

## 総説

**p. 161-181** 神経内分泌学的観点からみた視床下部における鳥類のエネルギーバランス調節(要旨)

Tim Boswell

## 研究報告

**p. 182-192** 同じ飼料を2つの給器で選択採食させたニワトリヒナの摂食行動-ヒナの右利き・左利き-(要旨)

上田博史・末廣香織

**p. 193-204** ニワトリの精巢上体におけるT細胞サブセットの分布に及ぼす加齢と性ステロイドの影響(要旨)

吉村幸則・梁 金錫・田村嘉子

**p. 215-222** ニワトリの卵胞発育と排卵に伴う卵胞内T細胞の局在変化(要旨)

カルパナ スベディ・吉村幸則

**p. 223-229** ニワトリ腸管におけるグルカゴン様ペプチド1(GLP-1)免疫反応陽性細胞の分布に関する免疫組織化学的及び形態計測的研究(要旨)

平松浩二・山崎亜佐・塩路智美

**p. 230-237** 寒冷暴露に対する産卵鶏と肉用鶏の骨格筋 avANT・avUCP 遺伝子の発現応答(要旨)

Mujahid Ahmad・上田正俊・秋葉征夫・豊水正昭

**p. 238-244** ニホンウズラのエストロゲン受容体に対するエストロゲン様物質の結合(要旨)

Ahmed M. Hanafy・笹浪知宏・森 誠

**p. 245-253** キシリトール給与がブロイラーの抗体産生と炎症応答に及ぼす影響(要旨)

高橋和昭・川又健二・秋葉征夫

**p. 254-262** ニワトリヒナのキニーネに対する忌避は味覚と関連している(要旨)

上田博史・戒能沙織

**p. 263-271** ニホンウズラの cDNA に由来するマイクロサテライトマーカーの開発とマッピング (要旨)

万年英之・村田佳代・菊地真一・藤間大介・笹崎晋史・藤原 哲・辻 莊一

### 研究ノート

**p. 272-281** 抗体産生能の高低で選抜した二系統の近交系ニホンウズラの MHC 遺伝子座は共に異なるホモ接合体になっていた(要旨)

小山卓美・三浦克洋・猪岡尚志・高橋慎司

### (p.161-181)

神経内分泌学的観点からみた視床下部における鳥類のエネルギーバランス調節

Tim Boswell

ロスリン研究所, 英国

エネルギーの恒常性維持は、動物が生きる上において非常に重要であり、家禽産業においては家畜生産および家畜福祉の点からも重要である。哺乳類の場合、エネルギーバランスの調節にあずかる視床下部神経経路に関して、この十年で非常に多くの解明がなされてきた。とりわけ、弓状核（鳥類では漏斗核）にある2つの細胞群（一つはニューロペプチド Y (NPY) とアグーチ関連蛋白質 (AGRP)、もう一方はプロオピオメラノコルチン (POMC) とコカイン-アンフェタミン制御転写物 (CART) の mRNA が発現する細胞群) が、同化 (NPY/AGRP) と異化 (POMC/CART) に大きく影響することから重要といえる。実験的に絶食や制限給をおこなった場合やレプチン、インスリン、グレリン等のホルモンの影響によってエネルギー不足の状態になった場合、上記の遺伝子発現はエネルギーの恒常性維持のために協調して変動する。この2つの神経細胞群 (NPY/AGRP と POMC/CART) の解剖学的分布、行動への影響、栄養状態の変化に対する遺伝子発現の変動は、鳥類と哺乳類との間で類似点が多く、進化の過程においてほとんど損なわれていない。しかし、視床下部外側野のオレキシン (ヒポクレチン) およびメラニン凝集ホルモンは、哺乳類の場合では同化に関連

しているが、鳥類では認められない。本総説は、このような鳥類の脳内における神経経路網について、エネルギー調節の観点から概観するとともに今後の研究の方向性について述べたものである。キーワード：視床下部、摂食量、エネルギーの恒常性維持、ニューロペプチド Y、メラノコルチン、レプチン

(The Journal of Poultry Science, 42 : 161 – 181, 2005)

