

第3部 大学等の研究機関での取り組み

座長紹介と挨拶

座長 中村 浩志（一般財団法人中村浩志国際鳥類研究所）

○司会者（本間香菜子） それでは皆様、ただいまより第3部を始めさせていただきます。

第3部は大学などの研究機関での取り組みをテーマにお話しいただきます。座長は今大会の実行委員長であります一般財団法人中村浩志国際鳥類研究所 中村浩志が務めさせていただきます。

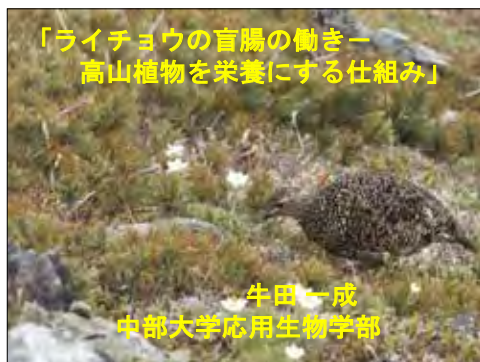
それでは、どうぞよろしくお願いいたします。

〔座長・一般財団法人中村浩志国際鳥類研究所 中村浩志 登壇〕（拍手）

○座長（中村 浩志） それでは第3部に移らせていただきます。

第3部は、先ほど説明がありましたように、動物園とともに大学とかその他の研究所でやっている研究を第3部としてまとめさせていただきました。

これから計5つの講演をしていただきます。



1 「ライチョウの盲腸の働きー高山植物を栄養にする仕組み」

牛田 一成（中部大学応用生物学部）

○座長（中村 浩志） まず初めに中部大学応用生物学部の牛田一成先生に「ライチョウの盲腸の働きー高山植物を栄養にする仕組み」について発表をお願いいたします。

○牛田 一成 それでは早速始めさせていただきます。

次をお願いします。

ライチョウを特徴づける最大の点というのは、非常に大きな盲腸を持っているということになります。

実は、こういう動物はほかにもありまして、例えば有毒なユーカリという植物だけを食べているコアラという動物もとても大きな盲腸を発達させていて、そこに住む腸内細菌によってユーカリの毒を解毒し消化できるようにしているという点で、ライチョウと共通点が多いものになります。

ライチョウの体には、この図で説明すると、ここにこういうふうに素囊がありまして、つづいて胃、そこには腺胃と筋胃がありまして、そこから小腸があって、小腸の末端部分にこのように大きな一対の盲腸があるという消化器の構造をしています。

ライチョウの仕事をされている方、関心を持たれて観察されている方はよく御存じかと思いますが、ライチョウは2種類の糞をします。

写真左側、これは我々のところで腸糞と呼んでいるものです。画像のように細長い形状のもので、割合パサパサしたものになります。コルクのような感じに見えるときが多いです。

一方で、右側の画像は盲腸糞です。先ほども話があったと思うのですが、盲腸糞というのは、この画像のように水分をより多く含んでいて、粘液質でネバネバした形状のものになっています。

