

鶏舎気温や加齢に伴う鶏血液pH・ガス分圧・電解質イオン・ヘマトクリット値の変化 (第2報)

笠原 猛・藤本 武・澤 則之

要 約

本報では、鶏の暑熱ストレス指標となる血液pH・ガス分圧・電解質イオン濃度などの正常値を調査するため、前報⁴⁾に引き続き、新たにブロイラーを対象として、鶏舎気温や加齢の影響を再検討した。

pHは、季節間差も認められたが(夏季>秋季)、全データ平均値が 7.354 ± 0.051 であり、比較的狭い範囲で上下した。また、 HCO_3^- は、pH同様に、季節間(夏季>秋季)で差があり、同時に、性(雄>雌)、週齢間(4週齢<7週齢)でも差があった。更に、 pCO_2 は、pHのように統計的な季節間差が認められなかった。しかし、季節と週齢の間に交互作用が認められ、夏季7週齢、及び秋季4週齢が低い傾向にあった。一方、 $\text{pCO}_2 \cdot \text{pH} \cdot \text{HCO}_3^-$ は、各々平均値と比較して、夏季7週齢が低 $\text{pCO}_2 \cdot$ 高pH・高 HCO_3^- 、秋季4週齢が低 $\text{pCO}_2 \cdot$ pH同等・低 HCO_3^- な傾向にあった。

pO_2 は、週齢間(4週齢>7週齢)で差があり、加えて、体重との相関係数に1%レベルの有意性が認められた(負の相関)。

Ca^{++} は、全データ平均値が $1.40 \pm 0.067 \text{mmol/L}$ であり、4週齢の採卵鶏とブロイラー種鶏:前報⁴⁾と、概ね一致した。

Hctは、全データ平均値が $26 \pm 2.2\%$ であり、30%以上の値が見られなかった。

Na^+ は、全データ平均値が $142.6 \pm 2.52 \text{mmol/L}$ であり、やや低値であった。また、 K^+ は、全データ平均値が $6.23 \pm 0.638 \text{mmol/L}$ であり、やや高値であった。一方、 Na^+ と Cl^- は、週齢間差(4週齢<7週齢)、及び季節と週齢の間の交互作用が同じ傾向にあった。更に、 Cl^- は、雄と比べて雌が有意に高く、 HCO_3^- は、雄と比べて雌が有意に低かった。加えて、血漿浸透圧は、統計的な有意差、及び交互作用は、各因子で認められなかった。

目 的

鶏は高温域での放熱を主に熱性多呼吸(パンティング)で行うが、過度のパンティングは血液中二酸化炭素の過剰排出による呼吸性アルカロージスを招く。

このような酸塩基平衡のくずれは、血液のpHやガス分圧、電解質イオン濃度を通じて検討することが出来る。過去にも、これらの血液項目を判定指標とした鶏の暑熱試験が幾つか見られる。しかし、実際には、鶏血液のpHやガス分圧、電解質イオン濃度については、絶対値として利用可能な正常値の範囲を示す資料が非常に少ない。

我々は、これらに関するデータ集積を図るた

め、前報⁴⁾にて、鶏舎気温による影響、及び加齢に伴う変化(特に、鶏種間の違い:採卵鶏とブロイラー種鶏)を検討した。その結果、採卵鶏の血液は、鶏舎気温 30°C 以上が 15°C 以下と比較して、高pH、低 $\text{pCO}_2 \cdot \text{pO}_2 \cdot \text{HCO}_3^-$ となり、更に Cl^- も低い傾向にあった。一方、各血液項目の測定値は、幾つかの週齢毎に、採卵鶏とブロイラー種鶏で差が認められた。同時に、その値は、気温以外に、体重や加齢による影響を受けながら変化するものと推測できた。特に、育成～産卵前期では体重増加(または加齢、もしくは産卵開始の準備)の影響が大きく、産卵後期では併せて気温の影響も受けることが示唆された。

即ち、正常値の範囲は、気温や加齢に伴う変化

の違いに対応して、鶏種毎に定める必要があると考えられる。そこで、本研究では、新たにブロイラーを対象として、引き続き鶏舎気温や加齢の影響を再検討した。特に、鶏舎気温については、廃温後の生産適温（19～23℃）¹⁾を考慮して、4週齢以降の鶏舎最低気温が、およそ19℃以上となる時期（夏と秋）で検討した。夏季は、熱死増加が問題となり始める6月餌付け、秋季は、残暑から比較的溫度管理の容易な時期に向かう9月餌付けで設定した。

