

総説

ウシの飼養環境ストレス応答と免疫状態

石崎 宏

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 那須研究拠点

連絡担当者：石崎宏

(〒 329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768)

hishizak@affrc.go.jp

[要約]

今般、健康な家畜から安全・安心な畜産物を安定的に供給することが強く求められており、2011年にはアニマルウェルフェアの考え方に対応した家畜の飼養管理指針が策定された。その基本概念である「5つの自由」のうち、①飢餓と渇き、②苦痛、傷害又は疾病、③恐怖及び苦悩、④物理的、熱の不快さからの自由については、家畜の健康及び生産性と密接に関連する。ウシにおける飼養管理のうち、輸送、分娩、去勢、除角、離乳、群編成の変更、拘束・隔離などは、内分泌-免疫-神経系に対し様々なストレス応答を誘発し、三者の関係バランスが崩れることにより最終的に生産性の低下や発症などが引き起こされる。本稿では、飼養・衛生管理上の問題改善に向けた方策の一助に資することを目的に、日常の飼養管理で遭遇する諸要因がウシのストレス応答、特に免疫能に及ぼす影響について、去勢、除角、離乳、拘束・隔離、群再編・再配置、および狭飼養スペースなど、近年では国内で報告がほとんどない飼養環境ストレス要因に焦点を絞り概説する。このうち去勢、除角および離乳は、比較的強いストレス応答性を示し、概して免疫機能が抑制される傾向にある。一方、拘束・隔離、群再編・再配置、および狭飼養スペースは、前述のストレス要因に比べて生体に対する刺激としては微弱であること、環境適応が早期に完了することなどの理由により、免疫系への影響評価は必ずしも一様ではない。しかしながら、免疫系に強く影響を与えることも指摘されていることから、経験に乏しい幼若齢牛や病弱な個体などでは免疫系に対する強い影響が懸念される。またいずれも飼養管理上避けることが基本的には出来ない上、それ自体がストレス要因として作用するため、これら飼養管理ストレス要因に関する理解を深めるとともに、ストレス応答軽減化に向けた日頃の心がけが重要である。

キーワード：免疫、飼養環境、ストレス要因、ストレス応答、ウシ

[はじめに]

昨今、消費者需要に見合った安全・安心な畜産物を健康な家畜から安定的に供給する使命が一層強く求められてきており、今後もわが国の畜産が発展していくためには、家畜の生産性の向上を図り続けていくことが重要である。近年

わが国においても、アニマルウェルフェアの考え方に対応した家畜の飼養管理指針が策定され、国際的にも知られた概念である「5つの自由」(①飢餓と渇きからの自由、②苦痛、傷害又は疾病からの自由、③恐怖及び苦悩からの自由、④物理的、熱の不快さからの自由、⑤正常な行動ができる自由)について、わが国でも飼養管理上考慮する必要性が求められつつある。その中でも特に、「①飢餓と渇きからの自由」、

受理：2012年5月7日

「②苦痛、傷害又は疾病からの自由」、「③恐怖及び苦悩からの自由」、「④物理的、熱の不快感からの自由」は、家畜の健康及び生産性と密接に関連するとされている。また、ウシにおける日常の飼養管理のなかで、去勢、除角、離乳、群編成の変更、拘束・隔離などは、各種生体ストレス反応とそれに伴う生産性の低下などを引き起こす。さらに、輸送および分娩（環境）はウシにおけるストレス応答性が非常に高く、免疫系への影響が起りやすいことから古くから疾病の発生との関連性が取り上げられ、近年ではその方策に関する報告も数多く見受けられるようになった。

このような背景から、ウシの飼養環境と免疫システムへの影響についての理解を深めることや、ウシが本来持っている能力を最大限に発揮させるための飼養・衛生管理技術の適正化や高度化といった取り組みを常に意識し実践していくことは、健康牛の生産および生産性向上の観点からも大変重要である。本稿では、飼養・衛生管理上の問題改善に向けた方策の一助に資することを目的に、日常の飼養管理で遭遇する諸要因がウシのストレス応答、特に免疫能に及ぼす影響について概説する。