これらがどういう仕組みで2つに区別されて排泄されてくるかということをし少し御紹介いたします。





以前に私どもが大町山岳博物館のスパールバルライチョウを用いて行った共同研究がございます。その紹介をさせていただきます。

ライチョウの餌に、コバルトあるいはクロムというような吸収されない「マーカー」を混ぜて食べさせます。

液状部のマーカーはコバルトなのですが、このコバルトEDTAという化合物は水に溶けるので、水と同じ、つまり消化管の中の水分と同じように口から移動していきます。

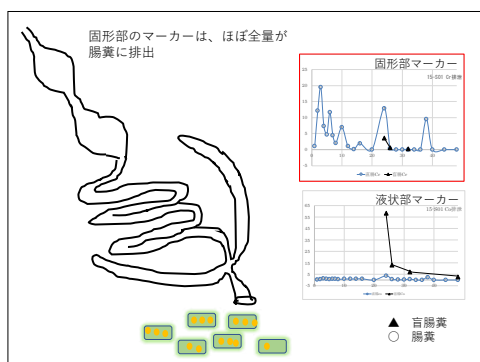
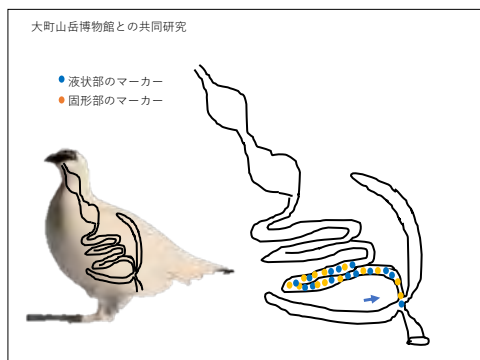
一方で、クロムセルロース（酸化クロムをセルロースに吸着させたもの）というのは固形物のマーカーになっています。草の破片などといっしょに口から移動していきます。

これを両方混ぜて与えていますので、例えば食べて胃に入ったときは、両方のマーカーはこういうごちゃ混ぜの状態になっています。

それで、どんどん下部へ送られていきます。つまり消化の進行に伴って消化管下部へ流れていきますが、ここでも、まだ水の部分と固形物の部分は混然一体となっている状態です。

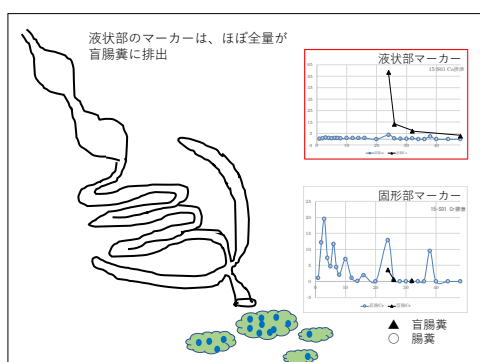


いよいよ小腸の末端部分に到達するのですが、この後どういうことが起こるのかということをこの実験では調べております。



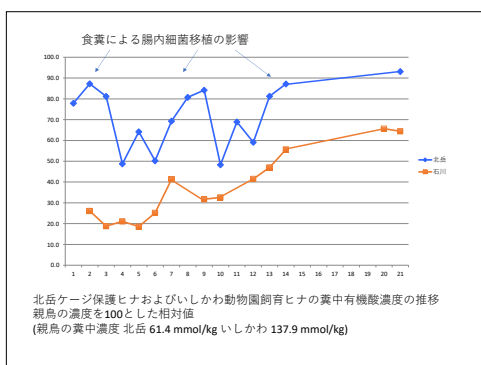
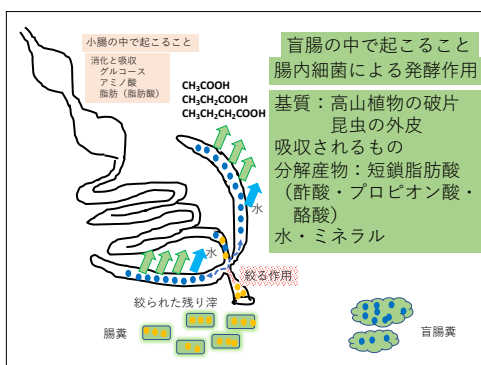
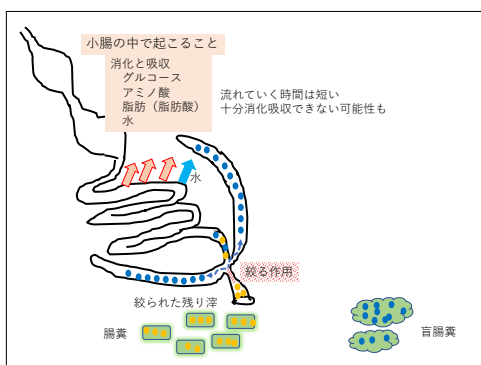
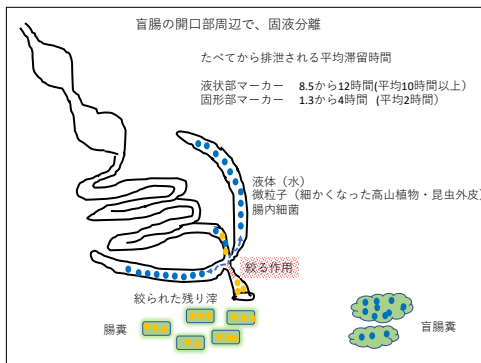
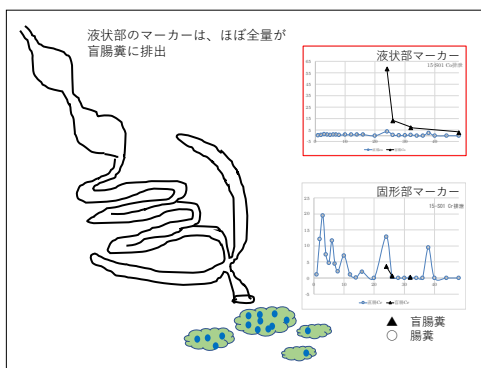
これは盲腸糞と先ほどの腸糞を別々に集めまして、それぞれのマーカーの濃度が毎回排泄された糞でどうなっているかというのを調べています。

