

## 兵庫県での遺伝的アルゴリズムによる集団の近交レベルと種雄牛の供用頻度に制限を加えた交配計画の最適化

福島護之\*・野田昌伸\*・木伏雅彦\*・大山憲二\*\*・向井文雄\*\*

### 要 約

遺伝的改良量を維持しつつ、近交レベルの抑制が可能な交配計画の策定が、近交レベルや種雄牛の供用頻度に制限を加えた遺伝的アルゴリズムで可能か否かを検討した。対象とした集団は、従来から育種牛が保有されているA地域、B地域及びC地域の3地域とし、当該地域内で予測育種価の判明している雌牛約3,000頭と15頭又は18頭の種雄牛を用いた交配シミュレーションを実施し、遺伝的改良量と近交レベルの変化を明らかにした。

- 1 皮下脂肪厚を薄く、脂肪交雑評点を高くするように重み付けをして、無作為の交配を行った場合、各地域とも平均近交係数が0.124～0.166と現状よりも高くなることが示唆された。
- 2 総合育種改良量を最大にする交配計画から生産される次世代の近交度を最低にする交配をシミュレートした。平均近交係数は、0.058～0.083まで低下することが明らかになった。
- 3 各地域で種雄牛の供用頻度に制限を加えたところ、総合改良量はやや低下するものの、脂肪交雑の改良量には影響がなく、近交レベルを変えない適切な交配計画を検討できることが示唆された。

## Determination of Optimum Mating Designs for Japanese Black Cattle in Hyogo with Constraints on Inbreeding Levels and Mating Frequencies of Sires via a Simple Genetic Algorithm

Moriyuki FUKUSHIMA, Masanobu NODA, Masahiko KIBUSHI, Kenji OYAMA and Fumio MUKAI

### Summary

To optimize genetic gains and inbreeding levels, we employed mating designs with constraints on inbreeding level and mating frequencies of sires via a simple genetic algorithm(GA). About 3,000 dams of three sub-population of Japanese Black cattle in Hyogo prefecture were simulated to mate with 15 or 18 sires. The results were as follows.

- (1) After random mating, the inbreeding levels increased to 12.4 - 16.6% in all sub-populations on these terms.
- (2) When the aggregate genetic level was maximum and the expected inbreeding level was minimum, expected inbreeding levels were between 5.8% and 8.3%.
- (3) When limiting the mating frequencies of sires, genetic gain decreased a little, but no effect was seen on BMS gain. Then GA made the optimum mating designs which resulted in suitable inbreeding level and genetic gains.

キーワード：最適化、近交係数、遺伝的改良量、遺伝的アルゴリズム、但馬牛

### 緒 言

兵庫県では平成5年度からアニマルモデル BLUP 法を用いた枝肉形質の育種価評価を定期的実施し、種雄候補牛の選定や雌牛改良への利用が定着し始めている。実際に育種価評価の高い雌牛から生産された種雄候補牛が期待通りの産肉能力検定結果を示すなど、育種価評価を利用す

ることによる改良現場への効果が着実に現れてきた。しかし、アニマルモデルによる育種価評価は、集団内の全ての血縁関係を考慮して算出されるため、予測値のみを用いた選抜・交配を行った場合には育種価の高い父や祖父を持つ後代が集中的に選抜され遺伝的改良量のみならず近交レベルをも急激に上昇させる危険性を合わせ持っている。このことは、兵庫県のように閉鎖群内で育種を継続していくためには、遺伝的改良量に加え、近交レベルや遺伝的多様性の維持にも留意することが必要となる。そのため、血統的な情報を考慮した

1998年8月31日受理

\* 北部農業技術センター \*\* 神戸大学

最適な交配計画の策定が欠かせない。しかしながら、血統的な条件を考慮した総当たりの交配をシミュレーションすると、仮に1,000頭の雌に20頭の種雄牛を交配する場合でも20<sup>1000</sup>通りという天文学的な交配計画が存在することになるために、現実的には全交配を計算して比較することは不可能となる。近年、OyamaとMukai<sup>1)</sup>が遺伝的アルゴリズム(以下GAと呼ぶ)という効率的に交配の最適化をシミュレーションする手法を提唱した。そこで、本県繁殖地域において、近交レベルと種雄牛の供用頻度に制限を加えたGAにより、遺伝的改良量を低下させず近交レベルを抑制できる交配計画の最適化の可能性を検討した。

