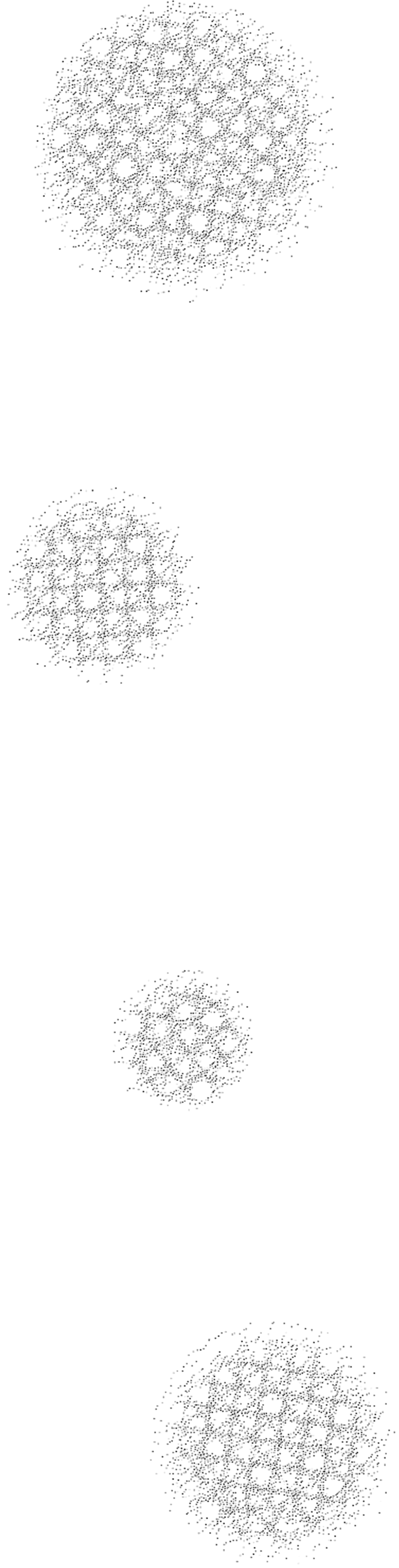
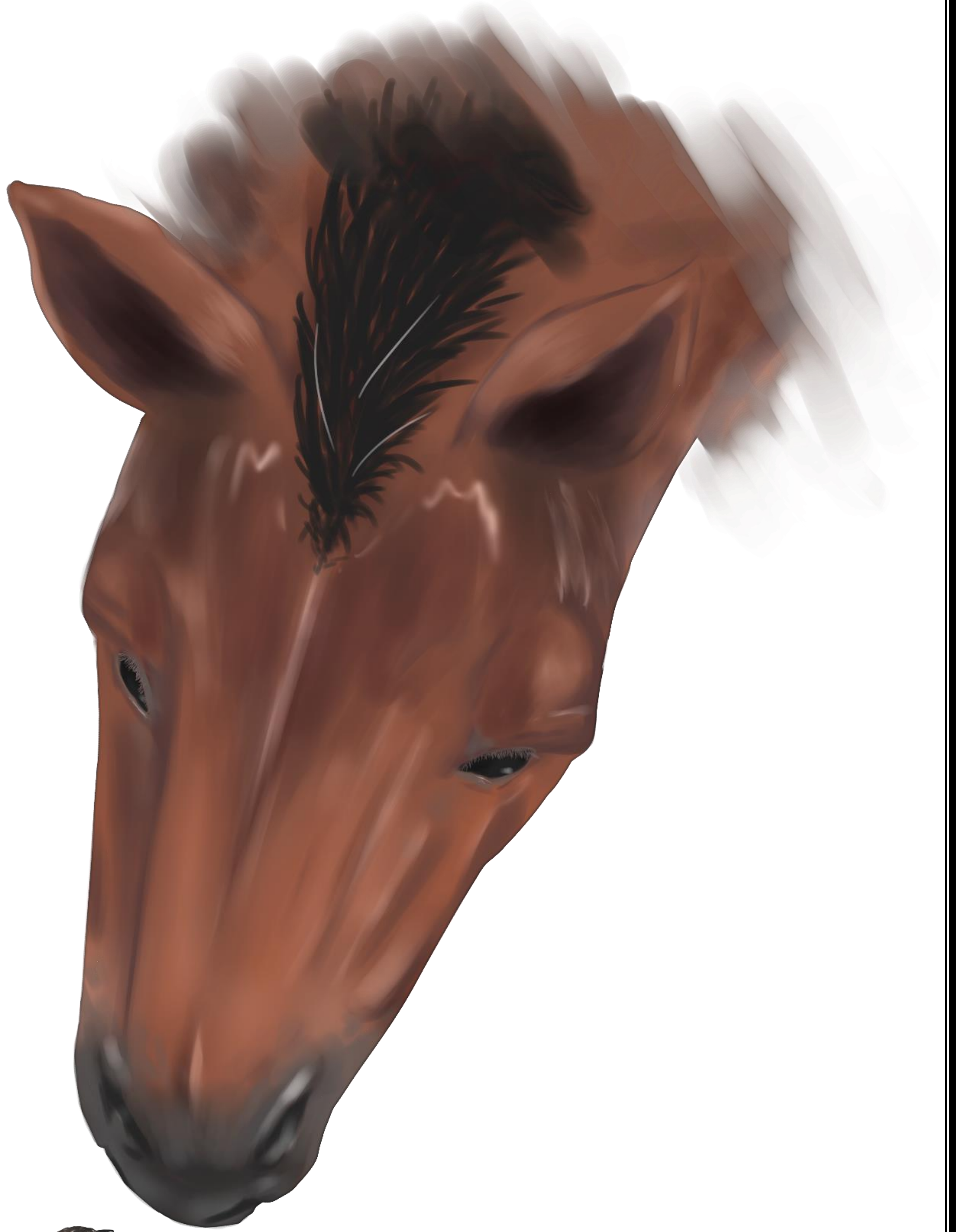


# 動物生理學研究室





# 目次

P1. はじめに

～ウシ～

P2. 黒毛和種の枝肉重量に関するQTL

P3. 虚弱子牛症候群について

～ウマ～

P5. ウマの毛色遺伝子について

P8. ウマの赤血球膜の浸透圧脆弱性について

～ウズラ～

P10. 系統

P11. 免疫システム

P12. TLR

P13. 骨格標本

～免疫学的去勢～

P14. ブタとブランド化、去勢とは

P15. インプロバック

P16. ストレスとストレスマーカーについて

P17. 免疫学的去勢を施した家畜の筋肉への影響について

～その他～

P18. メキシカンヘアレスピッグについて

P19. 羊のスクレイパー

P20. 水牛と水牛モッツァレラチーズについて

## はじめに



こんにちは！動物科学科動物生理学研究室です。

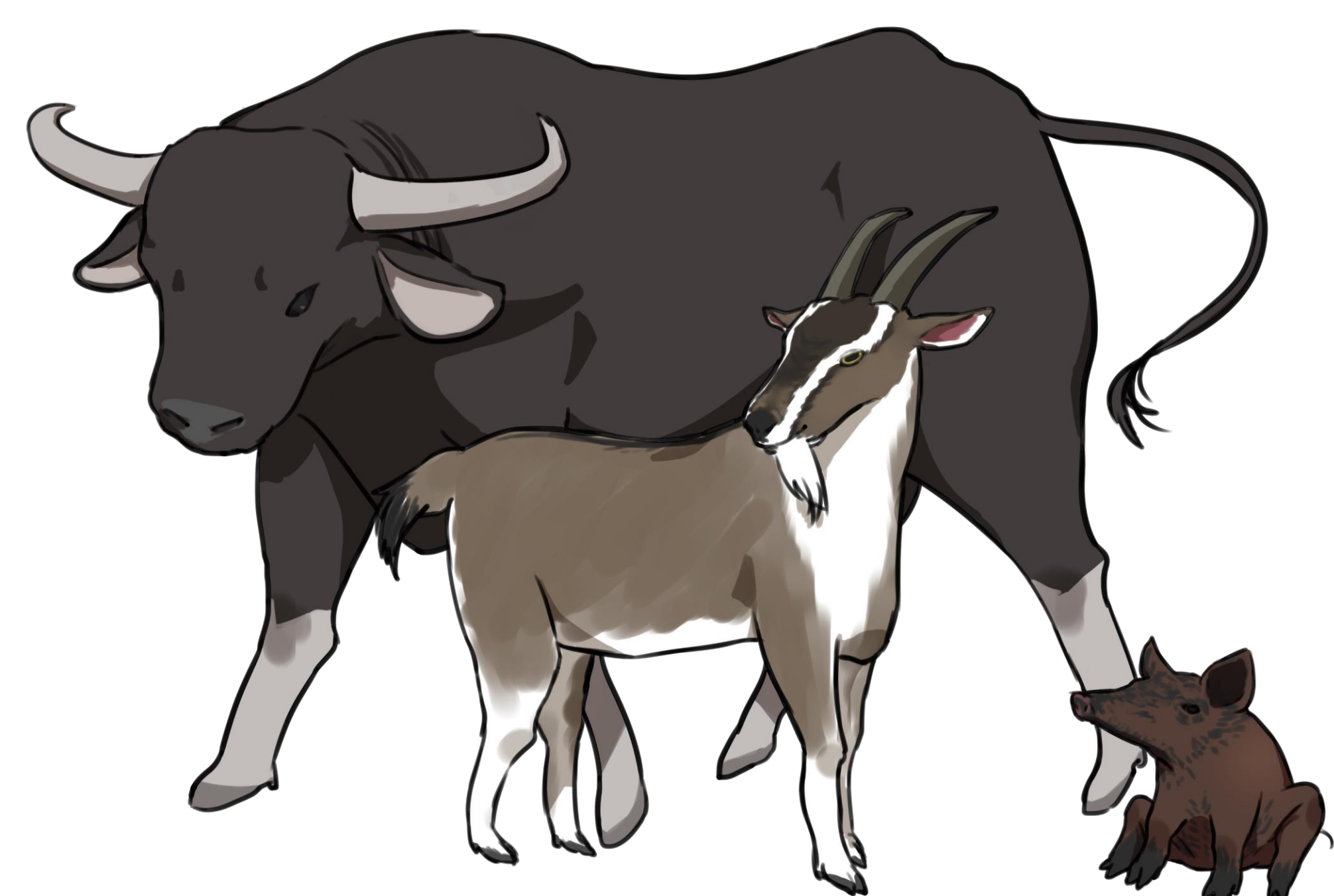
本研究室ではウシ、ウマ、ウズラ、ブタ、ヒツジ、水牛など、さまざまな家畜を対象にした研究を行なっています。

例年、文化学術展では、3年生が卒業研究への準備を兼ねて取り組む課題別実験実習の概要を模造紙や模型、パンフレットで紹介しています。

今年はオンラインでの開催にあたり、課題別実験実習の概要をポスター形式で紹介することにしました。

どの課題もとても面白い！と自負しています。

ぜひ、ご覧下さい！！





# 黒毛和種の枝肉重量に関するQTL

## 黒毛和種とその肉質

### 黒毛和種について

有角の肉牛で、日本を代表する家畜。和牛と呼ばれる牛の約90%以上がこの黒毛和種である。

海外では「WAGYU」として知られているよ！



### 枝肉について

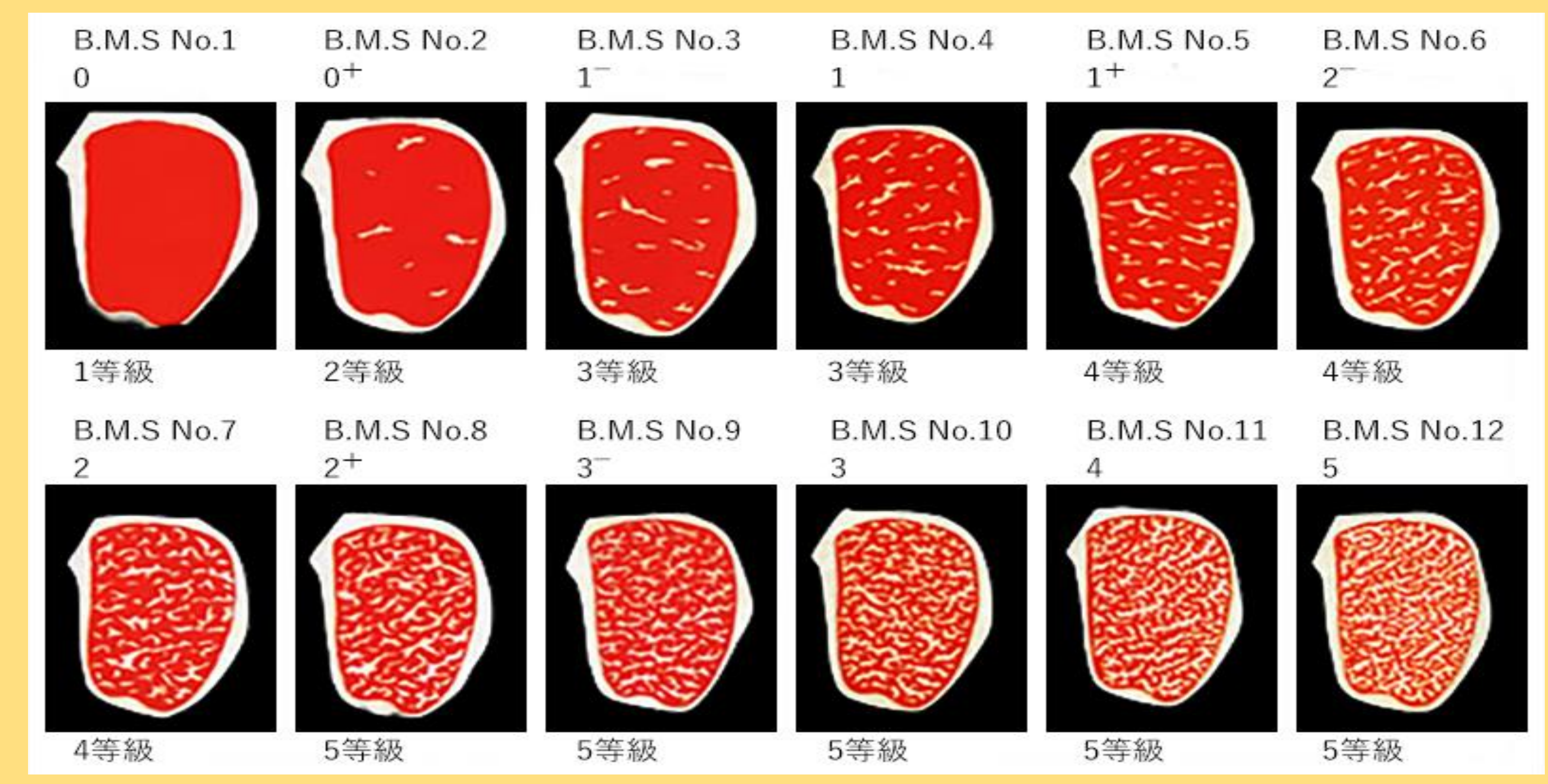


牛の頭、皮、足を取り内臓を取り出して2つに割った状態のことをいい、またこの枝肉の重さを枝肉重量という。

[http://chitagyu.co.jp/archives/56/%E5%B8%82%E5%A0%B4%E6%9E%9D%E8%82%89\\_1000px](http://chitagyu.co.jp/archives/56/%E5%B8%82%E5%A0%B4%E6%9E%9D%E8%82%89_1000px)

### 肉質等級について

牛肉の格付けは2つの等級が使われ、1つは歩留まり等級、もう一つは肉質等級である。歩留まり等級はA、B、Cの3段階に分かれておりAが最も良く、肉質等級は5、4、3、2、1の5段階に分かれ5が最も良い等級である。右の図は脂肪交雑基準（B.M.S）で肉質等級を決める要素の1つである。

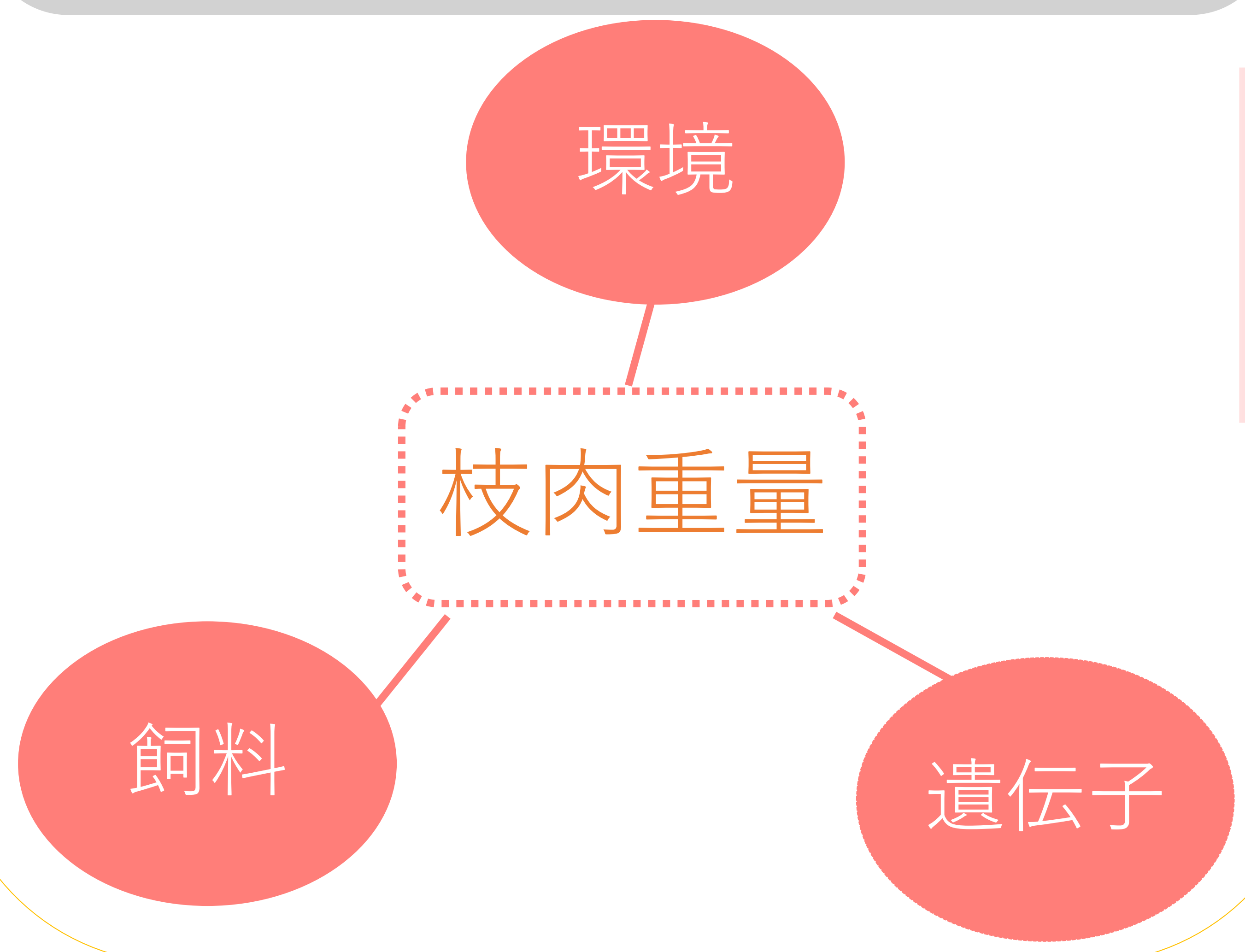


[https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=sIFdjjui&id=BFABFCA0498DF7FC700B5292D6F66EFB0C358681&thid=OIP.sIFdjjuiHO0Ylm3TsSWdgHaE&m ediaurl=http%3a%2f%2fnikuzou.jp%2fuser\\_data%2fgrade2%2fimg%2frank.png&exp h=486&expw=800&q=%e8%82%89%e8%b3%aa%e7%ad%89%e7%b4%9a&simid=608001257442053093&ck=CCDFC4697B41FB949593CC875827013F&selectedIndex=0&FORM=IRPRST&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=sIFdjjui&id=BFABFCA0498DF7FC700B5292D6F66EFB0C358681&thid=OIP.sIFdjjuiHO0Ylm3TsSWdgHaE&m ediaurl=http%3a%2f%2fnikuzou.jp%2fuser_data%2fgrade2%2fimg%2frank.png&exp h=486&expw=800&q=%e8%82%89%e8%b3%aa%e7%ad%89%e7%b4%9a&simid=608001257442053093&ck=CCDFC4697B41FB949593CC875827013F&selectedIndex=0&FORM=IRPRST&ajaxhist=0)

## QTLと枝肉形質について

### QTLとは

Q T Lとは、量的形質遺伝子座とも言う。量的形質は、複数の遺伝子と環境要因の効果による組み合わせによって決定している。



### 枝肉形質と遺伝子

#### 枝肉形質の説明



番号	遺伝子名	主な機能
①	NCAPG遺伝子	枝肉重量責任遺伝子候補遺伝子
②	GHR遺伝子	成長ホルモン受容体遺伝子
③	GH遺伝子	ロース芯面積関連の遺伝子
④	ウシ成長ホルモン遺伝子	脂肪交雑形成能力、成長能力に関連する遺伝子
⑤	SCD	脂肪酸粗成（不飽和脂肪酸含量）

実験の流れとして、特定農家の牛の尾毛を採取し枝肉重量に関わる遺伝子の効果検証をし、その結果を踏まえた上で枝肉歩留まりに優れた肥育牛を生産していく事が目標であり、最終的には枝肉歩留まりに優れた肥育牛生産を確立したい。



# 虚弱子牛症候群について

## はじめに

1)虚弱子牛症候群（weak calf syndrome；WCS）とは、虚弱子牛症候群は1960年代に肉牛において発症が指摘され始めた一群の症状であり、虚弱体質である共通した所見が観察されるものの、原因が特定されなかったため、症候群として位置づけられています。そのため、生後2か月以内に出産直後から活力が無く、虚弱性を示す子牛の総称となります。虚弱子牛症候群を示す子牛は、免疫機能が低下して生まれてくるため感染症にかかりやすく、生産性が低下するため、発育不良となり、死亡率が高くなります。そのため、肉牛において経済的損失に繋がります。



