

地域ニーズに対応した鶏肉・鶏卵生産技術の開発

松 下 浩 一

山梨県畜産試験場, 山梨県中央市乙黒 963-1

はじめに

山梨県は南の富士山に代表されるように、西に北岳や間ノ岳、北に八ヶ岳など標高の高い山がそびえており、かつ八方を山に囲まれていることから、その斜面を利用した果樹生産が盛んな地域である。甲府盆地は8月に気温が40℃になったと思えば、11月には氷点下を記録するという寒暖差の激しい地域である。そのため家畜を飼育する環境としては決して恵まれた地域ではない。

そのような地域での養鶏産業といえば、採卵鶏は30戸足らずで約62万羽、肉用鶏はブロイラーだけでなく、甲州地どりや甲州頬落鶏などの特産鶏の生産を含めても20戸にも満たない状況である。このように決して養鶏が地域の主産業になっているわけではないものの、それぞれの養鶏農家が高い意識をもって経営に取り組んでいる。畜産試験場も養鶏科は技術面で、畜産普及科は経営面で養鶏農家をバックアップすべく農家との交流を頻繁にするように心がけており、良好な関係を維持している。

一方、高病原性鳥インフルエンザの発生に伴って、衛生面を重視する必要から農場間の行き来は少なくなったものの、電話を使ってさまざまな要望が出されてくる。これを解決するために、基礎研究をベースに応用研究として極力農家の生産形態に近い状況で飼育することを心がけている(図1)。研究内容は品種改良や飼養管理から飼料栄養に至るまで実施しているが、中でも飼料栄養の調整による技術は農家レベルで実用化されやすく、成果発表会などでも反応が良い。本内容は、生産性向上や品質向上を目的に、飼料栄養の調整により実施した研究のうち、山梨県内を中心に農家レベルで実用化された技術の一部について紹介するものである。

酷暑期および厳寒期における飼育技術

1) 炭酸水素ナトリウム投与による熱射病の発生防止技術

暑熱環境に厳しい山梨県は、養鶏を行うには大きなリスクを伴う。ニワトリは汗腺がないため呼吸によって体温の調整を行っているが、急激な舍内温度の上昇により呼吸数が増加し二酸化炭素が大量に放出される。そのことにより血中炭酸の量およびこれと平衡関係にある重炭酸イオン量がともに減少し熱射病が発生する

(図2)。そのため熱射病の発生を防止するために、生産現場ではニワトリの体温上昇を防ぐ方法として、鶏舎屋根への石灰乳の塗布、舍内への扇風機の設置により体感温度を下げる方法、ニワトリへのミスト噴霧などが行われている。また、生体レベルの矯正として高温馴化法、また飼料摂取による体内の発熱量が摂取後3時間~5時間でピークを迎える(Leeson *et al.*, 2000)ことから、発熱のピークと舍内温度が最高になる時が重ならないように飼料の給与時間を夕方中心に変えるなどの方法も行われているが、いずれも単独での方法ではなく、これらさまざまな方法を組合わせて行っているのが実情である。そこで我々は、生体内の酸塩基平衡のアンバランスを矯正する方法に着目し、ブロイラーへの炭酸水素ナトリウム(重曹)の投与が熱射病発生防止に及ぼす影響について検討した。

ブロイラーにおける熱射病は、体躯が1.5kgを超えると急激に増加し、中でも雄ヒナに多く発生することが知られていることから、本試験では性の要因と処理の要因による2因子実験とした。炭酸水素ナトリウムの投与については飼料添加と飲水投与により行い、試験期間は熱射病が初発しやすい5週齢ごろに梅雨明けが来るように設定した。飼料添加法は5週齢以降に実施し、ブロイラー用飼料に0.5%の割合で添加した。飲水投与法は6週齢以降に実施し、Branton *et al.* (1986)の報告を参考に、舍内温度が午前11時に28℃を超えた場合に0.63%の割合で4時間投与した。この際、炭酸水素ナトリウムは水に溶けにくいので、20リットル程度のバケツで予備溶解して給水タンクに混合した。熱射病の判定はへい死したヒナのうち、目加田ら(1985)の示した熱射病の典型的な所見である鶏冠の紫黒色化、浅胸筋の煮肉化、皮膚や筋肉の赤色化、臓器の充血等を呈したものを熱射病と診断した。その結果、雄ヒナにおいては飼料添加、飲水投与いずれの方法を用いても熱射病の発生数が有意に減少した。さらに雌ヒナにおいては有意な差は認められなかったものの、炭酸水素ナトリウムを投与することで熱射病の発生は全く認められなかった。また雌雄とも出荷時の発育体重がやや増加する傾向が認められ、Branton *et al.* (1986)やTeeter *et al.* (1985)と同様の結果を示した(表1)。また添加に係る炭酸水素ナトリウムのコストも、1羽あたり1~2円程度であるため、生産現場での利用が行われるようになった。本技術は農家でも利用しやすいことから、現在でも暑熱時の対策として畜種を問わずに利用されている。

