

マウスの哺育能力の限界

吉 田 元 一

信州大学農学部 家畜育種繁殖学教室

緒 言

マウスの哺育能力とは母マウスが子マウスを離乳時迄、養育・保護する能力とされているが、養育がその主体であり、また開眼前の哺育能力には母マウスの乳量・乳質の泌乳能力が大いに関与すると考えられている。

近藤¹⁾らはマウスの産子数に対する生後30日令における生存数の割合を育児率と呼び、わが国における種々のマウス系統での育児率には系統による親および子の差異があることを報告している。この育児率は哺育能力を表示する一つと考えられるが、本実験では哺育能力を分娩子数とは無関係に、人為的に母マウスに与えられた子マウスを離乳時迄哺育する能力と考えた。子マウスを殺さないで育てる他、正常な子マウスの発育をうることから、各系統マウスの哺育能力の限界は経験的には平均産子数迄と一般に考えられている。BUTLER²⁾は同数の子マウスを哺育させた時の離乳前の子マウス体重の大小は母マウスの分娩数の大小に関係すると報告しているが、両者の間には関係がないという報告が多い。^{3), 4), 5), 6)}

一方マウスの泌乳量は種々の方法によって測定され、最近では HANAHAN^{7), 8)}らは直接搾乳法により乳量を測定しているが、古くから離乳前、特に開眼前の子の体重または増体重がマウス・ラットでは母の泌乳量の推定法として使用されている。すなわち ENZMAN⁹⁾はマウスで4匹から13匹の間では哺育匹数が増加すると泌乳量（増体重）もある程度は増加することを報告し、星¹¹⁾はラットで乳子体重より泌乳機能を検討するには哺育子数を6匹以上にすることが望ましいと述べている。また、FALCONER¹²⁾は分娩数1匹から15匹の間では、どの分娩数においても、ある母マウス群は12日令子マウス体重をほぼ一定に保とうとする能力を持っているが、一般にはマウスの泌乳量はある分娩数の12日令総一腹子体重で表示することが良いと報告している。しかし、一腹子数の大小により12日令体重が変わらないという結果は自然のままの分娩子数だけを哺育させたものであり、実験的に分娩子数と無関係な匹数の子マウスを哺育させた時、総一腹子体重がどうなるかは不明である。

また、交換哺育を含む実験から開眼前体重や増体重におよぼす母体効果についても検討されている。すなわち、BATEMAN³⁾は子マウスの12日令体重のうち32%が主として母の泌乳量による分娩後の母体効果であることを報告したが、永井¹³⁾ら、COX⁴⁾ら、YOUNG⁵⁾らおよび NAGAI⁶⁾により、12日令体重または増体重における分娩後の母体効果は大体60～80%であると報告されている。しかし、これらの報告での哺育匹数は6匹または8匹の時の母体効果の

割合を示したもので、哺育匹数を何匹にした時に最大の母体効果がえられるかは調べられていない。

そこで、本実験では分娩子数とは独立に子マウスを殺さないで哺育する匹数、母マウスが最大の泌乳をする匹数および子マウス体重に対する母体効果が最大になる匹数の観点から総合的に母マウスの哺育能力の限界を調べた。

材料および方法

用いたマウスは NAGAI¹⁴⁾ らが未成熟期における乳腺の estrogen に対する反応に対して大きい方向に選抜近交を行ない、その後信州大学農学部家畜育種繁殖学教室において維持、管理している兄妹交配23代のKAマウス群である。なお、KAマウス群の育成経過およびその特性については NAGAI¹⁵⁾ ら YOSHIDA^{16), 17)} および NAGAI¹⁸⁾ らを参照されたい。

若干の予備マウスを含めた約30匹の初産を終えた約5ヶ月令の雌マウスを出来るだけ同一日に分娩するよう、それぞれ同腹の雄マウスに交配した。分娩の有無は毎日午前9時に調べ、分娩した母マウスについては分娩子数、母マウス体重および総一腹子体重を測定した後、子マウスを同じ日に生れた他の子マウスとともに全部集め無作為化した。子マウスを取り去られた母マウスは後述する5つの哺育母群（以後単に群と省略する）のいずれかの一つに無作為に割付けた後、集計した子マウスを各母マウスにそれぞれ決められた数だけ戻し、再び子マウスの体重を測定し、この日を哺育0日（生後0日）としてこれから21日間、それぞれの母マウスに哺育させた。なお、各群の子マウスは出来るだけ雌雄が等しくなるように留意し、かつ上記の処理を出来るだけ短時間に行なった。このように本実験では分娩した時の子マウス数のままで哺育させずに、母マウスの分娩子数とは無関係に、また自分の子マウスを哺育するか否かは問わずに一種の交換哺育を行なった。この理由は第一に分娩子数の哺育能力におよぼす影響、第二に子マウス遺伝的差異が哺育能力におよぼす影響を除去するためであった。

