

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25450396

研究課題名(和文)ニワトリの肉質を支配する量的形質遺伝子座(QTL)の探索-DNA育種のために

研究課題名(英文) Investigation of quantitative trait loci (QTL) for chicken meat-quality traits - for future DNA-based breeding

研究代表者

都築 政起 (Tsudzuki, Masaoki)

広島大学・生物圏科学研究科・教授

研究者番号：70212058

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：ニワトリの肉関連形質に関し、1塩基多型マーカーを用いてQTL解析を遂行した結果、孵化時体重、1週齢時体重、孵化時から1週齢時までの増体率、肝臓重量、モモ/ムネ重量比率、モモ肉の明るさおよび黄色味の程度、ならびにムネ肉およびササミの黄色味の程度、モモおよびムネ肉のスレオニン含量、モモ肉のイソロイシン含量、ならびにムネ肉におけるグルタミン酸、ロイシンおよびアルギニン含量に関する、suggestiveおよびsignificantレベルのQTLを総計12個発見した。

研究成果の概要(英文)：QTL analyses were performed for meat-related traits of chickens (body weight, carcass-related traits, meat colors, and volume of free amino acids). Single nucleotide polymorphism (SNP) markers developed by a RAD-sequencing method were used. As a result, 12 QTLs were found at suggestive and significant levels for body weights at hatching and one week of age, growth rate from the hatching to one week of age, liver weight, ratio of thigh and breast muscle weights, lightness and yellowness of the thigh meat, yellowness of the large and small breast muscles, volume of threonine in the thigh and breast muscles, volume of isoleucine in the thigh muscle, and volume of glutamic acid, leucine, and arginine.

研究分野：家畜育種遺伝学

キーワード：ニワトリ 肉関連形質 DNAマーカー QTL解析

1. 研究開始当初の背景

本研究の背景には、我が国には国産の高性能肉用鶏がほとんど存在しないため、真の鶏肉自給率は2%未満であり、海外からの原種鶏や種鶏の輸入なくしては鶏肉の供給がほとんど行えないという事実がある。鶏肉はなくてはならない重要なタンパク源である。トリインフルエンザ等の防疫問題や何らかの国家間トラブルにより原種鶏や種鶏の輸入がストップすれば由々しき事態が発生する。早急に、我が国独自の高性能肉用鶏を作出すべきである。この肉用鶏に基づいて、鶏肉の自給率を真に向上させることができれば、国家・国民に貢献できることは明白である。

本研究の最終目標は、増体性に優れ、かつ優れた肉質をもった優良国産肉用鶏を、DNA育種法により正確かつ迅速に作出することにある。本法によって優良国産鶏を作出するためには、その準備段階として、QTL (quantitative trait loci= 量的形質遺伝子座) 解析を行って、鶏肉に関する諸形質を支配している量的形質遺伝子座を明らかにしておく必要がある。

日本国内の大学において、ニワトリを対象としたQTL解析研究を行っているのは筆者のグループのみである。また、海外において、鶏肉の色調を対象としたQTL解析例は2、3散見されるものの、遊離アミノ酸含有量を対象としてQTL解析を行った例は筆者の知る限り存在しない。すなわち、遊離アミノ酸のような肉の呈味成分の含量に関するQTL解析を行う点で本研究は極めて独創的であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、上述の背景に基づき、QTL解析を行って、ニワトリの肉関連形質を支配している遺伝子座の染色体上の位置を明らかにし、DNA育種のための基盤を整えることを目的とした。

QTL解析を行うためには、まず解析用資源家系を造成する必要があるが、本研究では、次に述べるように、親世代に大シャモと白色プリマスロックを用いた。

3. 研究の方法

QTL解析用資源家系の造成に当たり、独立行政法人家畜改良センター兵庫牧場より導入した大シャモ(831系統)と白色プリマスロック(13系統)を用いた。大シャモの雄1羽と白色プリマスロックの雌4羽の交配を行ってF1世代を得た。次いで、それぞれの交配から得られたF1個体を全兄妹交配することによりF2世代を得た。

