

暑熱期の栄養ならびに飼料給与管理

—暑熱ストレス緩和にむけた養分補給を—

はじめに

乳牛はさまざまな環境ストレスを受けていますが、その中でも、乳量・乳質などの生産性や繁殖成績に最も大きく影響を与えているのは暑熱ストレスとされています。そして、西南暖地と比較すると暑熱環境そのものの厳しさは少ない北海道においては、暑熱環境に適応する前の段階で、急激な暑熱ストレスを受ける状況が見受けられます（日温度較差が大きい場合など）。

この暑熱ストレスへの対応策に関しては、各方面から情報開示されていますが、今回は、暑熱ストレス時の生理作用変化をふまえて、ストレス緩和にむけた養分補給、繁殖管理など当グループにて試行または実践してきた内容について紹介するとともに、その留意点を概説します。

1. 暑熱ストレスの影響

乳牛の暑熱ストレスの指標として温湿度指数 (THI) が用いられていますが、このTHIを用いて乳牛が受ける暑熱ストレスを簡易に評価する方法が Wiersma (1990) によって提案されています。その内容をみると、THI72 (外気温25℃：湿度70%) 以上から暑熱ストレスを受けるようになり、THI79 (外気温28℃：湿度70%) 以上では強いストレス、THI89 (外気温35℃：湿度70%) 以上は厳しいストレスとされています。牛舎内への温湿度計にて目安にできるでしょう。

$$* \text{THI} = 0.8\text{Tdb} + 0.01\text{RH}(\text{Tdb} - 14.3) + 46.3$$

Tdb：乾球温度、RH：相対湿度
(Johnsonら)

そこで、乳牛は代謝生理機能を変化させて暑熱ストレスに対抗しようとするために、以下に挙げられるような影響をおよぼすこととなりますが、この事は、特に体温調節機能が密接に関与していると言われています。

■ 呼吸数、血流量の増加

暑熱ストレスを受けた乳牛は、体温を一定以下に保つために呼吸数を増加（パンティング）させる、体表面への血流量を増加させるなど体熱の放散量を多くしようとします。それに伴いエネルギー消費量も増加することから、維持要求量が増加することとなります。

■ 飼料採食量の減少：ルーメン内発酵の変化

この事は、主に牛体内での発酵による熱産生量の高い粗飼料の採食量が低下するためであり、反面、熱産生量の少ない濃厚飼料を選択的に採食する傾向が強くなります。そのため、ルーメン内での発酵も変化シアシドーシスの危険性が高まります。

また、図1に当社北海道研究農場において調査したルーメンプロトゾア数の変化を示しましたが（制限放牧飼養管理下）、夏季においては他の時季と比較してプロトゾア数が減少する傾向が認められ、板橋ら（1983）の報告と同様の結果が得られていま

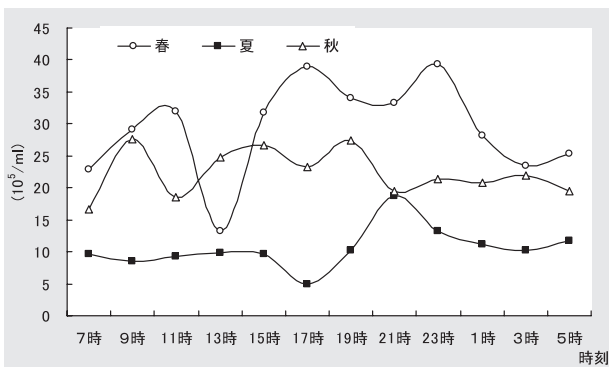


図1 季節別におけるプロトゾア数の変化 (当社北海道研究農場、2000)

す。夏季の採食行動の変化（採食量減少）やルーメン運動の低下、反芻行動の減少などによるものと推察されますが、暑熱ストレスを受けた場合は、ルーメン内微生物叢・ルーメン内発酵に影響をおよぼすことが示唆されます。

■ 乳生産性の減少

このような採食量の減少、ルーメン内発酵の変化は、乳生産性減少の大きな要因となっています。当社北海道研究農場においても例外ではなく、昨年8月の急激な温度上昇により、乳量は約10%単月で減少しました（図2）。

■ 繁殖成績の低下

高温によって脳下垂体前葉は機能減退を起こし、性腺刺激ホルモンの分泌が低下することから、卵胞ホルモンや黄体ホルモンの生産が乱れて繁殖機能に障害をきたすことが言われています。

