

# 畜産における温暖化適応技術

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所

永西 修

## 1. はじめに

高温年であった平成 22 年の年平均気温は 0.61℃ 高く、平年の平成 20 年と比べ乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーの死亡・廃用頭羽数が大幅に増加した。気象庁の報告（気象庁 2013）によると、21 世紀末（2076～2095 年）の年平均気温は現在より 3℃ 程度上昇し、最高気温が 35℃ 以上の猛暑日が各地域で増加することが記載されている。また、IPCC の第 5 次評価報告書（IPCC 2013）においては、最も気温上昇が高いシナリオを用いた場合、21 世紀末には現在よりも 2.6～4.8℃ の気温上昇が生じると予測している。

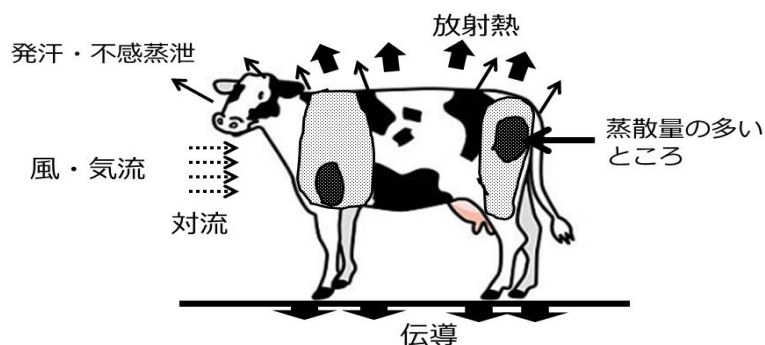
家畜の生産性に及ぼす環境要因の中では温度による影響が最も大きい。例えば、搾乳牛では日平均気温が 21℃ を越えると乳量が低下し始める牛がある。また、肥育豚では高温の影響は体重が大きいほど受けやすく、体重が 70kg の場合に平均気温が 27.5℃ を越えると飼料の摂取量が低下し始める。このように、気温の上昇は家畜の飼料採食量を減少させ、牛乳や肉の生産量の低下に繋がる。また、夏季には受胎率が低下することが知られており、畜産物子畜の生産にとっても高温に対する適応策を開発することは重要である。そこで、本稿では、本プロジェクトにおいて取り組まれてきた畜産での適応策について一部を紹介する。

## 2. 牛舎の環境改善による乳牛の高温対策

温暖地の乳牛の牛舎では屋根に換気扇が設置されており、高温対策として送風が行われている。さらに、牛体からの熱をさらに逃がす目的でミスト（細霧）散布が行われている。図 1 は乳牛での熱の収支を示したものである。乳牛は体内で発生する熱を伝導、発汗・不感蒸泄（気道や皮膚から蒸散する水分）、放射熱、対流により外部へ逃がしている。気温や湿度が高いと発汗・不感蒸泄による熱放散が低下するため、夏季に高温高湿度となるわが国ではよりミスト散布による熱放散には限界がある。そこで、スポット冷房システムによる適応技術について紹介する。



図 1. 送風・ミストを設置した牛  
（写真は農研機構畜草研 石田提供）



McLean. J.Physiol. 167 (1963) より作成

図 2. 乳牛での熱の放散経路

牛舎は開放式のものも多く、牛舎全体を冷房することは効率やコスト面で合理的ではない。乳牛では水分蒸散量の多いところは肩と腰周辺に分布している（図 2）ため、この部位に冷風を当てるスポット冷房とした。農研機構畜産草地研究所の石田らは、図 3 のような熱源としてヒートポンプを利用したスポット冷房システムを開発し、4 年（2011～2014 年の夏期）にわたりその効果を検証した。試験は搾乳牛を送風区とスポット冷房区に分け、それぞれの乳量を測定した。スポット冷房システムの運転は、有効温度  $ET(ET=0.35 \times \text{乾球温度} + 0.65 \times \text{湿球温度})$  に基づき行った。

