

ISSN 0389-2271

滝川畜産試験場研究報告

第 22 号



昭和 60 年 4 月

北海道立滝川畜産試験場

滝川畜産試験場研究報告 第22号

(1985年4月)

目 次

アンモニア処理による稲わら、小麦稈、スイートバーナルグラスの 細胞壁物質の変化について	1~8 p.
阿部英則・藤田 保	
とうもろこしサイレージの原料草とサイレージの アミノ酸組成	9~14p.
杉本亘之・岡本明治・吉田則人	
子豚熱的模型による上部暖房、床暖房および 床断熱の保温効果の評価	15~22p.
秦 寛・匂坂昭吾・藤田 保	
種豚の効率的選抜法に関する試験 第1報 不断給餌豚の日齢と生体重の増加に伴う 背脂肪の厚さの変化	23~26p.
梶野清二・山崎 昶・米田裕紀 山田 渥・河部和雄・宇野和敏	
卵殻破壊強度の遺伝的パラメータの推定と 改良効果のシミュレーション	27~32p.
田村千秋・森寄七徳・高橋 武 田中正俊・小関忠雄	
実用採卵鶏作出に関する研究 第2報 「滝川ゼットP」のヘテロシス効果	33~42p.
高橋 武・田村千秋・田中正俊 森寄七徳・小関忠雄	
場外誌掲載論文抄録	43~44p.

BULLETIN OF THE
TAKIKAWA ANIMAL HUSBUNDRY EXPERIMENT STATION

NO. 22(Apr. 1985)

CONTENT

Change of Cell Wall of Rice Straw, Wheat Straw and Sweet Vernal-grass With Ammonia Treatment. 1 ~ 8 p.
Hidenori ABE and Tamotsu FUJITA

The Amino Composition of Fresh and Ensiled Corn Plant Material. 9 ~ 14p.
Nobuyuki SUGIMOTO, Meiji OKAMOTO and Norito YOSHIDA

Evaluation of the Warming Effects of Radiant Heat, Floor Heat and Floor Insulation with the Piglet Thermal Mannequin. 15 ~ 22p.
Hiroshi HATA, Shougo SAGISAKA and Tamotsu FUJITA

Efficient Selection Procedures in Pigs.
1. The Change of Backfat Thickness with Ages and body Weights under the Adlibitum Feeding. 23 ~ 26p.
Kiyoji KAJINO, Hisashi YAMAZAKI, Yasunori YONETA, Atsushi YAMADA, Kazuo KAWABE and Kazutoshi UNHO

Estimates of Genetic Parameters for Fracture Force in Egg-Laying Strain and Simulation of Genetic Gain under Index Selection. 27 ~ 32p.
Chiaki TAMURA, Shichinori MORISAKI, Takeshi TAKAHASHI, Masatoshi TANAKA and Tadao OZEKI

Studies on Selection of High Quality Layer.
2. Heterosis Effects on TAKIKAWA Z.P. 33 ~ 42p.
Takeshi TAKAHASHI, Chiaki TAMURA, Shichinori MORESAKI, Masatoshi TANAKA and Tadao OZEKI

APPENDIX

Summaries of the Papers on other Journals Reported by Staff. 43 ~ 44p.

アンモニア処理による稲わら, 小麦稈, スイートバーナルグラスの細胞壁物質の変化について

阿部 英則 藤田 保

緒 言

稿稈類のような利用性の低い材料をアンモニアで処理することにより, 栄養価や採食量などの向上することが知られており¹⁾, その実用化も図られつつある。同時に, これら低質材料の主体を占める細胞壁物質のアンモニア処理による変化についても検討されているが, その多くは構成成分である ADF, セルロース, ヘミセルロースなどの含量や消化率についてであり²⁾⁸⁾¹⁷⁾²¹⁾²³⁾³¹⁾, 細胞壁物質の消化を阻害する主因とされるリグニンに対するアンモニア処理の影響を調べた例は殆んど見当たらない。また一方, 小麦稈²⁾⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁶⁾²¹⁾, 大麦稈¹⁰⁾¹¹⁾¹⁷⁾²⁸⁾, 稲わら⁶⁾²⁷⁾²⁹⁾³¹⁾に対するアンモニア処理例は多くみられるものの, 乾草に対するアンモニア処理は貯蔵中における変敗防止が主眼であり¹⁴⁾¹⁵⁾²²⁾³⁰⁾³²⁾, 刈り遅れによる低質化乾草のアンモニア処理による栄養価向上を検討した例を見かけない。

そこで, 低質材料として稲わら, 小麦稈および刈り遅れた利用性の低いスイートバーナルグラス主体乾草を取り上げ, これら材料をアンモニア処理した際の細胞壁物質を構成する成分の含量や消化率の変化を検討し, さらにリグニンに対するアンモニア処理の影響を調べるため, 細胞壁物質のセルラーゼによる分解反応を検討した。

試 験 方 法

稲わら, 小麦稈, スイートバーナルグラス主体

乾草 (SVG) ともコンパクトベールして堆積し, 水分含量が約20%になるように水を加えてからビニールで被覆した。ついで, アンモニアを乾物当り約2%となるように注入して40日間密閉後に開封し, 過剰のアンモニアを揮散させて供試材料とした。3種の材料とも昭和57年に生産されたものであり, アンモニア処理は昭和58年7月に行った。消化試験は稲わらと SVG について行ったが, 稲わらについては前述の材料とは別に昭和58年に生産され, 昭和59年5月にアンモニア処理 (乾物当り3%) した材料を消化試験に供した。

消化試験は稲わら, SVG のアンモニア処理, 無処理材料をそれぞれ4頭のサフォーク種めん羊に約10%の残飼が出るように自由採食させ, 予備期7日, 本期7日の全糞を採取して消化率を求めた。

NDF, ADF の定量は常法¹⁸⁾により, リグニン, ケイ酸は堀井, 阿部の方法⁹⁾により定量した。ヘキソースはアンスロン法⁴⁾, ペントースはオルシノールー塩酸法⁵⁾で定量した。有機物から NDF を引いた残りを細胞内容物, NDF から ADF を引いた残りをヘミセルロース, ADF からリグニン, ケイ酸を引いた残りをセルロースとして表示した。

細胞壁物質は中性デタージェント処理により, またホロセルロースは Jenkins の改良法²⁶⁾により調製した。

細胞壁物質, ホロセルロースのセルラーゼによる分解率の測定は阿部, 堀井の方法¹¹⁾に基づいた。すなわち, 試料0.3g に酢酸緩衝液 (pH 4) の1%セルラーゼ溶液40ml を加え振とう培養器中で40°C に保ちながら分解し, 乾物量の減少率を求めた。分解時間は細胞壁物質の場合は8時間以内,

ホロセルロースの場合は2時間である。

試験結果および考察

アンモニア処理(処理)の有無による細胞壁構成成分および細胞内容物(OCC)含量を表1に示した。サンプリングの際のバラツキが考えられるため、同一梱包3点の処理前後における含量を比較した。

表1 アンモニア処理別材料の成分含量 (乾物%)

	処理	NDF	ADF	セルロース		リグニン	ケイ酸	OCC ¹⁾
				セルロース	ヘミセルロース			
稲わら	無処理	73.2	44.6	39.2	28.6	7.0	9.4	11.8
	NH ₃ 処理	71.0	45.0	39.3	26.0	6.9	10.2	13.1
小麦稈	無処理	84.3	51.1	40.2	33.2	9.6	3.0	9.7
	NH ₃ 処理	80.4	52.6	41.6	27.8	10.2	3.4	13.4
SVG ²⁾	無処理	68.9	39.9	32.2	29.0	5.5	0.7	26.0
	NH ₃ 処理	68.6	39.9	33.7	28.7	5.6	0.8	26.3

注1) 細胞内容物

注2) スイートバーナルグラス主体乾草

それによると、いずれの材料においてもADF、セルロース、リグニン、ケイ酸含量の処理による変化はとくに認められなかった。一方、稲わらと小麦稈では処理によりNDF、ヘミセルロースが減少し、またOCCの増加がみられた。すなわち、ヘミセルロースの減少量、OCCの増加量は稲わらではそれぞれ2.6、1.3%であり、同様に小麦稈では5.4、3.7%であった。ADF含量の処理による変化がみられないことから、NDF含量の減少はその中

に含まれるヘミセルロースの減少によるものと思われる。アンモニアのようなアルカリ処理によりヘミセルロースが可溶化することはよく知られており¹⁹⁾、その可溶区分によるOCC含量の増加が考えられるが、この点をさらに明らかにするため、変化の認められた稲わら、小麦稈について可溶性糖含量を測定した(表2)。表にはエチルアルコールおよび水可溶部のペントースとヘキソース含量を示した。

表2 アンモニア処理別材料の可溶性糖含量

	処理	アルコール可溶部 ¹⁾		水可溶部 ²⁾		計		C ₅ /(C ₅ +C ₆) (%)
		C ₅	C ₆ ³⁾	C ₅	C ₆	C ₅	C ₆	
		—(乾物%)—				—(%)—		
稲わら	無処理	0.3	0.8	0.5	1.3	0.7	2.1	25.8
	NH ₃ 処理	0.3	0.7	0.8	1.7	1.2	2.4	32.2
小麦稈	無処理	0.3	0.5	0.7	1.1	1.0	1.5	40.1
	NH ₃ 処理	0.5	0.9	1.4	1.7	1.9	2.5	43.3

注1) 80%熱エチルアルコール可溶部

注2) 80%熱エチルアルコール抽出残渣の熱水可溶部

注3) C₅: ペントース、C₆: ヘキソース

エチルアルコール可溶部には低分子の、水可溶部にはやや分子量の大きい糖が含まれるが、可溶

性糖の総量は稲わら、小麦稈とも処理により増加し、とくにペントースの増加割合が大きかった。

ヘミセルロースはキシラン、マンナンのようなペントースの多糖類を多く含んでおり、処理による可溶性糖、とくにペントースの増加はヘミセルロースの可溶化による減少、ならびに可溶化された糖によるOCC含量の増加を反映しているといえよう。アンモニア処理によりNDF含量は低下するが、ADF、セルロース、リグニン、ケイ酸含量が変化

しないという例は多い¹⁶⁾¹⁷⁾²¹⁾²³⁾²⁷⁾³¹⁾。

稲わら、SVGの処理の有無による細胞壁構成成分の消化率およびTDN含量の違いを表3に示した。小麦稈については処理による粗繊維¹⁰⁾¹¹⁾¹⁶⁾²¹⁾、ADF²⁾⁸⁾¹⁶⁾、セルロース²⁾の消化率向上が数多く報告されている。

表3 アンモニア処理別材料の消化率とTDN含量

	処理	NDF	ADF	セルロース		リグニン	ケイ酸	TDN
				セルロース	ヘミセルロース			
—(%)—								
—(乾物%)—								
稲わら	無処理	67.6 ^A	64.2 ^A	73.4 ^A	83.5 ^A	35.7	24.0 ^A	55.0 ^A
	NH ₃ 処理	80.8 ^B	73.8 ^B	94.5 ^B	72.6 ^B	31.6	34.2 ^B	62.7 ^B
SVG ¹⁾	無処理	62.1 ^A	56.4 ^A	69.1 ^A	—	—	—	54.2 ^A
	NH ₃ 処理	70.8 ^B	66.1 ^B	78.2 ^B	—	—	—	61.6 ^B

* A、B間にP<0.01で有意差あり

注1) スイートバーナルグラス主体乾草

稲わら、SVGとも処理によりNDF、ADF、ヘミセルロースの消化率は大きく向上し、処理稲わら、SVGのTDN含量はそれぞれ62.7、61.6%であった。稲わらについてはセルロース、リグニンの消化率も測定したが、処理によりセルロースの消化率は高まったものの、繊維消化の負の要因とされるリグニンの消化率改善は認められなかった。処理稲わら、SVGのヘミセルロースの消化率はそれぞれ94.5、78.2%と非常に高いが、ヘミセルロースは複合多糖類の総称であり、前述の如くアルカリに可溶化する部分を多く含んでいる。また、リグニンとの間に化学結合の存在が推定されており²⁰⁾、寺島ら²⁵⁾はヘミセルロースに含まれるウロン酸のカルボキシル基が処理により多く遊離することから、アンモニアがヘミセルロースのカルボキシル基を介したリグニンとの結合を切るものと推定しており、これらの効果が相まって処理材料の高いヘミセルロース消化率が得られたものと示唆される。稲わらの場合、処理により増加したNDF態窒素に占めるADF態窒素、ヘミセルロース態窒素の割合はそれぞれ30、70%であり、またアンモニア処理したチモシー、オーチャードグラスにおいてヘミセルロース態窒素の増加量はADF態窒素

の2~4倍にのぼっており²²⁾、細胞壁物質に吸着した窒素の中でヘミセルロース態窒素の割合がきわめて高いことは前述の事実を裏付けるものと考えられる。

一方、ADF、セルロースの消化率は処理により高まったが、これらはヘミセルロースを含んでおらずヘミセルロースの可溶化とは異なる変化が考えられるものの、ADF、セルロース含量は処理により変化せず、またリグニンについても含量や消化率の変化は認められないことより、アンモニア処理を低分子化・可溶化をともなう化学的変化のみではとらえられない。そこで、阿部、堀井¹⁾の報告にあるように細胞壁物質(CW)のセルラーゼによる分解反応について検討した。

無処理および処理材料から得たCW(無処理および処理CW)のセルラーゼによる分解の経時的変化を図1に示した。

3種の材料とも反応初期においてはCWの分解は急速に起こるが、時間が経つにつれて分解の速度は遅くなった。また、処理CWのセルラーゼ分解率は無処理CWのそれよりも高く、稲わら、SVG、小麦稈・CWのセルラーゼ分解率は処理により分解4時間後でそれぞれ20、53、55%高まった。図

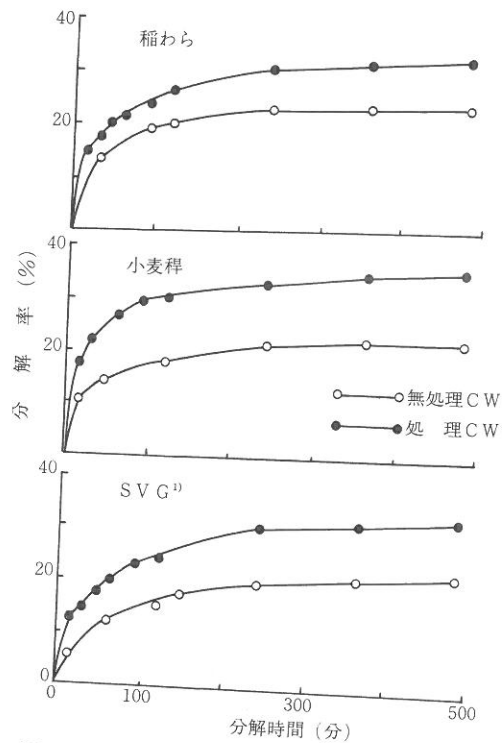


図1 セルラーゼによる細胞壁物質(CW)の分解
注1) スイートバーナルグラス主体乾草

1の反応パターン $dx/dt = ax$ (x : 分解率, t : 分解時間, a : 速度定数)の解は $\log X = \log X_0 + at$ (X_0 : 初期値)で示される。そこで、処理CWを例にとり0~8時間で分解される量を全反応量とみなし、各分解時間における残存反応物質の割合を求め¹²⁴⁾、分解時間に対する片対数プロットとして図2に示した。

それによると、いずれの処理CWにおいても分解反応は勾配の異なる2本の直線部からなることが認められ、この反応が2つの一次反応からなり立っていることを示している。このことは反応始めの急速な減少部とそれ以降の緩慢な減少部に対応して、CWには異質な2つの部分の存在が考えられるといえよう。無処理CWについてもほぼ同様な結果が得られており、またイタリアンライグラス・CWについても同様なセルラーゼ分解の2元性が報告されている¹⁾。このように、CWのセルラーゼ分解が2元性を示す理由として、阿部、堀

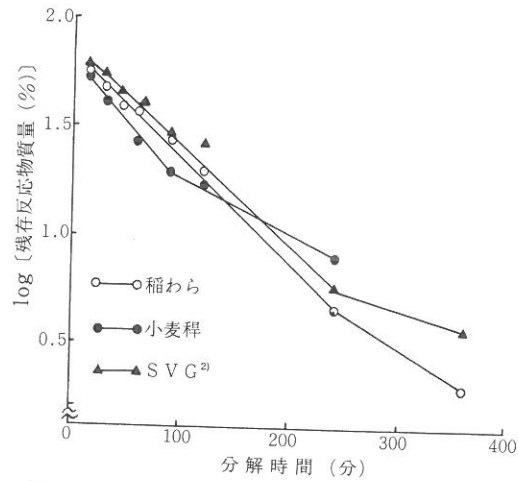


図2 セルラーゼによるアンモニア処理細胞壁物質¹⁾の減少
注1) アンモニア処理した3種の材料から得た細胞壁物質
2) スイートバーナルグラス主体乾草

井¹⁾はリグニンや構造性炭水化物の結晶構造の存在を推定している。すなわち、リグニンや結晶構造とはfreeな構造性炭水化物は反応始めに急速に分解されるが、それ以降はリグニンや結晶部分の存在のため、セルラーゼ分解は低下するものと考えられる。図1の反応パターンを分解率と時間について両対数プロットすると図3に示すとおりであ

