

近年の暑熱環境は乳用牛の繁殖性にどう影響しているか

1. はじめに

北欧原産であるホルスタイン種乳用牛にとって、熱環境は恒常性の維持に直接かわりをもつ環境なので、他の環境よりも特に重視する必要があります。我が国の気候条件は一年を通して変化に富む明瞭な四季を有しており、南北に長く気温の変化が大きいという特徴を持つことから、熱環境の変化に伴う生産性への影響が国内全域で懸念されています。特に、暑熱環境下では飼料摂取量低下に伴う乳生産量の減少、繁殖成績の低下が深刻な問題となっています。このような熱環境の変化による生産性低下は、酪農経営の不安定化の一要因になります。

また、これまで西日本や九州といった西南暖地に限定的とみられていた暑熱による影響は、近年の気候変動に起因する気温の上昇等による真夏日・猛暑日出現日数の増加が国内の広範囲でみられるようになっており、寒冷とされている北海道や東北地域においてさえ、夏期の猛暑発生等による乳用牛の斃死、生産性低下などの問題が発生しています。実際に、2023年の夏は7月後半から9月にかけて非常に暑くなり、6～8月の平均気温は1989年の統計開始以降、最も高くなりました。このことから、乳用牛の生産性に対する環境要因の影響とその対策は、国内全般の喫緊の課題として捉えなければならない時期にきています。

さらに、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) によると、今世紀末までの約100年で世界平均地上気温が0.3～4.8℃上昇するとの予測が発表されています。昨年は、“異常な夏”だったとよく言われますが、このような暑さが“当たり前の夏”になるのは時間の問題です。実際に、今年の夏も高い確率で“暑い夏”になるとの予報が出ています。このように、気候変動による温暖化が今後加速することは疑いの余地がないため、気候変動に適応する技術を確認することが急務となっています。

熱環境が乳用牛に及ぼす影響に関する研究につい

てはこれまで様々な視点から取り組まれています。が、大部分は気象庁観測所の環境データを採用しているため、実際に乳用牛が飼養されている牛舎環境を反映したものにはなっていません。また、地域差、畜舎立地条件、畜舎構造等によってその影響が大きく異なることは明らかです。本稿では、私たちが雪印メグミルク (株) 酪農総合研究所との共同で2021年から取り組んでいるプロジェクトの最新のデータをもとに乳用牛の繁殖成績に及ぼす環境要因の影響と考えられる対策について紹介します。

2. 酪農総合研究所×北里大学 酪農プロジェクトの概要

私たちは、雪印メグミルク (株) 酪農総合研究所との共同で全国約40戸の酪農家の皆さん (北海道～沖縄) に協力を頂き、牛舎内環境が乳用牛の生産性 (乳生産性、繁殖性) に及ぼす影響についての研究と、効果的な対策技術の検討を2021年から展開しています。今回のプロジェクトは、すべての酪農家の牛舎内に通信型の温湿度センサー端末 (サーモニ: ライブストックジャパン社製) を設置し、1時間ごとの温度、相対湿度、温湿度指数 (THI) を遠隔モニタリングし、環境データと生産履歴データ (牛群検定成績) との関連を解析する取り組みです。本稿では、プロジェクトで得られた成果のなかから、繁殖性に関する途中結果を紹介します。具体的には、交配 (人工授精: AI、受精卵移植: ET) した日の牛舎内THIが受胎率にどのような影響を与えているのかを解析することで、夏場の繁殖成績改善の糸口を見出します。

今回解析に供した繁殖データは、2021年6月から2023年11月までの期間に交配された乳用牛12,448頭 (AI: 11,054頭、ET: 1,394頭) の繁殖成績としました。これらはすべて妊否が確定したものです。