ところで、本技術に関する試験は1988年度および1989年度に実施しており、当時はブロイラーの出荷日齢が9週間(63日齢)であったことから、5週齢以降に投与したものであるが、25年経過した現在の発育速度(図3)にあてはめると、4週齢以降には炭

2014年8月1日受付, 2014年10月11日受理

連絡者: 松下浩一

〒409-3812 山梨県中央市乙黒 963-1

Tel: 055-273-6441

Fax: 055-273-9423

E-mail: matsushita-uds@pref.yamanashi.lg.jp



図 1. プロイラー試験実施状況（山梨畜試）
（1区画 1.25坪にして育成）

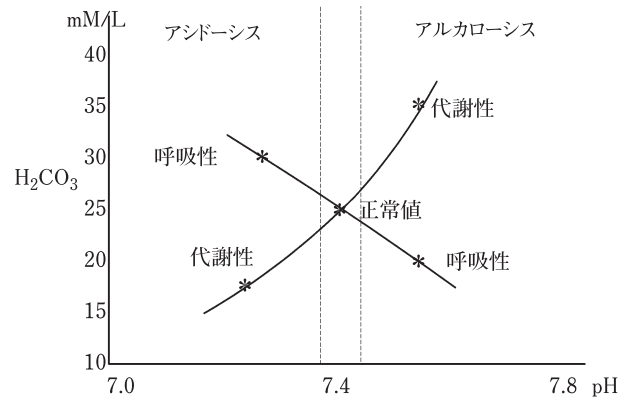


図 2. 酸塩基平衡模式図
（真島英信 生理学 1978 より）

表 1. 発育体重および熱射病発生率

要因	発育体重 (g)		増体量 (g)	熱射病発生率 (%)
	42	63	42-63	42-63 日齢
無処理	2,085	2,889	804	4.02
飲水投与	2,071	2,917	846	1.52
飼料添加	2,043	2,941	899	1.50
性 (S)	—	—	**	**
処理 (T)	—	—	**	**
S × T	—	—	**	*

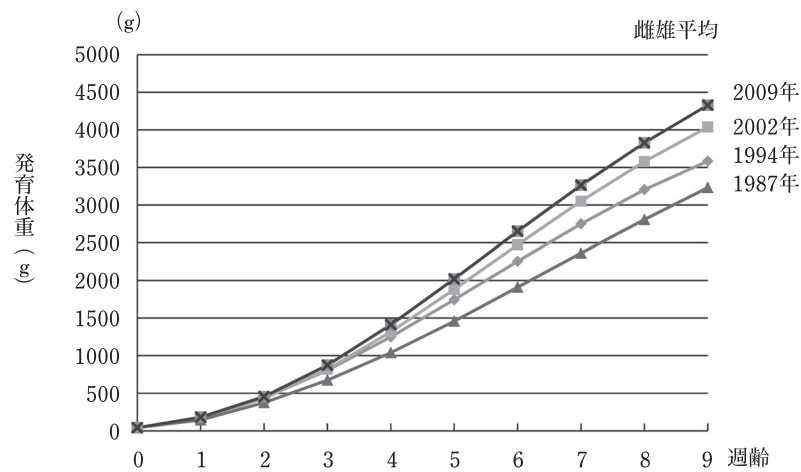


図 3. プロイラーにおける発育曲線
（チャンキーマニュアルより）

表 2. 腹水症試験区分

区分	0	1週齢	3週齢	4週齢	6週齢	9週齢
1		← 3,150 →	← 3,150 →	← 3,150 →	← 3,150 →	← 3,150 →
2		← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,150 R →
3	← 3,150 →	← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,350 →	← 3,350 →	← 3,350 →
4		← 3,150 →	← 3,150 →	← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,150 R →
5		← 3,150 →	← 3,150 →	← 3,150 R →	← 3,150 R →	← 3,350 →

