

### 不溶性繊維の役割

家禽では、飼料中の食物繊維は、長らく消化も吸収もされない飼料成分と考えられており、抗栄養因子や飼料希釈成分とみなされ、飼料の消化率や摂取量を低下させる要因とされてきた。しかし近年の研究では、飼料中の食物繊維は物理化学的特性や量によって作用が大きく異なる多様な成分であることが明らかとなっている。食物繊維とは消化酵素によって小腸内で消化・吸収されない食物中の難消化性成分の総称で、水溶性繊維と不溶性繊維に分類できる。この中でも採卵鶏にとって不溶性繊維は飼料の消化性の改善やつき行動の抑制、糞便内の水分含有量の低減に効果があるといわれている。

### 食物繊維の特徴

#### 水溶性繊維の特徴

- ✓ 消化内容物の粘度を上昇させる（そのため、飼料にはキシラナーゼやグルカナーゼなどの炭水化物分解酵素を添加する）(Choct et al., 2004)。
- ✓ 消化物の通過速度を低下させる。
- ✓ 脂質・タンパク質・デンプンの消化率を低下させる。
- ✓ 発酵性であり、腸後部（特に盲腸）での腸内細菌叢の構成を変化させる (Amerah et al., 2009; Shakouri et al., 2006)。
- ✓ 飼料摂取量を減少させる (Jha et al., 2019)。

#### 不溶性繊維の特徴

- ✓ 筋胃内に蓄積し、内容物の滞留時間を延長、十二指腸への粒子流出を調節する (Mateos et al., 2012)。
- ✓ 栄養素の消化率を改善する (Hetland et al., 2003, 2005)。
- ✓ 糞中乾物率を上昇させる (Hetland et al., 2002)。
- ✓ 摂取量を増加させる (Jha & Berrocso, 2015; Qaisrani et al., 2012)。
- ✓ つつき行動の抑制（動物福祉の改善）に寄与する (Aerni et al., 2000; Van Krimpen et al., 2009)。

### メリット 不溶性繊維を給与することによる

#### ●腸管の機能と飼料の消化性を改善

不溶性繊維の摂取は、消化管の発達と生理機能を促進し、滞留時間と消化液の分泌を増加させることで栄養素の消化性を改善する。また図1にあるように、不溶性繊維の摂取により、筋胃の容量と重量が増加し、鶏の摂取能力も向上する。一般に、1mm以上の粗い粒子（不溶性繊維を含む）は筋胃に長く留まり、筋層の発達を促す (Jiménez-Moreno et al., 2009)。一方、構造的要素（粒度や不溶性繊維）を欠く飼料では、腺胃の膨張が起こる (O'Dell et al., 1959)。

さらに育成期でも、不溶性繊維を添加することで、ひなの消化管発達を促進し、成長を損なうことなくエネルギー効率を向上できる (Guzman et al., 2015)。

#### ●筋胃の機能的な重要性

- ✓ 飼料粒子の粉碎効率を高める。
- ✓ 消化管全体の運動を調整する（“ペースメーカー”と呼ばれる）。
- ✓ そ嚢・腺胃・十二指腸間の内容物流動と逆蠕動を調節する。
- ✓ 胆汁酸・酵素分泌を促進する。(図2参照)
- ✓ 消化と吸収のタイミングを同期させる。

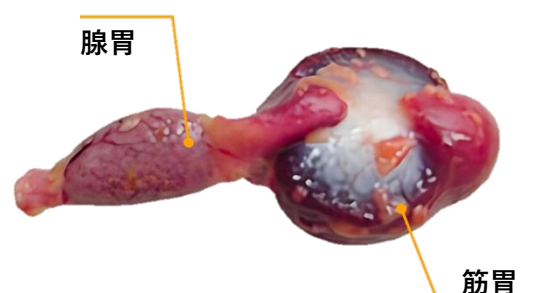


図1 不溶性繊維の給与がローマン LSL(ジュリア)の筋胃重量および筋胃内容量に及ぼす影響 (g/kg 生体重) Hetland et al, 2003.

