

PSE (豚のふけ肉) の防除に関する研究

—ストレス感受性豚の検出法に関する試験—

- I ハロセン麻酔による検出法
小林義男*・渡辺 彬*・兵頭 勲*・斉藤秀一*
- II 血液型による検出法
兵頭 勲*・斉藤秀一*
- III 血液の生理学的検出法
羽生 章*・中島勇三*
- IV ストレス症候群(PSS)と肉質とくにPSE豚肉との関係
合田之久*・斉藤秀一*・羽生 章*・小林義男*
渡辺 彬*・兵頭 勲*・関口 博*・大橋昭也*

Studies on Prevention of PSE in pigs

-Effective of estimation for stress susceptibility in swine-

- I Procedure for the halothane anesthesia
Yoshio KOBAYASHI, Akira WATANABE, Isao HYODO and Syuichi SAITO
- II Estimation of PSS by blood groups
Isao HYODO and Syuichi SAITO
- III Estimation of PSS by blood physiology
Akira HABU and Yuzo NAKAJIMA
- IV Relationships between PSS and meat quality (PSE)
Yukihisa GODA, Syuichi SAITO, Akira HABU, Yoshio KOBAYASHI
Akira WATANABE, Isao HYODO, Hiroshi SEKIGUCHI and Teruya OHASHI

(要 旨)

PSE筋になり易い遺伝的素因を有する豚を検出する方法について、ストレスサーとしてのハロセン麻酔による反応は、個体によってその反応の境界が重なり合って判定が困難なものもあり、単一の方法で信頼度の高い判別を期待することができないので、血液学的検出法とあわせて検出判定の精度向上を検討するとともにストレス症候群とPSE筋との関連について調査した。①ハロセンラストによるストレス感受性について、當場生産の子豚562頭を供試し、その反応形態から、ストレス感受性豚を検出する判定基準を作成し、この判定基準に基づいて検出した陽性豚は112頭、19.9%であり、その陽性腹率は51.9%であった。②ハロセン反応陽性の遺伝は、ほぼ常染色体上にある単純劣性遺伝と考えられ、當場で実施中のランドレース種系統造成閉鎖群におけるその遺伝子頻度は $HAL^N=0.446$ であった。③ハロセン反応陽性群は赤血球抗原型Hシステムのa/と、赤血球酵素型PHIシステムのBBをもつグループに高い傾向が認められ、6PGDシステムではAAに高い傾向にあったが、Hシステムとの相関は認められなかった。④PHIのBBの白血球数、血沈値はそれ以外のAA、AB型と比べて有意差が認められ、Hシステムによるa/と-/-を比較したところ血沈値はa/が有意に高く、PHI BB型とも一例を除いて同様の結果を得ており、この両血液型が同じ遺伝子座にあるものと考えられる。⑤血液型HとPHIシステムとの組合せによって検出判定の効果が上昇し、統計効果として、総合正確度 $A=80.8\%$ に達する。⑥血液型分類と肉質及び生産形質との関係は、Hシステムのa/型とPHIシステムのBB型をI群とし、それ以外をII群として比較すると、肉質ではR-ValueがI群で有意に劣っており、PSE筋の総合判定での軽度のものを含めるとI群で73%、II群では31%の発生率であった。⑦PSE筋の官能的判定結果と理化学的測定値およびCPK値と理化学的測定値の関連では、夫々R-Valueおよび保水性との相関が高く、特にCPK値とPSS豚のこれら測定値との相関が高かった。⑧血液型とハロセン感受性遺伝子 HAL^N との関連性および肉質等経済形質との関係を総合的に評価し、PSSの判定に血液型を利用することによって標識遺伝子として育種面への応用が可能であり、実用性の高い検出法となる可能性が強い。

I ハロセン麻酔による検出法

ま え が き

1968年D. Topel¹⁾らによって、ストレス感受性豚が非特異的ストレスに過敏に反応を示す現象を、豚のストレス症候群PSS (Porcine Stress Syndrome)として定義され、1974年Eikelenboom²⁾及びChristian³⁾らによって、ハロセン麻酔による豚のストレス感受性豚の検出法が報告された。Eikelenboomらの方法は、ハロセンの対酸素濃度2~4%で5分間で判定するというものであり、Christianは同じく、ハロセン6%で2分間、その後2.5%で3分間計5分間で判定する方法である。

その後1976年には同じChristian⁴⁾はハロセン6%1分、その後2%で2分計3分での方法を報告し、さらに1977年には6%3分の方法を報告⁵⁾している。Hwangらは1978年ハロセン濃度3%で5分間判定する以外に、CPK (Creatine Phosphokinase) との併用でPSS検出の可能性を報告し、Hallbergらは1979年⁷⁾ハロセン

濃度は1974年のChristianの方法で、CPKとH血液型の3手法で、PSSの判定を報告している。

我が国では松原らが1976年⁸⁾ハロセン6%4分間、及び3分間(1977年)¹⁰⁾の成績を報告し、渡辺らは1977年¹¹⁾4%5分間での判定を報告している。

ハロセンの濃度については、Webb, Jordan¹²⁾1978年10%ハロセンでの成績を報告しているが、渡辺らは1979年¹¹⁾ハロセン陽性やと殺の物理学的特性から4%5分で、これらの検査結果と変りないと報告している。

ハロセン麻酔による豚の反応についてはEikelenboomら(1974²⁾)及び渡辺ら(1977年)によるそれぞれのハロセン検査要領案の判定は骨格筋強直の発現に注目するもので、かなり詳細な判定基準となっている。

ストレス症候群(PSS)の豚は、麻酔剤、筋肉弛緩剤あるいは興奮剤に対する感受性が高く、皮膚の発赤や不整脈、呼吸困難、血圧の変動、筋肉の硬直、体温の上昇などの反応をしめし、極端な場合にはショック状の急死を起こすことが知られるようになり、PSSの判定には現在ハロセンガスを用いる方法が検討されているので、本法による検出法を実施した。

実験材料及び方法

ハロセン麻酔機はヒト用の吸入式全身麻酔機を用い、ハロセンガスはICI社Halothane(武田薬品KK)、二酸化炭素吸収剤はソーダソープ(Grace社)を用いた。マスクは豚の大きさにより、大小二型を使用し、その他検査台、ストップウォッチ、体温計を用意した。

検査豚は当場生産のランドレース種 67腹 484頭、大ヨークシャー種 7腹 52頭、デュロック種 21頭、ハンブシャー種 1腹 2頭、その他F₁ 1腹 3頭について実施した。

日令は38日令～87日令、体重7.6Kg～4.3Kgの子豚を用いた。

検査の方法は原則として18時間の絶食をさせ、子豚を検査台の背側に下に保定し、マスクを口に於て麻酔を行い、完全に麻酔がかかった時点から豚体を左右横転させながら状態を観察した。

ハロセンガス濃度は4%で、体重に応じて酸素流量を毎分2.5 l～4.0 lにセットし、最終判定は5分間で行い。吸入後の反応の状態と反応時間を観察記録した。

実験結果

① ハロセン反応陽性率

各品種別の成績は表1のとおりであり、全体の陽性率は19.9%で、ランドレース種については22.1%であった。他の品種については例数が少なく、今後の検討課題であるが、大ヨークシャー種 7腹 52頭検査した結果陽性豚は1頭も出なかった。

又、検査した豚を腹単位でみると、79腹のうち41腹から陽性豚が発生(51.8%)した。

陽性豚の発生した腹からは、複数発生する傾向を示したが、1腹で1頭のみ(+)が発生した腹が12腹、(++) (++) が1頭のみ発生した腹が各1腹ずつであった。

② ハロセン反応判定基準の設定

ハロセン麻酔は、豚にマスクをしっかりと装着した後、速い個体で20秒後、遅い個体でも50秒で麻酔に入る。ハロセン反応の発現はその時点にみられる。

反応の最も早く発現した個体は25秒、最も遅く発現した個体は240秒であった。最も多くみられた時間帯は40秒～50秒であった。(図1)

ハロセン陽性豚のなかで、反応強度により、各個体の発現時間をみたが、強い反応を示す個体は、麻酔初期に多く、70秒位迄であった。

陽性豚で最も遅く発現したのは130秒であった。ハロセン反応陽性豚(++) (++) の麻酔中止分布をみると、(++) の場合110秒と早い時期に中止しており(++) の場合、160秒と若干遅い傾向を示した。これは強陽性の場合、ハロセン麻酔を長く続けることにより、ショック死をまねく恐れがあるためである。

562頭中、強陽性(++) を示した6頭が、ハロセン麻酔経過中に死亡しており、又、強陽性(++) の豚を農家に払い下げたところ、輸送途中で死亡した例もあり、ハロセン強陽性の豚はストレス感受性豚として、その取扱いは留意する必要がある。

麻酔時にみられる筋強直以外の反応には、皮ふ、肩、腿、四肢、尾部などにみられる軽いけいれんやのけぞり、けり動作、歯ぎしり、排糞、いびき、皮ふの発赤等がみられた。

この中で続いて起る筋強直の前兆反応とみられる反応は、けり動作とけいれんであった。けいれんについて発生部位を調べると表2のとおりで、最も多くみられたのが前肢のけいれんで、左右それぞれ別々に反応が現れるのは麻酔時の保定が右側に下にする場合が多いためと考えられる。

表1. ハロセン麻酔試験による反応陽性率

品 種	検 査 腹 数	陽 性 腹 数	検 査 頭 数	陽 性 頭 数	陽 性 率 (%)
ランドレース	67	39	484	107	22.1
大ヨークシャー	7	0	52	0	0
デュロック	3	1	21	3	14.3
ハンブシャー	1	0	2	0	0
その他(F ₁)	1	1	3	2	66.6
合 計	79	41	562	112	19.9

表2. ハロセン麻酔時に現われるけいれん部位

部 位	頻 度	部 位	頻 度
右 肩 部	12	右下腿部	1
左 肩 部	8	左下 "	0
右前肢	21	両 前 肢	10
左前肢	18	両 後 肢	6
右後肢	5	四 肢	2
左後肢	3	尾 部	1

さらに、これらの反応が初期にみられる場合と麻酔途中でみられる場合と、その後どのようにハロセン麻酔と結びつか比較すると、初期にけいれんがみられた場合の方が、ハロセン陽性に移行することが多く、その場合、引き続いて強い陽性反応が起ることが多かった。

以上の観察結果にもとずいて、G. Eikelenboom D. Minkema (1974年)¹⁾及び渡辺ら(1977年)のハロセン検査要領案を参考にして、疑陽性反応が誰にでも判定できるように表3に示した基準を設定した。ただしこの基準は東京都畜産試験場案であるので、今後、親子による遺伝的な関係、PSEの発症、肉質の理化学的性状等との関連等を含め検討する必要がある。

表3. ハロセン反応判定基準

分 類	反 応 形 態	反 応 強 度	例 数	判 定
I	導入期から5分間反応が全くなく、眠りつづける	-	429	450 陰 性 (80.1%)
II	導入期又は麻酔中に一過性の強直又は反応を示すが40秒以内に緩解する。	±	21	
III	導入期又は麻酔中に反応所見が40秒以上持続するが、やがて緩解する。	+	66	112 陽 性 (19.9%)
IV	両前肢強直、両後肢強直など反応所見が持続する。	++	19	
V	四肢硬直が持続する。	+++	27	
		合 計	562	

③ ハロセン反応によるPSS形質の遺伝子型の推定
1976年～1977年にかけて、L.ChristianやC. Smithらは、ハロセン感受性の遺伝の研究の中でPSS豚は常染色体単純劣性の遺伝であることを明らかにしている。このことから當場における系統造成試験豚を用い、二世代にわたるハロセン反応判定の結果から表4に示すように遺伝子の推定を行った。

交配雄1頭に対し母豚2～4頭を交配させた。この表をみると、母豚と子豚の関係では明らかに遺伝子の出現をみるが、交配雄と母豚、さらに子豚の判定を加えて分析すると、大部分のものは、推定される遺伝子が出現しているが二例は異なった形で出現している。即ち、一例はNo. 3666(交配雄)nnとNo. 3621(母豚)nnの交配から、子豚はすべて陽性豚が出現するべきであるが、陰性豚が出現しており、又No. 3752

