Increase in Litter Size and Decrease of Post-implantation Loss of Fetuses Observed in an SPF Colony of Wistar-Imamichi Rats

Yasumasa WAKAFUJI, Ryouji HOKAO, Hiromi AMAO, Kazuaki W.
TAKAHASHI* and Tomonori IMAMICHI*

*Imamichi Institute for Animal Reproduction, Dejima-mura, Niiharigun,
Ibaraki 300-01 Japan and *Nippon Veterinary and Zootechnical
College, Musashino-Shi, Tokyo 180*

(Received 21 June 1983/Accepted 21 December 1983)

The number of delivered offspring, corpora lutea and implantation sites was observed in an SPF colony of Wistar-Imamichi rats bred in a barrier system free of specified microorganisms and parasites and was compared with that of rats bred under conventional conditions. The litter size of 6142 SPF rats ranged from 1 to 20, averaging 12.4 ± 0.04 , a value significantly higher ($P < 0.001$) than that of conventionally bred rats (11.0 ± 0.04). Although the number of corpora lutea was also higher in SPF rats than under conventional conditions, the number of post-implantation losses in SPF rats with less than 10 offspring showed a marked decrease compared with conventionally bred rats. These results show that the number of delivered offspring is higher in SPF rats than in conventionally bred rats and indicate that the increase in litter size is due to the increase in the number of corpora lutea and decrease in post-implantation loss of embryos or fetuses.

Wistar-Imamichi Rat の SPF 化に伴う産仔数の 増加と胚・胎仔の損失減少について

若 藤 靖 匡・外 尾 亮 治・天 尾 弘 実
高 橋 和 明*・今 道 友 則*

財団法人動物繁殖研究所

*日本獣医畜産大学

著者らは多産系ラットとして育種改良された Wistar-Imamichi Rat [1] の中より、少数ではあるが認められる低産仔数発現の主要因、および産仔数を向上させた育種成果の成因について詳細に検討している。これまでにコンベンショナルな飼育条件下での低産仔数発現要因として、初産ラットでは受精卵の着床損失と胚・胎仔の

着床後の損失が見られること[10]、さらに初産で低産仔数の母親は2産においても産仔数が少なく、その原因は初産と同様に着床前後の損失によるものであること等を報告した[11]。しかし産仔数のような量的形質は環境の影響を受け易いと言われている[9, 12]。そこで今回、著者らは環境条件を整えた（温度、湿度、風量、照明の調

節のみならず病原微生物や寄生虫の侵入を可能なかぎり防御した) 厳重な隔離方式施設 (Barrier System) で飼育した動物を用い、産仔数と妊娠黄体数および着床痕数を観察して着床前後の胚・胎仔の損失率について検討した。さらにこれらの成績を既報 [10] のコンベンショナル条件下 (conv. ラット) での成績とも比較検討したので報告する。

材料および方法

供試動物：生後 10～13 週齢で繁殖に供用した SPF Wistar-Imamichi Rat の初産 6,142 匹と同週齢の処女 35 匹を供試した。

生産方法：当研究所における Wistar-Imamichi Rat の種類選抜基準で選出された種親をクローズドコロニー維持方式にしたがい、雄 1 対雌 5 を 2 週間同居交配させた。

飼育環境：Barrier System による飼育条件下で、温度 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 50～60%、換気回数 1 時間に約 13 回 (5 μ フィルターで濾過した清浄空気)、人工照明 14 時間 (午前 5 時～午後 7 時) に設定した動物室で飼育した。飼料は標準配合飼料 (小麦、トウモロコシ、魚粉、大豆粕をそれぞれ 6 : 3 : 1 : 1 の割合で混合) および固型飼料 MM-2 (船橋農場) を高圧蒸気滅菌器により 120°C 20 分間消毒し標準配合飼料 20 に対し固型飼料 1 の割合で加えて給与し、飲水は 60 分間蒸気滅菌をして給与し、自由に摂取させた。飼育者は専用入口シャワー室で薬用石鹸を用いて全身を洗い流し、滅菌された作業衣、帽子、マスク、手袋、靴を着用して飼育室の作業に従事した。

