

骨格の重要性**生産性や卵殻質へ影響する**

骨軟化症*や骨粗しょう症*は、通常、カルシウム、リン、ビタミン D3 の欠乏、栄養のアンバランス、吸収不良によって生じ、生産性や卵殻質に影響を与える問題である。鶏群における骨格の異常は、生産性の低下、竜骨の湾曲、破卵や卵殻質の悪化によって初めて判明する。

すべての鶏は、産卵性や骨格構造を維持するために特有の栄養量を要求する。鶏の骨格や栄養要求量は、消費されるカルシウム量と常に形成と破壊を繰り返す骨量に関連性がある。柔らかい骨（ソフトボーン）、あるいは粗悪な卵殻質が見られるときは、若メス育成や栄養（飼料設計）、病気のうち少なくとも一つは関わっている。

骨格について**採卵鶏の生産には不可欠**

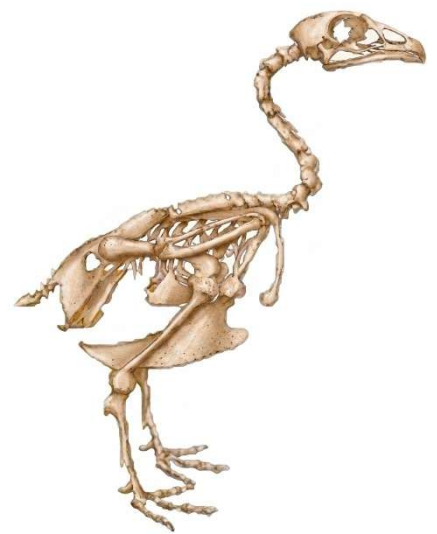
鳥類の骨格は、飛行や二足歩行、産卵のために特殊化した独特のシステムである。強固な骨格を構築し維持することは生産性の高い採卵鶏にとって不可欠である。採卵鶏における飼料の影響を理解するためにも、骨格について理解することは重要である。

骨には次の 3 つの異なる種類がある。

皮質骨：大腿骨や上腕骨のような丸い形の骨、あるいは頭蓋や骨盤のような扁平骨の 周りの硬い外表面の骨。

骨梁（あるいは海面骨）：皮質骨より密度が低く、皮質骨の内側の構造を支えている骨。

骨髓骨：卵殻形成で要求されるカルシウムの貯蔵として特殊化した網状骨。簡単に作り出されて放出される骨髓骨は、大量のカルシウムが必要なときに最初に動員される理想的なカルシウム源となる。



