



# 乳用牛改良に ゲノミック情報を 活用しよう!

 一般社団法人 家畜改良事業団

〒135-0041 東京都江東区冬木11-17 イシマビル17F  
TEL.03-5621-8911(代表) FAX.03-5621-8917  
E-mail:webmaster@liaj.or.jp URL:http://liaj.lin.gr.jp/

2021年8月評価から、新たに「暑熱耐性」の遺伝的能力評価が開始されましたので、独立行政法人 家畜改良センターに解説していただきます。



## 暑熱耐性の遺伝的能力評価が 始まりました!

ホルスタインは乳用牛の中で最も泌乳能力が高い一方、暑熱ストレスに弱い品種であることが知られています。また、近年の地球温暖化の影響により、乳用牛に対する暑熱ストレスによる乳量や繁殖性への影響が問題になっていました。

牛群検定では、2017年7月より各牛群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」情報(図1)が提供されており、各牛群の暑熱対策等に活用されています。また、遺伝的能力は飼養環境と密接な関係があり、冷涼な北米の飼養環境に適した牛が、日本の高温多湿の環境で同じように遺伝的能力が発揮できるとは限りません。そのため、日本特有の環境を反映した評価値として、暑熱耐性の評価が求められていました。

そこで、(独)家畜改良センターでは、**カウダス情報と牛群検定データを活用した暑熱耐性の遺伝的能力評価を2021-8月評価から新たに開始しました。**



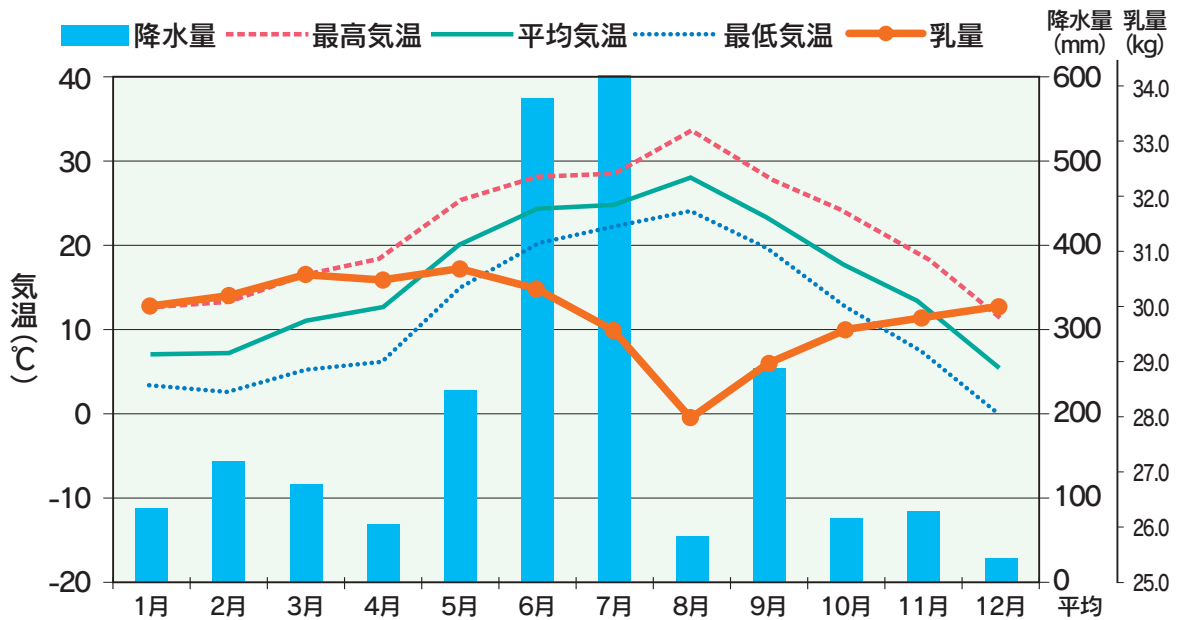


図1. A県の牛群検定気象情報－カウダス－