分娩の観察と産仔数の調査：妊娠動物 6,142 腹の分娩は毎日午後 3～5 時に観察し、前日観察後から当日観察時までには分娩した母数および産仔数を記録した。

解剖検査：初産動物 6,142 腹のうち 228 腹を分娩の翌日正午に解剖した。剖検に際して卵巣と卵管をすみやかに取り出し、卵管については生理食塩液を 1 滴置いたスライドガラスの上に置き、その上に他のスライドガラスを乗せて 2 枚のスライドガラスの間に挟み約 30～60 分間放置した後、位相差顕微鏡下で観察して排卵数を調べた。卵巣については解剖顕微鏡下で観察し、直径 1 mm 以上の大きく成長している黄体のみを妊娠黄体数として数えた。子宮については切開し、着床痕数を調べた。なお妊娠時の排卵数は直接観察ができないために同週齢の 4 日周期処女 35 匹を発情期の日に解剖して排卵数を調べ、妊娠時の排卵数の推定の補助にした。また参考までに卵巣

および子宮の臓器重量を測定した。

統計処理：Duncan' new multiple-range test と Student の t 検定法および二元配置の分散分析法もちいて測定値の有意差を検定した。

病原体検査：供試動物の中からランダムに抽出された SPF ラット 20 匹および conv. ラット 19 匹について、病原体および血清の検査を国立予防衛生研究所に依頼し感染病の有無を調べた。

成 績

1) 初産の SPF ラットにおける産仔数の分布：実験期間中における SPF 飼育室全体の初産ラット 6,142 腹について産仔数の分布を Fig. 1 に示す。破線で示したカラムは既に報告した conv. ラット (6,215 腹) における成績 [10] である。SPF ラットの産仔数は 1～20 匹に分布し、その平均 $\pm$ 標準誤差は 12.4 ± 0.04 であった。各産仔数を分娩した母動物の割合は 13～14 匹群 (1,861/6,142, 30.3%) を頂点とする一峰性の分布を示し、19～20 匹群 (49/6,142, 0.8%) が最も低値を示した。そして 1～2 匹群 (71/6,142, 1.2%) や 3～4 匹群 (137/6,142,

Fig. 1. Frequency distribution of litter size in primiparous SPF and conventional [10] Wistar-Imamichi rats.

Table 1. Litter size, implantation sites, corpora lutea of pregnancy and post-partum ova of primiparous SPF Wistar-Imamichi rats

Class of litter size	No. of dams	Average litter size	Pre-implantation loss	Post-implantation loss	No. of implantation sites	No. of corpora lutea	No. of ova of post-partum ovulation
1-2	13	1.5±0.1*	13.2±1.0 a	1.2±0.4 e	2.7±0.5 g	15.8±0.9 n	17.8±0.9 q
3-4	25	3.4±0.1	11.4±0.7 a	1.1±0.4 f	4.4±0.5 h	15.8±0.5 n	18.0±0.5 q
5-6	28	5.5±0.1	7.6±0.7 b	2.4±0.6 e	7.9±0.6 i	15.5±0.5 n	18.4±0.5 q
7-8	30	7.4±0.1	4.9±0.6 c	2.7±0.5 e	10.1±0.5 j	15.0±0.5 n	17.3±0.5 q
9-10	30	9.4±0.1	3.6±0.5 c	2.2±0.3 e	11.6±0.3 k	15.2±0.5 n	16.9±0.5 q
11-12	26	11.5±0.1	1.9±0.4 d	2.7±0.3 e	14.2±0.4 l	15.9±0.5 n	16.2±0.5 r
13-14	30	13.5±0.1	1.0±0.4 d	1.5±0.3 e	14.9±0.3 l	15.9±0.5 n	16.2±0.4 r
15-16	31	15.4±0.1	0.5±0.3 d	1.2±0.2 e	16.5±0.2 m	16.9±0.5 p	17.2±0.4 q
17-18	15	17.4±0.1	0	0.7±0.2 f	18.1±0.3 m	18.1±0.3 p	17.4±0.6 q
Total	228	2202	1008	415	2617	3625	(15.9±0.2)
No. of ova in spontaneous ovulation of virgin rats							15.5±0.3

Pre-implantation loss : No. of corpora lutea of pregnancy — No. of implantation sites.

Post-implantation loss : No. of implantation sites — litter size.

* All data mean ± SE.

Duncan's new multiple-range test : $P < 0.01$ a vs b, c and d, b vs c and d, c vs, d, e vs f, g vs h, i, j, k, i and m, h vs i, j, k, l and m, i vs j, k, l and m, j vs k, l and m, k vs l and m, l vs m, n vs p, q vs r.

