

## 種牛の現状と課題について③

～種牛を35年以上、のべ10,000頭以上を診てきて～

獣医師 水谷 啓司  
(総務部 首席専門役)

### Ⅱ. 種牛の特殊な生理

#### ○冒頭

種牛における特殊な生理に関して、獣医系教科書にも記載はされていますが、やはり実際の例数なども少ないため、そこには詳細に記載されていないこともあります。そこで、AI事業体（Artificial Insemination：人工授精）における生産現場において見かける特殊な生理的な事象等に関して、順次記載していくことにします。

ただ、種牛では基本、頭数が少なく<sup>注</sup>、個体差もあるため、牛<sup>\*</sup>（＝雌牛）のような恒常的な事象（＝正常範囲と言われる範囲など）は、そのn数から成立しにくく、このことから種牛の場合にはその傾向又は概数的なイメージでの捉え方が今現在の状況としては、より柔軟に理解しやすいと考えています。

注）種牛の国内の頭数としては、概ねホルスタイン種は約1,000頭以下、黒毛和種でも約1,000頭程度といわれており、牛<sup>\*</sup>との頭数の差が理解できます。

今回、その特殊な生理的事象等に関しては、過去の経緯から、又は家畜改良事業団（当団）における膨大なデータなども踏まえ、現在そのような可能性があることを生産現場からの視点から記載します。

そして、今後記載する内容としては様々な事象又は実例も含みつつ、以下の項目を予定しています。

○生産現場からの性成熟と造精能力 ○飼養環境 ○体重管理と体型（フレーム） ○乗駕行動（乗駕欲と運動能力） ○精液採取（射精行動） ○電気刺激採取法 ○わかりにくい陰茎と包皮の構造 ○陰囊周囲長 ○精巣の超音波検査 ○精子形成期間の実例 ○血液検査データ ○雌牛とは異なる飼料給与 ○種牛の蹄管理、○造精能力と季節性 ○サプリメント ○過去の生殖工学技術として等

#### ○生産現場からの性成熟と造精能力

##### 1. 生産現場からの性成熟では

生産現場で実際に精液生産を開始する上で、今現在での性成熟は概ね12か月齢前後が多く、その月齢では比較的、安定した精液採取と良質な射精精子を得ることができます。

品種別においては、ホルスタイン種と黒毛和種では、ホルスタイン種の方が早熟する傾向が強く、一方、黒毛和種ではホルスタイン種以上に個体差が大きく、性成熟も遅く、その対応は複雑な要因が多い傾向にあります。

また、成書では性成熟の時期と繁殖供用開始時期が異なると記載されています。一部にはこの時間差がある場合もありますが、生産現場では多くはその時間差は少ない状態のため、安定して精液採取が実施できれば、比較的、良質な射精精子を得ることができる可能性が高くなります。

| 表4-2 雄家畜の性成熟の時期と繁殖供用開始時期 |           |               |
|--------------------------|-----------|---------------|
|                          | 性成熟（射精可能） | 繁殖供用開始        |
| 牛                        | 生後8～11か月  | 生後15～20か月     |
| 馬                        | 2歳        | 3～4歳          |
| 羊                        | 生後6～7か月   | 生後18から24か月    |
| 山羊                       | 生後5～6か月   | 生後18～24か月     |
| 豚                        | 生後6か月     | 生後8～10か月      |
| 犬                        | 生後6か月     | 生後10～12か月     |
| 猫                        | 生後6～7か月   | 生後9か月,体重3.5kg |