### (p.182-192)

同じ飼料を 2 つの給器で選択採食させたニワトリヒナの摂食行動-ヒナの右利き・左利き-

上田博史・末廣香織

愛大学農学部，松山市味，790-8566

二者択一の選択試験では，嗜好性に差のない飼料を給与した場合，2 つの給器からの摂取量は等しくなるはずである。本試験では，選択試験において，この大前提が正しく反映されるか，同じ飼料あるいは栄養価に差のない飼料を給与して調べた。選択試験は単冠白色レグホン雄ヒナを代謝ケージに単飼し，同色・同型の給器を給水器の左右に配置した。試験期間中，給器の位置は固定した。試験に先立つ前処理として，12 時間絶食と，予備飼育期間中 2 つの給器で飼料を 24 時間給与して選択試験に馴化させた区を設けた。基礎飼料は，市販の育雛用飼料をクランブルとして再調製した。また，基礎飼料と栄養価の等しい飼料として 1% コレステロール添加飼料を供試した。

同一飼料（基礎飼料）を 2 つの給器で給与すると，選択試験開始直後数時間は 2 つの給器から飼料を均等に摂取するヒナは稀であり，多くの場合，一方の給器からもっぱら飼料を摂取した。この好みの給器は，左右いずれかの方向に偏るのではなく，右側から食べるもの，左側から食べるものがおり，個体によって異なった（ヒナの右利き・左利き）。この偏りが大きく，長く続けば，結果を誤認する可能性が高くなるが，特定の給器に対する固執は試験が進むにつれて解消した。選択試験に対する馴化や日齢の高いヒナの使用でも偏りは軽減した。また，コレステロールの添加は選択性に影響を与えなかった。

キーワード：コレステロール，摂食行動，選択試験，ヒナの右利き・左利き

(The Journal of Poultry Science, 42 : 182-192, 2005)

### (p.193-204)

ニワトリの精巣上体における T 細胞サブセットの分布に及ぼす加齢と性ステロイドの影響

吉村幸則・梁 金錫・田村嘉子

広島大学大学院生物圏科学研究科，東広島市，739-8528

本研究はニワトリの精巣上体における T 細胞サブセットの分布を調節する要因を明らかにするために，これに及ぼす加齢と性ステロイドの影響を追究した。白色レグホン種の未成熟および成熟雄鶏を供試し，一部の未成熟鶏には 1mg テストステロンプロピオネート (TP) ， 1mg エストラジオールベンゾエイト (EB) または 100 $\mu$ l ゴマ油 (対照区) を 3 または 6 日間筋注投与した。精巣上体のクリオスタット切片を作製して，マウス抗ニワトリ CD4 または CD8 抗体を用いて免疫染色した。未成熟鶏と成熟雄鶏のいずれにおいても CD4+ および CD8+ T 細胞は精巣上体管系の粘膜上皮皮下層に多く認められ，間質にも分布していた。精巣輸出管の粘膜上皮皮下層と間質において，CD4+ および CD8+ T 細胞は未成熟鶏より成熟鶏で有意に多く分布していたが，CD4+/CD8+ T 細胞比は未成熟鶏と成熟鶏との間で有意差を示さなかった。未成熟鶏の粘膜上皮皮下層では，CD4+ および CD8+ T 細胞の分布は TP を投与すると 3 日目では増加したが，6 日目には投与前と同程

度に減少した。EB 投与区では、これらの T 細胞分布は 3 日目と 6 日目のいずれにおいても投与前より有意に高い値を示した。CD4+ と CD8+ T 細胞の分布は、投与 3 日目では対照区より TP および EB 区で多く、6 日目では対照区と TP より EB 区が多かった。間質では、CD4+ T 細胞の分布は TP の影響を受けなかったが、CD8+ T 細胞は TP 投与 3 日目と 6 日目で投与前より有意に多かった。EB 投与区では、CD4+ および CD8+ T 細胞の分布はいずれも投与 3 日目と 6 日目で投与前より有意に多かった。CD4+ T 細胞の分布は、投与 3 日目ならびに 6 日目において対照区、TP 区および EB 区の間で差を示さなかったが、CD8+ T 細胞の分布は投与 3 日目で対照区より TP 区および EB 区で多く、6 日目では対照区と TP 区より EB 区が多かった。対照区、TP 区および EB 区の粘膜上皮下層と間質のいずれにおいても CD4+ / CD8+ T 細胞比は処理日数の間で差を示さなかった。これらの結果から、精巣上体の CD4+ および CD8+ T 細胞は未成熟鶏に比べて成熟鶏で増加し、この増加には精巣上体管系の内容物や性ステロイドが影響するものと考えられた。