Table 2. Post-partum body and organ weight of primiparous SPF Wistar-Imamichi rats

Class of litter size	No. of dams	Body weight (g)	Ovarian weight (mg)	Uterine weight (mg)
1-2	13	325.0±9.2*	118.2±2.8 b**	1131.2±79.2 c
3-4	25	325.4±6.7	129.9±2.7 a	1365.1±41.8 b
5-6	28	327.8±6.9	133.0±2.4 a	1629.3±55.0 e
7-8	30	321.6±7.3	127.8±2.3 a	1880.9±46.0 f
9-10	30	312.3±5.9	124.9±2.6 a	1947.4±41.8 f
11-12	26	309.3±6.6	126.8±2.7 a	2174.0±67.2 g
13-14	30	298.9±5.9	121.8±3.0 b	2235.6±54.1 h
15-16	31	319.4±5.1	128.2±2.0 a	2359.0±64.0 h
17-18	15	325.4±6.8	127.0±4.9 a	2592.8±56.2 i

* Mean ± SE.

** Duncan's new multiple-range test : $P < 0.01$ a vs b, c vs d, e, f, g, h, and i.

2.2%) が次いで低い値を示し、7～8匹群までは5%にも満たない値であった。

SPF ラットにおけるこれらの成績を conv. ラットの成績と比較すると、産仔数の分布巾には大差ないが、平均産仔数は conv. ラットの11.0±0.04匹に比べ1.4匹多い値を示した ($P < 0.001$)。そして1腹の産仔数の多少

により設けられた階級値における度数分布の最高値も conv. ラットでは11～12匹であったのに比べ SPF ラットでは1階級増加して13～14匹であった。

2) 初産の SPF ラットの解剖成績：産仔数と着床数および排卵数の関係を調べる為に、1腹の産仔数により分類した各階級群のラットを分娩日の翌日にそれぞれ解剖

Fig. 2. Number of litter size, implantation sites and corpora lutea of pregnancy in primiparous SPF and conventional Wistar-Imamichi rats.

し観察した結果を Table 1, 2 および Fig. 2 に示す。
なお Fig. 2 に示す破線は既報の conv. ラットの成績 [10] である。

産仔数と着床痕数、妊娠黄体数の関係：SPF ラットにおいて、産仔数 1～2 匹群では 13 腹の平均産仔数は 1.5 匹であり、着床痕数、妊娠黄体数、後分娩排卵数の平均はそれぞれ 2.7 ± 0.5 個、 15.8 ± 0.9 個、 17.8 ± 0.9 個であった。着床痕数は Fig. 2 に示したように産仔数の増加とほぼ平行して増加し産仔数の少ない母体では着床数も少ない事を示している。

交配時の排卵数の指標である妊娠黄体数は、産仔数 1～2 匹群 (15.8 ± 0.9 個) から 13～14 匹群 (15.9 ± 0.5 個) まではほぼ一定値を示したが、産仔数 17～18 匹群 (18.1 ± 0.3 個) では 14 匹以下の群に比較して有意に増加した ($P < 0.01$)。この SPF ラットにおける妊娠黄体数は conv. ラットの成績に比較し有意に多かった (二元配置の分散分析法により検定 $P < 0.01$)。

SPF ラットにおける受精卵の着床前および胚・胎仔の着床後の損失：SPF ラットにおいて、低産仔数 1～2 匹群では着床前の損失 (妊娠黄体数 - 着床痕数) は 13.2 ± 1.0 個と多く、着床後の損失 (着床痕数 - 産仔数)

Fig. 3. Percentage of pre- and post-implantation loss of fertilized ova, embryos and fetuses in primiparous SPF and conventional Wistar-Imamichi rats.

は 1.2 ± 0.4 個と少ない値を示した。着床前損失は産仔数の増加と共に著しく減少して 9～10 匹群では 3.6 ± 0.5 個となり、高産仔数 17～18 匹群では全く認められなかった。これに対し着床後損失は産仔数 5～6 匹群から 11～12 匹群まで 2.2 個～ 2.7 個とはほぼ一定値を示したが、4 匹以下の低産仔数群と 13 匹以上の高産仔数群がそれよりやや低く約 1 個の値を示した (Table 1)。

