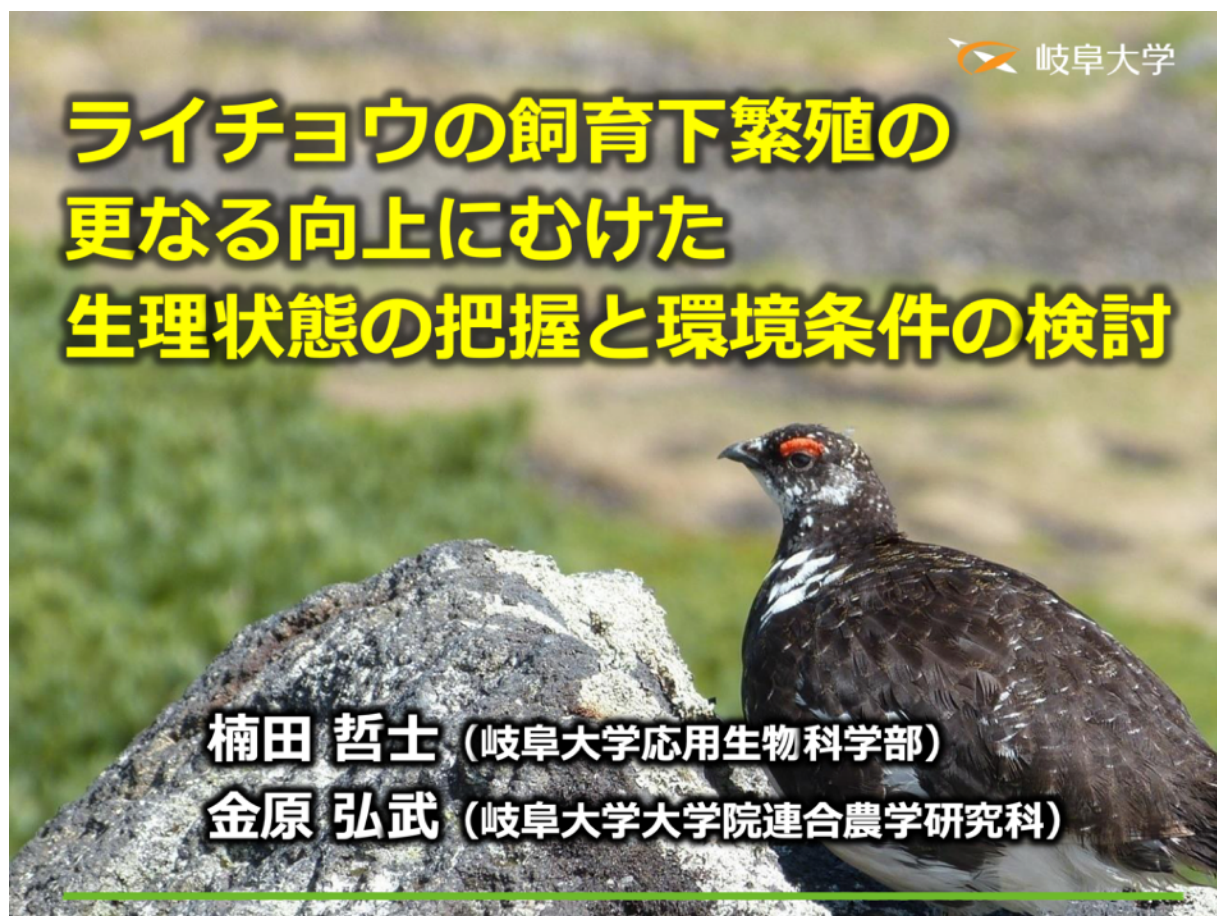


○座長 第2部の3番目の講演はですね、岐阜大学の楠田先生、それから金原さんをお願いしております。

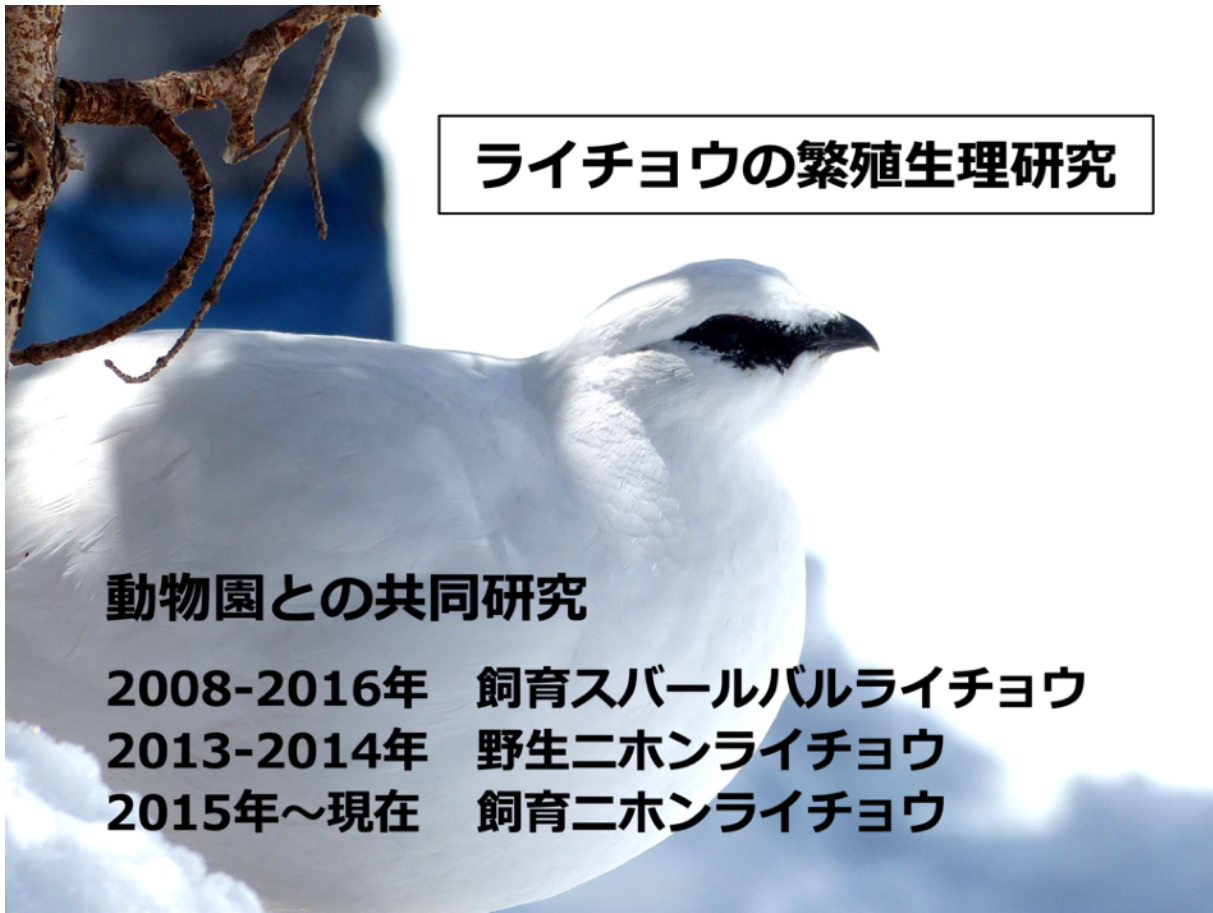
楠田先生は動物の繁殖の専門家で、ライチョウに限らず動物園の飼育の動物の繁殖管理というのをいろいろご指導されています。動物園の役割について、昨日佐藤園長の方からありましたように、動物の保全という中心的な機関になっていこうという動きの中で、安定的に、どうやって次世代を作っていくかというのが、非常に重要な課題で、その重要なところに取り組まれています。