[ストレスとウシにおけるストレスマネジメント]

ハンス・セリエにより今日のストレス学説が提唱されたのが19世紀初頭のことである。

彼は外部環境からの刺激によって起こる歪みに対する非特異的応答が存在することを指摘し、その中心は下垂体-副腎皮質ホルモン系であること、さらに少なくとも短期的には環境変化に対する生体の防御反応として適応的に働いていることを見出した。この生体反応を汎適応

症候群と定義し、これには急性期に示す危急応答のみならず慢性に経過する際に現れる諸反応も含まれている。またさらにストレス応答を引き起こす外部環境からの刺激をストレッサーと名付けた。その後、必ずしも侵害的ではない環境刺激が、恐怖・不安、葛藤などの心理的な情動反応を誘発する際にもストレス応答を誘引することが明らかにされ、非侵害性の環境刺激に対する生体反応もストレス応答に含まれることとなった。

動物におけるストレス応答は、周囲に存在する種々様々な環境要因に対して適応を試みる反応であり、Table 1に示すように、動物を取り巻く環境要因のすべてが潜在的なストレッサーになり得る [24]。すなわちウシにおけるストレスマネジメントは、これら潜在的ストレッサーとしての危険の可能性がある環境要因を、日常の飼養管理において適正な水準に維持すること、あるいは改善することにほかならない。

[ストレッサーとなり得る飼養環境]

輸送および分娩（環境）はウシにおいてストレス応答性が非常に高いことから、特に免疫系への影響にクローズアップした調査研究は30年程前から多くの研究者によって精力的に進められ、液性および細胞性免疫機能の抑制、白血球サブポピュレーションの劇的な変化、貪食細胞機能の変調が起こることなどが指摘されている。また、近年ではそれらと関連の深いサイトカイン動態についても明らかにされつつある。このほか日常の飼養管理における去勢、除角、離乳、群編成の変更、拘束・隔離などについても、各種生体ストレス応答とそれに伴う生産性

Table 1 Classification of rearing environmental factors

Item	Factor
Climatic stressor	Atmospheric temperature, humidity and current, Radiation, Rainfall, etc.
Geographical stressor	Altitude, Angularity, Landscape, etc.
Physical stressor	Light, Sound, Vibration, Facility, Housing construction, etc.
Chemical stressor	Water, Forage, Dietary additive, Manure, Dust, Toxic chemical compound, etc.
Biological stressor	Wild fauna and flora, Endoparasite and ectoparasite, Pathogenic microbe, etc.
Social stressor	Xenogenic, Allogenic, Individual, Intergroup, sex Parent-child relationship, Affinity relationship with keepers, etc.

Uetake (2005) [24] with partially modification

の低下を引き起こすことから、現在ではこれら飼養管理全般に潜在するストレスが牛呼吸器症候群の主因と考えられている。この背景には、環境ストレスに対する生体側の防衛として強固なストレス応答が誘発されるため、それが内分泌・神経系のみならず免疫系にも重大な影響が波及することが関係している。本稿では、最近ではほとんど国内で報告が見受けられなくなってしまった去勢、除角、離乳、拘束・隔離、群再編・再配置、および飼養スペースなどのマイナーな飼養環境ストレスに焦点を絞って概説する。なお今回取り上げない輸送、分娩、暑熱・寒冷、栄養管理失宜など比較的強力なストレス応答性を発揮する飼養環境ストレスについては、多くの報告と優れた清書が存在するためそれらを参照願いたい。

[去勢ストレス応答]