※引用 獣医繁殖学第5版 p92 表4-2

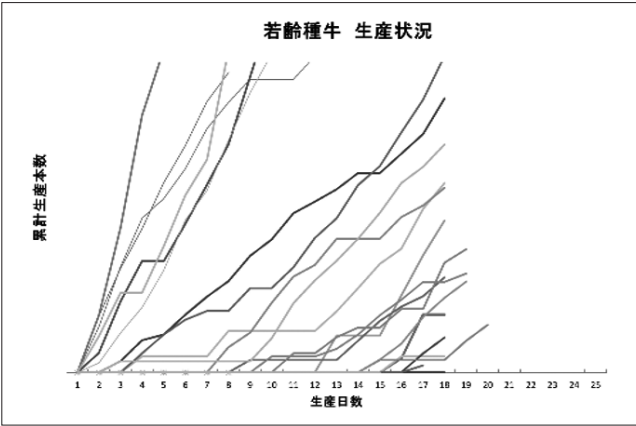
つまり、精液採取が可能となり、良質な精子が確認された場合、その射精精子数は指数関数的な増加傾向になる場合が多く、そのため凍結精液の生産も早期に可能となります。

また個体によっては直線的な増加で推移する場合がありますが、結果的には凍結精液の生産は可能となります。

一方で、個体によっては12か月齢過ぎても微量な精

子しか確認されないものもいるため、この場合には凍結精液の生産は不可能となり、繁殖供用の有無の判断となります（下グラフ参照）。

※参考 当団データ ホルスタイン種若齢牛（2歳未満） 累計凍結精液生産



早熟傾向の月齢としては、過去には稀有ですが、ホルスタイン種の7か月齢であっても精液採取が可能となり、射精される精子も良好な品質であったため、凍結精液をすぐに生産できた事例もありました。

その一方で、一般的な性成熟の月齢に相当する12か月齢以上であっても射精される精子の品質が悪く、凍結精液の生産が不可の事例も時にはあります。

これらの要因の多くは良好な発育過程ならば、血統的な要因が大きく関与している可能性が高く、そのため同様な血統の場合には、同様な傾向が強く認められることが多くなります。ただし、血統的な要因の関与がある一方で、栄養学的な側面は基本として重要です。

特に種牛にとって、育成段階における蛋白系飼料、そしてアルギニン成分は早熟させる上では重要な栄養項目であり、実際にその栄養分を強化した事例では早熟する確率は高くなり、一定の効果が確認されています。

ただし、仮に種牛10頭に対して早熟が10頭すべて実

現できるものではなく、その根底には個体差＝血統的要因が大きく関与しているので、このことが種牛において「答えがあって答えがない」という難しい問題の根底になると推測されます。ただし、これらの対応によって少なくとも早熟させることができる確率は高くなると考えます。

2. 生産現場からの造精能力では

この造精能力では、精液採取によって射精される精子数がどの程度なのかで評価します。

この評価では生理的な評価においては個体差があり、一概に正確な数値とは言い難いものになります。そのため概数的又はイメージ的な数値として膨大なデータから捉える考え方が生産現場としては有用な指標的なものになると考えます。

そこで、このことに関して獣医系教科書にも下表のとおり、記載されてはいますが、この数値からいえることは若齢牛（おそらく12か月齢未満も含まれる）から成牛クラスまでの月齢を含めたものであると推測されるため、その範囲は“幅広い結果”を示しています。

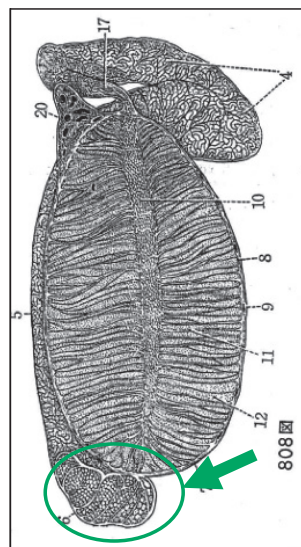
またNational Association of Animal Breeders（以降、NAAB）より、ホルスタイン種の成牛では週単位で精巢の精巢上体尾部（右図の◀の箇所）に貯留する精子数は約400億といわれています。この貯留した精子と射精される精子では、精液採取によって貯留した精子をできる限り射精（回収）しなければなりません。ただし、この数値でも生理的な数値とはいいがたく、実際の射精精子数の数値からも乖離した数値の場合もあります。