大変、楽しいお話を期待しています。



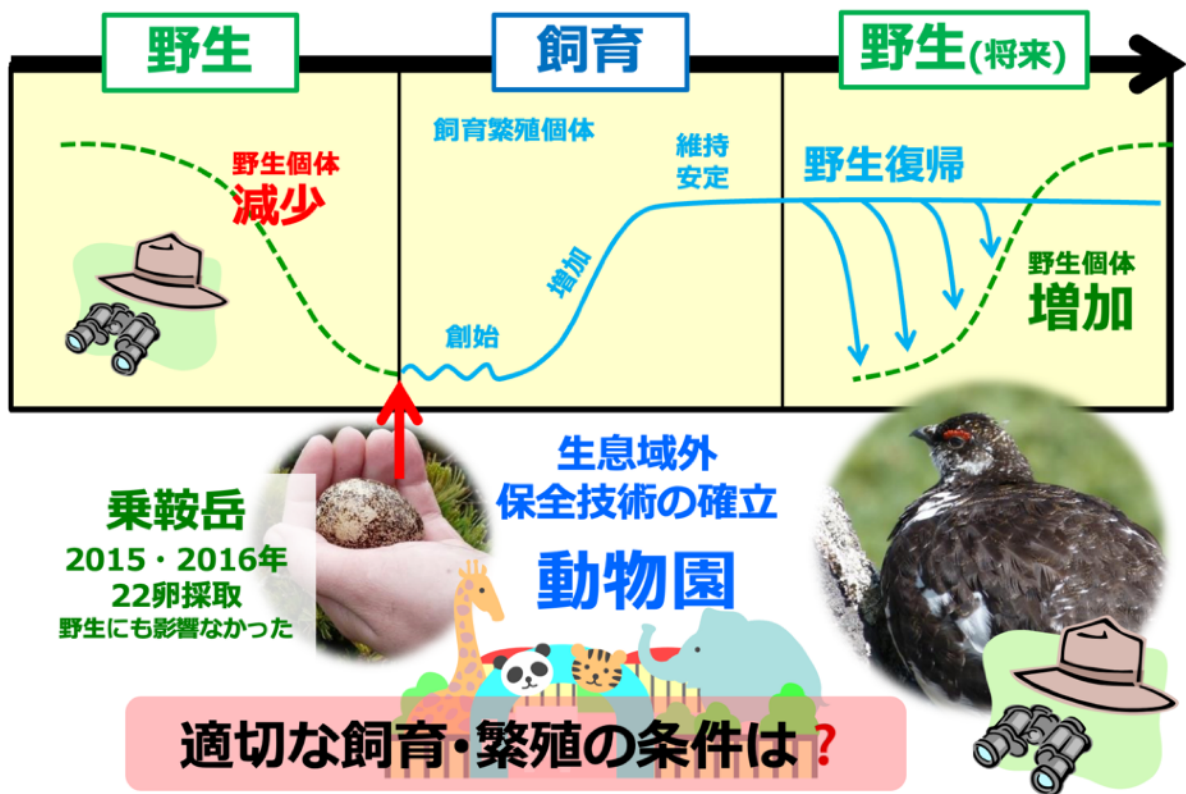
○楠田 ありがとうございます。皆さん、こんにちは。昨日からお越しになられている方には、今日もずっと岐阜県民はライチョウが嫌いなのかと言われ続けていますけども、今日は真面目な話をします。

繁殖生理の話です。ライチョウに関しては、私自身、研究室の学生たちと一緒に2008年から動物園のスバルバルライチョウで研究を始めました。これをやっているうちに、やっと県の鳥であることを知り始めたわけです。そんなことをやっている中で、県民はライチョウが嫌いだ、ということに気が付いてきたという、研究よりも、むしろそっちの方が大きな問題ではないかということで、昨日お話をさせていただきました。