去勢は肉質の向上を目的に、ほとんど全ての肥育牛用の雄子牛に対して実施される。しかしながら去勢の実施に伴い、生理学的ストレス、炎症反応、疼痛行動および生産性減少などを引き起こすことが知られている [6, 18]。Fisherら (1997) [6] や Tingら (2004) [23] は、観血的およびバルザック法による去勢により、血中コルチゾール濃度およびハプトグロビン濃度の上昇と全血における *in vitro* IFN- γ 産生能 (単核球のマイトージェンに対する反応性) が無処置群に比べて顕著に低下すること、さらにこのコルチゾールが誘引する免疫抑制は、本物質の高い循環血量やその持続期間に依存すること [23] などを報告した。一方、海外ではウシ去勢時における免疫抑制を緩和することを目的に、非ステロイド系抗炎症薬 (NSAID) であるケトプロフェン (日本国内ではウシに非認可) の影響に関する研究が精力的に行われており、本薬投与群では非投与群に対し処置後の血中コルチゾール濃度が顕著に抑制されることや、急性期反応蛋白濃度の上昇緩和や *in vitro* IFN- γ 産生能の低下抑制などの有効性が確認されている [5, 22]。

[除角ストレス応答]

除角は飼育上の危険性を避ける目的で肉用牛や繁殖用雌牛で行われることが多く、組織ダ

メージ、出血、疼痛を軽減するため幼齢期に行うことが推奨されている。除角は去勢同様疼痛を伴うため、血中コルチゾール濃度は急速に上昇、ピークに達した後すぐに減少に転じるが、基底値回復前には一定濃度のプラトー状態が継続し、処置後7~9時間目が経過して基底値に回復する [21]。またこの間は、炎症反応も継続する [4]。現在までに除角ストレス応答における免疫系への影響に関する報告はほとんど見受けられないが、処置後に好中球増多やN:L比の増加が起こることは [4] ほぼ確実であり、また、前述のように顕著なストレス応答も認められるため、炎症を主体とする免疫系への強い影響が推察される。さらに近年では、NSAID、局所麻酔、鎮静剤の単独、あるいはこれらの併用投与による血中グルココルチコイド (コルチゾール) 濃度上昇の抑制と疼痛行動の緩和などが明らかになりつつあり [21]、今後去勢ストレス応答同様にこれらによる効果と免疫系との関連性について研究の進展が期待される。

[離乳ストレス応答]

離乳は子牛における急性ストレスの代表例である。他の急性ストレス応答時と同様に、好中球増多とリンパ球減少に伴うN:L比の上昇が起こることはほぼ確実であり [12, 15]、また、離乳に伴う好中球の活性酸素産生能には変化がないものの、貪食能の減少、CD4⁺T細胞、CD8⁺T細胞および δ T細胞の一時的な減少 [15] や *in vitro* IFN- γ 産生能の減少が [12] 確認されている。さらに興味深いことに、この傾向は離乳後の母牛との隔離距離が遠いほど強くなるのが最新の研究で報告されている [19]。また、この報告では、広義の細胞動員に関与するグルココルチコイド受容体 (GR) α 、デス因子として作用するサイトカイン Fas リガンドに対する受容体である Fas および細胞接着因子である CD62L の遺伝子発現レベルの有意な増加と、前炎症性サイトカインである IL-1 β 、IL-8、IFN- γ および TNF- α の遺伝子発現レベルも亢進されることが明らかにされた。一般的に急性ストレス応答として血中にグルココルチコイドサージが起こることは周知の通りであるが、去勢子牛に対するエンドトキシン投与後のストレス応答時において、このサー

ジ以前には血中 IL-1 β 、IL-6 および IFN- γ 濃度の上昇は発動せず、あるいは発動していてもそれはグルココルチコイド上昇のごく初期段階であることが指摘されている [2]。しかしながら、これらの発現パターンは、動物種、ストレスの種類や強度、あるいはストレス応答が発動してからの時間によって変化する可能性があり、急性ストレス応答が免疫抑制作用だけではなく、免疫系の修飾作用も兼ね備えている可能性は否定できないため、今後の研究の進展に期待したい。

[拘束・隔離ストレス応答]

ウシの拘束・隔離ストレス応答時における免疫動態に関する報告は少ない。しかしながら、子羊における単回拘束・隔離ストレス応答では免疫系への明確な影響は認められないが [16]、6時間の連続拘束・隔離を3日にわたり行くと、各種リンパ球機能が抑制される [3, 17]。このことから拘束・隔離ストレスは、ウシに対してそれほど強固には免疫系にストレス応答を

