

ブロイラー種鶏における卵殻質に対する栄養の重要性

Alex Chang, Senior Poultry Nutrition Specialist

はじめに

種鶏場にとっては、孵化率が悪化すると収益性が悪化します。卵殻質の悪化と種卵汚染がたいていの場合、主要要因となります。従って、卵殻質に影響を与える要因と、どのようにして入卵可能な種卵数を増やすかを理解し、卵殻質の悪化によるヒナ獲得羽数の減少をいかに減らすかが重要です。

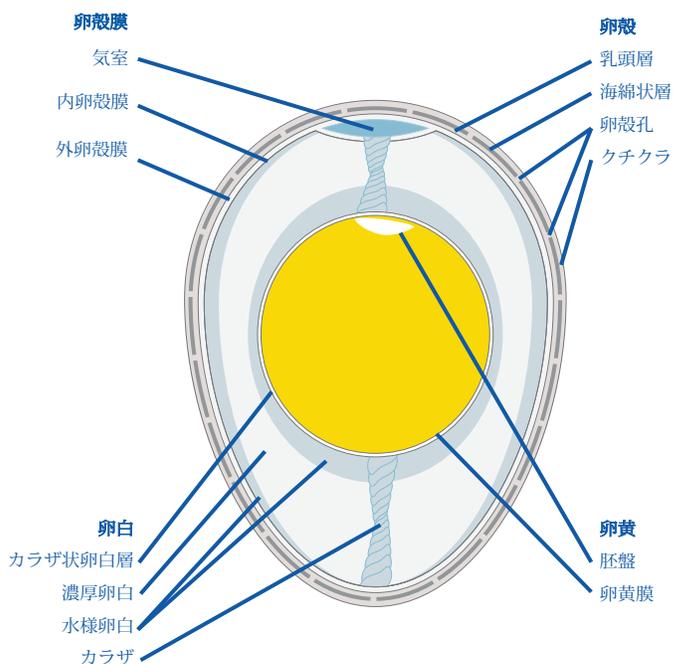
卵殻：わたしたちは何を知っているか？

卵殻は種卵内部の卵黄、卵白を保護し、支えています。空気や水は卵殻を通過することができ、細菌の感染防御に役立っています。乾燥させた卵殻の約 94-95% は炭酸カルシウム(CaCO_3)で重量は 5.5-6.0 g (Mongin, 1978)です。良質の種卵では、約 2.0-2.2 g のカルシウムが炭酸カルシウム結晶となり卵殻を形成しています。通常の種卵には約0.3%のリン、0.3%のマグネシウム、微量のナトリウム、カリウム、亜鉛、マンガン、鉄、銅などが含まれています。その他はカルシウムと結合する性質があり、卵殻の強化に重要な役割を持つ有機基質からなっています。卵殻強度は種卵サイズに対してどれだけの卵殻量があるか、形状、厚さにも依存しています。

クチクラ

卵殻の表層部はクチクラです(図1)。クチクラは石灰化しておらず、薄くて水に不溶性の膜で主に糖たんぱく質からできています。クチクラが卵殻および卵殻孔を覆い、水や汚れ、細菌が容易に通過できないようになっています。一方、孵卵中の水分やガス交換の調節に一定の役割があり、胚が乾燥しないようになっています。

図1: 産卵時の受精卵の内部構造



産卵直後はクチクラは完全に安定していません。顕微鏡下では2-3分湿った状態で、隙間が開いたスポンジ状です。成熟すると固まり、表面が滑らかになります。クチクラが安定するまでは細菌感染を防御できません。もし種卵が汚い場所に産み落とされたら、細菌がほぼ確実に卵殻を通過し種卵内に侵入して汚染し、胚の発育を阻害します。

ひび卵

外部からの圧力が卵殻強度より高ければ破卵になります。ひび卵には完全な破卵(卵殻と卵殻膜の両方が破れる)と不完全な破卵(卵殻は割れるが卵殻膜は破れていない)があります。完全な破卵の場合は細菌汚染と水分消失が大きいため種卵としては使えません。しかし、ヘアラインクラック卵(目視ではほとんどわからない髪の毛のように細いひび卵)は見た目では分かりづらく、不用意に種卵として使用されることがあります。