生息域外保全（飼育下繁殖と野生復帰）

保全遺伝学入門 p.517



ニホンライチョウの生息域外保全（昨日の話）



ノルウェー産



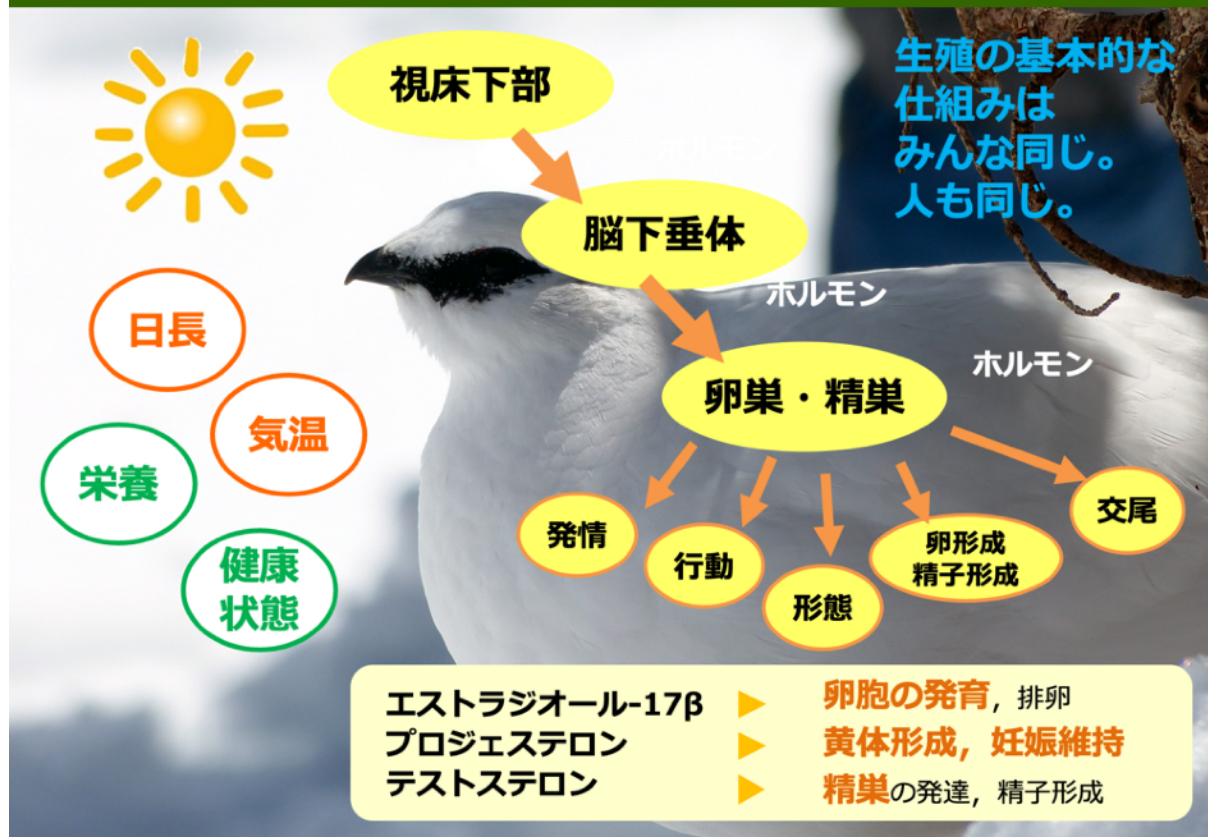
飼育のスバルバルライチョウの研究を始めて、途中で野生のニホンライチョウ、中村先生、小林先生に現地の糞を提供頂いて、その分析をしてきました。そうこうしているうちに、飼育のニホンライチョウのプロジェクトも進み始めましたので、それを2015年からやっている、ということです。

昨日も出てきましたが、域内と域外を連携してやっていくという中の色々な連携の中の1コマとして、研究室として私たちが、繁殖生理の部分をやっている、ということです。域外保全の目的として、種の保存とか科学的知見という部分での繁殖の研究ということを進めています。

これも昨日のスライドと同じですが、全体的にはこういう流れの中で、理想像ですけど、こういう風に進めていく中で、今、この段階にあるのだと思います。動物園で飼育していく、繁殖していく中で、より適切な条件というのは何かということは、当然考えていかないとけない。

普通に飼って死なない、ということが良い、というわけではなくて、より良いもの、より良い飼育技術に繋げていくために、色々なことを調べている、その中の1つが繁殖の生理の研究である、ということです。

繁殖はホルモンにコントロールされている



もちろん、研究自体も最初はスバルバルライチョウを使っていて、動物園の飼育技術を確認するためにスバルバルライチョウをノルウェーから導入したと同時に、私たちの研究もそこからスタートしました。そしてニホンライチョウへと研究の手法を展開してきました。色々なデータを取る中で、野生のデータは飼育に役立ちますし、飼育の中で分かってきたものはやはり役立っていく、こういう理想的な関係が生まれていけば一番良いと思っています。

ここからが本題です。動物の繁殖、これは人も含めて、ホルモンによってコントロールされています。ややこしい図ですけど、ホルモンの指令が上から順番に、色々なホルモンが関与していています。その最初の脳から出てくるホルモンが全てを制御していますが、それをさらに動かしているのが環境条件ということで、光、野外では日長ということになります。日が長くなっていく、短くなっていく、長日条件、短日条件というものが、特に鳥は大いに影響してきますし、気温だったり、栄養だったり、色々なことが複雑に絡み合っていますが、基本的なところは、鳥の場合は光ということが大きな要素です。

これは哺乳類であっても、爬虫類であっても、基本的にどんな動物でも基本的な仕組みは、細かなところは違いますが、基本的な仕組みはみんな同じ、ヒトも同じということです。

この一番末端のホルモン、繁殖に関わる部分でいうと卵巣・精巣というところで、精子を作ったり卵のもとを作ったりということになりますので、そこに働くホルモンというのを見えています。

