

鹿児島県産黒毛和種における損徴発生状況に関する調査研究

小山秀美^{1,2}・今村清人³・坂元信一³・西 和隆⁴・井上慶一²・河邊弘太郎⁵・
岡本 新⁶・本多 健⁷・大山憲二⁷・下桐 猛⁶

¹ 鹿児島大学大学院農学研究科, 鹿児島市 890-0065

² 独立行政法人家畜改良センター, 福島県西白河郡西郷村 961-8511

³ 公益社団法人全国和牛登録協会鹿児島県支部, 鹿児島市 890-0064

⁴ 公益社団法人全国和牛登録協会, 京都市中京区 604-0845

⁵ 鹿児島大学共通教育センター, 鹿児島市 890-0065

⁶ 鹿児島大学農学部, 鹿児島市 890-0065

⁷ 神戸大学大学院農学研究科附属食資源教育研究センター, 加西市 675-2103

(2017. 7. 6 受付, 2017. 8. 23 受理)

要 約 黒毛和種の損徴は品種の特徴を損なうだけでなく、経済的損失となり得るものもある。本研究では、損徴発生率の低減に関する知見を得ることを目的に、1999年～2015年の鹿児島県産黒毛和種雌子牛511,337頭の記録を用いて、白斑、舌の異常、乳頭の異常、被毛の異常について基礎的な調査を試みた。全データにおける損徴発生率は被毛の異常の0.29%から白斑の3.68%の範囲であり、年次推移はすべて増加傾向を示した。白斑の発生部位も年次により変化した。白斑では、近交度が高まると発生率が有意に上昇した ($P < 0.05$)。被毛の損徴以外では、母牛の損徴の有無が子牛の損徴発生率に有意に影響した ($P < 0.01$)。さらに、白斑と舌の異常においては、損徴を持つ母牛と持たない母牛の子牛の損徴発生率を種雄牛別に算出したところ両者に高い正の相関が得られ、両親の組合せを考慮することで損徴の発生を低減できる可能性を示した。

日本畜産学会報 88 (4), 425-430, 2017

キーワード : 黒毛和種, 損徴, 発生率, 雌子牛

黒毛和種は、被毛がわずかに褐色をおびた黒である、有角であるなどいくつかの外貌の特徴を持つわが国固有の品種である。黒毛和種では、このような品種の特徴を維持するために、生後4ヵ月までに行われる子牛検査やオスでは12～30ヵ月齢未満、メスでは14～30ヵ月齢未満に行われる登録審査によってその外貌が確認される(全国和牛登録協会2013)。これらの検査もしくは審査時に品種の特徴から外れる外貌の特徴を持つ個体は損徴を持つものとしてその名称や部位、大きさなどの情報が記録される。損徴の情報は、血統情報とともに公益社団法人全国和牛登録協会(以下、全国和牛登録協会と略す)において保管されている。

黒毛和種で記録される損徴は、被毛・皮膚の異常、乳頭の異常、舌の異常、季肋骨の異常などがある(全国和牛登録協会2013)。被毛・皮膚の異常には、白斑、刺毛、輪毛、痣などがある。白斑とは被毛および皮膚の色の変異として定義しており、被毛において白毛が現れ、かつ白毛部分の皮膚がピンク色となるものである(図1a)。刺毛、輪毛、痣は、被毛の全体または一部における異毛色のことであり、

白斑とは皮膚の色が異なる(図1b)。乳頭の異常は乳頭の形態異常であり、乳頭接近、乳頭数不足、乳頭癒着、乳頭根癒着および乳頭短小などがある(図1c)。舌の異常は、舌の一部あるいは全体の色が異常色となる損徴である。

上記の損徴のほとんどで遺伝的要因の影響が示唆されている(全国和牛登録協会2013)。しかしながら、これらの知見は現時点でほとんどない。例えば、白斑(S)遺伝子座は、欧米品種で4種類の対立遺伝子の報告があり(Olson1999)、KIT遺伝子と*microphthalmia-associated transcription factor (MITF)* 遺伝子の変異が関係するとの報告がある(Fontanesiら2010; Fontanesiら2012)。しかしながら、単色の品種で起こる白斑の発生は、劣性白斑遺伝子のsによるものであるとされているものの、多くの例外がある(Olson1999)。