材料及び方法

供試鶏は、平成16年9月餌付け（秋季）、及び平成17年6月餌付け（夏季）の市販ブロイラーコマースナル、各雌雄5羽ずつとした。

試験鶏舎は平飼開放鶏舎であり、供試鶏の収容密度は3.3m²当たり38羽とした。飼料は、各鶏共に、餌付けから3週齢まで前期飼料（ME:3,050kcal, CP:22%）を給与し、以降、後期飼料（ME:3,150kcal, CP:18%）を給与した。給餌・給水は不断とした。給温は、秋季が4週齢、夏季が2週齢で廃した。また、夏季は、農事用送風機（直径80cm）により、3週齢：27℃、4週齢：26℃、5週齢：25℃以上で風速1m/秒以上となるよう送風した。その他の管理は、当研究所慣行に従った。

採血の時期は、4週齢時、及び7週齢時とした。また、採血方法（翼下静脈）と分析項目（pH、ガス分圧：pCO₂・pO₂、重炭酸イオン濃度：HCO₃⁻、ナトリウムイオン濃度：Na⁺、カリウムイオン濃度：K⁺、カルシウムイオン濃度：Ca⁺⁺、塩素イ

オン濃度：cl⁻、ヘマトクリット値：Hct、血漿浸透圧）、及び分析方法（Rapidpoint400、及びAdvanced Digimatic Osmometer Model 3D2）は、前報⁴⁾に準じた。

結果

1. 鶏舎気象の状況について

まず、調査時における鶏舎気象状況の雰囲気を表すため、採血時気温、及び3-4週齢、6-7週齢、0-7週齢における最高・最低気温と9時湿度の平均値を表1に示す。

0-7週齢は、最高気温が、夏季餌付け：30℃、秋季餌付け：28℃となり、最低気温が、夏季：25℃、秋季：23℃となった。即ち、共に夏季餌付けが2℃高かった。

3-4週齢は、最高気温が、夏季餌付け：29℃、秋季餌付け：28℃となり、最低気温が、夏季：24℃、秋季：22℃となった。即ち、夏季餌付けは、秋季餌付けと比べて、最高・最低気温共に高く、その差は、最高気温が1℃、最低気温が2℃であった。

6-7週齢は、最高気温が、夏季餌付け：33℃、秋季餌付け：24℃となり、最低気温が、夏季：25℃、秋季：19℃となった。即ち、夏季餌付けは、秋季餌付けと比べて、最高・最低気温共に高く、その差は、最高気温が8℃、最低気温が5℃であった。言い換えると、夏季は6-7週齢の方が高温であり、秋季は3-4週齢の方が高温であったため、夏季と秋季の気温差は6-7週齢の方が大きかった。

なお、9時の湿度は、80%前後であった。

表1 鶏舎気象状況

採血時気温		3-4週齢平均			6-7週齢平均			0-7週齢平均			
4週齢	7週齢	最高気温	最低気温	9時湿度	最高気温	最低気温	9時湿度	最高気温	最低気温	9時湿度	
夏	30	31	29	24	87	33	25	76	30	25	80
秋	27	24	28	22	82	24	19	87	28	23	83

単位：気温（℃）湿度（%）

2. へい死状況について

へい死状況は、餌付け羽数に対するへい死率、及び熱死率として、表2に示した。

熱死は、夏季餌付け4-7週齢において、雌雄共に認められた。特に、雄の熱死率は高かった(餌付け羽数に対して19.2%)。

また、秋季餌付けは、へい死が認められなかった。

一方、試験中の所感であるが、パンティングは、夏季餌付け4-7週齢で顕著に観察できたが、秋季餌付け0-7週齢、及び夏季餌付け0-4週齢では殆ど観察できなかった。

表2 餌付け羽数に対するへい死率、及び熱死率の状況

単位：%

	♂				♀			
	0-4週齢		4-7週齢		0-4週齢		4-7週齢	
	へい死率	熱死率	へい死率	熱死率	へい死率	熱死率	へい死率	熱死率
夏	1.9	0.0	23.1	19.2	3.8	0.0	3.8	1.9
秋	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

3. 体重、及び血液各項目の変動要因解析について

ブロイラー血液の変動要因を解析するため、得られたデータ(体重、血液各項目)について、3要因(季節：夏季と秋季、性：雌と雄、週齢：4週齢と7週齢)分散分析を試みた(各因子の水準数：2群、水準内の繰り返し：5羽、例数：5羽×(2群×2群×2群)=40羽)。

(1) 体重

表3は、体重についての分析結果である。体重は、季節間(夏季<秋季)、性(雄>雌)、週齢間(4週齢<7週齢)で統計的な有意差が認められた。

但し、季節と週齢、及び性と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、季節間の差、及び性の差は、4週齢で小さく、7週齢で大きい傾向にあった。

一方、全データの平均値は、2,104±978.4gであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表3 体重の3要因分散分析結果