5哺育母群とは、1匹の母マウス当りの哺育子数が4、7、10、13および16匹であり、各群にはそれぞれ5匹の母マウスを含み、合計25匹の母マウスが実験に用いられた。なお、1匹の母マウス当りの哺育子数を4～16匹としたのは本実験に用いたマウスの初産での平均分娩子数が約10匹であったことから、10匹を中心に上下3匹ずつの間隔で4～16匹迄の5段階にした。

測定項目は哺育0日令より20日令迄の子マウスの死亡数、総一腹子体重、母マウス体重および0～14日令迄の2日ごとの子マウスの個体重である。これらの測定は毎日午前9時に行なった。また母マウスは30×20×15cmの同一の飼育箱で単飼し、実験期間中の飼育室の温度は約13°Cであった。飼料はオリエンタル製固型飼料MC-5と碎麦を1：3の割合で混合したものを飽食の状態になるよう毎日1回給与し、水は自由に飲めるようにした。なお、その他の飼育管理は出来るだけ均一になるように努めた。

子マウスの個体重は哺育0日令に石垣¹⁹⁾の入墨法により個体識別を行ない、測定した。各日令体重に対する母性効果の割合は永井¹³⁾らの方法に従い分散分析より推定した。

結果および論議

各群における哺育20日令迄の子マウスの死亡数について、14日前後に分けて調べたところ表1に示すような結果をえた。すなわち、哺育子数4匹および7匹群では母マウスは哺育14日令迄子マウスを殺さず全部を完全に哺育することが出来た。しかし、10匹群では5匹のうち1匹の母マウスが、さらに、13匹、16匹群ではそれぞれ5匹のうち3匹および4匹の母マウスが子マウスを完全に育てることが出来なかった。また、14日令迄に死亡した子マウス数は16匹群では計16匹、母マウス当り死亡子マウス数は3.2匹、13匹群では計6匹、母マウ

表1 哺育母群別死亡子マウス数

哺育母群	哺 育 日 令									14日令迄 子マウスを 殺した母数
	2	4	6	8	10	12	14	小計	15~20	
4 匹	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7 匹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 匹	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
13 匹	2	0	1	2	1	0	0	6	0	3
16 匹	5	4	2	1	4	0	0	16	1	4

ス当り1.2匹であり、10匹群では1匹の子マウスのみが死亡した。死亡日令は哺育の初期が多い傾向であった。また、15~20日令の間に3匹の子マウスが死亡したが、これは所謂糞づまりになって死亡したもので、開眼後の摂取飼料に原因し、母の乳量とは無関係な子自身が持つ強健性の欠如によるものと考えて別に取扱った。

このように哺育子数が7匹迄では子マウスを完全に哺育することから、7匹の哺育子数は明らかに哺育能力の限界に達していない匹数であると思われる。これに対して哺育子数が13匹以上になると子を完全には哺育出来ない母マウスが多くなり、また1匹の母マウスが哺育出来ない子マウス数も増加することから、13匹以上の哺育子数は哺育能力の限界を越えたものであり、10匹位が哺育出来る子数の限界のように考えられる。13匹および16匹群の14日令迄の子マウス死亡の原因は後述する母マウスの乳量不足であろうと思われる。なお、16匹群の1匹の母マウスは20日令迄1匹も子マウスを殺すことなく哺育した。このことは NAGAI¹⁸⁾らのKAマウス群では乳量が増加しているという報告と関連して興味あることであろう。

次に哺育能力の限界を主として離乳前の総一腹子体重および増体重から検討した。最初に子マウスの発育の概略をつかむために各群の母マウスに哺育された20日令迄の子マウスの成長を図1に示した。0日令の子マウス体重は無作為化の結果、各群とも1.5gで同じであったが、日令が進むにつれて群間に差がみられ、哺育子数が多くなるにつれて発育の遅延がみられ、12日令では4匹群の体重は7.9gであったが、16匹群では4.5gとかなり低い値であった。14日令迄の発育は4匹および7匹群ではほぼ等しく良く、13匹および16匹群の発育は同じように悪く、10匹群はその中間の発育を示した。そこで母マウスの泌乳量を最大にする哺育子数は何匹かという点から哺育能力の限界を調べてみた。

