

都市型畜産環境保全に関する研究

1. 家畜飼養環境の改善による生産性の向上と 臭気発生防除に関する試験

省エネダクト送風による鶏舎内臭気の軽減

岸井誠男・引地宏二・青木稔

Research on Animal Husbandry Environmental Conservation of City Type
1. Improvement of Productivity and Removal of Odor Development
by Amelioration of Keeping Circumstances
Reduction of Odor in a Chicken House by Saving Energy Duct Perflation

Yoshio KISHII, Kouji HIKICHI and Minoru AOKI

飼養管理面からの改善による鶏舎内の臭気軽減を行うため人工気象室を用いて給与飼料の低蛋白化とダクト送風の組み合わせによる5試験で検討した。

【試験1】CP17%飼料に比べCP14%飼料は鶏舎内アンモニア濃度が約20%低減し、低級脂肪酸も1/4に低下した。【試験2】ケージ下のダクトで、鶏ふんに0.5m/secの風を直接送風する方法を低蛋白飼料に組み合わせることにより鶏舎内のアンモニア濃度をCP17%無送風より約35%抑制することができ、硫黄化合物臭気濃度も1/4~1/5に減少できた。【試験3】間欠送風(15分ON・15分OFF)の省エネ的送風でも連続送風と同様の効果が期待でき、電気料は50%削減できた。【試験4】昼間14時間の間欠送風は鶏舎内アンモニア濃度を23%抑制でき、低級脂肪酸、硫黄化合物の濃度も抑制できた。電気料は70%削減できた。【試験5】夜間10時間の間欠送風の組み合わせは、連続に比べ電気料が80%削減でき、鶏舎内アンモニア濃度がCP17%無送風より30%低減でき、低級脂肪酸、硫黄化合物も1/4程度に抑制できた。

キーワード：鶏舎・臭気・低蛋白質・送風・ダクト・抑臭・アンモニア

畜産環境に対する苦情で最も多いのは悪臭に関する事項と言われている。このため都市と共存した養鶏経営を存続させるには、鶏舎施設等から発生する臭気軽減は大きな課題である。臭気の発生としては鶏舎から排泄される大風量、希薄な臭気と鶏ふん処理施設から排出される少風量、濃厚な臭気がある。この鶏舎から排出される臭気は集めて処理をするには大規模な処理施設が必要なため発生源対策が肝要で、飼養管理の改善による臭気軽減は重要な点である。

鶏ふんから発生する臭気濃度は温度条件¹⁾、湿度条件や鶏ふんの水分条件等種々の条件によって異なってくる。温度条件では微生物の活性が高湿ほど盛んになり臭気発生も激しくなる。排泄後の

経過日数によっても発生様相が異なってくる。また、鶏ふん中の水分含量と臭気濃度は正の相関を示し、水分含量が高いほど臭気濃度も高くなると報告²⁾されている。飼養管理ではこれらの条件を上手に改善することで臭気の軽減が期待できる。

一方、環境負荷の低減が叫ばれ、排泄物の窒素等の環境負荷物質による富栄養化や地下水の汚染が問題視されている。この解決の一策として給与飼料中の蛋白レベルを低減させることが検討され、これにより排泄物の窒素含量の低減^{3) 4)}が図られている。この様に排泄物中の窒素排泄量が減少すると、そこから発生する臭気の減少が期待される。

そこで、その解決を図るべく臭気の発生が激しい、夏季の気候条件下で、栄養レベル、排泄物へ

の直接送風及びこれらの条件を組み合わせて、省エネ的で抑臭効果の高い飼養管理方法を検討した。

材料及び方法

産卵後期の採卵鶏60羽を用いて、人工気象室2室を利用し、飼養条件を各種変更して試験を実施した。

人工気象室の環境条件は

温度：33～25℃の日内リズム

湿度：自然 換気量：室内1回/時間とし。室内を水洗により清潔にした後、試験を開始した。1回の試験は1週間連続とし、鶏ふんは1週間堆積後搬出清掃した。

アンモニアガス濃度は1日2回検知管で測定した。試験後半の7日目に硫黄化合物と低級脂肪酸の臭気測定を行い、硫黄化合物は FPD ガスクロマトグラフィー、低級脂肪酸は FID ガスクロマトグラフィーで分析を行った。

