

Bulletin of
Shizuoka Prefectural
Research Institute of Animal Industry
Swine & Poultry Research Center
No.5
January, 2012

**静岡県畜産技術研究所
中小家畜研究センター研究報告**

第5号

平成24年1月

**静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
静岡県畜産経営環境技術センター**

静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
Bull, Shizuoka
Swine & Poultry
Res. Cen.
No.5

静岡県菊川市西方2780
Kikugawa-shi, Shizuoka-ken
Japan

目 次

1. 実験用豚に関するアンケート調査	1
塩谷聡子・河原崎達雄 ¹ ・大津雪子 ² ・柴田昌利 (1現：東海大学農学部、2現：東部農林事務所)	
2. 止め雄の戻し交配の世代が三元交雑豚の産肉性と肉質に及ぼす影響	10
柴田昌利・堀内篤	
3. 新銘柄地鶏「フジ ^{こしやも} 小軍鶏」の肉質評価	14
松井繁幸・池谷守司	
4. ウィンドウレス鶏舎内におけるLED電球による照明が卵の生産と経済性に及ぼす影響	20
池谷 守司・松井繁幸	
5. 養豚排水におけるECを指標とした凝集剤添加法の検討	24
杉山 典・中村茂和・白岩佑美子	

Shizuoka Prefectural
Research Institute of Animal Industry
Swine & Poultry Research Center
No.5 2012

Contents

1. Questionary survey about the pig as an experimental animal Satoko Enya, Tatsuo Kawarasaki ¹ , Yukiko Otsu ² , Masatoshi Shibata	1
(¹ Tokai University of Agriculture, ² Shizuoka Prefectural Toubu Agriculture and Forestry)	
2. Effects of backcross generation on growth performance and meat quality of the three-way cross pigs	10
Masatoshi Shibata, Atsushi Horiuchi	
3. Evaluation of the meat quality of new brand jidori " FUJI-KOSHAMO"	14
Shigeyuki Matsui, Moriji Ikeya	
4. The effect of LED lighting on egg production and profitability in windowless poultry house	20
Moriji Ikeya, Shigeyuki Matsui	
5. Use of electrical conductivity as dose-dependent indicator of chemical precipitation in swine wastewater treatment	24
Tsukasa Sugiyama, Shigekazu Nakamura, Yumiko Shiraiwa	

実験用豚に関するアンケート調査

Questionary survey about the pig as an experimental animal

塩谷聡子・河原崎達雄¹・大津雪子²・柴田昌利

要約：本研究では、実験用豚に関するアンケート調査を行い、極小ミニ豚のニーズや求められる特性を調査した。養豚研究者、実験動物関係者、実験用豚を用いた研究を行っている研究者等110名から回答を得た。110人中56人(50.9%)の人が、試験研究にブタの使用経験又はその意向があると回答した。そのうち使用したいブタの大きさとして、極小ミニ豚の大きさに近い「10kg程度」か「20kg未満」を選択した人は29人であった。これらの人が求める実験用豚の特性は、毛色が白色、SPF環境以上の微生物制御がされている、大きさや形が揃っている、性質が温順で取扱いやすい等に加えて、供給体制が安定していることであった。以上から、極小ミニ豚には高いニーズがあり、求められる実験用豚のような付加価値化と安定供給体制を整えることで、有用性が高まると考えられた。

(静岡畜技研中小研七研報 5, 1～9, 2012)

はじめに

ブタは生理学的・解剖学的な特性がヒトと類似していることから、前臨床実験への活用が期待され、EUでは年間60,000頭が研究に用いられている(Svendensen 2006) 実験動物である。また動物愛護意識の高まりから、これまで大学等で実験動物として用いられてきた不用犬が利用できなくなったが、ブタは産業動物として利用されているために倫理的な障壁が低く、利用しやすいという利点がある。しかし、一般的な欧米種(雌)では、性成熟に達する160～240日齢で体重が80～130kg(丹羽1994)、国内で流通している既存の実験用ミニブタ(クラウン系、NIBS系、ゲッチングン系)でも、性成熟に達する6ヶ月齢で体重が約20kg(中西ら1991;齋藤2009;谷川ら2000)と、大学等の一般的な研究施設で飼育するには大きすぎ、高価な治療薬が大量に必要な等の理由で、実験動物としてのブタ(ミニブタを含む)の国内での販売数は年間約1,300頭(齋藤2009)と少数にとどまっている。

一方、県内の農場で非常に小型のミニブタ(以

下、極小ミニ豚)が誕生した。極小ミニ豚は、性成熟に達する6～7ヶ月齢で体重が約10kgと既存の実験用ミニブタよりも小型で、実験に用いられるビーグル犬に近い体格を持ち、生殖能力があり、極小体格の形質は後代に伝達するとされている。

そこで、極小ミニ豚を利用した実験用豚生産のニーズや求められる特性を把握するため、養豚研究者、実験動物関係者および実験用豚を用いた研究を行っている研究者等に、実験用豚に関するアンケート調査を行った。

調査の方法

1. 調査対象および調査方法

平成21年7月～10月に行われた実験動物や実験用豚に関連するシンポジウム・セミナー等の参加者219名に対し、会場受付でアンケート用紙(図1)を配布し、終了後に回収した。

平成22年11月5日に、実験用豚を用いた研究を行っている研究者等(インターネット等で調査)38名にアンケート用紙(図2)を郵送し、同封した返信用封筒により回収した(回答期限:平成22年11月末日)。尚、アンケート用紙への回答機関名の記入は任意とした。

(¹現:東海大学農学部、²現:東部農林事務所)

1	<p>あなたの勤務先あるいは学校について、当てはまるものに○を付けてください。 民間企業：医薬品製造・医薬品安全性評価・食品製造・飼料製造・家畜生産・ 実験動物生産・その他（ ） 大 学：①教 員・学 生・院 生・その他（ ） ②医学部・薬学部・農学部・その他（ ） 国公立研究機関：医学系・薬学系・農学系・その他（ ） その他（ ）</p>
2	<p>現在ブタを使った試験・研究等を行っていますか。あるいは、今後使う予定はありますか。 ※カッコ内も○を付けてください。 a. ある（家畜・実験動物）→①へ b. な い→②へ</p> <p>①あると答えた方 試験・研究内容は何ですか。※近いものに○を付けた後、具体的にご記入ください。 生殖・遺伝・育種・薬理・病理・組織・栄養・飼育・安全性評価・再生医療・医療技術訓練・その他 （具体的に ）</p> <p>②ないと答えた方 ②-1使用している実験動物は何ですか。（ ） ②-2ブタを使用しない理由は何ですか。（複数回答可） a. ブタを使用するには不適切な実験 b. 他の動物種で代用できる実験 c. 飼育施設・設備がない d. 飼育、実験の技術がない e. ブタが入手できない f. 価格が高い g. 取り扱いにくい h. 他の実験動物と比べ、データの蓄積が少ない i. 実験動物を利用していない j. その他（ ）</p>
3	<p>実験動物としてどのようなミニブタがいたら、実験・研究に利用したいですか。 ※その選択肢を選んだ理由もご記入ください。</p> <p>3-1. 大きさ a. 10kg程度 b. 20kg未満 c. 50kg未満 d. 70kg未満 e. 100kg以上 h. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-2. 色 a. 白 b. 有 色 c. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-3. 遺伝子（複数回答可） a. SLA型が揃っている b. 病態モデル（具体的に ） c. GFPなど遺伝子組換え動物 d. 同一遺伝子を有する（クローン） e. 特にこだわらない f. その他（ ） <理由></p> <p>3-4. 微生物制御 ※畜産レベルのSPF：オーエスキー病、豚赤痢、マイコプラズマ肺炎、萎縮性鼻炎、トキソプラズマ病がフリー a. 畜産レベルのSPFのみ b. 畜産レベルのSPF + その他に制御が必要だと思われる微生物 c. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-5. その他（複数回答可） a. 大きさや形が揃っている b. 耳が大きい c. 性質が温順 d. 無毛 e. その他（具体的に ） <理由></p>
4	<p>実験動物としてブタを使ったことがある人にお尋ねします。</p> <p>4-1. ブタを使用した理由は何ですか。</p> <p>4-2. ブタを扱っていて困ったことは何ですか。（複数回答可） a. 飼育管理 b. 取り扱い（採血、麻酔など） c. 供給体制 d. 価格 e. 特になし f. その他（具体的に ）</p>
5	<p>実験動物としてのブタの開発に関して、要望がありましたらお教えてください。</p>

図1 アンケート用紙（シンポジウム・セミナー参加者向け）

1	<p>貴機関について、当てはまるものに○を付けてください。 尚、差し支えなければ貴機関名をお教えてください。 大学・製薬会社・試験機関・医療センター・実験動物関連・その他 () 貴機関名 ()</p>
2	<p>2-1. 現在ブタを使った試験・研究等を行っていますか。あるいは、過去に使用していたことがありますか。また、年に何頭使用していますか。※カッコ内も○を付けてください。 a. 現在使用している(家畜ブタ・ミニブタ)年 _____ 頭→①へ b. 過去に使用していた(家畜ブタ・ミニブタ)年 _____ 頭→②へ</p> <p>①現在使用していると答えた方 試験・研究内容は何ですか。 ※近いものに○を付けた後、試験・研究テーマをご記入ください。 生殖・遺伝・育種・薬理・病理・組織・栄養・飼育・安全性評価・再生医療・医療技術訓練・その他 (テーマ _____)</p> <p>②過去に使用していたと答えた方 ②-1当時の試験・研究内容は何ですか。 ※近いものに○を付けた後、試験・研究テーマをご記入ください。 生殖・遺伝・育種・薬理・病理・組織・栄養・飼育・安全性評価・再生医療・医療技術訓練・その他 (テーマ _____)</p> <p>②-2現在使用していない理由は何ですか。(複数回答可) a. ブタを使用するには不適切な実験 b. 他の動物種で代用できる実験 c. 飼育施設・設備がない d. 飼育、実験の技術がない e. ブタが入手できない f. 価格が高い g. 取り扱いにくい h. 他の実験動物と比べ、データの蓄積が少ない i. 実験動物を利用していない j. その他 (_____)</p> <p>2-2. ブタを使用した理由は何ですか。</p> <p>2-3. ブタを使用して困ったことは何ですか。(複数回答可) a. 飼育管理 b. 取り扱い(採血、麻酔など) c. 供給体制 d. 価格 e. 特になし f. その他 (_____)</p> <p>2-4. ブタを使用した感想をお教えてください。</p>
3	<p>実験動物としてどのようなミニブタがいたら、試験・研究に利用したいですか。 ※その選択肢を選んだ理由もご記入ください。</p> <p>3-1. 大きさ a. 10kg程度 b. 20kg未満 c. 50kg未満 d. 70kg以上 h. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-2. 色 a. 白 b. 有色 c. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-3. 遺伝子(複数回答可) a. SLA型が揃っている b. 病態モデル(具体的に _____) c. GFPなど遺伝子組換え動物 d. 同一遺伝子を有する(クローン) e. 特にこだわらない f. その他 (_____) <理由></p> <p>3-4. 微生物制御 ※畜産レベルのSPF：オーエスキー病、豚赤痢、マイコプラズマ肺炎、萎縮性鼻炎、トキソプラズマ病がフリー a. 畜産レベルのSPFのみ b. 畜産レベルのSPF + その他に制御が必要だと思われる微生物 c. 特にこだわらない <理由></p> <p>3-5. その他(複数回答可) a. 大きさや形が揃っている b. 耳が大きい c. 性質が温順 d. 無毛 e. データが揃っている f. 文献数が多い g. その他(具体的に _____) <理由></p>
4	<p>実験動物としてのブタの開発に関しまして、要望がありましたらお教えてください。</p>

図2 アンケート用紙(実験用豚を用いた研究を行っている研究者等向け)

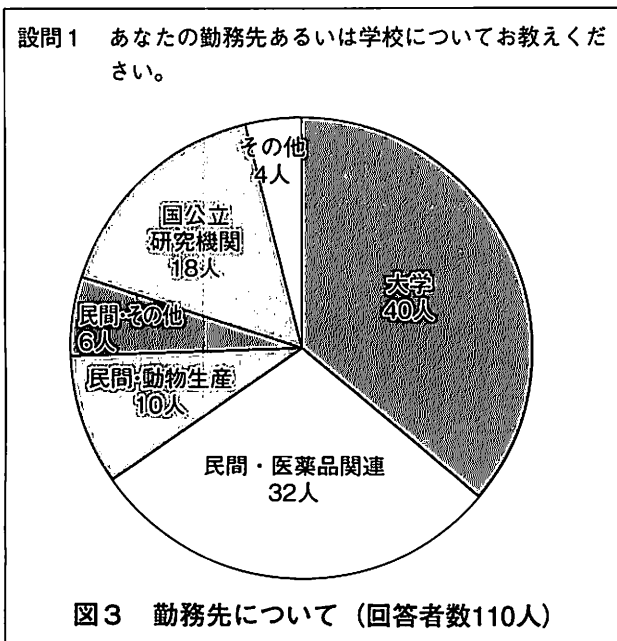
結果および考察

1. アンケートの回収結果

シンポジウム・セミナー参加者95人（回収率43.4%）及び研究者等15人（回収率39.5%）から回答が得られた。

2. アンケート調査の詳細

(1) 勤務先について（図3）



回答のあった110人の内訳は、「大学」が40人（36.4%）で最も多く、次いで「民間・医薬品関連」が32人（29.1%）、「国公立研究機関」が18人（16.4%）だった。