2) 図：起立困難を呈する虚弱子牛症候群症状例

## 臨床症状・臨床病理

症状として、出生時の低体重（ホルスタイン種で40kg、黒毛和種では20kg以下が目安）、難治性の下痢や肺炎、低栄養（低血糖、低蛋白、低コレステロール血症）を示します。また、臨床病理学的には免疫細胞産生臓器である胸腺の低形成（出生時50g以下、正常出生子牛では約150g）が見られ、ワクチンを接種しても抗体価が上がらず、効果が低い事も特徴に挙げられます。

## 虚弱と診断される子牛



- 起立困難
- 活力の減退
- 吸引力の低下、消失

## 原因として考えられるもの

- 飢餓
- 栄養障害
- 低体温
- 低酸素血漿
- 母体内感染
- 代謝障害
- 先天異常
- 早産
- 子宮内発達遅延
- 分娩時損傷
- 出生後の感染
- 胎児過大

遺伝的要因によって発症してしまう子牛を減らすため、子牛死亡を起こす遺伝子変異を探索している

### 引用文献

1)大塚浩通、蒔田浩平 “子牛における下痢症の診断、治療、予防に関する全国アンケート調査”  
家畜感染症学会事務局：2014-07-29

<http://www.kachikukansen.org/kaiho2/PDF/3-3-089.pdf>

2) 州本家畜保健衛生所：防疫課 向井徹 “虚弱子牛症候群について”

衛生情報：2013-03-21 <http://hyougo.lin.gr.jp/ghyogo/109/eisei.htm>



# 虚弱子牛症候群(WCS)原因遺伝子の探索

## ●はじめに

虚弱子牛症候群の原因として考えられるものは様々存在する。原因のひとつとして優秀な種雄牛のもつ遺伝子の変異が子孫に広まったことにより、遺伝性疾患が発生した結果であると考えられている。

動物生理学研究室では、特定の種雄牛の産子で発症する虚弱子牛症候群の原因遺伝子を探索している。

## ●原因遺伝子を探索するために

連鎖解析により、虚弱子牛症候群の原因となる遺伝子変異がある遺伝子領域を特定



PCR法で候補原因遺伝子を増幅



得られた塩基配列をシーケンスを使って確認



候補原因遺伝子変異を探索し、本当に虚弱子牛症候群の原因遺伝子変異なのか調べる

## 連鎖解析とは

遺伝性疾患や枝肉形質などに関わる遺伝子がどの染色体のどの位置に存在するかを解析する方法。

## PCRとは

Polymerase Chain Reactionの略であり、ポリメラーゼ連鎖反応のこと。プライマーによって指定される特定の遺伝子領域を選択的に数百万～数十億倍に増幅させることができる反応、技術。

### 〔PCRのプロセス〕

- ①熱変性（94～98℃）：二本鎖DNAが過熱により一本鎖になる
- ②アニーリング（50～60℃）：冷却をする。最適温度より低いため、元のDNAより短いプライマーが相補的な配列で結合される。
- ③伸長（68～72℃）：元のDNAの塩基配列を元にして相補的な配列が合成される。

①～③を繰り返すことにより、任意の遺伝子領域を増幅させていく。もともと細胞の中で行われている複製を試験管の中で行うことができる。

## シーケンスとは

塩基配列を決定すること。PCRと同様にポリメラーゼによる遺伝子の伸長反応を利用し、熱変性、アニーリング、伸長を繰り返して得られた反応産物を用いてシーケンサーで塩基配列を決定する。

これ以上、虚弱子牛症候群を患って生まれてくることのないように  
生後まもない子牛の死亡率が少なくなる未来に近づく一歩になれるよう  
研究を進めていく



# ウマの毛色遺伝子

## MC1RおよびASIPの基礎的解析

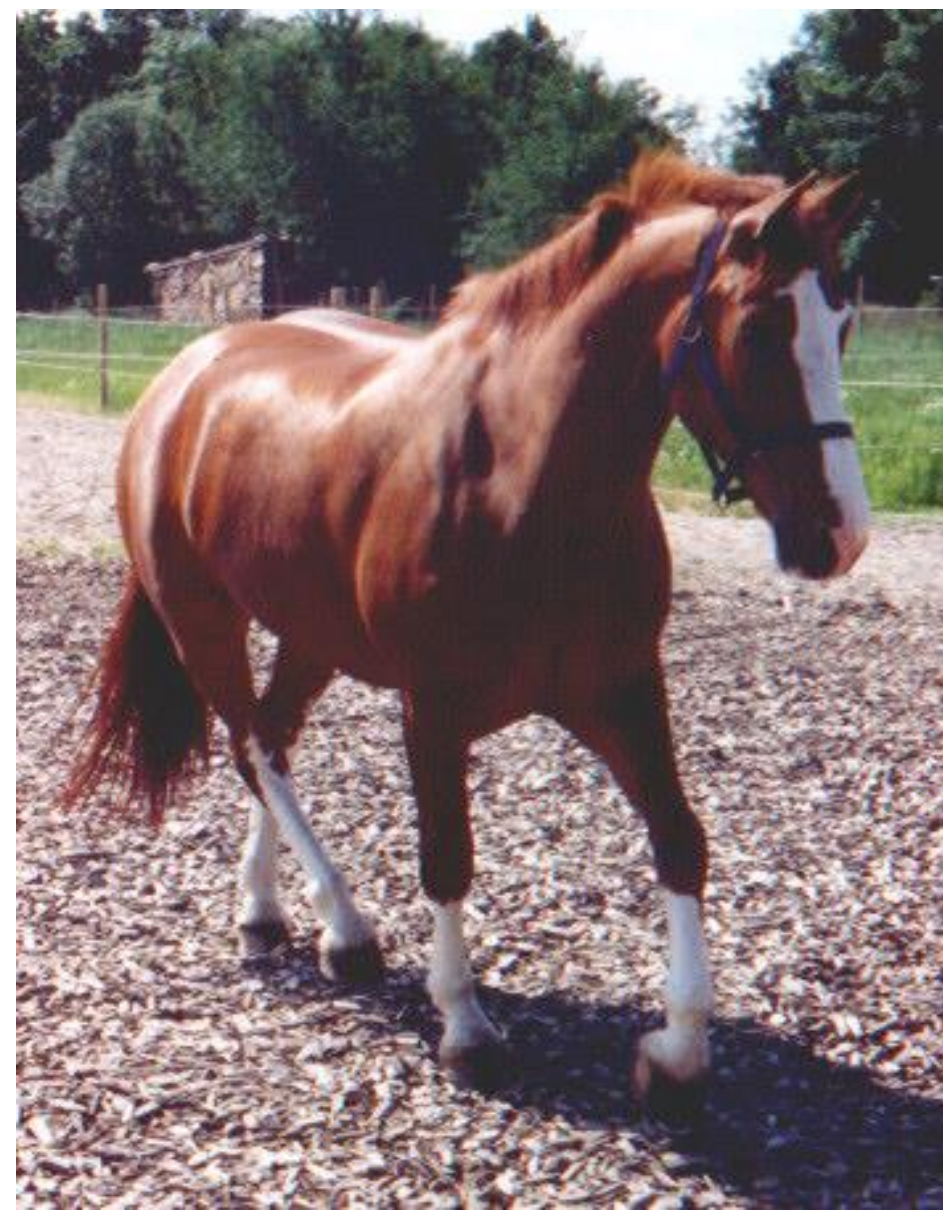
### ▶ ウマの代表的な毛色

ウマの代表的な毛色として、栗毛、鹿毛、青毛、芦毛および粕毛といった毛色が見られる。また、栗毛には柘栗毛や尾花栗毛という変異型が、また鹿毛には黒鹿毛や青鹿毛という変異型がある。

#### 1. 栗毛<sup>2)</sup>



#### 2. 柘栗毛<sup>2)</sup>



#### 3. 尾花栗毛<sup>2)</sup>



1. 栗毛：黄金色から赤褐色まで、色合いに濃淡がみられる。長毛にも濃淡があり、淡く白色に見えるものもいる。黒色のものはいない。
2. 柘栗毛：黒味がかかった黄褐色から黒味の非常に強いものまで見られるが黒くはならない。長毛は被毛より濃いものから白に近いものまでである。
3. 尾花栗毛：栗毛のうち、長毛が白いもの。

#### 4. 鹿毛<sup>2)</sup>



#### 5. 黒鹿毛<sup>3)</sup>



#### 6. 青鹿毛<sup>3)</sup>



4. 鹿毛：被毛は明るい金色から赤味がかかった褐色。長毛や四肢の下部は黒色。
5. 黒鹿毛：被毛の色合いが黒味がかかった赤褐色で、黒味の程度によってかなり黒く見えるものもいる。目の周囲や脇などは褐色で、長毛と四肢の下部は黒色。
6. 青鹿毛：全身がほとんど黒色。目および鼻の周囲や脇などがわずかに褐色。

#### 7. 青毛<sup>2)</sup>



#### 8. 芦毛<sup>2)</sup>



#### 9. 粕毛<sup>2)</sup>



7. 青毛：被毛および長毛がいずれも黒色。
8. 芦毛：原毛色は栗毛、鹿毛、青毛。被毛全体に白色毛が混在し、加齢に伴って白色の度合いが強くなっていく。
9. 粕毛：栗毛、鹿毛、青毛などの原毛に白毛が混在した状態。粕毛は加齢に伴って白色の度合いが変化しない。



➤ MC1RとASIPの変異と毛色との関係

E遺伝子座：対立遺伝子座はEとe。黒褐色のメラニン色素であるユーメラニンの量に関与する。メラノコルチン1型受容体 (MC1R) をコードする。メラニン色素合成の律速酵素であるチロシナーゼの発現を誘導する。優性対立遺伝子Eはメラノサイト刺激ホルモン (MSH) の割合により、劣性遺伝子eに比べより多くのユーメラニンを合成！

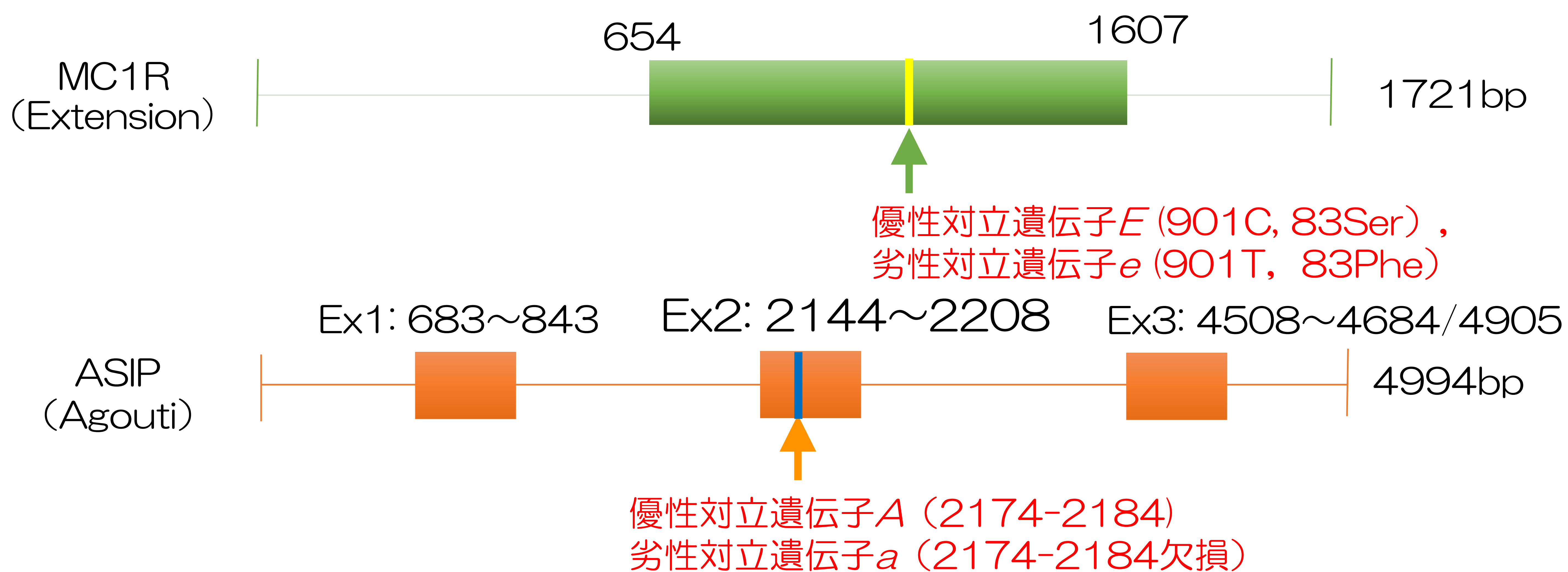
- E → ユーメラニンの量が多い！
- e → ユーメラニンの量が少ない！

• A遺伝子座：対立遺伝子座はAとa  
黄褐色のメラニン色素であるフェオメラニンの量とユーメラニンの分布に関与する。

A遺伝子座がコードするASIPはMC1Rに対しMSHと競合！  
MC1Rに優性対立遺伝子AのASIPが結合するとフェオメラニンの合成が促進！  
E遺伝子座がeの場合、Eに比べてより多くのフェオメラニンが合成されるが、劣性対立遺伝子aのホモではフェオメラニンが合成されない。

対立遺伝子Aは対立遺伝子Eによるユーメラニンの発現を長毛や四肢に限定させる。

➤ A座 (MC1R) およびE座 (ASIP) における変異<sup>1)</sup>



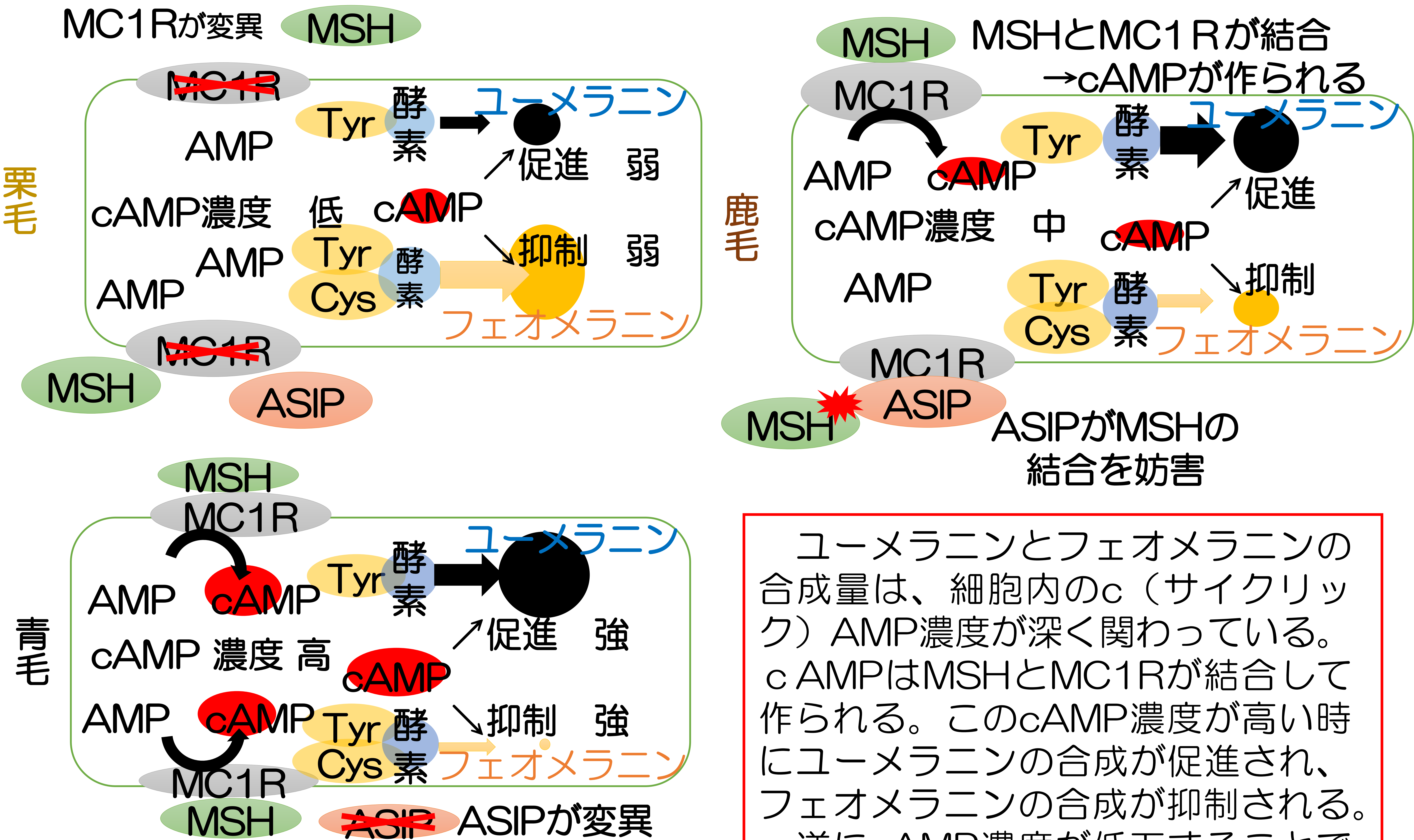
➤ MC1RとASIPの遺伝子型と表現型

対立遺伝子Aはフェオメラニンの形成を促す。このとき、E座にEがあると、ユーメラニンの発現を長毛および四肢に限定させる (E-, A-: 鹿毛)。  
E座がeeの場合、フェオメラニンが多くなる (ee, A-: 栗毛)  
一方、対立遺伝子aではフェオメラニンが形成されない。  
したがってE座がEEあるいはEeで、A座がaaの場合、ユーメラニンのみが形成される (E-, aa: 青毛)。

		♀	E, A	E, a	e, A	e, a
♂	E, A	EE, AA 黒鹿毛	EE, Aa 青鹿毛	Ee, AA 鹿毛	Ee, Aa 鹿毛	
	E, a	EE, Aa 青鹿毛	EE, aa 青毛	Ee, Aa 鹿毛	Ee, aa 青毛	
	e, A	Ee, AA 鹿毛	Ee, Aa 鹿毛	ee, AA 栗毛	ee, Aa 栗毛	
	e, a	Ee, Aa 鹿毛	Ee, aa 青毛	ee, Aa 栗毛	ee, aa 朽栗毛	



➤ 毛色決定の仕組み（概要図）<sup>2)</sup>



ユーメラニンとフェオメラニンの合成量は、細胞内のc（サイクリック）AMP濃度が深く関わっている。cAMPはMSHとMC1Rが結合して作られる。このcAMP濃度が高い時にユーメラニンの合成が促進され、フェオメラニンの合成が抑制される。逆にcAMP濃度が低下することでフェオメラニンの合成量は増加する。

➤ 今後の実験展開

今後の実験では、ウマのMC1RとASIPの塩基配列を解析し、塩基配列に基づいて対立遺伝子をタイピングすることで毛色を予想して実際のウマの毛色と比較していき毛色と遺伝子型の関係を確認していきます。

➤ 引用文献

- 1) Rieder Sら (2001) Mammalian Genome 12, 450-455.
- 2) Wikipedia 馬の毛色.
- 3) ブルーバックス 「馬の科学 サラブレッドはなぜ速いか」  
日本中央競馬会 競走馬総合研究所.
- 4) 「ウマの科学」 近藤誠司 朝倉書店.



# ウマ赤血球膜の浸透圧脆弱性に関する研究

ウマ赤血球の

ココがすごい！



ウマの血中赤血球は数が多く、  
1つ当たりの容積が小さい  
これにより...