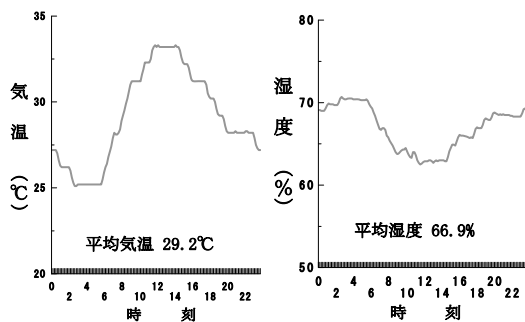


図1 試験中の人工気象室1日の気温・湿度の推移

【試験1】

栄養レベルが臭気除去に及ぼす影響

材料及び方法

CP17%の飼料を対照として、低蛋白のCP14%の飼料と比較した(表1)。飼料原料は両飼料とも同じ種類の原料を用い、配合量の変更はなるべく少なくなるようにした。表2に配合表を表3に成分値を示した。

表1 低蛋白試験区分

区分	給与飼料	供試羽数
対照	CP17%、	30羽
低蛋白	CP14%、	〃

表2 試験飼料配合表

配合原料	CP17%成鶏用	CP14%成鶏用
2種混大豆粕	64.0	70.6
フスマ	18.6	8.6
魚粉65	5.0	8.7
動物油脂	2.0	2.5
DL-メチオニン	1.26	0.50
カキ殻	0.07	0.10
リン酸第2カルシウム	8.13	8.10
食塩	0.54	0.50
武田総合プレミックス	0.20	0.20
計	100.00	100.00

表3 配合飼料の主成分値

成分値	CP17%成鶏用	CP14%成鶏用
粗蛋白質 %	17.01	13.99
代謝エネルギー Mcal/kg	2.80	2.80
カルシウム %	3.50	3.49
非フィチン態リン %	0.35	0.35
アルギニン %	1.06	0.81
グリシン+セリン %	1.53	1.26
ヒスチジン %	0.44	0.36
イソロイシン %	0.69	0.54
ロイシン %	1.49	1.28
リジン %	0.88	0.65
メチオニン %	0.33	0.34
メチオニン+シスチン %	0.60	0.56
フェニルアラニン %	0.79	0.63
フェニルアラニン+チロシン %	1.36	1.09
トリオニン %	0.62	0.50
トリプトファン %	0.21	0.17
バリン %	0.71	0.57

結果

図2に対照飼料CP17%と低蛋白飼料CP14%を給与した時の7日間のアンモニア濃度の推移を示した。給与後4日までは両飼料間に差はなかったが、その後日数が経過するにつれてCP14%がCP17%に比べて低い濃度で推移した。7日間の平均はCP17%が9.0ppmでCP14%が7.2ppmとなりCP14%は対照に比べて19.6%減少した(図2)。

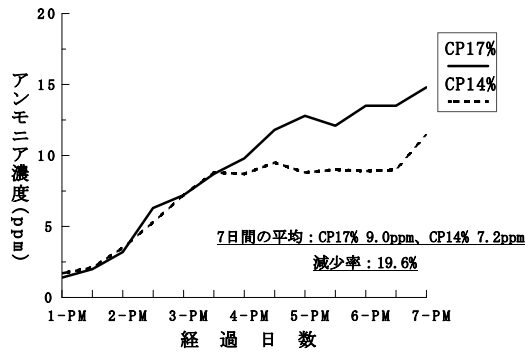


図2 CP14%低蛋白飼料の給与による7日間のアンモニア濃度の推移

表4及び表5に飼料の低蛋白化による低級脂肪酸と硫黄化合物の濃度を示した。CP17%に比べて低蛋白化のCP14%の飼料は低級脂肪酸のプロピオン酸は1/4に低下し、n-酪酸はCP17%の0.0169ppmに比べCP14%では検出されなかった。その他の低級脂肪酸は両飼料とも検出されなかった。

硫黄化合物（硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル）については両飼料の差は認められなかった。