実験用豚の利用者は、多岐にわたることが見込まれた。

(2) ブタの使用経験、使用意向の有無と不利用の理由について（図4、表1）

設問2-1 現在ブタを使った試験・研究を行っていますか。あるいは、今後行う予定はありますか。

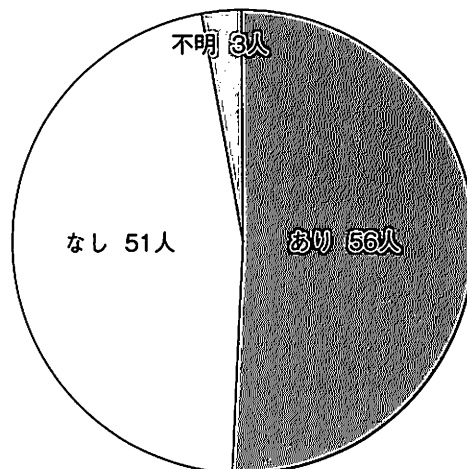


図4 ブタの使用経験、使用意向の有無（回答者数110人）

設問2-2 ブタを使用しない理由は何ですか。（複数回答可）

表1 不利用の理由（回答者48人）

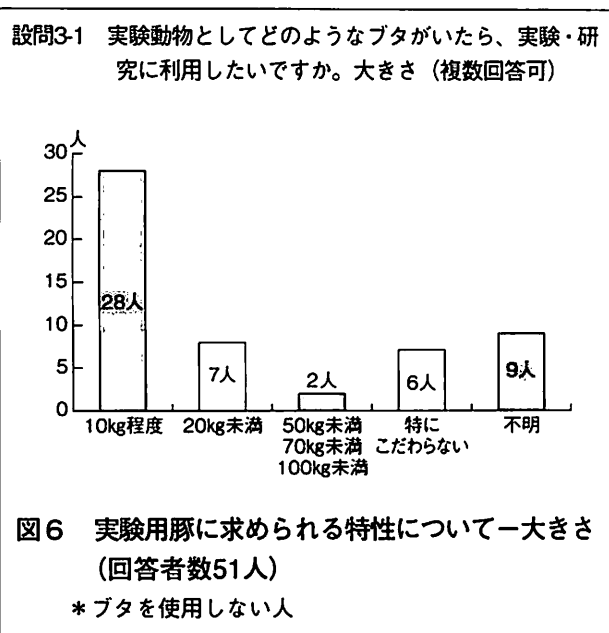
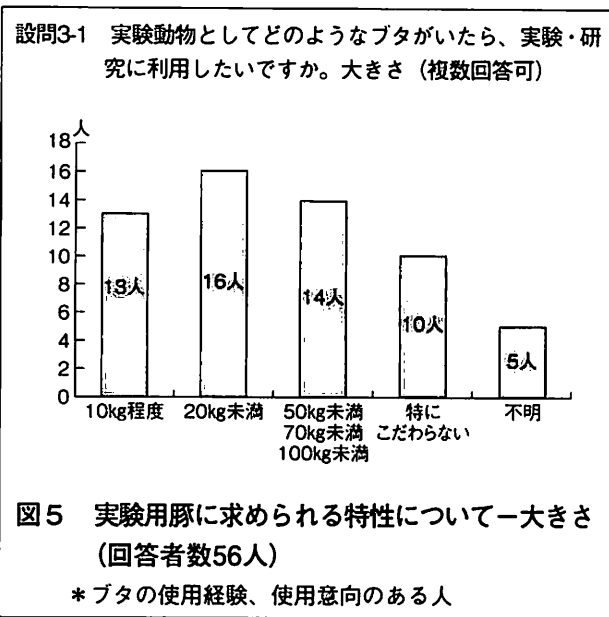
理由	人数
ブタを使用するには不適切な実験	4
他の動物種で代用できる実験	12
飼育施設・設備がない	18
飼育・実験の技術がない	9
ブタが入手できない	4
価格が高い	1
取り扱いにくい	1
他の実験動物と比べ、データの蓄積が少ない	7
実験動物を利用していない	10
その他	10

110人中、56人（50.9%）の人が、試験・研究にブタの使用経験又はその意向があると回答した（図4）。

ブタを使用しないと回答した51人中、48人からその理由について回答が得られた（表1）。飼育施設・設備がない18人（37.5%）、飼育・実験の技術がない9人（18.8%）、ブタが入手できない4人（8.3%）、価格が高い1人（2.1%）、取り扱いにくい1人（2.1%）など、使用希望はあると考えられるが、何らかの問題をあげる人は22人（43.1%）あった。

今後、日本でも実験用豚がEUのように安全性試験の分野で使用される（Svendsten 2006）ようになるには、使用しない理由にあげられた問題の解決が、ブタを普及していくための糸口になると推察された。

(3) 実験用豚に求められる特性について(大きさ)(図5、6)



ブタの大きさについて、ブタの使用経験またはその意向がある29人(51.8%)、使用しないと回答した35人(68.6%)が「10kg程度」か「20kg未満」を選択した。

極小ミニ豚の大きさに近い「10kg程度」か「20kg未満」を選択した人が、使用経験又はその意向がある人で約半数を占めたことから、このサイズのブタに大きなニーズがあることがわかった。また、使用しないと回答した人は、より小さい「10kg程度」のブタを選択する傾向にあったことから、今後より小さい実験用豚の需要が増す可能性があると考えられた。

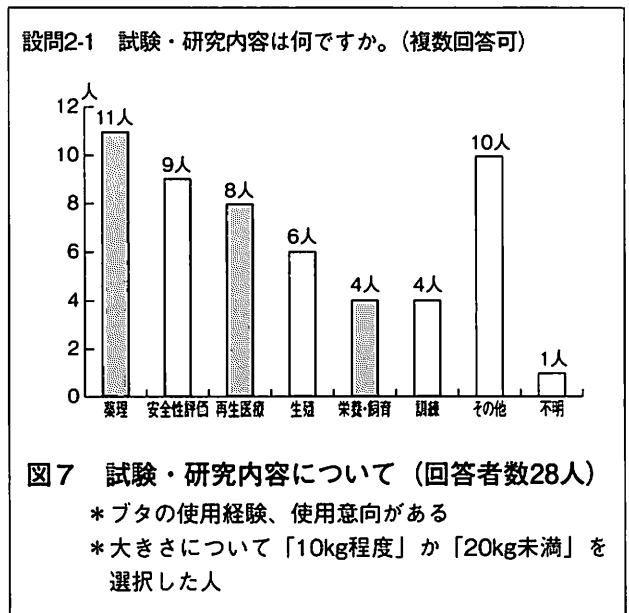
「10kg程度」か「20kg未満」を選択した理由としては、「取扱いやすい」、「使用薬剂量が少量で済む」、「既存の飼育設備が使用できる」等が挙げられた。

選択理由に「取扱いやすい」が挙げられたことから、使用者は、ハンドリングのしやすさが重視される頻回の薬剤の投与や採血等を伴う実験でブタの使用意向があること、中にはブタに不慣れな人もいと推察された。よって実験用豚の普及には、使用者に対する保定や採血等の技術支援も必要であると考えられた。

また「使用薬剂量が少量で済む」、「既存の飼育設備が使用できる」が挙げられたことは、小さい実験用豚を利用し動物実験のコストダウンを求めていると推察された。

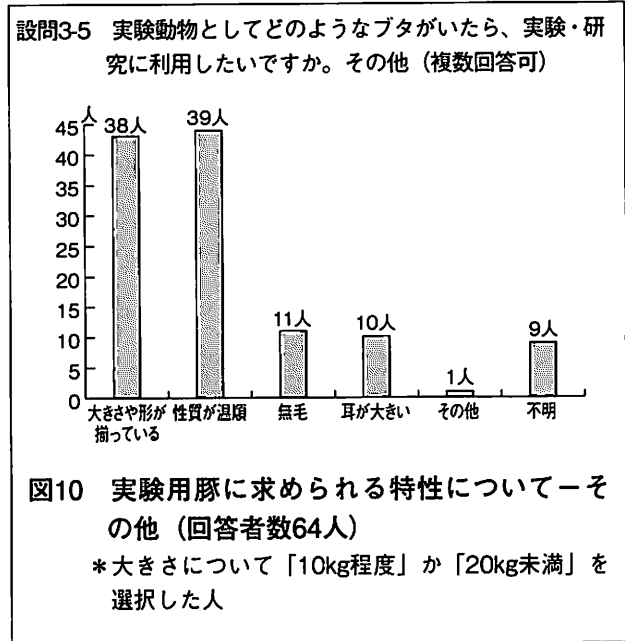
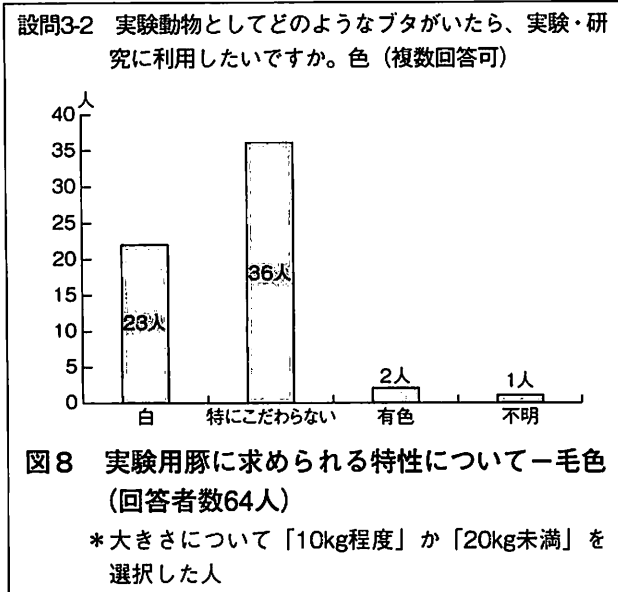
当センターでは、現在極小ミニ豚の体の大きさに関するQTL解析等を行っている(塩谷ら2009;塩谷ら2010;塩谷ら2011a;塩谷ら2011b)。今後、この研究から得られた成果を用いて、より小さい実験用豚の育種を目指したい。

(4) 試験・研究内容について(図7)



ブタの使用経験またはその意向があり、大きさについて「10kg程度」か「20kg未満」を選択した28人の試験・研究内容は、「薬理」が11人、「安全性評価」が9人で、今後日本でも医薬品などの安全性試験の分野におけるブタの利用の有用性が確認された。

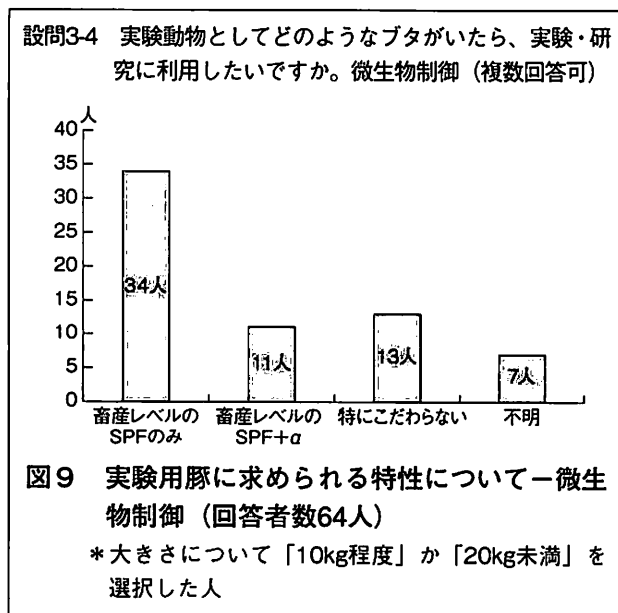
(5) 実験用豚に求められる特性について



設問3-3 実験動物としてどのようなブタがいたら、実験・研究に利用したいですか。遺伝子 (複数回答可)

表2 実験動物に求められる特性について—遺伝子 (回答者数64人)
* 大きさについて「10kg程度」「20kg未満」を選択した人

理由	人数
SLA型が揃っている	10
病態モデル	8
GFPなど遺伝子組換え動物	3
同一遺伝子を有する (クローン)	7
特にこだわらない	26
その他	3
不明	13



大きさについて「10kg程度」か「20kg未満」を選択した64人に、a) 毛色 (図8)、b) 遺伝子 (表2)、c) 微生物制御 (図9)、d) その他の特性 (図10) に分けて質問した。

a) 毛色について、36人 (56.3%) が「特にこだわらない」を選択した一方で、23人 (35.9%) が「白色」、2人 (3.1%) が「有色」を選択した。

「白色」を選択した理由には、“ブタの健康状態や皮膚の状態が観察しやすい”等が挙げられた。「白色」を選択した人が多かったことから、毛色を「白色」にコントロールすることで、極小ミニ豚の汎用性がより高まると推察された。

極小ミニ豚の毛色については、白色にコントロールする方法を開発している (塩谷ら2010) ことから、今後、この方法を用いて、効率よく白色の極小ミニ豚を作出する計画である。

b) 遺伝子については、26人 (40.6%) の人が「特にこだわらない」を選択した。

一方、「SLA型が揃っている」、「同一遺伝子を有する (クローン)」等の遺伝子型の揃ったブタを選択した人は“再現性が高い”、“移植実験に用いる”等を理由に挙げ、「病態モデル」を選択した人は具体例として“糖尿病”、“高脂血症”等の生活習慣病を挙げた。

