

総説

## 細菌叢制御による一石三鳥の家禽生産機能向上への挑戦

新居隆浩

広島大学大学院統合生命科学研究科  
〒739-8528 東広島市鏡山 1-4-4  
Tel: 082-424-4147  
e-mail: tanii@hiroshima-u.ac.jp

### 【要約】

ここでは、鶏の腸内および卵管細菌叢を制御することで、家禽生産の改善と感染防御の強化、さらには次世代のヒナへの健康促進を目指す技術について概説する。家禽生産において成長促進目的の抗生剤の使用が制限されたことで、腸内感染症が増加しており、代替手段としてプロバイオティクス等の腸内細菌叢制御技術が注目されている。特に、Lactobacillus や Bacillus などの有用細菌の投与は、ニワトリの腸内環境を改善し、栄養吸収や成長性を向上させる。また、卵管の粘膜バリア機能もニワトリの健康維持に重要な役割を果たし、卵管細菌叢の制御が産卵機能の改善に寄与する可能性も示唆されている。Lactobacillus を産卵鶏に投与すると、腸と卵管の粘膜バリアが同時に強化され、感染防御機能が向上することを示した。さらに、母鶏からヒナへの細菌移行に注目すると、母鶏へのプロバイオティクス投与がヒナの腸内環境や感染防御機能の向上にも役立つと期待される。このように、適切なプロバイオティクスを用いることで、母鶏の腸と卵管の感染防御機能を高め、更にはヒナへの細菌移行を通じて、母鶏とヒナの健康と成長をサポートする「一石三鳥」の技術になると考えられる。

**キーワード:** ニワトリ、腸内細菌叢、卵管細菌、卵内細菌、プロバイオティクス

### はじめに

昨今、日本では少子化が問題となっているが、世界人口は増加の一途を辿っている。人口増加に伴い動物性タンパク質の需要も高まっており、アメリカ農務省の発表では2050年までに家畜肉（卵を含む）の需要のおよそ50%以上は家禽肉と家禽卵が占める見込みである [1]。したがって、家禽生産の向上は重要な課題である。

家禽に限らず家畜生産を行う際には、長らく飼料に抗生剤を添加して与えられてきた。これにより有害な感染性微生物の腸内での増殖を抑

制し、腸の健康を保つことで生産性を高めることができた。しかし、抗生剤の使用は畜産物への薬剤の残留や、薬剤耐性菌の出現など、公衆衛生上の重篤な問題を引き起こすことから、2006年にEUを発端として世界的に成長目的での抗生剤の使用が制限されるようになった。しかし一方で、抗生剤の使用制限は生産現場における腸内感染症の発生等の様々な問題を引き起こすようになり、抗生剤の代替物への関心が向けられるようになった [2, 3]。

抗生剤の代替物としては、乳酸菌を代表とする宿主の健康に寄与する有用細菌であるプロバイオティクスや、これらの有用細菌のエサとなるプレバイオティクス、これらを混合したシンバイオティクス、有用細菌を殺菌処理したパラプロバイオティクスなどが知られる。また、細

受付：2024年10月18日

受理：2024年10月18日

菌以外でもハーブや柑橘に含まれる植物性の抽出物や、キチンやキトサンなどの多糖類、酵素や免疫刺激剤なども注目されている。これらを活用することで家畜の腸内環境を制御し、感染症の予防や生産性の向上に役立っている。

本セミナーでは家禽のニワトリを例として、腸内環境制御による感染防御対策や生産機能の改善、また腸内にとどまらず、生殖器や次世代のヒナの腸内細菌叢への影響について紹介した。

