



乳用牛における暑熱耐性の改良

乳用牛改良推進協議会事務局長（当団専務理事） 磯貝 保

はじめに

日々大量の生乳を生産する乳用牛。暑熱ストレスの負荷は大きく、高温多湿な日本では、乳量や体細胞数、繁殖性などへの悪影響が大きな問題となっています。

表1には、地域ごとに、暑熱ストレスの指標となるTHI（後述）が高かった日数を示しました。近年は、全国的にますます厳しくなっていることが見てとれます。

対策としては、牛舎の通気や換気など、飼養環境の改善が重要ですが、できれば、牛群を遺伝的に暑熱ス

トレスに強くすること、すなわち暑熱耐性を改良することが期待されます。

そもそも冷涼な北米の飼養環境に適した牛が、高温多湿な日本の飼養環境下で同じように能力を発揮できるとは限りません。そのため、(独)家畜改良センターが、国内のデータに基づき、日本の飼養環境下における泌乳能力等の遺伝的能力を評価し、種雄牛と雌牛（牛群検定牛）の評価値を提供しています。

さらに、評価技術の進展¹⁾もあり、令和3年には暑熱耐性そのものの遺伝的能力評価が開始されました。それにより、泌乳能力等を改良しながら、計画的に牛群の暑熱耐性を高めていくことも可能となりました。

そこで、北米等では行われていない暑熱耐性の遺伝的能力評価など、日本では乳用牛における暑熱耐性の改良が可能となっていることを紹介します。

暑熱ストレスの指標は温湿度指数（THI）

一般的に、暑熱ストレスの指標には、気温と湿度により計算されるTHI（温湿度指数：いわゆる不快指数）が利用されます。図1のように、気温16℃・湿度50%ならTHI=60、気温25℃・湿度50%ならTHI=72となり、THIは、その値が高いほど暑熱ストレスが大

表1 THIが60以上及び72以上の年間日数

	2003 (2001-5平均)		2023		増減	
	≥60	≥72	≥60	≥72	≥60	≥72
北海道	85	2	113	30	+28	+28
東北	124	27	142	71	+18	+44
関東	168	64	194	97	+26	+33
東海・甲信	155	57	155	87	+0	+30
北陸	158	69	174	89	+16	+20
近畿	175	82	189	94	+14	+12
中国	168	78	183	93	+15	+15
四国	189	86	197	98	+8	+12
九州	212	108	246	121	+34	+13

		気温 (°C)																					
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
相 対 湿 度 (%)	20	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78		
	30	59	60	61	62	63	64	65	66	67	69	70	71	72	73	74	75	76	77	79	80		
	40	59	60	61	62	63	65	66	67	68	70	71	72	73	74	76	77	78	79	80	82		
	50	59	60	61	63	64	65	67	68	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82	84		
	60	59	60	62	63	64	66	67	69	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84	85		
	70	59	60	62	63	65	66	68	69	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87		
	80	59	60	62	64	65	67	69	70	72	73	75	77	78	80	81	83	85	86	88	89		
	90	59	61	62	64	66	67	69	71	73	74	76	78	79	81	83	84	86	88	90	91		
	100	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	77	79	81	82	84	86	88	90	91	93		

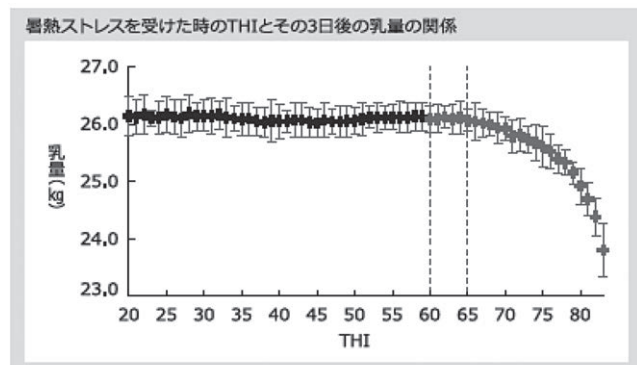
図1 温湿度指数（THI）と気温・相対湿度間の関係

きいことを示します。

ホルスタインは、一日の平均気温が17～18℃を超えるとストレスを感じることが分かっており、THI=60を超えたあたりから乳量の低下や体細胞数の増加が見られます（図2）。

表1のように、2023年には、THI=60以上の日が九

・ THI に対する乳量の変化 (bar=95%信頼区間)



・ THI に対する体細胞スコアの変化 (bar=95%信頼区間)