そういうホルモンが体を色々変化させるのですが、これはキジ科の鳥類、ライチョウもキジ科ですけど、ライチョウの場合は目の上に赤い、いわゆるトサカです。トサカというのはこういうニワトリの頭のとっぺんにあるものをトサカとって、これは肉冠というのですが、眼窩上肉冠というように呼び分けています。あと他のキジ科も、特に雄はこうやって真っ赤に発達させる、皮膚が赤くなる器官を顔周りに持っています。

ベニジュケイなんてすごい前掛けをもっています。これが発達したり縮んでいたりということをしていますが、これを動かしているのもホルモンだと言われていて、他の全部の鳥類がそうかどうかというのは調べ切れていないというか、そういう研究報告もないので分かりませんが、ニワトリは少なくとも精巣から出てくるテストステロンというホルモンが、二次性徴として肉冠を発達させる、あるいは肉髯を発達させると言われています。

ライチョウもきっとそうだろうと思って、ライチョウのテストステロンを調べてみたところ、このグラフは11月から7月、おおよそ1年弱ぐらいの中で、テストステロンの変化、季節繁殖する動物ですから、割と1年で大きく動くのですが、それと眼窩上肉冠の部分の発達具合、赤み具合を動物園で記録を取っていただいたものを比較すると、ピッタリ合いました。これは何を意味するかというと、ホルモンを測定しなくても肉冠の発達具合を観ていれば、精巣がどう活動しているか、活発なのか否かというのが、これを見たら分かるということです。



テストステロンが発達させていますので、テストステロンが出ているということは、何かから出ているか、精巣から出していますので、精巣は精子を作っていますし、テストステロンも精子の形成に関与していますので、当然、繁殖期だろうと、繁殖に向けて精巣が活発に動いているということが目で見て分かるということになります。簡単にホルモンの、テストステロンの話をしましたが、先ほども太田先生の話にもありましたように、採血が不定期に、稀にできても、定期的に、先ほどのグラフのように、頻繁に継続して採るというのはなかなか難しいということで、ここで、うんこマニアとさっき言われてしまいましたけども、この糞を使うことが、動物園の動物の繁殖を調べる上でメジャーになってきています。