※数値はME含量 (kcal/kg), CPはいずれも18%
Rは制限給与 (1区 (無処理区)の80%量)

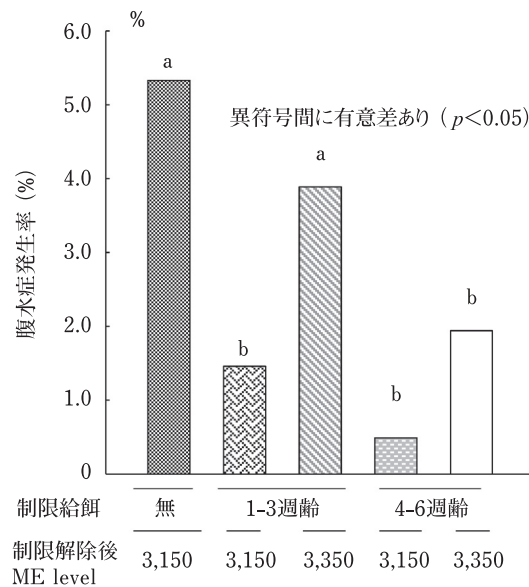


図 4. 腹水症発生率

酸素ナトリウムの投与を開始した方が好ましいと考えられる。

2) 冬期における腹水症対策

ブロイラーにおける腹水症は、一般的に发育速度中心の改良に伴った循環器の障害であると考えられている。特に体重中心に行ってきた欧米型改良では、肉量を増加させるあまり心臓がその体躯の大きさについて行けず、血液の鬱血が起こり腹水症になるものと考えられる。腹水症を発生させる主な環境要因としては、1) 冬期に多発することから寒冷感作によるもの (手塚ら, 1989; Julian *et al.*, 1989), 2) 高冷地で発生が多いことから酸素不足によるもの (Hall *et al.*, 1968; 望月ら, 1981), 3) 飼料中の毒物によるもの (野垣ら, 1982), 4) 遺伝的要因 (長谷ら, 1982) などさまざまな原因が考えられており、本研究を実施していた1991年当時は国内外でさまざまな研究が行われていた。その前年にあたる1990年にDaleは①アンモニア②鶏舎構造③カビ④呼吸器病⑤舎内温度⑥ストレス負荷⑦鶏種⑧飼料⑨发育速度の9項目を点数化し、腹水症発生の危険レベルを示している。我が国においては1992年に食鳥検査制度が導入されるにあたり、腹水を伴うものは全廃棄とされたが、これは腹水症と同様に腹水を伴う疾病として

すでに大腸菌症が知られており、検査時には両者の見分けが難しいことから危険排除のためには腹水の貯留が認められるものは全廃棄をすることが必要であったものと考ええる。このことにより農家の経済的損失はより大きくなった。そこで我々は发育速度の改良が腹水症の発生に大きく起因していると考えことから、发育速度と腹水症の発生の関係について検討を行った。

发育速度を上げるために飼料中のエネルギー含量に注目し試験を行った。試験は冬期に実施し、表2に示した区分で実施した。その結果、1~3週齢あるいは4~6週齢に飼料制限することで腹水症の発生を減少させることに成功した (図4)。このことにより個々の发育性重視ではなく、単位面積あたりの生産量を重視するようになり、育成率に重点を置いた生産にシフトすることとなった。

採卵鶏に関する技術

1) 豆腐粕の採卵鶏用飼料への利用

飼料価格が海外の生産量に依存される中、養鶏農家は新しい飼料原料を求めている。山梨県は富士山の雪解け水が豊富にあることから富士五湖周辺を中心に豆腐の生産が盛んである。豆腐を生産するには豆腐粕 (おから) が産出するが、飼料原料としての魅力は大きなものであった。豆腐粕は水分量が高く腐敗しやすいことから、そのまま飼料の原料としての利用は難しい。しかし、これを乾燥させることで有用な飼料原料となり得ることが知られていた。豆腐粕を乾燥させるためには加熱により水分を除去することが必要であったが、機械乾燥では乾燥コストがかかるために実用性に欠ける。そこで、発酵熱を利用して乾燥させることで豆腐粕を有効に利用することを試みた。