そうすると、たとえば固形部のマーカーを見ますと、3日間の間に排泄された一個一個の腸糞のクロムの濃度のグラフで、濃度の高い「山」が3つぐらいあるので、御覧のように盲腸糞のほうにはクロムがほとんど出てこないわけです。ほぼ腸糞のほうにだけ出てきます。状況を絵に描くとこんな感じになるわけです。



一方で、液体部分のマーカー（コバルト）では、固形部のマーカーと極端な違いがありまして、ほぼ全量が盲腸糞の中にだけ出てくるという形になりました。

これはどういうことが起こっているかというと、ここ（小腸の末端から大腸にかけて）で、何か水と固形物の仕分が起こっているということになります。



これはウサギなどに典型的に備わっている仕組みなのですが、小腸の末端、つまり回腸末端部から盲腸の開口部から結腸の近位部の辺、図ではこの周辺になります。で「搾る作用」と図に書いていますが、ここで、流れてきた内容物、ここでは黄色の球と青い球がごちゃ混ぜでながれて来たものが、ここで区別されています。この場所で内容物を一旦搾って、その搾りかすとして固形部分がそのまま出てきます。これが腸糞として比較的短い間隔で排泄されてくるものになります。

一方で、これで搾り取られた汁のほうは、なかに液体と微粒子すなわち細くなった高山植物や昆虫の外側の硬い部分と腸内細菌が含まれます。このドロドロの液体を逆流させて盲腸のほうに送っているということです。したがって、盲腸の中身は固形部分を示すマーカーというのはあまり入ってこないという状態になります。ということで、盲腸の中身が1日に何回か入れ替わるときに盲腸糞としてどさっと出てくるというようになっています。

マーカーを食べてから肛門から出てくるまでの時間を滞留時間といいます。液状部のマーカーというのは、このときの試験では食べてから大体10時間以上体の中にとどまっていた。したがって、微粒子というのは盲腸に10時間ぐらいいはとどまっているということになります。

一方で、固形部のマーカーは搾られてどんどん出てきますから、早いもので1時間、遅いものでも4時間、平均すると2時間ぐらいで口から肛門までを通過してくるということになります。

それでは、これだけの長時間、盲腸に入っているものには一体何が起きているかということなのですが、

まず消化と吸収の様相から考えると、小腸で高山植物や昆虫の体の中に含まれている糖質、それからタンパク質を消化したアミノ酸、脂肪を分解してできる脂肪酸が吸収されます。ここでは水も吸収されます。

一方で、ここはさっき言ったように短くて1時間ぐらいい長くて4時間の滞在ということです。短い場合は、ライチョウが食べた食物はあまり十分な消化を受けられないのではないかなというように考えられます。

