

○座長 続いて2題目、日本獣医生命科学大学の太田先生にお願いしております。太田先生は、元々ニワトリがご専門で、学位もニワトリでお取りになっていたと思います。それで現在は色々な動物園の動物飼育に関わる栄養指導ですかね、そういうようなことをJAZAと連携してなさっておられます。今日は直接、ライチョウの栄養を考えるということで、よろしくお願いします。

第19回 ライチョウ会議岐阜大会 ライチョウフォーラム

ライチョウの**栄養**を考える

↓

代謝



日本獣医生命科学大学
太田能之

○太田 先生、ありがとうございます。

全く最初に恐縮なのですが、私ははっきり言っちゃいますと、この会場にいらっしゃるほとんどの方がアクティブに活動されているのに比べると、完全に引き込みです。引き込もっているのです、今日お話しする内容のベースになっているデータというものは、実験動物以外は、基本的にはほとんど発表された、皆さんにご協力頂いたものなので、僕の名前だけしか載っていないですけども、そのバックには皆さんがいる、ということでお話しさせていただきますと思います。

このお話の後に、野生復帰というところで、土田先生をはじめとして土田先生等々、飼料的な話をされると思うのですが、実は栄養ってものすごく広い範囲を指すことで、広辞苑を引いていただくと分かるのですが、実はですね、栄養というのはまず第1には、代謝という現象のことなのですね。私の専門はどちらかと言うと、そういう所にありますので、

実際にライチョウをその視点から見たとき、非常に不思議なことがたくさんあったので、それで色々考えながら皆さんにご協力させて頂くようなお仕事をさせて頂いております。

これまでどういったことをやったかと言うと、先ほど秋葉さんの方でもお話ありましたように、トロムソ大学、ノルウェー、スバルバルライチョウを使って、まず、ライチョウの飼い方を研究しなさいとって、卵をです。それで卵で来てますから、当然ですけども、その時はそんなに重要性っていうのはまだ、認識してなかったんですけども、腸内細菌叢は当然ですけども、定着していません。

同時に飼い方の指導がありまして、ここにケージの中に入っているライチョウがいますけども、これ、実際に我々が確認したスバルバルライチョウなんですけども、ケージで飼うと。