豆腐業者から産出する豆腐粕に米ぬかで水分調整を行い、発酵菌を混合し、麻袋に7分目ほど詰め、口を縛る。この袋を1日2回ほど天地返しを行い、中に空気を入れることで発酵熱が発生し、夏場で4, 5日 (冬場では10日程度) すると水分含量が20%程度まで下がるため、これを養鶏用飼料として利用する。この試験を行った2002年当時は、豆腐粕を有効に利用すべく発酵豆腐粕を市販飼料に15~20%程度の置換配合を行うことを目標としていた。しかし飼料中のエネルギー含量の低下が懸念されたことから、試験では大豆油の混合も行いエネルギーの調整も検討した。またメチオニン含量の低下も危惧されたためアミノ酸単体あるいは魚粉の配合も検討した (表3)。現在では、本研究を基に、

表 3. 豆腐粕試験育成成績等

試験区分	処理内容	日産卵量 (g)	産卵率 (%)	飼料要求率	平均卵重 (g)	卵 1kg あたり飼料費 (円)
1	無処理	51.84	74.29	2.01	69.61	59.1
2	発酵豆腐粕 15%	50.23	71.96	2.07	69.65	56.0
3	発酵豆腐粕 15% + 魚粉 0.75%	51.22	74.02	2.03	69.19	55.1

※市販の配合飼料の置換配合 ※成鶏用飼料：29.4 円/kg, 米ぬか：20 円/kg, 魚粉：90 円/kg で試算
豆腐粕は無料とした。



図 5. 農家での豆腐粕混合発酵の様子
(今では麻袋を使わずに発酵機を利用している)

山梨県内の約 80% の採卵鶏農家がそれぞれ独自の配合割合により豆腐粕を利用している状況である (図 5)。

2) 2 年鶏における卵重調整

採卵鶏は日齢の経過に伴い産卵率が低下し、卵殻厚の低下が起る。このため、農家では 450 日齢～500 日齢になると強制換羽をかけて産卵率の回復や卵殻厚の向上を図っている。しかし、卵重は日齢の経過により大きくなり、その結果規格外卵として販売せざるを得ないものとなってしまう。当然卵重の大きいものは卵殻質も脆弱になる傾向があるため、農家では大玉卵の過剰な生産は避けたいという事情がある。

卵重の調整は品種の改良だけではなく飼料組成の操作で行うことが可能である。一般に飼料中の粗タンパク質含量を下げれば卵重は小さくなることが知られているが、単にタンパク質含量を下げるだけでは産卵率が低下してしまうことから経営に利用することはできない。そこでアミノ酸のうちメチオニンに着目し、飼料中のメチオニン含量を要求量の 120% とすることで産卵率の低下を防ぐことができるか調査を行った。強制換羽を行った後の 2 年鶏 (497 日齢) の飼料中の粗タンパク質含量を 14% とし、メチオニン含量を 0.42% とした際の産卵性と卵重に及ぼす影響について無処理区 (CP17%, ME2,850 kcal/kg) と比較した。その結果、産卵率を落とすことなく卵重を抑制することが可能となった (表 4, 表 5)。この技術は県内での採卵鶏農家で利用されている。またこの技術を応用し、低タンパク質原料として飼料用米を利用しての卵重調整技術の開発を行っているところである。