赤血球全体の総表面積がヒト  
よりも25%増加する



ウマの優れた酸素運搬機能のヒミツは  
赤血球・心臓・脾臓にある！

	サラブレッド	競走犬	ヒト
赤血球数 (個/ $\mu$ L)	945万	750万	450万
平均赤血球容積 (fL)	43.6	69.0	87.0
平均赤血球寿命 (日)	150	110	120
体重比における 平均心臓重量 (g/kg)	9.7	4.5	4.2
脾臓重量 (g)	2033	-	100~ 115

## 脾臓の主な役割 ～赤血球の貯蔵～

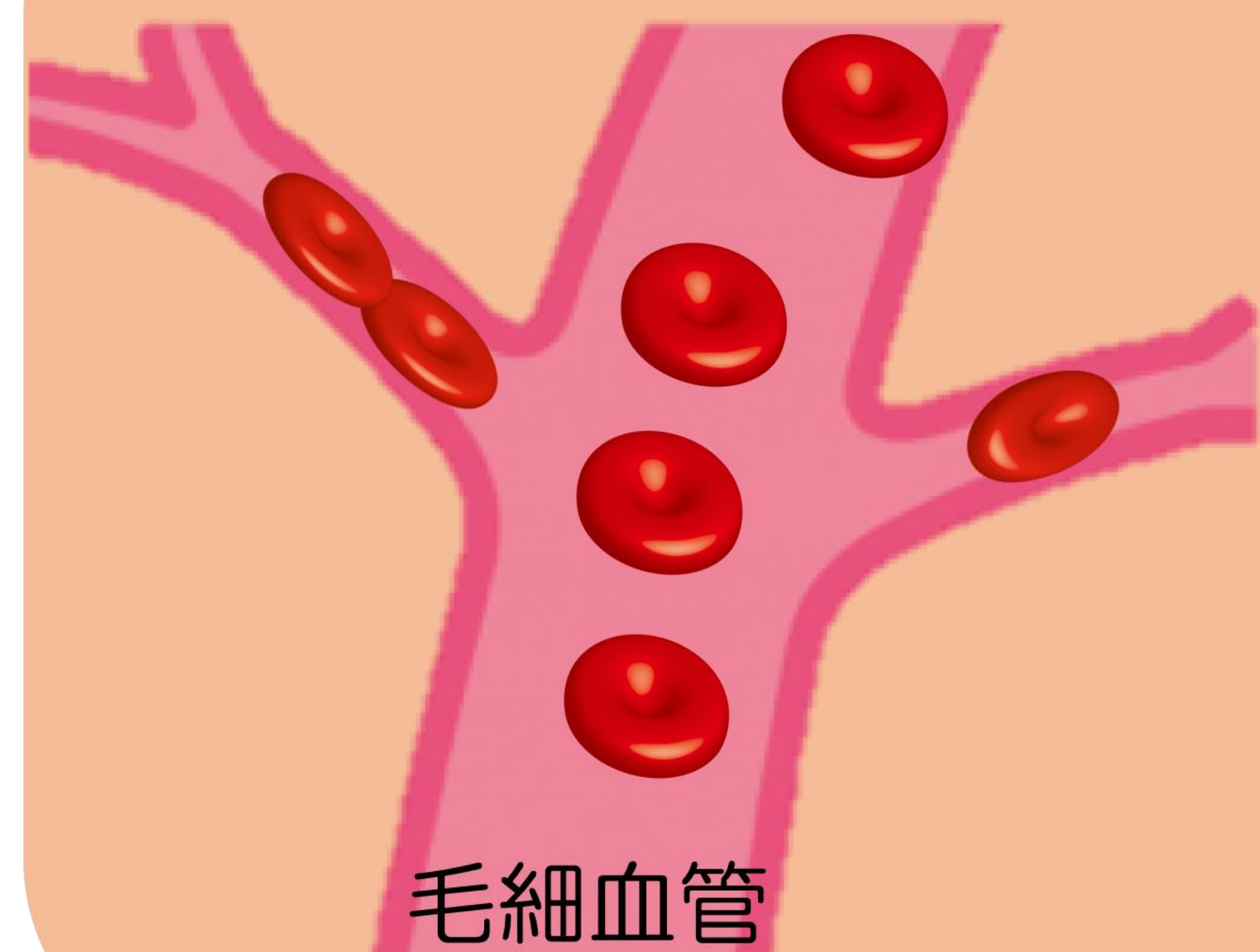
安静時に必要のない赤血球を貯蔵し、運動時にこの濃厚な脾臓血を循環血液中に放出する。脾臓血が放出されることで循環血液中の赤血球濃度が50%以上も増加する。

→ 赤血球が増えることで酸素運搬効率増加



# 赤血球の働き

毛細血管を流れる赤血球



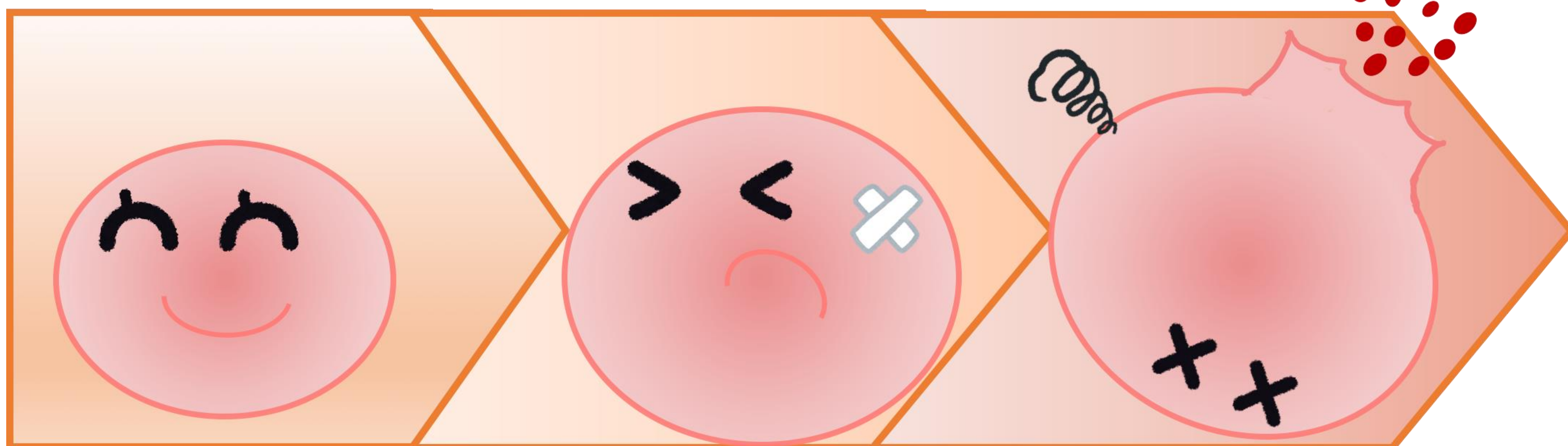
赤血球は核を持たないため、狭い血管内も自在に変形し、全身の細胞や組織に酸素の供給を行うことができる

狭い血管内を通る赤血球は様々な物理的・化学的ストレスを受け脆弱化していく...

- **運動時の心拍数増加**  
→血管壁と赤血球の摩擦の増加
- 脾臓から分泌される**リゾレシチン**  
→界面活性作用を持ち**溶血**の原因となる
- 筋肉から放出される乳酸ならびに二酸化炭素  
→末梢血中のpHを下げ、赤血球膜の脆弱化が亢進され、**溶血**する

## 溶血とは

寿命を終える前の赤血球が脆弱化し破壊され、ヘモグロビンが流出する現象



## 研究内容

運動によってさまざまなストレスを受けた競技馬の赤血球の浸透圧脆弱性（低張食塩水による溶血の起こりやすさ）には個体差が認められている。本研究では競技馬の赤血球の性状や溶血率を調査し、浸透圧脆弱性の個体間差と変動要因を明らかにすることを目的としている。



# 研究室で閉鎖集団として維持してきたニホンウズラ

羽色が野生色の3系統と黒色、黄色、パンダ羽装各1系統、計6系統を維持しています。野生色のうち2系統はA系、B系と呼んでいます。系統作出当初、野生色から突然変異でシルバー羽色の雛が生まれ、それを系統として造成したのがB系です。B系は血清中のIgG\*濃度が野生色のものよりも低かったこと、野生色の中にIgG濃度がB系の2倍以上を示す高いものが存在し、それを系統として造成したものがA系でした。今日B系は、約20年前より新たにIgG濃度の低い個体を選抜して維持してきた系統で、シルバー羽色ではありません。

\*IgG(免疫グロブリン)とは血液中に最も多く含まれている抗体の一つです。抗体は特定の異物にある抗原に特異的に結合し、生体内から除去する分子です。



野生色



黄色



黒色



パンダ羽装

## 雌雄判別：クロアカ腺



## ウズラの雌雄：

野生色と黄色では胸の羽模様（斑紋）（黄色の写真は♀）でみ分けられます。黒色とパンダ羽装ではわかりません。

しかし、クロアカ腺の有無で判別することができます！

左が♀で、右が♂です。♂の黄色の矢印で示しているのはクロアカ腺と呼ばれる膨らみです。総排泄腔（cloaca）の背部側にあります。クロアカ腺の下の白い矢印は総排泄口の位置です。♀はクロアカ腺がないので総排泄口が見えています。

## ウズラの卵

### 正常卵



模様があります：卵管を通過する速度や回転数の有無で決まります。

★生理研でみられる卵の様子は、親子や姉妹同士で似ているので、卵管の色素を作り出す部分が遺伝子によるところがあるのかもしれないと思っています。

### 異常卵

：いびつな形には通常の卵の1.5倍の長径、小さいのは1/2や殻が柔い軟卵、産卵直前・直後に割れている破卵があります。

#### 破卵



産卵直前・直後に殻が割れています。

#### 軟卵

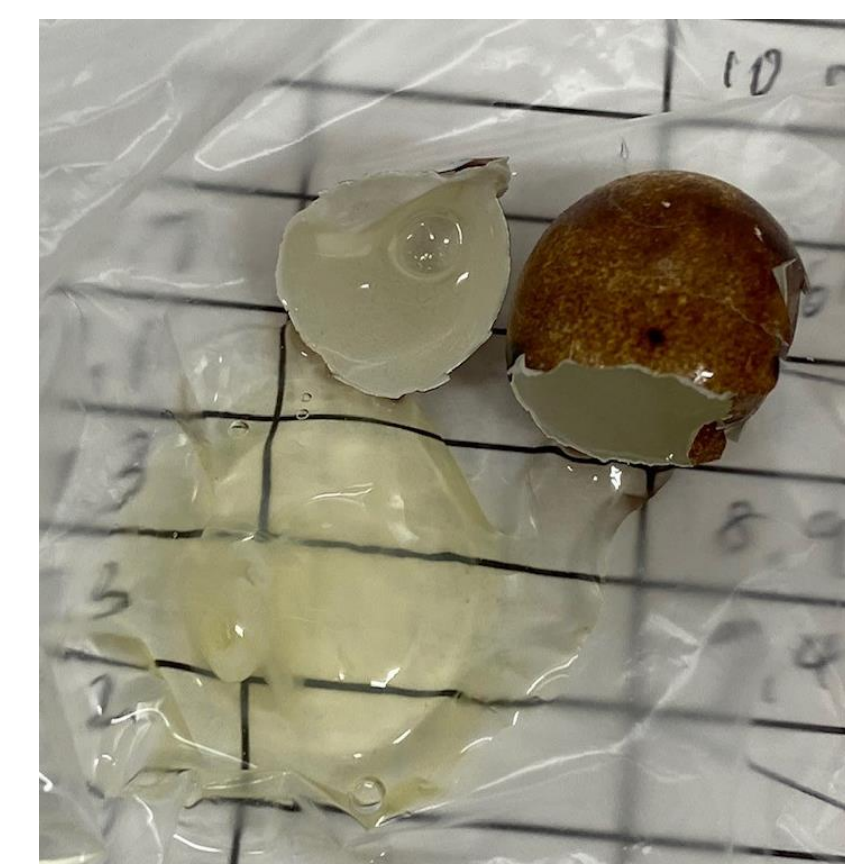


殻が柔らかい、卵殻膜だけで産み落とされます。中には卵白、卵黄があります。

#### その他異常卵



左が通常の卵サイズです。右の卵には卵黄が2つ（二黄卵）ありました。



通常サイズで殻がいつもと違う色の卵を割ってみたところ、が無卵黄でした。

産卵される卵の状態を左右するのは何かを簡単に予測できないか調べています。

異常卵の主な原因の一つとして、環境要因があるといわれています。そこで、まず体温、体重および卵の長径と短径を測定し、正常卵生産ウズラと異常卵生産ウズラの違いを調べ、生理的な違いの有無がないか確認しています。同時にウズラ舎の温度と湿度を記録し、それぞれの変動の関係を検討しています。異常卵を調べている大きな目的は他種の動物と比べ、ウズラは近交退化が発生しやすく近交世代を進めると、受精率、孵化率、育成率に著しい退化減少がみられ、系統維持ができなくなる原因となるためです。



# 免疫システムについて

我々を取り巻く環境には、ウイルス、細菌などの病原体や花粉、ハウスダストなど様々な物質が存在している。免疫は、生体に影響を与える様々な物質から身体を守る仕組みである。

## 自然免疫について

生体内に侵入してきた病原体や異常になった自己の細胞をいち早く感知して抗原(様々な異物)を認識し排除したり、獲得免疫で働く細胞たちに伝える。

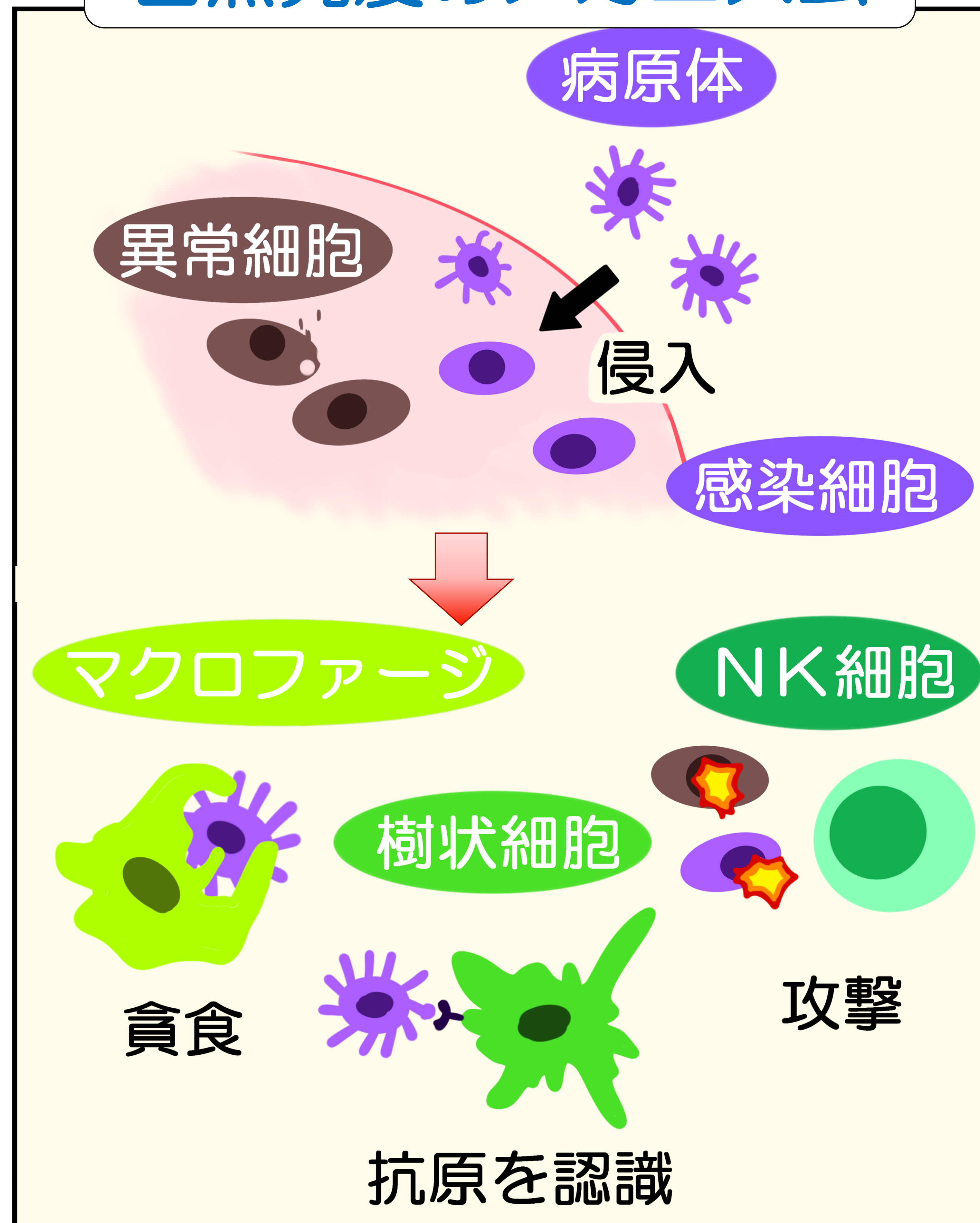
### 活躍する主な免疫細胞たち

**マクロファージ**：体内に侵入した細菌などの異物を食べる能力に優れている。食べた病原体を消化・殺菌することで細菌感染を防ぐ

**樹状細胞**：細菌などを貪食し、その抗原を認識しT細胞に伝える

**NK細胞**：普段から体内を監視し、異常細胞や病原体に感染した細胞をみつけて排除する

## 自然免疫のメカニズム



## 自然免疫の受容体

**NOD様受容体(NLR)**：細菌などの外来成分を認識する

**RIG-I様受容体(RLR)**：ウイルスが細胞内に侵入したときにウイルス由来のRNAを認識する

**Toll様受容体(TLR)**：病原体の細胞壁や鞭毛など、病原微生物特有の分子を認識する

## 獲得免疫について

自然免疫で働く細胞からえられた病原体などの情報から防御に適した武器や防御壁を選び、再び同じ病原体に接したときに素早く病原体を攻撃できるように記憶する。

抗体はあらゆるものに対応可能とされているが、自分自身には基本的に反応しない。

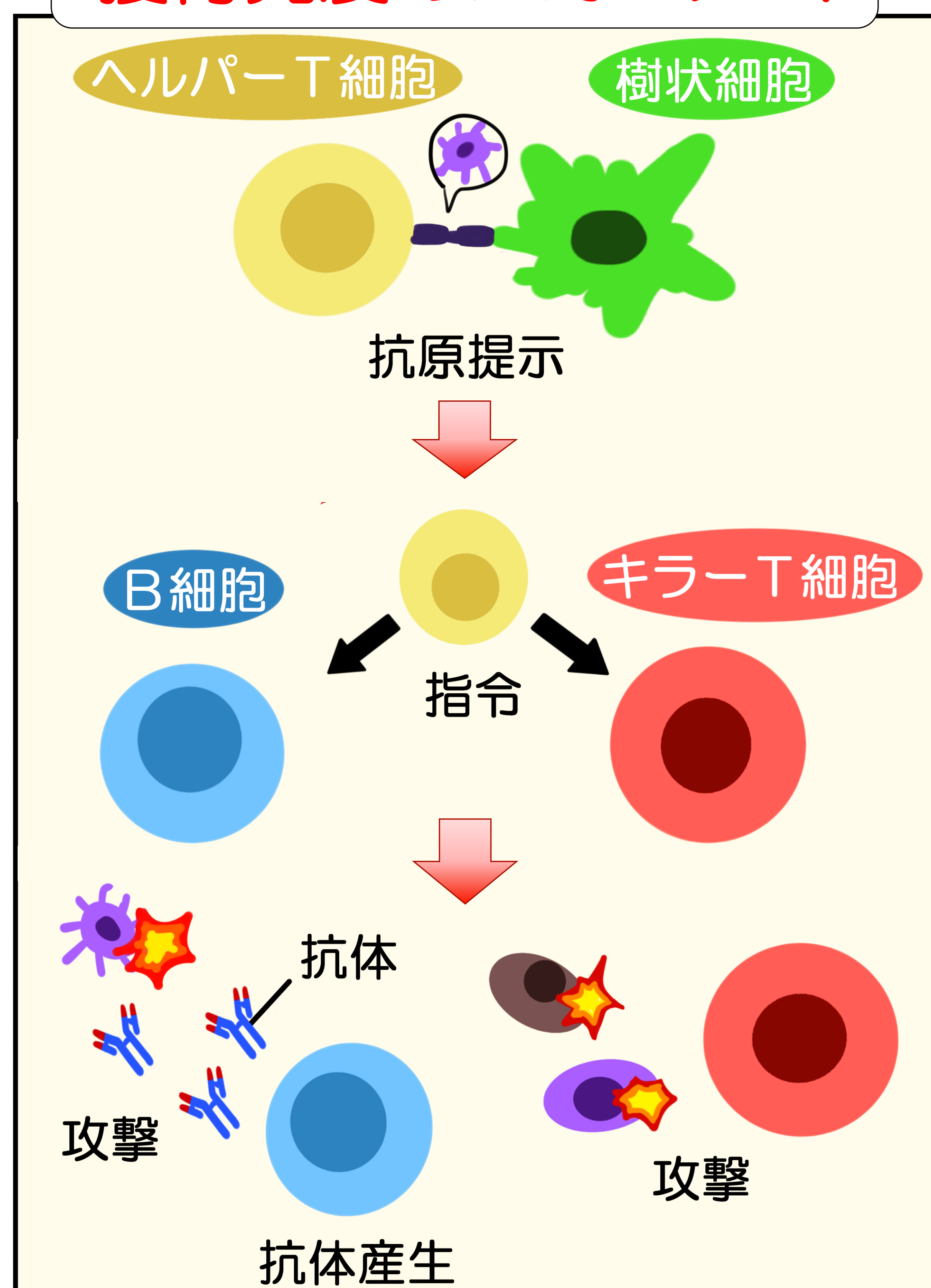
### 活躍する主な免疫細胞たち

**B細胞**：特異的な抗原に対する抗体の産生及び放出を担う、獲得免疫の中心となる細胞

**ヘルパーT細胞**：血液中を流れている白血球のうち、リンパ球と呼ばれる細胞の1種、直接攻撃を行うものや司令塔の役割を果たすものなどがある

**キラーT細胞**：ヘルパーT細胞から指令を受け異常細胞や病原体に感染した細胞を攻撃する

## 獲得免疫のメカニズム





# Toll様受容体 (TLR)

Toll様受容体(TLR)とは自然免疫で情報伝達を担う受容体の1つである。TLRは膜外構造(LRR)でウイルス、細菌の構成成分を認識すると、細胞内のシグナル伝達部(TIR)が活性化され、タイプIインターフェロン(IFN)や炎症性サイトカイン産生の誘導し、獲得免疫で主に働くリンパ球に感染防御のシグナルを伝達するパターン認識レセプターである。

出展：山本一彦監修, 荻原清文著『好きになる免疫学』講談社  
 松本美佐子, 瀬谷司『Toll様受容体の機能』www.jbsoc.or.jp  
 Spring-8『取り残されていたToll様受容体の立体構造をついに解析』http://www.spring8.or.jp/ja/news\_publications/research\_highlights/no\_88/

## <TLRの作用機序>

① TLRが体内に侵入した病原体を認識する

③ 感染場所へ白血球（顆粒球、単核系貪食細胞）を動員し免疫反応で病原体を排除

膜外構造で認識

マクロファージ、樹状細胞、B細胞などの細胞膜

TIRで細胞内に情報伝達

② 情報伝達経路を活性化する核に信号を送り、サイトカインの発現を高める

※  
 ・インターフェロン（抗ウイルス性）  
 ・IL-1、IL-6 など

## <TLRの種類とリガンド>

発現場所	TLR	リガンド(TLRが認識する物質)	
細胞膜上	2/1 or 6	リポペプチド/ペプチドグリカン	*鳥類のTLR1,2にはtype1,type2がある
	4	LPS	
	5	フラジェリン	
エンドソーム膜上	15	微生物由来のプロテアーゼ	*鳥類特有
	3	ウイルス由来の二本鎖RNA	
	7	ウイルス由来の一本鎖RNA	
	9	細菌、ウイルス由来のCpGDNA	

## <研究室での取り組み>

動物生理学研究室では同じ環境下で飼育しているウズラの血液中の抗体量を系統間や雌雄間で比較している。健全なウズラに抗体濃度差が生じている原因探究の一端として最初に異物を認識しているTLRの遺伝子の塩基配列変異有無を確認することから始めている。