## 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は、気温(°C)と相対湿度(%)により計算される温湿度指数(THI)が利用されます。これは、いわゆる不快指数と同じ物になります。THIと気温・相対湿度間の関係を表1に示しましたが、湿度が50%の場合に気温が16°CならTHI=60となり、気温が25°CならTHI=72となり、THIの値が高くなるほど暑熱ストレスが大きくなります。暑熱耐性の遺伝的能力評価では毎日の日平均気温(°C)と日平均相対湿度(%)を用いて、下記の式によりTHIを求めています。

$$THI = 1.8 \times t + 32 - (0.55 - 0.0055 \times rh) \times (1.8 \times t - 26)$$

t=日平均気温(°C)、rh=日平均相対湿度(%)

表1. 温湿度指数(THI)と気温・相対湿度間の関係

		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



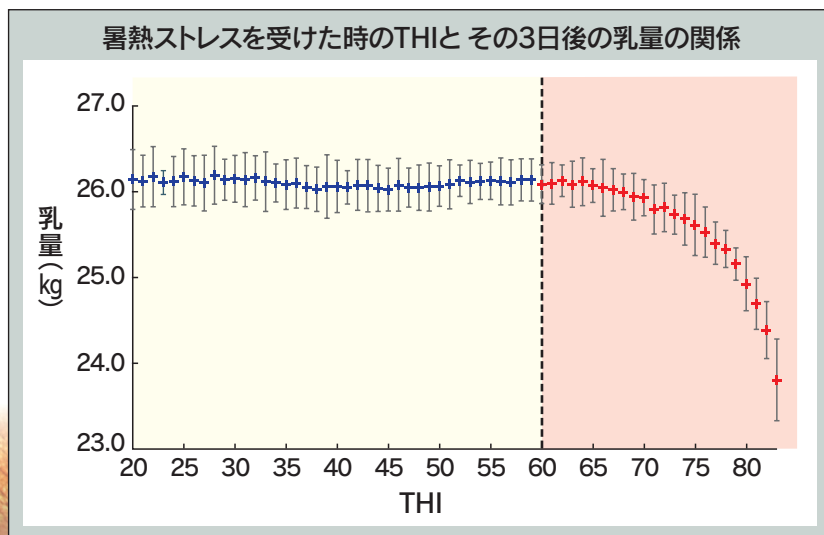
# 暑熱ストレスの影響は THI=60から



ホルスタインでは一日の平均気温が17~18℃を超えるとストレスを感じる事が分かっており、**THIでは60を越えたあたりから暑熱ストレスの影響により、乳量の低下や体細胞スコアの増加がはじまる**といわれています(図2)。

そこで、表2に2000年、2010年および2020年において各地域でTHIが60を超えた日数ならびに72以上の日数を示しました。例えば、九州・沖縄や四国では半年以上が60を越えており、72以上の日数は90日前後と暑熱ストレスの影響を多く受けています。一方で、冷涼な気候である北海道においても、THIが72以上の日数は少ないもののTHIが60を超える日数が100日程度あり、年の4分の1程度は暑熱ストレスの影響を少なからず受けているといえます。したがって、高温多湿の気候である日本では、**いずれの地域においても多かれ少なかれ暑熱ストレスの影響を受けている**といえます。