(母豚)nnも同じ結果をみせている。そこで、交配雄と母豚のハロセン反応形態を再調査した結果、母豚ははっきりとした陽性豚であったが、交配雄については、前後肢の強直の持続時間が若干長かったため(+)陽性豚と判定していたことが判った。判定基準に問題があるか、メンデルズムの単純劣性に遺伝していないか、のどちらかであるが、今回の二例については、前者の判定基準(とくに(±)と(+))との判定)に原因があったと考えられるので、L.ChristianらやC. Smithらのいう常染色体性劣性遺伝説を裏づけるものとなる。

なお、このことについては、ハロセン試験をさらに進め、ハロセン麻酔判定法の正確度を高めるべく今後とも例数を重ね検討する必要がある。

ま と め

當場生産の子豚562頭を供試し、その反応形態からストレス感受性豚(PSS)を検出判定するための判定基準を作成し、この判定基準にもとづいて検出した陽性豚は112頭19.9%であり、陽生腹数は51.9%であった。即ち、79腹のうち41腹から陽性豚が発生したが、この中には(+)が1頭のみ発生したもの12腹含まれており、陰性豚と陽性豚が混在するもの、又、全頭陰性のものなどがみられたが、陽性豚の発生した腹からは複数発生する傾向を示した。

交配雄によるハロセン反応出現分布をみると同じ雄でも交配雌の組み合わせにより、出現が異なり、これらを分

析してみると性には関係なく、ハロセン反応陽性の遺伝はほぼ常染色体上にある単純劣性遺伝にもとづくものと考えられる。又その遺伝子頻度は $Hal^N=0.446$, $Hal^n=0.554$ であった。

このハロセンテストによるストレス感受性豚検出の正確性については、必ずしもストレス感受性豚のすべてがハロセン感受性豚ではないが、ハロセン反応強陽性(##)の豚が麻酔中にショック死をしたり、輸送途中、急死した例もあり、豚の管理に充分留意する必要があり、今後血液型などの標識遺伝子の利用と併せて正確度を高める必要がある。

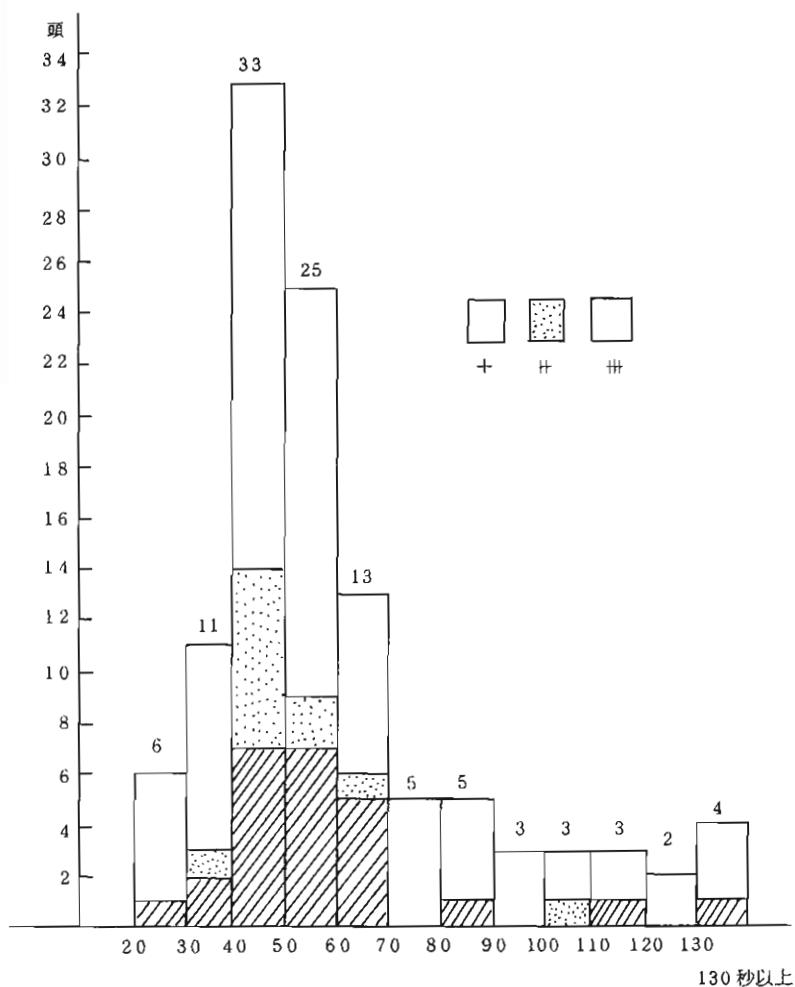


図1 ハロセン反応陽性豚における反応発現時間

表4 ハロセンによるPSS形質の遺伝因子の推定

交配雌豚			種母豚			子豚	
No	PSS判定	推定遺伝因子	No	PSS判定	推定遺伝因子	PSS判定	
						+	-
3652 (サイボク) 2世	-	Nn	3609	-	NNorNn	0	5
			3622	-	Nn	1	6
			3655	卅	nn	0	12
			3679	卅	nn	0	10
3658 (ロータス)	-	Nn	3612	-	Nn	0	7
			3647	-	Nn	5	3
			3649	-	NNorNn	2	7
			3771	-	NNorNn	0	1
3619 (ロータス)	-	Nn	3651	卅	nn	6	5
			3625	-	/	/	/
			3734	-	Nn	1	6
			3772	-	NNorNn	0	6
3666 (トミナガ)	+	nn	3608	-	Nn	2	7
			3621	+	nn	1	4
			3645	-	NN	0	9
			3678	-	Nn	1	10
3623 (イワテ)	-	NN	3632	-	/	/	/
			3660	+	Nnornn	0	2
			3769	-	/	/	/
			3770	-	Nnornn	0	7
3691 (アイチ)	-	Nn	3618	+	nn	1	7
			3683	-	NNorNn	0	5
			3690	±	NNorNn	0	6
			3724	-	NNorNn	0	8
3719 (クニサダ)	-	Nn	3637	-	NNorNn	0	9
			3684	-	NNorNn	0	10
			3686	-	nn	5	11
			3735	-	/	/	/
3616 (チバ)	+	nn	3611	-	Nn	1	9
			3654	-	Nn	2	5
			3709	-	Nn	1	8
			3752	卅	nn	2	6
3723 (サイチク)	-	Nn	3669	-	Nn	1	6
			3626	-	NNorNn	0	6
			3702	+	nn	0	6
			3703	-	/	/	/
3682 (ヤマダ)	-	Nn	3631	-	/	/	/
			3662	+	nn	1	4
			3710	-	NNorNn	0	12
			3756	-	NNorNn	0	9

引用文献

- 1) Topel, D.G., E. J. Bicknell, K.S. Preston, L.L. Christian & C.Y. Matsushima., ; Porcine stress syndrome. Mod. Vet. Pract. 49, 40, (1986)
- 2) Eikelenboom, G. & D. Minkema., ; Prediction of pale soft exudative muscle with a non-lethal test for the halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 99, 421-426 (1976)
- 3) Christian, L.L., ; Halothane test for PSS-field application. Amer. Assoc. Swine Practitioner Proc. 6: (1974)
- 4) Christian, L.L., ; H Blood types in pigs as Predictors of Stress Susceptibility, Science, Vol. 191, (1976)
- 5) Christian, L.L., ; Porcine stress syndrome detection. (lecture) (1977)
- 6) Hwang, P.T., C.J. McGrath, P.B. Addis, W.E. Rempel, E.W. Thompson and A. Antonik., ; Blood creatine kinase as a predictor of the porcine stress syndrome. J. Anim Sci Vol. 47.3 (1978)
- 7) Hallberg, J.W., Topel, D.G. & Christian, L.L., ; Creatine phosphokinase isoenzymes in stress-susceptible and stress-resistant pigs, J. Anim. Sci, Vol. 49.6 (1979)
- 8) 松原利光, 豚のストレス症候群, 豚病学, 592-608 近代出版 (1977)
- 9) 松原利光, 豚のストレス症の診断と予防, 畜産コンサルタント, 149, -5, 24-30 (1977)
- 10) 松原利光, Christian, L.L., Rasmusen, B.A., Antonik, S. & A., 豚のストレス症候群の診断法と実験的症例, 第31回日本養豚研究会大会講演要旨 P12 (1979)
- 11) 渡辺昭三, 秋田富士, 三上仁志, 瑞穂 当, 神部昌行, 姫野健太郎, ハロセン麻酔試験によるストレス感受性豚検出の実際, 日豚研誌 16, 2, 165-171 (1979)
- 12) Webb, A.J. and C.H.C. Jordan: Anim. Prod 26, 157-168, (1978)
- 13) Christian, L.L., D.L. Kuhlers and D.G. Topel: Genetic improvement in the production of quality pork. Iowa NC-103, pp.12. Annual Report 1975-1976, (1976)
- 14) Smith, C. and P.R. Bamption; Genet. Res. Camb., 29, 287-292, (1977)

II 血液型による検出法

まえがき

1976年 Rasmusen と Christian¹⁾ は、豚のストレス感受性と H 血液型の遺伝的関連について報告し、H システムと A システムの組み合わせにより、大ヨークシャー種で a/a 型の AO-型と -/-型の AO+型はストレス感受性が多く、 a/a 型の AO-型はストレス抵抗性が多い事を明らかにした。Jørgensen²⁾ (1976) はオランダ、ランドレース種で、ハロセン陽性豚と PHI BB型の表現型、(遺伝子型も BB) をもっているのに対し、ハロセン陰性豚は 3つの PHI 型, AA, AB, BB 型を示し、また、ハロセン陽性の 76% とハロセン陰性の 30% が H a の座位をもっている事を明らかにした。1977年 Andresen と Jensen³⁾ は H 血液型システムと PHI

と 6PGD を支配している遺伝子座が同一染色体上に属し、密接な遺伝的連鎖関係にあることを明らかにしている。

Watanabe⁴⁾ も同様の報告をしている。ストレス感受性、血液型と肉質との関係に関しては、Agergard ら (1976)⁵⁾ は、オランダランドレース種で H 血液型と肉色の関係を調査し a 因子 ($a/$, $a/-$, a/b) を持つ個体は、Color score 2.0 以下の率が高い事を報告している。Andresen と Jensen (1978)⁶⁾ はハロセン感受性遺伝子の肉質に及ぼす影響を調査し、H の a+型 ($H^a H^a$, $H^a H^-$) は H の a-型 ($H^- H^-$) と比較して PSE 率が高かったと報告している。

Jørgensen ら (1978)⁷⁾、大石ら (1979)⁸⁾、Watanabe ら (1979)⁹⁾ も同様にランドレース種集団で、PHI 酵素型の BB 型 H システムの $a/$ 型の個体に、他の型よ

り有意に、不良な肉質のものが多く見い出されている事を報告している。

目 的

本研究は、生体でPSS(Porcine Stress Syndrome)素因豚を簡易に診断する方法として、血液型による豚のスクリーニングの可能性を探る事にある。初年度はChristianら(1976)¹⁰⁾がPSS豚の関連で報告したH血液型を追試する為に、抗H^c血清の作製試験を実施する事からはじめた。

2年目はPSSと関係があると言われる赤血球酵素型のPHI(Phospho hexose isomerase), 6PGD(6 Phosphogluconate dehydrogenase)を中心に分類し又、PGM(Phospho glucomutase)及びADA(Adenosin diaminylase)¹¹⁾についても一部分析を実施した。そして正確度を高める為に関連形質を探ることにつとめた。3年目は、PSSとPSE(Pale soft exudative)の関連について、PSSの分類による肉質試験を実施した。

さらに、本試験に供した豚集団が、当試験場で実施している系統造成の閉鎖群集団であり、育種の問題ともからんで、一部考察を加えた。

材 料 及 び 方 法

① 抗血清(抗H^c)の作製

抗血清作製の為の免疫豚は、当試験場で飼育している豚の中から4頭を選びH型システムを調査した後、選定した。品種はランドレース種と大ヨークシャー種である。この時用いた抗H^c血清は、米国のアイオワ大学で作製した血清を、農林水産省畜試育種第3研究室が試験用に譲り受け、農水省と共同研究分担の中で、同定を行った。recipientとして7頭donorとして5頭を用いた。免疫は3回にわたって実施した。免疫方法¹²⁾は、アジュバント(Mycobacterium byturicumを含む完全型)を用いた同種免疫で、豚の耳根部に皮下注射を3週間隔に行なった。2回目からの免疫は、抗体産生を検査しながら、合計7回まで実施した。