また、暑熱ストレスによってプロスタグランジン

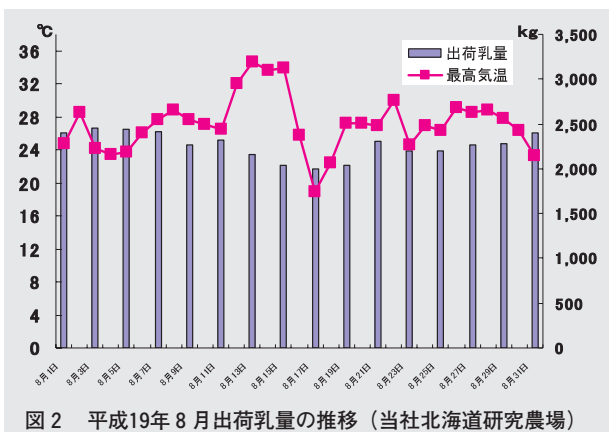


図2 平成19年8月出荷乳量の推移 (当社北海道研究農場)

F_{2a}の合成が高まることも報告(Wolfensonら、1993)されており、繁殖管理への注意が必要となります。

2. 暑熱ストレス緩和のポイント

このような生理代謝機能への影響を如何にして緩和させるかがポイントとなりますが、それに対する栄養・飼料の面から以下にポイントを示します。

■ 「水」の重要性

暑熱ストレス下において、基本かつ重要な要素の一つが「新鮮な水」です。水分摂取と乾物摂取量および環境温度には密接な関係があり、水分摂取は暑熱時の飼料摂取量維持に重要な役割を担っています。搾乳牛がどれくらい飲水するかは、図3の式により見積もる事ができますが、環境温度の変化・上昇に伴って飲水量が増加することから、給水施設を今一度点検してみる必要があります。図3式を参考に、乳量40kgの乳牛の飲水量を試算すると約120kgとなり、牛群構成、頭数にもよりますが、供給水量の確保にむけ、次のポイントに留意すべきです。

- ① 飲水要求度が高まるのは、採食直後、搾乳直後（一日の約50%と言われている）
- ② ウォーターカップの場合は、配管口径を大きくする（2インチ）などで、供給量を上げる
- ③ 水槽は複数必要であり（給与エリアの15m以内）、表面積が広く浅く掃除し易い事が要件
- ④ 水質にも注意を払う（硝酸塩など要注意）

$$\begin{aligned} \text{飲料水 (kg/日)} = & 15.99 + (1.58 \times \text{DMI (kg/日)}) \\ & + (0.90 \times \text{乳量 (kg/日)}) \\ & + (0.05 \times \text{Na摂取量 (g/日)}) \\ & + (1.20 \times \text{最低気温 (°C)}) \end{aligned}$$

図3 飲料水見積もり (NRC2001より抜粋)

表1 バイパス油脂製剤の脂肪酸組成 (%)

	パーム油脂脂肪酸Ca塩	大豆油脂脂肪酸Ca塩	トリグリセリドタイプ
C16: 0 パルミチン酸	43	13	75
C18: 0 ステアリン酸	5	4	10
C18: 1 オレイン酸	35	37	10
C18: 2 リノール酸	5	40	2
C18: 3 リノレン酸			
その他	12	6	3

*各メーカー公表値より引用

■ エネルギー

暑熱による飼料採食量の低下は牛体の体温調節（熱量放散）のためであり、この採食量低下を最低限に抑えるべく飼料給与管理・調整することが求められます。

記述したように、高温・暑熱時には維持エネルギーの要求量が高まることから（NRC2001年では7～25%アップするとされている）、エネルギー濃度を高める必要があります。その際、穀類・濃厚飼料に頼り過ぎるとアシドーシスの危険性を伴うため、エネルギーの補給としてはアシドーシスのリスクが少なく、かつ粗飼料のような熱量増加も少ない“バイパス油脂”の活用も一考です。

バイパス油脂には表1に示されるように、それぞれの油脂源によって組成は異なりますが、生産性の向上と繁殖改善にも寄与されます。バイパス油脂の給与により血漿中コレステロール値の向上が認められていますが、コレステロールはプロジェステロン（妊娠を維持・継続するホルモン）の合成を刺激し、多価不飽和脂肪酸であるリノール酸はプロスタグランジンF_{2α}の合成・放出を抑制して黄体の退行を妨げることが知られています。これらのことから、リノール酸などの脂肪酸の給与は、暑熱時の繁殖成績に影響を与えると推察されます。

バイパス油脂の中でも大豆油脂脂肪酸カルシウム塩は、その油脂の性質上リノール酸含量が高く（表1）、繁殖改善にポイントをおいた製剤とも言えます。一方で、この大豆油脂脂肪酸カルシウム塩を利用する場