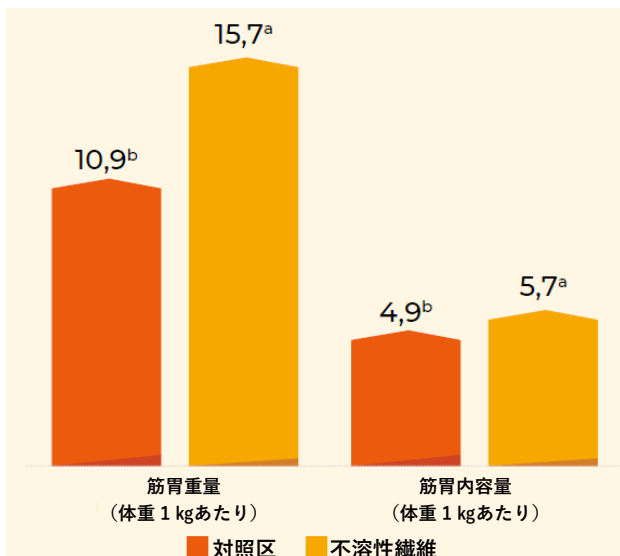
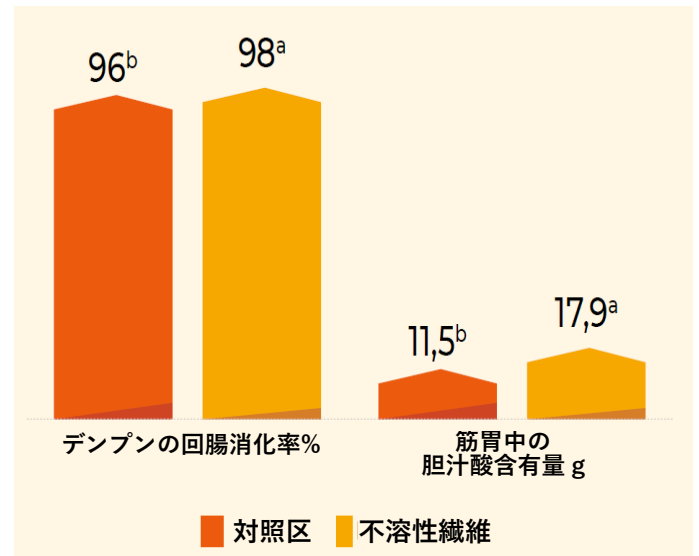


図2 不溶性繊維の摂取がデンブンの回腸消化率および筋胃中の胆汁酸含量に及ぼす影響 Hetland et al (2003).



●つき行動の抑制 (鶏のアニマルウェルフェアの改善)

羽つきやカニバリズムなどの異常行動は多くの因子が関わっているとされるが、飼料組成も関与している。繊維質原料は一般にエネルギー含量が低いため、飼料のエネルギー設定を下げることで、繊維の高い原料を配合できる“空間”を確保できる。エネルギー水準を下げると、図3のように鶏はエネルギー要求を満たすために摂取量を増やす必要があり、その結果、飼料を摂取する時間が延び、不適切な行動に費やす時間が減る。その結果、つき行動やカニバリズムの発生を減少させる。(Bearse et al., 1940; Aerni et al., 2000; Hartini et al., 2002; Hetland & Choct, 2003b; Van Krimpen et al. (2005))。また、不溶性繊維量を増やすことで、羽装状態が著しく改善される。(図4 参照)