第2回目の試験は両親がH^c型どうしの子供4頭を材料にとりrecipientを変えた。免疫は同じく3週間隔で7回迄実施した。第3回目は2回目の試験に引続いて4頭に4回免疫を行った。

② 血液型の調査

赤血球抗原型7システム(A, E, F, G, H, K, L), 赤血球酵素型4システム(PHI, 6PGD, PGM, ADA)の11システムの血液型¹³⁾を調査した。これらのうち主にハロセン陽性率と関係のあるHシステム, PHI, 6PGDシステムについて分析を進めた。

検査方法は、赤血球抗原型は血清反応を用いて判定を行い、赤血球酵素型は、でん粉ゲル電気泳動法を用いて判定した。

(ア) 血清反応

Aシステムは凝集反応、Hシステムは溶血反応で判定した。

(イ) でん粉ゲル電気泳動法

でん粉ゲル電気泳動法は、大石ら(1979)¹¹⁾の方法によった。即ち、連続緩衝液系による水平式で4~8℃の恒温室内で行い、ゲル用でん粉は、CML(カナダ)社製の加水分解でん粉を用いた。血液試料は、ろ紙(東洋No514)片に浸して行い、ゲル枠は260mm×120mm×6mmの大きさであった。Bufferは、トリス・クエン酸緩衝液(リン酸1ナトリウム0.1M, リン酸2ナトリウム0.1M, カセイソーダでpH^{7.2}に調整)を用いた。ゲル作成用には、それらを15倍に希釈した液を使用した。でん粉を12%の濃度になるように加えてゲルを作成した。

③ 酵素検出法

PHI, 6PGD, PGMについては同じ緩衝液および発色剤を用い、さらに各々基質を別個に変えてゲルを寒天溶液で被覆して37℃で検出した。

① 1.5%アガロースを含むトリス・塩酸緩衝液(トリス0.3M液1l + 1N Hcl 250ml, pH8.0), ② 0.1M MgCl₂溶液, ③ 2mg NADP/1ml, ④ 2mg PMS/1ml, ⑤ 2mg MTT/1ml でん粉ゲル2枚またはセルロゲル4枚を染色するのに、PHIは①1.25ml, ②0.75ml, ③, ④, ⑤各々0.25mlに fructose-6-phosphate dehydrogenase (5mg/1ml) 5μlを加えて用いた。

6PGDは①2.5ml, ②1.5ml, ③, ④, ⑤各々0.5mlに6-phosphogluconic acidを5mg加えて用いた。

PGMは①5ml, ②1ml, ③, ④, ⑤各々1mlに glucose-1-phosphate 20mg, glucose-6-phosphate dehydrogenase 20μl, glucose-1, 6-diphosphate 0.3mgを加えて用いた。

ADAの検出は、①1%アガロースを含むトリス・塩酸緩衝液(トリス0.3M液1l + 1N塩酸250ml, pH8.0) 5ml, ②adenosine 2mg, ③PMS 0.5mg, ④MTT 0.5mg, ⑤Nucleoside Phosphorylase(5ml/1ml) 3μl, ⑥Xanthine oxidase(10mg/1ml) 3μl, ⑦sodium arsenate 7.5mgからなる染色液

④ 血液試料

電気泳動用検査に用いた血液は親子関係にある個体か

ら採取したもので、ランドレース種31頭の親子から採血した材料を使用した。血液の処理方法は、血球を生理的食塩水でよく洗浄したものを泳動に供した。

⑤ ハロセン麻酔

当試験場けい養のランドレース種、系統造成第1世代(G_1)の1産目238頭、及び2産目279頭である。

検査豚は35日令以上70日令迄、平均49日令で実施した。麻酔方法については、ハロセン麻酔の項目で詳述された通りであるのでここでは省略する。

⑥ 肉質試験

ハロセン麻酔によるPSS(+)豚とPSS(-)豚を各12頭、合計24頭を使って、産肉能力検定に準じ肉質並びに産肉能力試験を実施した。血液型については、予め計画した材料で試験できなかつたが、Hシステム、PHIシステムの組み合わせによる試験データでの分析を実施した。肉質の理化学的性状については、規定の方法で実施した。詳細については、血液性状の項で述べられるのでここでは省略する。

結果及び考察

① 抗H^c血清の作製

豚の赤血球抗原型7システムの分類を表1に示した。この中から recipient として7頭、(No7, 9, 17, 35, 36, 39, 41)を選び、donor として5頭(No5, 6, 11, 37, 39)を選定し、免疫を実施した。2度目の免疫の後、No17の個体に抗Oが8倍の力価に産生された。それ以外の個体には、何の反応もみられなかつた。第2回目の免疫は、新たに3頭選んだ他に両親がH^c型である子豚を選び、育成して成豚に達した後免疫を実施したが、今回の7頭にも、H^c抗体の産生はみられなかつた。

さらに第3回目として、第2回目の中から4頭を追加免疫の形で4回実施したが、結果は、いずれもH^c抗体の産生はみられなかつた。

作製に成功したChristianらも、大変ラッキーであったと表現しており、抗H^c血清の作製はかなり困難なようである。約1年間抗H^c作製を試みたが、以下の理由から以後中止した。

即ち、Jørgensenら(1977)¹⁴は、デンマークランドレース種の集団で、H^a型と肉質の関係を報告し、Hシステムでは α/α と α/α の2つの分類によって肉質分析を報告した。以後、これに準拠して検討することにする。

② ランドレース種の選抜による血液型の頻度変化

東京都系統造成試験、ランドレース種の基礎豚(G_0)を材料に調査した血液型とその頻度を表2、表3に示した。

Jørgensen(1977)が報告した肉質の不良因子でみると、Hシステムの α/α 型は35%、PHIのBB型は44%であり、その両方の因子をもつ個体の頻度は、17.4%であった。PGM、ADAは、型分布に大きな偏りがみられた。

これらの血液型が第1世代(G_1)で、個体の能力により選抜を受けるとどう変化するかG1集団の血液型頻度を調査した(表4)。Hの α/α 型は40%、PHIのBB型は50%、その両方の因子をもつ個体は、24%と、それぞれ5~6%、選抜により1世代で、これら血液型因子の頻度上昇がみられた。

選抜に用いた指数式(I)は次の通りである。

$$I = 0.10099 \times DG - 16.89961 \times BF + 2.4468 \times EM - 70.94160$$

DG: 1日平均増体重, BF: 背脂肪の厚さ

EM: ロース断面積

この指数式で、3形質について能力本位に選抜を実施した場合、集団の能力が上昇している中で、血液型頻度も同時に変化がみられる事から能力と血液型に、一定の関係のある事を示唆しているようである。¹⁵⁾最近の研究報告で、米国のJ・P Carlsonら(1980)¹⁶⁾は、血液型とハロセン麻酔及びCPK(Creatine Phospho Kinase)によりPSS(+)豚とPSS(-)豚を分類し、改良の為のIndexをあてはめた時、PSS(+)豚に能力得点の高いものがみられる事を報告している。

本試験の分析からも、例数は限られているが、豚育種改良の方向が、ストレス感受性(PSS)を増加させて来た事実を、説明し得る情報を提供している。

③ ハロセンによるストレス感受性と血液型との関係

当試験場系統造成試験の第1世代(G_1)120頭の血液型とハロセン陽性率の関係を調査した結果は、表5に示す通りである。

血液型Hシステムの α/α のハロセン陽性率は α/α に比べて2.3倍も高く赤血球酵素型PHIのBB型は、AA型、AB型に比べ4倍余り高い値を示している。このことは、Jørgensenら(1976)²⁾及び大石ら(1979)⁸⁾が報告している事と一致していた。ただし、6PGDについては異っていた。 G_1 集団ではAA型にハロセン陽性率の高いものが多かった。内藤ら(1979)¹⁸⁾はやはりランドレース種で6PGDのAA型に肉質の悪いものが多かったと報告している。

HシステムとPHIシステムを組み合わせた場合のハロセン陽性率は、Hの α/α 型とPHIのBB型が最も高く、47.4%をしめた。

血液型によるPSS感受性の予測を行う場合Hwang

表1. 豚の各システムにおける血液型

システム 豚No	A	E	F	G	H	K	L
1	A	<i>aeg/aeg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	-/-	<i>b/</i>	-/-
2	O	<i>aeg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
3	A	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/b</i>	-/-
4	A	<i>aeg/edg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	-/-	<i>b/</i>	-/-
5	O	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>c/</i>	<i>b/</i>	-/-
6	O	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>ab/c</i>	<i>b/</i>	-/-
7	A	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
8	A	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
9	O	<i>edg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>c/</i>	<i>b/</i>	-/-
10	O	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/c</i>	<i>a/b</i>	-/-
11	O	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/c</i>	<i>b/</i>	-/-
12	O	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/a</i>	-/-	-/-
13	O	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/a</i>	<i>a/</i>	-/-
14	O	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/a</i>	<i>a/b</i>	-/-
15	O	<i>aeg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	-/-
16	A	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/c</i>	<i>b/</i>	-/-
17	A	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/a</i>	<i>a/b</i>	-/-
18	O	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/b</i>	-/-
19	A	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/c</i>	<i>a/b</i>	-/-
20	A	<i>aeg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>ab/a</i>	-/-	-/-
21	O	<i>bdg/bfd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	<i>h/</i>
22	O	<i>aeg/bdg</i>	<i>a/a</i>	<i>a/</i>	-/-	<i>b/</i>	-/-
23	A	<i>aeg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	-/-	<i>b/</i>	-/-
24	O	<i>bdg/efd</i>	<i>b/b</i>	-/-	-/1	<i>a/b</i>	-/-
25	O	<i>aeg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
26	A	<i>edg/bfd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/a</i>	<i>b/</i>	-/-
27	A	<i>bdg/bdg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	<i>h/</i>
28	A	<i>bdg/edg</i>	<i>a/b</i>	-/-	-/-	<i>b/</i>	<i>h/</i>
29	A	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/c</i>	<i>a/b</i>	<i>h/</i>
30	O	<i>aeg/bdg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>h/</i>
31	A	<i>bdg/bdg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
32	O	<i>bdg/bdg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/b</i>	<i>h/</i>
33	A	<i>aeg/aeg</i>	<i>b/b</i>	-/-	-/-	<i>a/b</i>	-/-
34	A	<i>aeg/bdg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/c</i>	<i>b/</i>	-/-
35	-	<i>bdg/edg</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>a/</i>	<i>b/</i>	<i>h/</i>
36	O	<i>edg/edg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>c/</i>	<i>b/</i>	<i>h/</i>
37	O	<i>aeg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
38	O	<i>aeg/aeg</i>	<i>a/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>b/</i>	-/-
39	A	<i>aeg/efd</i>	<i>b/b</i>	-/-	<i>c/</i>	<i>b/</i>	-/-
40	O	<i>edg/efd</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/</i>	<i>a/b</i>	-/-
41	A	<i>aeg/edg</i>	<i>b/b</i>	<i>a/</i>	<i>a/a</i>	<i>a/b</i>	-/-

表2 豚の各システムにおける血液型
(ランドレース種, G₀)

システム 豚No	H	PHI	6PGD	PGM	ADA
1	-/-	AB	BB	AB	A
2	a/	AB	BB	AB	A
3	-/-	BB	AA	AB	A
4	-/-	AB	AB	AB	B
5	-/-	BB	AB	BB	A
6	a/	BB	AB	AB	A
7	-/-	BB	AB	AB	A
8	a/	AB	AB	BB	A
9	-/-	AA	BB	BB	A
10	-/-	BB	BB	AB	A
11	a/	AB	AB	AB	A
12	a/	BB	BB	BB	A
13	a/	BB	AA	AB	A
14	a/	BB	AB	AB	A
15	-/-	AA	AA	BB	A
16	-/-	BB	BB	BB	AB
17	-/-	AB	AB	AB	A
18	-/-	BB	BB	BB	A
19	-/-	AB	AB	AB	A
20	-/-	AA	AA	AB	A
21	a/	AB	AB	AB	AB
22	a/	AB	AB	AB	A
23	-/-	BB	BB	AB	A
24	-/-	AB	AB	AB	A
25	-/-	AA	AA	BB	A
26	-/-	BB	AA	BB	AB
27	a/	AB	AB	BB	A
28	-/-	AA	AA	AB	A
29	-/-	AB	AB	BB	A
30	-/-	BB	BB	BB	A
31	-/-	AB	AA	AB	A
32	a/	BB	AB	BB	A
33	-/-	BB	AB	AB	A
34	-/-	AB	AB	AB	A
35	-/-	BB	AA	AA	A
36	a/	BB	AB	AB	A
37	a/	BB	AA	AA	A
38	-/-	AB	AB	AB	A
39	-/-	AB	AB	AB	A
40	-/-	BB	AA	AA	A
41	-/-	AA	AB	AB	A
42	a/	AB	AB	AB	A
43	a/	AB	AA	AA	A
44	-/-	AA	AB	AB	A
45	a/	BB	BB	BB	A
46	-/-	AB	AB	AB	A