このNAABからの約400億という精巢上体尾部に貯留する精子数に関して、週2日、1日2射精の精液採取のサイクルにおいて、当団における過去の成牛データから射精された精子数をみると、そのレベルの個体数は数多くありませんでした。一方、射精された精子数が少ない場合では200億程度が過去のデータから確

| 表4-5 精液量，精子濃度，総精子数，射精間隔，授精可能な雌の頭数                |                                   |                                 |                              |                  |                         |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------|
|                                                  | 精液量(mL)                           | 精子濃度<br>(× 10 <sup>8</sup> /mL) | 総精子数<br>(× 10 <sup>9</sup> ) | 精液性状を良好に維持する射精間隔 | 1回の射出精液で授精可能な雌の頭数       |
| 牛（ホルスタイン種） <sup>a</sup>                          | 1回目0.6～16.0<br>(4.0) <sup>a</sup> | 1回目0.5～21.7<br>(12.7)           | 1回目0.4～305.6<br>(52.9)       | 2回/日×2日/週        | 100～200頭（0.5mL<br>注入/頭） |
|                                                  | 2回目0.2～12.7<br>(3.3)              | 2回目0.9～18.9<br>(9.6)            | 2回目1.3～143.0<br>(31.0)       |                  |                         |
|                                                  |                                   |                                 |                              |                  |                         |
| <sup>a</sup> :1回目射出:85頭の921射出精液；2回目射出83頭の835射出精液 |                                   |                                 |                              |                  |                         |

※引用 獣医繁殖学第5版 第4章3.精液（1）理化学的正常e.精液量，精子濃度，総精子数p99

※精巣の解剖図



※実際の精巣写真



※引用 家畜比較解剖図説（1983）より

認されています。

従って、概数的にはなりますが、ホルスタイン種の場合、成牛での継続した精液採取では概ね週単位の射精される精子数は200億から400億程度の範囲が一つのイメージ的な目安といえます。

つまり、造精能力の評価としては週単位で300億程度ならば平均的な能力となり、200億程度又はそれ以下ならば造精能力は高くはなく、一方、400億程度又はそれ以上ならば高いレベルになるイメージになります。

一方、黒毛和種の成牛では、指標的な数値はありませんが、ホルスタイン種同様に当団における過去の成牛データを参照した場合、造精能力の高いものは週単位250億以上の精子を射精し、一方、造精能力が低いものの傾向としては週単位150億程度が確認されています。これも個体差により異なり、ホルスタイン種と同様に血統的な要因が大きく関与しています。

従って、黒毛和種でも概数的にはなりますが、成牛での継続した精液採取では概ね週単位の射精される精子数は150億から250億程度の範囲が一つのイメージ的な目安といえます。

つまり、造精能力の評価としては週単位で200億程度ならば平均的な能力となり、150億程度又はそれ以下ならば造精能力は高くはなく、一方、250億程度又はそれ以上ならば高いレベルになるというイメージになります。

ただし、ホルスタイン種及び黒毛和種におけるこの概数的又はイメージ的な射精精子数の数値に関しては、基本、週2日、1日1～2射精の精液採取のサイ

クルを実施している場合にはあてはまる数値になります。

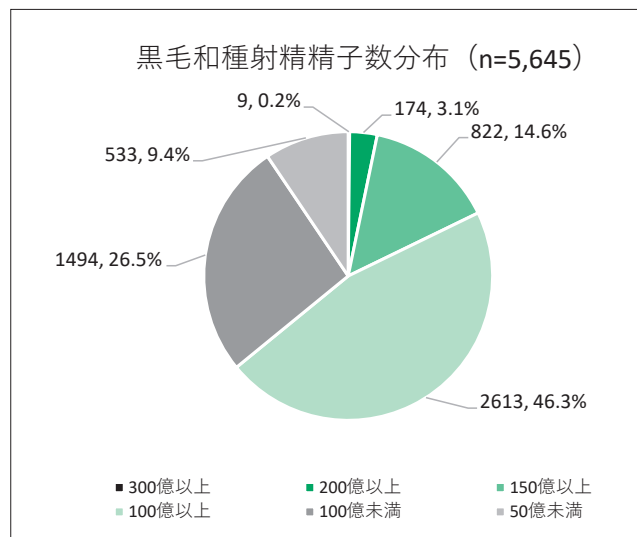
つまり、この精液採取のサイクルが、仮に週又は月1日、1日1～2射精の場合、一過性的に射精精子数は高い数値にはなります。しかし、継続して実施した場合、徐々にその数値は低下し、結果として精液採取される射精精子数が安定した傾向になれば、その種牛の有する射精精子数から、その造精能力は明確になると考えています。

