

学 位 論 文 題 名

気候温暖化に対応した乳牛の飼養法

－エネルギー代謝に基づく技術評価－

学位論文内容の要旨

わが国の西南暖地では、高温多湿に起因する乳量、乳成分率および受胎率等の低下が従来から酪農経営上大きな問題となっている。一方、近年、地球規模での気候温暖化が指摘され、温室効果ガスの一つであるメタンの主な発生源として、水田とともに反芻家畜が問題とされている。したがって、気候温暖化に対応した乳牛の飼養法を解明するためには、①気候温暖化時における乳牛の生産性の変動を正確に把握するとともに、②高温時に乳牛が効率的に利用し得る給与飼料の条件を明らかにし、③温室効果ガスである乳牛からのメタン発生量を最小限にし、かつ、摂取エネルギーの生産への配分およびその利用効率を高める飼養学的研究が必要である。しかし、気候温暖化を乳牛の生産性変動要因として捉え、かつ、乳牛が気候温暖化の要因であるメタンの発生源でもあるとの観点にたって、乳牛飼養技術を総合的に検討した研究は、現在までほとんどない。

そこで、本研究は、気候温暖化が乳生産に及ぼす最も大きな影響は気温の上昇に起因するとの観点から、高温時における乳牛の給与飼料とその飼料摂取に伴う熱増加、メタン発生およびエネルギー収支との関係を解析することにより、気候温暖化に対応した乳牛の飼養法をエネルギー代謝の視点から技術評価することを目的とした。

緒言では、本研究と関わりのある既往の研究報告について紹介、論述し、本研究を行うに到った経緯、ならびに、本研究の目的および意義等を記述した。

第Ⅱ章では、「高温環境下における粗飼料選択の要件」と題して、高温および給与粗飼料が乳牛の生理機能およびエネルギー収支等に及ぼす影響を検討し、

気候温暖化時における給与粗飼料が具備すべき条件を明らかにした。第Ⅲ章では、「高温環境下において給与飼料が乳牛のメタン発生量およびエネルギー収支に及ぼす影響の評価」と題して、高温環境下における泌乳牛の生理機能およびエネルギー収支等と給与飼料との関係を検討し、メタン発生量が少なく、かつ、気候温暖化時に乳生産を最大にする給与飼料の特性を明らかにした。第Ⅳ章では、第Ⅱ章、第Ⅲ章の実験で得た成果を基に、気候温暖化に対応した乳牛の飼養法を総合的に検討した。

以上の検討から得られた主な研究成果の概要は、以下のとおりである。

1) 気候温暖化により、わが国の各地域の気温が平均で2から4℃高まった場合には、乳量および乳成分生産量の低下は現状と比較して、さらに10および15%程度大きくなることが明らかになった。

2) 高温時には、代謝率の高い飼料を乳牛に給与することにより、体内からの熱負荷となる飼料摂取に伴う熱増加量を減少させることが可能となる。また高温時のにおいては、摂取飼料の代謝率が高いほど、乳牛の代謝エネルギー(ME)摂取量および摂取エネルギーの生産への配分割合が高まることが明らかとなった。

3) パーム油由来脂肪酸カルシウムの可消化養分総量は、約170%と高いことから、給与飼料中に組み入れることにより乳牛の養分摂取量の低下を抑制することが示された。脂肪酸カルシウムと酢酸ナトリウムの混合物は、ME含量が高く、乳脂率を高める傾向にあるが、乳蛋白質率を低下させる傾向もあることから、乳蛋白質率の高い牛群に対してであれば、高温時におけるエネルギー摂取量および乳脂率低下を抑制するために利用できる。

4) 気候温暖化に影響する乳牛からの1日当たりメタン発生量は、乾物摂取量の低下とともに高温時に低下したが、乾物摂取量1kg当たりのメタン発生量は、30℃において増加することが示された。しかし、濃厚飼料の摂取割合が高い場合には、乾物摂取量1kg当たりのメタン発生量は高温の影響を受けなかった。また乾物摂取量1kg当たりのメタン発生量は、摂取飼料の粗蛋白質含量およびME含量が高いほど低減した。乳牛からのメタン発生量に及ぼす脂肪酸カルシウムの影響は、濃厚飼料多給時には認められないが、濃厚飼料の給与割合が飼料全体の50%程度であれば低減効果があると考えられた。

5) 18～32℃における乳牛の維持に要する正味エネルギー量は、1日当たり82.1 kcal/体重 $\text{kg}^{0.75}$ であった。また維持に要するME量は、高温時において約10%増加したが、その増加割合は代謝率の高い飼料ほど少ない傾向にあった。

6) 泌乳牛のエネルギー要求量も、高温時に増加するが、その主な要因は維持に要するME量の増加であり、生産に配分されたMEの乳および体組織への変換効率には明かな温度間差はなく、約61%であった。乳エネルギー含量と乳脂率との関係には環境温度の影響は認められず、乳脂率4%の牛乳の正味エネルギーは1kg当たり729 kcalであり、乳生産に要するME量は4%脂肪補正乳1kg当たり1195 kcalと推定された。