これまでのライチョウの栄養研究は？

スバルバルライチョウをモデルとした栄養管理技術の確立

ライチョウの栄養

対応策の検討

ウサギ用飼料および哺乳類用飼料は鳥類用飼料よりもカロリー・タンパク比が高い

鳥類にとってArgは必須アミノ酸であるが哺乳類では必須アミノ酸ではない

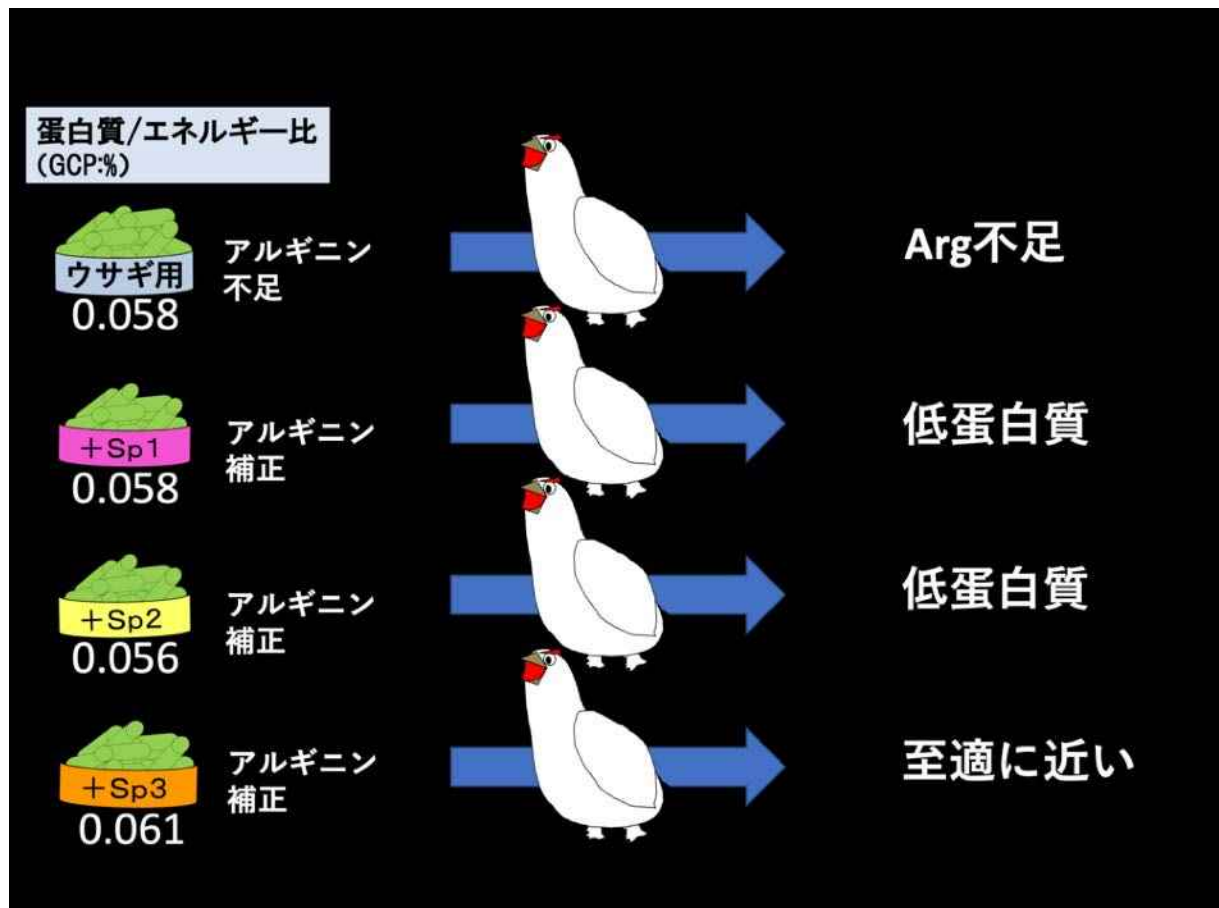
①エネルギーに対する蛋白質の割合が高い

②アルギニン(Arg)の含有量が低い

それともう1つは、うさぎの餌で飼う、ということがありました。それで私の方に色々依頼が来た時には、消化試験等々も含めて検討して欲しいということだったので、まず、ざっとそのプロファイル进行分析してみたところですね、鳥類ってどちらかというと哺乳類に比べると、いわゆる三大栄養素、エネルギーになる栄養素なんですけど、このエネルギーに対して我々食べるというのが直接的なんですけども、その中のタンパク質の割合が、鳥類は全然、低いんですね。逆に言えばエネルギーをたくさん必要としているという言い方もできるんですけども。ところが、ウサギ用の飼料、哺乳類用の飼料ですから、タンパク質の割合が非常に高い。

次に、哺乳類はおしっこをヨウ素という形で出すんですけども、その時に必須アミノ酸の一つであるアルギニンというのを作るので。これ、鳥類は出来ない。だから、タンパク

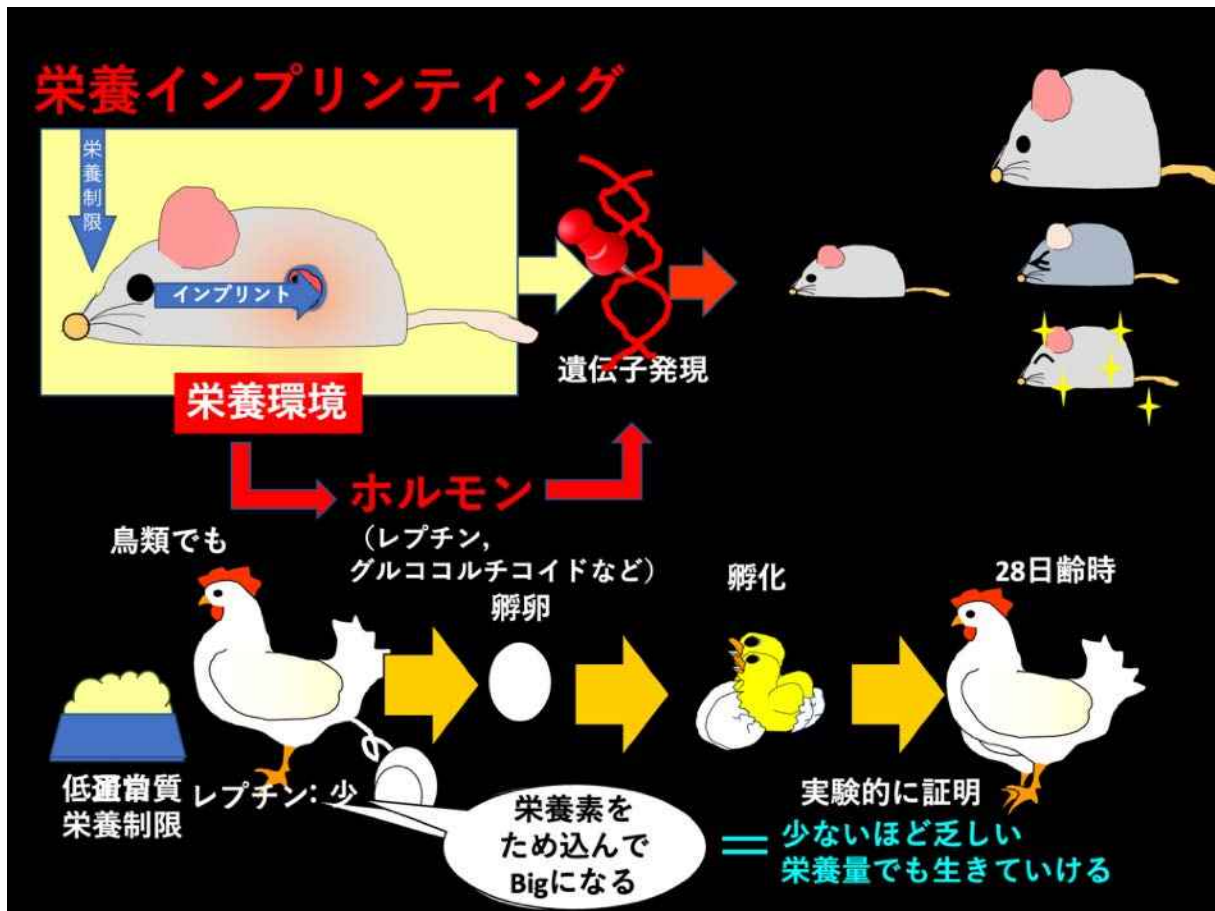
質が高すぎて、アルギニンが足りないんじゃないか、っていうのを確認するということをやったら、案の定、アルギニンは不足している。ところがですね、一方で、タンパク質を、段階をつけてですね、ウサギ用と同じやつか、それよりちょっと低いやつ、それから高いやつ、これ、エネルギー当たりタンパク質が何グラム入っているかっていう数字なんですけども、そうするとですね、タンパク質が高いやつに、代謝的に適用があるということが分かってきたわけですね。



