

クローン牛について 知っていますか？

早わかり Q & A 集



農林水産省農林水産技術会議事務局・生産局

写 真 説 明

(写真中央上)

北海道立畜産試験場で誕生した
黒毛和種受精卵クローン牛の
7つ子

(写真左)

家畜改良センターで誕生したホ
ルスタイン種体細胞クローン牛
の3つ子

(写真右)

畜産試験場と鹿児島県の共同研
究で誕生した黒毛和種体細胞ク
ローン牛の「隼人」(右)、「第
2隼人」(左)と「第2隼人の
仮親」

目 次

Q 1 : 「クローン」とは、どういう意味ですか。 -----	1
Q 2 : 「クローン技術」とは、どういう技術ですか。 -----	2
Q 3 : クローン技術は、どのようなことに役立つのですか。 -----	3
Q 4 : クローン牛は、どのように作られるのですか。 -----	4
Q 5 : クローン牛の研究は、どこで行われているのですか。 -----	7
Q 6 : クローン牛は、死産等の率が高いと聞きましたが、なぜですか。 -----	1 1
Q 7 : クローン技術で生まれる牛は虚弱であり、特別な飼料や医薬品等 を使用した飼養管理をしているのではないですか。 -----	1 1
Q 8 : 農家がクローン技術により同じ遺伝子しか持たないクローン牛群 を飼うのは、そのクローン牛に対して強い病原性を持つ病気が流 行したときに、一般の牛を飼うより被害が大きくなるのではない ですか（遺伝的画一性の問題はないのですか）。 -----	1 2
Q 9 : クローン技術に対して倫理上の問題はないのですか。 -----	1 2
Q 10 : 体細胞クローン牛のテロメアの長さはどうなっているのですか。 -----	1 4
Q 11 : 体細胞クローン牛から子牛は、産まれているのですか。 -----	1 6
Q 12 : 体細胞クローン技術で作出された動物は、牛の他には何がありますか。 ---	1 6
Q 13 : 体細胞クローン牛の枝肉調査を実施したと聞いたのですが、その 結果は、どうなっているのですか。 -----	1 7
Q 14 : クローン牛の食肉及び牛乳が出荷されたのは、いつからですか。 -----	1 9
Q 15 : クローン牛の取り扱いについてはどうなっていますか。 -----	1 9
Q 16 : 受精卵クローン牛由来生産物の表示はどのようになっているのですか。 ---	2 0
Q 17 : 海外におけるクローン家畜の生産および利用の状況はどうなってい るのですか。 -----	2 0
Q 18 : クローン牛の食品としての安全性に不安はないのですか。 -----	2 1
Q 19 : クローン牛生産物性状調査の結果が出たと聞いたのですが。 -----	2 3
Q 20 : クローン技術に用いられる電氣的細胞融合等の操作で、食品とし ての安全性に問題は生じないのですか。 -----	2 4
Q 21 : ドナー細胞の核のDNAと、レシピエント卵子のミトコンドリア DNAが同一個体のものによらないことは、クローン牛の食品と しての安全性に影響がないのですか。 -----	2 4

(Q1)「クローン」とは、どういう意味ですか。

「クローン」という言葉の由来は、ギリシア語で「小枝」をさす言葉です。

辞書（広辞苑）によると、「クローン」の言葉の意味は、

- ① 一個の細胞または生物から無性生殖的に増殖した生物の一群。
- ② 遺伝子組成が完全に等しい遺伝子・細胞または生物の集団。

とされています。では、具体的にはどのようなものなのでしょうか。

クローンについて理解するためには、まず、生物の誕生・発生について理解しておく必要があります。

生物の生殖には、雌雄両性が関与する「有性生殖」と雌雄両性が関与しない「無性生殖」があります。有性生殖では、雌の卵子が雄の精子と受精し、受精卵が形成されますが、両親のどちらの遺伝子をどういった組み合わせで受け継ぐかは偶然に決まるため、全く同じ遺伝子組成を持つ個体が複数発生することはありません（一卵性双生児等を除く）。つまり、同じ親から生まれた兄弟であっても、兄弟同士は遺伝的に同一ではありません。