損徴のいくつかでは、出現部位や程度により、失格となる基準が設けられている。失格となった個体は、子牛登記証明書が発行されず繁殖供用されない。そのため、損徴の発生は経済的価値を損じる可能性がある。他方、子牛登記証明書が発行された損徴を持つ個体は、登録審査に合格し

連絡者: 下桐 猛 (fax : 099-285-8588, e-mail : simogiri@agri.kagoshima-u.ac.jp)

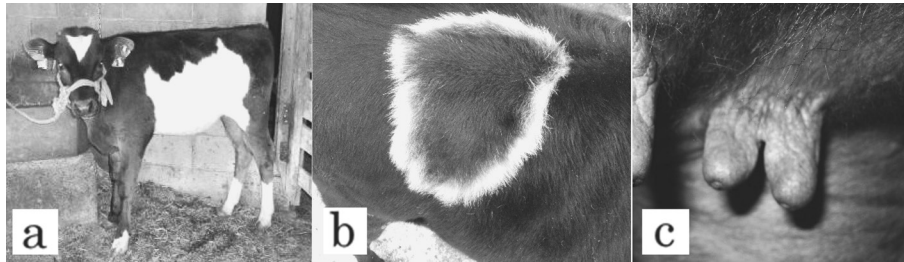


Figure 1 Appearance defects in Japanese black cattle.

a : A case of white spotting

b : A case of defect of coat color

c : A case of nipple's defect

These photos were kindly provided by Wagyu Registry Association.

た上で、繁殖供用される。そこで、本研究では、損徴の出現動向を把握し、その発現の低減に関する知見を得ることを目的として、鹿児島県産黒毛和種の子牛登記データを用いて、損徴の中でも白斑、舌の異常、乳頭の異常、被毛の異常について基礎的な調査を試みた。

材料および方法

材料には全国和牛登録協会鹿児島県支部で保管されている、1999年4月から2015年3月の16年間に出生した鹿児島県産黒毛和種雌子牛の子牛登記データを用いた。511,337頭の雌子牛のうち79,361頭は、本データ中で母牛となっており、それらは合計231,644頭の子牛を生産していた。なお、母牛79,361頭とその雌子牛231,644頭のデータセットを、以降、母牛-子牛データと呼ぶ。また、乳頭の異常は2009年7月に要領が変更されたため、2009年7月までに子牛検査を行った母牛61,626頭とその子牛213,991頭のデータを使った。近交係数は、1975年以降の血統情報を基に求めた。

本研究では、白斑・被毛の異常・舌の異常・乳頭の異常の4種類の損徴を調査対象とした。白斑は白斑のみをまとめた。被毛の異常として、被毛の全体または一部における異毛色である刺毛・輪毛・痣をまとめた。舌の一部あるいは全体が異常色になる白舌、奥接、中接、先接、縁接をまとめて舌の異常とした。乳頭の異常として、乳頭数不足、乳頭癒着、乳頭接近、乳頭根癒着、乳頭短小をまとめた。

全子牛登記データを使って、各損徴の発生個体数と併発個体数をまとめた後、全個体における各損徴の発生率と併発割合を算出した。各損徴の発生率から併発個体数の期待値を求め、適合性のカイ二乗検定をSAS 9.3ソフトウェア(SAS Institute 2011)のFREQプロシジャを用いて行った。各損徴について、発生率の年次推移と近交係数との関係を調査するため、年次あるいは近交係数に対する発生率の1次回帰式を算出し、回帰係数の検定を行った。なお、近交係数と損徴の解析は、近交係数の年次推移の影響を除外するために直近の3年間、つまり2012~2014

Table 1 Incidence of the defects¹ in the heifer calves (N = 511,337)

Defect ¹	No. of defective calves	Incidence (%)
WS	18,823	3.68
TD	16,181	3.16
ND	4,425	0.87
DC	1,488	0.29
Total	40,917	8.00

¹WS : white spotting, TD : tongue's defect, ND : nipple's defect, DC : defect of coat color

年度に生まれた子牛のデータを使って、近交係数を1%単位でクラス分けし、500頭以上の度数を持つクラス(0~1%から15~16%)で発生率を求めた。

母牛-子牛データを使って、母牛の損徴の有無で子牛の損徴発生率をまとめ、SAS 9.3ソフトウェアのFREQプロシジャを用いてFisherの正確確率検定を行った。次に、検定で有意となった損徴について、父牛別の発生状況も調査した。