### 材料及び方法

アニマルモデルによる枝肉形質の育種価評価には、兵庫県下で肥育・出荷された13,359頭の枝肉成績を用いて、全国和牛登録協会のプログラムによって実施した。分析モデルには、表1に示した効果を取り込んだ。

交配計画の策定には、OyamaとMukai<sup>1)</sup>のGAのプログラムを用いた。最適化のために課した制限としては、次世代の近交レベル、個々の後代の近交係数及び種雄牛の供用頻度を設定し、一定の制限下における改良量や近交レベルをGAにより試算した。交配計画の策定に考慮した形質は、枝肉重量、ロース芯面積、バラの厚さ、皮下脂肪厚、推定歩留及び脂肪交雑評点の6形質とした。改良の対象となる牛群は、A、B及びC地域の3地域で飼養される予測育種価を持つ繁殖雌牛から、各地域それぞれ664頭、334頭及び2,000頭とした。C地域については改良目標に変化を持たすために、育種価評価済みの4,000頭のうち枝肉重量の予測育種価の上位1,000頭と脂肪交雑の上位1,000頭からなる2群を別に選定して検討した。種雄牛は本県において分析形質の予測育種価が判明している個体のうち各地域の系統の特殊性を考慮し、A地域15頭、B地域18頭、C地域の体積系18頭及び肉質系18頭とした。

交配パターンの優劣は、脂肪交雑基準値及び皮下脂肪に2倍の重みを加えた場合の次世代の総合遺伝的レベルと近交レベルで評価した。

### 結 果

対象とした種雄牛と各地域の繁殖雌牛間の平均相加的血縁係数の現状は表2に示すように、熊波系及び城崎系を除く中土井系の種雄牛では各地域とも30%以上と高い値を示した。ただし、中土井系の種雄牛でも安千代土井や菊茂土井との血縁係数は、各地域とも20%程度かそれ以下であった。一方、安美土井、安谷土井、菊照土井

表1 分析モデル

	効	果
母数効果	性別(2水準), 出荷年次(9水準), 出荷先(6水準), 肥育地(11水準)	
回 帰	出荷時月齢(1次及び2次), 近交係数(1次)	
変量効果	個体(31, 628水準: 評価基準年1965年)	残差

及びその後代の種雄牛と繁殖雌牛群との血縁係数は各地域とも高く、40%を越える地域も見られた。表3には、個々の後代の近交係数の上限値を0.15に制限した場合に種雄牛と交配できる各地域の繁殖雌牛の割合を示した。当然のことながらこの結果は、表2とは反対に血縁係数の低い種雄牛を交配した場合に近交係数を0.15以下に制限することが可能な繁殖雌牛の割合が高くなった。A地域では、今回評価された繁殖雌牛の47%で近交係数を0.15以下とする交配が可能であったが、他地域では71~72%と高い割合に達していた。C地域の脂肪交雑系として選定した雌牛群は、A地域に類似した血統構成であるため、A地域と同様の傾向を示した。

表4には、GAによる交配計画策定のために設定した各分析形質の近交退化係数(1%当たり)ならびに育種価への重み付け係数を示した。今回は、相対的な重み付け係数を皮下脂肪と脂肪交雑に2倍の重点を加えて分析した。また、各地域における現在の枝肉形質の遺伝的レベル(予想育種価の平均)を表5に示した。今回は、脂肪交雑の改良量を高めるための重み付けを行ったので、C地域の脂肪交雑系雌牛群が高い総合遺伝的レベルを示した。この値は、A地域の遺伝的レベルと類似していた。B地域は、他地域に比較してやや低い傾向にあった。3地域の近交レベルについては、表6に示すとおりで、現状でもA地域やC地域の脂肪交雑系で0.12を越える高い平均近交係数を示した。しかも、近交レベルを無視して選定した種雄牛と雌牛群を無作為交配した場合、これら地域や群では次世代において0.15以上の近交係数に達することが認められた。また、総合育種価の改良量を最大にするような計画実施がもたらす次世代の近交係数は、0.058~0.083と予測され、兵庫県においても最適な交配を実施していくことで、能力を高めると同時に近交度を低下させる交配計画の策定が可能であることが示された。一方で、最大の改良量をもたらす交配計画では、種雄牛の供用頻度が46~73%と高々1~2頭の種雄牛に供用が集中する計画となっている。このような種雄牛の集中は、集団の

