

日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

「ゲノム編集」を考える

1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

小早川義尚 元九州大学 生物科学(動物学)

日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

「ゲノム編集」を考える

1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 1

新聞掲載記事から

「京都大発のバイオ企業リージョナルフィッシュが17日、ねらった遺伝子を改変するゲノム編集技術を使って肉付きをよくしたマダイを、ゲノム編集食品として国に届け出た。厚生労働省のこの日の会議で、安全性の審査は不要と判断された。ゲノム編集食品の届け出は昨年12月、血圧上昇を抑える効果などがあるとされるGABA（ギャバ）の蓄積量を通常より約5倍高めたトマトに続いて2例目で、動物性食品では初めて。」

朝日新聞2021年9月17日

「ねらった遺伝子を改変するゲノム編集技術を使って成長速度を速めたトラフグの販売が始まった。トマト、マダイに続く国内3例目の「ゲノム編集食品」朝日新聞2021年11月23日

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 2

ゲノム編集トマト サナテックシード株式会社ホームページより

ゲノム編集トマト青果物の販売開始のお知らせ

2021年5月より開始しています日本初のゲノム編集トマト「シシリアンルーージュハイギャバ」の家庭菜園モニターですが、皆様方から大変ご好評いただいております。

つきましては、モニター様からご要望も多かったことから、元々今冬より販売開始予定だったピューレに先駆け、青果物の販売を本日9月15日より開始いたします。

シシリアンルーージュハイギャバの販売を担当するパイオニアエコサイエンス株式会社のHP内に、販売サイトが開設されています。また商品にはゲノム編集技術により品種改良されて作られたものであること、関係当局に届出済みの旨を表示いたします。

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 3

ゲノム編集トマト サナテックシード株式会社ホームページより

ゲノム編集トマト家庭菜園用苗の販売開始のお知らせ



パイオニアエコサイエンス株式会社（代表取締役会長：竹下達夫）は、ゲノム編集技術でGABAを高含有にした「シシリアンルージュハイギャバ」の家庭菜園用苗の販売を、自社のオンラインショップにて2021年10月11日より開始いたします。

栽培キットには苗4株だけではなく、4種類の肥料や栽培マニュアルが付いています。さらに専門家アグロノミストによるオンライン栽培指導と、LINE友達との楽しい会話や励ましが嬉しいオープンチャットサービスによるコミュニティ「育てるひろば」をご用意しています。

「シシリアンルージュハイギャバ」は、サナテックシード株式会社がゲノム編集技術により開発した系統を元に育成された品種で、2020年12月11日に厚生労働省に届出、農林水産省へ情報提供を行っております。苗にはゲノム編集技術で開発されたものであることや、届出が済んでいることを表示いたします。

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 4

ゲノム編集トマト サナテックシード株式会社ホームページより

国内初のゲノム編集食品販売会社として、表示を行います



サナテックシード社は、1年を超える事前相談の上、2020年12月11日に食品としての届出を厚生労働省へ提出いたしました。この事前相談では、すべて専門家による検討の結果、食品安全性について科学的に適切な方法で調査した情報を提供し、また科学的に従来の品種改良で開発されたものと同等の安全性が担保されていると判断されております。

その上で「シシリアンルージュハイギャバ」を利用した青果およびそれを原料としたピューレなどの加工品は、ゲノム編集応用食品として表示いたします。

左記のラベルを商品のパッケージなどに表示する方針です。

サナテックシード社は、1年を超える事前相談の上、2020年12月11日に食品としての届出を厚生労働省へ提出いたしました。この事前相談では、すべて専門家による検討の結果、食品安全性について科学的に適切な方法で調査した情報を提供し、また科学的に従来の品種改良で開発されたものと同等の安全性が担保されていると判断されております。その上で「シシリアンルージュハイギャバ」を利用した青果およびそれを原料としたピューレなどの加工品は、ゲノム編集応用食品として表示いたします。左記のラベルを商品のパッケージなどに表示する方針です。

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物5

ゲノム編集マダイ リージョナルフィッシュ株式会社 ホームページより

2021.09.17

ゲノム編集マダイ「22世紀鯛」の提供開始にあたり、表示とトレーサビリティに係る弊社ポリシーをお伝えします！



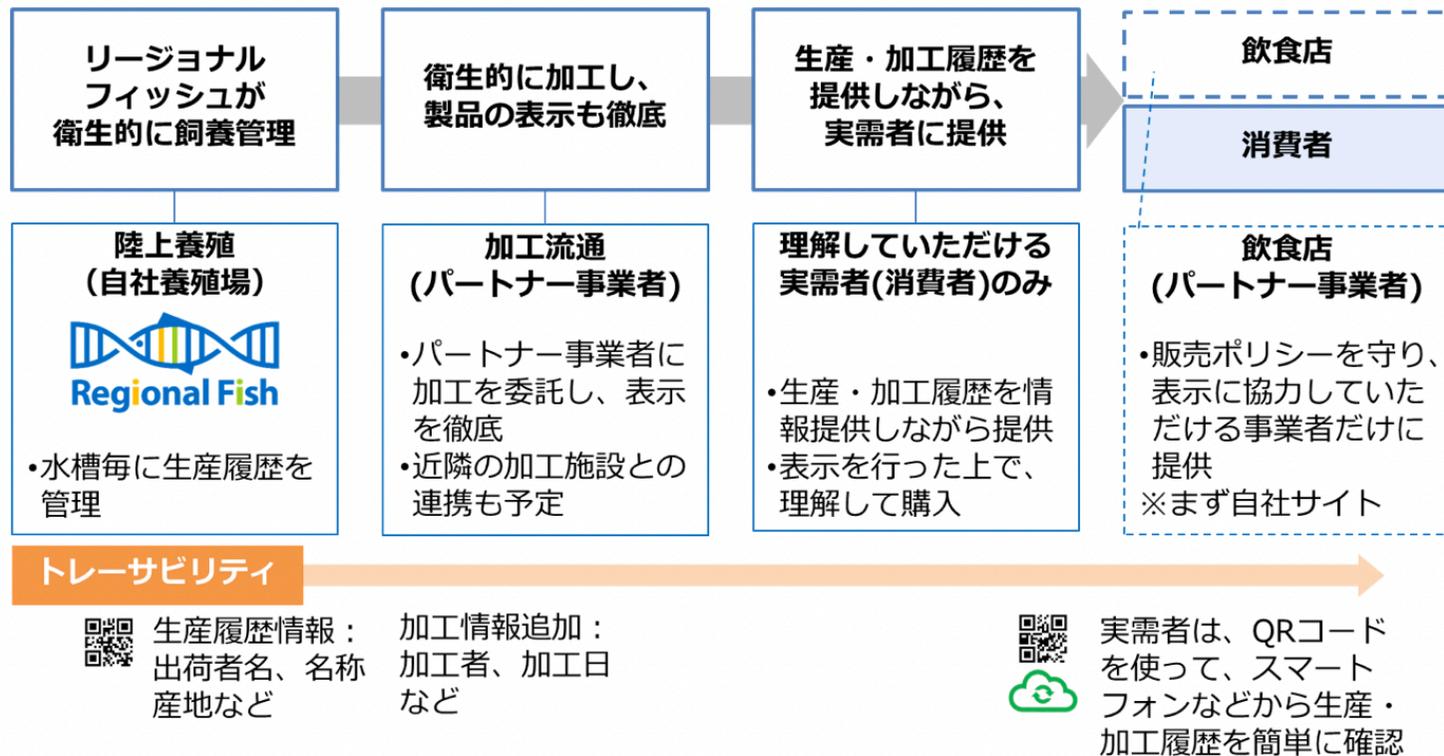
私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 6

ゲノム編集マダイ リージョナルフィッシュ株式会社 ホームページより

表示とトレーサビリティ

これらの商品を消費者の方々にお届けするにあたり、表示とトレーサビリティの確保に努めて参ります。

消費者の方々に対し、適切に情報提供しながら販売いたします。



私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 8

プラチナバイオ株式会社 ホームページより



プラチナバイオ株式会社

[Home](#) [News](#) [Services](#) [About](#)

2021-11-12：魚類の品種改良に係る3社共同研究を開始

更新日：2021年12月18日

「スシロー」、「京樽」等の外食関連事業を傘下に持つ株式会社FOOD & LIFE COMPANIES（本社：大阪府吹田市、代表取締役社長 CEO：水留 浩一、以下「F&LC」）、ゲノム編集技術のプラットフォームであるプラチナバイオ株式会社（本社：広島県東広島市、代表取締役CEO：奥原 啓輔、以下「PtB」）、ゲノム編集技術を活用した水産物の品種改良を進めるリージョナルフィッシュ株式会社（本社：京都府京都市、代表取締役社長：梅川 忠典、以下「RF」）は、最先端テクノロジーのゲノム編集などを活用した魚類の品種改良に係る3社共同研究を開始します。

詳細については、以下のURLからご確認ください。

<参考リンク>

[○報道発表資料 \(PDF\)](#)

[○プレスリリース \(PR TIMES\)](#)

[○F&LC \[FY22-FY24 中期経営計画\] \(p31-32\)](#)

[○国産技術で魚をゲノム編集 大学発新興2社とF&LC \(2021/12/06 日経新聞電子版\)](#)

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物 9

株式会社FOOD & LIFE COMPANIES ホームページより



TOP

ブランド一覧

ニュース ▾

企業情報 ▾

投資家情報 ▾

サステナビリティ

関連する
SDGs



美味しさを支える 安全安心で持続可能な調達

世界的な気候変動や海洋プラスチックなどによる海洋汚染の深刻化、そして世界的な健康志向の高まりによる魚の消費動向が高まる中、当COMPANIESが主に取り扱う海洋水産資源を守り、未来へつないでいくことはとても重要な課題と捉えています。

水揚げした資源を無駄にしないために部位ごとの使い分けを徹底するほか、海外をはじめとした加工工場への技術支援などを行うことで、多様な海洋水産資源の持続可能性を追求しています。

生産者の方々や取引先様と安定的かつ中長期的な契約を行うことで、生産する食材の品質を高めていただくことも、安全安心で美味しい食をお客さまへ継続的に提供することにつながっています。

さらなる未来を見据え、バイオテクノロジーやゲノム編集技術といった先進的なフードテックの領域にも、全世界の仲間たち（COMPANIES）と共に研究を進めています。

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物10

プラチナバイオ株式会社 ホームページのトップページより

「ゲノム編集」は食料・エネルギー・病気の治療といった人類の根源的な問題を解決するために、産業利用を積極的に進める必要がある技術です。

私は、2016年に日本ゲノム編集学会を設立し、これまで長年に渡り日本のゲノム編集研究を牽引してきました。

プラチナバイオは、大学と産業界を繋ぎ、ゲノム編集とデジタル技術で広島から世界へ展開するバイオ産業の成長エンジンとして、バイオエコノミー社会を実現します。

プラチナバイオ株式会社

共同創業者・取締役CTO 山本卓

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物11

環境省：バイオセーフティークリアリングハウス ホームページより

これまでに提出された情報提供書の概要 (20220123閲覧)

- 令和3年11月12日公表：Euglena gracilis GSL2欠失変異体 (GSL2 KO #28株) [株式会社ユーグレナ](#) (主務官庁：経済産業省)
- 令和3年10月29日公表：高成長トラフグ (4D-4D系統) [リージョナルフィッシュ株式会社](#) (主務官庁：農林水産省)
- 令和3年9月22日公表：アラニンアミノ酸転移酵素を改変した穂発芽耐性コムギ [国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構](#) (主務官庁：文部科学省)
- 令和3年9月17日公表：可食部増量マダイ (E189-E90系統) [リージョナルフィッシュ株式会社](#) (主務官庁：農林水産省)
- 令和3年6月29日公表：フロリゲン遺伝子をゲノム編集したイネ変異体群 [国立大学法人東京大学](#) (主務官庁：文部科学省)
- 令和3年4月5日公表：ステロイドグリコアルカロイド低生産性ジャガイモ [国立研究開発法人理化学研究所 横浜事業所](#) (主務官庁：文部科学省)
- 令和2年12月11日公表：GABA高蓄積トマト (#87-17) [サナテックシード株式会社](#) (主務官庁：農林水産省)

私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物12

厚労省のホームページより

届出されたゲノム編集技術応用食品等 (20220123閲覧)

	届出年月日	種類	品目名	開発者等	届出者	上市年月	公開届出情報	備考
1	2020年12月11日	食品	グルタミン酸脱炭酸酵素遺伝子の一部を改変しGABA含有量を高めたトマト	サナテックシード株式会社	サナテックシード株式会社	2021年9月	PDF書類	
2	2021年9月17日	食品	可食部増量マダイ (E189-E90系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2021年10月	PDF書類	
3	2021年10月29日	食品	高成長トラフグ (4D-4D系統)	リージョナルフィッシュ株式会社	リージョナルフィッシュ株式会社	2021年11月	PDF書類	

日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

「ゲノム編集」を考える

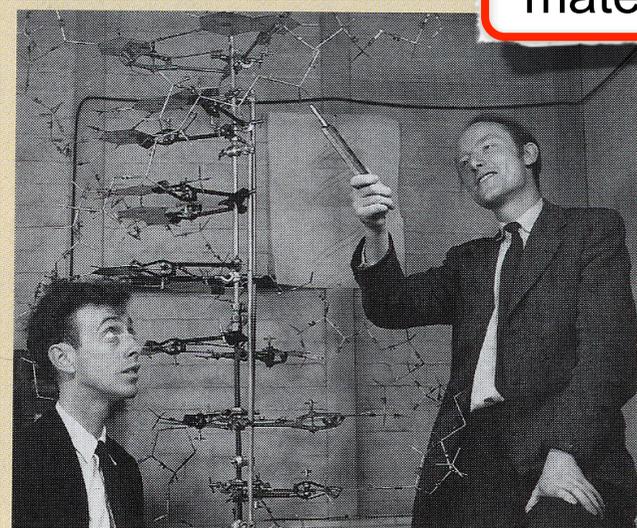
1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

遺伝子操作技術の進展と現状

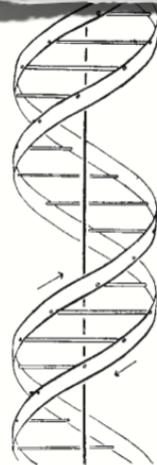
20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 1

1953年、J. D. Watson & F. CrickによるDNAの二重螺旋モデルの提唱。

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.



James Watson and Francis Crick with a model of the structure of DNA.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis

radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate di-ester groups joining β -D-2-deoxy-ribofuranose residues with 3',5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's² model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

The previously published X-ray data^{3,4} on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on inter-atomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at

DNA分子の構造

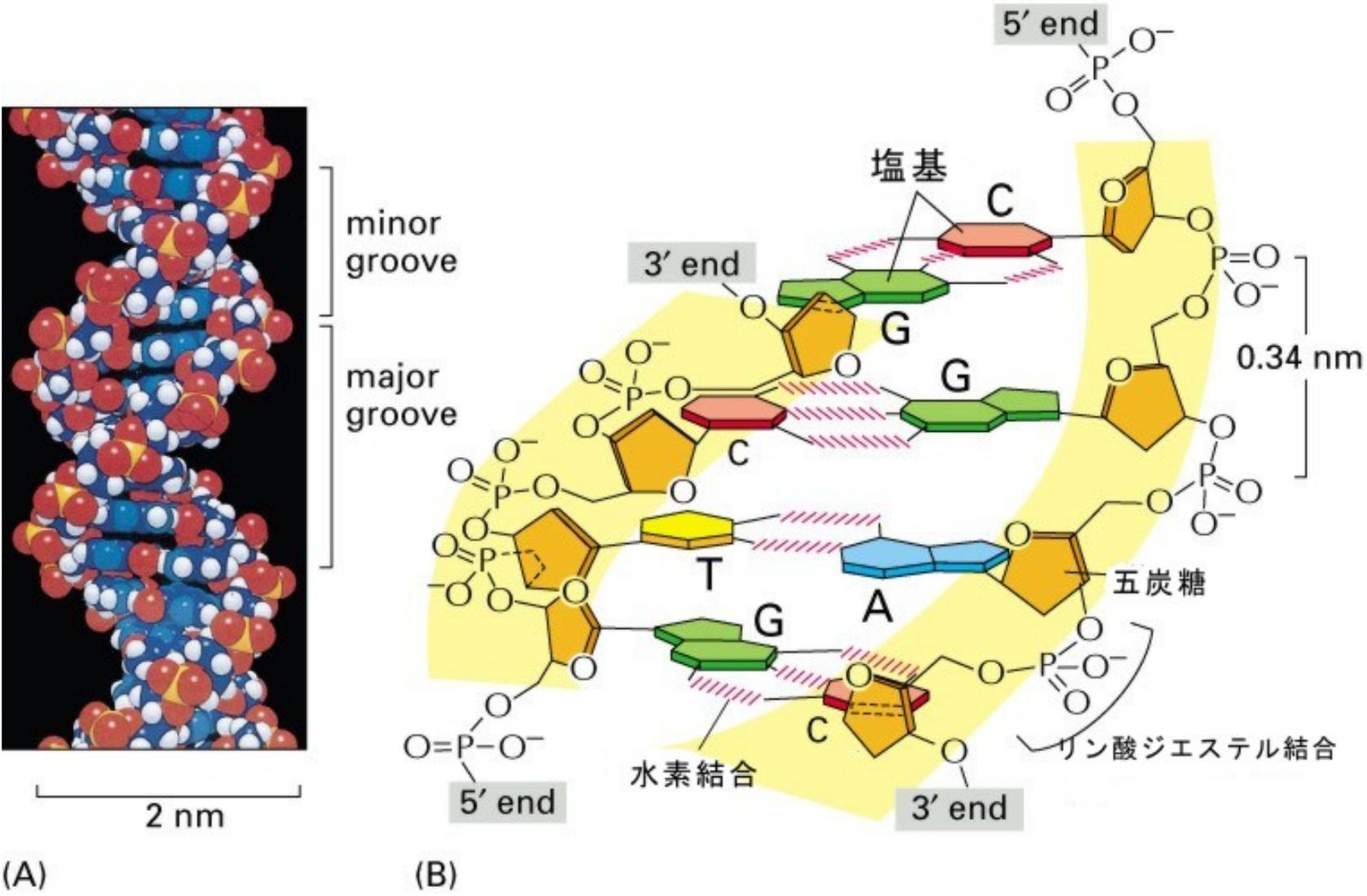
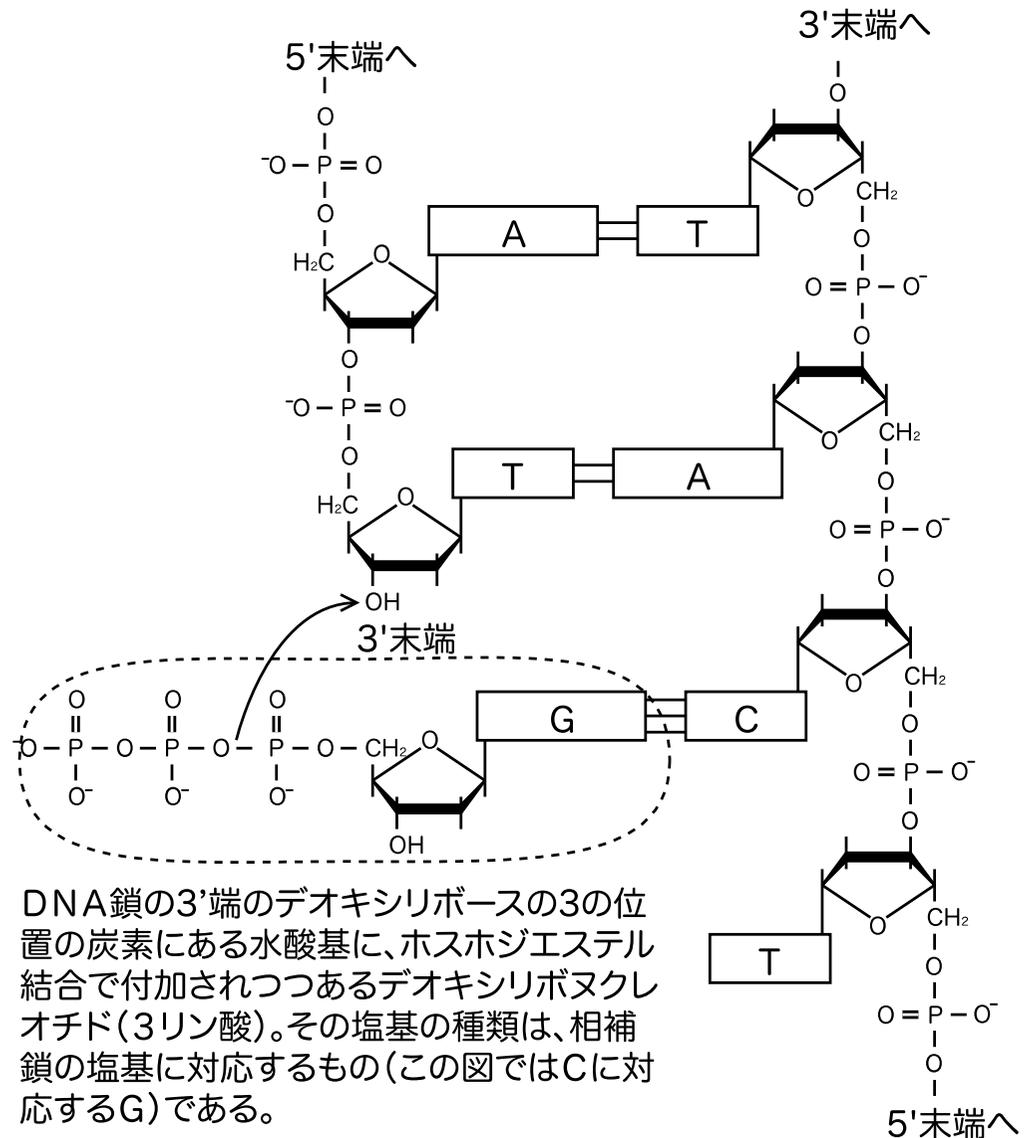