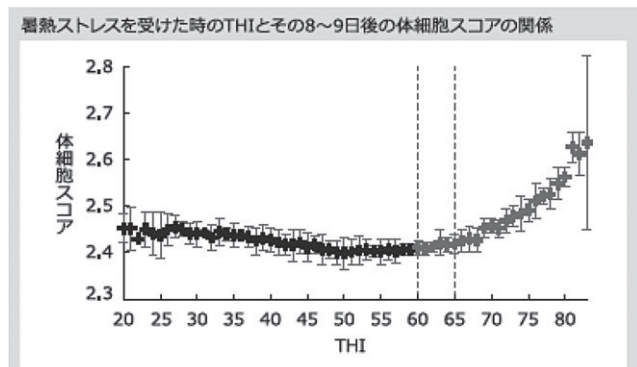


図2 THIに対する乳量と体細胞数の変化
(帯広畜産大学 萩谷ら：2020)

州では200日を超え、北海道でも100日を超えています。日本では、どこであっても、大なり小なり暑熱ストレスの影響を受けています。

牛群検定では、2017年より、それぞれの酪農家の最寄りの気象観測所の気象情報と牛群検定データを結び付けた「カウダス」を提供しています。暑熱耐性の遺伝的能力評価は、そうした気象情報から得られる所在地のTHIに対して、飼養牛の乳量及び体細胞スコアがどのように変動したかを見ています。

暑熱ストレスの影響が乳量や体細胞スコアに表れるまでにはタイムラグがあり、乳量は3日前、体細胞スコアは8日前に受けた暑熱ストレスが最も影響を与えます。そこで、乳量は検定日から3日前のTHI、体細胞スコアは検定日から8日前のTHIと照合して、遺伝的能力評価を行っています。

具体的な計算方法は省略しますが、評価値は標準偏差を1単位として表示され、値が高いほど暑熱耐性が良い（乳量低下と体細胞数増加が少ない）ことを示します。例えば、+1ポイントであれば、ベースとなる集団の平均よりも1標準偏差分優れていること（上位から17%の位置に相当すること）を示しています。

種雄牛だけでなく雌牛も評価

暑熱耐性は、種雄牛だけでなく、雌牛についても牛群検定成績（牛群改良情報）として評価値が提供されます。ただし、SNPデータを併用したゲノミック評価値であることから、SNP検査を受ける必要があります。暑熱耐性の改良のためにも、子牛の段階で将来の

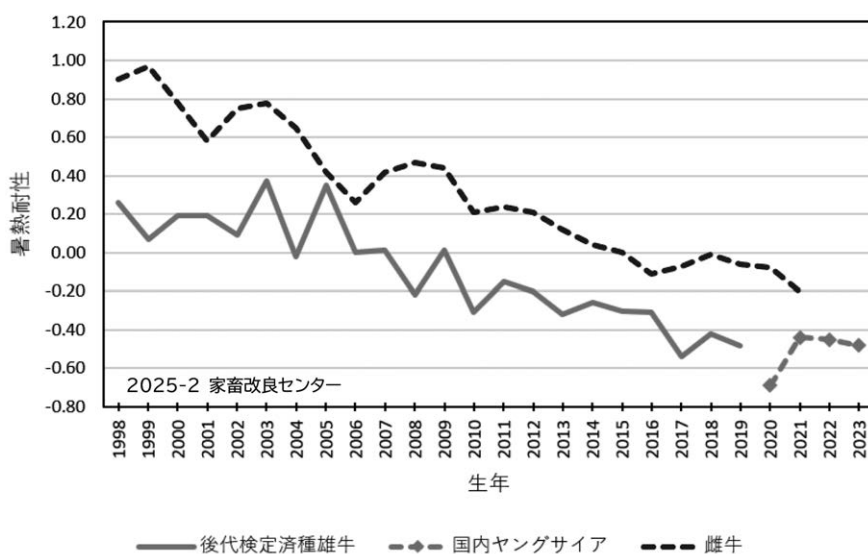


図3 暑熱耐性の遺伝的趨勢

生産性や疾病リスク等の予測情報が得られるSNP検査の普及拡大が期待されます。

なお、全国の雌牛の評価値について、生年ごとの平均値の推移を見ると、我が国の乳用牛の暑熱耐性の遺伝的趨勢が見てとれます。図3のように、暑熱耐性の遺伝的能力は低下傾向にありましたが、最近は横ばいに近づいてきたように見えます。

後述のように、乳量が多い牛ほど暑熱ストレスの影響を受けやすいので、横ばいに近づいたとすれば、乳量の改良が進む中であって、暑熱耐性の能力の低下が最小限に抑えられつつある、と言えると思います。