### 家禽の消化管マイクロバイオームと生産機能

ニワトリの消化管は口腔から食道、そ嚢を介して腺胃と筋胃の2つの胃に繋がる。続いて十二指腸、空腸、回腸から成る小腸と、結直腸と2本の盲腸からなる大腸が続き、最後に総排泄腔へと開口して、消化管内容物は体外へ排泄される。これらの消化管各部には細菌叢が形成されており、特に微生物発酵の場である盲腸内には消化管最多の $10^{10}$ - $10^{11}$ /gという細菌が、小腸では $10^8$ - $10^9$ /gの細菌が存在している [4]。また鳥類特異的な組織であるそ嚢は $10^8$ - $10^9$ /gの菌が存在し、口腔に近いことから好気性菌を含む *Lactobacillus* 属菌が大半を占めるといって独特な細菌叢を有している [4, 5]。消化管内の細菌は飼料の消化吸収や粘膜の感染防御などに関与することから、これらの細菌叢の制御は個体の健康維持や生産性の強化に重要であるといえる。

家禽のプロバイオティクスに関する研究は世界中で盛んにおこなわれており、「chicken, probiotics」で検索される論文 (PubMed Central) は 2001-2005 年に 56 報、2007-2010 年に 184 報、2011-2015 年に 873 報、2016-2020 年に 3261 報、2021 年から現在まで (2024 年 10 月) で 7619 報と、年々増加している。その多くは家禽生産との関係、とりわけ肉用鶏 (ブロイラー) の成長性に関するものが多く、およそ全体の 65% 程度である。例えば *Lactobacillus* や *Enterococcus*、*Bacillus* をブロイラーヒナへ給与すると、腸形態の改善に伴う栄養吸収機能の改善に関連して、体重増加や飼料効率が改善する報告がある [6-8]。また、成鶏であれば主に産卵鶏や種鶏を対象として、卵質の改善や産卵機能の改善を目的とした腸内環境制御に関する

研究がおこなわれている。例えば、*Bacillus subtilis* を 3~6 週間産卵鶏に給与すると産卵数、卵重、卵質量、卵殻重、卵殻厚が増加し、これには菌による短鎖脂肪酸産生の増加に伴う腸形態の改善と、カルシウムを含めた栄養吸収能力の増加が関与するとされる [9]。一方で、プロバイオティクスと感染防御というのも大きな関心の一つである。腸内においては *Clostridium* による腸内感染症や、家禽では病態を示すことは稀だが、ヒトにおいて公衆衛生上重要な *Campylobacter* や *Salmonella* など、多くの病原体が知られている。*Lactobacillus* や *Enterococcus*、*Bacillus subtilis* の給与は *Salmonella Typhimurium* や *Escherichia coli* 等の組織内感染の低下や、*Campylobacter jejuni* の定着を抑制する [10-12]。こうした感染防御機能の増強には、有用細菌自体が作るバクテリオシンなどの抗菌成分のほか、代謝産物による pH 変化や、短鎖脂肪酸を介した宿主のサイトカイン産生や粘膜バリア機能の強化など様々なプロセスが関与すると考えられている [13, 14]。

私達もこれまでに腸内環境と産卵機能との関係を調べるために、デキストラン硫酸ナトリウム投与により人為的に腸内環境を悪化させたニワトリを用いて、産卵機能に与える影響を調べた。その結果、腸内環境の悪化は肝機能の低下を介して卵胞発育を抑制し、結果的に排卵不順や卵黄の小さな卵の生産に繋がる可能性が示された [15]。また、こうした個体にプレバイオティクスとしてオリゴ糖を給与することで、この産卵機能が改善することを示している [16]。

このように腸内環境は家禽の生産機能と密接に結びついており、これをプロバイオティクスなどで制御することは生産性の改善に有効な方法といえる。

### 卵管マイクロバイオームと 粘膜バリアおよび産卵機能との関係

ニワトリの雌性生殖器は卵巣と卵管から成る。卵巣では卵胞が発育し、最大卵胞に達すると排卵され、卵管に取り込まれる。卵管では排卵された卵胞 (卵の黄身) の周囲に卵白や卵殻膜、卵殻が形成されることで卵が作られる。卵管粘膜にも腸と同様に粘膜バリアが形成され、