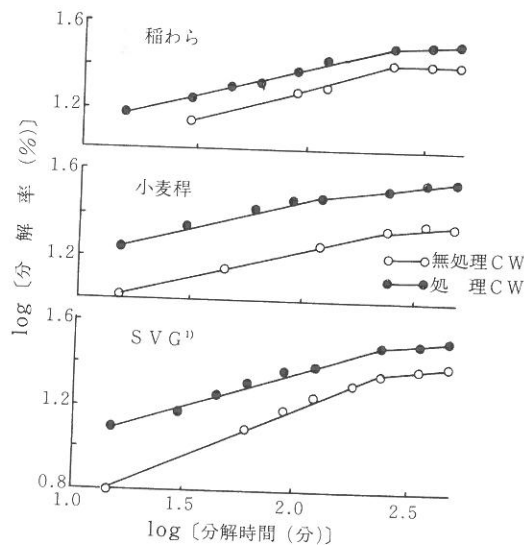


図3 セルラーゼによる細胞壁物質(CW)の分解(両対数)
注1) スイートバーナルグラス主体乾草

るが、いずれのCWにおいても反応は2つの直線部に分けられ、これは前述のセルラーゼ分解の2元性に他ならないが、3種の材料とも2本の直線部の変曲点は処理によって高まり、処理CWのセルラーゼ高分解性は主として変曲点の高さによるものと考えられた。

図3の直線はいずれも $X = X_0 \cdot t^n$ で表わされるが、反応始めの直線部(セルラーゼ高活性部)における n , X_0 を表4に示した。

表4 細胞壁物質のセルラーゼ高活性部における定数

		$X = X_0 \cdot t^n$	
		n	X_0
稲わら	無処理	0.304	4.78
	NH ₃ 処理	0.275	6.90
小麦稈	無処理	0.261	5.14
	NH ₃ 処理	0.296	7.86
S V G ¹⁾	無処理	0.409	2.15
	NH ₃ 処理	0.322	5.25

注1) スイートバーナルグラス主体乾草

n , X_0 を処理の有無で比べると、いずれの材料でも X_0 は処理によって増えたものの、 n に大きな違いは認められず、処理CWの高い変曲点は主として初期値 X_0 の大きさによるものであり、このことは処理による構造性炭水化物のリグニンや結晶構造とはfreeな部分の増加を示しているといえよう。

リグニンの消化阻害は主として繊維質に対する物理的な被覆が原因であるとされている²⁰⁾。前述の如く処理によりリグニンの含量や消化率に変化がみられない例がある一方で、走査電顕により処理稲わらでは細胞壁のルーメン微生物による消化促進が観察されており¹²⁾、また小麦稈では処理による組織の緻密性の低下やリグニン部分の拡散が認められている⁷⁾。これらの点から、アンモニア処理はリグニンの被覆部分へ損傷を与えるなど、主として物理的変化を起こすことにより、リグニンによる阻害を低減するものと考えられた。

一方、構造性炭水化物自体の結晶構造による消

化阻害も認められているが²⁰⁾、アンモニアの結晶構造に対する影響を調べるには、リグニンの影響を除く必要がある。そこで、無処理および処理CWからリグニンを除いたホロセルロースを調製し、処理の有無によるセルラーゼ分解の違いについて検討し、図4に示した。

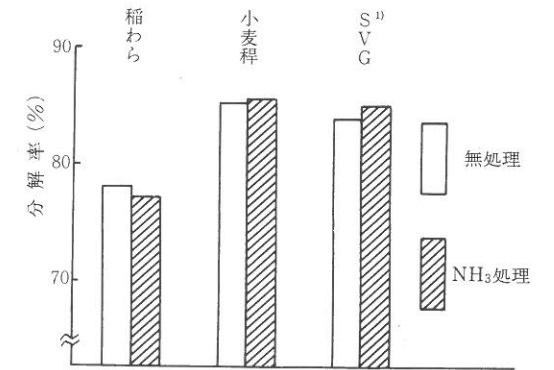


図4 セルラーゼによるホロセルロースの分解
注2) スイートバーナルグラス主体乾草

それによると、ホロセルロースのセルラーゼ分解率には処理の有無による違いは認められなかった。また、無処理CWから得たホロセルロースのセルラーゼ分解率は80~90%に達しており、分解の阻害要因である結晶構造の存在は疑わしいといえるが、ホロセルロース調製時の処理による結晶構造の破壊についても必ずしも否定できず、今後の詳細な検討が待たれよう。

以上の点から、処理によるCWのセルラーゼ分解率の向上は、主としてリグニンによる阻害が低減されるためと考えられた。なお、稲わらについてはケイ酸による阻害も知られているが、処理によりケイ酸の消化(失)率は向上した。

要 約

稲わら、小麦稈、スイートバーナルグラス主体乾草(SVG)をアンモニア処理して細胞壁物質(CW)を構成する成分の含量やその消化率を調べた。また、アンモニアのリグニンに対する影響を

調べるため，処理の有無によるCWのセルラーゼ分解の違いを検討した。

1. 稲わら，小麦稈では処理によりヘミセルロース含量が減少し，細胞内容物含量が増加した。
2. 消化率を測定した稲わら，SVGでは，NDF，ADF，ヘミセルロースの消化率は処理により向上した。
3. 消化率を測定した稲わらでは，セルロースの消化率は処理により向上したものの，リグニンの消化率向上は認められなかった。
4. 処理材料から得たCWのセルラーゼ分解率は無処理材料から得たCWのそれよりも高く，リグニンとはfreeな構造性炭水化物の処理による増加が考えられた。
5. 以上の結果より，アンモニア処理による栄養価の向上はヘミセルロースの可溶化による細胞内容物の増加，およびリグニンの消化阻害の低減にあると考えられた。

本試験の実施に当り，供試材料の一部を提供して頂いた秩父別町農業協同組合職員および生産者の方々に謝意を表する。

引用文献

- 1) 阿部 亮，堀井 聡 (1974) 日草誌20(1) : 16~21.
- 2) Al-RABBAT, M. F., D. P. HEANEY (1978) *Can. J. Anim. Sci.*, 58 : 443~451.
- 3) BAKER, T. I., G. V. QUICKE, O. G. BENTLEY, R. R. JOHNSON and A. L. MOXON (1959) *J. Anim. Sci.*, 18 : 655~662.
- 4) 福井作蔵 (1973) 還元糖の定量法 47~50. 東京大学出版会，東京.
- 5) 福井作蔵 (1973) 還元糖の定量法 83~89. 東京大学出版会，東京.
- 6) GARNETT, W. N., H. G. WALKER, G. O. KOHLER and M. R. HART (1979) *J. Anim. Sci.*, 48(1) : 92~103.
- 7) HARBERS, L. H., G. L. KREITER, G. V. DAVIS, Jr, M. A. RASMUSSEN and L. R. CORAH (1982) *J. Anim. Sci.*, 54(6) : 1309~1319.
- 8) HERREA-SALDANA, R., D. C. CHURCH and R. O. KELLEMS (1983) *J. Anim. Sci.*, 56(4) : 938~942.
- 9) 堀井 聡，阿部 亮 (1972) 畜試研報 25 : 63~68.
- 10) HORTON, G. M. J (1978) *Can. J. Anim. Sci.*, 58 : 471~478.
- 11) HORTON, G. M. J., G. M. STEACY (1979) *J. Anim. Sci.*, 48(5) : 1239~1249.
- 12) 伊藤 宏，寺島福秋，林崎 篤 (1981) 日畜会報 52(9) : 671~679.
- 13) 伊藤 宏 (1983) 日畜会報 54(9) : 487~496.
- 14) KNAPP, W. R., D. A. HOLT and V. L. LECHTENBERG (1974) *Agron. J.*, 66 : 823~824.
- 15) KNAPP, W. R., D. A. HOLT and V. L. LECHTENBERG (1975) *Agron. J.*, 67 : 766~769.
- 16) 熊瀬 登，鈴木昌宏，趙 景陽，藤田 裕 (1984) 帯大研報 14 : 81~87.
- 17) MIRA, J. J. F., M. KAY (1983) *Anim. Prod.*, 36 : 271~275.
- 18) 森本 宏 監修 (1971) 動物栄養試験法 349~351 養賢堂，東京.
- 19) 中村亮八郎 (1981) 新飼料学 下巻 70~71 チクサン出版社，東京.
- 20) 中村亮八郎 (1981) 新飼料学 下巻 111~115 チクサン出版社，東京.
- 21) 農林水産省北海道農業試験場草地開発第一部 (1984) 昭和58年度北海道農業試験成績会議資料 (麦稈の飼料化のためのアンモニア処理法)
- 22) 農林水産省北海道農業試験場草地開発第一部ほか (1984) 昭和58年度北海道農業試験成績会議資料 (多雨多湿期における乾草のアンモニア処理調製貯蔵法)
- 23) OJI, U. I., D. N. MOWAT (1979) *Anim. Feed Sci. Technol.*, 4 : 177~186.
- 24) SMITH, L. K., H. K. GOERING, D. R. WALDO and C. H. GORDON (1970) *J. Dairy Sci.*, 54 (1) : 71~76.
- 25) 寺島福秋，唐来宣人，伊藤 宏 (1984) 日畜会報 55(8) : 569~575.
- 26) 東大農芸化学教室 (1951) 実験農芸化学 下巻 653~654 朝倉書店，東京.
- 27) 唐来宣人，寺島福秋，伊藤 宏 (1979) 日畜会報 50(3) : 189~194.
- 28) WAAGEPETERSEN, J., K. V. THOMSEN (1977) *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2 : 131~142.
- 29) WAISS, Jr. A. C., J. GUGGOLZ, G. O. KOHLER, H. G. WALKER, Jr and W. N. GARNETT (1972) *J. Anim. Sci.*, 35(1) : 109~112.
- 30) WEISS, W. P., V. L. LECHTENBERG and V. F. COLENBRANDER, (1982) *J. Dairy Sci.*, 65 : 1212~1218.
- 31) 箭原信男，沼川武男，高井慎二 (1981) 東北農試研報 65 : 91~97.
- 32) 箭原信男，沼川武男 (1978) 日畜会報49(9) : 648~652.

Change of Cell Wall of Rice Straw and , Wheat Straw, Sweet Vernal grass with Ammonia Treatment

Hidenori ABE and Tamotsu FUJITA

(Received; Nov. 26. 1984)

Summary

The present study was conducted to determine the change of cell wall (CW) of rice straw, wheat straw, sweet vernalgrass (*Anthoxanthum odoratum*) with ammonia treatment. The content and digestibility of components of CW of these materials with and without ammonia treatment were measured, and the pattern of cellulase hydrolysis of CW obtained from both materials were analyzed to confirm the effect of ammonia treatment. The results summarized are as follows.

- 1) In rice straw, wheat straw, ammonia treatment increased the degradation of hemicellulose, in addition to increasing the organic cellular content.
- 2) Ammonia treatment improved the digestibility of NDF, ADF, hemi-cellulose in rice straw, sweet vernalgrass.
- 3) Ammonia treatment improved the digestibility of cellulose, but had no effect on that of lignin in rice straw.
- 4) Cellulase digestibility of CW obtained from ammoniated materials were high compared to that of CW obtained from original materials, indicating that lignin free-structural carbohydrate to be easily digested by cellulase was probably increased with ammonia treatment.
- 5) It is considered that improvement of nutritive value of these materials with ammonia treatment could be caused by increasing the degradation of hemicellulose, and by enhancing the digestion of fibrous components with mechanical damage of lignin.

とうもろこしサイレージの原料草とサイレージのアミノ酸組成

杉本 亘之 岡本 明治* 吉田 則人*

緒 言

北海道内におけるサイレージ用とうもろこしは、1982年の作付面積が52,900ha、総収穫量が2,691,000tに達し¹⁾、道内における重要な基幹飼料作物の位置を占めるに及んでいる。

サイレージ用とうもろこしは、その大半が乳牛および肉牛に利用されているが、他方養豚においても、サイレージとしての利用技術に関する試験が実施され²⁾、今後の普及が期待されている。一般に、とうもろこしサイレージの飼料価値は、エネルギー源としての価値の高い点にあるが³⁾⁶⁾、飼料としての利用割合が高まると、当然ながらその他の栄養成分、特に蛋白質としての効果、すなわちアミノ酸組成に対する配慮も重要であり、とりわけ単胃の家畜におけるアミノ酸組成は、大きな問題と考えられる。

しかしながら、わが国において、とうもろこしサイレージのアミノ酸組成を、原料草とサイレージの比較において検討した報告がみあたらず、さらに日本標準飼料成分表⁷⁾にも、とうもろこしサイレージのアミノ酸組成が明記されていない。そこで、サイレージ用とうもろこしのアミノ酸組成に関しての知見を得るため、とうもろこしの原料草とサイレージのアミノ酸組成について、熟期との関係より検討を加えたので報告する。

材料および方法

供試とうもろこしは、1978年および1981年に滝川畜試の圃場で生産されたもので、とうもろこし

の栽培条件は各年とも前報¹⁵⁾と同様であり、1978年は早生種 C535と晩生種 P3390を、1981年は早生種 C535と晩生種 Jx162をそれぞれ乳熟、糊熟および黄熟期にサイレージ調製した。サイレージの調製方法は前報¹⁴⁾のとおりである。両年におけるサイレージの調製月日、調製時の乾子実割合(総乾物重量に占める子実の乾物重量割合)およびサイレージの pH は表 1 に示した。乾子実割合は、各品種とも熟期の進行に伴って増加し、両年とも同一熟期では晩生種に比較し早生種で乾子実割合が高く、また、いずれのサイレージとも発酵品質の良好なものであった。

表 1 供試サイレージの調製月日、乾子実割合および pH

年度	品種	熟期	調整月日	乾子実割合	サイレージの pH
1978	早生種 C 535	乳熟期	8月18日	23.6%	3.61
		糊熟期	8月30日	40.8	3.77
		黄熟期	9月19日	46.5	3.98
	晩生種 P 3390	乳熟期	8月30日	15.4	3.72
		糊熟期	9月19日	35.0	3.61
		黄熟期	10月11日	37.9	4.04
1981	早生種 C 535	乳熟期	9月7日	16.8	3.78
		糊熟期	9月19日	24.8	3.96
		黄熟期	9月29日	42.2	3.98
	晩生種 Jx 162	乳熟期	9月19日	11.7	3.71
		糊熟期	9月29日	28.0	3.92
		黄熟期	10月8日	33.6	3.77

アミノ酸組成の分析は、原料草およびサイレージとも、70℃で24時間乾燥処理後、室温に一昼夜放置してから粉碎したものを供試した。すなわち、粉碎試料50mgを試験管に採り、これに6 N-HCl

* 帯広畜産大学草地利用学研究室
(受理 1984. 12. 14)

5 ml とオクチルアルコール数滴を加え脱気後封管し、110℃で24時間蛋白質の加水分解を行った。その後、減圧濃縮してから、0.01N-NaOH0.5ml を加え4時間放置し、0.02N-HCl で25ml にメスアップしアミノ酸分析用試料とした。アミノ酸の分析は、日立-835形高速アミノ酸分析計によった。

結果および考察

原料草とサイレージの乾物中の粗蛋白質含量を 図 1 に示した。いずれも熟期が進むにつれ粗蛋白質

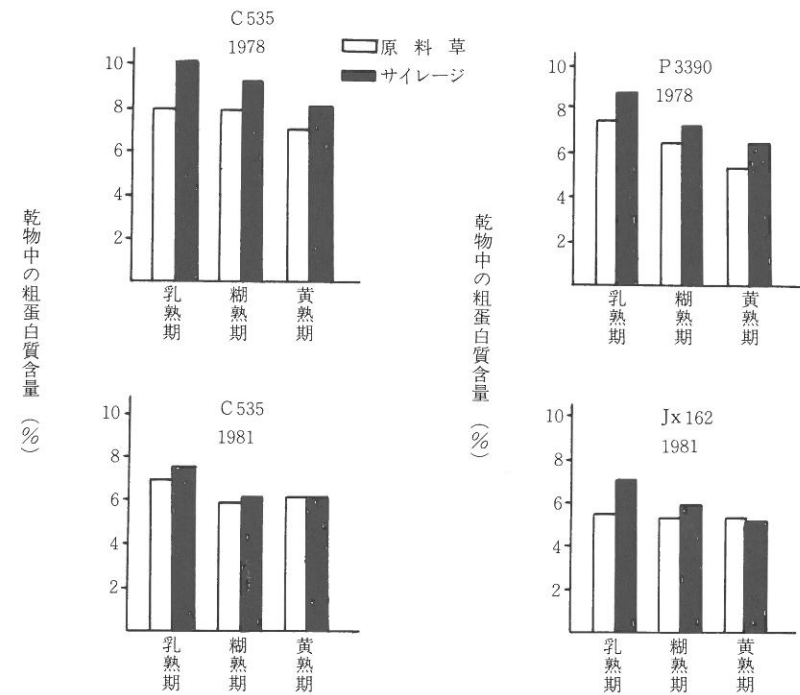


図 1 原料草とサイレージの乾物中の粗蛋白質含量の比較

以上のことから、名試料の乾物中のアミノ酸含量の比較において、原料草よりサイレージで、また1981年より1978年の試料で乾物中の粗蛋白質含量が高いことから、アミノ酸含量もそれに対応して高く評価されるため、本試験では粗蛋白質中に占めるアミノ酸含量の割合について比較検討することとした。なお、供試とうもろこしは、各年2

質含量は低下の傾向がみられ、また1978年に比べ1981年の試料で粗蛋白質含量が総体的に低く、年次による影響が認められた。さらに、1981年のC535およびJx162の黄熟期を除き、原料草よりもサイレージで粗蛋白質含量が高かった。これは、大山ら¹²⁾が指摘するように、サイレージの発酵に基ずく乾物含量の低下と、さらに本試験における水分の測定が、いずれも乾燥法⁷⁾によったため、北農試の成績⁹⁾にみられるようにサイレージの水分含量が実際より高く測定された結果、乾物中の粗蛋白質含量が原料草よりサイレージで相対的に高く評価されたためと考えられる。