これが後で非常に疑問を持ちだすのですが、それをサポートするデータとして、実は我々、哺乳類だったら妊娠している時、あるいは鳥類だったら卵をお腹の中で作っている時に、実は子どもにそのお母さんが、生きている食べ物環境を、ホルモンを使って教えてあげるのですね。これは、後で出てきますけども、このレプチンというホルモンが非常に重要なんです。それが、実は、体に変化を起こすのですけれども、これが、固定されてしまうのです。だから、ゲノムが一緒だとか、遺伝子が一緒だとかっていうレベルではなくって、お母さんが妊娠した時に食べたものの記憶が、ずっと一世代子どもが引き継いでいく。これ戦争の時に、食料が足りない時に、妊娠していたお母さんから生まれた子どもがどんなに健康的な生活をしていて、スタイルがシュツとしていても、成人病を引き起こすリスクが非常に高いということなのですね。

これ、鳥類にも同じようなことがあります。卵の中にレプチンというのが出ています。レプチンというのが何かというと、脂肪から発せられるホルモンで、「脂肪がでかくなりすぎたよ」という風に出してきた時に、スマートになれるホルモンなのですね。だから、低タンパク質の餌だとか、それか栄養制限をしたようなことをやると、このレプチンが下がって

るのです。どうしてかという、制限してスマートになるようにする為のホルモンだから、少なくなれば、栄養を溜め込んでどんどん、どんどんでかくなる。これニワトリでもちゃんと実証されている機能です。



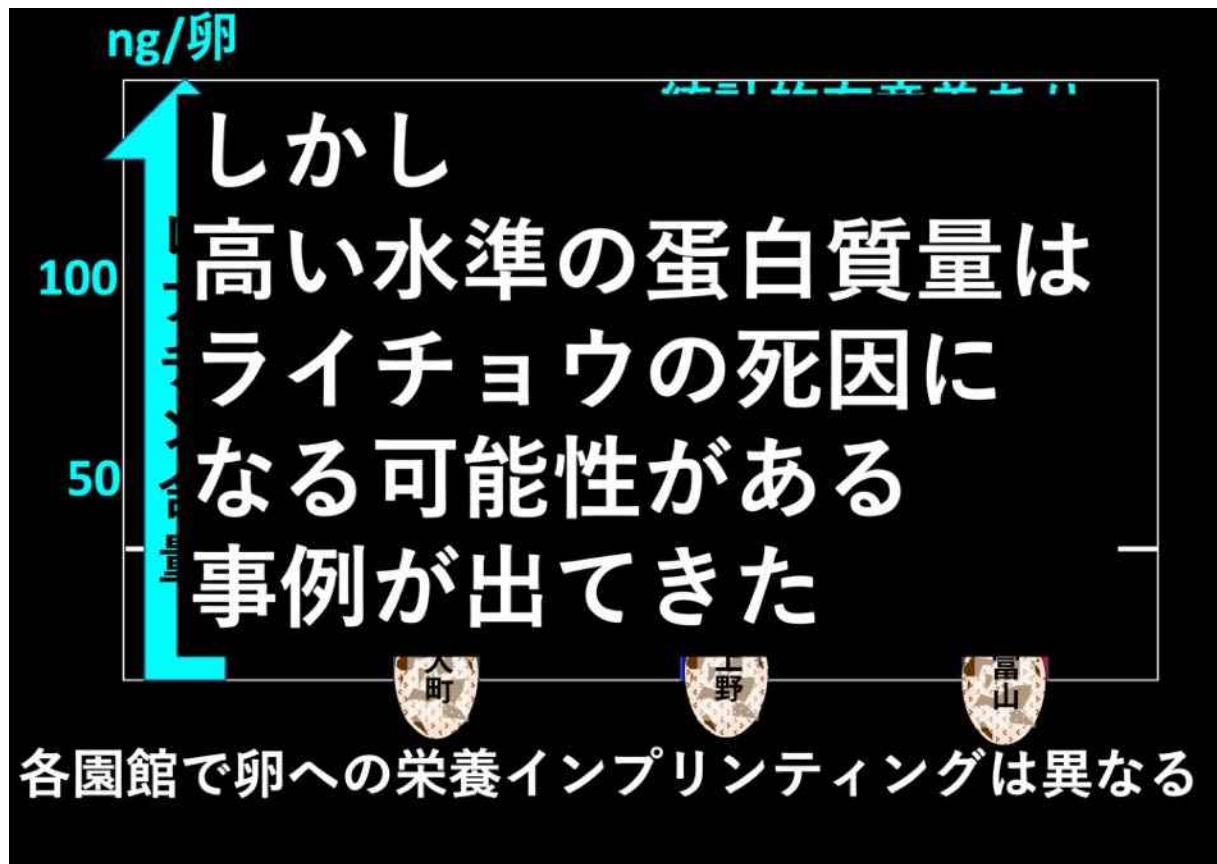
だから、少ない栄養素でも生きていけるような、そんな環境でも生きていけるような体質にちゃんと育ちますよ、という。だから、生まれながらにではなくて、生まれる前に、お母さんがそういうものを与えてくれるのではないか、というのが見解です。

一方で、多いとダメなのかっていうと、非常に栄養リッチな環境だとメタボになりにくいという事も分かっていますので、飼育の場では、もしかしたらこちらの方が適切かもしれない、ということまで分かっています。

それで、実際に無精卵が出た時に、いただいて分析してみた時に、上野動物園は高タンパクにわざわざサプリメントを足しているのですが、比較的lowタンパクの餌をあげている富山市ファミリーパークはですね、こちらが非常に、やはりレプチンが低くて、高タンパクの栄養も高く、それに次ぐ大町山岳博物館は比較的高い。この3園館、最初ファウンダーなんです。つまり山から連れきたライチョウの卵から生まれた雛が産んでくれた卵なのです。

この時に、先ほどから出ている入れ替えた卵と無精卵の中から得られた結果なのですが、野生の卵はどうだったかという、それ以上にもっとレプチンは低い、という結果になりました。要は、本当に餌が乏しくても生きていけるっていうのを、お母さんが子どもにちゃんと伝えているのだ、ということが分かりました。

