

子牛に対する寒冷の影響

(前) 北海道農業試験場 木下善之

牛は家畜のなかでも寒さに対してすぐれた適応性をもっている。子牛についても他の家畜の子畜とくらべて耐寒性は強いといえる。しかし子牛は成牛にくらべて、からだが小さく、皮膚がうすく、皮下脂肪が少ないなどのため寒冷環境での体温調節機能が十分でないことは推測できる。子牛を下痢や肺炎の感染から防護するためにカーフハッチによる哺育が普及し、病原体の伝播を阻止し、損耗防止に効果のあることがみとめられている。しかし冬期のカーフハッチによる哺育において、栄養が十分であれば寒冷は子牛の発育を阻害しないというもの、たとえ飼料を十分に与えても寒冷は子牛の発育を阻害するという両論がある。

このことについて筆者らが行なったカーフハッチによる哺育試験を素材として述べてみたい。

体温の調節

出生時の体温：子牛は出生時、 38°C 恒温の母胎内から温度の変動の大きい外界に曝露され、しかも羊水でぬれた皮毛から水分が蒸発し、熱の放散が大きいので体温調節のため大きなストレスがかかるものと思われる。事実寒冷時には生れたばかりの子牛がふるえをおこしているのが屢々みられる。

筆者らの調査⁷⁾では出生直後の子牛の体温は冬期では 39.25 ± 0.44 、夏期では $39.73 \pm 0.79^{\circ}\text{C}$ で夏生まれの子牛の方が平均 0.5°C 高かった。からだの中心部にある肝臓は直腸温より $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 高いことがみとめられている⁹⁾ので母胎内に密封されていた子牛の体温は母牛の体温とはほぼ等しいかまたは幾分高いことが考えられる。しかし母牛の体内深部の体温は冬期と夏期で変わることはないのて夏に生まれた子牛の体温が冬に生まれた子牛よりも高かったことは環境温度の影響によるものと思われる。しかし乍ら、出生時の体温の差が夏と冬で 0.5°C であったことは、その影響があまり大きいものではないともいえよう。

体温の変動：体温に対する気象の影響について冬期カーフハッチ区、冬期舎内保温区、夏期カーフハッチ区、夏期舎内区において調査した試験⁷⁾では何れの区においても生後24時間以内は比較的変動が大きいが2日目以降は安定的となることがみとめられた。生後24時間内の変動では冬期の舎内保温区で初期体温の降下が明瞭にみとめられ、生後6~9時間に出生時より $0.8 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 下降して最低となりその後上昇して生後48~60時間時に最高 (39.30°C) を示し、その後やがて下降して $38.8 \sim 39.0^{\circ}\text{C}$ の範囲となって以後安定的に経過した。他の区では初期体温の降下が一定でなく一定の傾向はみとめられなかった。生後2~3日以降では何れの区でも体温は安定し夜半に高く朝には低くなる日内変動のパターンを示した。生後2日目より5日齢までの体温では冬期のカーフハッチ区が $39.55 \pm 0.44^{\circ}\text{C}$ を示し、他区の体温より $0.6 \sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 高かった。これは寒冷に対応する産熱のため代謝が促進されていることによるものと思われる。このような牛では新生期においても体温の変動幅は小さく、安定的でなかった生後24時間内においてもその変動は 1.5°C ($38.00 \sim 39.50^{\circ}\text{C}$) であり、24時間以降の日内変動は何れの試験区でも 1°C 以内であった。新生子牛が寒冷環境においても体温の恒常性がよく維持される理由としては、Alexander¹⁾の認めている熱生産効率の高い褐色脂肪を体重のほぼ2%ちかくもっていること、熱源となるグリコーゲンの蓄積されている肝臓が体重の約2%で成牛(体重の約1%)にくらべて体重の割合に大きいこと、他の動物にくらべて出生時の成熟度がすすんでいることなどによるものであり、新生子牛においても可成りの耐寒性をもっているものと思われる。