単位：g

基本統計 (全平均：2,104±978.4)									
季節 (因子A) *		性 (因子B) **		週齢 (因子C) **					
夏：2,025	秋：2,184	♂：2,309	♀：1,900	4W：1,192	7W：3,017				
2要因の組合せによる平均値表									
(A×B)	夏	秋	(A×C)*	夏	秋	(B×C)** ♂ ♀			
♂	2,176	2,441	4W	1,182	1,201	4W 1,286 1,097			
♀	1,873	1,927	7W	2,867	3,167	7W 3,331 2,703			
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表									
4W	夏		秋		7W	夏		秋	
♂	1,284±95.3		1,288±150.7		♂	3,068±326.3		3,594 233.8	
♀	1,080±213.3		1,114±111.5		♀	2,666±146.6		2,740±127.1	

各因子の水準数：2群、水準内の繰り返し5羽、例数：5羽×(2群×2群×2群)=40羽、有意差：*(P<0.05)**(P<0.01)

(2) pH

表4は、pHについての分析結果である。pHは、季節間（夏季＞秋季）で統計的な有意差が認められた。

但し、季節と性、及び季節と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、季節間の差は、雌や

4週齢で小さく、雄や7週齢で大きい傾向にあった。言い換えると、性や週齢間の差は、秋季で小さく、夏季で大きい傾向にあった。

一方、全データの平均値は、 7.354 ± 0.051 であり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表4 pHの3要因分散分析結果

基本統計（全平均： 7.354 ± 0.051 ）					
季節（因子A）*		性（因子B）		週齢（因子C）	
夏：7.370	秋：7.339	♂：7.362	♀：7.347	4W：7.345	7W：7.364
2要因の組合せによる平均値表					
(A×B)*	夏	秋	(A×C)**	夏	秋
♂	7.394	7.331	4W	7.335	7.355
♀	7.347	7.347	7W	7.406	7.323
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表					
4W	夏	秋	7W	夏	秋
♂	7.357 ± 0.028	7.350 ± 0.040	♂	7.430 ± 0.029	7.312 ± 0.027
♀	7.313 ± 0.053	7.359 ± 0.037	♀	7.381 ± 0.057	7.334 ± 0.031

(3) pCO₂

表5は、pCO₂についての分析結果である。pCO₂は、各要因における統計的な有意差が認められなかった。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、夏季は、4週齢が高く、7週齢が低い傾向にあり、逆に秋季は、4週齢が低く、7週齢が

高い傾向にあった。言い換えると、4週齢は、夏季が高く、秋季が低い傾向にあり、逆に7週齢は、夏季が低く、秋季が高い傾向にあった。

一方、全データの平均値は、 48.9 ± 7.02 mmHgであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表5 CO₂の3要因分散分析結果

単位：mmHg

基本統計（全平均： 48.9 ± 7.02 ）					
季節（因子A）		性（因子B）		週齢（因子C）	
夏：48.9	秋：48.8	♂：50.0	♀：47.7	4W：47.6	7W：50.2
2要因の組合せによる平均値表					
(A×B)	夏	秋	(A×C)*	夏	秋
♂	49.0	51.0	4W	51.9	43.3
♀	48.8	46.7	7W	45.9	54.4
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表					
4W	夏	秋	7W	夏	秋
♂	52.7 ± 4.60	45.6 ± 4.40	♂	45.4 ± 4.45	56.5 ± 9.34
♀	51.2 ± 6.13	40.9 ± 2.03	♀	46.3 ± 6.81	52.4 ± 4.24

(4) pO_2

表6は、 pO_2 についての分析結果である。 pO_2 は、週齢間（4週齢>7週齢）で統計的な有意差が認められた。

一方、全データの平均値は、 42.5 ± 7.94 mmHgであり、2要因、及び3要因間の交互作用は、認められなかった。

表6 pO_2 の3要因分散分析結果

単位：mmHg

基本統計（全平均： 42.5 ± 7.94 ）								
季節（因子A）			性（因子B）			週齢（因子C）**		
夏：41.0 秋：43.9			♂：42.9 ♀：42.1			4W：46.6 7W：38.4		
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	41.5	44.3	4W	47.0	46.2	4W	48.9	44.3
♀	40.6	43.6	7W	35.1	41.7	7W	36.9	39.9
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	48.5 ± 9.36		49.3 ± 3.39	♂	34.4 ± 3.87		39.3 ± 6.69	
♀	45.5 ± 7.25		43.1 ± 5.17	♀	35.7 ± 5.39		44.1 ± 8.92	

(5) HCO_3^-

表7は、 HCO_3^- についての分析結果である。 HCO_3^- は、季節間（夏季>秋季）、性（雄>雌）、週齢間（4週齢<7週齢）で統計的な有意差が認められた。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認められ、秋季4週齢が、特に、低い傾向にあった。