肉用鶏に関する技術

1) 赤色酵母の利用による鶏肉の肉色改善

ブロイラーの発育速度に対する改良は著しく、10～12 年サイクルで出荷日齢が 1 週間ずつ短縮している。このように早熟になった結果、肉色が薄いといった問題が出ている。鶏肉購入の際に消費者が着目する項目として、部位、価格とともに肉色が挙げられている。このことから薄くなった肉色をカバーする方法として陳列棚の照明を変えることで映える色に見せるなどの方法をとっているのが現状である。一般的にニワトリは飼料中のカロテノイドの影響を強く受け、マリーゴールドを給与すれば嘴や脚趾が燈色になることが知られている。卵黄色も同様に色素の影響を受けることからカロテノイド類の給与は肉色調整にも効果があるものと考えられる。しかし、これら燈色系の色素では肉色も燈色になってしまうため、肉色＝赤系である日本人の要望に添うことが出来ない。そこで、赤色系色素であるアスタキサンチンを生産する酵母 (*Phaffia rhodozyma*) を飼料添加することを試みた。試験では酵母の細胞膜を破碎したものとししないものを用い、肉色への影響を調査した (表 6)。その結果、破碎しない酵母では赤色度に差はなかったものの、破碎酵母を用いることで赤色度が増加し、さらに添加割合を増やすことでより増加した。このことから、アスタキサンチンを生産する酵母を破碎して肉用鶏に給与することで人為的に肉色を調整できることが明らかとなり (図 6)、その回帰式は表 7 に示したとおりである。この際、アスタキサンチンにより皮下脂肪も赤くなってしまうため、肉色改善の最適添加レベルや給与期間を考慮する必要があるが、この技術は、鶏肉の差別化を図るための資材として、他県でも地鶏の生産などに利用されることとなった (図 7)。

2) トレハロースを利用した鶏肉臭の抑制

鶏肉は優れた動物性タンパク質源であるが、不飽和脂肪酸が多く酸化が起こりやすい食品である。保存中の自動酸化に加え、加熱時にも酸化が起こりその結果、鶏肉独特の匂い (以下加熱臭という) が発生する。一般的にはアルデヒド類が多いとされている (Wilson *et al.*, 1972)。Pippen *et al.* (1963) は鶏皮、皮下脂肪と赤身肉を GC 分析した結果、ヘキサナールと 2,4 デカジエナールでピークが見られ、鶏皮と皮下脂肪は赤身の肉よりもレベルが高いことを報告している。また、この独特な匂いは、鶏肉が好きな人はこの匂いも受け入れられるのであるが、鶏肉嫌いな人はこの匂いを敬遠する人が多い。これを改善するためには、匂いに大きな影響を与えるとされる飼料原料の調整が必要である。そこで、山梨県内のブロイラー生産では、加熱臭を抑制するために動物タン

表 4. 規格割合 (%)

	区分		規格割合 (%)						<L size
	CP	Met	3L	LL	L	M	MS	S	
1 (対照)	17.0	0.35	2.74	14.38	38.76	37.79	6.33	0.00	82.88 AB
2	17.0	0.42	4.61	18.09	37.77	31.79	7.57	0.16	77.30 B
3	14.0	0.35	0.94	10.49	38.55	41.80	8.02	0.20	88.57 A
4	14.0	0.42	1.66	11.69	40.72	40.31	5.51	0.11	86.64 A

※ CP および Met は飼料中の含量 (%)

異符号間に有意差あり ($p < 0.01$)

表 5. 産卵率および卵殻強度

	区分		産卵率 (%)	卵殻強度 (kg)
	CP	Met		
1 (対照)	17.0	0.35	77.66 b	2.88 b
2	17.0	0.42	82.80 a	3.02 ab
3	14.0	0.35	75.50 b	2.89 b
4	14.0	0.42	78.83 a	3.09 a

※ CP および Met は飼料中の含量 (%)

異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)

表 6. 肉色試験区分

区分	処理方法	添加量
1	無処理	—
2	未破碎酵母	15 ppm
3	破碎酵母	15 ppm
4	破碎酵母	30 ppm

表 7. 肉の赤色度と AX 摂取量の関係

部位	1 次回帰式	相関係数
縫工筋	$Y = 11.831 + 0.0188X$	($r = 0.4371^{**}$)
浅胸筋	$Y = -0.5957 + 0.0289X$	($r = 0.7281^{**}$)
深胸筋	$Y = 0.0617 + 0.0193X$	($r = 0.7056^{**}$)
皮	$Y = -2.7536 + 0.0238X$	($r = 0.4901^{**}$)
脂肪	$Y = -1.487 + 0.0450X$	($r = 0.7937^{**}$)

(Y : a* 値 X : アスタキサンチン摂取量 (mg))