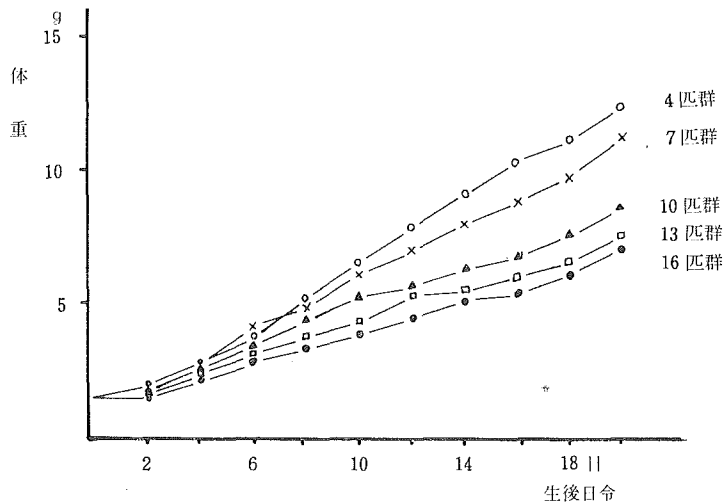


図1 哺育母群別子マウスの発育

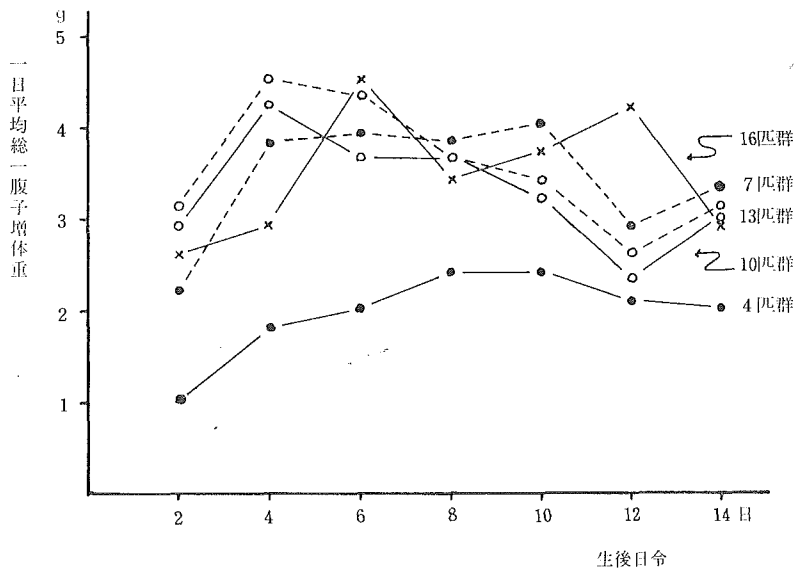


図2 哺育母群別一日平均総一腹子増体重

本実験では群毎に哺育子数が異なるので、母マウスの泌乳量は総一腹子増体重で表示することが妥当であると考えた。生後14日令迄の各群に哺育された一日平均総一腹子増体重は図2の通りである。4匹群では2日令の増体重は1.0 gであったが日令が進むにつれて増体重はゆるやかに増加し、8日令からは約2.5 gでほぼ一定していた。これに対し、7匹群では2日令では2.2 gの増体重であったが、4日令には3.8 gと急増し、10日令迄殆んど変らな

かった。10匹群では7匹群より早く急増し、10日令迄は一定の値を保つが、早く減少した。また13匹群では10匹群とほぼ同様の傾向がみられたが、最高値に達した後の減少の時期がさらに早い傾向であった。これに対して16匹群では6日令迄増加し、8日令で低下、後半また増加し、その変化の型は10匹および13匹群とは異なる傾向で、むしろ4匹および7匹群の結果に近いようであった。全般的にみて4匹群では7匹、10匹、13匹群に較べて増体重は僅かしか増加せず、また後半の減少も殆んどみられなかった。開眼前の総一腹増体重は子の遺伝的差異を除外すれば、主として母マウスの乳量によると考えられ、図2は母マウスの泌乳曲線とみなされる。それ故、4匹群の上記の結果から、この群では明らかに母の乳量に余裕があることが推察され、さらに、哺育子数が7匹でも10匹および13匹群の増加の程度と比較すると、まだ乳量に余裕があると思われる。これに対して10匹および13匹群では前半に最高値に急増し、その後子マウスの成長に伴う増加はみられず、一定の値を保った後減少する。