キーワード：加齢，精巣上体，性ステロイド，雄鶏，T 細胞

(The Journal of Poultry Science, 42 : 193 – 204, 2005)

### (p.215-222)

ニワトリの卵胞発育と排卵に伴う卵胞内 T 細胞の局在変化

カルパナ スベディ・吉村幸則

広島大学大学院生物圏科学研究科，東広島市鏡山，739 – 8528

ニワトリの卵胞発育と排卵に伴う卵胞内のヘルパーおよびキラー T 細胞 (CD4+ および CD8+ T 細胞) の分布の変化を明らかにすることを目的とした。放卵 5 時間後の白色レグホン種産卵鶏から、白色卵胞 (WF)，第 3 位および第 1 位卵胞 (F3 および F1)，排卵後最大卵胞 (POF) を採取した。凍結切片を作製して、CD4 または CD8 に対する免疫染色を施した。陽性細胞の分布を光学顕微鏡で観察するとともに画像解析した。CD4+ および CD8+ T 細胞はすべての卵胞で卵胞膜内層と外層で認められた。卵胞膜内層では、両 T 細胞の分布度は卵胞発育と排卵に伴う差を示さなかった。卵胞膜外層では、CD4+ T 細胞の分布度は WF より F3 および F1 で減少して、さらに POF で低下し ( $P < 0.05$ )，CD8+ T 細胞は WF より F3，F1 および POF で減少した ( $P < 0.01$ )。CD4+ / CD8+ T 細胞比は卵胞膜内層ではすべての卵胞で同等であったが、卵胞膜外層では WF，F3 および F1 より POF で低かった。これらの結果から、細胞性免疫に重要な T 細胞サブセットは卵胞膜内層と外層に分布しており、卵胞膜外層ではこれらの細胞分布は卵胞発育に伴って減少することが明らかとなった。

キーワード：卵胞発育，産卵鶏，卵胞，T 細胞サブセット

(The Journal of Poultry Science, 42 : 215 – 222, 2005)

(p.223-229)

ニワトリ腸管におけるグルカゴン様ペプチド 1 (GLP-1) 免疫反応陽性細胞の分布に関する免疫組織化学的及び形態計測的研究

平松浩二・山崎亜佐・塩路智美

信州大学農学部動物生体機構学教室, 長野県上伊郡南箕輪村, 399-4598

グルカゴン様ペプチド 1 (GLP-1) 免疫反応陽性細胞の分布が, 免疫組織化学法及び形態計測法をもちいてニワトリ腸管において研究された。GLP-1 免疫反応陽性細胞は, おもに空腸と回腸全域に分布しており, まれに上行十二指腸に見られたが, 他の部位には観察されなかった。これらの細胞は, ピラミッド形や紡錘形をしており, 管腔に達する細胞質突起を有していた。免疫反応陽性細胞は, 空腸ではおもに絨毛中間部に, 回腸では絨毛基部及び陰窩に観察された。近位部・中間部及び遠位部回腸における GLP-1 免疫反応陽性細胞の出現度は, それぞれ  $16.69 \pm 7.47$ ,  $22.06 \pm 10.13$  及び  $35.88 \pm 15.17$  個/mm<sup>2</sup> (粘膜 mm<sup>2</sup> あたりの個数, 平均±標準偏差), 近位部・中間部及び遠位部回腸における出現度は  $41.37 \pm 15.05$ ,  $53.84 \pm 17.57$  及び  $73.12 \pm 18.46$  個/mm<sup>2</sup> であった。小腸の空腸と回腸において, 隣接する 2 領域間に有意差が認められた。これらのデータは, GLP-1 免疫反応陽性細胞が小腸の遠位部により密に分布し, 腸管のこの領域において GLP-1 が重要な役割を演じることを示す。

キーワード : ニワトリ, グルカゴン様ペプチド 1, 免疫組織化学, 腸管, 形態計測法  
(The Journal of Poultry Science, 42 : 223-229, 2005)