表2 種雄牛と各地域の繁殖雌牛群間の平均相加之血縁係数

種雄牛	A地域	B地域	C地域	
			枝肉重量	脂肪交雑
谷脇土井	0.425	0.331	0.360	0.412
幸高土井	0.385	0.297	0.306	0.363
照長土井	0.387	0.285	0.277	0.416
鶴丸土井	0.362	0.279	0.294	0.354
菊道土井	0.293	0.212	0.239	0.320
第2照幸土井	0.350	0.254	0.251	0.379
照神土井	0.390	0.287	0.274	0.422
第2安鶴土井	0.401	0.325	0.329	0.411
照菊波	0.227	0.173	0.192	0.230
菊茂土井	0.298	0.201	0.223	0.264
菊照土井	0.391	0.270	0.235	0.468
安美土井	0.469	0.380	0.403	0.452
安千代土井	0.227	0.174	0.250	0.215
越照波	0.180	0.127	0.150	0.171
茂金波	0.189	0.114	0.165	0.141
谷石土井	—	0.246	0.255	0.270
奥隼	—	0.208	0.097	0.081
奥秀	—	0.257	0.149	0.162

表3 後代の近交係数の上限値を0.15に制限した場合に種雄牛と交配できる各地域の繁殖雌牛の割合

種雄牛	A地域	B地域	C地域	
			枝肉重量	脂肪交雑
谷脇土井	0.1928	0.4251	0.3820	0.1590
幸高土井	0.2470	0.5240	0.4600	0.2100
照長土井	0.1657	0.5419	0.5840	0.1250
鶴丸土井	0.2063	0.5599	0.5050	0.2360
菊道土井	0.5693	0.7754	0.7790	0.3640
第2照幸土井	0.3042	0.7186	0.7540	0.2300
照神土井	0.1792	0.5359	0.6100	0.1340
第2安鶴土井	0.2169	0.4341	0.3920	0.1810
照菊波	0.9699	0.9820	0.9540	0.9440
菊茂土井	0.6340	0.8892	0.8880	0.8140
菊照土井	0.4684	0.7455	0.8180	0.3000
安美土井	0.2199	0.3713	0.3460	0.1550
安千代土井	0.9157	0.9760	0.8180	0.9180
越照波	0.9714	0.9820	0.9650	0.9670
茂金波	0.8614	0.9790	0.9300	0.9800
谷石土井	—	0.7455	0.7430	0.7270
奥隼	—	0.8144	0.9860	0.9990
奥秀	—	0.7844	0.9670	0.9770
全種雄牛	0.4748	0.7102	0.7156	0.5233

表4 GAによる交配計画のために設定した各分析形質の近交退化係数(1%当たり)ならびに育種価への重み付け係数

形質	近交退化の係数	相対的な重み付け係数
枝肉重量:kg	-0.4528	1.00
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	-0.0480	1.00
バラの厚さ:cm	-0.0068	1.00
皮下脂肪厚:cm	-0.0019	-2.00
推定歩留:%	-0.0036	0.00
脂肪交雑(基準値)	-0.0010	2.00

表5 各地域における現在の遺伝的レベル(繁殖牛のみ)の予測育種価の平均

	A地域	B地域	C地域	
			枝肉重量	脂肪交雑
総合遺伝的レベル	4.382	3.698	3.794	5.187
枝肉重量:kg	9.147	7.212	22.541	9.167
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	2.343	1.211	3.705	2.826
バラの厚さ:cm	0.226	0.235	0.412	0.333
皮下脂肪厚:cm	-0.346	-0.193	-0.169	-0.344
推定歩留:%	0.650	0.396	0.622	0.781
脂肪交雑(基準値)	0.729	0.458	0.525	1.032