引き起こさないと考えられてきた。一方、最近の研究によれば、dark-cutting beef 研究のモデルとして、2～6時間の拘束・隔離ストレスを去勢育成牛に負荷することにより、血中コルチゾール、グルコースおよびラクトース濃度の有意な上昇が確認されている [1] ことから、ウシにおいても拘束・隔離ストレスは少なからず免疫系に何らかの影響を及ぼす可能性も否定できない。我々はホルスタイン去勢育成牛において、パドック併設フリーバーン飼養とスタンション繋養群それぞれの免疫機能の推移を12週間にわたり比較調査し、スタンション繋養ではフリーバーン飼養に比べて期間を通して末梢血貪食能が亢進されることなく有意に低く推移することを見出した (Fig. 1)。その際、血中コルチゾール濃度は試験開始後4週目に有意に高値を示し、一方、同時期の *in vitro* INF- γ 産生能は低下する傾向にあったが、それ以降は両指標とも処置前レベルに回復した。このことから、自身の意志により自由に動け回れない拘束環境にあるウシでは、特に環境移行後に高い

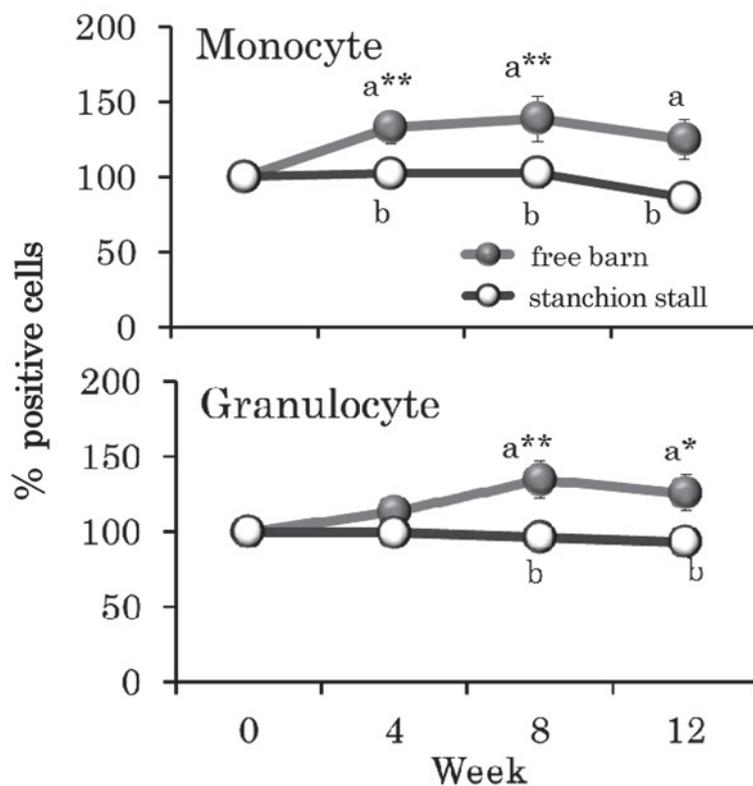


Fig. 1 Change of peripheral blood phagocytosis in Holstein steer calves rearing with using stanchion stalls (n = 4) and without using stalls in a free barn (n = 4)

Values are LS-means \pm SEM as hundred at 0h. ^{ab}Significant difference between the groups (p < 0.05).

^{*}, ^{**}Significant difference with 0h (p < 0.05 and p < 0.01, respectively).

レベルのストレス応答が発動され、中長期的な免疫機能低下が起これとされている。

[群再編・再配置ストレス応答]

群の再編や場所の再配置は各ステージで実施する必要不可欠な飼養管理の一つであり、日常的な管理行為ゆえストレスとしての認識は比較的薄いと思われる。既報の成果 [11, 20] により、群再編・再配置による生理学的ストレスの発現、免疫機能および生産性の抑制が指摘されているが、一方でウシの健康性に重大な影響を及ぼさないとする報告 [14, 25] も存在する。これはウシの優れた環境適応性によるものと推察できるが、実際にウシにおける再編・再配置ストレス応答時の免疫系への影響に関する調査報告が少ないのも事実である。ホルスタイン・フリージアン種去勢育成牛において、14日間隔で群再編・再配置を繰り返した際のストレス応答は、初回のみ血中コルチゾールの濃度—時間曲線下面積 (AUC) が対照群に対して有意に高く、それ以降両群間の差は消失する [8]。

