〔ミニレビュー〕

豚系統造成の今後の課題
－特に肉質の改良について－

鈴木啓一

宮城県畜産試験場、宮城県玉造郡岩出山町南沢字樋渡 1 (〒 989-6445)

Future Subject of Line Breeding in Pigs
－ Especially about Meat Quality －

Keiichi Suzuki

Miyagi Prefecture Animal Industry Experiment Station,
Hiwatashi 1, Minamizawa, Iwadeyama-cho, Tamatsukuri-gun, Miyagi, 989-6445

1. はじめに

豚の産肉能力に関する育種改良は、国より民間育種会社が主導的である場合、あるいは国が国家的プロジェクトとして取り組んでいるなどの体制の違いはあるが (Brascamp, 1994)、非破壊的な測定機器の採用や統計遺伝学的手法およびコンピューター技術の発達により国外、国内とも着実な前進を示している。国内においても公立試験場を中心とした系統造成あるいは民間の育種会社での改良も程度の差はあるにしても成功していると言えよう (古川力, 1998; 高畑隆, 1998)。産肉能力に関する改良目標は増体量を増大させ、ロース断面積を太く、脂肪の蓄積を適度に抑制することが一般的である。しかし、近年、養豚産業全体の効率を図るため飼料摂取量の節減、施設および労力コストに

直接関係する産肉能力に対してだけではなく、一腹産子数、離乳頭数、分娩間隔などの繁殖形質を選抜形質とした改良も行われてきている。これらの形質は遺伝率が低く大きな改良効果が期待できなかったが、BLPU 法などの利用により改良成果も期待されるようになってきたからである。愛知県は 1990 年に BLUP 法によるランドレース種の産子数を選抜形質とした系統造を開始し、1996 年に完成している (栗田ら, 1999)。一方、赤肉生産効率を重視した欧米での育種改良の結果、肉質面に悪い影響を及ぼしていることを指摘する報告もなされ (Kempster ら, 1986)、肉質を直接の選抜形質とする動きも出てきた (De Vries ら, 1993)。表 1 は豚の育種における改良目標について Ollivier ら (1990) がまとめたものであるが、近年、改良目標とし

表1 豚の育種における改良目標の変化
－豚の育種目標の過去、現在と近未来－

	1980	1990	2000
繁殖形質			
産子数	+	++	+++
母豚繁殖性	0	+	++
他 (長命性、子宮容量)	0	0	+
生産形質			
成長率	++	++	++
飼料転換効率	+++	++	++
筋肉割合	+++	++	+
肉質	+	++	+++
脂肪質	0	0	+

Ollivier ら, 1990

ての肉質の重要性が増してきている。国内では、外国からの低価格な輸入チルド豚肉が増加し、これらと対抗しなければならない外的要因から国産豚肉の高品質化の重要性が指摘され、各地で銘柄豚の作出が行われてきている。1990年に東京都がパークシャー種、デュロック種および北京黒豚を基礎豚とした合成種について、一日平均増体量、背脂肪厚、ロース断面積の他に筋肉内脂肪を選抜形質とした系統造成を開始し、1996年度に完成している(兵藤, 1998)。トーキョーXの銘柄豚肉は首都圏で好評販売されている。また、黒豚(パークシャー種)の肉が高値で取り引きされているように消費者の意識は安全で高品質な豚肉を志向する方向に集まってきている。

そこで本報告では、まず豚肉質の定義について整理する。さらに、国内外での肉質改良の取り組みを紹介し、最後に豚の肉質を改良形質とした系統造成について、今後の技術的および育種体制上の課題について報告する。なお、本報告での豚肉質あるいは食味性については加工肉ではなく、テーブルミートを前提として述べることにする。

2. 豚肉質の定義と影響する要因

まず、「食べておいしい高品質豚肉」とはどんな肉か、またどのようにしたらおいしい豚肉の生産が可能かという課題がある。おいしさを決定する要因としてはまず、食肉の特性、すなわち化学的な味やにおい、物理的なテクスチャーなどおいしさに与える直接要因がある。豚肉を食べることが感覚器官を刺激し、それが脳に伝わる。一方、間接的には人間の年齢や健康状態などの生理状態、およびその時の心理状態が感覚に与える要因として考えられるし、さらにその人の育った習慣や文化などが背景要因として考えられている(山野・山口, 1994)。従って、高品質な豚肉生産の定義としては「日本人の嗜好にあった安全でおいしい豚肉の生産」となる。「安全な豚肉」とは残留抗生剤などが含まれない豚となるが、このためには抗生剤入り飼料の適正給与、SPF、SEW等の生産体制による方法、抗病性育種により病気に強い豚を作り、抗生剤無添加の生産体制をつくることなどが考えられる。一方、おいしい豚肉生産の方法としては遺伝的改良により食肉の特性(味、物理的特性など)を改良することや、豚に給与する飼料内容を変えることで可能となる。さらに、肉豚生産は交雑生産が一般的であり、交雑に用いる純粋品種をいろいろ変えたり、交配法を変えるなどの方法が考えられる。ところで、豚の肉質といっても食

