

## 近親交配があぶない！

近親交配とは、血縁関係にある個体間の交配のことである。ホルスタインの場合は、品種内で純粋繁殖していることに加え、凍結精液や凍結受精卵によって、特定の遺伝子が広範囲に利用されていることから、近親交配を完全に回避することができない家畜である。近親交配の程度は、近交係数と呼ばれる数値によって表示される。図 - 2 には、代表的な近親交配の組み合わせを示した。ここで示した例の中で、もっとも強力な近親交配は、父・娘または母・息子交配であり、近交係数は 25% になる。しかし、実際には、複数の共通祖先が複雑に血縁関係にあるような個体も存在するので、父・娘または母・息子交配よりも近交が高くなる組み合わせがあり、30% を越える雌牛もいる。そして、近年、北海道におけるホルスタイン集団の近交係数が非常に早い速度で、上昇していることがわかってきた。

### 近交係数は 4% 台に突入

実際に、北海道のホルスタイン集団は、どの程度まで近親交配が進んでいるのだろうか。図 - 1 には、誕生年に対する雌牛と種雄牛の平均近交係数の変化を示した。雌牛の近交係数は、1960 年生まれにおいて平均 0.2% であったが、1970 年、1980 年、1990 年および 2000 年において、各々 0.6%、1.3%、1.9% および 4.4% と年々上昇する傾向が認められた。種雄牛は、さらに近親交配の程度が進んでおり、1990 年代において、すでに平均 5% を越えていることがわかる。特に、注目したいことは、雌牛の 1990 年代における近交係数が年当たり 0.25% の速度で顕著な上昇傾向が認められたことである。このままの速度で上昇すれば、2010 年には約 7% に到達する勢いである。

当組合では、近親交配を避けるための目安として、近交係数が 6.25% を越えないように供用

種雄牛を選ぶことを推奨している。6.25% 以上の交配とは、図 - 2 のように、少なくとも、おば・おいまたはいとこ交配を避けることを前提にした基準である。すなわち、これから生まれる娘牛を除いて 3 世代までの血縁を注意しなさいということであるが、実際に、それでは不十分になってきているのである。その理由は、後代検定済み種雄牛の系統が非常に限られたものになってきているためである。具体的に、後代検定候補種雄牛や一般供用種雄牛のほとんどは、ベル、チーフ、エレベーションおよびスターライトの 4 系統のどれかに属するといわれている。3 世代前までは、共通祖先がないから大丈夫というのは軽率であり、4 世代または 5 世代よりもさらに家系を遡れば、多くの共通祖先を見つけ出すことになる。これらは、累積され、子孫の近交係数を急激に上昇させることにつなが