これに対しマイトージェンに対する非特異的な単核球反応性、血中ハプトグロビンおよびフィブリノーゲン濃度は調査期間を通して両群に差が生じない。但し、この時測定対象となった免疫系指標のサンプリング時点が各群再編・再配置あたり1度切りであったことや、この時点も過去の報告で明らかにされていた反応性ピークから逸脱していたこともあり、それが顕著に影響がなかった理由とも推察できる。また、ウシ以外の反芻動物では群再編により液性免疫には影響がないものの、細胞性免疫の抑制が生じる [10] ことから、今後ウシにおけるより詳細な検討が望まれる。なお、群再編・再配置に関しては、経験を積むほど環境適応性が高まる側面も併せ持つことから、飼養管理を容易にさせるというメリットも否定できない。

[狭飼養環境ストレス応答]

飼養に必要なスペースは、飼養されるウシの品種や体重、牛舎構造、飼養方式などによって変動する。スペースが過密状態になると、ウシ

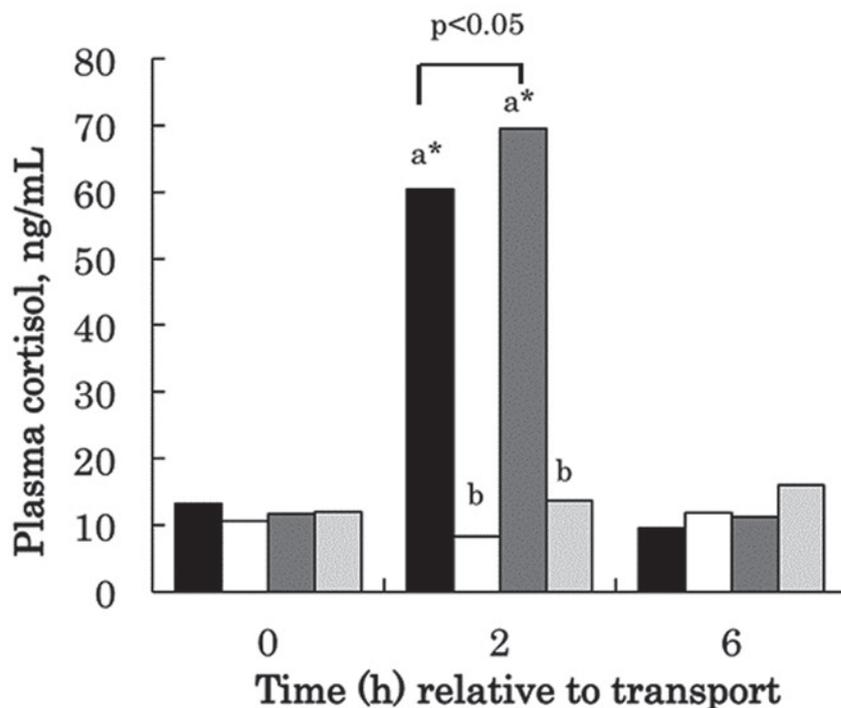


Fig. 2 Change of plasma cortisol concentration in Holstein steer calves at 1.5 and 3.3 m² individual space allowance during truck-transportation (unpublished data)

Values are LS-means. Pooled SEM: \pm 7.6. Transportation time: 2 h.

First trial: 1.5 m² during transport (■, n = 4), control (vs. 1.5 m²) (□, n = 4)

Second trial: 3.3 m² during transport (■, n = 4), control (vs. 3.3 m²) (■, n = 4)

^{ab}Significant difference between the groups (p < 0.01). *Significant difference with 0h (p < 0.01).