一方、全データの平均値は、 26.5 ± 2.75 mmol/Lであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表7 HCO_3^- の3要因分散分析結果

単位：mmol/L

基本統計（全平均： 26.5 ± 2.75 ）								
季節（因子A）**			性（因子B）**			週齢（因子C）**		
夏：27.6 秋：25.5			♂：27.6 ♀：25.4			4W：25.3 7W：27.8		
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)*	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	29.1	26.2	4W	27.0	23.6	4W	26.7	23.9
♀	26.0	24.9	7W	28.1	27.5	7W	28.6	27.0
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	28.8 ± 1.01		24.6 ± 1.74	♂	29.4 ± 0.96		27.8 ± 3.18	
♀	25.2 ± 1.41		22.6 ± 1.48	♀	26.8 ± 2.85		27.1 ± 0.96	

(6) Na^+

表8は、 Na^+ についての分析結果である。 Na^+ は、週齢間（4週齢<7週齢）で統計的な有意差が認められた。

即ち、週齢間の差は、夏季で大きく、秋季で小さい傾向にあった。また、4週齢は、夏季が低く、秋季が高い傾向にあり、逆に7週齢は、夏季が高く、秋季が低い傾向にあった。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認めら

一方、全データの平均値は、 142.6 ± 2.52

mmol/Lであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表8 Na⁺の3要因分散分析結果

単位：mmol/L

基本統計 (全平均：142.6±2.52)								
季節 (因子A)			性 (因子B)			週齢 (因子C)*		
夏：142.3 秋：142.9			♂：142.5 ♀：142.7			4W：141.8 7W：143.4		
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)**	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	141.9	143.2	4W	140.5	143.1	4W	141.3	142.2
♀	142.8	142.5	7W	144.2	142.6	7W	143.8	143.1
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	139.2±1.84		143.5±1.53	♂	144.6±3.63		142.9±2.22	
♀	141.7±1.49		142.7±0.86	♀	143.8±2.76		142.3±1.97	

(7) K⁺

表9は、K⁺についての分析結果である。K⁺は、季節間（夏季＞秋季）で統計的な有意差が認められた。

一方、全データの平均値は、6.23±0.638 mmol/Lであり、2要因、及び3要因間の交互作用は、認められなかった。

表9 K⁺の3要因分散分析結果

単位：mmol/L

基本統計 (全平均：6.23±0.638)								
季節 (因子A)**			性 (因子B)			週齢 (因子C)		
夏：6.54 秋：5.92			♂：6.11 ♀：6.35			4W：6.19 7W：6.27		
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	6.26	5.97	4W	6.61	5.77	4W	6.05	6.33
♀	6.82	5.88	7W	6.46	6.07	7W	6.17	6.36
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	6.33±1.075		5.78±0.385	♂	6.19±0.533		6.15±0.151	
♀	6.90±0.338		5.76±0.162	♀	6.73±0.644		5.99±0.556	

(8) Ca⁺⁺

表10は、Ca⁺⁺についての分析結果である。Ca⁺⁺は、各要因における統計的な有意差が認められなかった。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、夏季は、4週齢が高く、7週齢が低い傾向にあり、逆に秋季は、4週齢が低く、7週齢が高い傾向にあった。言い換えると、4週齢は、夏

季が高く、秋季が低い傾向にあり、逆に7週齢は、夏季が低く、秋季が高い傾向にあった。

一方、全データの平均値は、1.40±0.067 mmol/Lであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表10 Ca⁺⁺の3要因分散分析結果

単位：mmol/L

基本統計 (全平均：1.40±0.067)										
季節 (因子A)			性 (因子B)			週齢 (因子C)				
夏：1.41 秋：1.40			♂：1.41 ♀：1.40			4W：1.41		7W：1.40		
2要因の組合せによる平均値表										
(A×B)	夏	秋	(A×C)**	夏	秋	(B×C)	♂	♀		
♂	1.41	1.41	4W	1.47	1.35	4W	1.42	1.40		
♀	1.41	1.40	7W	1.34	1.45	7W	1.39	1.40		
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表										
4W	夏		秋		7W	夏		秋		
♂	1.48±0.029		1.36±0.024		♂	1.33±0.009		1.45±0.032		
♀	1.46±0.050		1.34±0.022		♀	1.35±0.029		1.45±0.033		

(9) cl⁻

表11は、cl⁻についての分析結果である。cl⁻は、性(雄<雌)、週齢間(4週齢<7週齢)で統計的な有意差が認められた。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、週齢間の差は、夏季で大きく、秋季