T細胞やB細胞といったリンパ球や、マクロファージなどの免疫細胞が分布しており、感染防御に働く [17, 18]。また、これらの卵管の粘膜免疫機能はエストロゲンの影響を受けることが知られ、エストロゲン濃度が低下する産卵期には抗原刺激に対する免疫応答機能が低下し、エストロゲン存在下では免疫応答機能が回復する [19]。卵管粘膜にウイルスや病原菌が感染すると、炎症反応を介して卵殻形成不全が起こるだけでなく [20]、卵内への病原菌の移行が起こり (in egg 感染)、受精卵であれば胚死や孵化直後のヒナの斃死が、食用卵であればヒトの食中毒の原因になる [21]。したがって、卵管粘膜における感染防御機能は家禽生産とヒトの公衆衛生の観点からも重要である。

卵管腔部粘膜では、病原体の抗原を認識するパターン認識受容体 (PRRs) の Toll 様受容体 (TLRs) のうち TLR 1-2, 2-1, 2-2, 3, 4, 5, 7, 15 および 21 の発現が報告されている [22]。実際に、抗原刺激に対する応答性も有しており、私達は卵管粘膜へのリポ多糖 (LPS; グラム陰性菌成分) 刺激や弱毒化伝染性気管支炎ウイルス刺激がインターロイキン (IL) -1 $\beta$  や IL-6 などの炎症性サイトカイン発現や、免疫細胞の遊走を引き起こすこと [19, 20, 23]、培養下の卵管上皮細胞への各種抗原刺激がトリ  $\beta$  ディフェンシンやサイトカイン発現を増加させることを明らかにした [24, 25]。一方で、長らく卵管粘膜は無菌と思われていたが、ここ数年の菌叢解析技術の発達と共に卵管粘膜にも多種多様な細菌が存在することが明らかになってきた [26]。卵管粘膜には多様な PRRs が存在することからも、これらの卵管細菌が卵管粘膜のバリア機能の制御に関わることは予想される。また、鳥類は哺乳類と異なり総排泄腔を介して腸と卵管がひと繋ぎになるという形態学的特徴から、両部位で共通の細菌種も多く見つかった [27]。その中には腸でプロバイオティクスとしての役割が知られている *Lactobacillus* が含まれており、同属の *L. johnsonii* を産卵鶏の卵管腔部粘膜に直接注入すると claudin-1 や -3 などの粘膜バリアに関わる分子の遺伝子発現が卵管膨大部や腔部において増強される可能性が示されている [28]。この結果を踏まえて、私達は総排泄腔で腸と卵管がつながるという点に着目して、

経口での有用細菌の投与が腸と卵管の双方のバリア機能を強化できるかを検証した。その結果、*L. johnsonii* の経口投与が腸だけでなく卵管の細菌叢を変化させ、さらには腸と卵管の双方の粘膜バリア機能を高める可能性を示した (第46回鳥類内分泌研究会)。この技術は現時点では任意の細菌の制御は出来ていないが、経口での菌の処理が腸と卵管で「一石二鳥」に働く可能性を示すものであり、新しい視点でのプロバイオティクスの開発へ活かされるだろう。

卵管細菌叢が産卵数や卵質と関係がある可能性を示す報告もある。Wenらによる報告では卵管腔部の *Staphylococcus* と *Ralstonia* が卵殻色と、*Romboutsia* が産卵数と正の相関があることを示している [26]。また、別のグループの報告では卵管腔部、子宮部、峡部の三部位で *Bacteroides fragilis*, *Bacteroides salanitronis*, *Bacteroides barnesiae* および *Clostridium leptum* の細菌数が産卵数と相関するという [29]。現時点では卵管の細菌と産卵機能との直接的な関係性を示す報告は無いものの、今後こうした知見が集積することで、前述のバリア機能だけでなく産卵機能もターゲットにした、卵管における有用細菌の活用に繋がる。