一方、無性生殖では、こうした受精の段階を経ず、増殖するため、生まれてくる細胞や個体は、お互いに遺伝的に同一です。例えば、ゾウリムシなどの単細胞微生物は、無性生殖のひとつの形である細胞分裂によって増殖していきます。その分裂したそれぞれのゾウリムシは、お互いにクローンと言えます。また、植物でも、無性生殖は広くみられる現象であって、例えば、球根で増えたチューリップは、花粉が雌しべに受粉するという受精を経ていない無性生殖であって、お互いにクローンです。

また、有性生殖を行う哺乳動物においても、自然に発生する一卵性の双子や三つ子は、1つの受精卵に由来するものであるため、遺伝子組成が完全に等しいため、お互いにクローンと言えます。

このように、クローンとは、一言で言えば、「お互いに遺伝的に同一な個体や細胞（の集合）」をさします。

(Q2)「クローン技術」とは、どういう技術ですか。

クローン技術とは、「クローン」つまり遺伝的に同一な個体を作製する技術です。

みなさんの多くは、「クローン技術」が最近になって始められた技術であると思っておられるかもしれませんが、この技術は、古くから農業において使われてきました。

例えば、チューリップの球根、ジャガイモの塊茎、アジサイの挿し木、ヤマイモのむかご（種イモ）による増殖など、種子によらない増殖方法すなわち無性生殖は、植物の繁殖技術として広く使われています。このようにして作られた個体はクローンであり、遺伝的には親とすべて同じ性質を備えており、品質のそろった農作物、園芸作物などの生産に役立っています。

また、クローン技術の一つとして、植物の組織を人工的に増殖させる技術（細胞培養、組織培養技術）が開発され、苗の増殖などのために広く使われています。

さらに、最近では、一部のほ乳動物においても、遺伝的に同一なクローン個体を作製する技術が可能となってきました。

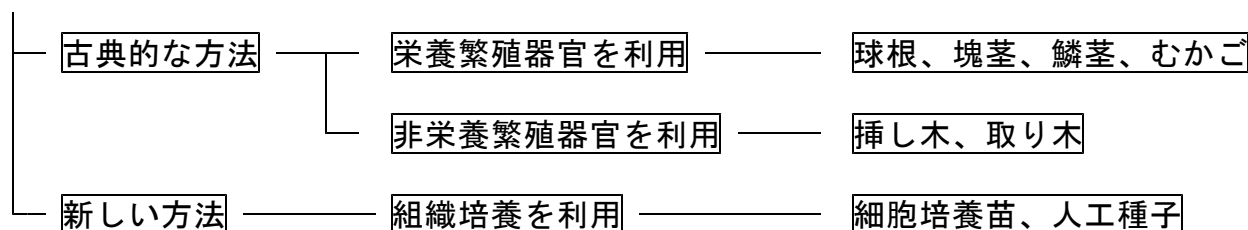
詳しくは、次の設問で説明します。

（参考）

農業におけるクローンの利用

クローン技術は古くから農業において使われてきました。

植物のクローン技術



(Q3) クローン技術は、どのようなことに役立つのですか。

- 1 畜産分野においては、クローン技術は家畜の改良を進めるのに有効な手段の一つであり、生産性の向上、品質の向上という効果が期待されます。

例えば、

①乳量が多く、飼料効率に優れた生産能力の高い牛を多数生産・確保すること

②肉質が良く、飼料効率に優れた牛を多数生産・確保すること

に役立つと考えられています。

いずれにしても、コストの低減と品質の向上を目指した優良種畜の増殖と家畜の改良を通じ、畜産の国際競争力を高めるための有効な手段です。

- 2 このほか、畜産分野以外でも動物のクローン技術は、
- ・医療分野をはじめ多くの分野において、同じ遺伝子を持った実験用動物の大量生産手段
 - ・遺伝子組換え技術との組み合わせによる病気の治療に必要な医薬品（タンパク質）の大量製造手段
 - ・絶滅の危機に瀕している希少動物などの保護・再生の手段
- などへの利用が期待されています。

- 3 なお、先進諸国でも同様な目的でクローン技術の研究・開発が行われています。



(Q4) クローン牛は、どのように作られるのですか。

1 家畜のクローンは、基本的には、次のような手順で作製されます。

- (1) クローンを作出したい細胞（ドナー（供核）細胞と呼ぶ）を用意し、
- (2) 未受精卵子から核を取り除いた除核卵子（レシピエント（受核）卵子と呼ぶ）を別に用意し、
- (3) ドナー細胞をレシピエント卵子の透明帯と細胞質の隙間に挿入（核移植）し、
- (4) 電氣的刺激により融合（電氣的細胞融合）させると同時に細胞分裂を誘起させ、
- (5) 約一週間培養した後に、
- (6) 仮親の子宮へ移植・受胎させ、クローン個体を誕生させます。