### (p.230-237)

寒冷暴露に対する産卵鶏と肉用鶏の骨格筋 avANT・avUCP 遺伝子の発現応答

Mujahid Ahmad・上田正俊・秋葉征夫・豊水正昭

東北大学大学院農学研究科動物栄養生化学分野, 仙台市青葉区堤通雨宮 1-1, 981-8555

これまで鳥類において褐色脂肪組織やそれに類する熱産生組織は見出されていない。近年, 著者らは家禽の寒冷馴化実験からミトコンドリア陰イオン輸送体, すなわち avANT や avUCP 遺伝子が骨格筋熱産生の調節制御に関与している可能性を示した (FEBS lett. 529 : 313-318, 2002)。本実験では, 急性でマイルドな寒冷暴露に対する avANT と avUCP 遺伝子の発現応答を, 産卵鶏と肉用鶏とで比較した。実験には 3 週齢雄の, 白色レグホーン 24 羽と肉用鶏 12 羽を用いた。寒冷区では 8℃下で 24 あるいは 48 時間暴露し, 対照区は 23℃に維持した。産卵鶏において, 寒冷暴露 48 時間後に増体量および飼料効率はある程度回復したが, 肉用鶏では, 増体は直線的に減少した。寒冷暴露に対する avANT と avUCP 遺伝子の発現応答は, 産卵鶏と肉用鶏とで異なっていた。すなわち, 寒冷 48 時間暴露により, 産卵鶏では avANT 遺伝子の発現は上昇したが, 肉用鶏では変化が認められなかった。また, 本実験における寒冷条件は, 骨格筋 avUCP 遺伝子発現誘導のための条件としては産卵鶏と肉用鶏の両系において十分ではなかったことが示された。急性でマイルドな寒冷暴露時の産卵鶏の avANT 遺伝子発現の up-regulation の結果から, avANT が急性でマイルドな寒冷時において熱産生や適応に

関与していることが示唆された。産卵鶏と肉用鶏の寒冷に対する応答性の差異が分子レベルで明らかとなった。

キーワード：UCP, ANT, 寒冷暴露, 鶏

(The Journal of Poultry Science, 42 : 230 – 237, 2005)

### (p.238-244)

ニホンウズラのエストロゲン受容体 $\beta$ に対するエストロゲン様物質の結合

Ahmed M. Hanafy<sup>1)</sup>・笹浪知宏・森 誠

静岡大学農学部, 静岡市駿河区大谷

1) 岐阜大学大学院連合農学研究科, 岐阜市柳戸

エストロゲン受容体には $\alpha$ との二種類があり, 各種エストロゲン様物質に対する結合特異性が異なることが知られている。我々はウズラのエストロゲン受容体 $\alpha$ の結合特異性を調べて報告した (Journal of Poultry Science, 40 : 30 – 37. 2004)。本研究はウズラのエストロゲン受容体 $\beta$ の結合特異性を調べたものである。既に報告されているウズラエストロゲン受容体 $\beta$ の塩基配列 (AF045149) をもとにそのリガンド結合部位を含む配列を PCR で増幅し, 発現ベクターに挿入して大腸菌で発現させた。大腸菌の可溶化物と [3H] 標識エストラジオールとの結合をスカッチャード解析した結果, この可溶化物にはエストラジオールと解離定数  $4.90 \pm 0.16 \times 10^{-9} \text{M}$  で結合する物質が含まれ, エストロゲン受容体 $\beta$ が発現していることが示された。そこでこの結合部位に対するジエチルstilbestロール, エチニルエストラジオール, ビスフェノール A, ノニルフェノール, クーメステロール, ゲニシュタインの競合を調べたところ, 合成エストロゲンであるジエチルstilbestロールとエチニルエストラジオールはエストラジオールと同程度に競合するが, 内分泌攪乱化学物質として疑われているビスフェノール A とノニルフェノールはほとんど競合しないことがわかった。植物エストロゲンの一種であるクーメステロールとゲニシュタインはこれらの中間の値を示したが, 特にクーメステロールはエストロゲン受容体 $\alpha$ に対するよりも強く競合することがわかった。これらの結果は, ウズラで内分泌攪乱化学物質の影響があるとすれば, それはエストロゲン受容体 $\alpha$ や $\beta$ に対するエストラジオールとの競合ではないこと, および植物エストロゲンはエストロゲン受容体 $\beta$ を介して作用する可能性があることを示している。

キーワード：日本ウズラ, エストロゲン受容体, 内分泌攪乱化学物質, 植物エストロゲン, ER $\beta$

(The Journal of Poultry Science, 42 : 238 – 244, 2005)