#### 【参考】

事例として、黒毛和種4歳以上で週2日、1日2射精の精液採取サイクルにて実施した1日分の射精精子数の分布を以下に示します（のべn=5,645件）。

- ・最も多いのは100億以上で全体の46.3%、100億未満では26.5%となり、この割合で全体の約72.8%を占める結果となりました。
- ・実際の数値のため、精液採取の不良結果も含まれており、最低では3.42億の射精精子数の場合もあるため生理的な数値とは言い難いですが、最高では378.51億の射精精子数となり、粗めのデータにはなりますが、これらの平均値では113.27億という結果になりました。
- ・従って、実際の数値からみても、黒毛和種の場合、イメージ的な数値としては、1日100億前後が平均的であり（週単位ならば200億前後程度）、それ以下ならば造精能力は低い傾向にあり、また逆にそれ以上ならば、造精能力は高い傾向になるといえます。
- ・ただし、この傾向は標準的な発育過程を経過した場合には系統的な要因に大きく左右され、そしてそれがその数値の根底にあります。

※参考 当団データ 黒毛和種成牛 1日分の総精子数の分布



ただし、これらの数値に関しては種牛の生理的な絶対値ではなく、注目される系統によって、又は年代別においてもその分布が変わる数値であり、過去のデータでもその年代で中心的な系統（特異的な造精能力）によって大きく左右されています。

そのため成書的には、この種牛の造精能力の指標である射精精子数（総精子数）に関してはあくまでも概数的且つ目安的な数値となるため、生理的な標準値としては成立しにくい数値ともいえます。

また、これら造精能力を判断する上では、体格と比較した陰囊の大きさ、そして陰囊の張り（硬度）が重要になります。これも血統的要因（＝系統）として連動した事例が多い傾向にあります。

今回のイメージ的な数値ではありますが、品種別の射精される精子数の差異は、陰囊周囲長の差異とも連動した結果といえます。

一方、月齢に従った造精能力の評価は個体差の影響が大きいため、月齢との相関において造精能力が高い場合であっても、同一の系統に同様な傾向が確認されれば、その系統では造精能力が低い傾向にあるものと理解しなければなりません。また逆に月齢と異なり、例外的に高い造精能力を有する系統もあることも理解しておかなければなりません。

さらに、これら月齢と系統との考えとは異なり、精巣の超音波検査の実施によって、成牛の場合、精巣の中心にある精巣網（右図の←の箇所）の幅と造精能力との間に相関関係があることが判明しているため、個体別に射精精子数を想定することも可能となりました。この相関では、系統的な傾向も同時に理解される結果となりました。つまり、精巣網の幅が広い系統では造精能力は高い傾向があり、逆に狭い系統では造精能力は低い傾向があることを示していました。

また、これによって、仮に想定以下の射精精子数の場合には、再度精液採取の技術又はその対応等を見直す客観的な材料の目安にもなり得ます。

※詳細は後述する「精巣網の幅からの造精能力の予測では」で黒毛和種について記載します。

## ○飼養環境

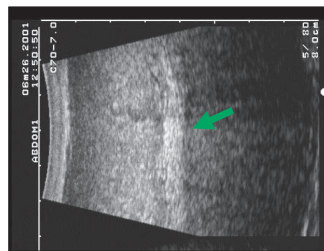
### 1. 繫養環境

#### (1) 繫養スタイル

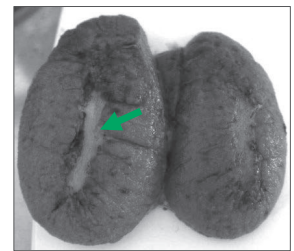
種牛は、生産現場での性成熟は12か月齢といわれています（個体によっては7か月齢で性成熟になるものもありました）。