このことから、哺育匹数10匹で母マウスの乳量の限界に達し、13匹でも何とか母マウスは自己の能力限界の乳量——子マウスにとっては不十分な乳量であるが——を子マウスに与えることが出来ると思われる。しかし、さらに哺育子数を増加した16匹の場合は増体重の変化は匹数の少ない時のように減退している。これは乳量不足から子マウスが常に吸乳することが母マウスの泌乳に悪影響を与え、母の泌乳能力の限界を明らかに越えた結果と考えられる。なお、同時に調べた母マウスの体重の14日令迄の増減の程度では、16匹群は毎日の変動が他群のそれらに較べて著しく大であった。

図3は0日令よりの総一腹子増体重を日令毎、群別の変化が判るように示したものである。縦軸は生後0日令よりの総一腹子増体重を示し、横軸には各哺育母群をとり、各日令の総一

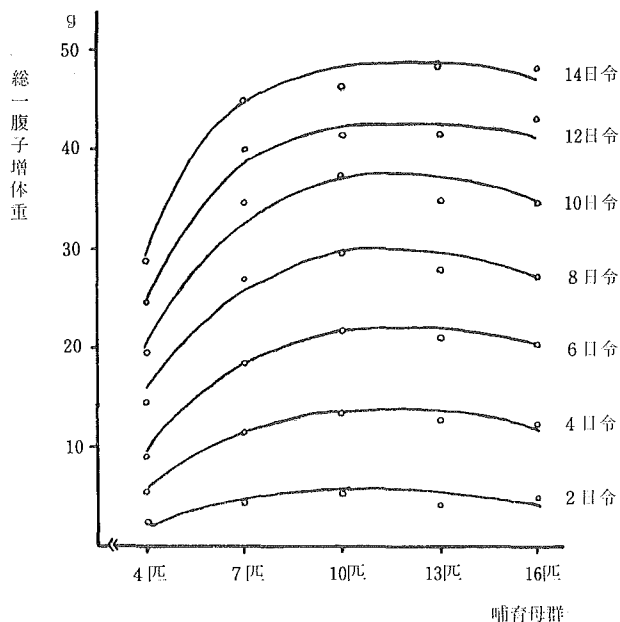


図3 哺育母群別総一腹子増体重

腹子増体重の平均値をプロットし、それぞれに近似的な曲線を引いた。各曲線は各日令における0日令よりの総一腹子増体重を哺育子数の大小との関係で示したもので、各群での隣接する曲線と曲線との差は2日分の総一腹子増体重を示すもので、図2の対応する1日平均総一腹子増体重を2倍した値と大体同じになる。図にみられるように生後2日令迄は哺育子数の大小とは関係なく、増体重が同じであることから、どの母マウスも哺育子数とは無関係に、同程度の僅かの乳量しか泌乳していない。しかし、4日令以降の総一腹子増体重は4匹、7匹、10匹と哺育子数が増加するにつれて増大し、どの日令においても10匹群が最大となり、13匹、16匹群では殆んど変化なく、やや減少している。すなわち母マウスの乳量は哺育子数が10匹迄は匹数の増加に従い増加するが、それ以上の匹数では前述のように死亡子マウスの増加や発育の遅延がみられることから、母マウスの泌乳量を最大にする適正な哺育子数は約10匹¹²⁾であると考えられる。FALCONER は母マウスには哺育子数とは無関係に子マウスが同じ発育をするような乳量を調節する能力があると述べているが、本実験の0～12日令迄の一

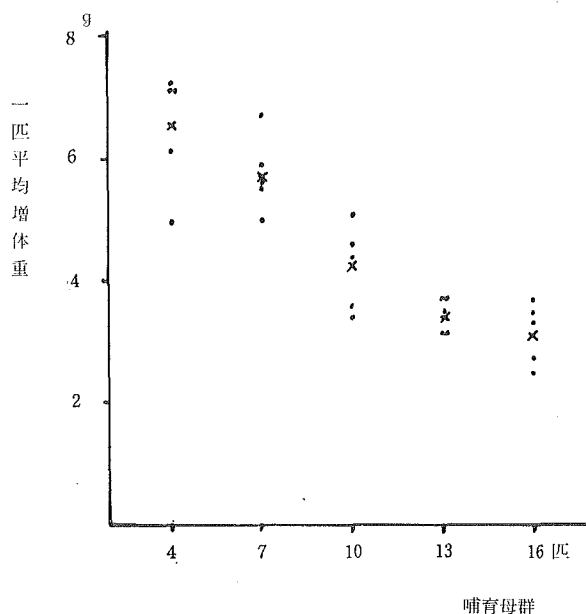


図4 哺育母群別 一匹平均増体重 (0～12日令)
(×: 各哺育母群の平均値)