Figure 4-5. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

DNA分子の複製 1

DNA複製は、2本鎖DNAの片側の鎖の3'端に次々とヌクレオチドが付加されておこる。つまり、DNAは相補的なDNA鎖を鋳型に、3'の端を一塩基ずつ伸長してゆく。

その時、鋳型鎖に並ぶヌクレオチドに相補的なヌクレオチドが順次選択され、付加されてゆく。



遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 2

1955年、人の染色体数が46本 ($2n=46$) と確定される。

KornbergらによるDNA合成酵素の発見。

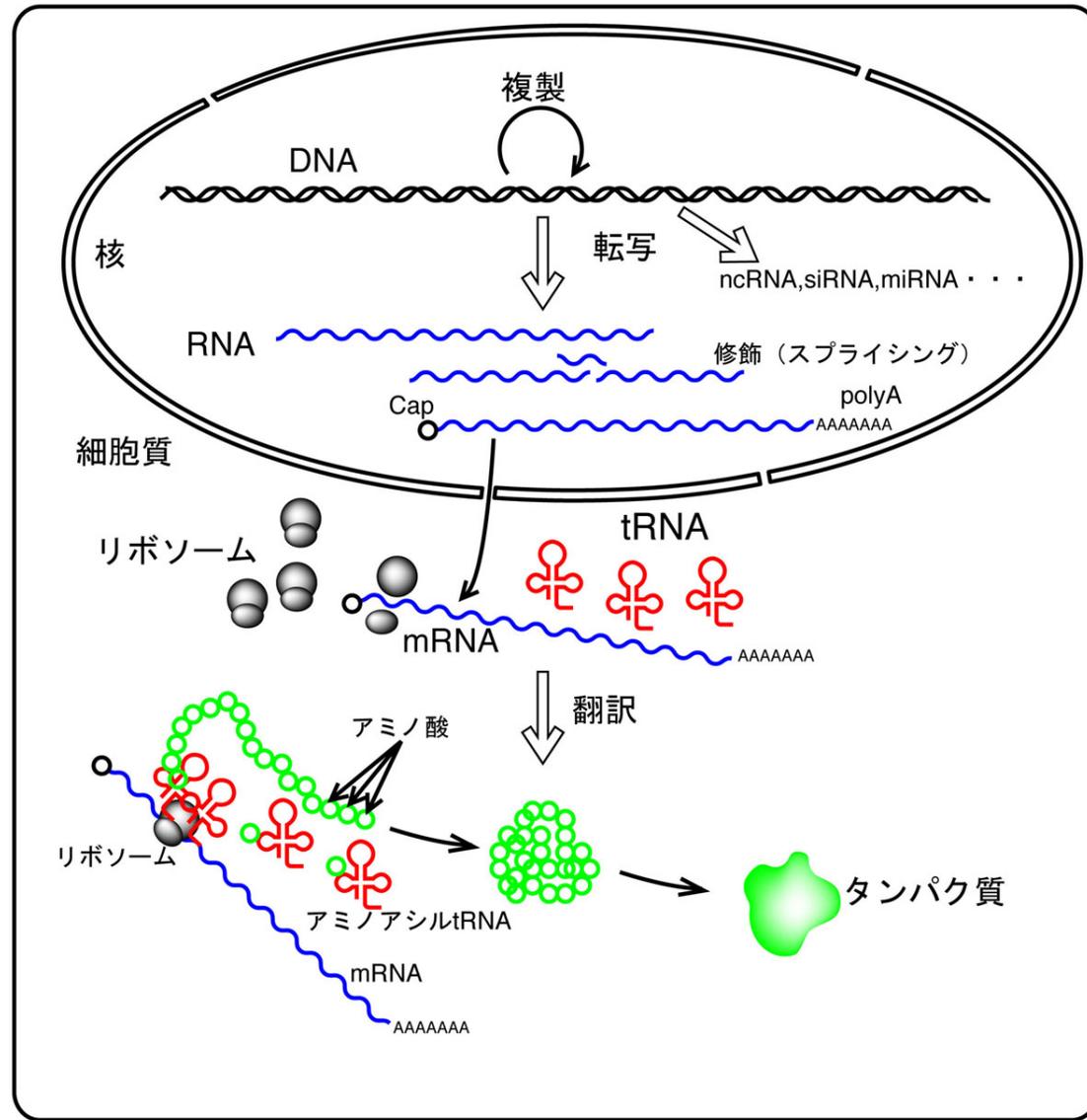
OchoaらによるRNA合成酵素の発見。

1958年、Meselson & Stahl がDNAの半保存的複製を証明。

1961年、Brenner, Jacob & Meselson らがmRNAが核にあるDNAの遺伝情報を細胞質にあるタンパク質合成の場（リボソーム）に輸送することを解明。

DNA分子上の遺伝情報(遺伝子)の発現 1

セントラルドグマ



DNA分子上の遺伝情報(遺伝子)の発現 2

真核生物のコドン表

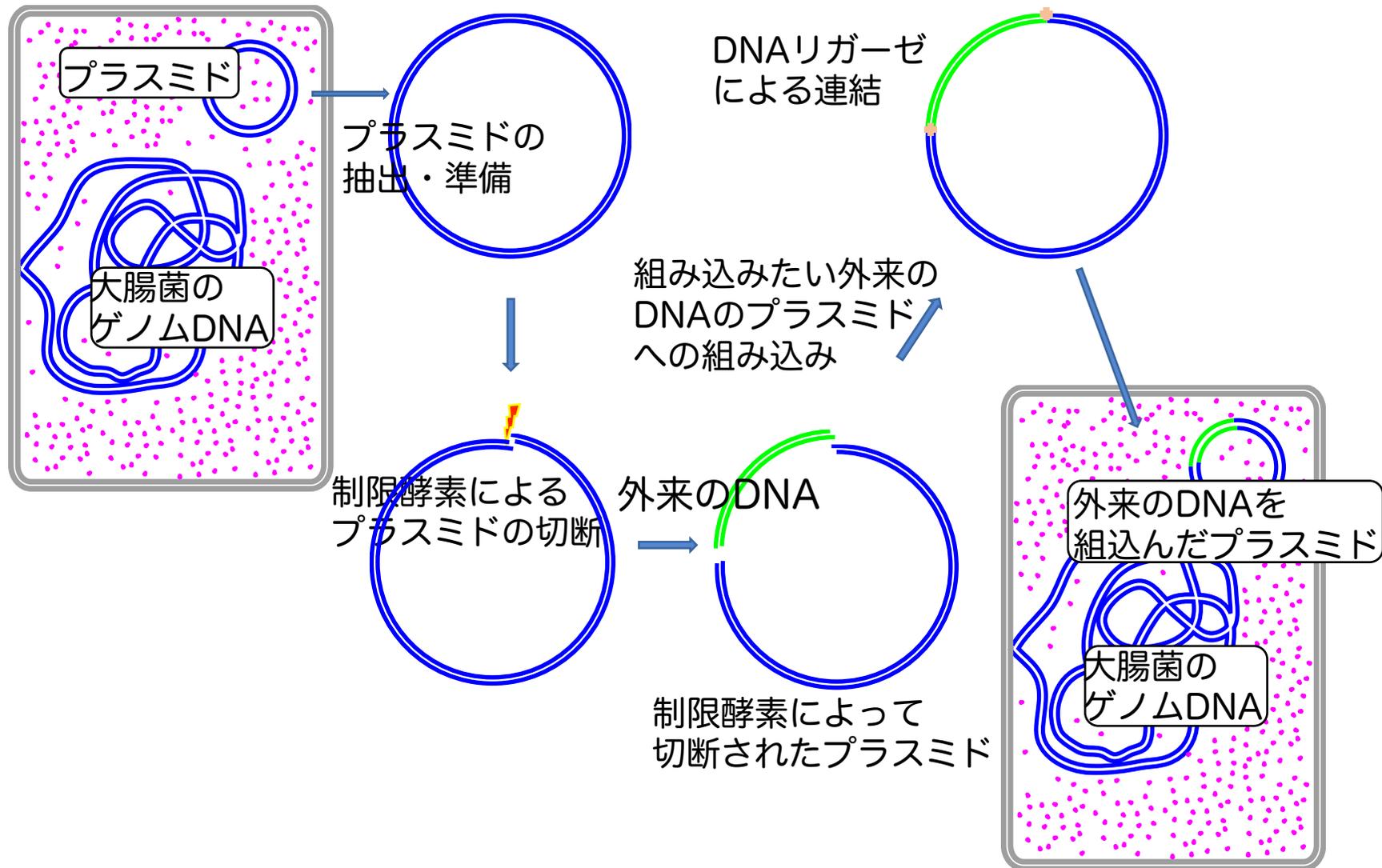
第1塩基	第2塩基				第3塩基
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	* Stop Codon	* Stop Codon	A
	Leu	Ser	* Stop Codon	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met Start Codon	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 3

- 1966年、Nirenberg, Korana & Ochoaらによって遺伝暗号が解読される（コドン表の作成）。
- 1968年、制限酵素の発見（Meselson, Smith, Wilcox, Kelley ら）。
- 1972年、組換えDNA技術の開発。1972年頃に、Choen, Boyerらを中心に、組換えDNA技術（大腸菌とプラスミドを使ったもの）が確立される。Bergがその危険性を憂慮して組換え実験の一時停止を提唱、Science誌に掲載。

大腸菌のプラスミドによる形質転換 遺伝子組み換え



遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 4

1973年、異種の生物の遺伝子（アフリカツメガエルの遺伝子）を組み込まれた大腸菌が初めて作成される。

1975年、Asilomarアシロマ会議が開かれる。

1975年、～77年にかけて、Sangerらのグループと Maxam & Gilbertらのグループによる迅速なDNA塩基配列決定方法の開発。

1976年、NIH（National Institute of Health）の組換えDNA実験についてのガイドラインが出される。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 5

- 1976年、最初の遺伝子工学を主業務とする会社、Genentech社の設立。
- 1977年、RobertとSharpの研究室によってイントロンが発見される。
- 1978年、A. Riggs, K. Itakura & H. Boyer、インスリンの遺伝子組換え技術による合成。
体外受精児、ルイーズ・ブラウンが誕生。
- 1979年、遺伝子組換え技術を使ったインスリン製剤の発売。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 6

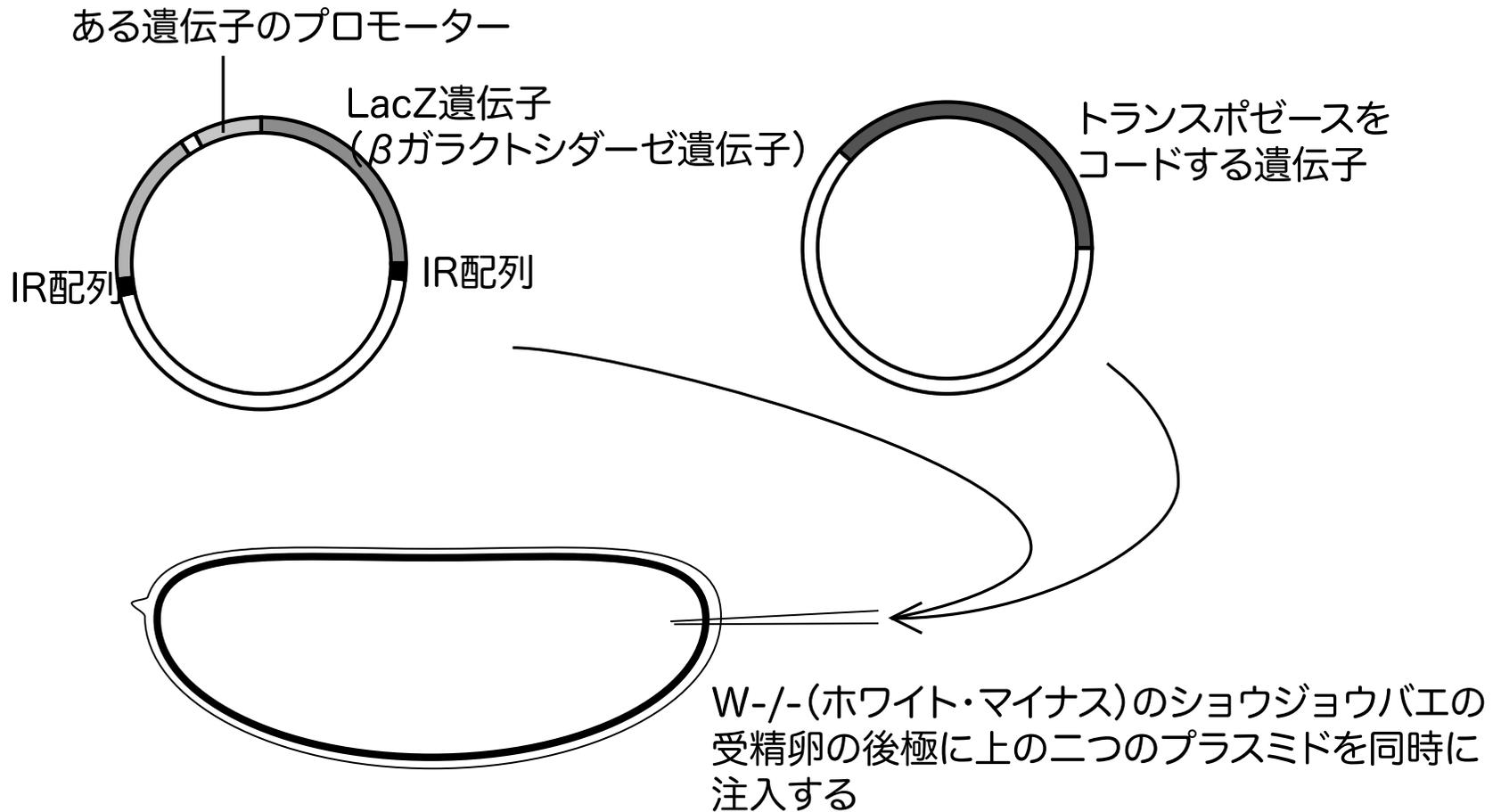
1980年、J. Gordon、F. Ruddleらがマウスの受精卵前核にDNAを注入遺伝子組み換えマウスの作成に成功。～82年にかけて、マウスとショウジョウバエを対象に**遺伝子組み換え動物の作成**が始まる。

合衆国連邦最高裁判所が、ジェネラル・エレクトリック社の微生物学者チャクラバーティが開発した原油の成分を分解させる能力をもたせたバクテリアに対して、連邦特許法の適用範囲に入るという裁定を下す。

遺伝子組換え動物の作成

ショウジョウバエを例に 1

P因子を利用したトランスジェニック・ショウジョウバエの作成
(ある遺伝子の発現をレポーター遺伝子LacZを使って可視化する場合を例に)

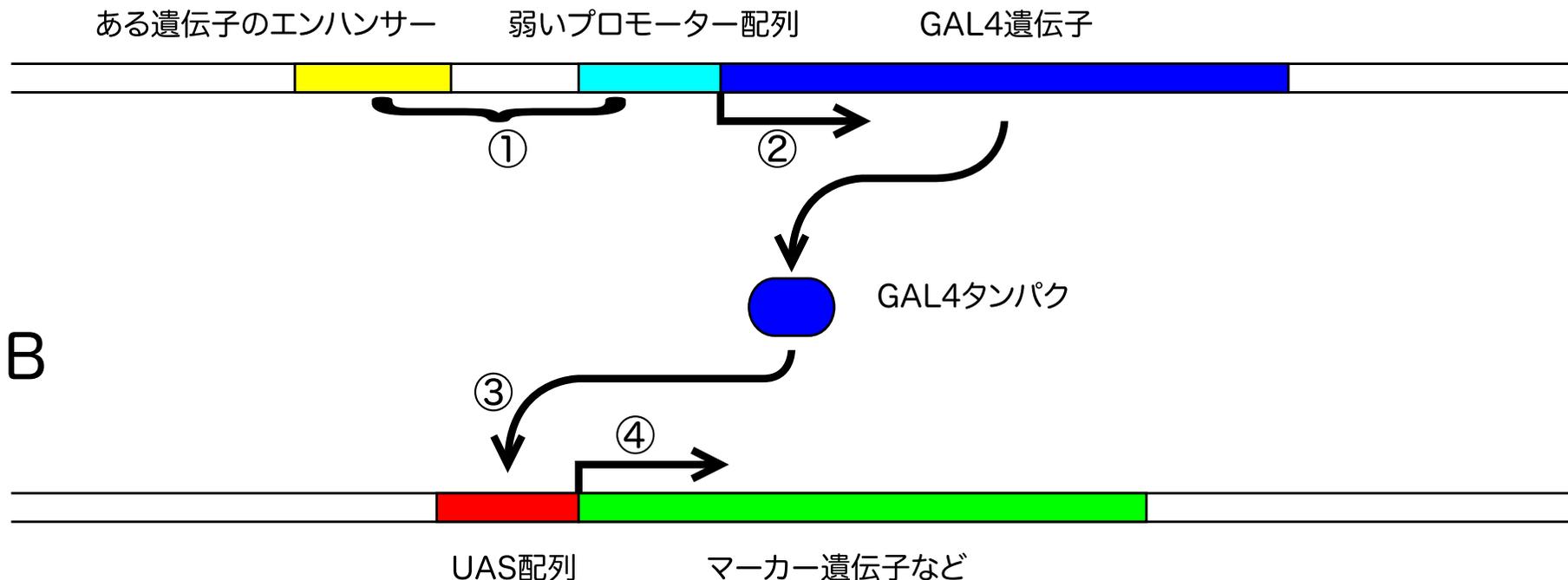


遺伝子組換え動物の作成

ショウジョウバエを例に 2

弱いプロモーター領域とGAL4遺伝子を繋いだDNAを組み込んだショウジョウバエ。組み込まれたGAL4遺伝子の近くの遺伝子 (Aとする)の発現と同じコントロールの下でGAL4遺伝子が発現しGAL4タンパク質が合成される。GAL4タンパク質は発色反応で検出できるため、どの細胞でA遺伝子が発現しているかを知ることができる。