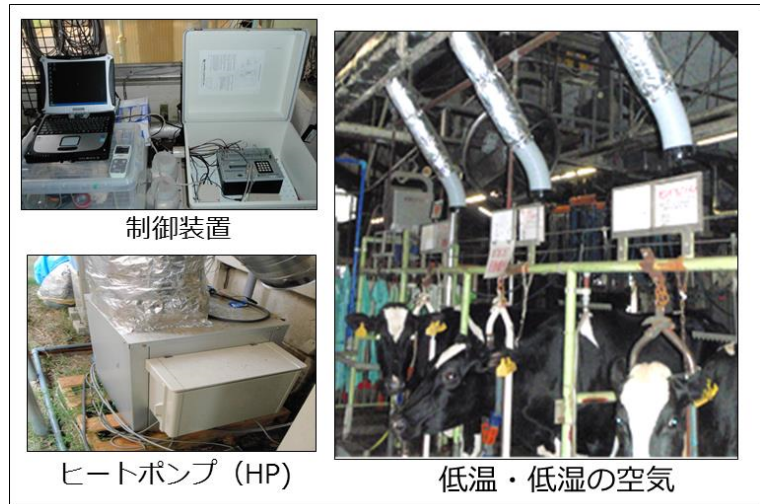


図 3. スポット冷房システム

（写真は農研機構畜草研石田 提供）

図 4 は送風区に対するスポット冷房区の乳量差である。年による違いはあるが、スポット冷房システムを用いた搾乳牛の乳量が増加することがわかる。石田らはスポット冷房システム導入の経済性を試算し、乳価 95 円/kg、電気料金 17 円/kWh、導入しない場合に比べ乳量が 2.2kg/日増加し、暑熱期間が 120 日で、搾乳頭数を 60 頭と想定した場合、1 日当たり 61 円/頭の増収益が期待できることを示している。また、ヒートポンプ 2 台、ブースターファン 2 台、配管、配電などの工事を含め設置費用が約 400 万円かかるとして、減価償却は約 10 年である。今後、酪農家での実証試験を行い研究成果の実用性を高める予定である。

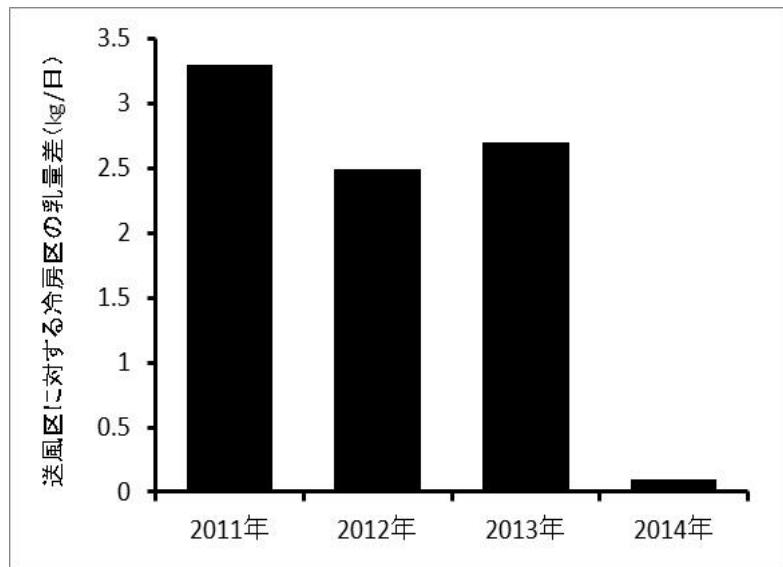


図 4. 送風区に対するスポット冷房システムの効果

（農研機構畜草研 石田ら）

### 3. 酸化ストレスの軽減による高温適応策

高温環境は搾乳牛の飼料採食量を減少し、乳量が低下することが知られているが、体内で酸化ストレスが高まることが知られている。酸化ストレスとは活性酸素などの生成が増加し、生体内の抗酸化成分とのバランスが崩れた状態で、生体内の細胞などに悪影響を及ぼす機能低下を生じると考えられている。酸化ストレスの指標としては、チオバルビル

ツ酸反応物（TBARS：多価不飽和脂肪酸の過酸化物質）、スルフヒドリル酸（SH）基、活性酸素代謝産物（d-ROMs）、アルコールビン酸濃度などがある。一方、抗酸化物質としては、ビタミンC、ビタミンE、ポリフェノール、アスタキサンチンなどがある。田中らは、搾乳牛は夏季高温環境下において酸化ストレスが高くなっていること、酸化ストレスは泌乳生産性との関係が深いこと、酸化ストレスは抗酸化飼料の給与によって一定程度制御できることを示している（田中ら 2014）。夏季には乳牛の飼料採食量が減少するために、飼料の栄養価を高める必要があること、酸化ストレスが増大することから、田中ら（2014）は、飼料の栄養価を高めるためにルーメンバイパス脂肪酸（牛の第一胃内で分解し難い処理を行った脂肪酸）、抗酸化物質として脂溶性のビタミンA、D、Eを高温条件下の搾乳牛に給与し、乳生産への影響を調べた。その結果を図5に示したが、脂肪酸とビタミンの両方を飼料に添加することで、無添加あるいは脂肪酸やビタミンを単独で添加した場合よりも乳量が増加することを認めている。なお、脂肪酸には短鎖脂肪酸、中鎖脂肪酸、長鎖脂肪酸があるが、ここでは長鎖の不飽和脂肪酸（パルミチン酸）を用いている。