表4 飼料の低蛋白化と低級脂肪酸濃度 (ppm)

	プロピオン酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
CP17%	0.0254	0.0169	0	0
CP14%	0.0059	0	0	0

表5 飼料の低蛋白化と硫黄化合物濃度 (ppm)

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
CP17%	0.0107	0.0022	0.0017	0.0055
CP14%	0.0108	0.0031	0.0017	0.0041

【試験2】

栄養レベルと排泄物への送風が臭気除去に及ぼす影響

材料及び方法

低蛋白飼料給与に加えてケージ下に吊したビニールダクトから排泄鶏ふんに直接風を当てることで複合的に臭気を軽減させることを検討した。送風は24時間連続で行い、鶏ふんには0.5m/secの風を直接送風した(表6、図3)。その他の条件は試験1と同様とした。

表6 低蛋白と連続送風試験区分

区	分	方	法
対	照	CP17%、無送風	(対照)
低	蛋白+連続送風	CP14%、ダクト送風	(24時間)



図3 ケージダクトとケージへの装着

結果

図4に低蛋白飼料給与と連続送風組み合わせた時のアンモニアの推移を示した。試験開始2日目から対照と低蛋白+連続送風とに差が現れ、その後低蛋白+連続送風は対照に比べて常に低い濃度で推移した。7日間のアンモニアの平均濃度は対照(CP17%)は8.3ppmで低蛋白+連続送風は5.3ppmとなり、減少率は35.9%であった。

表7及び表8に飼料の低蛋白化と連続送風の組み合わせによる低級脂肪酸と硫黄化合物の濃度を示した。低級脂肪酸は対照に比べて低蛋白と連続送風の組み合わせは高い濃度となり、イソ-吉草酸やn-吉草酸は対照では出現していないが、送風を組み合わせることで0.01ppmではあるが出現した。

硫黄化合物の硫化水素は両処理の差は認められなかったが、その他の硫化物は低蛋白に送風を組み合わせることで濃度が低くなり、対照の20%程度に減少した。

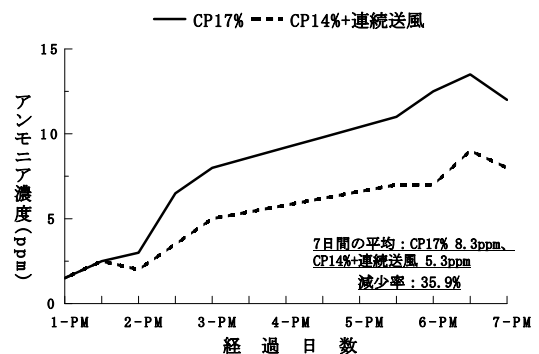


図4 低蛋白と連続送風の組み合わせとアンモニア推移

表7 低蛋白と連続送風の低級脂肪酸濃度 (ppm)

	プロピオン酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
CP17%	0.0664	0.0157	0.0000	0.0000
CP14%+連続	0.1176	0.0490	0.0106	0.0175

表8 低蛋白と連続送風の硫黄化合物濃度 (ppm)

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
CP17%	0.0124	0.0359	0.0108	0.0401
CP14%+連続	0.0120	0.0069	0.0023	0.0083

【試験3】

栄養レベルと排泄物への間欠送風が臭気除去に及ぼす影響

材料及び方法

試験2の連続送風の省エネルギー化を図るため送風時間の短縮化を検討した。CP17%の飼料を給与して、送風を行わない区を対照として、CP14%の低蛋白飼料に間欠送風として15分送風して、15分中止する送風方法を組み合わせた区と比較した(表9)。その他の条件は試験1同様とした。

表9 低蛋白と間欠送風試験区分

区	分	方	法
対照	CP17%	無送風	(対照)
低蛋白+間欠送風	CP14%	間欠送風	(15分 ON、15分 OFF)