## ●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)

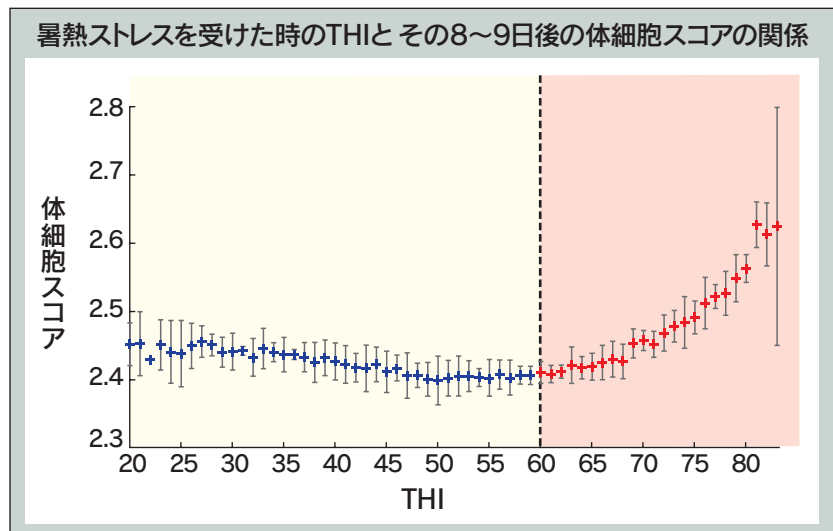


図2. THIに対する乳量と体細胞数の変化(帯広畜産大学 萩谷ら, 2020)

表2. 地域毎のTHIが60を超えた日数ならびに72以上の日数

地 域	2000年		2010年		2020年	
	>60	≥72	>60	≥72	>60	≥72
北海道	98	5	103	12	95	11
東 北	130	43	132	54	140	38
関 東	170	72	167	88	166	78
東海・甲信	158	59	152	71	160	62
北 陸	161	71	158	78	162	70
近 畿	180	81	168	89	175	81
中 国	164	75	164	87	172	72
四 国	193	88	180	89	184	85
九州・沖縄	210	95	213	104	220	109



## 暑熱ストレスの影響が表れるには タイムラグがある

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、タイムラグがあります。**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る**ことがわかっています(図3)。そこで、暑熱耐性の遺伝的能力評価では、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をそれぞれ照合し、THIの変化に対する乳量および体細胞スコアの変動を暑熱ストレスの指標として遺伝的能力評価を行っています。

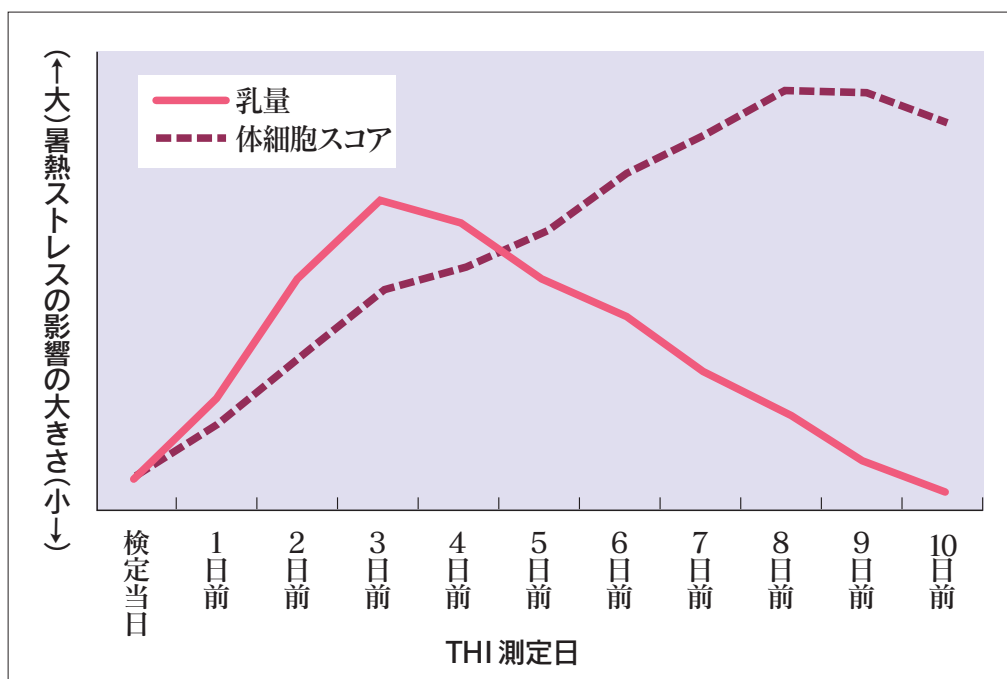


図3. 暑熱ストレスの影響が表れるまでのタイムラグ(帯広畜産大学 萩谷ら, 2020)



