

研究課題番号	4-1903
研究課題名	「ライチョウの再導入に必要な腸内環境整備に関わる技術開発」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	大阪府立大学
研究代表者名	松林 誠

1. 研究開発目的

これまでの解析により、アイメリア原虫による感染がケージ保護された雛の死亡原因であること、野生下で生き残って成鳥になる個体は原虫への免疫を獲得していること、その腸内細菌叢や餌に含まれる化学成分の一部に原虫の腸管内増殖に抑制効果があることが推定されている。原虫に対する防御免疫をもたず、高山植物に含まれる毒性のあるアルカロイド等を分解する腸内細菌叢を保有しない生息域外保全個体の野外放鳥は、事実上不可能である。原虫感染症対策がニホンライチョウの保護増殖に必須であることから、本来、野生個体が有する生息域内での生存能力を賦与するという目的に加え、雛における原虫感染症に対する防御的腸内細菌叢の構築という考え方を新たに追加し、導入した。野外では存在しない化合物や組み換えワクチンを利用せず、生息域内に共生または生存する微生物、つまり原虫および腸内細菌を科学的根拠のもと積極的に活用する。そして、野外で摂取される栄養成分を模倣して防御的腸内細菌の定着に最適な飼料を開発する必要がある。本研究は、腸内環境整備により、原虫感染抵抗性や毒物代謝能を付与することで、飼育個体の生体防御能力の向上を図った上で野生環境への適応を進めることを目的としている。この実施内容は世界初の野生鳥類における原虫感染防除技術の開発であり、希少種保全分野において全ての分類群を見渡してもこれまでにない試みである。この取り組みは、今後、希少種保全において主流となるべき方向性であるといえる。

2. 研究目標

【全体目標】	ニホンライチョウ寄生性原虫の病態を明らかにし、その防除技術を提示すると共に、腸内細菌叢の構築により野生復帰させ得る資質を持つ生息域外個体群創出のための方策を提示する。
【サブテーマ1】	実験的感染によりニホンライチョウ寄生原虫の病原性を明らかにし、生息域内におけるアイメリア原虫の感染特性を提示し、野生復帰させ得る原虫耐性個体創出のための技術を提案する。
【サブテーマ2】	野生型腸内細菌叢の特性解析を行い、原虫感染抵抗性をもつ腸内細菌を同定し、野生型腸内環境構築に向けて、飼育下個体への糞便移植技術を開発し、その利用法を提示する。
【サブテーマ3】	野生型腸内細菌叢の定着を支持し、野生下の食餌成分解析により科学的データをもとにした人工飼料の作成方法を提示し、生息域外における健全飼育を行うための方策を提示する。

3. 研究の進捗状況

全体としては、全てのサブテーマが計画通りに進捗している。サブテーマ（1）では、実験的感染によりニホンライチョウに寄生するアイメリア原虫の感染臓器および増殖部位を特定することができた。生息域内の環境調査により、保護ケージ内の土壌は原虫に汚染されており、また雛は重度に感染していることが判明した。しかし、実験感染との比較により、給与する餌そして腸内環境整備により原虫感染による発症および死亡が防げる可能性が明らかとなった。サブテーマ（2）では、糞便移植の実施に向け、細菌の損失を最低限に抑えつつ、野生下の個体糞便から原虫オーシストを除去できるフィルターの高分子や孔径を決定することができた。アイメリア原虫が共存する野生下のニホンライチ

ヨウは、特異な腸内細菌叢として乳酸菌と乳酸利用菌の共生系が発達しており、その結果、プロピオン酸生成が亢進する発酵状態にあることが判明した。サブテーマ（3）では、採材を計画していた植物および糞のサンプリングを完了することができた。採取した 13 種の植物のうち 6 種については一般成分分析が終了し、野生下の個体のタンパク質摂取量は、飼育個体のものよりも極めて低いことが明らかになった。また、野生個体の食餌の季節性、および飼育下個体の運動量、そして腸内細菌叢を考慮した飼料と給餌法開発の重要性が判明した。二次代謝産物の解析では、13 種 18 部位のうち 4 種 6 部位が完了した。その結果、抗菌性や抗酸化物質作用を有する特異な化合物から構成されていることが明らかとなり、高山植物と似た成分を有する平地の植物としては、リンゴの皮・葉、ブルーベリー、リンゴンベリー、トウガンの実等を選定することができた。初年度の課題実施により、いずれのテーマにおいても設定した目標に対し、明確な科学的根拠を提示することができ、達成できる可能性が高いと考えられた。