佐藤ら¹⁰⁾も寒冷時に生まれた子牛の生後2時間以内の直腸温の変動は概ね 1°C の範囲内であり新生子牛の体温調節機構がかなり発達していることを認めている。

寒冷環境における哺育

人工気象室での実験から子牛の臨界温度は10～15℃であることがみとめられている⁵⁾。この臨界温度を1℃下降する毎に必要な余分のエネルギーは体重50Kg、2週齢の子牛では1日当24.1kcalであり、1g当り28.6kcalの飼料では8gの増給が必要であるとされている¹³⁾。

このため1日2回哺乳、6週齢離乳の場合では殆んど問題はないが1日1回哺乳で3～4週齢の離乳では問題が残されている。その2、3の例をあげよう。

杉原¹¹⁾は冬期間の哺育において子牛を屋外のカーフハッチ飼育群と舎内の保温ストール飼育群に分け子牛の発育におよぼす飼育環境の影響を生時より6週齢まで調査した。生後5日間は初乳を給与、6日目より代用乳600gを1日2回に分け定量給与し、人工乳と乾草は自由採食させた。試験期間中の環境温湿度は舎外飼育では-16.5～2℃、45～80%、舎内飼育では5～10℃、80～90%であった。2群の子牛の初体重、6週齢体重、日増体重は舎外飼育群では49.3Kg、77.9Kg、0.68Kg、舎内飼育群では42.5Kg、65.9Kg、0.56Kgで両群の間に発育の差はみられなかった。自由採食させた人工乳と乾草の1頭あたりの摂取量は、舎外飼育群では2.8Kg、2.6Kg、舎内飼育群では16.5Kg、2.6Kgであり、人工乳の摂取量は舎外飼育群が舎内飼育群に比べて1.7倍多く、体重比摂取量で1.4倍摂取していた。

哺乳期間のちがいと飼育環境についてJorgenson⁶⁾がサウスダコタで行なった試験では子牛は生後14週齢まで屋外のカーフハッチと舎内の保温個別ペンの2群に分けて飼育し其後は両群とも26週齢まで屋外の開放式小屋で群飼した。各群において哺乳期間は3、5、7週間哺乳の3区に分けられた。ハッチ内の温度は1月の-23℃から7月の35℃までの範囲であった。舎内の温度は夏期は外気温とほぼ同じであったが冬期は10℃以下にはならないように保温した。この試験ではカーフハッチと舎内飼育のちがいはまたは哺乳期間の差による増体の差はみとめられなかった。Jorgensonは子牛の発育や健康に対して畜舎形式の影響はなく、哺乳期間では3週齢離乳が幾分有利であろう

と述べている。

寒冷時の早期離乳の例としてAppleman²⁾の試験をあげよう。Applemanらはネブラスカの冬期間の気温が-21～-7℃という寒冷な気象条件で単飼ペンによる子牛の屋外哺育を行なった。哺乳は3.2Kg/日を1日1回哺乳で21日齢で離乳した。子牛の増体およびスターターの喰いこみは非常にわるく、12月15日以降に生まれた子牛の離乳時体重は生時体重とかわらなかつた。下痢はなかつたが離乳後子牛の状態は急速に悪化し、一番さきに離乳した子牛は離乳後8日目に突然死亡した。このため他の子牛の体温をしらべたところ殆んどの子牛が離乳する前からすでに体温が異常に下降しており、離乳後さらに下降することがわかつた。最も体温のさがつた子牛は離乳後5日目に34.7℃までさがつた。離乳後1～2週間の子牛はとくに栄養不良がひどく体温は36～35℃までさがつた。寒さのためにうばわれる熱エネルギーの損失が大きいのに反して栄養不良と食欲不振となり体温が維持できない状態であった。このため体温が36℃以下になった場合は保温した畜舎に移した。4週齢になるまで屋外の単飼ペンに残つた子牛も採食量は1週間で0.7～3.2Kgしかなく発育は不良であった。栄養不良から低体温となり、胃腸の運動が停滞して、食欲不振をおこし、採食量は非常に少なくなり益々栄養不良がひどくなるという悪循環である。摂取養分量が少なく寒冷に適応できず、寒冷の悪い影響が顕著にあらわれた例である。