肉市場から流通段階を経て消費者に至る各段階で肉質の捉え方が異なる。

1) 食肉市場から流通段階における豚肉質

豚の肉質といえば食肉市場での枝肉格付けの豚枝肉取引規格を指す場合が多い。すなわち枝肉重量、皮下脂肪厚、枝肉外観(均称、肉づき、脂肪付着、仕上げ)、肉質(肉の締めりとキメ、肉の色沢、脂肪の色沢と質、脂肪の沈着)などである。これらの形質は枝肉の市場価格と直接関連するので重要な形質である。また、枝肉歩留まり、生肉歩留まり、と体長、ロース断面積、バラ部分の脂肪のかみなども流通過程での価格に間接的に影響する形質である。しかし、これらの形質とおいしさとの間の関連は明らかでない。

2) 流通・消費の段階での豚肉質

肉質特性の概念について Hovenior (1993) は Hofmann (1987) や Russo (1988) の報告から以下の4つにまとめている。すなわち

- a. 感覚受容性特性：消費者の購買意欲を左右する特性
 - ①肉色、②浸出液(ドリップ)ロス、③筋肉内脂肪、④におい、⑤味、⑥多汁性(ジューシーネス)、⑦軟らかさ(テンダーネス)、⑧きめ(テクスチャー)などがある。
- b. 加工処理上の特性：肉の処理、包装、貯蔵方法に関連する特性
 - ①水分含量、②保水性、③結合組織量、④pH、⑤塩分吸収量、⑥不飽和脂肪酸含量など。
- c. 栄養学的特性：栄養学的な質、化学的組成
 - ①タンパク質含量、②カロリー量、③ビタミン含量、④ミネラル含量、⑤脂質含量、⑥脂肪酸組成、⑦コレステロール含量など。
- d. 衛生学上の特性：バクテリア、残留薬等
 - ①バクテリア負荷、②病原体、③pH値、④活水、⑤還元能力、⑥硝酸塩、⑦ピクル液、⑧残留薬、⑨残留同化薬品、⑩残留重金属など

である。

特に、aの感覚受容特性形質が豚肉のおいしさに係わるパラメータとして重要となる。それではそれぞれの形質がどの程度、おいしさと関係しているのだろうか。一般には食べた際、肉が軟らかく、多汁性に優れ、味が良く、異臭がしないことがおいしい豚肉に不可欠の要件となる。また、肉色があまり濃くない淡いピンク色の肉が消費者に好まれることが知られている。こうした評価はある程度味覚について訓練されたパネラ

表2 肉質形質の特徴と測定法

形質と特徴	測定法
・肉色（筋肉色素の量に依存する）	PCS (肉色標準模型)、色差計 (L、a、b 値)
・筋肉内脂肪（品種間差あり、D 種多い）	ソックスレー抽出法、フォースレット抽出法
・保水性（見栄えと軟らかさに影響する）	ドリップロス、クッキングロス
・pH（肉色、保水性、軟らかさとの関連あり）	と殺後45分後、24時間後（最終pH）
・軟らかさ（テンダーネス）	パネルテスト、Warner-Bratzler 剪断力価、 テンシプレッサー、テクスチャアナライザー等
・食味性（香り、軟らかさ、多汁性、きめ）	客観的な方法で測定困難、訓練されたパネラーで試験

ーが実際に試食して可能となるが、測定器械を用いた客観的な評価法が開発されている。

3) 肉質形質とその測定法

表2に感覚受容特性形質としての肉質形質の測定法を示した。例えば、軟らかさについてはテンシプレッサーという測定機器を使い、中が空洞になった円柱の金属棒を肉に徐々に差し込むことで物理的な軟らかさや、柔軟性、もろさなどが測定できる。また、保水性についてはスライスした肉を針金で吊り下げ、それをビニール袋あるいは標本ケースの中に入れ冷蔵庫に保存し、24、48時間後の肉重量を測定する（ナイロンバック法によるドリップロス）。さらに、肉のかたまりをビニール袋に入れて70℃の温浴に30分間入れ、前後の肉重量から加熱した際の水分の損失を測定する（クッキングロス）。筋肉中の脂肪含量は豚肉を挽く肉状態にした後、エーテル等で脂肪を抽出して重量を測定する。肉色は豚肉色を模した肉色標準模型や肉の明るさ、赤色度、黄色度を色差計で測定する。これらの他に肉のアミノ酸組成であるグルタミン酸とヌクレオチドのイノシン酸が鶏肉の呈味に関連していることが明らかにされている（藤村，1998）が、豚肉については検討されていない。筋肉線維数や太さ、あるいは筋線維の種類、筋束の面積、結合組織の量と質、可溶性あるいは不可溶性コラーゲン量なども肉の軟らかさ、きめなどとの関連で測定されている。