A

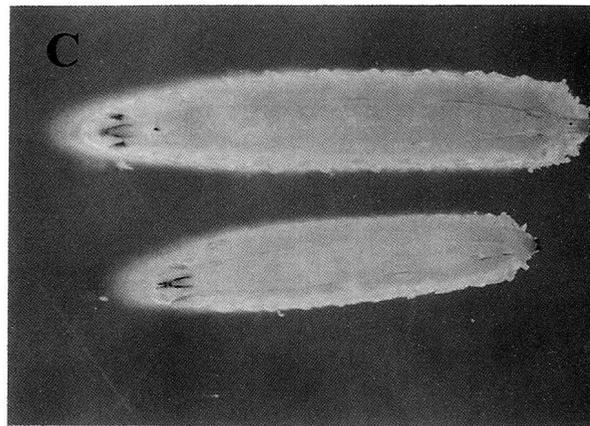
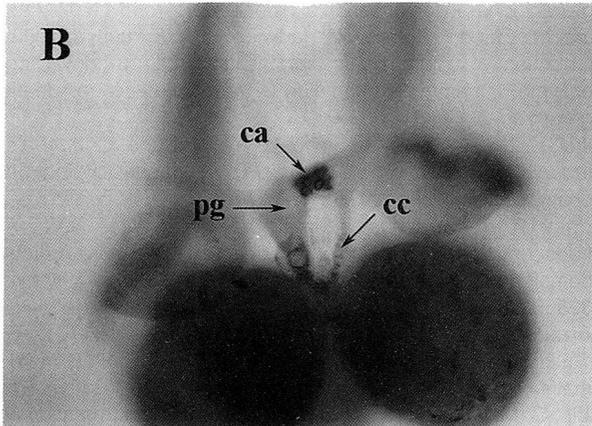
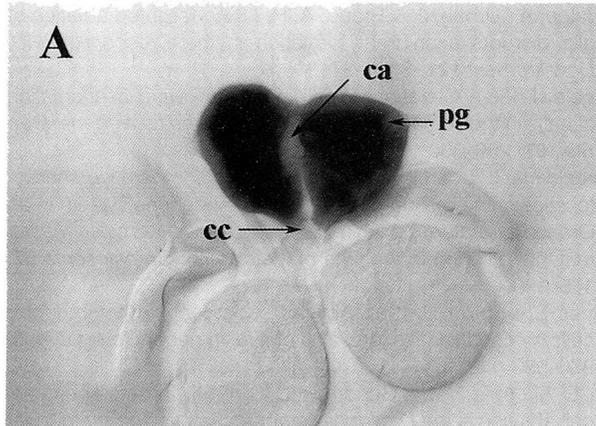


GAL4タンパク質はUAS配列があるとそこに働きかけその下流にある遺伝子 (Bとする)を発現させる。UAS+Bを組み込んだハエを上でのショウジョウバエと交配させるとA遺伝子が発現している同じ細胞でB遺伝子が発現させることができる。

遺伝子組換え動物の作成

ショウジョウバエを例に 3

組込まれたGAL4遺伝子が前胸腺(pg)で発現しているハエ。



前胸腺縮退すると変態ホルモンが分泌されず、3例幼虫は蛹になれず大きくなる。

Fig. 3. Spatial patterns of 11H-1-GAL4 expression and the corresponding defects resulting from GAL4-dependent *ced-3* expression. (a) The GAL4 expression pattern in the third instar ring gland. The ring gland is located dorsocephally between the two brain hemispheres of the larva. The ring gland is a compound gland consisting of three parts: the corpus allatum (ca), the prothoracic gland (pg) and the corpus cardiacum (cc). Among them, the pg is made up of large cells with large nuclei containing polytene chromosomes and pg cells secrete ecdysone. Note that β -gal staining is observed only in pg cells. (b) The third instar ring gland induced by ectopic expression of *ced-3*. 11H-1 was crossed to UAS-*ced-3* 12-1 and the progenies were examined. All but three of the pg cells are missing (compare with Fig. 3a). (c) The third instar larva of *w*¹¹¹⁸ (below) and the larva with ectopic expression of *ced-3* (above). The third larva with ectopic expression of *ced-3* in pg cells is larger than that of the *w*¹¹¹⁸.

AのハエとUAS+cd3(UASに細胞死を起こすced3遺伝子を繋いだDNA)を組込んだハエを交配させると前胸腺でced3が発現して細胞が死ぬため、前胸腺が縮退する。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 7

- 1982年、GenBank（遺伝子情報データベース）が NIHによって設立され、一般に公開される。
アグロバクテリウムとそのプラスミドのT-DNA領域を使って植物に遺伝子を組み込むことが可能となる。
- 1983年、初めてヒトの遺伝子病（Huntington's Disease ハッチントン舞踏病）の原因遺伝子座が確定される。。

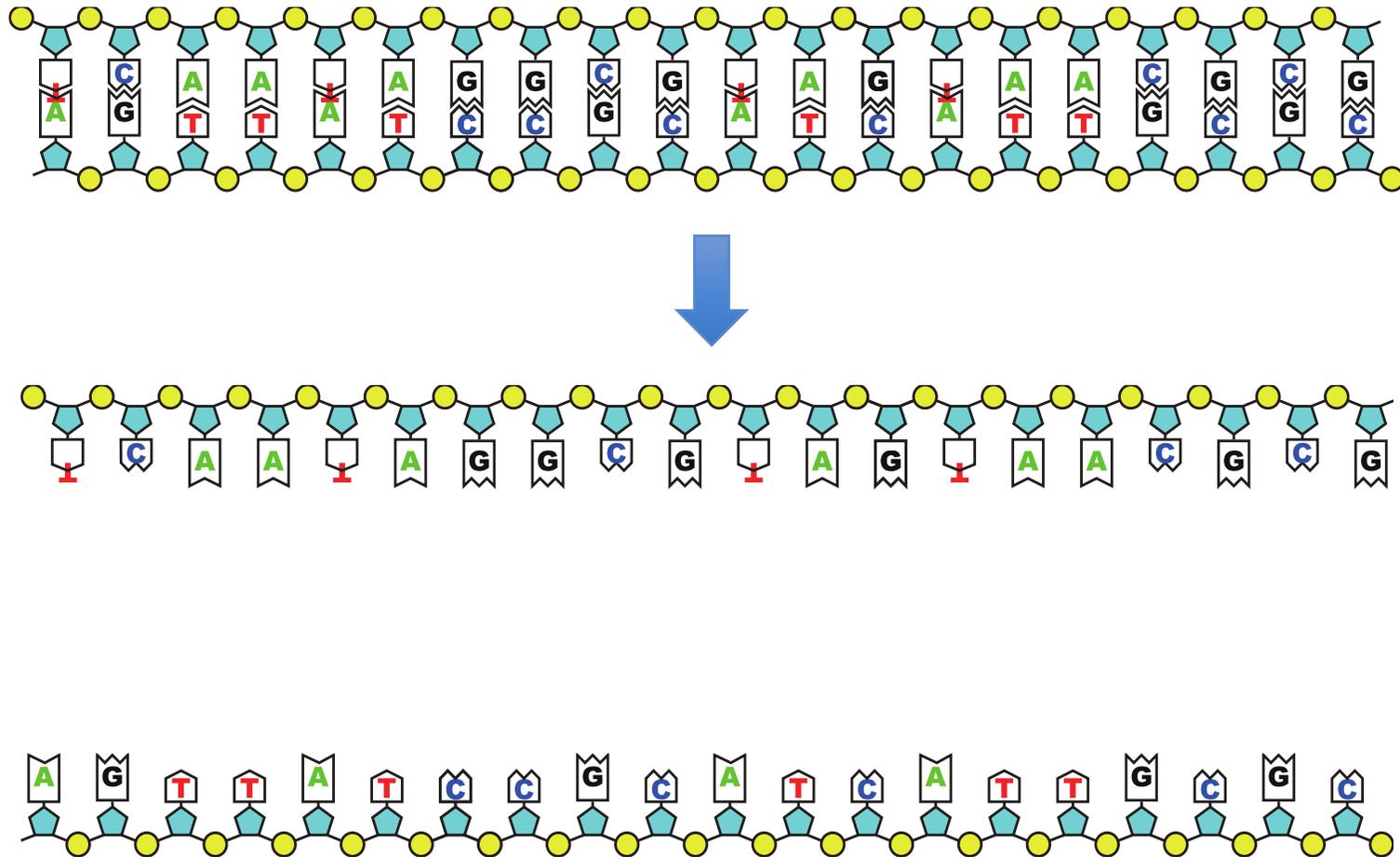
遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 8

- 1983年、K. B. Mullis、PCR (Polymerase chain reaction) の技術を開発、DNA増幅の実験を飛躍的に迅速且つ簡便化する。
- 1990年、ヒトゲノムプロジェクト Human Genome Project が始まる。
- 1990年、Ethical, Legal and Social Implication (ELSI) プログラムが始まる。
- 1994年、遺伝子組換え食品（作物）、FLAVR SAVR tomatoのFDA(Food and Drug Administration)による認可。

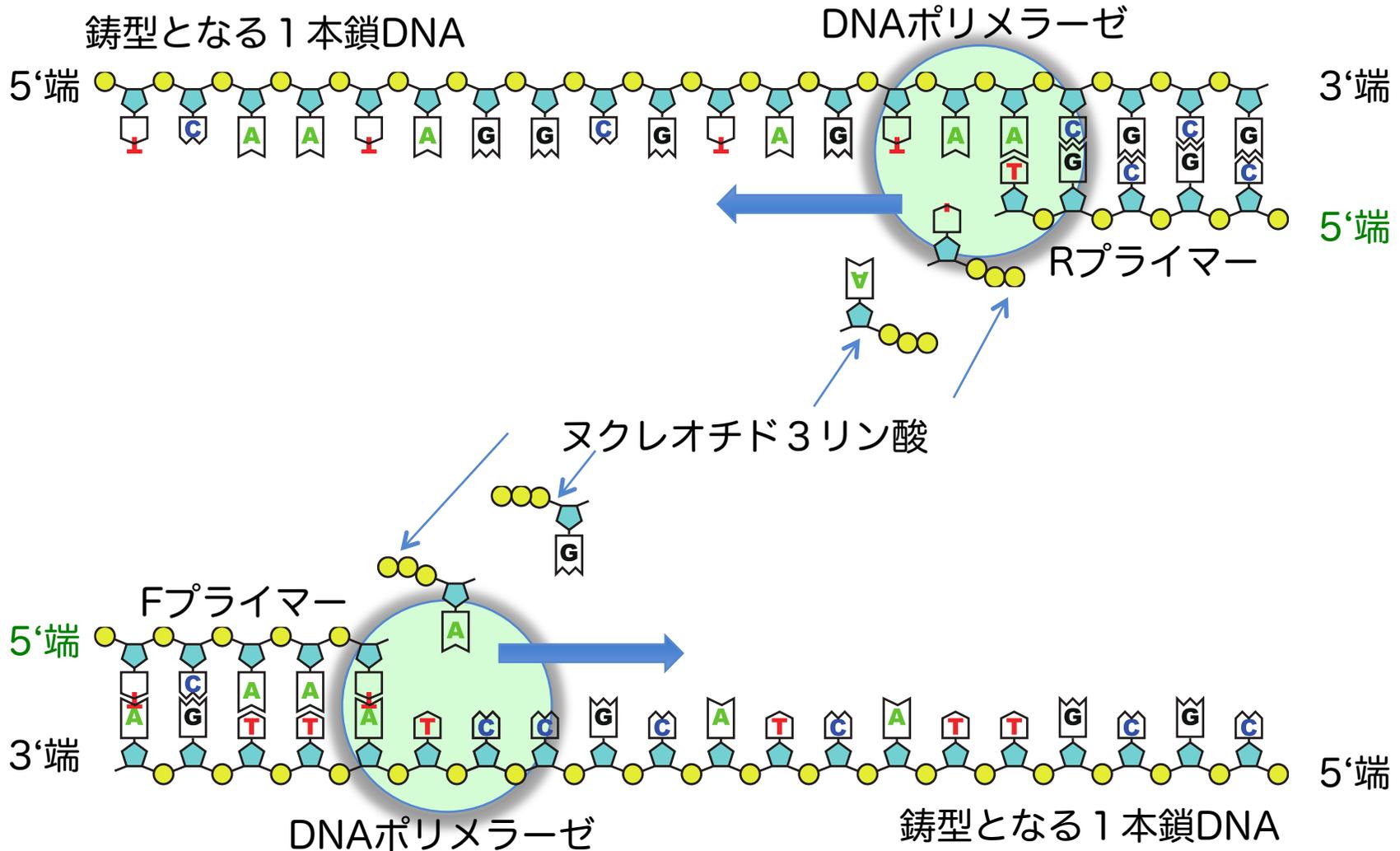
PCRを用いたDNA複製 1

高温 (95°C) によるDNA 2重らせん (2本鎖DNA) の解離



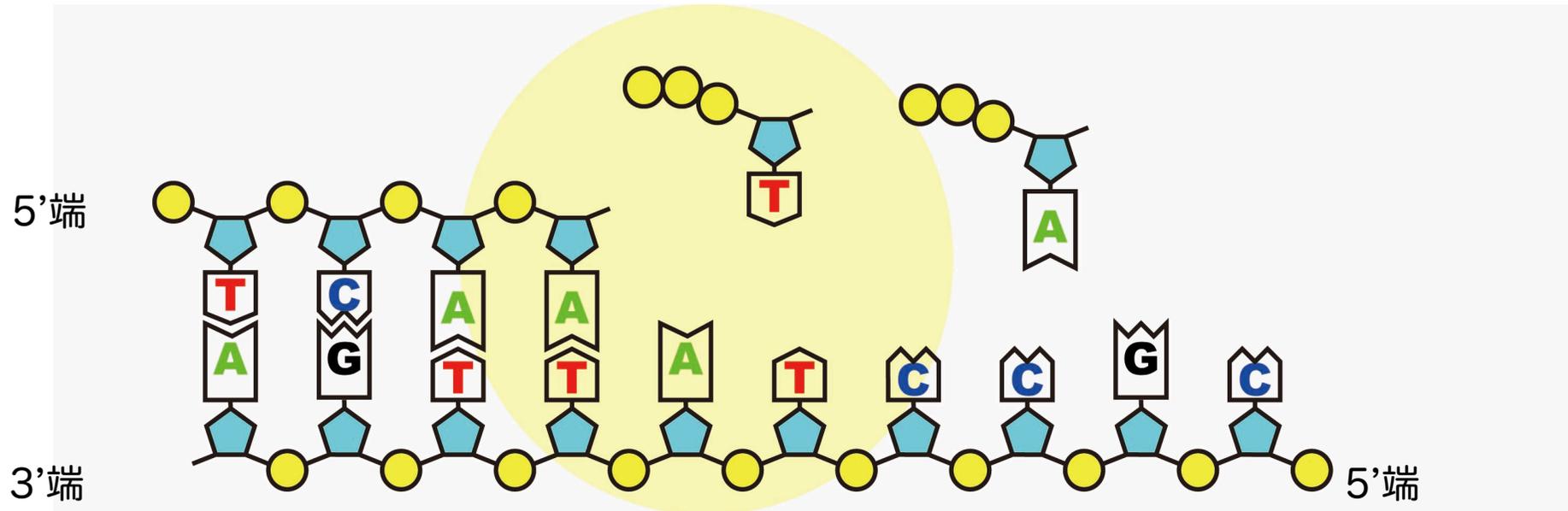
PCRを用いたDNA複製 2

それぞれの1本鎖DNA鎖を鋳型にアニールしたプライマーからDNAポリメラーゼによって新しい相補的なDNA鎖が合成される



PCRを用いたDNA複製 3

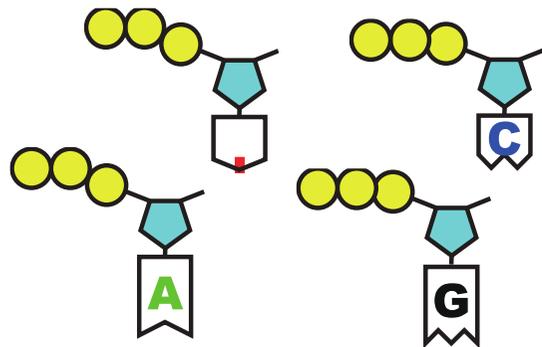
DNAポリメラーゼは、既存のDNA鎖を鋳型にプライマーの3'端に相補的なヌクレオチドを付加して新しいDNA鎖を伸長させる



デオキシヌクレオチド3リン酸

リン酸、2リン酸

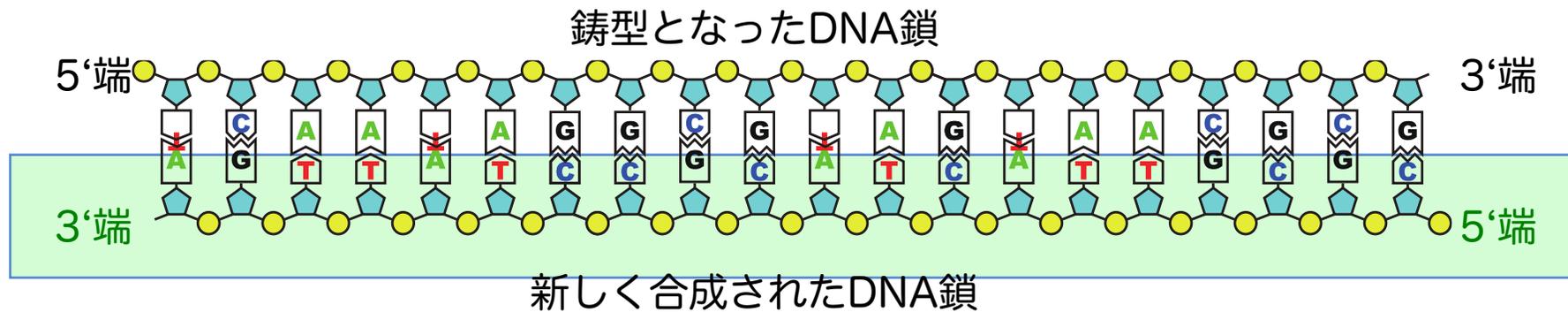
ホスフォジエステル結合



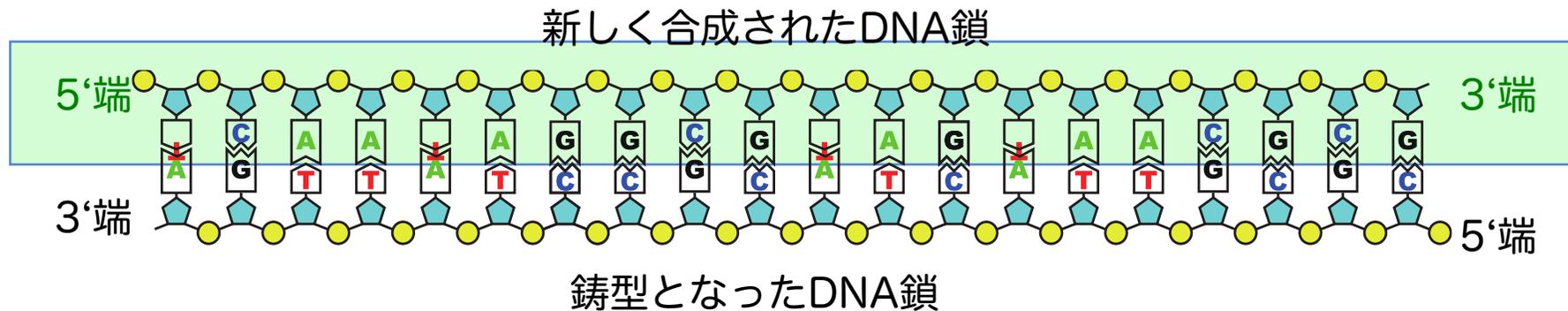
デオキシヌクレオチド3リン酸がホスフォジエステル結合によって重合したものがDNA