結果

図5に低蛋白に間欠送風を組み合わせた時のアンモニア濃度の推移を示した。試験2の連続送風と同様に2日目から両区にアンモニア濃度の差が現れ、それ以後、低蛋白+間欠送風が低いアンモニア濃度で推移した。7日間のアンモニアの平均濃度は対照のCP17%無送風は8.2ppmとなり、低蛋白+間欠送風は5.6ppmで対照に比したアンモニア濃度の減少率は31.7%となった。この減少率は連続送風の減少率とほとんど変わらない値である。このアンモニアの減少に加えて電気量は連続に比して50%削減できる省エネ的で魅力がある。

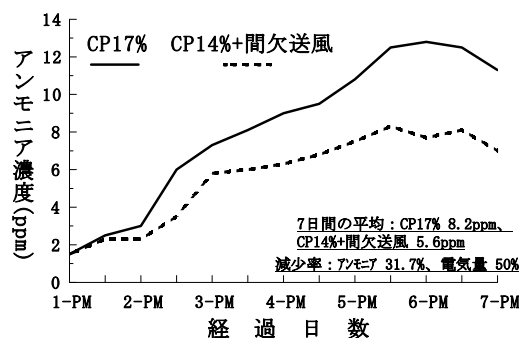


図5 低蛋白と間欠送風の組み合わせとアンモニア濃度推移

表10及び表11に飼料の低蛋白化と間欠送風の組み合わせによる低級脂肪酸と硫黄化合物の濃度を示した。低級脂肪酸は連続送風と同様の傾向を示し、対照に比べて低蛋白と間欠送風の組み合わせは低級脂肪酸が高い濃度となり、対照の約6倍の値を示した。

硫黄化合物は両処理の差は認められなかったが、対照の濃度が試験2に比べて低いため、低蛋白+間欠送風の硫化物の濃度は連続送風の値と類似していた。

表10 低蛋白と間欠送風の低級脂肪酸濃度 (ppm)

	プロピオン酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
CP17%	0.0544	0.0243	0.0053	0.0083
CP14%+間欠	0.3401	0.1648	0.0357	0.0419

表11 低蛋白と間欠送風の硫黄化合物濃度 (ppm)

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
CP17%	0.0109	0.0045	0.0028	0.0066
CP14%+連続	0.0115	0.0046	0.0026	0.0063

【試験4】

栄養レベルと排泄物への昼間14時間間欠送風が臭気除去に及ぼす影響

材料及び方法

試験3の間欠送風の更なる省エネルギー化を図るため間欠送風を鶏が活動している明るい時間

(人工気象室の点灯時間14時間)のみに間欠送風を行い暗期は送風を中止する方法を検討した。

対照は CP17%の飼料を給与して無送風とした。試験区は CP14%の飼料に明期の14時間間欠送風を組み合わせた(表12)。

表12 低蛋白と14時間間欠送風試験区分

区 分	方 法
対 照	CP17%、無送風(対照)
低蛋白+	CP14%、明期14時間間欠送風
14H 間欠送風	(15分 ON、15分 OFF を28回点灯時間中に行い、10時間 OFF)

結 果

図6に低蛋白に14時間の間欠送風を組み合わせた時のアンモニア濃度の推移を示した。4日目から両区にアンモニア濃度の差が現れ、それ以後、低蛋白+14時間間欠送風が低いアンモニア濃度で推移した。7日間のアンモニアの平均濃度は対照の CP17%無送風は8.7ppm となり、低蛋白+間欠送風は6.7ppm で対照に比したアンモニア濃度の減少率は22.8%となった。この減少率は連続送風や24時間の間欠送風に比べて10ポイント程度減少率が少なくなった。しかし、電気量は連続に比して70%削減になり、24時間間欠送風に比べて20ポイント削減率が上がった。

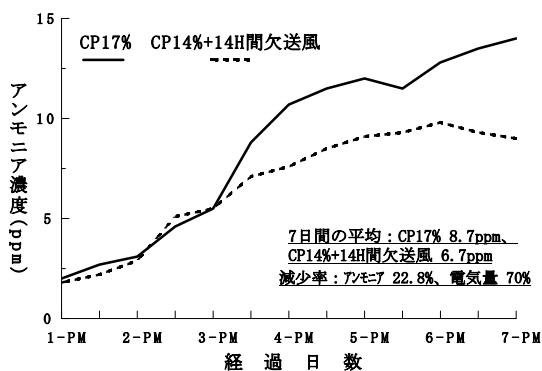


図6 低蛋白と14時間間欠送風のアンモニア推移

表13及び表14に飼料の低蛋白化と14時間の間欠送風を組み合わせた時の低級脂肪酸と硫黄化合物の濃度を示した。低級脂肪酸は連続送風や間欠送風とは異なり低蛋白化と同様の傾向を示し、対照に比べて低蛋白と14時間間欠送風の組み合わせは