抗体濃度が高い

抗体濃度が低い **なぜ？**

抗体濃度の差

TLRの分子構造を解析し、調べよう！





# ウズラ骨格標本製作方法・活用法の模索

## ウズラ骨格標本 製作方法について

骨格標本を製作する手順は大きく4つに区別される

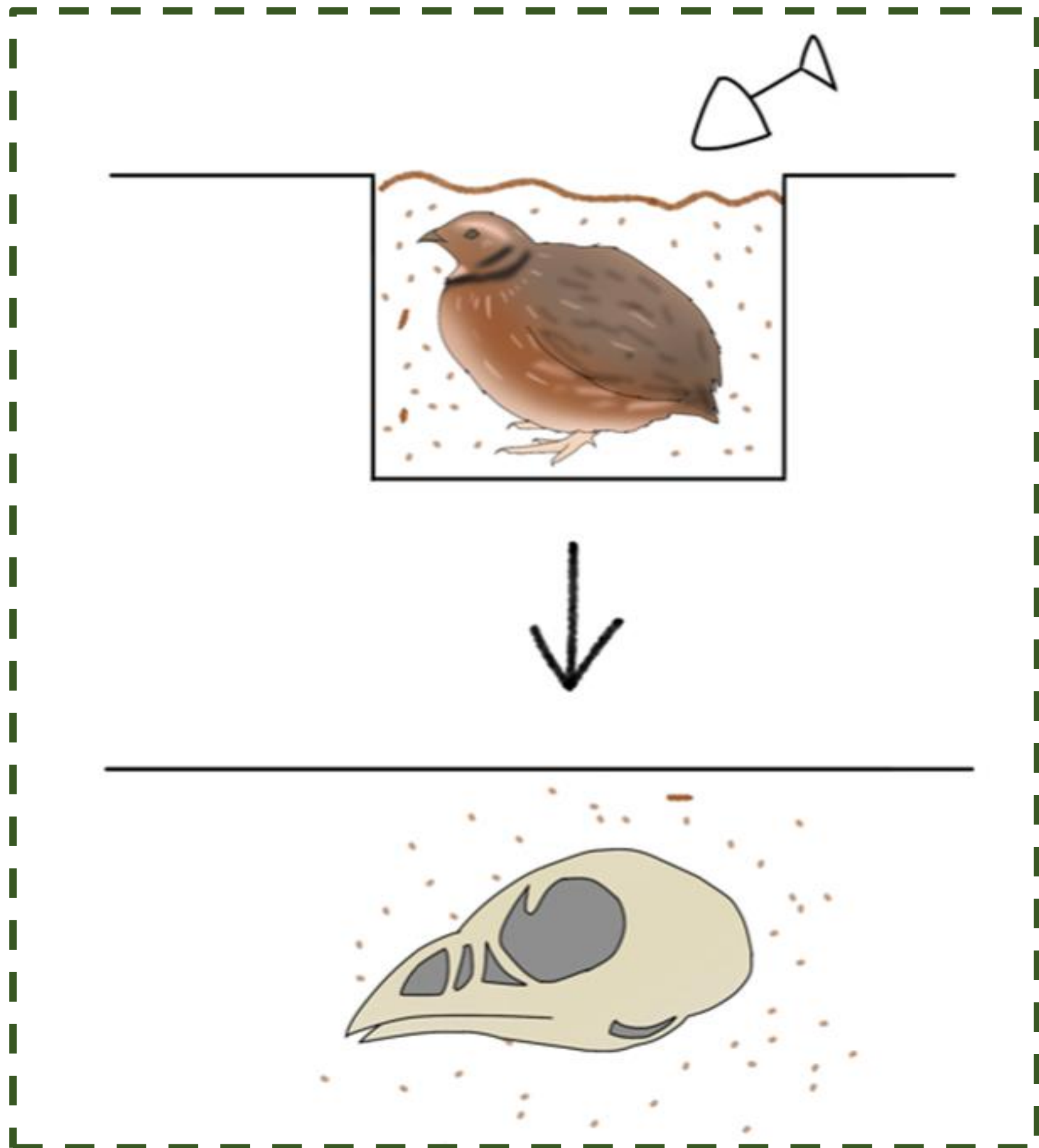
- ①計測 ②解剖 ③骨化 ④組み立て

★③の骨化作業には幾つかの方法が存在し、利用するものによって更に2つに区別される

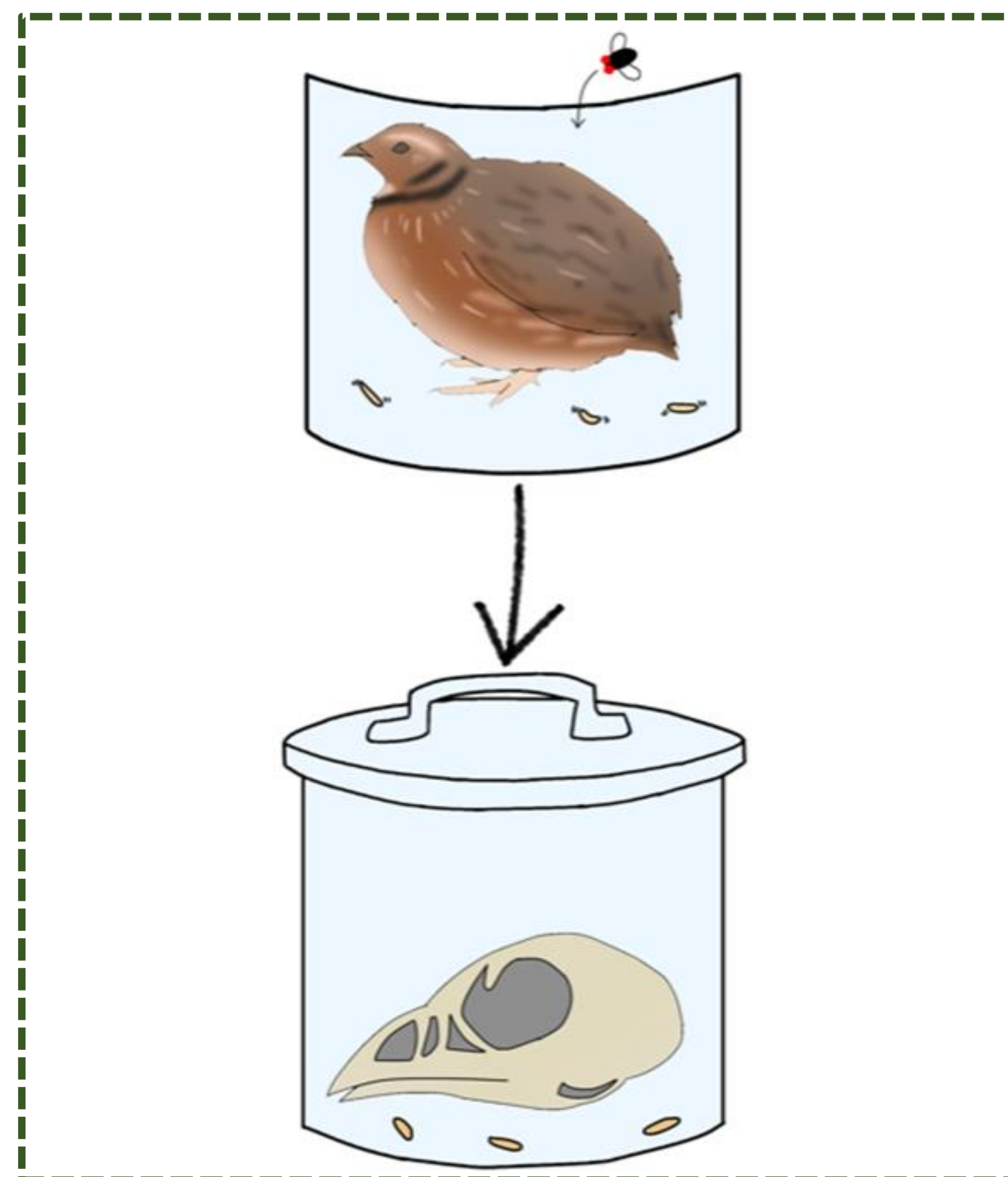
- 1：生物学的方法 2：化学的方法

## 生物学的方法

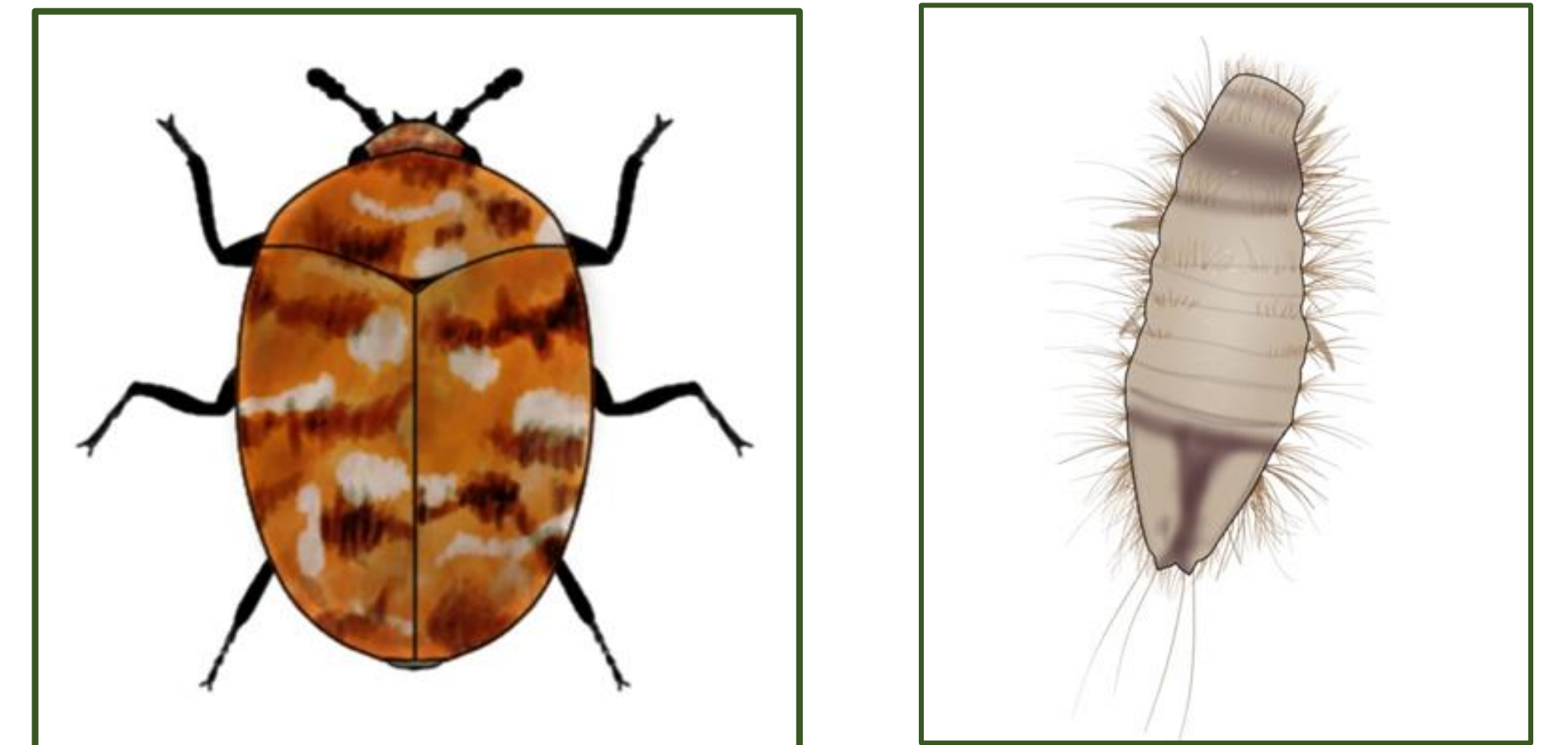
①土中分解法：砂に埋める方法。穴を掘り綺麗な砂に埋め、数か月後に掘り出す



②昆虫利用法1（ハエの幼虫利用）：ハエの幼虫（ウジ）に筋肉や内臓を食べさせる方法



③昆虫利用法2（カツオブシムシ）：火を通し水分を飛ばしてからカツオブシムシに筋肉を食べさせる方法

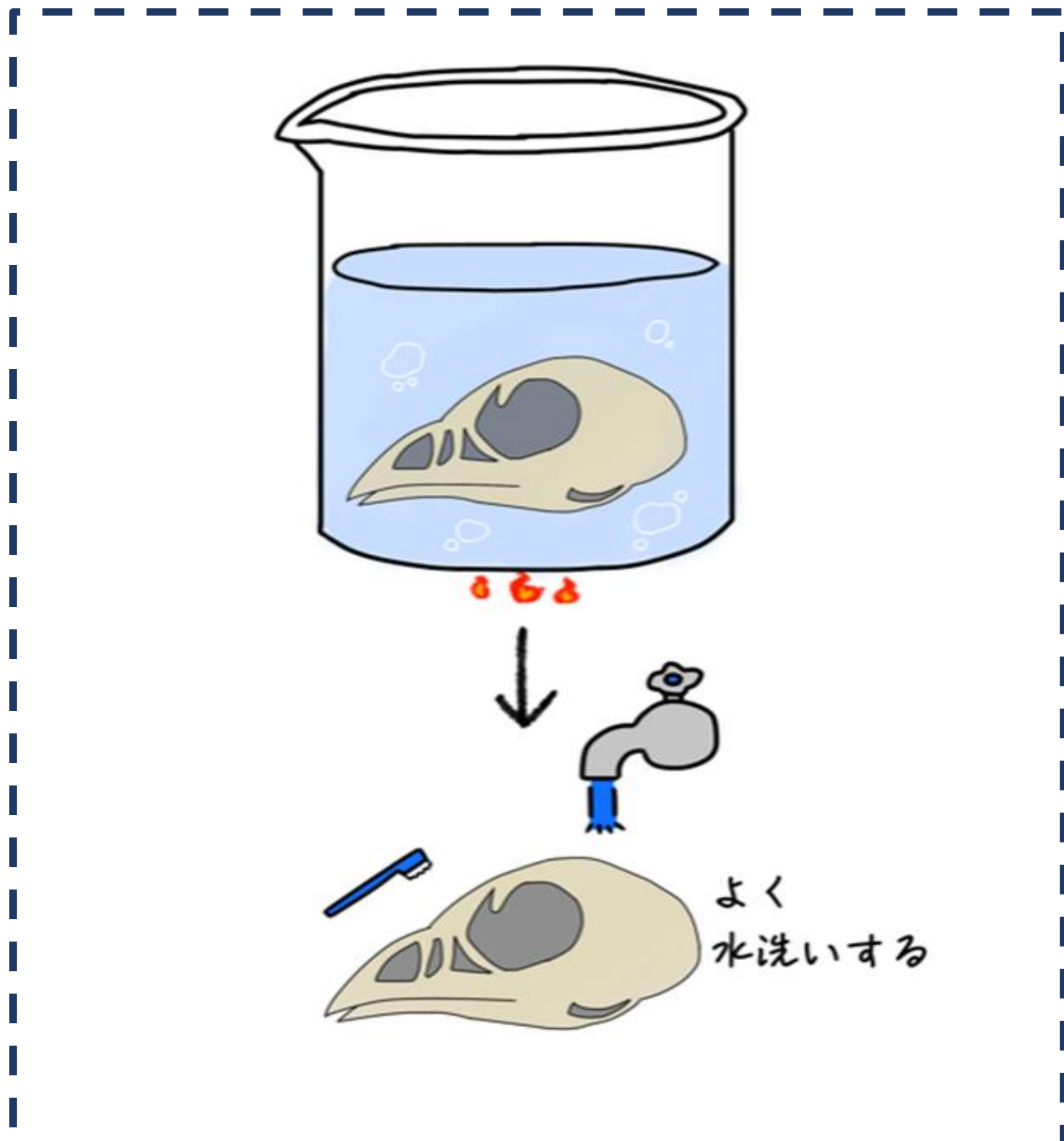


ヒメマルカツオブシムシ：左が成虫、右が幼虫。幼虫のみ服の繊維や動物の乾燥死骸を食べ

④野ざらし法：かごに入れ、日よけをした状態で野ざらしにする方法

## 化学的方法

①炭酸ナトリウムで煮沸する：1%程度の炭酸ナトリウム溶液で煮沸する方法



②タンパク質分解酵素を用いる：パインや薬品酵素などで肉を溶かす方法

## まとめ

どの骨化方法も一長一短！→より良い方法は？

	方法	メリット	デメリット
生物学的方法	土中分解法	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型動物の標本を製作するのに向いている</li> <li>骨格をある程度綺麗に残せる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間がかかる</li> <li>野生動物に掘り返される危険性がある</li> </ul>
	昆虫利用法1: ハエの幼虫利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>皮が肉が残ったままでも骨化できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間がかかる</li> <li>小型動物は骨も食べられる危険性がある</li> <li>悪臭が出る</li> </ul>
	昆虫利用法2: カツオブシムシ法	<ul style="list-style-type: none"> <li>靭帯を残したまま骨化できるので骨を繋いだまま標本化できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間がかかる</li> <li>大型動物には不向きである</li> </ul>
	野ざらしにする	<ul style="list-style-type: none"> <li>動物の形をある程度保ったまま標本にすることが出来る</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>場所の確保や管理が困難である</li> </ul>
化学的方法	炭酸ナトリウム煮沸法	<ul style="list-style-type: none"> <li>あまり時間がかからない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>煮沸時間、濃度により骨を痛める危険性が高い</li> </ul>
	タンパク質分解酵素法	<ul style="list-style-type: none"> <li>あまり時間がかからない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>酵素は高価な場合が多いためか確保が困難</li> </ul>

## ウズラ骨格標本 活用法

ウズラ骨格標本を元に特徴的な生理的運動機能を他種間、同種間ごとに比較し、推測する。

### 他種間（生息域や食性が異なる他種の鳥類）

- ・筋肉の付き方
- ・飛行能力
- ・脚力

### 同種間（発育段階や健康状態、発現形態の異なるウズラ同士）

- ・組織形成の度合い
- ・体組織ごとの剛柔の度合い

これからそれぞれ比較していく！



# ブタとブランド化

## ブタとは

猪を人間が利用しやすくするために品種改良や選抜を行った末に産出された家畜のこと

ブタに対して、付加価値を与えると



ブランド豚（銘柄豚）として  
商標登録が可能となる！！



## ブランド豚と通常豚の違い

	通常豚	ある農家のブランド豚
飼育環境	豚房	放牧、豚房
飼料	飼料会社からの配合飼料	自家配合飼料
(トウモロコシ)	○	△
(飼料米)	△	○
(大豆)	○	○
(その他)	—	PM親仔肉
肉の特性	交雑により異なる	柔らかい、脂肪が淡白
交配方法	三元交雑	WLD

この農家において

① 自家配合飼料の給餌  
(無添加)

② 飼料米による肉質の  
変化

などが差別化に  
つながる

## 私達の目的

各ブランド豚において  
飼料配合の違いから  
肉質がどのように  
変化しているかを調査する

# 外科的去勢と免疫学的去勢

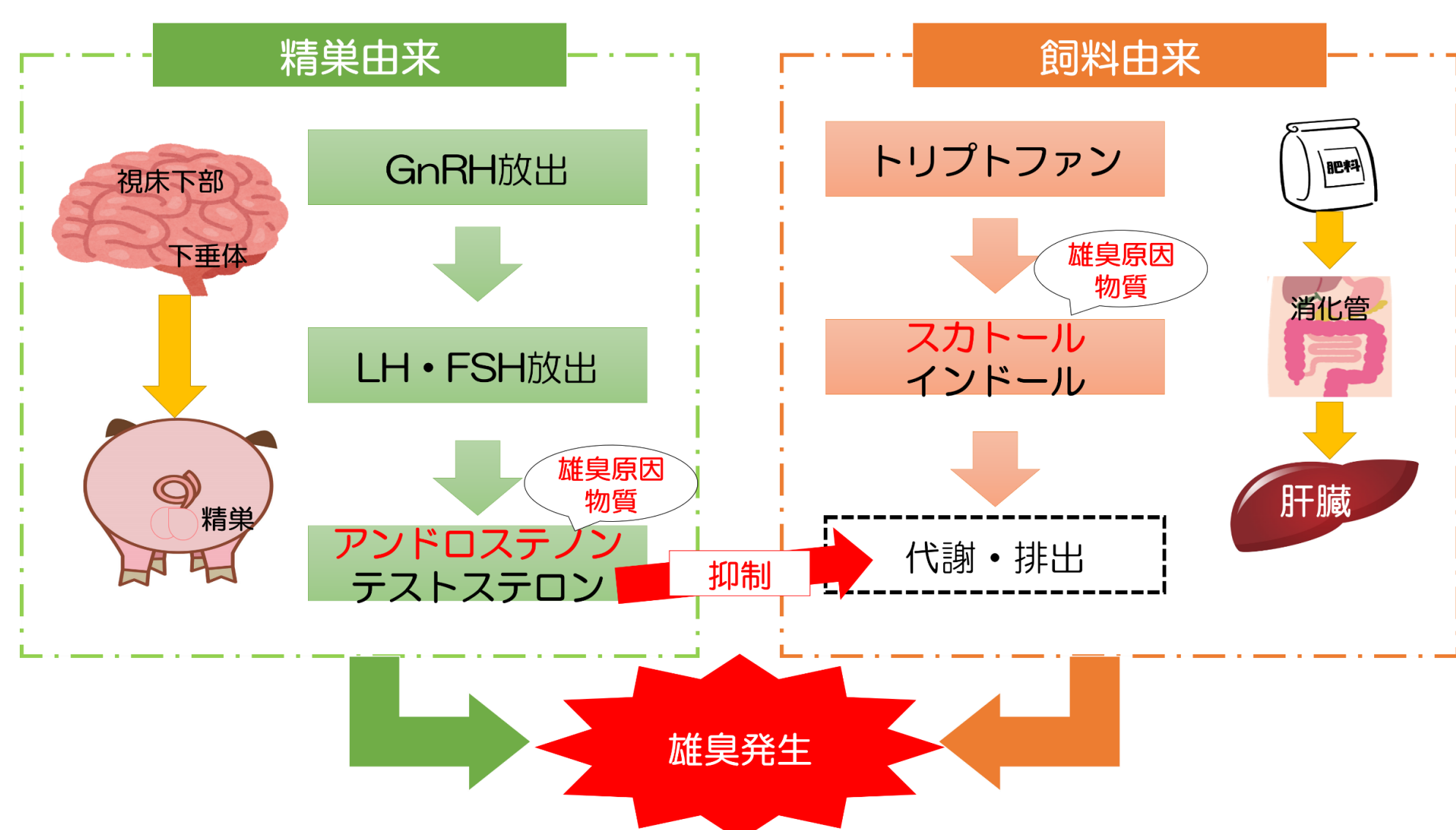
## 去勢とは

雄の精巣を取り除くことで気性の荒い動物などの管理をしやすくするため古代から行われてきた

## 去勢の目的

### 1. 雄臭の抑制

雄臭原因物質であるアンドロステノンとスカトールの産生を抑制し、脂肪に蓄積する雄臭を抑える



### 2. 発情行動の抑制

事故につながる可能性のある行動を抑制し、肥育しやすい環境を作る



主要生産国における雄豚の去勢割合（2015年）  
国によって「去勢方法」の意識に差がある！

→宗教観念や生産量の違い…？

## 外科的去勢と免疫学的去勢



外科的去勢は強い痛みやストレスを与える可能性が大きい

国名	非去勢	免疫学的去勢	外科的去勢
ドイツ	20%	1%	80%
スペイン	80%	5%	15%
フランス	20%	0%	80%
デンマーク	5%	0%	95%
イタリア	2%	5%	93%
オランダ	80%	0%	20%
ベルギー	15%	18%	67%
英国	98%	1%	2%
オーストリア	5%	0%	95%
ハンガリー	1%	0%	99%
ポルトガル	85%	2.5%	12.5%
EU	36%	3%	61%