また、鳥類の骨の外観は、哺乳類のものと似ているが、いくつか大きく異なる点がある。

癒合した脊椎 – 飛行のためによりしっかりとした骨組みを形成するため、いくつかの胸椎と腰椎の部分が癒合している。

竜骨 – エネルギー貯蔵と筋肉量として重要な胸筋が接合するための広い表面積を有している。

気骨 – 中空で空気で満たされている。これらの骨は呼吸器システムの一部であり、飛行を補助する。

骨髓骨 – この特殊な骨は、卵殻のためのカルシウム源として利用され、鳥類と一部の爬虫類にのみ存在する。

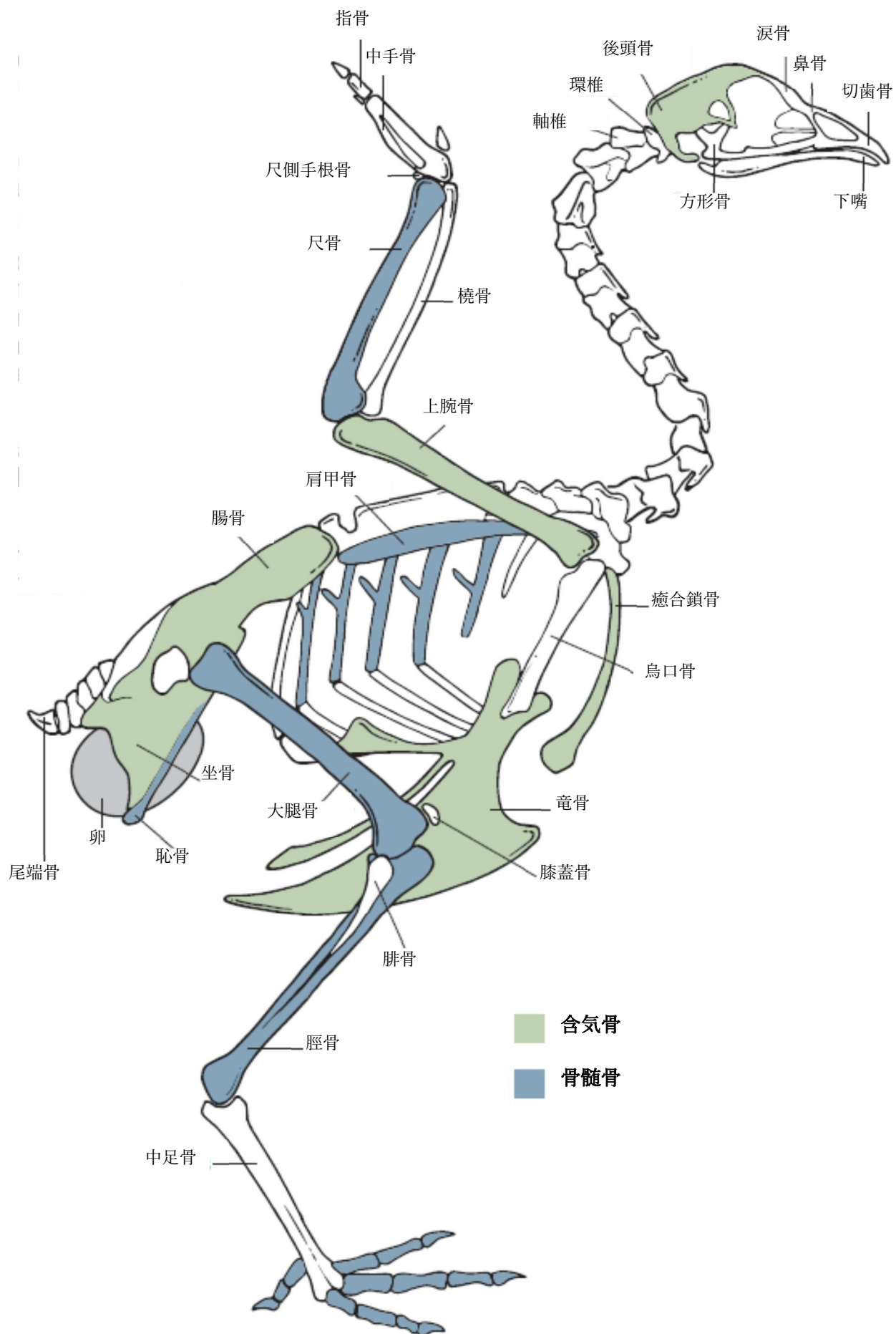
骨の成長と破壊は、いくつかの重要な細胞と多くの異なるホルモンによって制御・調節されている。健康で栄養が十分な鶏において、それらの細胞とホルモンが密接に作用し、骨格の維持と最適な生産に必要な血中カルシウムレベルを維持する。