図3 飼料中の ME および NDF の違いによる飼料摂取量への影響

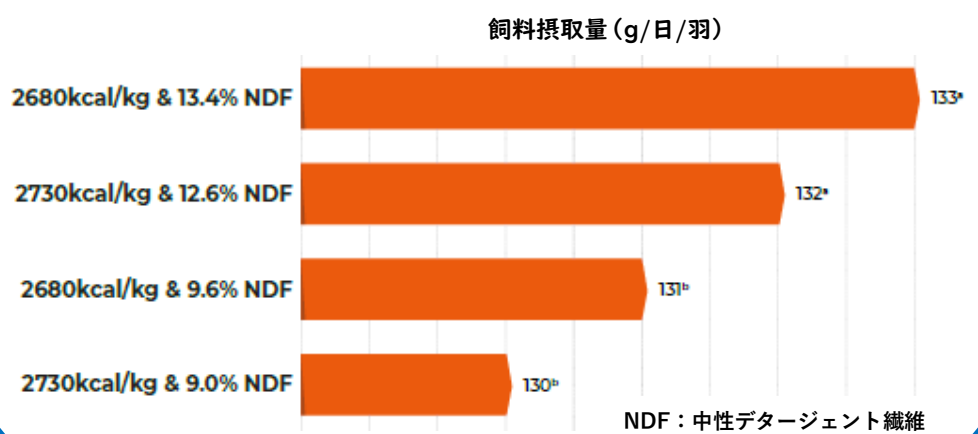
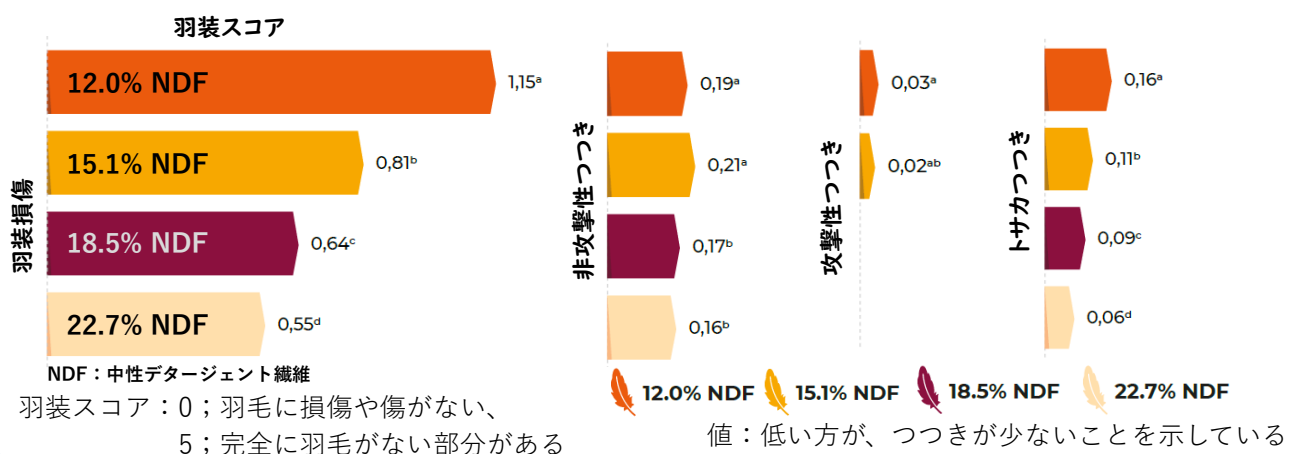


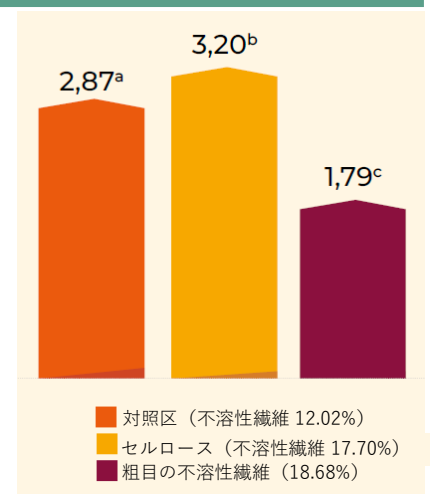
図4 不溶性繊維が羽毛の状態に与える影響 Qaisrani et al, 2013



## ●糞便の水分含量の低減

糞の水分量増加は、汚卵の増加に直結し、経済的損失をもたらす。一方、ケージフリー飼育にて、糞中乾物率を高めることは、敷料状態の改善と自然な行動の発現に寄与し、福祉向上につながる。

1mm以上の粗い不溶性繊維は筋胃に長く留まり、栄養消化を改善して糞の乾物率を上昇させる。また、不溶性繊維は多量の水を保持でき、非デンプン多糖（NSP）の溶解を抑えるため、消化物の粘性低下と糞質改善をもたらす（Choct, 1997）。