で小さい傾向にあった。また、4週齢は、夏季が低く、秋季が高い傾向にあり、逆に7週齢は、夏季が高く、秋季が低い傾向にあった。

一方、全データの平均値は、113±2.7mmol/Lであり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表11 cl⁻の3要因分散分析結果

単位：mmol/L

基本統計 (全平均：113±2.7)										
季節 (因子A)			性 (因子B)**			週齢 (因子C)**				
夏：113 秋：113			♂：112 ♀：114			4W：112		7W：114		
2要因の組合せによる平均値表										
(A×B)	夏	秋	(A×C)**	夏	秋	(B×C)	♂	♀		
♂	112	112	4W	111	113	4W	111	113		
♀	114	114	7W	115	113	7W	113	115		
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表										
4W	夏		秋		7W	夏		秋		
♂	109±1.7		112±2.3		♂	114±2.4		112±3.1		
♀	112±1.8		115±1.1		♀	115±3.0		114±1.2		

(10) Hct

表12は、Hctについての分析結果である。Hctは、各要因における統計的な有意差が認められなかった。

但し、季節と週齢の間には、交互作用が認められた。即ち、夏季は、4週齢が高く、7週齢が低い傾向にあり、逆に秋季は、4週齢が低く、7週齢が

高い傾向にあった。言い換えると、4週齢は、夏季が高く、秋季が低い傾向にあり、逆に7週齢は、夏季が低く、秋季が高い傾向にあった。

一方、全データの平均値は、26±2.2%であり、3要因間の交互作用は、認められなかった。

表12 Hctの3要因分散分析結果

単位：%

基本統計 (全平均：26±2.2)								
季節 (因子A)			性 (因子B)			週齢 (因子C)		
夏：26		秋：26	♂：26		♀：27	4W：26		7W：27
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)**	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	26	26	4W	27	25	4W	25	26
♀	27	27	7W	26	28	7W	27	27
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	27±1.7		24±1.6	♂	26±2.7		28±0.8	
♀	27±0.6		25±1.2	♀	26±3.4		28±1.1	

(11) 血漿浸透圧

表13は、血漿浸透圧についての分析結果である。血漿浸透圧は、各要因における統計的に有意差が認められなかった。

一方、全データの平均値は、318±5.3 mOsm/kgであり、2要因、及び3要因間の交互作用は、認められなかった。

表13 血漿浸透圧の3要因分散分析結果

単位：mOsm/kg

基本統計 (全平均：318±5.3)								
季節 (因子A)			性 (因子B)			週齢 (因子C)		
夏：318		秋：317	♂：317		♀：318	4W：318		7W：318
2要因の組合せによる平均値表								
(A×B)	夏	秋	(A×C)	夏	秋	(B×C)	♂	♀
♂	316	318	4W	319	317	4W	318	318
♀	320	316	7W	317	318	7W	317	318
3要因(A×B×C)の組合せによる平均値表								
4W	夏		秋	7W	夏		秋	
♂	317±5.1		318±3.6	♂	315±6.0		319±4.6	
♀	320±8.3		315±2.3	♀	319±7.0		317±5.4	

4. 体重と血液各項目測定値の相関について

体重と血液各項目測定値の相関係数を算出し、両者の関連性を検討した。表14は、その結果である。例数は、3要因の組合せによる各群が5羽、全データが5羽×(2群×2群×2群)=40羽で

ある。

pO₂とHCO₃⁻は、全データにおいて、体重との相関係数に1%レベルの有意性が認められた。特に、pO₂は、各群揃って、相関係数が負となった。

表14 体重と各血液項目測定値の相関係数 (R)

項目	pH	pCO ₂	pO ₂	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	cl ⁻	Hct	浸透圧
夏 4W ♂	-0.72	0.83	-0.73	0.65	-0.27	0.62	-0.32	-0.64	0.80	0.71
	♀	0.55	-0.69	-0.51	-0.40	0.66	-0.41	0.16	0.04	-0.46
7W ♂	-0.85	0.73	-0.80	0.33	-0.05	0.67	-0.78	-0.07	-0.53	0.02
	♀	-0.28	0.22	-0.47	-0.07	0.26	0.45	-0.47	0.01	-0.15
秋 4W ♂	-0.79	0.22	-0.24	-0.76	0.03	0.80	0.12	0.68	0.65	0.18
	♀	0.59	-0.23	-0.30	0.62	-0.48	0.63	-0.05	0.17	0.06
7W ♂	0.59	-0.09	-0.76	0.16	-0.45	0.91	0.48	-0.22	0.57	-0.18
	♀	-0.52	0.42	-0.18	-0.12	-0.33	0.77	0.57	-0.18	0.22
全データ	0.12	0.27	-0.55*	0.48*	0.29	0.07	-0.04	0.26	0.25	<0.01