はストレス状態となり、舌遊びなどの異常行動の発現や闘争などが発生し生産性の低下を招く。

明らかに不適切な狭飼養スペース (1.2 m²/雄牛1頭、平均403 kg BW) では、施行後3日目に血中コルチゾール濃度が2.7 m²、4.2 m²群に比べて有意に上昇するが [9]、同日のACTH投与直後のコルチゾール応答性、および施行後14、36、77日目のCRH投与直後のACTH応答性には各飼養スペース間に差が認められない。同様にトラック輸送時の収容スペースもまた、輸送直後の血中コルチゾール応答性に差が生じ、ホルスタイン種育成牛1頭あたりの収容スペースが1.5 m²の場合、3.3 m²と比較して有意に高値を示す (Fig. 2)。Guptaら (2007) [9] は、マイトージェン刺激に対する *in vitro* INF- γ 産生能は各飼養スペース群間で差はないものの、すべての飼養スペース群で施行後3日目に一時的に低下する傾向があることを指摘しており、また未経産牛 [7] においても同様に飼養スペース群間に相違は認められない。さらに彼らは、著しい好中球増多とリンパ球減少を施行後3日目に確認したが、各飼養スペース群間に差はなく、全観察期間を通した平均増体重は1.2 m²群において0.59 kgと2.7 m²および4.2 m²群に比べて有意に減少したことを報告している。以上のことから、ウシにおける不適切な飼養スペースは、免疫系に対して低レベルの、いわゆる慢性ストレス応答しか発動されず、環境適応も即座に行われると考えられる。しかしながら、生産性などには影響が生じることから、血中コルチゾール濃度や白血球ピュレーションに影響を与えるような、極端に狭い飼養スペースでの飼養は避けるべきである。今後は離乳ストレス応答の項で述べたように、炎症や細胞接着などによる新たな免疫系バイオマーカーによる詳細な検討が必要であろう。

[おわりに]

本稿で紹介した環境要因はいずれも飼養管理上避けて通ることが出来ない事案であり、しかもそれ自体がストレスサーとして作用する側面を持つ。獣医療従事者を含め家畜生産に携わるすべての方におかれては、それらがウシに及ぼす影響についての再認識と理解の深化が大切で

あり、加えてストレス応答の軽減化への意識を常に心がけることも重要である。さらにハンドリングなどの飼養管理の基本となる手技についても、アニマルウェルフェアに即した配慮が免疫能水準の維持や水準低下の緩和に繋がると考えられる。また、今後の研究課題としては、飼養現場における免疫評価を基軸としたストレス応答診断をより適正に行うために、慢性ストレス応答における微弱な免疫動態の評価に加え、それらを正確且つ簡易に評価することが可能な新たな免疫系バイオマーカーの開発および行動様式をあわせた総合診断法の開発が急務である。

[引用文献]