PCRを用いたDNA複製 4

1本であった2本鎖DNAが半保存的に複製され2本の全く同じ塩基配列を持つ2本鎖DNAに増幅される

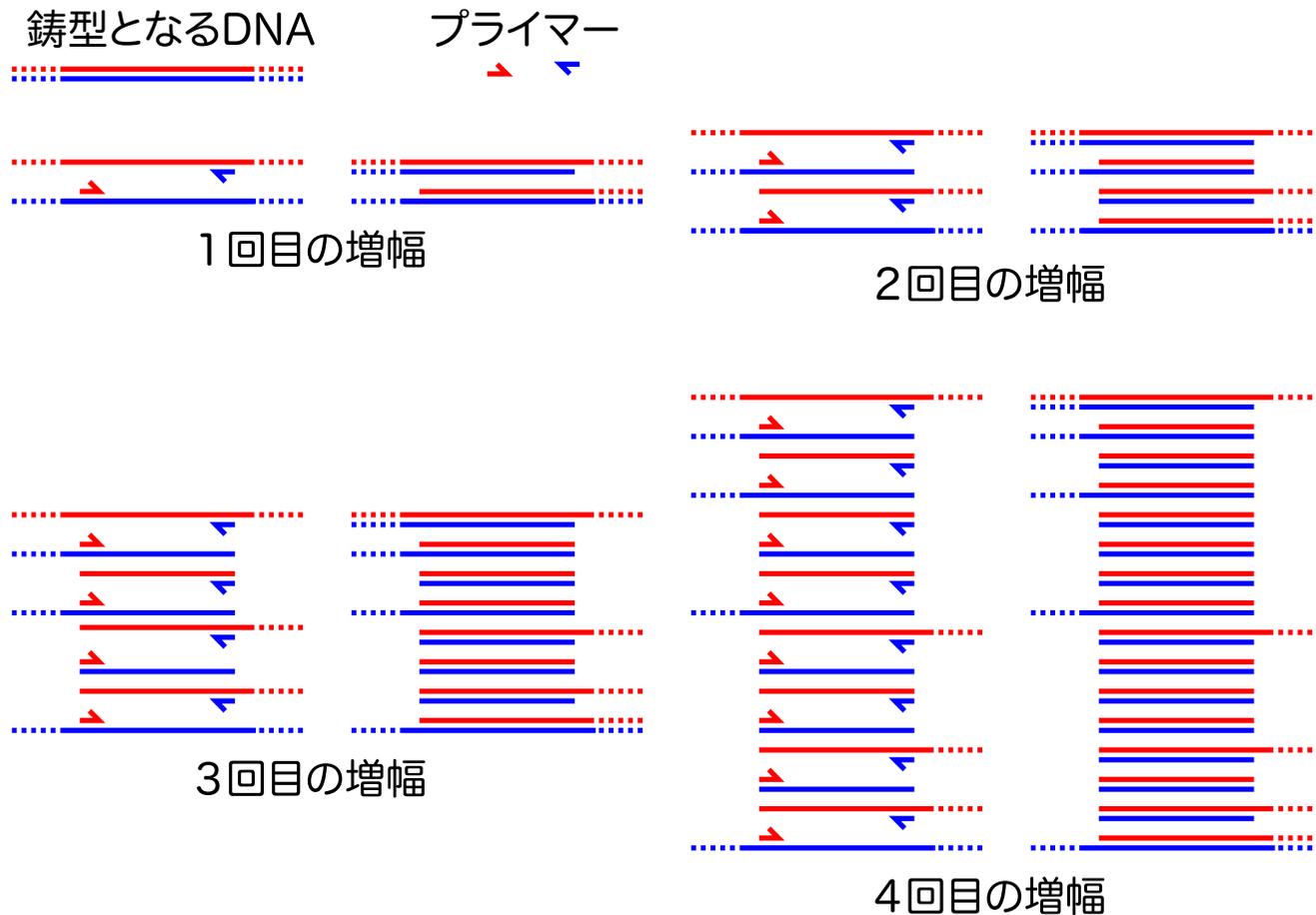


||



PCRを用いたDNA複製 5

多量のプライマーと4種のデオキシヌクレオチド、耐熱性のDNAポリメラーゼ、微量の元の鋳型となるDNAがあれば、ほぼ1サイクルの反応ごとに2つのプライマー間のDNAが倍になる。



遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 9

1995年、個人の遺伝情報に基づく就業差別の禁止 (EEOC、 Equal Employment Opportunity Commission)。

1996年、I. Wilmut、体細胞クローンヒツジDollyの作成。

クリントン米大統領令：ヒトクローンの作成の禁止。

ZFNを用いたDNA編集技術の報告。

2000年、クリントン大統領 「連邦政府における遺伝的差別の禁止」に署名。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 10

2000年、ショウジョウバエゲノムプロジェクト完了。
遺伝子の塩基配列を高速に決定できる装置、
次世代シーケンサー（NGS）の実用化、ゲ
ノム生物学の興隆。

2003年、マウスのゲノムプロジェクト完了。
ヒトのゲノムプロジェクト完了（ヒトの
DNAの全塩基配列の決定）。

2010年、TALENを用いたDNA編集技術の報告。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 11

2011年、Sequenomというカリフォルニアの会社により、米国で商業的にNIPT（新型出生前診断）が開始される。

2012年、CRISPR/Cas9によるDNA編集技術の報告とその後のDNA編集技術活用の急進展。
この頃から「ゲノム編集」という言葉が使われ出す。

2015年、第1回ヒトゲノム編集国際サミット（ワシントンDC）が開催され、ヒト胚研究に関する声明を発出。

遺伝子操作技術の進展と現状

20世紀後半からの遺伝子操作技術の興隆と進展 12

2018年、人正常胚のHIV共受容体CCR5遺伝子をCRISPR/Cas9を用いて改変した双子の誕生（中国、南方科技大学の賀健奎教授，後に違法医療行為として実刑判決を受けたとされている）。

2021年、日本においてサナティックシード株式会社が「ゲノム編集」トマト栽培キットのオンライン販売。

日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

「ゲノム編集」を考える

1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」 「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

ゲノム genomeとは、

古典的遺伝学の立場からは、二倍体生物におけるゲノムは生殖細胞に含まれる染色体もしくは遺伝子全体を指し、このため体細胞には2組のゲノムが存在すると考える。原核生物、細胞内小器官、ウイルス等の一倍体生物においては、DNA（一部のウイルスやウィロイドではRNA）上の全遺伝情報を指す。

分子生物学の立場からは、すべての生物を一元的に扱いたいという考えに基づき、ゲノムはある生物のもつ全ての核酸上の遺伝情報としている。ただし、真核生物の場合は細胞小器官（ミトコンドリア、葉緑体など）が持つゲノムは独立に扱われる（ヒトゲノムにヒトミトコンドリアのゲノムは含まれない）。

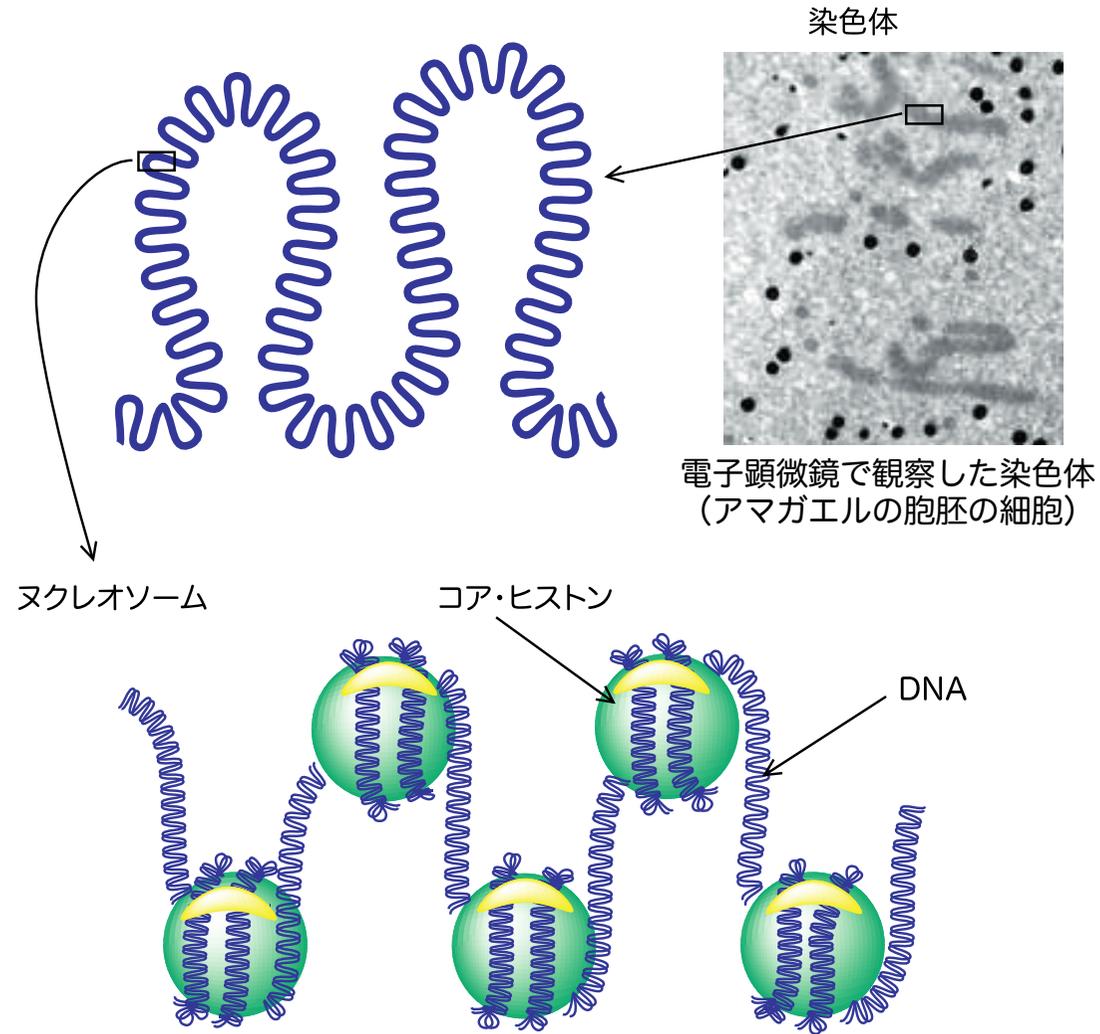
（ウィキペディアより）

もっと簡単に、「ある生物がその生物であるために必要な遺伝情報の総体」と言うこともできる。

1本の染色体には2本鎖DNAが1本含まれる

染色体の構造

真核生物の染色体はDNAがヒストン(H2A,H2B,H3,H4各2つずつで一つのコアを形成している)をコアに折り畳まれて凝縮した構造をしている。光学顕微鏡で細胞の分裂期に見えるようになった染色体はその凝縮が著しくなったものである。



ゲノム genome とは、 ヒトのゲノム 1

ヒト *Homo sapiens* は、各体細胞に46本の染色体を持っている。

♀の場合は、#1～#22までの常染色体を各2本と性染色体Xを2本（それぞれ1本は母親から、もう1本は父親から受精時に受け継いだもの）持っている。

♂の場合は、#1～#22までの常染色体を各2本と性染色体Xを1本と性染色体Yを1本（#1～#22はそれぞれ1本は母親から、もう1本は父親から受精時に受け継いだもの、性染色体X母は親から、性染色体Yは父親から受け継いだもの）持っている。

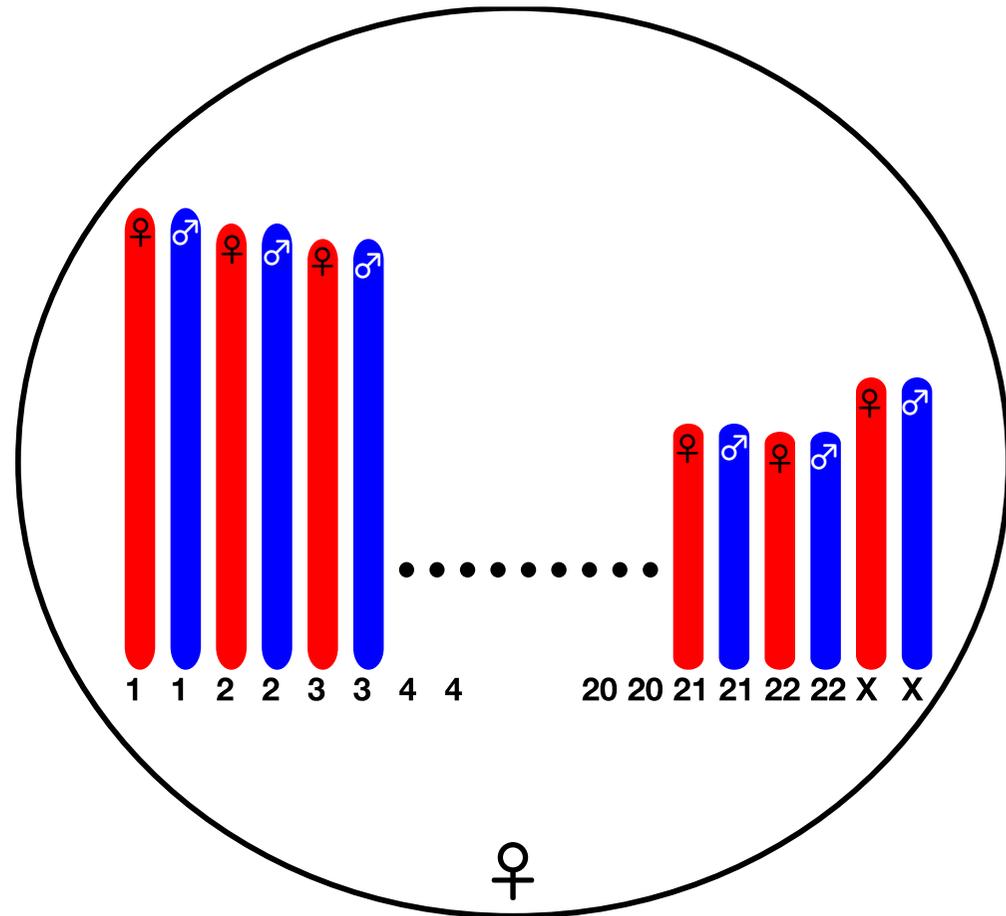
次に説明する配偶子形成（卵形成・精子形成）の時に起こる減数分裂・相同組み換えによって、個人のゲノムの独自性、種内のゲノムの多様性が生み出される。

→

ゲノム genome とは、 ヒトのゲノム 2

ヒトのゲノム構成：

私たちヒト *Homo sapiens* の体細胞の遺伝情報は、細胞当たり46本のDNAの分子（タンパク質とともに染色体という構造をとって細胞の核内にある）上に一連の塩基配列として存在している。また、その染色体は同じ形質に対応する母方からの遺伝子と父方からの遺伝子を持つため常染色体は相同なものが2本ずつある。つまり、私たちの体細胞は、母方由来の1組のゲノムと父方由来の1組のゲノムの2組のゲノムを持っている。



ゲノム：ある生物がその生物であるために必要な遺伝情報の総体

ヒトゲノムの遺伝子地図

GENOME MAP

ヒトゲノムマップ

ゲノムとは

gen + om + y

→ genome "ゲノム" (genetic information)

→ genome map "ゲノム遺伝子地図"

ゲノムとは、生物の体細胞に1セットあるDNAの総称である。ヒトゲノムは約30億個の塩基対から構成され、約2万5千個の遺伝子を含んでいる。ヒトゲノムマップは、このDNAの全長を解読し、遺伝子の位置を特定することによって作成される。

ここまでわかった!! ヒトゲノム

ゲノムが教えてくれる生命の由来

ゲノムとは、地球生物の目であり、あなたがあなたであることの証。あなた、このマップで、ヒトゲノムの解読にかけよう。

ここまですべての遺伝子

ヒトゲノムには約2万5千個の遺伝子が含まれている。このマップでは、各染色体に位置する遺伝子の位置と機能を示している。例えば、RHO遺伝子は視覚に関与し、INSR遺伝子は糖尿病に関与する。また、SRY遺伝子は男性の性決定に関与する。このように、各遺伝子は特定の生命現象を制御している。

DNAにかかれた生命の暗号集

あなたを形作るDNAの暗号のそれぞれが、加齢文字からなるヒトゲノム(暗号集)もっています。

このマップの暗号集は、ヒトゲノム全体の遺伝子情報をまとめたものである。各遺伝子の位置と機能を示すことで、生命の暗号を解読し、生命の仕組みを理解することができる。

おじいちゃんも、おばあちゃんも、わたしの中に

親世代の遺伝子と子世代の遺伝子の関係を示す図。遺伝子は両親から受け継がれ、子孫に伝わる。

ナンバーワンよりオンリーワン

ヒトゲノムの特徴として、他の生物と比べて非常に多様な遺伝子を持っていること。これは、ヒトの多様な表現型や適応能力の基盤となっている。

ヒトにはヒトゲノム、アグにはアグゲノム

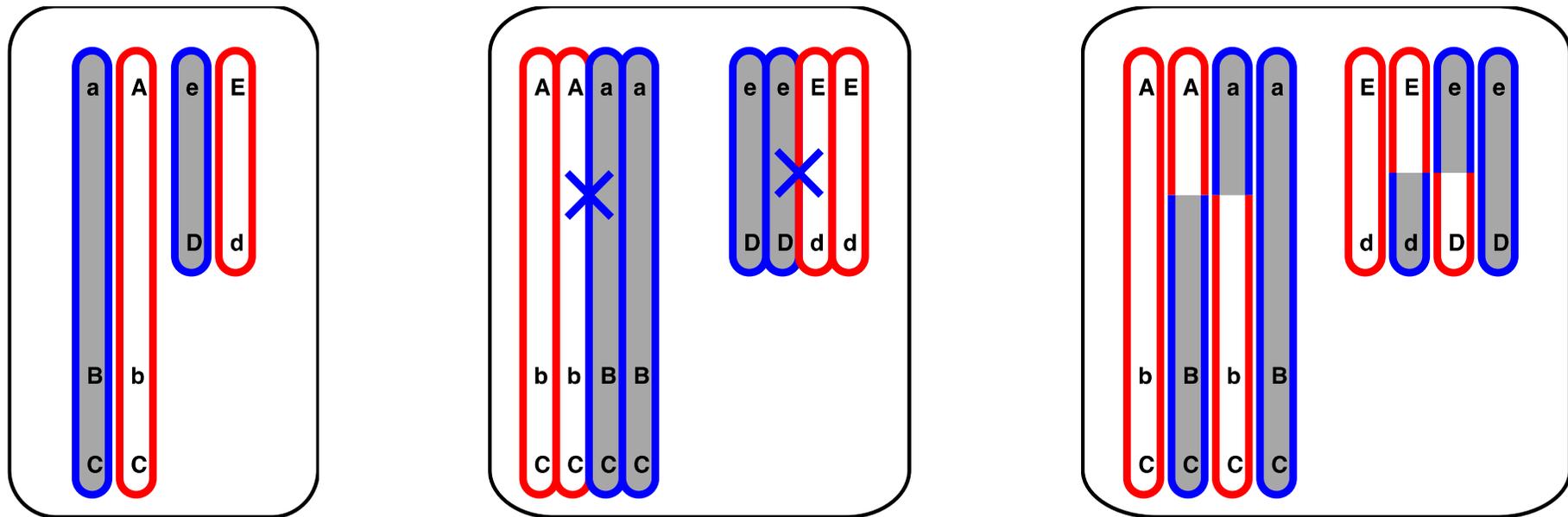
異なる生物種ごとに独自のゲノムを持っていること。ヒトゲノムとアグゲノムを比較することで、生命の進化や共通の祖先を推定することができる。

ゲノムができること

ゲノムから生命の設計図を読み取り、生命の活動を制御すること。ゲノムは生命の設計図であり、その設計図に基づいて生命は活動する。

ヒトゲノムマップ

種内のゲノムの多様性を生み出す仕組み 減数分裂時の相同組み換え



生殖巣内で卵原細胞や精原細胞が減数分裂（配偶子形成のための特殊な細胞分裂）を開始するとその細胞は一次配偶子母細胞（第一卵母細胞・第一精母細胞）と呼ばれる。一次配偶子母細胞では、まず核内でDNA（染色体）の複製が起こり、その後相同染色体の対合が起こる。そこで、相同染色体間での組換えがおこる。そのため、ある個体が次世代に伝えるある染色体は、その個体が父親から受け継いだものや母親から受け継いだものだけでなく、そのキメラの場合もある。