「特にこだわらない」を選択する人の割合が高かったが、高い再現性が求められる安全性試験や移植実験等では、遺伝子型が揃ったブタが必要とされていることがわかった。

当センターの極小ミニ豚は全頭SLA型タイピングを行い、特定のハプロタイプをもつ実験用豚の作出が可能であり（塩谷2011;河原崎2011）、また、体細胞クローン技術を用いて、遺伝子型の揃った極小ミニ豚を近交退化のないまま供給することも可能である（河原崎ら2003;河原崎ら2011; Kawarasakiら2009）。よって、実験用豚使用者の希望に添った遺伝子を持つ極小ミニ豚の生産を行うことで、今後当センターで開発した極小ミニ豚と他の実験用ミニブタの差別化が可能になると考えられた。

また、ブタの疾患モデルは、近年、体細胞クローン技術を用いて作出されており、中でも生活習慣病モデル豚はブタの実験動物としての有用性が増加すると期待されている（Umeyamaら2009）。当センターでは極小ミニ豚の体細胞クローン技術に加え、遺伝子改変技術を用いてGFP遺伝子導入体細胞金華豚を作製してきた（河原崎ら2009;河原崎ら2010）ことから、これらの技術を応用し、今後疾患モデル豚の作出についても検討していきたい。

c) 微生物制御について、34人（53.1%）が「畜産レベルのSPFのみ」、11人（17.2%）が「畜産レベルのSPFとその他に制御が必要だと思われる微生物がある」を選択した。その他に制御が必要だと思われる微生物としては、“PRRSウイルス”等の豚の伝染病や、“E型肝炎ウイルス”、“サルモネラ”等の人獣共通感染症が挙げられた。

このように7割近い人がSPF豚を選択しているのに対し、約2割の人が「特にこだわらない」を選択していることは、使用者に対して供給者からコンベンショナルのブタの微生物制御状況に関する情報提供が不足している可能性があると考えられた。

当センターは、開場以来SPF環境を維持しており、極小ミニ豚もSPF状態である。加えて、体細胞クローン技術を応用し、極小ミニ豚の微生物コントロールをしながら系統を維持増殖することが可能である（大津ら2010）。今後も、優れた性質を持つブタを外部から導入しつつ、SPF環境を維持しながら実験用豚を計画的に繁殖させていく計画である。

一方、人獣共通感染症のE型肝炎は豚からヒトへ伝播する直接証拠は報告されていないが、

多くの研究者が豚-ヒト伝播の可能性を指摘している（Takahashiら2003; 恒光2004）。養豚従事者に肝炎発症者が多いという事実は現在まで確認されていない（恒光2004）が、採血や手術、解剖などで血液が付着する恐れのある実験では、E型肝炎フリーなブタの使用を勧めている研究者もある（Tanakaら2004）。今後、極小ミニ豚使用者が安心して実験・研究を行えるよう疾病に関する情報収集につとめ、E型肝炎ウイルスを含め必要とされる人獣共通感染症等の検査を検討するべきと考えられた。

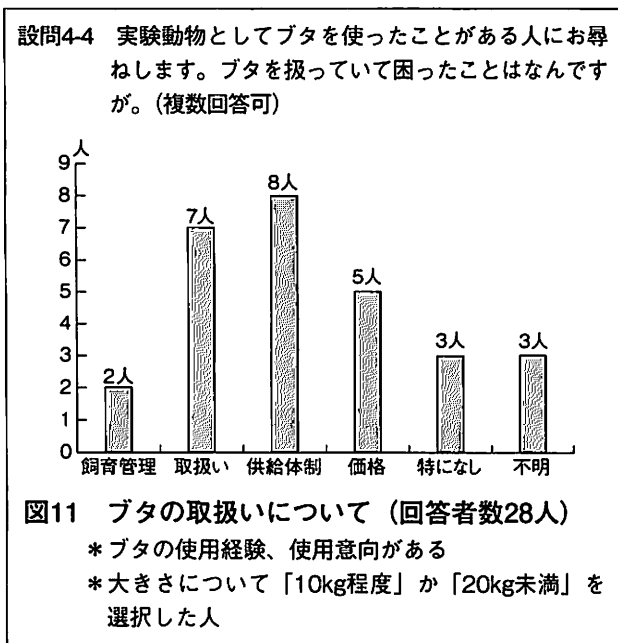
d) その他の特性について、38人（59.4%）の人が「大きさや形が揃っている」、39人（60.9%）の人が「性質が温順」を選択した。

実験動物を用いて研究を行う上で、大きさや形が揃っていることは、飼育管理や薬効評価を鑑みても必要不可欠な事項であるが、実験用豚については国内の生産業者が限られており、小規模な生産集団であることから、大きさや形を揃えることが困難であったと推察される。

当センターでは、原種豚を体細胞クローン技術で生産し、遺伝的な背景を揃えた種豚・商業豚を生産していく計画である（河原崎2011;河原崎ら2011）ことから、遺伝的なばらつきによる大きさや形の違いは少なくなると思われる。また、ブタの体の大きさは給餌量に大きく影響を受けることから、極小ミニ豚の給餌量を記した飼養管理マニュアルを作成する計画である（大津ら2011）。以上の2点を検討することで、今後大きさや形のばらつきを改善した極小ミニ豚の生産を行っていきたい。

一般的に「性質」には、遺伝要因と環境要因の二つが重要と考えられている。ブタはストレスを受けると唾液中にIL-18、IgA、コルチゾール等のストレスマーカーを分泌することがわかってきた（Munetaら2010; Munetaら2011）。今後、極小ミニ豚のストレス感受性の違いや飼養環境から受けるストレスについて分析を行い、性質の温順な極小ミニ豚を生産する方法を検討していきたい。

(6) ブタの取扱いについて。(図11)



ブタの使用経験又はその意向があり、大きさについて「10kg程度」か「20kg未満」を選択した28人に、ブタを扱っていて困ったことについて質問したところ、「供給体制」を選択した人が8人(28.6%)で最も多かった。

当センターでは、過去の産歴において繁殖性が非常に優れた極小ミニ豚を体細胞クローン技術で原種豚として作出し、種豚・コマーシャル豚を生産すること(河原崎2011;河原崎ら2011)、および実験用豚使用者と連携を密にし、計画的な繁殖を行うことにより、利用者のニーズに応えられる供給体制を整えたいと考えている。

以上により、研究者の極小ミニ豚に対するニーズが高いことが明らかとなった。さらに遺伝子解析や体細胞クローン技術を活用し、毛色の白色へのコントロールや遺伝的なばらつきの改善等で付加価値を高めるとともに、飼養管理技術の確立による安定供給体制を構築することで汎用性を高め、実験用豚の利用促進を図っていきたい。

参考文献

塩谷聡子.2011.SLA型の解析. 研究成果報告書: 医療用実験に適した極小ミニ豚の開発, 9-10.

塩谷聡子・河原崎達雄・大津雪子・美川智. 2011a. 極小ミニ豚の血清IGF-1濃度とIGF-1レセプターの遺伝子構造および発現量. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 4:9-15.

塩谷聡子・河原崎達雄・大津雪子・桑原康・金子直樹・美川智. 2010.ミニブタの毛色コントロール. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 3:9-16.

塩谷聡子・美川智・大津雪子・堀内篤・河原崎達雄. 2010.アジア系ミニブタの特性調査と連鎖解析家系の作成. 日本養豚学会誌, 47(2):82.

塩谷聡子・美川智・大津雪子・河原崎達雄. 2011b. アジア系ミニブタと金華豚交雑家系を用いた体の大きさに関するQTL解析. 日本養豚学会誌, 48(2):101.

塩谷聡子・美川智・大津雪子・堀内篤・桑原康・河原崎達雄. 2009.アジア系ミニブタの体尺測定値と特徴について. 日本養豚学会誌, 46(2):94.

河原崎達雄.2011.極小ミニ豚の開発. 研究成果報告書: 医療用実験に適した極小ミニ豚の開発, 29-30.

河原崎達雄・塩谷聡子・大津雪子・大竹正剛.2010. GFP遺伝子導入体細胞金華豚の特性調査: 2体尺測定値と臓器重量. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 3:1-8.

河原崎達雄・大竹正剛・土屋聖子・柴田昌利.2003. 体細胞核の顕微注入による体細胞クローンブタの作製. 静岡県中小試研究報告, 14:7-12.

河原崎達雄・大津雪子・塩谷聡子・桑原康・金子直樹.2011.体細胞クローンミニブタの作出: レシピエント卵子の成熟およびクローン胚の発生培養条件の検討, 日本養豚学会誌, 48(2):95.

- 河原崎達雄・内山和彦・東貞宏・大竹正剛・柴田昌利・土屋聖子・吉野浩之・村上孝・袴田陽二・田中穂積・小林英司2009.GFP遺伝子導入体細胞金華豚の特性調査：1 発育、繁殖能力と組織でのGFPの発現. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 2:1-7.
- Kawarasaki T,Otake M,Tsuchiya S,Shibata M,Matsumoto K,Isobe N. 2009.Co-transfer of parthenogenotes and single porcine embryos leads to full-term development of the embryos,Animal Reproduction Science,112:8-21.
- 恒光裕. 2004.豚のE型肝炎ウイルス感染. All About Swine,25:3-8.
- Muneta Y,Minagawa Y,Nakane T,Shibahara T,Yoshikawa T,Omata Y.2011. Interleukin-18 expression in pig salivary glands and salivary content changes during acute immobilization stress. Stress,Early Online:1-8.
- Muneta Yoshihiro,Yoshikawa Tadao,Minafawa Yu,Shibahara Tomoyuki,Maeda Ryuichiro,Omata Yoshitaka.2010.Salivary IgA as a Useful non-invasive marker for restraint stress in pigs,Journal of Vet Med Sci,72(10):1295-1300.
- 中西嘉彦・小川清彦・柳田宏一・山中忠平. 1991. 近交系クラウンミニブタの体尺測定値と特徴について. 日本養豚学会誌, 28:211-217.
- 丹羽太左衛門.1994.養豚ハンドブック 第1版 225 養賢堂.東京.
- 大津雪子・塩谷聡子・河原崎達雄. 2010.と畜場由来材料を用いた体細胞クローン豚作製過程におけるPRRSウイルス遺伝子の検索. 日本養豚学会誌, 47(2):83.
- 大津雪子・塩谷聡子・河原崎達雄・堀内篤. 2011. 極小ミニ豚における消化率の調査. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 4:17-20.
- 齋藤敏樹. 2009.食用以外に利用される豚について. ALL about SWINE 35:14-20.
- Svendsen Ove.2006.The minipig in toxicology. Experimental and Toxicologic Pathology,57:335-339.
- Takahashi Masaharu,Nishizawa Tsutomu,Miyajima Haruko,Gotanda Yuhko,Iita Teruhiko,Tsuda Fumio,Okamoto Hiroaki.2003.Swine hepatitis E virus strains in Japan form four phylogenetic clusters comparable with those of Japanese isolates of human hepatitis E virus.Journal of General Virology,84:851-862.
- Tanaka Hozumi,Yoshino Hiroyuki,Kobayashi Eiji,Takahashi Masaharu, Okamoto Hiroaki.2004.Molecular investigation of hepatitis E virus infection in domestic and miniature pigs used for medical experiments.Xenotransplantation,11(6) :503-510.
- 谷川学・堤秀樹・二木力夫・谷岡功邦・石井一・内田昌樹・片桐公一・熊谷英二・古賀哲文・島津美樹・田島淳子.2000.ミニブタ実験マニュアル 初版 14 (株) エス・エル・エー研究所. 東京
- Umeyama Kazuhiro,Watanabe Masahito,Saito Hitoshi,Kurome Mayuko,Tohi Sadaaki,Matsunari Hitomi,Miki Keizaburo,Nagashima Hiroshi.2009. Dominant-negative mutant hepatocyte nuclear factor 1alpha induces diabetes in transgenic-cloned pigs,Transgenic Research,18:697-706.