逆に言うのですね、低タンパクっていうのは代謝的にみたら、やっぱりライチョウに対しては制限を欠くと。高タンパクの方がライチョウに対しては負担がかからない栄養状態なのだって言うことが、これで見られると思います。

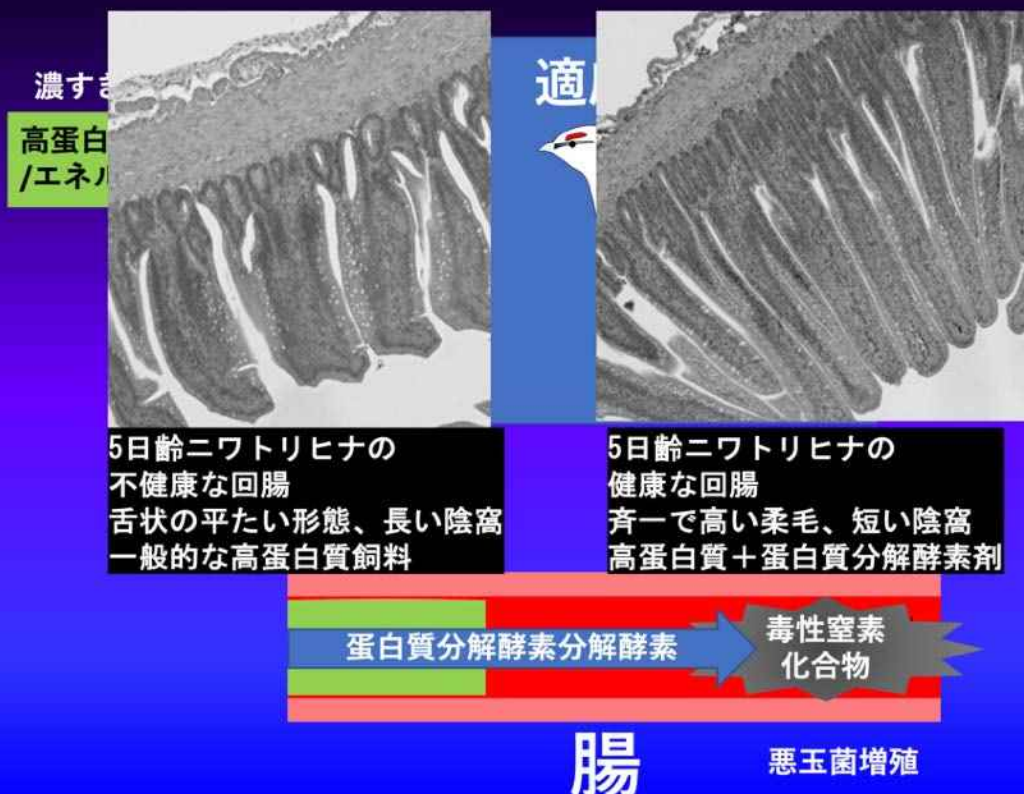


ところが、先ほどから出てきているように、非常にそのライチョウ育てている間に死んでしまう。それから、飼育している間に、体調維持できず死んでしまいます。その一つの原因というのが、どうもタンパク質が多すぎることによる起因するのではないか、という話になっています。そうすると、代謝的なところで非常にミスマッチがあるということで、今日ちょっとお話しするところは、そういうミスマッチが非常にある鳥がライチョウなので、そういうところをご紹介できればな、と思います。

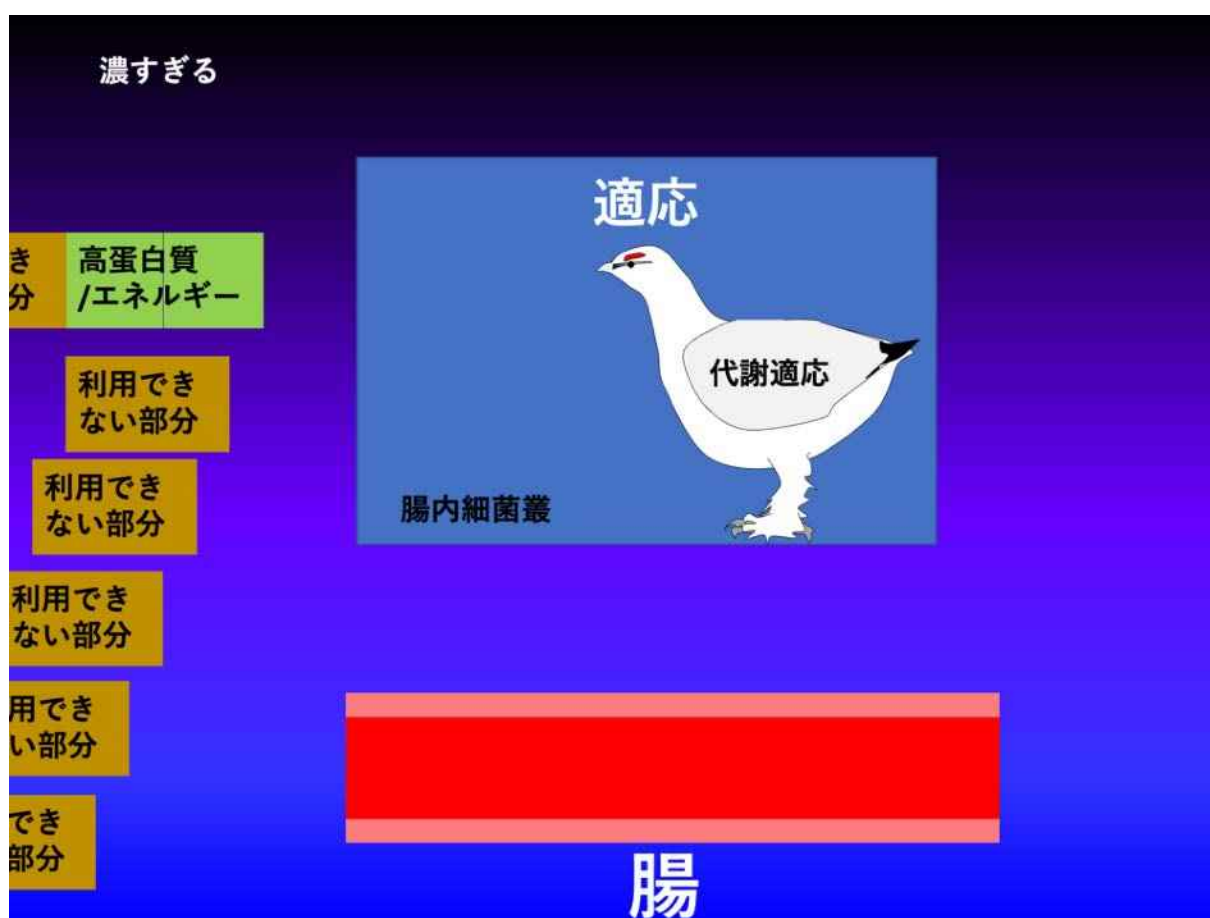
本日のテーマ ライチョウの栄養には かかわる矛盾点を さまざまな代謝の 適応から考える