***用語解説**

骨軟化症：有効リンやカルシウムのレベルが不十分なことによる骨石灰化問題、あるいは骨のカルシウムの過剰な放出による脱石灰あるいは骨の軟化

骨粗しょう症：骨量や骨密度の減少によって起こる進行性の骨の病気

図1 鶏の骨格



形成および破壊 メカニズム

骨の成長と形成に重要な細胞は、軟骨細胞、骨芽細胞、破骨細胞である。

- 骨の成長のための基本的なプロセスは、軟骨細胞が骨を形成するために重要なⅡ型コラーゲンと他の構成成分を分泌することから始まる。
 - その後、骨芽細胞はⅠ型コラーゲンを作り、カルシウムとリンのレベルを増加させ、骨の石灰化あるいは骨化をもたらす。
 - 破骨細胞は骨の再構築あるいはカルシウムを血流に放出するために、骨を吸収する。
- 骨の成長と破壊は様々なホルモンによって調節されており、それらのホルモンは生理的に必要に応じて骨格あるいは骨髄骨の成長や破壊の時期を調整している。
- 成長ホルモンは体全体の細胞の増殖とタンパク質合成を刺激する。
 - サイロキシン（甲状腺ホルモンの一種）は細胞の代謝だけではなく骨芽細胞の活性も刺激する。
 - メラトニンは骨芽細胞の活性に影響を与える。メラトニンレベルは暗期の寝ているときに最も高くなり、そして産卵に必要なホルモンに影響する多くの事象を開始する。
 - エストロゲンは性成熟期に増加し、これにより骨芽細胞活性の作用は皮質骨や骨梁を作り出す作用から骨髄骨を作り出す作用に変更される。産卵を開始した後に鶏が骨を再構築できるのは、換羽期や通常の産卵期で休産している期間など、エストロゲンが低下した時期だけである。
 - カルシトニンは血清カルシウムレベルが高いと放出され、破骨細胞活性を低下させるが、一方で骨を作る骨芽細胞活性を上昇させ血清カルシウムレベルを下げる。
 - 副甲状腺ホルモン（PTH）は血清カルシウムが低いときに放出され、更に骨芽細胞に結合する。この結合は骨芽細胞の活性を減少させるが、一方で破骨細胞の活性を増加させる化合物を放出するので、血清カルシウムレベルが上昇する。更に PTH は小腸のカルシウム吸収を増加させ、カルシウムの尿中への排泄量を減少させる特性を持っている。
 - カルシトニンと副甲状腺ホルモンが互いにフィードバックし合いながら作用することにより、血中カルシウムが適正なレベルで保たれている。

良質な若めす 各ステージでの成長が重要

強固な骨格は良質な若めすを育成することから始まる。若めすを育成するには、いつも最良の管理手法を実践する必要がある。

ひなは、内臓や体のシステムが未熟な状態で孵化する。孵化後、最初の 1 週間に発達する主なシステムは、腸管、免疫システム、外皮（皮膚と羽毛）である。腸管の発達は、栄養吸収において極めて重要で、鶏の将来の生産効率を決定する。丈夫な腸管の発達は免疫システムも強化し、将来の腸疾病の可能性を最小限にする。

6 週齢の始め頃には、育成鶏の腸管と免疫システムはより成熟する。また、成長のために割り当てるエネルギーをより多くすることが可能になり、体温も調整できるようになる。骨格の成長が最も早い時期は 6～12 週齢である。この期間、採卵鶏の育成鶏は、週間の体重増加が平均で 90～100g になる。12～13 週齢までに骨格は成鶏の 95% まで発達するが、性成熟期に入るといったん骨成長板が閉じ、これ以降は骨が長くならない。この期間の成長の遅れは成鶏の体躯に影響を与え、産卵開始時期の遅れに繋がる。

13 週齢になると育成鶏の骨格は成鶏の 95% になるが、体重は成鶏の 75% しかない。次の 6 週間は、筋肉、骨髄骨、生殖器官の発達が体重増加の大部分を構成する。鶏が適正な発達レベル（体重）に到達したら、その鶏群は産卵開始の点灯刺激を受ける準備ができていないはずである。産卵開始後も完全な成熟体重になる 32 週齢あたりまで体重は増加し、その時期までは筋肉、骨量が増え続ける。

急速に成長する時期に大きなストレスを被った育成鶏群は斉一性が悪く、ピーク産卵に影響を及ぼす場合が多くある。鶏群の斉一性が悪い場合、鶏群の中で理想的な体重または大きい鶏と比べて、小さい鶏は産卵を開始する時期が最大で 10 週間遅れる。従って、鶏群の大部分が 96% 産卵している一方で、鶏群内の体重が十分では