動物（哺乳類）胚に対する遺伝子操作

【哺乳類胚に対する操作技術】

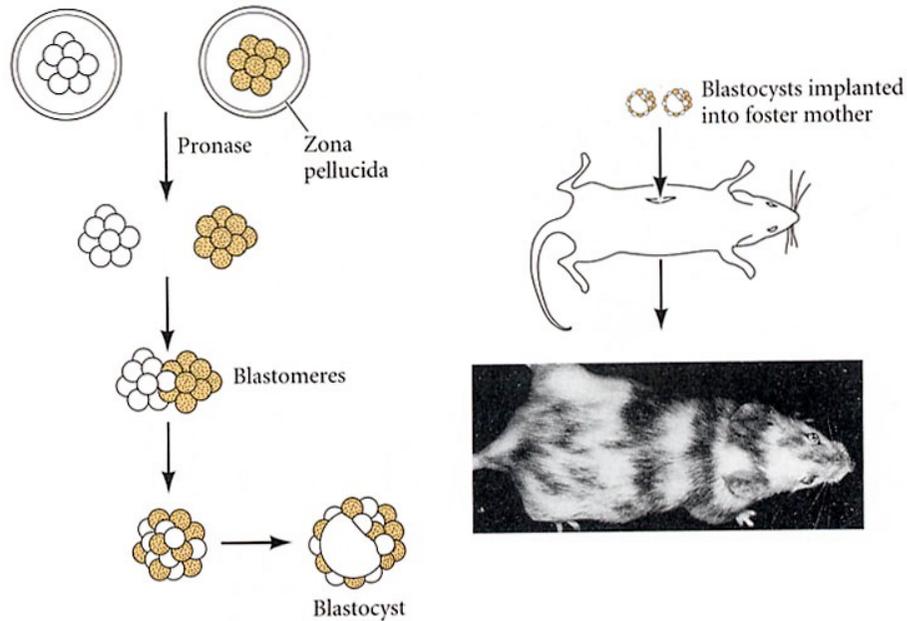
- 体外人工授精と初期胚（胚盤胞期まで）の体外での培養は可能。
- 体外人工授精の時に場合によって行われる微細なガラス針（管）を使って直接卵細胞に精子を顕微注入する顕微授精技術と同じように、受精卵にDNAの塩基配列を改変するために核酸・酵素等(CRISPR/Cas9等)を注入することは可能である。
- 哺乳類胚では胚盤胞期までの胚の細胞を検査のために少量取り出しても残りの胚は通常通りに発生することが出来る。

以上のような胚操作技術とゲノム編集技術を用いることによって哺乳類の受精卵（胚）の遺伝情報を改編することが可能である。

動物（哺乳類）胚に対する遺伝子操作

コンパクション前の胚を使ってのキメラの作成

3つの胚のキメラ

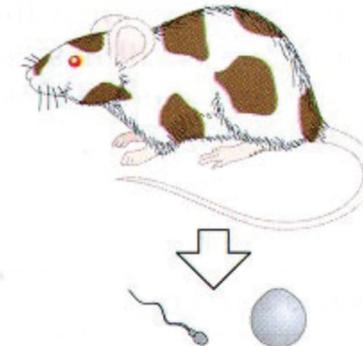
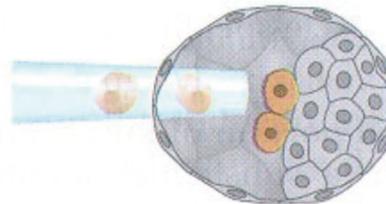
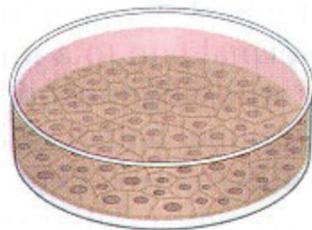


胚盤胞期の胚の内部細胞塊にES細胞を加えることによってキメラを造ることもできる。

ES cells (carrying a mutation in a single gene) in culture

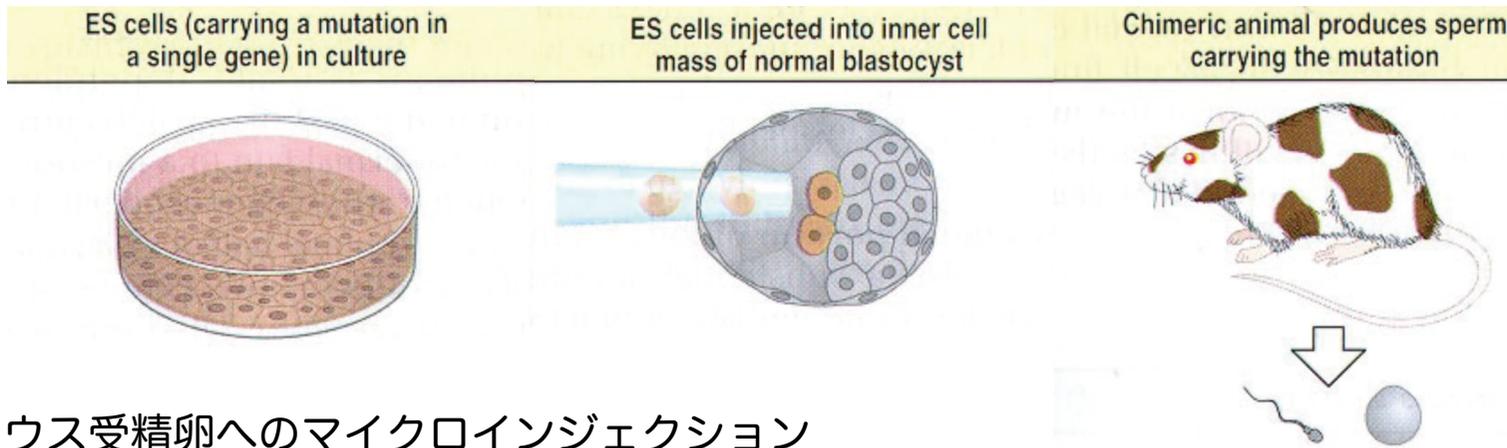
ES cells injected into inner cell mass of normal blastocyst

Chimeric animal produces sperm carrying the mutation



動物（哺乳類）胚に対する遺伝子操作

胚盤胞期の胚の内部細胞塊にES細胞を加えることによってキメラを造ることもできる



マウス受精卵へのマイクロインジェクション



出典：Essential Developmental Biology by Slack

出典：<https://www2.infront.kyoto-u.ac.jp/tgkoivf/tg.htm>

動物（魚類）受精卵に対する遺伝子操作

【魚類に対する操作技術】

- 人工授精によって多数の受精卵を得ることが容易。
- 微細なガラス針(管)を使って受精卵にDNAの塩基配列を改変するために、核酸等・酵素（例えばCRISPR/Cas9等）を注入することは可能である。
- 上記のことから、多数の受精卵にゲノム編集を試み、目的に合った遺伝子改変のできた仔魚をその中から選抜できる。

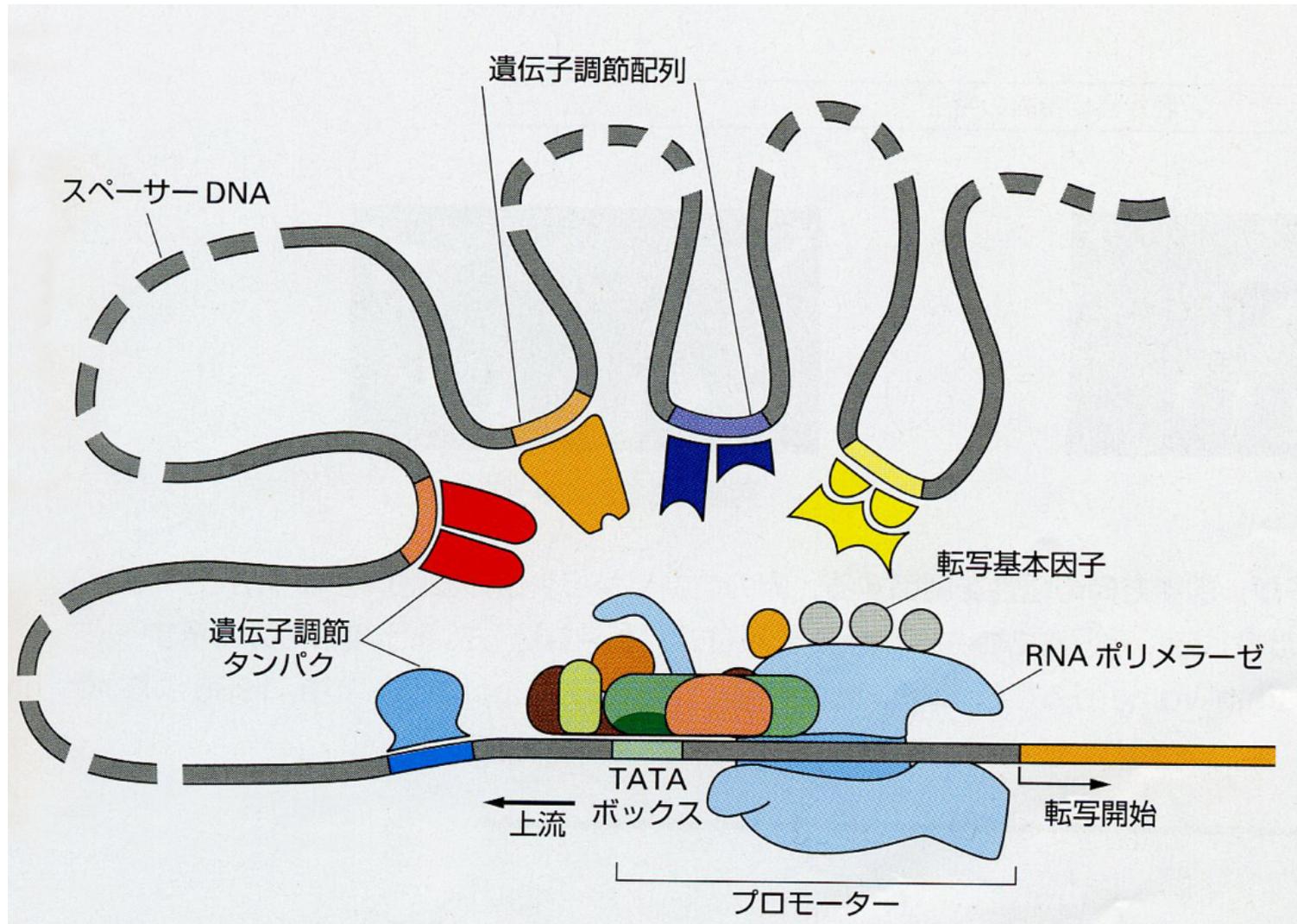
以上のような受精卵へのマイクロインジェクション技術とゲノム編集技術を用いることによって魚類の遺伝情報を改編することが可能である。

ゲノム編集（DNA塩基配列改変）技術

その基盤となる生物の持つ仕組み 1

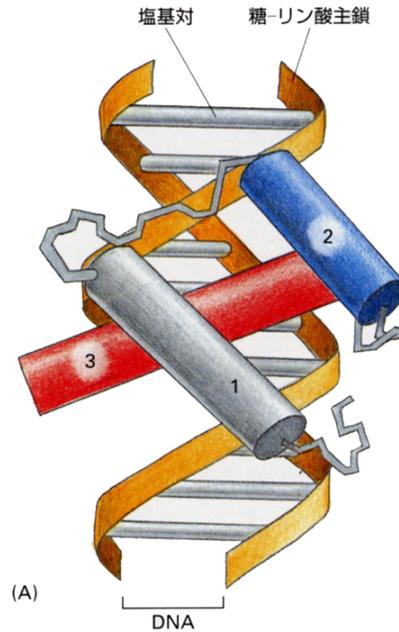
- 生物は遺伝子であるDNAの塩基配列情報に基づいて、様々な生きるために必要なタンパク質やRNAなどの分子を作り出す仕組みを持っている。
その仕組みは、特定の細胞で適切な時期に必要な遺伝情報を発現させるという精密なものである。
- ここでは、特定のDNA塩基配列情報（タンパク質のアミノ酸配列をコードする遺伝子部分など）を認識し、それに働きかける（情報の読み出しを促進したり抑制したりする）特定の因子（タンパク質分子など）が働いている。

遺伝子部分の前後に様々な調節領域があり、それらに結合する因子が遺伝子の発現をコントロールしている

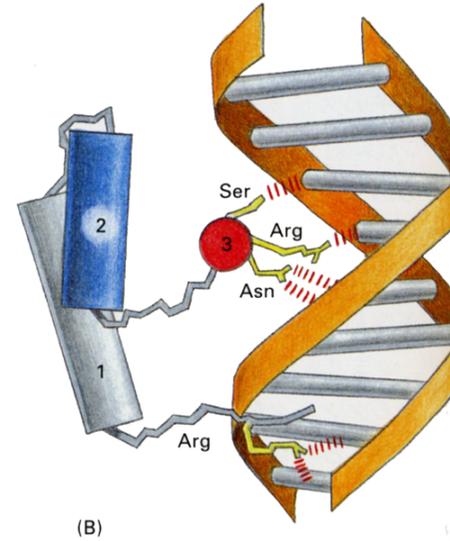


遺伝子発現調節タンパク質はDNAの特定の塩基配列に結合できる構造をもっている

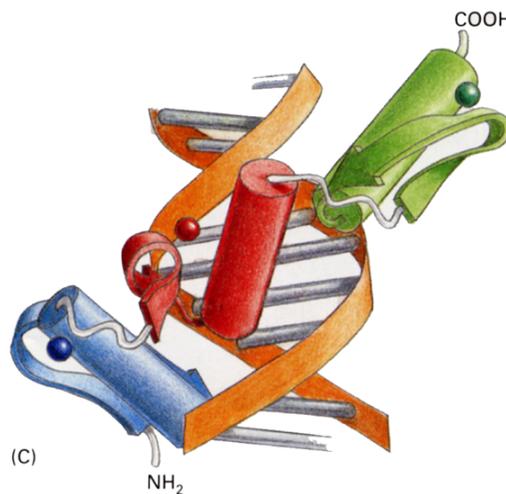
ホメオドメイン



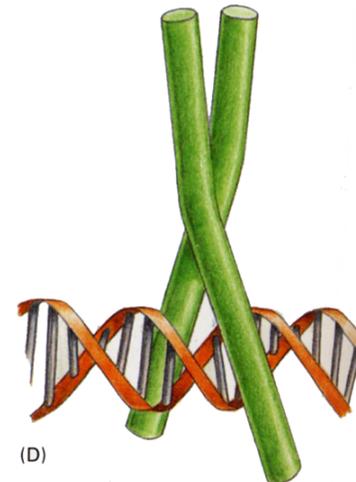
ホメオドメイン



ジンクフィンガー



ロイシンジッパー

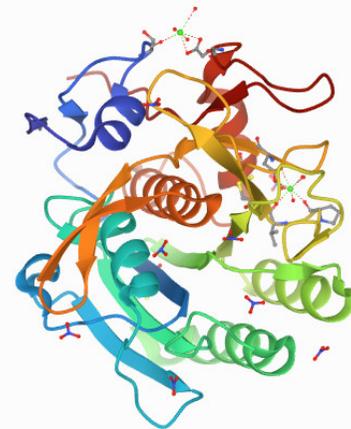


ゲノム編集（DNA塩基配列改変）技術 その基盤となる生物の持つ仕組み 2

- 生物は必要な生体分子を合成する仕組みだけではなく、不要になった生体分子や異物を分解・廃棄する仕組みも持っている。ここでは、DNAやRNAを切断・分解する各種のヌクレアーゼや様々なタンパク質を分解する各種のプロテアーゼなどが適切に働いている。



RNA分解酵素 A
bovine pancreatic ribonuclease A



タンパク分解酵素 K
proteinase K *Tritirachium album*

ゲノム編集（遺伝子操作）技術

その基盤となる生物の持つ仕組み2

- バクテリアは感染するウイルス（バクテリオファージ）に対する防御機能として、特定のDNAの塩基配列を認識してそこを切断する制限酵素を持っている。
- バクテリアには、一度感染してきたウイルスのDNAの一部の塩基配列を記憶して再度の感染の時には、速やかにウイルスのDNAの該当する塩基配列部位を切断するというウイルス感染に対する免疫機能（CRISPR/Cas9など）を持つものもある。

制限酵素の1例（EcoR1）

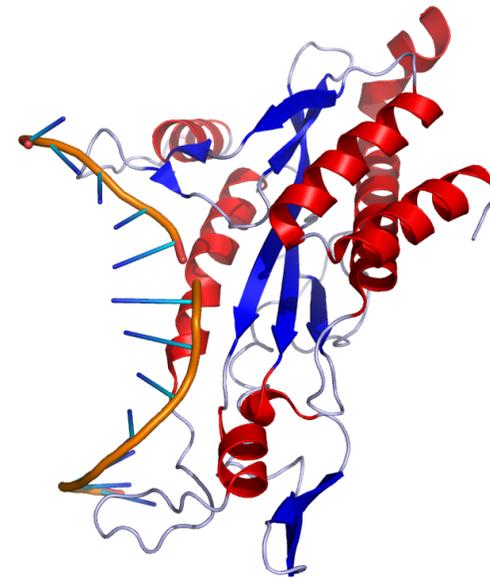
---GAATTC---のパリンドローム配列を認識して
以下のように切断する。

切断前の配列

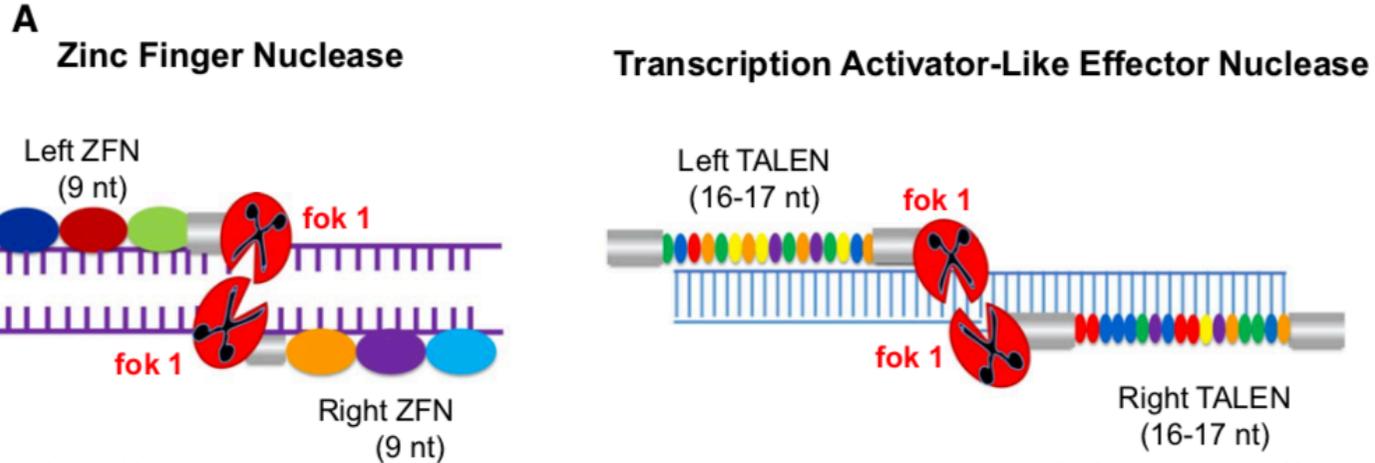
5'-GAATTC-3'
3'-CTTAAG-5'

切断後の配列

5'-G AATTC-3'
3'-CTTAA G-5'