4) 肉質に影響する要因の検討

肉質に影響する要因についてはいくつかの総説にまとめられている（鈴木，1983; Ellith と McKeith, 1993; Sellier と Monin, 1994; Cannon ら，1995）が、上述した客観的な測定法を使い、肉質に及ぼす遺伝的および給与飼料内容の影響を検討した宮城県畜産試験場の試験結果を紹介する。まず、ランドレース種 (L)、大ヨ

ークシャー種 (W)、デュロック種 (D)、LD および LWD 種について品種間比較を行った結果、保水性、肉色、筋肉内脂肪および軟らかさのいずれにも品種間差が認められ、保水性、筋肉内脂肪および軟らかさについてデュロック種およびLD種が優れていることが明らかとなった（鈴木ら，2000）。さらに、LW 種雌に止め雄としてデュロック種、パークシャー種および梅山豚を交雑して作った三元交雑種LWD、LWBおよびLWMの肉質について調べた結果（鈴木ら，1997）、筋肉内脂肪含量と軟らかさについてLWM (3.23 %と 61.31 kgw/cm²) がLWD (2.32 %と 84.13 kgw/cm²) およびLWB (2.35 %と 87.22 kgw/cm²) より優れ、筋肉線維が集まった一次筋束も細い (LWM : 0.296 mm²、LWD : 0.378 mm²、LWB : 0.374 mm²) が、クッキングロスでは劣ることが明らかとなった。さらに、味に影響すると言われている脂肪酸組成についてもLWMがLWD、LWBと異なる割合を示した。このように、品種あるいは交雑種の違いが保水性、軟らかさ、筋肉内脂肪、脂肪酸組成に影響することが明らかとなった。次に、豚に給与する飼料内容が肉質に及ぼす影響を検討した。市販飼料に大麦、地養素、屑米や酒米を30 %、魚油を2.5 %添加した場合について、市販の配合飼料を給与した場合と比較した（小川ら，1998）。その結果、肉色の明るさについて一部差が認められたが、保水性、化学成分、軟らかさについてはいずれも差が認められなかった。ただし、魚油を添加した区の脂肪酸組成は他の区と比べ明らかに異なった（石田ら，1996）。以上の結果から、保水性、軟らかさ、筋肉内脂肪含量などの肉質に影響する要因としては豚に給与する飼料内容よりも品種や交雑種などの遺伝的要因の方が大きいことが明らかとなった。さらに、と殺日齢、性、ロースの部位および熟成の期間が肉質に影響することも明らかとなっている（清水ら，2000）。

5) 肉質形質の遺伝的パラメータ

豚の肉質に及ぼす遺伝的な要因が大きいことが明らかとなったが、肉質の遺伝的改良がどの程度可能かという課題が出てくる。その目安として表3に肉質形質の遺伝率を示した (Sellier, 1998)。筋肉内脂肪は遺伝率が高く、保水性は低く、肉色と軟らかさは中程度の遺伝率であることがこれまでの研究で明らかになっている。また、産肉形質を選抜形質とした際の肉質形質の相関反応を予測する上で重要な遺伝相関は表4に示した報告 (Hovenier, 1993) がなされており、赤肉量に対する選抜は保水性、テンダーネス、肉色などで悪い影響をもたらすことが示唆されている。

3. 肉質改良の取り組み

1980年代から1990年代の初期には豚の肉質と言えば特に、PSE肉 (ムレ肉) が最大の課題だった。これはハロセンテストにおける筋肉の硬直により検出される常染色体性劣性遺伝形質であり、ハロセン遺伝子を保有している個体から多く発生することが認められていた。ハロセンテストにより劣性ホモ個体 (n/n) は検出でき集団からの除去が可能だが、キャリアーヘテロ個体 (N/n) の判別は不可能だった。しかし、1990年代に入ってDNA診断によりこの遺伝子の判定が可能となりヘテロ個体の除去も容易になった。これと同時に