ない鶏は散発的、あるいは全く産卵していない可能性があり、その結果、ピーク産卵率を下げることになる。鶏が被るストレスの中で避けることができる、あるいは低減することができるストレス因子には、移動作業、不活化ワクチン接種、鶏舎内の環境状況の大きな変化、品質の不十分な飼料、密飼、他に日常からの突然な変化などがある。

育成舎における密飼は、通常骨格が成鶏の体躯に近くなる 10～12 週齢頃から影響が出始め、移動までの斉一性と増体重に問題が起こるだろう。育成期間の推奨スペースについては各飼養管理マニュアルを参照されたい。増体重と斉一性の測定は育成期間を通して鶏群の成長を追跡するのに非常に有効な方法である。体重が大きいと、骨格が大きく筋肉量も多くなり、より良い産卵性に通じる。目標体重に到達するまで点灯刺激を待つことは、産卵持続性を良くしてピーク過ぎの産卵の落ち込みを避けるためにはもっとも効果的な方法である。体重を毎週モニターすることは成鶏舎へ移動した時点でやめるのではなく、32 週齢までは毎週実施し、その後は成鶏期終了まで 2～4 週間ごとに実施するのが理想的である。この体重測定は、栄養摂取量が産卵や発育、鶏が要求する体の維持を支えるのに十分であるかどうかの指標にもなる。

性成熟

骨髓骨を形成

産卵開始の約 2 週間前から鶏は性成熟が始まる。エストロゲンが増加し、輸卵管の発達、鶏冠や肉髯の発赤、骨格の形成から骨髓骨の形成への完全な変化を刺激する。

初産前の骨髓骨形成を補助するためにプリレイ飼料を使用し、より多くのカルシウムを与えることを推奨する。今日では、育種改良により産卵ピークが高く持続性の良い鶏が生産者に届けられている。遺伝的潜在能力を確実に発揮させるために、骨髓骨の形成と鶏の 1 日あたりの栄養要求量を満たすのに十分な栄養設計を行うことは非常に重要である。しかしながら、産卵開始時より飼料のカルシウムレベルを 1% から 4% 以上に突然増加させると飼料摂取量において負の影響を与えることがある。野外の経験であるが、プリレイ飼料の使用により、大すう飼料と成鶏飼料の切り替えをスムーズにする効果が期待できる。飼料設計が正しく、飼料摂取量に対して飼料濃度が適正であると産卵期を通して骨の石灰化の減少による影響を最小限にして、卵殻質の持続性を伸ばすことが期待できる。

産卵期間中の骨質 カルシウム等の栄養不足による骨格への影響

鶏の骨格の長さや幅は鶏が産卵を開始するときに完成される。しかしながら、皮質骨、骨梁、骨髓骨の割合に加えて骨のミネラル密度や含有量は劇的に変化する。産卵鶏の骨格は、産卵、飼料摂取量に合わせた飼料設計、疾病状態のレベルによって強く影響を受ける。発育の良かった産卵鶏は、たとえ少し栄養が不足していてもピーク過ぎまでは概して骨格の問題に直面しないものである。体重が小さい鶏にとっては栄養的不足がより早く鶏群成績に影響が出る。中程度の栄養不足ではたいていの場合、まず骨格と（あるいは）卵殻質に影響が出て、続いて産卵に影響が出る。また、重度の栄養不足の場合は顕著で急激な産卵低下の原因になるだろう。

鳥を含めて多くの動物は老化と共に皮質骨や骨梁の厚さが薄くなっていく。採卵鶏もまた骨の強度が全体的に変化していく。骨髓骨は最も変化しやすい骨の種類であるが、もし鶏がカルシウム不足であったら皮質骨と骨梁もカルシウム源として動員される。産卵期間中、骨髓骨形成の結果として骨量全体では増加が見られる一方、骨格の骨の減少が鶏に見られる。産卵鶏において換羽あるいは栄養不足による産卵休止のとき以外、つまり、エストロゲンが一定の高いレベルのときには骨格の骨は修復されない。皮質骨の減少は結果として竜骨の湾曲あるいは骨折をもたらす、それらは鶏の福祉や生産性にとって有害である。