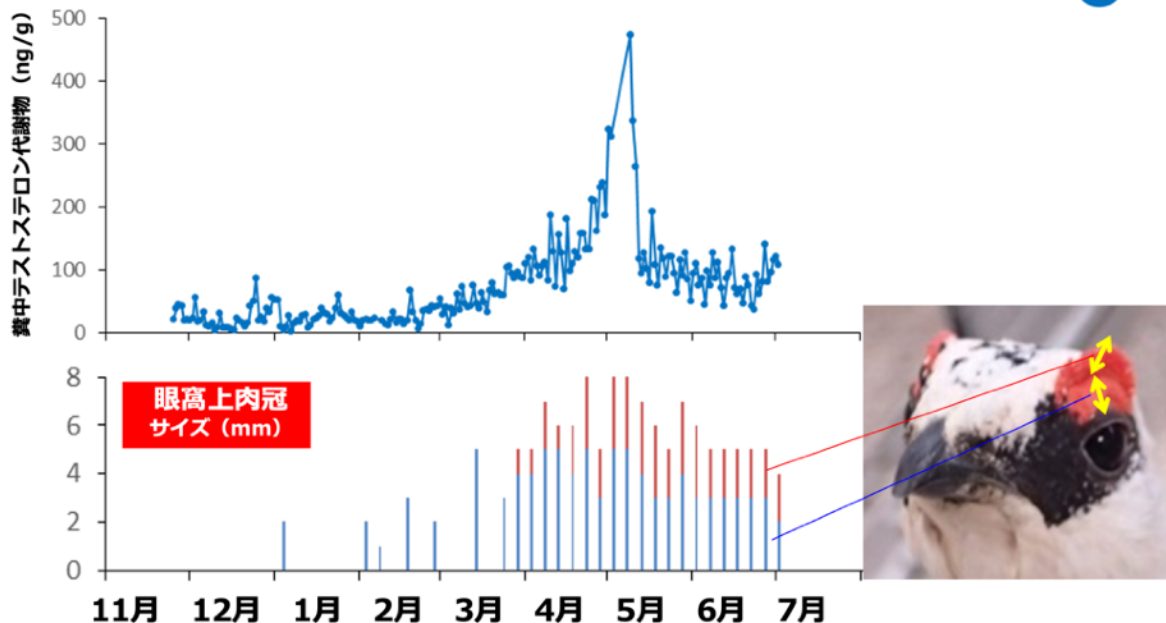
糞なら野外の生息地でも
採取できる

排泄者の性別が重要

- 目視確認での個体識別
- 落ちている糞は
DNAによる性判別

雄ニホンライチョウの眼高上肉冠

飼育

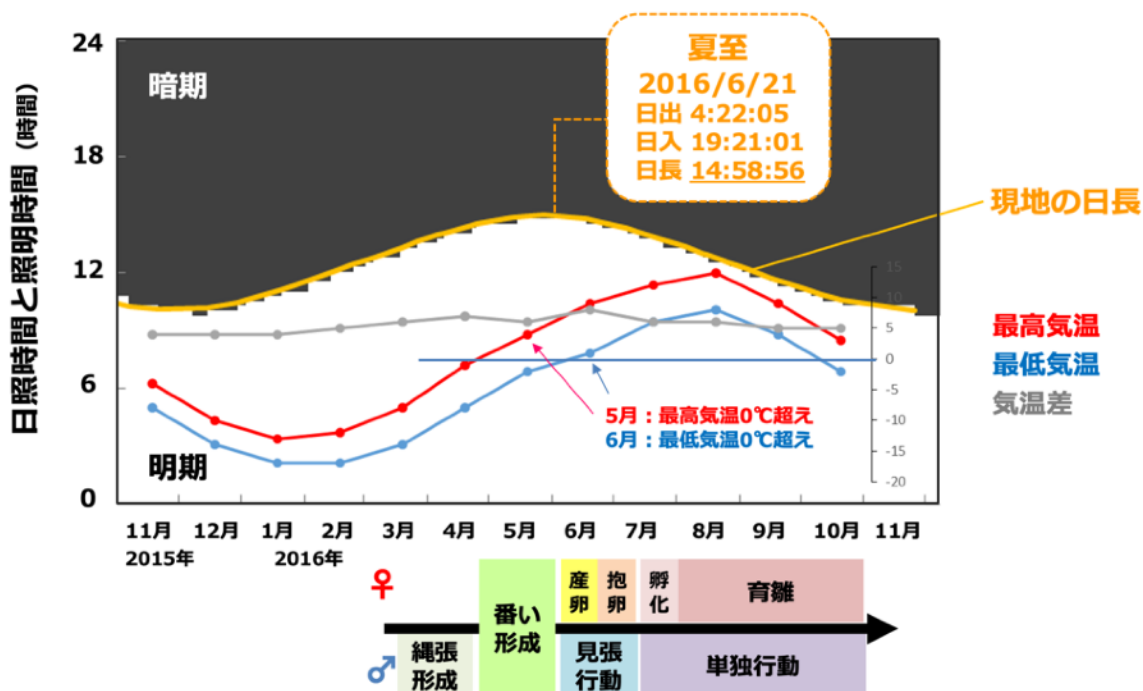


ニホンライチョウの繁殖期と光・気温



乗鞍岳畳平（標高2400～2800m）の日長と気温

飼育下では
乗鞍岳畳平のデータを基に
照明時間を設定



これは乗鞍岳へ観察に中村先生に連れて行っていただいた時に、見ていたら目の前の個体が糞をしていたところの動画をたまたま録っていたので、ポトッと落ちた糞を後で回収して持って帰ってホルモンの分析をしました。

野外であれば落ちている糞でも、拾えばそこからホルモンを分析できますが、ただそれを排泄したものが、見ていて個体識別できていれば、大体、調査で足環が付いていて個体識別されていますけど、雄か雌かも見れば分かりますけど、そういうものばかりはなかなか採れません。落ちている糞となると、それは雄の糞か雌の糞かということが大事になってきますので、糞はホルモンだけでなくDNAを採ることもできますので、そこで性別判別をする。糞からDNAをとって雌雄判別をするという方法も併せて確立しまして、特に野外に落ちている糞だと結構時間が経っていますので、DNAも壊れていっていますので、それを普通にできても、もっとDNAが短くなってしまったものでも判別できるような方法を作って、それで雌雄を判別した糞で性ホルモンを、雄のホルモン、雌のホルモンを測るということで、野外のデータを取ってきました。

その結果の話の前に、乗鞍岳の日長変化なのですが、明るい時間と暗い時間というのが1年で変化しています。それと繁殖の流れを合わせて書いてありますけども、5月、6月ぐらいに繁殖モードに入ってきて、産卵・抱卵して、7月ぐらいに孵化して、というような1年の大きな流れがあります。これは気温のグラフを載せたものですが、赤い方が最高気温、青い方が最低気温ですけど、気温が割と大きく変化しています。見ていただきたいのは0度のラインがここになっていて、こういうグラフを見ると良くできているなと思うのですが、結局、暖かい時期に向けて雛を孵すということになっているのですね。

ライチョウは長日の繁殖動物で、日長が長くなっていると繁殖モードに入っていく動物で、だんだん日長が長くなって繁殖に入っていくのですが、ずっと気温が低いので、それが高くても現地は10度ぐらいまでしか夏は上がりません。

その一番暖かい短いその期間に雛が孵化して、雛を育てるという風になっている。当然といえば当然なのですが、そういう風になっています。

ちょっとこれは複雑なグラフで、スバルバルライチョウ、ノルウェーのデータですけど、同じ様にこの黒と白の部分が日長で、1年間のグラフです。北極圏ですので、24時間ずっと明るいという時期と、ずっと夜という時期とが、はっきりありますので、日本とはまるで光環境が違います。温度はそんなに変わらない。乗鞍岳とか、日本の山頂とそんなに変わらないです。こちら、スバルバルライチョウ、精巣の重量を計っているのですが、捕殺していますので、狩猟していますから、そうやって取ったデータらしいのですが、精巣の重量が6月ぐらいでピークになっていますが、基本的に鳥は、ライチョウは長日繁殖ですから、光が長くなってくると繁殖期に入っていく、精巣の重量が大きくなっていくということなのですが、このグラフを見ると、それに合っていないのですね。

合っていないのは何故かという、気温が低すぎる。この斜線の部分ですけど、本来だったら白と黒のこの曲線に合わせて精巣が発達していくはずがそうならないのは、やっぱり寒すぎる。気温が精巣の発達を抑えている、雌も卵巣の発達を抑えているということになっていました。やっと6月にピークになって温度が0度を超えてくると繁殖期に入っていく。これは日本ライチョウも同じ。