### 母子細菌移行への挑戦

ニワトリヒナは孵化後2週齢まで獲得免疫機能が未発達なため、それまでは自身の自然免疫機能や母鶏からの移行抗体で身を守る必要があり、病原菌への感染リスクも高い [30]。また、孵化後初期の栄養状況はその後の成長を決定づける重要な期間としても知られ、成長の観点からも孵化後初期の病原体感染は避けるべき問題である。したがって、この時期の感染防御機能の向上はヒナの発育の為に重要である。孵化後のプロバイオティクス給与による腸内細菌叢の制御は、ヒナの腸内の自然免疫機能の向上や [31]、*Salmonella* や *Eimeria* の感染の低下 [10, 32]、成長性の向上に寄与する [8]。このことは、ヒナにおいて孵化後初期の腸内環境制御が有効な技術であることを示す。

ニワトリ (産卵鶏) の腸内細菌叢は孵化後大きく変化し、およそ12-18日後には成熟細菌叢と同種の菌を持つようになり、50日齢程度で成熟する [33]。したがって、腸内細菌叢の制

御には孵化後すぐ腸内細菌叢未形成時に有用細菌を感作させることが重要だろう。ヒナの腸内環境制御の方法は、孵化後の給餌や給水によるもの以外にも、より早期からの菌叢変化が見込まれる孵化以前の細菌感作方法として、卵内への in ovo injection 法や胚発生後期の卵殻への菌の塗抹方法なども試みられている。しかし、前者では投与濃度が多いと胚死のリスクが増大する [34]、後者では菌の移行は可能だが効果が低いという課題も散見する [35]。

そこで、前述の卵管細菌叢に着目したい。卵管に微生物が存在するのであれば、その細菌は卵内へ移行する可能性があると考えられる。また、卵内だけでなく、卵殻表面には総排泄腔に存在する腸内容物由来の細菌が付着する可能性も考えられる。つまり、卵管や総排泄腔（あるいは放卵後の糞便の付着など）を介して母子間で細菌の移行が起こる可能性があるということだ。実際に、総排泄腔、卵管粘膜、卵殻、卵白および胚腸管の細菌叢を比較した論文では 23 種類の菌が共通細菌をして発見されており [27]、ニワトリ胚腸内細菌の大半が胚卵黄に由来することが報告されている [36]。また、母鶏の糞便とヒナの糞便で共通する細菌種を調査した研究では、卵を殺菌処理したり、母鶏に抗生剤を投与すると、ヒナとの共通細菌種が減少するという結果が得られている [37]。これに加えて、Thøfner らの研究グループは *Enterococcus faecium* と *Lactobacillus animalis* の 2 種類の菌を母鶏へ感作させ、それらの菌が卵を介して孵化直後のヒナで検出されたことを示した [35]。この研究は成長性には有意な効果を示していないものの、母鶏へのプロバイオティクス投与による母子間での菌移行の可能性を実験的に示した重要な報告である。

私たちはこれらの報告から、ヒナの細菌叢制御には既知の孵化後のヒナへのプロバイオティクスの給与だけでなく、孵化以前の母子間細菌移行や受精卵への細菌感作など複数の感作経路を組み合わせて最適化する必要があると考えている。その為には、ヒナの発育や感染防御機能の向上に関わる細菌種の同定と、これらの細菌の適切な感作時期や方法の選択が必要である。その為に私達は、ニワトリヒナの腸内細菌の由来を調べ、生後 1 週間後のヒナの腸内細菌の 3

割は母鶏から由来している可能性と、残り 7 割は孵化後の飼育環境から流入する可能性を示し、さらには母鶏から由来する可能性のある菌の中に、母子ともに感染防御機能の向上への寄与が期待できそうな菌種も発見できた（日本家禽学会 2024 年度秋季大会）。将来的には、成鶏・ヒナそれぞれにおいて健康維持に効果の高い有用細菌を選抜し、最適な時期に感作させる方法を確立していきたい。そして、母鶏へのプロバイオティクス処理が腸と卵管の感染防御機能を高め、さらにはこれらの菌が卵を介してヒナの健康に寄与する、そんな「一石三鳥」の技術となるよう挑戦を続けていきたい。