結果および考察

今回解析した511,337頭における損徴の発生数と発生率をまとめたものが表1である。これら損徴の総発生数は40,917頭と全体の8.00%となった。損徴の中でも、白斑と舌の異常の発生数が18,823頭(3.68%)、16,181頭(3.16%)と多く、全損徴発生数の85.5%を占めていた(表1)。白斑の発生部位は失格とならない乳座乳房部上のみが83.5%、それ以外が16.5%だった。舌の異常の内訳は、舌の奥が白色になる奥接が全体の74.4%だった。乳頭の異常は、乳頭癒着と乳頭数不足が48.3%と19.9%と全体の68.2%を占めた。被毛の異常は、刺毛と輪毛が56.3%と40.1%だった。

次に、2種類の損徴の併発個体は、2,861頭(0.56%)いた。その中でも、白斑と舌の異常との併発個体が2,130頭

と最も多く、全併発個体数の74.5%を占めていた(表2)。また、各損徴の発生率から併発個体数の期待値を求め、適合性の検定を行った結果、併発個体数の最も少なかった乳頭の異常と被毛の異常との併発以外は有意差があった。白斑と舌の異常との併発については、和牛登録事務必携(全国和牛登録協会2013)において「乳房部・恥骨部以外に白斑があるか、または甚だしい白角の場合にのみ舌色を検し」との記載があるように、両損徴の関連性が指摘されており、それを実際のデータで確認することができた。しかし、それ以外の各損徴間の関連性については、本研究だけでは理由が解明できず、さらなる解析が必要である。

各損徴発生率の年次推移を図2に示す。いずれの損徴の発生率も1999年から2015年にかけて増加傾向を示したが、白斑と舌の異常の増加が顕著であり、2012年以降では、白斑と舌の異常の発生率は5%程度であった。次に、これらの年次発生率に1次回帰式を当てはめ回帰係数を

検定した結果、すべての損徴で有意であった($P < 0.01$)。以上のことから、損徴の発生率は年々増加傾向にあり、鹿児島県において今後問題となる可能性が示唆された。また、白斑の発生部位について、白斑発生数に対する乳座乳房上のみの白斑の割合を年次推移で検討した。その結果、2004年までは全体の95%以上が乳座乳房上のみの白斑であったが、それ以降で減少し、2006年以降は80%前後を示した。つまり、白斑の発生数の増加とともに、発生部位も変化している可能性が示された。

近交係数と各損徴の発生率との関係を図3に示す。なお、経時変化の影響を除外するために、直近の3年間、つまり、2012~2014年度に生まれた子牛に限定し、近交係数を1%単位でクラス分けして500頭以上のクラスのみで発生率の推移を見た。その結果、白斑の発生率は近交係数の上昇とともに有意に増加した(回帰係数 $b = 0.183$; $P < 0.05$) が、白斑以外では、有意な関係は認められなかった。

子牛登記データ中の79,361頭は、母牛として繁殖供用され、本データ中で合計231,644頭の雌子牛を生産していた。そこで、母牛-子牛データを使って、母牛の損徴発生が子牛の損徴発生に影響するかを検討した(表3)。なお、乳頭の異常は2009年7月までに子牛検査を行った母牛61,626頭とその子牛203,991頭に絞って解析した。まず、損徴を持つ母牛数は、白斑で2,502頭、舌の異常で2,141頭、乳頭の異常で70頭、被毛の異常で242頭であった。次に、表3に示すように、白斑を持たない母親が出産した雌子牛225,397頭の3.99%に白斑を生じたが、白斑を持つ母親からの雌子牛6,247頭では16.66%の白斑発生率を示し、両区で有意差が認められた($P < 0.01$)。同様に、舌の異常を持たない母親が出産した雌子牛226,743頭の3.99%に舌の異常を生じたが、舌の異常を持つ母親

Table 2 Incidence of a combination of the defects in the heifer calves

Combination ¹	No. of defective calves	Incidence (%)
WS-TD	2,130	0.417
WS-ND	283	0.055
WS-DC	118	0.023
TD-ND	187	0.037
TD-DC	128	0.025
ND-DC	15	0.003
Total	2,861	

¹WS : white spotting, TD : tongue's defect, ND : nipple's defect, DC : defect of coat color