品種ごとの合計4例と例数が少ないことから、早生種と晩生種および年次間の検討が困難であったため、本成績では4例の平均値における熟期ごとの比較を、原料草とサイレージについて検討した。

原料草とサイレージの熟期別における粗蛋白質中のアミノ酸組成について示すと表2のとおりである。なお、本試験において検討したアミノ酸は、

表2に示した17種類である。粗蛋白質中に占める全アミノ酸の割合は、原料草およびサイレージとも熟期が進むにつれて高くなり、逆にアミノ酸以外の窒素成分の割合は低下がみられた。先に報告¹⁵⁾したように、とうもろこし植物体組成の熟期の進行に伴う大きな変化は、茎葉部割合の低下と子実割合の増加にある。したがって、茎葉部と子実部における窒素成分の形態的差異が、アミノ酸の組成に大きな影響を及ぼしているものと考えられるが、とうもろこしの熟期の推移による影響も含め、とうもろこしの各部位における窒素成分の形態的变化については、さらに今後における詳細な検討が必要であろう。また、原料草とサイレージにおける粗蛋白質中のアミノ酸割合は、原料草よりサ

イレージで低かったが、このことはとうもろこしの埋蔵期間における、植物自体の蛋白分解酵素の作用¹¹⁾と、その後引き続いて起こる微生物の作用によるアミノ酸以外の非蛋白態窒素化合物の生成、すなわち全窒素に占めるアミノ酸割合の低下に基ずく結果と考えられる。O_{HYAMA}¹⁰⁾は草サイレージにおいて、材料牧草中の蛋白態窒素は全窒素の80%内外であるが、サイレージにおいては50%以下になることも稀でないとし、しかもアンモニアが主成分とみなされる揮発性塩基態窒素は、全窒素の30%に及ぶとしていることから、サイレージ化により、全窒素に占めるアミノ酸割合の低下がうかがわれる。

表2 とうもろこしの原料草とサイレージの熟期別における粗蛋白質中のアミノ酸組成 (%)

	原 料 草			サ イ レ ー ジ		
	乳 熟 期	糊 熟 期	黄 熟 期	乳 熟 期	糊 熟 期	黄 熟 期
粗蛋白質 (乾物中)	7.0	6.4	6.0	8.4	7.1	6.4
アミノ酸組成						
アルギニン	3.58	3.55	3.80	2.40	2.50	2.75
グリシン	3.98	3.74	3.89	3.80	3.91	3.85
ヒスチジン	1.52	1.71	2.07	1.32	1.74	1.90
イソロイシン	3.50	3.50	3.66	3.61	3.76	3.65
ロイシン	7.46	8.14	9.45	6.81	8.29	8.93
リジン	2.87	2.71	2.79	2.70	2.47	2.33
メチオニン	1.57	1.64	1.61	1.08	1.41	1.33
シスチン	1.02	1.26	1.38	0.93	1.20	1.62
フェニールアラニン	5.13	5.29	5.47	4.22	5.39	5.47
チロシン	2.16	2.31	2.74	2.00	2.38	2.78
スレオニン	3.38	3.32	3.47	3.23	3.24	3.34
バリン	4.88	4.89	5.07	4.90	5.10	5.14
セリン	3.71	3.90	4.05	3.18	3.39	3.66
アスパラギン酸	7.24	6.57	6.78	6.14	6.35	6.23
グルタミン酸	10.43	11.15	13.28	7.45	9.79	11.51
アラニン	7.06	6.90	7.19	7.07	6.92	6.88
プロリン	6.42	7.79	8.96	5.54	7.09	7.88
アミノ酸の合計	75.91	78.37	85.66	66.38	74.93	79.25

熟期の進行に伴う、各アミノ酸の推移についてみると、原料草およびサイレージともヒスチジン、

ロイシン、シスチン、フェニールアラニン、チロシン、セリン、グルタミン酸およびプロリンは高

まる傾向を、逆にリジンは低下の傾向がみられた。なお、P_{HIPPS}ら¹³⁾の報告によると、とうもろこしサイレージの子実割合が増加するとグルタミン酸およびプロリン含量は高まり、リジン含量は低下したとしている。特に、とうもろこしサイレージにおいて、制限氨基酸と考えられるリジンに関してP_{HIPPS}ら¹³⁾は、とうもろこし子実中のリジンは他の植物蛋白質のリジン含量に比較して著しく低く、しかもリジンとしてのプロラミンおよびグルテリン蛋白質の割合が低いため、とうもろこしの熟期が進むにつれ、すなわちとうもろこしの全蛋白質中の子実に由来する蛋白質割合が高まるにつれ、全植物体の氨基酸含量中のリジンの割合が低下するとしている。

本試験における粗蛋白質中の氨基酸割合について、米国におけるB_{ERGEN}ら¹⁾および英国における

P_{HIPPS}ら¹³⁾の報告値と比較するとグリシン、イソロイシン、シスチン、チロシン、スレオニン、バリン、セリンおよびアラニンはB_{ERGEN}らおよびP_{HIPPS}らの報告値とほぼ同じ値を示した。他方、アルギニン、ヒスチジン、ロイシン、メチオニンおよびプロリンはP_{HIPPS}らの報告値と、リジン、フェニールアラニン、アスパラギン酸はB_{ERGEN}らの報告値とそれぞれほぼ同じ値であった。しかし、グルタミン酸はB_{ERGEN}らおよびP_{HIPPS}らの報告値よりも若干低かった。これらの差違は、調製時のとうもろこしの子実割合の違いはもとより、地域差さらに分析手法に基づく試験誤差、特に蛋白質の加水分解条件や一部氨基酸の酸化条件の違いによる影響が考えられる。

次に、原料草とサイレージ各12例の粗蛋白質中の氨基酸含量の平均値と、その差の検定(t検定)

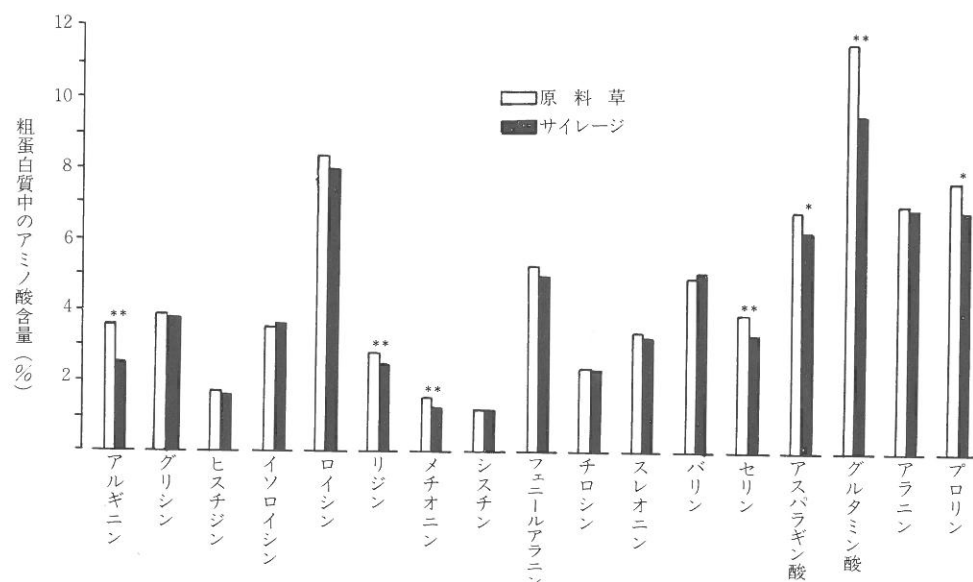


図2 原料草とサイレージにおける粗蛋白質中の氨基酸含量の比較 (n=12)

(注) 原料草とサイレージ間において* P<0.05, ** P<0.01

結果を示すと図2のとおりである。両者の値を平均値で比較すると、イソロイシンおよびバリンはサイレージで若干高く、グリシン、シスチンおよびチロシンは両者間に差が認められず、その他の成分ではいずれも原料草の方が高かった。特に、

アスパラギン酸およびプロリンは5%水準で、アルギニン、リジン、メチオニン、セリンおよびグルタミン酸は1%水準で原料草の方がサイレージよりも有意に高かった。このことは前述のとおり、サイレージ化に伴う植物自体の自己分解、さらに

微生物による発酵の結果、氨基酸以外の非蛋白質窒素化合物の生成による氨基酸割合の相対的な減少によるためと考えられる。FUJITA³⁾はオーチャードグラスとラジノクロバ混播草のサイレージにおいて、埋蔵期間中に原料草中の蛋白質窒素化合物は次第に減少し、氨基酸の増加およびその組成の変化と同時に、アミンやアンモニアの増加を認めている。とうもろこしサイレージにおいても、原料草中の蛋白質窒素化合物の一部は氨基酸や、さらに低分子の化合物に分解されるものと考えられるが、埋蔵期間におけるそれらの代謝機序に関しては、個々の氨基酸の動態も含め、さらに今後の研究における解明が必要であろう。

要 約

サイレージ用とうもろこしの氨基酸組成に関する知見を得るため、原料草とサイレージの氨基酸組成について、熟期との関係より検討した。

供試とうもろこしは1978年と1981年に滝川畜試で生産されたもので、1978年は早生種 C535 と晩生種 P3390 を、1981年は早生種 C535 と晩生種 Jx162 をそれぞれ乳熟、糊熟および黄熟期にサイレージを調製した。氨基酸の分析は6N-HClによる110℃24時間加水分解法によった。

粗蛋白質中の氨基酸含量を、とうもろこしの熟期との関係でみると、子実の登熟が進むにつれ、ヒスチジン、ロイシン、シスチン、フェニールアラニン、チロシン、セリン、グルタミン酸およびプロリンは高まる傾向を、リジンは低下の傾向を示した。

原料草とサイレージについて粗蛋白質中の氨基酸含量を比較すると、原料草に比べてサイレージで、アルギニン、リジン、メチオニン、セリンおよびグルタミン酸が1%水準で、アスパラギン酸およびプロリンが5%水準でそれぞれ統計的に有意に低かった。

とうもろこしサイレージの粗蛋白質中の氨基酸含量を、黄熟期についてみると、アルギニン2.75%、グリシン3.85%、ヒスチジン1.90%、イソロイシン3.65%、ロイシン8.93%、リジン2.33%、

メチオニン1.33%、シスチン1.62%、フェニールアラニン5.47%、チロシン2.78%、スレオニン3.34%、バリン5.14%、セリン3.66%、アスパラギン酸6.23%、グルタミン酸11.51%、アラニン6.88%、プロリン7.88%であった。

引用文献

- 1) BERGEN, W. R., CASH, E. H. and HENDERSON, H. E. (1974) J. Anim. Sci., 39(3): 629~637.
- 2) 道立滝川畜産試験場 (1984) 養豚におけるとうもろこしサイレージの生産利用技術に関する試験, 昭和58年度北海道成績会議資料.
- 3) FUJITA, H. (1976) Jpn. J. Zootech. Sci., 47(4): 224~232.
- 4) 北海道農試畑作部家畜導入研究室 (1979) 高エネルギーとうもろこしサイレージの調製利用に関する試験, 昭和53年度北海道成績会議資料.
- 5) 北海道農試畑作部家畜導入研究室 (1984) 北海道東部畑地型酪農 (十勝地方) における自給飼料の生産とその評価に関する研究, 昭和58年度北海道成績会議資料.
- 6) 石栗敏機 (1972) 新得畜試研報, 3: 1~12.
- 7) 森本 宏 (1971) 動物栄養試験法, 412, 養賢堂, 東京.
- 8) 農林水産省北海道統計情報事務所 (1983) 北海道農林水産統計年報 (総合編), 昭和57~58年, 53.
- 9) 農林水産省農林水産技術会議編 (1981) 日本標準飼料成分表 (1980年版), 中央畜産会.
- 10) OHYAMA, Y. (1964) Jpn. J. Zootech. Sci., 40(8): 334~340.
- 11) 大山嘉信 (1970) 日畜会報, 41(11): 585~592.
- 12) 大山嘉信・井上司朗・小川キミエ (1966) 畜試研報, 10: 1~7.
- 13) PHIPPS, R. H. and OLDHAM, J. D. (1979) Anim. Feed Sci., Technol., 4: 163~168.
- 14) 杉本亘之 (1983) 北農, 50(10): 1~10.
- 15) 杉本亘之・匂坂昭吾 (1982) 北農, 49(2): 26~42.

The Amino Acid Composition of Fresh and Ensiled Corn Plant Material

Nobuyuki SUGIMOTO, Meiji OKAMOTO* and Norito YOSHIDA*

(Received; Dec. 14, 1984)

Summary

The present experiment was conducted to examine the variations of the amino acid composition of both fresh and ensiled corn plant material with varieties of the cutting stage. Samples were obtained from silage and silage material which had been harvested in the stage of milky, dough and yellow ripe of early (C535) and late (P3390) in 1978, and early (C535) and late (Jx162) in 1981 in Sorachi district Hokkaido. Samples were hydrolysed in 6N-HCl for 24h at 110°C prior to analysis for amino acids.

As the stage of maturity advanced in both material of silage and silage, the amino acid ratio of crude protein content indicated a tendency to increase in histidine, leucine, cystine, phenylalanine, tyrosine, serine, glutamic acid and proline and decrease in lysine.

The amino acid ratio of crude protein content in silage was significantly higher ($P < 0.01$) in arginine, lysine, methionine, serine and glutamic acid and ($P < 0.05$) in aspartic acid and proline than in silage.

The amino acid ratio of crude protein content of silage of yellow ripe stage were as follows respectively: arginine 2.75%, glycine 3.85%, histidine 1.90%, iso-leucine 3.65%, leucine 8.93%, lysine 2.33%, methionine 1.33%, cystine 1.62%, phenylalanine 5.47%, tyrosine 2.78%, threonine 3.34%, valine 5.14%, serine 3.66%, aspartic acid 6.23%, glutamic acid 11.51%, alanin 6.88% and proline 7.88%.

*Laboratory of Grassland Utilization, Obihiro University of Agr. and Vet. Med., Obihiro-shi.

子豚熱的模型による上部暖房, 床面暖房 および床断熱の保温効果の評価

秦 寛・匂坂 昭吾・藤田 保

緒 言

子豚は寒冷に対する抵抗性が乏しく、寒冷期の豚舎では断熱、暖房などにより適切な熱環境を与え、子豚からの放熱の軽減を図る必要がある。低・中温域における家畜からの放熱のうち、潜熱放散の割合は小さく、伝導、対流および熱放射による顕熱放散が大部分である⁵⁾ことから、顕熱放散を軽減することが重要となる。

一方、豚舎で用いられる暖房には全舎内暖房と局所暖房とがあり、局所暖房はさらに赤外線ランプなどの上部暖房と電熱、温水などによる床面暖房とに区別される。上部暖房と床面暖房はいずれも顕熱放散を軽減するが、前者の効果は主として熱放射に、後者の効果は主として伝導にかかわるものである。また、床断熱は暖房とは異なるが、伝導による熱放散を軽減する効果があり、局所暖房に準ずる性質を有している。

そこで、子豚に対する局所暖房としての上部暖房、床面暖房および床断熱の効果を間接的に比較する目的で、試験 I では新生豚、試験 II では離乳子豚の横臥休息時を想定した熱的模型を用いて、それら暖房、断熱の効果を検討した。

試 験 方 法

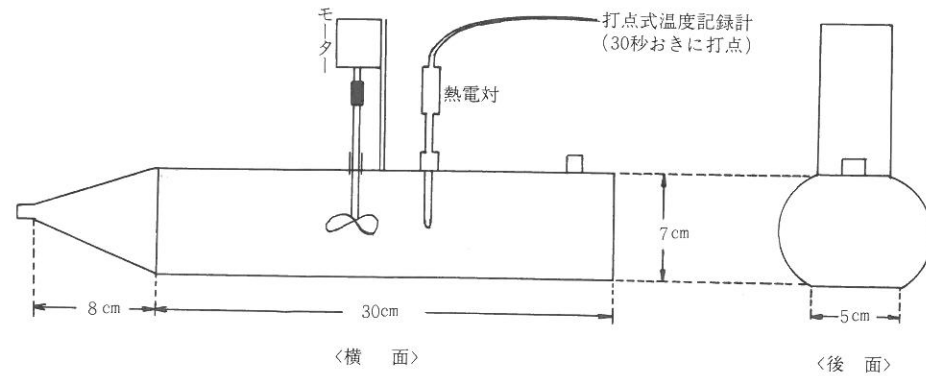
〈試験 I〉

表 I 試験 I, II の処理

処理	床の種類	上部暖房
C	コンクリート床	なし
P	ポリスチレン床	なし
M	電熱マット床	なし
CL	コンクリート床	赤外線ランプ
PL	ポリスチレン床	赤外線ランプ
ML	電熱マット床	赤外線ランプ

環境調節室内を 5°C と 15°C に制御し、各環境温度下で表 1 に示す 6 通りの処理を設定した。処理 C はコンクリート床、処理 P はポリスチレン床、処理 M は電熱マット床で、いずれも上部暖房がない処理である。処理 CL はコンクリート床、処理 PL はポリスチレン床、処理 ML は電熱マット床で、いずれも上部暖房として赤外線ランプを用いた処理である。模型設置前に各処理にあける床上 7 cm (模型の高さ) と床上 1 m の気温および床温度を、3 時間連続して測定した。図 1 に示すつや消黒で塗装したステンレス製の模型内に 43°C の温水を注入し、各処理下で模型内の水温が 39°C から 38°C に低下するまでの冷却時間を 3 ~ 4 回測定した。各温度測定・記録は cc 熱電対を用い、マイクロボルトメーター(大倉電気 AM-1001) と多点式自動平衡記録計(島津製作所 251 A) によって行った。模型からの放熱量は次式によって計算した。