鶏齢にしたがって、骨格の骨全体は概して減少するのに対して骨髓骨の含有量は増加する。皮質骨が過度に減少して骨髓骨が増した鶏の卵殻質は良いこともあるが、竜骨の湾曲や骨折のリスクはより高くなる。皮質骨の損失を最小限にする最善の方法は、カルシウム、リン、ビタミン D₃ を適正なレベルで産卵期を通して確実に給与することである。骨格全体の損失を防止することは若めすから始めるが、生涯を通し継続する必要がある。骨軟症、骨粗しょう症、骨減少症の臨床症状を理解することも重要であり、できる限り早急に適正な変更を行なう。

モニタリング 影響を最小限にする最善の方法

鶏群におけるソフトボーンの影響を最小限にする最善の方法は定期的にモニタリングすることである。体重測定で捕鶏する時はこの情報を集める理想的な機会である。データの一貫性を確実にするために同じケージ、コロニー、あるいは平飼いにおける同じ区画の鶏を選択して、少なくとも4週間おきに実施し、湾曲した竜骨が認められた場合には早期に対応する必要がある。

- 体重測定の際に、竜骨の手触りと観察によってスコアリングする。ハイライン社では、正常（#1）、軽度（#2）、中度（#3）、重度（#4）の湾曲に基づいて4段階にスコアリングしている。（下写真参照）
- カルシウム、リン、あるいはビタミンD₃の欠乏の初期では、竜骨が柔らかくなる場合があるが、まだ湾曲しない。これは留意すべき重要な臨床症状である。
- 竜骨が湾曲してカルシウムが再沈着した鶏は、その鶏群の早い時期に栄養的な欠乏があったであろうことを示している。
- 平飼いにおいては、少なくとも2～3箇所の異なる場所において10羽以上確認することが望ましい。全体で、正常（#1）あるいは軽度（#2）に分類された鶏が、確認した鶏の90%以上であることが望ましい。中度（#3）あるいは重度（#4）が10%以上である場合や、毎週それらの羽数が増加傾向にある場合は問題が起こる可能性があることを示している。

#1 – 正常な竜骨



#2 – 軽度の湾曲



#3 – 中度の湾曲



#4 – 重度の湾曲



飼料摂取量と栄養は常に相並んでいる。すべての飼料設計は重要な栄養素の適正な取り込みを確実にするために飼料摂取量に基づいて行なわれなければならない。結果として、全ハイライン鶏種は一日あたりの合計栄養摂取量を推奨している。カルシウムと有効リンについて1日あたりに摂取する必要量を表1に記した。

表1 カルシウム、有効リンの1日1羽あたりの必要摂取量

		週齢					
	鶏種	32 33	37	48	55	62	72 76 85
カルシウム	ボリス	4.00g	4.20g	4.40g	4.60g	4.70g	
	マリア	4.00g	4.15g	4.30g	4.45g	4.60g	
	ソニア	4.00g	4.25g	4.45g	4.60g		
有効リン	ボリス	432mg	405mg	373mg	347mg	324mg	
	マリア	447mg	421mg	395mg	369mg	344mg	
	ソニア	485mg	470mg	450mg	400mg		

各コマーシャル鶏飼養管理ガイドより ボリス：第8版 マリア：第6版 ソニア：第5版

これらの栄養素を要求レベルに到達させるには1日の飼料摂取量が大きく関係する。1日あたりの推奨カルシウム摂取量が4.00gで、飼料摂取量が95g/日/羽である鶏の配合割合の計算例は下記の通りである：

$$(4.00 \text{ g (必要カルシウム量)}) / (95 \text{ g (飼料摂取量)}) \times 100 = 4.21\% \text{ (飼料中のカルシウム濃度)}$$

最適な卵殻質を得るために石灰石の粒子サイズも重要である。育成鶏は粉末のカルシウムにするべきで、理想は平均1.1mm以下である。より小さい粒子サイズはより容易に吸収されるので育成鶏においては粉末の石灰石を使用することが最良である。