実は私、全く別件で、そういう話をやっていた時にですね、今回の話が、タンパク質が多過ぎるのではないかという話があったので、アメリカの会社に魂を売りまして、別の実験をやるから資料をよこせと(笑)。

高蛋白質食の腸管への悪影響



ということをやったかと言うと、これライチョウの絵なのですけども、実際はニワトリでやった実験です。食べるとですね、ニワトリ用の餌を食べたニワトリでさえ、たんぱく質を実はちゃんと消化できなくて、それを悪玉菌と言われる、タンパク質だから窒素に巻き込むわけですが、これ間違えると非常に毒性のある物質ができる、実際にできるのです。これだけだと分かりにくいですけども、これは腸の、回腸の断片ですけど、この隙間があったらダメなんですよ。それからこれ後から図が出てきますけど、非常に低いという、そういうことになってますので、何をアメリカの会社からもらったかと言うと、タンパク質の分解酵素剤をもらって、それを投与します。そうすると、こちらの方は全部とりあえずクリアになると、超過傾向になるということで、タンパク質がちゃんと消化できてないというのは、ニワトリを飼うニワトリの餌でさえ、そういうことが起きているというのは、当然ですけどもライチョウにもそれが起きているだろうと。



先ほどからお話しましたように、この後、腸内細菌叢の話が出てくると思うのですが、それと抱き合わせで、もっと言うてしまうと、さっきの悪玉菌も全部制することができるのが腸内細菌叢なので、腸内細菌叢がちゃんと定着できるようになれば、ここら辺の問題でも、まずクリアできますけど、我々が考えなければいけないのはその前の段階で、やるとすると、エネルギーに対しては高タンパクだけれど、それがもうドバツと腸の中に入らないで、ゆっくり消化できるように利用できない部分を付けてやって、それで、ゆっくり、ゆっくり食べていってくれるという状況を得られればちゃんと消化しきれて、慌てて食べないから、代謝的にも負荷がかからないよ、ということだろうと。

ところで、そもそも 代謝・栄養判定はどうやるか

食餌



合っているか？

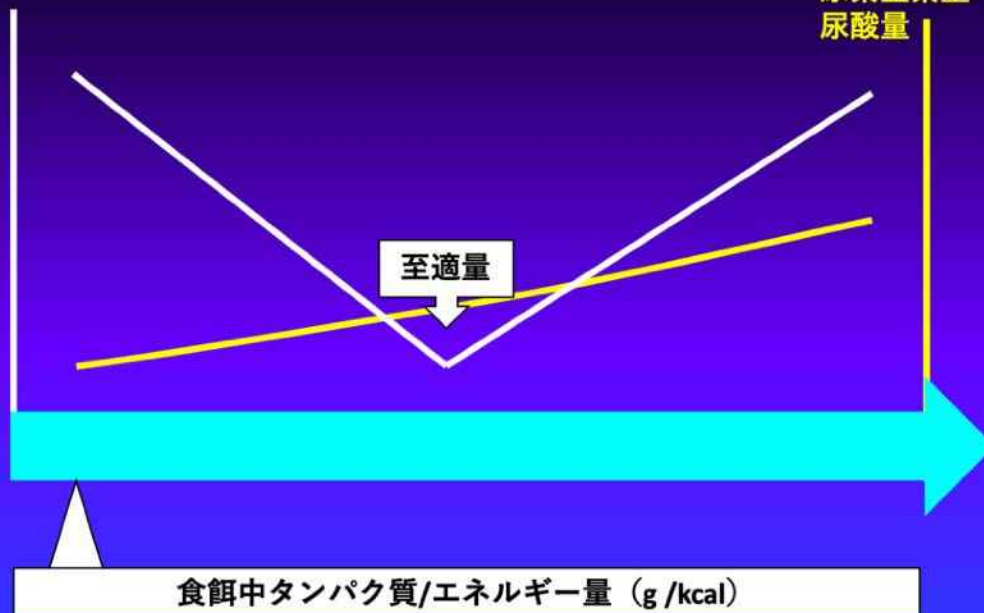
判定したい

ライチョウに
触らないで

食餌蛋白質/エネルギーと排泄クレアチニン量

排泄Cre量

排泄
尿素窒素量
尿酸量



それで今、これについて、何を使ってこれを薄めようかという話が、各園・館それから我々でも実験条件下で進めている、ということになります。

逆に言うと、とにかく、たくさんのタンパク質を食べてはいけない鳥なのですね。そういった消化管内での問題なので、代謝的にこちら辺がモニタリング出来なかったのではないかというのが、我々としての結論に至ったわけです。