低級脂肪酸(プロピオン酸、n-酪酸)の濃度が減少した。n-酪酸は対照の1/2の濃度を示した。

硫黄化合物は連続送風と同様の成績を示し、対照に比べて低蛋白+14時間間欠送風の硫化物の濃度は硫化水素を除いて1/3~1/2になった。

表13 低蛋白と14時間間欠送風の低級脂肪酸濃度(ppm)

	プロピオン酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
CP17%	0.0373	0.0231	0.0000	0.0000
CP14%+14H	0.0256	0.0124	0.0000	0.0000

表14 低蛋白と14時間間欠送風の硫黄化合物濃度(ppm)

	硫化水素	メチルメルカプタン	硫化メチル	二硫化メチル
CP17%	0.0134	0.0273	0.0093	0.0365
CP14%+14H	0.0133	0.0066	0.0035	0.0096

【試験5】

栄養レベルと排泄物への夜間10時間間欠送風が臭気除去に及ぼす影響

材料及び方法

試験4の昼間14時間間欠送風の更なる省エネルギー化を図るため夜間のみの間欠送風を検討した。

鶏が睡眠している暗い時間(人工気象室の消灯時間10時間)のみに間欠送風を行い明期は送風を中止した。対照は CP17%の飼料を給与して無送風とした。試験区は CP14%の飼料に暗期の10時間間欠送風を組み合わせた(表15)。

表15 低蛋白と14時間間欠送風試験区分

区 分	方 法
対 照	CP17%、無送風(対照)
低蛋白+	CP14%、夜間10時間間欠送風
10H 間欠送風	(15分 ON、15分 OFF を10回消灯時間中に行い、昼間は OFF)

結 果

図7に低蛋白に10時間の間欠送風を組み合わせた時のアンモニア濃度の推移を示した。14時間の間欠送風と同様に4日目から両区にアンモニア濃度の

差が現れ、それ以後、低蛋白+10時間間欠送風が低いアンモニア濃度で推移した。7日間のアンモニアの平均濃度は対照の CP17%無送風は8.1ppm となり、低蛋白+間欠送風は5.7ppm で対照に比べたアンモニア濃度の減少率は30.8%となった。この減少率は24時間の間欠送風とほとんど同じ減少率であった。しかし、電気量は連続に比して80%削減になり、24時間間欠送風に比べて60%、14時間間欠送風に30%の削減率となった。その上夜間のみの電気使用となるので深夜電力の利用による低電気料化も図られる。

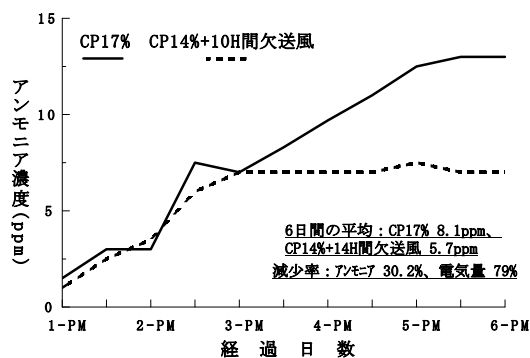


図7 低蛋白と10時間間欠送風のアンモニア推移

表16 低蛋白と10時間間欠送風の低級脂肪酸濃度 (ppm)

	プロピオン酸	n-酪酸	イソ-吉草酸	n-吉草酸
CP17%	0.0672	0.0136	0.0000	0.0000
CP14%+10H	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000

表17 低蛋白と10時間間欠送風の硫黄化合物濃度 (ppm)

	硫化水素	メチルメルプタン	硫化メチル	二硫化メチル
CP17%	0.0106	0.0216	0.0082	0.0318
CP14%+10H	0.0130	0.0054	0.0041	0.0084