研究の方向もこれまで紹介した肉質形質の改良に向けられてきているようである。

1) オランダの事例

1989年にオランダでは、7つの育種組織由来の豚肉とデータの提供によりワーゲニンゲン農業大学と国立畜産研究所が肉質に関する大規模な研究プロジェクトの成果を公表している。このプロジェクトの目的は、肉質形質の遺伝的パラメータの推定と、肉質形質と産肉形質との遺伝的関連を明らかにすることだった。まず、Hovenierら (1992) は、オランダヨークシャー種 (754) とデュロック種 (359) の合計1,113頭について一日平均増体量、背脂肪厚、赤肉量と肉質形質の関連を検討した。その結果、増体量と肉色の間に正の高い遺伝相関、筋肉内脂肪と背脂肪厚、赤肉割合との間にはそれぞれ正と負の中程度の相関が得られ、発育が早く、皮下脂肪厚が厚く、赤肉割合が少ない豚が肉質に優れる結果となった。また、肉質形質間ではpHとドリップロス、肉色との間に負の高い遺伝相関が得られ、pHが高いと暗い肉色でドリップロスが少ないこと、肉色と保水性の間には負の高い遺伝相関があり、淡い色の肉が保水性が低い。これらの結果から、増体量に対し高い経済的重み、背脂肪厚と赤肉割合に低い経済的重みが置かれた場合、選抜の結果、肉質は改善される。しかし、肉質に対する経済的利益がはっきりしていないので利益は少ない結果になるだろう。肉質を改良するには背脂肪厚を減らし、赤肉割合を増加させる方向への重きを少なくするのが良いと結論している。一方、De Vriesら (1994) はオランダヨークシャー種4,055頭の屠場での産肉、肉質形質と、そのうち1,807頭についての詳しい肉質形質の分析の結果を報告している。増体量と飼料摂取量は筋肉内脂肪との相関が低い。しかし、この集団の筋肉内脂肪の平均は1.33%とかなり低い。また、赤肉率や増体量は保水性や肉色形質と不利な相関を示すことを明らかにした。これらの成果を

表3 肉質形質の遺伝率

形質	遺伝率
pH	0.16 ~ 0.21
肉色	0.28
ドリップロス	0.16
クッキングロス	0.16
テンダーネス	0.26
筋肉内脂肪	0.50

Sellier ら, 1998

表4 肉質形質と産肉形質との遺伝相関

	一日平均増体量	背脂肪厚	赤肉量
pH	±	±	—
肉色	—	+	—
筋肉内脂肪	++	+	±
保水性	±	+	—
テンダーネス		+	—

Hovenier ら, 1993

基に、オランダの育種組織では選抜形質に肉質を含めた選抜を開始したと報告している (De Vries, 1993)。

2) イギリスの事例

次に、エジンバラのロスリン研究所のCameronら (1990) の取り組みを紹介する。まず、デュロック種とランドレース種、計320頭の能力検定豚のうち160頭について肉質形質を分析し、筋肉内脂肪 (0.53)、皮下脂肪のしまり (0.43) と水分 (0.27)、筋肉 pH (0.20)、肉色 (0.42) は、香り (0.16)、柔らかさ (0.23) と多汁性 (0.18) よりも遺伝率が高いことから肉質に関して十分な遺伝的変異があるので選抜をとおして改良ができることを示した。さらに、増体量に対する選抜の結果は筋肉内水分が増加し、筋肉 pH が減少して筋肉内脂肪が減少する。また、香りや多汁性も減少する。皮下脂肪厚が薄く赤肉割合が高くなると、枝肉脂肪重量が減少し、水分が増加し、不飽和脂肪酸が増加して肉の締まりが悪くなる。そして、これらの研究を基に肉質に対する選抜の目標と選抜基準を検討した結果、筋肉内脂肪、筋肉の色、皮下脂肪のしまりに対し選抜の重みを同程度に置くとすると、選抜の予想反応として枝肉赤肉重量が増加し、皮下脂肪と筋肉間脂肪が減少する。また、皮下脂肪の水分含量は増加し、飽和脂肪酸の割合が減少するため、しまりが悪くなる。筋肉内脂肪は増加するが、pH は変化せず、肉色が明るくなり肉が柔らかくなるが香りは減少する。そして、全体の肉質はわずかに改良されると結論している。さらに、Cameron ら (1999) は不断給餌と制限給餌下で赤肉成長率 (それぞれ LGA、LGS)、赤肉への飼料転換効率 (LFC)、1 日当たり飼料摂取量 (DFI) に対してそれぞれ高低に7世代の選抜を実施し、これらの系統の肉質を調べた。その結果、肉質形質に関する相関反応は小

さく、赤肉生産効率を主体とした改良目標の中に肉質形質を取り入れることは必要でないとしている。しかし、育種会社の保有している種畜の肉質を定期的に検査しておくことは適切なことだろうと述べている。

3) 米国の例

全米での肉質研究では NPPC が止め雄 National Genetic Evaluation Program を 1990 年に開始し、10 の止め雄品種、系統と 1,824 腹から生産された 3,261 頭の子豚を能力検定にかけ、40 の産肉、肉質形質を測定している。この中でアイオワ州立大学が肉質の分析を担当している。1995 年に公表された報告をみると、産肉、肉質形質について品種、系統ごとの比較、遺伝率や遺伝相関の分析と同時に育種価を品種、系統、雄個体ごと推定し、止め雄の利用の指針を与えている。このうち産肉、肉質形質の遺伝率と遺伝相関の分析結果を表5に示した。この表からいえることは、背脂肪厚を薄くすることは筋肉内脂肪を減らし、硬い肉質につながる。これらの相関は低から中の範囲なので、選抜計画の中に筋肉内脂肪を取り込むことで適度な筋肉内脂肪を増やすことは可能である。相対的に強い遺伝相関が最終 pH、肉色、保水性と柔らかさの間で認められたことから、肉質形質のうち少なくとも一つを選抜形質として取り込むことでこれらの形質を同時に改良することが可能だと結論している。肉質形質の品種間の能力比較の結果、デュロック種が産肉能力はもちろん肉質の筋肉内脂肪含量、テンダーネスに優れていること、パークシャー種がドリップロス、クッキングロスなどの保水性に優れることなどが報告されている。また、この報告の中では肉質に関する経済的価値を算出している。