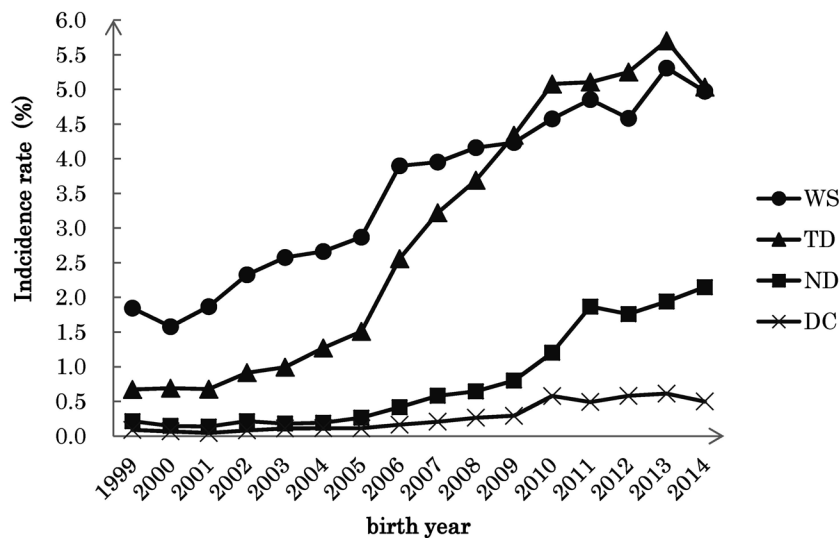


Figure 2 Trends in annual incidence of the respective defects in this study. WS : white spotting, TD : tongue's defect, ND : nipple's defect, DC : defect of coat color.

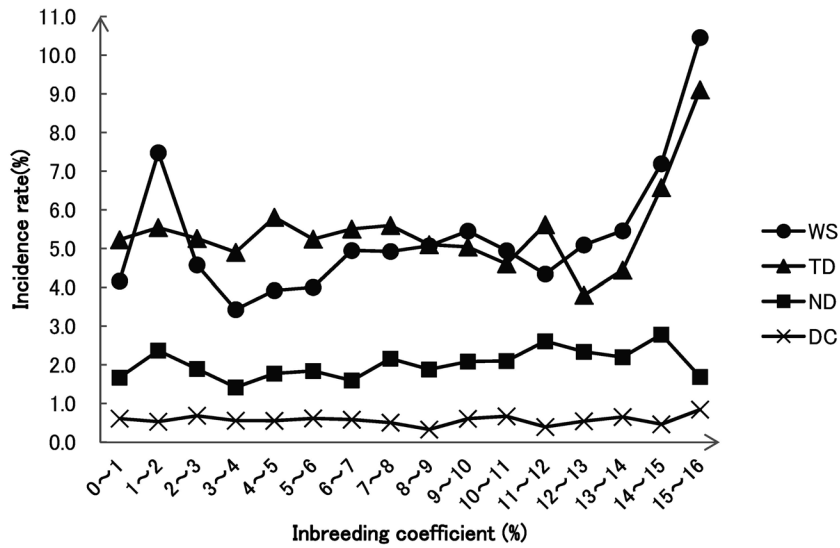


Figure 3 Relationship between the defect incidence and the inbreeding coefficient value. WS : white spotting, TD : tongue's defect, ND : nipple's defect, DC : defect of coat color.

Table 3 Incidence of the defects of the heifer calves in the defective and normal dams

Defect ¹	Defective dam		Normal dam		Probability ²
	No. of calves	Incidence (%)	No. of calves	Incidence (%)	
WS	6,247	16.66	225,397	3.99	$P \leq 0.000$
TD	4,901	11.28	226,743	3.99	$P \leq 1.431E-99$
ND ³	213	5.16	203,778	1.14	$P \leq 4.122E-05$
DC	452	0.22	231,192	0.39	$P > 0.05$

¹WS : white spotting, TD : tongue's defect, ND : nipple's defect, DC : defect of coat color

²Fisher's exact test

³Data of heifer calves from dams which had a calf test before July, 2009.