止め雄の戻し交配の世代が三元交雑豚の産肉性と肉質に及ぼす影響

Effects of backcross generation on growth performance and meat quality of the three-way cross pigs

柴田昌利・堀内 篤

要約: 銘柄豚のDNAによる鑑別において有用な金華豚の遺伝子をマーカーアシスト導入法により活用する場合、金華豚の資質である産肉性等への悪影響が問題となる。そこで、金華豚とデュロック種を交配した止め雄を利用する場合、戻し交配の世代（第二世代:BC2と第四世代:BC4）による三元交雑豚の産肉性等への影響を調べた。

発育では、全期間を通じた差や戻し交配の世代に応じた傾向は見られなかった。

枝肉形質では、WLBC2が他の区と比べてロースが小さく、脂肪が多い結果であった。肉質検査ではWLDのクッキングロスが他の二区に比べ高かった以外は各試験区に有意な差はみられず、脂肪酸組成にも差はなかった。食味試験でも金華豚の持つ良質な肉質の特徴は見られなかった。

以上の結果、鑑別のためのDNAマーカーとして止め雄に金華豚の遺伝子を活用する場合には、戻し交配を4世代程度行う必要があると思われる。

(静岡畜技研中小研七研報 5, 10～13, 2012)

はじめに

材料および方法

DNAの多型により品種等を識別する技術は、一切れの肉になった後でも実施可能であり、消費者に安心感を与えるとともに偽装防止の抑止力となりうると考えられる。

我々はこれまで、母系遺伝するミトコンドリアDNA（以下「mtDNA」）を活用する方法の有用性やmtDNAの斉一化の影響について(井手ら2005、寺田ら2007)、さらにDNAマーカーとして金華豚由来のメラニン細胞刺激ホルモン受容体（以下「MC1R」）遺伝子を持つ種雄豚を作出し、それらから生産される三元交雑豚を銘柄レベルで識別する方法について報告してきた（柴田ら2010）。

金華豚は欧米種との遺伝的変異が大きく、その遺伝子は有用なDNAマーカーとなり得るが、産肉能力等生産性が劣る問題がある。そこで、今回上記の三元交雑豚の識別のための活用方法でもある「止め雄としての利用」における戻し交配世代数の影響を検討した。

1 供試材料

金華豚とデュロック種（D種）のF1に、D種を戻し親とする戻し交配を2回行ったブタ（BC2）と4回行ったブタ（BC4）を種雄畜とし、大ヨークシャー種とランドレース種とのF1雑種（WL）と交配することにより作出した交雑豚WLBC2とWLBC4を試験豚とし、発育調査はWLBC2を3腹25頭、WLBC4は3腹15頭、その他の項目はWLBC2を2腹25頭、WLBC4は2腹8頭を用いた。また、対照としてD種を種雄畜とした三元交雑豚WLDを3腹20頭用いた。

2 試験方法

発育調査は、30、70および105kg到達日齢から一日あたり増体量を算出した。なお、各試験豚の飼料は当センターの慣行法に従い、市販の配合飼料を不断給与し、自由飲水とした。

枝肉検査は110kgでと殺した個体について、と体長、ロース長、ロース断面積、平均背脂肪厚、

大割り肉片割合を検査した。さらに、枝肉の空中および水中重量から比重を算出した。

肉質検査のサンプルは、と殺後一晩冷蔵保存した枝肉から、胸最長筋の最後胸椎から第4腰椎までの部位を採取し、以下の分析に使用した。

筋肉内水分含量は、ミンチした試料約3グラムをアルミ秤量缶にとり、135℃で2時間乾燥後の重量の減少から算出した。脂肪含量は、水分含量測定後の材料を用い、エーテル抽出により回収された抽出物の重量を測定した。クッキングロス、試料を2×2cm、長さ3cmに切り、ビニール袋で真空パック後、70℃で1時間加熱、流水中で30分冷却後の重量の減少から算出した。シェアバリューは、クッキングロス測定後の試料を用い、1×1cmに整形後、Warnar-Bratzler meat shear (Model235) により測定した。脂肪酸組成は、背脂肪および腎周囲脂肪を加熱溶解後メチル化し、ガスクロマトグラフィー(島津製作所)により分析した。

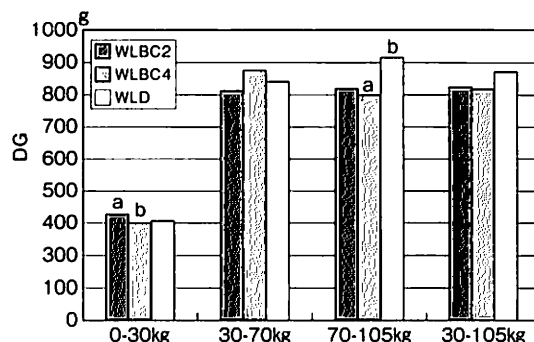
食味試験は、各試験豚のロースを厚さ3mmにスライスし、沸騰した1.5%食塩水で90秒間ゆでたものを用い、2点比較で食味の違いや嗜好性について調査した(図1)。

問1	食味に違いはありますか?
1.	ある
2.	ない
問2	問1で あると答えた方 どちらの肉がお好みですか?
1.	A
2.	B
3.	どちらも同じ
問3	問1で あると答えた方 どんな違いを感じましたか?

図1 アンケート用紙

結果

各試験豚の一日当たり平均増体量(DG)を図2に示した。30kgまでのWLBC2とWLBC4および、70~105kgのWLDとWLBC4の間で有意な差がみられたが、全期間を通じた差や戻し交配の世代(金華豚の血液割合)に応じた傾向は見られず、30~105kgのDGは、各試験区間で差は見られなかった。



異符号間に有意差有り (P<0.05)

図2 発育ステージ別DGの比較

枝肉検査成績を表1に示した。体型的な項目では、と体長はWLBC4が、と体幅はWLBC2が他の2区に比べ有意に長かった。大割り肉片割合のうちハムの割合はWLBC2がWLBC4に対して有意に低かった。ロースに関する項目では、ロース長およびロース断面積ともにWLBC2が他の2区に比べ有意に低い値であった。脂肪に関する項目では、WLBC2が他の2区に比べ背脂肪厚が有意に厚く、比重が有意に低値であった。

肉質検査成績を表2に示した。肉質検査ではWLDのクッキングロスが他の2区に比べ高かった他は各試験区に有意な差はみられなかった。

脂肪酸組成の分析結果は各部位とも同様であったため背脂肪内層の値を表3に示した。脂肪酸組成ではパルミトオレイン酸でWLBC2がWLDに対して低かった他は各試験区に有意な差はみられなかった。

表1 枝肉検査成績

	WLBC2	WLBC4	WLD
と体長 (cm)	89.0A	92.1 B b	90.2 a
と体幅 (cm)	33.1 a	32.2b	32.1 b
三分体ハム%	31.9A	33.4B	32.6
ロース長 (cm)	50.0A	52.9B	52B
ロース断面積 (cm ²)	15.3A	18.4B	18.4B
平均背脂肪厚	3.9A	3.6	3.4B
比重全体	1.0293A	1.0398B	1.0383B

異符号間に有意差有り (大文字P<0.01,小文字P<0.05)

表2 肉質検査成績

	WLBC2	WLBC4	WLD
水分	72.79	72.76	73.16
脂肪	2.33	2.23	2.36
pH	5.44	5.35	5.38
クッキングロス	26.95a	26.69A	28.0 6Bb
シェアバリュー	6.08	6.90	7.06

異符号間に有意差有り (大文字P<0.01,小文字P<0.05)

表3 脂肪酸組成成績 (背脂肪内層)

	WLBC2	WLBC4	WLD
ミリスチン酸	1.3	1.2	1.3
パルミチン酸	25.4	25.1	25.9
パルミトオレイン酸	2.2a	2.3	2.4b
ステアリン酸	15.5	14.7	15.2
オレイン酸	44.2	44.9	43.6
リノール酸	11.5	11.9	11.7

異符号間に有意差有り (P<0.05)

食味試験の結果を表4に示した。食味試験では、WLDとWLBC2の比較時において有意に食味の違いが認識された。好みについてはWLDの肉が好まれる傾向があった。

表4 食味試験成績

肉の種類		食味の違い			好み		
A	B	回答数	ある	ない	A	B	同じ
WLD	WLBC2	16	14	2	8	2	4
WLBC2	WLBC4	17	12	5	2	9	1
WLBC4	WLD	13	9	4	2	6	1

考 察

畜産分野におけるDNA解析技術の活用方向として、育種に活用できる遺伝子の検索や品種鑑別への応用が検討されている (万年 2011、力丸ら 2008)。

当センターで飼育している金華豚は中国浙江省原産の豚で、肉・脂肪の質が良く「金華ハム」という良質のハム肉を生産することで知られている (丹羽 1994)。金華豚は欧米種との遺伝的変異が大きく、デュロック種との交配による実験家系を用いることで、産肉性や肉質形質等で多くのQTLを検出でき (堀内ら2005)、マーカーアシスト導入法により高品質肉豚の開発に活用することができた。

また、毛色関連遺伝子であるMC1R遺伝子も同じく中国豚の梅山豚と同様のタイプを示し、市販豚肉との鑑別に有用であることを報告した (柴田ら2010)。さらに、当センターの金華豚特有のDNAマーカーも認められ (Shibataら2011)、DNA解析技術の活用ための多くの利点を持っている。

しかし、金華豚は小～中型の豚で脂肪量も多く、欧米種に比べ産肉性は劣っている。また、

デュロック種との交雑利用においてもその能力は両者の中間的なものとなる (堀内ら2005)。

そこで、今回は先に報告した銘柄鑑別技術のための種雄豚としての活用方法を検討する目的で、戻し交配世代の違いによる交雑豚への影響について調査した。

DGは一部で有意差が認められたが、戻し交配の世代数による傾向は認められず、30kgから105kgまでを通じたDGには有意差も見られなかった。しかし、と体形質ではWLBC2と他の2区との間に有意差がみられた項目が多かった。特に商品価値の高いロースが面積・長さともWLBC2で小さく、比重や背脂肪厚からと体全体の脂肪含有率がWLBC2で多い特徴が認められた。これは井手ら (2005) が報告した戻し交配世代間の変化と同様のもので、金華豚の資質の影響と考えられた。

一方、食味試験においてはWLBC2とWLDとの間で食味の違いが認識されたが、嗜好性はWLDの方が好まれた。また、その他の組み合わせでは食味の違いに有意な差は見られなかった。今回の食味試験は各区とも1個体の肉で実施しているため、今後さらに試料数を増やして検討する必要があるが、金華豚の遺伝子割合が高いWLBC2 (16分の1) でも、金華豚の持つ良質な肉や脂肪の影響は見られなかった。

今回の結果から、BC2を止め雄として用いた場合産肉性は低下し、それを補うための食味による差別化も難しいと考えられたことから、金華豚由来の遺伝子を鑑別に用いる場合は戻し交配を4世代程度行う必要があると思われる。

なお、金華豚の遺伝子を利用するもう一つの利点である肉を軟らかくする金華豚由来のシェアバリュー QTLの三元交雑豚への影響については、例数が少なく金華豚由来のものとデュロック種由来の間で差はみられなかった (データ示さず) ため今後さらに検討が必要と思われる。

豚の銘柄鑑定. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 3:17-20.

参考文献

- 堀内篤・稲葉満・曾根勝・野口博道. 1989. 金華豚の特性と利用法に関する調査 金華豚および交雑種の産肉性、肉質について. 静岡県中小家畜試験場研究報告第2号, 17-26.
- 堀内篤・知久幹夫・井手華子・金谷奈保恵・内田陽子・山口倫子・仲沢慶紀・林武司・栗田崇. 2003. 金華豚とデュロック種の交雑家系における肉質に関するQTL解析. 静岡県中小家畜試験場研究報告第16号, 1-9.
- 井手華子・堀内篤・知久幹夫・寺田圭・奥村直彦. 2005. ミトコンドリアDNA非コード領域の多型による系統豚「フジヨーク」の母系解析. 日本養豚学会誌, 42:130-138.
- 井手華子・柴田昌利・堀内篤・金谷奈保恵・林武司・栗田崇. 2005. 金華豚とデュロック種交雑家系におけるDNAマーカーを利用したシェアバリューQTLの導入試験. 静岡県中小家畜試験場研究報告, 16:11-14.
- 井手華子・柴田昌利・堀内篤・金谷奈保恵・林武司・栗田崇. 2007. 金華豚とデュロック種交雑家系におけるDNAマーカーを利用したQTLの導入試験(2) 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 1:1-5.
- 小林栄治. ゲノムが切り拓く新たな育種の可能性. 2010. 養豚の友, 7月号:25-27.
- 万年英之. おいしい牛肉や牛肉偽装を見抜く DAN診断技術. 2011. 食肉の科学, 52:7-12.
- 丹羽太左衛門. 1994. 養豚ハンドブック29-30. 養賢堂. 東京.
- 力丸宗弘・石塚条次・小松恵・高橋秀彰. 2008. 秋田比内地鶏のDNA識別手法の確立(第1報). 秋田県農林水産技術センター畜産試験場研究報告, 22:56-60.
- Shibata M, Okumura N, Ide-Okumura H, Horiuchi A, Matsumoto T and Awata T. 2011. A method to identify the pork from the Jinhua pig breed maintained at the Research Center of Shizuoka Prefecture. The Journal of Animal Genetics, 39:3-6.
- 柴田昌利・奥村華子・堀内篤. 2010. 三元交雑

新銘柄地鶏「フジ小軍鶏」の肉質評価

Evaluation of the meat quality of new brand jidori "FUJI-KOSHAMO"

松井繁幸・池谷守司

要約：当センターで新たに開発した新銘柄地鶏「フジ小軍鶏」の肉質について、ブロイラーおよび通常より低体重の若齢ブロイラー（31日齢）と比較調査し、フジ小軍鶏の肉質特性について以下のことが明らかとなった。

- 1 脂肪量が少ない。
- 2 クッキングロスが少なく、加熱調理後もジューシー感が得られる。
- 3 適度な歯ごたえを有する。
- 4 グルタミン酸は少ないが、イノシン酸が多く含まれる。

以上により、フジ小軍鶏は小型という体格だけでなく、肉質でもブロイラー鶏肉と差別化して流通販売することが可能と思われた。

(静岡畜技研中小研セ研報 5, 14～19, 2012)

はじめに

近年、食に対する消費ニーズが多様化し、鶏肉料理においても高品質なニワトリを丸ごと一羽使った料理や、骨付き料理などのニーズが西洋料理店を中心に増えている。しかし、ブロイラーをはじめとする現在の肉用鶏品種は生産性重視のため大型化されており、1羽あたりの体重は3kg以上となるものが多い（日本食鳥協会2007）。このため、これらのニワトリを丸ごと料理しようとするとその大きさから調理が困難となる場合が多く、また、肉の量も多いため一般家庭ではなかなか食べきれぬ量ではない。また、大きさを優先して肥育途中の若い日齢のニワトリを利用すると、その肉質は水っぽく、締まりや旨みが少なく高品質とは言い難い。

このような背景から、当センターでは「小型」で、かつ「高品質」という2つの特徴を併せ持った新銘柄地鶏の開発に取り組み、平成22年度に「フジ小軍鶏」として完成した。

今後は、先に開発した静岡銘柄地鶏「駿河シャ

モ」と並んで本県の新たな銘柄地鶏としてフジ小軍鶏の普及拡大を図っていくが、普及拡大には本鶏の肉質等の特徴について明確に示す必要がある。そこで、フジ小軍鶏の肉質特性について明らかにすることを目的に、一般的なブロイラーおよびフジ小軍鶏の出荷体重と同等の若齢ブロイラーとの肉質比較調査、およびフジ小軍鶏の雌雄肉質比較調査を行った。