2 このクローン技術には、ドナー細胞として用いる細胞の種類によって、次の2つがあります。

- (1) 受精後発生初期の胚（精子と卵子が受精した受精卵が、その後細胞分裂を続けていく初期の段階）の細胞を用いる方法（受精卵に由来する細胞からクローンを作出する技術という意味で「受精卵クローン技術」と呼ばれています。）
- (2) 皮膚や筋肉などの体細胞を用いる方法（体細胞からクローンを作出する技術という意味で「体細胞クローン技術」と呼ばれています。）

3 それぞれのクローン技術について説明すると、次のとおりです。

- (1) まず、受精卵クローン技術は、受精後5～6日目で、16～32細胞へと細胞分裂が進んだ状態の受精卵（胚）をひとつひとつの細胞（割球）に分けます。

割球の一つ一つをそれぞれレシピエント卵子へ核移植・細胞融合し、培養した後、仮親牛へ移植・受胎させ、お互いにクローンである牛を作製します。

こうして生まれた受精卵クローン牛同士は、遺伝的に同一なものであり、いわば、人工的に一卵性の双子や三つ子を産ませる技術といえます。

この技術によって我が国でも、1990（平成2）年に受精卵クローン牛を誕生させることに成功しました。

- (2) 一方、体細胞クローン技術は、クローンを作出したい牛の皮膚や筋肉などの体細胞を培養し、ドナー細胞とします。その後は、レシピエント卵子への核移植等、受精卵クローン技術とほぼ同じプロセスにより、クローン牛を作製します。

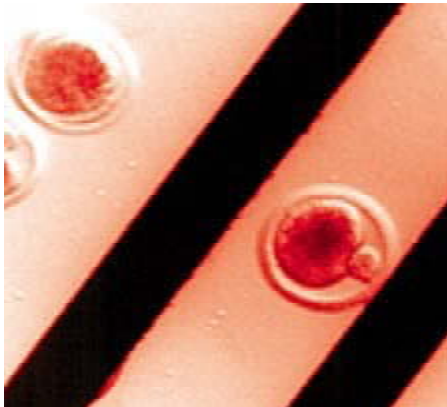
こうして作製された牛は、ドナー細胞を提供した牛（ドナー牛）と同じ遺伝子の組み合わせを持ちますので、ドナー牛のクローンであり、さらに、同じ個体のドナー牛の体細胞から複数の子牛を作製すれば、作製された子牛同士もクローンです。

この技術により、１９９６（平成８）年７月、イギリスのロスリン研究所で、雌羊の体細胞を使ったクローン羊「ドリー」が世界で初めて誕生し、世界の注目を集めました。

また、我が国でも、１９９８（平成１０）年７月、近畿大学農学部が石川県畜産総合センターの協力により、成体の体細胞由来のクローン牛（「の」と「かが」）を誕生させることに世界で初めて成功しました。