模型からの放熱量 $[J/min] = (\text{貯水量 } [g] \times (312 [K] \times 39^\circ\text{C の水の比熱 } [J/g.k] - 311 [K] \times 38^\circ\text{C の水の比熱 } [J/g.k]) / \text{冷却時間 } [min])$



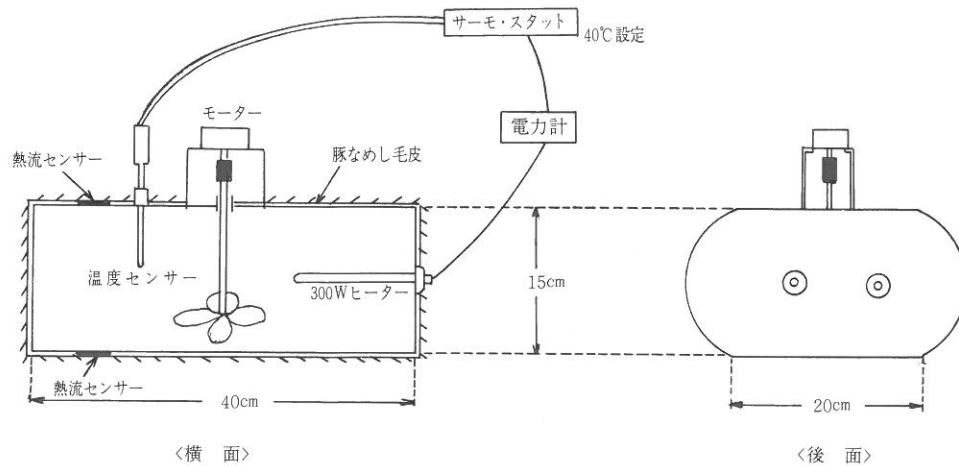
表面積 底面：150cm² 上面：150cm² 横面：486cm²
 前面：138cm² 後面：52cm² 計 876cm²
 貯水量 1,357g (水温43℃)

図1 試験Iで用いた熱的模型の概略

〈試験II〉

環境調節室内を5, 10, 15, 20℃に制御し、各環境温度下で試験Iと同様の処理を設定した(表1)。模型設置前に各処理における床都15cm(模型の高さ)と床上1mの気温と黒球温および床温度を、3時間連続して測定した。各処理下で、図2に示す豚のなめし毛皮で被覆し

たステンレス製の模型内の水温をヒーター(300W)とサーモスタット(OMRONサーモ5)で40±0.5℃に保ち、2時間間隔で12時間連続してヒーターの電気消費量を測定し、模型全体からの放熱量を求めた。また、模型の上面と底面における放熱量も併せて測定した。温度測定はcc熱電対、模型の上面と底面での放熱量は熱流センサー(昭和電工



表面積 底面：800cm² 上面：800cm² 横面：1600cm²
 前面：416cm² 後面：416cm² 計 4032cm²
 貯水量 14950g

図2 試験IIで用いた熱的模型の概略

HFM-ES)で行い、データロガ(エアードレイ5312)で30分間隔で記録した。

試験I, IIにおいて、床断熱には20mm厚のフォームポリスチレンを、床面暖房には電熱マット(ナショナル子豚用保温マット; 130W, 90cm×60cm)を使用した。上部暖房には赤外線ランプ(200W)を用い、試験Iでは新生豚に用いることを想定して床上40cm, 試験IIでは離乳子豚に用いることを想定して床上70cmの位置に吊した。

から計算した各処理における模型からの放熱量は、表3のとおりである。各処理にとおける模型からの放熱量は環境温度5℃で825~2800J/min, 15℃~1637J/minと15℃で低く、各環境温度において処理ML, M, PL, P, CLおよびCの順に小さかった。

表3 試験Iの各処理における冷却時間と放熱量

処 理	冷却時間 ¹⁾ (min)	放 熱 量 ²⁾ (J/min)	
環境温度 5℃	C	2.04 ± 0.07	2,800
	P	3.02 ± 0	1,891
	M	4.47 ± 0.11	1,278
	CL	2.80 ± 0.15	2,040
	PL	3.83 ± 0.11	1,491
ML	6.92 ± 0.11	825	
環境温度 15℃	C	3.49 ± 0.19	1,637
	P	5.00 ± 0.10	1,142
	M	10.38 ± 0	550
	CL	4.59 ± 0.11	1,244
	PL	8.49 ± 0	673
ML	24時間以上	0	

注1) 模型内の水温が39℃から38℃に低下するまでの時間

注2) 平均冷却時間より求めた模型からの放熱量

結 果

〈試験I〉

表2 試験Iの各処理における温度条件¹⁾

処 理	環境調節室気温 ℃		床 温 度 ℃	
	室 温 ²⁾	床上7cm		
環境温度 5℃	C	4.9	5.3	5.4
	P	5.0	5.6	6.1
	M	5.2	6.7	23.1
	CL	5.0	19.9	12.9
	PL	5.3	18.8	14.4
	ML	5.3	13.7	33.0
環境温度 15℃	C	14.9	14.4	12.4
	P	15.1	14.6	14.1
	M	14.9	19.2	34.2
	CL	15.1	30.3	20.7
	PL	14.9	31.9	21.2
	ML	14.9	34.4	40.4

注1) 模型設置前3時間の中央値

注2) 環境調節室中央床上1mの気温

模型設置前の各処理における温度条件は表2のとおりである。床上7cmの気温は処理CとPでは環境温度とほぼ同じであったが、処理Mでは2~4℃, 処理CL, PL, MLでは8~20℃環境温度より高かった。床温は処理CとPでは環境温度と変りがなかったが、処理CLとPLでは6~9℃, 処理Mでは18~19℃, 処理MLでは26~28℃環境温度より高かった。

水温が39℃から38℃に低下するまでの冷却時間

表3に各処理での放熱量から上部暖房、床面暖房および床断熱の効果を検討した。上部暖房の効果では、処理C, PおよびMに比べ、赤外線ランプを用いたコンクリート床での処理CLで393~760J/min(24~27%), ポリスチレン床での処理PLで400~469J/min(21~41%)および電熱マット床での処理MLで453~550J/min(35~100%)の放熱量が減少した。床の効果ではコンクリート床の処理Cに比べ、ポリスチレン床の処理Pは495~909J/min(30~32%), 電熱マット床の処理Mは1087~1522J/min(54~66%)の放熱量を減少させた。さらに、上部暖房と床断熱あるいは床面暖房の併用効果では、処理Cに比べ、ポリスチレン床と赤外線ランプを併用した処理PLで964~1309J/min(47~57%), 電熱マット床と赤外線ランプを併用した処理MLで1637~1975J/min(71~100%)

の放熱量を減少させた。また、環境温度を5℃から15℃に高めることにより、コンクリート床での処理CとCLで796~1163J/min(39~42%)、ポリスチレン床での処理PとPLで749~818J/min(46~55%)、電熱マット床での処理MとMLで728~1278J/min(57~100%)の放熱量が減少した。

〈試験II〉

表4 試験IIの各処理における温度条件¹⁾

処理	気 温 ℃		床上15cmの放射温度 ³⁾ ℃	床温度 ℃	
	室 温 ²⁾	床上15cm			
環境温度 5℃	C	4.4	4.7	4.5	5.4
	P	4.4	5.1	5.1	5.0
	M	4.4	7.5	7.5	23.8
	CL	4.5	7.7	9.2	10.4
	PL	4.4	8.0	10.2	10.2
環境温度 10℃	ML	4.5	11.5	13.4	33.5
	C	9.6	9.6	9.6	9.3
	P	9.7	9.7	9.8	10.0
	M	9.7	11.2	11.8	39.6
	CL	9.7	12.0	13.6	14.0
環境温度 15℃	PL	9.8	11.7	13.4	14.7
	ML	9.9	13.6	16.1	41.7
	C	14.6	14.4	14.5	13.6
	P	14.6	14.7	14.9	15.0
	M	14.6	17.4	18.5	40.7
環境温度 20℃	CL	14.8	17.5	19.0	19.8
	PL	14.7	17.1	19.1	20.4
	ML	14.8	20.2	21.3	44.7
	C	20.0	19.8	19.9	19.5
	P	19.3	19.6	19.6	19.7
環境温度 20℃	M	19.4	23.6	25.7	43.9
	CL	19.4	21.1	23.3	23.8
	PL	19.6	22.0	24.0	26.6
ML	19.6	24.5	29.4	47.7	

注1) 模型設置前3時間の中央値
 2) 環境調節室中央床上1mの気温
 3) 床上15cmの気温と黒球温から算出

模型設置前の各処理における温度条件は表4のとおりである。床上15cmの気温ならびに放射温度は処理CとPでは環境温度とほぼ同じであったが、処理Mでは気温で1~4℃、放射温度で2~6℃、処理CLとPLでは気温で2~3℃、放射温度で4

~5℃、処理MLでは気温4~7℃、放射温度で6~9℃環境温度より高かった。床温は処理CとPでは環境温度と変りがなかったが、処理CLとPLでは4~7℃、処理Mでは19~30℃、処理MLでは28~32℃環境温度より高かった。

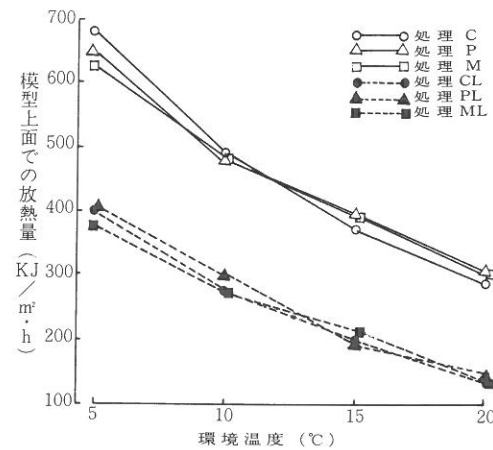


図3 試験IIの各処理における模型上面での放熱量

各処理における模型上面での放熱量は図3のとおりである。環境温度5~20℃における模型上面での放熱量は処理C, P, Mで285~682KJ/m²·h、処理CL, PL, MLで130~402KJ/m²·hであり、赤外線ランプを用いることにより155~284KJ/m²·h(38~57%)、環境温度を5℃から20℃に高めることにより238~397KJ/m²·h(52~67%)減少した。

各処理における模型底面での放熱量は図4のとおりである。環境温度5~20℃における模型底面での放熱量は処理CとCLで544~774KJ/m²·h、処理PとPLで46~100KJ/m²·hであり、コンクリート床に比べポリスチレン床は87~92%少なく、処理MとMLでは逆に電熱マット床から578~887KJ/m²·hの受熱があった。また、環境温度を5℃から20℃高めることにより、処理CとCLでは176~207KJ/m²·h(23~26%)、処理PとPLでは50~54KJ/m²·h(54%)の放熱量が減少し、処理MとMLでは267~301KJ/m²·h(43~52%)の受熱量が増加した。

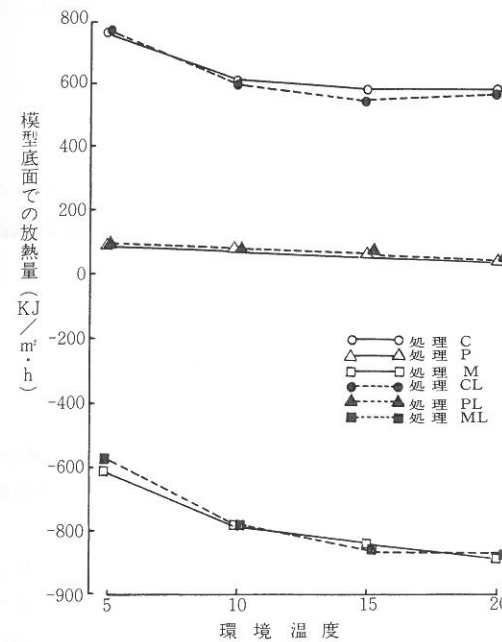


図4 試験IIの模型底面での放熱量

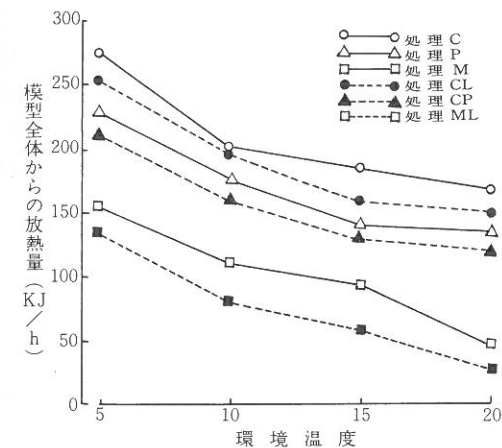


図5 試験IIの模型全体からの放熱量

各処理における模型全体からの放熱量は図5のとおりである。各処理での模型全体からの放熱量は環境温度5℃136~274KJ/h、10℃で81~202KJ/h、15℃で57~184KJ/h、20℃で26~167KJ/hであり、各環境温度において処理ML, M, PL, P, CLおよびCの順に小さかった。

図5の各処理での放熱量から上部暖房、床面暖房および床断熱の効果を検討した。上部暖房の効

果では、処理C, P, およびMに比べ、赤外線ランプを用いたコンクリート床での処理CLで8~23KJ/h(4~13%)、ポリスチレン床での処理PLで10~18KJ/h(11~13%)および電熱マット床での処理MLで18~36KJ/h(11~44%)の放熱量が減少した。床の効果ではコンクリート床の処理Cに対し、ポリスチレン床の処理Pは28~46KJ/h(14~23%)、電熱マット床の処理Mは91~121KJ/h(44~72%)の放熱量を減少させた。さらに、上部暖房と床断熱あるいは床面暖房の併用効果では、処理Cに比べ、ポリスチレン床と赤外線ランプを併用した処理PLで43~64KJ/h(21~30%)、電熱マット床と赤外線ランプを併用した処理MLで121~138KJ/h(50~85%)の放熱量を減少させた。また、環境温度を5℃から20℃に高めることにより、処理C, CL, P, PLで92~107KJ/h(40~49%)、処理MとMLで108~110KJ/h(70~80%)の放熱量が減少した。

考 察

子豚に対する上部暖房の効果について、Adamsら¹⁾は21℃の室内で250Wの赤外線ランプを用いることにより、新生豚の3日齢までの育成率と21日齢までの増体量が高まったことを報告している。本試験においても赤外線ランプを用いることにより、模型上面での放熱量が38~57%(試験II)減少し、模型全体からの放熱量を試験Iで24~41%、試験IIで4~13%減少させる効果が認められた。

萩原ら²⁾、糟谷ら³⁾、McGinnisら⁴⁾は子豚に対する床面暖房の効果を検討したが、損耗率や増体重に明らかな効果は認められなかったとしている。しかし、本試験の電熱マット床では、模型底面において578~887KJ/m²·h(試験II)の熱が流入し、コンクリート床に比べ、模型全体からの放熱量を試験Iで47~66%、試験IIで44~73%減少させる効果が認められた。床面暖房だけでも子豚の熱発生量および発育に効果が認められている^{6,8,9)}ことから、さらに給温をしている床面暖房の効果がないとは考え難く、子豚に対する床面暖房の効果についてさ

らに慎重な検討が必要であろう。

Mount⁶⁾は新生豚の豚体から床面への放熱量を測定し、ポリスチレン床はコンクリート床に比べ、床面への放熱量を80~85%減少させることを報告している。さらに、Stephens⁸⁾、Verstegen&Van der Hel⁹⁾はコンクリート床に比べ、アスファルト床や敷料を用いた床は子豚の熱発生量を減少させ、増体重を高めることを報告している。本試験のポリスチレン床でも、コンクリート床に比べ、模型底面からの放熱量を試験Iが87~92%(試験II)減少し、模型全体からの放熱量を試験Iで30~32%、試験IIで14~23%減少させる効果が認められた。

このように上部暖房、床面暖房、床面断熱のいずれも模型からの放熱量を減少させる効果があったが、試験I、IIの模型全体からの放熱量を比較すると、処理ML、M、PL、P、CLおよびCの順に小さかった。このことから、床面暖房の効果が最も大きく、床断熱はコンクリート床で上部暖房を用いるよりも効果が大きいと考えられた。試験IIにおける模型全体からの放熱量(Ykj/h)と模型上面での放熱量(X1kj/m²·h)、模型底面での放熱量(X2kj/m²·h)の間に、 $Y=0.200X_1+0.080X_2+80.913$ (決定係数0.923)の重回帰式が得られ、模型全体からの放熱量の92%までが上面および底面での放熱量によって説明された。X₁とX₂の相対重要度はそれぞれ30.2%、69.8%であり、模型の底面積が全表面積の20%しかないにもかかわらず模型底面での放熱量が全体からの放熱量に大きく影響を及ぼしていることが示された。このことは、模型上面における熱放射による放熱を減少させる上部暖房の効果よりも、模型底面における伝導による放熱を減少させる床断熱あるいは伝導による給熱をする床面暖房の効果が大きいことを示唆している。

以上は、あくまで新生豚と離乳子豚の横臥休息時を想定した熱的模型による上部暖房、床面暖房および床断熱効果の比較である。従って、当然のことながら、皮膚末梢血管の収縮・拡張あるいは姿勢による有効体表面積の変化など環境に対する調節機能を有する子豚での実際の効果とは必ずしも一致しないことも考えられるので、本試験の結

果を実際の子豚を用いて確認する必要がある。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、豚のなめし毛皮の提供をいただいた北海道大学農学部大杉次男教授に謝意を表する次第である。