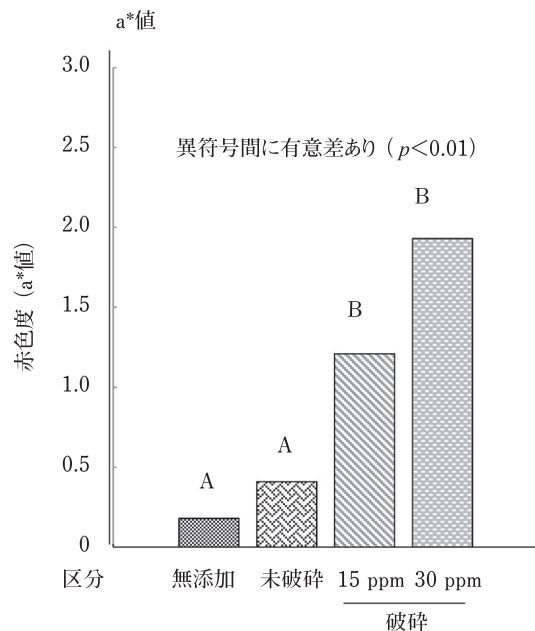


図 6. 赤色酵母の差異による赤色度 (深胸筋)

パク質を使わずに植物タンパク質を利用する方法がとられていた。しかし、植物タンパク質では発育性が若干落ちてしまうとともに飼料中のカリウムの影響で飲水量が増加し、排泄物が軟便になるなどの問題が発生していた。そのため、動物タンパク質を利

用しながら加熱臭を抑制するための技術開発が求められていた。

一方、抗酸化活性の高い資材としてトレハロースが注目されている。トレハロースは非還元性の2糖類であり、抗酸化活性が高いとともにカルシウムの吸収促進や野菜の保存性を向上させるなど、さまざまな分野で利用されている。奥ら (1999) はトレハロース溶液に鶏肉を浸漬して加熱した結果、揮発性アルデヒドの発生量が減少したことを報告している。

このように畜産物加工品にはその利用がされていたものの、鶏肉の生産レベルでの利用はされていなかったことから、トレハロースを摂取させた場合の効果について検討した。試験は3区分とし、無処理区を対照に、21日齢～51日齢までの30日間、トレハロースを0.5%添加する区および42日齢～51日齢までの9日間、1.5%添加する区を設けた。いずれも総摂取量を25gとなるように添加量および給与日齢を設定した (表8)。その結果、トレハロースを出荷前9日間給与した区では、出荷時の発育体重には変化はない (図8) が、揮発性アルデヒドの発生量が減少し、その結果加熱臭が抑制されることが確認された (図9, 図10, 図11)。この結果を基に、県内のプロイラー農家で2万羽規模での実証試験を2回行った。1回目の試験は出荷までの総摂取量を25gとな



左：アスタキサンチンとして30 ppm添加

右：無処理

図 7. 赤色酵母給与による肉色への効果

表 8. 鶏肉臭抑制試験区分

区分	トレハロース添加量	給与期間	予想摂取量
1	なし	—	—
2	0.50%	21～51 日齢	25 g
3	1.50%	42～51 日齢	25 g

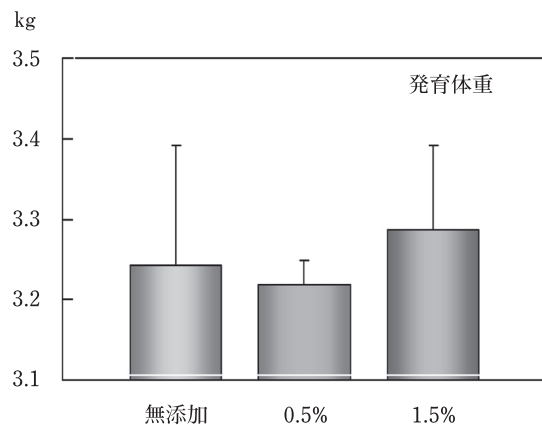


図 8. トレハロース添加による発育体重の比較 (51 日齢時)