表16及び表17に飼料の低蛋白化と夜間10時間の間欠送風を組み合わせた時の低級脂肪酸と硫黄化合物の濃度を示した。低級脂肪酸は14時間低蛋白化と同様の傾向を示し、対照に比べて低蛋白と10時間間欠送風の組み合わせは低級脂肪酸（プロピオン酸、n-酪酸）の濃度が減少した。プロピオン酸

は1/10の濃度となり、n-酪酸は対照が0.0136ppmの濃度を示したが、低蛋白+10時間間欠送風は出現しなかった。

硫黄化合物は連続送風と同様の成績を示し、対照に比べて低蛋白+10時間間欠送風の硫化物の濃度は硫化水素を除いて1/2~1/4になった。

考 察

単体アミノ酸の利用により飼料中のアミノ酸バランスを適正化して、鶏での利用性を改善することにより飼料中の蛋白水準を低減化することが各方面で研究されている。この結果として産卵期に通常用いられる CP17%の飼料を CP13~14%まで低下させても産卵性には問題がなく、窒素排泄量を25%程度低減させることが可能とされている^{3) 4) 5)}。今回飼料中の蛋白を CP17%から CP14%へ低減させることで発生するアンモニア量は20%程度低下し、排泄窒素量を低減させた量と同様の低減率になっている。このことから発生アンモニア量は排泄量に従属すると推測される。John⁶⁾は飼料中の CP 水準を19%から11%まで低くした結果、排泄窒素量を50%減少できたと報告している。アンモニア発生量が排泄窒素量に従属するならばアンモニア発生量も更に低減できると考えられる。しかし、生産性を低下させずに CP を低減するには限度が考えられる。産卵鶏での低蛋白化は CP14%程度までが限度との報告⁷⁾もある。これらのことよりアンモニア発生量を低減させるために飼料中蛋白量を低減するのは CP14%が限度と考えられる。

このことから、鶏舎内から悪臭を低減させるには低蛋白以外の方策と組み合わせることが必要となる。早川ら²⁾により鶏ふんの水分と臭気の発生様相が報告されている。この報告では鶏ふんの水分含量と臭気濃度との関係に正の相関が認められている。一方、鶏舎内での鶏ふんの乾燥にはケージ下のダクト送風がよく用いられている。小滝ら⁸⁾は鶏ふんへの直接送風でふん中水分は平均値で、対照区79.7%、送風区57%、送風攪拌区49.3%と送風による鶏ふんの乾燥効果を報告している。これらの送風と乾燥、ふん中水分含量と臭気発生を結ぶと、ダクト送風での鶏舎内臭気の低減が期待できる。試験2では低 CP にケージ下ダクト送風を組み合わせることでアンモニア濃度は2日目から差が現れ、7日間の平均で低 CP+ダクト送風は36%の低減となっており、低 CP よりも16ポイント低減率が増加し、ダクト送風を加えることで大きな効果となっている。この送風によるアンモニアの低減は石川ら⁹⁾の「送風により舎内のアンモニア濃度はおおそ半減した」との報告とも一致し

ている。また、本試験では硫黄化合物も減少しており臭気低減への寄与は高いと言える。しかし、低級脂肪酸はダクト送風を組み込むことにより増加を示した。通常酸性の低級脂肪酸は鶏ふんから大量に発生するアルカリ性のアンモニアと反応して、塩を生成するため臭気として拡散されることは少ないと考えられる。しかし、送風を組み合わせることでアンモニアの発生が抑制されたため反応相手が少なくなり、ガスとして揮散したと推測される。

この送風により臭気低減効果はアップするが、ダクト送風には運転コストとして電気料金がかかる。森¹⁰⁾らは1日8時間稼働で3.92円/羽、石川⁹⁾は1.41円/羽・月の電気料金が必要と積算されており、出来るだけ運転コストを低減する工夫が必要である。

試験3では電気料金が1/2になる15分ON・15分OFFの間欠運転での低減効果を検討している。アンモニア減少率は32%となっており、連続送風より6ポイント減少率が低くなった。しかし、低CP無送風より10ポイントアンモニア濃度の減少率が高くなっており、電気料金は50%削減できるので魅力ある方式ではある。