からの雌子牛 4,901 頭の 10.92% で舌の異常が発生し、両区で有意差が認められた ($P < 0.01$)。乳頭の異常も母牛の損徴の有無が子牛の損徴発生率に有意に影響することが示された ($P < 0.01$)。他方、被毛の異常を持たない母親から出生した雌子牛 231,192 頭の被毛の異常発生率は 0.39% であったが、被毛の異常を持つ母親から出生した雌子牛 452 頭の発生率は 0.22% であり、両区で有意差が認められなかった ($P > 0.05$)。以上から、被毛の異常以外では、母牛に損徴があると、その子牛にも損徴の発生が増加することが示され、遺伝的要因が関わる可能性が示唆された。

次に、表 3 で有意差がみられた白斑・舌の異常・乳頭の異常について、母牛の損徴の有無における子牛の損徴発生状況を、父牛別に調査した。なお、本調査の父牛は、損徴を持つ母牛との間で 20 頭以上の雌子牛を生産している種雄牛 (白斑 53 頭、舌の異常 41 頭、乳頭の異常 1 頭) に

絞った。表 4 では白斑の結果を示し、損徴を持つ母牛から出生した雌子牛の損徴発生率で上位 10 頭と下位 5 頭の父牛について記載した。まず、損徴を持つ母牛と交配した場合、後代の記録数は少ないものの、白斑で 0.00% から 53.85%、舌の異常で 0.00% から 27.59% の発生率となり、父牛間でも差が認められた。乳頭の異常については、4.76% だった。同様に、損徴を持たない母牛と交配した場合、白斑で 0.00% から 17.83%、舌の異常で 0.49% から 10.70% の発生率となり、父牛間で差が認められた。乳頭の異常では、1.73% だった。損徴のある母牛での発生率と損徴のない母牛の発生率を使って種雄牛の発生率の相関を調べたところ、白斑で 0.90、舌の異常で 0.62 と高い正の相関になった。種雄牛では損徴を持つ個体は供用されないものの、遺伝子の保因状況が異なり、このような発生率の違いになったのではないかと推察した。以上から、白斑および舌の異常については、両親の組合せを考慮する

Table 4 Incidence of white spotting of the heifer calves in the sires

Sire	Defective dam		Normal dam	
	No. of calves	Incidence (%)	No. of calves	Incidence (%)
A	39	53.85	1,766	15.80
B	37	43.24	2,251	11.51
C	49	42.86	1,475	17.83
D	42	42.86	903	11.85
E	35	37.14	759	5.80
F	599	36.73	17,666	10.69
G	33	36.36	2,743	4.63
H	107	33.64	3,428	8.58
I	182	31.32	8,273	7.17
J	113	29.20	4,229	8.13
V	20	0.00	450	0.67
W	25	0.00	1,235	0.65
X	37	0.00	803	0.37
Y	388	0.00	11,017	0.10
Z	27	0.00	1,078	0.00

ことで発生を低減できることが示唆された。

黒毛和種のような単色品種の白斑の有無は、多くの例外があるものの、劣性白斑遺伝子 *s* によるものであると考えられている (Olson 1999)。表 4 で白斑のない両親から白斑が発生していることを勘案すると、これらの白斑は劣性遺伝子が関与していることが推察された。そこで、もし単純劣性遺伝子に支配されると仮定すると、白斑を持つ母親と単色の父牛との交配によって得られる後代での発生率は 0% もしくは 50% となることが期待される。しかしながら、適合性のカイ二乗検定を実施したところ、期待値と有意にずれる組合せが存在した。また、白斑を持つ母牛との交配での後代の白斑発生率が 0% の例えば Sire V~Z のような父牛は遺伝子型が優性ホモ型であると考えられるが、白斑のない母牛との交配でも白斑を持つ子供がわずかに得られる。以上の結果から、黒毛和種で発生する白斑は、1 遺伝子によるものではない、もしくは 1 遺伝子でも浸透度を持つ可能性が示唆された。最近、欧米品種では、白斑の有無が *KIT* 遺伝子や *MITF* 遺伝子の変異と関連することが報告された (Fontanesi ら 2010, 2012)。また、ホルスタイン種では、白斑の量に関わる主働遺伝子が上記 2 つと *paired box 5 (PAX5)* 遺伝子であることが報告さ

れた (Hayes ら 2010)。黒毛和種で発生する白斑もこれら遺伝子が関わっている可能性が考えられ、今後検討する予定である。舌の異常についても白斑との併発数が多かったように、これら遺伝子の変異が一部関わっているのかもしれない。

被毛の異常についても、遺伝的要因が想定されている。しかしながら、本研究で行った基礎的な調査では、発生頭数や損徴個体が母牛として供用されているウシが少なかったことから、遺伝的要因の関与を示唆する情報を得られなかった。