不溶性繊維の摂取量の違いによる糞スコアの改善  
Amerah et al, 2005.  
値:低いほど、糞の状態が良い

## 不溶性繊維の指標

一般的に食物繊維は「粗繊維 (crude fibre)」が指標として用いられているが、主に分析法の便宜から設定されたものであり、食物繊維の各成分が動物の生理や健康に与える影響を正確に反映しているわけではない。

食物繊維は非デンプン多糖類と多糖類でないリグニンで構成され Van Soest (1963) は以下のように分類

### 食物繊維 (リグニン+非デンプン多糖類)

セルロース 不溶性	リグニン 不溶性	ヘミセルロース 部分的に水溶性と不溶性	ペクチン 水溶性
中性デタージェント繊維 (NDF)			
酸性デタージェント繊維 (ADF)			
粗繊維			

左図はすべての食物繊維を表しているわけではない。  
NDF、ADF、粗繊維の各分析法における測定範囲を示している。

#### 用語説明：

- セルロース：植物の細胞壁をつくる代表的な繊維成分で、鶏ではほとんど消化されない繊維。不溶性。
- リグニン：植物の茎や殻を固くする“木の成分”であり、鶏ではほとんど消化されない繊維。化学構造上、多糖類ではない。不溶性。
- ヘミセルロース：植物細胞壁の補助的な繊維（セルロースの“つなぎ役”）であり、セルロースより柔らかく、分解されやすい。鶏ではほとんど消化されない。部分的に水溶性と不溶性。
- ペクチン：植物の細胞壁や細胞同士をつなぐ部分に多く含まれる繊維。水溶性。

非デンプン多糖類【NSP】：デンプン以外であり、消化酵素（アミラーゼ）では分解できない多糖類の総称。主に植物の細胞壁を構成し、飼料中の食物繊維の中心成分。代表的な成分としては、セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、β-グルカン、アラビノキシラン、ガラクトマンナンがある。

粗繊維は、実験室で希酸（水で薄められた酸）やアルカリで標準的に処理した後に残留するものを測定しており、セルロースとリグニンの総含有量の一部のみが含まれ、原材料や飼料に含まれるヘミセルロースの不溶性画分の一部が反映されない。そのため、粗繊維は、食物繊維の正確な指標とはなりにくい。一方で「中性デタージェント繊維 (NDF) ※」は完全ではないものの、不溶性繊維画分をよりの確に表す指標である。飼料設計において中性デタージェント繊維の最低水準を設定することで、鶏の生理的要求により適合し、利用可能原料によってはコスト削減にもつながる。

※中性デタージェント繊維とは、飼料中の食物繊維成分のうち、中性デタージェント溶液と呼ばれる溶液で処理して残る画分を指す。なお、酸性デタージェント繊維とは、酸性のデタージェント溶液で処理して残る区分を指す。

## まとめ

飼料中の食物繊維は、長らく消化も吸収もされない“希釈成分”と捉えられてきた。しかし近年の研究により、特に粗い不溶性繊維粒子の適切な添加は、消化管の発達と機能性を高め、腺胃・筋胃の発達促進、消化液分泌の活性化、消化物滞留時間の適正化を通じて栄養消化率の向上に寄与することが明らかとなっている。その結果、成長性や産卵成績といった生産指標の改善にもつながる。

また、羽つきやカニバリズムといった行動異常は多因子性の問題であるが、採食時間の延長や消化管機能の安定化を介して、不溶性繊維の導入がこれらの行動抑制に一定の役割を果たすことが報告されている。さらに、不溶性繊維は糞の固形化を促進し、汚卵や羽毛汚染の発生低減、平飼い環境における敷料品質の維持にも寄与するなど、衛生管理面でも重要な効果を有する。

これらの知見を総合すると、不溶性繊維は単なる“かさ増し成分”ではなく、消化生理・行動制御・環境管理を横断的に支える機能性飼料要素と位置付けるべきである。

また、従来用いられてきた粗繊維の値だけではその機能を十分に評価できないため、NDF 水準や粒度特性を考慮した設計指標へと視点を広げることが、より実態に即した飼料設計につながる。

## 出典

Lohmann Breeders ToolBOX

NEUTRAL DETERGENT FIBRE (NDF): A BETTER APPROXIMATION



**LOHMANN**  
BREEDERS