特に精液採取を開始すると、その性格（気性）はホ

※精巣の超音波画像



※実際の精巣の断面



ルモン分泌の活性化の影響か、大きく変化します。その結果、種牛間で乗駕等によって外傷又は運動器疾患等の事故を発生することになります。

そのため、ここが雌牛とは大きく異なり、性成熟以降、この外傷又は運動器疾患等の疾病予防のため、種牛の飼養環境では、集団管理ではなく個体管理が必要となります。1頭毎の単房（個室）形式による繫養環境が必要となります。よって、種牛の施設では1頭毎の面積が雌牛よりも必要となることから、1頭単位当たりでは雌牛よりも広い面積になる場合もあります。

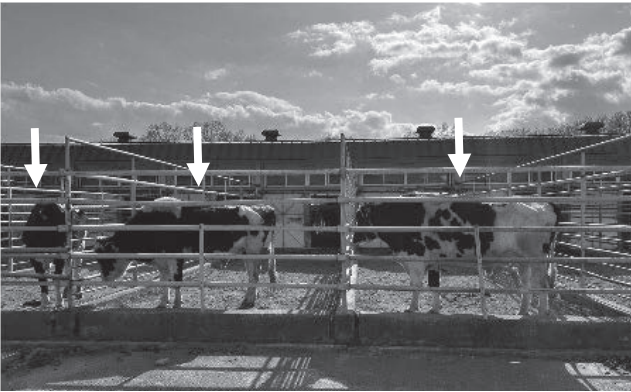
例えば、ホルスタイン種の成牛では、1頭当あたり最低横3.6m×縦7.2m＝25.92m<sup>2</sup>の長方形の牛房面積が確保できれば、繫養環境としては充足した面積であり、この面積ではホルスタイン種の成牛より体型が小型になる黒毛和種の成牛ではさらに充足した繫養環境に相当します。

この繫養環境の数値は過去、北米のAI事業体において、数百頭の種牛を繫養していた頃の1牛房の面積単位に由来します。またその数値から当団でもこの面積単位に従って同様な繫養環境を整備した経緯もあり、実感としては大型のホルスタイン種の成牛であっても牛房面積としてはストレスのない適正な繫養環境であるといえます。

一方では、このような単房形式ではなく、過去に当団でも、雌牛と同様なタイストールでの繫養スタイルを実施していた時期もありました。このことは、北米の一部のAI事業体でホルスタイン種の成牛でのタイストールの繫養スタイルが実施されていたことから、その当時の繫養スタイルとして導入したものと推測されます。

さらに、種牛が2歳前後において、雌牛のように管理コストの安価である放牧管理をしていた時代もありました。その際、種牛間での乗駕が頻繁となり、結果として外傷又は運動器疾患が多発する事故が発生しました。そのため、現在では放牧管理という繫養スタイルは廃止して、1頭毎の単房形式に変更となり、以降はこれら事故の発生はなくなりました。

1 頭毎の個室（単房）にて管理



このように、一時期までは種牛であっても雌牛的な感覚での繋養スタイルを導入していましたが、現在では雌牛との相違が明確となって、それに対応した方法が選択され、種牛がより安全に管理できる繋養スタイルに変化してきました。

特に種牛と雌牛との安全面での大きな相違は、飼養管理者に対して“人に向かってくる種牛”もいるということです。そのため、管理者にとっても安全な管理として、管理コストの安価な放牧管理ではなく、個体管理としての単房形式によって1頭毎、スタンションで確実に繋留できる繋養スタイルが重要になります。

## (2) 温度管理

35年以上前、すでに環境ストレスの軽減のため北米のAI事業体であるSelect Sires, Inc.では冷房完備の牛舎施設が整備されていた場所もあり、冷房効果として明らかに“空気感”が異なる環境でした。