4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

環境省令和元年度の第二期ライチョウ保護増殖事業検討会(2020年2月27日)において、本研究の内容を生息域内保全事業と域外保全事業をつなぐ要件として発表し、今後の保護事業の進展に貢献した。この検討会では、新たに今後の取り組み目標が設定された。設定された多くの目標の達成に向けて、本研究課題は解決策を提示できる可能性が高い。具体的には、①生息域内・域外共通の短期目標となる「野生復帰および移植技術の確立」では、3つのサブテーマにおいて、野生復帰および移植には原虫対策そして野生型腸内細菌叢の構築が必要であることを科学的論拠をもって提示した。野生のニホンライチョウは現在も、高い原虫感染率を保持しており、感染実験により、消化吸收の場となる小腸と大腸で原虫は寄生し、増殖していることが初めて分かった。生息域外から野生復帰させる個体には、原虫に対する免疫を賦与する必要があるが、今回、糞便中のオーシストを容易にかつ迅速に取り除く方法を見出し、今後、野生個体の糞便を安全に移植できる可能性がある。特に、次年度以降に予定されている中央アルプスへの再導入に係わる技術としても活用できる。

また、生息域内で野生個体が摂取している高山植物と生息域外で使用されている餌成分の解析の結果、栄養成分組成は大きく乖離し、量的にも差異があることが分かった。ライチョウ保護増殖事業検討会では、短期目標の1つとして「生息域外での適正な飼育・繁殖技術の向上」、そして中期目標として「生息域外での餌資源となる高山植物給餌体制の維持」が設定された。本研究では、生息域外でのライチョウの健全飼育そして野生復帰個体創出のためには、腸内細菌叢の構築、そしてそれによる発酵および代謝物生成が必要であり、この腸内環境構築に合致する人工飼料を給餌する必要があることも明確になった。

行政ニーズとして掲げられている、「生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の充実に向けた研究・技術開発」という点においては、国内では同じキジ目のウズラ（絶滅危惧Ⅱ類(VU)）やツル目のタンチョウ（絶滅危惧ⅠA類(CR)）などの絶滅危惧鳥類において、アイメリア原虫の感染が問題となっており、その対応策が見出せていない。飼料開発および野生型腸内環境の構築は、原虫防除のみならず、動物園等で展示飼育および増殖されている国内外の希少鳥類に対して、長期的な個体の健康保持や維持管理に活用できる。展示動物施設での動物福祉推進の観点からも、今後の適正飼養および終生飼養の資質向上にも寄与する。本研究で実施する野生下の常在微生物を活用した腸内環境整備手法の確立により、今後、環境産業分野における絶滅危惧鳥類の保全取組に対して、場合によっては抜本的な保全手法の見直しが見込まれる可能性がある。

5. 評価者の指摘及び提言概要

ライチョウの再導入に向けて、腸内細菌フローラや栄養摂取量、阻害要因となるアイメリア原虫の感染などの科学的知見を取得する研究であり、目標は大変順調に達成されつつあると評価できる。また行政施策へのアウトカムのイメージがわかりやすく示されている。一方、飼育下では抗生物質を使

いながら腸内細菌の有用性を求めている点、提案する食性がアイメリア対策になるかの点、天敵の捕食圧、重要な腸内細菌グループの見落としによる解釈の偏りがいないか、平行して対症療法的な薬物を探索することが可能かなどの点について、今後検証・検討をお願いしたい。

6. 評点

評価ランク：S