先ほどから代謝的に判断したという話をさせて頂いてますけれども、そもそも論として、どうやって。ライチョウに、「どうだって、興味ないのか」「やだ」って先ほどみたいに鳴き声で鳴いて答えてくれるわけではないので、触らないで判定しなければならない。そこで我々が考えた方法というのが、エネルギーに対してタンパク質の割合をグワーっと変えていった時に、おしっこの中に出てくるクレアチニンという成分というのが、こういうV時型になる、これ哺乳類だとV字にならないで一点になるのですが、こう現象があること発見しました。

普通のおしっこに出てくる尿素や尿酸っていうのは、一転、こうやって増加するので、比率を取ってやれば、ちょっとした量でも、栄養条件っていうのは判定できる。これはもう、犬とか猫とかは、特許で申請されて、僕のところは全然、お金が入らないのですが、そういう使い方もされる技術なのですが、だから今朝方、うんちマニアの話がありましたけども、この後、うんちマニアの先生が講演されるのですが、僕はどちらかと言うとおしっこマニアなのですが(笑)、あれを見たら凄い宝物が一杯あるよという、そういう世界。

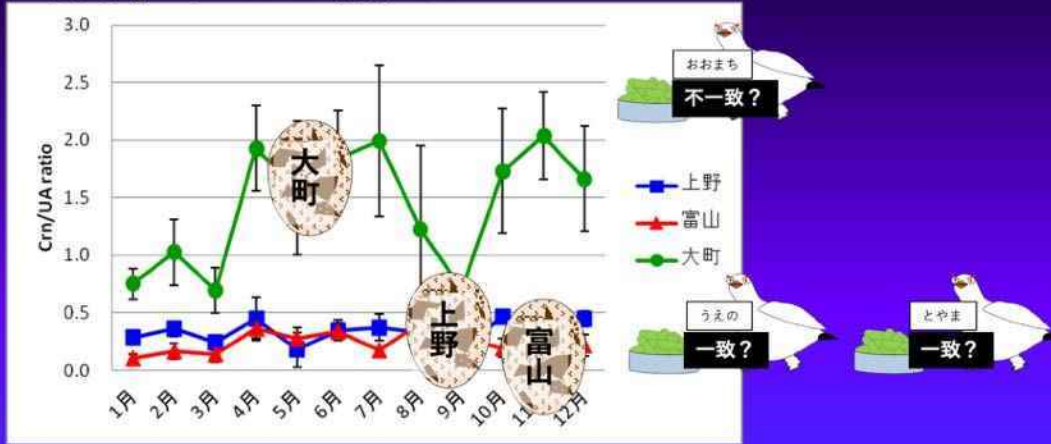
それを使って判断していたのですが、それでやっていけばいいかと思って考えてたのですが、一年間、ちゃんと同じ代謝でなければ話にならない。それで確認したのが、ここに示したスライドで、一年間、上野と富山、それから大町の排泄物中のクレアチニンとそれから尿酸の比率をモニタリングしてみました。そうしたらですね、全然もう、各園・館違う。しかも大町はこんなにうねっているのです。これは何だって言う。さっきのこれを比べてみると、低い方がいいのだったら、上野と富山、これ上野は繁殖期ではないですから、そんなに高タンパク質の餌をあげてないですね。富山は、もう、当然低タンパクで。ところが、大町はこんなに高いですから、こうやってマッチングするけど、では先ほどのレプチンと比べてみましょうという話になるわけです。大町がマッチングしてないのだったら、この高タンパクでちゃんとレプチンがたくさん入っている状況というのは何なのだ、という話になります。もの凄く矛盾点がある。

そこでちょっと考えてみたのですが、これ比率で説明してますけれども、それぞれのパートで見てみたところ、クレアチニンそのものは栄養に対しては反応するのですが、体そのものは反応しないのですが、尿酸の方はですね、ちょっと反応して、尿酸とクレアチニンの比は、大町はもの凄く高いのですが、逆に葉酸だけ見ると大町はもの凄く低いという結果になっているのです。これをいろいろ確認してみたら、僕の持っているデータでもそうなのですが、栄養を制限したり、もの凄く低タンパクを長期間与え続けたりすると、あるいはこれも新しいデータなのですが、光の刺激を与えてやるとタンパク質の分解量をももの凄く体が下げてくれる。ここに白い野生の白馬と北岳と書いてありますけども、これは中村先生と小林先生から頂いたサンプルを分析したやつですけども、綺麗に大町の子どもかという、不思議なことですね。