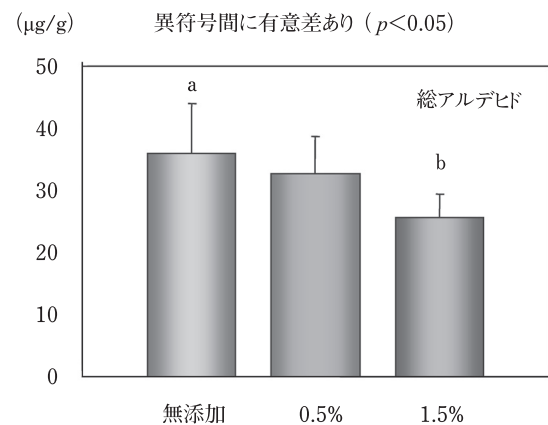


図 9. ムネ肉加熱時の総アルデヒド量

るように設定した。2 回目はより実用性を考え、総摂取量で約 10 g となるように 0.35% 添加として 17 日間給与した。この結果、いずれも揮発性アルデヒドの発生量が減少し、また官能検査の結果でも良好であるとの評価をいただいた。このことを機に、山梨県内で生産されているブロイラーの約 80%、中でも原料に動物タンパク質を利用しているブロイラーのほぼ 100% でトレハロースが利用されることとなった。現在では鶏肉問屋を中心に、鶏肉の

質が非常に良好であるとの評価を得ており、県内のみならず県外にも流通している状況である。

技術の普及

以上のようにさまざまな試験を行い、失敗を繰り返す中で試行錯誤して農家に利用されるような技術開発を行ったが、県の研究機関にはもう一つ大きな業務がある。それはこれら技術の普及で

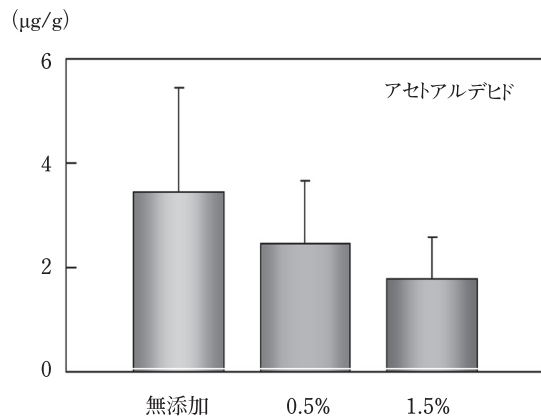


図 10. ムネ肉加熱時のアセトアルデヒド発生量

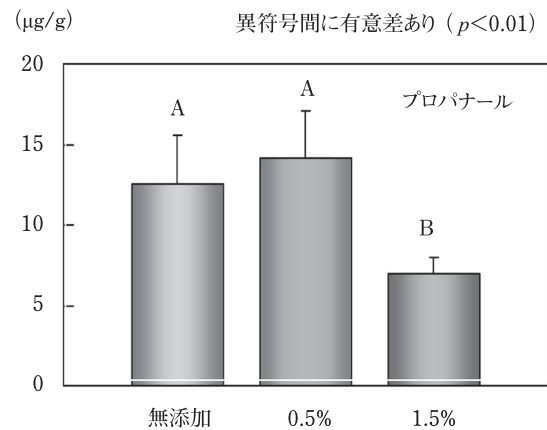


図 11. ムネ肉加熱時のプロパナール発生量

ある。農家の人の悩みや意見を取り入れて試験設計し、結果を導き出し、その技術によって効果が期待できるようであれば農家の経営に取り入れてもらうことが必要である。そのためにはまず農家から経営の悩みを聞き取ることから始まる。今問題となっている事柄は何か、これを解決するためにはどうすれば良いか、もちろんコストや労力がかかってはいけない。これらのことをクリアする方法を模索すること。これが研究をする者にとって最も興味深くおもしろいことである。そこが決まれば、試験にどのような鶏種を使うか、好ましい方法はなにか、どのように進めるかが見えてくる。すぐにやらねばならない。そして再現性の試験も行わねばならない。可能であれば農家レベルの実証もできればなお良い。そして結果は、学会発表、成果発表などの機会を利用して情報の提供をすべきである。また県の普及組織と連携して農家に訪問したり、関係者の集まる会合などで情報提供に努めたりすることが必要である。時には実技を交えて説明することも大切である。