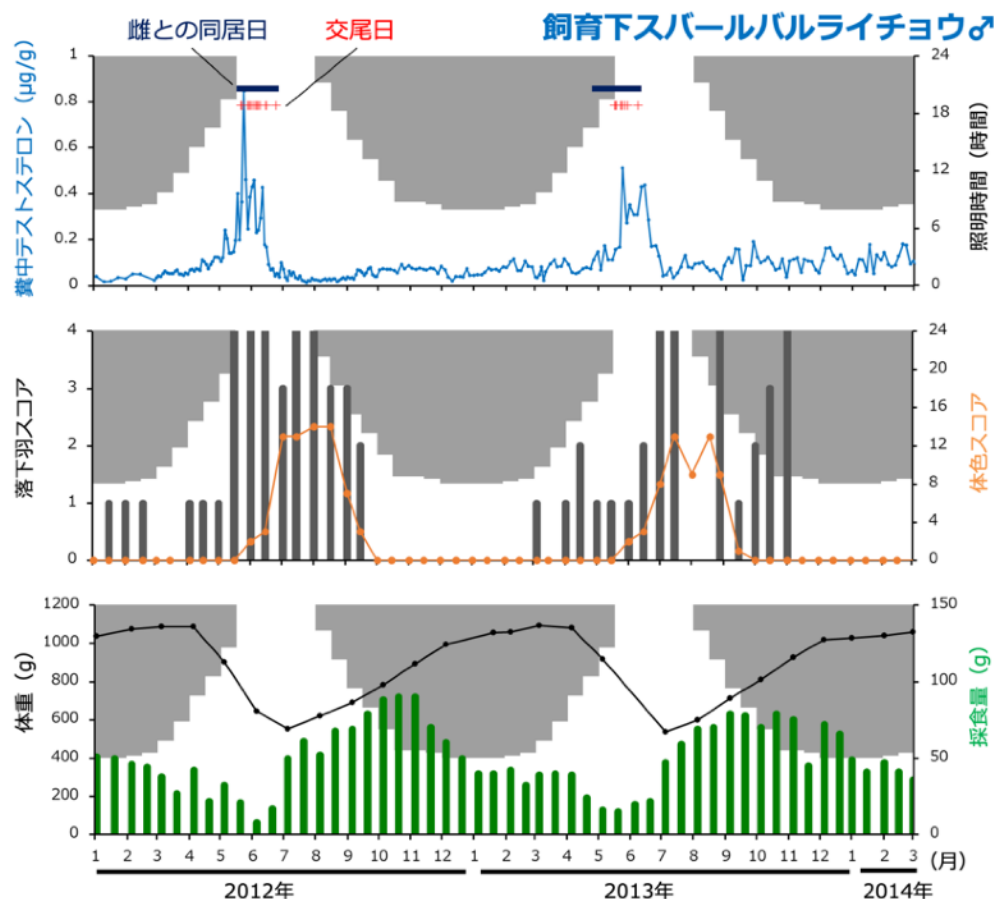
光の環境は違いますが、やはりいい時期に雛が孵って育っていくというようなことになっていまして、あまり鳥の研究で、繁殖の研究で気温のことが着目されてこなかったのです。

基本、光でコントロールされてきたのですが、こういう特殊な環境にいるものですから、温度が抑えて、抑えて、抑制をしている、ということになっています。

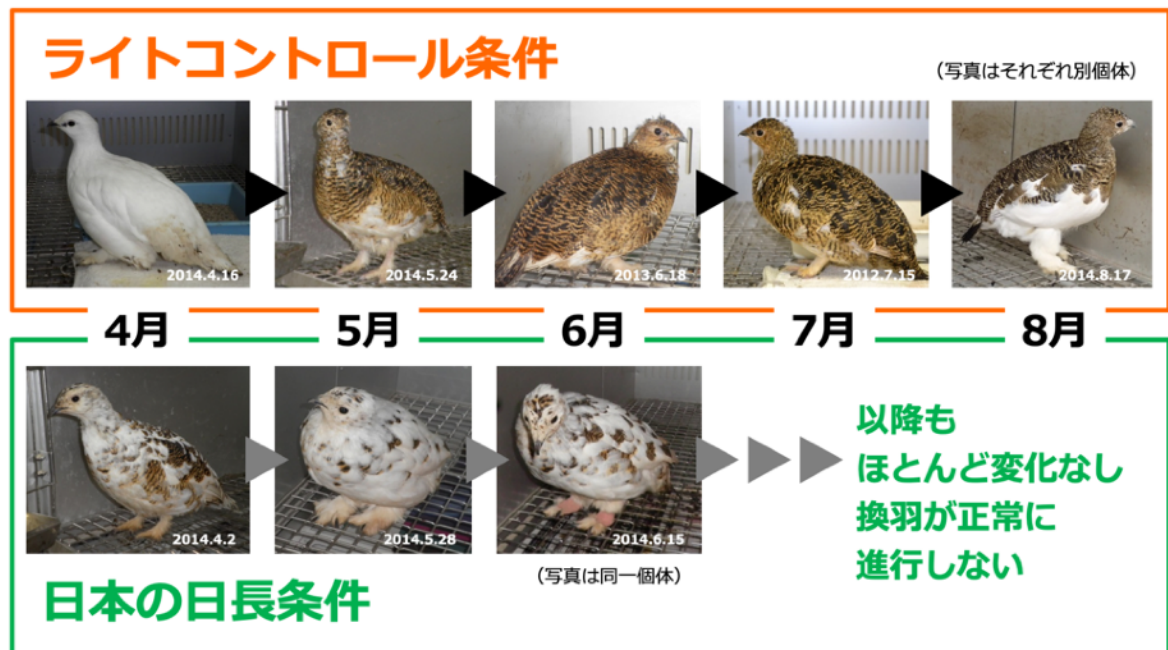
そうすると、飼育下が気になります。飼育は基本的には、これはスバルバルライチョウのデータですが、24時間照明の時に繁殖しますから、そういう条件を作ってやらないと繁殖しない、卵を産まないの、光のコントロールはしますが、逆に、白夜は照明を点けておけばいいですけど、極夜の再現はなかなか難しいです。動物園ですから、真っ暗では展示にならないので、基本的には明るい方だけを調整しています。

暗い方は特に繁殖にはあまり関係ないので、とにかく、24時間照明にしないと繁殖しないということですから、24時間明るい時期を作って、スバルバルライチョウは飼育されています。

そうすると、気温が高いので、現地だとマイナス何十度ですが、冷凍飼育していませんので、基本的には光が、照明が伸びてくると、テストステロンが、精巣が活発になってくる。そういう形で、その光に合わせた繁殖のパターンといいますか。換羽という現象に関しても、それと呼応して早まるということになっています。



スバルバルライチョウを24時間照明のない 日本の日長で飼育するとどうなるか？



(写真：富山市ファミリーパーク提供)