2017年ファウンダー代謝モニタリング結果

上野：4羽
富山：7羽
大町：3羽
値は平均値±SD

クレアチニン/尿酸比
：蛋白質/エネルギーの需給バランス



ng/卵

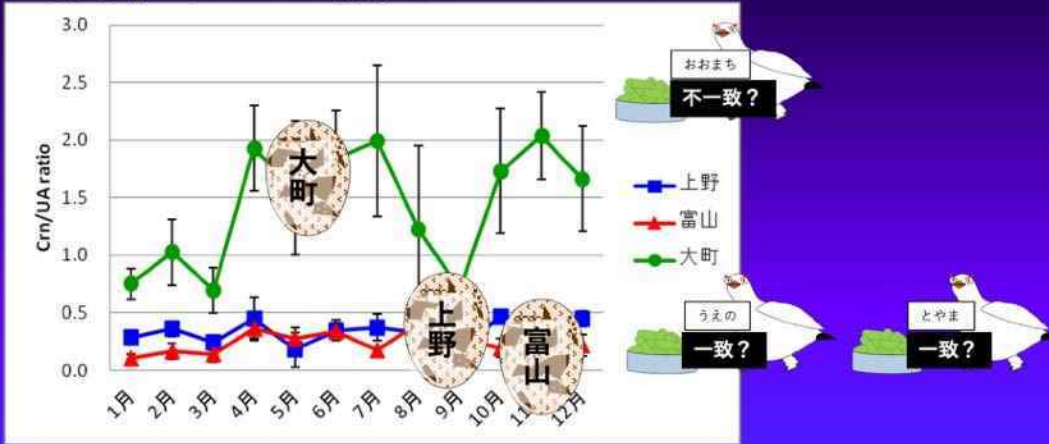


各園館で卵への栄養インプリンティングは異なる

2017年ファウンダー代謝モニタリング結果

上野：4羽
富山：7羽
大町：3羽
値は平均値±SD

クレアチニン/尿酸比
：蛋白質/エネルギーの需給バランス



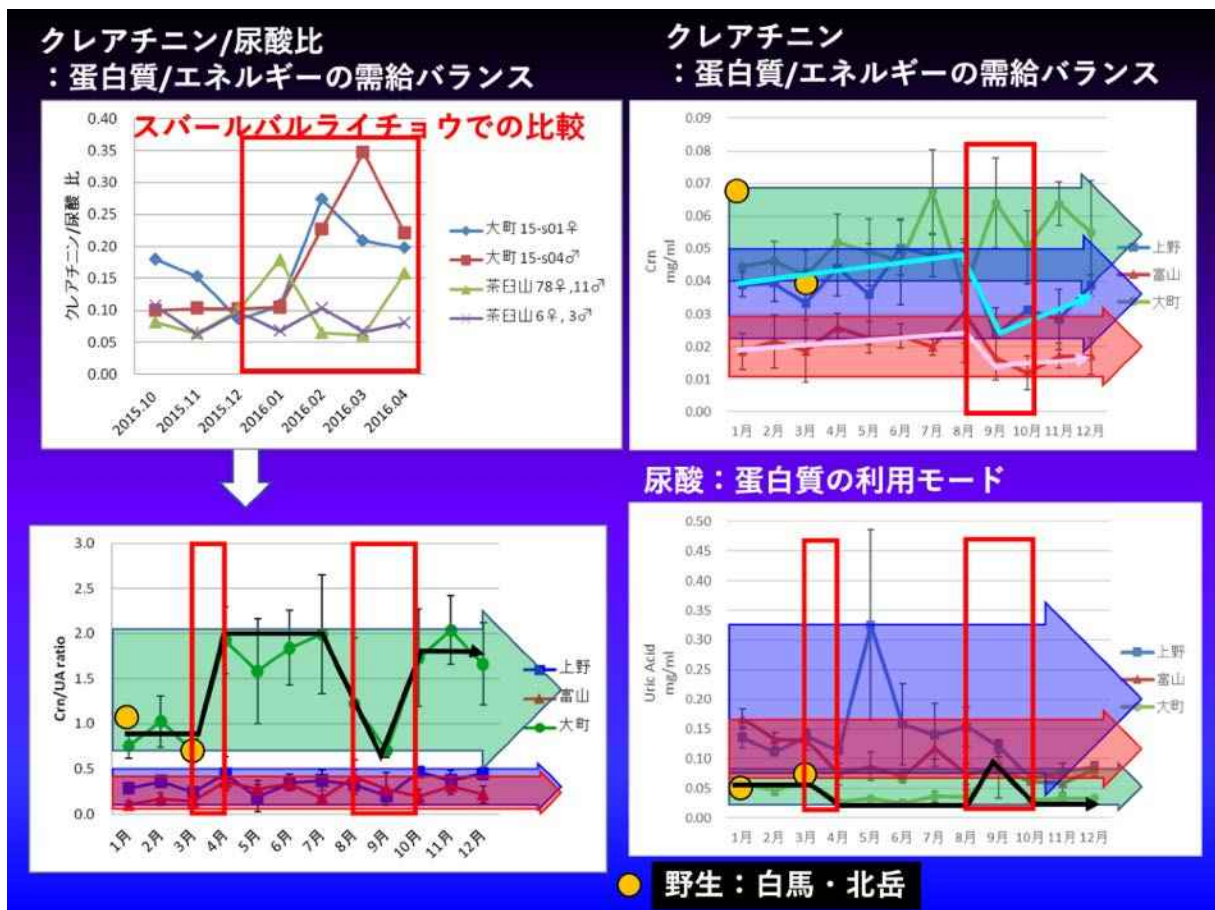
ng/卵



各園館で卵への栄養インプリンティングは異なる

だから、野生と、それから大町では完全にタンパク質の節約モードに入ってしまったのではないかな。全然フェーズの違うライチョウがそれぞれの園・館に、それから野生とはいるのではないかな、というような考え方です。

先ほど秋葉さんの方からお話ししたように、大町で長期間飼えたよというの、もしかしたら何か関係があるのかもしれないですね。とにかくライチョウは何らかの環境的な適用というのをやっていて、それによって自分の代謝的なフェーズを変えている可能性があるというのが今回の結果です。



もう1つですね、先ほどの凄い変動があるという話をしたのですが、大町は非常に極端で分かりやすいので挙げてみますと、3月、4月それから8月～10月とですね、これ秋葉さんが（ライチョウの）調子が悪くて帰ったら死んでいた、というのと丁度マッチングするのですが、ライチョウが体調を崩しやすいというのと非常にマッチングしているのですが、ちなみに飼育下で見ると、尿酸の方関連では変化がない、むしろクレアチニンの方でやはり9月ぐらい変化がある。これ別の、スバルライチョウの方ではどうかというのを調べてみたら、月が違うのですが、やはり大町だけ違う変化をするというのが分かってきて、時期的な変化というのがあるのではないかな、というのが分かってきたということです。

だから、環境と季節ですね。それによってライチョウは違うフェーズに移行するのだという事が分かってきたのです。もう1つですね、実は、悩み事ができて、何かということですね、これ全く別件で、早く育つニワトリと同じ種類で、遅く育つニワトリがいるので、何が違うのだというのを調べてたら、研究室の実験なのですが、それで血液メタボロームとい