## 暑熱耐性の遺伝的能力評価

暑熱耐性の遺伝的能力評価は、THIの変化に対する乳量および体細胞スコアの変動を指標としていますが、具体的には暑熱ストレスの影響を受けていない時(THI=60)の評価値と暑熱ストレス影響を受けている時(THI=72)の評価値の差を乳量および体細胞スコアについてそれぞれ評価値を計算し、経済的な重みづけにより暑熱耐性(円)をまず求めます。

$$\text{暑熱耐性(円)} = 35.7\text{円} \times \text{暑熱耐性(乳量)} - 143.5\text{円} \times \text{暑熱耐性(体細胞スコア)} \dots \textcircled{1}$$

\* 35.7円は平成27～29年の生乳1kg当たりの所得、-143.5円は平均的な乳用牛における日乳量に対する体細胞スコアの増加による経済的損失

次に、①で求めた暑熱耐性(円)の評価値を以下の式により標準化育種価(SBV)として公表します。なお、評価値が1ポイント違うと乳量と体細胞スコアの面において1日当たり1頭につき10円程度の所得の差が生じることとなります。

### 暑熱耐性の標準化育種価(SBV)

$$= \frac{\text{暑熱耐性(円)} - \text{遺伝ベース年生まれの雌牛の平均値(円)}}{\text{遺伝ベース年生まれの雌牛の標準偏差(円)}} \dots \textcircled{2}$$

暑熱耐性の評価は値が高いほど暑熱耐性が優れた牛となります。なお、SBVは体型形質(線形)および泌乳持続性にも使われており、スケールの違う評価値を同じスケールで遺伝的な特徴をわかりやすく表示するための表示方法です。



## 暑熱耐性の遺伝的趨勢は低下傾向

後代検定済種雄牛と雌牛について暑熱耐性の遺伝的趨勢を図4に示します。後代検定済種雄牛は2010年頃まで暑熱耐性が年々悪化し1998年の+0.3から2010年の-0.3まで評価値が1ポイント低下しています。また、雌牛も同様に2016年頃まで年々悪化し、1998年の+0.9から-0.1まで評価値が低下しています。暑熱耐性の評価が開始されたことにより、今後、乳用牛の暑熱ストレスへの耐性が遺伝的に改善する方向に改良を進めることが重要です。