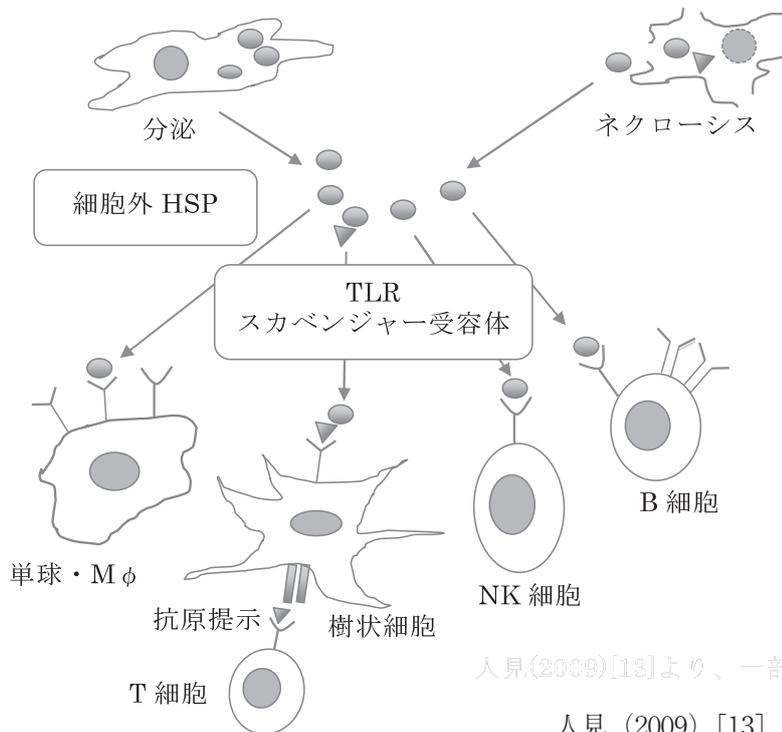
1. Apple, J. K., Kegley, E. B., Galloway, D. L., Wistuba, T. J., and Rakes, L. K. 2005. Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting condition in cattle. *J. Anim. Sci.* 83: 1202-1214.
2. Carroll, J. A., Arthington, J. D., and Chase, C. C. 2009. Early weaning alters the acute-phase reaction to an endotoxin challenge in beef calves. *J. Anim. Sci.* 87: 4167-4172.
3. Coppinger, T. R., Minton, J. E., Reddy, P. G., and Blecha, F. 1991. Repeated restraint and isolation stress in lambs increases pituitary-adrenal secretions and reduces cell-mediated immunity. *J. Anim. Sci.* 69: 2808-2814.
4. Doherty, T. J., Kattesh, H. G., Adcock, R. J., Welborn, M. G., Saxton, A. M., Morrow, J. L., and Dailey, J. W. 2007. Effects of a concentrated lidocaine solution on the acute phase stress response to dehorning in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 90: 4232-4239.
5. Earley, B. and Crowe, M. A. 2002. Effects of ketoprofen alone or in combination with local anesthesia during the castration of bull calves on plasma cortisol, immunological, and inflammatory responses. *J. Anim. Sci.* 80: 1044-1052.
6. Fisher, A. D., Crowe, M. A., Nuallain, E. M. O., Monaghan, M. L., Prendiville, D. J., O'Kiely, P., and Enright, W. J. 1997. Effects of suppressing cortisol following castration of bull calves on adrenocorticotrophic hormone, *in vitro* interferon-gamma production, leukocytes, acute-phase proteins, growth, and feed intake. *J. Anim. Sci.* 75: 1899-1908.
7. Fisher, A. D., Crowe, M. A., O'Kiely, P., and

- Enright, W. J. 1997. Growth, behaviour, adrenal and immune responses of finishing beef heifers housed on slatted floors at 1.5, 2.0, 2.5 or 3.0 m² space allowance. *Livest. Produc. Sci.* 51: 245-254.
8. Gupta, S., Earley, B., Ting, S. T. L., and Crowe, M. A. 2005. Effect of repeated regrouping and relocation on the physiological, immunological, and hematological variables and performance of steers. *J. Anim. Sci.* 83: 1948-1958.
9. Gupta, S., Earley, B., and Crowe, M. A. 2007. Pituitary, adrenal, immune and performance responses of mature Holstein x Friesian bulls housed on slatted floors at various space al-

ワンポイント講座

細胞外ストレスタンパク質

ストレスタンパク質は、主に細胞内でストレス応答を担っており、ストレス環境への暴露後に血中ストレスタンパク質濃度が上昇することが90年代に指摘された。近年、ストレスによって破壊された細胞から細胞外へストレスタンパク質が漏出することがネクロシスで観察されるほかにも、ネクロシスを伴わない環境下で、積極的にストレスタンパク質を細胞外へ分泌する機構が明らかになっている。この細胞外ストレスタンパク質（細胞外HSP）は、自然免疫に重要なToll様受容体（TLR）やスカベンジャー受容体を介して様々な細胞に選択的に結合するが、免疫細胞ではNK細胞、樹状細胞、マクロファージ、単球、B細胞がその標的となる。受容体に結合した細胞外HSPは、受容体と細胞の種類に応じて細胞内情報伝達系を活性化する。TLR2やTLR4はHSP60、HSP70等と結合し、炎症性反応を制御する転写因子NF- κ B活性を上昇させる。さらにTLR4の活性化補助因子であるCD14は、HSP70によるTNF- α 、IL-1 β やIL-6の発現誘導に必要である。また細胞外HSPと結合するスカベンジャー受容体ファミリーには、CD91、CD36、CD40、SR-A等があげられ、それらは酸化LDL結合タンパク質であるCD91はHSP60、HSP70を含むストレスタンパク質に共通する受容体とされている。