### 参考文献

- [1] Projections to 2050 are based on UN FAO projections under business-as-usual population, and forecasted economic growth models. This data is sourced from: Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision (Vol. 12, No. 3). FAO, Rome: ESA Working paper.
- [2] Huyghebaert, G., Ducatelle, R., Immerseel, F. V. 2011. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Vet J.* 187:182-8.
- [3] Millet, S., Maertens, L. 2011. The European ban on antibiotic growth promoters in animal feed: From challenges to opportunities. *Vet J.* 187:143-4.
- [4] Shang, Y., Kumar, S., Oakley, B., Kim, W. K. 2018. *Front. Vet. Sci.*, 23:5:254.
- [5] Bajagai, Y. S., Van T. T. H., Joat N., Chousalkar K., Moore, R. J., Stanley, D. 2024. Layer chicken microbiota: a comprehensive analysis of spatial and temporal dynamics across all major gut sections. *J Anim Sci Biotechnol.* 5;15:20.
- [6] Khan U., Rahman, S. M., Khan S., Roy S., Hossain, K. M. 2024. Effects of probiotics on productive performances and serum lipid profile of broiler as substitute of antibiotics. *Sci Prog.* 3;107:00368504241276259.
- [7] Capcarova, M., Hascik, P., Kolesarova, A., Kacaniova, M., Mihok, M., Pal, G. 2011. The effect of selected microbial strains on internal milieu of broiler chickens after peroral administration. *Res Vet Sci.* 91:132-137.
- [8] Elleithy, E. M. M., Bawish, B. M., Kamel, S., Ismael, E., Bashir, D. W., Hamza D., Fahmy, K. N. E. 2023. Influence of dietary *Bacillus coagulans* and/or *Bacillus licheniformis*-based probiotics on performance, gut health, gene expression, and litter