### (p.245-254)

キシリトール給与がブロイラーの抗体産生と炎症応答に及ぼす影響

高橋和昭・川又健二・秋葉征夫

東北大学大学院農学研究科，仙台市青葉区堤通雨宮町 1-1，981-8555

ブロイラーに対するキシリトール給与が羊赤血球（SRBC）抗体価，血漿中免疫グロブリン（Ig）G 濃度そして血液 T 細胞増殖能に与える影響を検討した。さらに，サルモネラ由来リポポリサッカライド（LPS）の一回投与（100g 体重あたり 1.5mg）による血漿急性期タンパク質（セルロプラズミンと  $\alpha$ 1 酸性糖タンパク質）濃度と飼料摂取量変化に対するキシリトール給与についても調査した。8 日齢雄ブロイラーにグルコースまたはキシリトールを含む飼料を 22 日間給与した。5%SRBC を 15 と 25 日齢時に静脈より注入し，21 と 29 日齢時に静脈より採血した。さらに，29 日齢時に LPS を腹腔内に投与し，投与前，投与 9 と 24 時間後に採血をした。LPS 投与以前の成長にキシリトール給与の影響は認められなかった。21 日齢時の SRBC 抗体価及び血漿 IgG 濃度はキシリトール給与ニワトリで高かったが，29 日齢時ではキシリトール給与による影響は認められなかった。血液の T 細胞における増殖能にキシリトール給与の影響は認められなかった。LPS 投与後 24 時間の飼料摂取量はキシリトール給与区で高くなった。血漿急性期タンパク質濃度は LPS 投与 9 時間後のセルロプラズミン濃度をのぞいてキシリトール給与の影響は認められなかった。これらの結果は，ブロイラーへのキシリトール給与が成長に影響を及ぼすことなく抗体産生を高めることを示している。また，比較的高濃度の LPS 投与による飼料摂取量の低下をキシリトールは急性期タンパク質の産生を抑制することなく改善することが示された。

キーワード：急性期応答，抗体産生，ブロイラー，飼料中キシリトール，成長

(The Journal of Poultry Science, 42 : 245-254, 2005)

### (p.254-262)

ニワトリヒナのキニーネに対する忌避は味覚と関連している

上田博史・戒能沙織

愛大学農学部，松山市味，790-8566

キニーネはヒトに対し，苦味物質として知られているが，ニワトリヒナが，ヒトと同じ感覚でキニーネを認識しているのかは定かではない。本試験では，単一飼料を給与する通常的自由摂取試験と二者択一の選択試験を用いて，キニーネがヒナに及ぼす作用について検討した。市販の育雛用飼料を基礎飼料とし，これに塩酸キニーネを 0.2，0.4 および 0.8% 添加し，14 日齢の単冠白色レグホン雄ヒナに 3 または 4 日間自由摂取させた。また，基礎飼料と 0.2% 塩酸キニーネ添加飼料の選択試験も 4 日間行った。自由摂取では，キニーネ添加量にかかわらず，4 時間以内に飼料摂取量は低下したが，時間の経過にしたがい摂取量は増加した。特に 0.2% 給与区の摂取量は 2 日目から対照区と差がなくなった。一方，0.2% 添加飼料を基礎飼料とともに選択させると，最初の 4 時間は両飼料の摂取量に差はなかったが，その後，ヒナは 4 日間にわたりキニーネ添加飼料を忌避した。

0.4%給与区の水分摂取量を4日目の夜間12時間測定したところ、体重と飼料摂取量が低いにもかかわらず、水分摂取量はキニーネ給与区で増加した。次に、基礎飼料、0.2および0.8%塩酸キニーネ添加飼料を自由摂取させたヒナを、引き続き基礎飼料と0.2%添加飼料との選択試験に供試した。その結果、前食として基礎飼料あるいは0.2%塩酸キニーネ添加飼料を摂取していたヒナはいずれも、基礎飼料に高い選択性を示したが、キニーネ添加飼料で飼育されていたヒナの方が反応は鋭敏であった。一方、0.8%添加飼料が前食であったヒナは、0.2%塩酸キニーネ添加飼料を識別できなかった。しかし、総飼料摂取量自体は、体重差があるにもかかわらず、前食として基礎飼料を摂取していたヒナより増加し、キニーネの悪影響は、キニーネ添加量の少ない飼料に切り替えると速やかに消失することが示された。以上の結果は、塩酸キニーネはヒナに対しても味覚を介して作用することを示した。