以上の SPF ラットにおける成績を conv. ラットの成績 [10] と比較する為、両者の各産仔数群での着床前の損失率 [(妊娠黄体数 - 着床痕数 / 妊娠黄体数) $\times 100$] および着床後の損失率 [(着床痕数 - 産仔数 / 着床痕数) $\times 100$] を求めた。これらを Fig. 3 に示す。破線は conv. ラットの成績である。SPF および conv. ラットの着床前後の損失率は低産仔数群で逆の関係を示した。すなわち、低産仔数群における損失率は、SPF ラットで着床前の損失率が高値を示したのに対し、conv. ラットでは着床後の損失率が高値を示した。この両者の関係は級中値の 9～10 匹群まで継続した。

性腺系臓器の重量：Table 2 に示されるようにに卵巣重量は、産仔数の多寡との関連は認められなかった。子宮重量は産仔数の増加と共に著しく重くなり低産仔数 1

Table. 3. Examination of pathogen in SPF and conventional Wistar-Imamichi rats

Species of pathogen	SPF rat	conv. rat
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/20	—
<i>Salmonella</i> spp.	0/20	—
<i>Escherichia coli</i> 0115 a, c: k (b)	0/20	—
<i>Pasteurella pneumotropica</i>	0/20	—
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	0/20	10/19
<i>Corynebacterium kutscheri</i>	0/20	0/19
Tyzzer's organisms (rat)	0/20	3/19
Tyzzer's organisms (mouse)	0/20	0/19
<i>Mycoplasma</i> ssp	0/20	11/19
Sendai virus (HVJ)	0/20	0/19
Mouse hepatitis virus	0/20	4/19
Mouse adeno virus	0/20	—
Reo virus type 3	0/20	—
Pinworm	0/20	—
Tapeworm	0/20	—
<i>Giardia muris</i>	0/20	—

～2匹群で $1131.2 \pm 79.2\text{mg}$ 、高産仔数 17～18匹群で $2592.8 \pm 56.2\text{mg}$ であった。

3) 処女動物の解剖成績: Table 1 に示されるように自然排卵数は 15.5 ± 0.3 個 (35腹) であり, SPF 初産ラットの交配時の排卵数を代表した妊娠黄体数との間に conv. ラットにおける既報 [10] と同様有意な差はなかった。しかし SPF 処女ラットにおける排卵数は既報 [10] の conv. 処女ラットにおける 13.5 ± 0.1 個 (34腹) に比較して有意に多かった ($P < 0.001$)。

4) 病原体検査成績: Table 3 に示されるように SPF ラットでは16種の病原体は総べて陰性であった。なお既報で述べた conv. ラットの成績では7種の病原体検査で4種の病原体が陽性であった。

考 察

SPF 初産ラットの平均産仔数は12.4匹となり, 既報の conv. ラットの11.0匹に比べ多くなった ($P < 0.001$)。そして, 産仔数 10 匹以下を分娩した母動物の割合は conv. ラットの38%に比べて SPF ラットでは21%と低率になった。このように SPF ラットにおいて平均産仔数が増加した要因としては一般環境条件の向上, 病原体の排除による母体・胎仔の健康増進や遺伝的素質の片寄り等が考えられる。遺伝的片寄りについては SPF 化

(ビニールアイソレーター内で妊娠した種動物を分娩直前に帝王切開により胎仔を取り出し, 予め準備した哺乳中の無菌動物に里仔する方式を取る) の時に面倒な作業工程を経るため少ない種親で出発するので, この時産仔数の多いものが片寄った可能性も考えられるかも知れない。しかし, この点については帝王切開による里仔方式手技で産仔数の多い腹の胎仔よりはむしろ産仔数の少ない腹の胎仔の方が里仔に成功する率が高いことを経験している(その理由として胎仔の大きさや活力が帝王切開の成功の鍵となるためで, 胎仔数の多いものよりは少ない方が胎仔の大きさや活力が勝っているからである) ので種親に産仔数の多い個体が片寄った可能性は少ない。また, 著者ら [2] がこれまで一貫した種親の選抜基準で Wistar-Imamichi Rat の繁殖を最近5年間にわたって続けた経験では産仔数の変化はほとんど見られず, conv. 条件下におけるラットとしては多い産仔数 (11.0 ± 0.04) であり, この様な産仔数の多い系統を更に多い方向に変化させる事はきわめて難かしい。著者らの SP F, conv. 両ラットの種親選抜基準は病原体統御および一般環境条件を除く, 餌, 産仔数, 哺育数, 交配方式, 健康状態, 性質などは同一であった。これらのことより今後詳細な検討の必要はあるにせよ本研究において遺伝的片寄りにより産仔数が増加したとは考えにくい。