表6 各地域における種々の近交レベル

	A地域	B地域	C地域	
			枝肉重量	脂肪交雑
現在の近交度	0.1273	0.0837	0.0876	0.1201
無作為交配での次世代の近交度	0.1658	0.1232	0.1237	0.1536
次世代の最低近交度	0.0719	0.0390	0.0355	0.0354
改良量を最大にする次世代の近交度	0.0831	0.0584	0.0708	0.0657
種雄牛の供用頻度	0.5798	0.6018	0.4600	0.7300

表7 種雄牛の供用頻度に設定した上限値

区分 (均等供用に 対する倍率)	A地域	B地域	C地域	
			枝肉重量	脂肪交雑
上限値1(×2)	0.14	0.12	0.12	0.12
上限値2(×3)	0.20	0.17	0.17	0.17
上限値3(×4)	0.27	0.23	0.23	0.23
均等供用した場合 種雄牛数	0.0667 (15)	0.0556 (18)	0.0556 (18)	0.0556 (18)

表8 A地域における最良の交配計画で期待される各形質の改良量並びに近交レベル

	供用頻度の制限値			
	0.14	0.20	0.27	なし
総合遺伝的レベル	1.143	1.383	1.588	1.808
枝肉重量:kg	1.331	-0.182	0.039	1.274
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	-0.054	-0.300	-0.282	0.206
バラの厚さ:cm	0.103	0.106	0.129	0.141
皮下脂肪厚:cm	-0.003	-0.043	-0.066	-0.094
推定歩留:%	0.048	0.073	0.108	0.191
脂肪交雑(基準値)	0.199	0.215	0.197	0.125
期待近交レベル	0.1029	0.0988	0.0930	0.0831
近交係数の最小値	0.0424	0.0412	0.0380	0.0337
最大値	0.1499	0.1498	0.1498	0.1491

表9 B地域における最良の交配計画で期待される各形質の改良量並びに近交レベル

	供用頻度の制限値			
	0.12	0.17	0.23	なし
総合遺伝的レベル	1.775	1.963	2.091	2.327
枝肉重量:kg	0.735	1.468	1.721	0.368
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	0.362	0.308	0.159	1.033
バラの厚さ:cm	0.114	0.154	0.191	0.117
皮下脂肪厚:cm	-0.141	-0.152	-0.166	-0.220
推定歩留:%	0.241	0.261	0.276	0.407
脂肪交雑(基準値)	0.288	0.269	0.260	0.242
期待近交レベル	0.0741	0.0680	0.0657	0.0584
近交係数の最小値	0.0196	0.0231	0.0231	0.0208
最大値	0.1477	0.1492	0.1496	0.1496

表10 C地域(枝肉重量)における最良の交配計画で期待される各形質の改良量並びに近交レベル

	供用頻度の制限値			
	0.12	0.17	0.23	なし
総合遺伝的レベル	1.283	1.472	1.563	1.663
枝肉重量:kg	-6.397	-5.685	-6.030	-7.654
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	-0.728	-0.893	-0.976	-0.395
バラの厚さ:cm	0.032	0.081	0.091	0.045
皮下脂肪厚:cm	-0.140	-0.164	-0.181	-0.237
推定歩留:%	0.133	0.158	0.174	0.290
脂肪交雑(基準値)	0.274	0.233	0.192	0.212
期待近交レベル	0.0770	0.0720	0.0655	0.0708
近交係数の最小値	0.0202	0.0233	0.0226	0.0223
最大値	0.1464	0.1492	0.1485	0.1494

表11 C地域(脂肪交雑)における最良の交配計画で期待される各形質の改良量並びに近交レベル

	供用頻度の制限値			
	0.12	0.17	0.23	なし
総合遺伝的レベル	0.765	1.022	1.189	1.483
枝肉重量:kg	1.280	1.342	1.581	1.501
ロース芯面積:cm <sup>2</sup>	-0.387	-0.316	-0.582	0.320
バラの厚さ:cm	0.076	0.103	0.122	0.070
皮下脂肪厚:cm	-0.016	-0.050	-0.056	-0.106
推定歩留:%	-0.001	0.057	0.038	0.167
脂肪交雑(基準値)	0.004	-0.031	-0.077	-0.090
期待近交レベル	0.0917	0.0834	0.0717	0.0657
近交係数の最小値	0.0275	0.0263	0.0233	0.0233
最大値	0.1498	0.1499	0.1496	0.1479