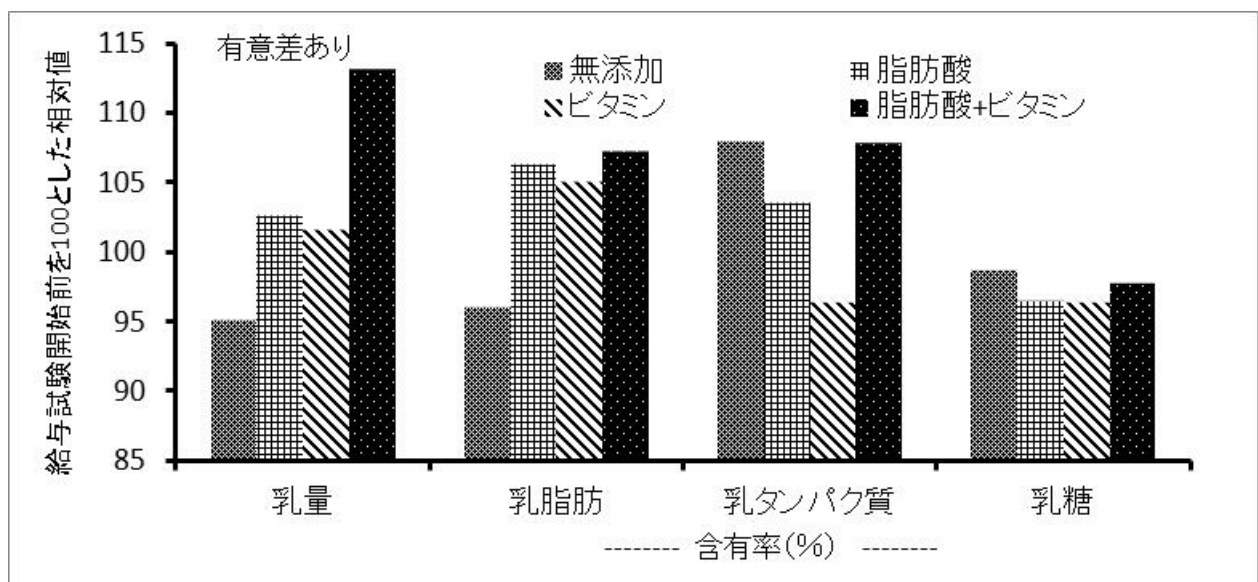


図5. 脂肪酸およびビタミンの添加が乳生産に及ぼす影響

農研機構 九州沖縄農研 田中ら（2014）

なお、コスト計算では日乳量が15%増加するとして、1日当たりの脂肪酸が200~300円/頭、ビタミン価格を加えても100頭規模の搾乳農家で60~90万円の増収が期待できると試算している。

#### 4. このほかの温暖化適応技術の開発

本稿では畜舎内環境の改善としてスポット冷房システム、高温期の搾乳牛の飼料給与として脂肪酸やビタミン給与の研究を紹介した。このほか、肉用牛、豚、肉用鶏、産卵鶏についても飼料給与の観点から温暖化の適応技術の開発に取り組んでいる。具体的には、高温条件下では飼料採食量の減少による栄養素の不足や酸化ストレス増大などが生じるため、飼料へのアミノ酸添加、ミネラル添加、抗酸化物質の添加などの面から研究を行っている。

また、高温環境下では受胎率が低下するが、発情発見率の低下や子宮内膜環境の悪化などが原因であると考えられている。そこで、暑熱期と冷涼期での子宮内膜遺伝子の発現の違いから受胎し難い牛の診断技術の開発、人工授精適期の判定として膣内電気抵抗値を指標として研究に取り組んでいるところである。

畜産業は農業総生産額の約 30%を占め、国民への良質タンパク質供給といった重要な役割を果たしている。温暖化の進行に伴い畜産物生産への影響がさらに拡大することが懸念されるため、わが国の主要な家畜・家禽を対象に将来の畜産物の安定生産・供給に向けた取り組みを加速することは重要であると考えられる。

## 引用文献

池口厚男、石田三佳、中久保亮（2013）地中熱利用ヒートポンプによる搾乳牛のスポット冷房システムの開発. 農業施設 44 : 134.

石田三佳（2014）スポット冷房システムによる搾乳牛の暑熱対策技術の開発. 気候変動対策プロジェクト研究成果発表会資料.

IPCC(2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (気象庁 <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html> に各章要約の和訳)。

農林水産省（2010）暑熱による畜産関係被害状況について. [http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c\\_suisin/101029\\_2.html](http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_suisin/101029_2.html).

気象庁（2013）地球温暖化予測情報第8巻

<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html>

田中正仁、野中最子、神谷裕子、鈴木知之（2014）栄養管理による高温環境下の泌乳生産性改善に関する研究. 栄養生理研究会報 58 : 1-11.

脇屋裕一郎（2014）飼料用米、大麦、および茶葉を利用した肥育豚の暑熱対策技術に関する研究. 栄養生理研究会報 58 : 13-26.