特に微粒子で存在している高山植物の破片というのは、我々も含めてそれを分解する消化酵素を持っていませんから、未消化のまま、盲腸に入ってくることになります。

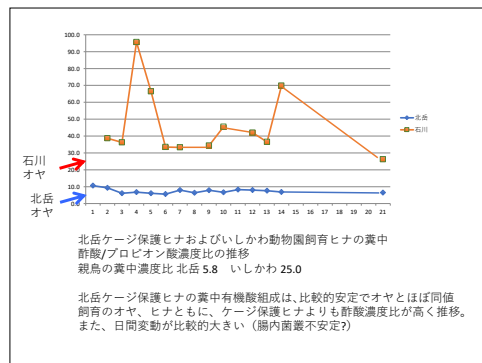
盲腸で起きていることは、ここにすみついて腸内細菌が細くなった高山植物や昆虫のパーツなどを分解して発酵作用を行います。発酵によって発生するものを短鎖脂肪酸と呼んでいますけれども、ここに書いてあるような酢酸やプロピオン酸、酪酸、化学式を横に書いていますけれども、こういう化合物が発生します。実はライチョウはこれらを栄養素として吸収して利用しています。

水もここでもかなり吸収するはずなのですが、こうした有機酸つまり短鎖脂肪酸の供給がないと水の吸収やミネラルの吸収が阻害されるということもほかの動物の研究から分かっています。

したがって、どのような発酵作用が起きているか、それによってどのくらい短鎖脂肪酸がたくさんできているかということは、ライチョウの栄養状態を大きく変動させますし、しかも水やミネラルの吸収にも必要な栄養素ということになるので、短鎖脂肪酸が少なくて水やミネラルの吸収に必要な栄養素が足りない状態になると必然的に病原菌が原因ではない生理性の下痢のような状態が起りやすいことが考えられます。

この図は石川県の石川動物園の飼育ライチョウの盲腸糞に含まれる短鎖脂肪酸の状態を示しています。下のオレンジ色の線が以前用いられていたコマツナとベレットだけの飼育時のヒナの盲腸糞の短鎖脂肪酸濃度の経日的な推

移を示しています。最初の頃は低いのですが、次第に盲腸が発達していくにつれて発酵も盛んになっていく様子が示されています。



この図は短鎖脂肪酸それぞれの生成割合を見ていくために、酢酸という短鎖脂肪酸とプロピオン酸という短鎖脂肪酸の濃度の比率を示しています。

北岳のヒナの場合では、ずっとほぼ一定の状態、濃度の多少の上がり下がりはあるのですが、比率としてはほぼ一定していて、しかも、それは親とほとんど同じであることを示しています。

一方で、動物園で飼育していると、かなりの上がり下がりが起こっていて、腸内細菌の発酵パターンというのが日々大きく変動することが見て取れます。これ人工飼育の場合は、雛の腸内菌叢がかなり不安定でそのため盲腸発酵も不安定なままではないかと思われる。

まとめ	
ライチョウの盲腸は、腸内細菌による発酵を進めるために、	
1. 固液分離と逆送によって水分が多い (盲腸内容物が排泄される盲腸糞は、水分が多い)	
2. 固液分離によって、腸内細菌も回収できる	
3. 嫌気性(酸素がない環境) → 短鎖脂肪酸を作ることができる (消化吸収できない繊維質を有効活用し栄養にできる)	
4. 短鎖脂肪酸のエネルギーで、水やミネラルを吸収	

立たないということでございます。

簡単ですけど、以上で発表を終わります。

○座長(中村 浩志) 大変分かりやすい発表をありがとうございました。

質疑応答

○座長(中村 浩志) 時間が4分ほどあります。質問がありましたら挙手をお願いいたします。——ございませんようでしたら次の発表に移らせていただきます。

そして、発表が全て終わった段階で10分間ほど総合討論の時間を取りますので、もし質問がありましたらそこで質問していただけたらと思います。

どうもありがとうございました。(拍手)



2「ライチョウの乳酸菌－生息環境を反映する腸内細菌」

土田さやか(中部大学応用生物学部講師)

○座長(中村 浩志) 次の発表は、同じく中部大学応用生物学部の土田さやかさんによる「ライチョウの乳酸菌－生息環境を反映する腸内細菌」です。よろ