# インプロバックについて

1998年にオーストラリアで開発された豚の**免疫システム**に作用して精巣の活動を抑制し、雄臭をコントロールする新しいコンセプトの**免疫学的去勢製剤**。

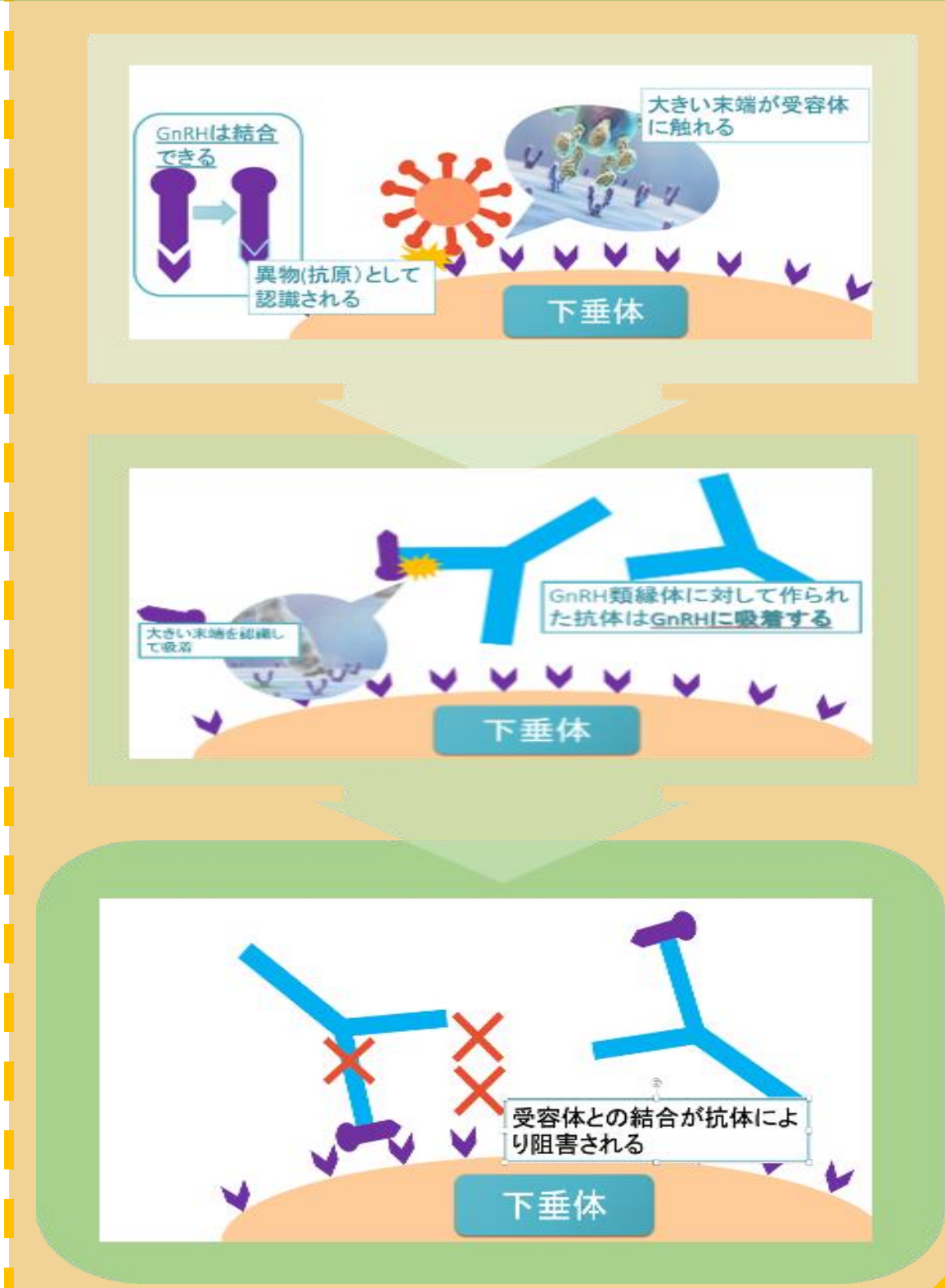
副作用など薬理作用がない**ペプチド製薬**である。

日本では2010年4月から販売が開始されたがまだ**使用実例は少ない**。

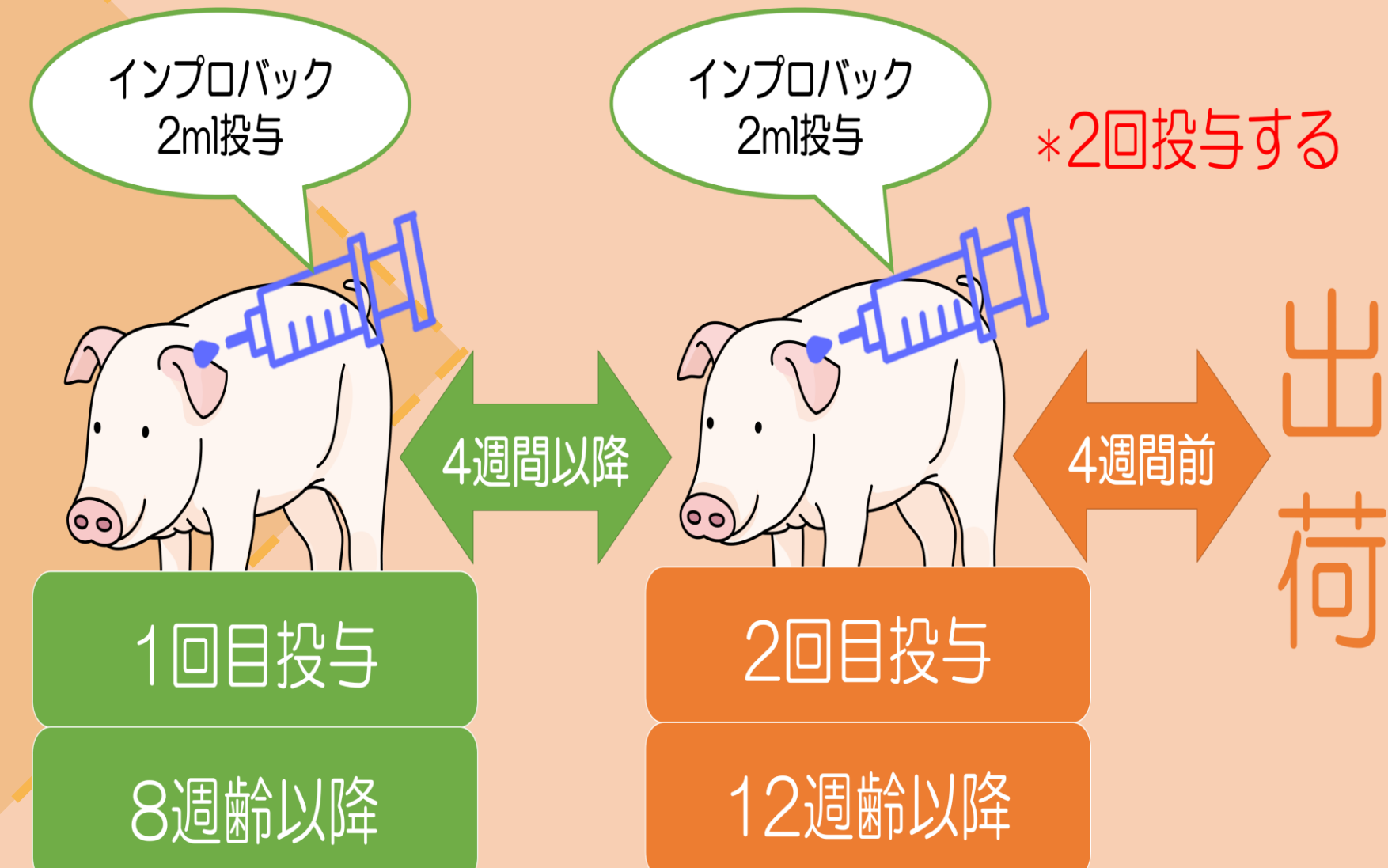
## インプロバック主剤

成分名	GnRH類縁体	ジフテリアトキシソイド化合物
機能・効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>●9個のアミノ酸からなるペプチド</li> <li>●末端は加工されている</li> <li>●GnRHとして認識されない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●人用ワクチンとしても使用されている</li> <li>●大きなタンパク質でGnRH類縁体と結合する</li> <li>●キャリアタンパク質としての効果がある</li> </ul>

## インプロバックの作用機序



## インプロバックの使用方法



## なぜ2回投与するのか



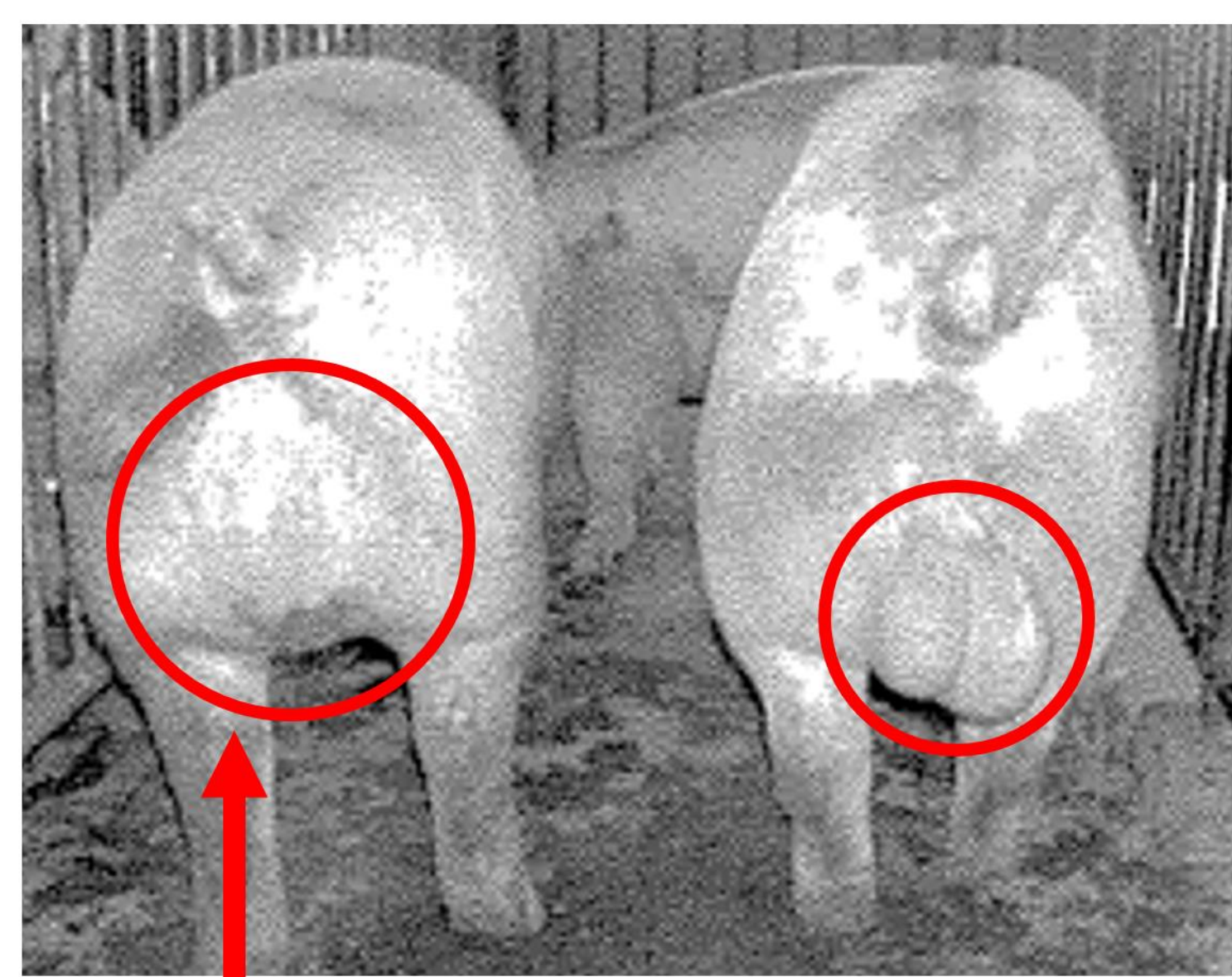
1回目の投与では豚の免疫系を準備させるためであり**精巣機能や雄臭には機能しない**

2回目の投与をすると迅速に**反応し免疫応答を引き起こす。**

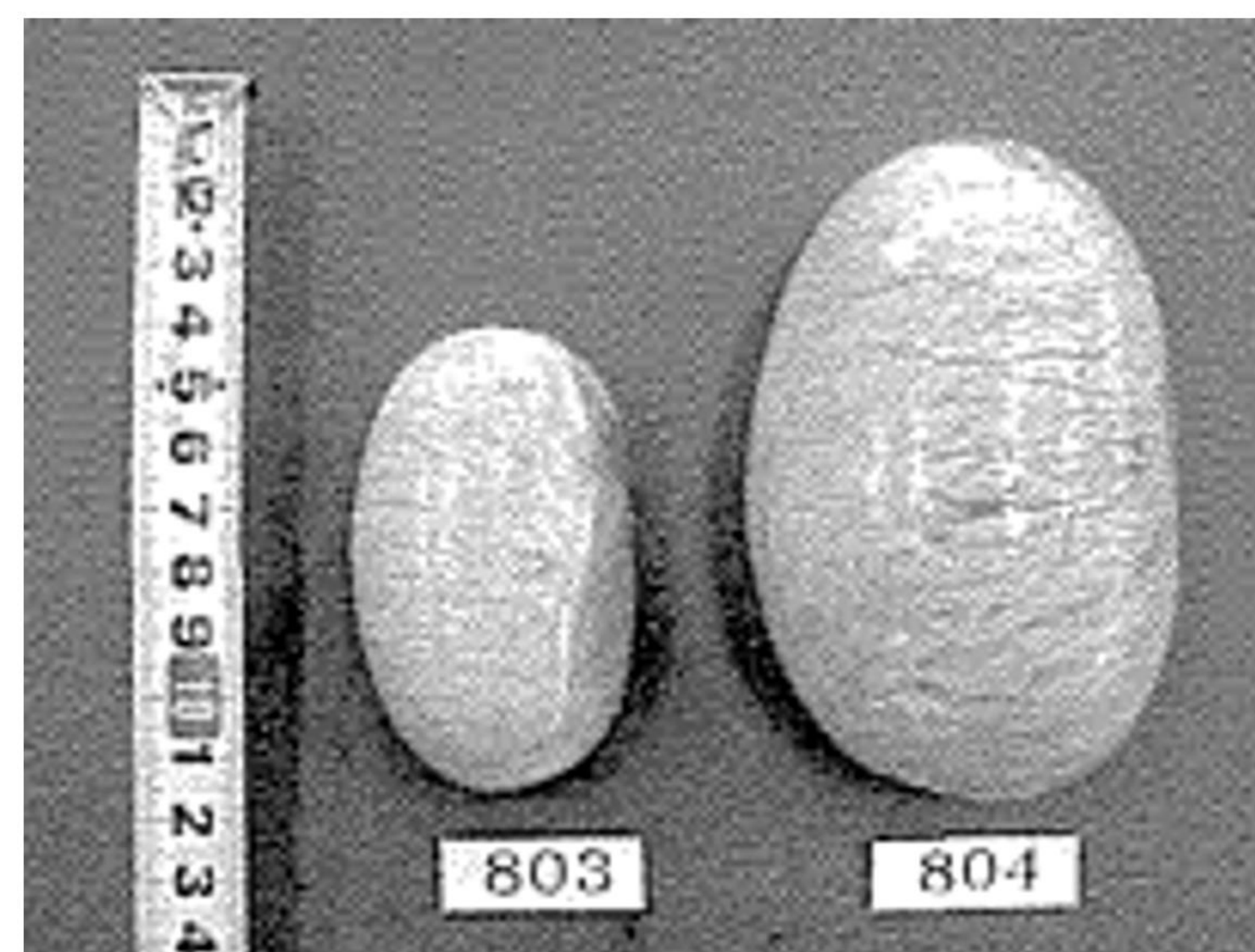
## 免疫学的去勢の効果

### 直接的効果

#### ①精巣の萎縮、重量の低下



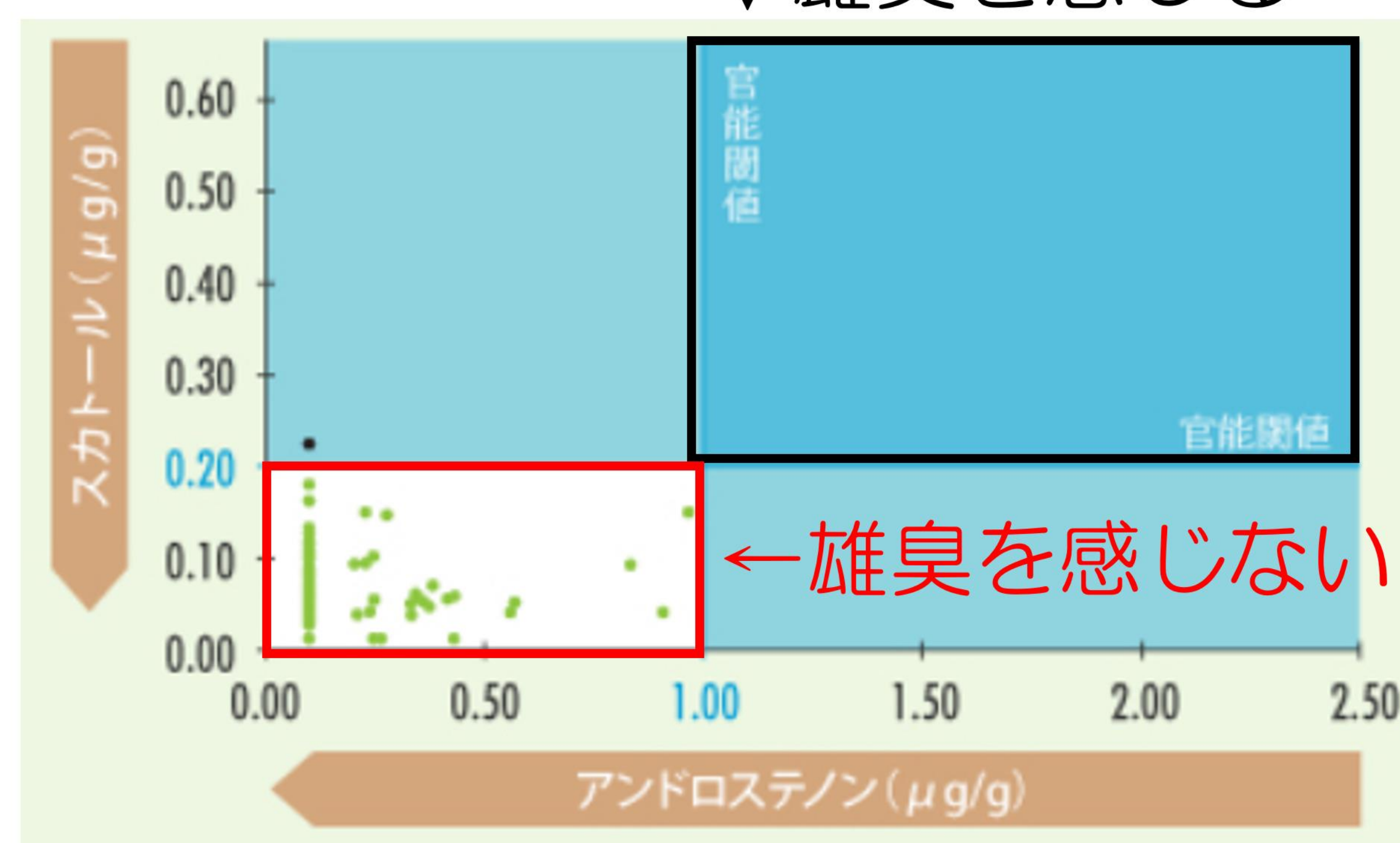
萎縮している！



免疫学的去勢豚→**344.9g**  
無去勢豚→**447.2g**

#### ②雄臭の低下

↓雄臭を感じる



Improvac.com「技術情報」より

### 間接的効果

#### ①飼料効率の向上

外科的去勢豚に比べて、同一体重に達するのに飼料摂取量が**10%~15%**少なくすむ

#### ②赤身肉増量、脂肪量の適正化

2回目投与まで雄として肥育できるため、非去勢雄豚と同じような増体（**脂肪がつきにくく赤身の割合が大きくなる**）を続ける傾向がある  
→最終的に外科的去勢、メスよりも**多くの肉が取れる**