病原体の排除による産仔数の増加の可能性については経験的に SPF 化により増加したと思っている人は多いが直接説明できる報告は少なく, マウスなどの繁殖コロニーにおいて HVJ の感染により生産効率あるいは離乳率などの一時低下があった(藤原)などの報告 [4] に止まる場合が多い。この様な傾向の中で曲淵等 [6] はマイコプラズマの常在しているマウスの飼育室を衛生的に管理し, マイコプラズマを排除する事により産仔数が増加した注目すべき報告をしている。また桑水・田村 [5], Naot [8] 等は妊娠ラットにマイコプラズマを静脈注射により感染させると流産, 胎仔死亡が生ずることを報告している。著者らの conv. ラットもマイコプラズマに汚染していた事に着目し, 予備実験として SPF Wistar-Imamichi Rat にマイコプラズマを経鼻感染させ, 胎仔および産仔数への影響を調べた。その結果, 感染実験群の産仔数が若干減少する傾向のある事を経験した。この事に関しては今後検討を重ねて行く予定であるが, マイコプラズマや他の病原体の侵襲により産仔数が影響を受ける可能性は十分に考えられる。特に低産仔数個体での着床後損失が SPF ラットに比べ conv. ラットではきわめて多かった事について病原体の影響を考えている。

次に、着床前の損失（排卵数－着床数）については、実際には排卵数から受精卵数と受精卵数から着床数までの2段階にわたって生じている損失を一括しているがSPF, conv, 両ラットとも低産仔数群においてかなり発生している。両者を比較するとSPFラットの方が多くなっている。この原因はSPFラットの排卵数の増加も影響していると思われるが、それにも増して着床数そのものの減少によると考えた方が適切であろう。

Falconer [3] はマウスにおいて近親交配を繰返すことにより、近交係数の高まりと共に着床前の損失が増加することを報告している。一方 McLaren [7] はマウスのミュータント系（遺伝子突然変異）の中で初期胚の死亡が認められる各種の系統について遺伝的影響、すなわち致死遺伝子に関する報告をしている。この致死遺伝子については古くは1900年代の初期に発見された、有名な黄色致死遺伝子ホモ型胚がある。また、近年特殊な1例として Wakasugi [13] は近交系のDDK雌マウスに他の系統の雄マウスを交雑させると初期胚の損失が増加する事を発見し、その原因は遺伝子の不適合によると報告している。これらの報告はすべて着床前の損失に遺伝的な要素が関与していることを意味している。著者らのコロニーは前述したごとくクローズドコロニーによって維持し、交配に際しては遺伝的片寄りをさけるため、兄妹交配にならない様に注意深く交配しているので遺伝的片寄（致死遺伝子）によって初期胚の死亡が多数発現したとは考えにくい。また、仮に致死遺伝子の様なものが存在したとしても、今回のFig. 3に示す着床前の損失のすべてに影響するのか、あるいは低産仔数1～2, 3～4匹群に特別片寄って発現するのか、これらを適切に説明することは困難である。

次に考えられることとしては交尾によって得られる受精卵の数の問題である。今回の研究では受精卵を観察していないが、著者らはラットの交配に際し排卵された卵子すべてが受精するか否かについて交配時刻別（発情前期の日午前11時から発情期の日午前11時までの間）に検討した結果、交尾が発情終了まぎわに成立すると受精卵数の極めて減少することを確認している。この成績を直接あてはめることはできないが、著者らのコロニーの交配方式（雄1対雌5, 2週間同居）において同一日に発情雌が複数になる場合に、一匹の雄が順次複数の雌に交尾することになるので、あるいは交尾が発情終了まぎわに成立することで受精卵数の減少（卵子および精子の寿命による）を来すかも知れない。この点については今後さらに検討を進める必要がある。

後1つの問題としてはSPFにおける排卵数とconv.における排卵数ではSPFにおける排卵数の方が多くなっている点である。現在の所、病原微生物の感染により排卵数が少なくなると云う報告はないので遺伝的あるいは環境的に検討を加えて行く必要がある。ただ脳のホルモン分泌に関係ある中枢を抑制する病原微生物が存在したり、あるいは健康状態の向上がホルモン分泌増加に結び付くとすれば、それらの問題についても解明する必要がある。

以上の如く病原体の汚染を防止したSPFラットにおいてはconv.ラットに比べて産仔数の増加が認められ、その原因は排卵数そのものの増加と低産仔数群における着床後の胚・胎仔の損失の減少によることが明になった。さらに低産仔数群における着床前の損失はSPF群の方が多くなっていた事など興味深い。