また、特長ある種雄牛の作出を目指すJ-Sireプロジェクト²⁾では、(独)家畜改良センターにドナー群を造成しつつ種雄牛を作出しており、暑熱耐性も重視しています。雌牛とヤングサイアの2025-2月評価のNTP上位牛リスト^{3)、4)}を見ると、雌牛では4位の牛、ヤングサイア⁵⁾では15番目(一般供用牛10位)のジョイアスが暑熱耐性に優れています。これらは同プロジェクトのドナーであり種雄牛です。

日本では暑熱耐性の改良が可能

乳用牛には暑熱ストレスの影響を受けやすい牛と受けにくい牛があり、その遺伝的な度合いを表したのが暑熱耐性の評価値です。暑熱耐性の評価値が高い(暑熱耐性が良い)牛は、暑熱ストレスが高まっても乳量が低下しにくく、体細胞スコアが増えにくい牛です。

ただし、表2に示したように、暑熱耐性は泌乳能力とは好ましくない関係(負の遺伝相関)にあります。乳量が多い牛ほど、暑熱ストレスの影響により乳量は低下しがちです。

乳量の遺伝的能力が低下するのは困るため、暑熱耐性の評価値だけを見て種雄牛を選抜することはできません。そもそも、(独)家畜改良センターが提供してい

表2 暑熱耐性と乳量、体細胞数及び繁殖性の関係性

形 質	相関 ^(注)	暑熱耐性との関係性
乳量	-0.38	乳量が多い牛ほど暑熱耐性が良くない傾向
体細胞スコア	-0.41	暑熱耐性が良い牛ほど体細胞スコアも良い(少ない)傾向
初産娘牛受胎率	0.19	暑熱耐性が良い牛ほど受胎率も良い傾向
空胎日数	-0.26	暑熱耐性が良い牛ほど空胎日数も良い(短い)傾向

(注) 種雄牛における暑熱耐性とその他形質の育種価の相関係数

る遺伝的能力評価値は、泌乳能力をはじめとする全形質が、高温多湿な日本の飼養環境下において発揮される能力を評価したものです。また、暑熱耐性は、遺伝率が低く⁶⁾、評価値の信頼度が他の形質に比べて低いという課題もあります。

そのため、暑熱耐性の評価値は、NTP上位の種雄牛の中から、1頭を選択する際の「追加情報」として使うのが適当です。暑熱耐性を改善したい雌牛の交配相手を選択するときに、NTP上位で同水準の種雄牛の中から、暑熱耐性の評価値が高いものを選択するという利用法になるわけです(図4)。

なお、暑熱耐性は、体細胞スコアや繁殖性(娘牛の受胎率や空胎日数)とは好ましい関係にあり、同時に改良が進むことが期待できます。

さらに進展

図5は、新たな家畜改良増殖目標の研究会に出された農水省の資料です。国産種雄牛の役割の最初に、「日本の飼養環境・課題に合った種雄牛の作出」があげられています。

冒頭の表1は2023年のデータですが、昨年の残暑も記憶に新しいと思います。まさに、日本の飼養環境に

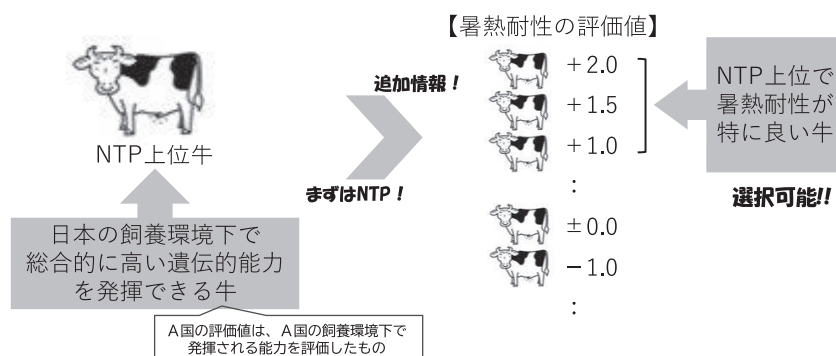


図4 NTPと暑熱耐性の評価値の利用(イメージ)