- quality of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod.* 14;55:38.
- [9] Abdelqader A., Irshaid R., Al-Fataftah, A. 2013. Effects of dietary probiotic inclusion on performance, eggshell quality, cecal microflora composition, and tibia traits of laying hens in the late phase of production. *Trop Anim Health Prod.* 45:1017-24.
- [10] Wang, L., Li, L., Lv, Y., Chen, Q., Feng, J., Zhao, X. 2018. *Lactobacillus plantarum* Restores Intestinal Permeability Disrupted by *Salmonella* Infection in Newly-hatched Chicks. *Sci Rep.* 2;8:2229.
- [11] Huang, L., Luo, L., Zhang, Y., Wang, Z., Xia, Z. 2019. Effects of the Dietary Probiotic, *Enterococcus faecium* NCIMB11181, on the Intestinal Barrier and System Immune Status in *Escherichia coli* O78-Challenged Broiler Chickens. *Probiotics Antimicrob Proteins.* 11:946-956.
- [12] Šimunović, K., Sahin, O., Erega, A., Štefanič, P., Zhang, Q., Mulec, I. M., Možina, S. S., Klančnik, A. 2022. *Bacillus subtilis* PS-216 Spores Supplemented in Broiler Chicken Drinking Water Reduce *Campylobacter jejuni* Colonization and Increases Weight Gain. *Front Microbiol.* 8;13:910616.
- [13] Khan, S., Moore, R. J., Stanley D., Chousalkar, K. K. 2020. The Gut Microbiota of Laying Hens and Its Manipulation with Prebiotics and Probiotics To Enhance Gut Health and Food Safety. *Appl Environ Microbiol.* 17;86:e00600-20.
- [14] Deng, W., Dittoe, D. K., Pavlidis, H. O., Chaney, W. E., Yang, Y., Rieke, S. C. 2020. Current Perspectives and Potential of Probiotics to Limit Foodborne *Campylobacter* in Poultry. *Front Microbiol.* 22:11:583429.
- [15] Nii, T., Bungo, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2021. Slight disruption in intestinal environment by dextran sodium sulfate reduces egg yolk size through dysfunction of ovarian follicle growth. *Front in Physiol.* 11: 607369.
- [16] Sittiya, J., Nii, T. 2024. Effects of oligosaccharides on performance, intestinal morphology, microbiota and immune reactions in laying hens challenged with dextran sodium sulfate. *Poult Sci.* 103:104062.
- [17] Zheng, W. M., Yoshimura, Y. 1999. Localization of macrophages in the chicken oviduct: effects of age and gonadal steroids. *Poult Sci.* 78:1014-8.
- [18] Nii, T., Sonoda, Y., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2011. Effects of lipopolysaccharide on the expression of proinflammatory cytokines and chemokines and the subsequent recruitment of immunocompetent cells in the oviduct of laying and molting hens. *Poult Sci.* 90:2332-2341.
- [19] Nii, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2015. The effect of estrogen on the early cytotoxic response to IB virus infection in hen oviduct. *Vet Immunol Immunopathol.* 164: 56-66.
- [20] Nii, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2014. Effects of avian infectious bronchitis virus antigen on eggshell formation and immunoreaction in hen oviduct. *Theriogenol.* 81:1129-1138.
- [21] Buck, J. D., Immerseel, F. V., Haesebrouck, F., Ducatelle, R. 2004. Colonization of the chicken reproductive tract and egg contamination by *Salmonella*. *J Appl Microbiol.* 97:233-45.
- [22] Michailidis, G., Theodoridis, A., Avdi, M. 2011. Effects of sexual maturation and *Salmonella* infection on the expression of Toll-like receptors in the chicken vagina. *Anim Reprod Sci.* 123:234-41.
- [23] Nii, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2013. Effects of repeated lipopolysaccharide stimulation on the development of antigen-presenting cells and T cells pool in hen vagina. *J Poult Sci.* 50: 83-89.
- [24] Kamimura, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2017. Effects of inhibitors of transcription factors, nuclear factor- $\kappa$ B and activator protein 1, on the expression of proinflammatory cytokines and chemokines induced by stimulation with Toll-like receptor ligands in hen vaginal cells. *Poult Sci.* 1;96:723-730.
- [25] Sonoda, Y., Abdel-Mageed, A. M., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2013. Induction of avian  $\beta$ -defensins by CpG oligodeoxynucleotides and proinflammatory cytokines in hen vaginal cells in vitro. *Reproduction.* 21;145:621-31.
- [26] Wen, C., Li, Q., Lan, F., Li, X., Li, G., Yan, Y., Wu, G., Yang, N., Sun, C. 2021. Microbiota continuum along the chicken oviduct and its association with host genetics and egg formation. *Poult Sci.* 100:101104.
- [27] Lee, S., La, T. M., Lee, H. J., Choi, I. S., Song, C. S., Park, S. Y., Lee, J. B., Lee, S. W. 2019. Characterization of microbial communities in the chicken oviduct and the origin of chicken embryo gut microbiota. *Sci Rep.* 9:6838.
- [28] Nii, T., Shinkoda, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2023. Intravaginal injection of *Lactobacillus johnsonii* may modulates oviductal microbiota and mucosal barrier function of laying hens. *Poult Sci.* 102:102699.
- [29] Su, Y., Tian, S., Li, D., Zhu, W., Wang, T., Mishra, S. K., Wei, R., Xu, Z., He, M., Zhao, X., Yin, H., Fan, X., Zeng, B., Yang, M., Yang, D., Ni, Q., Li, Y., Zhang, M., Zhu, Q., Li, M. 2021. Association of