牛舎環境データは、各農場の1時間毎の温度と相対湿度からTHIを算出し、交配した当日の日最小、日平均、日最大値を採用しました。THIは以下の計

算式より求めました。

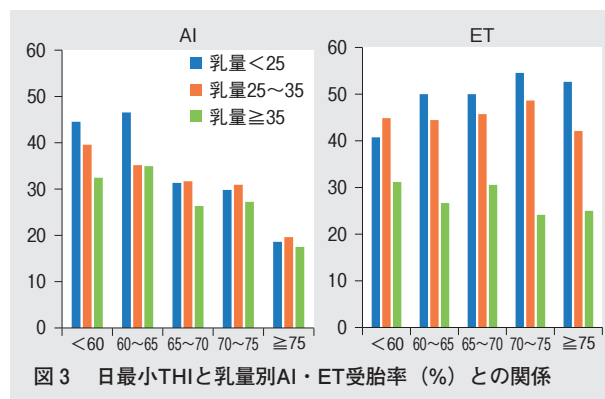
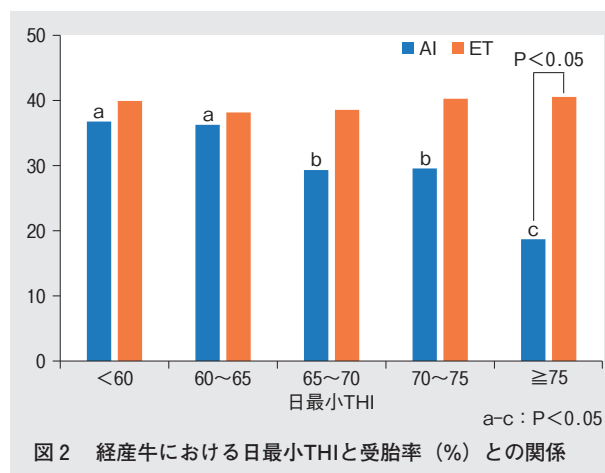
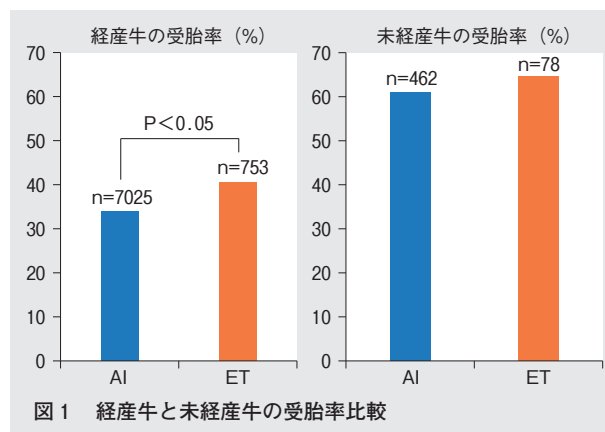
$$\text{THI} = (0.8 \times \text{温度} + (\text{相対湿度}/100) \times (\text{温度} - 14.4)) + 46.4$$

3. 交配日のTHIが受胎率に及ぼす影響

図1は、経産牛と未経産牛におけるAIとETの試験期間中を通じた受胎率を示したものです。経産牛のAI受胎率(33.9%)はET受胎率(40.6%)よりも有意に低い結果となりました(P<0.05)。極論になりますが、もはや経産牛の繁殖成績を改善するためには、ET主体で交配戦略を立てるほうが効果的なのかもしれません。未経産牛ではAI、ETともに受胎率は60%を超え、経産牛と比較するといずれも有意に高くなりました。また、未経産牛では交配日の牛舎内THIとAI、ET受胎率との間に関係性は認められませんでした。このことから、未経産牛においては、交配日の暑熱環境は受胎率に影響しないものと考えられます。そのため、ここからは経産牛に絞ってデータを紹介します。

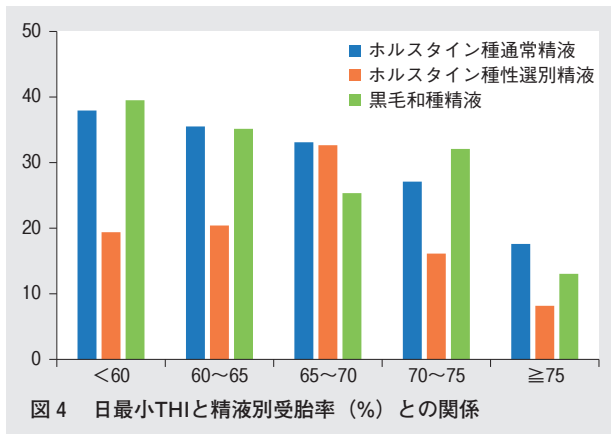
図2は、交配日の牛舎内日最小THIとAI、ET受胎率との関係を示したものです。日最小THIとは、文字通り1日のなかで一番低いTHIのことを示しますが、朝最初に牛舎に入った時のTHIだと思って頂ければ、イメージし易いと思います。AIの受胎率は日最小THIが高くなるにつれて段階的に低下し、THI≥65以上で有意な低下を示し、THI≥75では18.7%まで低下しています。これは、朝イチの牛舎内THIが75を超える日にAIをしても、5頭に1頭も受胎しない、という厳しい状況と言えます。一方で、ETの場合は、すべてのTHI域において受胎率が約40%弱で安定して推移し、THIが高くなっても受胎率の低下は認められません。

どのような個体で受胎率が低下しているのか検討するために、乳量ごとに解析し、図3に示しました。AIの受胎率を乳量<25kg/日、25-35kg/日、乳量≥35kg/日で比較すると、どの乳量でもTHIの増加に伴い受胎率が低下しています。一方、ETの受胎率は乳量ごとにベースラインこそ異なりますが、THIの増加に伴う受胎率の低下は認められません。高泌乳牛であっても、ETの場合、暑熱の影響は受けにくいという結果です。これらの結果からすると、経産牛の繁殖戦略としては、ETを基軸にした交配“夏こそET”は繁殖成績改善の近道であるということは間違いのないようです。