動物の寒さに対する適応現象として飼料摂取量の増加のほかに気象馴化がある。伊藤⁴⁾は動物の新生期の飼育条件がその後の寒さに対する反応にかなり大きい影響をもつことをみとめ、発育初期の温度環境は、おそらく成長後の体温調節反応にも影響をあたえるにちがいないと述べている。またHahn³⁾はラットの新生子を1日1回寒冷暴露した場合、恒温で保温して飼育したラットよりも体温の調節機能がよく発達したことを報告している。

杉原¹²⁾はホルスタイン種子牛について、寒冷条件下で出生後数日間保温条件を与えた子牛と、無保温の子牛に対する哺育法のちがいが発育におよぼす影響を検討した。試験は1982年の冬と1983年の冬の2回(試験Ⅰ、試験Ⅱ)行なつ

た。試験Ⅰでは液状飼料として全乳を用い、試験Ⅱでは初乳を用いた。その他の設計ならびに調査項目は両試験とも同一とした。すなわち両試験とも8頭の新生子牛を供試して、各4頭づつ28日齢離乳群と42日齢離乳群を設け、カーフハッチで70日齢まで飼育した。それぞれの群はさらに2頭づつ生後5日間舎内の保温したカーフストールで飼育した区(初期保温区)と生後直ちに舎外のハッチに収容した無保温区に分けた。初期保温区の子牛も6日目から舎外のカーフハッチに収容し、以後は無保温区と同様に飼育した。各群とも出生後2時間以内に初乳を給与し生後5日間は母牛の初乳を1日5ℓ給与した。6日目から両群とも試験Ⅰでは常乳、試験Ⅱでは発酵初乳を哺乳し、28日齢離乳群では1日当り常乳は4ℓ(初乳は3.5ℓ)を1回哺乳、42日齢離乳群では1日当り常乳は5ℓ(初乳は4.5ℓ)を朝、夕2回に分けて哺乳した。両群とも人工乳は生後3日目から、乾草と水は生後3週目より自由摂取させた。試験期間中のカーフハッチ内の温湿度の日間変動は、最高-5~21℃、75~95%、最低-20~10℃、30~50%であった。生後5日間の初期保温区と無保温区のハッチ内日平均温度は6℃、-3℃で初期保温区が約10℃高かった。生後6日目より全乳を給与した試験Ⅰでは28日齢離乳群は初期保温、無保温区とも42日齢離乳群にくらべて発育が不良で、とくに初期保温区は2頭とも離乳後の人工乳摂取量が少なく、体重は減少して離乳後1週目より低体温状態となり離乳後2週目、6週齢時に起立不能となった。この28日齢で初期保温をした最初の牛は生後3週間は順調な発育を示した。28日齢での離乳時の人工乳の採食量は500g/日であったが離乳後食欲不振が続き、体温は37℃台に下降し、最低37.1℃までさがった。離乳後人工乳の採食量は1日当り200g前後という状態が10日間続いた。この間、体重も8%減少し、体力の消耗がはなはだしく、離乳後2週目に起立不能となった。このため畜舎に収容し少量づつ哺乳をはじめ、栄養剤の補給により1カ月目によりやく起きあがるようになった。28日齢離乳の初期保温区の他の1頭も全く同様の経過をたどった。28日齢離乳群では無保温の2頭も発育がおくれ70日

齢で体重74.5Kg、日平均増体量は343gであった。42日齢離乳群では70日齢体重と日平均増体量は、無保温区90.3Kg、561g、初期保温区、88.8Kg、540gで両区とも正常な発育を示した。人工乳の摂取量は無保温区の方が多かった。

試験Ⅱにおける70日齢体重と日平均増体量は、28日齢離乳群では91.2Kg、700g、42日齢離乳群では91.4Kg、720gであり群間ならびに初期保温、無保温の間に発育の差はみられなかった。

試験Ⅰでは28日齢離乳は発育が非常に良かったが、試験Ⅱでは全く順調であった理由は、一つは液状飼料の全乳と初乳のちがいによるものと思われる。また試験Ⅱの1983年の方が比較的暖かく感ぜられたこともあるかも知れない。寒冷環境の哺育では、3~4週離乳は損耗の危険がともなう境界線であるように思われる。