表12 最良の計画交配での種雄牛の総合遺伝的レベルと供用頻度(A地域)

種雄牛	総合遺伝的レベル	供用頻度の制限値			
		0.14	0.20	0.27	なし
第2安鶴土井	8.8134	0.1386	0.1988	0.2123	0.2003
幸高土井	7.9797	0.1054	0.0482	0.0361	0.0075
照長土井	7.0347	0.0527	0.0542	0.0497	0.0181
鶴丸土井	6.7121	0.0105	0.0030	0.0030	—
安美土井	6.5826	0.0030	0.0030	0.0030	—
茂金波	5.5462	0.1386	0.1988	0.2696	0.5798
第2照幸土井	5.0400	0.0271	0.0090	0.0030	—
菊照土井	4.9312	0.1340	0.1837	0.1325	0.0015
越照波	4.8999	0.1386	0.1988	0.2696	0.1928
谷脇土井	4.4385	0.0015	—	—	—
菊茂土井	3.5781	0.1039	0.0331	0.0075	—
菊道土井	3.5730	0.0181	0.0015	0.0015	—
照菊波	3.5714	0.1175	0.0648	0.0105	—
安千代土井	1.4074	0.0105	0.0030	0.0015	—
多様性指数		0.88	0.84	0.79	0.59
有効サイズ		8.67	6.14	4.72	2.42

1回の供用は0.0015に相当。下線は制限まで使用した。

有効サイズを激減させ遺伝的多様性の減少を必然的に引き起こす。そこで、各地域毎に種雄牛の上限を設定し、その制限下での交配の最適化を試みた。

各地域の供用頻度の上限値を設定するにあたっては、表7に示すように種雄牛数を基準にして均等供用した場合の供用頻度を基にして、2,3及び4倍の上限値を設定した。

表13 最良の計画交配での種雄牛の総合遺伝的レベルと供用頻度(B地域)

種雄牛	総合遺伝的 レベル	供用頻度の制限値			
		0.12	0.17	0.23	なし
第2安鶴土井	8.8134	<u>0.1198</u>	<u>0.1677</u>	<u>0.2275</u>	0.3263
幸高土井	7.9797	<u>0.1198</u>	<u>0.1677</u>	0.1826	0.0060
照長土井	7.0347	<u>0.1198</u>	0.1407	0.0210	—
鶴丸土井	6.7121	0.0719	—	—	—
安美土井	6.5826	0.0329	—	—	—
谷石土井	5.5620	0.0719	0.0120	0.0030	—
茂金波	5.5462	<u>0.1198</u>	<u>0.1677</u>	<u>0.2275</u>	0.6018
菊照土井	4.9312	0.1048	0.0180	0.0060	—
越照波	4.8999	<u>0.1198</u>	<u>0.1677</u>	<u>0.2275</u>	0.0269
奥隼	3.0821	<u>0.1198</u>	0.1587	0.1048	0.0380
多様性指数		0.89	0.84	0.80	0.53
有効サイズ		9.22	6.33	5.00	2.12

1回の供用は0.0030に相当。下線は制限まで使用した。

表14 最良の計画交配での種雄牛の総合遺伝的レベルと供用頻度(C地域:枝肉重量)

種雄牛	総合遺伝的 レベル	供用頻度の制限値			
		0.12	0.17	0.23	なし
第2安鶴土井	8.8134	0.1180	0.1690	0.2290	0.3630
幸高土井	7.9797	<u>0.1200</u>	<u>0.1700</u>	0.1250	0.0080
照長土井	7.0347	0.1180	0.0990	0.0190	0.0030
鶴丸土井	6.7121	0.0290	0.0050	0.0050	—
安美土井	6.5826	0.0100	0.0040	0.0020	—
谷石土井	5.5620	0.1090	0.0180	0.0050	—
茂金波	5.5462	<u>0.1200</u>	0.1690	<u>0.2300</u>	0.4600
第2照幸土井	5.0400	0.0050	0.0030	—	—
菊照土井	4.9312	0.1040	0.0090	0.0070	—
越照波	4.8999	0.1160	0.1680	0.1610	0.0420
谷脇土井	4.4385	0.0010	—	—	—
菊茂土井	3.5781	0.0090	0.0080	0.0060	—
菊道土井	3.5730	0.0090	0.0030	—	—
照菊波	3.5714	0.0090	0.0020	0.0010	—
奥隼	3.0821	0.1190	<u>0.1700</u>	0.2100	0.1240
谷美土井	2.0397	—	0.0010	—	—
安千代土井	1.4074	0.0010	0.0010	—	—
奥秀	-0.0859	0.0030	0.0010	—	—
多様性指数		0.89	0.85	0.81	0.64
有効サイズ		9.24	6.52	5.22	2.77