表5 産肉形質と肉質形質の遺伝率と遺伝相関

	BF10	ADG	LMA	IMF	MIN.	pH	WHC	Inst.
背脂肪厚	.46							
一日平均増体量	.14	.50						
ロース断面積	-.61	-.13	.48					
筋肉内脂肪	.30	.06	-.25	.47				
肉色 (Minolta)	.08	.11	.02	.11	.25			
最終 pH	.03	-.11	-.11	.0	-.49	.38		
保水性	-.05	.07	.13	-.02	.52	-.92	.19	
テンダーネス	-.17	-.07	.15	-.17	.18	-.42	.22	.20

米国 NPPC, 1995

4) 国内での事例

肉質形質を直接選抜形質として改良を行った例は世界でも東京都畜産試験場で作出したトーキョーXが最初と思われる。北京黒豚、パークシャー種、デュロック種の3品種の交雑により基礎豚を作出し、ここから一日平均増体量、背脂肪厚、ロース断面積と筋肉内脂肪の4形質を選抜形質としてBLUP法により5世代の選抜を実施している。選抜形質として肉質形質である筋肉内脂肪を取り入れた最初の系統豚である。産肉形質については表現型値、育種値とも大きな変化は認められなかったものの筋肉内脂肪は第1世代の3.66%から第5世代の5%まで増加した。筋肉内脂肪と背脂肪厚及びロース断面積との間にはそれぞれ正と負の比較的高い遺伝相関が認められており、この結果から、筋肉内脂肪に高い重みを置くと産肉形質の改良が停滞する可能性がある。また、止め雄としてデュロック種を造成した静岡県や全農の系統豚も直接の選抜形質ではないが筋肉内脂肪を測定している。

5) 宮城県畜産試験場での取り組み

宮城県畜産試験場でも平成6年よりデュロック種の選抜試験を開始した。1日平均増体量、ロース断面積に筋肉内脂肪含量の3形質を選抜形質とした多形質BLUP法により育種値を推定し選抜を実施している。ただし、選抜第1、2世代では選抜指数式による選抜を行っている。7世代までの予定で現在、第5世代の選抜を終了している。肉質形質の測定のため毎世代80頭前後の調査豚をと殺し、pH、肉色、保水性、化学成分及び物理的特性値を測定している。図1から5には第5世代までの選抜3形質と相関形質としての背脂肪厚とTendernessの育種値の推移を示した。筋肉内脂肪は第3世代以降順調に改良がなされている傾向が伺われるが、Tendernessについては直接選抜形質でないこともあり、世代により変動が大きい結果となっている。また、316頭の調査豚についての産肉形質、肉質形質の遺伝的関連を検討した。背脂肪厚とロース断面積は生体で超音波を利用して測定した。肉質は最後胸椎から2胸椎前の部分を採材し、肉質形質の測定方法は前述した方法と同様である。

表6には肉質形質の遺伝率、産肉形質と肉質形質の遺伝相関を示した。枝肉第5と6胸椎間の肉色(PCS56)、体長1/2部位のa値、b値が比較的高い遺伝率を示し、pH、L値、保水性(DL24、DL48)、筋肉内脂肪(IMF)が中程度、加熱損失率(CL)、Tenderness、Pliabilityはそれぞれ低い遺伝率を示した。また、産肉形質と肉

図1 一日平均増体量の育種値の変化

図2 ロース断面積育種値の変化

図3 筋肉内脂肪育種値の変化

図4 背脂肪厚育種値の変化

図5 Tenderness育種値の変化

質形質との相関では一日平均増体量が肉の柔らかさを示す Tenderness や柔軟性の Pliability と高い遺伝相関を示すことから、発育に関する選抜は筋肉を柔らかくするが柔軟性は損なわれる。しかし、筋肉内脂肪は増加する。これに対し、ロース断面積を太くする方向への選抜は肉色を濃く、肉が硬くなる。さらに、背脂肪厚を薄くすると、肉の赤みが増し (a 値)、肉が硬くなる。また、背脂肪厚とドリップロスを除き、産肉形質