そうすると、24時間照明の無い条件で、スバルバルライチョウを飼育できるのかと気になってきます。日本で普通に飼えないのかなと。

そういうことをやってみると、ライトコントロールというのは24時間照明をきちっと作ってあげることによって、換羽はちゃんと進行しますし、繁殖活動も起こりますが、日本の日長条件で飼育すると、換羽もめちゃくちゃになって、当然繁殖もしないということに、当然といえば当然なのかもしれませんが、やはりそうだったんだな、ということが分かりました。

動物園でそういう実験的なことを、スバルバルライチョウだからできたと言えます。こういうことをやって、光とかの関係を見てきました。雌も同様です。

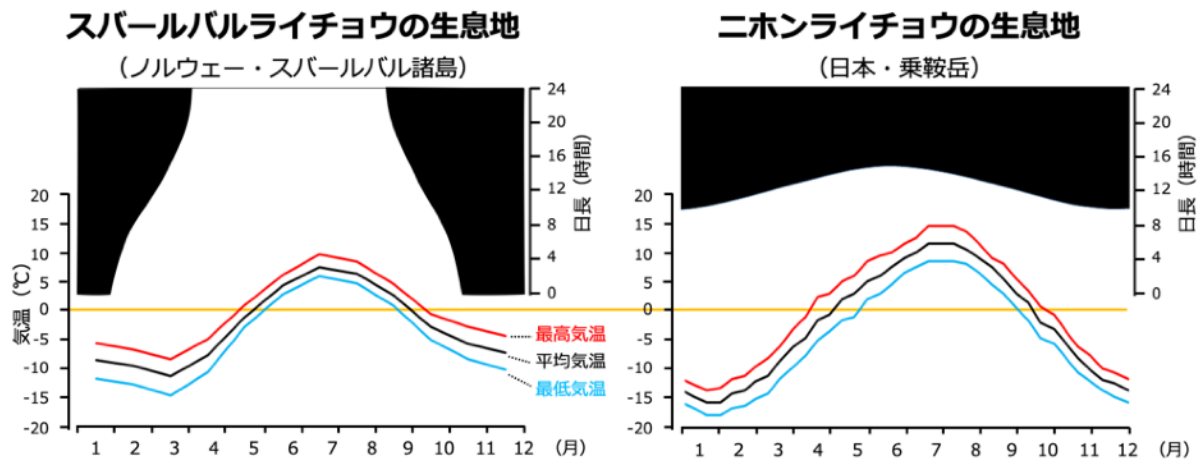
結局0度を超えないと繁殖期に入らない。雌の場合、卵巢活動のピークの時期、これは卵を作る素になっている卵胞というものが発達していつているのがピークで、やはり0度直前になっていました。気温がとにかく抑えているということです。

ノルウェーと日本・乗鞍岳を、光と温度の関係のグラフを比べてみますと、温度の変化はそんなに変わらないかな、と。光は、当然、随分違うので、24時間の白夜の時期が無いと繁殖しませんが、日本はそういうことが当然ありませんので、光が大きく左右しています。

ニホンライチョウとスバルバルライチョウは亜種の違いで、種はライチョウという同じ種です。同じ種なのに、生息環境が相当、繁殖の生態を変えているということだと思えます。そうすると、動物園で、これまでスバルバルライチョウを技術開発のために、ニホンライチョウの保全のために飼育・繁殖してきましたけど、こんなに違ったら意味ないではないかということが思われてしまうかもしれませんが、これは、逆に、極端なパターンを

知っていたからこそ、微妙なパターンを、データを読めたということでもあって、これは、逆に良かったかなと。変に中途半端に似た様な環境のやつだと、気付けなかったことも気付いたなと思いますので、スバルバルライチョウでの研究は良かった。私はそう思っています。

スバルバルライチョウとニホンライチョウの生息地



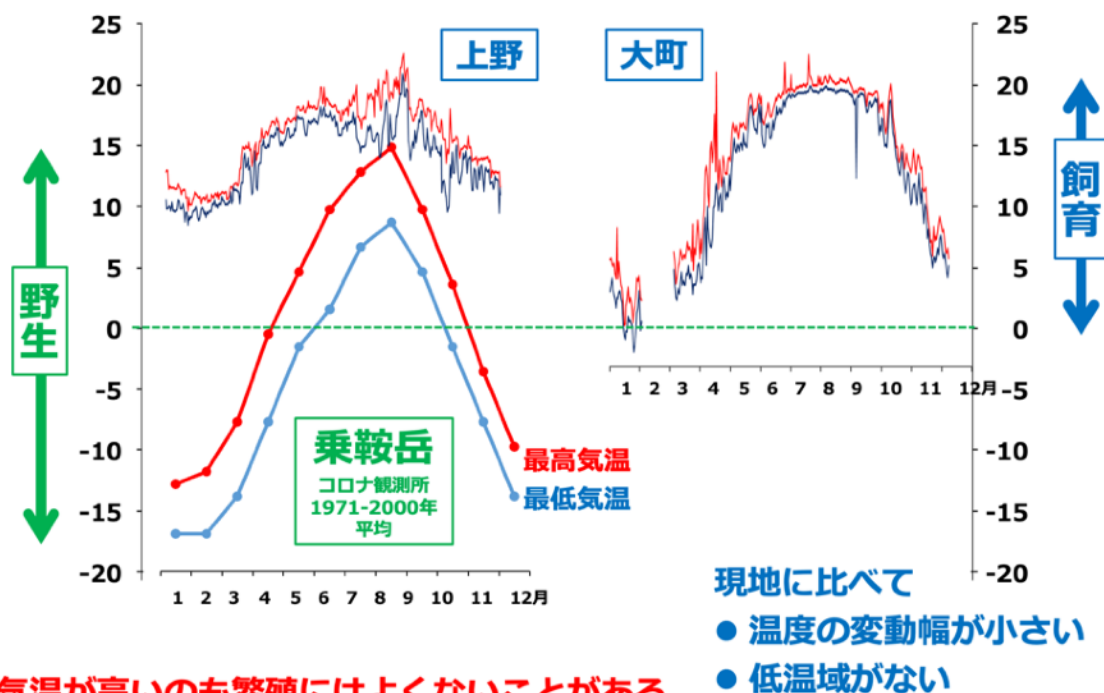
ライチョウという同じ種でも、生息環境の異なる最南のニホンライチョウと最北のスバルバルライチョウという極端な2亜種を比較