これらのことで最も重要なことは、農家との信頼関係をいかに築くかということである。相手からの一方的な情報提供だけでは農家はついてこない。お互いにメリットがある関係を築くことが最も重要であり、そのためにはある程度無理なこともきく姿勢が必要である。いつでも相談を受け入れる姿勢でいることが農家の信頼を得ることにつながる。そうなることで試験成果が実用化に至るものとする。公設機関ではここまで行うことで一つの研究が終わると考えている。公設研究機関の存在価値が問われている今、地域の農家と一緒に養鶏産業の方向性を考えていくことが必要となってきている。そのことはひいては我が国の養鶏産業のあり方にもつながってくることである。養鶏はそれぞれの地域から全国に情報発信し、それらを共有できる産業であって欲しいと思う。

謝 辞

本稿は、平成 25 年度日本家禽学会技術賞受賞課題である「地域ニーズに対応した鶏肉・鶏卵生産技術の開発」の内容の一部をまとめたものである。本稿の執筆の機会を与えてくださった技術賞

選考委員会、編集委員会の諸先生方ならびに日本家禽学会事務局に深く感謝申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、さまざまな指導・助言をいただいた山梨県畜産試験場の元場長の故小宮山恒氏、東北大学大学院農学研究科動物栄養生化学分野でお世話になった諸先生方、赤色酵母の試験でご協力いただいた(株)メルシャンの方々、トレハロースの研究のため資材の提供・分析にご協力いただいた(株)林原の先生方、問題点の抽出、助言や実証試験を行っていただいた山梨県内の養鶏農家の方々、山梨県農政部の方々、そして一緒に動物管理や分析の手伝いをしてくれた山梨県畜産試験場の仲間たちに謝意を表します。

引用文献

- Branton SL, Reece FN and Deaton JW. Use of ammonium chloride and sodium bicarbonate in acute heat exposure of broilers. Poultry Science, 65 : 1659-1663. 1986.
- Dale N. Dietary factors influence ascites syndrome in broilers. Feedstuffs, 62 : 1990.
- Hall SA and Machicao N. Myocarditis in broiler chickens reared at high altitude. Avian Disease, 12 : 75-84. 1968.
- 長谷 学・大園正道・鶴田良輔・恒吉幸一・橋村兼次. プロイラー腹水症の発病要因と病理所見. 鶏病研究会報, 18 : 63-68. 1982.
- Julian RJ, McMillan I and Quinton M. The effect of cold and dietary energy on right ventricular hypertrophy, right ventricular failure and ascites in meat-type chickens. Avian Pathology, 18 : 675-684. 1989.
- Leeson S and Summers JD. In : Broiler breeder production. pp. 223-224. Nottingham University Press. England. 2000.
- 目加田博行・川合昌子・臼井秀義・中島芳夫. プロイラーの熱射病に対する風速の効果と性による反応の違い. 日本家禽学会誌, 22 : 90-96. 1985.
- 望月明義. 家禽の腹水症. 鶏病研究会報, 17 : 172-177. 1981.
- 野垣琢哉・神田政孝・北 和夫・水野 拓・松井豊八・度合 巖. プロイラー養鶏場に発生した腹水症とフラゾリドン過剰給与試験. 鶏病研究会報, 18 : 76-79. 1982.
- 奥 和之・茶園博人・福田恵温・栗本雅司. 不飽和脂肪酸の加熱分解に及ぼすトレハロースの影響. 日本食品科学工学会誌,

- 46 : 749-753. 1999.
- Pippen EL and Nonaka M. Gas chromatography of chicken and turkey volatiles : The effect of temperature, oxygen, and type of tissue on composition of the volatile fraction. *Journal of Food Science*, 28 : 334-341. 1963.
- Teeter RG, Smith MO, Owens FN and Arp SC. Chronic heat stress and respiratory alkalosis : Occurrence and treatment in broiler chicks. *Poultry Science*, 64 : 1060-1064. 1985.
- 手塚和義・塩田ゆみ・野尻敏夫・佐藤 茂・佐藤常男. 肉用鶏腹水症の研究. 特に飼育温度の改善による回復試験について. *東京獣医畜産学誌*, 36, 79-82. 1989.
- Wilson RA and Katz I. Review of literature on chicken flavor and report of isolation of several new chicken flavor components from aqueous cooked chicken broth. *Journal of Agriculture Food Chemical*, 20 : 741-747. 1972.