材料および方法

1 供試鶏肉

供試する鶏肉は、フジ小軍鶏の特徴を明らかにするため、雌雄のフジ小軍鶏のほか、対照としてブロイラーと、フジ小軍鶏の出荷体重と同等の若齢のブロイラー（以下、若齢ブロイラー）の3種の鶏肉を用いた。なお、それぞれの鶏の飼育管理は以下のとおりとした。

(1) フジ小軍鶏

平成22年7月28日餌付けのフジ小軍鶏について、当センターで平成22年10月19日までの112日間飼育したもの（平均体重：雄1,616g、雌1,182

g) を雄雌それぞれ7羽ずつ、計14羽を用いた。飼育は28日齢までケージで、その後平飼いで行い、自由摂食・飲水とした。なお、飼料は28日齢までは育成前期用飼料 (CP:21、ME:2,950 Kcal)、28日齢から70日齢までは育成中期用飼料 (CP:18、ME:2,850 Kcal)、70日齢以降は育成後期用飼料 (CP:15、ME:2,850 Kcal) を給与した。

(2) ブロイラー

平成22年10月29日餌付けのチャンキー種について、当センターで平成22年12月16日までの48日間飼育したもの (平均体重:雄3,763 g、雌2,919 g) を雄雌それぞれ7羽ずつ、計14羽を用いた。飼育は初日齢から平飼いで行い、自由摂食・飲水とした。なお、飼料は21日齢まではブロイラー前期用飼料 (CP:21、ME:3,050 Kcal)、21日齢から42日齢まではブロイラー後期用飼料 (CP:18、ME:3,150Kcal)、42日齢から49日齢はブロイラー仕上げ用飼料 (CP18、ME:3,150Kcal) を給与した。

(3) 若齢ブロイラー

(2) と同ロットの鶏について、当センターで平成22年11月29日までの31日間飼育したもの (平均体重:雄2,118 g、雌1,588 g) を雄雌それぞれ7羽ずつ、計14羽を用いた。飼育は初日齢から平飼いで行い、自由摂食・飲水とした。なお、飼料は21日齢まではブロイラー前期用飼料、21日齢から31日齢まではブロイラー仕上げ用飼料を給与した。

(4) 鶏肉サンプル調製と保存

3種類の鶏について、それぞれ上記で示した日数を飼育した後にと殺解体し、直ちに胸肉 (浅胸筋) を分離し皮膚及び皮下脂肪を除去した。その後、4℃で保存し24時間後に各調査分析に用いた。また、脂肪酸組成分析用に腹腔内脂肪を採取し、真空状態で-20℃以下で保存し、分析時には4℃で解凍したものを用いた。

2 調査項目と分析方法

(1) 一般成分

タンパク質、脂肪、および水分含量について分析した。それぞれの分析方法は定法 (日本種卵孵卵協会2008) に従い、水分含量は100℃乾燥法、粗タンパク質はケルダール法、粗脂肪は

ソックスレー抽出法にて測定した。

(2) 物理的特性

クッキングロス、およびシエアバリューについて、それぞれ以下の方法により分析した。

ア クッキングロス

筋繊維の走行方向が長辺 (5 cm辺) となるように1 cm×2 cm×5 cmにカットした浅胸筋を秤量し、ビニール袋に入れて脱気した。次に70℃に調整した恒温水槽にて60分間加熱し、その後30分間流水中で冷却し、固形物のみを秤量した。加熱損失率は、(加熱前後の重量差/加熱前の重量×100) として算出した。

イ シエアバリュー

試料は加熱損失率測定後のものを用いた。これを1 cm×1 cm×約4 cmのスティック状に整形した後、Waner-Bratzler 剪断計 (G-R MANUFACTURING製、MODEL235) を用いて筋繊維と垂直方向に数箇所切断し、その平均値を剪断力価とした。

(3) 呈味成分

遊離アミノ酸および核酸関連物質について、それぞれ以下の方法により分析した。

ア 遊離アミノ酸含量

浅胸筋1 gに1%スルフォサリチル酸9 mlを加え、ホモジェナイザー (日音医理科機械製) を用いて10,000回転で40秒間細断した。その後シェーカー (太陽科学工業製SR-II W) を用いて速度7で15分間振とうし、4℃、3,000回転 (R=170mm) で15分間遠心分離した。その上澄み液を0.45 μmのメンブランフィルターでろ過し、アミノ酸自動分析装置 (日立製 L-8500) により測定した。

イ 核酸関連物質

浅胸筋1 gに5%過塩素酸を9 ml加え、ホモジェナイザーを用いて10,000回転で40秒間細断した。その後シェーカーを用いて速度7で25分間振とうし、4℃、3,000回転 (R=170mm) で12分間遠心分離した。得られた上澄み液を4 ml採り、2Nの水酸化カリウムを1 ml加えた。これを過塩素酸または水酸化カリウムにより中和し、5℃で20分間静置した後、再度遠心分離し0.45 μmのメンブランフィルターでろ過したものを高速液体クロマトグラフ装置 (島津製作所製LC-6A) により測定した。

(4) 脂肪酸組成

腹腔内脂肪を加熱溶出した後、ナトリウムメチレート法によりメチル化し、ガスクロマトグラフィー（島津製作所製GC9A）により炭素数14～20の脂肪酸について、その重量比から組成を算出した。なお、脂肪酸組成はフジ小軍鶏雌と49日齢ブロイラー雌の2鶏種で比較した。

3 比較調査

脂肪酸組成を除く各調査項目について、それぞれ、フジ小軍鶏・ブロイラー・若齢ブロイラーの3鶏種における比較と、フジ小軍鶏の雌雄間における比較を行った。なお、3鶏種における比較では、各鶏種について雌雄それぞれ7羽ずつ計14羽を用い、また、フジ小軍鶏の雌雄間における比較では雌雄それぞれ7羽ずつの平均値を算出し、それぞれ統計処理に用いた。

4 統計処理

鶏種間の比較においては、各項目について分散分析法による検定を行った後、有意差のあった項目についてはFisher's PLSD法による多重比較検定を実施した。雌雄間の比較においては、各項目についてt検定を実施した。

結果および考察

1 一般成分

表1に各鶏種の一般成分を示した。水分含量は、ブロイラーが他2鶏種と比較してわずかに低かった。粗タンパクは、若齢ブロイラーが他2鶏種と比較して低かった。これら2つの成分では統計的な差が認められたものの、数値上ではわずかであったため、実際に食した場合にその差が感じられるものかどうかについては、官能評価を加えてさらに検討する必要があると思われる。粗脂肪は、フジ小軍鶏が0.13%と他2鶏種と比較して有意に低い値となった。したがって、フジ小軍鶏の鶏肉は脂肪が少なく調理法によっては滑らかさに対し若干物足りなさを感じるなどの可能性が示唆された。この粗脂肪含量の相違の原因としてはそれぞれの鶏種に給与した飼料成分の違いがもちろん考えられるが、それよりも飼育方法の違いと鶏の行動が大きく影響し

ているものと考えられた。すなわち、フジ小軍鶏の飼育密度は3羽/m²程とブロイラーよりも広いスペースで飼育しており、さらにフジ小軍鶏は行動性が高く、必然的にフジ小軍鶏の運動量はブロイラーと比べ著しく多くなるため、エネルギー消費が大きく脂肪蓄積が少ないものと思われた。

雌雄間では表2に示したとおり、各項目で差は見られなかった。

表1 一般成分 (%) : 鶏種比較

	水分	粗タンパク	粗脂肪
フジ小軍鶏	74.20 ± 0.05 ^A	24.19 ± 0.09 ^A	0.13 ± 0.01 ^B
ブロイラー	73.42 ± 0.16 ^B	23.84 ± 0.19 ^A	0.85 ± 0.10 ^A
若齢ブロイラー	74.55 ± 0.15 ^A	22.88 ± 0.13 ^B	0.94 ± 0.13 ^A

平均値±標準誤差(n=14)
異符号間に有意差あり(P<0.01)

表2 一般成分 (%) : 雌雄比較

	水分	粗タンパク	粗脂肪
雄	74.18 ± 0.05	24.17 ± 0.15	0.15 ± 0.02
雌	74.21 ± 0.09	24.22 ± 0.13	0.12 ± 0.01

平均値±標準誤差(n=7)
有意差なし

2 物理的特性

表3に各鶏種の物理的特性を示した。保水力(多汁性)の指標となるクッキングロス、フジ小軍鶏が他2鶏種と比較して小さい値を示し、フジ小軍鶏は加熱調理後もジューシー感が得られやすいことが確認された。保水力は、と畜後の時間経過により変動することが知られているが、今回の調査ではと畜後から分析までの時間は全ての鶏種で揃えていた。したがって、本結果の原因は熟成時間による差異ではなく、鶏種間における何らかの物理的・理化学的な肉質の差によるものと推察されたが、詳細について明らかにするにはさらなる調査が必要となる。

歯ごたえの指標となるシェアバリューは、フジ小軍鶏が他2鶏種と比較して有意に大きい値を示し、フジ小軍鶏は比較的歯ごたえのある肉質であることが確認された。動物の筋組織は加齢に伴いコラーゲン繊維、および架橋結合が増加し、硬さが増すことが知られている(沖谷1996)。したがって、シェアバリューの相違の原因としては、鶏種間における飼育期間の差が主に関係していると考えられた。

表3 物理的特性：鶏種比較

	クッキングロス (%)	シェアバリュー (Kg/cm ²)
フジ小軍鶏	21.64 ± 0.30 ^b	4.37 ± 0.25 ^A
ブロイラー	22.51 ± 0.36 ^{ab}	2.28 ± 0.19 ^B
若齢ブロイラー	22.90 ± 0.46 ^a	2.90 ± 0.27 ^B

平均値±標準誤差(n=14)

異符号間に有意差あり(大文字:P<0.01、小文字:P<0.05)

表4に雌雄間における結果を示した。クッキングロスは雄が雌に比べて小さく、またシェアバリューは雄が雌に比べて大きい値を示した。これらの差は比較的大きく、実際に調理して食す場合にはこの点について考慮する必要があると思われた。クッキングロスについては鶏種間における差と同様、詳細な要因は不明であったが、シェアバリューについては、雄における筋繊維中のコラーゲン繊維が雌と比較して多いことがその要因と考えられた。

表4 物理的特性：雌雄比較

	クッキングロス** (%)	シェアバリュー* (Kg/cm ²)
雄	20.82 ± 0.24	4.92 ± 0.36
雌	22.45 ± 0.34	3.82 ± 0.22

平均値±標準誤差(n=7)

*:雌雄間に有意差あり(**:P<0.01、*:P<0.05)

3 呈味成分

食肉の呈味成分はすべて明らかにされているわけではないが、遊離アミノ酸、ペプチド、糖、核酸関連物質等が知られている。今回は、その中でも鶏肉の呈味成分として重要とされている遊離アミノ酸、および核酸関連物質(イノシン酸)について調査を行った。

(1) 遊離アミノ酸

今回の調査では16種類の遊離アミノ酸について調査したが、それぞれのアミノ酸において単独で呈味に影響するものとしては、旨味および酸味を呈するグルタミン酸があることが確認されている(藤村ら1996)。フジ小軍鶏のグルタミン酸含量はブロイラーおよび若齢ブロイラーと比べて少なかった(表5)。従って、本結果のみを見ればフジ小軍鶏はブロイラーと比べて旨味の少ない鶏肉ということになりそうだが、実際

にはその他の特定されていない呈味成分や、後述のイノシン酸はフジ小軍鶏で多く含まれていることから、一概に上記のような結論はできないと考えている。

また、グルタミン酸以外のアミノ酸においても、リジンおよびヒスチジン以外のアミノ酸ではフジ小軍鶏における含量がブロイラーと比べて少なかった(表5)。肉中の遊離アミノ酸は、主にと殺後に筋肉を構成するタンパク質がアミノペプチダーゼ類によって分解されることで生成される(沖谷1996)。これらの酵素活性等については解明されていない点が多いが、フジ小軍鶏においてはブロイラーと比較してこれら酵素の活性が低く、熟成速度が遅いために各種の遊離アミノ酸含量がブロイラーと比較して少ないものと筆者らは推察している。従って、熟成時間を調整することにより、グルタミン酸やその他の遊離アミノ酸を増加させ旨味など呈味のはっきりとした鶏肉にすることも可能と思われるが、このことについては今後の検討課題としたい。一方、フジ小軍鶏以外のいわゆる“地鶏”とよばれる鶏について肉中の遊離グルタミン酸含量を調べた報告を見ると、今回の結果と同様にブロイラーのそれと比べて低いか、同程度であるということであった(藤村ら1996; 榛澤ら)。このような地鶏とブロイラーにおける遊離グルタミン酸含量の違いがどのような原因によるものなのか、鶏肉のおいしさを決定する要因を明らかにするためには、この点についてもさらなる検討が必要と思われる。