その他にも必ずしも破卵にはならないけれども卵殻質に欠陥がある種卵もあります。それにはザラザラな種卵、変形した種卵、胴に帯のある種卵、卵殻のない種卵、汚れた巢外卵が含まれます。これらの発生頻度は実際、卵殻強度に関連する問題よりも少ないですが、汚染のリスクが高まり、孵化率が低下します。

卵殻質が悪い場合に起こる問題

Barnettら(2004)はヘアラインクラック卵が正常種卵と比べて正常に発育して孵化するかを調査しました。彼らはヘアラインクラック卵の対受精孵化率は著しく悪化し、卵重が大きく低下し、胚の死亡率が高まることを見つけました。

卵比重を用いて卵殻厚を調べる別の研究で Roque と Soares(1994)は卵殻が厚い種卵(卵比重1.080)は、中期および後期中止卵が減少し、孵化率が向上することを示しました。

何が卵殻質に影響するか?

栄養性と非栄養性の両方の要素が卵殻質に影響します。

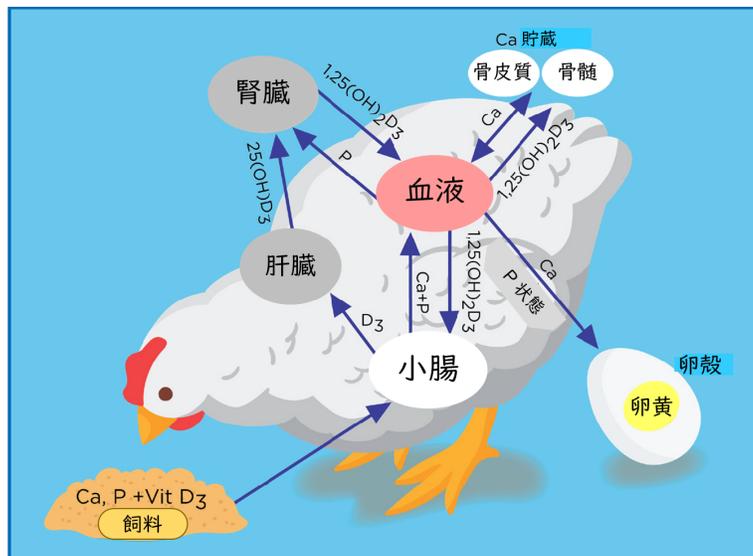
それには以下の事項が挙げられます：

- a. 卵殻形成中の卵殻腺で種卵が留まった時間
- b. 卵殻腺でのカルシウム沈着量
- c. 1日の内、種卵がいつ産み落とされるか
- d. 母鶏の日齢；加齢と種卵サイズが大きくなるにつれ卵殻厚は薄くなる
- e. 感染性の病原体、汚染、中毒(例、伝染性気管支炎(IB)、産卵低下症候群(EDS)、ニューカッスル病、マイコプラズマ、T-2 とHT-2 マイコトキシン；スルフォンアミド(サルファ剤)、有機塩素化合物、殺虫剤)
- f. 栄養不足と過剰
- g. 塩分を含んだ水
- h. 給餌時間
- i. その他 - 遺伝子型、鶏舎、生産システム、環境(温度、光線、水へのアクセス、水質)、一般的なストレス、管理手法(斉一性、種卵の取り扱い)

理想的な栄養の重要性

卵殻はほとんど炭酸カルシウムからできていますので、カルシウムのみが卵殻形成に重要な栄養素と考えられていますが、リン、ビタミンD₃、微量ミネラルも関与しています(図2)。腸の健康状態と腎機能もカルシウム吸収とビタミンD₃活性に重要な役割を担っています。

図2: 母鶏のカルシウムとリン代謝の生化学経路



メスにとって卵殻形成のために十分量の**カルシウム**が必要です(最大4.9-5.1 g/羽/日)。産卵中にカルシウムを十分に供給することで以下の問題が防止できます;

- カルシウムテタニー
- 骨格異常
- 卵殻質の悪化(薄い、軟卵、ひび卵)