匹平均増体重を哺育母群別に図示したのが図4である。図からも判るように、匹数の増加に伴い増体重は減少しており、FALCONER のいう調節指数を計算しても $R=0.634$ であったことから、本実験では母マウスの乳量を調節する能力はなかったと考えられる。

次に生後14日令迄の子マウスの増体重の分散分析を行ない、母親分散成分の割合から、子マウス増体重におよぼす母体効果の割合を求めた (表2)。なお、分散分析は次の模型によった。

変動要因	自 由 度	平均平方の分散構成
母 親 間	4	$\sigma_E^2 + n \sigma_D^2$
母 親 内	$5n-5$	σ_E^2
全 体	$5n-1$	

n : 各哺育子数

表2 哺育母群別子マウス増体重における母体効果の割合 (%)

生後日令 哺育母群	4	6	8	10	12	14
4 匹	75	67	68	79	77	79
7 匹	60	54	59	20	67	69
10匹	68	31	73	74	76	78
13匹	11	19	30	39	27	31
16匹	33	38	22	29	6	7

表2から母体効果の割合は7匹群の10日令および10匹群の6日令を除き、14日令迄、4匹、7匹および10匹群ではいずれも55～80%に近い母体効果が子マウス増体重に認められたが、13匹および16匹群では母体効果の占める割合は14日令迄いずれも40%以下で低かった。マウスの12日令体重または増体重に対する母体効果の占める割合については若干の報告があり、その値は30～80%であるが、交換哺育させた報告では70～80%でかなり高く、また1産次では低い^{4), 5)}が2産次では高いことが知られている。本実験では群内母数が余り多くなかったが、交換哺育を行なった2産次の結果であるので、従来の報告と一致し、かなり高い値がえられたと思われる。NAGAI⁶⁾は交換哺育による一腹子数6匹と8匹の場合の0～12日令一腹子増体重に対する母体効果はいずれも74%で差がなかったと報告している。

本実験の結果からも一腹子数が4匹から10匹迄の間では母体効果の占める割合は12日令および14日令迄の増体重で67～79%で差が認められなかった。これに対して、13匹および16匹群ではその割合は半分以下で低く、子マウス数が13匹以上になると、子マウスの増体重には母の乳量が僅かしか関与していないことを示した。このことは母の乳量の不足から弱い子マウスは僅かの乳しか飲めない¹³⁾ので、発育が悪くなったり、死亡したりし、その増体重は主に子自身の持つ強健性により決定されるものと思われる。これらのことから、当然のことながら、13匹以上の哺育子数が多い場合の子マウスの増体重から母の乳量を推定することは避けねばならない。さらに、子マウス数が4匹で少なく、母の乳量が余っていると考えられる時の子マウスの増体重には母マウスの乳量が大きく関与し、子マウス数が多くなり、乳量が不足し始めていると考えられる時には子マウスの増体重に母の乳量が余り関与していなかったことは興味あることと思われる。

最後にこれ迄の結果を総合してマウスの哺育能力の限界について考えてみたい。死亡子マウス数からは13匹および16匹の哺育子数の場合は各母マウスでかなりの子マウスが死亡し、実際の哺育子数はそれぞれ11.8匹および12.8匹に減少したことから、哺育能力の限界は10匹強と推察される。また、母マウス側からみると一日平均総一腹子増体重の変化——泌乳曲線

の型——から、母の泌乳量を最高に維持している匹数は10匹および13匹であった。しかし、10匹から13匹に哺育子数が増加しても、母マウスの乳量は変わらないため、1匹当りの子マウスに哺乳される乳量は減少し、その結果、1匹平均の子マウスの体重は減少し、死亡するものも生じた。さらに、12日令子マウス増体重に占める母体効果の割合が13匹および16匹群では少なく、4匹から10匹までは70~80%で大きかったことから、マウスの哺育能力の限界はKAマウス群では約10匹であると結論したい。