例数：3要因の組合せによる各群が5羽，全データが5羽×(2群×2群×2群)=40羽，
有意差：*(P<0.01)

考 察

1. pH, pCO₂, HCO₃⁻について

血液pHは，前報⁴⁾で，採卵鶏（白色卵の市販コマーシャル：WL）が標準偏差を考慮して7.26-7.44であり，ブロイラー種鶏（ホワイトロック：WR）が7.20-7.47となった。但し，pHは，ニワトリ静脈血で平均：7.54（7.45～7.63の範囲）とする報告⁵⁾も見られる。また，過去に我々が行った試験³⁾でも，暑熱ストレスを受けたブロイラーで7.5以上の高い値が認められた。

本報では，暑熱ストレスの影響を示唆する高低差も得られたが，先述報告の全範囲（およそ7.2-7.6）に対して，中心のかつ狭い範囲で上下した。即ち，pHは，高い熱死率の群（夏季の雄7週齢）で高い傾向にあり（7.430±0.029），季節間差も認められたが（夏季>秋季），全データ平均値が7.354±0.051であり，7.5以上の値が見られなかった。

一方，呼吸性アルカローシスの特徴は，pCO₂低下とアルカリ血症である。そして，このアルカリ血症は，HCO₃⁻下降により調整される。HCO₃⁻は，初め，pCO₂下降により変化しないが，ヘモグロビン等との非炭酸水素緩衝系反応が直ちに起こるため，幾分下降する。そして，腎臓の補償作用は，2～3時間で現れ始め，数日後に最大効果を発揮する。アルカリ血症は，腎臓尿細管による水素イオン分泌速度を低下させ，濾過された炭酸水素

の排泄が上昇する。HCO₃⁻は，この結果，更に下降し，血液pH変化がそうなるように，HCO₃⁻/pCO₂比を正常の方向に戻す。但し，最初のpCO₂変化は，過換気（過剰排出）原因の改善によってのみ修正される⁷⁾。本報pH, pCO₂, HCO₃⁻動向の結果も，これらを考慮して判断する必要がある。

pCO₂は，前報⁴⁾で，WLが30.8-62.8mmHgであり，WRが38.7-59.8mmHgとなった。また，過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では，30-46mmHg程度の範囲内であった。これらに対して，本報では，全データの平均値が48.9±7.02mmHgとなった。一方，pCO₂は，呼吸性アルカローシス最初の変化であるが，pHのように統計的な季節間差が認められなかった。しかし，季節と週齢の間に交互作用が認められ，夏季7週齢，及び秋季4週齢が低い傾向にあった。

HCO₃⁻は，前報⁴⁾で，WLが20.9-30.2mmol/Lであり，WRが21.6-33.8mmol/Lとなった。また，過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では，25-30mmol/L程度の範囲内であった。これらに対して，本報では，全データの平均値が26.5±2.75mmol/Lとなった。一方，HCO₃⁻は，pH同様に，季節間（夏季>秋季）で差があり，同時に，性（雄>雌），週齢間（4週齢<7週齢）でも差があった。更に，季節と週齢の間に交互作用が認められ，秋季4週齢が低い傾向にあった。

これらの動向は，鶏舎気温や熱死率と併せて検

討すると興味深い。pCO₂は、秋季4週齢、夏季7週齢、共に低い。しかし、前者は、採血時の鶏舎気温が27℃であり（採血前1週間で22-28℃）、パンティングや熱死が観察できず、HCO₃⁻が全データ平均値と比べて低く、pHが全データ平均値と同等となった。逆に、後者は、採血時の鶏舎気温が30℃であり（採血前1週間で25-33℃）、パンティングや熱死が多く観察され、pHとHCO₃⁻が全データ平均値と比べて高くなった。

ところで、本装置（Rapidpoint400）のHCO₃⁻は、pHとpCO₂の実測値から、NCCLS勧告の式： $0.0307 \times pCO_2 \times 10^{(37^\circ C \text{ pH} - 6.105)}$ により換算される⁹⁾。

このため、pCO₂が低い傾向にあり、pHが正常値に近ければ、換算されるHCO₃⁻が低値となる場合がある。これは、本報の秋季4週齢結果に当てはまり、HCO₃⁻代償によるpHの正常化と考える事も出来る。即ち、本報の秋季4週齢では、パンティングを観察できなかったが、実は、若干量の二酸化炭素過排出状態にあり、HCO₃⁻代償により、pHが安定したのかもしれない。仮に、その通りであるとするならば、本結果は、鶏の成長と鶏舎気温に対応した廃温タイミング等、飼養管理の見直しにも結びつく。