表5 遊離アミノ酸含量(μmol/100g):鶏種比較

	フジ小軍鶏	ブロイラー	若齢ブロイラー
Asp	34.5 ± 2.9 ^B	67.5 ± 4.3 ^A	73.8 ± 5.1 ^A
Thr	164.2 ± 7.6 ^C	211.1 ± 7.6 ^B	302.5 ± 12.4 ^A
Ser	68.4 ± 1.8 ^C	132.1 ± 5.3 ^B	177.9 ± 7.2 ^A
Glu	85.3 ± 2.6 ^B	104.2 ± 4.6 ^A	121.0 ± 9.2 ^A
Gly	60.9 ± 3.4 ^C	147.6 ± 12.4 ^B	281.5 ± 23.5 ^A
Ala	70.2 ± 3.2 ^C	208.8 ± 9.6 ^B	292.3 ± 13.4 ^A
Val	35.9 ± 1.2 ^B	51.1 ± 1.9 ^A	38.4 ± 1.8 ^B
Met	13.7 ± 0.5 ^B	21.8 ± 1.2 ^{Ab}	16.2 ± 2.8 ^b
Ile	18.3 ± 1.1 ^B	30.7 ± 1.3 ^A	17.9 ± 0.9 ^B
Leu	28.1 ± 1.7 ^C	57.2 ± 2.6 ^A	40.2 ± 1.8 ^B
Tyr	22.6 ± 2.8 ^C	35.1 ± 1.6 ^B	44.5 ± 1.2 ^A
Phe	37.2 ± 0.0 ^B	58.2 ± 3.1 ^A	54.5 ± 2.7 ^A
Lys	886.8 ± 14.5 ^A	682.4 ± 21.5 ^B	449.3 ± 11.4 ^C
His	9.8 ± 1.5	7.6 ± 1.9	9.0 ± 1.3
Arg	17.6 ± 0.7 ^C	47.1 ± 2.1 ^B	63.2 ± 2.7 ^A
Pro	58.3 ± 3.3 ^B	71.2 ± 2.4 ^B	171.9 ± 8.5 ^A

平均値±標準誤差(n=14)

異符号間に有意差あり(大文字:P<0.01、小文字:P<0.05)

表6にフジ小軍鶏雌雄の遊離アミノ酸含量を示した。グルタミン酸では両者に差は無く、その他の成分ではスレオニンおよびグリシンにおいて、雌と比較して雄において有意に多かった。

(2) 核酸関連物質

鶏肉の旨味に影響する成分としては、前述のグルタミン酸およびイノシン酸が知られているが、フジ小軍鶏におけるイノシン酸含量は、ブロイラー、若齢ブロイラーと比べて有意に多い値を示した(表7)。前述したとおり、グルタミン酸はフジ小軍鶏がブロイラー2種に比べて少なかったため、フジ小軍鶏鶏肉の旨味についてはどのような性質を有しているかを結論することは難しく、官能評価などを行いさらに検討する必要がある。

表6 遊離アミノ酸含量 (μmol/100g) : 雌雄比較

	雄	雌
Asp	36.5 ± 3.8	32.5 ± 2.9
Thr *	180.5 ± 4.4	147.8 ± 12.0
Ser	70.0 ± 2.4	66.8 ± 2.8
Glu	82.3 ± 3.5	88.2 ± 3.7
Gly *	68.5 ± 4.5	53.2 ± 3.3
Ala	75.9 ± 3.9	65.5 ± 4.4
Val	37.7 ± 0.7	34.2 ± 2.2
Met	13.7 ± 0.5	13.7 ± 1.0
Ile	19.0 ± 0.7	17.5 ± 2.0
Leu	30.8 ± 1.0	25.3 ± 3.0
Tyr	23.3 ± 0.8	21.8 ± 1.3
Phe	35.6 ± 2.7	38.9 ± 2.9
Lys	874.2 ± 14.0	899.3 ± 25.8
His	12.3 ± 2.7	7.4 ± 0.5
Arg	17.3 ± 0.8	17.9 ± 1.1
Pro	53.6 ± 3.1	62.9 ± 5.5

平均値±標準誤差(n=7)

*: 有意差あり(P<0.05)

表7 核酸関連物質 (μmol/g) : 鶏種比較

	ATP	ADP	AMP	IMP	HxR	Hx
フジ小軍鶏	0.13 ± 0.01 ^{AB}	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.02	6.50 ± 0.12 ^{Ab}	0.86 ± 0.04 ^B	0.29 ± 0.01 ^B
ブロイラー	0.14 ± 0.00 ^A	0.25 ± 0.01	0.19 ± 0.01	5.85 ± 0.27 ^b	2.49 ± 0.19 ^A	0.43 ± 0.03 ^A
若齢ブロイラー	0.12 ± 0.01 ^B	0.23 ± 0.01	0.19 ± 0.01	5.10 ± 0.18 ^C	2.46 ± 0.15 ^A	0.43 ± 0.03 ^A

平均値±標準誤差(n=14)

異符号間に有意差あり(大文字:P<0.01、小文字:P<0.05)

イノシン酸以外の核酸関連物質では、イノシンおよびヒポキサンチンにおいてフジ小軍鶏がブロイラーおよび若齢ブロイラーと比較して少なかった(表7)。核酸関連物質は、と殺後に各酵素によってATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hxの順で分解され生成される。したがって、フジ小軍鶏はブロイラーと比較して、IMP→HxRにおける分解速度(熟成速度)が何らかの要因によって遅く、今回の結果となったことが考えられた。

表8にフジ小軍鶏雌雄の核酸関連物質含量を示した。イノシン酸含量には雌雄間で差は無く、その他の成分ではイノシンにおいて雄が雌に比較して多い値であった。前述のグルタミン酸においても雌雄間に差は無かったことから、両者における旨味の差は無いものと推察された。

今後は、遊離アミノ酸と同様、と殺後の熟成時間による核酸関連物質の変動について検討したい。

表8 核酸関連物質 (μmol/g) : 雌雄比較

	ATP	ADP	AMP	IMP	HxR**	Hx
雄	0.12 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.21 ± 0.02	6.30 ± 0.14	0.95 ± 0.05	0.28 ± 0.01
雌	0.13 ± 0.09	0.24 ± 0.01	0.20 ± 0.02	6.69 ± 0.18	0.77 ± 0.02	0.30 ± 0.02

平均値±標準誤差(n=7)

** : 有意差あり(P<0.01)

4 脂肪酸組成

脂肪酸組成は脂肪の融点に関係し、主に食感(脂の口溶け)や風味に関係するとされる。表9に示したとおり、不飽和脂肪酸割合はフジ小軍鶏とブロイラーの間に差は無く、脂肪に関わる食感には両者間の違いは無いものと思われた。ただし、詳細を見るとC14-0、C16-1、C20-0においてフジ小軍鶏がブロイラーよりも有意に低い値を示したことから、実際に食した場合には食感に若干の違いが出る可能性も否定できない。従って、この点については官能評価等を行いさらに検討する必要がある。

表9 脂肪酸組成 (%) : ブロイラーとの比較

	フジ小軍鶏	ブロイラー
不飽和脂肪酸	70.44 ± 0.35	69.66 ± 0.42
C14-0**	0.37 ± 0.01	0.73 ± 0.02
C16-0	21.47 ± 0.32	21.65 ± 0.19
C16-1**	4.32 ± 0.19	5.56 ± 0.18
C18-0	6.68 ± 0.21	6.07 ± 0.36
C18-1	47.62 ± 0.62	47.22 ± 0.37
C18-2	18.41 ± 0.91	16.70 ± 0.51
C18-3	0.09 ± 0.00	0.18 ± 0.01
C20-0**	1.04 ± 0.05	1.89 ± 0.06

平均値±標準誤差(n=7)

** : 有意差あり(P<0.01)

表10 脂肪酸組成 (%) : 雌雄比較

	雄	雌
不飽和脂肪酸	69.18 ± 0.55	70.44 ± 0.35
C14-0	0.39 ± 0.02	0.37 ± 0.01
C16-0**	19.10 ± 0.51	21.47 ± 0.32
C16-1**	2.50 ± 0.15	4.32 ± 0.19
C18-0**	10.06 ± 0.17	6.68 ± 0.21
C18-1*	44.71 ± 1.15	47.62 ± 0.62
C18-2	21.75 ± 1.57	18.41 ± 0.91
C18-3	0.22 ± 0.02	0.09 ± 0.00
C20-0**	1.27 ± 0.03	1.04 ± 0.05

平均値±標準誤差(n=7)

* : 有意差あり(*:P<0.05, **:P<0.01)

表10にフジ小軍鶏雌雄の脂肪酸組成を示した。不飽和脂肪酸割合は雌雄間に差が無く、脂肪に関わる食感には両者間の違いはないものと思われた。ただし、品種間の結果と同様、詳細ではC16-0、C16-1、およびC18-1において雌が雄と比較して有意に高く、C18-0、およびC20-0では雄が雌と比較して有意に高い値であったことから、実際の食感には若干の違いが出る可能性もあると思われる。

5 まとめ

今回の調査によりフジ小軍鶏の肉質特性が明らかとなり、体格だけではなく肉質もブロイラーと差別化して流通販売することが可能と思われた。また、雌雄間では歯ごたえに大きな差が見られ、調理する場合にはこの点について考慮する必要があると思われた。今後は、フジ小軍鶏の消費拡大を目的に、前述したとおり熟成過程における呈味成分の変動調査や官能評価を実施し、フジ小軍鶏の最適な“食べ頃”について検討を行う予定である。

参考文献

- 日本食鳥協会.2007. 国産銘柄鶏ガイドブック 2007. 全国食鳥新聞社. 東京.
- 沖谷明紘. 1996. 肉の科学 48-87 朝倉書店. 東京.
- 日本種卵孵卵協会.2008. 地鶏及びブロイラー肉の識別・評価法 22-24 日本種卵孵卵協会. 東京.
- 藤村忍・石橋晃.1996. 鶏肉のうま味に関する研究. 栄養生理研究会報, 40 (1) : 53-65.
- 榛澤章三・高野美紀・川端和美・佐藤美保・山本あや・立石智宣. 発表年不明. 鶏肉の旨味成分に関する系統改良手法の検討. (独)家畜改良センター兵庫牧場ホームページ (<http://www.nlbc.go.jp/hyogo/pdf/hoei.pdf>)
- 藤村忍.2001. 鶏肉、鶏卵の呈味評価と品質改善への応用の可能性. 畜産の情報 調査報告 2001年2月 月報国内編畜産物需要開発調査研究事業.

ウィンドウレス鶏舎内におけるLED電球による照明が 卵の生産と経済性に及ぼす影響

The effect of LED lighting on egg production and profitability in windowless poultry house

池谷守司・松井繁幸

要約:ウィンドウレス鶏舎において市販の白色レグホーン種400羽を用い、127日齢から462日齢の間、従来の白熱電球と一般電球形LED電球にて、15時間の連続照明を行い、鶏の生産性や経済性に及ぼす影響を検討し、以下の結果を得た。

1. 産卵成績、卵質、体重、放卵時刻いずれの調査項目においてもLED区と白熱電球区に差はみられなかった。
2. 電気使用量はLED区が0.3～0.4kWh/日、白熱電球区が3.5～3.6kWh/日であり、LED区の電気使用量は、白熱電球区の8～11%に低減した。その結果、電気料金を含めて算出した1羽当たり収益では、LED区が白熱電球区より約113円多くなった。

以上の結果より、ウィンドウレス鶏舎内における光源として白熱電球の代わりに一般電球形LED電球を用いることで、卵の生産に影響なく、電気料金が節約でき、1羽当たりの経済性も有利になることが明らかとなった。

(静岡畜技研中小研セ研報 5, 20～23, 2012)

はじめに

現在、ウィンドウレス鶏舎では白熱電球や蛍光灯を光源に用いて照明を行っているが、地球温暖化防止、環境保護等の観点から、近々白熱電球の製造中止が予想される。その代替品として、比較的安価な一般電球形LED電球が製造販売されているが、このLED電球を光源として用いた場合の生産性や鶏の行動等に及ぼす影響についてはまだ不明な点が多い。そこでウィンドウレス鶏舎内の光源としてLED電球を用いた場合の、鶏の生産性や経済性に及ぼす影響を検討した。

材料と方法

供試鶏は2010年1月26日餌付けの白レグコマーシャル（ジュリア）400羽を用い、表1に示したとおり照明に用いた光源によりLED区、

白熱電球区それぞれ50羽4反復に区分けして、22.5cmケージに1羽ずつ収容した。

表1 試験区分

区分	光源の種類	供試羽数
LED区	一般電球形LED電球	50羽 4反復
白熱電球区	40w白熱電球100v	同上

LED区には東芝ライテック（株）製、光色は電球色相当、全光束230lm、消費電力4.5w、調光器対応の一般電球形LED電球、白熱電球区にはパナソニック（株）製、40w白熱電球100Vを用いた。両区とも鶏を飼育した区画は7m×8mの広さで、電球の使用個数は1区画当たり9個とし、鶏の位置での照度を5～10ルクスとなるように調光器で調光し、照明時間は15時間一定とした。試験期間は127～462日齢の336日間で、飼料は自由摂取とした。調査項目は28日を1期として12期間をまとめた産卵成績、2期毎に6回調査した卵質および体重、25,45,65週齢時に連続して3日間、6時から17時までの放卵時刻の調査、

および1期毎に求めた電気使用量とした。なお収益は、飼料価格、卵のサイズ別生産割合と全農たまご東京のサイズ別価格および電気料金を基に算出した。

結果

産卵成績の結果を表2、卵質の結果を表3に示した。

表2 産卵成績 (127-462日齢)

区 分	産卵率(%)	平均卵重(g)	産卵日量(g)	飼料摂取量(g)	飼料要求率	生存率(%)
LED区	91.1	60.0	54.7	103.3	1.89	94.0
白熱電球区	91.8	59.8	54.9	102.4	1.87	93.0