要 約

上部暖房、床面暖房および床断熱の保温効果を、試験Iでは新生豚、試験IIでは離乳子豚の横臥休息時を想定した熱的模型によって比較した。

上部暖房(赤外線ランプ)を用いることにより、模型からの放熱量は試験Iで24~41%、試験IIで4~13%減少した。床面暖房(電熱マット)を用いることにより、模型からの放熱量試験Iで47~66%、試験IIで44~73%減少した。床断熱(フォームポリスチレン20mm厚)をすることにより、模型からの放熱量は試験Iで30~32%、試験IIで14~23%減少した。模型からの放熱量の比較から、床面暖房、床面断熱、上部暖房の順に保温効果が高いものと考えられた。

引 用 文 献

- 1) ADAMS, K. L. T. H. BAKER and A. H. JENSEN (1980) J. Anim. Sci. 50, 779—782
- 2) 萩原達也・片寄正歳・佐藤安弘(1972) 神奈川県畜試研報 59, 26—31
- 3) 糟谷 泰・首藤新一・阿部 登・米田裕紀・所 和暢(1967) 滝川畜試研報 5, 86—90
- 4) MCGINNIS, R. M., D. N. MARFLE, V. K. GANJAM, T. J. PRINCE and J. F. PRITCHETT (1981) J. Anim. Sci. 53, 1424—1431
- 5) 三村 耕・森田琢磨(1980) 家畜管理学, 養賢堂, 東京

- 6) MOUNT, L. E. (1967) Res. Vet. Sci. 8, 175—186
- 7) MOUNT, L. E. (1968) The Climatic Physiology of the pig. Edward Arnold, London
- 8) STEPHENS, D. B. (1971) Anim. prod. 13, 303—313
- 9) VERSTEGEN, M. W. A. and W. VAN DER HEL (1974) Anim. prod. 18, 1—11

種豚の効率的選抜法に関する試験

第1報 不断給餌豚の日齢と
生体重の増加に伴う背脂肪の厚さの変化梶野 清二 山崎 昶 米田 裕紀
山田 渥 河部 和雄 宇野 和敏

緒 言

わが国の豚肉生産の大部分は交雑豚を利用して行われており、北海道においても肉豚の8割以上が交雑豚である。しかし、交雑豚の生産に用いられている純粋種の能力は個体によりバラツキが大きく、個体の能力についても十分把握されていない。純粋種の能力の把握および群としての改良は産肉能力が優れ斉一性のある肉豚生産のために重要である。このため国や都道府県などにおいて直接検定や後代検定が実施され、一方で閉鎖群育種方式による系統造成が行われている。

北海道においても昭和54年から直接検定事業が開始されているが、昭和57年度搬入豚の成績では不合格になったもののうちの約6割が背脂肪の厚さによるものであった。また後代検定成績においても背脂肪の厚さの改良が他の形質と比較して遅れていることが明らかにされている¹⁾。

後代検定や直接検定のような集合検定は能力を正確に判定できる反面、施設の数により年間検定実施頭数が制限されること、直接検定では伝染性疾病を伝播する危険性があることなどの欠点がある。これらの欠点を補うため欧米では養豚農家で行う現場検定が集合検定と併行して実施されている²⁾。

わが国でも現場検定の具体的方法の確立が急がれるが、このためには農家において正確で簡易な生体での背脂肪の測定ができる技術が必要となる。

これまで生体での背脂肪厚測定機器が開発され、その精度等についても報告されている³⁾しかし、これまでの機器は農家で広く利用されるまでには至っていない。

最近、比較的安価で取扱いが容易なデジタル表示の超音波背脂肪厚測定機が市販され、農家でも利用され始めている。今回、この機械を用いて現場検定法確立のための基礎データを得る目的で発育中の豚の背脂肪の厚さの変化について調査し、一定の成果を得たので報告する。

試 験 方 法

供試豚は当場の系統造成中の大ヨークシャー育成豚で、昭和58年9月から12月の間に生産された雄49頭、雌94頭である。

飼養管理は豚産肉能力後代検定方法に準じ、1豚房(間口1.2m, 奥行2.7m)に雄は単飼、雌は同腹2頭群飼とし、豚産肉検定飼料(TDN70.1%, DCP12.9%)を不断給与した。体重および背脂肪の厚さは30kg, 90kg時およびこの間2週間に1度測定した。

背脂肪の厚さの測定部位は、肩甲骨後端(肩)、体長の $\frac{1}{2}$ (背)、最後肋骨後端(腰)の3部位で、背は30kg時に皮膚をメスで傷つけ入墨した。他の部位は測定の際、骨格から位置を決定した。分析に使用した値は各部位とも正中線上から左右に2~4cm離れた2か所を超音波式豚背脂肪厚測定器(リ

ーン・ミーター米国レンコ社製)で測定したものの
 平均値である。

試験成績および考察

表1に体重別の3部位の背脂肪の厚さの平均値
 を示した。どの部位も体重の増加に伴い背脂肪の
 厚さが増加し、体重区分毎にみると雌は雄より発
 育が遅く、腰以外の部位の背脂肪が薄い傾向があ
 った。部位別では肩が最も厚く、背、腰の順に薄
 くなる傾向がみられた。

表1 体重毎の背脂肪厚の平均値

体 重	日 令	肩	背	腰
30.4 ± 0.4 kg	81 ± 6 日	1.37 ± 0.15 ^{cm}	0.86 ± 0.10 ^{cm}	0.72 ± 0.07 ^{cm}
30.5 ± 0.4	84 ± 6	1.33 ± 0.15	0.81 ± 0.10	0.73 ± 0.09
40.1 ± 3.0	94 ± 7	1.53 ± 0.23	0.93 ± 0.12	0.81 ± 0.10
39.4 ± 2.8	95 ± 7	1.49 ± 0.22	0.89 ± 0.12	0.81 ± 0.10
49.2 ± 3.1	104 ± 8	1.70 ± 0.21	1.01 ± 0.14	0.88 ± 0.11
49.4 ± 2.8	109 ± 8	1.64 ± 0.23	1.00 ± 0.14	0.92 ± 0.12
59.3 ± 3.1	117 ± 9	1.85 ± 0.24	1.09 ± 0.14	0.99 ± 0.16
59.4 ± 2.7	121 ± 8	1.82 ± 0.28	1.08 ± 0.17	1.01 ± 0.17
69.7 ± 3.1	128 ± 8	2.07 ± 0.29	1.22 ± 0.20	1.09 ± 0.18
69.6 ± 2.8	136 ± 8	1.99 ± 0.32	1.16 ± 0.18	1.10 ± 0.17
79.3 ± 2.6	140 ± 10	2.20 ± 0.34	1.26 ± 0.19	1.17 ± 0.19
79.8 ± 2.7	148 ± 10	2.18 ± 0.26	1.25 ± 0.20	1.21 ± 0.21
90.7 ± 0.8	151 ± 10	2.45 ± 0.33	1.40 ± 0.24	1.31 ± 0.24
90.4 ± 0.6	162 ± 11	2.30 ± 0.32	1.37 ± 0.22	1.38 ± 0.21

注) 上段が雄、下段が雌

表2 日齢毎の背脂肪厚の平均値

日 令	体 重	肩	背	腰
89 ± 2 日	37.4 ± 4.7 kg	1.50 ± 0.21 ^{cm}	0.92 ± 0.11 ^{cm}	0.79 ± 0.09 ^{cm}
89 ± 2	34.9 ± 4.4	1.43 ± 0.21	0.85 ± 0.12	0.77 ± 0.11
103 ± 1	48.1 ± 6.3	1.68 ± 0.24	1.00 ± 0.15	0.89 ± 0.14
103 ± 1	45.3 ± 5.4	1.59 ± 0.25	0.97 ± 0.15	0.88 ± 0.13
117 ± 1	60.4 ± 7.3	1.89 ± 0.31	1.12 ± 0.18	1.02 ± 0.18
117 ± 1	56.1 ± 6.1	1.79 ± 0.32	1.06 ± 0.18	1.00 ± 0.19
131 ± 1	72.1 ± 7.5	2.10 ± 0.35	1.24 ± 0.21	1.11 ± 0.24
131 ± 1	66.9 ± 6.8	1.93 ± 0.35	1.14 ± 0.20	1.08 ± 0.20
146 ± 2	83.9 ± 7.4	2.32 ± 0.28	1.32 ± 0.22	1.21 ± 0.20
146 ± 1	77.7 ± 7.2	2.17 ± 0.29	1.24 ± 0.22	1.19 ± 0.23

注) 上段が雄、下段が雌

表2に日齢別の背脂肪の厚さの平均値を示した。
 体重の場合と同様に、日齢の増加に伴い背脂肪の

厚さが増加し、各日齢区分では雌が雄より発育が
 遅く、背脂肪の厚さが薄い傾向があった。部位別

でも体重の場合と同様の傾向がみられた。

表3 体重、日齢に対する背脂肪厚の回帰

部位	体 重 (X)		日 齢 (X)	
	回 帰 式	相 関 係 数	回 帰 式	相 関 係 数
肩	0.018X + 0.815	0.838	0.013X + 0.325	0.766
	0.017X + 0.844	0.805	0.011X + 0.473	0.743
背	0.009X + 0.563	0.767	0.007X + 0.300	0.708
	0.009X + 0.534	0.757	0.006X + 0.331	0.695
腰	0.010X + 0.411	0.793	0.008X + 0.128	0.735
	0.011X + 0.393	0.810	0.007X + 0.148	0.753

注) 上段が雄、下段が雌

表3に体重または日齢に対する背脂肪の厚さの
 回帰分析の結果を示した。体重との関係では
 0.76~0.84、日齢との関係では0.70~0.77の相関
 係数が求められ、背脂肪の厚さが体重または日齢
 の増加に伴い直線的に増加すると考えられた。背
 脂肪の厚さの増加は体重1kg増加に対して肩で
 0.17~0.18mm、背で0.09mm、腰で0.10~0.11mm、
 同様に日齢1日増加に対して肩で0.11~0.13mm、
 背で0.06~0.07mm、腰で0.07~0.08mmであると思
 えられた。各部位の背脂肪の厚さの増加速度には
 性による差はないと考えられ、部位別では肩が最
 も速く、腰、背の順に遅くなる傾向があった。
 ROBISON⁹⁾は豚の背脂肪の蓄積について、体重との
 非線形関係を報告したのもあるが、本質的には
 日齢、体重のどちらについても線形関係にあると
 述べている。

平均値の比較では腰が背よりも薄い(表1,表2)
 が、増加速度では腰が背よりも大きい傾向がみら
 れたことは、背脂肪蓄積開始の時期が部位により
 異なり、ここでは背が腰よりも発育ステージの早
 い時期に蓄積し始めると考えられる。脂肪蓄積開
 始時期が品種によって異なることがJONESら²⁾によ
 って報告されているが、同一個体の異なる部位の
 脂肪蓄積についても同様のことが生じるとされる。

表4に体重および日齢に対する背脂肪の厚さの
 重回帰分析の結果を示した。重相関係数は
 0.77~0.85で体重との相関係数とほとんど変わら

表4 体重、日齢に対する背脂肪厚の重回帰

部位	重回帰式(X ₁ -体重、X ₂ -日齢)	重相関係数
肩	0.023X ₁ - 0.005X ₂ + 1.047	0.848
	0.025X ₁ - 0.007X ₂ + 1.122	0.815
背	0.012X ₁ - 0.002X ₂ + 0.681	0.779
	0.015X ₁ - 0.004X ₂ + 0.720	0.768
腰	0.012X ₁ - 0.003X ₂ + 0.549	0.806
	0.016X ₁ - 0.004X ₂ + 0.574	0.814

注) 上段が雄、下段が雌

なかった。しかし、回帰係数では、体重について
 は単回帰の場合より大きく、体重および日齢の回
 帰係数の絶対値は雌が雄より大きい傾向があった。
 性間の差は、おそらく単飼と群飼という飼養形態
 の違いによるのであろう。一般的には遺伝的に同
 じで同一日齢では体重の大きいもののほうが背脂
 肪が厚いと考えられる。2頭群飼の場合、体重の
 大きいもののほうが飼料摂取量が多く、過剰に摂
 取したエネルギーを脂肪として蓄積すると考えら
 れる。今回の試験では雌は同腹の2頭群飼であり、
 遺伝的に同一な個体での発育の差が部分的には飼
 料摂取量の差に帰因し、結果的に同一日齢時の体
 重の差が背脂肪の厚さに大きく影響したと考えら
 れる。このことから、体重、日齢と背脂肪の厚さ
 の関係についての性差を検討するためには雌雄と
 も単飼の条件で試験を行う必要がある。

重回帰式から、同一日齢で体重1kg増減に伴い
 背脂肪は肩で0.23~0.25mm、背で0.12~0.15mm、
 腰で0.12~0.16mm増減し、同一体重であれば日齢
 が1日増す毎に肩で0.05~0.07mm、背で0.02~0.04
 mm、腰で0.03~0.04mm減少すると考えられた。

以上の結果から、生体重30kgから90kgまでの間
 においては背脂肪の厚さは体重および日齢の増加
 に伴い直線的に増加すること、また体重、日齢を
 独立変数とする重回帰式を用いての背脂肪の厚さ
 の推定が可能であることが明らかになった。農家
 での現場検定を考えた場合、直接検定と同様に体
 重が90kg時に背脂肪の厚さを測定することは困難
 であり、背脂肪測定時の体重、日齢などによる補
 正が必要となる。今回の重回帰式はこの補正のた
 めに利用できると思われるが、大ヨークシャー

以外の品種，異なる飼養管理条件での試験が必要であろう。

要 約

系統造成中の大ヨークシャー育成豚を用いて，不断給餌下での日齢と体重の増加に伴う背脂肪の厚さの変化について検討した。背脂肪の厚さは肩甲骨後端(肩)，体重の $\frac{1}{2}$ (背)，最後肋骨後端(腰)の3部位について，各々正中線より左右に2～4 cm離れた位置を市販の超音波背脂肪厚測定器で測定した。

背脂肪の厚さは体重または日齢とともに直線的に増加し，増加速度の性差はないと考えられた。背脂肪の厚さは体重1 kg増加毎に肩で0.17～0.18 mm，背で0.19 mm，腰で0.10～0.11 mm，日齢1日増加毎に肩で0.11～0.13 mm，背で0.06～0.07 mm，腰で0.07～0.08 mm増加すると考えられた。

重回帰分析では，背脂肪の厚さに対する体重の

影響が大きくなり，体重1 kg増加に伴い肩で0.23～0.25 mm，背で0.12～0.15 mm，腰で0.12～0.16 mm背脂肪の厚さが増加すると考えられた。

(本報告の一部は昭和59年10月に中標津町において開催された第40回日本畜産学会北海道支部大会において口頭発表した。)

引 用 文 献

- 1) 安東正史，阿部登，糟谷泰，山田渥(1973) 滝川畜試研報 10：1—8
- 2) JONES, S.D.M., R.J. RICHMOND, M.A. PRICE and R.B. BERG (1980) Can. J. Anim. Sci. 60：223-230
- 3) 梶野清二，阿部登，糟谷泰，山田渥(1975) 日畜道支部第31回大会(口頭発表)
- 4) 梶野清二(1977) 北豚研報 8(3)：17-22
- 5) ROBISON, O.W. (1976) J. Anim. Sci. 42：1024-1035
- 6) 山崎昶(1983) 北豚研報 15(2)：15-21

卵殻破壊強度の遺伝的パラメータの推定と改良効果のシミュレーション

田村 千秋 森寄 七徳 高橋 武
田中 正俊 小関 忠雄

緒 言

卵殻の破損は，養鶏産業に多大な損失を与えている。このため，さまざまな角度から，卵殻の破損を防止する方法が研究されている。その主要な方策のひとつとして，丈夫な卵殻の卵を生む採卵鶏の育種改良が進められている。しかし，卵殻質の改良は，他の経済形質との遺伝的な関係に注意しながら慎重に進める必要がある。Hunton²⁾は，いくつかの卵殻質についての選抜実験を総括し，卵殻質の選抜が他の経済形質の改良を妨げるという問題点を指摘している。

したがって，実用的な卵殻質の改良は，他の経済形質の改良をできるだけ損わず，全体の経済形質の総合的な改良を進めるような方法によって行わなければならない。そのための方法としては指数選抜法が，遺伝相関々係を考慮できることと，多数の形質を同時に選抜する場合の利点などから最も適しているといえる。しかし，この指数選抜法を実際に適用するためには，卵殻質と他の経済形質間の遺伝的パラメータや選抜実験の結果などの情報が蓄積されていなければならない。ところが，これらの情報蓄積はまだ十分とはいえない現状である。卵殻質の中で，最近広く実験に用いられるようになった卵殻破壊強度(以下卵殻強度と略す)の遺伝的パラメータについても2，3の報告があるにすぎない。また，卵殻質と主要な経済形質を総合的に指数選抜した実験結果なども報告されていない。

そこで本調査では，卵殻質の改善と主要な経済

形質の総合的な改良を目標とする指数選抜のための基礎的な情報を得る目的で，卵殻強度の遺伝率と，他の経済形質との間の遺伝相関を推定した。さらに，異なる改良目標のもとで一定の強さの指数選抜を続けた場合，目標到達までに要する世代数と遺伝的改良量などを予測した。

試験材料および方法

調査対象の鶏群は，滝川畜試で造成した白色レグホーン種(WL)Z系とロードアイランドレッド種(RIR)P系とした。これらはいずれも産卵率の改良を中心に15世代以上にわたって選抜を続けてきた系統である。卵殻質については，種卵採取時に粗悪な卵殻の卵を生む個体を除いてきた程度で，とくに強い選抜は加えていない。調査した鶏群は，1983年3月にふ代した群で，産卵調査開始時の規模は，WLが父家系20，母家系122，娘鶏497羽，RIRは，父家系30，母家系166，娘鶏796羽である。