本研究では、鹿児島県で出生した雌子牛のデータを使って、4 種類の損徴の基礎的な調査を行った。その結果、白斑と舌の発生率は年次で増加傾向にあるものの、交配によって低減できることを示した。また、損徴間の併発数からお互いが関連している可能性を示唆することができた。しかしながら、まだ基礎的な調査であり、理由などは不明である。今後は、これら損徴について遺伝的パラメータ解析を行ない、それぞれの損徴について遺伝的要因の関与を明らかにするとともに、お互いの遺伝的関連も解析していく予定である。

謝 辞

公益社団法人全国和牛登録協会から損徴の写真をご提供いただいた。ここに謝意を表する。

文 献

- Fontanesi L, Tazzoli M, Russo V, Beever J. 2010. Genetic heterogeneity at the bovine *KIT* gene in cattle breeds carrying different putative alleles at the *spotting* locus. *Animal Genetics* **41**, 295-303.
- Fontanesi L, Scotti E, Russo V. 2012. Haplotype variability in the bovine *MITF* gene and association with piebaldism in Holstein and Simmental cattle breeds. *Animal Genetics* **43**, 250-256.
- Hayes BJ, Pryce J, Chamberlain AJ, Bowman PJ, Goddard ME. 2010. Genetic architecture of complex traits and accuracy of genomic prediction : coat colour, milk-fat percentage, and type in Holstein cattle as contrasting model traits. *PLoS Genetics* **6**, e1001139.
- 全国和牛登録協会. 2013. 和牛登録事務必携 (平成 25 年度版). 公益社団法人全国和牛登録協会, 京都.
- Olson TA. 1999. Genetics of colour variation. In : Fries R, Ruvinsky A (eds), *The genetics of cattle*, pp. 33-53. CAB International, Oxfordshire, UK.
- SAS Institute. 2011. *SAS/STAT(R) 9.3 User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

A research study for defects in appearance of Japanese Black heifer calves in Kagoshima

Hidemi OYAMA^{1,2}, Kiyoto IMAMURA³, Shinichi SAKAMOTO³, Kazutaka NISHI⁴, Keiichi INOUE², Kotaro KAWABE⁵, Shin OKAMOTO⁶, Takeshi HONDA⁷, Kenji OYAMA⁷ and Takeshi SHIMOGIRI⁶

¹ Graduate school of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima 890-0065, Japan

² National Livestock Breeding Center, Saigo, Fukushima 961-8511, Japan

³ Kagoshima Branch, Wagyu Registry Association, Kagoshima 890-0064, Japan

⁴ Wagyu Registry Association, Kyoto 604-0845, Japan

⁵ Kagoshima University Education Center, Kagoshima 890-0065, Japan

⁶ Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Kagoshima 890-0065, Japan

⁷ Food Resources Education and Research Center, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, Kasai 675-2103, Japan

Corresponding : Takeshi SHIMOGIRI (fax : +81 (0) 99-285-8588, e-mail : simogiri@agri.kagoshima-u.ac.jp)

Defects in appearance of Japanese Black cattle are not only impairing the characteristics of the breed but also inflicting economic losses on farmers in Japan. The objective of this study was to investigate the incidence of the four kinds of defects using 511,337 calf test records of Japanese Black heifer calves born in Kagoshima prefecture in April 1999 through March 2015. The defects included were white spotting (WS), tongue's defect (TD), nipple's defect (ND) and defect of coat color (DC). The defect incidence rate ranged from 0.29% for DC to 3.68% for WS. All incidences increased from 1999 to 2015. In addition, site of occurrence for WS has changed, and a decreased trend in ratio of udder-specific WS was observed. Regression coefficients of the incidences of WS on the level of inbreeding were significantly positive ($P < 0.05$). The defect incidence of daughters was significantly different between normal and defective dams ($P < 0.01$) except for DC. Moreover, highly positive correlations were found between the sire-by-sire incidence rates crossed with normal dams and defective dams in WS and TD, suggesting that sires could be influential factor for the incidence. Our results showed the possibility to reduce the appearance defects of Japanese Black by considering the mates.

Nihon Chikusan Gakkaiho 88 (4), 425-430, 2017

Key words : appearance defects, heifer calves, incidence rate, Japanese Black.