この資源家系から次に述べる各種形質データを得た。(1) 孵化時から7週齢までの1週間ごとの体重、(2) 7週齢個体における屠体関連形質データ、すなわち、中抜屠体重量、肝臓重量、モモ肉重量、ムネ肉重量、ササミ重量、および腹腔内脂肪重量。(3) 同7週齢

個体のモモ、ムネおよびササミ肉の色調(L*値: 明るさ、a*値: 赤味の程度およびb*値: 黄色味の程度)。(4) 同7週齢個体のモモおよびムネ肉における各種遊離アミノ酸ならびにその関連物質含量。尚、これらの物質名は次の通り: アスパラギン酸、アスパラギン、スレオニン、セリン、グルタミン酸、グルタミン、グリシン、アラニン、バリン、メチオニン、ロイシン、イソロイシン、チロシン、ベータアラニン、フェニルアラニン、オルニチン、ヒスチジン、リジン、アルギニン、プロリン、ヒドロキシプロリン、タウリン、アンセリン、カルノシン。上記(1)-(4)の形質データを採取したF2個体数は、それぞれ343、317、317および201であった。

QTL解析を行うためのDNAマーカーには1塩基多型マーカーを用いた。RAD (restriction site associated DNA) シークエンス法を用いて1塩基多型マーカーの開発を行った。先に述べた形質の値とこのマーカー情報を統合してR/qt1プログラムを用いてQTL解析を遂行した。上記F2個体内、全形質データを共通してもつ172個体ならびに1126個のマーカーを用いた。尚、解析に先立ち、形質データに対しては、雌雄補正ならびに孵化日補正を行った。

4. 研究成果

(1) 体重形質

孵化時から7週齢に至るいずれの体重においても、また雌雄いずれにおいても、白色プリマスロックが大シャモ、F1およびF2世代に対して有意に大きな値を示した。また、F1およびF2世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

(2) 屠体関連形質

<中抜き屠体重量> 生体重量の場合と同様に、雌雄いずれにおいても、白色プリマスロックが大シャモ、F1およびF2世代に対して有意に大きな値を示した。また、F1およびF2世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<モモ肉重量> 雌雄ともに白色プリマスロックが大シャモ、F1およびF2世代に対して有意に大きな値を示した。また、F1およびF2世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<ムネ肉重量> モモ肉同様、雌雄ともに白色プリマスロックが大シャモ、F1およびF2世代に対して有意に大きな値を示した。また、F1およびF2世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<ササミ重量> モモ肉およびムネ肉同様、雌雄ともに白色プリマスロックが大シャモ、F1およびF2世代に対して有意に大きな値を示した。また、F1およびF2世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<モモ/ムネ肉重量比率> 雄においては、両親世代の大シャモおよび白色プリマスロ

ク、ならびにF1およびF2世代の4群間に有意差は認められなかった。一方、雌においては、大シャモ、白色プリマスロックおよびF1間に有意差は存在せず、かつF1およびF2間にも有意差は存在しなかった。

<肝臓重量> 体重形質および各種層体関連形質と同様に、雌雄ともに白色プリマスロックが大シャモ、F₁およびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。また、F₁およびF₂世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。

(3) 鶏肉の色調形質

大シャモ、白色プリマスロックならびに両品種のF₁およびF₂世代雌雄のモモ肉、ムネ肉およびササミにおける、非破壊状態のL* (明るさ)、a* (赤味の程度)、b* (黄色味の程度) 値の測定結果を以下に記述する。

【モモ肉】L*値に関しては、雌雄ともに群間に有意差は存在しなかった。雄のa*値に関して、大シャモが他の群に対して有意に高い値を示した。雌のa*値に関しては、大シャモ、白色プリマスロックおよびF₁世代がF₂世代に対して有意に高い値を示した。また、雄のb*値に関しては、白色プリマスロックが他の群に対して有意に低い値を示した。雌のb*値では、F₁世代が他群よりも有意に高い値を示し、F₂世代の値は白色プリマスロックのそれよりも有意に高かった。