また、pCO₂が低くても、pHが高ければ、換算されるHCO₃⁻が高値となる場合がある。これは、本報の夏季7週齢結果に当てはまり、HCO₃⁻の代償が行われる前段階と考えることも出来る。ところで、低pCO₂で高pH、かつ換算されたHCO₃⁻が低い場合は、代償できるHCO₃⁻の不足が考えられる。我々は、以前⁴⁾、急激な暑熱ストレス（鶏舎気温が約35℃で、送風停止）時に、熱死寸前の鶏（異常鶏）に遭遇した。その血液は、pH: 7.62（通常鶏が7.53）、pCO₂: 15.9mmHg（" 31.7）、HCO₃⁻: 15.8mmol/L（" 25.8）であった。つまり、本報でも、熱死寸前の鶏を観察すれば、暑熱ストレスの典型的な所見（低pCO₂・HCO₃⁻、かつ高pH）が認められたかもしれない。

加えて、採卵鶏の血液は、前報⁴⁾において、鶏

舎気温30℃以上が15℃以下と比較して、低pCO₂、高pH、低HCO₃⁻となった。これに対し、本報ブロイラーの血液は、夏季が秋季と比較して、pCO₂に差が認められず、高pH、高HCO₃⁻となった。採卵鶏は、卵殻形成にHCO₃⁻を必要とするが、ブロイラーでは、その様な場面がない。その結果、両者に違いが見られたものと推測できる。言い換えれば、呼吸性アルカローシス対策としての重曹給与⁸⁾は、ブロイラーよりも、採卵鶏の方が効果的なのかもしれない。

2. pO₂について

pO₂は、前報⁴⁾で、WLが39.4-64.9mmHgであり、WRが22.4-58.1mmHgとなった。また、過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では、32-43mmHg程度の範囲内であった。これらに対して、本報では、全データの平均値が42.5±7.94mmHgとなった。

一方、以前に熱死寸前の鶏³⁾で確認したpO₂は、40.7mmHg（通常鶏が36.4）であり、pHやpCO₂等と比較して変化が少なかった。

季節間差は、本報でも統計的に認められなかった。しかし、週齢間には有意差が認められた（4週齢>7週齢）。同時に、pO₂は、体重との相関係数に1%レベルの有意性が認められた（負の相関）。ヒトでは、酸素化不良を招く因子として、胸郭・腹部への圧迫や上腹部手術と共に、肥満や加齢が挙げられている¹¹⁾。また、pO₂と体重における負の相関は、前報⁴⁾でも高い。これらのことから、体重は、鶏血液pO₂の正常値範囲を把握する上で、重要因子として扱う必要があると考えられる。

3. Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻, Hct, 血漿浸透圧について

Na⁺は、細胞外液の主要な陽イオンであり、浸透圧調整等に関与している⁶⁾。前報⁴⁾では、WLが137.6-150.6mmol/Lであり、WRが141.5-160.8mmol/Lとなった。また、過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では、142-149mmol/L程度の範囲内であった。更に、澤ら¹⁰⁾が示したブロイラー血清中の値は、mg/dlから換算（×0.453）すると、

143-151mmol/L程度の範囲内であった。これらに対して、本報では、全データの平均値が 142.6 ± 2.52 mmol/Lであり、やや低値であった。

K^+ は、細胞内の主要な陽イオンであり、細胞外における Na^+ 同様、浸透圧調整等に関与している⁶⁾。前報⁴⁾では、WLが4.57-6.54mmol/Lであり、WRが4.87-6.98mmol/Lとなった。また、過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では、4.20-6.03mmol/L程度の範囲内であった。更に、澤ら¹⁰⁾が示したブロイラー血清中の値は、mEq/Lから換算($\times 1$)すると、2.86-5.16mmol/L程度の範囲内であった。これらに対して、本報では、全データの平均値が 6.23 ± 0.638 mmol/Lであり、やや高値であった。

Ca^{++} は、前報⁴⁾で産卵開始に伴い増加したが、4週齢では、WLが 1.47 ± 0.041 mmol/Lであり、WRが 1.43 ± 0.220 mmol/Lとなった。これらに対して、本報では、全データの平均値が 1.40 ± 0.067 mmol/Lであり、概ね一致した。

また、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{++} は、以前に熱死寸前の鶏³⁾で確認した時で、 Na^+ : 151mmol/L (通常鶏が148)、 K^+ : 6.47mmol/L (≈ 5.65)、 Ca^{++} : 0.91mmol/L (≈ 1.38)であった。本報の Na^+ と Ca^{++} は、これらと比較すると、通常鶏に近い値となったが、 K^+ は、熱死寸前鶏と通常鶏の両方を含む結果となった(必ずしも通常鶏に近いと言えない)。