表3 卵質成績

区 分	卵殻強度(kg/cm ²)	卵殻厚(0.01mm)	H・U	卵黄色
LED区	4.1	37.0	85.2	11.5
白熱電球区	4.1	36.8	85.2	11.6

産卵成績については両区間に明らかな差は見られなかった。この中で、LED区は飼料摂取量が白熱電球区よりやや多くなり、飼料要求率が

やや劣る傾向が示された。また、卵質に関しては両区に差が見られなかった。次に体重の推移を図1に示した。

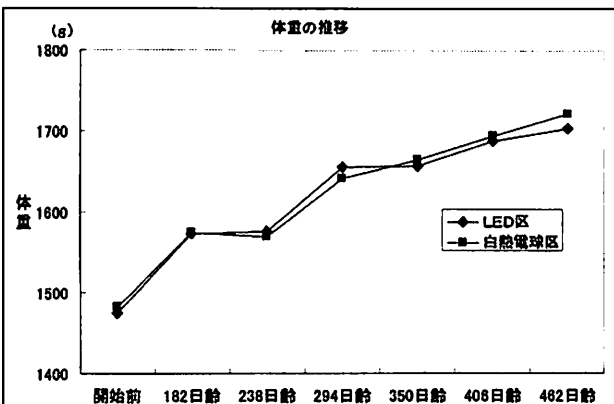


図1 体重の推移

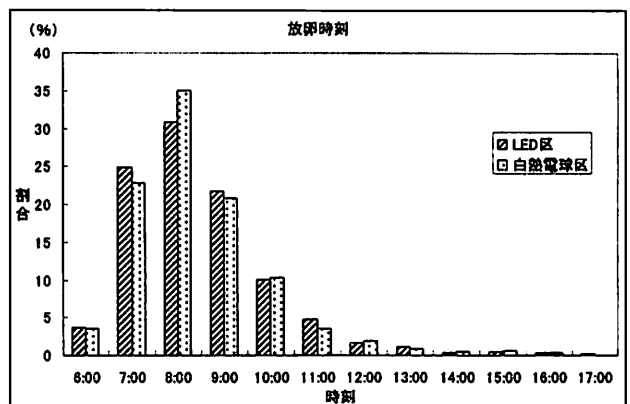


図2 放卵時刻

体重の推移においても両区に差が見られなかった。次に25,45,65週齢時の各3日間における放卵時刻をまとめた結果を図2に示した。両区

とも7時から10時までにほぼ放卵があり、両区の放卵時刻に明らかな差は見られなかった。

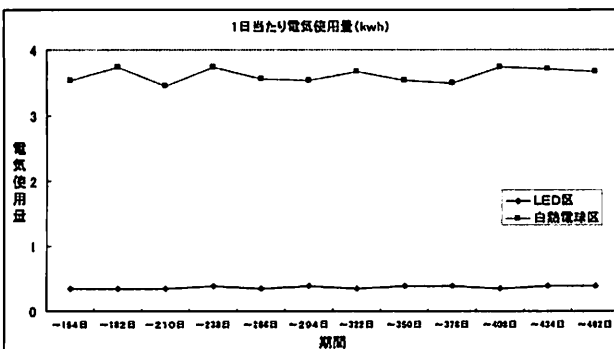


図3 1日当たり電気使用量

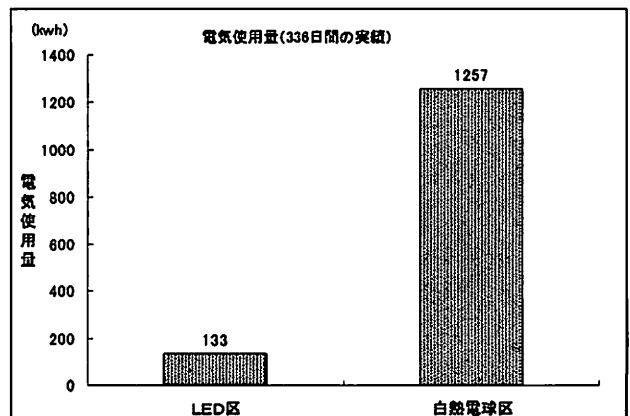


図4 期間中の電気使用量

次に、1日あたり電気使用量を図3に、期間中の一羽当たり電気使用量を図4に示した。

1日当たり電気使用量はLED区が0.3～0.4kWh/日、白熱電球区が3.5～3.6kWh/日で推移し、LED区の電気使用量は白熱電球区の8～11%に低減した。また、期間中の電気使用量はLED区が133kWh、白熱電球区では1,257kWhでありその差は1,124kWhとなり、LED区は白熱電球区の10.6%の電気使用量と大幅な低減となった。次に電気料金を含めて算出した1羽当たり収益を表4に示した。その結果、LED区の卵生産にかかる収益は飼料費が17.6円多くなった反面、電気料金が123.7円少なかったため、電気料金を含めた収益は白熱電球区より113.1円多くなった。

表4 電気料金を含めた一羽当たり収益 (円)

	卵生産額	飼料費	卵生産収益	電気料金	収益
LED区	3,358.1	1,910.7	1,447.4	14.6	1,432.8
白熱電球区	3,351.1	1,893.1	1,458.0	138.3	1,319.7
差(LED-白熱)	7	17.6	-10.6	-123.7	113.1

飼料価格：55円/kg、卵価：全農たまご東京のサイズ別価格を用いた。

また、今回の調査における削減された電気料金と初期投資費用との試算を表5に示した。その結果、設備費は59,325円であり、削減された電気料金24,728円であることから3年目には設備費を回収できることが明らかとなった。

表5 飼育期間中の電気料と初期投資費用

削減された電気量 (kwh)	1,124kwh
削減された電気料金	24,728円

初期投資費用	
調光器工事代 (一式)	16,000円
LED電球代 (4,500円*9個)	40,500円
消費税	2,825円
計	59,325円

電気料金は22円/kwhとして試算

考察

地球温暖化の一因といわれる二酸化炭素排出量を抑制するため、様々な対策が講じられ、石油由来のエネルギーが見直されている。白熱電球については生産を中止した企業もあり、現在主流の蛍光灯も内部に含まれる水銀の汚染問題

もあり、養鶏農家にとっては新たな光源を求める必要が生じている。このような中で、電気使用量が大幅に低減できる比較的安価な電球形LEDが販売されるようになった。LEDを白熱電球の代わりに光源として使用することで、電気量を低減し、それが鶏の生産費の中の光熱費を低減する可能性が高まった。LEDの養鶏に関する取り組みでは、肉用鶏では、電気使用量の節減(堀野ら2006)及び白色LEDの生産に対する有効性が報告されている(同2008)。また卵用鶏では560nm、660nm、および880nmの3波長の光源を用いて産卵性に差がなく、飼料消費量の低減を報告している(Rozenbiomら1998)。

今回は、農家への普及を念頭にLEDをウィンドウレス鶏舎内の光源として用い、生産性や放卵時刻に及ぼす影響を明らかにするとともに、さらなる生産費の低減を図ることを目的とした。

その結果、一般電球形LEDが鶏の生産性、産卵、卵質、体重、放卵時刻に及ぼす影響はほとんど白熱電球区と差が見られなかったことから、ウィンドウレス鶏舎内で光源として使用可能であることが示された。さらに、電気使用量も白熱電球区に比較して大幅に低減でき、電気使用料金を含めた生産性でも白熱電球区に比較して有利な結果となった。

今回用いたLEDは、電球形で配光(光の広がり方)は白熱電球よりやや狭いものの広範囲に広がり、かつ全光束(明るさ)も230lmであった(ランプ単体の明るさは20w相当)ので、調光器を設置して鶏の位置で5～10ルクスに明るさを下げた(福田ら1987)。そのため、電気使用料金はさらに低減し、初期投資費用は、3年目で回収できる結果となったが、この数値は平成22年4月時点の設備費であり、LED電球に係わる費用がその約77%を占めている。しかし、現在ではさらに安価で高性能のLED電球が普及しているため、初期投資費用はさらに低減できるものと思われる。電気料金の削減により、CO₂排出量も白熱電球区より540kg削減されたと計算され(環境省2010)、LEDの使用によって養鶏が環境保全に貢献できるデータが得られた。

以上の結果より、ウィンドウレス鶏舎内における光源として白熱電球の代わりに一般電球形

LED電球を用いることで、卵の生産に影響なく、電気料金が節約でき、1羽当たりの経済性も有利になることが明らかとなった

参考文献

- 平成21年度の電気事業者別二酸化炭素排出係数の公表について. 環境省HP.
- 福田憲和・西尾祐介・上野呈一. 1987. 成鶏期における低照度点灯の影響. 福岡農総試研報,C-6 : 51-56.
- 堀野善久・鶴野 保. 2006. 発光ダイオードの養鶏分野への応用(1). 奈良畜技セ研報,32 : 35-40.
- 同. 2008. 発光ダイオードの養鶏分野への応用(2). 奈良畜技セ研報,34 : 19-25.
- Rozenboim I, Eilberman E, Gvaryahu G.1998. New Monochromatic light source for laying hens. Poultry Science,77:1695-1698.

養豚排水におけるECを指標とした凝集剤添加法の検討

Use of electrical conductivity as dose-dependent indicator of chemical precipitation in swine wastewater treatment.

杉山 典・中村茂和・白岩佑美子

要約：養豚排水の凝集処理における凝集剤添加量の指標値として電気伝導度（以下、ECとする。）の利用を検討した。畜舎からの原水に一定量の凝集剤（ポリ塩化アルミニウム）およびpH調整剤（水酸化カルシウム溶液）を添加した結果、EC値は定量的に上昇した。そこで、ECの上昇率（凝集剤で3%、pH調整剤で5%）を指標とした場合と、従来のpHを指標とした場合について薬剤の添加量を制御して連続的な凝集処理試験を実施した結果、処理水の水質に差は少ないが、ECを指標値とした場合の方が凝集剤およびpH調整剤の添加量を低減できることが明らかとなった。

（静岡畜技研中小研セ研報 5, 24～28, 2012）

はじめに

養豚排水の凝集処理は、活性汚泥法などの生物学的な排水処理と比較して短時間に汚濁物質を除去でき、SSおよびCOD_{Cr}で評価される水質を改善できる（Christensen 2009）。畜舎から流入する原水は農場により量や負荷濃度が著しく異なり、変動も著しいことから凝集処理では、効率的に凝集剤を添加することがコスト面で求められる。一般的にポリ塩化アルミニウム（以下、PAC）や、塩化鉄（Ⅲ）（以下、塩化鉄）などの無機系凝集剤を排水に添加するとpHは低下することから、pHを凝集剤の添加量の指標値として利用する方法が普及しており、pH制御機能のある薬品添加装置も市販されている。しかし、養豚排水のように汚濁物質の濃度が著しく高い場合、高濃度な汚濁物質がpHに対する緩衝作用を示し、凝集剤の添加量に対応してpHが変化しにくいと考えられる。本研究では、凝集剤は電解質であることから凝集剤の添加量と、凝集剤を添加した排水のEC値は比例して上昇すると考え、ECの上昇率により凝集剤の添加量を調整する方法を検討した。

材料および方法

試験1 凝集剤およびpH調整剤の添加によるECの上昇率の検討

凝集処理では凝集剤を添加後、低下した排水のpHを再び上昇させるため、水酸化ナトリウムや、水酸化カルシウムなどのアルカリ剤がpH調整剤として用いられる。そこで、まず、ビーカー試験にて養豚排水に凝集剤およびpH調整剤を添加した場合のECの上昇率の把握を試みた。凝集剤はPACを、pH調整剤は10% w/vの水酸化カルシウム溶液を用いた。ビーカー試験は、凝集剤の凝集効果を判定に用いられるジャーテストとよばれる方法で実施した。静沈後の処理水のECを測定し、ECの上昇率の平均値を求めた。ジャーテストの操作法を図1に示した。ジャーテストの写真写真1に示した。

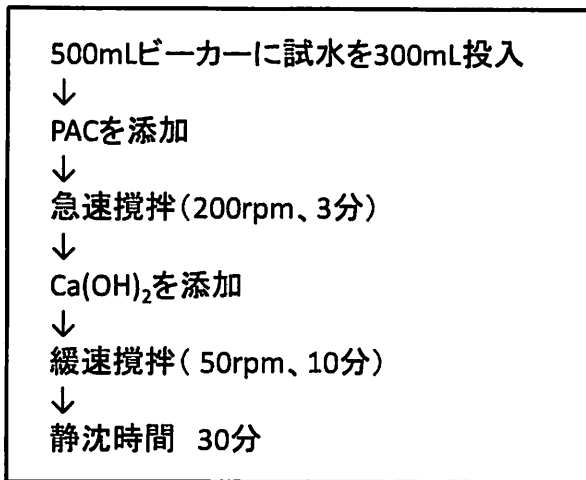


図1 ジャーテストの操作法

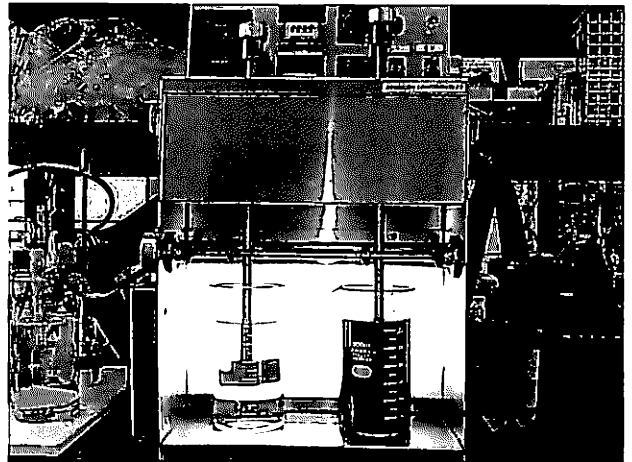


写真1 ジャーテスター

試験の概要を表1に示した。試験水は当センター家畜浄化槽施設内の流量計量槽から採取後、超純水にて4倍に希釈したものをを用いて32回実施した。ECの異なるサンプル数を増やすため同一日の採水サンプルは4回までとし、各々の採水は採水時間の間隔を1時間以上経過してから実施した。