と保水性 (ドリップロス加熱損失率) との間には関連がないといえる。図 6、7 にはそれぞれ表現型値としての産肉形質と筋肉内脂肪および Tenderness との関連を示した。筋肉内脂肪より Tenderness の方が産肉形質とより密接に関連していることがわかる。つまり、肉の軟らかさは増体量能力が高く、日齢が若く、背脂肪厚が厚い方向への選抜により達成されることが伺われる。肉質形質間の相関についてみると、筋肉内脂肪を高

表 6 産肉形質と肉質形質間の遺伝相関と標準誤差 (デュロック種)

	一日平均増体量	ロース断面積	背脂肪厚	遺伝率±標準誤差
pH	0.140 ± 0.089	-0.352 ± 0.182	0.145 ± 0.185	0.367 ± 0.106
PCS56	0.273 ± 0.127	0.018 ± 0.168	0.501 ± 0.216	0.543 ± 0.111
PCS1/2	-0.088 ± 0.181	0.302 ± 0.229	-0.149 ± 0.288	0.168 ± 0.074
L 値	0.141 ± 0.158	0.189 ± 0.204	0.076 ± 0.139	0.299 ± 0.086
a 値	-0.200 ± 0.133	-0.145 ± 0.151	-0.486 ± 0.189	0.524 ± 0.097
b 値	0.207 ± 0.094	-0.116 ± 0.159	-0.012 ± 0.126	0.478 ± 0.048
DL24	0.126 ± 0.181	0.028 ± 0.093	0.291 ± 0.271	0.329 ± 0.100
DL48	0.049 ± 0.120	-0.073 ± 0.182	0.322 ± 0.307	0.385 ± 0.091
CL	0.013 ± 0.251	-0.025 ± 0.327	0.028 ± 0.365	0.152 ± 0.078
IMF	0.335 ± 0.113	0.268 ± 0.168	-0.297 ± 0.224	0.301 ± 0.057
TENDERNESS	-0.542 ± 0.163	-0.319 ± 0.113	-0.313 ± 0.251	0.177 ± 0.087
PLIABILITY	-0.379 ± 0.166	-0.417 ± 0.189	0.113 ± 0.315	0.140 ± 0.063

PCS56: 第 5,6 胸椎間肉色標準模型による肉色、PCS1/2: 体長 1/2 部位の肉色

L: 明るさ、a: 赤色度、b: 黄色度、DL24: 24 時間後ドリップロス、DL48: 48 時間後ドリップロス

CL: 加熱損失率、IMF: 筋肉内脂肪、TENDERNESS: 柔らかさ、PLIABILITY: 柔軟性

図 6 産肉形質と筋肉内脂肪との関連

図7 産肉形質と Tenderness との関連

めると保水性が高まるが、Tendernessは硬くなる。また、肉色の明るい色が肉が柔らかいが保水性は劣る結果となる。相互に矛盾した関連になるが、保水性に重きを置かない食味性を重視する場合 Tenderness と筋肉内脂肪が重要になると思われる。Tendernessは遺伝率は低いが一日平均増体量との遺伝相関が高い。また、筋肉内脂肪とも中程度の遺伝相関を示す。さらに、筋肉内脂肪の遺伝率が比較的高いとする、一日平均増体量と筋肉内脂肪を選抜形質とすることが産肉性と肉質の両方の改良には好都合だろう。宮城県畜試での選抜試験ではこの2つの形質にロース断面積を加えている。当初、選抜形質に背脂肪厚も入れた4形質で選抜を始めたが、背脂肪厚は現在の水準より薄くしない方良いことが、LWと交雑したLWD肉豚の成績から明らかになった。今後、7世代までの選抜により相関反応としてこれまで紹介した肉質形質がどのように変化するか興味深い。

4. 豚肉質改良上の課題

1) 育種改良の技術的課題

前述したように肉質の定義は枝肉格付け、流通加工、消費の各段階で異なる。最終的には消費者が食べておいしい豚肉が育種目標となるだろう。そのためには選抜基準形質として、なにを選抜すべきかが重要となる。

日本人の主食である米については食味計の数値が客観的な指標としてある。豚肉についてもおいしさの基準となる指標や客観的な測定法を開発し、育種の現場に応用することが重要な課題となろう。これらも含め今後の技術的課題について以下にまとめた。

a. 交雑が肉質形質に及ぼす影響の検討

実際に豚肉として食べられるのは三元交雑豚などである(パークシャー種やトーキョーXなどのように純粋種での利用もあるが)。従って、交雑利用を前提として純粋種の肉質を改良を図る必要がある、組み合わせ検定では産肉能力と同時に肉質形質の評価も実施する必要がある。同時に純粋種間の交雑が肉質形質にどんな影響を及ぼすのか予め明らかにしておく必要がある。

b. 枝肉格付段階での肉質評価法の導入。

現行の枝肉格付規格の形質ではおいしい豚肉を評価する客観的な方法は採用されていない。牛肉と同様に胸椎部分で枝肉を切断し、切断面のマーブリングを評価するとか、枝肉に測定機器を挿入し非破壊的に筋肉内脂肪含量あるいは保水性を測定する技術を開発し枝肉格付に導入すべきだろう。ECでは1987年よりと場での器械的測定によりミートパーセントの算出が可能となっている。高畑(1998)が指摘するように、今後、日本がテーブルミート主体のマーケットを目指すなら