るのである。共通祖先が複雑に関連性を持つ家系では、家系図から近親交配かどうかを判断することが難しくなってくる。それ故、ある程度

の世代を考慮した家系図から近交係数を算出し、近親交配の程度を客観的に示すことが重要になってくる。

図 - 1 誕生年に対する雌牛 ( ) と種雄牛 ( ) の平均近交係数の変化

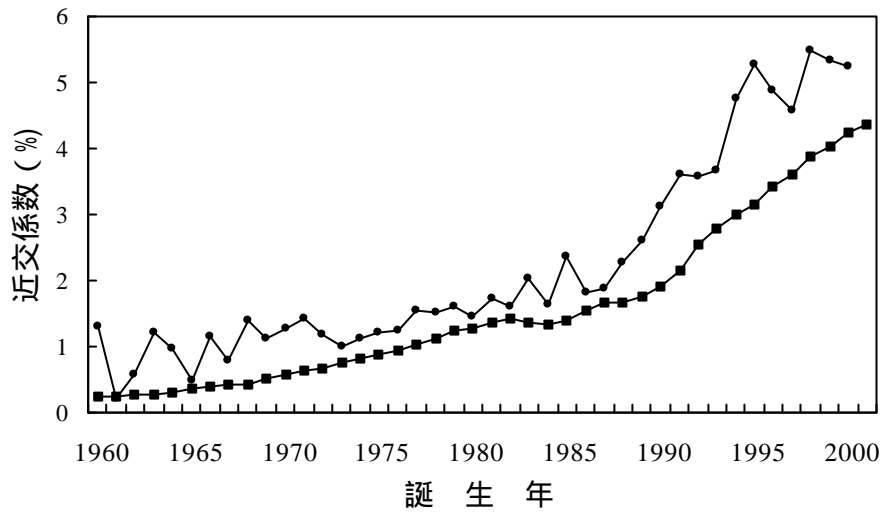
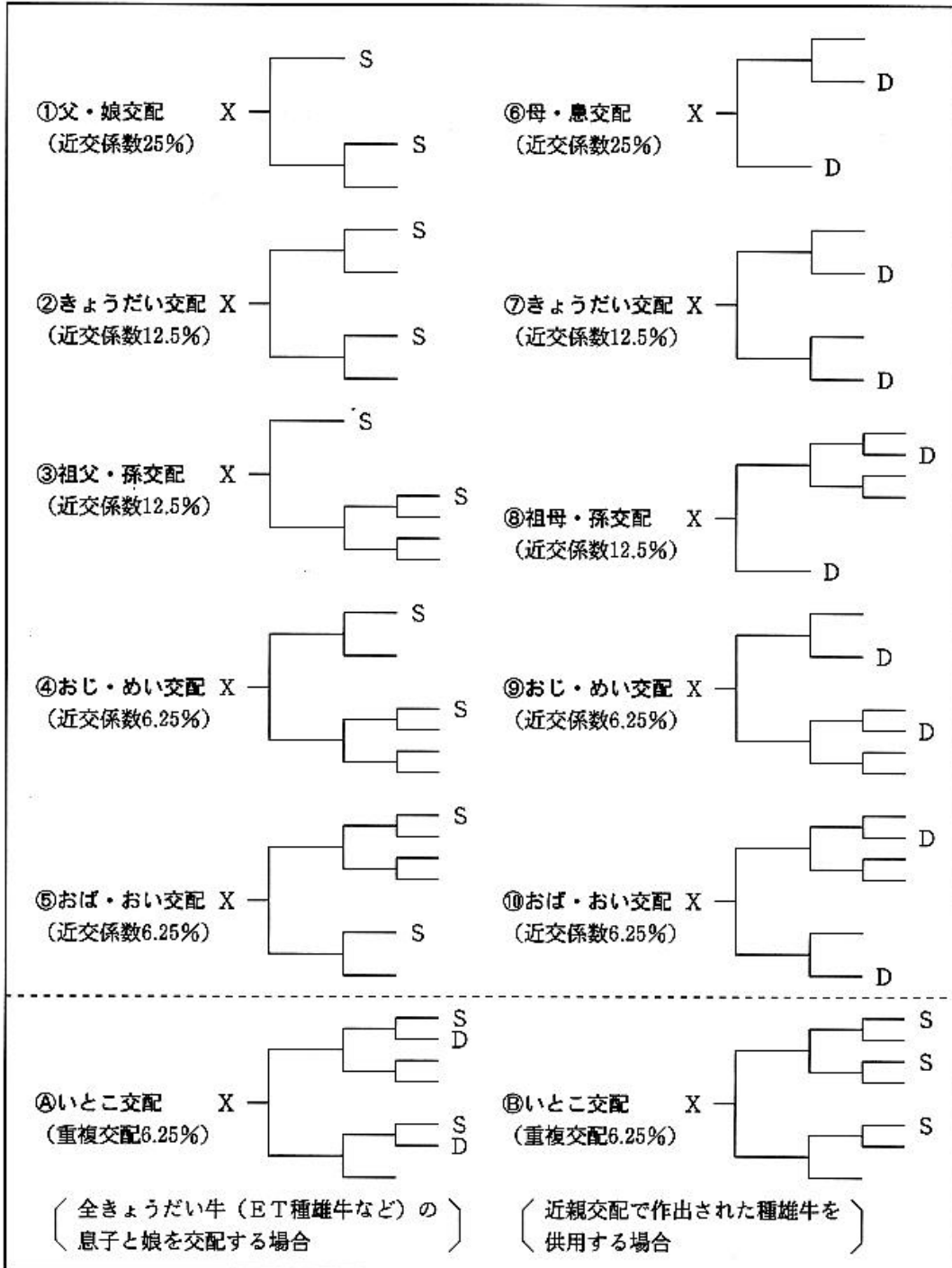


図-2 近親交配になる組合せと近交係数

(X : 雌牛、S : 雄牛共通祖先、D : 雌牛共通祖先)