さらに、排卵停止、生産初期の産卵持続が低下、産卵低下および停止(特に大きい、早熟のメス)も起こり得ます。制限給餌しているブロイラー種鶏では、消費されるカルシウム量は実際の給餌量によって異なります。産卵期間中の飼料中カルシウムレベルは、カルシウム源(カキ殻、石灰など)の粒子サイズと由来を考慮に入れる必要があります。不十分な石灰化または、リン、マグネシウム、マンガン、亜鉛などの重要なミネラルの利用により卵殻質に悪影響を与える不足や過剰を避けるために、適切なカルシウムバランスが重要です。成鶏用飼料はカルシウム含有量が高いため、飼料の密度に影響を与え、粒度の違いにより分離が起こりやすくなり、カルシウムの飼料分析結果がバラツキやすくなります。したがって、適切な飼料混合時間を確保して、実際の最終飼料と計算上の飼料成分がほぼ同じになるようにすることが重要です。

リンは卵殻中の微量成分ですがメスの骨髄骨への補給の意味では重要です。骨基質にカルシウムを同化させるためには、十分な飼料中リンが必要です。したがって、有効リン(ピーク産卵からアウトまで500-585mg/羽/日)を毎日十分に与えることは卵殻質を最高にするために非常に重要です。ヒートストレス下では必要量が変化しますし、リン不足を避けることが重要になります(Hopkinson et al., 1984)。逆に高レベルの有効リンは(非フィチン態リン：NPP)はマイナスの影響があります。研究者のEkmayとCoon(2011)はNPPを減らすことで卵比重が向上することを示しました。彼らはまた、最低レベルのNPP摂取(0.2%)で産卵が維持されることも見つけました。その研究によると、種鶏用の飼料中有効リンは、特に35週齢以降は0.35%以下にすべきです。

ビタミンD₃は肝臓と腎臓でのカルシウム代謝に関与する、すなわち卵殻質に大きく影響する重要なビタミンです。ビタミンD₃は正常なカルシウム吸収に必要です。飼料中のビタミンD₃が不十分だとすぐにカルシウム不足が起こり、卵殻重量が低下して破卵や軟卵が増えます。種鶏用飼料には最低 3,500 IU/kg のビタミンD₃が産卵、卵殻、孵化率のために必要です。実際の肝臓や腎臓に負担のかかる野外環境では、ビタミンD代謝物製品がカルシウムの保持を高め、卵殻質を高めることが証明されています。

マンガン、銅、亜鉛などの**微量ミネラル**は卵殻質を改善するために重要です。育種会社が推奨するレベルにすることで卵殻にとっての必要量を満たすことができます。信頼できる、供給元が明確なものを使用することが重要です。卵殻質を高めるために利用性に優れた有機ミネラルを使用するのも良いかもしれません。(Stefanello et.al., 2014)

電解質は酸塩基平衡(Na+K-Cl)に関与します。電解質バランスとも言われ卵殻形成に関与する主要な代謝要素になります(Mongin, 1978)。通常の条件下では、最適な卵殻質を確保するには、約200 mEq/kgの飼料中電解質バランスを確保するだけで十分です。ヒートストレスを受けたトリは、パンチング(過呼吸)の結果としての血中酸塩基平衡が乱れるため、より薄く、より弱い卵殻の種卵を産むことがよくあります。過呼吸は、血液からのCO₂ガスの過剰な損失につながります。CO₂が低くなると、血液のpHが上昇する、すなわちアルカリ性になります。血液のpHが高くなると、卵殻形成のために卵管に送られるイオン化されたCaとCO₃の量が減少します。飼料中のカルシウム量を増やしても、この問題は修正されません。ただし、実際の条件下では、塩(NaCl)の一部(30~35%)を重炭酸ナトリウム(NaHCO₃)に置き換え、Kレベルを上げて電解質バランスを200 mEq/kg以上にすることが、卵殻強度に有益であることが証明されています。実証試験によるとビタミンCとEの添加(ブリーダー飼料でそれぞれ200mg/kgと250mg/kg)が、長時間のヒートストレス下のブロイラー種鶏の卵比重と卵殻厚を大幅に改善できることを示唆しています(Chung et.al., 2005)。

ナトリウムと塩化物を多く含む**塩分の高い水**は、卵殻腺粘膜の炭酸脱水酵素の活性を阻害し、CaCO₃を形成するための卵殻腺の内腔での重炭酸イオン(およびカルシウム)の供給が制限されます(Chen and Balnave, 2001)。コマーシャルレイヤーとは対照的に、この分野でのブロイラー種鶏では多くの研究が行われていません。週齢の進んだブロイラー種鶏(40週齢以上)は、塩分濃度が高い水に対してより敏感であり、高NaClの悪影響から回復する能力が低下していることが知られています。飼料の調整でNaClを減らすことは、ほとんど不可能なため、飲水中の高レベルのNaClに対する最善の治療法は、脱塩(逆浸透)であり、500ppm以上のNaClを含む飲料水を避けることです。