7) 以上の成果にもとづき気候温暖化時において乳牛のME摂取量を最大とし、また、摂取エネルギーの生産への配分割合を高め、さらに、乳牛の体内からの熱負荷を最小限とするためには、乳牛の摂取飼料の代謝率を高めるような飼料構成にすることが必要であると結論した。

以上のように、本研究では、乳牛の給与飼料とその飼料摂取に伴う熱増加、メタン発生およびエネルギー収支との関係を環境温度との関連で体系的に解明したことにより、気候温暖化に対応した乳牛の飼養技術策定のための基礎的新知見が得られた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 朝日田 康 司

副 査 教 授 上 山 英 一

副 査 助教授 大久保 正 彦

学 位 論 文 題 名

気候温暖化に対応した乳牛の飼養法

－エネルギー代謝に基づく技術評価－

本論文は、緒言ならびに本論3章より構成されており、表37、図11、引用文献210を含む総頁数178の和文論文である。他に、参考論文39編が添えられている。

気候の温暖化が、乳生産に及ぼす最も大きな影響は気温の上昇に起因する。一方、乳牛は、気候温暖化を促進する温室効果ガスであるメタンの主な発生源（第一胃内発酵に由来、その量は一般に摂取総エネルギー量の10%に相当）の一つと指摘されている。しかし、気候温暖化を乳牛の生産性変動要因として捉え、かつ、乳牛が気候温暖化の要因であるメタンの発生源でもあるとの観点にたって、乳牛飼養技術を総合的に検討した研究は、現在までほとんどない。

そこで、著者は、高温時における乳牛の給与飼料とその飼料摂取に伴う「熱増加(HI)」、メタン発生およびエネルギー収支との関係を解析することにより、気候温暖化に対応した乳牛の飼養法を個体レベルでのエネルギー代謝の視点から技術評価することを目的として本研究を実施した。その主な研究成果の概要は、以下のとおりである。

1) 気候温暖化により、わが国の各地域の気温が平均で2から4℃高まった場合には、夏季高温時の乳量および乳成分生産量の低下量は現状と比較して、さらに10および15%程度大きくなるものと推定された。

2) 高温時には、「代謝率」の高い飼料を乳牛に給与することにより、体内からの熱負荷となる飼料摂取に伴うHI量を減少させることが可能となる。ま

た高温時においては、摂取飼料の代謝率が高いほど、乳牛の「代謝エネルギー (ME)」摂取量および摂取エネルギーの生産への配分割合が高まることが明らかとなった。

3) パーム油由来脂肪酸カルシウムの可消化養分総量は、約170%と高いことから、これを飼料に配合することにより乳牛の養分摂取量の低下を抑制することが示された。また、脂肪酸カルシウムと酢酸ナトリウムの混合物は、ME含量が高く、乳脂率を高める傾向にあるが、乳蛋白質率を低下させる傾向もあることから、乳蛋白質率の高い牛群に対してであれば、高温時におけるエネルギー摂取量および乳脂率低下を抑制するために利用しうる。

4) 気候温暖化に影響する乳牛からのメタン発生量は、乾物摂取量1kg当たりでは30℃において増加することが示された。しかし、濃厚飼料の摂取割合が高い場合には、乾物摂取量1kg当たりのメタン発生量は高温の影響を受けなかった。また乾物摂取量1kg当たりのメタン発生量は、摂取飼料の粗蛋白質含量およびME含量が高いほど低減した。乳牛からのメタン発生量に及ぼす脂肪酸カルシウムの影響は、濃厚飼料多給時には認められないが、濃厚飼料の給与割合が飼料全体の50%程度ならば低減効果があると考えられた。

5) 18～32℃における乳牛の体維持に要する「正味エネルギー」量は、1日当たり82.1 kcal/体重 $\text{kg}^{0.75}$ であった。また維持に要するME量は、高温時において約10%増加したが、その増加割合は代謝率の高い飼料ほど少ない傾向があった。

6) 泌乳牛のエネルギー要求量も、高温時に増加するが、その主な要因は維持に要するME量の増加であり、生産に配分されたMEの乳および体組織への変換効率には明かな温度間差はなく、約61%であった。乳脂率4%の牛乳の正味エネルギーは1kg当たり729 kcalであり、乳生産に要するME量は4%脂肪補正乳1kg当たり1195 kcalと推定された。

7) 以上の成果にもとづき気候温暖化時において乳牛のME摂取量を最大とし、また、摂取エネルギーの生産への配分割合を高め、さらに、乳牛の体内からの熱負荷を最小限とするためには、乳牛の摂取飼料の代謝率を高めるような飼料構成にすることが必要であることと結論した。

以上のように、本研究は、気候温暖化に対応した乳牛の飼養法についてエネ

ルギー代謝の視点から技術評価を加えることにより，多くの新知見を提供しており，学術的に高く評価されるばかりでなく，実用的にも夏季高温時における乳牛の飼養管理技術の確立に大きく寄与するものである。

よって，審査員一同は，別に行った学力確認試験の結果と合わせて，本論文の提出者 栗原光規は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。