## 近親交配は近交退化を誘発する

近親交配を繰り返すと、一般には近交退化現象が誘発される。近交退化は、2つの現象に大別される。一つは、近親交配によって、劣性遺伝子がホモ化され、表面化する現象である。その多くは、遺伝病と呼ばれるものである。ホルスタインの場合は、近親交配を繰り返すことによって、単蹄、BLAD および DUMPS などの発現頻度が増加する。病気ではないが、赤白斑も近親交配によって、発現する可能性が高くなる。もう一つは、近親交配の上昇にともない、集団の平均値が低下する現象である。産乳量の減少、体の大きさの矮小化、繁殖性や生存性(抗病性)の低下がその例である。

表 - 1 には、近交係数 1%が増加するにともなう産乳能力の低下量、すなわち近交退化量を示した。乳量は、近交係数 1%当たり 24.8kg 低下する。例えば、305 日乳量で 8,100kg 搾ることができた雌牛 A を例にあげる。雌牛 A の近交係数が 6.25%と仮定すると、以下の式から、もし、近交係数がゼロであるならば、8,255kg 搾ることができたはずである。しかし、実際には、近交個体であるために、わずかなではあるが、乳量が低下したと解釈できる。 $8,100\text{kg} - (-24.8\text{kg}/1\% \times 6.25\%) = 8,255\text{kg}$  乳脂量、乳タンパク質量および無脂固形分量の近交退化量も同様の考え方で、説明できる。一方、体型形質の近交退化は、表 - 2 に示した。決定得点は、近交退化によって、近交 1% 当たり 0.177 点低い点数が付けられる可能性

がある。例えば、体型審査で 80 点の体型得点が付けられた雌牛 B は、近交係数 7.23%の近交個体であるものと仮定しよう。その時、以下の式から、雌牛 B が近交個体でなかったならば、81 点もらえたかもしれないのである。このように、近親交配は、能力や体型得点の低下を招く可能性を増大させる。

$$80\text{点} - (-0.177\text{点}/1\% \times 7.23\%) = 81.3\text{点}$$

近親交配によって体が小さくなる現象は、線形形質を見ることによって、さらに明確になってくる。高さ、強さ、体の深さおよび尻の幅は、近交 1%当たり、負の方向に変化する。すなわち、近交係数の上昇にともない、牛体サイズが小さくなることがわかる。乳房の形質は、前乳房の付着以外、近交係数の上昇に伴い正または負の方向に変化する。負の傾向を示す形質の中で、後乳房の幅は近交係数の上昇にともない狭くなり、乳房の懸垂は弱くなり、さらに乳頭の長さは短くなる傾向が認められる。一方、後乳房の高さ、乳房の深さおよび乳頭の配置は、近交係数の上昇に伴い正の方向に変化するが、これらは付着が高く、乳房底面が浅く、さらに乳頭が内付きになる傾向を示している。それ故、乳房に関する線形形質の変化は、近交係数の上昇にともない乳房が小さくなる傾向を示しているものと考えられる。

表 - 1 産乳形質の近交退化量

形 質	近交退化量(kg/%)
乳 量	-24.8
乳脂量	-0.9
乳タンパク質量	-0.7
無脂固形分量	-2.1

表 - 2 産乳形質の近交退化量

形 質	近交退化量(点/%)
決定得点	-0.177
高 さ	-0.118
強 さ	-0.104
体の深さ	-0.114
鋭角性	-0.032
尻の角度	0.037
尻の幅	-0.103
後肢側望	0.033
蹄の角度	-0.036
前乳房の付着	0.000
後乳房の高さ	0.022
後乳房の幅	-0.069
乳房の懸垂	-0.026
乳房の深さ	0.074
乳頭の配置	0.047
乳頭の長さ	-0.070

### 近交係数は、交配計画にも利用できる

交配は、牛群内の雌牛に供用するための種雄牛を数頭から十数頭の範囲で選択することから始まる。これらは、遺伝的に優秀な種雄牛であることは当然である。問題となるのは、ある雌牛にどの種雄牛を交配するかを決めなければならない時である。図 - 3 で示したように、雌牛 1 に対して種雄牛 C を交配したと仮定しよう。雌牛 1 における乳量の育種価は+440kg、種雄牛 C のそれは+1,031kg とすると、以下の式から将来生産される娘牛の育種価は、両親平均の考え方から+1,005kg になると予測される。