給餌のタイミングは卵殻質に影響する可能性があります。ブロイラー種鶏は通常、早朝に給餌されます。残念ながら、これは卵殻の沈着(石灰化)の時期とは一致しません。カルシウム需要のピークは、卵殻の沈着が起こる夜間です。卵殻石灰化の時点で消化管に含まれるカルシウム量は限られているため、卵殻形成のためにかなりの量のカルシウムが骨格から動員されます。研究結果によると、卵殻形成に使用される骨格のカルシウムが多いほど、卵殻質が低下することがわかります(Leeson and Summers, 2000)。

Farmer et.al(1983)は、ブロイラー種鶏が早朝に給餌されたトリと比較して、午後遅くに給餌された場合に、より良い卵殻質が達成されることを発見しました。これは、卵殻の石灰化中にかなり多くのカルシウムが利用可能な状態で消化器中にあったという事実によるものでした。実際には、午後遅くや夕方に給餌するのは現実的ではないかもしれませんが、農場での卵殻質が悪い場合は検討する価値があります。これは、腸からのカルシウム吸収の効率と骨格吸収の両方が週齢とともに低下するため、特に老鶏群に当てはまります。

カルシウム源の粒子サイズは夕方給餌の代替オプションになります。大粒の石灰のグリット(2~4 mmサイズ)またはカキ殻の補足的な使用があります。粗いカルシウムグリットまたは粒子は筋胃に長く保持され、カルシウム溶解度を低下させ、飼料からのカルシウム吸収を夜間まで延長するのに役立ちます。午後遅くに給餌トイまたは敷料に散布すると、単位表面積あたりの卵殻重量と卵殻の含有量が増えるため、老鶏の全体的な卵殻質を高めることができます。

多くの研究は、特に老鶏での卵殻質を高める上で粗いカルシウム源の利点を示しています。Reis et.al(1995)は、ブロイラー種鶏群で、卵殻質とその後の孵化成績に対する粗い石灰の補給の影響を調査しました。午前8時に3.1%のカルシウムを含む通常の種鶏用飼料を与えられたブロイラー種鶏と比較して、同じ給餌プログラムであるが午後2g/羽/日の粗い石灰を補給したトリは著しく卵比重が改善しましたが、孵卵中の卵重減少は変わりませんでした。孵化率とヒナ生存率は、石灰を補給することで大幅に改善されました。孵化率とヒナ生存率の改善のほとんどは、種卵汚染率の低下によるものでした。卵殻の厚い種卵は細菌の侵入を受けにくい可能性があります。

種卵サイズの管理

メスは、加齢と体重の増加に伴い、より大きい卵を産みます。ただし、卵殻重量が比例して増加しないため、卵殻は徐々に薄くなります。同時に、腸内のカルシウム吸収能力が低下します。したがって、老鶏群では、卵殻が問題視されやすくなり、孵化率が低下する可能性があります。老鶏群での卵殻の問題を制御する1つの方法は、種卵サイズをコントロールすることです。これは、トリの週齢が進むにつれてタンパク質とアミノ酸を減少させる3段階給餌プログラムを採用することで達成できます(表1)。そうすることで、体重をコントロールし、目標卵重を達成し、産卵持続性をサポートし、受精率と孵化率を改善するのに役立ちます。

表 1: Aviagen® チャンキー種鶏栄養成分 3段階飼料

飼料中の栄養素	ブリーダー 1 (5%-35 週齢)	ブリーダー 2 (35-50 週齢)	ブリーダー 3 (50 週齢以上)
ME (kcal/kg)	2800	2800	2800
粗たんぱく質(%)	15.0	14.0	13.0
可消化リジン(%)	0.60	0.56	0.52
可消化メチオニン&シスチン(%)	0.59	0.57	0.54
カルシウム(%)	3.00	3.20	3.40
有効リン (%)	0.35	0.33	0.32
ナトリウム(%)	0.18-0.23	0.18-0.23	0.18-0.23
塩化物(%)	0.18-0.23	0.18-0.23	0.18-0.23
カリウム (%)	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
マンガン(mg/kg)	120	120	120
亜鉛 (mg/kg)	110	110	110
銅 (mg/kg)	10	10	10
ビタミン D ₃ (IU/kg)	3,500	3,500	3,500