ニホンライチョウの生息域外保全の技術開発モデルとしてスバルバルライチョウは適さない、ということではなく、この違いからニホンライチョウにおける生理生態を考える観点、すなわち飼育・繁殖へのヒントが大いにある。

動物園と現地（乗鞍岳）の気温の比較

飼育下は暖かい。春の気温上昇も緩やか。



気温が高いのも繁殖にはよくないことがある

日本も結局、野生のホルモン、糞のホルモンのデータを見ると、雌のホルモン、棒グラフですけども、やはり日長の伸びに比べて大分遅れていて、温度が抑えて、抑えて、雄もそうでしたけど雌も抑えている。0度を超えるくらいのところで、直前で、これはエストロゲンというホルモンですので、卵胞を作るホルモンですから、繁殖期の直前でピークになっている。0度を越えたところでピークになっているということが分かって、この仕組みはスバルバルと一緒に。

動物園で飼育すると、温度がずいぶん高いので、これは実際同じスケールで一年の温度変化を並べたものですけど、乗鞍岳はこうやって-15度ぐらいから10度ぐらいまでの劇的な変化をしますが、動物園では冷凍飼育しませんから、10度前後で、夏は暑くなりすぎない様にエアコンで温度を下げて飼育をしますので、必然的に温度幅は小さいです。

そういうような、私たちの感覚で言うと、より快適な状況で動物園で飼育、温度条件は快適な状況で飼育されていますけど、そうすると、繁殖期が早まってしまう。光が伸びてきたらそれに合わせて繁殖期に入ってしまう、という問題があります。

ですので、先程来ずっとありました、野外と飼育の卵の交換は、相当難しいんですね。早まってしまうし、ちょっとしたことで飼育の場合、ズレが生じてしまいますので、そういう意味で、午前中のお話も含めて、卵を交換できたというのは、本当にいい条件が重なったというふうに思います。

これは飼育のニホンライチョウの卵のデータで、産卵開始日と繁殖期前ぐらいの飼育下の気温のグラフです。これは何を意味するかと言いますと、4月1日から7月30日までなのですが、早く産卵し始める、温度条件が良いと早く産卵し始めるということです。飼育下の気温が低いと、産卵日が遅くなるということで、基本的には光で調節していますので、照明時

間は満たされた状況ですから、あとは何が産卵時期を動かすかということ、気温となってきました。

ただ、課題としては、産卵が早いと卵が軽くなる、ということだと思います。

これを野外で考えると、温度が高いということはいい環境の年ということですから、早く卵を産んで、軽いということは中が詰まってないということ、小さい卵を産むということですから、でも環境が良い年だから、それでも十分成育するのかもしれない。

その逆を考えてみると、やはり頑丈な質の高い卵を、環境が悪いとそういうものを、遅くても、遅くなってでも産むことによって、最終的には生き残るところで調節されているのかな、という気もしています。

これは、産卵日が早くなると卵の重さが軽くなる、遅くなれば、遅く産卵し始めると卵は重い。何がそうになっているのかなということで、母鳥のホルモンの卵を作る素になっているエストロジェンというホルモンを測った結果と比較してみると、重い卵は母鳥のエストロジェン、卵をつくるホルモンの量が多くて、卵が軽いとその母鳥のホルモン量が少ないということになっています。

卵側のデータと、母鳥の糞中のエストロジェンのデータがこういうリンクをしていますので、今現状、動物園でニホンライチョウをうまく飼えていますし、繁殖もしていますし、ただ、それをもっとより良い形にもっていきたい、野生に近付けたい、先ほど秋葉さんの話にもありましたように、産卵数が多すぎるのを減らしてきたという話もあります。卵が多ければ早く雛がたくさん採れていいじゃないかという話にもなりかねません。やはり適切に一番いい条件で飼育をしたいということで、現状、孵化率、成育率というところがまだ課題として残っています。それをもっと上げるにはどうしようかということで、質の良い卵を作る。早く卵を産むと軽くなってしまいますし、温度条件が良いと早まってしまいますので、それを適切な時期に、野生の時期にもっていくには、繁殖期までの温度環境をコントロールする、なるべく低温にして抑えていくという様なことが、そうやったらどうなるのかな、と調べる必要があります。

今のところ仮説ですけど、そうやって飼育することによって産卵期は後ろに下げられます。そうすると、母鳥のエストロジェンはそのあたりにピークになってきますので、卵は大きく重くなるという、今までの他のデータからそのように読めていますので、そういった飼育に近付ければ、より質は高まって、孵化率、成育率も上がっていくのではないかな、というふうに考えています。

ご静聴ありがとうございました。

○座長 楠田先生ありがとうございました。若干、時間が押しているのですが、フロアから何かご質問、ご指摘伺えますでしょうか。

1点だけ、飼育で、産卵数が20卵までってしまったクラッチが1クラッチか分かりませんが、それというのは温度管理というところの問題、つまり、産卵開始時期が早いと10卵20卵ということになると理解していいですか。

○楠田 仰る通り、野生だともうすぐに、1回の繁殖期が終わると短日条件にいつてしまいますので、次にもういけないっていう状況があります。飼育下だと早まるので、まだまだ光が伸びてる状況の中ですので、産める期間も長くなる。そういうところがやはりあると思います。

○座長 分かりました。それでは、このセッションを終了します。
どうもご静聴、ありがとうございました。