の活用は安定した受胎率を実現する一つの手段になり得ることを、本研究で実施した膨大なデータ解析によって裏付けることができました。人工授精に加えて胚移植を更に積極的に利用することで、非遺伝的な環境要因から被る負の影響を回避し、乳牛の受胎率を向上させることが期待されます。

## 論文情報

論文名 Characterization of conception rate after embryo transfer in comparison with that after artificial insemination in dairy cattle（人工授精受胎率との比較解析を通じた乳牛における胚移植受胎率の特性）  
著者名 深谷周平<sup>1</sup>、山崎武志<sup>2</sup>、阿部隼人<sup>3</sup>、中川智史<sup>3</sup>、馬場俊見<sup>4</sup>、唄花子<sup>5</sup>、高橋昌志<sup>5</sup>、川原学<sup>5</sup>（<sup>1</sup>北海道大学大学院農学院、<sup>2</sup>農研機構北海道農業研究センター、<sup>3</sup>北海道酪農検定検査協会、<sup>4</sup>一般社団法人日本ホルスタイン登録協会北海道支局、<sup>5</sup>北海道大学大学院農学研究院）  
雑誌名 Journal of Dairy Science（米国酪農科学会誌）  
DOI 10.3168/jds.2024-24805  
公表日 2024年7月3日（水）（オンライン公開）

## お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 准教授 川原 学（かわはらまなぶ）  
TEL 011-706-2541 FAX 011-706-2541 メール k-hara@agr.hokudai.ac.jp  
URL <https://www.agr.hokudai.ac.jp/r/lab/animal-genetics-and-reproduction>  
農研機構北海道農業研究センター 上級研究員 山崎武志（やまざきたけし）  
TEL 011-857-9260 プレス用メール cryoforum@ml.affrc.go.jp

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目）  
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp  
農研機構北海道農業研究センター 研究推進部研究推進室広報チーム  
TEL 011-857-9260 プレス用メール cryoforum@ml.affrc.go.jp

## 【参考図】

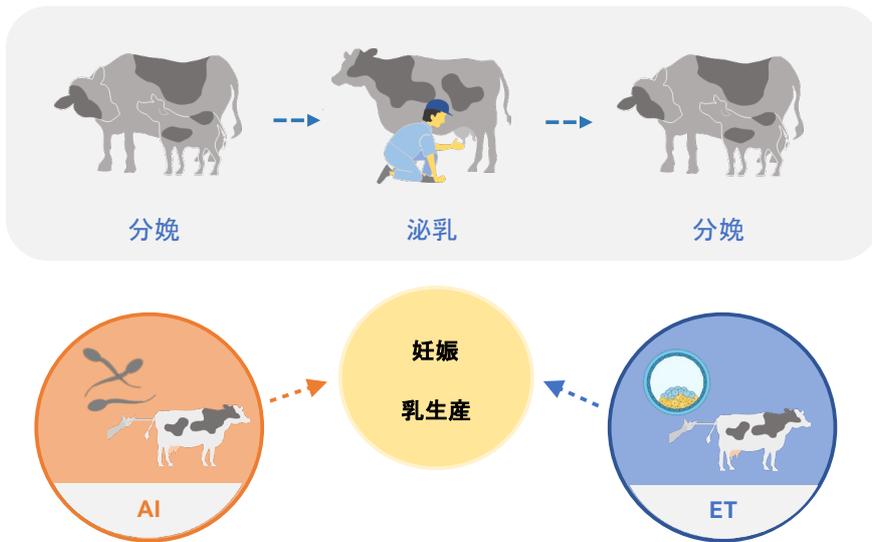


図 1. 乳牛の妊娠のために実施される繁殖技術

AI：精液を注入する人工授精 ET：初期胚を移植する胚移植

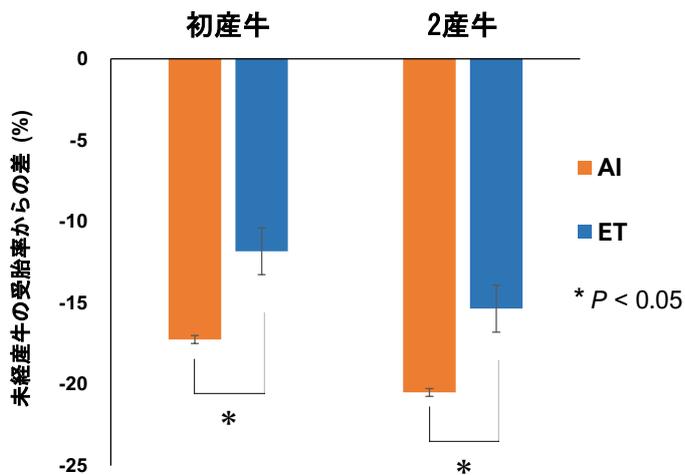


図 2. 未経産牛と比較した経産牛における受胎率低下度合いへの影響

AI：人工授精 ET：胚移植

## 【用語解説】

- \*1 胚移植 (ET) … 雌畜から初期胚を採取し、体外で凍結などの操作を行った後に別の雌畜の子宮内に移植して受胎を図る繁殖技術。Embryo Transfer (ET)。
- \*2 人工授精 (AI) … 雄畜から採取して凍結保存された精液を人工的に雌畜の生殖器管内に注入して受胎を図る繁殖技術。Artificial Insemination (AI)。
- \*3 ロジスティック回帰分析 … 受胎と不受胎のように 2 種類の結果が得られるようなデータに対して、関与している要因を切り分ける分析手法の一つ。