このような考え方に従い、1997年、当団（盛岡種雄牛センター）でも貴重な種牛の環境ストレスを軽減するため、国内では初となる牛舎の一部の牛房に対して温度管理ができるよう、従来の大型扇風機等の施設ではなく、冷暖房の施設完備、二重ガラス、断熱材処置の壁を単房形式に整備し、牛房内では外気の影響を軽減し、より安定した飼養環境を構築し、安定した精液生産を実施することとしました。

ただし、この牛房における冷暖房の設定温度に関しては、牛房外の空間である精液採取場などとの極端な温度差がない温度域を設定していました。

また、この1997年以降に開始した環境整備を目的とした冷暖房の対応に関しては、下記のように現在の獣医系教科書にも記載されています。

獣医繁殖学第5版第11章2，産業動物1）牛（2）生殖不能症g.夏季不妊症p396（引用）

「高温多湿の時期に造精機能や副生殖腺機能が一時

的に減退して精液性状が不良となり、受胎率が低下し、繁殖供用不能になってしまう現象を夏季不妊症（summer sterility）という。しかし近年では、エリート種雄牛は冷暖房完備の飼育室で管理されるようになり、夏季不妊症を回避する環境が整備されてきている。」

冷暖房を完備した牛房施設（盛岡種雄牛センター）



## (3) 牛舎構造

北米のAI事業体では、35年以上前、すでに日光を遮断した窓がない構造であるウインドレス牛舎によって種牛が飼養されていた場所もありました。これは伝染病対策が主な目的と推測され、牛舎内は常に陽圧の状態のため外気が牛舎内へ入らない状態でもありました。

その当時、この牛舎からは欧州などへの精液輸出が実施されており、その際、欧州からの厳しい衛生条件が要求され、例えばIBR（Infectious Bovine Rhinotracheitis：牛伝染性鼻気管炎）抗体フリーなどの要件もありました。そのため、IBRの予防ワクチンも接種できないことから、より外気との遮断が必要となり、ウインドレス牛舎の構造が選択されていたと推測されます。

ただ、このウインドレス構造は通常、牛舎内は照明を付けない限り真っ暗な状態にありました。このことは、よく言われている生物学的な視点からの“日光”の重要性は必要ないことを示しているともいえます。

しかし、実際、この環境で飼養される期間がどのくらいかは明白でないため、一概にウインドレス牛舎が飼養環境に不都合ではないかの判断は難しいです。

しかし、IBR等の伝染病対策に対しては外気に接するようなパドックを併設した牛舎構造よりは有効な施設であるため、伝染病対策を強化する上では参考になる構造の一つであるともいえます。

## 2. 簡易なWebカメラの設置

現在では、観察等のため牛舎施設内にWebカメラの設置を実施している箇所は多く存在します。

当団（特に繋養規模が最大である盛岡種雄牛センターから開始）でも、約10年以上前より精液採取場、冷暖房完備の牛房、牛舎の通路、病畜の観察などに数万円の簡易なWebカメラを設置し、人と種牛の事故防止等に対応できるシステムを段階的に構築して、最大10台の簡易なWebカメラにより一定時間、録画もできるシステムを導入しました。

(1) その目的は以下の4つが主になります

#### 1) 精液採取場 (CAM 1、2、3、5)

この場所に設置した目的は、通常の前液採取における技術確認、そして陰茎粘膜炎裂傷などの事故発生時の原因追及のためとしました。

特に普段、前液採取する技術者は自らの前液採取技術を客観的に確認することができません。そこで、このカメラの設置によって、後日、録画された動画によって自らの技術を確認することが可能となり、その結果、前液採取技術の向上につながります。

#### 2) 冷暖房完備の牛房 (CAM 4、8)

冷暖房完備の牛房に関しては、より貴重な種牛を繋養しているため、その観察において人からのストレスがかからないよう、Webカメラでも観察できるようにしました。

#### 3) 牛舎の通路 (CAM 6、7、9、10)

人及び種牛の事故防止のため、牛房外へと種牛が脱走した場合を想定し、牛舎の通路を観察できるようにしました。

#### 4) 病畜の観察

病畜の発生時、特に夜間は、人及び種牛のストレスを軽減するため、このWebカメラから観察し、異常時には迅速に対応することにしました。

(2) このWebカメラの導入による実例効果

##### 実例 1

瞬間的に発症する陰茎粘膜炎裂傷の場合、従来では“言葉”による事故説明でしたが、この導入によって録画された動画からその原因と思われる箇所を特定することができるため、対策の一つとして追加しました。