1回の供用は0.0010に相当。下線は制限まで使用した。

表15 最良の計画交配での種雄牛の総合遺伝的レベルと供用頻度(C地域:脂肪交雑)

種雄牛	総合遺伝的 レベル	供用頻度の制限値			
		0.12	0.17	0.23	なし
第2安鶴土井	8.8134	0.1160	0.1670	0.1720	0.1530
幸高土井	7.9797	0.0800	0.0300	0.0220	0.0010
照長土井	7.0347	0.0570	0.0460	0.0250	0.0010
鶴丸土井	6.7121	0.0130	0.0090	0.0020	—
安美土井	6.5826	0.0010	0.0030	0.0030	—
谷石土井	5.5620	<u>0.1200</u>	0.1690	0.0660	—
茂金波	5.5462	<u>0.1200</u>	<u>0.1700</u>	<u>0.2300</u>	0.7300
第2照幸土井	5.0400	0.0060	0.0020	0.0020	—
菊照土井	4.9312	0.1100	0.0340	0.0050	—
越照波	4.8999	<u>0.1200</u>	0.1660	0.2280	0.0090
谷脇土井	4.4385	0.0010	—	—	—
菊茂土井	3.5781	0.0390	0.0090	0.0050	—
菊道土井	3.5730	0.0080	0.0050	0.0040	—
照菊波	3.5714	0.0750	0.0170	0.0060	—
奥隼	3.0821	<u>0.1200</u>	<u>0.1700</u>	0.2280	0.1060
安千代土井	1.4074	0.0100	0.0030	0.0020	—
奥秀	-0.0859	0.0040	—	—	—
多様性指数		0.90	0.85	0.81	0.43
有効サイズ		9.97	6.83	5.21	1.76

1回の供用は0.0010に相当。下線は制限まで使用した。

各地域における供用頻度の制限下での各形質の改良量ならびに近交レベルを表8～11に示した。各地域ともに総合遺伝的レベルは、供用頻度の制限を行わない場合が最も高い値となった。ただし、個々の形質、とりわけ脂肪交雑の改良量の低下は認められなかった。また、期待近交レベルも制限のない場合に比べ、大きな差異は生じなかった。近交レベル自体には大きな差異はないものの、供用種雄牛頻度は、前述したように制限のない場合では特定の種雄牛が交配全体の46～73%(A地域:58%, B地域:60%, C地域:46及び73%:表12～15)を担うことになり、その後の交配計画に支障が出るのが考えられた。他方、供用頻度の上限を17～20%程度に制限を加えれば、主な供用種雄牛を4～6頭確保することができ、その後の交配計画を順調に維持できる可能性が示された。

### 考 察

太田垣<sup>2)</sup>は、美方郡の繁殖集団において供用種雄牛と繁殖雌牛が共に減少することにともない、集団の遺伝的大きさが極めて小さくなりつつあること、ローテーションクロスにより分集団が消失し遺伝的に均質化しつつあ

ることや近交係数が0.12以上にも達し、long-term inbreedigの上昇が押さえきれないことを報告している。同様に、福島<sup>3)</sup>は、血清及び乳蛋白質遺伝子が遺伝的には斉一化の方向に進んでいることを明らかにしている。