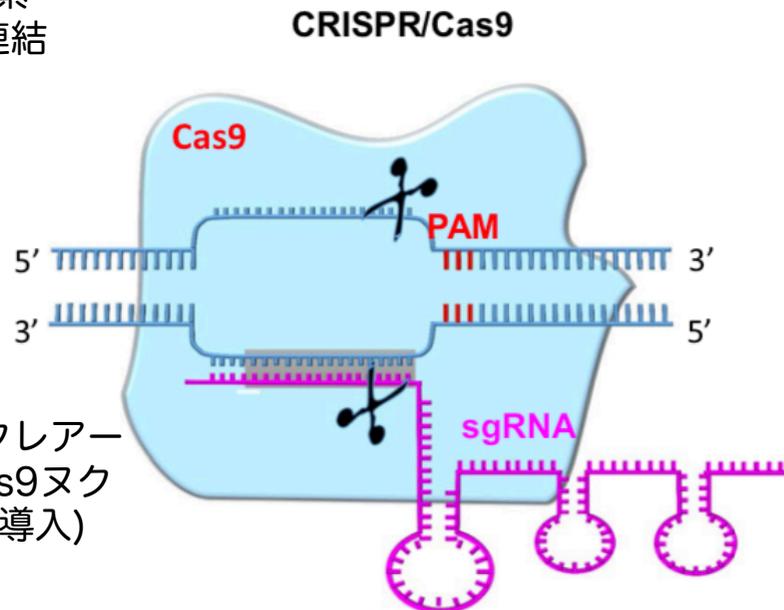
ゲノム編集で使われる人工ヌクレアーゼ、ZFN, TALEN, CRISPR/Cas9 による特定の塩基配列の認識と2本鎖DNAの切断



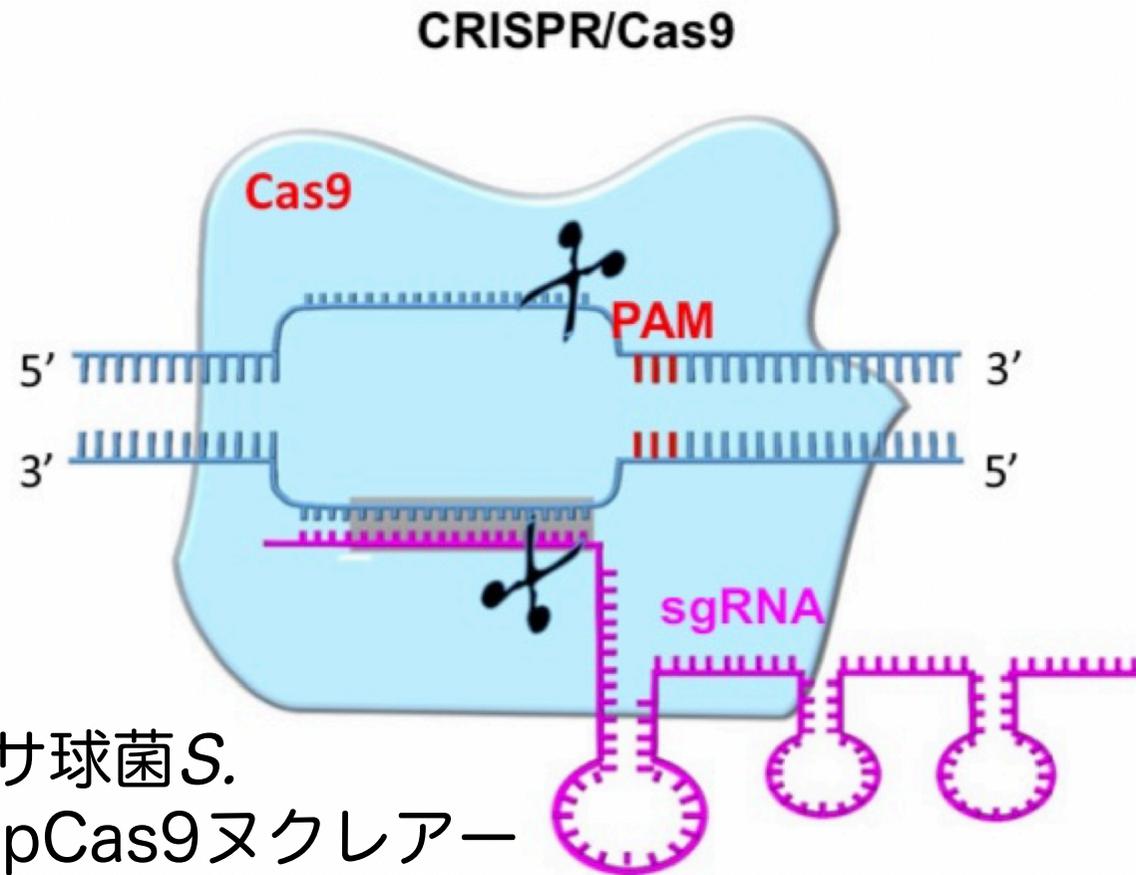
目的の塩基配列に特異的に結合するZinc fingerアレイに制限酵素Fok1のDNA切断ドメインを連結した人工ヌクレアーゼの導入

植物の病原細菌 *Xanthomonas* 属のTALEタンパク質をDNA結合ドメインに制限酵素Fok1のDNA切断ドメインを繋いだ人工ヌクレアーゼの導入

sgRNAと化膿レンサ球菌 *S. pyogenes* 由来のSpCas9ヌクレアーゼの2因子の発現(あるいはCas9ヌクレアーゼとsgRNAの複合体の導入)



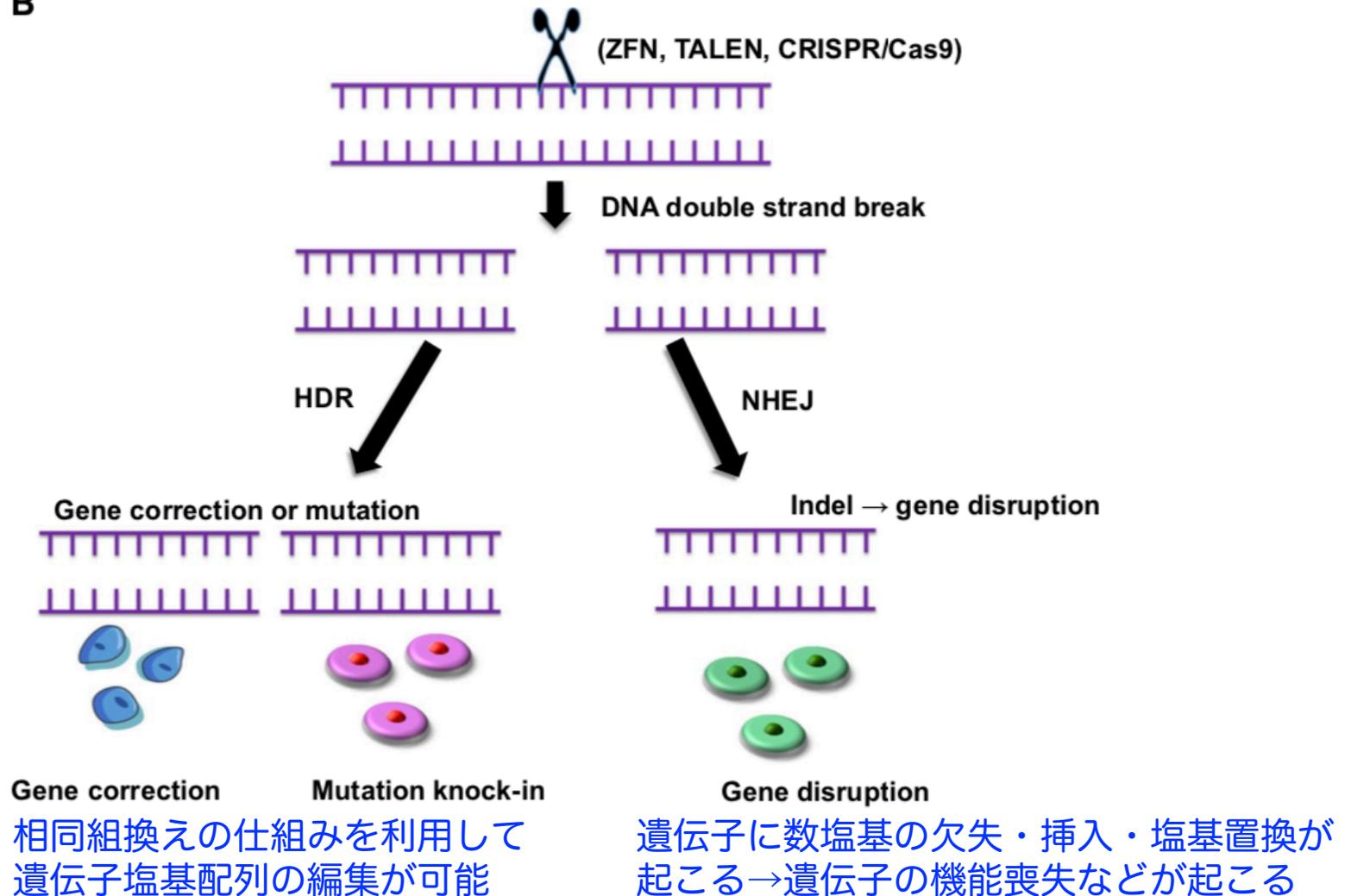
ゲノム編集で使われるZFN, TALEN, CRISPR/Cas9 特定の塩基配列の認識と2本鎖DNAの切断



sgRNAと化膿レンサ球菌 *S. pyogenes* 由来のSpCas9ヌクレアーゼの2因子の発現(あるいはCas9ヌクレアーゼとsgRNAの複合体の導入)

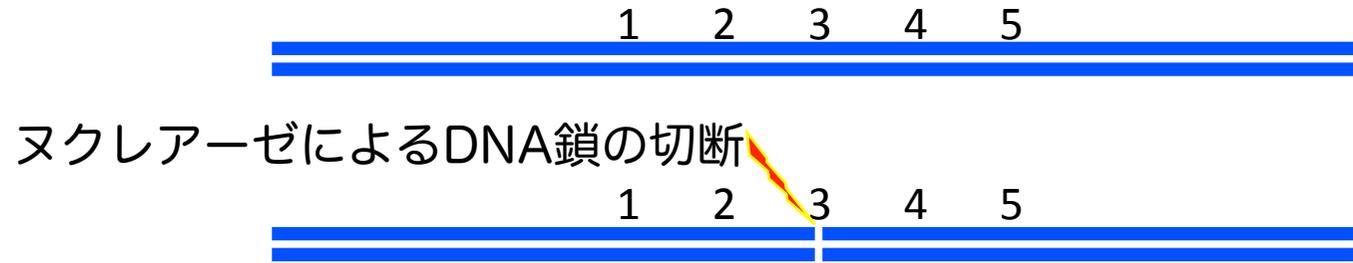
2本鎖DNAの切断後に起こる修復

B

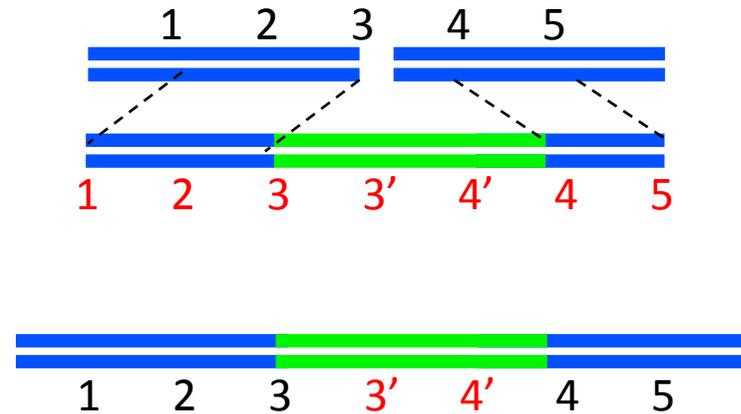
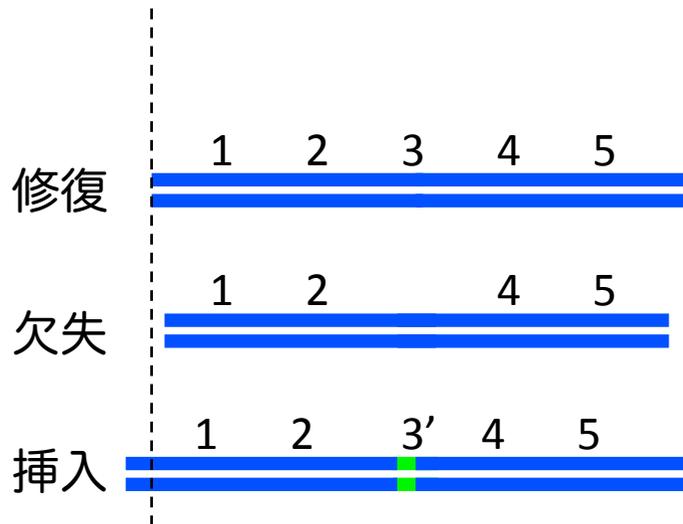


In the NHEJ pathway, random insertions or deletions (indels) occur at the site of editing, often leading to gene disruption. A donor template that includes sequences homologous to the DSB flanking regions can be incorporated into the genomic DNA, resulting in gene correction.

2本鎖DNAの切断後に起こる修復



切断箇所の前後の塩基配列と相同な塩基配列を持つDNAが共存する場合
切断箇所に任意のDNAを挿入させることが可能



日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

「ゲノム編集」を考える

1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

人工ヌクレアーゼを用いた 「ゲノム編集」における技術的問題 —「オフターゲット」問題—

標的とした塩基配列以外の部分を切断してしまうことをオフターゲットと呼び、実際に、オフターゲットが起こることが報告されている。

また、そのオフターゲットの結果、切断された箇所で欠失等が起こり、その部分を含む遺伝子が機能しなくなる（実際の研究報告もある）、もしくは変異することも起こりうる。

さらに、そうした、オフターゲットが起こったかどうかを厳密に検出することは困難である。

人工ヌクレアーゼを用いた 「ゲノム編集」における技術的問題 「オフターゲット」問題

【可食部増量マダイ（E189-E90系統）】の届出資料より引用

オフターゲット変異については、ソフトウェア解析により 10 箇所の変異が候補変異として示されたが、いずれも2塩基のミスマッチがあり、塩基配列解析の結果、いずれもオフターゲット変異がないことが確認された。そのため、新規にアレルゲンが生成される可能性がある変異は標的遺伝子のみである。

【高成長トラフグ（4D-4D系統）】の届出資料より引用

オフターゲット変異については、ソフトウェア解析により、61 箇所の変異が候補変異として示されたが、1~2塩基のミスマッチがあり、全ゲノム解析及び PCR 法と塩基配列解析の結果、いずれもオフターゲット変異がないことが確認された。そのため、新規にアレルゲンが生成される可能性がある変異は標的遺伝子のみである。

遺伝子組換え農水畜産物の利用に当たっての 安全性確保のための法律・国による審査

遺伝子組換え農作物の栽培、食品・飼料等の原材料用としての輸入にあたっては、生物多様性に影響を及ぼす可能性が無いか否かについて「[遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律](#)」（カルタヘナ法）に従って、[農林水産大臣と環境大臣](#)が、我が国の生物多様性を損なうおそれがない場合に限り使用の承認を行う。

遺伝子組換え農作物・水畜産物を食品として利用する場合の安全性は、[食品衛生法に基づき厚生労働省が定めた「食品、添加物等の規格基準」](#)に従って、[内閣府食品安全委員会が安全性を評価し、厚生労働大臣が承認](#)を行う。

遺伝子組換え農作物を飼料として利用する場合、「[飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律](#)」に基づいて、[農林水産大臣が飼料としての安全性確認を内閣府食品安全委員会の意見を聴取した上で](#)行う。

ゲノム編集技術とは

国による定義

ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領
令和元(2019)年9月19日 最終改正 令和2(2020)年12月23日
大臣官房生活衛生・食品安全審議官決定

1. 定義

(1) ゲノム編集技術

ゲノム編集技術とは、特定の機能を付与することを目的として、染色体上の特定の塩基配列を認識する酵素を用いてその塩基配列上の特定の部位を改変する技術と定義する。なお、最終的に、外来の遺伝子又はその一部を含む場合は組換えDNA技術(食品、添加物等の規格基準(昭和34年厚生省告示第370号。以下「規格基準告示」という。))に規定する技術をいう。以下同じ。)に該当するものとする。

ゲノム編集技術応用食品を適切に理解するための6つのポイント

厚生労働省 資料より

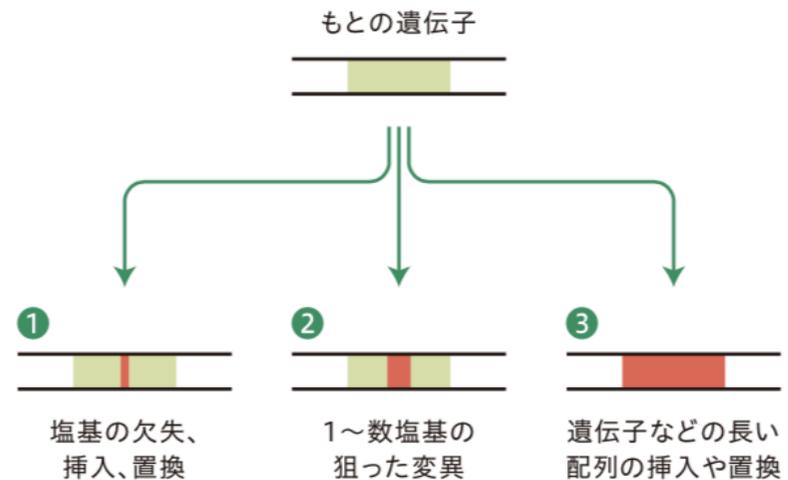
Point 3 ゲノム編集技術とは？

自然界では、放射線などによりDNAの切断が起こることがあります。生物はDNAの修復機能を持ちますが、正しく修復されないと、塩基の挿入、欠失や置換といった変異が起こります。従来の育種技術では、こうした変異の頻度を上げることで、多様な性質を持つ品種を作りますが、変異はランダムに起こります。

ゲノム編集技術では、特定の塩基配列を認識する酵素を細胞の中で働かせ、その塩基配列上の特定部位の切断を行います。その後、生物のDNAの持つ修復機構が働き、

- ①自然界においても起こり得る塩基の欠失、挿入、置換
- ②1～数塩基の狙った変異
- ③遺伝子などの長い配列の挿入や置換

といったDNA配列の変化が起こります。この技術を用いて得られた食品が「ゲノム編集技術応用食品」となります。

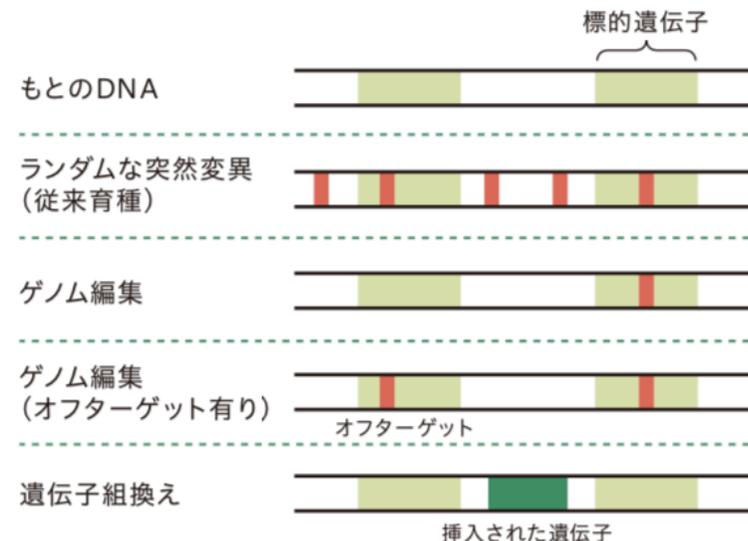


ゲノム編集技術応用食品を適切に理解するための6つのポイント

厚生労働省 資料より

Point 4 ランダム変異とゲノム編集におけるオフターゲットとは？

交配や自然発生または人為的に誘発した突然変異を利用した従来育種では、変異がランダムに起こります。そのため、標的の遺伝子に変異する確率は非常に低いのに比べ、「ゲノム編集技術」では、高い確率で特異的に標的遺伝子に変異を起こすことができます。それでも意図しない変異が起こることがあり、その変異は「オフターゲット」と呼ばれています。遺伝子組換えでは新たに遺伝子が挿入されます。



