

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主論文の要旨

Heat tolerance and productivity of dairy cattle under tropical climate in suburb area of Cambodia

論文題目 (カンボジア都市近郊の熱帯性気候下における乳牛の暑熱耐性と生産性)

氏名 BUN Chan

## 論文内容の要旨

世界人口の増加に伴い、乳や動物由来タンパク質食料の需要が各国で急増しており、地球規模での家畜生産性の向上が求められている。申請者の母国であるカンボジアでは、近年、牛乳の需要が増大しているにも関わらず、カンボジア国内での乳生産はほとんどなく、生乳および乳製品は輸入に頼っているのが現状である。歴史的には、カンボジアでは東南アジアの国々の中ではいち早く酪農が行われ、当時はタイやベトナムなど近隣諸国に牛乳および乳製品を輸出していた記録も残っている。しかし、1970年代から始まった内戦と、ポル・ポト政権下の大量虐殺などを通じて、発展していたカンボジアの酪農は壊滅的な打撃を受け、ほとんどの知識も消失して現在に至っている。高まる乳製品の需要に応えるために、酪農の再興はカンボジアにおける課題のひとつとして考えられている。

大量の乳生産を担う現代の乳牛（ホルスタイン種が主）の生産は冷涼な環境が適している。そのため、カンボジアを含む東南アジアの熱帯・亜熱帯地域の暑熱環境下では乳牛の飼育は困難を極める。実際、暑熱環境下においては、純粋なホルスタイン種と在来種との交雑を行い、暑熱環境に適応可能な特徴を有する交雑牛を利用することが多い。これまで、カンボジアにおいて酪農農場を開設して乳牛を飼育し、国内における乳生産に取り組む試みがいくつか行われてきたが、特に、カンボジアの乾季の過酷な暑熱環境下では乳牛の生存そのものが脅かされ、ことごとく失敗に終わっているのが実情である。その結果として、現在ではプノンペン近郊の小規模農家がわずかに乳牛を飼育し、少量の乳生産を行っている状況となっている。

暑熱環境に由来する暑熱ストレスは、乳牛の乳量減少や繁殖成績の低下を招くことが知られている。そのため、東南アジアの熱帯・亜熱帯地域では、暑熱ストレスに抵抗性を有する乳牛の育種が求められるとともに、暑熱ストレスの作用機序を解明することが重要となる。そこで本研究では、カンボジアにおける酪農産業を再構築するた

めの基盤となる基礎データを集積することを目的として、乳牛を飼育する研究教育農場を立ち上げ、これを利用して、暑熱環境に耐性を有する乳牛の選抜に資する手法の確立を試みた。また、研究教育農場とプノンペン近郊の小規模農家における乳生産量を調査し、カンボジアの暑熱環境下において乳生産性を高めるための乳牛飼育の最適化を論じた。

第 2 章では、プノンペン近郊のカンボジア王立農業大学 (RUA) 内に開設した 20 頭規模の搾乳牛を飼育可能な研究教育農場について、飼育技術の最適化を通じて安定的に乳牛を飼育できる環境の構築を論じた。農場には国際規格に準じた牛舎 2 棟に加えて、10 頭の搾乳が可能な搾乳パーラーを設置し、栽培牧草を給与して舎飼い飼育する体制を整えた。これにより、安定した条件で乳牛を研究、教育に供試できる体制が構築できた。