人見 (2009) [13] より、一部改変

- lowances. *Vet. J.* 173: 594-604.
10. Hanlon, A. J., Rhind, S. M., Reid, H. W., Burrells, C., and Lawrence, A. B. 1995. Effects of Repeated Changes in Group Composition on Immune-Response, Behavior, Adrenal Activity and Liveweight Gain in Farmed Red Deer Yearlings. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44: 57-64.
 11. Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K., and Ito, I. 1997. The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51: 15-27.
 12. Hickey, M. C., Drennan, M., and Earley, B. 2003. The effect of abrupt weaning of suckler calves on the plasma concentrations of cortisol, catecholamines, leukocytes, acute-phase proteins and in vitro interferon-gamma production. *J. Anim. Sci.* 81: 2847-2855.
 13. 人見嘉哲. 2009. 運動とストレスタンパク質と免疫. in 運動と免疫 からだをまもる運動のふしぎ. (大野秀樹, 木崎節子 編) ナップ, 東京, pp270-274.
 14. Kondo, S. and Hurnik, J. F. 1990. Stabilization of Social Hierarchy in Dairy-Cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27: 287-297.
 15. Lynch, E. M., Earley, B., McGee, M., and Doyle, S. 2010. Effect of abrupt weaning at housing on leukocyte distribution, functional activity of neutrophils, and acute phase protein response of beef calves. *BMC Vet. Res.* 6.
 16. Minton, J. E. and Blecha, F. 1990. Effect of acute stressors on endocrinological and immunological functions in lambs. *J. Anim. Sci.* 68: 3145-3151.
 17. Minton, J. E., Coppinger, T. R., Reddy, P. G., Davis, W. C., and Blecha, F. 1992. Repeated Restraint and Isolation Stress Alters Adrenal and Lymphocyte Functions and Some Leukocyte Differentiation Antigens in Lambs. *J. Anim. Sci.* 70: 1126-1132.
 18. Molony, V., Kent, J. E., and Robertson, I. S. 1995. Assessment of acute and chronic pain after different methods of castration of calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 46: 33-48.
 19. O'Loughlin, A., McGee, M., Waters, S. M., Doyle, S., and Earley, B. 2011. Examination of the bovine leukocyte environment using immunogenetic biomarkers to assess immunocompetence following exposure to weaning stress. *BMC Vet. Res.* 7.
 20. Sevi, A., Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A., Dell'Aquila, S., and Napolitano, F. 2001. Behavioral, adrenal, immune, and productive responses of lactating ewes to regrouping and relocation. *J. Anim. Sci.* 79: 1457-1465.
 21. Stafford, K. J. and Mellor, D. J. 2005. Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. *Vet. J.* 169: 337-349.
 22. Ting, S. T. L., Earley, B., Hughes, J. M. L., and Crowe, M. A. 2003. Effect of ketoprofen, lidocaine local anesthesia, and combined xylazine and lidocaine caudal epidural anesthesia during castration of beef cattle on stress responses, immunity, growth, and behavior. *J. Anim. Sci.* 81: 1281-1293.
 23. Ting, S. T. L., Earley, B., and Crowe, M. A. 2004. Effect of cortisol infusion patterns and castration on metabolic and immunological indices of stress response in cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.* 26: 329-349.
 24. 植竹勝治. 2005. 牛のストレスとは. *臨床獣医.* 23 : 10-15.
 25. Veissier, I., Boissy, A., dePassille, A. M., Rushen, J., van Reenen, C. G., Roussel, S., Andnason, S., and Pradel, P. 2001. Calves' responses to repeated social regrouping and relocation. *J. Anim. Sci.* 79: 2580-2593.

Environmental stress response and immunity on rearing cattle system

Hiroshi Ishizaki

NARO, Institute of Livestock and Grassland Science (NILGS)
(768, Senbonmatsu, Nasushiobara, Tochigi 329-2793, Japan)
e-mail: hishizak@affrc.go.jp