表3 血液型頻度及びHとPHI, 6PGD, PGM,
ADAシステムの相互関係(GO)

単位: %				
遺伝子型				
システム	a/	-/-		
H	34.8	65.2		
n=46				
:%				
遺伝子型				
システム	AA	AB	BB	
PHI	15.2	41.3	43.5	
n=46				
:%				
遺伝子型				
システム	AA	AB	BB	
6PGD	26.1	52.2	21.7	
n=46				
:%				
遺伝子型				
システム	AA	AB	BB	
PGM	8.7	60.9	30.4	
n=46				
:%				
遺伝子型				
システム	A	AB	B	O
ADA	91.3	6.5	2.2	0
n=46				
:%				
HとPHIの連鎖関係				
PHI				
H	AA	AB	BB	
a/	0	17.4	17.4	
-/-	15.2	24.0	26.0	
n=46				
:%				
Hと6PGDの連鎖関係				
6PGD				
H	AA	AB	BB	
a/	6.5	24.0	6.5	
-/-	19.5	28.3	15.2	
n=46				

HとPGMの連鎖関係					:%
H	PGM	AA	AB	BB	
	a/	4.3	19.6	10.9	
	-/-	4.3	41.3	19.6	
					n=46

HとADAの連鎖関係					:%
H	ADA	AA	AB	BB	
	a/	32.6	2.2	0	
	-/-	58.7	4.3	2.2	
					n=46

表4 血液型頻度とH, PHI, 6PGDシステムの相互関係(G₁)

Hシステム				:%	
システム	遺伝子型	a/	-/-		
H		40	60		
					n=50

PHIシステム					:%
システム	遺伝子型	AA	AB	BB	
PHI		16	34	50	
					n=50

6PGDシステム					:%
システム	遺伝子型	AA	AB	BB	
6PGD		14	46	40	
					n=50

HとPHIの連鎖関係					:%
システム	遺伝子型	AA	AB	BB	
	a/	0	16	24	
	-/-	16	20	24	
					n=50

Hと6PGDの連鎖関係					:%
システム	遺伝子型	AA	AB	BB	
	a/	0	16	24	
	-/-	16	28	16	
					n=50

(1978)¹⁷⁾の方法で、血液型システムと、ハロセンテスト判定と対比しながら、TN (True negative, 陰性豚を正しく検出した数) FN (False negative, 陽性豚を誤って陰性と判定した数) FP (False positive, 陰性豚を誤って陽性と判定した数) を定義した。次にこれらを組合わせて表6に示したように血液型の判別機能を、普及度 (Prevalence), 感度 (Sensitivity), 特異性 (Specificity), 予測値 (Predictive value), 総合正確度 (Accuracy) によって検討した。ハロセン陽性率が約20%で選抜率42%の集団における成績である (P; 18.3%)。3システムのS: 感度, SP: 特異性, PV: 予測値の比較では, 6PGDのSとPVがやや低い傾向があるものの, A: 総合正確度は, Hシステムでは, 64.1%, 6PGDシステムは, 75%をそれぞれ示している。

今Hシステムと6PGDシステムを組み合わせた場合すなわち, Hのa/型, PHIのBB型の両方でPSSの判定を行うと, S, SP, PVの上昇と共に, A (総合正確度) は, 80.8%に上昇する。Hのa/型, 6PGDのAA型については, これらの間に連鎖がなく, それぞれのシステム分析では高い正確度をあらわしたが, 組み合わせの効果はみられなかった。

この結果, 血液型のHシステムとPHIシステムは, PSSのスクリーニング法として有効な方法である事を暗示しているであろう。

④ 血液型と肉質及び生産形質の関係

血液型のHシステムとPHIシステムを組み合わせた豚分類による肉質の, 理化学的性状及び生産形質²⁰⁾の成績を表7に示した。

Hのa/PHIのBBをI群, Hの-/-とPHIのAB又はAAをII群として分類すると, 肉質で両群間に有意な差がみられたのは, R-Valueのみであったが, 肉色 (PCS) 滲出性, しまりによる総合判定で, I群では, 中度3頭, 軽度5頭, 合計8頭 (73%) がPSEと判定されたのに対し, II群では中度1頭, 軽度3頭 (31%) がPSEと判定され, I群に肉質の劣るものが多い傾向が見られた。

表5 血液型とハロセン陽性率

Hシステム		
遺伝子型	a/	-/-
H	34.2	65.8
Hal, +	29.2	12.6

注) n=120

PHIシステム			
遺伝子型	AA	AB	BB
PHI	15.0	39.2	45.8
Hal, +	5.5	8.5	30.9

注) n=120

6PGDシステム			
遺伝子型	AA	AB	BB
6PGD	15.0	50.0	35.0
Hal, +	27.7	16.6	16.6

注) n=120

HとPHIシステムの組み合わせ (HとPHIの連鎖関係)

	H PHI a/ BB	H PHI -/- BB	H PHI a/A()	H PHI -/-A()
Hal, +	47.5	19.4	13.6	7.0
Hal, -	52.6	80.6	86.4	93.0

注) n=120

同時に実施したハロセン陽性豚とハロセン陰性豚の分類でも、陽性豚グループにPSEが多く出た事と合わせて、血液型による分類を組み合わせれば、PSSの判定、さらにPSE肉の生前診断をより正確に予測する事ができる。

生産形質についてはDG（一日平均増体重）がI群で優れ、EM（ロース断面積）とハム率は、II群が優れていて、統計上有意な差がみられた(P<0.01)。DGとEMについては、この豚集団で、負の相関関係が知られていて指数選抜法による改良の重みづけから、I群に、より高い得点が与えられ、選抜される傾向が見られる。

ともかく、血液型で分類した時、いくつかの疑問点が残る。まずII群にも悪い肉質が見られる、ハロセン感受性(PSS)と血液型(H, PHI)が必ずしも強い連鎖関係にない。さらに豚集団によりこれら(Hal+とH, PHIの連鎖)に違いが見られる、などである。これらの問題は、今後、引き続いた研究が必要である。特に、肉質に及ぼす因子は非常に多く、血液型と直接連動しているMajor geneだけで説明しようとするには無理がある。しかし血液型による体質、血球酵素型による作用の違いが、生産因子ともからんで、多くのPolygeneが環境の影響を受けながら、肉質に及ぼしている事は、十分に考えられる。今後の研究により、PSS形質の正確な判定、さらに肉質(PSEを含む)の指標として血液型が利用できれば、最も簡便で実用性の高い検出法であろう。

まとめ

PSS豚を血液型により検出する為に、その可能性を検討した。RasmusenらがPSSとH血液型との関係を報告しており、当試験場の豚集団で追試すべく、抗H^c血清の作製を試みたがH^cの抗血清は困難で、作製する事が出来なかった。1978年になってAndresenらはH^a+型とH^a-型でPSSと肉質の関係を報告したので、それに準じ、さらにJørgensenらが赤血球酵素型との関係を報告しており、それらを組み合わせ、ハロセン感受性豚(PSS)との相互関係や肉質との関係を試験した。

ランドレース種閉鎖集団120頭のハロセン陽性(PSS)率は18.3%であった。血液型Hシステムのa/と-/-のハロセン陽性率は、a/をもつグループが高い傾向がみられた。PHIシステムのAA, AB, BB型のハロセン陽性率では、BB型に陽性率の高い傾向がみられた。6PGDシステムのAA, AB, BB型のハロセン陽性率はAA型に高い陽性率の傾向がみられた。しかし、6PGDはHシステムとの相関関係がなく、PSS判定の正確度を高める効果はなかった。HとPHIシステムを組み合わせれば、PSSの判定効果が上昇し、統計効果としての総合正確度A=80.8%に達する事ができる。

当場の系統造成豚における閉鎖群においては、選抜指数法による豚の生産形質能力で選抜した場合の血液型頻度の変化を見ると、Hのa/、PHIのBBは、1世代の選抜により5~6%の範囲で、これらの因子の頻度上昇がみられた。血液型(H, PHI)と能力に一定の関係がある事が考えられる。

血液型分類により、肉質及び生産形質の関係を24頭

表6 血液型によるPSS診断のスクリーニング効果

Hシステム, a/型

項目	試験結果					統計効果%				
	T	TP	FP	TN	FN	P	S	SP	PV	A
	120	12	29	69	10	18.3	54.5	70.4	29.2	67.5

PHIシステム, BB型

項目	試験結果					統計効果%				
	T	TP	FP	TN	FN	P	S	SP	PV	A
	120	17	38	60	5	18.3	73.9	61.2	30.9	64.1

6PGDシステム, AA型

項目	試験結果					統計効果%				
	T	TP	FP	TN	FN	P	S	SP	PV	A
	120	5	13	85	17	18.3	22.7	86.7	27.7	75.0

Hシステム, a/型とPHIシステム, BB型の組み合わせ

項目	試験結果					統計効果%				
	T	TP	FP	TN	FN	P	S	SP	PV	A
	120	9	10	88	13	18.3	40.9	89.7	47.3	80.8

注) TN: True Negative
 TP: True Positive
 FN: False Negative
 FP: False Positive

$$P = (TP + FN) (100) / T$$

$$S = TP (100) / (TP + FN)$$

$$SP = TN (100) / (FP + TN)$$

$$PV = TP (100) / (TP + FP)$$

$$A = (TP + TN) (100) / T$$

$$T = TP + TN + FP + FN$$

で調査した。Hのa/とPHIのBBをI群とし、Hの-/-とPHIのAB, AAをII群として分類した時、肉質は、R-ValueでI群の方に劣るものが多かった ($P < 0.01$)。肉色、滲出性しまりによるPSEの総合判定でも、軽度のものまで含めると、I群のPSEは73%、II群は31%であり、I群に多い傾向がみられた。

生産形質については、DGはI群が優れ、EMとハム率はII群が優れる傾向があった ($P < 0.01$)。個体の能力の選抜指数法による改良を進めていくと、I群が

多く選抜される傾向が見られる。今後の研究により、血液型でより正確度の高いPSSの判定、ひいては肉質 (PSEを含む)の指標として、血液型が利用できれば、最も簡便で実用性の高い検出法である。

謝 辞

本研究に、助言と御指導を頂いた農水省畜産試験場の大石孝雄先生 (現農水省中国農試)、渡辺昭三先生に心から謝意を表します。

表7 血液型因子と肉質及び生産形質の関係

グループ	システム		n	45分	肉色	渗出性	しまり	TM-value	R-value	保水性	伸展率	D·G	B·F		E·M	ハム率
	H	PHI		PH	PCS			value %	value	%	%	g	背cm	平均cm	cm ²	%
I	a/-	BB	10	6.12	3.36	3.50	3.27	48.49	0.95	71.87	34.86	790.53	152	239	17.52	32.91
	-/-	BB	1	(0.30)	(0.50)	(0.59)	(0.46)	(20.71)	(0.10)*	(6.89)	(4.25)	(84.51)	(0.15)	(0.11)	(2.42)	(1.38)
II	-/-	AB	11	6.25	3.34	3.57	3.26	41.20	0.88	75.09	35.43	623.11	1.30	2.11	22.18	34.49
	-/-	AA	2	(0.31)	(0.47)	(0.57)	(0.66)	(16.41)	(0.04)	(2.20)	(4.88)	(77.29)	(0.43)	(0.47)	(3.81)	(0.68)