本研究でも、種雄牛と各地域の繁殖雌牛間の平均相加的血縁係数は概ね30%以上であり、これは、後代の近交係数の平均が0.15に相当し、極めて近交の進んだ集団であることが示された。特に、安美土井、安谷土井と菊照土井の息牛又はその次代の息牛との血縁係数が高かった。このことは、現在の保留若雌の系統がこれらの種雄牛の娘牛に偏っていることを示しており、産肉能力又は種雄牛の市場性によって大きく影響を受けているものと考えられた。この傾向はA地域やC地域の脂肪交雑系で顕著であり、今後の系統維持や種雄牛造成にとって早急に考慮すべき点と考えられた。

今回のGAによる交配計画の最適化の試みから、産肉能力を示す総合遺伝的レベルが大きく低下することなく近交レベルを大きく低下できることが示された。このことから、現在評価されていない系統の中にも優良な個体が多く存在していることを示す結果となった。今後、系統のみではなく産肉能力の予測育種価を取り込んだ繁殖雌牛の選抜のために本方法を導入することが急がれると考えられた。ただし、繁殖農家は、子牛市場価格によって母牛の経済価値を評価する傾向が強いため、子牛市場名簿への育種価の記載や育種価を考慮した共進会の実施等の取り組みにより産肉能力の育種価を身近な数字として評価できる体制作りも平行して推進する必要がある。

後代の近交係数の上限を0.15に制限した場合に各種雄牛と交配できる繁殖雌牛の割合を検討したところ、上述の安美土井、安谷土井と菊照土井系の種雄牛で地域によっては30%以下と低いものが見られた。しかしながら、照菊波、越照波や茂金波などの熊波系の種雄牛では86%以上の雌牛と交配できることから産肉能力の高い熊波系の利用が今後の但馬牛の維持・改良に重要なことと考えられた。

上記の比較的産肉能力の高い熊波系種雄牛を地域内で広範に利用すると極端な場合には、交配全体の46～73%を担うことになり、その後の交配計画に支障が出ることを考えられた。そこで、各地で供用頻度に制限を加えて総合遺伝的レベルを比較したところ、総合改良量はやや減少するものの、近交レベルは変わらず脂肪交雑自体の改良量には変化のない適切な交配計画が可能であった。

このように単に総合遺伝的レベルや近交レベルのみを考慮するだけではなく、種雄牛供用頻度の制限を加えることが長期的な視野に立った改良推進にとって重要な要因と考えられた。

今回のシミュレーションによって、無作為交配を実施した場合には近交係数の上昇の継続が懸念されるが、GAを利用することで供用頻度や総合遺伝的レベルを維持しながら近交レベルを低下させる適切な交配計画を策定できることが示された。ただし、GAを導入するにあたっては、予測育種価を持っていることが前提となり、種雄候補牛や繁殖雌牛ともに枝肉結果を確実に収集して育種価評価が算出されるシステム作りが急務となる。幸い兵庫県においては、平成10年度から現場後代検定を取り入れており、種雄候補牛については検定終了時に育種価評価が可能な体制になった。その結果、従来は、産肉能力検定間接法による能力評価後に実際の現場での産肉結果を待って評価されることの多かった若い種雄牛をGAに組み込むことで積極的かつ有効に利用することが期待できる。

若雌牛についても現場後代検定材料牛を提供することで種雄候補牛と同時に早期に育種価評価がなされることから、若い雌雄の交配を推進していくことが改良にとって最も重要と考えられた。最近では、高い期待育種価(両親の予測育種価の平均)を持つ種雄候補牛がほとんどであり検定材料牛も高い能力を持つ可能性が高く、繁殖・肥育農家にとっても大きな損失はないと考えられることから検定事業への積極的な協力が望まれる。

今後は、GAによって策定された計画交配を実施し、その改良効果を継続的に検討し、着実な改良を推進する必要があると考えられた。

## 引用文献

- (1) Oyama K. and F. Mukai (1996) : Determination of optimum mating design with constraints on inbreeding level via a simple genetic algorithm. Anim. Sci. Technol. (Jpn.) 67, 835-843
- (2) 太田垣進(1995) : 但馬牛繁殖雌牛集団に関する育種学的研究 : 日畜関西支部報 130, 1-7
- (3) 福島豊一・辻莊一・向井文雄・竹生一行・太田垣進(1985) : 黒毛和種繁殖集団における血統構造と蛋白質多型との関連 : 神大農研報 16, 529-536