新生期の温度環境の影響については、本試験の結果から論ずることは困難である。

低体温牛の皮膚温度

牛のからだの末端部(耳、鼻、頸垂、四肢、尾)の表面積は全体表面積の30%を占めており、末端部の皮膚温は環境温度による変動が大きい¹⁴⁾。寒冷環境では末端部の血管を収縮することにより皮膚温を下降して体熱の放散を抑制する。正常子牛と低体温子牛の皮膚温度を赤外線映像装置で撮影し、その映像を図式化したものが図1、図2である。正常牛、低体温牛とも3週齢のホルスタイン種おす子牛で生時よりカーフハッチで飼育した。撮影した日の気温は-4℃~-10℃であった。

寒冷環境での体温は直腸温が最も高く、また環境温度に左右されることも最も少ない。直腸温の次には眼、鼻孔が高く、次に胸、腹となり軀幹部から、からだの外殻、四肢にゆくにつれて温度が下降している。低体温子牛は直腸温が37.5℃で正常牛との差は1℃であるが、正常子牛の眼、鼻、耳が26℃、胸、腹、22℃、軀幹、18℃、身体の外殻、14℃に対し何れも約6℃低い温度を示している。また耳殻とつなぎでは正常子牛の22℃に対して低体温子牛では4℃以下でその差が著しく大きくなっている。図でみられるように低体温牛は下腹部の温度が非常に低くなっている。低

体温の原因は摂取エネルギーの極端な不足であろうが、腹部の冷却は腸や内臓の運動を停滞させ、そのため食欲不振がつのり、エネルギー不足を倍加し、状態を急速に悪化させるものと推察される。

以上2、3の実験例をもとに子牛の耐寒性の一端を述べた。

ホルスタイン種は寒さに対してすぐれた適応性を潜在的にもっており、寒さを克服する能力のあることがみとめられる。しかし乍ら子牛は感染性病原体に対する抵抗力が弱く、下痢をおこした場合などでは寒冷は大きな発育阻害要因となり、悪条件が相乗する結果を招来する。寒冷環境下では栄養の充足が大切であるが、栄養水準のみならず敷ワラの乾燥や隙間風や結露のないことなど飼養の基本がよくまもられていなければ、寒冷環境はたとえ飼料を十分に与えても発育を阻害する傾向にあるということになるであろう。

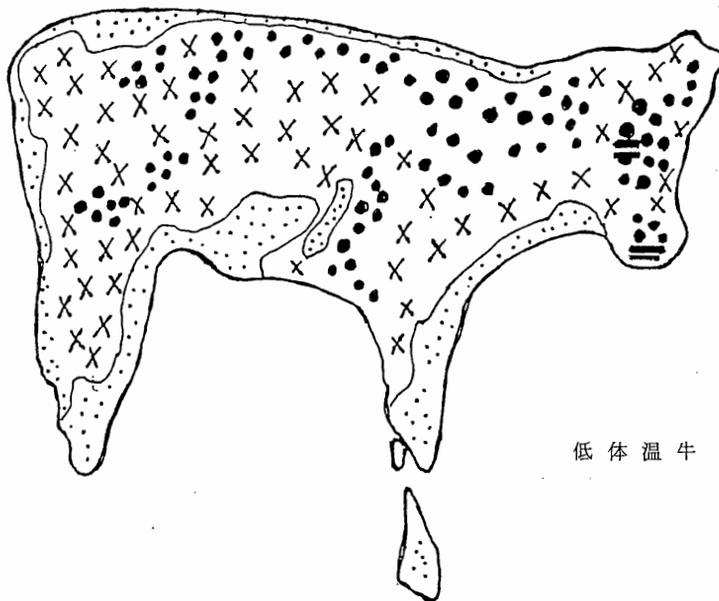
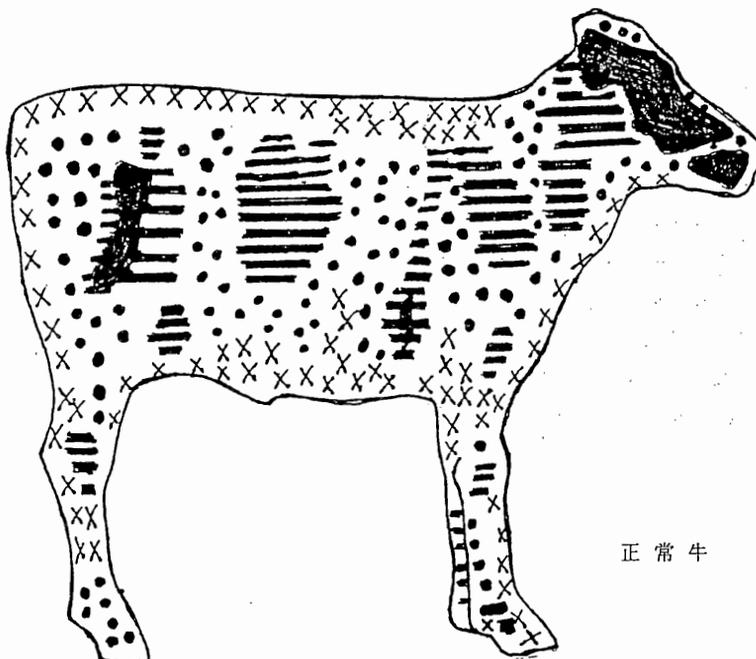
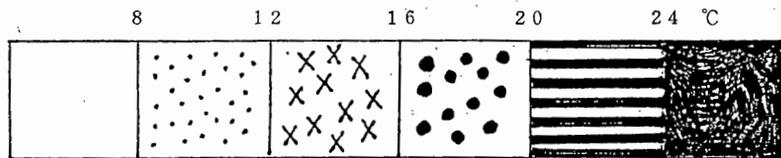