注) () 標準誤差

* P < 0.05

** P < 0.01

引用文献

- Rasmusen, B.A. and L. L. Christian: H blood types in pigs as predictors of stress susceptibility, Science, 191, 947-948 (1976)
- Jørgensen, P.F., J. Hyldgaard-Jensen, J. Moustgaard and G. Eikelenboom: Phosphohexose isomerase (PHI) and porcine halothane sensitivity, Acta vet. second, 17, 370-372, (1976)
- Andresen, E. and P. Jensen: Close linkage established between the HAL locus for halothane sensitivity and the PHI (Phosphohexose isomerase) locus in pigs of the Danish Landrace breed, Nord. Vet. Med., 29, 502-504, (1977)
- Watanabe, S., T. Akita, H. Mikami and K. Himeno: Anim. Blood Grps. biochem. Genet., 9: (1978)
- Agergard, N. et al: Biochemical-genetic constitution of Danish Landrace pigs, Acta Agric. Second., 26, 255-263, (1976)
- Andresen, E. and P. Jensen: Evidence of an additive effect of alleles of the HAL locus on the KK index for porcine meat quality, Nord. Vet. Med., 30, 286-288, (1978)
- Jørgensen, P.F., et al.: 16th Intern. Conf. Anim. Blood Grps Biochem. Polymorphism, Leningrad, (1978)
- 大石孝雄, 仁昌寺博, 村田亀松, 阿部恒夫, 姫野健太郎, 畜試研報, 35: 19-25, (1979)
- Watanabe, S., T. Akita, T. Koishikawa, M. Naito and K. Himeno: Jap. J. Zootech. Sci., (1979)
- Christian, L.L. et al.: Iowa NC-103 Annual Report, 1-4, (1976)
- 大石孝雄, 阿部恒夫, : 豚の赤血球酵素 PHI, 6PGD, PGMおよび ADA の遺伝的変異の検出, 畜試研報, 35: 9~18 (1979)
- J. Clausen 佐々木・村地訳; 免疫化学的同定法 (東京化学同人), (1974)
- 大石孝雄: 豚の血液型研究とその展開, 農林省畜産試験場年報 第12号 (1972)
- Jørgensen, P.F., et al.: Meat quality, Halothane sensitivity and blood parameters, Proc. 3rd int. Conf. Prod. Disease in Farm Animals, Wageningen, (1977)
- 兵頭 勲, 渡辺 彬, 斎藤秀一, 小林義男, 合田之久, 羽生 章, 中島勇三, 大橋昭也, 大石孝雄, 渡辺昭三: 日本養豚研究会第33回大会講演要旨, P. 12 (1980)
- Carlson, J.P., Christian, L.L., Kuhlers, D. L., and Rasmusen, B.A.: Influence of the Porcine stress syndrome on production and carcass traits, J. Anim. Sci., 50: 21-27: (1980)
- Hwang, P.T., McGrath, C.J., Addis, P.B., Rempel, W.E. Thompson, E.W. and Antonik, A.,: Blood creatine kinase as a predictor of the porcine stress syndrome, J. Anim. Sci., 48: 630-633, (1978)
- 内藤昌男, 加藤良忠, 秋田富士, 渡辺昭三, : 日本養豚研究会第31回大会講演要旨, P11, (1979)
- 渡辺昭三, 日本養豚研究会誌, 17, 1p. 41-45 (1980)
- The Pork Industry: Problems and progress D.G. Topel, p. 206-208 (1968)

Ⅲ 血液の生理学的検出法

まえがき

ストレス症候群 (Porcine Stress Syndrome PSS) と呼ばれる遺伝的素因を持った豚は, Stress¹⁾ に対して感受性が強く, 運動, 輸送移動および闘争などにより, 心不全を起して死亡することや, と殺時の刺戟により, ふけ肉 (Pale Soft Exudative Muscle PSE肉) となりやすいといわれている。PSS豚は Stress に対する感受性が強く, 適応能力を欠くため, 種々の生理機能に変化を起しやすいためといわれているので, 血液の生理的性状 (赤血球数, 白血球数, ヘマトクリット値: Ht値および赤血球の沈降速度) を測定して, PSS検出の可能性を検討するとともに, 試験豚の健康状態を知る指標とする。

材料及び方法

- ① 試験豚はランドレース種で, 体重15~20kg時(生後40~65日令)にHalothane testを行い, その陽性豚をPSSとし, 陰性豚を対照として選抜供試した。飼料は産肉能力検定飼料を用いて, 自動給飼器で自由摂食させ, 体重30~90kg (試験Iでは一部の試験豚は120kg)まで飼育した。
- ② 血液の生理的性状は, と殺2~3日前に鼻ねじで保定し, 前大静脈より採血し, 乾燥二重碳酸塩を用いて凝固防止措置をなして, 赤血球数, 白血球数 (Cell Counter法²⁾) およびHt値 (Wintrobe法³⁾) により測定した。また3.8%クエン酸ナトリウム液を用いて, 凝固防止措置をなして, 赤血球沈降速度⁴⁾ (30分, 1時間, 2時間, 24時間値をWestergren法, 血沈値) を測定した。

結果と考察

① Halothane test と血液の生理的性状

Halothane test と血液の生理的性状との関係を示すところのおりである。

Halothane test と血液の生理的性状との関係では, 試験Iの成績は表1のとおりで赤血球数/mm³ は (+) 群では755.3±34.9×10⁴個, (-) 群が746.6±55.9×10⁴個, 白血球数/mm³ は (+) 群が14,775±2,650.5個, (-) 群が17,878±3,476個で, Ht値は (+) 群が48.1±1.8%, (-) 群が48.6±2.0% であり, 有意差はみとめられなかった。血沈2時間値は (+) 群が5.81±3.59mmで, (-) 群が9.39±6.54mm, 24時間値は (+) 群が57.19±17.38mm, (-) 群が62.33±27.69mm であり有意差はみとめられなかったが (-) 群が (+) 群よりやや多かった。また試験2の成績は表2のとおりで, 赤血球数/mm³ は (+) 群が647.4±78.5×10⁴/mm³ 個, (-) 群が651.8±39.4×10⁴ 個, 白血球数/mm³ は (+) が14,866.7±2,907.2個, (-) 群が14,808.3±2,529.3個, Ht値は (+) 群が45.5±2.5%, (-) 群が44.5±3.2%で, いずれも有意差はみとめられなかった。また血沈2時間値は (+) 群が10.5±11.6mm, (-) 群が17.6±14.3mmで, 24時間値は (+) 群が51.5±29.1mm, (-) 群が66.4±31.1で, 有意差はみとめられなかったが (-) 群が (+) 群よりやや高い数値を示した。また2時間値で, 最高標準値の1/3に当る5以下を示した個体は (+) 群では12頭中7頭 (58.3%) で, (-) 群では12頭中4頭 (33.3%) で (+) 群にやや多い傾向を示した。

表1 Halothane test と血液の生理的性状 (試験1. 1978年)

Halothane test	頭数	血液の生理的性状				
		赤血球数 10 ⁴ /mm ³	白血球数 /mm ³	Ht値 (%)	血沈値 (mm)	
					2時間	24時間
+	8	755.3±34.9	14,775±2,650.5	48.1±1.8	5.81±3.59	57.19±17.38
-	9	746.6±55.9	17,878±3,476.0	48.6±2.0	9.39±6.54	62.33±27.69

表2 Halothane test と血液の生理的性状（試験2，1979年）

Halothane test	頭数	血液の生理的性状				
		赤血球数 10 ⁴ /mm ³	白血球数 /mm ³	Ht値(%)	血沈値(mm)	
					2時間	24時間
+	12	647.4±78.5	14,866.7±2,907.2	45.5±2.5	10.5±11.6	51.5±29.1
-	12	651.8±39.4	14,808.3±2,529.3	44.5±3.2	17.6±14.3	66.4±31.1

② 血液型と血液の生理的性状との関係

ア. 赤血球酵素PHIと血液の生理的性状

試験2において、赤血球酵素PHIのBB型（11頭）とAA, AB型（13頭）とに区分して、血液の生理的性状を示すと表3のとおりである。赤血球数/mm³はBB群では、650.2±46.6×10⁴で、(AA, AB)群は673.2±34.0×10⁴、Ht値はBB群が43.73±2.58%で、(AA, AB)群が46.14±2.94%で両群の間には有意差はみとめられなかった。白血球数/mm³はBB群が15,708.3±1,415.8個で、(AA, AB)群が13,518.2±2,471.0個で両群間には統計的に5%水準で有意であった。また血沈2時間値はBB群が23.1±13.2mm、(AA, AB)群が5.8±5.5mm、24時間値はBB群が81.3±19.7mm、(AA, AB)群35.2±20.6mmで、BB群が高い値を示し、2時間値は1%水準で24時間値は0.1%水準で統計的に有意差がみとめられた。

イ. 赤血球酵素6PGDと血液の生理的性状との関係（試験2；1979～1980年）

試験2において赤血球酵素6PGDのBB型（6頭）と(AA, AB)型（13頭）とに区分して血液の生理的性状を示すと表4のとおりである。

赤血球数/mm³はBB型が6677±42.7×10⁴個、(AA, AB)型が661.9±40.6×10⁴/mm³、白血球数は、BB型が14,766.7±2,240.2個、(AA, AB)型が15,211.1±2,692.9個、Ht値はBB型が44.92±1.91%、(AA, AB)型が45.00±3.14%で統計的に有意差はみとめられなかった。また血沈2時間値はBB型が10.8±9.9mm、(AA, AB)型が15.2±14.3、24時間値はBB型が54.2±28.3mm、(AA, AB)型が60.5±31.7mm. であって統計的に有意差はみとめられなかったが、BB型が(AA, AB)型よりやや低い数値を示して、PHIと異なる結果を示した。

ウ. 血液型Hシステムと血液の生理的性状（試験2；1979～1980）

試験2において、血液型Hシステムをa/型（10頭）と-/-型（14頭）とに区分して血液の生理的性状を示すと表5のとおりである。

赤血球数はa/型が652.3±48.6×10⁴、-/-型は671.2±32.7×10⁴、Ht値はa/型44.0±2.55%、-/-型は45.68±2.93%で、両群の間には統計的に有意差はみとめられなかった。白血球数/mm³はa/型が15,710±1,419.3個であり、-/-型は14,214.3±3,188.7個で統計的には有意差はみとめられなかったが、a/型が-/-型より多い傾向を示した。血沈2時間値はa/型が22.2±12.5mmで、-/-型は8.3±10.8、24時間値はa/型が79.5±19.9mm、-/-型は44.3±28.4mmであってa/型が-/-型より多く、いづれも統計的に1%水準で有意差がみとめられた。

以上の成績について若干考察を試みると、血液の生理的性状中、赤血球数、Ht値については、Halothane (+)群、(-)群間、および血液型との関連から、PSSとの関係は少ないものと考えられる。従ってPSSの検出には役立たず、むしろ肉質全般の資質の向上という観点から、赤血球数/mm³600×10⁴以上、Ht値40%以上というような指標とすることが望ましいように考えられる。白血球数については、PHIのBB型と(AA, AB)型の間には5%水準でBB型が多かった。また有意差はみとめられなかったが、試験1、(1978)においてはHalothane (-)群にやや多い傾向が示され、試験2(1979)のHシステムのa/型に多い傾向がみとめられたのみで、他には差異はみとめられなかった。白血球数は⁶⁾Stressにより最初減少し、後増加するというから、今後さらにStress負荷の前後に測定して、検討としてみる必要があると思われる。

表3 赤血球酵素PHIと血液の生理的性状(試験2, 1979~1980年)

PHI	頭数	血液の生理的性状				
		赤血球数 10 ⁴ /mm ³	白血球数 /mm ³	Ht値(%)	血沈値(mm)	
					2時間	24時間
BB	11	650.2±46.6	15,708.3±1,415.8*	43.73±2.58	23.1±13.2**	81.3±19.7***
AA, AB	13	673.2±34.0	13,518.2±2,471.0*	46.14±2.94	5.8±5.5**	35.2±20.6***

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

表4 赤血球酵素6PGDと血液の生理的性状(試験2, 1979~1980年)

6PGD	頭数	血液の生理的性状				
		赤血球数 10 ⁴ /mm ³	白血球数 /mm ³	Ht値(%)	血沈値(mm)	
					2時間	24時間
BB	6	667.7±42.7	14,766.7±2,240.2	44.92±1.91	10.8±9.9	54.2±28.3
AA, AB	18	661.9±40.6	15,211.1±2,692.9	45.00±3.14	15.2±14.3	60.5±31.7