4. AIに使用する精液の影響

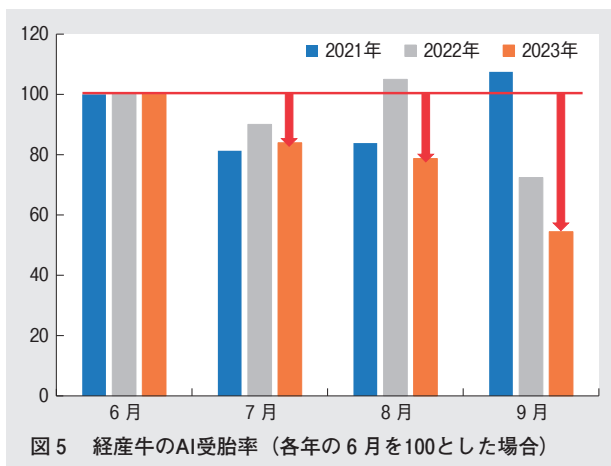
暑熱環境下で経産牛のAI受胎率が低下する要因を解析するため、使用された精液別に受胎率を算出・比較してみました。図4は、ホルスタイン種通常精液、黒毛和種精液、ホルスタイン種性選別精液の受胎率を授精日の日最小THIごとに示したものです。どの使用精液においても牛舎内日最小THIの増加に伴い、受胎率は段階的に低下しましたが、ホルスタイン種性選別精液においては、THI≥75では受



胎率が8.2%となり、ホルスタイン種通常精液の場合（17.6%）と比較して特に低下しました。私たちがこれまでに実施した、凍結融解精液に対する暑熱負荷（40.5℃ - 6h）後の精子運動性の評価においても、性選別精液では融解6h後の精子運動率と平均速度が通常精液と比較して有意に低下することを確認しています。今後の検証が必要になりますが、性選別精子は暑熱ストレスの影響を受け易いのではないかということが示唆されます。少なくとも、暑熱時におけるAIにおいては、使用する精液についても留意が必要と言えます。

5. 2023年夏の影響（キャリアオーバーエフェクト）

上述の通り、2023年の夏は気象庁の統計開始以降、最も高くなりました。このような“異常な暑さ”が乳用牛の繁殖成績にどのような影響を及ぼしたのか、検討を行っています。図5は、私たちのプロジェクトにおける2021年、2022年、2023年の経産牛のAI受胎率を各年の6月を100とした場合の指数で示したものです。2021年は長雨の影響で冷夏、2022



年は2023年ほどではありませんでしたが、暑い夏でした。2023年はご承知の通りです。

この図から明らかなことは、すでにTHIが低下して涼しくなった9月においても、2023年のAI受胎率は低下を続け、回復の兆しがないことです。THIがもっとも高かった8月よりも受胎率が低く推移していることは、いかに夏の暑熱環境が泌乳牛の繁殖機能に影響を及ぼしているか、長期的で持続的な持ち越し効果（キャリアオーバーエフェクト）が懸念されます。10月以降の受胎率の推移については現在解析中のため、別の機会に紹介させていただきますが、“異常な夏”のキャリアオーバーエフェクトは、夏期に暑熱ストレスを受けた品質の低下した卵胞、卵子に起因すると考えられています。

また、暑熱ストレスが下垂体に悪影響を及ぼしてLH分泌の減少をもたらし、プロゲステロンとエストロゲンのレベルを低下させるため、結果として鈍性発情、妊娠率の低下および卵子の品質低下を招きます。これらの対策として、種々のホルモンプログラムの有効性が報告されています。

6. 暑熱対策開始の目安について

これまでの勘や経験に頼った暑熱対策から、牛舎内のTHIに基づく暑熱対策へシフトすることで、乳用牛に対する暑熱ストレスをいち早く察知し、その影響を最小限に抑えることができます。指標（物差し）がなければ対応を施すことはできません。私たちヒトの感覚と乳用牛の感覚はまったく異なるので、乳用牛の暑熱に対する感覚を知ることが必要です。

私たちが開発した“ヒートストレスメーター”（写真1）には、これまでの研究成果が反映されています。すなわち、乳用牛が暑熱ストレスとして感じ始



写真1 ヒートストレスメーター

めると推測したTHI：67.2（ブレイクポイント）を暑熱対策開始の目安として表記しています。ヒトが不快さを感じない温湿度域でも乳用牛にはストレスとなっていることを意識してもらうこともこの指標計開発の狙いです。開発から数年が経過し、今では埃を被った状態にある“ヒートストレスメーター”も、酪農家の皆さんに対して有用な情報を提供するツールであることは今も変わりはありません。むしろ、開発した当時よりも役割は大きくなっているものと考えています。本格的な夏が来る前に改めて基本に立ち返り、牛舎の暑熱対策を見直す機会にして頂きたいと思います。