Point 5 育種過程とは？

農作物は、自然発生または人為的に誘発した突然変異を利用し、それらを掛け合わせることで品種改良が進められてきました。従来育種では、多くの意図しない変異が起こりますが、都合の悪い性質は育種過程（交配・選抜）で除かれ、優れた性質を持つ品種となります。「ゲノム編集技術応用食品」においても、交配・選抜を経ることで、ゲノム編集で生じる「オフターゲット」は取り除くことが可能です。

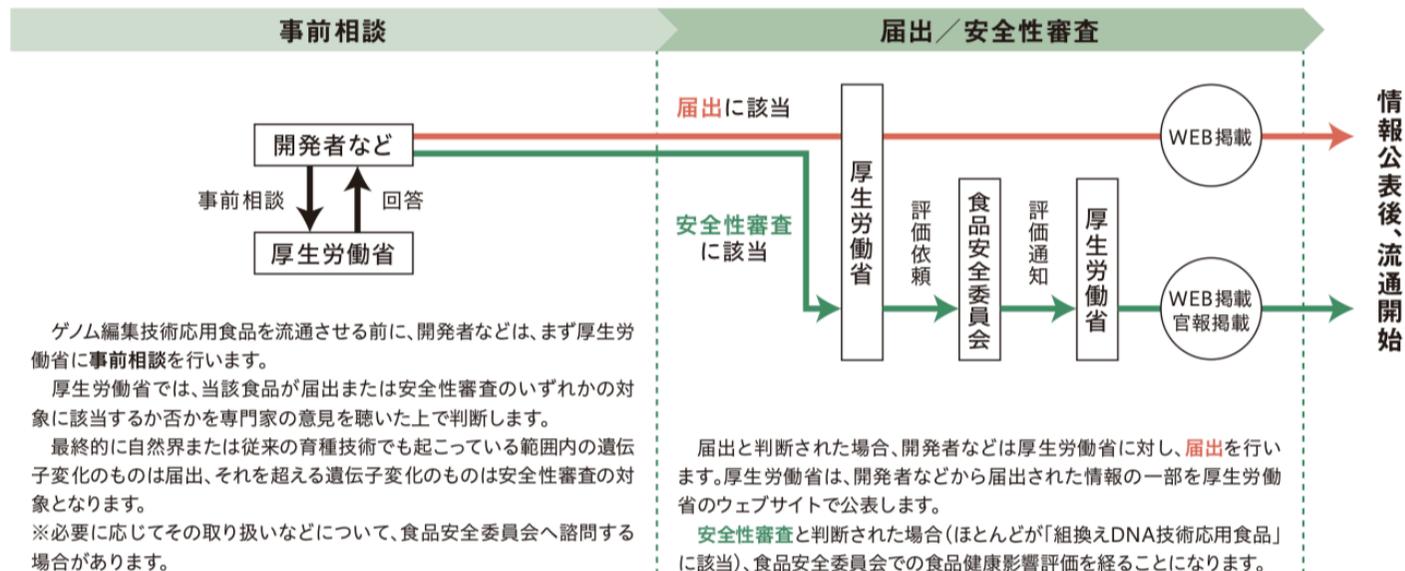
ゲノム編集技術応用食品を適切に理解するための6つのポイント

厚生労働省 資料より

Point 6 ゲノム編集技術応用食品の基本的な取り扱い

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会新開発食品調査部会で取りまとめられた報告書を踏まえ、ゲノム編集技術応用食品等の届出等の食品衛生上の取り扱いに関する制度は、次のとおりです。

【ゲノム編集技術応用食品の届出制度等に関するフロー図】



【問い合わせ先】

厚生労働省 医薬・生活衛生局 食品基準審査課

TEL 03-3595-2341/FAX 03-3501-4868 E-mail ISESHINKAI@mhlw.go.jp

※この資料は、平成31年度厚生労働科学研究費補助金(食品の安全確保推進研究事業)「新たなバイオテクノロジーを用いて得られた食品の安全性確保とリスクコミュニケーションのための研究」の一部として作成しました。

ゲノム編集技術を利用して得られた食品等の食品衛生上の取扱いについて

厚生労働省 医薬・生活衛生局 食品基準審査課 新開発食品保健対策室 令和2年12月

ゲノム編集技術を用いた農林水産物を考えるシンポジウム（Web会議）20201225の資料より

ゲノム編集技術応用食品等の届出情報等

<開発者等が届出を行う情報>

- ① 開発した食品の品目・品種名及び概要
- ② 利用したゲノム編集技術の方法及び改変の内容
- ③ 外来遺伝子及びその一部の残存がないことの確認に関する情報
- ④ 確認されたDNAの変化がヒトの健康に悪影響を及ぼす新たなアレルゲンの産生及び含有する既知の毒性物質の増加を生じないことの確認に関する情報
- ⑤ 特定の成分を増加・低減させるため代謝系に影響を及ぼす改変を行ったものについては、標的とする代謝系に関連する主要成分（栄養成分に限る。）の変化に関する情報
- ⑥ 上市年月（※上市後に厚生労働省へ届出）

<厚生労働省が公表する情報>

- ① 届出者名、開発者名及び届出年月日
- ② 品目・品種名及び概要
- ③ 利用したゲノム編集技術及び遺伝子改変の概要
- ④ 確認されたDNAの変化がヒトの健康に悪影響を及ぼすおそれがないことを確認した旨
- ⑤ 標的とする代謝系に関連する主要成分（栄養成分に限る）の変化の概要
- ⑥ 上市年月（※届出受理後に公表）

※ゲノム編集技術応用食品に係る項目を記載。

ゲノム編集技術応用添加物については、基本的に成分規格が公定されているという前提にたち、ゲノム編集技術食品と同等あるいは、食品より緩和した取扱いとなっている。

「ゲノム編集技術を活用される方へ」 環境省ホームページより 1

ゲノム編集技術を活用される方へ

- ゲノム編集技術で得られた生物であっても、細胞外で加工した核酸（RNAを含む。）を移入した生物は、原則として、遺伝子組換え生物としてカルタヘナ法による規制の対象となります。
- 移入した核酸（RNAを含む。）又はその複製物が確実に除去されたことが確認できなければ、カルタヘナ法による規制の対象となります。
- カルタヘナ法の規制対象とならない生物についても、使用に当たっては主務官庁へ情報提供（裏面を参照）をお願いします。

お問い合わせ先

主務官庁	対象生物	連絡先
環境省 自然環境局野生生物課外来生物対策室	全般	03-5521-8344
農林水産省 消費・安全局農産安全管理課	農林水産物、動物用医薬品等	03-6744-2102
経済産業省 商務・サービスグループ生物化学産業課	工業用品の生産過程で使用する生物等	03-3501-8625
厚生労働省 厚生科学課	医薬品・遺伝子治療に使用する生物等	03-3595-2171
文部科学省 研究振興局ライフサイエンス課生命倫理・安全対策室	研究のための実験に使用する生物等	03-6734-4113
国税庁 課税部鑑定企画官	酒類の製造に使用する生物等	03-3581-4161

（遺伝子組換え食品の安全性審査は厚生労働省 TEL：03-5253-1111（代表）、食品表示は消費者庁 TEL：03-3507-8800（代表）へお問い合わせください。）

「ゲノム編集技術を活用される方へ」 環境省ホームページより 2

まず、以下のチャートに従い、
作出された生物の法律等における扱いを確認してください

宿主に細胞外で加工した核酸を移入した生物か

カルタヘナ法上の遺伝子組換え生物等に
該当する（規制の対象）
【第一種使用、第二種使用】 下表参照

YES

NO

移入した核酸又はその複製物が残存しないことが確認できた生物か

NO

YES

カルタヘナ法上の遺伝子組換え生物等に
該当する（規制の対象）

カルタヘナ法上の遺伝子組換え生物等に
該当しない（規制の対象外）

拡散防止措置

なし

【第一種使用】
法第4条に基づいて、生物多様性影響評価を踏まえて大臣が承認した使用規程に沿って使用する

使用する生物の特徴、生物多様性影響に係る考察等について、事前に主務官庁に情報提供を行って使用する
裏面を参照！

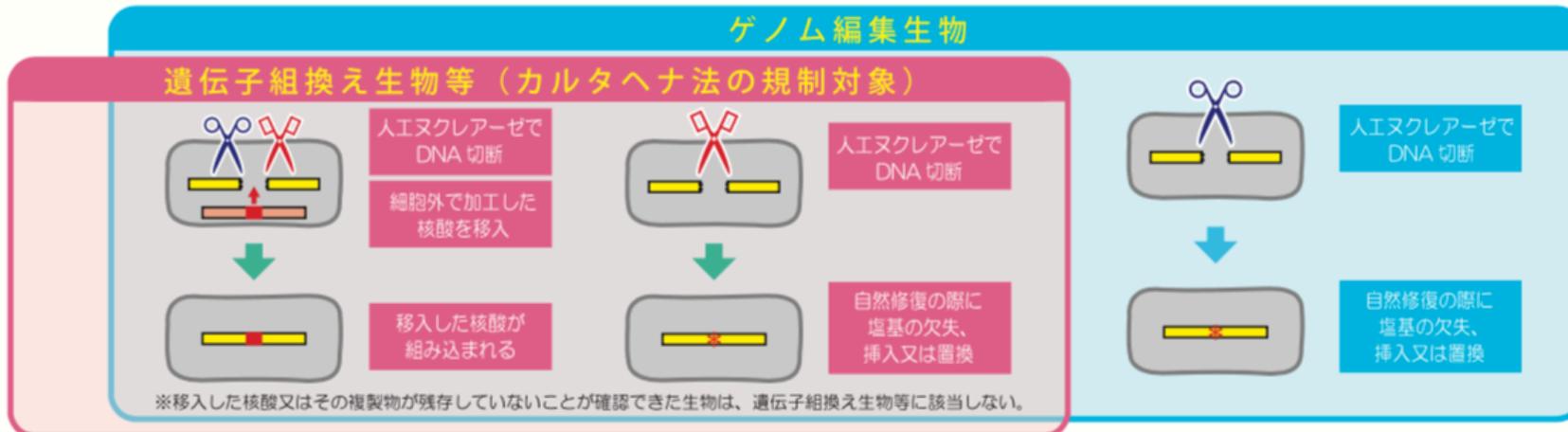
あり

【第二種使用】
法第12条に基づき省令に定められた拡散防止措置、又は、法第13条に基づき大臣の確認を受けた拡散防止措置を執って使用する

法第12条に基づき省令に定められた拡散防止措置、又は、当該生物が拡散することが防止されるものとして主務官庁の認めた措置を執って使用する

「ゲノム編集技術を活用される方へ」 環境省ホームページより 3

参考：ゲノム編集生物と遺伝子組換え生物等の概念図



 外来の核酸を含まない人工ヌクレアーゼ

 外来の核酸を含む人工ヌクレアーゼ

「ゲノム編集技術を活用される方へ」 環境省ホームページより 4

ゲノム編集技術で得られた 生物に係る情報提供のお願い

環境省及び関係省庁では、ゲノム編集技術で得られた生物に関し、生物の多様性への影響に係る知見の蓄積と状況の把握を図ることとしております。

ゲノム編集技術で得られた生物を作成又は輸入及び／又は使用等* する方は、既に当該生物が遺伝子組換え生物に該当しないことを確認している場合も、作成又は輸入及び／又は使用等に先立ち以下について主務官庁に**情報を提供してください**。

なお、本取扱いの他、輸出に際し、相手国が別途要件を定めている場合については、それに従ってください。

*使用等：食用、飼料用その他の用に供するための使用、栽培その他の育成、加工、保管、運搬及び廃棄並びにこれらに付随する行為

「ゲノム編集技術を活用される方へ」 環境省ホームページより 4

情報提供いただく項目

- Ⓐ カルタヘナ法に規定される細胞外で加工した核酸又はその複製物が残存していないことが確認された生物であること（その根拠を含む）
- Ⓑ 改変した生物の分類学上の種
- Ⓒ 改変に利用したゲノム編集の方法
- Ⓓ 改変した遺伝子及び当該遺伝子の機能
- Ⓔ 当該改変により付与された形質の変化
- Ⓕ Ⓔ以外に生じた形質の変化の有無（ある場合はその内容）
- Ⓖ 当該生物の用途
- Ⓗ 当該生物を使用した場合に生物多様性影響が生ずる可能性に関する考察

- ◆ 提供いただいた情報のうち一部の情報（概ね**Ⓑ****Ⓔ****Ⓖ****Ⓗ**の概要）を、日本バイオセーフティクリアリングハウス（J-BCH）のウェブサイト（<http://www.biodic.go.jp/bch/>）に掲載します。
- ◆ 生物多様性影響が生ずるおそれに関し疑義がある場合、又は、生物種の特性から必要と判断された場合には、主務官庁から当該使用者に対し、必要な追加情報を求め、また、必要な措置を執ることがあります。



ゲノム編集技術利用により得られた生物の 取り扱いに関する各省庁等からの通知

【環境省自然環境局長通知】

ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法に規定された「遺伝子組換え生物等」に該当しない生物の取扱いについて

【環境省】

「ゲノム編集技術を活用される方へ」（ちらし?）

【文部科学省研究振興局長】

研究段階におけるゲノム編集技術の利用により得られた生物の使用等に係る留意事項について(通知)

【農林水産省消費・安全局長通知】

農林水産分野におけるゲノム編集技術の利用により得られた生物の生物多様性影響に関する情報提供等の具体的な手続について

【厚労省 大臣官房生活衛生・食品安全審議官決定】

ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領

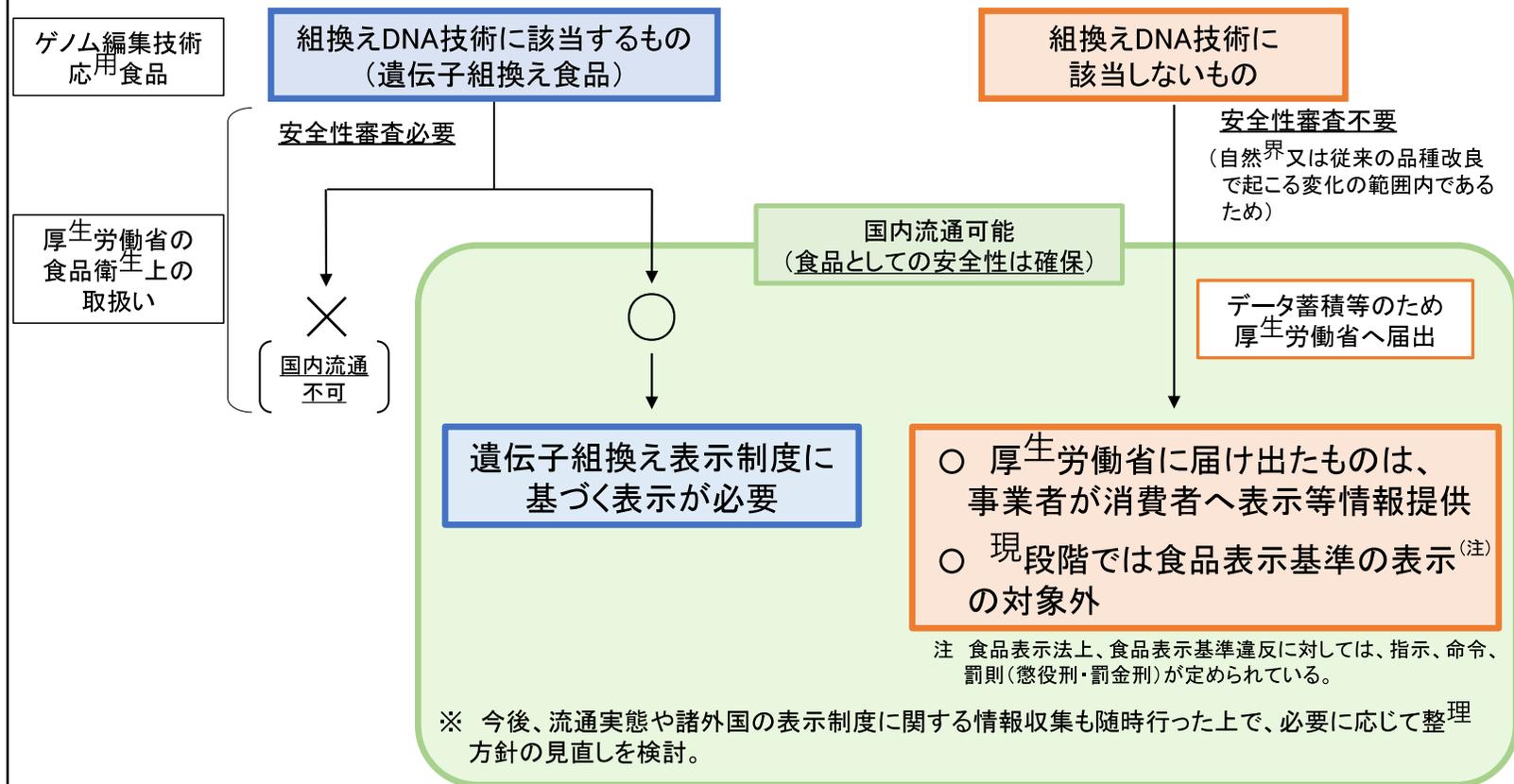
【厚生労働省医薬・生活衛生局長通知】

医薬品等におけるゲノム編集技術の利用により得られた生物の取扱いについて

ゲノム編集技術応用食品の表示は？

ゲノム編集技術応用食品の表示に係る考え方

令和元年9月
消費者庁食品表示企画課



(考え方)

- ① 外来遺伝子等が残存しないものは、ゲノム編集技術を用いたものか、従来の育種技術を用いたものか、科学的に判別不能。
- ② また、現状、国内外において、ゲノム編集技術応用食品に係る取引記録等の書類による情報伝達の体制が不十分。
- ③ 消費者の中には、ゲノム編集技術応用食品に対し、選択のための表示を求める声。

ゲノム編集技術応用食品の表示は？

食品表示基準Q&A ゲノム編集技術応用食品に関する事項

(ゲノム編集-3) 遺伝子組換え食品に該当しないゲノム編集技術応用食品に関連する表示をすることはできますか。

1 遺伝子組換え食品に該当しないゲノム編集技術応用食品については、現時点では、ゲノム編集技術によって得られた変異と従来の育種技術によって得られた変異とを判別し検知するための実効的な検査法の確立が困難であり、表示監視における科学的検証は困難であると考えられます。また、国内における食品供給行程の各段階における分別流通等の管理方法が確立されておらず、国際的にもゲノム編集技術応用食品に係る表示に必要な情報を十分に得ることが難しい現状において、ある食品がゲノム編集技術を利用して得られた食品かどうか、ある加工食品がゲノム編集技術を利用して得られた食品を使用しているかどうかを確認することができないため、書類確認を基本とする社会的検証による表示監視でその真正性を担保することは困難であり、実効的な監視体制を確保することはできないと考えられます。

そのため、遺伝子組換え食品に該当しないゲノム編集技術応用食品及びそれを原材料とする加工食品について、食品関連事業者に表示を義務付けることは現時点では妥当でないと考えられます。

2 一方で、ゲノム編集技術応用食品であるか否かを知りたいと思う消費者が一定数いることから、適切に情報提供がなされる場合には、食品関連事業者がゲノム編集技術応用食品に関する表示を行うことは可能です。ゲノム編集技術応用食品であることの情報提供をする場合は、食品関連事業者自らが、食品供給行程の各段階における流通管理に係る取引記録その他の合理的な根拠資料に基づき、適正な情報提供を通じて消費者の信頼を確保することが必要となります。

なお、消費者の自主的かつ合理的な選択の観点からは、厚生労働省に届出されて同省のウェブサイトで公表されたゲノム編集技術応用食品又はそれを原材料とする食品であることが明らかな場合には、積極的に情報提供するよう努めるべきと考えます。