う、血液中の成分を全部計って全部比較するというのをやったら、困ったことに、成分上関係する因子で動物が作れない物質に原因があるということが出てきてしまって。ということは、動物が作れないのにどこから来たのか、これが、腸内細菌叢なのですね。



つまり、我々も含めて、腸内細菌叢から体を作るような指令をもらっているというのが、これで分かってきている。最近ですと、寄生虫が色々な動物をコントロールするというのが言われていますけれども、まさにそれがそう。

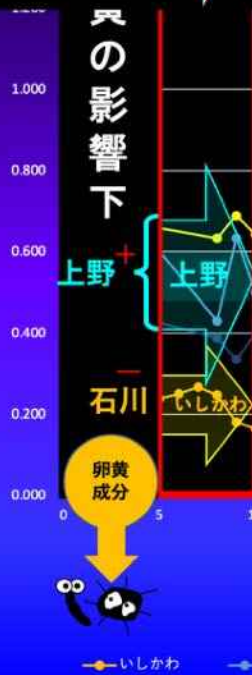
ここで、牛田先生にちょい乗りさせて頂いて、シンバイオティクスの試験で、シンバイオティクスの添加をやった上野、それから石川、添加してない石川で、やはり代謝的な比較をしてみました。なんでブラインドがかかっているかと言うと、我々の方の研究室でやると、だいたい0~3日齢くらいで、卵の成分をお腹から取り込んでいるのですが、これがものすごく腸内細菌叢を抑制的にセーブしているというのが分かったという、一応それで隠したい。それから定着というところで、結構15ぐらい定着が無くなっているのが確認されたという話を頂いたので、それで一応、仮にリンクしないでブライングかけているのですが、そうするとですね、先ほど出てきたこの図と比べると、腸内細菌叢を投与した上野の方がちょっと高くなるということで、もっと言うとフルコンプリートで腸内細菌をもらっている野生はもっと全然上の方にあると言う事ですね。

腸内細菌そのものが代謝制御というそのものを行っているのではないかということが見えてきた。

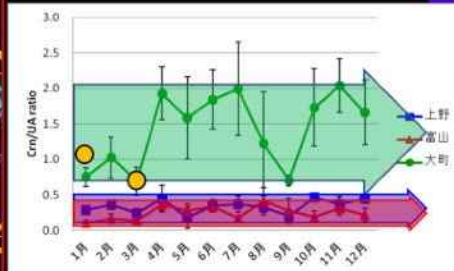
ライチョウは腸内細菌叢での代謝適応を行っている？



代謝評価
生育下間
シンバイオティクス比較



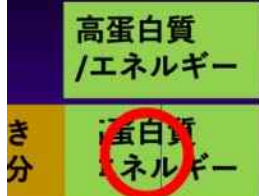
投与菌
定着不明



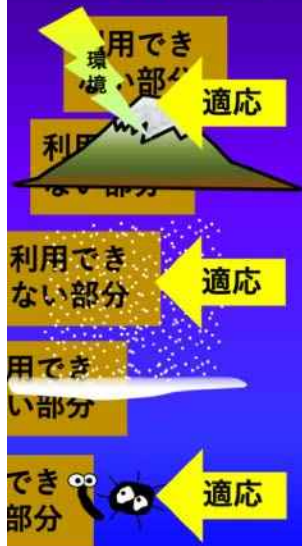
シンバイオティクス
ヒナはタンパク質節約モード？

ライチョウは

代謝と関係なく濃い餌が苦手な特定の条件で代謝を変える



高蛋白質/エネルギー
絶対量が乏しい餌



画一的でなく調整する栄養管理

生息環境での代謝適応を行っている

季節的変動での代謝適応を行っている

蛋白質
節約モード

というところでですね、最後のまとめとして、まず、高タンパク質の餌をそのままドーンとあげたらダメで、これはもう切り分けていって、ゆっくり、ゆっくり食べさせる必要がある、ということ。尚且つ、環境によって、それに対して適量をやっていく。しかも時期的に、季節的に変動があって、適量をやっていくと。腸内細菌にも適応して、何を言っているかと言うと、タンパク質の節約モードに入る。そういう鳥なんだ、ライチョウは、と。いくつも代謝的な局面を自分で持っている。だから、進行する前に重要なのは、こういった局面を解析して、パラメーターとして、栄養管理というのを変えていく必要がある鳥である。

ちなみにですね、先ほど大町からありましたように、大町から標高が同じくらい的那須に連れていった鳥は、だいたい上野と同じように変わっていってしまう。だからマーキングが大町とは違うというのに関しては、未だに謎の問題です。それを調べに久々に外に出ようと思ったら、コロナで出られない、やっぱり行くな、というのが現況ですので、ぜひ、来年あたりに頑張っってやっていきたいと思っております。

ありがとうございます。

○座長 ありがとうございます。

本当に今年はコロナで大変で、色々な仕事が進まない状況というのは、皆さんも感じたかと思います。フロアの方から何かご質問・ご指摘等ありませんでしょうか。

卵のレプチンというのは、基本的に血液中のレプチン濃度が直接反映する、ということですよ。ということは、野生のトリの血液中のレプチン濃度というのは、少なくとも卵を準備している期間は低く推移しているという、ことも考えられるわけですよ。

ただ、季節的にどうかというのが分かるというのですけれども、飼育の場合、血液中のレプチンみたいなのは、先生お分かりになりますか。

○太田 問題はですね、採血という壁があるのです。これは秋葉さんに頑張っって解決して頂きたいと思っております。これがあれば、確認できると思っております。

○座長 影響の大きいほど、1年中通してどういう動態かというのが大変関心があります。よろしいでしょうか。何か。先生ありがとうございます。