7. 畜産農家向けヒートストレス予報 “ちくさん天気”

現在の牛舎環境（実況）も重要ですが、リスクに備えて予測することができれば事前に対策をとることが可能となります。私たちが（株）ウェザーニューズと共同で開発した家畜のための天気予報“ちくさん天気”は、家畜の生産性に影響する熱環境を高精度で予測し、通知するシステムです（図6）。乳用牛に対する暑熱ストレスのリスクを事前に把握することが可能となり、対策に生かすことができます。多くの酪農、畜産関係者で導入されているこのサービスは、現在も無料トライアル期間中です。今夏の暑熱対策の一環として、暑熱ストレスのリスクを回避するために有効に活用頂きたいと思います。“ちくさん天気”についての詳細は、以下HPを参照してください。https://livestockjapan.com/

8. さいごに

温暖化の加速により、乳用牛を取り巻く熱環境は年々厳しくなっています。温暖化を抑制するための取り組みと併せて、乳生産を持続的に展開していくための適応技術の確立が待ったなしの状況です。ひとつの対策技術ですべて解決することはできないので、知恵を絞り、様々なアプローチで対処する必要があります。長年この課題解決のために研究活動を続けていながら、決定的な技術開発に辿り着けないことに自分として、もどかしさを感じるこの頃

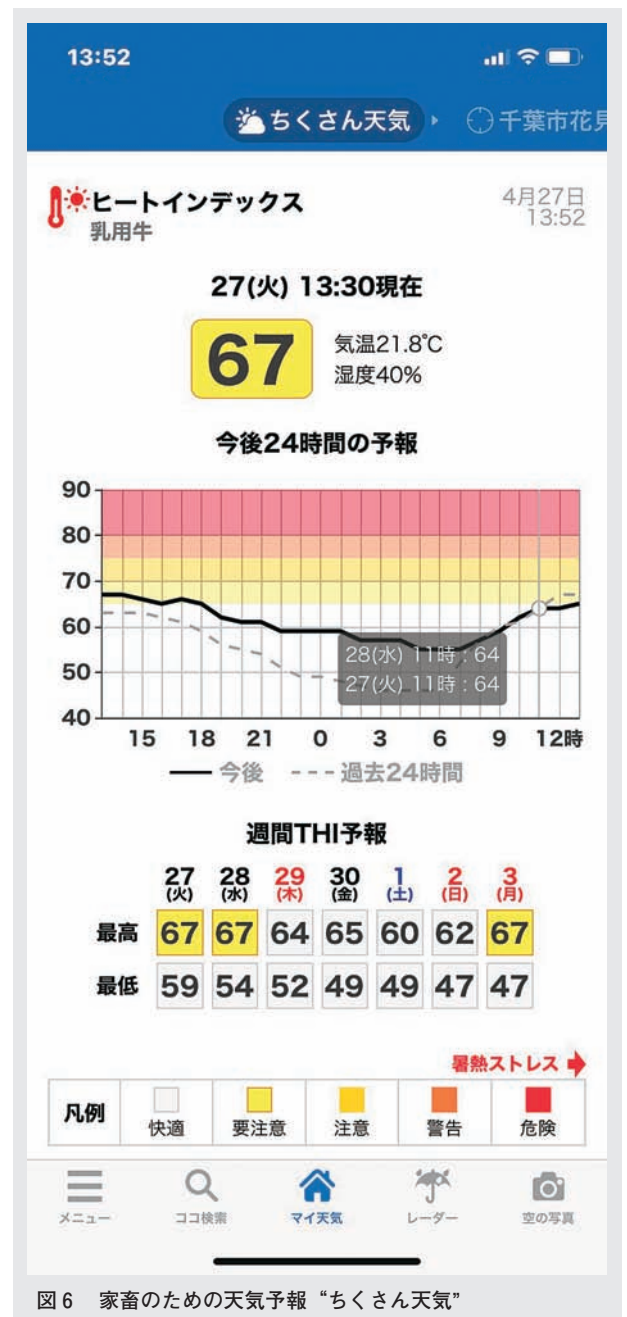


図6 家畜のための天気予報 “ちくさん天気”

ですが、何か少しでも酪農家の皆さんにお役に立てる情報や技術を提供できればと考え、今後も研究を進めていきます。

さいごに、私たちのプロジェクトに協力を頂いている酪農家の皆さんに、この場を借りて深く御礼申し上げます。