肉質の価値を器械的に測定しデータを改良に利用できるシステムを作るべきだろう。入江(1998)によりこの方面の研究が進められており実用化が期待される。

c. 肉質に関する基礎的研究の拡充

食肉としての家畜の肉質に関する研究は数多くなされているが、肉の軟らかさ一つにしても、その組織学的理由が明らかでない。日齢、体重がほぼ同じで採材測定部位も一定の胸最長筋のテンダーネスについて、大きな変異が存在する。結合組織、筋線維の種類や量、筋肉内脂肪含量など関連する要因が種々検討されているが決定的な結論は出されていない。豚の系統造成試験などでは大量のサンプルの採材が可能である。しかし、これらの研究を進めるには組織学などの専門的な知識や技術が必要となる。米国NPPCでの取り組みのような大学あるいは専門的研究機関との共同研究体制が望まれる。また、味の問題でもアミノ酸組成あるいは脂肪酸組成が関連していると思われるが、選抜形質として採用されるためには簡便に測定でき、遺伝的変異が大きいことが前提となる。この方面の研究も今後必要であろう

d. 肉質改良の経済的価値の評価

現行の豚肉流通の中では「おいしい肉質」の評価方法が確立されていないため、たとえおいしい肉質の豚を改良したとしても評価することができない。従って、肉質に特徴を持った全国で店頭に出ている銘柄豚の中には日本格付け協会の格付けとは別のルート、あるいは格付け価格に一定の価格を上乗せして取り引きされているのが実情だろう。このようなプレミアムをつけられた肉質の経済的価値は流通段階で得られる情報となる。肉質重視の改良を行うためには流通市場における肉質形質の経済的価値を把握する必要がある。

e. 遺伝的マーカーを利用した肉質の改良

PSE(ムレ)肉の指標となるRYS遺伝子、最近遺伝子が単離された、第15番染色体上にあるRN遺伝子などが直接肉質に影響することが明らかにされている。また、デュロック種で心臓脂肪酸結合タンパク遺伝子(H-FABP遺伝子)が筋肉内脂肪含量と関連する事を示唆する報告(Gerbensら, 1999)もなされている。肉質の検査をするためには豚のと殺が不可欠である。しかし、DNAマーカーを指標とした肉質形質の良否の判定が可能となると、種豚候補豚全頭の測定が可能となり改良速度、精度が一層高まるだろう。今後、DNAマーカー情報を利用したマーカーアシスト選抜あるいはマーカーアシストイントログレッションの方法が肉質改良に大きな役割を果たすことが期待されている。

2) 育種体制上の課題

図8は豚肉質を改良するための体制を示した。現在の日本における豚の育種は民間ブリーダー、公立試験研究機関を中心とした系統造成と育種会社の三本だてで進められている。日本市場をターゲットとし、日本独自の改良目標を設定した育種の取り組みを実施している日本ハイパー社でさえ、肉質形質を直接選抜形質として取り組むまでには至っていない。肉質形質を育種目標形質あるいは選抜形質として取り組むにはこれまで述べてきたように、民間養豚場・種豚場から出荷された豚の流通・消費段階での肉質に関する情報、大学・国研等での肉質研究や経済的価値・データ分析の情報、そして、これらの情報をもとに選抜対象形質として造成を行う公立試験研究機関相互の横の連携が一層重要になると思われる。産肉形質が主な選抜形質であった系統造成ではこれまで述べた技術的課題が必ずしも必要ではなかった。しかし、肉質形質については生産から流通・消費の段階で経済的価値が確立していないこと、さらに肉質に関する研究が不十分な状況のもとで、産官学の連携による効率的な肉質形質の研究とそれを利用した育種改良体制が必要である。

日本人は味覚に優れた人種と言われている。肉質形質を直接選抜形質とした種豚の改良が今後、一層重要になると思われる。

産官学の連携による効率的肉質改良

図8 豚肉質の改良の課題

5. 引用文献

- Brascamp EW, Current status and future of national breeding programmes. Proceeding of the 5th WCGALP, 17: 371-372. 1994.
- Cannon JE, Morgan JB, Heavner J, McKeith FK, Smith GC, Meeker DL, Pork quality audit: a review of the