表5 Hシステムと血液の生理的性状(試験2, 1979~1980年)

H System	頭数	血液の生理的性状				
		赤血球数 10 ⁴ /mm ³	白血球数 /mm ³	Ht値(%)	血沈値(mm)	
					2時間	24時間
a/	10	652.3±48.6	15,710.0±1,419.3	44.00±2.55	22.2±12.5**	79.5±19.9**
-/-	14	671.2±32.7	14,214.3±3,188.7	45.68±2.93	8.3±10.8**	44.3±28.4**

** P<0.01

血沈値は、PHIのBB型と(AA, AB)間およびHシステムのa/型と-/-型間に、2時間値および24時間値に、統計的に1~0.1%水準で有意差があり、PHIのBB型およびHシステムのa/型が多かった。また統計的には有意差はみとめられなかったが、Halothane(+)群と(-)群間では(-)群が多い傾向を示し血沈速度の比較的遅いもの、例えば最高標準値⁴⁾(2時間で14mm)の1/3の5以下を示すものが、(+)群にやゝ多い傾向を示した。また24時間値で、供試豚中殿

も多い100mmの1/3の35mm以下の個体も(+)群が(-)群よりやゝ多かった。このことは、PSS豚はStressにより、血沈遅延物質³⁾が出現する疑も考えられ、今後さらにPSSとの関連を検討する必要があるであろう。また大石⁶⁾らは、血液型のうち、PHI、Hシステムおよび6PGDは肉の理化学的性状(保水力、硬さ、と殺45分後のPH)と密接な関係を有し、PHIのBB型Hシステムのa/型、および6PGDのBB型等には不良肉質の個体が多かったという。

今回の実験ではPHIのBB型と(AA, AB)型の両群間における肉の理化学的性状は、冬季という条件もあって、R Valueを除いては統計的に有意差はみとめられなかったが、BB群が(AA, AB)群に比べて肉質が悪い傾向を示した。また今回の実験は、少数例であったがPHIの両群間に有意差のみとめられた白血球数血沈2時間値および24時間値と肉の理化学的性状との相関関係を調べたところ、血沈2時間値とと殺24時間のハム部の肉色、血沈2時間および24時間値と胸最長筋(5, 6間)およびハム部の内転筋のR Value、白血球数と肉の滲出性との間に、いずれも5%レベルで有意の相関がみとめられたが、他の理化学的性状との相関はみとめられなかったため、余り相関関係は高くないものと思われるが今後さらに検討してみたい。また血沈値は赤血球の凝集(連鎖形成)と関係があり、生体内の代謝産物、炎症性物質の吸収などにより促進するというから、今回のPHIのBB型やHシステムの α /型に血沈値の速いものが多い傾向を示したことも、肉質要因より疾病要因との関連が高かったことも考えられるが、今回の実験目的でなかったため検討しなかった。従って今後さらに血沈値の促進物質および抑制物質とPSSおよび肉質との関連を検討してみる必要がある。

また今回はと殺前1回のみ採血により試験したが、screeningとしてはなるべく出生後早い時期に判別する必要があるため、試験開始時から、2~3回採血して調べるよう検討したい。

ま と め

ランドレース種の試験豚を1978年には17頭、1979年には24頭供試して、生後40~65日令ごろ、体重15kg~20kg時にHalothane testを行い、陽性群と陰性群をほぼ同数ずつに分け、産肉能力検定飼料を用いて30~90kg(一部120kg)まで飼育して、と殺2~3日前に採血して、血液の生理的性状を調べ、PSSとの関連を検討するとともに供試豚の健康状態の指標とした。えられた結果はつぎのとおりである。

① Halothane (+)群と(-)群との間には、白血球数、Ht値、血沈2時間および24時間値については、統計的に有意差はみとめられなかったが、1978年には(-)群に白血球数がやゝ多く、血沈2時間値ともに(+)群より(-)群がやゝ高い値を示した。とくに

1979年の試験豚では、(+)群の2時間値で標準値の1/3以下のものがやゝ多かった。このこと、PSSとの関連は今後さらに検討したい。

② 血液型と血液の生理的性状との関係

ア 赤血球酵素PHIにより、BB型と(AA, AB)型とに区分して、血液の生理的性状との関連を検討すると、BB型が白血球数がやゝ多く、5%水準で有意差がみとめられた。

また血沈2時間値および24時間値ともにBB型が多く、それぞれ1%、0.1%水準で統計的に有意差がみとめられた。血沈値とPSSとの関係は今後さらに検討したい。

イ 血球酵素6PGDと血液の生理的性状との関係は、BB型と(AA, AB)型との間に統計的に有意差はみとめられなかった。

ウ 血液型Hシステムにより、 α /型と γ -型とに分けて、血液の生理的性状との関係を検討したところ、赤血球数、白血球数、Ht値では、統計的に有意差はみとめられなかったが、血沈2時間値と24時間では α /型が高い値を示し、統計的には1%水準で有意差がみとめられた。個体としては1例のみがPHIのBB型と異なったが、他は同じでPHIとHシステムの α /型は同じ遺伝子座にあるものと思われた。

引 用 文 献

- 山口真俊：豚におけるストレスとその対策 畜産の研究, 32, 11, 1335~1339, 1978
- 元井霞子, 飯塚三喜, 萩原茂紀：自動血球計算器による家畜の血球数測定 獣医畜産新報 No622, P906, 1974
- David L. Coffin, V, M, D, Manual of Veterinary Clinical Pathology THIRD EDITION, ITHCA New York, 146~180, 1953
- 石井 進：家畜衛生検査法, 下巻, 農学技術協会, 東京, P157, 1961
- 金井 泉, 金井正光：臨床検査法提要, 金原書店, 東京, P120, 1972
- 大石孝雄, 仁昌寺博, 村田亀松, 阿部恒夫, 姫野健太郎：豚のH, PHIおよび6PGDと肉質との関係 畜産試験研究報告第35号, 19~26, 1979

Ⅳ ストレス症候群 (PSS) と肉質とくにPSE豚肉との関係

はじめに

豚のふけ肉 (PSE豚肉: Pale, Soft, Exudative) は白く、滲出液が多く、しまりが悪いいため不良肉質として商品価値が低下し、生産者、食肉業者および消費者等多くの関係者から、その発生防止が要望されている。

PSE豚肉の発生要因については、Topel¹⁾、Eikelenboom²⁾、Christian³⁾ によって報告され、ストレス感受性が強く、ストレスに対して生体の適応能力を欠く個体または系統に多く、Christianらにより劣性遺伝説が提唱され、PSS素因豚が、と殺前の強い刺激と、と殺時の高温などの不良環境条件などにより発生するものと考えられた。またPSSはハロセンテスト(+)豚(以下(+)豚という)に多いことから、ハロセンテストによるPSSの検出法の究明がなされてきたが、PSE豚肉はハロセンテスト(-)豚(以下(-)豚という)にもみられ、その要因は、複雑にからみ合っているものと考えられるので、PSSと肉質とくにPSE豚肉との関連を究明して、PSE豚肉の発生を未然に防止して、都民に良質な豚肉を供給する技術を確立するために以下の試験を実施した。

材料と方法

① 供試豚

試験豚はランドレース種で、生後40~65日令でハロセンテストを行ない、その(+)豚をPSSとし、(-)豚を対照群として分類供試した。1978年には、17頭を2群に分けて、1979年には24頭をハロセン(+)群、ハロセン(-)群とにそれぞれ12頭ずつを2群に分けて飼育をし、飼料は産肉能力検定飼料を用いて30~90kg(一部は120kg)になるまで自由採食として飼育し、体重90kg(1978年には一部120kg)到達時、と場まで(約20km)運搬し、と殺した。

② PSS豚の検出法

ア ハロセンテスト

ハロセン麻醉機は人体用の吸入式全身麻醉機を用いた。ハロセンはICI社のFluothane(武田薬品)、二酸化炭素吸収剤はソーダソープ(Grace社)を用いた。

検査方法は、子豚を検査台に背側を下に保定し、マスクを通じて麻醉を実施した。ハロセンガスの濃度は4%で、体重に応じてO₂流量を2.5~4 l/1分にセットした。最終判定は5分間で行なったが、反応が遅く現われた場合等では時間を延長した。

イ 血液型および血液の生理学的、生化学的検査
試験中期に採血して、血液型を調べ、と殺2~3日前に採血して、血液の生理学的および生化学的検査を行った。採血は鼻ねじ保定をして、前大静脈から行なった。

(7) 血液型

⑦ Hシステム

抗Ha血清と豚血球吸着家兔血清を補体として用いた溶血反応(プレート板法)により調べた。

⑧ 赤血球酵素PHI(Phosphohexose isomerase)および6PGD(6-phosphogluconate dehydrogenase)

電気泳動法により、大石ら⁴⁾の方法に準拠して行なった。

(1) 生理学的および生化学的検査

⑦ 血漿中のクレアチン磷酸酵素(CPK Creatine phosphokinase UV法)

⑧ 赤血球の沈降速度(血沈値, Westergren法)

③ 肉質検査

肉質調査は体重90kg到達後1週間以内に、2~4頭ずつ運搬し、と殺後45分に胸最長筋4~5胸椎間(カタという)とハム部の内転筋(ハムという)でP^H、肉色を調べた。と殺して、1昼夜1~4℃で冷蔵後、場へ運搬し、と殺24時間後の肉質を調べた。肉質調査は「農林水産技術会議」の豚の肉質に関する研究会が定めた「PSE豚肉の判定」に準じて行なったが、胸最長筋の最後腰椎部(コシという)とハムも加えて調査した。PSE豚肉の判定方法はつぎのとおりである。

ア PSE豚肉の判定方法

農林水産省の定めた「PSE豚肉の判定方法」原型においては、胸最長筋断面におけるPSE肉色、肉のしまり及び滲出性によって総合的に判定し、重度(1)、中等度(2)、軽度(3)、正常(4)とするのに対して、今回の判定では、カタ・コシ及びハムの3部位について、PSE豚肉判定用肉色模型によって肉色を判定し、これにカタの滲出性及び肉のしまりを加えて判定した。

判定は、重度を1とし、中度を2、軽度を3とし、軽度と正常との間に疑わしいものを4とし、正常を5とした。

なお、各部位の得点3.5以上を正常肉とみなしたが、1カ所でも3以下のものがあれば正常肉ではないものと

した。

また、DFD肉とみられる豚肉については、5.5以上のものを軽度のPSE肉として扱ったが、後に述べる相関関係等の解析の際には、その対象外とした。

イ 肉の理化学的性状

(7) pHは、日立一畑場のPHメーター(H7 sd)を用いて、と殺45分後、と場で4-5胸椎間またはカタに刀を入れて、カタとハムの内転筋に複合電極を直接挿入して測定し、24時間後は、場で枝肉を3分割後その表面に直接刀を入れて、該当部にガラス電極を挿入して測定した。

(1) R-value

と殺後45分にカタの肉を約0.5g試験管に採取し、5%過塩素酸(HClO₄)溶液5mlを入れ、それを5℃の保冷箱に入れて持ち帰り、Honikelら⁵⁾の方法により測定した。

(2) Transmition-value (TM-value)

TM-valueは、R-valueと同様、と殺24時間のカタの肉を用いて、小石川ら⁶⁾の方法により測定した。

(3) 保水性と伸展率

保水性はWierbickiら⁷⁾の方法により35kg/cm²を1分間加える加圧ろ紙法により測定した。さらに加圧により伸展した肉フィルムの試料重量(g)当りの面積(cm²)を伸展率とした。

(4) アクチン・トロポミオン比(A/T比)

TM-valueに関する蛋白を調べるため、試料の水抽出液について電気泳動を行なった。方法はWeberら⁸⁾の方法に準じ、SDSポリアクリルアミドゲル電気泳動法により、垂直平板ゲルで泳動した。染色は0.5%アミドブラック10Bを用い、濃度は常光のデンストロン(PAN型)により測定した。

結 果

① PSSと肉の理化学的性状との関係

PSSと肉の理化学的性状との関係を調べるために、1978年の夏秋期(試験1)1979年～1980年の冬春期(試験2)の2回試験を行なった。

ア ハロセンテストと枝肉のPHとの関係(試験1 1978年)

ハロセンテストと枝肉のPHとの関係を示すと表1のとおりである。と殺45分後のPH₄₅は、カタとコンとで(+)群が(-)群より低く、1%および0.1%で有意であった。