産卵鶏において、理想的な石灰石の粒子サイズの割合は産卵開始時に粗目と細目を50：50で給与し、産卵後期は70：30（粗目：細目）に移行する。粒子サイズを変更することにより、より多くのカルシウムを夜間に骨からだけでなく飼料からも利用することを確実にする。更に、夜間のカルシウムの利用性を増やすために、消灯の1～2時間前に最終の給餌を行なうことや給餌体系を午前40%、午後60%に調整することも一つの方法である。成鶏期に与える粗目の粒子サイズは約2～4mmで、理想の平均値は3mmである。カルシウムの粒子サイズが3.5mmを超えると溶解度が急激に低下する。たとえ配合割合の「計算値」が正しくても、鶏が飼料中のカルシウムを効率的に吸収できなければ、欠乏症になる可能性がある。

加えて、石灰石そのものを調べる必要がある。石灰石のカルシウム含有量が少ない（37%以下）とその溶解度（カルシウムの利用率）を下げる他のミネラルが含まれているかもしれない。地層によって、溶解度や利用率に影響するような異なる構造の石灰石が存在する。

リンの要求定義は有効リンや可消化リンで表される異なったシステムを利用しているため、より複雑であるが、リンの摂取量は同様に計算されている。その様な中で、米国とEUでは、リンの栄養システムの見直しと、より国際的な基準を作る進行中のプロジェクトがある。

飼料設計をするときはフィターゼ酵素の使用を考慮することが必要である。フィターゼは、コストと家畜用飼料の環境への負荷を軽減する重要なツールである。しかしフィターゼの効力値を適用するときは注意が必要である。使用するフィターゼやそれが配合されている飼料、フィターゼの用量を考慮し、フィターゼの効力を正確に適用させる必要がある。利用可能なフィチン酸リンの量以上のフィターゼを添加してはならない。このフィターゼの効力は、フィターゼの出荷元、含有量、飼料を構成している原料によって異なってくる。

ビタミンD₃（コレカルシフェロール）は、カルシウムとリンの小腸での吸収、骨石灰化、尿へのカルシウム排出の抑制、免疫システムの調節を補助するのに重要な栄養素である。ビタミンDは一般的にビタミンD₃として飼料に含まれている。それは小腸で吸収され、肝臓で25-ヒドロキシコレカルシフェロールに代謝される。そして、この代謝物は腎臓で1,25-ヒドロキシコレカルシフェロールの活性体に代謝される。ビタミンD₃に加えて、鶏体

内での代謝過程を減らし生物価がより高い 25-ヒドロキシコレカルシフェロールを含んだ商品もある。

その他の飼料要素も骨石灰化と卵殻形成の効率性について考慮することが重要である。考慮の必要がある内容及び栄養素は、飼料の酸塩基平衡（あるいは飼料の電解質平衡 - DEB）、ビタミン K、亜鉛、銅、鉄、マンガン、マグネシウムである。成鶏飼料で頻繁に制限されるいくつかの必須アミノ酸（バリンとアルギニン）は、カルシウムの移送と骨基質の形成に関係している可能性がある。

飼料摂取量 摂取量に合わせた飼料内容

産卵開始時の飼料摂取量はすぐに変化する。たとえば、ボリスブラウンは産卵開始時の摂取量が 80～90g/日であるが、ピーク産卵にあたる 4～6 週間後にはすぐに 110～115g/日になる。多くの場合、飼料会社は飼料摂取量を赤玉鶏 110～115g/日、白玉鶏 100～105g/日で想定し、それに基づいて設計されたピーク飼料を 1 種類しか持っていない。この場合、産卵開始時の飼料摂取量が 80～90g/日のとき、カルシウムやリン、必須アミノ酸、他の栄養素は 20～25% 不足した状態になるだろう。飼料マトリクス（産卵ステージにあわせた飼料内容と摂取量との関係表：表 2）を作成すると、適正な設計の飼料を使用することを確実にすることができる。全部の飼料を使うわけではないが、農場にとっては飼料の発注が簡便になる。