要 約

病原微生物や寄生虫の侵入を可能な限り防御した厳重な隔離方式施設（Barrier System）の飼育条件下で3ヶ月齢の初産SPF Wistar-Imamichi Rat 6,142腹を用い産仔数と着床痕数、妊娠黄体数を観察、記録した。この成績を既報[10]のコンベンショナル条件下で得たものと比較し、Barrier Systemが受精卵の着床前の損失および着床後の胚・胎仔の損失率に及ぼす効果について検討した。その結果1) SPFラットの産仔数は6,142腹の平均が 12.4 ± 0.04 匹であり、最少1より最大20匹にわたって分布した。又SPFラットとコンベンショナルラットの成績を比較すると平均産仔数において前者の方が後者（ 11.0 ± 0.04 ）に比べて有意に多かった（ $P < 0.001$ ）。2) 妊娠黄体数は各産仔数間ではほとんど差異が見られなかったが、コンベンショナルラットとの比較ではSPFラットの方が多かった。3) 着床後の損失（着床痕数－産仔数）は産仔数5～6匹群から11～12匹群まで2.2～2.7個と一定した低い値を示し、さらに低産仔数群と高産仔数群がそれより少なく約1個の値を示した。又コンベンショナルラットに比べて10匹以下の産仔数群で著しく減少した。

以上の成績から、病原体の汚染防止および一般環境の統御下に育成されたSPFラットにおいては、産仔数の増加が認められ、その主要因は排卵数そのものの増加と着床後の胚・胎仔の損失の減少によることが明になった。

稿を終わるに当り、本研究に御協力いただきました国立予防衛生研究所の斎藤学博士に深く感謝致します。また本研究の御指導を賜った東北大学医学部の信永利馬助教授に深甚の謝意を表します。

文 献

- [1] 今道友則(1961). 繁殖生理学および内分泌学研究に適する生理的特徴を目標とした Wistar-Imamichi rat の育成について, 日本臨床, **19**, 99-109.
- [2] 今道友則・本田紀代子(1965). Wistar-Imamichi Rat の産仔数向上に関する改良成果について, 日本畜産学会誌, **36** (別号), 46.
- [3] Falconer, D. S. (1960). The genetics of litter size in mice. *J. Cell, Physiol. 1. Suppl.*, **56**, 153-167.
- [4] 藤原公策(1981). 微生物病コントロール, 癌と化学療法, **8** (10), 1649-1659.
- [5] 桑水都郎・田村弘・田嶋嘉男・前島一淑・石原智明・今道友則(1977). ラットにおける Mycoplasma の胎仔感染について. 日本実験動物研究会, 第12回発表会講演要旨, p. 22.
- [6] 曲淵輝夫・福田妙子・興水馨(1982). 繁殖用マウスの衛生的飼育管理の改善による呼吸器病撲滅の試み. *Exp. Anim.*, **31** (3), 159-164.
- [7] McLaren, A. (1976). Genetics of the early mouse embryo. *Ann. Rev. Genet.*, **10**, 361-388.
- [8] Naot, Y., Sharf, M., and Klein, A. (1977). Mycoplasma infection in pregnant Rats: Low viability of foetuses and new born offspring. *J. Med. Microbiol.*, **11**, 261-267.
- [9] 西田周作(1974). 量的形質の遺伝. 畜産技術論. pp, 281-289, 社団法人 農山漁村文化協会, 東京.
- [10] 若藤靖匡・今道友則(1982). 多産系ラットの初産次に少数発現する低 litter Size 出産母体に認められた受精卵の着床前 loss および着床後の胚・胎仔の loss について. 家畜繁殖誌. **28**(1), 36-41.
- [11] 若藤靖匡・外尾亮治・高橋和明(1982). 初産次に産仔数の少なかったウィスター・今道ラットの2産次における排卵数・着床数および産仔数について. 家畜繁殖誌. **28** (3), 145-149.
- [12] 若藤靖匡・天尾弘実・外尾亮治・役井洋・重盛正彦・今道友則(1977). 飼育環境の微生物汚染防止が Wistar-Imamichi rat の産仔数に及ぼす影響. 家畜繁殖誌. **23** (5), 66.
- [13] Wakasugi, N. (1973). Studies on fertility of DDK mice: Reciprocal crosses between DDK and C57BL/6J strain and experimental transplantation of ovary. *J. Reprod. Fert.*, **33**, 283-291.