$$(1,031\text{kg}+440\text{kg})/2=1,005\text{kg}$$

この方法で供用種雄牛を選定しようとするれば、どの雌牛に対しても育種価がもっとも

高い種雄牛を選ぶことになる。これでは、わざわざ供用種雄牛を数頭から十数頭の範囲で選んでおく必要がなくなる。そこで、前述した近交退化のことを思い出してもらいたい。将来生産したい娘牛の近交係数は、交配前に算出できるので、これを使用すれば、娘牛において生じる遺伝的価値の損失量を予測できることになる。仮に、雌牛 1 と種雄牛 C の交配によって生産される娘牛の近交係数を 7.16% とする。この場合、以下の式から、雌牛 1 と種雄牛 C の交配によって生まれる娘牛の育種価は、+827kg と予想される。

$$1,005\text{kg}+(-24.8\text{kg}/1\% \times 7.16\%)=827\text{kg}$$

上述した方法を利用して、始めに、雌牛

1に供用したい種雄牛を10頭選び、その中でどの種雄牛を実際に供用すれば、もっとも優秀な娘牛を生産できるかを考えることにする。表-3に示したように、育種価の単純な両親平均を利用する場合、産乳成分の両親平均がもっとも高くなる種雄牛Cを

供用することが望ましいと考えられる。しかし、娘牛の近交係数を利用した場合、近交退化によって生じる損失量を考慮すれば、種雄牛Cよりも種雄牛Eを交配した方が、娘牛の遺伝的レベルがより高くなることがわかる。

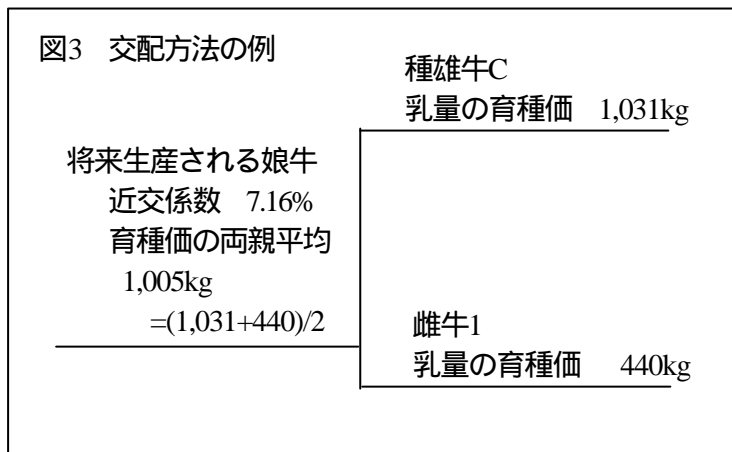


表-3 種雄牛AからJを雌牛1に供用した場合、予測される娘牛の近交係数と育種価の両親平均、さらに近交係数によって補正された両親平均

交配計画	娘の近交係数	両親平均				補正後の両親平均			
		乳量	乳脂量	乳タンパク質量	産乳成分	乳量	乳脂量	乳タンパク質量	産乳成分
雌牛1									
×									
種雄牛C	7.16	1005	30	38	264	827	24	33	230
種雄牛D	4.12	1263	44	38	255	1161	40	35	235
種雄牛E	0.00	813	34	33	237	813	34	33	237
種雄牛F	1.27	722	38	28	211	690	36	27	205
種雄牛G	5.29	625	36	27	208	494	31	23	183
種雄牛H	2.30	675	51	29	235	618	48	27	224
種雄牛I	0.00	761	39	31	229	761	39	31	229
種雄牛J	1.78	1070	39	31	208	1025	37	29	200
種雄牛K	5.09	1060	29	30	191	934	24	26	167
種雄牛L	0.00	872	26	32	216	872	26	32	216

北海道のホルスタインは、ごく限られた系統の種雄牛の交配によって維持されている集団であるから、完全に近親交配を回避できないのが現実である。多分、北海道におけるホルスタイン集団では、非近交個体を見つけ出すのが難しいくらい、ほとんどの雌牛は少なからず近交を持っているであろう。近交退化のような弊害を避けるために、近親交配を極力避けることは当然である。また、近交個体の増加は、供用種雄牛を選定する場合、近交を回避すると言うよりは、近交であっても近交退化量を上回るくらいの遺伝的レベルの高い種雄牛を供用できるような交配計画が重要になってきていると考えられる。