第 3 章では、暑熱ストレスがウシの生理機能におよぼす影響を評価し、暑熱ストレスに対する耐性を有する個体を選抜する指標を確立することを目的とした。暑熱ストレスを含むさまざまなストレスは、生体にさまざまなストレス反応を誘起する。ストレスが負荷された個体では、自律神経系の活動のバランスが交感神経系優位にシフトすることが知られている。そこで本研究では、自律神経系の活動を定量的に評価する手法として確立されている心拍変動解析法をウシに適用し、暑熱ストレス負荷に対する反応を評価することを試みた。心拍変動は、ウシに装着したホルター型心電計により得られる心電図の連続記録により解析した。実験には、第 2 章で開設した研究教育農場において飼育している、ホルスタイン種とカンボジア在来牛との交雑牛 5 頭を供試した。ウシにホルター型心電計を装着した後、ウシを牛舎内 (Day 1)、日陰のない放飼場 (Day 2)、および牛舎内 (Day 3) に移動し、この間の心電図を連続的に記録した。各日に得られた心電図から、一定時間毎の心拍数および一定時間内のすべての R-R 間隔を算出するとともに、パワースペクトラム解析により心拍変動の時間成分パラメータ (平均 R-R 間隔、R-R 間隔の標準偏差および変動係数) と周波数成分パラメータ (低周波 (LF) 成分、高周波 (HF) 成分および LF/HF 比) を算出した。また、各日のウシの飼育環境の環境温度、相対湿度およびウシの直腸温度を経時的に記録し、心拍変動の各パラメータの変化との対応を検討した。その結果、日陰のない放飼場で直射日光に曝露されているとき (Day 2 の日中)、環境温度および温度-湿度指数 (THI) が牛舎内に比べて上昇し、ウシの直腸温度も有意に高かったことから、直射日光の曝露によりウシには暑熱ストレスが負荷されていることが確認できた。このとき、心拍数は増加し、心拍変動の時間成分パラメータは減少する傾向があったが、個体によるばらつきが多く、また、個体毎に反応が異なっていた。一方、心拍変動の周波数成分パラメータでは、交感神経系活動が優位であることを示す指標である LF/HF 比が上昇し、かつ、副交感神経活動の指標である HF 成分が低下する個体と、これらの指標が明確に変動しない個体の 2 群に分けることができた。前者は暑熱ストレスに対してストレス反応を示した群、後者は暑熱ストレスに対してストレス反応を示さない耐性個体の群と考えられた。これらの結果より、心拍変動の周波数成分パラメータ

を用いて暑熱ストレスに対する耐性を有する個体を選抜することが可能であることが初めて示された。

第4章では、第3章で確立した暑熱ストレス耐性の評価法を用いて、研究教育農場において飼育されている乳牛（ホルスタイン種とカンボジア在来牛との交雑牛）およびカンボジア在来の肉用牛の暑熱ストレス負荷に対する反応を比較し、カンボジア在来牛が暑熱ストレス耐性を有するか否か検証することを目的とした。第3章と同様の方法で心電図を連続記録し、パワースペクトラム解析により心拍変動の各パラメータを算出した。その結果、暑熱ストレスを負荷したとき、カンボジア在来牛では乳牛に比較して心拍数が低く、心拍変動の時間成分パラメータの値は高い傾向を示した。このことは、カンボジア在来牛は暑熱環境下に適応できていることを示唆している。一方、心拍変動の周波数成分パラメータは、暑熱ストレス負荷によりカンボジア在来牛では同じ変化が見られるのに対し、乳牛ではこれらの指標の変化に個体毎にばらつきが見られた。このことは、乳牛では個体により暑熱ストレスに対する耐性に強弱（耐性の有無）があることが示唆された。第4章において得られた知見は、今後カンボジアにおいて暑熱環境下に適応した乳牛を育種選抜するための重要な基礎データと考えられた。

第5章では、RUAに設立した研究教育農場と、プノンペン近郊の小規模農家において飼育されている乳牛（いずれもホルスタイン種とカンボジア在来牛との交雑牛）の乳量調査を通して、飼養形態や飼育環境が乳の生産性におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。研究教育農場の乳牛4頭の日産乳量と、3軒の小規模農家で飼育されている乳牛合計4頭の日産乳量（乳量の記録を各農家から入手）を比較した。その結果、研究教育農場の乳牛では分娩後260日までの泌乳期を通じて日産約4-11Lで推移したのに対し、小規模農家で飼育されている乳牛では日産約2-7Lで推移していたことから、研究教育農場の乳牛における乳量が高いことが明らかとなった。研究教育農場では栽培牧草とビール粕などの濃厚飼料の補給による舎飼いが行われているのに対し、小規模農家では野草地への放牧を中心とした飼養形態であるため、栄養分摂取量により日産乳量の差が生じることが示唆された。また、研究教育農場では乾季の高温期に乳量が減少する傾向にある個体が見られたことから、暑熱ストレスが乳牛の乳生産に影響をおよぼす可能性が確認できた。小規模農家における低い乳生産量は、飼養形態に加え、野草地における放牧時の暑熱ストレスによる影響も示唆された。これらのことから、現在プノンペン近郊の小規模農家で飼育されている乳牛も、飼育環境や飼育形態を改善することで乳量の増加が見込まれることが示唆された。

以上、本研究により、暑熱ストレスがウシの自律神経系機能に影響をおよぼすことが初めて明らかにされ、暑熱ストレスによって惹起されるストレス反応により、乳牛の乳生産量が低下する可能性が示唆された。また、心拍変動解析法を用いて乳牛各個体の暑熱ストレス耐性を個体毎に評価できることを示し、熱帯・亜熱帯地域の暑熱環境で、十分な乳生産が期待できる乳牛の育種選抜および飼育環境の改善に寄与する知見を得た。