卵殻強度は，300日齢前後4日間に産卵したすべての卵を対象に測定した。用いた装置は，インテスコ社製ハーディングテスターで，移動クロスヘッドの速度は40mm/min，とした。加重は，卵の短径方向に行った。

主要な経済形質として，次の5形質について調査を行った。それらは，卵重(10ヵ月齢時)，成体重(10ヵ月齢時)，初産日齢，短期産卵率(181～300日齢)，長期産卵率(151～450日齢)である。なお，長期産卵率は，長期能力検定用のランダム抽出鶏群で調査した。遺伝率，遺伝相関の推定は分散・

共分散分析によって行ったが、卵殻強度と長期産卵率の遺伝相関については、上記抽出鶏群を対象に父親成分からのみ推定値を得た。

改良目標に到達する所要世代数などのシミュレーションを行うため、表1に示した3種類の改良目標を設定した。

表1 改良目標

区分	卵重	成体重	初産日令	産卵率(長期)	卵殻強度
改良目標1	$\sigma/2^1$	$\sigma/4$	$\sigma/2$	$\sigma/2$	- ²⁾
2	"	"	"	"	$\sigma/2$
3	"	"	"	"	σ

1) σ はそれぞれの形質の標準偏差
2) 改良せず

卵殻強度を除く改良形質は、卵重、成体重、初産日令、長期産卵率とし、改良目標は、相対的な重要度を考慮してそれぞれ標準偏差の1/2、1/4、1/2、1/2とした。これらの形質の改良目標は、各改良目標区分とも同一とした。卵殻強度については、改良目標1では直接選抜の対象とせず、改良目標2では他の形質とほぼ同様の改良の大きさ、すなわち標準偏差の1/2を目標とした。改良目標3では、1標準偏差の大きな改良を設定した。

シミュレーションは、山田ら⁴⁾の方法を基礎に行ったが、そのフローチャートは図1に示した通りである。

表2 シミュレーションに用いたパラメータ

系 統	形 質	$h^2_{(S+D)}$	卵 重	成 体 重	初産日令	産 卵 率 (短期)	産 卵 率 (長期)
WL - Z	卵 重	0.50		0.40 ¹⁾	0.30	-0.10	-0.60
	成 体 重	0.50	0.40 ²⁾		0.10	0.00	0.00
	初産日令	0.30	0.20	0.20		-0.20	-0.30
	産 卵 率 (短期)	0.30	-0.10	-0.05	-0.20		0.85
	産 卵 率 (長期)	0.20	-0.10	0.10	-0.30	0.80	
RIR - P	卵 重	0.50		0.40 ¹⁾	0.30	-0.10	-0.60
	成 体 重	0.50	0.40 ²⁾		0.10	0.00	0.00
	初産日令	0.30	0.20	0.20		-0.20	-0.30
	産 卵 率 (短期)	0.20	-0.10	-0.05	-0.20		0.85
	産 卵 率 (長期)	0.20	-0.10	0.10	-0.30	0.80	

1) 遺伝相関 ($r_{G(S+D)}$)
2) 表型相関 (r_P)

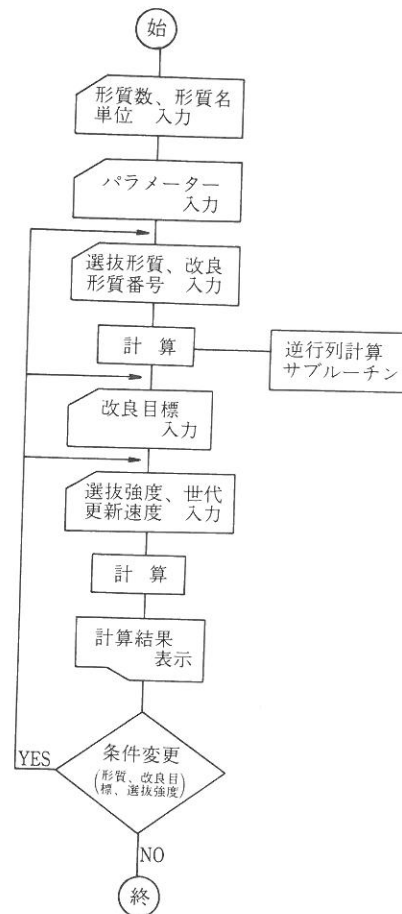


図1 シミュレーションのフローチャート
なお、シミュレーションのためのパラメータのうち、今回推定した以外の数値は、表2の通りと

した。選抜の強さは雄鶏、雌鶏とも1標準偏差と設定した。

結果および考察

卵殻強度の遺伝率の推定値は表3に示した。最も低い推定値は、Z系の $h^2_{(S)}$ で0.283、最も高い推定値はP系の $h^2_{(D)}$ で0.465であった。

表3 卵殻破壊強度の遺伝率¹⁾

系 統	$h^2_{(S)}$	$h^2_{(D)}$	$h^2_{(S+D)}$
WL - Z	0.283 ± 0.157 ¹⁾	0.457 ± 0.188	0.371 ± 0.110
RIR - P	0.323 ± 0.140	0.465 ± 0.145	0.394 ± 0.09

1) $h^2_{(S)}$ は父親成分、 $h^2_{(D)}$ は母親成分、 $h^2_{(S+D)}$ は父親+母親成分からの推定値。いずれも遺伝率±標準誤差として表示。

Z系とP系間に大きな差はなく、いずれも $h^2_{(D)}$ が $h^2_{(S)}$ に比べてやや高い値を示した。 $h^2_{(S+D)}$ は、Z系、P系でそれぞれ0.371、0.394であった。卵殻強度の遺伝率について西藤ら³⁾は、WLの系統で0.567 ($h^2_{(S+D)}$, 217日齢)、浜口ら¹⁾は、0.646 ($h^2_{(S+D)}$, 221~246日齢)という推定値が得られたことを報告している。これらの報告に比べ、今回の推定値はやや低い。この差については、測定日齢の違いや調査した鶏群の遺伝的差異などによると考えられる。したがって、情報蓄積が十分でない現段階では、利用する遺伝率の推定条件などをチェックする必要がある。今回得られた推定値は、一般

に認められている産卵率の遺伝率とほぼ同程度の大きさの値であり、個体選抜によって卵殻強度を改良することが可能な範囲であると判断される。

卵殻強度と他の経済形質との相関係数の推定値を表4に示した。表型相関は、全体に低い値であったが、長期産卵率との数値は、系統間でやや差がみられた。

遺伝相関についても全体にとくに高い数値はなかったが、両系統の場合とも、短期産卵率との関係が最も高い値を示した。長期産卵率との関係では、系統間でやや差がありP系の方がマイナスの高い値を示した。これらのことから、卵殻強度の改良と卵重、成体重、初産日令の改良は、比較的容易に同時進行できると考えられる。しかし、産卵率とはマイナスの相関反応を起こすと想定され、その傾向はP系の方がやや強いであろう。西藤ら³⁾は、WLの系統での遺伝相関 ($r_{G(S+D)}$)を報告しているが、卵重 (217日齢)、成体重 (240日齢)、初産日令、産卵率 (初産日令~280日齢)とそれぞれ、-0.065, 0.186, 0.013, 0.188の値を推定している。今回得られた数値と比較すると、産卵率ではかなり大きな差があるほか、卵重と成体重でも若干の差がみられる。これらの差は、測定方法の違いや鶏群の遺伝的な特性の差などによると推定されるが、今後さらに情報を蓄積していくことが必要である。

各改良目標 (表1) に基づいて指数選抜を行った場合の目標到達までの所要世代数と遺伝的改良量のシミュレーションの結果は、表5に示した。

表4 卵殻破壊強度と他の経済形質との相関関係

項 目	WL - Z		RIR - P	
	r_P	$r_{G(S+D)}$ ¹⁾	r_P	$r_{G(S+D)}$
卵殻強度 - 卵 重	0.023	0.187 ± 0.520	0.017	-0.026 ± 0.160
" - 成 体 重	0.006	-0.061 ± 0.199	-0.035	0.078 ± 0.175
" - 初産日令	0.097	0.078 ± 0.263	0.081	0.179 ± 0.242
" - 産卵率(短期)	-0.097	-0.261 ± 0.458	0.013	-0.308 ± 0.666
" - 産卵率(長期)	0.109	-0.016 ± 0.249 ²⁾	-0.102	-0.190 ± 0.091 ²⁾

1) 遺伝相関 ± 標準誤差

2) 産卵率(長期)のみ $r_{G(S)}$ で推定

表5 所要世代数と遺伝的改良量のシミュレーション²⁾

系 統	改良目標 の 区 分	所要 ¹⁾ 世代数	1世代当りの期待遺伝的改良量						q世代後の期待遺伝的改良量						
			卵重	成体重	初産 日令	産卵率 (短期)	産卵率 (長期)	卵殻 強度	卵重	成体重	初産 日令	産卵率 (短期)	産卵率 (長期)	卵殻 強度	
WL-Z	改良目標1	4.66	0.43	-9.6	-1.07	2.47	1.07	-0.01	2.0	-45.0	-5.0	11.5	5.0	-0.06	
	"	2	4.60	0.44	-9.8	-1.09	1.92	1.09	0.05	2.0	-45.0	-5.0	8.8	5.0	0.22
	"	3	5.37	0.37	-8.4	-0.93	1.25	0.93	0.08	2.0	-45.0	-5.0	6.7	5.0	0.44
RIR-P	改良目標1	5.41	0.37	-9.7	-0.92	1.74	0.92	-0.04	2.0	-52.5	-5.0	9.4	5.0	-0.23	
	"	2	8.04	0.25	-6.5	-0.62	1.15	0.62	0.03	2.0	-52.5	-5.0	9.3	5.0	0.23
	"	3	9.68	0.21	-5.4	-0.52	0.95	0.52	0.05	2.0	-52.5	-5.0	9.2	5.0	0.45

1) 改良目標に到達するまでの世代数

2) 指数で1選抜強度の選抜を続けた場合の予測

卵殻強度の改良を意図しない改良目標1では、Z系、P系でそれぞれ4.66世代、5.41世代であったが、卵殻強度を $\sigma/2$ 改良する改良目標2では、それぞれ4.60世代、8.04世代となった。さらに卵殻強度の改良度合を高くした改良目標3では、それぞれ5.37世代、9.68世代であった。このように、卵殻強度の改良度合を高めると、目標到達までの所用世代数が増加することがみとめられたが、その傾向は系統間で差があった。すなわち、Z系では、 $\sigma/2$ の卵殻強度の改良を追加しても、所要世代数に変化はなく、 σ の強さに高めた場合所要世代数が約1世代増加するに過ぎないが、P系の場合は、 $\sigma/2$ の改良を追加した場合約2.5世代増加する。さらに σ の強さに高めた場合、改良目標2より約1.5世代増加する。また、1世代当りの期待遺伝的改良量の変化もP系の方が大きい。改良目標1と改良目標3の長期産卵率についての1世代当り期待遺伝的改良量を比べると、Z系が0.14%の差となっているのに対し、P系では0.40%の差となる。このような所要世代数の変化や改良量の違いは、遺伝的パラメータとくに卵殻強度と短期産卵率、長期産卵率との遺伝相関の差に帰因するものであろう。

P系の改良目標1では、q世代後の卵殻強度の改良量は -0.23kg で、Z系の -0.06kg に比べかなり大きい数値であった。このことは、とくにP系の場合、卵殻強度の選抜を行わなければ、他の経済形質の選抜が卵殻強度を低下させるという間接的な選抜反応を引き起こすことを示している。こ

れは、Hunton²⁾の指摘を裏打ちするものといえよう。系統間の間接的な選抜反応の差は、所要世代数の違いの場合と同様に、主として卵殻強度と短期産卵率、長期産卵率との遺伝相関の差に基づくものと考えられる。

要 約

滝川畜試で造成したWL-Z系、RIR-P系の1983年ふ化群を対象に、卵殻強度の遺伝率と他の経済形質との間の遺伝相関を推定した。さらに、これらのパラメータを用い、改良目標に到達する所要世代数や選抜反応などのシミュレーションを行った。改良目標は、卵殻強度の改良度合によって次の3通りに設定した。改良目標1は卵殻強度の改良を意図しない場合、改良目標2は標準偏差 σ の $1/2$ 、改良目標3は σ の改良を意図する場合とした、卵重、成体重、初産日齢、長期産卵率は、各改良目標とも同一の目標とし、それぞれ $\sigma/2$ 、 $-\sigma/4$ 、 $-\sigma/2$ 、 $\sigma/2$ と設定した。選抜強度はいずれも1とした。

300日齢における卵殻強度の遺伝率は、Z系で0.283 ($h^2_{(S)}$)、0.457 ($h^2_{(D)}$)、0.371 ($h^2_{(S+D)}$)、P系では同様に、0.323 ($h^2_{(S)}$)、0.465 ($h^2_{(D)}$)、0.394 ($h^2_{(S+D)}$)と推定された。

遺伝相関は、Z系、P系それぞれ、卵重とは0.187、 -0.026 、成体重とは、 -0.061 、0.078、初産日齢とは0.078、0.179、短期産卵率とは -0.261 、 -0.308 、長期産卵率とは -0.016 、 -0.190

と推定された。

改良目標を達成するまでの所用世代数は、Z系、P系それぞれ、改良目標1が4.7世代、5.4世代、改良目標2の場合は4.6世代、8.0世代、改良目標3では5.4世代、9.7世代と予測された。

引用文献

- 1) 浜口 充, 山上善久 (1984) 埼玉鶏試研報18, 106-112
- 2) HUNTON, P. (1982) W.P.S.J.38,75-84
- 3) 西藤克己, 石郷善広, 吉田晶二, 諏訪内博之 (1981) 青森鶏試研報18, 25-33
- 4) 山田行雄, 横内圀生, 西田 朗 (1974) 家禽会誌11, 143-146

Estimates of Genetic Parameters for Fracture Force in Egg-Laying Strain and Simulation of Genetic Gain under Index Selection.

Chiaki TAMURA, Shichinori MORISAKI, Takeshi TAKAHASHI,
Masatoshi TANAKA and Tadao OZEKI

(Received : Jan, 8, 1985)

Summary

Genetic parameters for fracture force measured at 300 days of age were estimated from variance and covariance components of two egg-laying strains of chickens. These strains consist of Z (WL) and P (RIR), both of them have been bred at this station. The number of generation to attain the improvement objects as well as the selection response which depended upon the selection index were simulated. Three improvement objects, according to grade of improvement for fracture force, were assumed as follows.

- Improvement object 1 (M1) ; no intend to improve
object 2 (M2) ; improvement of $\sigma / 2$
object 3 (M3) ; improvement of σ
(σ = standard deviation)

Improvement object for other traits set up the same levels as M1, M2 and M3; $\sigma/2$ for egg weight, $-\sigma/4$ for adult body weight, $-\sigma/2$ for the age at first egg and $\sigma/2$ for annual egg production (151-450 days of age). Selection intensity fixed upon 1 in all improvement objects.

1. Heritability estimates of fracture force were 0.283 ($h^2_{(s)}$), 0.457 ($h^2_{(D)}$), 0.371 ($h^2_{(s+D)}$) for strain Z and 0.323 ($h^2_{(s)}$), 0.465 ($h^2_{(D)}$), 0.394 ($h^2_{(s+D)}$) for strain P.
2. Genetic correlation estimations of fracture force were 0.187 and -0.026 with egg weight, -0.061 and 0.007 with adult body weight, 0.078 and 0.179 with the age at first egg, -0.261 and -0.308 with early egg production (181-300 days of age) and -0.016 and -0.190 with annual egg production for strain Z and strain P, respectively.
3. In M1, it takes 4.7 generations for strain Z and 5.4 generations for strain P to achieve the improvement object while 4.6 generations and 8.0 generations in M2 and 5.4 generations and 9.7 generations in M3.