と殺24時間後のPHは各測定部位とも(+)群が(-)群より低かったが、有意ではなかった。またPSE豚肉と考えられるPH 5.6以下を示す割合は、表2に示し

たとおりである。と殺45分後に(+)群ではカタで8頭中6頭(75%)、コンで8頭中4頭(50%)が5.6以下を示したのに(-)群では9頭中5.6以下のものは認められなかった。またと殺24時間後では、(+)群に5.6以下の頭数はやや増加し、(-)群でも9頭中4頭(44.4%)が5.6以下であった。

イ ハロセンテストと枝肉の肉色との関係(試験1 1978年)

試験1におけるハロセンテストと枝肉の肉色(標準肉色)との関係を示すと表3のとおりである。(+)群は各測定部位とも(-)群に比べて低く、とくにカタとコンの測定値は平均値で正常肉色の3以下であった。またPSE肉と思われる2.5以下を示した割合を示すと表4のとおりである。と殺45分後に比べて(+)群では、カタで7頭中5頭(71.4%)、コンで8頭中4頭(50%)認められたのに、(-)群では各測定部位とも全頭認められなかった。

と殺24時間では、(+)群のコンでやや増加した。(-)群においても、カタで9頭中3頭(33.3%)認められた。

ウ ハロセンテストおよび血液型と肉の理化学的性状との関係(試験2 1979～1980年)

表5はハロセンテストと肉の理化学的性状との関係を示した。肉の理化学的性状{(肉色, PH, 滲出性, しまり, 保水性, 伸展率, R-Value, TN-Value, A/Tおよび1日平均増体量(DGという))は(+)群(-)群間に有意な差は認められなかった。

表6は赤血球酵素PHIのBB型(B群という)とAA AB型(A群という)とに区分して、肉の理化学的性状との関係を示したものである。理化学的性状のうち、R-ValueはB群が0.95±0.10でA群が0.88±0.04で、両者の間に5%で有意差が認められた。

その他の理化学的性状は、両群間に有意な差は認められなかったが、各項目とも、B群がA群に比べ肉質が悪い傾向を示した。さらにDGが1%で有意差があり、B群がA群に比べ発育が良い結果を示した。

表7は、赤血球酵素6PGDのBB型(B群という。)AA, AB型(A群という。)に区分して、肉の理化学的性状を示しているが、両群間に有意差は認められなかった。

試験1 1978年

表1 Halothane test による枝肉のPH

Hal, test	供試頭数	と 殺 45 分 後				と 殺 24 時 間 後			
		胸最長筋(5-6)	最後腰椎	ハ	△	胸最長筋(5-6)	最後腰椎	ハ	△
+	8	5.73±0.39 ^{**}	5.71±0.29 ^{***}	6.46±0.29	5.62±0.08	5.61±0.07	5.70±0.21		
-	9	6.46±0.40	6.32±0.24	6.62±0.25	5.69±0.11	5.69±0.16	5.83±0.10		

註) * P<0.05
 ** P<0.01
 *** P<0.001

表2 Halothane test による枝肉のPH

(PH 5.6以下を示す割合)

Hal, test	と 殺 45 分 後						と 殺 24 時 間 後					
	胸最長筋(5-6)		最後腰椎		ハ	△	胸最長筋(5-6)		最後腰椎		ハ	△
	頭数	割合%	頭数	割合%	頭数	割合%	頭数	割合%	頭数	割合%	頭数	割合%
+	6/8	75.0	4/8	50.0	0/8	0	6/7	85.7	5/7	71.4	1/8	14.3
-	0/9	0	0/9	0	0/9	0	4/9	44.4	4/9	44.4	0/9	0

頭数; 分母はHalothane test 実施頭数

表3 Halothane test と枝肉の肉色(標準肉色)との関係

Hal, test	供試頭数	と 殺 45 分 後				と 殺 24 時 間 後			
		胸最長筋(5-6)	最後腰椎	ハ	△	胸最長筋(5-6)	最後腰椎	ハ	△
+	8	2.14±1.10	2.63±1.21	5.00±0.75	2.36±0.75 [*]	2.08±0.58 ^{***}	4.36±0.75		
-	9	3.38±0.48	3.50±0.35	4.89±0.33	3.11±0.61	3.61±0.60	4.81±0.59		

表4 Halothane test と枝肉の肉色との関係
(肉色2.5以下を示す割合)

Hal, test	と 殺 45 時 間 後						と 殺 24 時 間 後					
	胸最長筋(5-6)		最後腰椎		ハ ム		胸最長筋(5-6)		最後腰椎		ハ ム	
	頭 数	割合%	頭 数	割合%	頭 数	割合%	頭 数	割合%	頭 数	割合%	頭 数	割合%
+	5/7	71.4	4/8	50.0	0/8	0	5/7	71.4	6/7	85.7	0/7	0
-	0/4	0	0/9	0	0/9	0	3/9	33.3	1/9	11.1	1/9	0

頭数;分母はHalothane 実施頭数

表5 Halothane test と肉の理化学的性状との関係
(試験2. 1979~1980年)

Hal, test	理化学性状 頭 数	肉 色	滲 出 性	しまり	pH	保 水 性
-	12	3.67±0.3	3.75±0.4	3.41±0.6	6.08±0.2	73.0±5.6

伸 展 率	R-Value	TM-Value	A/T	D·G
35.9±3.9	0.92±0.07	44.3±17.5	2.31±0.6	66.9±87.9
34.4±5.1	0.92±0.09	44.8±20.0	2.50±0.9	72.9±136.1

表6 赤血球酵素PHIと肉の理化学的性状との関係
(試験2. 1979~1980年)

赤血球 酵 素	理化学性状 頭 数	肉 色	滲 出 性	しまり	pH	保 水 性
AA AB	13	3.81±0.3	3.57±0.6	3.38±0.7	6.25±0.3	75.1±2.2

伸 展 率	R-Value	TM-Value	A/T	D·G
34.8±4.3	0.95±0.10	48.5±20.7	2.42±0.9	79.05±84.5**
35.4±4.9	0.88±0.04*	41.2±16.4	2.39±0.7	623.1±77.3

表7 赤血球酵素 6PGDと肉の理化学的性状との関係
(試験2. 1979~1980年)

赤血球 酵 素	理化学性状	肉 色	滲 出 性	しまり	P H	保 水 性
	頭 数					
B B	6	3.5±0.32	4±0	3.42±0.66	6.17±0.23	72.8±8.3
A A A B	18	3.3±0.52	4±0	3.25±0.58	6.15±0.33	73.9±3.8

伸 率 性	R-Value	TM-Value	A/T	D·G
36.7±2.8	0.92±0.10	41.1±15.6	2.49±0.80	670.8±114.7
34.7±4.9	0.92±0.07	45.7±19.6	2.38±0.78	709.6±118.2

② 肉質の官能的判定結果と理化学的測定値の関係

PSE肉の判定は、色、しまり、滲出性について官能的に判定しており、これらの官能的判定法をより科学的に行なう必要があるため、pH、R-Value; TM-value; 保水性; 伸率及びアクチン・トロポミオン(A/T)比など肉の理化学的性状測定値と官能的判定値との相関関係を調査した外、各測定部位相互の関連についても検討した。

表8は供試豚24頭全頭及びハロセン反応分類による肉質と肉の理化学的性状との相関関係を示した。

即ち、全頭ではハム肉色と、と殺後45分のハムpH及びと殺24時間後のコンpHに有意な相関が認められ、またR-Value 保水性にも夫々高い相関を認めた。

肉質判定値との間には、R-Value; TM-Value; 保水性に夫々5%以上の有意な相関が認められた。

ハロセン反応陽性群と陰性群との対比では、(+)群ではと殺24時間後のハム肉色と同24時間後の胸最長筋コンのpHとの間に負の高い相関及びハム肉色と保水性との間に正の高い相関関係が認められるが、(-)群では認められなかった。

また、肉質判定値では、R-Valueの胸棘筋と保水性に(+)群には有意な相関が認められたが、(-)群には有意性が認められなかった。

表9は、赤血球酵素PHI分類による肉質と肉の理化学的性状との相関関係を示した。

即ち、B群とA型群の比較では、と殺24時間後のハム肉色と、と殺24時間後胸最長筋コンpH及びR-ValueにB群では高い負の相関が認められたが、A群では

有意性が認められず、肉質判定値との関係についても、と殺45分後のハムpHと保水性について、B群では夫々有意性が認められたが、A群には認められず、反対に胸棘筋R-Valueでは、A群に5%水準で負の相関が認められた。

③ 血液のCPK値と肉の理化学的測定値との関係

表10にハロセン反応分類による血液のCPK値と肉の理化学的性状との相関関係を示した。

即ち、供試豚全頭を対象としたものでは、CPK値とと殺後24時間のハムの肉色及びと殺後45分のカタと同24時間のコンのpHに夫々有意な相関関係が認められ、またR-Value, TM-Value及び保水性についても同様1~5%の相関があった。

これをハロセン反応分類によって比較すると、(+)群では、と殺24時間のハム肉色に負の高い相関が、また、各部のR-Valueと保水性にも0.1%の高い相関が認められたが、(-)群には低い相関しか認められなかった。

表11は、赤血球酵素型PHI分類によるCPK値と肉の理化学的性状との相関を示した。

即ち、B群では胸棘筋のR-Valueと保水性に有意の相関が認められ、またA群ではと殺24時間の肉色及びと殺45分のpHに負の高い相関がみられた。

なお、表12に示すように、胸棘筋のR-Valueと他の部位のR-Valueとの間に高い相関が存在するので、肉質調査に当り、枝肉を傷つけることなく胸棘筋のR-Valueを測定することによって肉の性状を知ることが出来るので、重要な測定項目と考える。

考 察

ハロセンテストと肉の理化学的性状との関係について考えてみる。(+)群は試験1にみられるように夏期の高温多湿期に飼育され、かつ、と殺された。このうちPSE肉と考えられる標準肉色で2.5以下、PHが5.6以下の低いものが約70%の高率で発生している。しかし、(-)群はと殺45分後では肉色2.5以下またはPH5.6以下の個体は認められなかった。

また、試験2は気温の低い冬期に行なわれたため、(+)群に若干肉の理化学的性状の低下は認められたが肉色で明らかにPSEと判定できる個体は認められなかった。このことはハロセン(+)豚でPSSと考えられる豚に、夏の高湿多湿というような環境条件の悪化が重複すると、PSE肉になるものと考えられる。

また、血液型のうちPHIのBB群は、今回の試験2の

ように冬期という飼育環境の良好な季節に試験が行なわれたが、R-Valueが0.95±0.10で小石川ら⁶⁾の0.95以上はPSE肉と考えられると報告している数値に近く、しかも肉色、PH、しまり、保水性および伸展率も低く、TM-Valueはやや高いなど、肉質が総合的に多少悪い傾向を示し、大石ら⁴⁾の報告によるPHIのBB型は不良肉質の個体が多いとの報告と一致した傾向を示した。この血液型はハロセンテストと組み合わせることによりPSSの検出法として有効なものと思われる。

また赤血球酵素6PGDのBB型も同様に不良肉質になると大石ら⁴⁾は報告しているが、今回の試験2の成績では、明らかでなかった。

肉質の官能的判定値と理化学的測定値について検討すると24時間ハムの肉色と24時間のコシのPHは、(+)群が(-)群に比べ非常に高い負の相関があり、またB

表8 ハロセン反応分類による肉質と肉の理化学的性状との相関関係

肉の理化学的性状 と殺24時間後 肉質判定		pH				
		と殺45分後		と殺24時間後		
		胸最長筋 (5~6)	ハ ム	胸最長筋 (5~6)	胸最長筋 最後腰椎	ハ ム
全 額 N=24	ハ ム 肉色	0.2027	0.4562*	0.1531	-0.662***	0.2036
	肉質判定値	0.3187	0.3778	0.0627	-0.0160	0.0387
Hal + N=12	ハ ム 肉色	0.4725	0.5165	0.3685	-0.9175***	0.3455
	肉質判定値	0.5318	0.3416	0.1497	-0.4052	0.1747
Hal - N=12	ハ ム 肉色	-0.2217	0.4239	0.0171	-0.0412	0.1880
	肉質判定値	0.1571	0.5741	-0.2274	-0.0260	-0.1957