#### ③抗病性の向上

精巣で作られる抗菌活性物質が、肥育中にも分泌されるため**死亡率、事故率**が下がる



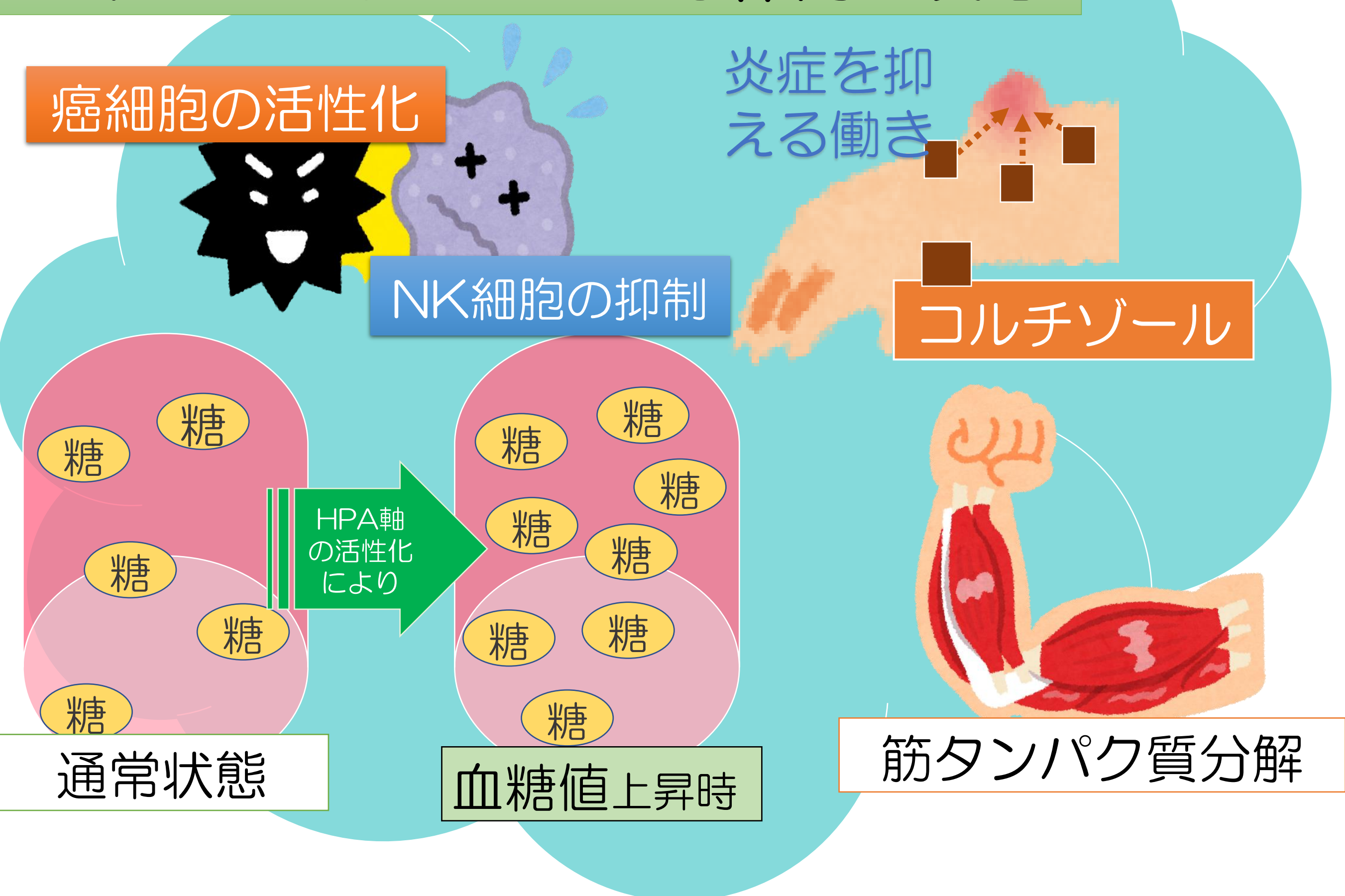
# ストレスとストレスマーカー

## ストレスとは？

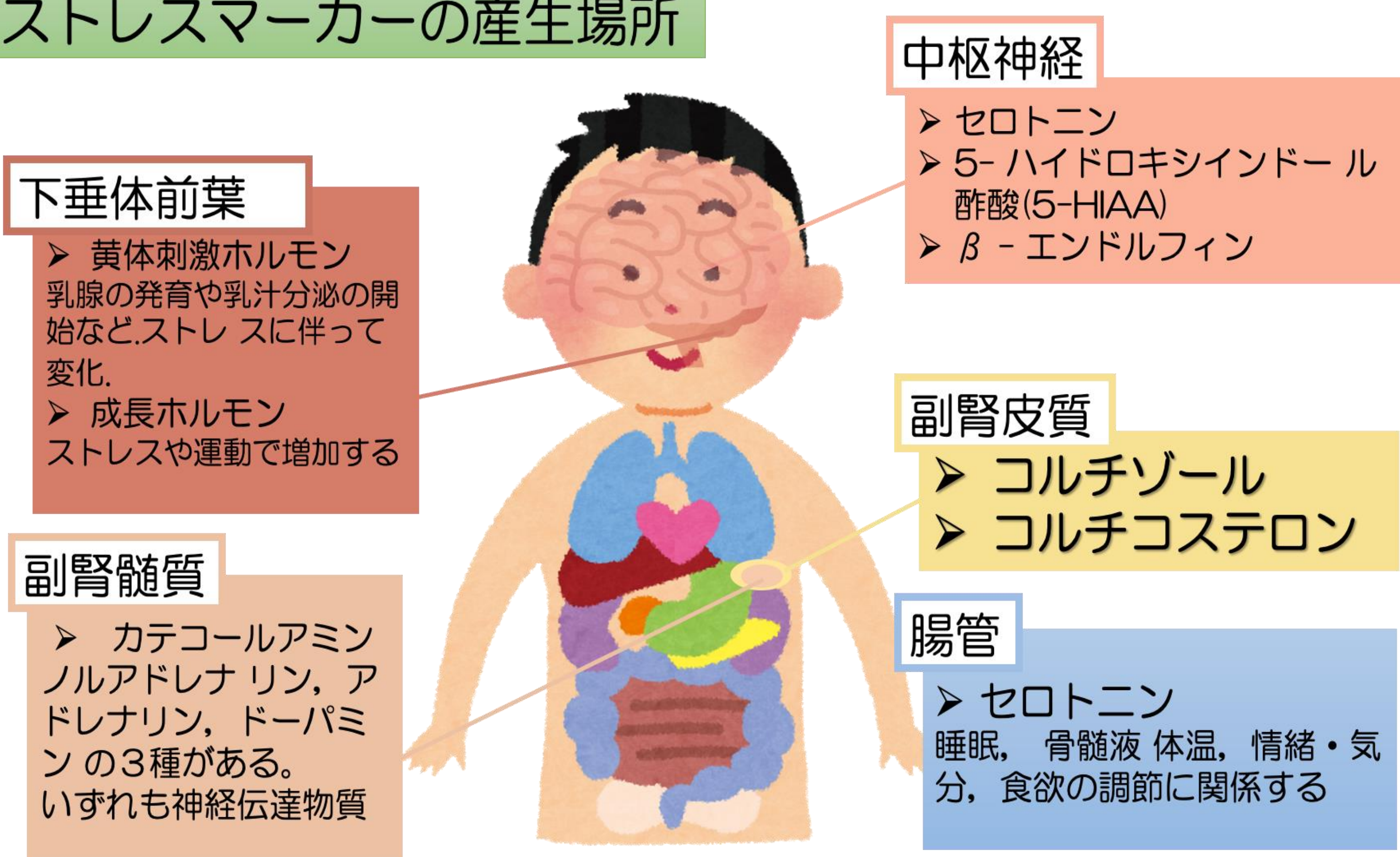
外部からの刺激を受けた際に体の内部で生じる反応のこと

生体が発する様々なシグナルのうち、ストレスによって敏感に変動するものは、**ストレスマーカー**と呼ばれる。

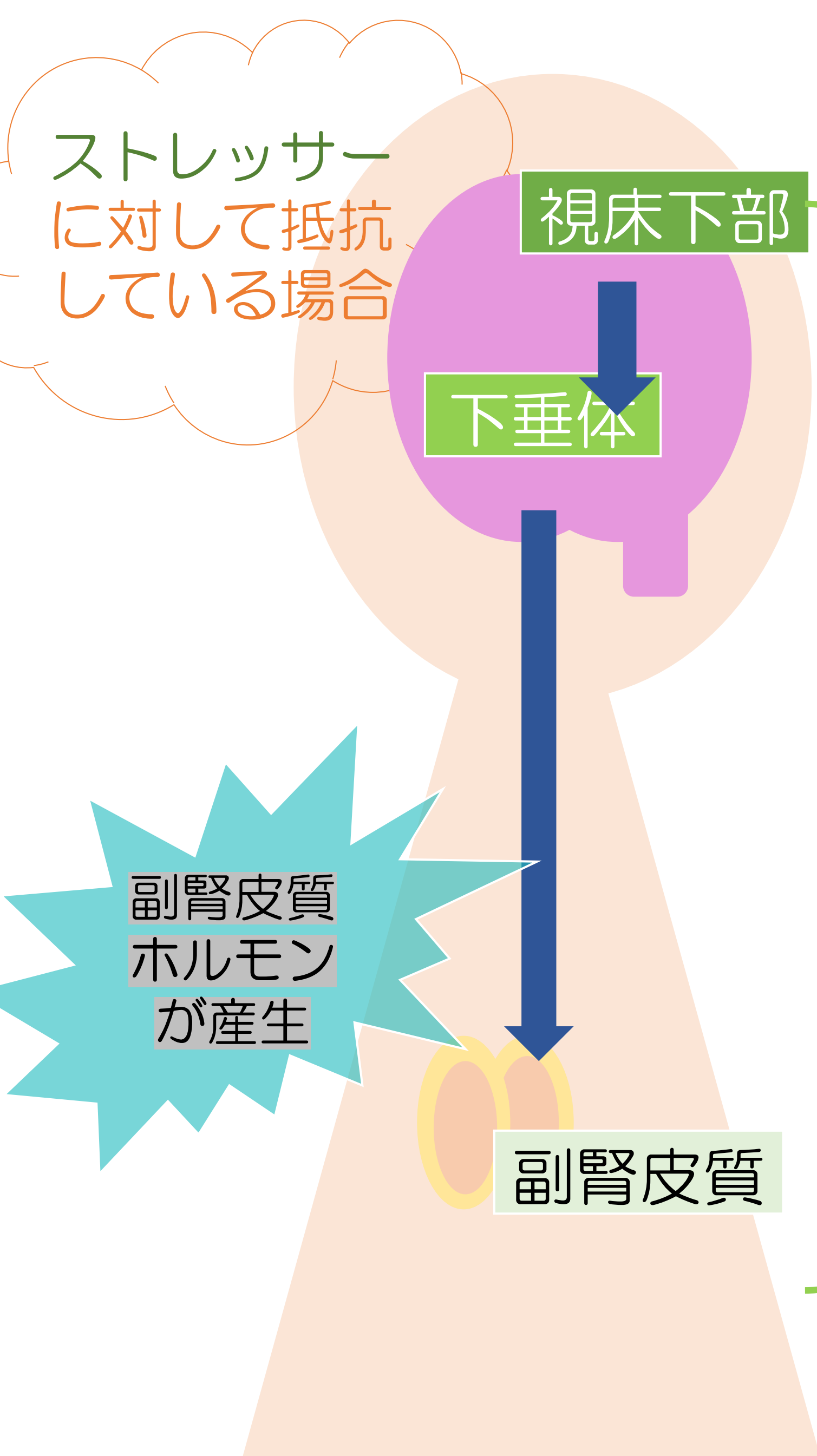
## ストレスによっておこる体内の反応



## ストレスマーカーの産生場所



## コルチコステロンとコルチゾール



### ストレス内分泌反応 (HPA軸)

ストレスを感じると視床下部から副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン (CRH) が分泌され、下垂体から副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) の分泌が促進される。ACTHは副腎皮質を刺激し、コルチゾールの分泌を促進する

	急性ストレス	慢性ストレス
ストレスレベルの移行		
侵襲性	○?	×
蓄積時間	数分～数十分	数ヶ月
サンプリング可能な検体	血漿、唾液、乳汁、尿、糞便、鼓膜温	被毛、羽毛、爪、鼓膜温

コルチゾール・コルチコステロンはサンプリングが**非侵襲的** →**個体への影響が少ない**

## コルチゾール

## コルチコステロン

主要とする生物

ヒト・ブタ

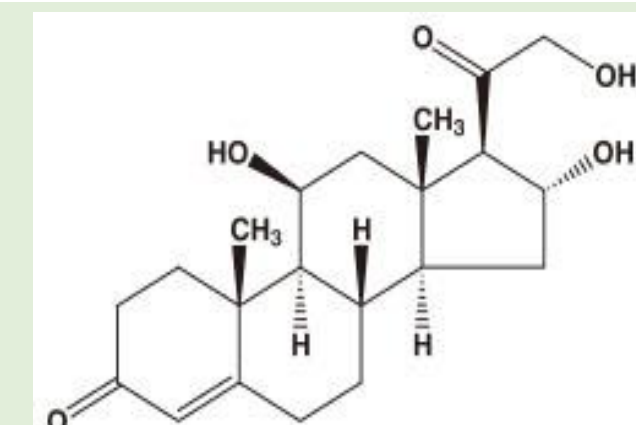
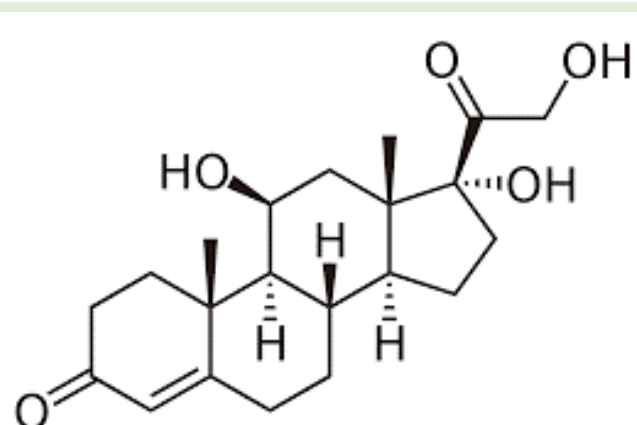
鳥類・マウス

働き

血圧上昇  
血糖上昇  
心拍出量の上昇

コルチゾールと同様な働き (活性は弱い)

構造式



私達はこの実験をニーズのあるニワトリで実験しようとして試みたが、新型コロナウイルスの影響などにより、現在実験動物としてウズラを用いて行っている。この実験を通じて動物福祉的観点から免疫学的去勢の有用性を図っていく。



# 免疫学的去勢を施した家畜の筋肉への影響

## ◆家畜の肉質への影響

ロース断面積や背脂肪厚は、市場で見られる肉の等級を決める際に、重要な役割を果たす。

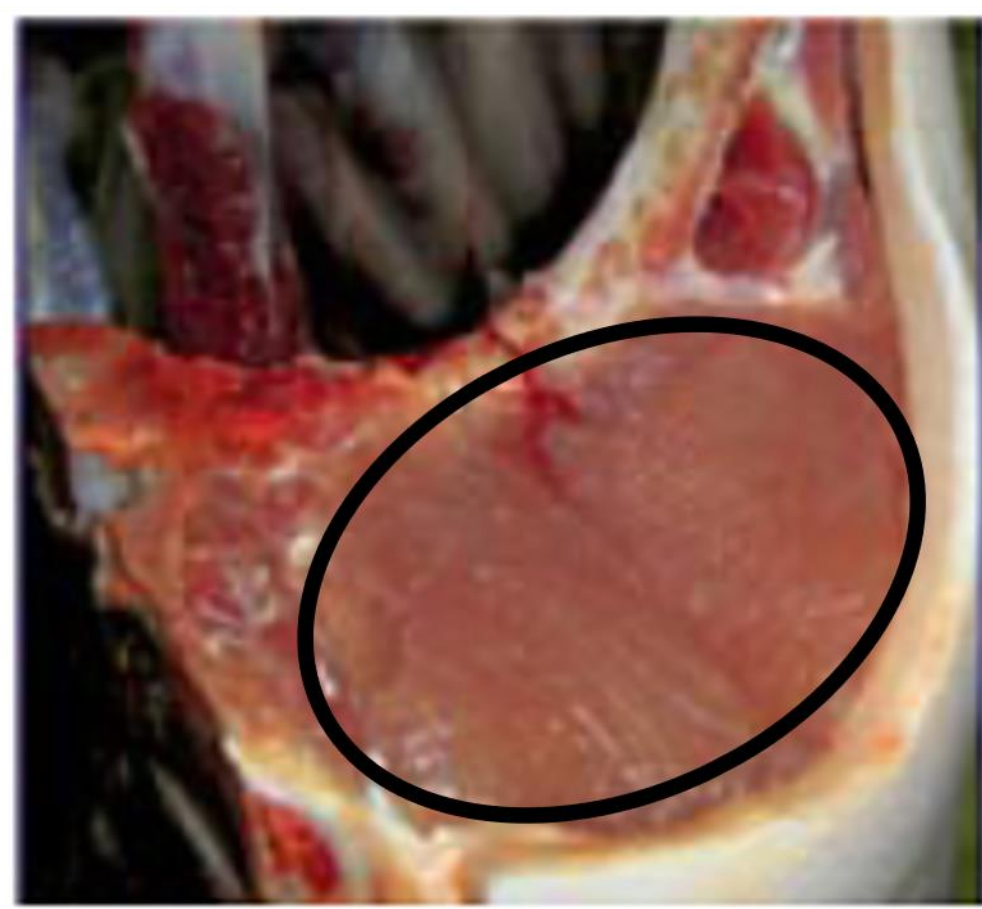
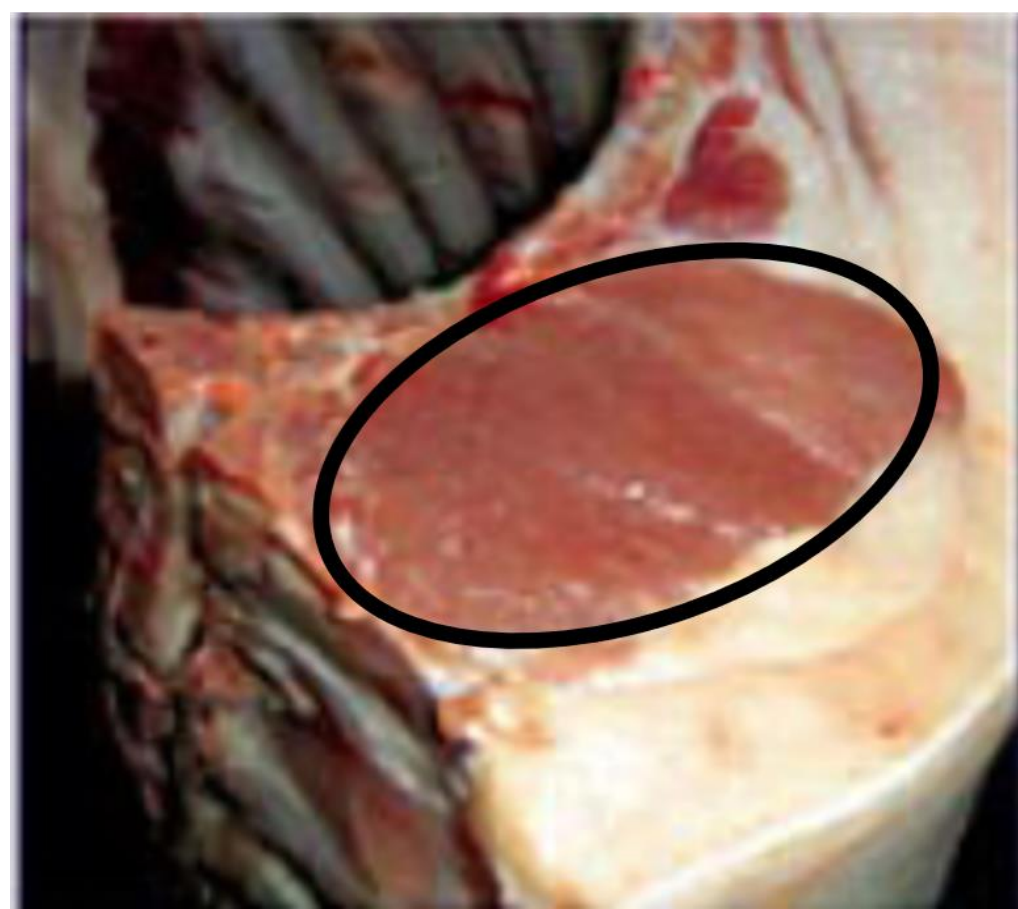
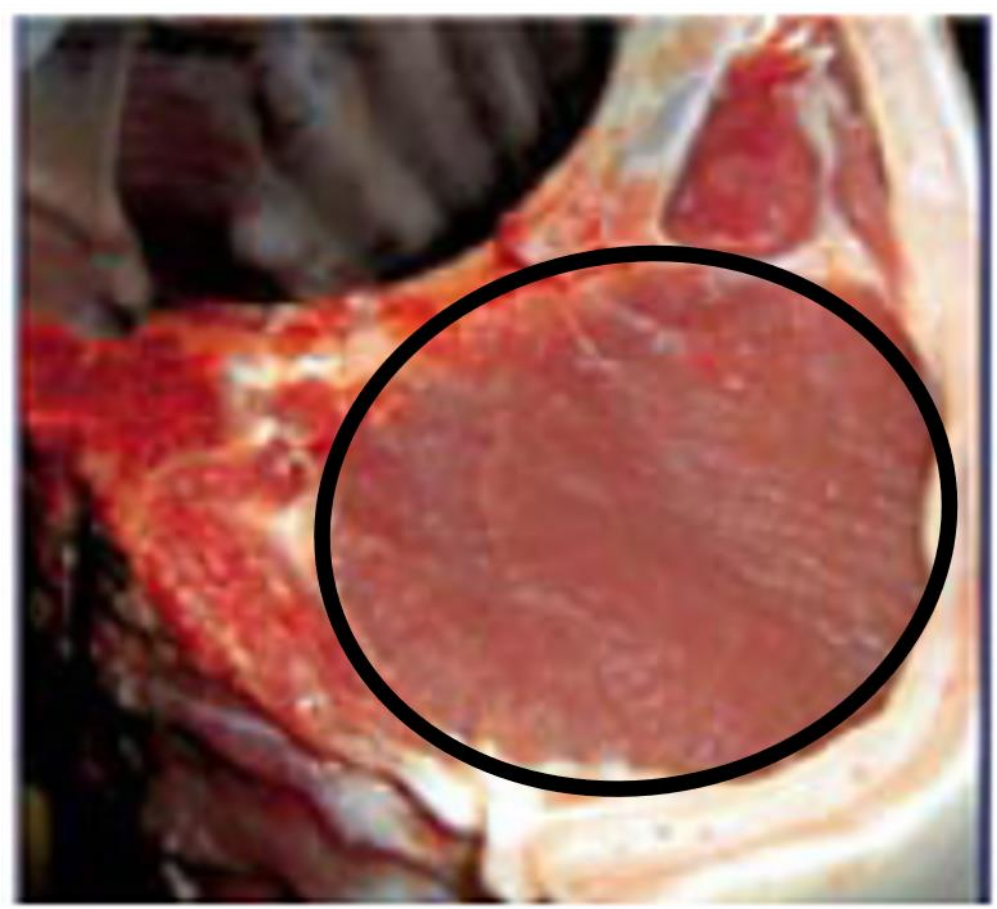
肉質比較			
	免疫学的去勢群	外科的去勢群	無去勢群
ロース断面積 (cm <sup>2</sup> )	26.3	24.3	24.6
背脂肪厚 (背) (cm)	1.9	2.2	1.5