キーワード：キニーネ、水分摂取量、摂食行動、選択試験、味覚

(The Journal of Poultry Science, 42 : 254 – 262, 2005)

### (p.263-271)

ニホンウズラのcDNAに由来するマイクロサテライトマーカーの開発とマッピング

万年英之 1) ・村田佳代 1) ・菊地真一 1) ・藤間大介 1) ・笹崎晋史 2) ・藤原 哲 3) ・辻 莊一 2)

1) 神戸大学大学院自然科学研究科，神戸市区六甲台町1-1，657-8501

2) 神戸大学農学部，神戸市区六甲台町1-1，657-8501

3) (財)日本生物科学研究所附属実験動物研究所，山梨県北巨摩郡小淵沢町上笹尾3331-114，408-0041

本研究は、ニホンウズラのcDNAに由来するマイクロサテライトマーカーの開発とそれらマーカーを連鎖地図上に位置付けることを目的とした。心臓および胚から構築されたcDNAライブラリーを(GT)nプローブを用いてスクリーニングした結果、86のポジティブクローンが得られ、その内51クローンが単一の遺伝子あるいはESTとして同定された。さらに25クローンではこのマイクロサテライト領域を増幅するプライマーの設計が可能であり、単一遺伝子座の増幅が確認され、遺伝マーカーとして利用可能であった。これらマーカーをKobe-NIBSニホンウズラ資源家系に対して多型解析を行ったところ、6マーカーに対して連鎖解析が可能であった。これらは4つの連鎖群JQG1, JQG9, JQG19, JQG66に位置付けられた。これら連鎖群はニホンウズラの染色体CJA2, CJA14, CJA17, CJA23に相同であることが示唆された。以上の結果から、本研究で開発された機能遺伝子に由来するマイクロサテライトマーカーは遺伝的マーカーとして有効であり、他生物種との比較染色体地図を構築する上でも重要なマーカーとなることが考えられる。

キーワード：比較染色体地図、機能遺伝子、ニホンウズラ、連鎖地図、マイクロサテライト

(The Journal of Poultry Science, 42 : 263 – 271, 2005)

**(p.272-281)**

抗体産生能の高低で選抜した二系統の近交系ニホンウズラの MHC 遺伝子座は共に異なるホモ接合体になっていた

小山卓美 1) ・三浦克洋 1) ・猪岡尚志 2) ・高橋慎司 3)

- 1) 独立行政法人農業・生物系特定産業研究機構動物衛生研究所, 茨城県つくば市観音台 3-1-5, 305-0856
- 2) 東北大学大学院農学研究科, 宮城県仙台市青葉区堤通り雨宮町 1-1, 981-8555
- 3) 国立環境研究所, 茨城県つくば市小野川 16-2, 305-0053

不活化したニューカッスルウイルスを抗原にした抗体産生能力の高低で選抜した二系統の近交系ニホンウズラの MHC 遺伝子の構造を, サザンハイブリダイゼーション法を用いて検討した。

日本ウズラに近縁のニワトリ MHC 遺伝子をプローブにして調べた結果, 3 種類の MHC 遺伝子 (class I, class II, class IV 遺伝子) とともに, H 系および L 系ウズラのそれぞれの系統内では均一な構造を示していた。H 系と L 系ウズラではその MHC 構造が異なるが, H 系と L 系の交配による F1 個体での MHC の構造を, class II 遺伝子をプローブにして検討した結果, F1 個体の示す DNA バンドパターンは, 両方のパターンを足し合わせた型を示したことにより, 両近交系統での MHC 遺伝子座がホモ接合体となっていることが推察された。これらの結果は, 抗体産生能力の高低による二方向選抜で確立された近交系ニホンウズラの H 系と L 系は異なる MHC-homozygous lines をもたらしたことを示唆しており, ニホンウズラにおいて抗体産生能力と特定の MHC の構造が強く関連している事実を裏付けていると考えられる。

キーワード : 日本ウズラ, 組織適合性抗原遺伝子, MHC ホモ接合, 多型, サザンブロット法  
(The Journal of Poultry Science, 42 : 272 - 281, 2005)