更に、試験4では電気料金の低減のため鶏が活動する時間帯（14時間）にのみ間欠送風を行った。舎内アンモニア濃度の減少率は23%と低CPに送風を組み合わせたにもかかわらず抑制は低いものであった。低級脂肪酸濃度も試験2、3と異なり、増加していないことからアンモニアの低減が低かったことが推測され、送風の効果が少ないことが伺える。

試験5では夜間の温度が低く、鶏が活動していない時間帯（10時間）にのみ間欠送風したが、アンモニア濃度の減少率は31%で低CP無送風に比べて10ポイント減少率が増加している。このアンモニア濃度の減少率は24時間間欠送風を行うのと同程度のアンモニア濃度の抑制となった。電気料金が24時間間欠送風より60%低減でき、連続送風より80%低減となった。また、低級脂肪酸、硫酸化合物の低減もあり、臭気抑制に効果が高い方法と考えられる。この夜間送風が短時間にも拘わらず、昼間14時間の送風より効果的であったのは、昼間は気温が高いため熱による鶏ふん中からの水分蒸散があるが、夜間は気温が下がるため送風が水分移動に効果的に働いたためではないかと考えられる。

以上の結果から、CP17%をCP14%に低蛋白化することにより、20%程度のアンモニア濃度低下が図られるが、ケージ下のビニールダクト送風により低蛋白による低減を更に15%上昇させること

ができる。しかし、ダクト送風は電気料がかかるためできるだけ運転時間を短くしたい。このための間欠送風を検討したが、アンモニア濃度の低減と電気料金の削減から夜間の10時間間欠送風は30%アンモニア濃度を低減ができ、電気料金が連続送風の20%程度で済むため、省エネの方法と考えられる。更に、この方法は、低級脂肪酸や硫黄化合物の濃度も低下させるため最適の方法と言える。

引用文献

- 1) 池田勝俊・小島信男・菅原 幸・矢島 潤・佐藤昭八. 鶏ふんの臭気防除に関する試験 鶏ふんに由来する臭気成分の検討. 神奈川畜試研報, 64 : 115-123. 1975
- 2) 早川岩夫・加糖博美・沢田守男・山川芳男. 畜産の悪臭対策に関する研究 (第1報) 鶏ふんの水分と臭気の発生様相. 愛知農総試研報, 14 : 456-460. 1982
- 3) 大口秀司・山本るみ子・水野銈一郎. 採卵鶏における単体アミノ酸を添加した低蛋白質飼料給与による窒素排泄量の低減化. 愛知農総試研報, 31 : 297-304. 1999
- 4) 斉藤健一・飯田哲也・山口岑雄・岩田穎三・畠山耕五. 採卵鶏における低蛋白質飼料給与の期別給与による排泄窒素の低減. 千葉畜セ研報, 21 : 21-27. 1997
- 5) 古関護博・松崎正治・酒見武典. 採卵鶏における低蛋白飼料の期別給与試験 (第1報). 熊本農研C畜研試験成績書, 平成13年度 : 83-90. 2001
- 6) JOHN D. Summers. Reducing Nitrogen Excretion of the Laying Hen by Feeding Lower Crude Protein Diets. Poultry Science, 72 : 1473-1478. 1993
- 7) 武政正昭. 飼料・栄養研究—そのレビューと明日—(10) 畜産環境問題解決に向けての栄養飼料研究の役割. 畜産の研究, 50 : 1116-1120. 1996
- 8) 小滝正勝・小林正樹. 鶏の軟便に対する直接送風乾燥の効果. 埼玉鶏試研報, 19 : 1-9. 1985
- 9) 石川幸市・池谷守司・伊藤憲作・米倉久雄・伊藤礼二. 送風による鶏ふんの鶏舎内乾燥法に関する試験 (第1報). 静岡鶏試研報, 9 : 29-32. 1974
- 10) 森 静雄・打越律男・芦原光男・浜野好郎. 鶏糞の処理技術に関する試験 (ケージファン利用による鶏糞乾燥試験). 佐賀鶏試研報, 10 : 39-41. 1978