Nakane, Yamaguchi, T. Kinoshita, S. and Numao, M. (2012) 「雄豚における免疫学的去勢剤の効果と精巢機能」 [https://jp-spf-swine.org/All\\_about\\_SWINE/AAS/41/41\\_12-29.pdf](https://jp-spf-swine.org/All_about_SWINE/AAS/41/41_12-29.pdf)

免疫学的去勢群

外科的去勢群

無去勢群



IMPROVAC.COM 「技術情報」 <https://www.improvac.com/jp/technical-information.aspxより>

免疫学的去勢された家畜は  
たくさんの赤身が取れる。  
適度な背脂肪厚が得られる。  
→外科的去勢された家畜と同等か、  
それ以上の肉が作れる可能性がある！

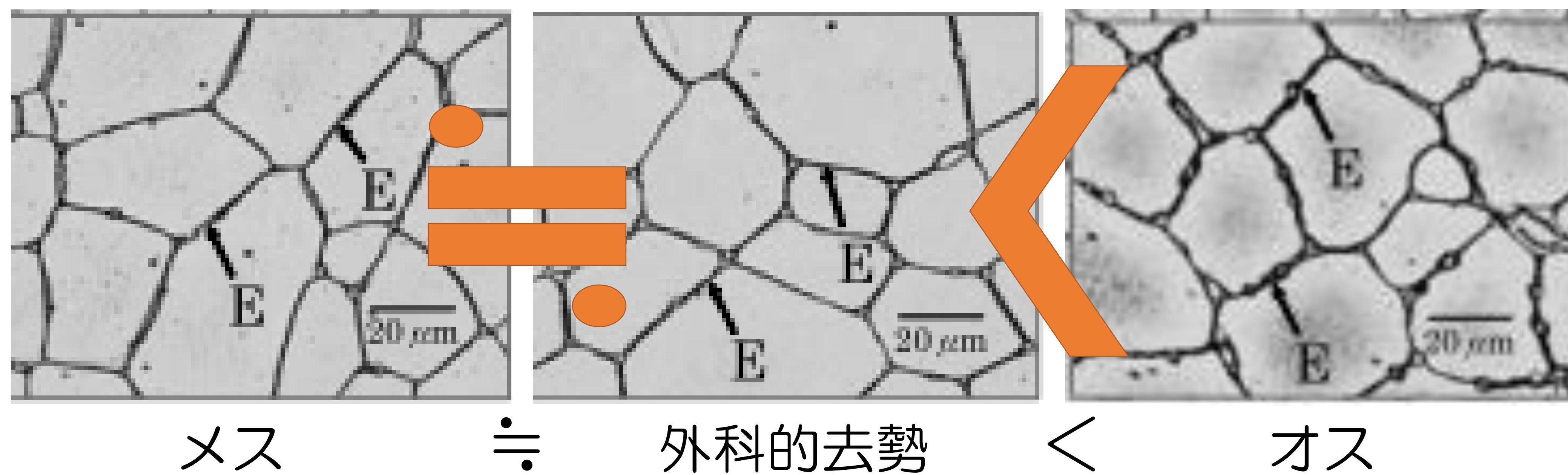
ロース断面積：免疫学的去勢 ≧ 無去勢群 > 外科的去勢

➤ では、その他の評価項目ではどうだろうか…？

フィリピンで行われた、豚肉審査会で臭い、味、柔らかさ、肉汁などの項目で官能評価をしたところ、免疫学的去勢豚肉と外科的去勢豚肉と雌豚肉の間に何の違ひも発見できなかったという結果が出ている。

鈴木章 「雄豚の外科去勢に代わる免疫去勢とその肉質」 <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030731332.pdf>

## ◆外科的去勢鶏における筋細胞の比較

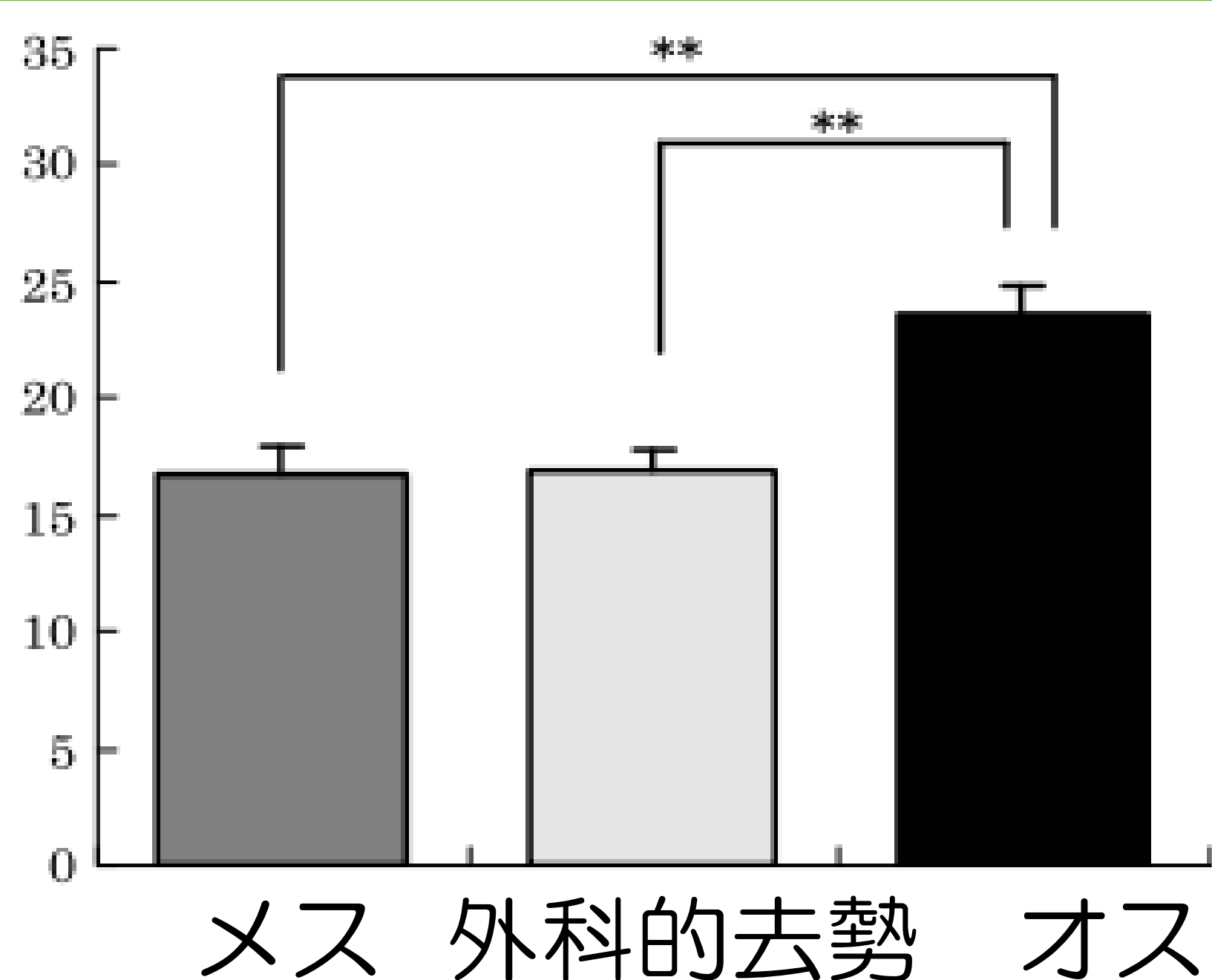


肉の硬さの要因の一つである、筋内膜の厚さが  
メス ≧ 外科的去勢 < オス  
という結果に！  
(E → 筋内膜)

Kazuhiro Rikimaru, Shuji Ogawa, Megumi Komastu and Johji Ishizuka 「Effects of Caponization on Meat Quality of Hinai-jidori Chicken」 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/46/4/46\\_46.345/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/46/4/46_46.345/_pdf/-char/en) より

せん断性 (噛み切るのに必要な力)  
メス ≧ 外科的去勢 < オス

➤ 肉が硬くなる要因



- ✓ コラーゲンからなる、筋線維や筋細胞とそれらを包んでいる結合組織である各種の膜(筋内膜、筋周膜など)
- ✓ 膜の結合の強さ
- ✓ 筋肉が良く使われること
- ✓ 動物の成長
- ✓ 性別

沖谷明紘 「食肉のおいしさの決定要因」 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/eiyogakuzashi1941/60/3/60\\_3\\_119/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/eiyogakuzashi1941/60/3/60_3_119/_pdf/-char/ja)

➤ オスはなぜメスや去勢より肉が硬くなる??

オスの肉は雄性ホルモンの影響で筋肉がつきやすく、筋肉同士の結合が強くなるため。  
また、オスは闘争行動で日常生活では使わない筋肉を使用するため。

免疫学的去勢を施した家畜の筋細胞はオスに近いのか？メスに近いのか？  
外科的去勢に近いのか？ウズラを使用し、観察していく！





# メキシカンヘアレスピッグの研究



## メキシカンヘアレスピッグとは

豚の他品種に比べて体毛がないか、まばらであることが特徴的な小型の品種である。そのため、皮膚の反応が確認しやすいことから、皮膚科領域の研究などに利用されている。

もともとの皮膚色は黒であるが、肌色や黒斑を示す個体も出現する。肌色を示し、体毛数の少ない個体を中心に系統造成されている。

## 研究目的

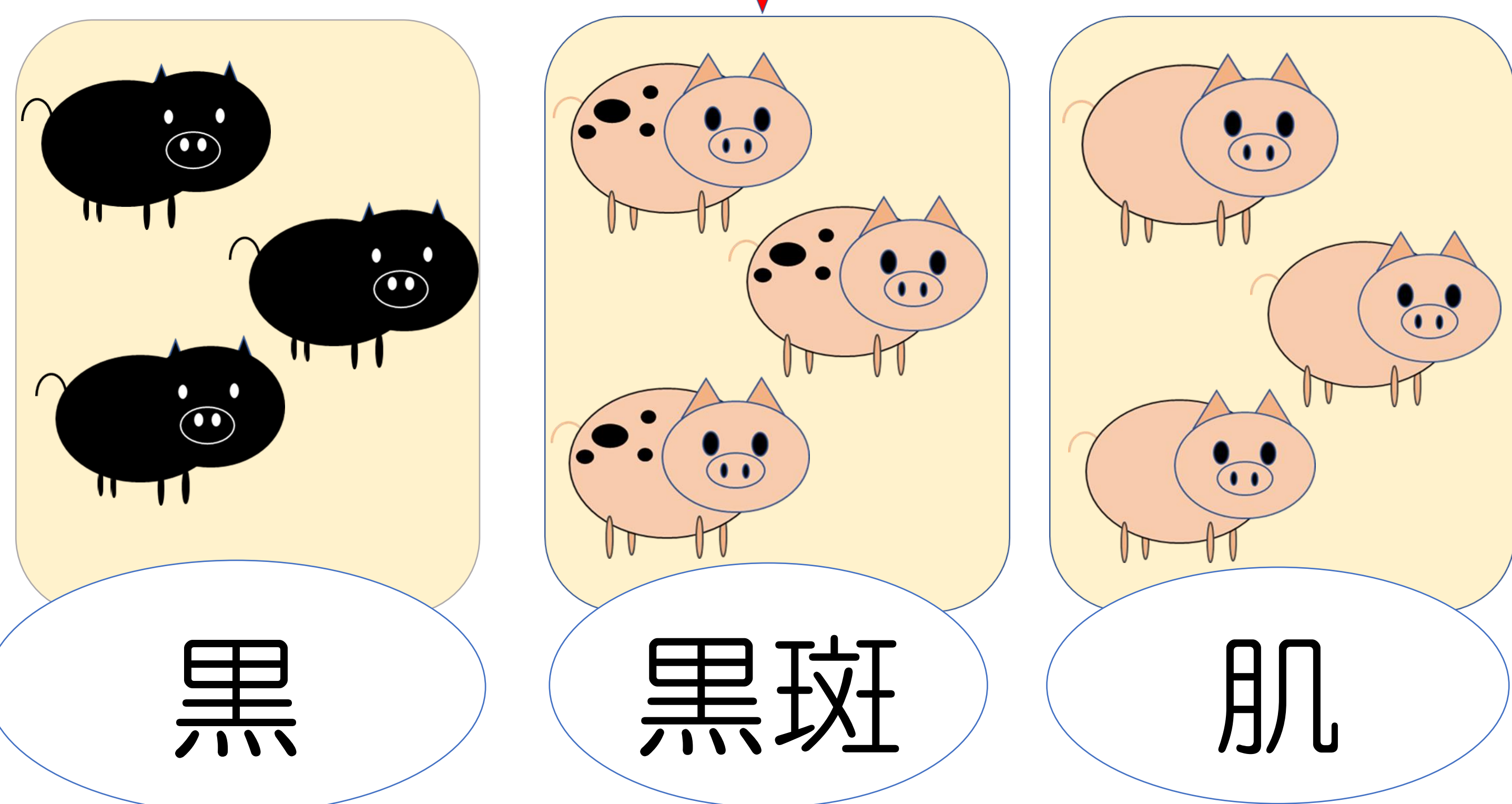
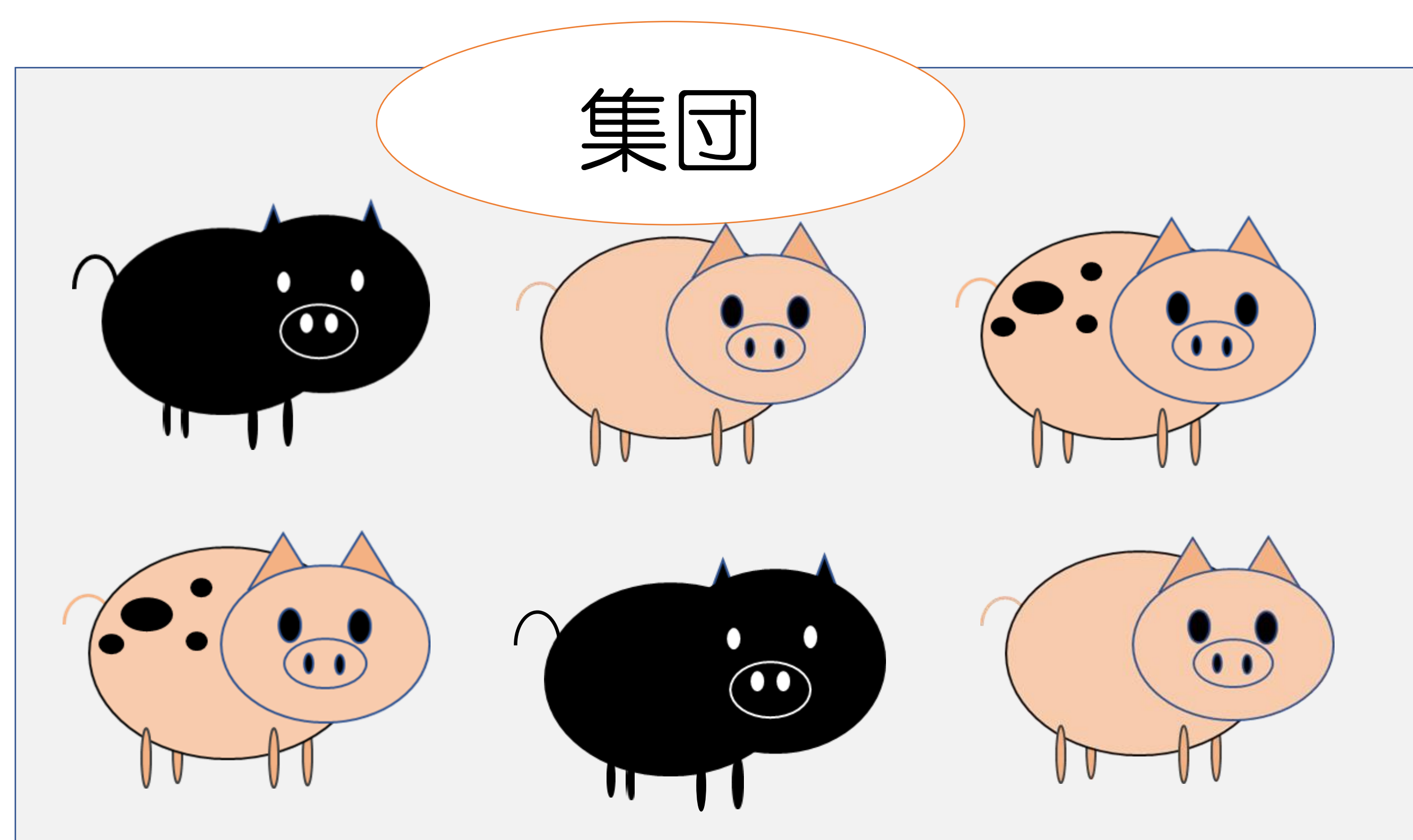
系統造成されたメキシカンヘアレスピッグの集団は、体毛数及び皮膚色にばらつきがあることから、体毛数や皮膚色に関わる遺伝子の発見に有効であると考えられる。