表1 試験の概要

測定回数	単位	
測定回数	回	32
測定項目	mS / cm	EC(電気伝導度)
薬剤濃度	mg Me/L	PAC(ポリ塩化アルミニウム) 5mg Al/L Ca(OH) ₂ 300mg Ca/L
測定方法		東亜DKK社製EC測定機WM-22EPによるアナログ信号をRC-232C経由でパソコンに取り込み分析

試験2 ECの上昇率と、pHを指標とする養豚排水の連続凝集処理試験

後述の試験1の結果(表5)より、PAC添加および水酸化カルシウム溶液の添加によるECの上昇率は平均値からそれぞれ5%および3%を指標値とした。そこで、ECの上昇率を薬剤添加の指標値とした場合(RUN1)と、pHを薬剤添加量の指標値とした場合(RUN2)の連続試験を実施した。RUN2は、PAC添加はpHが6.5に低下するまで、水酸化カルシウムの添加はpHが7.5までを指標値として設定した。連続試験では凝集処理後の沈殿槽の上澄液(以下、「処理水」とする)の水質(EC、pH、SSおよびCOD_{Cr})と、PAC添加および水酸化カルシウム溶液の使用量を調べた。実験装置の構成を図2、実験装置の緒元を表2に、実験の操作時間を表3に、ま

た、表4に実験の概要を示した。添加量は攪拌装置内に設置したEC、pHセンサー(横河電気社製)によるアナログ信号を取り込みデータ解析用パソコンにて処理し、シーケンス制御(三菱電機社製:MELSEQシステム)にて凝集剤とpH調整剤添加用の2機の薬注ポンプ(古江製作所製:RP-NB)の駆動を制御した。試験水は試験1と同一の場所で採水した排水を水道水で4倍に希釈したものをを用いた。図2に示した貯留タンクに試験水を入れ、RUN1の後にRUN2を実施することで同一水による薬品添加方法の比較を試みた。沈殿槽の貯留水はRUN1の実験が終了した段階で水質分析用に採水後に洗浄した。

また、試験結果より薬品使用量、水質ごとの除去率以外に、原水のECと薬品添加によるECの上昇率との相関を回帰分析の決定係数値(R²)で評価した。

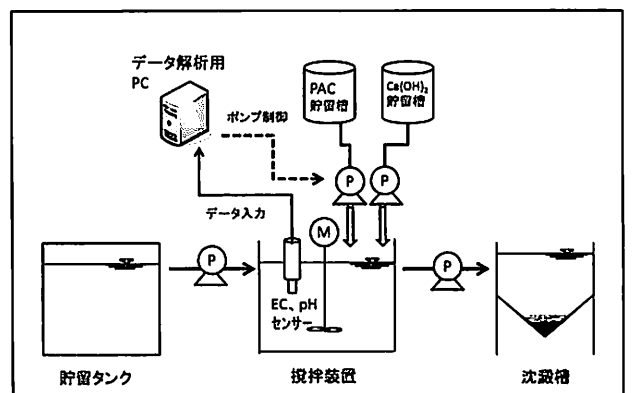


図2 実験装置の概要

表2 実験装置の緒元

実験槽	材質、形状	寸法
貯留タンク	ポリプロ製タンク	有効容積200L(縦500mm×横500mm×高さ800)
攪拌槽	アクリル製円筒	有効容積14L(直径250mm×H300mm)
沈澱槽	アクリル製沈殿槽	有効容積90L(直径930mm×H900mm)

表3 実験の操作時間

操作項目	流入に要する時間	凝集剤注入準備時間	PAC注入後の攪拌時間	pH調整剤注入後の攪拌時間	排出に要する時間
時間(分)	30	20	10	30	30

表4 実験の概要

		RUN 1	RUN 2
薬品注入の制御方法		PAC注入によるEC値の上昇率が5%、pH調整剤注入によるEC値の上昇率が3%となった場合、注入を停止	pHが6.5となるまでPAC注入、pHが7.5となるまでpH調整剤を注入
処理方法		回分式処理を4回/日 (RUN1を実施後、RUN2を実施)	
流入水量		10L/回を1日2回実施	10L/回を1日2回実施
実験回数		16回	16回
単位装置の水理的滞留時間	攪拌槽	10L/30分、攪拌速度 80rpm	
	沈澱槽	40L/日	
薬品の添加濃度	凝集剤	PAC 5mg Al/L	
	pH調整剤	Ca(OH) ₂ 300mg Ca/L	
測定項目	水質	処理水のCOD _{Cr} 、SSで評価	
	薬品使用量	PAC、およびCa(OH) ₂ の使用量	

結果および考察

試験1 凝集剤およびpH調整剤の添加によるECの上昇率の検討

表5にPACおよびpH調整剤である水酸化カルシウム溶液を添加した時のECの上昇率を示した。PAC添加によるEC上昇率の平均値は5.25%、水酸化カルシウム溶液の添加によるEC上昇率の平均値は3.00%であった。

表5 凝集剤およびpH調整剤の添加によるECの上昇率

	原水のEC値	PAC添加時のEC上昇率	水酸化カルシウム溶液添加時のEC上昇率
単位	mS/cm	%	%
平均値	13.31	5.26	3.00
標準偏差	8.372	1.486	0.299
最大値	32.0	11	3.8
最小値	5.0	3.8	2.5

試験2 ECの上昇率と、pHを指標とする養豚排水の連続凝集処理試験

表6に実験区ごとの薬品使用量、水質の結果を示した。RUN1のPAC添加量の平均値が50.3mlに対してRUN2では59.8ml、水酸化カルシウム添加量の平均値ではRUN1の138.0mlに対してRUN2では153.8mlとECを指標とした区の方が薬品の使用量を低減できた。水質ではRUN1の

SSおよびCOD_{Cr}の除去率は82.3%および77.9%であった。RUN2のSSおよびCOD_{Cr}の除去率は83.0%および79.1%であり、2つの実験区について水質では著しい差はみられなかった。養豚排水の凝集処理における凝集剤添加を調整する場合、pHを指標とするよりECの上昇率を指標とした場合の方が薬剤の添加量が軽減できると考えられた。

表6 各実験区ごとの薬品使用量、水質の結果

実験区	試水の水質				薬品使用量		処理水の水質結果				除去率		
	測定項目	EC	pH	SS	COD _{Cr}	PAC	水酸化カルシウム	EC	pH	SS	COD _{Cr}	SS	COD _{Cr}
	単位	mS/cm	-	mg/L	mg/L	ml	ml	mS/cm	-	mg/L	mg/L	%	%
RUN1	平均値	3.7	8.4	216.8	1636.0	50.3	138.0	4.0	7.5	43.8	275.8	82.8%	77.9%
	標準偏差	0.25	0.07	73.35	394.40	6.09	11.26	0.28	0.06	8.78	62.34	0.03	0.08
RUN2	平均値	RUN1と同一				59.8	153.8	4.7	7.6	42.3	271.4	83.0%	79.1%
	標準偏差	RUN1と同一				7.52	27.01	0.15	0.10	10.05	51.56	0.03	0.06

図3に原水のECと、PAC添加時のECの上昇率との相関を示した。図4に水酸化カルシウム添加時のECの上昇率との相関を示した。R²値はPAC添加時に0.6651、水酸化カルシウム添加時に0.7417であった。

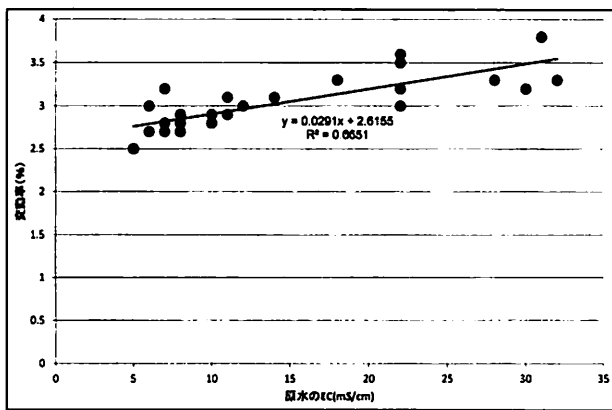


図3 原水のECと、PAC添加時のECの上昇率との相関

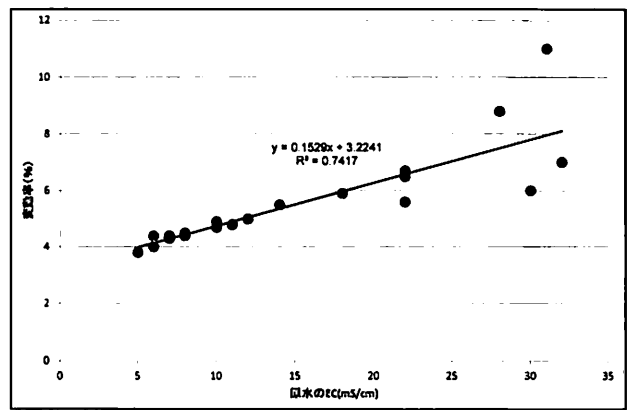


図4 原水のECと、水酸化カルシウム添加時のECの上昇率との相関

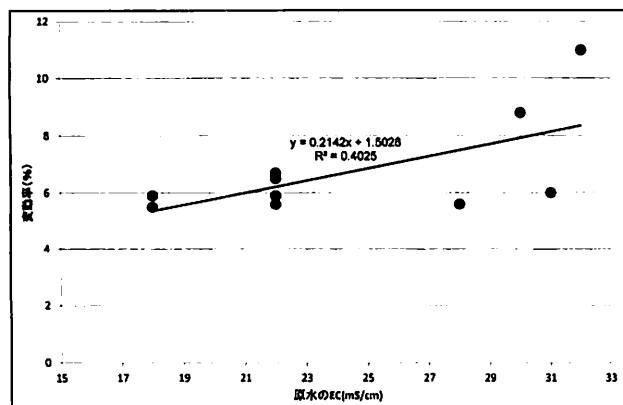


図5 原水 (15mS/cm以上) のECと、PAC添加時のECの上昇率との相関

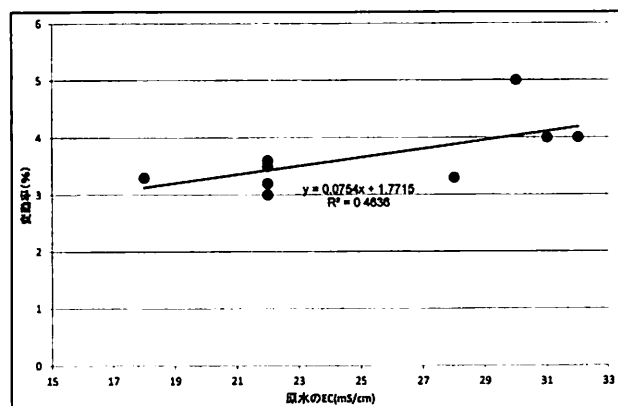


図6 原水 (15mS/cm以上) のECと、水酸化カルシウム添加時のECの上昇率との相関

図5に原水のECが15mS/cmの場合のPAC添加時のECの上昇率との相関を示した。図6に原水のECが15mS/cmの場合の水酸化カルシウム添加時のECの上昇率との相関を示した。R²値は図5では0.4025であり、図6では0.4636とR²値は低下した。

したがって、ECの上昇率を利用することで凝集剤およびpH調整剤の添加量を調整することは可能であるが、原水のECが15mS/cm以上である場合、添加量に誤差が生じる可能性がある。

凝集処理は活性汚泥法などの生物学的処理と比較して、凝集剤やpH調整剤など新たなものを反応系に加えることとなる。そこで、必要最低限の薬品量を把握することは効率的な反応を行うことや、コストの面でも求められる。

凝集処理技術は、主に排水より浄水場などの用水を対象として利用されている。浄水場で採水される河川水のECは一般的に低いことからECよりpHの方が凝集処理の操作因子としては

重要である。しかし、リンや窒素などの栄養塩類や汚濁物質の濃度が高い畜産排水の場合、ECは重要であり、汚濁物質に対する凝集性や、pHの緩衝作用に及ぼす影響は大きいと考えられる。連続凝集処理試験の結果、RUN1およびRUN2の水質に大きな差がないとすると、RUN1の方が凝集処理に必要な薬品の最低量を示していると考えられる。

今後は、凝集処理法の実用化に向けて、より長期的な運用試験により実用性を評価するとともに、ECなど現場で測定が可能な計測技術を利用した排水処理プロセスの最適化技術が必要と思われた。

参考文献

Christensen, M.L.2009. Characterization of pig slurry with reference to flocculation and separation. Water Research, 43:773-783.

静岡県畜産技術研究所
中小家畜研究センター研究報告

第 5 号

平成 24 年 1 月

編 集 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
発 行 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
〒439-0037

静岡県菊川市西方 2 7 8 0
TEL (0537) 35 - 2291(代)
FAX (0537) 35 - 2294

.....
印 刷 三 遠 商 会
〒436-0057
静岡県掛川市十九首 6 番地
TEL (0537) 24 - 5030