除核したレシピエント卵子にドナー細胞を挿入しているところ。



電氣的細胞融合をしているところ。
二本の黒い棒が電極。

<用語解説>

胚：多細胞生物の個体発生の初期の状態。

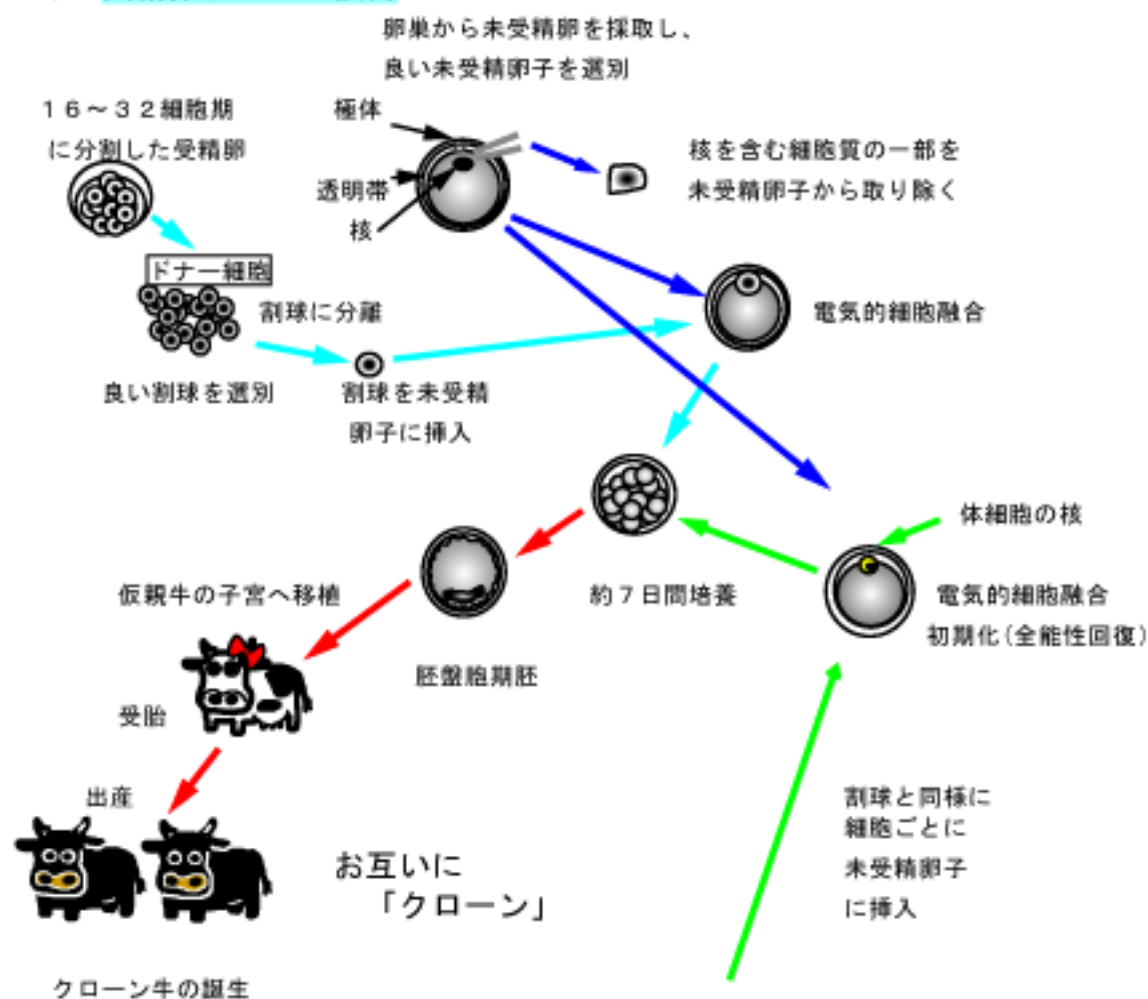
核：細胞内にある球形の小体で、通常、細胞に１個あり、その中に染色体が含まれています。

電氣的細胞融合：

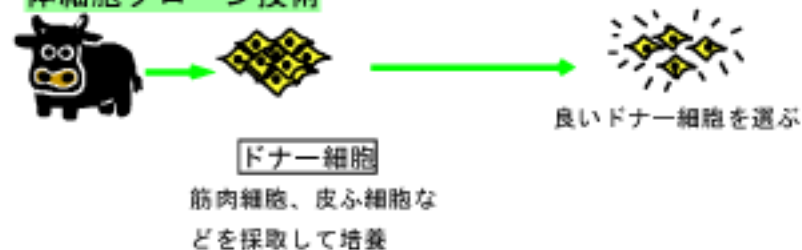
ドナー細胞をレシピエント卵子の透明帯（ほ乳類の卵子を包んでいる透明な膜）と細胞質（細胞膜におおわれている）の隙間に挿入（この状態では、お互いの細胞自体は細胞膜でさえぎられており、まだ融合はしていない）した後に、瞬間的に微弱な電気刺激（１細胞当たり１．５Ｖ相当）を与え、双方の細胞膜に微少な穴をあけ、それぞれの細胞質を混合させることにより、一つの細胞として発生を誘起させます。