- female reproductive tract microbiota with egg production in layer chickens. *GigaScience*, 10:giab067.
- [30] Lammers, A., Wieland, W. H., Kruijt, L., Jansma, A., Straetemans, T., Schots, A., den Hartog, G., Parmentier, H. K. 2010. Successive immunoglobulin and cytokine expression in the small intestine of juvenile chicken. *Dev Comp Immunol*. 34:1254-1262.
- [31] Terada, T., Nii, T., Isobe, N., Yoshimura, Y. 2020. Effects of Probiotics *Lactobacillus reuteri* and *Clostridium butyricum* on the Expression of Toll-like Receptors, Pro- and Anti-inflammatory Cytokines, and Antimicrobial Peptides in Broiler Chick Intestine. *J Poult Sci*. 25;57:310-318.
- [32] Dalloul, R. A., Lillehoj, H. S., Tamim, N. M., Shellem, T. A., Doerr, J. A. 2005. Induction of local protective immunity to *Eimeria acervulina* by a *Lactobacillus*-based probiotic. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*. 28(5-6):351-61.
- [33] Xiao, S. S., Mi, J. D., Mei, L., Liang, J., Feng, K. X., Wu, Y. B., Liao, X. D., Wang, Y. 2021. Microbial Diversity and Community Variation in the Intestines of Layer Chickens. *Animals (Basel)*. 16;11:840.
- [34] Triplett, M. D., Zhai, W., Peebles, E. D., McDaniel, C. D., Kiess, A. S. 2018. Investigating commercial in ovo technology as a strategy for introducing probiotic bacteria to broiler embryos. *Poult Sci*. 1;97:658-666.
- [35] Thøfner, I., Sandvang, D., Aagaard, K., Poulsen, L. L. 2021. Recovery of probiotic bacteria from the intestinal tract of broilers after noninvasive pre-hatch application. *Benef Microbes*. 11;12:467-477.
- [36] Ding, P., Liu, H., Tong, Y., He, X., Yin, X., Yin, Y., Zhang, H., Song, Z. 2021. Developmental Change of Yolk Microbiota and Its Role on Early Colonization of Intestinal Microbiota in Chicken Embryo. *Animals (Basel)*. 22;12:16.
- [37] Shterzer, N., Rothschild, N., Sbehat, Y., Dayan, J., Eytan, D., Uni, Z., Mills, E. 2023. Vertical transmission of gut bacteria in commercial chickens is limited. *Animal Microbiome*. 5:50.

## A Challenge to Improve Poultry Production Functions with a "Triple Benefit" Approach through Microbiota Control

Takahiro Nii

Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University  
1-4-4, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan

### **[Abstract]**

This paper describes outline a technology aimed at improving poultry production, enhancing infection defense, and promoting the health of the next generation of chicks by controlling the intestinal and oviduct microbiota in chickens. The restriction on the use of antibiotics as growth promoters in poultry production has led to an increase in intestinal infections, highlighting the need for alternative measures such as probiotic-based microbiota control techniques. In particular, the administration of beneficial bacteria like *Lactobacillus* and *Bacillus* has been shown to improve the gut environment in chickens, enhancing nutrient absorption and growth. Additionally, the mucosal barrier function of the oviduct plays a crucial role in maintaining chicken health, and controlling the oviduct microbiota may also contribute to improved laying functions. Studies have shown that administering *Lactobacillus* to laying hens simultaneously strengthens the mucosal barriers of both the gut and the oviduct, improving their infection defense mechanisms. Furthermore, focusing on the transfer of bacteria from hens to chicks suggests that administering probiotics to hens can also help improve the intestinal environment and infection defense in chicks. Thus, using appropriate probiotics could lead to a "triple benefit" technology that enhances the infection defense functions of both the gut and the oviduct in hens, while also supporting the health and growth of both hens and chicks through the transfer of beneficial bacteria.

**Keywords:** Chicken, egg bacteria, intestinal microbiota, oviduct bacteria, probiotics