この集団とDNAマーカーを用いて、皮膚色に関連する染色体領域を特定し、候補遺伝子を探し出す。

## 研究方法

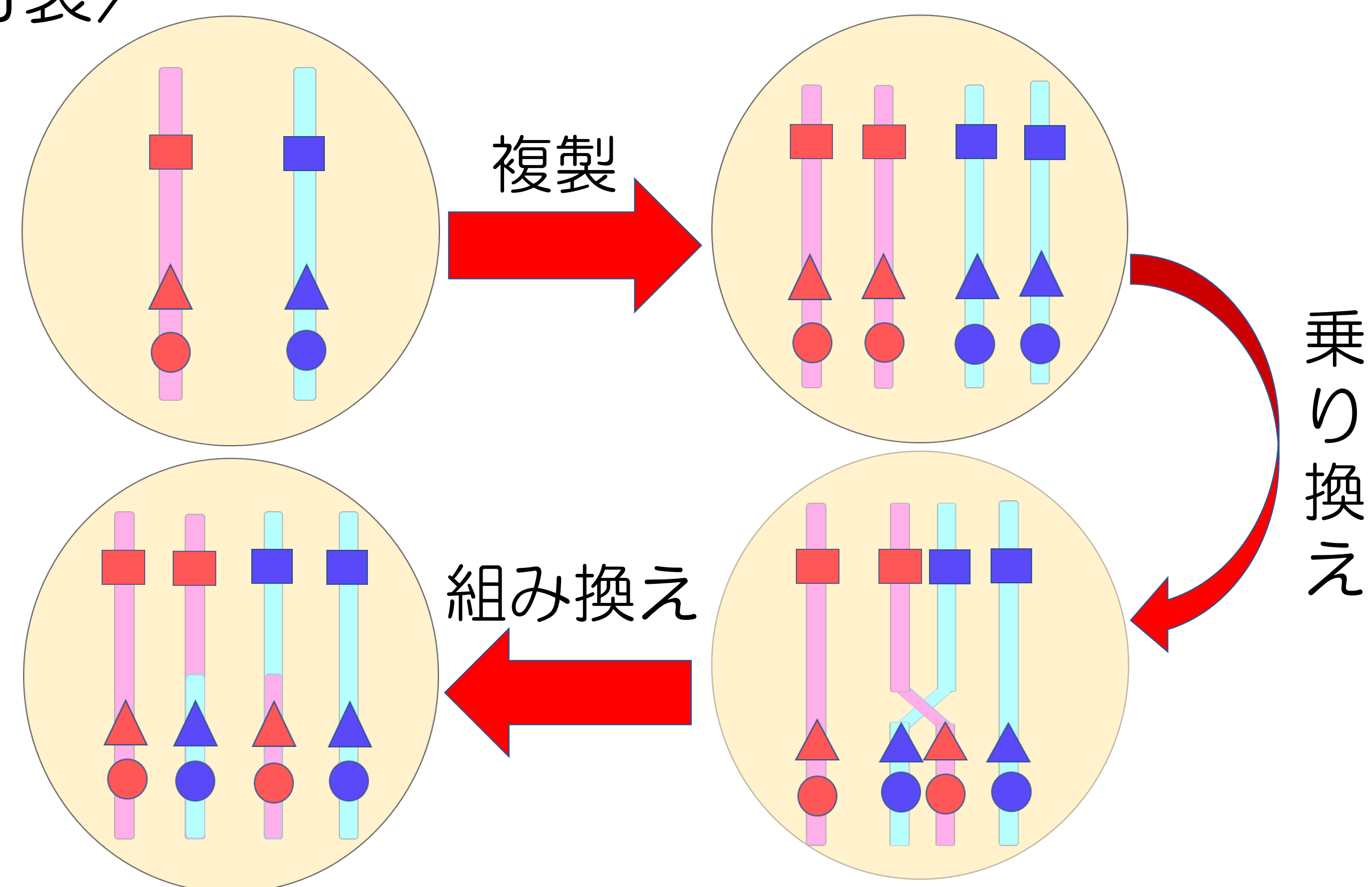
①皮膚色・体毛数に関わる染色体領域を検出するための集団を選ぶ。

### 皮膚色の場合

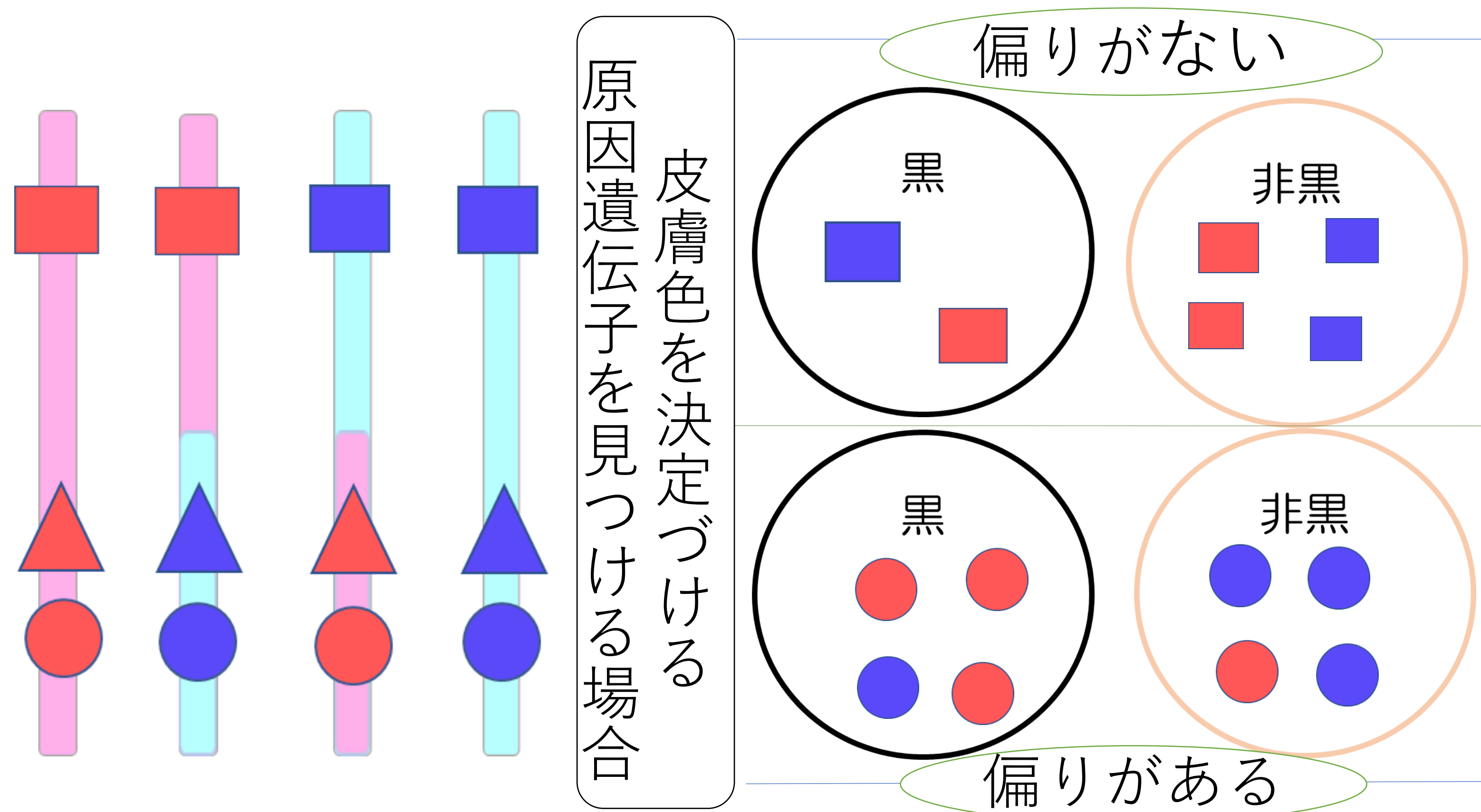


③集団間でアレル頻度を比較し、アレル頻度が異なるマーカーを探す。

〈減数分裂〉



離れて位置する遺伝子間では組換えが起こりやすい  
近くに位置する遺伝子間では組換えが起こりにくい



▲を黒になる遺伝子型 ▲を非黒の遺伝子型と仮定

②DNAマーカーの型判定を行い、各表現型におけるアレル頻度を調べる。

DNAマーカー：個体差を示すDNA配列  
アレル：対立遺伝子  
アレル頻度：集団内に出現するアレルの頻度

■・△・○：DNAマーカー  
△が皮膚色を決定づける原因遺伝子と仮定すると、△に近いマーカー○は、△から遠いマーカー■よりもアレル頻度に偏りがあるため○の近くに原因遺伝子があると考えられる。(=連鎖している)



# スクレイピーの性質と抵抗性の研究

## スクレイピーとはどんな病気なのか？

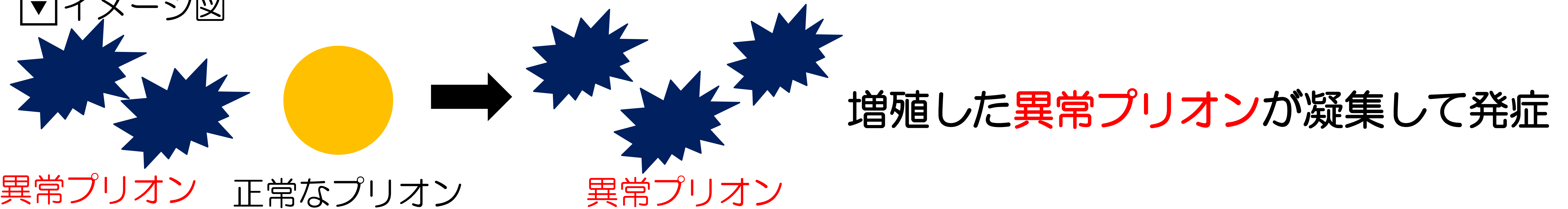
18世紀以来、西ヨーロッパを中心に流行した**ヒツジ**の病気です。  
 病気の特徴として

- ①発症すると、激しい痒みが生じ柵などに体を擦り付ける
- ②炎症や免疫反応が見られない。病名の由来は英語で擦る<scrape>
- ③病変は脳や脊髄などの中枢神経系に限定され、重症化すると脳の組織がスポンジ状になる。
- ④潜伏期間が長く、感染してから発病まで時間がかかる（数ヶ月～数年）
- ⑤感染個体の脊髄神経や脳などを摂取することで感染する（異種動物への感染は種間差がある）



また、スクレイピーは**伝達性海綿状脳症** (Transmissible spongiform encephalopathies: TSE) という神経系を破壊する病気の一つであり、ウシの**BSE**やヒトの**ヤコブ病**などもこれの一種です。発症の原因とされているのが**異常型プリオンタンパク質 (PrP)** と呼ばれるタンパク質で、このPrPが他の正常なプリオンタンパク質を連鎖的に異常型に変化させそれが凝集し神経細胞を死滅させます。プリオンタンパク質とは脳や腸に存在するタンパク質で性質として熱や紫外線にも強いいため不活化や除去が非常に困難であるがプリオンが原因で引き起こされる病気は通常、接触感染や飛沫感染などの心配はないとされています。

▼イメージ図



## スクレイピーに対する**抵抗性**、**感受性**

スクレイピーの原因となりうるタンパク質はプリオン遺伝子によって決められており、プリオン遺伝子の3箇所のアミノ酸の差異 (codon 136 154 171) によって、スクレイピーに対して**抵抗性**、**ノーマル**、**感受性**を持つ個体に分けられます。

Codon 136= A (アラニン)  
**V (バリン) : 感受性**

Codon 154= R (アルギニン)  
 H (ヒスチジン)

Codon 171= Q (グルタミン)  
 H (ヒスチジン)  
**R (アルギニン) : 抵抗性**



\*Belt *et al.* J Gen. Vir. 1995より引用

遺伝子型	NSPグループ	スクレイピー発症の危険性
ARR/ARR	1	非常に低い
ARR/AHQ	2	低い
ARR/ARH		
ARR/ARQ		
AHQ/AHQ	3	普通
AHQ/ARH		
AHQ/ARQ		
ARH/ARH		
ARR/VRQ	4	普通
AHQ/VRQ		
ARH/VRQ		
ARQ/VRQ		
VRQ/VRQ	5	高い

\*DAWSON *et al.* Vet. Res. 2008より引用

## 本研究の目的

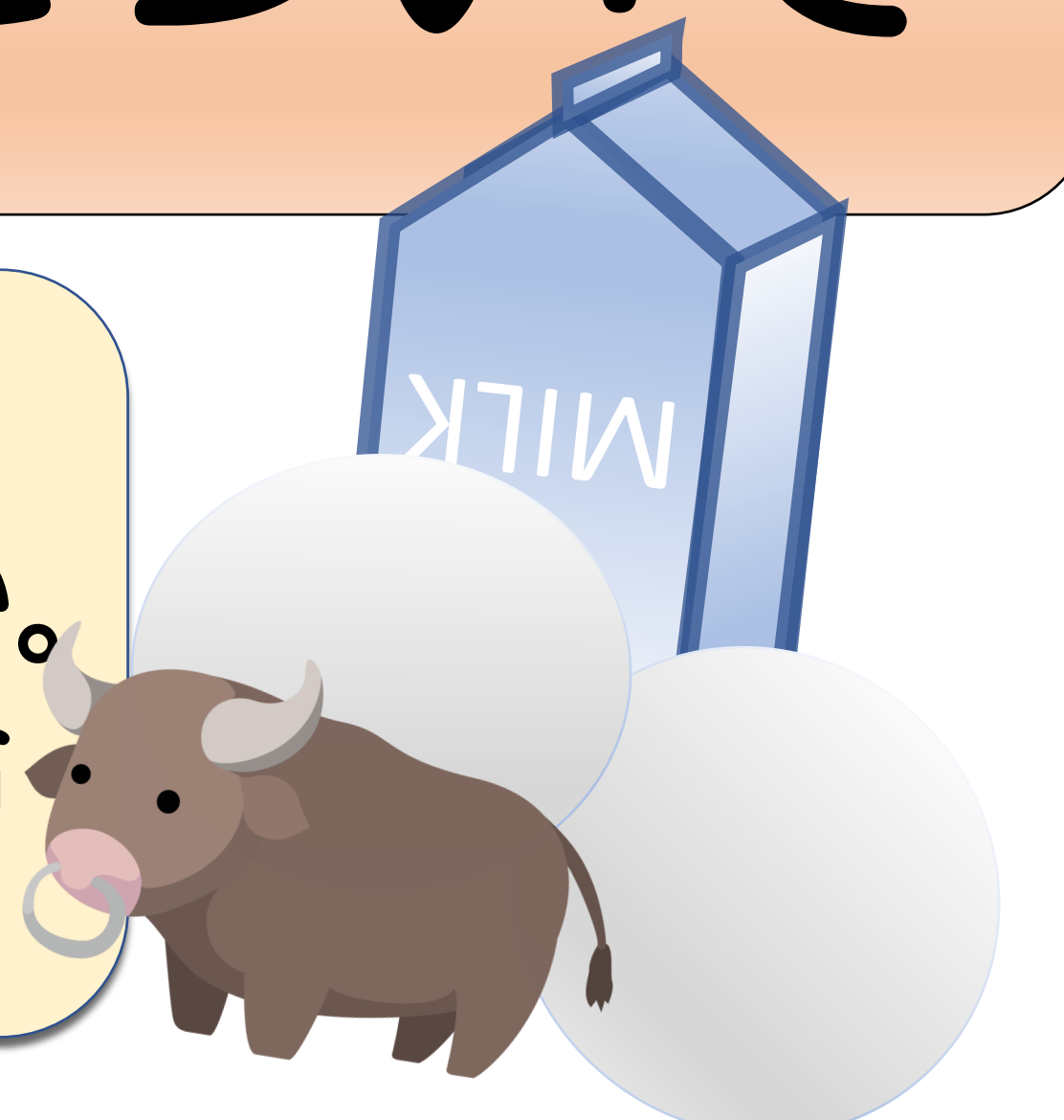
本研究室では、(有) ジャパンラムとの共同研究で、プリオン遺伝子の塩基配列を解析しています。**抵抗性**の個体と**感受性**の個体には3箇所のコドンの差が見つかりましたが、他に違いが存在しないのかをヒツジの**プリオンタンパク質遺伝子**の遺伝子型を用いて調べることで



# 水牛と水牛のモッツァレラチーズについて

## 水牛を選んだ背景

日本でも人気のある水牛のモッツァレラチーズがどのようにできているのか。世界全体の乳生産量では乳牛の次に多い水牛乳が令和二年に日本の乳等省令改正にて、水牛乳が日本の乳として定められた。



## 水牛

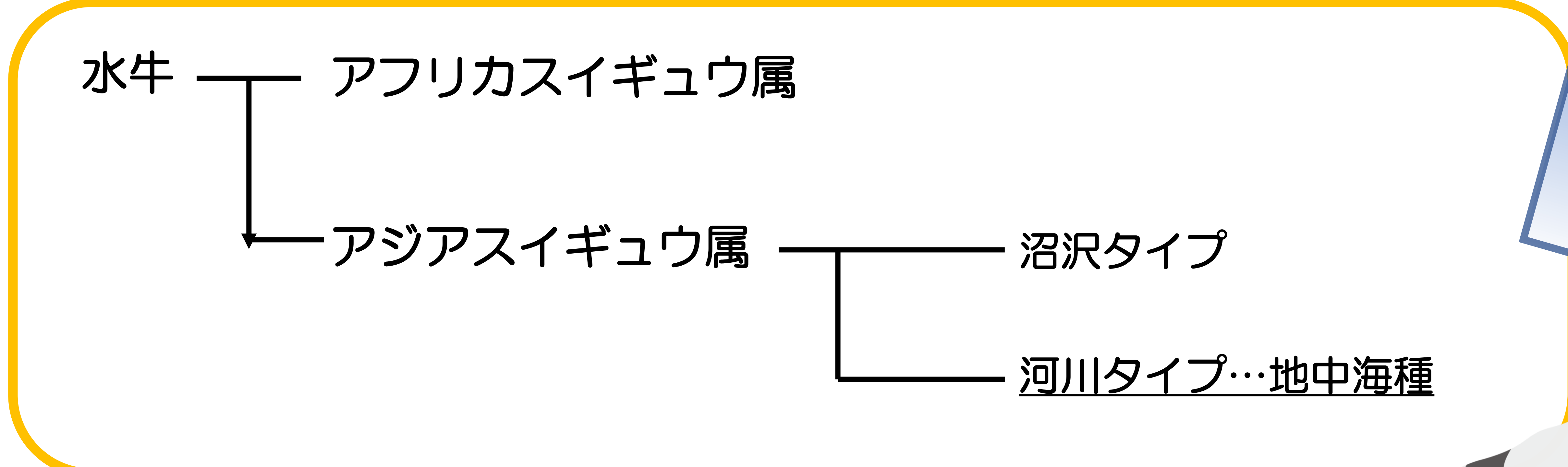
スイギュウは、ウシ科の草食動物で、アフリカスイギュウ属とアジアスイギュウ属に分けられる。また、家畜化されたスイギュウは世界全体で1億8千万頭が飼育されている。

沼沢タイプ：東南アジアおよび中国南部  
 河川タイプ：バルカン、イタリア、エジプト

生乳生産に使われるのは主に河川タイプであり、モッツァレラチーズに使われるのは地中海種

熱帯農業 30(2):113-140, 1986 水牛科学に関する近年の研究 日本熱帯農業学会熱帯動物資源研究委員会 柏原孝夫(茨城大学農学部) file:///D:/水牛科学に関する近年の研究.pdf 11/18閲覧

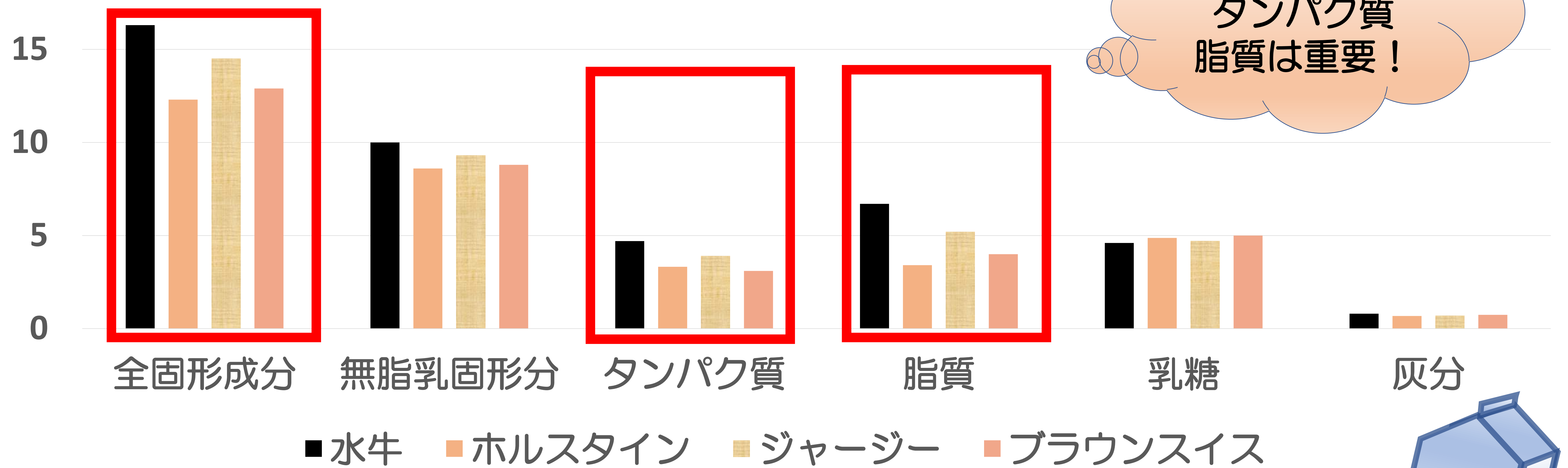
Buffalo production and reserch, Edited by Antonio Borghese <http://www.fao.org/3/a-ah847e.pdf> 12/4閲覧



## 水牛と乳各種牛乳の成分(%)

	全固形成分	無脂乳固形分	タンパク質	脂質	乳糖	灰分
水牛	<b>16.3</b>	10.0	<b>4.7</b>	<b>6.7</b>	4.6	0.8
ホルスタイン種	12.3	8.6	3.32	3.41	4.87	0.68
ジャージー種	14.5	9.3	3.9	5.2	4.7	0.7
ブラウンスイス種	12.9	8.8	3.1			0.74

チーズにおいてタンパク質脂質は重要!



参照 ジャージーとホルスタインミルクから作られた乳製品の品質特性の比較: <http://docsdrive.com/pdfs/academicjournals/iids/2011/199-226.pdf> 12/4閲覧  
 Milk | Buffalo Milk Author links open overlay panel J.S.Sindhu S.Arora: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074003162> 12/4閲覧  
 ブラウンスイス種の特性と飼養管理技術, 独立行政法人 家畜改良センター: [http://www.nlbc.go.jp/research/braunsuis\\_manual.pdf](http://www.nlbc.go.jp/research/braunsuis_manual.pdf) 12/4閲覧





## 成分の特徴

### タンパク質：

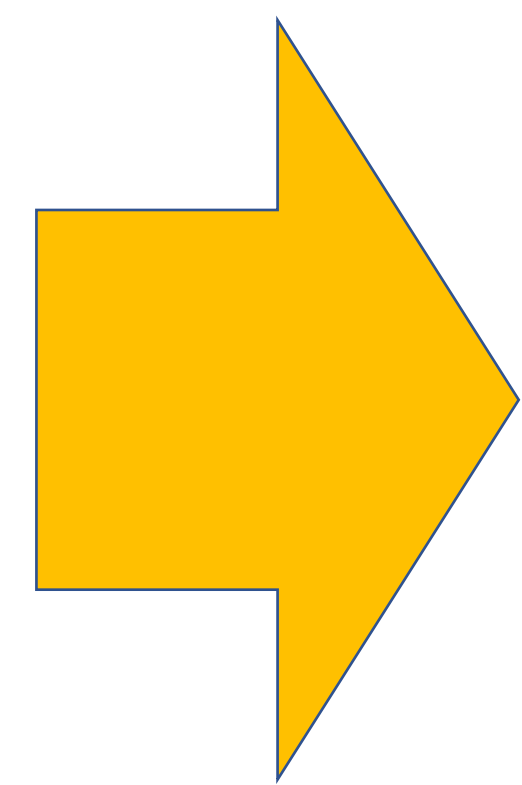
- ✓ カゼイン4%  
→牛乳2.6%
- ✓ カゼインミセルの直径は80~250nm  
→牛乳：70~110nm

### 脂肪：

- ✓ 脂肪球の平均体積は4.15~4.6 $\mu$ m  
(牛乳：3.36~4.15 $\mu$ m(ジャージー3.9 $\mu$ m))
- ✓ 脂肪酸組成は不飽和脂肪酸が多い(ジャージー：飽和脂肪酸が多い)

### その他

- ✓  $\beta$ カロテンのレチノールへの効率的な変換システムより $\beta$ カロテンを含まない(ジャージーは転換効率が低い)



- カゼインミセルの水和が少ないため体積が小さくホエイの損失が少ないため、乳製品の収量が高い(モッツアレラでは牛乳の半分)
- 不飽和脂肪酸は融点が低いため高いほど滑らかになる
- 乳にカロテンを含まないため白色の乳

Milk Buffalo Milk/Author links open overlay panel J.S.SindhuS.Arora <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074003162> 12/4閲覧

The inclusion of fresh forage in the lactating buffalo diet affects fatty acid and sensory profile of mozzarella cheese <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021830523X#bib38> 12/4閲覧

## モッツアレラチーズ

- 南イタリア原産のフレッシュチーズであり、世界中で作られている。
  - 大半は牛乳製で、弾力のある食感と噛むと溢れ出るミルク感が特徴
- ### 水牛のモッツアレラチーズ
- 水牛乳が原料のモッツアレラチーズ。
  - 脂肪やタンパク質の含有量が多いため、水牛乳製のモッツアレラチーズはよりコクや甘みなどがあり、濃厚な味わいになる。
  - 水牛乳にはカロテンが含まれないため、牛乳よりも生地が白いのも特徴。



## 水牛のモッツアレラチーズの利点

- ✓ 不飽和脂肪酸により、通常のモッツアレラチーズのより滑らかで濃厚な味と甘みをもつ。
- ✓ 全固形成分、脂質、タンパク質、優れたコロイド粒子、大きな脂肪球により、優れた触感を持つ。
- ✓ 大きな脂肪球とカゼインミセルの水和の低さにより、少ない量で製品化が可能。
- ✓  $\beta$ カロテンの転換機能により生地が白く、飼料により黄色にならない。

The inclusion of fresh forage in the lactating buffalo diet affects fatty acid and sensory profile of mozzarella cheese <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203021830523X#bib38> 12/4閲覧

Buffalo production and research. Edited by Antonio Borghese <http://www.fao.org/3/a-ab847e.pdf> 12/4閲覧

Milk | Buffalo Milk Author links open overlay panel J.S.SindhuS.Arora <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074003162> 12/4閲覧

## 今後の展開

日本国内には現在3か所の農場で約80頭の水牛が乳用家畜として飼育されている。国内の現状を知るとともに、水牛と乳牛の飼養管理の違いと、モッツアレラチーズの作り方について調査していきたい。