◎ クローン牛の作製の過程

1) 受精卵クローン技術



2) 体細胞クローン技術



◎ 受精卵クローン牛と体細胞クローン牛の特徴

	ドナー細胞 の由来	ドナー 細胞数	クローン牛 の性	能 力
受精卵クローン牛	受精卵	有限	基本的に不明	母牛と父牛の組合せ から推定可能
体細胞クローン牛	体細胞 (筋肉細胞等)	無限	細胞提供牛と同一	細胞提供牛と同一と 推定可能

(Q5) クローン牛の研究は、どこで行われているのですか。

1 受精卵クローン牛について

受精卵クローン牛は、1990（平成2）年8月に我が国で初めて誕生して以来、これまで43の試験・研究機関等で700頭が誕生しています。

なお、世界で初めて受精卵クローン牛を誕生させたのはアメリカで、1987（昭和62）年のことでした。

2 体細胞クローン牛について

体細胞（成体由来）クローン牛は、1998（平成10）年7月に我が国において、世界で初めて誕生して以来、これまで42の試験・研究機関等で474頭が誕生しています。

3 これまでクローン牛を誕生させた試験・研究機関は、次頁のとおりです。



世界初の体細胞クローン牛の誕生
（右端が「のと」、右から2番目が「かが」）
（写真提供：近畿大学）

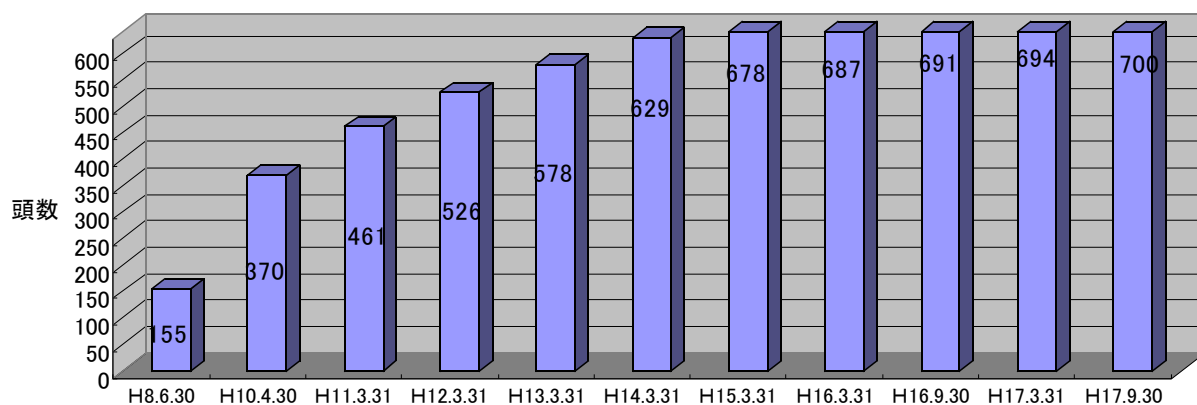
○ クローン牛を誕生させた試験・研究機関の一覧

受精卵クローン牛		体細胞クローン牛	
試験・研究機関等名	出生頭数	試験・研究機関等名	出生頭数
(独立行政法人関係)		(独立行政法人関係)	
農業・生物系特定産業技術研究機構		農業・生物系特定産業技術研究機構	
畜産草地研究所	20	畜産草地研究所	33
〃 北海道農業研究センター	1	家畜改良センター	113
家畜改良センター	59		
(都道府県関係)		(都道府県関係)	
北海道立畜産試験場	80	北海道立畜産試験場	27
青森県農業総合研究センター畜産試験場	19	青森県農業総合研究センター畜産試験場	3
宮城県畜産試験場	27	岩手県農業研究センター畜産研究所	9
山形県農業総合研究センター畜産試験場	19	宮城県畜産試験場	11
福島県畜産試験場	3	山形県農業総合研究センター畜産試験場	3
新潟県農業総合研究所畜産研究センター	2	福島県畜産試験場	3