【ムネ肉】雌雄ともに、L*値では群間に有意差はみられなかった。雄のa*値に関しては、F₂世代がF₁世代よりも有意に高い値を示した。雌のa*値では、大シャモと白色プリマスロックがF₁およびF₂世代よりも有意に高い値を示した。雄のb*値に関して、大シャモ、F₁世代およびF₂世代が白色プリマスロックよりも有意に高い値を示した。また、雌のb*値では、F₁世代はF₂世代および白色プリマスロックに対し有意に高い値を示した。大シャモは白色プリマスロックに対し有意に高い値を示した。

【ササミ】雄のL*値では、白色プリマスロックが大シャモおよびF₂世代よりも有意に高い値を示した。雌のL*値では、群間に有意差はみられなかった。雄のa*値では、大シャモが他群よりも有意に高い値を示した。雌のa*値では、大シャモがF₁およびF₂世代よりも有意に高い値を示した。雄のb*値は、大シャモ、F₁世代およびF₂世代が白色プリマスロックに対し、有意に高かった。雌のb*値では、F₁世代がF₂世代および白色プリマスロックに対し有意に高い値を示した。また、大シャモは白色プリマスロックに対し有意に高い値を示した。

(4) 遊離アミノ酸および遊離アミノ酸関連物質含量形質

大シャモ、白色プリマスロックならびに両品種のF₁およびF₂世代雌雄のモモ肉およびムネ肉における、遊離アミノ酸、ジペプチド

(アンセリン、カルノシン) およびタウリン含量の測定結果を以下に記述する。

【モモ肉】<アスパラギン酸> 雌雄ともに、F₁世代、F₂世代および大シャモが、白色プリマスロックに対して有意に大きな値を示した。

<スレオニン> 雌雄ともに、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<アスパラギン> 雄のみに有意差が存在し、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<グルタミン酸> 雄では、白色プリマスロックが大シャモおよびF₁世代に対して有意に大きな値を示した。また、F₂世代は大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックおよびF₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<グルタミン> 雌雄ともに、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<アラニン> 雄のみに有意差が存在し、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<バリン> 雄では、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックが大シャモおよびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<メチオニン> 雌のみに有意差が存在し、F₁世代が他群に対して有意に大きな値を示した。

<イソロイシン> 雄では、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックおよびF₁世代が、大シャモおよびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<ロイシン> 雄では、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、大シャモのみが、他群に対して有意に小さな値を示した。

<チロシン> 雄では、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、F₁世代が、他群に対して有意に大きな値を示した。

<フェニルアラニン> 雌のみに有意差が存在し、白色プリマスロックが大シャモおよびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<アルギニン> 雌のみに有意差が存在し、F₂世代が大シャモおよび白色プリマスロックに対して有意に大きな値を示した。

<タウリン> 雄では、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックおよびF₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

【ムネ肉】<アスパラギン酸> 雌においてのみ有意差が存在し、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<スレオニン> 雄では、F₂世代が大シャモおよびF₁世代に対して有意に大きな値を示

した。雌では、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<セリン> 雄においてのみ有意差が存在し、白色プリマスロックがF₁世代に対して有意に大きな値を示した。

<アスパラギン> 雌のみに有意差が存在し、白色プリマスロックが他群に対して有意に大きな値を示した。

<グルタミン> 雌のみに有意差が存在し、白色プリマスロックがF₁世代およびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<グリシン> 雄では、白色プリマスロックがF₁世代およびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックが他群に対して有意に大きな値を示した。

<アラニン> 雄のみに有意差が存在し、F₂世代が、大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<バリン> 雌のみに有意差が存在し、白色プリマスロックがF₂世代および大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<イソロイシン> 雄では、白色プリマスロックが大シャモに対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックがF₂世代および大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<ロイシン> 雄では、F₂世代がF₁世代に対して有意に大きな値を示した。雌では、F₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<チロシン> 雌のみに有意差が存在し、大シャモがF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<ベータアラニン> 雄のみに有意差が存在し、大シャモがF₁世代に対して有意に大きな値を示した。

