

# 博士論文要約 (Summary)

平成 27 年入学

連合農学研究科 生物生産科学専攻

氏 名 當眞 嗣平

タイトル	在来豚アグーの品種特性および遺伝的構造に関する研究
------	---------------------------

キーワード ( 在来豚アグー ) ( 品種特性 ) ( 遺伝的構造 )

## 第 1 章 緒論

沖縄では古くから豚が様々な祭祀において用いられ、貴重な栄養源として食されていた。沖縄への豚の来歴は 14 世紀末、当時交易のあった中国から伝わったとされ、アグーはその末裔だと考えられている。アグーは発育が遅く小型で肉量が少なかったため、1900 年代初めから、主にバークシャー種による改良が積極的に行われた。さらに太平洋戦争後は、壊滅的な打撃を受けた県民の食生活を支えるため、様々な西洋系品種が導入された。このような導入により、10 万頭以上いたとされるアグーは一時期 30 頭程度にまで激減した。

1980 年代に貴重な在来豚であるアグーの保全活動が始まり、優れた食味が消費者から支持されたことも追い風となって現在は約 1200 頭にまで増加している。今後は、維持増殖および改良を図っていく必要がある。しかしながら、アグーの品種特性や遺伝的構造は明らかにされていない。そこで本研究では、沖縄の在来豚であるアグーについて、その品種特性および遺伝的構成を明らかにするとともに改良に向けた基礎的知見を得ることを目的に、体型的特徴、繁殖特性、肉質特性および遺伝的構造の解明を行った。

## 第 2 章 体尺測定値に関する分析

体型的な特性を明らかにすることは、アグーの品種特性を維持する上で重要と考えられる。そこでアグーと中国系品種および西洋系品種の体尺測定値を主成分分析により比較検討した。

アグー測定値は 2005 年から 2014 年において測定されたもののうち、1 歳以上の個体の測定値を用いた。測定部位は体長、体高、前幅、後幅および胸囲であり、頭数は雌 583 頭 (平均月齢 29,4 ヲ月齢)、雄 481 頭 (平均月齢 28,6 ヲ月齢) の計 1,164 頭であった。中国系品種は梅山豚、民豚、福州黒豚、莆田豚、金華豚、桃園種および台湾小耳種の値を用いた。西洋系品種はランドレース種、バークシャー種、大ヨークシャー種、デュロック種およびハンプシャー種の値に加え、1950 年に報告されたバークシャー種の値もバークシャー種 50 とした。以上のすべての品種で測定値がそろっている体高、体長および胸囲の 3 部位について、相関行列に基づく主成分分析を行った。その結果、体の大きさは金華豚などの中型中国系品種と同程度であるものの、その形状

的特徴は独特で、体長よりも胸囲が大きい短く太い体型であった。体型的にアグーに最も近かったのは大型化前の古いタイプのパークシャー種 50 であり、1900 年初頭アグーの改良にパークシャー種が用いられたという歴史的背景と一致する結果であった。さらに、アグーの体尺測定値は、1963 年に測定された値とほぼ変わっておらず、過去 50 年の間、ほとんど大型化していないことが明らかとなった。このことは、熱心な愛好家による従来の特徴を備えた個体を残すような取組みの結果だと考えられる。

### 第 3 章 繁殖形質に関する分析

#### 第 1 節 繁殖能力の現状分析

アグーは小集団で維持されているため近交度が上昇し産子数は少ないとされている。しかしながら、アグーの繁殖特性に関する報告は少なく不明な点が多い。今後、繁殖性を向上していくためには現状の能力を把握することが必要である。そこで、アグーの繁殖能力を明らかにするため、アグーの繁殖成績の現状調査と能力水準に関する分析を行った。分析には、沖縄県畜産研究センターで飼養するアグー同士の交配、アグー雄×ランドレース種雌および F1 交雑種雌(ランドレース種×大ヨークシャー種)の繁殖成績を用いた。調査項目は総産子数(生存産子数+死産頭数)、生存産子数、離乳頭数、死産頭数、ミイラ数、生時生存率(生存産子数/生存産子数+死産頭数)、離乳時生存率(離乳頭数/生存産子数)、ミイラ率(ミイラ数/生存産子数+死産頭数+ミイラ数)、平均離乳時体重および離乳時総体重であった。