表 2 飼料マトリクス

一日の飼料摂取量	ピーク期飼料	前期飼料	中期飼料	後期飼料
90 g/日/羽	○			
95 g/日/羽				
100 g/日/羽	○			
105 g/日/羽				
110 g/日/羽	○	○	○	○

注：○の印が使用した飼料。産卵ステージと飼料摂取量にあわせて何種類かの飼料を用意する。この場合、色が塗られた箇所の飼料（14 種類）を用意している。

鶏は 32 週齢ぐらいまではまだ成長しており、筋肉量や骨密度が増す。栄養的に何らかの不足がある場合、その影響はすぐにではなく、ボディーリザーブが尽きる産卵後期になると現れる。

鶏 病 呼吸器系や腸の疾病による影響

栄養的な問題は、骨格全体の骨量の減少や結果として起こる卵殻質問題の根本的な原因となる。しかしながら、多くの呼吸器系や腸の不顕性の病気によっても同じ作用が起こりうる。飼料摂取量あるいは栄養吸収の低下は、前に述べたように卵殻質や骨質に多大な影響を与える。細菌、ウイルス、原虫の病原菌は腸に一時的あるいは永久的な損傷を与え、重要な栄養素の吸収を減少させる。とりわけ十二指腸は、カルシウムの要求量の増加に反応してビタミン D₃ を含んだホルモンの影響でカルシウムが活発に吸収される場所である。局所的な十二指腸壊死のような病気は十二指腸に損傷を与え、吸収効率を低下させる。加えて、伝染性気管支炎、ニューカッスル病、マイコプラズマ・シノビエ、産卵低下症候群（EDS）、鳥インフルエンザを含め、輸卵管に影響を与えて卵殻質問題を引き起こす病気が多くある。

問題発生時の対処 緊急的な対応と確認事項

通常取り扱いで、産卵期間中にソフトボーンあるいは竜骨の湾曲を確認した場合は、その問題を修正するために以下のような処置を講ずる。

一般 - 具体策が講じられるまでの対処

- ① カルシウムとリンの代謝を上げるために、水溶性ビタミン D₃ あるいは 25-ヒドロキシコレカルシフェロールを週 1～2 回、飲水に添加する。
- ② 夜間に筋胃内のカルシウムレベルを上げて卵殻と骨の強化にカルシウムを供給するために、2～4mm の粗目石灰石あるいはカキガラを添加する。
- ③ 再調査して、必要なら骨の強度と代謝を補助するために飼料中の有効リンのレベルを上げる。

具体策

- ① 鶏群の飼料摂取量を測定する。
- ② 規定されている量のカルシウム、リン、ビタミン D が正しく配合されているか飼料設計を確認する。
- ③ 1 日あたりの飼料摂取量が鶏の栄養要求量と合っているか確認する。
- ④ 飼料サンプルを検査機関に送り、カルシウムと全リンのレベルが設計値と一致しているか調査する。サンプリングをするときは、サンプリングエラーを最小限にするために、飼料の代表サンプルを入手することが重要である。正確な飼料サンプルを収集するための標準手順は、サブサンプルを複数採取し、それらを一緒に混ぜる。この混ぜたサンプルの一部を分析用として送る。
- ⑤ もし不足が確認されれば、飼料工場と協力して 1 日あたりの飼料摂取量をもとに適正な設計の飼料を用意する。
- ⑥ 鶏群を観察し、栄養吸収を最小限にしたり飼料摂取量を少なくしたりする病気に罹っていないか確認する。

最後に

最高の飼養管理と栄養管理を通して育成期から成鶏期にかけて良い骨格の発育を確保することは、ハイライン鶏の遺伝的潜在能力を発揮するために重要なことである。産卵において鶏の骨格の重要性を理解することは、生産者が優れた実務を実施する手助けになるだろう。また、栄養摂取量に基づいて設計し骨質をモニタリングすることは、最高の経済的生産を実現する環境を作り出すだろう。

出典

Technical Update 2013 (Hy-Line International)

“UNDERSTANDING THE ROLE SKELTON IN EGG PRODUCTION”