合は、リノール酸などの多価不飽和脂肪酸含量の比率が高いため、添加給与する量には充分注意が必要です。その理由の一つに、リノール酸の異性体である一部の共役リノール酸は、乳脂肪合成を阻害する場合が知られており、当北海道研究農場での過去の調査においても、乳脂率の低下傾向が見受けられました。よって、用法・推奨量の範囲内で利用すべきでしょう（泌乳牛1日1頭当100～150g）。

また、近年の話題として、暑熱ストレス下でのグルコースの利用可能性が示唆されています（Baumgardら、2006）。このことは、代謝による熱産生が油脂よりもグルコースの方が13%程少ないとされるものですが、ルーメン内での悪影響のない糖源（グリセリンなど）に関する知見が、今後増えてくるものと思われます。

■ 蛋白質

蛋白質給与のポイントですが、蛋白質は炭水化物、脂肪と比較して体内利用の際の熱量が大きく、夏季の蛋白質の過剰は暑熱ストレスの影響を増強させます。また、ルーメン内でアンモニアが過剰に生成されると、その処理に余分なエネルギーを必要とするため、この事も生産性低下の要因となります。

よって、高温・暑熱時に採食量が低下した場合でも粗蛋白質の充足の他に、ルーメン内分解性蛋白・バイパス蛋白のバランス改善・調整が肝要です。

そこで、当社北海道研究農場において暑熱ストレス緩和に向けて、メチオニン、リジンを中心とした

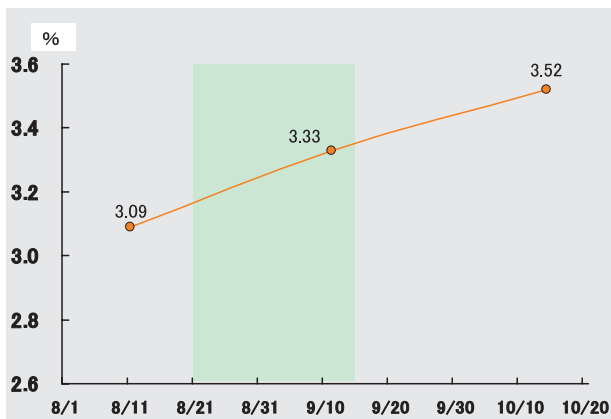


図4 バイパスアミノ酸製剤投与調査：乳蛋白質率推移
(当社北海道研究農場、2004)
補足：網かけ部分は製剤投与期間、製剤150g/日・頭投与

バイパスアミノ酸製剤の給与を試行してみたところ、乳生産性への改善傾向は明確ではなかったものの、製剤投与期間中から投与終了後にかけて乳蛋白質含量が向上する結果が得られました(図4)。乳蛋白質含量は繁殖成績との関連が示唆されていることから、暑熱ストレスによる繁殖成績低下への一助となり得るものと推測されます。

■ ミネラル

高温・暑熱ストレス下ではミネラル要求量についても、通常時より10%以上増加します(日本飼養標準1999年)。カルシウム、リン、マグネシウムといった主要ミネラルも高温時には体内利用性が低下します。特に、分娩前後の牛の利用性低下が顕著なため、これら養分の適正化が重要となります。また、発汗作用などによりカリウム、ナトリウムが損失するため、飼料中含量を高めて給与する事が推奨されます。

このような暑熱ストレス下でのミネラルの補給投与が乳生産性におよぼす影響について検証してみたところ(表2：200g/日・頭投与)、飼料採食量改善、乳脂肪率維持改善には至らなかったものの、乳量、乳蛋白質率は維持・改善傾向が見受けられ、暑熱ストレス緩和の可能性が示唆されました(図5、6)。

表2 ミネラルMIX材料内訳

材料名	1 Kg中
炭 カル	305.0 g
酸 化 Mg	16.8 g
重 曹	375.0 g
硫 酸 銅	0.5 g
硫 酸 亜 鉛	1.8 g
ヨウ素酸Ca	0.06 g
メチオニン	47.5 g
賦 形 材	残量

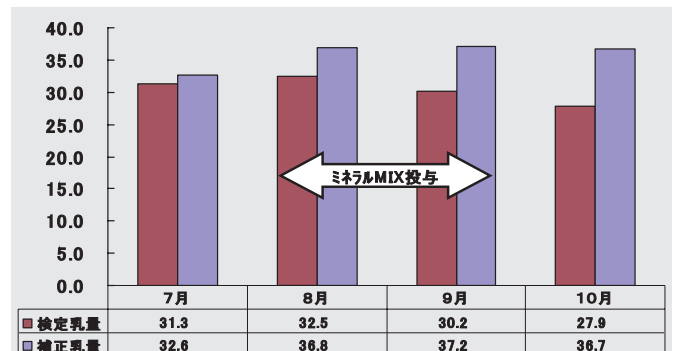


図5 対象牛検定乳量の推移：Kg (当社北海道研究農場、2005)