富山県農業技術センター畜産試験場	1	富山県農業技術センター畜産試験場	7
石川県畜産総合センター	4	石川県畜産総合センター	27
福井県畜産試験場	1	福井県畜産試験場	1
栃木県酪農試験場	30	茨城県畜産センター	5
群馬県畜産試験場	1	栃木県酪農試験場	6
千葉県畜産総合研究センター	9	東京都畜産試験場	4
山梨県酪農試験場	4	神奈川県畜産技術センター	2
長野県畜産試験場	5	山梨県酪農試験場	9
静岡県畜産試験場	1	静岡県畜産試験場	1
愛知県農業総合試験場	2	愛知県農業総合試験場	8
岐阜県畜産研究所	7	岐阜県畜産研究所	4
滋賀県農畜産技術振興センター	3	三重県科学技術振興センター畜産研究部	7
兵庫県立農林水産技術総合センター	2	兵庫県立農林水産技術総合センター	8
奈良県畜産技術センター	24	奈良県畜産技術センター	4
和歌山県農林水産総合技術センター畜産試験場	2	和歌山県農林水産総合技術センター畜産試験場	1
鳥取県畜産試験場	4	鳥取県畜産試験場	1
島根県立畜産技術センター	13	島根県立畜産技術センター	5
岡山県総合畜産センター	8	岡山県総合畜産センター	3
広島県立畜産技術センター	57	山口県畜産試験場	1
山口県畜産試験場	12	徳島県立農林水産総合技術支援センター畜産研究所	12
徳島県立農林水産総合技術支援センター畜産研究所	12	長崎県畜産試験場	11
高知県畜産試験場	1	熊本県農業研究センター畜産研究所	18
長崎県畜産試験場	1	大分県畜産試験場	23
熊本県農業研究センター畜産研究所	9	宮崎県畜産試験場	14
大分県畜産試験場	6	鹿児島県肉用牛改良研究所	40
宮崎県畜産試験場	14	沖縄県畜産試験場	4
鹿児島県肉用牛改良研究所	18		
(民間企業等)		(民間企業等)	
小岩井農牧(株)技術研究センター	65	(社) 家畜改良事業団家畜バイオセンター	1
全農ＥＴセンター	75	小岩井農牧(株)技術研究センター	7
(株)ミック那須事業所	63	全農ＥＴセンター	22
雪印乳業(株)受精卵移植研究所	16	(株)ミック那須事業所	7
		雪印乳業(株)受精卵移植研究所	9
合 計	700		474

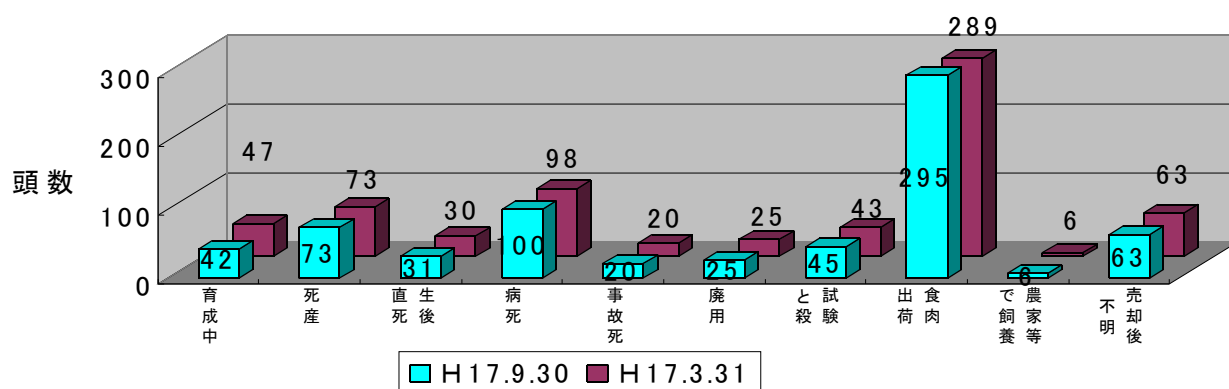
資料：農林水産省調べ（２００５（平成１７）年９月３０日現在）

(参考)