3 ゲノム編集技術を始めとする新たな育種技術については、国内外で研究開発が進められている分野であることから、今後、消費者庁は、流通実態や諸外国の表示制度に関する情報収集も随時行った上で、新たな知見等が得られた場合には、表示の義務付けも視野に入れつつ、必要に応じて取扱いの見直しを検討いたします。

ゲノム編集技術応用食品の表示は？

食品表示基準Q&A ゲノム編集技術応用食品に関する事項

(ゲノム編集－4)「ゲノム編集技術応用食品でない」旨を表示することはできますか。また、表示する場合に気を付けることはありますか。

1 ゲノム編集技術応用食品でない食品又はそれを原材料とする加工食品に「ゲノム編集技術応用食品でない」と表示することについては、それが適切になされる限りにおいて、消費者の自主的かつ合理的な選択の機会の確保に資するものであると考えられるため、特に禁止されるものではありません。

2 ただし、現時点では、ゲノム編集技術を利用したかどうかの確認を科学的に検証して行うことはできないため、表示に係る適切な管理体制を有しない食品関連事業者が「ゲノム編集技術応用食品でない」旨の表示を安易に行うことは望ましくないと考えます。このため、「ゲノム編集技術応用食品でない」旨を表示する場合にあっては、食品関連事業者自らが、食品供給行程の各段階における流通管理に係る取引記録その他の合理的な根拠資料に基づき、適正な情報提供を通じて消費者の信頼を確保することが必要となります。

3 「ゲノム編集技術応用食品でない」旨を表示するためには、例えば、以下のような根拠資料を有しておくことが有用と考えられます。

① 農産物について、種苗会社による種子に関する証明を起点として、生産段階から製造・販売まで、他の品種と混ざらないように管理されたことが確認できる書類

② 水産物について、稚魚に関する証明を起点として、稚魚の養殖段階から製造・販売まで、他の漁港や養殖場から出荷されたものと混ざらないように管理されたことが確認できる書類

ここに挙げたものはあくまで一例であって、適正な情報提供を担保するための具体的な根拠資料については、あくまで個々のゲノム編集技術応用食品の態様や生産・流通実態などに即して、事業者が適切に判断することが必要です。

4 なお、複数の原材料から組成される加工食品に「ゲノム編集技術応用食品でない」旨を表示しようとする場合は、上記3の考え方に従って、どの原材料がゲノム編集技術応用食品でないのかを明確にして表示するか、全ての原材料について、ゲノム編集技術応用食品でないことが合理的に説明できることが必要です。

ゲノム編集されているかどうか、選択したい 運動OKシードプロジェクトのホームページより

表示なしでの流通が認められてしまったため、今後、消費者は知らないうちにゲノム編集食品を食べてしまう可能性があります。そして、種苗にもゲノム編集しているかどうか表示されないので、自然なトマトを栽培したいと思ってタネや苗を買ってきたら、それはゲノム編集されていた、それを知らないまま使って育ててしまうかもしれません。

ゲノム編集で遺伝子を壊す仕組み



DNA



塩基

酵素でDNAの一部を破壊

別の塩基が加わる

抜け落ちる

塩基の並び順が変化

遺伝子が壊されたものを
知らないまま食べて
しまうのは不安だわ…



ゲノム編集されているかどうか、選択できるようにしたい。そのためには、ゲノム編集されていない種苗にはOKシードマークを貼れば安心して選択できるようになります。そしてOKシードマークの種苗から作った食品にもOKシードマークを貼ることで安心して食品を選ぶことができます。

ゲノム編集されているかどうか、選択したい 運動OKシードプロジェクトのホームページより

私たちは種苗や食品を農家や消費者が安心して選べるように、このOKマークを付けるOKシードプロジェクトを始めました。



現在はインターネットを介してつながるボランティアベースのプロジェクトで、大きな組織ではありません。これが広がるかどうかはひとえにこのサイトを訪れたみなさんにかかっています。ぜひ、OKシードマークと一緒に拡げていきましょう！（OKシードマークの使用には使用申請申し込みが必要です。以下のOKシードマーク使用のお申し込みからお申し込みください！）。

日本科学者会議 福岡支部主催 【市民と科学者の対話2】
2022年1月29日（土）13:30～ オンライン開催

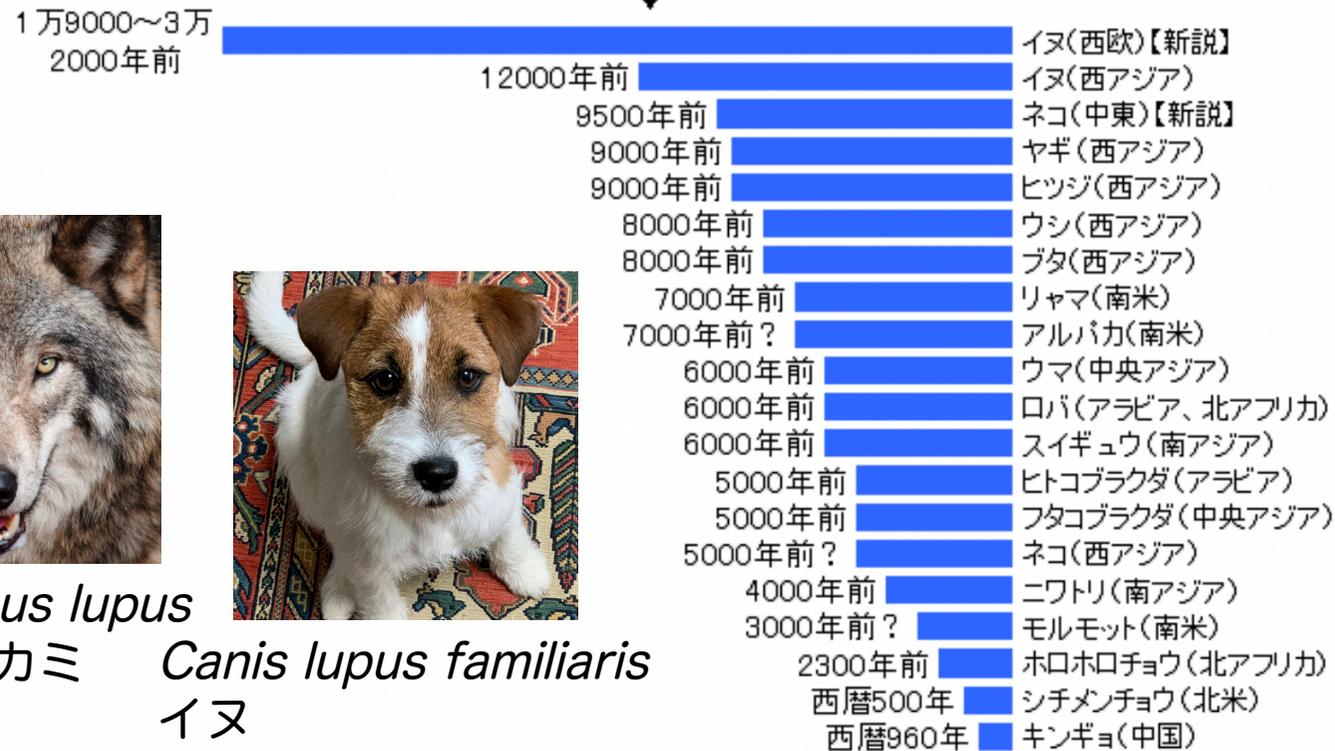
「ゲノム編集」を考える

1. 私たちの生活の場に入り込むゲノム編集生物
2. 「遺伝子組換え」「ゲノム編集」・・・
遺伝子操作技術の進展と現状
3. 「ゲノム編集」技術とその取り扱いにおける問題
4. 人類がもたらした地球上の生物相の急激な変遷

人類は一万年前ごろから 動植物を改変(家畜化・栽培植物化)してきた

動物が家畜化した時期と場所

農耕のはじまり(9000年前~12000年前)



Canis lupus lupus

オオカミ



Canis lupus familiaris

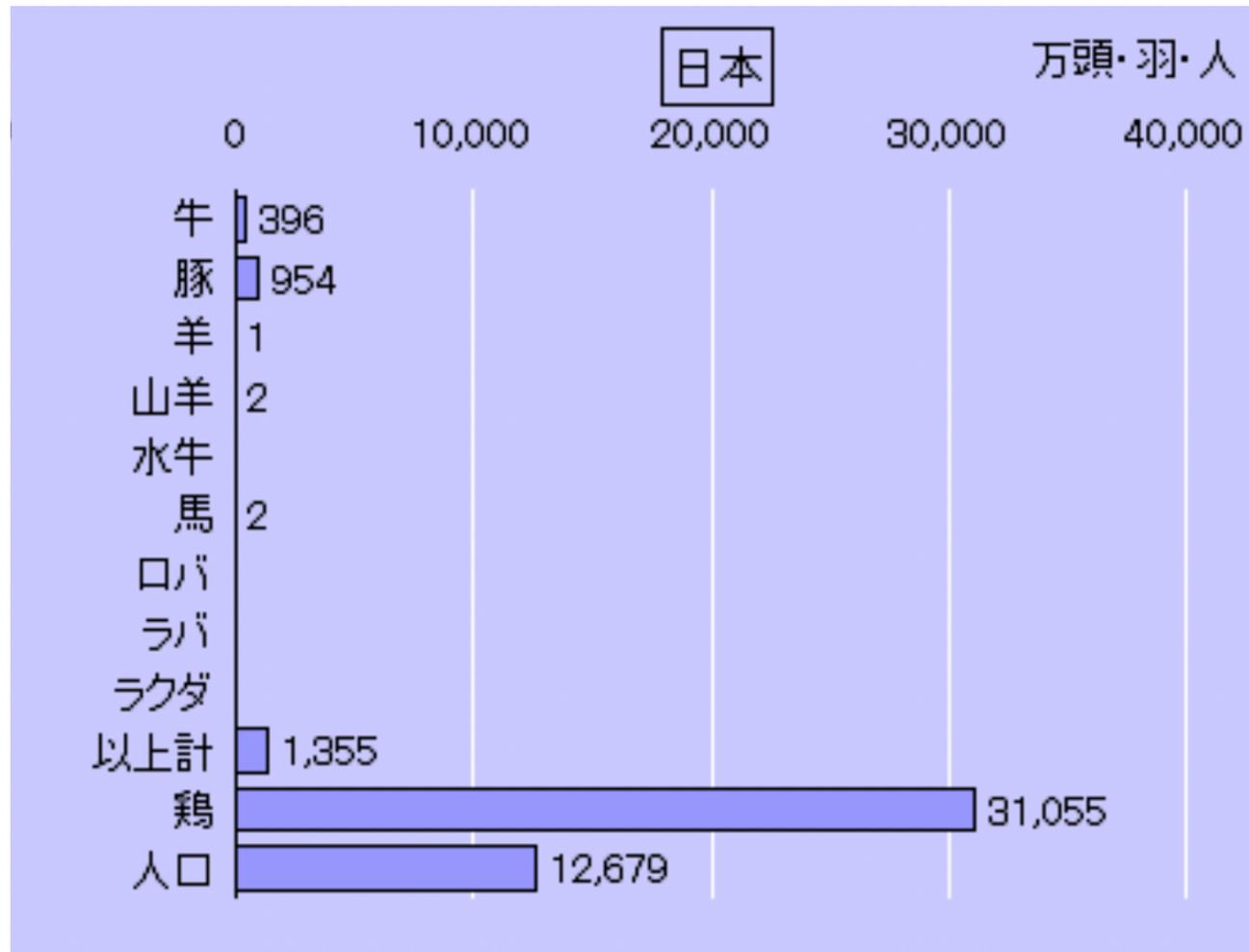
イヌ

(注) 時期不明ながらトナカイは北ユーラシア、ウサギはイベリア半島、ヤクはヒマラヤ地方が起源地とされる。イヌ【新説】はナショナルジオグラフィック(公式日本語サイト)2013年11月15日、ネコ【新説】は黒瀬奈緒子(2016)による。

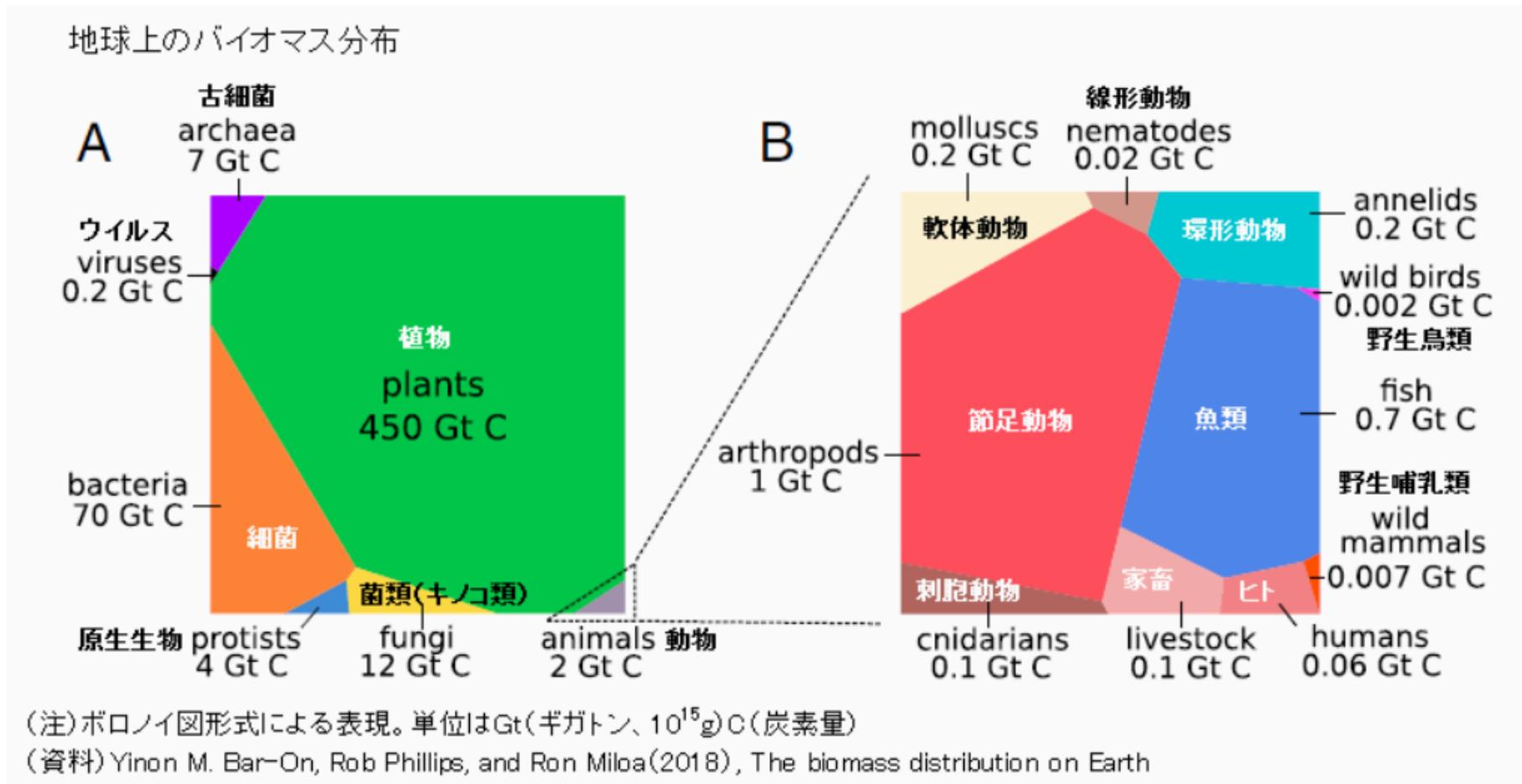
(資料) The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution(1992)

出典:<https://honkawa2.sakura.ne.jp/0455.html>

家畜は人類の増加とともに増加してきた
それは地球上の動物相 fauna を大きく変遷させた



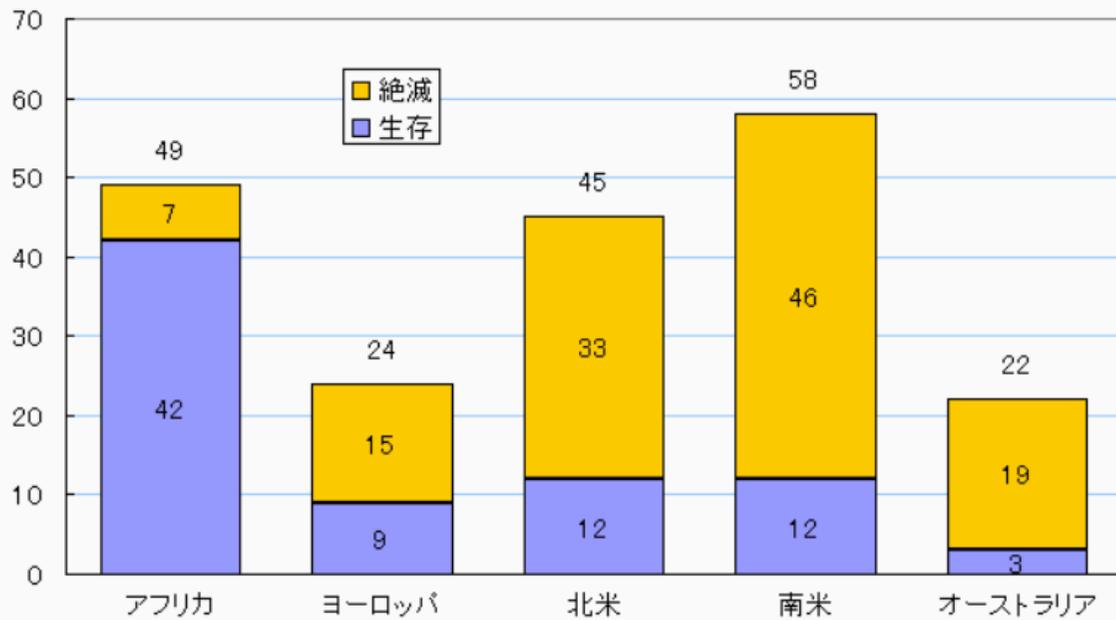
家畜は人類の増加とともに増加してきた それは地球上の動物相 fauna を大きく変遷させた



家畜は人類の増加とともに増加してきた それは地球上の動物相 fauna を大きく変遷させた

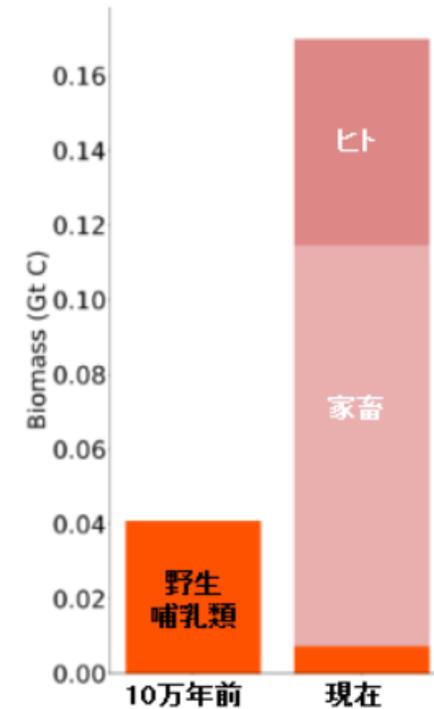
それは人類による生物種の大絶滅とも評される

大型動物(メガファウナ)の大陸別絶滅数・生存数



(注) 過去10万年間の陸上大型動物(成獣44kg超)の絶滅・生存属数(Martin(1984)による)
(資料) WROE,S.,FIELD,J.,FULLAGAR,R. & JERMIIN,LS. (2004) "Megafaunal extinction in the late Quaternary and the global overkill hypothesis".Alcheringa 28, 291-331

哺乳類のバイオマス変化



(注) (資料) 同上

おわりに

「ゲノム編集 genome editing」という言葉は、不遜ではないか。

「ワープロで文章を編集するように、人間の設計図に相当するゲノムを自在に編集する技術」という人もいるが・・・。

科学者・技術者には、科学・技術の発展に伴って、それに見合う謙虚さが必要ではないか。

食の分野におけるゲノム編集技術の活用における学・官の突出は何か。

人間はどこまで他の生物を支配しようとするのか。