Cl^- は、細胞外の主要な陰イオンであり、 Na^+ と密接な関係にある⁶⁾。前報⁴⁾では、WLが110-120mmol/Lであり、WRが107-125mmol/Lとなった。また、過去のブロイラー暑熱対策試験³⁾では、107-121mmol/L程度の範囲内であった。これらに対して、本報では、全データの平均値が 113 ± 2.7 mmol/Lであった。

Hctは、所定量の全血中に赤血球が占める量であり、ニワトリで30~33%⁵⁾、若しくは23~55%²⁾、等の報告値が見られる。また、前報⁴⁾では、WLが26-37%であり、WRが25-35%となっ

た。これらに対して、本報では、全データの平均値が $26 \pm 2.2\%$ であり、30%以上の値が見られなかった。一方、季節と週齢の間には交互作用が認められ、週齢間の差は、夏季で小さく、秋季でやや大きい傾向にあった(秋季: 4週齢<7週齢)。本装置は、導電率を用いてHctを評価するが、サンプル中の蛋白質レベルが高い場合に若干高値となる⁹⁾。血液の蛋白質レベルは、本報で把握できていないが、ブロイラー血清中総蛋白質については、加齢に伴う増加、及び夏季の低下傾向が報告¹⁰⁾されている。即ち、本報Hctにおける季節と週齢の交互作用は、測定方法と血液蛋白質レベルの影響によるものと推定される。

血漿浸透圧は、前報⁴⁾で、WLが304-335mOsm/kgであり、WRが313-337mOsm/kgとなった。これに対して、本報では、全データの平均値が 318 ± 5.3 mOsm/kgであった。また、統計的な有意差、及び交互作用は、各因子で認められなかった。

一方、血漿浸透圧や Cl^- は、前報⁴⁾において、育成~産卵前期で体重と正の相関にあったが、本報においては、同様な傾向が認められなかった。

ところで、 Cl^- は、 Na^+ の動向に伴って動き、 HCO_3^- が上昇すれば細胞外液の電気的中性を維持するために等量排出される⁷⁾。本報においても、 Na^+ と Cl^- は、週齢間差(4週齢<7週齢)、及び季節と週齢の間の交互作用が同じ傾向にあった。更に、 Cl^- は、雄と比べて雌が有意に高く、 HCO_3^- は、雄と比べて雌が有意に低かった。加えて、 K^+ は、季節間(夏季>秋季)で有意差があった。しかし、式¹²⁾¹³⁾: $(Na^+) + (K^+) - (Cl^-)$ による評価は、夏・秋季共に36mEq/Lとなり、電解質バランスへの影響も少ないと考えられる。

以上の通り、本報では、前報⁴⁾に加えて、ブロイラー血液pH・ガス分圧・電解質イオン等の変化動向に関するデータ集積を図ることができた。今後は、これらの知見をもとに、更に検体数を追加し、各鶏種の正常値設定を試みたい。

文 献

- 1) 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編集. 日本飼養標準・家禽(2004年版). 社団法人中央畜産会. 東京. 2004.
- 2) 古泉巖ら編. 獣医生理化学. VI- 3(鈴木実: 執筆). 287. 文永堂出版(株). 東京. 1986.
- 3) 笠原猛ら. 徳島県立農林水産総合技術センター畜産研究所研究報告, 1: 84-94. 2001.
- 4) 笠原猛・藤本武・澤則之. 徳島県立農林水産総合技術センター畜産研究所研究報告, 4: 56-63. 2004.
- 5) Melvin J Swenson 編(今道友則ら: 日本語版編). デュークス生理学上巻. 第2章(Melvin J Swenson: 執筆). 15-38. (株)学窓社. 東京. 1990.
- 6) Melvin J Swenson 編(今道友則ら: 日本語版編). デュークス生理学下巻. 第31章(Virgil W.Hays and Melvin J Swenson: 執筆). 444-445. (株)学窓社. 東京. 1990.
- 7) Melvin J Swenson 編(今道友則ら: 日本語版編). デュークス生理学下巻. 第33章(T. Richard Houpt: 執筆). 476-494. (株)学窓社. 東京. 1990.
- 8) 三船和恵・笠原猛・岡島博道. 徳島県畜産試験場研究報告, 39: 84-89. 1998.
- 9) Rapidpoint400 Series 取扱説明書. 付録C: 測定の原理. Bayer Corporation.
- 10) 澤則之・宮井香緒里・三船和恵. 鶏病研究会報, 32(2): 73-78. 1996.
- 11) 諏訪邦夫. 血液ガスABC. 40-41. (株)中外医学社. 東京. 1990.
- 12) 高橋和昭・秋葉征夫. Proceedings 6th Asian Pacific Poultry Congress: 798-799. 1998.
- 13) Teeter R. G.. Feed Mix, 5(3): 22-26. 1997.