要 約

マウスの泌乳能力を哺乳子マウスの体重より推定する方法に関連して、マウスの哺育能力の限界についてKAマウス群を用いて調べた。1匹の母マウスが哺育する子マウス数が4, 7, 10, 13および16匹の5群を設け、各群に5匹、計25匹の母マウスを用い、離乳時迄の子マウスの死亡数、一腹子体重、一腹子増体重および子マウス増体重に対する母体効果の割合を調べた。得られた結果を要約すると次の通りである。

- 1) 13匹および16匹哺育母群では死亡子マウスが哺育初期に多くみられ、両哺育母群の子マウス数は哺育能力を越えた哺育数であると思われた。
- 2) 総一腹子増体重は10匹哺育母群迄は哺育数が増加するにつれて増加したが、13匹および16匹哺育母群では増加が認められなかった。
- 3) 子マウス増体重における母マウスの乳量を主とする母体効果が顕著にみられたのは10匹哺育母群迄であった。
- 4) これらのことから本実験に用いたマウス群ではその哺育能力の限界は約10匹であると思われた。

本研究に対し適切な御助言を賜った東京大学農学部教授内藤元男先生、当教室教授吉田重雄先生ならびにカナダ国立遺伝学研究所々員永井次郎先輩に深く感謝する次第である。

また、本研究の遂行に終始御協力を頂いた前当教室教授三村一先生および専攻生細見次郎、岡田幸峰両君に対し感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 近藤恭司・姫野健太郎・生駒博雄・葛城俊松, 農技研報告G 13: 9—27. 1953.
- 2) BUTLER, L., and J. D. METRAKOS, Can J Res 28: 16—34. 1950.
- 3) BATEMAN, N., Physiol Zool 27: 163—173. 1954.
- 4) COX, D. E., J. E. LEGATES, and C. C. COCKERHAM, J Animal Sci 18: 519—527. 1959.
- 5) YOUNG, C. W., J. E. LEGATES and B. R. FARTHING, Genetics 52: 553—561. 1965.
- 6) NAGAI, J., Can J Genet Cytol 13: 354—361. 1971.
- 7) NAGAI, J., Can J Anim Sci 49: 349—357. 1969.
- 8) NAGASAWA, H., R. YANAI, M. KOSUGIYAMA, and M. FUJIMOTO, Jap J Zootech Sci 40: 61—66. 1969.

- 9) HANRAHAN, J. P., and E. J. EISEN, Lab Anim Care 20 : 101—104. 1970.
- 10) ENZMANN, E. V., Anat Rec 56 : 347—358. 1933.
- 11) 星冬四郎, 日畜会報 11 : 91—108. 1938.
- 12) FALCONER, D. S., J Agric. Sci 37 : 224—235. 1947.
- 13) 永井次郎・山田淳三, 日畜会報 29 : 231—235. 1958.
- 14) NAGAI J., and J. YAMADA, Endocrin Japon 4 : 179—183. 1957.
- 15) NAGAI, J., M. YOSHIDA, and M. NAITO, Jap J Breeding 7 : 260—263. 1958.
- 16) YOSHIDA, M., Jap J Zootech Sci 32 : 125—133. 1961.
- 17) YOSHIDA, M., Jap J Zootech Sci 32 : 173—179. 1961.
- 18) NAGAI, J., M. YOSHIDA, and M. NAITO, Jap J Breeding 12 : 246—254. 1962.
- 19) 石垣貞夫, 実験動物 10 : 122—125. 1961.

The Limit of the Nursing Ability in Mice

By Motokazu Yoshida

Laboratory of Animal Breeding and Reproduction, Fac. Agric., Shinshu Univ.

Summary

The limit of the nursing ability in lactating mice was determined in connection with the estimation of the lactation performance by the weight of litter in KA mice group. Five groups of mother, suckling 4, 7, 10, 13 or 16 young experimentally, were set up and each group consisted of five mothers. Number of dead young, the weight of a litter, litter weight gains and the variance due to the maternal effect in the weight gain of young were measured. The results obtained were summarized as follows.

1) It was found that some young were dead in the groups of mother suckling 13 and 16 young during early period of nursing stage, indicating these numbers of young per mother were over the limit of nursing ability.

2) Litter weight gain increased as the number of suckling young per mother increased up to 10 suckling young but further increase could not be found in the groups of 13 and 16 suckling young.

3) The maximum maternal effect on the weight gains of young largely due to the milk production was found up to the group of 10 suckling young.

4) These findings indicate that the upper limit of nursing ability is 10 suckling young or so per lactating mice used in the experiment.