- factors influence pork quality. J. Muscle Foods, 6: 369-402. 1995.
- Cameron ND, Genetic and phenotypic parameters for carcass traits, meat and eating quality traits in pigs. Livest. Prod. Sci., 26: 119-135. 1990.
- Cameron ND, Selection for meat quality: objectives and criteria. Pig News and Information, 14: 161N-168N. 1993.
- Cameron ND, Nute GR, Brown SR, Enser M, Wood JD Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate. Anim. Sci. 68 : 115-127. 1999.
- De Vries AG, van der Wal P, Long T, Eikelenboom G, Merks JWM, Genetic parameters of pork quality and production traits in Yorkshire populations. Livest. Prod. Sci., 40: 277-289. 1994.
- De Vries AG, Hovenier R, Brascamp EW, Merks JWM, Selection for pork quality in the Netherlands. 44th Annual Meeting of the EAAP, Denmark, 16-19. 1993.
- Ellis M, McKeith FK, Factors Affecting the Eating Quality of pork. in the Growth of the Pig. edited by Hollis GR, 215-238. CAB international. Oxon. UK. 1993.
- 藤村忍, II 我が国における食肉品質評価技術開発の方向, 1. 食肉のおいしさとは②, 平成10年度問題別研究会, 「食肉の品質評価技術の今後の方向」資料, 11-17, 農水省畜産試験場, 1998.
- 古川力, 系統豚の普及状況と今後の課題, 日豚会誌, 35: 145-147. 1998.
- Gerbens F, van Erp AJM, Harders FL, Verburg FJ, Meuwissen THE, Veerkamp JH, et Pas MFW, Effect of genetic variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. J. Anim. Sci., 77: 846-852. 1999.
- Hofmann K, Der Begriff. Fleischqualität; Definition und Anwendung, Fleischwirtschaft, 67: 44-49. 1987.
- Hovenier R, Kanis E, Asseldonk Th. van, Westerink NG, Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane negative population. Livest. Prod. Sci., 32: 309-327. 1992.
- Hovenier R, Kanis E, Asseldonk Th. van, Westerink NG, Breeding for pig meat quality in halothane negative populations -a review. Pig News and Information. 14: 17N-25N. 1993.
- 兵藤勲, 良い豚肉をつくるための生産現場からの提言—トウキョーXの造成を例として—, 日豚会誌, 35: 56-58. 1998.
- 石田光晴・今野義博・鈴木啓一・小川ゆう子・阿部博行, n-3系脂肪酸を高度に含む魚油添加飼料給与による豚肉脂質および呈味成分への影響, 日本食品科学工学会誌, 43: 1219-1226. 1996.
- 入江正和, 新しい豚肉品質評価技術, 平成10年度問題別研究会, 「食肉の品質評価技術の今後の方向」資料, 43-52. 農水省畜産試験場. 1998.
- 栗田隆之・北島秀敏・家入誠二, アニマルモデルによるBLUP法を用いた豚の産子数の改良と遺伝的趨勢, 日豚会誌, 36: 111-116. 1999.
- NPPC, Genetic evaluation. Terminal line program results, 1-312. 1995.
- 小川ゆう子・鈴木啓一・阿部博行・鹿野裕志・伊藤勝, 魚油および酒米添加飼料が豚の肉質と産肉能力に及ぼす影響, 日豚会誌, 35: 98-106. 1998.
- Ollivier L, Gueblez R, Webb AJ, van der Steen HAM, Breeding goals for nationally and internationally operating pig breeding organizations. Proceedings of the 4th WCGALP, vol.15: 383-394. 1990.
- Ollivier L, Genetic Improvement of the Pig. in The Genetics of the pigs. edited by Rothschild MF, Ruvinsky A, 511-540. 1998.
- Russo V, Carcass and pork quality: industrial and consumer requirements. Proceedings of the Meeting. "Pig carcass and Meat Quality", 3-22. 1988.
- Sellier P, Monin G, Genetics of pig meat quality: a review. J. Muscle Foods, 5: 187-219. 1994.
- Sellier P, Genetics of meat and carcass traits. in The Genetics of the Pigs. edited by Rothschild MF, Ruvinsky A, 463-510. CAB international, New York. 1998.
- 清水俊郎・鈴木啓一・渡部正樹・小川ゆう子, 日豚会誌, 肉豚の肥育期間、ロース部位および肉の熟成が肉質に及ぼす影響, 投稿中. 2000
- 鈴木敦士, 結合組織と肉質について. 肉の科学, 31: 219-230. 1981.
- 鈴木啓一・阿部博行・小川ゆう子・石田光晴・清水隆弘・鈴木惇, 3元交雑豚の肉質に及び止め雄品種の影響, 日畜会報, 68: 310-317. 1997.
- 鈴木啓一・清水ゆう子・阿部博行・斗内桂子・鈴木惇, 豚の肉質の品種間、性間および部位間比較, 日畜会報, 投稿中, 2000.
- 高畑隆, ハイポー豚の育種改良, 日豚会誌, 35: 140-144. 1998.
- 山野義正・山口静子, おいしさの科学, 1-7, 朝倉書店, 東京, 1994.