まとめ

薄い卵殻や汚卵は孵化率に大きく影響します。病気を防ぎ、望ましい飼育環境を維持するには、適切な農場のバイオセキュリティと飼養管理の実践が不可欠です。適切に種卵を取り扱い、孵化場で効果的な品質管理プログラムを実施することは、良好な孵化率を確保するために重要です。

種鶏成績目標を達成するために体重と種卵サイズをコントロールし、満足のいく卵殻質を達成するには、適切な栄養と給餌プログラムが重要です。種鶏用飼料は、カルシウム、リン、ビタミンD₃、および重要な微量ミネラルが最適なレベルになるように、育種会社が推奨するように設計する必要があります。D₃と25-ヒドロキシ-D₃代謝物と有機微量ミネラルの組み合わせの使用は価値があると考えられています。

種鶏群で卵殻質の悪化が繰り返し起こる場合は、飲水に塩分(NaCl)がないか確認し、可能なら粗い石灰を補給し、午後遅くに給餌することを検討してください。長時間のヒートストレス状態では、ビタミンEおよびCを補給すると同時に、適切な飼料電解質バランスを達成するよう、飼料中NaClの一部を重炭酸ナトリウム(NaHCO₃)に置き換えることをお勧めします。

参照

- Barnett D.M., B.L. Kumpula, R.L. Petryk, N.A. Robinson, R.A. Renema, and F.E. Robinson. 2004. Hatchability and early chick growth potential of broiler breeder eggs with hairline cracks. *J. Appl. Poult. Res.* 13:65-70.
- Chen J., and D. Balnave. 2001. The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and egg shell quality of a modern, colored layer strain. *Poult. Sci.* 80:91-94.
- Chung M.K., J.H. Choi, Y.K. Chung, and M. Chee. 2005. Effects of dietary vitamins C and E on egg shell quality of broiler breeder hens exposed to heat stress. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:545-551.
- Ekmay R.D. and C.N. Coon. 2011. An examination of the P requirements of broiler breeders for performance, progeny quality and P balance. 2. Ca particle size. *Int. J. Poult. Sci.* 10:760-765.
- Farmer M., D.A. Roland, and M.K. Eckman. 1983. Calcium metabolism in broiler breeder hens. 2. The influence of the time of feeding on calcium status of the digestive system and egg shell quality in broiler breeders. *Poult. Sci.* 62:465-471.
- Hopkinson, W.I., W. Williams, G.L., Griffiths, D. Jessop, and S.M, Peters. 1984. Dietary Induction of sudden death syndrome in broiler breeders. *Avian Dis.* 28:352-357.
- Leeson S., and J.D. Summers. 2000. *Broiler Breeder Production*. Nottingham University Press, Thrumpton, Nottingham, England (2000), pp. 136-217.
- Mongin, P., 1978. Acid-base balance during eggshell formation in Respiratory Function in Birds. Adult and Embryonic. J. Piiper, ed. Springer-Verlag, New York, NY. pp. 247-259.
- Reis L.H., P. Feio, L.T. Gama, and M.C. Soares. 1995. Extra dietary calcium supplement and broiler breeders. *J. Appl. Poultry Res.* 4:276-282.
- Roque L. and M.C. Soares. 1994. Effects of egg shell quality and broiler breeder age on hatchability. *Poult. Sci.* 73:1838-1845.
- Stefanello, C., T.C., Santos, A.E., Murakami, E.N. Martins, and T.C. Carneiro. 2014. Productive performance, egg shell quality, and egg shell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poult. Sci.* 93:104-113.

株式会社 日本チャンキー

〒700-0984

岡山市北区桑田町1番30号 岡山県農業共済会館5F

Tel : 086-803-3660 (代)

Fax : 086-803-3665

www.chunky.co.jp/



www.aviagen.com

Privacy Policy: Aviagen collects data to effectively communicate and provide information to you about our products and our business. This data may include your email address, name, business address and telephone number. To view the full Aviagen privacy policy visit Aviagen.com.

Aviagen and the Aviagen logo, and Ross and the Ross logo are registered trademarks of Aviagen in the US and other countries.
All other trademarks or brands are registered by their respective owners.

© 2020 Aviagen.