##### 実例 2

牛舎の通路を牽引して実施される体重測定において、一時的に種牛が興奮状態となり、通路を暴走した事故では、その暴走する前の状況が録画された動画から、その原因を特定することができ、測定時の対応を再考することができました。

1 台数万円の安価なWebカメラ



整備した10台のWebカメラによる画像



### 実例 3

病畜の観察では、夜間に異常な行動がWebカメラから確認されたことから、急遽、適正な処置を迅速に実施することができ、死亡事故を防ぐことができました。

など、Webカメラの設置以降、従来ではその原因特定が困難であったことが、この設置によって原因が明確になり、その結果、反復した事故等の発生はなくなりました。

### 3. 運動負荷（俗に引き運動）

種牛の運動負荷（＝引き運動）に関しては初期、当団でも特に黒毛和種に対しては必要という判断から機械的に運動を負荷する機器が整備され、30分程度実施していた時代もありました。また他のAI事業体でもこれを実施するための同様な機器が整備されているのを確認しています。

この運動負荷の考えでは、牛<sup>\*</sup>という分類からすれば不要なイメージですが、この点だけは牛<sup>\*</sup>という視点ではなく、種牛的な視点からの発想で実施されてきたと想像されます。

また、この運動を負荷する機器は、当初、人による引き運動の延長線上で整備され、また競走馬の育成牧場にて円形状の機器が整備されていたことから影響を受け、同様の機器が整備されてきたものと推測されます。そして、この種牛における運動負荷の目的として考えられることは、基本、健康管理の一環として過肥防止（カロリー消費）、四肢の運動強化、消化管運動維持等の目的によって実施されていたと推測されます。

一方、北米のAI事業体では、種牛への運動負荷は通常の精液採取による運動量によって必要ないとの判断がありました。ただ、イギリスのあるAI事業体では、種牛のストレス軽減と運動確保のため、インドアでしたが広い砂場の空間に1本の木の柱を設置した場

所があり、その空間に1頭の種牛を放して自由に運動をさせていました（その際の時間等は不明）。

現在、当団ではこの運動負荷は実施なくなり、又他のAI事業体においても運動負荷する機器が使用されていない状況を確認しています。

この種牛に対しての運動負荷の是非に関しては、特に黒毛和種に対して賛否両論があり、個々のAI事業体の考え方又は環境によって異なります。

当団がこれを中止した経緯は、当初、黒毛和種は20頭程度でしたが、徐々に多頭化へと進み、一つの種牛牛センターのみで最大100頭規模の黒毛和種を繋養する状況となりました。そのため、従来とおりに均一に実施することは不可の状況となり、中止することとなったと推測されます。

しかし、脂肪壊死症による事故、精液採取開始時の事故が発生したことから再度、特定の種牛に限って実施することとなりました。その際、従来のように漠然とした30分程度という感覚ではなく、必要な運動量と消費カロリー等を勘案して再開しました。

その後、精液採取開始時の事故は事前の乗駕運動によって発生がなくなったこと、脂肪壊死症に関しても栄養管理の実施によって事故がなくなったこと、また運動負荷の機器に種牛を繋ぐ際に事故が発生したことから、この運動負荷は中止することとなりました。

そして、このような経緯で中止した以降も同様な事故の発生がなくなったことから、現在も継続して実施していない状況になっています。

従って、この種牛への運動負荷に関しては、個々のAI事業体の考え、そしてその環境によって、その必要性の是非が判断されるものと考えられ、特に精液採取以外で運動負荷によって歩様異常が早期に確認されるなどの効果もあり、一概に北米のように不要とはいえないとも考えています。

（次号は○**体重管理と体型（フレーム）**など）