繁殖成績の最小 2 乗平均値において、アグーの総産子数は 4.7 頭、生存産子数は 4.1 頭、離乳頭数は 3.3 頭で、いずれも西洋系品種の半分以下と有意に低い値を示した。アグーの死産頭数は 0.6 頭と産子数が少ない割に多く、生時生存率は西洋系品種よりも低い傾向を示した。離乳時生存率についても、アグーが 78.5%と最も低い傾向にあり、ランドレース種との間には有意差が認められた。さらに、初産次と 5 産次以降において、アグーが西洋系品種と比べて低くなる傾向がみられた。ミイラ率はランドレース種および F1 交雑種がそれぞれ 4.1%、2.2%に対し、アグーは 11.0%と最も高い傾向にあり、アグーと F1 交雑種の間には有意差が認められた。離乳時総体重は、アグーが西洋系品種に比べ有意に低かった。平均離乳時体重もアグー、ランドレース種および F1 交雑種がそれぞれ 4.2kg、7.9kg および 8.0kg であり、アグーが有意に低かった。

このようにアグーの繁殖成績は総じて低かったが、アグー雄を西洋系品種雌(ランドレース種雌および F1 交雑種雌)に交配した場合、著しく繁殖性が向上し、西洋系品種同士の交配成績と遜色ない結果が得られた。

#### 第 2 節 繁殖構造の分析

アグー繁殖性の低さは、品種成立過程における近交度の上昇が影響している可能性が考えられる。そこで、本研究ではアグーの繁殖形質における近交係数の影響を明らかにするとともに繁殖構造の分析を行った。また、今後の繁殖性の改良を検討するため、遺伝的パラメータの推定も併せて行った。

近交係数が繁殖成績に及ぼす影響について、総産子数および生存産子数に対する母豚の近交係数の効果が有意であり ( $P<0.05$ )、母豚の近交係数が増加するに伴い、総産

子数と生存産子数が減少するという好ましくない関係がみられた。また、離乳頭数に対する母豚の近交係数の効果 ( $P<0.07$ )、生存産子数に対する産子の近交係数の効果 ( $P<0.09$ ) が有意な傾向を示した。今後のアグーにおける繁殖性の改良に向け、繁殖形質の遺伝的パラメータを推定した結果、推定された遺伝率および永続的環境効果は、これまでの報告値と同様に低い値で会った。

## 第4章 DNA 情報からみたアグーの遺伝的特性

### 第1節 ミトコンドリアコントロール領域におけるアグーの母系解析

アグーの祖先は、一般的に14世紀末に交易を行っていた中国から伝えられとされているが、その詳細は未だ明らかになっていない。よって、アグーの母系起源を明らかにするため、アグー78頭についてミトコンドリアコントロール領域(mitDNA)をシーケンスし、得られたハプロタイプについて他品種と系統解析を行った。

シーケンスで得られたアグーの配列を NCBI で取得した他品種の配列と比較した結果、コントロール領域において65カ所の多型が見付かった。そのうち、トランジションは58カ所、トランスバージョンは5カ所、さらにギャップが2カ所あった。アグー集団内においては、多型は27カ所あり、5個のハプロタイプが検出された(タイプ1～タイプ5)。

アグーで検出された5つのハプロタイプと東アジア系、西洋系品種を含む30ハプロタイプを用いて最尤法により系統樹を作成した結果、東アジア系と西洋系の2つのクラスターに大別され、タイプ1およびタイプ2は、中国種のごく近縁に位置付けられた。一方、タイプ3、タイプ4およびタイプ5は、西洋系クラスターに含まれた。アグーが保有する東アジア系のタイプは中国種と同一またはごく近縁であることから、アグーの祖先が大陸から導入されたという従来の説を支持する結果が得られた。

### 第2節 マイクロサテライトマーカー分析によるアグーの遺伝構造および遺伝的多様性評価

アグーの遺伝的背景を明らかにするためには核ゲノムからの検討も必要である。また、アグーは一時期30頭程度にまで激減するボトルネックを経験していることから、遺伝的多様性を調査する必要がある。そこで、21個のマイクロサテライトマーカーを使って、アグーと他品種との系統的解析を行い、アグーの遺伝的構造および遺伝的多様性を明らかにした。