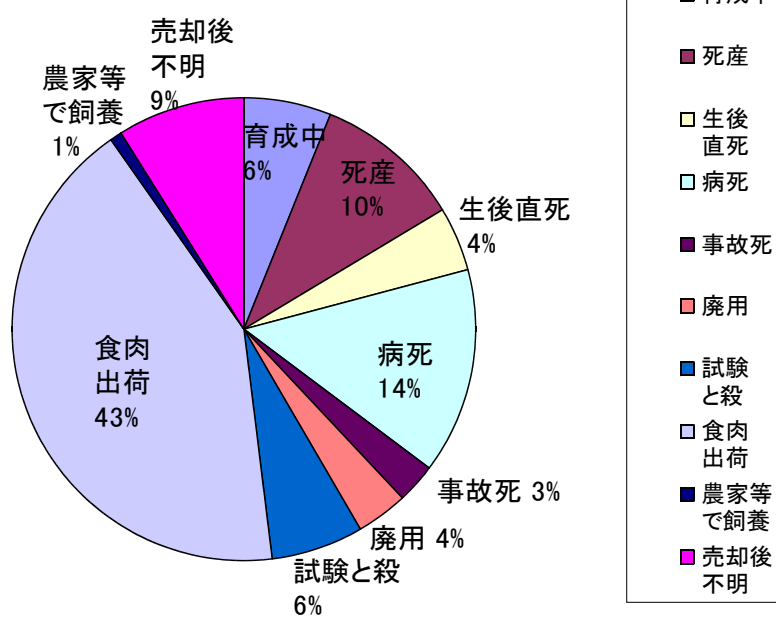
受精卵クローン牛出生頭数の推移(累計)



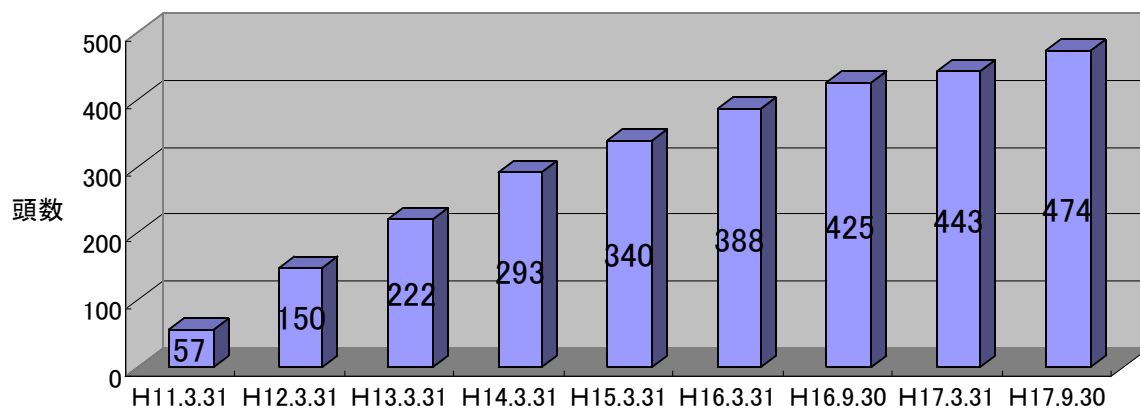
受精卵クローン牛の頭数による現況



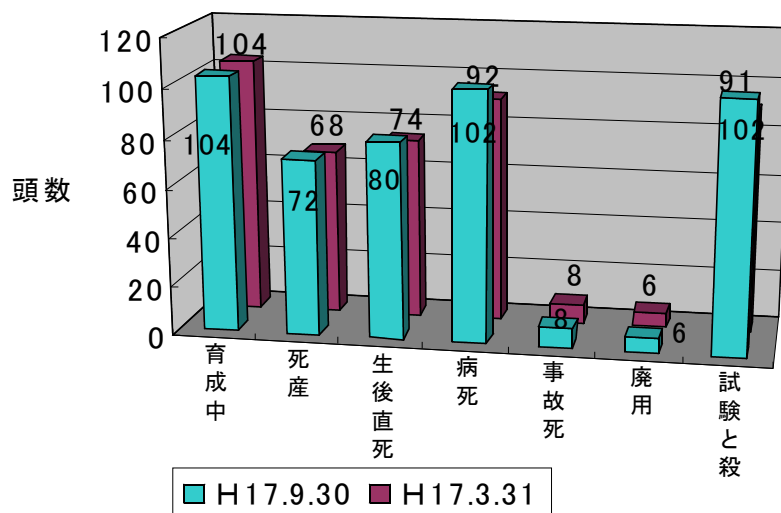
受精卵クローン牛の現状について
平成17年9月30日現在



体細胞クローン牛の出生頭数の推移(累計)



体細胞クローン牛の現況



体細胞クローン牛の現状について
平成17年9月30日現在