実用採卵鶏作出に関する研究

第2報 「滝川ゼットP」のヘテローシス効果

高橋 武 田村 千秋 田中 正俊
森寄 七徳 小関忠雄

緒 言

滝川畜試では、北海道に適した優良採卵鶏を作出するため系統造成を進めると同時に、それらの間の組合せテストを実施してきた。この結果、白色レグホーン種(WL) Z系を父方とし、ロードアイランドレッド種(RIR) P系を母方とした2元交雑鶏(Z×P)が最も良好な成績を示した。この交雑種は「滝川ゼットP」と名付けられ、道産優良鶏として供給されている。こうした「滝川ゼットP」(以下、「ゼットP」と略す)の作出過程や他の組合せ交配および民間コマーシャルとの能力比較などの成績については前報¹⁰⁾で報告したところである。

今回著者らは、「ゼットP」のヘテローシス効果について調査を行った。採卵鶏育種においてヘテローシスの利用は重要な課題である。近交度とヘテローシスとの関係については、FALCONER⁴⁾が同じ遺伝的由来の多数の系統間の無作為交配が行われるときヘテローシスの量は近交退化に等しいことを明らかにしている。従って、ヘテローシス効果を最大限に利用するという視点から、従来は近交系の作出やヘテローシス効果自体を改良する育種法の開発などが進められてきた。これに対しヘテローシスの利用を考える場合は、単にヘテローシスの大きさだけで判断されるべきものでなく、近交系を作りあげたり、その育種方式を推進するための全体的な費用をチェックし育種全体のシステムと関連づけて評価しなければならないことが指

摘されている¹²⁾。従って、ヘテローシス効果は単なる大きさだけで比較するのではなく、その交雑種を作った両親の近交度との関係からも検討を加える必要がある。ところが近交度の低い系統同士のヘテローシスの発現度、さらには両親の近交係数との関係などについてはほとんど報告されていない。そこで今回の調査では、「ゼットP」のヘテローシス効果を明らかにするとともに両親の近交係数との関係について若干検討を加えた。その結果、今後の「ゼットP」の改良を初め採卵鶏育種を進める場合有用と考えられる2, 3の知見を得たので報告する。

材料および方法

組合せテスト全体の成績のうち、今回調査の対象としたのは、第1に両親の能力が検定されていること、第2に両親の基礎系統がいずれも閉鎖後3世代以降であることの2点の条件を満たす2元交雑種とした。1971年から1983年の間にこの条件を満たす交雑種は交配様式で20、延調査群は58、用いた基礎系統はWLがZ系を含む5系統、RIRがP系を含む2系統であった。これらの系統はいずれも異なる素材から産卵率の改良を中心目標に、滝川畜試で造成したものである。

飼養管理は一般慣行に準じたが年次間の差が生じないように努めた。雌鶏は130日以降単飼ケージに収容し、交配は人工受精によるランダム交配を基本としたが、親が全きょうだい同士となる組合

せは避けた。交雑種は基礎系統からランダムに抽出した雄鶏と雌鶏から得たが、交配はいずれも人工授精とした。交配に供した羽数は雄が15羽以上、雌は40羽以上とした。テスト鶏は50羽を1群とし、年次間の差が生じないように毎年同様の飼養管理となるよう努めた。また、交配様式ごとの能力把握の精度を高め、年次間の環境差による影響を除去するため年次を変えて2回以上反復調査するよう努めた。さらに、交雑種的能力水準を把握するため能力が高いとみられるコマーシャル鶏を1鶏種選び、毎年テスト鶏と同一環境で飼養し比較調査した。なお、これらの基礎系統の造成過程や組合せ交雑テストの詳細な内容については、田村ら¹⁾および前報¹⁰⁾ですでに報告している。

ヘテロシス効果を調べた形質は、育成率(1~150日齢)、生存率(151~450日齢)、50%産卵到達日齢、産卵率(ヘンディ、151~450日齢)、ヘンハウス産卵個数(151~450日齢)、卵重(6ヵ月齢、10ヵ月齢)、成体重(10ヵ月齢)、卵重・体重比(10ヵ月齢)、日産卵量(151~450日齢)飼料要求率(151~450日齢)である。これらのうち日産卵量と飼料要求率は基礎系統段階では測定できなかったため、組合せテスト群から得た次のような重回帰式によって推定を行った。

$$\hat{Y}_1 = 0.5890X_1 + 0.7193X_2 - 43.5521 \quad (R^2 = 0.97)$$

$$\hat{Y}_2 = -0.0259X_1 - 0.0338X_2 + 0.5700X_3 + 5.5016 \quad (R^2 = 0.89)$$

Y₁ 日産卵量 Y₂ 飼料要求率
X₁ 産卵率 X₂ 10ヵ月齢卵重
X₃ 成体重

ヘテロシスの評価は佐伯ら⁹⁾の方法に準じ能力差およびヘテロシス比の2種類の方法で行ったが、その推定は次式によった。

能力差 $AB - (A+B)/2$
ヘテロシス比 $100 \times \{AB / \{(A+B)/2\} - 1\}$

AB; 基礎系統A, Bの成績 A, B;
交雑鶏の成績

結 果

交配様式ごとに成績をまとめ、それらを平均して求めた2元交雑全体のヘテロシス効果および「ゼットP」に発現したヘテロシス効果を表1に示した。以下好ましいヘテロシス効果をプラス、好ましくない効果をマイナスと表現した。

表1 2元交雑種全体と「滝川ゼットP」のヘテロシス効果

	2元交雑全体のヘテロシス		「滝川ゼットP」のヘテロシス	
	能力差	ヘテロシス比	能力差	ヘテロシス比
育成率(%)	1.1 ± 1.2** ¹⁾	1.2 ± 1.3**	1.6 ± 1.4**	1.6 ± 1.5**
生存率(%)	-4.3 ± 6.6**	-4.3 ± 6.8 ¹⁾	0.0 ± 6.2	0.2 ± 6.7
50%産卵到達日令(日)	3.2 ± 7.4	1.9 ± 4.5	12.5 ± 4.2** ^{a2)}	7.8 ± 2.5** ^a
産卵率(%)	3.0 ± 3.7**	4.2 ± 5.0**	6.9 ± 3.1** ^a	9.0 ± 4.1** ^b
ヘンハウス産卵個数(個)	4.3 ± 15.3	2.1 ± 7.3	20.8 ± 14.7** ^{b2)}	9.4 ± 6.8** ^b
6ヵ月令卵重(g)	1.8 ± 1.1**	3.6 ± 2.2**	3.0 ± 1.6**	6.0 ± 3.4**
10ヵ月令卵重(g)	0.6 ± 1.4	1.0 ± 2.3	1.4 ± 1.5**	2.4 ± 2.6**
成体重(g)	-15.7 ± 63.4	-1.1 ± 3.4	-82.3 ± 76.3** ^b	-4.3 ± 3.8** ^b
卵重・体重比(g/kg)	-0.4 ± 1.0	-1.0 ± 3.1	-1.5 ± 1.1** ^a	-4.7 ± 3.6** ^a
日産卵重(g)	2.2 ± 2.2**	5.3 ± 4.9**	5.1 ± 1.5** ^a	11.7 ± 3.8** ^a
飼料要求率	0.09 ± 0.08**	3.4 ± 3.3**	0.18 ± 0.06** ^b	6.6 ± 2.4**

1) ** 両親の平均能力に対して有意差 (P<0.01) あり、* (P<0.05)
2) a 他の2元交雑種に対して " " b (")

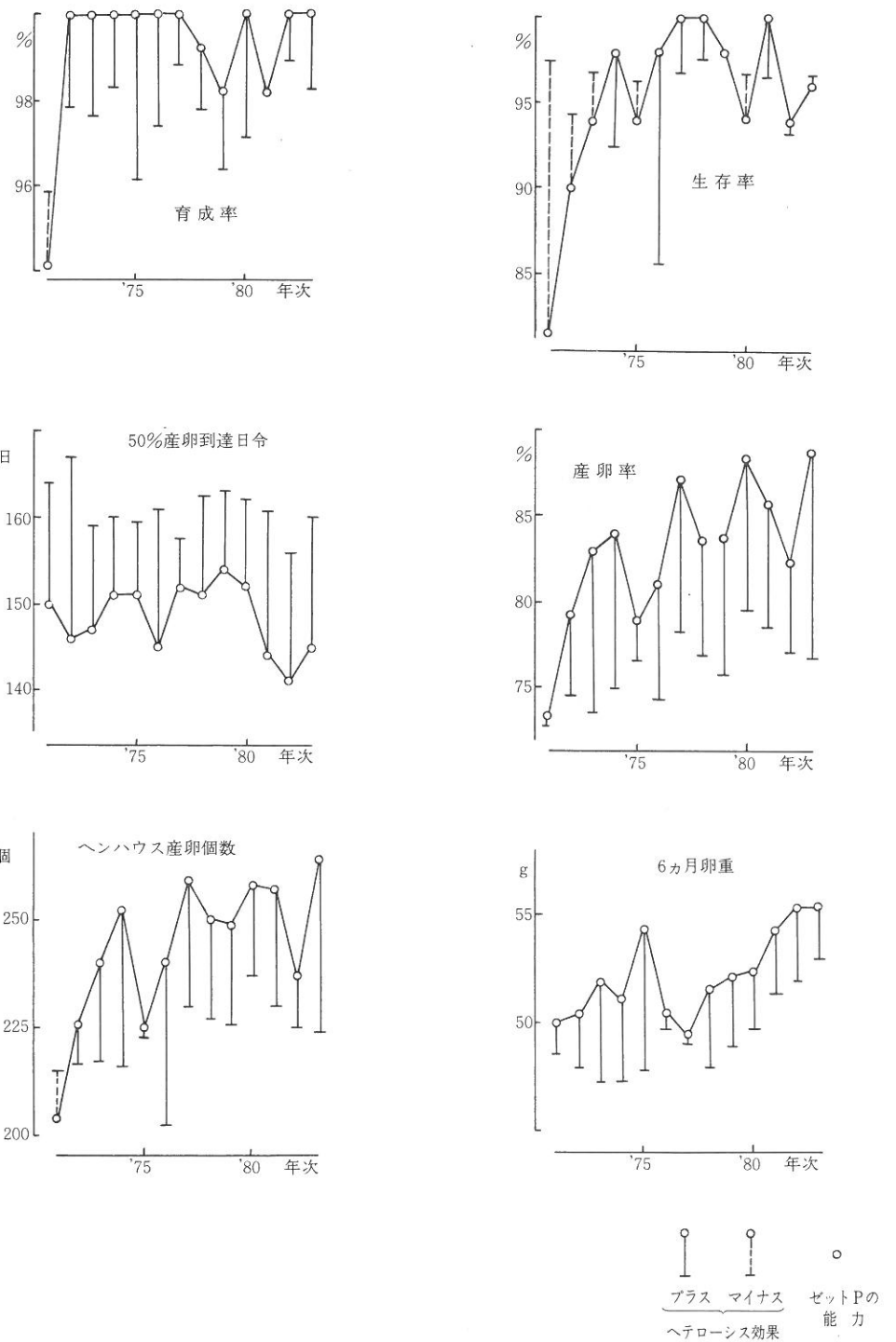


図1 ゼットPの能力とヘテロシス効果の年次推移(1)

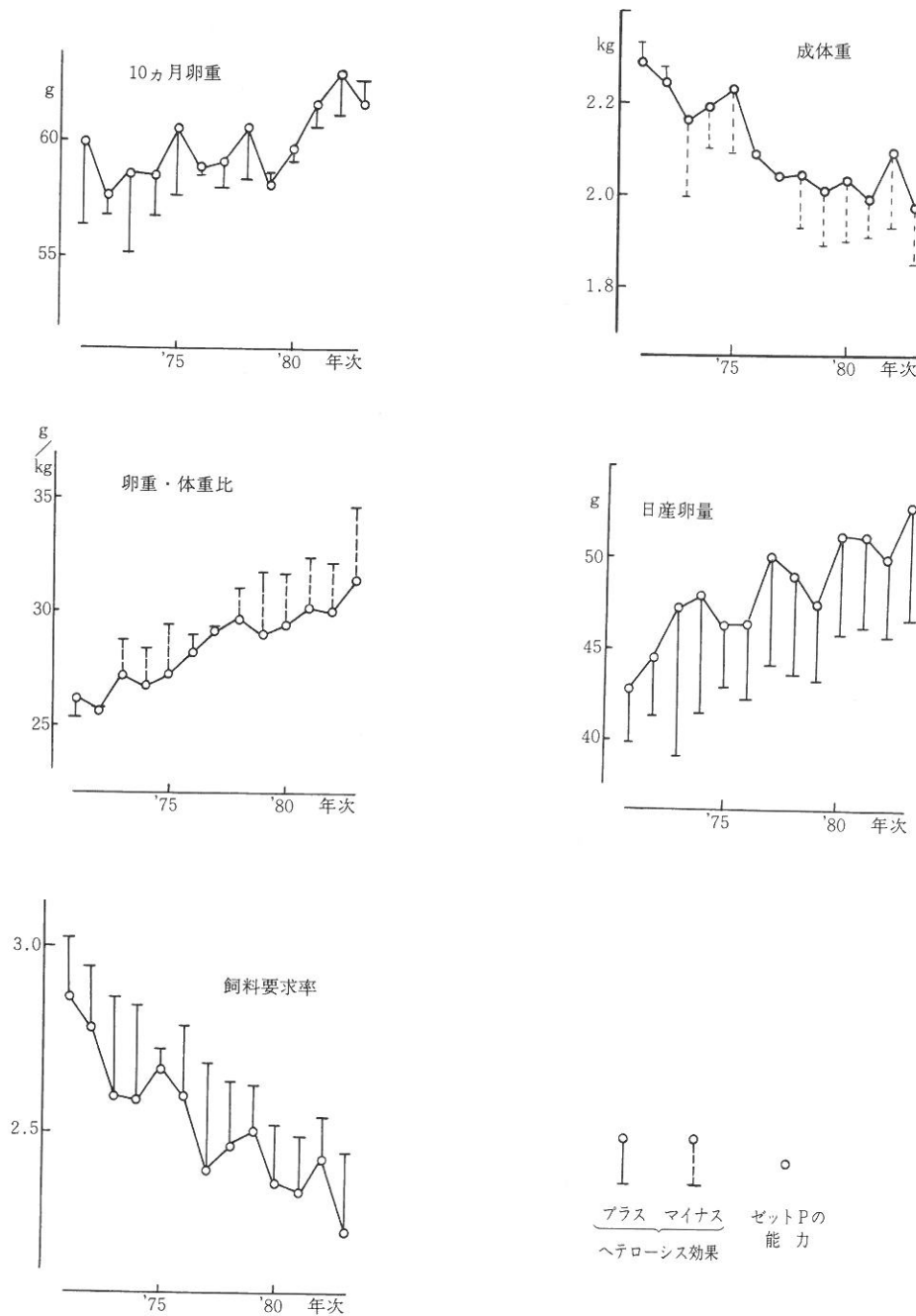


図2 ゼットPの能力とヘテロシス効果の年次推移(2)

2元交雑種全体の成績では育成率、産卵率、6ヵ月齢卵重、日産卵量、飼料要求率に有意な好ましいヘテロシス効果が認められた。生存率ではマイナスの効果があった。発現したヘテロシス効果の大きさをヘテロシス比で比較すると日産卵量、産卵率、6ヵ月齢卵重、飼料要求率の順であった。一方、「ゼットP」では生存率、卵重・体重比を除く各形質に好ましい方向の有意なヘテロシス効果が認められたが、卵重・体重比はマイナスの効果であった。

各形質間のヘテロシス効果をヘテロシス比で比較すると、日産卵量が11.7%と最も高く、次いでヘンハウス産卵個数9.4%、産卵率9.0%、50%産卵到達日齢7.8%、飼料要求率6.6%、6ヵ月齢卵重6.0%の順であった。

次に「ゼットP」のヘテロシス効果を他の2元交雑種の成績と比較すると、50%産卵到達日齢、産卵率、ヘンハウス産卵個数、6ヵ月齢卵重、日産卵量、飼料要求率で「ゼットP」の方が好ましい方向でヘテロシス効果が有意に高い傾向が認められた。卵重・体重比では「ゼットP」の方がマイナス効果が大きかった。他の育成率、生存率、10ヵ月齢卵重では差は認められなかった。

「ゼットP」の各形質別能力とヘテロシス効果(能力差)の年次推移を図1および図2に示した。

育成率は1972年以降ほぼ安定した高い水準で推移し、ヘテロシス効果についても大きな変動はない。生存率については変動が大きい。1973年以降はいずれも94%以上の水準で推移している。ヘテロシス効果については調査当初の2ヵ年を除けばとくに著明な傾向はない。50%産卵到達日齢については1981年以降はかなり早熟化してきている。ヘテロシス効果は全年次で大きな値を示している。産卵率はかなりの変動があるが全体的には改善の傾向で推移している。ヘテロシス効果は1975年以前と以後を比べると、やや増加の傾向がみられる。ヘンハウス産卵個数も年次による変動は大きい。やや能力改善の方向で推移している。ヘテロシス効果は1971、1975年は低かったが全体的な傾向は明白でない。6ヵ月齢卵重に

ついては全体的には能力改善が進んでいる。ヘテロシス効果は各年次ともほぼ一定の数値を示している。10ヵ月齢卵重は1981年以降改善が急速に進んでいる。しかし、ヘテロシス効果はやや減少の傾向にある。成体重は全体に軽量化し「ゼットP」の小格化が順調に進んでいることを示している。ヘテロシス効果は1977年まではやや不安定な傾向を示したが、1978年以降一定の大きさで発現してきている。卵重・体重比は、順調に改良が進んでいる。しかし、ヘテロシスは全体にマイナスの効果を示し、しかも度合は増大の傾向にある。日産卵量は大きく改善されてきている。ヘテロシスも各年次とも大きな効果を維持してきている。飼料要求率も改良度合は著しくヘテロシスも各年次で一定の効果を示している。

交配雑種全体と「ゼットP」のそれぞれの両親の平均近交係数を表2に示した。

区分	平均近交係数
全体	11.3 ± 3.8%
ゼットP	12.6 ± 3.0

「ゼットP」の両親の近交係数の推移については図3に示した。

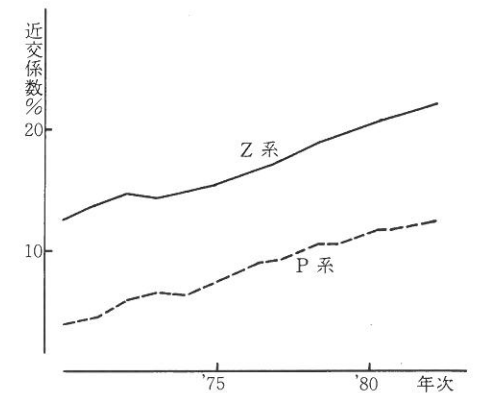


図3 原種鶏の近交係数の年次推移

交雑種全体の両親の平均近交係数は11.3%で「ゼ

ットP」の両親の平均近交係数は12.6%と大差なかった。「ゼットP」の両親の近交係数は毎年増大の傾向にあり、Z系では1979年に20%の水準に達している。

表3 ヘテローシスと年次推移および近交係数との関係

	年次推移に対する回帰		近交係数に対する回帰	
	b	R ²	b	R ²
育成率	0.269	0.005	0.041	0.008
生存率	0.055	0.121	0.711	0.119
50%産卵到達日齢	-0.036	0.001	-0.055	0.002
産卵率	0.394	0.243	0.571*	0.306
ヘンハウス産卵個数	1.744	0.215	2.418	0.247
6ヵ月令卵重	-0.028	0.005	-0.020	0.001
10ヵ月令卵重	-0.228**	0.367	-0.295*	0.367
成体重	-9.283	0.224	-12.220	0.257
卵重・体重比	-0.202	0.479	-0.274**	0.525
日産卵量	0.068	0.036	0.125	0.062
飼料要求率	-0.003	0.038	-0.003	0.020