図 1. 子牛の体表面温度の測定例
 (1984年2月27日 気温-4°C)

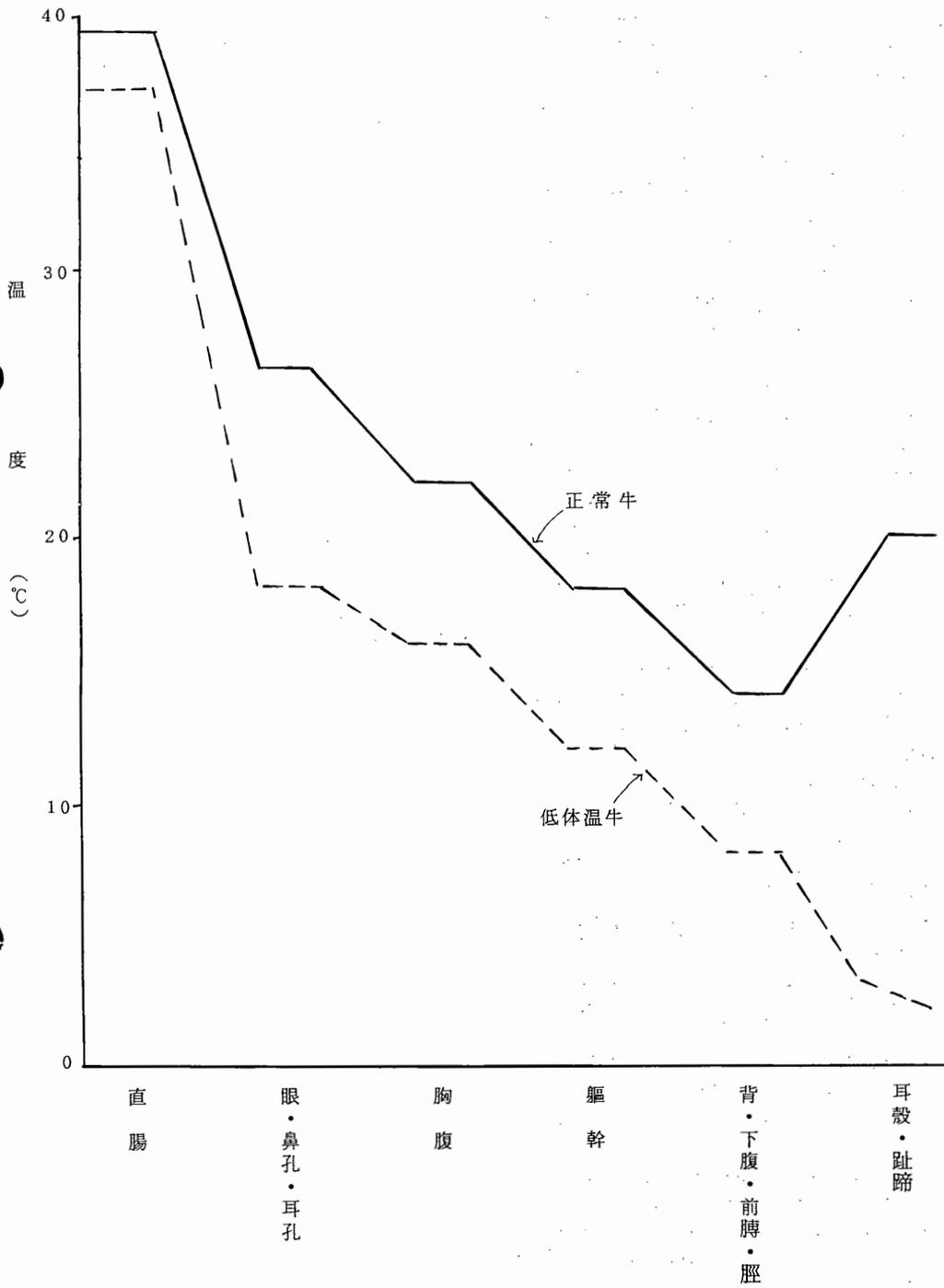


図 2. 寒冷環境における皮膚温度

文 献

- 1) Alexander G, J.W.Bennett and R.T. Gemmell, Brown adipose tissue in the new-born calf, (1975), J.Physiol.244: 223~234.
- 2) Applman R.D. and E.G.Owen. Relationship of the environment including to nutrition, to calf health: A Review, (1971), Transactions of the ASAE, 14: 1083~1091.
- 3) Hahn P. Effect of environmental temperatures on the development of thermoregulatory mechanisms in infant rats. Nature, 178: 96~97.
- 4) 伊藤真次、適応のしくみ、(1980)、118、北海道大学図書刊行会、札幌。
- 5) Gonzalez - Jimene E. and K.L. Blaxter, The metabolism and thermal regulation of calves in the first month of life. (1962), Brit. J.Nutri. 16:199~212.
- 6) Jorgenson, L.J., N.A. Jorgenson, D.J. Schingoethe, and M.J. Owens. Indoor versus outdoor calf rearing at three weaning ages, (1970), J.Dairy Sci., 53 (6): 813~816.