解析の結果、アグーの核ゲノムには西洋系品種の影響が確認された。しかしながら、その遺伝的構成は特異的であり、主成分分析や集団構造解析においてアグーは他の品種とは異なる独自のクラスターを形成した。現アグー集団の形成過程について、mtDNA解析と核ゲノムの解析結果を総合的に考察すると、中国から渡ってきた豚に、近代以降、西洋系品種が交雑された後、ボトルネックや1980年代以降の保存のための隔離により、遺伝的浮動が大きく働き他品種とは明確に異なる特異的な集団として遺伝的に分化していると推察した。遺伝的多様性について、アグーにおけるヘテロ接合度の観察値は、西洋系品種および中国種よりも低く、近交係数を示す  $F_{IS}$  は高かったことから、遺伝的多様性の低下と近交度の上昇が確認された。

## 第5章 発育、枝肉形質および肉質形質に関する分析

アグーにおける肉質についての報告はほとんどされていない。アグーは近代品種にはない優良な肉質を保有している可能性が高く、その特性を明らかにすることは、アグーを有用な遺伝資源として位置付けるうえでも重要である。そこでアグーの肉質特性を明らかにするため、アグーと国内で広く用いられている三元交雑種について発育、枝肉形質および肉質調査を行った。

試験終了体重 110kg までの到達日齢は、LWD が約 170 日だったのに対し、アグーは 227 日で有意に長く ( $P < 0.001$ )、DG も有意に低かった ( $P < 0.05$ )。枝肉重量は、アグーが LWD よりも低い傾向にあり、枝肉歩留りはアグーが有意に低かった ( $P < 0.05$ )。ロース面積はアグーが LWD よりも有意に低かった ( $P < 0.001$ ) のに対し、背脂肪厚はアグーが有意に厚かった ( $P < 0.001$ )。ほとんどの肉質形質について品種間差がみられた (表 5.2)。筋肉内脂肪含量 (IMF) は LWD が 2.4% に対し、アグーが 5.9% と有意に高かった ( $P < 0.001$ )。精肉の水分含量と保水性は、アグーが有意に低い値であった。しかし加熱損失率と圧搾肉汁率は、アグーが有意に高い値を示した。

脂肪酸組成については、ステアリン酸 (C18:0) を除くすべてにおいて品種間差がみられた。ミリスチン酸 (C14:0)、パルミチン酸 (C16:0)、パルミトレイン酸 (C16:1)、オレイン酸 (C18:1) および一価不飽和脂肪酸 (MUFA) は、アグーが有意に高く、リノール酸 (C18:2)、リノレン酸 (C18:3) および多価不飽和脂肪酸 (PUFA) については LWD がアグーよりも有意に高い値を示した。背脂肪内層の融点は LWD が 39.9° C に対し、アグーは 35.2° C とアグーが有意に低かった。

## 第6章 高密度 DNA チップを活用したアグー×ランドレース F2 集団の肉質形質におけるゲノムワイド関連解析

第5章での肉質分析において、アグーは一般豚に比べて IMF や圧搾肉汁率が高く、加熱損失率が低いこと、一価不飽和脂肪酸が高く、多価不飽和脂肪酸が低いことが明らかになった。近年、量的遺伝子座 (QTL) 解析が行われるようになり、肉質に関する多くの QTL が報告されている。QTL 情報を利用することでより効率的な改良を行える可能性がある。また、アグーの優良な QTL を商用品種に導入し、新たな銘柄豚を作出することも有効な活用法の一つである。このように肉質の QTL を探索することは、アグーの肉質改良や育種素材としての新たな活用法へ向けた知見になる。そこで本研究では、アグー×ランドレース F2 集団において高密度 SNP チップを用いたゲノムワイド関連解析 (GWAS : Genome-Wide Association Study) を行った。

解析の結果、背脂肪厚、脂肪融点、加圧保水性 (精肉保水性)、加熱損失率および脂肪酸組成 (7 成分) に関して 122 個の QTL が検出された。検出された C14:0、C16:0 および C16:1 に関する 48 個の QTL のうち 12 個はアグー始祖豚において固定されており、そのうち 11 個はこれらの脂肪酸を増加させる効果があった。さらに、C18:3 で検出された 6 個の QTL のうち 5 個はアグー始祖豚において固定されており、C18:3 を減少させる効果があった。

加圧保水性、加熱損失率および破断応力で検出された QTL において、アグー始祖豚

で固定された SNP はほとんど見られなかったことから、これらの QTL はアグー集団内で分離し改良に有効である可能性が示唆された。

本研究により、肉質をはじめとするアグー品種特性や特異的な遺伝的構造などが明らかとなり、遺伝資源としての価値を明確にすることができた。本研究成果はアグーの保全や育種改良に向けた重要な基礎知見となると考えられる。