** P<0.01 (* P<0.05)

「ゼットP」のヘテローシス効果のうち10ヵ月令卵重と、卵重・体重比については年次が進むと低下する傾向が認められた。産卵率は逆にやや増加の傾向(P<0.1)にあった。近交係数との関係では産卵率では近交度が増すとヘテローシスが高くなる有意な傾向が認められた。しかし、10ヵ月令卵重と卵重・体重比では逆に近交度が増すとヘテローシスが低下する関係にあった。ほかにヘンハウス産卵個数と成体重で、近交度が増すとややヘテローシス効果が高くなる傾向(P<0.1)がみられた。

考 察

「ゼットP」のヘテローシスのうち、育成率についてはほぼ各年次でプラスの効果認められたことと、年次推移や近交係数の増加によってとくに大きな影響を受けていないことから、今後も一定のヘテローシス効果が期待できると考えられる。

ヘテローシスの年次による変化と近交係数との関係をみるため、能力差の年次および近交係数に対する一次回帰係数を算出し、表3に示した。

しかし、「ゼットP」の能力がすでに98%以上という高い水準に達していることから、これ以上の改良は難しく、ヘテローシス効果を最大限活用して現在の能力維持に努めるべきであろう。

生存率については有意なヘテローシス効果が認められなかった。このことから「ゼットP」の生存率を改善するためには原種鶏段階から選抜を強める必要がある。

50%産卵到達日齢はヘテローシス効果も大きく、しかも近交係数と一定の関係がみられないことから今後もヘテローシス効果が期待でき、同時に原種鶏段階からも改良は推進できると考えられる。

産卵率はヘテローシス効果も大きく、近交係数に対する回帰が有意で近交度が高まるとヘテローシス効果もやや高く発現することを示している。今後原種鶏の近交度はさらに高まると考えられるが、すでに産卵率は近交が進むにつれて低下することが明らかになってある⁷⁾ことなどから、今後の「ゼットP」の産卵率の改良はヘテローシス効果の利用を中心に進めていくべきであろう。Ayyagari

ら⁸⁾は、産卵率のヘテローシスが選抜を進めた後半の世代に高く発現したことを報告し、原種鶏の選抜がヘテローシス効果を相関反応のように進めていると述べている。しかし、彼らの報告では近交係数の増加とヘテローシスの関係が不明確であり、その点を考慮すればヘテローシス効果が高くなったことは近交係数の増加に帰因している可能性がある。

産卵初期の卵重についてはヘテローシス効果が大きいことから、原種鶏段階で主要選抜形質とする必要はなくヘテローシス効果を十分利用すべきであろう。一方、10ヵ月令卵重についてはヘテローシス効果は大きくはなく、近交係数が増加するとやや低下の傾向にある。このことから「ゼットP」の10ヵ月令卵重の改良は原種鶏段階から進める必要がある。

成体重にもプラスのヘテローシス効果が発現しているが、採卵鶏にとっては体重の増大は飼料摂取量の増加を招くことから経済的にはマイナスの効果である。しかし、この体重増大のヘテローシスは数多く確認されてきたヘテローシスの基本的な効果のひとつである。従ってヘテローシス効果がプラスとならないような交配様式を捜し出すことは困難と考えられる。このことから「ゼットP」の体重の小格化あるいはヘテローシス効果による増大分の軽量化は、原種鶏段階から改良を進める以外にはないであろう。

卵重・体重比は有意なマイナス効果であったが、これは体重増大のヘテローシス効果が卵重に発現する効果より相対的に大きかったためであると考えられる。いずれにしても、この形質はヘテローシス効果を期待できないことが判明したので原種鶏段階から改良を進める必要がある。関係形質から推定した日産卵量と飼料要求率は、ともにヘテローシス効果が高く近交係数と一定の関係も認められなかったことから、今後もヘテローシス効果を十分期待して改良を進めることが可能と考えられる。

以上のように、発現したヘテローシス効果の大きさ、その年次推移さらには近交係数との関係などから「ゼットP」の50%産卵到達日齢、産卵率、

ヘンハウス産卵個数、6ヵ月令卵重、日産卵量、飼料要求率についてはヘテローシス効果の利用によってさらに改良が可能と考えられる。一方、生存率、10ヵ月令卵重、体重、卵重・体重比の改良は原種鶏段階での選抜を中心に進めるべきであると判断された。

「ゼットP」のヘテローシス効果を他の2元交雑種の平均値と比較すると、50%産卵到達日齢、産卵率、ヘンハウス産卵個数、日産卵量、飼料要求率で有意な差が認められた。このことなどから今回調査した交雑種の中で、「ゼットP」は高いヘテローシス効果を発現する交配様式であることが判明したといえる。

他の研究者による報告では、一般に近交系(通常近交係数は50%以上の系統)を用いた交配テストではヘテローシス発現は大きく、産卵に関して Ceccarelli ら⁹⁾は、異品種間を含む近交系間交雑種で最大のヘテローシス比は約18%であったと報告している。WLの近交系間雑種については Kolstad ら¹⁰⁾が、最高約11%というヘテローシス比を報告している。これらの交配に用いた両親の平均近交係数は50%以上と推定される。一方、「ゼットP」の両親の平均近交係数は約12.5%でヘテローシス比は約9%であった。これらのヘテローシス効果を近交度に対する比率で比較すれば、「ゼットP」の方が両親の近交度が低いにもかかわらず非常に高いヘテローシスを発現しているといえよう。しかし、「ゼットP」以上に高いヘテローシス効果が発現した例もみられる。Hutt ら¹¹⁾は、両親の平均近交係数が約10%の系統間交配で500日齢までの産卵数は約13%のヘテローシス比が認められたと報告している。

初産日齢に関してはWL内の近交系間の成績ではあまり高いヘテローシス効果の報告はなく、品種間では佐伯ら¹²⁾がWLと他鶏種との交配(両親の平均近交係数21.3~57.6%)で約14%と大きなヘテローシスが発現したことを報告している。「ゼットP」の50%産卵到達日齢のヘテローシス比は約8%であるから、これも両親の近交度に対する比率からみると彼らの報告より高い水準で発現しているといえる。

平均卵重, 10ヵ月齢卵重, 体重については, これまでの報告と「ゼットP」のヘテロシス効果は大差なかった。

日産卵量については両親の近交係数も含めて比較できる報告がなかった。

飼料要求率について ABPLANALP^らは, WLの近交系間で平均2.5%のヘテロシス比が認められたことを示している。これは交雑種間の平均値であるが「ゼットP」のヘテロシス効果の方がかなり高い。以上のように近交係数に対する比率からみた場合, 「ゼットP」のヘテロシス効果は産卵率, 50%産卵到達日齢などを中心になんか高い水準であることが判明した。このことは, Z系とP系とがヘテロシス効果を発現するために好ましい遺伝子組成を持っていることを示している。さらに, 「ゼットP」の原種鶏の平均近交係数が約12.5%程度であったことを考慮すると, 基礎系統段階で近交度をあまり高めなくてもヘテロシス効果が十分高い交配様式を捜し出せることを示しているといえよう。また, 「ゼットP」の実際の能力が総合的に十分高い¹⁰⁾ことを結び合せて考えると, 現在進めている育種方式が十分有効なシステムであることが確認されたといえる。なお, 組合せテスト全体のヘテロシス効果については, 交配様式間の詳細な分析などを含め, 今後さらに検討を深めたい。

要 約

1971年から1983年まで実施した組合せテストにおける「滝川ゼットP」のヘテロシス効果を調査し, その成績を取りまとめた。「滝川ゼットP」の両親の平均近交係数は12.5%であった。「滝川ゼットP」のヘテロシス効果は調査した他の交雑種に比べ総合的に極めて高い水準であった。ヘテロシス効果は, ヘテロシス比で示すと, 育成率1.6%, 50%産卵到達日齢7.8%, 産卵率9.0%, ヘンハウス産卵個数9.4%, 6ヵ月齢卵重6.0%, 10ヵ月齢卵重2.4%, 成体重-4.3%, 卵重・体重比-4.7%, 日産卵量11.7%, 飼料要求率6.6%で

あった。

ヘテロシス効果の大きさ, 発現度の年次推移および近交係数との関係から, 「滝川ゼットP」の50%産卵到達日齢, ヘンデイ産卵率, ヘンハウス産卵個数, 6ヵ月齢卵重, 日産卵量, 飼料要求率についてはヘテロシス効果の利用によって, さらに改良が可能と考えられた。

「滝川ゼットP」のヘテロシスは両親の近交度に比べて高い効果を示した。これらのことから, 基礎系統の近交度をあまり高めなくとも, ヘテロシス効果は十分利用できると思われる。

文 献

- 1) ABPLANALP, H., OKAMOTO and D. NAPOLITANO (1984) *Poult. Sci.* 63, 234-239
- 2) AYYAGARI, V., et al (1982) *Brit. poult. Sci.* 23, 469-479
- 3) CECCARELLI, S., F., COSTANTINI and F. PANELLA (1981) *A. B. A49*, 356
- 4) FALCONER, D. S. (1981) *Introduction to Quantitative genetics (II nd. edition)* 224-238
- 5) HUTT, F. B. and R. K. Cole (1952) *Poult. sci.* 31, 365-374
- 6) KOLSTAD, N (1976) *A. B. A49*, 356
- 7) 内藤元男 (1970) *家畜育種学* 312-318
- 8) 佐伯祐式, 秋田富士 (1964) *日本家禽学会秋季大会講演要旨* 19-20
- 9) STEPHENSON, A. B., A. J., WYATT and A. W. NORDSKOG (1953) *poult. Sci.* 32, 510-517
- 10) 高橋 武, 田村千秋, 田中正俊, 森寄七徳, 滝沢寛禎 (1980) *滝川畜試研報* 17, 25-32
- 11) 田村千秋, 高橋 武, 田中正俊, 森寄七徳 (1976) *滝川畜試研報* 13, 1-10
- 12) 山田行雄 (1978) *畜産大辞典* 233-238

Studies on Selection of High Quality Layer 2. Heterosis Effects on TAKIKAWA Z · P

Takeshi TAKAHASHI, Chiaki TAMURA, Shichinori MORISAKI,
Masatoshi TANAKA and Tadao OZEKI

(Received : Nov, 26 1984)

Summary

Investigation have been taken up to see the heterosis effects on two-way-crossing in combining ability tests from 1971 through 1983. The birds crossed amounted to 58 flocks which consisted of five strains of WL and two strains of RIR, both of them being selected from the parents got through performance tests and passed off three generations after closed. Heterosis effects on TAKIKAWA Z · P which was commercial layer raised at this experiment station were obtained. The results summarized are as follows.

1. Inbreeding coefficients of parents of TAKIKAWA Z · P was 12.5% in an average. Heterosis effects on TAKIKAWA Z · P showed high level on most traits as compared with other crosses.
2. Percentage of heterosis were 1.6% for rate of rearing, -7.8% for age at 50% egg production, 9.8% for hen-day egg production, 9.4% for hen-housed egg production, 6.0% for egg weight at six months of age, 4.3% for adult body weight, -4.7% for rate of egg weight/body weight, 11.7% for egg mass for a day and -6.6% for feed conversion ratio respectively.
3. It is therefore concluded that the heterosis of age at 50% egg production, hen-day, hen-housed egg production, egg weight at six months of age, egg mass for a day and feed conversion ratio is of use for the further improvement of the characters of TAKIKAWA Z · P. These result supports the conclusion that the heterosis effects can be applied to the improvement of commercial layer without the high inbreeding of the foundation strains.

場外誌掲載論文抄録

APPENDIX

Summaries of papers on other journals reported by the staff

豚の消化試験における予備期間と 採糞期間の長さの検討

杉本 亘之 古谷 修

日畜会報, 55 (4) : 227-233 (1984)

豚において糞採取法に基づいて消化試験を行なう上で必要とされる、予備期間と採糞期間の長さを、飼料の切換え後における糞中の化学成分の変化および採糞期間と消化率の精度との関係より検討した。供試豚は、体重45~54Kgのランドレース種去勢雄8頭で、供試飼料は子豚育成飼料（飼料A）、豚産肉能力検定飼料（飼料B）、および飼料Bにビートパルプを20%配合した飼料（飼料C）の3種類であった。供試豚は4頭ずつ2群に分け、1群には飼料をA、B、Cの順に10、14、14日間ずつ、他群には飼料をA、C、Bの順に10、14、14日間それぞれ連続して給与した。採糞は、飼料Aを給与後7日目より試験終了38日目までの32日間連

続して行なった。その結果、飼料の切換え後、糞中の化学成分が安定するまでに、乾物排糞量、粗脂肪、NFE、粗繊維およびADFは3日を、粗蛋白質およびエネルギーは4日を要した。したがって、予備期間は少なくとも4日必要と判断された。採糞期間と消化率の変動係数との関係をみると、各成分によって多少の差はみられるものの、採糞期間が3~4日までは変動係数の急速な低下がみられたが、採糞期間が4日以上ではその変化は小さく、消化率の精度の向上に及ぼす効果は小さかった。以上のことから、本試験のような条件下では、予備期間および採糞期間とも4日あればほぼ満足すべき消化率が得られるものと考えられた。

豚の消化試験における指標物質としての酸化クロム粉末 酸化クロムペーパーおよび酸不溶性灰分の検討

杉本 亘 之

日畜会報, 55(12): 924-929(1984)

豚の消化率を測定するための、指標物質としての酸化クロム粉末、酸化クロムペーパーおよび酸不溶性灰分(AIA)について、消化試験を実施する上で必要とされる、予備期間と採糞期間の長さを検討すると同時に、これら指標物質法と全糞採取法による消化率の比較を行なった。供試飼料は、子豚育成飼料(飼料A)、豚産肉能力検定飼料(飼料B)および飼料Bにビートパルプを20%配合した飼料(飼料C)の3種類で、供試豚8頭を4頭ずつ2群に分け、1群には飼料をA, B, Cの順に、他群にはA, C, Bの順にそれぞれ10, 14, 14日間連続して給与した。飼料Bおよび飼料C給与時には、両群とも4頭のうち2頭に酸化クロム粉末を、他の2頭には酸化クロムペーパーを、それぞれ豚産肉能力検定飼料へ0.2%添加した。その結果、糞中の酸化クロム含量が安定するには、酸化クロム粉末法および酸化クロ

ムペーパー法とも飼料切換え後4日を要した。糞中のAIA含量が安定するのに要する日数は、飼料によって異なり、飼料Bでは飼料切換え後4日目ではほぼ安定したが、飼料Cでは14日間を通じて安定しない場合が認められた。また、指標物質法における採糞期間は1~2日でも十分ではないかと推察された。酸化クロム粉末および酸化クロムペーパーとも、糞中への回収率は94~97%と若干低かったが、消化率の測定上ほぼ満足すべき回収率であった。他方、AIAの回収率は、飼料Bでは99%と良好で各消化率とも全糞採取法とほぼ一致したが、飼料CにおけるAIA含量は、糞中の安定性が悪く、その回収率も低かった。したがって、AIA法による消化率の測定は、飼料の質的内容との関係を考慮した上で、さらに今後の検討が必要と考えられる。

空知地方におけるとうもろこしサイレージの ミネラル組成について

杉本 亘 之

北農, 51(5): 12-21(1984)

1978~1981年の4年間に滝川畜産試験場で調製された、22例のとうもろこしサイレージについて、ミネラル含量を調査した。

1. とうもろこしサイレージのミネラル含量を平均値と標準偏差で示すと、カルシウムは $197 \pm 25 \text{ mg}/100\text{g}$ 、リンは $232 \pm 29 \text{ mg}/100\text{g}$ 、カリウムは $1.47 \pm 0.26 \text{ mg}/100\text{g}$ 、ナトリウムは $14 \pm 2 \text{ mg}/100\text{g}$ 、マグネシウムは $106 \pm 13 \text{ mg}/100\text{g}$ であった。

2. 早生種と晩生種のミネラル含量を比較すると、カルシウムは早生種で低い傾向がみられたが、両品種間に有意

差は認められなかった。他方、リン含量は晩生種に比較し早生種で有意($P < 0.05$)に高かった。その他のミネラルについては、両品種間に大きな差は認められなかった。

3. サレージのミネラル含量とホールクローブ中の乾子実割合との関係についてみると、乾子実割合が増加するにつれ、カルシウムおよびカリウム含量は低下の傾向を示したが、このことは特にカルシウムおよびカリウムが茎葉部で高く、子実で低いためと考えられた。

Takikawa Animal Husbandry Experiment Station of Hokkaido.

735 Higashi-takikawa, Takikawa-shi,
Hokkaido, 073 JAPAN

Bull. Takikawa Anim. Husb. Exp. Stn.

滝川畜試研報 No.22

— Apr. 1985 —

昭和60年4月10日印刷
昭和60年4月30日発行

編集兼
発行者

北海道立滝川畜産試験場

北海道滝川市東滝川735
☎2211~2213 郵便番号073

印刷所

(株) 総 北 海

旭川市神楽岡14条5丁目
☎2101 郵便番号078-11