- 7) 木下善之、杉原敏弘、新生子牛の体温、心拍・呼吸数の変動、(1981)、日畜会道支部会報、24(1),36.
- 8) 木下善之、杉原敏弘、片山秀策、子牛の発育におよぼす寒冷の影響、(1984)、日畜会道支部会報 27(1)、31~32.
- 9) Melvin J.Swenson, Dukes' Physiology of domestic animals, (1970)、1120.
- 10) 佐藤博、花坂昭吾、今村照久、子牛の生後2時間以内の血漿遊離脂肪酸、グルコース、フラクトース、乳酸濃度の変化、(1980)、日畜会報、51(11):766~771.
- 11) 杉原敏弘、木下善之、哺乳子牛の発育におよぼす飼育環境の影響。(1981)、日畜会道支部会報。24(1):37.
- 12) 杉原敏弘、木下善之、大森昭一郎、寒冷条件下における子牛の発育におよぼす初期保温、哺育法の影響。(1982)、日畜会道支部会報。25(1)、23~24.
- 13) Verstegen M.W.A. Energy requirements in relation to climatic and housing conditions, (1978), Proceedings of the zodiac symposium on adaptation, Wageningen, 139~143.
- 14) Whittow G.C., The significance of the extrimities of the ox (*Bos taurus*) in thermoregulation, (1962), J. Agric. Sci. 58:109~120.