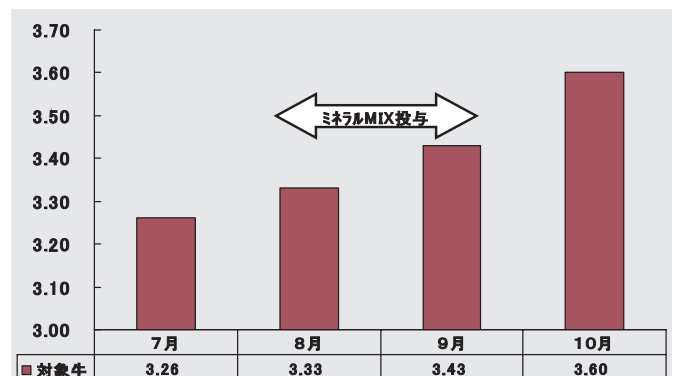


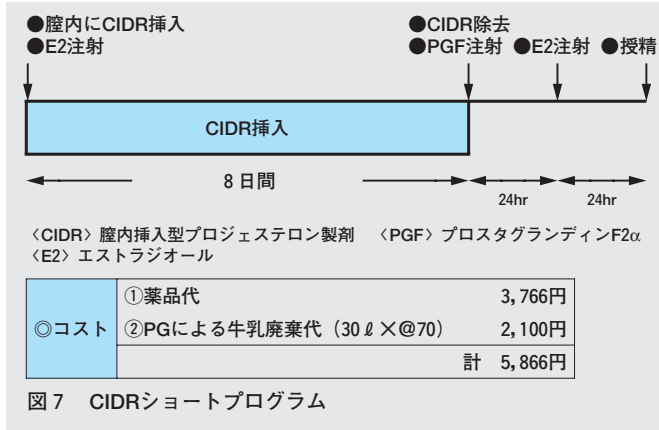
図6 対象牛乳蛋白質率の推移：% (当社北海道研究農場、2005)

■ ビタミン

高温・暑熱時には牛体内の免疫機能も低下するため、乳房炎発症の危険性が高まります。そのため、免疫機能増強作用のあるビタミンA、EならびにB群の補給も有効となります。特にビタミンAは、暑熱ストレスによって肝臓に蓄積されたものが急激に減少すると言われており、ビタミンAの要求量は一層高まります。

3. 繁殖改善：定時受精法の取組

ここでは、種々定時受精法のある中で、当社北海道研究農場にて実践している“CIDRショートプログラム”について紹介します。



当該プログラムは、今回テーマの暑熱ストレスにポイントをおいた改善方法ではありませんが、暑熱ストレス下では繁殖に関係するホルモンバランスが崩れることから、これら定時受精法も寄与できるものと考えられます。

図7にCIDRショートプログラムの概要を示しましたが、当該プログラムの利点は、発情周期が不明でも任意の時期に処置できる、処置後の発情の強さによらず、ほぼ100%受精可能であり受精回数も1回で済む、ことにあります。

これまでの取組結果の概要を表3に示しましたが、初回授精日数、平均空胎日数の短縮傾向が見受けられています。対象頭数がまだ少ないため継続して取組を行っていますが、繁殖管理の一手法として捉えていただければと思います。

おわりに

今回、栄養・飼料の面を主体に暑熱ストレス緩和ポイントを述べてきましたが、そのための基本として、“送風・換気・冷却”などの周辺環境整備によるストレス緩和対策が重要なことは言うまでもありません。周辺環境の緩和対策があつて、栄養・飼料の緩和ポイントに繋がる点を考慮願います。

牛舎施設、給与飼料、給与方法など全ての面での対策は難しいと思いますが、出来得るところからの対応によって、乳牛の暑熱ストレスからのダメージを最小限にすることは可能であると考えます。

〈参考資料〉

- NRC飼養標準 (2001年・第7版)
- 日本飼養標準・乳牛 (1999年版)
- 「ヒートストレス」(Dairy Japan臨時増刊)
- Proceedings of the 5th Annual Arizona Dairy Production Conference (Oct. 2006)

表3 CIDRショートプログラム調査概要 (2006~2007)

	CIDR区	対照区
供試頭数	10	22
平均産次数 (回)	2.7	2.5
平均乳量 (kg)	43.4	41.5
平均BCS	3.08	3.01
平均初回授精日数 (日)	58.7	64.3
スタンディングあり (%)	50.0%	81.0%
初回受胎率 (%)	30.0%	13.6%
2回目授精後の受胎率 (%)	50.0% (n=6)	36.8% (n=19)
最終的な平均空胎日数 (日)	99.7 (n=7)	134.2 (n=19)