R-Value			TM- Value	保水性	伸展率	A/T	D·G
胸棘筋	胸最長筋 (5~6)	ハ ム					
-0.7962***	-0.8419***	-0.8871***	0.3521	0.5981**	0.2717	0.3362	-0.3391
-0.5012**	-0.6601**	-0.6160**	-0.6090**	0.5304*	0.1810	0.4288	-0.4397
-0.8824***	-0.9140***	-0.9143***	-0.4585	0.9455***	0.0589	0.4474	-0.5669
-0.6328**	-0.7332**	-0.5975*	-0.6181*	0.5792*	0.2598	0.4331	-0.6083*
-0.7467**	-0.8342***	-0.8563***	0.2481	0.0487	0.4980	0.2873	-0.2125
-0.3298	-0.6213*	-0.6400*	-0.6084*	0.4867	0.1506	0.4366	-0.4090

群もA群に比べ有意な負の相関があった。しかし、肉質判定値24時間PHは非常に低い相関を示している。

24時間PHは、正常肉に比べPSE肉では低いといわれ⁹⁾小石川ら⁶⁾の報告や永田ら¹⁰⁾の報告のように24時間PHと肉質の相関が低いという結果と一致している。

24時間のハムの肉色と45分のハムのPHでは、A群、B群ともに高い相関を示しかつB型は肉質判定値とも高い相関関係があり、ハムの45分PHで早期にPSE肉を検出できる可能性がある。

PSE肉の判定に45分PHが良く用いられており、小石川ら⁶⁾は0.49の相関と報告しており、今回の試験では0.32と若干低かった。

肉質のうちハムの肉質とR-Valueの相関が高い、即ち(+)群は(-)群より相関係数が高く、またB群はA群と比べ非常に高い相関がある。従って、R-Valueの高い肉はハムの色も悪いので、胸棘筋、カタのR-Valueを調べることにより肉質の判定に有効と考えられる。

24時間のハムの肉色と保水性は、(+)群は(-)群

に比べて非常に高い相関がある。またB群はA群に比べて高い相関があり、(+)群、B群とも保水性の良いものはハムの肉色も良かった。

また、肉質判定値とと殺45分のハムPHは、(+)群、(-)群とも0.3~0.6ぐらいの相関があるが、B群はA群に比べ非常に高い相関がみられるので、PSE肉を判別するには45分のPHによる判別はB群において容易であると思われるほか、肉質判定値とR-Value、TM-Valueに有意な相関が認められるので、今後引き続き検討を加え、官能的判別法をより科学的判定法とする必要がある。

なお、R-ValueはATP(アデノシン3リン酸)の分解程度を紫外線部吸収によってみるものであり、PSE肉ではと殺後急速にこのATPが分解するといわれており、枝肉に露出する胸棘筋の一部でも測定でき、表12に示すように、カタと胸棘筋の相関係数はB群を除いてかなり高いので、枝肉を分割損傷することなく、その一部でPSE肉の判別ができる利点がある。小石川ら⁶⁾はPSE肉とR

表9 赤血球酵素PHI分類による肉質と肉の理化学的性状の相関関係

区分 と殺24時間後 肉質判定		肉の理化学的性状				
		pH				
		と殺45分後		と殺24時間後		
		胸最長筋 (5~6)	ハム	胸最長筋 (5~6)	胸最長筋 最後腰椎	ハム
PHI BB型 N=11	ハム肉色	0.1753	0.6404*	0.2760	-0.7403**	0.3482
	肉質判定値	0.0789	0.8357**	0.0910	-0.4573	0.1554
PHI AA, AB型 N=13	ハム肉色	0.3356	0.7348**	0.0741	0.3539	-0.0896
	肉質判定値	0.5371	0.1730	-0.2151	0.3488	-0.4089

R-Value			TM- Value	保水性	伸展率	A/T	D·G
胸棘筋	胸最長筋 (5~6)	ハム					
-0.8808***	-0.8951***	-0.9192***	-0.3755	0.6005	0.4226	0.4892	-0.2438
-0.4270	-0.6207*	-0.7049*	-0.5938	0.6333*	0.3383	0.5760	-0.3999
-0.0536	-0.1800	-0.2874	-0.3092	-0.0555	0.0449	-0.0821	-0.1721
-0.6026*	-0.8397***	-0.3549	-0.5894*	0.1876	0.0147	0.2502	-0.4656

-Value 及びTM-Value との相関は、0.67及び0.72と報告しており、今回の試験では、0.66及び0.61とその値が一致しており、また、Eikelenboom²⁾はTM-Valueと24時間の肉の色と硬さの相関は、それぞれ-0.7と-0.7と報告し、この値とも良く一致していた。

アクチン及びトロポミオシンはTM-Valueと同じ水溶性蛋白でありA/T比はPSE肉になるにつれて、その値が逆転するので、PSE肉判定の一つの方法である。

A/TはTM-Valueの相関関係と同じような傾向を示すべきであるが、今回の試験では有意な相関がみられなかったが、この原因は、冬季の試験であるため重度のPSE肉の発生がみられなかった為と考えられる。

また、CPKとハロセン反応は同じような相関関係を示しておりPSE肉の判定に有効であったが、CPKと血液型は、ハロセン反応ほど明確な傾向を示さなかった。

以上、A/TとTM-Valueの関連性を含めて、今後追試の必要がある。

肉質判定値とカタの保水性について、(+)群は(-)

群より高い相関を示し、また、B群はA群に比べて高い相関があった。小石川⁶⁾らはPSE判定と保水力の相関は0.46と報告しているが、今回の結果は0.53とこれよりやや高かった。

肉質判定値とDGは、(+)群が(-)群に比べ高い相関があるが、B群とA群は同じような相関関係を示しており、これは(+)群では、DGが良いと肉質が悪くなりハロセンテストとDGは高い相関が存在することを示している。

CPKと肉の理化学的性状について(+)群は(-)群に比べ高い相関が認められたが、血液型によるA群・B群の間には、ハロセンテスト程顕著な相関関係が認められなかった。ハロセン麻酔により(+)群は(-)群に比べてCPK値が著しく増加することから、ハロセン反応とCPK値とは相関が高いことは容易に想像できる。

CPK値とハロセン反応によって、PSEのスクリーニングが可能ではないかと考えられるので更に追究したい。

また、不良肉質遺伝子型Hのa/、PHIのBB、6PGD

表10 ハロセン反応分類による血液のCPK値と肉の理化学的性状との相関関係

肉の理化学的性状	肉 色					pH				
	と殺45分後		と殺24時間後			と殺45分後		と殺24時間後		
	胸最長筋(5-6)	ハム	胸最長筋(5-6)	胸最長筋最後腰椎	ハム	胸最長筋(5-6)	ハム	胸最長筋(5-6)	胸最長筋最後腰椎	ハム
全頭 N=24	-0.3643	-0.2174	-0.2097	-0.2104	-0.6044**	-0.4697*	-0.4850	-0.0714	0.5983**	0.0657
Hal(+) N=12	-0.2012	-0.1417	-0.1435	0.1370	-0.9670***	-0.4401	-0.5642	-0.3392	0.9058***	-0.3889
Hal(-) N=12	-0.6795*	-0.3428	-0.7070	-0.6620*	0.1703	-0.5861*	-0.4390	0.1511	-0.6059*	0.3904

しまり	滲出性	R-Value			TM-Value	保水性	伸展率	A/T	D・G
		胸棘筋	胸最長筋(5-6)	ハム					
0.0429	-0.0366	0.5684**	0.4569*	0.5831**	0.4483*	-0.6745**	-0.1004	0.2508	0.2519
0.0146	-0.1243	0.8436***	0.8889***	0.9425***	0.5993*	-0.9720***	-0.2017	-0.4396	0.5443
-0.0582	-0.5587	-0.0083	0.0065	-0.0530	0.2843	0.0352	0.0455	-0.1381	-0.0380

表11 赤血球酵素PHI分類によるCPK値と肉の理化学的性状の相関関係

肉の理化学的性状 CPK	肉 色					pH				
	と殺 45 分後		と殺 24 時間後			と殺 45 分後		と殺 24 時間後		
	胸最長筋 (5-6)	ハ ム	胸最長筋 (5-6)	胸最長筋 最後腰椎	ハ ム	胸最長筋 (5-6)	ハ ム	胸最長筋 (5-6)	胸最長筋 最後腰椎	ハ ム
PHI BB型 N=11	-0.3673	0.0059	-0.0584	-0.0683	-0.5627	-0.5313	-0.3683	-0.1954	0.7314*	0.0059
PHI AA,AB型 N=13	-0.3007	-0.4599	-0.4197	-0.3574	-0.9022***	-0.3743	-0.7639**	-0.0037	-0.2015	-0.0090

しまり	滲出性	R-Value			TM- Value	保水性	伸展率	A/T	D・G
		胸棘筋	胸最長筋 (5-6)	ハ ム					
0.0412	-0.0357	0.6980*	0.4328	0.5669	0.4489	-0.7291*	-0.0742	-0.4544	0.1097
-0.0090	-0.5106	-0.1933	0.0815	0.3183	0.3875	-0.1117	-0.1303	0.1543	-0.0946

表12 胸棘筋のR-Valueと胸最長筋及び半膜様筋のR-Valueとの相関関係

試験群	試験豚全頭		Halothane(+)		Halothane(-)		PHI; BB群		PHI; AA・AB型	
	胸最長筋 (5-6)	内転筋	胸最長筋 (5-6)	内転筋	胸最長筋 (5-6)	内転筋	胸最長筋 (5-6)	内転筋	胸最長筋 (5-6)	内転筋
胸棘筋	0.743	0.813	0.830	0.887	0.813	0.808	0.437	0.375	0.773	0.873

のBBの内、2つ以上の型を有する個体が肉質低下を招くので、PHI以外の血液型との関係をさらに調査する必要がある。

なお、血液型とCPK値の関連についても、試験例が乏しいので、今後さらに究明を行う必要がある。

ま と め

夏季にと殺した調査豚17頭では、と殺後45分のPHが5.6以下を示した割合は(+)群はカタで75%、コシが50%であったが、(-)群には認められず、また肉色もPCS模型で2.5以下のものが(+)群ではカタで71.4%コシで50%を示したが、(-)群には認められなかった。

また、24頭を供試した冬期にと殺した調査豚での、PSE肉の官能的判定結果と理化学的測定値との相関をみると、R-Value TM-Value および保水性の間に有意な相関を認めた。

とくにハムの肉色とR-Value および保水性に相関が高く、この傾向は、(+)群およびBB群に顕著であった。

また、血液のCPK値と肉の理化学的測定値の関連をみると、と殺24時間のハムの色、と殺45分のPH、と殺24時間のコシのR-Value、TM-Value および保水性と有意な相関が認められ、とくに(+)群においては高い相関が認められ、ハロセン(+)群とCPKの関係は大きいと思われる。

引 用 文 献

- 1) Topel, D.G., E. J. Bicknell, K. S. Preston, L. L. Christian and C. Matsushima: Mod. Vet. Pract. 49, 40-60, 1969.
- 2) Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Cassens: Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, J. Animal Sci., 39, 303-308, 1974.
- 3) Christian, L. L., D. L. Kuhers and D. G. Topel: 10 wa NC-103 Annual Report 1975-1976, 1-4 (1976)
- 4) 大石孝雄, 仁昌寺博, 村田亀松, 阿部恒夫, 姫野健太郎, 畜産試験場研究報告第35号, 19-26, (1979)
- 5) Honikel, K. O.: Überlegungen und Vorschläge zur Flüherkennung von PSE und DED-Fleisch in Schlachttierkörpern. Fleischwirtschaft, 56, 1143-1146, (1976)
- 6) 小石川常吉, 吉武 充, 千国幸一, 小沢 忍; 畜産試験場研究報告, 第35号, 149-156, (1979)
- 7) Wierbicki, E. and F. E. Deatherage: Determination of water-holding capacity of fresh meats, J. Agrl. Food Chem., 6, 387-392, (1958)
- 8) Weber, K. and M. Osbon: The reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, J. Biol. Chem., 244, 4406-4412, (1969)
- 9) Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen: Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality, J. Animal Sci., 33, 578-586, (1971)
- 10) 永田克幸, 板原隆夫, 宮川 正; 日豚研誌, 第15巻2号, 130, 1978.