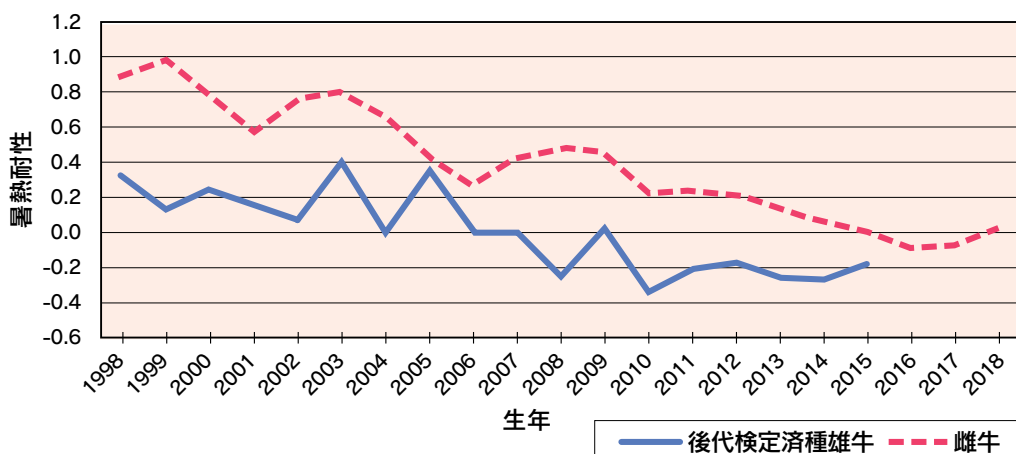


図4. 暑熱耐性の遺伝的趨勢



# 暑熱耐性を利用した 乳用牛の遺伝的改良

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遺伝的能力評価値です。暑熱耐性の評価値が高い(暑熱耐性が良い)牛は、THIが増加しても乳量は低下しにくく、体細胞スコアは増えにくい牛であり、逆に暑熱耐性の評価値が低い(暑熱耐性が悪い)牛は、乳量が低下しやすく、体細胞スコアは増えやすい牛となります(図5)。

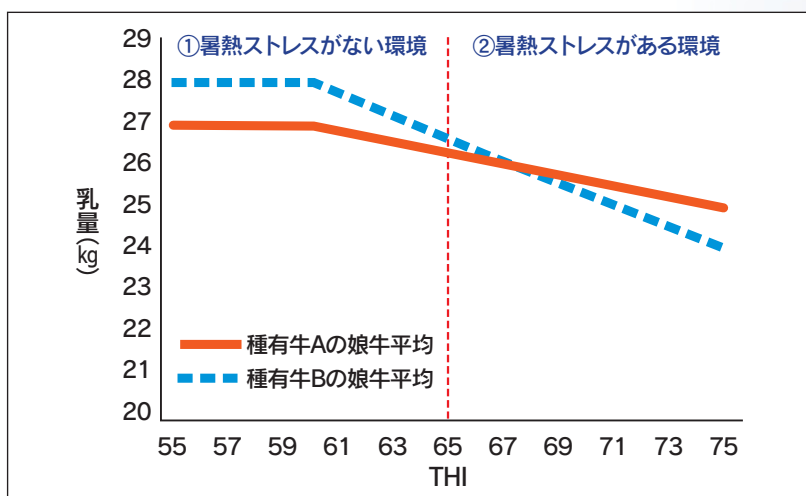


図5. 種雄牛の暑熱耐性の違いのイメージ(帯広畜産大学 萩谷ら, 2020)

暑熱耐性の評価値は、牛に対する暑熱ストレスの指標として乳量と体細胞スコアを利用していますが、暑熱の影響は疾病や繁殖性とも関連があります。そこで、表6に種雄牛における暑熱耐性とその他の形質との評価値間の相関を示しました。上述したとおり、暑熱耐性が高いと暑熱ストレスの影響による乳量の低下量が少ない関係にあります。暑熱耐性は泌乳能力とは好ましくない関係(泌乳能力が高い個体は、相対的に暑熱ストレスの影響による乳量の低下量が大きくなるため)にあります。一方で、体細胞スコアや繁殖性(初産娘牛受胎率・空胎日数)とは好ましい関係にあり、暑熱耐性が高いと体細胞スコアが低く、繁殖性が良い傾向にあります。

したがって、暑熱耐性の遺伝的改良は、暑熱環境下における乳量の低下、健全性や繁殖性の改善など、**経済的に影響の大きい形質に対する暑熱ストレスの影響を幅広く改善**することが期待できます。ただし、暑熱耐性の遺伝率は、乳量で0.011、体細胞スコアで0.005と低く、暑熱耐性の評価値自体の信頼度は、新規選抜種雄牛で30~40%程度と泌乳形質(約85%)ほど高くないことから、暑熱耐性の遺伝的改良とともに、牛舎の暑熱対策等、飼養環境の改善もこれまで通り重要と言えます。

表6. 暑熱耐性とその他の形質間の関係性

形質	相関
乳量	-0.45
体細胞スコア	-0.34
初産娘牛受胎率	0.25
空胎日数	-0.29