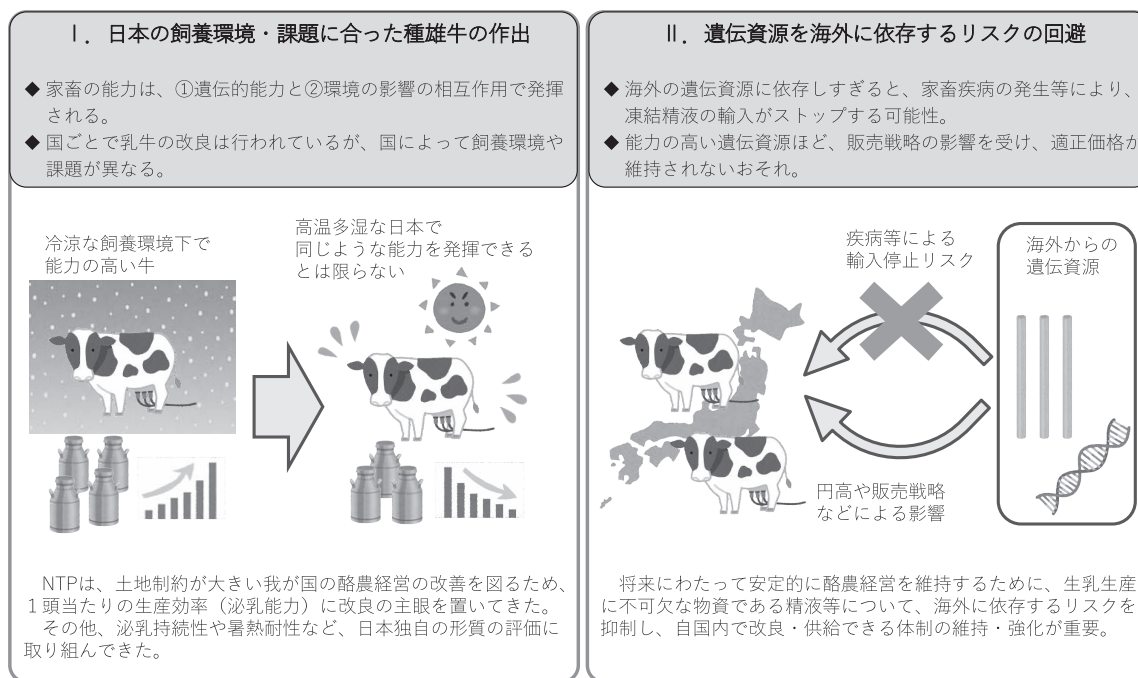


図5 国産種雄牛の役割（農林水産省研究会資料（R6.10））

合った種雄牛の作出が重要であり、その種雄牛を活用した牛群改良のためにも、日本の飼養環境下において発揮される遺伝的能力の評価がますます重要となっています。

遺伝的能力評価の技術や手法の改善は、継続的に行われています。暑熱耐性についても、より信頼性の高い評価手法の検討が続けられており、さらなる進展が期待される研究報告もできています。

暑熱耐性をはじめ、高温多湿といった日本の飼養環境下における乳用牛の改良がより一層効果的に進むよう、関係者の尽力に感謝しつつ、継続的な取り組みと新たな成果を期待しましょう。

参考

- 1) 従来は、種雄牛であれば後代である娘牛、雌牛であれば本牛等の実測値に基づき遺伝的能力が評価されていましたが、DNAの情報を合わせて活用する「ゲノミック評価」の技術が登場。それによって、繁殖性など遺伝率の低い形質の評価値の信頼度が高まるとともに、娘牛を持つ前の若い種雄牛や未經産牛の遺伝的能力評価が可能となりました。
- 2) 日本の風土にあった牛づくりを目指して、最先端技術を活用しながら、(独)家畜改良センターのドナー群を造成しつつ、特長ある形質を有する種雄牛を作出するプロジェクト。酪農家を含む11名か

ら構成される委員会（委員長：姫田尚中央畜産会副会長）によって推進されています。

- 3) リストに掲載されている形質だけでなく、多数の形質について遺伝的能力評価が行われているため、泌乳能力、耐久性に関わる体型、繁殖性等をバランス良く改良することで、日本の飼養環境下において生涯生産性の高い乳用牛を作出することを目的に、特に重要な形質に重み付けをした総合指数。Nippon Total Profit Indexの略。
- 4) (独)家畜改良センター公表。
<https://www.nlbc.go.jp/kachikukairyo/iden/nyuyogyu/hol2502.html>
- 5) 娘牛の情報が得られる前の若い種雄牛。ゲノミック評価の実用化によって遺伝的能力評価が可能となりました。ゲノミック評価の信頼度は、DNA情報を参照する集団の量と質が重要となりますが、日本では、後代検定事業によって蓄積された検定娘牛を参照集団に加えることによって高い信頼度が確保され、ヤングサイアの活用拡大が推進されています。
- 6) 遺伝率とは、多くの遺伝子が関与する量的形質において、集団内での差異を遺伝要因と環境要因に分割したときに、遺伝で説明できる割合を指します。乳用牛の場合、例えば、乳量は0.50、乳器は0.19など。それらに比べ、暑熱耐性は対乳量が0.011、対体細胞スコアが0.005と低水準です。