<ヒスチジン> 雄では、有意差はみられなかった。雌では、F₁世代が大シャモおよびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。また、白色プリマスロックがF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

<アルギニン> 雄では、F₂世代が他群に対して有意に大きな値を示した。雌では、F₂世代が大シャモおよび白色プリマスロックに対して有意に大きな値を示した。

<アンセリン> 雄のみに有意差が存在し、F₁およびF₂世代が大シャモに対して有意に大きな値を示した。

<カルノシン> 雄では、白色プリマスロックが大シャモおよびF₁世代に対して有意に大きな値を示した。雌では、白色プリマスロックが大シャモおよびF₂世代に対して有意に大きな値を示した。

(5) QTL 解析結果

孵化時体重、1週齢時体重、孵化時から1週齢時までの成長率、肝臓重量、モモ/ムネ肉重量比率、モモ肉の明るさおよび黄色味の程度、ならびにムネ肉およびササミの黄色味の程度に関する suggestive および

significant レベルの QTL を、第3、6、7、8、9、15、19 および 23 染色体上に合計 8 個発見した。尚、1週齢時体重 QTL と孵化時から1週齢時までの成長率の QTL は同一のものであった。

本研究において、モモ/ムネ肉重量比率に関する QTL を発見し得たことは大きな成果であると考えられる。以下の理由による。海外からの輸入に基づき、現在の我が国に存在・流通しているブロイラー（我が国の鶏肉市場の98%を席卷）は、欧米の手によって、ムネ肉がモモ肉よりも大きくなるように育種・改良がなされたものである。しかしながら、日本国民は、ムネ肉よりも圧倒的にモモ肉を好む国民であるため、鶏肉産業界では、ムネ肉の小売単価が安くて困っているという状況が20年以上前から存在し、モモ肉比率の高いニワトリの育種が望まれ続けている。従って、本研究において、モモ/ムネ肉重量比率に関する QTL を発見できたという事実は、この QTL 情報を用いて、DNA 育種により、我が国の国民の要望に応えることのできるニワトリを育種できる道が開けたということであり、極めて大きな成果であると考えられる。

以上の発見・成果に加え、モモ肉およびムネ肉のスレオニン含量、モモ肉におけるイソロイシン含量、ならびにムネ肉におけるグルタミン酸、ロイシンおよびアルギニン含量に関する suggestive および significant レベルの QTL を、第2、3、7 および 12 染色体上に合計 4 個検出した。尚、モモ肉とムネ肉のスレオニン含量に関する QTL は同一のものであり、ムネ肉のロイシンおよびアルギニン含量に関する QTL も同一のものであった。いずれにしろ、このような、鶏肉中の遊離アミノ酸含量に関する QTL の発見は世界初の事例であると思われる。従って、本発見は、今後の DNA 育種に基づく優良国産鶏の開発に大きく貢献することができると考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

1. Takashi Ono, Hiroki Ushijima, Atsushi Takenouchi, and Masaoki Tsudzuki, Relationship between IAPP exon polymorphisms and carcass-related traits in chickens, 17th AAAP Animal Science Congress, 22-25 Aug 2016, Fukuoka Japan
2. 小野貴史, 牛島大樹, 竹之内 惇, 都築政起, ニワトリ IAPP エクソン領域の多型による屠体関連形質への影響, 日本家禽学会 2016 年度春季大会, 2016 年 3 月 30 日, 日本獣医生命科学大学, 武蔵野市
3. 小野貴史, 大原 健, 岡 孝夫, Mohammad

Ibrahim Haqani, 豊後貴嗣, 都築政起, ニワトリ QTL 解析を行うための肉質分析～遊離アミノ酸含量について～, 日本家禽学会 2014 年度春季大会, 2014 年 3 月 29 日, 筑波大学, つくば市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

都築 政起 (Tsudzuki Masaoki)
広島大学・大学院生物圏科学研究科・
教授
研究者番号 : 70212058

(2) 連携研究者

石川 明 (Ishikawa Akira)
名古屋大学・大学院生命農学研究科・
准教授
研究者番号 : 20211724